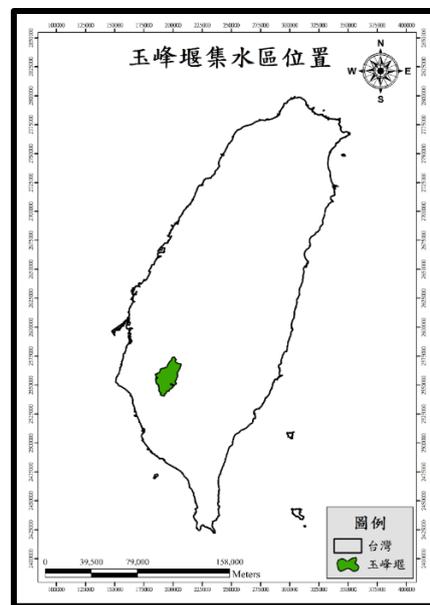


逢甲大學學生報告 ePaper

玉峰堰集水區洪峰流量及崩塌潛勢分析

Estimation of peak discharge and assessment
of landslide susceptibility in the Yufong dam watershed



學生：鄭仔伶

系級：水利工程與資源保育學系碩一

學號：M0605975

授課老師：吳俊鉉老師

課程名稱：崩塌理論與處理

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年：106 學年度 第 1 學期

中文摘要

本報告研究區域為玉峰堰集水區，第一部份探討集水區的不同人為開發情況下的洪峰流量及河道是否能夠容納洪峰流量，第二部分則為以玉峰堰集水區根據 2009 年莫拉克颱風後崩塌分布所建構的崩塌潛勢。

在分析玉峰堰集水區在不同人為開發情況下的洪峰流量估算，玉峰堰集水區面積為 390.5km^2 ，本報告先在玉峰堰集水區取出三個不同面積的集水區，此三個集水區面積分別為 107.0 km^2 (佔總面積之 27.4%)、 204.4 km^2 (佔總面積之 52.3%)及 262.7 km^2 (佔總面積之 67.3%)，本報告估算在現況土地利用與完全未開發情況下之洪峰流量在上述三種不同集水區面積下的洪峰流量差異。本報告統計鄰近雨量站近年年平均降雨量為 3515.9 mm ，25 年頻率 60 分鐘延時的降雨強度為 123.8 mm/hr ，在上述三種不同集水區面積下的洪峰流量差異分別為 125.5 cms 、 260.3 cms 及 351.5 cms ，且此流量在河段內的估算都無法通過，都會造成河段兩旁的淹水情況。

而在建構崩塌潛勢部分，玉峰堰集水區在 2009 年莫拉克颱風後的崩塌面積有 6.5 km^2 (崩塌率約為 1.67%)，本研究分別以頻率比法跟不安定指數法建構玉峰堰集水區崩塌潛勢。玉峰堰集水區以頻率比法建構的平均崩塌潛勢 0.136，根據崩塌潛勢預估為會崩塌的地區約佔總集水區面積之 8.5%，崩塌潛勢正確率約為 66.9%。玉峰堰集水區以不安定指數法法建構的平均崩塌潛勢 0.129，根據崩塌潛勢預估為會崩塌的地區約佔總集水區面積之 2.4%，崩塌潛勢正確率約為 54.9%。以正確率之比較，玉峰堰集水區使用頻率比法建構崩塌潛勢會得到比較好的成果。

關鍵字：崩塌潛勢、洪峰流量

Abstract

The report estimates the discharge under different landuse conditions and the flooding possibility along the river, and discusses the landslide susceptibility based on the landslide inventory after 2009 Typhoon Morakot in the Yu-Feng-Yen watershed.

The area of Yu-Feng-Yen watershed is around 390.5 km^2 . This report extracts three different watersheds from Yu-Feng-Yen watershed, and the smallest, middle, and largest area of the three watersheds are 107.0 km^2 (27.4% of the total watershed area), 204.4 km^2 (52.3% of the total watershed area), and 262.7 km^2 (67.3% of the total watershed area). This report estimates the discharge difference under the current landuse condition and the landuse condition before artificial development from the three watershed areas. The mean annual rainfall is around 3515.9 mm and the rainfall intensity with the return period of 25 years and the duration of 60 minutes is around 123.8 mm/hr . The discharge under above-mentioned rainfall and the current landuse condition in the smallest, middle, and largest watershed is larger by 125.5 cms , 260.3 cms , and 351.5 cms than that under the landuse condition before artificial development. The area along the river will be flooding under such rainfall condition in the current landuse condition.

The landslide area after 2009 Typhoon Morakot in the Yu-Feng-Yen watershed is around 6.5 km^2 , i.e. the landslide ratio is around 1.67%. This report builds the landslide susceptibility of Yu-Feng-Yen watershed based on the landslide inventory by using Frequency Ratio method and Instability Index method. The mean landslide susceptibility value by using Frequency Ratio method in the Yu-Feng-Yen watershed is around 0.136, the predicted-landslide area occupies 8.5% of the total watershed area, and the correct ratio of landslide susceptibility model is around 66.9%. The mean landslide susceptibility value by using Instability Index method in the Yu-Feng-Yen watershed is around 0.129, the predicted-landslide area occupies 2.4% of the total watershed area, and the correct ratio of landslide susceptibility model is around 54.9%. The performance of landslide susceptibility model by using Frequency Ratio in the Yu-Feng-Yen watershed is better than that by using Instability Index method.

Keyword : landslide susceptibility, peak discharge

目錄

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VI
第一章 玉峰堰集水區洪峰流量分析.....	1
一、ArcGIS 水文模組.....	1
二、玉峰堰集水區之子集水區邊界萃取.....	5
三、未開發與現階段之土地利用分析.....	9
(一) 現階段土地利用分析.....	9
(二) 未開發土地利用分析.....	12
四、玉峰堰集水區平均降雨量與洪峰流量估算.....	14
(一) 玉峰堰集水區平均降雨量.....	14
(二) 玉峰堰集水區洪峰流量.....	17
五、玉峰堰集水區在降雨延時 60 分鐘 100 年頻率時之通洪斷面檢核.....	17
(一) 玉峰堰集水區通洪斷面與流量計算.....	17
(二) 玉峰堰集水區通洪斷面檢核.....	19
第二章 玉峰堰集水區崩塌潛勢分析.....	25
一、崩塌潛勢各因子估算.....	25
(一) 高程因子分析.....	25
(二) 坡度因子分析.....	27
(三) 坡向因子分析.....	27
(四) 地質因子分析.....	30
(五) 土地利用因子分析.....	32
(六) 距離河川因子分析.....	32
(七) 降雨因子分析.....	35

二、崩塌潛勢評估模式建構—頻率比法(FR)	37
(一) 頻率比法.....	37
(二) 頻率比法各因子.....	38
(三) 頻率比法結果.....	42
三、崩塌潛勢評估模式建構—不安定指數法	45
(一) 不安定指數法.....	45
(二) 不安定指數法各因子.....	47
(三) 不安定指數法結果.....	52
參考文獻.....	55



圖目錄

圖 1-1、玉峰堰集水區位置邊界圖	1
圖 1-2、玉峰堰集水區流向分布圖	2
圖 1-3、玉峰堰集水區流量累積圖	3
圖 1-4、玉峰堰集水區高程及門檻值 50000 水系分布圖	4
圖 1-5、玉峰堰集水區第一邊界點(最上游)集水區圖	6
圖 1-6、玉峰堰集水區第二邊界點(中間點)集水區圖	7
圖 1-7、玉峰堰集水區第三邊界點(最下游)集水區圖	8
圖 1-8、玉峰堰集水區現階段土地利用情況分布圖	10
圖 1-9、玉峰堰集水區完全無人為開發土地利用情況分布圖	13
圖 1-10、玉峰堰集水區代表雨量站分布圖	15
圖 1-11、玉峰堰集水區通洪斷面點位分布圖	18
圖 2-1、玉峰堰集水區高程分布圖	26
圖 2-2、玉峰堰集水區坡度分布圖	28
圖 2-3、玉峰堰集水區坡向分布圖	29
圖 2-4、玉峰堰集水區地質分布圖	31
圖 2-5、玉峰堰集水區土地利用分布圖	33
圖 2-6、玉峰堰集水區距離河川分布圖	34
圖 2-7、玉峰堰集水區累積降雨分布圖	36
圖 2-8、玉峰堰集水區頻率比法崩塌潛勢分布圖	41
圖 2-9、玉峰堰集水區頻率比法崩塌潛勢分級圖	43
圖 2-10、玉峰堰集水區實際崩塌潛勢分級分布圖	44
圖 2-11、玉峰堰集水區不安定指數法崩塌潛勢分布圖	51
圖 2-12、玉峰堰集水區不安定指數法崩塌潛勢分級圖	53
圖 2-13、玉峰堰集水區實際崩塌潛勢分級分布圖	54

表目錄

表 1-1、集水區邊界面積估算表	5
表 1-2、現階段土地利用與對應逕之流係數 C 值表.....	9
表 1-3、玉峰堰集水區第一邊界點(最上游)現階段之逕流係數與面積估算表.....	11
表 1-4、玉峰堰集水區第二邊界點(中間點)現階段之逕流係數與面積估算表.....	11
表 1-5、玉峰堰集水區第三邊界點(最下游)現階段之逕流係數與面積估算表.....	11
表 1-6、完全無人為開發土地利用與對應逕之流係數 C 值表.....	12
表 1-7、玉峰堰集水區第一邊界點(最上游)未開發之逕流係數與面積估算表.....	14
表 1-8、玉峰堰集水區第二邊界點(中間點)未開發之逕流係數與面積估算表.....	14
表 1-9、玉峰堰集水區第三邊界點(最下游)未開發之逕流係數與面積估算表.....	14
表 1-10、玉峰堰集水區 2005-2008 年平均降雨量與重現期距 100 年降雨延時 60 分鐘之降雨量 估算表.....	16
表 1-11、玉峰堰集水區降雨延時 60 分鐘 100 年頻率之洪峰流量估算表	17
表 1-12、底部寬度與深度對應表	17
表 1-13、最大安全流速 V 表(水土保持技術規範：坡地排水設計規範).....	19
表 1-14、不同內面工之曼寧粗糙係數(n)表(水土保持技術規範：坡地排水設計規範 196 條).....	19
表 1-15、玉峰堰集水區在 100 年頻率 60 分鐘降雨延時之通洪斷面檢核表	20
表 2-1、玉峰堰集水區高程分布資料表	25
表 2-2、玉峰堰集水區坡度分布資料表	27
表 2-3、玉峰堰集水區坡向分布資料表	27
表 2-4、玉峰堰集水區地質分布資料表	30
表 2-5、玉峰堰集水區土地利用分布資料表	32
表 2-6、玉峰堰集水區距離河川分布資料表	32
表 2-7、玉峰堰集水區累積降雨分布資料表	35
表 2-8、玉峰堰集水區頻率比法估算過程說明表	39
表 2-9、玉峰堰集水區以頻率比法建構之崩塌潛勢分級表	42

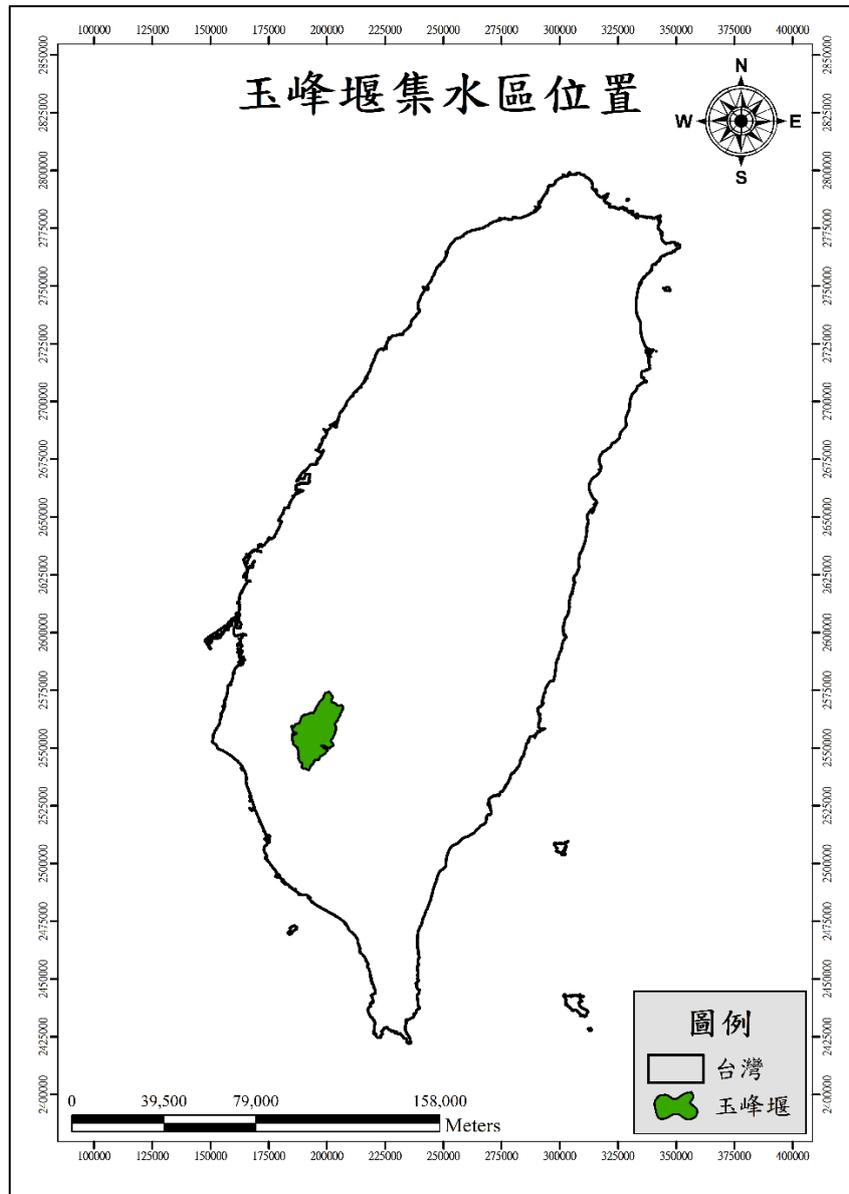
表 2-10、玉峰堰集水區以頻率比法建構之崩塌潛勢數值表	42
表 2-11、玉峰堰集水區以不安定指數法建構之估算過程說明表	47
表 2-12、玉峰堰集水區以不安定指數法之各因子資料表	49
表 2-13、玉峰堰集水區以不安定指數法建構之崩塌潛勢分級表	52
表 2-14、玉峰堰集水區以不安定指數法建構之崩塌潛勢數值表	52



第一章 玉峰堰集水區洪峰流量分析

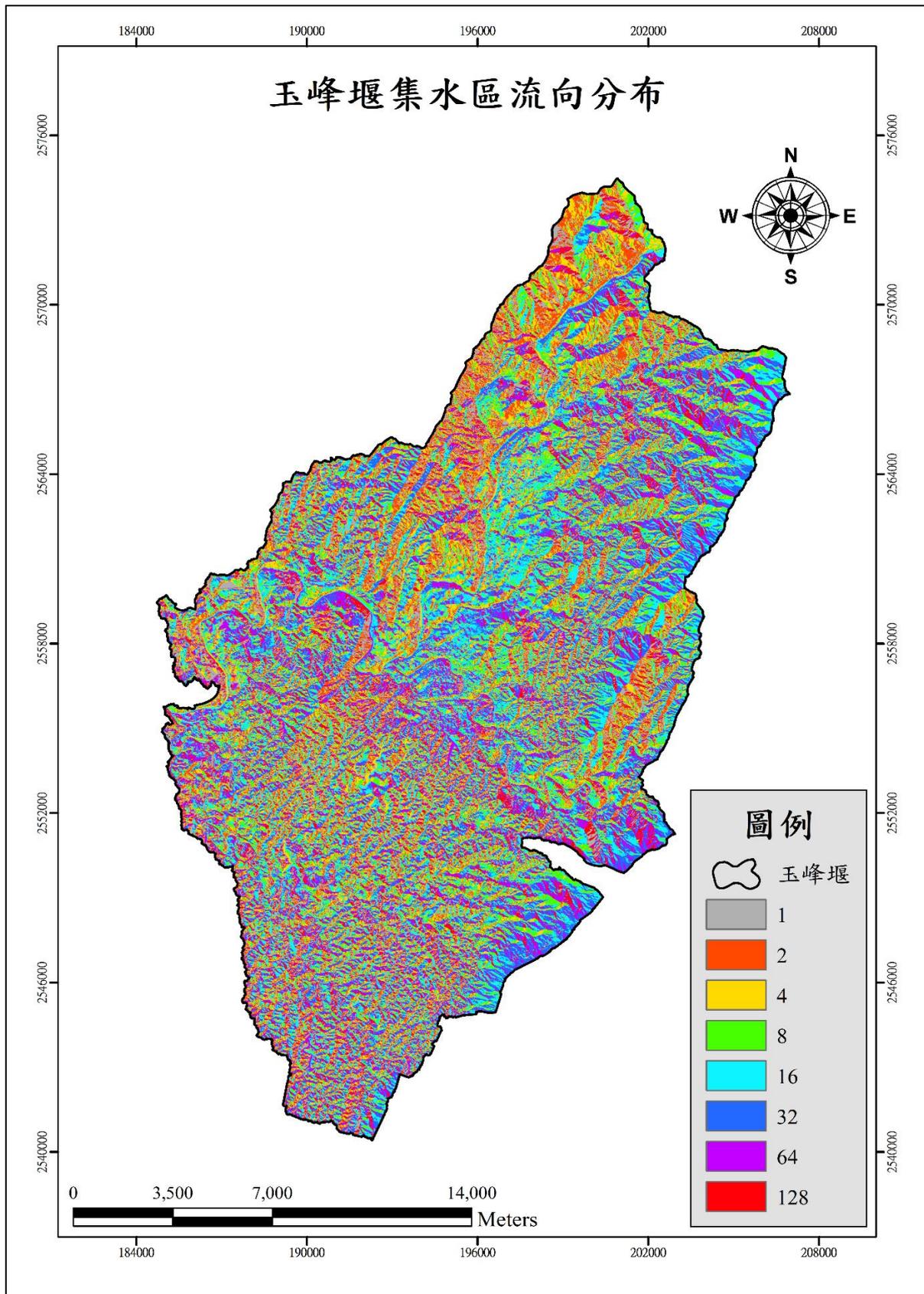
一、ArcGIS 水文模組

本作業研究區域為玉峰堰，如圖 1-1，其位於臺南市山上區，曾文溪與支流菜寮溪合流口下游。玉峰堰集水區總面積為 390.5km^2 ，使用 ArcGIS 製作水文模組(如圖 1-2、圖 1-3)，做出門檻值 50000 的水系分布，如圖 1-4，以估算集水區洪峰流量。



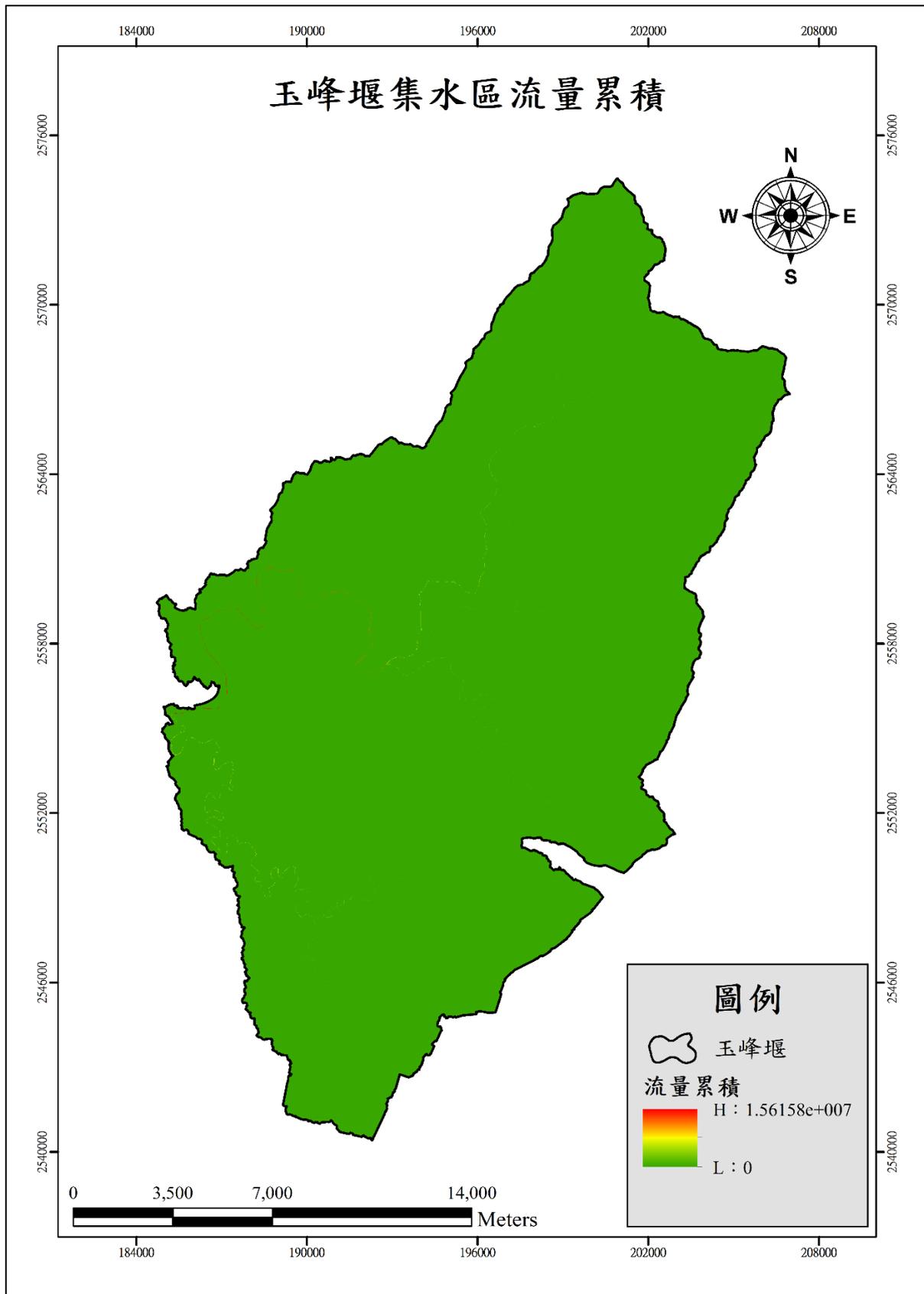
圖資來源：本報告製作

圖 1-1、玉峰堰集水區位置邊界圖



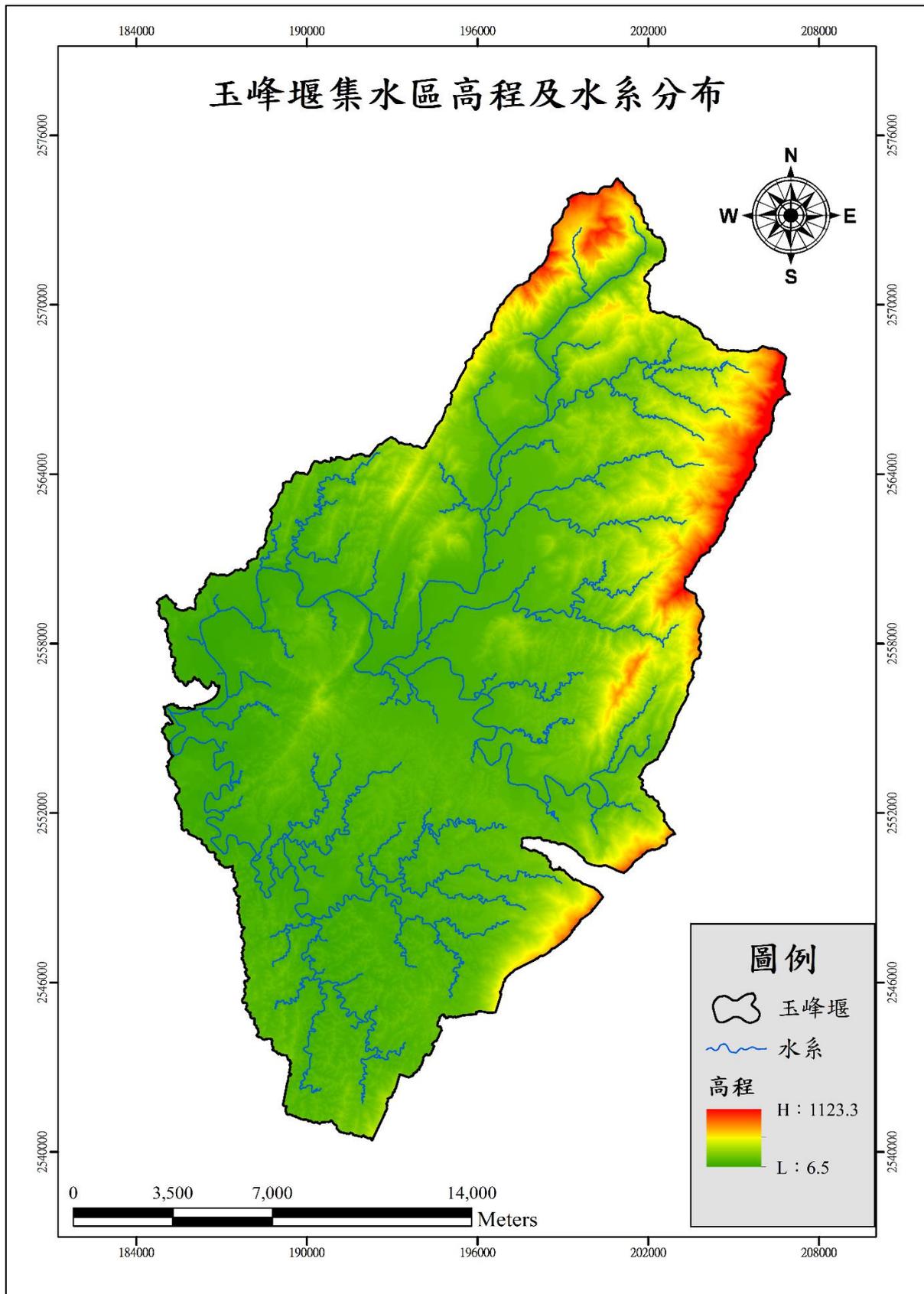
圖資來源：本報告製作

圖 1-2、玉峰堰集水區流向分布圖



圖資來源：本報告製作

圖 1-3、玉峰堰集水區流量累積圖



圖資來源：本報告製作

圖 1-4、玉峰堰集水區高程及門檻值 50000 水系分布圖

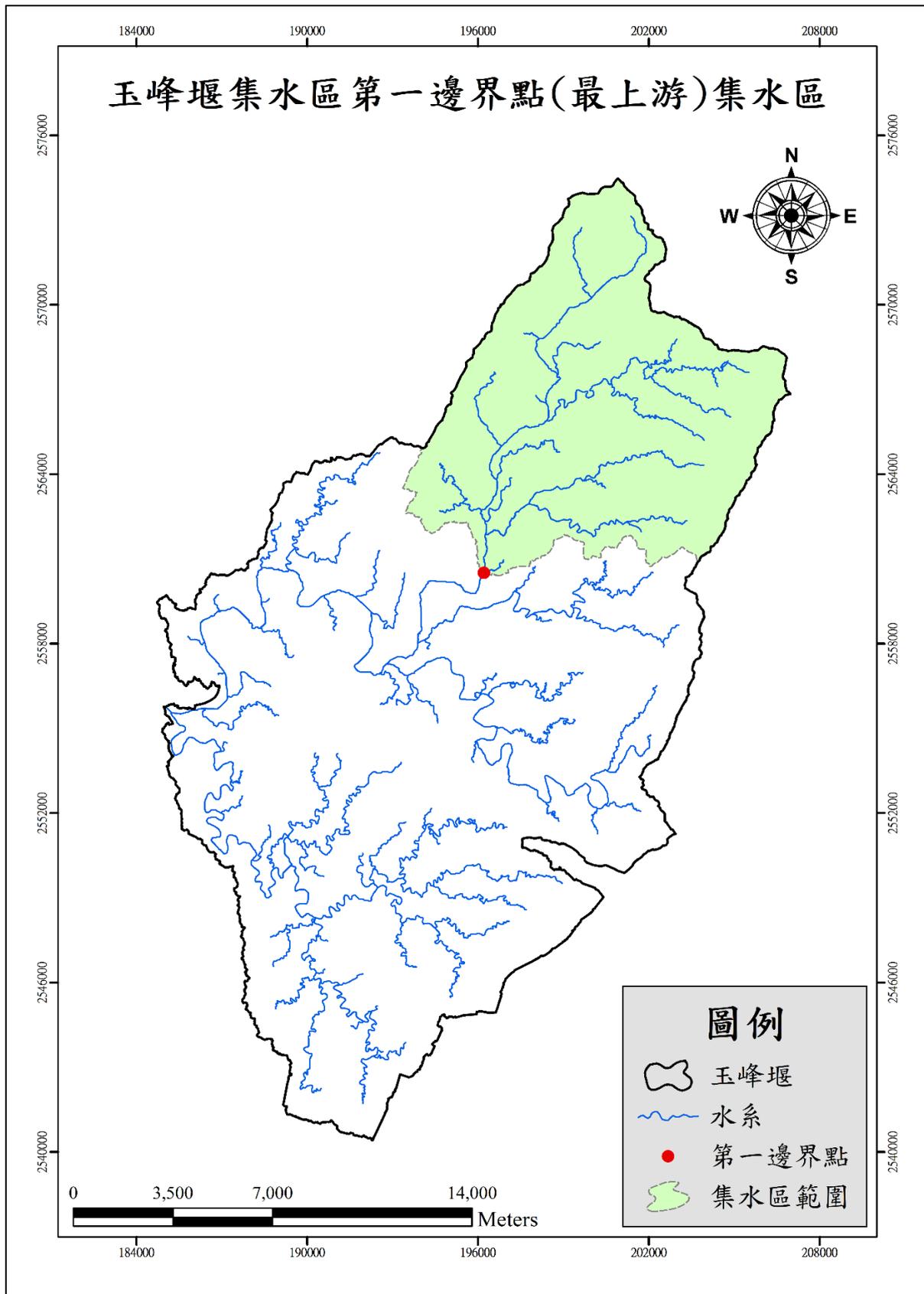
二、玉峰堰集水區之子集水區邊界萃取

從玉峰堰集水區下游出口處往上游，沿主流找尋最後三條支流匯入處，並以這三個匯入處分別做為集水區邊界：在最後第 1、2、3 條支流匯入處設立點位，並以這三個點位做出匯流至此點位的集水區邊界，如下表 1-1，玉峰堰集水區第一邊界點集水區面積為 107.0 平方公里，佔總面積的百分之 27.4，如圖 1-5，第二邊界點集水區面積為 204.4 平方公里，佔總面積的百分之 52.3，如圖 1-6，第三邊界點集水區面積為 262.7 平方公里，佔總面積的百分之 67.3，如圖 1-7。

表 1-1、集水區邊界面積估算表

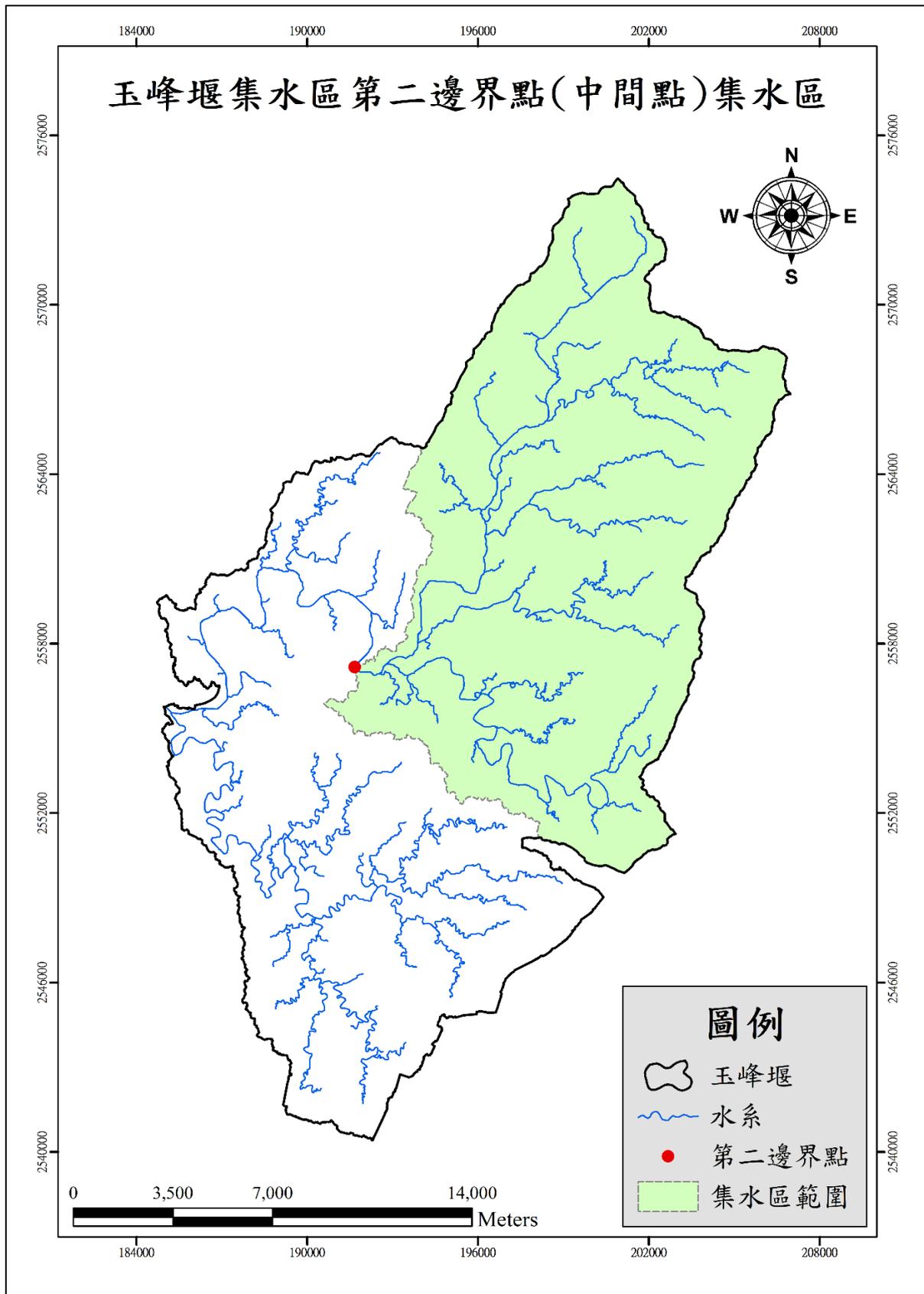
集水區出口位置	面積(km ²)	佔總面積(%)
第一邊界點	107.0	27.4
第二邊界點	204.4	52.3
第三邊界點	262.7	67.3
玉峰堰邊界點	390.5	100.0

資料來源：本報告製作



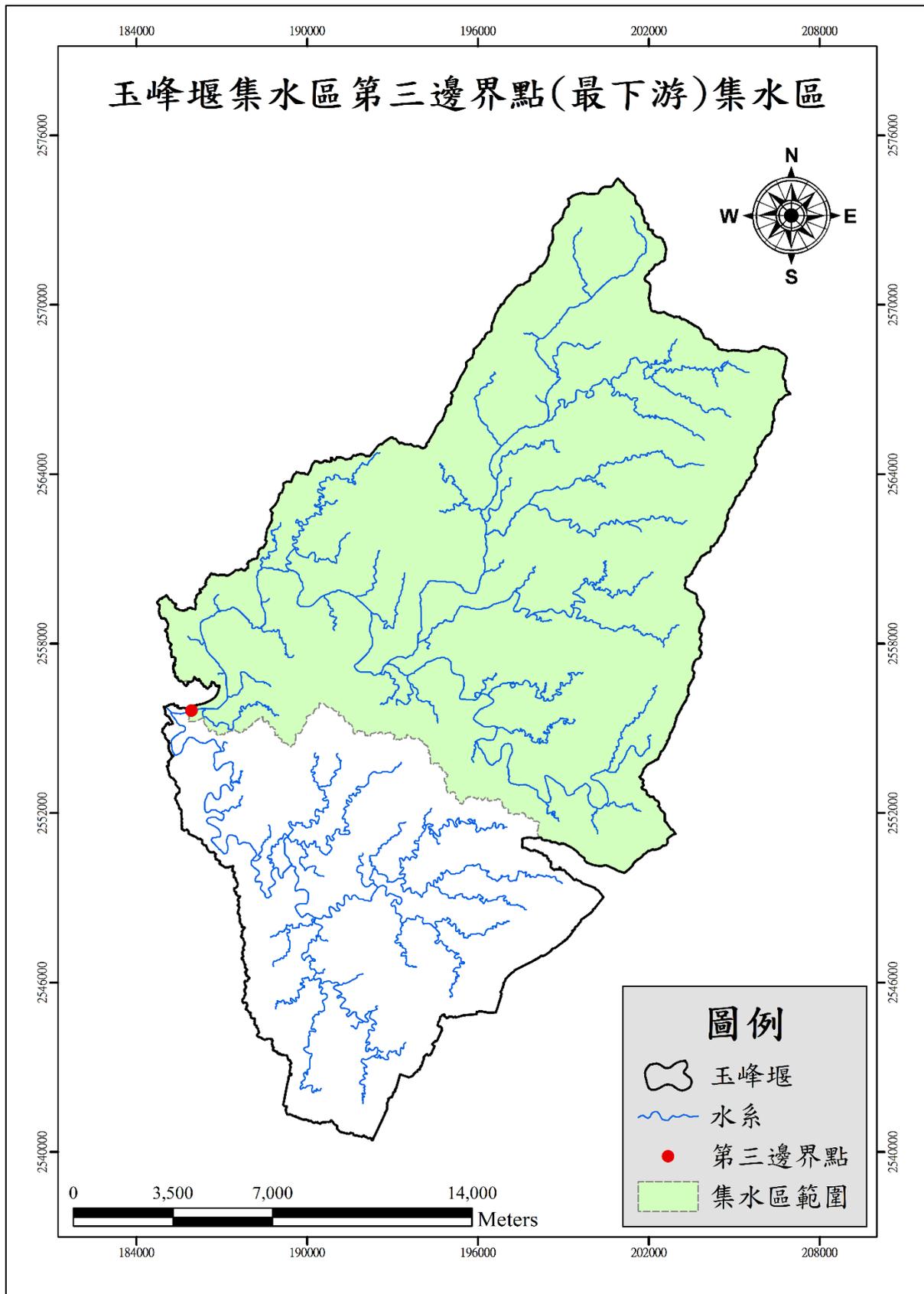
圖資來源：本報告製作

圖 1-5、玉峰堰集水區第一邊界點(最上游)集水區圖



圖資來源：本報告製作

圖 1-6、玉峰堰集水區第二邊界點(中間點)集水區圖



圖資來源：本報告製作

圖 1-7、玉峰堰集水區第三邊界點(最下游)集水區圖

三、未開發與現階段之土地利用分析

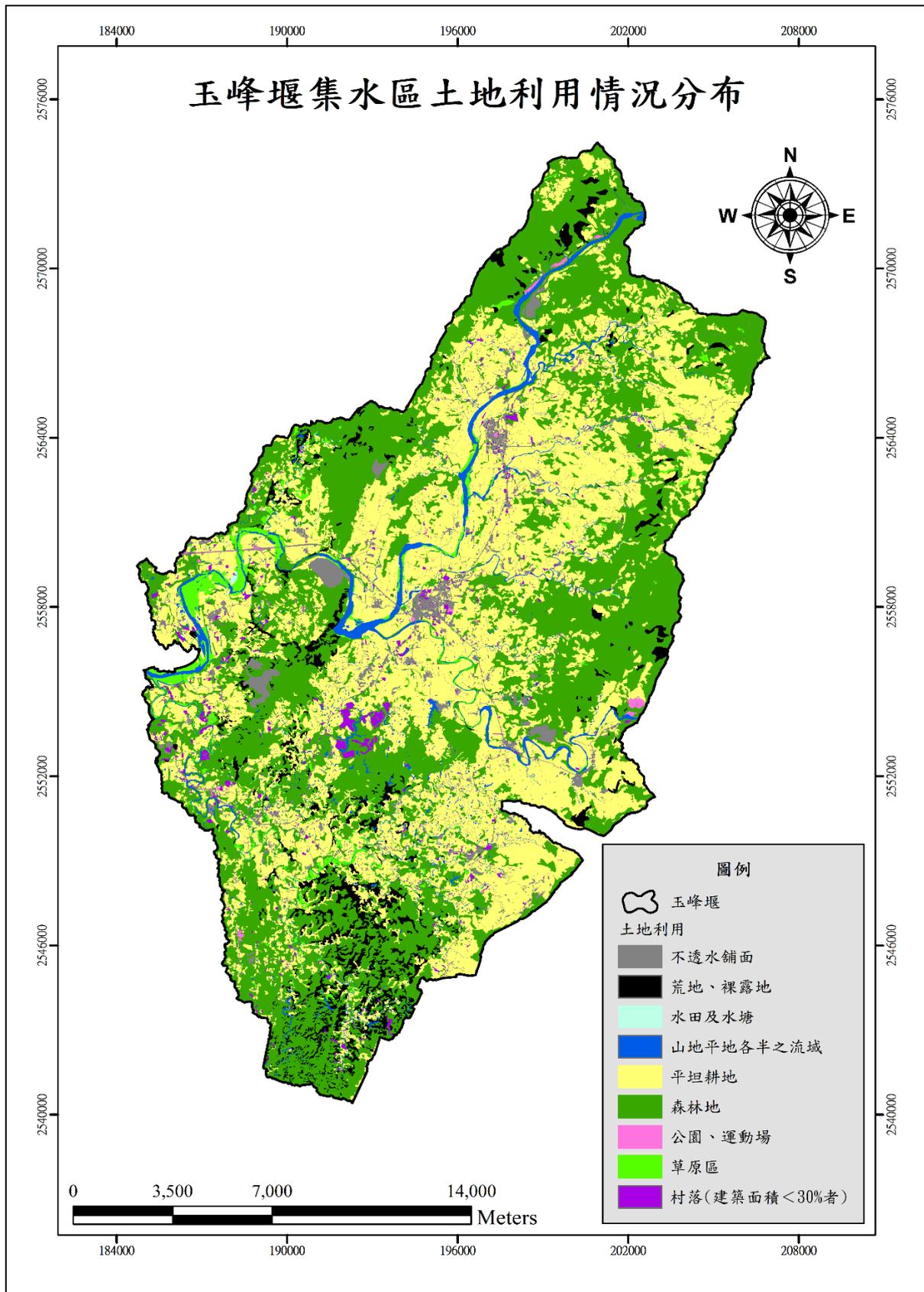
(一) 現階段土地利用分析

藉由地理資訊系統 ArcGIS 分析土地利用情況分布，使用內政部國土測繪中心國土調查之圖資，將台南玉峰堰集水區以 ArcGIS 整合每個網格上的土地利用，對應水土保持技術規範的土地利用分類(表 1-2)可得現階段土地利用情況分布(圖 1-8)，再將現階段土地利用情況分類對應公路排水設計規範之逕流係數 C 值(查表 1-2)，分別估算三個子集水區邊界內「現階段」土地利用情況面積與逕流係數 C 值之乘積，如下表 1-3、表 1-4、表 1-5。

表 1-2、現階段土地利用與對應逕之流係數 C 值表

原始土地利用分別及編號		水土保持技術規範或公路排水設計規範		
編號	土地利用	土地情況	C 值	分類
010101 至 010104	稻作、旱作、果樹、廢耕地	平坦耕地	0.53	5
010200	水產養殖	水田及水塘	0.75	3
010301 至 010302	畜禽舍、牧場	草原區	0.40	8
010401 至 010304	農業附帶設施	村落(建築面積 < 30%者)	0.40	9
02010 至 020304	森林	森林地	0.50	6
030100 至 030403	交通用地	不透水鋪面	0.90	1
040101 至 040700	水利土地	山地平地各半之流域	0.63	4
050101 至 050404	建築用地	不透水鋪面	0.90	1
060100 至 060600	公共用地	不透水鋪面	0.90	1
070101 至 070103	遊憩用地之一	不透水鋪面	0.90	1
070201	遊憩用地之公園綠地	公園、運動場	0.48	7
070202 至 070203	遊樂場所、體育場	村落(建築面積 < 30%者)	0.40	9
080101 至 080302	礦業使用土地	荒地、裸露地	0.90	2
090100	軍事用地	不透水鋪面	0.90	1
090200	濕地	水田及水塘	0.75	3
090300	草生地	草原區	0.40	8
090401 至 090404	裸露地	荒地、裸露地	0.90	2
090500	灌木荒地	荒地、裸露地	0.90	2
090600	災害地	荒地、裸露地	0.90	2
090700	營建剩餘土方	荒地、裸露地	0.90	2
090801	空置地	村落(建築面積 < 30%者)	0.40	9

資料來源：1.內政部國土測繪中心 2.水土保持技術規範 3.公路排水設計規範



圖資來源：本報告製作

圖 1-8、玉峰堰集水區現階段土地利用情況分布圖

表 1-3、玉峰堰集水區第一邊界點(最上游)現階段之逕流係數與面積估算表

土地情況	C 值	面積(A, km ²)	C×A
不透水鋪面	0.90	3.8	3.4
荒地、裸露地	0.90	2.1	1.9
水田及水塘	0.75	0.0	0.0
山地平地各半之流域	0.63	3.5	2.2
平坦耕地	0.53	48.7	25.8
森林地	0.50	47.0	23.5
公園、運動場	0.48	0.2	0.1
草原區	0.40	1.1	0.4
村落(建築面積<30%者)	0.40	0.7	0.3
累計		107.0	57.6

資料來源：本報告製作

表 1-4、玉峰堰集水區第二邊界點(中間點)現階段之逕流係數與面積估算表

土地情況	C 值	面積(A, km ²)	C×A
不透水鋪面	0.90	9.0	8.1
荒地、裸露地	0.90	3.5	3.2
水田及水塘	0.75	0.0	0.0
山地平地各半之流域	0.63	6.9	4.3
平坦耕地	0.53	97.6	51.7
森林地	0.50	83.3	41.7
公園、運動場	0.48	0.5	0.2
草原區	0.40	2.0	0.8
村落(建築面積<30%者)	0.40	1.5	0.6
累計		204.4	110.7

資料來源：本報告製作

表 1-5、玉峰堰集水區第三邊界點(最下游)現階段之逕流係數與面積估算表

土地情況	C 值	面積(A, km ²)	C×A
不透水鋪面	0.90	12.7	11.4
荒地、裸露地	0.90	5.8	5.3
水田及水塘	0.75	0.1	0.1
山地平地各半之流域	0.63	9.2	5.8
平坦耕地	0.53	118.8	63.0
森林地	0.50	107.6	53.8
公園、運動場	0.48	0.6	0.3
草原區	0.40	5.7	2.3
村落(建築面積<30%者)	0.40	2.2	0.9
累計		262.7	142.8

資料來源：本報告製作

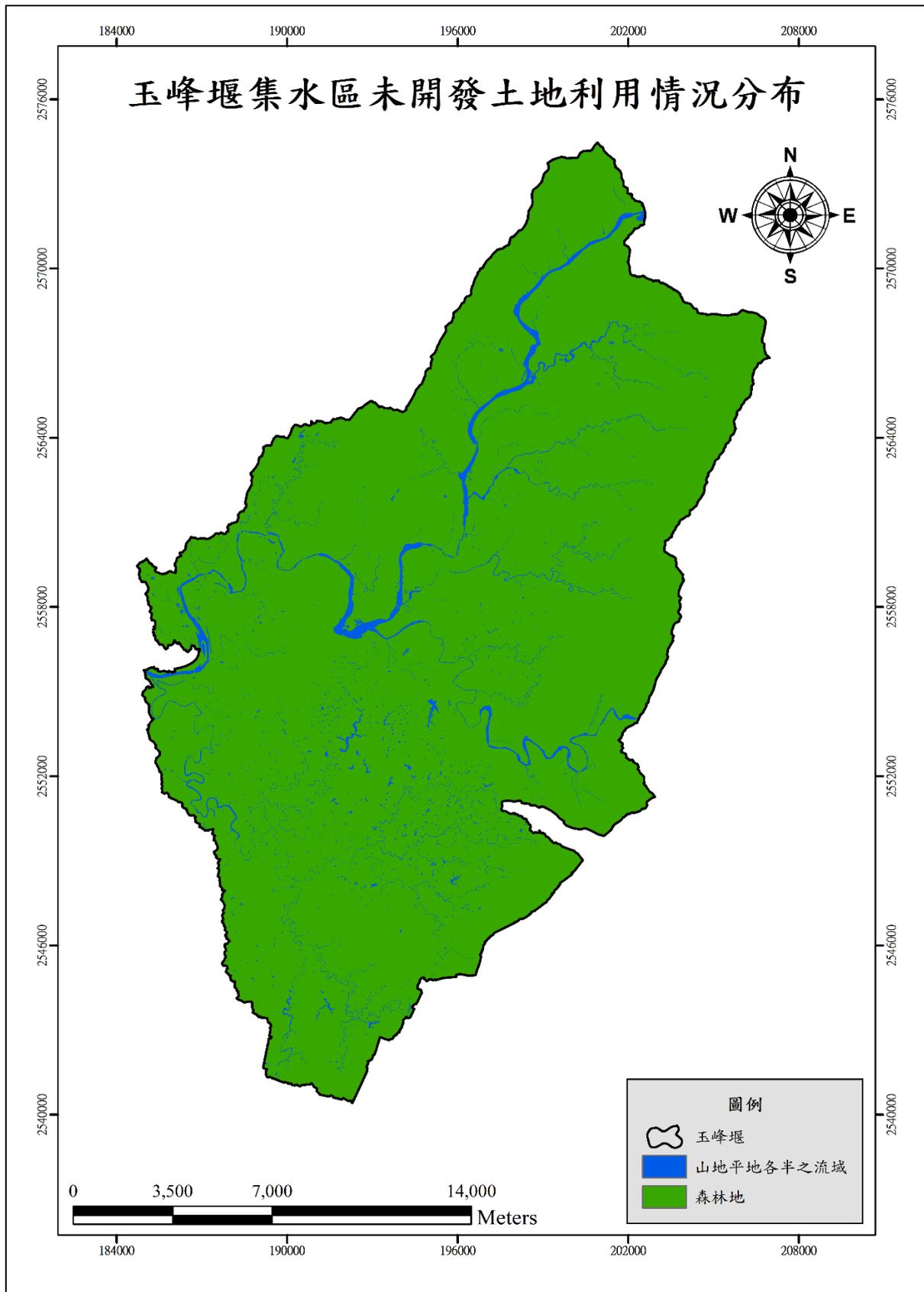
(二) 未開發土地利用分析

藉由地理資訊系統 ArcGIS 分析土地利用情況分布，使用內政部國土測繪中心國土調查之圖資，將台南玉峰堰集水區以 ArcGIS 整合每個網格上的土地利用，對應水土保持技術規範的土地利用分類(表 1-6)，僅保留水利用地外，其餘人為開發用地全部改為森林地，可得未開發土地利用情況分布(圖 1-9)，再將未開發土地利用情況分類對應公路排水設計規範之逕流係數 C 值(查表 1-6)，分別估算三個子集水區邊界內「完全無人為開發」土地利用情況面積與逕流係數 C 值之乘積，如表 1-7、表 1-8、表 1-9。

表 1-6、完全無人為開發土地利用與對應逕之流係數 C 值表

原始土地利用分別及編號		水土保持技術規範或公路排水設計規範		
編號	土地利用	土地情況	C 值	分類
010101 至 010104	稻作、旱作、果樹、廢耕地	森林地	0.50	2
010200	水產養殖	森林地	0.50	2
010301 至 010302	畜禽舍、牧場	森林地	0.50	2
010401 至 010304	農業附帶設施	森林地	0.50	2
02010 至 020304	森林	森林地	0.50	2
030100 至 030403	交通用地	森林地	0.50	2
040101 至 040700	水利土地	山地平地各半之流域	0.63	1
050101 至 050404	建築用地	森林地	0.50	2
060100 至 060600	公共用地	森林地	0.50	2
070101 至 070103	遊憩用地之一	森林地	0.50	2
070201	遊憩用地之公園綠地	森林地	0.50	2
070202 至 070203	遊樂場所、體育場	森林地	0.50	2
080101 至 080302	礦業使用土地	森林地	0.50	2
090100	軍事用地	森林地	0.50	2
090200	濕地	森林地	0.50	2
090300	草生地	森林地	0.50	2
090401 至 090404	裸露地	森林地	0.50	2
090500	灌木荒地	森林地	0.50	2
090600	災害地	森林地	0.50	2
090700	營建剩餘土方	森林地	0.50	2
090801	空置地	森林地	0.50	2

資料來源：1.內政部國土測繪中心 2.水土保持技術規範 3.公路排水設計規範



圖資來源：本報告製作

圖 1-9、玉峰堰集水區完全無人為開發土地利用情況分布圖

表 1-7、玉峰堰集水區第一邊界點(最上游)未開發之逕流係數與面積估算表

土地情況	C 值	面積(A, km ²)	C×A
山地平地各半之流域	0.63	3.5	2.2
森林地	0.50	103.5	51.8
累計		107.0	54.0

資料來源：本報告製作

表 1-8、玉峰堰集水區第二邊界點(中間點)未開發之逕流係數與面積估算表

土地情況	C 值	面積(A, km ²)	C×A
山地平地各半之流域	0.63	9.2	5.8
森林地	0.50	253.5	126.8
累計		204.4	103.1

資料來源：本報告製作

表 1-9、玉峰堰集水區第三邊界點(最下游)未開發之逕流係數與面積估算表

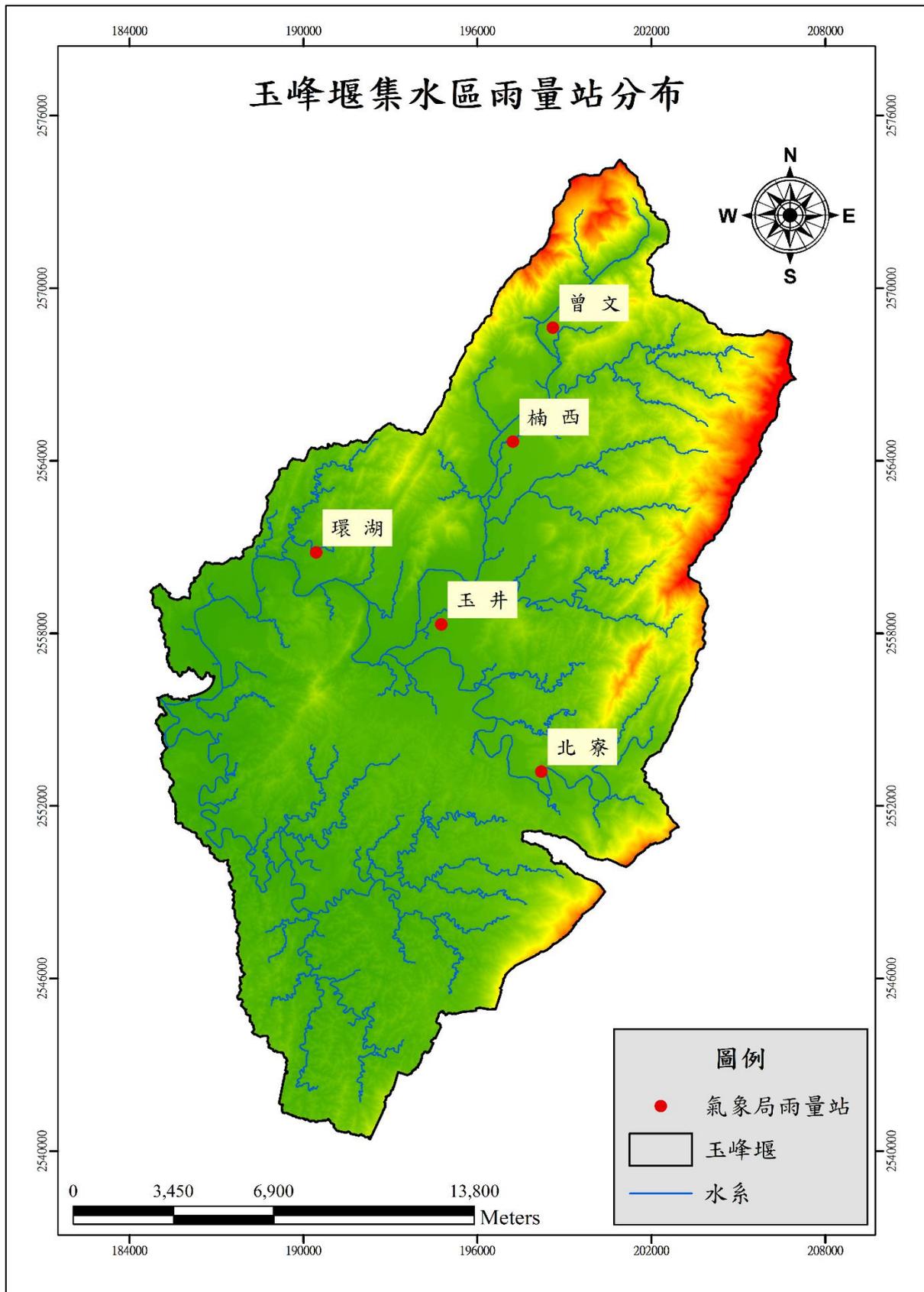
土地情況	C 值	面積(A, km ²)	C×A
山地平地各半之流域	0.63	3.5	2.2
森林地	0.50	103.5	51.8
累計		262.7	132.5

資料來源：本報告製作

四、玉峰堰集水區平均降雨量與洪峰流量估算

(一) 玉峰堰集水區平均降雨量

使用 ArcGIS 技術套疊氣象局雨量站圖資，選取三個邊界點內最相關之五個代表雨量站的雨量資料(如圖 1-10)，分別為曾文(年平均降雨量為 3944.0 mm)、玉井(年平均降雨量為 3368.4 mm)、楠西(年平均降雨量為 3206.3 mm)、北寮(年平均降雨量為 3965.5 mm)、環湖(年平均降雨量為 3095.3 mm)，估算 2005 年至 2008 年五個代表雨量站的年平均降雨量為 3515.9(mm)，並利用水土保持技術規範公式：



圖資來源：本報告製作

圖 1-10、玉峰堰集水區代表雨量站分布圖

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t+B)^C} \dots\dots\dots(1)$$

$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29+0.094P} \right)^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$A = \left(\frac{P}{-189.96+0.31P} \right)^2 \dots\dots\dots(3)$$

$$B = 55 \dots\dots\dots(4)$$

$$C = \left(\frac{P}{-381.71+1.45P} \right)^2 \dots\dots\dots(5)$$

$$G = \left(\frac{P}{42.89+1.33P} \right)^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$H = \left(\frac{P}{-65.33+1.836P} \right)^2 \dots\dots\dots(7)$$

式中， T ：重現期距(年)

t ：降雨延時或集流時間(分)

I_t^T ：重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(公釐/小時)

I_{60}^{25} ：重現期距 25 年，降雨延時 60 分鐘之降雨強度

P ：年平均降雨量(公釐)

A 、 B 、 C 、 G 、 H ：係數

求得玉峰堰集水區 2005-2008 年重現期距 100 年降雨延時 60 分鐘之降雨強度為 123.8(mm/hr)詳如表 1-10。

表 1-10、玉峰堰集水區 2005-2008 年平均降雨量與重現期距 100 年降雨延時 60 分鐘之降雨量估算表

曾文、玉井、楠西、北寮、環湖		2005 年 ~ 2008 年	
平均降雨量 $P(mm)$	3515.9	$I_{60}^{25}(mm/hr)$	97.7
係數 A	15.3	係數 B	55
係數 C	0.556	係數 G	0.555
係數 H	0.303	$I_t^T(mm/hr)$	123.8

資料來源：本報告製作

(二) 玉峰堰集水區洪峰流量

使用合理化公式估算玉峰堰集水區的地表逕流量，分別估算三個子集水區未開發前洪峰流量與現階段之洪峰流量，第一邊界點集水區現階段洪峰流量較未開發前增加 125.5cms，第二邊界點集水區現階段洪峰流量較未開發前增加 260.3cms，第三邊界點集水區現階段洪峰流量較未開發前增加 351.5cms，詳如表 1-11。

表 1-11、玉峰堰集水區降雨延時 60 分鐘 100 年頻率之洪峰流量估算表

	第一邊界點	第二邊界點	第三邊界點
未開發前洪峰流量(cms)	1856.0	3544.9	4558.1
現階段之洪峰流量(cms)	1981.5	3805.2	4909.6
差異值(cms)	125.5	260.3	351.5

資料來源：本報告製作

五、玉峰堰集水區在降雨延時 60 分鐘 100 年頻率時之通洪斷面檢核

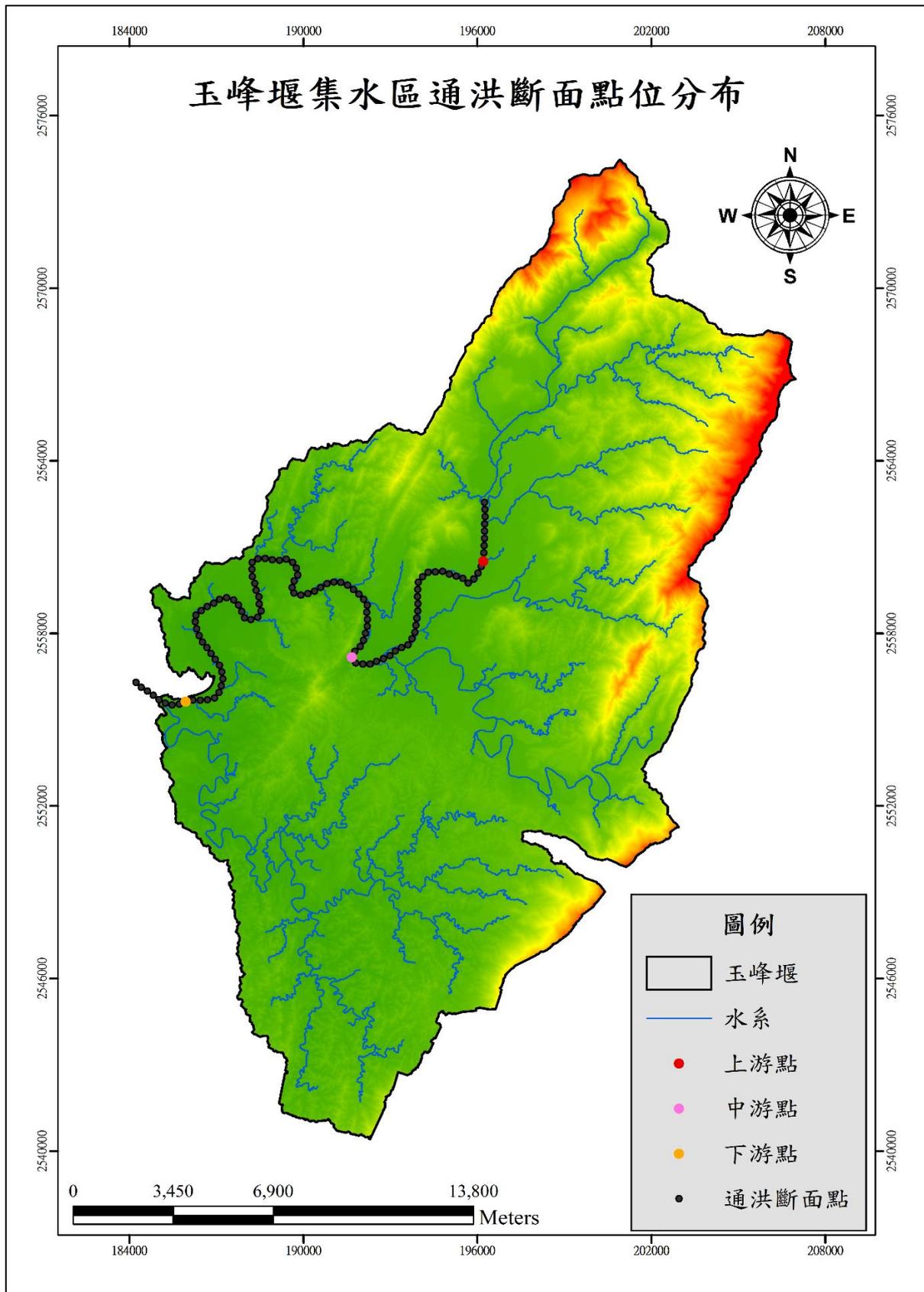
(一) 玉峰堰集水區通洪斷面與流量計算

使用 ArcGIS 技術以福衛影像圖繪製數化河川圖，將河川最上(下)游繪製超過最上(下)游點位，並針對數化河川圖，以每 250m 為一個區段，將河川區分為 114 個斷面，包含上、中、下游共 117 個斷面，如圖 1-11，再以橫斷面的寬度為「底部寬度」，深度對應表 1-12，並暫訂設計渠道為梯型渠道，兩邊斜坡比率為 30 度斜坡，計算出通洪斷面積 A；假設流量是依距離比例逐漸增加，使用 ArcGIS 技術量測出斷面間距離，計算各斷面的流量，詳如表 1-15。

表 1-12、底部寬度與深度對應表

底部寬度(m)	深度(m)
<100	2
100-150	2.2
150-200	2.5
200-250	2.8
>250	3

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 1-11、玉峰堰集水區通洪斷面點位分布圖

(二) 玉峰堰集水區通洪斷面檢核

使用通洪斷面積 A 與流量 Q 得以計算出各斷面之流速 V1，並比對水土保持技術規範：坡地排水設計規範中最大安全流速的最大值混凝土 6.1m/s，如表 1-13，因此將 V1 大於 6.1m/s 者視為需要分洪的斷面，並採用流速 V2=6.1m/s 計算最大安全流量即可得知分洪量，使用底部寬度、深度、P(濕周)、R(水力半徑)推算出 n 值，詳如表 1-15。

表 1-13、最大安全流速 V 表(水土保持技術規範：坡地排水設計規範)

土質	V (m/sec)	土質	V (m/sec)
純細砂	0.23-0.30	平常礫土	1.23-1.52
不緻密之細砂	0.30-0.46	全面密草生	1.50-2.50
粗石及細砂土	0.46-0.61	粗礫、石礫及砂礫	1.52-1.83
平常砂土	0.61-0.76	礫岩、硬土層、軟質水成岩	1.83-2.44
砂質壤土	0.76-0.84	硬岩	3.05-4.57
堅壤土及粘質壤土	0.91-1.14	混凝土	4.57-6.10

資料來源：水土保持技術規範

表 1-14、不同內面工之曼寧粗糙係數(n)表(水土保持技術規範：坡地排水設計規範 196 條)

溝內物質		n 值範圍	平均值
無 內 面 工 者	粘土質溝身整齊者	0.016-0.022	0.020
	砂壤、粘壤土溝身整齊者	---	0.020
	稀疏草生	0.035-0.045	0.040
	全面密草生	0.040-0.060	0.050
	雜有直徑1-3 公分小石	---	0.022
	雜有直徑2-6 公分小石	---	0.025
	平滑均勻岩質	0.030-0.035	0.033
	不平滑岩質	0.035-0.045	0.040
有 內 面 工 者	漿砌磚	0.012-0.017	0.014
	漿砌石	0.017-0.030	0.020
	乾砌石	0.025-0.035	0.033
	有規則土底且兩岸砌石	---	0.025
	不規則土底且兩岸砌石	0.023-0.035	0.030
	純水泥漿平滑者	0.010-0.014	0.012
	礫石底兩岸混凝土	0.015-0.025	0.020

資料來源：水土保持技術規範

表 1-15、玉峰堰集水區在 100 年頻率 60 分鐘降雨延時之通洪斷面檢核表

編號	D	Q	A(m ²)	V1 (m/s)	通過與否	V2 (m/s)	S (坡度)	P(濕周)	R	n
1	-	1432.0	1089.6	1.3	Pass	1.3	-	-	-	-
2	250	1493.0	685.6	2.2	Pass	2.2	0.016	251.2	2.7	0.113
3	250	1554.1	909.6	1.7	Pass	1.7	0.001	310.0	2.9	0.038
4	250	1615.1	1191.6	1.4	Pass	1.4	0.0128	404.0	2.9	0.172
5	250	1676.2	618.4	2.7	Pass	2.7	0.001	227.2	2.7	0.023
6	250	1737.3	445.8	3.9	Pass	3.9	0.012	184.0	2.4	0.051
7	250	1798.3	304.9	5.9	Pass	5.9	0.0068	157.0	1.9	0.022
8	250	1859.4	307.6	6.0	Pass	6.0	0.001	144.8	2.1	0.009
9	250	1920.4	495.8	3.9	Pass	3.9	0.0064	204.0	2.4	0.037
上游	50	1981.5	587.6	3.4	Pass	3.4	0.001	216.2	2.7	0.018
10	200	2030.3	430.8	4.7	Pass	4.7	0.001	178.0	2.4	0.012
11	250	2091.4	316.4	6.6	需分洪 161.5 cms	6.1	0.0108	148.8	2.1	0.026
12	250	2152.5	587.6	3.7	Pass	3.7	0.001	216.2	2.7	0.017
13	250	2213.5	270.2	8.2	需分洪 565.4 cms	6.1	0.001	127.8	2.1	0.006
14	250	2274.6	237.2	9.6	需分洪 827.8 cms	6.1	0.0756	112.8	2.1	0.047
15	250	2335.6	403.3	5.8	Pass	5.8	0.001	167.0	2.4	0.010
16	250	2396.7	285.6	8.4	需分洪 654.6 cms	6.1	0.001	134.8	2.1	0.006
17	250	2457.8	265.8	9.2	需分洪 836.5 cms	6.1	0.0208	125.8	2.1	0.026
18	250	2518.8	425.8	5.9	Pass	5.9	0.001	176.0	2.4	0.010
19	250	2579.9	643.6	4.0	Pass	4.0	0.0196	236.2	2.7	0.068
20	250	2640.9	468.3	5.6	Pass	5.6	0.0032	193.0	2.4	0.018
21	250	2702.0	587.6	4.6	Pass	4.6	0.0016	216.2	2.7	0.017
22	250	2763.1	410.8	6.7	需分洪 257.0 cms	6.1	0.001	170.0	2.4	0.008
23	250	2824.1	388.3	7.3	需分洪 455.3 cms	6.1	0.0436	161.0	2.4	0.052
24	250	2885.2	393.3	7.3	需分洪 485.9 cms	6.1	0.0096	163.0	2.4	0.024

編號	D	Q	A (m ²)	V1 (m/s)	通過與否	V2 (m/s)	S (坡度)	P(濕周)	R	n
25	250	2946.2	292.2	10.1	需分洪 1163.9 cms	6.1	0.0044	137.8	2.1	0.011
26	250	3007.3	428.3	7.0	需分洪 394.5 cms	6.1	0.001	177.0	2.4	0.008
27	250	3068.3	463.3	6.6	需分洪 242.1 cms	6.1	0.0056	191.0	2.4	0.020
28	250	3129.4	493.3	6.3	需分洪 120.1 cms	6.1	0.0064	203.0	2.4	0.023
29	250	3190.5	470.8	6.8	需分洪 318.4 cms	6.1	0.001	194.0	2.4	0.008
30	250	3251.5	433.3	7.5	需分洪 608.2 cms	6.1	0.0168	179.0	2.4	0.031
31	250	3312.6	649.2	5.1	Pass	5.1	0.0084	238.2	2.7	0.035
32	250	3373.6	852.6	4.0	Pass	4.0	0.001	291.0	2.9	0.016
33	250	3434.7	1128.6	3.0	Pass	3.0	0.001	383.0	2.9	0.021
34	250	3495.8	1098.6	3.2	Pass	3.2	0.001	373.0	2.9	0.020
35	250	3556.8	1080.6	3.3	Pass	3.3	0.0108	367.0	2.9	0.065
36	250	3617.9	780.6	4.6	Pass	4.6	0.0136	267.0	2.9	0.051
37	250	3678.9	158.9	23.1	需分洪 2709.5 cms	6.1	0.001	84.0	1.9	0.002
38	250	3740.0	180.9	20.7	需分洪 2636.3 cms	6.1	0.0296	95.0	1.9	0.013
39	250	3801.0	254.8	14.9	需分洪 2246.9 cms	6.1	0.0452	120.8	2.1	0.023
中游	17	3805.2	290.0	13.1	需分洪 2036.3 cms	6.1	0.017647	136.8	2.1	0.017
40	233	3820.6	146.9	26.0	需分洪 2924.3 cms	6.1	0.001	78.0	1.9	0.002
41	250	3837.1	259.2	14.8	需分洪 2256.0 cms	6.1	0.001	122.8	2.1	0.004
42	250	3853.5	423.3	9.1	需分洪 1271.3 cms	6.1	0.001	175.0	2.4	0.006
43	250	3870.0	584.8	6.6	需分洪 302.9 cms	6.1	0.001	215.2	2.7	0.009
44	250	3886.5	188.9	20.6	需分洪 2734.1 cms	6.1	0.0236	99.0	1.9	0.011
45	250	3903.0	144.9	26.9	需分洪 3019.0 cms	6.1	0.0016	77.0	1.9	0.002
46	250	3919.5	241.6	16.2	需分洪 2445.8 cms	6.1	0.001	114.8	2.1	0.003
47	250	3936.0	243.8	16.1	需分洪 2448.9 cms	6.1	0.056	115.8	2.1	0.024
48	250	3952.5	254.8	15.5	需分洪 2398.3 cms	6.1	0.008	120.8	2.1	0.009
49	250	3969.0	232.8	17.1	需分洪 2549.0 cms	6.1	0.001	110.8	2.1	0.003

編號	D	Q	A (m ²)	V1 (m/s)	通過與否	V2 (m/s)	S (坡度)	P(濕周)	R	n
50	250	3985.5	263.6	15.1	需分洪 2377.6 cms	6.1	0.0376	124.8	2.1	0.021
51	250	4002.0	276.8	14.5	需分洪 2313.6 cms	6.1	0.0132	130.8	2.1	0.013
52	250	4018.4	285.6	14.1	需分洪 2276.4 cms	6.1	0.001	134.8	2.1	0.004
53	250	4034.9	294.4	13.7	需分洪 2239.2 cms	6.1	0.0068	138.8	2.1	0.010
54	250	4051.4	298.8	13.6	需分洪 2228.8 cms	6.1	0.01	140.8	2.1	0.012
55	250	4067.9	279.0	14.6	需分洪 2366.1 cms	6.1	0.0048	131.8	2.1	0.008
56	250	4084.4	327.4	12.5	需分洪 2087.4 cms	6.1	0.001	153.8	2.1	0.004
57	250	4100.9	296.6	13.8	需分洪 2291.7 cms	6.1	0.0176	139.8	2.1	0.016
58	250	4117.4	307.6	13.4	需分洪 2241.1 cms	6.1	0.0084	144.8	2.1	0.011
59	250	4133.9	287.8	14.4	需分洪 2378.4 cms	6.1	0.001	135.8	2.1	0.004
60	250	4150.4	241.6	17.2	需分洪 2676.7 cms	6.1	0.001	114.8	2.1	0.003
61	250	4166.8	265.8	15.7	需分洪 2545.6 cms	6.1	0.1072	125.8	2.1	0.034
62	250	4183.3	152.9	27.4	需分洪 3250.5 cms	6.1	0.0136	81.0	1.9	0.007
63	250	4199.8	150.9	27.8	需分洪 3279.2 cms	6.1	0.0124	80.0	1.9	0.006
64	250	4216.3	292.2	14.4	需分洪 2434.0 cms	6.1	0.001	137.8	2.1	0.004
65	250	4232.8	241.6	17.5	需分洪 2759.1 cms	6.1	0.0048	114.8	2.1	0.006
66	250	4249.3	393.3	10.8	需分洪 1850.0 cms	6.1	0.0036	163.0	2.4	0.010
67	250	4265.8	257.0	16.6	需分洪 2698.2 cms	6.1	0.001	121.8	2.1	0.003
68	250	4282.3	232.8	18.4	需分洪 2862.3 cms	6.1	0.0328	110.8	2.1	0.016
69	250	4298.8	292.2	14.7	需分洪 2516.4 cms	6.1	0.0028	137.8	2.1	0.006
70	250	4315.3	257.0	16.8	需分洪 2747.7 cms	6.1	0.001	121.8	2.1	0.003
71	250	4331.7	301.0	14.4	需分洪 2495.7 cms	6.1	0.0296	141.8	2.1	0.020
72	250	4348.2	290.0	15.0	需分洪 2579.3 cms	6.1	0.001	136.8	2.1	0.003
73	250	4364.7	202.9	21.5	需分洪 3126.9 cms	6.1	0.0252	106.0	1.9	0.011
74	250	4381.2	248.2	17.7	需分洪 2867.3 cms	6.1	0.0136	117.8	2.1	0.011

編號	D	Q	A (m ²)	V1 (m/s)	通過與否	V2 (m/s)	S (坡度)	P(濕周)	R	n
75	250	4397.7	228.4	19.3	需分洪 3004.6 cms	6.1	0.0032	108.8	2.1	0.005
76	250	4414.2	180.9	24.4	需分洪 3310.5 cms	6.1	0.001	95.0	1.9	0.002
77	250	4430.7	202.9	21.8	需分洪 3192.8 cms	6.1	0.0256	106.0	1.9	0.011
78	250	4447.2	188.9	23.5	需分洪 3294.7 cms	6.1	0.001	99.0	1.9	0.002
79	250	4463.7	180.9	24.7	需分洪 3360.0 cms	6.1	0.001	95.0	1.9	0.002
80	250	4480.1	393.3	11.4	需分洪 2080.9 cms	6.1	0.001	163.0	2.4	0.005
81	250	4496.6	274.6	16.4	需分洪 2821.7 cms	6.1	0.1016	129.8	2.1	0.032
82	250	4513.1	410.8	11.0	需分洪 2007.1 cms	6.1	0.0268	170.0	2.4	0.027
83	250	4529.6	272.4	16.6	需分洪 2868.1 cms	6.1	0.001	128.8	2.1	0.003
84	250	4546.1	281.2	16.2	需分洪 2830.9 cms	6.1	0.008	132.8	2.1	0.009
85	250	4562.6	270.2	16.9	需分洪 2914.5 cms	6.1	0.001	127.8	2.1	0.003
86	250	4579.1	263.6	17.4	需分洪 2971.2 cms	6.1	0.001	124.8	2.1	0.003
87	250	4595.6	309.8	14.8	需分洪 2705.9 cms	6.1	0.0084	145.8	2.1	0.010
88	250	4612.1	443.3	10.4	需分洪 1907.8 cms	6.1	0.0016	183.0	2.4	0.007
89	250	4628.6	395.8	11.7	需分洪 2214.0 cms	6.1	0.001	164.0	2.4	0.005
90	250	4645.0	265.8	17.5	需分洪 3023.8 cms	6.1	0.026	125.8	2.1	0.015
91	250	4661.5	190.9	24.4	需分洪 3496.9 cms	6.1	0.001	100.0	1.9	0.002
92	250	4678.0	184.9	25.3	需分洪 3550.0 cms	6.1	0.0128	97.0	1.9	0.007
93	250	4694.5	263.6	17.8	需分洪 3086.7 cms	6.1	0.0216	124.8	2.1	0.014
94	250	4711.0	252.6	18.7	需分洪 3170.2 cms	6.1	0.001	119.8	2.1	0.003
95	250	4727.5	318.6	14.8	需分洪 2784.1 cms	6.1	0.001	149.8	2.1	0.004
96	250	4744.0	290.0	16.4	需分洪 2975.1 cms	6.1	0.012	136.8	2.1	0.011
97	250	4760.5	174.9	27.2	需分洪 3693.4 cms	6.1	0.001	92.0	1.9	0.002
98	250	4777.0	196.9	24.3	需分洪 3575.7 cms	6.1	0.0256	103.0	1.9	0.010
99	250	4793.4	270.2	17.7	需分洪 3145.3 cms	6.1	0.001	127.8	2.1	0.003

編號	D	Q	A (m ²)	V1 (m/s)	通過與否	V2 (m/s)	S (坡度)	P(濕周)	R	n
100	250	4809.9	259.2	18.6	需分洪 3228.9 cms	6.1	0.001	122.8	2.1	0.003
101	250	4826.4	168.9	28.6	需分洪 3796.0 cms	6.1	0.0044	89.0	1.9	0.004
102	250	4842.9	252.6	19.2	需分洪 3302.2 cms	6.1	0.0028	119.8	2.1	0.005
103	250	4859.4	150.9	32.2	需分洪 3938.7 cms	6.1	0.001	80.0	1.9	0.001
104	250	4875.9	228.4	21.3	需分洪 3482.8 cms	6.1	0.001	108.8	2.1	0.002
105	250	4892.4	200.9	24.3	需分洪 3666.7 cms	6.1	0.0028	105.0	1.9	0.003
106	250	4908.9	174.9	28.1	需分洪 3841.8 cms	6.1	0.0016	92.0	1.9	0.002
下游	11	4909.6	166.9	29.4	需分洪 3891.3 cms	6.1	0.001	88.0	1.9	0.002
107	239	4925.4	241.6	20.4	需分洪 3451.7 cms	6.1	0.001	114.8	2.1	0.003
108	250	4941.9	230.6	21.4	需分洪 3535.3 cms	6.1	0.001	109.8	2.1	0.002
109	250	4958.3	334.0	14.8	需分洪 2921.0 cms	6.1	0.0024	156.8	2.1	0.005
110	250	4974.8	276.8	18.0	需分洪 3286.5 cms	6.1	0.001	130.8	2.1	0.003
111	250	4991.3	180.9	27.6	需分洪 3887.7 cms	6.1	0.001	95.0	1.9	0.002
112	250	5007.8	252.6	19.8	需分洪 3467.1 cms	6.1	0.001	119.8	2.1	0.003
113	250	5024.3	312.0	16.1	需分洪 3121.2 cms	6.1	0.001	146.8	2.1	0.003
114	250	5040.8	164.9	30.6	需分洪 4034.7 cms	6.1	0.001	87.0	1.9	0.002

備註：V1 是經由 $Q=VA$ 換算的概估流速，V2 則是 V1 比對最大安全流速表後的採用流速 我自己做完的感想：多數用混凝
 資料來源：本報告製作

第二章 玉峰堰集水區崩塌潛勢分析

本作業研究區域為玉峰堰，位於臺南市山上區，曾文溪與支流菜寮溪合流口下游，由嘉南農田水利會管理，採用 4 座充氣式橡皮壩，溢洪道採自由溢流式；本集水區總面積為 390.5km^2 ，崩塌事件以 2009 年莫拉克颱風在此集水區造成的崩塌為例，發生之崩塌總面積為 6.5km^2 ，共計 988 處崩塌，並以 ArcGIS 製作水文模組，使用門檻值 50000 的水系。本研究選定高程、坡度、坡向、土地利用、地質、距離河川及累積降雨之七個因子作為頻率比法(Frequency Ratio,FR)及不安定指數法建構崩塌潛勢評估模式之參數，並估算其正確率及錯誤率。

一、崩塌潛勢各因子估算

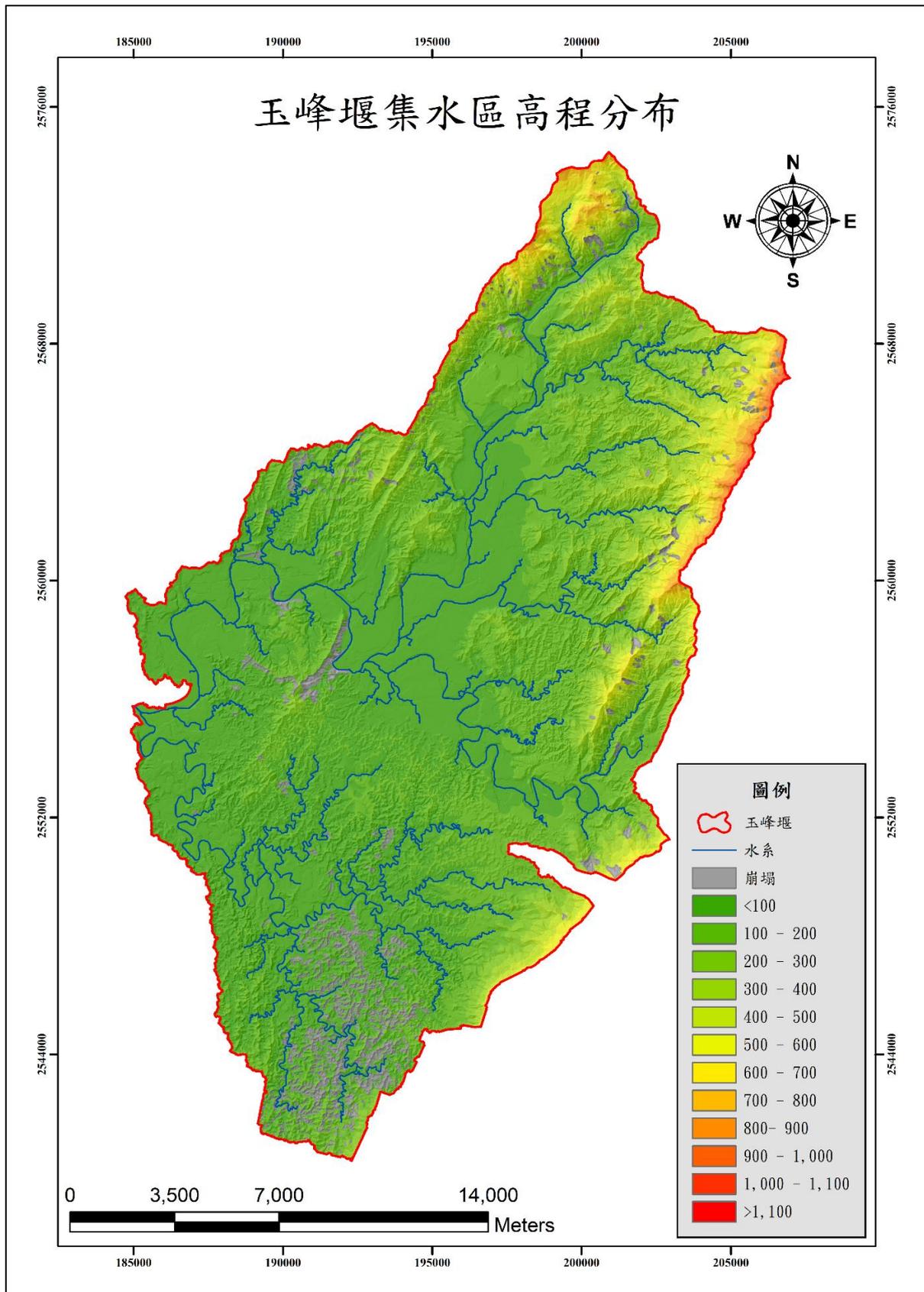
(一) 高程因子分析

本集水區高程介於 6.5 m 至 1123.3 m 之間，平均高程為 163.5 m，面積以高程最低點至 300 m 之間為最，佔總面積之 85.0%；崩塌總面積為 6.5 km^2 ，以高程小於 100 m 及 400 m 至 500 m 之間為最，其崩塌率 2.0%，高程大於 1000 m 無崩塌，各高程分區崩塌如下表 2-1 和圖 2-1 所示。

表 2-1、玉峰堰集水區高程分布資料表

高程區間(m)	面積(km^2)	佔總面積(%)	崩塌面積(km^2)	崩塌率(%)
< 100	182.0	46.6	3.70	2.0
100~200	109.4	28.0	1.52	1.4
200~300	40.4	10.4	0.35	0.9
300~400	23.7	6.1	0.40	1.7
400~500	14.3	3.7	0.28	2.0
500~600	9.2	2.4	0.18	1.9
600~700	5.9	1.5	0.07	1.2
700~800	3.0	0.8	0.02	0.7
800~900	1.5	0.4	0.02	1.3
900~1000	0.8	0.2	0.01	0.8
1000~1100	0.2	0.1	-	-
> 1100	0.0	0.0	-	-

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-1、玉峰堰集水區高程分布圖

(二) 坡度因子分析

本集水區坡度介於 0 度至 81.7 度之間，平均坡度為 18.6 度，全集水區主要的坡度為 40 度以下，佔總面積之 93.3%；崩塌總面積為 6.5 km^2 ，以坡度 40 度以上為最，其崩塌率 16.5%，各坡度分區統計分布如下表 2-2 和圖 2-2 所示。

表 2-2、玉峰堰集水區坡度分布資料表

坡度區間(度)	面積(km^2)	佔總面積(%)	崩塌面積(km^2)	崩塌率(%)
< 10	131.1	33.6	0.46	0.3
10~20	73.4	18.8	0.62	0.8
20~30	98.5	25.2	1.50	1.5
30~40	61.2	15.7	2.39	3.9
40~50	21.5	5.5	1.32	6.1
50~60	4.3	1.1	0.22	5.1
> 60	0.5	0.1	0.03	5.3

資料來源：本報告製作

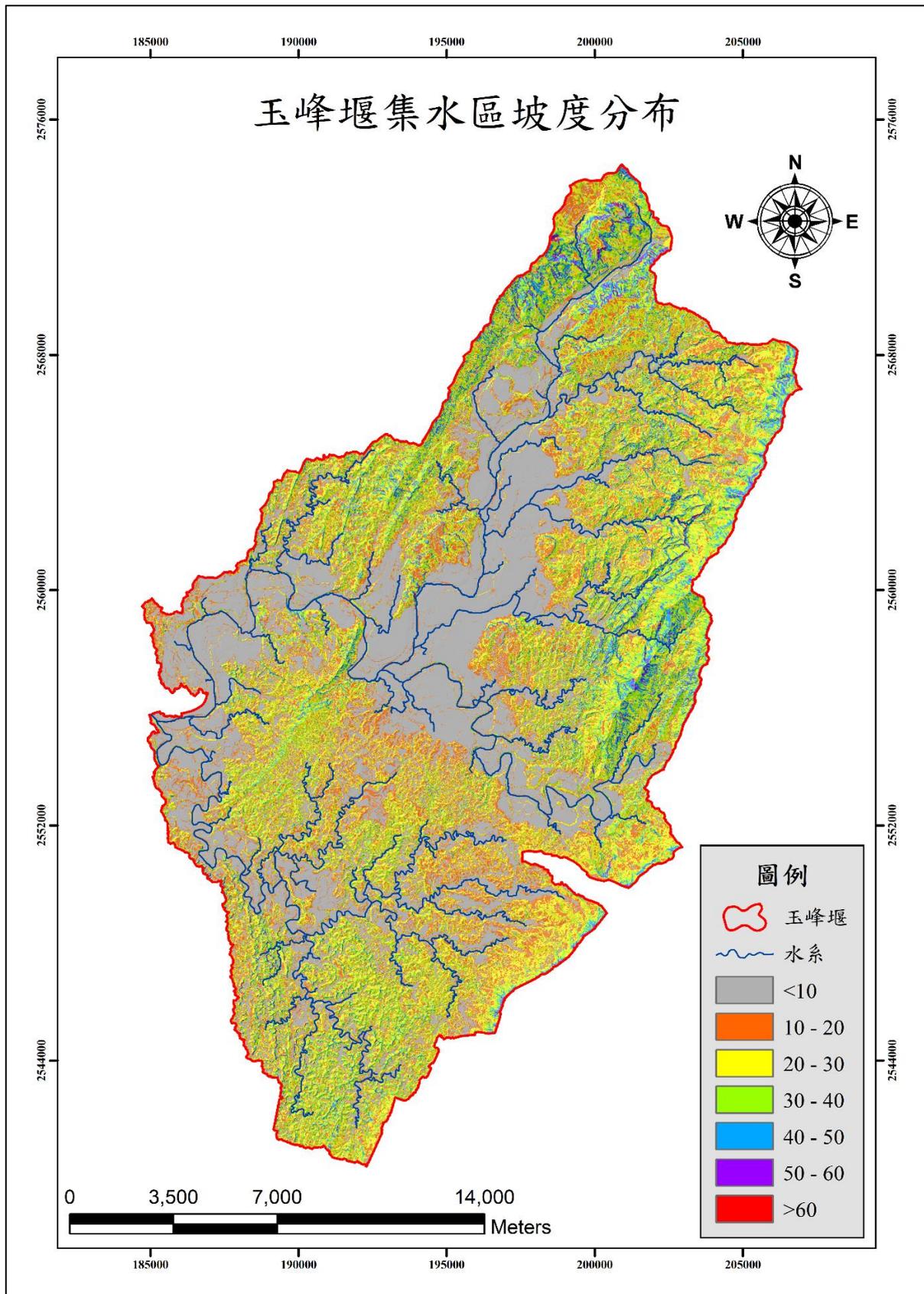
(三) 坡向因子分析

本集水區坡向分布均勻，除平坦坡向外，其餘各坡向佔總面積約介於 9.4%(東北向坡)至 15.8%(西向坡)之間；各坡向之崩塌率也很均勻，除平坦坡向外，其餘各坡向崩塌率約介於 1.0%(西向、西北向坡)至 2.8%(東南向坡)之間，各坡向分區統計分布如下表 2-3 和圖 2-3 所示。

表 2-3、玉峰堰集水區坡向分布資料表

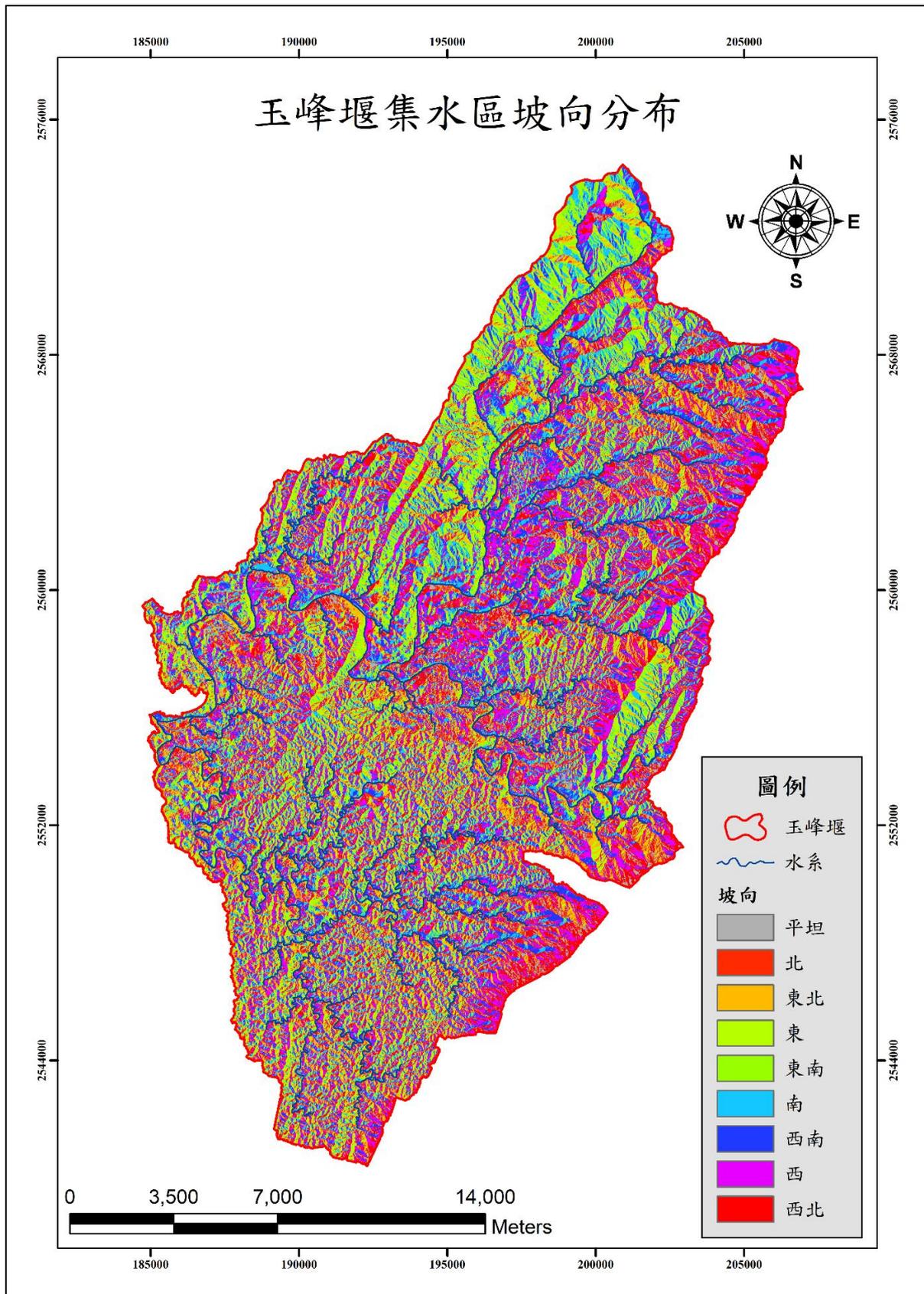
坡向分區	面積(km^2)	佔總面積(%)	崩塌面積(km^2)	崩塌率(%)
平坦	4.2	1.1	0.04	0.9
北	44.8	11.5	0.53	1.2
東北	36.9	9.4	0.64	1.7
東	39.5	10.1	0.99	2.5
東南	46.4	11.9	1.29	2.8
南	47.6	12.2	1.12	2.3
西南	52.1	13.3	0.75	1.4
西	61.7	15.8	0.62	1.0
西北	57.2	14.7	0.56	1.0

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-2、玉峰堰集水區坡度分布圖



圖資來源：本報告製作

圖 2-3、玉峰堰集水區坡向分布圖

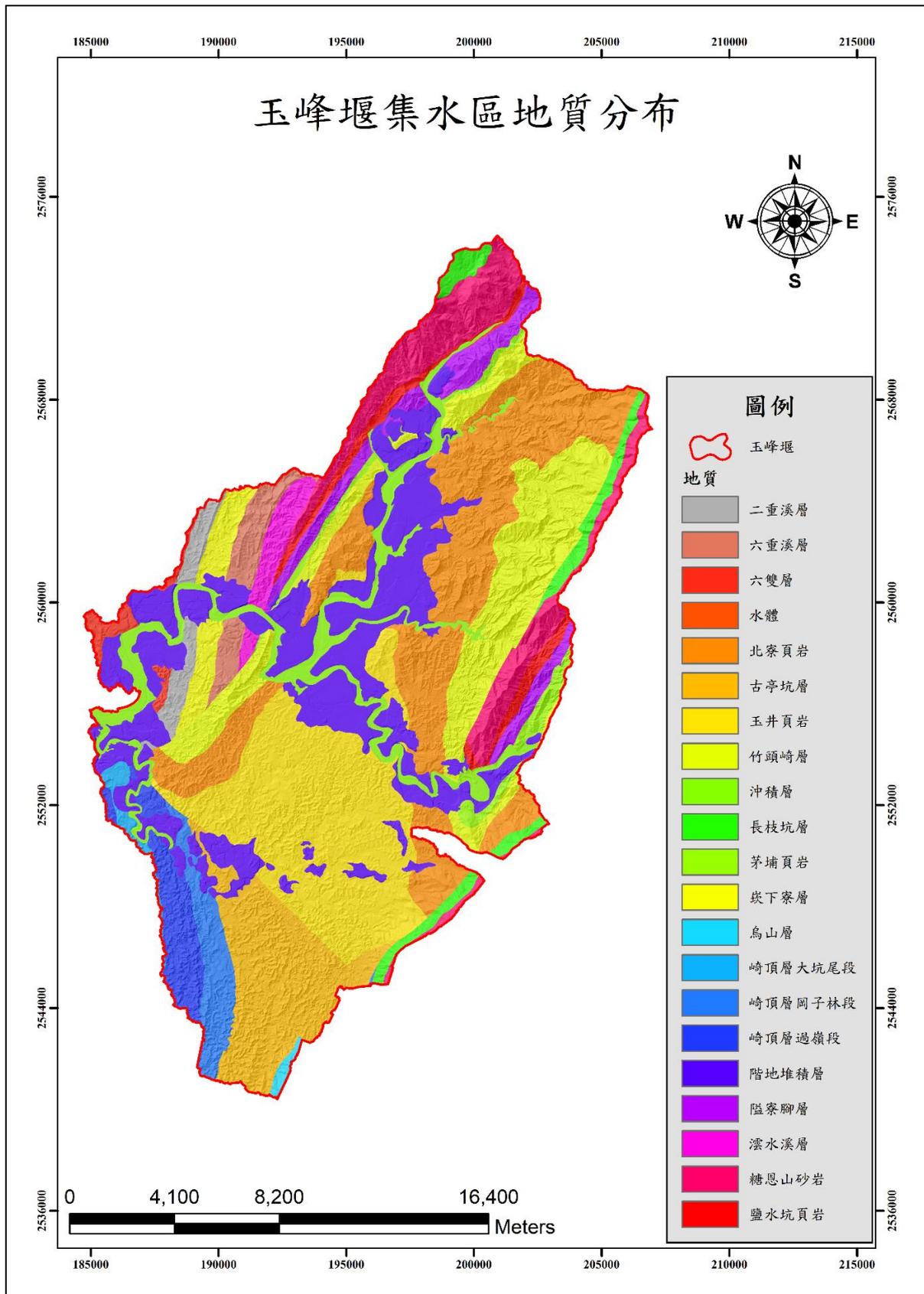
(四) 地質因子分析

本集水區地層共分成 21 種，以階地堆積層(岩性為砂、粉砂、泥及礫石)佔 17.1%、北寮頁岩(岩性為泥岩)佔 16.7%、玉井頁岩(岩性為泥岩夾砂岩)佔 14.3%及竹頭崎層(岩性為泥質砂岩、泥質砂岩與頁岩互層)佔 10.9%為主要地層；但崩塌分布在古亭坑層(岩性為砂岩)，其崩塌率為 11.0 為最，各地質分區統計分布如下表 2-4 和圖 2-4 所示。

表 2-4、玉峰堰集水區地質分布資料表

地質名稱	岩性名稱	面積 (km^2)	佔總 面積 (%)	崩塌 面積 (km^2)	崩塌率 (%)
二重溪層	砂質頁岩、粉砂岩及薄層粗砂岩 夾薄層礫岩	5.3	1.4	0.10	1.9
六重溪層	粉砂岩夾頁岩、砂質頁岩，或與 泥質砂岩互層	7.6	1.9	0.12	1.5
六雙層	粉砂岩、砂岩與頁岩互層	3.0	0.8	-	-
水體	水體	0.0	0.0	-	-
北寮頁岩	泥岩	65.4	16.7	0.34	0.5
古亭坑層	砂岩	29.0	7.4	3.18	11.0
玉井頁岩	泥岩夾砂岩	56.0	14.3	0.33	0.6
竹頭崎層	泥質砂岩、泥質砂岩與頁岩互層	42.6	10.9	0.87	2.0
沖積層	礫石、砂、粉砂及黏土	20.7	5.3	0.11	0.6
長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	9.0	2.3	0.18	2.0
茅埔頁岩	頁岩夾薄層砂岩	6.3	1.6	0.03	0.4
崁下寮層	泥岩及砂質頁岩	7.4	1.9	0.28	3.8
烏山層	砂岩及頁岩	0.9	0.2	0.01	1.0
崎頂層大坑尾段	砂岩夾頁岩	2.1	0.5	-	-
崎頂層岡子林段	泥岩夾砂岩	9.4	2.4	0.24	2.5
崎頂層過嶺段	砂岩及頁岩互層	9.9	2.5	0.01	0.1
階地堆積層	砂、粉砂、泥及礫石	66.6	17.1	0.03	0.0
隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	11.5	2.9	0.05	0.4
灑水溪層	泥岩及砂岩互層	5.4	1.4	0.05	0.9
糖恩山砂岩	厚層塊狀砂岩和泥質砂岩	25.5	6.5	0.54	2.1
鹽水坑頁岩	塊狀頁岩，偶夾薄層粉砂岩	6.7	1.7	0.07	1.1

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-4、玉峰堰集水區地質分布圖

(五) 土地利用因子分析

本研究將集水區土地利用分為農業用地、森林用地、人為開發用地、水利用地和裸露地及荒地等五類，農業用地及森林用地為大宗，各佔集水區總面積之 42.7%及 44.3%，人為開發用地則為第三，佔集水區總面積 5.8%；若以崩塌分布而言，分布在裸露地及荒地為最，裸露地及荒地之崩塌率為 29.1%，其次為水利用地，水利用地之崩塌率為 1.3%，各土地利用分區統計分布如下表 2-5 和圖 2-5 所示。

表 2-5、玉峰堰集水區土地利用分布資料表

分類	面積(km ²)	佔總面積(%)	崩塌面積(km ²)	崩塌率(%)
農業	166.6	42.7	0.30	0.2
森林	172.9	44.3	1.44	0.8
人為	22.6	5.8	0.05	0.2
水利	12.6	3.2	0.16	1.3
裸露地及荒地	15.8	4.0	4.58	29.1

資料來源：本報告製作

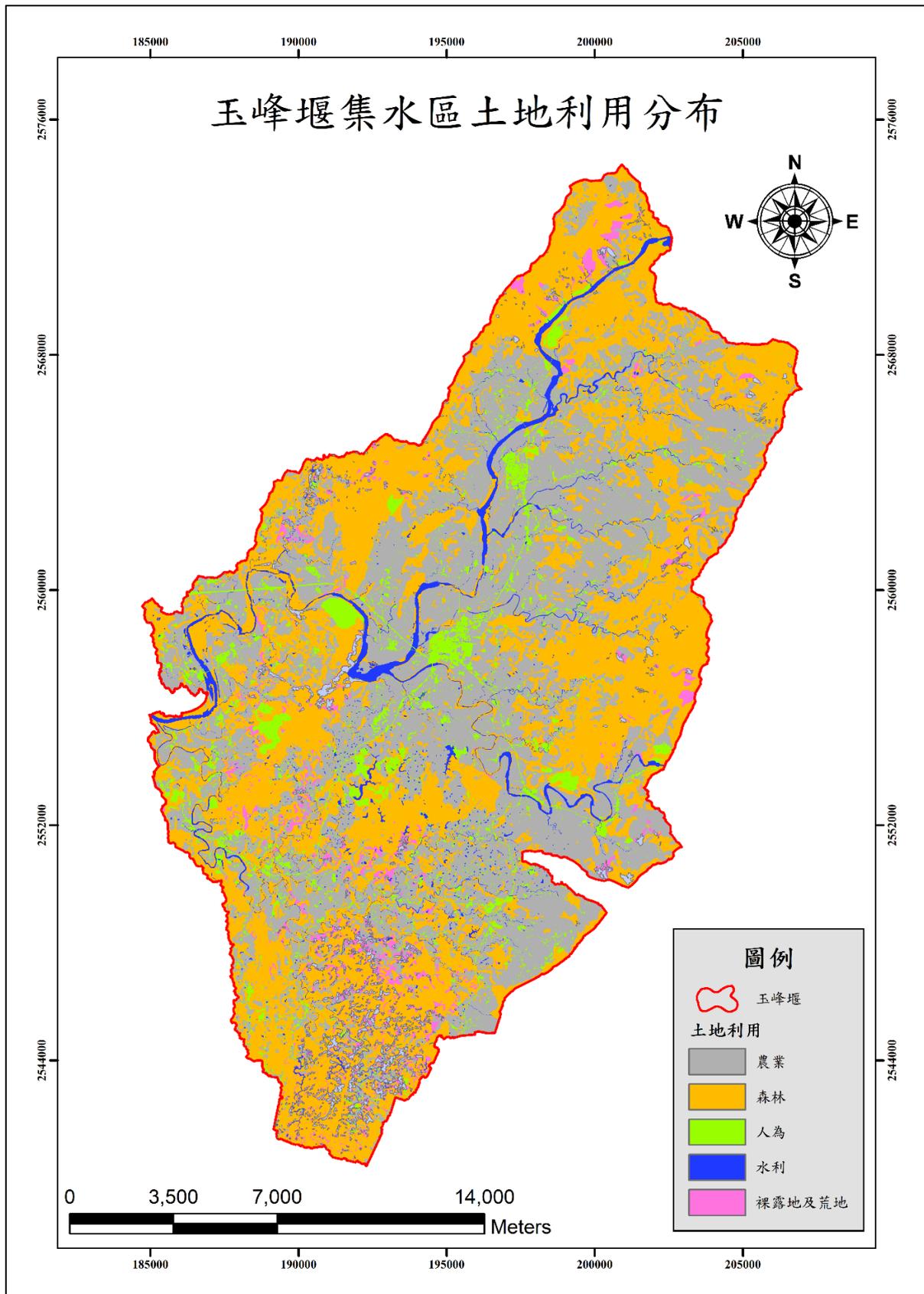
(六) 距離河川因子分析

本集水區使用鄰域分析將距離河川小於等於 500 m、500 m 至 1000 m 及大於 1000 m 分為三個區間，面積以距離河川小於等於 500 m 為最，佔總面積之 64.8%；崩塌總面積為 6.5 km²，以 500 m 至 1000 m 及大於 1000 m 為最，其崩塌率 2.0%，各距離河川分區統計分布如下表 2-6 和圖 2-6 所示。

表 2-6、玉峰堰集水區距離河川分布資料表

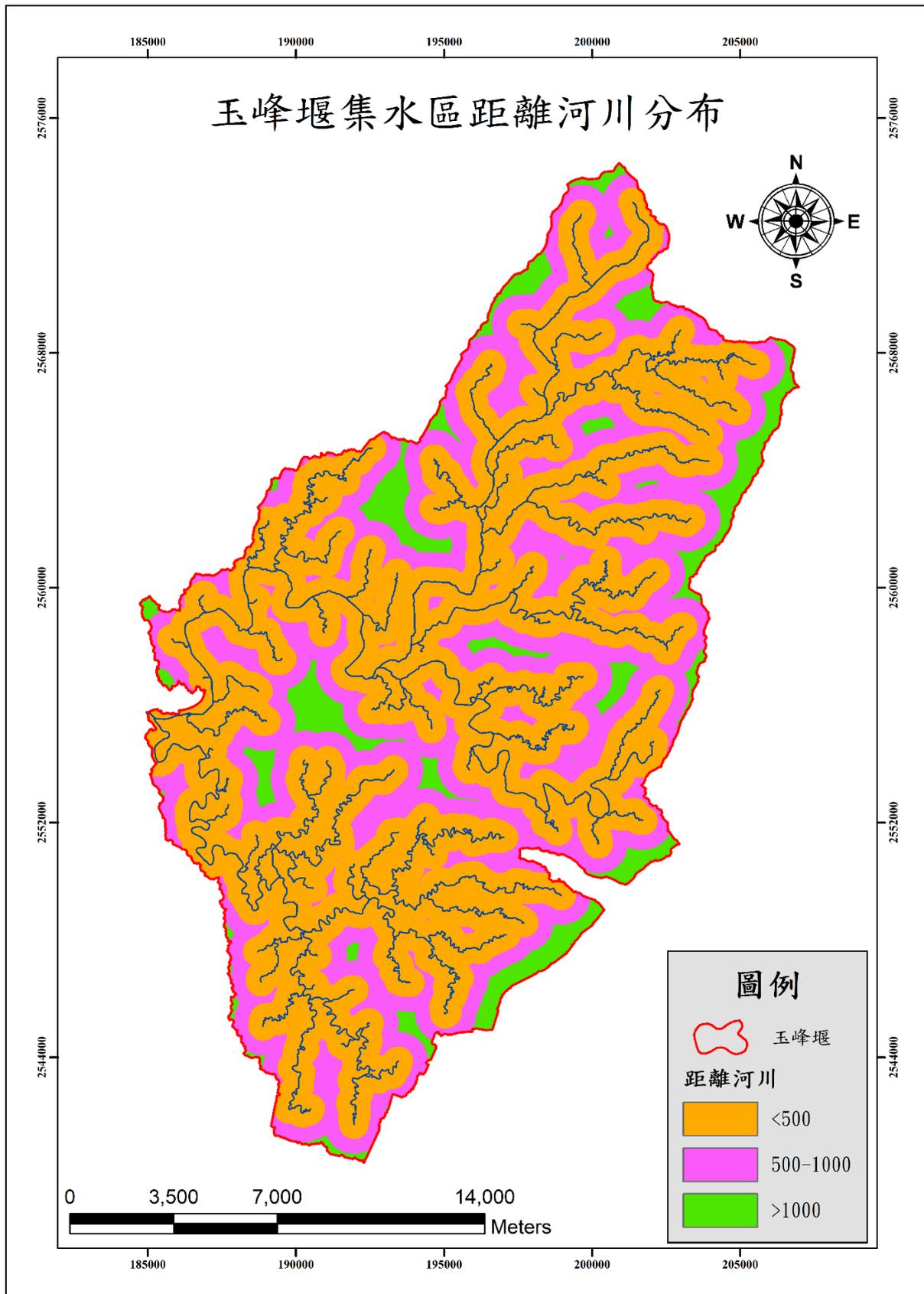
距離河川(m)	面積(km ²)	佔總面積(%)	崩塌面積(km ²)	崩塌率(%)
≤ 500	253.0	64.8	3.79	1.5
500~1000	108.5	27.8	2.18	2.0
> 1000	29.0	7.4	0.57	2.0

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-5、玉峰堰集水區土地利用分布圖



圖資來源：本報告製作

圖 2-6、玉峰堰集水區距離河川分布圖

(七) 降雨因子分析

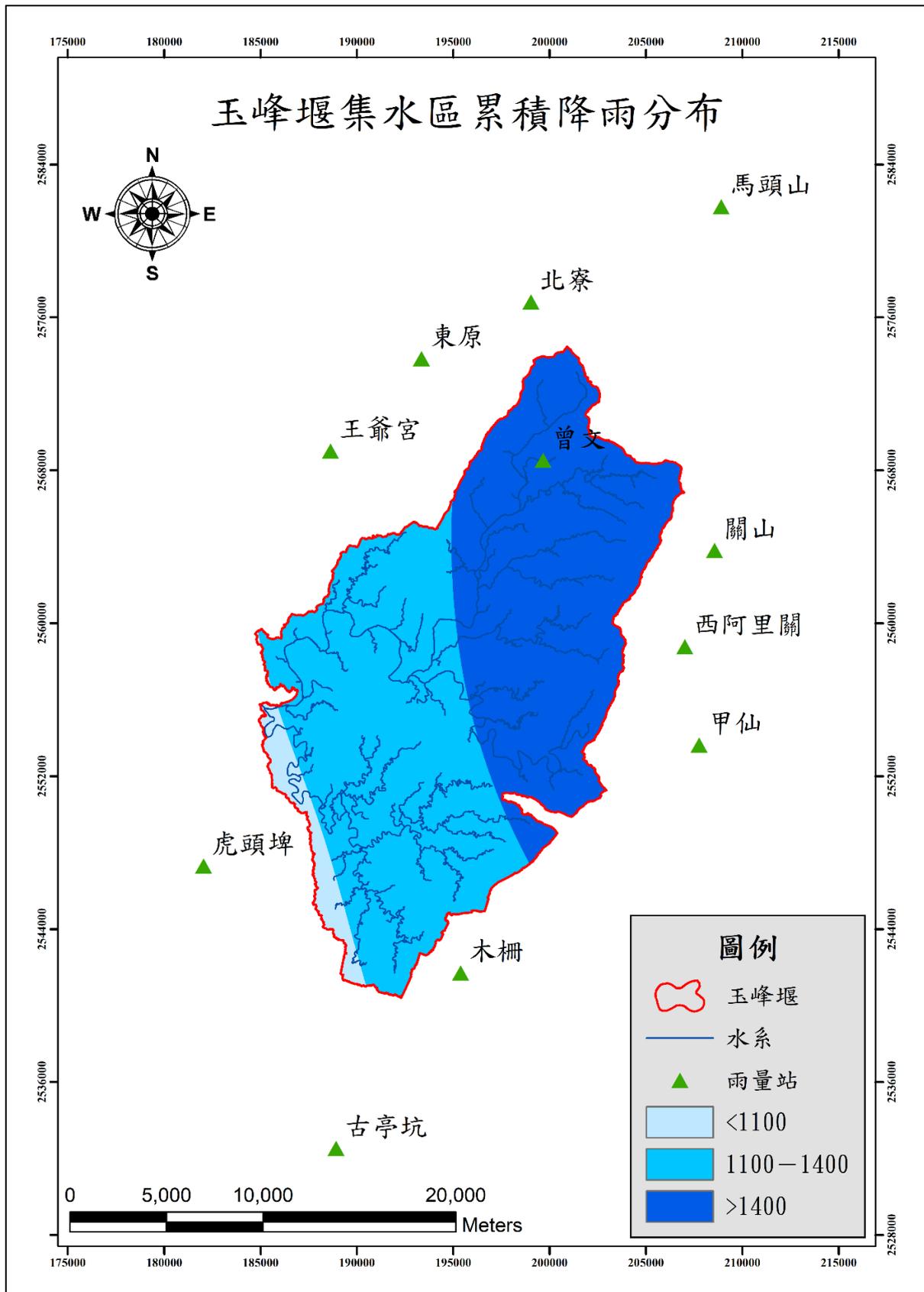
本集水區累積降雨量採用水利處雨量站資料，選用玉峰堰集水區內外共 11 個測站，包含關山測站(最東)、虎頭埤測站(最西)、古亭坑測站(最南)、馬頭山測站(最北)等等，利用克利金法模擬 2009 年莫拉克颱風影響天數之累積降雨量資料，選用 2009 年 08 月 05 日 21:00 至 2009 年 08 月 10 日 06:00 的累積雨量資料，將累積雨量資料分為小於 1100 mm、1100 mm 至 1400 mm 及大於 1400 mm 三個區間進行分析。

本集水區累積降雨介於 1057.4 mm 至 1695.7 mm，平均累積降雨量為 1378.4 mm，其中累積降雨以大於 1100 mm 為主要分布，約占總面積之 98.5%；崩塌以 1100 mm 至 1400 mm 最為嚴重，崩塌率為 2.7%，各累積降雨分區統計分布如下表 2-7 和圖 2-7 所示。

表 2-7、玉峰堰集水區累積降雨分布資料表

累積降雨(mm)	面積(km ²)	佔總面積(%)	崩塌面積(km ²)	崩塌率(%)
< 1100	16.3	4.2	0.09	0.6
1100~1400	191.0	48.9	5.07	2.7
> 1400	183.2	46.9	1.37	0.7

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-7、玉峰堰集水區累積降雨分布圖

二、崩塌潛勢評估模式建構—頻率比法(FR)

(一) 頻率比法

以頻率比(frequency ratio, FR)建構崩塌潛勢模式想法首見於 Lee and Talib (2005), 因其估算方式則為特定分級內崩塌面積佔總崩塌面積之比除以特定分級面積佔總面積之比。以頻率比(frequency ratio)建構崩塌潛勢模式方式之基本理論在於認定「崩塌發生乃由崩塌相關因子所決定, 未來好發崩塌位置也在於過往好發崩塌位置」。以頻率比建構崩塌潛勢模式之方法則為估算每一網格之崩塌潛勢指數(landslide susceptibility index, LSI), 崩塌潛勢指數估算法如(1)式所示。

$$LSI = FR_1 + FR_2 + FR_3 + \dots + FR_n \quad (1)$$

FR_n 值代表該網格在第 N 個崩塌相關因子之頻率比。當 FR 大於 1 時代表該因子對崩塌產生是具有高相關性, 當 FR 小於 1 時代表該因子對崩塌產生是具有低相關性。過往研究將 LSI 值分布值域區分為 4 類(Shahabi et al., 2014)或 5 類(Yilmaz, 2009), 本研究為進行模式表現比較, 因此也利用等間隔分區法將 LSI 值分布值域區分為 4 類, 包含高崩塌潛勢區域、中高崩塌潛勢區域、中崩塌潛勢區域及低崩塌潛勢區域。

Ref :

1. Lee, S., Talib, J.A., 2005, "Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis," *Environmental Geology*, Vol. 47, 982–990.
2. Shahabi, H., Khezri, S., Ahmad, B.B., and Hashim, M., 2014, "Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models," *CATENA*, Vol. 115, 55-70.
3. Yilmaz, I., 2009, "Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Katlandslides(Tokat—Turkey)" *Computers & Geosciences*, Vol. 35, 1125-1138.

(二) 頻率比法各因子

在高程因子分布區間中，最大頻率比值為小於 100 m 區間之 1.21，最小值為大於 1000 m 區間之 0.00；坡度因子分布區間中，最大頻率比值為介於 40 度至 50 度區間之 3.67，最小值為小於 10 度區間之 21；坡向因子分布區間中，最大頻率比值為東南坡向之 1.66，最小值為平坦坡向之 0.52；地層因子分布區間中，最大頻率比值為古亭坑層之 6.55，最小值為六雙層、水體、崎頂層大坑尾段之 0.00；土地利用因子分布區間中，最大頻率比值為裸露地及荒地之 17.38，最小值為農業用地之 0.11；距離河川因子分布區間中，最大頻率比值為距離河川 500 m 至 1000 m 區間之 1.20，最小值為距離河川小於 500 m 區間之 0.89；降雨因子分布區間中，最大頻率比值為 1100 m 至 1400 m 區間之 1.59，最小值為小於 1100 m 區間之 0.33。

頻率比法係數值在全部分類中，最大值為土地利用因子之裸露地及荒地，其頻率比值為 17.38，而最小值則為高程因子之大於 1000 m 區間及地層因子之六雙層、水體、崎頂層大坑尾段，其頻率比值為 0.00。各因子分布區間頻率比值詳見表 2-8 和圖 2-8 所示。

表 2-8、玉峰堰集水區頻率比法估算過程說明表

分區	面積(km ²)	崩塌面積(km ²)	分子	分母	FR
高程因子(單位：公尺)					
< 100	182.0	3.7	56.6	46.6	1.21
100~200	109.4	1.5	23.2	28.0	0.83
200~300	40.4	0.3	5.3	10.4	0.52
300~400	23.7	0.4	6.1	6.1	1.00
400~500	14.3	0.3	4.3	3.7	1.18
500~600	9.2	0.2	2.7	2.4	1.15
600~700	5.9	0.1	1.1	1.5	0.71
700~800	3.0	0.0	0.3	0.8	0.43
800~900	1.5	0.0	0.3	0.4	0.79
900~1000	0.8	0.0	0.1	0.2	0.45
1000~1100	0.2	-	-	0.1	0.00
> 1100	0.0	-	-	0.0	0.00
坡度因子(單位：度)					
< 10	131.1	0.5	7.0	33.6	0.21
10~20	73.4	0.6	9.4	18.8	0.50
20~30	98.5	1.5	23.0	25.2	0.91
30~40	61.2	2.4	36.6	15.7	2.34
40~50	21.5	1.3	20.2	5.5	3.67
50~60	4.3	0.2	3.3	1.1	3.05
> 60	0.5	0.0	0.4	0.1	3.17
坡向因子(無單位)					
平坦	4.2	0.0	0.6	1.1	0.52
北	44.8	0.5	8.1	11.5	0.71
東北	36.9	0.6	9.8	9.4	1.03
東	39.5	1.0	15.2	10.1	1.50
東南	46.4	1.3	19.7	11.9	1.66
南	47.6	1.1	17.1	12.2	1.40
西南	52.1	0.8	11.5	13.3	0.86
西	61.7	0.6	9.5	15.8	0.60
西北	57.2	0.6	8.5	14.7	0.58
地層因子(無單位)					
二重溪層	1.4	0.1	1.5	0.3	4.34
六重溪層	1.9	0.1	1.8	0.5	3.57
六雙層	0.8	-	-	0.2	0.00

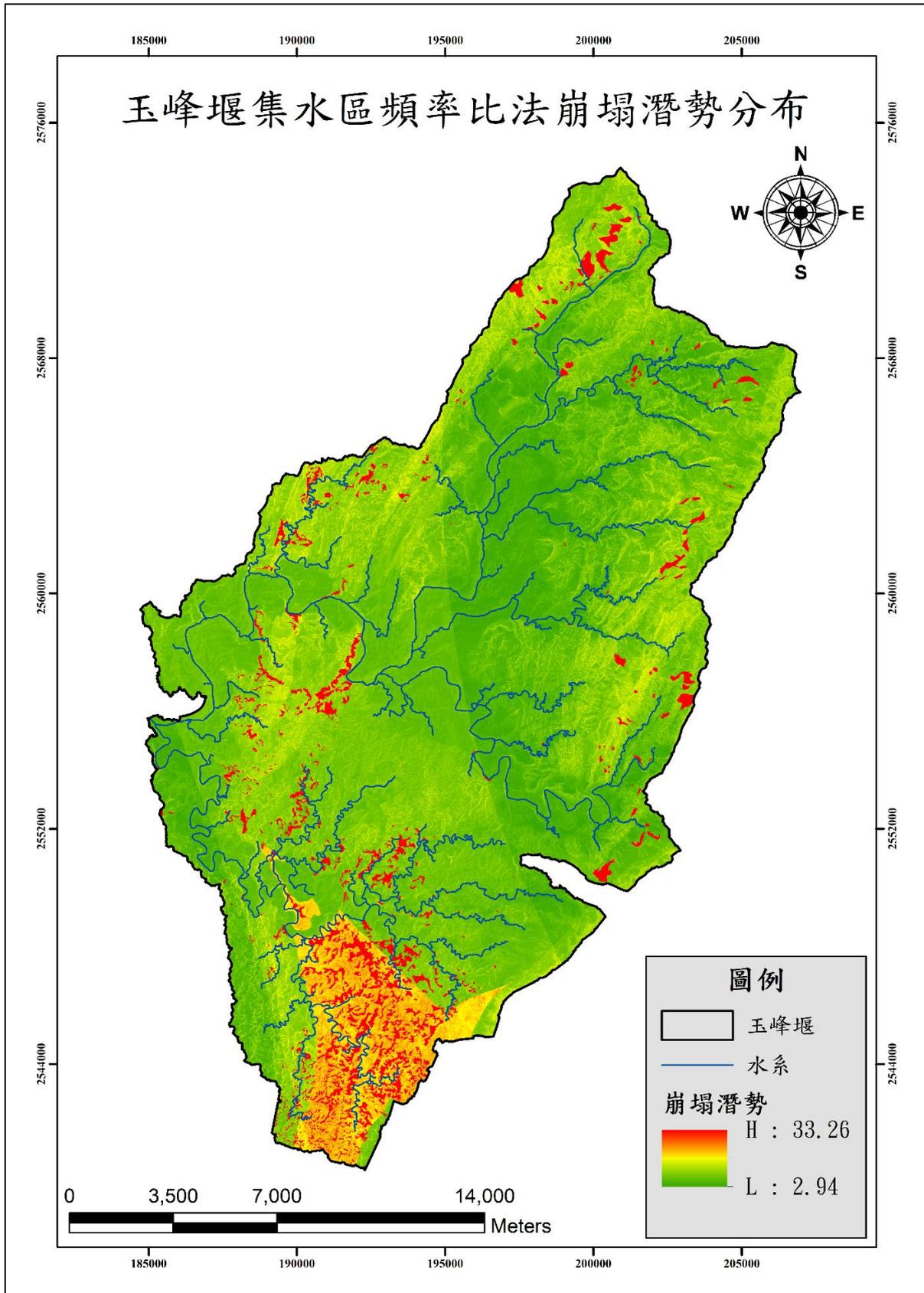
分區	面積(km ²)	崩塌面積(km ²)	分子	分母	FR
水體	0.0	-	-	0.0	0.00
北寮頁岩	16.7	0.3	5.1	4.3	1.20
古亭坑層	7.4	3.2	48.7	1.9	25.59
玉井頁岩	14.3	0.3	5.1	3.7	1.39
竹頭崎層	10.9	0.9	13.3	2.8	4.77
沖積層	5.3	0.1	1.7	1.4	1.28
長枝坑層	2.3	0.2	2.8	0.6	4.65
茅埔頁岩	1.6	0.0	0.4	0.4	1.04
崁下寮層	1.9	0.3	4.4	0.5	8.92
烏山層	0.2	0.0	0.1	0.1	2.23
崎頂層大坑尾段	0.5	-	-	0.1	0.00
崎頂層岡子林段	2.4	0.2	3.6	0.6	5.83
崎頂層過嶺段	2.5	0.0	0.1	0.7	0.21
階地堆積層	17.1	0.0	0.4	4.4	0.09
隘寮腳層	2.9	0.0	0.7	0.8	0.94
湮水溪層	1.4	0.0	0.7	0.4	2.01
糖恩山砂岩	6.5	0.5	8.3	1.7	4.96
鹽水坑頁岩	1.7	0.1	1.1	0.4	2.61
土地利用因子(無單位)					
農業	166.6	0.3	4.5	42.7	0.11
森林	172.9	1.4	22.0	44.3	0.50
人為	22.6	0.1	0.8	5.8	0.14
水利	12.6	0.2	2.4	3.2	0.75
裸露地及荒地	15.8	4.6	70.2	4.0	17.38
距離河川因子(單位：公尺)					
≤ 500	253.0	3.8	58.0	64.8	0.89
500~1000	108.5	2.2	33.3	27.8	1.20
> 1000	29.0	0.6	8.7	7.4	1.17
降雨因子(單位：毫米)					
< 1100	16.3	0.1	1.4	4.2	0.33
1100~1400	191.0	5.1	77.7	48.9	1.59
> 1400	183.2	1.4	20.9	46.9	0.45

備註：

1.集水區總面積為 390.5km²，集水區崩塌總面積為 6.5km²。

2.分子為各分區崩塌面積除以集水區崩塌總面積，乘上 100。分母為各分區面積除以集水區總面積，乘上 100。

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-8、玉峰堰集水區頻率比法崩塌潛勢分布圖

本研究以等間隔分區(equal interval classification method)，利用正規化的方式，將值變成 0 到 1 之間，正規化公式=(全部網格-最小值)/(最大值-最小值)，再利用分區的概念將門檻值分為 0.25、0.50、0.75 及 1，將全域崩塌潛勢為四區，統計數據及崩塌潛勢分級情況如表 2-9 及圖 2-9 所示。這四區的統計數據而言，將全部種崩塌潛勢區分為「預測不會崩塌區域」(包含低及中崩塌潛勢區)及「預測會崩塌區域」(包含中高及高崩塌潛勢區)，本研究區域以頻率比法建構崩塌潛勢評估模式結果，位於預測會崩塌區域的面積約佔總面積之 4.0%，而預測不會崩塌區域的面積約佔總面積之 96.0%。

表 2-9、玉峰堰集水區以頻率比法建構之崩塌潛勢分級表

崩塌潛勢分級	面積(km ²)	百分比(%)
低崩塌潛勢	350.8	89.8
中崩塌潛勢	6.9	1.8
中高崩塌潛勢	26.4	6.8
高崩塌潛勢	6.5	1.7

資料來源：本報告製作

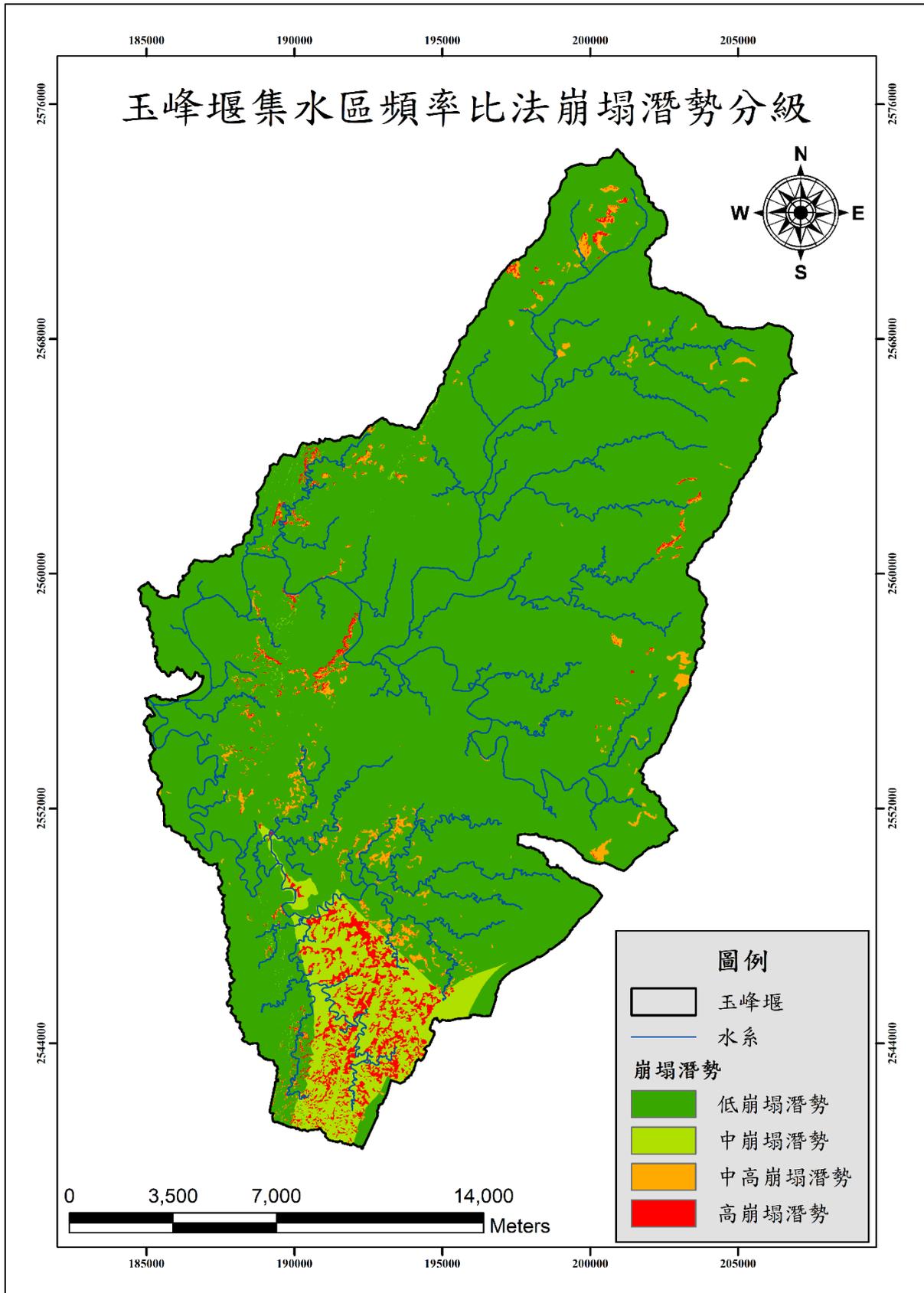
(三) 頻率比法結果

本集水區以頻率比法建構崩塌潛勢評估模式，得到平均值為 0.136，標準偏差值為 0.173，而在預估實際崩塌上(圖 2-10)，總正確率為 79.8%，總錯誤率為 20.2%，最終計算之數值及潛勢分級崩塌分布如表 2-10 所示。

表 2-10、玉峰堰集水區以頻率比法建構之崩塌潛勢數值表

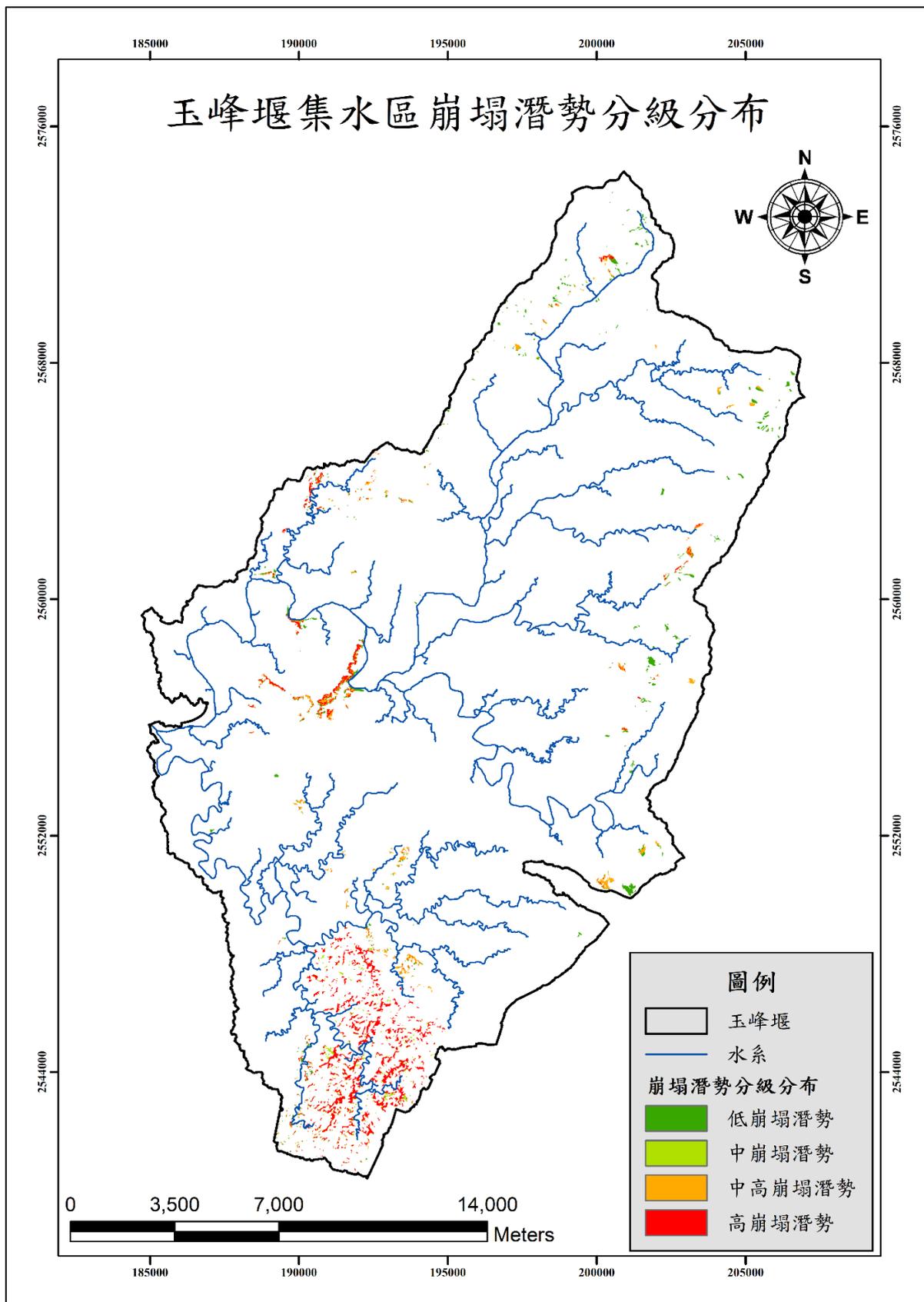
項目	數值	項目	數值
崩塌潛勢平均值	0.136	總正確率(%)	79.8
崩塌潛勢標準偏差值	0.173	預測崩塌錯誤率(%)	33.1
崩塌潛勢變異係數值	127.2	預測非崩塌錯誤率(%)	7.4
預測崩塌正確率(%)	66.9	總錯誤率(%)	20.2
預測非崩塌正確率(%)	92.6		

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-9、玉峰堰集水區頻率比法崩塌潛勢分級圖



圖資來源：本報告製作

圖 2-10、玉峰堰集水區實際崩塌潛勢分級分布圖

三、崩塌潛勢評估模式建構—不安定指數法

(一) 不安定指數法

不安定指數法的概念是以計量之觀點，在一個相對的關係下，提出一個不安定指數值(D)來描述該邊坡在整個區域的研究下，會發生邊坡破壞的風險度，值較高代表著會發生邊坡破壞的可能性較大，反之則較小；本研究採用不安定指數法進行分析，在各崩塌影響因子分級圖層建立完成後，將崩坍地位置與各影響因子分級圖層進行疊合分析，以量化各崩塌影響因子與崩坍地的關係，而整個分析步驟包括因子的分級、因子評分、因子彼此之間的權重、以及不安定指數值的疊加，方法詳述如下：

(1)各影響因子之崩塌網格密度 (G_i) 因子評分是以發生崩塌之密度做衡量的基準。崩塌密度值以之計算如下式：

$$G_i = \frac{G_1}{G_{total}} \quad (1)$$

式中： G_i 代表第 i 級崩塌網格密度， G_1 代表第 1 級崩塌網格數， G_{total} 代表第 i 級網格總數。

(2)崩塌百分比為比較不同因子間崩塌地分布的特性，將崩塌網格密度 G_i 依下式予以計算，並定義為崩塌百分比 S_i

$$S_i = \frac{G_i}{\sum G_i} \quad (2)$$

式中： S_i 代表第 i 級崩塌百分比， G_i 代表第 i 級崩塌網格密度， $\sum G_i$ 代表崩塌網格密度總和。

(3)計算不同影響因子之評分值求出各影響因子分級崩塌機率百分比後，再依下式進行正規化處理，將各分級之崩塌比對應至 1-10 之間，即可求得各因子分級評分值。

$$D = \frac{9(S_i - S_{min})}{(S_{max} - S_{min})} + 1 \quad (3)$$

式中： D 代表各類因子不安定指數評分值， S_i 代表各類因子之

崩塌機率百分比， S_{max} 代表各類因子之最大崩塌機率百分比， S_{min} 代表各類因子之最小崩塌機率百分比。

計算各指標權重值是用以描述所有因子組合後，各因子指數值之影響程度，權重之計算可分為下列兩個步驟：

- (1)各因子權重比較值利用影響因子分級所得的崩壞比的變異係數(V)，來代表因子分級發生崩壞機率的靈敏度，當變異係數較小時，各分級發生崩壞機率相近，表示此因子之分級方式無法將崩壞機率高或低的區域決定出來；相反的，若是變異係數較大時，則可以利用此因子的分級方式訂出因子分級對崩塌所造成的影響，故可以利用影響因子變異係數的計算來作為各因子權重的比較值。

$$V = \frac{\sigma}{X} \times 100\% \quad (4)$$

式中： V 代表變異係數， σ 代表標準偏差， X 代表平均值。

- (2)權重值的計算 利用各因子所計算出的變異係數，除以全部變異係數值之總和，即可得該因子之權重值，計算如下：

$$W_j = \frac{V_j}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n} \quad (5)$$

式中： W_j 代表第 j 個因子之權重值， V_j 代表第 j 個因子之變異係數。

崩塌潛感值計算是將各項指標配合不安定指數法計算，以求集水區之潛在崩塌狀況，崩塌潛感值基於計量方式，評估該坡地安定程度，其定義如下：

$$D_{total} = D_1^{W_1} \times D_2^{W_2} \times D_3^{W_3} \times \dots \times D_n^{W_n} \quad (6)$$

其中： D_{total} 代表為崩塌潛感值， D_1 、 D_2 、 \dots 、 D_n 代表各崩塌影響因子之評分值， W_1 、 W_2 、 \dots 、 W_n 代表各崩塌影響因子之權重值。

(二) 不安定指數法各因子

在因子評分中，最高分為最不安定之 10 分，最低分為最安定之 1 分；在高程因子分布區間中，最不安定為小於 100 m 區間，最安定為大於 1000 m 區間；坡度因子分布區間中，最不安定為介於 40 度至 50 度區間，最安定為小於 10 度區間；坡向因子分布區間中，最不安定為東南坡向，最安定為平坦坡向；地層因子分布區間中，最不安定為古亭坑層，最安定為六雙層、水體、崎頂層大坑尾段；土地利用因子分布區間中，最不安定為裸露地及荒地，最安定為農業用地；距離河川因子分布區間中，最不安定為距離河川 500 m 至 1000 m 區間，最安定為距離河川小於 500 m 區間；降雨因子分布區間中，最不安定為 1100 m 至 1400 m 區間，最安定為小於 1100 m 區間。各因子分布區間頻率比值詳見表 2-11 和圖 2-11 所示。

表 2-11、玉峰堰集水區以不安定指數法建構之估算過程說明表

分區	面積 (km^2)	崩塌面積 (km^2)	崩塌率 (%)	崩塌 密度	Si (百分比)	因子 評分
高程因子(單位：公尺)						
< 100	182.0	3.70	2.0	0.0203	14.69	10.00
100~200	109.4	1.52	1.4	0.0139	10.03	7.14
200~300	40.4	0.35	0.9	0.0086	6.25	4.83
300~400	23.7	0.40	1.7	0.0167	12.06	8.39
400~500	14.3	0.28	2.0	0.0198	14.32	9.77
500~600	9.2	0.18	1.9	0.0192	13.89	9.51
600~700	5.9	0.07	1.2	0.0118	8.54	6.23
700~800	3.0	0.02	0.7	0.0072	5.19	4.18
800~900	1.5	0.02	1.3	0.0132	9.55	6.85
900~1000	0.8	0.01	0.8	0.0076	5.50	4.37
1000~1100	0.2	-	-	-	0.00	1.00
> 1100	0.0	-	-	-	0.00	1.00
total	390.5	6.53		0.1382		
坡度因子(單位：度)						
< 10	131.1	0.46	0.3	0.0035	1.50	1.00

分區	面積 (km ²)	崩塌面積 (km ²)	崩塌率 (%)	崩塌 密度	Si (百分比)	因子 評分
10~20	73.4	0.62	0.8	0.0084	3.63	1.76
20~30	98.5	1.50	1.5	0.0152	6.58	2.83
30~40	61.2	2.39	3.9	0.0391	16.86	6.53
40~50	21.5	1.32	6.1	0.0614	26.51	10.00
50~60	4.3	0.22	5.1	0.0511	22.04	8.39
> 60	0.5	0.03	5.3	0.0531	22.89	8.70
total	390.5	6.53		0.2318		
坡向因子(無單位)						
平坦	4.2	0.04	0.9	0.0088	5.91	1.00
北	44.8	0.53	1.2	0.0119	7.99	2.46
東北	36.9	0.64	1.7	0.0173	11.64	5.04
東	39.5	0.99	2.5	0.0252	16.95	8.78
東南	46.4	1.29	2.8	0.0277	18.67	10.00
南	47.6	1.12	2.3	0.0234	15.79	7.97
西南	52.1	0.75	1.4	0.0144	9.71	3.68
西	61.7	0.62	1.0	0.0101	6.79	1.62
西北	57.2	0.56	1.0	0.0097	6.55	1.45
total	390.5	6.53		0.1485		
地層因子(無單位)						
二重溪層	5.3	0.10	1.9	0.0186	5.74	2.53
六重溪層	7.6	0.12	1.5	0.0153	4.72	2.26
六雙層	3.0	-	-	-	0.00	1.00
水體	0.0	-	-	-	0.00	1.00
北寮頁岩	65.4	0.34	0.5	0.0051	1.58	1.42
古亭坑層	29.0	3.18	11.0	0.1096	33.83	10.00
玉井頁岩	56.0	0.33	0.6	0.0059	1.83	1.49
竹頭崎層	42.6	0.87	2.0	0.0205	6.31	2.68
沖積層	20.7	0.11	0.6	0.0055	1.70	1.45
長枝坑層	9.0	0.18	2.0	0.0199	6.15	2.64
茅埔頁岩	6.3	0.03	0.4	0.0045	1.38	1.37
崁下寮層	7.4	0.28	3.8	0.0382	11.79	4.14
烏山層	0.9	0.01	1.0	0.0096	2.95	1.78
崎頂層大坑尾段	2.1	-	-	-	0.00	1.00
崎頂層岡子林段	9.4	0.24	2.5	0.0250	7.71	3.05
崎頂層過嶺段	9.9	0.01	0.1	0.0009	0.27	1.07

分區	面積 (km^2)	崩塌面積 (km^2)	崩塌率 (%)	崩塌 密度	Si (百分比)	因子 評分
階地堆積層	66.6	0.03	0.0	0.0004	0.12	1.03
隘寮腳層	11.5	0.05	0.4	0.0040	1.24	1.33
澗水溪層	5.4	0.05	0.9	0.0086	2.66	1.71
糖恩山砂岩	25.5	0.54	2.1	0.0213	6.56	2.75
鹽水坑頁岩	6.7	0.07	1.1	0.0112	3.45	1.92
total	390.5	6.53		0.3241		
土地利用因子(無單位)						
農業	166.6	0.30	0.2	0.0018	0.56	1.00
森林	172.9	1.44	0.8	0.0083	2.64	1.20
人為	22.6	0.05	0.2	0.0024	0.75	1.02
水利	12.6	0.16	1.3	0.0126	3.98	1.34
裸露地及荒地	15.8	4.58	29.1	0.2908	92.07	10.00
total	390.5	6.53		0.3159		
距離河川因子(單位：公尺)						
≤ 500	253.0	3.79	1.5	0.0150	27.37	1.00
500~1000	108.5	2.18	2.0	0.0201	36.69	10.00
> 1000	29.0	0.57	2.0	0.0197	35.94	9.27
total	390.5	6.53		0.0547		
降雨因子(單位：毫米)						
< 1100	16.3	0.09	0.6	0.0056	14.10	1.00
1100~1400	191.0	5.07	2.7	0.0266	67.06	10.00
> 1400	183.2	1.37	0.7	0.0075	18.84	1.81
total	390.5	6.53		0.0396		

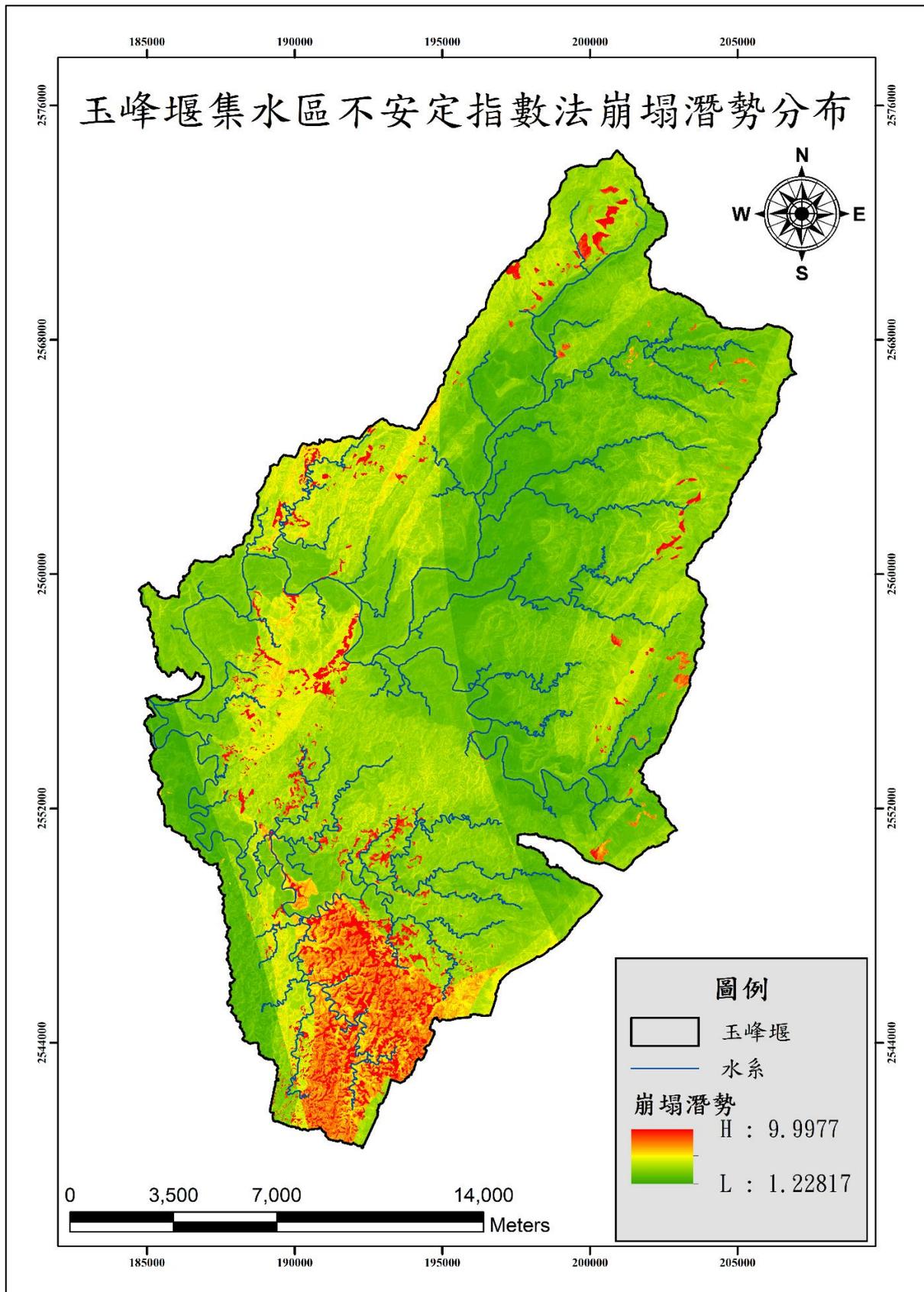
資料來源：本報告製作

使用 Excel 算出各因子之標準偏差、平均值、變異係數、權重值，如下表 2-12，再以 ArcGIS 的網格計算機(Raster Calculator)計算權重評分。

表 2-12、玉峰堰集水區以不安定指數法之各因子資料表

崩塌潛勢因子	標準偏差	平均值	變異係數	權重值
高程因子	5.10	8.33	61.25	0.0962
坡度因子	10.22	14.29	71.54	0.1124
坡向因子	4.90	11.11	44.07	0.0692
地質因子	7.36	4.76	154.49	0.2428
土地利用因子	40.31	20.00	201.56	0.3167
距離河川因子	5.18	33.33	15.54	0.0244
降雨因子	29.30	33.33	87.91	0.1382





圖資來源：本報告製作

圖 2-11、玉峰堰集水區不安定指數法崩塌潛勢分布圖

本研究以等間隔分區(equal interval classification method)，利用正規化的方式，將值變成 0 到 1 之間，正規化公式=(全部網格-最小值)/(最大值-最小值)，再利用分區的概念將門檻值分為 0.25、0.50、0.75 及 1，將全域崩塌潛勢為四區，統計數據及崩塌潛勢分級情況如表 2-13 及圖 2-12 所示。這四區的統計數據而言，將全部種崩塌潛勢區分為「預測不會崩塌區域」(包含低及中崩塌潛勢區)及「預測會崩塌區域」(包含中高及高崩塌潛勢區)，本研究區域以頻率比法建構崩塌潛勢評估模式結果，位於預測會崩塌區域的面積約佔總面積之 2.3%，而預測不會崩塌區域的面積約佔總面積之 97.7%。

表 2-13、玉峰堰集水區以不安定指數法建構之崩塌潛勢分級表

崩塌潛勢分級	面積(km ²)	百分比(%)
低崩塌潛勢	355.0	90.9
中崩塌潛勢	26.3	6.7
中高崩塌潛勢	4.5	1.2
高崩塌潛勢	4.6	1.2

資料來源：本報告製作

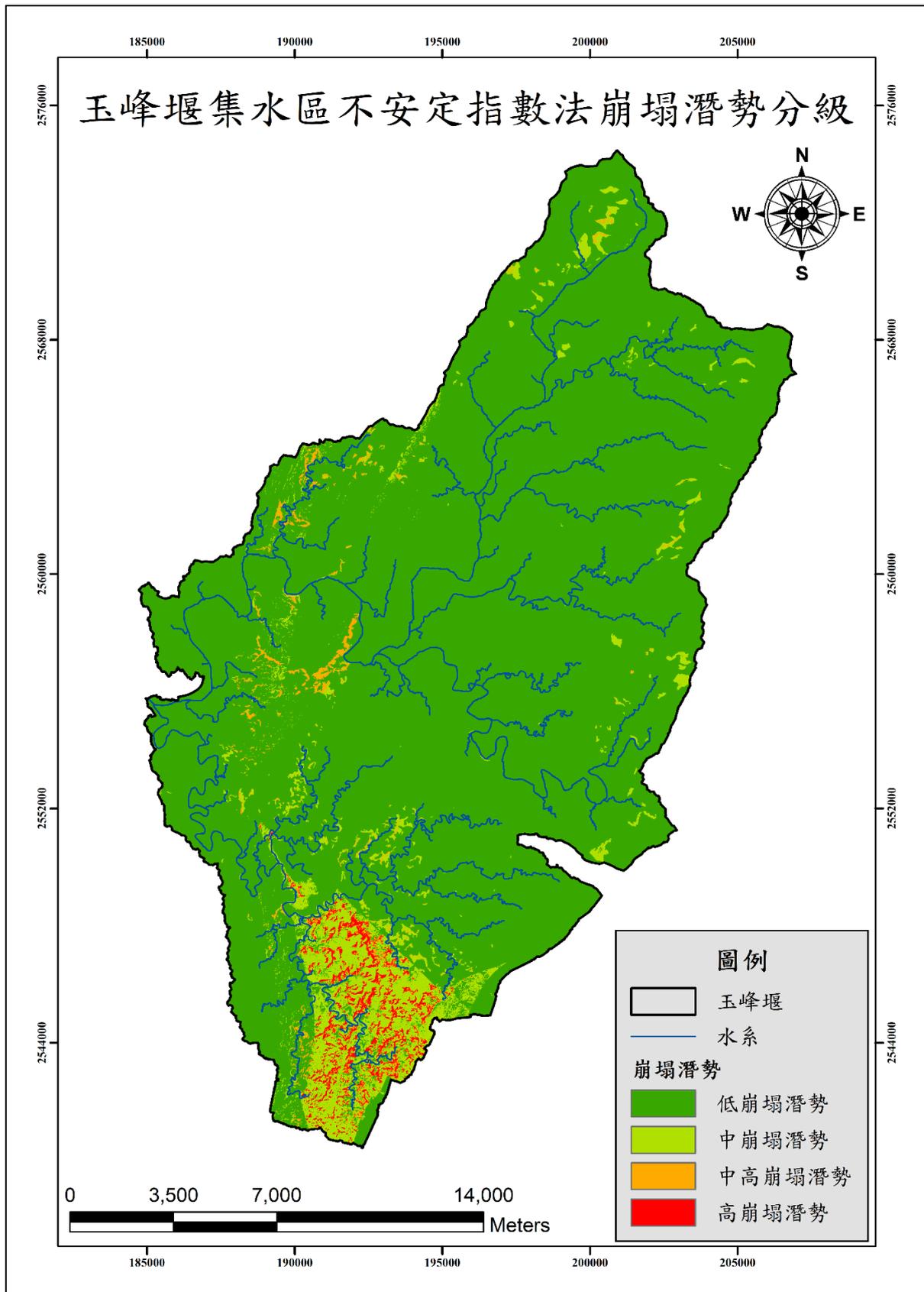
(三) 不安定指數法結果

本集水區以不安定指數法建構崩塌潛勢評估模式，得到平均值為 0.129，標準偏差值為 0.122，而在預估實際崩塌上(圖 2-13)，總正確率為 76.7%，總錯誤率為 23.3%，最終計算之數值及潛勢分級崩塌分佈如表 2-14 所示。

表 2-14、玉峰堰集水區以不安定指數法建構之崩塌潛勢數值表

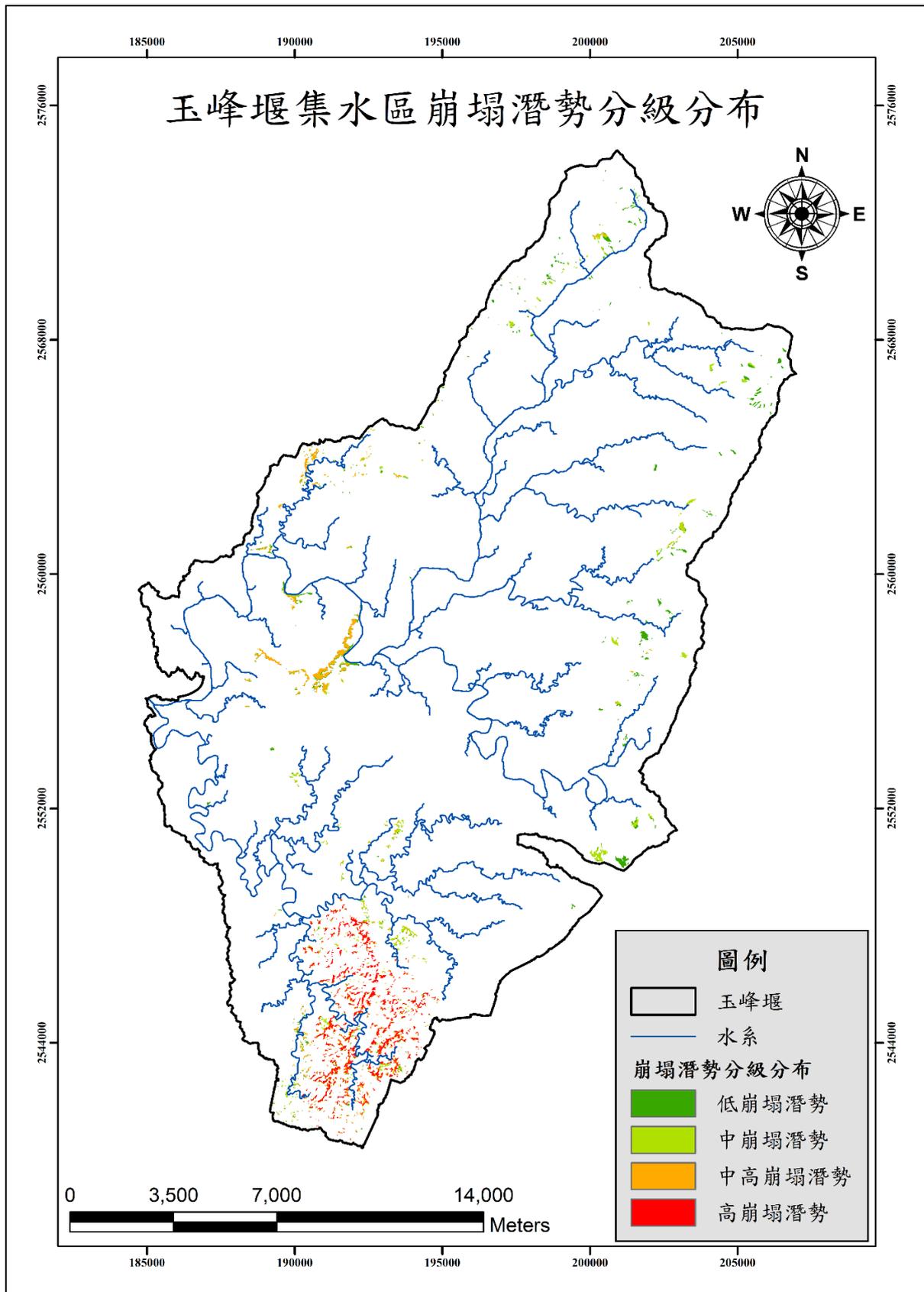
項目	數值	項目	數值
崩塌潛勢平均值	0.129	總正確率(%)	76.7
崩塌潛勢標準偏差值	0.122	預測崩塌錯誤率(%)	45.1
崩塌潛勢變異係數值	94.6	預測非崩塌錯誤率(%)	1.4
預測崩塌正確率(%)	54.9	總錯誤率(%)	23.3
預測非崩塌正確率(%)	98.6		

資料來源：本報告製作



圖資來源：本報告製作

圖 2-12、玉峰堰集水區不安定指數法崩塌潛勢分級圖



圖資來源：本報告製作

圖 2-13、玉峰堰集水區實際崩塌潛勢分級分布圖

參考文獻

1. 水利規劃試驗所，經濟部水利署。
2. 水土保持技術規範，行政院農業委員會水土保持局。
3. 公路排水設計規範，交通部。
4. 吳俊鎡，2016，崩塌率為依據邏輯式迴歸法、頻率比法及證據權重法於崩塌潛勢模式應用之比較，台灣水利 第 64 卷 第 1 期。
5. 國土測繪中心，內政部。
6. 陳俞瑾、黃璿宇、陳文福，2013，應用不安定指數法分析大安溪流域崩塌潛勢之研究，中華水土保持學報。
7. Lee, S., Talib, J.A., 2005, "Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis," Environmental Geology, Vol. 47, 982–990.
8. Shahabi, H., Khezri, S., Ahmad, B.B., and Hashim, M., 2014, "Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models," CATENA, Vol. 115, 55-70.
9. Yilmaz, I., 2009, "Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Katlandslides(Tokat—Turkey)" Computers & Geosciences, Vol. 35, 1125-1138.