

ISSN 1346-7328

國總研資料 第 983 號

2017 年 8 月

# 國土技術政策總合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.983

August 2017

## 大規模崩塌導致土砂災害災損推估方法

內田太郎、櫻井 亘、鈴木清敬、萬德昌昭

Assessing method for sediment disaster damages  
due to deep-seated catastrophic (rapid) landslide

Taro UCHIDA, Wataru SAKURAI, Kiyotaka SUZUKI, Masaaki MANTOKU

國土交通省 國土技術政策總合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

## 大規模崩塌導致土砂災害災損推估方法

內田太郎\*、櫻井 亘\*\*、鈴木清敬\*、萬德昌昭\*\*\*

Assessing method for sediment disaster damages due to  
deep-seated catastrophic (rapid) landslide

Taro UCHIDA\*, Wataru SAKURAI\*\*, Kiyotaka SUZUKI\*, Masaaki MANTOKU\*\*\*

### 概要

本資料旨在掌握、整理大規模崩塌導致土砂災害災損推估方法及其目前相關的知識見解與技術，以供今後大規模崩塌對策措施之參考。本資料認為某地區過去曾發生大規模崩塌，未來再次發生的可能性很高，因此整理、分析過去大規模崩塌現象為可推估將來發生大規模崩塌地點、規模與頻率等的方法。另一方面，近年來分析土砂流下過程相關數值計算方法的有效性已獲得驗證，據此提出推估土砂流下過程的數值計算方法。

關鍵字 大規模崩塌、災損推估、堰塞壩、土石流

### Synopsis

This report shows assessing method for sediment disaster damages due to deep-seated catastrophic (rapid) landslide. Thus, this report indicates assessing method for locations, volumes, frequency etc. of deep-seated catastrophic (rapid) landslide based on the landslides occurred in the past at the same area. Since the applicability of numerical simulation to describe sediment movement processes has been tested in recent years, this report also shows the numerical simulations as the method to describe

Key Words; deep-seated catastrophic (rapid) landslide, assessing sediment disaster damages, landslide dam, debris flow

---

\*土砂災害研究部 砂防研究室 SABO Planning Division, SABO Department

\*\*土砂災害研究部 砂防研究室長 Head, SABO Planning Division, SABO Department

\*\*\*土砂災害研究部 大規模崩塌對策研究官 Research Coordinator for Sediment Disaster Prevention, SABO Department

# 大規模崩塌導致土砂災害 災損推估方法

國土技術政策總合研究所  
土砂災害研究部

2017年8月

# 大規模崩塌導致土砂災害災損推估方法

## 目 錄

前言	1
1. 基本事項	
1.1 推估標的之現象	2
1.2 推估標的的現象分類	3
1.2.1 依大規模崩塌引起土石等的流下型態實施分類	3
1.2.2 依大規模崩塌發生重要因子實施分類	3
1.3 方法概要	4
1.4 應蒐集的資料	5
2. 大規模崩塌發生條件視為等質的區域分割	6
3. 高潛勢大規模崩塌現象的檢討	
3.1 基本的構想	8
3.2 大規模崩塌規模與形狀的調查	10
3.3 大規模崩塌導致土石流流下型態調查	14
3.4 大規模崩塌發生地點的地形與地質特徵調查	16
3.5 大規模崩塌發生頻率的調查	
3.5.1 大規模崩塌發生時期的調查	17
3.5.2 大規模崩塌發生頻率的檢討	18
3.6 過去伴隨大規模崩塌產生災害的概要調查	22
3.7 高潛勢大規模崩塌現象的篩選	23
4. 大規模土砂災害之災情推估實施地點的選定	
4.1 基本的構想	26
4.2 從發生潛勢觀點推估可能發生的現象	
4.2.1 大規模崩塌發生地點的推估	27
4.2.2 大規模崩塌規模的推估	29
4.3 從致災可能性觀點推估大規模崩塌發生地點	30

4.4 從地形條件觀點推估可能發生的現象	
4.4.1 大規模崩塌規模的設定	32
4.4.2 堰塞壩類型的設定	33
4.4.3 土石流發生區間與規模的推估	40
5. 以數值計算推估大規模崩塌引致土砂災害的災損情況	
5.1 基本的構想	42
5.2 大規模崩塌導致土石等流下型態的設定	45
5.3 堰塞壩型災損範圍的檢討	
5.3.1 方法概要	46
5.3.2 堰塞壩形狀的設定	47
5.3.3 堰塞壩堰塞湖淹水規模的檢	50
5.3.4 堰塞壩正下方流量歷線圖的檢討	53
5.3.5 堰塞壩下游河道的洪水追蹤檢討	55
5.3.6 堰塞壩型河川氾濫範圍的檢討	57
5.4 土石流型災損範圍的檢討	
5.4.1 方法概要	58
5.4.2 土石流流量歷線圖的檢討	59
5.4.3 土石流型氾濫範圍的檢討	62
5.5 崩土直擊型災害範圍的檢討	63
6. 災損推估的詳細檢討	65

## 前言

雖然大規模崩塌發生頻率與一般的土砂災害相比較小，但規模卻非常大，有時造成非常嚴重災情。此外，傳統土砂災害對策措施可能不足以減輕大規模崩塌所造成災害。近年來大規模崩塌造成土砂災害災情越趨嚴重，因此，有必要建立相關對策技術，以及對於有災損疑慮的集水區流域，規劃事前對策。

據此，國土交通省 2010 年與 2012 年分別製作、實施與公布「大規模崩塌推估頻率地圖」與「大規模崩塌潛勢溪流的篩選：溪流（小流域）等級評估」。同時，國土技術政策總合災害研究所土砂災害研究部與土木研究所土砂管理研究小組，也致力於提升相關對策技術。其中，國土技術政策總合研究所土砂災害研究部，在 2014 年針對「大規模崩塌對策技術相關基本事項」，彙整了依據①設施整建的硬體對策，②參考大規模崩塌發生的急迫性相關資訊實施避難，③根據大規模崩塌災損相關土地危險性資訊（災害風險地圖），制訂防災計畫（避難地點與防災據點的適當設置等）相關的技術性基本事項。「大規模對策技術相關基本事項」之中，對於「對策基本方針的擬定」，除了推估「災害情境」之外，也檢討了相關對策的基本方針。這裡的「災害情境」，是指「對於大規模崩塌高潛勢區，推估大規模崩塌發生時可能的現象與災害」。

但「大規模崩塌對策技術相關基本事項」並未充分說明「災害情境」的推估方法。另一方面，「大規模崩塌對策技術相關基本事項」擬定後，地方整備局也持續進行了災害情境的檢討，並針對大規模崩塌受害預測的課題上，推動新的研究。

因此，本文旨在介紹並彙整近年來對於大規模崩塌導致土砂災害之災情推估方法的研究成果。

## 1. 基本事項

### 1.1 推估標的之現象

本資料討論對象係大規模崩塌形成的大型土砂災害。「大規模崩塌」係指土層與風化岩盤同時崩落的崩塌現象。然而，屬於分類為土層與岩盤同時崩塌的現象之中，仍有些規模較小的崩塌。但目前，大規模崩塌調查的對象，崩塌面積都大於 1 公頃，崩塌土砂量大概大於 10 萬立方公尺<sup>1)、2)</sup>，所以大規模崩塌所涉獵的現象就被定義為崩塌土砂量 10 萬立方公尺以上<sup>3)</sup>。因此，本資料所謂大規模崩塌，指大規模崩塌之中規模較大、崩塌土砂量大於 10 萬立方公尺的現象。

#### 【參考文獻】

- 1) 內田太郎、鈴木隆司、田村圭司：「地質及び隆起量に基づく深層崩壊発生危険地域の抽出」（依據地質與隆起量實施的大規模崩塌潛勢區篩選），土木技術資料，Vol.49，No.9，p.32-37，2007
- 2) 土木研究所土砂管理研究小組火山與土石流團隊：「深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)」に関するよくある質問と答え」（大規模崩塌潛勢溪流篩選手冊（案）），[https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech\\_info/manual/h20\\_fy2008/dosi4115qa.pdf](https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/manual/h20_fy2008/dosi4115qa.pdf)，參照 2017-3-24，2009
- 3) 南哲行、小山内信智編著：《現代砂防學概論》，古今書院，192pp.，2014

## 1.2 推估標的現象的分類

### 1.2.1 依大規模崩塌引起土石等的流下型態實施分類

大規模崩塌形成的土砂災害可參考「大規模崩塌對策技術相關基本事項」，依據大規模崩塌形成土石等的流下型態，進行以下的分類。

#### ① 堰塞壩型土砂災害

大規模崩塌的土砂崩塌形成堰塞壩，一旦堰塞壩潰壩、會伴隨激烈的水與土砂流出衍生災害的類型。此外，堰塞壩型土砂災害，也有些包含堰塞湖上游區域的淹水災情。

#### ② 土石流型土砂災害

大規模崩塌的崩塌土砂產生土石流化，而以土石流的形式直接造成災害的類型。

#### ③ 崩土直擊型土砂災害

大規模崩塌的崩塌土砂流下，而以崩塌土砂直接造成災情的類型。

此外，堰塞壩型又可依據堰塞壩形成到潰決為止的時間，大致分為二類。一類是在導致堰塞壩形成的降雨期間或降雨結束後不久的潰壩，另一類導致形成堰塞壩的降雨結束過了一段時間才產生溢流等河道阻塞狀態時間較長的類型。在此，前者定義為「短時間潰決型堰塞壩」，後者為「長期間存續型堰塞壩」。此外，大部分地震造成的堰塞湖，都可歸類為「長期間存續型堰塞壩」。

此外，河川沿岸大規模崩塌產生土砂，有時會沖到對岸。另外，崩塌土砂流入河水暴漲的河川等，可能阻斷水流或導致上游側產生湧浪等，在對岸或上、下游等造成災情。

### 1.2.2 依大規模崩塌發生重要因子實施分類

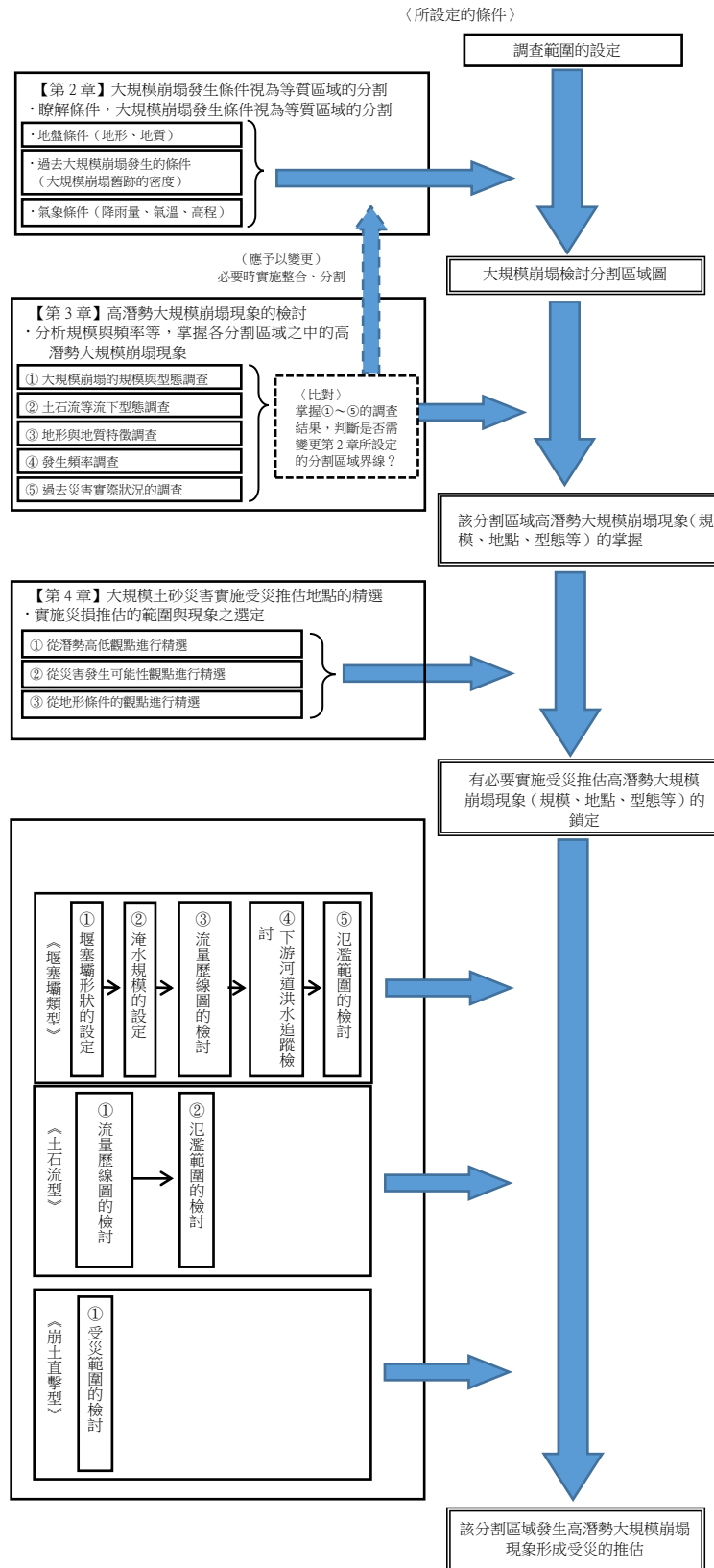
大規模崩塌形成的土砂災害，依據「大規模崩塌對策技術相關基本事項」，可從大規模崩塌發生重要因子的觀點，分類如下。

- ① 地下水位急遽上升造成的大規模崩塌
- ② 地盤動搖造成的大規模崩塌
- ③ 持續性重力性變形造成的大規模崩塌

此外，某一大規模崩塌也可能受複數因子影響而形成。

### 1.3 方法概要

依據圖—1.1 的流程，進行檢討。



圖—1.1 檢討流程

## 1.4 應蒐集的資料

大規模崩塌引致土砂災害的災損想定，應蒐集下列資料。

- 地形圖
- 雷射剖面儀地形圖
- 大規模崩塌推測發生頻率圖
- 大規模崩塌跡地密度圖
- 大規模崩塌溪流（小流域）等級評估圖
- 過去大規模崩塌的相關文獻
- 大規模崩塌跡地等的航空照片判釋結果
- 大規模崩塌發生狀況的整理結果
- 大規模崩塌發生時降雨特性等的評估結果
- 降雨觀測資料
- 土砂災害警戒資訊發布狀況
- 地震的紀錄
- 災害的紀錄
- 保全對象位置圖
- 地質圖
- 大規模崩塌地土砂粒徑分布

## 2. 大規模崩塌發生條件視為等質的區域分割

### 〈構想〉

大規模崩塌的發生機制與規模可能因地質、氣候條件不同而產生差異，因此，應針對視地質、氣候條件大致相等的「大規模崩塌發生條件視為等質的區域分割」實施標的區域分割。

此外，對大規模崩塌發生條件視為等質之分割區域，本方法中稱為「大規模崩塌檢討分割區域」，進一步一一分析各大規模崩塌檢討分割區域過去所發生的大規模崩塌特徵。

### 〈標準〉

#### 〈方法〉

針對大規模崩塌發生條件視為等質區域的分割，以下列觀點為準進行。

- 地盤條件（地形、地質）
- 過去發生大規模崩塌的條件（大規模崩塌舊跡之密度）
- 氣候條件（降雨量、氣溫、高程）

此外，針對本章所設定大規模崩塌檢討分割區域，實施下一章「發生機率較高大規模崩塌現象的檢討」而發現需進一步分割或整合的區域時，應適度修改大規模崩塌檢討分割區域。

此外，依據「大規模崩塌潛勢溪流篩選手冊（案）」實施調查的地區，有的已依地形、地質與氣候完成區域分割。此時也可參考依據「大規模崩塌潛勢溪流篩選手冊（案）」實施調查所使用的區域分割。

#### 〈輸出成果〉

大規模崩塌條件視為等質的區域分割，以完成以下項目為準。

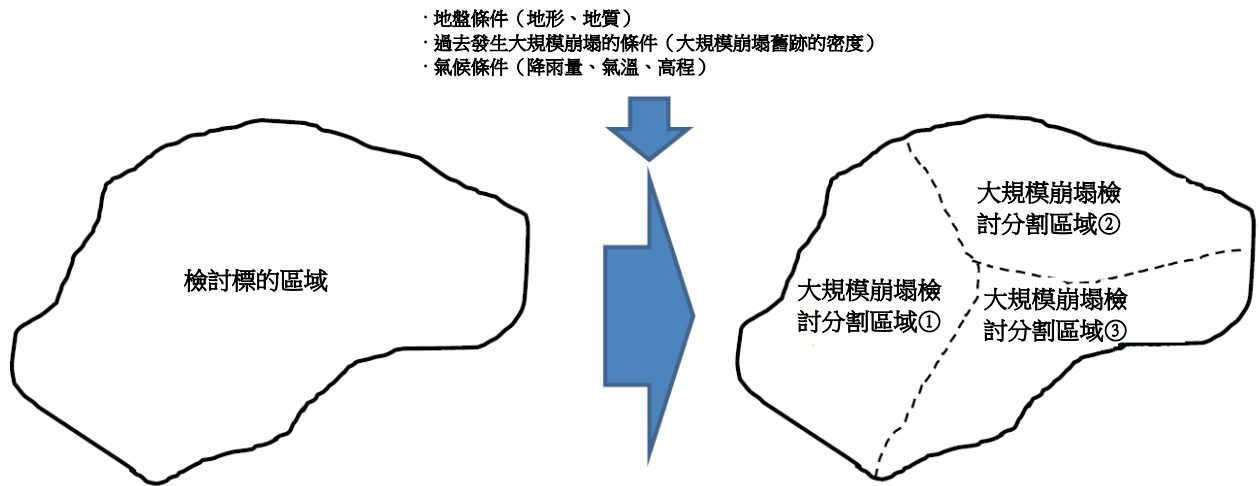
- 流域內的大規模崩塌檢討分割區域圖

### 【說明】

大規模崩塌檢討分割區域過小，大規模崩塌實際發生次數可能變少而無法取得充分資訊，因此，需留意過度細分大規模崩塌檢討分割區域，未必是有效做法。

此外，如「大規模崩塌對策技術相關的基本事項」所述，依據過去實際狀況推估災害情境，有時航空照片的拍攝完成的時間點及文獻完成時間點，並未發生明顯降雨或地震，但若接下來發生豪雨、地震，則推估可能形成大規模崩塌。此外，雖發生大規模崩塌，也有可能因為某種緣故未留下文獻記錄。因此，依據過去實際狀況推估災情狀況，不應侷限於

檢討標的的流域與地區之狹窄範圍，而應將檢討標的區域擴大到地形、地質、過去發生大規模崩塌條件、氣候條件等概略相似的區域。特別是大規模崩塌檢討分割區域變小時，在周邊地區仍有地形、地質、過去大規模崩塌發生條件、氣候條件等條件約略相似的區域，應列入檢討範圍。



圖—2.1 大規模崩塌檢討分割區域示意圖

### 3. 高潛勢大規模崩塌現象的檢討

#### 3.1 基本的構想

##### 〈構想〉

高潛勢的大規模崩塌現象的檢討，旨在掌握標的區域今後可能發生的大規模崩塌現象。

高潛勢大規模崩塌現象的檢討，應依照過去實際發生大規模崩塌的狀況，分析下列事項，篩選出今後很可能發生高潛勢的大規模崩塌現象。

- (1) 大規模崩塌的規模與形狀
- (2) 土石等的流下型態
- (3) 大規模崩塌發生地點的地形與地質特徵
- (4) 大規模崩塌發生頻率（發生時間）
- (5) 災害概要

高潛勢大規模崩塌現象的檢討，應針對標的區域內大規模崩塌檢討各分割區域一一實施。此外，高潛勢大規模崩塌現象，指依據過去大規模崩塌實際狀況，推估今後高潛勢的大規模崩塌現象。

##### 【說明】

如「大規模崩塌對策技術相關基本事項」所述，目前推估大規模崩塌發生的現象與災損情況，尚未有能精確預測發生地點與規模的方法，因此只能推估未來發生的大規模崩塌，其發生規模與頻率與過去相同。但也正如「大規模崩塌對策技術相關基本事項」所述，不拘泥於過去實際發生狀況，可依據詳細調查與邊坡危險度評估，推估大規模崩塌潛勢邊坡的位置與規模。

此外，「大規模崩塌對策技術相關基本事項」之中，針對大規模崩塌造成災害情境的檢討，有以下幾種作法。

大規模崩塌發生時，推估

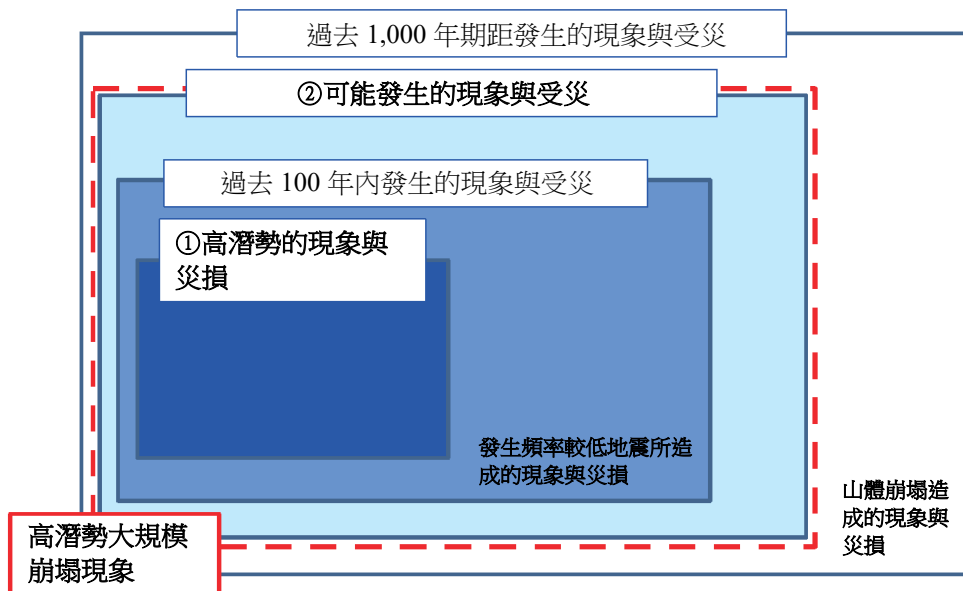
- ① 發生可能性高的現象與災損情況
- ② 有可能發生的現象與災損情況

其中，②的發生頻率低於①，但推估可能造成比①更嚴重的災情。具體而言，①係該地區及其周遭大概過去 100 年內發生同等規模的災害，②則是該地區及其周遭歷史上所發生的最大規模災害。依據文獻等資訊推估②時，推估過去約1,000 年內發生同等規模的現象，地質年代(數萬年甚至更大年代期距)等所發生的現象，並不在討論的對象中。

因此，本資料所謂「高潛勢大規模崩塌現象」，包含「大規模崩塌對策技術相關基本事項」之中的①與②（圖—3.1）。此外，3.2 節以後，大規模崩塌的規模與形狀（3.2 節）、大規模崩塌造成土石的下型態（3.3 節），大規模崩塌發生地點地質與地形特徵（3.4 節），大規模崩塌發生頻率（3.5 節）等調查之中，規模、形狀、流下型態、地形與地質特徵，可視為依標的區域場的條件決定，以②為標的實施調查，則調查該地區高潛勢大規模崩塌之規模、形狀、流下型態、地形與地質特徵。但不僅進行大規模崩塌的②調查，也應區分一下對①也實施調查（參照 3.2 節解說）。另一方面，②的發生頻率調查可能相當難，因此基本上以①為調查標的，但若能針對②實施調查，仍應實施。

「①發生可能性非常高的現象與災害」係推估過去 100 年內發生過的現象，來進行，但雖是過去 100 年發生的現象，若是明顯地震所造成的現象與災損，則考量該地震發生頻率，需判斷是否列入①的範圍（圖—3.1）。比如，1,000 年才發生一次的活斷層導致地震而發生的大規模崩塌，不列為①範圍。但即使不列入①範圍，仍可能列入②的範圍。

另一方面，「②可能發生的現象與災損」與發生誘因無關，都應將大規模崩塌案例列為檢討標的。但是磐梯山崩塌（1888）或眉山崩塌（1792）這類山體崩塌，不列入討論範圍。此外，也正如「大規模崩塌對策技術相關基本事項」所述，地質年代（重現期距達數萬年或更多）等所產生的現象，發生頻率極低，且難以確保崩塌規模等資訊的精度，因此不列入討論範圍。



圖—3.1 各現象之關聯

## 3.2 大規模崩塌規模與形狀的調查

### 〈標準〉

### 〈方法〉

大規模崩塌規模與形狀的調查，應針對各大規模崩塌檢討分割區域，以過去的大規模崩塌，利用下列方法實施調查為標準。

- 運用過去與大規模崩塌舊跡相關調查的結果，實施調查
- 利用大規模崩塌舊跡空照圖與 LP（雷射斷面儀地形圖）等進行判釋或地形圖判讀
- 參考文獻（都道府縣與市町村災害史、氣象廳的氣象災害報告等）實施調查

### 〈產出〉

大規模崩塌規模的調查，應針對各大規模崩塌檢討分割區域，設定下列項目為準。

- 大規模崩塌地的崩塌坡面長度
- 大規模崩塌地的崩塌寬度
- 大規模崩塌地的崩塌面積
- 大規模崩塌地的崩塌土砂量
- 上述各項目的中間值、平均值、75%值、90%值、最大值
- 標準規模與推估最大規模的大規模崩塌地崩塌土砂量

### 【說明】

活用過去大規模崩塌舊跡調查結果時，如「〈例子〉以航空照片判釋推定大規模崩塌規模注意事項」所示，應進行判釋結果的驗證。此外，實施大規模崩塌跡地判釋時，也應考量滑落崖與小崖地形等微地形要素分布狀況與崩塌土砂的流下與堆積痕跡（如 1）。

有些大規模崩塌規模明顯受地質構造影響，因此，即使相同的大規模崩塌檢討分割區域，不同地質構造（比如逆向坡或順向坡）可能形成不同的大規模崩塌規模與形狀。因此，即便相同的大規模崩塌檢討分割區域，也應依地質構造進一步分類，整理出高潛勢大規模崩塌規模與形狀。

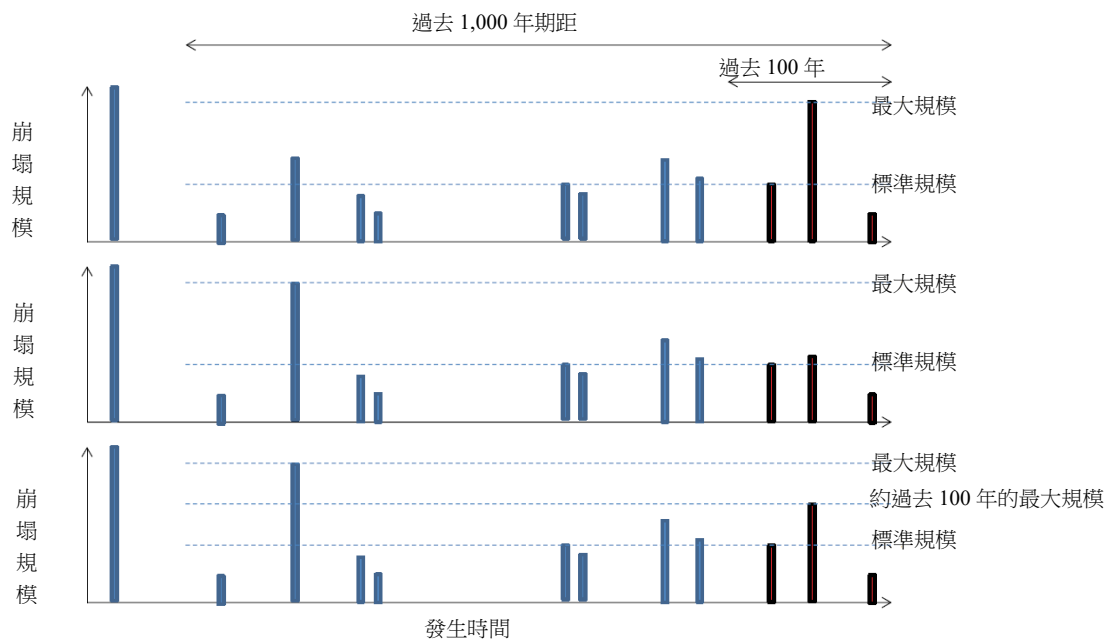
各區域高潛勢的大規模崩塌規模，基本上應進行「A.標準規模」與「B.推估最大規模」檢討。依據過去實際發生狀況而設定大規模崩塌規模，案例數目最好達到某種程度。但若只探討過去 100 年內發生的案例，可能無法取得足夠案例數目。在此狀況下，可針對過去約 1,000 年期距發生的大規模崩塌，進行「A.標準規模」與「B.推估最大規模」檢討。除此之外，也應掌握「C.過去 100 年內發生案例的推估最大規模」。

另外，「A.標準規模」所設定的標的係過去 1,000 年期距發生的大規模崩塌平均規模。設定時應某種程度涵蓋過去發生的大規模崩塌規模。

利用航空照片判釋並從跡地大小推估「B.推估最大規模」時，應注意複數時期發生的崩塌與侵蝕，可能視為單一崩塌現象處理。因此，最好活用文獻等記錄與 LP 數據，實施精查。

【參考文獻】

- 1) 土木研究所土砂管理研究小組火山與土石流團隊：「深層崩壞の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究」（大規模崩塌潛勢邊坡篩選技術方法與風險評估方法相關的研究），土木研究所資料，第 4333 號，2016



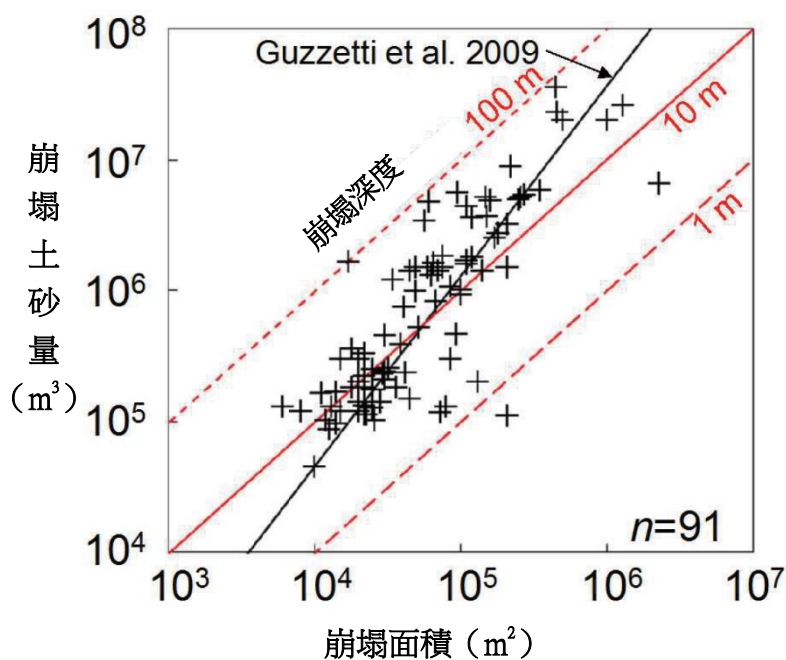
圖一3.2 規模的設定方法示意圖

### 〈案例〉由崩塌面積推估崩塌土砂量的方法

崩塌規模調查時，可利用航空照片與地形圖判釋，大略推估崩塌面積，但經常難以掌握崩塌土砂量。但通常崩塌面積與崩塌土砂量具有一定的關係，不少人提出崩塌面積與崩塌土砂量的關係公式（例如，參考文獻 1）、2）。其中，Guzzetti et al. (2009) 提出下列經驗公式。

$$V=0.074\times A^{1.45}$$

式中， $V$  為崩塌土砂量 ( $\text{m}^3$ )， $A$  為崩塌地面積 ( $\text{m}^2$ )。過去日本大規模崩塌整理成的崩塌面積與崩塌土砂量關係整理的結果，與 Guzzetti 經驗公式有重疊的結果如下所示。圖-3.3 顯示，利用 Guzzetti 經驗公式由過去大規模崩塌崩塌面積推估崩塌土砂量，具有一定程度的精度。但即使崩塌面積相同，崩塌土砂量大小的分布狀況仍有很大差異。因此，若對該當區域已完成大規模崩塌地區崩塌土砂量調查的話，應該可以加以活用。



圖—3.3 依據崩塌土砂量、崩塌面積與 Guzzetti 經驗公式之關係 ([https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech\\_info/study/h23\\_fy2011/past\\_dscl-list20120117.pdf](https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/study/h23_fy2011/past_dscl-list20120117.pdf)) 所整理的日本大規模崩塌案例 (~2010 年度)

#### 【參考文獻】

- 1) Guzzetti F., Ardizzone F., Cardinali M., Rossi M. and Valigi D.: Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. Earth Planet. Sci. Lett., Vol. 279, p.222-229, 2009
- 2) Larsen, I.J., Montgomery, D.R. and Korup, O.: Landslide erosion controlled by hillslope material, Nature Geoscience, Vol.3, p.247-251., 2010

〈案例〉判釋航空照片以推估大規模崩塌規模的注意事項

判釋航空照片以推估大規模崩塌規模的注意事項如下。

		不當的判釋	適當的判釋
上弦月狀的滑落崖	模式圖	<p>崩塌土砂堆積區</p> <p>僅視滑落崖為大規模崩塌舊跡而進行判釋的案例</p>	<p>崩塌主要部分(崩塌範圍)適當判釋為大規模崩塌舊跡的案例</p>
	案例		
有崩塌土砂移動痕跡時	模式圖	<p>崩塌土砂的流下與堆積</p> <p>崩塌土砂移動痕跡也列入大規模崩塌舊跡的判釋案例</p>	<p>崩塌主要部分(崩塌範圍)適當判釋為大規模崩塌舊跡的判釋案例</p>
	案例		

### 3.3 大規模崩塌引致土石等流下型態調查

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

大規模崩塌引起的土石等流下型態調查，應如第一章所示，以過去發生的大規模崩塌為標的，整理下列類別的發生次數，掌握高潛勢大規模崩塌引起土石等的流下型態。需注意，除了下列分類之外，有時崩塌土砂流入河水暴漲的河川等情況時，也可能造成對岸與上下游的災情。

- (1) 堰塞壩型
- (2) 土石流型
- (3) 崩土直擊型

土石等流下型態的分類，標準做法是針對各大規模崩塌檢討分割區域逐一實施。此外，土石等流下型態，應如下分類。

- 運用過去大規模崩塌舊跡相關調查結果進行調查
- 判釋大規模崩塌舊跡周邊航空照片與 LP 等與判讀地形圖
- 利用文獻（都道府縣與市町村災害史、氣象廳氣象災害報告等）進行的調查

#### 〈產出〉

大規模崩塌引致土石等流下型態的調查，以對各大規模崩塌檢討分割區域，設定下列項目為準。

其中，「不明」現象，不列入整理範圍。此外，大規模崩塌土砂量調查，也可參考「圖 3.1 各現象之關係，3.2 大規模崩塌規模與形狀調查」的土砂量。

- 大規模崩塌引致土石等流下型態的分類
- 堰塞壩形成數目、形成堰塞壩的大規模崩塌土砂量，堰塞壩形成機率（大規模崩塌形成堰塞壩的機率）
- 土石流發生次數、造成土石流的大規模崩塌土砂量，土石流發生機率（大規模崩塌發生土石流的機率）

#### 【說明】

研究發現，大規模崩塌引致土石流等流下型態，會因為大規模崩塌規模而異<sup>1)</sup>。此外，大規模崩塌引致土石等的流下型態，也會受發生、流下地點的地形影響<sup>2)、3)</sup>。因此，一個大規模崩塌檢討分割區域，也應依據崩塌規模與地形條件進行分類，整理高潛勢大規模崩塌引致土石等的流下型態。

【参考文献】

- 1) 西口幸希、内田太郎、田中建貴、蒲原潤一、奥山遼佑、日名純也、松原智生、櫻井亘：「深層崩壊の発生に伴う土砂移動現象と被害発生位置の実態」（大規模崩壊伴随產生土石移動現象與災害發生位置的實際狀況），砂防學會誌，Vol68，No.6，p.31-41，2016
- 2) 内田太郎、岡本敦「崩壊土砂の流動化量に関する一考察」（崩壊土砂流動化量的探討），土木技術資料，Vol.55，No.7，p.32-35，2013
- 3) Kharismalatri1, H.S., Ishikawa, Y., Gomi, T., Shiraki, K., Wakahara, T.: Collapsed material movement of deep-seated landslides caused by Typhoon Talas 2011 on the Kii Peninsula, Japan, International Journal of Erosion Control Engineering, 2017

### 3.4 大規模崩塌發生地點的地形與地質特徵調查

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

大規模崩塌發生地點的地形與地質特徵調查，應以各大規模崩塌檢討分割區域，針對過去的大規模崩塌為對象，實施下列標準調查。

- 運用大規模崩塌舊跡相關調查結果進行調查
- 以地形圖、地質圖進行調查

#### 〈產出〉

大規模崩塌地點的地形與地質特徵調查，以對各大規模崩塌檢討分割區域，設定下列項目為準。

- 大規模崩塌舊跡之地形與地質等的特徵

#### 【說明】

大規模崩塌發生地點的地形、地質特徵，在一個大規模崩塌檢討分割區域，未必只有一種大規模崩塌發生地點的地形與地質特徵，有的可能出現複數特徵。因此，即使只有一個大規模崩塌檢討分割區域，也需要將區域中的地形與地質條件進行細分，整理高潛勢大規模崩塌的地形與地質特徵。

### 3.5 大規模崩塌發生頻率的調查

#### 3.5.1 大規模崩塌發生時期的調查

##### 〈標準〉

##### 〈方法〉

大規模崩塌發生時期的調查，標準做法應以下列方法，針對已發生大規模崩塌，實施各種大規模崩塌檢討分割區域調查

- ・ 運用過去大規模崩塌舊跡相關調查的結果，進行調查
- ・ 利用大規模崩塌舊跡不同時期的航空照片、空載光達測量結果與地形圖判讀，進行大規模崩塌時間調查
- ・ 依據文獻（都道府縣與市町村災害史、氣象廳氣象災害報告等）進行調查，訪談調查
- ・ 詳細的現地調查

##### 〈產出〉

大規模崩塌發生時期調查，以各大規模崩塌檢討分割區域，設定以下項目為準。

- ・ 發生大規模崩塌的時期與沒有發生的期間

##### 〈例子〉大規模崩塌發生時期相關的詳細現地調查

大規模崩塌發生時間詳細的現地調查，方法如下。

##### 1) 火山碎屑物層序年代學

有利用火山碎屑物層序年代學（tephrochronology）調查過去某時空曾否發生大規模崩塌時空間資訊的案例。

##### 2) 木片的碳 14 定年法

有利用大規模崩塌堆積物或河階堆積物中的木片，實施大規模崩塌發生年代特定調查案例。

##### 【參考文獻】

- 1) 清水收、畑中健志：「深層崩壊発生危険地におけるテフロクロロジーによる斜面変動履歴の解明—宮崎県鰐塚山の 2005 年崩壊地周辺—」（以火山灰年代學針對大規模崩塌潛勢區坡面變動紀錄的探討—宮崎縣鰐塚山 2005 年崩壊地周邊—），砂防學會誌，Vol.63，No.2，p.12-19，2010
- 2) 五味高志、平岡真合乃、横山修、山越隆雄、石塚忠範、内田太郎、南光一樹：「深層崩壊の発生頻度の推定方法検討:鰐塚山の事例」（大規模崩塌發生頻率推估方法：鰐塚山的案例），2012 度砂防學會研究發表會概要集，p.328-329，2012

### 3.5.2 大規模崩塌發生頻率的檢討

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

檢討大規模崩塌發生頻率，應依據 3.5.1 節所掌握大規模崩塌發生時期資料，以下列方法針對各大規模崩塌檢討分割區域，一一實施為準。

- 依據大規模崩塌發生實際狀況的方法

根據該地區過去發生大規模崩塌實際狀況，掌握該地區發生大規模崩塌的頻率。

- 依據降雨特性的方法

掌握大規模崩塌時的降雨特性，由具備該特性的降雨發生機率，推估該地區大規模崩塌發生頻率。

#### 〈產出〉

大規模崩塌發生頻率的檢討，以各大規模崩塌檢討分割區域，設定下列項目為準。

- 年平均大規模崩塌發生處數
- 平均大規模崩塌發生間隔

#### 【說明】

在此，主要推估的標的係過去 100 年左右發生頻率，更長期的發生頻率，需能推估發生時期，才推估發生頻率。此外，若包含低發生機率為誘因導致的大規模崩塌為對象時期時，其所推估發生頻率未必和未來發生頻率一致。因此，發生頻率的檢討，應分成降雨等以及地震所導致大規模崩塌二類。此外，各地區發生地震的狀況，除了地震調查研究推進本部事務局網頁<sup>1)</sup>所整理日本各縣過去災害地震發生年、規模、主要災損狀況與主要斷層帶平均活動間隔等之外，也可參考氣象廳震度資料庫檢索網頁<sup>2)</sup>，檢索最大震度等。

此外，「年平均大規模崩塌發生處數」與「平均大規模崩塌發生間隔」，都取決於計算發生頻率的大規模崩塌檢討分割區域面積大小，必須加以注意。

#### (1) 依據大規模崩塌實際狀況的方法

依據大規模崩塌實際狀況的方法，係利用大規模崩塌發生時期的資料，如下述地算出年平均大規模崩塌發生處數與平均大規模崩塌發生間隔。但 3.5.1 節中不同時期航空照片判釋取得的大規模崩塌發生時期資料，只能取得從航空照片拍攝時間到下一次航空照片拍攝時間之間發生的大規模崩塌相關資料，很難精確掌握大規模崩塌發生時期的詳細資訊。因此，若只能確認發生時期時，就假定該時期內的中間年分發生大規模崩塌。

- ・年平均大規模崩塌發生處數：檢討標的期間內該規模崩塌檢討分割區域發生的大規模崩塌處數，除以檢討標的期間得到的值。
- ・平均大規模崩塌發生間隔：該大規模崩塌檢討分割區域內發生一次大規模崩塌到下一次發生大規模崩塌為止的平均年數。

## (2) 依據降雨特性的方法<sup>3)</sup>

蒐集大規模崩塌發生地點附近主要氣象觀測所的雨量資料，整理成代表雨量（比如流域平均雨量），由各種降雨指標篩選出能確認大規模崩塌是否發生的降雨指標。此外，過去的研究顯示，大規模崩塌的發生主要受 48 小時雨量等長期雨量影響<sup>4)</sup>。

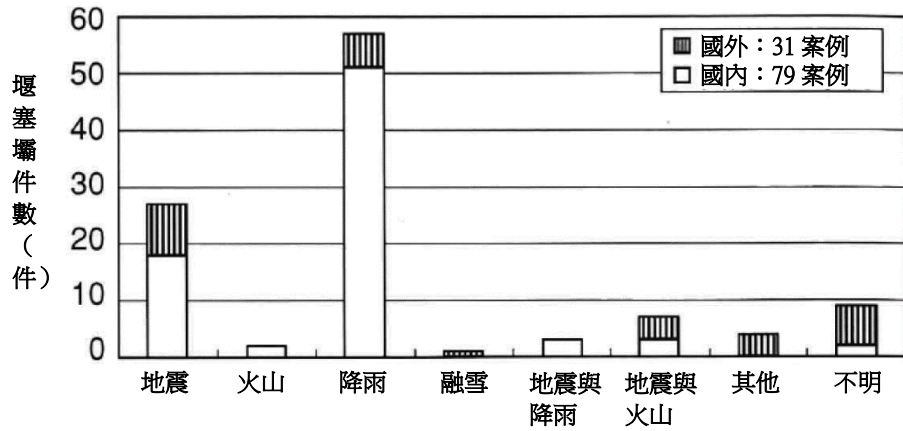
除此之外，也可利用能確認大規模崩塌是否發生的降雨指標進行機率計算，算出過去發生大規模崩塌時的降雨機率。此外，若只能確認大規模崩塌發生期間（某次航空攝影實施時間到下次實施時間之間），而無法確認大規模崩塌發生年，可假定該期間內降雨指標值最大的年度為發生年。

## 【參考文獻】

- 1) 地震調查研究推進本部秘書處：地震本部，<http://www.jishin.go.jp/>，參照 2017-3-24
- 2) 氣象廳：震度資料庫檢索，<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>，參照 2017-3-24
- 3) 內田太郎、泉山寬明、林真一郎、丹羽論、井戶清雄、佐藤敏明、若林榮一、蒲原潤一：「深層崩壊の発生確率評価手法に関する検討」（大規模崩塌發生機率評估方法探討），砂防學會誌，Vol.67，No.3，p.3-13，2014
- 4) 內田太郎、岡本敦：「深層崩壊を引き起こした降雨の特徴」（造成大規模崩塌的降雨特徵），土木技術資料，Vol.54，No.11，p.32-35，2012

〈參考〉可能導致形成堰塞壩的大規模崩塌誘因

可能導致形成堰塞湖的大規模崩塌誘因主要為降雨，其次是地震<sup>1)</sup>。



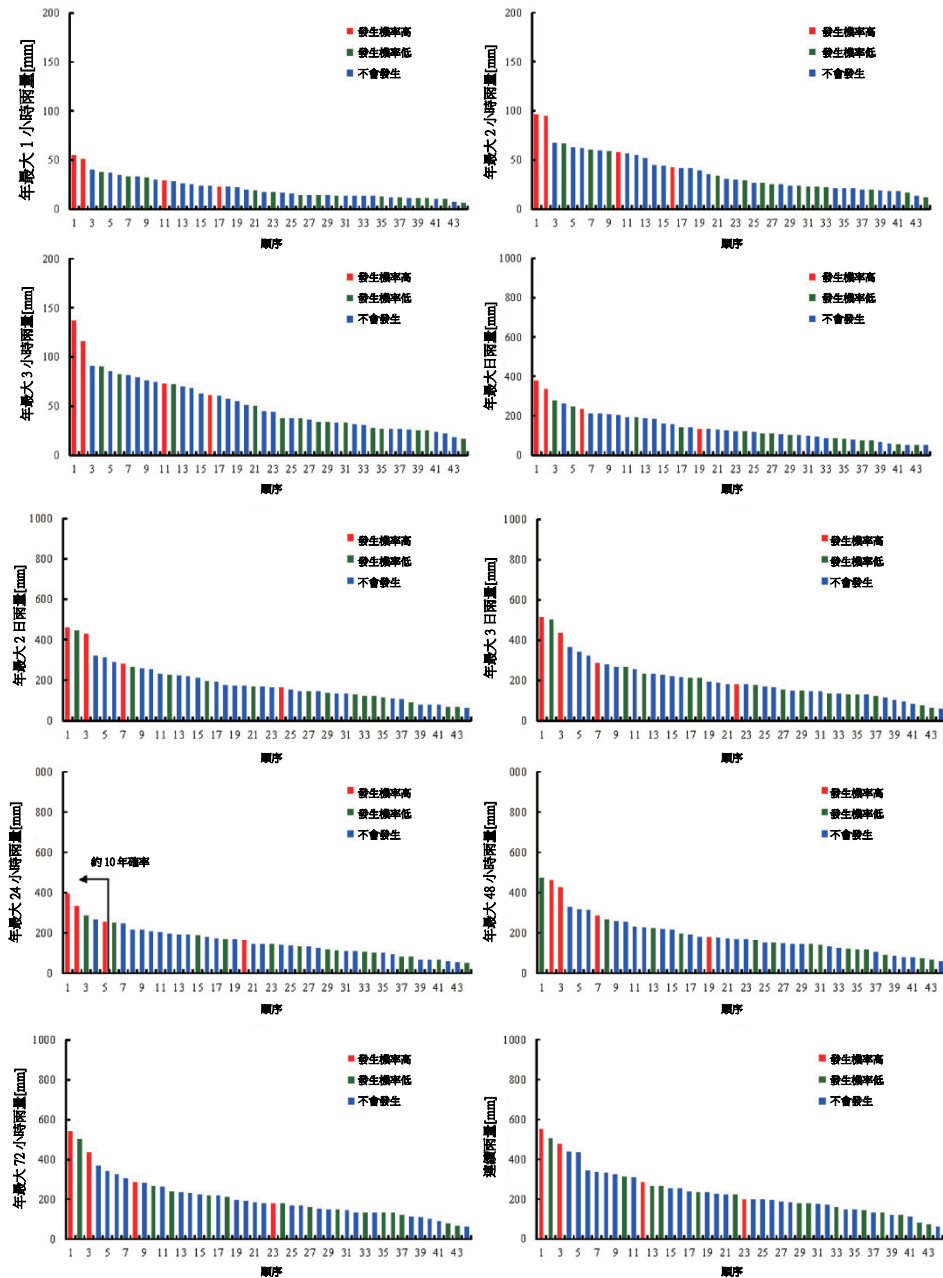
圖—3.4 形成堰塞壩的山坡崩塌之發生誘因<sup>1)</sup>

【參考文獻】

- 1) 田畑茂清、水山高久、井上公夫：「天然ダムと災害」（堰塞湖與災害），古今書院，228p p.，2002

### 〈案例〉依據降雨特性的方法

下圖所示能相當程度清楚判斷是否發生大規模崩塌的降雨指標，為最大 24 小時雨量。依據機率規模的計算結果，推估低於 10 年重現期距的豪雨，5 次之中發生 3 次大規模崩塌。因此推估，每 10[年]×5[次]3[次]=16.7 年發生一次大規模崩塌。



不會發生：大規模崩塌發生期間外的降雨

發生機率低：各大規模崩塌發生期間內、未滿降雨指標最大值的降雨

發生機率高：各大規模崩塌發生期間內、達到最大指標值，以及能確認發生年與月的降雨

圖一3.5 降雨與是否發生大規模崩塌的關聯性整理（案例）

### 3.6 過去大規模崩塌伴隨產生災害的概要調查

#### 〈構想〉

過去大規模崩塌伴隨產生災害的概要調查，旨在掌握檢討標的地區過去發生的代表性大規模崩塌，及其他相關現象的狀況。

#### 〈標準〉

##### 〈方法〉

過去大規模崩塌伴隨產生災害的概要調查，應依下列方法實施過去代表性災害的調查為準。

- ・ 利用大規模崩塌舊跡等調查成果，實施調查
- ・ 依據文獻（都道府縣與市町村災害史、氣象廳的氣象災害報告等）實施的調查
- ・ 依據訪談實施的調查

##### 〈產出〉

過去大規模崩塌伴隨產生災害的概要調查，以設定下列項目為準。

- ・ 大規模崩塌相關的現象與災損實況

#### 【說明】

過去大規模崩塌伴隨產生災害的概要調查，大規模崩塌及其他相關現象有下列的項目。

- ・ 大規模崩塌發生主因  
參照 1.2.2 節的分類
- ・ 大規模崩塌發生年度
- ・ 大規模崩塌發生狀況  
〔是否同時多處發生，有無形成堰塞壩、有無堰塞壩潰決，有無發生土石流及是否發生其他現象（比如河川出現湧浪或 2 次性的土砂流出）〕
- ・ 大規模崩塌之外的土砂災害狀況  
〔土石流、崖崩、地滑等〕
- ・ 災損狀況  
〔死亡人數、失蹤人數、受傷人數、房屋受損（全倒、半倒戶數）、田地、森林、道路、鐵路、水道、學校等〕
- ・ 其他相關狀況  
〔河水暴漲、道路封閉等狀況〕

### 3.7 高潛勢大規模崩塌現象的篩選

#### 〈構想〉

高潛勢大規模崩塌現象的篩選，依據調查結果，分析當地可能發生大規模崩塌潛勢區的特徵，設定今後各大規模崩塌檢討分割區域可能發生的大規模崩塌現象。

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

高潛勢大規模崩塌現象的篩選，應依據下列調查結果，應對各大規模崩塌檢討分割區域，依以下的調查結果進行為準。

- 過去所發生大規模崩塌規模與形狀的調查
- 過去所發生大規模崩塌所造成土石等流下型態的調查
- 過去所發生大規模崩塌發生地點之地形與地質特徵的調查
- 過去所發生大規模崩塌發生頻率的調查
- 過去所發生大規模崩塌伴隨產生災害的概要調查

篩選高潛勢大規模崩塌現象，應依據「大規模崩塌對策技術相關基本事項」，掌握各大規模崩塌檢討分割區域的①很可能出現的現象與災害②可能出現的現象與災害。具體而言，應依據「大規模崩塌對策技術相關基本事項」，推估①該地區過去約 100 年內所發生相同程度規模的災害，②該地區及其周邊地區過去所曾發生的最大規模災害。依據文獻等資訊進行②的推估時，推估的標的為過去約 1,000 年期間內所發生現象及同等規模程度為現象，推估標的不擴及地質年代（數萬年期距及更大期距之前）等時期發生的現象。

#### 〈產出〉

高潛勢大規模崩塌現象的篩選，應針對各大規模崩塌檢討分割區域，進行下列項目的設定為準。

- 該地區今後會發生高潛勢大規模崩塌的規模與形狀
- 該地區今後會發生高潛勢大規模崩塌所導致土石等的流下型態
- 該地區今後會發生高潛勢大規模崩塌發生地點之地形與地質特徵
- 高潛勢大規模崩塌現象之發生頻率
- 該地區過去所發生代表性大規模崩塌伴隨產生災害概要

#### 【說明】

即使只有一個大規模崩塌檢討分割區域，若地質構造（如逆向坡與順向坡的差異）及發生地點（如高程差、河道側岸坡面或源頭坡面的差異）致使過去所發生現象（規模、流

下型態、頻率等)產生明顯差異，應推估並整理發生多次高潛勢大規模崩塌現象。一個大規模崩塌檢討分割區域，設定數種高潛勢大規模崩塌現象時，應整理各地質構造與發生地點的大規模崩塌現象(規模、流下型態、頻率等)(參照表—3.1)。

〈例子〉高潛勢大規模崩塌現象篩選結果的整理

以下為高潛勢大規模崩塌現象篩選結果整理示意圖表。

表—3.1 高潛勢大規模崩塌現象的篩選（例子）

高潛勢大規模崩塌現象	A-I	A-II	B	
大規模崩塌檢討分割區域	分割區域 A		B	...
區域的面積	100km <sup>2</sup>			
區域地形特徵	流路沿線連續出現高差 200~400m 的坡面。呈現順向坡與逆向坡構造所形成的明顯喀斯特地形。			
該區域地質	第三紀沉積岩			
<b>0. 地形與地質特徵</b>				
地形	主流沿岸坡面	高程 1,500m 的遷急線附近	...	...
地質	頁岩順向坡坡面	頁岩逆向坡坡面	...	...
<b>1. 大規模崩塌規模</b>				
標準的規模	約 40 萬 m <sup>3</sup>	約 20 萬 m <sup>3</sup>	...	...
所推估的最大規模	約 200 萬 m <sup>3</sup>	約 80 萬 m <sup>3</sup>	...	...
約過去 100 年內所發生的最大規模	約 100 萬 m <sup>3</sup>	約 80 萬 m <sup>3</sup>	...	...
<b>2. 大規模崩塌所導致土石等的流下型態</b>				
土石等的流下機制與型態	堰塞壩發生機率高	土石流化的可能性高	...	...
堰塞壩發生機率	53%	5%	...	...
土石流發生機率	15%	65%	...	...
<b>3. 大規模崩塌發生頻率</b>				
每年發生大規模崩塌平均處數	約 0.03 處/年	約 0.1 處/年	...	...
大規模崩塌發生平均間隔	約 50 年	約 20 年	...	...
<b>4. 伴隨大規模崩塌產生代表性災害概要</b>				
案例	1990 年 7 月颱風○號造成的土砂災害		...	...
大規模崩塌發生狀況	1 次降雨在 3 處地點發生		...	...
發生主要原因	地下水位急遽上升（豪雨）		...	...
大規模崩塌災情	土石流化沖毀房屋 3 棟		...	...
大規模崩塌之外的土砂災害狀況	發生大規模崩塌前出現多次土石流		...	...
其他相關現象	河水暴漲導致國道○號封閉		...	...

## 4. 大規模土砂災害之災情推估實施地點的選定

### 4.1 基本的構想

#### 〈構想〉

依據數值計算可某種程度說明大規模崩塌所形成的土砂現象，因此，第5章依據數值計算，實施大規模崩塌造成大規模土砂災害災損的推估。但，若高潛勢大規模崩塌現象都納入實施數值計算的標的，案例太多、過度耗費時間與人力。因此，本章說明如何從高潛勢大規模崩塌現象之中，選定應實施大規模土砂災害災損推估的案例，以及實施優先順序檢討的注意要點。

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

應實施大規模土砂災害災損推估案例的選定，應考慮的問題點如下。

- 從潛勢高低的觀點，選定應推估現象與發生地點
- 從災損潛勢高低的觀點，選定推估可能發生災害地點
- 從地形條件的觀點，選定大規模崩塌災害可能發生現象

## 4.2 從發生潛勢推估可能發生的現象

### 4.2.1 大規模崩塌發生地點的推估

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

依據高潛勢大規模崩塌現象檢討、選定推估可能發生大規模崩塌地點，應搭配使用下列各種方法為準。

- 依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討，進行設定（參照第3章）
- 依據大規模崩塌溪流（小流域）等級評估圖進行設定
- 依據大規模崩塌舊跡分布狀況，進行設定
- 依據詳細現地調查，進行設定

但實施詳細現地調查，有時需確認精度及驗證廣泛性等的進一步驗證，可斟酌實施。

#### 〈產出〉

依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討，選定推估可能發生大規模崩塌地點，應設定下列項目為準。

- 高潛勢大規模崩塌可能發生的範圍

#### 【說明】

依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討、選定可能發生大規模崩塌地點，應將第3章所整理大規模崩塌發生地點之地形與地質特徵相合的範圍作為大規模崩塌高潛勢區可能發生的範圍，進行推估。

此外，研究指出，過去發生之大規模崩塌舊跡周邊容易發生大規模崩塌<sup>1)</sup>。因此，過去發生大規模崩塌跡地周邊，應列入大規模崩塌高潛勢區可能發生的範圍。

#### 【參考文獻】

- 1) 橫山修、內田太郎、田村圭司、鈴木隆司、井上亨郁：「宮崎縣鰐塚山地における深層崩壊と微地形・地質的特徴の關係」（宮崎縣鰐塚山地大規模崩塌與微地形、地質特徵之關係），砂防學會誌，Vol.63，No.5，p.3-13，2011

### 〈例子〉依據詳細現地調查進行大規模崩塌可能發生範圍設定

實施大規模崩塌可能發生範圍設定有關的現地詳細調查，方法如下。

- ・ 以航空照片、雷射斷面儀（LP）等所進行的小規模坡面變形相關調查
- ・ 以鑽探調查、空載磁力探測（空中磁測）等實施地盤構造調查
- ・ 依據水質水文調查進行地下水理構造與地下水流動調查
- ・ 綜合運用上述調查

### 【參考文獻】

- 1) 橫山修、内田太郎、中野陽子、石塚忠範、笠井美青、鈴木隆司：「レーザー測量データを用いた岩盤クリープ斜面の表面形状把握」（應用空載光達測量進行岩盤潛移坡面表面形狀的掌握），砂防學會誌，Vol.64，No.6，p.13-24，2012
- 2) 鈴木隆司、内田太郎、田村圭司：「深層崩壊発生斜面の特定に向けた地盤構造調査法」（可確認大規模崩塌發生坡面地盤構造的調查方法），土木技術資料，Vol.51，No.7，p.8-13，2009
- 3) 地頭菌隆：「溪流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測」（運用溪流水導電度實施大規模崩塌發生地點的預測），砂防學會誌，Vol.66，No.6，p.56-59，2014
- 4) 土木研究所土砂管理團隊火山與土石流小組：「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評価手法に関する研究」（大規模崩塌潛勢坡面篩選技術方法與風險評估方法研究），土木研究所資料，第 4333 號，2016

## 4.2.2 大規模崩塌規模的推估

### 〈標準〉

### 〈方法〉

依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討而推估大規模崩塌規模時，為了推估大規模崩塌所造成災害，應設定大規模崩塌的土砂量。大規模崩塌規模的設定，應以下列方法設定推估為標準規模的最大規模二個案例。

- 依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討，進行設定
- 依據詳細現地調查等進行設定

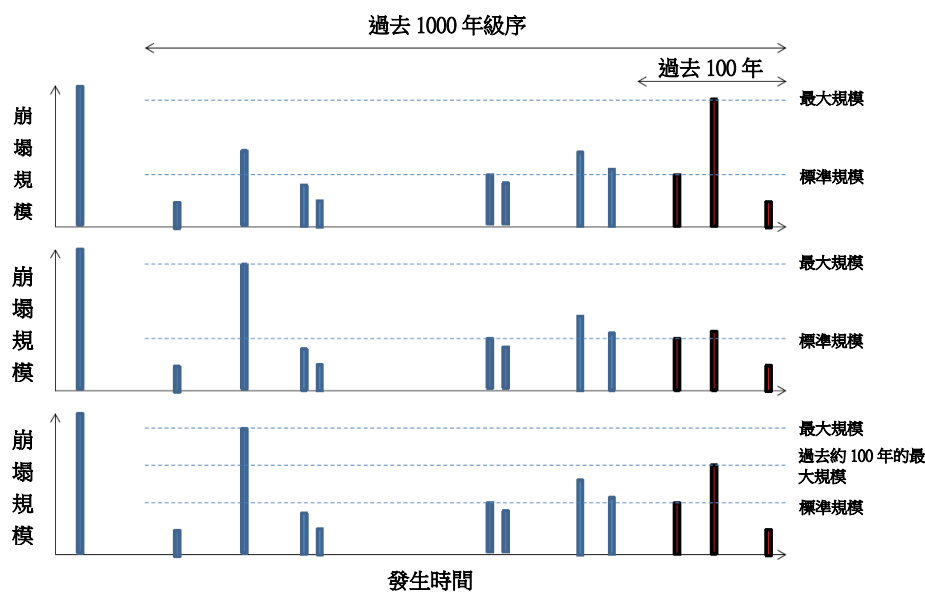
### 〈產出〉

依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討而推估大規模崩塌規模時，應設定下列項目為準。

- 高潛勢大規模崩塌的崩塌土砂量

### 【說明】

依據高潛勢大規模崩塌現象的檢討而推估大規模崩塌規模時，基本上應應用第3章所整理的標準規模，及所設定的最大規模。但過去約100年內發生的最大規模明顯不同於第3章所整理標準規模及所設定的最大規模時，基本上也應檢討過去約100年內所發生的最大規模（圖—4.1 下圖）。



圖—4.1 過去約100年內發生的最大規模與第3章所整理標準規模及所設定最大規模之關係示意圖【同 P.11】

### 4.3 從致災可能性觀點推估大規模崩塌發生地點

〈標準〉

〈方法〉

從災害潛勢高低觀點選定推估大規模崩塌發生地點，應使用下列方法為準。

- 大規模崩塌規模、大規模崩塌引致土石流的流下型態，以及大規模崩塌地點到聚落距離之關連性的分析

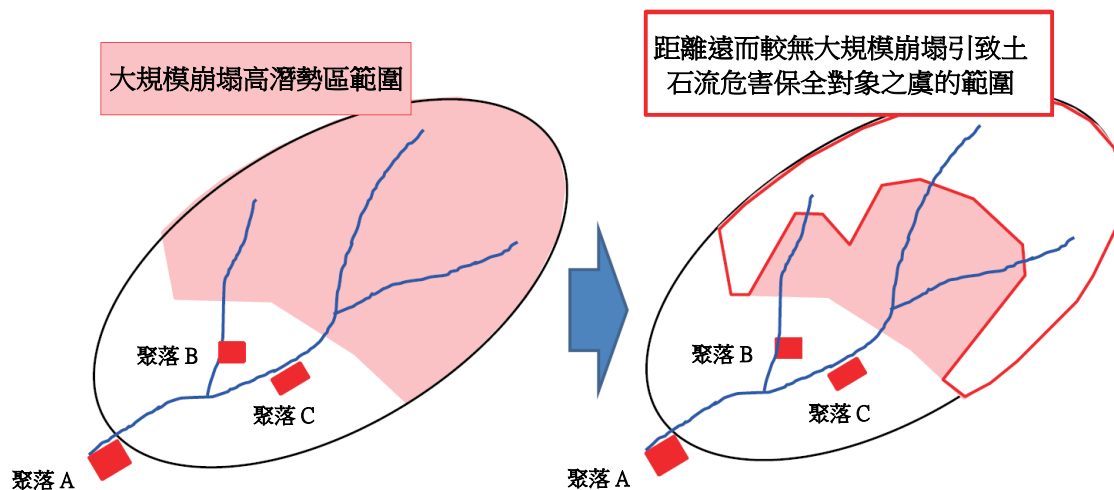
〈產出〉

從災損潛勢高低的觀點選定推估大規模崩塌發生地點，以設定下列項目為準。

- 實施大規模土砂災害災損推估時，應推估可能發生大規模崩塌的地點與區間

【說明】

即使大規模崩塌的高潛勢區發生崩塌，仍存在距離夠遠的下游保全標的而大規模崩塌引致災害疑慮較低的地點與區間。因此，推估大規模崩塌土砂災害災損時，應將大規模崩塌疑慮較低的地點與區間，從應推估為大規模崩塌潛勢區的地點與區間內剔除（圖—4.2）。



圖—4.2 即使大規模崩塌高潛勢區發生崩塌，仍存在距離夠遠的下游保全對象而大規模崩塌疑慮較低的地點與區間篩選示意圖（土石流的情況）

### 〈案例〉大規模崩塌導致可能災損的評估方法

針對日本國內過去發生的大規模崩塌案例，學者們整理了大規模崩塌規模(面積)、大規模崩塌引致土石流下型態(堰塞壩型、土石流型、崩土直擊型)，以及大規模崩塌地與聚落之距離和大規模崩塌引起土砂移動現象造成災害機率高低的關聯性<sup>1)</sup>(圖-4.3)。依據這份研究，該地點即使發生高潛勢規模的大規模崩塌，仍可篩選出大規模崩塌災害發生機率較低的地點與區間。

此外，利用圖-4.3的關係圖，可在簡單進行大規模崩塌造成聚落災害的評估<sup>2)</sup>。這項方法能簡單算出聚落發生大規模崩塌時災損的風險，因此，可以取得篩選出必須實施大規模土砂災害推估地點與區間、設定優先順序的重要參考資訊。

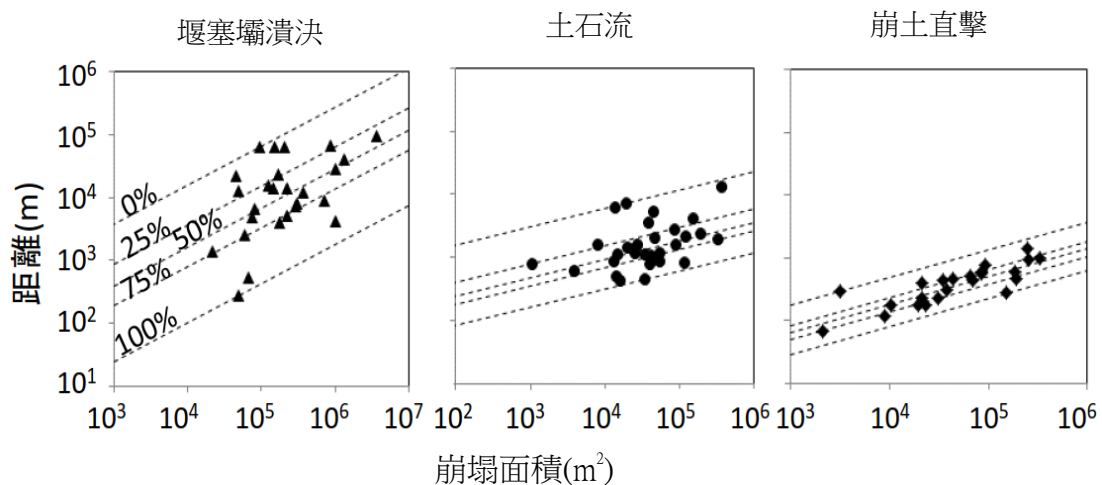


圖-4.3 大規模崩塌規模(面積)與大規模崩塌地和聚落的距離和發生災害機率高低的關聯性(大規模崩塌之土砂流下型態別)<sup>1)</sup>

### 【參考文獻】

- 1) 西口幸希、內田太郎、田中建貴、蒲原潤一、奧山遼佑、日名純也、松原智生、櫻井亘：「深層崩壊の発生に伴う土砂移動現象と被害発生位置の実態」(大規模崩塌伴隨產生土石移動現象與災害發生位置的實際狀況)，砂防學會誌，Vol.68，No.6，p.31-41，2016
- 2) 內田太郎、西口幸希、田中建貴、蒲原潤一、櫻井亘：「集落単位で簡便に深層崩壊による被害のおそれを評価する手法の提案」(以聚落為單位的大規模崩塌災害風險簡易評估方法提案)，砂防學會誌，Vol.69，No.6，p.31-41，2017

## 4.4 從地形條件觀點推估可能發生的現象

### 4.4.1 大規模崩塌規模的設定

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

從地形條件觀點推估可能發生的大規模崩塌規模，應依以下方法進行為準。

- 依據坡面高差，選定崩塌規模

#### 〈產出〉

從地形條件觀點推估可能產生的大規模崩塌規模與堰塞壩高度，以設定下列項目為準。

- 進行大規模土砂災害受災推估時，對必須設定的各地點與區間的最大崩塌規模

#### 【說明】

坡面崩塌高度不可能大於坡面高度，因此，針對各大規模崩塌潛勢地點，推估其所可能產生大規模崩塌之最大規模時，應依據各地點坡面高差，設定上限。

## 4.4.2 堰塞壩型的設定

### (1) 推估可能形成堰塞壩地點的設定

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

從地形條件觀點推估可能形成堰塞湖的地點與高度，其實施方法如下為準。

- 依河床坡度篩選可能導致堰塞湖的地點
- 依坡面高差篩選可能導致堰塞壩的高度

#### 〈產出〉

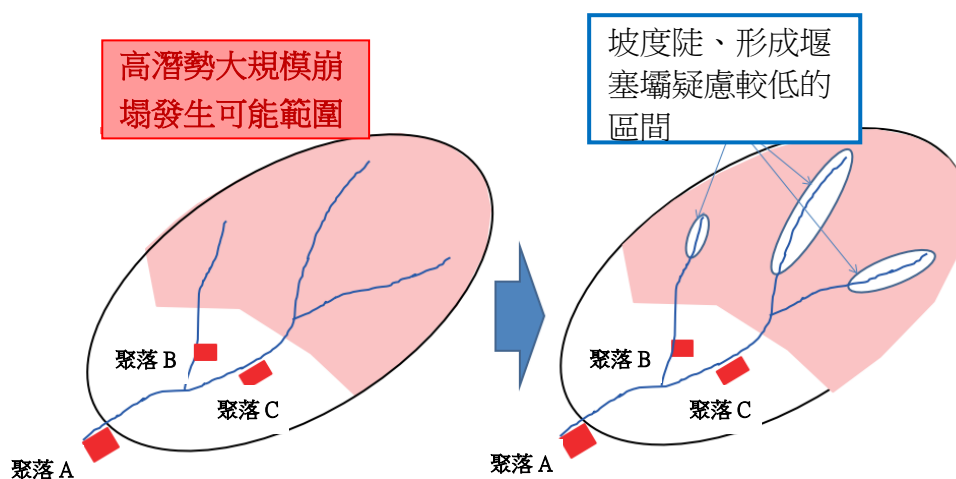
從地形條件觀點篩選推估可能形成堰塞壩的地點與高度，以設定下列項目的為準。

- 推估大規模土砂災害受災時，應推估可能形成堰塞壩的地點與區間
- 大規模土砂災害受災推估時，應推估每個可能形成堰塞壩地點與區間的最大壩高

#### 【說明】

在坡面發生大規模崩塌，其土砂是否會在正下方溪流形成堰塞壩，取決於河床坡度等地形條件等。因此，即使發生高潛勢規模的大規模崩塌，也可能從地形條件篩選出形成堰塞壩機率較低的地點與區間。這類地點可在實施大規模土砂災害災情推估時，排除在必須設定形成堰塞壩的地點與區間之外。

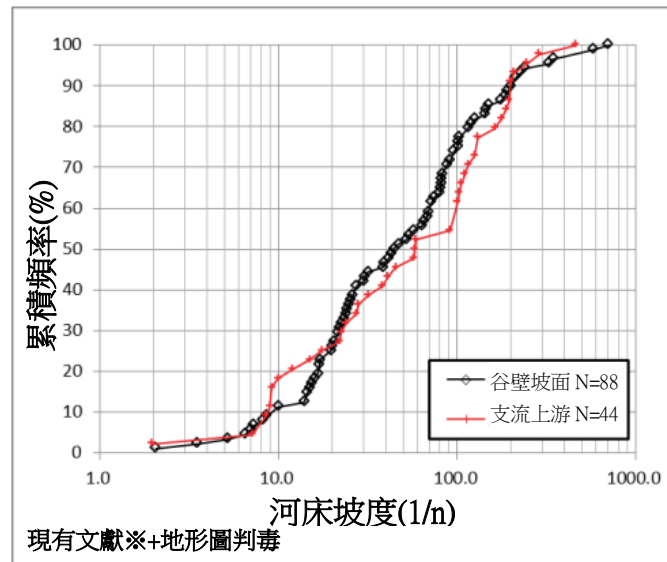
此外，堰塞壩高度的推估不可能大於該區間相鄰坡面的高差，因此，應以坡面高差為堰塞壩高度之上限，設定所推估的各地點與區間之最大堰塞壩高度。



圖一4.4 即使發生高潛勢規模的大規模崩塌，仍能篩選出形成堰塞湖機率較低的地點與區間的示意圖

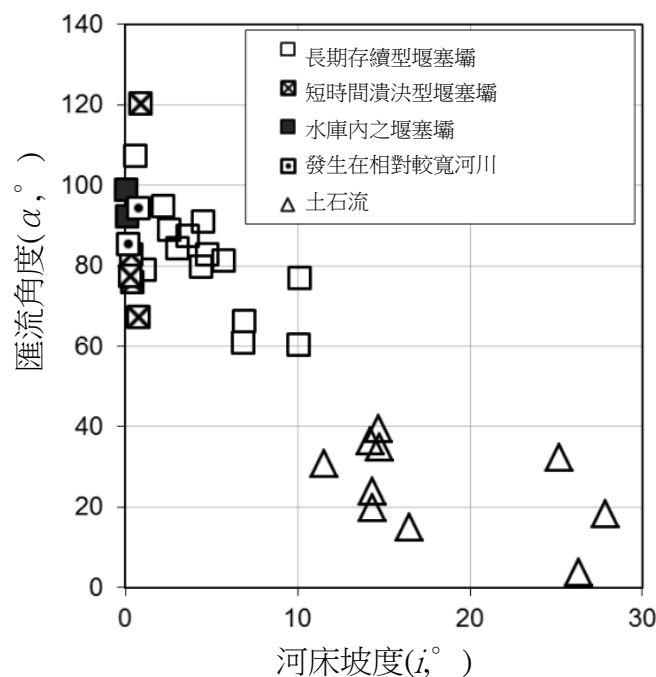
〈例子〉以往堰塞壩形成地點的坡度

根據過去實際資料顯示，堰塞壩與土砂供給源無關，河床坡度大於  $1/6$  ( $10^0$ ) 的區間，形成堰塞壩機率低於 5%。但這項數據係取自全國性的歸納，若標的區域另有不同的實況數據，應予以活用。



圖－4.5 堰塞壩形成地點的河床坡度<sup>1)</sup>

另外，2011 年紀伊半島大水災之中，大規模崩塌土砂流入河川地點的流域面積與匯流角度、流下型態之關係，如參考文獻 1) 所示。結果顯示，匯流地點河床坡度低於  $10^\circ$ ，就有可能形成堰塞壩。



圖－4.6 大規模崩塌土砂流入河川地點的河床坡度與匯流角度、流下型態之關係<sup>2)</sup>

另外，堰塞壩可依據所形成土砂供給源實施分類(圖-4.7, 4.8)。圖-4.7 為依此分類進行的堰塞壩分類。過去大規模崩塌最大成因係谷壁(河岸)坡面土砂移動，其次是支流土砂流入<sup>2)</sup>。此外，也有幾個案例是，支流上游谷壁坡面崩塌、土塊流入主流，形成堰塞壩。

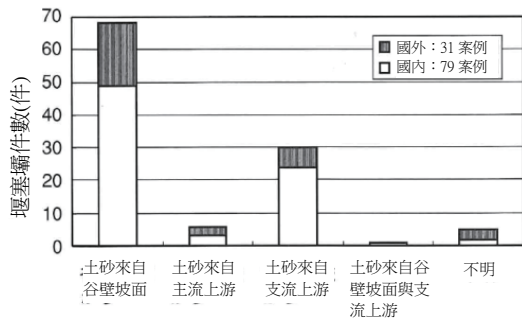
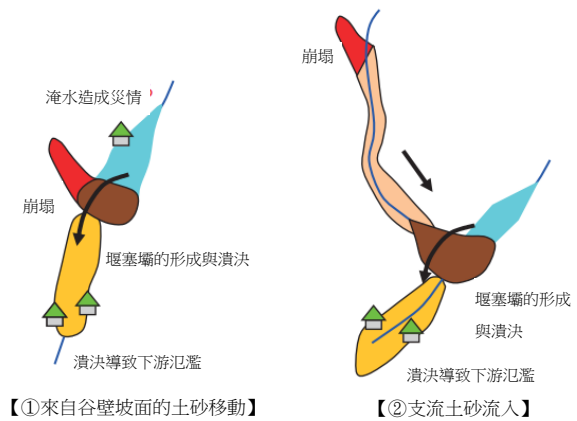


圖-4.7 堰塞壩形成類型<sup>3)</sup>



【①來自谷壁坡面的土砂移動】

【②支流土砂流入】

圖-4.8 實際發生紀錄較多的堰塞壩型

【參考文獻】

- 1) 鈴木清敬、內田太郎、櫻井亘：「深層崩壊に起因する天然ダムタイプの被害想定手法に関する一考察」(大規模崩塌導致各堰塞壩型災害推估方法研究)，2017 年度砂防學會研究發表會概要集，p.748-749，2017
- 2) Kharismalatri1, H.S., Ishikawa, Y., Gomi, T., Shiraki, K., Wakahara, T.: Collapsed material movement of deep-seated landslides caused by Typhoon Talas 2011 on the Kii Peninsula, Japan,(2011 年塔拉斯颱風導致紀伊半島大規模崩塌土砂流下狀況之研究) International Journal of Erosion Control Engineering，2017
- 3) 田畑茂清、水山高久、井上公夫：「天然ダムと災害」(堰塞壩與災害)，古今書院，2002

## (2)依據堰塞壩存續時間推估堰塞湖形成地點與高度的設定

### 〈標準〉

### 〈方法〉

從地形條件的觀點，依據堰塞壩存續時間推估堰塞湖形成地點與高度的設定，應以下列方法進行為準。

- 依據流域面積與淹水容量(蓄水量)的關係，設定堰塞湖形成地點與高度

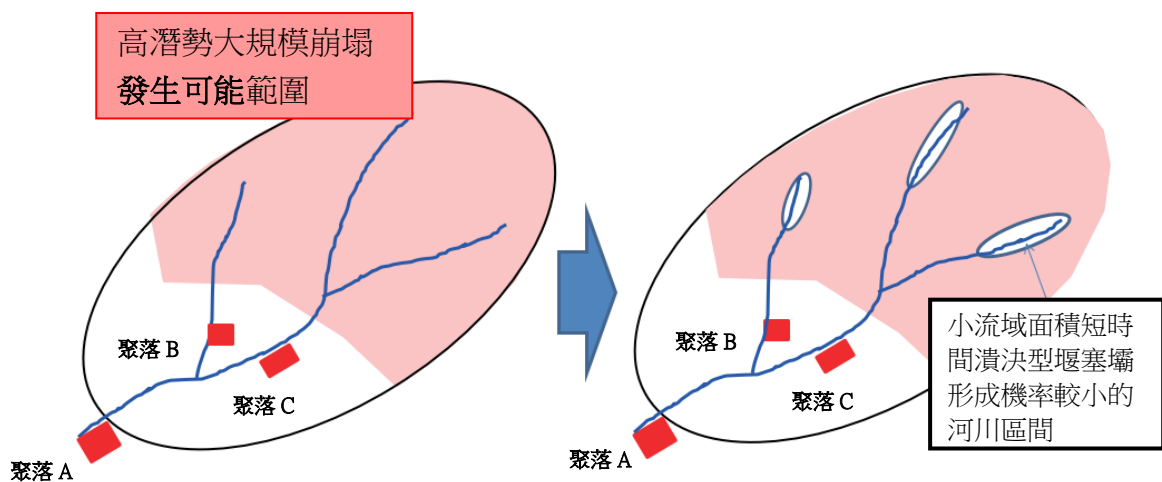
### 〈產出〉

從地形條件的觀點，依據堰塞壩存續時間設定推估堰塞壩形成地點與高度，以設定下列項目為準。

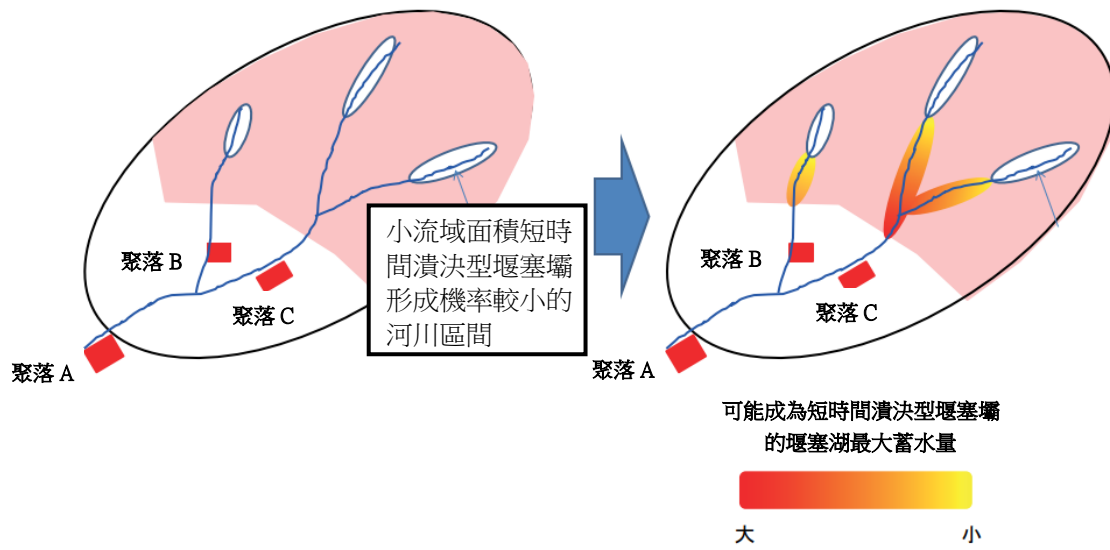
- 進行大規模土砂災害受災評估時，應設定可能形成堰塞壩的地點、區間與堰塞壩的規模

### 【說明】

由堰塞壩存續時間的觀點，大致分為「短時間潰決型堰塞壩」與「長期存續型堰塞壩」(參照 1.2.1 節)。其中，「長期存續型堰塞壩」形成後，一般認為可實施特定的對策措施。因此，推估大規模土砂災害災損，應優先針對「短時間潰決型堰塞壩」進行災損推估，而剔除可能成為「長期存續型堰塞壩」的地點與區間。另外，掌握各區間可能成為「短時間潰決型堰塞壩」的堰塞湖蓄水容量上限值，可有效選出應實施大規模土砂災害災損推估的案例。



圖－4.9 即使發生高潛勢規模的大規模崩塌，仍能篩選出形成短時間潰決型堰塞壩機率較低區間的示意圖



圖－4.10 形成短時間潰決型堰塞壩疑慮區間設定短時間潰決型堰塞壩與堰塞湖最大蓄水量示意圖

〈例子〉以往堰塞壩存續時間與流域面積、蓄水量之關係

依據過去的實際狀況，如圖-4.11 所示，整理了堰塞壩形成之後到潰決為止的存續時間，與流域面積與蓄水量之間的關係<sup>1)</sup>。此圖顯示，小流域面積形成的堰塞壩，以及蓄水量非常大的堰塞壩，有很高的可能性形成「長期存續型堰塞壩」，因此可剔除於大規模土砂災害推估高潛勢發生的現象之外。

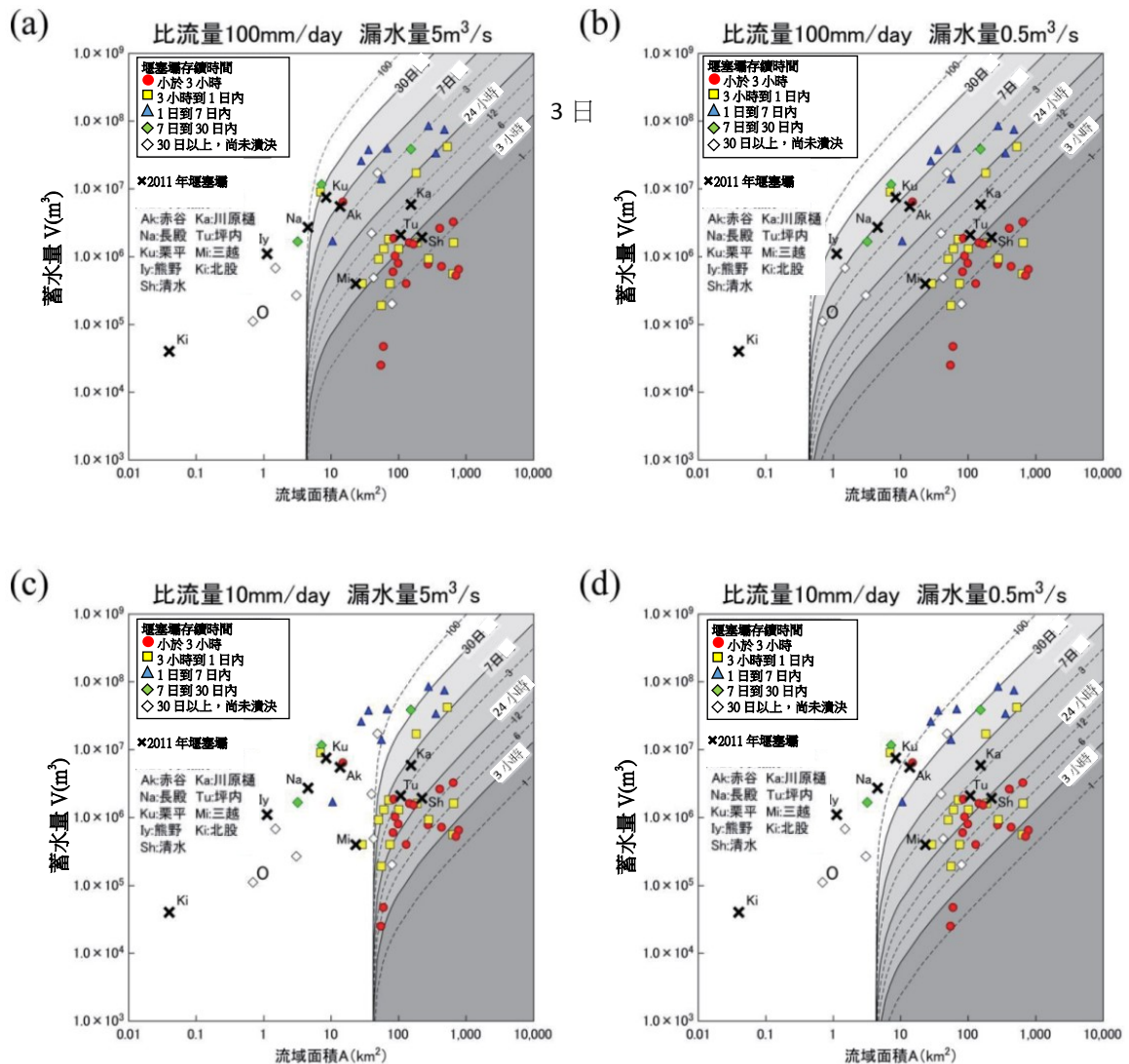


圖-4.11 豪雨所形成堰塞壩的存續時間與流域面積、蓄水量之關係<sup>1)</sup>  
圖中之展點是實際發生狀況，灰色尺度區塊係以理論公式評估的結果。

此外，2011 年紀伊半島大水災中大規模崩塌面積與匯流地點流域面積、堰塞壩存續時間之關聯性，整理如圖 4-12 所示<sup>2)</sup>。

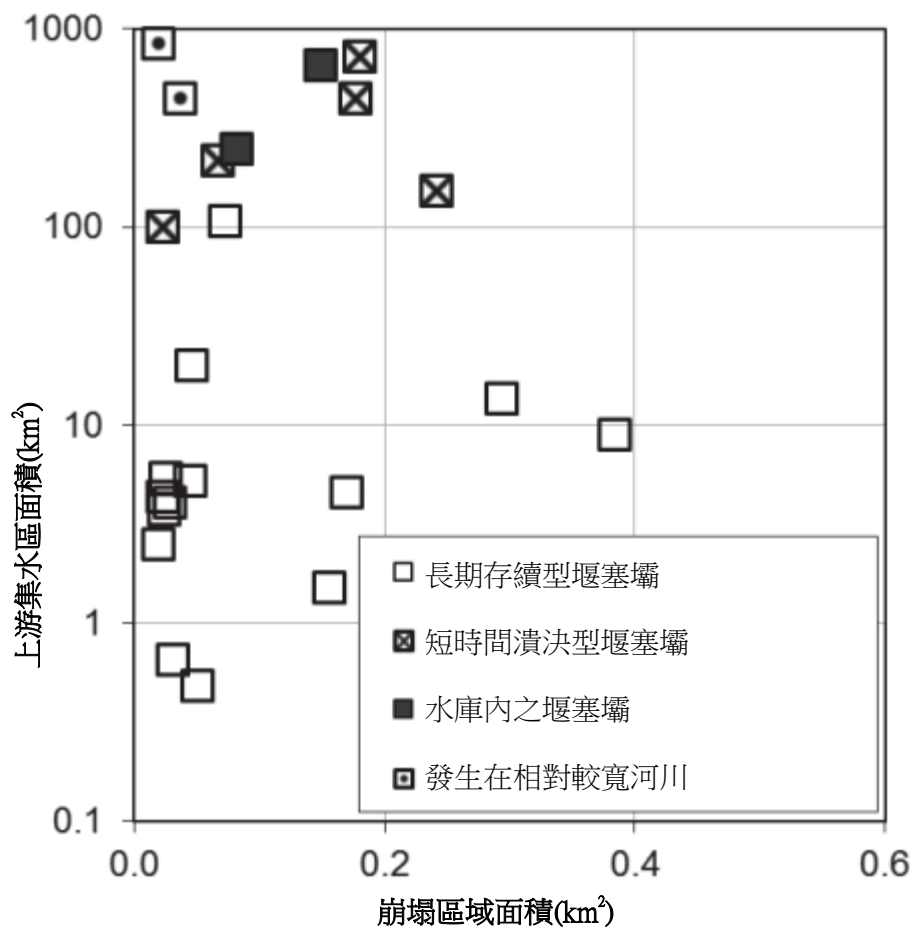


圖-4.12 豪雨所形成堰塞壩的存續時間與流域面積、蓄水量之關係<sup>2)</sup>

【參考文獻】

- 1) 橫山修、內田太郎、木下篤彦：「決壊までの継続時間からみた天然ダムの分類」(依據到潰決為止存續時間所進行的堰塞壩分類)，砂防學會誌，Vol.68, No.6, p.14-23, 2016
- 2) Kharismalatri1, H.S., Ishikawa, Y., Gomi, T., Shiraki, K., Wakahara, T.: Collapsed material movement of deep-seated landslides caused by Typhoon Talas 2011 on the Kii Peninsula, Japan,(2011 年塔拉斯颱風導致紀伊半島大規模崩塌土砂流下狀況之研究) International Journal of Erosion Control Engineering, 2017

### 4.4.3 土石流發生區間與規模的推估

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

從地形條件觀點篩選推估可能形成的土石流區間與規模，做法如下為準。

- 依據河床坡度與匯流角度，篩選土石流可能發生區間與規模

#### 〈產出〉

從地形條件觀點篩選推估可能形成土石流的區間與規模時，以設定下列項目為準。

- 進行大規模土砂災害受災推估時，應推估大規模崩塌土砂一定會土石流化的區間與土石流規模

#### 【說明】

坡面大規模崩塌的土砂是否會土石流化，取決於匯流角度與河床坡度等地形條件。因此，即使高潛勢規模的大規模崩塌發生時，也能由地形條件篩選出土石流化機率較低區間，以及土石流化機率較低的土砂量。這樣的區間與規模，實施大規模土砂災害災損推估時，可剔除於應推估大規模崩塌土砂土石流化之區間與範圍之外。

〈例子〉以往大規模崩塌造成土砂流動化的實際狀況

依據過去實際狀況，大規模崩塌的土砂是否會流動化，以及流動化土砂之比例(流動化率)與量，取決於崩塌土砂量、匯流角度(參照圖-4.14)與河床坡度(圖-4.13)。雖然案例有限，但顯示崩塌土砂量越大，流動化率越小，若不考慮崩塌土砂量，流動化土砂量最多為 70 萬  $m^3$ (圖-4.13a)。

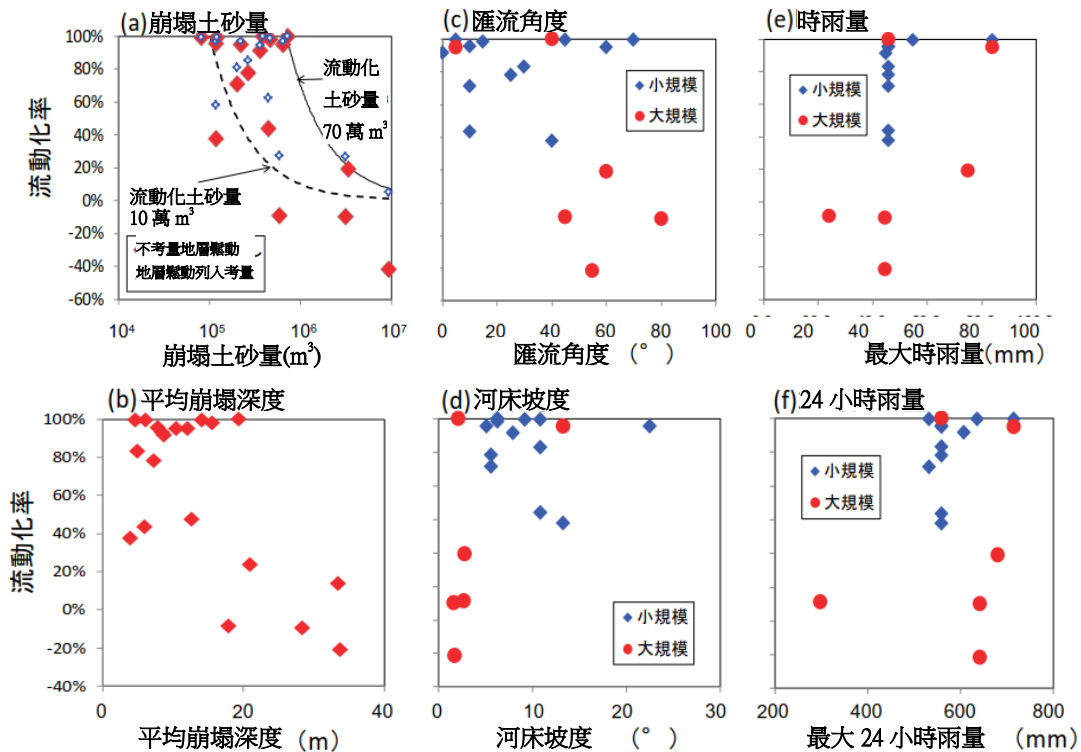


圖-4.13 (a)崩塌土砂量，(b)平均崩塌深度，(c)匯流角度，(d)河床坡度，(e)最大時雨量，(f)最大 24 小時雨量與崩塌土砂流動化率之關聯性<sup>1)</sup>。圖中大規模指崩塌土砂量在 50 萬  $m^3$  以上的崩塌。小規模指崩塌土砂量在 50 萬  $m^3$  以下的崩塌。(a)圖崩塌後目測土砂量提高 1.5 倍，設定為「考量地盤鬆動的結果」。

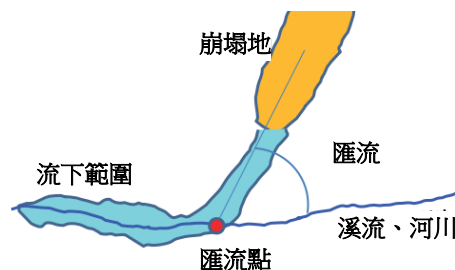


圖-4.14 匯流角度示意圖

【參考文獻】

- 1) 內田太郎、岡本敦：「崩壞土砂の流動化量に関する一考察料」(崩塌土砂的流動化量研究)，土木技術資料，Vol.55，No.7，p.6-9，2013

## 5. 以數值計算推估大規模崩塌引致土砂災害之災情情況

### 5.1 基本構想

#### 〈構想〉

大規模崩塌土砂災害的受災推估，旨在推估高潛勢大規模發生崩場所造成災害。大規模崩塌引致土砂移動現象，某種程度可用數值計算加以說明，因此，大規模崩塌形成大規模土砂災害的受災損推估，應實施數值計算為準。

另一方面，到前章為止的討論顯示，推估大規模崩塌土砂災害受災，有時必須設定許多條件。此時應考量災害規模大小及類似性，有效率地實施。

#### 【說明】

大規模崩塌引致的土砂災害災損推估，對於高潛勢大規模崩塌現象的案例，除了前章剔除的案例之外，應全部實施。但若很難在短時間完成時，應根據保全對象分布狀況、細分區域 (圖-5.1)，並針對各分割單位，一一實施可涵括所有應推估現象的災損推估。災損推估時，應考量災害規模大小、類似性，進行效率性推估。另外，雖然基本上全部細分單位都需進行災損推估，但應了解大規模崩塌發生頻率及過去有無造成災情、保全對象重要性等，必要時設定優先順序。

此外，保全對象與高潛勢大規模崩塌範圍雜錯並存時，應留意區域的分割。

網羅所有必須推估現象進行災損推估時，可從留意下列觀點篩選出實施地點。此外，也可用等間隔的方式，分割大規模土砂災害災損必須推估的區間，進行各地點發生大規模崩塌時的災損推估(圖-5.2)。

#### 【堰塞壩的情況】

- 與短時間潰決型堰塞壩高潛勢區距離比較長時，可從高潛勢區之中找出靠近保全對象地點、與保全對象距離平均的地點、堰塞壩蓄水量最大地點、平均蓄水量的地點等複數堰塞湖形成地點，實施災損推估，確認有無災情並掌握災害規模(圖-5.3)

【土石流的情況】

- 約相同規模的大規模崩塌高潛勢區間，可在最靠近保全對象或與保全對象平均距離的地點實施災損推估，確認有無災情並掌握災害規模(圖-5.4)。
- 高潛勢大規模崩塌規模在空間上有差異時，應在最大規模大規模崩塌高潛勢區間實施災損推定，確認有無災情並掌握災害規模(圖-5.4)。

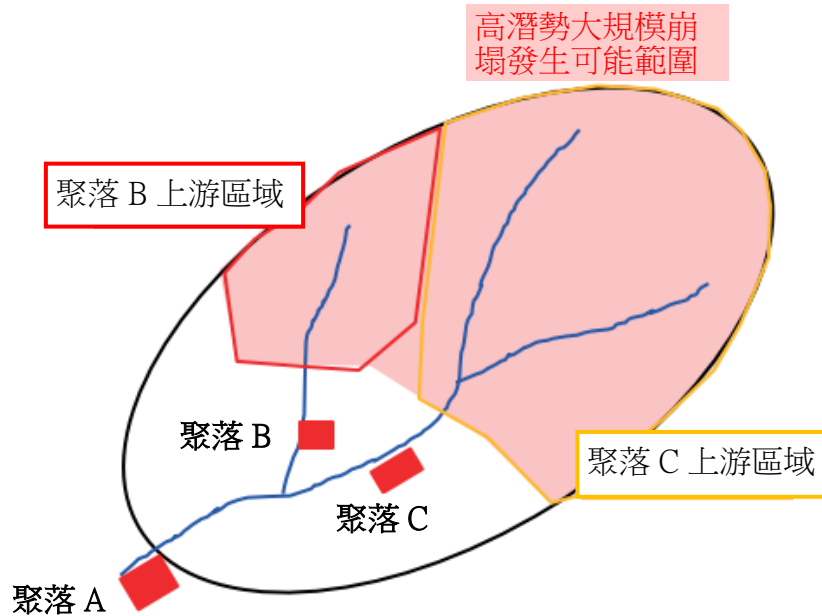


圖-5.1 區域分割示意圖

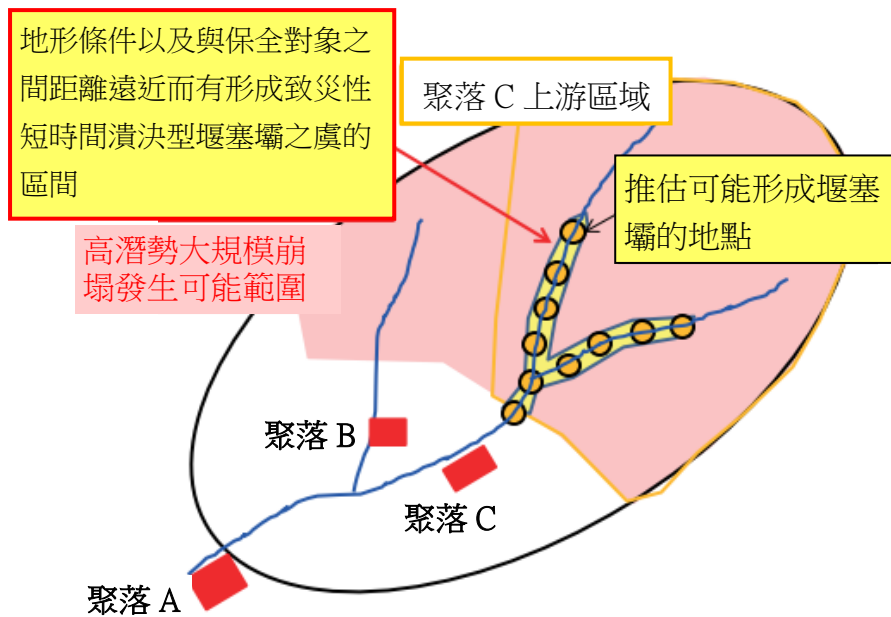


圖-5.2 等間隔分割大規模土砂災害必須進行受災推估的區間，推估各地點發生大規模崩塌時受災情況的方法示意圖(形成堰塞壩的情況)

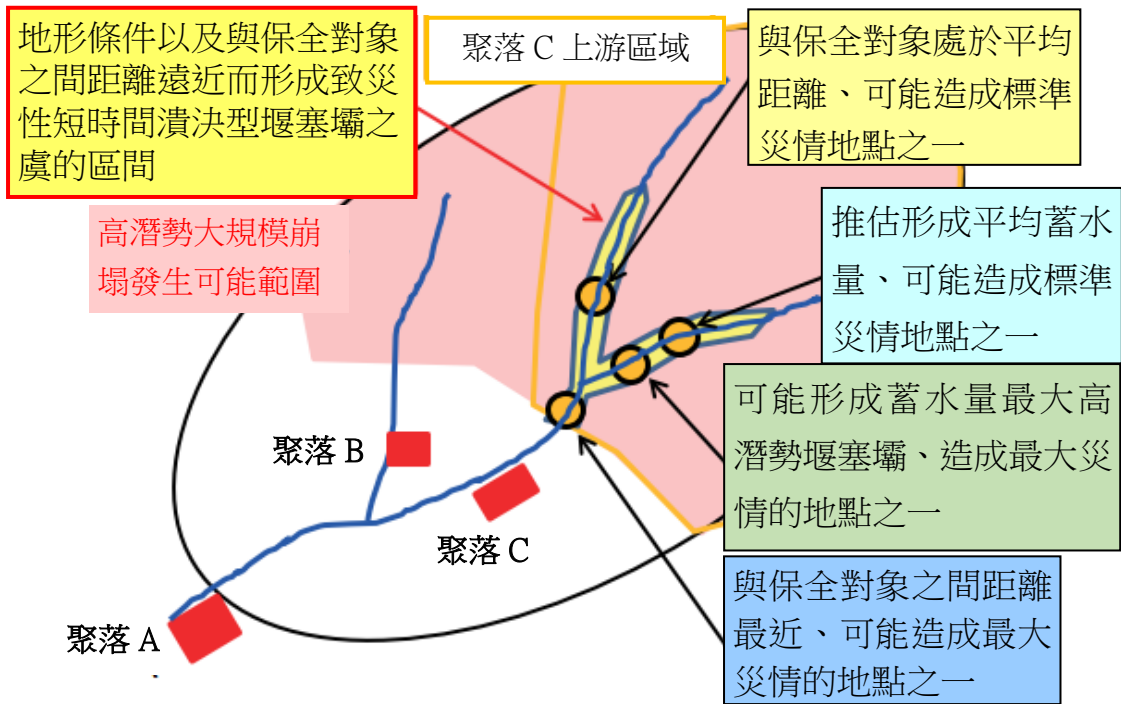


圖-5.3 堰塞壩潰決災情推估實施地點篩選示意圖

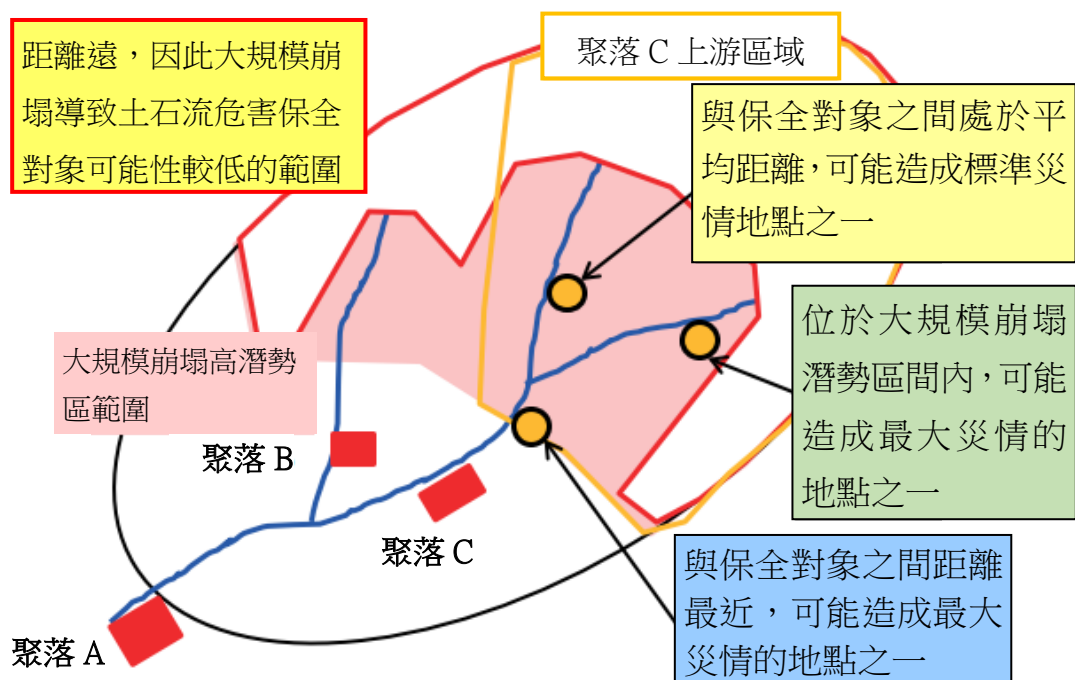


圖-5.4 土石流災情推估實施地點篩選示意圖

## 5.2 大規模崩塌導致土石等流下型態的設定

### 〈標準〉

#### 〈方法〉

大規模崩塌導致土石等流下型態的設定，做法如下為準。

- 依據發生高潛勢大規模崩塌現象進行設定

#### 〈產出〉

大規模崩塌導致土石等流下型態的設定，以設定下列項目為準。

- 高潛勢大規模崩塌導致土石等的流下型態

### 【說明】

一個坡面但有複數大規模崩塌導致土石等流下型態之虞時，應全部設定為高潛勢大規模崩塌導致土石等的流下型態。

## 5.3 堰塞壩型災損範圍的檢討

### 5.3.1 方法概要

#### 〈構想〉

堰塞壩型受災範圍的檢討，可用來設定堰塞壩所造成堰塞湖淹水受災範圍與堰塞壩潰決所伴隨氾濫災害範圍。

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

堰塞壩型受災範圍的檢討，應檢討高潛勢大規模崩塌現象之中、第四章與 5.1 節所篩選的現象為準。

堰塞壩形成地點、堰塞壩的形狀與堰塞壩堰塞湖上游河川流入流量歷線圖，應依據實際狀況設定其條件為準。地形條件與土石粒徑等，應依據現地調查，設定其條件為準。此外，也可運用已完成的調查結果，進行條件設定。

標準做法為，運用上述條件，以數值模擬方式算出受災範圍

#### 〈產出〉

堰塞壩型災損範圍的檢討，已設定下列項目為準。

- 堰塞壩堰塞湖淹水的災損範圍
- 堰塞壩潰決的災損範圍

### 5.3.2 堰塞壩形狀的設定

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

堰塞壩形狀的檢討，應運用下列方法為準。

- 參考該大規模崩塌檢討分割區域內發生堰塞湖的實際狀況的方法
- 從大規模崩塌形狀或土砂量，推估堰塞壩形狀的方法
- 以數值計算推估堰塞壩形狀的方法

#### 〈產出〉

堰塞壩形狀的檢討，以設定下列項目為準。

- 堰塞壩高度等形狀相關資訊

### 〈例子〉以大規模崩塌土砂量推估堰塞壩形狀的方法

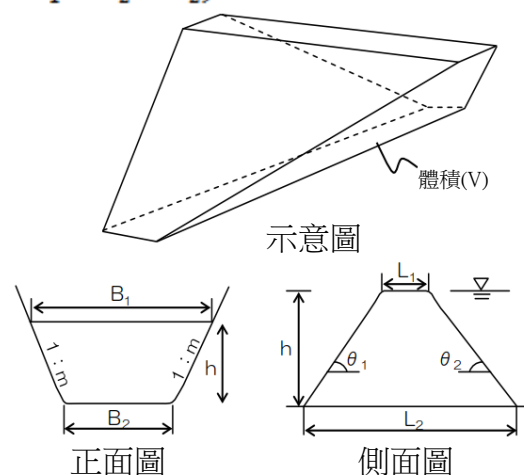
推估堰塞壩形狀的研究不多，以大規模崩塌土砂量等推估堰塞壩形狀的方法，則有下式以歐貝利斯克(Obelisk)體積計算公式推估，以及原田等的方法<sup>1)</sup>。

堰塞壩形狀主要有四角錐梯形與楔形等。參考堰塞壩形成地點周邊地形資訊，以及過去發生堰塞壩實際狀況，可算出形成這些形狀的坡度與長度，然後以歐貝利斯克公式算出體積，推估大規模崩塌土砂量相同情況下的堰塞壩形狀。

$$h = \frac{6 \times V}{L_2 \times B_1 + L_1 \times B_2 + 2(L_1 \times B_1 + L_2 \times B_2)}$$

式中，

- h：堰塞壩高度(m)
- V：堰塞壩體積(m<sup>3</sup>)
- B<sub>1</sub>：左右岸方向的堰塞壩提長(m)
- B<sub>2</sub>：河床寬度(m)
- m：河道側岸坡度(1:m)
- L<sub>1</sub>：堰塞壩壩頂寬度(m)
- L<sub>2</sub>：堰塞壩長度(m)
- θ<sub>1</sub>：下游側坡面坡度(°)
- θ<sub>2</sub>：上游側坡面坡度(°)



圖—5.5 堰塞湖體積的計算

運用本公式時，需要設定上游側坡面坡度與下游側坡面坡度(θ<sub>1</sub>, θ<sub>2</sub>)。若該大規模崩塌檢討分割區域內曾有堰塞壩的實際案例，則採用其坡度。若該大規模崩塌檢討分割區域內不曾形成堰塞壩，可參考全國實際狀況。下游側的坡面坡度，考參考下列案例<sup>2)</sup>。

#### 案例) 下游側坡面坡度(θ<sub>2</sub>)

- 2004年中越地震(6案例)、2008年岩手宮城內陸地震(5案例)、2011年颱風12號(14案例)平均坡度的狀況：分布範圍6°~31°，平均值18.4°，最大值31°，75%值23°，90%值26°
- 堰塞壩高度超過40m的4個案例之中，最大值17°

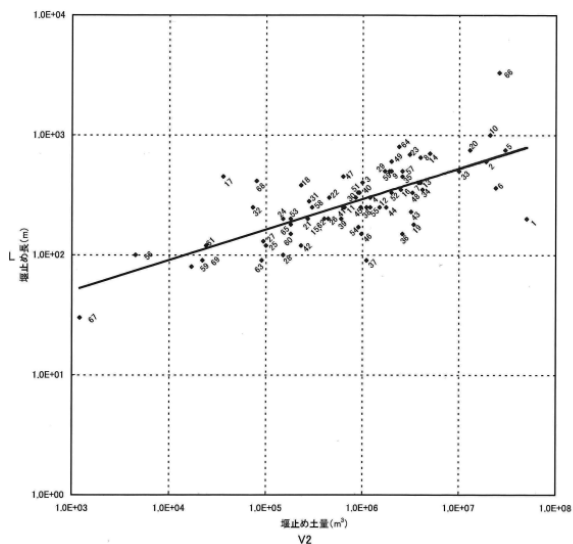
#### 上游側坡面坡度(θ<sub>1</sub>)

- 因淹水而無法量測，無實際紀錄。

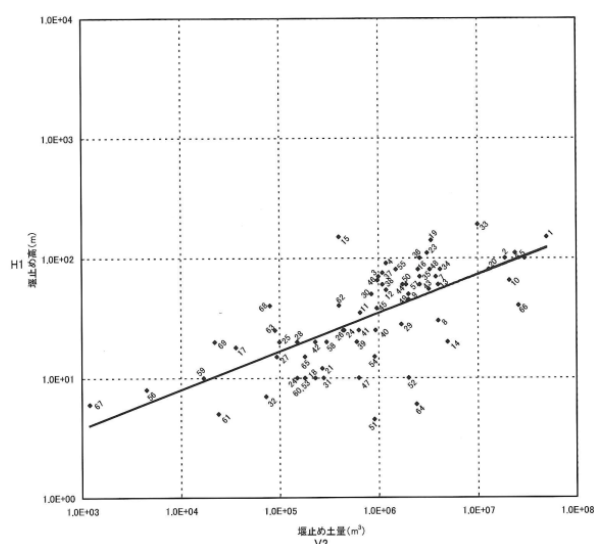
此外，參考時可從保守的觀點，假定堰塞壩為三角形(L<sub>1</sub>=0)。

此外，設定堰塞長度，可參考全國崩塌土砂量與堰塞長度實際狀況，設定堰塞壩的形狀(圖－5.6)。

堰塞壩高度是依大規模崩塌土砂量與周邊地形算出。全國性崩塌土砂量與堰塞壩高度實際狀況，經整理案例後如下(圖－5.7)。



圖－5.6 堰塞壩土方量(崩塌土砂量)與堰塞壩長度<sup>3)</sup>



圖－5.7 堰塞壩土方量與堰塞壩高度<sup>3)</sup>

#### 【參考文獻】

- 1) 原田紹臣、小杉賢一朗、里深好文、水山高久：「天然ダムの堆積高及び堆積長に関する簡易的な予測手法とその適用性」(堰塞壩堆積高度與堆積長度的簡易預測方法及其適用性)，砂防學會誌，Vol. 68, No. 6, p. 47-50, 2016
- 2) 鈴木清敬、内田太郎、櫻井亘：「深層崩壊に起因する天然ダムタイプの被害想定手法に関する一考察」(大規模崩壊造成堰塞壩型土砂災害推估方法研究)，2017年度砂防學會研究發表會概要集，p. 748-749，2017
- 3) 田畑茂清、水山高久、井上公夫：「天然ダムと災害」(堰塞壩與災害)，古今書院，228pp.，2002

### 5.3.3 堰塞壩淹水規模的檢討

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

堰塞壩淹水規模的檢討，應依據堰塞壩高度設定堰塞湖蓄水容量為準。此外，依據堰塞壩堰塞湖淹水容量與堰塞壩形成後的河川河水入流量，分類為短時間潰決型堰塞壩與長期存續型堰塞壩，應以短時間潰決型堰塞壩作為檢討標的為準。此外，「堰塞壩蓄水量」指堰塞壩開始溢流時的蓄水量。

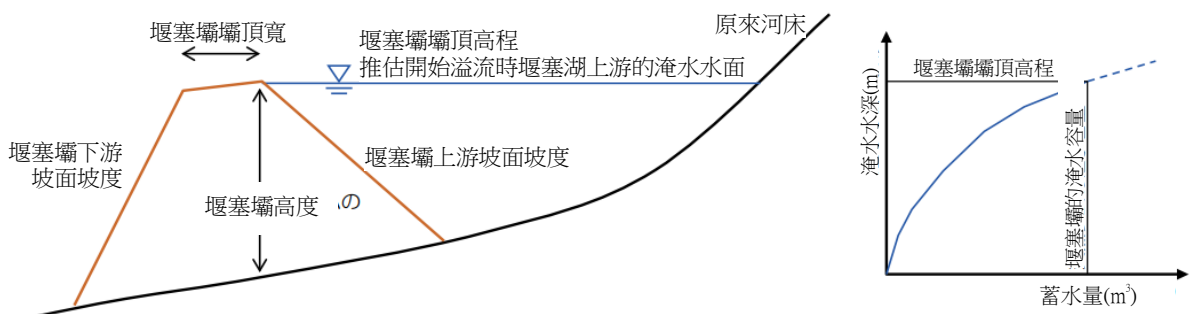
#### 〈產出〉

堰塞壩堰塞湖淹水規模的檢討，以設定下列項目為準。

- 堰塞壩的水位容量曲線
- 短時間潰決型與長期存續型的分類

#### 【說明】

依據堰塞壩高度，設定推估堰塞湖開始溢流時的堰塞壩壩頂高程。依據堰塞壩上游側地形圖以平均斷面法等，算出蓄水量。



圖—5.8 堰塞壩蓄水量計算 (舉例)

### 〈例子〉堰塞壩(短期潰決型)存續時間推估方法

由堰塞壩蓄水量與堰塞壩形成後的河川水流入流量推估堰塞壩存續時間，必須要有堰塞壩形成後的流量歷線圖推估。通常堰塞壩在豪雨時形成，因此應畫出豪雨時的流量歷線圖。

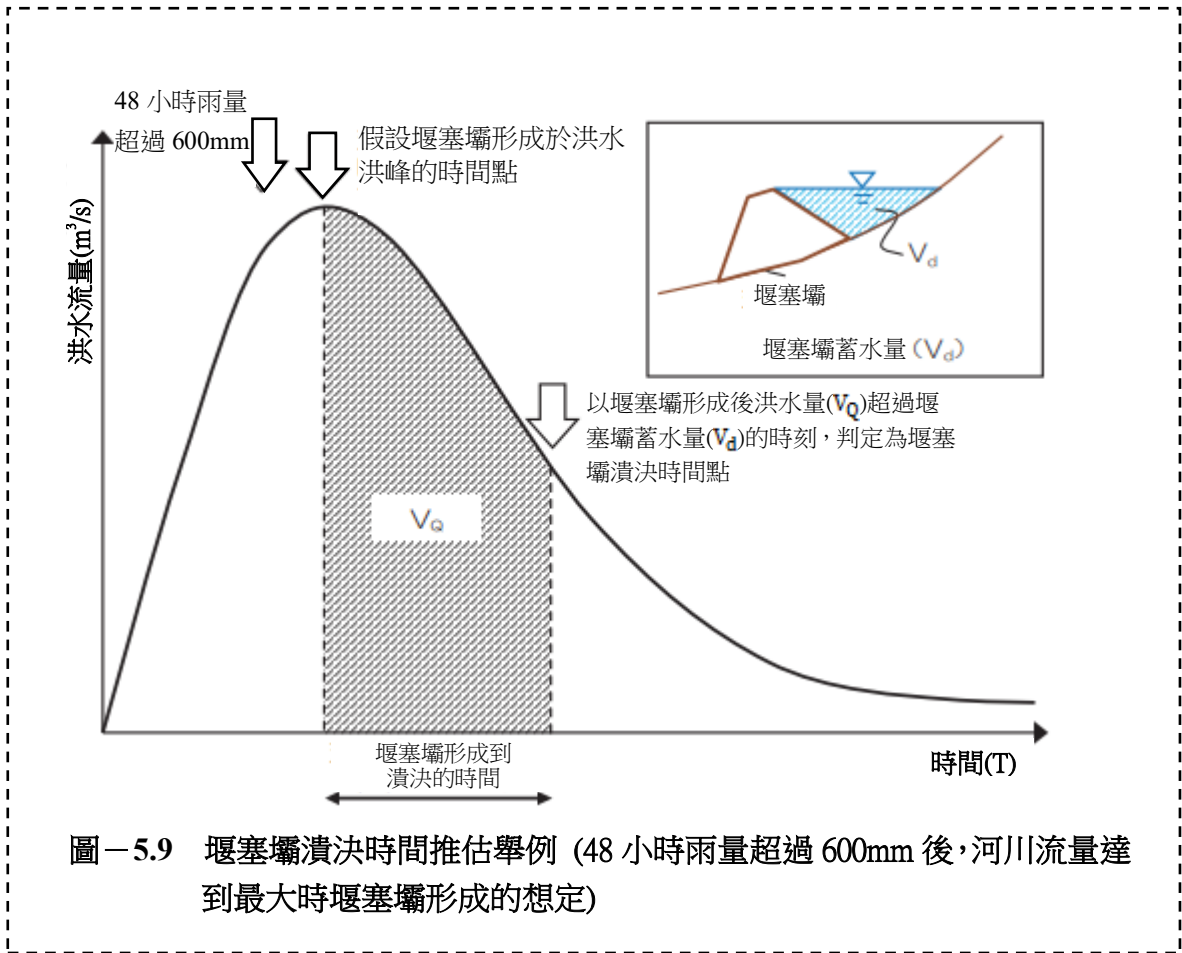
當地若曾形成堰塞壩，可使用實際比流量的時間序列資料(或實際降雨型態所推估比流量時間序列資料)。若無法充分取得堰塞壩形成時的資訊，可活用過去砂防計畫使用的流量歷線圖或過去豪雨時的實際流量歷線圖，以及豪雨降雨型態所推估的洪水流量歷線圖。此時應依據「3.5.2 大規模崩塌發生頻率的檢討」，對應當地引發大規模崩塌的降雨特性與規模，推估洪水流量歷線圖來評估。

其次，推估堰塞壩存續時間時，必須推估堰塞壩的形成時刻。若當地曾形成堰塞壩且能取得堰塞壩形成時間點相關資訊，可依據該資訊推估堰塞壩形成時刻。此外，推估堰塞壩形成時刻，可參考下列研究成果。

- 1) 日本過去的案例研究顯示，大規模崩塌的發生主要受 48 小時雨量等長期雨量指數影響，48 小時雨量超過 600mm，大規模崩塌案例遽增<sup>1)</sup>。
  - 2) 日本的案例研究顯示，大規模崩塌多發生在河川流量最大時刻<sup>2)</sup>。
- 參照這些研究，能推估 48 小時雨量超過 600mm，或超過 600mm 河川流量最大時刻所形成堰塞壩(圖-5.9)。此外，即使相同規模降雨，也需注意可能因為降雨型態差異呈現不同的堰塞壩存續時間，因此應一併進行複數降雨型態與流量型態的探討。

#### 【參考文獻】

- 1) 内田太郎、岡本敦：「深層崩壊を引き起こした降雨の特徴」(造成大規模崩塌の降雨之特徴)，土木技術資料，Vol.54，No. 11，p. 32-35，2012
- 2) 坂野弘太郎、杉本宏之、武士俊也：「流量指標を用いた大規模土砂災害発生ポテンシャル評価の試み」(運用流量指標評估大規模土砂災害潛勢方法初探)－以 2011 年颱風 12 号為例－，2013 年度砂防學會研究發表會概要集，A.152-A.153，2013



### 5.3.4 堰塞壩正下方流量歷線圖的檢討

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

堰塞壩正下方流量歷線圖的檢討，應使用一維動床演算為準。

#### 〈產出〉

堰塞壩正下方流量歷線圖的檢討，以設定以下項目為準。

- 堰塞壩正下方的流量歷線圖

#### 【說明】

堰塞壩堰塞湖蓄水達滿水位後，依據能追蹤堰塞壩溢流潰決現象的模型，製作潰決流量歷線圖。

此時，數值計算程式應具備下列功能。

- 能分析從土石流狀態演變成掃流狀態為止的連續性土砂輸送狀況。
- 能分析河床侵蝕與堆積現象。
- 能實施水流的非恆定流計算。

此外，上述方法大致類似「依據土砂災害防止法實施緊急調查的指南」(河道阻塞造成土砂災害對策編)標準做法。又，實施緊急調查，應迅速取得結果，但目的、時間的限制，流量歷線圖條件等條件的不同，因此，以一維動床演算為事前檢討時，標準上應使用與緊急調查時不同的數值計算程式。

#### 【參考文獻】

- 1) 森俊勇、坂口哲夫、井上公夫編著：「日本の天然ダムと対応策」(日本的堰塞壩與對應措施)，古今書院，p. 113-116，2011

### 〈例子〉堰塞壩潰決時間點流入堰塞湖流量的推估

堰塞壩潰決時流入堰塞湖的流量推估，可依據「5.3.3 堰塞壩存續時間的檢討」所使用流量歷線圖與條件，算出堰塞壩潰決時的比流量。

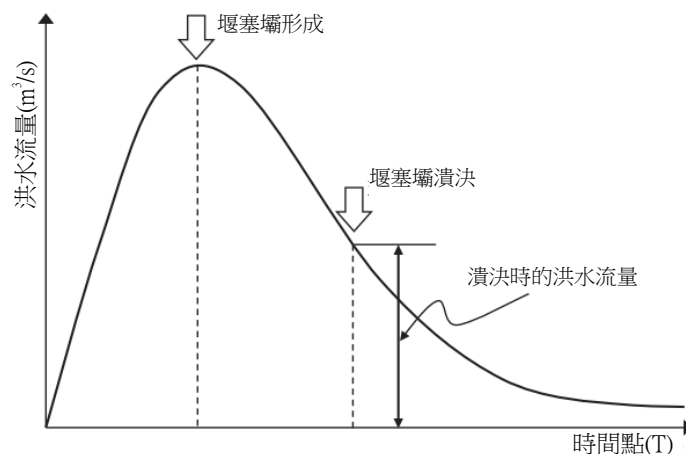


圖-5.10 潰決時洪水流量的計算 (舉例)

### 〈參考〉簡易推估方法

堰塞壩正下方流量歷線圖的檢討，以數值模擬為推估手法為準，但也有簡易洪峰流量推估方法的提案<sup>1)</sup>。

#### 【參考文獻】

- 1) 田畑茂清、水山高久、井上公夫：「天然ダムと災害」(堰塞壩與災害)，古今書院，p. 144-149，2002

### 5.3.5 堰塞壩下游河道的洪水追蹤檢討

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

堰塞壩下游河道的洪水追蹤檢討，以使用一維動床演算為準。

短時間潰決型堰塞壩的情形下，堰塞壩下游區域有較大常時水流匯入主流時，應將主流洪水量加入計算堰塞壩潰決所形成的流量歷線圖為準。

#### 〈產出〉

堰塞壩下游河道洪水追蹤檢討，應設定以下項目為準。

- 氾濫開始時間點與保全對象附近流況(流量歷線圖、土砂濃度)

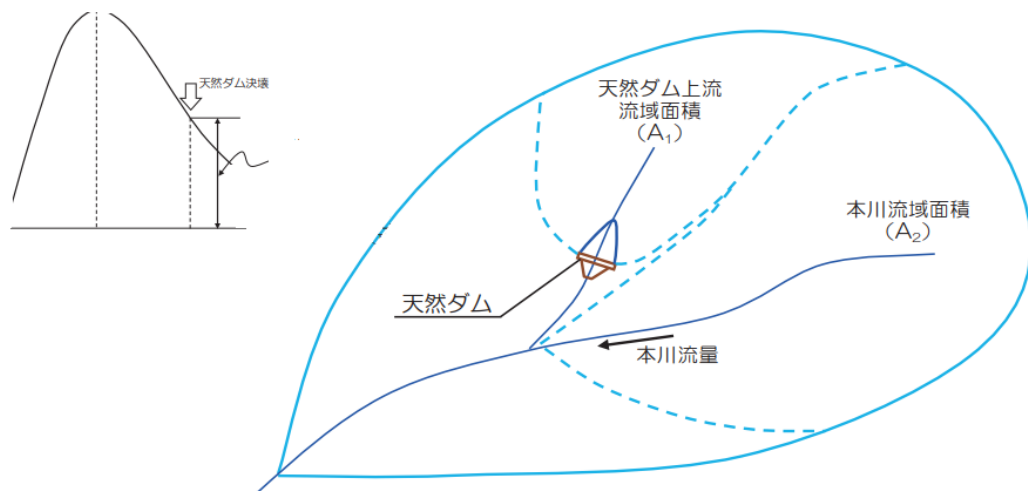
#### 【說明】

使用與「5.3.4 堰塞壩正下方流量歷線圖的檢討」相同的方法。

### 〈例子〉堰塞壩下游河道洪水追蹤檢討方法

依據「5.3.3 〈例子〉堰塞壩(短時間潰決型)存續時間的設定方法」，可算出堰塞壩潰決時的比流量。亦即，假定堰塞壩潰決時匯流河川的洪水流之比流量相等於流入堰塞壩的河川比流量，可算出匯流的河川洪水流量。

$$\text{主流洪水流量 (m}^3/\text{s)} = \frac{A_2(\text{km}^2)}{A_1(\text{km}^2)} \times \text{潰決時間點流入堰塞壩的流量(m}^3/\text{s)}$$



### 5.3.6 堰塞壩型河川氾濫範圍的檢討

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

堰塞壩型河川氾濫範圍的檢討，其中針對堰塞壩上游區域氾濫範圍的探討，以使用堰塞壩淹水範圍周邊地形圖方法為準。

堰塞壩型河川氾濫範圍的檢討，其中堰塞壩潰決造成洪水氾濫範圍的探討，以使用二維數值計算的方法為準。

#### 〈產出〉

堰塞壩型河川氾濫範圍的檢討，以設定下列項目為準。

- 堰塞壩上游區域淹水氾濫範圍
- 堰塞壩潰決洪水氾濫範圍

#### 【說明】

堰塞壩型氾濫範圍的檢討，其中堰塞壩潰決洪水氾濫範圍的檢討，可利用可追蹤氾濫現象的二維數值計算，設定從氾濫開始地點(流域內有保全對象且流下能力不足時，為保全對象正上游)到下游側的氾濫範圍。

另外，某氾濫開始地點上游形成的複數堰塞湖地點想定其規模時，氾濫開始時間點流量歷線圖大概有複數個近似的案例。此時，可對氾濫開始時間點流量歷線圖近似的案例，一一設定其代表案例實施氾濫演算。

## 5.4 土石流型災害範圍的檢討

### 5.4.1 方法概要

#### 〈構想〉

土石流型災害範圍的檢討，可用來設定大規模崩塌土石流化流下時的氾濫災害範圍。

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

土石流型災害範圍的檢討，應檢討高潛勢大規模崩塌現象之中、第 4 章與 5.1 節所篩選的現象為準。

地形條件、土石粒徑等，應依據現地調查設定其條件為準。此外，也可應用過去調查結果，進行條件設定。

應用這些條件，以數值模擬，算出災害範圍為準。

#### 〈產出〉

土石流型災害範圍的檢討，以設定以下項目為準。

- 土石流型災害範圍

## 5.4.2 土石流流量歷線圖的檢討

### 〈標準〉

### 〈方法〉

土石流流量歷線圖的檢討，以一維動床演算為準。土石流與有較大常時水流的主流匯合時，不只大規模崩塌形成的土石流，須注意會與溪流主流的洪水流量重疊的情況。

### 〈產出〉

土石流流量歷線圖的檢討，以設定以下項目為準。

- 下游河谷出口及保全對象附近的流況(流量歷線圖、土砂濃度)

### 【說明】

大規模崩塌形成土石流的一維動床演算方法，詳見「大規模崩塌形成土石流的流下與氾濫演算方法(案)」(土木研究所資料，第 4240 號)。「大規模崩塌形成土石流的流下與氾濫演算方法(案)」之中介紹有考量到考慮大規模崩塌形成土石流，土石流所含土石之中細粒土砂與土石流內部孔隙流體一體化而移動的數值計算方法。數值計算可推估崩塌土砂土石流化後流下與堆積的過程(下圖②~④)。

另外，所使用計算程式注意要點，參考參考文獻<sup>1)</sup>。又，「大規模崩塌形成土石流的流下與氾濫演算方法(案)」之中，也整理了大規模崩塌形成土石流的粒徑分布與大規模崩塌岩盤孔隙率相關資訊，以供參考。

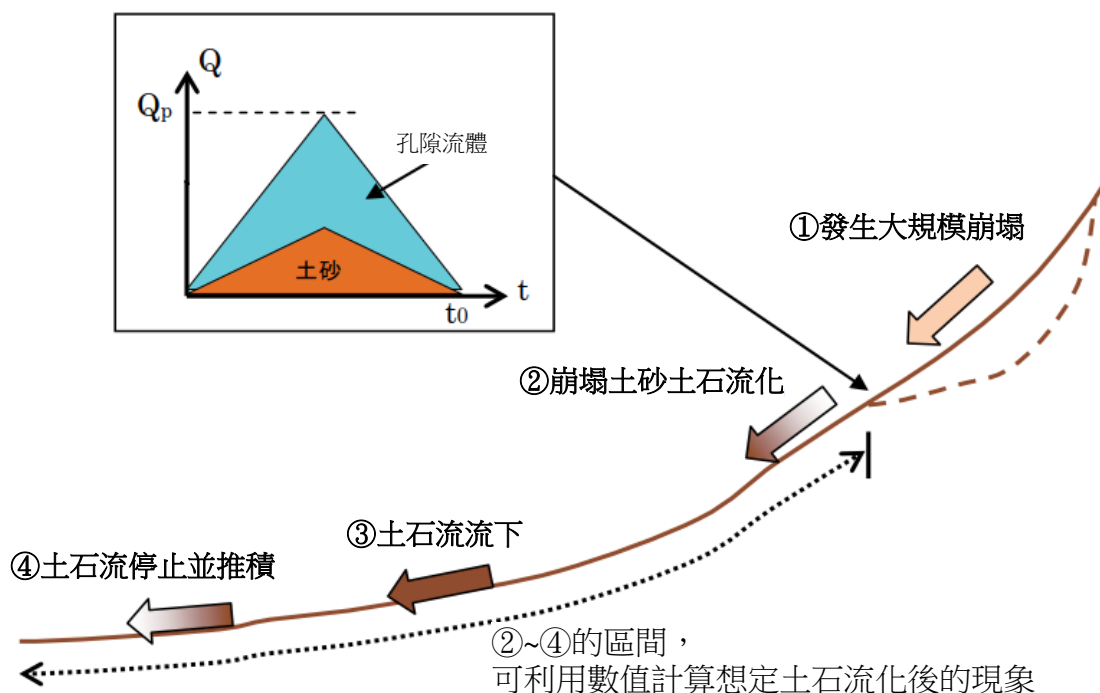


圖-5.12 土石流流下狀況的檢討 (舉例)

【參考文獻】

- 1) 内田太郎、丹羽諭、西口幸希、村上正人、蒲原潤一、岡本敦：「大規模な土石流の流下、堆積に関する数値計算プログラム作成の留意点」(大規模土石流流下與堆積相關數值計算程式製作的注意要點)，土木技術資料，Vol. 56，No. 9，p. 22-25，2014

〈例子〉計算上游邊界的流量歷線圖之設定方法

「大規模崩塌形成土石流的流下與氾濫演算方法(草案)」介紹了一維計算區間的上游邊界、假設水流(流量與流速的關係)符合土石流阻力定律而設定流量歷線圖的方法。土石流阻力定律運用高橋所提出的阻力定律，假定流量歷線圖為存續時間的中間時間形成洪峰流量的三角形。計算時假定崩塌土砂以相同的速度移動。此時須注意，這裡的洪峰流量為最大值，存續時間接近最短的現象。亦即，根據條件，想定非常快流速的場合。

### 〈例子〉土石流化的土砂量的設定方法

檢討大規模崩塌的崩塌流量歷線圖時，有時可如下設定流下土砂量上限值。

崩塌土砂量超過 100 萬  $m^3$  的大規模崩塌地，崩塌土砂全部以土石流的形式流下的機率不高。因此可參照當地過往災害案例，推估土石流最大規模。若當地無相關災害案例可供參考，也有崩塌土砂土石流化上限為 70 萬  $m^3$  的想定方法(參照圖-4.13)。

### 【參考文獻】

- 1) 内田太郎、岡本敦：「崩壊土砂の流動化量に関する一考察」(崩塌土砂流動化量研究)，土木技術資料，Vol. 55，No. 7，p. 6-9，2013

### 5.4.3 土石流型汨濫範圍的檢討

#### 〈標準〉

#### 〈方法〉

土石流型汨濫範圍的檢討，可運用二維數值計算為準。

此外須注意，崩塌土砂流入暴漲河川時，有時也會在對岸產生災情。

#### 〈產出〉

土石流型汨濫範圍的檢討，以設定以下項目為準。

- 土石流汨濫的範圍

#### 【說明】

山谷出口下游側，可利用能追蹤土石流汨濫現象的二維數值計算，設定汨濫範圍。

另外，推估某開始汨濫地點上游，有複數大規模崩塌發生地點與規模，可推測有複數開始汨濫時間點流量歷線圖近似的案例。此時，可針對開始汨濫時間點流量歷線圖近似的案例，一一設定其代表案例，實施汨濫演算。

## 5.5 崩土直擊型災害範圍的檢討

### 〈構想〉

崩土直擊型災害範圍的檢討，可設定大規模崩塌造成崩土直擊的災害範圍。

### 〈標準〉

#### 〈方法〉

崩土直擊型災害範圍的檢討，應由高潛勢大規模崩塌現象之中、檢討第 4 章與 5.1 節所篩選的現象為準。

地形條件與土石粒徑等，應依據現地調查設定條件為準。此外，可利用現有的調查結果，設定條件。

應以下列方法，利用上述條件進行設定。

- 根據運動方程式的方法
- 根據數值模擬的方法
- 根據過去崩土到達實況案例的方法

此外，崩塌土砂流入水位暴漲河川等，需留意有時也會在對岸或上下游等造成災害。

#### 〈產出〉

崩土直擊型災害範圍的檢討，以設定以下項目為準。

- 崩土直擊型受災範圍

## 〈例子〉崩土直擊型受災範圍的檢討方法

### 1) 根據運動方程式的方法<sup>1)</sup>

依移動速度與阻力之運動方程式計算到達距離的方法。

### 2) 根據數值模擬的方法

會受崩土直擊型災害之虞的區域，在能夠想定大規模崩塌發生地點與規模之後，用可以模擬土砂行為的數值計算來設定。可以模擬崩塌土砂運動狀況的數值計算方法包括①視崩塌土砂為連續體<sup>2)、3)</sup>，②依運用個別要素，說明崩塌土砂運動狀況<sup>4)</sup>。

### 3) 依據過去崩土到達實況案例進行檢討<sup>5)</sup>

大規模崩塌崩土到達距離，可參考過去實況案例的彙整<sup>5)</sup>。

### 4) 湧浪的檢討

河川沿岸發生大規模崩塌的土砂，需留意有時會抵達對岸。崩塌土砂流入水位暴漲河川，以需留意有時也會在對岸與上下游造成災情。大規模崩塌形成湧浪的到達距離，可參考 2011 年颱風 12 號實際狀況<sup>6)</sup>。

## 【參考文獻】

- 1) 土木學會水理委員會：水理公式集[平成 11 年度版]，社團法人土木學會，p.144，1999
- 2) 吉松弘行、近藤觀慈、石濱茂、綱木亮介、小嶋伸一、中村浩之：「準三次元地すべり運動解析プログラムによる地すべり性崩壊の被害範囲の予測」(運用準三維地滑運動分析公式實施地滑性崩塌災害性預測)，土木研究所資料，第 3057 号，1992
- 3) 宮本邦明：「土塊の運動の 2 次元数值シミュレーション」(土塊運動的二維數值模擬)，砂防學會誌，Vol.55，No. 2，p. 5-13，2002
- 4) 武藏由育、山崎美穂、水山高久、小杉賢一朗：「崩壊土砂の運動のシミュレーション手法に関する研究」(崩塌土砂運動模擬方法研究)，砂防學會誌，Vol. 64，No. 3，p.37-45，2011
- 5) 西口幸希、内田太郎、田中健貴、蒲原潤一、奥山遼佑、日名純也、松原智生、櫻井亘：「深層崩壊の発生に伴う土砂移動現象と被害発生位置の実態」(大規模崩塌伴隨產生土砂移動現象與災害發生位置實況)，砂防學會誌，Vol. 68，No. 6，p. 31-41，2016
- 6) 奈良縣：「土砂災害地域防災マップづくりガイドライン」(土砂災害地區防災地圖製作指南)，[http://www3.pref.nara.jp/doshasaigai/data/GUID\\_guidline.pdf](http://www3.pref.nara.jp/doshasaigai/data/GUID_guidline.pdf)，p.18，參照 2017-3-24，2015

## 6. 災損推估的詳細檢討

### 〈構想〉

災害狀況的詳細掌握，可用來設定、掌握大規模崩塌氾濫範圍內的資產、重要設施等的分布狀況與詳細地形等。

### 〈標準〉

#### 〈方法〉

受災狀況的詳細掌握，以運用以下方法為準。

氾濫範圍的評估實施二維計算，使用網格高程，應與現地的河川高差、保全對象與氾濫範圍位置關係進行比對。

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2018

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。