

2019 日台砂防共同研究会

共同研究課題「深層崩壊・天然ダム・大規模土砂移動」に関するシンポジウム

期 日：2019 年 12 月 9 日(月)

会 場：砂防会館 3F「穂高」会議室

時 間	演 題 等	講 演 者 (敬称略)
10:00-10:15	開 会 式	開会挨拶：国際砂防協会 理事長 大野 宏之 来賓挨拶：国土交通省 砂防部長 今井 一之 調査団挨拶：行政院農業委員會水土保持局副局長 王 晉倫
10:15-10:50 35 分	30 周年記念誌披露 日台砂防交流 30 年を迎えて	(一社)全国治水砂防協会 副会長 岡本 正男
10:50-11:30 40 分	(講演 1) 近年の土砂災害の特徴とそれを踏まえた警戒避難	国土交通省 砂防部長 今井 一之
11:35-12:10 40 分	(講演 2) 台湾の土砂災害情報共有・公表サービスにおける国際基準の適用	中華水土保持學會 理事長 逢甲大學地理資訊系統研究中心 主任 周 天穎
12:10-13:30	休 憩	
13:30-14:10 40 分	(講演 3) 近年の大規模土砂災害と土砂移動マグニチュードについて	国土交通省国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 砂防研究室長 山越 隆雄
14:10-14:50 40 分	(講演 4) 大規模崩壊における緊急対応管理の確立	國立成功大學防災研究中心 副主任 賴 文基
14:50-15:10	休 憩	
15:10-15:50 40 分	(講演 5) 平成 30 年 7 月豪雨による大規模土砂災害からの復旧・復興に向けて	国土交通省中国地方整備局 広島西部山系砂防事務所 所長 熊澤 至朗
15:50-16:30 40 分	(講演 6) 台湾南西部泥岩地区における堆積土侵食と移動特性の研究	國立中興大學水土保持學系 助理教授 王 咏潔
16:30-17:00	総括質疑	国際砂防協会 専務理事 渡 正昭
17:00-	閉 会 式	国際砂防協会 専務理事 渡 正昭

近年の土砂災害の特徴と それを踏まえた警戒避難

2019年12月9日
国土交通省 砂防部長
今井 一之

1

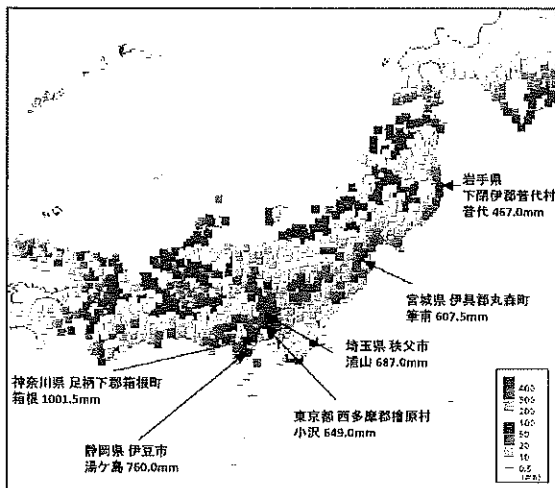
台風第19号による降雨の概要

この降雨により、

- 12時間降雨量は120地点、24時間降雨量は103地点で観測史上1位を記録
- 10月12日に北日本と東日本のアメダス地点(1982年以降で比較可能な613地点)で観測された日降水量の総和は観測史上1位

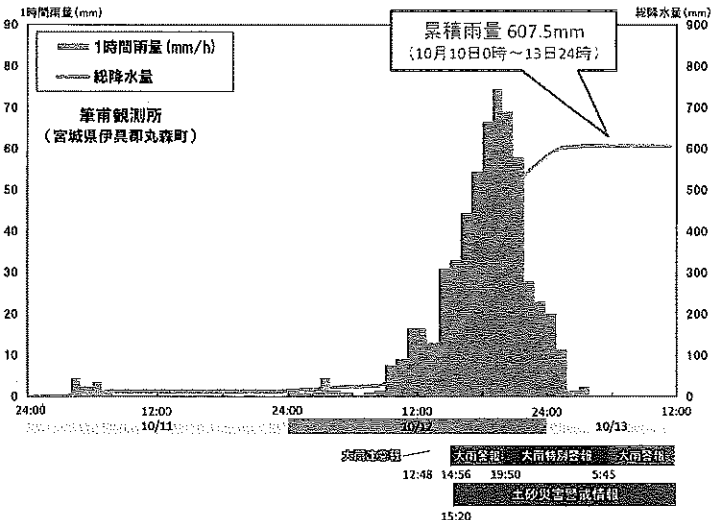
※全国の気象観測所は約1,300箇所

【降水量の期間合計値】(2019年10月10日～2019年10月13日)

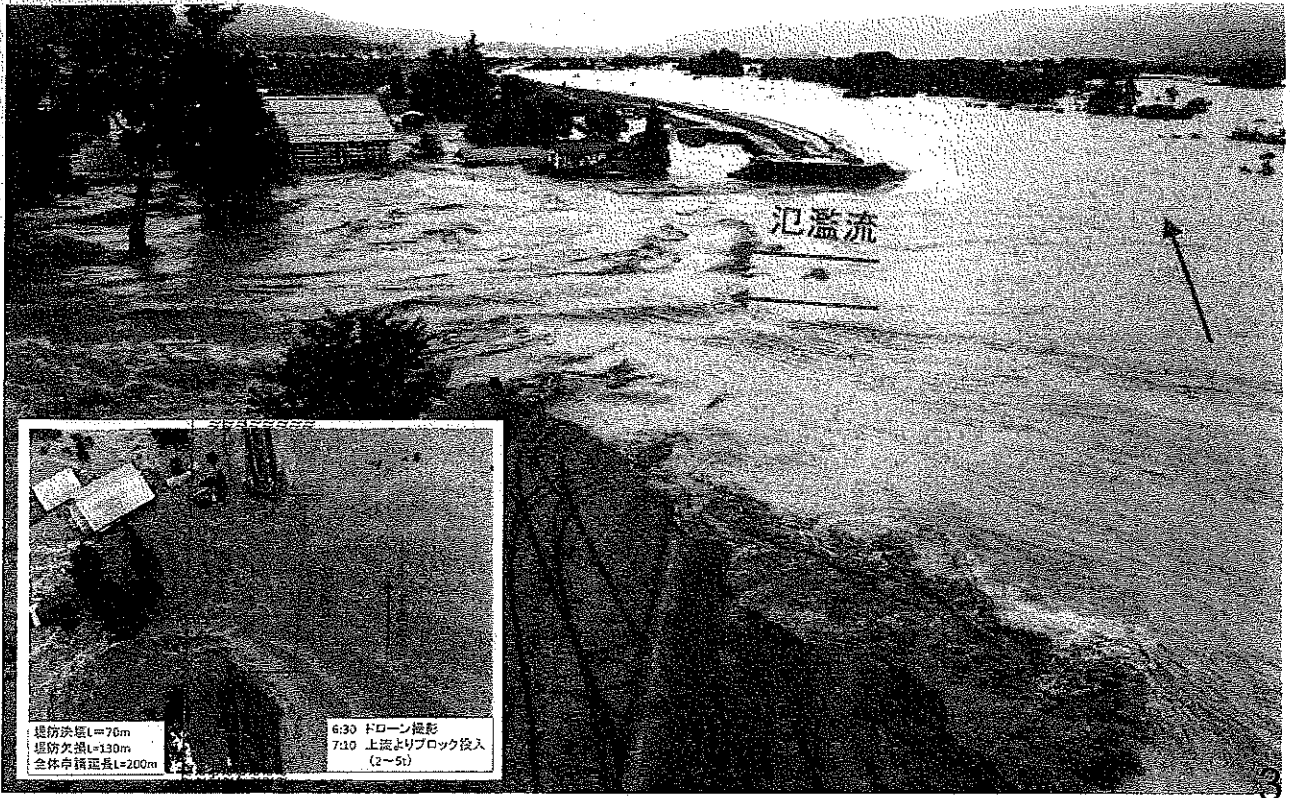


気象庁HP

【降雨状況と土砂災害警戒情報等の発表状況】(宮城県伊具郡丸森町)



千曲川 破堤箇所（10月13日時点）



台風第19号による宮城県丸森町における土砂・洪水氾濫発生状況



近年の土砂災害（平成30年7月豪雨）

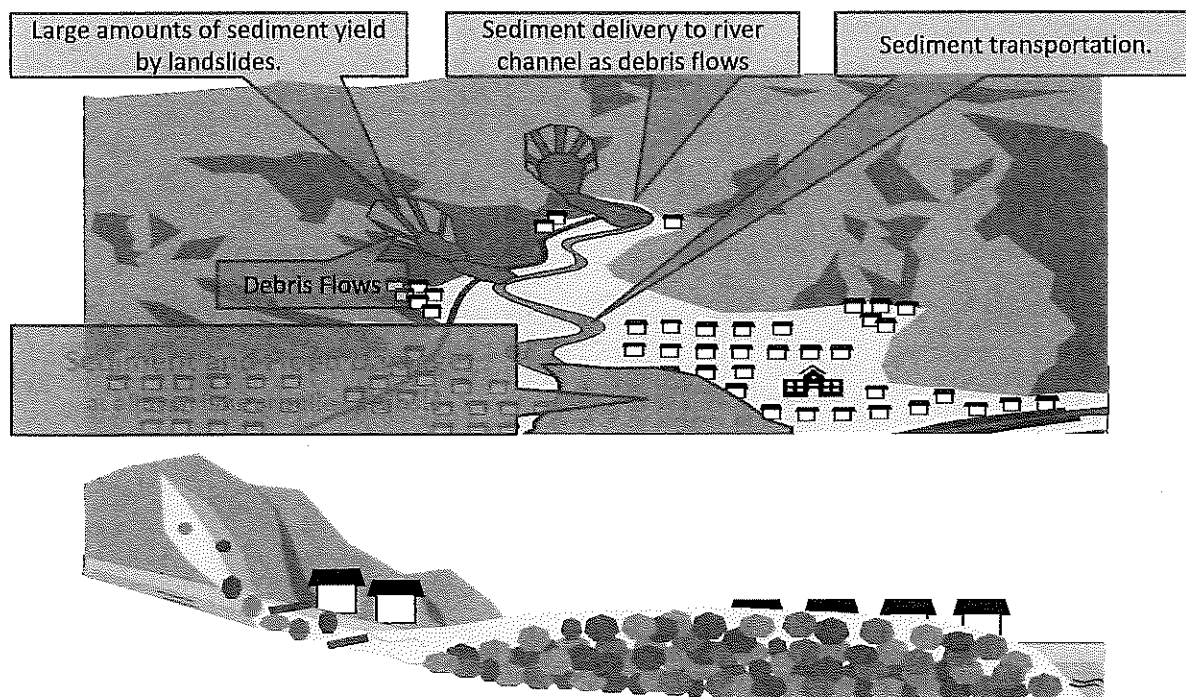


天地川（広島県安芸郡坂町）

5

近年の土砂災害

Sediment and Flood Damage



6

近年の土砂災害（令和元年台風19号）



さがみはらし みどりぐ まぎの
神奈川県相模原市緑区牧野(がけ崩れ)



とみおかし たくみ
群馬県富岡市内匠(地すべり)

7

台風第19号による土砂災害発生状況

*As of November 13

Number of disasters by prefecture			
Miyagi	294	Tokyo	23
Fukushima	138	Ibaraki	15
Iwate	97	Yamanashi	11
Kanagawa	92	Yamagata	3
Gunma	67	Chiba	2
Niigata	45	Aomori	1
Nagano	43	Akita	1
Shizuoka	42	Ishikawa	1
Tochigi	36	Mie	1
Saitama	24	Wakayama	1

Total Number of Sediment Disasters

937

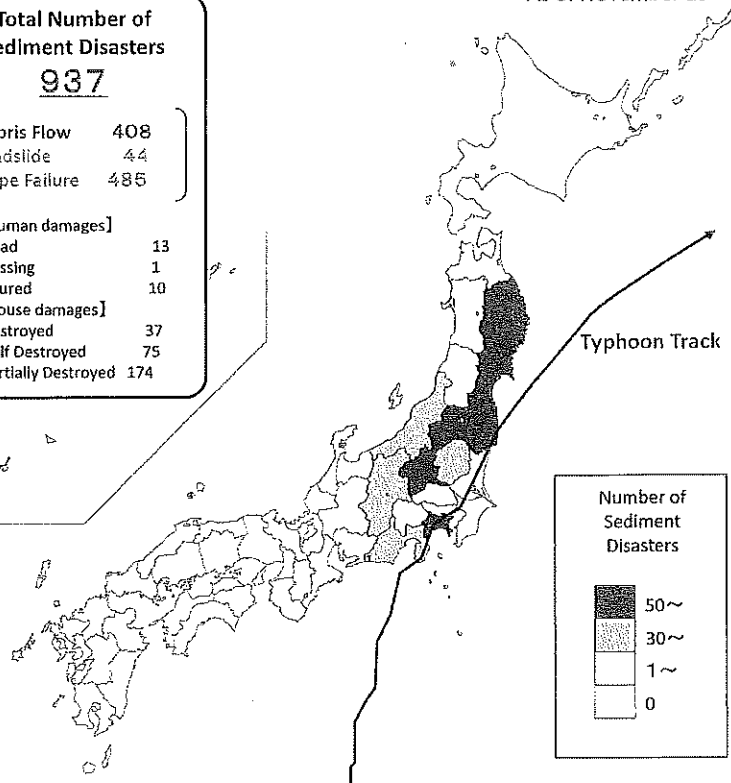
Debris Flow	408
Landslide	44
Slope Failure	485

[Human damages]

Dead	13
Missing	1
Injured	10

[House damages]

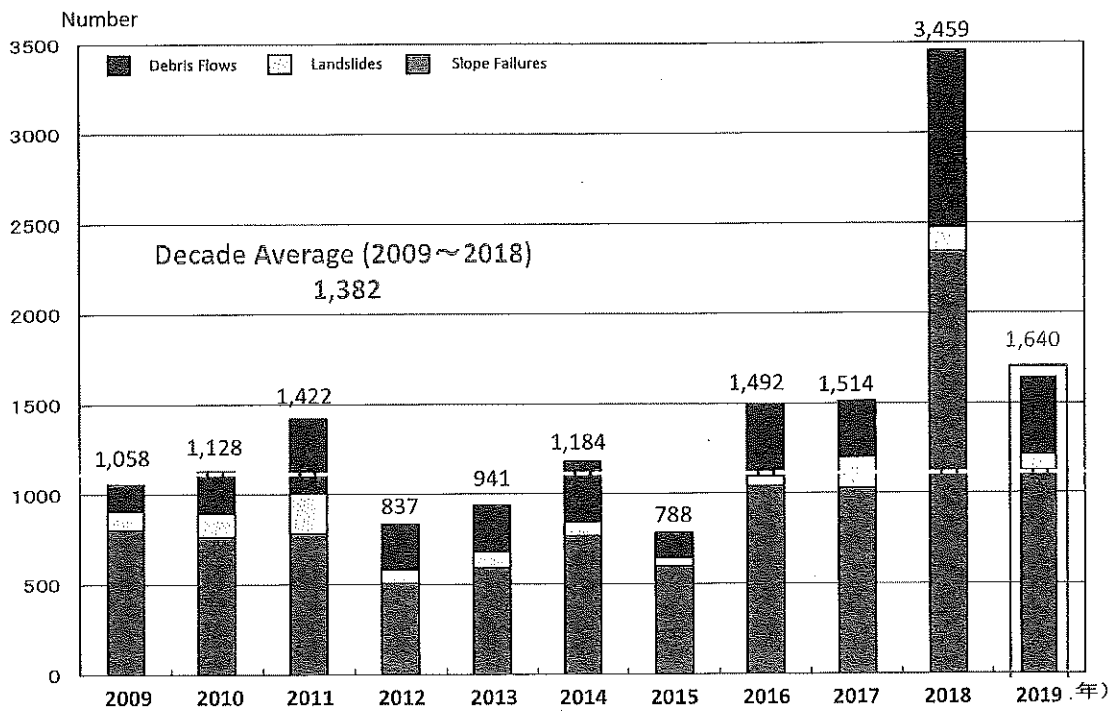
Destroyed	37
Half Destroyed	75
Partially Destroyed	174



Birth: 18:00 UTC Oct 5, 2019
 Death: 3:00 UTC Oct 13, 2019
 Minimum Pressure: 915 hPa
 Landfall: At Izu Peninsula Shizuoka Pref
 at around 10:00 Oct 12, 2019

過去10年間の土砂災害発生件数

As of October 31, 2019

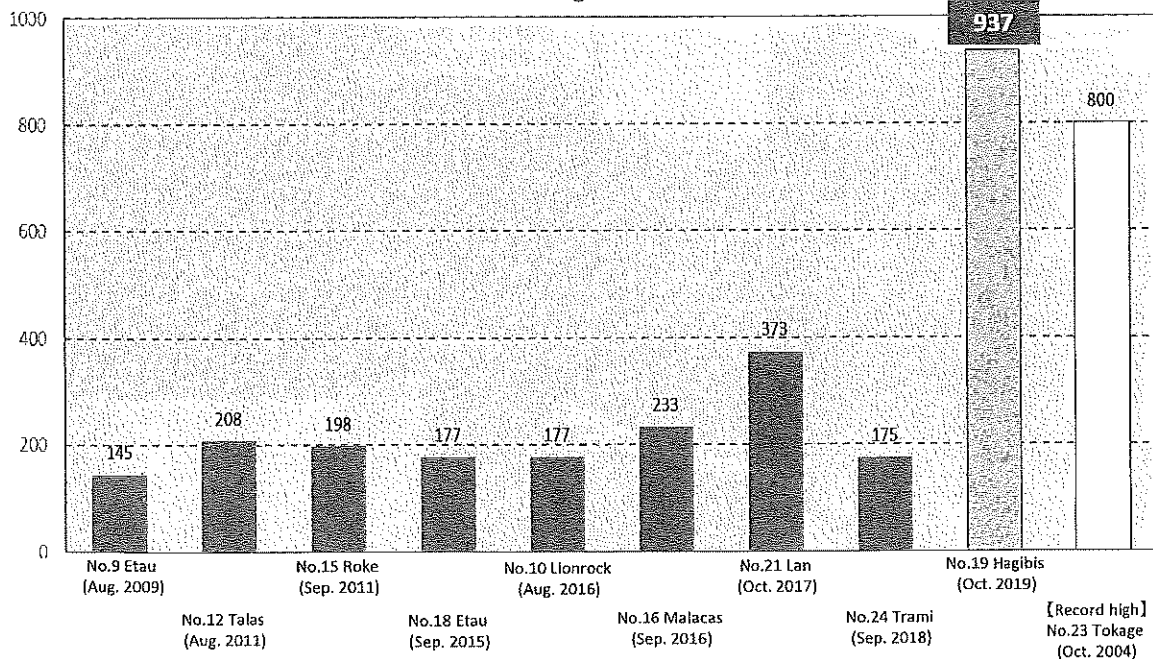


9

令和元年台風第19号に伴う土砂災害の特徴

*As of November 13

Number of landslide disasters caused by typhoons
A total Number of 937(tentative) sediment disasters hit
record high since 2004



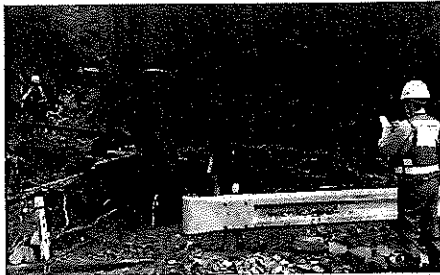
10

TEC-FORCE 活動状況（砂防班・高度技術指導班等）

地方整備局等HPより作成



被災状況調査
【長野県長和町】
（北陸地方整備局）



土砂崩落箇所調査
【埼玉県比企郡ときがわ町】
（中国地方整備局）



聞き取り調査
【福島県伊達市】
（中部地方整備局）



被災状況調査
【福島県相馬市】
（四国地方整備局）



土砂崩れ現場調査
【神奈川県相模原市】
（九州地方整備局）

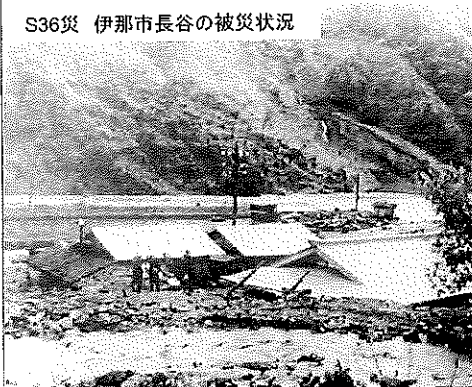


【群馬県富岡市】
（国土技術政策総合研究所）
高度技術指導班

11

着実な砂防堰堤の整備により土砂・洪水氾濫を防止～台風19号による伊那谷の豪雨～

S36災 伊那市長谷の被災状況



砂防堰堤の
整備により
被害無し

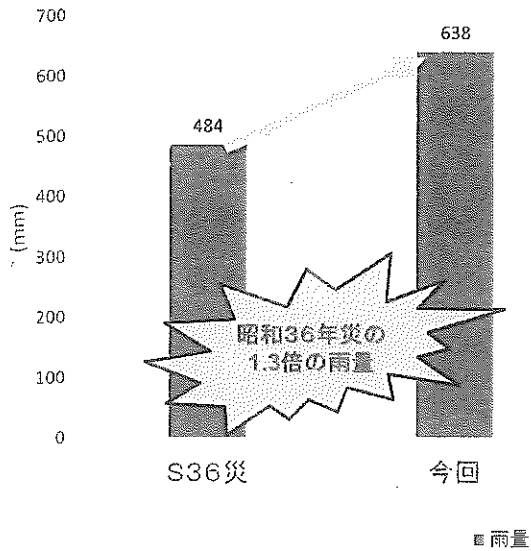
台風19号 砂防堰堤が土砂・流木を捕捉
（小瀬戸第1砂防堰堤（三峰川本川上流部））



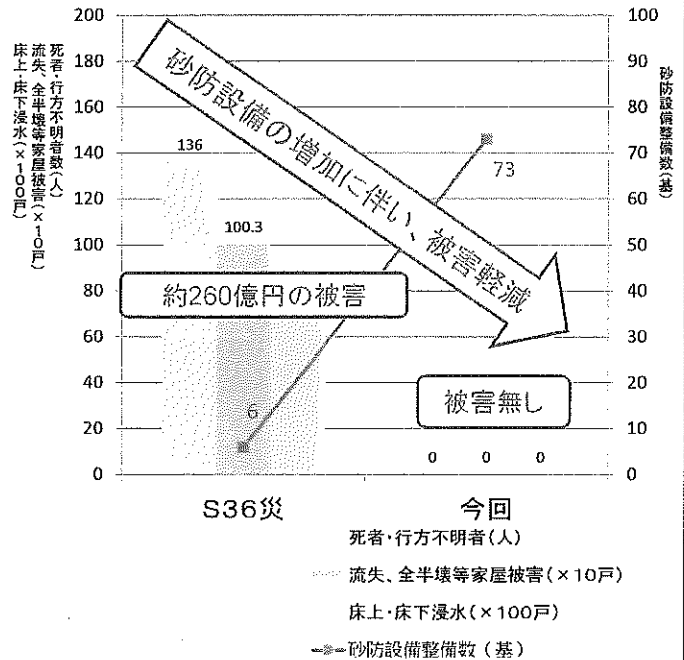
12

着実な砂防堰堤の整備により土砂・洪水氾濫を防止～台風19号による伊那谷の豪雨～

昭和36年災における総雨量の比較



昭和36年災の出水の被害状況と今回の比較



構造物対策



↑ Before the occurrence of debris flow



↑ After the occurrence of debris flow (Sediment and driftwood captured)

非構造物対策 (土砂災害警戒区域)

- Sediment Disaster Prevention Law has been enforced as of April 1, 2001.
- Further promotion is needed to designate all hazardous areas, in addition to cooperation by municipalities.

Designation of sediment disaster alert areas

- Strengthening information sharing and warning and evacuation system
- Informing residents of relevant points of warning and evacuation

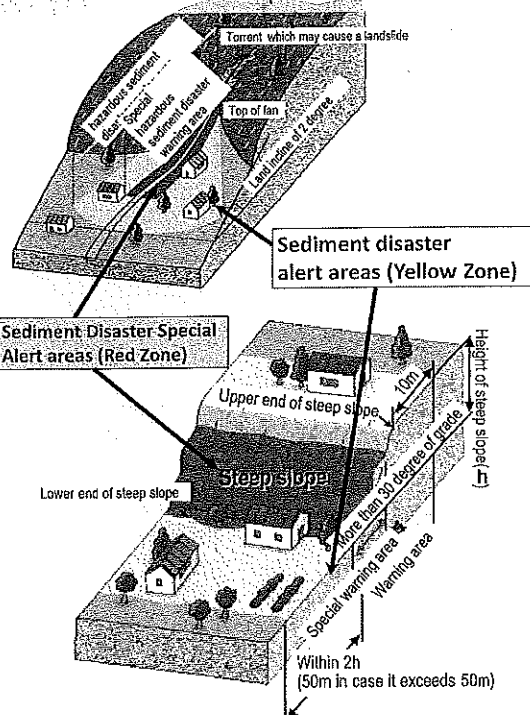
Yellow

Designation of special sediment disaster alert areas (Areas with high risk for building damages and loss of lives or physical damages)

- Permission system for specified development activities
- Targets: Development activities for residential houses and land sales, social welfare facilities, etc
- Restrictions to building structures (areas other than urban planning areas are to be confirmed)
- Recommendation for transfer and so on to buildings with risks of serious damages in case of sediment disasters
- Securing finances and budgets to those who are recommended to move

Red

Controlling increases of hazardous areas by development

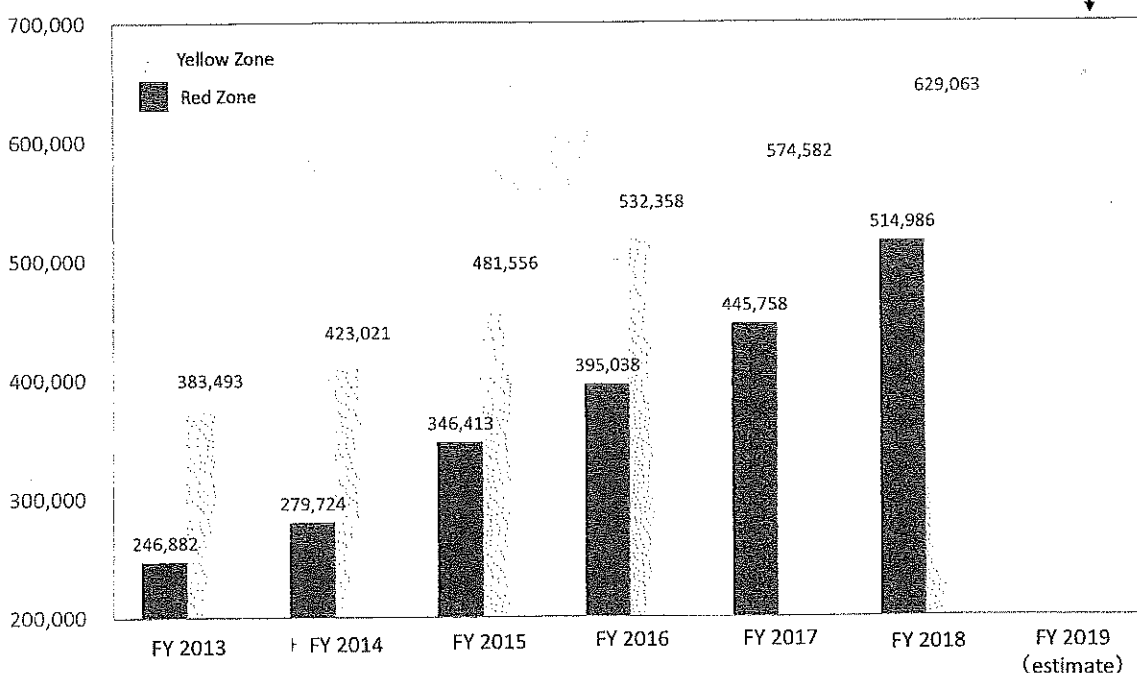


15

非構造物対策 (基礎調査)

1st round Nation Wide "Basic Investigation" to identify areas prone to sediment disasters is to be completed by the end of FY 2019.

Approx. 680,000

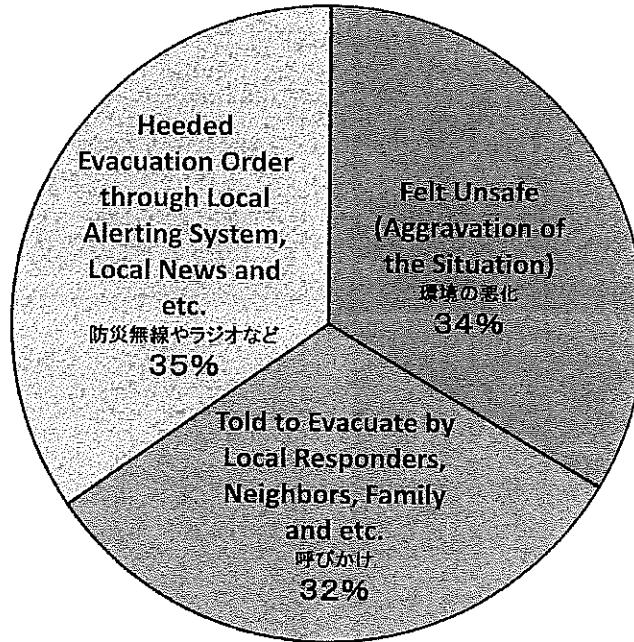


* A total of approximately 680,000 Yellow Zones are estimated to be conclusively designated by prefectures by the end of FY 2019.

16

避難のきっかけ

What is the Key Factor Triggering the Evacuation?
最初に避難するきっかけとなったのは何か

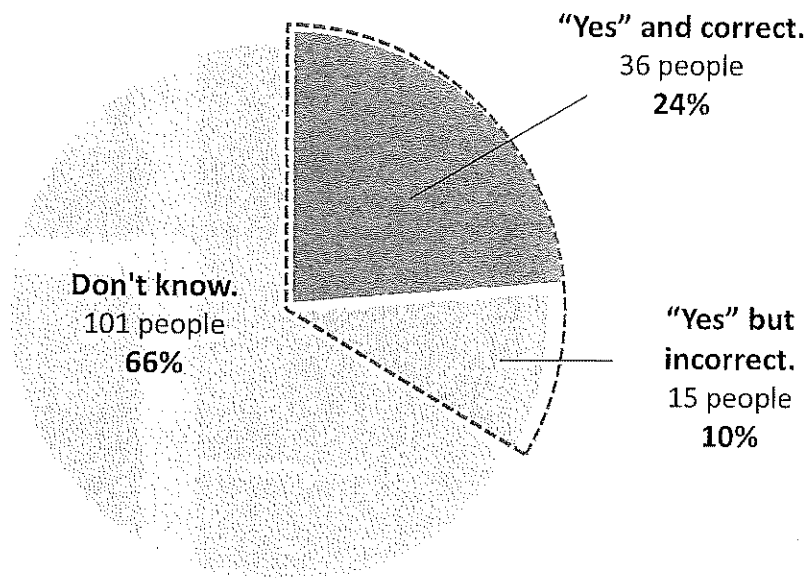


N=310, Created by MLIT based on the result of questionnaire research implemented by NHK

17

土砂災害警戒区域の認知度

Do you know whether you live in the Sediment Disaster Alert Areas or not?



Number of responses=152

18

訓練の実施

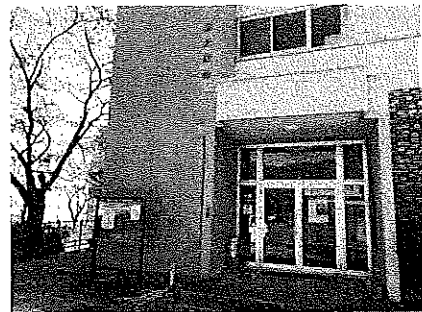


19

土砂災害警戒区域の表示方法



Signboard on a power pole



Signboard on a bulletin board of community center

20

土砂災害の減災に向けた“あなたの行動”

Residents should:

- Understand local risks and working together to create "Community Disaster Management Plan",
- Build the capacity to urge neighbors to evacuate,
- Build "Neighbors Helping Neighbors" system to help the elderly/disabled evacuate.
 - ✓ Understanding what "sediment disasters" are!
 - ✓ Building cooperative flame work among residents, governments, and experts

- Promote to install/strengthen SABO facilities,
- Promote the activities to get people prepared for the regional landslide risk,
- Promote the activities to work together between welfare and disaster management section for disaster reduction.

- Participate in local initiatives for sediment disaster reduction,
- Help local residents create "Community Disaster Management Plan and implement evacuation drill.

- ✓ Use human resources, Senior Volunteer for SABO and expert from engineering industry Communities, to help local communities,
- ✓ Improving the accuracy of Sediment Disaster Alert,
- ✓ Providing more information to support residents' decision making.

Government should:

Experts should:

21

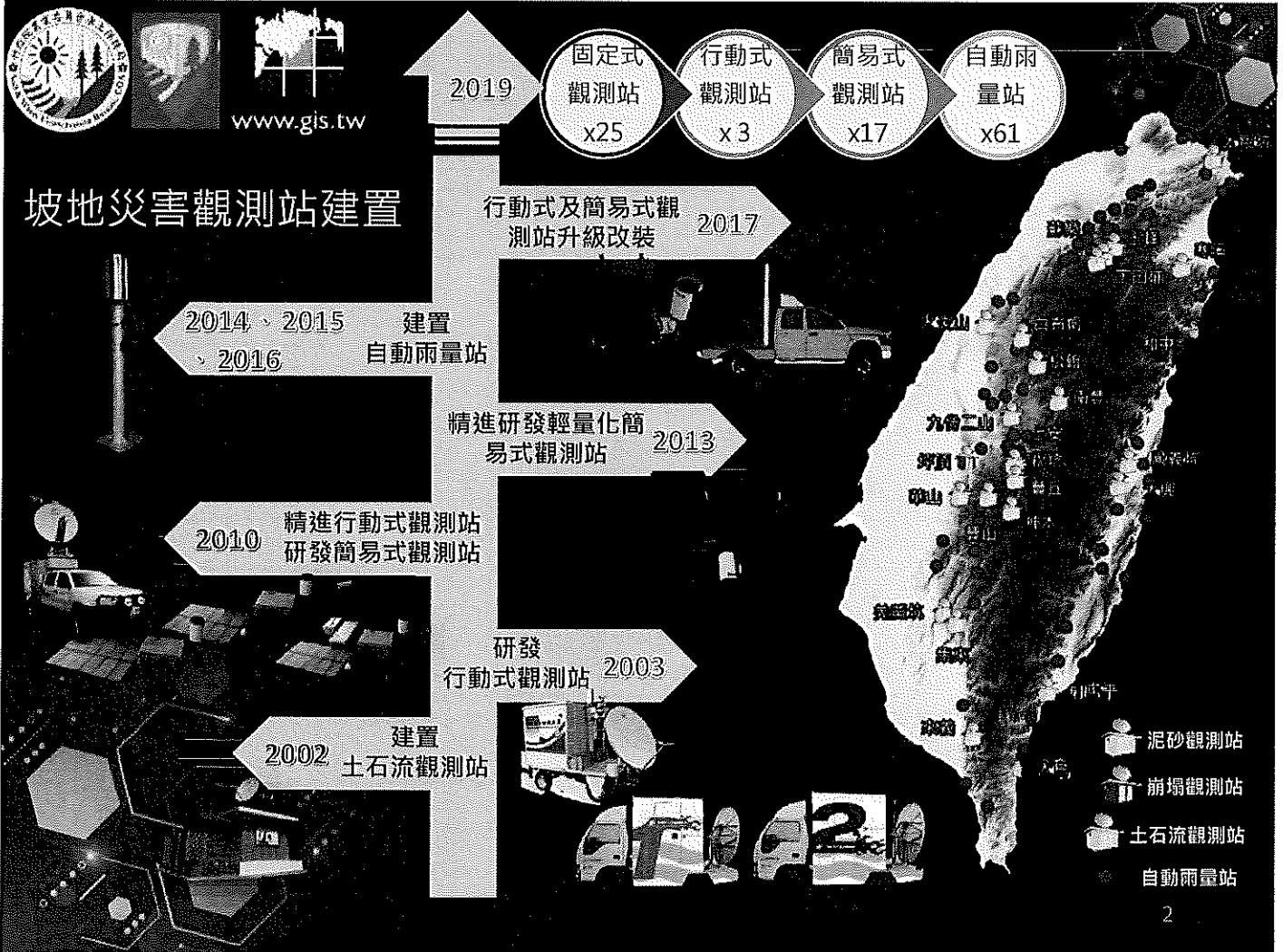
國際標準在台灣土砂災害資訊 分享及發佈服務之應用

周天穎

逢甲大學 建設學院院長\終身特聘教授
中華水土保持學會 理事長



www.gis.tw

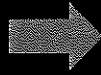




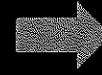
www.gis.tw

觀測站運作架構

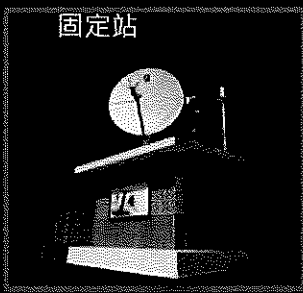
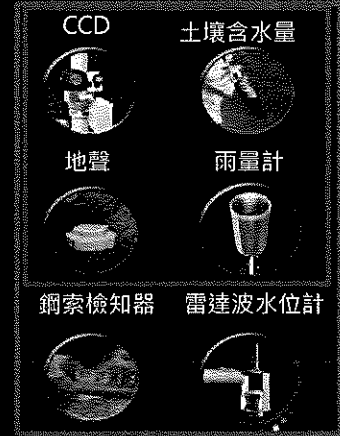
現地感測器



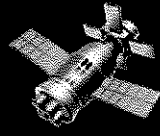
通訊方式



資訊展示



衛星



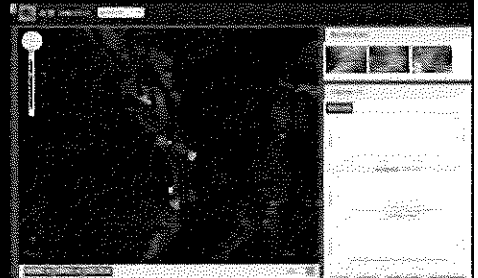
ADSL



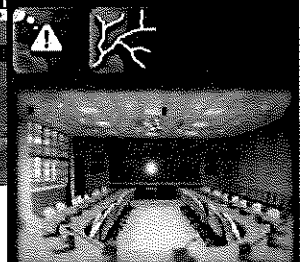
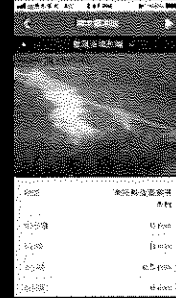
4G



資料平台



防災資訊app



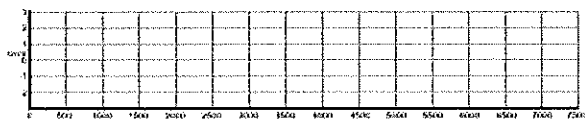
災害應變中心



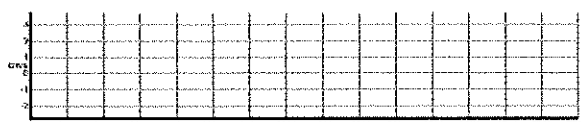
www.gis.tw

土石流事件

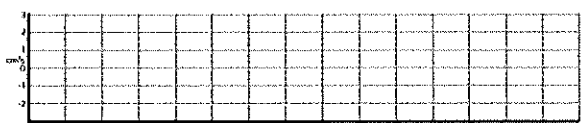
X 軸



Y 軸



Z 軸



AM 06:56:00



水土保持局







www.gis.tw 人工智慧於LINE社群APP應用

行政院農業委員會
水土保持局
土石流防災應變系統
警戒發布

土石流AI模組



知識庫
支援

自然語言

土石流防
災語意庫

分眾群組
應變資訊

水保局專業人員

LINE@



LINE@

防災知識&
警訊接收

雨量回報&
災情回報



民眾

活動公告



土石流防災資訊網

防災專員





www.gis.tw

人工智慧於LINE社群APP應用

整合APP功能，包含
地圖、雨量、氣象圖、
觀測站等資訊

主動推送活動訊息，
如線上直播、活動等
線上推播訊息強化，如採
新式Flex Message設計

訊息
推送

即時
資訊

警示
查詢

依據設定的警戒類
別與地區，主動且
適時推播警戒訊息

連結防災教育與訓
練課程等學習資源

線上
資源

推播
設定

提供民眾設定警
戒類別與地區
增加訂閱項目，
配合調整推播
訂閱介面

提供以互動交談式
解析提問與回覆
強化語意分析與
互動

有話
想問

現況
回報

提供防災專員上
傳現地災害照片
快速分享

提供圖卡推播、任
務分配、角色選單
項目設定及社群群
組對話分析等功能

後台
管理

應變
專區

雨量
報報

提供防災專員回報現地
累積雨量值

土石流防災
資訊網LINE
社群
擴充功能

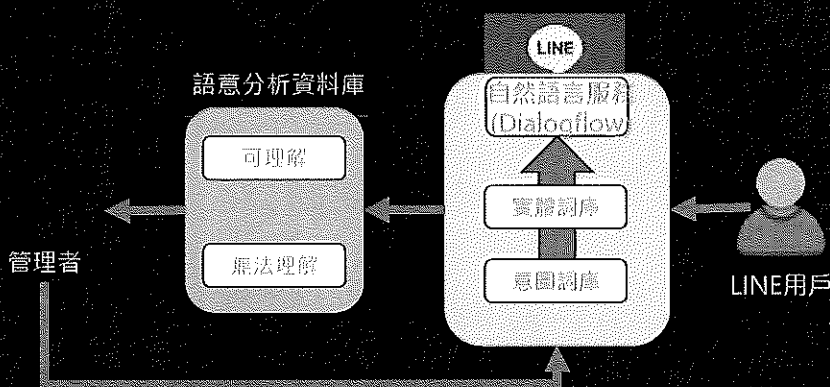


www.gis.tw

人工智慧於LINE社群APP應用

強化土石流LINE社群
APP智能化學習架構

強化自然語言處理能力，
提升與使用者間互動精
準度



精準

正確

回饋

合理



www.gis.tw

人工智慧於LINE社群APP應用

整合土石流防災資訊網APP功能

即時資訊

觀測站

土石流警戒

雨量

氣象圖

地圖

站名	雨量
1. 觀音山	10.0
2. 觀音山	10.0
3. 觀音山	10.0
4. 觀音山	10.0
5. 觀音山	10.0
6. 觀音山	10.0
7. 觀音山	10.0
8. 觀音山	10.0
9. 觀音山	10.0
10. 觀音山	10.0
11. 觀音山	10.0
12. 觀音山	10.0
13. 觀音山	10.0
14. 觀音山	10.0
15. 觀音山	10.0
16. 觀音山	10.0
17. 觀音山	10.0
18. 觀音山	10.0
19. 觀音山	10.0
20. 觀音山	10.0
21. 觀音山	10.0
22. 觀音山	10.0
23. 觀音山	10.0
24. 觀音山	10.0
25. 觀音山	10.0
26. 觀音山	10.0
27. 觀音山	10.0
28. 觀音山	10.0
29. 觀音山	10.0
30. 觀音山	10.0
31. 觀音山	10.0
32. 觀音山	10.0
33. 觀音山	10.0
34. 觀音山	10.0
35. 觀音山	10.0
36. 觀音山	10.0
37. 觀音山	10.0
38. 觀音山	10.0
39. 觀音山	10.0
40. 觀音山	10.0
41. 觀音山	10.0
42. 觀音山	10.0
43. 觀音山	10.0
44. 觀音山	10.0
45. 觀音山	10.0
46. 觀音山	10.0
47. 觀音山	10.0
48. 觀音山	10.0
49. 觀音山	10.0
50. 觀音山	10.0



www.gis.tw

人工智慧於LINE社群APP應用

角色與權限

即時資訊

警示查詢 有話想問 推播訂閱 線上資源

一般民眾

防災專員自主社區

現況回報 任務清單 即時資訊

警示查詢 有話想問 推播訂閱 線上資源

局內同仁

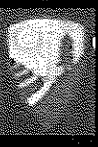
系統管理者

應變專區 即時資訊

應變專區 系統主機

警示查詢 有話想問 推播訂閱 線上資源

警示查詢 有話想問 推播訂閱 線上資源

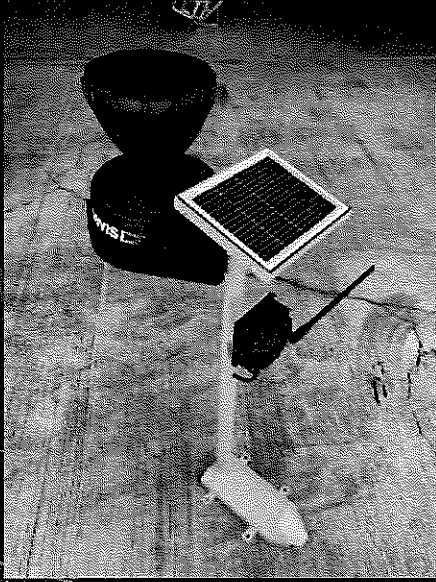


www.gis.tw

智慧型雨量觀測設備

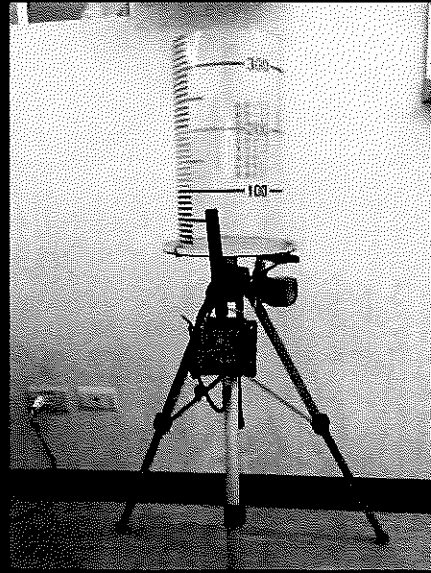
智慧簡易型雨量觀測設備

智慧簡易型雨量觀測設備（包含傾斗型雨量計及資料記錄器等），供自主防災社區使用。



智慧自主防災型雨量觀測設備

智慧自主防災型雨量觀測設備（包含雨量筒、資料記錄器、雨量偵測設備及自動洩水裝置等）結合土石流防災專員使用。



11

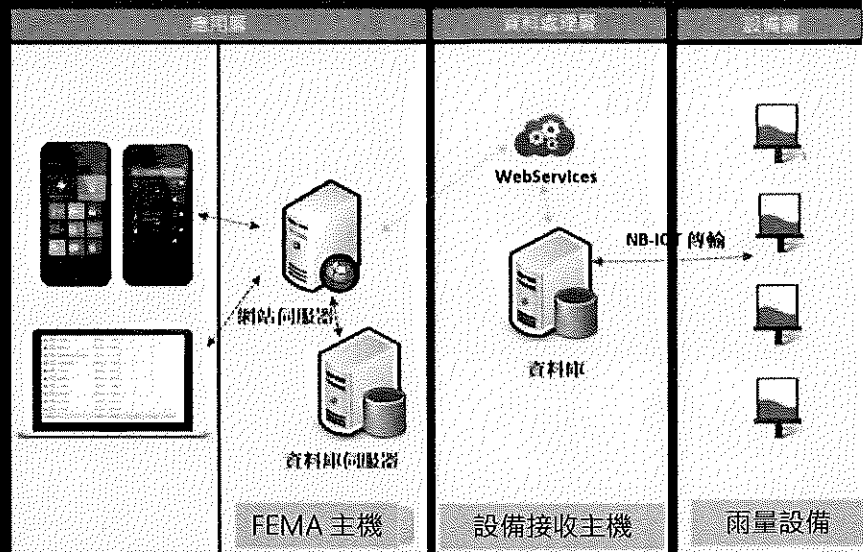


www.gis.tw

即時雨量資訊接收

架構

- 設備層
 - 智慧防災雨量觀測設備
 - 採用 NB-IOT 傳輸
 - 資料處理層
 - 接收處理雨量資料
 - 儲存及處理雨量資料
 - 應用層
 - 呈現雨量設備資料
- 整合 FEMA 防災應變系統

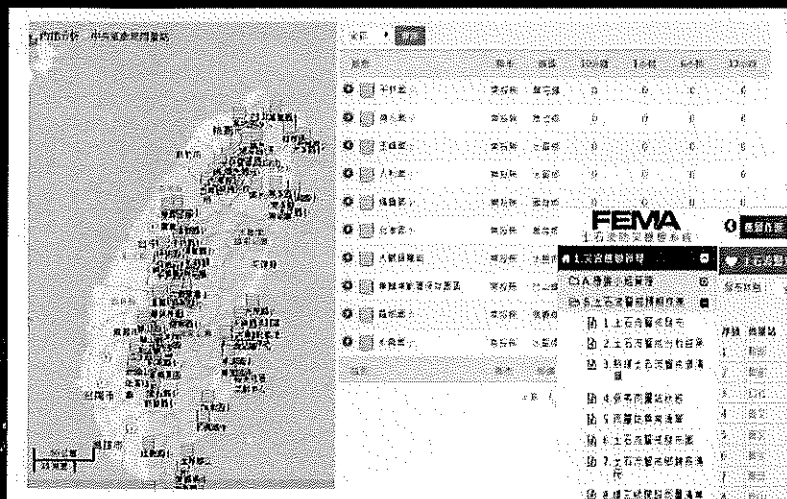




www.gis.tw

雨量資訊接收成果

展示介面



- 空間分佈及觀測清單
- 掌握設備分佈情形

- ◆ 整合於FEMA情資研判頁面
- ◆ 提供精準現地雨量資料



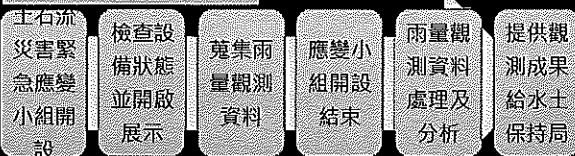
13



www.gis.tw

觀測資料蒐集、處理與分析

應變期間處理流程

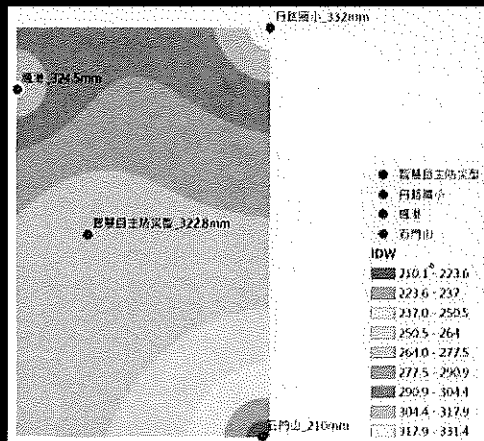
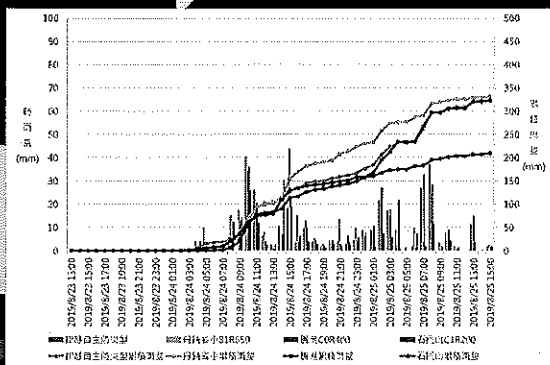


觀測資料檢核及分析

► 與鄰近參考雨量站檢核比對及分析，建議可使用反距離權重法 (IDW) 或克里金法 (Kriging) 等雨量內插方法進行評估

觀測資料成果彙編

- 開設紀錄
- 警戒統計
- 觀測成果及分析



透過智慧簡易型雨量觀測設備及智慧自主防災型雨量觀測設備觀測之雨量，可更準確地得知實際雨量值。

14



www.gis.tw

實質參與國際組織，製作土石流警戒發布情境報告

1. 加入OGC成為正式會員

MEMBERSHIP AGREEMENT

Please complete and return this agreement to Open Geospatial Consortium (OGC) at the address shown on page 4. You should include payment for the appropriate membership level or, if required by your organization, a request for an invoice. Please note - your signed agreement and annual membership payment must be received before we can activate your membership. This agreement is available on line at www.opengeospatial.org/ogc. If you have questions, please contact Membership at +1-303-655-3353 or by email at membership@opengeospatial.org

Applicant Information

Organization: Soil and Water Conservation Bureau (SWCB)

Address: No. 6, Gularshua Rd., Nantou City, Nantou County 54644, Taiwan (R.O.C.)

Country: Taiwan

Phone: +886-49-233-4303 Fax: _____

URL: <https://www.swcb.gov.tw/en/>

Type of Organization (Please check one)

Commercial Non-Profit/NGO Research Institution University Government-International Government National Government-Subnational Government-Local

Parent Organization (if any): _____

Role of Organization in the Market (Please check one)

Data Provider Technology Provider Service Provider Technology Consumer User

Membership Level

OGC offers a range of membership options for industry, government, academic, research and not-for-profit organizations. Associate - OGC's basic membership level provides voting access to domain and standards working groups of the Technical Committee and non-voting participation in Technical Committee, 1 free registration to each Technical Committee meeting, access to the OGC Member Portal for interested employees of the member, and a member

2. 坡地土砂災害案例，產製OGC提案企劃書

OGC invites you to Participate in its combined Disasters Resilience 2018 & GEOS Architecture Implementation Pilot

The focus of this pilot is to:

1. Analyze, evaluate & model services
2. Analyze, evaluate & model services


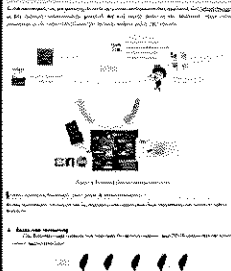


Figure 1: Landslide Case Study

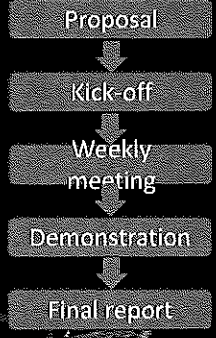
3. Develop Support System

The Support System is a set of services that provide the capabilities required to support a landslide risk assessment. The system is designed to be used by a wide range of users, including government agencies, researchers, and the general public. The system is designed to be used in a variety of ways, including as a standalone application, as a web-based application, or as a mobile application.

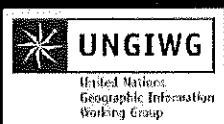


4. Develop Support System

The Support System is a set of services that provide the capabilities required to support a landslide risk assessment. The system is designed to be used by a wide range of users, including government agencies, researchers, and the general public. The system is designed to be used in a variety of ways, including as a standalone application, as a web-based application, or as a mobile application.



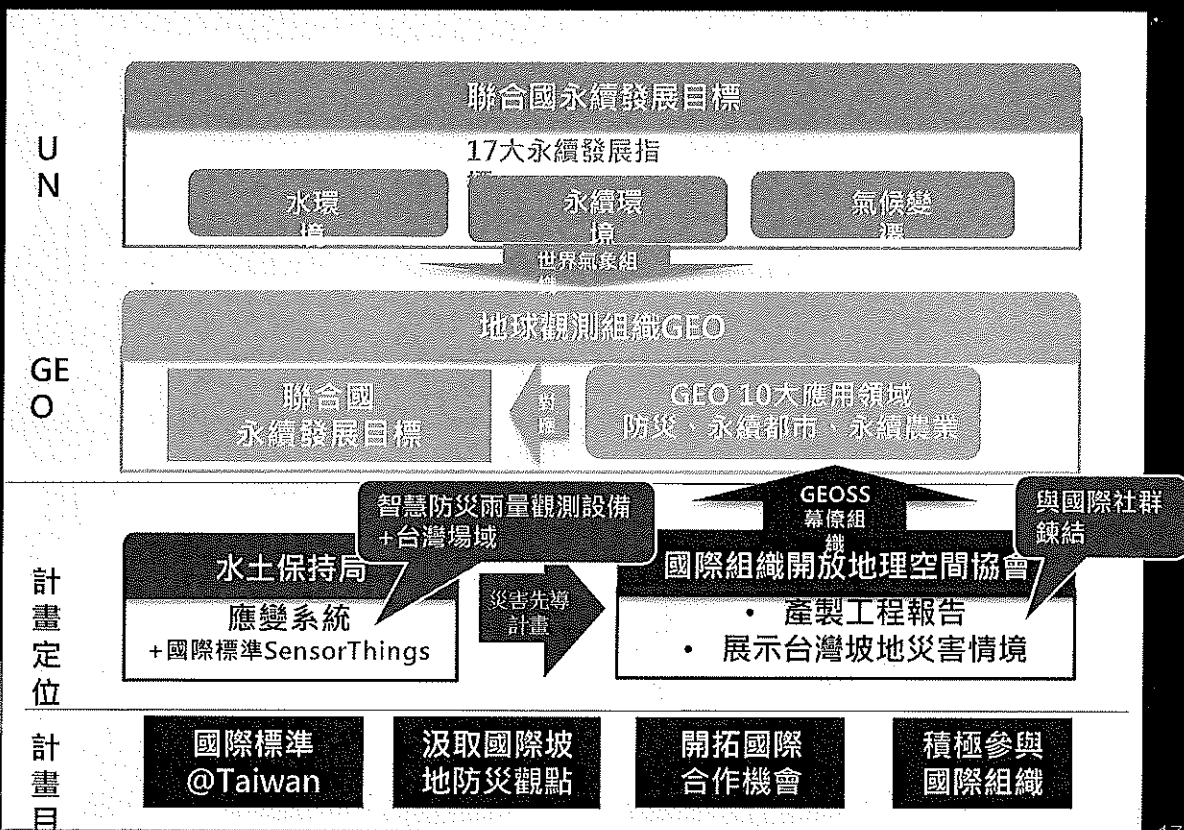
OGC成立於1994年，擁有超過500個來自企業或政府會員，其推動超過40項成功的Geospatial標準，包括WMS, WFS, CityGML, KML, SensorThings API...等





www.gis.tw

參與OGC及GEO之策略與定位



17



www.gis.tw

導入OGC Sensor Things API標準

工作內容

符合OGC SensorThings API標準，以利與國內、國外其他單位交換資料使用。

提供OGC Sensor Things API檢測方式

Available Test Suites

Specification	Version	Test Suite Revision	Status
Catalogue Service - Web (CSW)	2.6.0	1.16	Final
Capabilities Service - Web (CSW)	2.6.0	1.2	Final
Geopackages	1.0	1.1	Final
Geopackages	1.2	1.0	Final
Geography Markup Language (GML)	3.2.1	3.27	
OGC KML	1.1	3.13	
Sensor Observation Service (SOS)	1.0.0	1.15	
Sensor Observation Service (SOS)	1.0	1.12	
Service Fencing Service (SFS)	1.0	1.0	
Sensor Planning Service (SPS)	2.0	1.11	
SensorThings API	1.0	1.2	
Simple Feature Access - OGC (SFA)	1.1	1.6	
Simple Feature Access - OGC (SFA)	1.2.1	1.8	
Web Coverage Service (WCS)	1.0.0	1.15	
Web Coverage Service (WCS)	1.1.1	1.13	
Web Coverage Service (WCS)	1.0.1	1.14	
Web Feature Service (WFS)	1.0.0	1.12	
Web Feature Service (WFS)	1.0.0	1.12	

Test suite: ota-sta10

The SensorThings implementation under test (IUT) is checked against the OGC SensorThings API 1.0

Detailed information about the test suite is available here

Three conformance levels are defined:

- Serving Core
- Create-Update-Delete
- Filtering Extension

Implementations under test

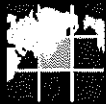
Location of SensorThings IUT

Target URL: <http://localhost:8080/ota-sta10>

Conformance class

- Serving Core
- Create-Update-Delete
- Filtering Extension

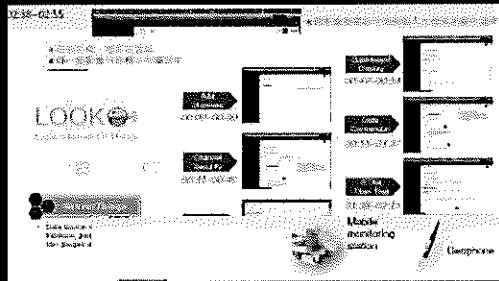
18



www.gis.tw

整合OGC SensorThings API標準與土石流災害情境產製報告及影片

1. 蒐集土石流應變事件既有素材

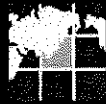
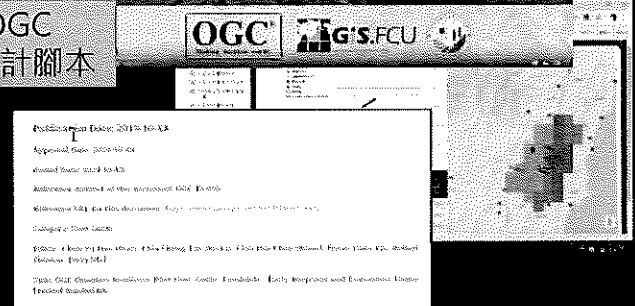
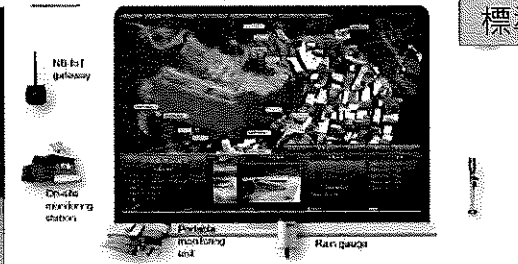


3. 產製4min影片供GEO大會播放

4. 產製OGC認可工作報告

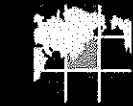
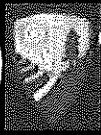


2. 納入OGC標準元素設計腳本



www.gis.tw

2019 Geospatial World 空間地理資訊技術創新獎



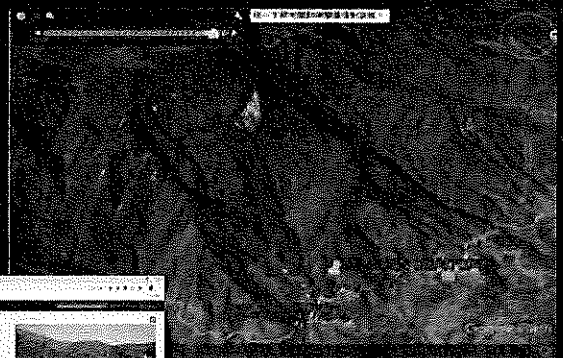
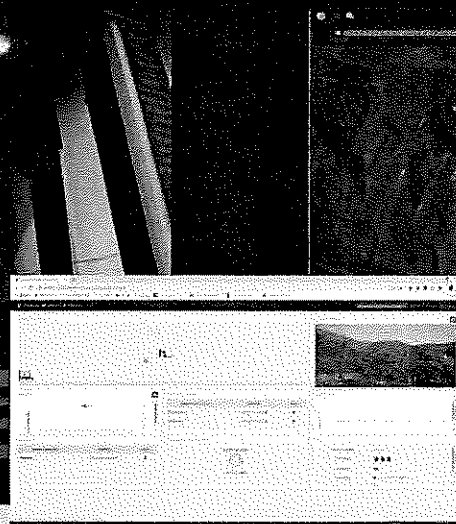
www.gis.tw

Group on Earth Observation (GEO) - Landslide Scenario in Disaster Pilot



Copyright © 2018 Open
Geospatial Consortium

越南觀測站建站





www.gis.tw

結語

-智慧化土砂防災監測-

導入國際空間資訊標準之重要性

-大數據分析、開放資料-

運用數據分析提升監測預警效益

-產官學研合作整合-

打造創新服務

-宏觀智慧監控發展應用-

AI+IoT+VR+AR



Recent Sediment Disasters and Sediment Movement Magnitude

YAMAKOSHI Takao

Sabo Planning Division, Sabo Dept.

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



Overview

- Recent Events
- Sediment Movement Magnitude



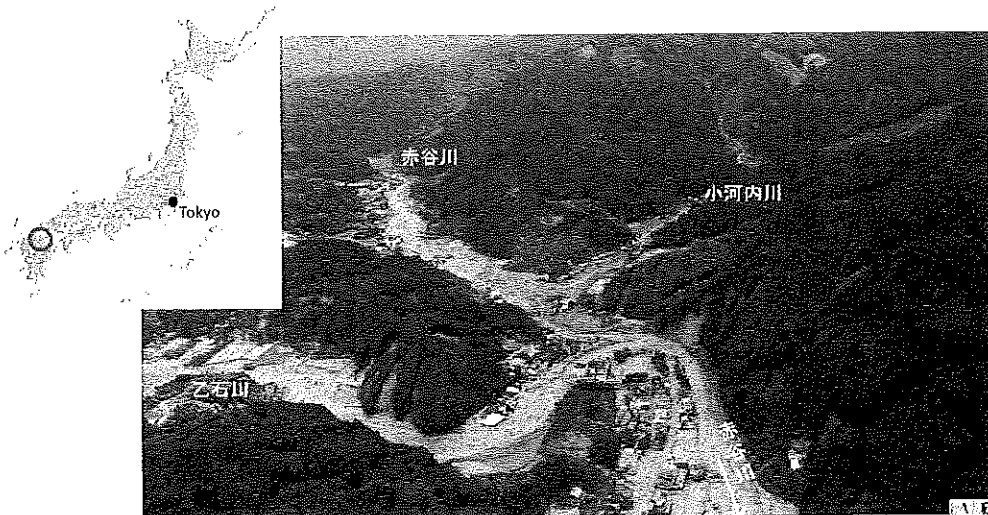
Recent sediment disasters

- Case 1: Sediment disaster due to intensive rainfall in Northern Kyushu, 2017
- Case 2: Sediment and Flood Damage due to intensive rainfall in Marumori Town, 2019



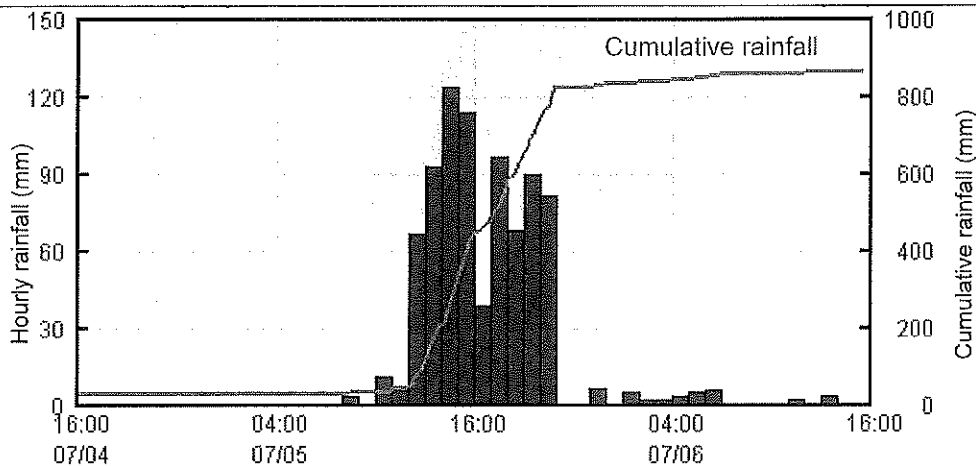
Case 1

- Intensive rainfall induced serious sediment disaster in northern Kyushu, July 2017.
- 20 people were killed and more than 250 houses were damaged.

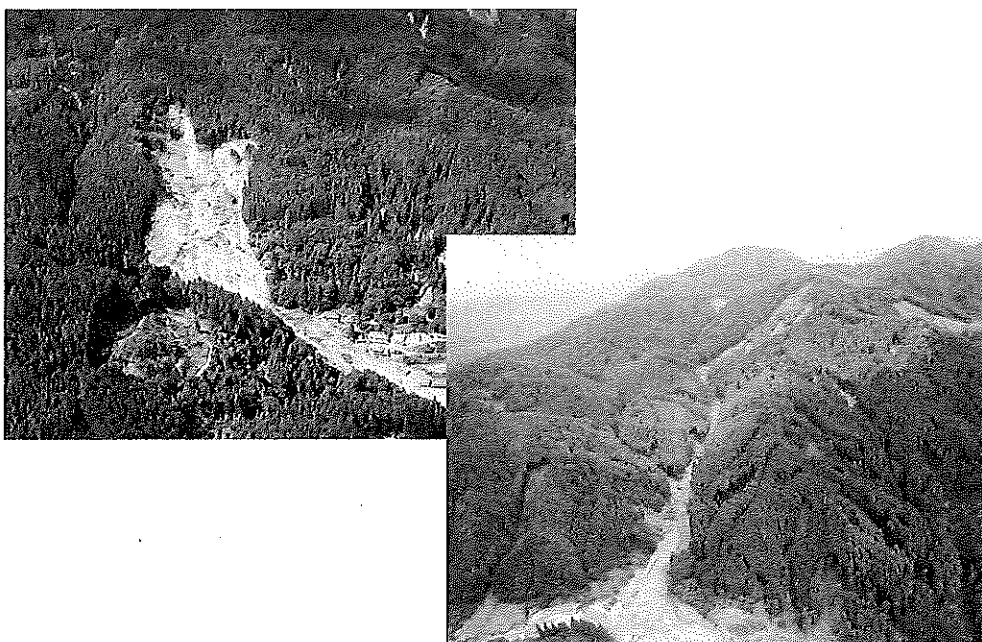


Rainfall

- Extreme rainfall : about more than 800mm per 9 hours.
(24-h rainfall: 829mm / Maximum 1-h rainfall: 124mm)
- Return periods from 1-h to 24-h rainfall exceed several hundreds years.



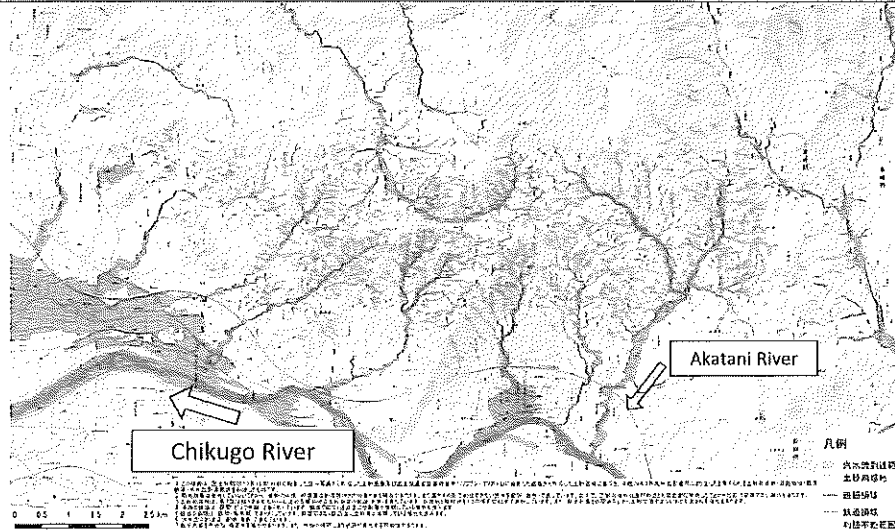
Occurrence of landslides



Distribution of landslides



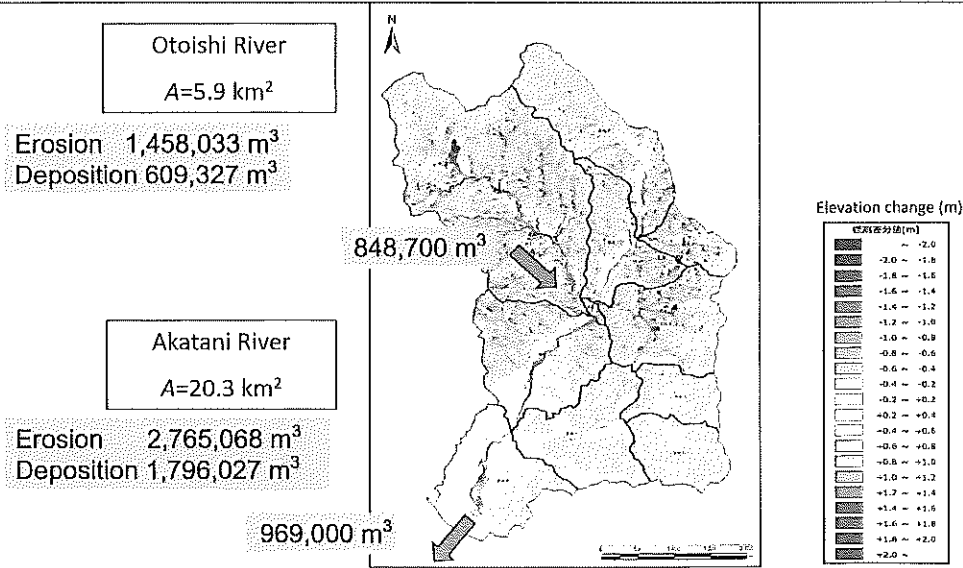
Intensive landslides occurred in small area of ~15km EW and ~7km NS.
 Total area where sediment movement occurred is 4.4km².



Sediment budget



- We analyzed LIDAR survey data before and after the disaster.
- Specific sediment discharge volume was 140000 m³/km² in Otoishi river.

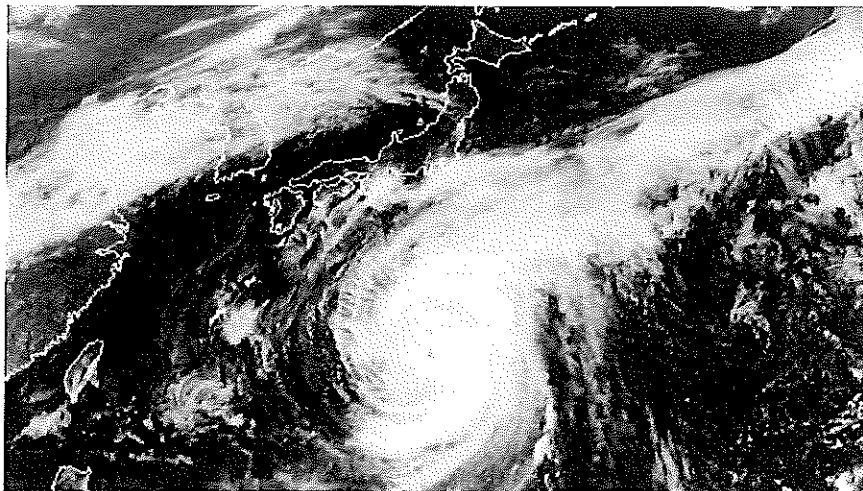




Case 2

- Typhoon Hagibis caused intensive rainfall, which induced serious disaster in Northeastern Japan, Oct. 2019.
- 100 people were killed or missing and more than 15,000 houses were damaged*.

* Source: CAO, Nov.5, 2019



Case 2

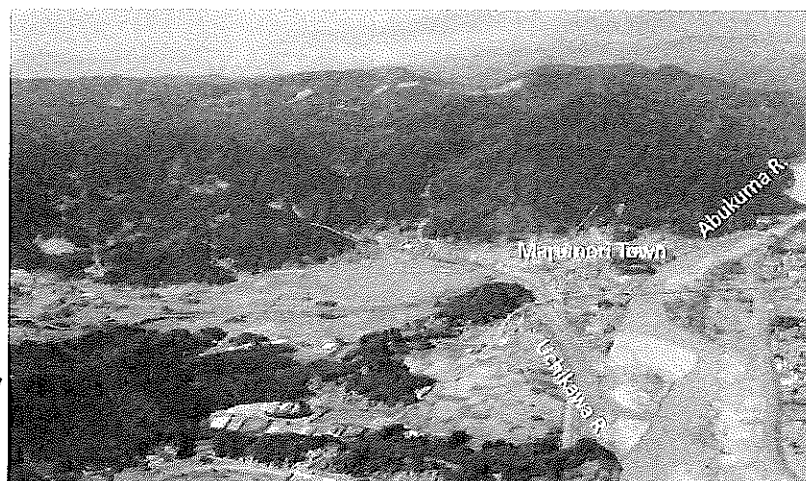
- Typhoon Hagibis caused intensive rainfall, which induced serious sediment disaster in Marumori Town in southern Tohhoku Region, Oct. 2019.
- 11 people were killed or missing and more than 850 houses were damaged*.

* Source: Marumori Town, Nov.1, 2019



Dominant Geology in the river basin: Granite, Granodiorite

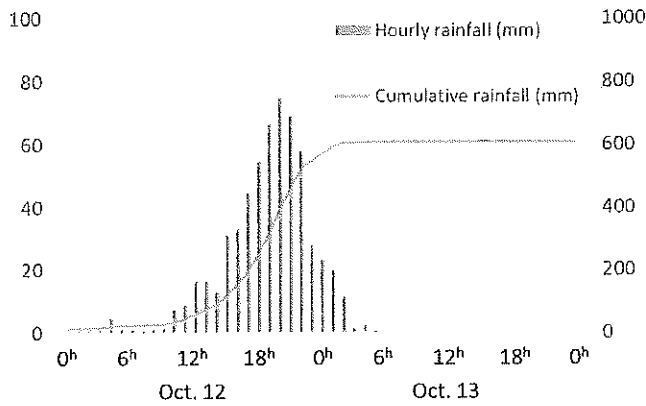
Relatively low relief topography with max altitude of the basin, 692m



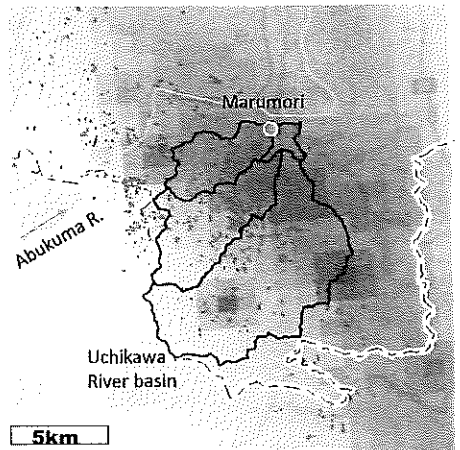


Rainfall

■ Extreme rainfall : about 607.5 mm per 24 hours and maximum 1-h rainfall was 80.5mm.
 ■ Max. 12hr rainfall recorded double of the old record. Distribution of landslides seem to be limited in the area with large amount of rainfall.



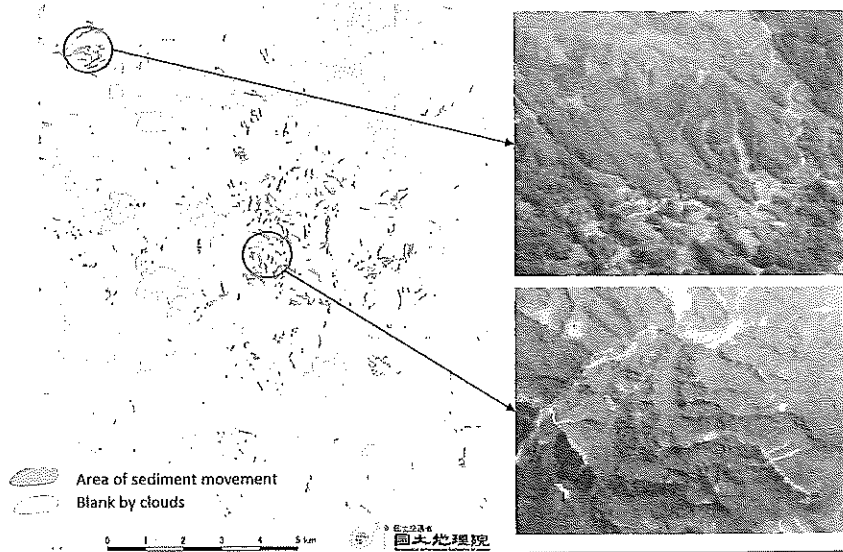
Distribution of Max. 24hr rainfall



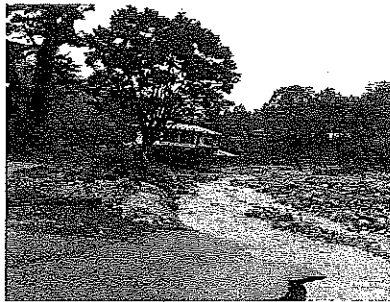
≤140	≤410
≤150	≤420
≤160	≤430
≤170	≤440
≤180	≤450
≤190	≤460
≤200	≤470
≤210	≤480
≤220	≤490
≤230	≤500
≤240	≤510
≤250	≤520
≤260	≤530
≤270	≤540
≤280	≤550
≤290	≤560
≤300	≤570
≤310	≤580
≤320	≤590
≤330	≤600
≤340	≤610
≤350	≤620
≤360	≤630
≤370	≤640
≤380	≤650
≤390	≤660
≤400	

Distribution of landslides

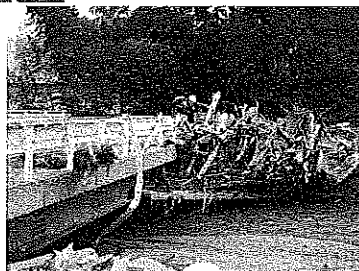
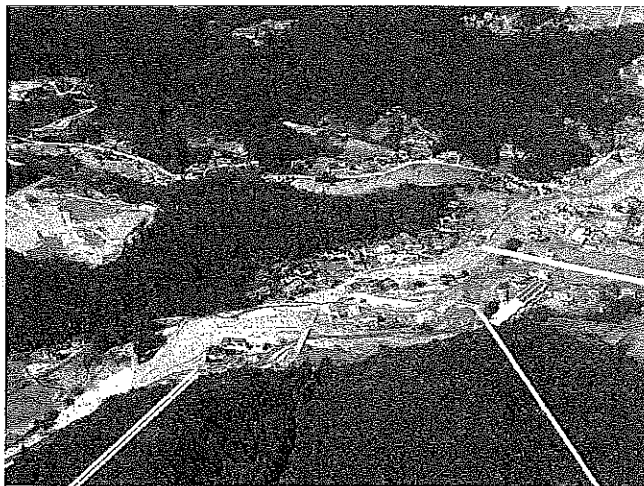
490 landslides and debris flows occurred in catchment area of the Uchikawa River.
 Total area where sediment movement occurred is 0.93km².



410
420
430
440
450
460
470
480
490
500
510
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
650
660



23



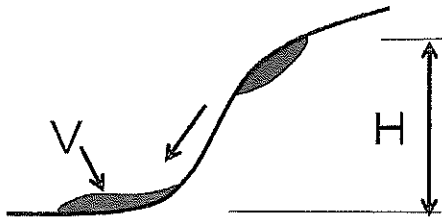
24

Sediment Movement Magnitude



$$SMM_{event} = \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n H_i V_i \right) = 8.0_{QE}$$

H : Vertical drop of landslide *i* (m), V: Volume of landslide *i* (m³)

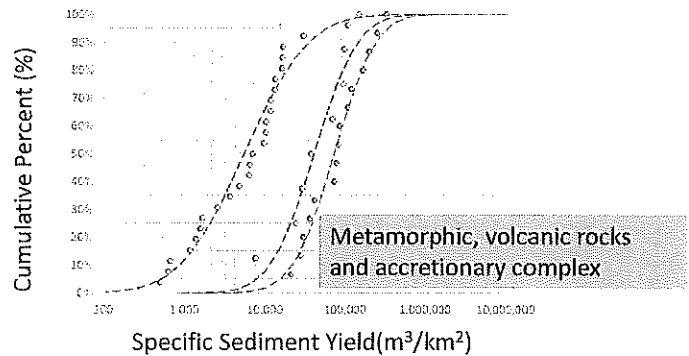
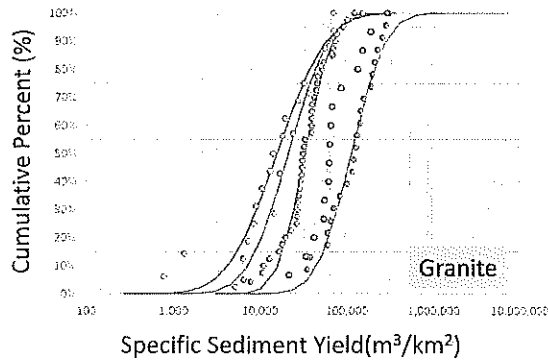


Uchida and Kunitomo (2005)
Hayashi et al.(2015)

SMMevent	Name of Disaster	Volume of sediment (10 ³ m ³)	Number of victims	Number of houses damaged
10.5	Disaster in Kii Peninsula caused by Typhoon Talas in 2011	100,000	62	190
10.4	The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008	130,000	18	3
9.9	Niigata Prefecture Chuetsu Earthquake	100,000	4	93
9.9	Disaster caused by Typhoon Nabi in 2005 (Kysuyu Region)	23,000	11	76
9.4(9.6)	Landslide disaster caused by Heavy Rain in July 2018 (Hiroshima Prefecture)	8,000	87	711
9.3(9.5)	Landslides disaster caused by Northern Kyushu Heavy Rain in July 2017 (Right bank area of Chikugo River)	11,000	20	266
8.8	The 2016 Kumamoto Earthquake	4,400	10	35
8.3(8.5)	Landslides disaster caused by Karlo and Tohoku Heavy Rain in September 2015 (Serizawa area, Nikko city)	800	0	7
8.1	Debris flow disaster at Nagiso caused by Typhoon Neoguri and Baiu-front in July 2014	100	1	13
8	Landslide disaster at Hiroshima caused by Heavy Rain in August 2014	500	74	429
8	Landslide disaster in Hofu caused by Northern Kyushu and Chugoku Heavy Rain in July 2009	2,400	14	91
7.9	Disaster in Izu Oshima caused by Typhoon Wipha in 2013	180	39	203
7.8	Landslide disaster at Tamba caused by Heavy Rain in August 2014	1,000	1	43
7.4	Debris flow disaster at Okaya caused by Heavy Rain in July 2006	100	8	27
7.5	Debris flow disaster at Minamata caused by heavy rain (Baiu-front) from July 19 to 21, 2003	90	19	16
6.7	Debris flow disaster at Dazaifu City, Fukuoka Prefecture caused by heavy rain (Baiu-front) from July 19 to 21, 2003	15	1	40
6.4	Landslides disaster in Semboku caused by heavy rain in August 2013	15	6	6

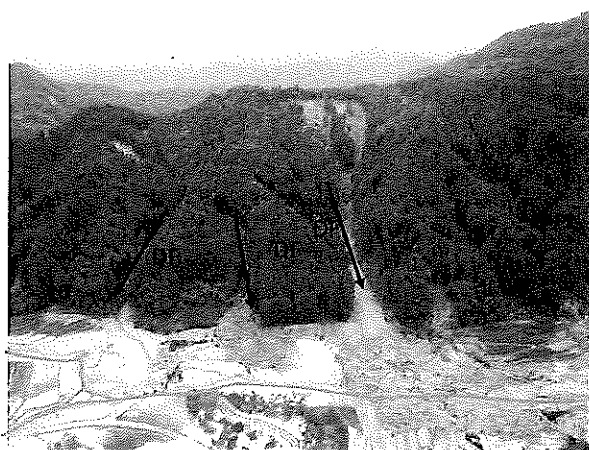
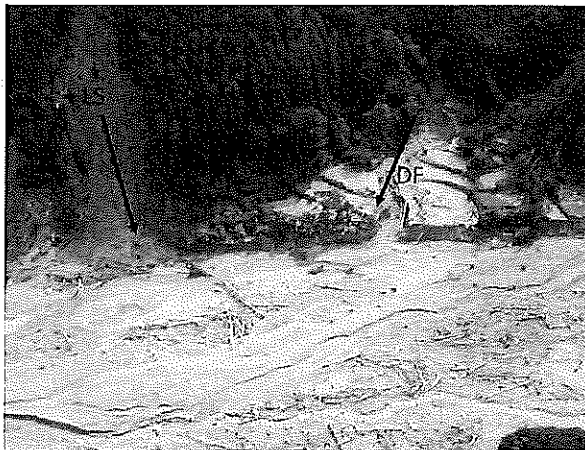
Assessment of Potential of Sediment Yield

- LiDAR survey reveals precise amount of sediment yield by landslides.
- Specific sediment yield varies more than one order even in the area with same geology and same amount of rainfall



Assessment of Potential of Sediment Runoff

- A challenge to evaluate “Connectivity”, which controls sediment delivery from source to river channel, is now undergoing.





Summary

- Due to intensive rainfall in mountainous river basin, many landslides and debris flows occurred simultaneously in relatively small area and large amount of sediments discharged from mountain area, which caused serious damage in the down streams.
- Magnitude of the sediment disasters differs widely even under the similar rainfall amount and geology.
- These kinds of phenomena have seldom occur so far in the north-eastern part of Japan, but it occurred. Climate change?
- Anyway, NILIM is seeking for method to evaluate potential risk of sediment and flood damage not only through empirical approach but also through some simple assessment using universal data, such as topography, geology...

大規模崩塌應變管理之建立

Disaster Management for Large-Scale Landslide in Taiwan

*賴文基、蔡元融、謝正倫

國立成功大學防災研究中心

Dec. 9th, 2019 @ 砂防会館, 東京

1

**INVESTIGATION FOR LARGE-SCALE
LANDSLIDE**

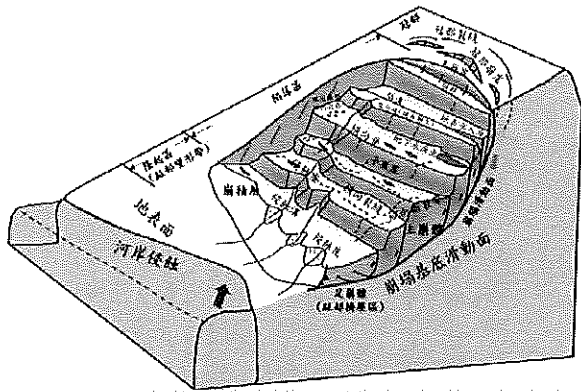
大規模崩塌的調查

2

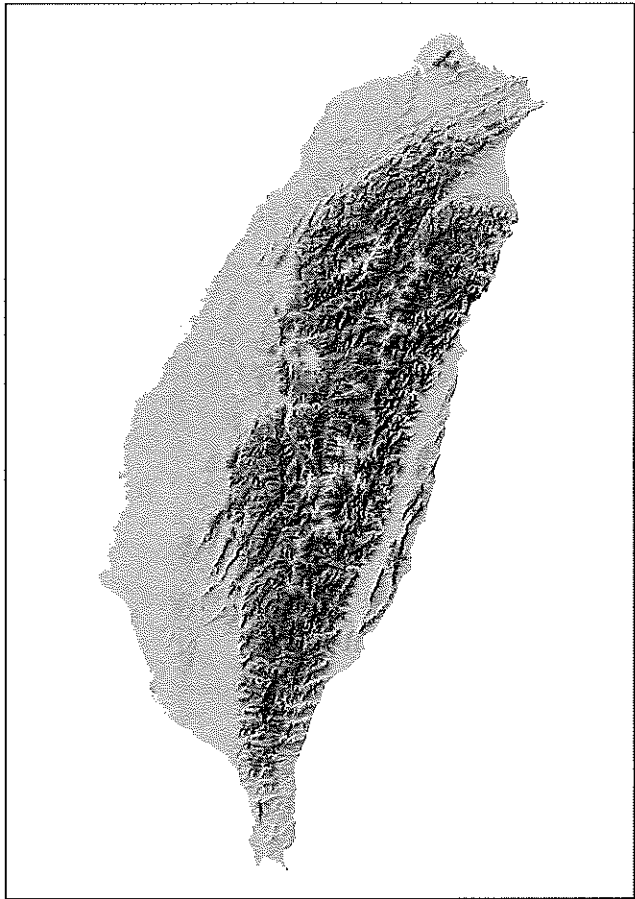
Identification of Large-scale Landslide Potential Areas

大規模崩塌的調查

小林村災害後，台灣政府啟動了高精度光達掃描計算，產製全島尺度之1m數值地形



類似小林村的大規模崩塌潛勢區的調查就是這個計劃的主要目的之一。
(Lin, 2013)

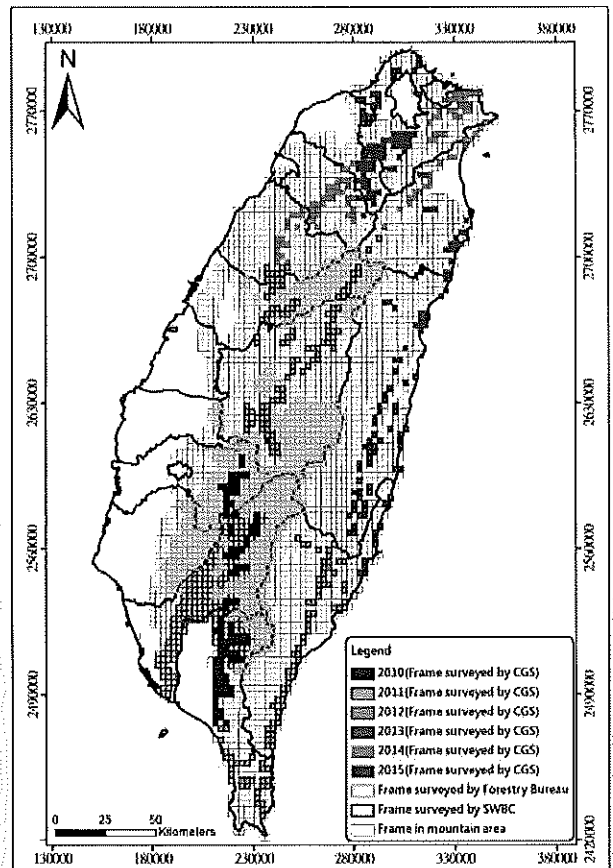


Identification of Large-scale Landslide Potential Areas

大規模崩塌的調查

□從2010至2015年，在地質調查所、林務局與水土保持局的工作下，共調查了9,230處潛在在大規模崩塌區。

Large Scale Landslide	Central Geological Survey 地調所	Forestry Bureau 林務局	SWCB 水保局	SUM
判釋面積 (km ²)	4,277	15,392	862	20,174
潛勢區面積 (km ²)	463	2,256	85	2,705
潛勢區數量	1,691	7,722	236	9,230



Priority of Large-scale Landslide Potential Areas

潛在大規模崩塌區的分級

Occurrence Degree

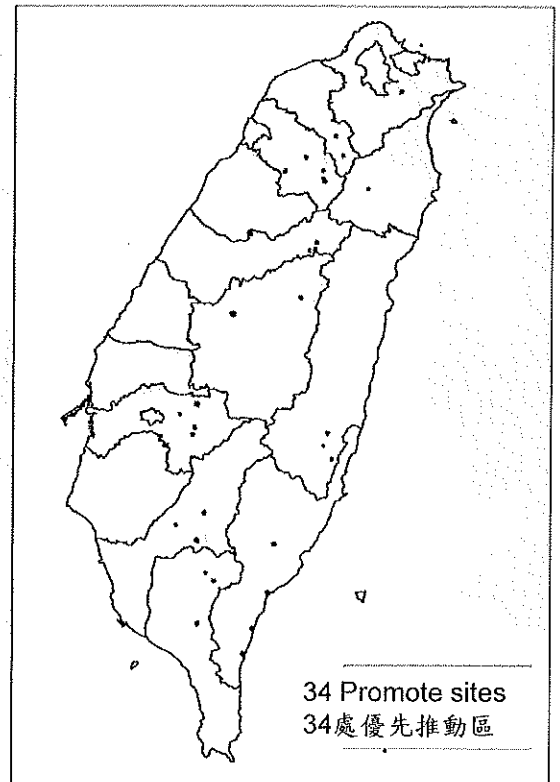
Analysis with slope, lithology, Dip slope, Distance to river or geological structure
根據潛勢區之坡度、岩性、順向坡、與水系距離、與構造距離等因子進行分析

Protected Targets

Analysis with area and location,
根據潛勢區之位置與面積進行分析

Activity

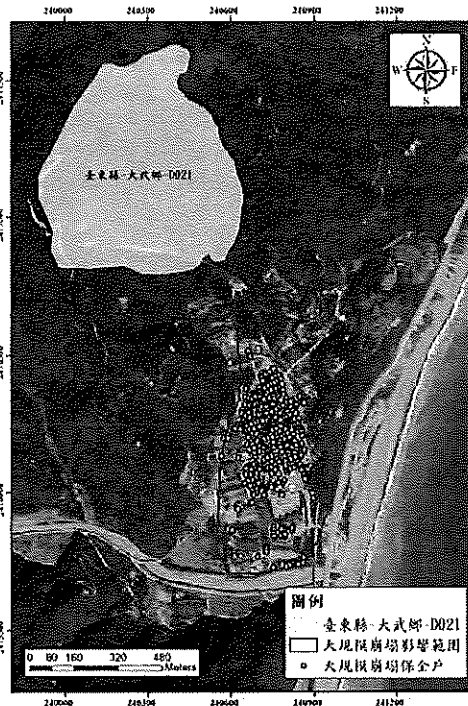
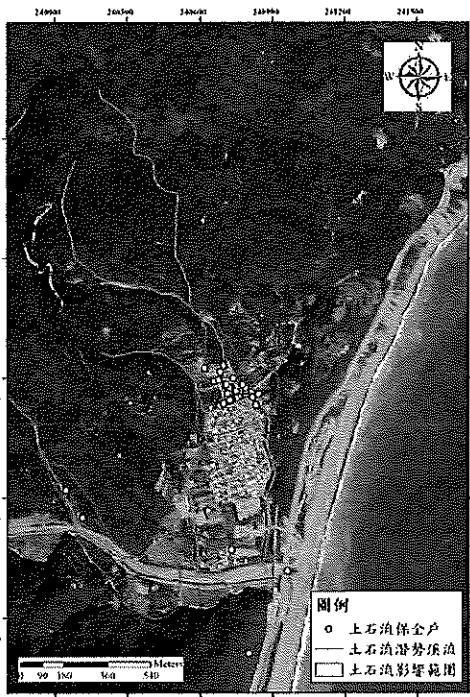
Analysis by deformation velocity
根據潛勢區地表變形速度進行分析



COMPARISON BETWEEN LARGE-SCALE LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW

大規模崩塌潛勢區與土石流潛勢溪流之比較

第1類型 (大規模崩塌潛勢區位屬土石流潛勢溪流集水區)

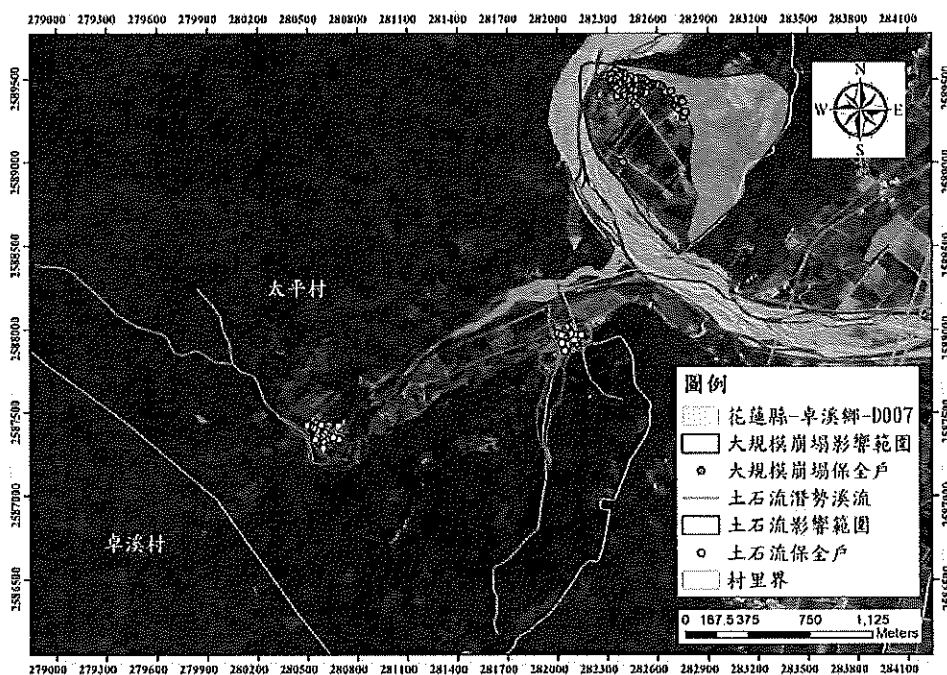


有16區位於13條土石流潛勢溪流集水區內。

臺東縣-大武鄉-D021
(大鳥聚落)

7

第2類型 (大規模崩塌潛勢區位非位屬土石流潛勢溪流集水區)

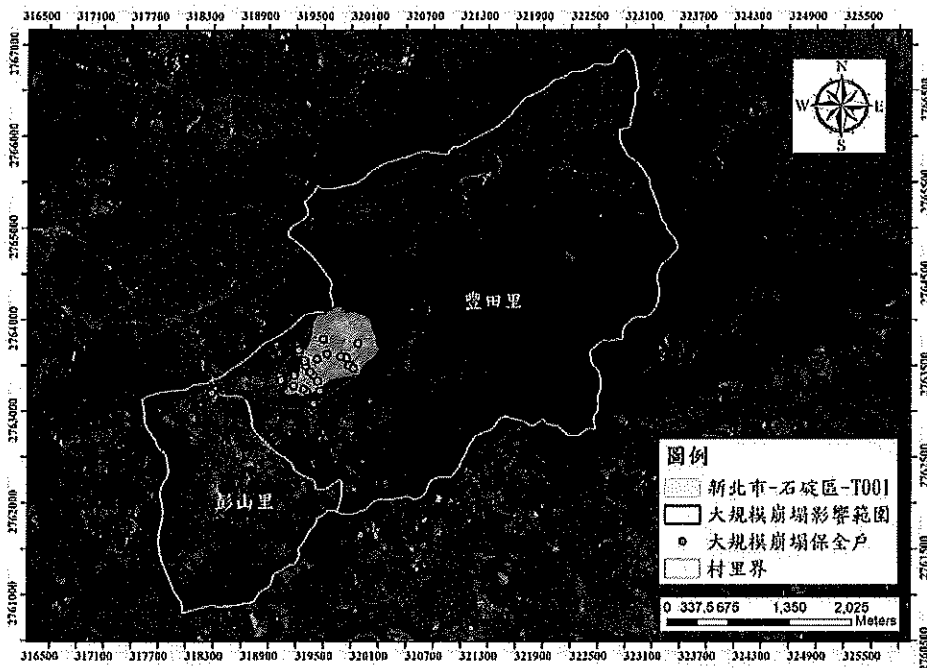


有13區非位於土石流潛勢溪流集水區內，但村里內有土石流潛勢溪流

花蓮縣-卓溪鄉-D007 (太平聚落)

8

第3類型 (大規模崩塌潛勢區所在村里內無土石流潛勢溪流)



有5區非位於土石流潛勢溪流集水區內，且村里內沒有土石流潛勢溪流

新北市-石碇區-T001 (華梵大學)

9

小結

- ✚ 如果想將大規模崩塌整合至現行土石流防災系統，將遭遇下列問題
- ✚ 危險區域之劃設
 - ↳ 大規模崩塌是否會增加危險區域?增加多少?
- ✚ 預警系統之開發
 - ↳ 大規模崩塌是否由降雨誘發?有沒有其他因子?

10

HAZARD MAPPING FOR LARGE-SCALE LANDSLIDE

大規模崩塌影響範圍之劃設

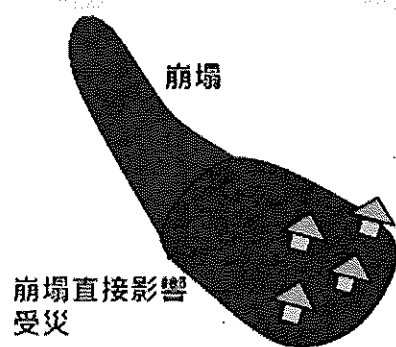
11

Disaster after occurred of Large-scale landslide

大規模崩塌災害類型

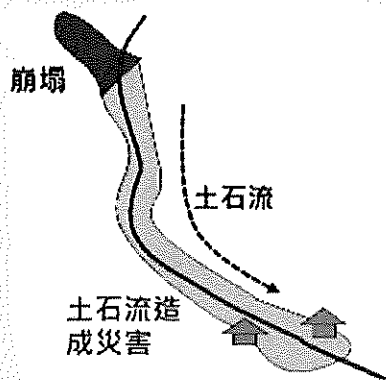
直接影響

其運動過程主要受重力影響，主要致災範圍即為坡趾堆積區



崩塌誘發土石流

崩塌土體進入河道後，以土石流方式持續往下游堆積，進一步增加其致災範圍。



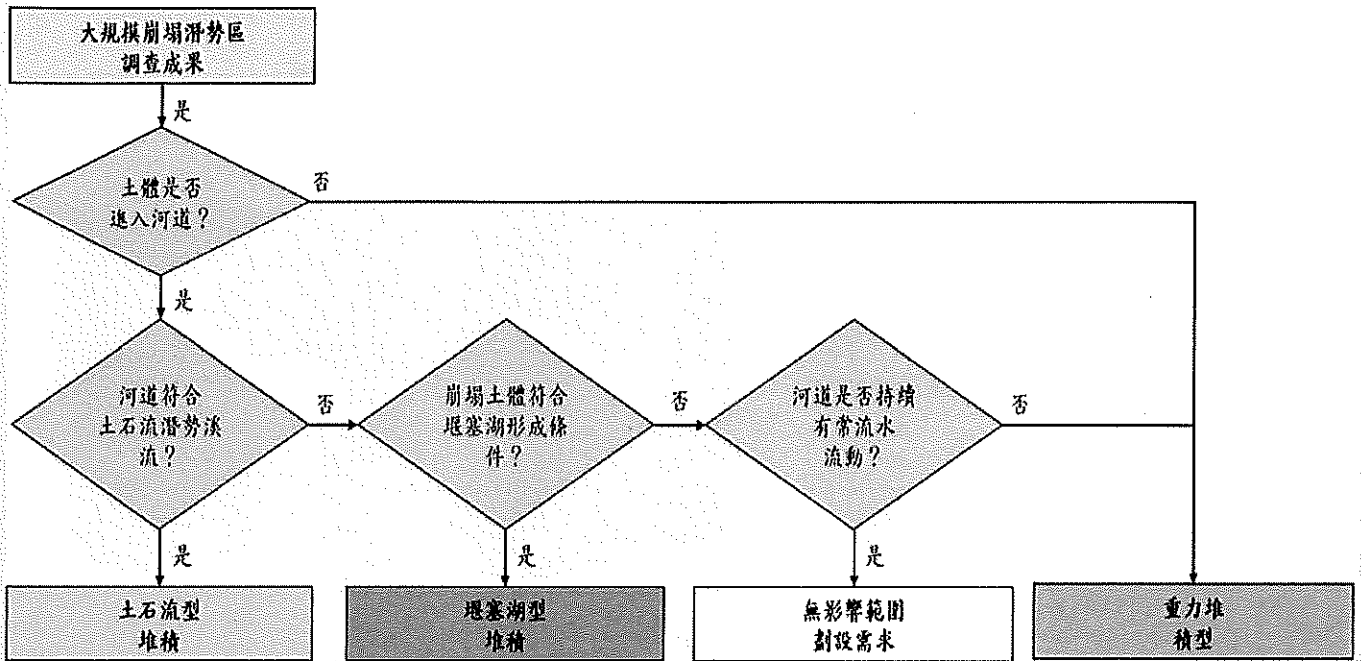
崩塌形成堰塞湖

崩塌發生後土體阻斷河道，形成堰塞湖天然壩。其致災範圍除壩體堆積區外，尚需考量潰壩後影響範圍。



12

Flowchart of the effecting area classified 致災類型分類與判釋流程



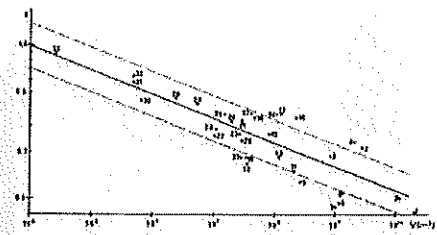
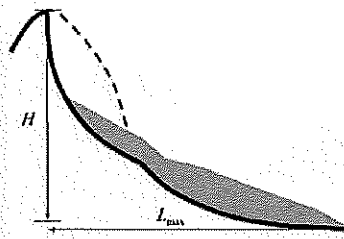
Hazard Mapping : Empirical Method 經驗法

Maximum Runout Distance, L_{max}

最大移動距離

$$f = \log\left(\frac{H}{L_{Max}}\right) = 0.624 - 0.157 \log V$$

(Scheidtger, 1973)

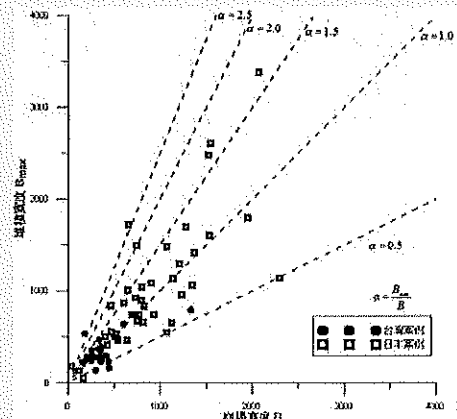
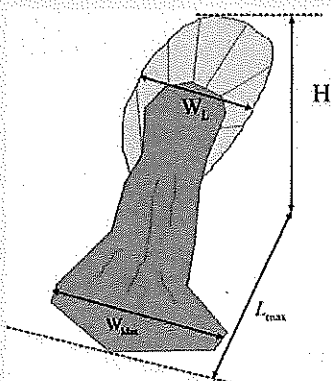


Maximum Deposition Width, W_{max}

最大堆積寬度

$$W_{Max} = 2W_L$$

(Shieh, Tsai, 2015)



Hazard Mapping : Numerical Method

數值法

2-D Landslide Movement Simulation

- 2-D Landslide Movement Model
Developed by Egashira, Miyamoto, Itoh (2000)
- The model is applied for landslide movement on a rigid slope.
- Constitutive formula of landslide movement is derived from Energy dissipation $\tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \Phi$
- Energy dissipation include
 - friction of particle to particle Φ_s
 - inelastic collision Φ_g
 - shearing of pore water Φ_f

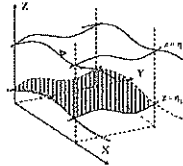
給定參數

- 材料內摩擦角: 35°
- 平均材料粒徑: 0.5 meter
- 材料密度: 2650 kg/m^3
- 流體密度: 1000 kg/m^3

Governing Equations for Landslide Movement

• $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ (concentration steady)

- No erosion



Mass conservation equation of soil block

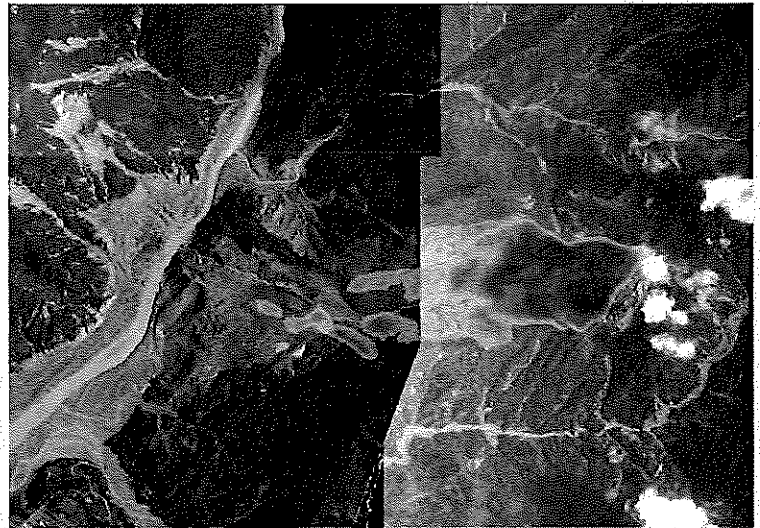
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M_x}{\partial x} = 0$$

h : flow depth
 M_x : flux of soil block

Momentum Conservation Equations for soil block

$$\frac{\partial M_x}{\partial t} + \beta \frac{\partial u_x M_x}{\partial x} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{01}}{\rho_m}$$

u_x : depth-averaged velocity
 g : gravity acceleration
 H : free surface level
 τ_{01} : bed shear stress
 ρ_m : mass density of soil block



劃設方法之比較



經驗法可以快速的量化影響範圍



數值法提供了運動速度、堆積厚度及影響範圍

小結

- ✦ 大規模崩塌影響範圍可以透過經驗法或是數值法來予以量化。
- ✦ 在分類1中，危險範圍的訂定應納入大規模崩塌之影響予以擴大，而分類2與分類3則可透過影響範圍劃設成果來指定新的危險範圍。

面臨挑戰

- ✦ 保全對象將會增加
 - ↳ 34處優先區內將由 1,003 戶增加至2,717戶
 - ↳ 現行避難疏散的資源準備須提升
- ✦ 地方民眾反對
 - ↳ 因缺乏大規模崩塌災害之理解，而不願配合

OCCURRENCE RAINFALL OF LARGE-SCALE LANDSLIDE 大規模崩塌發生雨量分析

Relationship between Rainfall and Landslide

降雨與地滑之關係

降雨尖峰後會有 1-2 天的延遲

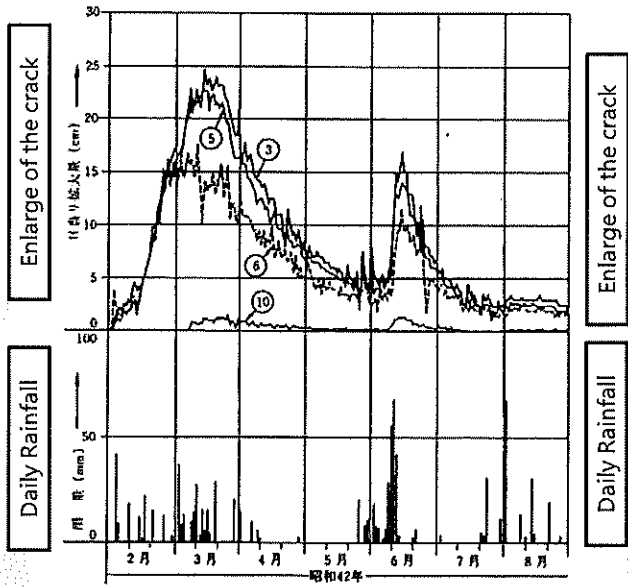


圖 3.54 大阪府龜の瀨地すべり地の清水谷地すべりにおける降雨と亀裂拡大量の関係 (建設省大和工事事務所 45) による

Time

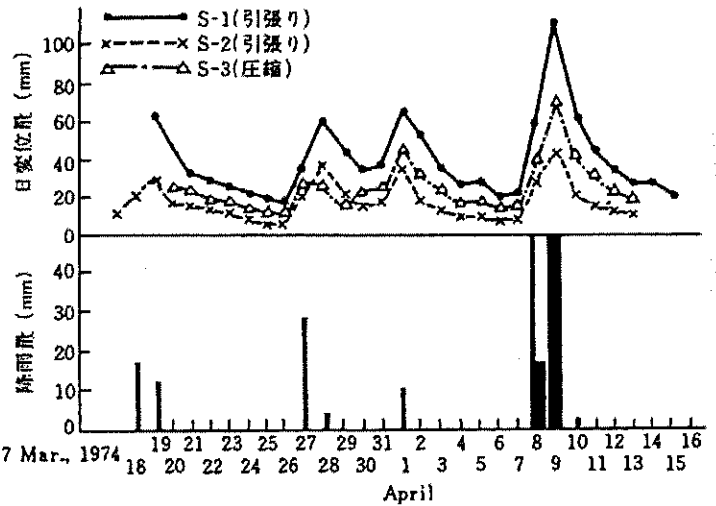


圖 3.50 日変位量 (伸縮計による) と降雨量との関係

Time

Relationship between rainfall and Large-scale Landslide case

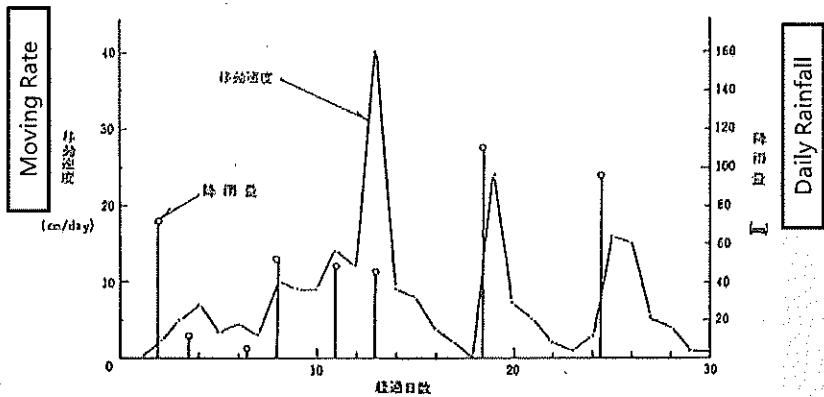
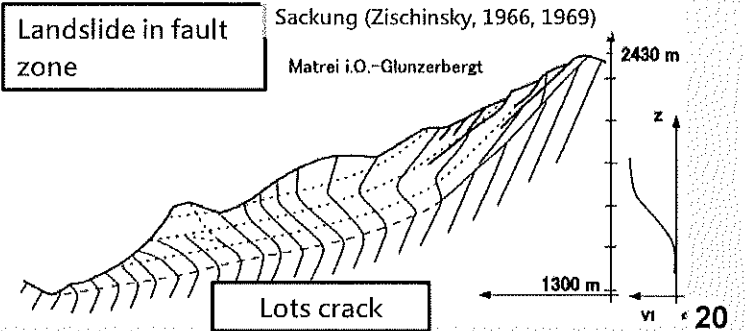
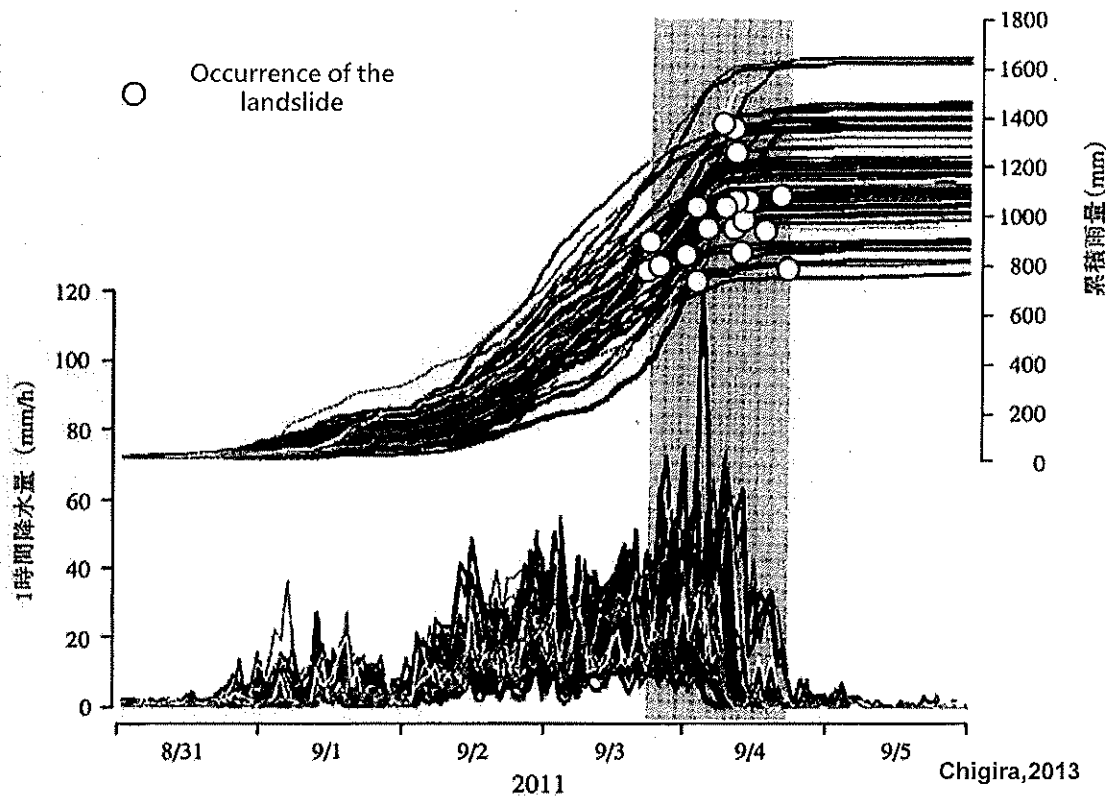


圖 2.9 移動速度と降雨量の関係 (岐阜県地すべり)

若岩體嚴重破碎，與尖峰雨量時間差將縮短至 0.5-1 天

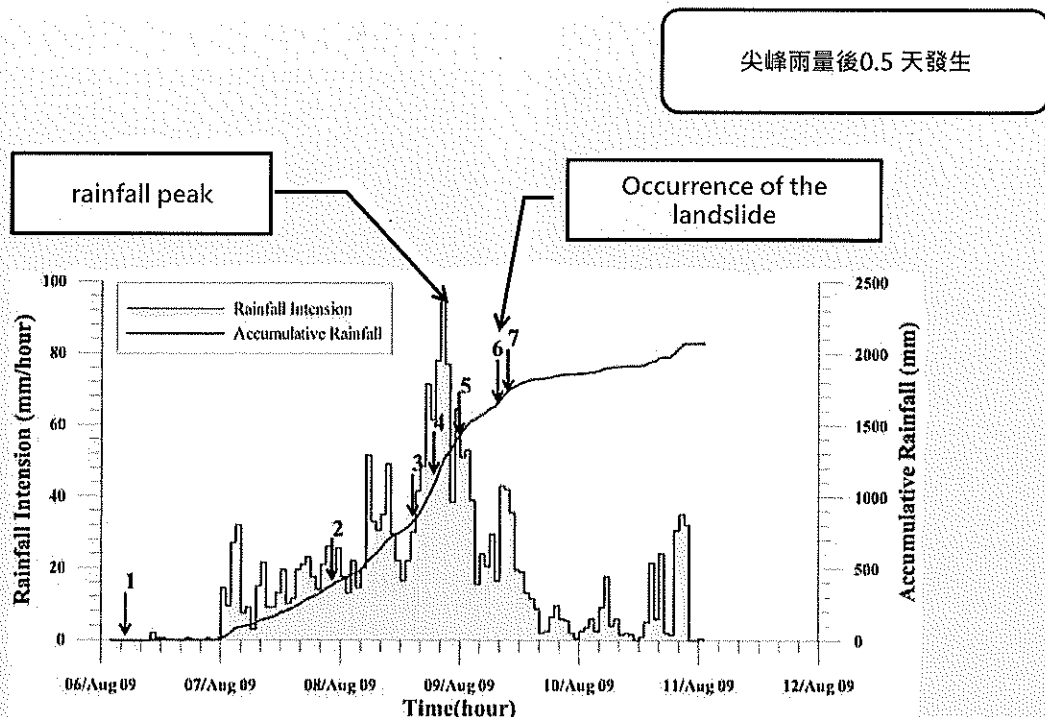


降雨與大規模崩塌之關聯性 (2011, Typhoon #12 日本案例)



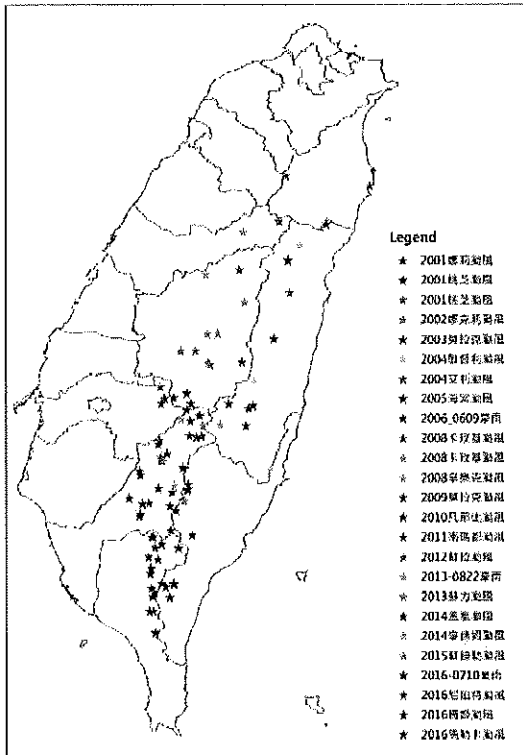
21

降雨與大規模崩塌之關聯性 (2009, Typhoon Morakot 台灣案例)



22

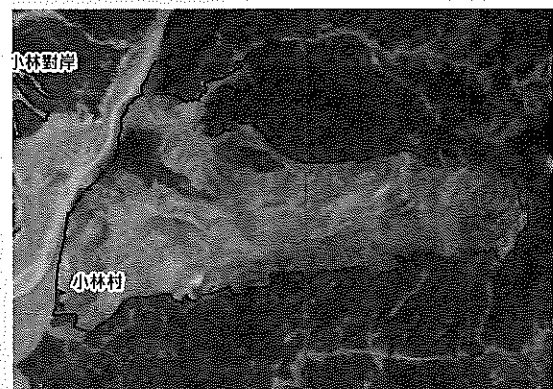
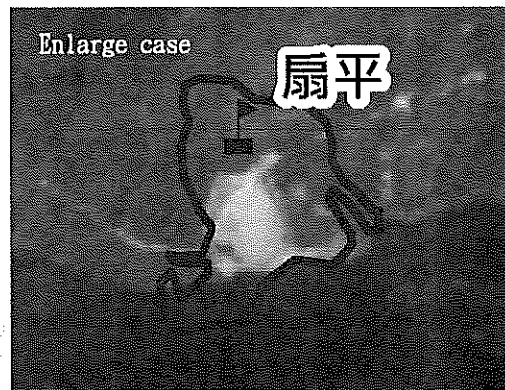
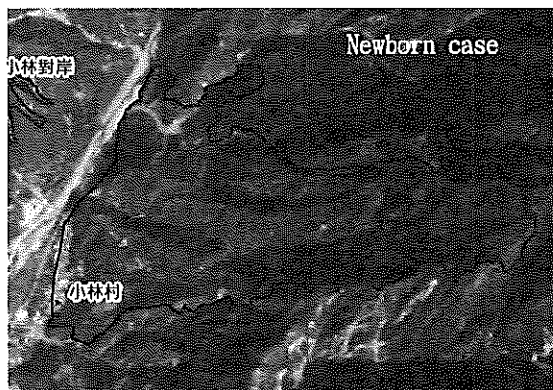
大規模崩塌黃色警戒雨量值之訂定



• 從2001-2016年期間之22場降雨事件得到259筆已發生之大規模崩塌案例。

- 80筆知道確實發生時間案例
 - 28筆案例為新生案例
 - 52筆為擴大案例
- 179筆知道誘發崩塌之降雨事件，但不知確實發生時間案例
 - 79筆為新生案例
 - 100筆為擴大案例

CLASSIFIED OF LANDSLIDE EVENTS



崩塌案例雨量之計算

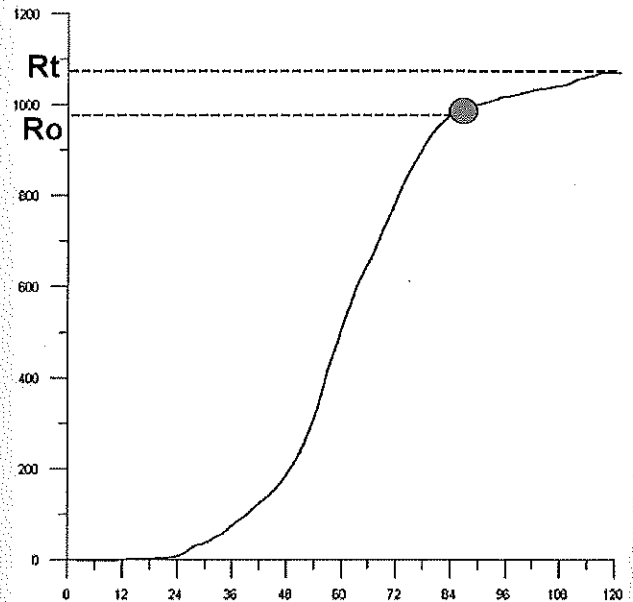
發生雨量 R_o (Occurrence Rainfall)

↪ 針對已知崩塌發生時間之案例，自降雨開始至崩塌發生為止之累積雨量。

降雨事件總雨量 R_t (Event Rainfall)

↪ 針對僅知促崩之降雨事件但未知崩塌發生時間之案例，自降雨開始至降雨事件結束為止之累積雨量

發生雨量 \leq 事件總雨量



發生雨量特性統計

↓ R_o from 800 – 1998 mm
(28 newborn records)

R_o (mm)	records
800- 1000	15
1000 - 1500	12
1500 - 2000	1
> 2000	0

事件雨量特性統計

↓ R_t from 800 – 2384 mm
(79 newborn records)

R_t (mm)	records
800	1
800- 1000	12
1000 - 1500	34
1500 - 2000	28
> 2000	4

無因次雨量(R_0/D)定義與分析

崩塌雨量 R_0 (m)

利用前述之發生雨量進行計算

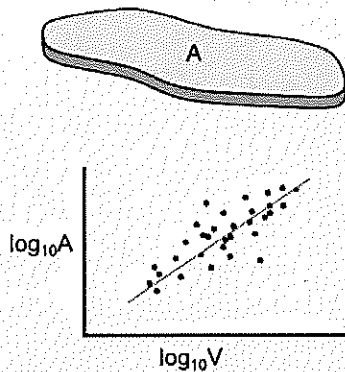
崩塌平均厚度, D (m)

利用崩塌面積 - 體積公式進行計算

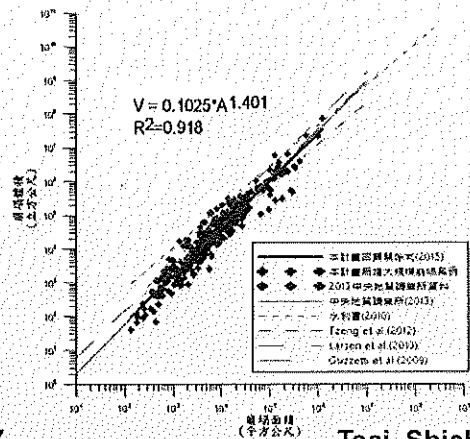
崩塌平均厚度計算 $D = V/A$

崩塌面積 - 體積公式 $V = 0.1025A^{1.401}$

Tsai, Shieh, 2015



S. McDougall, 2017



Tsai, Shieh, 2015

無因次坡度(Φ/θ)定義與計算

平均坡度, θ (degree)

利用地形資料進行平均坡度之計算

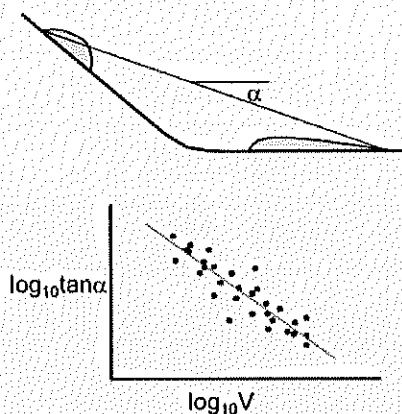
等價摩擦角, ϕ (degree)

利用崩塌體積-移動距離公式進行計算

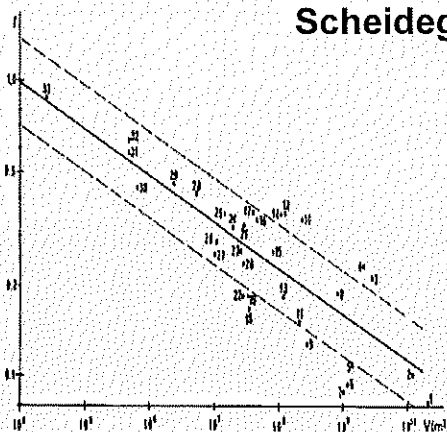
崩塌厚度計算 $f = \tan \phi$

崩塌體積 - 移動距離公式 $\log_{10} f = -0.1466 \log_{10} V + 0.62419$

Scheidegger, 1973

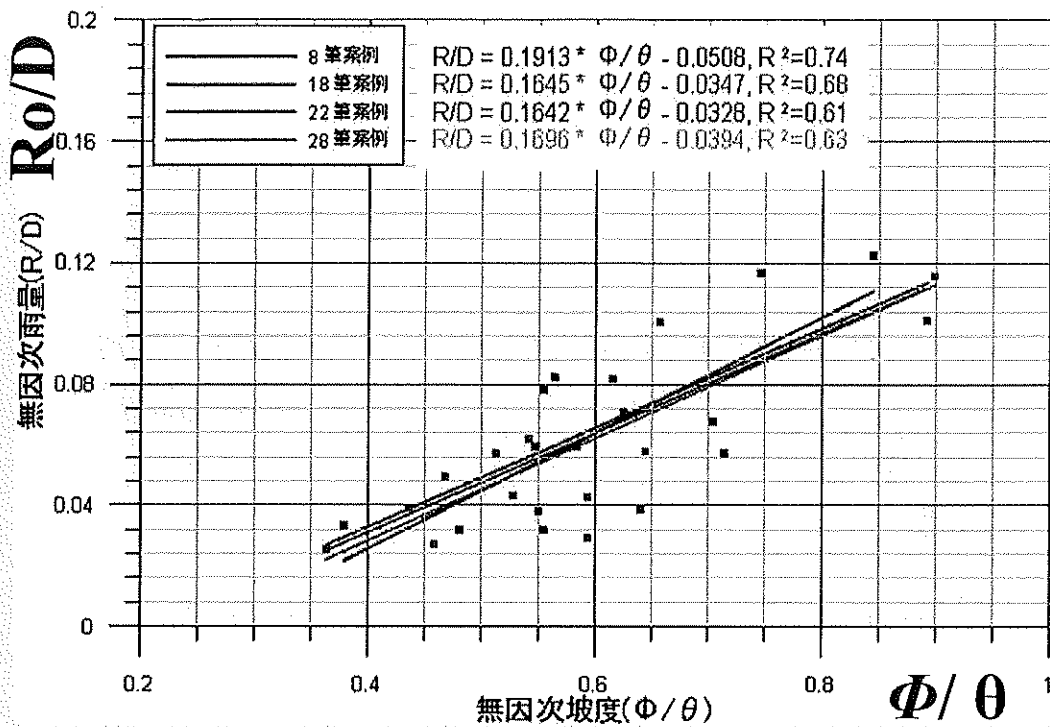


S. McDougall, 2017



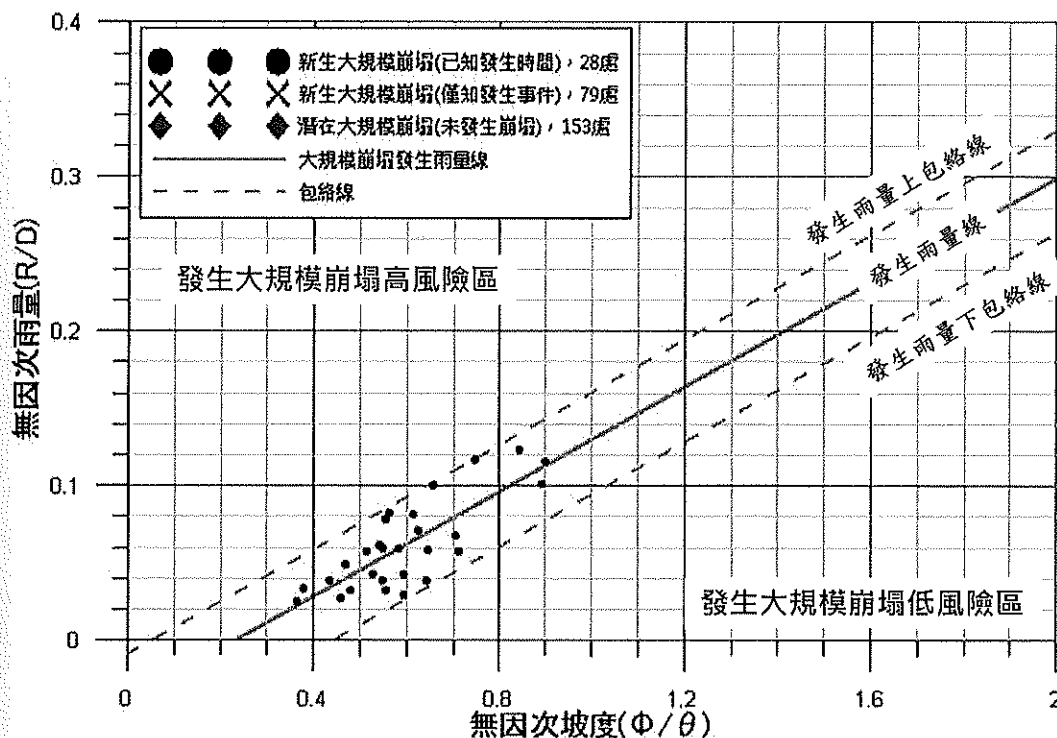
Scheidegger, 1973

Relationship between R_o/D and Φ/θ

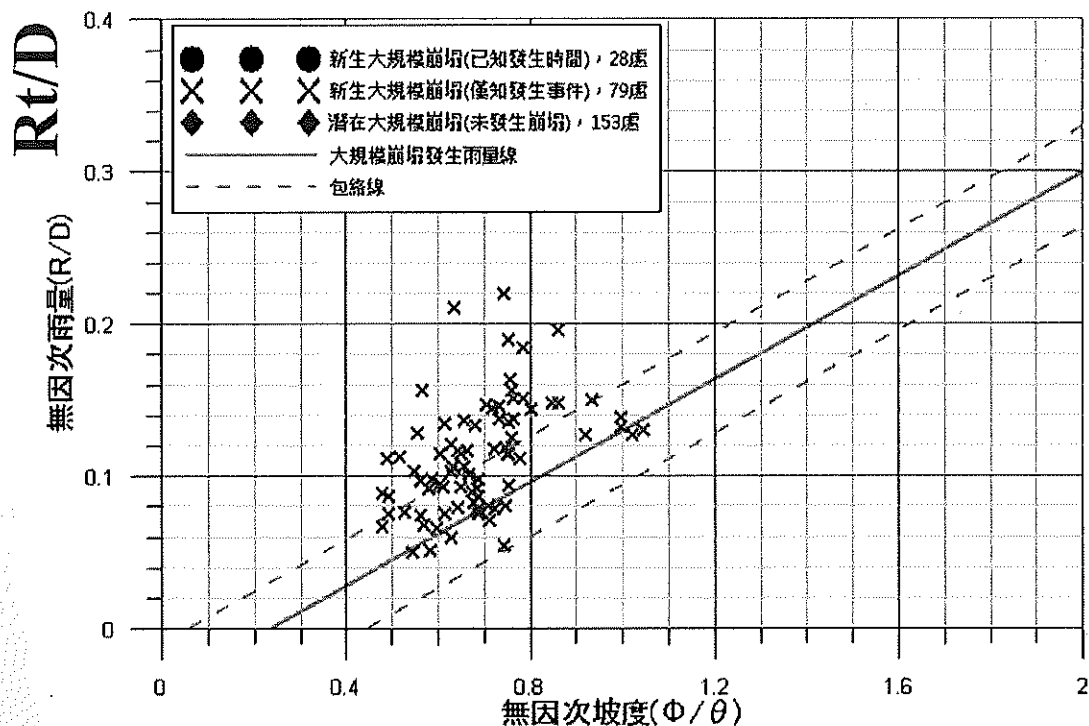


將已知確切發生案例(逐年從8筆案例增加到18筆、22筆、28筆案例後)，點繪於圖上，分析成果呈現相同的趨勢，顯示良好的一致性。

大規模崩塌發生雨量線建立

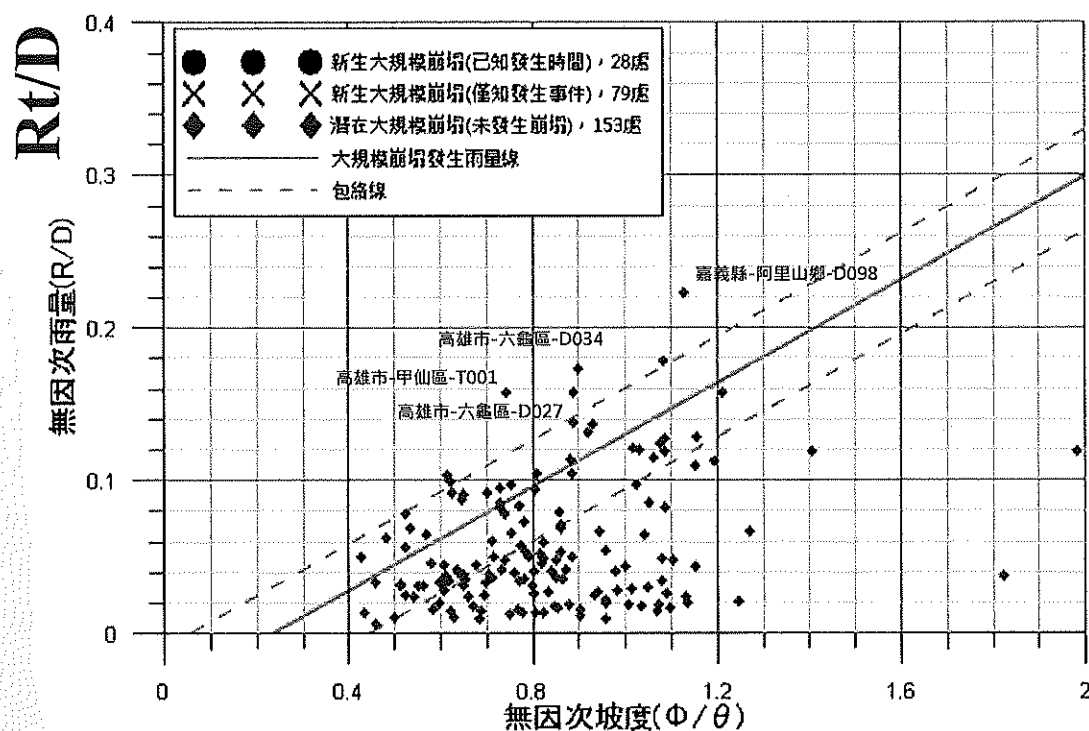


大規模崩塌發生雨量線之驗證



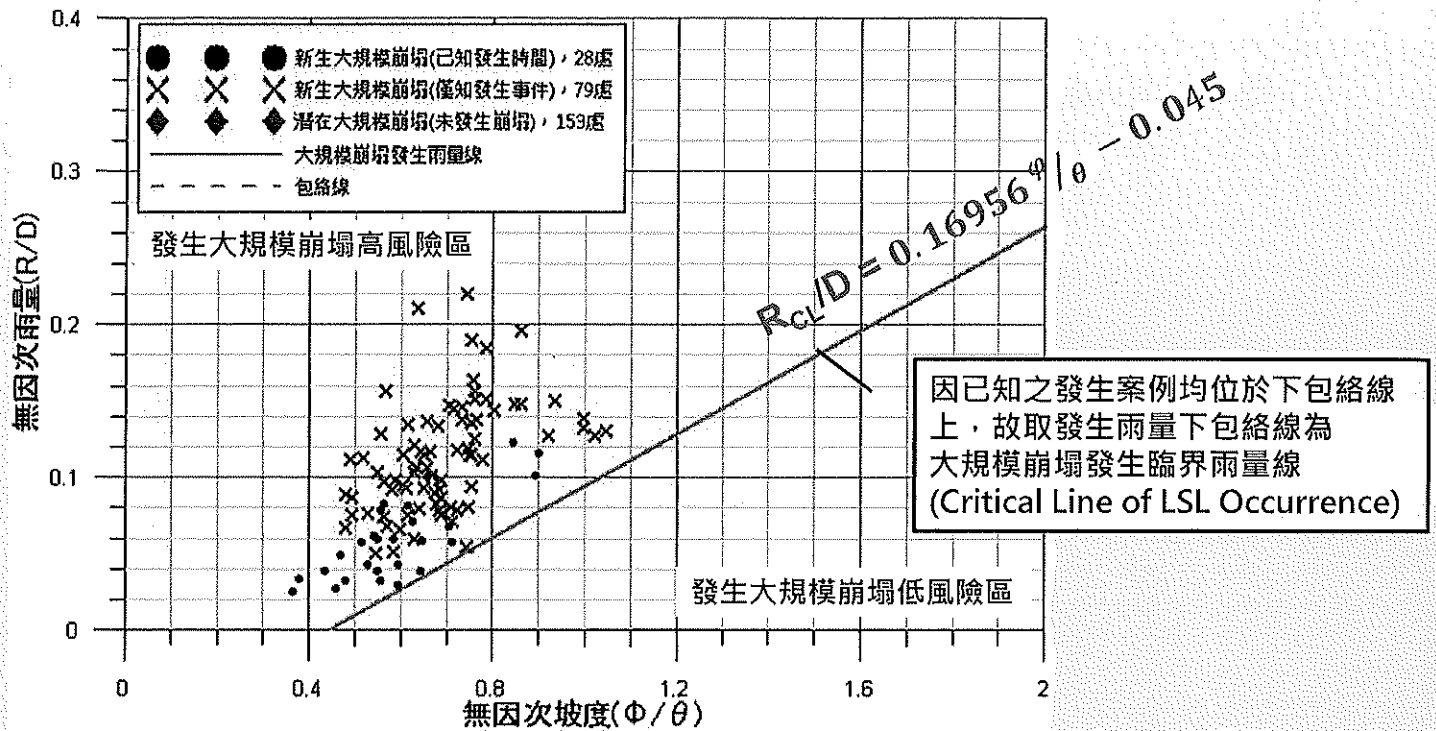
取79處(僅知促崩降雨事件, 未知確實發生時刻)案例, 採降雨事件總雨量, 結果多分布於下包絡線上方。

大規模崩塌發生雨量線之驗證

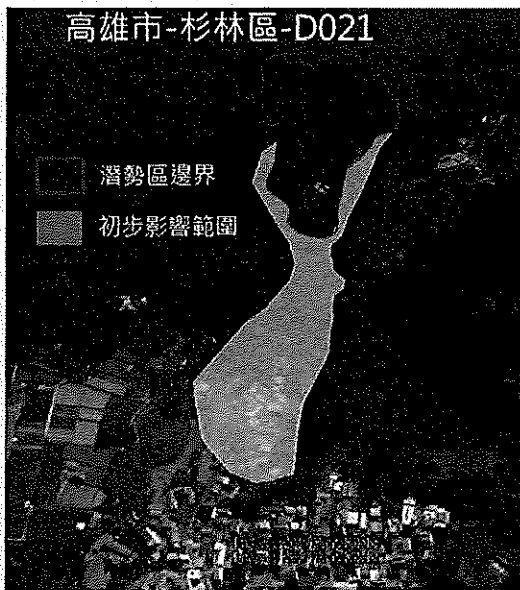


取153處潛勢區(未發生全面崩塌)進行分析, 採用歷史最大降雨事件總雨量, 則多分布於上包絡線下方(97.4%)。

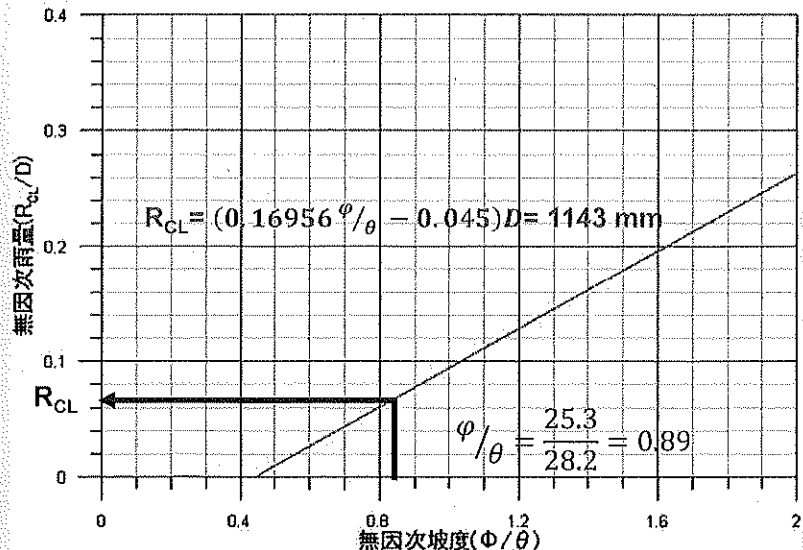
大規模崩塌發生臨界雨量線之設定-下包絡線



大規模崩塌發生臨界雨量之計算



崩塌區面積(A) 10 公頃 推估崩塌體積(V) 32萬立方公尺
 潛勢區坡度(θ) 28.2 度 計算崩塌深度(D) 10.5 公尺
 等價摩擦角(ϕ) 25.3 度



臨界雨量特性統計 R_{CL}

↓ RCL from 1200 – 2400 mm
(34 potential LSL)

R _{CL} (mm)	records
800- 1000	0
1000 - 1500	9
1500 - 2000	23
> 2000	2

↓ 如考慮疏散準備時間(24小時)
(34 potential LSL)

R _{CL} (mm)	records
800- 1000	26
1000 - 1500	7
1500 - 2000	1
> 2000	0

35

小結

- ↓ 利用大規模崩塌歷史案例可以找到預警系統需要的發生雨量設定方法。
- ↓ 在分類1與分類2中，可以沿續現有的土石流警戒方法，而在分類3中，就可以利用前述方法來進行預警值之設定。

可能挑戰

- ↓ 潛勢區的過度預警(Over warning)
 - ↳ 大規模崩塌發生機率相對較低。
 - ↳ 大規模崩塌發生有其他控制因子。
- ↓ 降雨警戒值缺乏解除系統
 - ↳ 降雨量並無法完全釐清大規模崩塌內部地文、水文變化

36

平成30年7月豪雨による大規模土砂災害 からの復旧・復興に向けて

2019年12月9日

国土交通省中国地方整備局
広島西部山系砂防事務所長 熊澤至朗



国土を整え、全力で備える
国土交通省
中国地方整備局

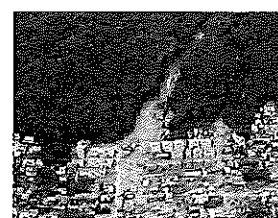
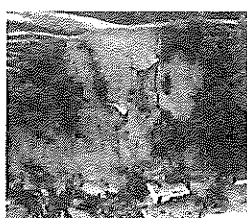
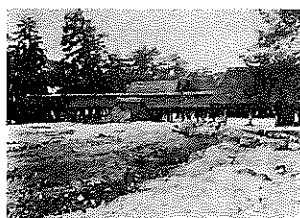
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, China Region Development Bureau

1

広島県の主な土砂災害

広島で起きた土砂災害を契機に、急傾斜地法、土砂災害防止法が制定されるなど、国の土砂災害防止施策へ影響

No	年月	要因	主な被災地	最大時間雨量	死者 行方不明者	関連法令
1	S20.9	枕崎台風	呉市・大野町	57.1mm	2,012人	
2	S26.10	ルース台風	大竹市・佐伯郡	26.2mm	166人	
3	S42.7	集中豪雨	呉市	74.7mm	159人	急傾斜地法制定
4	S47.7	集中豪雨	三次市	40.0mm	39人	
5	S63.7	集中豪雨	加計町	57.0mm	15人	
6	H11.6	集中豪雨	広島市・呉市	81.0mm	32人	土砂災害防止法制定
7	H22.7	集中豪雨	庄原市・呉市	91.0mm	3人	
8	H26.8	集中豪雨	広島市	121.0mm	77人	土砂災害防止法改正
9	H30.7	集中豪雨	広島県南部	63.0mm	147人	

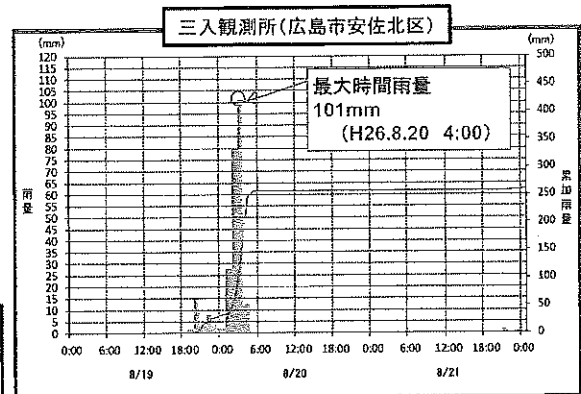
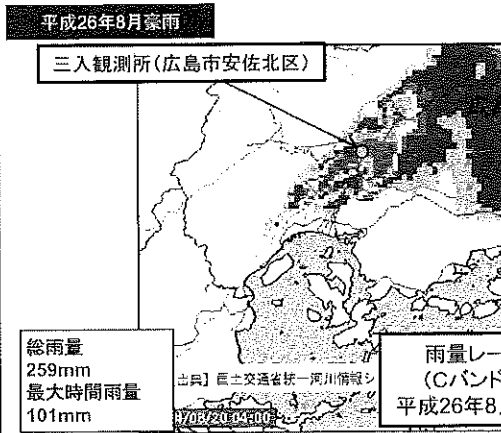
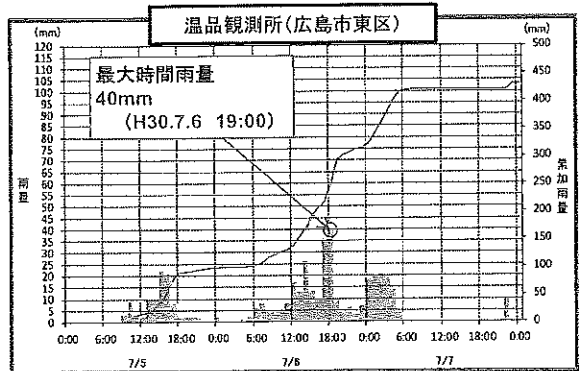
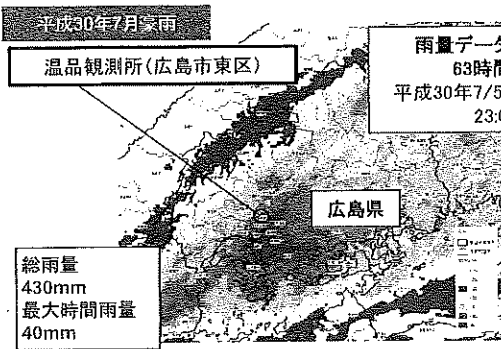


(No.1) 廿日市市 (厳島神社) (No.3) 呉市警固屋 (No.6) 広島市佐伯区 (No.8) 広島市安佐南区

2

平成30年7月豪雨【降雨状況】

○ 平成30年7月豪雨はH26年8月豪雨と比べ、降雨継続時間が長く、降雨範囲が広域であり、広島県内に広く土砂災害が発生。

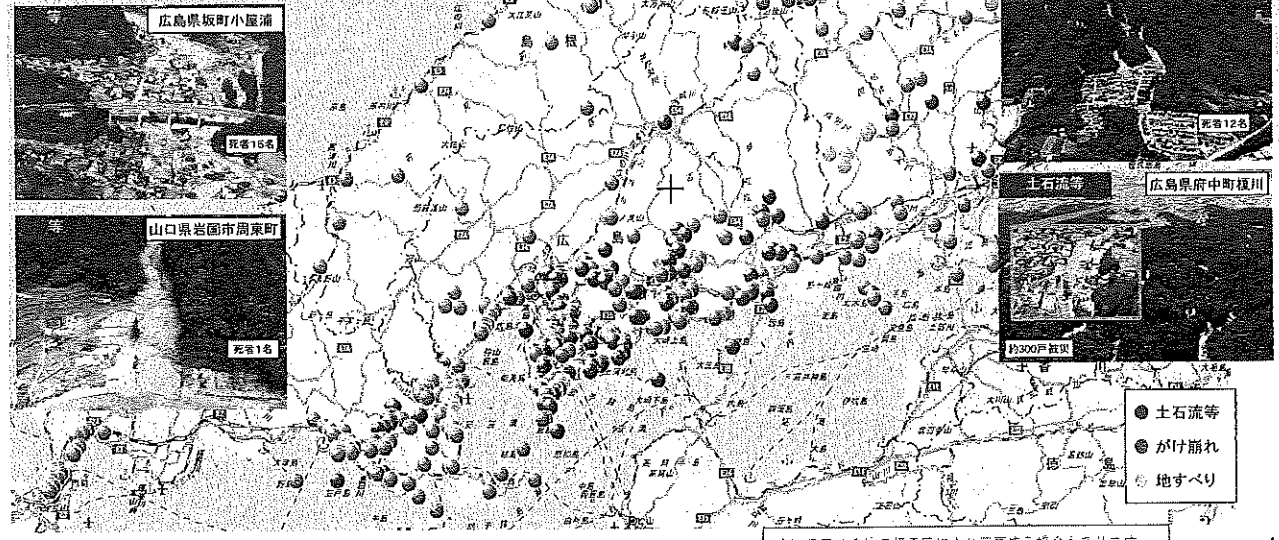


平成30年7月豪雨【中国地方の土砂災害発生状況】

- 平成30年に全国で発生した土砂災害件数は、過去最多の3,459件と過去平均の約3.4倍 (S57年集計開始以降)
- 中国地方で発生した土砂災害件数は約45%の1,514件で、広島県内が約36%の1,242件
- 中国地方での土砂災害による死者(93人)のうち、約9割(87人)は広島県内で発生。

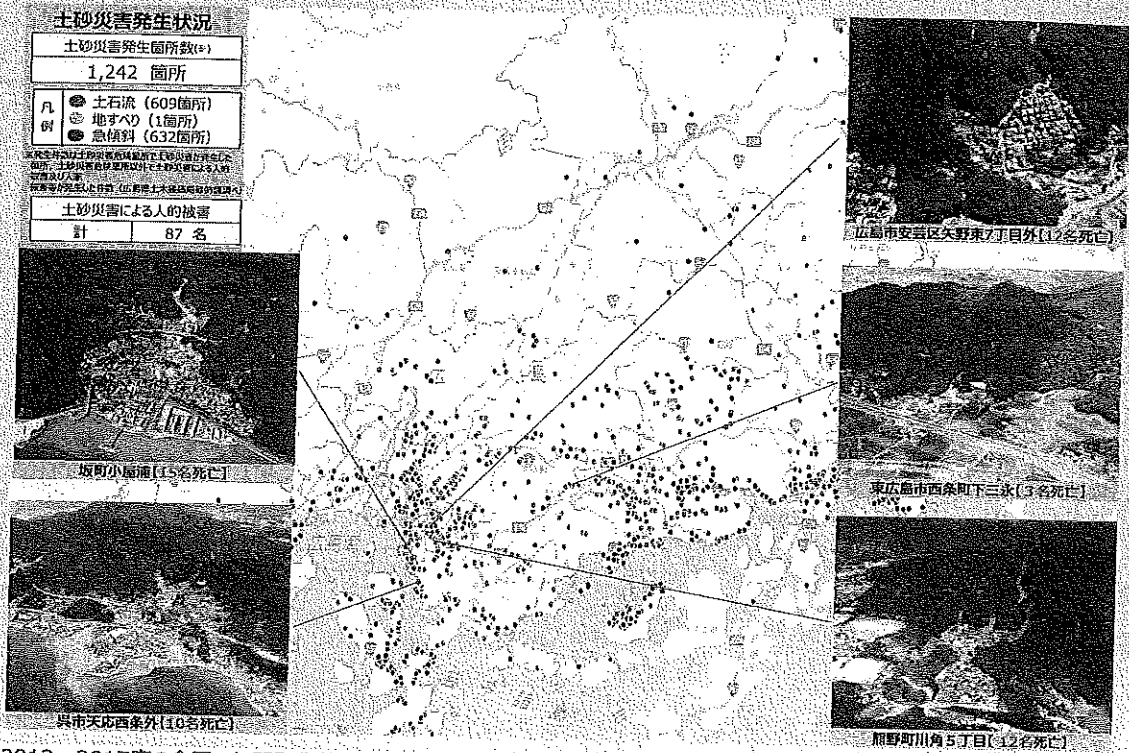
平成30年7月豪雨による土砂災害発生状況(まとめ)

	土砂災害発生件数				人的被害			家屋被害		
	土石流等	地すべり	がけ崩れ	計	死者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部損壊
鳥取県	4		14	18						7
島根県			14	14						
岡山県	11	10	35	56	3		11	19	17	37
広島県	609	1	632	1,242	87			268	461	133
山口県	11		173	184	3		8	7	11	34
計	635	11	868	1,514	93	0	19	294	489	211

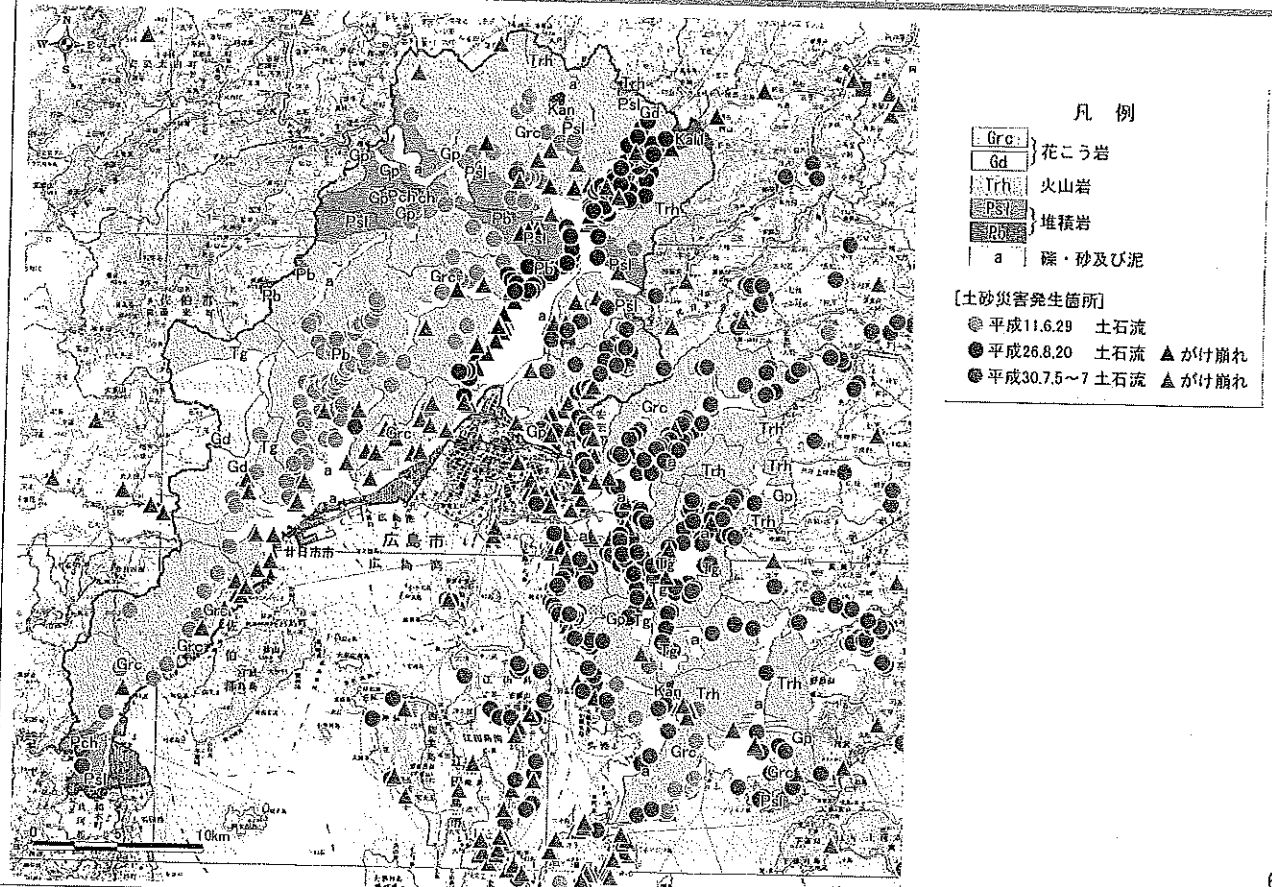


平成30年7月豪雨【広島県の土砂災害発生状況】

広島県内だけで全国の年間発生件数(1,180箇所/年※)を上回る1,242箇所で土砂災害が発生



平成30年7月豪雨【近年の土砂災害発生箇所との比較】

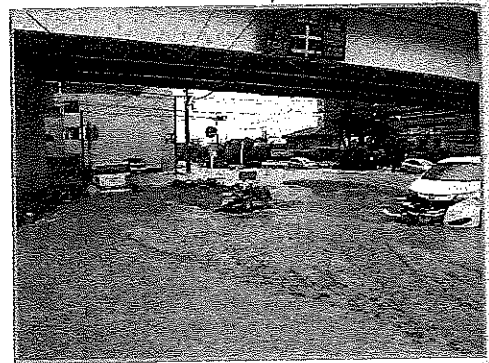


平成30年7月豪雨【土砂・洪水氾濫による被害】

○土砂・洪水氾濫による土砂堆積により道路、鉄道や住宅の復旧・復興に甚大な影響



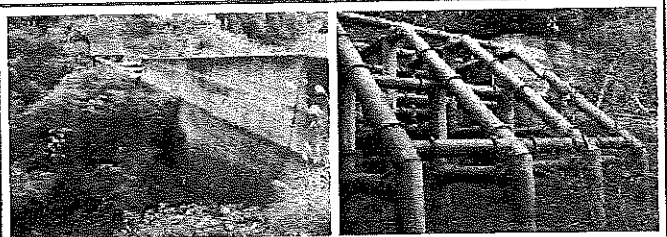
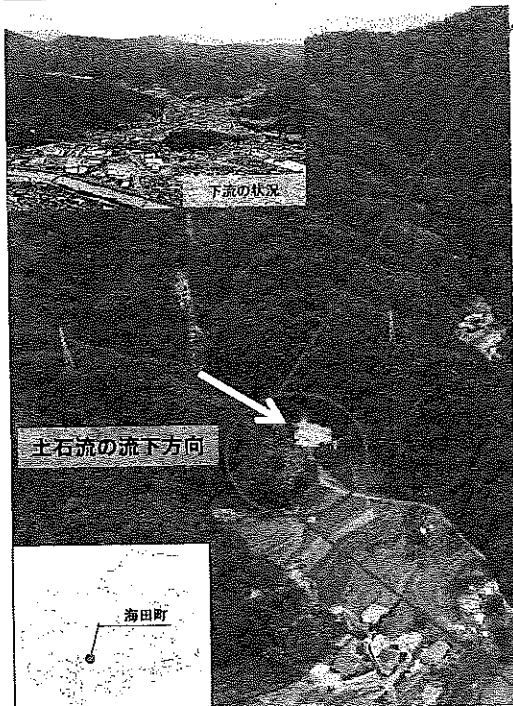
7月13日撮影 大屋大川付近（呉市提供）



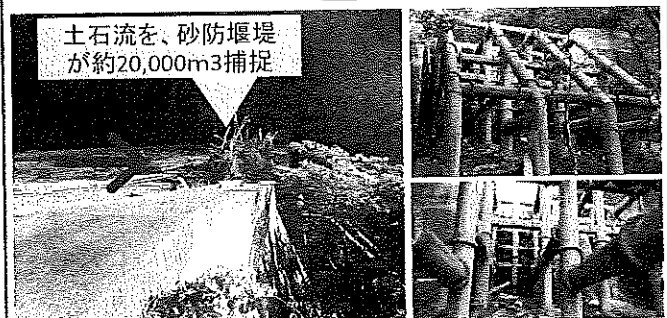
7月8日撮影 広島呉道路高架下（呉市提供）

平成30年7月豪雨【砂防施設の効果】

○平成30年7月豪雨災害では、30箇所以上の施設で土石流の捕捉事例を確認、これまで整備してきた砂防堰堤等の効果が確実に発揮



撮影：平成29年12月

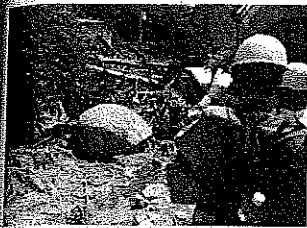


土石流を、砂防堰堤が約20,000m³捕捉
三迫川砂防堰堤（鋼製透過型）竣工：平成11年
堤高H=11.0m、堤長L=58.0m、幅W=3.0m

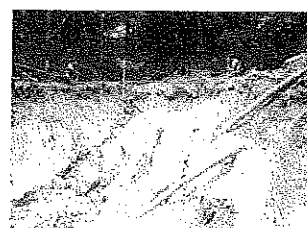
平成30年7月豪雨【国の緊急的な支援(TEC-FORCE等)】①

土砂災害発生箇所の被災状況調査

土砂災害発生箇所の被災状況調査について、国土交通省の地方整備局(北海道開発局、東北、関東、北陸、中部)から派遣された隊員により、広島県内で52地区170箇所、岡山県内で6地区34箇所の調査を実施。



TEC-FORCE活動状況(被災状況調査班(砂防))



TEC-FORCE活動状況(溪流調査、地元住民への聞き取り)



TEC-FORCE活動状況(被災状況調査班(砂防))



ドローンを用いた調査状況



広島県への調査結果報告状況

9

平成30年7月豪雨【国の緊急的な支援(TEC-FORCE等)】②

高度技術指導班(土砂災害専門家)

- 被災状況調査や溪流点検の優先順位等を決定するために、国総研・土研より派遣された土砂災害専門家(高度技術指導班)が防災ヘリコプターへ同乗し、調査を実施。
- 自治体からの情報、人口衛星画像解析情報、空撮画像等をもとにルートを作成し、迅速かつ的確な調査計画の立案等を実施。
- 被災自治体が抱えている課題点等について、直接アドバイスをを行い、二次災害防止等の助言を実施。

活動実績 国総研・土研 49人・日



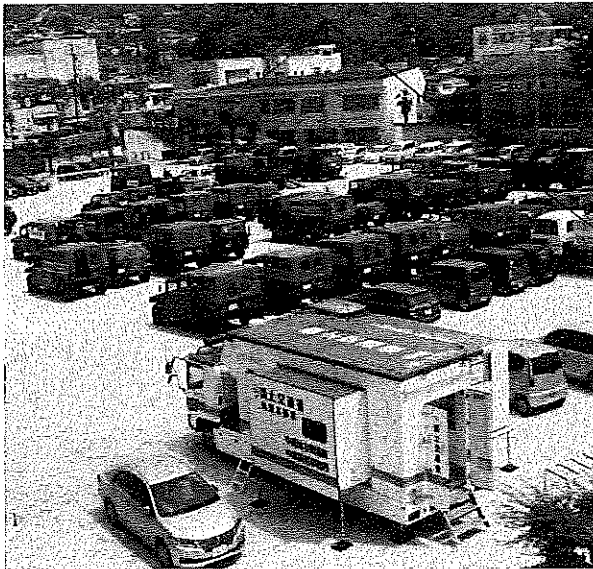
自治体へのアドバイス実施状況

10

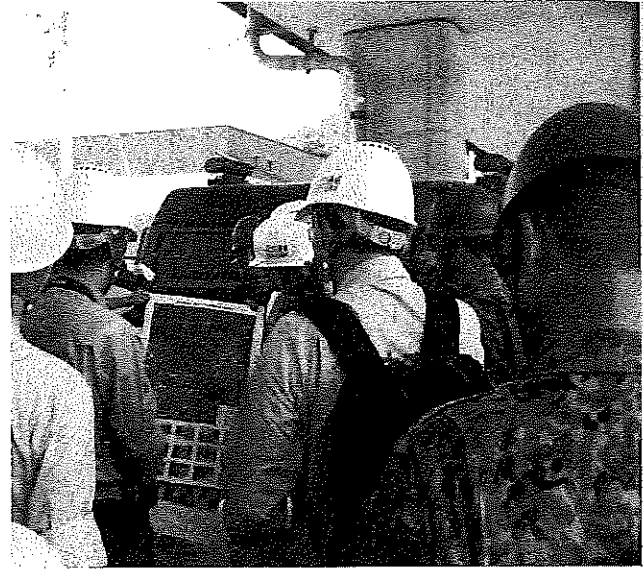
平成30年7月豪雨【国の緊急的な支援(TEC-FORCE等)】③

高度技術指導班(土砂撤去支援)

- 河川や道路、市街地に堆積した土砂の撤去が二次災害防止や地域の復旧の遅れとなっていることから、自治体への土砂撤去を支援する高度技術指導班を派遣し、指導・助言、土砂撤去計画の作成や進捗管理を実施。



災害対策本部車設置状況(呉市天応小学校校庭)

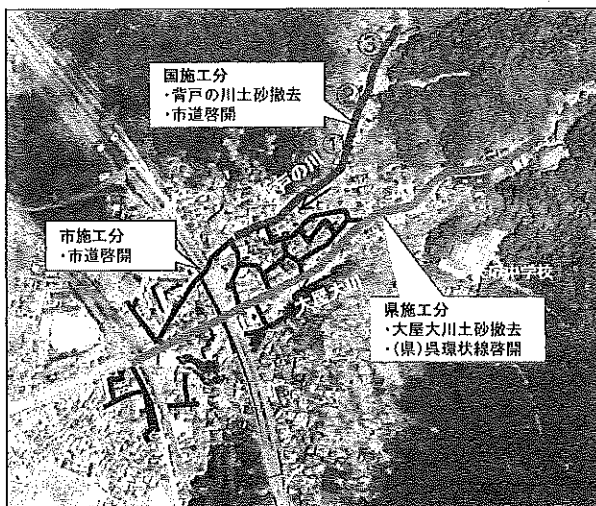


土砂撤去復旧作業打合せ

平成30年7月豪雨【国の緊急的な支援(TEC-FORCE等)】④

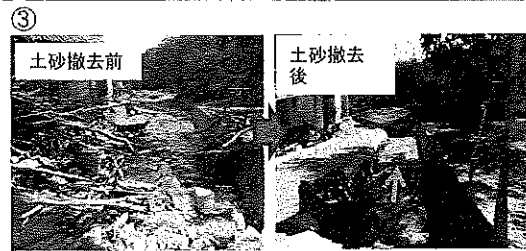
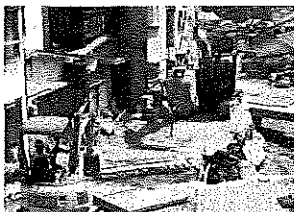
河川土砂撤去・道路啓開

国・県・市が連携し、発災後速やかに河川土砂撤去や道路啓開を実施。



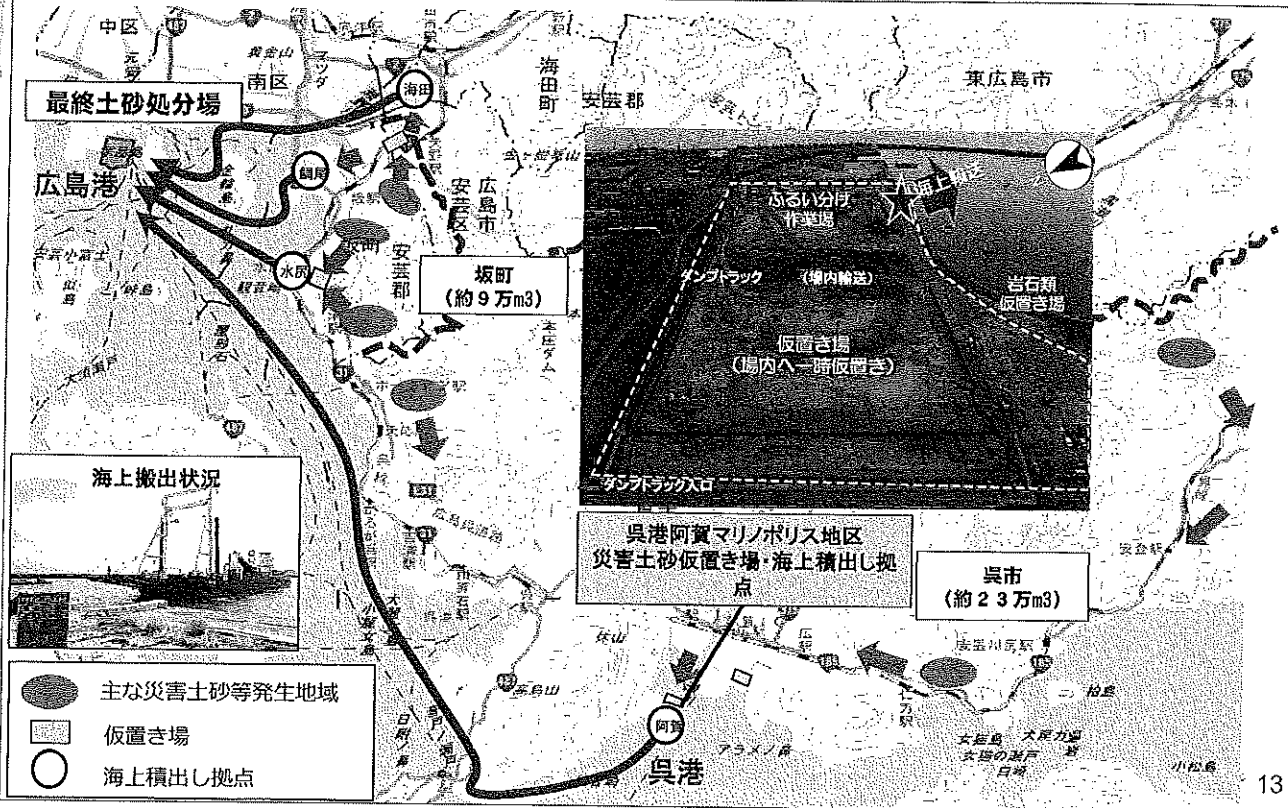
■河川土砂撤去状況

■市道啓開状況



平成30年7月豪雨【土砂処分の状況】

- 坂町において発生した災害土砂・約9万m³は、2018年11月に搬出完了。
- 呉市において発生した災害土砂・約23万m³は、今年中に搬出完了の見込み。



13

平成30年7月豪雨【計画的な砂防施設等の整備】

- 砂防・治山施設整備計画(緊急事業等)
国、県、関係市町が連携し、住宅に直接被害があった箇所や溪流内の不安定な土砂により崩壊が拡大するおそれがある545箇所を整備予定

種別	砂防事業				治山事業				合計
	国土交通省	県	市町	小計	林野庁	県	市町	小計	
溪流	26	151	—	177	30	195	—	225	402
がけ地	—	26	68	94	9	36	4	49	143
計	26	177	68	271	39	231	4	274	545

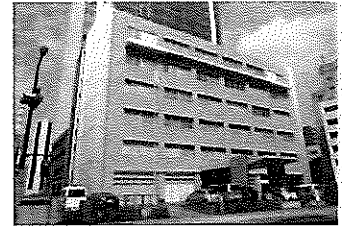
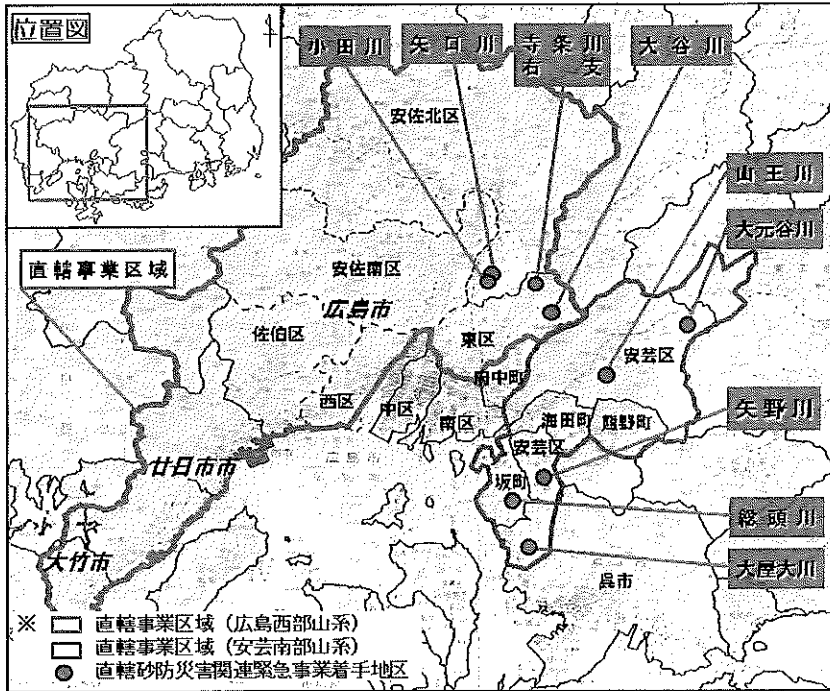
ロードマップ
復旧・復興プラン

区分	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
砂防	二次災害防止	災害関連緊急事業	再度災害防止対策事業(～2023(予定))	
		災害復旧事業(甚大被害箇所等)	災害復旧事業(その他箇所)	災害復旧事業(その他箇所)
治山	二次災害防止	治山施設の緊急点検	災害関連緊急事業の実施	
			治山事業(激甚災害対策特別緊急事業等)の実施(～2022)	
			小規模崩壊地復旧事業等の実施	

14

平成30年7月豪雨【国による砂防事業の体制構築】

○ 平成30年7月豪雨災害からの復旧・復興を加速するため、従来の事業区域に安芸南部山系を加え、新たに広島西部砂防事務所を開設



広島西部山系砂防事務所長

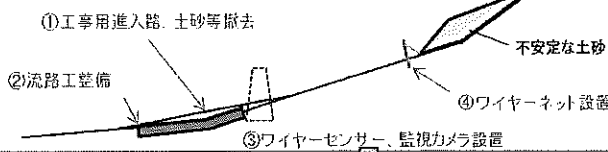
- 副所長(事務・技術)
- 地域防災調整官
- 建設専門官
- 総務課
- 用地課
- 工務課
- 出張所
- 広島西部砂防八木出張所
- 広島西部砂防廿日市出張所

平成30年7月豪雨【砂防事業の進め方】

二次災害を防ぐための砂防工事

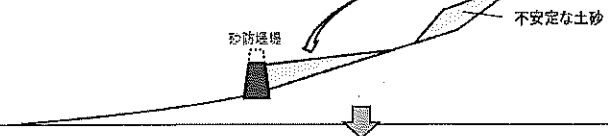
Step-1 応急対策 発災～約半年間

土砂災害により発生した不安定な土砂に対し、安全性を確保する応急対策を実施。



Step-2 砂防堰堤整備 発災～今年度

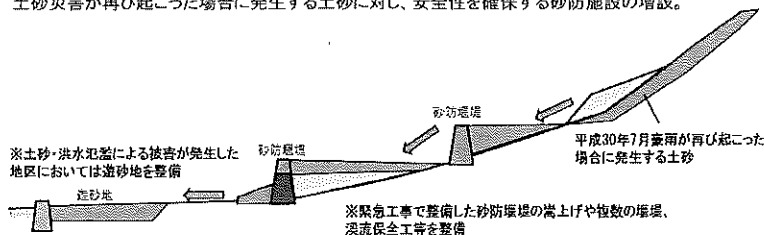
土砂災害により発生した不安定な土砂に対し、安全性を確保する砂防堰堤を整備。



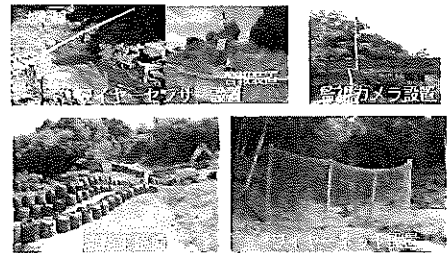
再度災害防止のための砂防工事

Step-3 砂防施設整備 今年度～5か年

土砂災害が再び起こった場合に発生する土砂に対し、安全性を確保する砂防施設の増設。



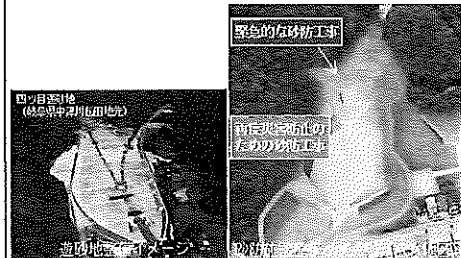
■ 9地区全て完了 (2019年12月26日完了)



■ 9地区20基金全ての砂防堰堤工事発注済み (2019年3月迄に完成予定)



■ 2019年から2023年度までの5ヶ年で整備



平成30年7月豪雨【二次災害を防ぐための砂防工事の状況】

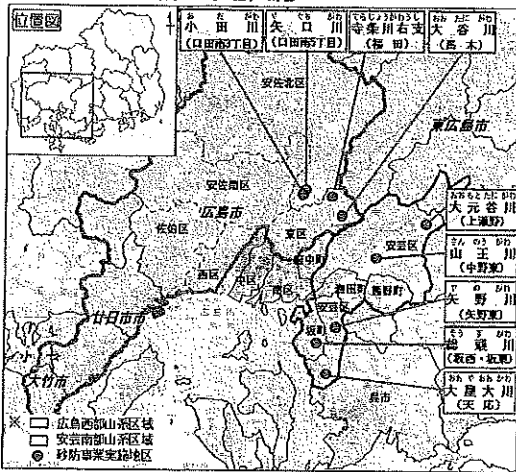
Step-1 応急対策

Step-2 砂防堰堤整備

- 平成30年7月豪雨により甚大な土砂災害を受けた箇所のうち、直轄が対応している9地区20箇所において、ワイヤーネットの設置等の応急対策を行い、平成30年12月26日に全て完了。
- 現在、流域内に堆積した不安定土砂等による二次災害を防ぐための緊急的な砂防工事(砂防堰堤20基外)を実施中。

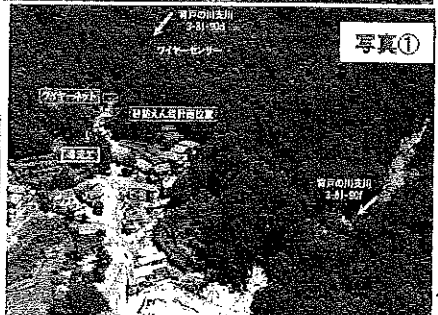
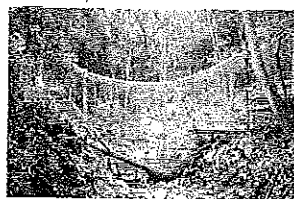
◆甚大な被害を受けた9地区において国による緊急的な砂防工事を実施

◆緊急的な砂防工事状況



砂防堰堤20基外を整備中

ワイヤーネット完成



17

平成30年7月豪雨【工期短縮の取り組み】

【平成30年7月豪雨での設置状況】

- 平成26年8月豪雨災害発生後、砂防堰堤完成までの応急対策として30箇所において強靭ワイヤーネット等を設置
- 平成30年7月豪雨災害発生後においても、16箇所強靭ワイヤーネット等を設置。
- 平成30年7月豪雨災害では、平成26年8月豪雨災害で使用した資材を流用し、設置期間の短縮を図った。

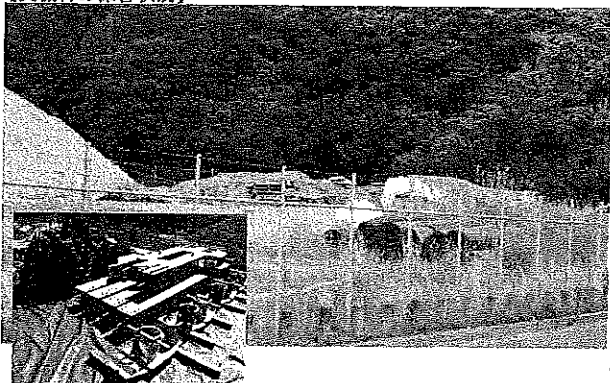


【工程の短縮】

単位：日

工種	H30.8				H30.9				H30.10				H30.11			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
設置の決定	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 新規製作の工程 流用品の工程 </div>															
設計	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </div>															
工場製作(新規)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </div>															
準備工	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </div>															
設置工	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </div>															

【資機材の保管状況】

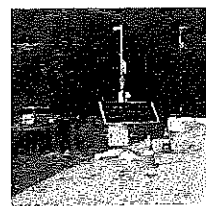
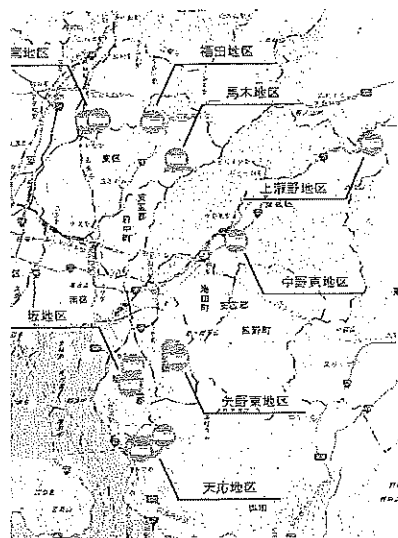


18

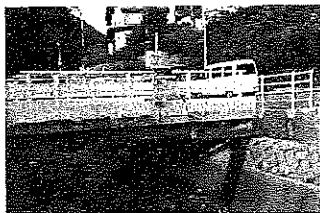
平成30年7月豪雨【事業推進に向けた取り組み】

住民避難などを支援するため、溪流監視カメラや水位情報を配信。
被災地の復旧・復興に向け、工事に取り組む技術者や事業の進捗状況を「HP」「Twitter」で紹介。
被災した中学校を卒業式のために開放するなど、地域への配慮。

溪流監視カメラの設置



溪流監視カメラ



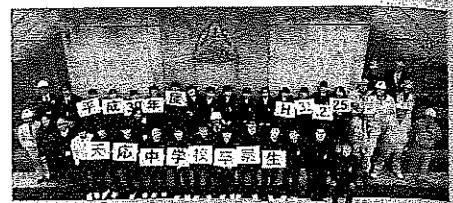
水位計設置（呉市天応）

HP、Twitterの活用



Twitter等で工事情報を発信

地元中学校への配慮



卒業生に被災した学校を開放



その後も生徒に状況報告

その他【台風第19号におけるTEC-FORCEの活動】

台風19号では、関東・東北等の各地で水害、土砂災害等により甚大な被害。台風に伴う土砂災害としては、過去最大の900件を超える土砂災害が発生（821件 死者・行方不明者17名、11/6時点）。国土交通省では、被災自治体を支援するため全国からTEC-FORCEを被災地へ派遣（延べ22,930人・日（10/10～）、11/14時点）。広島西部山系砂防事務所においても、TEC-FORCEとして昨年の災害対応経験のある職員など2班6名を派遣し、被災状況調査や応急対策工法の助言等を実施し自治体を支援（～10/27）。



県出先事務所への調査結果の報告



日台砂防共同研究座談會 台灣西南部泥岩地區沉積土 沖蝕及運移特性研究

助理教授 王咏潔

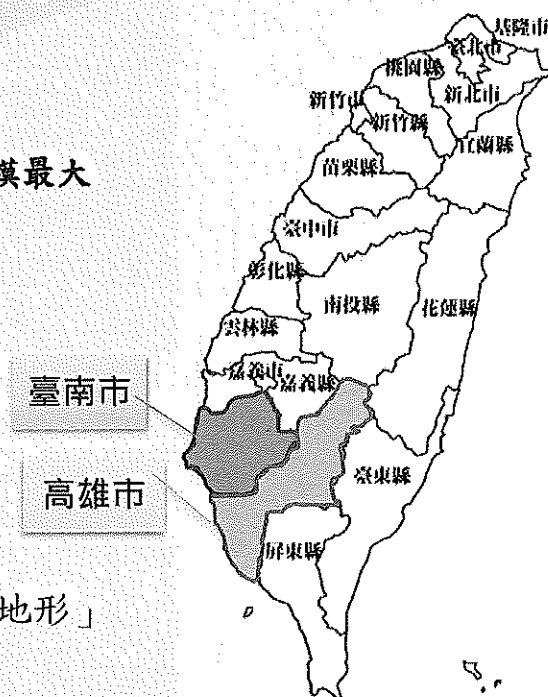
國立中興大學 國立中興大學水土保持學系
Department of Soil and Water Conservation

Date: 2019.12.09

國立中興大學水土保持學系
Department of Soil and Water Conservation

泥岩地區

- 泥岩--「青灰岩」
- 分布：
 1. 台灣西南部（臺南、高雄）-規模最大
 2. 花東
 3. 恆村半島
- 顆粒細小、顆粒膠結疏鬆
- 透水性低、本質性弱
- 過水軟滑、沖蝕狀況嚴重
- 山坡表面上充滿蝕溝和雨溝
- 嚴重沖蝕及植生貧乏，稱為「惡地形」



惡地形

山坡上充滿細緻小溝·
V字形小凹谷·
尖銳小凸脊

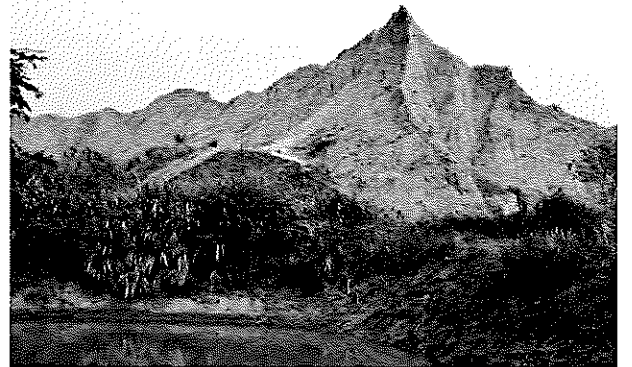
高雄田寮
月世界



(Source: 滿分的旅遊札記
<https://fullfenblog.tw/khc-moon/>)



臺南草山
月世界



(Source: 懸直的足跡-隨意窩遊
<https://yo.xuite.net/info/element.php?id=R!wuAhDdTUMItS2vuOCZcw>)

水土保持戶外教室-臺南龍崎牛埔

泥岩水土保持·生態工法·
泥岩綠化

乾濕季分明

- 5-9月夏季暴雨頻繁表土流失嚴重
- 10-4月旱季乾燥水分缺少

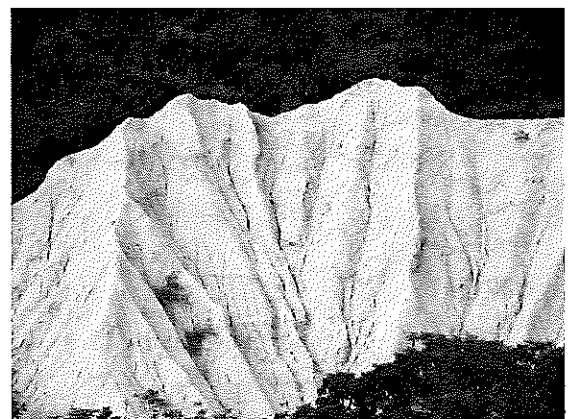
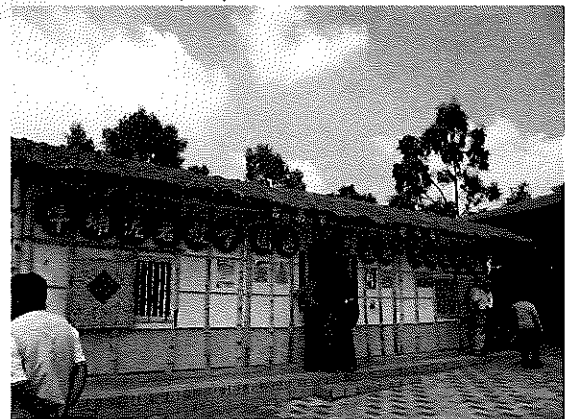
地質條件不佳

- 土壤pH值高
 - 粉粒含量多
 - 乾燥堅硬
 - 潮濕軟化
- 地表植生覆蓋不佳

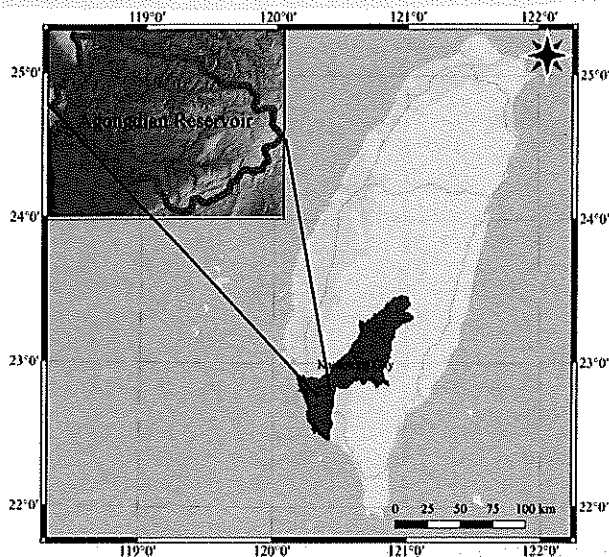
台灣地區坡地災害中最難整治、植生綠化困難度高地區。



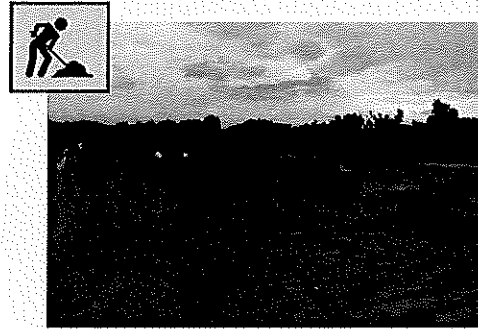
(Source: <https://blog.xuite.net/famitubi/twblog/122761178>-牛埔泥岩水土保持教學園區)



研究材料



採集自阿公店水庫-青灰泥沉積土

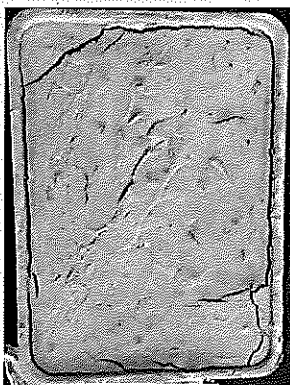


基本物理性質

- 顆粒密度： 2.69 g/cm^3
- 土壤質地：49.65% 砂, 42.88% 粉, 7.47% 黏
(砂、粉45~50%；黏5~12%)
- 砂質壤土 (美國 USDA 土壤分類系統)

- 細粒含量高
- 乾燥時堅硬
- 吸水易化
- 連續降雨時易發生沖蝕

研究材料



含水量5%



含水量15%

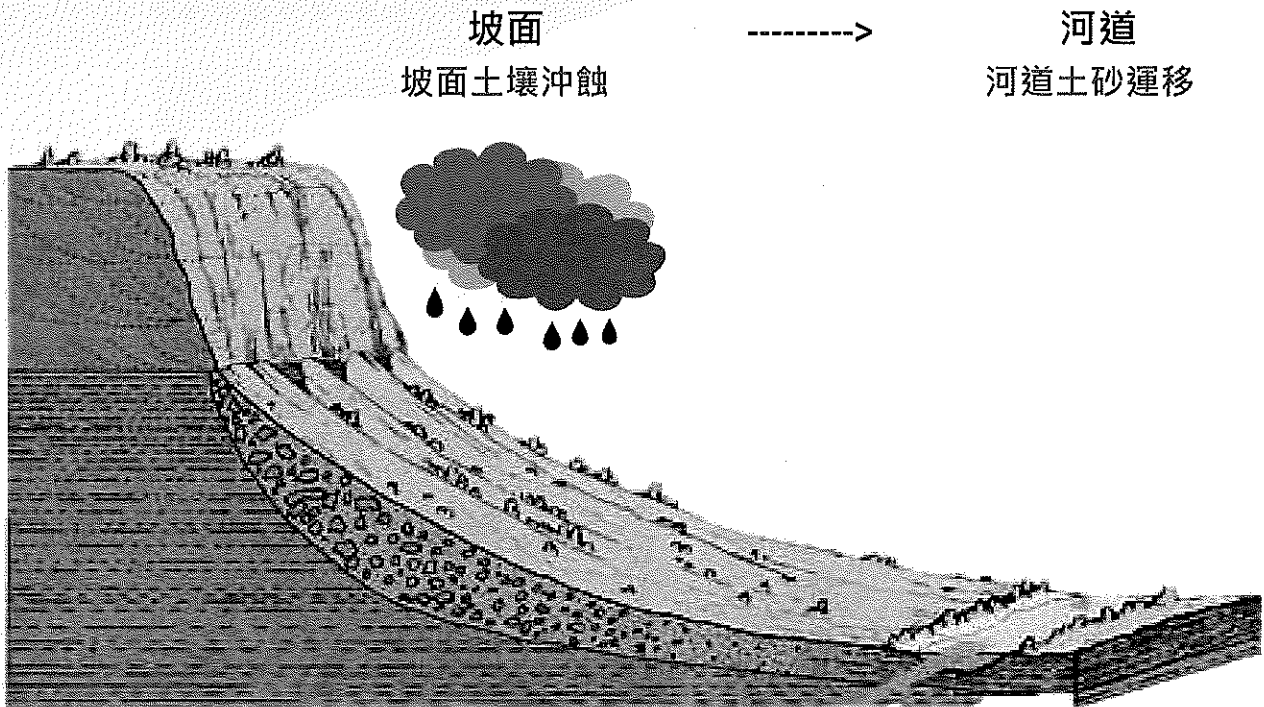


含水量20%



含水量~23-25%
(飽和)

研究主題



Source: adapted from "Gravity Erosion Diagram | Gallery" Coaching-netz.info

6

坡面土壤沖蝕

- 紋溝與紋溝間沖蝕為層狀沖蝕過渡至溝壑沖蝕的重要過程
- 70~80%的坡面土壤流失由此過程運移
- 紋溝發展為土壤沖蝕與坡面排水/排砂網絡形成的重要過程，且隨時空間改變

如何觀察沖蝕地形變化
紋溝網路發展
給予質性甚至量化的描述

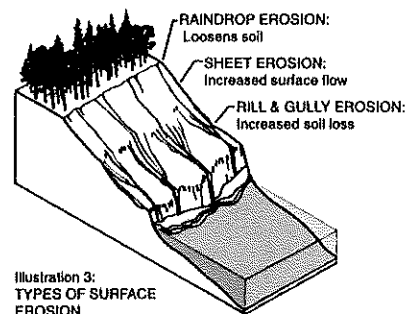


Illustration 3:
TYPES OF SURFACE
EROSION

(Source: Elliott Menashe, 1993)



藉沖蝕地形變化之評估，解析沖蝕型態轉變過程
提供以物理過程為基礎的土壤沖蝕模型建立與率定資料

7

坡面土壤沖蝕 人工降雨實驗

- Eijkelkamp Soil & Water 所出產之針管式人工降雨機 (EM Giesbeek, the Netherlands)
- 人工降雨動能平均與天然降雨 80mm h^{-1} 相近 ($76\text{ mm/h} \sim 84\text{ mm/h}$)
- 控制變因為坡度
 - 6種坡度 ($5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$)
 - 2重複，共12組實驗

實驗步驟如下：

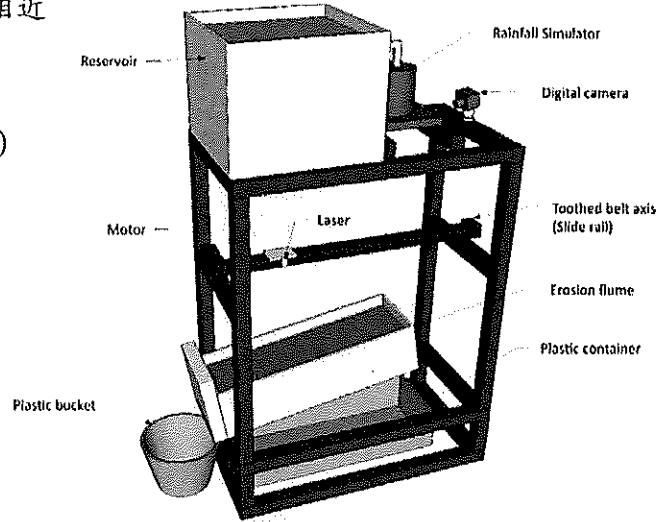
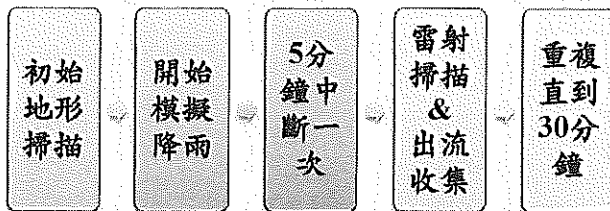
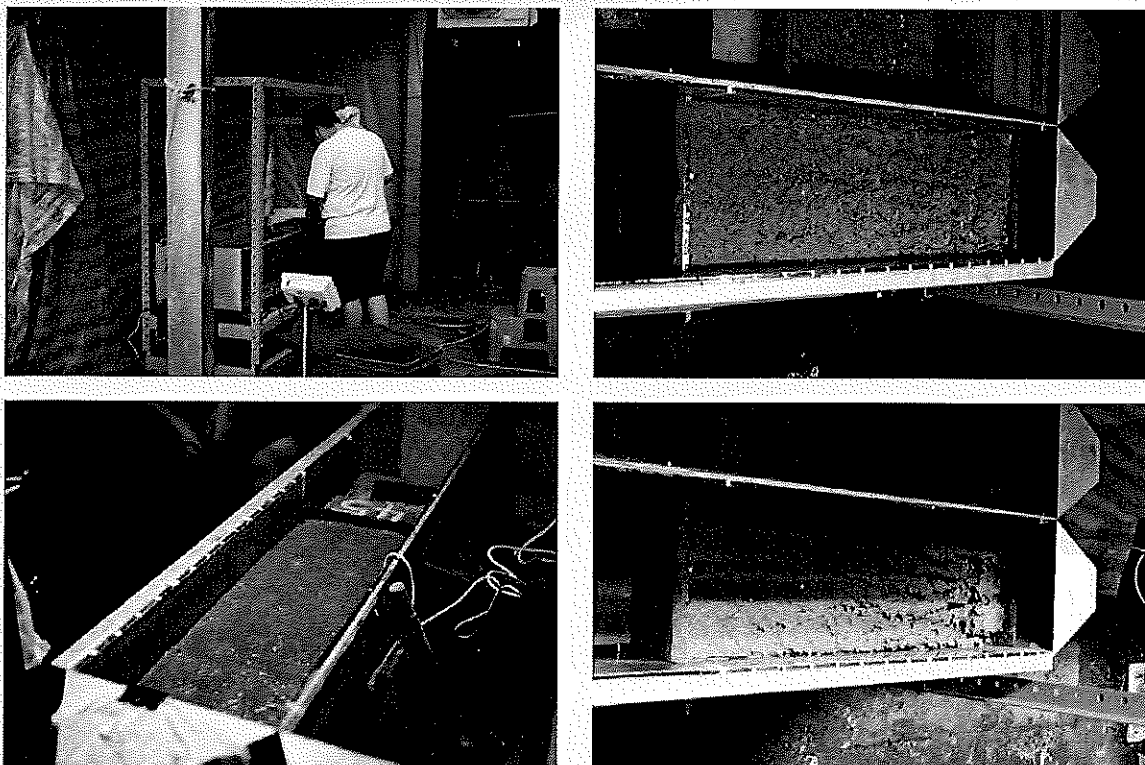
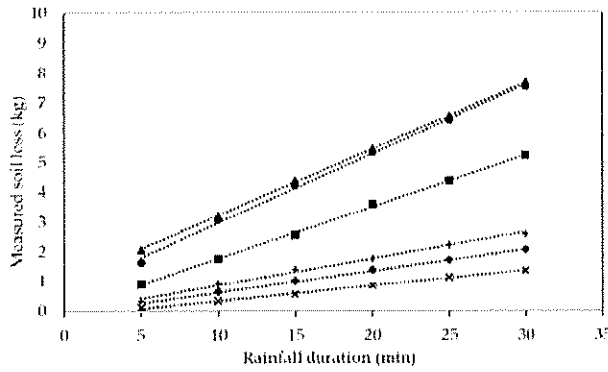


Figure 2. Setup of the sloping flume erosion experiment.
Source: Wang and Lai (2018)

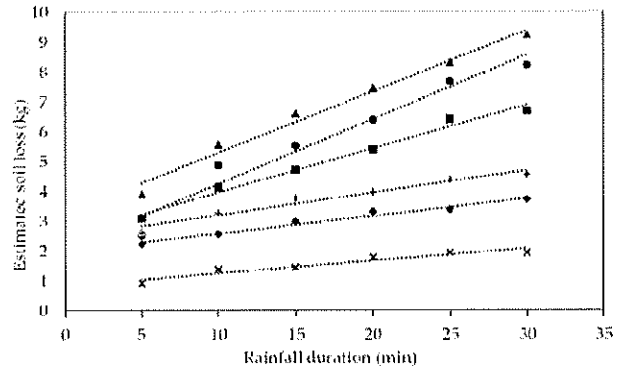
坡面土壤沖蝕 人工降雨實驗



坡面土壤沖蝕 土壤流失量



(a)



(b)

(Source: Wang & Lai, 2018)

青灰泥沉積土 (等效降雨強度：平均80 mm/hr)

$$\frac{d(SL_m)}{dt} = -0.023 + 0.009S$$

$$\frac{d(SL_e)}{dt} = 0.048 + 0.005S$$

SL_m = 土壤流失量測量值 (kg)

$$SL_e = V \times \rho_b$$

= 土壤流失量體積差估計值 (kg)

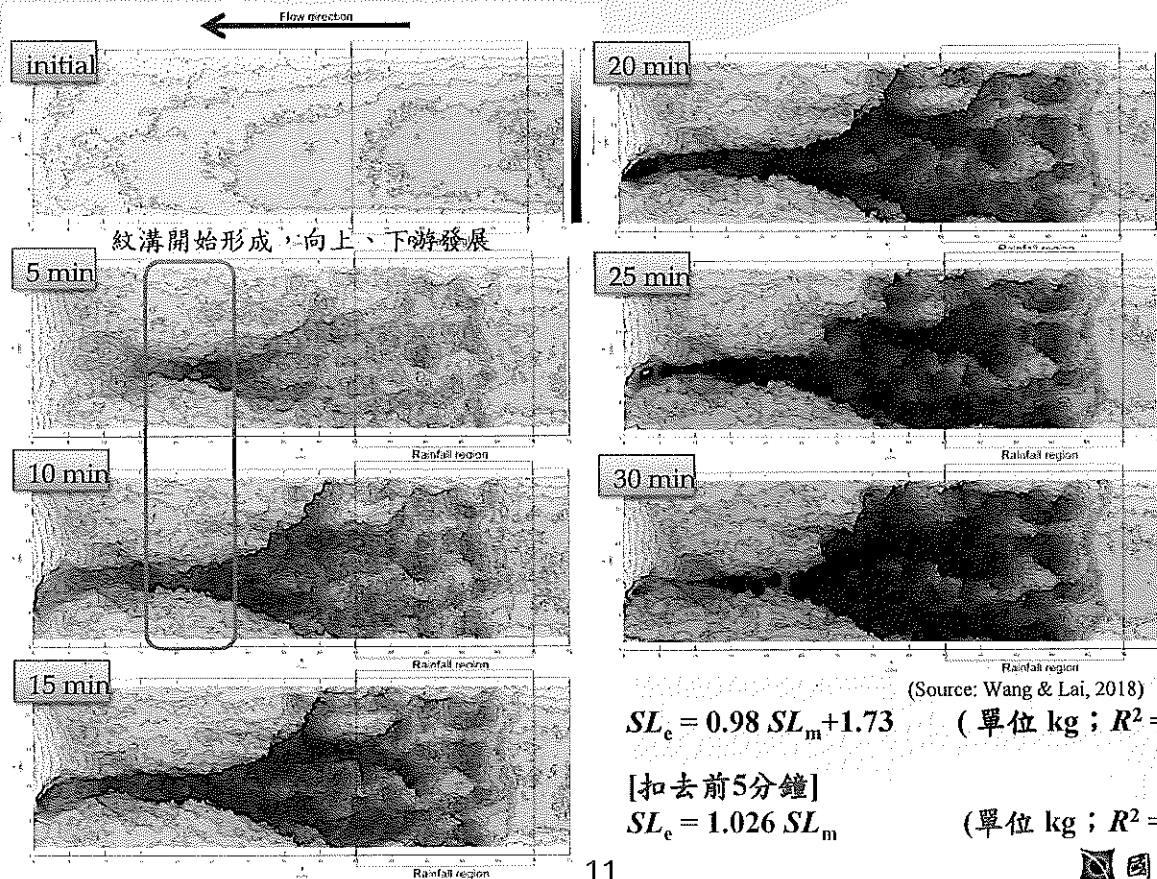
S = 坡度(°) ; $5 \leq S \leq 30$

t = 降雨延時 (min)

圖中迴歸線之斜率：土壤流失量對時間之微分，
表平均侵蝕率，隨坡度增加且呈線性關係。

10

坡面土壤沖蝕 雷射地形掃描-30° 結果



(Source: Wang & Lai, 2018)

$$SL_e = 0.98 SL_m + 1.73 \quad (\text{單位 kg ; } R^2 = 0.91)$$

[扣去前5分鐘]

$$SL_e = 1.026 SL_m$$

(單位 kg ; $R^2 = 0.93$)

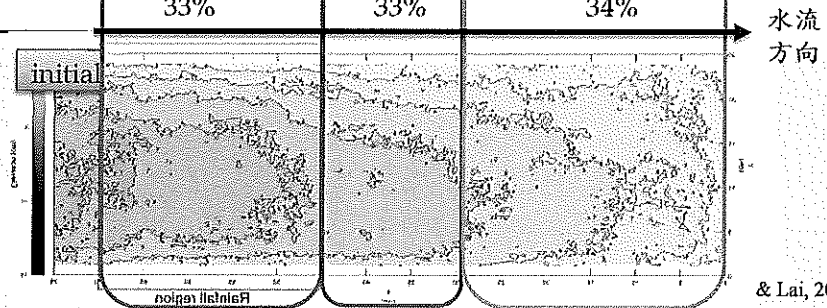
坡面土壤沖蝕 沖蝕過程與紋溝發展

- 以沖蝕地形DEMs隨降雨延時之變化，說明不同土壤沖蝕型態演變

Table 3. Soil loss percentage of regions with different distances from the outlet: results of the erosion test with a 30° slope.

Index	Soil Loss Percentage to the Total Soil Loss		
	Distance from the Outlet		
	Rainfall Duration (min)	45-70 cm	30-45 cm
5	23%	28%	49%
10	25%	32%	43%
15	29%	32%	39%
20	32%	31%	37%
25	33%	31%	36%
30	33%	33%	34%

降雨區：
雨滴壓實、表土塌陷、雨濺沖蝕
中間段：
前10min為層狀沖蝕/
紋溝間沖蝕；之後為紋溝沖蝕
下游出口段：
紋溝沖蝕與集中水流土砂挾帶、傳輸



& Lai, 2018)

國立中興大學

坡面土壤沖蝕 小結

本研究成功應用單束雷射掃描技術於土壤流失量評估，提出成本經濟且準確評估流失量應用方法(準確度高達90%)，得作為遙測技術與資料對坡面土壤侵蝕及運移過程描述，以及土壤流失量估計之應用參考。

- 以雷射掃描高程圖變化，說明不同降雨延時之侵蝕地形變化與蝕溝發展情形，並配合不同侵蝕型態過程的演變進行說明與量化分析。
 - 相同降雨強度下，平均侵蝕率，隨坡度(5°~30°)增加且呈線性關係
 - 說明雨滴壓實改變土壤孔隙度，造成表層土壤塌陷、崩落產生之土壤流失量估計誤差
 → 應用遙測資料分析於泥岩地區土壤流失量推估之參考。

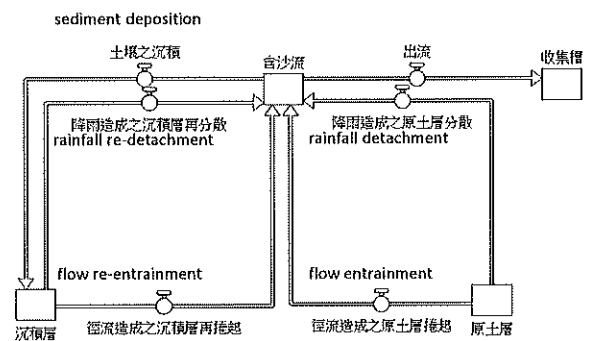
坡面土壤沖蝕 Hairsine-Rose 模型

- 坡地沖蝕物理模型 - Hairsine-Rose Model
- 由Hairsine, P.B.和Rose, C.W.於1991和1992年所發表之論文(Hairsine & Rose, 1991, 1992)所提出。
- 其主要觀念：
 - 降雨和逕流所產生之相關侵蝕沉積過程是同時作用。
 - 將土壤根據粒徑分布畫分成數個不同階層*i*。
 - 此模型常用於室內實驗、小型集水區，具有簡單但明確的土壤沖蝕物理過程。

$$\frac{\partial(Dc_i)}{\partial t} + \frac{\partial(qc_i)}{\partial x} = r_i + r_{ri} + e_i + e_{di} - d_i$$

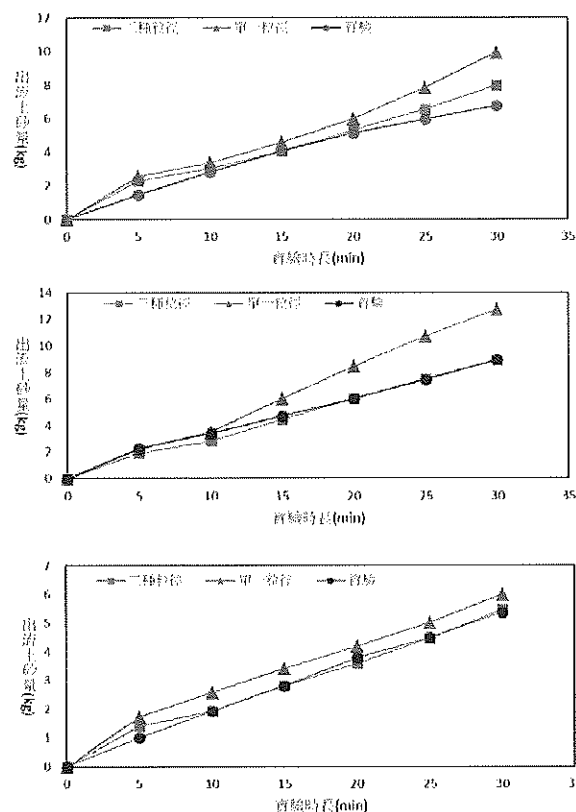
土表
沉積層
土表
沉積層
沉積層

- r_i : 對階層*i*之逕流所造成原有土表捲起之沖蝕率(kg/m²s)
- r_{ri} : 對階層*i*之逕流所造成沉積層再捲起之沖蝕率
- e_i : 對階層*i*之降雨所造成原有土表分散作用之沖蝕率
- e_{di} : 對階層*i*之降雨所造成沉積層再分散作用之沖蝕率
- d_i : 對階層*i*之土壤沉積率



坡面土壤沖蝕 Hairsine-Rose 模型

以人工降雨實驗資料進行模式率定、驗證

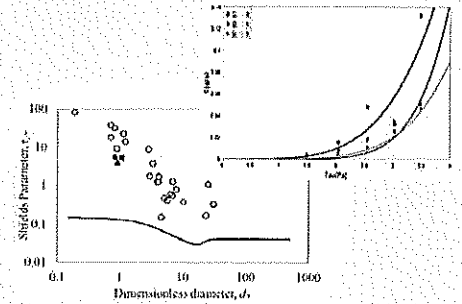
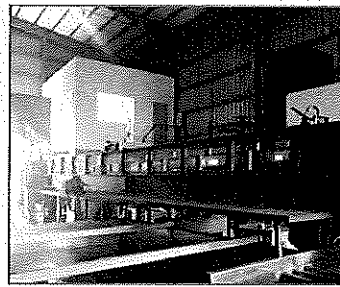
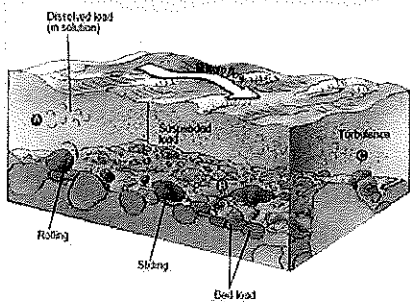


現地應用實例

- 以人工降雨實驗資料進行模式率定、驗證
- 應用Hairsine-Rose模型於水土保持基地（梨山遷建基地）開發前土壤沖蝕評估
- 以斜坡單元方法依現地地形劃分坡面單元，一維方式串聯坡面
- 加入SCS逕流曲線值(CN)、遞移率等概念

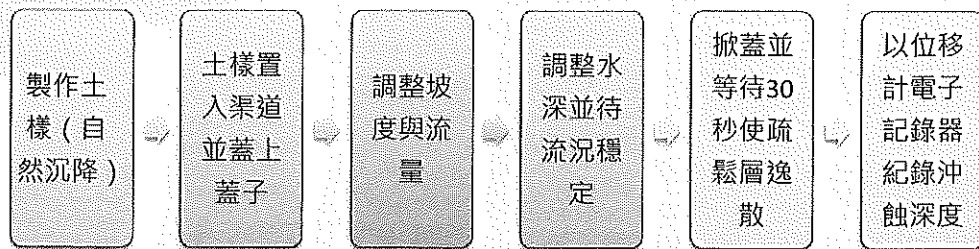
河道土砂運移

- 評估泥岩地區沖床沉積物之侵蝕閾值-臨界剪應力 (Critical shear stress, τ_c)
- 研究泥岩土壤表面沖刷啟動特性與土壤基本性質之關係
- 提出土粒之臨界啟動條件與其評估方法，作為沖蝕模式與輸砂公式之物理參數



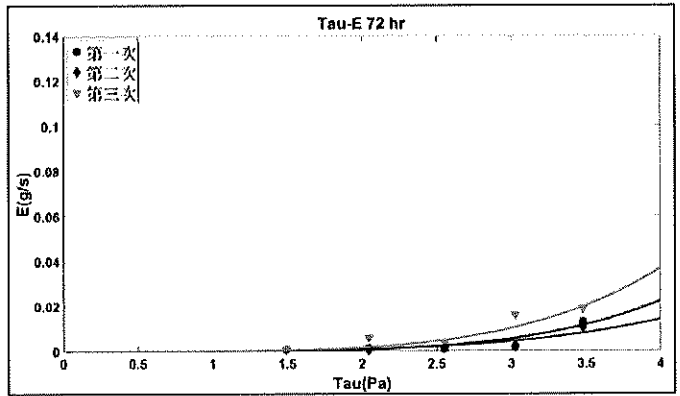
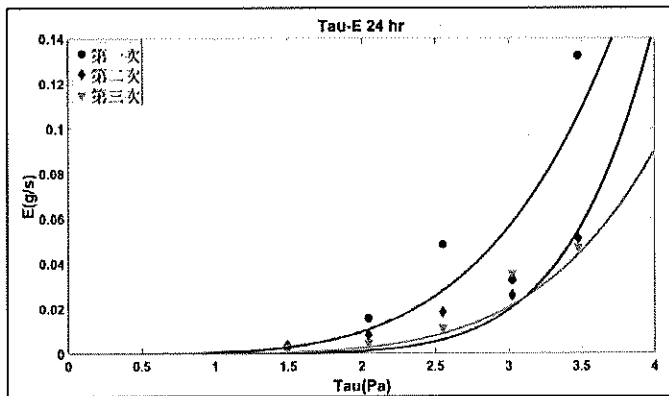
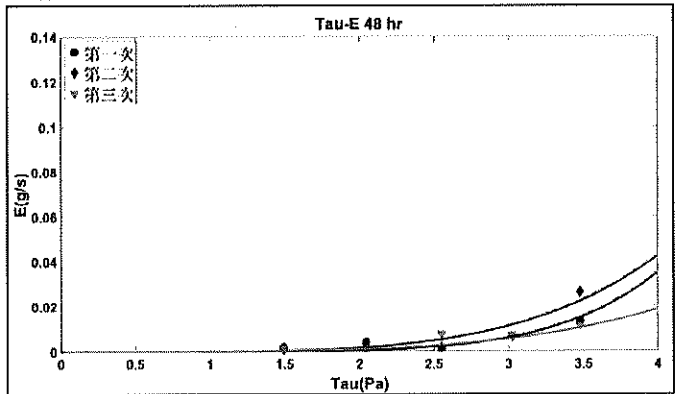
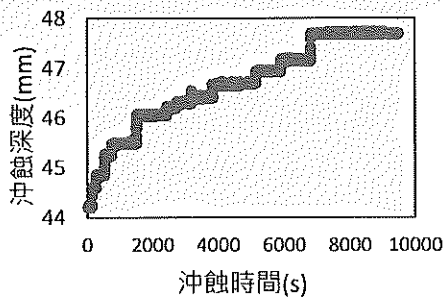
Source: <http://geography.name/the-work-of-streams-and-stream-gradation/>

河道土砂運移 土樣補充式明渠水槽實驗



河道土砂運移 沖蝕率VS沖蝕應力

$$E = M(\tau - \tau_c)^n$$

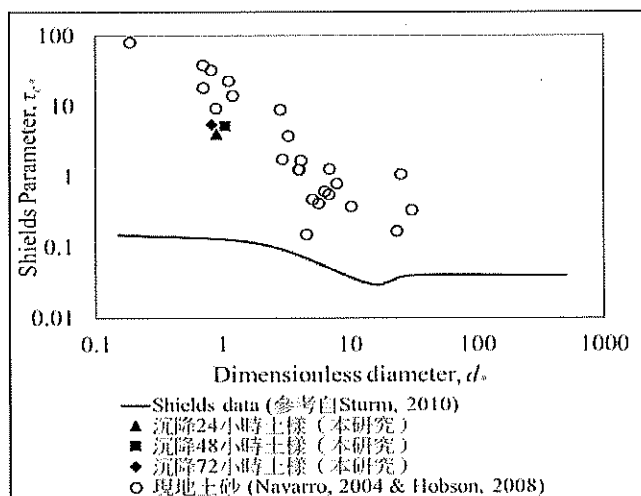


18

河道土砂運移 啟動剪應力&無因次化分析

$$d_* = \sqrt[3]{\frac{(G_s - 1)gd_{50}^3}{\nu^2}}$$

$$\tau_{c*} = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w)d_{50}}$$



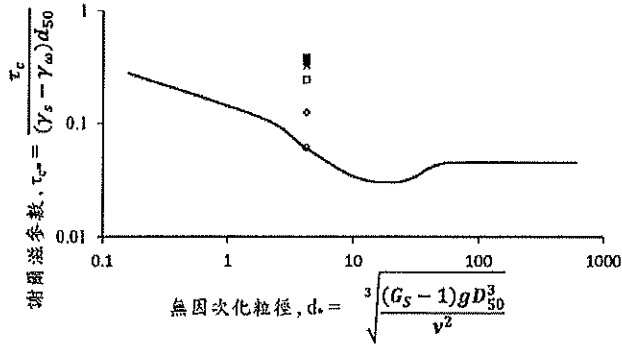
(Source: 柳&王, 2019)

$$V_c = 5.75 \sqrt{\tau_{c*}^*(SG - 1)gd_{50}} \log\left(\frac{12.2R}{k_s}\right)$$

19

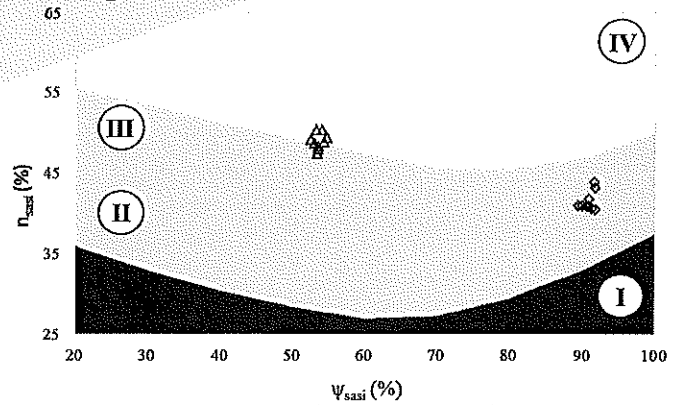
河道土砂運移 Shields' diagram 應用

- Georgia Kaolin + Silica flour
- 青灰泥沉積土
- 壤質砂土
- 紅土



- 上層1 □ 上層2 × 上層3 ◊ 上層(平均)
- △ 中層1 × 中層2 + 中層3 • 中層(平均)
- ▲ 下層1 ■ 下層2 • 下層3 - 下層(平均)

(Source: 洪&王, 2019接受)



顆粒孔隙率(n_{sasi})隨著砂-坭 (ψ_{sasi}) 體積比的變化

(Source: 洪&王, 2019接受)

影響因子：

- 黏粒含量
- 含水量、飽和度
- 密度、固結時間、壓密程度
- 孔隙率、級配

臨界剪應力(Shields' parameter)、臨界流速為土壤沖蝕與河道輸砂模式重要輸入項目→
土壤沖蝕模擬及集水區輸砂模擬之應用參考。

Thank You
Q & A

