

日本堰塞湖災害所致土石流快速推定 影響範圍方法導讀

水土保持局 技研小組
吳振佑

2019年04月02日



報告大綱

- 一. 堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法
- 二. 堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統 (QUAD-L) 的開發與該系統運用在2011年塔拉斯 (Talas) 颱風12號造成的災害
- 三. 日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

土木技術資料 53-7(2011)

報文

河道閉塞（天然ダム）及び火山の噴火を原因とする土石流による被害範囲を速やかに推定する手法

内田太郎* 山越隆雄** 清水武志*** 吉野弘祐**** 木佐洋志***** 石塚忠範*****

1. はじめに

地震や豪雨により生じた大規模な河道閉塞（天然ダム）（以下、「河道閉塞（天然ダム）」を単に「天然ダム」とする。）は、天然ダム上流に溜まった水が越流することにより土石流（以下、「天然ダムを原因とする土石流」という。）を発生させ、天然ダム下流に甚大な被害を及ぼすことがある¹⁾。

よる被害が生じる急迫性が高まった状況においては、住民の避難行動に資するため、被害のおそれのある区域等の情報を速やかに提供する必要がある。そのため、手引きでは、情報として一定程度の精度を確保した上で、時間をかけずに結果を出すことを主眼とし、区域や時期等の情報を提供するために最低限実施すべき緊急調査の内容について整理した。本報告では、手引きに示されている

土木技術資料 54-10(2012)

特集：激甚な土砂災害等への対応

天然ダムによる土石流想定範囲計算システム (QUAD-L) の開発と2011年台風12号災害における適用

清水武志* 内田太郎** 山越隆雄*** 石塚忠範****

1. はじめに

2011年5月1日に「土砂災害警戒避難区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」が一部改正（以下、「改正土砂法」）された。これにより、国土交通省は、政令の要件を満たす規模の天然ダムが発生した場合、改正土砂法に基づいて「緊急調査」を実施し、その結果は「土砂災害緊

度」の数値計算システム Quick Analysis system for Debris flow induced by Landslide dam version 1.0 (QUAD-L ver1.0；以下「QUAD1.0」)の開発を担うに当たり、土石流氾濫想定区域を緊急時に推定するという明瞭な目的があるため、2)の課題を克服したシステムを作成する方針を立てて、極めて限定的な機能を有する、簡便に使用できるシステムを設計した。



堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

2011年修正後的日本土砂災害防止法規定

堰塞湖緊急調查實施條件：

1. 天然壩壩高超過 **20 公尺**以上，
2. 受上游迴水影響之保全對象超過 **10 戶**以上的堰塞湖
3. 下游受潰壩洪水影響之保全對象超過 **10 戶**以上的堰塞湖

火山噴發緊急調查實施條件：

- 火山爆發所造成的火山灰已落在**河床坡度10度以上**之地區且
 1. 最下游邊界以上**超過一半的面積**堆積**超過1公分**的火山灰
 2. 最下游邊界以上之影響範圍內有**超過10棟**以上的建築時



堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

目標與原則

- 為了提供居民避難行動之參考，應盡速提供有產生災害之虞的區域等資訊
- 確保所提供的資訊須具有一定程度的精度外，主要還是必須在**最短時間內**得出結論

難以預測、規模大、時間急迫



堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

堰塞湖所導致的土石流

- 手冊中並未考慮豪雨導致流入流量增加所對於堰塞湖的影響，而是考慮常態流量下湖區水位上升與溢流之情形
- 豪雨期間產生之堰塞湖難以進行調查

火山噴發所導致的土石流

- 因火山灰堆積導致坡面滲透能力下降，降雨時雨水會直接產生逕流而形成土石流
- 假設24小時的雨量歷線進行模擬

堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

數值模擬方法討論



圖-2 有多數開始氾濫地點時的概概念圖

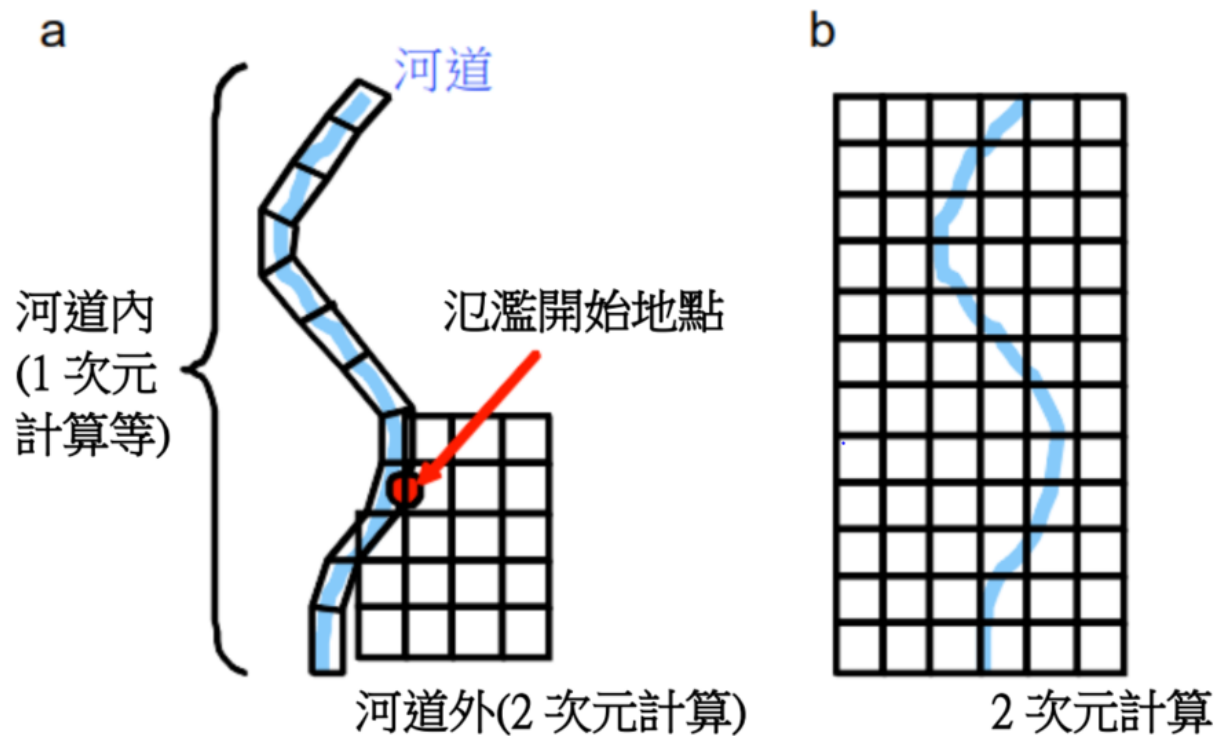


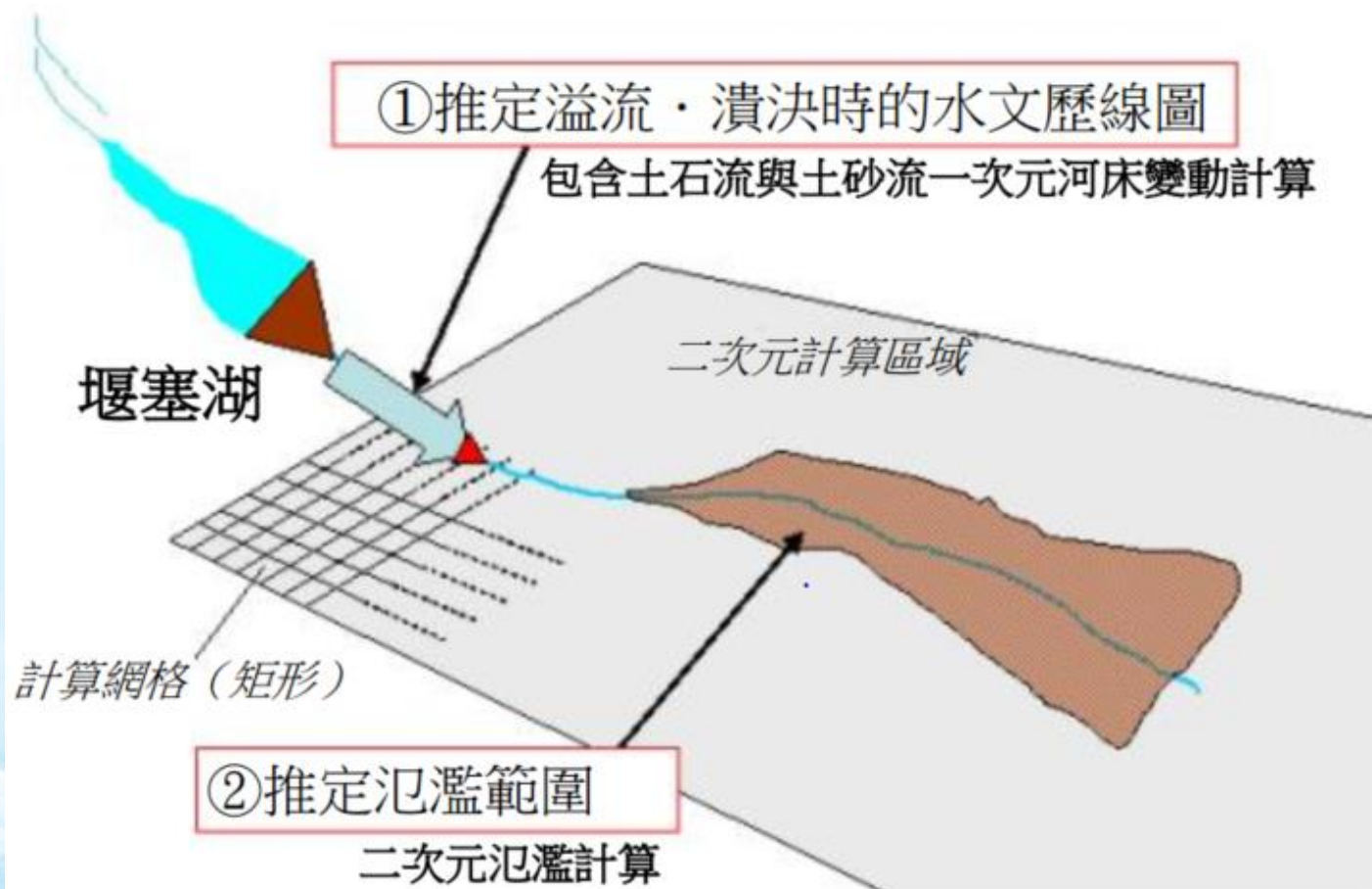
圖-1 計算氾濫區域分割概念圖

日本全國10m 公開DEM

堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

堰塞湖所對應之模擬方法

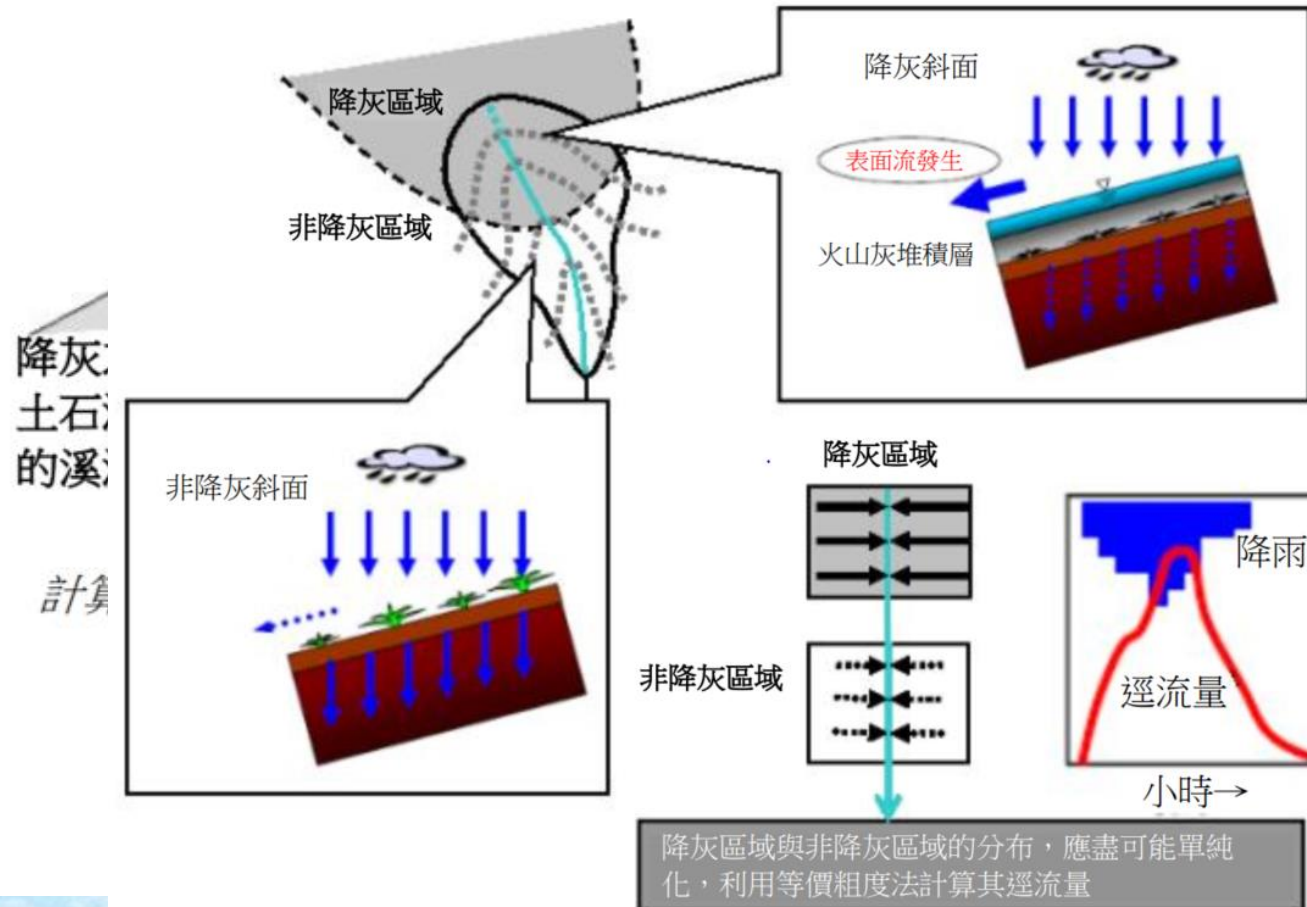
- 堰塞湖上游採一維河床變動模擬
- 堰塞湖下游採二維洪水氾濫模擬



堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

火山噴發所對應之模擬方法

- 氾濫地點上游之水文逕流歷線分析
- 考量火山灰堆積範圍與有效降雨量



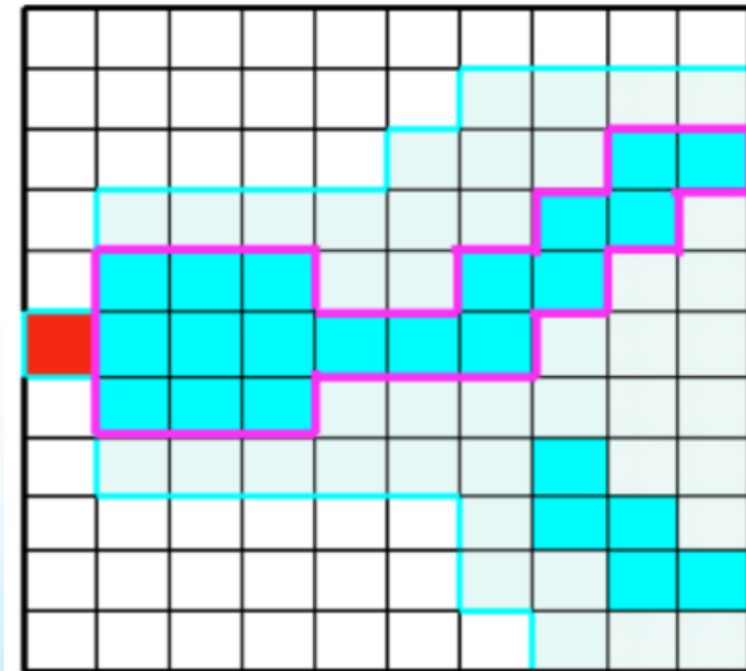
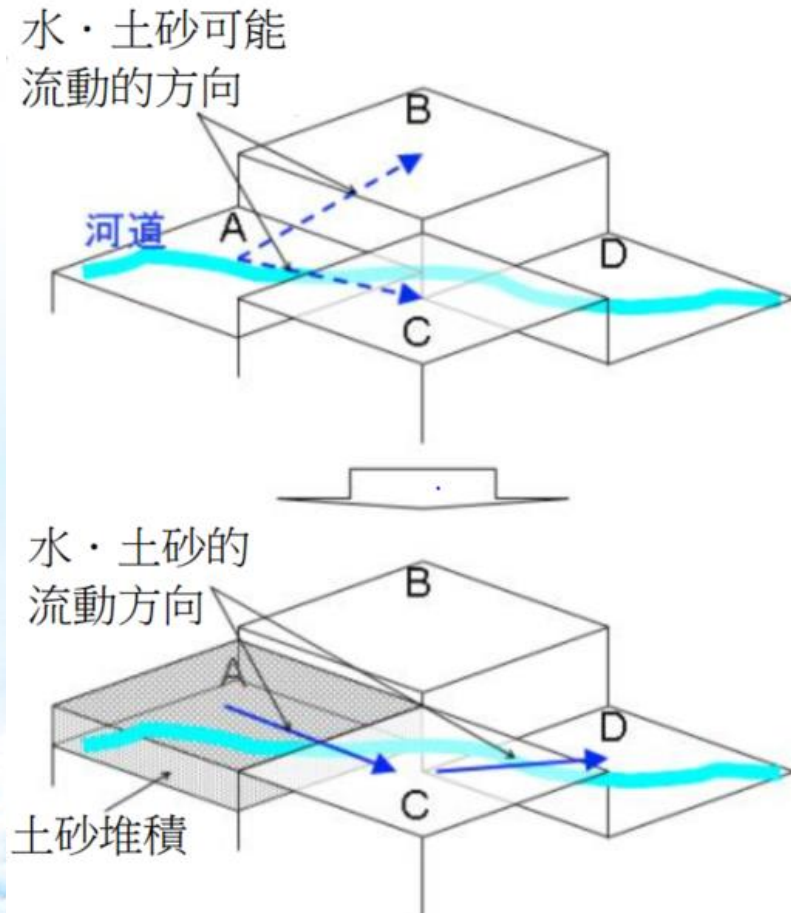
定

計算

8

堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

二維網格模擬須注意事項



- : 流入點網格
- : (剪應力最大值) > 形成(臨界剪應力)之網格
- : 水流的範圍
- : 土砂可能到達的範圍

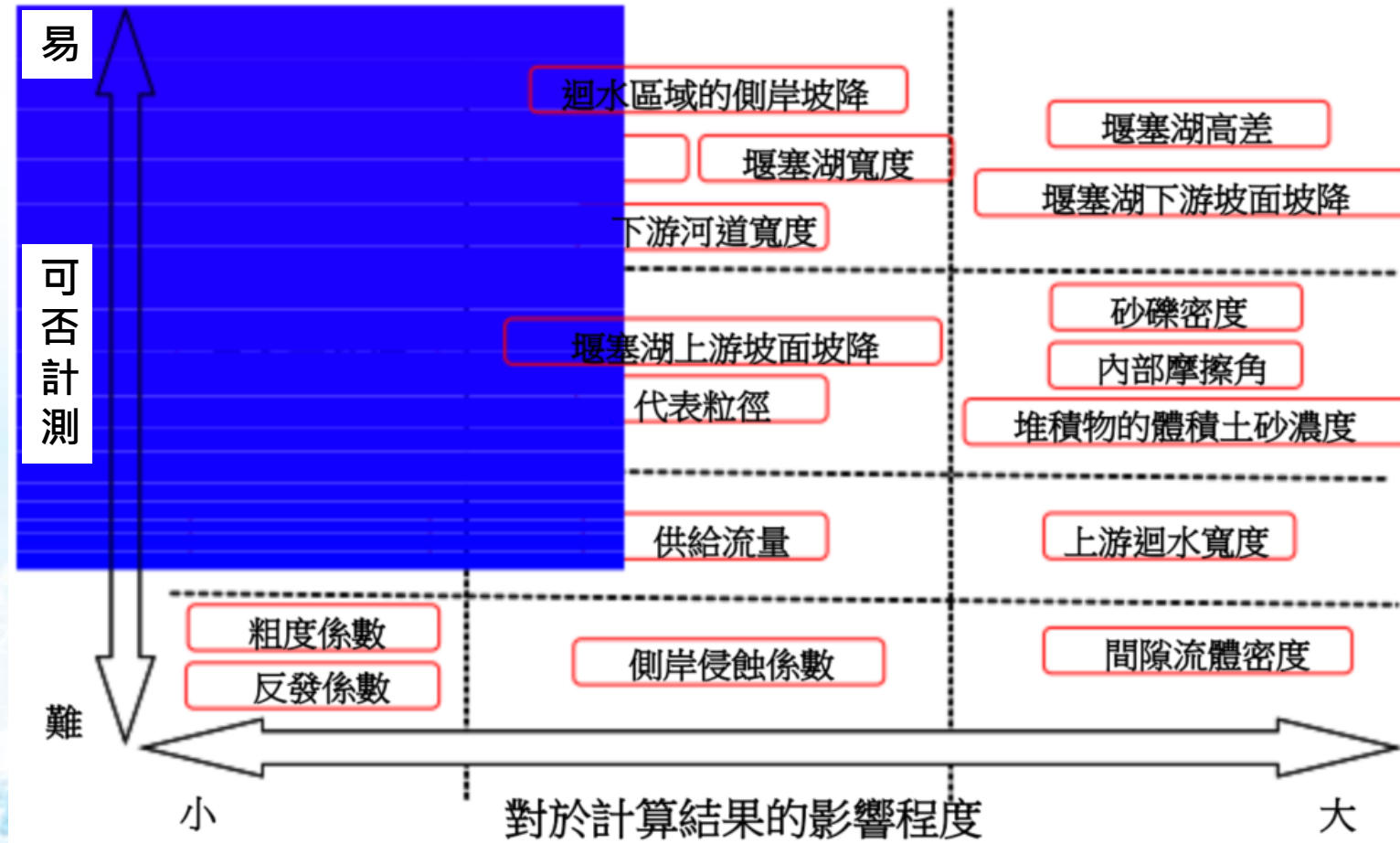
堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

調查項目分類觀念



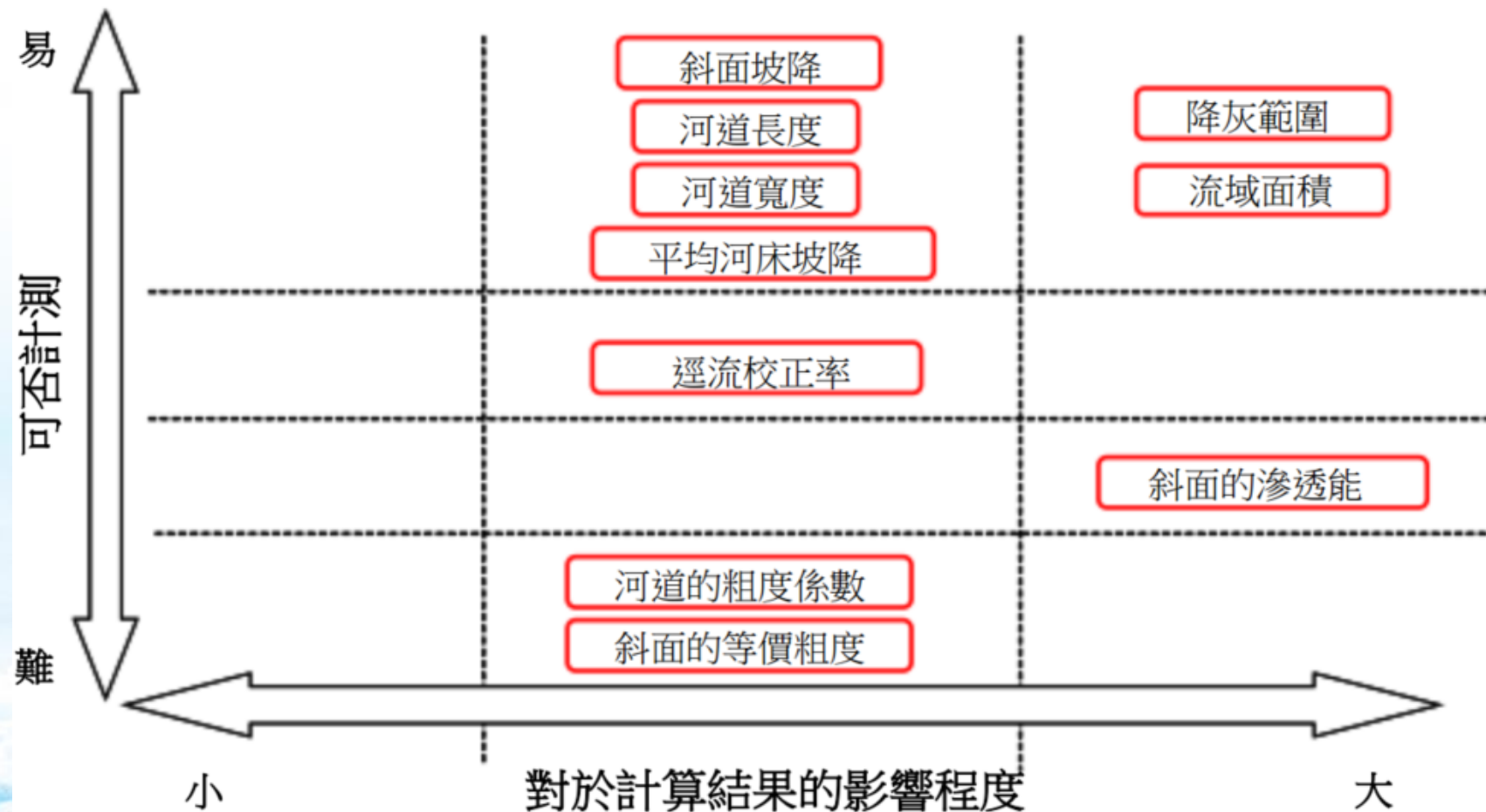
堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

堰塞湖上游區域一維模擬參數影響程度分類



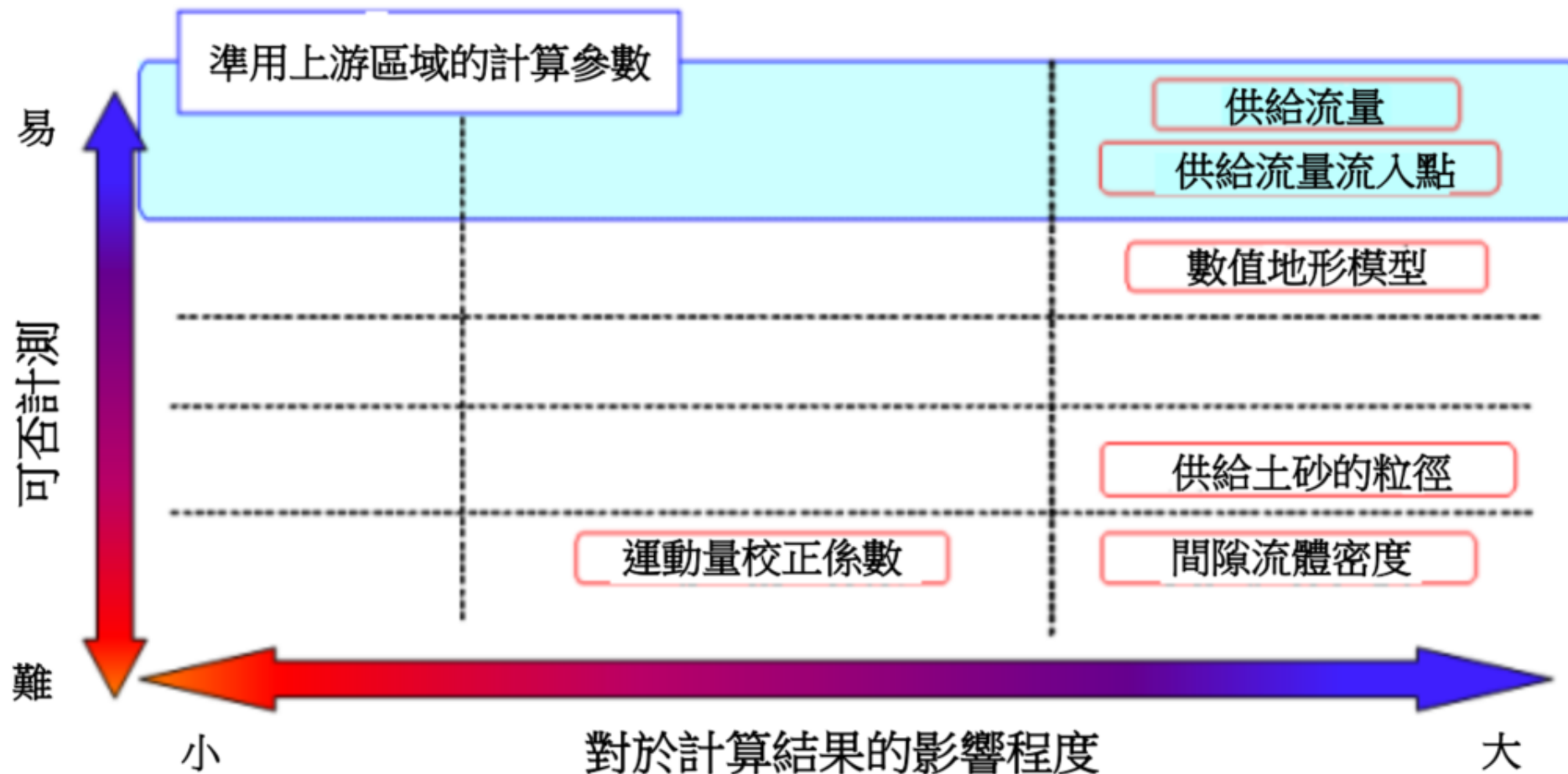
堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

火山噴發上游區域逕流計算參數影響程度分類



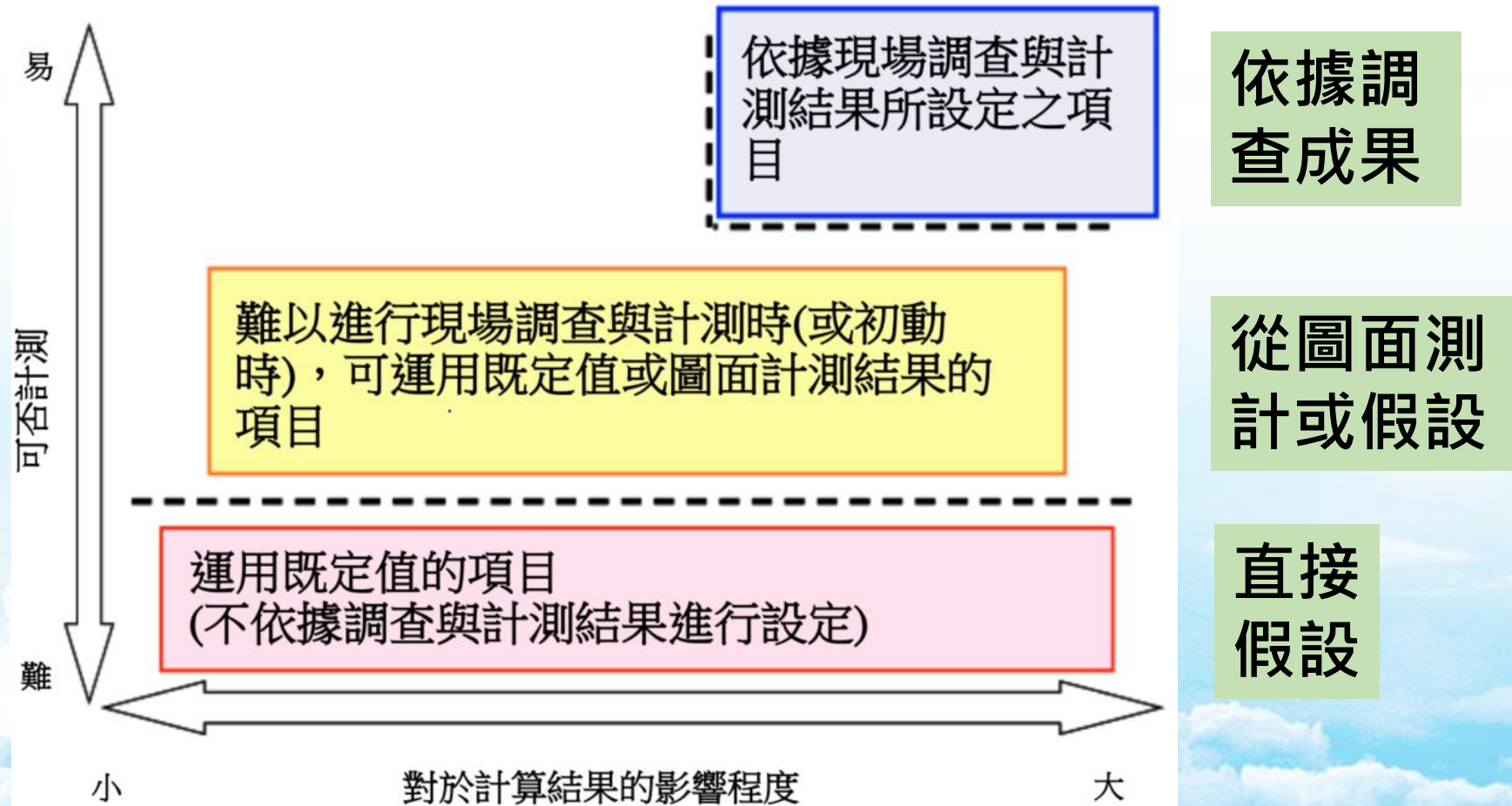
堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

二維氾濫地區計算參數影響程度分類



堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

依據重要影響程度所制定的調查與設定參數方式

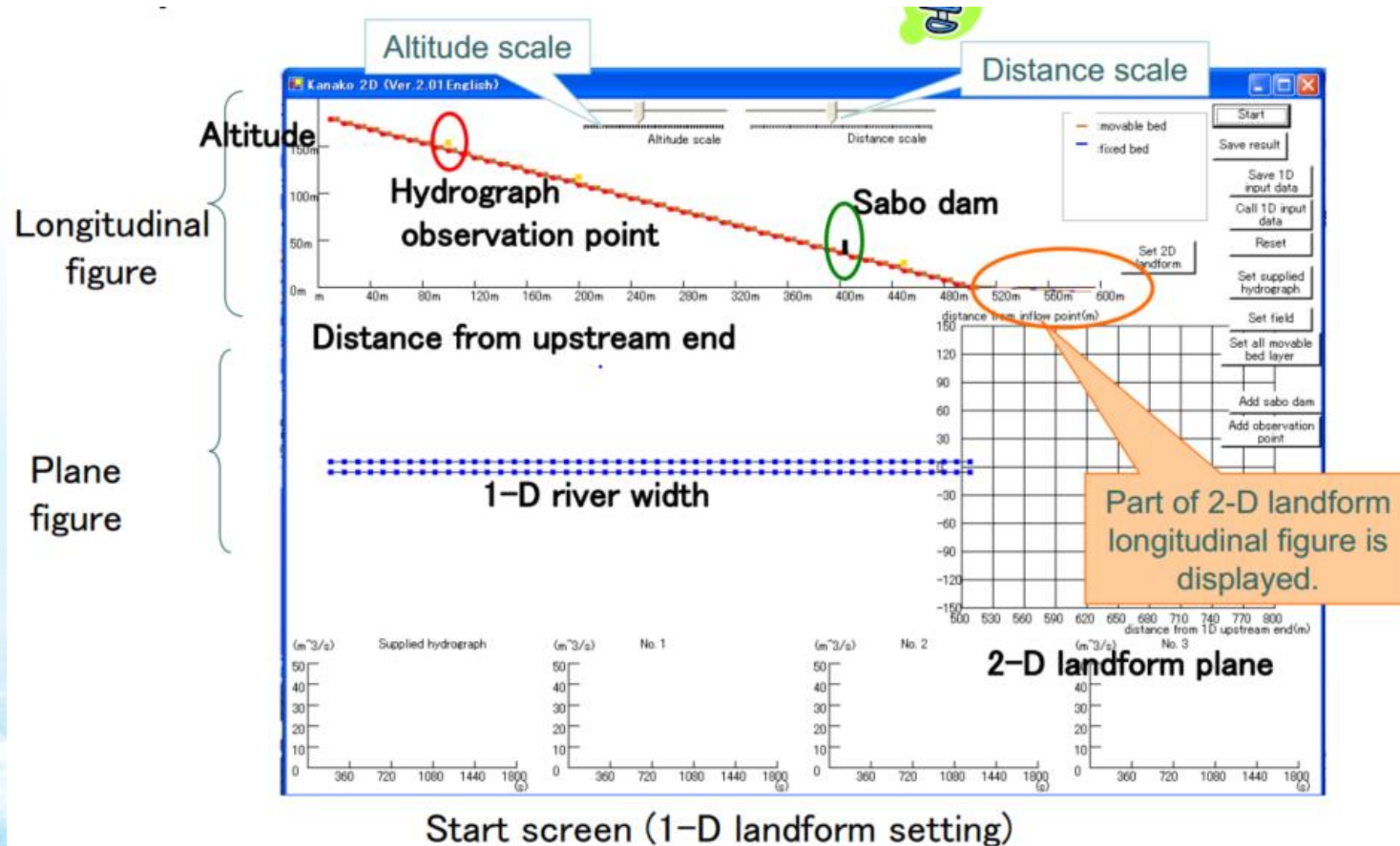


堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

Kanako 2D 土石流模擬器

<http://www.stc.or.jp/10soft/003frame.html>

- 京都大學 中谷加奈 助理教授開發
- 簡易好理解操作之模擬介面
- 推估土石流發生之影響範圍

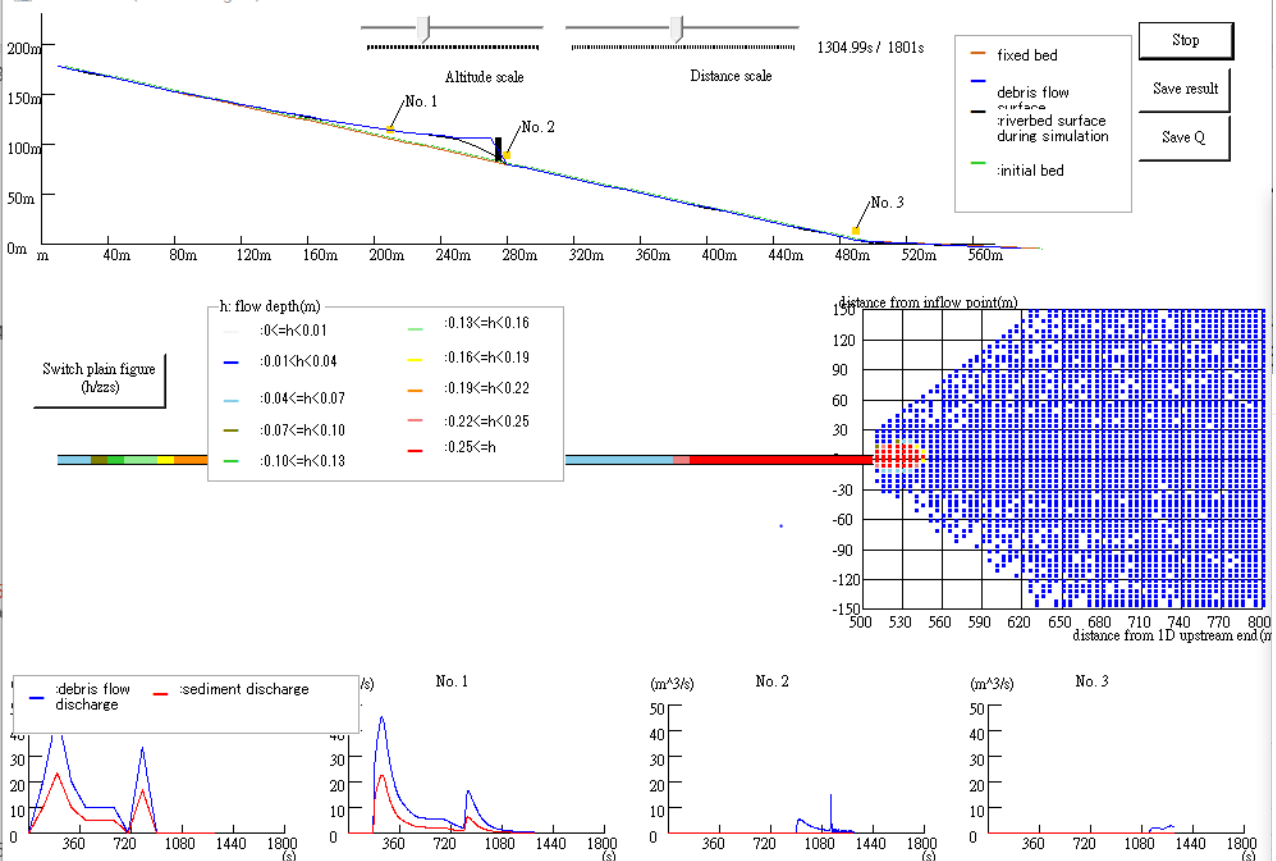




堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

Kanako 2D 土石流模擬器

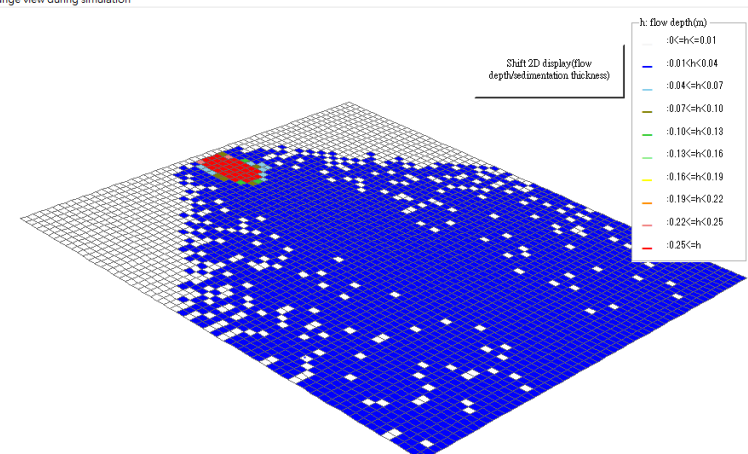
KANAKO 2D (Ver.2.051English)



```
#####debris flow simulator kanako####  
;Version  
2.051  
  
;file_kind(1:parameters and 1D data,2:2D data)  
1  
;#####  
;### Simulation parameters ###  
;#####  
;Time interval of calculation(sec)  
0.01  
  
;Mass density of bed material(kg/m^3) MKS  
2650  
;Mass density of fluid phase[water and mud,silt] (kg/m^3) MKS  
1000  
  
;Gravity acceleration(m/s^2)  
9.8  
  
;Minimum flow depth(m)  
0.01  
  
;Concentration of movable bed  
0.65  
  
;Manning's roughness coefficient  
0.03
```

2D landform 1318.99s / 1801s

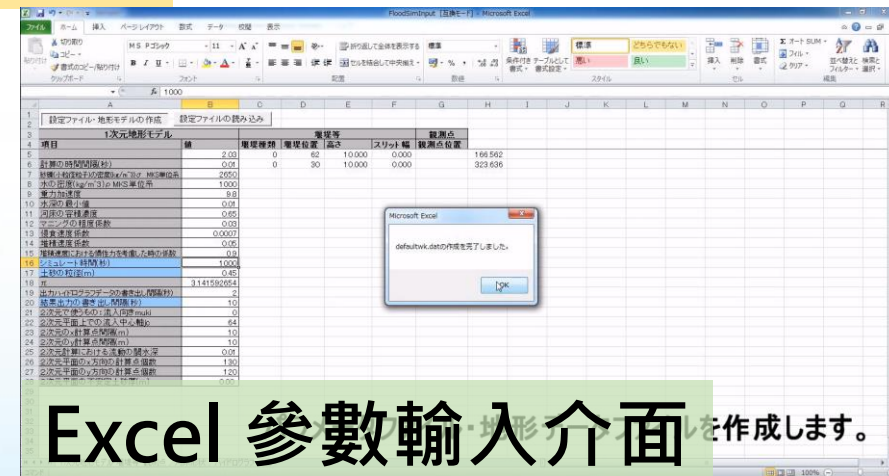
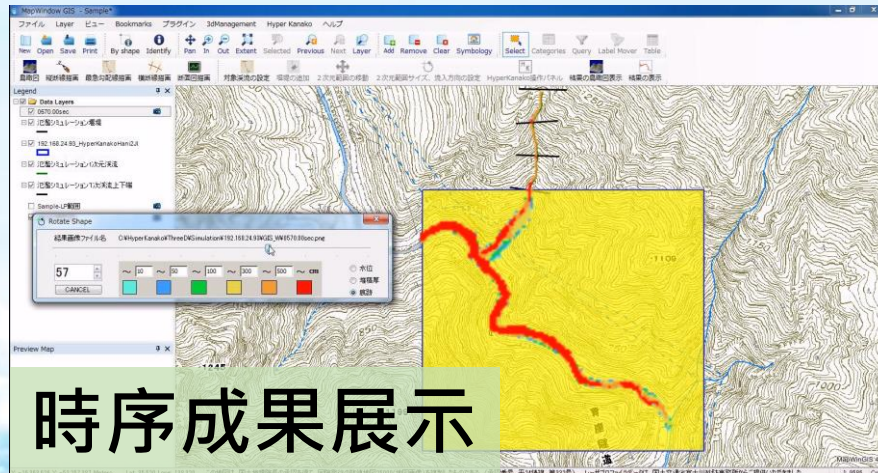
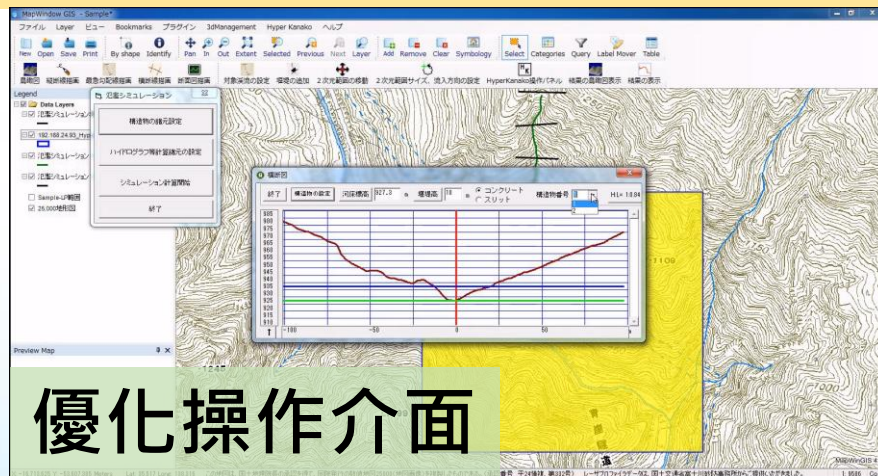
Change view during simulation





堰塞湖及火山噴發所導致土石流迅速推定其災害範圍的方法

Hyper Kanako 土石流模擬器(2012)





堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

研究背景

- Quick Analysis system for Debris flow induced by Landslide dam (QUAD-L)
- 傳統數值模式尚未具備好的使用者介面
- 需要多種輸入條件
- 需應用在緊急調查的初期階段(一週內)
- 由多個研究中心共同開發



堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

設計理念

- 短時間內能夠算出一定精度的土石流氾濫預估區域
- 相同條件下，任何人操作皆能算出相同的結果
- 國土交通省內任何分支單位皆能使用
- 即使在假日或資訊管理者不在也能使用
- 須做好開發者權利保障

速度、重複、操作、保護

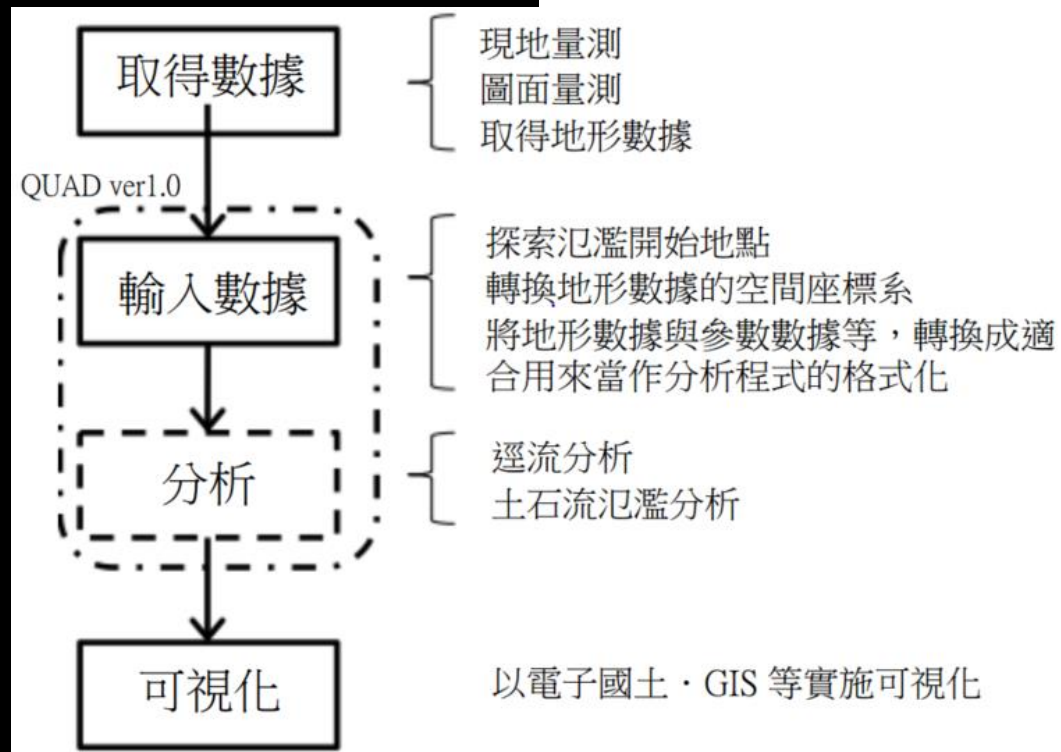
堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

輸入介面

輸入現地調查・情報蒐集結果

- [1] 堰塞湖位置的緯度 (dd:mm:ss.ss)
- [2] 堰塞湖位置的經度 (ddd:mm:ss.ss)
- [3] 堰塞湖高差 (m)
- [4] 堰塞湖下游側水平長 (m)
- [5] 堰塞湖形狀 { [0]:三角形 [1]:梯形 }
- [6] 堰塞湖梯形肩部的高差 (m)
- [7] 到達堰塞湖梯形肩為止的水平長度 (m)
- [8] 堰塞湖形成土塊末端河床標高 (m)
- [9] 堰塞湖位置的河床標高 (m)
- [10] 預定最大迴水區域上游端的河床標高 (m)
- [11] 湖區長度 (m)
- [12] 堰塞湖上游迴水區域的側岸平均坡降 (°)
- [13] 堰塞湖河道寬度 (m)
- [14] 河道的下游方向 { [1]:北 [2]:東 [3]:南 [4]:西,

- [1] 請輸入緯度
- [end] : 輸入完成
- [move] : 變更輸入項目 (附帶)
- [clear] : 刪除所有輸入的值



純UI介面設計

作業流程



堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

地形數據取得

基盤地図情報 ダウンロードサービス

基本項目 DEM

検索条件指定

- 5mメッシュ ☒ 5A (レーザー測量) ☒ 5B (写真測量) ☒ 5C (写真測量)
- 10mメッシュ ☐ 10A (火山基本図の等高線) ☐ 10B (地形図の等高線)

選択方法指定

- ☒ 地図上で選択
- ☐ 都道府県または市区町村で選択▼
- ☐ メッシュ番号で選択▼

選択リストに追加

選択リスト

地図上の2次メッシュをクリックするか、「選択リストに追加」ボタンをクリックするとリストに追加されます

全て削除 ダウンロードファイル確認へ

例: 鵜岳 / 金沢市木ノ新保町 / 35度0分0秒 135度0分0秒 / 35.00 135.00 / 54SUE83694920

情報 地図から選択

- ☒ メッシュ選択 ☐ 包含選択

北朝鮮

大連

ピョンヤン (平壤)

メウル

大韓民国

日本海

佐渡島

伊豆諸島

八丈島

肥前島

100 km

全国10m(部分5m) 系統支援匯入使用

堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

2011年日本塔拉斯颱風

台風12号関係 河道閉塞発生箇所(奈良県・和歌山県)



- 中度颱風
- 9/3登陸日本
- 9/6起實施緊急調查

紀伊半島災情：

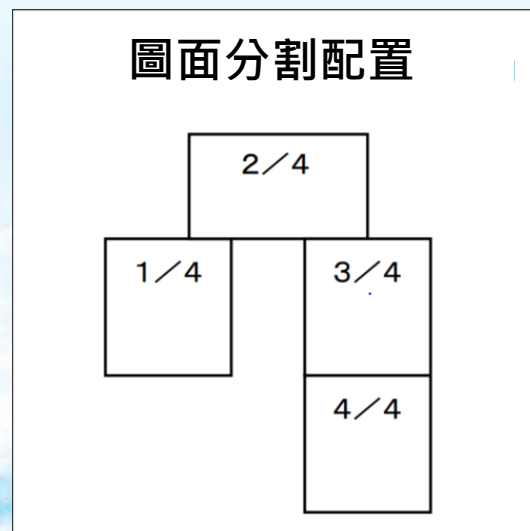
- 208起土砂災害
- 死亡人數：49人
- 損失超過四千億日圓



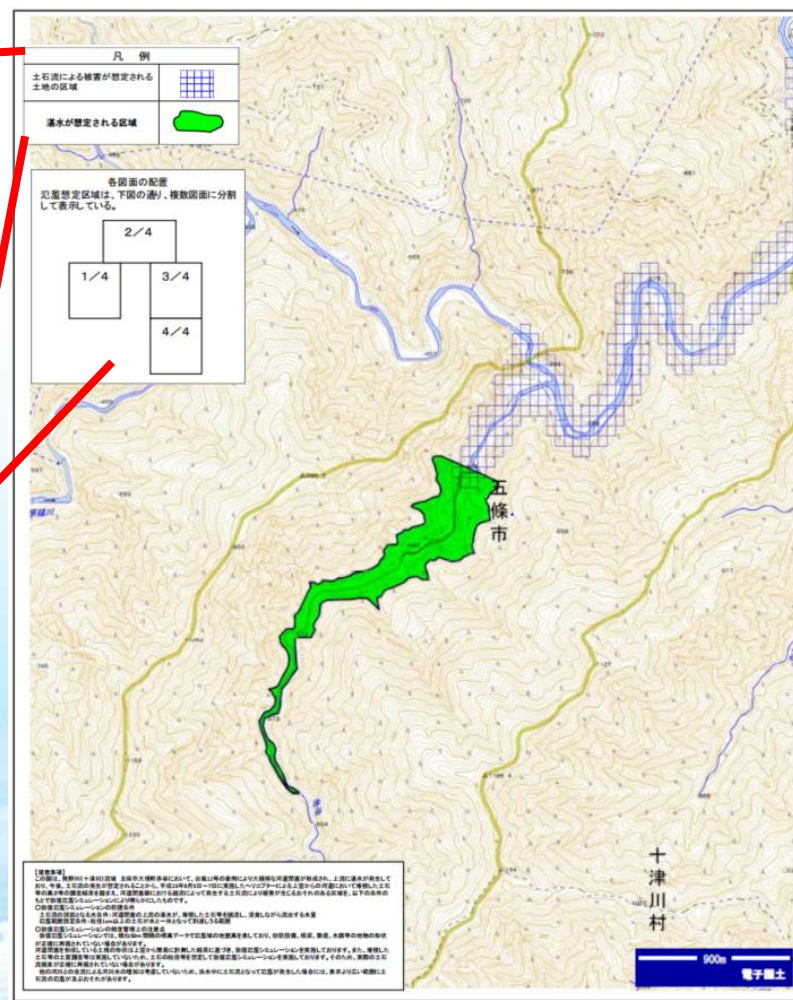
堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

2011年日本塔拉斯颱風

凡 例	
土石流可能影響範圍	
上游迴水區域	



区域名:熊野川(十津川)流域 五條市大塔町赤谷 (1/4)



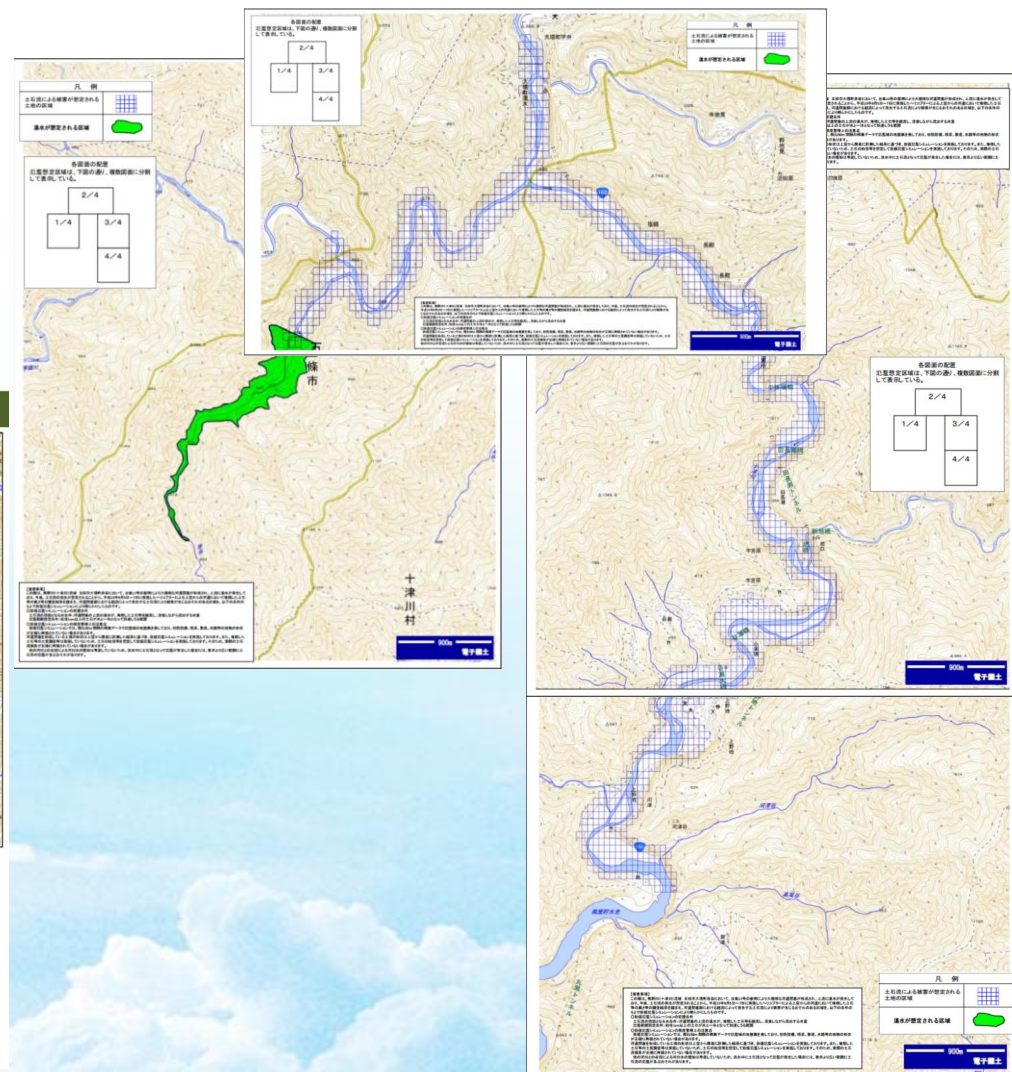


堰塞湖所導致土石流預估影響範圍計算系統(QUAD-L)的開發與該系統運用在2011年塔拉斯(Talas)颱風12號造成的災害

2011年日本塔拉斯颱風

熊野川(十津川)流域 五條市大塔町赤谷

【参考】 河道閉塞の位置および諸元 五條市大塔町赤谷





日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

時間：2018/9/6

地震規模：6.7

土石流：94處

崩塌：129處

死亡人數：36人

建築物損壞情形：

全倒：192棟

半倒：278棟

部分損壞：776棟

TEC-FORCE派遣

2,897人

あつまちよう いぶり
厚真町における土砂災害被災の状況（平成30年北海道胆振東部地震）



日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

北海道勇払郡厚真町日高幌內川で発生した河道閉塞について 9月9日時点

由於壩高超過
20m，依據土
砂災害防止法
規定，應實施
緊急調查



日本北海道地震日高幌内川堰塞湖潰壩模擬

崩塌範圍：50公頃

崩塌長度：1km

崩塌寬度：500m

天然壩體高度：50m

天然壩頂寬度：150m

天然壩底長：800m

預估迴水長度：2km

預估蓄水量：1500萬
 m^3

北海道勇払郡厚真町日高幌内川で発生した河道閉塞について 9月9日時点



※ 数字については今後の調査により変更となる可能性があります

撮影：©アジア航測㈱・朝日航洋㈱

日本北海道地震日高幌内川堰塞湖潰壩模擬

あづまがわ ひだかほろないがわ
厚真川左支川・日高幌内川 河道閉塞箇所の現状と対応

10月2日12:00現在

●現地調査 ヘリ及び地上からの調査



ヘリによる河道閉塞調査(10/1)



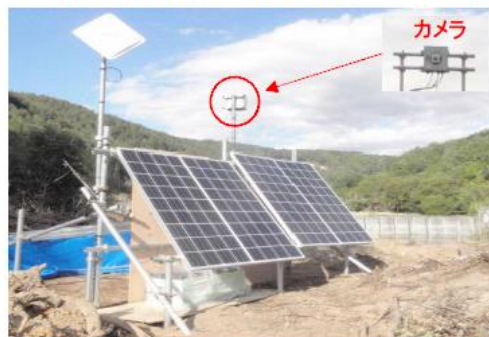
UAVによる河道閉塞調査(9/25)



土砂災害専門家による調査(9/16)

緊急調査

●監視機器設置 監視カメラ(上下流)、水位計(上下流)を設置完了



上流側 監視カメラ設置完了状況



下流側 水位計(水圧式)、標尺設置完了状況



上流側 水位計(水位観測ブイ)設置準備状況



日本北海道地震日高幌内川堰塞湖潰壩模擬

日高幌内川 河道閉塞湛水箇所 水位情報

あづまがわ

ひだかほろないがわ

厚真川左支川・日高幌内川 河道閉塞箇所の現状と対応

10月2日12:00現在

日高幌内川 河道閉塞湛水箇所 水位情報

■河道閉塞湛水箇所 水位データ

時刻	水位標高 (m)	水位標高 (m)
年月日	時刻	水位標高 (m)
2018/10/1	9:00	92.0
2018/10/2	9:00	94.1
2018/10/3	9:00	94.8
2018/10/4	9:00	95.3
2018/10/5	9:00	95.6
2018/10/6	9:00	95.9
2019/3/25	9:00	98.6
2019/3/26	9:00	98.7
2019/3/27	9:00	98.8
2019/3/28	9:00	98.9
2019/3/29	9:00	98.9
2019/3/30	9:00	99.0
2019/3/31	9:00	99.0
2019/4/1	9:00	99.0

※現在、対策工事(河道閉塞部の掘削及び水路工の整備)を進めており、河道閉塞部の標高は現在108.0mです。
※対策工事の進捗により、河道閉塞部の標高は変化します。
※なお、対策工事実施前の河道閉塞部の標高は132.6mです。
※次回の更新は4月2日 10時00分頃を予定しています。

2018/11/11	9:00	101.5	31.1
2018/11/12	9:00	101.5	31.1
2018/11/13	9:00	101.6	31.0
2018/11/14	9:00	101.6	31.0
2018/11/15	9:00	101.6	31.0
2018/11/16	9:00	101.6	31.0

※満水となる高さは変化する場合があります
※次回の更新は11月19日 10時00分頃を予定しています

毎日水位変化



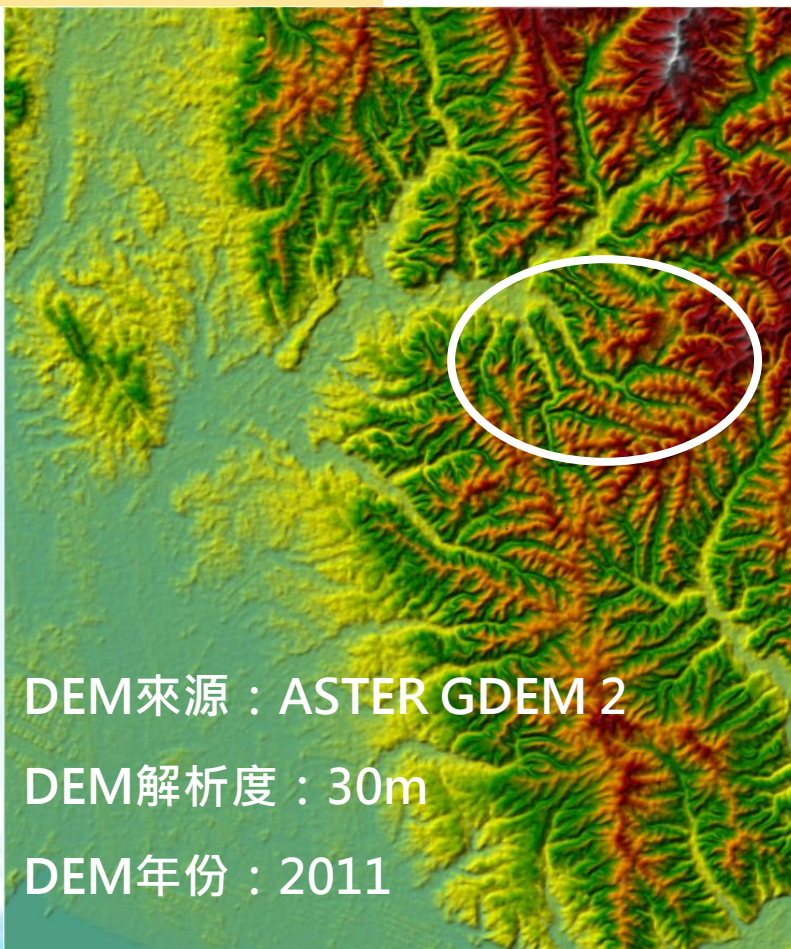
日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

災前災後比對



日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

基礎資料蒐集

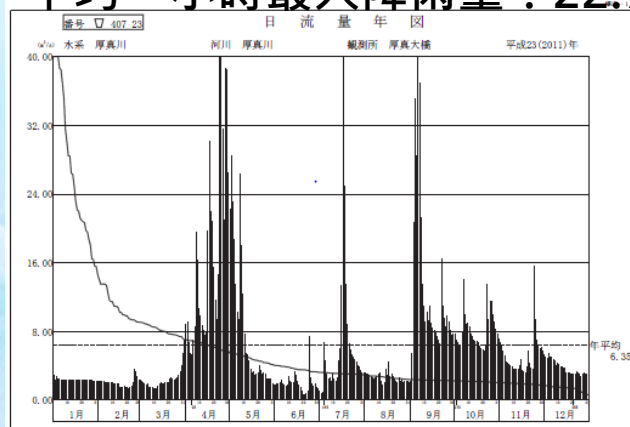


日 流 量 年 表

圖 號：V-607-23 水 系：厚真川 河 川：厚真川 範圍所：厚真大橋 平成23(2011)年

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
流量 (m³/s)	2.82	2.21	2.38	2.78	22.17	1.70	1.10	3.12	2.21	7.71	6.72	8.30
1	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
2	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
3	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
4	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
5	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
6	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
7	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
8	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
9	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
10	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
11	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
12	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
13	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
14	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
15	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
16	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
17	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
18	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
19	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
20	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
21	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
22	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
23	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
24	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
25	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
26	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
27	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
28	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
29	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
30	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
31	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
合計	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90
平均	2.77	2.18	2.22	2.08	28.41	0.81	0.88	3.08	2.44	7.04	6.27	4.90

年平均降雨量：997mm
平均一小時最大降雨量：22.7mm/hr

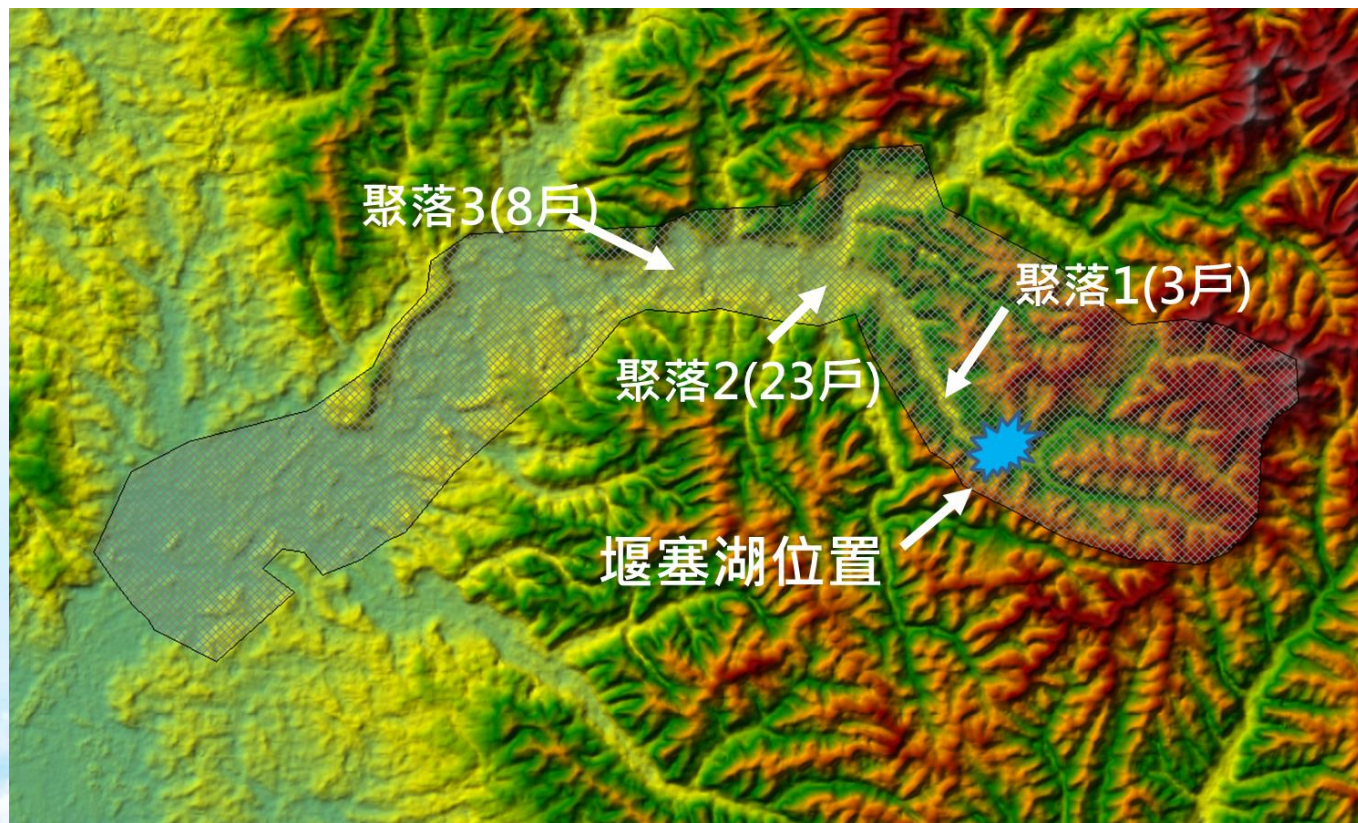


年	合計	日最大	降水量(mm)	
			最大	
			1時間	10分間
1976	643	94	35	///
1977	789	60	16	///
1978	845	47	14	///
1979	1115	101	20	///
1980	930	56	33	///
1981	1398	166	24	///
1982	784	78	24	///
1983	695	68	15	///
1984	554	30	9	///
1985	928	95	24	///
1986	939	53	21	///
1987	955	137	21	///
1988	959	66	19	///
1989	1127	71	17	///
1990	1146	103	21	///
1991	741	70	17	///
1992	1231	136	25	///
1993	877	50	16	///
1994	1047	76	37	///
1995	1185	46	22	///
1996	1075	102	31	///
1997	1296	78	32	///
1998	1117	102	23	///
1999	1014	68	14	///
2000	1403	78	32	///
2001	1098	187	20	///
2002	884	60	20	///
2003	1027	102	25	///
2004	990	48	12	///
2005	1017	118	20	///
2006	1213	157	46	///
2007	750	54	24	///
2008	816	47	15.5	2.5
2009	1065	61.5	21.5	6
2010	1098.5	82	20	11
2011	1120	60	16.5	8.5
2012	1005	59	17	8
2013	1099.5	61.5	38.5	19
2014	736.5	54.5	27	8
2015	954.5	61.5	28	10.5
2016	1293.5	95.5	27	12
2017	916.5	37.5	19.5	10

日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

模擬情境

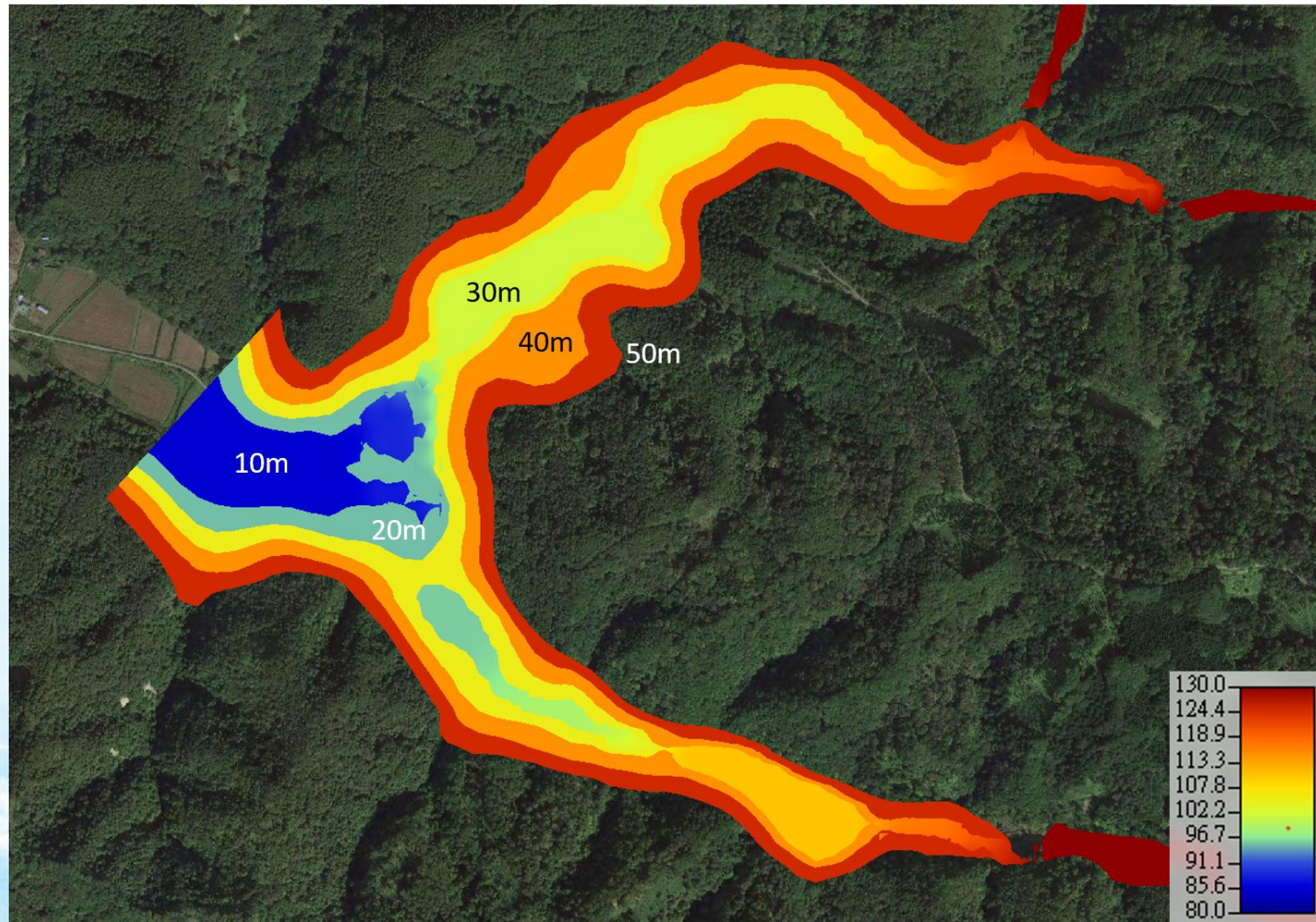
- 數值模式：HEC-RAS
- 平均網格大小：
50m*50m
- 曼寧粗糙係數：
0.03~0.05(手冊建議)
- 潰壩時間情境：0.5、
1、3、6小時
- 潰壩類型：溢頂破壞
- 潰壩壩高情境：50m、
40m、30m、20m、
10m
- 上游集水區面積：935
公頃



日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

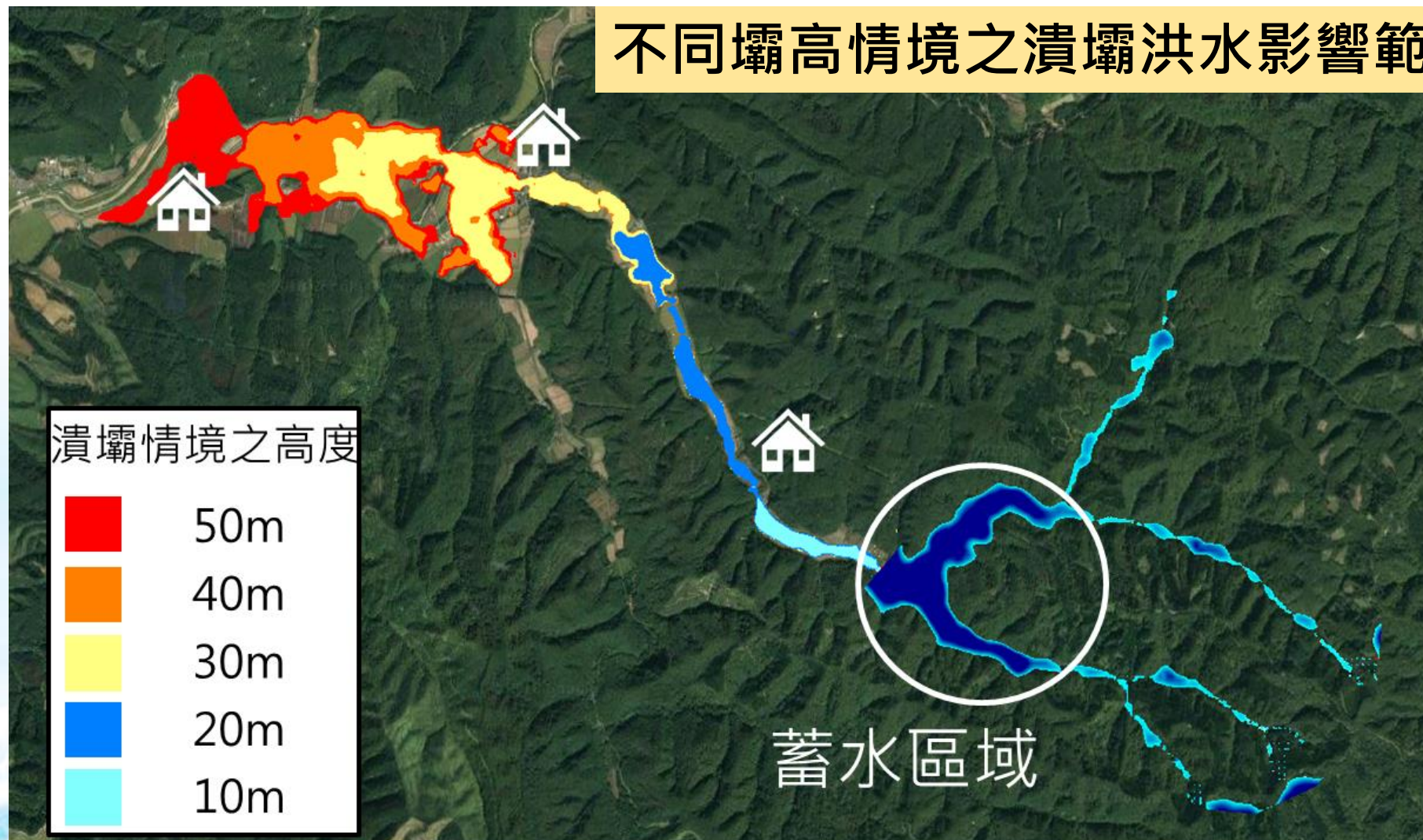
不同壩高情境之上游迴水範圍

壩高(m)	蓄水量(m ³)	上游迴流長度(m)
50	1634萬	2200
40	866萬	1802
30	362萬	1630
20	140萬	532
10	36萬	366



日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

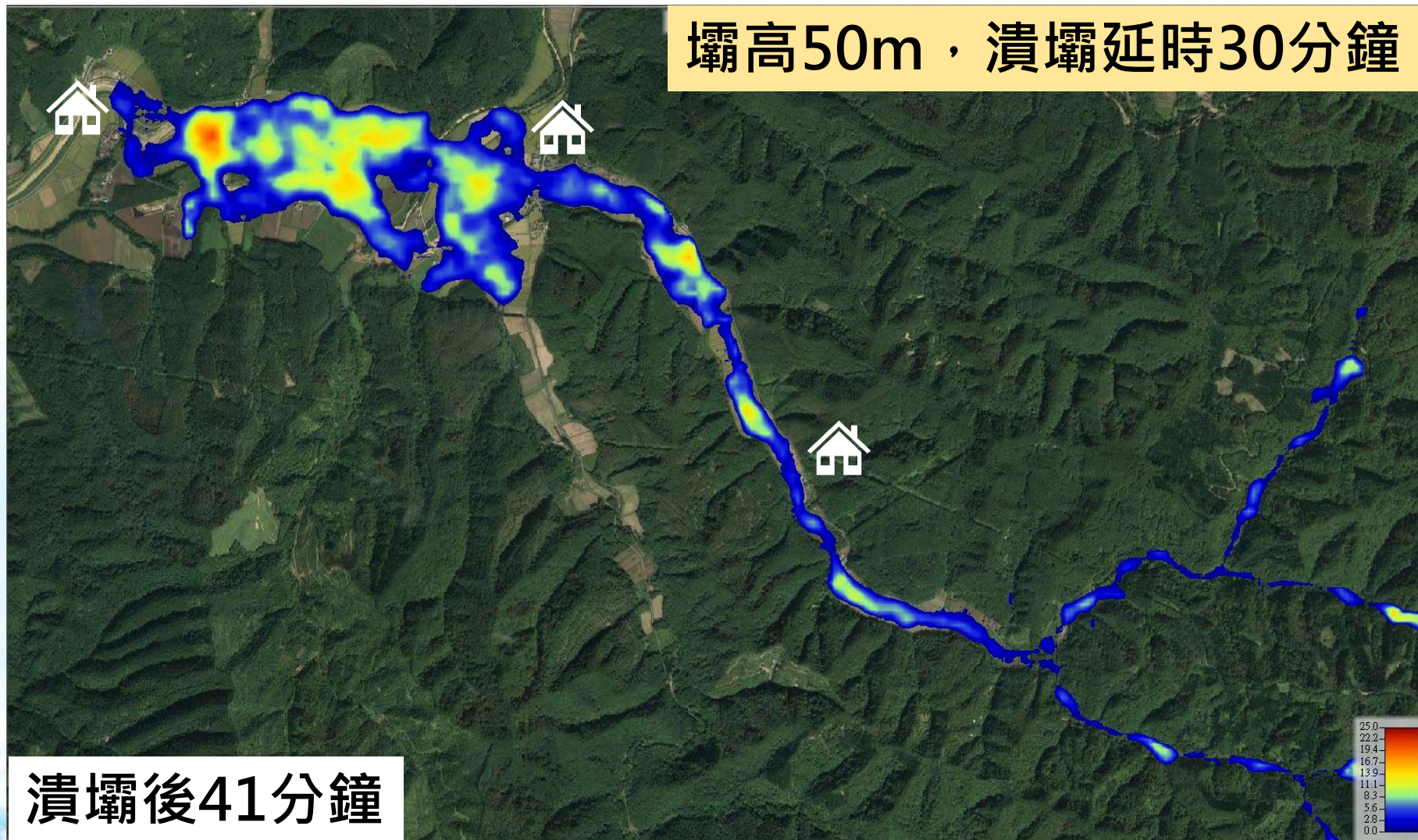
不同壩高情境之潰壩洪水影響範圍





日本北海道地震日高幌內川堰塞湖潰壩模擬

壩高50m，潰壩延時30分鐘



潰壩後41分鐘



心得與討論

- 未來在面對更加劇烈變化的氣候與災害時，更應該透過平時的準備與訓練，以最有效率的方法處理災害時的緊急狀況
- 透過調查的實作與數值模擬的實作，找到關鍵的影響因子，並不斷檢討與改良，才能加快每一次災害應變的速度
- 隨著科技與工具的進步，我們能夠處理更多變的狀況，但是不能忘記大自然的力量可能在一次的超越我們的想像



RTDT

技術研究發展小組

Research and Technology Development Team

Thank you for your attention