

ISSN 1346-7328
國總研資料 第1115號
2020年 6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. 1115

June 2020

大規模土砂產生後活躍
土砂流出之對策基本構想（案）

泉山寬明、山越隆雄、西井洋史、内田太郎

Guideline for countermeasure against active sediment yield
following large scale sediment production event

IZUMIYAMA Hiroaki YAMAKOSHI Takao NISHII Hiroshi UCHIDA Taro

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

seminar專題討論分享

《大規模土砂產生後活躍土砂流出 之對策基本構想（案）》

文獻導讀

減災監測組 高百毅 報告

113年4月2日

1・概說

1.1 背景與經緯

1.2 砂防基本計畫之定位

2・整治對象之現象

2.1 概要

2.2 整治對象之現象特徵

3・擬定計畫所需之調查与分析

3.1 調查与分析之概要及目的

3.2 大規模土砂產生後的調查与分析

3.2.1 土砂產生狀況的調查与分析

3.2.2 土砂流出狀況的調查与分析

4・對策之基本構想

4.1 概要

4.2 整治對象之計畫規模的構想

4.3 與總合土砂管理計畫之關係

4.4 設施配置計畫檢討之構想

4.5 清淤計畫

5・實施土砂流出狀況對策等所需的調查与分析

5.1 調查与分析之概要及目的

5.2 瞭解土砂流出狀況所需的調查

5.3 瞭解土砂流出狀況所需的調查結果分析與活用

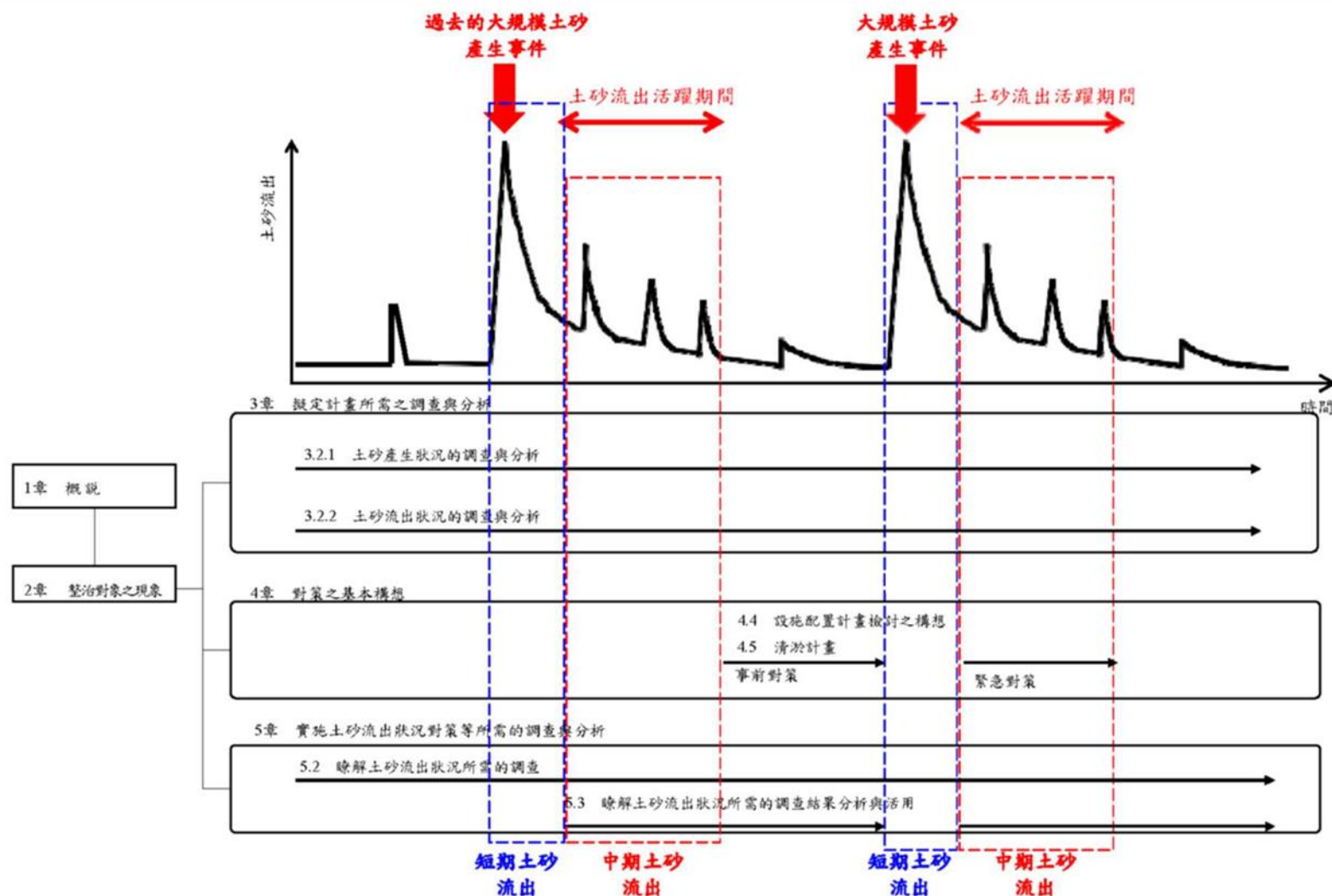


圖 資料構成（黑色箭頭代表實施調查、檢討與對策等的期間。短期土砂流出對策所需之調查與計畫等的做法，取材自國總研資料第874號與第1048號）

原文下載:

<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1115pdf/ks1115.pdf>

翻譯文獻下載:

<https://tech.ardswc.gov.tw/api/File/2047>



前言

由於2011、2017年颱風豪雨等造成坡地崩塌等，進而產生**大規模土砂災害**，連續降雨結束後仍持續有活躍的土砂流出，形成高風險狀態且持續性土砂災害，使河床長時間持續變動。因此，對於**流域內殘存土砂流出而產生災害**，有必要**擬定對策**。

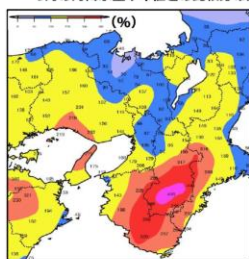
2011年紀伊半島大水災

平成23年(2011年)台風第12号 (平成23年8月30日～9月5日) 和歌山地方气象台

【雨の状況】

8月30日から9月5日までの総降水量は、奈良県十津川村風屋で9月の月降水量平年値の4.8倍、年降水量平年値の6割に達し、和歌山県田辺市龍神で9月の月降水量平年値の4倍、年降水量平年値の37%に達した。深層崩壊や土石流など大規模な土砂災害や河川の氾濫、浸水害が多発した。山崩れにより**河道閉塞(天然ダム)**が生じた。

【期間降水量(8月30日～9月5日)と9月の月降水量平年値との比較分布図】



【期間降水量(8月30日～9月5日)と9月の月降水量平年値との比較分布図】

府県名	市町村	地点名(記)	降水量(19)	年間降水量平年値(%)	9月月降水量平年値(%)
奈良県	十津川村	風屋(北・Y)	1360.0	59	481
奈良県	上北山村	上北山(北・Y)	1814.5	67	444
和歌山県	田辺市	龍神(北・Y)	1036.0	37	398
和歌山県	田辺市	龍神川(北・Y)	972.5	41	366
和歌山県	白浜町	白浜川(北・Y)	840.0	38	320

土砂災害で命が危かされる危険性がある場所



洪水害で命が危かされる危険性がある場所



提供：国土交通省近畿地方整備局 熊野川氾濫(新宮市)



提供：和歌山県 白高川氾濫(白高川町野瀬)



提供：和歌山県 天然ダム(田辺市熊野)

2017年九州北部豪雨

平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害の概要<速報版>Vol.6



赤谷川、小河内川、乙石川合流点付近における流木による被害(福岡県朝倉市)



山腹斜面で多数の崩壊が発生(福岡県朝倉市北川付近)



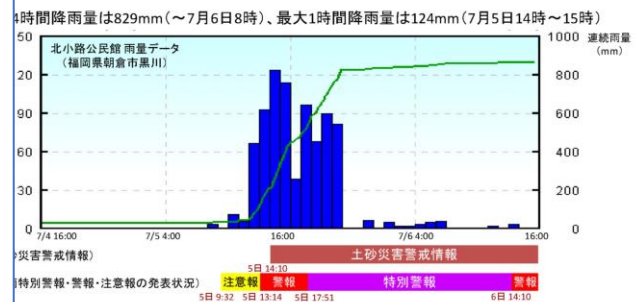
豪雨により多量の土砂と流木が流出(福岡県朝倉市北川付近)

国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部

一般被害と降雨状況等

※消防庁HPを参考に福岡県、大分県を抜粋して作成(8月21日15時30分時点)

被害	人的被害		住家被害				
	死者(人)	行方不明者(人)	全壊(棟)	半壊(棟)	一部損壊(棟)	床上浸水(棟)	床下浸水(棟)
福岡県	33	5	227	795	43	21	506
大分県	3	0	48	266	5	148	843
合計	36	5	275	1,061	48	169	1,349



土砂災害の発生状況



都道府県別	土砂災害発生件数
福岡県	232件
佐賀県	1件
長崎県	9件
熊本県	22件
大分県	42件
宮崎県	1件
合計	307件

資料來源：国土交通省「平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害の概要<速報版>Vol.6

資料來源：和歌山地方气象台・平成23年(2011年)台風第12号(紀伊半島大水害)



1. 概說

◆背景

- 產生大規模土砂時，土砂在連續降雨期間通常不會全部流出，仍有大部分土砂會**殘存**在山區流域
- 在該事件之後，土砂流出會變得很**活躍**。如何降低這些大量**殘存土砂持續流出**的影響，是當前砂防計畫檢討重點。
- 本資料係依據這些狀況，彙整此**大規模土砂生產後土砂流出活躍期間**（以下稱為「**土砂流出活躍期間**」）的**砂防計畫構想**。

◆河川砂防技術基準（計畫編）（為防止與減輕流域等之土砂生產及流出所引致土砂災害）

□ 依據對策計畫之**土砂流出現象發生期間長短**（時間尺度），分成短期、中期與長期3種期間，各期間之定義如下。

1. 「**短期**」指誘發大規模土砂流出現象的**連續降雨**持續期間
2. 「**中期**」指**短期降雨**所產生的土砂，受**後續降雨**影響而活躍流出的期間（流出土砂到進入穩定狀態為止的**數年**期間）
3. 「**長期**」指短、中期土砂流出現象發生後，至下次短期土砂與漂流木流出的**降雨事件之前**，土砂移動量持續處於活躍狀態的期間（超過**十年**的期間）



更多介紹：「河川砂防技術基準-基本計劃編」導讀

<https://tech.ardswc.gov.tw/Seminar/FancyBox?id=641>

2. 整治對策之對象

◆ 對象

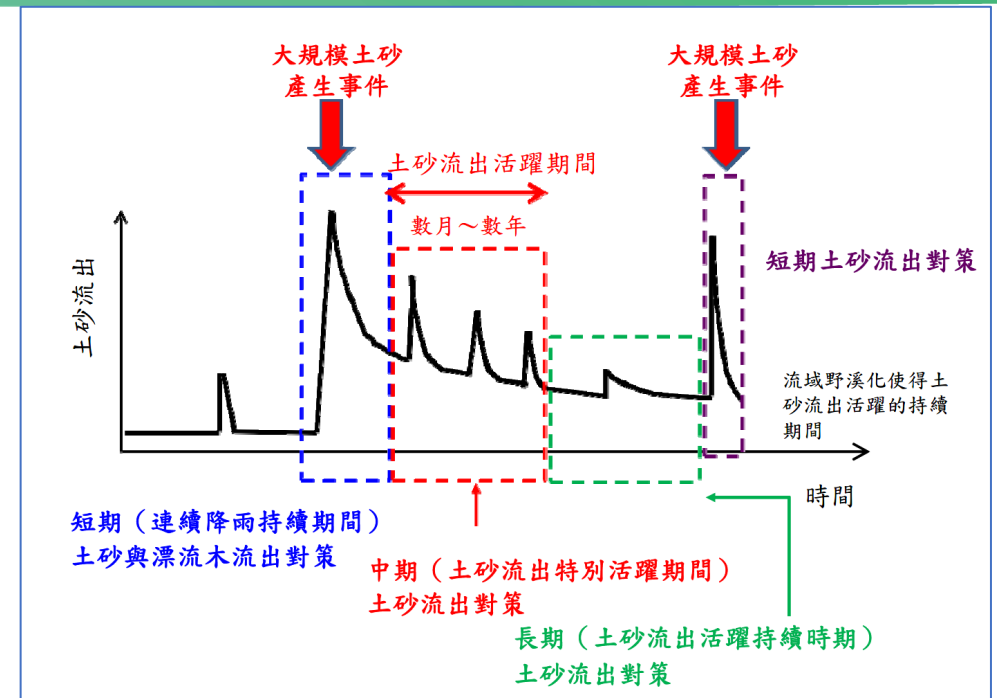
土砂流出活躍期間：大規模土砂產生事件後，相較於之前的土砂流出狀況土砂**流出特別活躍**，致使河床上升與土砂大量流入水庫等災害或不良影響的**中期土砂流出**。

◆ 降雨規模

為土砂流出活躍期間**一般容易出現的降雨規模**，但可能造成新的大量土砂產生之大規模降雨，則不納入探討對象範圍。

◆ 現象特徵

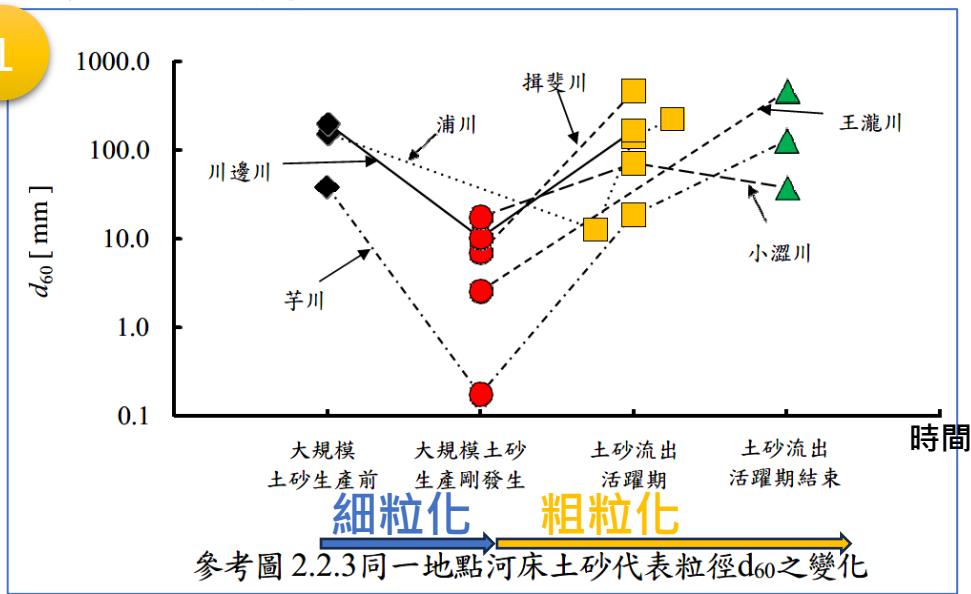
- 坡面崩塌產生之大規模土砂部分會殘存山區流域內。
- 大規模土砂生產事件後之**土砂粒徑**通常比災前的河床材料還**細**（下圖）。因此，即使降雨量或流量和大規模土砂生產前者差不多，其土砂流出量多的期間會**持續較久**。



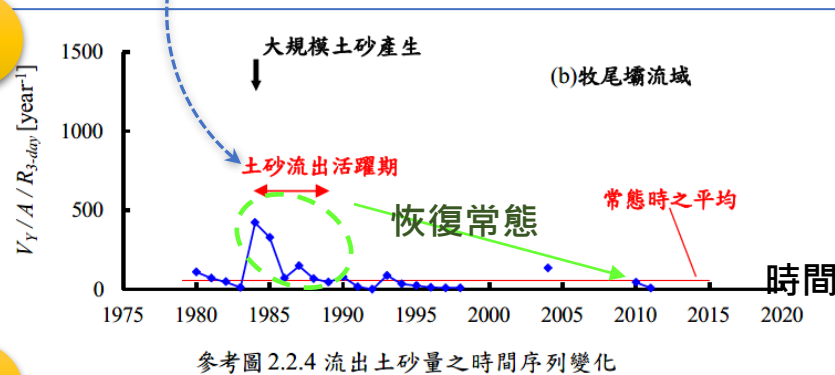
2. 整治對策之對象

現象案例

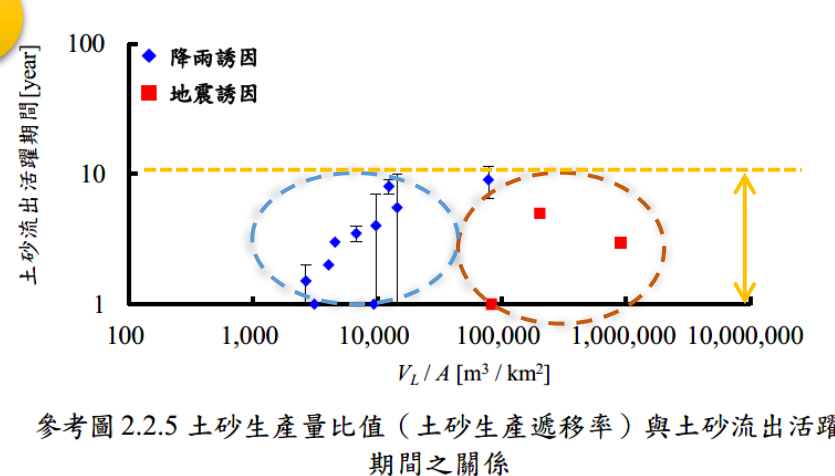
1



2



3



土砂流出量大於常態時之平均值

- 活躍期後，逐漸恢復到常態之流出量

V_Y ：年土砂流出量
 A ：流域面積
 R_{3-day} ：最大3日降雨量

- 活躍期時間長達數年至十數年
- 地震引致之土砂量較多

V_L ：土砂生產量

➤ 若能監測河床細粒土砂比率及其變化，或許就能推估土砂流出活躍期間的時間長短及河床細粒土砂存在量。



3. 擬定計畫所需之調查及分析

◆ 概要及目的

瞭解流域過去發生的大規模土砂生產狀況及大規模土砂產生後的土砂流出狀況，並推估未來可能發生之現象，據以並擬定對策計畫。(短期、中期)

土砂生產狀況調查項目	方法
崩塌地面積之時空間分布狀況	多期航空照片判釋崩塌地長期分布狀況
生產土砂量(體)之長年變化	現地調查、多期空載光達等方法瞭解崩塌面積與崩塌土砂量之關係，並從崩塌面積推估生產土砂量；或多期的空載光達資料，以地形變化直接推估生產土砂量
大規模土砂生產後的土砂堆積狀況	利用航空照片、空載光達。 調查包含生產土砂殘存於流域之比率，包括殘存土砂堆積於坡面或河床之比率。
生產土砂之粒徑	可依地質分類，也可現地調查

應用以往的航空照片時，可分析從多視點拍攝之影像去推估拍攝時的相機位置，據此運用SfM-MVS (運動恢復結構-多圖像立體，Structure from Motion-Multi View Stereo) 技術復原三維地形。



3. 擬定計畫所需之調查及分析

土砂 流出狀況 調查項目	方法
土砂流出量 與土砂運移特性之長年變化	1.蒐集分析較大的防砂壩與水庫內之淤砂量數據，或航空照片判釋防砂壩之淤砂狀況。 2.以光達建立地形模型，而從流域地形變化去推估土砂流出量。
流出土砂之 粒徑	河床材料粒徑調查，大規模土砂產生後的土砂流出狀況，深受河床殘存不安定土砂影響，是預測土砂流出量與影響時間的重要工作。
流出狀況 之推估	推估未來發生較高的大規模土砂產生後的土砂流出狀況時，基本上應進行 動床演算 分析。

※土砂流出特性之推估，可藉由分析土砂流出量與水理量（流量、水深等）之關係。

4. 對策的基本構想

中期土砂流出對策

1. 事前對策

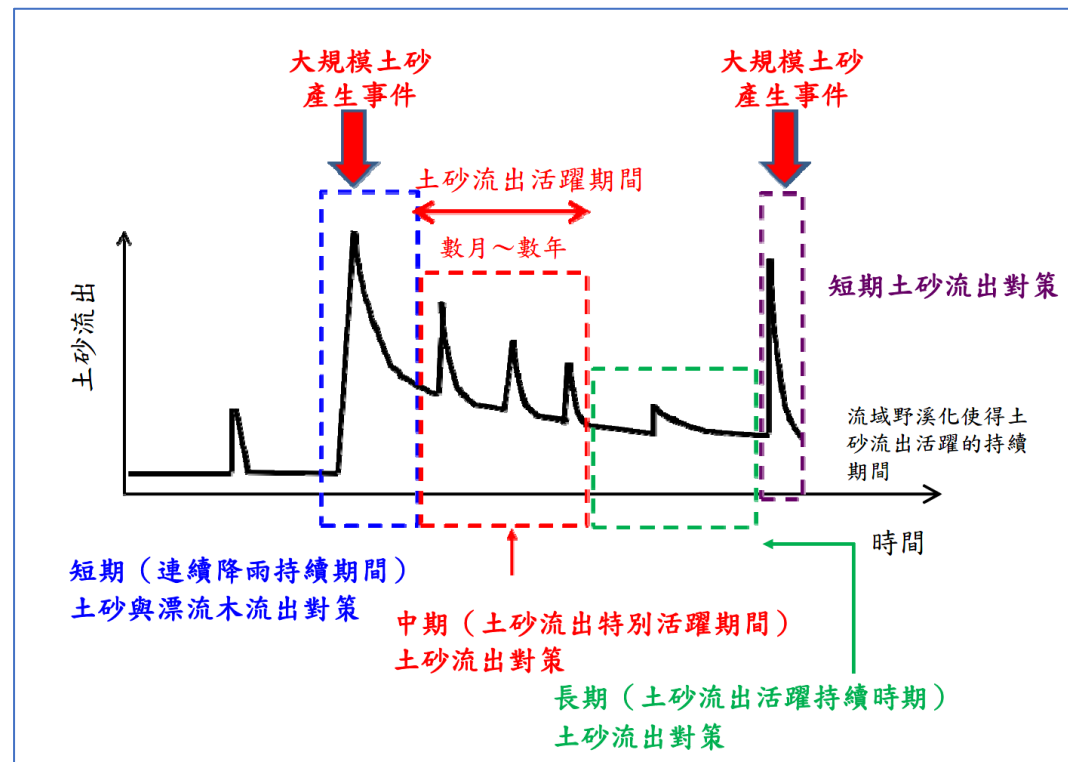
將來可能發生大規模土砂產生時的活躍土砂流出(中期土砂流出)，實施有效且迅速之對策。

2. 緊急對策

緊急對策設施，例如，具有清淤功能的防砂壩、土砂臨時堆置場、插板壩、沉砂池等。

長期土砂流出對策

大規模土砂產生後，並依據調查與分析(詳ch5)所掌握之土砂流出實況，進行檢討長期土砂流出對策的必要性。



□ 計畫規模的構想

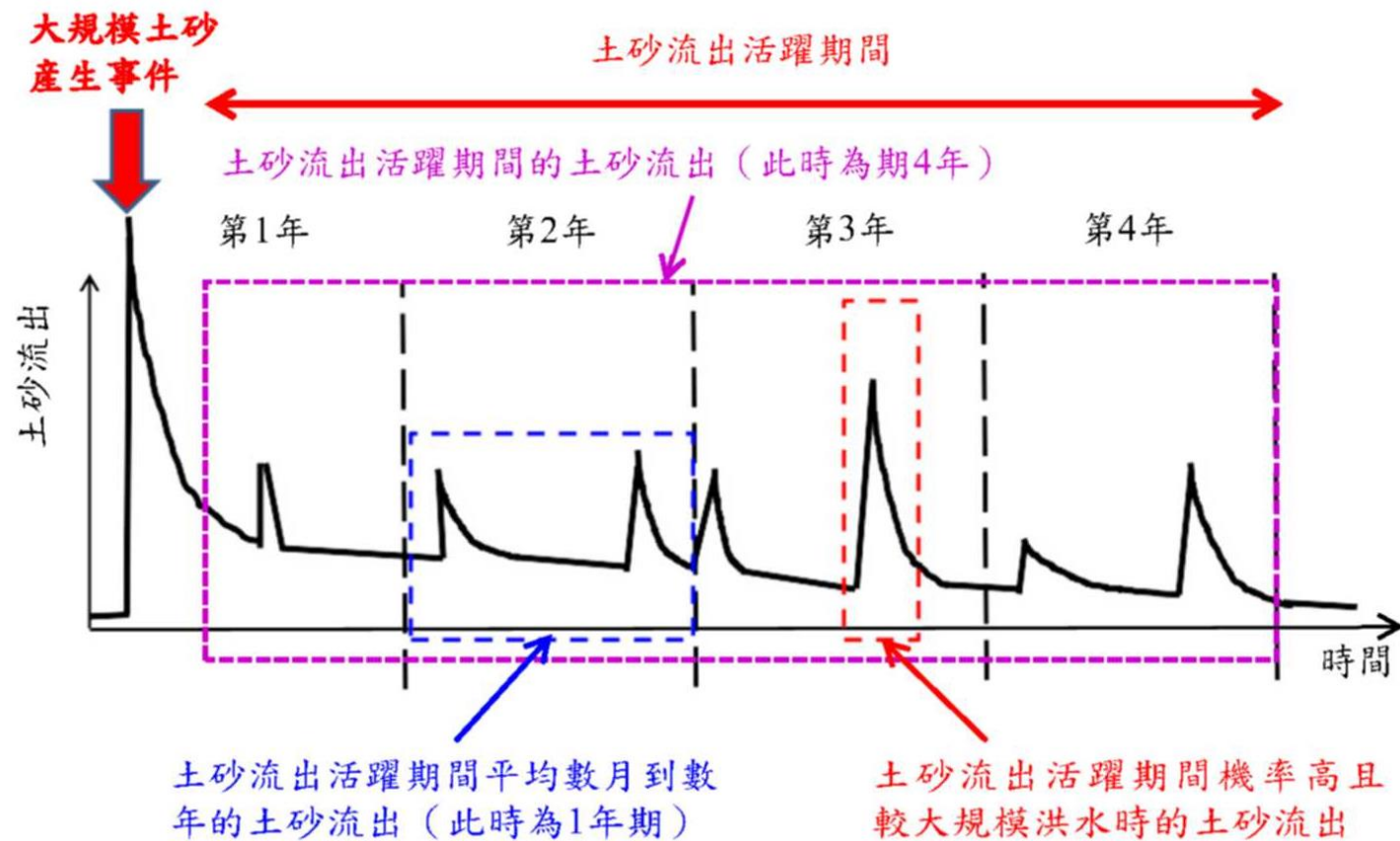


圖5 整治對象規模示意圖

- 生產土砂量，基本上短期土砂流出對策計畫與應中期整合，短期對策包含於連續降雨期間並未完全流出而堆積在流域內的坡面與河道的土砂量。
- 事前對策計畫其土砂移動量規模的基準點，是依第3章調查與分析，求出土砂流出活躍期的土砂移動量(紫色虛線框)為上限，並考量防砂壩清淤可能性(如頻率等)，設定土砂流出活躍期的土砂流出量(藍色虛線框)(平均數個月到數年間)。
- 大規模連續降雨造成土砂流出恐致嚴重災害時，也應納入整治對象(紅色虛線框)。

□ 設施配置計畫檢討之構想

1. 基本以**現地調查**、**資料調查**結果檢討施工實效性等，並以動床演算等評估設施效果，如有修改設施配置計畫，應重新以動床演算等評估效果。
2. 針對**既有**的短期土砂流出對策等，先檢討**活用**以輸砂調控為主之**既有設施**（防砂壩、沉砂地工等）。
3. 如仍難攔阻計畫規模土砂量，或從經濟性等觀點判斷砂防設施設置應屬妥當時，否則應重新檢討**新設施**之概略位置、規模與設施型式。

建構設施地點選擇(輸砂調控)

1. 具較大**剩餘容量**的防砂壩
2. 較**接近保全住戶**的設施
3. 對保全住戶周邊**河床變動影響較大**的流域或河段之設施

設施之型式

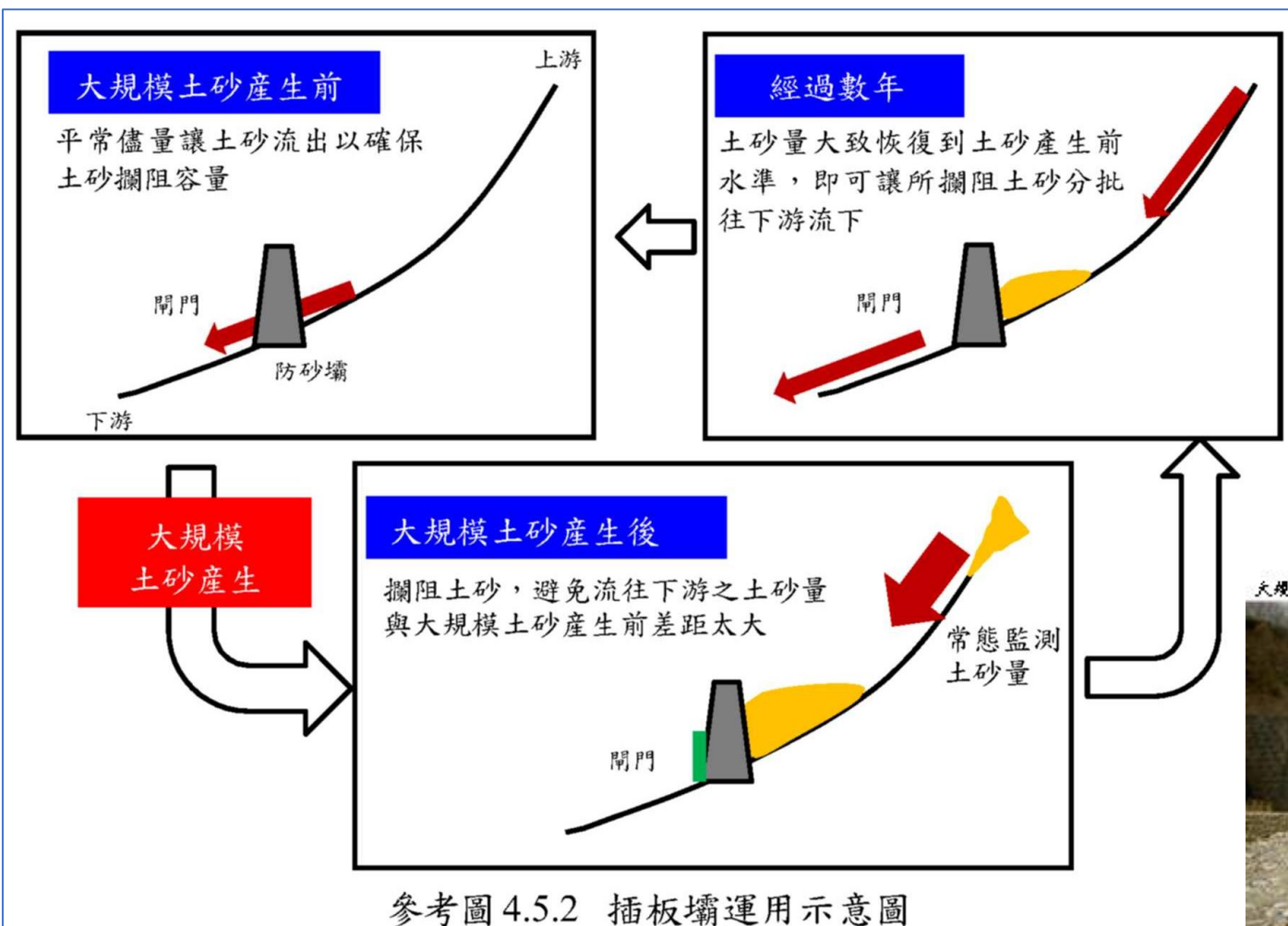
- 應配合大規模土砂產生後的**土砂流出狀況**（量體與粒徑），積極檢討**可變更**堤壩型式與形狀的設施。
- 土砂流出活躍期多半只有幾年，因此也有必要事先檢討可應對土砂流出活躍期**結束後**之土砂流出現象的堤壩型式與形狀。

□ 清淤計畫

1. 檢討土砂流出活躍期間的清淤計畫，以確保壩體之土砂攔阻與堆砂容量之計畫。
2. 包含清淤的土砂搬運路線及土砂臨時堆置場。



案例：緊急對策設施-插板壩



➤ 目的：攔阻大規模土砂事件後的流出土砂

大規模土砂生產前（開啓插板以確保足夠庫容量）



大規模土砂生產後（關閉插板攔阻土砂）



插板壩

5.實施土砂流出狀況對策等所需的調查與分析

- 目的：瞭解並預測土砂流出狀況，以供實施土砂流出狀況實施對策、何時結束緊急對策的判斷、及檢討長期土砂流出對策必要性等之參考。
- 概要：應進行常態土砂流出狀況調查與分析，以比較中期土砂流出與大規模土砂生產前的狀況。
- 常態觀測應考量預算與人力負擔，以建立能夠掌握土砂流出狀況的觀測體制。



5. 實施土砂流出狀況對策等所需的調查與分析

□ 瞭解土砂流出狀況所需的調查分析與活用

- ① 土砂量及流出特性（降雨量、水理量與土砂量之關係）
- ② 河床材料之變化
- ③ 殘存於流域內生產土砂狀況之長期變化
- ④ 河道狹窄段、坡降變化點、橫向構造物等設置地點之河床變動狀況

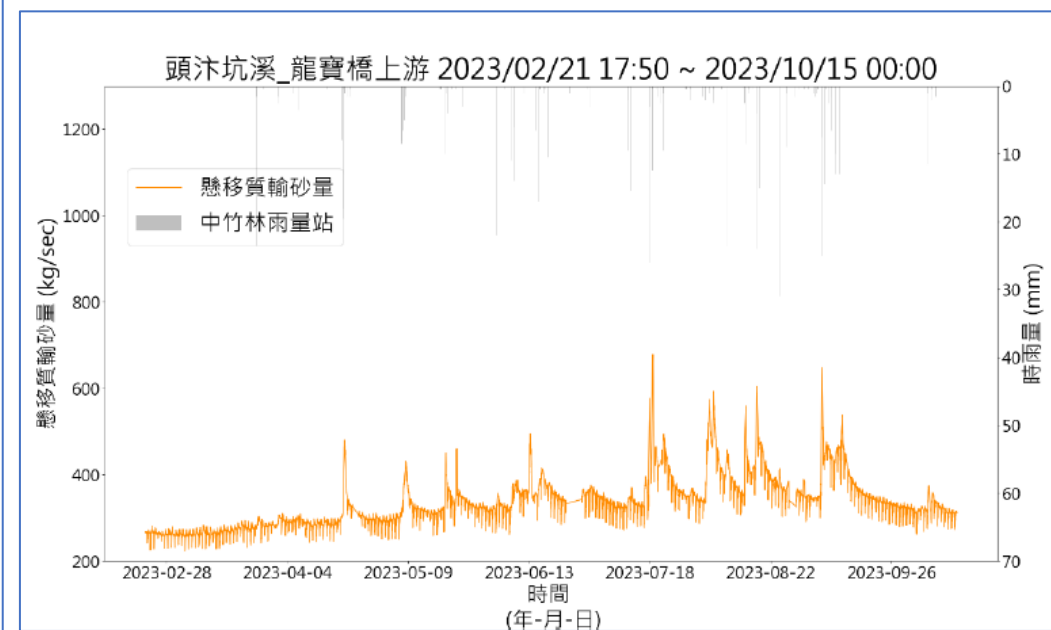
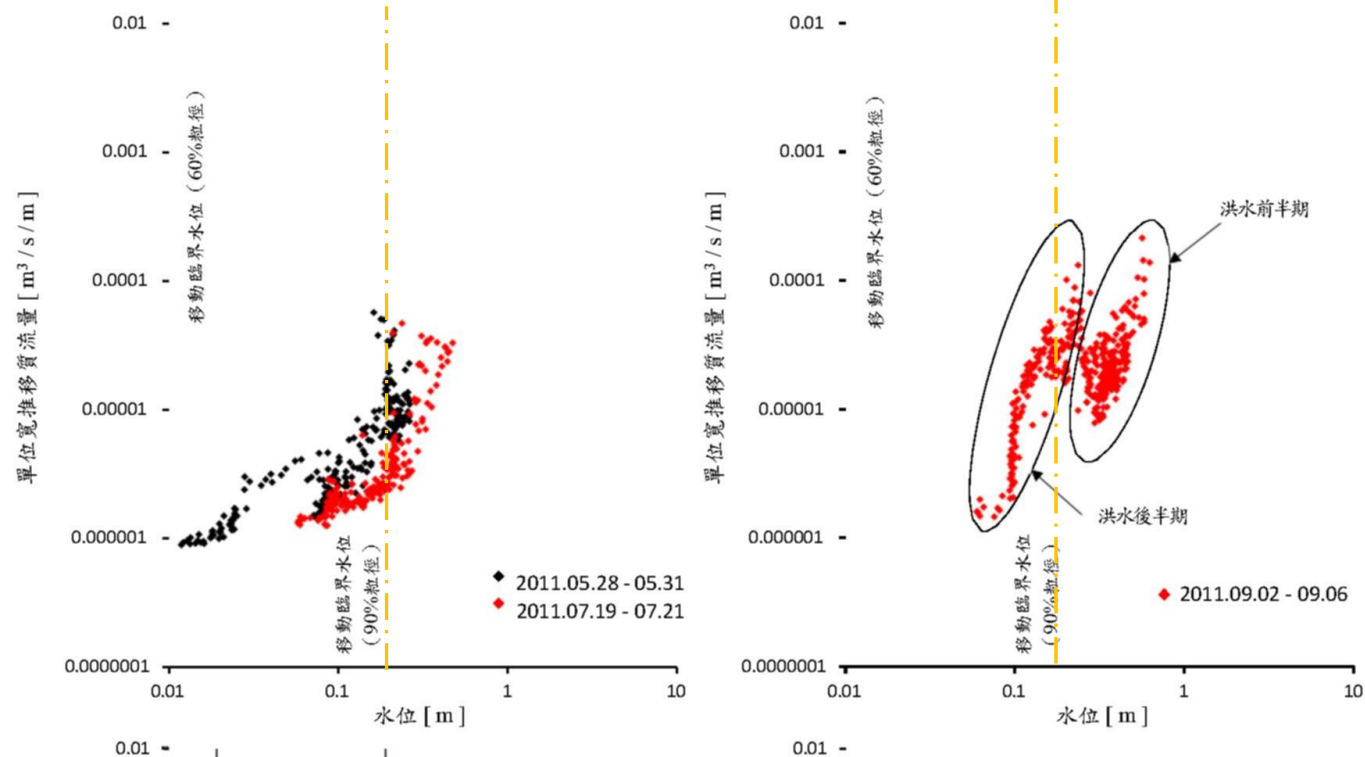
欲瞭解土砂量及流出特性，可進行溪流土砂輸送水文觀測。
此外，搭配地形測量與定點攝影，亦能有效掌握流域內殘存
生產土砂之長期變化。

監測案例

1. 土砂輸送觀測：以水聽器（水聲計、水下傳聲器）進行長期溪流土砂觀測，以瞭解上游區域的輸砂量變化狀況與河床土砂量變化。

- 富士川水系大武川所設水聽器的長期監測推移質（載）流量（輸砂量）(2011~2015)

- 觀測台中市頭汴坑溪(龍寶橋)懸移質輸砂量推估成果，懸移質輸砂量變化，由分析結果可發現，懸移質輸砂量大致隨降雨變化。



資料來源：農村水保署，112年度坡地水砂觀測作業推動計畫

2. 地形測量與定點觀測：瞭解中期土砂動態的有效方法。

大規模土砂
產生前



河床覆蓋著較粗的礫石。

大規模土砂
產生剛結束



河床覆蓋著比較細粒材料。

大規模土砂
產生半年後



河床受侵蝕，部分河床材料粗粒化，但河床材料整體上比大規模土砂生產前細碎化。

大規模土砂
產生3年後



侵蝕繼續進行，水路附近的河床材料持續粗粒化。水路之外的河床材料較大規模土砂生產前者細粒。

參考圖 5.1.4 春木川設置砂面計周邊河床材料之變化

- 進行空載光達計測資料之差分分析，以推估新崩塌、擴大崩塌、與二次崩塌引致的土砂生產量及生產土砂流入河道量之長年變化。此外，以差分分析推估河床變動量，也推估流域土砂流出量長年變化。
- 利用設置在砂面計定點觀測結果，以瞭解大規模土砂產生後的河床時間序列變化實況。(如左圖)

□ 調查結果分析與活用

- 土砂流出狀況調查：
 - (1)可瞭解並預測土砂流出量與其長年變化，以及對下游與水庫等區域的影響
 - (2)提供檢討實施土砂流出對策、判斷緊急對策結束時間點，以及制定長期土砂流出對策必要性等之參考。
- 分析時，應綜合監測結果與動床演算結果，預測未來狀況。

小結

- 平時應進行常態調查，以確實掌握大規模土砂生產時之土砂流出情形。
- 現場調查分析結果可供對策擬定與防砂設施規劃，並作為數值模擬參數之依據。
- 設施型式最好能夠因應各時期土砂流出，發揮設施經濟效果。例如調整型防砂壩進行防砂，並依土砂流出情況進行調整。

報告完畢 敬請指教



農業部農村發展及水土保持署
與您一起打拼