

研究團隊說明

序號	機關名稱	單位名稱	姓名	職稱
1.	國立中央大學	通訊系統研究中心	陳錕山	計畫主持人
2.	國立中央大學	太空及遙測研究中心	梁隆鑫	共同主持人
3.	國立中央大學	通訊系統研究中心	陳佩苓	助理
4.	國立中央大學	通訊系統研究中心	朱昶任	助理
5.	國立中央大學	通訊系統研究中心	江陽聖	助理
6.	國立中央大學	通訊系統研究中心	吳沛儒	助理
7.	國立中央大學	通訊系統研究中心	韓詩玫	助理
8.	國立中央大學	通訊系統研究中心	吳春燕	助理

摘要

為落實政府平地景觀造林及綠美化等「綠色造林計畫」政策，延續追蹤分析台灣全島綠色資源，營造綠境生活空間，並配合能源政策，探討台灣碳效益，本計畫以多元性空間及時間尺度衛星，進行台灣全島綠資源調查、比較及分析，藉由綠覆蓋比率及變動成因探討、地表覆蓋類別檢測、森林健康生態及生長監測、碳吸存量估算與崩塌地判釋等課題，在全球環境變遷與永續發展下，彰顯綠資源所扮演的重要角色。

在建立全島綠資源多元遙測調查分析比較方法的計畫目標下，利用多尺度解析衛星資料可提供不同空間尺度的綠覆蓋率演算成果。Terra/Aqua-MODIS衛星資料的空間解析度略差，但每次航帶寬達2500公里，每天通過台灣，可快速提供台灣全島每個月綠覆蓋率；福衛二號-RSI衛星影像空間解析度較佳，但影像跨幅為24公里，蒐集時距偏長。結果顯示，Terra/Aqua-MODIS衛星演算的綠覆蓋率介於86至94%，福衛二號演算為84.41%。在影像分類方面，以IPCC所制定之土地型態區分類別進行影像分類，經過檢核樣區進行精度檢核，其分類精度可達85.6%。在碳吸存估算方面，應用Terra/Aqua-MODIS MOD17衛星資料推估台灣全島碳匯及其趨勢，以氣候、植群、海拔及氣溫帶分布等分區予以分析各區域內意義，並配合Terra/Aqua-MODIS MOD11 地溫資料及國家實驗研究院颱風洪水研究中心籌備處所設置之通量塔台實測二氧化碳通量值進行驗證及比較，其定性趨勢符合現況。以植生劣化角度進行森林健康生態及生長監測方面，配合植生異常指數（NAI）技術，估算各季節森林健康生態監測成果，透過中央氣象局提供之氣溫異常（距平）驗證，其變

動趨勢十分吻合；應用植生異常指數（NDVI）技術，進行生長監測門檻訂定，由春、夏兩季成果可明顯看出季節對於植生生長趨勢的影響。崩塌地監測部分透過訂定標準作業流程，以現場調查驗證崩塌地判釋成果，對於未來國土監測有著相當大的助益。

綜合以上所述，本（2009）年度工作內容與執行成果已符合計畫目標。利用Terra/Aqua-MODIS及福衛二號-RSI等多元衛星與前期計畫SPOT系列-HRV/HRG衛星進行成果差異比較、截長補短，以滿足空間與時間的觀測需求。對於多元尺度衛星進行綠資源監測，應朝多年度/多期別持續觀測，建立國家級重要綠資源觀測資料庫；而近年來「節能減碳」蔚為時代趨勢，有效持續觀測植生碳吸存，近程應持續利用Terra/Aqua-MODIS衛星資料估算成果，中、遠程更應構思並實行適合台灣之碳吸存計算模式推估，並與國際接軌。

關鍵字：綠覆蓋率、碳吸存、森林健康及生長、崩塌地

Abstract

To ascertain the policies of sustainable management and afforestation in the plain area, to continue to survey and analyze the greenness resource in Taiwan, to construct the green life space, to comply with energy policy, and to understand the carbon budget and footprint, we conduct a survey and analysis on the temporal variations of green resources for the entire island using multi-scale, multi-date and multi-sensor satellite remote sensing images.

The objective of this project is to establish methodology of investigating the greenness resources of Taiwan Island and analyzing its long-term changes by multi-satellite, multi-scale, and multi-temporal imagery data. In regards of greenness coverage calculation, multi-satellite data can supply different levels of time and spatial scales results that are complementary and supplementary each other. Terra/Aqua-MODIS is coarser in spatial resolution than that of FOMOSAT II, but it is able to supply whole island data on monthly basis due to its 2500 km wide coverage; the later is about 24km only. Results indicate that the greenness coverage was between 86% and 94%, while the FOMOSAT II is about 84.41%. Following the IPCC category, the accuracy of land cover classification reaches about 85.6%.

As for carbon sequestration, with MOD17 product from Terra/Aqua-MODIS, we estimate the carbon sinks and its trends, if any, associated with climate, plant group, altitude, and temperature zone. In particular, when incorporated with the land

surface temperature (available from MOD11), it was found that there exists high correlation between the satellite derived carbon sinks and the CO₂ flux measurements from flux tower operated by Taiwan Typhoon and Flood Research Institute/National Applied Research Laboratories. In monitoring of forest health and growth at different seasons, the NDVI anomaly Index (NAI) was applied and qualitatively confirmed by temperature anomaly statistics by Central Weather Bureau. Regarding the monitoring of landslide, a standard operation procedure (SOP) has been established. The accuracy is verified through ground truth check and is highly acceptable.

In summary, the project goals have been successfully achieved to a satisfactory level. Through the combination use of Terra/Aqua-MODIS and FORMOSAT-2 satellites, and previous results from SPOT-series satellites, we are able to come up with a mean to meet the monitoring requirements in both space and time scales. It is suggested that a long-term continuous monitoring on greenness resources be persistently executed. Particularly, as energy saving and carbon reduction become global issue, documentation of carbon sequestration from satellite measurements as demonstrated in this report should be devised and establish a estimate model that is brought in line with international practice.

Key words: greenness cover, carbon sequestration, forest health and growth, landslide

目錄

摘要	ii
Abstract.....	iv
目錄	vi
圖目錄	ix
表目錄	xvi
第一章 前言	1
1-1. 計畫目的	1
1-2. 工作範圍	2
1-3. 計畫工作項目及內容.....	2
1-4. 工作成果	5
1-5. 工作進度及期限.....	6
1-6. 期末交付項目及驗收方式.....	6
第二章 工作方法及流程.....	7
2-1. 衛星影像產品蒐集、處理與鑲嵌	8
2-1-1. Terra/Aqua-MODIS衛星產品	8
2-1-2. 福衛二號-RSI衛星影像.....	12
2-2. 植生指標計算、綠覆蓋率統計及變動成因探討	16
2-2-1. Terra/Aqua-MODIS衛星影像植生指標及綠覆 蓋率計算	19
2-2-2. 福衛二號-RSI衛星影像植生指標、綠覆蓋率計 算及變動成因探討.....	41
2-3. 衛星影像分類及精度檢核.....	51
2-3-1. 台灣全島鑲嵌衛星影像分類	51
2-3-2. 台灣全島分類影像精度檢核	55
2-4. 植生碳吸存估算.....	60
2-4-1. 碳吸存估算簡介.....	60
2-4-2. 植生碳吸存估算.....	61
2-4-3. 以植生吸收輻射推估植生生產量.....	63
2-4-4. 初級生產量演算.....	65
2-4-5. 每日淨生產量演算.....	70
2-4-6. 初級生產量產品資料處理流程及分析.....	72

2-5. 森林健康生態及生長監測	74
2-5-1. 森林健康生態監測	77
2-5-2. 森林生長監測	83
2-6. 林地崩塌監測	89
2-6-1. 林地崩塌地判釋原理	89
2-6-2. 林地崩塌地判釋方法及流程	90
第三章 工作成果	96
3-1. 衛星影像產品蒐集、處理與鑲嵌初步成果	96
3-1-1. Terra/Aqua-MODIS衛星產品處理成果	96
3-1-2. 福衛二號-RSI衛星影像處理成果	101
3-2. 植生指標計算、綠覆蓋率統計成果及變動成因探討	111
3-2-1. Terra/Aqua-MODIS衛星影像綠覆蓋率計算成 果	111
3-2-2. 福衛二號-RSI衛星影像植生指標、綠覆蓋率計 算成果及變動成因探討	115
3-2-3. 多尺度衛星綠覆蓋率計算成果分析比較	127
3-3. 衛星影像分類及精度探討	130
3-3-1. 台灣全島鑲嵌衛星影像分類	130
3-3-2. 台灣全島分類影像精度檢核	132
3-4. 植生碳吸存估算成果	134
3-4-1. 台灣全島及各林區碳吸存成果	134
3-4-2. 地理氣候區碳吸存成果	148
3-4-3. 植群、海拔及氣溫帶分布碳吸存成果	160
3-4-4. 日照、氣溫及地溫與碳吸存成果關係驗證	172
3-4-5. 碳吸存估測與二氧化碳觀測成果驗證及比較	178
3-5. 森林健康生態及生長監測成果	186
3-5-1. 森林健康生態監測成果	186
3-5-2. 森林生長監測成果	190
3-6. 林地崩塌監測成果	192
3-7. 多元衛星資料、成本及應用異同比較	200
3-8. 綠資源查詢系統升級與資料更新	202
3-8-1. 系統作業範圍與規格	202

3-8-2. 系統納管資料範圍	204
3-8-3. 系統架構	205
3-8-4. 功能說明	208
3-8-5. 系統環境說明.....	224
第四章 計畫效益	225
第五章 結論與建議	226
第六章 計畫工作進度.....	229
第七章 參考文獻	231
附錄A 審查及工作會議建議事項及辦理情形.....	附錄A-1
附錄B 衛星規格與系統諸元介紹.....	附錄B-1
B-1 Terra/Aqua-MODIS衛星	附錄B-1
B-2 福衛二號-RSI衛星	附錄B-3
附錄C 福衛二號-RSI標準樣區NDVI統計值.....	附錄C-1
附錄D 十月份工作會議決議事項.....	附錄D-1

圖目錄

圖 1.	福衛二號-RSI衛星接收範圍	13
圖 2.	2009 年 01 月 16 日福衛二號-RSI衛星影像.....	13
圖 3.	福衛二號-RSI衛星影像鑲嵌標準作業程序	14
圖 4.	Sinusoidal 網格分布圖	21
圖 5.	Sinusoidal座標H28V06 及H29V06 台灣全島範圍圖	21
圖 6.	Terra/Aqua-MODIS衛星影像植生指標標準作業流程	22
圖 7.	衛星影像比較分析區域示意圖	24
圖 8.	Terra-MODIS測試區AB段剖面NDVI值分布	25
圖 9.	SPOT-2-HRV衛星影像測試區AB段剖面NDVI值分布	25
圖 10.	Terra-MODIS測試區AB段剖面紅光及近紅外光段反射 率	26
圖 11.	SPOT-2-HRV衛星影像測試區AB段剖面紅光及近紅外 光波段輻射值.....	26
圖 12.	光譜反射率（裸土、植被及水體）	27
圖 13.	光譜輻射強度.....	27
圖 14.	SPOT-2-HRV及Terra/Aqua-MODIS演算NDVI比較圖	29
圖 15.	左圖為測試區域分佈，右圖為森林資源調查（山區）及 SPOT衛星分類影像（平地）	29
圖 16.	Terra-MODIS與SPOT-2-HRV NDVI關係圖	31
圖 17.	2008 年 02 月 17 日Terra-MODIS與SPOT-4-HRV NDVI 值相對關係	32
圖 18.	2008 年 02 月 17 日Terra-MODIS及SPOT-4-HRV NDVI 關係圖	33
圖 19.	2008 年 02 月 17 日SPOT-4-HRV NDVI及綠覆蓋率關係 圖	34
圖 20.	左圖為 2008 年 02 月 17 日Terra-MODIS NDVI模擬影 像；右圖為 2008 年 02 月 17 日Terra-MODIS綠覆蓋分 布成果	35
圖 21.	Terra/Aqua-MODIS衛星影像綠覆蓋率標準作業流程	37
圖 22.	福衛二號-RSI衛星影像綠覆蓋率計算標準作業流程.....	42
圖 23.	SPOT系列-HRV/HRG衛星影像陰影區（左）與彩色航	

	照陰影區（右）比較示意圖	44
圖 24.	綠覆蓋率陰影區補償估算標準作業程序	45
圖 25.	綠覆蓋率變動分析標準作業程序	47
圖 26.	前後期SPOT系列-HRV/HRG衛星影像崩塌裸露地比較圖；前期（左圖）為 2002 年 08 月至 10 月SPOT系列-HRV/HRG鑲嵌影像，後期（右圖）為 2008 年 02 月至 04 月SPOT系列-HRV/HRG鑲嵌影像	48
圖 27.	前後期SPOT系列-HRV衛星影像河道灘地變化比較圖；前期（左圖）為 2002 年 08 月至 10 月SPOT系列-HRV/HRG鑲嵌影像，後期（右圖）為 2008 年 02 月至 04 月SPOT系列-HRV/HRG鑲嵌影像	49
圖 28.	前後期SPOT系列-HRV衛星影像作物區變化比較圖；前期（左圖）為 2002 年 08 月至 10 月SPOT系列-HRV/HRG鑲嵌影像，後期（右圖）為 2008 年 02 月至 04 月SPOT系列-HRV/HRG鑲嵌影像	50
圖 29.	台灣全島鑲嵌衛星影像分類標準作業程序	53
圖 30.	台灣全島分類影像精度檢核標準作業程序	58
圖 31.	2009 年檢核樣區區塊示意圖	59
圖 32.	Terra/Aqua-MODIS MOD17 產品資料處理流程	66
圖 33.	BPLUT低溫及蒸氣壓力差對最大光能利用效率線性衰減	68
圖 34.	Terra/Aqua-MODIS總初級生產量（GPP）及每日淨生產量（PSNnet）產品鏈結	69
圖 35.	Terra/Aqua-MODIS初級生產量（GPP/PSNnet）產品標準作業程序	72
圖 37.	森林生態系構造概念	75
圖 38.	植生健康光譜反應圖	76
圖 39.	植生異常指標作業程序	80
圖 40.	2008 年 001 NDVI差異值機率分布	81
圖 41.	2008 年 001 NAI機率分布	81
圖 42.	2002 年 097 NDVI差異值機率分布	81
圖 43.	2002 年 097 NAI機率分布	82
圖 44.	左圖為 2002 年 097 NDVI差異值，右圖為 2002 年 097	

	植生異常差異指標	82
圖 45.	丹大事業區位置圖	85
圖 46.	丹大事業區內林地生長監測標準作業程序	85
圖 47.	丹大事業區內均值林地樣區分布示意圖	86
圖 48.	丹大事業區均值林地樣區NDVI分布圖	87
圖 49.	林地崩塌地判釋標準作業程序	90
圖 50.	福衛二號-RSI自然色衛星影像及NDVI套色影像	91
圖 51.	裸露地實驗樣區NDVI值統計圖	92
圖 52.	福衛二號-RSI衛星影像及DTM模擬坡度圖	92
圖 53.	崩塌地、水體及高灘地坡度分布	93
圖 54.	石門水庫集水區位置圖	94
圖 55.	前後期SPOT系列-HRV衛星影像崩塌地比較圖；前期 （左圖）為 2002 年 08 月至 10 月鑲嵌影像，後期（右 圖）為 2008 年 02 月至 04 月鑲嵌影像	95
圖 56.	福衛二號-RSI全島無雲鑲嵌影像配置圖	107
圖 57.	福衛二號-RSI全島無雲鑲嵌假色影像	108
圖 58.	福衛二號-RSI全島無雲鑲嵌自然色影像	109
圖 59.	福衛二號-RSI全島NDVI套色影像	110
圖 60.	台南縣綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖	121
圖 61.	屏東縣綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖	121
圖 62.	嘉義縣綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖	121
圖 63.	雲林縣綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖	122
圖 64.	彰化縣綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖	122
圖 65.	嘉義縣綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖	122
圖 66.	大埔事業區綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖（竹 坑溪及曾文水庫旁）	123
圖 67.	阿里山事業區綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖 （清水溪支流）	123
圖 68.	濁水溪事業區綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖 （栗栖溪上游）	123
圖 69.	立霧溪事業區綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖 （良里溪上游）	124
圖 70.	南澳事業區綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖（烏	

	石鼻海岸自然保留區)	124
圖 71.	旗山事業區綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖(角埔溪上游)	124
圖 72.	2009 年台灣全島分類影像	131
圖 73.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月台灣全島各月份碳吸存量	134
圖 74.	台灣各林區分布圖	136
圖 75.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月台東林區各月份碳吸存量	145
圖 76.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月東勢林區各月份碳吸存量	145
圖 77.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月花蓮林區各月份碳吸存量	145
圖 78.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月南投林區各月份碳吸存量	146
圖 79.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月屏東林區各月份碳吸存量	146
圖 80.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月新竹林區各月份碳吸存量	146
圖 81.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月嘉義林區各月份碳吸存量	147
圖 82.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月羅東林區各月份碳吸存量	147
圖 83.	台灣全島各氣候區年雨量與冬季雨量分布	149
圖 84.	台灣全島各氣候區分布	149
圖 85.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-CW區各月份碳吸存量	157
圖 86.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-EN區各月份碳吸存量	157
圖 87.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-ES區各月份碳吸存量	157
圖 88.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-NE區各月份碳吸存量	158
圖 89.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-NW區各月份	

碳吸存量	158
圖 90. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-SE區各月份 碳吸存量	158
圖 91. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-SW區各月份 碳吸存量	159
圖 92. 台灣地區植群、海拔及氣溫帶分布	161
圖 93. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -高山植群區各月份碳吸存量	169
圖 94. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -冷杉林區各月份碳吸存量	169
圖 95. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -鐵杉雲杉林區各月份碳吸存量	169
圖 96. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -櫟林帶上層區各月份碳吸存量	170
圖 97. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -櫟林帶下層區各月份碳吸存量	170
圖 98. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -楠櫟林區各月份碳吸存量	170
圖 99. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -榕楠林區各月份碳吸存量	171
圖 100. 2009 年 06 月 GPP、LST 及植群空間應對關係圖	177
圖 101. 渦流協變性系統儀器照片	178
圖 102. 霞雲水文站—二氧化碳濃度實測分布狀況	180
圖 103. 巴陵雨量站—二氧化碳濃度實測分布狀況	180
圖 104. 嘉義氣象站—二氧化碳濃度實測分布狀況	181
圖 105. 東石農場—二氧化碳濃度實測分布狀況	181
圖 106. 淨生態系統交換演算標準作業流程	182
圖 107. 霞雲水文測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖	183
圖 108. 巴陵雨量站測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖	184
圖 109. 嘉義氣象站測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖	184
圖 110. 東石農場測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖	184
圖 111. 霞雲水文站、巴陵雨量站及嘉義氣象站等測站 NEE 及 PSNnet 關係圖	185

圖 112. 2009 年 08 月 14 日高屏溪流域出海口 SPOT-5-HRG 影像.....	188
圖 113. 2008 年 12 月至 2009 年 02 月平均距平氣溫.....	188
圖 114. 綠資源查詢系統架構圖.....	207
圖 115. 綠資源查詢系統—系統首頁.....	208
圖 116. 綠資源查詢系統—帳號申請.....	208
圖 117. 綠資源查詢系統—查詢密碼.....	209
圖 118. 綠資源查詢系統—更改個人資料.....	209
圖 119. 綠資源查詢系統—訊息發佈清單.....	210
圖 120. 綠資源查詢系統—訊息發佈維護.....	210
圖 121. 綠資源查詢系統—使用者清單.....	210
圖 122. 綠資源查詢系統—使用者維護.....	211
圖 123. 綠資源查詢系統—作業紀錄查詢.....	211
圖 124. 綠資源查詢系統—縣市查詢.....	213
圖 125. 綠資源查詢系統—顯示影像.....	214
圖 126. 綠資源查詢系統—事業區查詢.....	214
圖 127. 綠資源查詢系統—集水區查詢.....	214
圖 128. 綠資源查詢系統—平地造林查詢.....	215
圖 129. 綠資源查詢系統—樣區查詢.....	215
圖 130. 綠資源查詢系統—圖幅查詢.....	215
圖 131. 綠資源查詢系統—地標查詢.....	216
圖 132. 綠資源查詢系統—自訂查詢.....	216
圖 133. 綠資源查詢系統—數位監測.....	216
圖 134. 綠資源查詢系統—行政區查詢.....	218
圖 135. 綠資源查詢系統—事業區查詢.....	218
圖 136. 綠資源查詢系統—集水區查詢.....	218
圖 137. 綠資源查詢系統—圖幅查詢.....	219
圖 138. 綠資源查詢系統—台灣全島查詢.....	220
圖 139. 綠資源查詢系統—林區查詢.....	220
圖 140. 綠資源查詢系統—地理氣候區查詢.....	221
圖 141. 綠資源查詢系統—植群、海拔及氣溫帶查詢.....	221
圖 142. 綠資源查詢系統—編輯地標.....	222

圖 143. 綠資源查詢系統—匯入地標	222
圖 144. 綠資源查詢系統—全島、低海拔、中海拔及高海拔山區 綠蔽率資料	223
圖 145. 綠資源查詢系統—系統說明	223

表目錄

表 1.	第四次森林資源調查土地覆蓋型代碼表.....	3
表 2.	第四次森林資源調查土地覆蓋型代碼表（續）.....	4
表 3.	各項工作項目所選用衛星影像產品類別表.....	8
表 4.	Terra/Aqua-MODIS衛星產品一覽表.....	10
表 5.	2009年01月台灣全島原始衛星影像、植生指標分布圖、 總初級生產量及每日淨生產量分布圖.....	11
表 6.	Terra/Aqua-MODIS MOD13 Q1 植生指標產品屬性資 料.....	20
表 7.	Terra/Aqua-MODIS MOD13Q1 像元資料分級.....	23
表 8.	SPOT-2-HRV與Terra-MODIS紅光及近紅外光段光譜 解析度表.....	23
表 9.	NDVI比較測試區域（5公里x5公里）.....	30
表 10.	SPOT系列-HRV及Terra-MODIS綠覆蓋率分析成果比 較.....	36
表 11.	各季植生覆蓋演算綠覆蓋率關係表.....	39
表 12.	各季植生覆蓋演算綠覆蓋率關係表（續）.....	40
表 13.	福衛二號及SPOT系列衛星影像紅光及近紅外光段光譜 解析度表.....	41
表 14.	各標準樣區福衛二號-RSI衛星影像平均NDVI值統計值.....	43
表 15.	植生碳吸存估算相關名詞表.....	65
表 16.	生態群系參數對照表.....	68
表 17.	植生劣化光譜指標.....	77
表 18.	丹大事業區內均值林地樣區平均NDVI值統計表.....	87
表 19.	2008年10月至2009年09月Terra/Aqua-MODIS MOD13衛星產品各月份假色影像.....	97
表 20.	2008年10月至2009年09月Terra/Aqua-MODIS MOD13衛星產品各月份NDVI套色影像.....	98
表 21.	2008年10月至2009年09月Terra/Aqua-MODIS MOD17衛星產品各月份總初級生產量套色影像.....	99
表 22.	2008年10月至2009年09月Terra/Aqua-MODIS MOD17衛星產品各月份每日淨生產量套色影像.....	100

表 23.	全島鑲嵌使用福衛二號-RSI衛星影像及相關參數表.....	101
表 24.	全島鑲嵌使用福衛二號-RSI衛星影像及相關參數表(續 1)	102
表 25.	全島鑲嵌使用福衛二號-RSI衛星影像及相關參數表(續 2)	103
表 26.	全島鑲嵌使用福衛二號-RSI衛星影像及相關參數表(續 3)	104
表 27.	全島鑲嵌使用福衛二號-RSI衛星影像及相關參數表(續 4)	105
表 28.	全島鑲嵌使用福衛二號-RSI衛星影像及相關參數表(續 5)	106
表 29.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月 Terra/Aqua-MODIS MOD13 演算台灣全島NDVI統計值及綠覆蓋率成果.....	111
表 30.	2009 年 01 至 07 月台灣西南平原NDVI套色影像及統計 值.....	113
表 31.	莫拉克颱風前後期高屏河流域NDVI套色影像及統計 值.....	114
表 32.	福衛二號-RSI計算各縣市NDVI統計值及綠覆蓋率成果 ...	115
表 33.	福衛二號-RSI計算各事業區NDVI統計值及綠覆蓋率成 果.....	116
表 34.	福衛二號-RSI計算各事業區NDVI統計值及綠覆蓋率成 果(續)	117
表 35.	縣市綠覆蓋率變動區域比較表	118
表 36.	事業區綠覆蓋率變動區域比較表	119
表 37.	事業區綠覆蓋率變動區域比較表(續)	120
表 38.	事業區綠覆蓋率植生增加區域說明表.....	125
表 39.	事業區綠覆蓋率植生減少區域說明表.....	126
表 40.	不同尺度衛星資料計算綠覆蓋率成果比較表(一)	128
表 41.	不同尺度衛星資料計算綠覆蓋率成果比較表(二)	129
表 42.	2009 年台灣全島衛星影像分類成果.....	130
表 43.	各區分類別分類檢核成果	132
表 44.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月台灣全島各月份碳吸存量	135

表 45.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月台東林區各月份碳吸存量	137
表 46.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月東勢林區各月份碳吸存量	138
表 47.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月花蓮林區各月份碳吸存量	139
表 48.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月南投林區各月份碳吸存量	140
表 49.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月屏東林區各月份碳吸存量	141
表 50.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月新竹林區各月份碳吸存量	142
表 51.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月嘉義林區各月份碳吸存量	143
表 52.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月羅東林區各月份碳吸存量	144
表 53.	台灣地理氣候區劃分表	148
表 54.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-CW區各月份 碳吸存量	150
表 55.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-EN區各月份 碳吸存量	151
表 56.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-ES區各月份 碳吸存量	152
表 57.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-NE區各月份 碳吸存量	153
表 58.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-NW區各月份 碳吸存量	154
表 59.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-SE區各月份 碳吸存量	155
表 60.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-SW區各月份 碳吸存量	156
表 61.	台灣中部植群、海拔及氣溫帶分布表	161
表 62.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -高山植群區各月份碳吸存量	162

表 63.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -冷杉林區各月份碳吸存量	163
表 64.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -鐵杉雲杉林區各月份碳吸存量	164
表 65.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -櫟林帶上層區各月份碳吸存量	165
表 66.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -櫟林帶下層區各月份碳吸存量	166
表 67.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -楠櫟林區各月份碳吸存量	167
表 68.	2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區 -榕楠林區各月份碳吸存量	168
表 69.	2009 年 01 月至 04 月累計觀測日照時間、平均觀測氣 溫及GPP及PSNnet空間分布比較表	173
表 70.	2009 年 05 月至 08 月累計觀測日照時間、平均觀測氣 溫及GPP及PSNnet空間分布比較表	174
表 71.	Terra/Aqua-MODIS MOD11 產品演算來源資料表	175
表 72.	2009 年 05 月至 08 月GPP、PSNnet及LST空間分布比 較表	176
表 73.	渦流協變性系統測站位置分布表	179
表 74.	台灣林區健康生態監測成果	186
表 75.	莫拉克颱風六大重點流域崩塌地判釋成果	187
表 76.	丹大事業區森林生長監測成果表	191
表 77.	石門水庫集水區崩塌地監測影像、相關參數及監測成果	192
表 78.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 1.....	193
表 79.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 2.....	194
表 80.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 3.....	194
表 81.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 4.....	195
表 82.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 5.....	195
表 83.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 6.....	196
表 84.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 7.....	196
表 85.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 8.....	197

表 86.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 9.....	197
表 87.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 10.....	198
表 88.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 11.....	198
表 89.	石門水庫集水區崩塌地現場查證表 12.....	199
表 90.	多元衛星資料、成本及應用異同比較表.....	200
表 91.	綠資源查詢系統原納管影像資料.....	204
表 92.	綠資源查詢系統新增納管影像資料.....	205
表 93.	工作進度表.....	229
表 94.	工作進度表（續）.....	230
表 95.	Terra/Aqua-MODIS衛星影像空間解析度與感測器光 譜模式表.....	附錄B-2
表 96.	福衛二號-RSI衛星影像空間解析度與感測器光譜模式 表.....	附錄B-4

第一章 前言

1-1. 計畫目的

為配合政府平地景觀造林及綠美化等「綠色造林計畫」政策，前期應用SPOT系列-HRV/HRG衛星影像，完成涵蓋台灣全島長達七年時間的綠資源NDVI調查，並透過此計畫的執行，以達平地造林及綠美化監測目的，並藉由成果推廣其重要性。依據多年研究發現，台灣全島植生面積覆蓋率介於85%至89%之間，500公尺以上山區植生覆蓋率則高達96%以上，為延續追蹤分析台灣全島綠色資源，營造綠境生活空間，配合國際能源政策，貢獻台灣碳效益，擬以多元性空間及時間尺度衛星，進行台灣全島調查、比較及分析，藉由綠覆蓋比率及變動成因探討、地表覆蓋類別檢測、森林健康生態及生長監測、碳吸存量估算與崩塌地判釋等課題，在全球環境變遷與永續發展下，彰顯綠資源所扮演的重要角色，貫徹農委會對全島綠資源維護與推展的努力並可滿足行政院永續發展委員會暨內政部對於每年全島綠覆蓋率及NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, 常態化差異植生指標) 指標數值資料的提供。

本計畫目標為建立全島綠資源多元遙測調查分析比較的方法，並提供給相關單位參考與分析所需，進一步與國際接軌，達到資訊交流與共享。利用 Terra/Aqua-MODIS 及福衛二號-RSI 等多元衛星與前期計畫 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星進行成果差異比較、成本比較，進而評定出最適合的資源監測調查衛星並制定出標準作業流程，以利不同尺度及不同需求的綠資源應用。

1-2. 工作範圍

台灣全島（不含各離島區域）。

1-3. 計畫工作項目及內容

1. 利用 Terra/Aqua-MODIS 中解析度衛星影像，可一次涵蓋台灣全島無需鑲嵌的拍攝特性，降低鑲嵌影像的時間、季節、大氣及系統差異等，完成涵蓋全島全年每月一期的植生指標計算、綠覆蓋分佈圖及林區碳吸存估算。
2. 利用福衛二號-RSI 衛星影像完成六個月內全年一期全島無雲之影像（如衛星影像無法獲取或不可使用，則以前一年同季取代），透過資料處理技術，完成涵蓋植生計算及綠覆蓋分佈圖、縣市及事業區變遷監測等相關圖資之綠資源調查，同時將取得之成果資料，整合相關地理資訊圖層，置於網路版綠資源查詢系統，以利相關業務之查詢及運用。
3. 利用福衛二號-RSI 衛星影像進行綠資源影像分類，並依據林務局第四次森林資源調查土地覆蓋型代碼表，第一欄 IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change, 政府間氣候變遷特別委員會）分類型為主，與 NDVI 結果核對綠覆蓋率之差異，如表 1 及表 2 所示。
4. 利用 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像進行森林健康生態監測試辦。
5. 將本（2009）年度成果資料，整合相關地理資訊圖層，置於網路版綠資源查詢系統，並更新維護農林航空測量所現有之綠資源查詢系統。

表1. 第四次森林資源調查土地覆蓋型代碼表

IPCC	內政部分類	第三次 森林資源調查	第四次 森林資源調查	說明
林地 FL	02 森林使用土地	011 冷杉天針~190 人 竹闊針混等 44 個 林型類別 650 伐木跡地	01 針葉樹純林 02 針葉樹混淆林 03 闊葉樹純林 04 闊葉樹混淆林 05 針闊葉樹混淆林 06 竹林 07 竹闊混淆林 08 竹針混淆林 09 竹針闊混淆林 10 待成林地	1. 指用地類別符合森林法施行細則第三條所稱之林地，並以 FAO 對森林之定義標準為閾值。 2. 先以針葉樹、闊葉樹、竹林等型態差異作為概分依據，其下再依代表性樹種如冷杉、鐵杉、柳杉、樟樹等進行細分。 3. 人工林或天然林之區分另依 FAO 建議區分為原生林、經改造天然林、半天然林、生產性人工林、及保護性人工林。因涉及人為經營作業或干擾歷程，以及在經營管理上對林地的區位規劃與設定，與資源調查所依據之形相或樹種組成無關，故另行區劃註記。 4. FAO 對於原生地之林木成熟後能達到所定義閾值之土地亦視為森林，因此對於林地中之廢耕地、伐木跡地、森林火災跡地等，如有稚樹天然更新或人工林之新植造林地，均可歸為森林類別之「待成林地」。
農田 CL	01 農業使用土地	620 茶園~640 其他墾 地等 13 個類別 730 水田 760 土場	21 稻作 22 茶園 23 果樹 24 檳榔 25 其他農作地	1. 內政部對農業使用土地之第二級類別區分為農作、水產養殖、畜牧、及農業附帶設施。其中水產養殖與畜牧地應較接近 IPCC 對溼地與草地之定義。 2. 第三次資源調查將農作區分為 14 種類別，內政部對農作以下之第三級類別則僅區分為旱作、稻作、果樹、廢耕地等 4 類。由於對森林資源調查而言，所關注者為林地作為非林地使用之現況，其它諸如果樹類別判釋等實非屬必要，因此參考內政部區分簡化前次資源調查分類，惟配合實務需要，增列林地常見之茶園或檳榔等作物。
草地 GL	09 其他使用土地 — 草地 0903	600 灌木林 611 天然草地 612 箭竹地 613 牧草地 740 防火線	31 灌木林 32 天然草地 33 箭竹地 34 牧草地	1. IPCC 將植被在林地閾值以下，沒有人類干預不會超過林地閾值的系統，連同牧場與不認為是農田的牧草地一併歸類為草地，因此將原灌木林、天然草地、箭竹地歸為此分類。

表2. 第四次森林資源調查土地覆蓋型代碼表 (續)

IPCC	內政部分類	第三次 森林資源調查	第四次 森林資源調查	說明
濕地 WL	09 其他使用土地 — 濕地 0902 04 水利使用土地	790 漁塭、水庫、水池 930 河床、溪流、池沼 水面	41 人工濕地(漁塭、水 庫、水池) 42 天然濕地(河床、溪 流、池沼水面) 43 紅樹林	1. 依據 IPCC 對濕地定義，包括一年中全年或部分時間被水覆蓋或充滿水，不屬於林地、農田、草地或定居地的土地。可再分為經營與非經營兩種，如水庫（經營）與天然河流、湖泊非經營）。第三次資源調查分類方式與之對應者為代碼 790 與 930 兩種，大致上亦採用人為（經營）與天然（非經營）之劃分方式，爰作此歸類。 2. 紅樹林樹高未能達到 FAO 對森林定義的閾值，不列入林地，且基於其部分時間被水覆蓋的特性，應歸類於此。但鑑於其對環境指標的重要性以及碳吸存估算需要，本次調查將其單獨列出，以與前二者有所分別。
定居地 SL	01 農業使用土地 03 交通使用土地 04 水利使用土地 05 建築使用土地 06 公共使用土地 07 遊憩使用土地 08 礦鹽使用土地 09 其他使用土地 — 軍事用地 0901 — 營建剩餘土石方 0907 — 空置地 0908	其中屬人為設施部份： 700 道路 710 建築用地 770 墓地 750 工礦用地 780 鹽田 亦可能包含部份水域 溼地，或森林、草地等 綠地	51 道路 52 墓地 53 工礦開採區 54 農（林）業附帶設施 55 其他建物	1. 基於土地使用目的（land use）與土地覆蓋（land cover）觀點上的差異，將導致分類方式有所不同。由於內政部調查較偏重於區分使用目的，因此多項使用類別均同時包含人為設施及設施以外其地被況，前者無論作為交通、水利、建築、或公共使用，均與 IPCC 對定居地定義「所有開發土地，包括交通基礎設施和任何規模的人類定居點」一致；至於後者則可能導致與森林、草地、濕地等類別面積重覆計算，例如水利使用土地涵括了大部份的濕地，以及遊憩用地可能包含許多森林及草地等。 2. 本次調查目的為了解林地內外之林木資源與覆蓋情形等。就資源面而言，如以使用目的為分類無法獲得完整資訊，且在實際操作上，其資訊除非土地規劃單位或更密集的現場調查，難以藉由航測方式獲得。因此對於林地內之人為設施，參考前次調查分類方式，依形態分為道路、工礦、墓地、及其他建物等，並將農（林）使用之附帶設施，如苗床、蔭棚、溫室、及灌蓋設施等列入；至於林地以外區域，由於內政部已有相關調查資訊，原則上不進行判釋分類，惟對於林木叢生達 0.5 公頃之區域仍應予以區分。
其它土地 OL	09 其他使用土地 — 裸露地 0904	900 裸露地	61 裸露地	1. 指崩塌、地滑或高海拔岩屑地，於可預見期限內及非人為干預無法成為森林或草地之區域。
	09 其他使用土地 — 災害地 0906	無法對應		1. 於內政部分類說明中特指在低海拔已發生災害地區，包括因海水倒灌、土壤污染等無法利用之土地，由於不易界定且在森林區中較少見，並不作此分類。

1-4. 工作成果

1. 完成 Terra/Aqua-MODIS 原始無雲鑲嵌影像、林區碳吸存分布圖各十二期，十二期（自 2009 年 1 月起至 12 月止，每月一期；經十月份工作會議決議，修訂為 2008 年 10 月起至 2009 年 09 月止）的全島植生分析及綠覆蓋分佈圖。
2. 完成福衛二號-RSI 全島原始無雲鑲嵌影像一期、植生分析影像一期、分類影像、自然色與近紅外影像各一組，全島綠覆蓋率分析與變動範圍分析，建立台灣準確之綠覆蓋率數據。各事業區、各縣市綠覆蓋率變動分析及變化主要原因探討，森林生長監測，林地崩塌監測，以利林務局各林區經營單位經營之參考、以及縣市政府施政參考。
3. 以 1/5,000 圖幅，切割福衛二號-RSI 全島正射影像成單幅影像檔，具 GeoTIFF 格式，TWD97 TM 二度分帶座標系統，以瞭解各圖幅分區綠覆蓋率及其分布與變動。
4. 全島「綠資源區分類型區塊向量檔」：全島分類影像轉成向量圖層，以獲得地貌類別之向量圖。及以 1/5,000 圖幅，切割全島「綠資源區分類型區塊向量檔」成單幅的向量檔，皆具 ArcInfo 格式，TWD97 TM 二度分帶座標系統，方便林務局農林航空測量所以單幅圖之分析作業。
5. 福衛二號-RSI 之高解析度及資料處理技術，使台灣國家級綠覆蓋率分析有不同衛星來源與空間解析度之計算比較與探討，以達世界領先水準。
6. 利用 Terra/Aqua-MODIS 資料分析方法與成果探討，並與往年 SPOT 系列-HRV/HRG 及今年福衛二號-RSI 成果之異同比較。

7. 林區碳吸存量估算的先期技術研析。
8. 將本年度成果資料與相關地理資訊圖層，建置於網路版綠資源查詢系統，並更新維護農林航空測量所現有之綠資源查詢系統。
9. 提供本計畫自行開發之軟體原始碼（sourcecodes）、執行碼（executables）、資料庫檔案與說明文件。
10. 辦理教育訓練及技術轉移：必要時須在林務局農林航空測量所指定的時間及地點，舉辦至少 4 小時的訓練課程或技術轉移研討會。

1-5. 工作進度及期限

自得標日起至 2009 年 12 月 25 日完成（資料取得時間依據「1-4 工作成果」項目訂定），依工作進度確實執行，並依限完成。

1-6. 期末交付項目及驗收方式

1. 繳交「1-4 工作成果」所列 1 至 9 項之資料光碟片二份、報告書及電子檔案 15 份，以上成果採書面驗收並點交份數。
2. 系統以實際操作通過驗收。

第二章 工作方法及流程

近年來，國際間已重視人類活動對於生態環境的衝擊，而節能減碳亦為國內重視的目標，以林區保育層面而言，在全民造林政策的落實下，有效增加綠植物覆蓋，改善過度開發的環境變遷，提供人民舒適的生活環境；以林區保存層面而言，有效監測及管理綠地覆蓋狀況、森林生長、森林健康以及植生碳匯分布與趨勢，更為刻不容緩。

人造衛星所拍攝的衛星影像擁有快速獲取資訊及大範圍即時監測的優點，本計畫利用多尺度空間解析度的衛星影像進行台灣全島綠資源調查，有助瞭解目前綠色資源保育及保存現況。以 Terra/Aqua-MODIS 衛星為例，波段及相關的衛星影像產品，包含大氣、溫度、地表、植物及海洋，對於台灣全島而言，有著大範圍整合監測的優點，可一次拍攝台灣全島無需鑲嵌的優越特性，降低鑲嵌影像的時間、季節、大氣及系統差異等，完成涵蓋台灣全島的大面積植生指標計算、森林健康生長監測及林區碳吸存估算。

相對於大範圍台灣全島監測，高解析度的福衛二號衛星影像，主要用於詳細統計及分析各區域的綠資源調查；預計六個月內完成全年一期台灣全島無雲的衛星影像（如衛星影像無法獲取或不可使用，則以前一年同季取代），以衛星影像處理技術，完成台灣全島衛星影像鑲嵌，演算各事業區及行政區植生指標、綠覆蓋率及變動分析，進行地表類別分類及精度檢核等，同時將成果資料，整合相關地理資訊圖層，建置於網路版綠資源查詢系統，以利相關查詢及運用。

以下依據計畫需求與目標，將工作分項分節說明衛星影像資料獲取、工作流程訂定及工作實行對策等工作構想。表 3 為本計畫各項工作項目所選用衛星影像產品類別。

表3. 各項工作項目所選用衛星影像產品類別表

工作項目		資料來源
衛星影像產品蒐集、處理與鑲嵌		Terra/Aqua-MODIS 衛星產品
		福衛二號-RSI 衛星影像
植生指標、綠覆蓋率計算與變動成因探討	1. 植生指標圖 2. 綠覆蓋率計算	Terra/Aqua-MODIS 衛星產品
	1. 植生指標圖 2. 綠覆蓋率計算 3. 綠覆蓋率變動分析及成因探討	福衛二號-RSI 衛星影像
衛星影像分類與精度檢核		福衛二號-RSI 衛星影像
林區碳吸存估算		Terra/Aqua-MODIS 衛星產品
森林健康生態與生長監測	森林健康生態監測	Terra/Aqua-MODIS 衛星產品
	森林生長監測	福衛二號-RSI 衛星影像
林地崩塌地監測		福衛二號-RSI 衛星影像

2-1. 衛星影像產品蒐集、處理與鑲嵌

本計畫主要目的在於利用多元衛星影像在不同的時間與空間上分析台灣全島的綠資源，如 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像產品可提供大尺度一次取得台灣全島的觀測成果，配合多波段的應用；福衛二號-RSI 衛星影像，則提供高解析度的觀測成果，且具備自然色三波段及近紅外光波段。

2-1-1. Terra/Aqua-MODIS衛星產品

Terra/Aqua 衛星在相互支援的運轉下，正式的 MODIS 產品依據各種不同用途，區分為以下數類，如表 4 所示。本計畫主要

應用於植生指標計算、綠覆蓋率演算及碳吸存監測等應用，因此使用的產品包含 MOD13 及 MOD17 等。

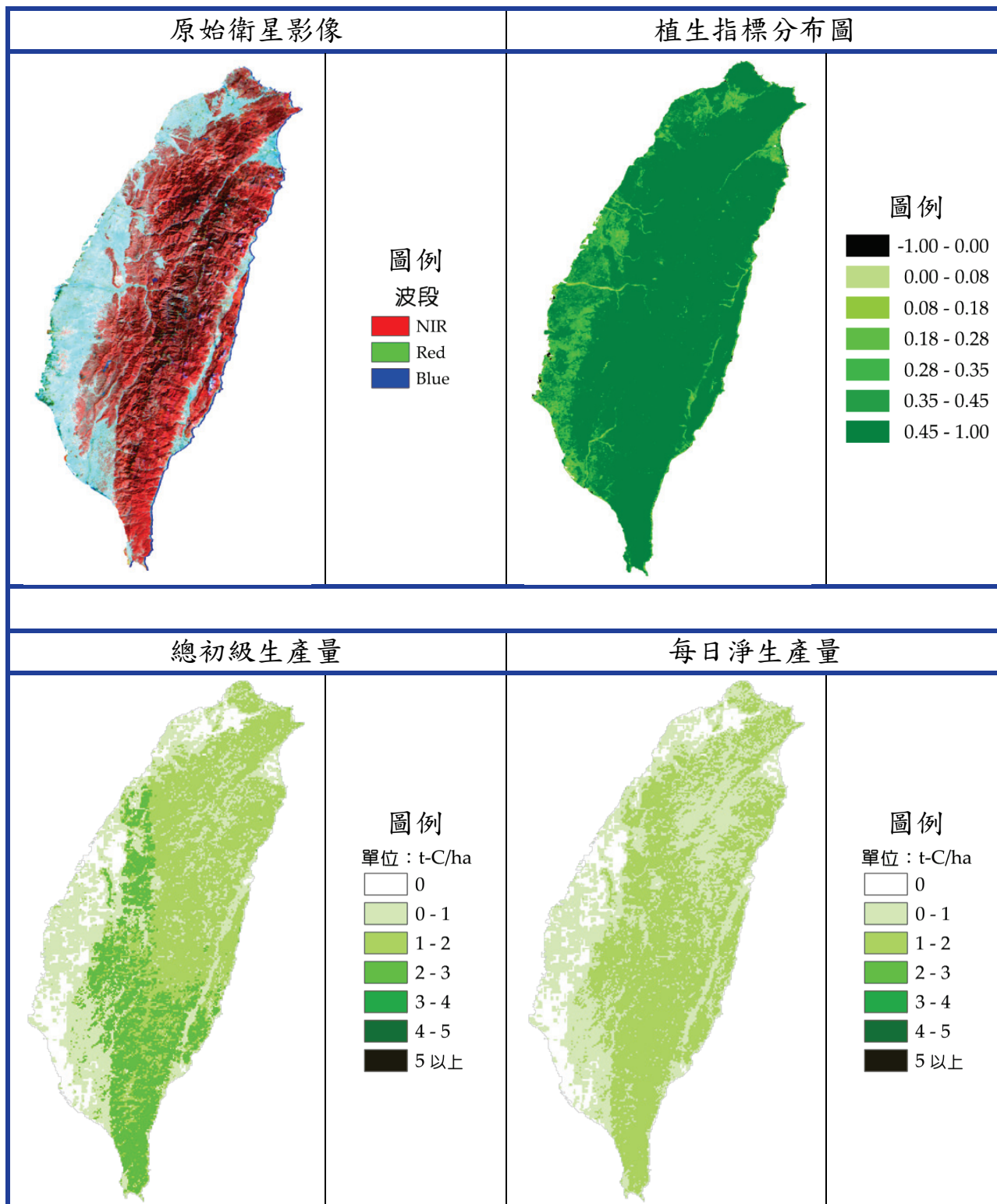
MOD13 產品主要為最大常態化植生差異指標 (MaxNDVI) 及增進植生指標 (Enhanced Vegetation Index, EVI)，主要內容包含 MaxNDVI、EVI、藍光波段反射值、紅光波段反射值、近紅外光波段反射值及中波紅外光波段反射值等，可用於植生指數及綠覆蓋率估算，具有 250~500 公尺空間解析 (近紅外光段及紅光段為 250 公尺解析；藍光段為 500 公尺解析)，以 16 天為一期資料期距，各週期的首日做為名稱，如 001 (01 月 01 日至 01 月 16 日)、017 (01 月 17 日至 02 月 01 日)、...以此類推。

MOD17 產品為淨光合作用和初級生產力，內容包含總初級生產量 (GPP)、每日淨生產量 (PSNnet) 及品質信心 (QA) 等資訊，具有 1,000 公尺空間解析，以 8 天為一期資料期距，各週期的首日做為名稱，同 MOD13 產品方式命名。表 5 為 2009 年 01 月台灣全島原始衛星影像、植生指標分布圖、總初級生產量及每日淨生產量分布圖。

表4. Terra/Aqua-MODIS 衛星產品一覽表

分項	產品編號	產品說明
影像處理 等級	MOD 01	等級 1A (輻射值計算)
	MOD 02	等級 1B (地理定位輻射值校正)
	MOD 03	地理定位資料建置
大氣	MOD 04	氣融膠產品
	MOD 05	總降水量 (包含水蒸氣)
	MOD 06	雲層產品
	MOD 07	大氣剖面
	MOD 08	網格化大氣產品
	MOD 35	雲層範圍
地表	MOD 09	地表反射率
	MOD 11	地表溫度
	MOD 12	地貌分類
	MOD 13	植生指標 (常態化植生差異指數及增進植生指數)
	MOD 14	熱量異常、火及生物燃燒
	MOD 15	葉面積指數及光合作用有效輻射分量
	MOD 16	蒸發散量
	MOD 17	光合作用及初級生產量
	MOD 43	地表反射率
	MOD 44	植生覆蓋轉換
冷圈	MOD 10	雪覆蓋範圍
	MOD 29	海洋冰山覆蓋
海洋	MOD 18	常態水殘量輻射值
	MOD 19	色素含量
	MOD 20	葉綠素螢光
	MOD 21	葉綠素色素含量
	MOD 22	光合作用有效光
	MOD 23	懸浮固體含量
	MOD 24	有機物質含量
	MOD 25	球石片含量
	MOD 26	海洋水衰減係數
	MOD 27	海洋主要生產力
	MOD 28	海洋表面溫度
	MOD 31	藻紅素含量
	MOD 36	總吸收係數
	MOD 37	海洋氣融膠特性
MOD 39	清水的 ϵ	

表5. 2009年01月台灣全島原始衛星影像、植生指標分布圖、總初級生產量及每日淨生產量分布圖



2-1-2. 福衛二號-RSI衛星影像

福衛二號衛星具有傾斜攝影的特性，雖然拍攝像幅寬度相對於 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像僅約百分之一，但對地表重點區域可獲取較高的空間解析影像，目前利用相關地表監測及其研究的需求逐步增加。本計畫將蒐集本（2009）年度六個月內福衛二號-RSI 衛星影像，為了計畫進度時程限制及綠覆蓋率演算及變動分析資料的一致性，考慮各項工作時程上的需求，如崩塌地監測、森林生長監測、綠覆蓋率分析及綠覆蓋率變動成因探討等，影像蒐集時程越早越好，由於季節因子會影響 NDVI 值反應，配合綠覆蓋率變動成因探討的資料時距（綠覆蓋率變動成因探討為本（2009）年福衛二號-RSI 衛星影像與前期（2008 年）綠資源 NDVI 調查計畫中第二期（08 至 10 月）綠覆蓋率成果比較分析），因此將蒐集本（2009）年度 05 至 10 月期間的福衛二號-RSI 衛星影像，蒐集的原則以衛星拍攝整個航帶數為主，同一航帶則選用雲層覆蓋比例最少的為輔，如遇少量雲層覆蓋地區，則以其他無雲衛星影像替代，而衛星影像無法獲取或不可使用，優先以前一年同時期衛星影像取代（前一年同時期衛星影像取代的用意在於衛星拍攝規劃無法單以任一事件為最高優先，需整合規劃拍攝需求；又無法於時限內鑲嵌台灣全島範圍時，於影像分析工作進行，假定土地利用變化不大（或無改變），為求台灣全島鑲嵌衛星影像的完整性，故以前一年同時期取代之），如仍無法完成鑲嵌工作，則以 2008 年 11 月至 2009 年 04 月衛星影像替代，並說明使用衛星影像比例關係。（依據十月份工作會議決議辦理，如附錄 D 所示。）福衛二號-RSI 衛星航帶範圍示意圖如圖 1（左圖為接收規劃區域圖，右圖為 2008 年 01 月至 11 月接收圖幅數統計）所示，

圖中藍色字體代表該區域接收影像幅數，紅色字體代表該區域衛星影像雲量少於 10% 之幅數。圖 2 為 2009 年 01 月 16 日拍攝的福衛二號-RSI 衛星影像(左圖為假色影像，右圖為自然色影像)。

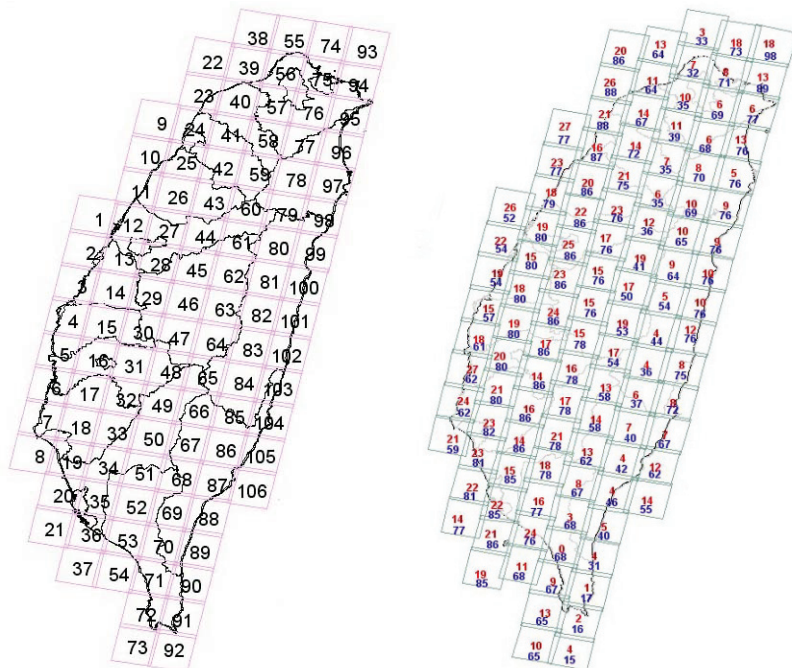


圖1. 福衛二號-RSI 衛星接收範圍

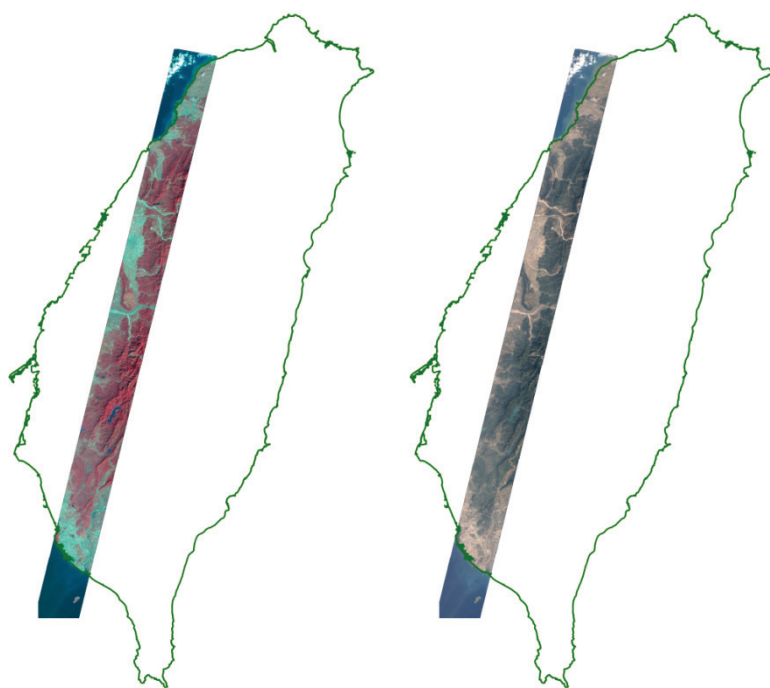


圖2. 2009 年 01 月 16 日福衛二號-RSI 衛星影像

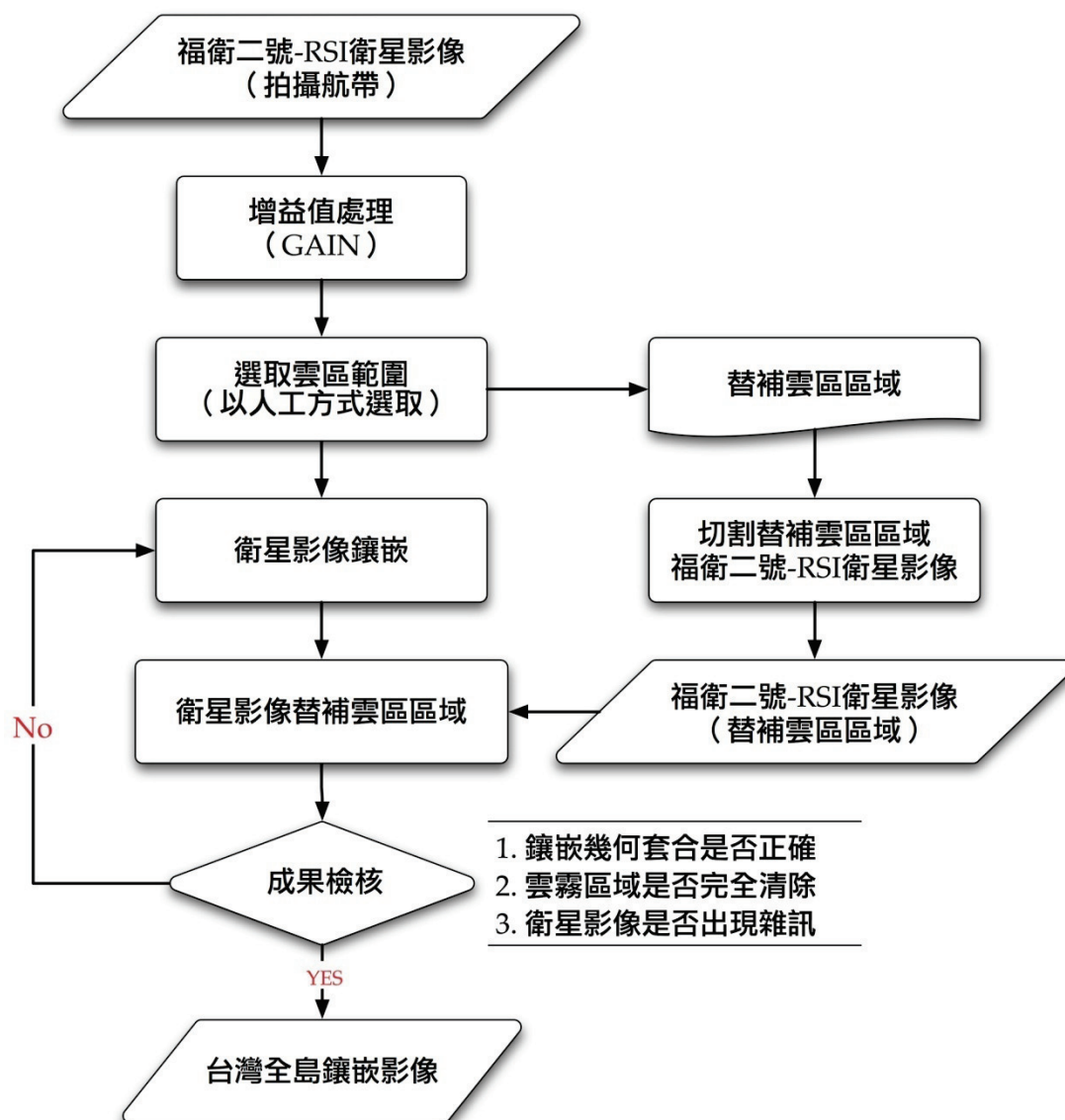


圖3. 福衛二號-RSI 衛星影像鑲嵌標準作業程序

圖 3 為福衛二號-RSI 衛星影像鑲嵌標準作業程序。台灣全島東西向最寬約 200 公里，而福衛二號衛星拍攝像幅寬約 24 公里，為了鑲嵌台灣全島影像，考慮到每條航帶 (PASS) 影像之間要有重覆區域，約需要七條無雲的相鄰航帶 (PASS) 資料，由於福衛二號衛星的 RSI 感測器為光學感測器，因此雲霧底下之地表物即無法被感測到，而台灣全島屬於亞熱帶海島形氣候，夏季雲量較

多，使得應用上對拍攝的衛星影像品質有所限制，因此蒐集的衛星影像以完整的拍攝航帶為主。

本計畫訂定六個月內完成一次鑲嵌台灣全島衛星影像工作，利用衛星影像處理技術，拼接出台灣全島無雲衛星影像，完成植生計算及綠覆蓋率演算及變動分析等，因此在短時間規劃、接收及獲取無雲衛星影像是個不小挑戰。在鑲嵌衛星影像過程中，有幾個問題必須考慮，否則所鑲嵌出之影像品質即無法被接受，如下所述：

1. 幾何校正問題：

衛星影像欲進行鑲嵌，必須先經過幾何校正，再按照絕對之地理座標進行對位鑲嵌。

2. 雲及雲影：

雲及雲影的處理主要有二，其一是以同時期但不同年份之影像或以同年但時間接近之影像替補雲及雲影涵蓋區域。其二，為了使最後之結果含雲量最少，於鑲嵌過程以接縫線避開雲的位置。

3. 增益值 (Gain)：

為因應綠覆蓋率計算的需求，考慮衛星影像的增益值 (Gain) 不同，造成植被指數 NDVI 之計算的不一致性，因此在進行影像鑲嵌前，必須先對整條航帶衛星影像之灰度值轉換為輻射值，再進行影像鑲嵌。

2-2. 植生指標計算、綠覆蓋率統計及變動成因探討

美國學者 Bradshaw 於 1990 年研究發現綠色植物葉子是植物進行光合作用的基本器官，而其葉綠素含量、水分含量、組織結構、葉層構造等差異，使植物光合作用能力、植物乾物質累積、葉面積大小等均不相同，並造成植物反射光譜特徵的差異，此一資訊包含了植物葉子及其生長狀況等綜合資訊，可直接指出植物乾物質的累積以及生物量的多寡。不同光譜資訊與植被的不同要素或狀況產生各種不同的相關性，因此遙感探測數據，經過分析運算而得到的某些數值，往往可以提供良好的植物資訊，此即植生綠度概念的理論基礎。

在進行植生綠度探測中，通常利用植物光譜的近紅外光與可見光兩個最典型的波段值來進行分析。學者 Cohen 於 1991 年研究發現，近紅外光段為反應葉子健康狀況最靈敏的指標，它對植被差異及植物生長勢反應敏感，可指出植物光合作用能否正常進行；紅光段會被植物葉綠素吸收，而葉綠素為光合作用之重要元素，因此紅光段可視為光合作用的代表性波段。這兩個波段數值不同形式的組合是植生綠度的核心。由於植生綠度與植物的生長勢、覆蓋、植相動態變化等，均有密切的相關性，因此採用植生綠度進行植物主題研究、綠色植物監測以及生物量估算，有其可行性存在。此外，運用植生綠度研究中，Hall 等多位學者於 1991 年研究中指出，在一定程度上有助於減少外界因素（如太陽高度角、大氣狀態和非正像觀測）帶來的數據誤差，更利於植物主題資訊的提供。

綠色植物因有吸收藍光、紅光及強烈反射近紅外光的特性（Green et al., 1997; Price and Bausch, 1995），故應用多光譜態資訊於植物資源之探測，常被應用於判別植生的生產力。Terra/Aqua-MODIS 及福衛二號-RSI 衛星影像均擁有紅光及近紅外

光等波段，可進行植生指標推估，本計畫即以常態化差異植生指標 (NDVI) 做為植生覆蓋的基本依據，其計算式如式 1 所示。

$$NDVI = \frac{X_{NIR} - X_R}{X_{NIR} + X_R} \dots\dots\dots (式 1)$$

其中：

X_{NIR} = 近紅外光段光譜資料 (輻射值、地表反射率或反照率等)

X_R = 紅光段光譜資料 (輻射值、地表反射率或反照率等)

NDVI 值介於-1 至+1 之間，指標值越小，越趨於非植生區域，如雲霧、水域、道路及建築物等；指標值越大，綠色植物生物量之增加，如草地及森林等，在 1994 年 Prasad 等多位學者即運用此等特性，利用 NDVI 來推算農作物收穫量、葉面指標、濕重生物量、乾重生物量及植物高度等。NDVI 為綠色植物探勘最常用指標，因綠色植物生長愈旺盛，其吸收之紅光越多，近紅外光反射亦愈強，差距也越大。

NDVI 值雖為以近紅外光段光譜資料及紅光段光譜資料相減的方式演算出，但不同衛星所拍攝的衛星影像，依據感測器設計的不同，而所得資料有所差異，如 Terra/Aqua-MODIS MOD13 NDVI 產品為地表反射率資料；福衛二號-RSI 衛星影像演算的 NDVI 值為輻射值資料。

學術研究上，運用 NDVI 所給予的特性，共分為下列三類：

1. 地形關係研究：

學者 Teillet 及 Staenz 於 1992 年，以美國 NOAA 氣象衛星中的 AVHRR 感測器資料及中解析度影像輻射儀影像比較 NDVI 的高程變化，發現對一般植被覆蓋，AVHRR 的 NDVI 資料每 100 公尺高程變化 0.79%，而且植生愈稀疏，變化率愈大；在 1997 年鍾玉龍等多位學者，以大武山自然保留區內 80 個集水區作抽樣研究，發現由美

國資源衛星 Landsat TM 資料導出的植生覆蓋指數 (Cover Vegetation Index, CVI: 即植物葉片覆蓋土壤面積比率) 受地形因子影響, 影響率分別為高程(47%)、全天光空域(23%)及坡向(14%); 1991 年學者 Gutman 研究認為 NDVI 值不因季節引起陽光及衛星視角的條件影響, 以連續一個月不同視角計算的 NDVI 影像進行比較後, 發現 NDVI 值不因視角而有差異。

2. 植物生理研究

學者楊純明於 1999 年, 運用綜合水稻六期作全生育期植被反射比光譜曲線, NDVI 藉由 $0.67\mu\text{m}$ 及 $0.75\mu\text{m}$ 波長計算, 全生育期之變化亦呈二次曲線趨勢, 其中一、二期作決定相關係數, 分別為 0.919 及 0.931, 表示運用此二波段偵測水稻生育期的植物生長量呈現很高的相關。學者 Hsieh 在 1996 年, 曾應用過去不同時期的 SPOT 衛星影像之 NDVI 值, 監測林地的變化, 其與林木的材積及生物量的多寡均有關係。

3. 變遷分析研究

土地利用型態之變遷乃長時間慢慢累積, 而欲快速得到變遷結果, 則需遙測影像數值資料, 其具有全面性、即時性與週期性蒐集資訊之優點, 將其利用監測大面積土地利用變遷上, 可即時提供決策管理者所需之空間資訊, 以有效掌握環境資源變化之情形。

此試驗即運用 NDVI 之特性研究, 使用植生指標比較法所得前後期影像之植生指標影像及差異影像與變遷地區展示。一般直接使用植生指標相減差異影像, 其變遷地區之差異值約落於-0.2 至-0.4 之間。

學者陳文福及鄭新興於 1997 年, 應用 SPOT 系列衛星影像經地形效應校正、影像分類並予以套疊等分析步驟, 研究山坡地開發前、

後之 NDVI 影像，能迅速且準確的將變遷區域做重點式勾勒並描繪出來，並定量化地指土地利用變遷面積之大小及其所在位置，進而達到開發區監測之目的；學者陳朝圳於 1999 年，運用四個不同生長季節之南仁山地區 SPOT-5-HRG 衛星影像，進行各期影像之常態化差異植生綠度分析，以探討東北季風對南仁山森林生態系植物綠度之影響，得知屬向風坡與背風坡植生皆以 06 至 09 月份生長勢最高，但二者差異不顯著；而 12 月份至隔年 03 月份向風坡與背風坡之平均植生綠度二者差異達極顯著，顯示南仁山森林生態系植生之生長勢明顯受到東北季風影響。

本計畫植生指標係利用 NDVI 技術予以估算，並計算台灣全島綠覆蓋率，依據不同的空間與時間解析，Terra/Aqua-MODIS 衛星影像產品提供一年 12 期每月綠覆蓋率計算；福衛二號-RSI 衛星影像則提供一年一次（以 05 至 10 月為蒐集衛星影像期距）的台灣全島綠覆蓋率計算成果。

2-2-1. Terra/Aqua-MODIS 衛星影像植生指標及綠覆蓋率計算

Terra/Aqua-MODIS MOD13 產品為演算植生指標的主要產品，常態化差異植生指標(NDVI)產品由紅光(0.620~0.670 μm)及近紅外光(0.841~0.876 μm)波段反射率演算而得。

透過地表觀測，提供每 16 日及 30 日週期中晴空時期、並經由大氣輻射校正、近地點觀測糾正(nadir-adjusted)的全球性地表植生資訊，以延續 NOAA AVHRR 20 年(1981-1999) NDVI 觀測，提供長期持續性的生態監測。

在各週期 NDVI 觀測值的篩選上，MODIS 演算法採用 Maximum Value Compositing (MVC)，亦即 NDVI 像元值代表

各 16 日週期中的最大值，主要即考量雲層及氣膠皆傾向降低 NDVI 數值，而光學路徑 (optical path length) 愈長，受到的大氣影響亦較嚴重，故採用 MVC 方法，能篩選出較不受大氣雲層影響及接近近地點觀測 (nadir view) 的 NDVI 觀測值，在某種程度上亦達到常態化觀測幾何 (sun-earth-sensor geometry) 的效能。

MOD13Q1 為 Terra-MODIS 全球性植生指標產品，包含 NDVI、EVI、以及指標演算所需的參數資訊 (Reflectance (NIR, R, B, MIR)、solar zenith angle、view zenith angle、relative azimuth angle、pixel reliability)，具有 250 公尺空間解析，以及 16 日的資料週期，如表 6 所示；在資料的期別表示上，每個週期的首日 (一年中的天數 (Day of Year, DOY)) 做為期別的名稱，即 001 (01 月 01 日至 01 月 16 日)、017 (01 月 17 日至 02 月 01 日)、...以此類推，NDVI 代表每週期中最大觀測值，產品資料座標格式採用 sinusoidal grid，台灣全島分屬 H28V06 及 H29V06 圖幅 (Huete et al., 1999)，如圖 4 及 5 所示。

表6. Terra/Aqua-MODIS MOD13 Q1 植生指標產品屬性資料

項目	說明
產品時距	16 天為一期；以第一天做為產品名稱，如：001, 017, ..., 353 (一年共 23 期)
面積	10×10 Lat/Long
座標格式	Sinusoidal
資料格式	HDF-EOS
圖幅大小	4,800×4,800 rows/columns
空間解析度	250×250 公尺
資料圖層數	12 (MAX NDVI, EVI, Pixel Reliability,...)

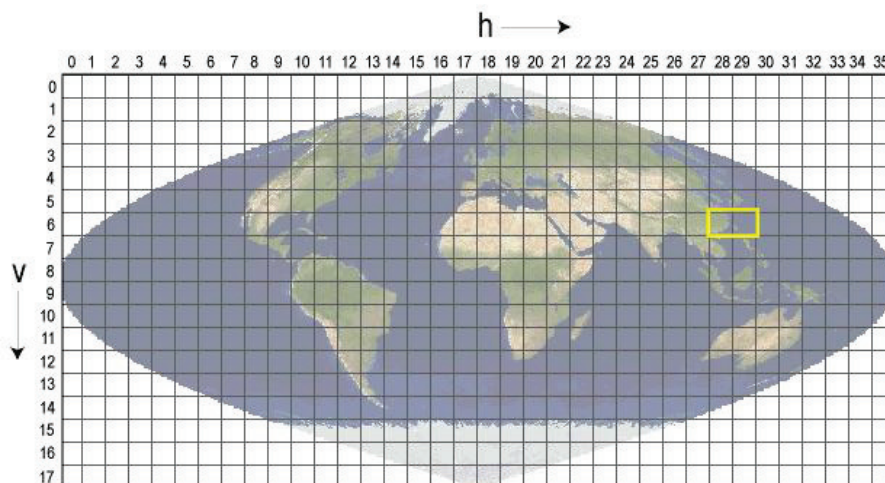


圖4. Sinusoidal 網格分布圖



圖5. Sinusoidal 座標 H28V06 及 H29V06 台灣全島範圍圖

為利於資料處理及符合台灣全島應用，訂定標準作業流程，如圖 6 所示。依序進行影像鑲嵌、投影座標及資料格式的轉換、台灣全島的萃取，並將像元值轉換為 NDVI 值，藉由 Science Data Sets 中的 Pixel Reliability 進行像元資料的篩選，剔除受到雲層、冰雪覆蓋影響的區域，並以前期(2007 年 10 月至 2008 年 09 月)資料替補即期無資料區域，如表 7 所示，以作為植生分析及綠覆蓋率演算所需資料。為統計各季節植生指標，且顧及計畫執行時

程，資料收集時距原為 2009 年 01 月至 12 月，更改為 2008 年 10 月至 2009 年 09 月。(依據十月份工作會議決議辦理，如附錄 D 所示。)

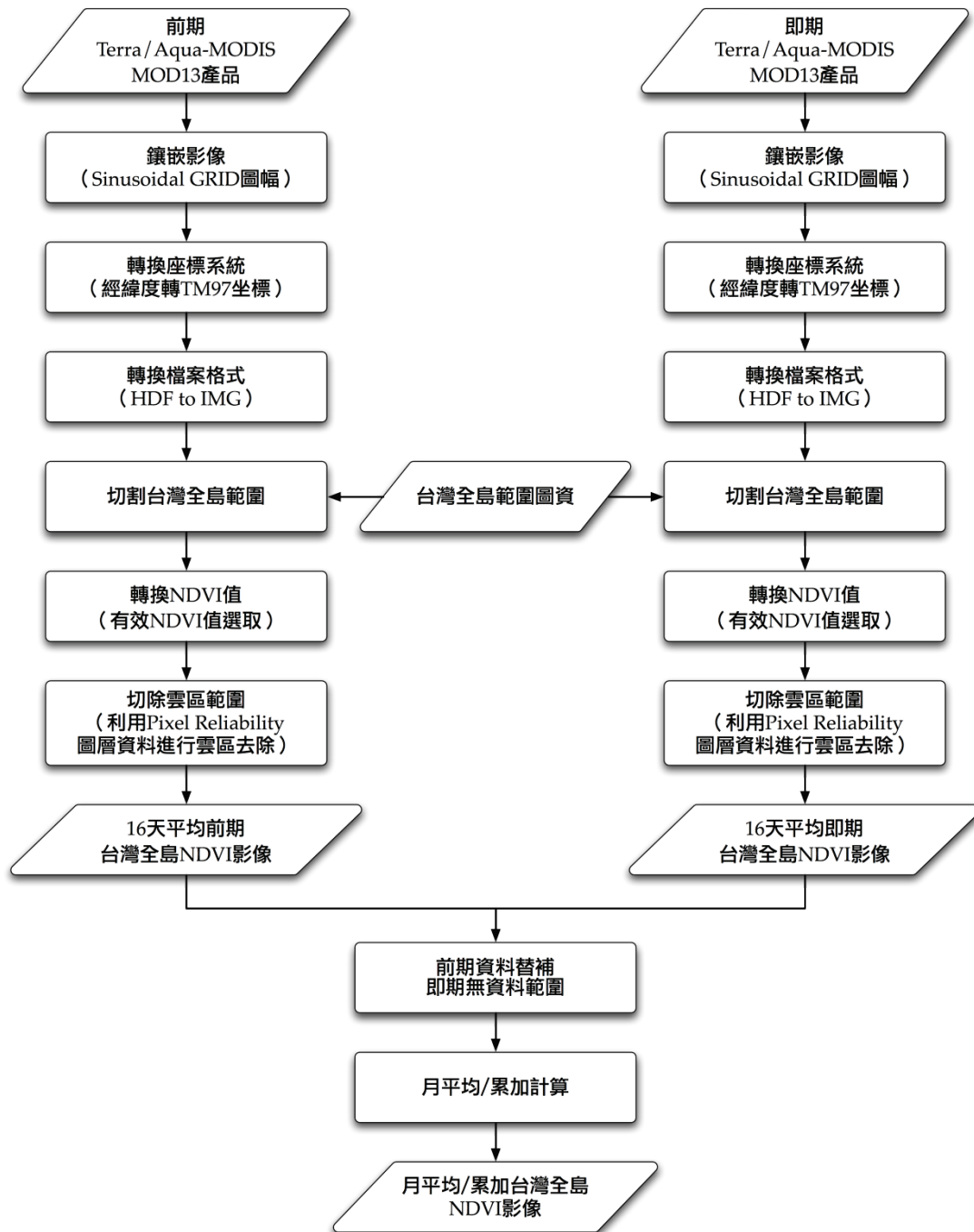


圖6. Terra/Aqua-MODIS 衛星影像植生指標標準作業流程

表7. Terra/Aqua-MODIS MOD13Q1 像元資料分級

分級編號	項目
-1	無資料
0	品質良好的資料
1	可用的資料
2	積雪或冰層
3	雲霧

Terra/Aqua-MODIS MOD13 產品提供高重複週期且規律的地表植生資訊，但由於著重全球性應用需求，其中尺度空間解析度（250 公尺x250 公尺）與一般商用衛星（如：SPOT、IKONOS、...等）仍有落差，在人口密集且地表覆蓋歧異度甚高的台灣全島，其適用性仍需進一步評估；此外，由於 Terra/Aqua-MODIS MOD13 產品演算式採用反射率為 NDVI 演算輸入參數，與 SPOT 系列-HRV/HRG 或福衛二號-RSI 衛星影像使用輻射值有所不同，其差異性亦需進行分析，在此針對 SPOT-2-HRV 及 TERRA-MODIS 衛星感測器同日觀測資料進行比較分析，如表 8 及圖 7（左圖為測試區域，右圖為測試區 AB 剖面）所示。

表8. SPOT-2-HRV 與 Terra-MODIS 紅光及近紅外光段光譜解析度表

衛星名稱	感測器名稱	觀測時間	空間解析度（公尺）	波段	光譜解析度（ μm ）
SPOT-2	HRV	2008 年 03 月 05 日 上午 10 時 30 分	20x20	紅光	0.610~0.680
				近紅外光	0.790~0.890
Terra	MODIS	2008 年 03 月 05 日 上午 11 時 00 分	250x250	紅光	0.620~0.670
				近紅外光	0.841~0.876

註：本表格僅列出紅光及近紅外光段光譜解析度資料。

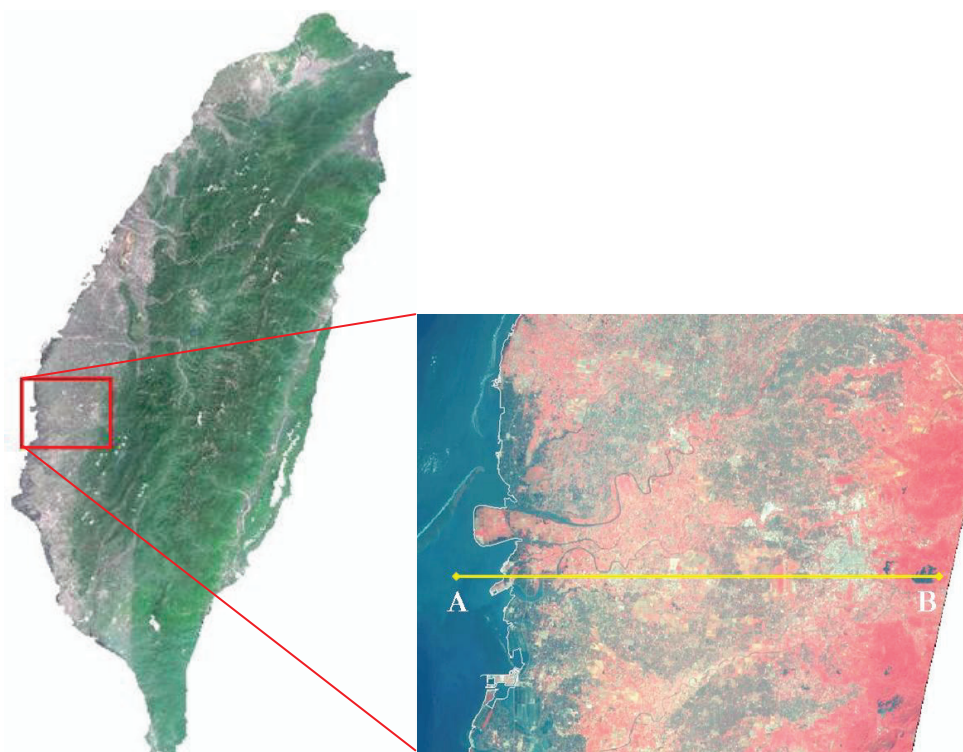


圖7. 衛星影像比較分析區域示意圖

圖 8 至圖 11 顯示測試區 AB 段剖面的 Terra-MODIS NDVI 值分布、SPOT-2-HRV 衛星影像 NDVI 值分布及演算 NDVI 所需的紅光及近光外光波段資訊；整體而言，兩者感測器 NDVI 觀測值呈現相同的變化趨勢，SPOT-2-HRV 衛星影像由於擁有較高的空間解析度，能反映較細微的地貌資訊，Terra-MODIS NDVI 值則顯示出一般化的地表變化狀況；但就 NDVI 量值而言，兩者則呈現出明顯差異，SPOT-2-HRV 衛星影像則約介於 ± 0.2 之間，Terra-MODIS NDVI 值在陸地區域皆呈現正值，此則主要由於演算輸入資料的各種差異所致（Terra-MODIS 以反射率為 NDVI 演算輸入參數；SPOT-2-HRV 以輻射值為 NDVI 演算輸入參數）；由圖 10 及 11 顯示，在陸地區域（植生及裸土區）的近紅外光波段反射值明顯的高於紅光波段，但海洋水體則大幅吸收近紅外光

波段輻射，如圖 12 所示，造成陸地區域 NDVI 值呈現正值的傾向，相對而言，以輻射值進行 NDVI 演算，則由於紅光波段的輻射通量密度 (irradiance) 明顯的高於近紅外光波段，如圖 13 所示，配合陸地區域較低的紅光波段反射率，造成紅光及近紅外光波段呈現出近似的反射輻射值，因此 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像所演算的 NDVI 值約分佈於 ± 0.2 區間。

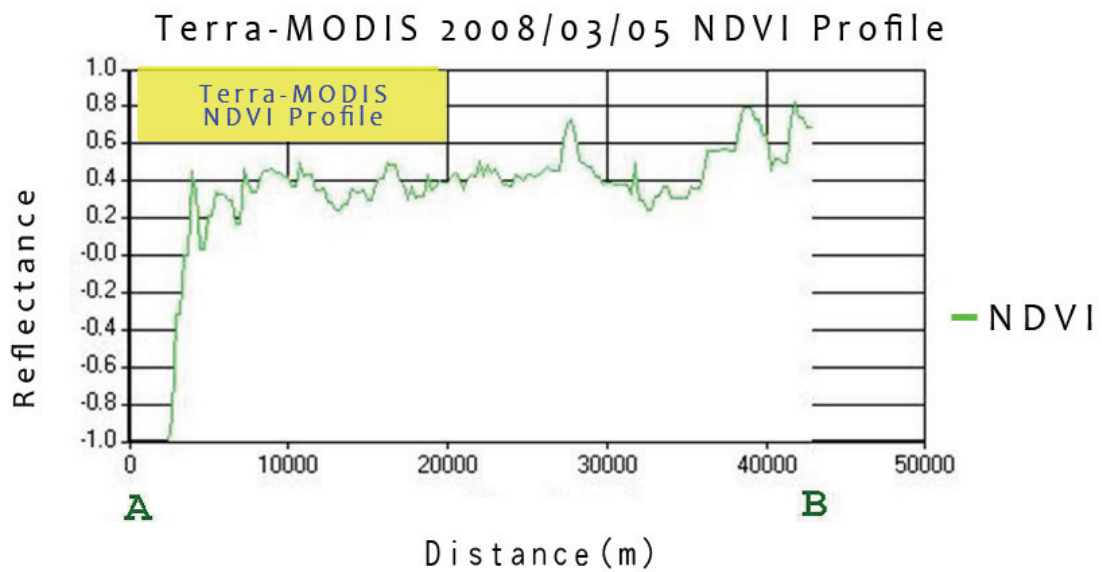


圖8. Terra-MODIS 測試區 AB 段剖面 NDVI 值分布

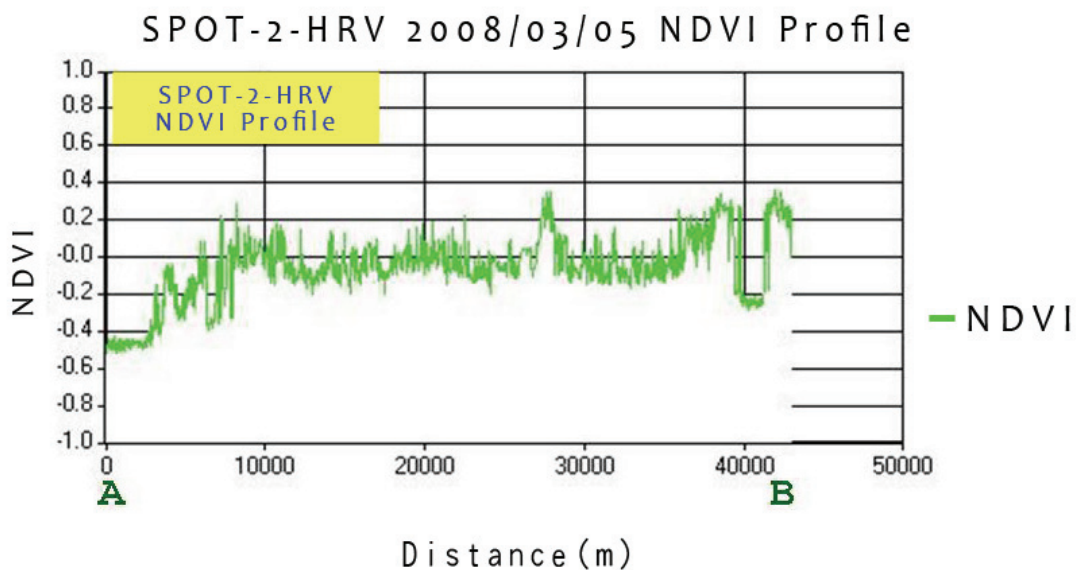


圖9. SPOT-2-HRV 衛星影像測試區 AB 段剖面 NDVI 值分布

Terra-MODIS 2008/03/05 Reflectance Profile

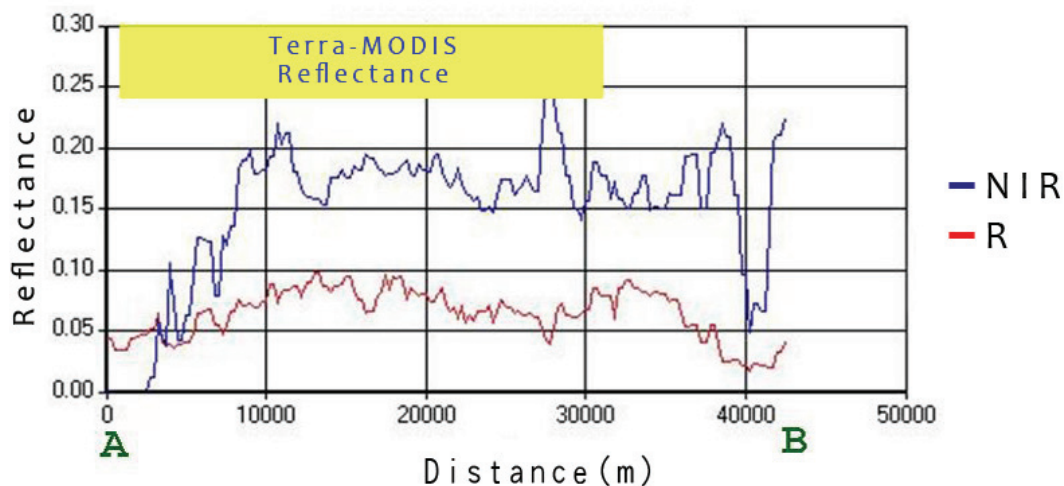


圖10. Terra-MODIS 測試區 AB 段剖面紅光及近紅外光段反射率

SPOT-2-HRV 2008/03/05 Radiance Profile

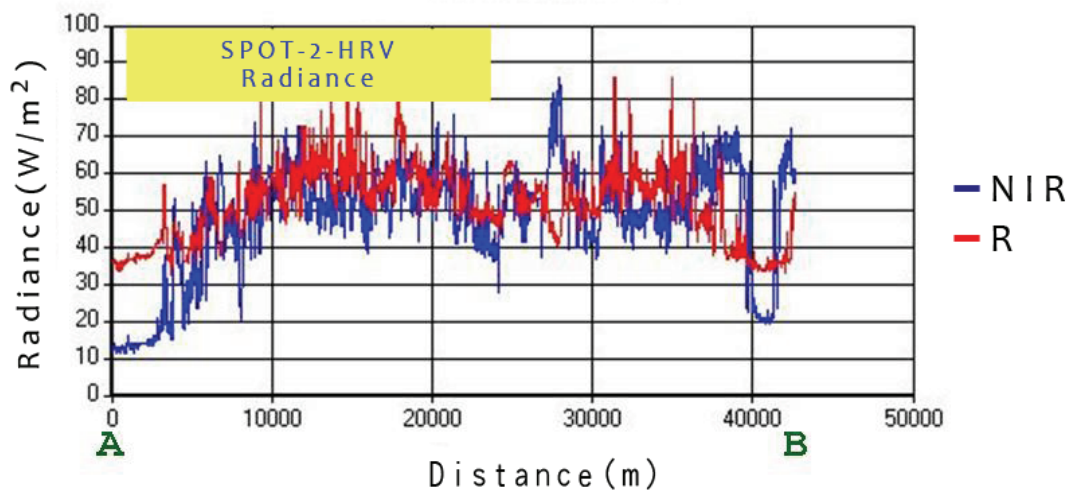


圖11. SPOT-2-HRV 衛星影像測試區 AB 段剖面紅光及近紅外光波段
輻射值

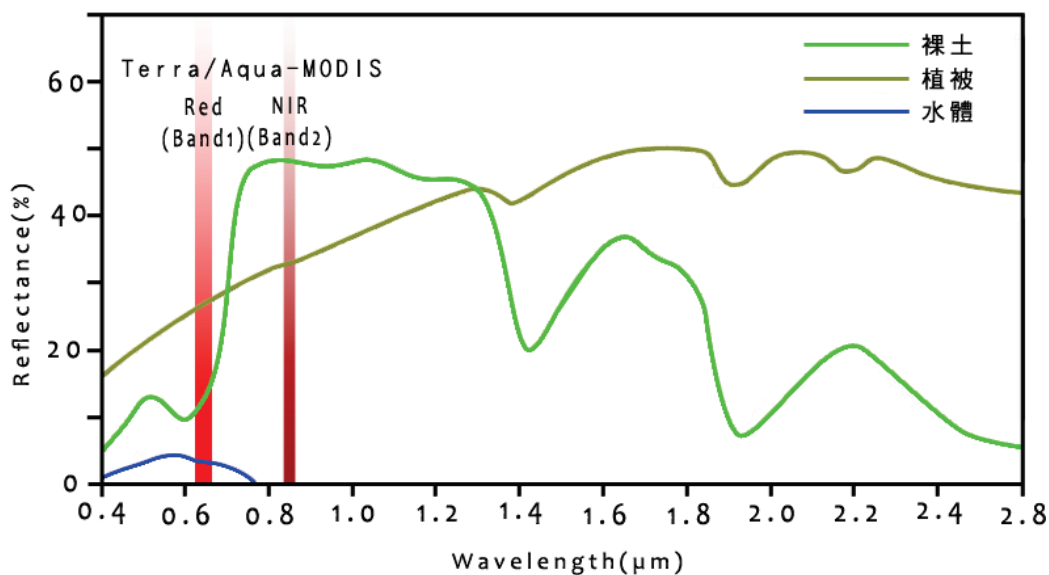


圖12. 光譜反射率（裸土、植被及水體）

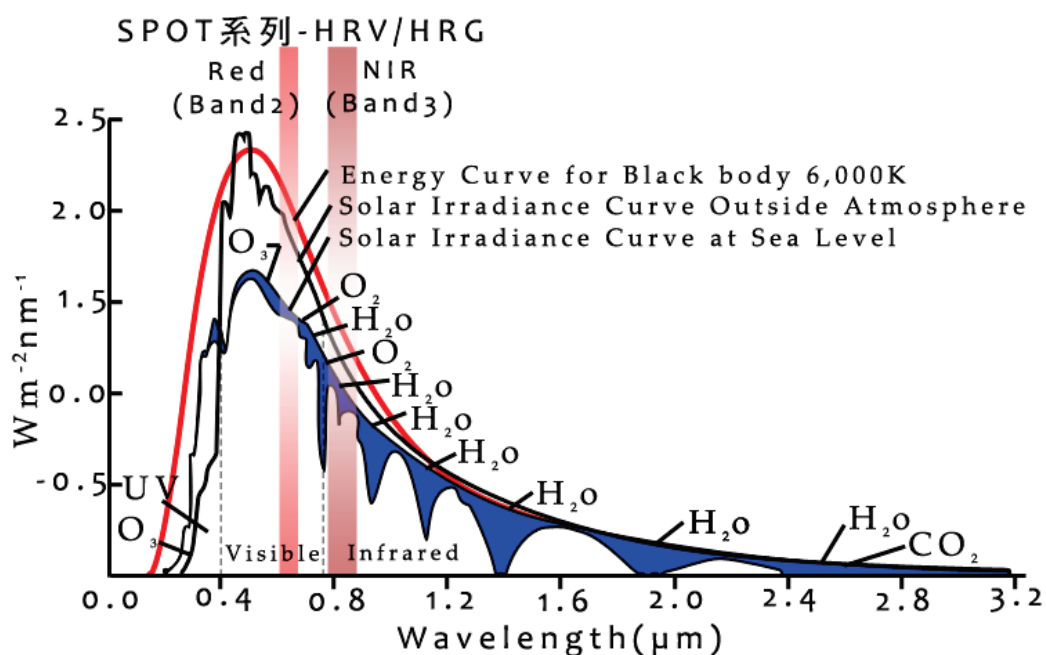


圖13. 光譜輻射強度

相較於 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像輻射值的 NDVI 演算，Terra/Aqua-MODIS MOD13 產品 NDVI 演算是藉由雙向反射率分配函數（Bidirectional Reflectance-Distribution Function, BRDF：為光線入射到物體表面，反射時會因為物體的粗糙而散

佈到不同的方向)，演算近地點觀測 (nadir view) 反射率，並排除大氣及雲層的影響，故相較於觀測輻射值，較不受到觀測幾何 (sun-target-sensor) 及季節性變換所產生輻射值變化的影響，能提供較為常態化的地表植生資訊。

為量化 Terra/Aqua-MODIS 及 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像的 NDVI 值相互關係，另針對均質地貌測區進行 NDVI 值的比對驗證，蒐集 2007 年 01 月 29 日和 2007 年 01 月 30 日 Terra-MODIS 及 SPOT-2-HRV 紅光及近紅外光波段光譜資料，據以演算 NDVI，如圖 14 所示 (其中左圖為 2007 年 01 月 29 日及 01 月 30 日 SPOT 系列-HRV 鑲嵌 NDVI 影像，中圖為 2007 年 01 月 29 日 Terra/Aqua-MODIS NDVI 影像，右圖為 2007 年 01 月 30 日 Terra/Aqua-MODIS NDVI 影像)。並藉由第三次森林資源調查分類圖資及 2006 年 SPOT 衛星影像分類成果，選定 5 公里×5 公里均質區域 (山區藉由森林資源調查成果，平地區域藉由 SPOT 衛星影像分類成果) 如表 9 及圖 15 所示，包含常綠針葉林 (ENF)、闊葉林 (EBF)、混合林 (MF)、作物 (Cropland)、草生地 (Grassland)、及都市區域 (Urban) 等台灣全島主要地貌類型，以進行不同感測器 NDVI 值的比對分析。

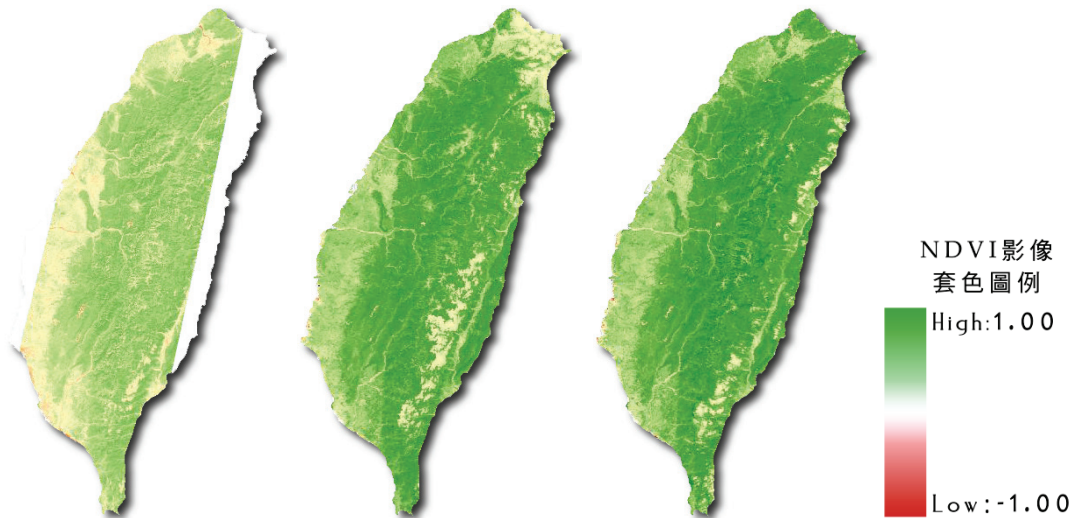


圖14. SPOT-2-HRV 及 Terra/Aqua-MODIS 演算 NDVI 比較圖

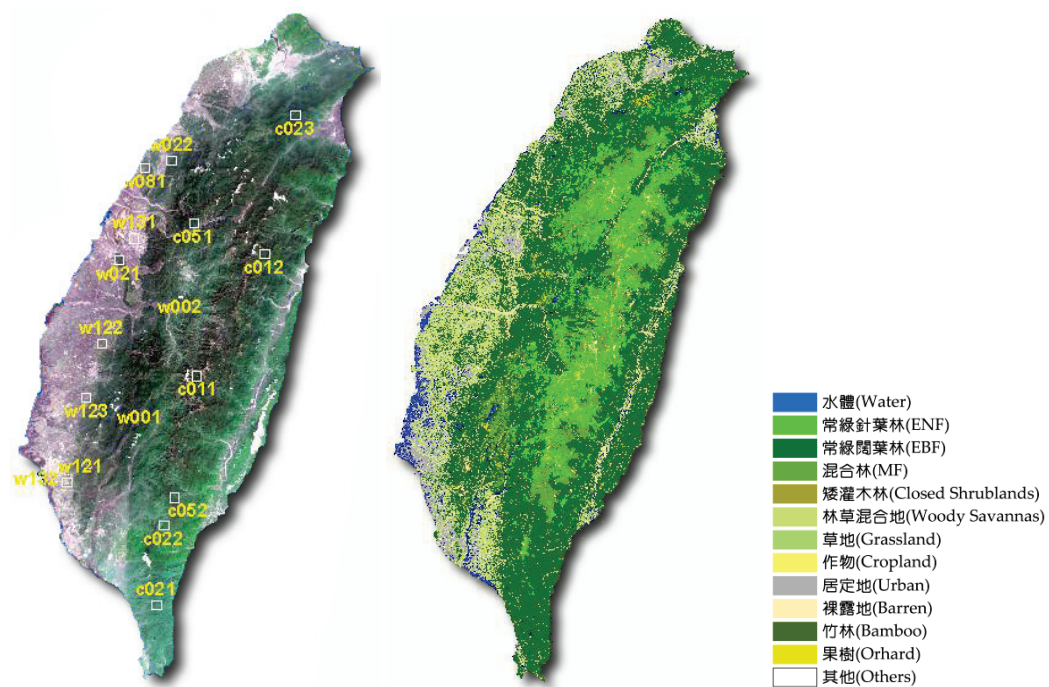


圖15. 左圖為測試區域分佈，右圖為森林資源調查（山區）及 SPOT 衛星分類影像（平地）

表9. NDVI 比較測試區域 (5 公里x5 公里)

測區點位	分類類別	高度 (公尺)	X 座標 (公尺)	Y 座標 (公尺)
C011	常綠針葉林	2,790	250,277	2,596,164
C012	常綠針葉林	2,436	287,770	2,664,047
C021	闊葉林	644	227,781	2,468,293
C022	闊葉林	1,558	231,728	2,512,495
C023	闊葉林	654	300,400	2,741,796
C051	混合林	1,662	248,698	2,681,017
C052	混合林	1,681	237,648	2,527,887
W001	水體	222	205,285	2,577,220
W021	闊葉林	124	206,864	2,660,495
W022	闊葉林	131	235,674	2,716,143
W081	草生地	64	221,072	2,712,196
W121	作物	21	177,659	2,536,964
W122	作物	42	197,392	2,613,924
W123	作物	29	188,709	2,583,535
W131	定居地	85	215,152	2,672,335
W132	定居地	16	170,555	2,545,647

Terra-MODIS 與 SPOT-2-HRV NDVI 值比對成果如圖 16 所示 (單一測區 Terra-MODIS 樣本數為 400; SPOT-2-HRV 樣本數為 62,500), 其中水體 (W001 及 W002)、都市建物 (W131 及 W132) 及作物區 (W121 及 W122) 皆呈現較低的 NDVI 數值, 常綠針葉林、闊葉林、及混合林的 NDVI 則沒有顯著差異, 此外, 作物區由於涵蓋零星散佈的建物, 故 SPOT2-HRV NDVI 變異值較大, 而內陸水體區域則由於涵蓋到周邊植生區域, 亦造成較大的 NDVI 變異情形; 整體而言, 兩感測器 NDVI 呈現高度相關性, 故以 Terra/Aqua-MODIS 資料進行植生分析, 雖其空間解析度在反應細微地貌資訊上較具挑戰性, 但在中、大尺度範圍應用上,

應能如 SPOT 系列-HRV/HRG 資料，有效反映出地表植生情形，並進一步應用為全台綠覆蓋分析所需資訊。

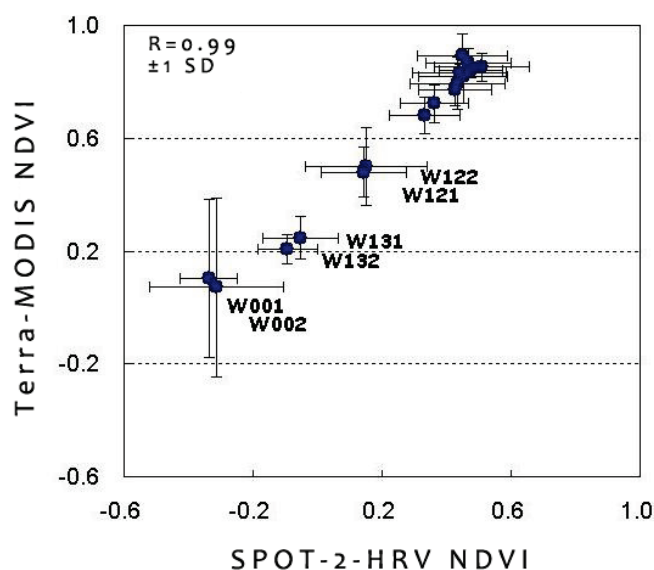


圖16. Terra-MODIS 與 SPOT-2-HRV NDVI 關係圖

SPOT 系列-HRV/HRG 及福衛二號-RSI 衛星影像由於具有較高的地表空間解析度，能反映細微的地貌資訊，故藉由標準樣區（林地、草生地、作物、水體及裸露地）觀測，即能界定植生及非植生區的門檻值，據以進行各別像元的二值化分析，並演算區域性綠覆蓋率，如圖 17 所示（左圖為 SPOT-4-HRV 植生與非植生分布，中圖為 SPOT-4-HRV NDVI 值分布，右圖為 Terra-MODIS NDVI 值分布），相對而言，Terra/Aqua-MODIS 屬於中尺度解析資料（250~1,000 公尺），若以高解析遙測資料的角度出發，Terra/Aqua-MODIS 則具有混合像元的資訊，在人口高度密集且土地利用複雜的台灣地區，以單一門檻值界定一 250 公尺x250 公尺區域為單純的植生或非植生區域，其所得資訊可能相當偏頗，並造成推估的誤差，故在此藉由 vegetation

continuous field 的概念，分析每一像元的植生覆蓋比率（連續性資料 0~100%），而非單純的予以二值化界定（0 或 100%）。

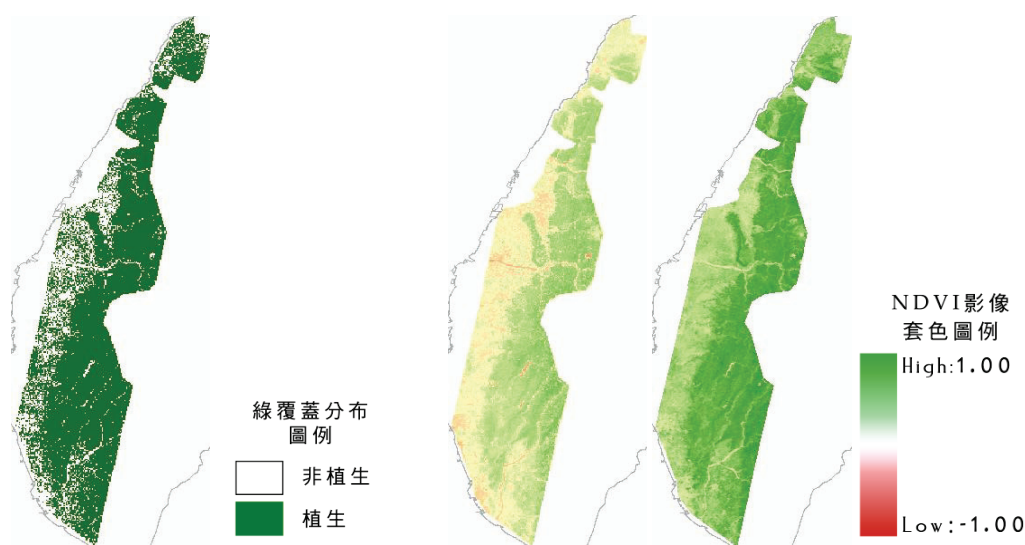


圖17. 2008年02月17日 Terra-MODIS 與 SPOT-4-HRV NDVI 值相對關係

由於 Terra-MODIS 與 SPOT 系列-HRV/HRG NDVI 具有高度相關性，故可藉由相關分析尋求兩感測器觀測值的對應關係；此外，為估測 Terra/Aqua-MODIS 全台綠覆蓋率，在此進一步利用 SPOT 系列-HRV/HRG 高解析資料，分析綠覆蓋率與 NDVI 值在 Terra/Aqua-MODIS 像元尺度下的相對關係，並以此雙重對應關係為基礎，即能估測 Terra/Aqua-MODIS NDVI 觀測值所代表的植生覆蓋資訊。

圖 18 顯示 2008 年 02 月 17 日 SPOT-4-HRV 及 Terra-MODIS 晴空區域 NDVI 的相對關係（SPOT-4-HRV 及 Terra-MODIS 資料皆重新取樣至 500 公尺x500 公尺解析度；Terra-MODIS NDVI 為 2x2 像元平均值，SPOT2-HRV 為 25x25 像元平均值），兩者觀測值呈現高度相關性，但由於 Terra-MODIS NDVI 在高植生區

(約介於 0.8~0.9) 產生飽合並趨向穩定，兩者間並非線性對應關係(相較於 SPOT-4-HRV, Terra-MODIS 的紅光及近紅外光波段具有較高的光譜解析度，能更靈敏的反應光譜反射變化，但相對而言，也較易造成飽合)，故在此以二次多項式表示，如式 2 所示。

$$Y=0.29163x^2+0.59714x-0.2627\dots\dots\dots (式 2)$$

$$R^2=0.79209$$

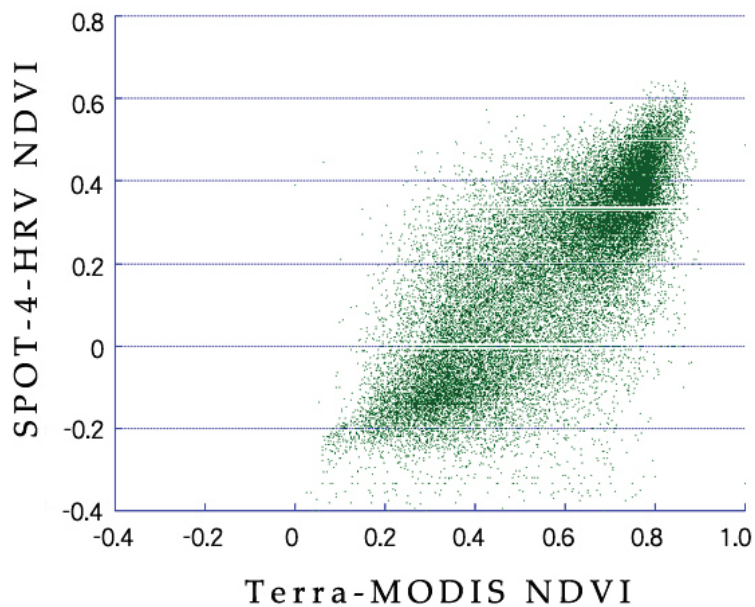


圖18. 2008 年 02 月 17 日 Terra-MODIS 及 SPOT-4-HRV NDVI 關係圖

圖 19 為 SPOT HRV 資料在 500 公尺x500 公尺區域的 NDVI 平均值及其相對應的綠覆蓋率(植生及非植生判釋門檻值為 -0.0380)，顯示在較低植生區域，兩者呈現線性的對應關係，但在高植生覆蓋比率區域，NDVI 觀測值變化幅度加大，突顯出不同地貌間(闊葉林、針葉林及草生地)NDVI 觀測值的差異情形，

在此亦以二次多項式表示相互關係（綠覆蓋低於 0%，則視為無綠覆蓋），如式 3 所示。

$$Y=-2.8961x^2+2.4494x+0.50223 \dots\dots\dots (式 3)$$

$$R^2=0.95446$$

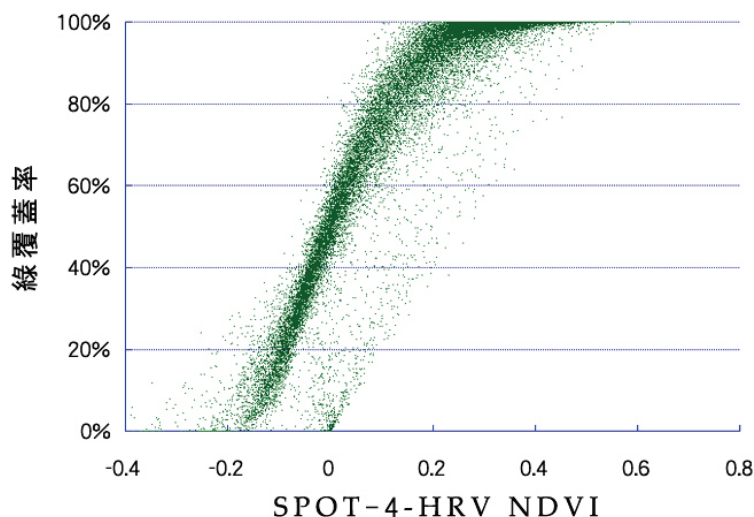


圖19. 2008 年 02 月 17 日 SPOT-4-HRV NDVI 及綠覆蓋率關係圖

由於 Terra-MODIS NDVI 與 SPOT-4-HRV NDVI，以及 SPOT-4-HRV NDVI 與 SPOT-4-HRV 綠覆蓋率皆呈現相關性，故可在 Terra-MODIS 像元尺度上，估測 Terra-MODIS NDVI 所對應的 SPOT-4-HRV NDVI 數值，以及各別像元所代表的植生覆蓋比例資訊，並進而推估區域性或台灣全島的綠覆蓋率；圖 20 分別為 Terra-MODIS NDVI 模擬影像及植生覆蓋影像，其中模擬影像與 SPOT-4-HRV NDVI 呈現近似的值域對應，而植生覆蓋影像則呈現各 250 公尺x250 公尺像元區域所代表的綠覆蓋率，整幅影像的綠覆蓋率亦可藉此進行分析；表 10 顯示 2008 年 02 月 17 日 SPOT-4-HRV 航帶衛星影像及 Terra-MODIS 相同區域資料的綠

覆蓋率分析成果，以及以相同二次式參數為基礎，針對 2008 年 03 月 05 日及 2008 年 03 月 09 日衛星影像的測試成果。

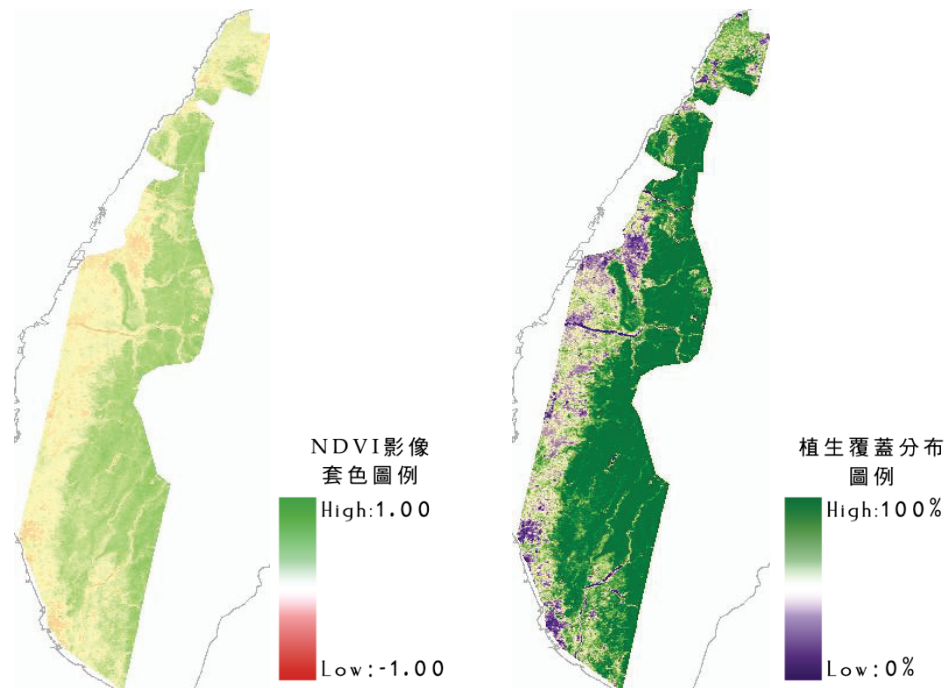


圖20. 左圖為 2008 年 02 月 17 日 Terra-MODIS NDVI 模擬影像；右圖為 2008 年 02 月 17 日 Terra-MODIS 綠覆蓋分布成果

Terra/Aqua-MODIS 綠覆蓋率演算主要以前述方法為基礎，藉由每 16 日週期的 MOD13 產品，進行多期影像平均值演算，取得台灣全島晴空時期植生指標資料，並透過與高解析 SPOT 系列-HRV/HRG 觀測值的相互對應關係，進行植生覆蓋比率分析及全台綠覆蓋率推估，如圖 21 所示；此外，雖然 Terra/Aqua-MODIS 資料具有高重複觀測週期的特性，但在單一月份欲取得全台無雲資料仍具有挑戰性，若部份月份影像資料不全，其綠覆蓋資訊亦喪失與其他月份資料的比較基礎，故在此以季節為週期，進行全台綠覆蓋率分析，以確保全台無雲資料的取得。

表10. SPOT 系列-HRV 及 Terra-MODIS 綠覆蓋率分析成果比較

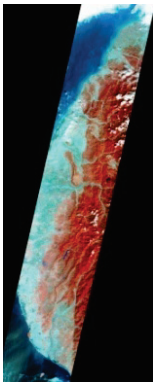
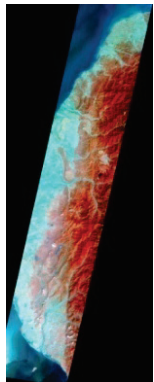
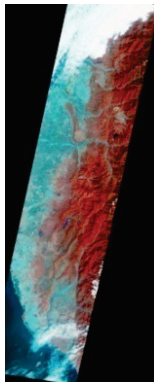

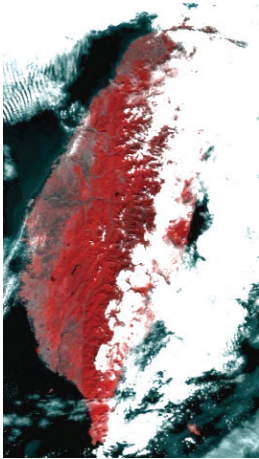
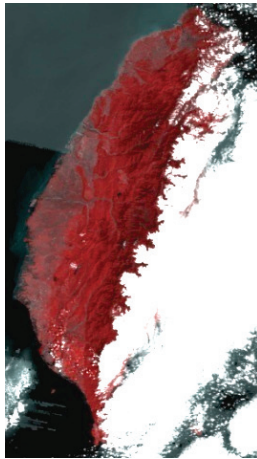
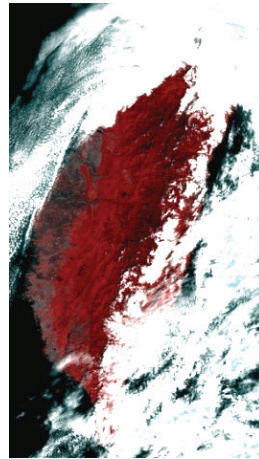

項目 \ 影像拍攝日期	2008 年 02 月 17 日	2008 年 03 月 05 日	2008 年 03 月 09 日
SPOT 系列-HRV 衛星影像			
波段 			
衛星/感測器別	SPOT-4-HRV	SPOT-2-HRV	SPOT-4-HRV
綠覆蓋率 (二值化演算法)	78.3	79.2	82.0
Terra/Aqua-MODIS 衛星影像			
波段 			
衛星/感測器別	Terra-MODIS		
綠覆蓋率 (植生覆蓋演算法)	77.6	80.5	80.0
註： 1.表格內數據皆為綠覆蓋率，單位為百分比(%)。 2.分析區域雖為同一拍攝航帶，但受到雲霧覆蓋區域不同，其分析區域亦有差異。			



圖21. Terra/Aqua-MODIS 衛星影像綠覆蓋率標準作業流程

經由 2009 年 1 至 2 月 NDVI 資料平均值(Terra/Aqua-MODIS MOD13 產品第 001、017、033 及 049 期) 及其所對應的綠覆蓋率影像，並以此演算全台綠覆蓋率為 87.3% (2002 至 2008 逐年 SPOT 系列-HRV/HRG 全台第一期 (02 至 04 月) 綠覆蓋率依序為 87.2%、88.9%、87.79%、85.76%、87.52%、86.28%及 85.97%)，顯示透過與 SPOT 系列-HRV/HRG 資料的輔助比對分析，Terra/Aqua-MODIS 資料能提供在台灣全島觀測上，與 SPOT 系列-HRV/HRG 近似的空間綠覆蓋資訊。

為考慮各季節大氣及溫度等因子影響綠覆蓋率演算成果，以冬季單期 SPOT 系列-HRV/HRG 與 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像匹配演算，套用至全年綠覆蓋率演算，夏季易造成比率過高，

為使演算成果更趨於最或是值，以 2008 年 02 月 17 日做為冬季綠覆蓋率律定準則，增加春、夏及秋季等各季節綠覆蓋率律定準則，各季節植生覆蓋演算綠覆蓋率關係如表 11 及 12 所示。

表11. 各季植生覆蓋演算綠覆蓋率關係表

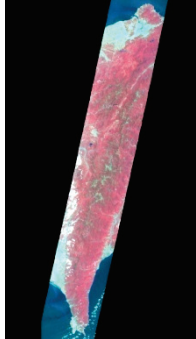
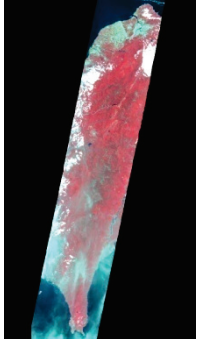
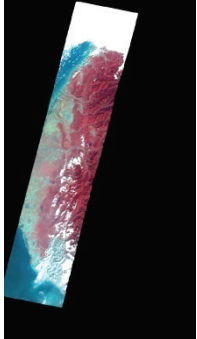
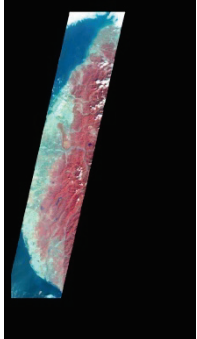
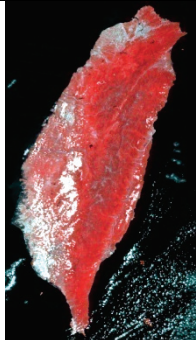
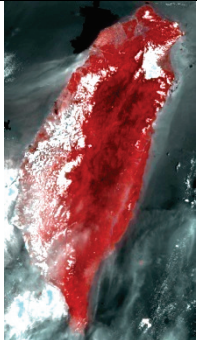
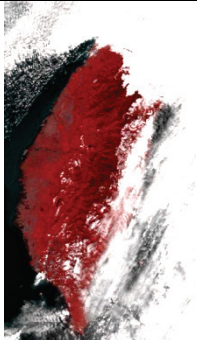
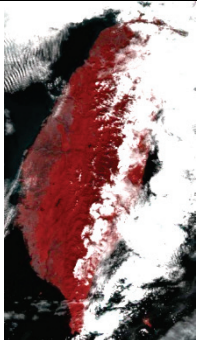
影像拍攝日期 (季節)	2009/05/08 (春)	2009/08/01 (夏)	2007/11/04 (秋)	2008/02/17 (冬)
項目				
衛星/感測器別	SPOT-5-HRG	SPOT-4-HRV	SPOT-4-HRV	SPOT-4-HRV
圖例 波段 Green Red NIR				
衛星/感測器別	Terra-MODIS			
圖例 波段 Red Red NIR				
二值化 綠覆蓋率門檻值	-0.0438	0.0678	0.0495	-0.0380

表12. 各季植生覆蓋演算綠覆蓋率關係表 (續)

影像拍攝日期 (季節) 項目	2009/05/08 (春)	2009/08/01 (夏)	2007/11/04 (秋)	2008/02/17 (冬)
多元衛星 NDVI 相關性示意圖*				
NDVI 相關性回歸式	$Y=0.3051x^2+0.68041x-0.16538$ $R^2=0.79152$	$Y=0.069017x^2+0.80476x-0.19732$ $R^2=0.79931$	$Y=0.087445x^2+0.83322x-0.31294$ $R^2=0.78834$	$Y=0.29163x^2+0.59714x-0.2627$ $R^2=0.79209$
NDVI及綠覆蓋率相 關性示意圖**				
NDVI及綠覆蓋率相 關性回歸式	$Y=-2.0729x^2+2.2086x+0.41677$ $R^2=0.89377$	$Y=-1.6341x^2+2.1917x+0.28234$ $R^2=0.96137$	$Y=-2.4222x^2+2.5113x+0.36486$ $R^2=0.95741$	$Y=-2.8961x^2+2.4494x+0.50223$ $R^2=0.95446$

2-2-2. 福衛二號-RSI衛星影像植生指標、綠覆蓋率計算及變動成因探討

福衛二號-RSI 衛星影像擁有紅光段輻射值(0.630~0.690 μm)及近紅外光輻射值(0.760~0.900 μm)等，可進行常態化差異植生指標(NDVI)估算，其中：

紅光段輻射值：葉綠素對其吸收強烈，所以植物有較低的反射，對土壤、建築物等非植物有較高的反射值。

近紅外光段輻射值：不被葉綠素吸收，所以植物具有高反射值，此波段對植物有較好的辨識能力。其應用包括地形關係研究、植物生理研究、變遷分析研究等。

相較於Terra/Aqua-MODIS MOD13 產品NDVI值為反射值，福衛二號-RSI 衛星影像以紅光段與近紅外光段所演算的NDVI值皆為輻射值，而前期綠資源NDVI調查計畫所使用的SPOT系列-HRV/HRG衛星影像，各波段亦為輻射值，僅感測器的光譜解析度有些許的不同，如表13所示，因此福衛二號-RSI衛星影像演算NDVI值的成果可套用至前期綠資源NDVI調查計畫的標準作業流程，進行綠覆蓋率統計及分析。

表13. 福衛二號及SPOT系列衛星影像紅光及近紅外光段光譜解析度表

衛星名稱	感測器名稱	觀測時間	空間解析度(公尺)	波段	光譜解析度(μm)
SPOT-2 SPOT-4	HRV	上午 10時45分	20×20	紅光	0.610~0.680
				近紅外光	0.790~0.890
SPOT-5	HRG	上午 09時40分	10×10	紅光	0.610~0.680
				近紅外光	0.790~0.890
福衛二號	RSI	上午 09時40分	8×8	紅光	0.630~0.690
				近紅外光	0.760~0.900

註：本表格僅列出紅光及近紅外光段光譜解析度資料。

由前期綠資源 NDVI 計畫得知，衛星影像所演算的植生指標僅可瞭解綠色植生分布趨勢，而綠覆蓋率的估算需藉由 NDVI 值的統計和分析與相關參數的配合，如實驗樣區的設立及統計，計算出因季節影響，NDVI 值所需的加權數值；以及山區因為陰影的效應，導致 NDVI 值降低，以航空照片比對及日照模擬方式，針對陰影區補償。圖 22 為福衛二號-RSI 衛星影像綠覆蓋率計算標準作業流程。

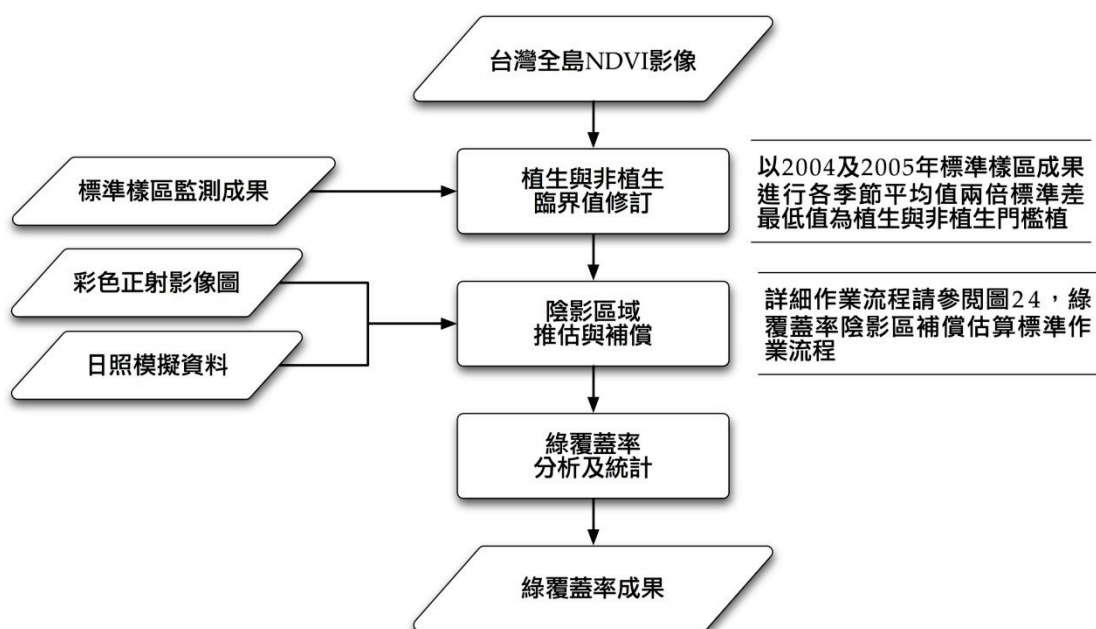


圖22. 福衛二號-RSI 衛星影像綠覆蓋率計算標準作業流程

1. 樣區植生與非植生門檻值修訂

前期計畫以 2004 年至 2005 及 2007 年至 2008 年間 SPOT-HRV/HRG 系列衛星影像針對標準樣區（裸露地、草地、竹林、陰影區、防風林、漁塭、旱田及木本植物）監測每月 NDVI 值，做為植被區域選取的依據。將標準樣區每月之測量數值按照季節分為春、夏、秋及冬四季，再計算各季節 NDVI 平均值與標

準差，利用該平均值與標準差界定各季節植生 NDVI 值範圍，並以此範圍最低值作為各季節植被之判釋標準。

與前期計畫以相同推估方式，預計將 2004 年至 2008 年 05 月至 10 月間標準樣區（裸露地、草地、竹林、陰影區、防風林、漁塭、旱田及木本植物）的福衛二號-RSI 衛星影像進行 NDVI 值統計與分析（如無同時期資料，則以不同年度替代）。

各類別以平均值為基準，為避免樣區範圍劃定上的誤差及複合式地貌類別的影響，各取前、後二個標準差的範圍，約佔總資料 95%，作為各類別 NDVI 值分布範圍，再以草地、竹林、防風林及木本樣區四類做比較，以 NDVI 平均值分布範圍的最低值做為判釋植生的標準，如表 14 所示，詳細資料如附錄 C 所示。因此全島鑲嵌影像 NDVI 值以大於 0.1460 為植生與非植生門檻值，以此方式修訂綠覆蓋率估算，可以減少季節因素造成的綠覆蓋率變化，使綠覆蓋率計算更準確。

表14. 各標準樣區福衛二號-RSI 衛星影像平均 NDVI 值統計值

地物類別 NDVI 值	草地	竹林	防風林	木本植物
最大值	0.4430	0.6275	0.2871	0.6570
最小值	-0.0358	0.0824	0.1373	0.3661
平均值	0.2870	0.5130	0.2120	0.5870
中值	0.2878	0.5197	0.2131	0.5980
標準差	0.0650	0.0710	0.0330	0.0430
兩倍標準差	0.4170	0.6550	0.2780	0.6730
	- 0.1570	- 0.3710	- 0.1460	- 0.5010

2. 陰影區域綠覆蓋率推估及補償

台灣全島山區面積約佔 70%，由於太陽光照射角度不同，以至於山區有背陽面的產生，意即陰影區域。由光學影像成像原理知，背陽面只有太陽繞射與太陽散射光源，沒有真正的反射光資訊，因此，背陽面的衛星資料不完全為真。

為求綠覆蓋率估算的數值更趨於正確，除上述建立標準樣區，由標準樣區的 NDVI 實測值以予修正門檻值，更以農林航空測量所提供彩色航照資料做為陰影範圍的比對，如圖 23 所示（註：藍色圈選範圍為陰影區且 NDVI 值小於植生判釋標準的區域）。由比對結果可知，山區陰影區大部分有植物覆蓋，故可將陰影區視為植生區，因此所計算的縣市、事業區及全島等綠覆蓋率需作部分修正。

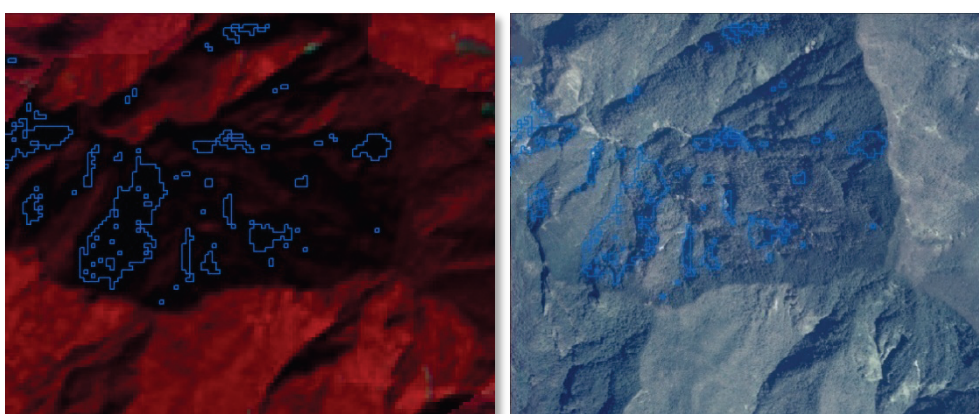


圖23. SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像陰影區（左）與彩色航照陰影區（右）比較示意圖

若欲將山區陰影區視為植生範圍，必須先萃取陰影區。然而陰影較淡的區域，NDVI 值可能在植生判釋標準以上，為避免所選取區域與之前計算綠覆蓋率區域重疊，首先，在 NDVI 影像中選取小於植生判釋標準的範圍，接著以 DTM 資料模擬影像陰影

區域，再將此二張影像套疊，即可找出影像陰影區且小於 NDVI 植生判釋標準的區域，將此區域視有植被覆蓋，再進行綠覆蓋率估算，其標準作業程序如圖 24 所示。

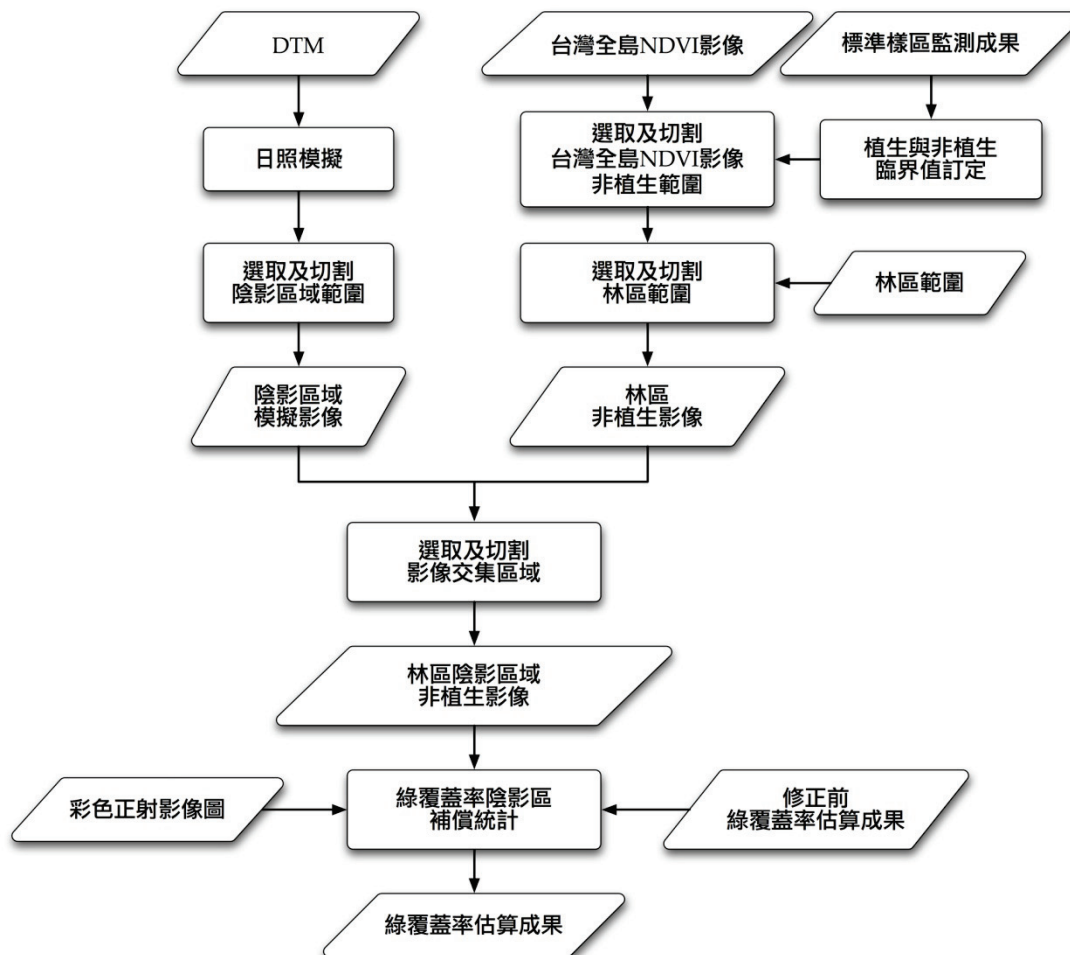


圖24. 綠覆蓋率陰影區補償估算標準作業程序

本計畫為首次使用多尺度的衛星影像產品進行綠資源調查與分析，高解析台灣全島衛星影像相較於往年有許多相異，過去七年綠資源調查皆以 SPOT 系列衛星進行台灣全島影像鑲嵌，一年兩期，第一期衛星影像蒐集以 02 至 04 月為主；第二期衛星影像蒐集以 08 至 10 月為主。本（2009）年度以福衛二號衛星影像做為高解析度台灣全島衛星影像來源，一年一期，衛星影像蒐集以 05 至 10 月為主，進行鑲嵌台灣全島衛星影像，由於福衛二號衛

星影像與往年所使用的 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像的解析度及蒐集季節均不相同，輻射值的反應也不盡相同，因此綠覆蓋率變動分析方法的訂定，需更為嚴謹。

前期綠覆蓋率 NDVI 調查對於綠覆蓋率的變化分析方式，以 2007 與 2008 年第一期為例，首先分別計算 2007 與 2008 年第一期台灣全島鑲嵌衛星影像 NDVI 值，接著將此二張 NDVI 影像值相減，依據 NDVI 值的原理，單張衛星影像 NDVI 值區間為 ± 1 ，前後期影像相減，差異值應為單張影像的二倍，故 NDVI 差異值預設訂為 ± 2 的十分之一，即為 ± 0.2 ，因此將差值大於 0.2 與小於 -0.2 的部分，利用影像套疊的方式，分別選取由植生變為非植生與非植生變為植生的區域。

為了有效降低不同衛星影像相互比較與分析時所形成的誤差，如空間解析度、季節因素及輻射反應值等的不同，本（2009）年度將原有的變動分析方式更變，以統計的概念，先將前後兩期衛星影像進行套合至相同解析度，進行 NDVI 分析，兩者相減，以兩倍標準偏差（信心水準 95%）以外的區域，配合前後期植生與非植生區分類別，並以半人工方式剔除河道或幾何套合所產生之誤差區域，分析出變動區域，以做為客觀的綠覆蓋率變動成果，其標準作業程序如圖 25 所示。

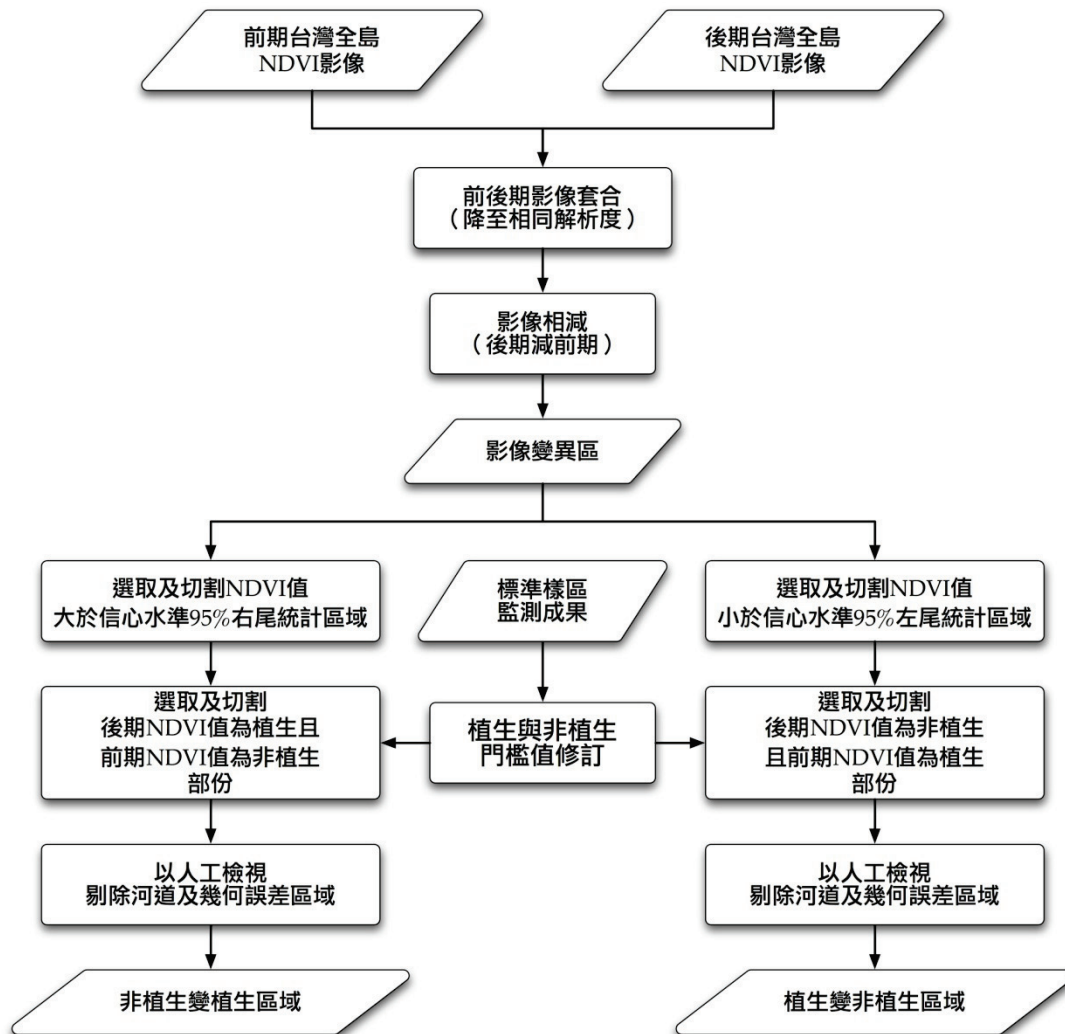


圖25. 綠覆蓋率變動分析標準作業程序

初步分析綠覆蓋率變動的成因如下列所述：

1. 崩塌裸露

崩塌為岩石、土壤或地表層受重力影響，產生向下或向外運動的過程，依其運動過程及主要介質可區分為倒塌、流動、潛移滑動及海底崩塌等多種形式。台灣本島崩塌常伴隨颱風、豪雨、地震等天然災害發生；當豐沛雨量落於山區時，因排水不及，致使地表上層負載增加，土石顆粒剪力下降及土層結構鬆動，最後即引發土石崩塌，由衛星影像可清楚看到崩塌裸露呈現扇形區域向河道崩落，崩塌面積形成扇形面積，主要為降雨侵蝕後，坡面

逐漸形成指蝕侵蝕，慢慢逐步擴大為樹狀侵蝕，最後因侵蝕剪應力大於地表的抓地力，形成面型侵蝕，圖 26 為前後期 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像崩塌裸露地比較圖，以衛星影像前後期比較，前期（左圖，為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像）行水區旁僅有幾處扇形崩塌地，且坡面呈現粉紅色植生反應；後期（右圖，為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像）則坡面部分地區則呈現黃綠色，為低植生或裸露。

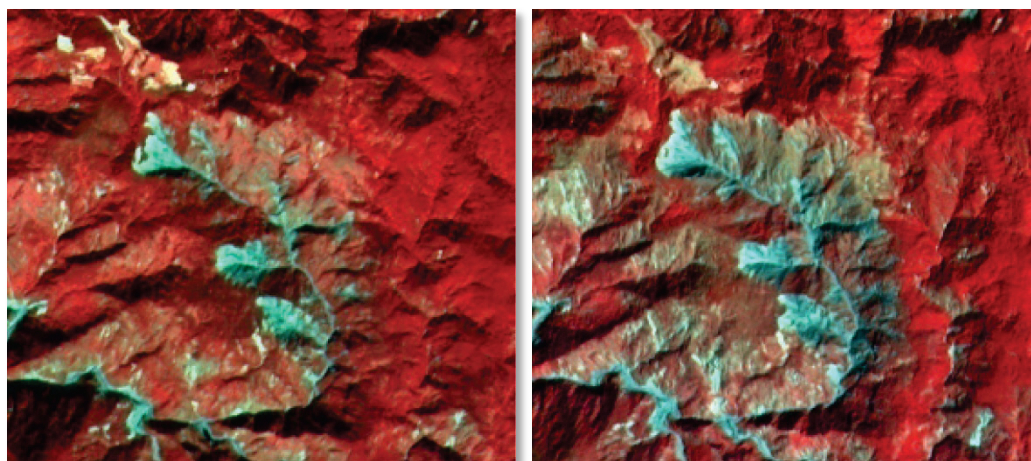


圖26. 前後期 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像崩塌裸露地比較圖；前期（左圖）為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像，後期（右圖）為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像

2. 河道灘地變化

台灣全島由於地勢高低起伏較大，降雨集中於夏季，河道枯水與豐水期有著相當大的落差，一般枯水期時較為平坦的河灘地，有的利用種植經濟作物，一來河灘地水分充足，二來無需成本（多數河灘地非私人農地）；或是河道的整治（引水道的開挖及疏濬），

包含河道周邊的坡面復育等。在國有林班地內，大多河川上游都屬於原始自然狀態，並無中下游相關的明渠、擋土牆、攔河堰及水門等水工構造物，因此河灘地無論是豐水期的大量雨水沖刷，或是土石崩落，甚至是種植經濟作物，都會使綠覆蓋率減少，圖27為前後期 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像河道灘地變化比較圖，以衛星影像前後期比較，前期（左圖，為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像）行水區及低窪地區呈現無水狀態及部分植生的狀態；後期（右圖，為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像）則行水區及部分地區植生已變為非植生區域。

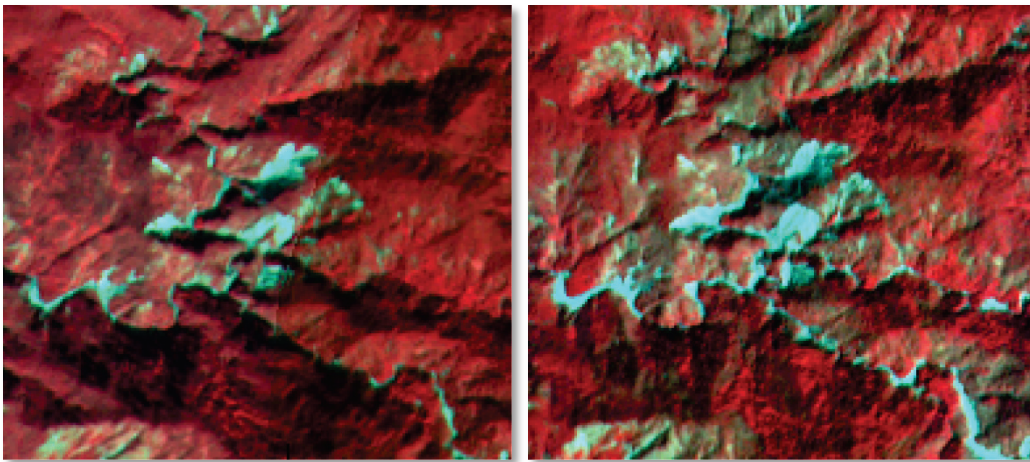


圖27. 前後期 SPOT 系列-HRV 衛星影像河道灘地變化比較圖；前期（左圖）為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像，後期（右圖）為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像

3. 作物區變化

隨著都市開發過度，人們逐漸往郊區或山區活動，如丹大事業區早期因闢築丹大林道，開採林木，到台灣林業禁伐後，人們

為了生活，開始種植高冷蔬菜，形成部分區域綠覆蓋率變動，如圖 28 為前後期 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像作物區變化比較圖，以衛星影像前後期比較，前期（左圖，為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像）部分米白色及亮藍白色區域為裸露土，較為鮮紅色區域為種植作物區域；後期（右圖，為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像）則呈現全部為綠白色區域，為裸露土。

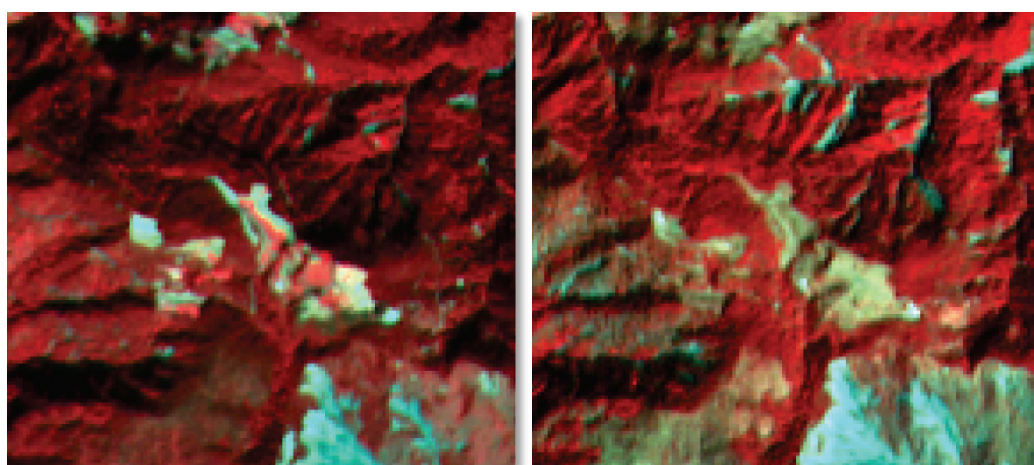


圖28. 前後期 SPOT 系列-HRV 衛星影像作物區變化比較圖；前期（左圖）為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像，後期（右圖）為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像

2-3. 衛星影像分類及精度檢核

衛星影像分類的目的，主要藉由衛星影像取得的快速性與一致性，以波段的特性及紋理的特徵，由影像處理技術將複合式地貌的衛星影像，依據 IPCC 於 2006 年出版刊物「土地利用、土地利用變化和林業優良做法指南（Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG-LULUCF）」一文中所訂定分類項目進行類別區分，區分類別的分類項目，則依據衛星影像的空間解析度及波段多寡等因素而有所區別。為求分類的精度及品質，本計畫依據前期綠資源 NDVI 調查計畫所訂定之精度要求，以精度檢核樣區做為影像分類成果精度的檢核，其成果需達 85% 以上，才具有代表性；其中提及的精度檢核樣區主要由彩色航空照片數化及人工現場精確調查所得結果，是依據第四次森林資源調查分級所訂定的分類，亦是最詳細的綠資源調查。

2-3-1. 台灣全島鑲嵌衛星影像分類

分類標準以衛星影像上所呈現的地貌為主要依據；由於面積廣大，未知區域較多，分類方式先採用區塊分割，將混淆的類別分割，以非監督式分類法，進行自動回歸匹配，區分出光譜反應不同的類別，再配合往年檢核樣區光譜資料庫圖資當訓練樣本，進行細部歸類，以獲得最佳結果。其分類方式詳述如下所示：

1. 監督式分類

監督式分類是由已知地貌類別的光譜資訊來對影像進行分類，經由人工的選取歸類，訓練樣區越多，成果將越為準確，其主要分為兩個主要步驟：

(1). 挑選訓練樣區作為樣本。

- (2). 以訓練樣區為主，挑選適合的分類器來轉換像元值至適當的分類。

2. 非監督式分類

非監督式分類主要有兩種分類方式，ISO-DATA 及 K-means 等，利用最小距離來聚集相同性質的像元值，最小距離是指影像像元值和所有類別平均值距離中之最小值。非監督式分類主要步驟：

- (1). 首先決定欲分類的類別數。
- (2). 指定每一類別在每一波段的初始平均值，計算像元值和所有類別平均值的距離，最小距離的類別為該像元的類別。
- (3). 影像完成分類後，更新每一類別的平均值，以此新的類別平均值重新進行最小距離的分類。
- (4). 更新類別平均值及重新分類的過程將持續進行至收斂為止。

以 ISO-DATA 為例，ISO-DATA 非監督分類方式的分類過程有三個參數必須選擇：1.分類的類別數；2.每一類別在每一波段的平均初始值；3.分類停止的門檻值。

非監督式分類的類別數必須由使用者自行決定，通常是由影像在螢幕所呈現的顏色類別來做估計。為了讓 ISO-DATA 能在開始時啟動，使用者必須提供每一類別在每一波段的初始平均值，此類別的初始平均值通常可由影像的統計特性計算而得，此類別的平均值只是初始值，每完成一次整張影像的分類，類別的平均值就會以此分類的影像為主，重頭更新類別的平均值。ISO-DATA 利用類別的初始平均值進行影像的分類時，基本上是每次更新類別平均值及重新指派影像像元值類別的迭代過程，迭代不能無限

次的計算，必須設定停止的門檻值，IMAGINE ISO-DATA 設定兩個迭代停止的門檻值，每次完成整張影像的分類後，類別的平均值就會因迭代而改變一次，然後再重複分類，過程如果不收斂的話，迭代會無限的計算下去，ISO-DATA 可由設定最高的迭代次數來避免程式落入無限迴圈。例如設定 0.99 是表示當前後兩次的迭代如果有 99% 的像元歸屬類別不再有變化時，程式即停止再分類。基本上當 Maximum Iteration 或 Convergence Threshold 任何一個參數滿足時，分類即停止。

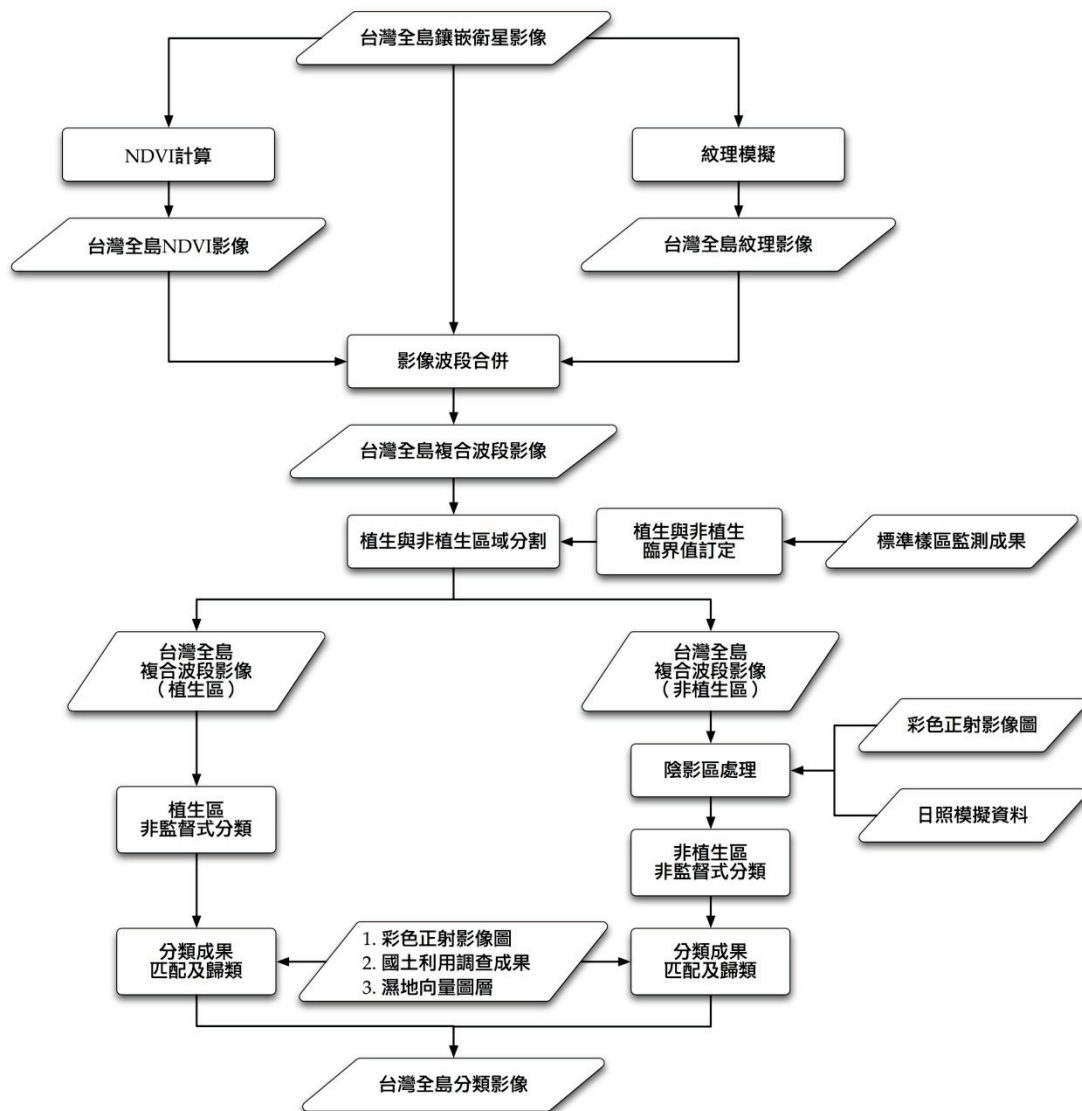


圖29. 台灣全島鑲嵌衛星影像分類標準作業程序

圖 29 為台灣全島鑲嵌衛星影像分類標準作業程序。影像分類即是將多光譜影像的像元值轉換成類別值，如此可由影像得知地表覆蓋情形。本計畫使用福衛二號-RSI 衛星影像進行全島鑲嵌影像分類，以政府間氣候變遷特別委員會（IPCC）於 2006 年出版刊物「土地利用、土地利用變化和林業優良做法指南（Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG-LULUCF）」一文中所訂定分類項目進行類別區分，包括林地、農田、草地、濕地、定居地及其他等共六類。因濕地類別包含河道、水庫及防風林區域；農地類別包含茶園、果樹及檳榔區域，因此無法以地貌分類方式進行區分，且衛星影像光譜反應中農地與草地類別類似，影像分類過程中容易區分混淆，因此除延續前期計畫以區塊進行非監督分類法進行分類外，為使類別區分趨於正確，擬使用相關分類輔助圖資，如彩色航照圖、國家濕地範圍及土地利用圖等進行分類匹配與歸類。

2-3-2. 台灣全島分類影像精度檢核

分類影像精度檢核的評估是以統計方式推估分類準確度的指標。為確定台灣全島分類影像成果品質，使用誤差矩陣（Error Matrix）、誤授漏授準確度、全影像總體準確度及 kappa 係數，檢測總體分類之準確度。學者 Congalton and Story 於 1986 年導出分類準確度評估的三個指數，其演算方法分述如下：

1. 生產者準確度（Producer's accuracy）

生產者準確度係對於某特定地表類別而言，將此類正確分類的數量除以參考資料中此類的總數量和。其計算式如式4所示。

$$PA_i = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{\sum_{i=1}^N X_{i+}} \dots\dots\dots (式 4)$$

其中：

X_{ii} =誤差矩陣第*i*列第*i*行之值

X_{i+} =第*i*列之非斜線上之像元總數

N =評估像元總數

此精度表示所使用的分類法，能將某類別參考資料正確地分類出來的比例。另一相同意義為漏授誤差（Omission error），漏授表示已知類別被遺漏而歸類到其他類別，其計算式如式5所示。

$$OE = (1 - PA) \times 100\% \dots\dots\dots (式 5)$$

2. 使用者準確度（User's accuracy）

使用者準確度與生產者準確度都是對於某特定地表類別而言。

將此類正確分類的數量除以分類結果中此類的總數量和。其計算式如式6所示。

$$UA_i = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{\sum_{i=1}^N X_{+i}} \dots\dots\dots (式6)$$

其中：

X_{ii} =誤差矩陣第*i*列第*i*行之值

X_{+i} =第*i*行之非斜線上之像元總數

N =評估像元總數

表示地面覆蓋物經分類後，類別被正確歸類的機率，另一個相似的意義為誤授誤差（Commission error），表示分類後之類別被錯誤分類的比例，其計算式如式7所示。

$$CE = (1 - UA) \times 100\% \dots\dots\dots (式7)$$

3. 全影像分類準確度（Overall accuracy）

將全部正確分類的量除以總資料量即可得之全影像分類準確度。對全部的類別而言，此數值代表區域內任意一點被正確分類的機率。其計算式如式8所示。

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{N} \dots\dots\dots (式8)$$

其中：

X_{ii} =誤差矩陣第*i*列第*i*行之值

X_{i+} =第*i*列之非斜線上之像元總數

X_{+i} =第*i*行之非斜線上之像元總數

N =評估像元總數

Kappa 係數為表示一分類法與隨機分類法比較，所減少的錯誤百分比，例如一分類法之分類結果 kappa 係數為 0.81，表示其分類法與隨機分類比較，避免 81% 的錯誤。Kappa 係數同時考量誤差矩陣中對角及非對角元素而得之統計指標，值越大代表分類之精度越高。學者 Congalton 於 1991 年推導 kappa 係數為準確度之評估指標，其計算式如式 9 所示。

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})} \dots\dots\dots (式 9)$$

其中：

N=觀測樣本數

r=誤差矩陣之行數 (row)

X_{ii} =誤差矩陣第 i 行 i 列元素

X_{i+} =誤差矩陣第 i 列之和

X_{+i} =誤差矩陣第 i 行之和

為詳細瞭解各區分類型與檢核樣區匹配精度，本計畫以生產者準確度及 Kappa 係數進行更詳盡的精度檢核。圖 30 為台灣全島分類影像精度檢核標準作業程序。台灣全島分類影像精度檢核是以農林航空測量所測繪之檢核樣區資料進行比對，此檢核樣區多位於林班地，為 TWD97 座標系統的 ShapeFile 向量圖層，由圖層屬性可知，檢核樣區是以第四次森林資源調查土地覆蓋型類別做為分類準則，如針葉樹純林、針葉樹混淆林、闊葉樹純林等區塊，由於衛星影像僅能分類至 IPCC 於 2006 年出版刊物「土地利用、土地利用變化和林業優良做法指南 (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry,

GPG-LULUCF)」一文中所訂定的林地、農田、草地、濕地、定居地及其他等六類型，因此需先將檢核樣區分類歸類至適當區類，並與前期計畫相同以85%的精度進行匹配檢核，如精度低於85%，則需重新進行衛星影像分類，直至滿足需求為止。圖31為2009年檢核樣區區塊示意圖。

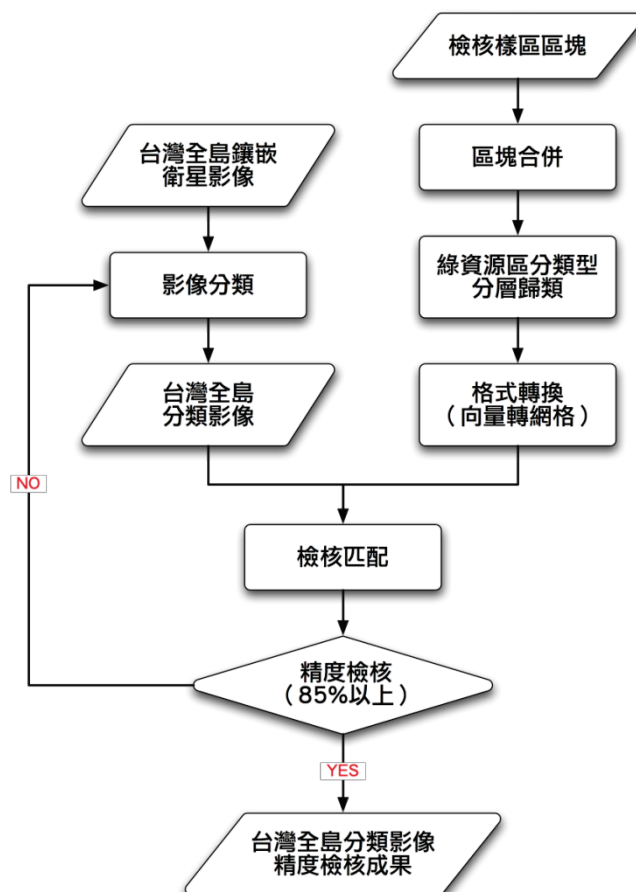


圖30. 台灣全島分類影像精度檢核標準作業程序

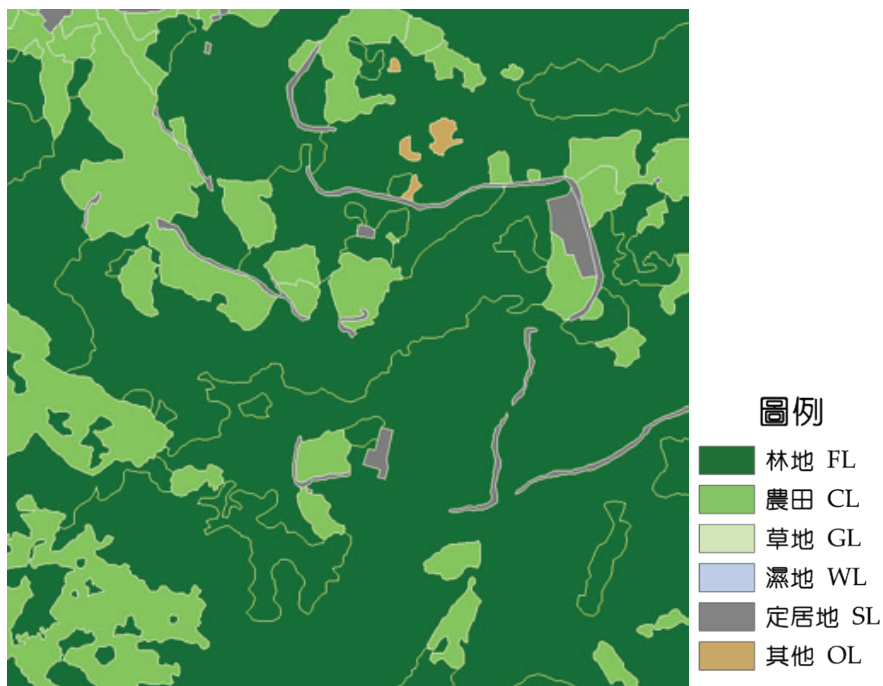


圖31. 2009 年檢核樣區區塊示意圖

2-4. 植生碳吸存估算

2-4-1. 碳吸存估算簡介

全球氣候變遷與溫室效應之間存在著緊密關係。二氧化碳、水蒸氣、甲烷、氮氣、臭氧等溫室效應氣體將地表散發的熱能吸收，使大氣溫度保持於適合生物生長，但近年溫室氣體的急速增加，使全球氣溫也隨之升高，加速冰河消退，以及海平面的上升，根據 2001 年政府間氣候變遷特別委員會 (IPCC) 的預測，若無法有效減緩全球溫室效應氣體的排放，全球地表溫度到 2100 年將上升 1.4~5.8°C，而伴隨著全球暖化的結果，全球水文收支亦將受到影響，造成極端氣候發生的頻度增加。

在人為產生之溫室效應氣體當中，二氧化碳增量占最重要部份 (Gurevitch et al., 2002)。南極冰蕊 (Etheridge et al., 1998) 及 Mauna Loa 的氣體取樣 (Etheridge et al., 1998) 顯示，十八世紀工業革命前，二氧化碳含量保持穩定狀態，直到石化工業興起與土地利用型態變遷，大氣中二氧化碳含量開始顯著增加 (Walker et al., 2001)，工業革命前二氧化碳混合比 275~284ppmv 至現今約 373ppmv，不穩定同位素 ^{14}C 及 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 測量資料亦顯示人為因素導致之碳排放在大氣碳組成成分中比例逐漸增加 (Butcher and Charlson, 1992)，故京都議定書中明定各國的二氧化碳排放總量，需控制降低到 1900 年的排放水準，針對此全球性溫室氣體增加的趨勢，國際間亦投入相當研究進行碳循環及碳存量的監測。

Schimel (2000) 應用 BIOME-BGC, Century, 及 Terrestrial Ecosystem Model (TEM) 三模型進行模擬，研究氣候與二氧化

碳存量變化對生態系統之影響，研究顯示，1980 至 1993 年間，美國本土每年增加 0.08Gt (gigaton) 的淨碳吸存，且多來自二氧化碳增量，由於森林具有將二氧化碳轉換成本身生物量的功能，可減少大氣中二氧化碳的含量，故森林的碳吸存及減碳功能逐漸受到各界重視。京都議定書中明定各國的碳排放交易權，以及森林對二氧化碳的吸存與排放淨值，期能藉此強化造林政策以降低大氣中的二氧化碳濃度。

2-4-2. 植生碳吸存估算

在植生碳吸存潛力的研究上，可藉由實地生物量的取樣、通量塔台觀測、模型推估、以及遙測技術等多種方法進行估測，在研究尺度及應用層面上皆存有差異。其中實地取樣係依據生態植群的不同，藉由光學量測、樹徑測量、相對生長分析(allometry)，落葉收集、及農作物收割等測量方式以分別量測或估算地上 (aboveground) 及地下 (belowground) 部份的淨初級生產力 (ANPP、BNPP)，此方式提供生態系統最直接之碳吸存量測量，但相對人力及時間成本較高，地下植物根莖主要藉由相對生長式，透過迴歸分析式進行生物量推估，缺乏實測數據，且由於缺乏生態系統自營性及異營性呼吸量測，所能量測主要為淨初級生產力。

通量監測塔站應用氣旋共變異法 (eddy-covariance method) 進行測量，計算二氧化碳、水氣、及微量氣體之流通量為風速之共變異數，藉由此微氣象觀測站台，生態系統總初級生產力 (GPP)、自營及異營性呼吸 (Ra+Rh)、及淨生態系統碳交換 (NEE) 可據以估計，提供場地尺度近連續性之觀測 (Curtis et al., 2002)。

理論上，為避免過多對流產生及造成通量之不連續性，塔站週遭需為大範圍的平坦地形，並由均質的植被層所覆蓋。其觀測範圍則受風速、大氣穩定性、以及塔台高度等綜合影響，一般約介於100~1,000m之間 (Baldocchi et al., 1996)。故氣旋共變異法適合應用於平坦地形之碳通量觀測，在具有地形起伏及豐沛對流之山區地形，其應用則較不適當；而 Fluxnet 為一全球性之通量監測網，由通量監測塔站 (flux tower) 所組成，作為觀測大氣及陸域生態系間二氧化碳、水氣及微量氣體之交換及動態情形，其主要任務為針對全球主要陸域生態系進行長期之通量監測，並建構一標準資料平台以利資料流通及相互比對分析，目前全球有多個區域性通量監測網路，如 AmeriFlux、AsiaFlux、CarboEurope、OzFlux (Australia、New Zealand)。

相較於實地取樣及通量塔台觀測，遙測技術能以較經濟的方式，在短時間內提供大範圍尺度的地表觀測資訊，彌補單點量測在空間上的不連續性；在碳吸存及碳存量的應用上，大致可區分為林分材積的生物量推估，以及藉由植生對光譜能量的吸收情形，評估碳吸存及排放量等兩種應用方式；其中碳吸存的方式為藉由探討綠色植生的光合作用，評估實際吸收輻射量 (APAR) 及總初級生產量 (GPP) 的相互關係，進而推估碳吸存速率，由於各植生種類的吸存排放比率及生長限制因素各異，在實際應用上常需結合廣泛先期研究所得的生態參數，以進行適時適地的推估。

模型估測提供另一途徑估算初級生產力及碳存量，生態系統模型乃模擬生態系統中能量、養分、及微量元素的循環過程，藉由提供生態系空間區位、生化、及氣象因子等數據條件，即可推估生態系統產出。由於生態過程複雜且交互影響，模型推估的準

確性取決於模型設計是否針對不同尺度考量其生態機制及約制因素 (Churkina et al., 2005)，故一完整模型建立需要廣泛之基礎實驗研究作為參考依據；而模型推估之優勢在於能彌補實地量測在時間及空間尺度上的不連續性 (Turner et al., 2005)，通量塔觀測及現地調查雖提供場地尺度碳通量數據，可與遙測資料推估值進行驗證，但侷限於小區域內單點或多點之測量，且實地取樣在時間尺度上常呈現不連續性。相對地，衛星遙測方式提供廣泛空間範圍尺度的瞬時觀測，兩者在時間及空間尺度上存在落差，實證模型能提供連續性的推估資料，彌補實測與遙測推估資料尺度的不對稱性，提供遙測資料一有效驗證途徑，且可進一步針對生態系統未來生態過程及狀態進行預估。

2-4-3. 以植生吸收輻射推估植生生產量

植物淨初級生產力 (NPP) 及光合作用有效吸收輻射 (APAR) 之關係由 Monteith (1972, 1977) 所提出，光能利用效率 (RUE) 說明在充分養份及水分灌溉下的生長作物，其淨初級生產力 (NPP) 與光合作用有效吸收輻射 (APAR) 呈現線性關係，其中光合作用有效吸收輻射受到日照時數、潛勢入射輻射、以及植物的葉面幾何呈現方式 (geometry of displayed leaf material) 影響，而地理空間區位、季節及雲層覆蓋等因素則影響潛勢入射輻射量。此光能利用效率提供另一途徑估算植生生產力，考量空間區位上有效日照輻射及植物本身輻射吸收限制，排除探討碳循環及養分平衡等複雜的植生生長機制 (Heinsh et al., 2003)。

Monteith 的光能利用效率 (RUE) 係針對在充分養份及水分灌溉下的生長作物進行研究，在實際應用於生態系統初級生產量

的估算時，需考量植物種類及所處環境的約制條件。Monteith 研究著重於一年生草本作物，其維持機能所需的自營性呼吸較低，相對地，多年生木本植物由於木質邊材（sapwood）比例較多，其維持性呼吸成本（maintenance respiration cost）較大，導致淨初級生產力（NPP）較低，由於植物在不同年齡及樹種的情況條件下，其維持機能所需的自營性呼吸差異極大，造成光能利用效率變異，進而影響光合作用有效吸收輻射（APAR）與淨初級生產力（NPP）的相關性，研究顯示若排除植物維持性呼吸的因素，光合作用有效吸收輻射（APAR）與總初級生產力（GPP）呈現出較佳的相關性，亦即光能利用效率更能反映 APAR 與 GPP 間的關係。

光能利用效率另一變異來自於非極適天候情況，並以溫度及溼度為植生生長的主要制約因素，當氣溫低於冰點溫度，或蒸氣壓力差（vapor pressure deficit, VPD）過大，將導致植物氣孔關閉，限制光合作用的進行，進而造成光能利用效率的降低，故 Monteith 理論在實際應用於非極適氣候情況時，尚需考量約制因素所造成的影響。表 15 為相關名詞說明。

表15. 植生碳吸存估算相關名詞表

中文全名/英文全名	英文簡稱	單位	說明
總初級生產量 gross primary productivity	GPP	g C/m ² /day	在生態系統中初級生產者的總碳吸存量。
淨初級生產量 net primary productivity	NPP	g C/m ² /year	植生為維持生理機能，亦進行呼吸作用，進而造成碳的排放。淨初級生產力為總初級生產量及植生自營性呼吸的差值 (GPP-Ra)。
淨生態系統碳交換 net ecosystem exchange	NEE	g C/m ² /year	生態系統中總初級生產量扣除自營性及異營性呼吸 (GPP-Ra-Rh)。
入射光合作用有效輻射 incident photosynthetically active radiation	IPAR	MJ/m ² /day	太陽光電磁波長約介於400-700nm的光譜波段，為植物進行光合作用所仰賴的太陽光能。
光合作用有效輻射分量 fraction of incident PAR absorbed by the surface	FPAR	ratio	光合作用有效輻射中實際為植被層吸收的比率。
光合作用有效吸收輻射 absorbed incident PAR	APAR	MJ/m ² /day	植被層實際吸收的光合作用有效輻射量，為前兩者乘積 (IPAR×FPAR)。
光能利用效率 radiation use efficiency	RUE	g C/MJ	綠色植生在單位輻射能量下所產生的碳吸存量。

2-4-4. 初級生產量演算

Terra/Aqua-MODIS 衛星影像推估初級生產量主要使用 MOD17 GPP 的產品，推估的方是主要參酌 Monteith(1972, 1977) 研究而得，藉由光合作用有效吸收輻射 (APAR) 及光能利用效率 (RUE) 推估總初級生產量 (GPP)，推估流程如圖 32 所示 (資料來源：MOD17 ATBD) (Running et al., 1999)，其計算式如下式 10 所示。

$$GPP = \varepsilon \times APAR \dots\dots\dots (式 10)$$

其中：

ϵ_{max} =最大光能利用效率 (kgC/MJ)

APAR=光合作用有效吸收輻射 (MJ/m²/day)

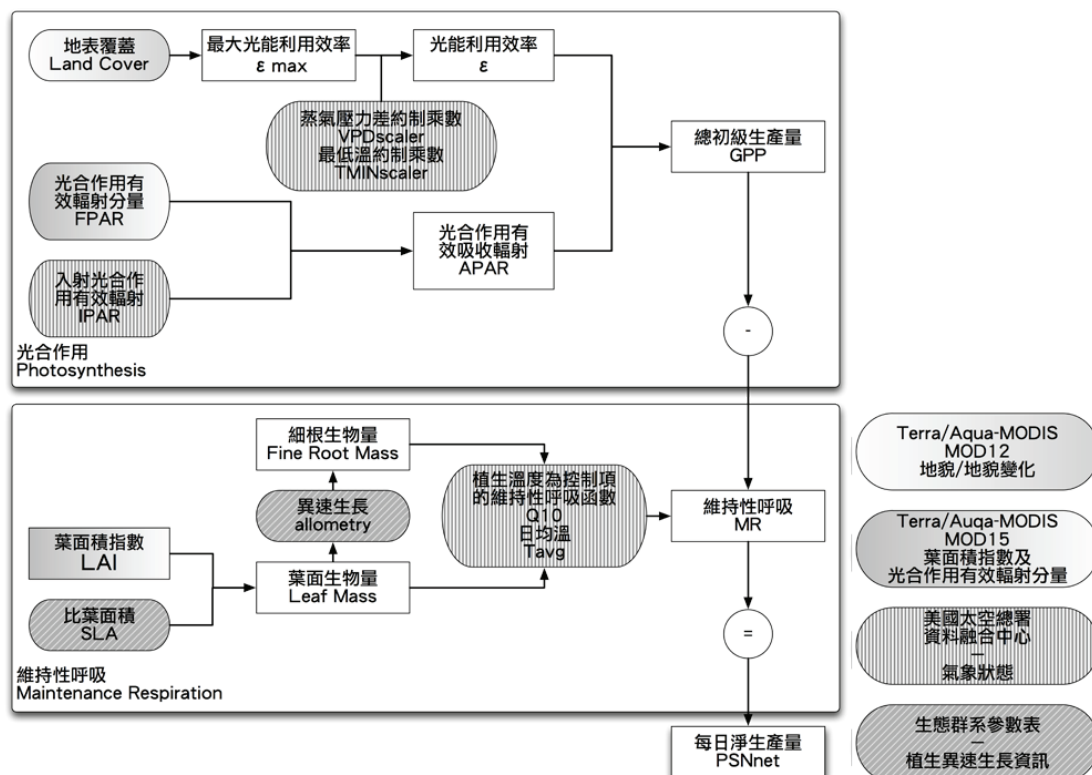


圖32. Terra/Auqa-MODIS MOD17 產品資料處理流程

其中光能利用效率考量溫度及蒸氣壓力差兩項約制因素，其計算式如式 11 所示。

$$\epsilon = \epsilon_{max} \times TMIN_scaler \times VPD_scaler \dots\dots\dots (式 11)$$

其中：

TMIN_scaler=最低溫約制乘數

VPD_scaler=蒸氣壓力差約制乘數

光合作用有效吸收輻射 (APAR) 則藉由入射光合作用有效輻射 (IPAR) 及光合作用有效輻射分量 (FPAR) 計算而得，其

計算式如式 12 所示。

$$APAR = (IPAR \times FPAR) \dots\dots\dots (式 12)$$

其中：

IPAR=入射光合作用有效輻射 (MJ/m²/day)

FPAR=光合作用有效輻射分量 (ratio)

在光能利用效率的推估上，MOD17 產品研究團隊採用 BIOME-BGC 模型，針對全球主要植生型態進行總初級生產量 (GPP) 及光合作用有效吸收輻射 (APAR) 的模擬估算，計算出各生態植群最大光能利用效率 (ϵ_{max})，由於溫度及蒸氣壓力差對植物光合作用產生約制效應，降低光能利用效率，MOD17 產品演算式採用一簡單線性關係，表示日低溫及蒸氣壓力差對最大光能利用效率產生的衰減作用如圖 33 所示 (資料來源：MOD17 ATBD)。圖中 TMINmax(°C)、TMINmin(°C)、VPDmax(Pa)、VPDmin(Pa)分別為當 $\epsilon=\epsilon_{max}$ 之日低溫(在極適蒸氣壓情況下)、當 $\epsilon=0$ 之日低溫 (在任何蒸氣壓情況下)、當 $\epsilon=\epsilon_{max}$ 之日間平均蒸氣壓力差 (在極適日低溫情況下)、以及當 $\epsilon=0$ 之日之平均蒸氣壓力差 (在任何日低溫情況下)。藉由廣泛先期研究，全球主要植生型態的 ϵ 、TMINmin、TMINmax、VPDmin、VPDmax 以表列形式呈現於生態群系參數對照表 (Biome Parameter Look-Up Table, BPLUT)；配合此 BPLUT 以及 MOD12 產品的地貌分類資訊、美國太空總署資料融合中心 (NASA DAO) 提供的每日最低溫及蒸氣壓差等氣象資料，可據以推估光能利用效率，如表 16 所示 (資料來源：MOD17 ATBD)。

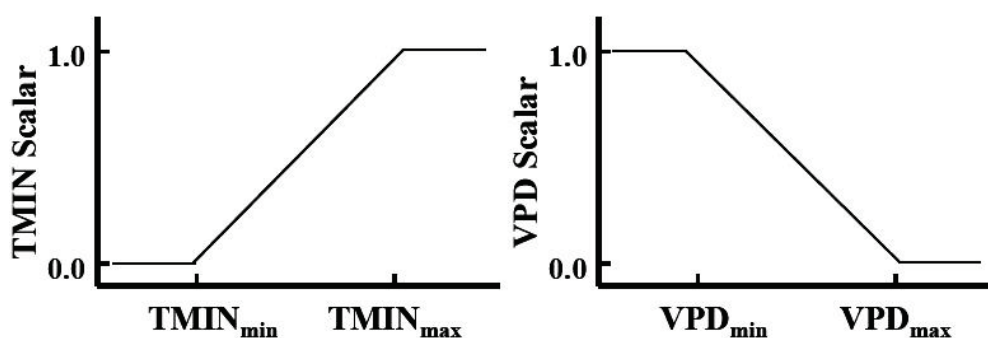


圖33. BPLUT 低溫及蒸氣壓力差對最大光能利用效率線性衰減

表16. 生態群系參數對照表

參數 Parameter	生態群系分類					
	常綠 針葉林 (ENF)	常綠 闊葉林 (EBF)	落葉 針葉林 (DNF)	落葉 闊葉林 (DBF)	混合林 (MF)	草生 林地 (WL)
最大光能利用效率 ϵ_{max}	0.001008	0.001159	0.001103	0.001044	0.001116	0.000800
每日						
當 $\epsilon=\epsilon_{max}$ 之日低溫 TMIN_Max (°C)	8.31	9.09	10.44	7.94	8.50	11.39
當 $\epsilon=0$ 之日低溫 TMIN_Min (°C)	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00
當 $\epsilon=\epsilon_{max}$ 之日間 平均蒸氣壓力差 VPD_Max (Pa)	2,500.00	3,900.00	3,100.00	2,500.00	2,500.00	3,100.00
當 $\epsilon=0$ 之日之 平均蒸氣壓力差 VPD_Min (Pa)	650.00	1,100.00	650.00	650.00	650.00	930.00
比葉面積 SLA (projected m ² /kg leaf C)	21.10	23.30	31.00	26.20	21.50	33.80
以植生溫度為控制項 的維持性呼吸函數 Q10_mr (unitless)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

光合作用有效吸收輻射 (APAR) 需由入射光合作用有效輻

射 (IPAR) 及光合作用有效輻射分量 (FPAR) 進行計算。其中入射有效輻射由美國太空總署資料融合中心 (Data Assimilation Office, DAO) 提供 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 解析度的入射短波輻射量資料 (incident shortwave radiation), 以進行光合作用有效輻射估算, 其計算式如式 13 所示。

$$IPAR = (SWRad \times 0.45) \dots\dots\dots (式 13)$$

其中：

IPAR=入射光合作用有效輻射 (MJ/m²/day)

SWRad=短波輻射量 (MJ/m²/day)

光合作用有效輻射分量 (FPAR) 則為 MOD15 產品, 主要藉由地表反射率 (MOD09 產品) 與地貌型態 (MOD12 產品) 進行推估演算, 如圖 34 所示 (資料來源: MOD17 ATBD)。

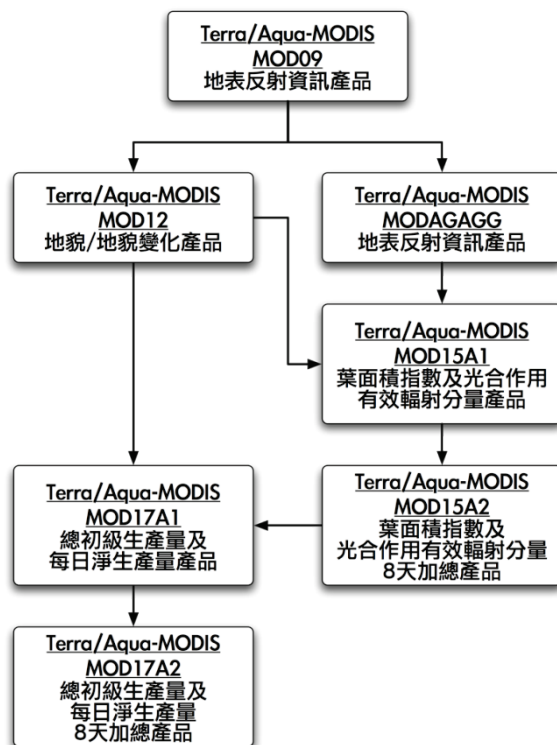


圖34. Terra/Aqua-MODIS 總初級生產量 (GPP) 及每日淨生產量 (PSNnet) 產品鏈結

2-4-5. 每日淨生產量演算

植物藉由光合作用將大氣中的碳吸存，轉化為本身生物量，但為維持生理機能，亦進行呼吸作用，進而將碳釋放出來；總碳吸存量與維持性呼吸所產生碳排放的差值，即為淨碳吸存量（生產量），在 MODIS 演算式針對每日總初級生產量（GPP）及每日淨生產量（PSNnet）的演算中，此碳排放主要包含植物葉面及細根（fine root）的維持性呼吸（maintenance respiration），其計算式如式 14 所示。並藉由各別生物量（mass）及維持性呼吸比率演算而得，其中生物質量以 MOD15 產品所演算的植物葉面積（leaf area index）進行推估，其計算式如式 16 及 18 所示。而維持性呼吸比率則藉由 DAO 提供的氣溫資料進行律定，其計算式如式 15 及 17 所示。各生態群系參數（SLA、leaf_mr_base、Q10、froot_leaf_ratio）則為廣泛先期研究的成果，詳列於 BPLUT 供對照演算。

$$\text{PSNnet} = \text{GPP} - \text{Leaf_MR} - \text{Fine_root_MR} \dots\dots\dots (\text{式 } 14)$$

$$\text{Leaf_MR} = \text{Leaf_Mass} \times \text{leaf_mr_base} \times \text{Q10_mr}^{[(T_{\text{avg}}-20.0)/10.0]} \dots\dots\dots (\text{式 } 15)$$

$$\text{Leaf_Mass} = \text{LAI} / \text{SLA} \dots\dots\dots (\text{式 } 16)$$

$$\text{Fine_root_MR} = \text{Fine_root_Mass} \times \text{froot_mr_base} \times \text{Q10_mr}^{[(T_{\text{avg}}-20.0)/10.0]} \dots\dots\dots (\text{式 } 17)$$

$$\text{Fine_root_Mass} = \text{Leaf_Mass} \times \text{Fine_root_leaf_ratio} \dots (\text{式 } 18)$$

其中：

PSNnet=每日淨生產量（g C/m²/day）

Leaf_MR=葉面維持性呼吸（kg C day⁻¹）

Fine_root_MR=細根維持性呼吸 (kg C day^{-1})

Leaf_Mass=葉面生物量

Leaf_mr_base=於 20°C 情況下的葉面維持性呼吸比例基底 ($\text{kg C kg C}^{-1} \text{ day}^{-1}$)

Q10_mr=以植生溫度為控制項的維持性呼吸函數 (指數型式)

Tavg=日均溫 ($^{\circ}\text{C}$)

LAI=葉面積指數 ($\text{m}^2 \text{ leaf m}^{-2} \text{ ground area}$)

SLA=比葉面積 ($\text{m}^2 \text{ kg C}^{-1}$)

Fine_root_Mass=細根生物量

Froot_leaf_ratio=細根與葉面的碳質量比例

2-4-6. 初級生產量產品資料處理流程及分析

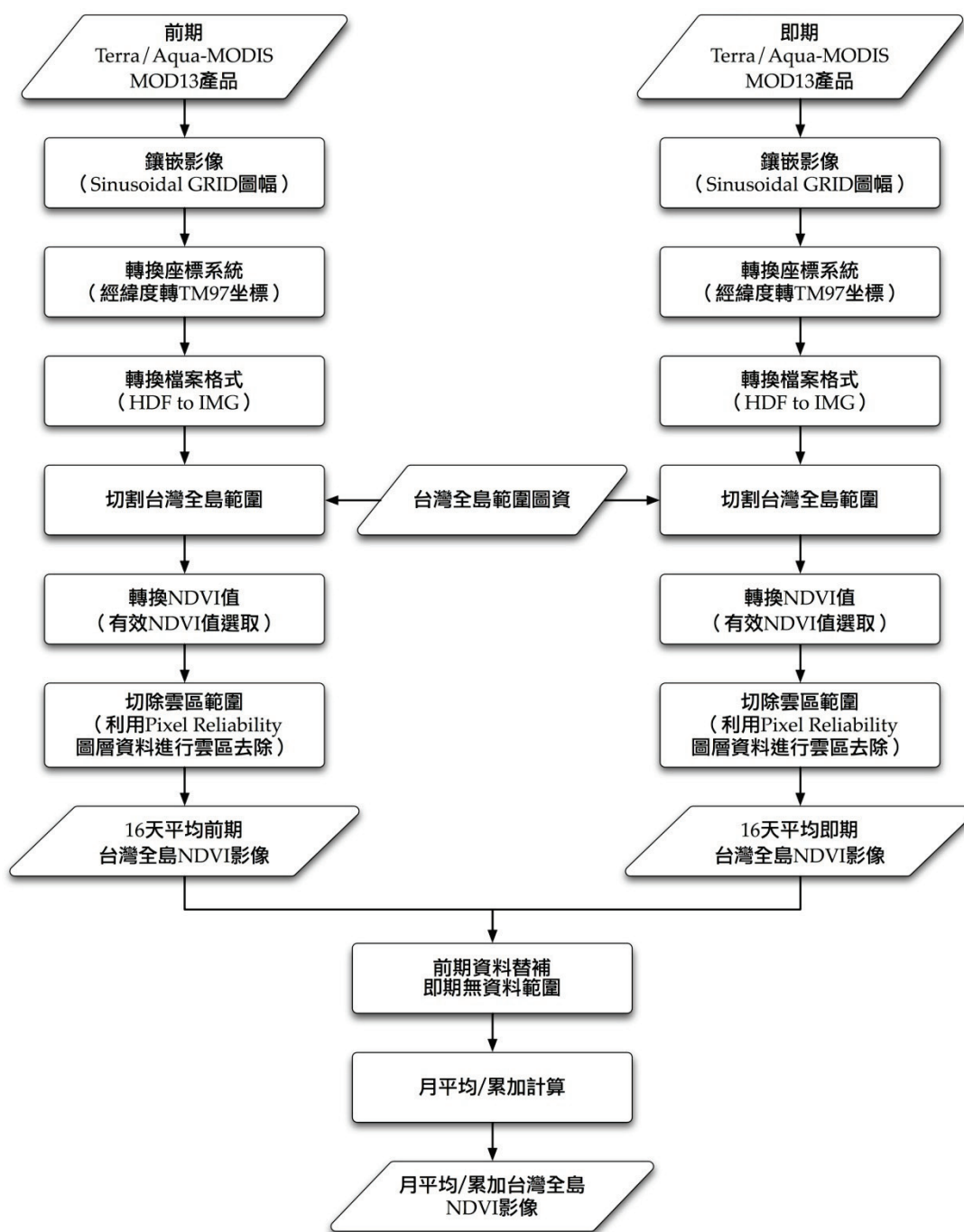


圖35. Terra/Aqua-MODIS 初級生產量 (GPP/PSNnet) 產品標準作業程序

圖 35 為 Terra/Aqua-MODIS 初級生產量產品標準作業程序。MOD17 A2 為 Terra MODIS 全球性初級生產量產品，包含 GPP、

PSNnet、QA (Quality Assurance) 等資訊，具有 1,000×1,000 公尺空間解析，8 日的資料週期，並以各週期的首日作表示，亦即 001 (01 月 01 日至 01 月 08 日)、009 (01 月 09 日至 01 月 16 日)、...以此類推；在座標格式上，採用 Sinusoidal 投影，及 HDF-EOS 的儲存格式；為利於台灣全島碳吸存量的分析，在資料處理流程上，依序進行影像鑲嵌、投影座標、資料格式的轉換，以及台灣本島區域的資料萃取，並將像元值轉換為 GPP/PSNnet 數值，藉由 Science Data Sets 中的品質信心資訊，進行資料像元的篩選，剔除受到雲層影響的範圍，並以前期 (2007 年 10 月至 2008 年 09 月) 資料替補即期無資料區域。

2-5. 森林健康生態及生長監測

森林生態系由生物成份 (Biotic component) 及環境資源之無生物成份 (Abiotic component) 所組成。以自營養觀點來說，生態系的生物可分為兩大類，一為自營生物 (autotrophic organisms)，能自行固定太陽光能以製造有機物，並利用簡單的無機物，再合成更複雜的物質；二為異營生物 (heterotrophic organisms)，不能自行製造食物，需利用其他生物作食物或分解。依據上述將生態系可分為下列六大組成份子 (Odum, E. P., 1971)，組成份子構造概念如圖 37 所示。

1. 無機物質 (Inorganic Substances)：包括物質循環中 C、N、CO₂ 及 H₂O 等物質。
2. 有機化合物 (Organic Compounds)：如蛋白質、碳水化合物、脂肪及腐植質 (Humic substances) 等。
3. 氣候機制 (Climate Regime)：如輻射能、溫度及其他物理因子。
4. 生產者 (Producers)：即前述之自營生物，如綠色植物。
5. 大型消費者或攝食者 (Macroconsumers or Phagotrophs)，即異營生物，一般指動物而言，能消化其他生物之有機物者。
6. 小型消費者或腐解者 (Microconsumers or Saprotrophs)，亦為異營生物，主要為細菌 (Bacteria) 及真菌 (Fungi)，可分解複雜之有機體，本身吸收一部分分解物，以維持生活，同時放出無機養份，供給生產者再度利用，或放出有機物，作為其他生物組成份子之能源。

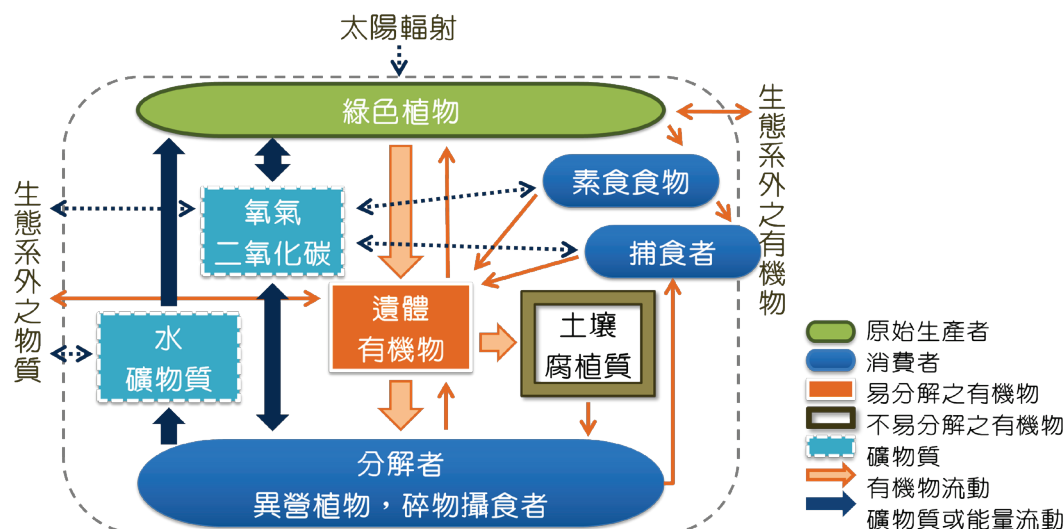


圖37. 森林生態系構造概念

森林健康的廣義定義為森林的功能對外界壓力，如乾旱、病蟲害、火災等具有一定的抵抗能力，且能滿足人類社會所要求具有涵養水源、提供木材與野生動物棲息環境、自我更新及其他多樣化需求；狹義的定義為可保持自身良好特性存在與更新的狀態（羅時凡等，2008、2009）。而美國林務署歸納出的森林健康定義，為提供人類所需之餘，仍維持一定複雜性、多樣性及生產力的狀況（Mangold, 1998）。一般估算植生健康與否，皆是以實地量測，主要評估指標共有七項，如根部、冠層狀態、樹冠密度、樹冠透視度、樹冠重疊情形、活冠層比例及樹冠梢枯等（USDA Forest Service, 2005）。而森林生長主要在於植生的總生產量（Gross production）與維持呼吸消耗量（Total community respiration）的關係，而植生亦為整個森林生態系的生產者，因此當兩者不能平衡，則生態系勢必產生變化，當森林建立之初，生產量大於維持呼吸消耗量，故消費者可以逐漸獲取能量，此現象稱為生長系統（Growth system）或發育系統（Developmental system）。待森林成長至穩定狀態，總生產量與維持呼吸消耗量呈現

平衡後，稱為穩定系統 (Steady system)，此時森林雖無法釋放多餘能量，但可保持土地肥力、防止水土流失及穩定森林生態系等。當森林總生產量小於維持呼吸消耗量時，則森林生態系隨即發生退化，稱為老化系統 (Aging system)。而林木生長狀況的主要指標共有五項，如樹高、基徑、胸高直徑 (DBH)、枝下高 (HCB) 及樹冠直徑 (crown diameter)。

由於遙測技術不若現地森林資源調查，是以非接觸方式感測森林健康生態及生長方式，因此亦無法利用各項現地調查的指標予以評估植生狀況，Pontius 等學者於 2005 年提出多項植生劣化指標，利用衛星影像推估植生健康及生長狀況，其各項指標如下表 17 所示。學者陳朝圳也於 2007 年第四次全國森林資源調查技術研習訓練班—森林健康調查課程中提出健康植生與受到疾病的植生光譜反應差異，如圖 38 所示。因此，以遙測技術推估森林健康生態與生長狀況皆以利用光譜反應及時序差異說明植生現況及趨勢。

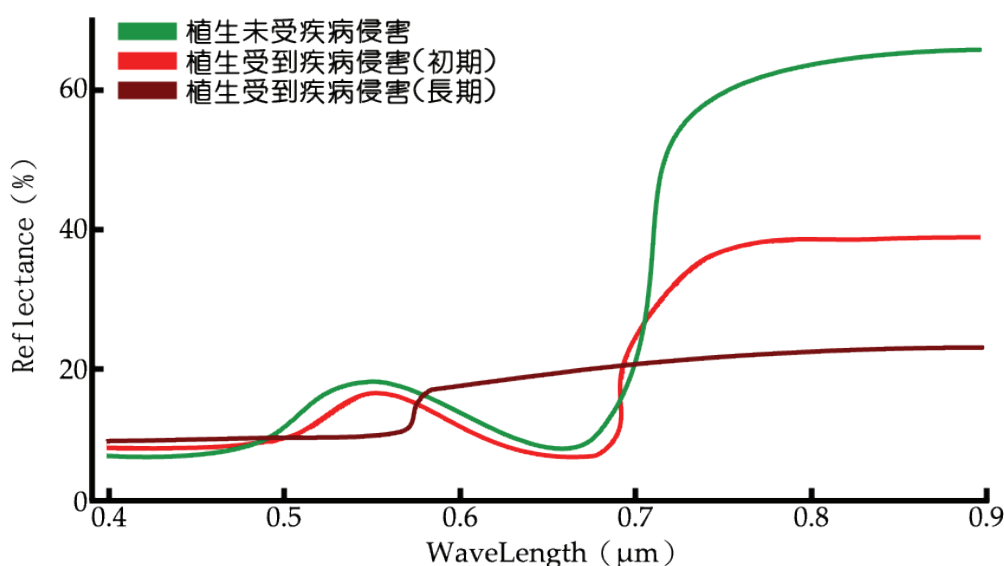


圖38. 植生健康光譜反應圖

表17. 植生劣化光譜指標

指標名稱	說明	指標公式
曲度變化指標 Curvature Index	葉綠素螢光	$CI = \frac{R_{683}^2}{R_{675}nm \times R_{691}nm}$
衍生葉綠素指標 Derivative Chlorophyll Index	葉綠素 α 及 β 含量	$DCI = \frac{FD_{705}nm}{FD_{723}nm}$
常態化差異植生指標 Normalized Difference Vegetation Index	葉綠素含量及能量吸收	$NDVI = \frac{R_{800}nm - R_{680}nm}{R_{800}nm + R_{680}nm}$
植生亮度指標 Photo-Chemical Reflectance Index	葉黃素循環活動力	$PRI = \frac{R_{531}nm - R_{570}nm}{R_{531}nm + R_{570}nm}$
紅光邊緣反曲點 Red Edge Inflection Point	葉綠素 α 含量 綠色植生密度	$REIP = \lambda FD_{max}$
比率植生指標 Ratio Vegetation Index	葉綠素含量	$RVI = \frac{R_{800}nm}{R_{680}nm}$
水波段指標 Water Band Index	冠層水含量	$WBI = \frac{R_{970}nm}{R_{900}nm}$

註：R=反射係數，FD=第一衍物。

2-5-1. 森林健康生態監測

森林資源除了提供國土保安、涵養水源、生態保育及森林遊憩等多項功能，亦為陸域生態系重要的碳吸存來源，由於近年日益嚴重的全球氣候變遷及空氣污染等環境問題，森林生態系所扮演的減碳功能及對外來壓力的容受能力等森林健康議題亦逐漸受到各界重視。美國農業部林務署（Forest Services）及環境保護局（Environmental Protection Agency）自1990年起即進行合作，執行常態化的森林健康監測計畫（Forest Health Monitoring, FHM），透過廣泛單株及林分尺度的取樣調查，針對各樹種的冠層情形、植株生長及劣化（tree damage, growth, mortality, regeneration）、臭氧危害、苔蘚地衣層生物指標

(bioindicator)、土壤養分及土壤侵蝕、植生多樣性、倒木及燃料負載 (fuel loading)、動物棲地等多項指標進行現場調查，以提供例行性的森林健康及生長趨勢評估，作為林業管理及立法單位的法源依據 (王兆桓等，2002)；歐盟則以國際合作機構 (International Cooperative Programme Forests, ICP Forests) 執行森林保育計畫，探討大氣污染對森林健康所造成的影響，執行上則主要區分為兩個層面，包含 defoliation 及 discolouration 的視覺評估 (visual assessments)，以及針對森林生態系對空氣污染的容受能力及環境因子的調查分析，包含土壤及土壤水分、空氣與降水品質、植株生長及葉面理化 (foliar chemistry)、地被層植物組成及氣象資料等森林測計因子，以進行歐洲地區完整詳細的森林健康監測。

以遙測技術進行森林健康監測，能在相較於單株及林分尺度的詳細縱向調查下，於短時間內提供大範圍空間區域的橫向資訊，降低時域變化對植生生長所產生的影響，以有效輔助外業調查進行更完整的森林健康監測；被動式光學遙測 (optical remote sensing) 0.4~2.5 μm 波段，則主要透過柵狀葉肉 (palisade mesophyll) 中的葉綠素 a、b 及 β 胡蘿蔔素對可見光波段的吸收作用、海綿葉肉組織 (spongy mesophyll) 對近紅外光的散射作用，以及葉面水含量的分子震動過程 (vibrational molecular process)，藉由不同波段的資訊組合，對冠層葉片植生進行健康監測，例如常態化差異水含量指標 (NDWI)、土壤大氣修正植被指標 (EVI)、植生亮度指標 (PRI)、常態化差異植生指標 (NDVI)，或藉由多波段輻射通量密度及反射輻射，評估光合作用吸收輻射

比率 (FPAR) 及葉面積指數 (LAI)；相對於光學波段主要針對冠層葉片特性的遙感探測，微波遙測則能藉由多角度、多波段、多偏極的遙感資訊，進行喬木冠層、灌木層、地被層、甚至土壤層，有關樹冠結構、介電性、土壤含水量、生物量等資訊，作為森林健康多項參數的評估依據。

以 Terra/Aqua-MODIS 資料進行森林健康評估應用，能提供規律常態性且大範圍區域的地表資訊，藉由植生指標提供一相對性的樹冠健康資訊，輔助林分尺度針對冠層的植生鬱閉度、林分密度、以及落葉及變色的視覺評估；常態化差異植生指標由於能反映地表植生覆蓋及植生生長狀況，可藉以評估植物受到外力影響（乾旱、病蟲害、林火、風暴、污染及人類干擾）所產生的植生劣化情形，作為冠層葉面植生健康的分析依據。故在此嘗試藉由 Terra-MODIS 衛星例行常態的植生指標產品，建立植生異常指標 (Vegetation Anomaly Index, NAI)，以評估台灣地區歷年間的植生情勢及異常情形，作為森林健康的探討依據。

植生異常指標主要藉由影像相減法，比較即期及基期的 NDVI 觀測值，並將此差異數值進行線性量化，以建立一簡易標準數值供森林健康評估，其標準作業程序如圖 39 所示。其中基期為 2001 至 2008 年每季平均 NDVI 值；即期資訊則為 2009 年每季平均 NDVI 值，而植生異常指標的建立，主要考量在不改變原 NDVI 差異值機率分佈的情況下，能有效反應出植生異常的特徵，並建立簡易標準的量化數值提供分析比對。

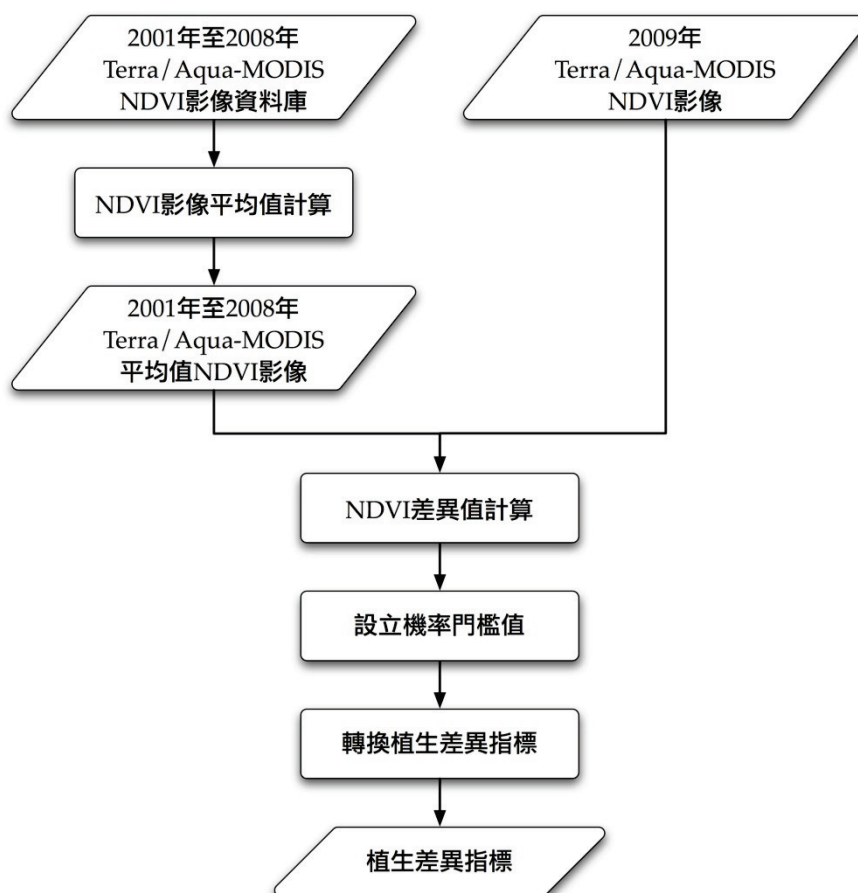


圖39. 植生異常指標作業程序

由圖 40 至圖 43 所示，基期與即期影像相減後，NDVI 差異數值雖介於 ± 1.2 ，但主要機率分佈位於 ± 0.4 之間，故以 ± 0.4 作為臨界門檻值，並將差異數值線性化至 0~100，以強化反映植生異常的特徵；以 2008 年 001（01 月 01 日至 01 月 16 日）及 2002 年 097（04 月 07 日至 04 月 22 日）植生指標為例，以 ± 0.4 作為上下限門檻值，則分別造成 0.76%及 0.42%的像元比例飽和（差異值高於 0.4 或低於 -0.4），而植生變異特徵能較明顯的加以顯示，圖 44 中數值低於 50 並呈現黃紅色澤的區域，即為較基期 NDVI 數值為低的區域，可能為乾旱或其他外來因素所引發的植生變化。

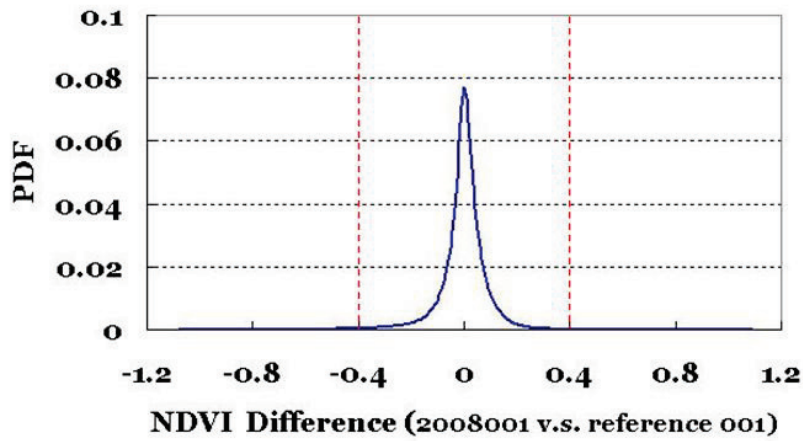


圖40. 2008 年 001 NDVI 差異值機率分布

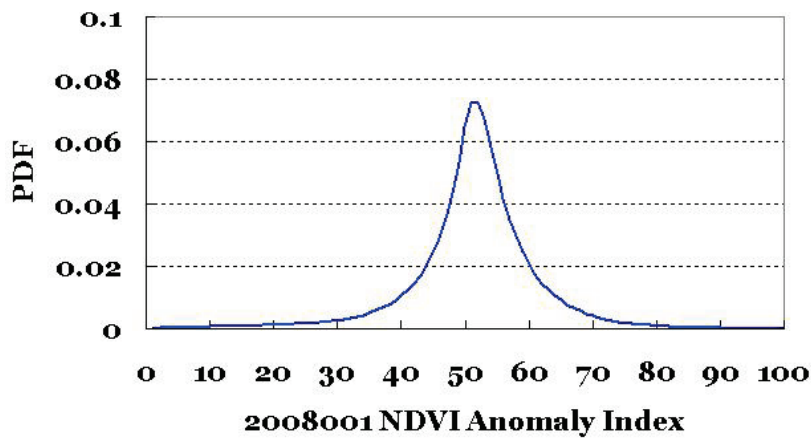


圖41. 2008 年 001 NAI 機率分布

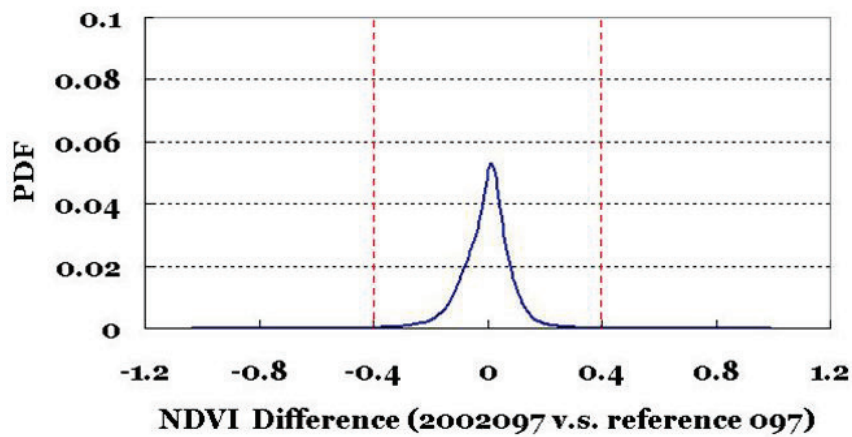


圖42. 2002 年 097 NDVI 差異值機率分布

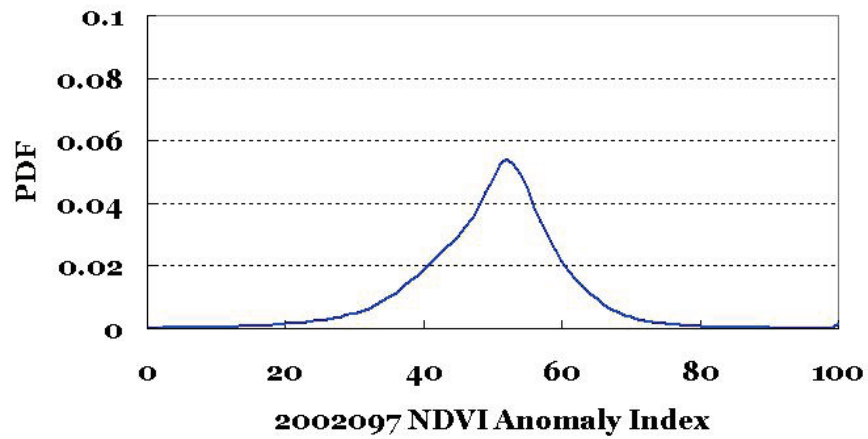


圖43. 2002 年 097 NAI 機率分布

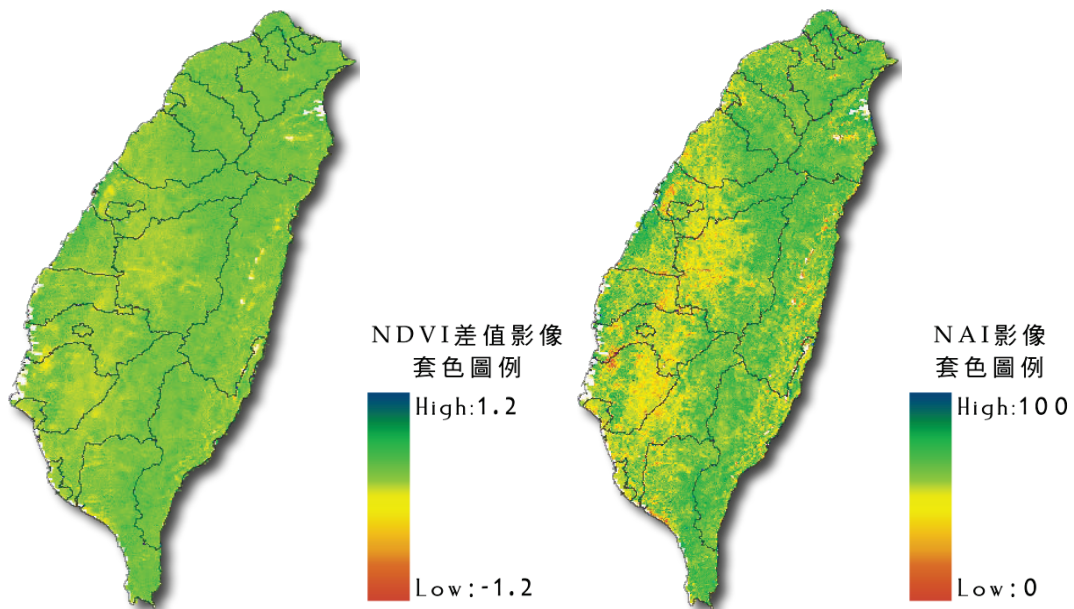


圖44. 左圖為 2002 年 097 NDVI 差異值，右圖為 2002 年 097 植生異常差異指標

2-5-2. 森林生長監測

台灣森林的管理著重於「造林多於伐木，保林重於造林」兩項原則，造林可以使生態環境趨於平衡，保育及保存更是首要目標。森林生長的影響因子繁多，對整個森林生態並非單獨影響，依其作用情形而分直接作用因子與間接作用因子；再則依其作用範圍而分大面積之區域因子及局部性之地文因子；另有依據作用影響方式而分（Livingston *et al*, 1921）。就森林生長各因子分類如下：

1. 氣候因子（Climatic factors）：以太陽輻射、大氣溫度、降雨及濕度等最為重要。
2. 土地因子（Edaphic factors）：又稱土壤因子（Soil factors）如土壤組織、質地、溫度、土壤水及土壤通氣等。
3. 位置因子（Physiographic factors）：又稱地文因子，指生育地之地形、海拔高、方位及傾斜度等。
4. 生物因子（Biotic factors）：包含人類、動物及植物之交互作用或外來生物之干擾。

為上述所言，林地的生長變化屬於多樣性，以遙測的觀點監測森林生長狀況實屬不易，又本計畫以福衛二號-RSI 衛星影像做為高解析台灣全島資料，一年僅蒐集與鑲嵌一期台灣全島衛星影像，並無法進行前後期衛星影像比對，亦無長期監測資料可供比對分析。

一般以遙測資訊進行森林生態健康及生長監測，均是以植生指標（如常態化差異植生指標（NDVI）及植生指標（Vegetation Index, VI）等）、葉面積指數（LAI）及植物生產量（GPP 及 NPP）等參數推估（焦國模，1997），又植生生長大致區分為生長、穩

定及老化等三個時序上的分界點，因此需依據時間序列，取得不同時期或週期性的衛星影像，配合選定的指標或指數予以估算植生生長狀況。森林生長的監測指標（指數或參數）選用上，NDVI 及 VI 等皆是以紅光段及近紅外光段輻射值做為主要因子；而 LAI 是每單位面積中所表現出的最大葉面積，判定植生茂密程度，就原理而言，與綠覆蓋率定義部份相似，而綠覆蓋率的計算亦是以 NDVI 做為基礎；由此可知，無論是何種指標（指數），皆是以波段值做為演算基礎，因此同質性相似。為延續前期綠資源 NDVI 調查計畫，以 NDVI 做為分析基礎，並配合統計分析，監測森林生長狀況，擬以丹大事業區做為森林生長監測區域範圍。

丹大事業區位於南投林區內（南投縣信義鄉東北方，約占信義鄉的三分之一），位置圖如圖 45 所示，面積共 41,851.84 公頃，早期因砍伐珍貴的檜木資源，在 1985 年闢築丹大林道（原名為孫海林道），全長為 68 公里，號稱為台灣全島最長的林道；1977 年，隨著丹大林道的便利，當地居民慢慢開始開墾耕作；林務局自 1989 年改組後，已從原來的生產事業單位轉變為以森林遊樂、生態保育、國土保安及水資源涵養為主的單位，林區的自然保育成為主要工作重點；因此，2000 年公告丹大事業區為野生動物重要棲息環境，並對相關墾植高冷蔬菜的園區及農場，進行土地接管及收回（李膺讚，2005）。



圖45. 丹大事業區位置圖

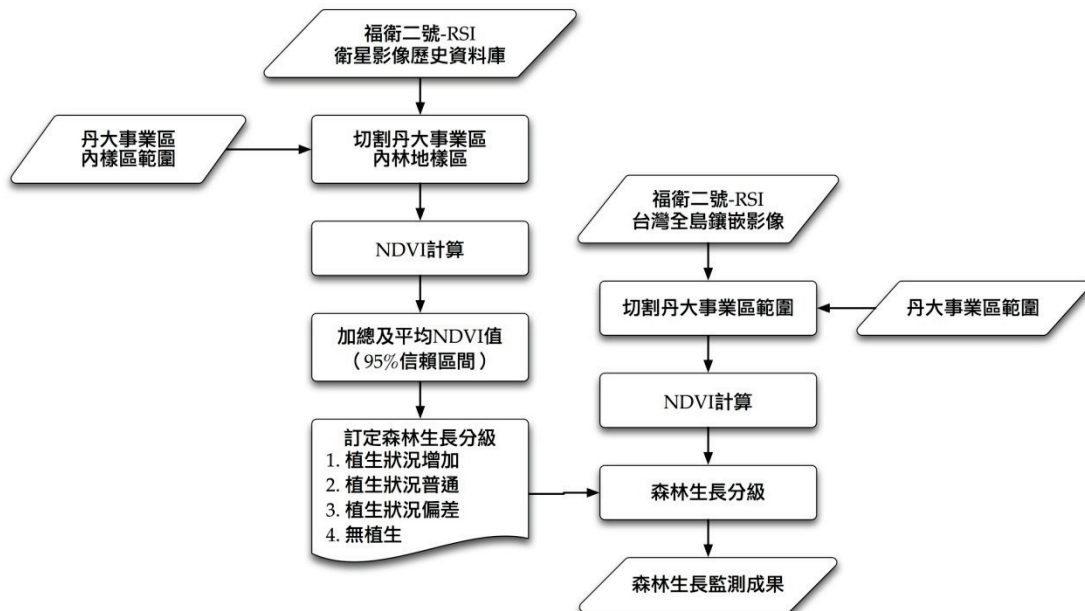


圖46. 丹大事業區內林地生長監測標準作業程序

圖 46 為森林生長監測標準作業程序。透過丹大事業區林地範圍的訂定，設立林區生長樣區（避免選取因衛星影像獲取的陰影區域，即背陽面，無真正的反射光資訊），樣區示意圖如圖 47 所示。基期蒐集 2008 年 05 月至 10 月福衛二號-RSI 衛星影像，統計 NDVI 值分布，以兩倍標準差，約 95%的信賴區間（避免樣區圈選及格式轉換誤差），界定林區 NDVI 值範圍，做為基期標準資料，再以福衛二號-RSI 鑲嵌台灣全島衛星影像進行 NDVI 值演算，進行比對。

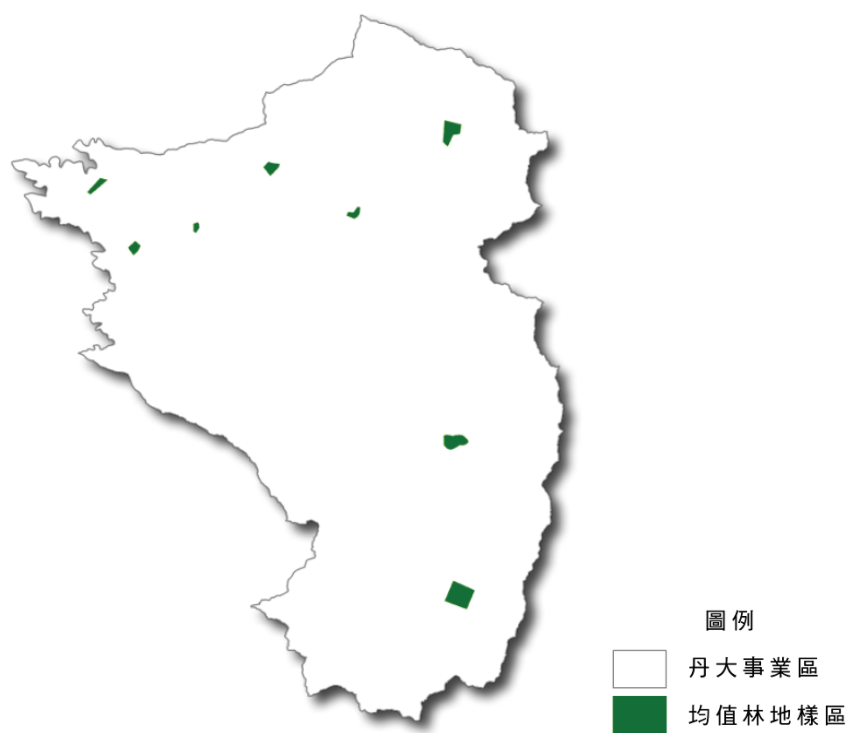


圖47. 丹大事業區內均值林地樣區分布示意圖

基期蒐集 2008 年 05 月至 10 月多時期福衛二號-RSI 衛星影像，計算樣區內的 NDVI 值，平均並以統計 95%信賴區間其最大及最小值，訂定森林生長 NDVI 門檻，如表 18 及圖 48 所示。

表18. 丹大事業區內均值林地樣區平均 NDVI 值統計表

統計方式	加總後平均	加總後平均 (95%信賴區間)
統計值		
最大值 (Max)	0.7590	0.7068
最小值 (Min)	0.0419	0.5263
平均值 (Mean)	0.6375	0.6425
標準差 (StdDev)	0.0584	0.0402

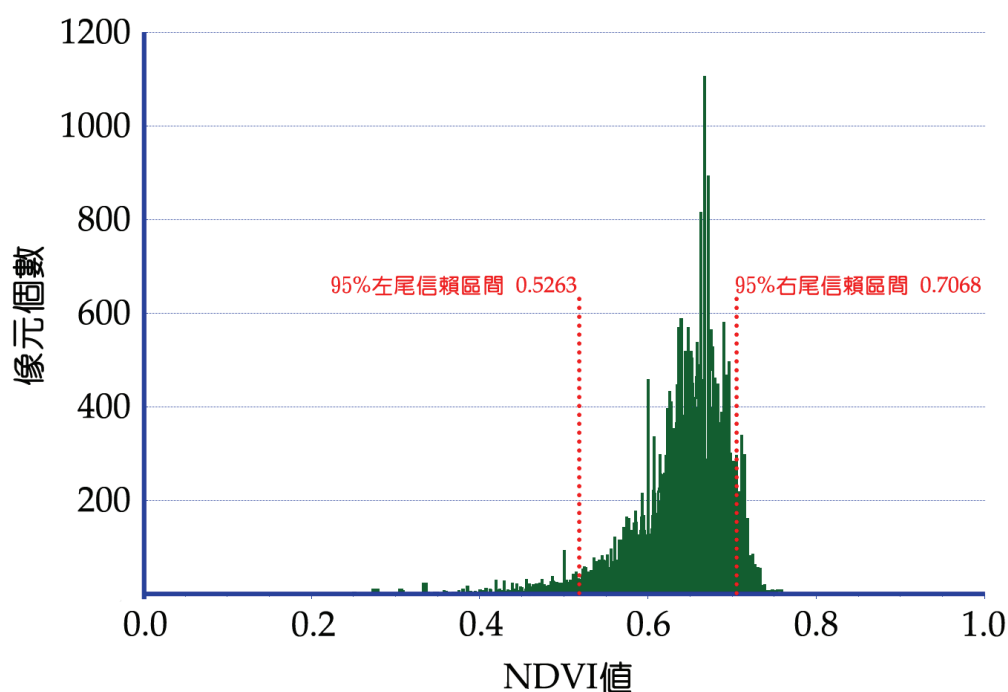


圖48. 丹大事業區均值林地樣區 NDVI 分布圖

依據基期林區 NDVI 值分布及實驗樣區植生與非植生門檻值界定比對後，將生長狀況區分為四類等級，如下所述：

1. 植生狀況增加：為前後期比對後，NDVI 值大於基期標準者 (NDVI 值高於 0.7068)。

2. 植生狀況普通：為前後期比對後，NDVI 值落於基期標準範圍內（NDVI 值介於 0.7068~0.5263）。
3. 植生狀況偏差：為前後期比對後，NDVI 值小於基期標準範圍內，但 NDVI 值大於零者或經由實驗樣區所監測植生與非植生門檻植（NDVI 值介於 0.5263~0.1460）。
4. 無植生：為前後期比對後，NDVI 值小於零者或小於實驗樣區所監測植生與非植生門檻值（NDVI 值低於 0.1460）。

2-6. 林地崩塌監測

2-6-1. 林地崩塌地判釋原理

崩塌為岩石、土壤或地表層受重力影響，產生向下或向外運動的過程，依其運動過程及主要介質可區分為倒塌、流動、潛移滑動及海底崩塌等多種形式。台灣本島崩塌常伴隨颱風、豪雨、地震等天然災害發生；當豐沛雨量落於山區時，因排水不及，致使地表上層負載增加，土石顆粒剪力下降及土層結構鬆動，最後即引發土石崩塌；台灣全島在豪雨颱風期間，山區常出現災情，如賀伯颱風引發南投神木村土石流；在水庫集水區，崩塌土石沖刷至河道及水庫蓄水區，造成蓄水渾濁及土石淤積，除降低水庫蓄水能力亦影響日常供水，且裸露地表於下次豪雨時更易造成二次崩塌及土石流。

運用衛星影像進行崩塌裸露地判釋方法，前人多採用植生指標差 (DVI)、影像比例法、常態化差異植生指標 (NDVI)、轉換植生指標 (TVI) 與植生差比值等五種指標，以迴歸方式決定變遷門檻，配合相關輔助資訊及演算法進行監測。

本計畫藉由福衛二號衛星影像及數值高程模型 (DTM)，以常態化差異植生指標 (NDVI 值大於 0.15) 及地形坡度 (坡度大於 15°) 作為塊體移動 (Mass movement) 判釋特徵，並藉由分析崩塌外型長寬比特徵、崩塌地長軸與坡向的一致性，可判別岩石滑動 (Rock slides)、岩屑流動 (Debris flow)、岩屑滑動 (Debris slide) 等不同崩塌類型。

2-6-2. 林地崩塌地判釋方法及流程

光學衛星影像主要藉由接收地表、海洋及大氣反射或散射的太陽電磁波能量，以分析其中組成物質及相關物理機制，受到大氣氣窗及能量強度影響，目前主要接收的光譜反應介於可見光及近紅外光波段，此區間波段適於植生覆蓋、環境變遷及災害監測的相關研究應用，適合做為崩塌災害監測的分析資料，提供崩塌區域、面積等資料。崩塌判釋流程如圖 49 所示。

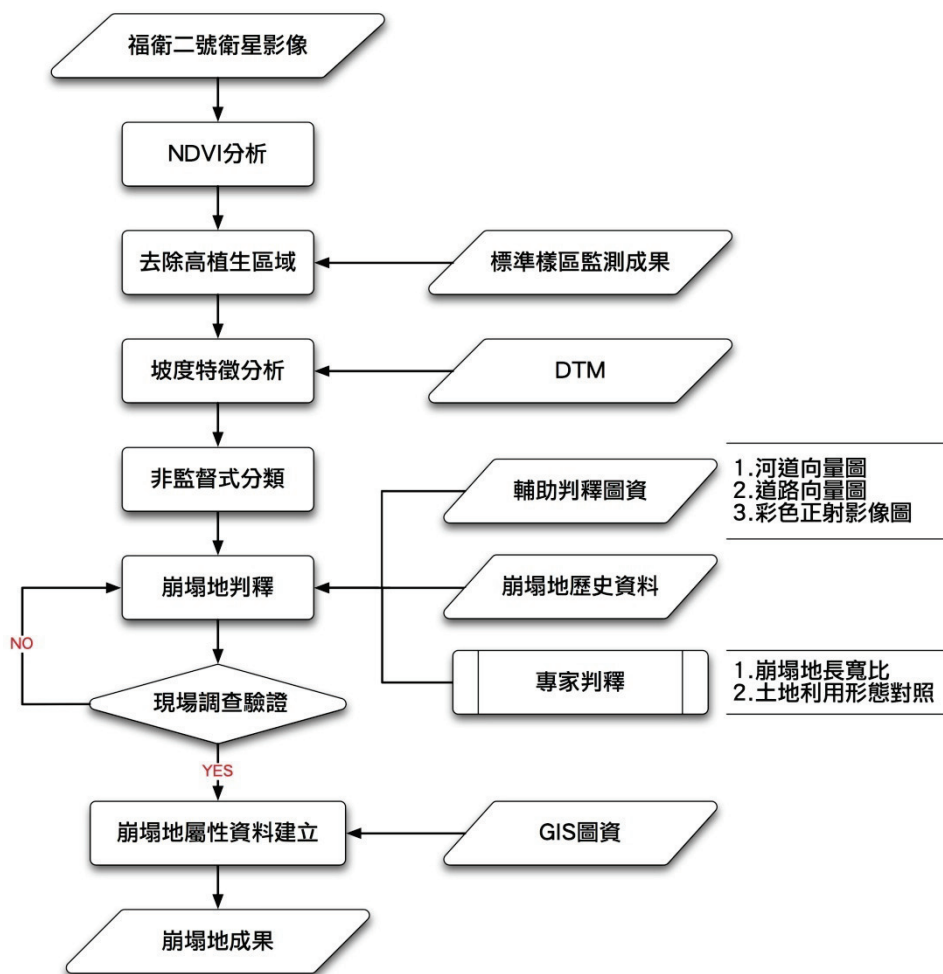


圖49. 林地崩塌地判釋標準作業程序

光學衛星影像係接收地表反射太陽光源，由於地表物反射特性相異，對於各波長光譜產生不同程度的反射強度，藉由接收可

見光及近紅外光等不同波段的光譜能量，判釋地表物體。常態化差異植生指標（NDVI）由於能反映地表植生覆蓋情形，可藉以分辨衛星影像中低植生及高植生區域，作為區分裸露區及植生覆蓋區的分析依據。利用 NDVI 技術，區分植生與非植生範圍，植生區域由於高近紅外光波段反射值及相對較低的紅光反射值，NDVI 值呈現偏高狀態；而非植生區域正好與植生區域相反，對於近紅外光波段反射較低，紅光反射較高。因此可藉由 NDVI 植生與非植生門檻值的訂定，有效區分影像中植生及非植生的區域。圖 50 為福衛二號-RSI 衛星影像及 NDVI 計算後套色影像，由影像對照可看出植生與非植生的相對應位置。

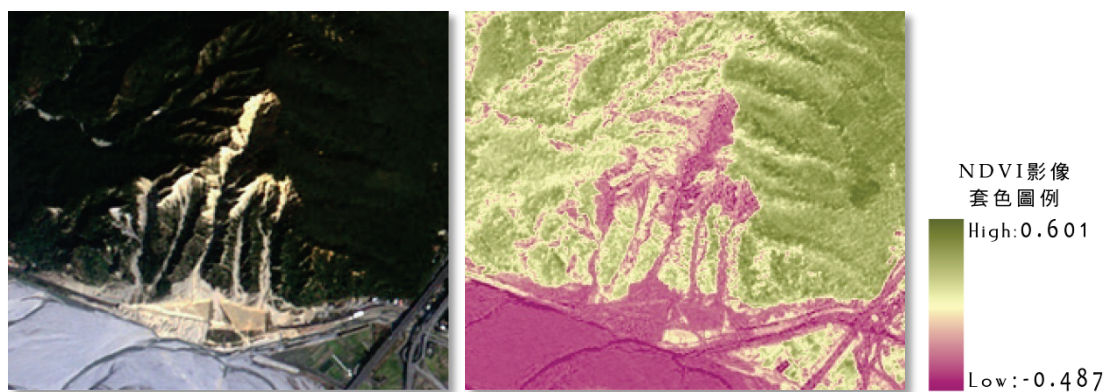


圖50. 福衛二號-RSI 自然色衛星影像及 NDVI 套色影像

藉由新竹寶山第二水庫工程裸露地實驗樣區的設置，以此統計數值分析界定裸露地 NDVI 門檻值，如圖 51 所示。由於灰度值大致呈現常態分配，以平均值（0.07）取 1.96 標準差（0.05）變化，亦即 0.16 為上限界定標準，以反映崩塌區域低植生特性。

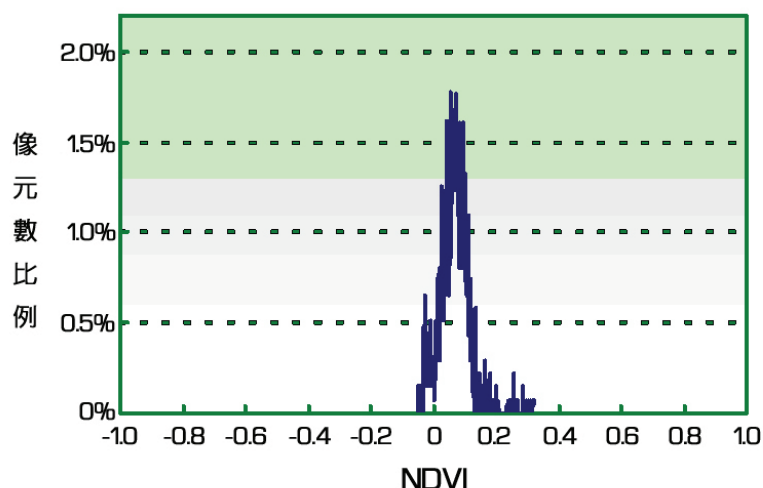


圖51. 裸露地實驗樣區 NDVI 值統計圖

地形特徵亦為崩塌發生的重要因素，坡度太緩的坡面無法產生足夠的剪應力造成崩塌，圖 52 為福衛二號-RSI 衛星影像及 DTM 模擬坡度圖。崩塌地多分布於具有中高坡度地形的區域，故藉由分析引發崩塌的坡度門檻值，並就集水區的坡度特徵進行演算，即能區分出發生崩塌機率較高之區域，作為崩塌地的判釋依據（陳文福等，1997；陳樹群，2005）。

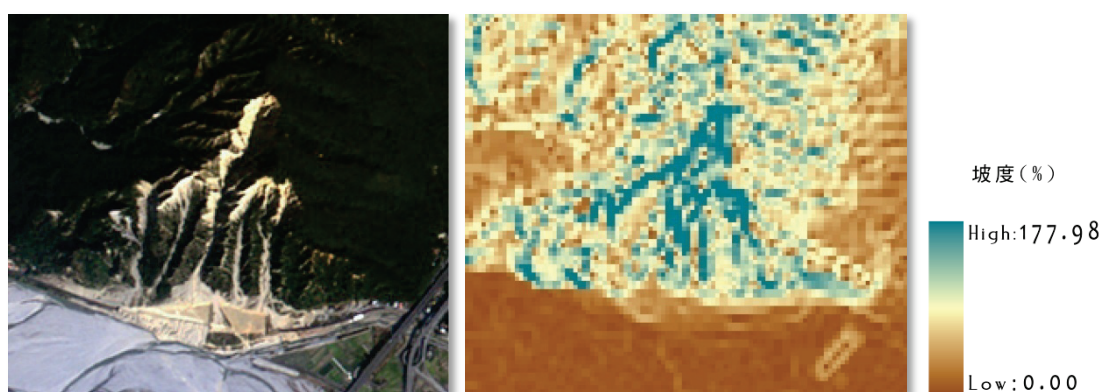


圖52. 福衛二號-RSI 衛星影像及 DTM 模擬坡度圖

藉由航照圖界定水體、高灘地及崩塌地等低植生區分析區域，

並藉由 20 公尺×20 公尺 DTM 演算相對坡度，分析各低植生區坡度分布狀況，作為崩塌地於低植生區域的辨別特徵，如圖 53 所示。由於坡度分布大致呈現常態分布，以平均值 (34.01°) 取 1.96 標準差 (9.8°)，亦即 14.81° 為崩塌地坡度下限門檻值，低於此門檻值即視為平坦區域，歸為非崩塌發生區位。

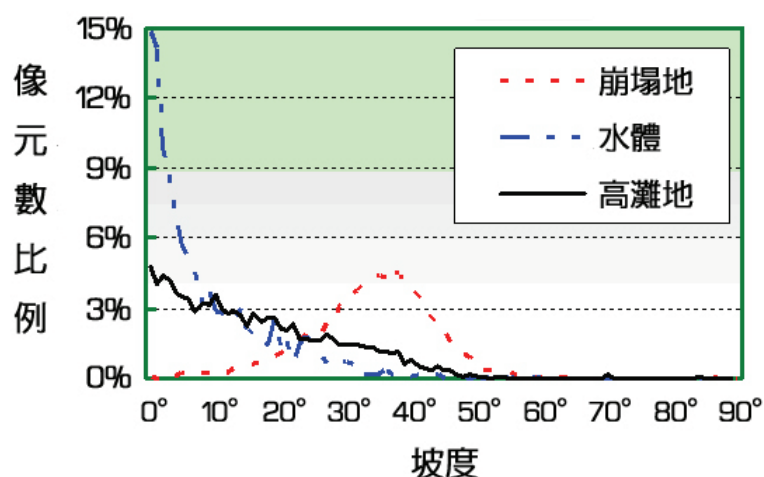


圖53. 崩塌地、水體及高灘地坡度分布

經由初步篩選，剔除高植生及平緩坡度區域後，以非監督式影像分類方法，將衛星影像區分類別，以利於崩塌地判釋時，判定相同光譜反應之區域。由於多數崩塌地位於河道及山區道路四周，因此以河道、道路及彩色正射影像圖等輔助資訊，進一步圈選崩塌/裸露的區域，配合崩塌地歷史資料及專家判釋等步驟，篩選崩塌地位置，最後經由現場調查驗證，始判釋趨於正確。

依據崩塌地判釋流程的訂定，本計畫以石門水庫集水區做為林地崩塌監測的區域，利用高解析的福衛二號-RSI 衛星影像進行判釋。石門水庫位於大漢溪上游，其範圍如圖 54 所示，主要供應台北及桃園地區民生及工業用水，水庫集水區面積約 75,592.43

公頃，行政區分屬宜蘭縣大同鄉、新竹縣五峰鄉、尖石鄉、關西鎮及桃園縣大溪鎮、龍潭鄉與復興鄉，南側緊鄰大甲溪集水區，西側為頭前溪上源油羅溪及上坪溪流域。水庫集水區除北側蓄水區為丘陵地，多屬地勢陡峭的山地地形，年平均降雨量約 2,400 公厘，且多集中於夏季。每年 4 到 6 月梅雨季節及 7 到 10 月颱風季節帶來的豪雨，常引起崩塌與土石流災害；在水庫集水區，崩塌土石沖刷至河道及水庫蓄水區，造成蓄水渾濁及土石淤積，除降低水庫蓄水能力亦影響供水，更易造成二次崩塌及土石流災情。

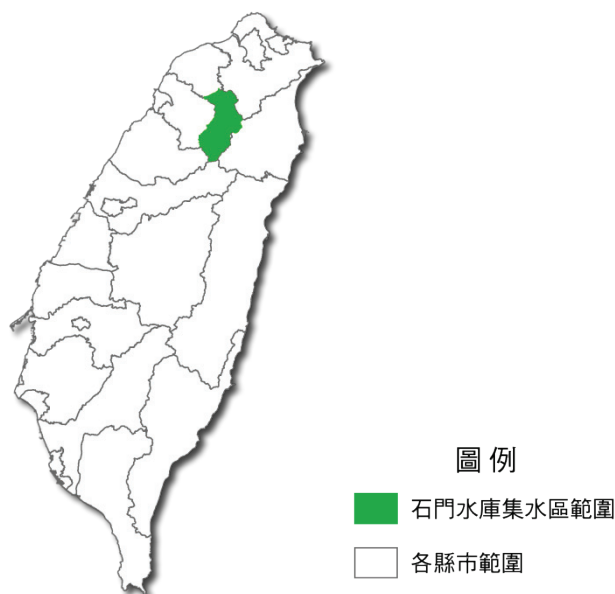


圖54. 石門水庫集水區位置圖

如圖 55 所示，由衛星影像可清楚看到崩塌裸露地呈現扇形區域向河道崩落，崩塌面積形成扇形面積，主要為降雨侵蝕後，坡面逐漸形成指蝕侵蝕，慢慢逐步擴大為樹狀侵蝕，最後因侵蝕剪應力大於地表的抓地力，形成面型侵蝕，以衛星影像前後期比較，前期（左圖為 2002 年 08 月至 10 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌

影像) 行水區旁僅有幾處扇形崩塌地，且坡面呈現粉紅色植生反應；後期(右圖為 2008 年 02 月至 04 月 SPOT 系列-HRV/HRG 鑲嵌影像) 則坡面部分地區則呈現黃綠色，為低植生或裸露。

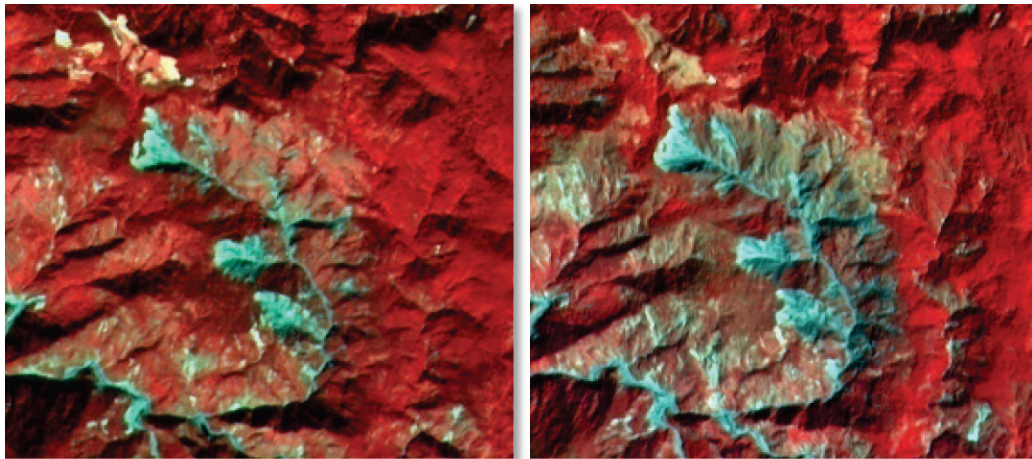


圖55. 前後期 SPOT 系列-HRV 衛星影像崩塌地比較圖；前期(左圖)為 2002 年 08 月至 10 月鑲嵌影像，後期(右圖)為 2008 年 02 月至 04 月鑲嵌影像

第三章 工作成果

3-1. 衛星影像產品蒐集、處理與鑲嵌初步成果

3-1-1. Terra/Aqua-MODIS衛星產品處理成果

為蒐集每月一期衛星影像資料，並確保台灣全島無雲層或雲影覆蓋，擬以影像鑲嵌、座標轉換、數值轉換及整併方式，提供台灣全島假色衛星影像、NDVI 套色影像、總初級生產量及每日淨生產量分布圖（MOD13 以 16 日為一期資料，主要提供台灣全島假色衛星影像及 NDVI 套色影像；MOD17 以 8 日為一期資料，主要提供總初級生產量及每日淨生產量分布圖），如因雲霧或衛星無法攝取，而致無衛星影像資料，則以前一年同一月份資料取代之，並標示舊資料取代的百分比。

在考慮雲層及氣融膠皆影響 NDVI 數值，而光學路徑愈長，受到大氣影響亦較嚴重，故採用 MVC 法，演算植生指標。表 19 及 20 為 2008 年 10 月至 2009 年 09 月台灣全島假色影像及 NDVI 套色影像。

而藉由 Terra-MODIS 遙測資料、DAO 提供的全球性氣象參數以及 BIOME-BGC 模型演算的生態群系參數，初級生產量/淨初級生產量得據以推估，提供瞬時台灣全島的碳吸存資訊，表 21 及 22 為 2008 年 10 月至 2009 年 09 月台灣全島每月單位區域面積的總初級生產量（GPP）及每日淨生產量（PSNnet）。

表19. 2008年10月至2009年09月 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星產品各月份假色影像

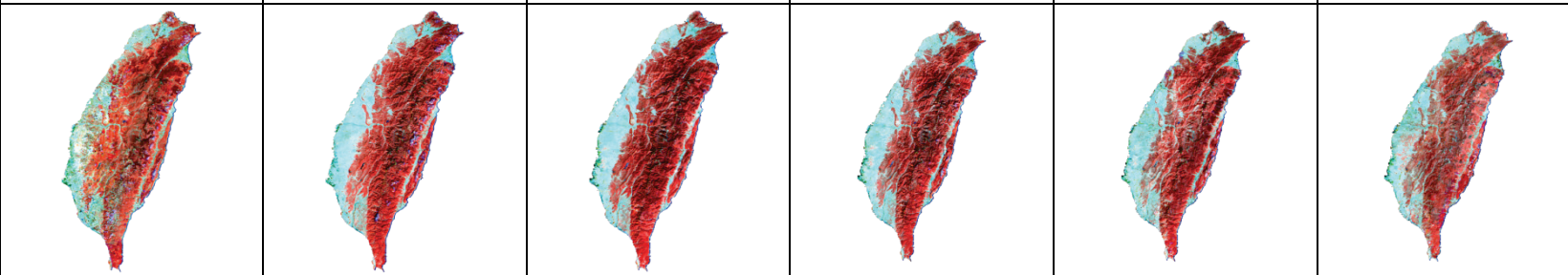

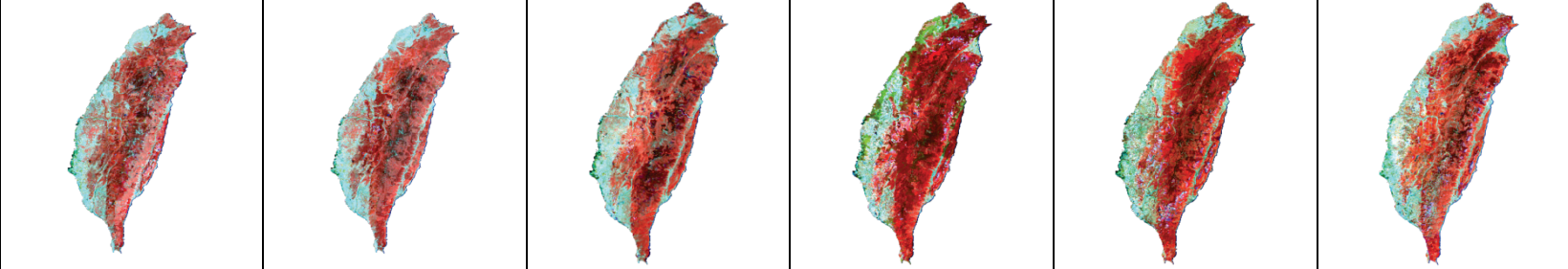
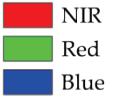
年度	2008			2009		
月份	10	11	12	01	02	03
期別	273 (09/29-10/14)	305 (10/31-11/15)	337 (12/02-12/17)	001 (01/01-01/16)	033 (02/02-02/17)	065 (03/06-03/21)
	289 (10/15-10/30)	321 (11/16-12/01)	353 (12/18-12/31)	017 (01/17-02/01)	049 (02/18-03/05)	081 (03/22-04/06)
前期替補 (%)	1.00	0.92	0.57	0.92	0.80	0.87
假色衛星影像						
圖例 波段						
						
年度	2009					
月份	04	05	06	07	08	09
期別	097 (04/07-04/22)	113 (04/23-05/08)	145 (05/25-06/09)	177 (06/26-07/11)	209 (07/28-08/12)	241 (08/29-09/13)
	113 (04/23-05/08)	129 (05/09-05/24)	161 (06/10-06/25)	193 (07/12-07/27)	225 (08/13-08/28)	257 (09/14-09/29)
前期替補 (%)	1.15	0.95	1.81	10.05	6.36	3.52
假色衛星影像						
圖例 波段						
						

表20. 2008年10月至2009年09月 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星產品各月份 NDVI 套色影像

年度		2008			2009				
月份		10	11	12	01	02	03		
期別		273 (09/29-10/14)	305 (10/31-11/15)	337 (12/02-12/17)	001 (01/01-01/16)	033 (02/02-02/17)	065 (03/06-03/21)		
		289 (10/15-10/30)	321 (11/16-12/01)	353 (12/18-12/31)	017 (01/17-02/01)	049 (02/18-03/05)	081 (03/22-04/06)		
前期替補 (%)		1.00	0.92	0.57	0.92	0.80	0.87		
NDVI 套色 影像 圖例									
		年度		2009					
		月份		04	05	06	07	08	09
		期別		097 (04/07-04/22)	113 (04/23-05/08)	145 (05/25-06/09)	177 (06/26-07/11)	209 (07/28-08/12)	241 (08/29-09/13)
				113 (04/23-05/08)	129 (05/09-05/24)	161 (06/10-06/25)	193 (07/12-07/27)	225 (08/13-08/28)	257 (09/14-09/29)
		前期替補 (%)		1.15	0.95	1.81	10.05	6.36	3.52
		NDVI 套色 影像 圖例							

表21. 2008年10月至2009年09月 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星產品各月份總初級生產量套色影像

年度	2008			2009		
月份	10	11	12	01	02	03
期別	273、281、289、297 (09/29-10/30)	305、313、321、329 (10/31-12/01)	337、345、353、361 (12/02-12/31)	001、009、017、025 (01/01-02/01)	033、041、049 (02/02-02/25)	065、073、081 (03/06-03/29)
前期替補 (%)	0.80	0.63	0.20	0.16	0.34	0.19
總初級生產量套色影像						
單位: t-C/ha	<ul style="list-style-type: none"> 0 0-1 1-2 2-3 3-4 4-5 5以上 					
年度	2009					
月份	04	05	06	07	08	09
期別	089、097、105、113 (03/30-04-30)	121、129、137、145 (05/01-06/01)	153、161、169 (06/02-06/25)	185、193、201 (07/04-07/27)	217、225、233 (08/05-08/28)	249、257、265 (09/06-09/29)
前期替補 (%)	0.65	0.19	3.97	17.89	6.72	5.64
總初級生產量套色影像						
單位: t-C/ha	<ul style="list-style-type: none"> 0 0-1 1-2 2-3 3-4 4-5 5以上 					

表22. 2008年10月至2009年09月 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星產品各月份每日淨生產量套色影像

年度		2008			2009		
月份		10	11	12	01	02	03
期別		273、281、289、297 (09/29-10/30)	305、313、321、329 (10/31-12/01)	337、345、353、361 (12/02-12/31)	001、009、017、025 (01/01-02/01)	033、041、049 (02/02-02/25)	065、073、081 (03/06-03/29)
前期替補 (%)		0.80	0.63	0.20	0.16	0.34	0.19
每日 淨生 產量 套色 影像	單位：t-C/ha						
	0						
	0-1						
	1-2						
	2-3						
	3-4						
	4-5						
5以上							
年度		2009					
月份		04	05	06	07	08	09
期別		089、097、105、113 (03/30-04/30)	121、129、137、145 (05/01-06/01)	153、161、169 (06/02-06/25)	185、193、201 (07/04-07/27)	217、225、233 (08/05-08/28)	249、257、265 (09/06-09/29)
前期替補 (%)		0.65	0.19	3.97	17.89	6.72	5.64
每日 淨生 產量 套色 影像	單位：t-C/ha						
	0						
	0-1						
	1-2						
	2-3						
	3-4						
	4-5						
5以上							

3-1-2. 福衛二號-RSI衛星影像處理成果

依據需求，主要需蒐集六個月內福衛二號-RSI 衛星影像，鑲嵌台灣全島無雲衛星影像，本（2009）年度選用 05 至 10 月衛星影像，並輔以 2008 年 05 至 10 月及 2008 年 11 月至 2009 年 04 月衛星影像，完成鑲嵌作業，如表 23 及 28 所示。

表23. 全島鑲嵌使用福衛二號-RSI 衛星影像及相關參數表

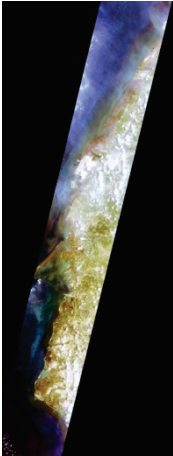
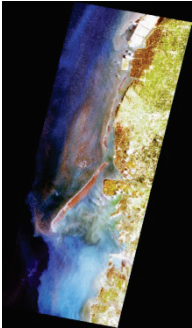
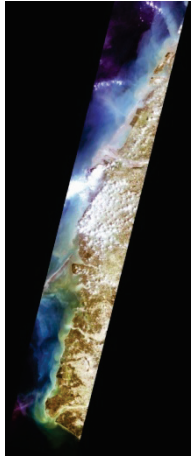
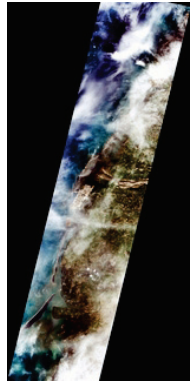
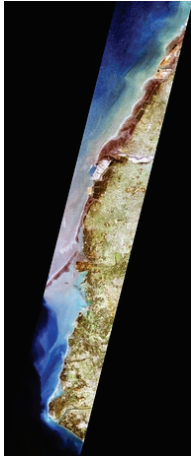

影像拍攝日期	2009/05/13	2009/05/05	2009/09/01	2009/09/29	2009/01/03	2009/05/12
入射角	0.55656	1.045191	2.657764	3.186968	2.930295	3.068696
航帶	580					581
使用別	主要	替補雲區				主要
影像示意圖						

表24. 全島鑲嵌使用福衛二號-RSI 衛星影像及相關參數表 (續 1)




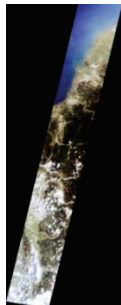

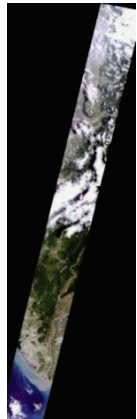


影像 拍攝 日期	2009/05/31	2009/08/20	2009/10/16	2009/05/30	2009/07/17	2009/07/19	2009/10/17	2009/09/04
入射角	6.061499	2.569552	2.522205	13.132574	6.17949	4.109517	3.553701	1.520997
航帶	581			582				
使用別	主要	替補雲區		主要				替補雲區
影像 示意圖								

表25. 全島鑲嵌使用福衛二號-RSI 衛星影像及相關參數表 (續 2)


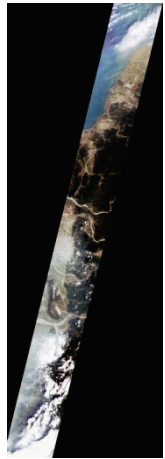




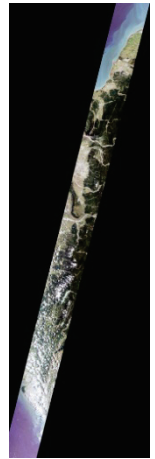

影像 拍攝 日期	2009/09/03	2009/10/20	2009/08/19	2009/09/18	2009/09/25	2009/10/03	2008/07/24	2009/01/16
入射角	2.935979	1.263166	42.56059	0.992095	1.596008	0.287231	9.984382	6.096255
航帶	582							
使用別	替補雲區							
影像 示意圖								

表26. 全島鑲嵌使用福衛二號-RSI 衛星影像及相關參數表 (續 3)




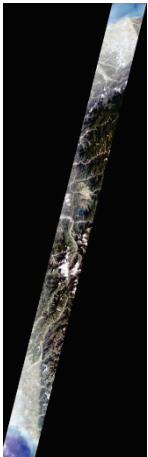
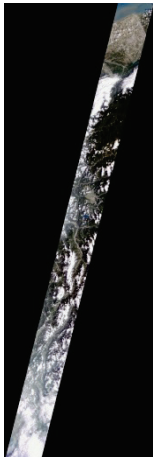

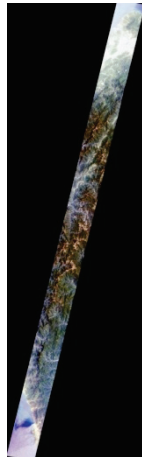

影像 拍攝 日期	2009/05/09	2009/05/07	2009/09/01	2009/09/12	2009/09/20	2009/09/22	2009/05/10	2009/10/18
入射角	4.31916	6.377168	41.226153	2.416631	1.989451	7.311677	5.882775	2.285713
航帶	583						584	
使用別	主要		替補雲區				主要	替補雲區
影像 示意圖								

表27. 全島鑲嵌使用福衛二號-RSI 衛星影像及相關參數表 (續 4)






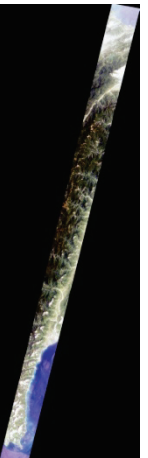

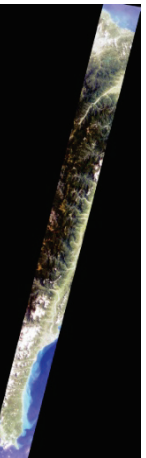


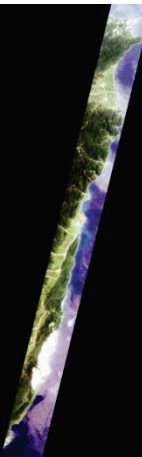
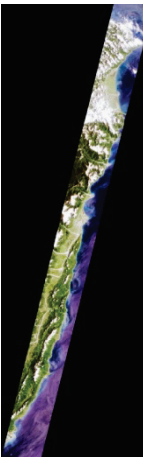


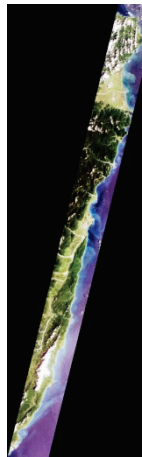
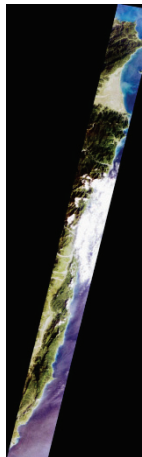
影像 拍攝 日期	2009/08/19	2009/08/27	2009/09/02	2009/05/08	2009/06/03	2009/08/28	2009/09/05	2009/09/07
入射角	6.577636	5.306367	4.572952	7.488933	7.814603	6.462792	48.667892	44.790105
航帶	584	585		586				
使用別	替補雲區	主要	替補雲區	主要	替補雲區			
影像 示意圖								

表28. 全島鑲嵌使用福衛二號-RSI 衛星影像及相關參數表 (續 5)

影像 拍攝 日期	2009/09/21	2008/12/07	2009/06/06	2009/08/25	2009/10/19	2009/08/31	2009/09/06	2009/02/13
入射角	5.74805	12.555386	9.470399	8.324065	5.397838	7.945854	7.629493	10.263654
航帶	586		587					
使用別	替補雲區		主要	替補雲區				
影像 示意圖								

蒐集完成的福衛二號-RSI 衛星影像後，配合影像鑲嵌作業流程及要點，完成台灣全島鑲嵌衛星影像，其中使用本（2009）年 05 月至 10 月的衛星影像共 99.5%（拍攝角度小於 40° 者共 99.3%；拍攝角度大於 40° 者共 0.2%），使用 2008 年 05 月至 10 月的衛星影像共 0.1%，而使用 2008 年 11 月至 2009 年 04 月的衛星影像共 0.4%。影像鑲嵌配置圖如圖 56 所示(僅標示主要使用衛星影像)；台灣全島鑲嵌假色影像、自然色影像及 NDVI 套色影像如圖 57 至 59 所示。

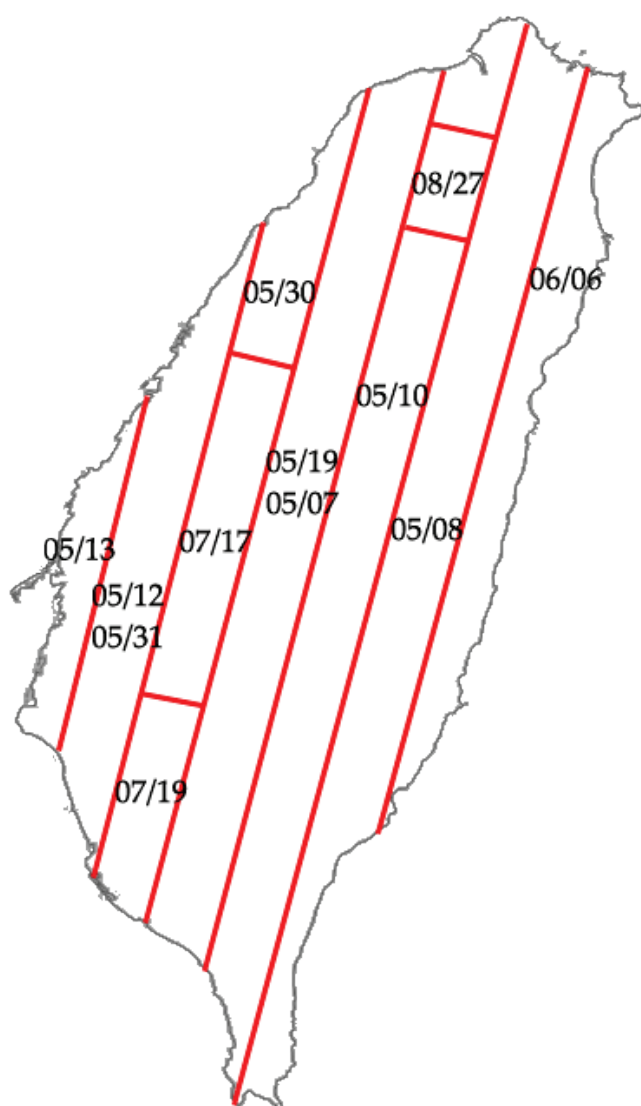


圖56. 福衛二號-RSI 全島無雲鑲嵌影像配置圖

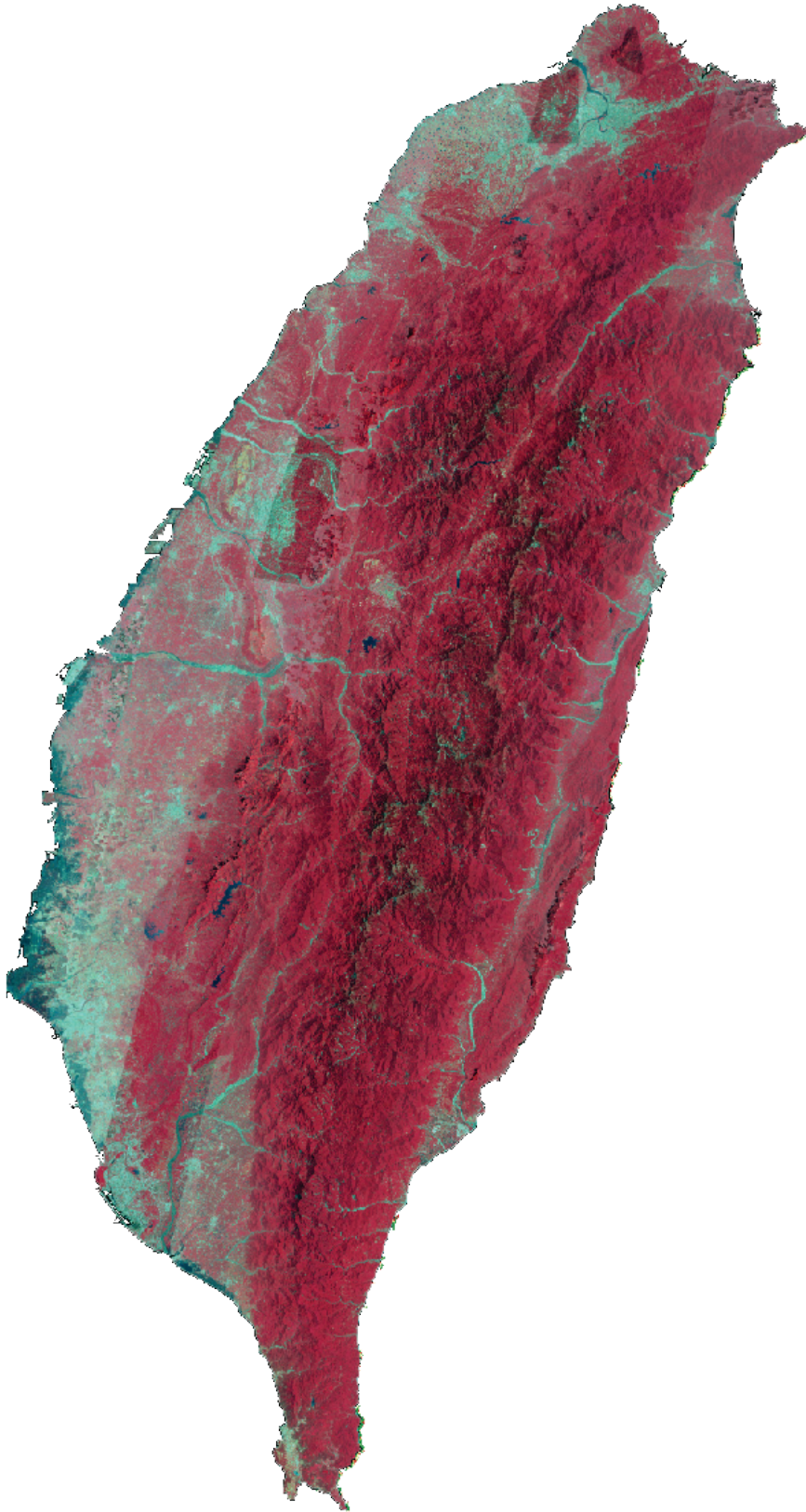


圖57. 福衛二號-RSI 全島無雲鑲嵌假色影像



圖58. 福衛二號-RSI 全島無雲鑲嵌自然色影像

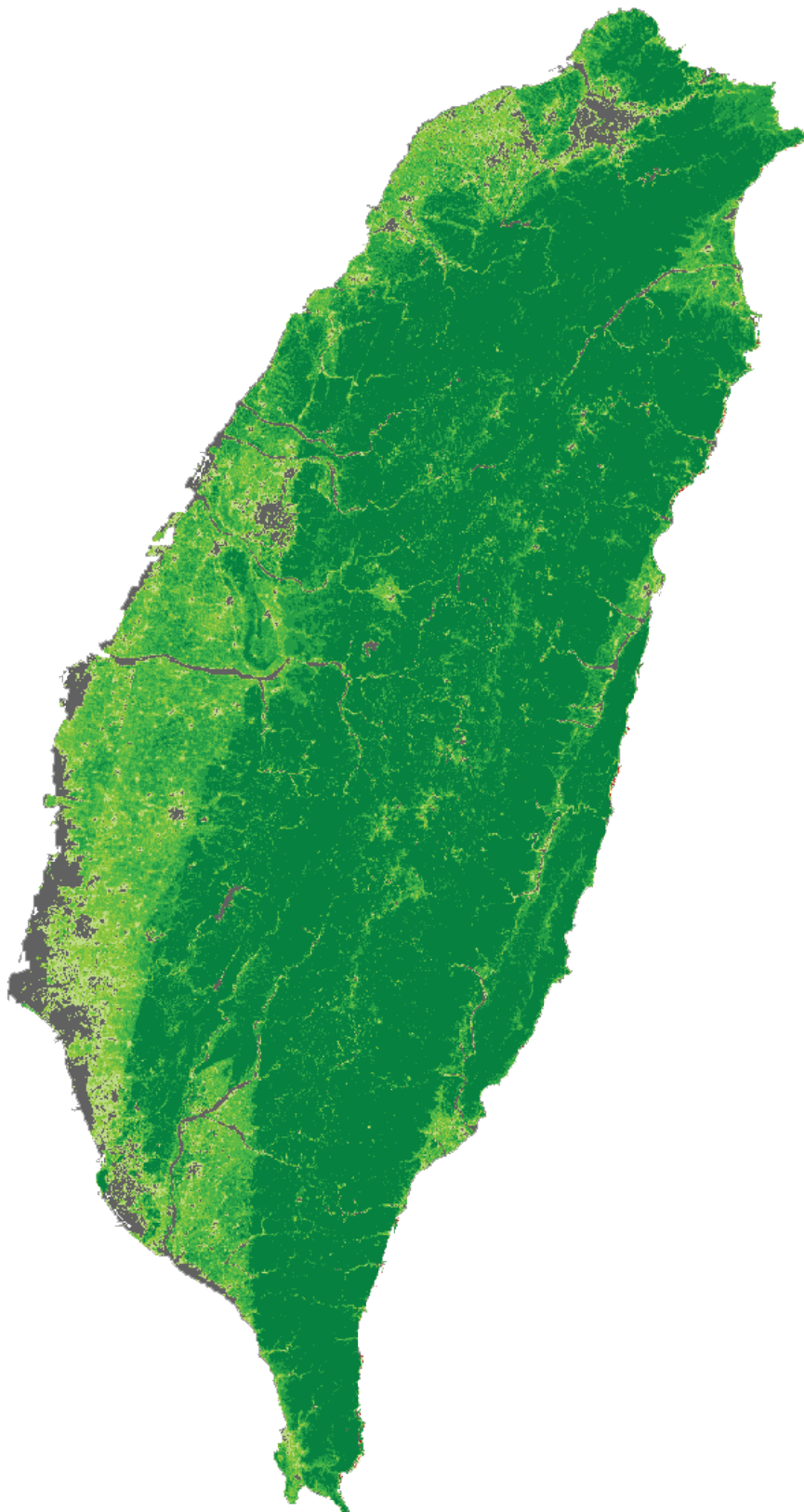


圖59. 福衛二號-RSI 全島 NDVI 套色影像

3-2. 植生指標計算、綠覆蓋率統計成果及變動成因探討

3-2-1. Terra/Aqua-MODIS衛星影像綠覆蓋率計算成果

由於 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像像元相較於 SPOT 系列 -HRV/HRG 及福衛二號-RSI 衛星影像像元粗略，且台灣本島地貌多元且複雜，因此綠覆蓋率演算方式不利於二值化區分植生與分植生區域，遂以植生覆蓋演算法作為演算依據。

依據前述 Terra/Aqua-MODIS MOD13 影像產品所演算綠覆蓋率處理程序，計算出每個月一期的台灣全島綠覆蓋率，如表 29 所示。

表29. 2008年10月至2009年09月Terra/Aqua-MODIS MOD13演算台灣全島NDVI統計值及綠覆蓋率成果

年度	月份	NDVI 值				綠覆蓋率 (%)
		最大值	最小值	平均值	標準差	
2008	10	0.9993	-0.1996	0.752	0.183	90.4
	11	0.9973	-0.2000	0.717	0.205	86.6
	12	0.9975	-0.2000	0.716	0.207	88.6
2009	01	0.9918	-0.2000	0.682	0.206	87.1
	02	0.9968	-0.2000	0.667	0.202	86.3
	03	0.9975	-0.2000	0.663	0.171	92.0
	04	0.9936	-0.2000	0.698	0.161	93.8
	05	0.9965	-0.2000	0.720	0.162	94.3
	06	0.9985	-0.2000	0.708	0.180	87.2
	07	0.9993	-0.1976	0.717	0.206	86.3
	08	0.9991	-0.2000	0.709	0.200	86.5
	09	0.9988	-0.2000	0.724	0.185	88.7

由各月份綠覆蓋率統計表得知，03 至 05 月綠覆蓋率較其他月份高，為求演算綠覆蓋率準確無誤，以 2008 年 04 月 26 日 SPOT-2-HRV 及 Terra-MODIS 衛星影像進行演算法驗證，其 03 月綠覆蓋率為 92.3%，差異值為 0.3%，04 月綠覆蓋率為 94.3%，差異值為 0.5%，05 月綠覆蓋率為 94.5%，差異值為 0.2%；由此驗算顯示演算成果正確，為瞭解台灣地貌真實變化差異，遂切割 01 月至 07 月西南平原部份期作農耕地範圍之 Terra/Aqua-MODIS MOD13 NDVI 影像(面積共 386,575 公頃)，計算 NDVI 統計值及綠覆蓋率，如表 30 所示。由 02 月至 03 月 NDVI 平均值即可知悉差異值為 0.09，綠覆蓋率差異高達為 23.7%，台灣西南耕作週期冬季受限於氣溫過低，而 05 至 06 月過後多為梅雨季節，因此耕作開始多為 02 月中旬至 03 月中旬開始插秧，形成春季（03 至 05 月）綠覆蓋率較高主要成因。

而 08 月 06 日至 08 月 10 日莫拉克颱風肆虐台灣本島南部，絕大部分林區、山坡地，甚至是定居地，水患、土石流及崩塌嚴重，更造成高雄縣甲仙鄉小林村滅村，因此 08 至 09 月份台灣本島綠覆蓋率應呈現下降趨勢，但由各月份台灣全島綠覆蓋率得知，08 至 09 月份綠覆蓋率不僅沒有呈現下降，更有著微幅上漲的趨勢，為瞭解實際台灣本島南部地區綠覆蓋率狀況，將八八水災前後共五期(06 月 26 日至 09 月 13 日)Terra/Aqua-MODIS MOD13 NDVI 衛星資料切割高屏流域範圍，並去除聯集雲霧覆蓋範圍(以確保地貌範圍一致)，統計 NDVI 最大、最小及平均值，計算綠覆蓋率。經由分析，扣除雲霧範圍後高屏流域總面積為 236,187.50 公頃（原高屏河流域總面積為 332,041.12，有效分析面積比為

71.13%)，災前至災後約有 5.3% 的流域面積由植生變為非植生，換算面積約有 12,517.94 公頃的地貌變化，如表 31 所示。

表30. 2009 年 01 至 07 月台灣西南平原 NDVI 套色影像及統計值





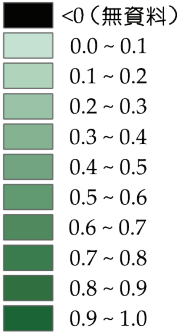



月份	01	02	03	04
NDVI 套色影像				
NDVI 最大值	0.84395	0.8093	0.8733	0.9595
NDVI 最小值	-0.02750	-0.1297	-0.0111	-0.0809
NDVI 平均值	0.420	0.419	0.509	0.594
NDVI 標準差	0.122	0.114	0.140	0.147
綠覆蓋率	58.0%	58.1%	81.8%	89.1%
月份	05	06	07	圖例  <ul style="list-style-type: none"> <0 (無資料) 0.0 ~ 0.1 0.1 ~ 0.2 0.2 ~ 0.3 0.3 ~ 0.4 0.4 ~ 0.5 0.5 ~ 0.6 0.6 ~ 0.7 0.7 ~ 0.8 0.8 ~ 0.9 0.9 ~ 1.0
NDVI 套色影像				
NDVI 最大值	0.93345	0.9506	0.996	
NDVI 最小值	-0.01515	-0.1055	-0.1306	
NDVI 平均值	0.626	0.538	0.464	
綠覆蓋率	91.6%	71.1%	62.2%	

表31. 莫拉克颱風前後期高屏溪流域 NDVI 套色影像及統計值

年度	2009		
期別	177	193	209
日期	06/26-07/11	07/12-07/27	07/28-08/12
NDVI 套色影像			
NDVI 最大值	0.9879	0.9990	0.9991
NDVI 最小值	-0.1782	-0.1943	0.1840
NDVI 平均值	0.824	0.841	0.830
NDVI 標準差	0.105	0.139	0.127
綠覆蓋率	96.2%	95.6%	95.7%
年度	2009		<p>圖例</p> <ul style="list-style-type: none"> <0 (無資料) 0.0 ~ 0.1 0.1 ~ 0.2 0.2 ~ 0.3 0.3 ~ 0.4 0.4 ~ 0.5 0.5 ~ 0.6 0.6 ~ 0.7 0.7 ~ 0.8 0.8 ~ 0.9 0.9 ~ 1.0
期別	225	241	
日期	08/13-08/28	08/29-09/13	
NDVI 套色影像			
NDVI 最大值	0.9990	0.9980	
NDVI 最小值	-0.1879	-0.1779	
NDVI 平均值	0.743	0.762	
NDVI 標準差	0.147	0.136	
綠覆蓋率	90.4%	93.0%	

註：統計區域範圍為高屏溪流域切除各期雲霧覆蓋範圍合併區域。

3-2-2. 福衛二號-RSI衛星影像植生指標、綠覆蓋率計算成果及變動成因探討

依據過去七年綠資源 NDVI 調查計畫所訂定之綠覆蓋率計算及陰影區補償修正等處理流程，計算台灣全島及各行政區綠覆蓋率。經由分析，台灣全島綠覆蓋率為 84.41%，而各縣市、事業區等行政區綠覆蓋率，如表 32 至 34 所示。

表32. 福衛二號-RSI 計算各縣市 NDVI 統計值及綠覆蓋率成果

縣市名稱	NDVI 值				綠覆蓋率 (%)
	最大值	最小值	平均值	標準差	
台中市	0.840	-0.760	0.172	0.251	46.40
台中縣	1.000	-0.833	0.394	0.228	81.88
台北市	0.882	-0.733	0.267	0.268	61.69
台北縣	0.846	-1.000	0.434	0.205	87.22
台東縣	0.854	-1.000	0.527	0.165	94.35
台南市	0.683	-1.000	-0.027	0.179	15.68
台南縣	0.908	-1.000	0.256	0.267	64.82
宜蘭縣	0.797	-1.000	0.472	0.178	91.21
花蓮縣	0.814	-1.000	0.494	0.159	94.05
南投縣	0.860	-1.000	0.476	0.176	92.51
屏東縣	0.833	-1.000	0.405	0.225	84.01
苗栗縣	0.895	-1.000	0.456	0.181	90.53
桃園縣	0.793	-0.778	0.305	0.239	68.94
高雄市	0.793	-1.000	0.086	0.262	32.43
高雄縣	0.896	-1.000	0.434	0.233	84.07
基隆市	0.773	-0.609	0.421	0.232	81.61
雲林縣	0.818	-1.000	0.247	0.207	68.68
新竹市	0.648	-0.507	0.204	0.198	58.71
新竹縣	0.826	-0.789	0.485	0.176	91.92
嘉義市	0.746	-0.333	0.171	0.180	53.12
嘉義縣	0.871	-1.000	0.372	0.238	80.74
彰化縣	0.818	-0.556	0.246	0.202	66.80

表33. 福衛二號-RSI 計算各事業區 NDVI 統計值及綠覆蓋率成果

事業區名稱	NDVI 值				綠覆蓋率 (%)
	最大值	最小值	平均值	標準差	
文山事業區	0.759	-0.231	0.540	0.071	99.79
烏來事業區	0.753	-0.378	0.556	0.082	99.49
大溪事業區	0.814	-0.538	0.550	0.106	98.53
竹東事業區	0.826	-0.412	0.567	0.097	98.91
南庄事業區	0.775	-1.000	0.537	0.091	98.99
大湖事業區	0.803	-0.455	0.562	0.098	98.92
大安溪事業區	0.814	-1.000	0.507	0.149	95.68
八仙山事業區	0.795	-0.778	0.504	0.150	95.71
大甲溪事業區	0.875	-0.800	0.518	0.136	96.99
濁水溪事業區	0.785	-1.000	0.514	0.159	95.15
埔里事業區	0.826	-0.529	0.531	0.121	98.02
丹大事業區	0.775	-1.000	0.471	0.174	93.14
巒大事業區	0.789	-1.000	0.507	0.152	95.66
阿里山事業區	0.824	-0.556	0.513	0.157	94.38
玉山事業區	0.800	-1.000	0.494	0.161	95.36
大埔事業區	0.820	-0.478	0.538	0.128	97.00
玉井事業區	0.836	-0.714	0.523	0.152	95.34
旗山事業區	0.835	-0.889	0.544	0.124	97.26
荖濃溪事業區	0.810	-1.000	0.529	0.147	96.02
屏東事業區	0.818	-0.600	0.544	0.143	96.27

表34. 福衛二號-RSI 計算各事業區 NDVI 統計值及綠覆蓋率成果 (續)

事業區名稱	NDVI 值				綠覆蓋率 (%)
	最大值	最小值	平均值	標準差	
潮州事業區	0.739	-0.500	0.542	0.115	98.09
恆春事業區	0.774	-0.485	0.540	0.110	98.39
大武事業區	0.757	-0.556	0.576	0.133	96.69
台東事業區	0.775	-0.319	0.592	0.082	99.18
延平事業區	0.765	-0.667	0.557	0.130	96.98
關山事業區	0.814	-1.000	0.550	0.118	98.16
成功事業區	0.814	-0.750	0.538	0.100	99.19
玉里事業區	0.773	-0.571	0.528	0.110	98.27
秀姑巒事業區	0.787	-0.778	0.527	0.125	97.53
林田山事業區	0.795	-0.667	0.525	0.126	97.14
木瓜山事業區	0.814	-0.800	0.530	0.124	97.60
立霧溪事業區	0.812	-1.000	0.513	0.147	95.64
和平事業區	0.808	-0.692	0.529	0.140	95.92
南澳事業區	0.741	-1.000	0.526	0.103	97.97
太平山事業區	0.753	-0.647	0.537	0.128	96.84
羅東事業區	0.730	-0.316	0.508	0.111	97.64
宜蘭事業區	0.733	-1.000	0.556	0.072	99.78

綜合各縣市及事業區綠覆蓋率計算，可知悉目前台灣各區域綠覆蓋比例，為詳細瞭解綠覆蓋率變化趨勢，利用 2008 年 SPOT 系列-HRV/HRG 全島鑲嵌衛星影像，透過 NDVI 計算，與本(2009)年度福衛二號-RSI 全島鑲嵌 NDVI 影像進行變動分析，透過統計兩倍標準差觀念 (約信心水準 95%)，配合前後期植生與非植生

區分類別，分析出變動區域，其成果如表 35 至 37 所示。

表35. 縣市綠覆蓋率變動區域比較表

縣市名稱	縣市面積	非植生變植生面積	植生變非植生面積
台中市	16,135.52	39.05	40.09
台中縣	205,458.96	719.71	602.02
台北市	27,017.50	57.12	34.66
台北縣	204,652.95	86.03	277.36
台東縣	351,630.96	668.89	660.16
台南市	18,448.39	44.83	185.11
台南縣	205,354.00	1,889.47	2,838.38
宜蘭縣	218,734.41	1,893.93	128.00
花蓮縣	460,316.34	1,095.71	232.72
南投縣	410,055.26	100.35	1,081.56
屏東縣	278,531.28	2,712.65	2,131.07
苗栗縣	181,383.08	208.77	267.91
桃園縣	120,401.84	741.41	1,102.91
高雄市	16,718.37	44.79	71.74
高雄縣	279,720.18	903.36	1,059.11
基隆市	13,260.12	6.31	0.96
雲林縣	133,124.47	9,529.16	614.65
新竹市	10,635.76	42.19	10.72
新竹縣	140,586.41	219.90	152.47
嘉義市	5,954.85	48.84	18.09
嘉義縣	194,971.45	3,263.01	1,839.85
彰化縣	111,185.75	4,153.20	356.35

註：1. NDVI 值變動大於兩倍標準差門檻值為 0.294，小於兩倍標準差門檻值為-0.330。
 2. 前期綠覆蓋率門檻值為 0.0495，後期門檻值為 0.1460。
 3. 面積單位為公頃。

表36. 事業區綠覆蓋率變動區域比較表

事業區名稱	事業區面積	非植生變植生面積	植生變非植生面積
文山事業區	19,202.81	0.00	0.00
烏來事業區	44,636.58	3.52	1.36
大溪事業區	66,693.75	0.48	4.07
竹東事業區	24,800.37	0.64	4.47
南庄事業區	11,051.19	0.01	2.95
大湖事業區	13,060.68	0.18	0.48
大安溪事業區	54,318.53	0.00	14.34
八仙山事業區	57,289.63	2.38	123.57
大甲溪事業區	49,435.28	2.44	57.65
濁水溪事業區	51,363.16	1.77	152.40
埔里事業區	33,710.76	1.23	43.73
丹大事業區	41,829.01	0.48	39.65
巒大事業區	67,913.18	0.48	25.22
阿里山事業區	32,209.04	1.12	169.06
玉山事業區	49,637.47	2.56	9.98
大埔事業區	43,964.82	2.09	213.64
玉井事業區	22,579.58	3.71	27.57
旗山事業區	59,792.25	4.66	7.99
荖濃溪事業區	48,094.82	0.96	31.20
屏東事業區	37,966.41	1.60	45.05

註：1. NDVI 值變動大於兩倍標準差門檻值為 0.294，小於兩倍標準差門檻值為-0.330。
2. 前期綠覆蓋率門檻值為 0.0495，後期門檻值為 0.1460。
3. 面積單位為公頃。

表37. 事業區綠覆蓋率變動區域比較表 (續)

事業區名稱	事業區面積	非植生變植生面積	植生變非植生面積
潮州事業區	33,410.56	0.48	36.84
恆春事業區	19,487.22	3.20	9.11
大武事業區	44,470.21	0.48	32.94
台東事業區	31,462.84	0.00	5.35
延平事業區	57,929.97	0.00	43.36
關山事業區	66,832.81	1.30	7.22
成功事業區	28,880.00	0.95	20.16
玉里事業區	58,353.38	1.56	14.45
秀姑巒事業區	72,319.00	0.11	16.33
林田山事業區	67,074.59	2.87	18.50
木瓜山事業區	46,977.89	2.62	25.22
立霧溪事業區	78,442.41	8.29	42.84
和平事業區	55,738.37	2.08	17.00
南澳事業區	29,581.49	7.67	6.56
太平山事業區	38,687.25	2.26	16.29
羅東事業區	18,096.81	1.54	7.58
宜蘭事業區	13,728.70	0.00	0.98

註：1. NDVI 值變動大於兩倍標準差門檻值為 0.294，小於兩倍標準差門檻值為-0.330。
2. 前期綠覆蓋率門檻值為 0.0495，後期門檻值為 0.1460。
3. 面積單位為公頃。

以縣市綠覆蓋率變動分析成果而言，植生區域變非植生範圍最大前三者，由大到小為台南縣、屏東縣及嘉義縣；而非植生區域變植生範圍最大前三者，由大到小為雲林縣、彰化縣及嘉義縣等縣市，變異主要的原因多受農業區影響，如圖 60 至 65 所示。左圖為前期 2008 年第二期台灣全島鑲嵌 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像套疊變動區範圍；右圖為後期 2009 年台灣全島鑲嵌福衛二號-RSI 衛星影像套疊變動區範圍。



圖60. 台南縣綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖

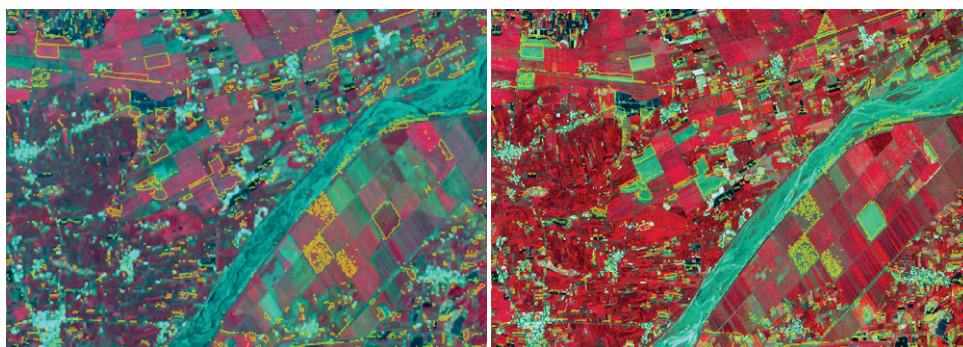


圖61. 屏東縣綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖



圖62. 嘉義縣綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖

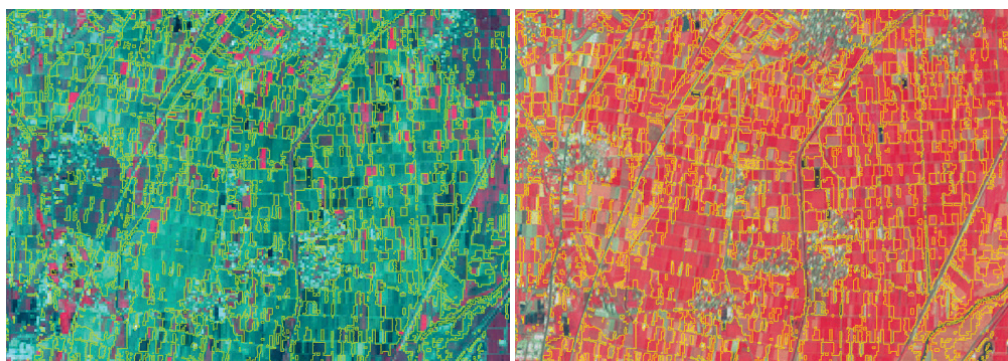


圖63. 雲林縣綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖

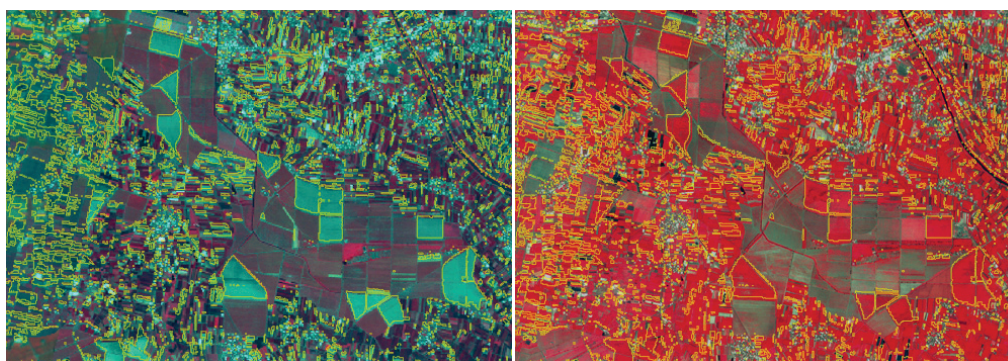


圖64. 彰化縣綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖

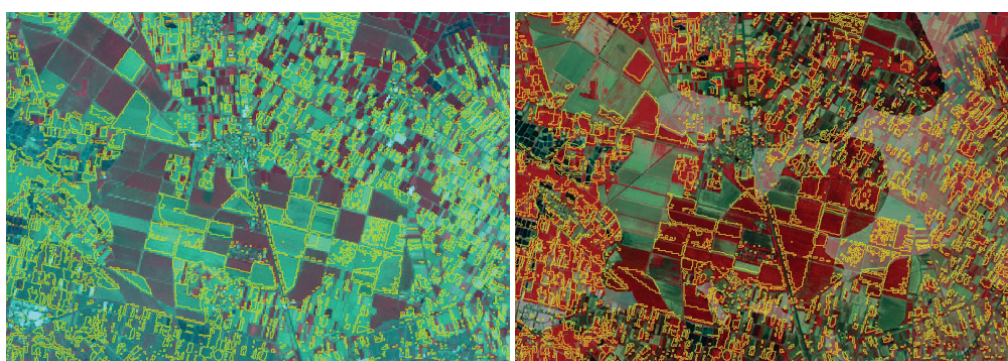


圖65. 嘉義縣綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖

以事業區綠覆蓋率變動分析成果而言，植生區域變非植生範圍最大前三者，由大到小為大埔事業區、阿里山事業區及濁水溪事業區；而非植生區域變植生範圍最大前三者，由大到小為立霧溪事業區、南澳事業區及旗山事業區，變異主要的原因多受崩塌及裸露等影響，如圖 66 至 71 所示。左圖為前期 2008 年第二期台灣全島鑲嵌 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像套疊變動區範圍；

右圖為後期 2009 年台灣全島鑲嵌福衛二號-RSI 衛星影像套疊變動區範圍。

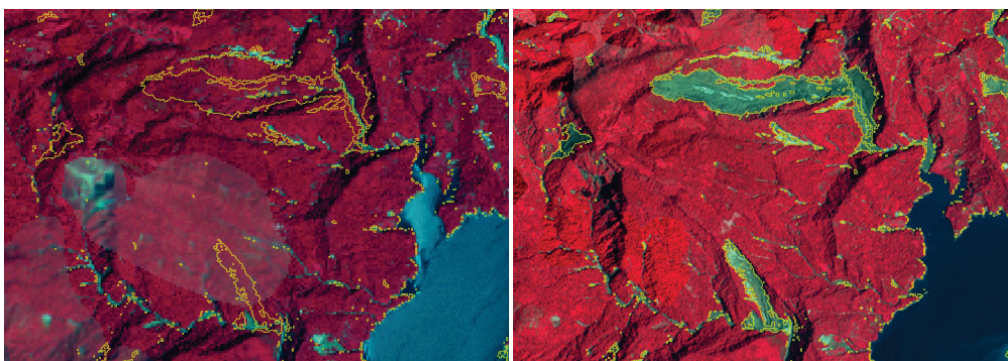


圖66. 大埔事業區綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖（竹坑溪及曾文水庫旁）

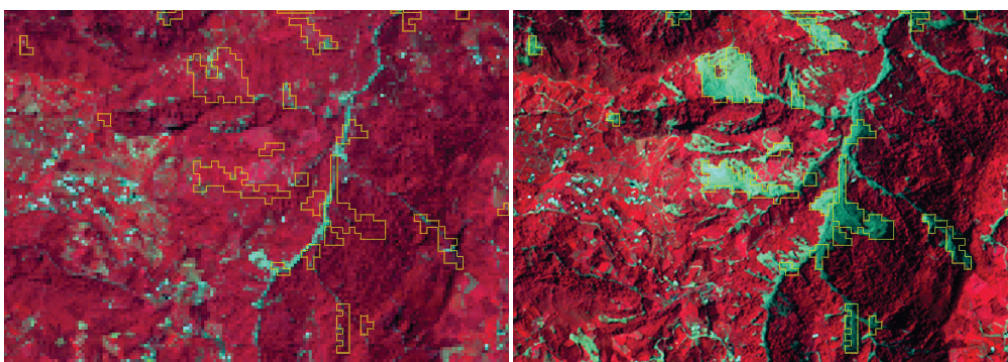


圖67. 阿里山事業區綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖（清水溪支流）

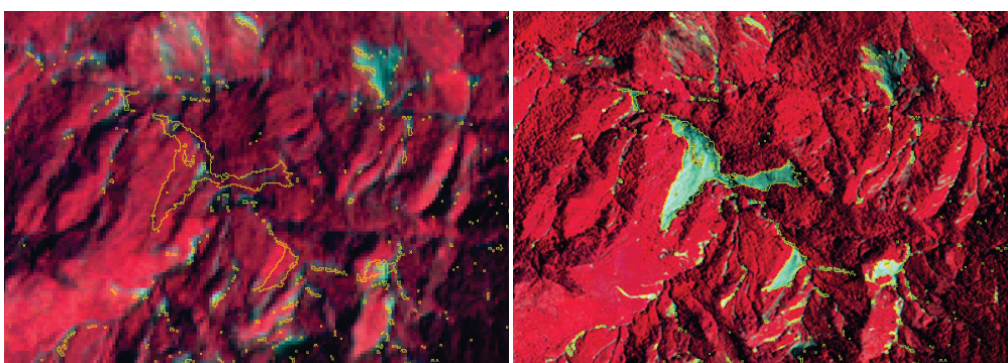


圖68. 濁水溪事業區綠覆蓋率植生變非植生變動區域示意圖（栗栖溪上游）

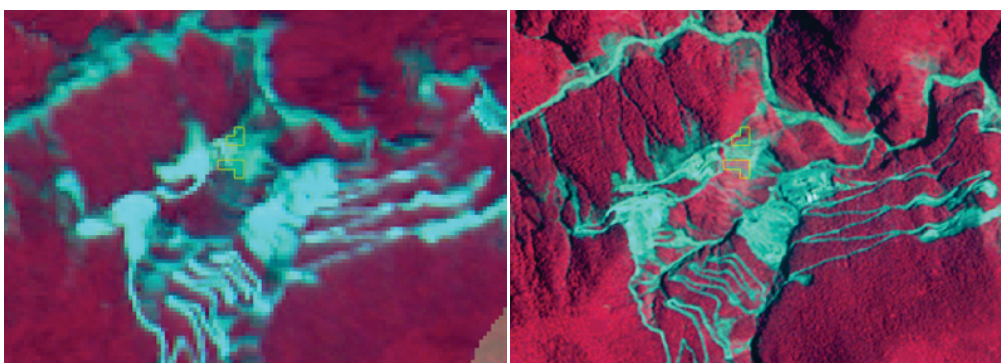


圖69. 立霧溪事業區綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖（良里溪上游）

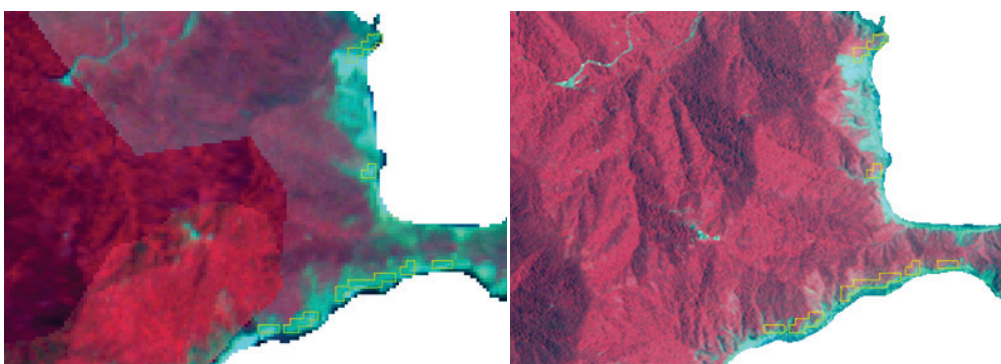


圖70. 南澳事業區綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖（烏石鼻海岸自然保留區）

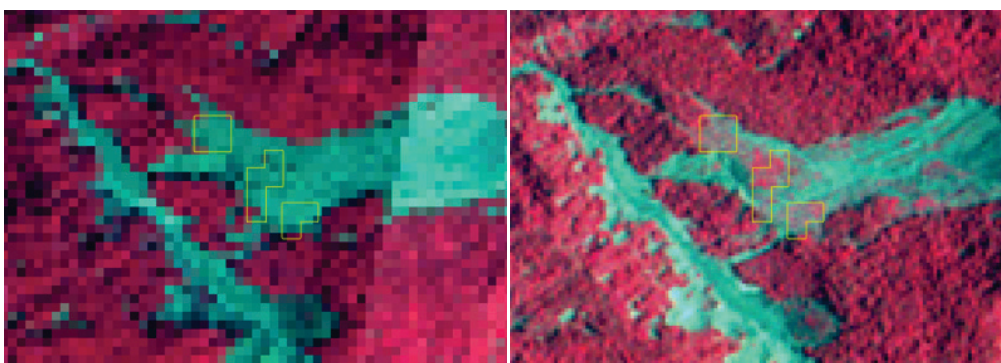


圖71. 旗山事業區綠覆蓋率非植生變植生變動區域示意圖（角埔溪上游）

為進一步瞭解事業區綠覆蓋率變動情形，將事業區中所有變動區塊以面積大小羅列，以非植生變植生變動區域而言，其變動面積及數量稀少，在透過變動分析時，需將前後兩期衛星影像進行套合至相同解析度，透過變動分析，以半人工方式剔除河道及影像幾何上的誤差，因此在綠覆蓋率變動細微的狀態下，僅將面積變動超過約 1 公頃者，說明變動原因及相關資訊，如表 38 所示。

表38. 事業區綠覆蓋率植生增加區域說明表

X 坐標	Y 坐標	面積	變化原因	位置
324,535	2,687,121	3.84	裸露/人為開發 變為植生	立霧溪事業區
303,170	2,731,962	2.56	水池水體 變為植生	烏來事業區
188,382	2,529,380	1.60	河流水體消失	旗山事業區
336,395	2,708,844	1.28	裸露地變為植生	南澳事業區
335,335	2,708,699	1.28	裸露地變為植生	南澳事業區
334,890	2,708,444	1.12	裸露地變為植生	南澳事業區
280,107	2,698,856	1.12	作物翻耕	大甲溪事業區

註：1. X 及 Y 坐標為綠覆蓋率變動區域中心位置。
2. 面積單位為公頃。

而植生變非植生變動區域部分，變動面積及數量較多，因此透過變動分析，相同以面積大小排列，羅列面積較大者約 30 處，說明變動原因及相關資訊，如表 39 所示。

表39. 事業區綠覆蓋率植生減少區域說明表

X 坐標	Y 坐標	面積	變化原因	位置
249,144	2,666,471	103.36	河道崩塌	八仙山事業區
204,243	2,579,975	45.60	河道崩塌	大埔事業區
222,517	2,500,713	15.04	山坡崩塌	潮州事業區
279,885	2,670,359	11.84	裸露/人為開發	立霧溪事業區
275,019	2,698,864	10.72	裸露/人為開發	大甲溪事業區
261,211	2,639,309	10.72	河道崩塌	濁水溪事業區
231,705	2,604,721	10.56	裸露/人為開發	阿里山事業區
288,058	2,694,349	9.60	河道崩塌	大甲溪事業區
217,288	2,606,579	9.44	河道崩塌	阿里山事業區
209,726	2,589,721	9.28	河道崩塌	大埔事業區
204,149	2,578,239	8.80	河道崩塌	大埔事業區
222,584	2,501,058	8.80	山坡崩塌	潮州事業區
200,301	2,550,388	8.48	裸露/崩塌	玉井事業區
217,139	2,596,571	7.84	河道崩塌	阿里山事業區
223,632	2,512,229	7.84	河道崩塌	屏東事業區
210,944	2,572,925	7.36	河道崩塌	大埔事業區
209,774	2,589,228	7.04	河道崩塌	大埔事業區
218,158	2,605,674	6.88	河道崩塌	阿里山事業區
215,699	2,602,744	6.88	河道崩塌	阿里山事業區
216,206	2,594,557	6.88	河道崩塌	大埔事業區
217,377	2,605,880	6.56	裸露/崩塌	阿里山事業區
215,407	2,592,859	5.92	河道崩塌	大埔事業區
208,821	2,581,433	5.12	河道崩塌	大埔事業區
275,370	2,640,652	4.96	裸露/人為開發	林田山事業區
215,549	2,603,399	4.96	裸露/崩塌	阿里山事業區
265,487	2,654,294	4.64	河道崩塌	濁水溪事業區
203,407	2,575,024	4.48	裸露/崩塌	大埔事業區
266,613	2,664,284	4.32	人為開發	埔里事業區
231,996	2,601,977	4.32	河道崩塌	阿里山事業區
211,297	2,620,846	4.16	人為開發	阿里山事業區

註：1. X 及 Y 坐標為綠覆蓋率變動區域中心位置。
2. 面積單位為公頃。

3-2-3. 多尺度衛星綠覆蓋率計算成果分析比較

藉由本(2009)年度使用 Terra/AquaMODIS 及福衛二號-RSI 衛星影像計算台灣全島綠覆蓋率，其成果與前期七年綠資源 NDVI 調查計畫使用 SPOT 系列-HRV/HRG 計算之綠覆蓋率一同匯整後，依據大小不同尺度解析度，區分月份(期別)，比較其綠覆蓋率成果差異。

不同尺度衛星資料計算其綠覆蓋率方法不一，因此成果差異亦有出入，Terra/Aqua-MODIS 衛星係利用 MOD 13 產品中最大 NDVI 值，配合植生覆蓋演算法，經由各季演算式推估綠覆蓋率，經由不同日期演算驗證，其差異約有 0.5 至 1.5% 的誤差；而 SPOT 系列-HRV/HRG 與福衛二號-RSI 衛星影像均由 NDVI 計算，配合樣區訂定門檻值及陰影區域處理補正，經由驗證其差異低於 0.1%。

表 40 為 Terra/Aqua-MODIS MOD13 與 SPOT 系列 -HEV/HRG 衛星影像 02 至 04 月綠覆蓋率計算成果；由表格中知悉 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星資料所演算的 03 至 05 月綠覆蓋率偏高，其原因已於前節說明，本章節不再贅述，相較於 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像所演算之綠覆蓋率，其成果較呈現穩定狀態，主要差異在於 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星資料空間解析度較為粗略，又 NDVI 計算以最大值為基礎，透過各期資料平均整併，因此綠覆蓋率成果可能造成高估。

表40. 不同尺度衛星資料計算綠覆蓋率成果比較表（一）

衛星/感測器別	年度	月份	綠覆蓋率 (%)
Terra/Aqua MODIS	2009	02	86.3
		03	92.0
		04	93.8
SPOT 系列 HRV/HRG	2002	02~04 (第一期)	87.22
	2003		88.90
	2004		87.79
	2005		85.76
	2006		87.52
	2007		86.28
	2008		85.97

註：1. SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像計算綠覆蓋率門檻值為 -0.0438。
2. Terra/Aqua-MODIS 衛星產品以植生覆蓋演算法計算綠覆蓋率；SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像以二值化演算法計算綠覆蓋率。

表 41 為 Terra/Aqua-MODIS MOD13、SPOT 系列-HEV/HRG 及福衛二號-RSI 衛星影像 05 至 10 月綠覆蓋率計算成果；以福衛二號-RSI 台灣全島鑲嵌影像與 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星資料所演算綠覆蓋率，其差異主要在 05 月及 10 月，原因與前述提及主因相同；又比較 Terra/Aqua-MODIS MOD13 及 SPOT 系列-HEV/HRG 衛星影像 08 至 10 月綠覆蓋率，亦可發現其差異趨勢。

就以計算方式定性趨勢而言，植生覆蓋演算法雖以連續性比率分析，但仍然受到二值化門檻值的影響；二值化門檻值得訂定乃利用實驗樣區 NDVI 觀測值所制定，前期雖已持續觀測兩年，但以同一季節或是月份而言，其樣本數實為偏低，建議標準樣區

觀測仍應持續進行，有效應用至植生覆蓋演算法估算上，並建議原由各季節所制定之植生覆蓋演算法演算式，增列為兩個月一期或一個月一期。

表41. 不同尺度衛星資料計算綠覆蓋率成果比較表（二）

衛星/感測器別	年度	月份	綠覆蓋率 (%)
Terra/Aqua MODIS	2009	05	94.3
		06	87.2
		07	86.3
		08	86.5
		09	88.7
	2008	10	90.4
SPOT 系列 HRV/HRG	2002	08~10 (第二期)	85.38
	2003		87.60
	2004		85.19
	2005		86.15
	2006		88.12
	2007		86.85
	2008		87.38
福衛二號-RSI	2009	05~10	84.41

註：1. SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像計算綠覆蓋率門檻值為 0.0495。
2. 福衛二號-RSI 衛星影像計算綠覆蓋率門檻值為 0.1460。
3. Terra/Aqua-MODIS 衛星產品以植生覆蓋演算法計算綠覆蓋率；SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像以二值化演算法計算綠覆蓋率。

綜合以上說明，利用 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星產品最大 NDVI 值配合植生覆蓋演算法所計算之綠覆蓋率，春季及秋季成果差異較大，較可能高估；而 SPOT 系列-HRV/HRG 及福衛二號-RSI 衛星影像以 NDVI 配合二值化演算法所計算綠覆蓋率，兩者差異較小。

3-3. 衛星影像分類及精度探討

3-3-1. 台灣全島鑲嵌衛星影像分類

本（2009）年度使用福衛二號-RSI 衛星影像進行全島鑲嵌影像分類，以林地、農田、草地、濕地、定居地及其他等共六類做為分類類別。因濕地類別包含河道、水庫及防風林區域；農地類別包含茶園、果樹及檳榔區域，因此無法以地貌分類方式進行區分，且衛星影像光譜反應中農地與草地類別類似，影像分類過程中容易區分混淆，因此除延續前期計畫以區塊進行非監督分類法進行分類外，為使類別區分趨於正確，利用內政部所公佈之國家溼地範圍及國土利用調查成果，進行分類成果歸類，將各輔助向量圖資整併為各類別，切割分類成果進行套合，判別各區域分類區塊最多像元數，並配合彩色正射影像圖，以人工隨機對照匹配，進行歸類。其分類結果如表 42 及圖 72 所示。

表42. 2009 年台灣全島衛星影像分類成果

類別	面積（公頃）	百分比（%）
林地	2,416,600	67.05
農田	588,245	16.32
草地	135,766	3.77
濕地	285,927	7.93
定居地	124,960	3.47
其他	52,809	1.46
合計	3,604,307	100.00

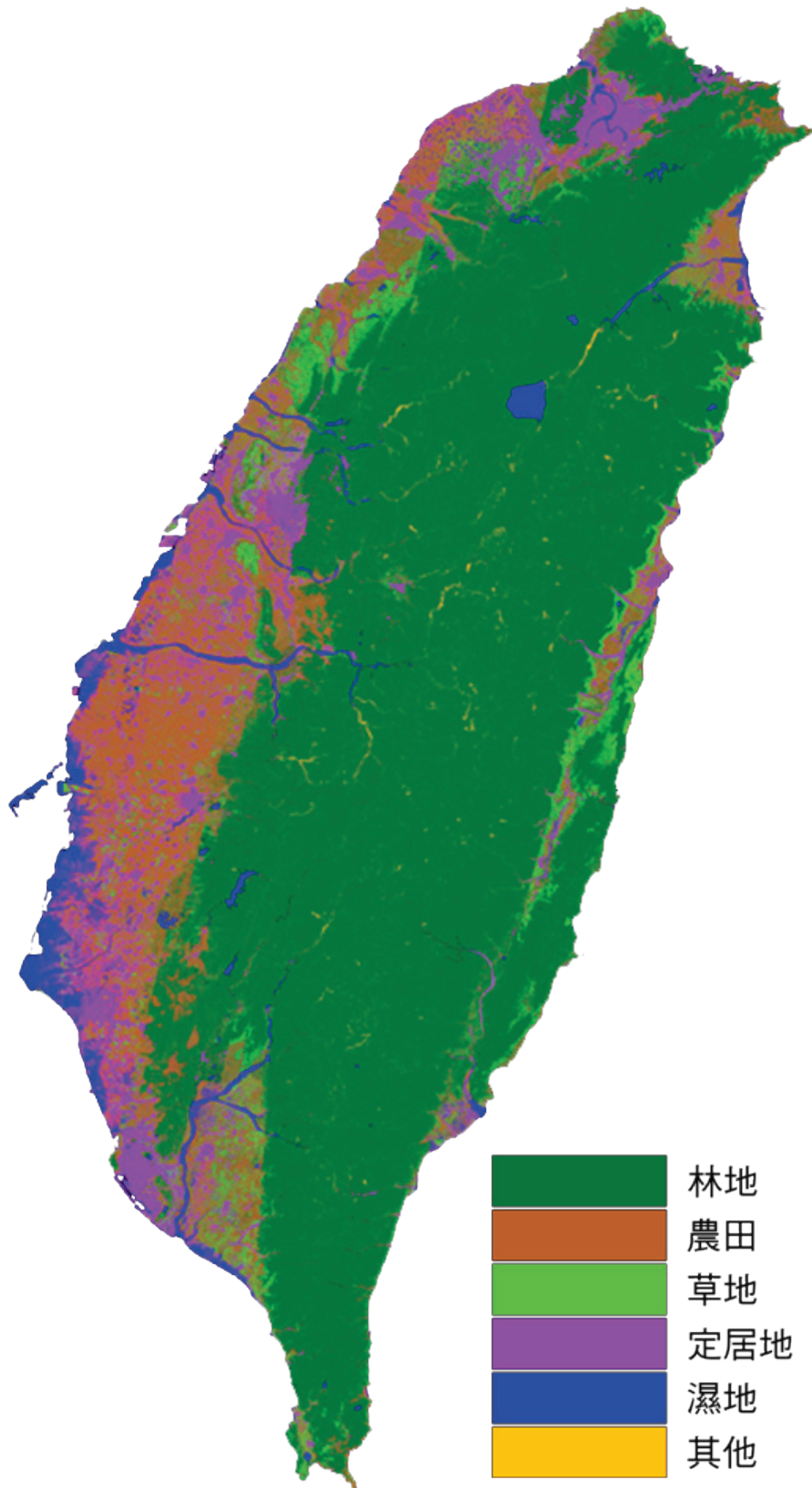


圖72. 2009 年台灣全島分類影像

3-3-2. 台灣全島分類影像精度檢核

本（2009）年度首次依據 IPCC 所制訂的類別為主，分類工作相較於以往以地貌區分類別有相當大的差異，以濕地而言即包含防風林、河床及水庫等水源地，其地貌非單一狀態，透過相關輔助性圖資配合分類，並以農林航空測量所提供的檢核樣區，共 38 幅，進行分類影像精度檢核，以標準作業流程所述，將分類影像及檢核樣區匹配像元進行類別匹配，進行分類精度檢核，其分類成果總體精度為 85.6%，Kappa 係數為 0.86。各類別檢核成果如表 43 所示。

表 43. 各區分類別分類檢核成果

分類影像 \ 檢核樣區	林地	農田	草地	定居地	濕地	其他	合計	生產者精度
林地	<u>369,068</u>	5,160	3,928	4,232	4,522	12,167	399,077	92.48
農田	10,225	<u>67,436</u>	3,174	4,522	529	1,058	86,944	77.56
草地	3,174	4,464	<u>14,587</u>	3,174	0	0	25,399	57.43
定居地	3,174	3,703	1,058	<u>26,160</u>	1,058	0	35,153	74.42
濕地	1,587	3,877	1,058	1,587	<u>16,109</u>	0	24,218	66.52
其他	1,058	529	0	2,645	1,587	<u>2,116</u>	7,935	26.67
合計	388,286	85,169	23,805	42,320	23,805	15,341	<u>578,726</u>	
生產者精度	95.05	79.18	61.28	61.81	67.67	13.79		
總體精確度	85.61							
Kappa 係數	0.86							

註：1.各類檢核類別內數據單位為像元數。
2.生產者精度及總體精確度單位為百分比（%）。

各類別檢核差異，主要原因為 IPCC 所制訂的土地區分類別為土地利用型態，但以影像分類角度而言，其成果屬於土地覆蓋型態，雖以相關輔助圖資進行歸類，仍無法將所有類別精確區分，此外，福衛二號-RSI 衛星影像多光譜解析度為 8 公尺x8 公尺網格資料，與檢核樣區向量資料有著格式上的差異，因此有少部分區域類別無法匹配。

3-4. 植生碳吸存估算成果

3-4-1. 台灣全島及各林區碳吸存成果

藉由 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料、DAO 提供全球性氣象參數及 BIOME-BGC 模型演算的生態群系參數，初級生產量/淨生產量得據以推估，提供瞬時台灣全島碳吸存資訊，如表 44 及圖 73 為 2008 年 10 月至 2009 年 09 月台灣全島各月份平均累計單位區域面積的總初級生產量(GPP)、每日淨生產量(PSNnet)及變化情形。台灣全島整體而言，GPP 及 PSNnet 平均值，由冬季開始隨氣候由寒冷轉為溫暖，日照時間增加，植物行光合作用效率亦遞增，開始逐漸上升；至秋季開始，其 GPP 及 PSNnet 開始下降。

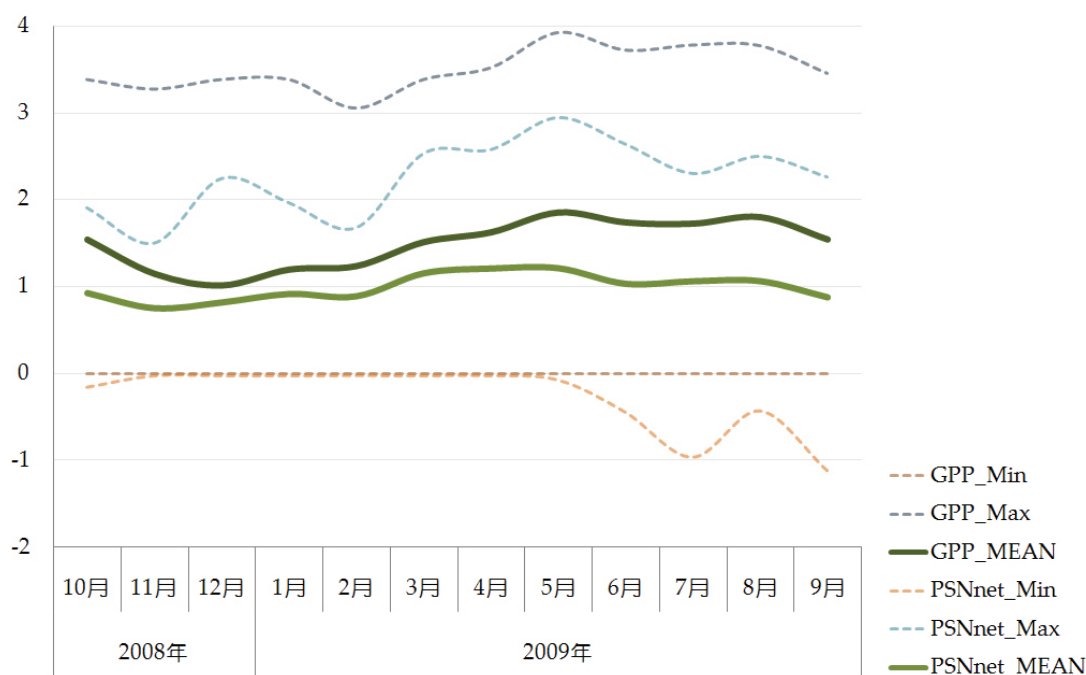


圖73. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月台灣全島各月份碳吸存量

表44. 2008年10月至2009年09月台灣全島各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	5,559,764.11	0.000	3.387	1.541	0.849
	11	4,141,141.07	0.000	3.278	1.148	0.655
	12	3,662,746.79	0.000	3.387	1.015	0.618
2009	01	4,319,979.72	0.000	3.387	1.197	0.743
	02	4,464,436.03	0.000	3.059	1.237	0.743
	03	5,457,230.44	0.000	3.387	1.513	0.929
	04	5,861,809.13	0.000	3.521	1.625	0.977
	05	6,683,774.20	0.000	3.925	1.853	1.064
	06	6,270,464.63	0.000	3.724	1.738	1.007
	07	6,220,099.75	0.000	3.782	1.724	1.108
	08	6,490,576.51	0.000	3.774	1.799	1.103
	09	5,565,680.90	0.000	3.458	1.543	0.921
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	3,336,904.73	-0.155	1.910	0.925	0.508
	11	2,708,570.28	-0.023	1.504	0.751	0.428
	12	2,950,404.72	-0.023	2.248	0.818	0.516
2009	01	3,300,119.60	-0.023	1.969	0.915	0.566
	02	3,205,100.97	-0.021	1.680	0.888	0.535
	03	4,158,891.45	-0.023	2.534	1.153	0.708
	04	4,353,279.71	-0.023	2.580	1.207	0.732
	05	4,367,494.45	-0.072	2.949	1.211	0.746
	06	3,721,770.40	-0.441	2.644	1.032	0.639
	07	3,826,540.91	-0.957	2.306	1.061	0.713
	08	3,831,158.90	-0.426	2.503	1.062	0.665
	09	3,160,385.90	-1.110	2.265	0.876	0.549

台灣全島 GPP 及 PSNnet 各月份平均值變化雖無明顯起伏，但最大及最小值則有明顯的差異，主要台灣本島地貌多元，經由不同地貌所演算的 GPP 及 PSNnet 平均後，對於高吸存量的區域，如木本植物，無法瞭解變化趨勢。為瞭解國有林區碳匯情形，依據各林區範圍，如圖 74 所示，分析及統計 GPP 及 PSNnet 變化狀況。表 45 至 52 及圖 75 至 82 為 2008 年 10 月至 2009 年 09 月各月份平均累計單位區域面積的 GPP 及 PSNnet 及變化情形。

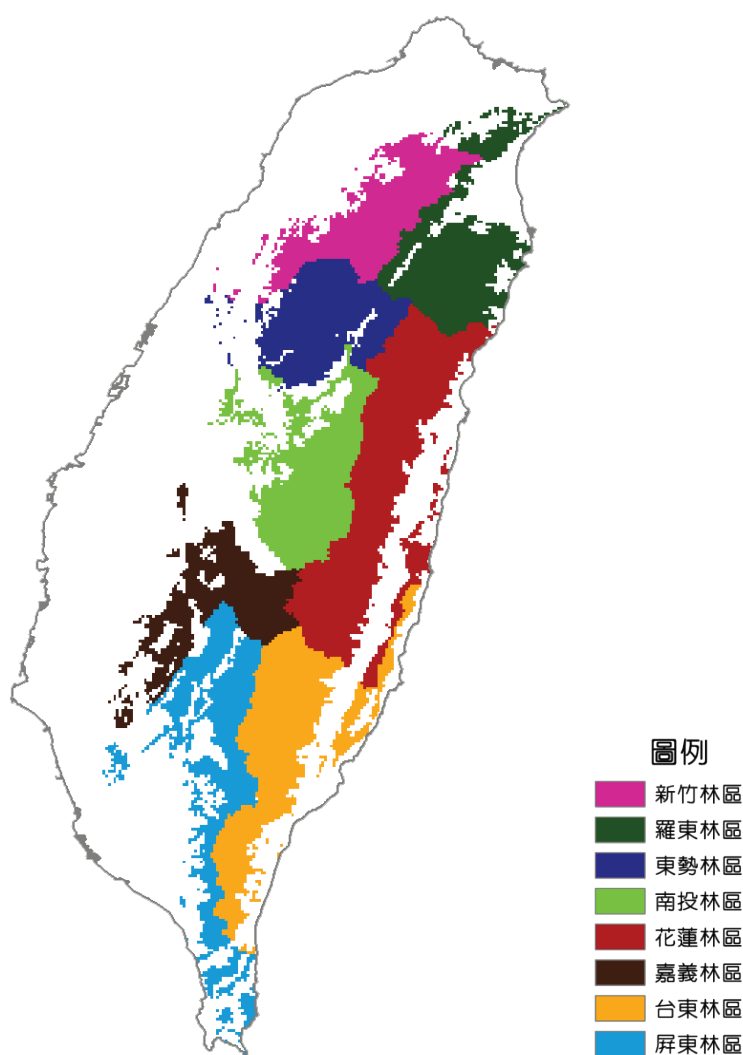


圖74. 台灣各林區分布圖

表45. 2008年10月至2009年09月台東林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	529,193.58	0.335	3.387	2.288	0.432
	11	404,509.01	0.220	3.278	1.749	0.338
	12	390,799.85	0.253	3.387	1.690	0.395
2009	01	468,361.68	0.178	3.387	2.025	0.394
	02	414,926.76	0.163	3.059	1.794	0.369
	03	551,324.37	0.388	3.387	2.384	0.471
	04	544,276.66	0.080	3.420	2.353	0.699
	05	627,375.81	0.492	3.925	2.712	0.452
	06	588,651.56	0.143	3.671	2.545	0.563
	07	576,996.35	0.140	3.623	2.495	0.762
	08	580,246.12	0.093	3.681	2.509	0.757
	09	526,200.56	0.058	3.458	2.275	0.673
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	314,810.87	0.000	1.910	1.361	0.249
	11	255,119.27	0.000	1.487	1.103	0.196
	12	319,318.90	0.000	2.248	1.381	0.341
2009	01	352,602.97	0.000	1.969	1.524	0.268
	02	277,479.05	0.000	1.551	1.200	0.234
	03	398,825.96	0.000	2.244	1.724	0.321
	04	398,490.58	0.000	2.483	1.723	0.466
	05	391,329.53	0.000	2.680	1.692	0.393
	06	339,657.11	0.000	2.441	1.468	0.370
	07	366,631.32	0.000	2.205	1.585	0.436
	08	341,637.04	0.000	2.286	1.477	0.399
	09	313,372.18	0.000	2.066	1.355	0.380

表46. 2008年10月至2009年09月東勢林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	307,701.02	0.141	2.802	1.929	0.380
	11	215,463.77	0.130	2.105	1.351	0.318
	12	159,077.33	0.072	2.005	0.997	0.284
2009	01	208,007.14	0.115	2.184	1.304	0.341
	02	260,273.70	0.135	2.325	1.632	0.378
	03	292,180.08	0.157	3.026	1.832	0.462
	04	297,202.73	0.145	3.094	1.863	0.598
	05	373,462.87	0.180	3.382	2.341	0.506
	06	313,490.87	0.174	3.473	1.965	0.513
	07	380,884.41	0.180	3.489	2.388	0.686
	08	391,672.99	0.124	3.406	2.456	0.640
	09	317,003.06	0.046	2.859	1.987	0.434
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	192,219.83	0.038	1.703	1.205	0.230
	11	145,585.22	0.037	1.434	0.913	0.206
	12	125,968.47	0.057	1.668	0.790	0.218
2009	01	162,461.92	0.096	1.691	1.019	0.240
	02	197,169.12	0.087	1.641	1.236	0.255
	03	234,603.77	0.096	2.310	1.471	0.343
	04	238,165.40	0.093	2.389	1.493	0.441
	05	266,743.02	0.096	2.619	1.672	0.412
	06	198,057.53	0.093	2.543	1.242	0.289
	07	248,212.31	0.096	2.259	1.556	0.418
	08	245,444.98	0.096	2.275	1.539	0.400
	09	187,919.71	-0.135	1.830	1.178	0.268

表47. 2008年10月至2009年09月花蓮林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	614,361.73	0.000	3.197	1.901	0.399
	11	432,676.13	0.000	3.094	1.339	0.363
	12	403,396.81	0.095	2.948	1.249	0.398
2009	01	451,066.99	0.141	2.948	1.396	0.373
	02	513,451.13	0.120	2.663	1.589	0.346
	03	603,234.16	0.190	3.127	1.867	0.511
	04	639,579.68	0.013	3.206	1.980	0.612
	05	819,346.06	0.141	3.747	2.536	0.544
	06	738,354.58	0.124	3.630	2.285	0.596
	07	746,238.22	0.141	3.573	2.310	0.790
	08	802,273.46	0.141	3.602	2.483	0.733
	09	669,133.64	0.000	3.386	2.071	0.602
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	377,325.87	0.000	1.736	1.168	0.230
	11	294,061.71	0.000	1.366	0.910	0.205
	12	338,127.38	0.000	2.073	1.047	0.341
2009	01	354,330.85	0.000	1.655	1.097	0.262
	02	375,616.67	0.000	1.503	1.163	0.235
	03	474,947.31	0.000	2.294	1.470	0.364
	04	510,934.19	0.000	2.389	1.581	0.442
	05	577,951.59	0.000	2.854	1.789	0.419
	06	472,436.82	0.000	2.644	1.462	0.386
	07	503,312.26	0.000	2.275	1.558	0.478
	08	482,087.82	0.000	2.383	1.492	0.485
	09	422,947.59	0.000	2.258	1.309	0.363

表48. 2008年10月至2009年09月南投林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	382,228.99	0.116	2.683	1.948	0.394
	11	281,064.35	0.112	2.054	1.433	0.312
	12	218,733.57	0.248	2.197	1.115	0.326
2009	01	286,312.70	0.289	2.152	1.459	0.357
	02	318,442.41	0.261	2.375	1.623	0.394
	03	374,239.73	0.021	3.023	1.907	0.506
	04	383,359.10	0.003	3.047	1.954	0.594
	05	444,750.08	0.289	3.443	2.267	0.528
	06	409,938.32	0.143	3.480	2.089	0.523
	07	461,405.50	0.171	3.445	2.352	0.676
	08	469,897.04	0.289	3.522	2.395	0.625
	09	387,669.62	0.011	2.996	1.976	0.470
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	236,054.11	0.009	1.665	1.203	0.242
	11	194,769.51	0.009	1.436	0.993	0.211
	12	177,979.30	0.011	1.920	0.907	0.274
2009	01	227,980.48	0.011	1.717	1.162	0.264
	02	239,008.88	0.010	1.675	1.218	0.272
	03	296,864.33	0.011	2.321	1.513	0.379
	04	298,900.89	0.011	2.366	1.523	0.421
	05	302,538.44	0.005	2.587	1.542	0.413
	06	254,916.77	0.011	2.558	1.299	0.318
	07	300,727.51	-0.218	2.306	1.533	0.402
	08	273,447.86	0.011	2.379	1.394	0.422
	09	231,977.07	0.009	1.894	1.182	0.269

表49. 2008年10月至2009年09月屏東林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	429,609.06	0.000	3.034	2.152	0.570
	11	347,994.62	0.000	2.239	1.743	0.414
	12	314,962.81	0.000	2.465	1.578	0.407
2009	01	398,645.11	0.000	2.670	1.997	0.509
	02	358,699.16	0.000	2.466	1.797	0.479
	03	451,670.85	0.000	3.344	2.263	0.657
	04	457,968.23	0.000	3.521	2.294	0.695
	05	496,079.85	0.000	3.726	2.485	0.693
	06	482,443.18	0.000	3.724	2.417	0.655
	07	451,247.70	0.000	3.782	2.261	0.822
	08	422,138.03	0.000	3.441	2.115	0.785
	09	365,439.66	0.000	3.326	1.831	0.717
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	258,252.46	0.000	1.733	1.294	0.320
	11	222,176.76	0.000	1.504	1.113	0.276
	12	250,587.82	0.000	2.096	1.255	0.340
2009	01	301,743.30	0.000	1.891	1.512	0.366
	02	249,232.54	0.000	1.645	1.249	0.331
	03	333,663.34	0.000	2.344	1.672	0.484
	04	329,643.39	0.000	2.438	1.652	0.505
	05	312,771.20	0.000	2.598	1.567	0.516
	06	279,885.11	0.000	2.554	1.402	0.441
	07	287,940.96	0.000	2.112	1.443	0.490
	08	263,927.09	0.000	2.251	1.322	0.402
	09	217,172.78	-0.079	2.209	1.088	0.401

表50. 2008年10月至2009年09月新竹林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	293,513.60	0.271	2.743	1.834	0.438
	11	210,003.20	0.323	2.128	1.313	0.302
	12	185,928.00	0.240	2.079	1.162	0.351
2009	01	201,825.60	0.270	2.188	1.261	0.311
	02	261,134.40	0.244	2.318	1.632	0.351
	03	297,004.80	0.270	2.933	1.856	0.460
	04	345,195.20	0.039	3.141	2.157	0.497
	05	417,937.60	0.270	3.660	2.612	0.516
	06	352,244.80	0.150	3.563	2.202	0.600
	07	389,270.40	0.054	3.553	2.433	0.782
	08	387,164.80	0.128	3.526	2.420	0.714
	09	330,966.40	0.229	2.959	2.069	0.398
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	177,892.80	0.186	1.684	1.112	0.240
	11	138,747.36	0.180	1.400	0.867	0.183
	12	152,303.52	0.222	1.774	0.952	0.308
2009	01	156,401.44	0.220	1.679	0.978	0.216
	02	193,724.80	0.200	1.618	1.211	0.238
	03	235,121.60	0.222	2.263	1.470	0.340
	04	264,080.00	0.215	2.306	1.651	0.353
	05	282,220.80	0.222	2.714	1.764	0.479
	06	204,188.80	0.004	2.588	1.276	0.451
	07	221,280.00	-0.364	2.272	1.383	0.563
	08	229,113.60	0.097	2.426	1.432	0.496
	09	179,283.20	0.180	1.864	1.121	0.287

表51. 2008年10月至2009年09月嘉義林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	283,746.44	0.120	2.592	1.920	0.498
	11	227,285.36	0.080	2.122	1.538	0.417
	12	195,959.15	0.276	2.333	1.326	0.415
2009	01	246,518.58	0.382	2.274	1.668	0.510
	02	246,403.29	0.354	2.394	1.667	0.544
	03	291,265.03	0.397	3.038	1.971	0.729
	04	304,927.66	0.427	3.109	2.063	0.737
	05	324,324.93	0.515	3.505	2.194	0.711
	06	320,609.24	0.615	3.559	2.169	0.723
	07	317,149.24	0.140	3.333	2.146	0.838
	08	308,251.68	0.163	3.274	2.086	0.746
	09	267,625.89	0.296	3.079	1.811	0.576
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	176,400.78	0.101	1.631	1.194	0.310
	11	159,248.59	0.070	1.440	1.077	0.287
	12	163,256.92	0.000	2.050	1.105	0.345
2009	01	197,406.11	0.000	1.792	1.336	0.390
	02	183,563.17	0.000	1.661	1.242	0.392
	03	230,664.07	0.000	2.341	1.561	0.567
	04	235,466.09	0.000	2.441	1.593	0.556
	05	219,957.44	0.000	2.736	1.488	0.517
	06	205,277.94	0.000	2.573	1.389	0.494
	07	207,403.31	-0.202	2.131	1.403	0.520
	08	194,689.55	0.000	2.232	1.317	0.441
	09	157,180.87	0.004	2.130	1.063	0.346

表52. 2008年10月至2009年09月羅東林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	313,703.76	0.000	2.716	1.766	0.480
	11	224,509.49	0.000	2.048	1.264	0.376
	12	203,408.83	0.000	2.085	1.145	0.367
2009	01	230,531.90	0.000	2.021	1.298	0.344
	02	276,001.06	0.000	2.135	1.554	0.342
	03	335,580.53	0.000	3.255	1.890	0.485
	04	400,649.62	0.000	3.488	2.256	0.532
	05	458,115.65	0.000	3.672	2.579	0.554
	06	405,118.03	0.000	3.626	2.281	0.592
	07	426,103.25	0.000	3.732	2.399	0.773
	08	442,069.49	0.000	3.774	2.489	0.694
	09	374,149.92	0.000	3.263	2.107	0.547
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	187,138.90	0.000	1.740	1.054	0.257
	11	141,534.24	0.000	1.178	0.797	0.201
	12	168,130.01	0.000	1.597	0.947	0.303
2009	01	176,795.65	0.000	1.635	0.995	0.223
	02	201,710.98	0.000	1.485	1.136	0.229
	03	263,995.30	0.000	2.383	1.486	0.348
	04	306,040.32	0.000	2.580	1.723	0.380
	05	305,646.05	0.000	2.714	1.721	0.501
	06	237,690.96	-0.135	2.580	1.338	0.486
	07	248,828.26	-0.957	2.236	1.401	0.636
	08	251,351.95	-0.112	2.503	1.415	0.548
	09	210,450.67	0.000	1.905	1.185	0.366

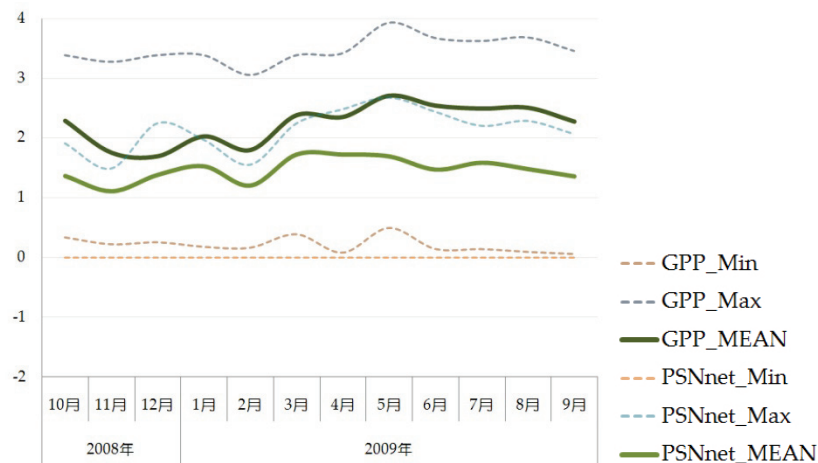


圖75. 2008年10月至2009年09月台東林區各月份碳吸存量

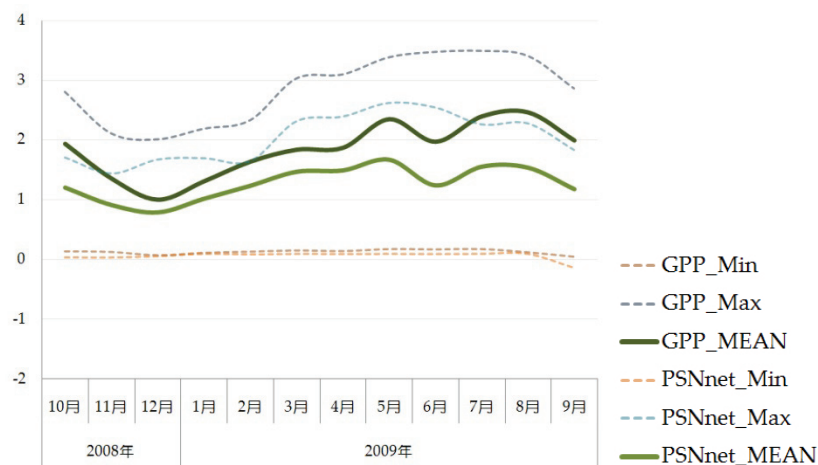


圖76. 2008年10月至2009年09月東勢林區各月份碳吸存量

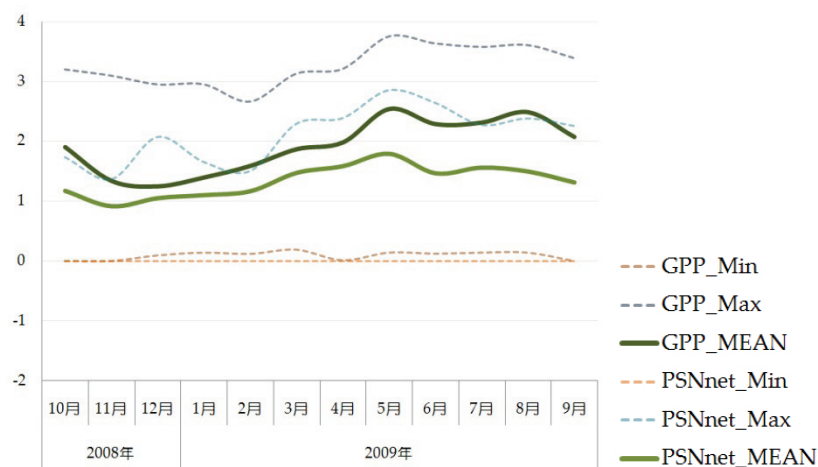


圖77. 2008年10月至2009年09月花蓮林區各月份碳吸存量

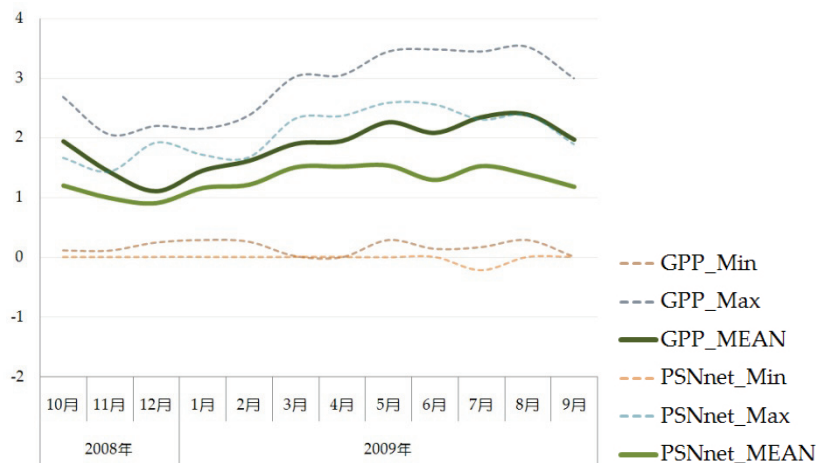


圖78. 2008年10月至2009年09月南投林區各月份碳吸存量

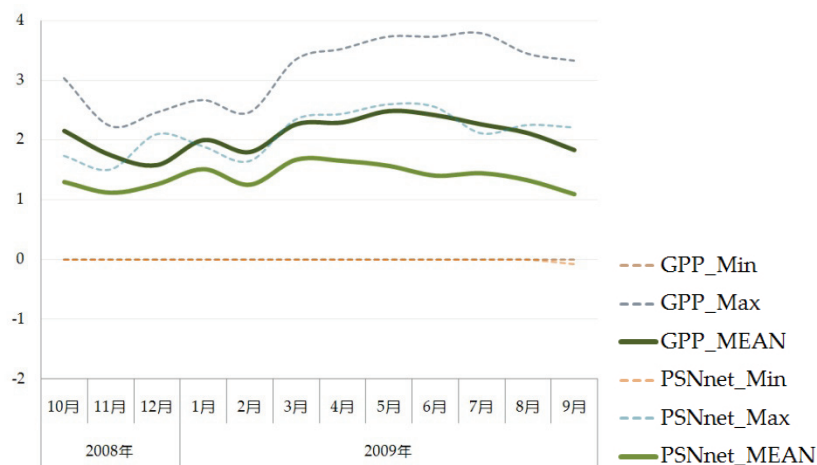


圖79. 2008年10月至2009年09月屏東林區各月份碳吸存量

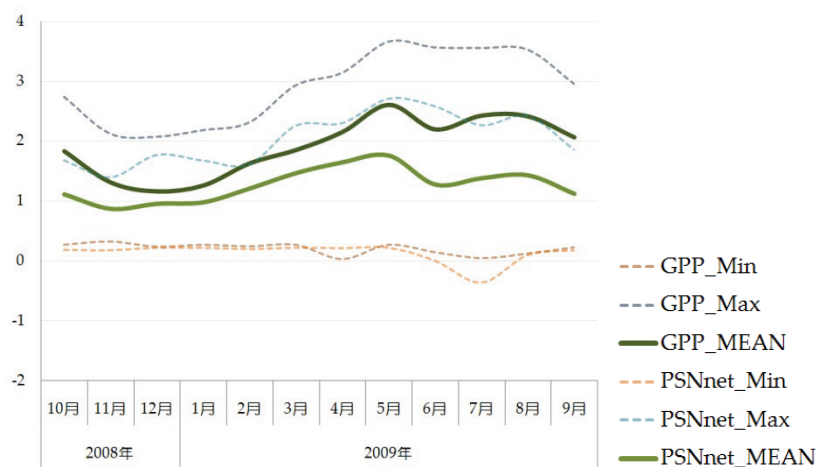


圖80. 2008年10月至2009年09月新竹林區各月份碳吸存量

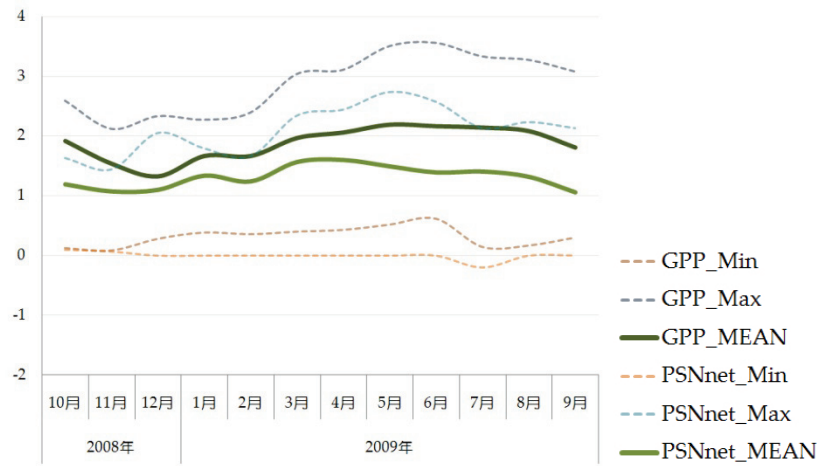


圖81. 2008年10月至2009年09月嘉義林區各月份碳吸存量

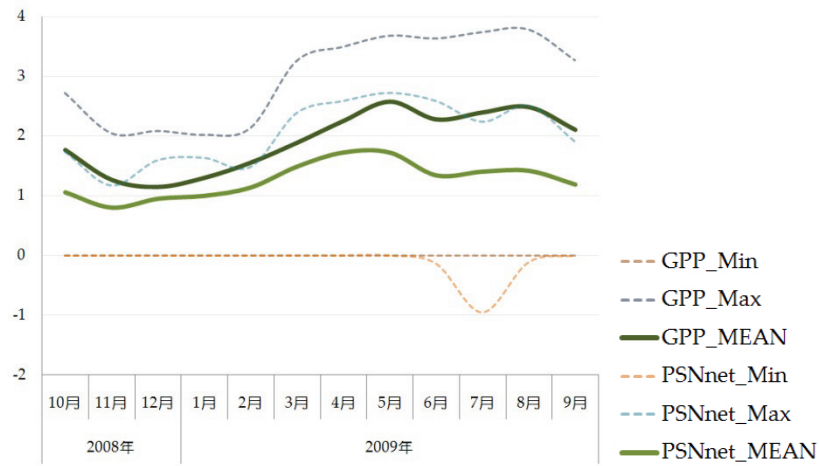


圖82. 2008年10月至2009年09月羅東林區各月份碳吸存量

3-4-2. 地理氣候區碳吸存成果

台灣地區植物多樣性，分布受到環境控制，影響最大者為氣候因子中之溫度與雨量，首當考慮溫度與雨量之變異與季節性分布，考慮雨季分配與冬季雨量區域性差異，將台灣全島劃分為水平方向之地理氣候區，分出七個主要地理氣候區 (Su, 1985)，分屬於兩種主要氣候型，如表 53 及圖 83 及 84 所示。東北區及蘭嶼區代表恆濕性氣候，冬季與夏季雨量約略相等，其植群趨向於熱帶雨林及亞熱帶雨林，其餘之東部區、西北區、中西區、西南區及東南區之冬季雨量占全年雨量比例概在 0.4 以下，屬夏雨型氣候，其冬季雨量比例向南端遞減，但偏向東部或東南部則全年雨量或冬季雨量有增加趨勢，且乾季亦逐漸消失，故台灣東南部至恆春半島東側一帶，雖然雨量仍集中在夏天，但因受東北季風影響，冬季雨量仍較多，與東北區一樣，有偏向恆濕性氣候之趨勢。

表53. 台灣地理氣候區劃分表

主氣候型	主要分區	氣候分區代碼	面積 (公頃)
恆濕型氣候	東北	NE	382,000
夏雨型氣候	蘭嶼	LAN	6,221
	東部	EN	350,800
		ES	463,400
	西北	NW	494,400
	中西	CW	962,200
	西南	SW	931,100
	東南	SE	171,300

註：本計畫範圍僅為台灣本島，因此蘭嶼分區不進行分析。

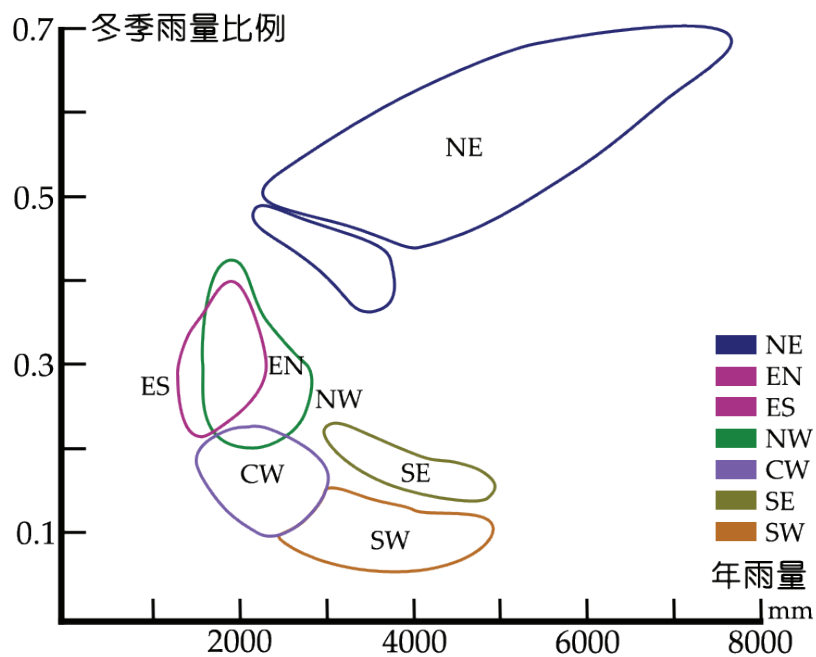


圖83. 台灣全島各氣候區年雨量與冬季雨量分布

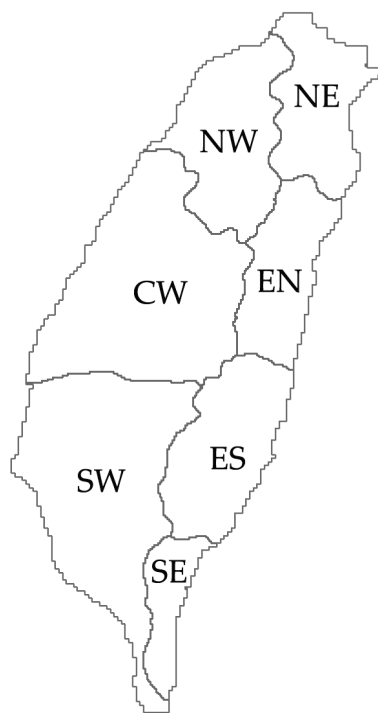


圖84. 台灣全島各氣候區分布

依據地理氣候分區進行分析，其成果如表 54 至 60 及圖 85 至 91 所示。

表54. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月地理氣候區-CW 區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,328,721.22	0.000	2.802	1.381	0.926
	11	985,523.73	0.000	2.681	1.024	0.714
	12	800,151.09	0.000	2.771	0.832	0.603
2009	01	985,735.41	0.000	2.771	1.024	0.753
	02	1,060,431.00	0.000	2.503	1.102	0.826
	03	1,229,932.15	0.000	3.026	1.278	0.958
	04	1,325,767.27	0.000	3.173	1.378	0.996
	05	1,441,048.45	0.000	3.499	1.498	1.032
	06	1,393,400.31	0.000	3.480	1.448	0.986
	07	1,393,996.87	0.000	3.489	1.449	1.134
	08	1,496,192.13	0.000	3.522	1.555	1.147
	09	1,254,179.59	0.000	3.289	1.303	0.907
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	812,231.51	-0.023	1.761	0.844	0.566
	11	675,219.04	-0.023	1.481	0.702	0.494
	12	639,535.85	-0.023	1.977	0.665	0.504
2009	01	767,666.25	-0.023	1.772	0.798	0.596
	02	776,102.82	-0.021	1.680	0.807	0.609
	03	950,671.88	-0.023	2.329	0.988	0.755
	04	978,355.34	-0.023	2.449	1.017	0.752
	05	916,773.58	-0.072	2.736	0.953	0.704
	06	829,631.93	-0.064	2.558	0.862	0.616
	07	864,029.62	-0.218	2.306	0.898	0.718
	08	881,452.18	-0.407	2.379	0.916	0.684
	09	683,785.51	-0.668	2.093	0.711	0.529

表55. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-EN區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	606,526.18	0.000	3.197	1.729	0.589
	11	416,659.19	0.000	3.094	1.188	0.443
	12	368,273.35	0.000	3.197	1.050	0.449
2009	01	418,230.78	0.000	3.197	1.192	0.452
	02	503,829.48	0.000	2.888	1.436	0.528
	03	587,600.52	0.000	3.212	1.675	0.667
	04	673,946.44	0.000	3.270	1.921	0.741
	05	825,130.71	0.000	3.825	2.352	0.825
	06	744,334.46	0.000	3.630	2.122	0.787
	07	752,781.72	0.000	3.658	2.146	0.942
	08	825,551.67	0.000	3.774	2.353	0.934
	09	670,841.86	0.000	3.413	1.912	0.735
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	379,334.07	0.000	1.575	1.081	0.358
	11	282,775.32	0.000	1.366	0.806	0.281
	12	304,672.61	0.000	1.604	0.869	0.386
2009	01	325,902.67	0.000	1.515	0.929	0.339
	02	377,376.61	0.000	1.503	1.076	0.388
	03	464,680.20	0.000	2.337	1.325	0.512
	04	534,819.16	0.000	2.471	1.525	0.575
	05	593,732.51	0.000	2.947	1.693	0.613
	06	482,248.27	0.000	2.644	1.375	0.524
	07	507,818.08	0.000	2.275	1.448	0.609
	08	511,350.64	0.000	2.503	1.458	0.602
	09	422,819.24	0.000	2.265	1.205	0.449

表56. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-ES區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	893,824.46	0.000	3.065	1.929	0.637
	11	675,220.14	0.000	2.837	1.457	0.522
	12	647,842.47	0.000	2.931	1.398	0.563
2009	01	746,616.18	0.000	2.931	1.611	0.623
	02	694,168.57	0.000	2.648	1.498	0.565
	03	939,158.88	0.000	3.108	2.027	0.749
	04	914,172.35	0.000	3.420	1.973	0.835
	05	1,093,902.04	0.000	3.925	2.361	0.825
	06	1,036,088.26	0.000	3.671	2.236	0.839
	07	1,010,128.59	0.000	3.677	2.180	0.982
	08	1,057,515.87	0.000	3.743	2.282	0.922
	09	923,931.55	0.000	3.458	1.994	0.831
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	532,622.69	0.000	1.910	1.149	0.375
	11	439,860.67	0.000	1.487	0.949	0.323
	12	533,711.68	0.000	2.248	1.152	0.478
2009	01	571,932.91	0.000	1.941	1.234	0.465
	02	477,408.58	0.000	1.551	1.030	0.378
	03	700,651.53	0.000	2.275	1.512	0.536
	04	690,947.94	0.000	2.483	1.491	0.599
	05	717,811.23	0.000	2.829	1.549	0.577
	06	622,837.40	0.000	2.546	1.344	0.517
	07	654,228.12	0.000	2.217	1.412	0.603
	08	621,924.51	-0.070	2.286	1.342	0.523
	09	567,859.63	-1.110	2.194	1.225	0.498

表57. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-NE區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	541,656.90	0.000	2.716	1.418	0.744
	11	402,574.52	0.000	2.134	1.054	0.553
	12	394,078.84	0.000	2.205	1.032	0.554
2009	01	414,385.96	0.000	2.205	1.085	0.565
	02	446,275.32	0.000	2.093	1.168	0.610
	03	589,330.50	0.000	3.255	1.543	0.829
	04	683,046.56	0.000	3.488	1.788	0.935
	05	750,244.18	0.000	3.672	1.964	1.017
	06	676,839.06	0.000	3.551	1.772	0.938
	07	670,803.46	0.000	3.732	1.756	1.037
	08	697,791.76	0.000	3.555	1.827	1.017
	09	628,114.96	0.000	3.263	1.644	0.867
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	300,380.35	-0.010	1.740	0.786	0.411
	11	241,977.52	-0.009	1.155	0.633	0.331
	12	320,276.06	-0.010	1.821	0.838	0.471
2009	01	309,590.37	-0.010	1.635	0.810	0.429
	02	317,841.95	-0.009	1.503	0.832	0.444
	03	454,755.72	-0.010	2.383	1.190	0.643
	04	490,216.78	-0.009	2.580	1.283	0.690
	05	448,979.88	-0.010	2.714	1.175	0.719
	06	341,859.82	-0.441	2.441	0.895	0.620
	07	323,413.81	-0.957	2.189	0.847	0.688
	08	350,489.20	-0.426	2.286	0.918	0.622
	09	304,328.32	-0.103	1.905	0.797	0.497

表58. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-NW區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	687,201.17	0.000	2.674	1.390	0.823
	11	476,623.35	0.000	1.997	0.964	0.576
	12	393,338.71	0.000	2.034	0.796	0.513
2009	01	444,825.52	0.000	2.034	0.900	0.565
	02	563,220.48	0.000	2.249	1.139	0.733
	03	625,930.18	0.000	3.193	1.266	0.837
	04	727,504.66	0.000	3.056	1.471	0.947
	05	911,525.28	0.000	3.809	1.844	1.153
	06	775,723.49	0.000	3.563	1.569	1.006
	07	848,983.68	0.000	3.553	1.717	1.155
	08	883,008.29	0.000	3.526	1.786	1.162
	09	726,634.51	0.000	3.109	1.470	0.920
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	416,370.83	0.000	1.609	0.842	0.506
	11	315,075.68	0.000	1.306	0.637	0.389
	12	311,949.59	0.000	1.818	0.631	0.433
2009	01	340,126.44	0.000	1.559	0.688	0.445
	02	423,083.29	0.000	1.631	0.856	0.564
	03	497,845.97	0.000	2.534	1.007	0.681
	04	556,293.94	0.000	2.284	1.125	0.738
	05	633,875.18	0.000	2.949	1.282	0.846
	06	471,508.79	-0.134	2.588	0.954	0.652
	07	513,651.94	-0.448	2.272	1.039	0.738
	08	536,799.74	-0.221	2.461	1.086	0.734
	09	407,606.10	-0.116	1.991	0.824	0.529

表59. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-SE區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	382,197.71	0.000	3.387	2.231	0.740
	11	291,811.26	0.000	3.278	1.704	0.549
	12	263,896.22	0.000	3.387	1.541	0.543
2009	01	345,416.17	0.000	3.387	2.016	0.674
	02	304,372.69	0.000	3.059	1.777	0.614
	03	382,444.38	0.000	3.387	2.233	0.811
	04	379,044.08	0.000	3.521	2.213	0.905
	05	422,269.92	0.000	3.768	2.465	0.854
	06	413,737.46	0.000	3.679	2.415	0.818
	07	397,609.57	0.000	3.782	2.321	0.928
	08	397,786.01	0.000	3.484	2.322	0.964
	09	384,297.85	0.000	3.338	2.243	0.883
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	212,542.19	-0.129	1.804	1.241	0.432
	11	158,513.14	0.000	1.326	0.925	0.309
	12	197,699.04	0.000	1.932	1.154	0.447
2009	01	239,693.24	0.000	1.969	1.399	0.487
	02	192,263.69	0.000	1.645	1.122	0.407
	03	257,069.91	0.000	2.251	1.501	0.558
	04	254,341.10	0.000	2.423	1.485	0.611
	05	240,782.71	0.000	2.530	1.406	0.570
	06	216,482.09	0.000	2.378	1.264	0.520
	07	233,512.73	-0.103	2.112	1.363	0.554
	08	218,064.90	0.000	2.155	1.273	0.500
	09	204,475.67	0.000	1.931	1.194	0.474

表60. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-SW區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,118,465.25	0.000	3.034	1.201	0.965
	11	891,699.57	0.000	2.233	0.958	0.776
	12	794,171.88	0.000	2.465	0.856	0.709
2009	01	963,755.98	0.000	2.574	1.039	0.898
	02	891,211.56	0.000	2.436	0.961	0.836
	03	1,101,730.88	0.000	3.041	1.188	1.051
	04	1,157,399.43	0.000	3.153	1.248	1.081
	05	1,238,407.28	0.000	3.768	1.335	1.129
	06	1,228,983.88	0.000	3.724	1.325	1.121
	07	1,144,711.23	0.000	3.484	1.234	1.104
	08	1,131,420.15	0.000	3.441	1.220	1.057
	09	976,686.66	0.000	3.326	1.049	0.903
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	682,914.36	-0.155	1.733	0.733	0.583
	11	594,726.16	0.000	1.504	0.639	0.519
	12	642,177.81	0.000	2.124	0.692	0.583
2009	01	744,783.43	0.000	1.961	0.803	0.691
	02	640,641.87	0.000	1.641	0.691	0.600
	03	832,698.37	0.000	2.344	0.898	0.803
	04	847,832.39	0.000	2.438	0.914	0.802
	05	815,003.53	-0.063	2.705	0.879	0.761
	06	756,784.35	0.000	2.573	0.816	0.704
	07	729,471.33	-0.202	2.131	0.786	0.706
	08	710,458.51	0.000	2.251	0.766	0.648
	09	569,139.53	-0.208	2.209	0.611	0.537

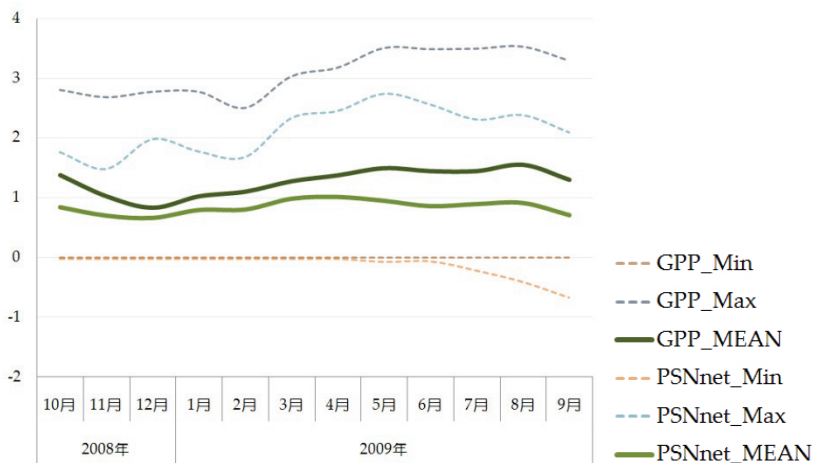


圖85. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-CW區各月份碳吸存量

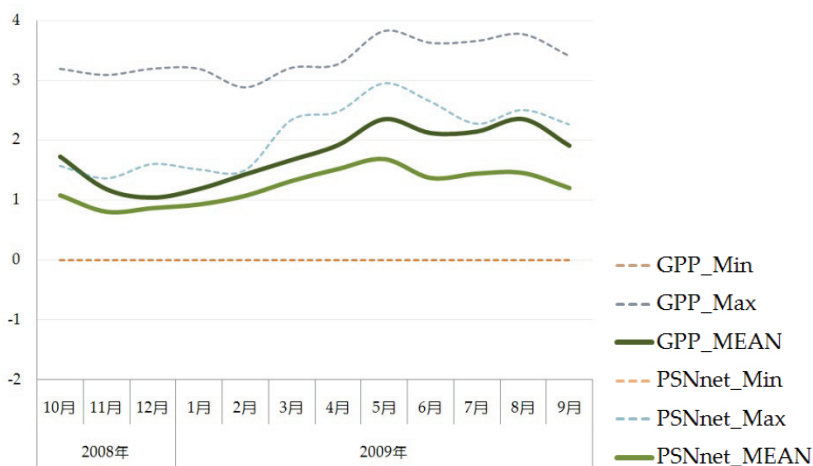


圖86. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-EN區各月份碳吸存量

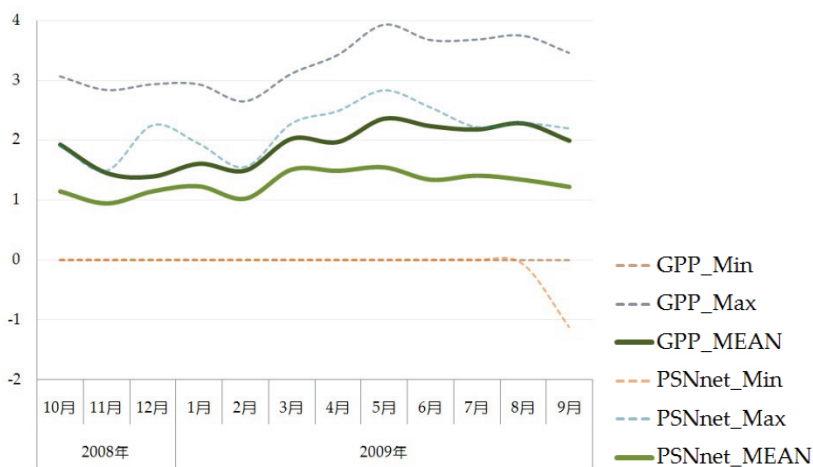


圖87. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-ES區各月份碳吸存量

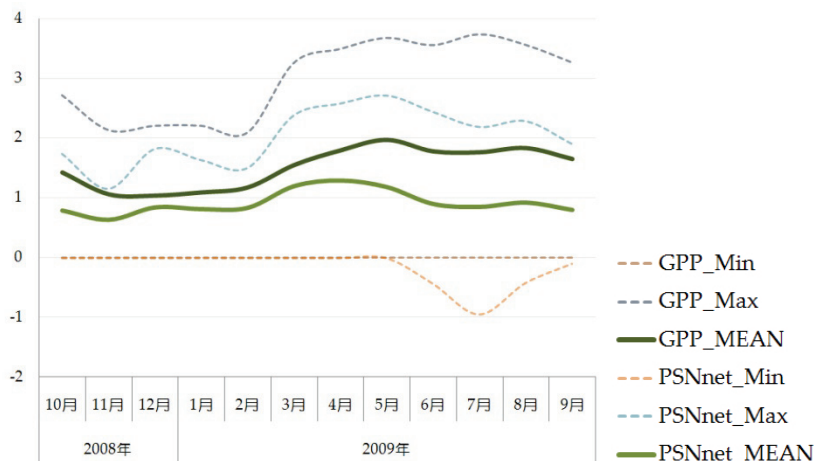


圖88. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-NE區各月份碳吸存量

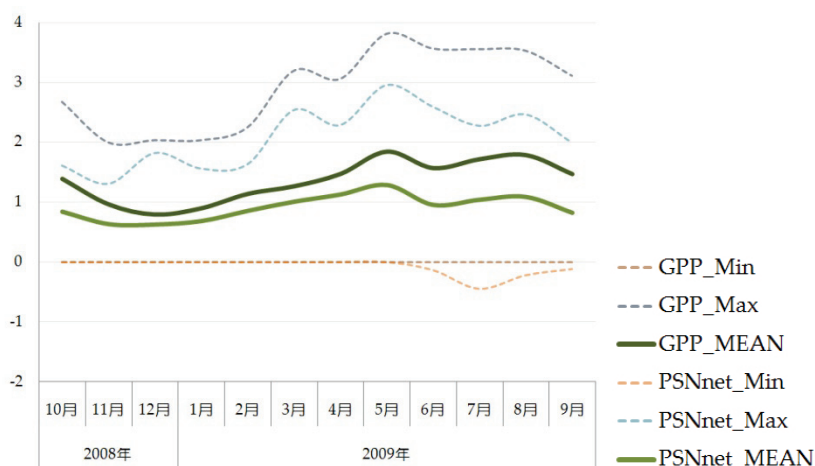


圖89. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-NW區各月份碳吸存量

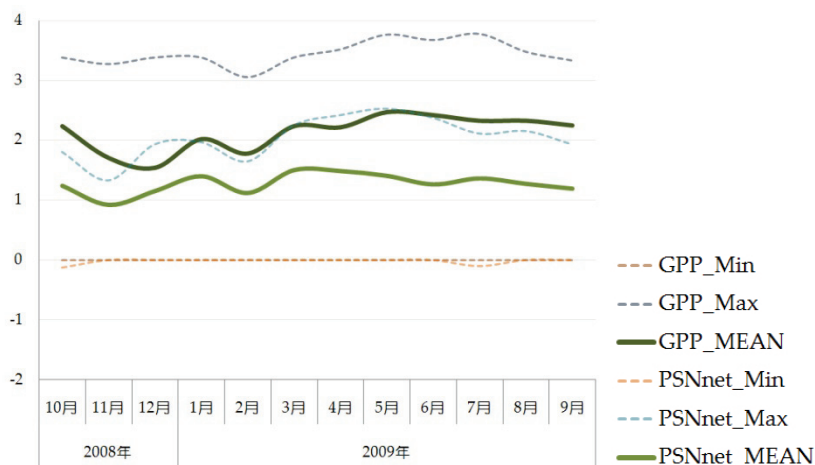


圖90. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-SE區各月份碳吸存量

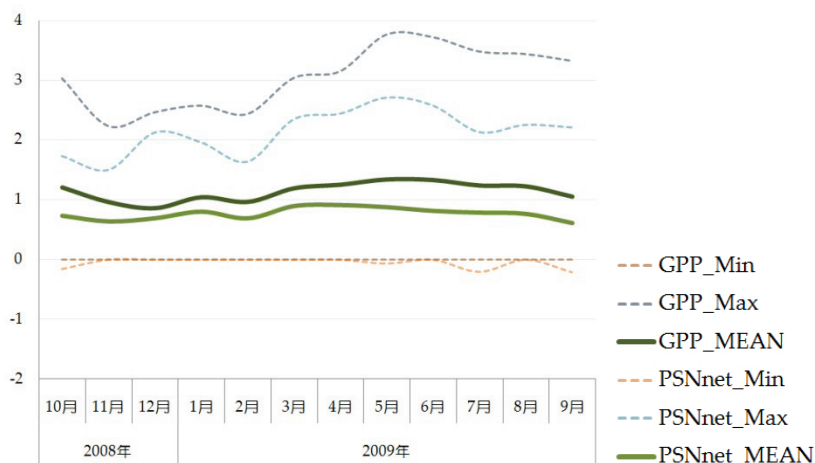


圖91. 2008年10月至2009年09月地理氣候區-SW區各月份碳吸存量

綜合以上成果知悉，SE及ES氣候區多為原始林，且南部日照充足，氣溫宜人，為平均單位GPP及PSNnet最高，因此較不受季節影響；東部由南往北，EN、NW及NE等氣候區趨勢相似；而西部CW及SW氣候區由於位處西南平原，多為農作物，因此相較之下，各月份平均GPP及PSNnet趨於平緩。

3-4-3. 植群、海拔及氣溫帶分布碳吸存成果

依據植群、海拔及氣溫分布，在考慮山區盛行雲帶（prevalent cloud zone）的位置與林相變化的對應性，由分段點推估溫度之變化範圍。位在台灣樑脊山脈頂部者為高山植群帶，由灌木與高山草本組成。熱帶附近之山岳島嶼，在山區之某一海拔範圍內會有盛行雲霧帶，台灣之盛行雲霧帶相當於海拔中段之櫟林帶，大多位於由樑脊山脈延伸而出之山脊，為偏好溼潤之闊葉樹林、檜木林或針闊葉樹混淆林。櫟林帶上方，有針葉樹為主之鐵杉雲杉林帶，更上方則是位於森林界線下側之冷杉林帶。櫟林帶之下側已近山脈之基底部，屬於小支稜與溪谷交錯的地形，由溪谷中之楠木林型與支稜上之槠木林型組成楠槠林帶。至於最低海拔之山麓地區與平地，則由楠木類與大量榕樹類構成榕楠林帶。上述植群帶之劃分是以林相與年平均溫度的變域為基礎，在森林或植群形相轉變之處作切分點，而每一帶以極盛相的優勢林型來命名，溫度與海拔高度雖有相關，但台灣各地海拔梯度上的溫度變化（山地溫度遞減率）並不完全相同（Su, 1984），同一海拔高度之溫度，在台灣島之南北兩端稍低，中部則較高，各地植群帶的海拔高度也有類似之變化，表 61 為台灣中部植群、海拔及氣溫帶分布，圖 92 為台灣地區植群、海拔及氣溫帶分布。

表61. 台灣中部植群、海拔及氣溫帶分布表

山地高度帶	植群帶	海拔高度 (公尺)	年平均溫度 (°C)	相當氣候帶	面積 (公頃)
高山帶	高山植群帶 (圓柏杜鵑帶)	>3,600	<5	亞寒帶	944.68
亞高山帶	冷杉林帶	3,100-3,600	5-8	冷溫帶	25,360.34
山地上層帶	鐵杉雲杉林帶	2,500-3,100	8-11	涼溫帶	156,859.69
山地帶	櫟林帶上層	2,000-2,500	11-14	溫帶	242,542.85
	櫟林帶下層	1,500-2,000	14-17	暖溫帶	328,592.03
山地下層帶	楠櫨林帶	500-1,500	17-23	亞熱帶	930,416.62
山麓帶	榕楠林帶	<500	>23	熱帶	1,908,620.86

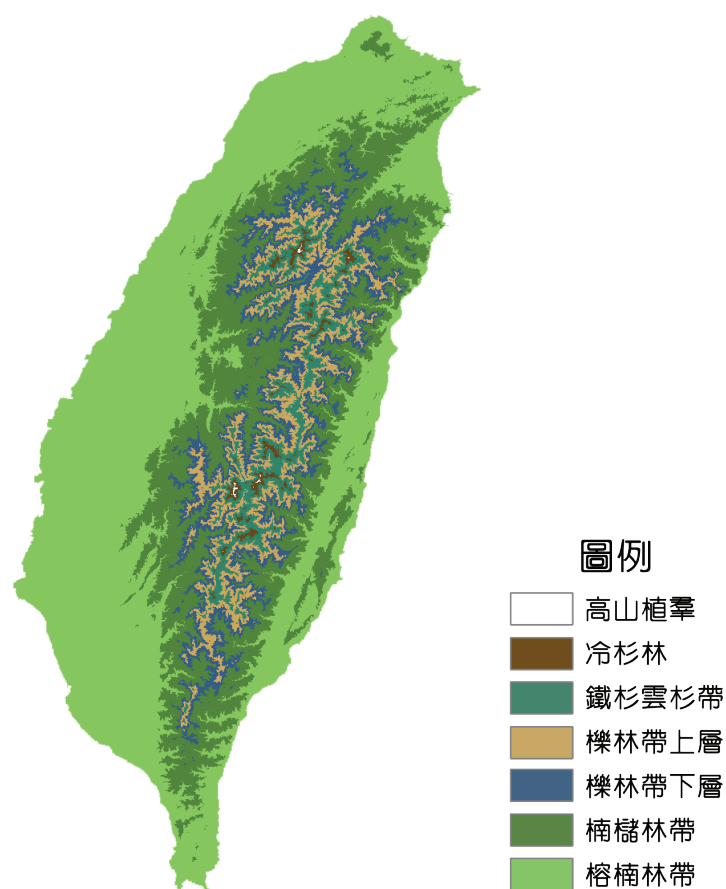


圖92. 台灣地區植群、海拔及氣溫帶分布

依據植群、海拔及氣溫帶分布進行分區分析，其成果如表 62

至 68 及圖 93 至 99 所示。

表62. 2008 年 10 月至 2009 年 09 月植群、海拔及氣溫帶分區-高山植群區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,514.56	0.547	1.996	1.377	0.432
	11	1,088.92	0.499	1.545	0.990	0.315
	12	899.40	0.547	1.048	0.818	0.157
2009	01	1,225.00	0.547	1.481	1.114	0.264
	02	1,343.49	0.494	1.514	1.221	0.281
	03	1,669.59	0.871	2.081	1.518	0.401
	04	1,390.05	0.362	1.665	1.264	0.350
	05	1,589.54	0.547	2.108	1.445	0.408
	06	1,458.47	1.097	1.740	1.326	0.196
	07	1,854.40	0.547	2.377	1.686	0.493
	08	1,906.22	0.547	2.271	1.733	0.472
	09	1,543.54	0.176	2.061	1.403	0.500
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,048.83	0.143	1.209	0.953	0.300
	11	821.69	0.138	1.073	0.747	0.259
	12	748.42	0.143	0.863	0.680	0.197
2009	01	1,024.95	0.143	1.238	0.932	0.294
	02	1,049.01	0.129	1.179	0.954	0.291
	03	1,333.16	0.143	1.759	1.212	0.443
	04	1,174.28	0.138	1.414	1.068	0.343
	05	1,199.43	0.143	1.579	1.090	0.378
	06	1,062.44	0.138	1.346	0.966	0.305
	07	1,357.48	0.143	1.735	1.234	0.423
	08	1,327.25	0.143	1.688	1.207	0.405
	09	1,033.94	0.138	1.339	0.940	0.294

表63. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-冷杉林區
各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	40,275.24	0.141	2.342	1.567	0.437
	11	29,307.77	0.130	1.939	1.140	0.335
	12	21,871.16	0.238	1.570	0.851	0.260
2009	01	30,411.07	0.195	2.143	1.183	0.348
	02	34,091.05	0.219	2.034	1.327	0.334
	03	38,814.97	0.021	2.786	1.510	0.446
	04	35,731.74	0.013	2.742	1.390	0.452
	05	45,530.89	0.289	3.008	1.772	0.460
	06	37,924.46	0.280	2.901	1.476	0.433
	07	45,227.63	0.289	3.042	1.760	0.566
	08	48,501.55	0.289	3.249	1.887	0.556
	09	40,570.53	0.014	2.523	1.579	0.511
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	26,676.60	0.011	1.512	1.038	0.278
	11	21,105.79	0.011	1.312	0.821	0.240
	12	18,444.43	0.011	1.331	0.718	0.219
2009	01	25,049.43	0.011	1.724	0.975	0.273
	02	26,623.92	0.010	1.505	1.036	0.244
	03	32,077.20	0.011	2.166	1.248	0.349
	04	30,276.14	0.011	2.239	1.178	0.358
	05	34,741.26	0.011	2.279	1.352	0.346
	06	27,676.59	0.011	1.884	1.077	0.291
	07	33,119.85	0.011	2.127	1.289	0.372
	08	32,272.00	0.011	2.184	1.256	0.325
	09	26,553.75	0.011	1.652	1.033	0.294

表64. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-鐵杉雲杉林區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	288,917.88	0.263	2.553	1.838	0.329
	11	210,086.80	0.134	2.089	1.336	0.290
	12	161,705.35	0.095	2.193	1.029	0.320
2009	01	211,451.29	0.141	2.254	1.345	0.361
	02	238,977.01	0.120	2.180	1.520	0.315
	03	274,538.80	0.204	3.023	1.746	0.439
	04	267,439.64	0.009	3.047	1.701	0.525
	05	339,254.89	0.141	3.371	2.158	0.471
	06	287,031.48	0.198	3.495	1.826	0.495
	07	315,564.85	0.141	3.414	2.007	0.692
	08	341,257.62	0.141	3.406	2.171	0.595
	09	285,553.80	0.014	3.266	1.817	0.459
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	183,232.32	0.011	1.667	1.166	0.205
	11	146,308.24	0.011	1.470	0.931	0.195
	12	134,296.12	0.011	2.193	0.854	0.274
2009	01	170,337.20	0.011	1.794	1.084	0.276
	02	180,140.20	0.010	1.607	1.146	0.219
	03	221,265.29	0.011	2.321	1.408	0.330
	04	218,800.39	0.011	2.366	1.392	0.394
	05	244,258.93	0.011	2.602	1.554	0.353
	06	194,563.30	0.011	2.565	1.238	0.289
	07	218,583.46	0.011	2.244	1.390	0.409
	08	210,780.05	0.011	2.302	1.341	0.369
	09	181,166.71	0.011	2.254	1.152	0.262

表65. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-櫟林帶上層區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	470,286.67	0.513	2.862	1.935	0.374
	11	344,854.37	0.326	2.156	1.419	0.338
	12	287,475.47	0.072	2.348	1.183	0.394
2009	01	354,403.34	0.115	2.453	1.458	0.414
	02	401,766.51	0.135	2.352	1.653	0.324
	03	462,643.61	0.157	3.041	1.903	0.482
	04	478,245.77	0.161	3.154	1.967	0.575
	05	591,017.43	0.294	3.641	2.431	0.468
	06	515,432.78	0.281	3.581	2.120	0.531
	07	551,540.42	0.155	3.454	2.269	0.740
	08	569,707.28	0.240	3.604	2.344	0.667
	09	479,548.78	0.334	3.330	1.973	0.496
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	292,879.59	0.234	1.804	1.205	0.227
	11	236,894.14	0.242	1.493	0.974	0.221
	12	237,034.90	0.057	2.046	0.975	0.344
2009	01	281,971.69	0.102	1.934	1.160	0.316
	02	297,423.13	0.110	1.628	1.223	0.224
	03	366,465.96	0.127	2.341	1.507	0.351
	04	380,461.22	0.143	2.441	1.565	0.421
	05	411,322.77	0.155	2.854	1.692	0.380
	06	330,083.61	0.150	2.644	1.358	0.317
	07	366,106.17	0.140	2.306	1.506	0.434
	08	349,320.11	0.155	2.426	1.437	0.416
	09	297,124.11	0.289	2.258	1.222	0.290

表66. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-櫟林帶下層區各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	659,066.45	0.488	2.926	2.006	0.400
	11	482,118.63	0.109	2.190	1.467	0.375
	12	415,110.52	0.214	2.401	1.263	0.425
2009	01	501,009.85	0.241	2.455	1.525	0.463
	02	556,247.51	0.130	2.394	1.693	0.365
	03	655,372.98	0.365	3.034	1.994	0.523
	04	690,092.86	0.131	3.409	2.100	0.611
	05	836,684.61	0.602	3.615	2.546	0.500
	06	749,769.91	0.143	3.559	2.282	0.535
	07	804,807.12	0.109	3.522	2.449	0.716
	08	790,897.48	0.093	3.596	2.407	0.707
	09	661,038.05	0.110	3.338	2.012	0.534
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	405,604.12	0.186	1.783	1.234	0.240
	11	327,153.83	0.101	1.487	0.996	0.237
	12	341,053.94	0.186	2.248	1.038	0.363
2009	01	393,373.63	0.186	1.969	1.197	0.347
	02	407,293.13	0.123	1.644	1.239	0.247
	03	511,304.89	0.186	2.310	1.556	0.375
	04	537,783.47	0.116	2.464	1.637	0.440
	05	570,863.64	0.186	2.844	1.737	0.420
	06	464,400.52	0.053	2.599	1.413	0.351
	07	520,081.79	0.081	2.275	1.583	0.433
	08	485,907.39	0.045	2.461	1.479	0.437
	09	405,794.71	0.089	2.243	1.235	0.319

表67. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-楠櫛林區
各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,898,796.76	0.112	3.065	2.037	0.517
	11	1,429,020.12	0.112	2.254	1.533	0.424
	12	1,276,999.28	0.116	2.465	1.370	0.434
2009	01	1,524,552.90	0.116	2.599	1.635	0.525
	02	1,581,600.34	0.105	2.377	1.696	0.460
	03	1,928,630.36	0.047	3.255	2.069	0.629
	04	2,095,027.27	0.003	3.435	2.247	0.646
	05	2,340,567.12	0.116	3.925	2.511	0.648
	06	2,205,821.80	0.124	3.671	2.366	0.641
	07	2,255,476.10	0.054	3.666	2.419	0.785
	08	2,254,040.36	0.023	3.774	2.418	0.777
	09	1,931,045.02	0.011	3.458	2.071	0.609
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,142,384.48	-0.129	1.910	1.225	0.296
	11	935,152.84	0.009	1.504	1.003	0.263
	12	1,039,402.62	0.009	2.193	1.115	0.357
2009	01	1,167,286.22	0.009	1.941	1.252	0.372
	02	1,129,313.64	0.008	1.665	1.211	0.311
	03	1,470,777.83	0.009	2.383	1.578	0.451
	04	1,560,977.86	0.009	2.580	1.674	0.463
	05	1,524,534.25	0.009	2.854	1.635	0.522
	06	1,299,756.72	-0.135	2.625	1.394	0.465
	07	1,387,887.04	-0.934	2.263	1.489	0.531
	08	1,335,911.32	-0.407	2.503	1.433	0.484
	09	1,107,357.97	-0.405	2.216	1.188	0.380

表68. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-榕楠林區
各月份碳吸存量

年度	月份	GPP (總初級生產量)				
		總吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	2,176,957.82	0.000	3.387	1.143	0.916
	11	1,624,857.67	0.000	3.278	0.853	0.701
	12	1,490,970.59	0.000	3.387	0.783	0.661
2009	01	1,688,137.51	0.000	3.387	0.886	0.783
	02	1,642,340.91	0.000	3.059	0.862	0.763
	03	2,086,046.49	0.000	3.387	1.095	0.973
	04	2,283,792.44	0.000	3.521	1.199	1.018
	05	2,517,365.80	0.000	3.825	1.322	1.099
	06	2,461,672.37	0.000	3.724	1.292	1.066
	07	2,234,536.90	0.000	3.782	1.173	1.066
	08	2,472,091.08	0.000	3.743	1.298	1.126
	09	2,145,282.66	0.000	3.413	1.126	0.973
年度	月份	PSNnet (每日淨生產量)				
		淨吸存量 (噸-碳)	最小值 (噸-碳/公頃)	最大值 (噸-碳/公頃)	平均值 (噸-碳/公頃)	標準差 (噸-碳/公頃)
2008	10	1,274,935.71	-0.155	1.794	0.669	0.532
	11	1,033,086.42	-0.023	1.483	0.542	0.445
	12	1,174,257.07	-0.023	2.096	0.617	0.546
2009	01	1,255,100.16	-0.023	1.961	0.659	0.591
	02	1,157,939.51	-0.021	1.680	0.608	0.547
	03	1,549,225.84	-0.023	2.534	0.813	0.735
	04	1,617,196.96	-0.023	2.580	0.849	0.740
	05	1,573,665.04	-0.072	2.949	0.826	0.728
	06	1,398,287.89	-0.441	2.610	0.734	0.652
	07	1,293,144.64	-0.957	2.244	0.679	0.657
	08	1,408,578.98	-0.426	2.337	0.740	0.651
	09	1,132,793.66	-1.110	2.265	0.595	0.542

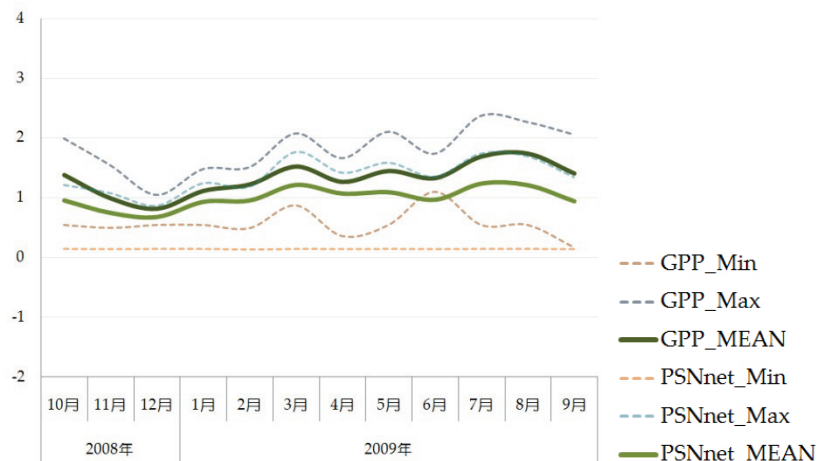


圖93. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-高山植群區各月份碳吸存量

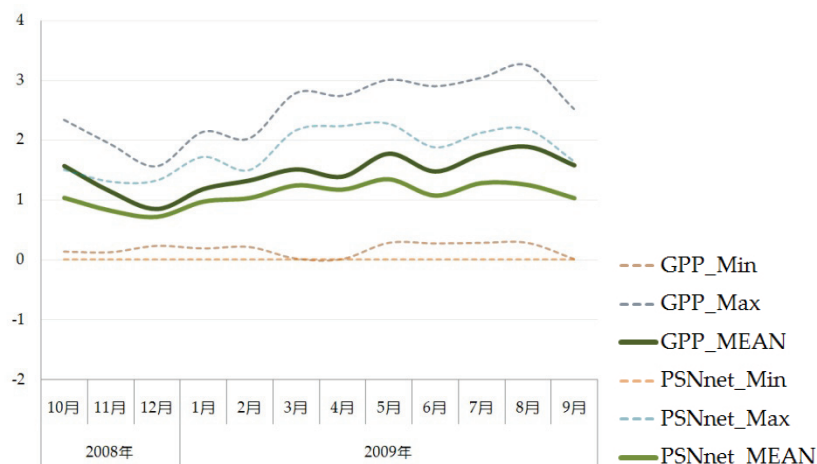


圖94. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-冷杉林區各月份碳吸存量

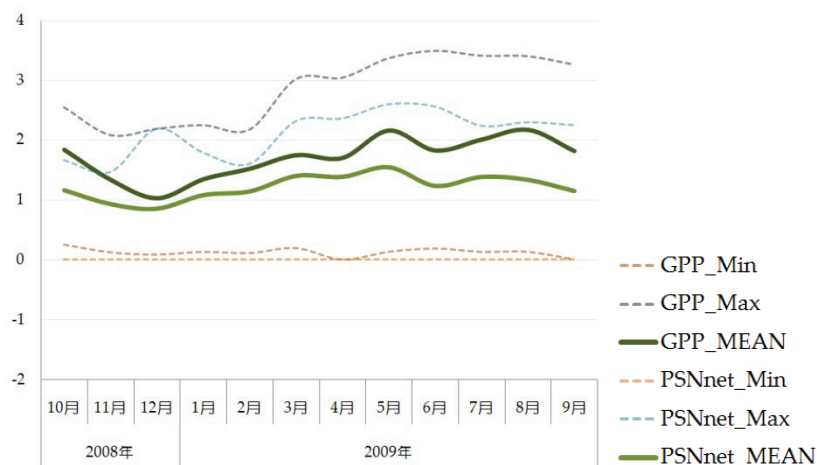


圖95. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-鐵杉雲杉林區各月份碳吸存量

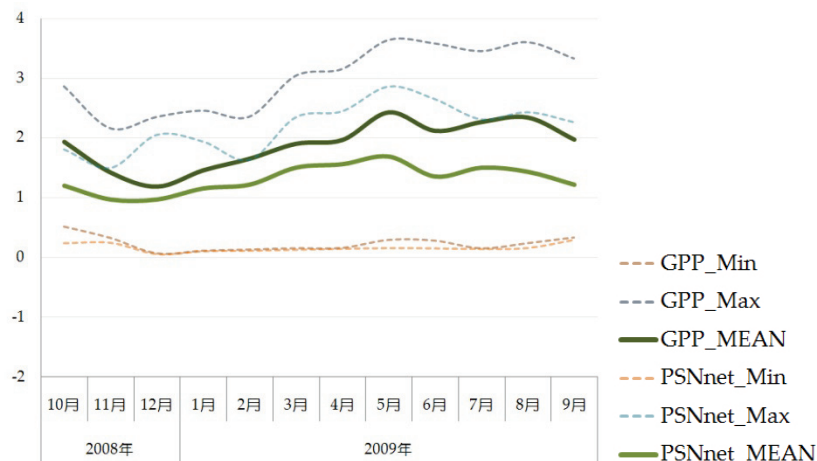


圖96. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-櫟林帶上層區各月份碳吸存量

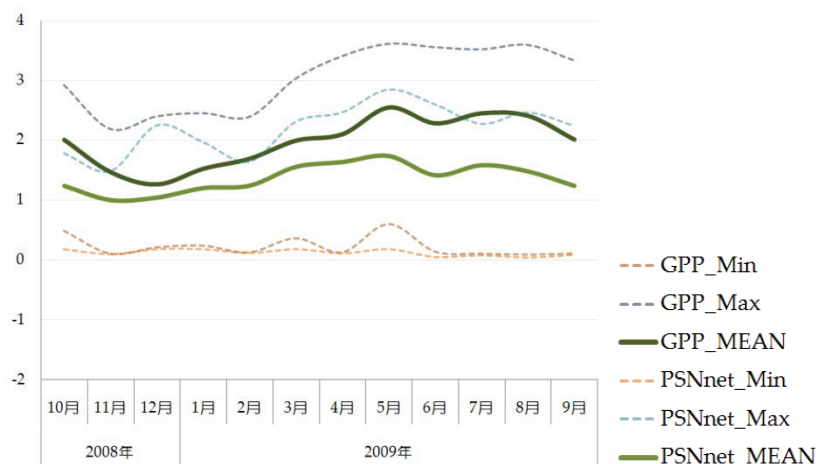


圖97. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-櫟林帶下層區各月份碳吸存量

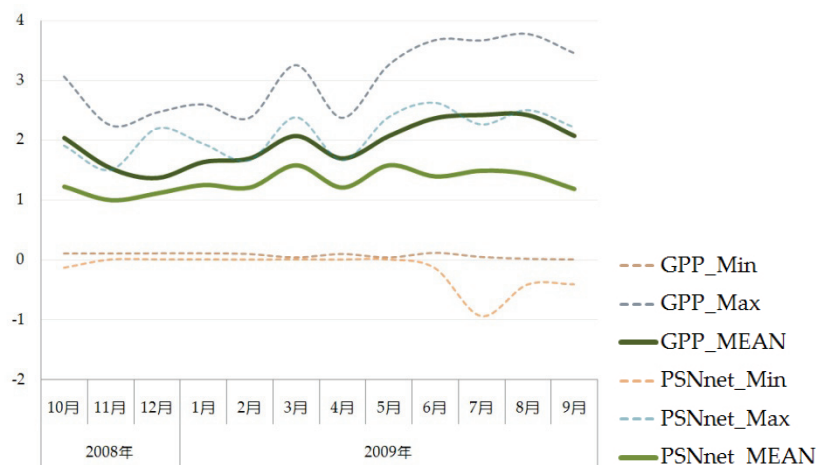


圖98. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-楠櫟林區各月份碳吸存量

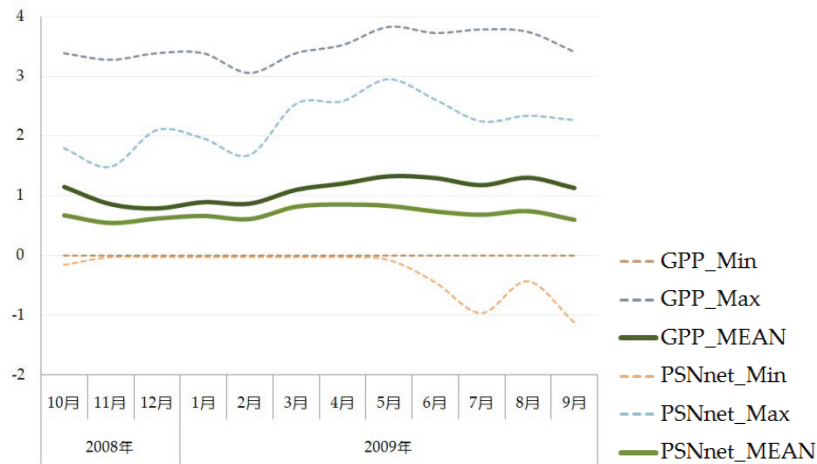


圖99. 2008年10月至2009年09月植群、海拔及氣溫帶分區-榕楠林區各月份碳吸存量

綜合以上成果知悉，榕楠林帶位於平地區域，即高度小於500公尺處，此範圍多為複合式地貌，因此平均GPP及PSNnet值呈現偏低狀態，植生亦無明顯的生長趨勢；櫟林帶上、下層及楠櫟林帶高度約為500至2,500公尺間，此區域多為闊葉林，為GPP及PSNnet值最多者，平均GPP約介於1.5至2.5（噸-碳/公頃）之間；而鐵杉雲杉林、冷杉林及高山植群帶，高度約為2,500以上範圍，高度越趨高則GPP及PSNnet值逐漸偏低，主要海拔高度越高，則植群由闊葉林逐漸轉為針闊葉混合林至針葉林，而溫度及光合作用均逐漸偏低，導致GPP及PSNnet值降低。

3-4-4. 日照、氣溫及地溫與碳吸存成果關係驗證

為驗證 GPP 及 PSNnet 與溫度及海拔高度的關聯性，以中央氣象局提供之氣候監測報告中位於台灣本島內 21 個測站，擷取本（2009）年度 01 月至 08 月累計觀測日照時間及平均觀測氣溫等相關資訊，以徐昇式法將測站點位內插為空間資料進行相關性比較，如表 69 及 70 所示。

由空間分布初步比對可知，GPP 及 PSNnet 值分布與累計日照及氣溫分布並無直接關係，乃因以台灣本島內 21 個實際測站資料進行資料內插，成果較為粗略，以溫度分布而言，無法將地勢高低與溫度有效表示。

為此，藉以 Terra/Aqua-MODIS MOD11 地表溫度（Land Surface Temperature, LST）衛星產品來進行驗證；其中 Terra/Aqua-MODIS MOD11 衛星資料包含第 31 及 32 波段，主要用以觀測雲層與地表溫度，並透過大氣剖面、地貌分類及相關衛星觀測參數等因子估算及修正，表 71 為 MOD11 衛星產品演算來源資料表。

表69. 2009年01月至04月累計觀測日照時間、平均觀測氣溫及GPP及PSNnet空間分布比較表

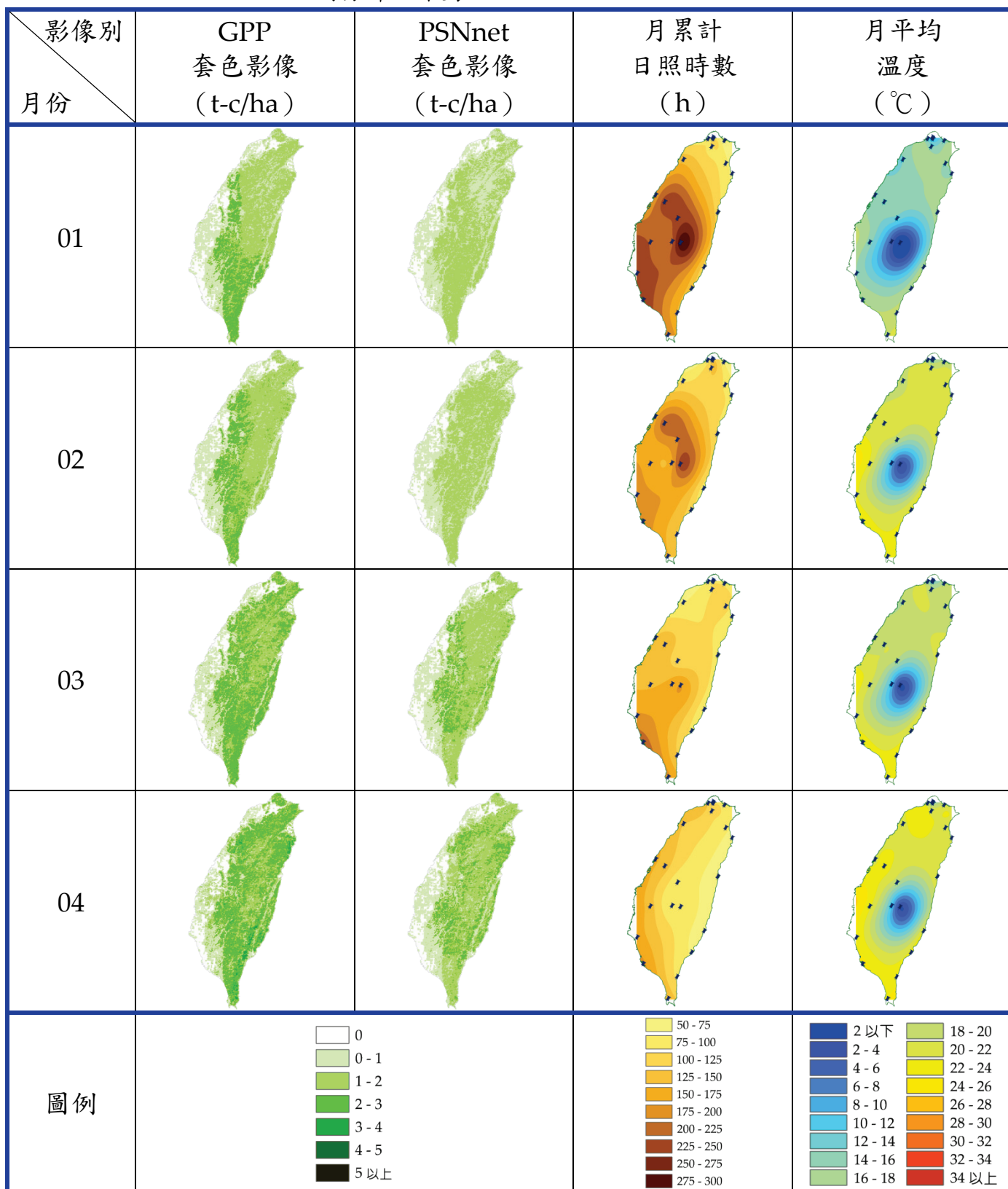


表70. 2009年05月至08月累計觀測日照時間、平均觀測氣溫及GPP及PSNnet空間分布比較表




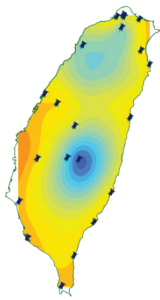
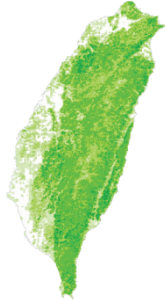


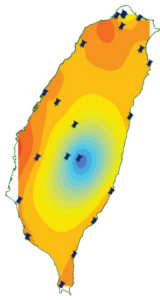

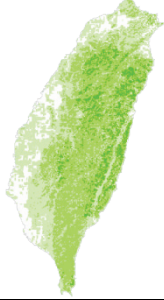
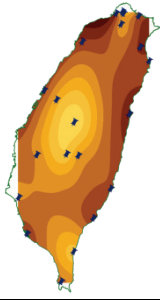
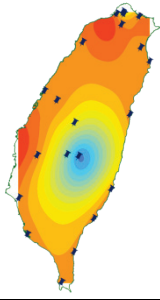
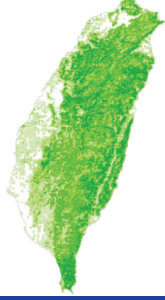
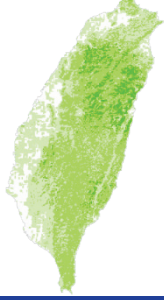

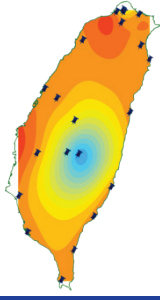






































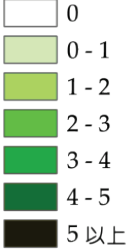
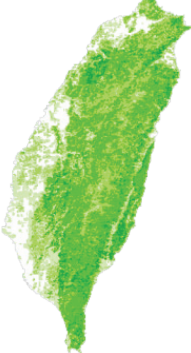






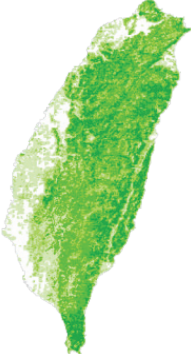


影像別 月份	GPP 套色影像 (t-c/ha)	PSNnet 套色影像 (t-c/ha)	月累計 日照時數 (h)	月平均 溫度 ($^{\circ}$ C)
05				
06				
07				
08				
圖例	<ul style="list-style-type: none">  0  0-1  1-2  2-3  3-4  4-5  5以上 	<ul style="list-style-type: none">  50-75  75-100  100-125  125-150  150-175  175-200  200-225  225-250  250-275  275-300 	<ul style="list-style-type: none">  2以下  2-4  4-6  6-8  8-10  10-12  12-14  14-16  16-18  18-20  20-22  22-24  24-26  26-28  28-30  30-32  32-34  34以上 	

表71. Terra/Aqua-MODIS MOD11 產品演算來源資料表

演算來源	說明	
MOD02	原始衛星資料	第 31 及 32 波段 (雲層及地表溫度)
MOD03		1. 地貌與水體範圍 2. 高度 3. 衛星天頂角度 4. 太陽天頂角度 5. 經緯度 6. 衛星觀測開始時間
MOD07	大氣剖面	1. 大氣溫度 2. 水份蒸發
MOD10	雪覆蓋範圍	
MOD12	地貌分類	
MOD35	雲層範圍	

匯集本(2009)年度05月至08月Terra/Auqa-MODIS MOD11 LST 衛星資料,經由資料處理及溫度單位轉換,與 GPP 及 PSNnet 進行比較,如表 72 所示。由表 LST、GPP 及 PSNnet 套色影像相關性並不明顯,但為了實際瞭解其相關性,選取 06 月份的 GPP 及 LST 資料進行空間分析,並比對影像各像元的應對關係,如圖 100 所示,由溫度趨勢可知,溫度越低,則海拔高度越高;反之海拔高度越低。而植生生產量亦可推估各類地貌的範圍,如木本植生生產量較草本植生高,再者裸露地較都會區高。綜合以上所述,其地溫及碳吸存呈現定性關係。

表72. 2009年05月至08月GPP、PSNnet及LST空間分布比較表

影像別 月份	GPP 套色影像 (t-c/ha)	PSNnet 套色影像 (t-c/ha)	LST 套色影像 ($^{\circ}\text{C}$)	圖例
05				GPP、PSNnet 套色影像 
06				
07				LST 套色影像 
08				

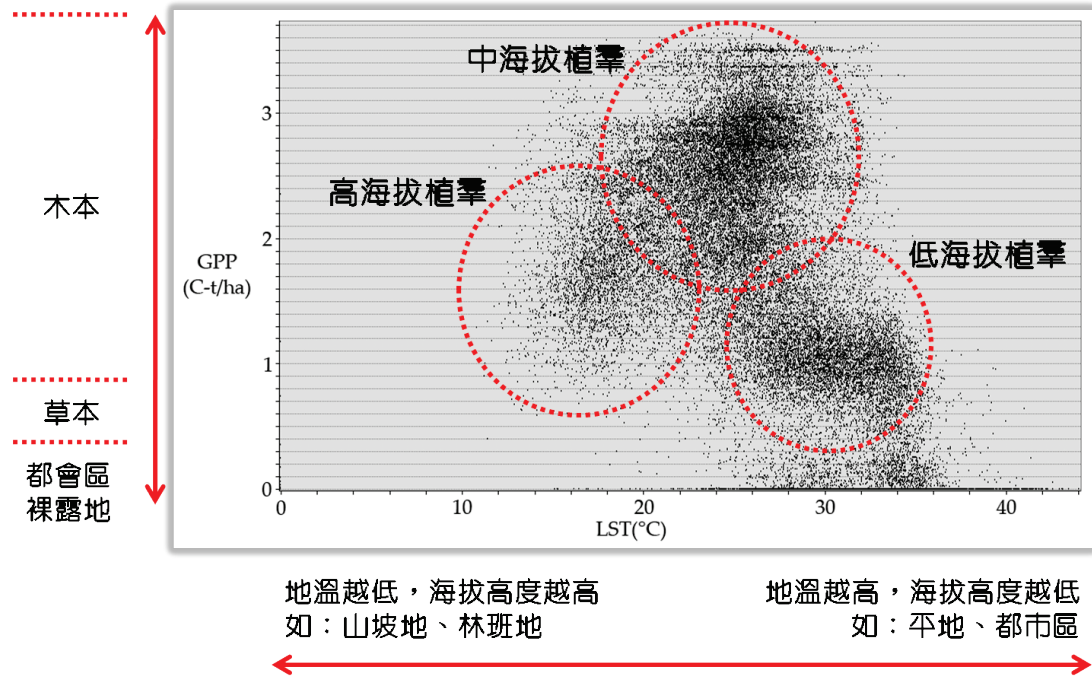


圖100. 2009年06月GPP、LST及植群空間應對關係圖

3-4-5. 碳吸存估測與二氧化碳觀測成果驗證及比較

為驗證 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星資料所估算碳吸存成果正確性，藉由國家實驗研究院颱風洪水研究中心籌備處所架設渦流協變性系統 (Eddy Covariance System, ECS) 實測之二氧化碳通量成果進行分析與比較。渦流協變性系統為現今公認可長期和連續測量陸地生態系統與大氣之間動量、熱、水氣及溫室效應氣體 (CO₂、O₃ 等) 交換行為的觀測系統；目前共已架設四組系統測站，其中兩組架設於桃園縣石門水庫集水區內霞雲水文站及巴陵雨量站，另外兩組則位於嘉義地區東石農場及嘉義氣象站，其位置分布如表 73 所示。系統測站所掛載的儀器包含音波風速計、開放式紅外線二氧化碳/水氣分析儀、長/短波輻射計、溫濕度計、土壤熱通量板、土壤溫度計、光量子計、紅外線表面溫度計、土壤含水率計、風速風向計及資料處理器等；測站頂部高度為 14.5 公尺，加掛測量儀器最高高度可達 18 公尺，總重量為 520 公斤，系統測站及儀器照片如圖 101 所示。



圖101. 渦流協變性系統儀器照片

表73. 渦流協變性系統測站位置分布表

測站名稱		坐標	測站位置示意圖	資料量測時間	測站地貌	地形
桃園	霞雲水文站	286,899 2,742,827		05/22 至 08/31	常綠闊葉林 定居地	山區地 勢起伏
	巴陵雨量站	290,000 2,730,971		05/22 至 08/31	常綠闊葉林 定居地	山區地 勢起伏
嘉義	嘉義氣象站	192,929 2,599,131		06/04 至 06/26	定居地	都市 建物
	東石農場	163,753 2,600,190		06/04 至 06/24	草生地 水體 定居地	平坦地

註：坐標系統為 TWD97。

圖 102 至 105 為渦流協變性系統測站二氧化碳實測值分布狀況，藍色點位分布為測站地面實測值，紅色點位分布為測站塔頂實測值。由實測值分布狀況可知，其二氧化碳日夜變化約介於 650 至 750mg/m³ 之間，日間植物行光合作用，吸收二氧化碳，因此數值降低，夜間則正好相反；以海拔高度區分，霞雲水文站及巴陵雨量站測站位於山區，兩測站 08 月 05 日至 10 日觀測值擾動十分嚴重，主要原因與莫拉克颱風過境，降雨影響紊流氣旋所產生的延散傳輸，造成觀測值劇烈波動，此外巴陵雨量站實測觀測值較低，與較高的海拔高度（二氧化碳分子量（~44g/mol）較平均值高（~29g/mol））及周遭均質的森林地貌有關；嘉義氣象站及東石農場測站則位於平地，其中嘉義氣象站測站觀測值較高，與其周圍的地貌類型（都市建物）有關（較多二氧化碳排放源）。

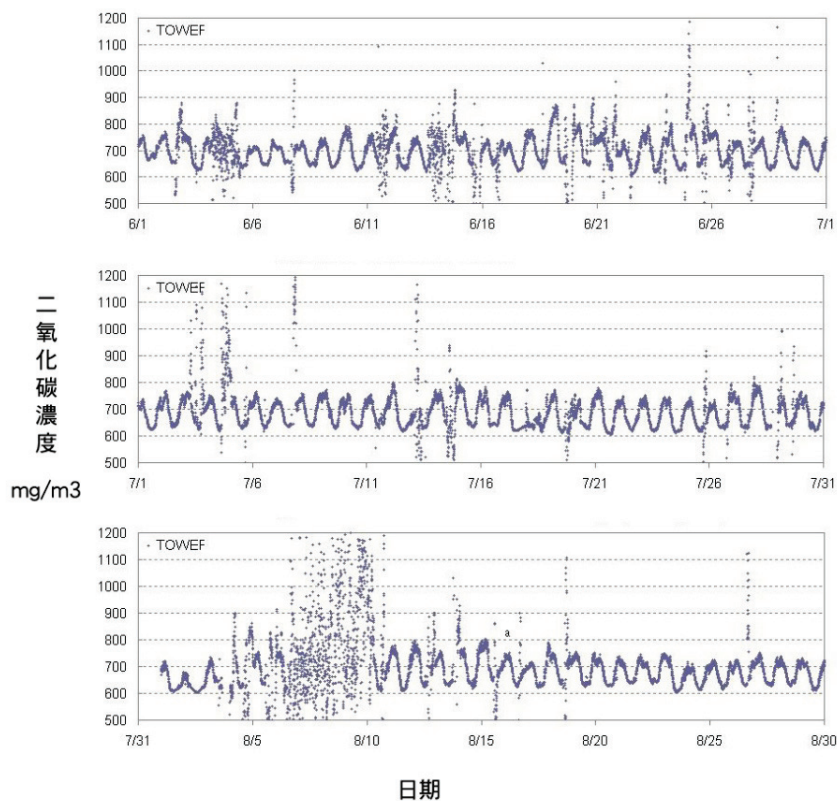


圖102. 霞雲水文站—二氧化碳濃度實測分布狀況

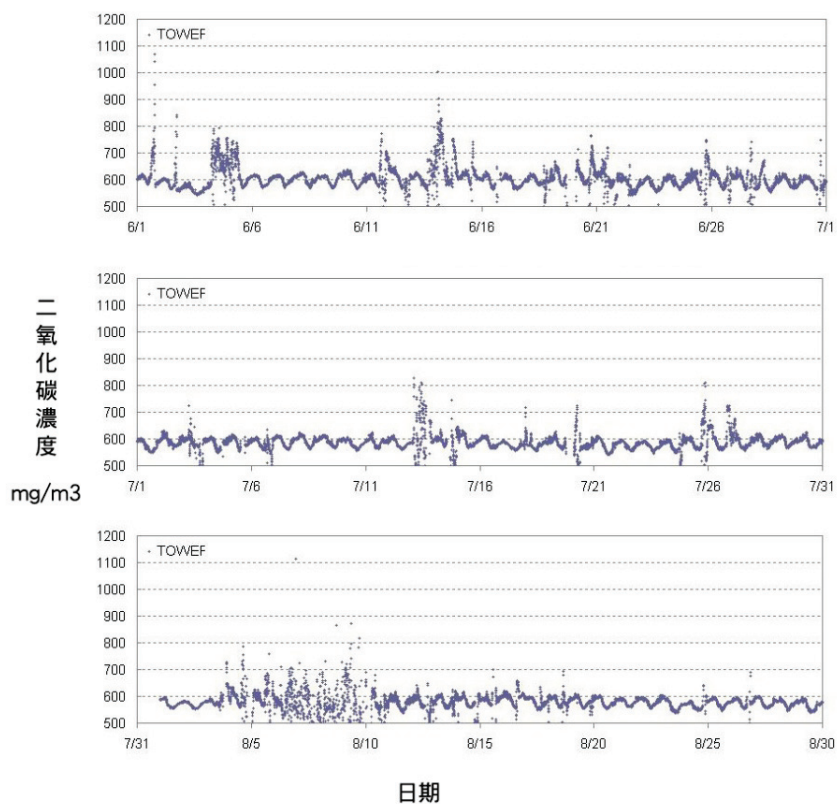


圖103. 巴陵雨量站—二氧化碳濃度實測分布狀況

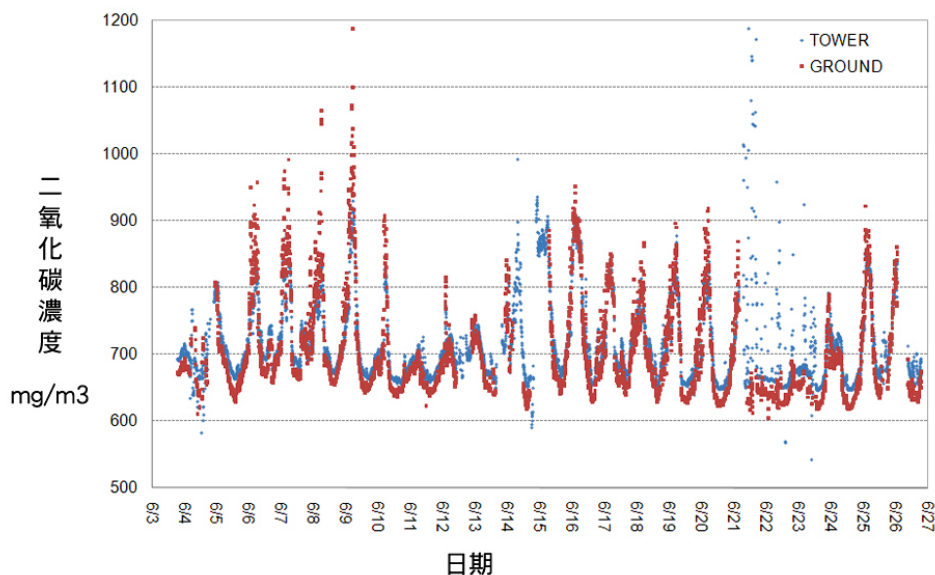


圖104. 嘉義氣象站—二氧化碳濃度實測分布狀況

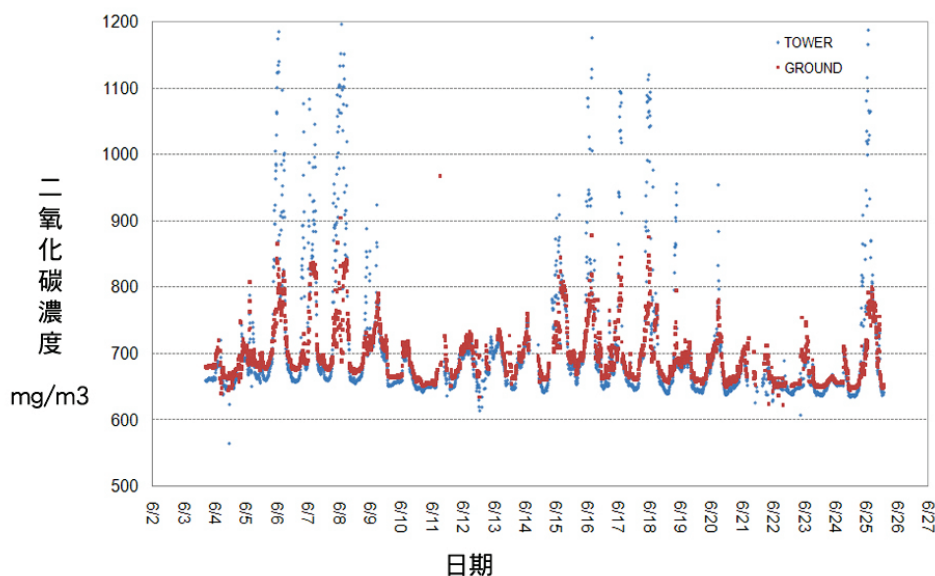


圖105. 東石農場—二氧化碳濃度實測分布狀況

為與 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星資料所估算的碳吸存量比較驗證，首先將實際觀測之二氧化碳通量資料轉換成淨生態系統交換(Net Ecosystem Exchange, NEE)，其演算方式如圖 106 所示。轉換主要目的在於總碳吸存量包含自營性呼吸

(autotrophic respiration, R_a) 及異營性呼吸 (heterotrophic respiration, R_h)，故渦流協變性系統觀測二氧化碳值較接近 NEE ($GPP-R_a-R_h$) 定義。

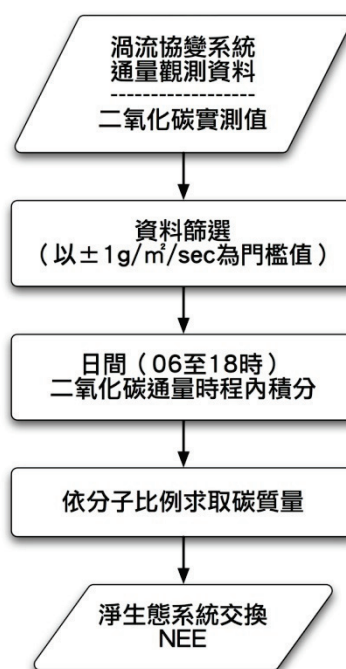


圖106. 淨生態系統交換演算標準作業流程

以相同日期期距，擷取 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星資料原始 08 天 PSNnet ($GPP-R_a$) 資料，並將渦流協變性系統測站 NEE ($GPP-R_a-R_h$) 資料轉換同以 08 天平均值為週期進行比較，其中霞雲水文站及巴陵雨量站由於位於山區，因此以 5x5 公里平均值做為估算範圍，而嘉義氣象站及東石農場位於平地，以 10x10 公里平均值做為估算範圍，平地範圍較山區選取範圍廣大主要原因有二，一為平地氣流平穩且相互影響較廣，另為 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星資料所演算之 PSNnet 值僅針對植生類別進行演算，而嘉義氣象站及東石農場所在位置應對至

Terra/Aqua-MODIS MOD12 分類類別上，皆屬於非植生區域，並無估算值，因此選取較大區域平均值表示之，其成果如圖 107 至 110 所示。由成果比較圖可知悉，霞雲水文站、巴陵雨量站及嘉義氣象站等測站 NEE 及 PSNnet 在時間趨勢上大致相符，但東石農場測站 NEE 大於 PSN，此應與渦流協變性系統通量塔台觀測點位（上風處）與周圍地貌差異性有關。而進一步將霞雲水文站、巴陵雨量站及嘉義氣象站等測站 NEE 及 PSNnet 進行相關性比較，其變化趨勢大致亦呈現相符狀態，如圖 111 所示，兩者相互間約 $3\text{g-C/m}^2/\text{Day}$ 的差異，在定性的解釋上可解釋為異質性呼吸 (Rh) 的差異，因此由此證明 Terra/Aqua-MODIS MOD17 所估算之 GPP 及 PSNnet 可大致反應實地碳匯的變化狀況。

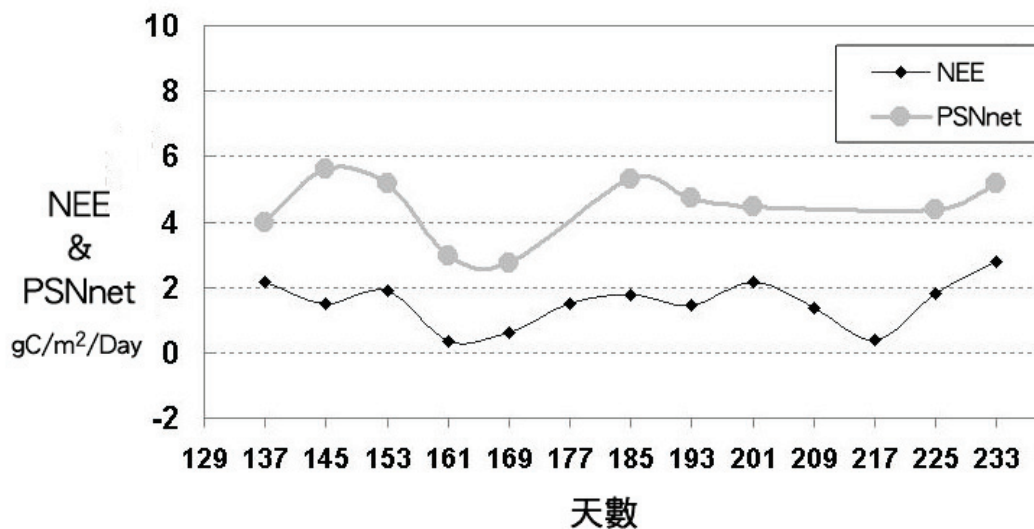


圖107. 霞雲水文測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖

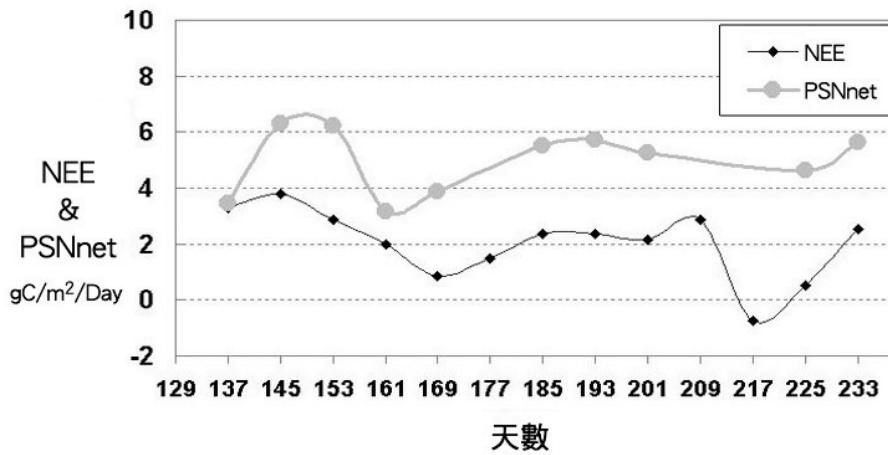


圖108. 巴陵雨量站測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖

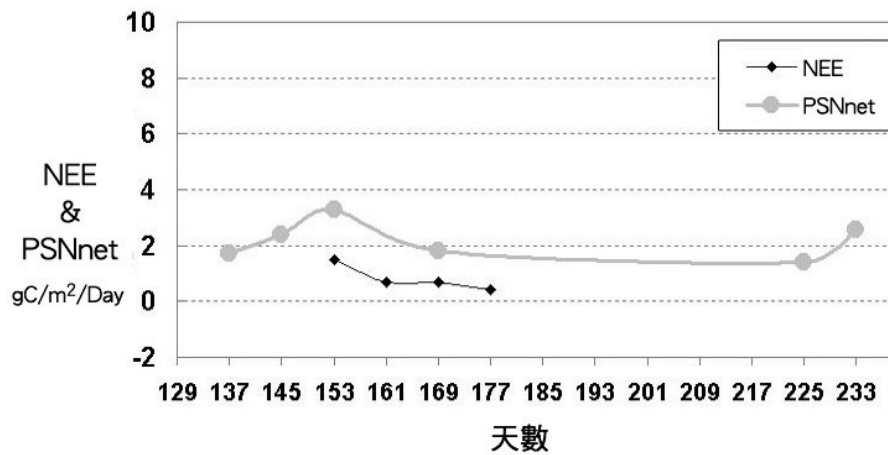


圖109. 嘉義氣象站測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖

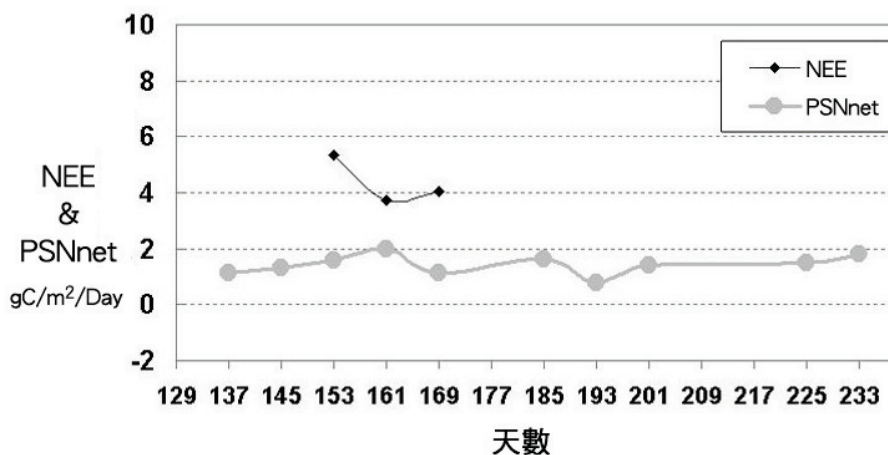


圖110. 東石農場測站 NEE 及 PSNnet 平均值比較圖

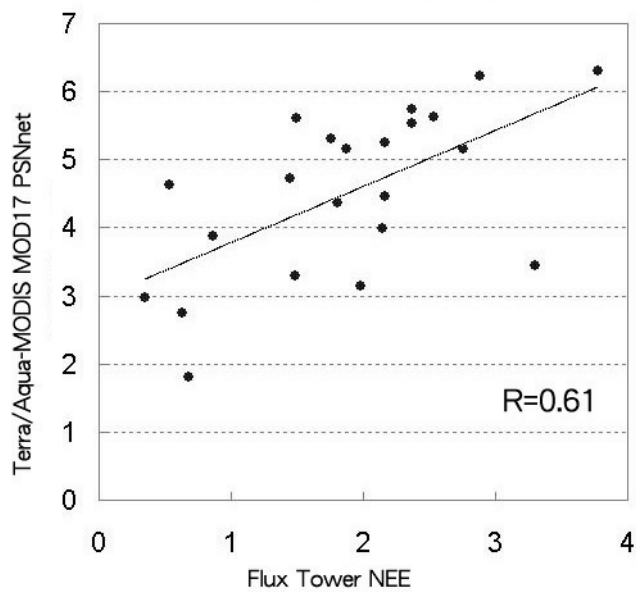


圖111. 霞雲水文站、巴陵雨量站及嘉義氣象站等測站 NEE 及 PSNnet 關係圖

3-5. 森林健康生態及生長監測成果

3-5-1. 森林健康生態監測成果

以植生異常指標 (NAI) 做為森林健康生態監測的依據，以一季為一期，計算各期植生劣化程度，成果如表 74 所示。

表74. 台灣林區健康生態監測成果

項目 \ 季節	春季	夏季
月份	03 月至 05 月	06 月至 08 月
NAI 套色示意圖		
植生異常指標影像套色圖例 High:100 Low:0		
項目 \ 季節	秋季	冬季
月份	09 月至 11 月	12 月至 02 月
NAI 套色示意圖		
植生異常指標影像套色圖例 High:100 Low:0		
註：NAI 套色影像中，植生偏差者越趨於紅色；植生偏佳者越趨於綠色。		

以各季成果比較，春季植生狀況並無明顯區域變化，夏季 NAI 套色影像中南部呈現紅色區域較多，由於七月份西南部降雨較多，再者 08 月莫拉克颱風肆虐台灣本島南部，絕大部分國有林及山坡地水患、土石流及崩塌嚴重，經由南部六大重點流域崩塌地初步判釋，其崩塌地高達約 33,710 公頃，其中高屏溪流域崩塌地即達約 17,014 公頃，其崩塌地判釋成果如表 75 所示。配合 SPOT-5-HRG 等光學衛星監測，於 08 月 14 日在高屏溪出海口拍攝到漂流木分布狀況（紅色圈選處；於假色影像中，水體應呈現藍色，植生呈現紅色，以河道出海口部分呈現土紅色分布，出海口上方更聚集大量土紅色區域，可知河道出海口散布大量植生），如圖 112 所示，即可瞭解國有林地林木受此水災破壞甚深。

表75. 莫拉克颱風六大重點流域崩塌地判釋成果

流域名稱 \ 期別	災前判釋 崩塌地成果 (公頃)	災後判釋 崩塌地成果 (公頃)
八掌溪流域	123	355
台東沿海流域	1,612	5,025
林邊溪流域	185	1,550
高屏溪流域	4,616	17,014
曾文溪流域	682	2,600
濁水溪流域	5,214	7,166

註：1. 判釋來源為福衛二號-RSI 衛星影像。
2. 判釋流程依據本計畫林地崩塌標準作業流程作業。
3. 判釋最小面積為 0.256 公頃（四個像元）。



圖112. 2009年08月14日高屏河流域出海口 SPOT-5-HRG 影像

秋季植生變化較大地區則出現在宜蘭國有林區內及花東縱谷，主要原因為10月芭瑪颱風生成，由台灣本島南方往海南島移動時，冷暖空氣交會使得氣候變的極為不穩定，迎風面的東部地區因地形效應，因而降下大雨，同時造成宜蘭地區釀成水災。

冬季則因為02月份氣溫相較於平均值上升，在植生光合作用下，植生生長趨勢增加，如圖113所示。

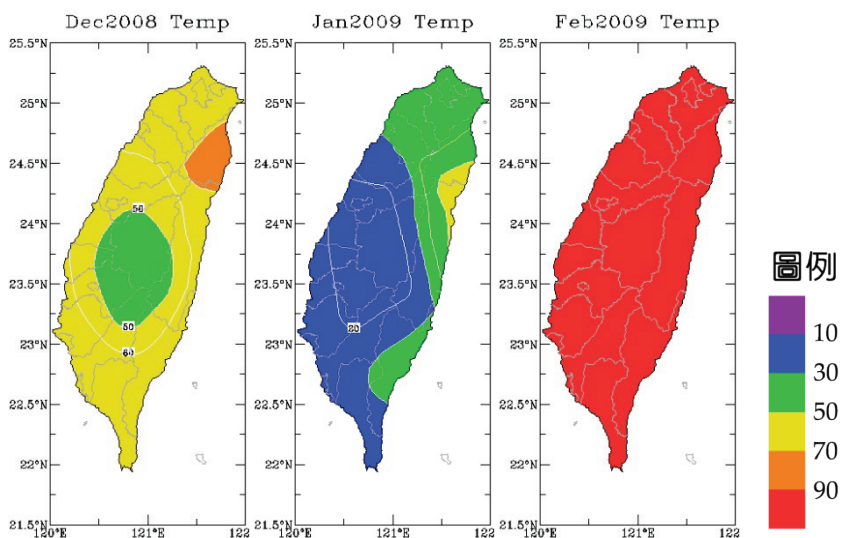


圖113. 2008年12月至2009年02月平均距平氣溫

冬季主要植生偏低的區域發生在西南部，南投及花東山區亦有部分植生偏低；而植生偏高的區域發生在中央山脈偏東的山區原始林。春季主要植生偏低區域相較於冬季擴張許多，包含北部山區植生均產生劣化情形；而南投地區則出現植生增加的趨勢。

3-5-2. 森林生長監測成果

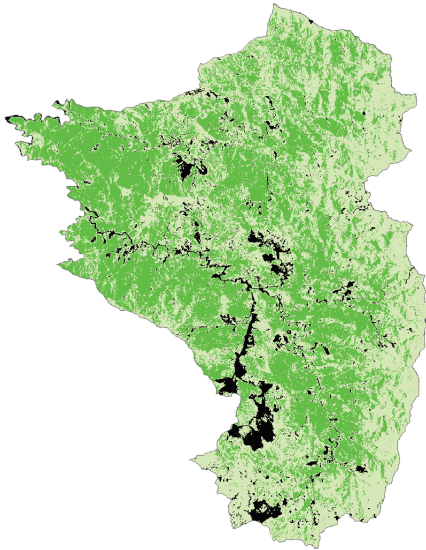
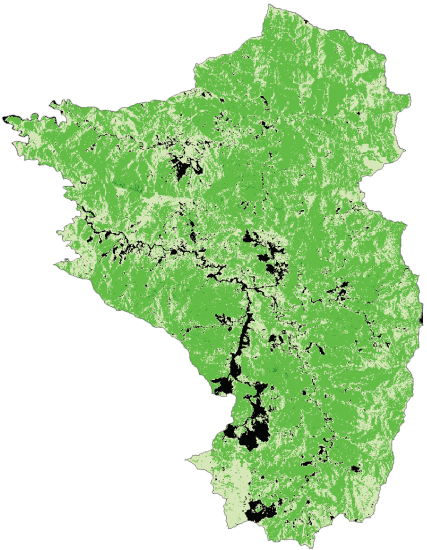
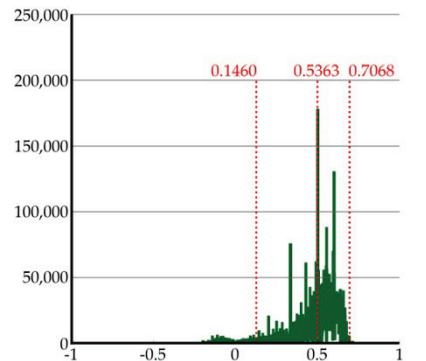
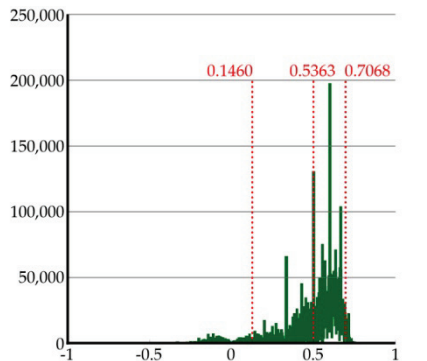
本(2009)年度蒐集 05 至 10 月份福衛二號-RSI 衛星影像，以丹大事業區做為森林生長監測區域範圍，由於福衛二號-RSI 衛星影像拍攝像幅寬度為 24 公里，需使用 585 及 586 兩條拍攝航帶才可滿足監測森林生長工作項目的需求，透過影像蒐集及鑲嵌技術，完成 05 月及 08 月份丹大事業區鑲嵌影像，以 NDVI 技術及森林生長狀況門檻值區分各類等級，其成果如表 76 所示。

以各類區分面積而言，春季 05 月份植生狀況增加的部分僅 17 公頃，而夏季 08 月份已增加為 583 公頃；植生狀況普通的部分，增加 5,913 公頃；而植生狀況偏差的部分，則減少 6,261 公頃；無植生區域則減少 218 公頃。

以百分比而言，植生狀況增加的區域成長 1.35%；植生狀況普通的區域成長 14.11%；而植生狀況偏差的區域減少 14.94%；無植生區域則減少 0.52%。

綜合以上所述，僅就兩個月份評估森林生長狀況並非完整，但由生長狀況的門檻訂定及分級，可以粗略瞭解丹大事業區由春季至夏季植生生長狀況，亦符合一般植物於春季開始生長，夏季生長茂盛的趨勢。

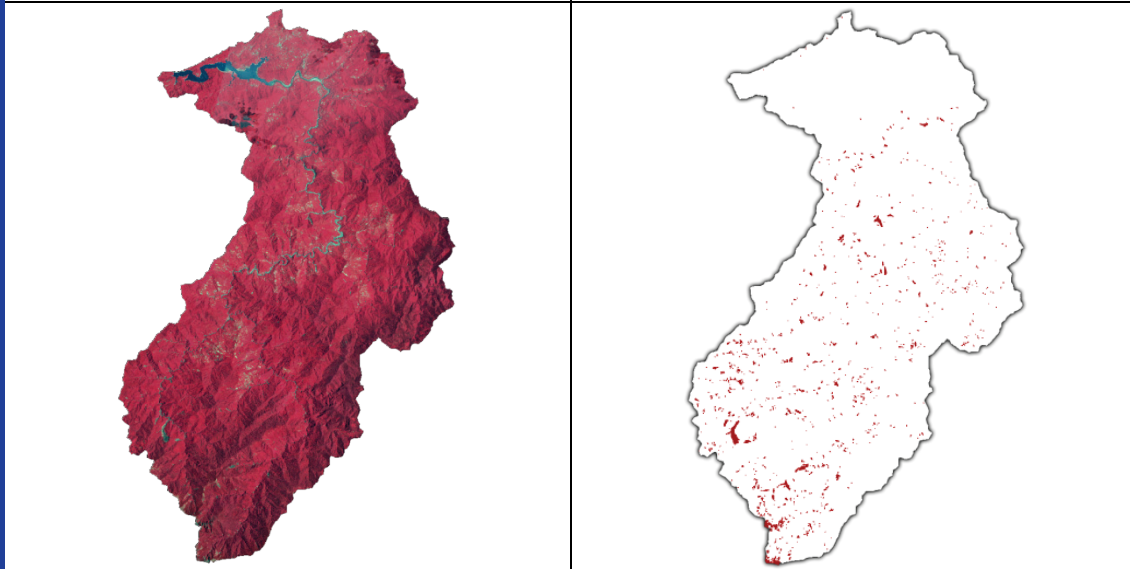
表76. 丹大事業區森林生長監測成果表

監測月份	2009 年 05 月		2009 年 08 月	
項目				
NDVI 套色影像				
圖例	<ul style="list-style-type: none"> -1.0000 - 0.1460 0.1460 - 0.5263 0.5263 - 0.7068 0.7068 - 1.0000 			
NDVI 分布圖				
植生狀況 區分等級	面積 (公頃)	百分比 (%)	面積 (公頃)	百分比 (%)
植生狀況增加	17	0.04	583	1.39
植生狀況普通	20,084	47.93	25,997	62.04
植生狀況偏差	18,903	45.11	12,642	30.17
無植生	2,899	6.92	2,681	6.40

3-6. 林地崩塌監測成果

利用石門水庫集水區做為林地崩塌監測區域，判釋主要使用本(2009)年度05月07日及05月10日福衛二號-RSI衛星影像進行鑲嵌，並以同年度08月27日及10月20日福衛二號-RSI衛星影像進行替補雲區覆蓋的區域，透過NDVI分布，去除高植生範圍，並配合高度、坡度、彩色正射影像圖及崩塌地歷史資料等相關崩塌因子，進行半自動化崩塌地判釋。如表77為石門水庫集水區崩塌地監測影像示意圖、相關參數及監測成果。

表77. 石門水庫集水區崩塌地監測影像、相關參數及監測成果

項目	內容	
監測範圍	石門水庫集水區	
監測面積	75,592.43 公頃	
衛星影像來源	福衛二號-RSI 衛星影像	
使用影像日期	主要使用	05月07日、05月10日
	替補雲區使用	08月27日、10月20日
崩塌地判釋面積	387.52 公頃	
最小判釋面積	0.0256 公頃 (4 個像元)	
鑲嵌影像示意圖	崩塌地成果分布示意圖	
		
註：「替補雲區使用」之衛星影像為替補「主要使用」項目衛星影像雲區覆蓋範圍。		

為驗證利用福衛二號-RSI 衛星影像配合各項邊坡崩塌因子所判釋的崩塌地成果，除進行人工檢核成果外，並以實地查證。現場調查主要以崩塌地可視路線排序，並以崩塌區塊較多者為優先調查；以下為選取 12 處崩塌地現場查證結果，如表 78 至 89 所示。

表78. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 1





調查編號	01		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2737600		
	E	283600		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input checked="" type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	河道邊坡崩塌，部分區域已有植生			
現地照片				
				

表79. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 2

調查編號	02		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2738296		
	E	282248		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input checked="" type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	邊坡崩塌，無植被			
現地照片				

表80. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 3

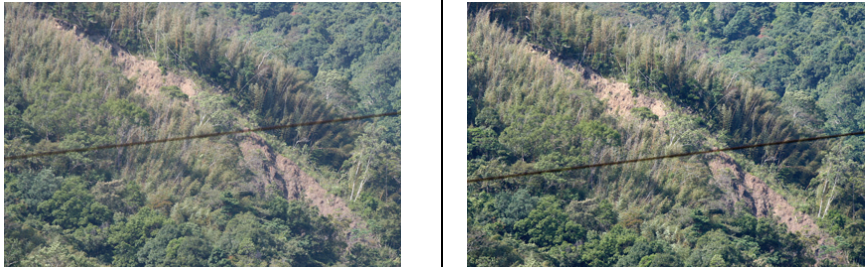
調查編號	03		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2737804		
	E	282536		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input checked="" type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	邊坡呈現土石沖刷，無植生			
現地照片				

表81. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 4

調查編號	04	調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2734508	
	E	285036	
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input checked="" type="checkbox"/> 4.全坡面		
土地利用 現況概述	崩塌地已整治，坡面以混凝土覆蓋		
現地照片			
			

表82. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 5

調查編號	05	調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2734532	
	E	286080	
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input checked="" type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面		
土地利用 現況概述	河道邊坡崩塌，無植生		
現地照片			

表83. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 6

調查編號	06		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2733456		
	E	286308		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input checked="" type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	河道邊坡崩塌，無植生			
現地照片				

表84. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 7



調查編號	07		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2732792		
	E	286228		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input checked="" type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	邊坡崩塌，部分區域已有植生			
現地照片				

表85. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 8



調查編號	08	調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2729292	
	E	284212	
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input checked="" type="checkbox"/> 4.全坡面		
土地利用 現況概述	河道旁邊坡崩塌，無植生，崩塌土石堆積於坡趾		
現地照片			

表86. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 9



調查編號	09	調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2728972	
	E	283428	
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input checked="" type="checkbox"/> 4.全坡面		
土地利用 現況概述	河道旁邊坡崩塌，部分區域已有植生，崩塌土石堆積於坡趾		
現地照片			

表87. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 10





調查編號	10		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2729492		
	E	284044		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input checked="" type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	邊坡有土石沖刷痕跡，部分區域已有植生			
現地照片				

表88. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 11

調查編號	11		調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2729592		
	E	283972		
崩塌地 邊坡區位	<input type="checkbox"/> 1.坡頂 <input checked="" type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面			
土地利用 現況概述	邊坡有土石沖刷痕跡，部分區域已有植生			
現地照片				

表89. 石門水庫集水區崩塌地現場查證表 12

調查編號	12	調查日期	2009/11/12
崩塌地中心坐標 (TWD67)	N	2728820	
	E	283604	
崩塌地 邊坡區位	<input checked="" type="checkbox"/> 1.坡頂 <input type="checkbox"/> 2.坡腹 <input type="checkbox"/> 3.坡趾 <input type="checkbox"/> 4.全坡面		
土地利用 現況概述	河道邊坡崩塌，部分區域已有植生		
現地照片			

3-7. 多元衛星資料、成本及應用異同比較

本計畫依據工作目的不同，選用 Terra/Aqua-MODIS 及福衛二號-RSI 兩種不同衛星進行台灣全島綠資源觀測，與前期綠資源 NDVI 調查計畫選用的 SPOT 系列-HRVHRG 衛星影像，三種衛星影像資料有各種不同的解析度及針對不同需求所應用方向，如表 90 所示。

表90. 多元衛星資料、成本及應用異同比較表

衛星別 感測器		Terra/Aqua MODIS	SPOT 系列 HRV/HRG	福衛二號 RSI
基本 項目	空間解析度 (公尺)	250-1,000 ^{*1}	10-20 ^{*1}	8 ^{*1}
	時間解析度 (天)	1-2 (1) ^{*3}	26 ^{*2} (1.2-9.1) ^{*3}	1 ^{*2} (7.2-11.1) ^{*3}
	波段數	36	3-4	4
	像幅寬 (公里)	2,330	60	24
價格 (元)		NASA 或 氣象局提供	9-27/平方公里	15-25/平方公里
資料應用優勢		拍攝跨幅大 每日拍攝時距固定 擁有產品研發團隊 獲取較方便	空間解析度佳 多應用於植被與土壤 濕度 適合中小區域應用	空間解析度最佳 多應用於植被及淺海 水深 適合小區域環境監測
本計畫及綠資源 NDVI 調查計畫 主要應用		綠覆蓋率計算 碳吸存估算 森林健康生態監測	綠覆蓋率計算 影像分類	綠覆蓋率計算 影像分類 森林生長監測 林地崩塌地監測
		皆具有紅光及近紅外光段 (僅輻射值與反射值不同)		
註： 1. 多光譜態。				
2. 單一衛星通過同一區域，不代表拍攝時距。				
3. 括弧內為 2008 年實際衛星影像接收時距。				

Terra/Aqua-MODIS 衛星相較於 SPOT 系列-HRV/HRG 及福衛二號-RSI 衛星兩者而言空間解析度較差，但平均每天固定拍攝台灣一次(除不可抗力因素，如衛星或接收站維護等)，拍攝像幅寬度廣大，每次攝取即可包含台灣全島範圍，以大範圍及短時距獲取台灣全島資訊有著相當大的助益，且資料由 NASA 或氣象局提供，有效降低成本，本計畫亦首次利用 MOD13 衛星產品計算其綠覆蓋率及森林健康生態監測；而利用 MOD17 衛星產品估算其碳吸存成果試辦。

過去七年綠資源 NDVI 調查計畫主要使用 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像資料，進行各類綠資源調查，雖每次獲取完整的台灣全島衛星影像，需 3 至 4 條航帶衛星影像鑲嵌，才可滿足計畫需求，但每年度可完成兩期台灣全島無雲影像，結合 NDVI 技術做為整個計畫的主要監測技術核心，對於綠覆蓋率的流程建立、估算及修正等，均有相當完整的成果。在各縣市、鄉鎮、事業區、林班及小班的綠資源監測及綠覆蓋率流程的訂定更有相當的助益。

為延續前期計畫的宗旨，監測台灣全島綠資源，並有效配合台灣複雜的地貌型態，應用福衛二號-RSI 衛星影像，以多光譜 8 公尺x8 公尺的高解析度，完成沿用前期綠資源 NDVI 調查計畫所訂定之綠覆蓋率演算方式進行綠覆蓋率計算；透過 IPCC 所制定之地表覆蓋型態類別進行影像分類；以植生劣化觀念進行森林生態監測；並以崩塌地判釋技術進行林地崩塌地監測。以提供高精度、高解析的綠資源成果及國土監測試辦。

3-8. 綠資源查詢系統升級與資料更新

「綠資源查詢系統」的建置主要提供相關人員查詢綠資源土地利用分類及植生指標等圖資，使用者可隨時調閱查詢 NDVI 影像、分類影像及原始衛星影像並統計分析 NDVI 值。

透過農林航空測量所內部網路 (Intranet)，以 MapGuide 軟體 (Intranet 版) 與 IWS 系統，讓使用者可以看到高解析度之影像相關資料，其中影像相關資料以圖幅的方式，展示 NDVI 分布、區分類型分布、向量圖層分布、植生類型分布、影像圖等，對於使用單位上網查詢及資料流通，資源共享及資料整合交叉分析提供了便捷的途徑與工具；對於圖資的輸出也保持高度彈性，更能滿足使用單位的需求。

本 (2009) 年度著重於多元尺度衛星影像的綠資源分析，空間解析及時間解析均有很大的差異，因此將查詢選單進行部分新增及更動，包含使用 Terra/Aqua-MODIS 衛星產品，進行植生指標與綠覆蓋率計算、影像分類與精度檢核及碳吸存估算等；及福衛二號-RSI 衛星影像，進行植生指標與綠覆蓋率計算、影像分類與精度檢核及林地崩塌監測。

3-8-1. 系統作業範圍與規格

應用於查詢 NDVI 影像、分類影像及原始衛星影像及統計分析 NDVI 值。

1. 座標系統

使用 TWD97 座標系統，橫麥卡托投影，經差二度分帶，中央經線 121 度。

2. 資料格式

(1). 向量資料：使用 MAPGUIDE 軟體讀入 Shapefile 向量資料格式，可用於處理及儲存點、線及多邊形之地理圖形及記錄相關地理屬性。

(2). 網格資料：地物分類影像及 NDVI 影像使用 GRID 格式儲存。

3. 圖幅格式

依原始圖之比例尺及圖幅大小，製作適用之圖幅接合表，並且訂定相關之圖幅屬性，以 Shapefile 格式儲存。

4. 作業系統

應用系統開發於中文 Windows 2003 作業系統。

5. 作業軟體

向量資料製作及影像圖資處理，使用 MapGuide 地理資訊系統軟體。

6. 資料儲存

資料儲存之檔案命名及儲存目錄，將以資料原圖幅編號為依據，儲存於相對應之目錄中，資料處理之階段現況則記錄於圖幅接合表之屬性欄位中。

3-8-2. 系統納管資料範圍

本計畫納管資料與前期計畫略有出入，因此本（2009）年度先以子系統做為資料展示的區隔，表 91 為前期綠資源 NDVI 調查計畫所納管範圍；表 92 為本計畫納管資料範圍。

表91. 綠資源查詢系統原納管影像資料

衛星別/期別	影像別	台灣全島 鑲嵌衛星 影像	台灣全島 模擬自然色 影像	台灣全島 NDVI 套色 影像	台灣全島 分類影像
SPOT 系列 HRV/HRG	2002_1	✓	✓	✓	--
	2002_2	✓	✓	✓	✓
	2003_1	✓	✓	✓	--
	2003_2	✓	✓	✓	✓
	2004_1	✓	✓	✓	--
	2004_2	✓	✓	✓	✓
	2005_1	✓	✓	✓	--
	2005_2	✓	✓	✓	✓
	2006_1	✓	✓	✓	--
	2006_2	✓	✓	✓	✓
	2007_1	✓	✓	✓	--
	2007_2	✓	✓	✓	✓
	2008_1	✓	✓	✓	--
	2008_2	✓	✓	✓	✓

表92. 綠資源查詢系統新增納管影像資料

衛星別/期別	影像別	台灣全島 鑲嵌衛星 影像	台灣全島 自然色 影像	台灣全島 NDVI 套色 影像	台灣全島 GPP 套色 影像	台灣全島 PSNnet 套色影像	台灣全島 分類影像
Terra/Aqua MODIS	2008_10	✓	--	✓	✓	✓	--
	2008_11	✓	--	✓	✓	✓	--
	2008_12	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_01	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_02	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_03	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_04	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_05	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_06	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_07	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_08	✓	--	✓	✓	✓	--
	2009_09	✓	--	✓	✓	✓	--
福衛二號 RSI	2009_1	✓	✓	✓	--	--	✓

註：Terra/Aqua-MODIS 衛星資料以每個月為一期；福衛二號-RSI 衛星影像以 5 至 10 月為一期。

3-8-3. 系統架構

本系統使用 MapGuride (Intranet 版) 地理資訊系統軟體為主要系統架構，使用 ASP 及 VB Script 或 JAVA Script 語言設計操作介面及相關查詢展示功能，並整合於系統中。綠資源查詢系統架構如下圖 114 所示。

本 (2009) 年度係延續前期計畫所規劃之系統，加強並擴充其應用系統之功能，故在維持原有硬體及軟體架構下，修正應用

系統，以下概術系統架構及功能，並針對修正後之系統功能作詳細之描述。

1. 系統架構

前期系統功能架構區分為：

- (1). 帳號申請。
- (2). 個人資料設定。
- (3). 系統維護。
- (4). 查詢下載圖資。
- (5). 地標維護。
- (6). 全島、低海拔、中海拔及高海拔山區綠蔽率資料庫。
- (7). 系統說明。

本期系統功能架構區分為：

- (1). 帳號申請。
- (2). 個人資料設定。
- (3). 系統維護。
- (4). SPOT 影像查詢及下載。
- (5). MODIS 產品查詢及下載。
- (6). 福衛二號影像查詢及下載。
- (7). 地標維護。
- (8). 全島及各行政區綠蔽率（綠覆蓋率）資料庫。
- (9). 系統說明。

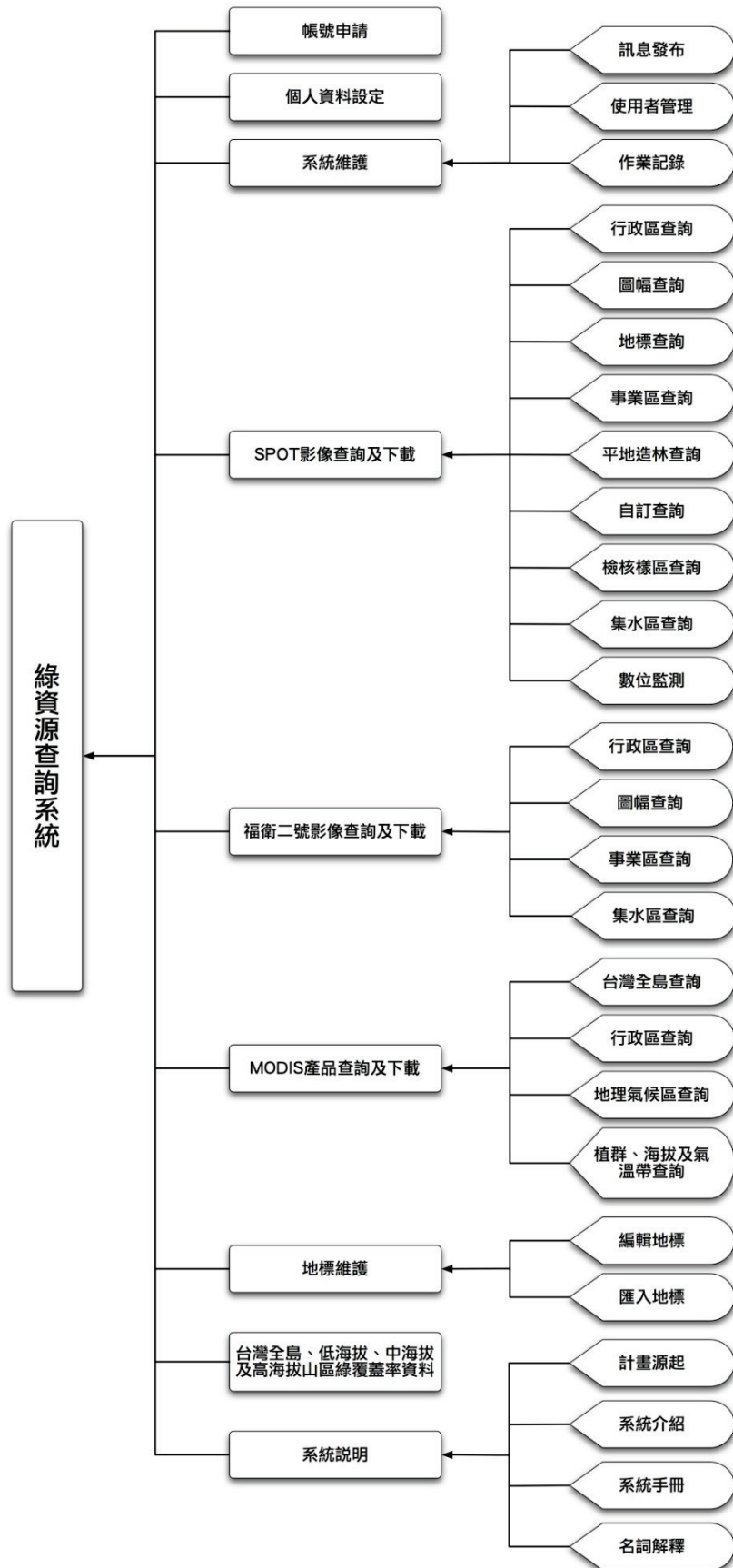


圖114. 綠資源查詢系統架構圖

3-8-4. 功能說明

2. 使用者登入辨識

- (1). 帳號申請
- (2). 檢查登入者身份。
- (3). 依登入者身份賦予使用者權限。
- (4). 若使用者忘記密碼可利用查詢密碼功能將密碼寄到設定的郵件帳號。



圖115. 綠資源查詢系統—系統首頁



圖116. 綠資源查詢系統—帳號申請



圖117. 綠資源查詢系統—查詢密碼

3. 個人資料設定

提供使用者更改個人資料，如密碼變更、聯絡資料變更等資料項目。



圖118. 綠資源查詢系統—更改個人資料

4. 系統維護

(1). 訊息發布

提供系統管理者發布系統相關訊息。

(2). 使用者管理

提供系統管理者編修使用者資料。

(3). 作業紀錄

提供查詢使用者進入系統時間及作業功能。



圖119. 綠資源查詢系統—訊息發佈清單

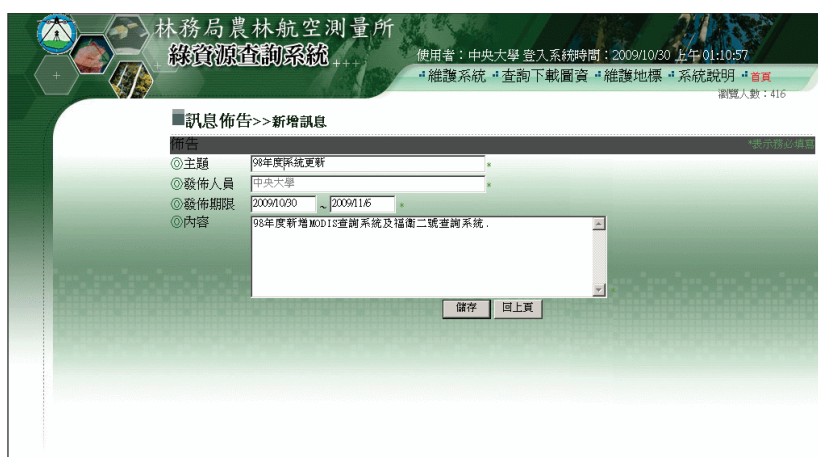


圖120. 綠資源查詢系統—訊息發佈維護



圖121. 綠資源查詢系統—使用者清單



圖122. 綠資源查詢系統—使用者維護



圖123. 綠資源查詢系統—作業紀錄查詢

5. SPOT 影像查詢及下載

提供使用者查詢歷年 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像，如依行政區、圖幅編號、地標、事業區、平地造林查詢、集水區、查核樣區及自訂範圍，本系統圖資以 1/5,000 圖幅 GeoTIFF 影像為查詢單位，功能說明如下：

(1). GIS 工具列

基本 GIS 功能，如放大、縮小、平移等功能。

(2). 行政區查詢

提供使用者依縣市及鄉鎮查詢相關圖資及 NDVI 統計資料。

(3). 圖幅查詢

提供使用者依 1/5,000 圖幅編號查詢相關圖資。

(4). 地標查詢

提供使用者依地標分類及名稱查詢相關圖資。

(5). 事業區查詢

提供使用者依事業區及林班查詢相關圖資及 NDVI 統計資料。

(6). 平地造林數位監測查詢

提供使用者依平地造林（東石農場、大農農場、大富農場及池上開發區）範圍查詢相關圖資。

(7). 集水區查詢

提供使用者依流域及集水區查詢相關圖資。

(8). 樣區查詢

提供使用者依檢核樣區查詢相關圖資。

(9). 自訂範圍

提供使用者上傳 Shapefile 檔案範圍查詢相關圖資。

(10). 下載圖資

以 1/5,000 圖幅為單位，本功能僅開放林務局及農林航空測量所人員使用權限，不提供林管處及其它人員使用權限。

(11). 分期比較

提供使用者自行設定視窗分割（最多分割 4 個視窗），比

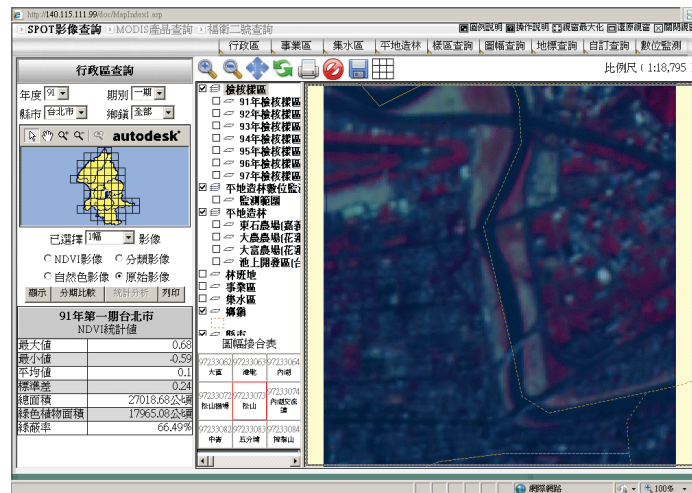


圖125. 綠資源查詢系統—顯示影像

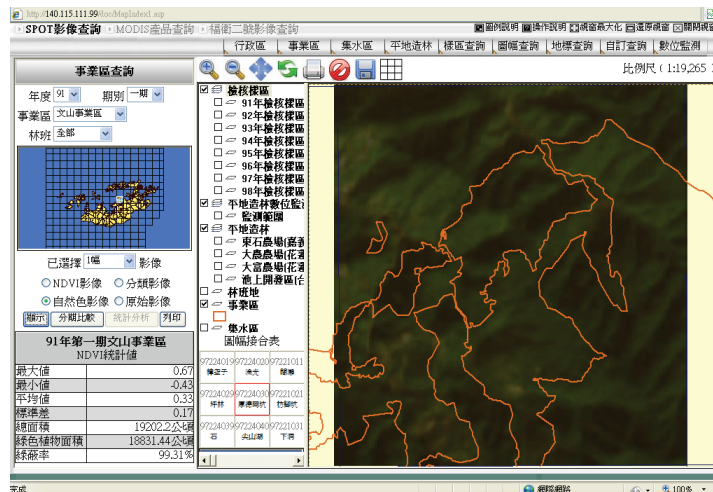


圖126. 綠資源查詢系統—事業區查詢

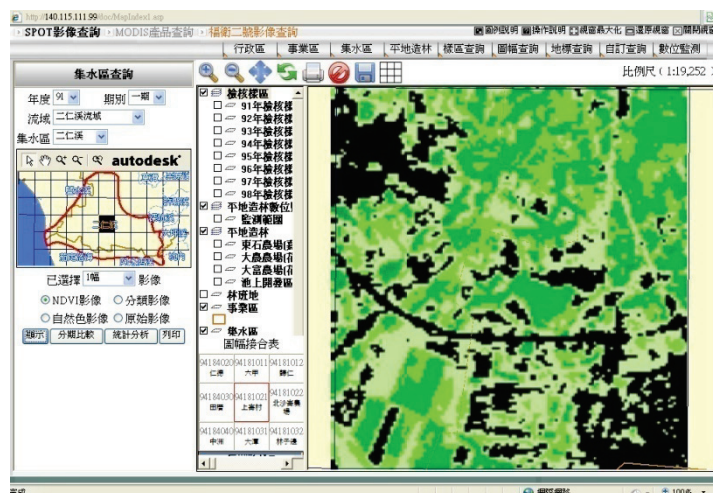


圖127. 綠資源查詢系統—集水區查詢

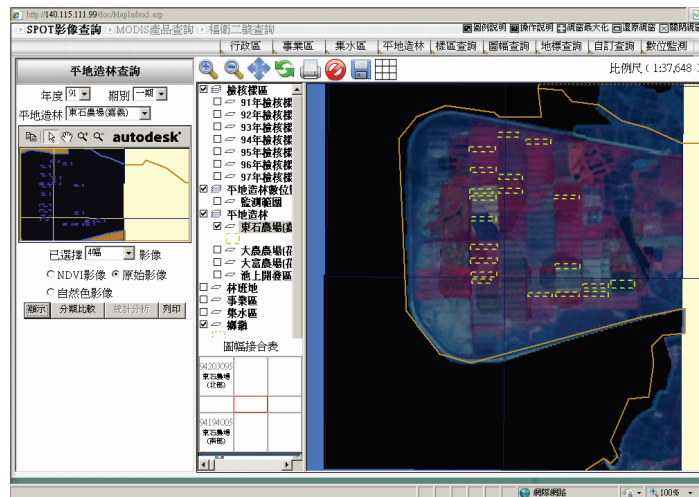


圖128. 綠資源查詢系統—平地造林查詢

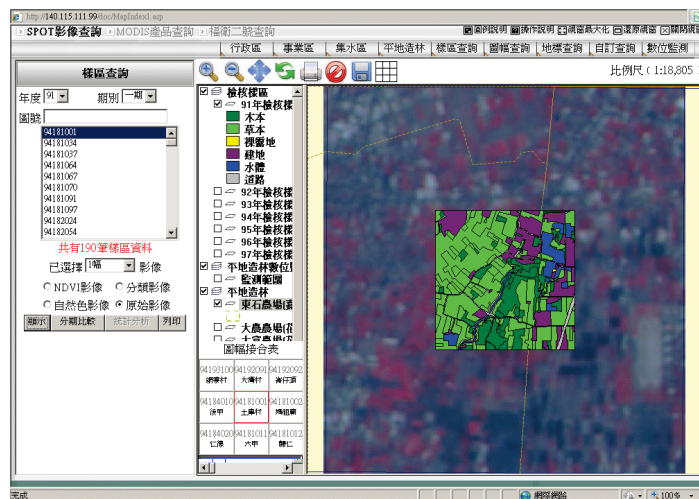


圖129. 綠資源查詢系統—樣區查詢

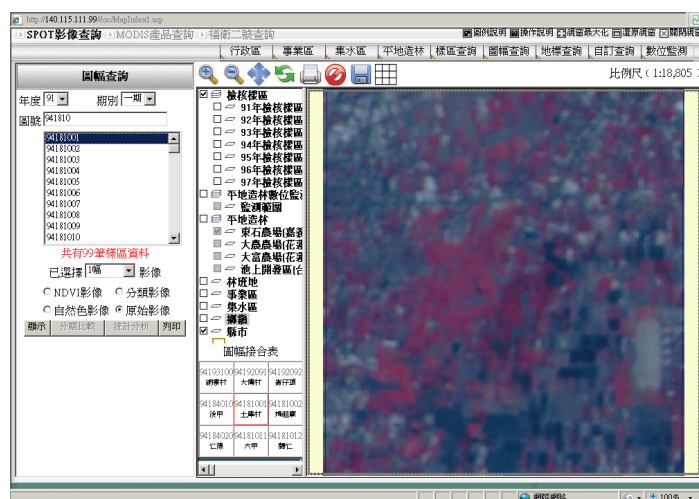


圖130. 綠資源查詢系統—圖幅查詢

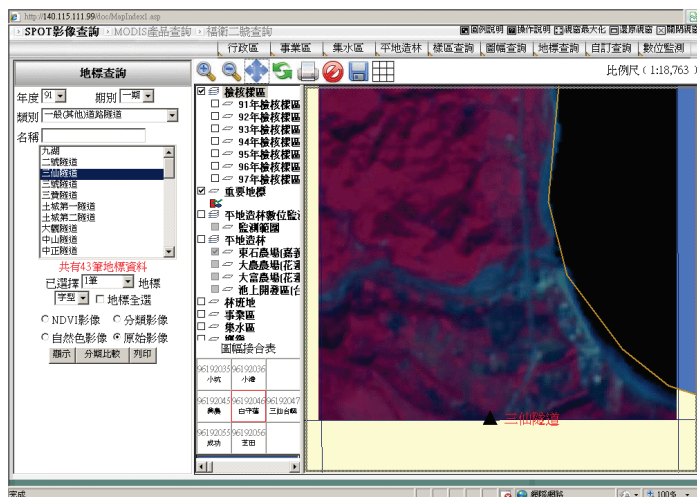


圖131. 綠資源查詢系統—地標查詢

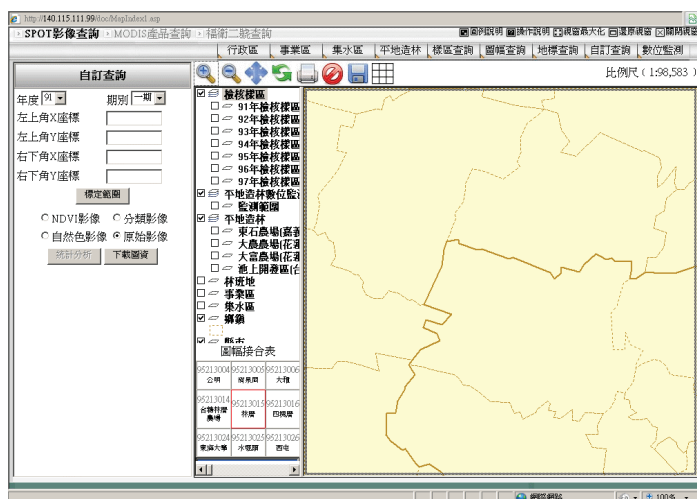


圖132. 綠資源查詢系統—自訂查詢

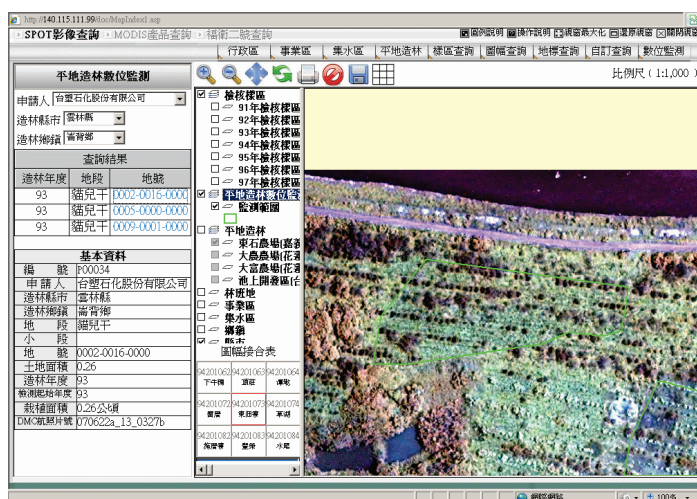


圖133. 綠資源查詢系統—數位監測

6. 福衛二號影像查詢及下載

提供使用者查詢歷年福衛二號-RSI 衛星影像，如依行政區、圖幅編號、事業區及集水區，本系統圖資以 1/5,000 圖幅 GeoTIFF 影像為查詢單位，功能說明如下：

(1). GIS 工具列

基本 GIS 功能，如放大、縮小、平移等功能。

(2). 行政區查詢

提供使用者依縣市及鄉鎮查詢相關圖資及 NDVI 統計資料。

(3). 圖幅查詢

提供使用者依 1/5,000 圖幅編號查詢相關圖資。

(4). 事業區查詢

提供使用者依事業區及林班查詢相關圖資及 NDVI 統計資料。

(5). 集水區查詢

提供使用者依流域及集水區查詢相關圖資。

(6). 統計分析

提供 NDVI 統計資料，包括最大值、最小值、平均數、標準差、總面積、綠色植物面積、綠覆蓋率等資料項目。分別依 1/5,000 圖幅、縣市、鄉鎮、事業區及林班為單位分析 NDVI 統計資料。

(7). 九宮格縮圖顯示

1/5,000 九宮格縮圖顯示目前地圖範圍。

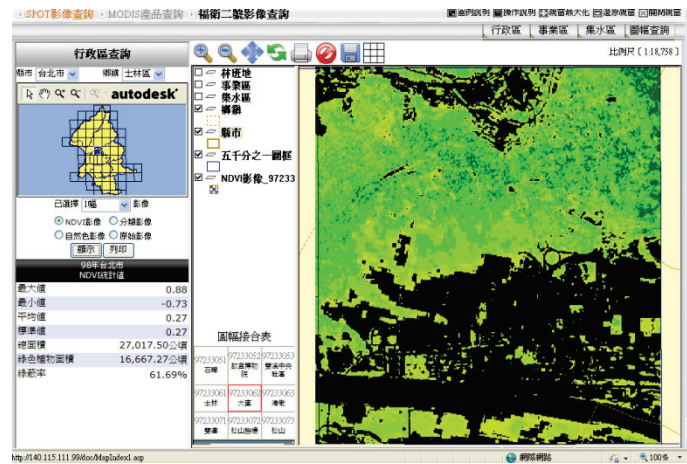


圖134. 綠資源查詢系統—行政區查詢

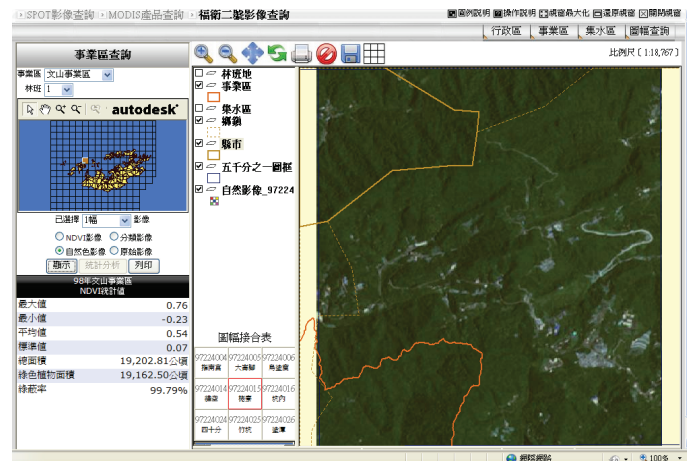


圖135. 綠資源查詢系統—事業區查詢

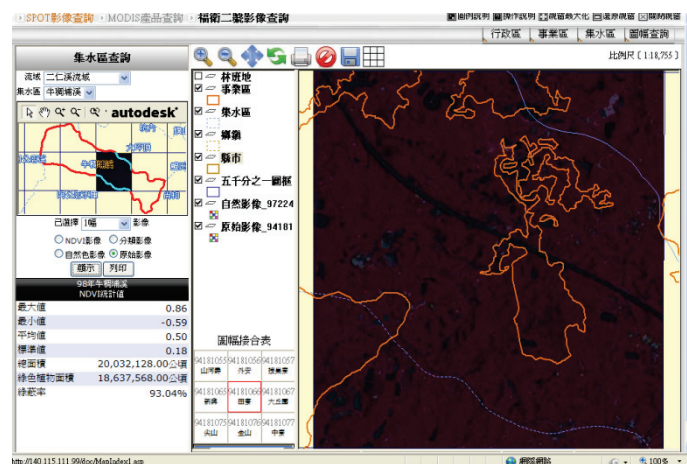


圖136. 綠資源查詢系統—集水區查詢

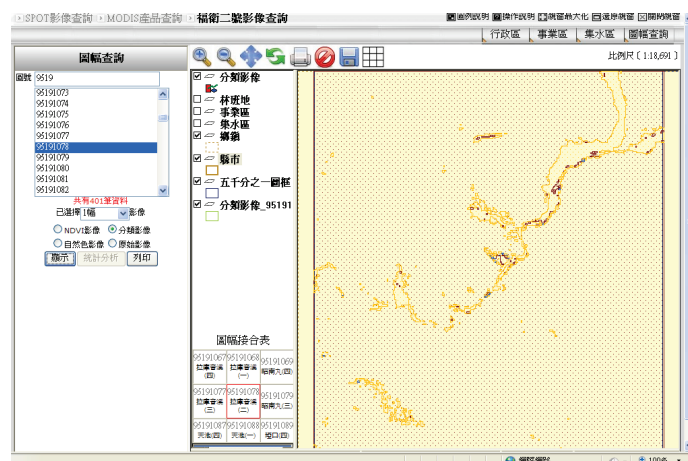


圖137. 綠資源查詢系統—圖幅查詢

7. MODIS 產品查詢及下載

提供使用者查詢歷年 Terra/Aqua-MODIS 衛星產品，如台灣全島各月份植生指標及綠覆蓋率查詢；台灣全島、林區查詢、地理氣候區與植群及氣溫帶分布植生碳吸存查詢，本系統圖資以全島或相關分區為查詢單位，功能說明如下：

(1). GIS 工具列

基本 GIS 功能，如放大、縮小、平移等功能。

(2). 台灣全島查詢

查詢 2008 年 10 月至 2009 年 9 月之全島原始影像、GPP 影像及 PSNnet 影像及查詢平均累計單位區域面積的總初級生產量 (GPP)、每日淨生產量 (PSNnet)、NDVI 統計及綠覆蓋率成果。

(3). 林區查詢

依林區分佈查詢 GPP 影像及 PSNnet 影像及查詢平均累計單位區域面積的總初級生產量 (GPP)、每日淨生產量 (PSNnet)。

(4). 地理氣候區查詢

依地理氣候區分佈查詢 GPP 影像及 PSNnet 影像及查詢平均累計單位區域面積的總初級生產量 (GPP)、每日淨生產量 (PSNnet)。

(5). 植群、海拔及氣溫帶分佈查詢

依植群、海拔及氣溫帶分佈查詢 GPP 影像及 PSNnet 影像及查詢平均累計單位區域面積的總初級生產量(GPP)、每日淨生產量 (PSNnet)。

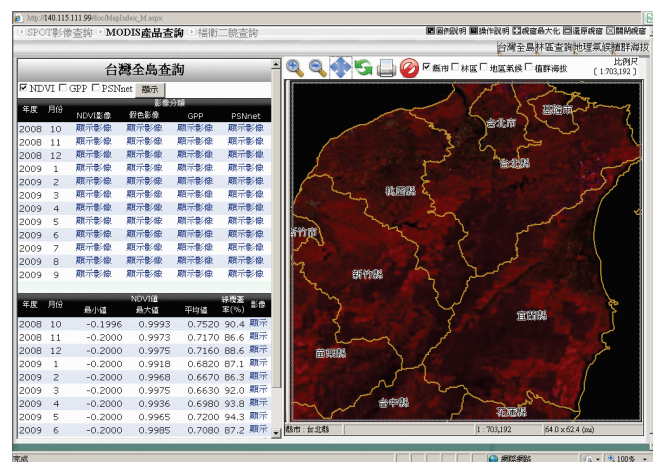


圖138. 綠資源查詢系統—台灣全島查詢

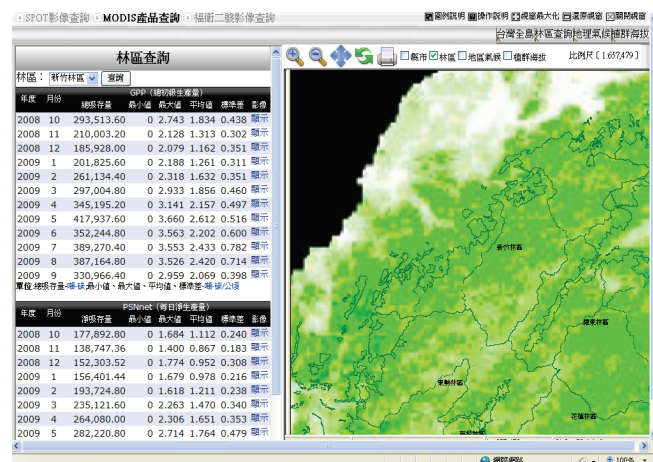


圖139. 綠資源查詢系統—林區查詢

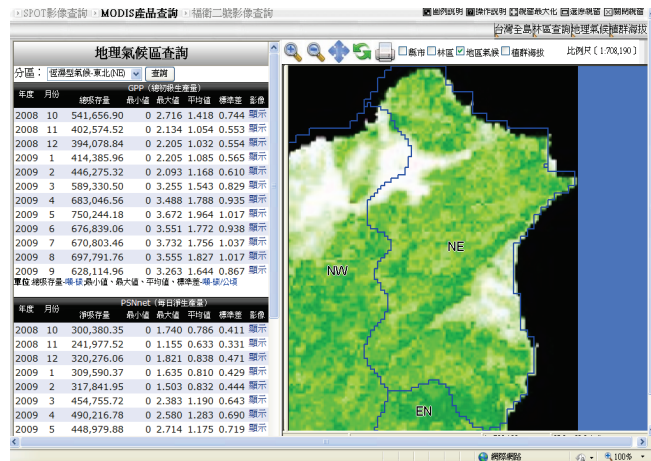


圖140. 綠資源查詢系統—地理氣候區查詢

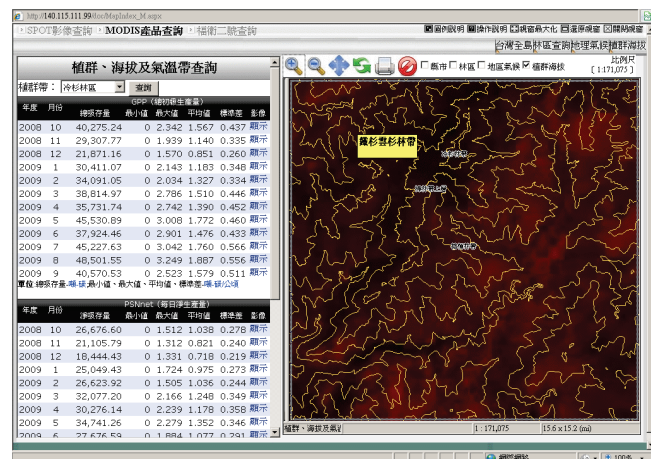


圖141. 綠資源查詢系統—植群、海拔及氣溫帶查詢

8. 地標維護

(1). 編輯地標

提供使用者編修地標資料。

(2). 匯入地標

提供使用者匯入文字檔地標資料。

林務局農林航空測量所
綠資源查詢系統

使用者: 中央大學 登入系統時間: 2009/10/30 上午 01:17:38
維護系統 查詢下載圖資 維護地標 系統說明 首頁
瀏覽人數: 417

■ 編輯地標

地標類別: [全部(共有167項地標類別)] 顯示已刪除地標
[第一頁] [上一頁] [下一頁] [最後一頁] 共30946筆資料, 目前在第1 頁/共619頁

地標類別	地標名稱	X座標	Y座標	維護人員	功能
臺南製鹽總廠鹽類研究		162498.8	2544691.1	中央大學	修改 刪除
一般(其他)道路隧道	椰油橋一號橋	303236.06	2438939.64	中央大學	修改 刪除
	三仙殿道	290441.62	2558002.47	中央大學	修改 刪除
	過水橋	295862.35	2580635.11	中央大學	修改 刪除
	秦源隧道	281717.15	2543271.67	中央大學	修改 刪除
	月光山隧道(施工中)	201881.65	2535675.38	中央大學	修改 刪除
	過港隧道	179402.14	2496029.12	中央大學	修改 刪除
	壽山洞隧道	174711.16	2502930.45	中央大學	修改 刪除
	神秘谷隧道	312748.14	2673199.54	中央大學	修改 刪除
	仙霞隧道	311165.41	2672792.58	中央大學	修改 刪除

圖142. 綠資源查詢系統—編輯地標

林務局農林航空測量所
綠資源查詢系統

使用者: 中央大學 登入系統時間: 2009/10/30 上午 01:17:38
維護系統 查詢下載圖資 維護地標 系統說明 瀏覽

■ 匯入地標

匯入地標資料

檔案名稱 瀏覽... (注意:匯入檔案附檔名需為.TXT的檔案)
匯入

■ 地標文字檔範例

地標類別	地標名稱	X座標	Y座標
主要道路橋(省道)	三十縣橋	303467.46	2610957.87
一般道路橋	第二縣橋	302222.09	2609874.44
主要道路橋(省道)	豐濱橋	303237.68	2610746.28
一般道路橋	第一縣橋	302996.04	2610311.2

說明:每一項目中間需以空格隔開

圖143. 綠資源查詢系統—匯入地標

9. 台灣全島、低海拔、中海拔及高海拔山區綠覆蓋率資料

展示 2002 至 2008 年各期別台灣全島、低海拔山區、中海拔山區及高海拔山區綠覆蓋率資料。



林務局農林航空測量所
綠資源查詢系統

使用者：中央大學 登入系統時間：2009/10/30 上午 01:10:57
[維護系統](#) [查詢下載圖資](#) [維護地標](#) [系統說明](#) [首頁](#)
 瀏覽人數：416

■若無法觀看地圖：請參考系統說明。
 ■請選擇上方功能選單使用本系統提供之功能。
 ■91年~97年全島及國土復育行動計畫區分綠蔽率

年度期別	全島	全島及國土復育行動計畫區分綠蔽率			
		低海拔山區		中海拔山區	高海拔山區
		0~100公尺	100~500公尺	500~1500公尺	1500公尺以上
97年第二期	87.38%	65.22%	91.94%	98.20%	98.85%
97年第一期	85.97%	59.18%	92.69%	98.70%	98.64%
96年第二期	86.85%	64.11%	91.89%	97.98%	98.54%
96年第一期	86.28%	64.06%	91.90%	98.46%	99.22%
95年第二期	88.12%	67.70%	92.37%	97.93%	98.57%
95年第一期	87.52%	64.42%	92.53%	98.54%	98.95%
94年第二期	86.15%	61.13%	90.90%	98.26%	98.87%
94年第一期	85.76%	58.51%	92.12%	98.69%	98.82%
93年第二期	85.19%	58.70%	91.69%	97.99%	98.45%
93年第一期	87.79%	64.03%	93.80%	99.31%	99.18%
92年第二期	87.60%	65.78%	92.59%	98.42%	98.62%

圖144. 綠資源查詢系統—全島、低海拔、中海拔及高海拔山區綠蔽率資料

10. 系統說明

- (1). 計畫源起
- (2). 系統介紹
- (3). 系統手冊
- (4). 名詞解釋



林務局農林航空測量所
綠資源查詢系統

[使用者註冊](#) [系統說明](#) [首頁](#)
 瀏覽人數：415

■系統說明

■計畫源起

依照農航所之定義，綠資源為「綠色植物覆蓋之區域」。綠資源係指廣義存在實質環境中之各式綠色空間（Green Space），依其自然條件係指保持著植物穩定成長之土地與水域。它包括單一植物個體或整體樹林與植物叢之群落。依其土地使用可區分為區域性綠地與都市綠地。區域綠地包括森林綠地、生產綠地、河川綠地，都市綠地包括都市發展區中之各類型公園系統與綠地空間。綠資源因涵蓋面積涉及主管權責單位複雜，包括內政部、農委會、交通部、經濟部、教育部等，如何在國土永續發展之宗旨下促使各目的事業權責單位對綠資源之合理永續經營係二十一世紀城鄉環境規劃之當務之急。

本計畫係延續去年(九十一年)計畫，應配合政府「平地景觀造林及綠美化」政策，追蹤綠美化成效，用衛星影像技術，完成涵蓋全島的綠資源調查，同時建置一套可方便查詢及提供綠美化資訊的綠資源查詢系統，以彙整去年及往後調查之成果，藉資檢測及繼續推動台灣地區平地景觀造林及綠美化方案，為後世子孫打造一個舒適、和諧、潔淨、安全的綠色新環境，提升國民生活品質，達成永續的生態環境、寧適的居住環境及有效率的生產環境等願景。

■系統介紹

「綠資源查詢系統」的建置主要提供農林航空測量所人員綠資源土地利用分類及植生指標等圖資，使用者可隨時調閱查詢NDVI影像、分類影像及原始衛星影像並統計分析該地區之NDVI相關資訊。

圖145. 綠資源查詢系統—系統說明

3-8-5. 系統環境說明

1. 伺服器硬體需求

- (1). CPU：Intel Pentium4-1.6G
- (2). 記憶體：1GBytes 以上
- (3). 硬碟：120 Gbytes 以上
- (4). 作業系統：Windows 2000

2. 伺服器使用之軟體

- (1). Microsoft windows server 2003
- (2). Microsoft IIS
- (3). SQL Server 2000
- (4). Autodesk MapGuide R6
- (5). Autodesk MapGuide Author R6
- (6). IWS SERVER 1.6
- (7). ARCGIS 8.1
- (8). IMAGINE 8.5

第四章 計畫效益

1. Terra/Aqua-MODIS 衛星資料由 NASA 或氣象局提供，可使計畫成本降低，且固定拍攝與影像跨幅較大等優點，每個月即可估算一期台灣全島綠覆蓋率及碳吸存，可提供短時距及多樣化的綠資源成果；而福衛二號-RSI 衛星影像，其空間解析度可補足台灣全島複合式土地利用區塊監測的不易，有效的進行綠覆蓋率估算及土地型態分類，提供較細微且精準的成果。
2. 碳吸存估算成果可做為台灣全島目前碳匯重要輔助資訊，並供林務單位做為宣導民眾節能減碳及維護環境的重要依據。
3. 以 NDVI 值配合時間因子，監測森林健康生態與生長，瞭解植生劣化趨勢，進而輔助林務單位於維護完整綠色資源的參考指標。
4. 林地崩塌地監測以衛星影像為基礎，建立判釋方法及流程，並經由驗證，供林務單位對於國土監測的經營及管理參考。
5. 藉由多元衛星所演算成果，置入綠資源查詢系統，可供使用者瞭解更多元化的成果，未來進而宣導綠資源的重要性。

第五章 結論與建議

本(2009)年度以 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料及福衛二號-RSI 衛星影像進行台灣全島綠資源調查與追蹤，並配合前期綠資源 NDVI 調查計畫所使用之 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像分析及比較其成果，以 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料而言，衛星再訪率快速、拍攝跨幅寬大及多重解析與眾多波段等特性，依據不同研究領域建立不同資料以供研究。

利用 MOD13 產品估算綠覆蓋率，以最大 NDVI 值配合植生覆蓋演算法估算，雖已訂定各季節綠覆蓋率演算式，但演算綠覆蓋率成果較高，期望未來可採單月份或雙月份進行演算式訂定，並以 Terra/Aqua-MODIS 衛星原始資料比對單一 NDVI 值與 MOD13 產品最大 NDVI 值的差異；就產品更新及演算成果速度而言，約一個月即有完整的台灣全島資料，相較於其他衛星影像所演算綠覆蓋率而言，影像蒐集期距短，以福衛二號-RSI 衛星影像為例，影像蒐集約需六個月才可達成需求，以台灣全島地貌變動快速的現今，其時效性較為不足，但換而言之，福衛二號-RSI 衛星影像的高解析度，有助於地貌細節的高度辨識，對於特定地區的綠覆蓋率及其變動更能有效觀測，且對於影像分類工作更能有效區分類別。

目前世界各國大多均以資料更新快速的衛星資料，提供具有時效性的國土資源監測成果；而當天災事件形成地區性破壞時，則以高解析度或特定衛星進行觀測，建立多元尺度的觀測/監測網。而目前台灣全島前期七年已建立 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像所調查之綠資源成果，對於本(2009)年度利用 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料快速演算各月份綠覆蓋率成果，應逐步修正植生覆蓋演算法所形成誤

差，並持續提供成果，做為台灣國土監測重點，提供相關單位做為綠資源保存及保育的成效佐證；而福衛二號-RSI 衛星影像由於影像蒐集期距過長，且解析度最高，對於台灣全島綠覆蓋率計算耗時耗力，因此建議著重於重點區域的監測，如颱風事件、土石崩塌或土地變遷監測。

相較於福衛二號-RSI 衛星影像，目前 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像中，SPOT-5-HRG 有著 60 公里拍攝跨幅，約三條航帶即可拍攝台灣全島，以過去前期綠資源 NDVI 調查計畫可知，單一期 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星影像約三個月即可蒐集完成，且解析度僅略差於福衛二號-RSI 衛星影像（SPOT-5-HRG 多光譜解析度為 10×10 公尺；福衛二號-RSI 多光譜解析度為 8×8 公尺），與產品更新及演算成果快速的 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料進行綠覆蓋率監測，藉由不同尺度/解析衛星監測，可提供不同層次的台灣全島多年期例行性綠資源調查，取代以往單一衛星資料所觀測成果。

在影像分類方面，本（2009）年度首次以 IPCC 所制定之土地型態區分類別進行影像分類，相較於過去所見即所得觀念進行分類，由於濕地類別包含防風林及河道，農地類別包含茶園、果樹及檳榔，無法直接進行地貌區分，因此除以衛星影像光譜差異進行影像分類外，利用相關濕地範圍、國土利用調查成果及彩色正射影像圖進行類別歸類，並經由檢核樣區進行精度檢核，總精度為 85.6%。由於影像分類工作仍以影像進行光譜反應區分類別為主，但 IPCC 所制定之土地型態類別易造成混淆，為與國際接軌，建議未來此工作應區分土地覆蓋及土地利用等項目。

在碳吸存估算部分，應用 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星資料推估台灣全島碳匯及其趨勢，並以氣候、植群、海拔及氣溫帶分布

等分區予以統計分析各區域內碳匯意義，並配合 Terra/Aqua-MODIS MOD11 地溫資料及國家實驗研究院颱風洪水研究中心籌備處所設置之通量塔台實測二氧化碳通量值進行比較及驗證，其定性趨勢雖符合現況，但由於國內目前並無全國性及全面性碳吸存相關監測成果，因此應用 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星資料所估算之碳吸存於台灣全島之適用性，還有待驗證，建議以研究角度持續進行試辦。

以 NDVI 技術配合時間因子進行森林健康生態及生長監測，利用 Terra/Aqua-MODIS MOD13 衛星資料，估算各季節森林健康生態監測成果，透過莫拉克颱風、芭瑪颱風及中央氣象局提供之距平氣溫驗證，其變動趨勢十分吻合；應用福衛二號-RSI 衛星影像，進行生長監測門檻訂定，由春、夏兩季成果可明顯看出季節對於植生生長趨勢的影響，建議持續監測以建立更多成果，以供相關研究佐證。

而透過建立與修正崩塌地作業程序，訂定標準作業流程，以現場調查驗證崩塌地判釋成果，對於未來國土監測有著相當大的助益，當台灣再度受到颱風豪雨肆虐時，可快速提供國家級判釋資料給予相關監測單位，供後續國土保育參考之用。

綜合以上所述，本（2009）年度工作內容與執行成果已符合計畫目標。利用 Terra/Aqua-MODIS 及福衛二號-RSI 等多元衛星與前期計畫 SPOT 系列-HRV/HRG 衛星進行成果差異比較、截長補短，以滿足空間與時間的觀測需求。對於多元尺度衛星進行綠資源監測，應朝多年度/多期別持續觀測，建立國家級重要綠資源觀測資料庫；而近年來「節能減碳」蔚為時代趨勢，有效持續觀測植生碳吸存，近程應持續利用 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料估算成果，中、遠程更應構思並實行適合台灣之碳吸存計算模式推估，並與國際接軌。

第六章 計畫工作進度

表 93 及 94 為本計畫工作進度 (2009 年 04 月至 2009 年 11 月)：

表 93. 工作進度表

工作項目		工作月份	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
衛星影像產品 蒐集、處理與鑲嵌		Terra/Aqua-MODIS 衛星產品		■	■	■	■	■	■		
		預定進度百分比 (%)								100	
		實際完成百分比 (%)								100	
		福衛二號-RSI 衛星影像		■	■	■	■	■	■		
		預定進度百分比 (%)								100	
		實際完成百分比 (%)								100	
植生指標、綠 蓋率計算與變 動成因探討	植生指標圖 綠覆蓋率計算	Terra/Aqua-MODIS 衛星產品	■	■	■	■	■	■	■		
		預定進度百分比 (%)								100	
		實際完成百分比 (%)								100	
	植生指標圖 綠覆蓋率計算 變動成因探討	福衛二號-RSI 衛星影像								▲	■
		預定進度百分比 (%)								100	
		實際完成百分比 (%)								100	
衛星影像分類 與精度檢核		福衛二號-RSI 衛星影像							▲	■	
		預定進度百分比 (%)								100	
		實際完成百分比 (%)								100	
植生碳吸存估算		Terra/Aqua-MODIS 衛星產品	■	■	■	■	■	■	■		
		預定進度百分比 (%)								100	
		實際完成百分比 (%)								100	

表94. 工作進度表 (續)

工作項目		工作月份	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	
森林健康 生態及生 長監測	森林健康 生態監測	Terra/Aqua-MODIS 衛星產品		■	■			■	■			
		預定進度百分比 (%)								100		
		實際完成百分比 (%)								100		
	森林生長監測	福衛二號-RSI 衛星影像	■	■						▲	■	
		預定進度百分比 (%)								100		
		實際完成百分比 (%)								100		
林地崩塌監測		福衛二號-RSI 衛星影像							▲	■		
		預定進度百分比 (%)								100		
		實際完成百分比 (%)								100		
綠資源查詢系統 升級與資料更新			■	■	■	■	■	■	■	■		
		預定進度百分比 (%)								100		
		實際完成百分比 (%)								100		
期中報告						■						
期末報告										■		
成果驗收											■	
預定完成百分比 (%)									100	100		
總完成百分比 (%)									100	100		
註： ▲代表準備進入工作及預先工作；■代表正式工作。												

第七章 參考文獻

- Baldocchi, D., Valentini, R., Running, S., Oechel, W., & Dahlman, R., (1996) "Strategies for measuring and modeling carbon dioxide and water vapor fluxes over terrestrial ecosystems," *Global Change Biology*, Vol.2, pp.159-168.
- Bradshaw, G.A. (1990) "Semivariograms of digital imagery for analysis of conifer canopy structure" *Remote Sensing of Environment*, Vol.34, pp.167-178.
- Butcher, S. S., & Charlson, R. J. (Eds.), (1992) *Global Biogeochemical Cycles*, Academic Press, CA.
- Churkina, G., Tenhunen, J., Thornton, P., Falge, E. M., Elbers, J. A., Erhard, M., Grunwald, T., Kowalski, A. S., Rannik, U., & Sprinz, D., (2003) "Analyzing the ecosystem carbon dynamics of four European coniferous forests using a biogeochemistry model," *Ecosystems*, Vol.6, No.2, pp.168-184.
- Cohen, W.B., (1991) "Response of vegetation indices to changes in three measures of leaf water stress," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.57, No.2, pp. 195-202.
- Congalton, R. G. and M. Story, (1986) "Accuracy assessment: A user's perspective," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.55, No.9, pp. 1303-1309.
- Congalton, R. G., (1991) "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data," *Remote Sensing of Environment*, Vol.37, pp. 35-46.
-

- Curtis, P. S., Hanson, P. J., Bolstad, P., Barford, C., Randolph, J. C., Schmid, H. P., Wilson, & K. B., (2002) "Biometric and eddy-covariance based estimates of annual carbon storage in five eastern North American deciduous forests," *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol.113, pp.3-19.
- Ellenberg, H., (1971) "Introductory survey. In:H. Ellenberg(ed.)," *Integrated Experimental Ecology*, Springer-Verlag, New York.
- Etheridge, D. M., Steele, L. P., Langenfelds, R. L., & Francey, R. J., (1998) "Historical CO₂ records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores," from Carbon Dioxide Information Analysis Center:
Web site: <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>.
- Green, E. P., Mymby, P. J., Edwards, A. J., Clark, C. D. and Ellis A. C. (1997) "Estimating leaf area index of mangroves from satellite data.," *Aquat. Bot.* Vol.58, pp.11-19.
- Gurevitch, J., Scheiner, S.M., and Fox G.A., (2002) *The Ecology of Plants*, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Gutman, G.G. (1991) "Vegetation indices from AVHRR: an update and feature prosperts, *Remote Sens, Environ.*," Vol. 35, PP.121-136.
- Hall F.G., Strebel D.E., Nickeson J.E. and Goetz S.J. (1991) "Radiometric recification: Toward a common radiometric response among multi-date, Multi-sensor images," *Remote Sensing of Environment*. Vol.35, pp.11-27.
-

Heinsh, F. A., Reeves, M., Votava, P., Kang, S., Mllesl, C., Zhao, M., Glassy, J., Jolly, W. M., Loehman, R., Bowker, C. F., Kimball, J. S., Nemanl, R. R., & Running, S. W., (2003) "User's guide: GPP and NPP (MOD17A2/A3) products NASA MODIS land algorithm." <http://www.ntsg.umd.edu/modis/MOD17UsersGuide.pdf>.

Hsieh, H. C. (1996) "Applying SPOT imagery and geographic information in greenness analysis on forest land-use," *Taiwan J. For. Sci.* Vol.11, No.1, pp.77-86.

Huete, A., Justice, C., & Leeuwen, W. V., (1999) "MODIS vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document," : http://eospsso.gsfc.nasa.gov/ftp_ATBD/REVIEW/MODIS/ATBD-MOD-13/atbd-mod-13.pdf.

Hsieh, H. C., (1996) "Applying SPOT imagery and geographic information in greenness analysis on forest land-use," *Taiwan Journal Forest Science*, Vol.11, No.1, pp.77-86.

Livingston, B. E. and F. Shreve., (1921) "The distribution of vegetation in the United States as related to climatic conditions. Carnage Inst.," *Wash Pub.*, Vol.284. pp.590.

Monteith, J., (1977) "Climate and efficiency of crop production in Britain," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B.*, Vol.300, pp.277-294.

Monteith, J., (1972) "Solar radiation and productivity in tropical ecosystems," *Journal of Applied Ecology*, Vol.9, pp.747-766.

- Odum, E. P., (1971) *Fundamentals of Ecology*, 3rd ed. W. B. Saunders Co.," Philadelphia. pp.574.
- Pontius, J., R. Hallett, and M. Martin, (2005) "Using AVIRIS to assess hemlock abundance and early decline in the Catskills, New York," *Remote Sensing of Environment*. Vol.97, pp.163-173.
- Price, J. C. and Bausch, W. C., (1995) "Leaf area index estimation from visible and nearinfrared reflectance data," *Remote Sensing of Environment*, Vol.52, pp.55-65.
- Running, S., Nemani, R., Glassy, J., and Thornton, P., (1999) "MODIS daily photosynthesis and annual net primary production product –algorithm theoretical basis document. NASA MODIS land algorithm," : <http://www.ntsg.umd.edu/modis/MOD17UsersGuide.pdf>.
- Schimel, D., Melillo, J., Tian, H., McGuire, A. D., Kicklighter, D., Kittel, T., Rosenbloom, N., Running, S., Thornton, P., Ojima, D., Parton, W., Kelly, R., Sykes, M., Neilson, R., & Rizzo, B., (2000) "Contribution of increasing CO₂ and climate to carbon storage by ecosystems in the United States," *Science*, Vol.287, No.5460, pp.2004-2006.
- Su, H. J., (1984) "Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan. (II).," Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient," *Quart. J. Chin. For.* Vol. 17, No.4, pp.57-73.
-

- Su. H. J., (1985) "Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan. (III).," A scheme of geographical climatic regions," *Quart. J. Chin. For.* Vol. 18, No.3, pp.33-44.
- Teillet, P.M. and Staenz, K., (1992) "Atmospheric effects due to topography on MODIS vegetation index data simulation from AVIRIS imagery over mountainous terrain," *Can. J. Remote Sens.*, Vol. 18, No.4, pp. 283-291.
- Turner, D., Ritts, W., Cohen, W., Maeirsperger, T., Gower, S., Kirschbaum, A., Running, S., Zhao, M., Wofsy, S., Dunn, A., Law, B., Campbell, J., Oechel, W., Kwon, H., Merers., T., Small, E., Kurc., S., and Gamon, J., (2005) "Site-level evaluation of satellite-based global terrestrial gross primary production and net primary production monitoring." *Global Change Biology*, Vol.11, pp.666-684.
- USDA Forest Service, (2005) "Forest Inventory and Analysis National Core Field Guide," National Core Field Guide, Version 3.0, pp.203.
- Walker, H., Keim, B., & Arndt, M. B., (2001) "Natural and anthropogenic factors affecting global and regional climate," National Health and Environmental Effects Research Laboratory: <http://www.necci.sr.unh.edu/necci-report/2001-Foundation-PDF/Chapter3.pdf>.
- 王兆桓、陳子英 (2002) 坪林台灣油杉自然保留區植群監測，行政院農業委員會林務局保育研究系列第 89-1 號，7-8：20-30 頁。

- 李膺讚 (2005) “國家步道建置發展與規劃設計-以丹大六順、七彩湖
步道為例”，國家步道研討會論文集，頁 233-254。
- 陳文福 (2003) “結合遙測與數化高程模型分析技術以強化崩塌潛勢
判定之研究”，農委會水土保持科技計畫報告。
- 陳朝圳 (1999) “南仁山森林生態系植生綠度之季節性變化”，中華林
學季刊，32 (1)：頁 53-66。
- 陳樹群 (2006) “水庫集水區崩塌地潛勢分析及崩塌土方量估算之研
究 (3/3)”，經濟部水利署計畫報告。
- 楊純明 (1999)，農業氣象之研究，八十八年度農委會科技計畫期末
摘要報告，88 科技-1.11-糧-13。
- 羅時凡、陳滄婷、沙學均、陳朝圳 (2008) 林木健康指標之建立與效
度評估，林業研究季刊，30 (3)：41-52 頁。
- 羅時凡、魏浚紘、李崇誠、陳朝圳 (2009) 遙測技術應用於溪頭地區
柳杉人工林之森林健康調查，林業研究季刊，31 (1)：37-54 頁。

附錄A 審查及工作會議建議事項及辦理情形

期初審查會議

時間：2009/05/14

地點：農林航空測量所

審查意見	辦理情形
首先肯定計畫執行單位對於本計畫的努力，在期初會議即有相當程度的成果，表現出專業能力，值得嘉許。本計畫之成果亦受各界期待，希望中大團隊持續努力。	感謝林務局、承辦單位農林航空測量所及各位先進給予鼓勵及指導，本團隊會繼續努力，完成此案。
期望今年亦可依循前七年綠資源 NDVI 調查計畫作法，訂定出多元衛星進行綠資源調查的標準作業流程，做為日後延續調查綠資源的依據。	目前各工作項目均已訂定標準作業程序，相關問題亦於工作會議中討論，詳細作業流程請參閱報告書第二章。
本計畫陸續收集 Terra/Aqua-MODIS、福衛二號-RSI 等影像，除進行衛星差異比較與分析外，並建議從整合分析的角度提供建議。	為求分類工作順利，已進行濕地土壤含水量整合分析，但成效有限。由於兩者衛星資料差異性較大，在整合上較為困難，但本團隊亦會對於各研究瓶頸予以測試並完成工作。
建議報告書以「雙面列印」印製，且考慮使用再生紙，以節能減碳。	遵照辦理。
本案為「91-97 綠資源 NDVI 調查計畫」延伸計畫，但於文中並未著墨其中之關聯性，故讀者不易理解前因，建議於前言交代前七年的成果與查計畫之關聯。	已於報告書第一章前言增列說明
請提供期中、期末執行成果審查標準，並標示工作項目完成進度，以利追蹤執行進度。	請參閱報告書第 6-1 節。
建議期末報告書內應增列「討論與建議」章節。	遵照辦理。
有關「林地崩塌監測」一項，目前規劃以丹大事業區為監測樣區之原因為何？建議考慮石門水庫集水區範圍為樣區，不僅相關研究計畫及資料較豐富，且交通上易前往，有利後續進行現場調查驗證。	丹大事業區為過去七年綠覆蓋率變動較多區域，因此初步以此區域做為監測樣區；相較於丹大事業區，石門水庫集水區的歷史資料豐富，且崩塌地資料驗證較為方便，故林地崩塌地監測範圍修改為石門水庫集水區。

審查意見	辦理情形
於報告書中提到，以福衛二號衛星影像進行鑲嵌之全島無雲鑲嵌衛星影像如無法獲取或不可使用，將以前一年同期衛星影像取代。使用前期影像之影響與比例為何，應於報告書中註明。	影像獲取時限內無衛星影像可用時，將前期資料視為地貌未改變狀況，替代無資料區域，詳細說明請參閱報告書第 2-1-2 節。
有關今年度「衛星影像分類及精度檢核」一項，規劃使用福衛二號衛星影像依據 IPCC 分類型態進行全島覆蓋型分類，其中 IPCC 分類型態中，溼地類別因水體常與散生林木混雜，不易準確區分，建議嘗試配合 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像偵測地面含水量，土壤含水量之圖層，協助分類。	將以 Terra/Aqua-MODIS 衛星土壤含水量資料，進行比對，並於工作會議時討論可以行性。
有關「衛星影像分類及精度檢核」一項檢核精度標準定為 85% 之原因為何？應於報告中加以說明。	前期「綠資源 NDVI 調查計畫」以檢核樣區進行檢核，並以 85% 做為檢核門檻，本年度亦以此門檻做為檢核標準，詳細說明請參閱報告書第 2-3-2 節。
植生碳吸存的數值在應用上之意義為何，應加以說明。	近幾年國際間及國內開始重視「節能減碳」觀念，而植生碳匯的能力為林務單位最為重視的一環，其成果可做為台灣全島目前碳匯的重要輔助資訊，並供林務單位做為宣導民眾節能減碳及維護環境的重要依據
碳吸存比例下降，為雲霧影響？因真實狀態而下降？或計算上的誤差？請加以探討。	經由驗證，為計算上的疏失，已於第一次工作會議前修正，詳細說明請參閱報告書第 3-3 節。
針對報告中文字表達不清、圖號與單位表示錯誤處，請改善。	遵照辦理。
針對專有名詞請列表於說明，以供參考；部分文字與圖說引用原文，請改以中文呈現。	遵照辦理，文字敘述會盡量以中英文並列方式呈現。
報告書內「1-4 工作成果」的影像蒐集時間與「1-5 工作進度及期限」的期限時間不一致，請加以說明。	「1-4 工作成果」的影像蒐集時間為衛星影像拍攝時間；「1-5 工作進度及期限」，為計畫執行時間，兩者並無直接關係。

六月份工作會議

時間：2009/06/18

地點：國立中央大學太空及遙測研究中心

建議事項	辦理情形
<p>有關「植生碳吸存估算」一項，建議：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 除現有依行政區劃分進行分析，並增加氣候或生態區劃(如：植群、海拔、土地覆蓋型等分區)進行做計算比較，以利瞭解碳吸存指數分析時所代表之意義。 2. 配合林務局推動之大型平地森林遊樂區造林之區域進行分析，結合局內進行地面樣區調查結果相互驗證；或嘗試參考氣象局及其他單位之通量塔台觀測資料相互驗證。 3. 植生碳吸存估算除了現行平均值成果外，建議羅列最大最小值等相關統計數據，並將其補充詳細說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土地覆蓋類型原為 Terra/Aqua-MODIS MOD17 衛星產品的來源之一，因此不適用於進行分析；其它如氣候、植群及海拔等因子均進行統計分析，詳細說明請參閱報告書第 3-4-1 節。 2. 詳細說明請參閱報告書第 3-4-5 節。 3. 詳細說明請參閱報告書第 3-4-1 節。
<p>請於報告中說明本計畫試辦研究項目選擇使用之產品、研究方法之理由。針對今年度未採用之產品與研究方法，增列於報告中，可作為後續延伸計畫規劃與進行時參考之改善方向。</p>	<p>今年度主要試辦工作項目為：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 林區碳吸存估算 2. 森林健康生態監測 <p>碳吸存估算部份請參閱報告書第 2-1-1 及 2-4-2 節。 森林健康監測部分請參閱報告書第 2-5 及 2-5-1 節</p>
<p>建議工作目標與預期效益內容應做區分，宜針對預期效益章節提出更具體的成果效益。</p>	<p>已修改，請參閱報告書第 6-1 節。</p>
<p>建議在報告書中將 SPOT 系列-HRV/HRG、福衛二號-RSI 及 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像產品的相關資料做區分、比較，以利瞭解衛星影像資料差異及相關性。</p>	<p>遵照辦理，請參閱報告書第 3-7 節。</p>

七月份工作會議

時間：2009/07/16

地點：國立中央大學太空及遙測研究中心

建議事項	辦理情形
<p>有關衛星影像分類仍依據 IPCC 項目進行分類，以利資料與國際接軌。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有關溼地類別區分不易。建議使用相關向量圖資進行輔助分類。 2. 有關草地與農地類別區分不易，建議中大團隊繼續嘗試區分，如無法有效區分，再將兩類合併處理，但需於報告書中說明。 	<p>詳細說明請參閱報告書第 3-3-1 節。</p>
<p>有關綠資源查詢系統整合方面，由於資料多元化，且單一查詢不易，建議今年度以建立子系統方式整合展示及查詢。</p>	<p>綠資源查詢系統將依據衛星別區分查詢選項，詳細說明請參閱報告書第 3-8 節。</p>
<p>有關利用 MODIS 衛星估算碳吸存量一項，分別以林區範圍、植群分布、氣候、海拔高各別分析，無法明確表示意義；因植群分布與氣候、海拔高均有關聯，應加以整併以生態分布圖做估算。並建議碳吸存估算以平均值表示，以利進行區域間比較。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前已整合植群、海拔及氣溫帶等分區分析，詳細說明請參閱報告書第 3-4-3 節；另地理氣候區乃為降雨比率差異，因此獨立分析，詳細說明請參閱報告書第 3-4-2 節。 2. 遵照辦理，詳細說明請參閱報告書第 3-4 節。
<p>森林生長須要以較細之空間尺度進行監測，並以多期影像比較；而森林健康為大尺度配合多波段資料進行監測，建議此工作項目可整合分析。</p>	<p>本年度工作項目已區分兩種不同尺度衛星資料進行分析，如未來有相關研究，可再整合分析。</p>
<p>本計畫利用衛星資料進行「碳吸存估算」及「森林健康生態與生長監測」之分析目前仍於初步研究之階段，未來可能配合林務局現場地面調查與氣象局通量塔台觀測資料以驗證利用 MODIS 衛星估算碳吸存量之可行性，建議後續再提延續計畫辦理，以提供更完整之分析。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第 3-4-4 節。</p>

期中審查會議

時間：2009/08/05

地點：林務局農林航空測量所

審查事項	辦理情形
建議工作進度表應分別列出「預定進度表」與「實際完成進度」；針對執行進度不符之處應加註文字說明，以利瞭解計畫執行情形。	遵照辦理。詳細說明請參閱報告書第 6-1 節。
建議比較 SPOT-2-HRV 與 Terra-MODIS 綠覆蓋率分析成果比較時，增列 Terra-MODIS 以二值化演算法之成果，以利與 Terra-MODIS 以植生覆蓋演算法之成果相比較。	由於 Terra/Aqua-MODIS 衛星影像波段為反射值，且空間解析度無法以二值化演算法估算綠覆蓋率，故擬以植生覆蓋演算法計算綠覆蓋率，因此無法進行比較。
建議圖片呈現時，應以不同種類之線條表示以利區別。	遵照辦理。
有關利用林務局地面調查及氣象局通量塔台觀測資料驗證本計畫碳吸存估算成果之資料來源及資料精度為何？應說明之。	目前已取得國家實驗研究院颱風洪水研究中心籌備處所設置通量塔台觀測資料，地點包含桃園石門水庫集水區及嘉義地區，資料精度為毫克/立方公尺。其資料驗證及比較詳細說明請參閱報告書第 3-4-4 節。
碳吸存變化之趨勢除與月份有關外，亦有可能與氣溫有較直接之相關性，建議收集氣象局溫度資料進行分析。	詳細說明請參閱報告書第 3-4-4 節。
建議在報告書之「預期效益」及「工作內容」上增列與林政相關之建議，俾利將研究成果報局及經費爭取。	已於期末成果報告書修正。
報告書格式應依據林務局委託研究計畫作業規範辦理。	已於期末成果報告書修正。
期中報告書第三章工作成果一章未說明「森林生長監測」、「林地崩塌地監測」等項目辦理情形。	「森林生長監測」及「林地崩塌地監測」等工作項目資料來源均為福衛二號-RSI 衛星影像，由於影像蒐集時距為 05 至 10 月，因此期中報告前無法完成工作，故未提及辦理情形

審查事項	辦理情形
期中報告書中仍有部分文字與圖表有疏漏，且文字表達有尚需改善空間，部分細項應仔細說明補充以利讀者瞭解。	已於期末報告書中修正。
建議說明不同尺度衛星來源所演算綠覆蓋率不同的合理性。	詳細說明請參閱報告書第 3-2-3 節。
本年度檢核樣區資料，農航所將以 97 年 10 月至 98 年之正射影像及航照影像進行數化，提供中大團隊進行影像分類檢核。	遵照辦理。

十月份工作會議

時間：2009/10/09

地點：林務局農林航空測量所

建議事項	辦理情形
<p>本計畫涵蓋之工作項目眾多且具先驅性，在此予以正面肯定。然而計畫已近期末，有關本計畫中研究子題未來研究方向，請中大於期末報告中詳細交代，以利瞭解後續研究之重要性。另外有關本計畫中例行性工作目，例如：綠蔽率估算及綠資源查詢系統更新與維護等，建議另詳列說明之，未來以委辦或委託計畫辦理，與研究計畫切割，以免影響研究計畫之品質及深入性。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第五章。</p>
<p>有關各種不同衛星演算綠覆蓋率之差異，請說明不同尺度之間的關係，並與前期綠資源 NDVI 調查計畫成果比較、討論。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第 3-2-3 節。</p>
<p>本計畫為多元衛星計畫，請中大針對不同衛星之工作項目及利弊予以比較，以利瞭解後續研究之需求。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第五章。</p>
<p>建議本計畫崩塌地判釋流程建立標準化作業程序。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第 2-6-2 節。</p>
<p>08 月莫拉克颱風造成南台灣地區嚴重崩塌，然而本次工作會議中以 Terra/Aqua-MODIS 衛星資料演算 08 月之綠蔽率未見明顯下降？請於期末報告中說明原因，並建議可切割災區範圍比較討論。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第 3-2-1 節。</p>
<p>通量塔台資料與遙測資料成果相比較，就現取得之四個測站資料可在期末報告中探討，並比較高地與平地之差異。</p>	<p>詳細說明請參閱報告書第 3-4-5 節。</p>
<p>建議未來計畫規劃可納入有關國土監測之議題。</p>	<p>遵照辦理。未來計畫可納入相關國有林變遷、崩塌及災害調查等相關國土監測之工作項目。</p>

建議事項	辦理情形
<p>截至目前福衛二號-RSI 鑲嵌影像已完成約 90%，為符合計畫時程，582 及 587 航帶因雲霧無法完成完整鑲嵌區域，擬優先使用去（2008）年同期福衛二號衛星影像替補，或以今年（2009）年同期之 SPOT 系列影像替代。</p>	<p>福衛二號-RSI 鑲嵌影像因雲霧未能完成之部分優先使用 2008 年同期之福衛二號衛星影像資料替補，尚無影像之部分，則使用 2008 年 11 月至 2009 年 04 月福衛二號-RSI 衛星影像取代，但需敘明原因，並發公文徵得林務局農林航空測量所同意，以免影響後續驗收之行政程序，其公文如附錄 D 所示。</p>
<p>依據合約 Terra/Aqua-MODIS 資料原訂蒐集為 2009 年 01 月至 12 月完整一年資料，但因 10 月至 12 月資料取得與期末報告繳交之時程相抵觸，擬提早資料收集之時程為 2008 年 10 月至 2009 年 09 月止。</p>	<p>為避免影響計畫執行情況，原則上同意，但需發公文徵得林務局農林航空測量所同意，以免影響後續驗收之行政程序，其公文如附錄 D 所示。</p>
<p>請中大於期末報告中詳列：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫內例行性及具研究性質之工作項目。 2. 不同衛星之工作項目及利弊。 3. 不同衛星演算之綠蔽率差異及原因。 4. 莫拉克風災對之影響及原因。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 詳細說明請參閱報告書第五四章。 2. 詳細說明請參閱報告書第五章。 3. 詳細說明請參閱報告書第 3-2-3 節。 4. 詳細說明請參閱報告書第 3-2-1 及 3-5-1 節。
<p>請中大加快辦理綠資源 NDVI 調查計畫 91-97 年總報告執行進度，務必於今年結案。</p>	<p>遵照辦理。</p>

期末審查會議

時間：2009/11/25

地點：林務局農林航空測量所

審查事項	辦理情形
本研究均依契約要求，掌握工期，並於各種會議中提出報告，且對各委員及委辦單位所提意見積極嚴謹辦理，遇到契約無法執行困難亦與委辦單位密切溝通，誠見執行單位之用心與誠懇，建議可以列入優良廠商。	感謝林務局、承辦單位農林航空測量所及各位先進給予鼓勵及指導，本研究得以順利完成，也期待未來可以有更多合作機會。
本研究所提後續建議辦理事項，均是本研究所得之精闢建議，謹建議委辦單位能採納持續辦理。	感謝林務局、承辦單位農林航空測量所及各位先進給予鼓勵及指導，本研究得以順利完成，也期待未來可以有更多合作機會。
本計畫研究成果，除提供委辦單位(或農委會轄屬相關單位)參考外，建議能廣為宣傳擴大適用單位，以達到政府研究成果資源共享之目的。	本計畫擴充及更新資源查詢系統的目的，除希望能達到節能減碳外，更期望藉由網路科技可達到成果資源的共享，而本團隊對於承辦單位對於此需求，亦會盡力配合
部份圖表之圖例、單位、內容等標示有誤，請中大修正。	遵照辦理。
部份執行項目之標準作業程序僅提供各步驟示意圖(如第 81、86 頁)，並未於內文中詳細說明，請中大改善。	本計畫於期初審查時就已訂定工作流程，並於本文中說明流程施行細節，經由各工作會議舉行，各委員提供相關意見，已於流程圖中加註相關說明，說明請參閱報告書第二章各節標準作業流程圖。
第四章函括之項目過多，建議第四章之內容再行調整。	詳細說明請參閱報告書第四至第六章。
「衛星影像分類與精度檢核」部分，請加強查核方式說明，並分析分類成果與檢核樣區不符之原因及建議改善方向。	1. 台灣全島分類影像精度檢核請參閱報告書第 2-3-2 節。 2. 分類成果與檢核樣區不符原因請參閱報告書第 3-3-2 節。
請於「結論與建議」說明計畫執行中所遇困難，及技術上進一步研究之方向。	詳細說明請參閱報告書第五章。

審查事項	辦理情形
<p>八八水災造成南台灣地區多處崩塌，然而以 Terra/Aqua-MODIS 衛星產品所演算時台灣全島九月份綠覆蓋率並無明顯下降，反而呈現上升，但以地域性（高屏溪流域）而言，綠覆蓋率明顯下降，建議增列說明以 Terra/Aqua-MODIS 衛星可觀察到影響台灣全島綠覆蓋率演算值之單一災害事件影響範圍。</p>	<p>由於台灣地勢複雜，氣候及季節均為地貌變化的影響因子，八八水災雖造成南部重創，但由於八九月份為夏秋季交替，農作及植物生長最為旺盛的時期，相互消長的結果，導致綠覆蓋率變化差異極小，且以多尺度 / 解析度的觀念而言，Terra/Aqua-MODIS 衛星產品由於空間解析度最差，時間解析度最佳，最適宜觀測大面積且更新快速的觀測，以此推估單一災害事件需造成影響台灣全島綠覆蓋率的比例較不恰當，且就多尺度觀測而言，單一災害發生，應以中高解析度的衛星影像進行觀測，才能達到多元衛星觀測的理念。</p>
<p>建議「綠資源查詢系統」提供成果下載功能，提供使用者應用。</p>	<p>已更新系統，可提供使用者下載相關成果資料。</p>
<p>碳吸存成果以通量塔台實測之二氧化碳濃度進行驗證，由於通量塔台為點資訊，但實測二氧化碳濃度受風力及大氣因素呈現面資訊，其範圍評估應更加明確，並建議說明兩者間差異。</p>	<p>本年度驗證兩者差異，僅為初步成果比較，由於通量塔台並未設立成觀測網，以點資訊與面資訊相互比較可能會出現較多差異，如本計畫未來持續延續，擬請國研院商借或配合設立更多通量塔台，以形成觀測網，再行比較會更有意義。</p>
<p>森林健康生態監測分析以植生異常指標(NAI)計算，但 NAI 是以 NDVI 為主軸，並以增顯方式放大，以此方式表示為植生劣化較不適合，建議報告書內應說明兩者差異。</p>	<p>目前以衛星影像分析植生劣化已有多種指標可供分析，主要以近紅外光的多寡為主，而 NDVI 為其中一種，期望以簡易方式即可初步瞭解林區的劣化狀況，因此以 NAI 區分各季節優化及劣化差異，詳細說明請參閱報告書第 2-5-1 節。</p>
<p>本年度首次以 IPCC 制定之區分類型方式進行分類，但各類別單以衛星影像區分不易，易產生混淆，建議未來如有相同工作項目，除目前使用之輔助性圖資配合歸類外，針對平地造林區域，應由林務局提供相關圖層分類。</p>	<p>未來如有相同工作項目，建議工作除以衛星影像進行分類外，可以其他相關輔助資訊，如國土利用調查、正射彩色影像及相關向量圖資予以歸類。</p>

附錄B 衛星規格與系統諸元介紹

衛星影像來源為人造衛星所搭載的感測器所拍攝，而人造衛星往往因為使用目的不同，而掛載不同的感測器，為瞭解本計畫所使用的 Terra/Aqua-MODIS 與福衛二號-RSI 衛星相關系統諸元及影像的波段規格，以下就這兩種不同尺度的衛星感測器分別介紹。

B-1 Terra/Aqua-MODIS衛星

1999 年 12 月，美國太空總署（National Aeronautics and Space Administration, NASA）發展新一代地球觀測系統（Earth Observing System, EOS），而中解析度成像分光輻射度計（Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS），是搭載於 Terra 和 Aqua 衛星上其中一種感測器，Terra 衛星於 1999 年 12 月 18 日發射，Aqua 則於 2002 年 5 月 4 日成功地發射。Terra 及 Aqua 兩衛星均為太陽同步衛星，約一到兩天可觀測整個地球一次，掃描寬度為 2,330 公里，Terra 衛星的觀測時間約為上午 10 時 30 分左右，而 Aqua 衛星的觀測時間為時間下午 1 時 30 分左右，其波段介於 0.405~14.385 μm ，涵蓋可見光、近紅外光與熱紅外光，並提供三種不同的空間解析度，分別為 250 公尺（波段 1~2）、500 公尺（波段 3~7）及 1,000 公尺（波段 8~36），其空間解析度與感測器光譜模式如表 95 所示。

表 95. Terra/Aqua-MODIS 衛星影像空間解析度與感測器光譜模式表

波段	空間解析度 (公尺×公尺)	光譜解析度 (μm)	主要應用
1	250×250	0.620~0.670	陸地範圍 雲層範圍 氣溶膠範圍
2		0.841~0.876	
3	500×500	0.459~0.479	陸地特性 雲層特性 氣溶膠特性
4		0.545~0.565	
5		1.230~1.250	
6		1.628~1.652	
7		2.105~2.155	
8	1,000×1,000	0.405~0.420	海洋水色 浮游植物 生物地球化學
9		0.438~0.448	
10		0.483~0.493	
11		0.526~0.536	
12		0.546~0.556	
13		0.662~0.672	
14		0.673~0.683	
15		0.743~0.753	
16		0.862~0.877	
17		0.890~0.920	大氣層 水蒸氣
18		0.931~0.941	
19		0.915~0.965	雲層溫度 地表溫度
20		3.660~3.840	
21		3.929~3.989	
22		3.929~3.989	大氣溫度
23		4.020~4.080	
24	4.433~4.498	捲雲 水蒸氣	
25	4.482~4.549		
26	1.360~1.390		
27	6.535~6.895	雲層特性	
28	7.175~7.475		
29	8.400~8.700	臭氧	
30	9.580~9.880		
31	10.780~11.280	雲層溫度 地表溫度	
32	11.770~12.270		
33	13.185~13.485	雲頂高度	
34	13.485~13.785		
35	13.785~14.085		
36	18.085~14.385		

不同於一般常用於資源調查的衛星影像資料（如 SPOT 系列 -HRV/HRG 及福衛二號 -RSI 等）波段較少，Terra/Aqua-MODIS 提供相當多的特定頻道。相較於前者，MODIS 更具有強大的遙測能力，提供 36 個波段，波長從可見光、近紅外、中紅光及熱紅外範圍。

Terra/Aqua-MODIS 觀測資料的分析和研究，在以下幾方面應用領域發揮重要作用：

1. 地表覆蓋變化和全球生產力，包括區域性地表覆蓋變化的趨勢和模式、作物種類，以及全球初級生產力。
2. 自然災害監測，包括洪澇、乾旱、森林草原火災、雪災等。
3. 短期氣候預測，季、年的氣候預測，以便改進對短期氣候異常發生時間、地點的預報。
4. 長期氣候變化研究，幫助科學家識別長期氣候變化及其趨勢的機制和因數，包括人類影響。
5. 大氣臭氧監測，幫助科學家監測大氣臭氧變化，分析變化產生的原因及對地球系統的影響。

B-2 福衛二號-RSI衛星

福爾摩沙衛星二號（簡稱福衛二號）為我國第一個自主性遙測與科學衛星，其重量約為 750 公斤（含酬載及燃料），軌道高 891 公里，屬於太陽同步衛星。軌道面固定，每日通過台灣海峽上空，具左右各 45°之傾斜拍攝之能力，每日繞地球飛行 14 圈，地面軌跡（Ground Track）將通過台灣海峽上空，可一次拍攝八分鐘的資料。第一次通過台灣海峽上

空的時間為上午 9 時 40 分，可進行拍攝與下傳影像資料。第二次通過台灣海峽上空的時間則為晚上 9 時 40 分，此時無法進行拍攝任務，但可以下傳拍攝其他地區之資料。

全色態解析度在 0° 至 45° 之傾角下約為 2 至 4.5 公尺，在飛行方向則約為 2 至 3 公尺。多光譜態有四個波段，即藍光段 ($0.45\sim 0.52\ \mu\text{m}$)、綠光段 ($0.52\sim 0.60\ \mu\text{m}$)、紅光段 ($0.63\sim 0.69\ \mu\text{m}$) 及近紅外光段 ($0.76\sim 0.90\ \mu\text{m}$)，具 8 公尺解析度，掃瞄寬度 24 公里。福衛二號之攝影模式為衛星本體旋轉 (Body Rotation) 同步取樣方式，可以向前、向後觀測方式進行立體攝影，以進一步獲取數值地形模型 (Digital Elevation Model, DEM) 資料。福衛二號衛星之遙測酬載儀器規格如表 96 所示。

表96. 福衛二號-RSI 衛星影像空間解析度與感測器光譜模式表

光譜模式	波段	空間解析度 (公尺×公尺)	光譜解析度 (μm)
全色態 (PAN)		2×2	0.52~0.82
多頻譜 (MS)	藍	8×8	0.45~0.52
	綠		0.52~0.60
	紅		0.63~0.69
	近紅外		0.76~0.90

附錄C 福衛二號-RSI標準樣區NDVI統計值

竹林（新竹縣高遠）

年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	09/18	0.7833	0.1667	0.6150	0.0850	0.1700	0.7850	0.4450
	09	n/a							
	10	n/a							
2005	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/25	0.7698	0.1143	0.6520	0.0570	0.1140	0.7660	0.5380
	08	n/a							
	09	09/09	0.7656	0.2105	0.6240	0.0680	0.1360	0.7600	0.4880
	10	n/a							
2006	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/19	0.7667	0.2368	0.6640	0.0530	0.1060	0.7700	0.5580
		07/29	0.6854	-0.0526	0.5160	0.1080	0.2160	0.7320	0.3000
	08	08/19	0.6789	0.2464	0.5540	0.0530	0.1060	0.6600	0.4480
		08/20	0.5258	0.0943	0.3720	0.0590	0.1180	0.4900	0.2540
	09	09/28	0.6765	0.1739	0.5040	0.0710	0.1420	0.6460	0.3620
	10	10/10	0.6320	0.0698	0.3440	0.1160	0.2320	0.5760	0.1120
10/22		0.5696	-0.1429	0.3610	0.0940	0.1880	0.5490	0.1730	
2007	05	05/08	0.5909	-0.1094	0.4220	0.0800	0.1600	0.5820	0.2620
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	n/a							
2008	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/26	0.6541	0.0735	0.4960	0.0650	0.1300	0.6260	0.3660
	08	n/a							
	09	09/18	0.6977	-0.0088	0.5720	0.0760	0.1520	0.7240	0.4200
	10	10/23	0.6629	0.0617	0.4560	0.0990	0.1980	0.6540	0.2580

備註：表格內數據為福衛二號-RSI衛星影像所演算NDVI統計值。

n/a代表無影像資料或影像不全。

裸露地（新竹縣寶山第二水庫）

年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	n/a							
2005	05	05/30	0.6487	-0.1503	-0.0060	0.1170	0.2340	0.2280	-0.2400
	06	n/a							
	07	07/02	0.6269	-0.1346	0.0640	0.1250	0.2500	0.3140	-0.1860
	08	08/02	0.5556	-0.0707	0.0960	0.1060	0.2120	0.3080	-0.1160
	09	n/a							
	10	n/a							
2006	05	05/08	0.5167	-0.5637	-0.1370	0.1780	0.2560	0.2190	-0.4930
		05/10	0.6406	-1.0000	-0.2340	0.2880	0.5760	0.3420	-0.8100
	06	n/a							
	07	07/29	0.4211	-0.5758	-0.2840	0.1110	0.2220	-0.0620	-0.5060
	08	08/20	0.4021	-0.3333	-0.1450	0.0910	0.1820	0.0370	-0.3270
	09	09/28	0.5536	-0.2000	-0.0170	0.0870	0.1740	0.1570	-0.1910
10	10/22	0.3580	-0.3636	-0.2130	0.0620	0.1240	-0.0890	-0.3370	
2007	05	05/08	0.4286	-0.4035	-0.2220	0.0460	0.0920	-0.1300	-0.3140
	06	06/30	0.6391	-0.4872	-0.3010	0.0840	0.1680	-0.1330	-0.4690
	07	07/03	0.6571	-0.1560	0.0790	0.0480	0.0960	0.1750	-0.0170
	08	08/05	0.3235	-0.1765	-0.0530	0.0290	0.0580	0.0050	-0.1110
		08/16	0.6471	-0.5000	-0.1720	0.0720	0.1440	-0.0280	-0.3160
	09	09/14	0.3187	-0.2414	-0.0890	0.0380	0.0760	-0.0130	-0.1650
09/16		0.3095	-0.1351	-0.0150	0.0290	0.0580	0.0430	-0.0730	
10	n/a								
2008	05	05/16	0.0894	-0.2152	-0.1260	0.0190	0.0380	-0.0880	-0.1640
	06	06/22	0.3933	-0.1507	-0.0570	0.0350	0.0700	0.0130	-0.1270
	07	07/21	0.1667	-1.0000	-0.2130	0.1310	0.2620	0.0490	-0.4750
		07/26	0.1613	-0.1373	-0.0270	0.0230	0.0460	0.0190	-0.0730
	08	n/a							
	09	09/18	0.0092	-0.1837	-0.1210	0.0290	0.0580	-0.0630	-0.1790
10	10/21	0.0789	-0.1035	-0.0230	0.0230	0.0460	0.0230	-0.0690	

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。

n/a 代表無影像資料或影像不全。

魚塢（新竹縣拔子窟）

年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	n/a							
2005	05	05/30	0.3556	-0.6800	-0.1500	0.1410	0.2820	0.1320	-0.4320
	06	n/a							
	07	07/02	0.4023	-0.3889	-0.1160	0.0670	0.1340	0.0180	-0.2500
	08	08/10	-0.6800	-0.8696	-0.8060	0.0320	0.0640	-0.7420	-0.8700
	09	n/a							
	10	10/25	0.2188	-0.8182	-0.3420	0.1070	0.2140	-0.1280	-0.5560
2006	05	05/10	0.2000	-1.0000	-0.3760	0.1430	0.2860	-0.0900	-0.6620
	06	06/17	0.2174	-0.4054	-0.1130	0.0670	0.1340	0.0210	-0.2470
	07	07/20	0.2400	-0.3714	-0.1150	0.0730	0.1460	0.0310	-0.2610
	08	08/25	0.4369	-0.2727	-0.0790	0.1000	0.2000	0.1210	-0.2790
	09	n/a							
	10	10/19	-0.0370	-0.4359	-0.2820	0.0410	0.0820	-0.2000	-0.3640
2007	05	05/11	-0.0252	-0.4247	-0.2790	0.0400	0.0800	-0.1990	-0.3590
	06	06/30	0.4667	-0.8571	-0.2170	0.2070	0.4140	0.1970	-0.6310
	07	07/08	0.0357	-0.5217	-0.3070	0.0580	0.1160	-0.1910	-0.4230
	08	08/16	0.2329	-0.5385	-0.2250	0.0830	0.1660	-0.0590	-0.3910
	09	09/14	0.2658	-0.4211	-0.1090	0.0930	0.1860	0.0770	-0.2950
	10	10/21	0.1944	-0.2653	-0.1290	0.0670	0.1340	0.0050	-0.2630
2008	05	05/14	0.4000	-0.3600	-0.1220	0.0970	0.1940	0.0720	-0.3160
	06	06/23	0.3267	-0.2500	-0.0600	0.0880	0.1760	0.1160	-0.2360
	07	07/12	0.3864	-0.3514	-0.1420	0.0710	0.1420	0.0000	-0.2840
		07/21	0.3659	-0.6522	-0.1800	0.1050	0.2100	0.0300	-0.3900
	08	07/24	0.5455	-0.7692	-0.1250	0.1560	0.3120	0.1870	-0.4370
		08/04	0.4039	-0.5484	-0.1330	0.1130	0.2260	0.0930	-0.3590
	09	09/18	0.2289	-0.2917	-0.1240	0.0900	0.1800	0.0560	-0.3040
09/21		0.0909	-0.1875	-0.1020	0.0340	0.0680	-0.0340	-0.1700	
10	n/a								

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。

n/a 代表無影像資料或影像不全。

草地 (桃園縣龍崗)

年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	09/03	0.3496	0.0707	0.2710	0.0400	0.0800	0.3510	0.1910
		09/18	0.4595	0.1316	0.3450	0.0570	0.1140	0.4590	0.2310
10	n/a								
2005	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/10	0.5510	0.2081	0.4040	0.0670	0.1340	0.5380	0.2700
	08	08/02	0.4394	0.1597	0.2880	0.0450	0.0900	0.3780	0.1980
	09	09/03	0.5630	0.2708	0.4250	0.0510	0.1020	0.5270	0.3230
	10	n/a							
2006	05	05/08	-0.0556	0.4729	0.1780	0.1250	0.2500	0.4280	-0.0720
	06	n/a							
	07	07/29	0.4082	0.0603	0.2740	0.0590	0.1180	0.3920	0.1560
	08	08/20	0.1633	-0.0625	0.0610	0.0310	0.0620	0.1230	-0.0010
	09	09/28	0.4091	0.0744	0.2330	0.0460	0.0920	0.3250	0.1410
	10	10/22	0.0769	-0.1494	-0.0450	0.0380	0.0760	0.0310	-0.1210
2007	05	05/08	0.4231	0.0194	0.2070	0.0760	0.1520	0.3590	0.0550
	06	n/a							
	07	07/03	0.4410	0.1716	0.3050	0.0550	0.1100	0.4150	0.1950
	08	08/05	0.2533	-0.0309	0.1000	0.0490	0.0980	0.1980	0.0020
	09	09/16	0.4359	-0.0469	0.2640	0.0660	0.1320	0.3960	0.1320
	10	n/a							
2008	05	05/16	0.3735	-0.1373	0.1970	0.0930	0.1860	0.3830	0.0110
	06	06/22	0.6191	-0.0504	0.3950	0.1120	0.2240	0.6190	0.1710
	07	07/26	0.3333	-0.0216	0.2050	0.0480	0.0960	0.3010	0.1090
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	10/08	0.5446	-0.0732	0.3220	0.0870	0.1740	0.4960	0.1480

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。

n/a 代表無影像資料或影像不全。

農田（桃園縣中央大學北村）

年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	09/03	0.5539	0.1923	0.4450	0.0790	0.1580	0.6030	0.2870
	10	n/a							
2005	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/10	0.6478	0.1834	0.4290	0.0990	0.1980	0.6270	0.2310
	08	08/02	0.5735	0.0698	0.3930	0.1470	0.2940	0.6870	0.0990
	09	09/03	0.6640	0.2258	0.4940	0.1080	0.2160	0.7100	0.2780
	10	n/a							
2006	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/29	0.4579	-0.1548	0.3050	0.1310	0.2620	0.5670	0.0430
	08	08/20	0.3645	-0.1619	0.1580	0.1490	0.2980	0.4560	-0.1400
	09	09/28	0.5073	0.0783	0.3290	0.1070	0.2140	0.5430	0.1150
	10	10/22	0.3333	-0.2273	0.0170	0.1260	0.2520	0.2690	-0.2350
2007	05	05/08	0.3662	0.0728	0.2550	0.0570	0.1140	0.3690	0.1410
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	09/16	0.5965	0.0093	0.3520	0.1930	0.3960	0.7380	-0.0340
	10	n/a							
2008	05	05/16	0.4743	-0.0069	0.3460	0.1150	0.2300	0.5760	0.1160
	06	06/22	0.6912	0.4490	0.5850	0.0480	0.0960	0.6810	0.4890
	07	07/26	0.3393	-0.0056	0.1470	0.0740	0.1480	0.2950	-0.0010
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	10/08	0.6250	-0.0141	0.4160	0.1820	0.3640	0.7800	0.0520

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。
n/a 代表無影像資料或影像不全。

陰影 (桃園縣奎輝)									
年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	09/18	0.7183	-0.6154	0.4040	0.3220	0.6440	1.0480	-0.2400
	10	n/a							
2005	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/25	0.7273	-0.3913	0.4410	0.3010	0.6020	1.0430	-0.1610
	08	n/a							
	09	09/09	0.6868	-0.3549	0.3480	0.2730	0.5460	0.8940	-0.1980
	10	n/a							
2006	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/19	0.7460	-0.3044	0.4880	0.2760	0.5520	1.0400	-0.0640
	08	08/19	0.6087	-0.0952	0.4080	0.1610	0.3220	0.7300	0.0860
	09	n/a							
	10	n/a							
2007	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	10/11	0.5278	-0.3735	0.1890	0.2520	0.5040	0.6930	-0.3150
2008	05	n/a							
	06	06/10	0.6721	-0.2174	0.4390	0.2290	0.4580	0.8970	-0.0190
	07	n/a							
	08	08/20	0.6952	-0.1837	0.4330	0.2230	0.4460	0.8790	-0.0130
	09	09/18	0.6304	-0.2881	0.3660	0.2480	0.4960	0.8620	-0.1300
	10	n/a							

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。
n/a 代表無影像資料或影像不全。

防風林（新竹縣拔子窟）

年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	n/a							
2005	05	05/30	0.5714	0.2564	0.4060	0.0460	0.0920	0.4980	0.3140
	06	n/a							
	07	07/02	0.5319	0.3134	0.4200	0.0420	0.0840	0.5040	0.3360
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	10/25	0.4805	0.2308	0.3480	0.0470	0.0940	0.4420	0.2540
2006	05	05/10	0.6047	0.2759	0.4310	0.0580	0.1160	0.5470	0.3150
	06	06/17	0.5294	0.3012	0.4040	0.0410	0.0820	0.4860	0.3220
	07	07/20	0.5413	0.3158	0.4230	0.0430	0.0860	0.5090	0.3370
	08	08/25	0.4409	0.2368	0.3490	0.0360	0.0720	0.4210	0.2770
	09	n/a							
	10	10/19	0.1613	-0.0566	0.0550	0.0340	0.0680	0.1230	-0.0130
2007	05	05/11	0.1150	-0.0870	-0.0080	0.0440	0.0880	0.0800	-0.0960
	06	06/30	0.4717	0.1714	0.2980	0.0440	0.0880	0.3960	0.2100
	07	07/08	0.3654	0.0649	0.2000	0.0510	0.1020	0.3020	0.0980
	08	08/16	0.5181	0.2364	0.3870	0.0480	0.0960	0.4830	0.2910
	09	09/14	0.3889	0.1667	0.2910	0.0420	0.0840	0.3750	0.2070
	10	10/21	0.2329	0.0159	0.1420	0.0370	0.0740	0.2160	0.0680
2008	05	05/14	0.4607	0.0380	0.2980	0.0530	0.1060	0.4040	0.1920
	06	06/23	0.4409	0.1831	0.3030	0.0400	0.0800	0.3830	0.2230
	07	07/12	0.5258	0.2424	0.3770	0.0550	0.1100	0.4870	0.2670
		07/24	0.6162	0.3548	0.4890	0.0510	0.1020	0.5910	0.3870
	08	08/04	0.5510	0.2647	0.3990	0.0480	0.0960	0.4950	0.3030
	09	09/18	0.2874	0.1015	0.2070	0.0310	0.0620	0.2690	0.1450
		09/21	0.1954	0.0263	0.1100	0.0360	0.0720	0.1820	0.0380
10	n/a								

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。
n/a 代表無影像資料或影像不全。

林地 (桃園縣石門水庫)									
年度	月份	影像拍攝日期	最大值	最小值	平均值	標準差	兩倍標準差	平均值兩倍標準差上限	平均值兩倍標準差下限
			Max	Min	Mean	Std.Dev	2S (Std.Dev×2)	Mean+2S	Mean-2S
2004	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	n/a							
2005	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/25	0.7410	0.3600	0.6490	0.0560	0.1120	0.7610	0.5370
	08	n/a							
	09	09/09	0.7683	0.5094	0.6840	0.0310	0.0620	0.7460	0.6220
	10	n/a							
2006	05	n/a							
	06	n/a							
	07	07/19	0.7778	0.5077	0.6910	0.0310	0.0620	0.7530	0.6290
	08	08/19	0.6835	0.4400	0.5830	0.0310	0.0620	0.6450	0.5210
	09	n/a							
	10	10/10	0.6800	0.1754	0.5660	0.0770	0.1540	0.7200	0.4120
2007	05	n/a							
	06	n/a							
	07	n/a							
	08	n/a							
	09	n/a							
	10	10/11	0.6637	0.1613	0.5450	0.0620	0.1240	0.6690	0.4210
2008	05	n/a							
	06	06/10	0.6696	0.4000	0.5740	0.0400	0.0800	0.6540	0.4940
	07	n/a							
	08	08/20	0.6909	0.0602	0.5620	0.1020	0.2040	0.7660	0.3580
	09	09/18	0.6774	0.2759	0.6070	0.0480	0.0960	0.7030	0.5110
	10	n/a							

備註：表格內數據為福衛二號-RSI 衛星影像所演算 NDVI 統計值。
n/a 代表無影像資料或影像不全。

附錄D 十月份工作會議決議事項

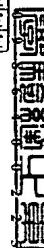
檔 號：
保存年限：

國立中央大學 函

機關地址：320桃園縣中壢市中大路300號
聯絡人：陳佩芬
聯絡電話：03-4227151#57644

10642
台北市潮州街六十一之三號
受文者：行政院農業委員會林務局農林航空測量所
速別：
密等及解密條件或保密期限：普通
發文日期：中華民國98年11月10日
發文字號：中大訊字第0986400225號

承辦單位	
副所長	納繪課
秘書	調查課
技正(林)	資料課
技正(測)	秘書室(一)
計管課	會計室
測量課	人事室
立製課	政風室



主旨：擬 請同意變更「多元衛星遙測於全島綠資源調查、追蹤、分析比較」計畫之工作項目一與工作項目二，敬請 惠允見復。

說明：

- 一、依據合約工作項目一之規定，Terra/Aqua-MODIS資料原訂蒐集為2009年1月至12月完整一年資料，但因10月至12月資料取得與期末報告繳交之時程相抵觸，為避免影響計畫執行，擬 請同意提早資料收集之時程為2008年10月至2009年9月止。
- 二、依據合約工作項目二之規定，利用福衛二號-RSI衛星影像完成六個月內全年一期全島無雲之影像，如衛星影像無法獲取或不可使用，則以前一年同季取代。截至目前福衛二號-RSI鑲嵌影像已完成約90%，582及587航帶因雲霧無法完成完整鑲嵌區域，為符合計畫時程，擬 請同意優先使用去(2008)年同期福衛二號衛星影像替補，或以今年(2009)年同期拍攝角度大於40度之福衛二號影像替補，如仍無法替補完全，則以去(2008)年11月至今(2009)年4月福衛二號影像替補



正本：行政院農業委員會林務局農林航空測量所
副本：



校長 蔣偉寧

依分層負責規定授權單位主管決行

國立中央大學

章

訂

線

檔 號：

保存年限：

行政院農業委員會林務局農林航空測量所 函

機關地址：10642台北市大安區潮州街61號
之3

承辦人：劉文煒

電話：33437602

受文者：國立中央大學

發文日期：中華民國98年11月18日

發文字號：農測秘字第0989270214號

速別：最速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：

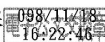
主旨：貴校承攬本所「多元衛星遙測於全島綠資源調查、追蹤、分析比較委託研究計畫一式」案（編號：98B003-W）申請變更工作項目，請依說明事項儘速辦理，復請查照。

說明：

- 一、復貴校98年11月10日中大訊字第0986400225號函。
- 二、有關來函說明一、陳述本案Terra/Aqua-MODIS衛星影像資料收集時程，擬依據合約書規範第參條第二項規定，申請同意提早資料收集為2008年10月至2009年9月止，本所同意辦理。
- 三、來函說明二、582及587航帶因雲霧無法完成完整鑲嵌區域部分，請檢具相關事證資料等及詳述合約書適用條款，函送本所審查後再行辦理。

正本：國立中央大學

副本：本所秘書室、會計室、調查課



9270214A00\$309240000Q.di

第1頁，共1頁

國立中央大學



0980012993 09/11/18

一層 / 進行

檔 號：
保存年限：98-139-1

國立中央大學 函

機關地址：320桃園縣中壢市中大路300號

聯絡人：陳佩苓

聯絡電話：03-4227151#57644

10642

台北市潮州街六十一之三號

受文者：行政院農業委員會林務局農林航空測量所

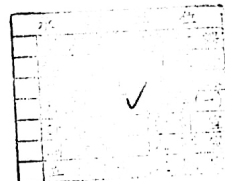
類別：

密等及解密條件或保密期限：普通

發文日期：中華民國98年11月30日

發文字號：中大訊字第0986400250號

附件：如文



主旨：檢送「多元衛星遙測於全島綠資源調查、追蹤、分析比較研究計畫」申請變更工作項目二之相關事證資料，請查照。

說明：

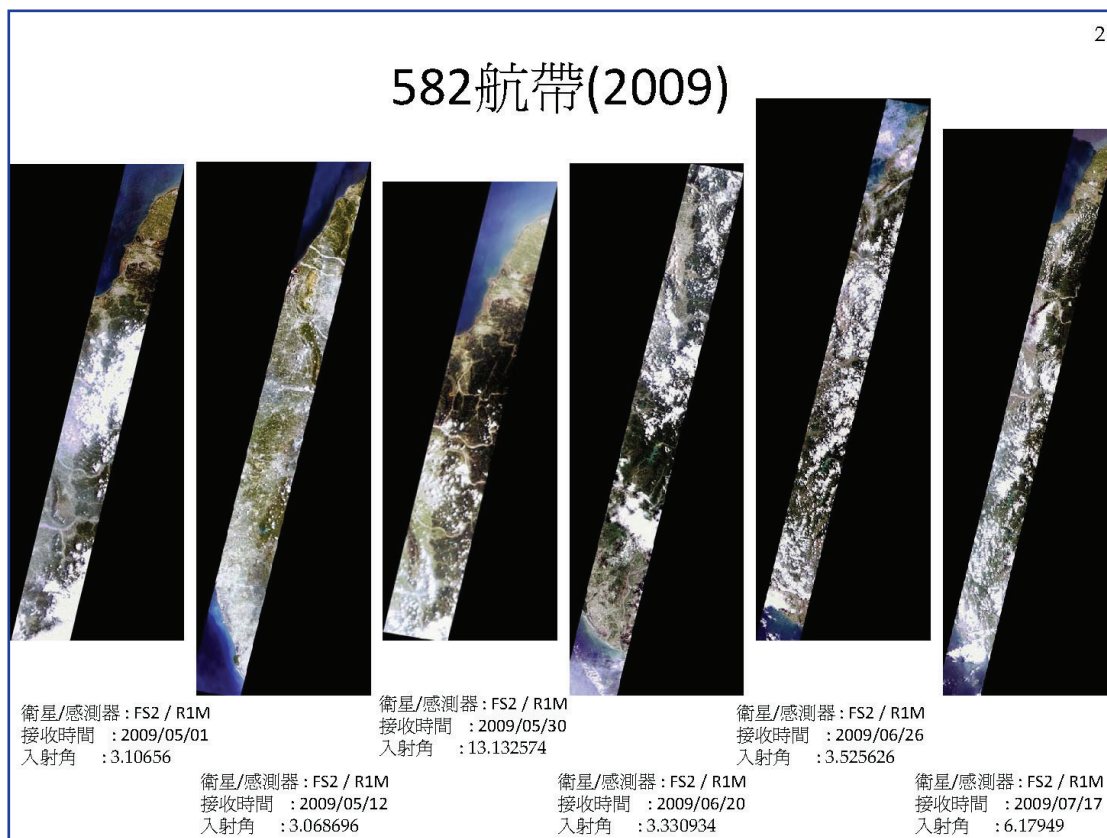
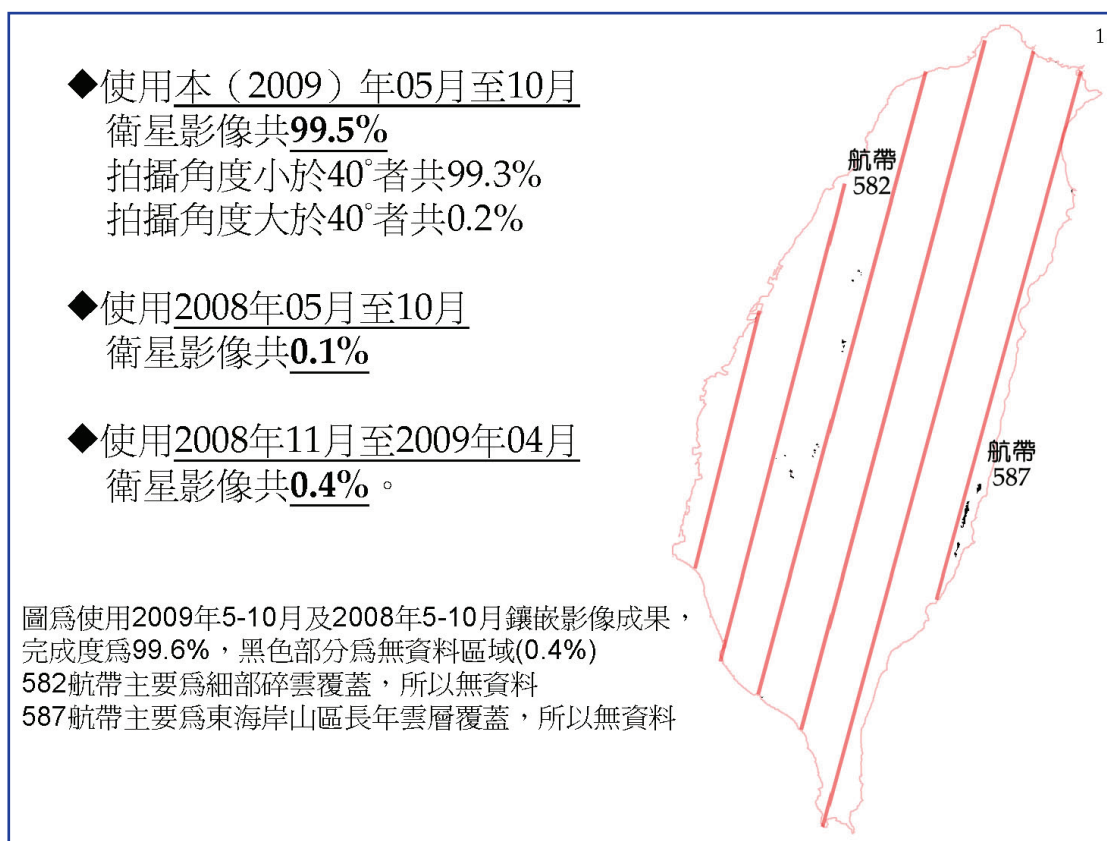
- 一、復 貴所 98年11月18日農測秘字第0989270214號函。
- 二、582及587航帶因雲霧而致無法完成完整的鑲嵌區域，相關證明資料如隨文附件所示。
- 三、依合約書第六條第二款之規定，本校已於10月9日工作會議中提出變更內容申請。為利計畫之執行，擬請 貴所同意優先使用去(2008)年同期福衛二號衛星影像替補，或以今年(2009)年同期拍攝角度大於40度之福衛二號影像替補，如仍無法替補完全，則以去(2008)年11月至今(2009)年4月福衛二號影像替補。

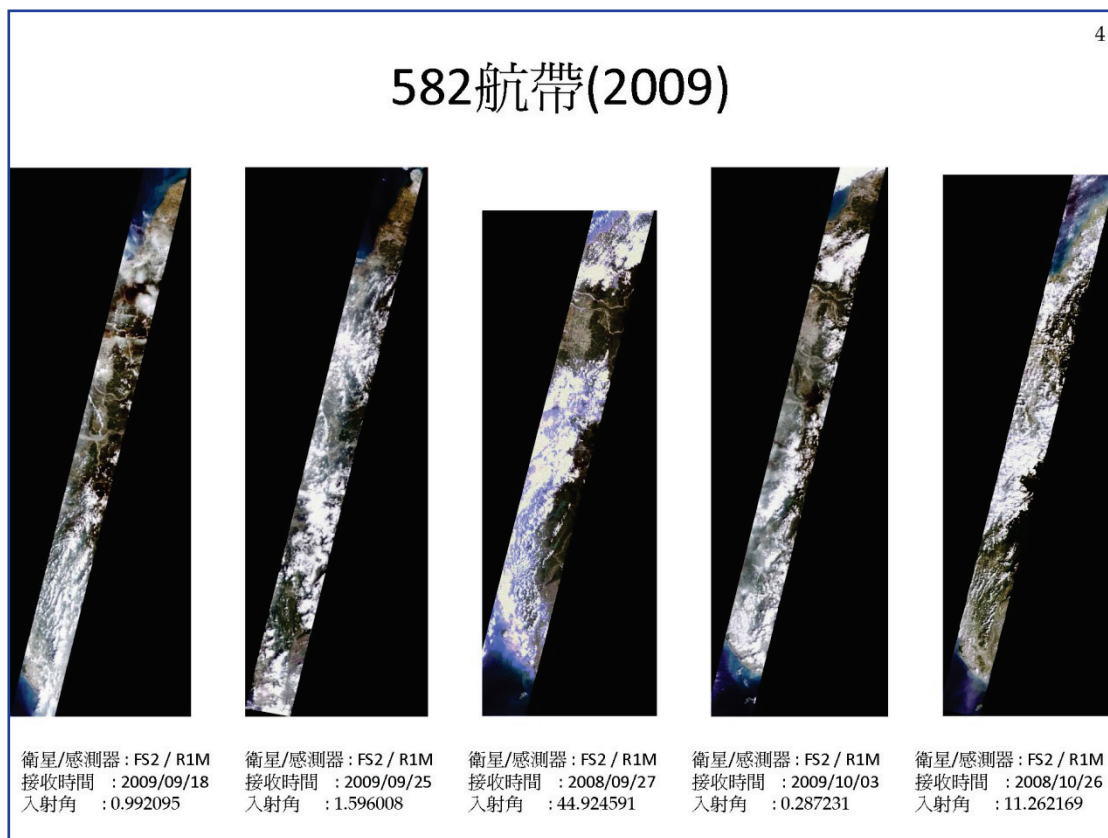
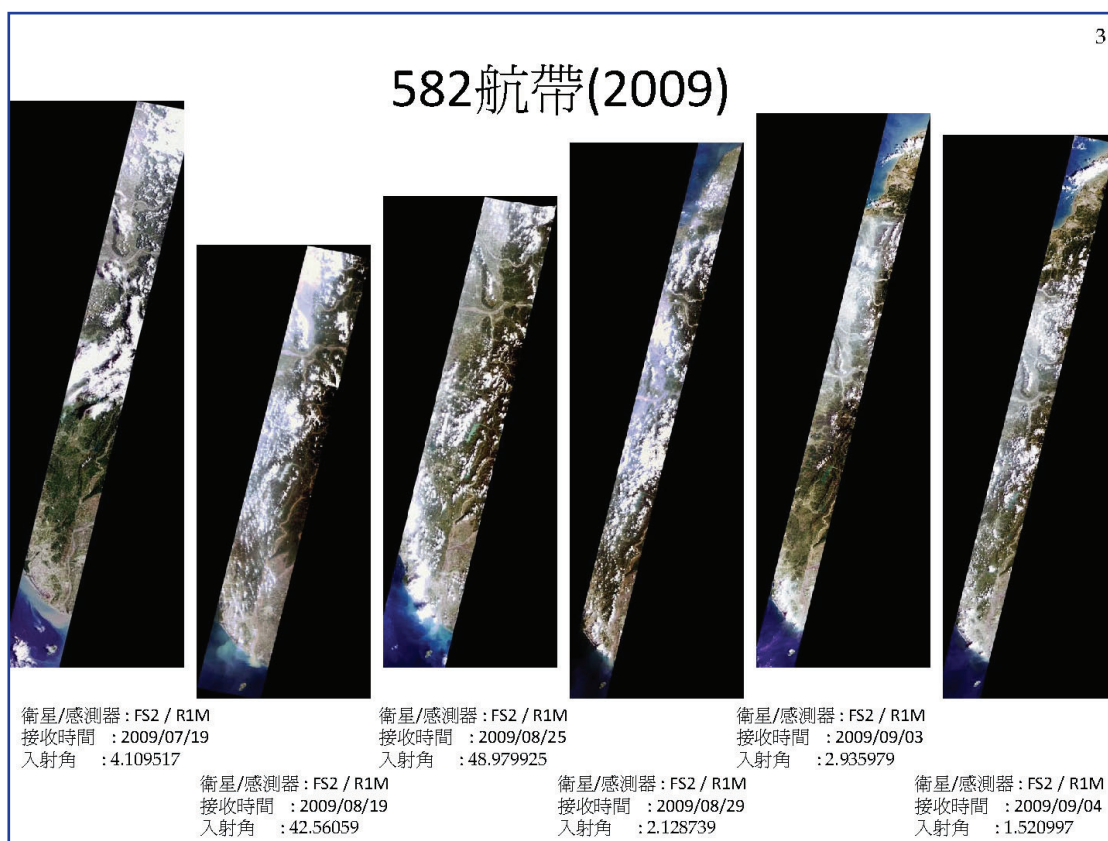
正本：行政院農業委員會林務局農林航空測量所

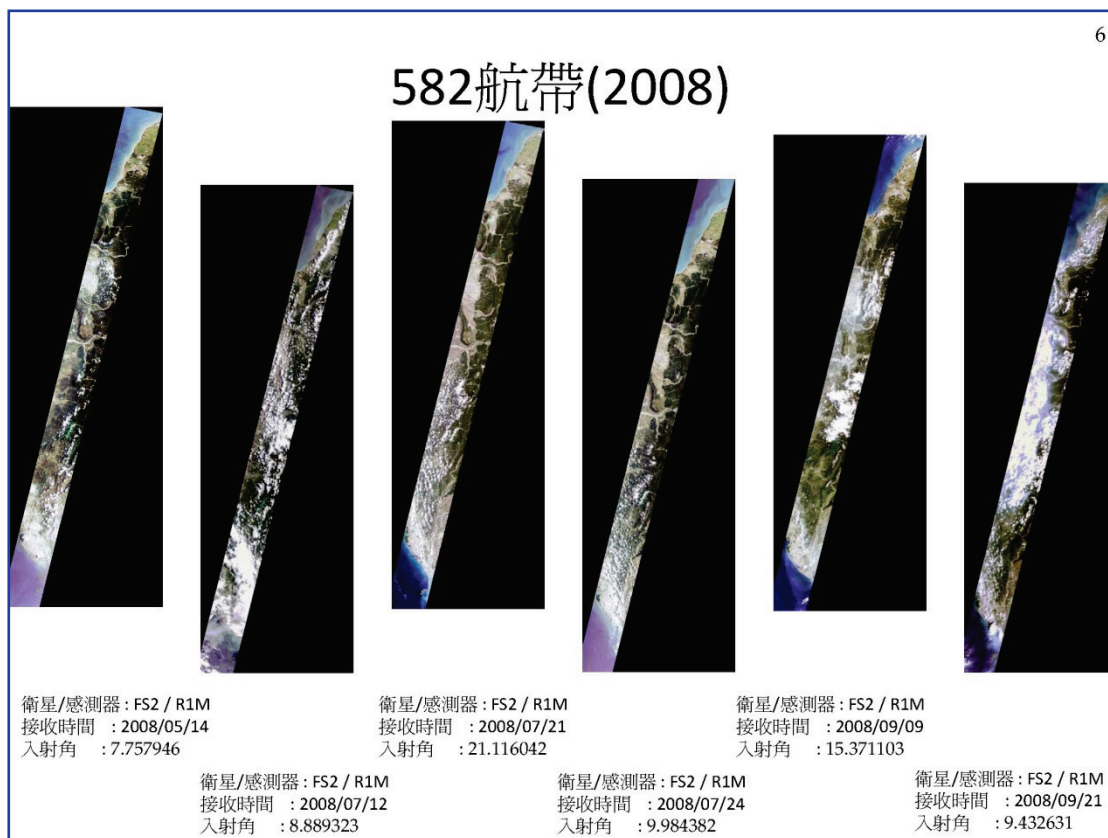
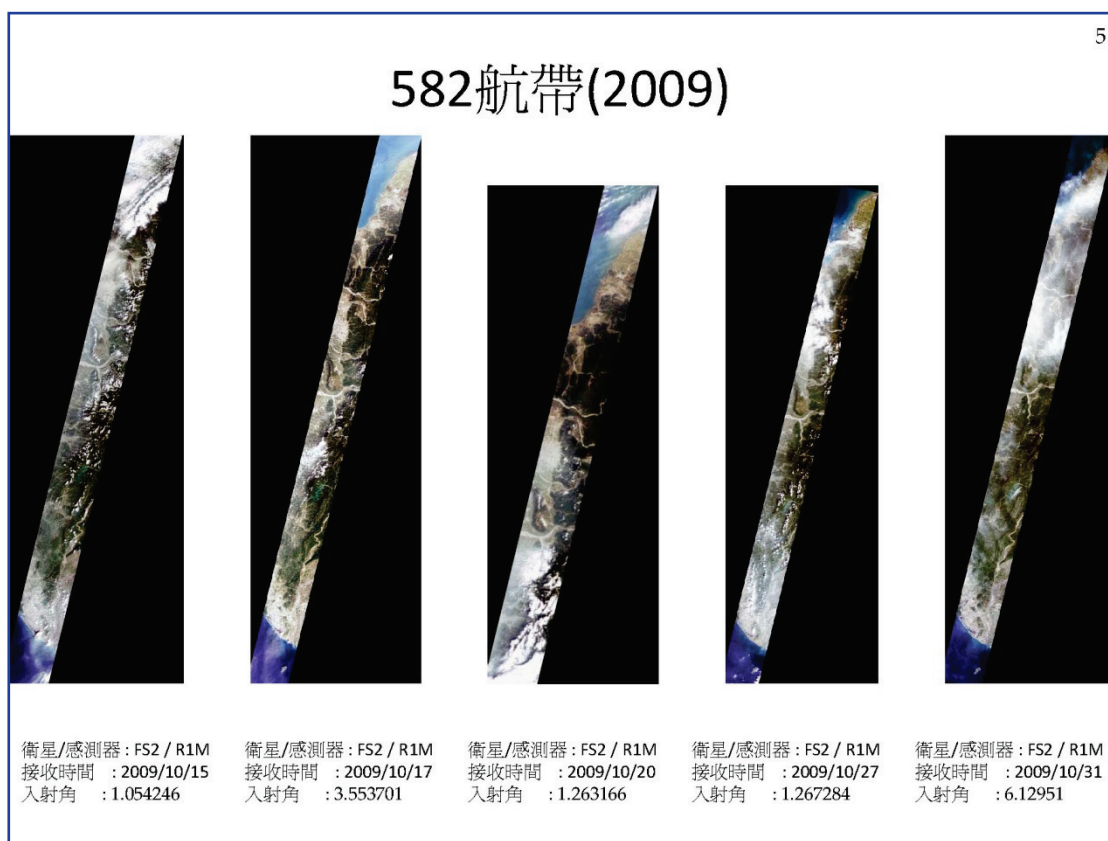
副本：

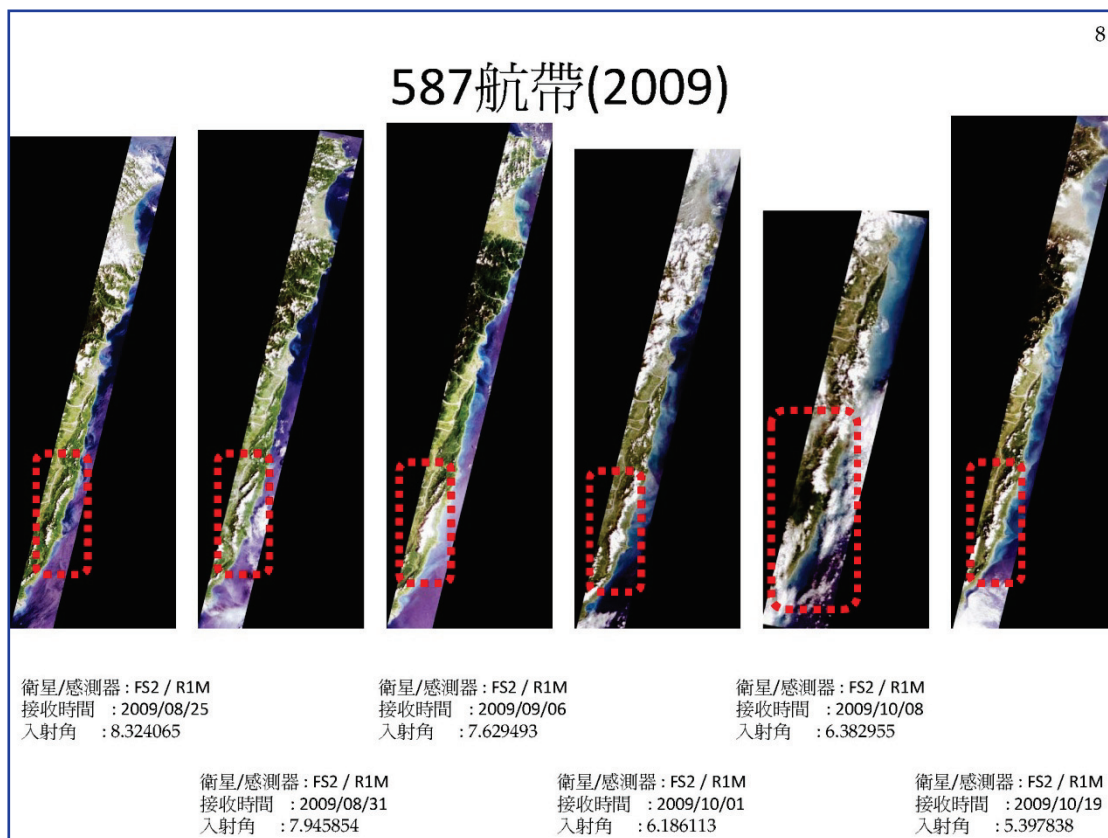
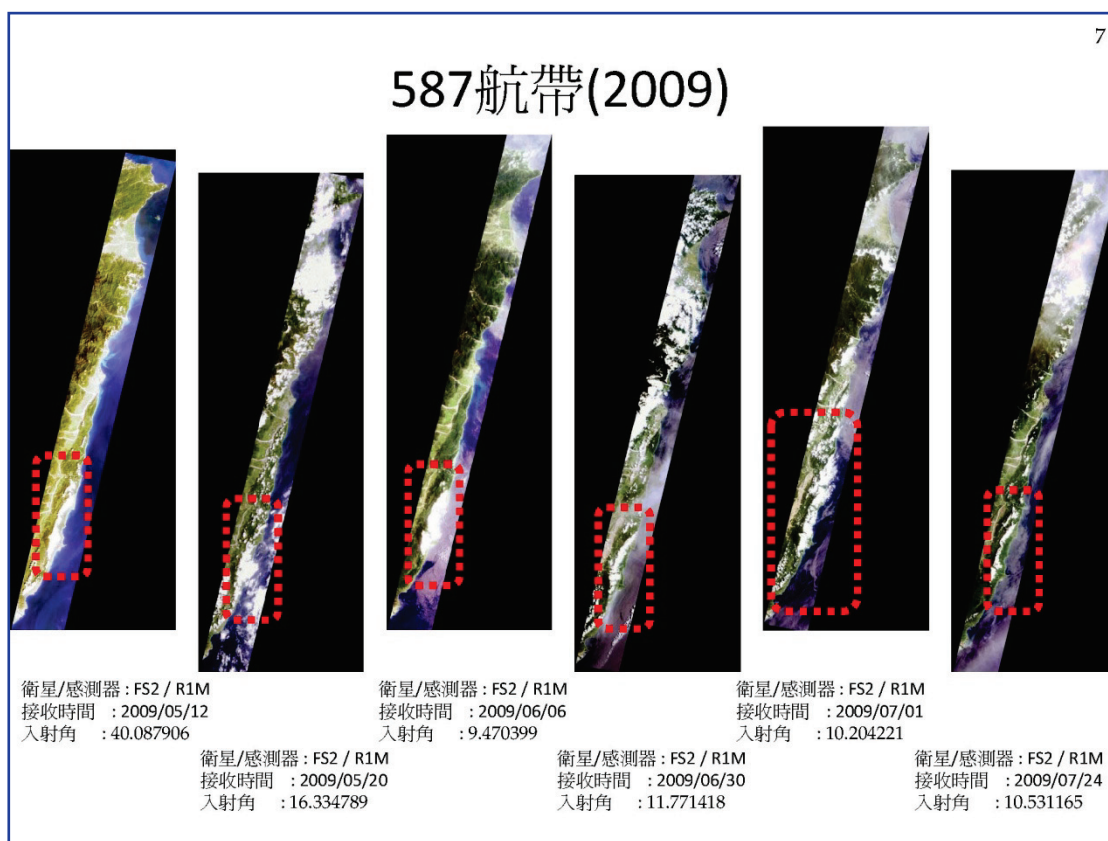
校長 蔣偉寧







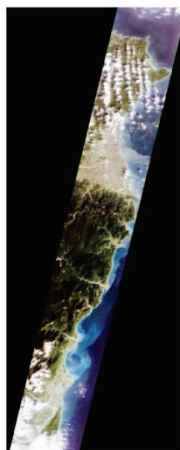




587航帶(2009)

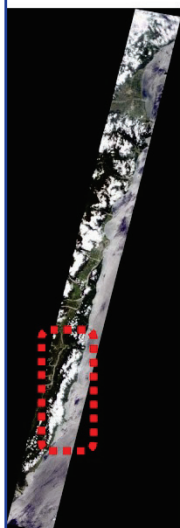


衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2009/10/25
入射角 : 5.96898



衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2009/10/26
入射角 : 11.373056

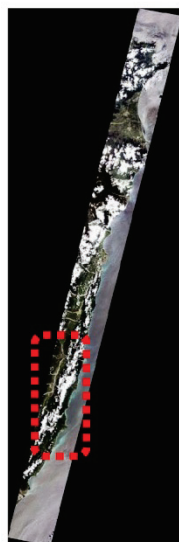
587航帶(2008)



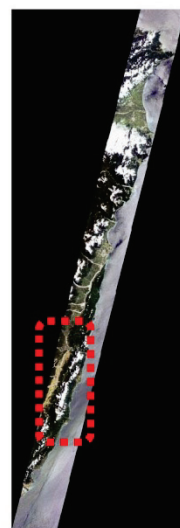
衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/05/09
入射角 : 15.719323



衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/05/13
入射角 : 13.913771



衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/06/09
入射角 : 13.414924

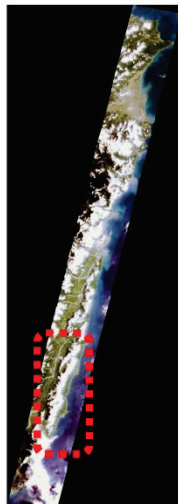


衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/07/01
入射角 : 13.541317

587航帶(2008)



衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/08/16
入射角 : 15.476658



衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/09/19
入射角 : 29.001896



衛星/感測器 : FS2 / R1M
接收時間 : 2008/10/04
入射角 : 17.159226

檔 號：

保存年限：

行政院農業委員會林務局農林航空測量所 函

機關地址：10642台北市大安區潮州街61號
之3

承辦人：劉文煒
電話：33437602

受文者：國立中央大學

發文日期：中華民國98年12月7日
發文字號：農測秘字第0989270228號
速別：速件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：

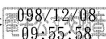
主旨：貴校承攬本所「多元衛星遙測於全島綠資源調查、追蹤、分析比較委託研究計畫一式」案（編號：98B003-W）申請變更工作項目部分，本所同意，並請依說明二辦理，請 查照。

說明：

- 一、復貴校98年11月30日中大訊字第0986400250號函。
- 二、有關來函說明二、582及587航帶因雲霧無法完成完整鑲嵌區域，擬依據合約書第六條第二款及規範第參條第二項規定，申請變更替補資料部分，本所同意貴校使用97年11月至98年4月福衛二號影像替補因雲霧無法完成鑲嵌之區域。

正本：國立中央大學

副本：秘書室、會計室、調查課



9270228A00\$309240000Q.di

第1頁，共1頁

國立中央大學



0980013687 09/12/08