2020水土保持局創研成果 專題演講

建立聚落周緣山坡坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法(5)-臺灣北部大屯山火山地質岩區

陳天健

國立屏東科技大學

Dec. 22. 2020

T.C. Chen

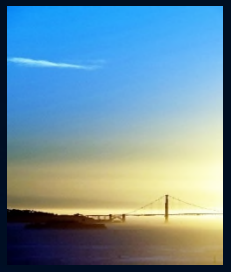
- 姓名：陳天健 tcchen@mail.npust.edu.tw

- 學歷: 台灣大學土木工程研究所 博士 (大地工程，1998)
- 經歷
  - 國立屏東科技大學水土保持系 教授
  - 國立屏東科技大學水土保持系 系主任
  - University of California, Berkeley 訪問學者
  - 國立屏東科技大學災害防救科技研究中心 技術研發組 組長
  - 中華水土保持學會 秘書長
  - 國家災害防救科技中心 坡地災害防治組 副研究員兼組長
  - 防災國家型科技計畫辦公室 坡地災害組 組長
  - 富國技術工程公司 台北101大樓基礎 專案工程師
- 榮譽
  - 中華水土保持學會 學術獎(2020)
  - 總統府莫拉克風災重建紀念獎章(2015)
  - 中華水土保持學報，2019、2016最佳年度論文獎
  - 2020年第18屆大地工程學術研討會，優秀論文獎
  - 2019海峽兩岸水土保持學術研討會，最佳論文獎
  - 2014, 2015, 2018 海峽兩岸水土保持學術研討會，優良論文獎
- 研究興趣

1. 土石流災害	1. 災害管理
2. 地質災害預警與警戒模式	2. 工程地質
3. 大型崩塌地行為與機制	3. 大地工程





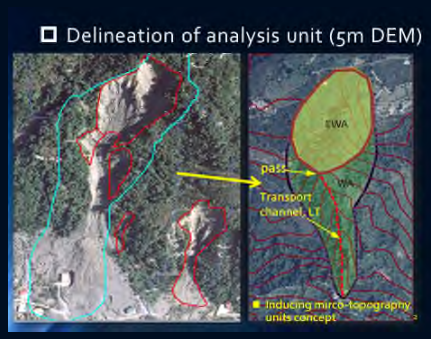


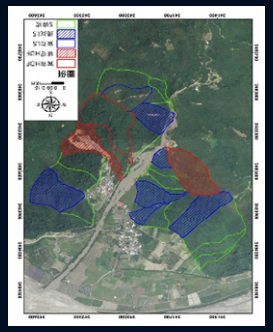


□ 坡面型土石流







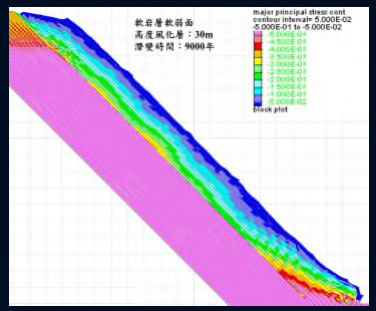




台灣地區坡面型調查模式、地形判釋模式、發生潛勢分級模式

□ 崩塌地地形演化及機制研究



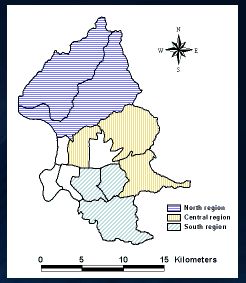


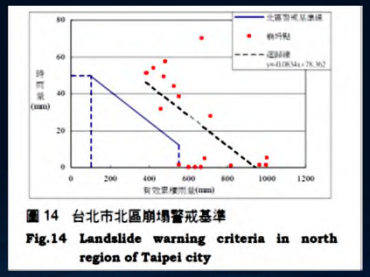
□ 地質調查/工程

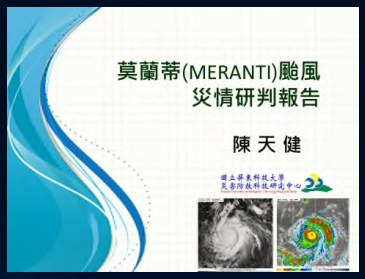




□ 災害管理









TC. Chen
水土保持系 地質災害研究室

中英期刊論文40篇，Citation: 718 次數(2020.11)

簡報內容大綱

- 緣起—漫談土砂災害演化關聯
- 計畫目標
- 大屯火山區研究區概況及研究方法
- 建立坡面型土石流判釋及發生潛勢模式
- 建立聚落周緣坡面型土石流潛勢分級模式
- 結論


1
2
3
4
台北市復興三路土石流

□ 北投區 坡面型土石流災害



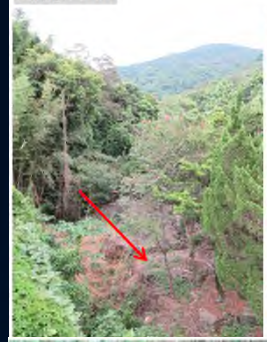
金山區土石流災害

新北市金山區永興里（2017年0601豪雨）



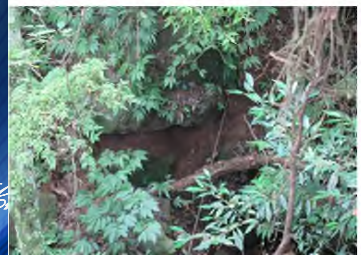
淡水區樹興里

編號 A-01










編號 A-03



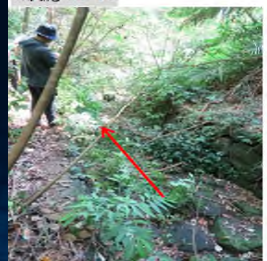

編號 A-13




編號 A-16



編號 A-18




8

北投區大屯里

編號 B-03









編號 B-08













編號 B-09

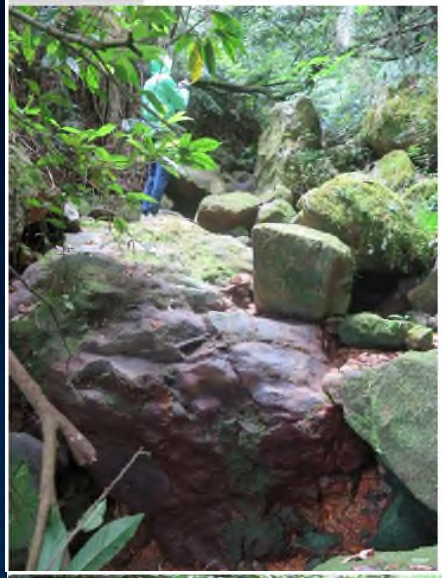






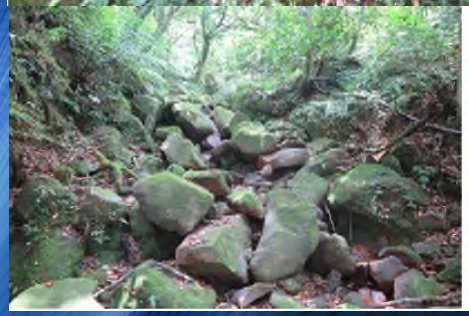


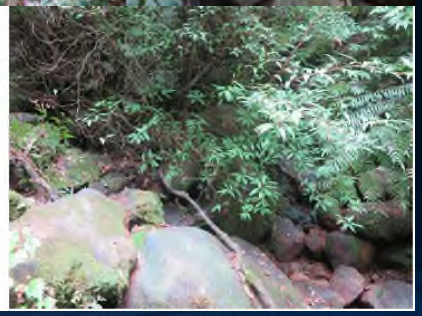
編號 E-05











編號 E-17









10

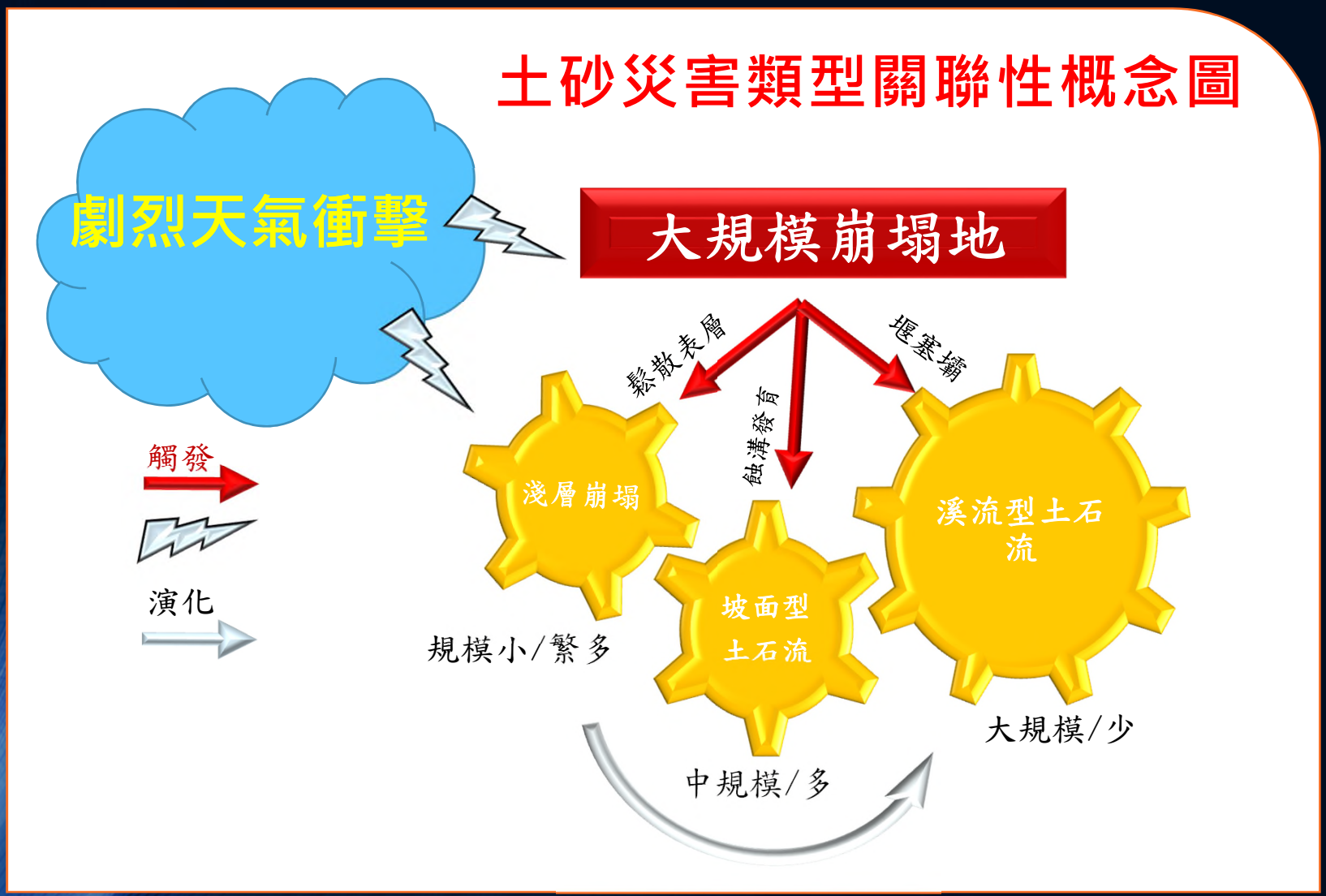
- 崩塌演化坡面型土石流?!

這個概念正確嗎?

—機制面??—

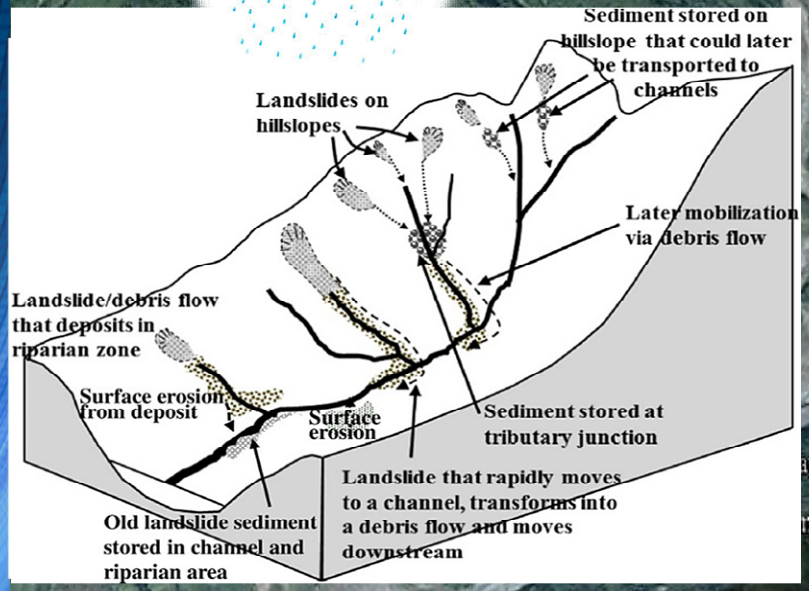
- 淺崩如何演化成坡面型土石流?
- VIDEO—南投縣道

□ 土砂災害演化關聯


土砂災害類型關聯性概念圖
劇烈天氣衝擊
大規模崩塌地
鬆散表層
堰塞壩
蝕溝發育
觸發
演化
淺層崩塌
溪流型土石流
坡面型土石流
規模小/繁多
大規模/少
中規模/多

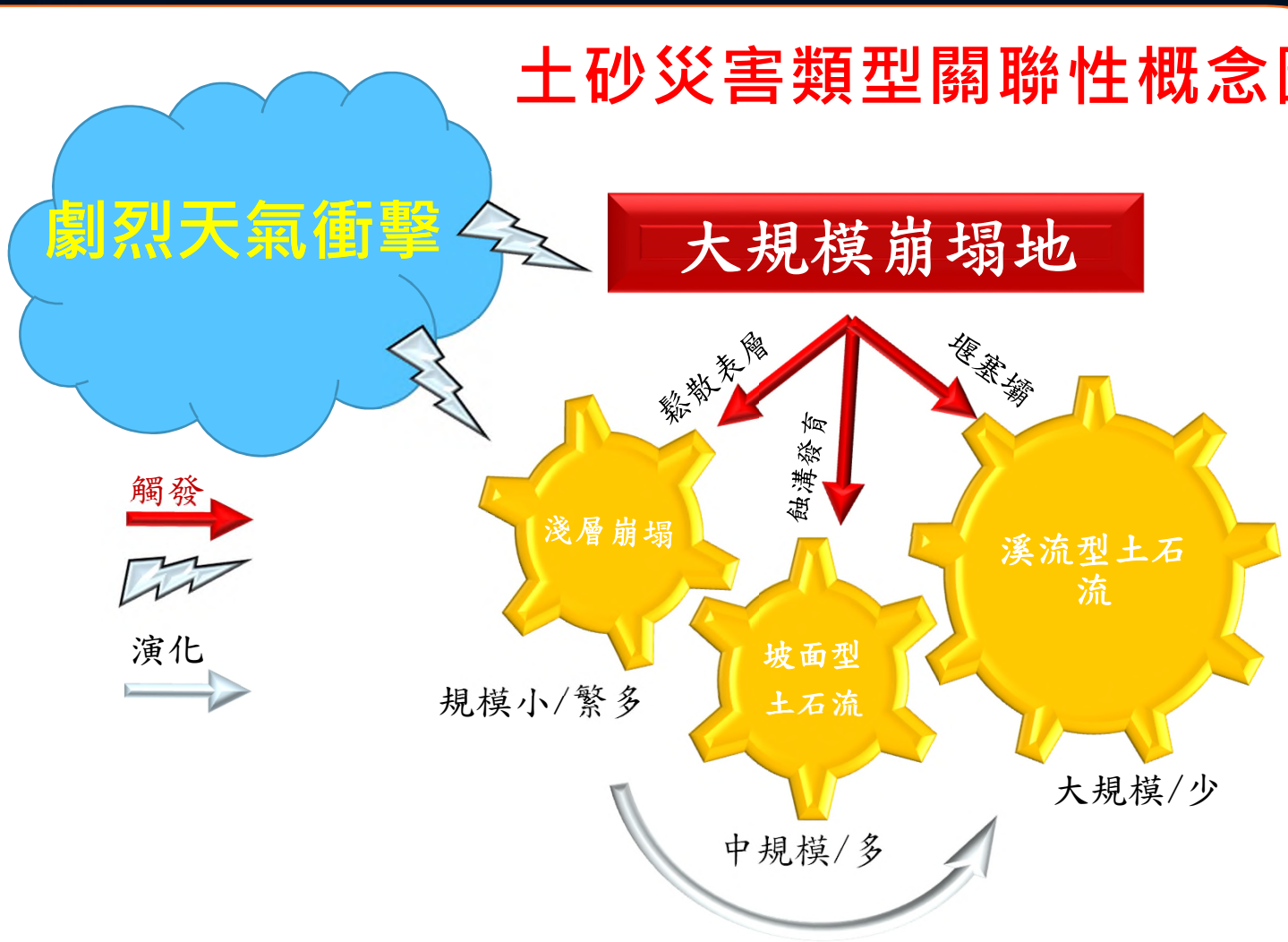
坡地災害演化: 淺層崩塌 →坡面土石流 →溪流挾砂水流/土石流

大規模崩塌 →堰塞... →溪流挾砂水流/土石流

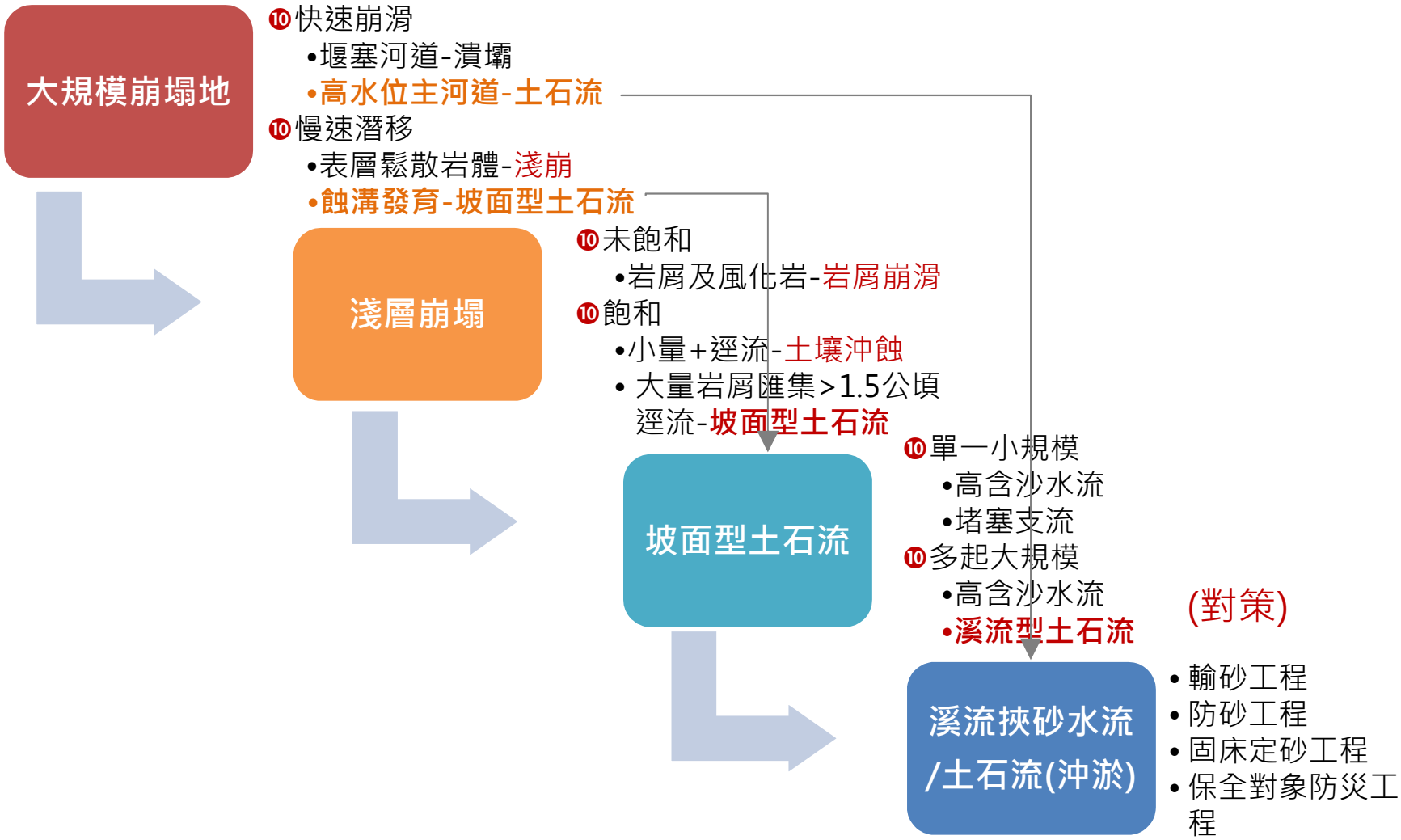


© 2014 Google
© 2014 CNES / Astrium
© 2014 DigitalGlobe
Google earth

□ 大規模崩塌區之土砂災害演化



□ 大崩衍生土砂災害類型關聯性



□ 未飽和—
岩屑及風化岩-岩屑崩滑



飽和—小量土砂

土壤沖蝕



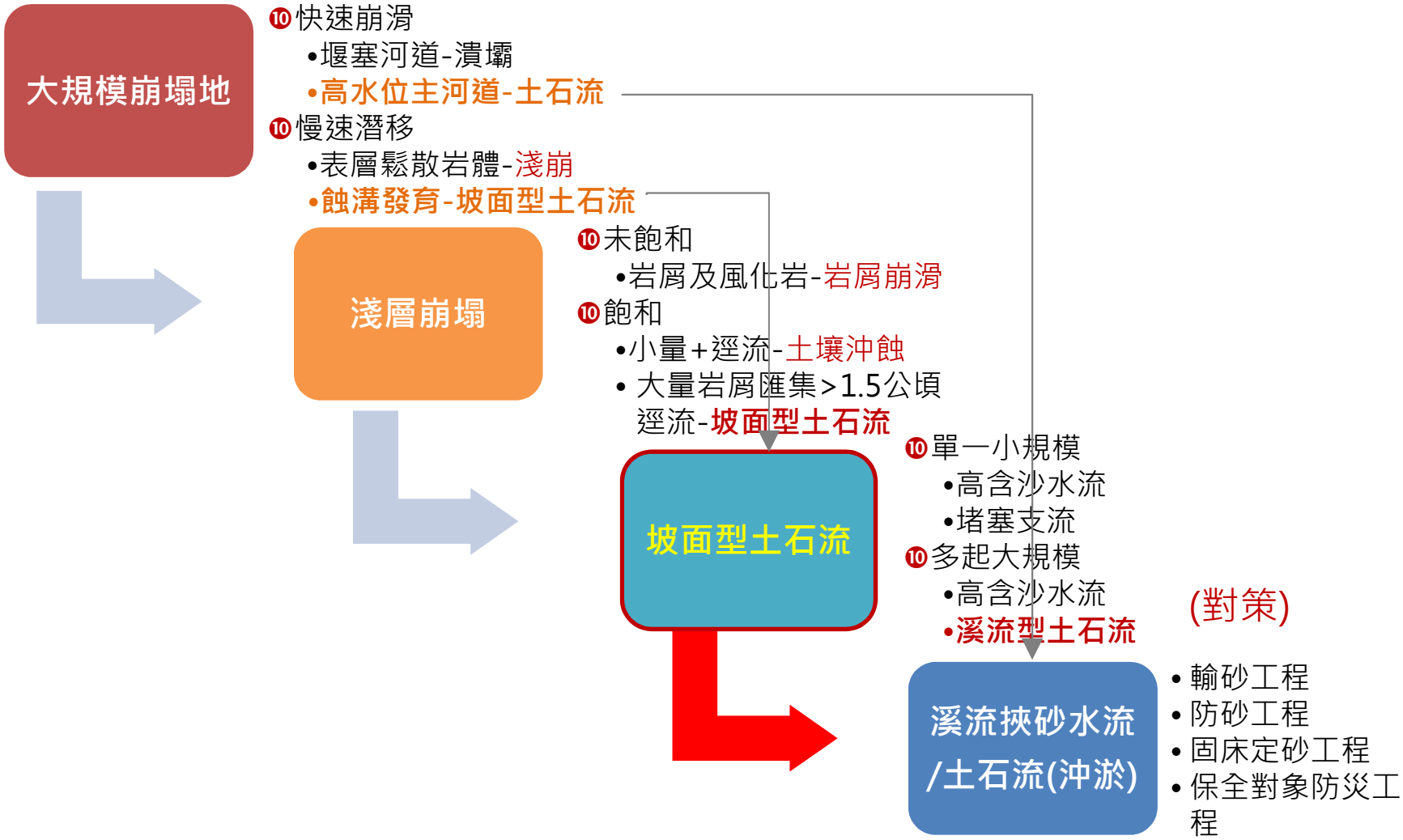


◘ 飽和—大量岩屑匯集>1.5公頃+逕流
坡面型土石流



T.C. Chen

大崩與土砂災害類型關聯性



□ 坡面型土石流



單一小規模—

- 堵塞支流
- 高含沙水流



多起大規模—

- 高含沙水流
- 溪流型土石流



坡面型土石流->溪流型土石流

22


土石流溪流
內來吉
嘉155
嘉縣DF043
科仔林溪
來吉橋(淤埋)
嘉縣DF042
內、外來吉間路段受
野溪土砂沖刷破壞
嘉縣DF042土砂直擊來吉大橋
阿
里
山
來吉大
橋(斷橋)
溪
外來吉
外來吉
149甲
外來吉社區受崩塌土砂下
移威脅

□ 增進全坡地災害防災與應變業務

- 全災害之防災與應變策略

大規模崩塌
(238處)

土石流潛勢溪流
(1726處)

坡面型土石流
(氣候變遷下之劇烈天氣)

淺層崩塌

大/少

小規模
高風險/少
(where? When?

小/多

- 原民會統計原住民聚落達746處

山區聚落常座落於四周山坡環繞的谷地，房舍緊鄰山坡，惟未被劃入土石流潛勢溪流或大規模崩塌影響範圍區者，則常產生安全無虞之假象。

三、研究計畫目標

- **本年目標**:以臺灣北部大屯山火山地區研究區，建立聚落周緣山坡坡面型土石流之地形區位預測模式，同時進一步完成聚落之坡面型土石流潛勢評估方法，以提供防災治理單位之防災預警參據應用。

- 研究聚落選定:

  - 臺北市及新北市5處山區聚落(包括:新北市淡水區樹興里、水源里、金山區重和里、及臺北市北投區大屯里、湖田里等)，選用曾有災害歷史，以提供判釋模式及潛勢成果之驗核，進行分析模式研發。

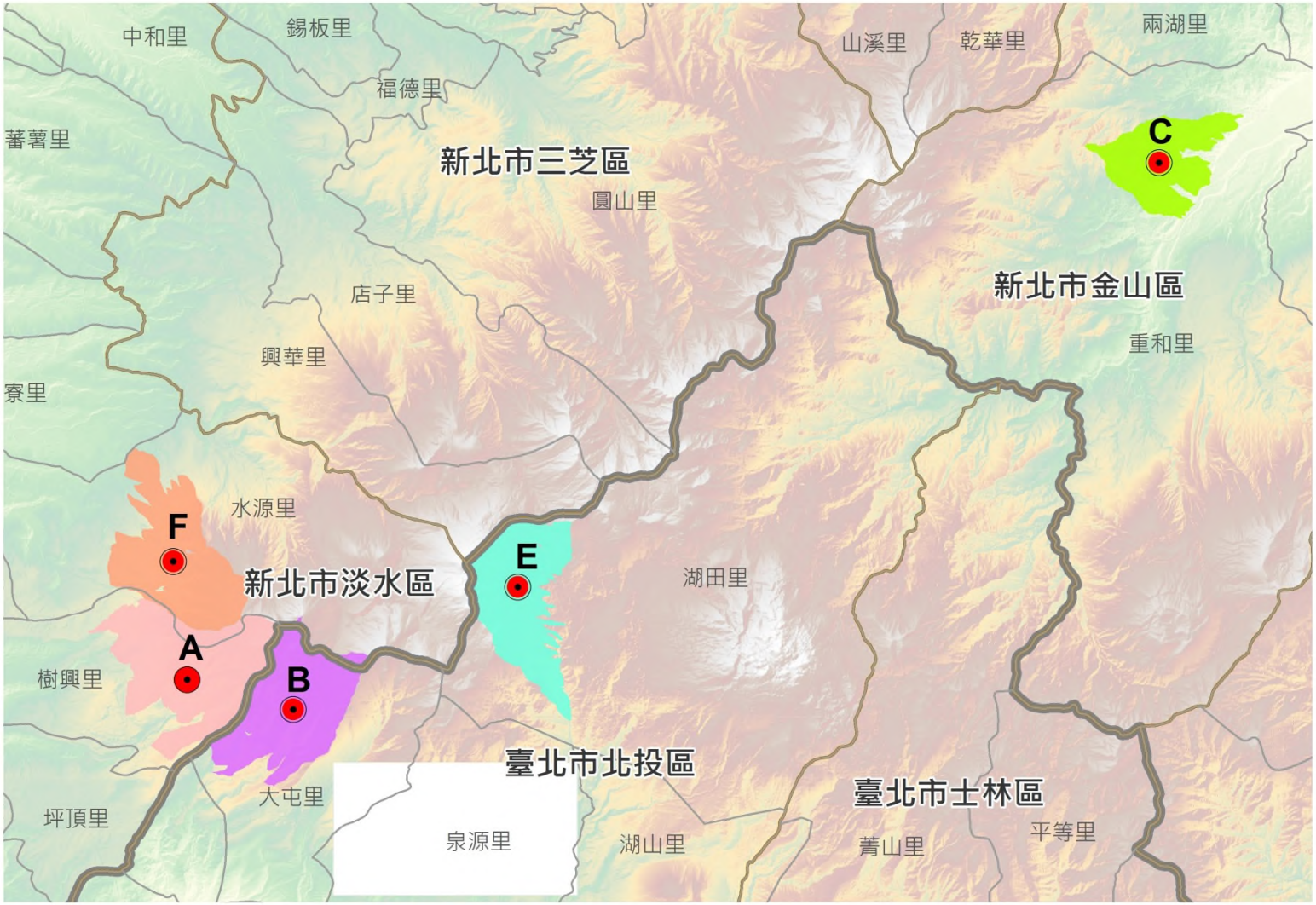
	聚落位址	涵蓋社區範圍
A區	新北市淡水區樹興里	■ 樹興里1鄰白石腳社區 ■ 樹興里3鄰糞箕湖社區 ■ 樹興里5～8鄰興福寮社區
B區	臺北市北投區大屯里	■ 大屯里6、9鄰社區
C區	新北市金山區重和里	■ 12鄰六股林口社區 ■ 13鄰磺溪頭社區
E區	臺北市北投區湖田里	■ 湖田里5、7鄰竹子湖
F區	新北市淡水區水源里	■ 水源里4～7鄰南勢埔社區 ■ 水源里15～17鄰山子頂社區

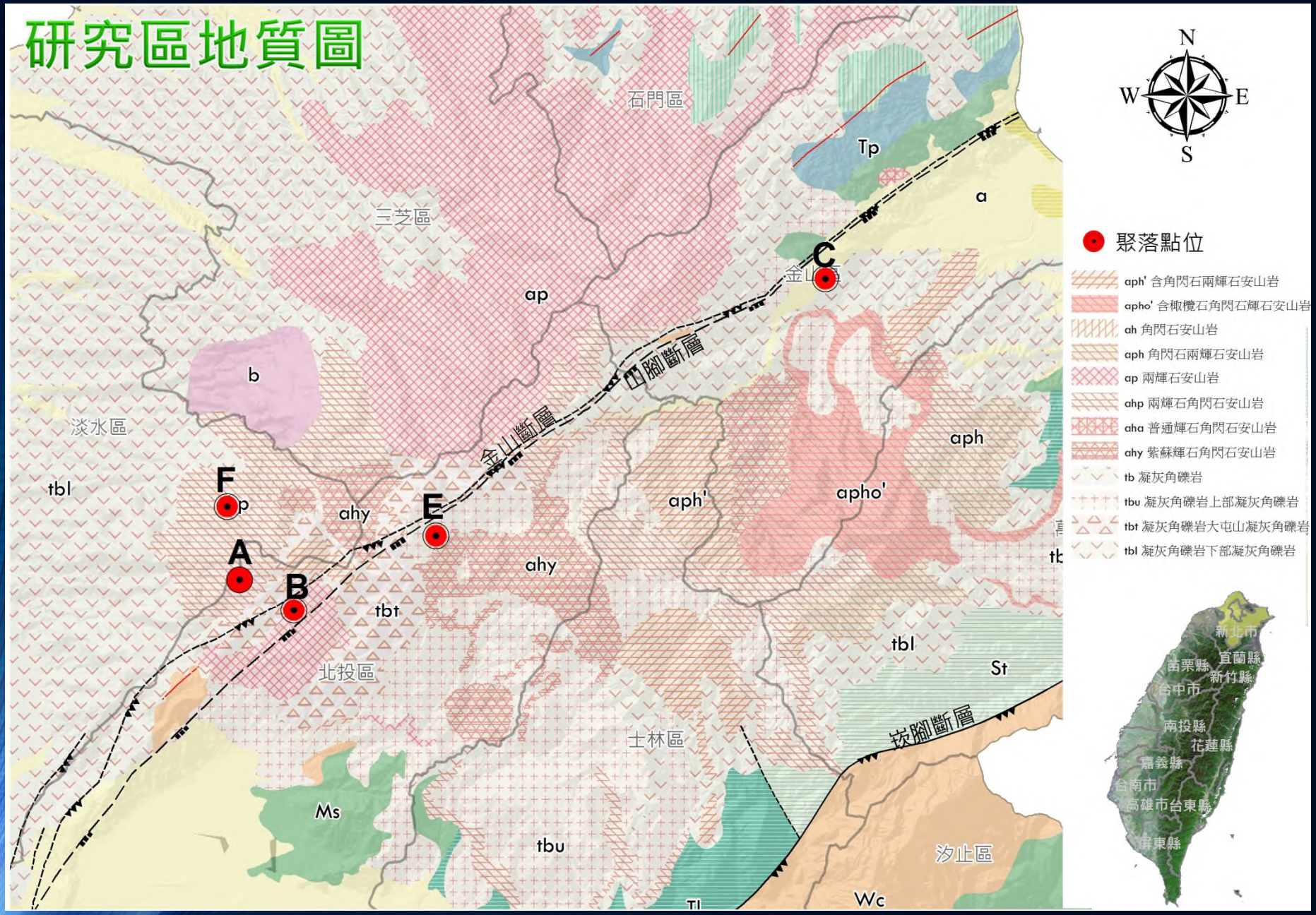
研究工作項目

1. 臺灣北部大屯山火山地形、地質及遙測圖資建置
2. 研究區坡面型土石流與淺層崩塌事件與相關文獻蒐集及彙整
3. 研究區集水區內坡面型土石流微地形、產狀材料等調查與修補
4. 建立北部大屯山火山區之坡面型土石流判釋模式
5. 發展聚落周緣之坡面型土石流地形區位(空間分布)預測模式
6. 應用預測模式結合活動潛能，研發山區聚落坡面型土石流潛勢評估方法

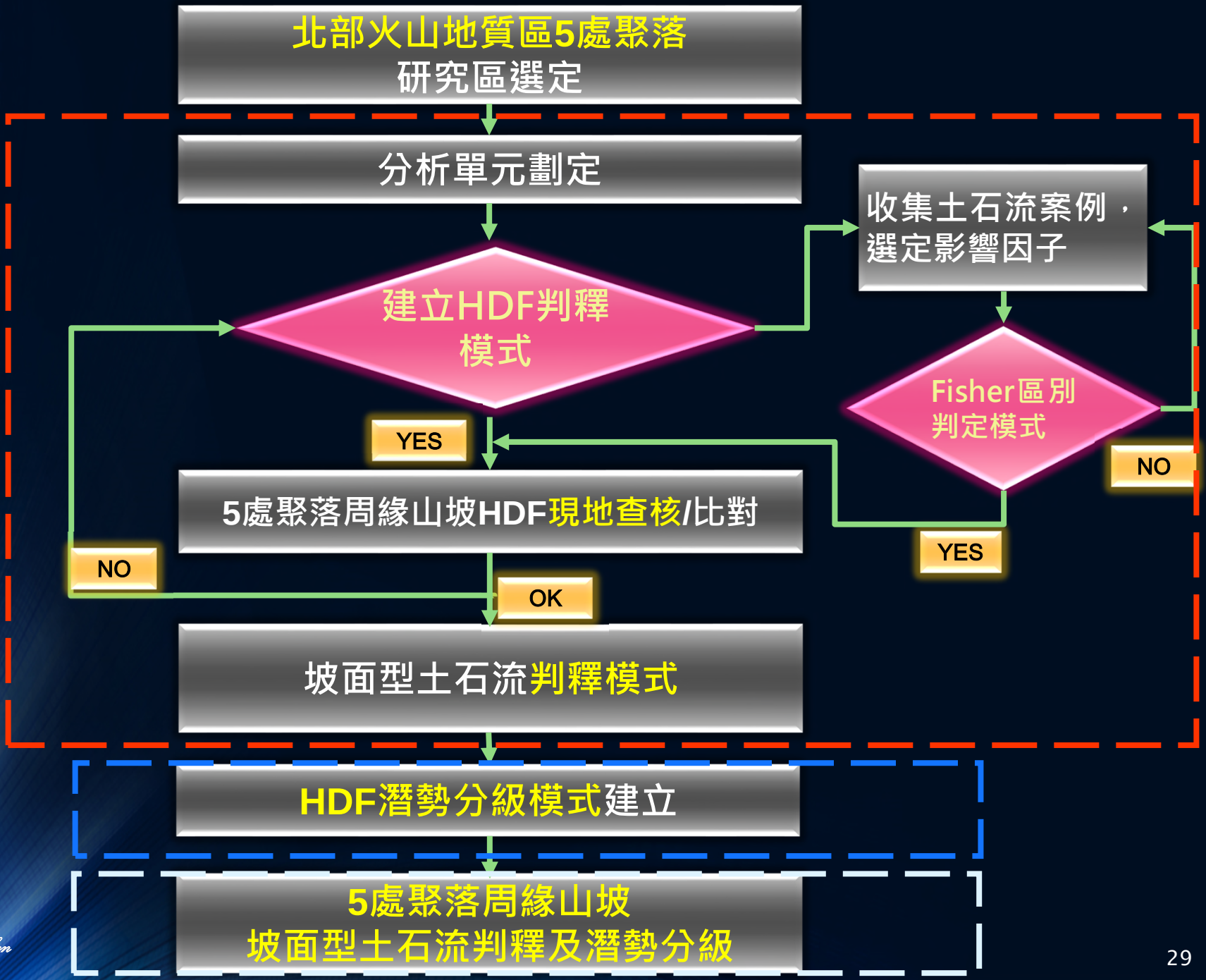
三、研究區概況及研究方法



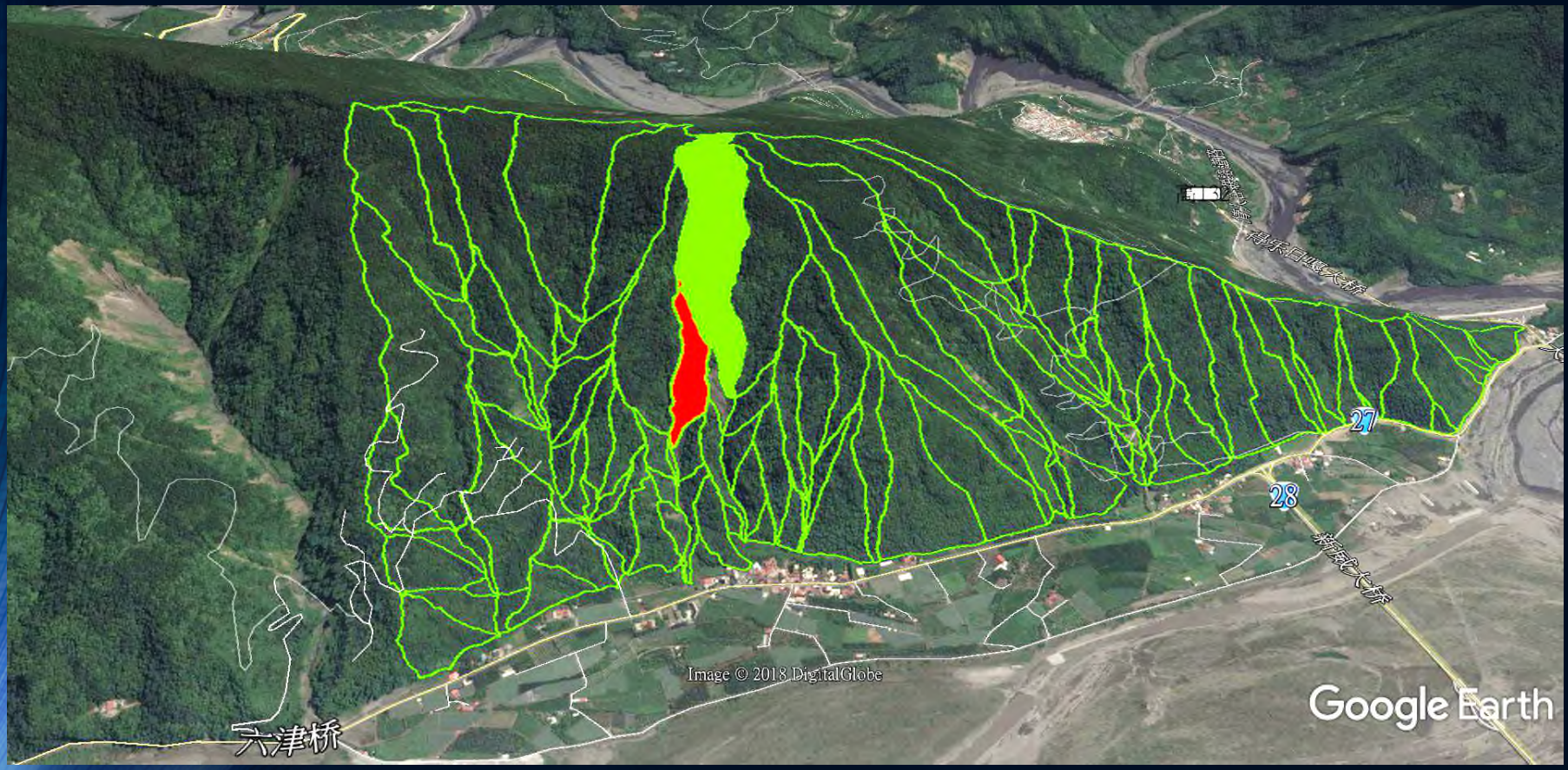



研究區地質圖
石門區
三芝區
淡水區
北投區
士林區
汐止區
金山
Tp
a
ap
b
aph
apho'
aph'
ahy
tbt
tbl
St
Ms
tbu
Wc
TI
tb
F
p
A
B
E
C
西麓斷層
金山斷層
崁腳斷層
N
W
E
S
聚落點位
aph' 含角閃石兩輝石安山岩
apho' 含橄欖石角閃石輝石安山岩
ah 角閃石安山岩
aph 角閃石兩輝石安山岩
ap 兩輝石安山岩
ahp 兩輝石角閃石安山岩
aha 普通輝石角閃石安山岩
ahy 紫蘇輝石角閃石安山岩
tb 凝灰角礫岩
tbu 凝灰角礫岩上部凝灰角礫岩
tbt 凝灰角礫岩大屯山凝灰角礫岩
tbl 凝灰角礫岩下部凝灰角礫岩
新北市
宜蘭縣
苗栗縣
新竹縣
台中市
南投縣
花蓮縣
嘉義縣
台南市
高雄市
台東縣
屏東縣

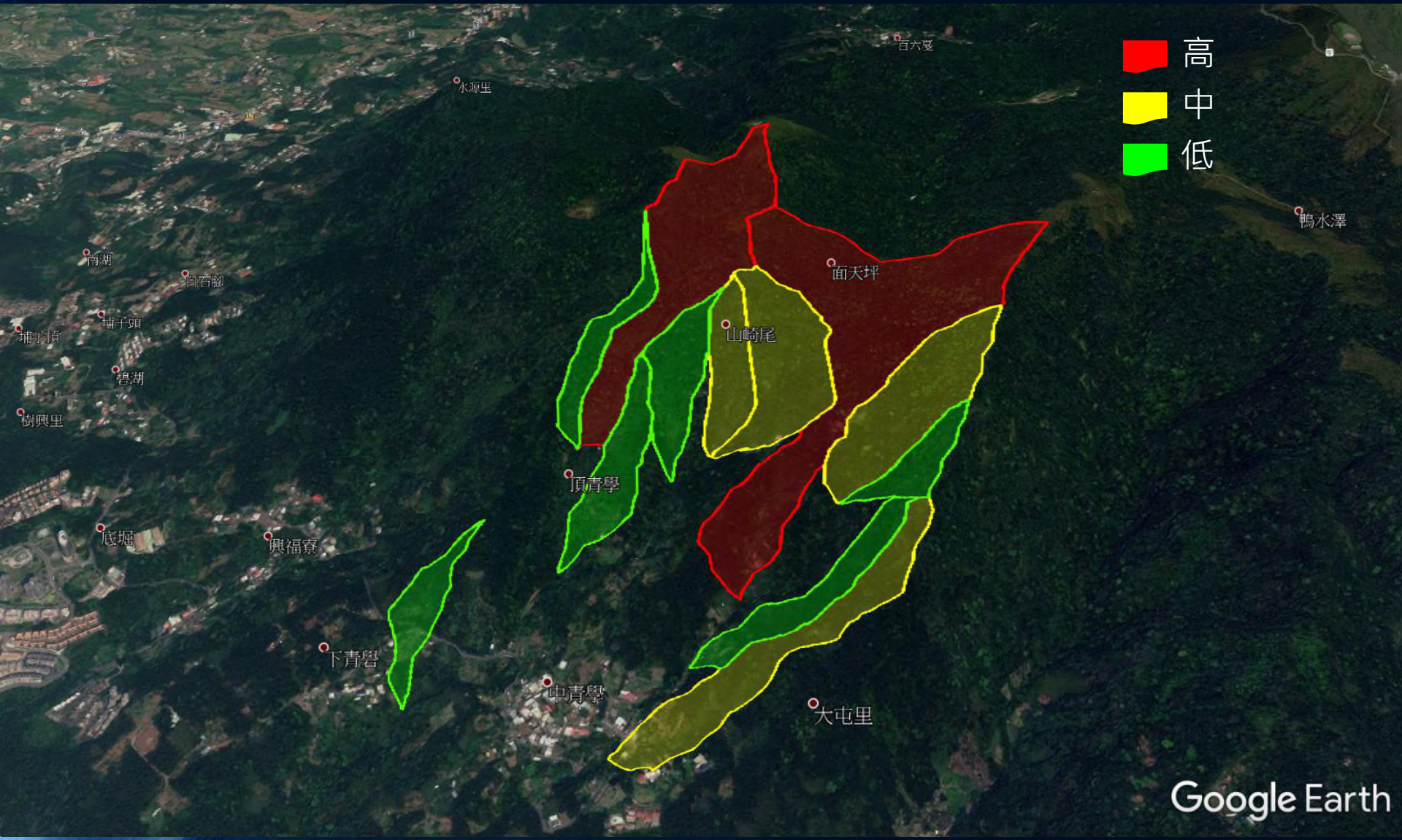
2.2 研究方法


北部火山地質區5處聚落
研究區選定
分析單元劃定
收集土石流案例，
選定影響因子
建立HDF判釋
模式
Fisher區別
判定模式
YES
NO
5處聚落周緣山坡HDF現地查核/比對
NO
YES
OK
坡面型土石流判釋模式
HDF潛勢分級模式建立
5處聚落周緣山坡
坡面型土石流判釋及潛勢分級

分析單元劃分/判釋/潛勢評估 方法



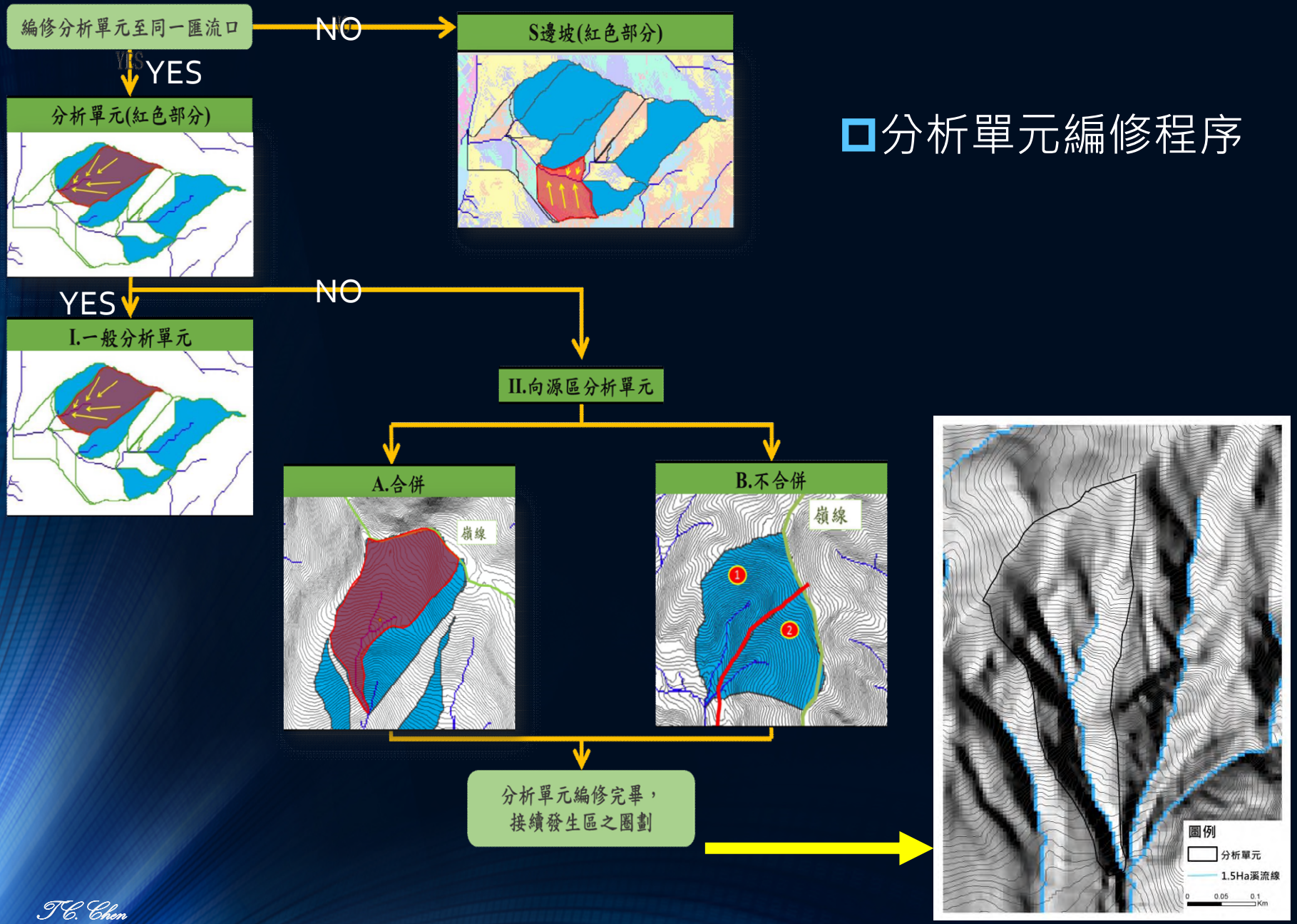
□ 分析範例: 聚落周緣分析單元劃分/判釋/潛勢評估方法



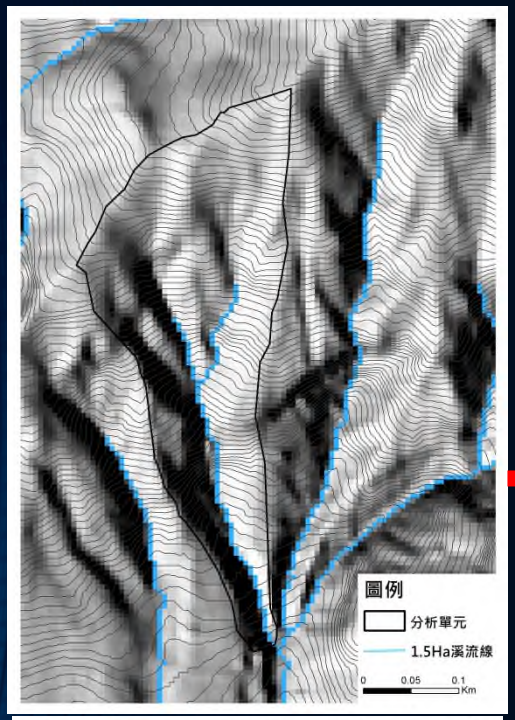
2.3 判釋模式建立程序

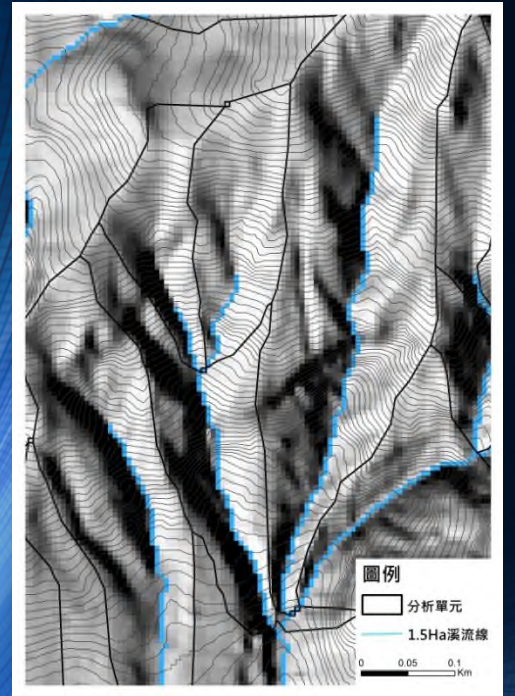

資料蒐集
邊坡單元
(研究區邊坡)
分析單元
劃分選擇
模式因子資料庫
建置
判釋模式/成
果吻合度檢核
莫拉克風災前
DEM
地質圖
莫拉克風災後
航照
透過災前DEM產
製資料
等高線
溪流線
坡度圖
坡向圖
1. 同一匯水出口且集水面積大於1.5公頃。
2. 向源侵蝕區，則分別由2條1.5公頃主流匯流至下一段1.5公頃溪流之交匯處，劃為一分析單元。
No
一般邊坡
(S邊坡)
yes
分析單元
編碼
劃設發生區
條件1
有2條0.5公頃溪流交匯處，視為隘口，以上區域即劃定為發生區。若無，則使用條件2劃定。
條件2
利用坡度圖沿著坡面陡-緩-陡之地形找到接近地形束縮處，設定為隘口，以上區域並劃定發生區。
集水區坡面平均坡度
(HASW)
集水區平均寬度
(W)
發生區深寬比
(HARI)
流動段長度
(Lf')
流動段深寬比
(HART)
有效集水指標
(EWAI)
形狀係數比
(FR)
比對災後實際
災害

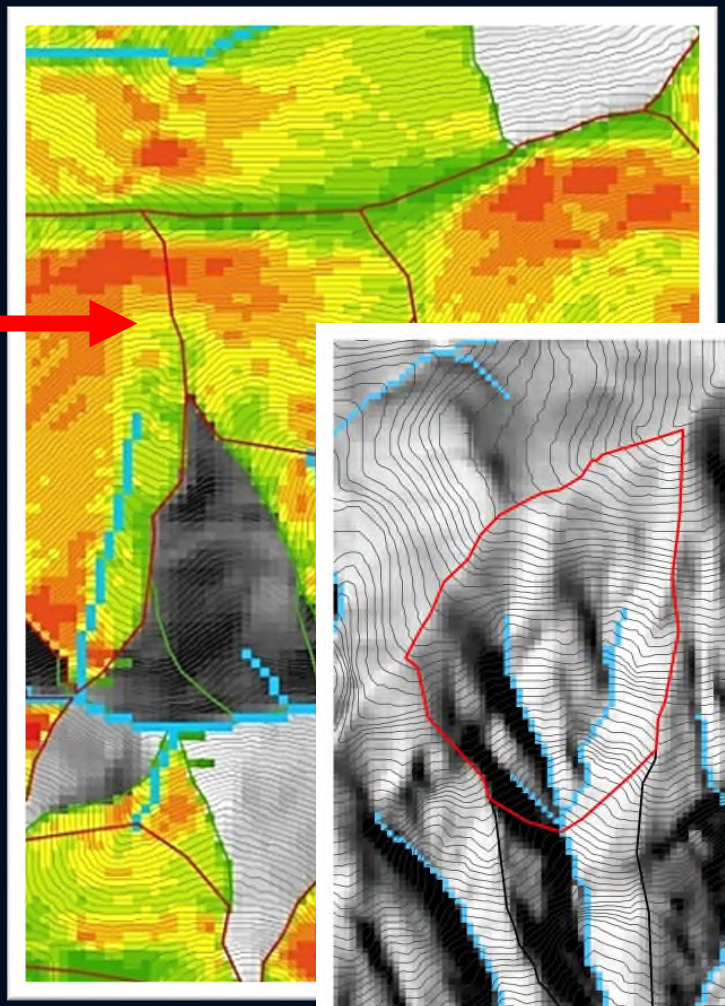
分析單元編修程序

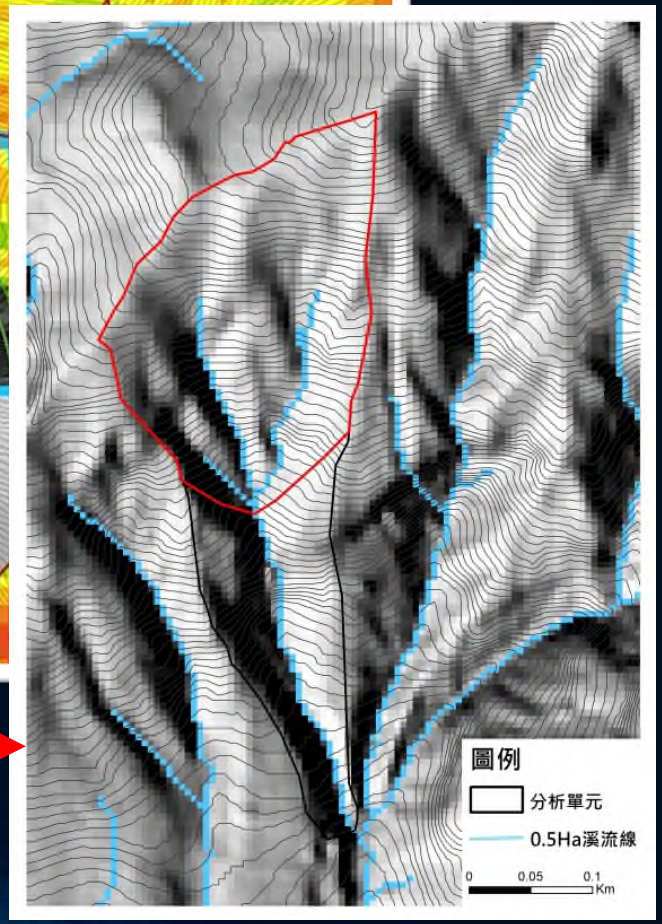

編修分析單元至同一匯流口
NO
S邊坡(紅色部分)
YES
分析單元(紅色部分)
YES
NO
I.一般分析單元
II.向源區分析單元
A.合併
崩線
B.不合併
崩線
1
2
分析單元編修完畢，
接續發生區之圖劃
圖例
分析單元
1.5Ha溪流線
0
0.05
0.1
Km

□ 發生區及隘口圈劃範例圖



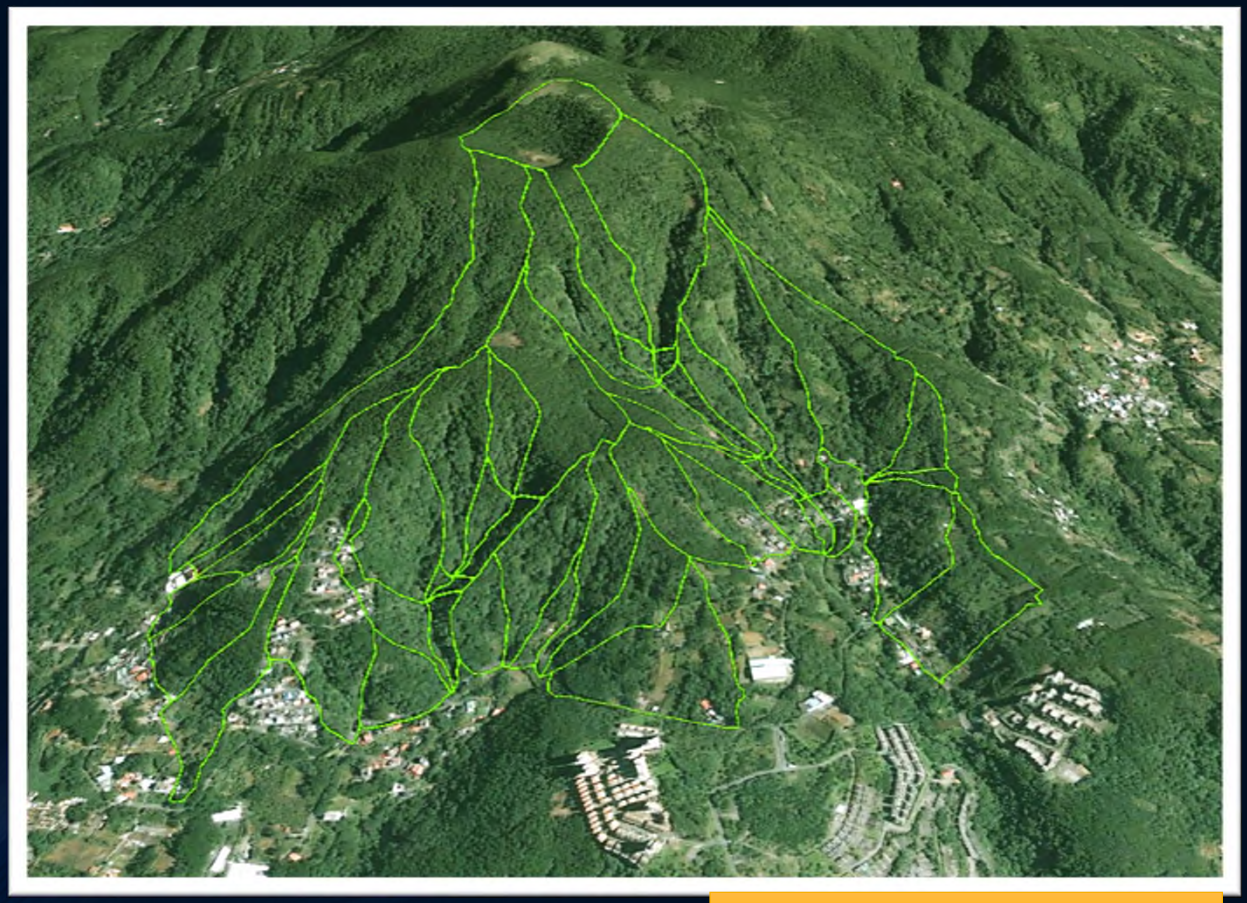






2.4 聚落周緣山坡分析單元圈繪

分別為新北市淡水區樹興里、水源里、金山區重和里及臺北市北投區大屯里、湖田里，進行模式研發。



新北市淡水區樹興里(A區)


臺北市北投區大屯里(B區)


新北市金山區重和里(C區)

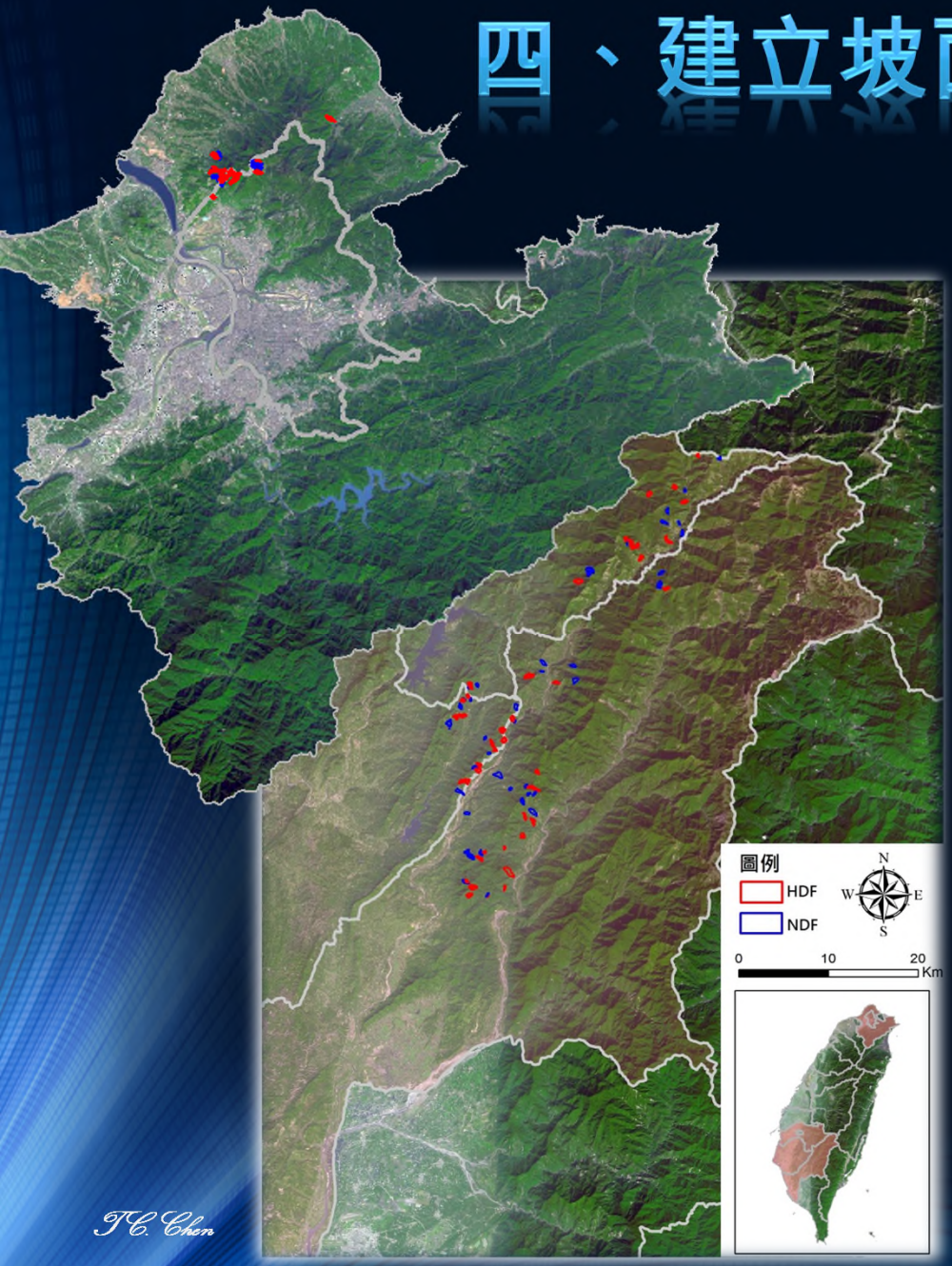


臺北市北投區湖田里(E區)



新北市淡水區水源里(F區)

四、建立坡面型土石流判釋模式



案例樣本

- 收集坡面型土石流案例58筆，崩塌事件57筆，作為分析及驗證樣本。

口特性因子選取考量



充足的水

溪流長度

集水區形狀

集水區面積

有效集水指標

有效集水區面積

地形

高程差

起伏比

形狀係數

河槽高寬比

溪床平均坡度

集水區平均坡度

集水區平均寬度

材料

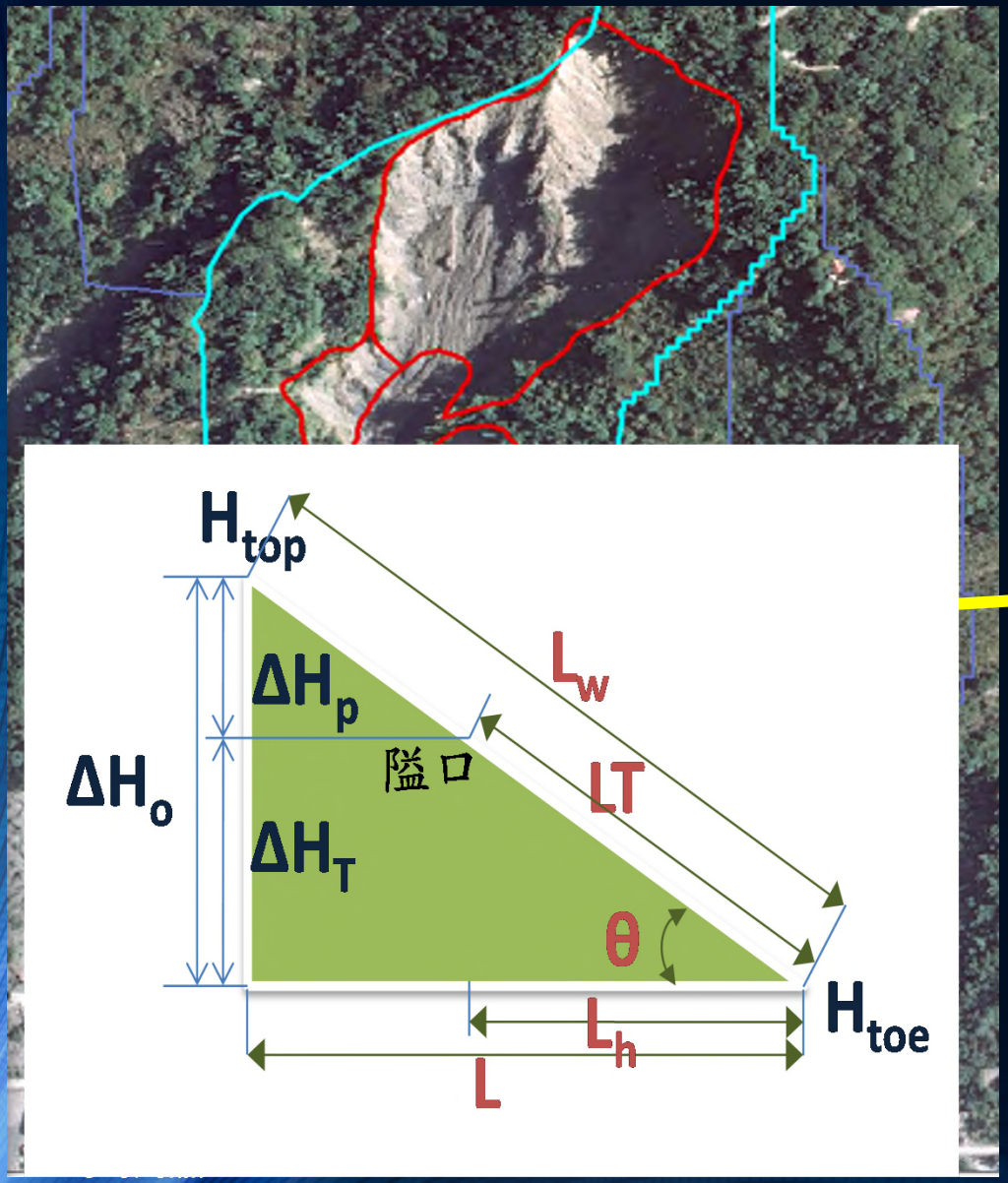
地質種類

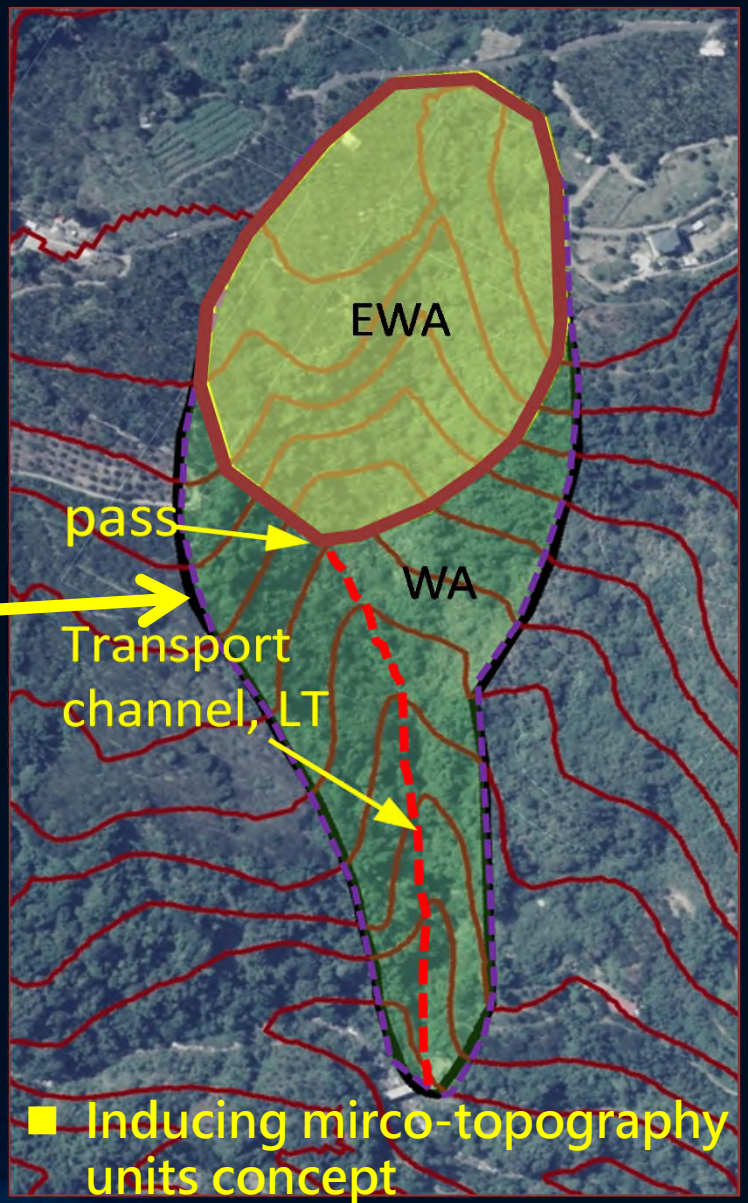
崩塌潛感坡度指標

有效集水區坡度

C.C. Chen

Delineation of analysis unit (5m DEM)





4.1判釋因子

- 土石流樣本數42(模式)+5(驗證)=47
- 模式隨機選用坡面型土石流+崩塌各42筆(共84案例)。
- 驗證:各5筆(共10筆)。

特性因子	使用代號
集水區面積*	WA
有效集水指標*	EWAI
形狀係數比*	FR
集水區平均寬度*	W
隘口高程比*	DHPR
崩塌潛感面積*	LSA
崩塌潛感面積比	RLSA
集水區坡面平均坡度*	HASW
發生區坡面平均坡度比*	HASR
發生區形狀係數*	FI
發生區平均寬度*	WI
發生段深寬比*	HARI
發生區坡面平均坡度*	HASI
發生區起伏比*	TRI
流動段長度*	LF’
流動段高程差*	DHT
流動段平均坡度*	AST
流動段起伏比*	TRT
流動段深寬比*	HART

Pearson correlation analysis

- Using the Pearson correlation coefficient to preliminarily determine the correlation between the factors, try to reduce the high correlation between the factors, and ensure the smooth establishment of the follow-up Fisher's discriminate function formula.

$$\mathrm{Cov}_{XY} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{N - 1}$$

Absolute value of correlation coefficient	Degree of relevance
=1	Perfect correlated
0.7~0.99	Highly correlated
0.4~0.69	Moderately correlated
0.1~0.39	Modestly correlated
0.01~0.09	Weakly correlated
=0	None correlated

皮爾森相關係數分析結果

	WA	HASW	W	HASI	FI	WI	TRI	HARI	LSA	LF
WA	1	-.018	.838	-.018	.264	.624	-.096	.183	.693	.703
HASW	-.018	1	.038	.846	-.085	-.113	.786	.275	-.137	-.071
W	.838	.038	1	.058	.418	.567	.058			
HASI	-.018	.846	.058	1	-.133	-.103	.850			
FI	.264	-.085	.418	-.133	1	.785	-.047			
WI	.624	-.113	.567	-.103	.785	1	-.138			
TRI	-.096	.786	.058	.850	-.047	-.138	1			
HARI	.183	.275	.348	.129	.390	.226	.069			
LSA	.693	-.137	.601	-.050	.204	.611	-.116			
LF	.703	-.071	.353	-.146	.111	.322	-.242			
DHT	.601	.130	.297	-.023	.045	.199	-.155			
AST	-.171	.618	-.125	.442	-.131	-.205	.315			
HART	.265	.158	.323	.112	.216	.147	.130			
TRT	-.169	.616	-.121	.443	-.131	-.208	.315			
EWAI	-.377	-.114	-.372	-.070	.064	.135	-.072			
RLSA	-.174	-.113	-.188	-.004	-.150	.036	-.057			
FR	.169	-.141	-.079	-.171	.618	.642	-.222			
HASR	-.022	-.107	.046	.432	-.090	-.014	.276			
DHPR	-.380	-.006	-.196	.167	-.180	-.122	.281			

	DHT	AST	HART	TRT	EWAI	RLSA	FR
WA	.601	-.171	.265	-.169	-.377	-.174	.1
HASW	.130	.618	.158	.616	-.114	-.113	-.1
W	.297	-.125	.323	-.121	-.372	-.188	-.079
HASI	-.023	.442	.112	.443	-.070	-.004	-.1
FI	.045	-.131	.216	-.131	.064	-.150	.6
WI	.199	-.205	.147	-.208	.135	.036	.6
TRI	-.155	.315	.130	.315	-.072	-.057	-.2
HARI	.136	.143	.230	.138	-.115	-.242	.0
LSA	.125	-.260	.095	-.263	.044	.477	.1
LF	.927	-.107	.237	-.105	-.596	-.374	.4
DHT	1	.219	.178	.221	-.610	-.444	.3
AST	.219	1	-.146	.999	-.026	-.071	-.1
HART	.178	-.146	1	-.144	-.388	-.268	.0
TRT	.221	.999	-.144	1	-.031	-.073	-.1
EWAI	-.610	-.026	-.388	-.031	1	.545	.0
RLSA	-.444	-.071	-.268	-.073	.545	1	-.0
FR	.322	-.160	.059	-.164	.066	-.058	
HASR	-.287	-.242	-.031	-.237	.058	.184	-.1
DHPR	-.873	-.214	-.269	-.218	.710	.541	-.3

Pearson correlation analysis

皮爾森高相關性因子表

因子	相關性
集水區面積(WA) /集水區平均寬度 W	0.838
集水區坡面平均坡度(HASW) /發生區坡面平均坡度(HASI)	0.846
發生區坡面平均坡度(HASI) /發生區起伏比(TRI)	0.850
流動段高程差(DHT) /流動段長度(LF)	0.927
流動段高程差(DHT) /隘口高程比(DHPR)	-0.873
流動段平均坡度(AST) /流動段起伏比(TRT)	0.999

七因子相關性檢定結果

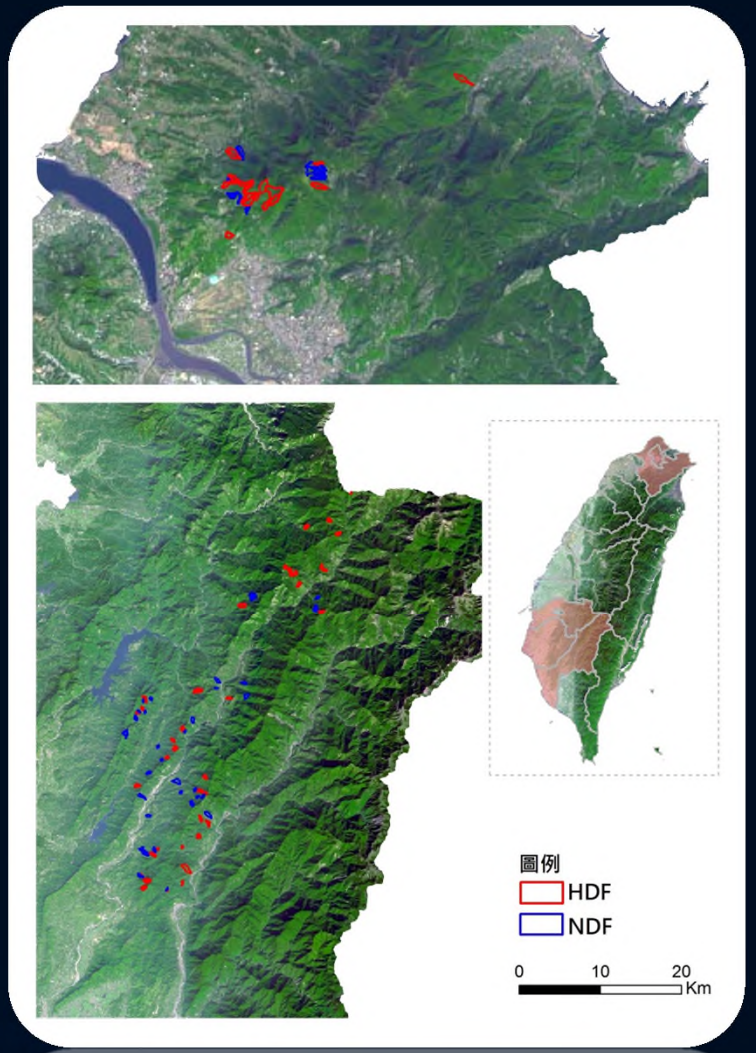
相關矩陣	HASW	W	HARI	LF	HART	EWAI	FR
HASW	1.000	-.007	.258	-.158	.134	-.072	-.156
W	-.007	1.000	.278	.100	.171	-.095	-.164
HARI	.258	.278	1.000	-.076	.165	.045	-.005
LF	-.158	.100	-.076	1.000	.010	-.345	.417
HART	.134	.171	.165	.010	1.000	-.196	.006
EWAI	-.072	-.095	.045	-.345	-.196	1.000	.204
FR	-.156	-.164	-.005	.417	.006	.204	1.000

坡面型土石流判釋模式

- **應用費雪區別分析法**建立判釋模式
- 本計畫以7因子判別模式可得最佳判釋成果
- 區別函數如下：

$$y=0.074X_1+0.359X_2+0.117X_3-0.364X_4+0.162X_5-0.614X_6+0.163X_7$$

- ***y*** 為區別函數
  - X_1集水區坡面平均坡度(HASW)
  - X_2集水區平均寬度(W)
  - X_3發生區深寬比(HARI)
  - X_4流動段長度(Lf')
  - X_5流動段深寬比(HART)
  - X_6有效集水指標(EWAI)
  - X_7形狀係數比(FR)



模式正判率及驗證

表5 區別分析正判率結果

結果呈現	原始類別	預測 HDF	預測 NDF	總和
個數	HDF	39	3	42
	NDF	6	36	42
百分比(%)	HDF	92.9	7.1	100
	NDF	14.3	85.7	100
整體正判率＝(39+36)/(42+42)×100%=89.3%				

表6 區別分析驗證率結果

結果呈現	原始類別	預測 HDF	預測 NDF	總和
個數	HDF	4	1	10
	NDF	0	5	10
百分比(%)	HDF	80	20	100
	NDF	0	100	100
整體正判率＝(4+5)/(5+5)×100%＝90%				

- 正判率為89.3%，驗證區正判率為90%。

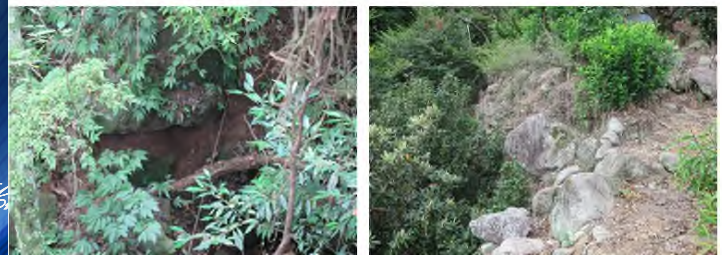
3.2 現地查核與盲測

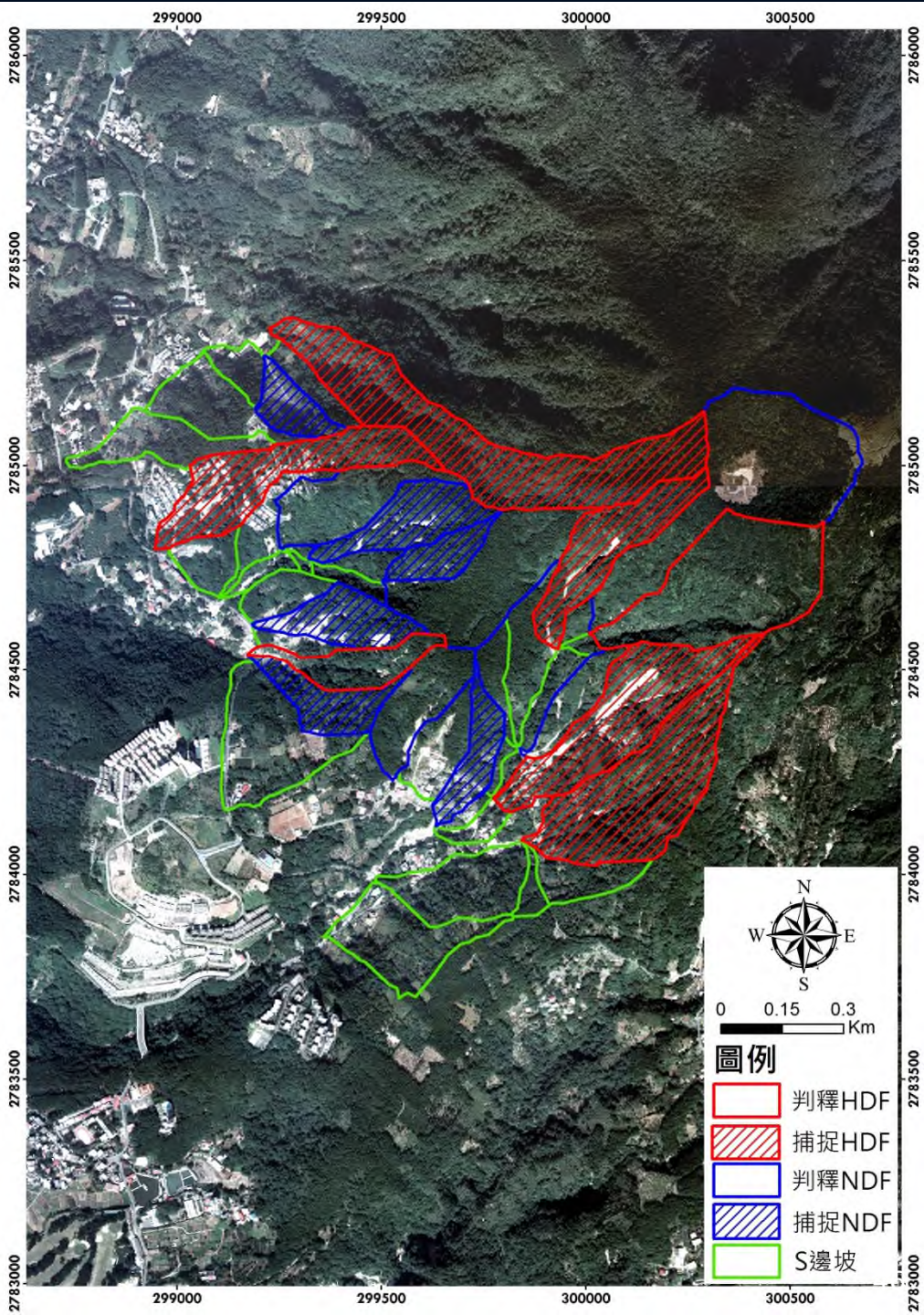
編號 A-01





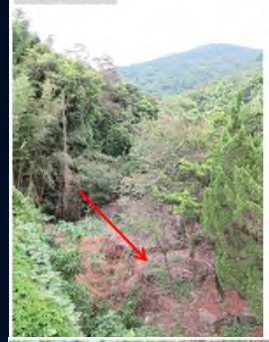






淡水區樹興里

編號 A-01



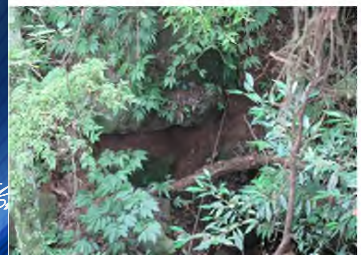




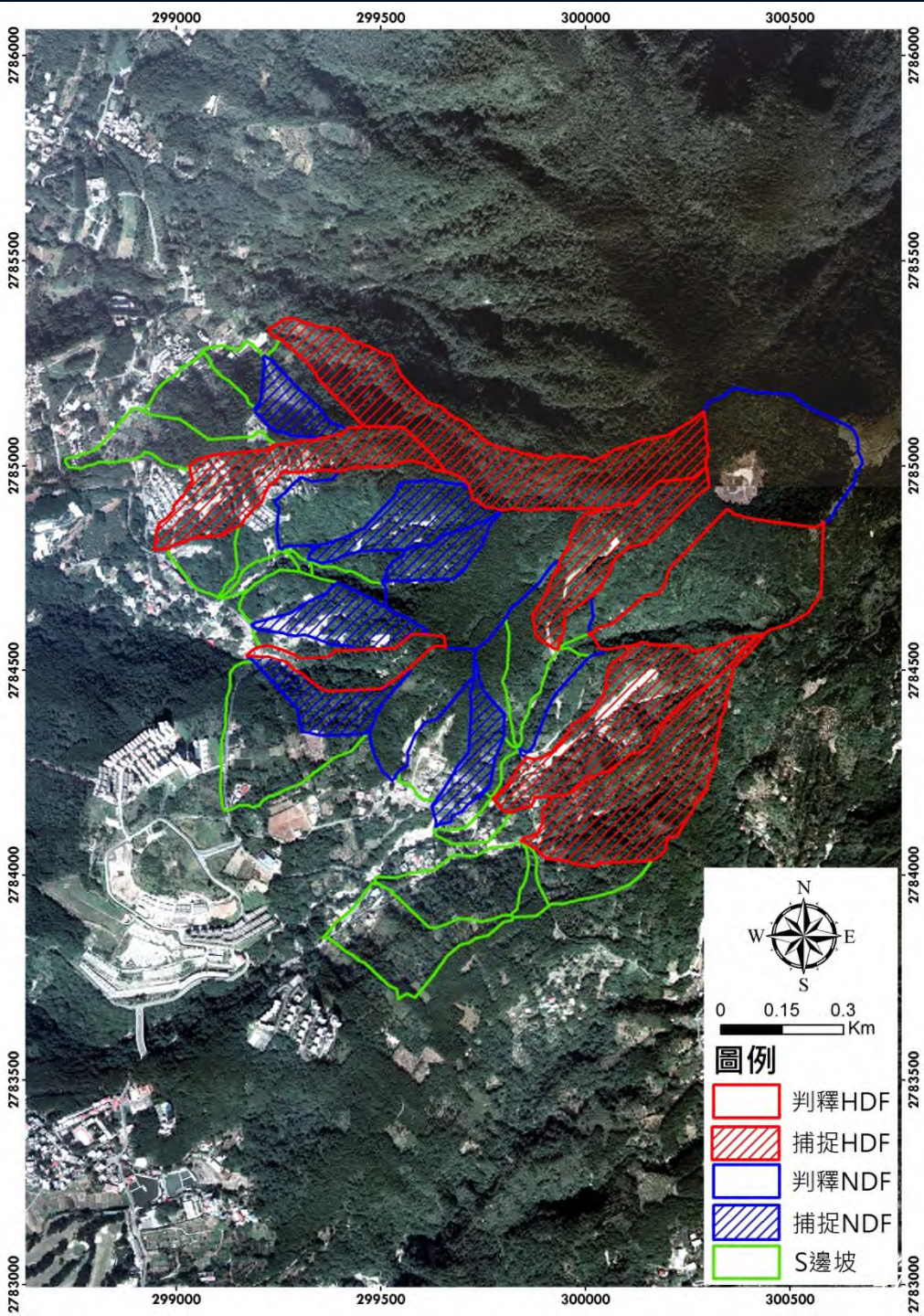












北投區大屯里

編號 B-03









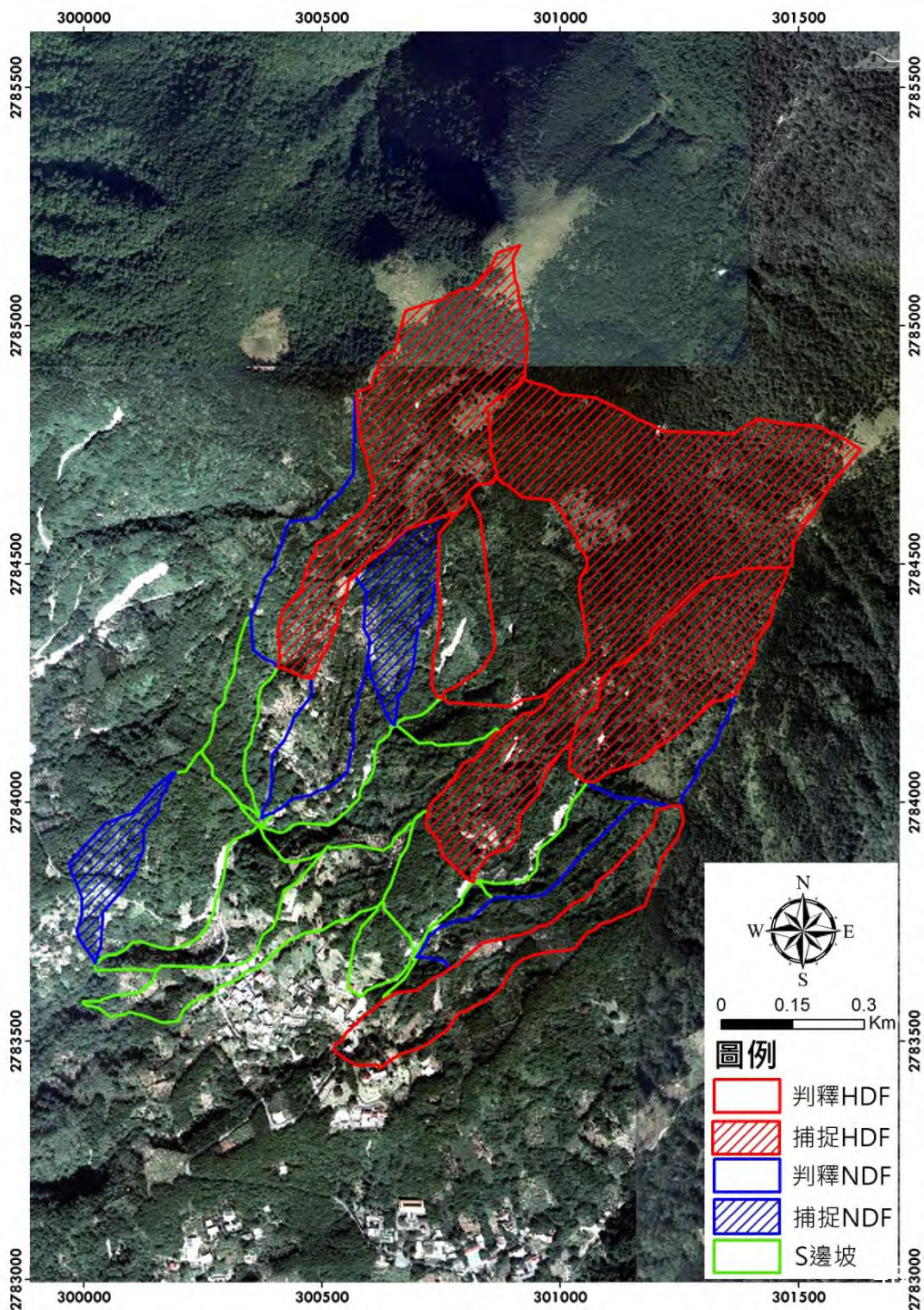
編號 B-08





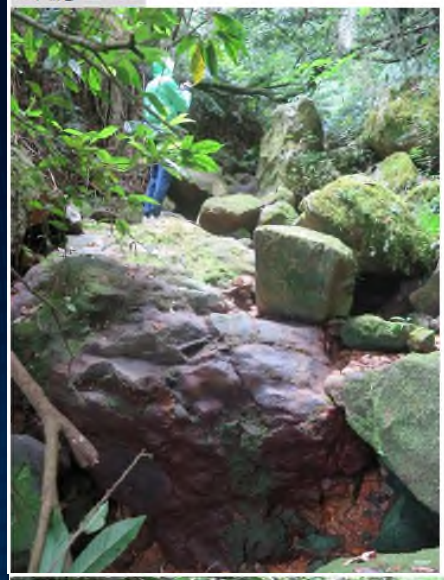






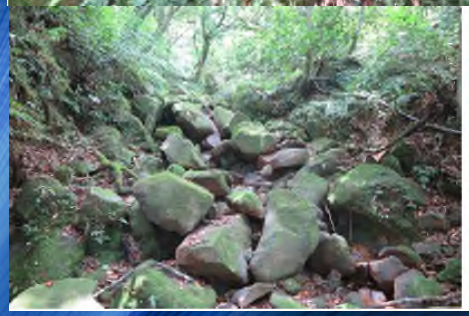
TC. Chen

編號 E-05

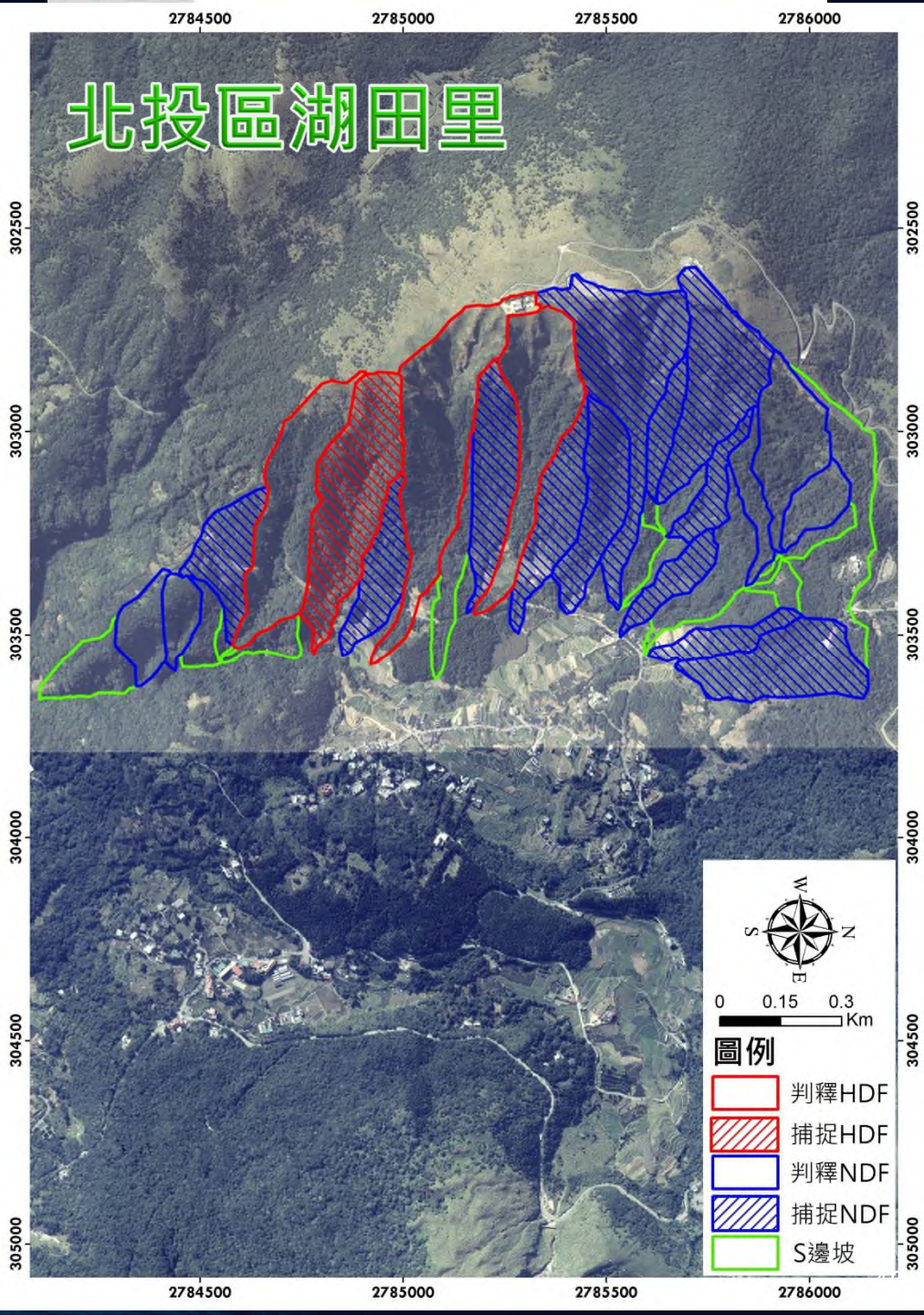










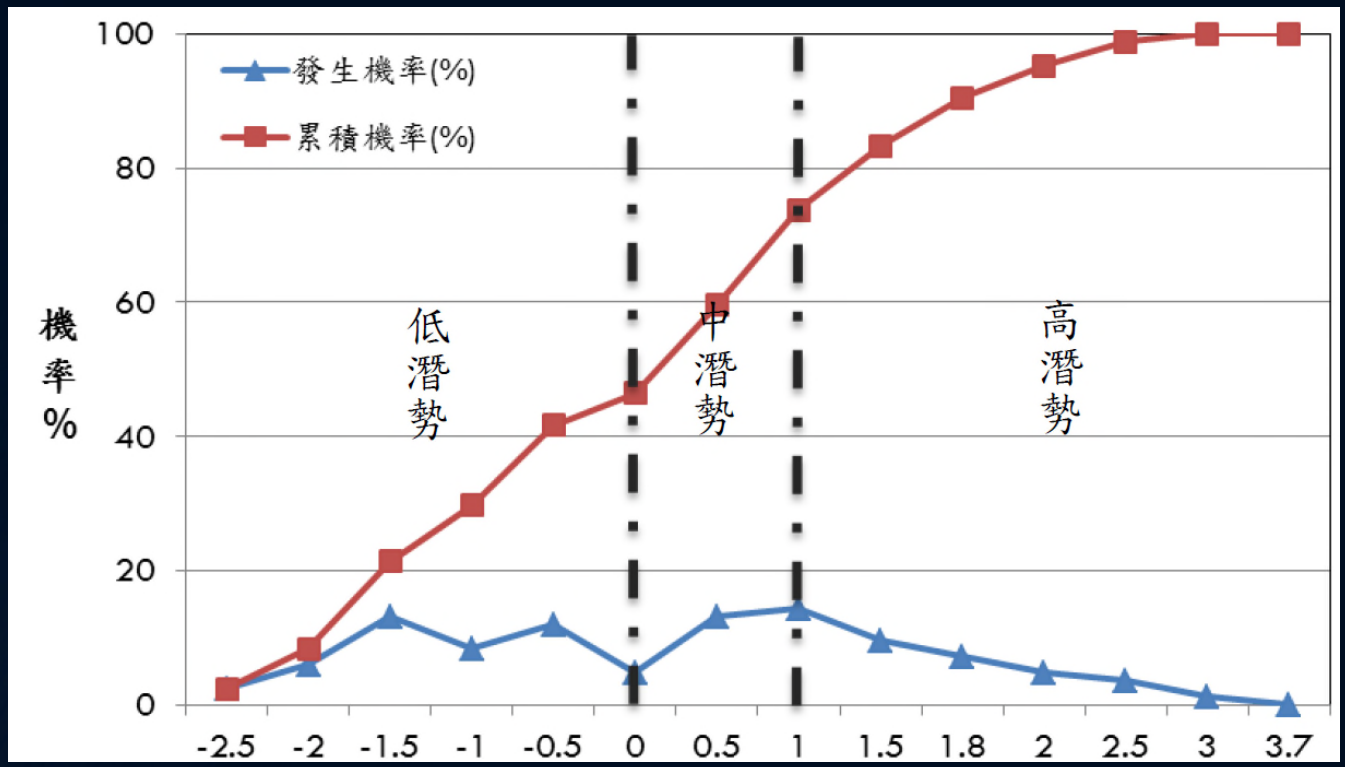

北投區湖田里
2784500
2785000
2785500
2786000
302500
303000
303500
304000
304500
305000
W
N
S
E
0 0.15 0.3
Km
圖例
判釋HDF
捕捉HDF
判釋NDF
捕捉NDF
S邊坡

大屯山火山區HDF捕抓率成果

109年										
研究區編號	A (樹興里聚落)		B (大屯里聚落)		C (重和里聚落)		E (湖田里聚落)		F (水源里聚落)	
類型	HDF	NDF	HDF	NDF	HDF	NDF	HDF	NDF	HDF	NDF
判釋結果	7	11	6	6	3	9	4	17	5	12
實際發生	6	6	3	2	1	5	2	12	2	4
捕捉	5	6	3	2	1	5	1	12	2	4
整體捕捉率	94%		100%		100%		93%		100%	
HDF事件捕捉率	83%		100%		100%		50%		100%	

總計		
類型	HDF	NDF
判釋結果	25	55
實際發生	14	30
捕捉	11	30
整體捕捉率	95%	
HDF事件捕捉率	86%	

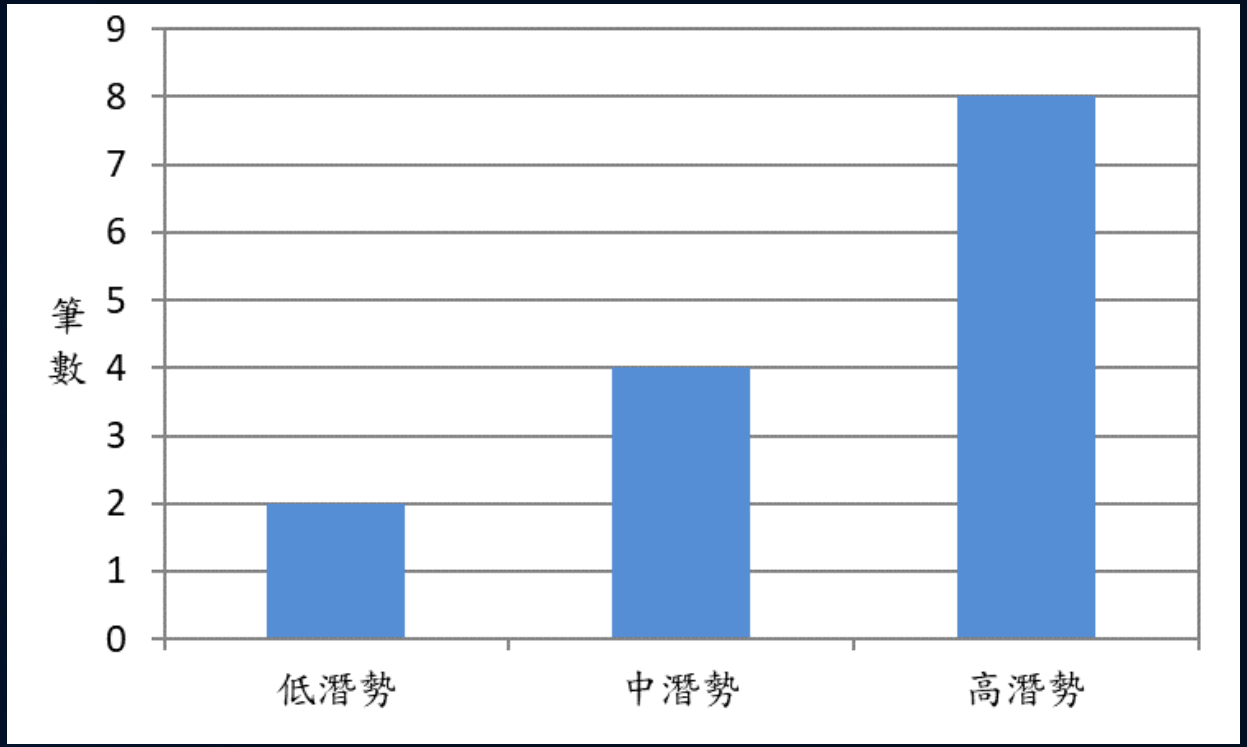
4.2 坡面型土石流潛勢分析模式



分界指標為0與1，
當區別函數值小於0時屬於低潛勢區，
區別函數值落於0到1之間為中潛勢區，
區別函數值大於1為高潛勢區。

□ 坡面型土石流及崩塌案例之潛勢分級結果

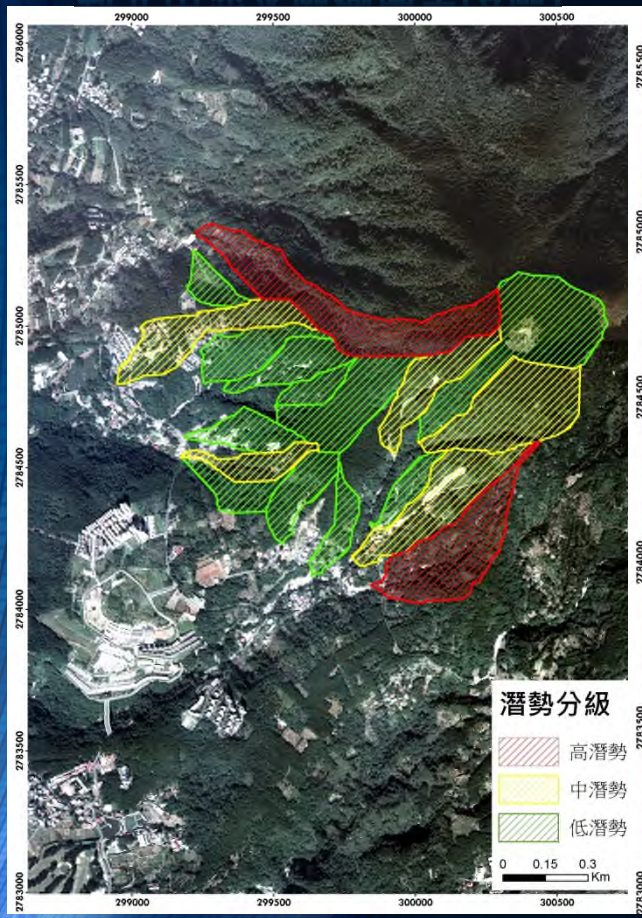
- 實際發生坡面型土石流案例潛勢分級結果



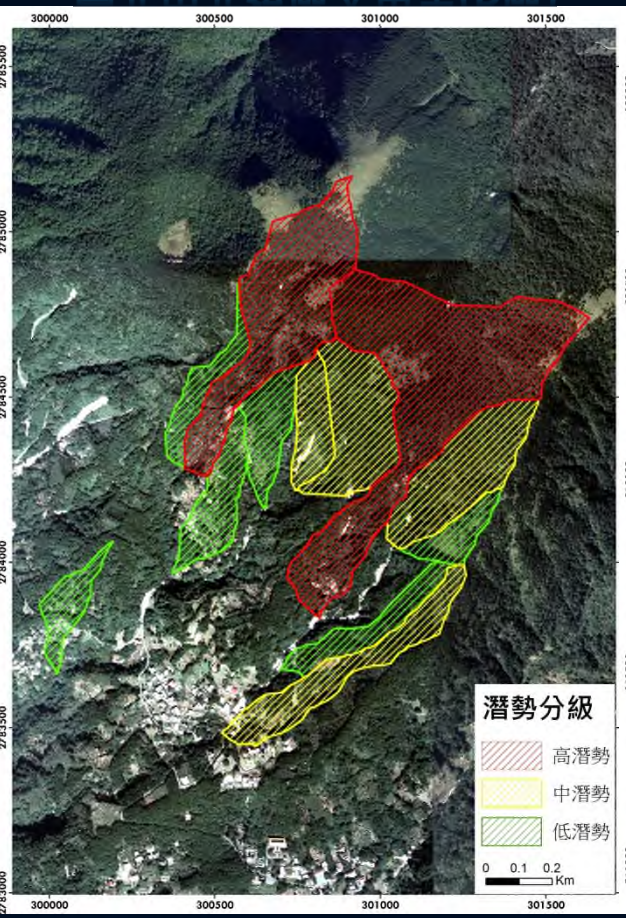
- **共14處**，2處位於低潛勢其比例約為14%，4處位於中潛勢其比例約為29%，8處位於高潛勢其比例約為57%。**中高潛勢者達86%。**

五、5處聚落坡面型土石流潛勢分級成果

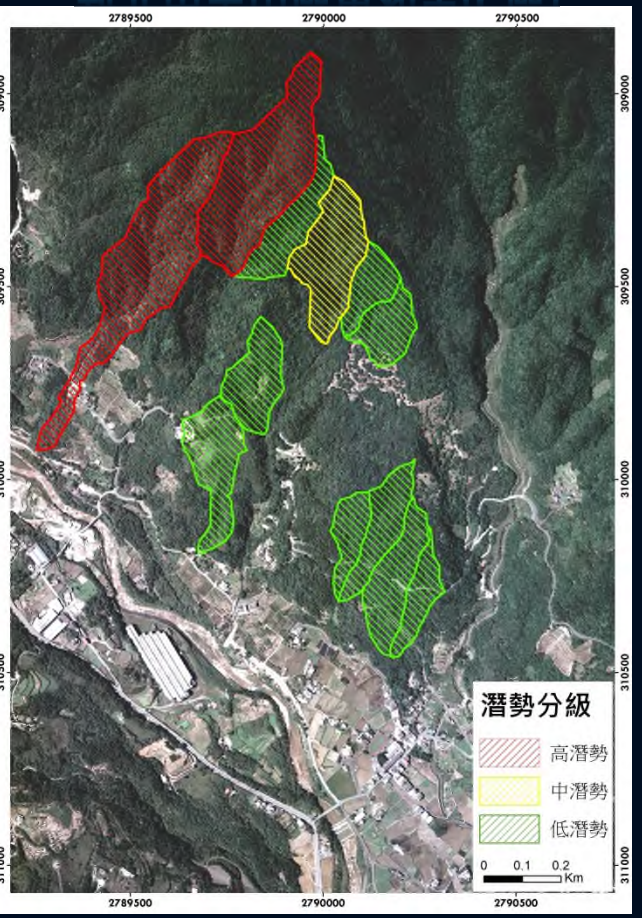
新北市淡水區樹興里(A區)



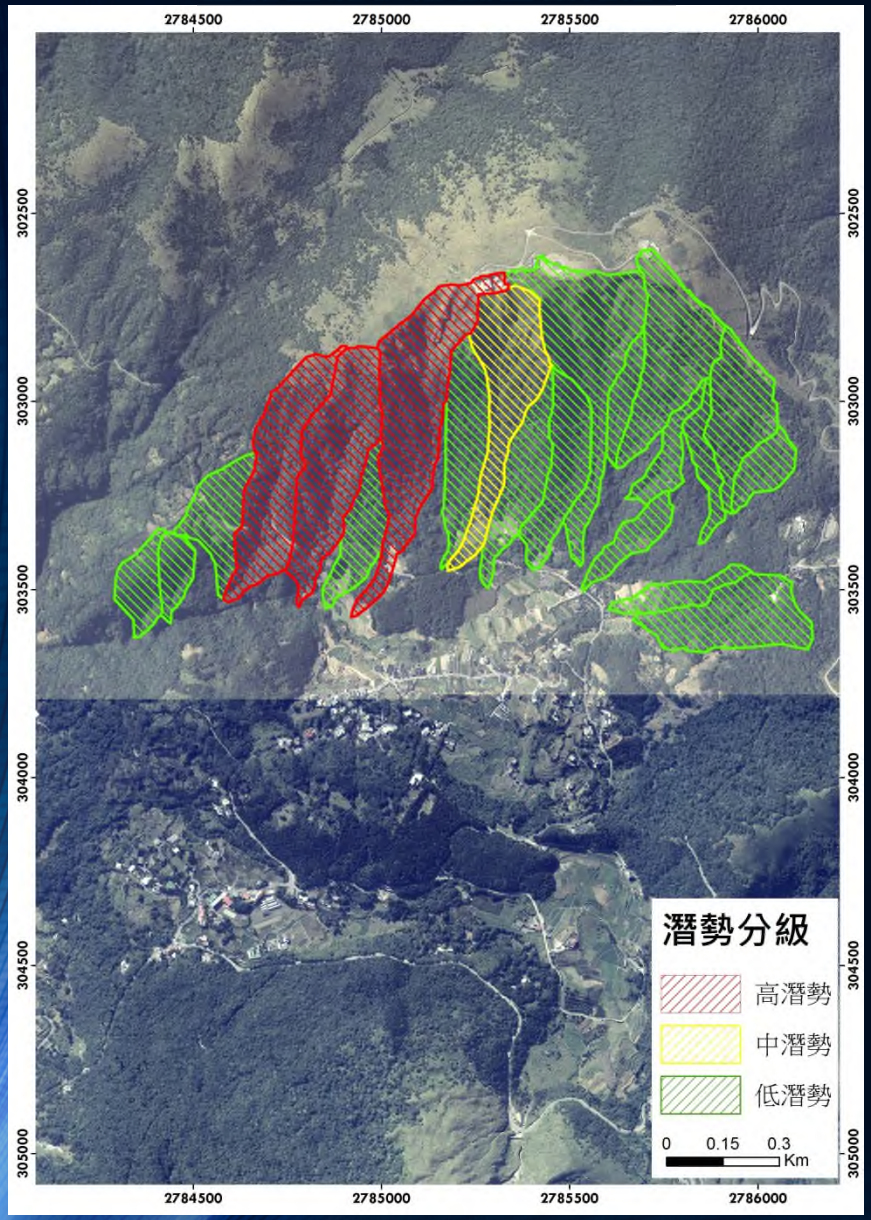
臺北市北投區大屯里(B區)



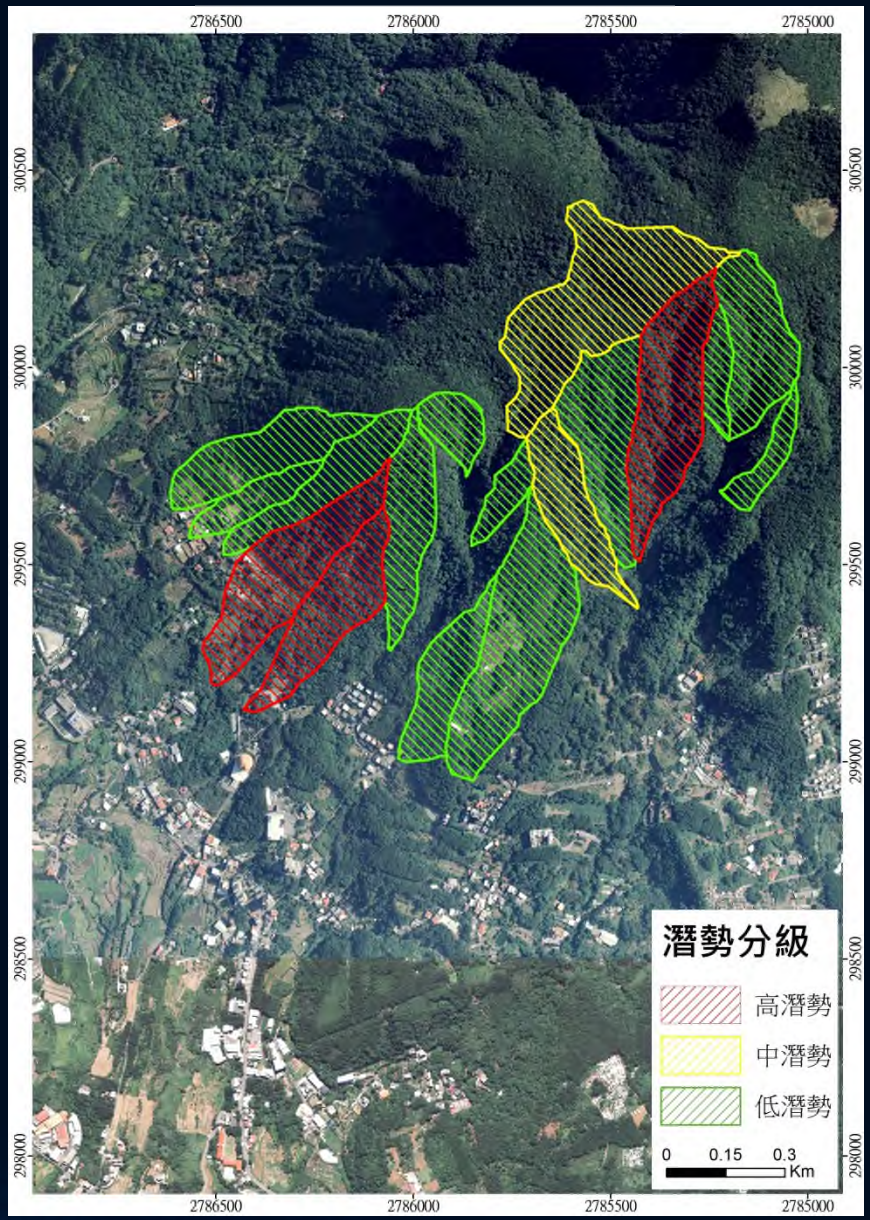
新北市金山區重和里(C區)



臺北市北投區湖田里(E區)

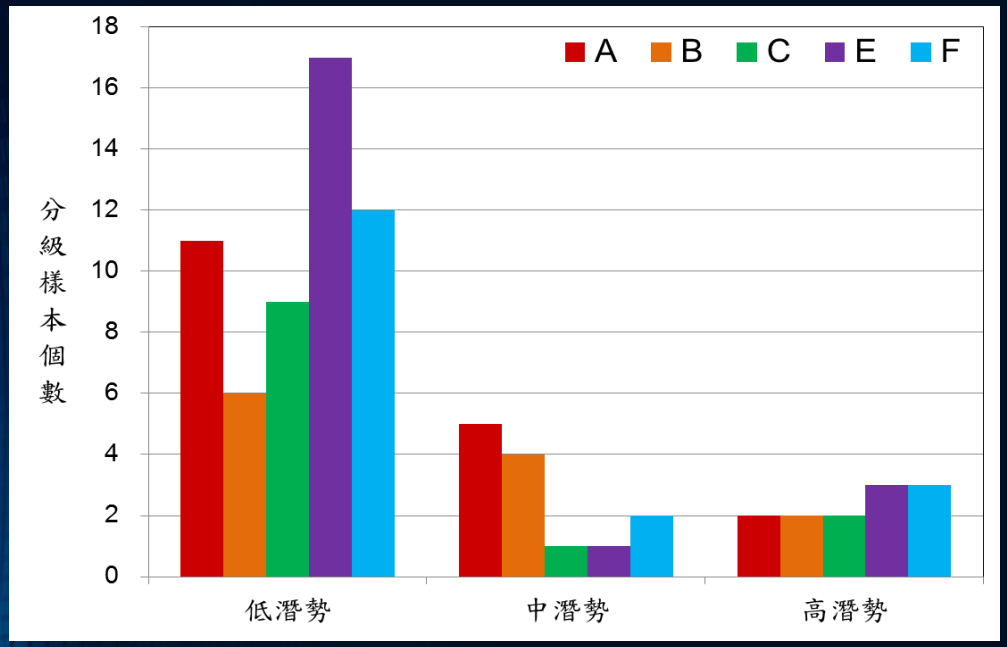


新北市淡水區水源里(F區)



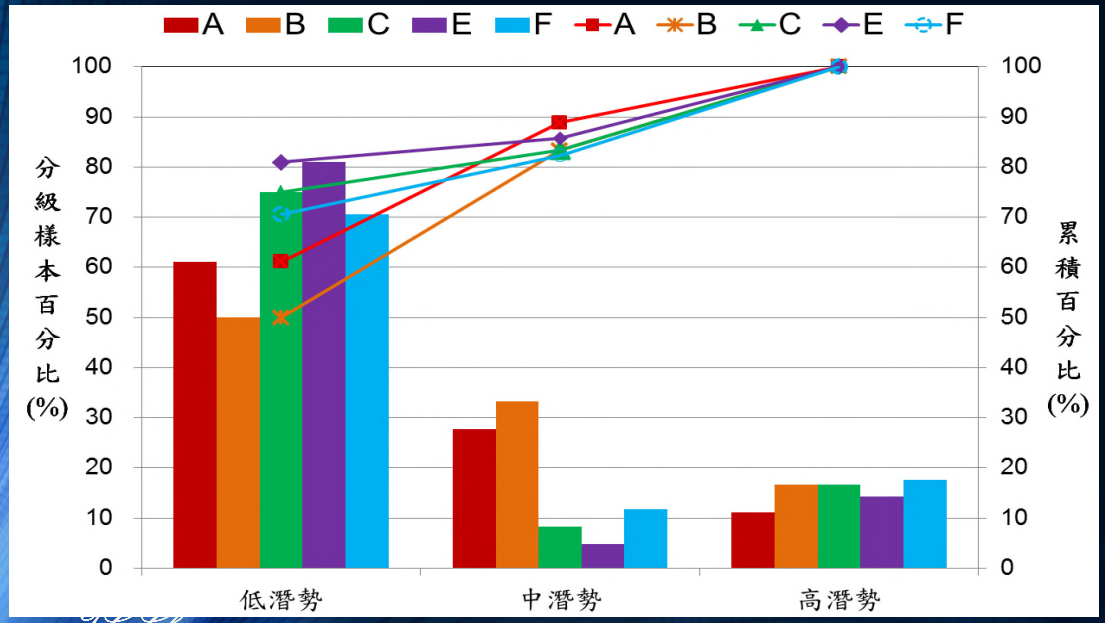
□ 5處聚落潛勢成果案例統計

	低潛勢	中潛勢	高潛勢
A 新北市淡水區樹興里	11筆	5筆	2筆
B 臺北市北投區大屯里	6筆	4筆	2筆
C 新北市金山區重和里	9筆	1筆	2筆
E 臺北市北投區湖田里	17筆	1筆	3筆
F 新北市淡水區水源里	12筆	2筆	3筆



聚落之坡面型土石流潛勢度

- HDF筆數以A、B區中高潛勢區總數較多；另就百分比來看以B、A及F區潛勢較高，
- 綜合評估:高潛勢度
  - B區(大屯里聚落)、
  - A區(樹興里聚落)
  - F區(水源里聚落)



六、結論

1. 本計畫針對臺灣北部大屯山火山地質區聚落周緣之坡面型土石流判釋及潛勢評估方法精進研發。選定火成岩地質區5處山區聚落，發展聚落周緣坡地之坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法。

2. 本研究收集坡面型土石流案例58筆，崩塌事件57筆。 採隨機選出47筆之坡面型土石流事件作為分析及驗證樣本。其中，再配合47處崩塌案件，建立樣本資料庫包括崩塌及坡面型土石流案例各42筆、驗證案例各5處。

3. 火成岩區之坡面型土石流判釋模式，正判率達89.3%，驗證率90%，成效良好。

4. 本研究完成5處聚落研究區之坡面型土石流現地查核，調查成果回饋於判釋模式之驗證作業(盲測)。實際案例捕捉率整體達95%，而HDF事件捕捉率達86%。

結論(續)

5. 聚落周緣坡面型土石流(HDF及NDF)之分析結果，實際土石流案例之發生潛勢分級均位於中、高潛勢。14處土石流實際案例，其中2處位於低潛勢其比例約為14%，4處位於中潛勢其比例約為29%，8處位於高潛勢其比例約為57%。中高者達86%。

6. 綜整5處聚落研究成果，北部大屯山火山地質區中以B區(大屯里聚落)、A區(樹興里聚落)及F區(水源里聚落)風險較高。

7. 模式應用至5處研究區時，可達到良好之正判率，經實際土石流案例驗證，亦具良好捕捉率。

8. 綜合成果顯示，本研究發展之地形判釋模式及潛勢分析方法，可提供作為評估聚落周緣山坡發生坡面型土石流事件之潛能，能早期掌握土石流危險區域，降低災害之衝擊。

Thanks for your attention!