

大規模崩塌對策技術之基本事項

日文譯本-導讀



技研小組 陳國威 報告
106年10月31日

深層崩壊対策技術に関する基本的事項

- はじめに
- 基本事項
- 対策の基本方針の策定
- ハード対策
- 切迫性に関する情報提供による対策
- 土地の危険性に関する情報（ハザードマップ）提供による対策

大規模崩壊対策技術の基本事項

- 前言
- 基本事項
- 研擬対策・基本方針
- 硬體対策
- 監測、預警資訊 (軟體対策)
- 劃設影響範圍 (軟體対策)



前言(P. 1)

■ 大規模崩塌特性

- 發生頻率低、災害規模大
- 可能伴隨形成堰塞湖

■ 目前技術評估

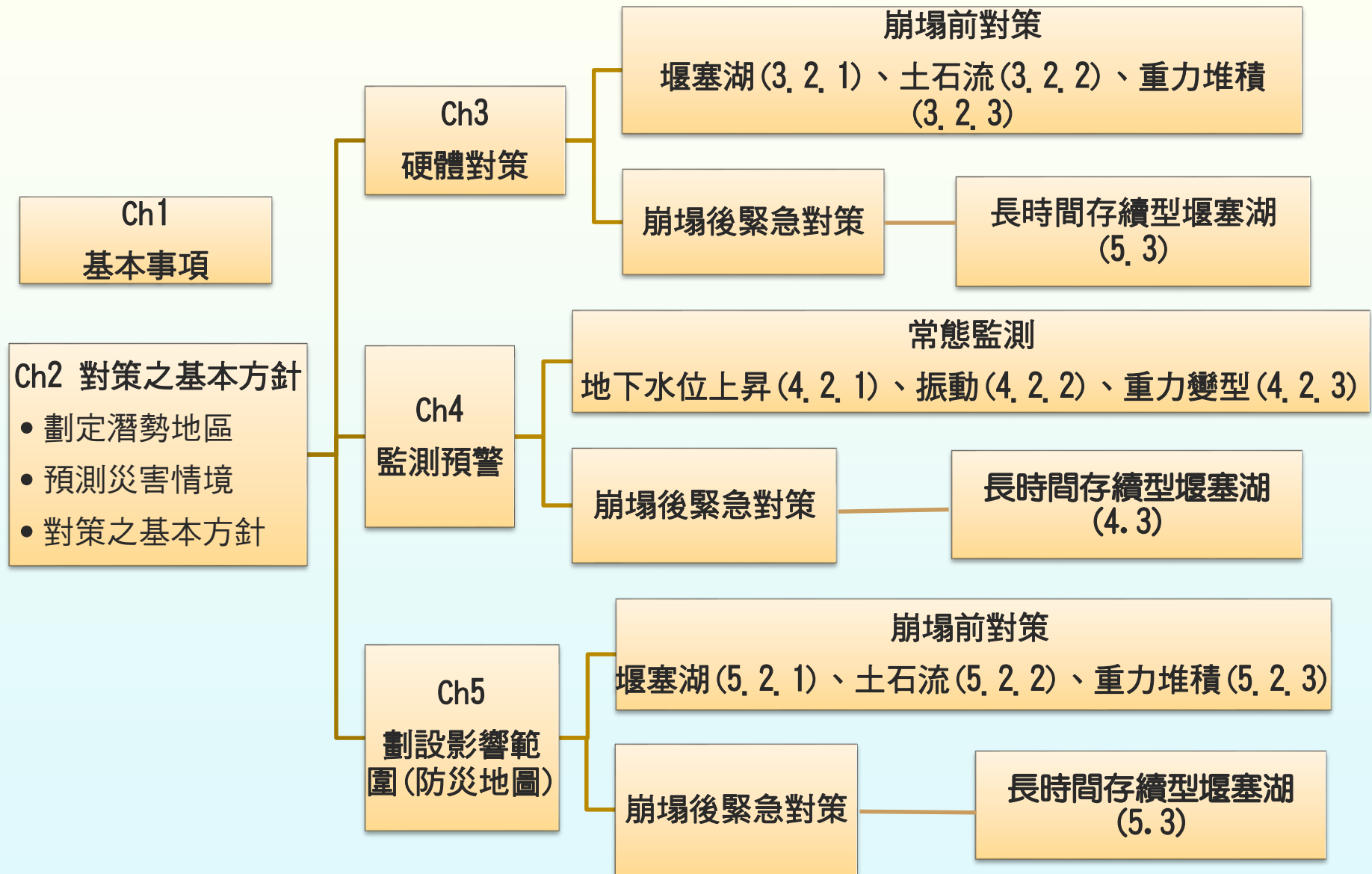
- 未能全面掌握大規模崩塌區位
- 以往對策、傳統技術(防砂工程設施)防護不足
- 無法免除財物損失、儘可能保護人命安全

■ 大規模崩塌對策

- 硬體對策：工程整備
- 軟體對策：監測預警、劃設影響範圍(製作防災地圖)



前言-文章架構 (P. 2)





CH1-基本事項

1. 1 大規模崩塌定義 (P. 3，本文定義)

- 表土層、風化岩盤同時崩落之現象

1. 2 災害分類

■ 依崩塌土石運動機制・型態分類 (P. 3)

□ **堰塞湖型**：崩塌土砂形成堰塞湖，致上游迴水，及潰決時急遽水流、大量土砂所引起之災害

➤ 短時間潰決型堰塞湖

➤ 長時間存續型堰塞湖(多由地震形成)

□ **土石流型**：崩塌土砂形成土石流，遭土石流直接侵襲

□ **重力堆積型**：崩塌土砂(含地滑)直接衝擊

■ 依發生要因分類 (P. 4)

- 地下水位急遽上昇：直接由豪雨、融雪誘發崩塌
- 地盤振動：直接由地震、火山誘發崩塌
- 邊坡重力變形：岩層因長年重力變形(地滑)，破壞土層及岩盤的力學平衡而發生崩塌





高雄那瑪夏區_旗山溪上游





CH2 研擬對策・基本方針

2.1 概論 (P. 6)

對**高潛勢坡面**，預測可能災害情境，組合軟硬體對策，
並研擬基本方針

2.2 劃定高潛勢地區 (全國尺度)

根據歷史大規模崩塌的發生狀況，圈繪高潛感區

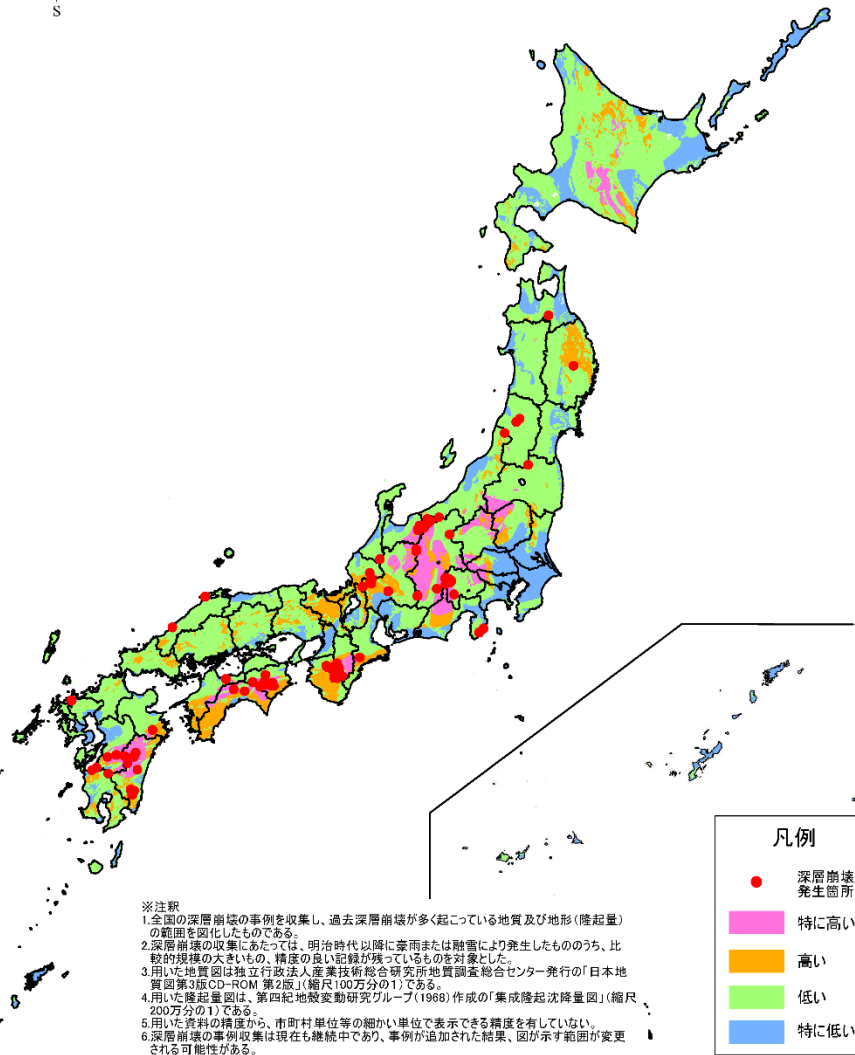
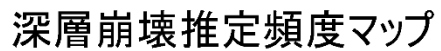
- 大規模崩塌推定頻率地圖 (砂防部 2010)
- 大規模崩塌遺跡密度地圖 (砂防部 2012)

2.3 推測災害情境 (P. 7)

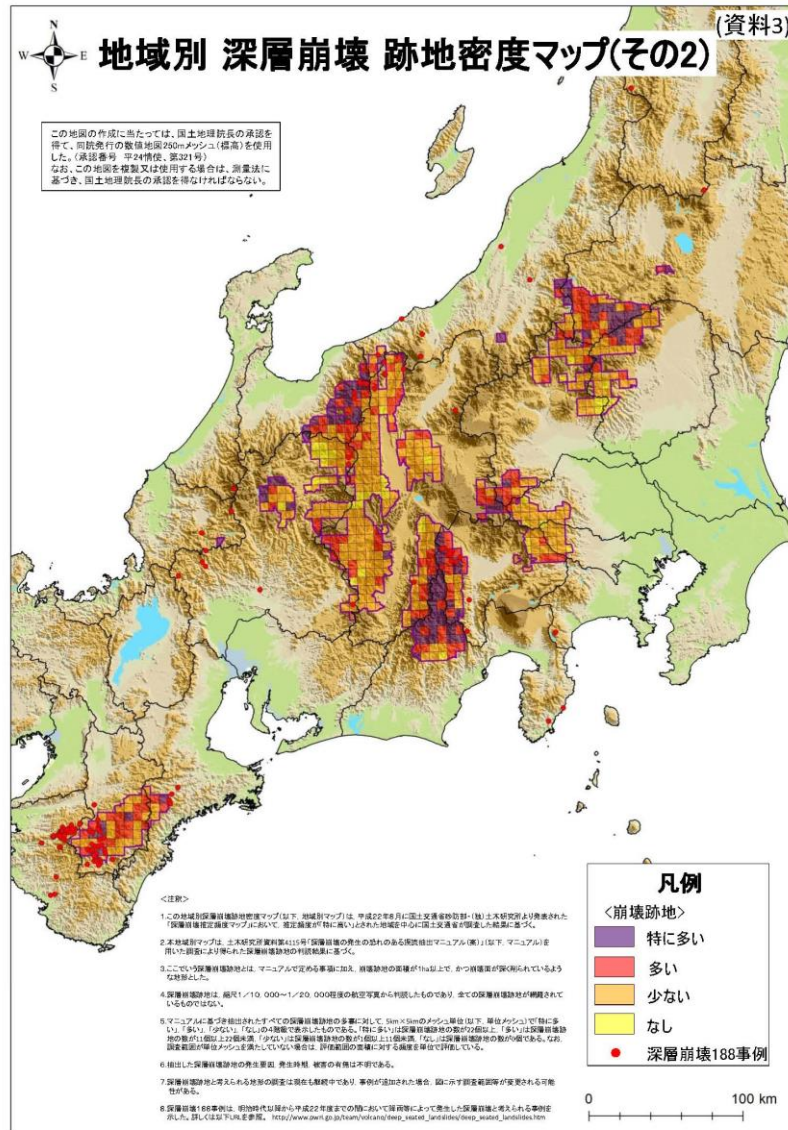
■ 評估區內危險度 (流域尺度)

- 危險度評估，應先瞭解該區域內崩塌高潛感區及其流域分布
- 參考：**具大規模崩塌潛勢溪流劃定手冊 (草案) (翻譯中)**

別紙 1



作成:独立行政法人土木研究所、監修:国土交通省砂防部



■ 概略推測受災情境 (P. 7)

- 評估為高潛感區、流域，推測災害影響情境
- **复合型**災害及**複數**大規模崩塌可能同時發生
- 由歷史事件，探討未來災害情境(單一、相同條件地區)
 - 歷史文獻
 - **多時期航照及判釋**、相關調查結果(資料<100年)
 - 發生時期、場所、規模、**要因**(含豪雨規模)、**類型**(含堰塞湖存續時間)、受災範圍(數值分析)
 - 調查範圍應擴大至地形、地質、氣候等相類似的其他區域
 - 依歷史事件，推估災害規模與發生機率

■ 歷史事件調查

- 推測**高潛勢區**災害規模 (<100年重現期，坡面尺度)
 - 過去約**100年內發生同等規模的災害**現象進行推估
 - 調查方法：歷史文獻、舊地形圖及**多期航空照片判釋**，調查古(舊)崩塌發生時期及規模
 - * 應考量現地調查可能最大規模(因應現地條件已改變)
- 推測**具潛勢區**災害規模 (<1000年重現期)
 - 以該區域及其周邊區域**歷史最大規模**現象進行推估
 - 調查方法：歷史文獻、**航空照片判釋古崩塌地遺跡**、火山碎屑物層序年代學(Tephra chronology)等方法，可瞭解古崩塌的發生年代
 - * 航空照片，可判釋古崩塌地遺跡之規模或潛感區位、流動形態(有無形成堰塞湖、是否土石流)，但無法推測發生時間

■ 歷史事件調查案例

- 文獻調查為主之研究案例_十津川災害（明治 22 年）
と吉野郡水災誌，
<http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2012/pdf/Pa-46.pdf>
- 應用舊地形圖，多期航照判釋發生時期之調查案例_深層崩壊の発生確率評価手法に関する検討
- 火山碎屑物層序年代學為主之調查案例_深層崩壊の発生頻度の推定方法検討：鰐塚山の事例
<http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2012/pdf/R6-11.pdf>

■ 詳細調查項目

- 坡面變形調查：航空照片、光達等…
- 地盤構造調查：地質鑽探、空中電磁探查等…
- 水文水質調查：地下水理構造、地下水流動之相關調查

＊部份項目，**可靠度待驗證**

■ 詳細調查參考

深層崩壊の発生する恐れのある**斜面抽出技術**手法及びリスクリスク評価手法に関する研究_土木研(2016年)，**翻議中**

https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/study/h27_fy2015/dosi4333.pdf

2.4 對策之基本方針 (P. 11)

針對大規模崩塌災害推測之情境，組合有效的硬體及軟體對策，制定基本方針

- 高潛勢區域 (<100年重現期) 以軟、硬體對策為主
- 具潛勢區域 (<1000年重現期) 以軟體對策為主

■ 參考(建議翻譯)

□ 砂防事業の費用便益分析マニュアル (案) _国土交通省_2012年

http://www.mlit.go.jp/river/sabo/zigyo_hyokasyuho/manualsabo.pdf

□ 土石流対策事業の費用便益分析マニュアル (案) _国土交通省_2012年

http://www.mlit.go.jp/river/sabo/zigyo_hyokasyuho/manualdoseki.pdf

□ 地すべり対策事業の費用便益分析マニュアル (案) _国土交通省_2012年

http://www.mlit.go.jp/river/sabo/zigyo_hyokasyuho/manualjisuberi.pdf



砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）

第3章 便益の計測	第6項 事業所における応急対策費用	28
第1節 便益計測の考え方	第7項 国・地方公共団体における応急対策費用	28
第2節 便益項目	第7節 便益の算定	29
第1項 評価する項目	第1項 年平均被害軽減額	29
第3節 便益の計測方法	第2項 整備期間中の便益の算定	29
第4節 資産データの調査	第3項 評価対象期間における総便益	30
第1項 家屋	第4章 費用の算定	31
第2項 家庭用品	第1節 整備期間中の費用の算定	31
第3項 事業所償却・在庫資産	第2節 建設費	31
第4項 農漁家償却・在庫資産	第3節 維持管理費	32
第5項 農作物	第4節 総費用	32
第5節 直接被害額の算定	第5章 経済性の評価	33
第1項 被害率	第1節 比較する費用と便益	33
第2項 家屋被害	第2節 結果の整理手法	33
第3項 家庭用品被害	第3節 評価指標	33
第4項 事業所償却・在庫資産被害	第4節 感度分析	35
第5項 農漁家償却・在庫資産被害	第6章 今後の課題	36
第6項 農作物被害		
第7項 河川被害		
第8項 道路被害		
第9項 鉄道被害		22
第10項 橋梁被害		22
第11項 公益事業施設等の被害		23
第12項 人身被害		24
第6節 間接被害額の算定		25
第1項 営業停止損失		26
第2項 交通途絶被害		27
第3項 発電所被害		27
第4項 観光被害		27
第5項 家庭における応急対策費用		28

■ 制定基本方針時，應檢討下列事項：

- 保全對象之位置、重要性
- 提升全區域之防災能力
- 既有設施狀況(既有設施導致二次災害)
- 硬體對策可行性、附加(增加、補強)性
- 緊急對策(存續型堰塞湖為主 CH3. 3)
- 軟體對策(避難)之實效性



CH3-硬體對策

3. 1 概論

- 應依災害類型及運動型態規劃
- 應綜合考慮地形、環境與相關計畫(含效益評估)
- 希望能防禦(指減災)不同類型大規劃崩塌災害(含一般土石災害)；技術有待進一步的研究與開發
- 設計規模-100年內發生同等規模或現調最大規模
- 既有設施防禦不足時，考慮增設或補強
- 考慮硬體(工程)設施與軟體對策之配合
- 規劃依據：
 - ✓ 河川砂防技術基準-「砂防基本計畫」(已翻譯)
 - ✓ 砂防基本計畫策定指針(土石流・流木對策編)解說(翻譯中)



3.2 事前硬體對策 (災前整備) (P. 15)

3.2.1 堰塞湖型

□ 硬體對策特徵

- 影響範圍最遠、正下方沖擊力大
- 需處理潰壩後，產生土石、泥水(主要)
- 對策類別
 - ✓ 事前對策：大規模崩塌發生前實施
 - ✓ 緊急對策：堰塞湖形成後實施

* 堰塞湖型，有短時間潰決型與長時間存續型兩種

* 長時間存續型堰塞湖之緊急對策，參考(CH 3.3)

□ 堰塞湖型之硬體對策種類 (事前) 與功能 (P. 15)

● 抑制・抑止大規模崩塌之設施

➤ 坡面型崩塌：

- ✓ 重力變形作用產生之大規模崩塌，可評估工程治理
- ✓ 地下水急遽上升、地盤振動者，治理技術尚未成熟

➤ 河岸型崩塌：崩塌潛感坡面下方(游)坡腳，施設穩定工 (防砂壩)

● 降低堰塞湖深度的設施

➤ 攔阻上游支流土石(流)匯入之設施 (防砂設施)

➤ 提升堰塞湖預測地區河床高度、拓展河道寬之設施 (非透過性防砂壩)

□ 堰塞湖型之硬體對策種類 (事前) 與功能

● 抑制急遽潰壩的設施 (P. 16)

- 避免堰塞湖溢流侵蝕，於堰塞湖下方，進行減緩侵蝕之設施 (防砂壩)

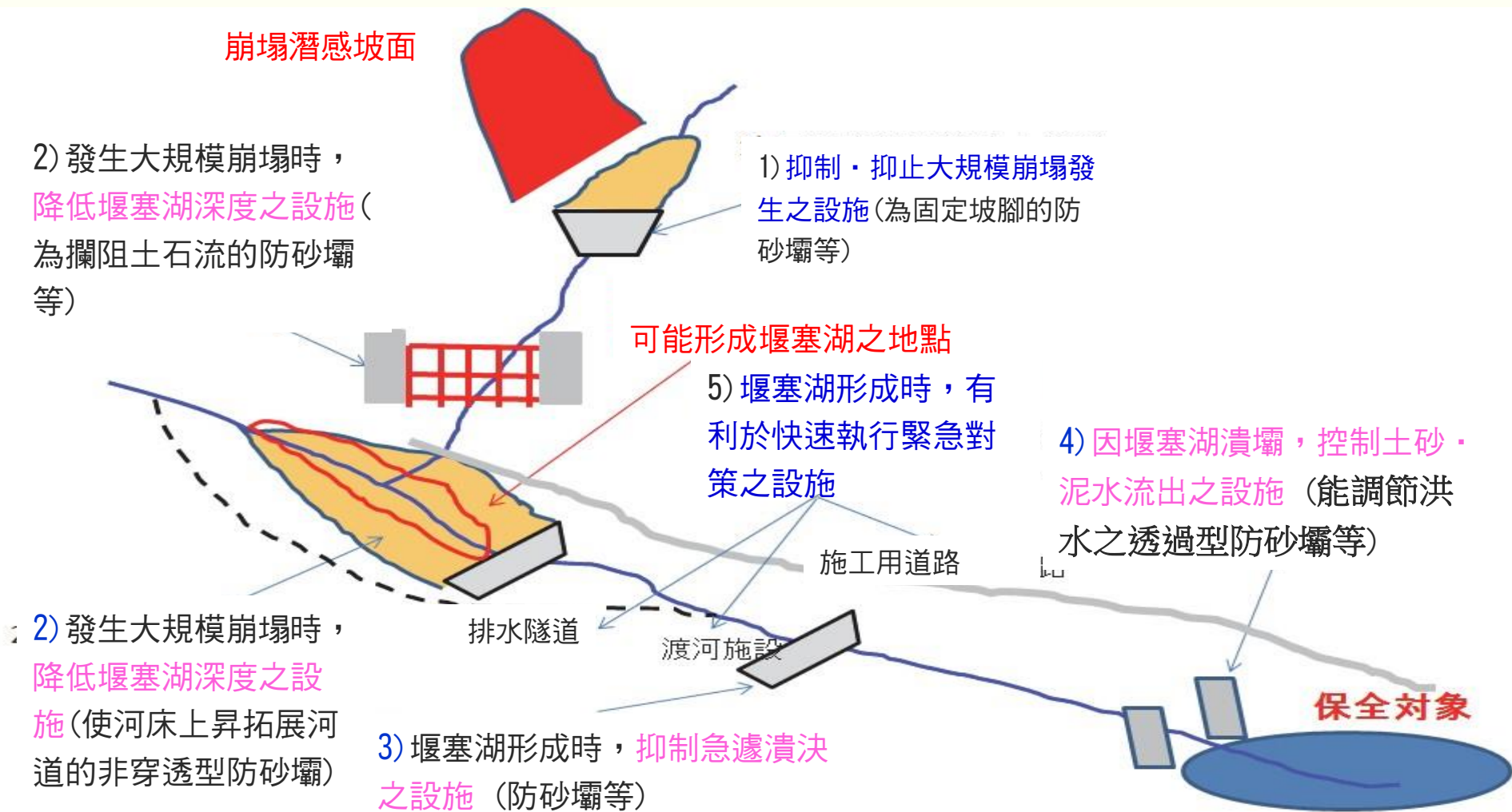
● 控制潰壩後土石・泥水流出的設施

- 目的是要降低下游洪峰流量
- 為能調整洪水流之透過型防砂壩 (開口壩等)

● 堰塞湖型成後，利於執行緊急對策設施 (P. 17)

- 利於機具進入災區之設施-聯絡道、渡河設施
- 延緩迴水・潰壩-排水隧道、透水性護岸

◆ 堰塞湖型- (事前) 硬體對策示意圖 (P. 17)



□ 設施配置之考量及成效評估 (P. 17)

- **因地制宜**，配置各種設施
- 採用**數值模式**檢討配置的妥當性
- 廣大集水區，無法掌握大規模崩塌坡面位置時，以設置**能調節土砂・洪水下移之設施最有效率**
- 依下列過程及數值計算，評估設施配置成效
 - ✓ 崩塌土石及土石流的運動・堆積而形成堰塞湖過程
 - ✓ 溢流侵蝕，致堰塞湖潰決過程
 - ✓ 堰塞湖潰決所產生土石流・洪水流的流出過程



□ 外力推估、設計考量 (P. 19)

- 作用力，分土石流、洪水流
- 採用數值模式計算設施需達穩定、不毀壞之強度設計
- 土石流之設計準則：參考3.2.2(4)
- 洪水流之設計準則：
 - ✓ 河川砂防技術基準（設計編）
 - ✓ 砂防基本計畫策定指針（土石流・流木対策編）解說(2016)

3.2.2 土石流型(災前整備) (P. 21)

■ 災害特徵

- 影響範圍較堰塞湖小
- 土石流濃度極高、衝擊力大，於緩坡處停積
- 保持較大緩衝距離，工程設施將具成效

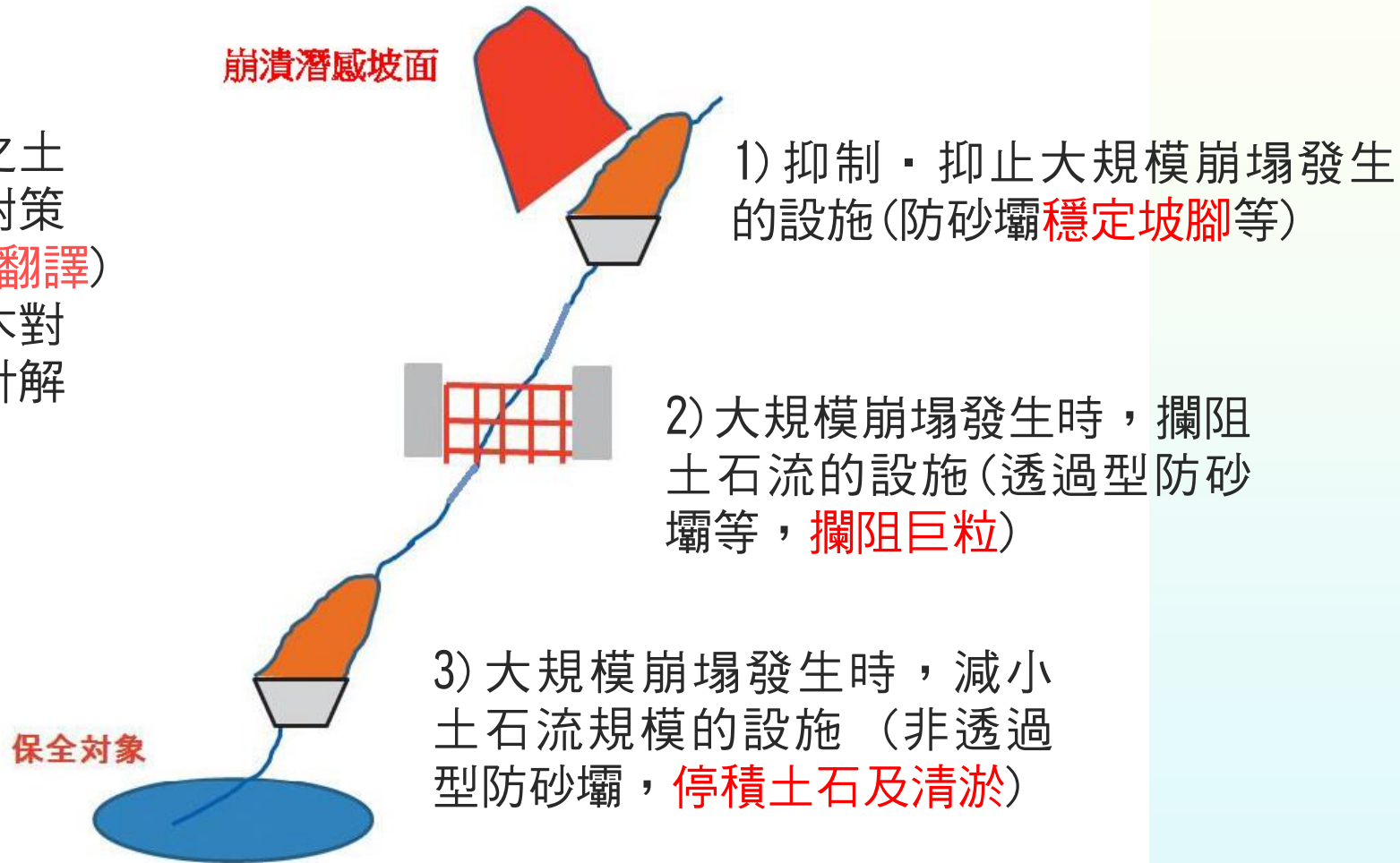
■ 硬體對策種類與功能

- 抑制・抑止大崩塌發生之設施
- 崩塌發生時，土石流的攔阻設施
 - ✓ 透過型防砂壩，並維持上游空庫
- 崩塌發生時，降低土石流規模的設施
 - ✓ 非透過型防砂壩調整河床坡度，攔阻、停積土石
 - ✓ 土石清淤管理

■ 土石流型硬體對策及配置考量

□ 設計準則

1. 砂防基本計畫之土石流・漂流木對策之設計規定(已翻譯)
2. 土石流・漂流木對策施設設計指針解說(國總研2016)(翻譯中)



* 2)、3)，設施之成效評估，採數值模式檢討配置的妥當性



3.2.3 重力堆積類型 (P. 26)

■ 特徵

- 影響範圍最小
- 受災外力最大(崩塌土石直接致災)

■ 硬體對策種類及機能

- 抑制・抑止崩塌發生的設施(重力變形)
 - ✓ 地滑塊體，從緩慢運動轉變為急遽運動而崩落
 - ✓ 地すべり防止技術指針及び同解説（提案）（建議翻譯）

<http://www.pwri.go.jp/team/landslide/outcome/dokenshiryo4077.pdf>

- 減輕受災規模的設施
 - ✓ 尚待調查、研究與技術開發



3.3 長時間存續型堰塞湖-災後緊急對策 (P. 27)

■ 改變堰塞湖形狀

- 降低堰塞湖高度
- 回填堰塞湖

■ 因地制宜，考量硬體設施

- 堰塞湖土體設置排水工(排水暗渠)
- 下游設置防壩設施
- 下游既設防砂壩之庫區清淤

3.4 設施之維護與管理 (P. 28)

- 檢查、清淤、修繕等工作



CH4-迫切性相關資訊預警的軟體對策

4. 1 概要 (P. 29)

- 預警，是為了減輕受災
- 評估迫切性的方法，依發生要因不同而異
- 監測・觀測，獲得迫切性相關資訊
- 達警戒基準值時，發佈迫切性相關資訊(預警)
- 長時間存續型堰塞湖
 - ✓ 須評估發生(常態)與堰塞湖潰決之迫切性(災後)
 - ✓ 應依「土砂災害防止對策基本指針(國土交通省2015)」進行緊急調查(疏散避難)



4.2 迫切性相關(觀測、監測)資訊取得方法(P. 30)

■ 地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌

□ 降雨量監測

- 長時間累積雨量
- 大規模崩塌，多發生於尖峰降雨之後
- 警戒基準值，可由既有警戒資訊，配合歷史災害資料訂定

□ 大規模崩塌前兆→小規模土砂移動監測

- 大崩塌前，多會先出現小規模崩塌、土砂流出或土石流等前兆
- 依一般土石流監測方法
- 警戒值尚待進一步研究與技術開發

□ 地下水位・河川流量監測

- 地下水位、水壓；河川流量等水文監測
- 警戒值尚待進一步研究・技術開發

□ 其他

- 起始崩塌發生後，其鄰近地區崩塌潛勢將提高
- 地震儀檢知大規模崩塌發生
- 流量監測(堰塞湖型，下游流量急遽減少)

■ 地盤振動誘發之大規模崩塌 (P. 33)

- 地震預測，尚屬困難

■ 重力變形作用產生之大規模崩塌 (P. 33)

- 災前，地表(坡面、道路、結構物)出現移動、變位
- 監測變位量(速率)，可預測大崩塌發生的時刻
- 合成孔徑雷達(SAR)，量測坡面微小變形技術，正在開發中



4.3 長時間存續型堰塞湖潰決迫切性相關資訊取得方法

➤ 獲知堰塞湖發生地點方法

- ✓ 振動計(地震儀)檢知崩塌發生
- ✓ 河川流量降低，檢知堰塞湖形成(流量監測)
- ✓ 遙航測影像判釋地點

➤ 堰塞湖形成後之觀測項目

- ✓ 上游蓄水量、入流量
- ✓ 下游出流量
- ✓ 上游降雨預測
- ✓ 滲流量分析

➤ 評估堰塞湖潰決造成影響



CH5-影響範圍劃設(防災地圖)_軟體對策

5.1 概論 (P. 36)

- ◆ 依崩塌土石流動機制・型態影響範圍不同，
劃設受災潛勢地圖
- ◆ 規模標準，除應考慮100年重現期(軟、體體對策)，1000年重現期(軟體對策)可能影響的範圍，亦應納入
- ◆ 長時間存續型堰塞湖應依「土砂災害防止法」規定，進行**緊急調查**

5.2 潛勢地圖劃設 (P. 38)

■ 堰塞湖型_影響範圍的劃設

□ 形成前

- 針對潛勢區，採情境模擬、數值計算
- 規模預估，採依歷史災害或詳細調查最大值

□ 形成後：緊急劃設，參照5.3節

■ 土石流型

- ◆ **影響範圍的劃設**，同堰塞湖類型之「形成前」
- ◆ 土石流進入高水位河川時，受災範圍可能擴及對岸

■ 重力堆積型之潛勢地圖劃設 (P. 39)

- 多發生在山崩或地滑潛感區，但是其影響範圍較一般山崩或地滑者更廣
- 影響範圍的劃設，同堰塞湖類型之「形成前」方法
- 崩塌土砂進入高水位河川，災害擴及對岸及下游
- 可靠度尚有不足

5. 3 長存續型堰塞湖之影響範圍劃設 (P. 40)

- 快速定位，確認堰塞湖位置
- 量測堰塞湖規模與形狀，利用數值模擬，分析可能影響範圍



- The End -
敬請指教