
摘要

民國 98 年 8 月莫拉克颱風災後，大規模崩塌的發生潛勢已成為國內相關單位調查研究之重點。本計畫對相關判釋執行成果，進行權重因子之探討，使國有林大規模崩塌潛勢區評分標準能予以標準化，進而完成國有林大規模潛勢區之危險度評估。

本計畫統整 101-104 年(高屏溪及曾文溪流域)、103-104 年(大甲溪及濁水溪流域)及 105-107 年度工作範圍中之全國林區管理處轄管事業區，分別為新竹、東勢、羅東、南投、嘉義、花蓮、屏東及臺東林區管理處轄管事業區，工作範圍面積約 15,391.85 平方公里。工作內容為全臺林區管理處轄管國有林事業區基本環境資料蒐集、潛在大規模崩塌判釋、潛在大規模崩塌可能致災原因、影響範圍評估分析、評分標準之標準化及危險度評估、崩塌潛勢區目錄建置及圖資製作與衛星雷達影像評估。

本計畫之工作成果共判釋出潛在大規模崩塌 7,757 處(含 11 處非林班地)、其潛在崩塌總面積為 231,395.2 公頃、可能影響範圍總面積為 344,952.2 公頃。其中，保全分數”高”重要性者有 34 處，保全分數”中”重要性者有 224 處，保全分數”低”重要性者有 2,012 處。依據權重值計算得到的結果，發生度高者有 217 處，發生度中者有 1,885 處，發生度低者有 5,655 處。將發生度等級(T1)及保全重要性(T2)資料交互比對後得到的危險等級，9 分 1 處、8 分 5 處、7 分 3 處、6 分 28 處、5 分 57 處、4 分 31 處、3 分 164 處、2 分 430 處、1 分 1,551 處及 0 分 5,487 處。

判釋結果所得之大規模崩塌潛勢發生區位為數眾多，即便透過發生度及保全重要性對比後得到的危險度分析，篩選出較具災害發生機會之潛勢區位數量仍然甚多，因此建議採取分級處理之概念，針對大規模崩塌進行長期坡面位移觀測工作。

Abstract

After the typhoon Morakot in August 2009, the potential for large-scale landslides has become the focus of investigations by relevant domestic units. The plan will carry out the weighting factors of the relevant judgments and implementation results, so that the scores of the large-scale collapse potential areas of state-owned forests can be standardized, and the risk assessment of large-scale landslides areas of state-owned forests can be completed.

The project is planned for the 2011-2015 years (Gaoping River and Zengwun River Basins), 2014-2015 years (Dajia River and Zhuoshui River Basin) and the National Forest Management Office under the 2016-2018 annual work scope. They are managed by Hsinchu, Dongshi, Luodong, Nantou, Chiayi, Hualien, Pingtung and Taitung Forest Management Offices, with a working area of approximately 15,391.85 square kilometers. The content of the work is the collection of basic environmental data of the state-owned forest business district under the jurisdiction of the Forestry Bureau Office of Forestry Administration, the potential large-scale landslides interpretation, the possible causes of potential mass collapse, the assessment of the impact range, the standardization of the scoring standards and the risk assessment. Catalogue construction and image production and satellite radar image evaluation for landslides potential areas.

The work of this project has resulted in the release of 7,757 potential large-scale landslides (including 11 non-forest classes), with a total potential collapse of 231,395.2 hectares and a total affected area of 344,952.2 hectares. Among them, there are 34 important landslides with the preservation score "high", 224 with the preservation score "medium", and 2,012 with the importance of the preservation score "low". According to the calculation of the weight value, there are 217 sites are high level of occurrence, 1,885 sites are medium level of occurrence, and 5,655 sites are low level of occurrence. The risk level obtained by comparing the degree of occurrence (T1) and the importance of preservation (T2), 1 site is 9 scores, 5 sites are 8 scores, 3 sites are 7 scores, 28 sites are 6 scores, 57 sites are 5 scores, 31 sites are 4 scores, 164 sites are 3 scores, 430 sites are 2 scores, 1,551 sites are 1 scores and 5,487 sites are 0 scores.

The potential large-scale landslides are a large number of places. Even if the risk analysis obtained after the comparison of the degree of occurrence and preservation is important, the number of potential areas for screening for disasters is still very large. Therefore, it is recommended to adopt The concept of grading treatment, for long-term slope displacement observation work for large-scale landslides.

目錄

壹、前言	1
1-1、計畫緣起	1
1-2、工作範圍	2
1-3、工作項目及內容	4
貳、工作執行構想與對策	6
2-1、工作方法及流程	6
2-2、大規模崩塌區位判釋	7
2-2.1、基本環境資料蒐集與分析	7
2-2.2、大規模崩塌潛勢區位判釋	8
2-2.3、推估大規模崩塌潛勢區可能致災原因及影響範圍	15
2-3、大規模崩塌潛勢區發生度評分標準之標準化及危險度評估	17
2-3.1、大規模崩塌潛勢區評分標準之標準化	19
2-3.2、國有林大規模崩塌潛勢區危險度評估	31
2-3.3、潛在大規模崩塌目錄建置及圖資製作	32
2-4、衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討	35
2-4.1、收集國內相關機關進行大規模潛勢區活動性評估之方法及案例	36
2-4.2、考量國有林大規模崩塌潛勢區區位及保全對象特性，評估運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式，並與以單頻 GPS 監測大規模潛勢區評估活動性之方法進行比較	37
2-5、成果資料檢核	40
參、林務局國有林大規模潛勢區判釋及危險度評估成果	41
3-1、基本環境資料蒐集與分析	41
3-1.1、水系概述	42
3-1.2、地形與地文概述	47
3-1.3、地質	51
3-1.4、雨量	58
3-1.5、人文、土地利用與道路圖	74
3-1.6、山崩潛勢與環境地質圖	75
3-1.7、山崩目錄與衛星影像	77
3-2、潛在大規模崩塌潛勢區位判釋成果	84
3-3、推估大規模崩塌潛勢區可能致災原因及可能影響範圍	92
3-4、國有林大規模崩塌潛勢區目錄建置及圖資製作	113
肆、運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討	114
4-1 前人研究文獻蒐集	114
4-2 評估運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式	121
伍、結論與建議	129
5-1 結論	129
5-2 建議	131

伍、參考文獻	133
附件 1、期末會議委員意見答覆	附 1
附件 2、國有林事業區大規模崩塌危險等級評分列表	附 9
附錄 3、102 年「國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域」成果資料之潛在深層崩塌之較高危險等級一欄表	附 12

圖目錄

圖 1-1.1、計畫工作範圍	3
圖 2-1.1、工作執行流程圖	6
圖 2-2.1、潛在大規模崩塌微地形特徵示意圖(修改自 Varnes, 1978)	9
圖 2-2.2、平面滑動型之潛在大規模崩塌	10
圖 2-2.3、楔型滑動型之潛在大規模崩塌	11
圖 2-2.4、圓弧滑動型之潛在大規模崩塌	12
圖 2-2.5、1 米坡度圖、航照影像(拍攝日期: 98 年 8 月 28 日)及 3D 坡度圖立體展示及其判釋成果圖(本團隊成果)	14
圖 2-2.6、日本全國地滑崖崩對策協議會地滑影響範圍評估	15
圖 2-2.7、影響範圍圈繪範例-以臺中市-和平區-D132 為例	16
圖 2-2.8、影響範圍圈繪範例-以臺中市-和平區-D438 為例	16
圖 2-3.1、潛在大規模崩塌發生度評估流程	19
圖 2-3.2、近期發生之大規模崩塌(類型 A)示意圖	21
圖 2-3.3、中央地質調查所岩體分類圖	24
圖 2-3.4、崩塌與因子關係圖, B 為因子, D 為崩塌(Lee and Choi, 2004)	28
圖 2-3.5、潛在大規模崩塌編號原則示意圖	32
圖 2-4.1 衛星雷達發展簡介與時程圖(Rosen and Buccolo, 2007)	35
圖 2-4.2、合成孔徑雷達差分干涉技術原理示意圖	37
圖 2-4.3、永久射散體差分干涉技術原理示意圖(Hooper et al., 2007)	38
圖 2-4.4、時域相關點雷達干涉法示意圖(a)不同相位解算(b)計算位移量	39
圖 3-1.1、全國林區管理處轄管事業區水系概況	46
圖 3-1.2、全國林區管理處轄管事業區高程分布圖	47
圖 3-1.3、全國林區管理處轄管事業區坡度分布圖	49
圖 3-1.4、全國林區管理處轄管事業區坡向分布圖	50
圖 3-1.5、全國林區管理處轄管事業區地質圖	52
圖 3-1.6、各期等雨量線圖	73
圖 3-1.7、107 年度工作範圍門牌系統、水系、土地利用與道路圖	74
圖 3-1.8、山崩潛勢圖-大水窟山圖幅(地調所, 2015)	75
圖 3-1.9、已收集各期衛星影像及崩塌目錄	84
圖 3-2.1、全臺林區管理處判釋成果圖	87
圖 3-2.2、新竹林區管理處判釋成果圖	88
圖 3-2.3、東勢林區管理處判釋成果圖	88
圖 3-2.4、羅東林區管理處判釋成果圖	89
圖 3-2.5、南投林區管理處判釋成果圖	89
圖 3-2.6、嘉義林區管理處判釋成果圖	90
圖 3-2.7、花蓮林區管理處判釋成果圖	90
圖 3-2.8、屏東林區管理處判釋成果圖	91
圖 3-2.9、臺東林區管理處判釋成果圖	91

圖 3-3.1、潛在大規模崩塌編號新竹縣-尖石鄉-D022 高精度數值地形判釋成果圖	97
圖 3-3.2、潛在大規模崩塌編號新竹縣-尖石鄉-D022 三維高精度數值地形判釋成果圖	98
圖 3-3.3、潛在大規模崩塌編號新竹縣-尖石鄉-D022 可能影響範圍	98
圖 3-3.4、潛在大規模崩塌編號臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 高精度數值地形判釋成果圖	99
圖 3-3.5、潛在大規模崩塌編號臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 三維高精度數值地形判釋成果圖	100
圖 3-3.6、潛在大規模崩塌編號臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 可能影響範圍	100
圖 3-3.7、潛在大規模崩塌編號宜蘭縣-頭城鎮-D005 高精度數值地形判釋成果圖	101
圖 3-3.8、潛在大規模崩塌編號宜蘭縣-頭城鎮-D005 三維高精度數值地形判釋成果圖	102
圖 3-3.9、潛在大規模崩塌編號宜蘭縣-頭城鎮-D005 可能影響範圍	102
圖 3-3.10、潛在大規模崩塌編號南投縣-仁愛鄉-D720 高精度數值地形判釋成果圖	103
圖 3-3.11、潛在大規模崩塌編號南投縣-仁愛鄉-D720 三維高精度數值地形判釋成果圖	104
圖 3-3.12、潛在大規模崩塌編號南投縣-仁愛鄉-D720 可能影響範圍	104
圖 3-3.13、潛在大規模崩塌編號嘉義縣-大埔鄉-D037 高精度數值地形判釋成果圖	105
圖 3-3.14、潛在大規模崩塌編號嘉義縣-大埔鄉-D037 三維高精度數值地形判釋成果圖	106
圖 3-3.15、潛在大規模崩塌編號嘉義縣-大埔鄉-D037 可能影響範圍	106
圖 3-3.16、潛在大規模崩塌編號花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 高精度數值地形判釋成果圖	107
圖 3-3.17、潛在大規模崩塌編號花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 三維高精度數值地形判釋成果圖	108
圖 3-3.18、潛在大規模崩塌編號花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 可能影響範圍	108
圖 3-3.19、潛在大規模崩塌編號高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 高精度數值地形判釋成果圖	109
圖 3-3.20、潛在大規模崩塌編號高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 三維高精度數值地形判釋成果圖	110
圖 3-3.21、潛在大規模崩塌編號高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 可能影響範圍	110
圖 3-3.22、潛在大規模崩塌編號臺東縣-太麻里鄉-D038 高精度數值地形判釋成果圖	111
圖 3-3.23、潛在大規模崩塌編號臺東縣-太麻里鄉-D038 三維高精度數值地形判釋成果圖	112
圖 3-3.24、潛在大規模崩塌編號臺東縣-太麻里鄉-D038 可能影響範圍	112
圖 4-4.1、國有林大規模崩塌目錄及圖資	113
圖 4-1.1、臺灣北部地區不同衛星雷達干涉技術之成果比較圖。	116
圖 4-1.2、研究地區，以南投清境廬山地區為例。	117
圖 4-1.3、南投清境廬山地區位移成果圖。	117
圖 4-1.4、南投清境廬山地區 TCP-InSAR 分析結果成果圖。	118
圖 4-1.5、潛在大規模崩塌南投縣-仁愛鄉-D057 在各時間區段位移速度分析成果	120
圖 4-2.1、日本 ALOS 衛星雷達影像軌道示意圖	125
圖 4-2.2、TCP-InSAR 技術解算地表長期平均變形量之流程圖	126
圖 4-2.3、潛在大規模崩塌臺東縣-大武鄉-D021(大鳥崩塌)單頻 GPS 成果	128

表目錄

表 2-2.1、基本資料蒐集分類表.....	7
表 2-2.2、各種判釋影像工作限制分析表 (○：可利用).....	13
表 2-3.1、修正高屏流域因子分級/分類之發生度評分(林務局訂定之模式).....	17
表 2-3.2、保全評分表.....	18
表 2-3.3、危險等級評分表.....	18
表 2-3.4、潛在大規模崩塌發生度分析選用資料.....	20
表 2-3.5、坡向分級與權重計算結果.....	21
表 2-3.6、坡向分級與權重計算結果.....	22
表 2-3.7、順向坡分類與權重值計算結果.....	22
表 2-3.8、順逆指標與權重值計算結果.....	22
表 2-3.9、高程差分級與權重計算結果.....	23
表 2-3.10、高程差分級與權重計算結果.....	23
表 2-3.11、岩體強度分級與權重計算結果.....	23
表 2-3.12、岩體強度分級與權重計算結果.....	24
表 2-3.13、標準化植生指數(NDVI)與權重值計算結果.....	25
表 2-3.14、坡度分級與權重計算結果.....	25
表 2-3.15、坡度分級與權重計算結果.....	25
表 2-3.16、距水系最短距離分級與權重計算結果.....	26
表 2-3.17、距水系最短距離重新分類與權重計算結果.....	26
表 2-3.18、距地質構造線最短距離分級與權重計算結果.....	27
表 2-3.19、距地質構造線最短距離重新分類與權重計算結果.....	27
表 2-3.20、修訂因子分級/分類之發生度評分.....	30
表 2-3.21、修訂因子分級/分類之發生度等級.....	31
表 2-3.22、潛在大規模崩塌目錄資料結構表.....	33
表 2-3.23、計畫成果圖一覽表.....	34
表 2-4.1、各種常用衛星規格及參數.....	36
表 3-1.1、全國林區管理處轄管事業區基本資料蒐集分類表.....	41
表 3-1.2、全國林區管理處轄管事業區高程分布表.....	48
表 3-1.3、全國林區管理處轄管事業區坡度分布表.....	48
表 3-1.4、全國林區管理處轄管事業區坡向分布表.....	48
表 3-1.5、雨量資料列表.....	58
表 3-1.6、已蒐集完成山崩潛勢資料圖名列表.....	76
表 3-1.7、2004 年至 2013 年山崩目錄及影像列表.....	77
表 3-2.1、工作範圍潛在大規模崩塌判釋成果統計表.....	85
表 3-3.1、潛在大規模崩塌可能範圍、發生度等級及危險度等級成果統計表(關注為無保全者).....	92
表 3-3.2、潛在大規模崩塌危險度等級.....	95
表 4-2.1、各種常用衛星規格及參數.....	123

壹、前言

1-1、計畫緣起

民國 98 年 8 月莫拉克颱風災後，大規模崩塌的發生潛勢已成為國內相關單位調查研究之重點。為判釋國有林大規模崩塌潛勢區域，本局分別於 101 年-104 年辦理「國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域」研究案（高屏溪及曾文溪流域）、103 年-104 年辦理「國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析」（大甲溪流域及濁水溪流域），運用經濟部中央地質調查所空載雷射掃描（LiDAR）技術所完成之高精度數值地形模型，完成 4 處集水區國有林事業區之潛在大規模崩塌發生區位判釋，並初步建立潛勢區之調查、判釋與危險度評估方法等。

然國有林事業區面積廣達 153 萬餘公頃，截至 104 年度僅完成 4 個集水區約 51 萬公頃國有林事業區之判釋，故本計畫目的即針對尚未完成約 102 萬公頃之國有林事業區進行判釋作業。

前述本局所完成之 4 個集水區大規模崩塌潛勢區判釋，於危險度之評分，因各集水區有其不同之地表、地質特性，而故各自有其評分方式。為使評分標準能有其一致性，配合本計畫相關判釋執行成果，進行權重因子之探討，使國有林大規模崩塌潛勢區評分標準能予以標準化，進而完成國有林大規模潛勢區之危險度評估。

另查目前國內相關機關，已有運用衛星雷達影像配合雷達干涉分析技術進行大規模潛勢區之活動性評估，而本局目前則是以單點（處）設置簡易觀測站之方式進行活動性評估，故本計畫亦將辦理運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討，以作為後續本局辦理國有林大規模崩塌潛勢區活動性之參據。

1-2、工作範圍

- (一) 大規模崩塌潛勢區判釋：以經濟部中央地質調查所 106 年 12 月底前公布之 LiDAR 技術所完成之高精度數值地形模型進行判釋。
- 1、東勢、南投、嘉義、屏東林區管處轄管國有林事業區（不含大甲溪流域、濁水溪流域、高屏溪及曾文溪流域）。
 - 2、新竹林區管理處轄管國有林事業區。
 - 3、羅東林區管理處轄管國有林事業區。
 - 4、花蓮林區管理處轄管國有林事業區。
 - 5、臺東林區管理處轄管國有林事業區。
- (二) 大規模崩塌潛勢區評分標準之標準化及危險度評估：
- 1、大規模崩塌潛勢區評分標準之標準化。
 - 2、國有林大規模崩塌潛勢區危險度評估成果。
 - 3、國有林大規模崩塌潛勢區目錄建置及圖資製作。
- (三) 運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討：收集國內相關機關辦理大規模潛勢區活動性評估之方法及案例，並規劃運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式。

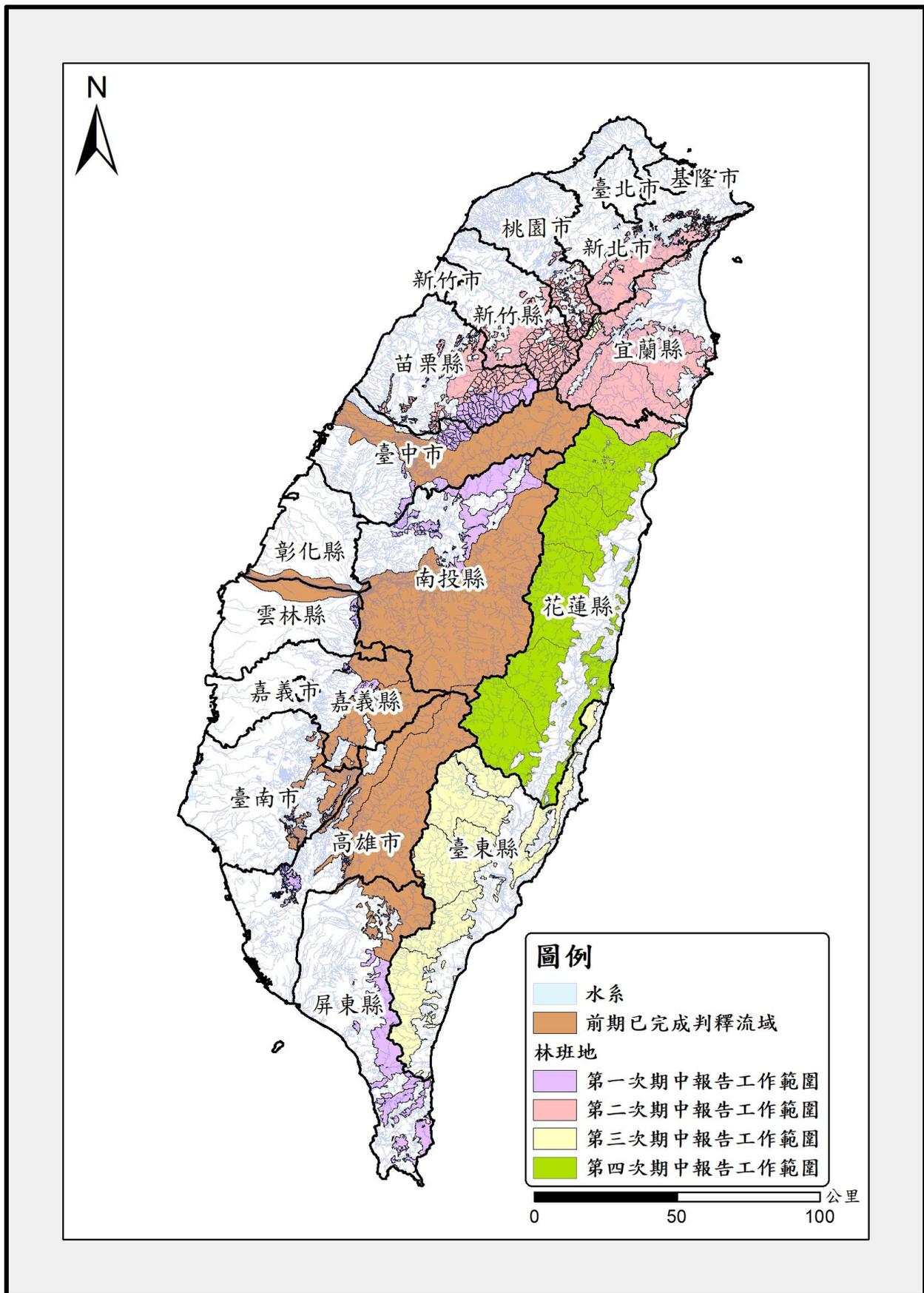


圖 1-1.1、計畫工作範圍

1-3、工作項目及內容

(一) 大規模崩塌潛勢區判釋

1、基本環境資料蒐集與分析

蒐集計畫範圍環境基本資料，包括水文及氣象、山崩目錄、環境地質圖、地質圖、山崩潛感圖、數值高程模型、航空照片、衛星影像、水系圖、道路圖等資料。

2、大規模崩塌潛勢區位判釋

以經濟部中央地質調查所利用空載雷射掃描(LiDAR)技術所完成之高精度數值地形模型，並配合相關資料，分別針對工作範圍所列各林區管理處轄管國有林事業區進行大規模崩塌潛勢區判釋。

3、推估大規模崩塌潛勢區可能致災原因及影響範圍

參考林務局訂定之潛在大規模崩塌危險度評估方法或其他適切方法，針對計畫範圍之大規模崩塌潛勢區之潛勢地點，進行危險度評估。

(二) 大規模崩塌潛勢區評分標準之標準化及危險度評估

1、大規模崩塌潛勢區評分標準之標準化。

檢討發生度評分各因子之分級及分類，進行權重因子之探討，將國有林大規模崩塌潛勢區評分標準能予以標準化。

2、國有林大規模崩塌潛勢區危險度評估

依據前項工作所完成之評分標準標準化，並參考其他機關有關潛在大規模崩塌危險度評估方法，進行國有林大規模崩塌潛勢區危險度評估。另危險度評估部分，除本計畫之工作範圍外，前2期計畫所完成之大甲溪流域、濁水溪流域、高屏溪及曾文溪流域國有林事業區大規模崩塌潛勢區亦需配合本次評分標準之標準化後重新檢討。

3、國有林大規模崩塌潛勢區目錄建置及圖資製作

建置國有林大規模崩塌目錄及圖資(比例尺 1/5000 以上)，以電子檔方式儲存於外接式儲存裝置，包含編號、發生位置、潛在崩塌面積、崩塌性質、地質、影響範圍與危險度等。另並印製大規模崩塌潛勢圖冊，以各林區管理處分冊，各 5 份，合計 40 冊，彩色印刷，單頁尺寸至少 A1 大小（可採雙頁列印模式）。

本項工作有關國有林大規模崩塌潛勢區目錄、圖資及圖冊須包含前 2 期所判釋出之大規模崩塌潛勢區。

(三) 運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討。

- 1、收集國內相關機關進行大規模潛勢區活動性評估之方法及案例。
- 2、考量國有林大規模崩塌潛勢區區位及保全對象特性，評估運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式（至少應包含執行方法與步驟、所需衛星影像之期程、圖幅），並與以單頻 GPS 監測大規模潛勢區評估活動性之方法進行比較。

貳、工作執行構想與對策

2-1、工作方法及流程

根據本計畫工作內容及目標，訂定工作執行流程如圖 2-1.1，首先進行資料蒐集與判釋方法檢討，確立判釋方法後即進行計畫範圍內大規模崩塌之區位判釋，評估其危險潛勢與影響範圍，後續再針對雷達衛星影像在國有林班地的適用性評估與單頻 GPS 監測方法比較，最後完成計畫工作。

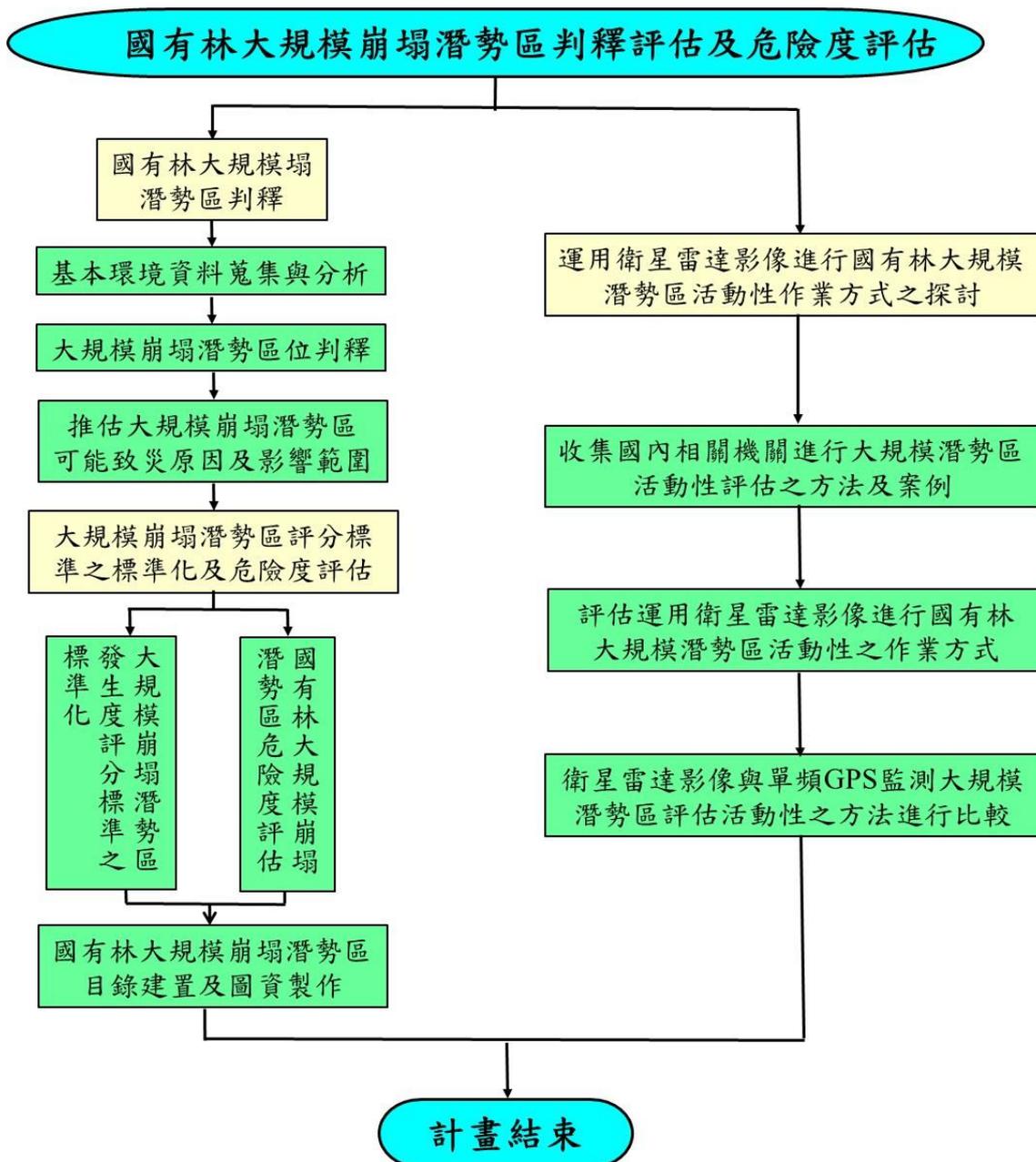


圖 2-1.1、工作執行流程圖

2-2、大規模崩塌區位判釋

本計畫以全國國有林班地為對象，利用地質、地形、水文條件篩選，有系統地對國有林重點流域進行大規模崩塌判釋及調查，找出具有大規模崩塌發生潛勢之區位，供防減災工作執行之參考。

2-2.1、基本環境資料蒐集與分析

蒐集計畫工作範圍內，包括人文、土地利用、地文、水文及氣象、山崩目錄、環境地質圖、地質圖、山崩潛感圖、數值高程模型、航空照片、衛星影像、水系圖、道路圖等基本資料，掌握計畫區域之環境基本資訊，本團隊收集之相關資料表列如表 2-2.1。

表 2-2.1、基本資料蒐集分類表

資料類別	資料說明	精度需求	資料來源	年份(民國)	備註
人文	1.部落分布 2.人口分布 3.門牌系統	1/25,000	原民會、縣市政府	99、106 年	蒐集完畢
地文	1.高程 2.坡度 3.坡向	1/5,000	內政部地政司	93 年	本團隊現有
水文及氣象	1.時雨量 2.平均雨量 3.颱風事件雨量	1/25,000	經濟部水利署 交通部中央氣象局	90~106 年	蒐集完畢
山崩目錄	山崩範圍與空間分布資料	1/25,000	本團隊產製	99~104 年	本團隊現有
環境地質圖	包括順向坡、崩塌等環境地質資料 (1/25,000 分幅)	1/5,000	經濟部中央地質調查所	99~104 年	本團隊現有
地質圖	包括岩性、地層位態、構造等資料 (1/50,000 分幅)	1/25,000	經濟部中央地質調查所	102 年	本團隊現有
山崩潛感圖	利用山崩的地形因子、地質因子、區位因子及水文因子等，建立潛感模型及計算潛感值	1/50,000	經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完畢
數值高程模型	數值高程模型資料，可進行潛在大規模崩塌區位判釋	1.5 米 2.1 米	內政部地政司 經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完畢
航空照片	1.正射影像 2.非正射影像	1/5,000	1. 農委會農林航空測量所 2. 經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完畢
衛星影像	包括 SPOT、福衛二號、QuickBird 與 IKONOS 等影像	8 米	國立中央大學太遙中心 福衛影像分送中心 商業衛星供應單位	93~102 年	本團隊現有
水系圖	水系分布	1/5,000	經濟部水利署	105 年	本團隊現有
道路圖	含省道、縣道、鄉道、一般道路、農路、林道	1/5,000	農委會農林航空測量所 內政部國土測繪中心 交通部運輸研究所	105 年	本團隊現有

2-2.2、大規模崩塌潛勢區位判釋

依據國家災害防救科技中心(NCDR)對於潛在大規模崩塌定義為崩塌面積超過 10 公頃、土方量達十萬立方米或崩塌深度在 10 公尺以上，且坡面上具有大規模崩塌破壞之微地形特徵者。

因本計畫為圖面判釋，無法估計崩塌深度與潛在崩塌土方，故以崩塌面積大於 10 公頃者為主要圈繪對象，利用航照與高精度數值地形產製日照陰影圖與坡度圖等資料之判釋，結合有利崩塌發生之各項地質與地形因子分析等方式，有系統找出計畫工作區域內具崩塌地形特徵的潛勢區位。

在大規模崩塌的發育過程中或崩塌後，地形上常存在一些地形特徵。大規模崩塌大致可以分為冠部、陷落區和隆起區，其主要特徵有主崩崖、次崩崖、冠部崩崖、冠部裂縫，反向坡與陷溝等線性構造如圖 2-2.1 所示(Agliardi et al., 2001; Chigira, 2009; Chigira and Kiho, 1994; Crosta et al., 2013; Pedrazzini et al., 2013; Varnes, 1978; 日本土木研究所，2008)。地形特徵說明如下：

1. 冠部是大規模崩塌發育的頭部，此區為張裂環境。坡面因拉張而發育較大落差者稱為冠部崩崖，較小者為冠部裂縫。
2. 陷落區是大規模崩塌主要材料來源，一般地貌會發育為似碗狀的凹谷地形。內部主要崩塌構造是主崩崖、次崩崖，若滑動體因圓弧滑動，可能造成坡面反轉(坡面朝山脊，形成反向坡地形)。
3. 主崩崖為大規模崩塌主要判釋特徵，為崩塌最主要的滑動面，是高精度數值地形判釋中最重要之線性。
4. 次崩崖是大規模崩塌滑動體內部之崩崖，主要為舊崩崖。若崩塌區內存在許多次崩崖，會使坡面如階梯狀，也就是坡面內部存在許多舊崩塌。
5. 多重山脊地形是指滑動體因旋轉運動，導致坡面反轉使坡向朝山脊，而與正常坡面(朝河谷)之間形成一凹谷。此朝山脊之坡面稱為反向坡(counterslope)，而凹谷稱之為陷溝(trench)。在大規模崩塌內部因常有塊體互相擠壓、拉張的情況，因此在擠壓的區位有垂直壓應力形成的橫向脊，在伸張的區位有垂直張應力形成的橫向裂縫。
6. 隆起區為大規模崩塌趾部變形帶或崩崖堆積區。趾部變形帶的主要應力狀態是壓應力，並呈現隆起狀。隆起區內可見岩盤破碎變形，而崩積層堆積的土石材料則為粒徑分布差異大，多為角礫狀。

7. 水系特徵。在坡面上的水系分布情況反應崩塌區位在地底的裂縫情形、表面材料抗侵蝕能力、崩塌地形發育等現象，因此可以利用高精度數值地形上判釋坡面上侵蝕溝分布位置、長度及水系密度等資訊，推測地表水與地表作用之關係。因為潛在大規模崩塌會有塊體旋轉等運動機制，導致坡面形成多重山脊地形，形成陷溝地形，若地表水較豐沛，則可能形成一個蓄水窪地。而崩塌坡面的裂縫較發達情況下，地表水容易入滲到坡體內部，降低地表沖蝕力，導致坡面侵蝕溝密度相對較低。

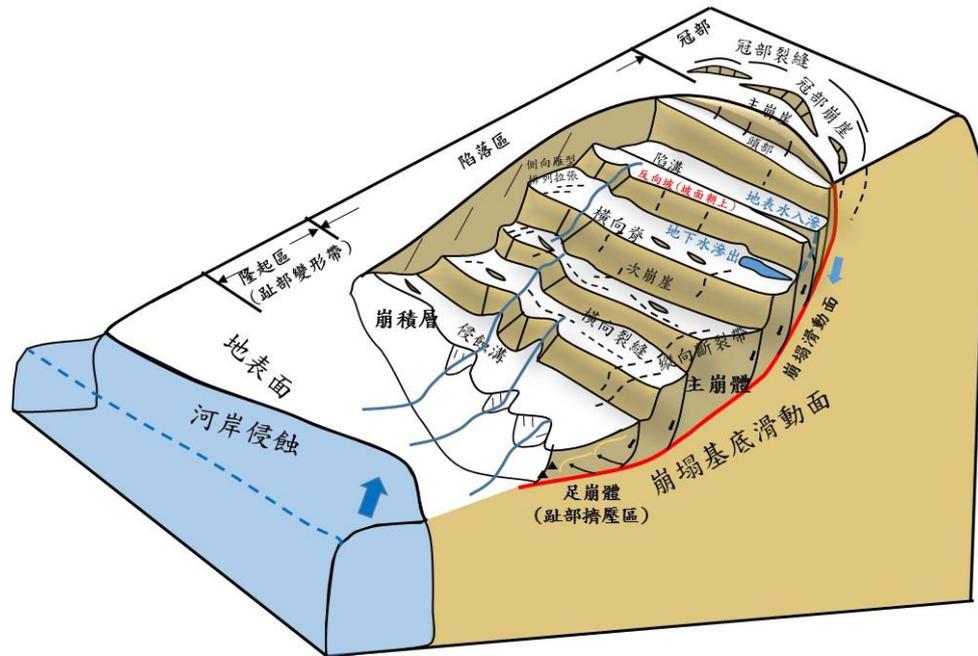


圖 2-2.1、潛在大規模崩塌微地形特徵示意圖(修改自 Varnes, 1978)

潛在大規模崩塌潛勢區範圍主要是根據主崩崖的連續性作為主要區分的依據，並參考坡向與坡面山脊線關係，作為崩塌範圍。高精度數值地形可以呈現細微的真實地表，因此對於岩層的層面、節理面等弱面常呈現平面狀，在坡度圖的色調上會呈現一致。在地質構造判釋中，褶皺可以根據岩層層面傾向的變化判釋褶皺軸位置；斷層則是利用岩層層面連續性突然被截斷，地形常呈現一線性條帶或地形鞍部。而重力變形是潛在大規模崩塌發生的主要因素之一，因此在高精度數值地形判釋上，除了主崩崖與冠部裂縫外，崩塌內部常呈現波浪狀，且有許多圓弧形崩崖。

在潛在大規模崩塌的判釋作業中，可以發現其形貌常受到弱面與地質構造的控制而有特定的地形特徵，根據這些崩塌地形特徵大致可以將潛在大規模崩塌的形貌分成三種類型，分別為平面滑動型、楔型滑動型與圓弧滑動型，其各項發生區位與崩塌特徵說明如下：

1.平面滑動型:

此類型通常發生在下部具厚層砂岩、上部為頁岩或砂頁互層之順向坡坡面或具一組主控劈理的變質岩區。此區共同地質特性是僅單一弱面主控坡面崩塌，並常為崩塌底部滑動面（層間剪裂帶）。

此類型崩塌滑動面受控於底部僅具一組主要弱面(層面或劈理)，因底部滑動面受控於此弱面，故在崩塌坡面受侵蝕等自然營力作用下，崩塌坡面頂部地形會反應此弱面。因此主崩崖特徵在線性會呈平行崩塌坡面等高線的直線，且主崩崖坡面常為平滑面，如圖 2-2.2 所示。

因單一弱面主控內部滑動體發育，其內部崩崖亦常呈一平行崩塌坡面等高線的直線，與主崩崖方向相近。滑動體內部崩塌區位分布則受垂直或近似垂直等高線的弱面控制，因此內部崩塌分區較常為長方形或梯形等較方正的形狀。但滑動體較大時，亦有可能呈現圓弧型的崩崖面，形成平面型與圓弧型的複合式崩塌，如圖 2-2.2 所示。侵蝕溝發育則易沿垂直等高線的弱面發育，使得侵蝕溝方向較一致且平直。

若崩塌滑動體較小，沒有大量崩積層堆積在趾部時，趾部坡面坡度會呈現較一致的情形，若有河道的側向侵蝕，容易出露底部平面岩盤，如圖 2-2.2 所示。但崩塌滑動體較大時，趾部因厚層崩積層而在局部位置有圓弧型崩崖。

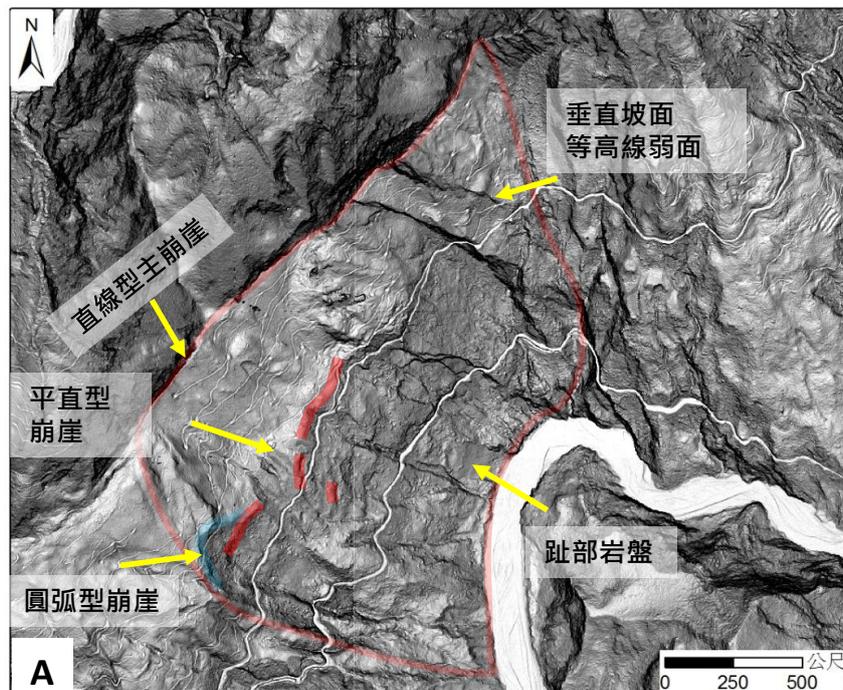


圖 2-2.2、平面滑動型之潛在大規模崩塌

2.楔形滑動型:

此類型發生的地質區位是具有兩組主控弱面的坡面，其發生區位可為(1)一組層面和一組節理面；(2)一組層面和一組斷層面(如小林村崩塌)；(3)一組劈理和一組節理面等組合方式。而這兩組弱面常是主控崩塌底部滑動面與崩塌範圍。

此類型崩塌滑動面受控於底部兩組主要弱面，因底部滑動面受控於此弱面，故在崩塌坡面受侵蝕等自然營力作用下，崩塌坡面頂部地形會反應此兩組弱面。因此主崩崖特徵在線性會呈平兩組直線組成的<字形，且主崩崖坡面常為一平滑面與一陡坡面，如圖 2-2.3 所示。

因兩組弱面主控內部滑動體發育，其內部崩崖亦常為<字形或圓弧型。滑動體內部崩塌區位分布與形狀則受兩組弱面的密度控制。若弱面密度高，內部崩崖容易彼此交錯，容易形成圓弧型崩崖，崩塌區位形狀易為∩字形(倒U)。若弱面密度較低，內部崩崖容易呈現此兩組弱面，崩塌區位形狀易為∧字形(開闔角度與弱面相交角度有關)。因兩組弱面控制崩塌區位，因此側邊範圍常為長條型直線，如圖 2-2.3 所示。侵蝕溝發育則受控於兩組弱面，因此侵蝕溝發育方向大致與弱面方向有關。因兩組主控弱面影響崩塌發育邊界，故趾部隆起和堆積侷限在此兩組弱面之間。但影像判釋崩塌趾部是否為堆積或隆起則不易判釋。

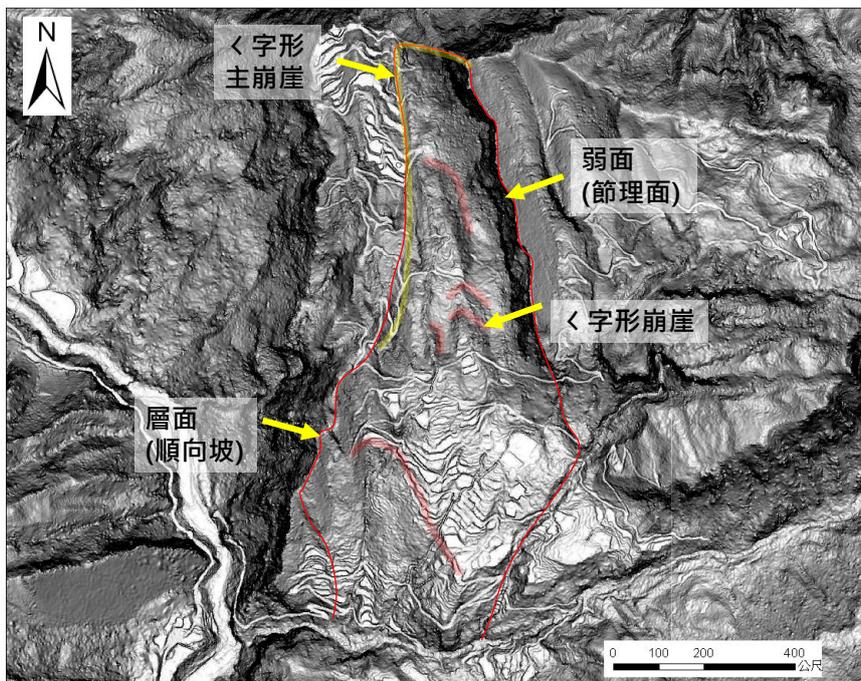


圖 2-2.3、楔型滑動型之潛在大規模崩塌

3.圓弧滑動型:

此類型易發生於均質岩體材料的地質區位，故具有(1)厚層崩積層(岩屑層)坡面，其地形坡度較緩且稜亂、不規則，並呈現波浪狀(2)因地質構造通過並產生多組主控弱面的坡面，因坡面具多組弱面，使得坡面岩體材料如同均質。因坡面岩體受地質構造切割影響，使得底部岩體破碎，崩塌型態易為深入岩體並產生圓弧型滑動面。因地質構造造成大區域的岩體，整體崩塌範圍易為一弧狀凹槽的集水區。此類型崩塌滑動面受控於底部多組主要弱面，使得岩體材料物理特性如同均質材料，導致坡面破壞型式為圓弧形破壞。主崩崖則因圓弧形崩塌影響，使得外觀常為圓弧狀或半月丘形，如圖 2-2.4 所示。

因多組弱面主控內部滑動體發育，使得坡面岩體材料物理性質如同均質材料，其滑動體內部破壞模式亦為圓弧形破壞為主。因圓弧形破壞導致滑動體內部崩崖外觀亦為弧型或半月丘型。在活動性高的坡面，崩崖常彼此切穿，如圖 3-12 所示。侵蝕溝因下切的岩體材料特性如同均質材料，因此侵蝕溝發育方向受弱面影響程度較不明顯，水系經常彎曲，方向性較不一致。

在影像判釋上，崩塌趾部為堆積區或隆起區不易明確判釋。但在圓弧形破壞因存在多組弱面，岩體強度相較於平面型滑動或楔形滑動型為弱。因此圓弧形破壞發生崩塌的頻率較高，通常坡趾處崩積層較厚。

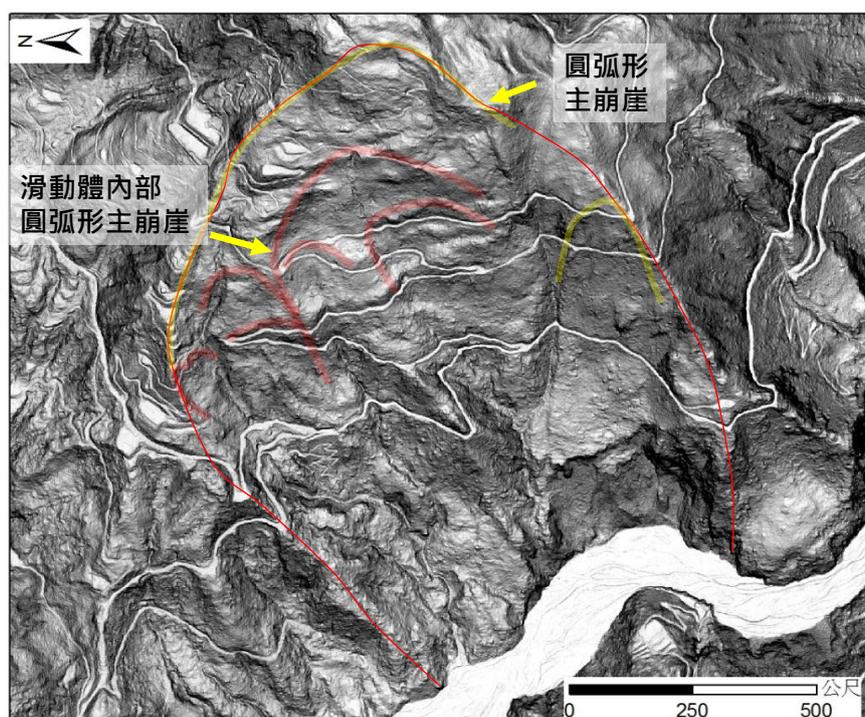


圖 2-2.4、圓弧滑動型之潛在大規模崩塌

潛在大規模崩塌的判釋主要根據潛移的相關地形特徵，傳統判釋崩塌方法為使用航空照片之立體像對進行判釋(Chigira and Kiho, 1994)，而現今多以光學影像(衛星影像、航空照片)結合數值地形資料(40 米、5 米)進行判釋(魏倫璋等，2012)；本團隊將利用 1 米高精度 LiDAR 資料產製日照陰影圖和坡度圖配合航照等相關資料，針對破壞之地形特徵進行判釋，空載光達同時剝除了植被影響(劉進金、史天元，2009)，對於判釋崩塌更是有利(Chigira et al., 2004; Glenn et al., 2006; Tarolli et al., 2012) (圖 2-2.5)，也更有機會觀察出潛在大規模崩塌之地形特徵。

表 2-2.2、各種判釋影像工作限制分析表 (○：可利用)

大規模崩塌判釋內容	衛星影像	航照立體像對	數值地形	高精度數值地形
裸露區與植生特徵判釋	○	○		
地形特徵判釋	○	○	○	○
細微地形特徵判釋				○
地質條件判釋				○
精度需求	2 米	1:5,000	5 米	1 米
適用範圍	崩塌裸露區	崩塌裸露區、舊崩塌區	舊崩塌區	崩塌潛在區、舊崩塌區

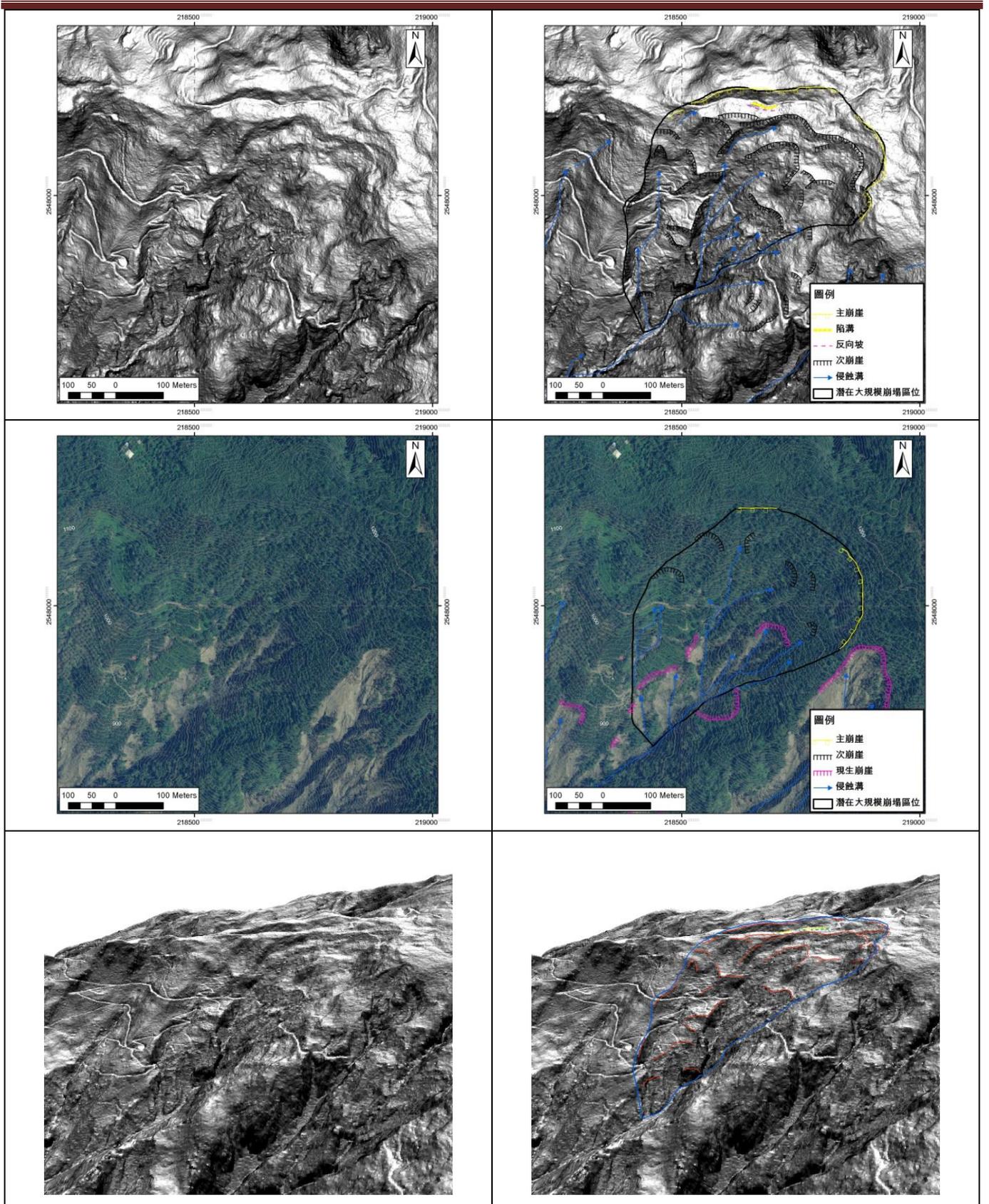


圖 2-2.5、1 米坡度圖、航照影像(拍攝日期: 98 年 8 月 28 日)及 3D 坡度圖立體展示及其判釋成果圖(本團隊成果)

2-2.3、推估大規模崩塌潛勢區可能致災原因及影響範圍

本團隊參考日本全國地滑崖崩對策協議會針對地滑的影響範圍之評估，如圖 2-2.6，其工作方法如以下步驟：

- 1、上方擴大區：將潛在大規模崩塌的範圍(A)邊界向外擴大 30 公尺得到潛在大規模崩塌可能的擴大影響範圍(B)；
- 2、下方擴大區修繪：將潛在大規模崩塌的範圍(A)以鏡像的方式向崩塌地下方或河谷投影，初步得到可能的下方擴大區；依照地形分布修繪下方擴大區得到潛在大規模崩塌下方可能影響範圍(C)，而修繪的準則依照潛在大規模崩塌下方可能影響範圍的長度等於潛在大規模崩塌崩塌坡面長度；
- 3、可能致災與影響範圍：結合上、下方擴大區，潛在大規模崩塌的範圍(A)、潛在大規模崩塌可能的擴大影響範圍(B)與潛在大規模崩塌下方可能影響範圍(C)為潛在大規模崩塌可能的致災與影響範圍。

其圈繪成果範例如圖 2-2.7、圖 2-2.8。根據上述工作方法挑選出範圍內重要保全對象，並考慮崩塌地可能的致災原因，如坡面狀況，依據河岸侵蝕、向源侵蝕、重力滑移、鄰近地質構造線等因素，將以 ArcGIS 軟體記錄於電子檔 shp 中。

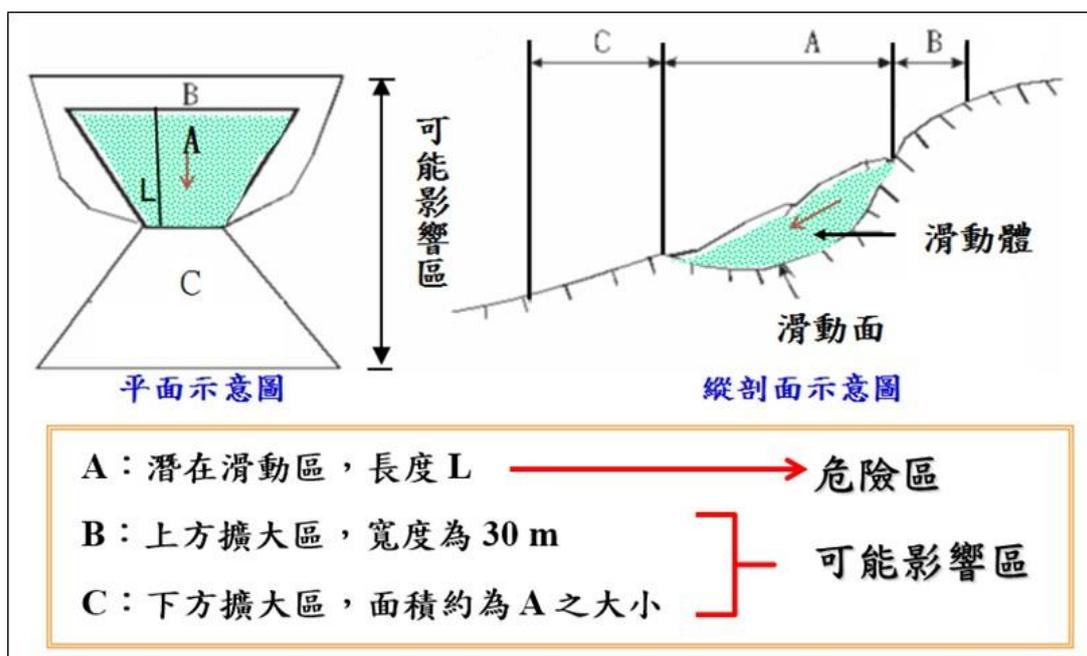


圖 2-2.6、日本全國地滑崖崩對策協議會地滑影響範圍評估

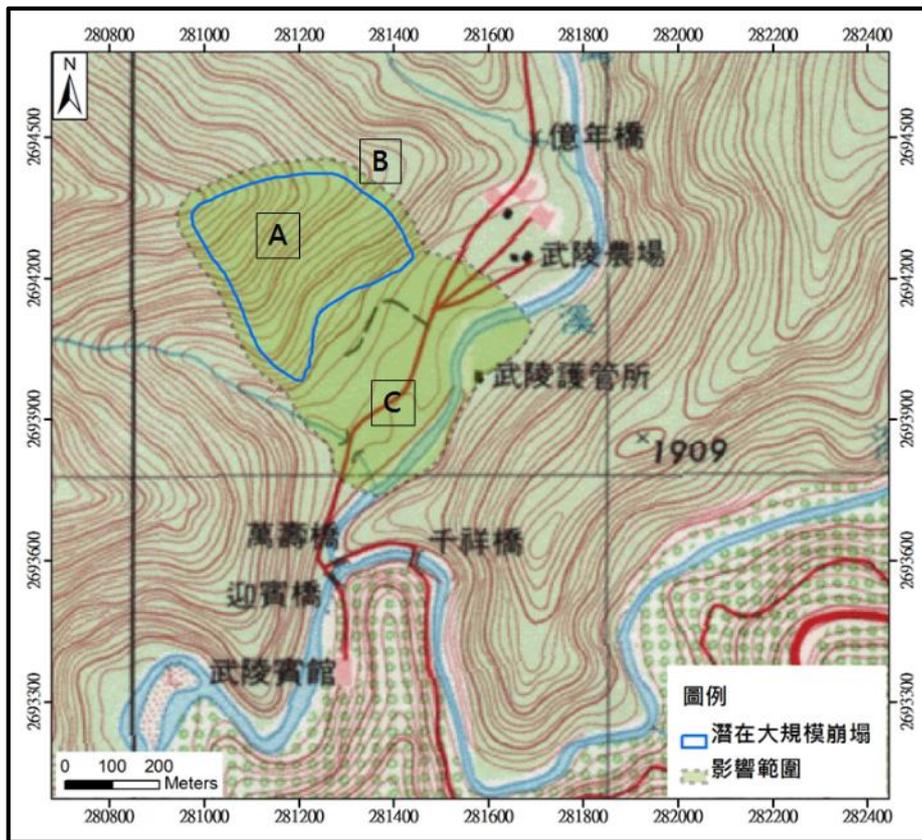


圖 2-2.7、影響範圍圈繪範例-以臺中市-和平區-D132 為例

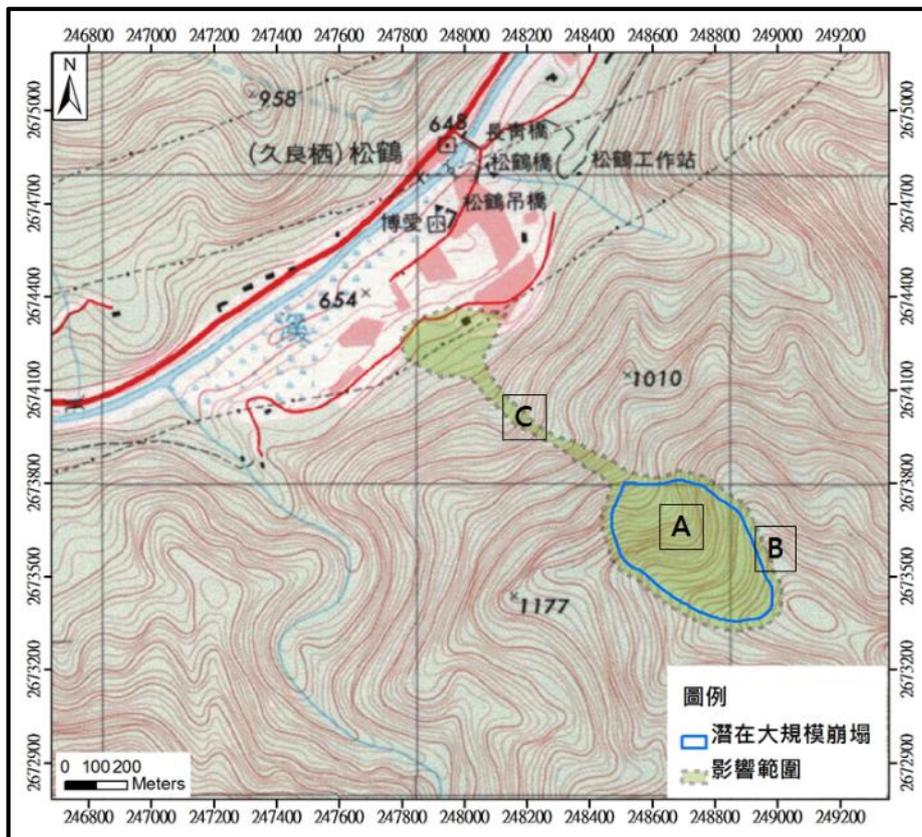


圖 2-2.8、影響範圍圈繪範例-以臺中市-和平區-D438 為例

2-3、大規模崩塌潛勢區發生度評分標準之標準化及危險度評估

本項工作精進林務局高屏溪流域之危險度評估模式(表 2-3.1~2-3.3)，評估計畫區域內潛在大規模崩塌危險等級。以南部流域已發生之大規模崩塌及潛在大規模崩塌目錄配合證據權重法，參考國際減災策略組織(ISDR)公式(式 2-3.1)及林務局所建立之危險度評估模式，修訂大規模崩塌資料建立之危險度評估模式，並以此修訂後之危險度評估模式計算出全臺國有林班地之潛在大規模崩塌危險度等級評估。

危險等級=發生度等級 X 保全重要性

$$(Risk=Hazard \times Vulnerability) \quad (式 2-3.1)$$

表 2-3.1、修正高屏溪流域因子分級/分類之發生度評分(林務局訂定之模式)

因子	分級/分類	Wc	正規化	分數
NDVI	<0.2	3.3242	1	4
	0.2~0.4	1.38257	0.7182	2
	>0.4	-1.4104	0.3129	1
坡度	>45 度	2.52776	0.8844	4
	30~45 度	-1.2398	0.3377	1
	<30 度	-3.5667	0	0
水系距離	河道通過或相切	0.62732	0.6086	2
	無河道通過或相切	-0.6273	0.4266	1
岩性	板岩	0.53413	0.5951	2
	砂岩、砂頁岩互層	-0.4668	0.4499	1
	變質砂岩、片岩			
	頁岩	-2.0288	0.2232	0
順向坡	有	0.13551	0.5373	2
	無	-0.1355	0.4979	1
地質構造距離	構造線通過或相切	0.08426	0.5298	2
	無構造線通過或相切	-0.0843	0.5054	1
發生度				T₁(16)
高發生度：16 ≥ T ₁ ≥ 10 中發生度：9 ≥ T ₁ ≥ 7 低發生度：T ₁ ≤ 6				

表 2-3.2、保全評分表

		保全對象	分數
住戶	住戶 50 戶以上		36
	住戶 20 戶到 49 戶		25
	住戶 10 戶到 19 戶		16
	住戶 10 戶以下		9
交通	主要連外道路、橋梁		4
	道路		1
重要設施	重要公共設施(如防災措施相關之公共場所、高壓電塔、攔河堰)		16
水庫蓄水區			16
保全重要性評分			$T_2(72)$
高重要性： $72 \geq T_2 \geq 36$ 中重要性： $35 \geq T_2 \geq 12$ 低重要性： $11 \geq T_2 \geq 1$ 無： $T_2=0$			

表 2-3.3、危險等級評分表

危險等級評分表		保全重要性(T_2)			
		高	中	低	無
發生度等級 (T_1)	高	9	7	4	0
	中	8	5	2	0
	低	6	3	1	0

參考並修訂林務局訂定之潛在大規模崩塌危險度評估方法，本團隊將以修訂後之危險度評估模式針對全臺國有林班地建立危險度等級評估。詳細做法如下

2-3.1、大規模崩塌潛勢區評分標準之標準化

近十年來，證據權重法結合地理資訊系統被廣泛的用於山崩潛感分析上 (Van Westen, 1993; Sentz and Ferson, 2002; Lee et al., 2002; Van Westen et al., 2003; Thiery et al., 2004; Mathew et al., 2007; Neuhäuser and Terhorst, 2007; Thiery et al., 2007; Dahal et al., 2007)，除了山崩潛感分析外，證據權重法也被應用在礦藏預測 (Agterberg et al., 1990; Wang et al., 2002) 或其他不同方面的研究。

針對計畫研究範圍內之大規模崩塌發生潛勢，工作團隊透過所建置之既有與新判釋區域的崩塌目錄，應用證據權重法，進行大規模崩塌潛感分析，藉以區分大規模崩塌發生之潛勢等級，找出大規模崩塌發生高潛勢之區位。在山崩目錄選定上，本計畫採用莫拉克災前後颱風事件期間所發生之大規模崩塌案例，進行分析成果之驗證。

本團隊利用證據權重法進行研究區域全面之潛在大規模崩塌發生度評估，其流程主要包括使用資料選定、因子處理分級與權重值計算、潛在大規模崩塌發生度評估(圖 2-3.1)。

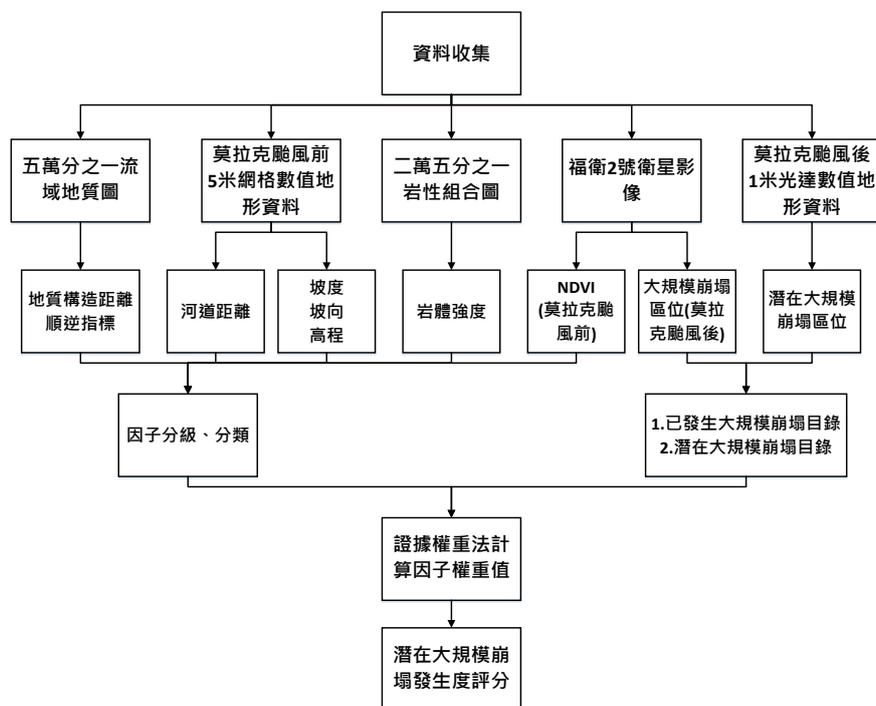


圖 2-3.1、潛在大規模崩塌發生度評估流程

(1)使用資料選定

所使用的資料有：內政部出版之 5 米網格數值地形模型、經濟部中央地質調查所製作之 1/50,000 流域地質圖、經濟部中央地質調查所製作之 1/25,000 岩性組合圖、福衛 2 號莫拉克災前、災後之衛星影像。為達通用、簡易且快速評分之目的，分析所選用的因子分別有坡向、順逆指標、高程(海拔)、岩體強度、標準化植生指數(NDVI)、坡度、河道距離與地質構造線距離因子共八個因子進行分析。各因子圖層類型列於表 2-3.4 中。

表 2-3.4、潛在大規模崩塌發生度分析選用資料

	名稱	類型	註備
分析因子資料	坡度 坡向 高程差 河道距離	5m*5m 網格	由內政部出版 5mDTM 在 GIS 平臺下進行空間分析及水文分析所取得
	地質構造線距離	Shpfile	地調所 1/50,000 流域地質圖
	岩體強度	Shpfile	由地調所 1/50,000 流域地質圖配合地調所 1/25,000 岩性組合圖所得
	順逆指標	Shpfile	地調所 1/50,000 流域地質圖位態資料配合內政部出版 5mDTM 在 GIS 平臺下進行順逆指標的判定
	NDVI	8m*8m 網格	莫拉克颱風前之福衛二號影像

(2)因子處理分析

對各研究區域內大規模崩塌進行各項因子特性分析並將其因子分級或分類以方便進行計算權重值，已發生的大規模崩塌其前身皆為潛在大規模崩塌，故選用此兩種不同類型的大規模崩塌配合各項崩塌內部因子進行證據權重法計算，“近期發生大規模崩塌(類型 A 大規模崩塌)”是指在近期已經發生的大規模崩塌，圖 2-3.2；近期發生與潛在大規模崩塌(類型 A+C 大規模崩塌)是指在近期發生的大規模崩塌加上潛在大規模崩塌的範圍，本研究選用高屏河流域進行潛在大規模崩塌危險度評估模式的修訂。以下為各因子分級分類說明。

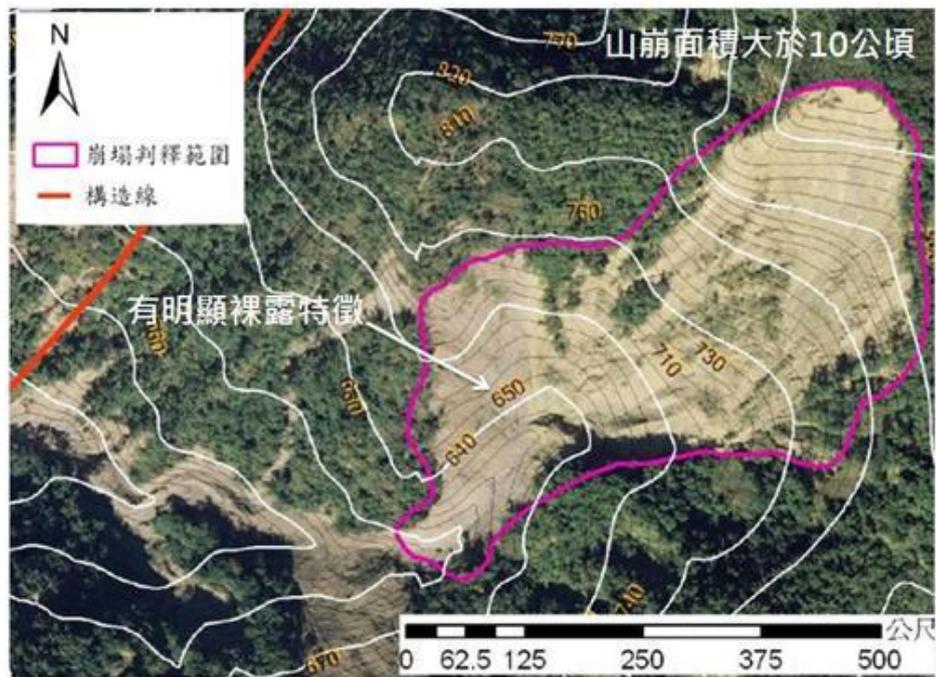


圖 2-3.2、近期發生之大規模崩塌（類型 A）示意圖

A.坡向

使用內政部出版之 5 米網格數值地形模型於 GIS 中進行空間分析(Spatial Analyst)計算出坡面的坡向，再利用空間分析中的 Zonal statistics 功能分別算出各潛在大規模崩塌的平均坡向，將坡向分為 8 個方向(北、東北、東、東南、南、西南、西、西北)為區間統計平均坡向分布狀況，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.5 所示。

表 2-3.5、坡向分級與權重計算結果

分級	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	W_c
北	239	50	0.27057
東北	402	62	-0.13514
東	651	99	-0.16574
東南	603	79	-0.36567
南	487	92	0.14399
西南	444	100	0.40011
西	474	75	-0.10354
西北	339	64	0.13635

根據表 2-3.5 的結果，參考權重值 W_c 將坡度分級進行簡化，把 W_c 值相近的合併，新的坡向分級結果如表 2-3.6 所示。

表 2-3.6、坡向分級與權重計算結果

分級(度)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
西南	444	100	0.40011
北+南+西北	1,065	206	0.22123
東北+東+西+東南	2,130	315	-0.38228

B. 順逆指標

本團隊使用地調所 1/50,000 流域地質圖位態資料配合內政部出版 5 米網格數值地形模型在 GIS 平臺下進行順逆指標的判定，本研究主要依坡向與坡面岩層的傾向夾角介於 20 度內為高度順向坡、夾角介於 20~40 度為中度順向坡、夾角介於 40~140 度為斜交坡(含直交坡)、夾角介於 140~160 度為中度逆向坡、夾角介於 160~180 度為高度逆向坡進行權重值計算，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.7 所示。

表 2-3.7、順向坡分類與權重值計算結果

分類	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
高度順向坡	1,199	163	-0.38438
中度順向坡	500	65	-0.36502
斜交坡(含直交坡)	1,269	270	0.44124
中度逆向坡	214	43	0.21398
高度逆向坡	457	80	0.03528

在順逆指標中斜交坡權重值較高，高度順向坡、中度順向坡其權重值皆為負值，因此將其合併成一類，而中度逆向坡及高度逆向坡其權重值相近，因此合併成一類，新的分類結果為，高度順向坡與中度順向坡、斜交坡(含直交坡)、中度逆向坡與高度逆向坡如表 2-3.8：

表 2-3.8、順逆指標與權重值計算結果

分類	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
高度順向坡 中度順向坡	1,699	228	-0.49409
斜交坡(含直交坡)	1,269	270	0.44124
中度逆向坡 高度逆向坡	671	123	0.10728

C. 高程差

使用內政部出版之 5 米網格數值地形模型於 GIS 中進行空間分析(Spatial Analyst)中的 Zonal statistics 功能分別算出各大規模崩塌的高程差，以每 200 公尺為區間統計平均高程分布狀況，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.9 所示。

表 2-3.9、高程差分級與權重計算結果

分級	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
0~200	84	6	-1.00041
200~400	1461	175	-0.63779
400~600	1391	268	0.24773
600~800	507	124	0.54030
800~1,000	151	37	0.47866
1,000 以上	45	11	0.45910

根據表 2-3.9 的結果，參考權重值 W_c 將坡度分級進行簡化，把 W_c 值相近的合併，新的坡向分級結果如表 2-3.10 所示。

表 2-3.10、高程差分級與權重計算結果

分級	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
0~400	1545	181	-0.69550
400~600	1391	268	0.24773
大於 600	703	172	0.58454

D. 岩體強度

分析範圍內的地質資料來源為中央地質調查所 1/25,000 岩性組合圖及 1/50,000 流域地質圖，利用 GIS 平臺分析出各潛在大規模崩塌的主要岩體強度及統計主要岩體強度分布情況，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.11、表 2-3.12 與圖 2-3.3 所示。

表 2-3.11、岩體強度分級與權重計算結果

分級	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
II	14	0	-
III	1,056	164	-0.17847
IV	1,528	359	0.77347
V	1,027	98	-0.86428
VI	14	0	-

根據表 2-3.11 的結果，參考權重值 W_c 將岩體強度分級進行簡化，把 W_c 值相近的合併，新的岩體強度分級結果如表 2-3.12 所示。

表 2-3.12、岩體強度分級與權重計算結果

分級	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	W_c
II+III	1,070	164	-0.17847
IV	1,528	359	0.77347
V+VI	1,041	98	-0.88596

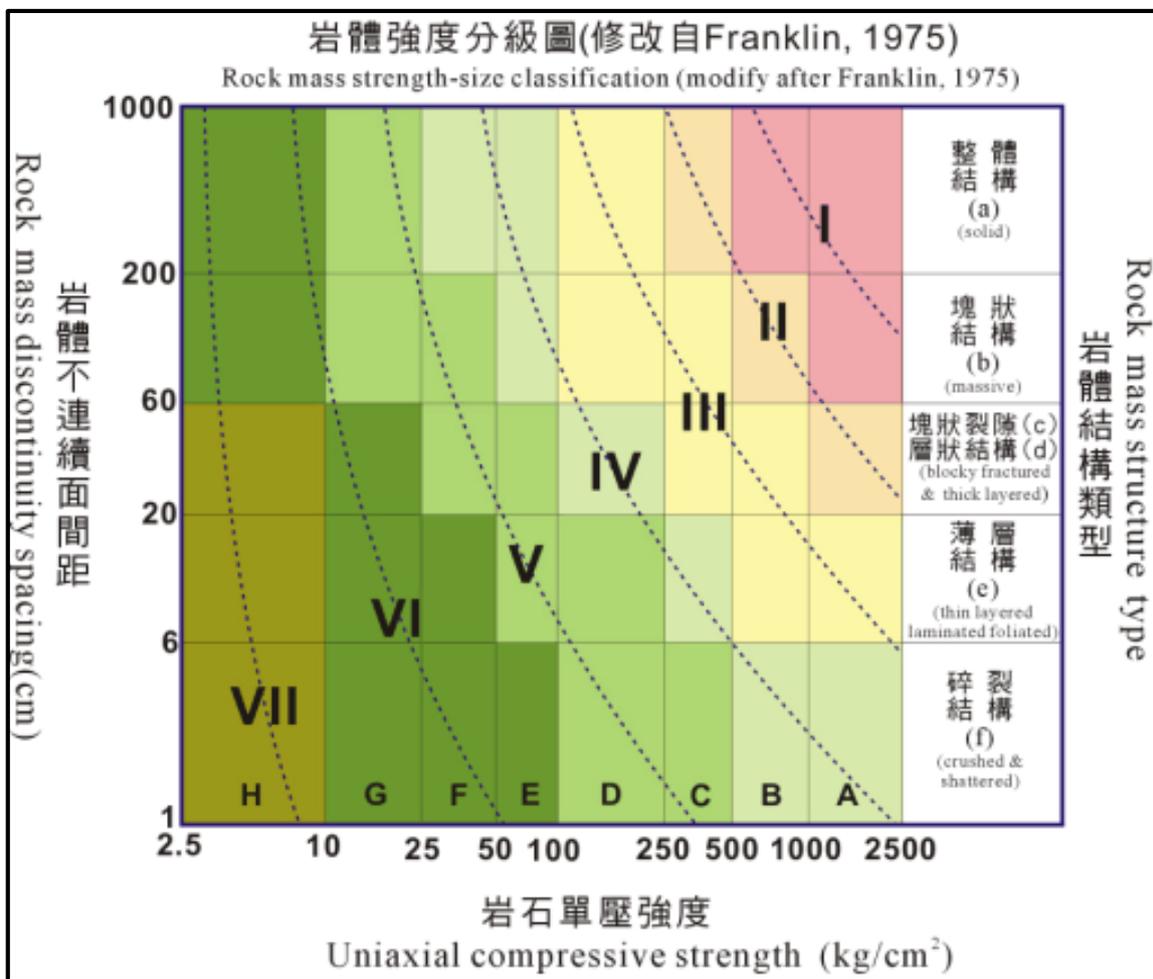


圖 2-3.3、中央地質調查所岩體分類圖

E.標準化植生指數(NDVI)因子

本團隊使用未發生大規模崩塌前(莫拉克颱風前)之福衛二號影像計算 NDVI 值，再利用空間分析中的 Zonal statistics 功能分別算出各潛在大規模崩塌的平均 NDVI 值統計平均 NDVI 分布狀況，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.13 所示。

表 2-3.13、標準化植生指數(NDVI)與權重值計算結果

分類	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
<0.2	229	193	3.62040
0.2~0.4	616	175	0.82980
>0.4	2,794	253	-2.04749

F.坡度

使用內政部出版之 5 米網格數值地形模型於 GIS 中進行空間分析(Spatial Analyst)計算出坡度，再利用空間分析中的 Zonal statistics 功能分別算出各潛在大規模崩塌的平均坡度，根據平均坡度的計算結果以 5 度為區間統計平均坡度分布狀況，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.14 所示。

表 2-3.14、坡度分級與權重計算結果

分級(度)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
0~25	182	2	-2.97706
25~30	650	41	-1.27431
30~35	1,196	117	-0.87426
35~40	1,088	173	-0.11931
40~45	398	180	1.65679
>45	125	108	3.61534

根據表 2-3.14 的結果，參考權重值 Wc 將坡度分級進行簡化，把 Wc 值相近的合併，新的坡度分級結果如表 2-3.15 所示。

表 2-3.15、坡度分級與權重計算結果

分級(度)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
0~35	2,028	160	-1.54333
35~40	1,088	173	-0.11931
40~45	398	180	1.65679
>45	125	108	3.61534

G.河道距離

使用 5 米網格數值地形模型，透過 GIS 中的 ArcHydro tool 執行水文分析，建立流域內之河道圖層，於 GIS 平臺中計算流域內各潛在大規模崩塌到河道的最短距離，由於考量河道對於潛在大規模崩塌轉變為快速運動的大規模崩塌其最大影響在於削去坡腳減少坡面穩定性，因此本團隊以距河道距離每 20 公尺為一區間進行權重值計算，以此作為參考進行分級。分級結果如表 2-3.16 所示。

表 2-3.16、距水系最短距離分級與權重計算結果

分級(m)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
河道通過或相切	1,497	341	0.67378
0~20	311	51	-0.05223
20~40	139	30	0.30360
40~60	85	17	0.19969
60~80	57	16	0.65246
80~100	59	4	-1.05195
100~200	208	33	-0.09239
200~300	243	27	-0.52823
300~400	194	18	-0.72977
400~500	167	17	-0.61963
>500	679	67	-0.74348

由於水系通過或相切區間其權重值較高，距水系最短距離在 0 到 80m 區間的權重值相近，距水系最短距離大於 80m 區間其權重值相對較低，因此將其合併成一類，新的分類結果為與水系通過或相切、距水系距離 0~80m、距水系最短距離大於 80m 如表 2-3.17：

表 2-3.17、距水系最短距離重新分類與權重計算結果

分類(m)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
水系通過或相切	655	216	0.53530
0~80	315	98	0.24491
>80	463	76	-0.89092

H.地質構造距離

使用地調所 1/50,000 流域地質圖的斷層、背斜與向斜之褶皺資料，於 GIS 平臺中計算流域內各潛在大規模崩塌到地質構造線的最短距離，本團隊以前 100m 將每 25m 為一級距進行分區，100m 以後每 100m 為一級距，權重值計算結果如表 2-3.18 所示：

表 2-3.18、距地質構造線最短距離分級與權重計算結果

分級(m)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
通過或相切	725	138	0.16827
0~25	62	6	-0.66159
25~50	48	7	-0.18899
50~75	46	5	-0.52871
75~100	42	4	-0.67648
100~200	178	26	-0.19367
200~300	177	30	-0.00864
300~400	162	40	0.49119
400~500	144	17	-0.44519
>500	2,055	348	-0.02122

從表 2-3.18 中可看到在最短距離 300~400m、大於 500m 時有較大的權重值，原因在於當最短距離 300~400m、大於 500m 時，其它因子的影響已經大於地質構造線所造成的影響，因而出現此不合理的情形，故以距地質構造線最短距離 0~75m、75~300m 及大於 300m 來做分類，新的分類結果如表 2-3.19：

表 2-3.19、距地質構造線最短距離重新分類與權重計算結果

分類(m)	類型 A+C 大規模崩塌	類型 A 大規模崩塌	Wc
0~75	725	138	0.16827
75~300	2,361	405	0.01786
>300	553	78	-0.26262

(3) 權重值計算

本計畫之大規模崩塌因子權重計算採用證據權重法進行之，選擇此方法主要理由因本方法在山崩潛感分析之成效，已有甚多國外文章予以驗證。證據權重法是應用貝式定理(Bayes' theorem)與勝算比(odds ratio) 對各因子量化及計算各因子的權重值，再分別對各因子做條件獨立檢定，選定獨立因子群進行權重加總後，據以評估該群因子的潛勢等級，最後利用成功率曲線(Success rate curves) 找出最好的因子群，得到最佳的潛勢等級分布(Chung and Fabbri, 1999; Chung and Fabbri, 2003; Regmi et al., 2010)。此法的優點為方法簡單、容易使用且不費時，直接利用圖層的堆疊就能計算出不同地區的潛感值。

大規模崩塌活動 ui 度與發生潛勢評估首重因子之選取與各因子之權重配比。在因子選取中，將應用貝氏定理進行各因子之勝算比計算，分別算出各因子之勝算比，即可判斷選定因子是否容易發生崩塌。有關證據權重法利用貝氏定理與勝算比對因子進行量化，其因子權重值計算公式如下：

$$W^+ = \ln \frac{\frac{N_1}{N_1 + N_2}}{\frac{N_3}{N_3 + N_4}} = \ln \frac{N_1(N_3 + N_4)}{N_3(N_1 + N_2)} \quad (\text{式 2-3.2})$$

$$W^- = \ln \frac{\frac{N_2}{N_1 + N_2}}{\frac{N_4}{N_3 + N_4}} = \ln \frac{N_2(N_3 + N_4)}{N_4(N_1 + N_2)} \quad (\text{式 2-3.3})$$

W^+ 表示當因子 B 存在時，發生崩塌的權重值， W^- 表示當因子 B 不存在時發生崩塌的權重值， N_1 為在因子內的崩塌區域， N_2 為在因子外的崩塌區域， N_3 為因子內未發生崩塌之區域， N_4 為因子外未發生崩塌之區域(圖 2-3.4)。

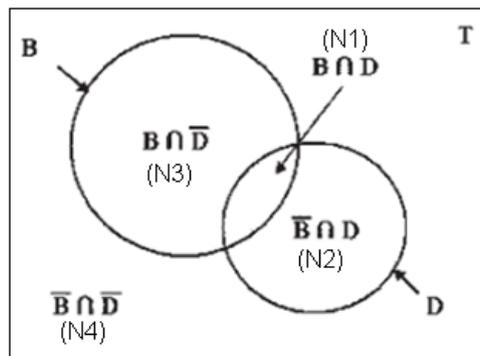


圖 2-3.4、崩塌與因子關係圖，B 為因子，D 為崩塌(Lee and Choi, 2004)

計算完各因子之權重值後(W^+ 與 W^-)，再將兩個值相減，可得到一對比值 (contrast) W_c ，此值可作為指示因子與崩塌之間關聯性的指標。

$$W_c = W^+ - W^- \quad (\text{式 2-3.4})$$

利用指標 w_c 之判定因子與崩塌間關聯性之準則如下：

1. 當 W_c 大於 0 時，表示因子存在時發生崩塌的機率大於因子不存在時發生崩塌的機率，也就是崩塌與此因子相關
2. 當 W_c 等於 0 時，表示因子存在與不存在時，發生崩塌的機率相等，反應崩塌與此因子無顯著關連性
3. 當 W_c 小於 0 時，代表因子存在時發生崩塌的機率小於因子不存時發生崩塌的機率，也就是崩塌與此因子不相關。

(4) 潛在大規模崩塌發生度評分

因子分級分類與權重值計算完成後，將全部因子之分級分類依據權重值排序並正規化，將此正規化的值作為因子內部評分的加權值，最後獲得的分數放大五倍作為發生度評分並建立如表 2-3.20 之評分表，利用高屏溪流域內潛在大規模崩塌於莫拉克颱風事件後轉變成大規模崩塌的比例將各發生度評分轉換成發生度分級，劃定發生度評分 17~22 為高發生度，其轉換比例為 84.41%；發生度評分 13~16 分為中發生度，其轉換比例為 22.90%；發生度評分小於 12 分為低發生度，其轉換比例為 6.99%(如表 2-3.21)。

表 2-3.20、修訂因子分級/分類之發生度評分

因子	分級/分類	Wc	分數(正規化*5)
坡向	西南	0.40011	2
	北+南+西北	0.22123	2
	東北+東+西+東南	-0.38228	1
順逆指標	斜交坡(含直交坡)	0.44124	2
	中度逆向坡、高度逆向坡	0.10728	2
	高度順向坡、中度順向坡	-0.49409	1
高程差	0-400	-0.69550	1
	400-600	0.24773	2
	600 以上	0.58454	2
岩體強度	IV	0.77347	2
	II+III	-0.17847	2
	V+VI	-0.88596	1
NDVI	<0.2	3.62040	5
	0.2~0.4	0.82980	3
	>0.4	-2.04749	0
坡度	45 以上	3.61534	5
	40-45	1.65679	3
	35-40	-0.11931	2
	0-35	-1.54333	0
河道距離	通過或相切	0.67378	2
	0-80	0.17800	2
	>80	-0.84226	1
構造距離	通過或相切	0.16827	2
	0-300	0.01786	2
	300 以上	-0.26262	1
高發生度：22 分 \geq H ₂ \geq 17 分、中發生度：16 分 \geq H ₂ \geq 13 分、低發生度：12 分 \geq H ₂ (H ₂ 最高分為 22 分)。			

表 2-3.21、修訂因子分級/分類之發生度等級

發生度	發生度評分	潛在大規模崩塌數量(C)	大規模崩塌數量(A)	A+C	轉變大規模崩塌比例	
低	7	46	0	46	0%	6.99%
	8	281	3	284	1.06%	
	9	475	25	500	5.00%	
	10	524	50	574	8.71%	
	11	518	42	560	7.50%	
	12	458	53	511	10.37%	
中	13	334	73	407	17.94%	22.90%
	14	200	40	240	16.67%	
	15	85	36	121	29.75%	
	16	51	50	101	49.50%	
高	17	32	57	89	64.04%	84.41%
	18	11	59	70	84.29%	
	19	3	56	59	94.92%	
	20	0	39	39	100%	
	21	0	27	27	100%	
	22	0	11	11	100%	

2-3.2、國有林大規模崩塌潛勢區危險度評估

在危險度評估方面參考林務局訂定之危險度評估方法，考量保全對象，如住戶、重要道路、橋梁、公共設施等來建立保全評分表，計算保全重要性，再將潛在大規模崩塌的保全評分進行加總，當評分在 36 分以上為高重要性，12~35 分為中重要性，1~11 分為低重要性，0 分為無保全重要性(表 2-3.2)，接著再結合發生度等級(式 2-3.1)，即可評估潛在大規模崩塌地點危險等級(表 2-3.3)。

2-3.3、潛在大規模崩塌目錄建置及圖資製作

計畫成果必須建置潛在大規模崩塌目錄及圖資，包含編號、發生位置、潛在崩塌面積、崩塌性質、地質、影響範圍與危險度等，並以 GIS 軟體建置 shp 檔案。其建置規格與要求如下所述(表 2-3.22)：

1、以 TWD97 坐標系統進行建置。

2、以 GIS 資料建檔將所有分析成果以「面」資料建置。

3、硬體需求建議處理器 Intel Pentium 4、Intel Core Duo 以上為佳、記憶體大於 2G 以上為佳、硬碟空間需大於 2.4G 以上。

另外，潛在大規模崩塌編號原則是參考經濟部中央地質調查所公布的地質敏感區編號相關辦法。目前編號方法通則是以中心坐標的行政區為主，其編碼形式如：縣市名-鄉鎮市區名-D001。編號次序是取崩塌中心坐標，先由西往東，再由北往南依序編號，編號次序方法如圖 2-3.5 所示。

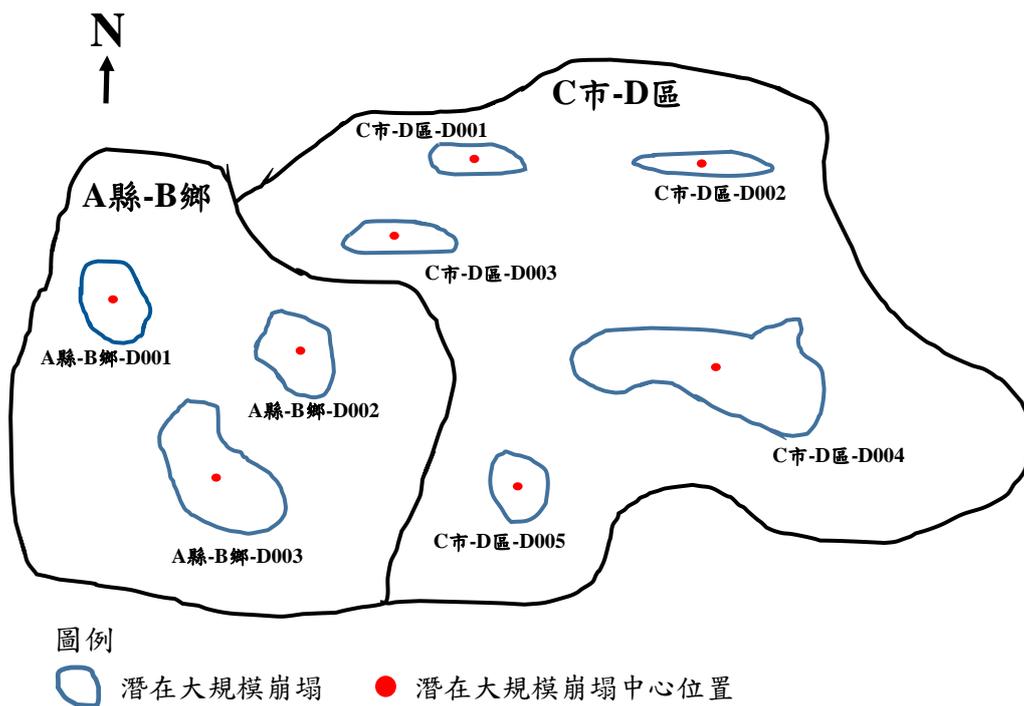


圖 2-3.5、潛在大規模崩塌編號原則示意圖

表 2-3.22、潛在大規模崩塌目錄資料結構表

序號	欄位名稱	資料型態	欄位說明	備註
1	mmlink	NUMBER(10)	潛在大規模崩塌流水號	
2	林管處	CHAR(50)	林區管理處	
3	事業區	CHAR(50)	轄管事業區	
4	landslideno	CHAR(30)	潛在大規模崩塌編號	例：南投縣-仁愛鄉-D001
5	dist1	CHAR(12)	縣市別	
6	dist2	CHAR(12)	鄉鎮市區別	
7	dist3	CHAR(12)	村里別	
8	m-basin	CHAR(16)	主集水區名	
9	basin	CHAR(16)	次集水區名	
10	s-basin	CHAR(16)	子集水區名	
11	area	NUMBER(7,3)	潛在大規模崩塌面積	單位：ha.
12	locate_n	NUMBER(12,4)	潛在大規模崩塌中心點坐標(N)	
13	locate_e	NUMBER(12,4)	潛在大規模崩塌中心點坐標(E)	
14	elevation	NUMBER(6,0)	潛在大規模崩塌頂部標高	單位：m
15	gradient	NUMBER(6,2)	平均坡度	單位：度
16	stra	CHAR(10)	地層	
17	stru	CHAR(10)	構造線	
18	describe	CHAR(200)	潛在大規模崩塌活動性描述	
19	mesh	CHAR(200)	潛在大規模崩塌機制描述	
20	班號	NUMBER(4,0)	小班號	
21	Risk	NUMBER(4,0)	危險度等級	0~9 等級

研究區域範圍內之判釋及分析成果，將以成果圖之方式呈現潛在大規模崩塌潛勢區之分布及可能影響範圍，各類成果圖資詳細之內容規劃詳如表 2-3.23。

表 2-3.23、計畫成果圖一覽表

成果圖名稱	出圖比例尺	主題圖層	基本圖層
潛在大規模崩塌潛勢區位圖	1/5,000	潛在大規模崩塌區位	圖幅框 行政區界圖 交通路網圖 水系層 地名、地標
潛在大規模崩塌影響範圍圖	1/5,000	潛在大規模崩塌影響範圍	正射航照/衛星影像 地形等高線 日照陰影圖

1. 潛在大規模崩塌區位判釋成果 GIS 圖層：主題圖層為潛在大規模崩塌目錄成果圖，而基本圖包括圖幅框、行政區界圖、交通路網圖、水系層、地名、地標與地形圖。
2. 潛在大規模崩塌影響範圍分析成果 GIS 圖層：主題圖層為潛在大規模崩塌影響範圍，而基本圖包括圖幅框、行政區界圖、交通路網圖、水系層、地名、地標與地形圖。

各成果圖以 ArcMap9.3 軟體進行製作，並儲存製作檔 mxd 供後續出圖與研究之用，而成果圖電子檔則依據各成果圖要求之版面尺寸與出圖比例尺，利用 ArcMap9.3 軟體將製作檔輸出成具空間坐標之 TIFF 格式，以利空間套疊與應用。為突顯本計畫之成果，並突顯資料的特性，出圖設計包含下列幾項原則：

1. 圖資內容採用最新之圖資資訊，以能符合現地實況。
2. 儘量以影像為底圖，以補足向量圖資之空間資訊不足。
3. 主題圖需可清楚判讀空間資訊。
4. 在資料之展現上，則以不同符號或顏色區分圖層所包括之屬性特性，並以文字標註方式展現分析成果之數值量體。

統一前述資料庫、展示以及成果圖幅之圖例、圖示，清楚表示簡圖以及所需資訊，以利於使用者查詢與閱讀。

2-4、衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討

臺灣因為地理位置及自然環境影響，災害頻傳，除了火山之外，另崩塌、土石流等自然災害也已經成為近年來各個單位及人民所關切的話題之一。以往在防災減災的應用上，除了航空攝影測量，近年來的 LiDAR、UAV 也都廣泛的應用在災害的領域上；或是地表變形量的監測上，傳統使用人工測量的方式，除了耗時外，經費也成為了一個最重要的問題。以及以往在花費了高額的經費下所產製的資料，後續選擇何種方法加以使用達到最大經濟效益，也為當前重要的課題之一。

1980 年代以來，世界各國發射各種類之衛星雷達(圖 2-4.1)。在眾多衛星雷達種類當中，了解及評估各種衛星應用於臺灣國有林班地的適用性，為重要的工作項目。透過衛星雷達廣域性大規模崩塌潛勢區位之活動性評估，可快速獲取大規模崩塌潛勢區位之年平均變形速率。

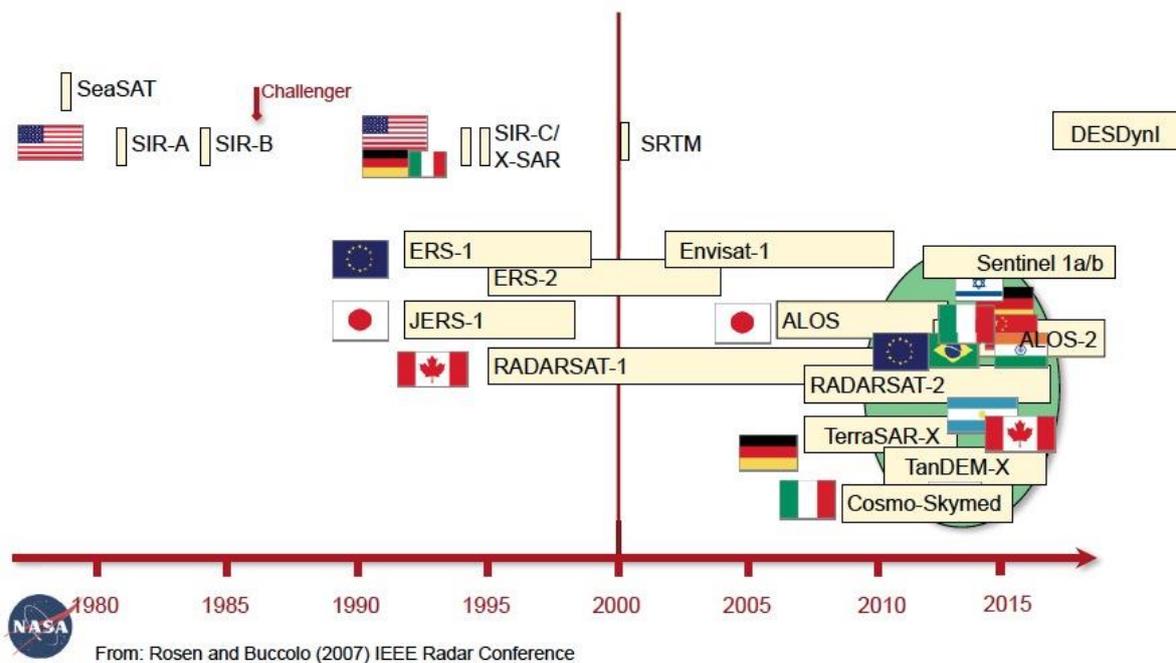


圖 2-4.1 衛星雷達發展簡介與時程圖(Rosen and Buccolo, 2007)

2-4.1、收集國內相關機關進行大規模潛勢區活動性評估之方法及案例

1980 年代以來，各國發射之衛星雷達包括(1)歐洲太空總署(European Space Agency,ESA)發射的 ERS-1、ERS-2 及 Envisat-1 衛星、(2)加拿大太空總署(Canadian Space Agenc,CSA)所發射的 RADARSAT-1 及 RADARSAT-2 衛星。(3)日本宇宙航空研究開發機構太空總署(Japen Aerospace Expoloration Agency,JAXA)發射的 JERS-1、ALOS 及 ALOS-2 衛星。(4)德國國家太空中心(German Aerospace Center,GAC)及(5)義大利太空總署(Italian Space Agency,ASI)發射 TerraSAR-X 衛星及 Cosmo-Skymed 衛星(Rosen and Buccolo, 2007)，其相關衛星資料如表 2-4.1。

表 2-4.1、各種常用衛星規格及參數

衛星 SAR 系統	發射年份	波段/波長 (cm)	側視角 (度)	週期 (天)	地面解析度(m)	影像幅寬 (km)	價格 (TWD)
ERS1	1992	C/6.5	23	35	25	100	11,625
ERS2	1995	C/6.5	23	35	25	100	11,625
JERS-1	1992	L/23.5	38	44	25	80	15,345
RADARSAT-1	1995	C/5.6	23~65	24	8~30	50~500	104,400
RADARSAT-2	2007	C/5.6	10~49	23	3~100	25~500	104,400
ENVISAT	2002	C/5.6	15~45	35	25~100	100~405	19,360
ALOS	2006	L/23.5	8~60	46	10~100	20~350	13,400
TerraSAR-X	2007	X/3.1	20~45	11	1~16	10~100	52,250
COSMO-Skymed	2007	X/3.2	20~60	4~16	1~100	10~200	62,700
TanDEM-X	2010	X/3.1	20~45	11	1~16	10~100	52,250
Sentinel 1a/b	2014	C/6.5	20~46	8	80	25	
ALOS-2	2014	L/23.5	8~70	14	1~3	25~490	38,225
DESDynl	2020	L/23.5	30~46	8-12	25	360	

本計畫蒐集各種衛星的波段、傾視角與相關案例等資訊，以評估應用於臺灣國有林班地的適用性。臺灣地區因為山區植被茂密、地形遮蔽效應等影響，往往無法反映出真實地表情況，各種不同的衛星雷達波段反應其空間解析能力，不同的衛星雷達波段，由地表傳回的訊號也不盡相同。如何選擇合適的雷達影像資料，且考量衛星感應器波段的種類、影像拍攝重複週期、地面解析度以及價格等，為本計畫需要確立的工作項目。

2-4.2、考量國有林大規模崩塌潛勢區區位及保全對象特性，評估運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式，並與以單頻 GPS 監測大規模潛勢區評估活動性之方法進行比較

合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar，簡稱 SAR)，為具有多個孔徑(或天線)組成的雷達，利用雷達系統發出電磁波(electromagnetic pulses)脈衝(pulses)，並偵測這些脈衝波碰到目標物的反射訊號，並藉由反射回波訊號的強度及其他物理特性以得知目標物的大小、密度等特性。SAR 衛星影像有別於其它光學衛星更具實用性與優勢，其不受到光線、天氣、時間等限制，更可進行長時間且全面性的監測。但因為雷達波同調的干涉現象，所引起的斑駁雜訊，常使得 SAR 影像在應用上受到相當之限制，對此 SAR 衛星影像的應用，發展出幾種不同的影像分析與處理模式。

(1) 差分合成孔徑雷達干涉法(Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry，簡稱 D-InSAR)

合成孔徑雷達干涉(Synthetic Aperture Radar Interferometry，簡稱 InSAR)為利用雷達回波信號來獲得地表三維資訊，通過差分合成孔徑雷達干涉(Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry，簡稱 D-InSAR)可以得到地殼垂直形變。D-InSAR 技術利用兩張雷達衛星影像在不同時間而相同區域，經過精準的幾何校正進行干涉計算，扣除大氣、軌道和原始地形效應，得到純粹由地表與衛星間因距離變化所引起的雷達波相位差，再經由相位回復以獲得沿雷達視距方向(Line of Sight, LOS)，而得到高精度之地形變化量(圖 2-4.2)。

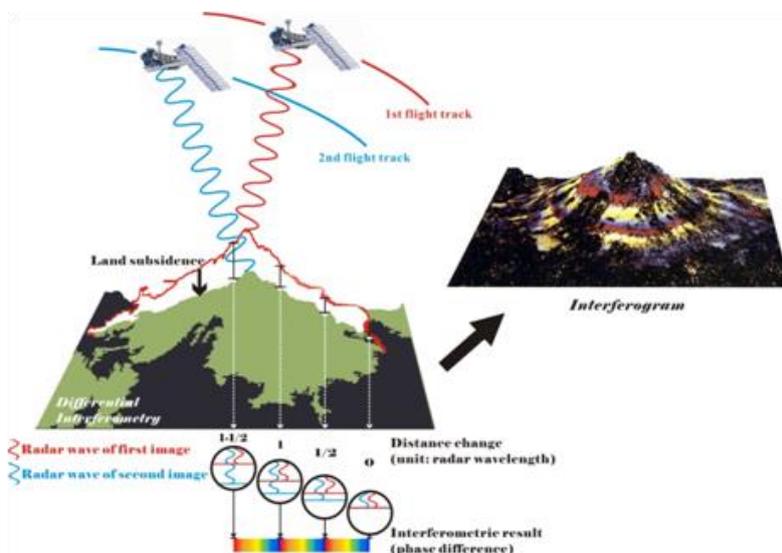


圖 2-4.2、合成孔徑雷達差分干涉技術原理示意圖

(2) 永久射散體差分干涉法(Permanent Scatterers Interferometry, 簡稱 PS-InSAR)

Ferretti 等人在 2001 年所提出的雷達影像處理方法。PS-InSAR 技術依據不同時間序列的 SAR 影像中，尋找高相關性且長時間穩定的散射(Persistent Scatterer, 簡稱 PS)點(圖 2-4.3)，這些點提供良好相位資訊，能克服 SAR 衛星資料受到時間和空間的影響，提高 PS-InSAR 的計算精度獲得較為可靠的相位資訊。近年來，近年來，廣泛地運用在地震變形、地層下陷以及長時間緩慢運動之地表形變的監測。

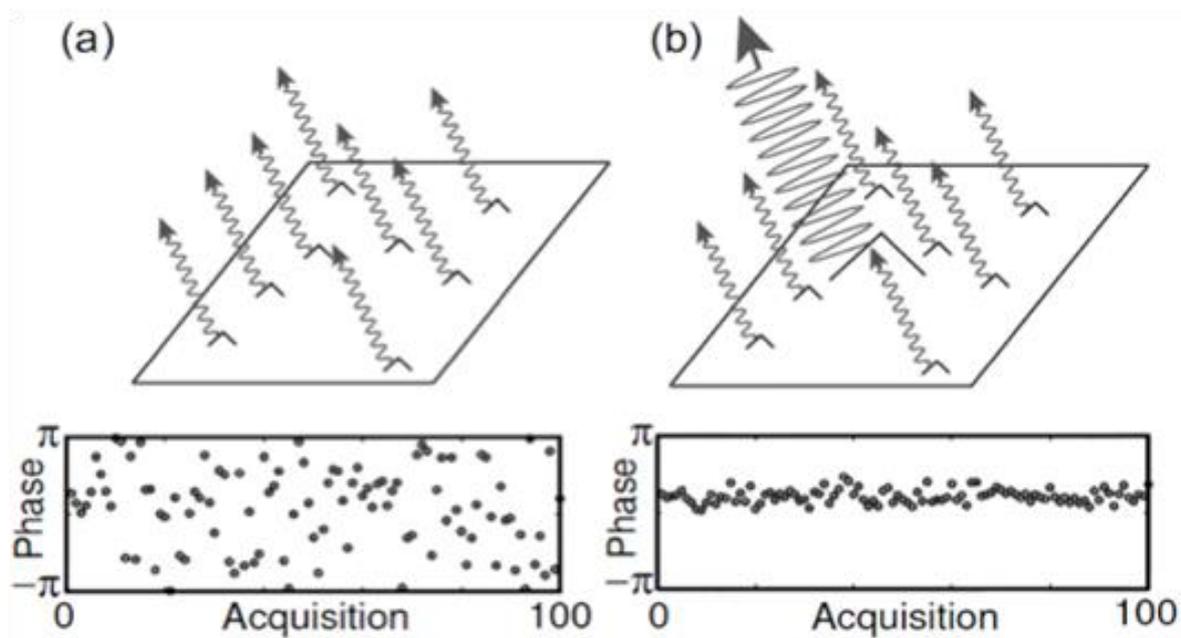


圖 2-4.3、永久射散體差分干涉技術原理示意圖(Hooper et al., 2007)

(3) 時域相關點雷達干涉技術法(Temporarily Coherence Point InSAR, 簡稱 TCP-InSAR)

在山區地區受限於穩定散設點的選取限制，相對於開發的都市區域，僅能得到部分的 PS 點。在 Zhang(2011a) 利用多幅干涉影像堆疊平均來降低大氣延遲的隨機模式誤差，並且引入大氣效應的誤差模型，利用穩定觀測點的資料把大氣效應造成的相位變化從殘餘相位資訊中分離出來，進而抑制其誤差(Zhang et al., 2012)。利用對 PS 點的相位差向量進行最小二乘法解算，通過殘差的大小來區別有模糊度和沒有模糊度的 PS 點，取代容易產生錯誤或失敗的相位解算步驟，進一步來計算地表變形率(圖 2-4.4)，其中軌道誤差可以藉由成像物理模型與地面控制點資訊來推估軌道相位圖譜(orbital ramp)進行修正，應用誤差參數在

相位解算的過程中估算對應的影響量(Zhang et al., 2013)。

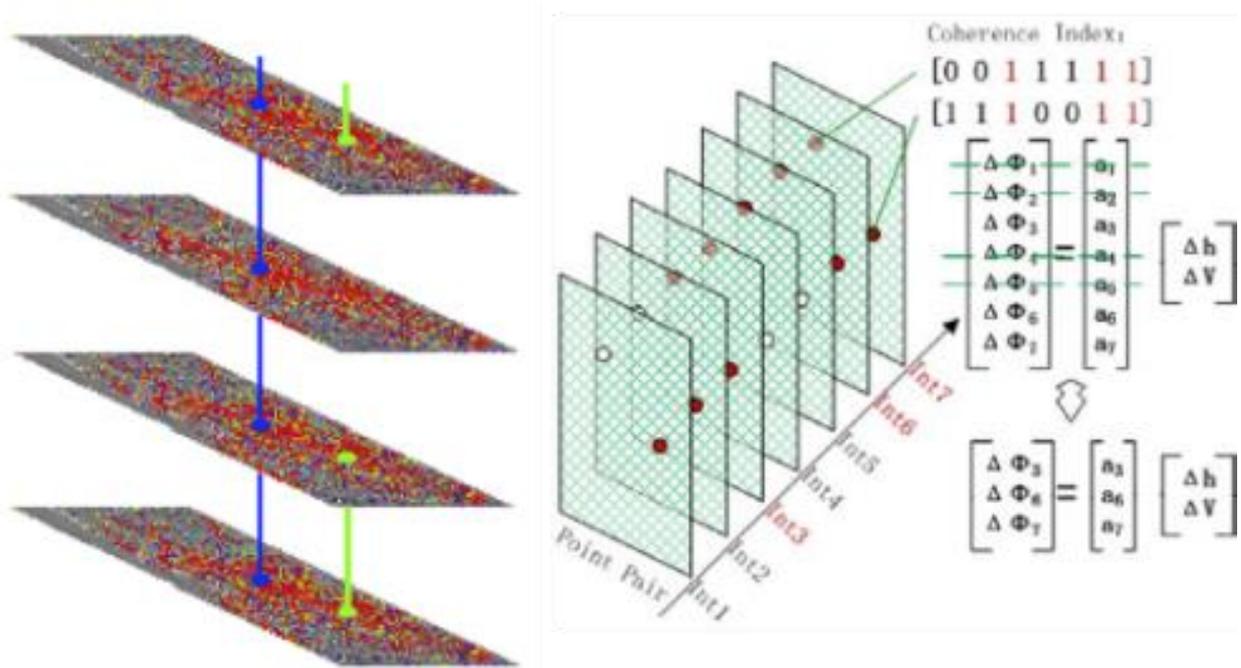


圖 2-4.4、時域相關點雷達干涉法示意圖(a)不同相位解算(b)計算位移量

本計畫評估雷達衛星影像在國有林的適用性外，並評估比較單頻 GPS 坡面監測系統與具廣域監測特性的雷達衛星影像監測方法。

2-5、成果資料檢核

為確保大規模崩塌判釋工作之成果達到良好品質，執行工作中進行品質檢查與控管工作，以確保判釋成果之正確性。本計畫在執行工作中，計畫主持人亦不定期抽檢，以確保判釋成果之正確性。成果圖層資料檢核內容如下。

(1) 空間資料品質控管

- a. 為確保成果與其他單位的一致性，在計畫執行期間會持續蒐集並參考其他單位在計畫範圍內的判釋成果。
- b. 為確保成果圖資的空間展示的一致性，建立之空間屬性坐標為 97 二度分帶坐標系統(TWD97)。

(2) 屬性資料品質控管

屬性資料品質控管方法是利用各項檢核項目進行之，而項目說明如下：

- a. 資料筆數：檢核與空間屬性是否一致。
- b. 欄位值域合理性：查詢欄位之最大、最小值是否介於合理範圍，例如方位角應介於 0-360 度之間。
- c. 誤授或漏授：檢核必填欄位是否無填寫，或填寫資料是否有錯誤。
- d. 屬性欄位確認：檢核相關資料編碼欄位是否如符合崩塌目錄之欄位項目。
- e. 崩塌編號：崩塌編號格式以經濟部中央地質調查所公布之大規模崩塌編號規定進行編排，有無重複部分。

而經空間資料及屬性資料品質控管無誤後，方可匯入資料庫以確保成果品質。

參、林務局國有林大規模潛勢區判釋及危險度評估成果

3-1、基本環境資料蒐集與分析

本計畫統整 101-104 年(高屏溪及曾文河流域)、103-104 年(大甲河流域及濁水河流域)及 105-107 年度工作範圍中之全國林區管理處轄管事業區，工作範圍面積約 15,391.85 平方公里。為瞭解各林區管理處轄管事業區之特性，基本環境資料蒐集對象為全國林區管理處轄管事業區，以下針對全國林區管理處轄管事業區進行說明。

表 3-1.1、全國林區管理處轄管事業區基本資料蒐集分類表

資料類別	資料說明	精度需求	資料來源	年份(民國)	備註
人文	1.部落分布 2.人口分布 3.門牌系統	1/25,000	原民會、縣市政府	99、106 年	蒐集完成
地文	1.高程 2.坡度 3.坡向	1/5,000	內政部國土測繪中心	93 年	蒐集完成
水文及氣象	1.時雨量 2.平均雨量 3.颱風事件雨量	1/25,000	經濟部水利署 交通部中央氣象局	90~106 年	蒐集完成
山崩目錄	山崩範圍與空間分布資料	1/25,000	本團隊產製	99~104 年	蒐集完成
環境地質圖	包括順向坡、崩塌等環境地質資料(1/25,000 分幅)	1/5,000	經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完成
地質圖	包括岩性、地層位態、構造等資料(1/50,000 分幅)	1/25,000	經濟部中央地質調查所	102 年	蒐集完成
山崩潛感圖	利用山崩的地形因子、地質因子、區位因子及水文因子等，建立潛感模型及計算潛感值	1/50,000	經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完成
數值高程模型	數值高程模型資料，可進行深層崩塌區位判釋	1.5 米 2.1 米	內政部地政司 經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完成
航空照片	1.正射影像 2.非正射影像	1/5,000	1.農委會農林航空測量所 2.經濟部中央地質調查所	99~104 年	蒐集完成
衛星影像	包括 SPOT、福衛二號、QuickBird 與 IKONOS 等影像	8 米	國立中央大學太遙中心 福衛影像分送中心 商業衛星供應單位	93~102 年	蒐集完成
水系圖	水系分布	1/5,000	經濟部水利署	105 年	蒐集完成
道路圖	含省道、縣道、鄉道、一般道路、農路、林道	1/5,000	農委會農林航空測量所 內政部國土測繪中心 交通部運輸研究所	105 年	蒐集完成

3-1.1、水系概述

全國林區管理處轄管事業區由北到南分布，分別為新竹林區管理處轄管事業區(烏來、大溪、竹東、南庄、大湖與大安溪事業區)、東勢林區管理處轄管事業區(大安溪、大甲溪與八仙山事業區)、羅東林區管理處轄管事業區(文山、宜蘭、大溪、羅東、太平山、南澳與和平事業區)、南投林區管理處轄管事業區(埔里、濁水溪、丹大、巒大與阿里山事業區)、嘉義林區管理處轄管事業區(阿里山、大浦、玉山與玉井事業區)、花蓮林區管理處轄管事業區(立霧溪、木瓜山、林田山、玉里與秀姑巒事業區)、屏東林區管理處轄管事業區(旗山、荖濃溪、屏東、潮州與恆春事業區)及臺東林區管理處轄管事業區(成功、關山、延平、臺東與大武事業區)(如圖 3-1.1)。以下為各事業區之水系概述：

新竹林區管理處

1. 烏來事業區位於新北市境內，水系為淡水河流域。
2. 大溪事業區位於桃園市及新竹縣境內，水系為淡水河流域上游。
3. 竹東事業區位於新竹縣境內，水系為頭前溪流域上游，部分事業區範圍位於中港溪流域。
4. 南庄事業區位於苗栗縣境內，水系為中港溪流域上游。
5. 大湖事業區位於苗栗縣境內，水系為後龍溪流域，部分事業區範圍位於竹南沿海河系。
6. 大安溪事業區位於苗栗縣境內，水系為大安溪流域，部分事業區範圍位於竹南沿海河系。

東勢林區管理處

1. 大安溪事業區位於苗栗縣及臺中市境內，水系為大安溪流域上游。
2. 大甲溪事業區主要位於臺中市境內，部分位在南投縣境內，水系為大甲溪流域上游。
3. 八仙山事業區主要是位於臺中市境內，水系為大甲溪流域。部分事業區則位於南投縣境內，水系屬烏溪流域上游。

羅東林區管理處

1. 文山事業區位於新北市境內，水系為淡水河流域。
2. 宜蘭事業區位於宜蘭縣境內，水系為蘭陽河流域及頭城沿海河系。
3. 大溪事業區位於宜蘭縣境內，水系為淡水河流域。
4. 羅東事業區位於宜蘭縣境內，水系主要為蘭陽河流域，部分位在和平溪流域。
5. 太平山事業區位於宜蘭縣境內，水系為蘭陽河流域上游。
6. 南澳事業區位於宜蘭縣境內，水系為和平溪流域。
7. 和平事業區位於主要宜蘭縣境內，部分事業區範圍位於花蓮縣境內，水系為和平溪流域。

南投林區管理處

1. 埔里事業區主要位於南投縣境內，部分事業區範圍位於臺中市境內，水系為烏溪流域上游。
2. 濁水溪事業區位於南投縣境內，水系為濁水溪流域上游。
3. 丹大事業區位於南投縣境內，水系為濁水溪流域上游。
4. 巒大事業區位於南投縣境內，水系為濁水溪流域上游。
5. 阿里山事業區位於雲林縣與南投縣境內。雲林縣內的事業區水系屬新虎尾溪流域上游及北港溪流域上游，部分位在濁水溪流域。南投縣內的事業區水系則為濁水溪流域。

嘉義林區管理處

1. 阿里山事業區主要是位於嘉義縣境內，部分事業區位在雲林縣境內。事業區主要分布水系為濁水溪流域，部分事業區分布水系為朴子溪流域上游與八掌溪流域上游。
2. 大埔事業區主要位於嘉義縣境內，部分事業區範圍位於臺南市及高雄市境內，主要水系分布為曾文溪流域上游，部分事業區分布水系為八掌溪流域上游及急水溪流域上游。

-
3. 玉山事業區主要位於高雄市境內，部分事業區範圍位在南投縣及嘉義縣境內，水系為高屏溪流域上游。
 4. 玉井事業區主要位於臺南市境內，部分事業區範圍位在嘉義縣境內，水系為曾文溪流域。

花蓮林區管理處

1. 立霧溪事業區位於花蓮縣境內，水系為太魯閣沿海河系。
2. 木瓜山事業區位於花蓮縣境內，水系為花蓮溪流域。
3. 林田山事業區位於花蓮縣境內，水系為花蓮溪流域。部分事業區範圍位於豐濱沿海河系及秀姑巒溪流域。
4. 玉里事業區位於花蓮縣境內，水系為秀姑巒溪流域。部分事業區範圍位於豐濱沿海河系。
5. 秀姑巒事業區位於花蓮縣境內，水系為秀姑巒溪流域。

屏東林區管理處

1. 旗山事業區位於主要高雄市境內，部分事業區範圍位在嘉義縣境內，其水系主要位在高屏溪流域，部分水系分布在阿公店溪流域上游及二仁溪流域上游。
2. 荖濃溪事業區位於主要高雄市境內，部分事業區範圍位在臺東縣境內，水系為高屏溪流域。
3. 屏東事業區位於屏東縣境內，水系為高屏溪流域上游。
4. 潮州事業區位於屏東縣境內，其水系分布於東港溪流域、林邊溪流域上游與南屏東沿海河系。
5. 恆春事業區位於主要屏東縣境內，其水系主要分別屬四重溪流域上游與港口溪流域上游。

臺東林區管理處

1. 成功事業區位於臺東縣境內，水系為海岸山脈東側河系。部分事業區範圍跨至秀姑巒溪流域。

-
2. 關山事業區位於臺東縣境內，水系為卑南溪流域。部分事業區範圍跨至秀姑巒溪流域。
 3. 延平事業區位於臺東縣境內，水系為卑南溪流域。
 4. 臺東事業區位於臺東縣境內，水系為臺東沿海河系。部分事業區範圍其水系位在卑南溪流域。
 5. 大武事業區位於臺東縣境內，水系為臺東沿海河系。

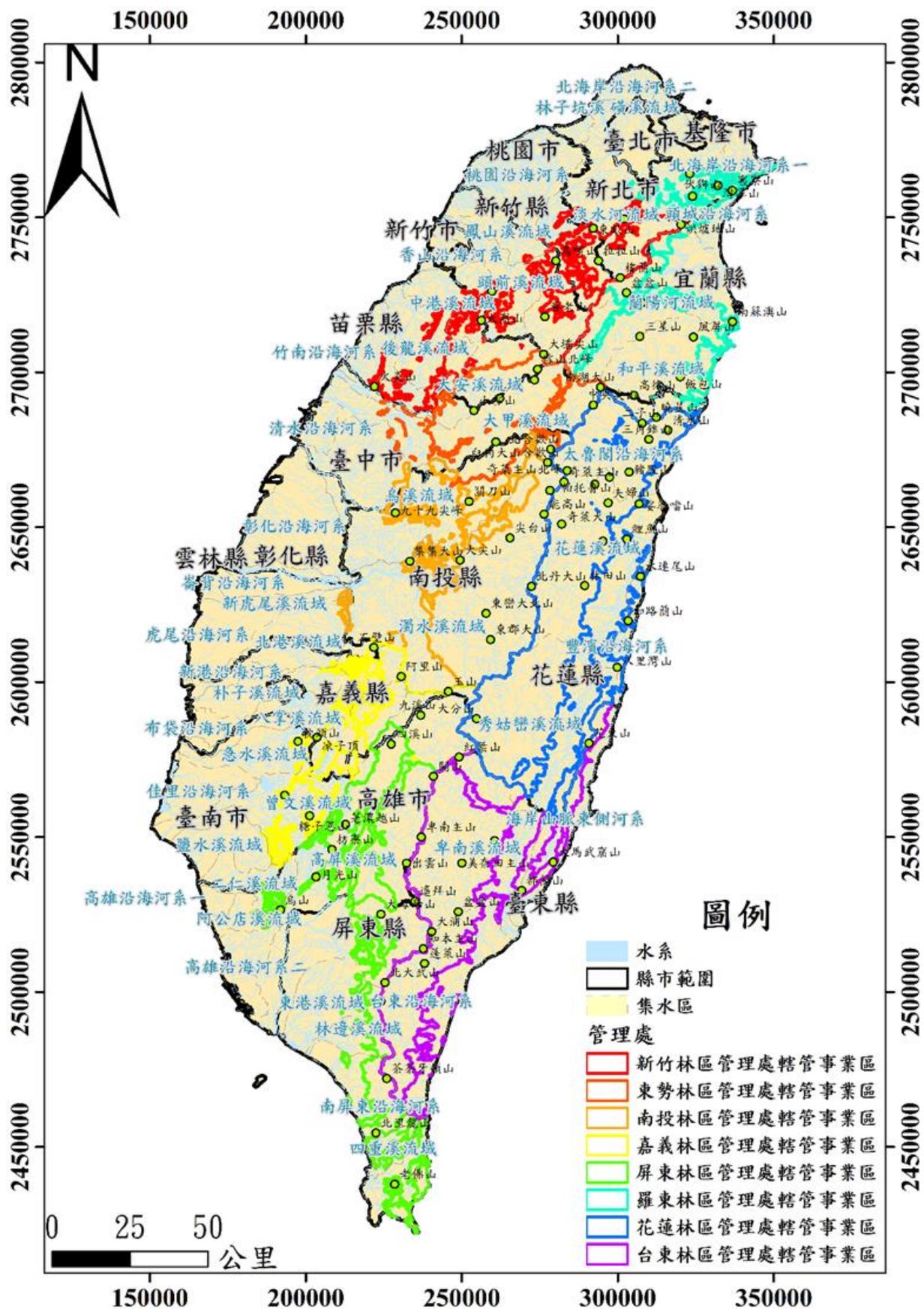


圖 3-1.1、全國林區管理處轄管事業區水系概況

3-1.2、地形與地文概述

在 107 年度計畫範圍之地形以山區為主，地勢起伏大，海拔分布於 0 公尺至海拔 3,952 公尺之間。本計畫以收集之 5 米數值地形資料進行高程、坡度及坡向分析，分布圖如表 3-1.2 至 3-1.4、圖 3-1.2 至 3-1.4。

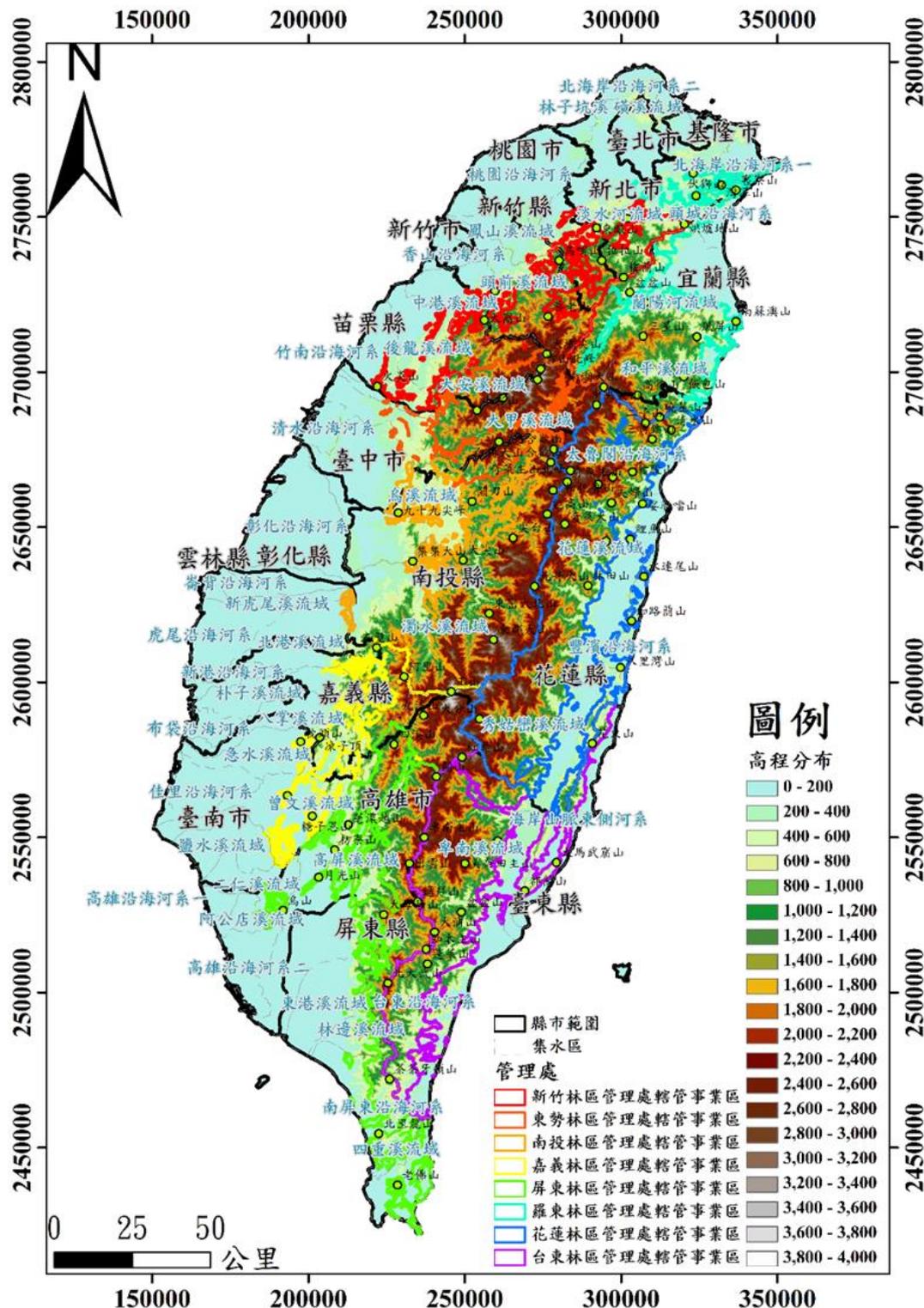


圖 3-1.2、全國林区管理處轄管事業區高程分布圖

表 3-1.2、全國林區管理處轄管事業區高程分布表

高程 (m)	0-200	200- 400	400- 600	600- 800	800- 1000	1000- 1200	1200- 1400	1400- 1600	1600- 1800	1800- 2000
面積 (km ²)	350.6	868.3	1,196.8	1,248.9	1,287.6	1,288.8	1,306.0	1,273.2	1,238.2	1,186.0
面積百 分比	2.28%	5.64%	7.78%	8.11%	8.37%	8.37%	8.48%	8.27%	8.04%	7.71%
高程 (m)	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200	3200- 3400	3400- 3600	3600- 3800	3800- 4000
面積 (km ²)	1,060.0	892.1	744.2	609.4	435.1	251.7	109.3	36.7	8.4	0.4
面積百 分比	6.89%	5.80%	4.84%	3.96%	2.83%	1.64%	0.71%	0.24%	0.05%	0.00%

表 3-1.3、全國林區管理處轄管事業區坡度分布表

坡度(度)	面積(平方公里)	面積百分比
0-10	472.7	3.07%
10-20	1,845.6	11.99%
20-30	4,382.1	28.47%
30-40	5,683.2	36.92%
40-50	2,550.9	16.57%
50-60	413.2	2.68%
60-70	41.5	0.27%
70-80	2.4	0.02%
80-90	0.0	0.00%

表 3-1.4、全國林區管理處轄管事業區坡向分布表

坡向	面積(平方公里)	面積百分比
Flat	0.3	0.00%
North	1,800.8	11.70%
Northeast	1,929.0	12.53%
East	2,017.8	13.11%
Southeast	1,989.8	12.93%
South	1,863.1	12.10%
Southwest	1,958.4	12.72%
West	1,932.0	12.55%
Northwest	1,900.5	12.35%

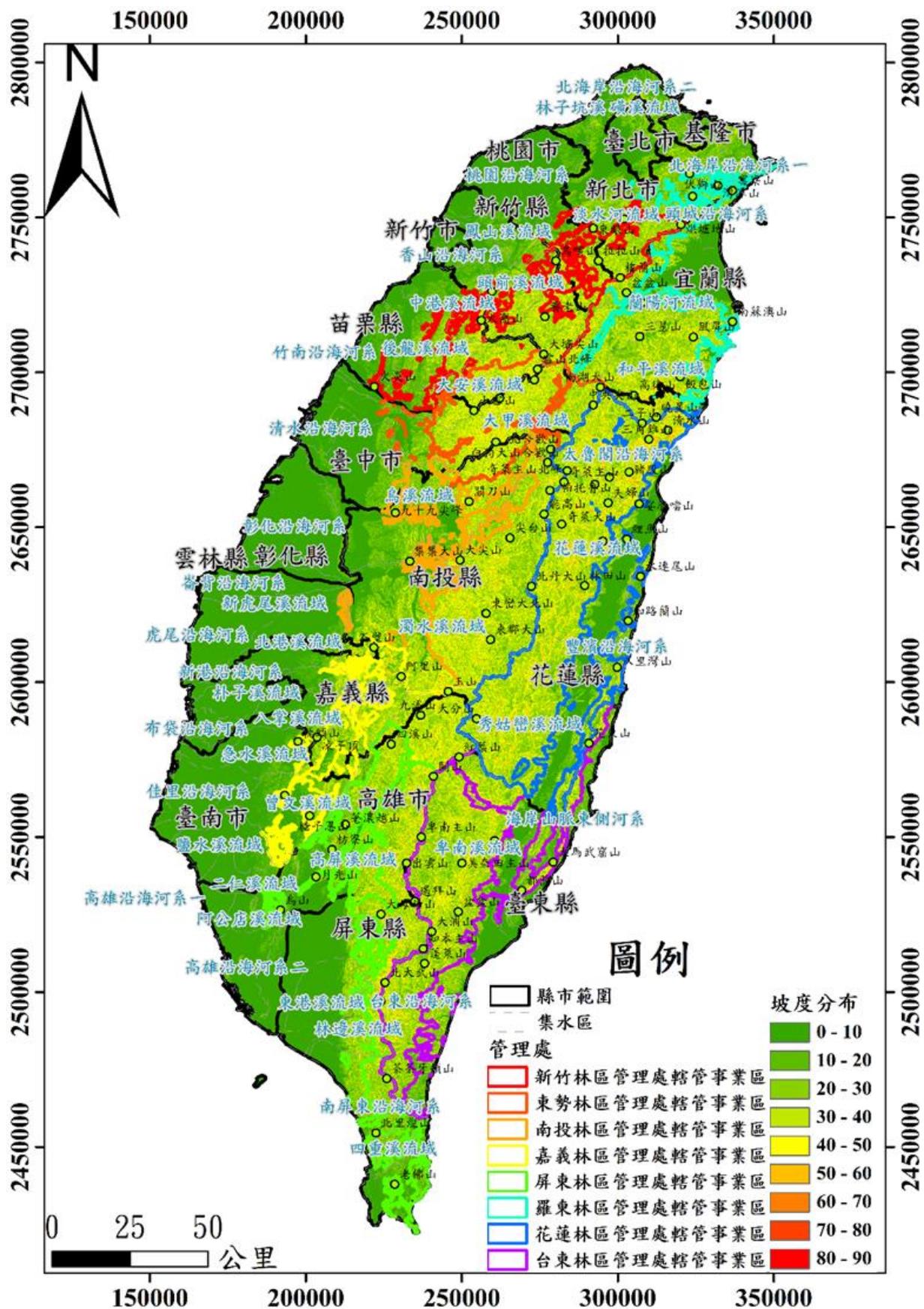


圖 3-1.3、全國林區管理處轄管事業區坡度分布圖

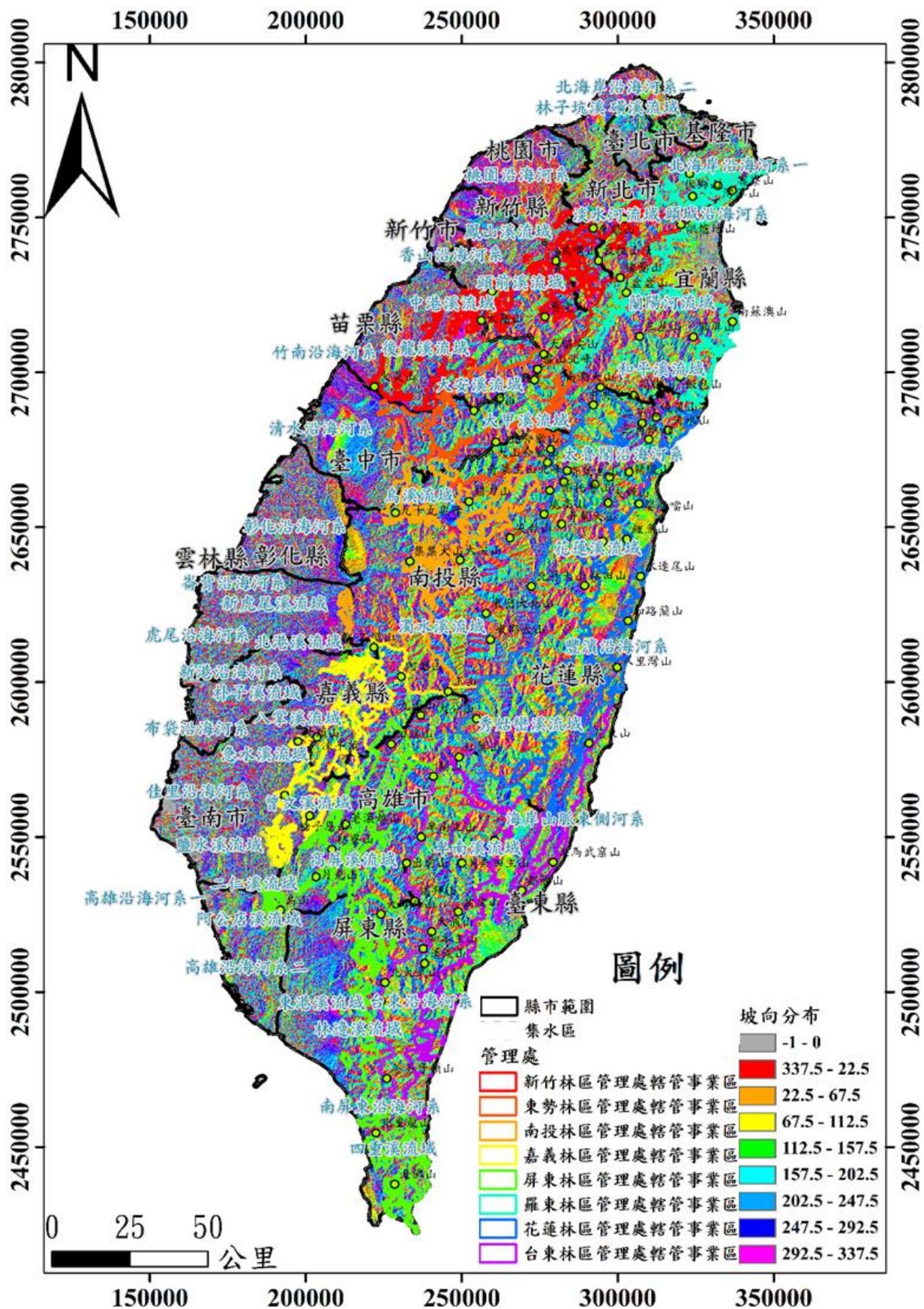


圖 3-1.4、全國林區管理處轄管事業區坡向分布圖

3-1.3、地質

參考中央地質調查所未出版之流域地質圖(圖 3-1.5)及出版之地質圖圖幅等資料。包含 101-104 年(高屏溪及曾文河流域)、103-104 年(大甲河流域及濁水河流域)及 105-107 年度工作範圍中之全國林區管理處轄管事業區,所涵蓋的地質分區主要有中央山脈、雪山山脈、海岸山脈與西部麓山帶四個地質分區(何春蓀,1986)。

中央山脈主要的地層分布為眉溪斷層以東,其地層主要為中生代大南澳片岩(高嶺片岩與白楊片岩等)與九曲大理岩,岩性則以片岩和大理岩等變質度較高的變質岩為主;新生代中新世廬山層與大禹嶺層,始新世黑岩山層與畢祿山層,岩性以板岩為。

雪山山脈主要的地層分布為眉溪斷層以西,水里坑斷層以東,內部大致以地利斷層為分界,地利斷層以西為水長流層(巴陵層)與四稜砂岩(白冷層),地利斷層以東為佳陽層、玉山主山層、達見砂岩與十八重溪層,其地層岩性為板岩和變質砂岩。

海岸山脈主要的地層分布為花東縱谷斷層以東,其地層主要為新生代的都鑾山層(石門火山角礫岩與石梯坪凝灰岩等)、利吉層、蕃薯寮層、港口石灰岩、八里灣層與卑南山礫岩等,岩性以火山碎屑岩及沉積岩為主。

西部麓山帶地層分布為水里坑斷層以西,大致以雲林為分界將地層分為南北兩區塊。雲林以北的地層主要有樟湖坑頁岩、深坑砂岩、南莊層、桂竹林層、錦水頁岩、卓蘭層與頭嵙山層等。雲林以南的地層主要岩層為三民頁岩、紅花子層、長枝坑層、糖恩山砂岩、烏山層、蓋仔寮沙岩、南勢崙砂岩、古亭坑層、嶺口礫岩、崎頂層與六龜層等。

在構造地質方面,全國林區管理處轄管事業區範圍內之主要斷層有屈尺斷層、水長流斷層、雙冬斷層、土壟灣斷層、關山斷層、池上斷層、清水斷層與奇萊山斷層等。褶皺方面,主要褶皺有關刀山複背斜、霧臺背斜、奮起湖背斜、國姓背斜、萬大複向斜與大禹嶺複向斜等。

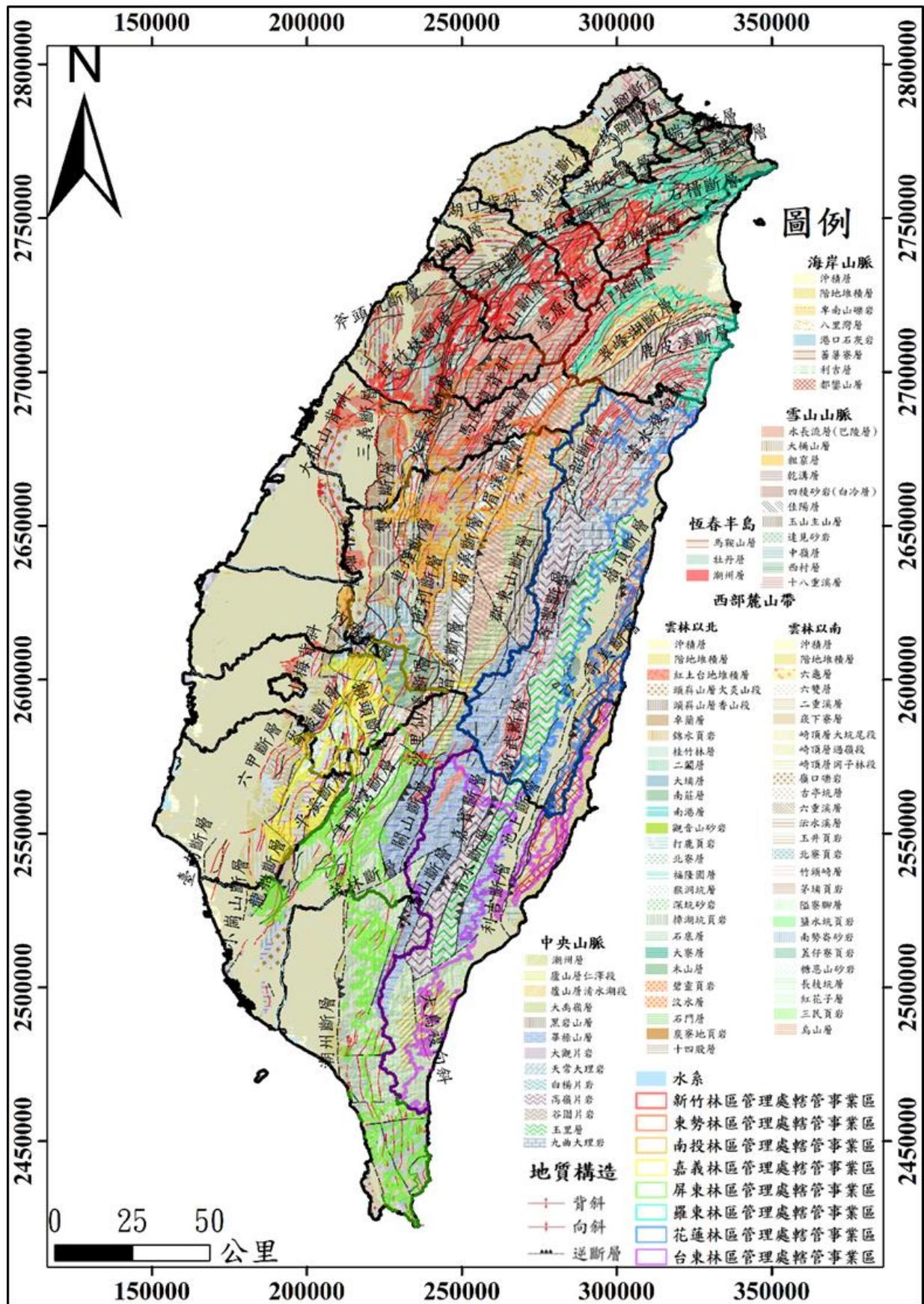


圖 3-1.5、全國林區管理處轄管事業區地質圖

中央山脈帶地層：

廬山層

地層年代屬中新世。地層岩性大部分由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩互層組成，含有零星散布的泥灰岩團塊，它的全部厚度估計當在數千公尺上下(何春蓀，1986)。

大禹嶺層

地層年代屬漸新世。依岩性及組合比例差異可分為四段，由上而下分別是：(1)板岩與數公釐之薄粉砂岩、(2)厚層塊狀砂岩、(3)厚層板岩偶夾泥灰岩透鏡體以及(4)砂岩與板岩之薄互層(楊昭男、羅偉，2002)。

黑岩山層

地層年代屬始新世。地層依岩性差異可分為三段，上段為厚層塊狀砂岩夾板岩，中段為變質石灰岩，下段為板岩間夾砂岩，並有火成岩透鏡體。黑岩山層砂岩層中的石英顆粒常具有變形條紋和壓溶現象(楊昭男、羅偉，2002)。

畢祿山層

地層年代屬始新世。地層岩性以板岩和千板岩為主要岩性，但是在變質的泥質岩層中夾有較厚的變質砂岩層，有的為石灰質砂岩，有的為長石質砂岩，砂岩粒度由細粒至粗粒，層厚也有薄有厚。畢祿山層的板岩在岩性上的特點為時常夾有綠色至暗紅色的火山岩凸鏡體，多半已經變質，其原岩可能為輝綠岩或基性凝灰岩，這是除化石以外認識脊樑山脈中始新世地層的一個主要指標。此外畢祿山層中也常含有石灰岩或泥灰岩所成的岩層或凸鏡體，有時為石灰質礫岩，或為石灰質砂岩，多數的始新世大型有孔蟲就產生在這些石灰質岩層中(何春蓀，1986)。

大南澳片岩

地層年代屬古生代至中生代。地層岩性大部分由古生代至中生代的片麻岩、大理岩、綠泥石片岩、泥質片岩與砂質片岩組成，因此區缺乏可鑑定的化石，岩層層序難以確認(何春蓀，1986)。白楊片岩與高嶺片岩為大南澳片岩之一部分，其岩石組成以石英雲母片岩為主(羅偉，1993)、(衣德成、陳治宇、林慶偉，2012)。

九曲大理岩

地層年代屬中生代。地層岩性以厚層塊狀大理岩，並有黑白相間條紋，偶有夾薄層之綠泥片岩或雲母片岩。大理岩中常見可見受剪力作用造成的方解石雙晶。另有白雲母富集白雲岩者，常呈串腸狀或透鏡狀(羅偉，1993)。

雪山山脈地層：

水長流層

雪山山脈帶中出露的最年輕地層，其岩性以暗灰或黑灰色頁岩或硬頁岩為主，偶間夾薄層至暗灰色細粒泥質砂岩或粉砂岩，常含海綠石(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

白冷層

地層年代屬始新世。地層岩性以厚層至塊狀粗粒或白色礫質石英砂岩，其中夾有灰色緻密砂岩和暗灰色硬頁岩或板岩互層(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

佳陽層

本層上覆眉溪砂岩，下覆玉山主山層，地層年代應屬始新世，地層時間對比上相當於中央山脈畢祿山層地一部分。本地層岩性主要由黑灰色厚層板岩組成，板劈理發達，夾少量薄層灰色細粒變質粉砂岩。其沉積環境為淺海大陸棚相(何春蓀，1986)。

玉山主山層

本層上覆佳楊層，下覆達見砂岩，地層年代應屬始新世。本地層岩性組成主要以變質中層到薄層砂岩與板岩之互層為主，或局部有板岩夾薄層砂岩，偶而出現厚層砂岩。其中石英質砂岩為細至中粒，淡灰色到白灰色(何春蓀，1986)。

達見砂岩

本層上覆玉山主山層，下覆十八重溪層。由化石年代判斷地層年代應在始新世。本地層岩性組成主要是厚層或塊狀，白色，中至粗粒變質砂岩，間夾板岩及偶夾炭質板岩。原岩為堅硬塊狀砂岩在地形表現上為陡峭山嶺、瀑布等特徵(何春蓀，1986)。

十八重溪層

雪山山脈帶中出露的最老地層，在地層時間對比上相當於中央山脈畢祿山層。本地層岩性組成主要由黑色板岩，間夾薄層白灰色石英質變質砂岩。軸面劈理普遍發育，與原層面呈高角度交角。本層向上砂岩成分增加，上覆達見砂岩(何春蓀，1986)。

海岸山脈地層：

卑南山礫岩

地層年代屬上新世至更新世。地層岩性組成主要是厚層礫岩偶夾薄層砂岩和泥岩，礫岩的母岩包含黑色片岩、石英岩與大理岩等變質岩為主，可推定為中至晚期更新世之沉積產物(林偉雄、林啟文、劉彥求、陳柏村，2008)。

八里灣層

地層年代屬上新世至更新世。地層岩性組成主要為礫岩及泥岩砂岩薄互層，岩相組合為深海環境地沖積扇沉積物，其沉積物來源為西側大陸邊緣，古中央山脈造山帶及當時大陸邊緣之增基岩體(王源、楊昭男、陳文山，1991)。

港口石灰岩

地層年代屬早期上新世。港口石灰岩為原生於島弧周圍淺海生物群集所形成的石灰岩，其中含有許多生物化石，以抱球藻、珊瑚、大型有孔蟲、小型有孔蟲與生物碎屑等所組成(王源、楊昭男、陳文山，1992)。

蕃薯寮層

地層年代屬上新世。岩性組成主要為泥岩，偶夾薄層細粒至極細粒砂岩，局部區域夾厚層礫質泥岩，砂頁岩之沉積構造為鮑馬層序的濁流岩，沉積環境屬於下部深海沖積扇環境(王源、楊昭男、陳文山，1991)。

利吉層

地層年代屬中新世至上新世。地層為海岸山脈中夾帶各種岩石角粒岩塊(沉積岩岩塊與蛇綠岩岩塊等)的泥岩地層，泥岩中含有致密的鱗片狀剪裂構造，且夾帶的礫岩部分原岩為蛇綠岩塊，表示其可能為海洋地殼受剪切作用後隨斷層活動移至地表(王源、楊昭男、陳文山，1992)。

都鑾山層

地層年代屬中新世至上新世。地層岩性為火山岩及其碎屑岩所組成，以安山岩質集塊岩為主要岩層，其餘含安山岩質熔岩流、岩脈、凝灰岩、礫石與崩積層等，集塊岩為火山噴發後立即沉積之角粒火山碎屑，填充輝質碎屑物作為基質而成(王源、楊昭男、陳文山，1991)。

西部麓山帶地層：

鹽水坑頁岩

地層年代屬上新世早期，地層對比相當於桂竹林層魚藤坪砂岩。本層主要岩性是巨厚、塊狀砂岩之頁岩為主，受強烈之生物擾動，偶夾黃灰色砂岩或泥質砂岩。(宋國城、林慶偉、林偉雄、林文正，2000)。

糖恩山砂岩

地層年代屬晚中新世，地層對比相當於上部南莊層。本層主要岩性是塊狀青灰色細粒砂岩，因岩性緻密堅硬，多呈塊狀，為本區山脊稜線的主控岩層(宋國城、林慶偉、林偉雄、林文正，2000)。

長枝坑層

地層年代屬晚中新世，地層對比相當於南莊層。大多出露於荖濃溪西岸和玉山山脈之東斜坡，部分出露於緊鄰平溪斷層與竹頭崎斷層之上盤。岩性以青灰色細粒砂岩或泥岩與黑色頁岩所形成之帶狀互層為主(宋國城、林慶偉、林偉雄、林文正，2000)。

頭崙山層

地層年代屬更新世中期。地層岩性可分為兩種，上部以礫岩為主，間夾少許砂岩或泥岩層，此段岩層一般稱為火炎山(礫石)段。下段以厚層或塊狀之泥質砂岩及泥岩為主要岩性，砂岩為細到粗粒，淘選度差，膠結差，常風化轉為泥岩(李錦發，2000)。

錦水頁岩

地層年代屬上新世，地層岩性主要為厚層暗灰色頁岩，頁岩中常夾不規則之砂岩條帶，有時頁岩與細粒砂岩相混。頁岩有時移變泥質砂岩或砂質頁岩。其頁岩風化後常呈洋蔥狀風化面(宋國城、林慶偉、林偉雄、林文正，2000)。

卓蘭層

地層年代屬更新世晚期。地層岩性以塊狀厚層灰色到黃棕色泥質砂岩為主，間夾灰色泥岩或頁岩。砂岩主要為黏土礦物膠結，淘選度差(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

桂竹林層

地層年代屬中新世晚期。地層岩性以塊狀厚層灰色到黃棕色泥質砂岩為主，間夾灰色泥岩或頁岩。砂岩主要為黏土礦物膠結，淘選度差(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

南莊層

地層年代屬中新世晚期至上新世。地層岩性以白砂岩、暗灰色頁岩、砂頁岩薄互層組成為主。在計畫區域內白砂岩不甚明顯，為厚層狀，粒徑大部分為中至粗粒。本層中段有兩煤層，相隔約 70 到 100 公尺，煤層側向變化大，厚度自數公分到 1 公尺多(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

深坑砂岩

地層年代屬中新世中期。地層岩性由厚層塊狀砂岩及暗灰色頁岩組成。砂岩通常為灰至淡灰色，細粒泥質或粉砂質，常連續出現形成巨層厚狀，砂岩部分為石灰質，常含大量貝類等化石(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

樟湖坑頁岩

地層年代屬早中新世晚期。地層岩性以厚層暗灰色頁岩為主要岩性，偶夾薄層砂岩，頁岩為厚層或塊狀。砂岩夾層較少，單層厚度一般小於 3 公尺。(黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000)。

3-1.4、雨量

本計畫目前收集 2001 年至 2018 年 9 月雨量資料(表 3-1.5)，其中包含多次重大颱風及豪雨事件，各事件降雨分布說明如下。圖 3-1.6 為各事件之等雨量線圖，其成果是由中央氣象局雨量站資料內插計算得到，並作為全國林區管理處轄管事業區內最大累積雨量之參考。

表 3-1.5、雨量資料列表

項次	颱風豪雨	影響時間	最大累積雨量(毫米)
A	桃芝	2001/07/28~07/31	922
B	敏督利	2004/06/28~07/03	1,310
C	海棠	2005/07/16~07/20	2,184
D	馬莎	2005/08/03~08/06	1,031
E	泰利	2005/08/30~09/01	765
F	0609 豪雨	2006/06/09~06/13	1,437
G	柯羅莎	2007/10/04~10/07	1,117
H	卡玫基	2008/07/16~07/18	944
I	鳳凰	2008/07/26~07/29	852
J	辛樂克	2008/09/11~09/16	1,467
K	薔蜜	2008/09/26~09/29	1,136
L	莫拉克	2009/08/05~08/10	2,904
M	凡那比	2010/09/17~09/20	1,016
N	南瑪都	2011/08/27~08/31	1,204
O	泰利	2012/06/19~06/21	753
P	蘇拉	2012/07/30~08/03	1,912
Q	天秤	2012/08/21~08/28	885
R	蘇力	2013/07/11~07/13	960
S	潭美	2013/08/20~08/22	737
T	康芮	2013/08/27~08/29	758
U	天兔	2013/09/19~09/22	844
V	麥德姆	2014/07/21~07/23	673
W	蘇迪勒	2015/08/06~08/09	1,081
X	杜鵑	2015/09/27~09/29	1,361
Y	尼伯特	2016/07/07~07/09	1,081

項次	颱風豪雨	影響時間	最大累積雨量(毫米)
Z	莫蘭蒂	2016/09/12~09/15	1,225
AA	梅姬	2016/09/25~09/28	1,099
AB	0601 豪雨	2017/06/01~06/05	1,417
AC	0613 豪雨	2017/06/13~06/19	946
AD	尼莎	2017/07/28~07/30	486
AE	海棠	2017/07/29~07/31	738
AF	1011 豪雨	2017/10/11~10/15	1,188

A. 桃芝颱風

桃芝颱風(TORAJI)編號 200108,影響時間為 2001 年 7 月 28 日~7 月 31 日,颱風強度為中度颱風,由花蓮秀姑巒溪口登陸往北北西前進於新竹附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中,最大累積雨量位於花蓮林區管理處林田山事業區,為 922 毫米。

B. 敏督利颱風

敏督利颱風(MINDULLE)編號 200407,影響時間為 2004 年 6 月 28 日~7 月 03 日,颱風強度為中度颱風,自花蓮登陸往北移動。在全國林區管理處轄管事業區中,最大累積雨量位於嘉義林區管理處玉山事業區,為 1,310 毫米。

C. 海棠颱風

海棠颱風(HAITANG)編號 200505,侵臺時間為 2005 年 7 月 16 日~7 月 20 日,颱風強度為強烈颱風,自宜蘭登陸往西北移動。在全國林區管理處轄管事業區中,最大累積雨量位於屏東林區管理處屏東事業區,為 2,184 毫米。

D. 馬莎颱風

馬莎颱風(MATSA)編號 200509,侵臺時間為 2005 年 8 月 3 日~8 月 6 日,颱風強度為中度颱風,颱風路徑為由宜蘭外海往西北移動,雖未直接侵臺,但仍影響臺灣許多。在全國林區管理處轄管事業區中,最大累積雨量位於新竹林區管理處竹東事業區,為 1,031 毫米。

E. 泰利颱風

泰利颱風(TALIM)編號 200513,影響時間為 2005 年 8 月 30 日~9 月 1 日,颱風強度為強烈颱風,颱風由花蓮宜蘭之間登陸。在全國林區管理處轄管事業區中,最大累積雨量位於屏東林區管理處荖濃溪事業區,為 765 毫米。

F. 0609 豪雨

0609 豪雨發生原因為滯留鋒面造成，發生時間為 2006 年 6 月 9 日～6 月 13 日。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處玉山事業區，為 1,437 毫米。

G. 柯羅莎颱風

柯羅莎颱風 (KROSA) 編號 200715，侵臺時間為 2007 年 10 月 4 日～10 月 7 日，颱風強度為強烈颱風，颱風路徑為由宜蘭頭城登陸，往西北移動離開臺灣。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處阿里山事業區，為 1,117 毫米。

H. 卡玫基颱風

卡玫基颱風 (KALMAEGI) 編號 200807，侵臺時間為 2008 年 7 月 16 日～7 月 18 日，颱風強度為中度颱風，颱風路徑為由宜蘭南方登陸，往西北移動離開臺灣。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處玉井事業區，為 944 毫米。

I. 鳳凰颱風

鳳凰颱風 (FUNG-WONG) 編號 200808，影響時間為 2008 年 7 月 26 日～7 月 29 日，颱風強度為中度颱風，颱風路徑由靜浦與長濱之間登陸，往西北移動於彰化出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處太平山事業區，為 852 毫米。

J. 辛樂克颱風

辛樂克颱風 (SINLAKU) 編號 200813，影響時間為 2008 年 9 月 11 日～9 月 16 日，颱風強度為強烈颱風，由宜蘭縣蘭陽溪附近登陸，之後強度減弱並向南偏移至蘇澳附近呈打轉現象，後往臺灣東北角進入北部海面。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處阿里山事業區，為 1,467 毫米。

K. 薔蜜颱風

薔蜜颱風 (JANGMI) 編號 200815，影響時間為 2008 年 9 月 26 日～9 月 29 日，颱風強度為強烈颱風，由宜蘭縣南澳附近登陸，往北北西移動於桃園附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處太平

山事業區，為 1,136 毫米。

L. 莫拉克颱風

莫拉克颱風 (MORAKOT) 編號 200908，侵臺時間為 2009 年 8 月 5 日~8 月 10 日，颱風強度為強烈颱風，颱風路徑為由宜蘭頭城登陸，往西北移動離開臺灣。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處屏東事業區，為 2,904 毫米；次高累積雨量位於嘉義林區管理處阿里山事業區，為 2,865 毫米。

M. 凡那比颱風

凡那比颱風(FANAPI)編號 201011，影響時間為 2010 年 9 月 17 日~9 月 20 日，颱風強度為中度颱風，路徑由花蓮縣豐濱登陸，往西南移動於臺南附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處屏東事業區，為 1,016 毫米。

N. 南瑪都颱風

南瑪都颱風(NANMADOL)編號 201111，影響時間為 2011 年 8 月 27 日~8 月 31 日，颱風強度為強烈颱風，由臺東縣大武附近登陸，往北北西移動於臺南附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處恆春事業區，為 1,204 毫米。

O. 泰利颱風

泰利颱風(TALIM)編號 201205，影響時間為 2012 年 6 月 19 日~6 月 21 日，颱風強度為輕度颱風，生成後以東北方向朝臺灣移動，在 21 日 5 時減弱成熱帶性低氣壓。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處荖濃溪事業區，為 753 毫米。

P. 蘇拉颱風

蘇拉颱風(SAOLA)編號 201209，影響時間 2012 年 7 月 30 日~8 月 3 日，颱風強度為中度颱風，由花蓮縣秀林鄉附近登陸，登陸後呈現打轉的現象於東北角附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處太平山事業區，為 1,912 毫米。

Q. 天秤颱風

天秤颱風(TEMBIN)編號 201214，第一次影響時間為 2012 年 8 月 21 日~8 月 25 日，第二次影響時間為 2012 年 8 月 26 日~8 月 28 日，颱風強度為中度颱風，第一次由屏東縣牡丹鄉附近登陸，由臺東東方往西南直撲恆春半島，穿越恆春半島後往西離去，後續颱風轉東造成第二次影響臺灣，而鵝鑾鼻南方海面往東遠離臺灣。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於臺東林區管理處大武事業區，為 885 毫米。

R. 蘇力颱風

蘇力颱風(SOULIK)編號 201307，影響時間為 2013 年 7 月 11 日~7 月 13 日，颱風強度為強烈颱風，由 13 日 3 時於新北市及宜蘭縣交界處登陸並持續往西北移動，13 日 8 時於新竹附近出海後 16 時進入大陸。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於新竹林區管理處竹東事業區，為 960 毫米。

S. 潭美颱風

潭美颱風(TRAMI)編號 201312，影響時間為 2013 年 8 月 20 日~8 月 22 日，颱風強度為輕度颱風，由 21 日 14 時暴風圈進入臺灣北部及東北部，21 日晚間其中心逐漸通過北部海面，暴風圈壟罩臺灣中部以北、東北部及東部陸地，22 日 2 時由馬祖西南方進入福建。在 107 年工作範圍中，最大累積雨量位於東勢林區管理處大安溪事業區，為 737 毫米。

T. 康芮颱風

康芮颱風(KONGREY)編號 201315，影響時間為 2013 年 8 月 27 日~8 月 29 日，颱風強度為輕度颱風，28 日暴風圈逐漸進入臺灣東部近海。29 日暴風圈影響臺灣東半部及中部以北陸地，29 日清晨起臺灣中南部地區發生明顯降雨，29 日 14 時颱風中心移動至臺北北北東方近海，逐漸轉向東北移動並遠離臺灣。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處玉井事業區，為 758 毫米。

U. 天兔颱風

天兔颱風(USAGI)編號 201319，影響時間為 2013 年 9 月 19 日~9 月 22 日，颱風強度為強烈颱風，由 21 日暴風圈逐漸影響臺灣東半部及臺中以南陸地，21 日 17 時減弱為中度颱風並持續朝西北西方向前進，22 日暴風圈影響澎湖及金門地區而逐漸遠離臺灣本島。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於花蓮林區管理處立霧溪事業區，為 844 毫米。

V. 麥德姆颱風

麥德姆颱風(MATMO)編號 201410，影響時間為 2014 年 7 月 21 日~7 月 23 日，颱風強度為中度颱風，21 日 17 時其中心在鵝鑾鼻東南方海面，暴風圈逐漸接近巴士海峽，22 日 17 時其暴風圈開始進入臺灣陸地，23 日 0 時 10 分左右於臺東長濱登陸，4 時 20 分由彰化附近出海，於 15 時左右在馬祖南方進入福建。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處荖濃溪事業區，為 673 毫米。

W. 蘇迪勒颱風

蘇迪勒颱風(SOUDELOR)編號 201513，影響時間為 2015 年 8 月 6 日~8 月 9 日，颱風強度為中度颱風，7 日 17 時其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸接觸臺灣陸地。8 日 4 時 40 分左右中心由花蓮秀林鄉登陸，11 時在雲林縣臺西鄉出海，同日 22 時左右由福建進入大陸。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處太平山事業區，為 1,081 毫米。

X. 杜鵑颱風

杜鵑颱風(DUJUAN)編號 201521，影響時間為 2015 年 9 月 27 日~9 月 29 日，颱風強度為強烈颱風，27 日 17 時其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸向臺灣東半部海面和陸地接近。28 日 17 時 40 分其中心由宜蘭南澳鄉登陸，29 日 1 時於彰化芳苑鄉出海，同日 10 時左右由金門北方進入福建。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處宜蘭事業區，為 1,361 毫米。

Y. 尼伯特颱風

尼伯特颱風(NEPARTAK)編號 201601，影響時間為 2016 年 7 月 6 日~7 月 9 日，颱風強度為強烈颱風，7 日 8 時其中心在花蓮東南方海面，暴風圈逐漸接近臺灣東南方近海，同日傍晚起其暴風圈逐漸進入臺灣東南部陸地及恆春半島。颱風中心於 8 日 5 時 50 分左右於臺東縣太麻里鄉登陸，14 時 30 分由臺南市將軍區進入臺灣海峽，並於 9 日 13 時左右在金門東北方進入福建。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處太平山事業區，為 1,081 毫米。

Z. 莫蘭蒂颱風

莫蘭蒂颱風(MERANTI)編號 201614，影響時間為 2016 年 9 月 12 日~9 月 13 日，颱風強度為強烈颱風，13 日 14 時其中心在恆春東南東方海面，暴風圈開始進入巴士海峽，同日 23 時起其暴風圈逐漸進入臺灣東南部陸地及恆春半島。颱風中心於 15 日 2 時左右由金門進入福建，11 時金門脫離暴風圈。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處玉山事業區，為 1,225 毫米。

AA. 梅姬颱風

梅姬颱風(MEGI)編號 201617，影響時間為 2016 年 9 月 25 日~9 月 28 日，颱風強度為中度颱風，25 日 23 時其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸朝臺灣東半部海面接近；27 日 5 時，其中心在花蓮東南方海面，暴風圈逐漸影響臺灣東半部陸地。颱風中心於 27 日 14 時在花蓮市附近登陸，21 時 10 分由雲林縣麥寮出海，並於 28 日 5 時左右由金門北方進入福建。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於羅東林區管理處和平事業區，為 1,099 毫米。

AB. 0601 豪雨

0601 豪雨發生原因為滯留鋒面與西南氣流同時影響造成，發生時間為 2017 年 6 月 1 日~6 月 5 日，梅雨鋒面於 6 月 1 日開始影響臺灣地區，6 月 2 日凌晨鋒面接觸北臺灣，6 月 2 日入夜後鋒面往南移並滯留在中部地區。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於嘉義林區管理處玉山事業區，為 1,417 毫米。

AC. 0613 豪雨

0613 豪雨發生原因為滯留鋒面造成，發生時間為 2017 年 6 月 13 日~6 月 19 日。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於東勢林區管理處八仙山事業區，為 946 毫米。

AD. 尼莎颱風

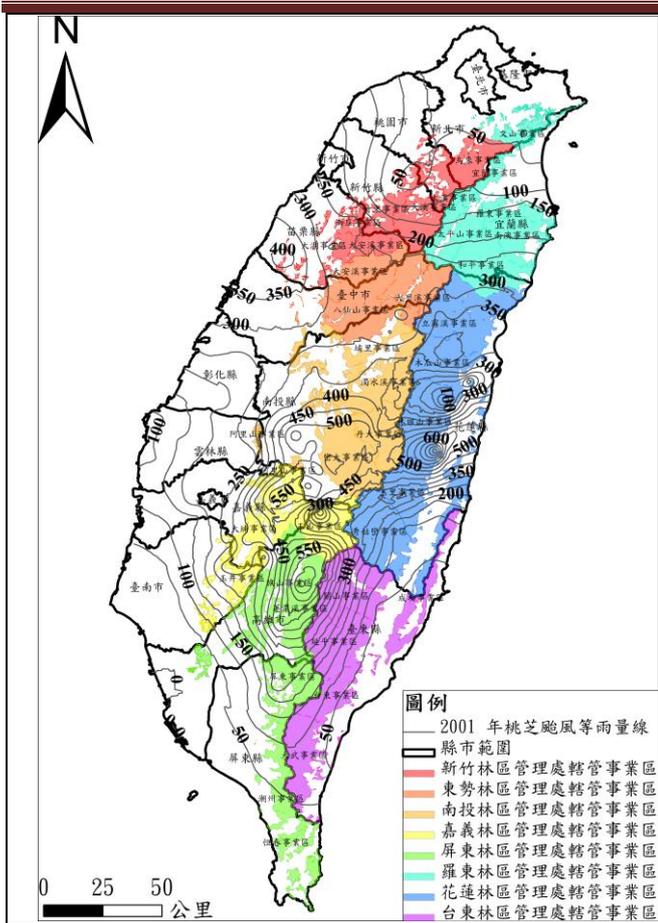
尼莎颱風(NESAT)編號 201709，影響時間為 2017 年 7 月 28 日~7 月 30 日，颱風強度為中度颱風，28 日 08 時其中心在鵝鑾鼻東南東方海面，暴風圈逐漸接近巴士海峽，29 日 10 時其暴風圈開始進入臺灣陸地，29 日 19 時 10 分左右於宜蘭蘇澳登陸，29 日 22 時 30 分由苗栗竹南附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處潮州事業區，為 486 毫米。

AE. 海棠颱風

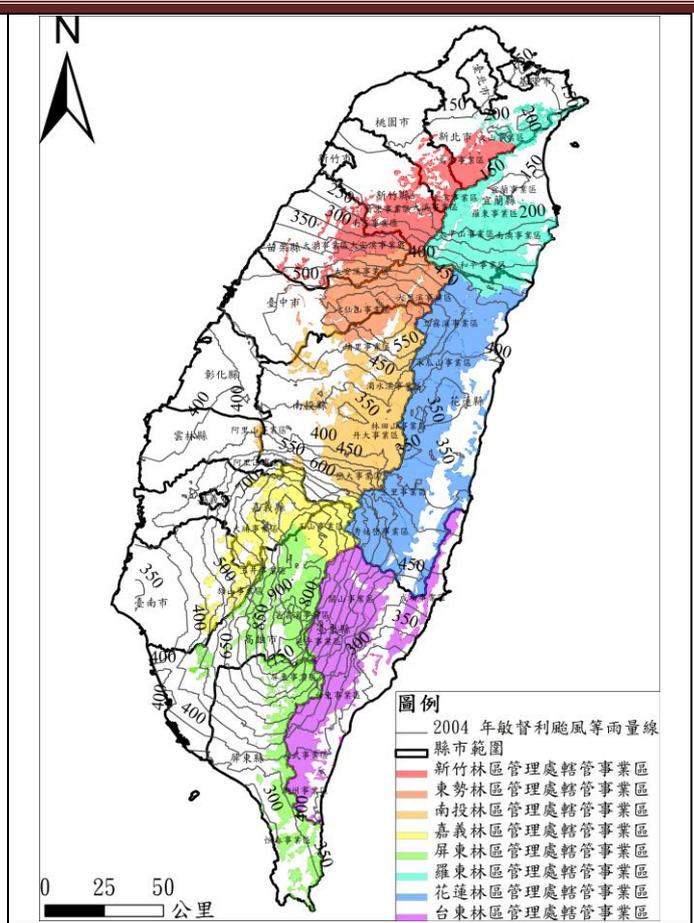
海棠颱風(HAITANG)編號 201710，影響時間為 2017 年 7 月 29 日~7 月 31 日，颱風強度為輕度颱風，30 日 16 時 40 分於屏東楓港附近登陸，31 日 0 時 30 分於彰化芳苑附近出海。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處潮州事業區，為 738 毫米。

AF. 1011 豪雨

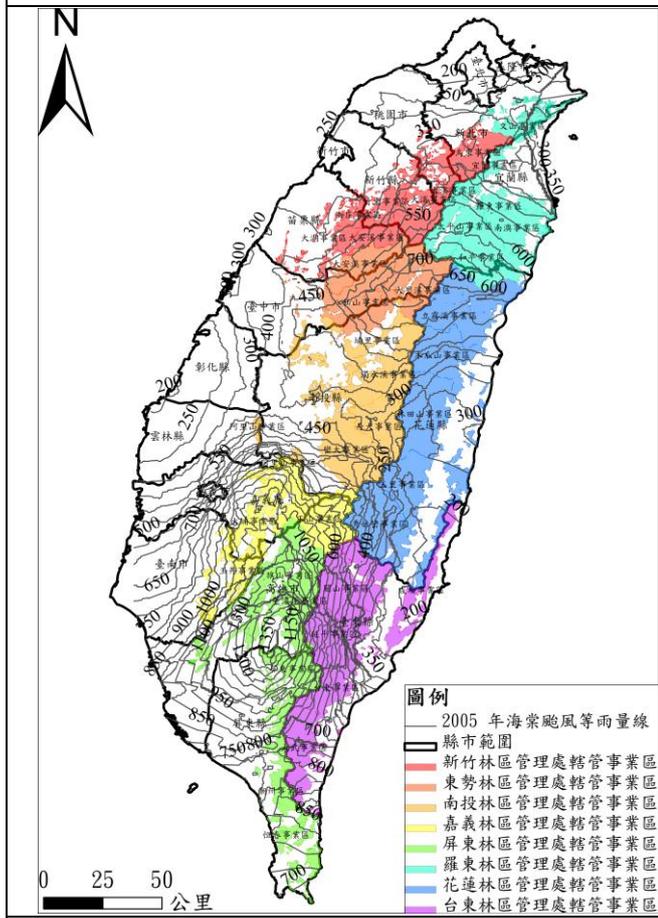
1011 豪雨發生原因為卡努颱風含其熱帶低壓期間自東向西通過呂宋島期間，與東北風之共伴影響，發生時間為 2017 年 10 月 11 日~10 月 15 日。在全國林區管理處轄管事業區中，最大累積雨量位於屏東林區管理處潮州事業區，為 1,188 毫米。



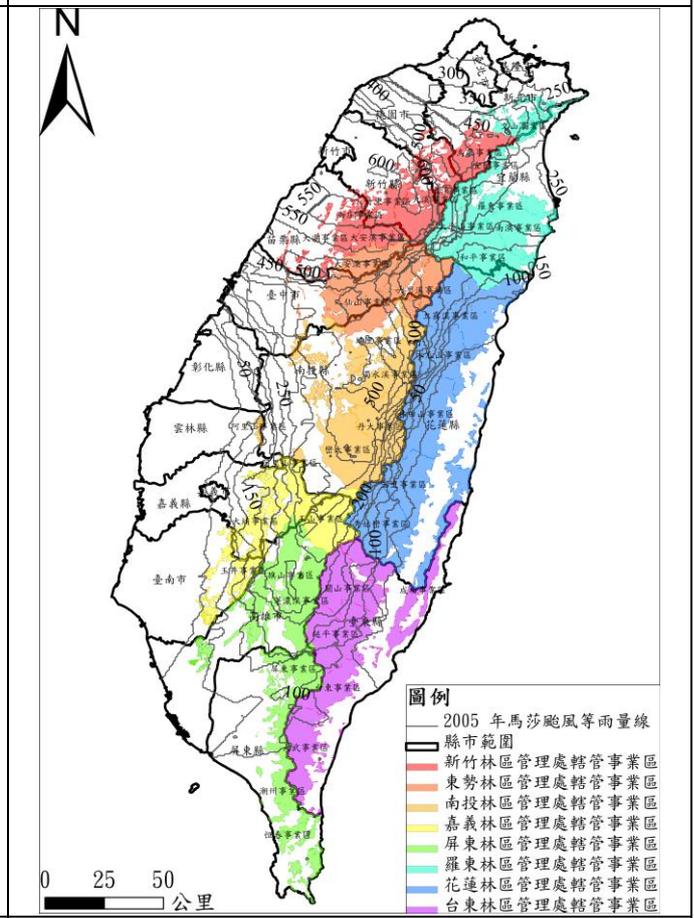
2001年桃芝颱風等雨量線圖



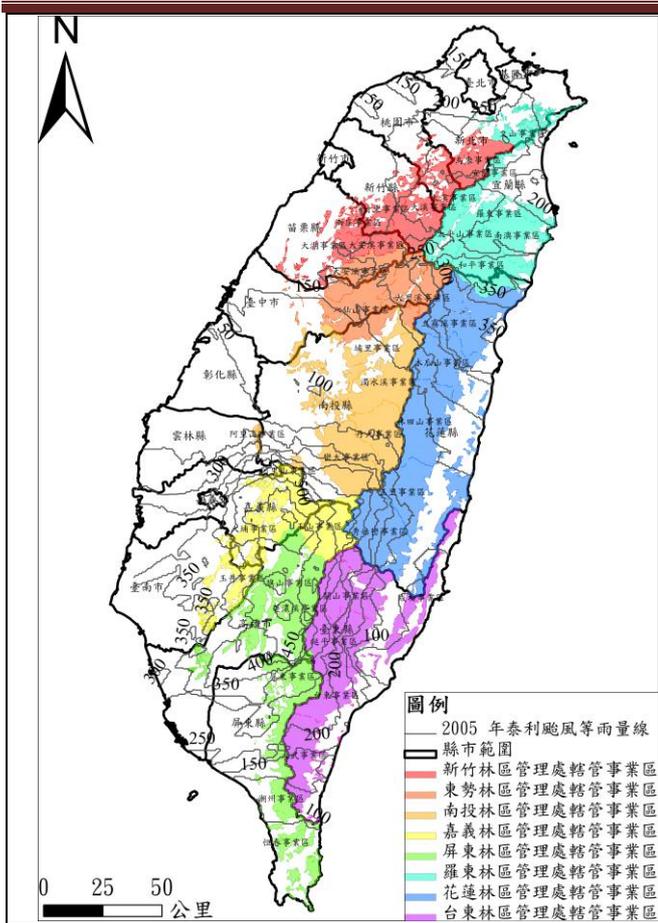
2004年敏督利颱風等雨量線圖



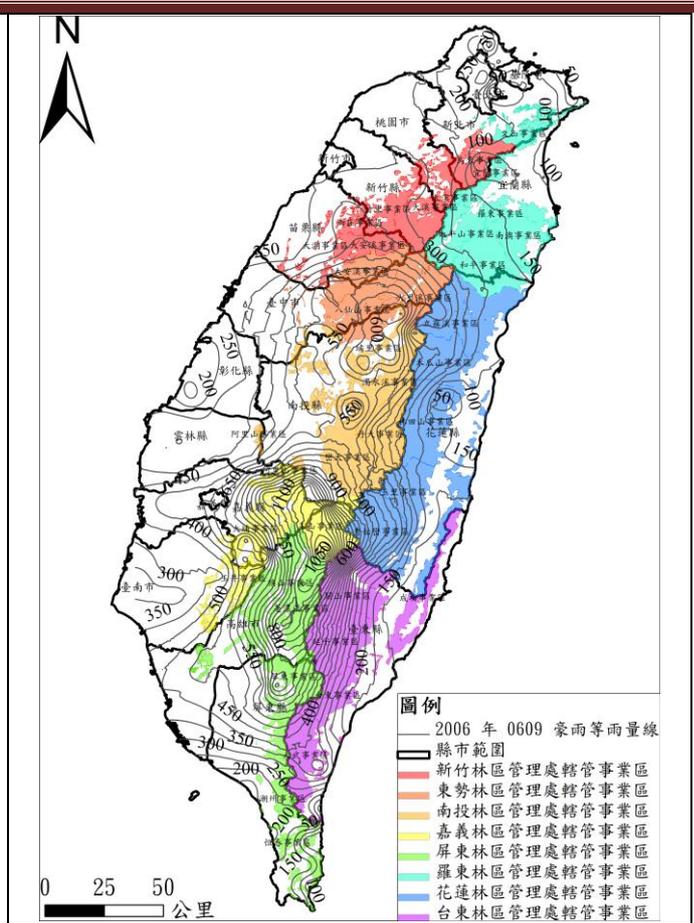
2005年海棠颱風等雨量線圖



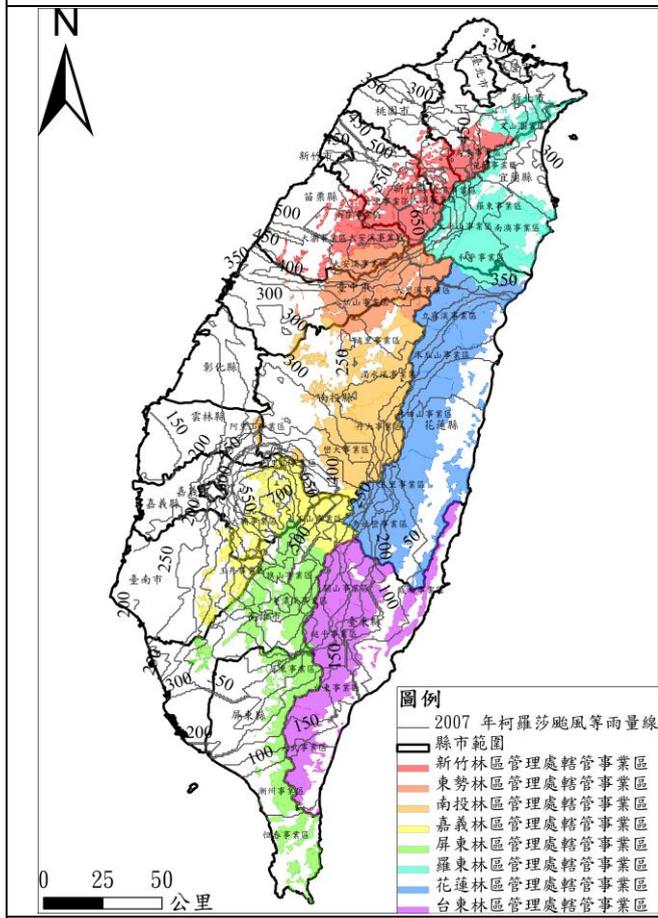
2005年馬莎颱風等雨量線圖



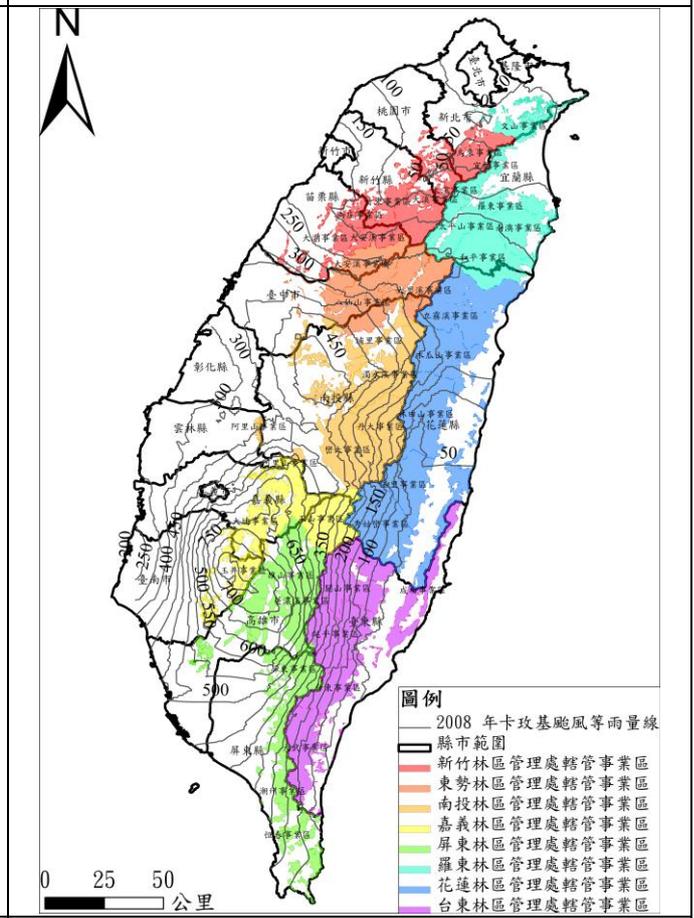
2005 年泰利颱風等雨量線圖



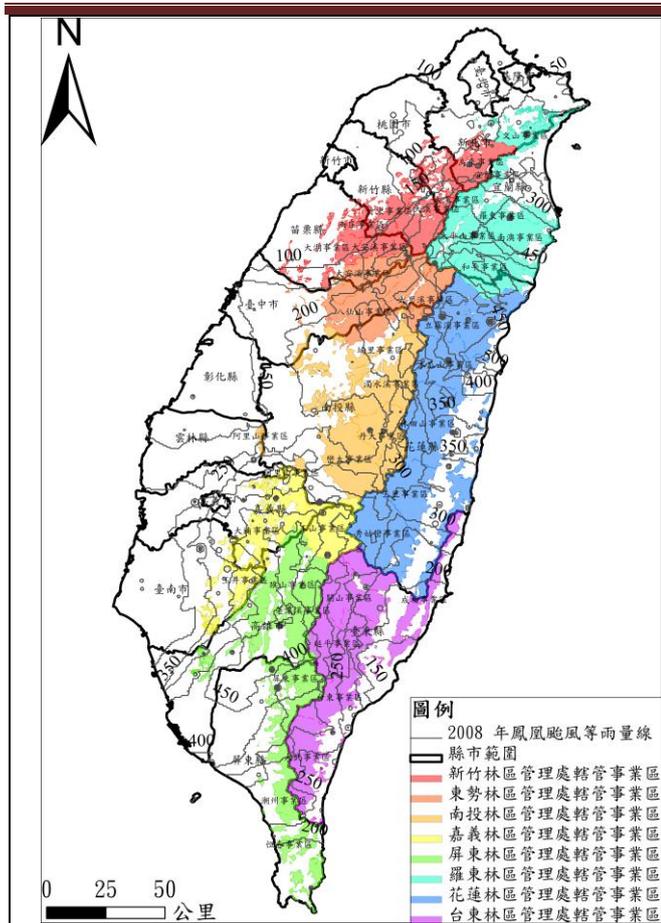
2006 年 0609 豪雨等雨量線圖



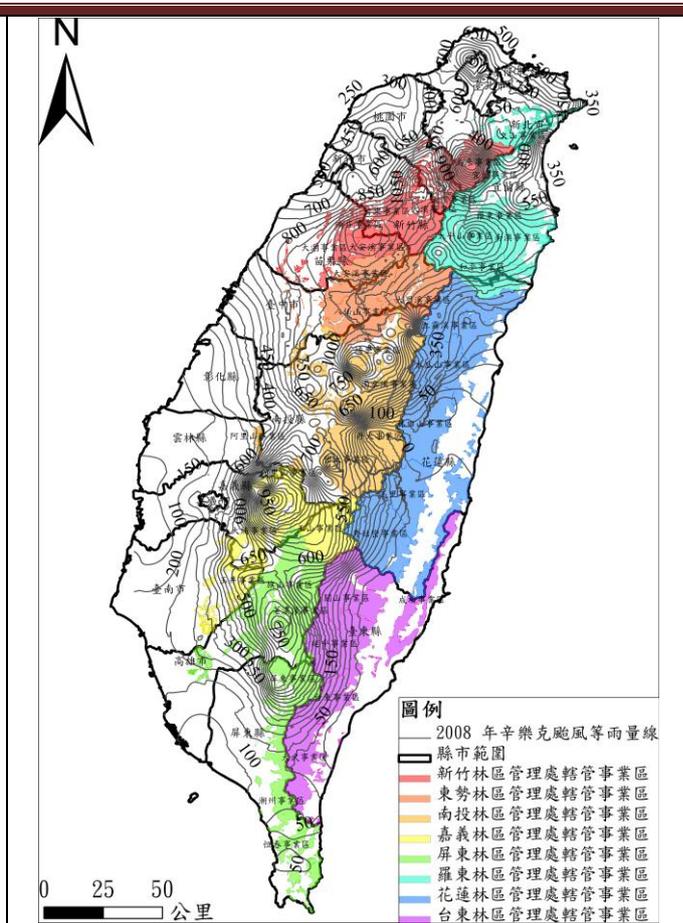
2007 年柯羅莎颱風等雨量線圖



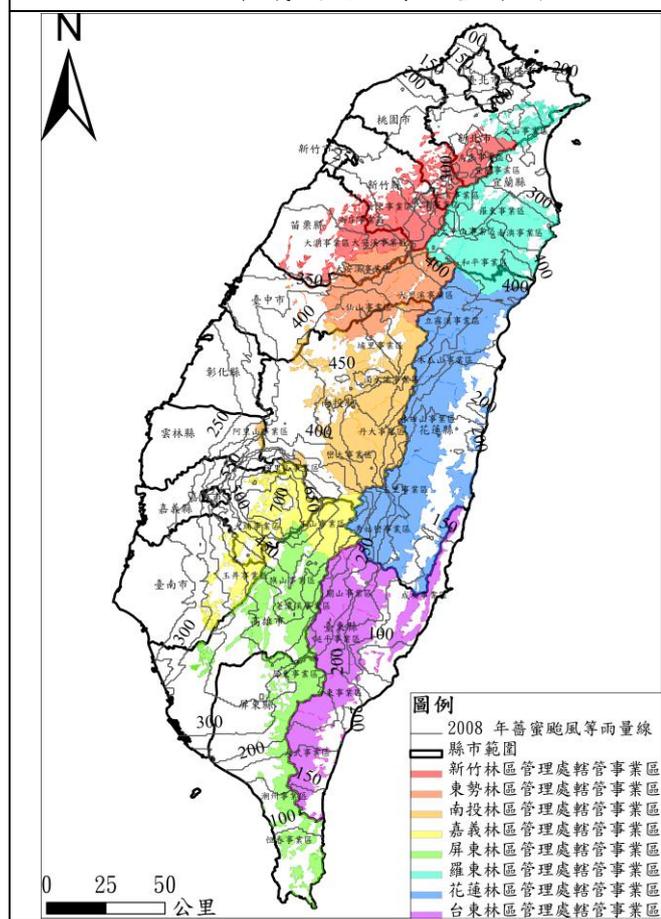
2008 年卡玫基颱風等雨量線圖



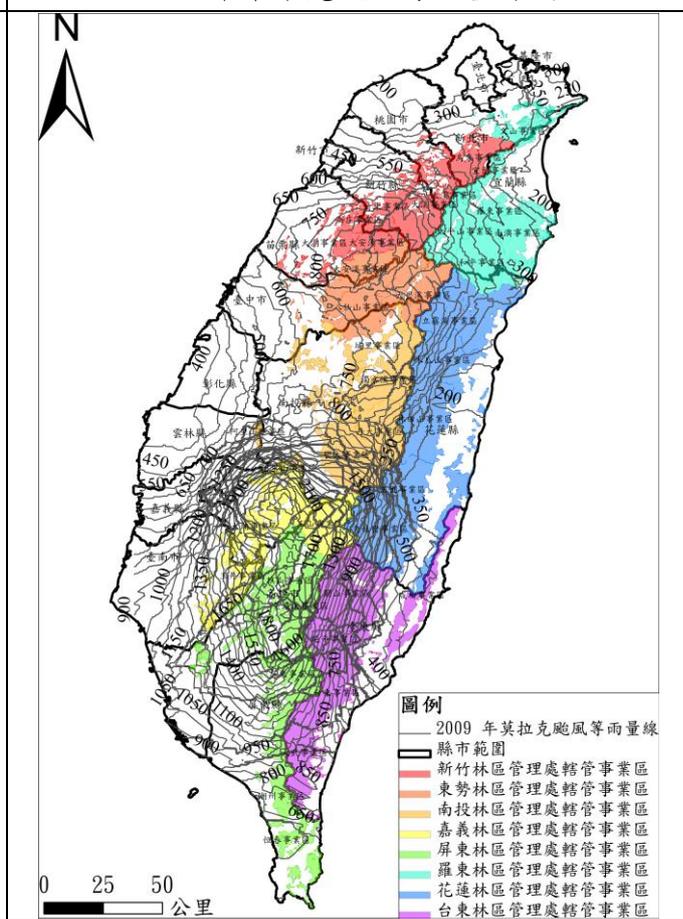
2008 年鳳凰颱風等雨量線圖



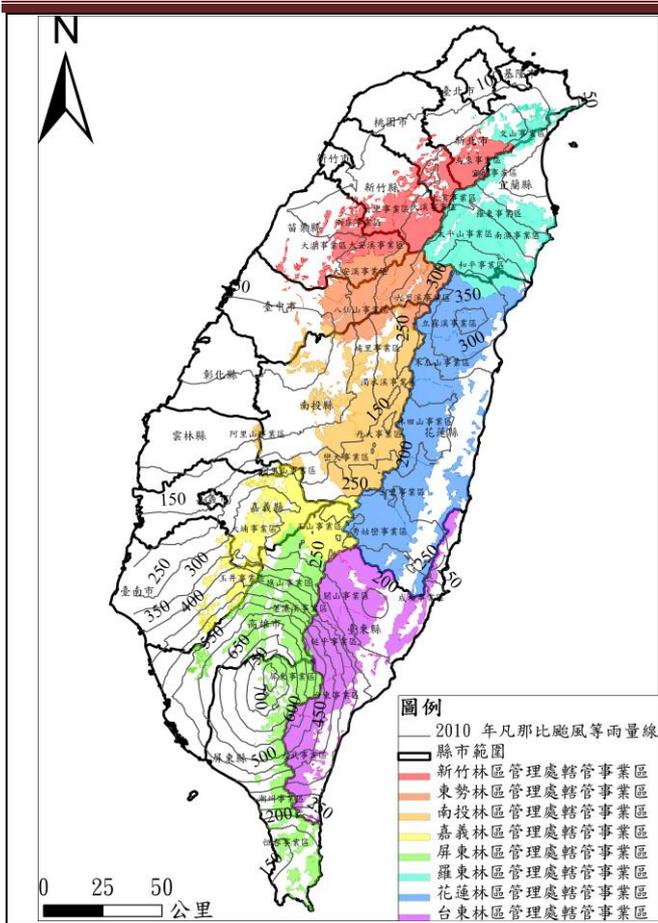
2008 年辛樂克颱風等雨量線圖



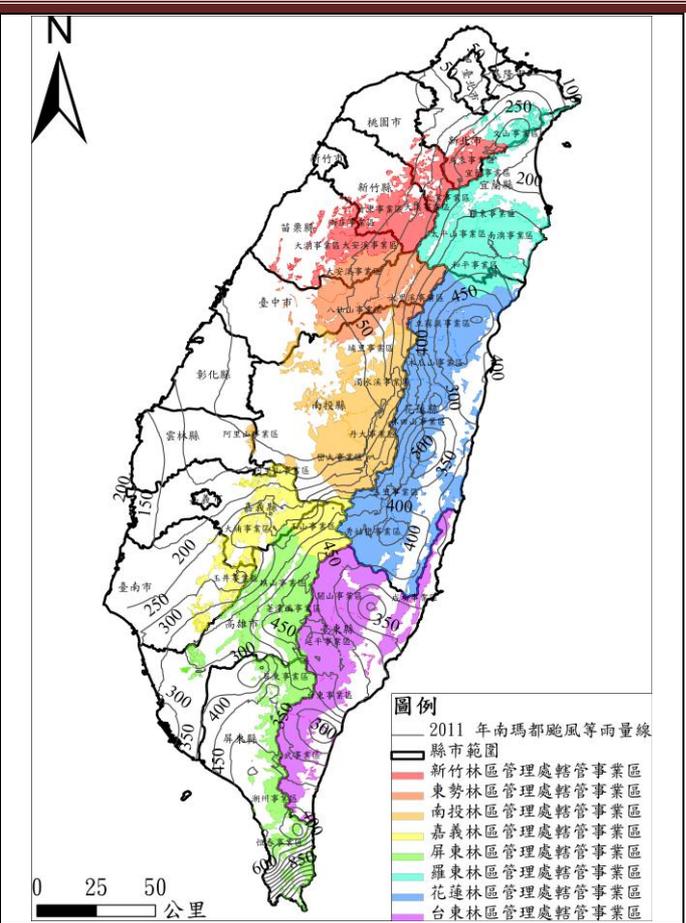
2008 年蕃蜜颱風等雨量線圖



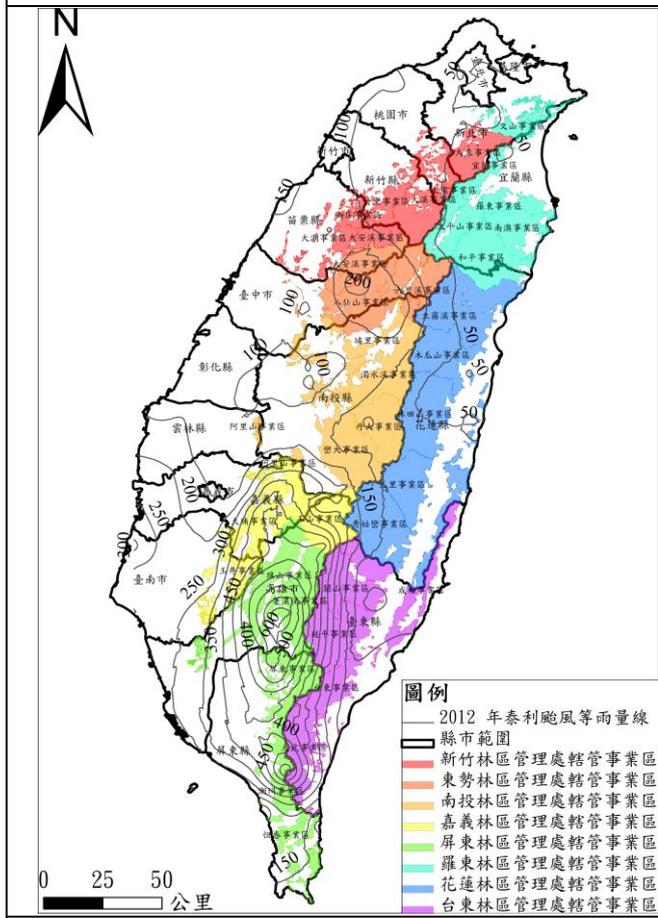
2009 年莫拉克颱風等雨量線圖



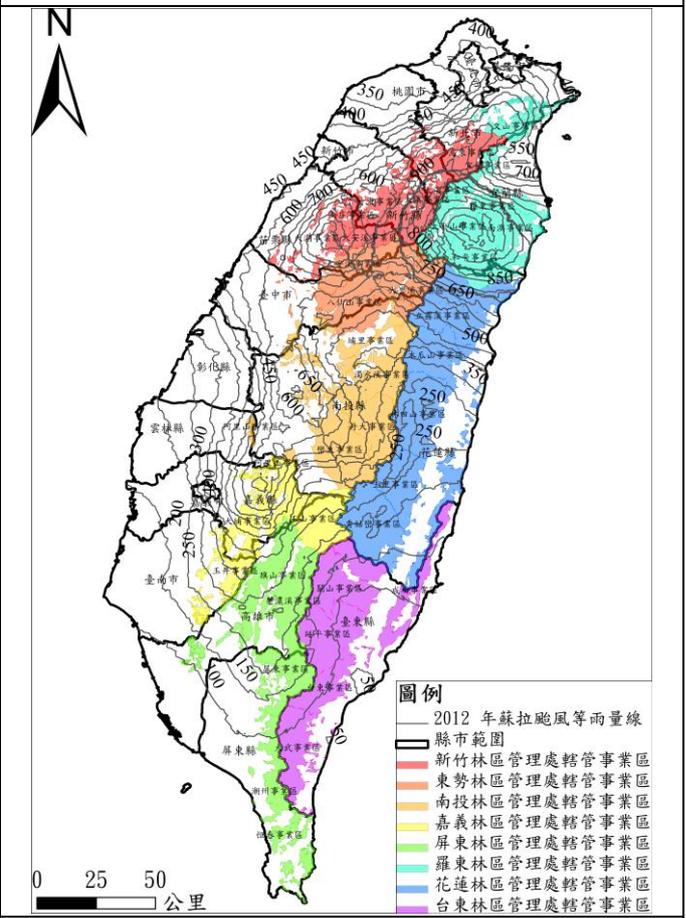
2010年凡那比颱風等雨量線圖



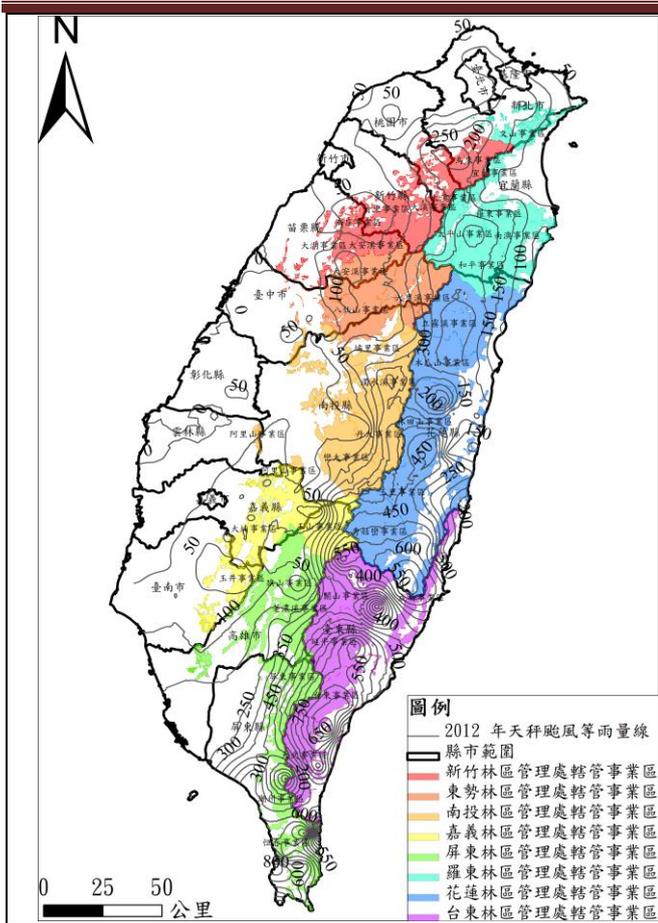
2011年南瑪都颱風等雨量線圖



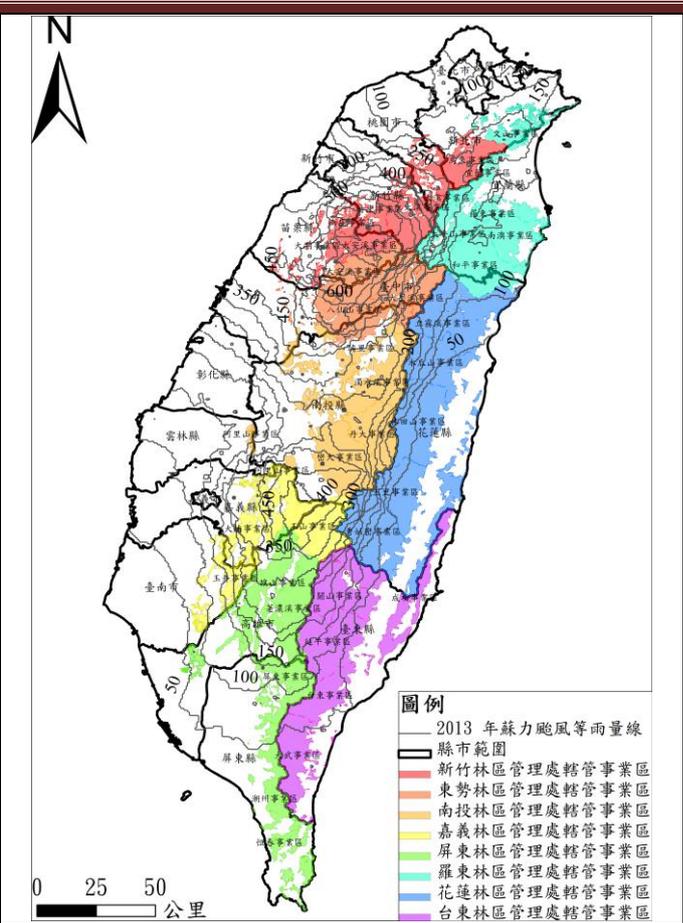
2012年泰利颱風等雨量線圖



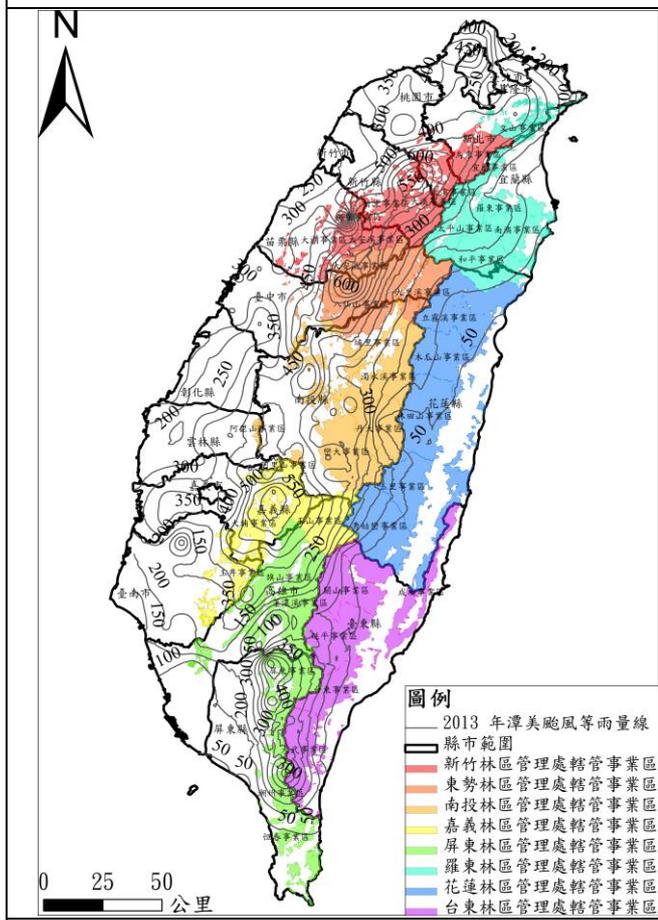
2012年蘇拉颱風等雨量線圖



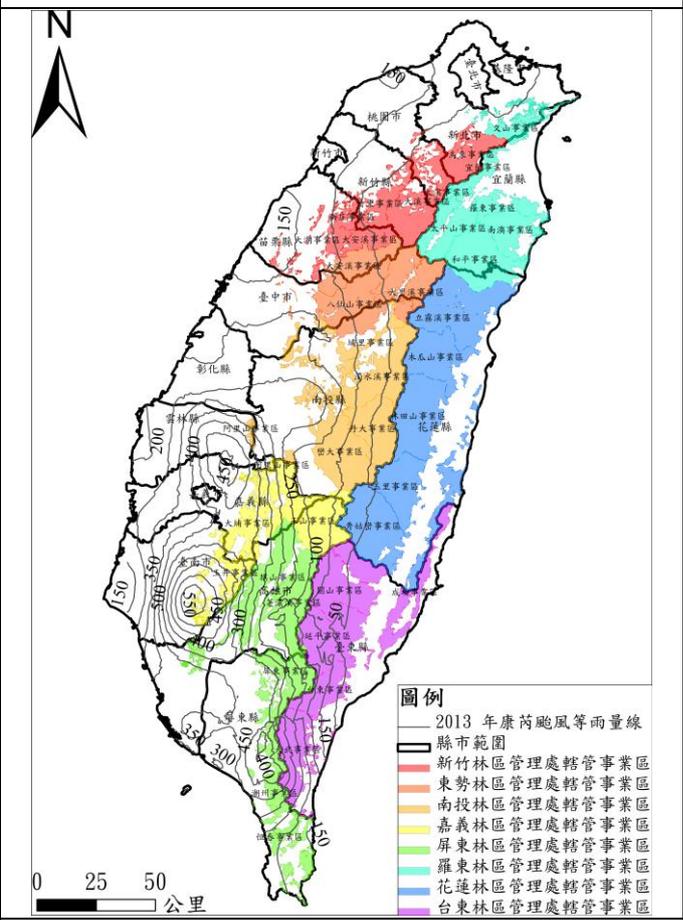
2012 年天秤颱風等雨量線圖



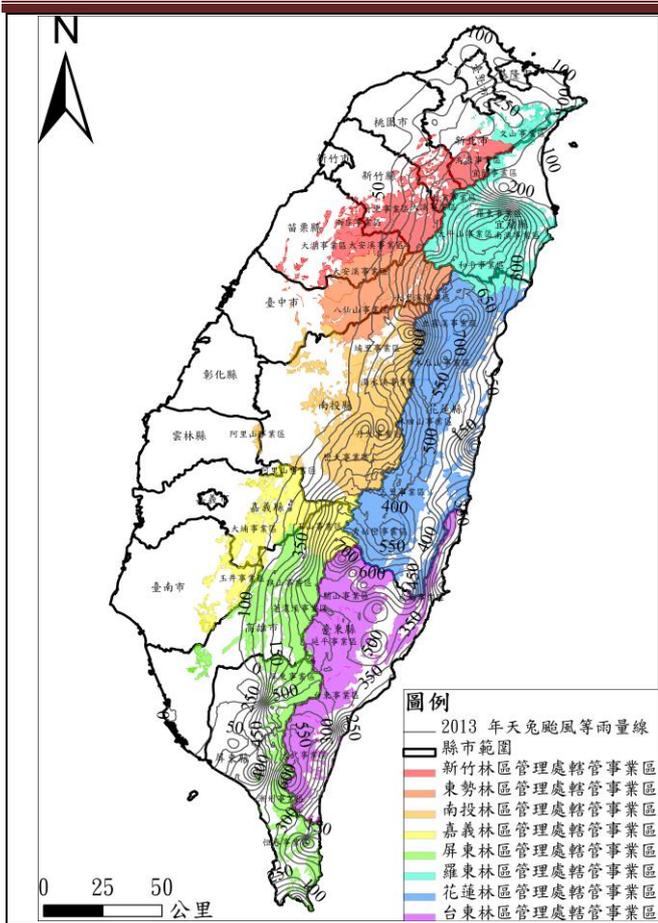
2013 年蘇力颱風等雨量線圖



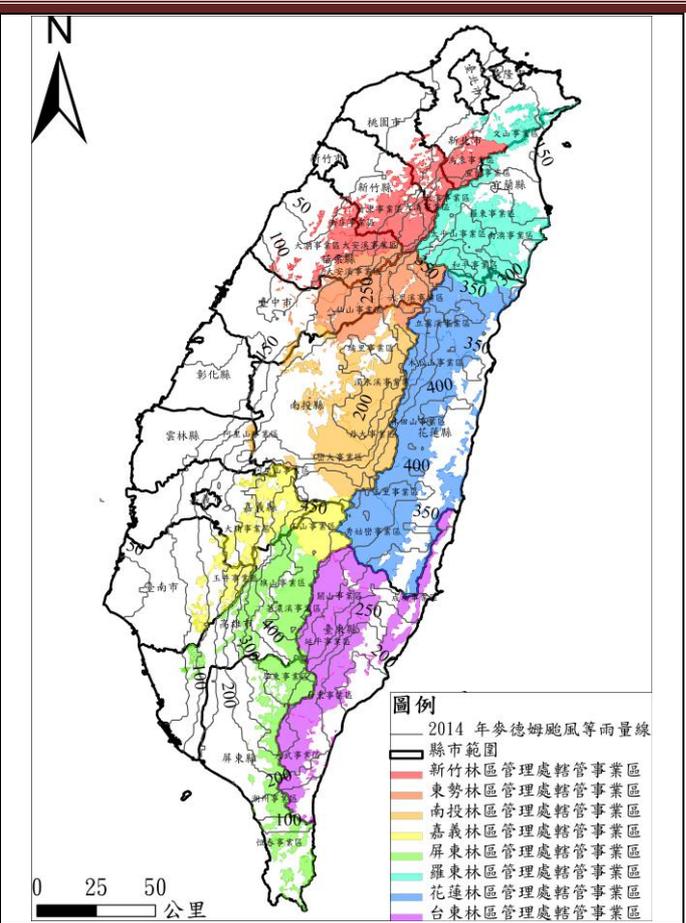
2013 年潭美颱風等雨量線圖



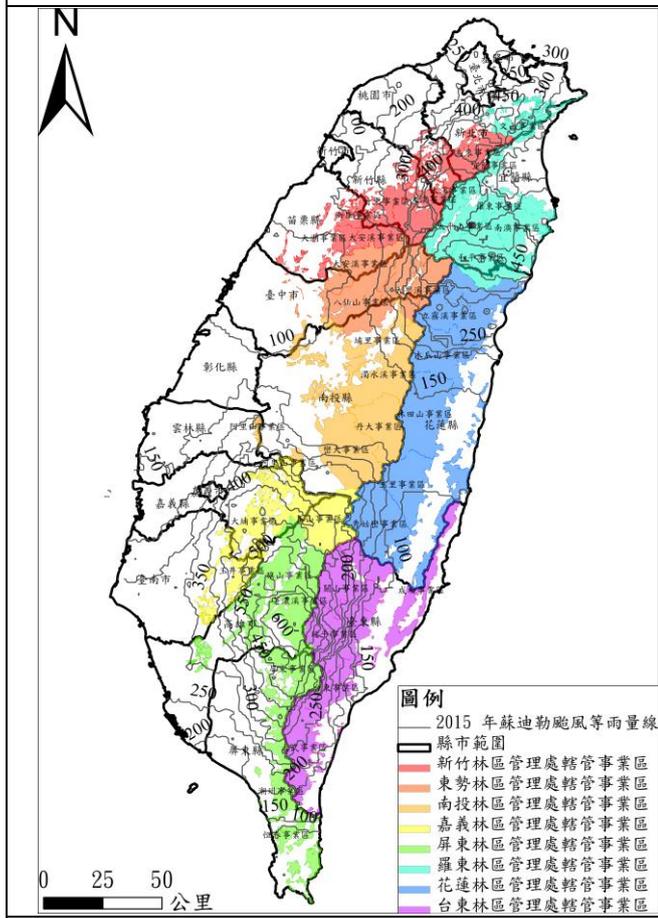
2013 年康芮颱風等雨量線圖



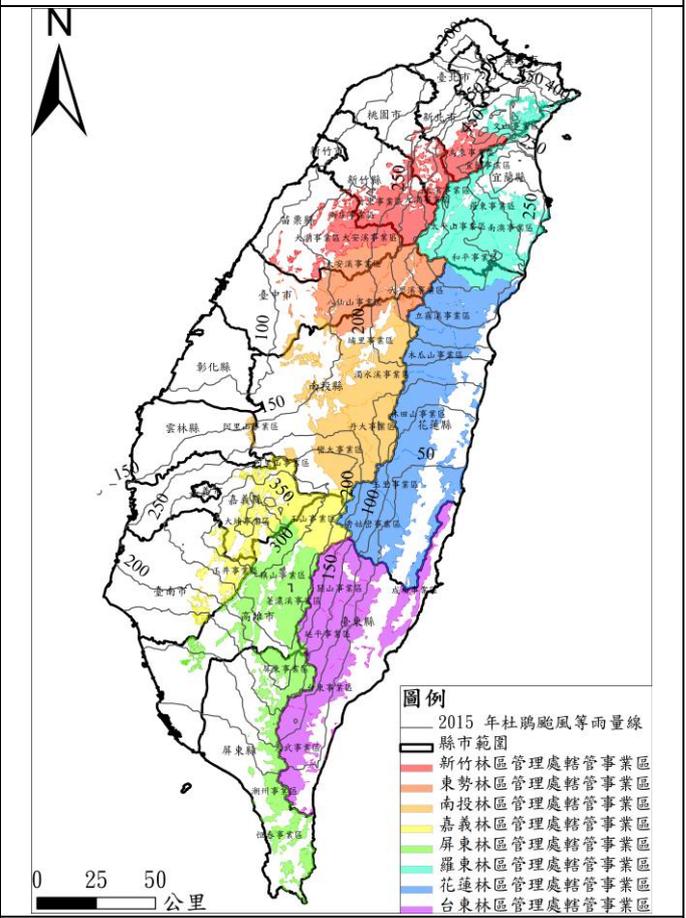
2013 年天兔颱風等雨量線圖



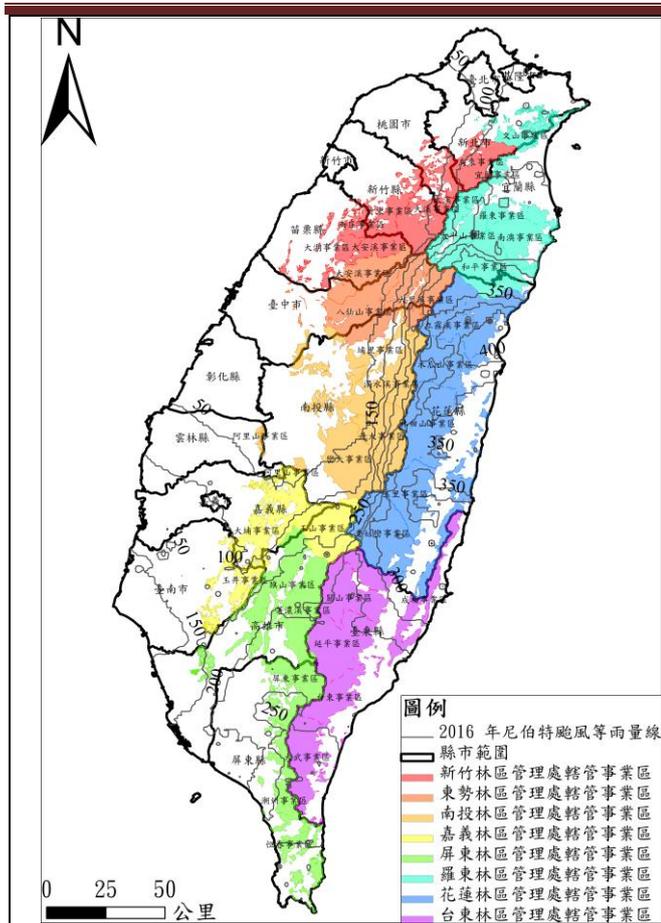
2014 年麥德姆颱風等雨量線圖



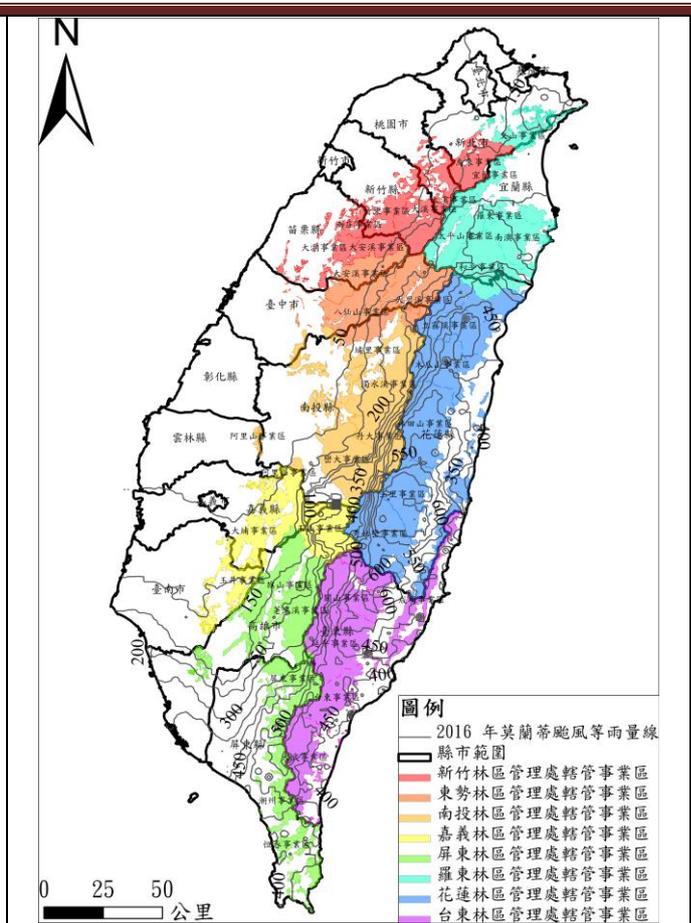
2015 年蘇迪勒颱風等雨量線圖



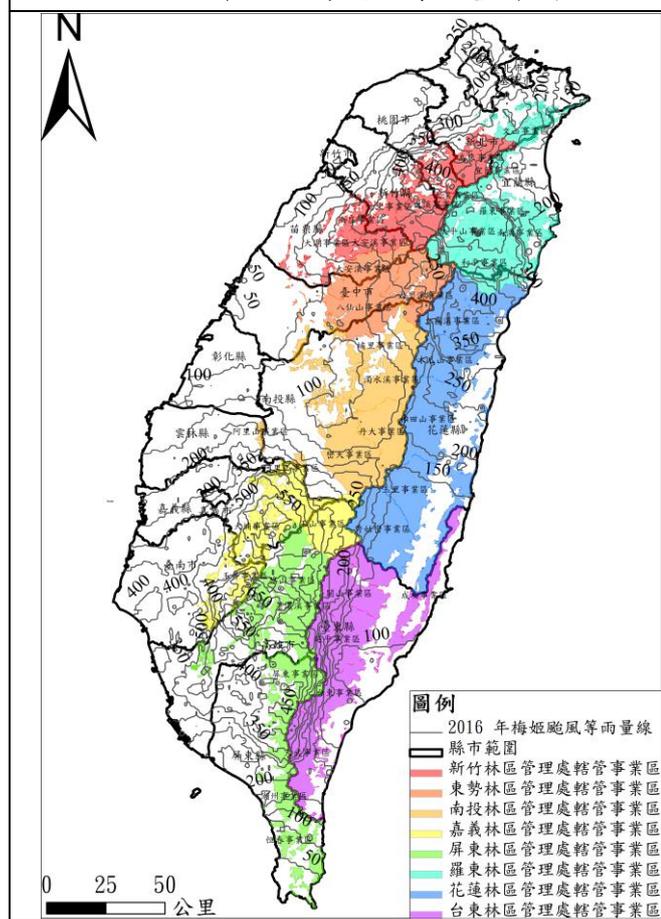
2015 年杜鵑颱風等雨量線圖



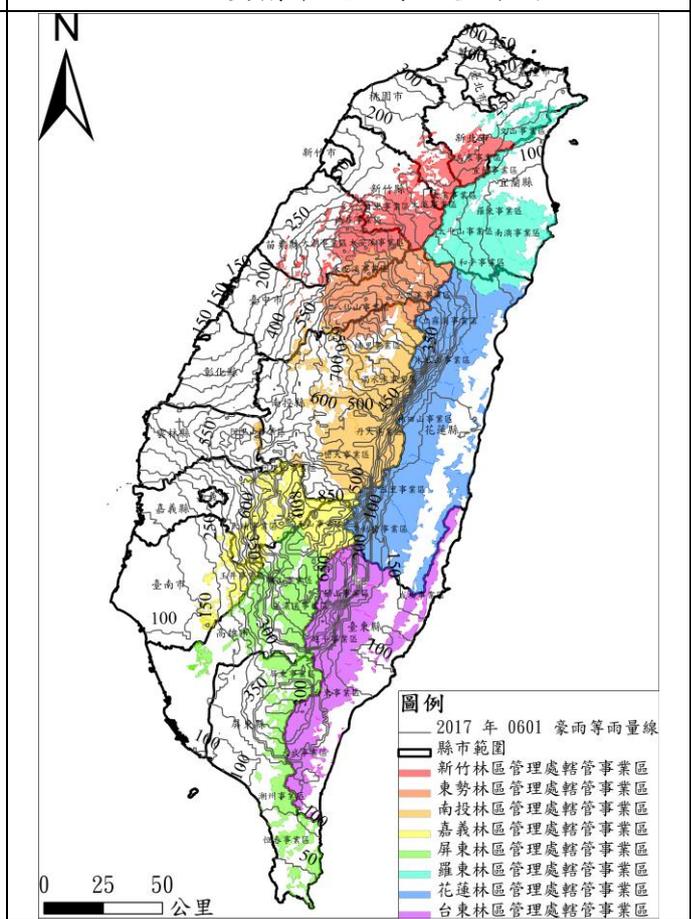
2016 年尼伯特颱風等雨量線圖



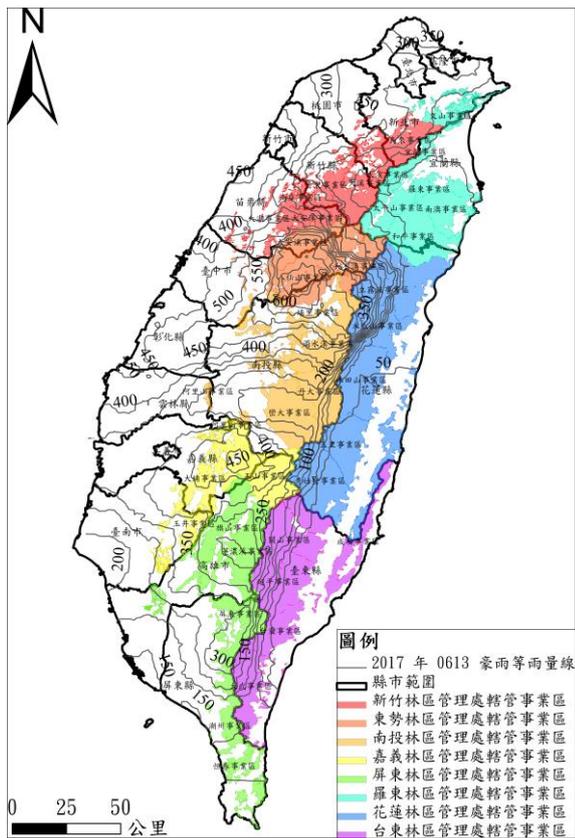
2016 莫蘭蒂颱風等雨量線圖



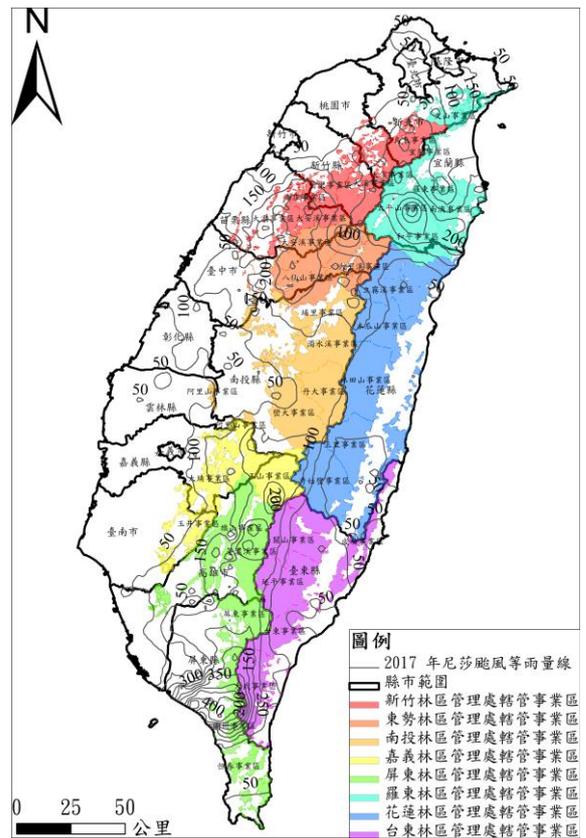
2016 梅姬颱風等雨量線圖



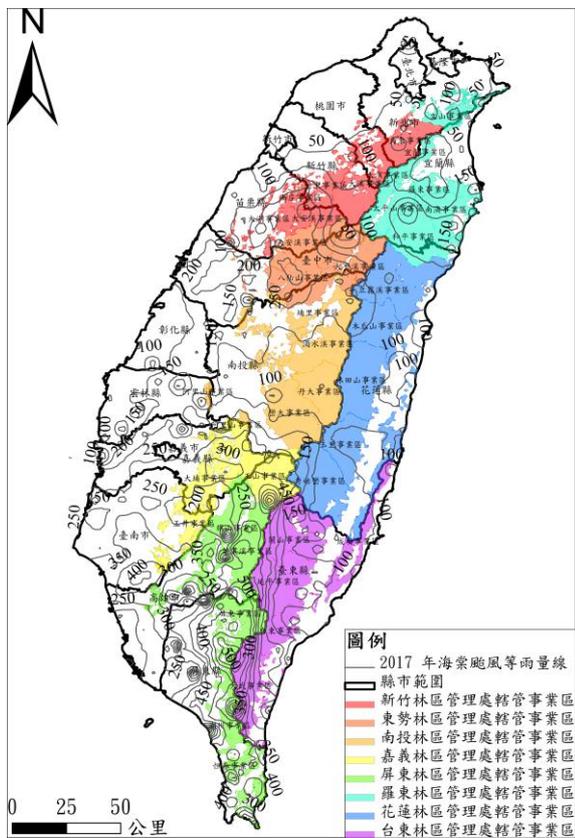
2017 年 0601 豪雨等雨量線圖



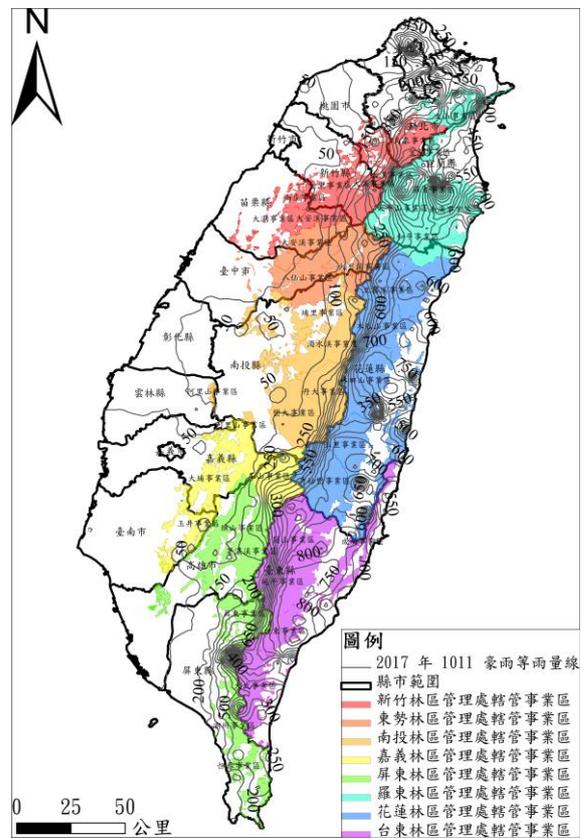
2017年0613豪雨等雨量線圖



2017年尼莎颱風等雨量線圖



2017年海棠颱風等雨量線圖



2017年1011豪雨等雨量線圖

圖 3-1.6、各期等雨量線圖

3-1.5、人文、土地利用與道路圖

本計畫蒐集計畫工作範圍門牌系統、水系、土地利用與道路圖。107 年度工作範圍住戶主要位於平原及丘陵地區。在土地利用方面，主要是以農業與森林使用。住戶以林班地外圍 100 公尺內做呈現。其相關圖資如圖 3-1.7。

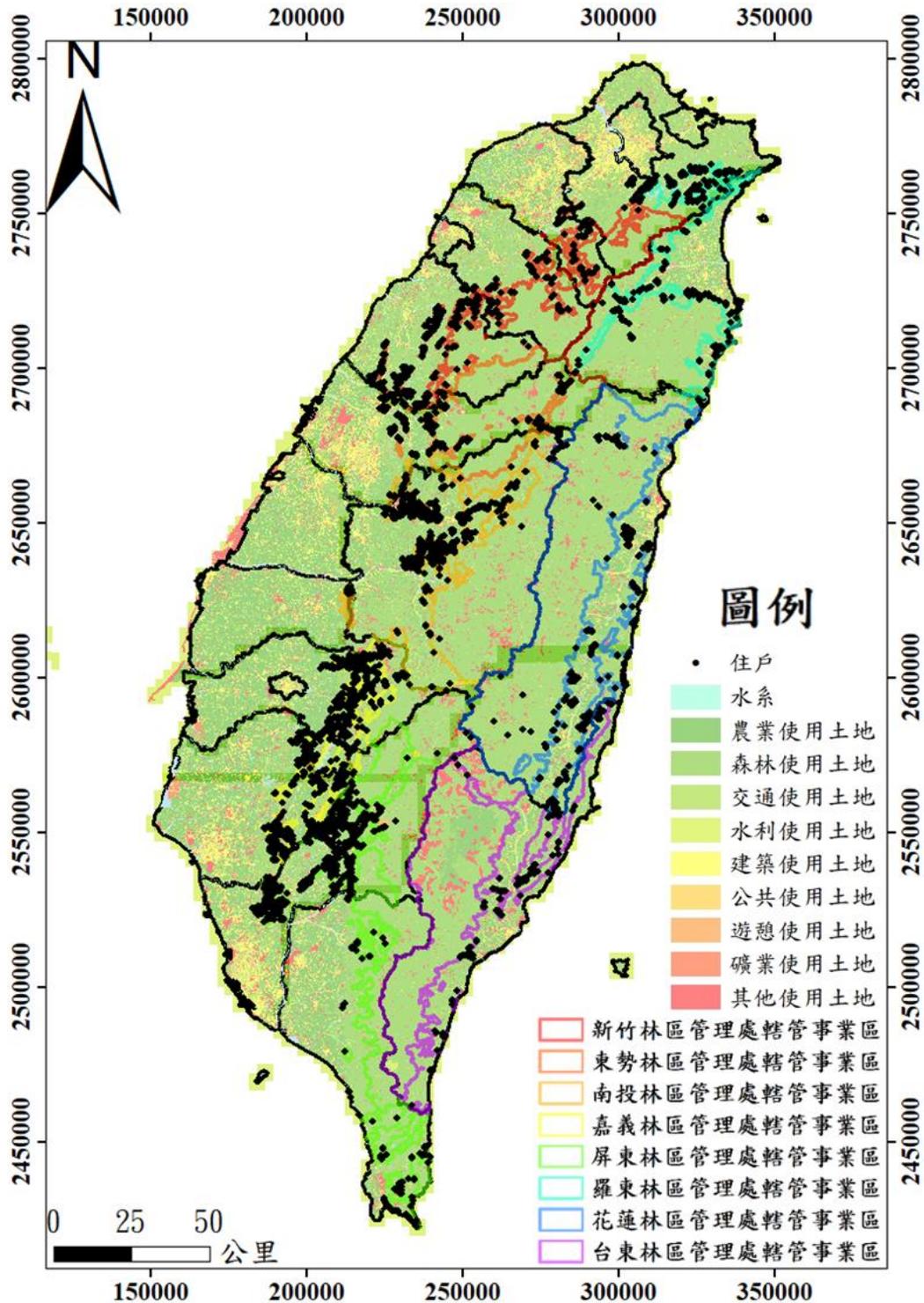


圖 3-1.7、107 年度工作範圍門牌系統、水系、土地利用與道路圖
(其他使用土地包含軍事用地、草生地、裸露地、灌木荒地等)

3-1.6、山崩潛勢與環境地質圖

本計畫蒐集中央經濟部地質調查所等相關山崩目錄、地質資料與山崩潛勢資料，其相關圖資如下圖 3-1.8、表 3-1.6。

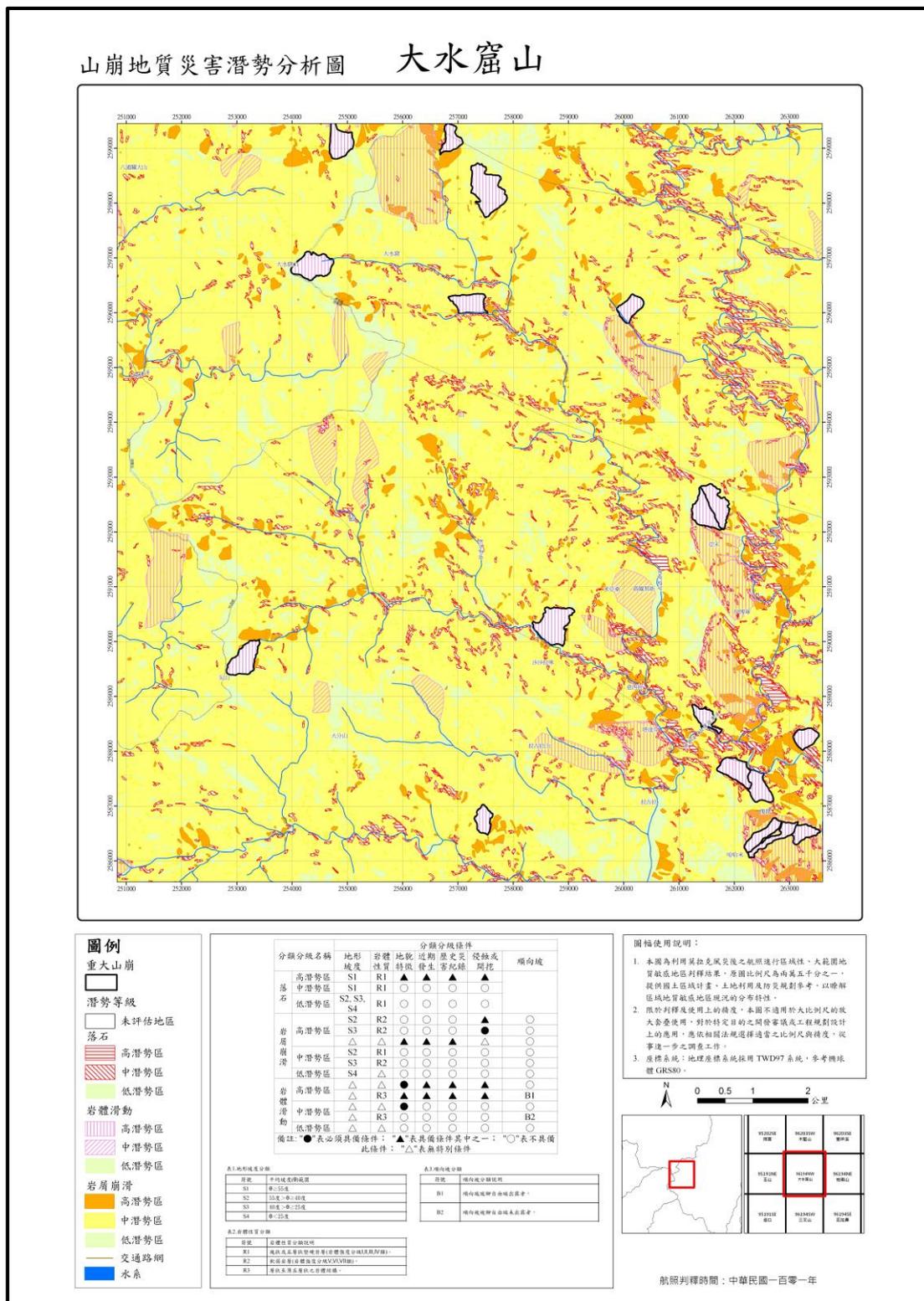


圖 3-1.8、山崩潛勢圖-大水窟山圖幅(地調所，2015)

表 3-1.6、已蒐集完成山崩潛勢資料圖名列表

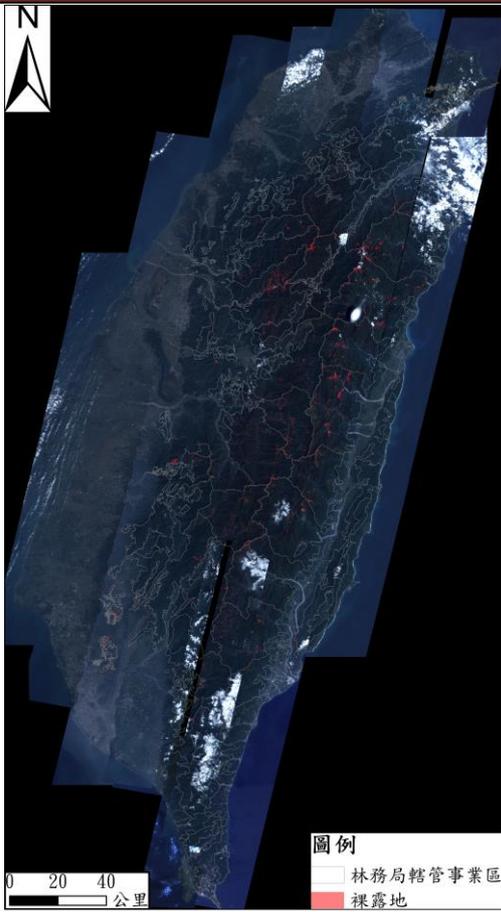
圖名	圖號	圖名	圖號	圖名	圖號
墾丁	9516-I NW	巒山堂	9520-II NE	樂樂山	9619-III SW
大鳥	9517-I NE	溪頭	9520-II NW	大水窟山	9619-IV NW
新生	9517-I NW	同富	9520-II SE	望臺山	9620-I NW
大武	9517-I SE	瑞竹	9520-III NE	丹大	9620-III NE
安朔	9517-I SW	斗六	9520-III NW	東郡大山	9620-III NW
港仔	9517-II NE	南投	9520-IV NE	豐坪溪	9620-III SE
牡丹	9517-II NW	竹山	9520-IV SE	堅山	9620-III SW
出風鼻	9517-II SE	田中	9520-IV SW	奧萬大	9620-IV NE
滿州	9517-II SW	烏石坑	9521-I SE	萬大	9620-IV NW
楓港	9517-III NE	東勢	9521-I SW	北丹大山	9620-IV SE
恆春	9517-III SE	谷關	9521-II NE	卓社	9620-IV SW
枋山	9517-IV SE	新社	9521-II NW	四季	9621-I NE
美奈田主山	9518-I NE	大坪頂	9521-II SE	南山	9621-I NW
盆盆山	9518-I SE	國姓	9521-II SW	南湖大山	9621-I SE
新興	9518-II NE	霧峰	9521-III SE	環山	9621-I SW
太麻里	9518-II SE	后里	9521-IV SE	大禹嶺	9621-II NW
比魯	9518-II SW	知本	9618-III NW	能高山	9621-II SW
玉山	9519-I NE	瑞源	9618-IV NE	力行	9621-III NE
埡口	9519-I SE	紅葉	9618-IV NW	青山	9621-III NW
向陽	9519-II NE	臺東	9618-IV SE	廬山	9621-III SE
尖石山	9519-II SE	利嘉	9618-IV SW	霧社	9621-III SW
埔里	9520-I NE	富里	9619-III NE	興隆山	9621-IV NE
中寮	9520-I NW	利稻	9619-III NW	梨山	9621-IV SE
日月潭	9520-I SE	關山	9619-III SE	小雪山	9621-IV SW
集集	9520-I SW				

3-1.7、山崩目錄與衛星影像

本計畫蒐集自 2004 至 2013 年衛星影像共 25 幅，及 2004 年至 2013 年建立之山崩目錄共 23 幅。山崩目錄及影像列表如表 3-1.7、圖 3-1.9。

表 3-1.7、2004 年至 2013 年山崩目錄及影像列表

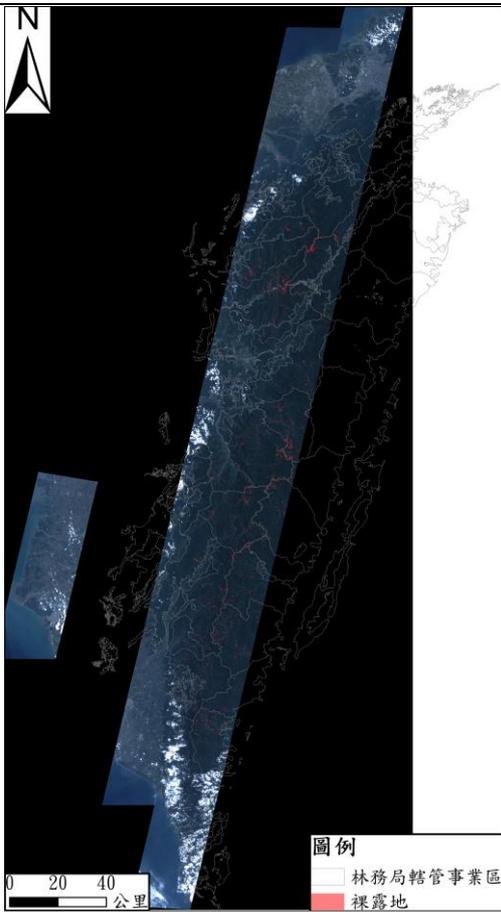
影像類型	影像解析度(m)	影像時間	主要影響事件	事件時間	資料來源
福衛二號	8	2004/09/19~2005/05/22	艾利颱風	2004/08/23~2004/08/26	本團隊產製
福衛二號	8	2005/07/01~2005/07/14	0612 豪雨	2005/06/11~2005/06/17	本團隊產製
福衛二號	8	2005/07/23~2005/08/01	海棠颱風	2005/07/16~2005/07/20	本團隊產製
福衛二號	8	2005/08/07~2005/08/29	馬莎颱風	2005/08/03~2005/08/06	本團隊產製
福衛二號	8	2005/09/04~2006/04/07	泰利颱風	2005/08/30~2005/09/01	本團隊產製
福衛二號	8	2006/06/17~2006/07/08	0609 豪雨	2006/06/07~2006/06/13	本團隊產製
福衛二號	8	2006/07/17~2006/07/23	碧利斯颱風	2006/07/12~2007/07/15	本團隊產製
福衛二號	8	2006/07/28~2007/03/10	凱米颱風	2006/07/23~2006/07/26	本團隊產製
福衛二號	8	2007/06/23~2007/07/24	0604 豪雨	2007/06/03~2007/06/10	本團隊產製
福衛二號	8	2007/08/23~2007/09/16	聖帕颱風	2007/08/16~2007/08/19	本團隊產製
福衛二號	8	2007/09/21~2007/10/02	韋帕颱風	2007/09/17~2007/09/19	本團隊產製
福衛二號	8	2007/10/18~2007/11/23	柯羅莎颱風	2007/10/04~2007/10/07	本團隊產製
福衛二號	8	2007/11/30~2008/05/13	米塔颱風	2007/11/26~2007/11/27	本團隊產製
福衛二號	8	2008/07/23~2008/08/24	卡玫姬颱風	2008/07/16~2008/07/18	本團隊產製
			鳳凰颱風	2008/07/26~2008/07/29	
福衛二號	8	2008/11/12~2009/01/14	辛樂克颱風	2008/09/11~2008/09/16	本團隊產製
			薔蜜颱風	2008/09/26~2008/09/29	
福衛二號	2	2009/08/17~2009/10/19	莫拉克颱風	2009/08/05~2009/08/10	本團隊產製
福衛二號	8	2010/08/01~2010/08/28	0725 豪雨	2010/07/25	本團隊產製
福衛二號	8	2010/09/21~2010/10/16	凡那比颱風	2010/09/17~2010/09/20	本團隊產製
福衛二號	8	2010/10/25~2010/11/30	梅姬颱風	2010/10/21~2010/10/23	本團隊產製
福衛二號	8	2011/07/23~2011/08/26	0719 豪雨	2011/07/19	本團隊產製
福衛二號	8	2011/09/01~2011/09/27	南瑪都颱風	2011/08/27~2011/08/31	本團隊產製
福衛二號	8	2011/09/07~2011/11/14	1001 豪雨	2011/10/01	本團隊產製
福衛二號	8	2012/06/28~2012/07/07	泰利颱風	2012/06/19~2012/06/21	本團隊產製
福衛二號	8	2012/08/19~2012/09/25	蘇拉颱風	2012/07/30~2012/08/03	本團隊產製
			天秤颱風	2012/08/21~2012/08/28	
福衛二號	8	2013/07/17~2013/08/11	康芮颱風	2013/08/28~2013/08/29	本團隊產製



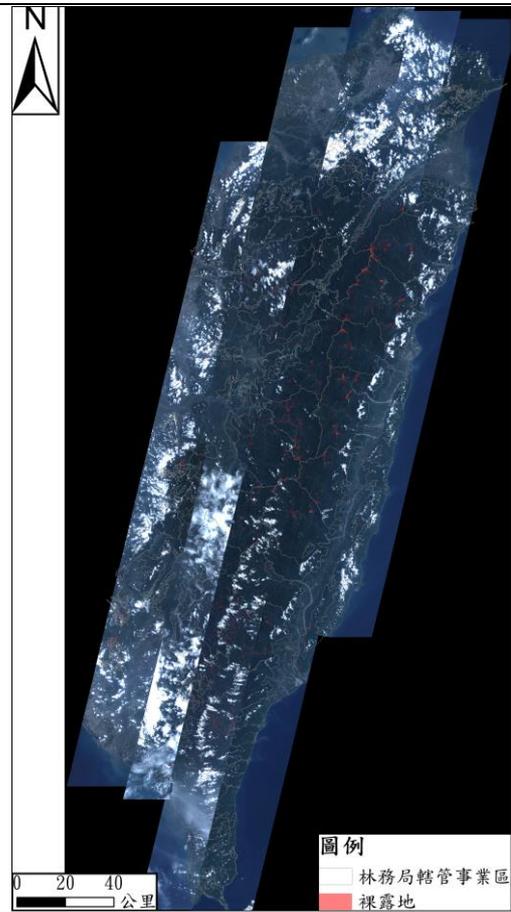
2005 年艾利後影像及判釋之裸露地



2005 年 0612 豪雨後影像及判釋之裸露地



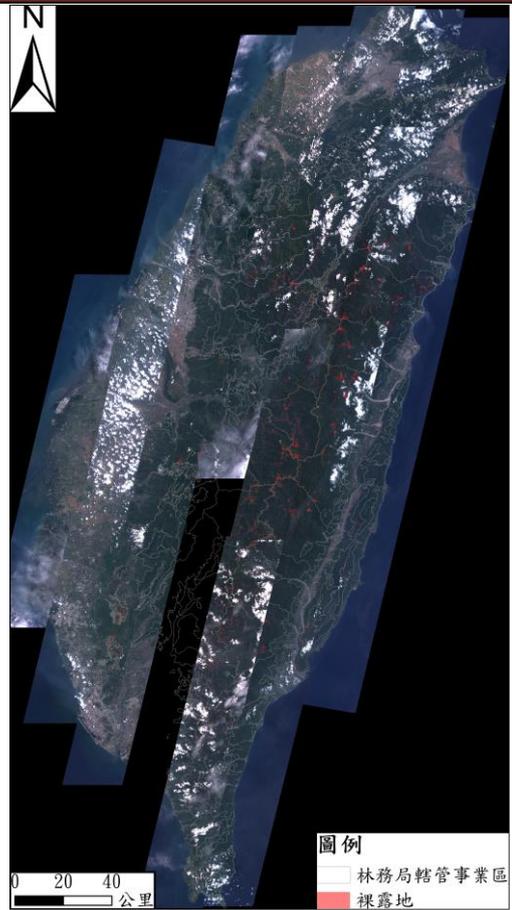
2005 年海棠颱風後影像及判釋之裸露地



2005 年馬莎颱風後影像及判釋之裸露地



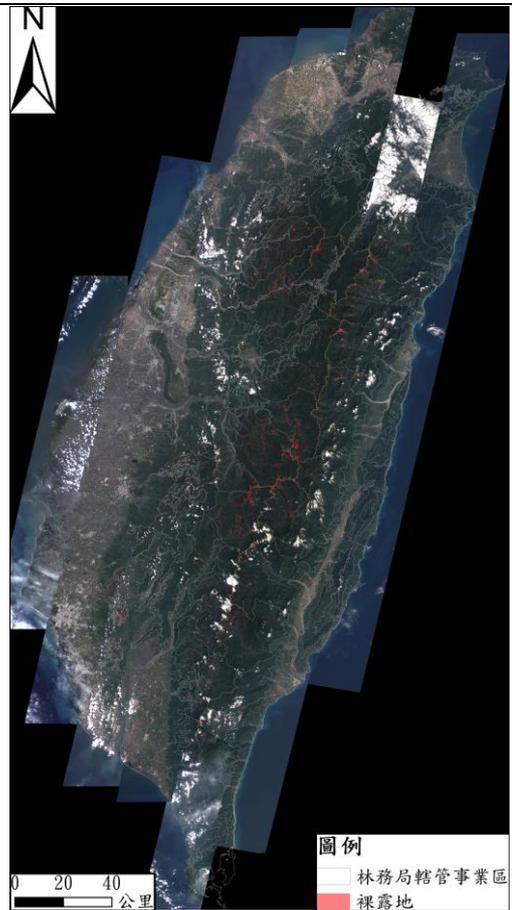
2005 年泰利颱風後影像及判釋之裸露地



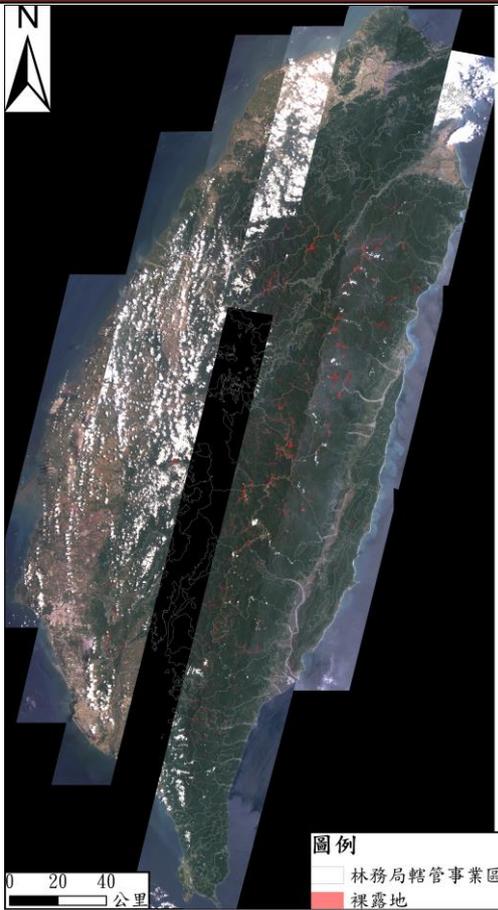
2006 年 0609 豪雨後影像及判釋之裸露地



2006 年碧利斯颱風後影像及判釋之裸露地



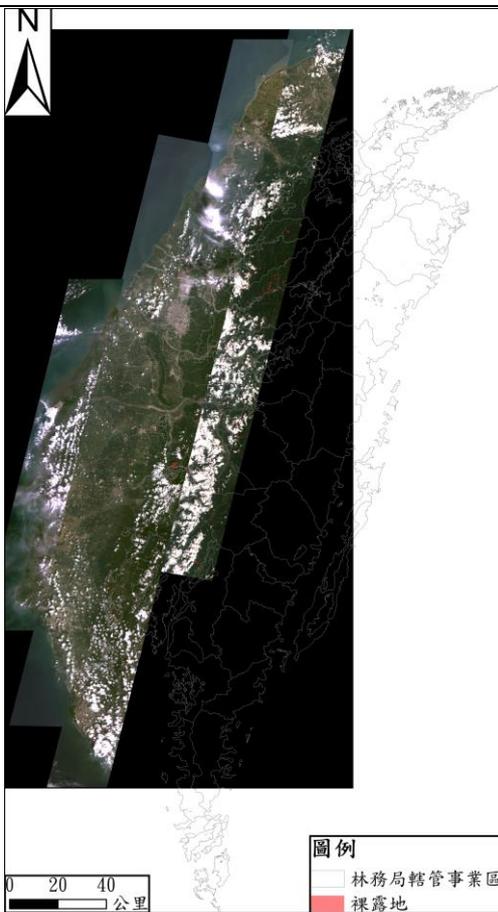
2006 年凱米颱風後影像及判釋之裸露地



2007 年 0604 豪雨後影像及判釋之裸露地



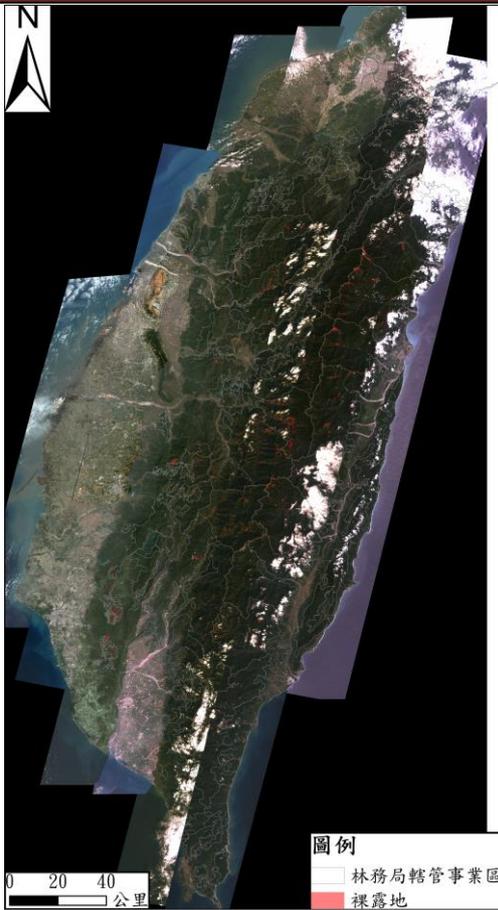
2007 年 聖帕颱風後影像及判釋之裸露地



2007 年 韋帕颱風後影像及判釋之裸露地



2007 年 柯羅莎颱風後影像及判釋之裸露地



2007 年米塔颱風後影像及判釋之裸露地



2008 年卡孜基與鳳凰颱風後影像及判釋之裸露地



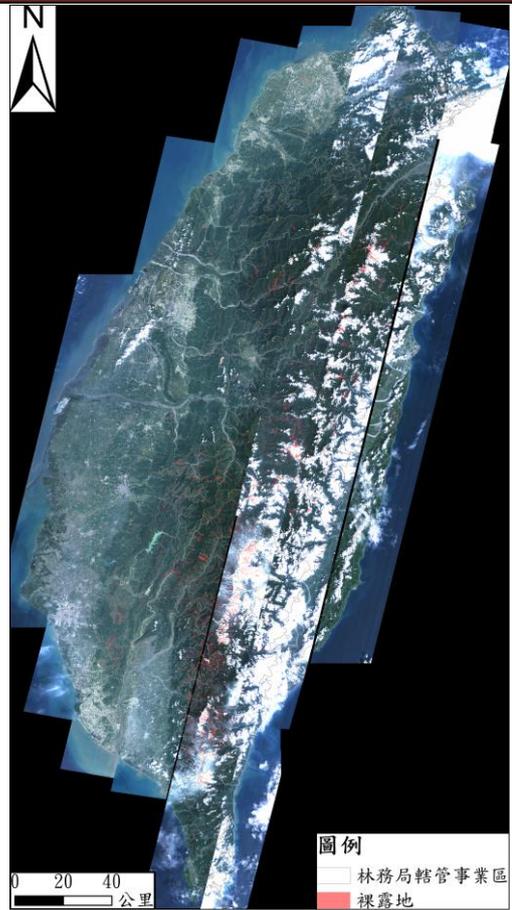
2008 年辛樂克與薔蜜颱風後影像及判釋之裸露地



2009 年莫拉克颱風後影像及判釋之裸露地



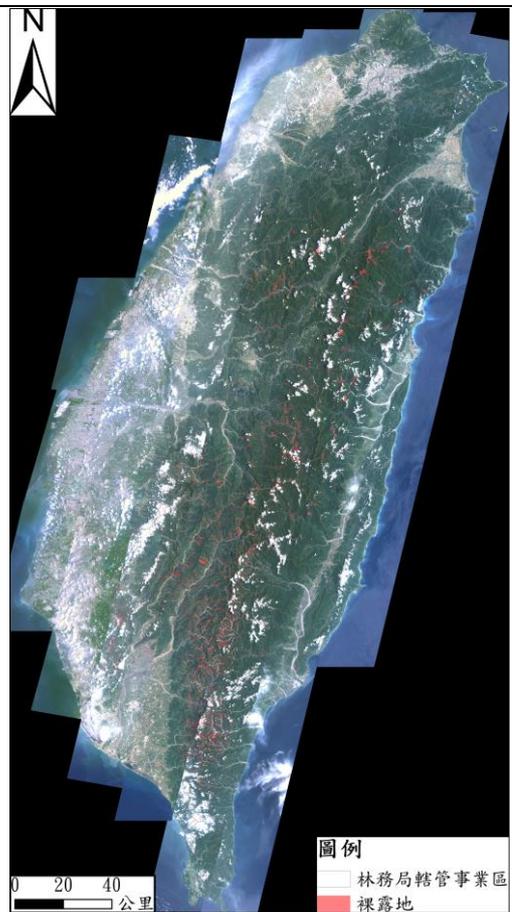
2010年0725豪雨後影像及判釋之裸露地



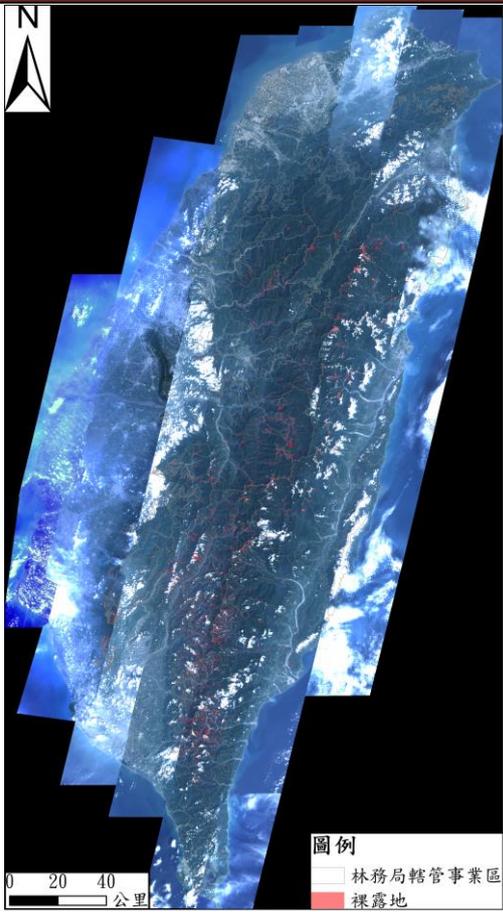
2010年凡那比颱風後影像及判釋之裸露地



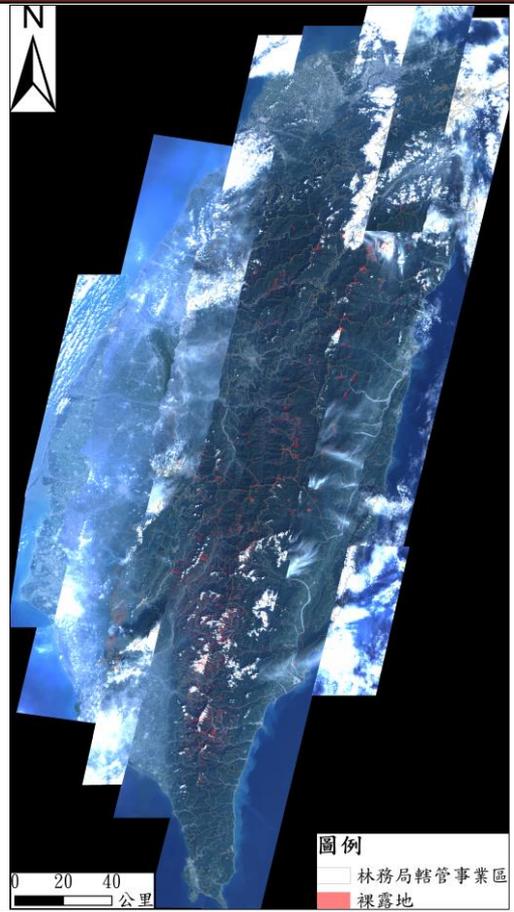
2010年梅姬颱風後影像及判釋之裸露地



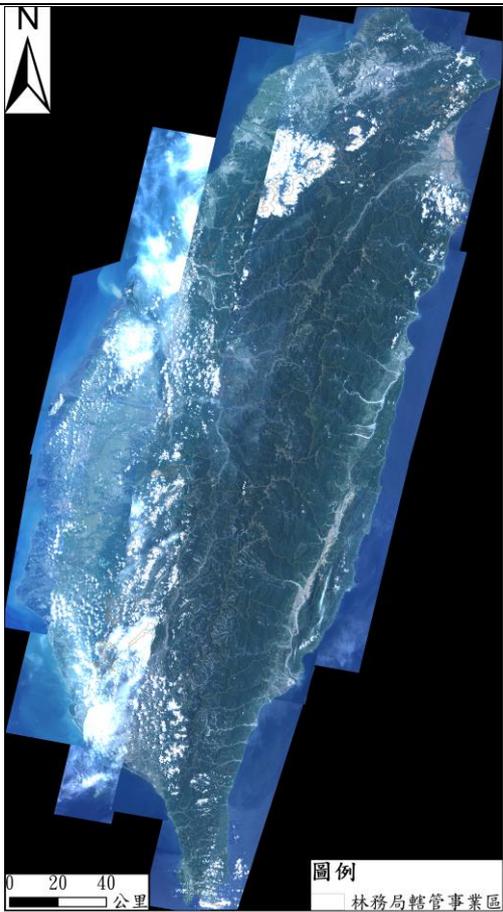
2011年0719豪雨後影像及判釋之裸露地



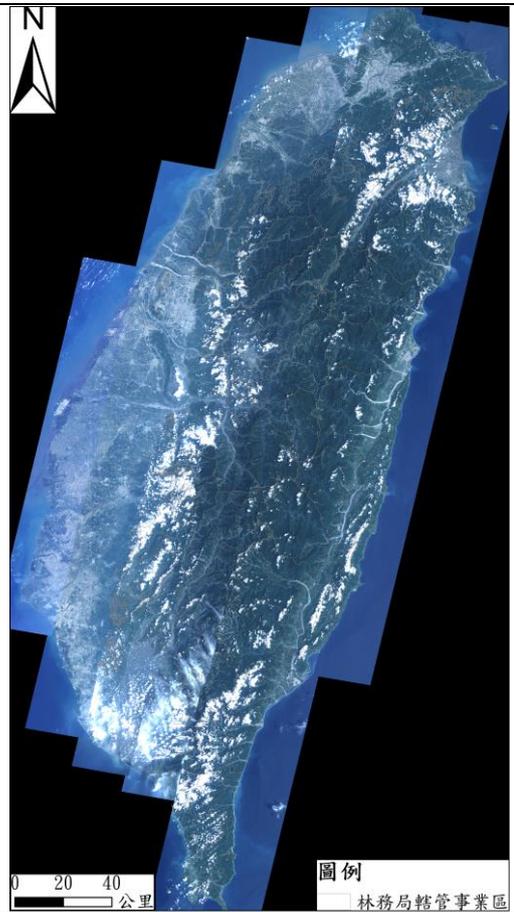
2011 年南瑪都颱風後影像及判釋之裸露地



2011 年 1001 豪雨災後影像及判釋之裸露地



2012 年泰利颱風後影像



2012 年蘇拉颱風後影像

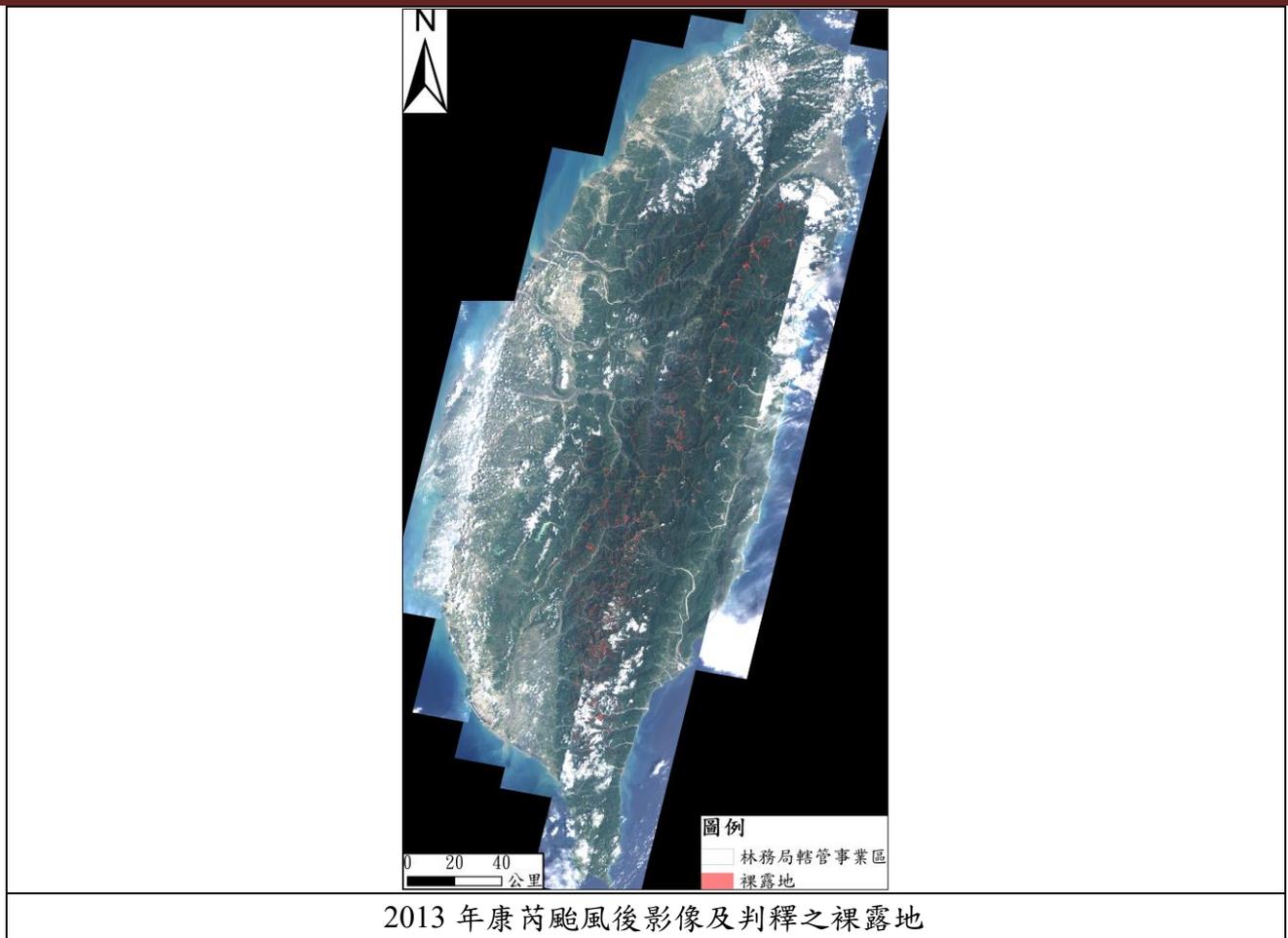


圖 3-1.9、已收集各期衛星影像及崩塌目錄

3-2、潛在大規模崩塌潛勢區位判釋成果

本計畫統整 101-104 年(高屏溪及曾文溪流域)、103-104 年(大甲溪流域及濁水溪流域)及 105-107 年度工作範圍中之全國林區管理處轄管事業區，分別為新竹林區管理處轄管事業區(烏來、大溪、竹東、南庄、大湖與大安溪事業區)、東勢林區管理處轄管事業區(大安溪、大甲溪與八仙山事業區)、羅東林區管理處轄管事業區(文山、宜蘭、大溪、羅東、太平山、南澳與和平事業區)、南投林區管理處轄管事業區(埔里、濁水溪、丹大、巒大與阿里山事業區)、嘉義林區管理處轄管事業區(阿里山、大浦、玉山與玉井事業區)、花蓮林區管理處轄管事業區(立霧溪、木瓜山、林田山、玉里與秀姑巒事業區)、屏東林區管理處轄管事業區(旗山、荖濃溪、屏東、潮州與恆春事業區)及臺東林區管理處轄管事業區(成功、關山、延平、臺東與大武事業區)，工作範圍面積約 15,391.85 平方公里。

利用高精度數值地形在全國林區管理處轄管事業區之工作範圍共判釋 7,746 處潛在大規模崩塌，總面積約 231,214.3 公頃，各事業區判釋處數如表 3-2.1(不含非林班地)。各事業區潛在大規模崩塌分布地區如圖 3-2.1 到圖 3-2.9。

表 3-2.1、工作範圍潛在大規模崩塌判釋成果統計表

林區 管理處	事業區	潛在大規模 崩塌處數	潛在大規模 崩塌總面積(公 頃)	工作範圍面積 (公頃)	潛在大規模崩 塌總面積百分 比
新竹	烏來	77	2,078.7	30,461.8	6.8%
	大溪	236	6,531.4	52,354.7	12.5%
	竹東	75	2,712.7	23,049.9	11.8%
	南庄	20	683.8	9,609.6	7.1%
	大湖	38	1,103.1	12,992.3	8.5%
	大安溪	75	2,063.0	21,296.7	9.7%
小計		521	15,172.7	149,765.0	10.1%
東勢	大安溪	138	3,217.7	32,945.1	9.8%
	大甲溪	311	9,648.4	48,718.5	19.8%
	八仙山	207	5,789.6	57,167.8	10.1%
小計		656	18,655.7	138,831.4	13.4%
羅東	文山	9	250.2	18,398.9	1.4%
	宜蘭	51	856.4	13,602.2	6.3%
	大溪	8	187.7	2,436.3	7.7%
	羅東	80	1,853.4	18,072.7	10.3%
	太平山	204	5,225.3	38,619.2	13.5%
	南澳	114	2,526.4	29,522.6	8.6%
	和平	262	6,505.6	55,722.7	11.7%
小計		728	17,405.0	176,374.6	9.9%
南投	埔里	139	3,014.3	33,048.5	9.1%
	濁水溪	381	11,748.3	51,183.5	23.0%
	丹大	228	5,460.8	41,859.6	13.0%
	巒大	419	12,565.8	67,562.8	18.6%
	阿里山	1	12.8	4,902.9	0.3%

林區 管理處	事業區	潛在大規模 崩塌處數	潛在大規模 崩塌總面積(公 頃)	工作範圍面積 (公頃)	潛在大規模崩 塌總面積百分 比
小計		1,168	32,802.0	198,557.3	16.5%
嘉義	阿里山	48	2,169.9	19,496.9	11.1%
	大埔	144	5,896.1	42,098.2	14.0%
	玉山	228	7,968.7	49,612.9	16.1%
	玉井	41	945.3	22,244.8	4.2%
小計		461	16,980.0	133,452.8	12.7%
花蓮	立霧溪	435	13,514.2	77,933.5	17.3%
	木瓜山	348	9,691.9	46,964.6	20.6%
	林田山	500	17,670.5	66,472.8	26.6%
	玉里	345	12,346.9	57,816.7	21.4%
	秀姑巒	536	18,571.8	70,418.7	26.4%
小計		2,164	71,795.3	319,606.3	22.5%
屏東	旗山	310	9,853.3	59,351.1	16.6%
	荖濃溪	152	5,449.7	47,759.9	11.4%
	屏東	132	4,120.6	37,347.5	11.0%
	潮州	142	3,347.5	32,864.4	10.2%
	恆春	21	482.8	18,516.5	2.6%
小計		757	23,254.0	195,839.4	11.9%
臺東	成功	41	1,397.4	28,894.6	4.8%
	關山	440	15,033.0	64,073.6	23.5%
	延平	386	10,481.5	57,935.7	18.1%
	臺東	204	3,987.8	31,375.5	12.7%
	大武	220	4,249.9	44,478.4	9.6%
小計		1,291	35,149.6	226,757.8	15.5%
總數		7,746	231,214.3	1,539,184.6	15.0%

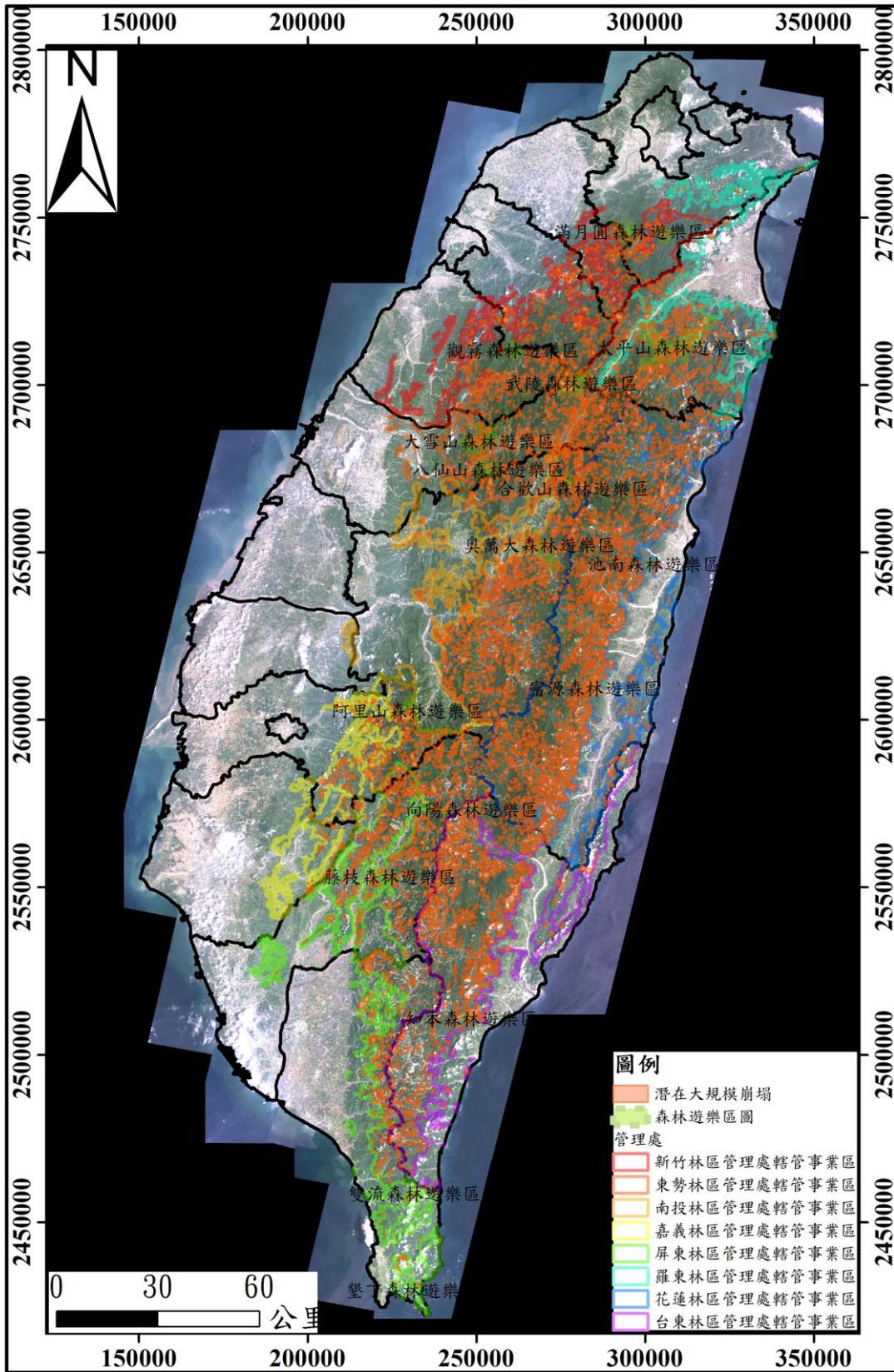


圖 3-2.1、全臺林區管理處判釋成果圖

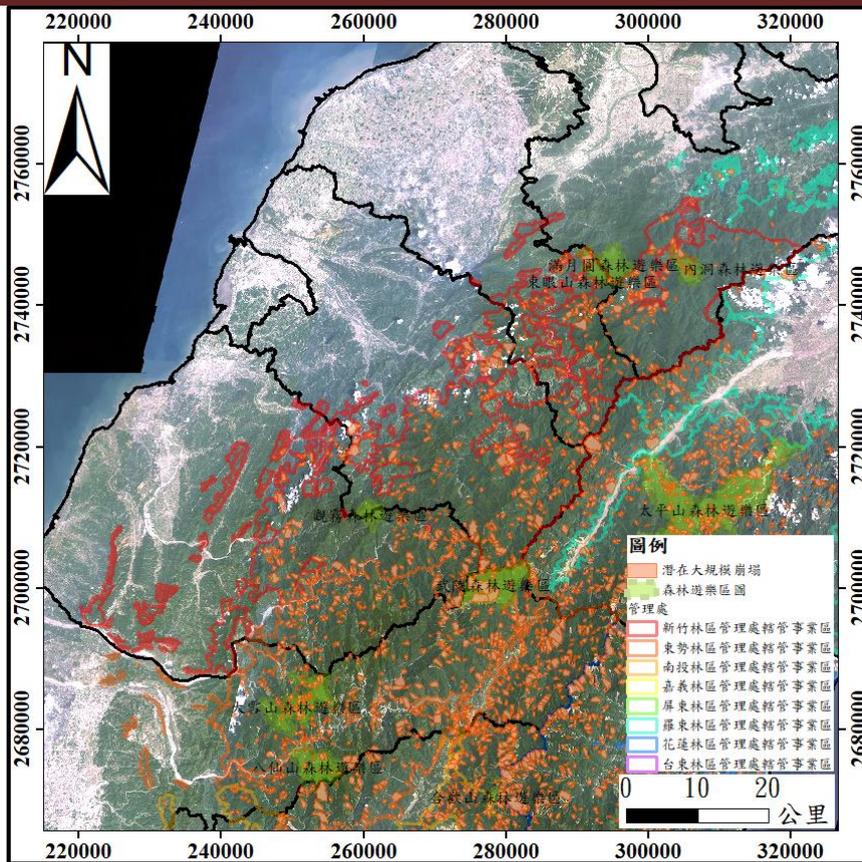


圖 3-2.2、新竹林區管理處判釋成果圖

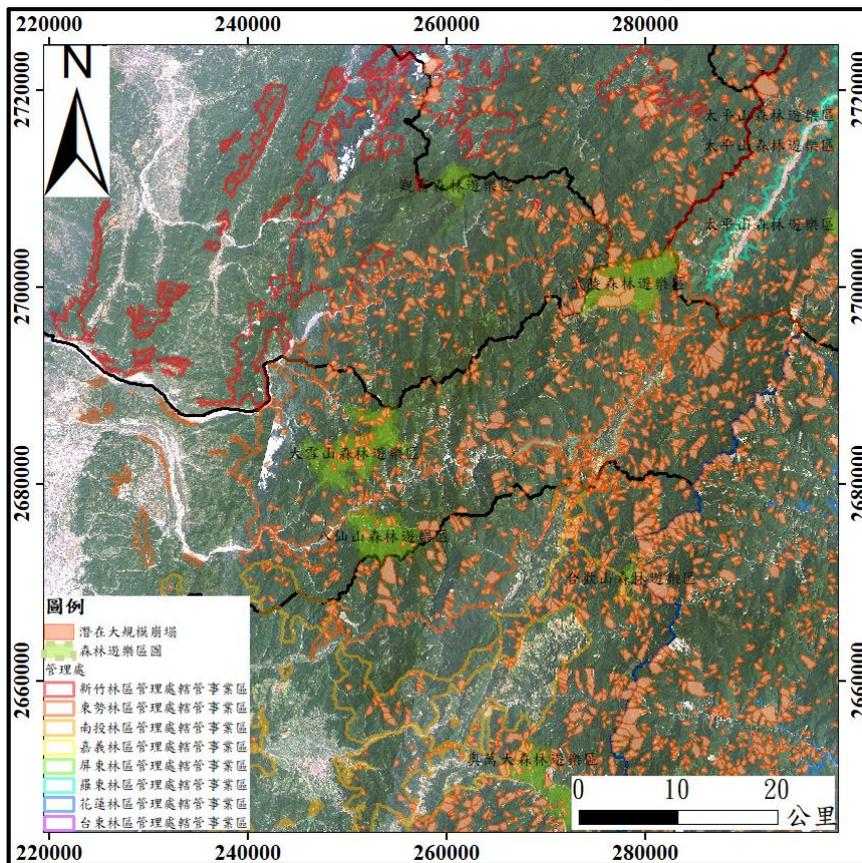


圖 3-2.3、東勢林區管理處判釋成果圖

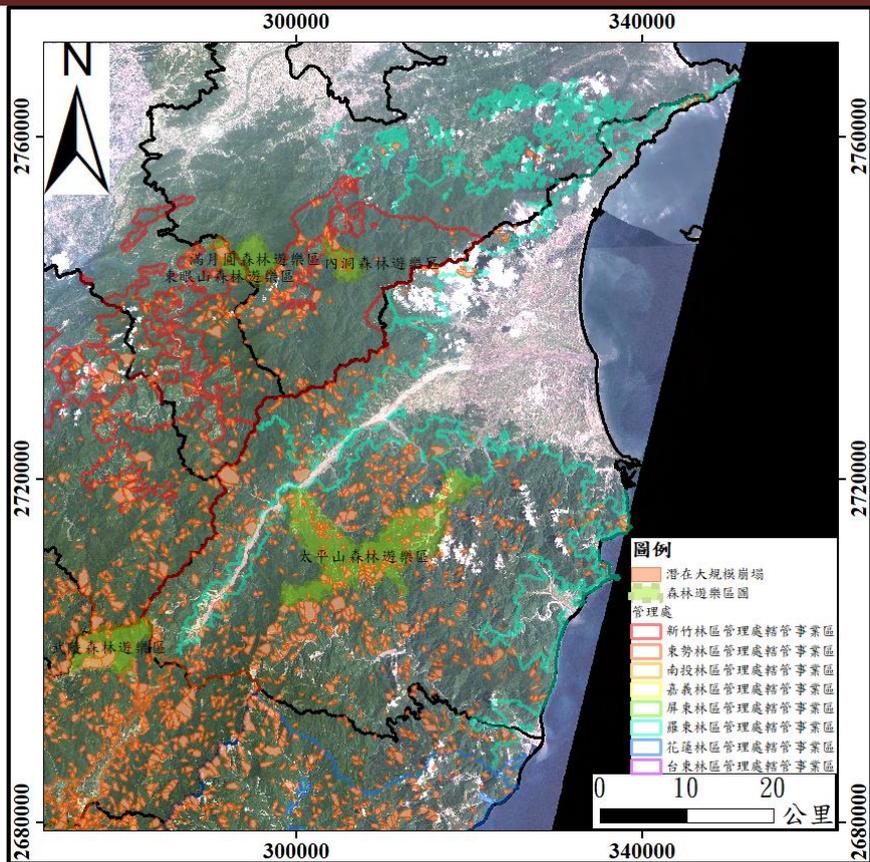


圖 3-2.4、羅東林區管理處判釋成果圖

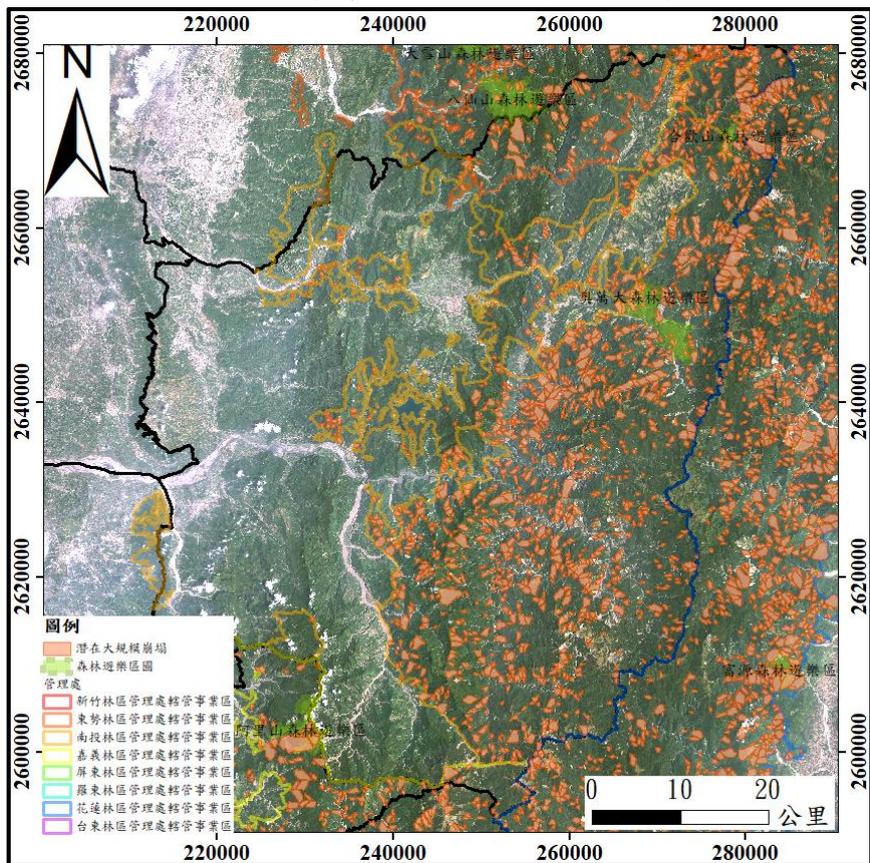


圖 3-2.5、南投林區管理處判釋成果圖

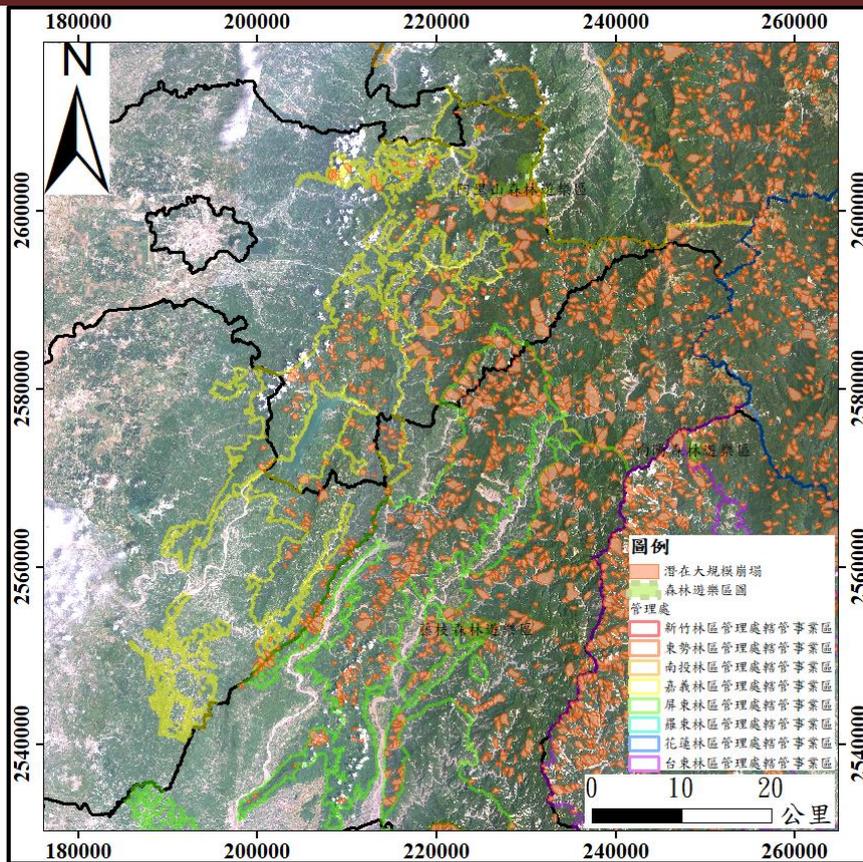


圖 3-2.6、嘉義林區管理處判釋成果圖

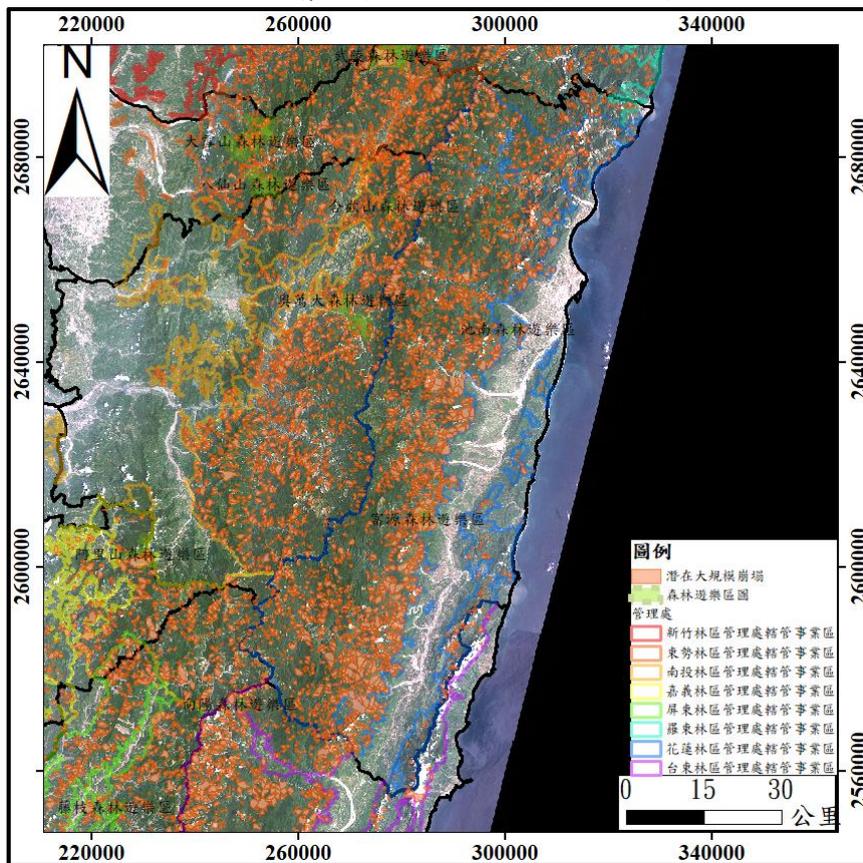


圖 3-2.7、花蓮林區管理處判釋成果圖

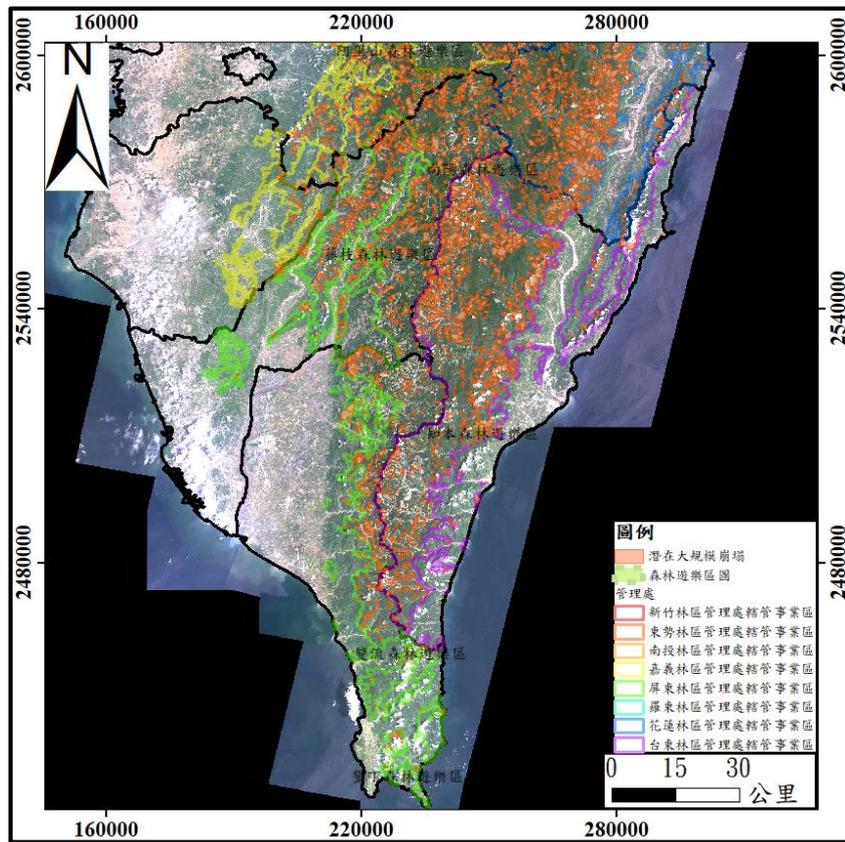


圖 3-2.8、屏東林區管理處判釋成果圖

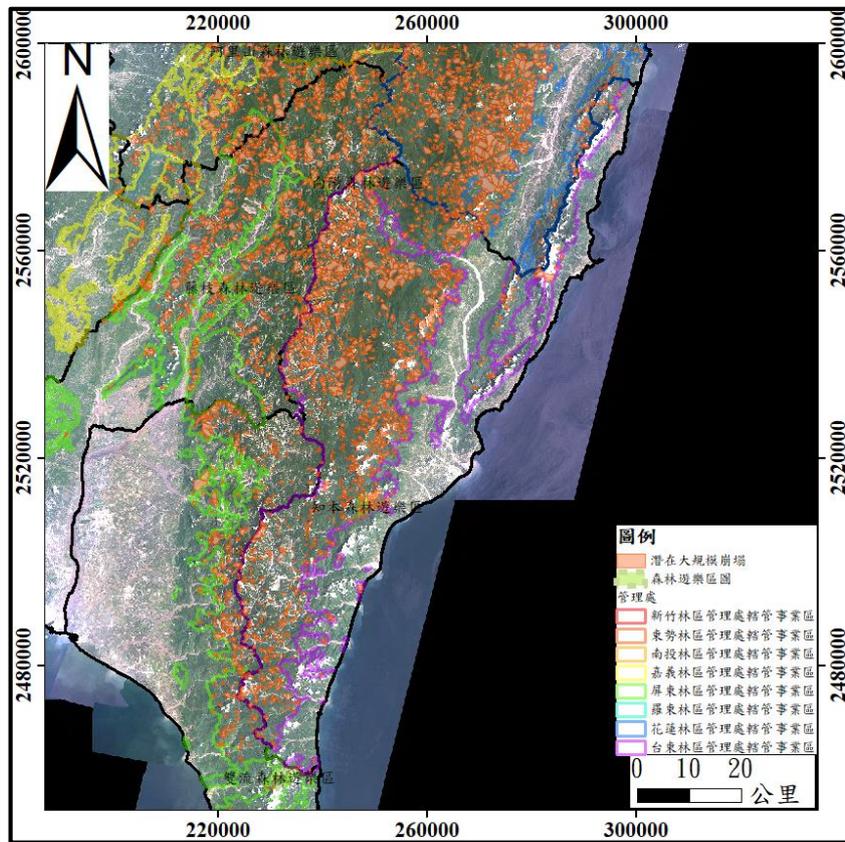


圖 3-2.9、臺東林區管理處判釋成果圖

3-3、推估大規模崩塌潛勢區可能致災原因及可能影響範圍

全國林區管理處轄管事業區已判釋出 7,757 處潛在大規模崩塌(含非林班地)，並參考日本全國地滑崖崩對策協議會針對地滑的影響範圍之評估方法，推估 7,757 處潛在大規模崩塌的可能影響範圍。以下針對本次各事業處評估結果作為說明。

表 3-3.1、潛在大規模崩塌可能範圍及度等級成果統計表(關注為無保全者)

林區管理處	事業區	潛在大規模崩塌處數	潛在大規模崩塌總面積(公頃)	可能影響範圍面積(公頃)	保全重要性評分	發生度等級
新竹	烏來	77	2,078.7	2,924.8	高:0 中:1 低:17 關注:59	高:0 中:11 低:66
	大溪	236	6,531.4	9,346.9	高:2 中:4 低:61 關注:169	高:1 中:47 低:188
	竹東	75	2,712.7	4,119.2	高:1 中:0 低:49 關注:25	高:0 中:13 低:62
	南庄	20	683.8	1,022.9	高:0 中:3 低:9 關注:8	高:0 中:7 低:13
	大湖	38	1,103.1	1,704.3	高:0 中:0 低:7 關注:31	高:0 中:7 低:31
	大安溪	75	2,063.0	3,265.3	高:0 中:0 低:23 關注:52	高:0 中:15 低:60
小記		521	15,172.7	22,403.3	高:3 中:8 低:166 關注:344	高:1 中:100 低:420
東勢	大安溪	138	3,217.7	4,994.0	高:0 中:0 低:50 關注:88	高:4 中:52 低:82
	大甲溪	311	9,648.4	14,271.7	高:3 中:10 低:96 關注:202	高:3 中:58 低:250
	八仙山	207	5,789.6	8,716.0	高:0 中:17 低:69 關注:121	高:6 中:63 低:138
小記		656	18,655.7	27,981.7	高:3 中:27 低:215 關注:411	高:13 中:173 低:470
羅東	文山	9	250.2	370.6	高:0 中:3 低:3 關注:3	高:0 中:2 低:7
	宜蘭	51	856.4	1,365.8	高:0 中:5 低:7 關注:39	高:0 中:10 低:41
	大溪	8	187.7	269.7	高:0 中:0 低:4 關注:4	高:0 中:1 低:7
	羅東	80	1,853.4	3,092.6	高:0 中:2 低:34 關注:44	高:0 中:16 低:64
	太平山	204	5,225.3	8,708.1	高:0 中:2 低:76 關注:126	高:1 中:29 低:174
	南澳	114	2,526.4	4,901.6	高:0 中:3 低:38 關注:73	高:8 中:31 低:75
	和平	262	6,505.6	10,113.3	高:0 中:5 低:55 關注:202	高:0 中:32 低:230
小記		728	17,405.0	28,821.8	高:0 中:20 低:217 關注:491	高:9 中:121 低:598
南投	埔里	139	3,014.3	4,732.3	高:1 中:12 低:83 關注:43	高:1 中:31 低:107

林區 管理 處	事業 區	潛在大規 模 崩塌處數	潛在大規模 崩塌總面積(公 頃)	可能影響 範圍面積 (公頃)	保全重要性 評分	發生度等級
	濁水 溪	381	11,748.3	17,521.3	高:0 中:19 低:89 關注:273	高:7 中:71 低:303
	丹大	228	5,460.8	8,478.8	高:0 中:16 低:15 關注:197	高:8 中:64 低:156
	巒大	419	12,565.8	18,265.3	高:5 中:6 低:135 關注:273	高:12 中:137 低:270
	阿里 山	1	12.8	20.1	高:0 中:0 低:0 關注:1	高:0 中:0 低:1
	非林 班地	8	48.8	103.6	高:0 中:0 低:8 關注:0	高:0 中:0 低:8
小記		1,176	32,850.8	49,121.5	高:6 中:53 低:330 關注:787	高:28 中:303 低:845
嘉義	阿里 山	48	2,169.9	2,908.8	高:3 中:7 低:16 關注:22	高:0 中:11 低:37
	大埔	144	5,896.1	8,809.1	高:1 中:9 低:59 關注:75	高:0 中:13 低:131
	玉山	228	7,968.7	11,922.6	高:0 中:3 低:49 關注:176	高:2 中:71 低:155
	玉井	41	945.3	1,499.0	高:0 中:1 低:27 關注:13	高:0 中:22 低:19
小記		461	16,980.0	25,139.5	高:4 中:20 低:151 關注:286	高:2 中:117 低:342
花蓮	立霧 溪	435	13,514.2	20,268.7	高:1 中:9 低:81 關注:344	高:29 中:134 低:272
	木瓜 山	348	9,691.9	13,961.2	高:4 中:9 低:60 關注:275	高:10 中:121 低:217
	林田 山	500	17,670.5	25,509.9	高:2 中:16 低:105 關注:377	高:78 中:258 低:164
	玉里	345	12,346.9	18,186.9	高:4 中:9 低:106 關注:226	高:23 中:130 低:192
	秀姑 巒	536	18,571.8	25,981.6	高:0 中:7 低:147 關注:382	高:18 中:153 低:365
小記		2,164	71,795.4	103,908.3	高:11 中:50 低:499 關注:1,604	高:158 中:796 低:1,210
屏東	旗山	310	9,853.3	15,493.1	高:4 中:29 低:98 關注:179	高:1 中:46 低:263
	荖濃 溪	152	5,449.7	8,164.8	高:0 中:0 低:44 關注:108	高:2 中:25 低:125
	屏東	132	4,120.6	6,464.4	高:0 中:1 低:49 關注:82	高:1 中:13 低:118
	潮州	142	3,347.5	5,158.8	高:0 中:0 低:36 關注:106	高:1 中:27 低:114
	恆春	21	482.8	798.9	高:0 中:5 低:8 關注:8	高:0 中:0 低:21
小記		757	23,254.0	36,080.0	高:4 中:31 低:235 關注:483	高:5 中:111 低:641

林區 管理 處	事業 區	潛在大規 模 崩塌處數	潛在大規模 崩塌總面積(公 頃)	可能影響 範圍面積 (公頃)	保全重要性 評分	發生度等級
臺東	成功	41	1,397.4	1,965.6	高:0 中:2 低:26 關注:13	高:1 中:12 低:28
	關山	440	15,033.0	21,233.1	高:0 中:3 低:73 關注:364	高:0 中:79 低:361
	延平	386	10,481.5	15,186.2	高:1 中:0 低:58 關注:327	高:0 中:41 低:345
	臺東	204	3,987.8	6,306.9	高:1 中:4 低:28 關注:171	高:0 中:8 低:196
	大武	220	4,249.9	6,689.7	高:0 中:0 低:14 關注:206	高:0 中:24 低:196
	非林 班地	3	50.4	114.7	高:1 中:2 低:0 關注:0	高:0 中:0 低:3
小記		1,294	35,281.7	51,496.1	高:3 中:11 低:199 關注:1,081	高:1 中:164 低:1,129
總計		7,757	231,395.2	344,952.2	高:34 中:224 低:2,012 關注:5,487	高:217 中:1,885 低:5,655

表 3-3.2、潛在大規模崩塌危險度等級

林區 管理處	事業區	危險度等級										小記
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
新竹	烏來	0	0	0	0	0	0	1	1	16	59	77
	大溪	0	0	0	2	0	0	4	11	50	169	236
	竹東	0	0	0	1	0	0	0	8	41	25	75
	南庄	0	0	0	0	0	0	3	4	5	8	20
	大湖	0	0	0	0	0	0	0	2	5	31	38
	大安溪	0	0	0	0	0	0	0	2	21	52	75
小記		0	0	0	3	0	0	8	28	138	344	521
東勢	大安溪	0	0	0	0	0	1	0	20	29	88	138
	大甲溪	1	2	0	0	1	1	9	11	84	202	311
	八仙山	0	0	3	0	5	1	9	22	46	121	207
小記		1	2	3	0	6	3	18	53	159	411	656
羅東	文山	0	0	0	0	1	0	2	1	2	3	9
	宜蘭	0	0	0	0	3	0	2	0	7	39	51
	大溪	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	8
	羅東	0	0	0	0	0	0	2	11	23	44	80
	太平山	0	0	0	0	0	0	2	4	72	126	204
	南澳	0	0	0	0	2	2	1	12	24	73	116
	和平	0	0	0	0	0	0	5	5	50	202	262
小記		0	0	0	0	6	2	14	34	181	491	728
南投	埔里	0	0	0	1	5	1	7	14	68	43	139
	濁水溪	0	0	0	0	2	1	17	17	71	273	381
	丹大	0	0	0	0	7	0	9	5	10	197	228
	巒山	0	0	0	5	1	2	5	47	86	273	419
	阿里山	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	非林班地	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
小記		0	0	0	6	15	4	38	83	243	787	1176
嘉義	阿里山	0	0	0	3	1	0	6	6	10	22	48
	大埔	0	1	0	0	2	0	7	6	53	75	144
	玉山	0	0	0	0	0	0	3	12	37	176	228
	玉井	0	0	0	0	1	0	0	15	12	13	41
小記		0	1	0	3	4	0	16	39	112	286	461

林區 管理處	事業區	危險度等級										小記
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
花蓮	立霧溪	0	0	0	1	3	5	6	20	56	344	435
	木瓜山	0	0	0	4	3	3	6	19	38	275	348
	林田山	0	0	0	2	11	10	5	64	31	377	500
	玉里	0	1	0	3	3	0	6	29	77	226	345
	秀姑巒	0	0	0	0	0	4	7	22	121	382	536
小記		0	1	0	10	20	22	30	154	323	1604	2164
屏東	旗山	0	1	0	3	4	0	25	8	90	179	310
	荖濃溪	0	0	0	0	0	0	0	1	43	108	152
	屏東	0	0	0	0	0	0	1	3	46	82	132
	潮州	0	0	0	0	0	0	0	6	30	106	142
	恆春	0	0	0	0	0	0	5	0	8	8	21
小記		0	1	0	3	4	0	31	18	217	483	757
臺東	成功	0	0	0	0	1	0	1	7	19	13	41
	關山	0	0	0	0	1	0	2	9	64	364	440
	延平	0	0	0	1	0	0	0	3	55	327	386
	臺東	0	0	0	1	0	0	4	0	28	171	204
	大武	0	0	0	0	0	0	0	2	12	206	220
	非林班地	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3
小記		0	0	0	3	2	0	9	21	178	1081	1294
總計		1	5	3	28	57	31	164	430	1551	5487	7757

(1) 新竹林區管理處轄管事業區，分別為烏來、大溪、竹東、南庄、大湖與大安溪事業區，潛在大規模崩塌總共 517 處，可能影響範圍總面積 19,093.27 公頃，以竹東事業區之保全分數高重要性的新竹縣-尖石鄉-D022 作說明。

新竹縣-尖石鄉-D022 其地理位置位於新竹縣尖石鄉樟樹園地區的嘉興國小的東側坡面，潛在崩塌面積 58.4 公頃(圖 3-3.1，圖 3-3.2)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，崩塌地下方影響範圍以崩塌地鏡像方式進行劃設，其長度約為崩塌地坡長(C)。將三項合併後即為新竹縣-尖石鄉-D022 之可能影響範圍(圖 3-3.3)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果顯示新竹縣-尖石鄉-D022 可能影響之住戶約為 57 戶，住戶保全分數為 36 分，可能影響範圍內有鄉道竹 60 線通過，道路保全分數為 1 分，故保全重要性評分 37 分，保全重要性為高。發生度評分為 11 分，發生度等級為低。危險等級評分為 6 分。新竹縣-尖石鄉-D022 所處地層為石底層及北寮層，其坡趾處局部受到那羅溪侵蝕作用，可能的致災方式為坡腳侵蝕使其失去坡腳支撐加上長期重力變形而崩塌。

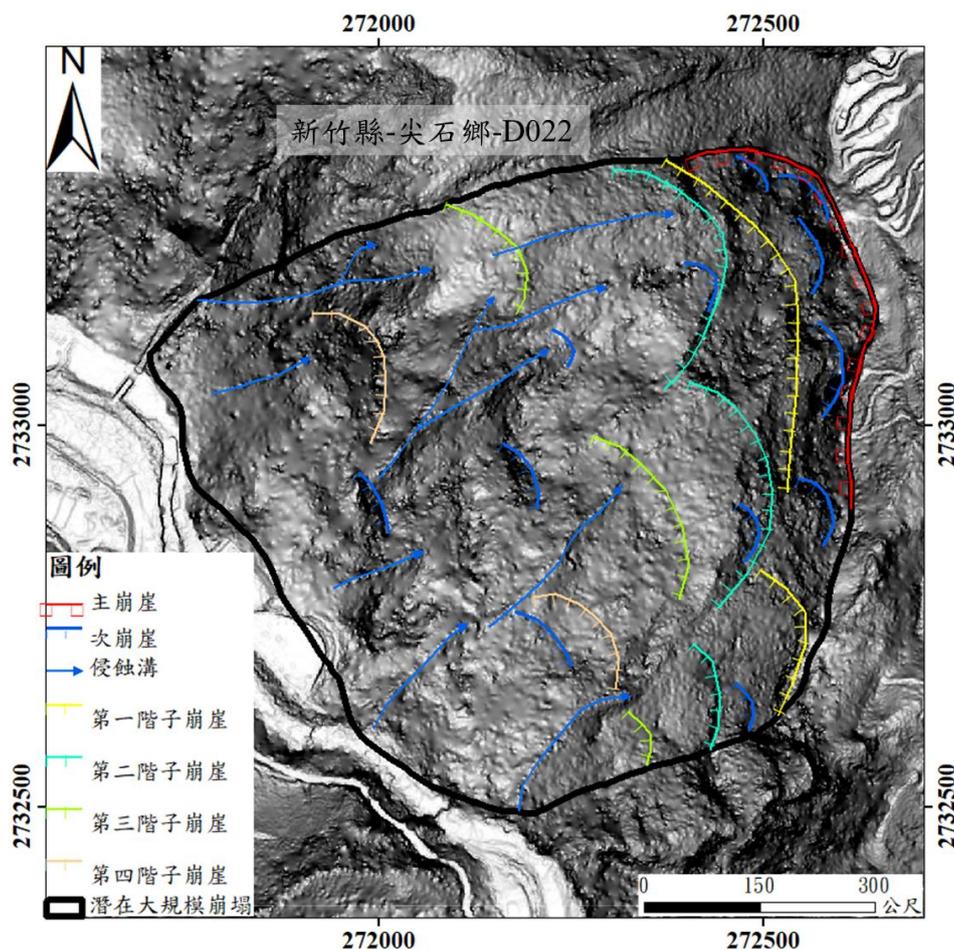


圖 3-3.1、潛在大規模崩塌編號新竹縣-尖石鄉-D022 高精度數值地形判釋成果圖



圖 3-3.2、潛在大規模崩塌編號新竹縣-尖石鄉-D022 三維高精度數值地形判釋成果圖

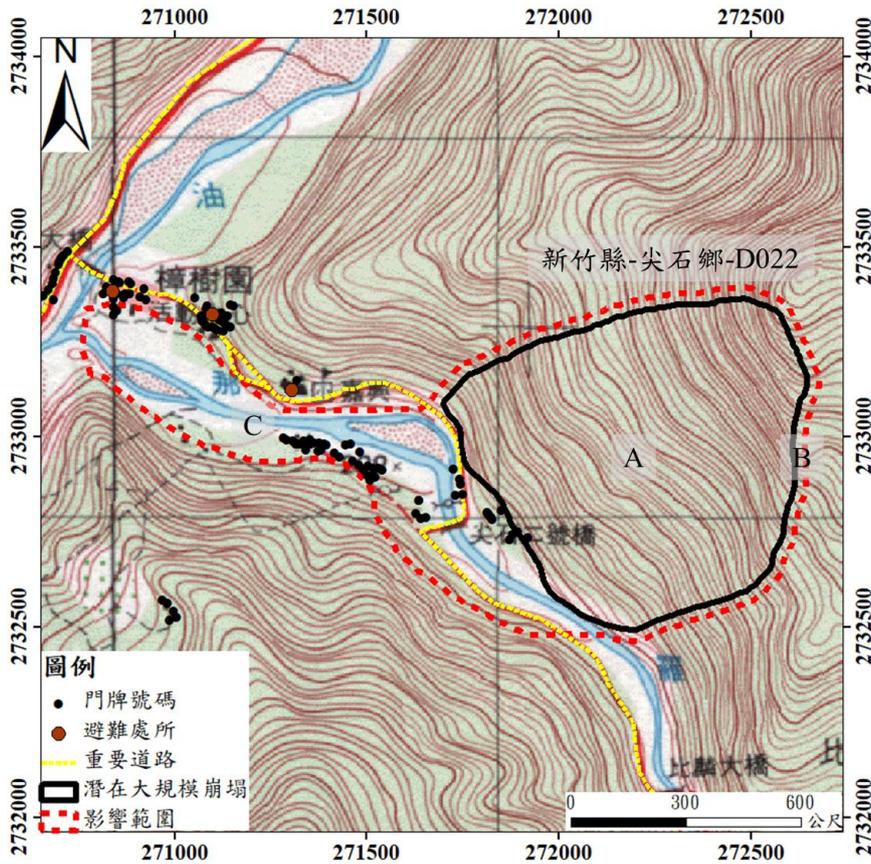


圖 3-3.3、潛在大規模崩塌編號新竹縣-尖石鄉-D022 可能影響範圍

(2) 東勢林區管理處轄管事業區，分別為大安溪、大甲溪與八仙山事業區，潛在大規模崩塌 655 處，可能影響範圍總面積 27,950.64 公頃，以大甲溪事業區之保全分數高重要性的臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 兩處作說明。

臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 其地理位置位於臺中市和平區大甲溪上游德基水庫南側坡面，潛在崩塌面積分別為 42.8 及 21.0 公頃(圖 3-3.4，圖 3-3.5)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，因底部為河谷地形關係並且有水壩壩體存在，崩塌地下方影響範圍無法以崩塌地鏡像方式進行劃設，故下方影響範圍地形特徵往水庫蓄水區內做範圍修正，其長度約為崩塌地坡長(C)。將三項合併後即為臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 之可能影響範圍(圖 3-3.6)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果顯示臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 兩處崩塌地發生崩塌時將直接進入德基水庫蓄水區內及直接影響到德基水庫壩體，重要設施保全分數及水庫保全分數皆為 16 分，且有臺 8 線通過潛在大規模崩塌影響範圍內，道路保全分區為 4 分，臺中市-和平區-D359 可能影響範圍內有 1 戶住戶，住戶保全分數為 9 分，故保全重要性評分分別為 36 及 45 分，保全重要性皆為高。發生度分數分別為 14 及 13 分，發生度等級皆為中。危險等級評分為 8 分。臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 所處地層為佳陽層，其坡腳受到德基水庫的水位變化影響其邊坡之孔隙水壓，降低其邊坡穩定度，可能的致災方式為邊坡坡腳受到水庫蓄水的影響，造成其坡腳的孔隙水壓增加支撐力降低，使其失去坡腳支撐加上長期重力變形而崩塌。

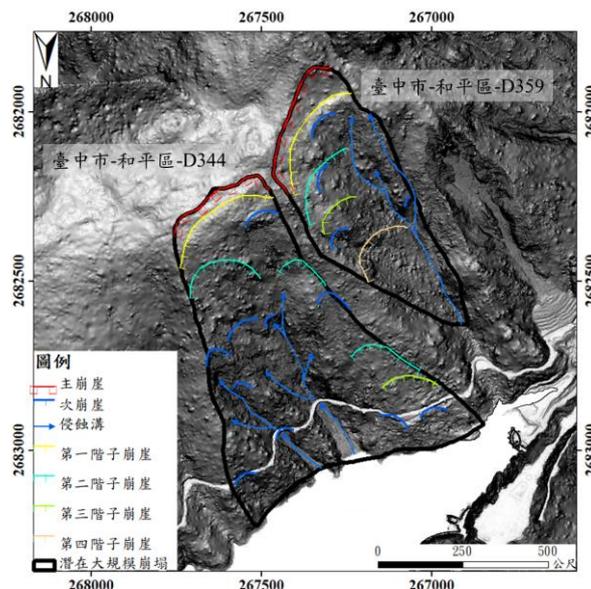


圖 3-3.4、潛在大規模崩塌編號臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 高精度數值地形判釋成果圖

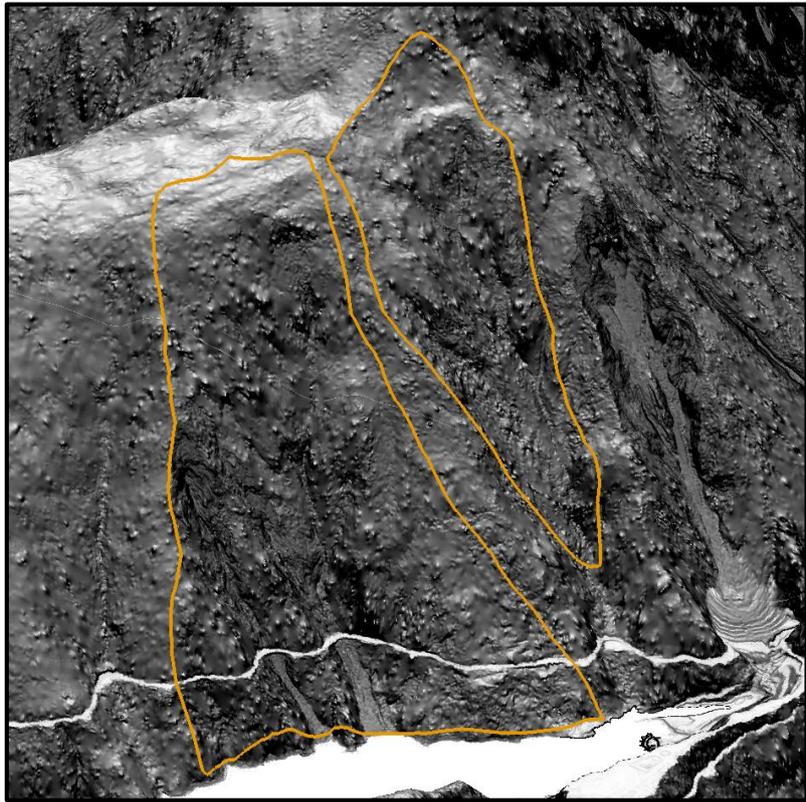


圖 3-3.5、潛在大規模崩塌編號臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 三維高精度數值地形判釋成果圖

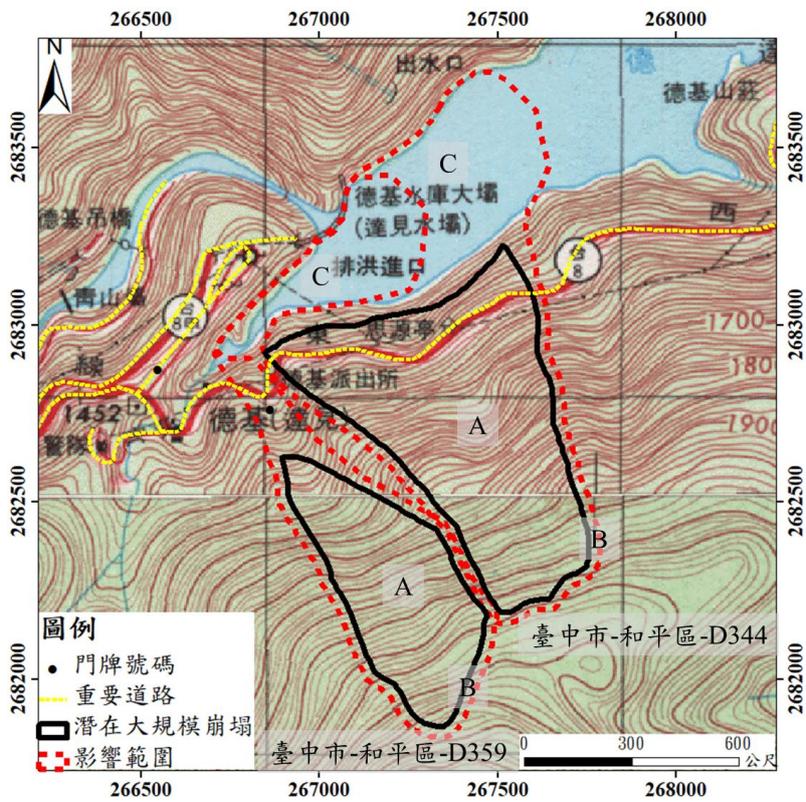


圖 3-3.6、潛在大規模崩塌編號臺中市-和平區-D344 與臺中市-和平區-D359 可能影響範圍

(3) 羅東林區管理處轄管事業區，分別為文山、宜蘭、大溪、羅東、太平山、南澳與和平事業區，潛在大規模崩塌 722 處，可能影響範圍總面積 28,740.46 公頃。以宜蘭事業區之保全分數高重要性的宜蘭縣-頭城鎮-D005 作說明。

宜蘭縣-頭城鎮-D005 其地理位置位於宜蘭縣頭城鎮石城里桶盤堀地區的北側坡面，潛在崩塌面積 10.0 公頃(圖 3-3.7, 圖 3-3.8)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，崩塌地下方影響範圍以崩塌地鏡像方式進行劃設至海岸線為止(C)。將三項合併後即為宜蘭縣-頭城鎮-D005 之可能影響範圍(圖 3-3.9)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果顯示宜蘭縣-頭城鎮-D005 可能影響之住戶約為 24 戶，住戶保全分數為 25 分，可能影響範圍內有鐵路及臺 2 線通過，交通保全分數為 4 分，故保全重要性評分 29 分，保全重要性為中。發生度分數為 13 分，發生度等級為中。危險等級評分為 5 分。宜蘭縣-頭城鎮-D005 所處地層為大桶山層，可能的致災方式為坡腳侵蝕使其失去坡腳支撐加上長期重力變形而崩塌。

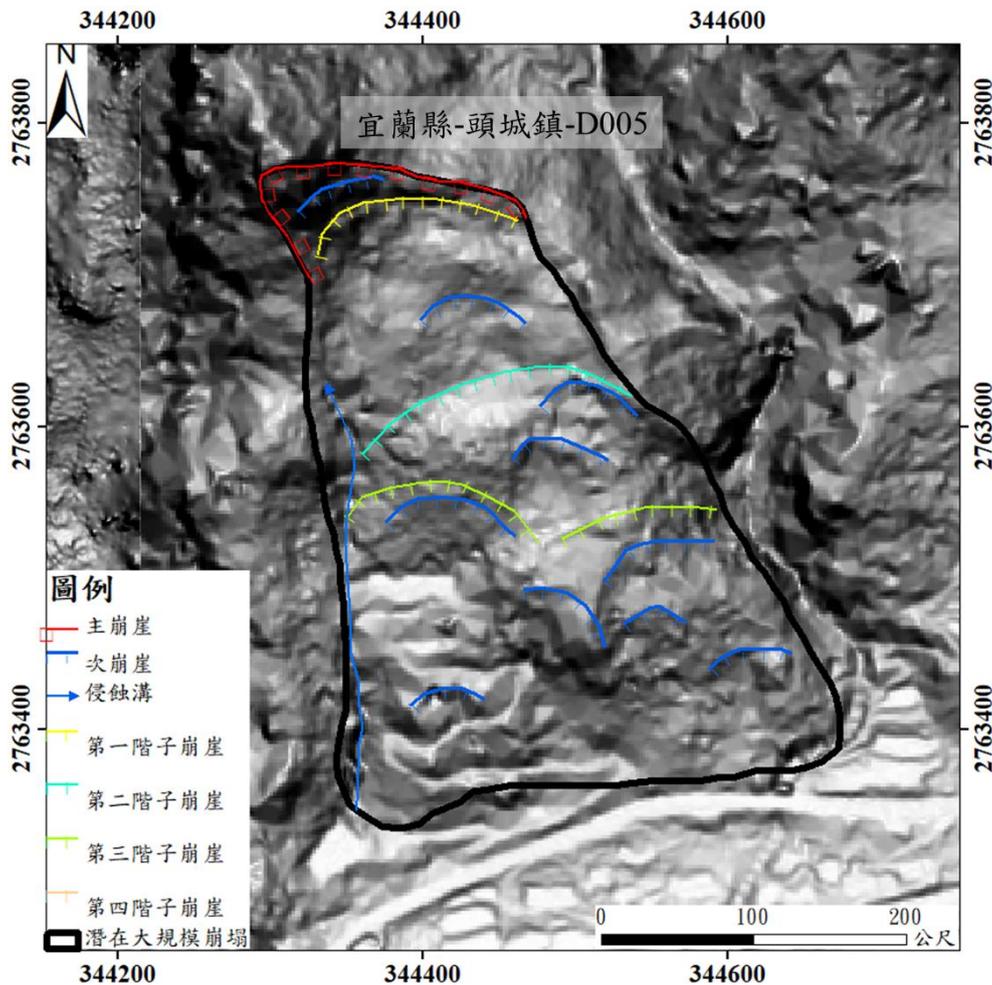


圖 3-3.7、潛在大規模崩塌編號宜蘭縣-頭城鎮-D005 高精度數值地形判釋成果圖

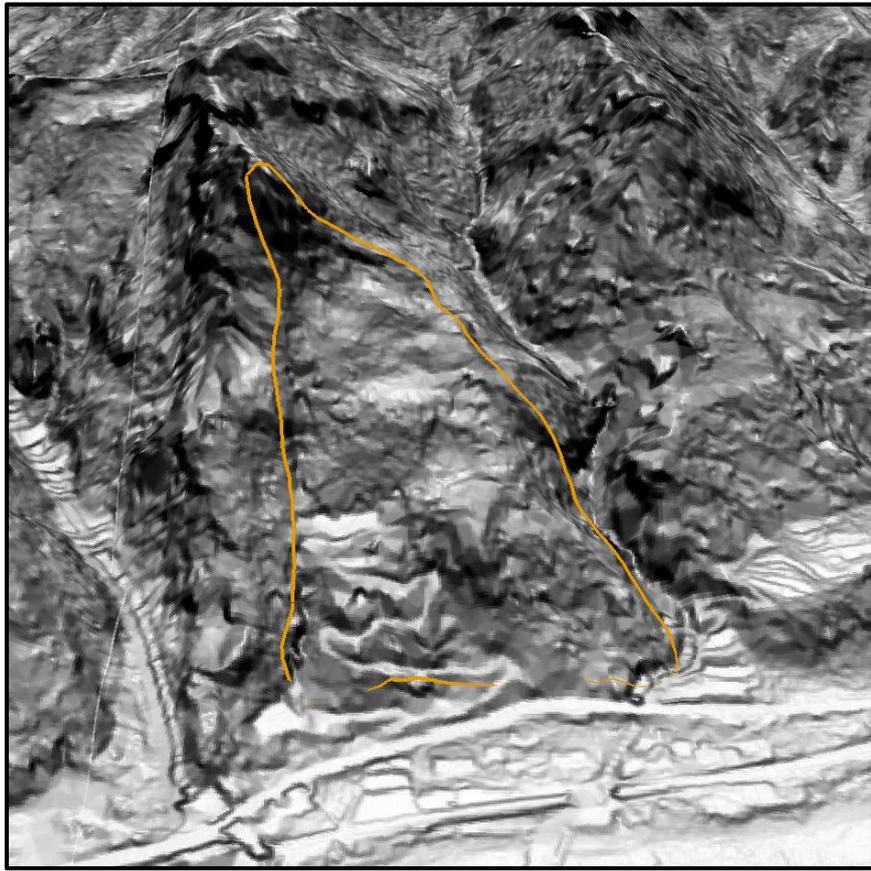


圖 3-3.8、潛在大規模崩塌編號宜蘭縣-頭城鎮-D005 三維高精度數值地形判釋成果圖

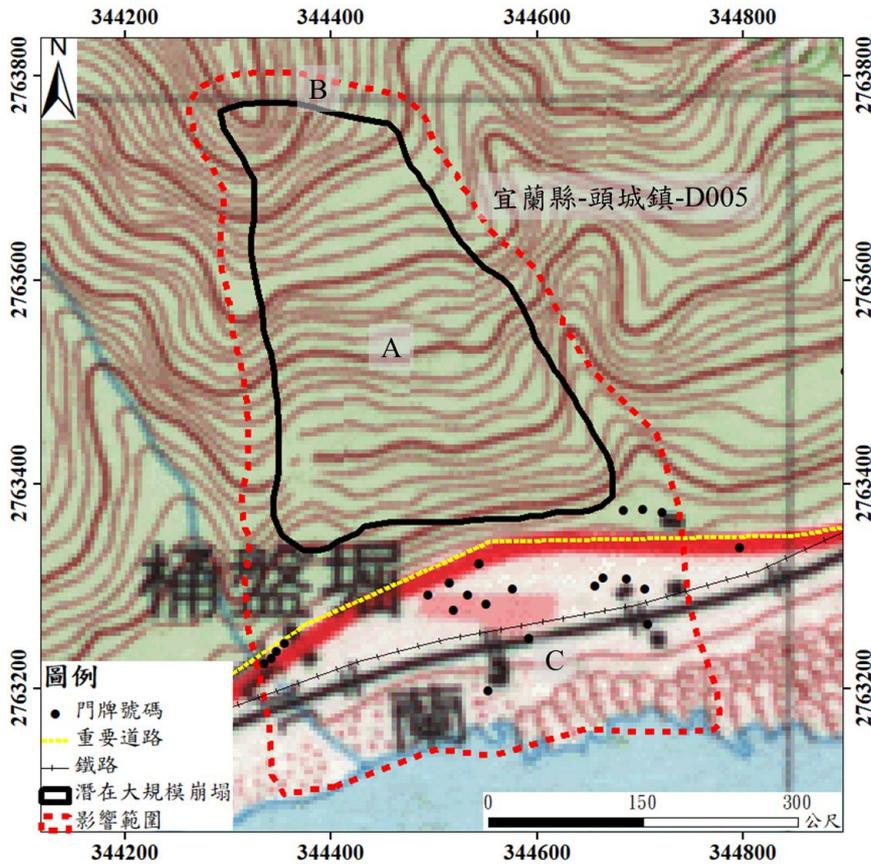


圖 3-3.9、潛在大規模崩塌編號宜蘭縣-頭城鎮-D005 可能影響範圍

(4) 南投林區管理處轄管事業區，分別為埔里、濁水溪、丹大、巒大與阿里山事業區，潛在大規模崩塌 1,165 處，可能影響範圍總面積 48,992.54 公頃。以埔里事業區之保全分數高重要性的南投縣-仁愛鄉-D720 作說明。

南投縣-仁愛鄉-D720 其地理位置位於南投縣仁愛鄉壠溪山的北側坡面，潛在崩塌面積為 16.4 公頃(圖 3-3.10，圖 3-3.11)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，崩塌地下方影響範圍以崩塌地鏡像方式進行劃設，其鏡像範圍為(C)。將三項合併後即為南投縣-仁愛鄉-D720 之可能影響範圍(圖 3-3.12)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果顯示南投縣-仁愛鄉-D720 會直接影響緊鄰崩塌地下方住戶約 29 戶及 1 處避難處所，住戶保全分數及設施保全分數分別為 25 分及 16 分，影響範圍內有一般道路通過，道路保全分數為 1 分，故保全重要性評分為 42 分，保全重要性皆為高。發生度分數為 10 分，發生度等級為低。危險等級評分為 6 分。南投縣-仁愛鄉-D720 所處地層為達見砂岩，可能的致災方式為豪雨降低坡面穩定度從而崩塌或長期重力變形而垮塌。

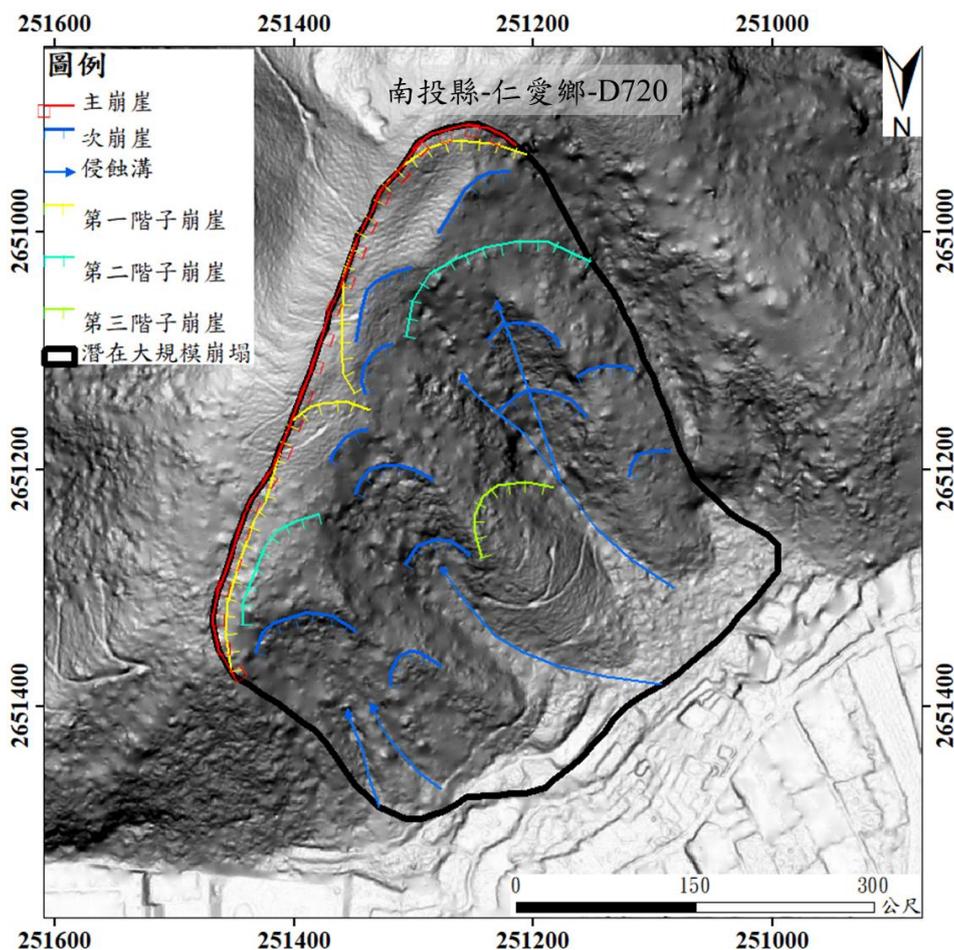


圖 3-3.10、潛在大規模崩塌編號南投縣-仁愛鄉-D720 高精度數值地形判釋成果圖

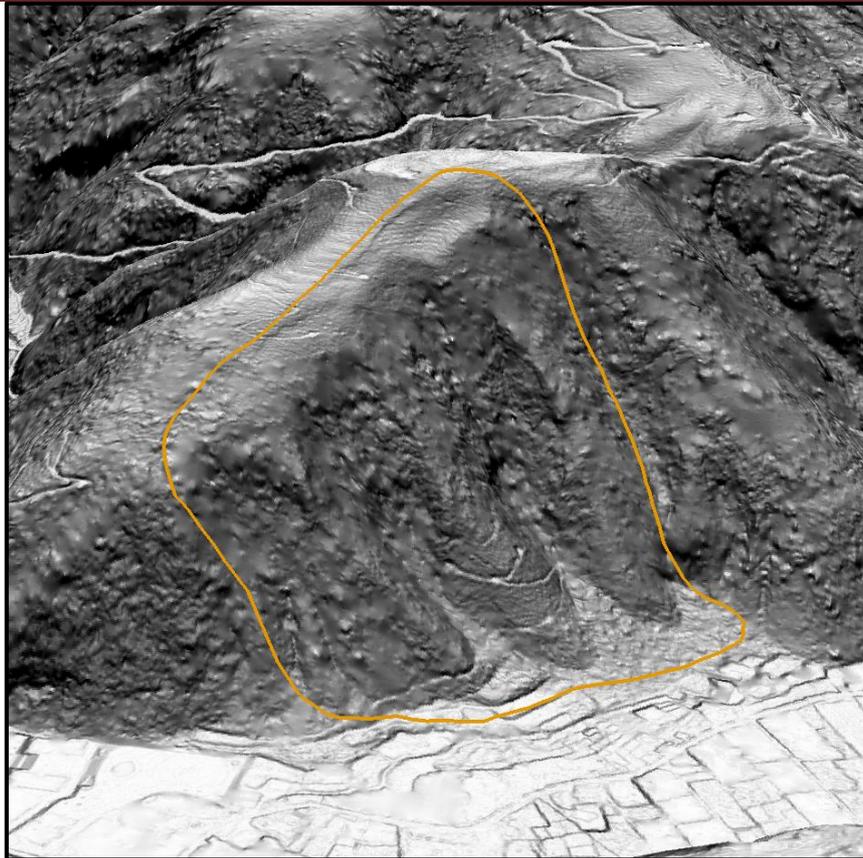


圖 3-3.11、潛在大規模崩塌編號南投縣-仁愛鄉-D720 三維高精度數值地形判釋成果圖

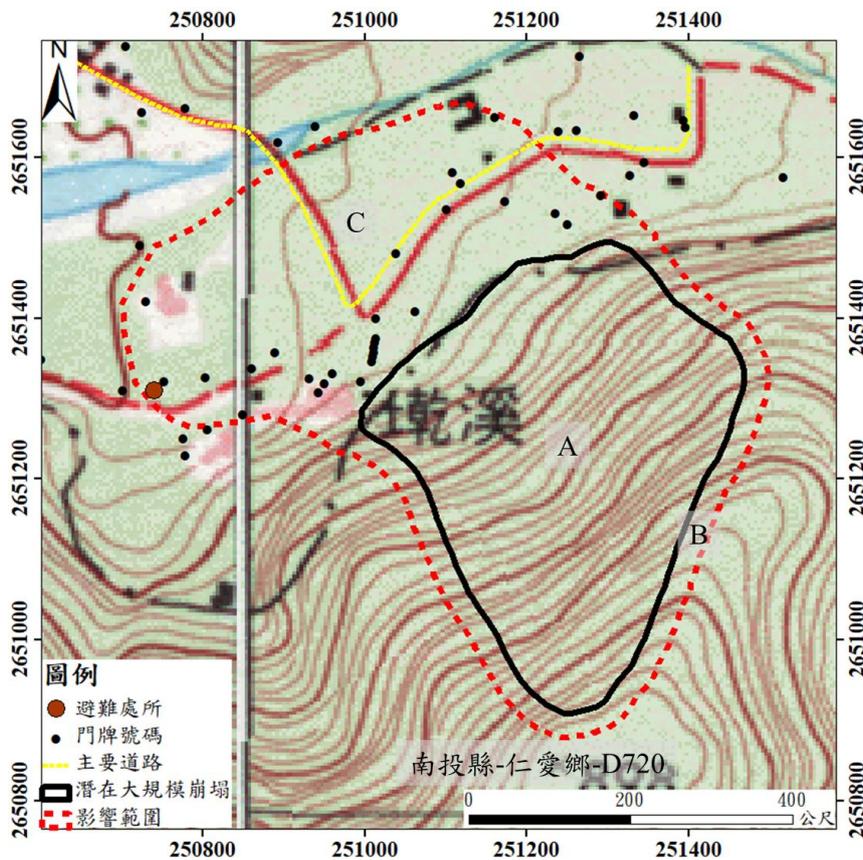


圖 3-3.12、潛在大規模崩塌編號南投縣-仁愛鄉-D720 可能影響範圍

(5) 嘉義林區管理處轄管事業區，分別為阿里山、大埔、玉山與玉井事業區，潛在大規模崩塌 462 處，可能影響範圍總面積 25,151.02 公頃。以大埔事業區之保全分數高者嘉義縣-大埔鄉-D037 為例。

嘉義縣-大埔鄉-D037 其地理位置位於嘉義縣大埔鄉曾文水庫南側，潛在崩塌面積為 89.6 公頃(圖 3-3.13，圖 3-3.14)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，崩塌地下方影響範圍以崩塌地鏡像方式進行劃設，其鏡像範圍為(C)。將三項合併後即為嘉義縣-大埔鄉-D037 潛在大規模崩塌之可能影響範圍(圖 3-3.15)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果嘉義縣-大埔鄉-D037 可能會影響住戶約 12 戶及曾文水庫蓄水區，住戶保全分數及水庫保全分數皆為 16 分，臺 3 線經過潛在大規模崩塌範圍內，道路保全分數為 4 分，故嘉義縣-大埔鄉-D037 保全重要性評分為 36 分，保全重要性為高。發生度分數為 13 分，發生度等級為中。危險等級評分為 8 分。嘉義縣-大埔鄉-D037 所處地層為北寮頁岩可能的致災方式為邊坡坡腳受到水庫蓄水的影響，造成其坡腳的孔隙水壓增加支撐力降低，使其失去坡腳支撐加上長期重力變形而崩塌。

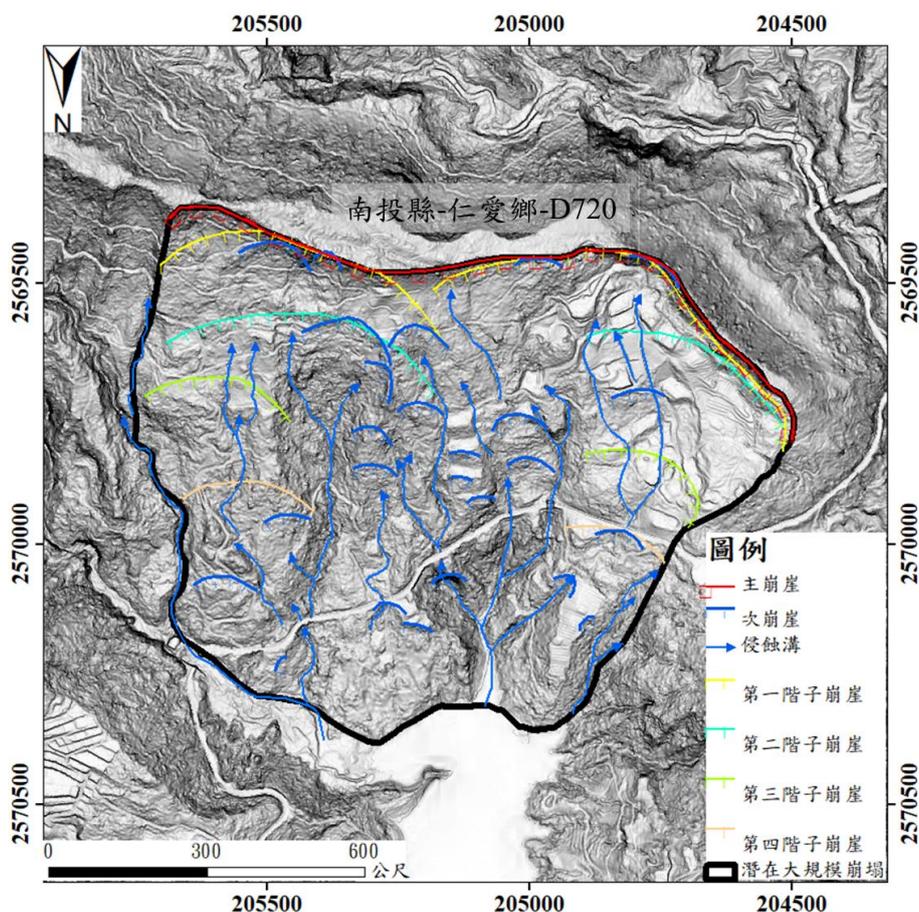


圖 3-3.13、潛在大規模崩塌編號嘉義縣-大埔鄉-D037 高精度數值地形判釋成果圖



圖 3-3.14、潛在大規模崩塌編號嘉義縣-大埔鄉-D037 三維高精度數值地形判釋成果圖



圖 3-3.15、潛在大規模崩塌編號嘉義縣-大埔鄉-D037 可能影響範圍

(6) 花蓮林區管理處轄管事業區，分別為立霧溪、木瓜山、林田山、玉里與秀姑巒事業區，潛在大規模崩塌 2,164 處，可能影響範圍總面積 103,908.25 公頃。以玉里事業區之保全分數高者花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 為例。

花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 其地理位置位於花蓮縣萬榮鄉紅葉村北側，潛在崩塌面積分別為 21.4 及 31.8 公頃(圖 3-3.16，圖 3-3.17)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，因崩塌地緊鄰縱谷平原，崩塌地下方影響範圍以崩塌地鏡像方式進行劃設，其鏡像範圍為(C)。將三項合併後即為花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 之可能影響範圍(圖 3-3.18)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果顯示花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 因地形因素，會直接影響緊鄰崩塌地下方住戶分別約 111 及 207 戶及 3 處避難處所，影響範圍內有一般道路通過，故保全重要性評分皆為 53 分，保全重要性皆為高。發生度分數分別為 10 及 8 分，發生度等級皆為低。危險等級評分皆為 6 分。花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 所處地層為玉里層，可能的致災方式為長期重力變形而垮塌。

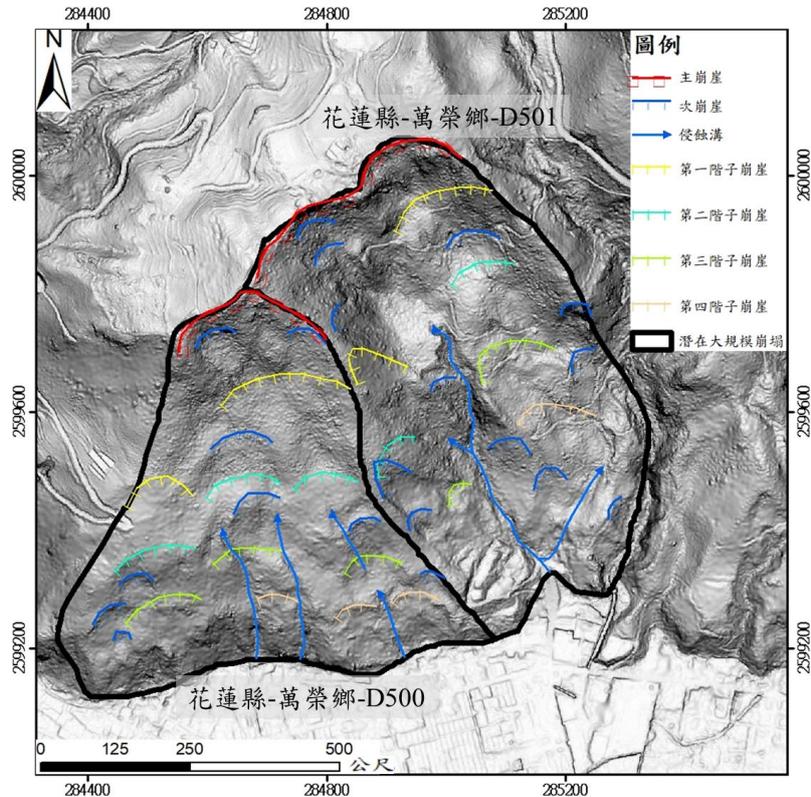


圖 3-3.16、潛在大規模崩塌編號花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 高精度數值地形判釋成果圖

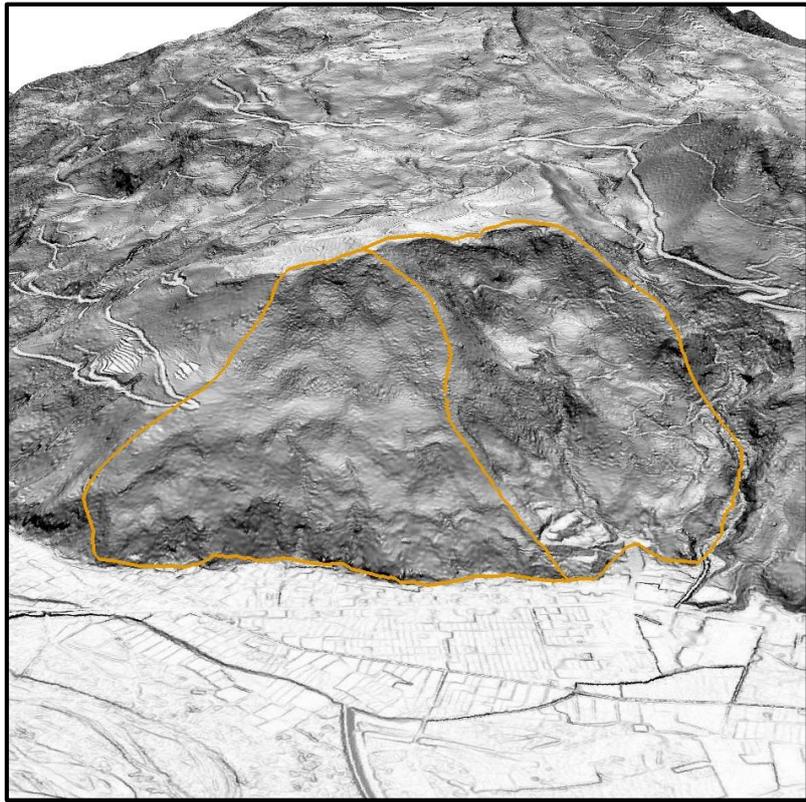


圖 3-3.17、潛在大規模崩塌編號花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 三維高精度數值地形判釋成果圖

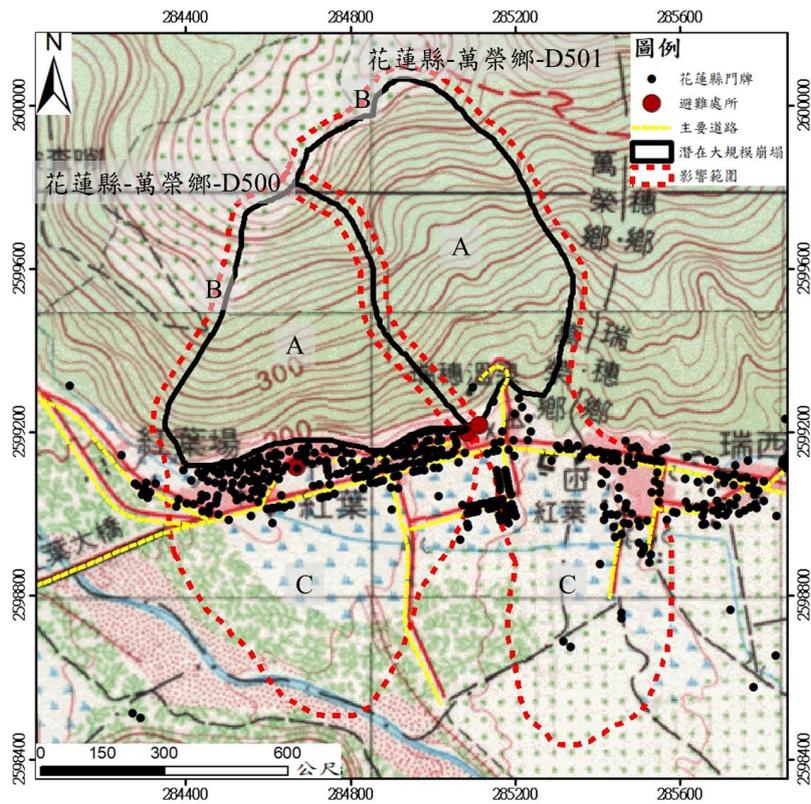


圖 3-3.18、潛在大規模崩塌編號花蓮縣-萬榮鄉-D500 與花蓮縣-萬榮鄉-D501 可能影響範圍

(7) 屏東林區管理處轄管事業區，分別為旗山、荖濃溪、屏東、潮州與恆春事業區，潛在大規模崩塌 756 處，可能影響範圍總面積 29,605.68 公頃。以旗山事業區之保全分數高者高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 為例。

高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 其地理位置位於高雄市甲仙區甲仙市區西側，潛在崩塌面積分別為 82.2 及 66.9 公頃(圖 3-3.19，圖 3-3.20)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，因崩塌地緊鄰河谷，崩塌地下方影響範圍大致以崩塌地鏡像方式進行劃並設依照河谷地形做修正，其鏡像範圍為(C)。將三項合併後即為高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 潛在大規模崩塌之可能影響範圍(圖 3-3.21)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 分別可能會影響住戶約 795 戶與 316 戶及 1 處避難處所，住戶保全分數皆為 36 分，且都可能影響到甲仙攔河堰，重要設施保全分數皆為 16 分，可能影響範圍內有臺 20 線及其他一般道路經過，道路保全分數皆為 4 分，故高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 保全重要性評分皆為 56 分，保全重要性皆為高。發生度分數分別為 11 及 12 分，發生度等級皆為低。危險等級評分皆為 6 分。高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 所處地層為唐恩山砂岩、鹽水坑頁岩及隘寮腳層，其坡腳受到楠梓仙溪的河岸侵蝕作用，可能的致災方式為坡腳侵蝕使其失去坡腳支撐加上長期重力變形而崩塌。

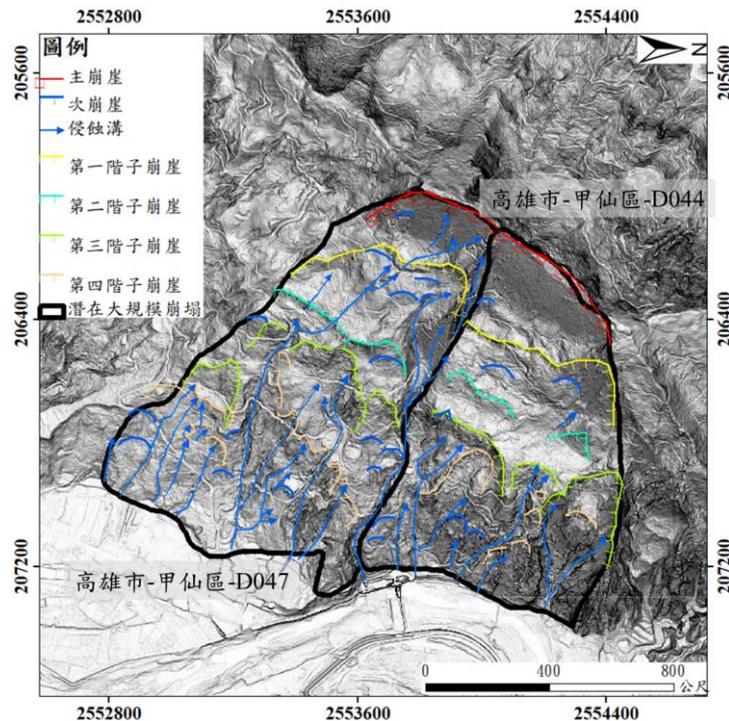


圖 3-3.19、潛在大規模崩塌編號高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 高精度數值地形判釋成果圖

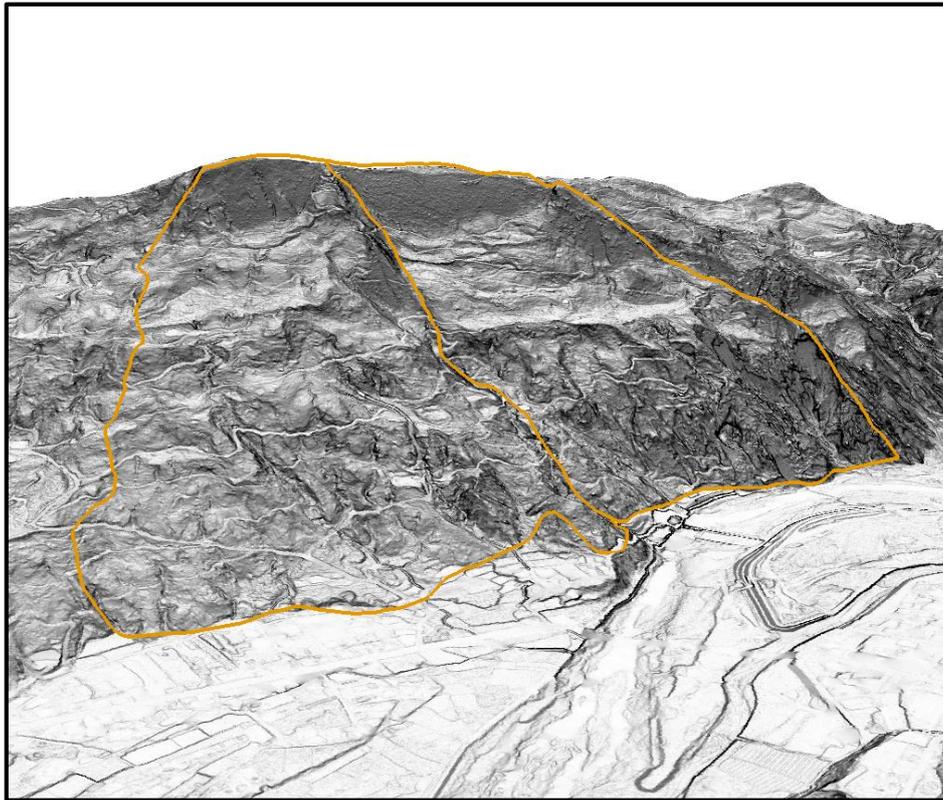


圖 3-3.20、潛在大規模崩塌編號高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 三維高精度數值地形判釋成果圖

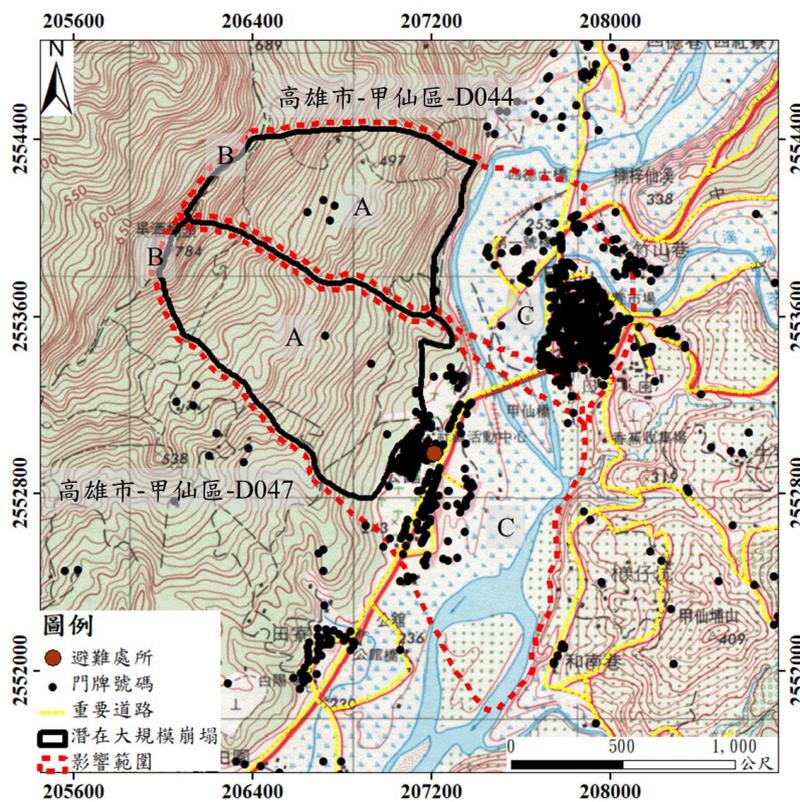


圖 3-3.21、潛在大規模崩塌編號高雄市-甲仙區-D044 與高雄市-甲仙區-D047 可能影響範圍

(8) 臺東林區管理處轄管事業區，分別為成功、關山、延平、臺東與大武事業區，潛在大規模崩塌 1,281 處，可能影響範圍總面積 51,086.19 公頃。以臺東事業區之保全分數高者臺東縣-太麻里鄉-D038 為例。

臺東縣-太麻里鄉-D038 其地理位置位於臺東縣知本溫泉地區縣道 194 的南側坡面，潛在崩塌面積分別為 20.2 公頃(圖 3-3.22，圖 3-3.23)。將潛在大規模崩塌範圍(A)往外擴 30 公尺是為崩塌地可能擴大的影響範圍(B)，崩塌地下方為知本溪河床，影響範圍以崩塌地鏡像方式進行劃設，其長度約為崩塌地坡長(C)。將三項合併後即為臺東縣-太麻里鄉-D038 之可能影響範圍(圖 3-3.24)。將門牌系統、避難處所、電塔、主要道路等圖層套疊影響範圍分析，結果臺東縣-太麻里鄉-D038 因緊鄰知本溪河岸，會直接影響下方保全 61 戶，縣道 194 號。故保全重要性評分是 37 分，保全重要性為高。發生度分數為 12 分，發生度等級為低。危險等級評分為 6 分。臺東縣-太麻里鄉-D038 可能的致災方式為豪雨降低坡面穩定度從而崩塌或長期重力變形而垮塌。

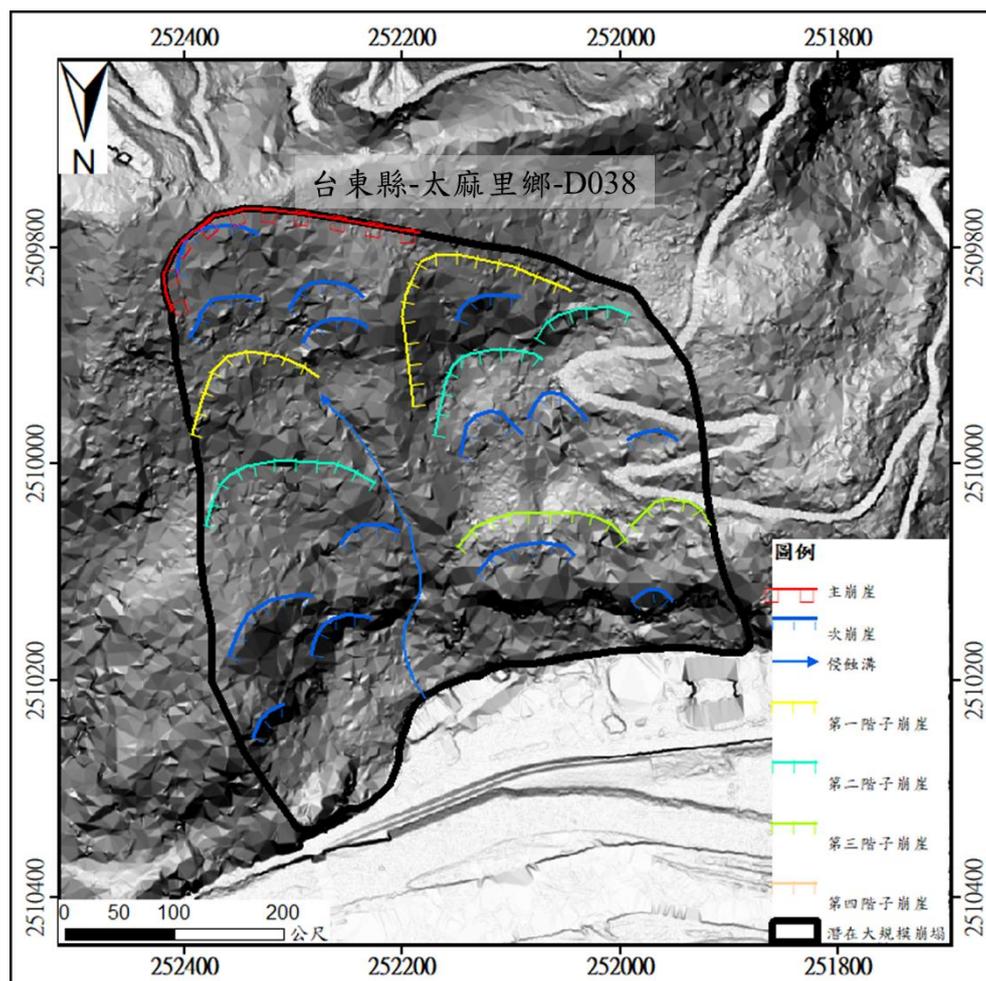


圖 3-3.22、潛在大規模崩塌編號臺東縣-太麻里鄉-D038 高精度數值地形判釋成果圖

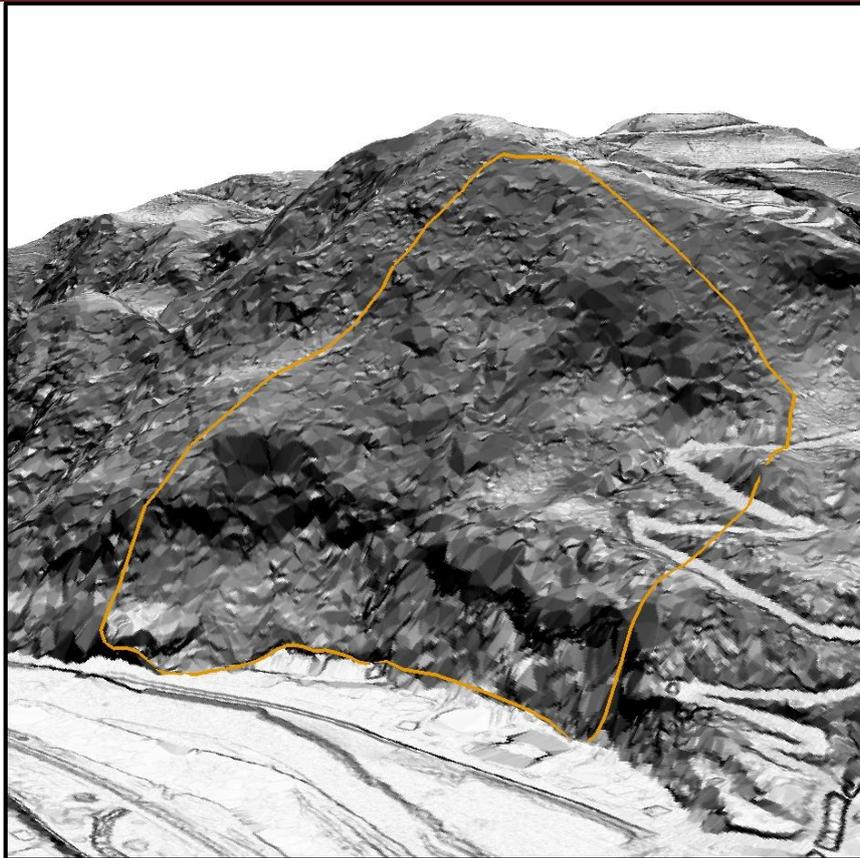


圖 3-3.23、潛在大規模崩塌編號臺東縣-太麻里鄉-D038 三維高精度數值地形判釋成果圖

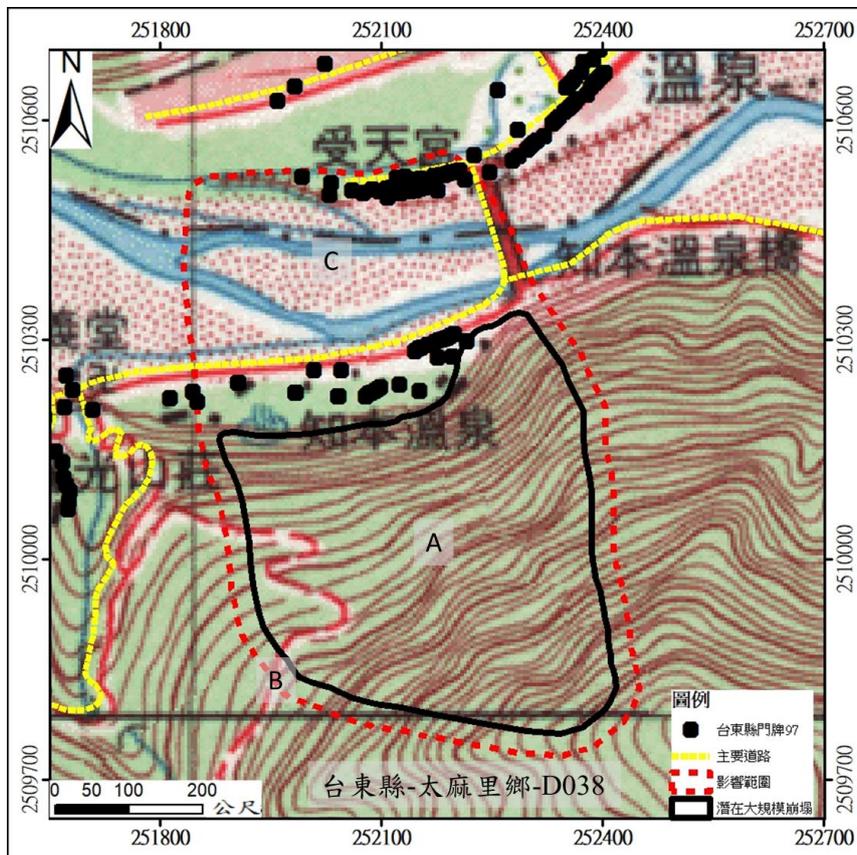


圖 3-3.24、潛在大規模崩塌編號臺東縣-太麻里鄉-D038 可能影響範圍

3-4、國有林大規模崩塌潛勢區目錄建置及圖資製作

國有林大規模崩塌目錄及圖資建置，包含編號、發生位置、潛在崩塌面積、崩塌性質、可能影響範圍、地質與危險度等。範例見圖 3-4.1，以圖幅編號 9721-IV NW 為例。

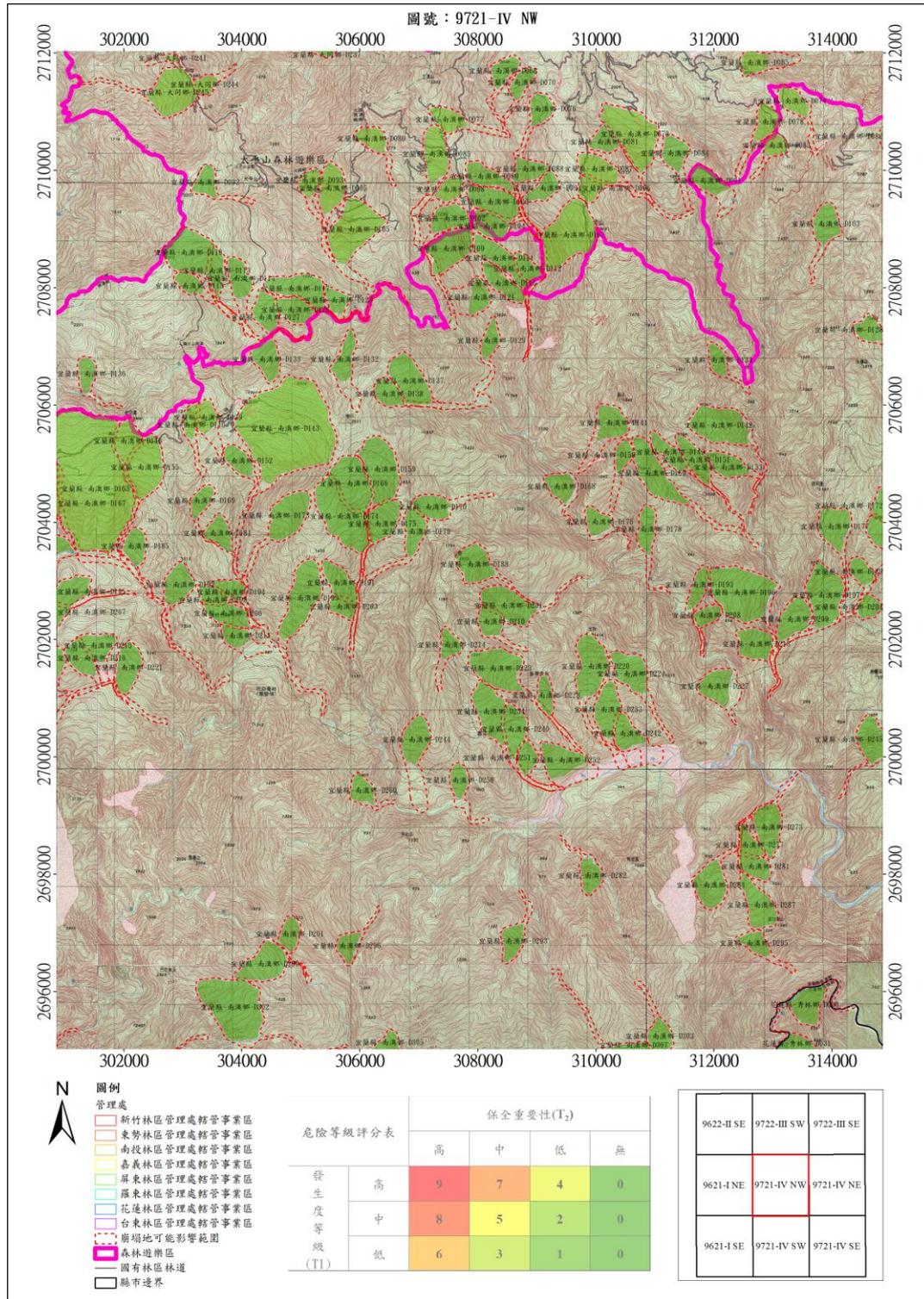


圖 3-4.1、國有林大規模崩塌目錄及圖資

肆、運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性作業方式之探討

4-1 前人研究文獻蒐集

收集國內相關機關進行大規模潛勢區活動性評估之方法及案例，雷達衛星影像分析技術與雷達衛星影像選擇，為潛在大規模崩塌活動性分析重要關鍵。雷達干涉技術 (SAR Interferometry) 根據不同時序之衛星雷達影像相位差，其進行地表變形觀測的精度可達公分等級。近年來合成孔徑雷達干涉技術不斷改進其技術，發展出合成孔徑雷達差分干涉法(D-InSAR)、永久散射體差分干涉法(PS-InSAR)、短基線差分干涉法(SBAS)及時域相關點雷達干涉法(TCP-InSAR)等不同的方法。依據不同的衛星雷達干涉技術，得到地表變形成果亦有差異。而雷達衛星影像因具有不同再現周期與波長等因素，因此並非所有雷達衛星影像都適合作為臺灣山區地表活動性評估之工具。

合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, 簡稱 SAR), 為具有多個孔徑(或天線)組成的雷達, 利用雷達系統發出電磁波(electromagnetic pulses)脈衝(pulses), 並偵測這些脈衝波碰到目標物的反射訊號, 並藉由反射回波訊號的強度及其他物理特性以得知目標物的大小、密度等特性。SAR 衛星影像有別於其它光學衛星更具實用性與優勢, 其不受到光線、天氣、時間等限制, 更可進行長時間且全面性的觀測。但因為雷達波同調的干涉現象, 所引起的斑駁雜訊, 常使得 SAR 影像在應用上受到相當之限制, 對此 SAR 衛星影像的應用, 發展出幾種不同的影像分析與處理模式。

Chang et al.(2009)選用用 ERS 與 ENVISAT 衛星, 利用 D-InSAR 與 PS-InSAR 技術來觀測臺北盆地, 提出 D-InSAR 雖然可僅使用兩張不同的時間影像來計算地表變形, 但對於天氣產生的誤差與地形及植被覆蓋的影響會降低干涉成果, PS-InSAR 雖需至少 20 幅影像才能得到有效的成果, 但利用穩定散射體可測量大範圍的地殼變形速率。周鋒泯(2009)在兩張 SAR 影像圖中找到具高相關性的點, 此點即為永久散射體, 長時間在相同位置保持相同的特性, 不受時間而改變或是消失的物體(建築物、岩石露頭、電塔...等)或位置(荒地、崩塌地...等), 為 PS-InSAR 所使用的概念。

蕭逸凡(2010)和蘇柏宗(2012)皆使用 PS-InSAR 干涉技術，證實當 PS 點數量足夠時，可提供豐富之地表變形資訊，但於同調性低之區域如山區，PS 點較為不足，且需要大量影像幫助精度計算。范凱婷(2012)所使用的 SBAS 即是為了增加影像的相關性，進而為了降低影像間的誤差值而把基線縮短，也是使用兩張 SAR 影像找到高相關性的點。前人研究受限於地面穩定散射點選取上的限制，相對於開發較完整的都市區，地形起伏大、植被茂密的山區，僅能獲得少數資料。洪翊甯(2013)提出 PS-InSAR 技術所使用 StaMPS 程式之限制，易造成全相位回復失敗，在山區影像成果分布較分散，表示此演算法仍有改善空間。

Zhang 等人(2011)提出之時域相關點雷達干涉技術(Temporarily Coherent Point InSAR method, TCP-InSAR)之雷達影像前處理模組，在抑制大氣效應的處理上，利用多幅干涉影像堆疊平均來降低大氣延遲的隨機模式誤差，並且引入大氣效應的誤差模型，利用穩定觀測點的資料把大氣效應造成的相位變化從殘餘相位資訊中分離出來，進而抑制其誤差(Zhang et al., 2011a; Zhang et al., 2011b; Zhang et al., 2012)。利用對 PS 點的相位差向量進行最小二乘法解算，通過殘差的大小來區別有模糊度和沒有模糊度的 PS 點，取代容易產生錯誤或失敗的相位解算步驟，進一步來計算地表變形率(圖 2-2)，其中軌道誤差可以藉由成像物理模型與地面控制點資訊來推估軌道相位圖譜(orbital ramp)進行修正，應用誤差參數在相位解算的過程中估算對應的影響量(Zhang et al., 2013; Zhang et al., 2014)。

TCP-InSAR 技術是利用對 TCP 點的相位差向量進行最小二乘法解算，通過殘差的大小來挑選較佳的地面反射點，取代容易產生錯誤或失敗的相位解算步驟。比較前人研究在此地區的結果，TCP-InSAR 產置的地表資訊明顯優於其他方法論，在抬升及沉降的地區也大約一致，表示精準度亦有其可信度。以臺灣北部大屯火山地區運用 ALOS/PALSAR 影像，衛星拍攝期間為 2007 至 2011 年與前人研究進行比較(圖 4-1.1)。在相同衛星、地區與時間區段，可以發現利用 TCP-InSAR 方法的分析分析結果優於過去幾種成見之技術分析。

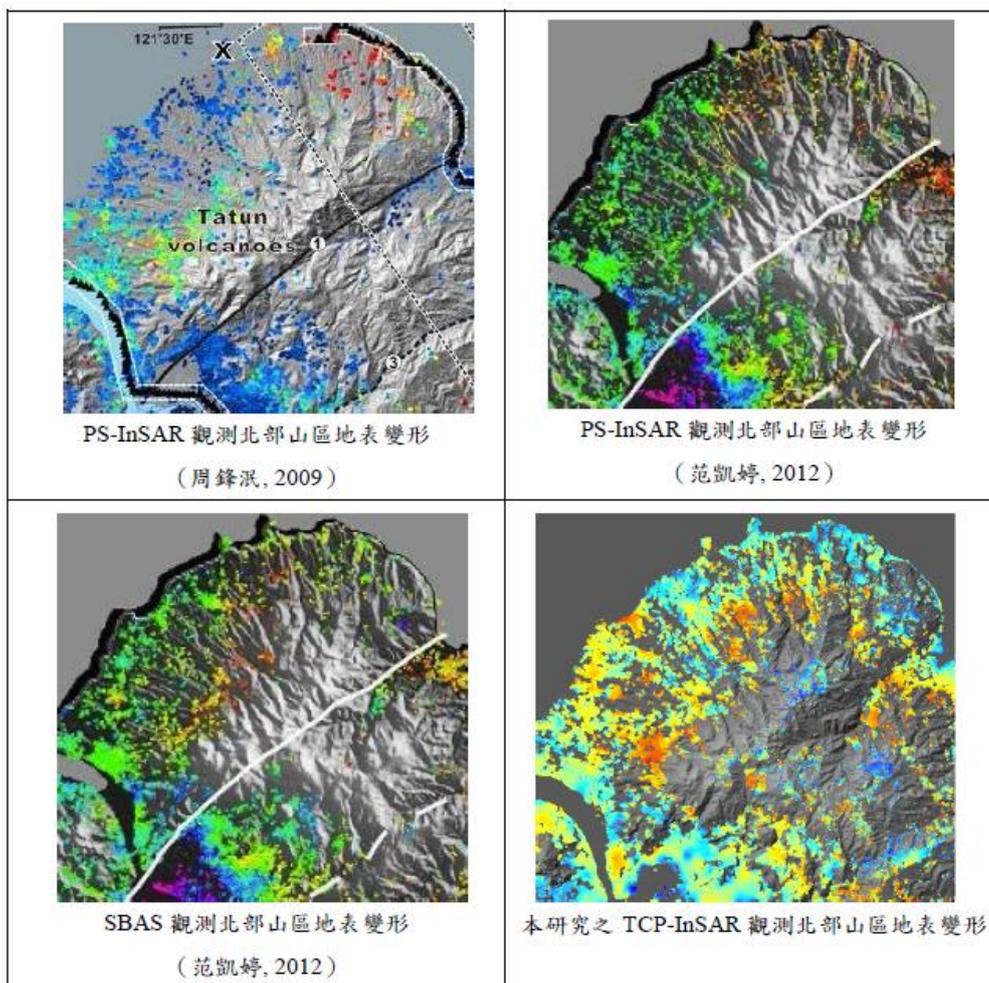


圖 4-1.1、臺灣北部地區不同衛星雷達干涉技術之成果比較圖。

雷達衛星影像運用在臺灣邊坡活動性評估已有相當豐富之成果。以南投清境廬山地區為例(圖 4-1.2)。利用 ALOS/PALSAR 影像(2009 年 6 月到 2010 年 12 月)，以 TCP-InSAR 進行影像處理分析，其匹配點達 $1300\text{TCP}/\text{km}^2$ ，其活動速率如圖 4-1.3、圖 4-1.4。觀測資料的顏色越藍離衛星越遠表示沉降，顏色越紅則相反。另外，衛星的雷達回波的方向，在降軌時不利於朝東的坡向，升軌時不利於朝西的坡向，且超過觀測角度的背向坡會因遮蔽效應而沒有觀測資料。

分析單一崩塌區位時，劃分連續時間區段時，可以得到不同時間區間崩塌的活動性變化。以南投縣-仁愛鄉-D057 潛在大規模崩塌為例。TCP-InSAR 分析結果顯示此崩塌區位在旱季與雨季有明顯的變化。旱季期間，整體坡面活動性較低，甚至活動方向是以抬升為主，反應的是造山抬升速度大於坡面下滑速度的結果。在雨季期間，潛在大規模崩塌南投縣-仁愛鄉-D057 活動性則轉以沉降為主。尤其在 2009 年莫拉克颱風與 2010 年梅姬颱風事件中，整體崩塌活動性轉為下陷(圖 4-1.5)。

• Study area

1. Location: Lushan and qingjing of Taiwan
2. Longitude and latitude range: 121.0408~121.2922, 23.9264~24.1417
3. Topography:

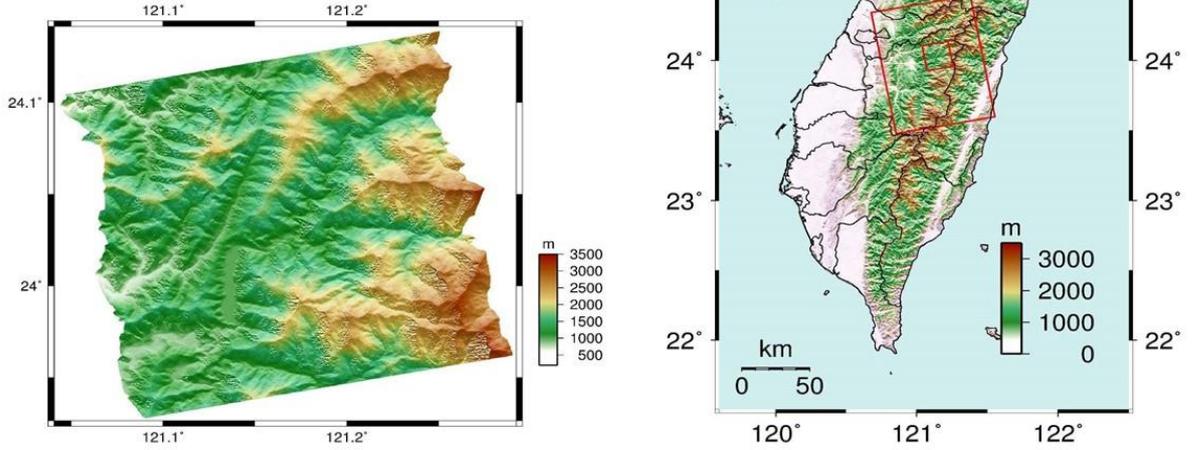


圖 4-1.2、研究地區，以南投清境廬山地區為例。

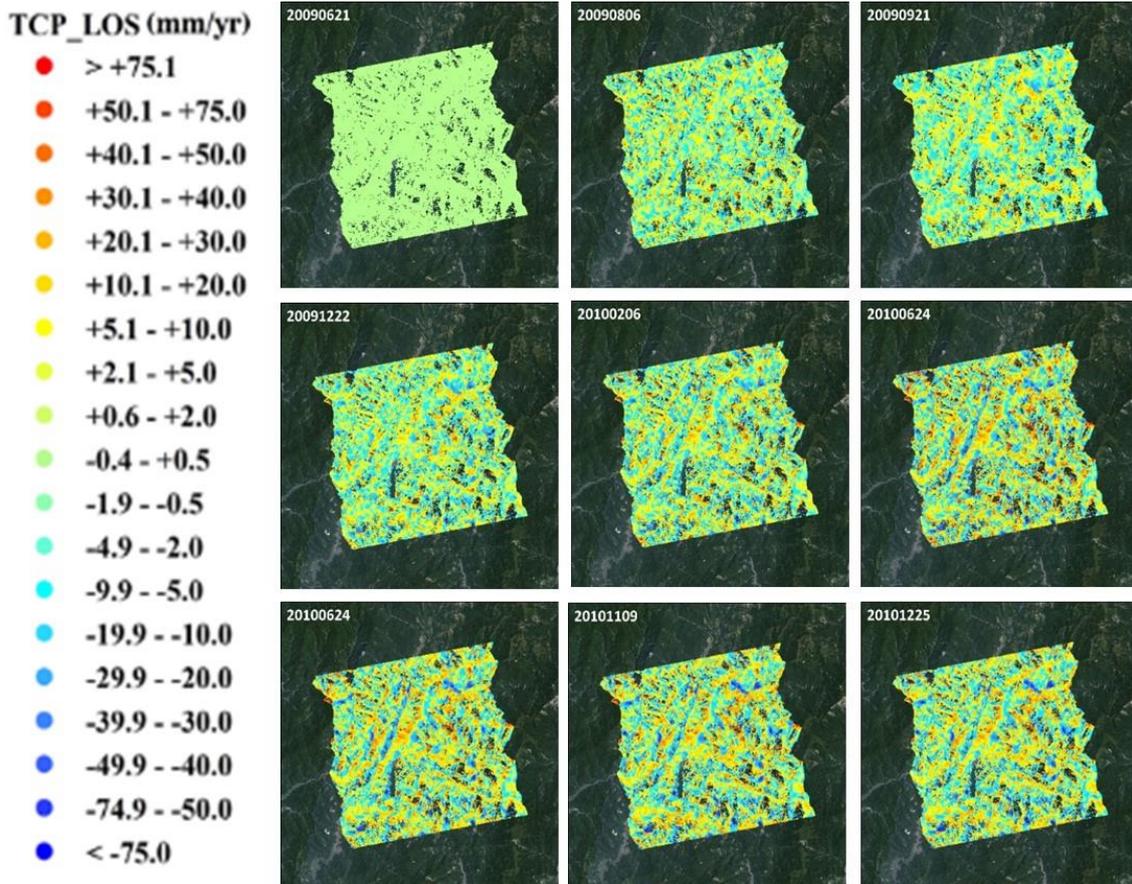


圖 4-1.3、南投清境廬山地區位移成果圖。

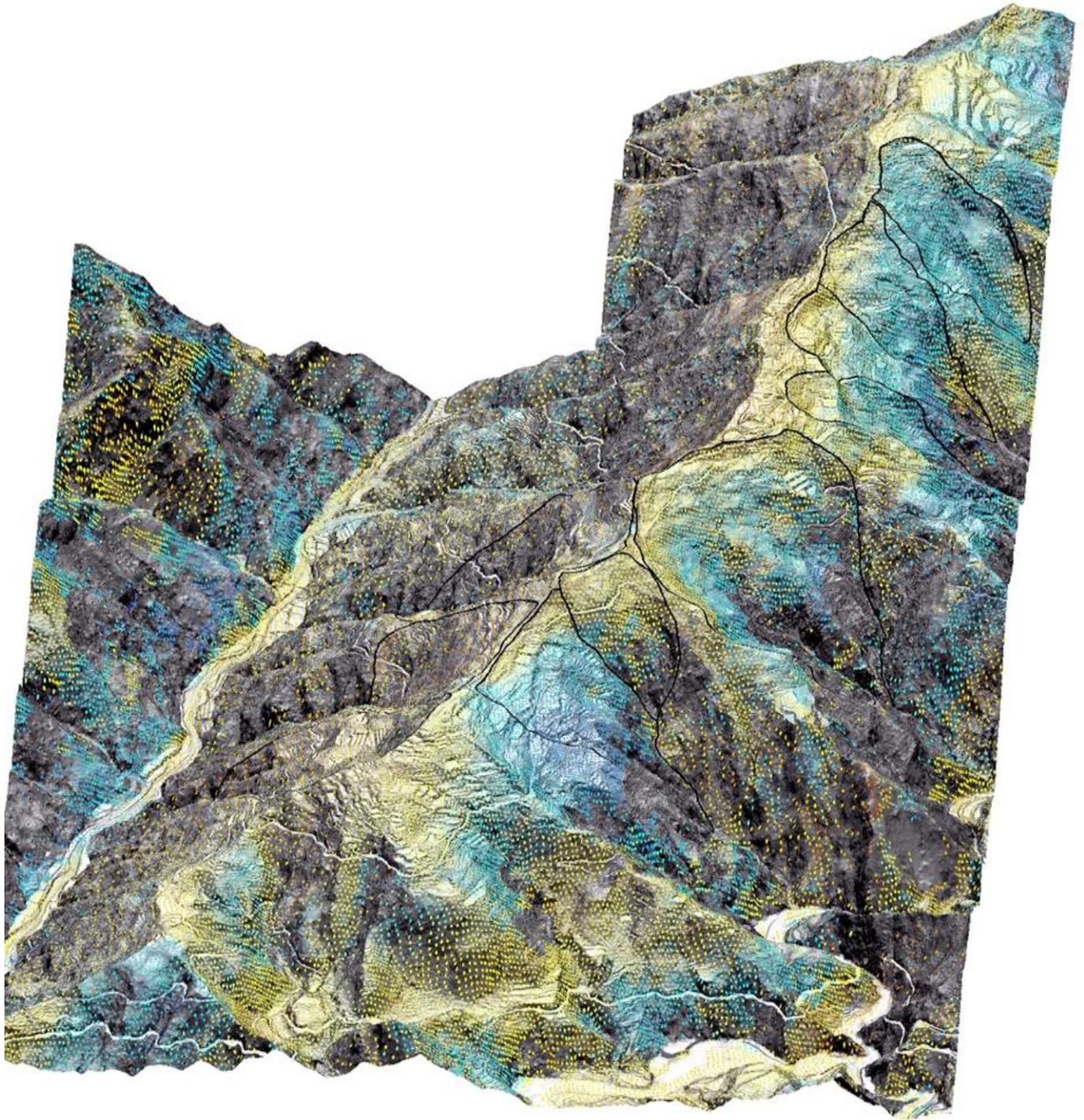
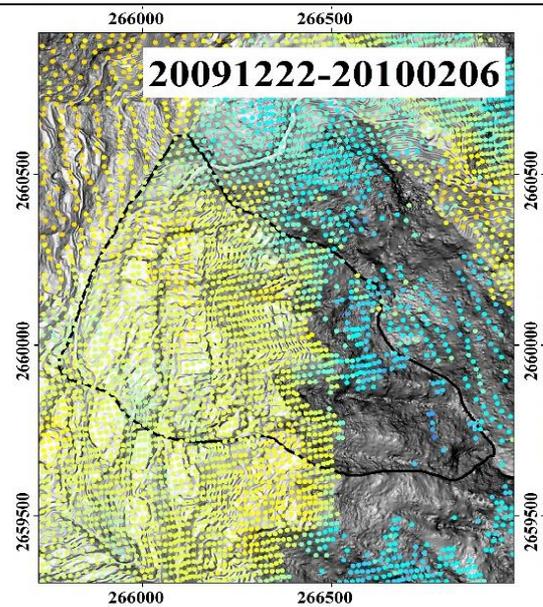
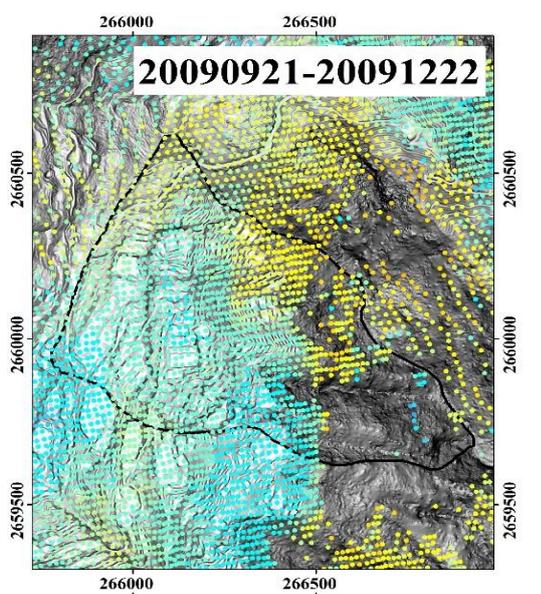
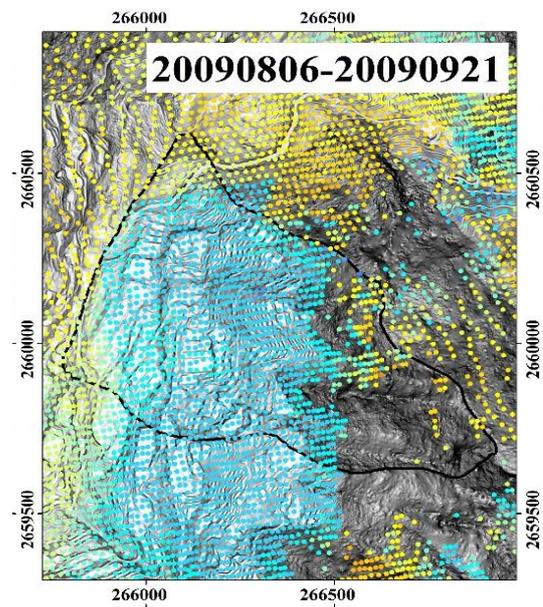
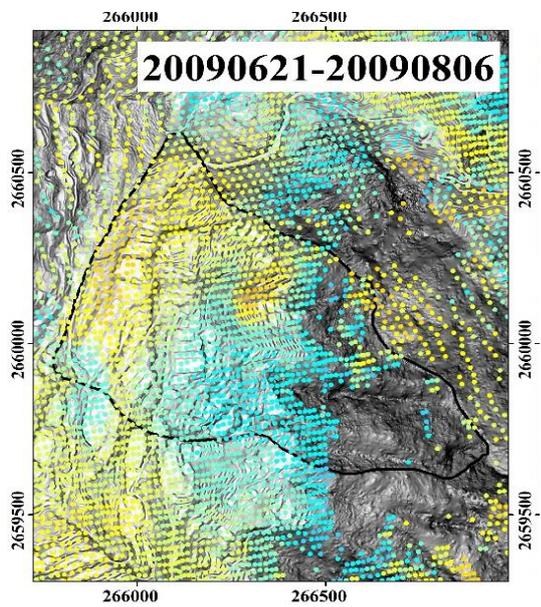
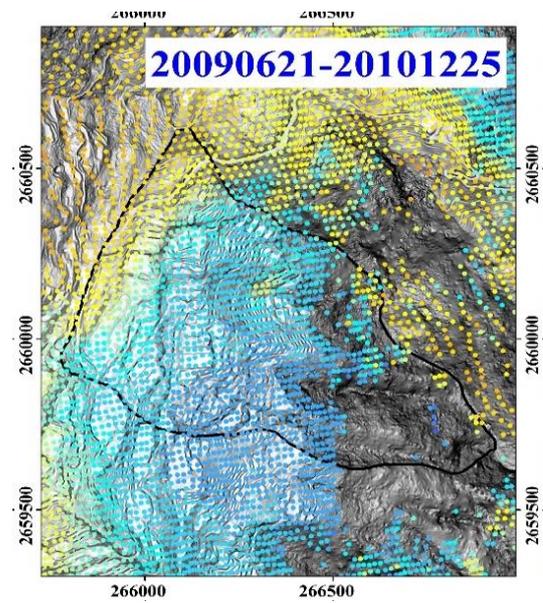
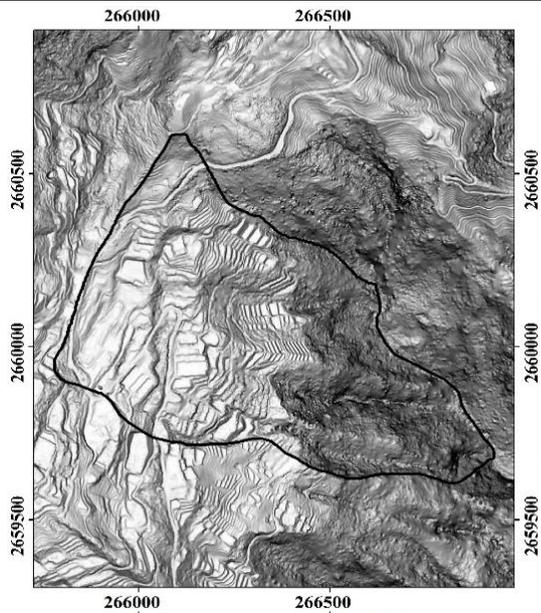


圖 4-1.4、南投清境廬山地區 TCP-InSAR 分析結果成果圖。



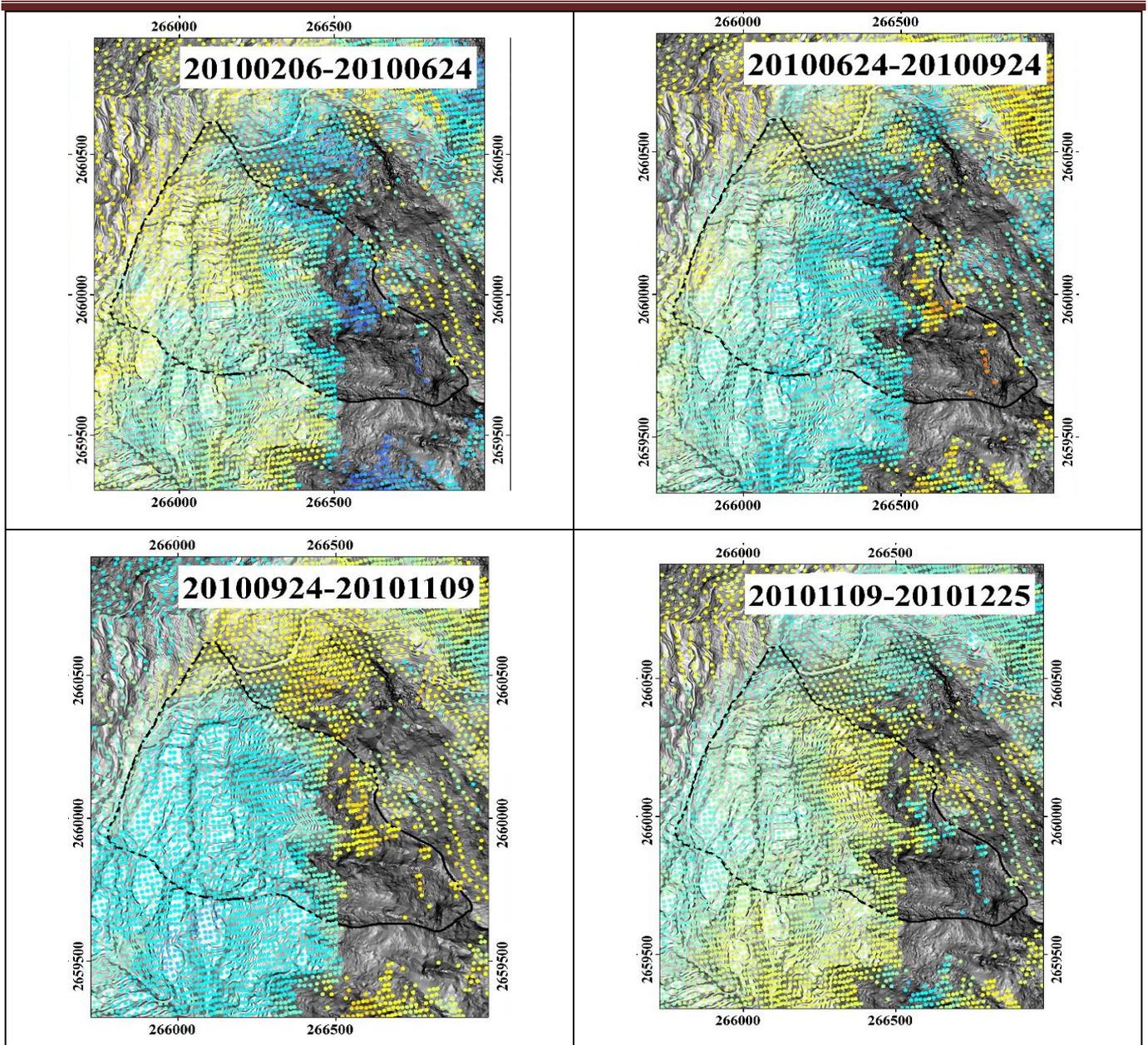


圖 4-1.5、潛在大規模崩塌南投縣-仁愛鄉-D057 在各時間區段位移速度分析成果

4-2 評估運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式

考量國有林大規模崩塌潛勢區區位及保全對象特性，評估運用衛星雷達影像進行國有林大規模潛勢區活動性之作業方式，並與以單頻 GPS 觀測大規模潛勢區評估活動性之方法進行比較。在眾多衛星雷達種類當中，了解及評估各種衛星應用於臺灣的適用性，為重要的工作項目。以下為常見雷達衛星簡介

- 1、 ERS-1/2 SAR 衛星屬於太陽同步衛星，ERS-1/2 所承載的儀器有合成孔徑雷達(SAR)天線、活動式微波儀(AMI)、雷達測高儀(RA-1)、微波探測儀及紅外線輻射儀(ATSR-1)、雷射反射鏡(LRR)、精密測距測速系統(PRARE)、測風散射儀及太陽能板。ERS-2 SAR 衛星實際應用於臺灣案例一為 2004 年 8 月 24 日發生艾利颱風嚴重侵襲北臺灣地區災害事件，造成大漢溪上游攔砂壩沖毀，下圖取 Google Earth 地圖，可以看見樹林區、土城區一帶的地貌，以及大漢溪與攔砂壩的地理位置(許等人，2010)。
- 2、 JERS-1 衛星屬於太陽同步衛星，日本 NASDA/MITI/STA 聯合開發新一代地球資源衛星系統，承載的儀器有合成孔徑雷達(SAR)天線、裝置兩個光學感測器與一具 L 波段之 SAR 系統。
- 3、 RADARSAT-1 屬於太陽繞極衛星，具可調適入射角的設計，衛星可在不同軌道上獲取同一地區的影像，縮短了影像獲取的時間週期，提高了即時應用的能力，以亞洲地區而言，其週期約為三天。所乘載的儀器，包括:電池散熱器、本體模組、太陽能板、合成孔徑雷達天線、有效負載模組、X 及 S 波段天線。
- 4、 ENVISAT ASAR 衛星屬於太陽同步衛星，所乘載的儀器，包括:中解析度光譜儀(MERIS)、Michelson 被動大氣遙測干涉儀(MIPAS)、雷達測高儀(RA-2)、微波輻射計(MWR)、Advanced SAR(ASAR)、全球臭氧觀測儀(GOMOS)、吸收光譜儀(SCIAMACHY)、輻射計(AATSR)、都普勒軌道測定(DORIS)。
- 5、 ALOS 衛星屬太陽同步衛星，所承載的儀器，包括全色遙感立體測繪儀器(PRISM)、可見光和近紅外輻射計(AVNIR-2)、PALSAR、星座追蹤系統、GPS 天線、軌道通訊天線、太陽能板，其中 PALSAR 為合成孔徑雷達，可獲取全天候影像，影像提供製作土地覆蓋分類圖，用來進行環境觀測與災害觀測等工作。

- 6、 TerraSAR-X 屬於太陽同步衛星，此衛星設計為 2 顆衛星形成 TerraSAR-X 與 Tandem-X 共軌並行式的軌道運作模式。所承載的儀器，包括 X-波段向下鏈路天線、合成孔徑雷達組件、太陽能板、反作用輪、X-波段下載或數據鏈路、姿態控制推進器、本體模組。
- 7、 COSMO-SkyMed 1-4 屬太陽同步衛星，此衛星設計為 4 顆衛星星座，與 COSMO-SkyMed-2、3、4 形成 COSMO-SkyMed 衛星星座運作模式，主要目的在於縮短軌道重訪週期時間，以達地物觀測的時間密集性。
- 8、 TanDEM-X 衛星參數規格同 TerraSAR-X，其屬於太陽同步衛星，Tandem-X 主要任務是與 TerraSAR-X 衛星配合運作，為地表位移觀測、DSM 與 DTM 製作、災害進行觀測任務。而 TerraSAR-X 與 Tandem-X 衛星運作模式為形成共軌並行軌道飛行模式，以提供最高解析度之衛星雷達資料。
- 9、 Sentinel 屬於太陽同步衛星，此衛星設計為雙衛星 4 種模式，此種衛星有 Sentinel-1、Sentinel-2 及 Sentinel-3。由歐洲太空總署所發射，其主要任務為觀測冰川和北極環境、海洋觀測地表運動。
- 10、 ALOS-2 為沿續 ALOS 拍攝模式之地球觀測衛星，搭載儀器多同於 ALOS，其中 PALSAR-2 之合成孔徑雷達，除仍具強穿透力之 L 波段，更強化空間影像之解析度，且重複觀測之週期縮短，可更有效率獲取影像資訊。目前對於進行地殼變動及地球環境變化，依可獲取全天候地表影像，且仍著重應用於區域災害觀測及環境觀測等。
- 11、 DESDynI 預定於 2020 年末或 2021 年初執行 NASA ISRO(NISAR)任務，其主要特色為該衛星搭載 2 個技術平臺，包括合成孔徑雷達及光達(LiDAR)，預計重複週期為 8-12 天，主要任務為地表形變觀測、觀測生物量變化及冰動力學與地表地貌變化。

臺灣地區因為山區植被茂密、地形遮蔽效應等影響，往往無法反映出真實地表情況，各種不同的衛星雷達波段反應其空間解析能力，不同的衛星雷達波段，由地表傳回的訊號也不盡相同。

臺灣地區因為山區植被茂密、地形遮蔽效應等影響，往往無法反映出真實地表情況，但利用 L 波段優勢較其它波段相比，則能在臺灣山區獲取更多的地表資訊。目前 L 波段的衛星，為日本宇宙航空研究開發機構太空總署(Japan Aerospace Expoloration Agency, JAXA)發射的 JERS-1、ALOS 及 ALOS-2 衛星，因 JERS-1 為 1992 年發射，1998 年停止使用，現已為 ALOS 衛星由 2006 年發射接續其工作，在 2011 年停止使用，隨著 2014 年 ALOS-2 發射昇空，未來可以持續進行大規模地表觀測。

表 4-2.1、各種常用衛星規格及參數

衛星 SAR 系統	發射年份	波段/波長 (cm)	側視角 (度)	週期 (天)	地面解析度(m)	影像幅寬 (km)	價格 (TWD)
ERS1	1992	C/6.5	23	35	25	100	11,625
ERS2	1995	C/6.5	23	35	25	100	11,625
JERS-1	1992	L/23.5	38	44	25	80	15,345
RADARSAT-1	1995	C/5.6	23~65	24	8~30	50~500	104,400
RADARSAT-2	2007	C/5.6	10~49	23	3~100	25~500	104,400
ENVISAT	2002	C/5.6	15~45	35	25~100	100~405	19,360
ALOS	2006	L/23.5	8~60	46	10~100	20~350	13,400
TerraSAR-X	2007	X/3.1	20~45	11	1~16	10~100	52,250
COSMO-Skymed	2007	X/3.2	20~60	4~16	1~100	10~200	62,700
TanDEM-X	2010	X/3.1	20~45	11	1~16	10~100	52,250
Sentinel 1a/b	2014	C/6.5	20~46	8	80	25	
ALOS-2	2014	L/23.5	8~70	14	1~3	25~490	38,225
DESDynl	2020	L/23.5	30~46	8-12	25	360	

價格均為換算臺幣(因空間解析度而有不同價格，以最低價計算)

而衛星影像解析的方法，TCP-InSAR 分析方法相較於傳統分析方法可以得到更多的匹配點，因此目前在臺灣山區觀測坡面活動性之方法是利用 ALOS 及 ALOS-2 衛星影像，並利用 TCP-InSAR 分析方法，是最可行的方法，其成果如圖 4-1.4、圖 4-1.5。

ALOS 衛星雷達影像在臺灣為 46 天飛行一次，故 46 天即可取得一期資料，而衛星雷達影像拍攝的位置因其軌道不同，因此臺灣地區軌道有 447、446、445、444 及 443。如圖 4-2.1 所示，軌道 447 開始的時間為 2007 年 1 月 17 日，而軌道 446 為 2006 年 12 月 31 日，相距 17 天；軌道 446 與軌道 445 相距 29 天；軌道 445 與軌道 444 相距 17 天；軌道 444 與軌道 443 相距 2 天。

其地表變形分析解算方法大致可分為 8 個步驟：

1、計算影像間空間垂直基線與時間基線長度：設定影像對之時間與空間基線的門檻值，此步驟為計算各影像對之間的基線長度與日期間隔；

2、篩選影像對：此為自訂基線上限與日期間隔上下限來篩選其影像對，此步驟完成可顯示篩選後使用影像對數與未使用影像對數；

3、統一轉換格式：原始格式 Fine Beam Double Polarisation(FBD)統一將 ALOS/PALSAR 影像統一轉換為 Single Look Complex(SLC)的 Fine Beam Single(FBS)的檔案格式；

4、空間對位配準：此步驟開始選擇次數最多的影像作為主影像，若有次數一樣多則取短基線者，最後匯入 DEM 與主影像套合；

5、計算相位差：此步驟依照差分計算其相位差，可得其兩張影像對之間的干涉圖、強度圖及相關性；

6、篩選 TCP：依照所給的相關性門檻剔除離散點；

7、相位重建：進行最小二乘法解算，並將殘差做離群檢測，剔除含有高相位模糊的觀測量，此步驟可得 TCP 於各影像對之相位差值；

8、解算 TCP 平均變化量：更新觀測模型後再次進行最小二乘法解算，並進行軌道誤差、模糊相位估算、相位解纏和參數估計，最後解算 TCP 的地表位移速率(平均速率)，其結果如圖 4-1.5。

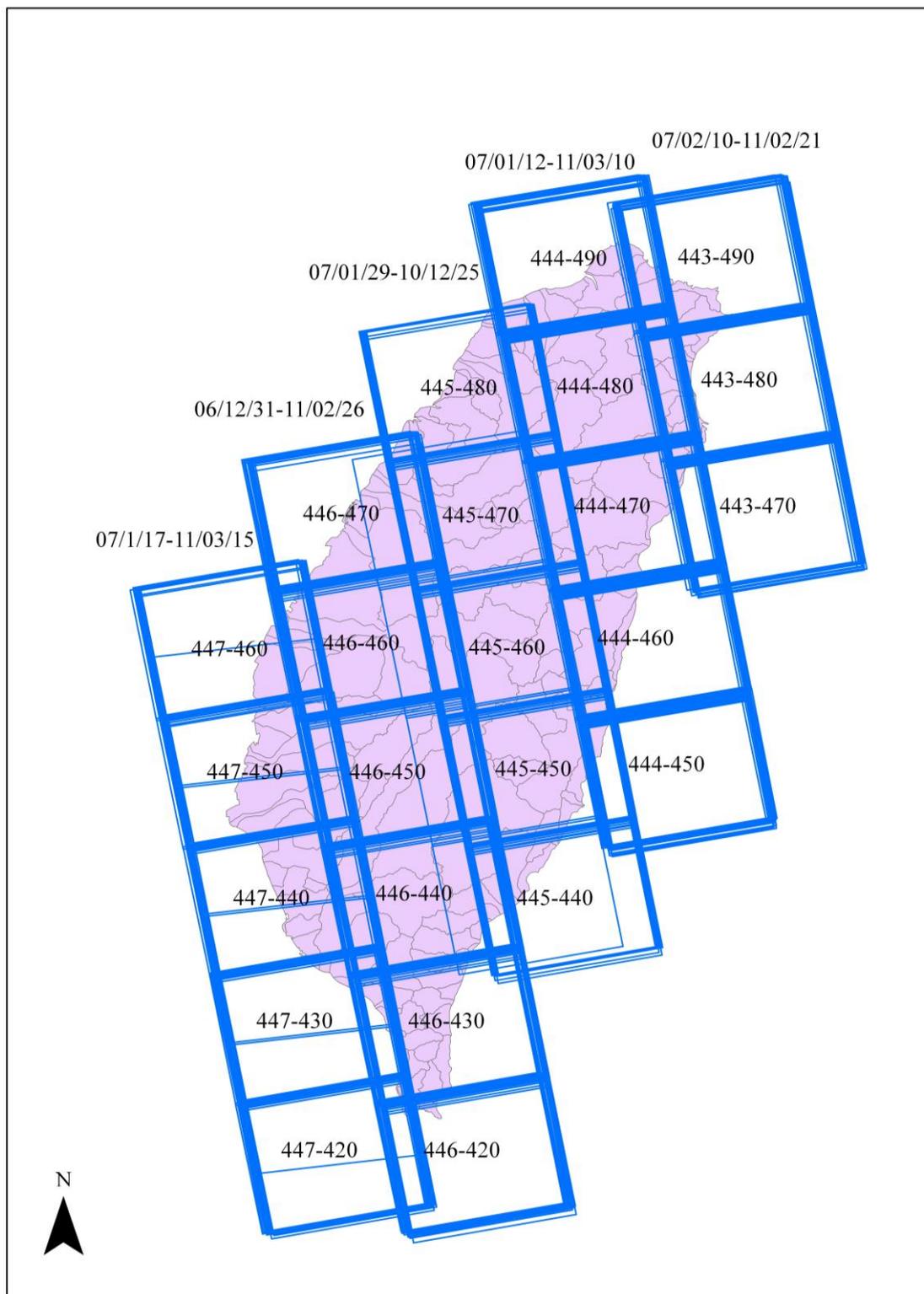


圖 4-2.1、日本 ALOS 衛星雷達影像軌道示意圖

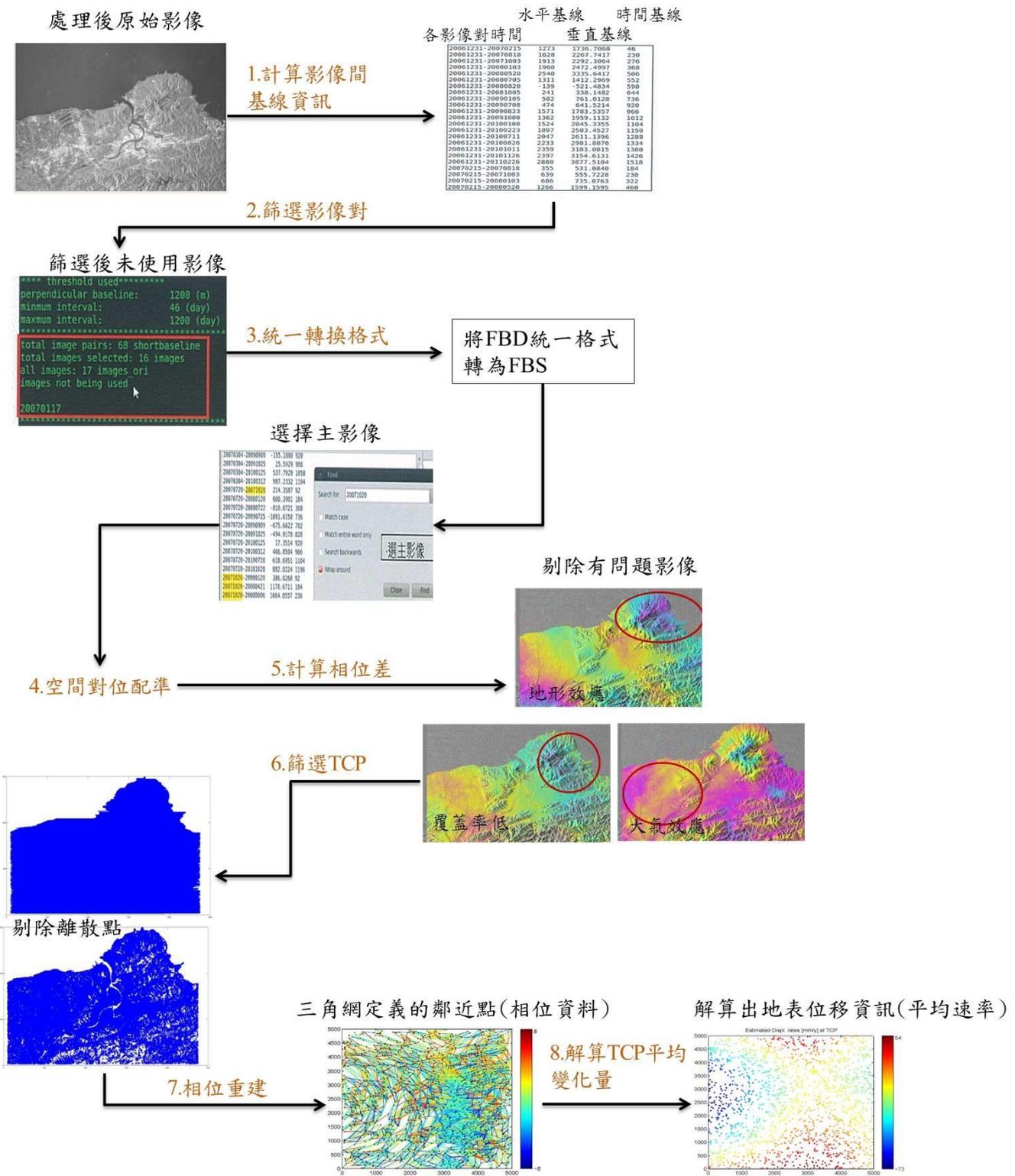


圖 4-2.2、TCP-InSAR 技術解算地表長期平均變形量之流程圖

單頻 GPS 與雷達衛星影像作為觀測坡面活動性變化的差異與優缺點，可就以下幾點分析：

1、觀測範圍：

雷達衛星影像是廣域觀測的方法，其優點是在空間上獲取面的資料，得到潛在大規模崩塌與其鄰近地區活動性變化，並可進行大範圍山區的活動性位移變化，做為廣域的活動性變化分析(如圖 4-1.1)。而單頻 GPS 觀測是針對崩塌坡面單一位置的觀測結果，在空間上獲取點的資料，其觀測範圍較雷達衛星影像小，得到的觀測資料較雷達衛星影像少。由於雷達衛星影像可以進行廣域坡面活動性分析，可以輔助高精度數值地形進行潛在大規模崩塌分區判釋與分區塊體的活動性分析。

2、觀測時間連續性：

單頻 GPS 的坡面活動性觀測是連續性紀錄，其優點是可以連續紀錄坡面某一點的活動性連續變化，並可結合雨量等連續紀錄的觀測資料相互比對分析，對於防災工作上能提供即時的觀測資料。而雷達衛星則是依據衛星移動週期，獲取其時間段內的總活動性變化，最後得到的結果是兩時間點的相對位移變化量，無法得到衛星移動週期內的特定時間段活動性變化量。但若結合兩者之特性，則可以提供崩塌坡面長期且連續之變化觀測成果，更有利於日後崩塌發生機制分析(如圖 4-2.3)。

3、觀測成本分析：

雷達衛星影像是廣域大面積的觀測結果，其每平方公里的分析成本相較於單頻 GPS 的費用較低；衛星影像購買後即可進行後續的地表位移變化量分析，且有部分衛星影像是免費的公開資料，而單頻 GPS 設置後還有後續的儀器維護資料收集等人力野外成本存在。因此雷達衛星影像是山區活動性廣域觀測的利器。故在進行潛在大規模崩塌 GPS 建置、鑽探等傳統地工觀測時，可以利用雷達衛星影像進行坡面活動性分析，評估重點崩塌區位。

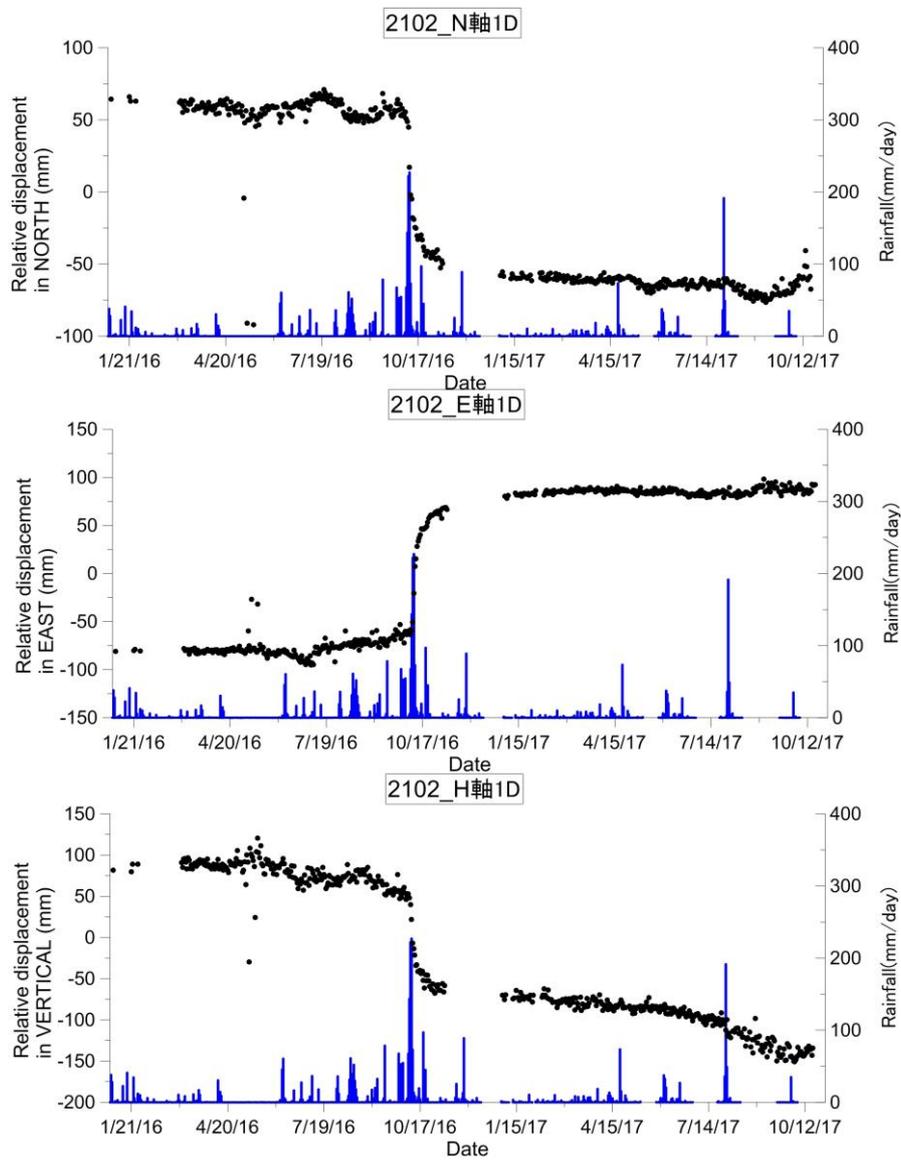


圖 4-2.3、潛在大規模崩塌臺東縣-大武鄉-D021(大鳥崩塌)單頻 GPS 成果

伍、結論與建議

本計畫統整 101-104 年(高屏溪及曾文溪流域)、103-104 年(大甲溪流域及濁水溪流域)及 105-107 年度工作範圍中之全國林區管理處轄管事業區，分別為新竹林區管理處轄管事業區(烏來、大溪、竹東、南庄、大湖與大安溪事業區)、東勢林區管理處轄管事業區(大安溪、大甲溪與八仙山事業區)、羅東林區管理處轄管事業區(文山、宜蘭、大溪、羅東、太平山、南澳與和平事業區)、南投林區管理處轄管事業區(埔里、濁水溪、丹大、巒大與阿里山事業區)、嘉義林區管理處轄管事業區(阿里山、大浦、玉山與玉井事業區)、花蓮林區管理處轄管事業區(立霧溪、木瓜山、林田山、玉里與秀姑巒事業區)、屏東林區管理處轄管事業區(旗山、荖濃溪、屏東、潮州與恆春事業區)及臺東林區管理處轄管事業區(成功、關山、延平、臺東與大武事業區)，工作範圍面積約 15,391.85 平方公里。

利用高精度數值地形在全國林區管理處轄管事業區之工作範圍共判釋 7,757 處潛在大規模崩塌(含非林班地)，潛在崩塌總面積約 231,395.2 公頃。8 個林區管理處的潛在大規模崩塌數量分別為，新竹林區管理處轄管事業區有 521 處、東勢林區管理處轄管事業區有 656 處、羅東林區管理處轄管事業區有 728 處、南投林區管理處轄管事業區有 1,176 處(含 8 處非林班地)、嘉義林區管理處轄管事業區有 461 處、花蓮林區管理處轄管事業區有 2,164 處、屏東林區管理處轄管事業區 757 處與臺東林區管理處轄管事業區 1,294 處(含 3 處非林班地)。而初步結論如下：

5-1 結論

- 1、全臺林區管理處轄管事業區共判釋出 7,757 處潛在大規模崩塌(含非林班地)，潛在崩塌總面積約 231,395.2 公頃。
- 2、完成全臺林區管理處轄管事業區判釋之 7,757 處的潛在大規模崩塌(含非林班地)發生度評估，依據權重值計算得到的結果，發生度高者有 217 處，發生度中者有 1,885 處，發生度低者有 5,655 處。
- 3、完成全臺林區管理處轄管事業區判釋之 7,757 處的潛在大規模崩塌(含非林班地)可能影響範圍推估與可能致災原因。利用鏡面進行可能影響範圍評估圈繪，其可能影響面積達 344,952.2 公頃。其中保全分數為”高”重要性者有 34 處，”中”重要性者有 224 處，”低”重要性者有 2,012 處。

- 4、全臺林區管理處轄管事業區判釋之 7,757 處的潛在大規模崩塌(含非林班地)，將發生度等級(T1)及保全重要性(T2)資料交互比對後得到的危險等級，9 分 1 處、8 分 5 處、7 分 3 處、6 分 28 處、5 分 57 處、4 分 31 處、3 分 164 處、2 分 430 處、1 分 1,551 處及 0 分 5,487 處。
- 5、新竹林區管理處轄管事業區的 521 處潛在大規模崩塌，崩塌總面積約 15,172.7 公頃，可能影響面積約 22,403.3 公頃，其中發生度高者 1 處，發生度中者 100 處，發生度低者 420 處。保全分數為”高”重要性者有 3 處，”中”重要性者有 8 處，”低”重要性者有 166 處。
- 6、東勢林區管理處轄管事業區的 656 處潛在大規模崩塌，崩塌總面積約 18,655.7 公頃，可能影響面積約 27,981.7 公頃，其中發生度高者 13 處，發生度中者 173 處，發生度低者 470 處。保全分數為”高”重要性者有 3 處，”中”重要性者有 27 處，”低”重要性者有 215 處。
- 7、羅東林區管理處轄管事業區的 728 處潛在大規模崩塌，崩塌總面積約 17,405.0 公頃，可能影響面積約 28,821.8 公頃，其中發生度高者 9 處，發生度中者 121 處，發生度低者 598 處。保全分數”中”重要性者有 20 處，”低”重要性者有 217 處。
- 8、南投林區管理處轄管事業區的 1,176 處潛在大規模崩塌(含非林班地)，崩塌總面積約 32,850.8 公頃，可能影響面積約 49,121.5 公頃，其中發生度高者 28 處，發生度中者 303 處，發生度低者 845 處。保全分數為”高”重要性者有 6 處，”中”重要性者有 53 處，”低”重要性者有 330 處。
- 9、嘉義林區管理處轄管事業區的 461 處潛在大規模崩塌，崩塌總面積約 16,980.0 公頃，可能影響面積約 25,139.5 公頃，其中發生度高者 2 處，發生度中者 117 處，發生度低者 342 處。保全分數為”高”重要性者有 4 處，”中”重要性者有 20 處，”低”重要性者有 151 處。
- 10、花蓮林區管理處轄管事業區的 2,164 處潛在大規模崩塌，崩塌總面積約 71,795.4 公頃，可能影響面積約 103,908.3 公頃，其中發生度高者 158 處，發生度中者 796 處，發生度低者 1,210 處。保全分數為”高”重要性者有 11 處，”中”重要性者有 50 處，”低”重要性者有 499 處。
- 11、屏東林區管理處轄管事業區的 757 處潛在大規模崩塌，崩塌總面積約

23,254.0 公頃，可能影響面積約 36,080.0 公頃，其中發生度高者 5 處，發生度中者 111 處，發生度低者 641 處。保全分數為”高”重要性者有 4 處，”中”重要性者有 35 處，”低”重要性者有 235 處。

- 12、 臺東林區管理處轄管事業區的 1,294 處潛在大規模崩塌(含非林班地)，崩塌總面積約 35,281.7 公頃，可能影響面積約 51,496.1 公頃，其中發生度高者 1 處，發生度中者 164 處，發生度低者 1,129 處。保全分數為”高”重要性者有 3 處，”中”重要性者有 11 處，”低”重要性者有 199 處。
- 13、 衛星影像具有獲取空間上面積資料的優點，並且可獲取衛星週期之時間段內的總活動性變化量，利用衛星長波長之 L 波段適用於植被茂密的山區，加上其每平方公里之成本相較單頻 GPS 費用為低，故 SAR 技術對於山區防減災工作有其使用價值。

5-2 建議

1. 本計畫已完成全國林班地之潛在大規模崩塌發生度、危險等級分析。但崩塌數量眾多，建議針對重點崩塌(高保全或高危險)或各林管處轄管境內具有重要保全之崩塌進行優先處置。
2. 因潛在崩塌之面積均大於 10 公頃，對於防災避難之工作不易從工程治理之手段處理之崩塌坡面，在坡面位移觀測資料未臻完備且觀測數據之管理警戒基準尚無法決定前，宜透過社區自主防災之作為進行相關防災避難之工作。而成果資料送交相關單位時，宜提醒目前工作成果僅為大區域初判之結果，針對具有重要保全對象潛勢區位未來仍需透過進一步之調查與觀測，針對具有重要保全對象潛勢區位未來仍需透過進一步之調查與觀測，以確定所採防災避難疏散做為之合宜性。
3. 林務局轄管林班地面積廣大，潛在大規模崩塌數量眾多，難以針對各崩塌地進行詳細的影響範圍評估。因此本計畫影響範圍之劃定主要係參考日本治水砂防協會針對地滑的影響範圍之評估方法，進行初步影響範圍評估，以作為快速了解林班地內各處崩塌之保全重要性。欲更進一步劃定其影響範圍，建議先利用雷達衛星影像針對重點坡面進行長時間活動性觀測，以了解崩塌內部滑動塊體分布與活動性，並利用單頻 GPS 進行坡面位移連續觀測，了解坡面活動性變化。最後再視保全重要性針對

大規模崩塌潛勢區進行地質鑽探、地下水觀測等地工觀測，進而推估其滑動面而據以精進其影響範圍。

4. 目前判釋所得大規模崩塌潛勢發生區位為數眾多，即便透過危險度分析，篩選出較具災害發生機會之潛勢區位數量仍然甚多，因此建議採取分級處理之概念，針對大規模崩塌進行長期坡面位移觀測工作。第一階段，因潛在大規模崩塌數量眾多，針對重點崩塌坡面，利用衛星雷達影像透過多時域雷達干涉分析技術(TCP-InSAR)，進行大區域之觀測與分析，其優點為快速、經濟且分析面積廣大。第二階段，受限於衛星雷達影像時間解析度(數天至數週)之限制與非連續性坡面位移資料，本方法不易將相關資料直接用於大規模崩塌防災預警與避難疏散之用。而利用現地單頻 GPS 聯網觀測系統則為一相對經濟之地表觀測系統，結合雨量觀測資料將可作為大規模崩塌觸發基準之研究，亦可用於大規模崩塌防災預備與避難疏散之參據。經評估後，如在高活動性且有極為重要保全對象之大規模崩塌潛勢發生區位，則可考慮直接進入第三階段，進行現地細部調查與綜合性大地工程觀測系統之建置。第三階段，大地工程整合性觀測系統為國內外長期應用於地滑與山崩之觀測手段，其透過現地之細部地質調查配合鑽探資料，建構崩塌發育之地質架構，配合雨量、地表位移、井下滑移面滑移速率與滑移量、地下水位與/或地下水壓等項目之觀測。本觀測系統之建置將提供完整崩塌潛勢區位之水文與地文特性，相關觀測資料可為防災必難疏散之依據，亦為了解崩塌滑移機制之重要資訊。

伍、參考文獻

- Agterberg, F.P., Bonham-Carter, G.F., and Wright, D.F. (1990). Statistical pattern integration for mineral exploration. In *Computer applications in resource estimation*, 1-21.
- Agliardi, F., Crosta, G., and Zanchi, A. (2001). Structural constraints on deep-seated slope deformation kinematics. *Engineering Geology*, 59(1-2), 83-102.
- Chang, C. P., Yen, J. Y., Hooper, A., Chou, F. M., Chen, Y. A., Hou, C. S., Hung, W. C., and Lin, M. S. (2010). Monitoring of Surface Deformation in Northern Taiwan Using DInSAR and PSInSAR Techniques. *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*, 21(3).
- Chigira, M., and Kiho, K. (1994). Deep-seated rockslide-avalanches preceded by mass rock creep of sedimentary rocks in the Akaishi Mountains, central Japan. *Engineering Geology*, 38(3-4), 221-230.
- Chigira, M., Duan, F., Yagi, H., and Furuya, T. (2004). Using an airborne laser scanner for the identification of shallow landslides and susceptibility assessment in an area of ignimbrite overlain by permeable pyroclastics. *Landslides*, 1(3), 203-209.
- Chigira, M. (2009). September 2005 rain-induced catastrophic rockslides on slopes affected by deep-seated gravitational deformations, Kyushu, southern Japan. *Engineering Geology*, 108(1-2), 1-15.
- Chung, C.F., and Fabbri, A.G. (1999). Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65(12), 1389-1399.
- Chung, C.F., and Fabbri, A.G. (2003). Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. *Natural Hazards*, 30(3), 451-472.
- Crosta, G.B., Frattini, P., and Agliardi, F. (2013). Deep seated gravitational slope deformations in the European Alps. *Tectonophysics*, 605, 13-33.
- Dahal, R.K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yamanaka, M., Masuda, T., and Nishino, K. (2007). GIS-based weights-of-evidence modelling of rainfall-induced landslides in small catchments for landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 54(2), 311-324.
- Ferretti, A., Prati, C. and Rocca, F. (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(1), 8-20.
- Glenn, N. F., Streutker, D. R., Chadwick, D. J., Thackray, G. D., and Dorsch, S. J. (2006). Analysis of LiDAR-derived topographic information for characterizing and

-
- differentiating landslide morphology and activity. *Geomorphology*, 73(1-2), 131-148.
- Hooper, A., Segall, P. and Zebker, H. (2007). Persistent scatterer interferometric synthetic aperture radar for crustal deformation analysis, with application to Volcán Alcedo, Galápagos. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112, B07407, 1-21.
- Lee, S., and Choi, J. (2004). Landslide susceptibility mapping using GIS and the weight-of-evidence model. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(8), 789-814.
- Lee, S., Choi, J., and Min, K. (2002). Landslide susceptibility analysis and verification using the Bayesian probability model. *Environmental Geology*, 43(1-2), 120-131.
- Mathew, L. K., Sengupta, S., Kawakami, A., Andreasen, E. A., Löhr, C.V., Loynes, C. A., Renshaw, S. A., Peterson, R. T., and Tanguay, R. L. (2007). Unraveling tissue regeneration pathways using chemical genetics. *Journal of Biological Chemistry*, 282(48), 35202-35210.
- Neuhäuser, B., and Terhorst, B. (2007). Landslide susceptibility assessment using “weights-of-evidence” applied to a study area at the Jurassic escarpment (SW-Germany). *Geomorphology*, 86(1-2), 12-24.
- Pedrazzini, A., Jaboyedoff, M., Loye, A., and Derron, M. H. (2013). From deep seated slope deformation to rock avalanche: destabilization and transportation models of the Sierre landslide (Switzerland). *Tectonophysics*, 605, 149-168.
- Regmi, N. R., Giardino, J. R., and Vitek, J. D. (2010). Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA. *Geomorphology*, 115(1-2), 172-187.
- Rosen, P., A. and Buccolo, G., M. (2007). Perspectives on Worldwide Spaceborne Radar Programs. In *Radar conference, 2007 IEEE*, 740-745.
- Sentz, K., and Ferson, S. (2002). *Combination of evidence in Dempster-Shafer theory*, Report SAND2002-0835, Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico. 96 pp.
- Tarolli, P., Sofia, G., and Dalla Fontana, G. (2012). Geomorphic features extraction from high-resolution topography: landslide crowns and bank erosion. *Natural Hazards*, 61(1), 65-83.
- Thiery, Y., Malet, J.P., Sterlacchini, S., Puissant, A., Maquaire, O. (2007). Landslide susceptibility assessment by bivariate methods at large scales: application to a complex mountainous environment. *Geomorphology*, 92(1-2), 38-59.
-

-
- Thiery, Y., Sterlacchini, S., Malet, J. P., Puissant, A., and Maquaire, O. (2004). Strategy to reduce subjectivity in landslide susceptibility zonation by GIS in complex mountainous environments. In: Toppen, F., Prastacos, P. (eds), Proceedings of AGILE 2004: 7th AGILE Conference on Geographic Information Science. 29th April – 1st May 2004, Heraklion, Greece: pp.623-634.
- Varnes, D. J. (1978). SLOPE MOVEMENT TYPES AND PROCESSES. Washington, Transportation Research Board, 176, 11-33.
- Van Westen, C. J., Rengers, N., and Soeters, R. (2003). Use of Geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assessment. *Natural Hazards*, 30(3), 399-419.
- Van Westen, C.J. (1993). Application of Geographic Information System to landslide hazard zonation, ITC-Publication No. 15, ITC, Enschede: 245.
- Wang, H., Cai, G., and Cheng, Q. (2002). Data integration using weights of evidence model: applications in mapping mineral resource potentials. *International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences*, 34(4), 48-53.
- Zhang, L., Ding, X. and Lu, Z. (2011). Deformation rate estimation on changing landscapes using temporarily coherent point InSAR. In *Proc. Fringe*, 429-439.
- Zhang, L., Ding, X. and Lu, Z. (2011a). Ground Settlement Monitoring Based on Temporarily Coherent Points between Two SAR Acquisitions, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(1), 146-152.
- Zhang, L., Ding, X. and Lu, Z. (2011b). Modeling PS-InSAR Time Series without Phase Unwrapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(1), 547-556.
- Zhang, L., Lu, Z., Ding, X. L., Jung, H. S., Feng, G. C. and Lee, C. W. (2012). Mapping ground surface deformation using temporarily coherent point SAR interferometry: Application to Los Angeles Basin. *Remote Sensing of Environment*, 117, 429-439
- Zhang, L., Ding, X., Lu, Z., Jung, H. S., Hu, J. and Feng, G. (2013). A novel multitemporal InSAR model for joint estimation of deformation rates and orbital errors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(6), 3529-3540.
- Zheng, L., Chen, G., Li, Y., Zhang, Y. and Kasama, K. (2014). The slope modeling method with gis support for rockfall analysis using 3d dda. *Geomechanics and Geoengineering*, 9(2), 142-152.

- 王源、楊昭男、陳文山，1991，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第三十五號，花蓮，經濟部中央地質調查所出版。
- 王源、楊昭男、陳文山，1992，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第四十八號，玉里，經濟部中央地質調查所出版。
- 日本土木研究所，2008，深層崩塌潛勢溪流檢出方法說明書，日本。
- 衣德成、陳治宇、林慶偉，2012，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第四十一號，光復，經濟部中央地質調查所出版。
- 何春蓀，1986，台灣地質概論—台灣地質圖說明書，第二版，經濟部中央地質調查所，共 164 頁。
- 宋國城、林慶偉、林偉雄、林文正，2000，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第五十一號，甲仙，經濟部中央地質調查所出版。
- 李錦發，2002，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第十八號，東勢，經濟部中央地質調查所出版。
- 林偉雄、林啟文、劉彥求、陳柏村，2008，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第五十九、六十四號，台東、知本，經濟部中央地質調查所出版。
- 周鋒珉，2009，應用永久散射體差分干涉法觀測台灣北部地區之地表變形，國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共 107 頁。
- 范凱婷，2012，台北盆地及周圍山區之現今地表變形研究，國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共 117 頁。
- 洪翊甯，2013，應用 PS-InSAR 於大屯火山地表行變之長期監測，國立政治大學地政學系私立中國地政研究所碩士論文，共 123 頁。
- 許明光、王志添、劉安國、陳錕山，2010，東南亞合成口徑雷達圖集，第一數位典藏股份有限公司。
- 黃鑑水、謝凱旋、陳勉民，2000，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第三十二號，埔里，經濟部中央地質調查所出版。
- 楊昭男、羅偉，2002，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第二十六號，霧社，經濟部中央地質調查所出版。
- 經濟部中央地質調查所，2000，台灣地質圖[1:500,000]。經濟部中央地質調查所出版。
- 經濟部中央地質調查所，2015，國土保育之地質敏感區調查分析計畫—莫拉克颱風受災區域之地質敏感特性分析(3/3)。經濟部中央地質調查所研究報告書。
- 劉進金、史天元，2009，以空載光達技術進行三維空間資訊之收集及應用。土木水利，第三十六卷，第五期，第 52-63 頁。
- 蕭逸凡，2010，永久散射體雷達干涉技術應用於地表變遷偵測，國立中央大學土木工程

程學系碩士論文，共 79 頁。

魏倫瑋、羅佳明、鄭添耀、鄭錦桐、冀樹勇，2012，深層崩塌之地貌特徵-以台灣南部地區為例，中興工程，第 115 期，第 35-43 頁。

羅偉，2003，五萬分之一臺灣地質圖幅及說明書，圖幅第二十七號，大禹嶺，經濟部中央地質調查所出版。

蘇柏宗，2012，具多餘觀測的永久散射體雷達干涉測量法，國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文，共 104 頁。

附件 1、期末會議委員意見答覆

期末審查意見	回覆情形
一、許委員中立	
1. 本計畫重新彙整國有林事業區 153 萬餘公頃之 LiDAR 資料及研判大規模崩塌潛勢區，若再結合評估結果，建議未來可依需要向外界說明；未來的處理、監測、防災措施亦應一併考量及說明。(本案之危險等級說明亦請納入)。	謝謝委員意見。相關判釋結果會提供林務局，以利林務局及各林管處進行後續處理。因本案是初步判釋成果，其未來的處理、監測、防災措施等考量，建議林務局針對較重要的崩塌區位進行更加詳細的分析評估。
2. 建議本計畫完成後各林管處針對轄區高、中等級之部份，評估規劃未來進一步策略與經費需求，以利能在未來幾年向中央或計畫併與水保局一起滾動式提出下一期需求與目標。	謝謝委員意見。相關判釋結果會提供林務局，以利林務局及各林管處進行後續處理。本案目前提供初步判釋與統計成果，建議林務局可以針對業務需求挑選重要崩塌區位，以達到林務局業務需求。
3. 建議未來各林管處再評估考量時，有可能產生堰塞湖而間接成災可能亦應納入考量，或許保全當時為「0」，若暫時列入觀察亦尚可解釋。	謝謝委員意見。本案工作目前主要是利用日本鏡像法快速評估可能影響範圍，尚不考慮堰塞湖等其他二次災害程度與規模。建議林務局可以針對重要區位另案處理堰塞湖等問題。
4. 本次團隊可再針對範圍要局部調整者，建議全面檢視後定案。未來若有其他計畫或定期檢討時，可再進一步修正。	謝謝委員意見。本案主要工作是判釋潛在大規模崩塌區位，因判釋工作量龐大，僅能針對數處初步重要崩塌區位進行局部分析，無法全面檢視。建議林務局可以在他案針對重要崩塌區位進行局部分析與檢討。
二、費委員立沅	
1. P.10~11 大規模崩塌潛勢區位判釋，目前談的都是地形、線型等特徵，建議再增加「地面水及地下水」的相關描述，如蓄水窪地。表 2-2.2 加上「水文判釋」。	謝謝委員意見。水系補充說明已增加於水系特徵描述中。
2. P.14 圖弧滑動型，(1) 厚層崩積層建議改為「岩屑層 (regulith)」較符合現況；(2) 在地形上，坡度應較緩，且坡度應較凌亂，不規則，成 hummocky 狀。	謝謝委員意見。崩積層(岩屑層)敘述內容補充於圓弧滑動型說明中。
3. P.40 述及 TCP-InSAR (1) 是否以 L 波段就可以處理地形遮蔽及植被影響；(2) 如果加入 1m DEM，是否會改善品質；(3) 如受大氣效應影響，使用晴天之 SAR 影像，分析效果會否更佳？	(1)L 波段的穿透性較高，但解析度較差，因此可以降低植被的影響，但地形效應無法處理。(2)DEM 解析度低於 SAR，對於品質改善影響不大。(3) 可使用濾波方法降低大氣效應，若只選晴天的影像會減少可用的影像數量，增加時間基線長度反而會降低相關性。
4. 圖 3-2.1 成果圖之解析度，請改善。	謝謝委員意見。其成果圖將更換解析度較高之圖檔。
5. P.113 台東縣-太麻里鄉-D038，(1) 此案例使	謝謝委員意見。此案例影像品質較差，但崩崖地

<p>用之 LiDAR DEM 資料品質不佳，是否對於判釋有影響？(2) 此案例是否不要放入報告？(3) 地調所已分年完成 DEM 品質分析圖，可參考；(4) 此一情況，可做為未來需再進行國內空載光速再施測之理由之一。</p>	<p>形落差大，故尚不嚴重影響此案例主要崩塌地形判釋。臺東林管處內危險度等及在 6 以上的崩塌地，僅有崩塌地編號台東縣-太麻里鄉-D038 完整位在林班地內，且其可能影響範圍內有重要保全(知本溫泉觀光區域)，案例有其重要性。</p>
<p>6. P.118 談到南投縣-仁愛鄉-D057 之案例，文字說明似指永遠都持續發生重力變形？乾濕季交替出現時，位移也會配合停止-運動的規律出現。</p>	<p>重力變形(崩塌)與造山運動兩者垂直運動是相反且持續進行。在濕季時，崩塌活動較為活躍，因此坡面下降比造山運動抬升量大，導致坡面有下滑趨勢較顯著，在乾季則相反。並非造山運動或是重力變形停止。</p>
<p>三、張委員志新</p>	
<p>1. 目前的期末報告建議除判釋分析完成的成果之外，額外說明目前的方法適用性，ex.影響範圍劃設上適合嗎？需要修正？建議的修正為何？</p>	<p>謝謝委員意見。在建議事項已說明目前成果是初步分析成果，建議未來林務局可以針對重要保全或是重要業務等考量進行修正與分析。</p>
<p>2. P.102 和平區-D344、D359 兩崩塌地的影響範圍是否該合在一起劃設？</p>	<p>謝謝委員意見。崩塌地的可能影響範圍皆是以崩塌之獨立事件進行劃設之。</p>
<p>3. 危險度評估的目的應該就是納入管理。依據目前的分級納入管理是不是有能量？如果沒有，應如何調整管理界線？</p>	<p>謝謝委員意見。目前是初步成果判釋，建議林務局未來可以針對業務需求，進行崩塌危險度調整與分層管理。</p>
<p>4. 報告中提到水系是影響崩塌的關鍵，表 2-3-1 的評分因子，是如何考慮水系？(河道)</p>	<p>謝謝委員意見。表 2-3-1 內的因子分析方式，同本團隊修訂後之危險度等級評估方式。水系(河道距離)使用的分析評估方式為使用 5 米網格數值地形模型，透過 GIS 之水文分析建立之河道圖層。</p>
<p>5. 目前評估出的高危險度的地區看起來沒問題。請檢視中危險度的地區是否有漏網之魚。</p>	<p>謝謝委員意見。目前是初步成果判釋，因採用的分析方法不同會有不同成果，故建議林務局未來可以針對業務需求、中高程度保全的崩塌區位，進行詳細分析與評估。</p>
<p>6. 最後危險度的評估是否適宜，ex.目前評估的發生度並未納入活動性(地表徵兆等)。</p>	<p>謝謝委員意見。地表特徵使用高精度數值高程模型進行崩塌地初步判釋，發生度評估是使用證據權重法將多項因子分級分類後進行分數正規化，在行分危險度等級。</p>
<p>7. P.120 圖 4-1.4TCPInSAR 的結果圖，建議增加色階的意義、圖例；另外，也請增加不易判斷的地區。ex.哪些坡面成效不佳。</p>	<p>謝謝委員意見。相關內容於文中進行補充描述。</p>
<p>8. 建議未來在 InSAR 的分析成果，除了視衛星方向的量外，可以改成 X、Y、Z 等方向的分量，或者以坡面方向為移動的方向分量。</p>	<p>謝謝委員意見。目前相關成果皆以視衛星方向(LOS)之向量為呈現方式，空間分量的呈現方式尚沒有相關工作項目進行處理。</p>

9. CH4 在簡報中說明比報告中更完整，建議納入報告中。	謝謝委員意見。已於成果報告第四章補充雷達衛星升降軌對坡向的影響。
10. P.125，圖 3-1.4、圖 3-1.5 誤植，請修正。	謝謝委員意見。誤植部分已進行修正。
四、陳委員連晃	
1. 本計畫運用地質調查所空載雷射掃描技術所完成高精度數值地形模型進行國有林事業區大規模崩塌區位判釋，相較傳統僅應用可見光航照或衛照，能得到更多資訊，同時也嘗試運用衛星雷達影像配合雷達干涉分析技術進行大規模潛勢區之活動性評估，對於團隊所付出的心力，表示敬意。	謝謝委員對團隊的肯定。
2. 報告書 P.63 有關莫拉克颱風最大累積雨量位於屏東林區管理處荖濃溪事業區，為 2,215 毫米，與經濟部水利署 98 年 9 月 9 日莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析結果報告書中記載 98 年 8 月 5 日 20:00 至 8 月 10 日 08:00 止，阿里山測得最大累積雨量 2,884 毫米，兩者數據不一致，請查明。	謝謝委員意見。檢核後發現資料確實有誤，雨量資料為雨量站資料進行內插後的結果，與實際雨量站量測的資料會有些微差異，誤植部分已進行修正。
3. 報告書 P.125 因此目前在台灣山區觀測坡面活動性之方法是利用 ALOS 及 ALOS-2 衛星影像，並利用 TCP-InSAR 分析方法，是最可行的方法，其成果如圖 3-1.4、圖 3-1.5。然而 P.52 圖 3-1.4、全國林區管理處轄管事業區坡向分布圖，P.54 圖 3-1.5 全國林區管理處轄管事業區地質圖，本敘述內容是否正確？	謝謝委員意見。誤植部分已進行修正。
4. 圖 4-1.5 潛在大規模崩塌南投縣-仁愛鄉-D057 在各時間區段位移速度分析成果，建議增加一張相同範圍可見光影像，衛照或航照影像均可，以方便辨識該範圍地面植被覆蓋情況，以對照位移分析結果。	謝謝委員意見。因本團隊目前尚未蒐集潛在大規模崩塌南投縣-仁愛鄉-D057 在各時間區段之光學影像，故成果報告僅呈顯各期位移速度分析成果。
5. 報告書 P.124 11.DESDynI 預定於 2017 年發射：後續動況如何？建議內容應更新。	謝謝委員意見。DESDynI 的計畫進程已將其內容進行更新。
五、水土保持局吳工程員俊龍	
1. 各崩塌潛勢區的名稱建議加入影響聚落名稱或影響的設施名稱，發生度較高的區域可列入報告書（ex：6 分以上）。	謝謝委員意見。崩塌潛勢區以中央地質調查所編號方式進行編號，並進行全國統一編號作業。評估危險度 6 分以上之崩塌地將列表於附件。
2. 34 處崩塌潛勢區（優先辦理區）當中包含 4 處林務局所轄範圍，後續其監測資料建議納入大規模崩塌整合查調系統。	相關計畫進程，請和林務局提出需求及討論。

3. 後續成果資料可提供水保局參考。	相關判釋結果會提供林務局，請水保局和林務局提出需求。
六、王委員昭堡	
1. P.87~88 成果統計表，請統一小數點位數，增加(1)百分比、(2)各林管處小計值。	謝謝委員意見。成果統計表已將數值統一，並增加百分比及小計等資訊。
2. P.94 表 3-3.1 小數點位數請統一；依據本表再增加 0-9 分的數量統計表。	謝謝委員意見。表 3-3.1 已將數值統一，並新增危險度等級列表。
3. P.65 蘇迪勒颱風雨量請再檢核是否誤植。	謝謝委員意見。檢核後發現資料確實有誤，雨量資料為雨量站資料進行內插後的結果，與實際雨量站量測的資料會有些微差異，誤植部分已進行修正。
七、李科長膺讚	
1. 請再檢視確認大規模崩塌區編號的全國統一性(避免重複)，並請述明編號規範。	謝謝委員意見。依據中央地質調查所編號方式進行崩塌地編號作業，編號規範準則已再章節 2-3.3 進行描述說明，編號已檢核確認全國統一性。
2. 本計畫產出 35 處高危險潛勢場址(評分 6~9 者)，如同計畫主持人所述，僅係屬於全國性尺度大範圍以快速簡化之方法進行大規模崩塌潛勢圈繪判釋及危險度評估，尚待進一步深入研究探討後始能釐清其真實危險性，爰該 35 處場址進一步之活動性評估與管理建議，已納入本局另案委託之計畫辦理，其中 14 處已於該另案計畫 106 年完成前述工作成果(預計 107 年 12 月完成工作)、其餘 13 處將列入 108 年度該計畫工作，將按部就班循序漸進提供各林管處執行大規模崩塌防減災計畫之參考。	謝謝委員意見。目前成果是初步判釋與統計，其後續處理如同李委員所述，建議林務局未來可以針對業務需求、中高程度保全的崩塌區位，進行詳細分析與評估。
八、羅東林區管理處	
1. 有關羅東處轄區內頭城鎮 D005 之潛在大規模崩塌區，本處已進行監測工作；其餘危險度等級超過 5 分考亦將進行評估是否列入監測作業。	目前是初步成果，建議各林區管理處針對轄管林區內有重要保全等崩塌區位，並考量業務需求，進行評估作業。
九、新竹林區管理處	
1. P.5 依工作項目及內容(二)大規模…及危險度 3.國有林…制作，需建置國有林大規模崩塌目錄等資料，(期末報告未附)，建議各林管處分冊圖冊加入目錄列表資料俾便檢閱。	謝謝委員意見。崩塌地目錄資料眾多，建議崩塌地屬性資料列表以電子檔做檢視查詢詳細的相關訊息。
2. 圖冊內圖資建議：(1) 未判釋區域應標示，避免誤認全台均有判釋；(2)建議加入頁碼、	謝謝委員意見。(1)未判釋區域為軍事管制地區，將會在圖冊註釋。(2)圖冊會加入頁碼，以利閱

比例尺(3)判釋無結果的圖，建議註記後刪除。	讀。(3)判釋無結果的圖將不會列印於圖冊。
3. P.94 表 3-3-1，新竹處大漢事業區，發生度等級高 1 處，依表 2-3.3 危險等級評分表，其評分表應為 9、7、4、0 等分，惟統計結果確無此等級，請確認。	危險等級評分是依據保全重要性及發生度等級兩項進行評分，發生度等級”高”配對保全重要性”無”，其危險度等級為”0 分”。
十、東勢林區管理處	
1. D-344 之部分地區位於地調所發布之「山崩地滑地質敏感區」內，且坡面上有崩塌溝面與溯源侵蝕崩塌之情形。未來坡面落石與小量土砂下滑之情形可能較多，應特別加強道路之保全與水庫周邊之擋土措施。D-359 於今年(107 年)1 月份利用 UAV 空拍時，發現坡面上有蝕溝，後續仍須加強觀察其蝕溝發育。整體而言除道路或水庫保護帶範圍進行安全保護與擋土措施外，其他區域暫應盡量避免外力干擾。D-344 及 D359 兩處，位處德基水庫及臺 8 線上邊坡，後續建請大局轉知保全對象權責機關(公路總局及台電大甲電廠)辦理後續監測及治理。	謝謝委員意見。建議可以針對不同危險程度的崩塌進行不同尺度的觀測，並轉告相關單位共同處理後續坡面監測等事宜。
2. 臺 8 線 63K 崩塌治理工程，位於 D-359 邊坡下方，係由德委會統籌經費由台電及公路局辦理，後續治理成效及監測，建請大局轉知保全對象持續辦理。	謝謝委員轉達後續相關處理事宜。
3. 請協助判釋台 8 線 109K 處(南投縣-仁愛鄉-D?) 滑動規模如何? 是否有其他單位之監測?	台 8 線 109K 處鄰進南投縣-仁愛鄉-D118，目前查詢之資料僅知公路局進行道路修復，尚未蒐集到有其他單位進行監測工作，建議貴處函請公路局等相關單位更進一步查詢與確認。
十一、南投林區管理處	
1. 本處自 106 年起，就上位計畫提出重點潛在崩塌(高保全或高危險)初判資料，持續進一步踏勘，地表地質調查時，必要時再辦理中長期監測。	目前是初步成果，建議各林區管理處針對轄管林區內有重要保全等崩塌區位，並考量業務需求，進行後續評估作業，必要時辦理中長期規劃與監測等事項。
2. 絕大多數列為高危險度等級為較高保全重要性，但發生度等級為低，且就這兩年踏勘的案件，其現場植生茂密、良好，故以監測(宣導)代替工程應較為可行。	建議貴處可以針對不同情況之崩塌採用不同尺度的監測方法。低活動性或低發生度的崩塌區位在初期先採用廣域、長時間的監測方法，後續可針對較敏感的區位進行後續處理。
3. 目前本計畫主要為潛在大規模崩塌之探討，但「已發生」崩塌地在國有林地不易處理，均 2 類區域應並重處理。	本案主要是判釋潛在崩塌區位，但已發生崩塌仍需視業務需求進行後續處理。

十二、屏東林區管理處	
1. P.20 表 2-3.3 危險等級評分表，是否補充危險度分級之說明。	此表是參考水土保持局針對潛在大規模崩塌危險度評估方法。
2. 本計畫完成 P.94, 3-3.1 成果統計表，其中屏東林管處部份資料成果經查與 102 年完成「國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域」之成果資料略有不同，是否可納入之前成果資料以供參考。	謝謝委員意見。102 年相關成果會放置成果報告附錄中，以利貴處查詢利用。
3. 藤枝聯外道路 18K 處崩塌地，未來可能在藤枝森林遊樂區開園後改變保全對象的重要性及指標，是否可再檢討該處之危險度評估。	謝謝委員意見。依據現有之門牌系統及道路等重要保全資訊，在藤枝森林遊樂區內之潛在崩塌的可能影響範圍內皆沒有保全；依據現有資料所進行分析之發生度分數及等級，皆為低發生度。若未來有更新重要保全資訊及發生度評分之相關資訊，則須重新檢視及評估危險度。
4. 投入監測的評估，以危險度作參考，但往往於發生度不高，但危險度高的區位，無法取得有效的監測資訊，是否可建議採佈設監測設備或影像判釋等方式取決原則。	建議貴處可以針對不同情況之崩塌採用不同尺度的監測方法。低活動性或低發生度的崩塌區位在初期先採用廣域、長時間的監測方法，後續可針對較敏感的區位進行後續處理。
十三、臺東林區管理處	
1. 報告書： (1)P.35 表 2-3.22 潛在大規模崩塌目錄資料結構表，建議增列所屬林管處、事業區等資料。 (2) P.60 第 1 段雨量資料，收集至 2018 年 9 月報告書僅述明至 2017 年 10 月。 (3)P.78 表 3-1.6 已蒐集完成山崩潛勢資料圖名列表，針對台東處轄管區域計有 38 張圖號，僅列 24 幅（缺少 14 幅），請委辦單位再檢視補充。 (4) P.98 台東處潛在大規模崩塌總面積小計累加有誤（實際值 35,049.6 以頃）。 (5)P.103、105、107、109、111、113 內文圖號號碼錯誤。 (6) 各林管處轄管境內高保全或高危險之重點崩塌區域明細（例如座標點位），建議能於報告書中列表，方便資料查閱及後續監測參考。	謝謝委員意見。意見回覆如下： (1) 潛在大規模崩塌目錄資料結構表會將其屬性資料資訊列表說明之。 (2) 根據經濟部水利署水利災害應變學習中心與國家災害防救科技中心之災害事件簿所公開的事件資訊，2018 年期間的颱風及豪雨事件沒有詳細的相關資訊，因此重大颱風及雨量事件僅列表展示到 2017 年 10 月的事件。 (3) 此部分僅羅列出本團隊所蒐集之資料，而非各林管處之轄管圖幅。 (4) 誤植部分已重新進行統計及修正。 (5) 誤植部分已進行修正。 (6) 高保全之潛在崩塌區域，將於成果報告附件列表之以供參考。相關判釋結果會提供林務局，以利各林管處進行後續處理。
2. 圖冊： (1) 轄管林班界線不明顯，建議加粗線條，花蓮處林班界線顏色，避免與水系顏色	謝謝委員意見。建議事項將於圖冊製作修改與增加頁碼。

混淆。 (2) 建議增列圖號頁碼及索引表。	
十四、花蓮林區管理處	
1. P.97, 花蓮林管處潛在大規模崩塌處數有 2,164 處, 此資料對於林管處轄管範圍內崩塌發生災因分析時提供重要資訊。是否可以提供此資訊給林管處, 並包含其發生度與保全重要性等屬性, 方能進行處置。	謝謝委員意見。相關判釋結果會提供林務局, 以利各林管處進行後續處理。
2. P.97, 花蓮林管處轄內危險度等級 8 分, 是否亦可提供其位置, 並補充說明, 以做為林管處後續重點工作區。	謝謝委員意見。相關判釋結果會提供林務局, 以利各林管處進行後續處理。
3. P.109, 第二段第二行, 潛在崩塌面積分別為 21.4 及 31.8 公頃 (圖 3-3.19, 圖 3-3.20), 應為圖 3-3.16, 圖 3-3.17; 第六行可能影響範圍 (圖 3-3.21), 應為圖 3-3.18。	謝謝委員意見。誤植部分已進行修正。
4. P.131, 第 10 點評估花蓮處轄區內發生度高者 158 處, 中有 796 處, 而保全重要性分數高有 11 處, 中亦有 50 處, 數量稍多, 在經費上應無法逐一進行細部調查, 未來是否有計畫地如第肆章所述, 利用 SAR 影像等大尺度的監控方式先進行活動性評估, 若評估後有活動性大之區域, 再進行細部調查規劃方能以最有效率方式處置。	謝謝委員意見。本計畫為在全國林班地之大範圍面積內, 進行潛在大規模崩塌潛勢區位之圈繪判釋、可能影響範圍劃設、危險度評估及 SAR 技術運用於林班地之評估等工作, 後續計畫待未來執行團隊進行。建議使用 SAR 技術進行大規模區域的崩塌地活動性評估, 選擇重要性高者進行後續的細部調查。
十五、集水區治理組	
1. 本計畫於 106 年請林管處依轄管範圍相關治理經驗, 提報可能為大規模崩塌潛勢區共計 9 處, 請團隊納入判釋工作, 請確認是否以圈繪並納入危險等計算。	謝謝委員意見。9 處潛在大規模崩塌納入於成果報告中, 並納入危險等級計算。
2. P.35 表 2-3.22 影響範圍資結構表中「describe」欄所填的內容為? 本欄若為必要填列, 請補充資料。	表 2-3.22 為潛在大規模崩塌基本資料表, 其「describe」為發生度等級(高、中及低)。影響範圍資結構表 SHP 檔無「describe」欄。

**附件 2、國有林事業區大規模崩塌危險等級評分列表
(危險等級為 6 分以上者)**

國有林事業區大規模崩塌危險等級評分列表(危險等級為6分以上者)

林管處	事業區	正式編號	可能影響面積(公頃)	發生度評分	發生度等級(T ₁)	保全對象(分數)				保全重要性評分	保全重要性(T ₂)	危險度評分
						住戶	交通	重要設施	水庫蓄水區			
新竹	大溪	桃園市-復興區-D010	69.9	9	低	25	4	16	0	45	高	6
新竹	大溪	桃園市-復興區-D012	33.6	9	低	16	4	16	0	36	高	6
新竹	竹東	新竹縣-尖石鄉-D022	96.8	11	低	36	1	0	0	37	高	6
東勢	八仙山	臺中市-和平區-D363	28.5	17	高	0	4	0	16	20	中	7
東勢	八仙山	臺中市-和平區-D382	57.3	18	高	0	4	16	0	20	中	7
東勢	八仙山	臺中市-和平區-D395	21.8	19	高	0	4	16	0	20	中	7
東勢	大甲溪	臺中市-和平區-D344	82.9	14	中	0	4	16	16	36	高	8
東勢	大甲溪	臺中市-和平區-D359	43.2	13	中	9	4	16	16	45	高	8
東勢	大甲溪	臺中市-和平區-D488	31.0	19	高	0	4	16	16	36	高	9
南投	埔里	南投縣-仁愛鄉-D720	35.0	10	低	25	1	16	0	42	高	6
南投	巒大	南投縣-水里鄉-D006	42.1	9	低	9	4	16	16	45	高	6
南投	巒大	南投縣-水里鄉-D007	18.1	9	低	9	4	16	16	45	高	6
南投	巒大	南投縣-水里鄉-D008	21.2	9	低	9	4	16	16	45	高	6
南投	巒大	南投縣-水里鄉-D015	67.6	9	低	25	4	16	0	45	高	6
南投	巒大	南投縣-水里鄉-D016	60.8	9	低	36	4	16	0	56	高	6
嘉義	大埔	嘉義縣-大埔鄉-D037	138.2	13	中	16	4	0	16	36	高	8
嘉義	阿里山	嘉義縣-阿里山鄉-D187	711.5	12	低	36	4	0	0	40	高	6
嘉義	阿里山	嘉義縣-竹崎鄉-D009	23.5	10	低	36	4	0	0	40	高	6
嘉義	阿里山	嘉義縣-竹崎鄉-D011	185.4	11	低	36	4	0	0	40	高	6
花蓮	立霧溪	花蓮縣-秀林鄉-D009	69.8	12	低	36	4	16	0	56	高	6
花蓮	木瓜山	花蓮縣-壽豐鄉-D008	186.6	10	低	36	4	0	0	40	高	6

林管處	事業區	正式編號	可能影響面積(公頃)	發生度評分	發生度等級(T ₁)	保全對象(分數)				保全重要性評分	保全重要性(T ₂)	危險度評分
						住戶	交通	重要設施	水庫蓄水區			
花蓮	木瓜山	花蓮縣-壽豐鄉-D009	84.6	10	低	36	4	0	0	40	高	6
花蓮	木瓜山	花蓮縣-壽豐鄉-D010	82.9	9	低	36	4	0	0	40	高	6
花蓮	木瓜山	花蓮縣-秀林鄉-D629	91.9	11	低	36	1	16	0	53	高	6
花蓮	林田山	花蓮縣-光復鄉-D016	241.9	9	低	25	1	16	0	42	高	6
花蓮	林田山	花蓮縣-豐濱鄉-D002	128.8	11	低	36	4	0	0	40	高	6
花蓮	玉里	花蓮縣-萬榮鄉-D467	271.0	13	中	36	1	16	0	53	高	8
花蓮	玉里	花蓮縣-萬榮鄉-D500	67.9	10	低	36	1	16	0	53	高	6
花蓮	玉里	花蓮縣-萬榮鄉-D501	68.1	8	低	36	1	16	0	53	高	6
花蓮	玉里	花蓮縣-玉里鎮-D015	119.1	10	低	36	1	16	0	53	高	6
屏東	旗山	高雄市-甲仙區-D044	147.0	11	低	36	4	16	0	56	高	6
屏東	旗山	高雄市-甲仙區-D047	196.4	12	低	36	4	16	0	56	高	6
屏東	旗山	高雄市-六龜區-D015	407.0	12	低	36	4	0	0	40	高	6
屏東	旗山	高雄市-六龜區-D070	140.5	13	中	36	4	0	0	40	高	8
臺東	臺東	臺東縣-太麻里鄉-D038	37.7	12	低	36	1	0	0	37	高	6
臺東	延平	臺東縣-卑南鄉-D041	259.8	10	低	36	4	16	0	56	高	6
臺東	非林班地	臺東縣-延平鄉-D262	60.5	9	低	25	1	16	0	42	高	6

附錄 3、102 年「國有林深層崩塌致災潛勢調查評估-南部重點流域」成果資料之潛在深層崩塌之較高危險等級一欄表

潛在深層崩塌編號	面積 (ha)	X	Y	事業區林班編號	保全 重要性	發生度 等級	危險等 級評分
高雄市-六龜區- D015	228	219237	2552762	旗山事業區第 87 號 林班	高	高	9
高雄市-桃源區- D228	93	231896	2569999	荖濃溪事業區第 115 號林班	高	中	8
屏東縣-三地門鄉- D097	31	219418	2511266	屏東事業區第 34 號 林班	高	中	8
屏東縣-三地門鄉- D046	178	217725	2525199	屏東事業區第 7 號 林班	高	中	8
屏東縣-三地門鄉- D086	209	217524	2516694	屏東事業區第 43 號 林班	中	高	7
高雄市-甲仙區- D044	67	206813	2554099	旗山事業區第 4 號 林班	高	低	6
高雄市-甲仙區- D047	84	206635	2553453	旗山事業區第 4 號 林班	高	低	6
高雄市-杉林區- D024	96	206338	2541037	旗山事業區第 39 號 林班	高	低	6
高雄市-杉林區- D020	16	209272	2544630	旗山事業區第 37 號 林班	高	低	6
高雄市-杉林區- D014	48	209077	2545705	旗山事業區第 36 號 林班	高	低	6
高雄市-杉林區- D023	12	207299	2541423	旗山事業區第 39 號 林班	高	低	6

