

出國報告（出國類別：考察）

赴日本考察天然災害防治對策等相關業務

服務機關：經濟部水利署

姓名職稱：楊偉甫 署長

考察國家：日本

出國期間：103年2月23日至3月1日

報告日期：103年4月30日

摘要

臺日防砂共同合作研究計畫已進行多年，雙邊每年皆定期舉辦交流互訪。2010年12月10日「亞東關係協會與財團法人交流協會於地震、颱風等發生時就有關防止土石災害及防砂進行技術交流之協議書」，一致決定共同實施有關地震、颱風等發生之土石災害防止及防砂相關技術交流，並為爭取必要相關單位之同意而相互合作；雙方每年互派專家以強化合作關係，召開土石災害相關研究、技術開發及行政措施相關研討會。

本次考察期程自民國103年2月23日至3月1日，為期共7天。行程包括「大規模土砂移動與流域整體土砂管理技術之研究」研討會、參訪靜岡縣浜松土木事務所天竜支局及考察靜岡縣春日町之地滑崩塌現場、參訪東京都大島支廳、大島町公所及考察伊豆大島災害現場、以及進行共同研究討論會議及行政官會議。考察人員則委由「中華防災學會」及「中華水土保持學會」兩個學會推薦而由日方邀請，對象為從事共同研究議題之專家學者及公部門機關業務相關人員參與，團長分由水利署楊偉甫署長及水土保持局黃明耀局長擔任，成員共計15人。

本次考察主要分為研討會、現地參訪、專題討論及行政官會議。研討會由雙邊專家學者發表計7篇報告；現地參訪包括崩塌堰塞湖處理及土石流災害復建工程；專題討論則針對深層崩塌、堰塞湖及大規模土砂流出等議題進行報告與討論；行政官會議則以土砂災害對策相關組織、法律、預算等主題進行討論並做結論。整個考察行程相當緊湊、內容豐富，且具有相當廣度與深度，讓人印象深度，獲益非淺。

為因應全球氣候變遷，有效調適解決極端化氣候異常現象所帶來之天然災害，統合世界各國科技研究與實務經驗是未來必然趨勢，本人衷心期盼相關治水事業技術成為每年共同研究之議題，日台雙方共同為減輕水患、保障人民生命財產安全而努力，達到「**治水、防砂**」雙贏的局面。

目 錄

摘要

壹、前言	1
1.1 目的	1
1.2 考察成員	2
1.3 行程概要	3
貳、研討會概要	4
參、現地參訪	19
3.1 靜岡縣濱松市天龍區-門島崩塌災害復建	19
3.2 東京都大島町 ~ 伊豆大島土石流災害	24
肆、共同研究討論會及行政官會議	32
4.1 共同研究討論會	32
4.2 行政官會議	44
伍、考察心得及建議	46
附錄 1 日本全國治水砂防協會邀請函	48
附錄 2 交流照片集	49

壹、前言

1.1 目的

1989年2月，日本與臺灣舉行防砂共同研究會議並獲共識，訂定1989至1993年為期4年之共同研究計畫，每年雙方互訪一次，並召開會議，由召開國負擔會議所需經費。之後持續進行第二期、第三期及第四期之防砂共同研究計畫。2010年12月10日「亞東關係協會與財團法人交流協會於地震、颱風等發生時就有關防止土石災害及防砂進行技術交流之協議書」，一致決定共同實施有關地震、颱風等發生之土石災害防止及防砂相關技術交流，並為爭取必要相關單位之同意而相互合作；雙方每年互派專家以強化合作關係，召開土石災害相關研究、技術開發及行政措施相關研討會。

2011年起臺日防砂共同合作也達成協議，雙方共同進行之研究項目分為：深層崩塌、堰塞湖及土砂流出流域之監測等三項。雙方交流除官方管道外，亦得透過民間團體協助，日方以「全國治水砂防協會」為主，臺方以「中華水土保持學會」及「中華防災學會」為主。是以2011年起之臺日防砂共同研究除舉行研討會、現地參訪外，也舉行「行政官會議」，針對相關研究議題提出檢討與策進會議，期能增進實質合作交流目的。

本次臺日砂防共同研究會，除進行「大規模土砂移動與流域整體土砂管理技術之研究」研討會議外，並考察2013年伊豆大島土砂災害現場，最後召開共同研究討論會議及行政官會議，藉由發表成果研討、現地參訪及技術交流，期對未來坡地土砂災害防治及流域管理政策有所助益。

1.2 考察成員

本次臺日砂防共同研究會由日本「全國治水砂防協會」主辦，並分由我方「中華防災學會」及「中華水土保持學會」協助，考察人員則委由兩個學會推薦而由日方邀請，對象為從事共同研究議題之專家學者及公部門機關業務相關人員參與，團長分由水利署楊偉甫署長及水土保持局黃明耀局長擔任，成員共 15 人，名單如下：

姓 名	服務單位/職稱	備註
○中華防災學會代表團		
楊 偉 甫	水利署/署長	團長
謝 正 倫	中華防災學會/榮譽理事長	副團長
李 三 畏	中華防災學會/監事	
王 晉 倫	水土保持局保育治理組/組長	
紀 再 仲	林務局集水區治理組/技正	
黃 琮 逢	國家發展委員會/科長	
林 怡 君	成大防災研究中心/組長	
陳 秀 蘭	成大防災研究中心/秘書	
○中華水土保持學會代表團		
黃 明 耀	水土保持局/局長	團長
陳 樹 群	中興大學農業暨自然資源學院/院長 中華水土保持學會/理事長	僅參加2月28日共同 研究討論會議及行政 官會議
陳 天 健	屏東科技大學水土保持系/副教授 中華水土保持學會/秘書長	副團長
許 中 立	屏東科技大學水土保持系/教授	自費
陳 重 光	水土保持局監測管理組/副組長	
傅 桂 霖	水土保持局臺南分局/副分局長	
黃 效 禹	水土保持局土石流防災中心/正工程司	

1.3 行程概要

本次考察期程自民國 103 年 2 月 23 日至 3 月 1 日，為期共 7 天，日程如表 1-1。行程區域主要位於東京市、靜岡縣及伊豆大島，行程包括「大規模土砂移動與流域整體土砂管理技術之研究」研討會(1 天)、參訪靜岡縣浜松土木事務所天竜支局及考察靜岡縣春日町之地滑崩塌現場 (1 天)、參訪東京都大島支廳、大島町公所及考察伊豆大島災害現場 (2 天)、以及進行共同研究討論會議及行政官會議(1 天)。

表 1-1 2013 日臺砂防共同研究會日程表

日期	行程	地點	住宿	備註
2014/2/23 (日)	臺灣調查團抵日	臺灣桃園國際機場 12:50 CX450 16:50 抵達東京成田機場	東京	成田國際機場接機
2/24 (一)	研討會：「大規模 土砂移動與流域 整體土砂管理技 術之研究」	砂防會館穗高廳	東京	歡迎晚宴
2/25 (二)	現地視察 東京-浜松-熱海	靜岡縣春日町之地 滑崩塌現場	熱海	搭乘新幹線 靜岡大學土屋教授 陪同
2/26 (三)	MOA 美術館視 察 熱海(12:50 發)- 伊豆大島(13:35 到)	拜訪大島町公所 伊豆大島災害現場 (元町地區周邊)	大島	自熱海搭乘渡輪 靜岡大學今泉副教 授陪同
2/27 (四)	現地視察 大島(15:20 發)- 東京(17:35 到)	伊豆大島災害現場 (砂防設施、崩塌地)	東京	自大島港搭乘渡輪 靜岡大學今泉副教 授陪同
2/28 (五)	共同研究討論會 議及行政官會議	砂防會館 3 樓筑後 會議室	東京	歡送晚宴
3/1 (六)	返國	東京成田機場 15:15 CX451 18:30 抵達 桃園國際機場		成田國際機場送機

貳、研討會概要

- **時間：**2014 年 2 月 24 日(一)
- **地點：**砂防會館別館穗高會議室
- **名稱：**「大規模土砂移動與流域整體土砂管理技術之研究」
- **內容：**

本研討會開幕式日方由全國治水砂防協會理事長岡本正男、交流協會專務理事井上孝及國土交通省砂防部長大野宏之，臺方由農委會水土保持局局長黃明耀及經濟部水利署署長楊偉甫代表致詞。本研討會議程如表 2-1，研討內容日方則針對「近年發生於日本的土砂災害及其對策」、「印尼安汶島之堰塞湖形成、潰堤及洪水災害」及「大規模土砂移動之預測及減災對應技術為主的調查研究現況與課題」等 3 議題專題報告；我方則針對「臺灣的水土保持管理策略及作為」、「崩塌流體化災害之特徵與潛勢分析」、「深層崩壞之發生機制研究」及「流域土砂收支帳戶管理系統」等 4 議題專題報告。

參與人員日方共有全國治水砂防協會、國土交通省、土木研究所等不同單位計約有 20~30 人，臺方則有水利署、水土保持局、國發會、林務局、中華水土保持學會、中華防災學會等單位共 15 人參與。綜合討論由全國治水砂防協會常任參與原 義文主持，討論情形相當熱絡。最後在全國治水砂防協會理事長岡本正男的致詞中圓滿落幕。下面就針對研討會之 7 個議題摘要說明與討論：

表 2-1 2013 日臺砂防共同研究會議程表

時間	議題	演講者	備註
2/24(一) 10:00~10:30	開幕式	全國治水砂防協會理事長 岡本正男 交流協會代表理事・專務理事 井上孝 國土交通省砂防部長 大野宏之	
10:30~11:10	演講 1 近年發生於日本的 土砂災害及其對策	國土交通省砂防部長 大野宏之	
11:10~11:50	演講 2 臺灣的水土保持管 理策略及作為	水土保持局監測管理組 副組長 陳重光	
11:50~13:00	休息		
13:00~13:40	演講 3 印尼安汶島之堰塞 湖形成、潰堤及洪水 災害	獨立行政法人土木研究所火山土石流 小組 上席研究員 石塚忠範	
13:40~14:20	演講 4 崩塌流體化災害之 特徵與潛勢分析	屏東科技大學水土保持系 副教授 陳天健	
14:20~14:30	休息		
14:30~15:10	演講 5 深層崩壞之發生機 制研究	成功大學水利及海洋工程系 教授 謝正倫	
15:10~15:50	演講 6 流域土砂收支帳戶 管理系統	農業委員會水土保持局 組長 王晉倫	
15:50~16:00	休息		
16:00~16:40	演講 7 大規模土砂移動之 預測及減災對應技 術為主的調查研究 現況與課題	静岡大學農學部環境森林科學科 副教授 今泉文壽	
16:40~17:20	綜合討論	主持人：全國治水砂防協會 常任參與 原義文	
17:20~17:30	閉幕式	全國治水砂防協會理事長 岡本正男	

◎ 演講 1：「近年發生於日本的土砂災害及其對策」～ 大野宏之

摘要：

1. 日本土砂災害發生的背景：日本位處於四個板塊(北美、太平洋、菲律賓海及歐亞大陸)交界處地震、火山等災害頻繁，由於地質破碎的原因加上位處於颱風的主要路徑上，土砂災害成為日本立國以來的防災重點工作。近年來，由於全球暖化造成氣候異常情勢逐漸加劇，土砂災害發生的次數及規模都有逐年上昇的趨勢。日本約有 9 成以上市町村面臨土砂災害之危險(如圖 2-1)。
2. 平成 25 年的災害情況：去年(平成 25 年/2013 年)日本的土砂災害總共發生 941 件，造成 53 人死亡及失蹤，房舍損壞(含半倒、全倒戶)413 間(如圖 2-2)，主要是發生在 10 月 16 日第 26 號颱風經過關東地區伊豆半島及大島等地區，因為總雨量高達 824 毫米(大島町)，造成了嚴重的土石流災情。大島町的土石流災害，主要是因為火山作用所造成的特殊地質架構，不透水的塊狀熔岩，加上表層鬆散的凝灰岩層，造成雨水入滲後幾乎集中在兩岩層的界面中，引發超額的間隙水壓，觸發大面積的表層崩塌，引發土石流，進而造成下游大面積的土石淹埋。
3. 近年來土砂防災的新課題(TEC-FORCE)：本次 2013 年第 26 號颱風的嚴重災情，國土交通省的緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)發揮了很大的功效。日本國土交通省於 2008 年 5 月成立了緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)，針對土砂災害專家及技術人員的派遣支援，由國土交通省及各地方建設整備局及事務局選派約二千六百人，以任務編組方式，擔任大規模災害時災害迅速反應與支援團隊(如圖 2-3)。緊急災害對策派遣隊包含了(1)先遣班、(2)受災地方政府支援班、(3)現地活動調度協調班、(4)資訊通信班、(5)專門技術指導班、(6)災情狀況調查班(直昇機)、(7)災情狀況調查班(現地)及(8)緊急對策班等任務編組。緊急災害對策派遣隊的派遣，統一由國土交通大臣指揮命令，派遣的要求可藉由以下三項管道提出：(1)受災地方政府鄰近的國土交通省事務局、(2)受災地方政府所屬縣級土木部(局)等及(3)受災地方政府鄰近的地方(建設)整備局。
4. 土砂防災的因應對策：日本交通省砂防部所提出的土砂災害對策，對於土砂災害的防止，包含：

(1)硬體對策：以保育治理的工程設施為主，以達到國土保全、生命財產保護的安全。

(2)軟體對策：包含警戒避難及合理的土地使用(如圖 2-4)。

➢ 警戒避難：主要執行土砂災害警戒區域、土砂災害潛勢圖製作、警戒避難體制整備與強化、土砂災害警戒情報製作及資訊系統建置等。

➢ 合理的土地使用：主要針對開發行為限制，水土保持構造進行規範，對於特定水保持區限制開挖及填土行為，並針對區內的建築物進行水土保持施作的規範。

希望透過多年來土砂災害潛勢區調查、劃定與管理成果的重新審視，釐清因各期調查及劃定的時空環境需求造成作業方法及認定標準的差異，重新導正聚焦於土砂災害警戒區域作業的依據，以解決歷年因為認定差異造成的難解問題。

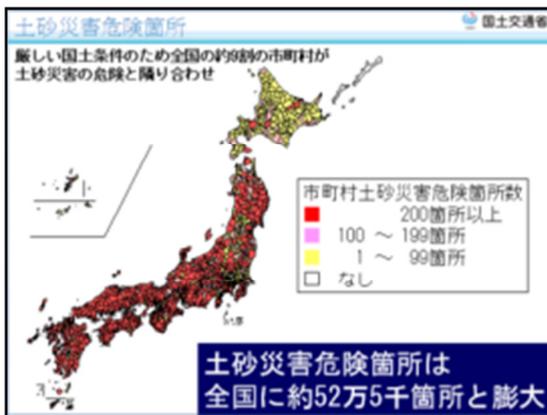


圖 2-1 日本土砂災害危險處所分布圖



圖 2-2 日本 2013 年發生土砂災害狀況



圖 2-3 緊急災害對策派遣隊派遣情形

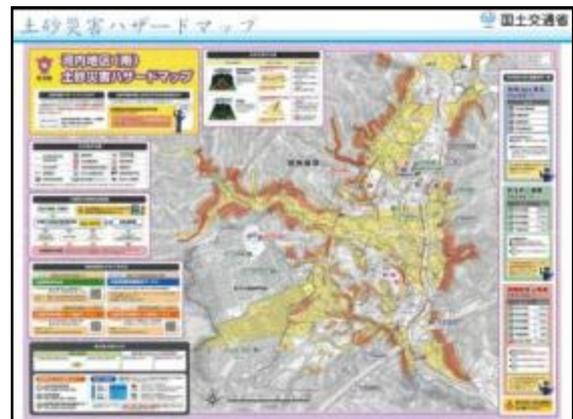


圖 2-4 土砂災害軟體防災對策

✿ 演講 2：「臺灣的水土保持管理策略及作為」～ 陳重光

摘要：

1. 前言：臺灣的水土保持大致可區分為治理及管理，治理的對象為無開發經營土地，管理的對象為有開發經營土地。
2. 自然環境：臺灣土地可區分為三區塊，包括：森林區(45.99%)、山坡地(27.31%)及平地(26.70%)，其中約 73.3%土地需要水土保持管理。每年的 5 月至 11 月是臺灣的防汛期，期間遭受各種不同程度颱風豪雨的侵襲(如圖 2-5)，颱風所帶來的雨量，有逐年增加的趨勢，嚴重影響土地抵抗災害能力，其中 2009 年莫拉克颱風的降雨延時及總雨量都是歷年之冠，造成小林村部落瞬間遭土石掩埋，將近 500 人死亡，舉世震驚。面對極端氣候所帶來異常降雨，臺灣也從以往的單一災害，逐漸轉變為複合型災害，同時水土保持管理，也面臨嚴峻考驗。
3. 管理三階段：
 - (1) 法制未備階段（～1986）：1986 年前，臺灣沒有水土保持的專門法律，大部分山坡地仍維持農業使用，只有少數的非農業使用，依建築法加以管理。
 - (2) 山坡地保育條例管制階段（1986～1994）：1986 年山坡地保育利用條例修正，增訂山坡地開發要事先提出水土保持計畫，正式納入計畫管制。
 - (3) 水土保持法管制階段（1994～）：1994 年公布水土保持法，將水土保持計畫改為水土保持主管機關審核及監督檢查，權利與責任相符，臺灣的水土保持管理開始步入正軌。
4. 管理策略：為達到「水土保持法」的立法目的，針對山坡地開發利用，主管機關要求水土保持義務人應依水土保持技術規範相關規定，並提出水土保持計畫，違反者，應以行政罰或刑罰予以制裁。
5. 管理作為：
 - (1) 水土保持義務人：將實施水土保持規定為當事人的義務，包括經營人負擔決策義務，使用人負擔實際行為義務，所有人負擔土地管理義務。
 - (2) 次序關係：如果一事件的同時有經營人、使用人及所有人，其違規的制裁對象，以經營人優先，使用人次之，最後才是所有人。
 - (3) 行為義務：針對山坡地開發或治理行為，要求水土保持義務人履行

技術及計畫二項行為義務，違反義務則施予制裁。

- (4) 不行為義務：對水土保持有嚴重影響或須特別保護的土地，劃定公告為特定水土保持區，並擬定及推動長期水土保持計畫，區內土地禁止任何開發行為，但得為從來合法使用。
 - (5) 違反行為義務制裁：為貫徹水土保持管理目的，針對違反行為義務的相對人，則予以制裁，區分為行政罰及刑罰。
 - (6) 水土保持計畫：依據開發案的不同特性，指導義務人實施各項水土保持處理與維護，以減免災害發生。水土保持計畫內容，可區分資料調查及規劃設計等二區塊。
 - (7) 專業技師：水土保持計畫涉及相當程度的專業，故調查、規劃、設計及監造，均應由專業技師執行，並簽證負責。水土保持法規定，相關專業技師的科別，包括：水土保持、土木、水利及大地工程。
 - (8) 特定水土保區劃定：針對亟需加強實施水土保持之處理與維護之地區給與劃定；依法應劃定為「特定水土保區」之範圍有水庫集水區，須特別保護之河川集水區，海岸、湖泊沿岸、水道兩岸需特別保護者，沙丘地、沙灘等風蝕嚴重者，山坡地坡度陡峭、具危害公共安全之虞者，及其他對水土保持有嚴重影響者。20年來僅劃定公告2座水庫集水區，面積8,362公頃，占63座水庫集水區約205萬公頃之0.4%。
 - (9) 違規查報制止取締：為加強山坡地違規開發的查報、制止及取締工作，各縣市政府均劃定巡查區，如有必要也可請求當地軍警協助。
6. 展望未來：強化資訊管理達到資訊精準、即時更新及處理時效(圖2-6)；以高解析度雷達衛星影像進行山坡地變異比對，監測結果由水土保持局輔導縣市政府進行實地查核，瞭解開發利用情形，以利山坡地管理。發揮「人在做天在看」的嚇阻效果，即時遏止不法投機行為；積極推動預防管理，包括：教育、宣導及廣告。
7. 結語：工程並非萬能，人定勝天的傳統觀念，更應適時調整及改變；面對災難，我們應該以謙卑的心，學習與尊重大自然，更應以防災應變的態度，加強預防管理。

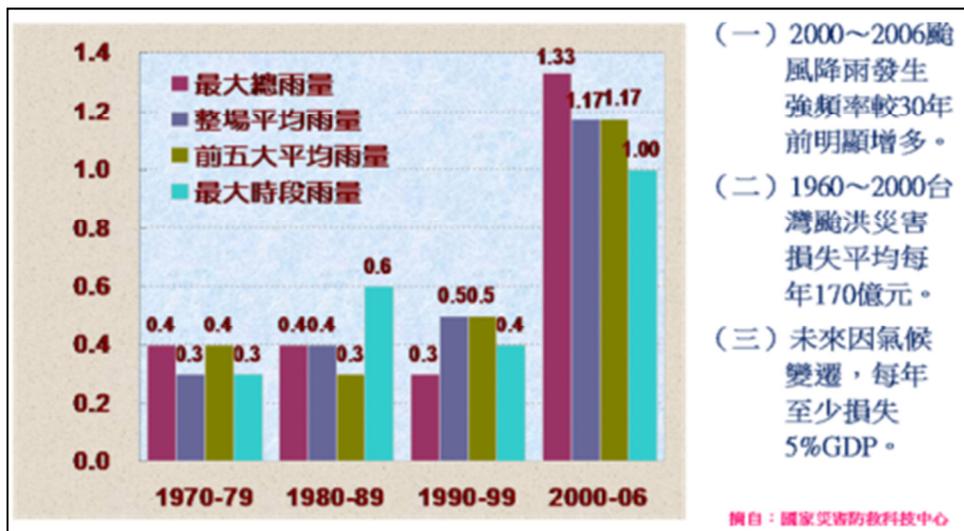


圖 2-5 臺灣的颱風災害



圖 2-6 山坡地管理資訊系統

◎ 演講 3：「印尼安汶島之堰塞湖形成、潰堤及洪水災害」~ 石塚忠範

摘要：

1. 災害發生背景：2012 年 7 月印尼 Maluku 群島中的 Ambon 島發生大規模崩塌(如圖 2-7)，崩塌土砂量初估為 1,200 百萬立方米，堰塞湖的水體體積達 2,500 百萬立方米，由於堰塞湖的下游約兩公里處有近 5 千人居住的聚落區，情況緊急，日本土木研究所接獲國際的支援申請後，即展開協助緊急應變及處理各項工作。
2. 堰塞湖行程後的緊急處理：首先展開的防災與緊急應變工作，主要包括(1) 天然壩監測系統的建立，(2) 壩體安定性分析，(3) 警戒避難基準的設定，(4) 警戒避難體制的建立，(5) 對策工法的實施，及(6) 觀測及治理等各項工作的檢討修正。

3. 堰塞湖潰決的洪水過程：採用 Aerial Placeable Floating Gauge (APF gauge)，進行水位的監測與紀錄。2013 年 5 月後該地雨季開始，堰塞湖水位持續上升，7 月 25 日水位越過堤頂溢洪道，持續水流導致溢洪道嚴重沖刷，進而發生部分壩體沖失(如圖 2-8)，大量水體沖往下游，造成下游洪水之害。總計造成 3 人失蹤，3 人受傷，5,233 人安全的疏散避難，淹水面積 35 公頃，淹水深度達 3 公尺。
4. 災後的課題與省思：災害後協助進行各項的調查與檢討，提供印尼政府有關後續的防災重點。
 - (1) 原本堰塞湖的位置可能再次產生河道閉塞，形成堰塞湖。
 - (2) 下游河道部分，因為大量土砂流出，局部地區河道上昇達 20 公尺。未來若有洪水發生，也會伴隨大量土砂流往下游，造成更嚴重災情。
 - (3) 此次的洪水，已將下游河道淹沒，目前已無固定流向及深槽，未來倘有洪水流出，影響範圍將再擴大。
 - (4) 後續治理建議：下游河道的清疏及導流堤的興建；中上游儲砂空間的規劃與構築；河道中，砂防堰堤的興建；自然壩壩體及週邊崩塌的坡面保護(含殘存土體的處理)。



圖 2-7 災害位置圖



圖 2-8 堰塞湖潰決後情形

✪ 演講 4：「崩塌流體化災害之特徵與潛勢分析」~ 陳天健

摘要：

1. 前言：本研究針對坡面型土石流之產狀特性，以高屏溪流域內莫拉克颱風的土石流事件為研究對象，歸納出坡面型土石流之特性，建立坡面型與溪流型土石流之判釋準則，與邊坡發生坡面型土石流之潛勢模式，作為爾後土石流風險評估之參酌。
2. 崩塌流體化災害特徵：坡面型土石流現地特徵描述，考慮現地調查之適用性，綜整多數學者引用之準則如下：(1) 災前地形為凸坡或平直坡；(2) 發生於溝壑或坡面地形，且不具明顯溪溝，屬零級河序(Zero order basins)；(3) 發生區多位於坡腹或向源侵蝕區位；(4) 源頭崩塌地呈碗狀；(5) 由新生崩塌地轉化為土石流；(6) 集水區內崩塌規模較小；(7) 發生區與流動區不易區別，且坡度較陡；(8) 具隘口地形並連接土石流流路；(9) 劇烈槽化作用；(10) 河道長度短；(11) 堆積區顆粒稜角明顯。
3. 潛勢分析方法：
 - (1) 坡面型與溪流型土石流區別準則：以莫拉克風災後高屏溪流域共 125 處土石流事件為基礎，進行坡面型與溪流型土石流區別準則研究。針對流域土石流地文因子特性，利用劃定出現百分比方法，建立一條坡面型與溪流型土石流區別基準公式。根據

集水區面積(100ha)與河道長度(1,000m)兩項地文因子統計成果，即可獲得，出現百分比 90%以上之正判率，如圖 2-9 所示。

(2) 邊坡發生坡面型土石流之潛勢模式：

$$Y = 0.225X_1 - 0.779X_2 - 0.219X_3 - 0.475X_4 + 0.108X_5 + 0.64X_6 - 0.867 \quad (\text{式 1})$$

式中：X1 為有效集水指標；X2 為 q/t 值面積百分比；X3 為土石流發生區平均坡度；X4 為土石流發生區面積；X5 為集水區面積；X6 為集水區平均坡度；q/t 值為集水區崩塌預測因子。

Y 為正者，其將可能發生坡面型土石流，Y 為負者，其可能僅發生坡面崩塌。本模式之整體正判率可達 83%。

進一步將坡面型土石流發生累積機率百分比曲線面積分成三等份，分別區分為高、中、低之發生潛勢。低潛勢者為 Y 值 < -0.169，中潛勢者為 Y 值 -0.169~0.508 間，高潛勢者 Y 值為 > 0.508。

4. 結論：綜合坡面型土石流現地產狀特性及文獻描述，針對高屏流域坡面型土石流訂定共 11 項特性判釋準則，同時發展出坡面型與溪流型土石流準則，以及邊坡發生坡面型土石流之潛勢評估模式可供防災作業之參酌。

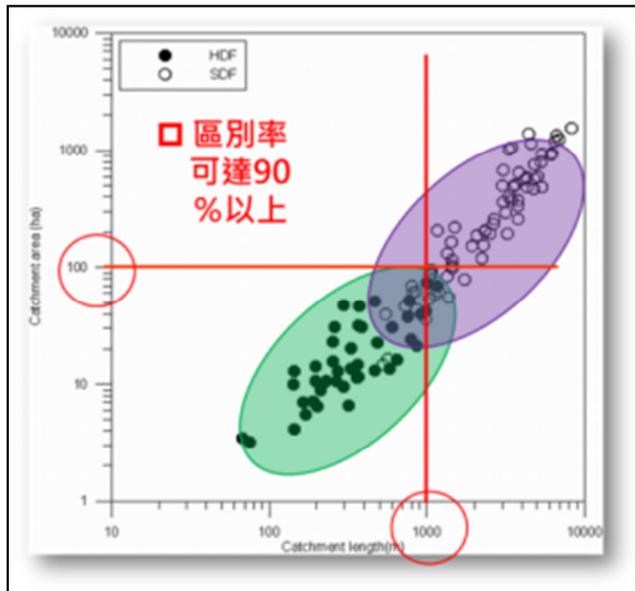


圖 2-9 坡面型與溪流型土石流區別方法

(黑點為坡面型土石流，圈圈為溪流型土石流事件)

◎ 演講 5：「深層崩壞之發生機制研究」～ 謝正倫

摘要：

1. 大規模崩塌之定義與案例：介紹目前我國對於大規模崩塌之定義以及目前相關案例(如圖 2-10)，包含小林村、太麻里、廬山、梨山等，依照目前之分類，這些都屬於大規模崩塌，但兩者在運動型態上卻有相當大之不同，小林村之深層崩塌在發生後快速的運動，過程在幾分鐘之間，而廬山地滑在發生後則是走走停停，尚未發生明顯之位移，屬於慢速之運動，這兩種截然不同之運動型態在後續防、減災工作上會出現極大之差異。
2. 我國之大規模崩塌防減災工作規劃：說明我國目前執行之現況與防減災工作規劃，在執行現況部分，目前已完成近 5,000 平方公里面積之判釋，結果顯示目前約有 1,600 處大規模崩塌潛勢區，其中有 56 處有鄰近聚落，依此推估全臺會有 5,000 至 6,000 個大規模崩塌潛勢區，將有 150 個潛勢區鄰近聚落，顯示大規模崩塌防減災工作之推動的必要性。而在防減災工作之推行，分別為潛勢區之調查、危害度之分析與後續防減災工作建置等，其中工作包含潛勢區之判釋、發生機制之研究、監測與分類、影響範圍之劃定、危險度之分級、工程方法之研發、警戒基準之訂定、避難疏散之規劃等工作。
3. 快速運動與慢速運動之概念：快速運動可能係由於入滲與地下水位抬升兩種現象之作用，使得滑動土體之孔隙水壓產生快速上升而造成破壞；而慢速運動部分則以地下水位之變化為主，由逐漸升高之地下水位造成土體之破壞(如圖 2-11)。在現有監測案例上，對於慢速運動之成果顯示，在降雨尖峰過後 1 至 2 天會產生運動，而在破碎帶之地滑區，尖峰雨量過後 0.5~1 天就會產生活動，而小林村之結果顯示在尖峰雨量過後 0.5 天就發生崩塌。
4. 快速運動與慢速運動之機制：從堆積土體之受力狀況進行分析，利用多孔隙介質之二相流理論，提出崩塌土體之安定性分析方法，考量降雨入滲及地下水抬升之現象進行分析，結果顯示若僅考慮入滲，土體之安定性會因入滲水體接觸不透水層而產生急降之現象，而慢速運動部分，安定性則是逐漸減小，並沒有急降之現象出現，而在快速運動部分，在地下水與入滲之共同作用下，安定性會逐漸降低並發生急降，從理論上來看，確實有可能將慢速運動與快速運動進行區別。

5. 結論：以現有臺灣及日本微地形判釋方法，所篩選之大規模崩塌將包含快速的深層崩塌及慢速的地滑兩種，若無法有效區別，對後續防減災工作造成困難。慢速的地滑與快速的深層崩塌間，應有發生機制及運動機制之差異，本研究針對此差異提出概念性的構想，亦即慢速地滑屬地下水緩慢上升所衍生，而快速之深層崩塌屬入滲及地下水共同作用所造成。兩現象間存在互相轉換之可能性。

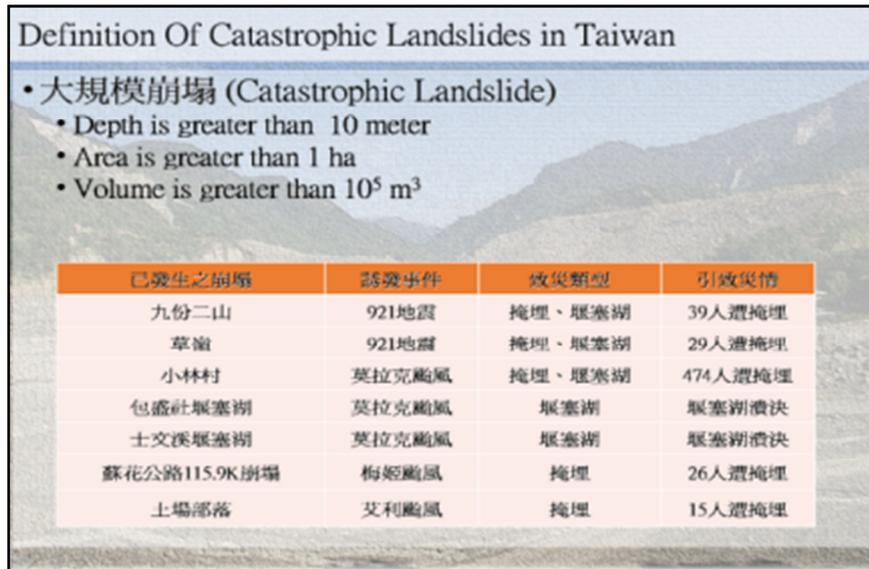


圖 2-10 臺灣大規模崩塌案例

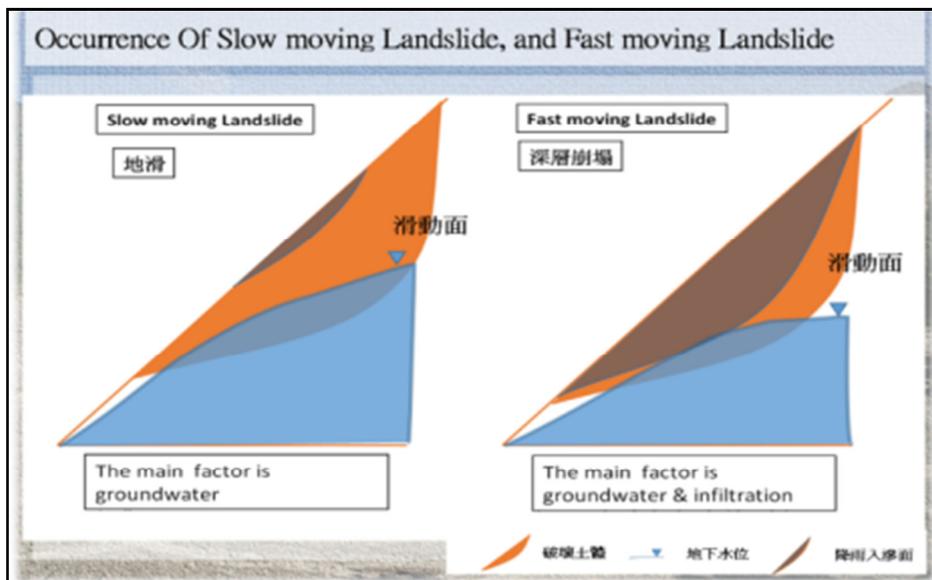


圖 2-11 地滑與深層崩塌之比較

◎ 演講 6：「流域土砂收支帳戶管理系統」~ 王晉倫

摘要：

1. 前言：流域內土砂變化，可透過多元性監測方法與土砂收支數值模式技術之結合，監測集水區地形變異及其土砂生產、流出量，以主、次、子集水區為單元，建立各集水區之土砂帳戶網路管理系統，定期更新集水區內之土砂收支現況，以掌握流域內土砂之時空變化趨勢。

2. 多元性流域地形變異監測分析：針對「多元性」監測方法進行說明，應用包含衛星影像、航空照片、UAV 等空載影像與光達掃描(LiDAR)之地形資料，進行流域地形變異判釋，再進一步進行流域土砂生產量的推估。

研究方法包含(1)大範圍遙測影像崩塌面積判釋；(2)重點集水區坡面崩塌與河道侵淤監測；(3)崩塌面積-體積特性統計分析(土砂生產量評估)；(4)多時期數值地形匹配應用分析(土砂生產、河道變異量評估)，透過現場之調查與統計方法之分析，可以初步進行集水區內土砂生產量、流出量之評估。

3. 土砂收支模式建立與分析：土砂收支模式之分析(如圖 2-12)包含土砂生產量之評估，如崩塌、表土沖蝕等土砂量之分析，而土砂流出之分析，則包含輸砂量與地形變動等分析，模式分析包含數值模式分析與現場資料收集等工作，建立全臺之參數資料庫，完成全臺沖蝕指數之更新、平均侵蝕深度之分析、河川流出土砂量分析，並可依據主、次、子集水區之分區，進行結果之呈現。

4. 流域土砂收支網路帳戶管理系統：透過上述兩種方法之結合，建立主、次、子集水區之流域土砂收支網路帳戶管理系統(如圖 2-13)，定期更新集水區土砂生產、運移與河道侵蝕堆積量，產出各集水區土砂收支帳務報表，達到流域土砂量化之目標。

5. 結論：透過 8 年之國土調查，已初步完成集水區土砂生產、運移與侵蝕堆積之調查、特性統計分析，建置土砂模式參數資料庫等工作，完成以全臺為基礎之分析平臺，可提供下一階段土砂規劃治理方案之設定依據。後續工作包括建立土砂收支網路管理系統，設定各主、次、子集水區之土砂帳戶，定期更新集水區內土砂收支現況，建立全臺流域之土砂管理系統。

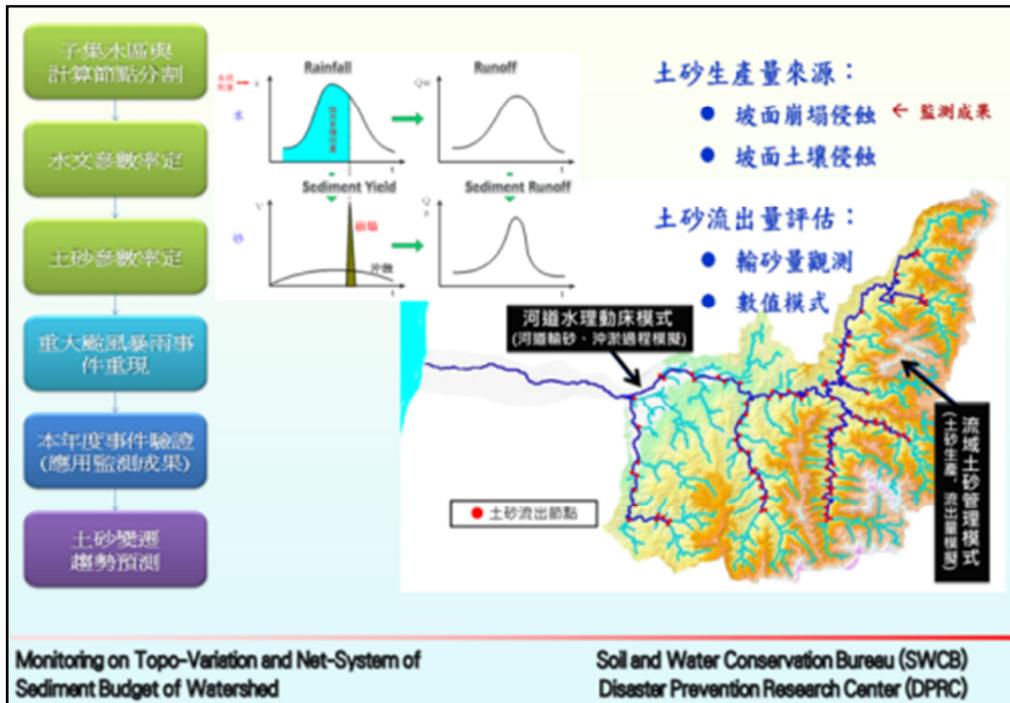


圖 2-12 土砂收支模式建立與分析示意圖

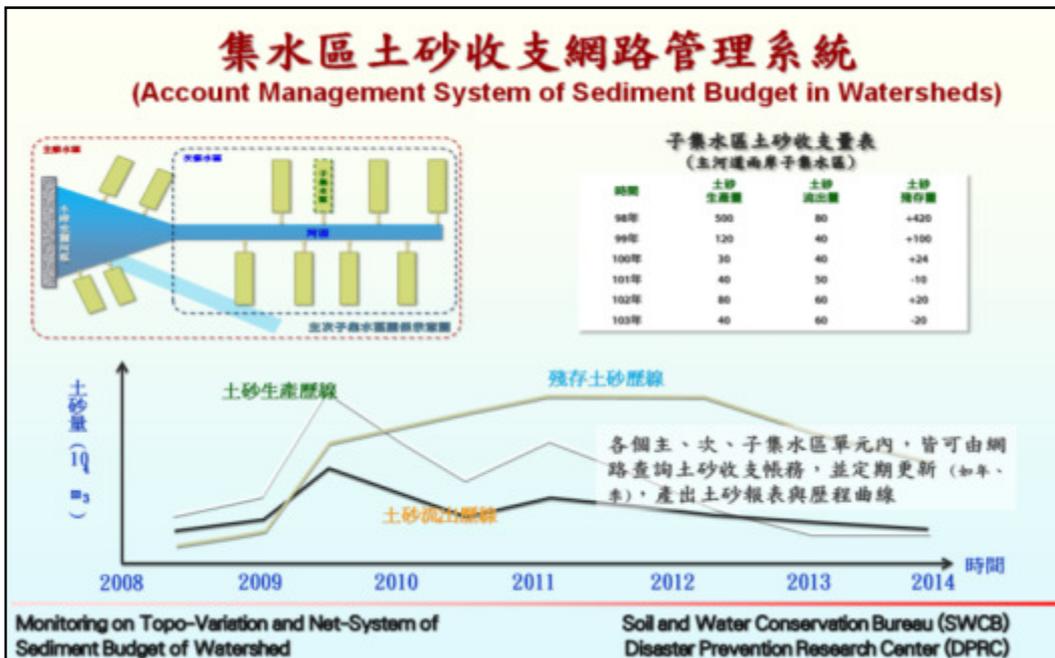


圖 2-13 集水區土砂收支網路管理系統示意圖

✿ 演講 7:「大規模土砂移動預測及減災對策技術為主的調查研究現況與課題」~ 今泉文壽

摘要：

1. 近年土砂災害の特徴：地球暖化造成極端的氣候變動，也帶來土砂災害發生頻度的增大和規模放大的情勢逐漸明顯，而因極端降雨所引發災害型態已由過去單純局部區域的洪水或土砂災害，轉變為大規模區域的土砂、洪水複合型災害的同步發生，以 2009 年 8 月的莫拉克風災為典型複合型災害範例。
2. 既有土砂災害防災技術成果收集分析：過去針對地文因素及土砂移動觀測獲得相當多的成果，如：深層崩塌的調查及判釋技術；土石流危險度評估技術；坡面崩塌災害潛勢分析及土砂運移及流出推估技術。
3. 近年來土砂災害突顯的防災課題：(1) 從崩塌，土石流，天然壩到堰塞湖潰決，形成複雜的複合型土砂運動模式；(2) 深層崩塌等大規模土石運動到大規模土砂流出(如圖 2-14)，也造成推估方法的應用困難；(3) 超過重現期 100 年以上的極端降雨發生機率升高，降雨集中於特定地區，土砂預測難度增加。
4. 大規模土砂移動及影響範圍預測方法研發計畫執行情形：研究團隊包括京都大學、靜岡大學及新潟大學等相關院校。本計畫針對既有的土砂運移預測方法進行彙整與檢討，並因應近年來土砂災害突顯的幾項防災課題，如複合型土砂運動模式進行研發，最後利用近年來發生的大規模土砂災害案例進行驗證與探討。

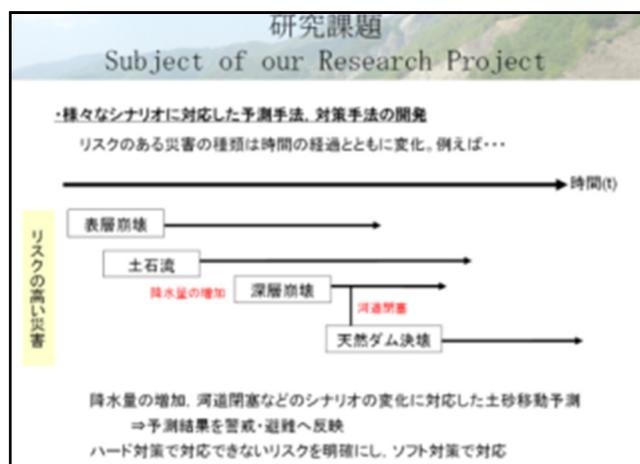


圖 2-14 深層崩塌研究課題

參、現地參訪

本次考察土砂災害整治區域共 2 處，分別為靜岡縣春日町之地滑崩塌及伊豆大島災害現場，以下逐一介紹參訪情形：

3.1 靜岡縣濱松市天龍區-門島崩塌災害復建

◆ 現勘時間：103 年 2 月 25 日(二)

◆ 現況概述：

1. 地理位置：天龍區門島位於富士山以南的靜岡縣濱松市，濱松市位於靜岡縣西部(如圖 3-1)。目前人口 82 萬人，面積為日本全國市町村行政區域中第二位。天龍川為日本屈指可數的大河，從長野縣開始，途中彙集多個支流，注入遠州灘。
2. 災害情況：天龍川流域上游因地形陡峭，地質屬四万十帶犬居層群的頁岩及砂岩，且有中央構造線-光明斷層通過。由於其位於地震帶上，地質脆弱，易造成崩塌及土石鬆動。天龍川支流為氣田川，分支為杉川，門島則位於杉川上。

2013 年 3 月 21 日當地居民通報靜岡縣濱松市公所，其種植茶園發現長 160 公尺裂縫，25 日靜岡縣之濱松土木事務所即建立簡易觀測系統；4 月 21 日 23 時 50 分觀測到每小時 4mm 之位移量，濱松市公所隨即進行保全戶之疏散應變作為；同年 4 月 23 日凌晨 4 時 20 分發生第一次崩塌，造成長 150m 寬 80m 之崩塌，產生 4 萬立方之土砂，坍塌之土體掩蓋杉川並形成堰塞湖(圖 3-2)。9 月 16 日更受第 18 號颱風(日雨量 356mm)侵襲考驗，皆無人員傷亡，實為防災成功案例。

3. 災害復建：靜岡縣濱松市公所於居民通報源頭裂縫發生後，立即進行坡地災害潛勢之監測，4 月 23 日發生第一次崩塌後，即著手進行整治工作，整治成果說明如下：
 - (1) 災害緊急地表滑落工程：因大量土砂下移堆積河床造成堰塞湖，乃立即進行災害造成地表滑落緊急工程，包括集水井鑽探工程、上邊坡鋼筋護板工程及基礎螺栓護板工程等，經費 10.33 億日幣。
 - (2) 河川災害修復工程：針對崩落土砂造成杉川河道之掩埋，重新檢討河道復建可行性評估，進行臨時排水路新建工程(圖 3-3~3-5)、加固排水路與原河道匯流處之安全、興築防止土砂流出之堤堰及崩塌處

基腳保護工，以調整河道，減少水流對原凹岸之衝擊。為儘早恢復治水功能，利用鋼網土石籠袋搭配消波塊之堆置，加固河岸基礎工程來補強護岸。經整治後，10月26日發生之第27號颱風經過時修復之水路發生功能，有效抑制災害發生，保全崩塌地不再擴大，經費3.44億日幣。

- (3) 地表滑落加強處理工程：因崩塌斜坡上原崩塌之茶園，仍發現裂縫，並殘存有未滑落之土體存在，使用高傾斜面挖掘機，利用無線遠距離操作，採無人化施工，清除土塊及施工斜坡不完整之地形(圖3-6)，並於坡面鋪築鋼網，進行頂部格框植生(圖3-7)，以確保崩塌頭部之穩定性。



圖 3-1 災害現地位置圖



圖 3-2 門島地區崩塌發生過程



圖 3-3 臨時排水路新建工程示意圖



圖 3-4~3-5 杉川新增排水路完工後(左圖)及 18 號颱風之考驗



圖 3-6 崩塌坡面鋪築鋼網及無人化施工概況

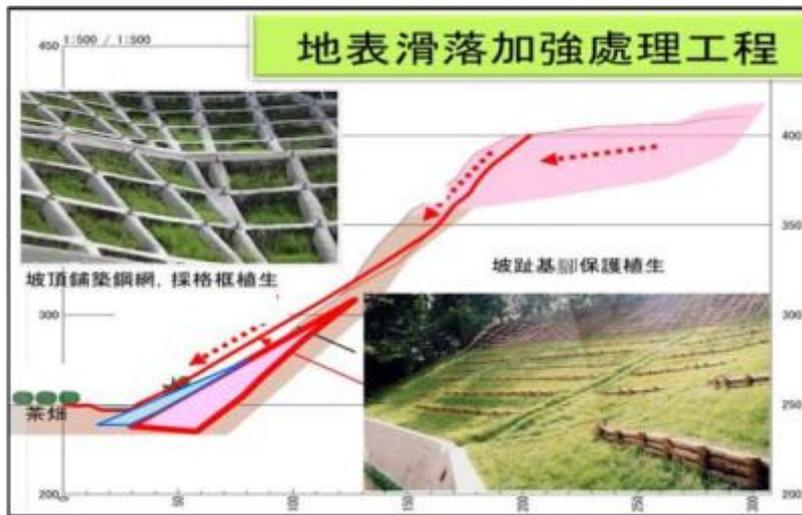


圖 3-7 地表滑落加強處理工程

◆ 小結：

1. 日本對土砂災害之復建係考量國土保全思維及理念，似天龍川上游崩塌地距離保全對象較遠，惟仍有大量土砂崩塌潛勢，仍持續辦理整治工作；臺灣則衡量整治區位及經費需求，以是否有保全對象作為整治優先考量的要件，就整體國土保育觀點而言較臺灣宏觀。
2. 當地居民關切自家土地財產安全，發現異狀能即刻通報，政府部門也立即建立簡易觀測系統，無造成人員傷亡，實為防災成功案例。監測系統之建立可用以評估再崩塌潛勢及可能發生時間，探討後續預警應用之可能性，所得結果更可供防減災措施、保全策略擬訂及坡地預警技術參考。
3. 施工現場利用鋼吊索運送工程材料及簡易機具，能有效節省時間及節能減碳，成效卓著。國內相關工程雖亦曾嘗試，惟礙於成本考量未能擴大推廣，實屬可惜。
4. 針對新闢排水道能迅速有效取得土地，立即施工，藉由改道來避免崩塌區基腳沖刷，所施作之臨時排水道也充分發揮效果，其用地取得之方式值得借鏡，未來水土保持工程亦應朝向徵收一途努力。
5. 日本天龍川門島地區崩塌災害與臺灣石門水庫砂崙仔崩塌地及嘉義地區樂也崩塌地類似，皆為治理成功案例，可為未來參考範例。
6. 日本工地現場勞工安全措施及施工安全管制警戒相當完善，我國近年來對工程安全之作為亦有長足進步，唯積極落實貫徹執行之決心仍有進步之空間。



圖 3-8 靜岡縣濱松土木事務所天龍支局課長簡報解說



圖 3-9 門島地區崩塌災害現場勘查



圖 3-10 門島地區崩塌災害及復建現場實景

3.2 東京都大島町 ~ 伊豆大島土石流災害

◆ 現勘時間：103 年 2 月 26(三)~27 日(四)

◆ 現況概述：

1. 地理位置：伊豆大島位於相模灣正南方，距東京 120km，離熱海 46km（如圖 3-11）。面積 91.06km^2 （東西 9km、南北 15km、周圍 52km），三原山標高 758m，山林原野占全島面積 7%。人口有 8,384 人。
2. 降雨：2013 年 10 月 16 日，伊豆大島觀測到了一小時 122.5mm 的強降雨，刷新了該島的歷史最高紀錄。大島雨量站最大 24 小時降雨量達 824 毫米(如圖 3-12)，是往年 10 月平均雨量的 2 倍多。(資料來源：日本氣象廳)
3. 災害情況：死亡 35 人、失蹤 5 人，房屋全倒 46 棟、半倒 40 棟(如圖 3-13~3-16)。



圖 3-11 伊豆大島位置圖 (Google 圖製作)

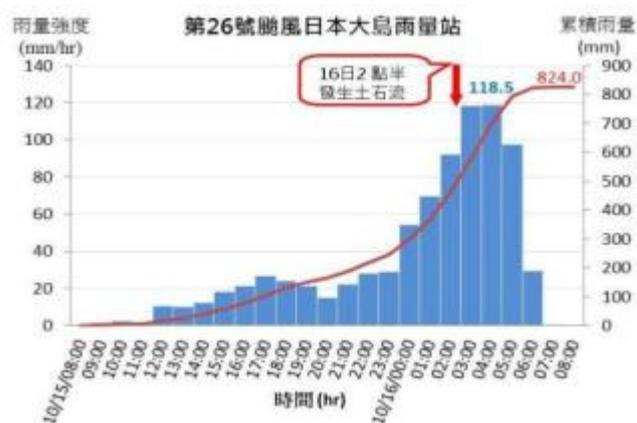


圖 3-12 第 26 號颱風日本大島雨量站降雨組體圖



圖 3-13 大島町遭受土砂夾漂流木災害情景



圖 3-14 大島町大金澤溪流源頭崩塌情形



圖 3-15 大島町災害遺留痕跡現況



圖 3-16 大島町災害殘留火山灰現況

3. 災害硬體復建：(如圖 3-17~3-24)

- (1) 1986(昭和 61)年 11 月，三元山火山爆發，當時建設省新設「火山防砂事業」。
- (2) 「伊豆大島總體熔岩流對策事業」，計畫降灰量為 1 億 m^3 ，降雨規模為 100 年頻率(日雨量 470mm、時間最大 115mm)。
- (3) 「全體計畫」，包括：19 條溪流 4 地區(約 540 億日幣)；熔岩流 4 地區(熔岩導流堤 4 座，約 85 億日幣)；火山泥石流 19 溪流(堆積工 7 座、捕捉工 80 座、流路 21.9km，約 375 億日幣)；軟體對策(雨量計、土石流、熔岩流監視裝置、約 80 億日幣)。
- (4) 長沢(元町地區)事業規模，包括：全體計畫(堆積工 3 座、堰堤工 3 座、流路工 470m)；事業計畫(堆積工 3 座、堰堤工 5 座、流路工 470m)；事業費約 33 億日幣。
- (5) 北之山川(元町地區)事業規模，包括：全體計畫(堆積工 2 座、堰堤工 2 座、流路工 360m)；事業計畫(堆積工 1 座)；事業費約 10 億日幣。施設效果量(堆積工 $51,850m^3$)。
- (6) 大金沢(元町地區)事業規模，包括：全體計畫(堰堤工 5 座、流路工 2,450m)；事業計畫(堰堤工 3 座、流路工 2,450m)；施工年度～2019 年度；事業費約 15 億日幣。
- (7) 大宮沢(野増地區)事業規模，包括：事業延長(1,400m)；施設規模(最高約 21m、最大底寬約 60m、導流堤頂寬 10m、挖方約 43 萬方、填土約 33 萬方、殘土約 7 萬方)；事業費約 35 億日幣。
- (8) 八重沢(元町地區)事業規模，包括：全體計畫(堆積工 1 座、堰堤工 2 座、流路工 500m)；事業費約 16 億日幣；施設效果量(堆積工 $26,050m^3$)。

4. 災害軟體復建：

- (1) 定期發行「宣導大島災害臨時號」分送住民，除表達對亡者哀慟之意，並報導最新搜索行動進度及災害復興資訊等。
- (2) 町長向東京都知事提出災害派遣要求，特別是自衛隊，協助完成基本救助，搜救任務，則包括警視廳、東京消防廳等。
- (3) 設立「大島町災害復興本部」，以迅速且有計畫性進行本町的復興及住民生活重建事業。
- (4) 動工興建「緊急臨時住宅」，以 1 個月完工為目標。

- (5) 災害導致住宅全倒、半倒，提供支援，包括：緊急住宅修繕(半倒受災戶可申請最高 25 萬元補助)、應急臨時住宅(全倒受災戶)、災害復興住宅貸款(住宅支援機構提供最長 35 年固定利率的貸款)、災害復興住宅資金利息補助(可申請東京都利息補助)等。
- (6) 提供受災者諮詢服務，包括：遺族的應對費、對因災住院者的支援、對因災住院者家屬的支援、對住家受災者的支援等。
- (7) 設立「大島社會福祉協議會」，招募災害志工，處理志工派遣，進行瓦礫撤除、清除垃圾、室內清掃等工作。
- (8) 「東京都生活文化局宣傳推廣部」針對島嶼居民實施免付費法律諮詢，由律師於固定時間接受電話諮詢，並嚴守個人隱私保護守則。
- (9) 「大島町兒童家庭支援中心」接受町內未滿 18 歲的兒童及其家庭各類問題諮詢，包括：因故無法上學、遭遇生活困難、利用社會福利設施服務、暫時協助照顧兒童、臨時托育等。
- (10) 復興作業中發現的流失物品，由町公所住民課進行保管，並依序進行分類工作。
- (11) 受災車輛處理有二，其一，統一由町依賴業者處理，註銷登記的手續費自行負擔，其餘的處理費用由町公所負擔；其二，請委託汽車維修工廠進行註銷登記，其後只要與地域整備課聯絡，其餘的處理費用由町公所負擔。
- (12) 自來水費減免措施，受災建築物的自來水使用契約簽訂者，與前一年同一時期的使用水量比較，增加的金額給予減免。
- (13) 住家半倒以上的受災戶，或家中主要生計負擔者失業、死亡、受重傷等且無收入，國民健康保險免除部分負擔金額。
- (14) 當發生殘酷的事件後，可能會發生心情的難過、悲傷等，甚至心慌意亂，町公所福祉健康課、島嶼保健所大島辦公室、都立精神保健福祉中心等提供災民心理諮詢。

5. 土砂災害的應對：

- (1) 懇請町內所有居民理解及配合：大島町受到颱風第 26 號豪雨的影響造成嚴重土砂災害，町公所除了全力搜索仍行蹤不明者之外，正式公告向居民致歉，同時表達對於受災居民進行生活支援，朝著重建・復興的方向努力前進。此外東京都及氣象廳對於大島町

的土砂災害警戒資訊及大雨警報・大雨注意報之發布基準降低為原來的 80%來執行。今後將檢視「需警戒之區域」及「土砂災害之避難等基準」。

- (2) 防災氣象資訊及其利用：町公所針對氣象廳發布的大雨資訊，如「大雨注意報」、「大雨警報」、「土砂災害警戒資訊」等資訊，重新檢討擬定發布「避難準備」、「避難規勸」或「避難規勸」、「避難指示」命令。
- (3) 土砂災害的避難基準：將蒐集日後的降雨履歷及土砂災害之發生狀況來進行避難基準適宜性的檢視、檢討。
- (4) 避難與準備的心得：
 - 確實確認住家周邊可能發生土砂災害危險之地點，並掌握避難所位置及至避難所之路線。
 - 緊急避難須攜物品請事先做好準備。
 - 依照防災無線電廣播之內容、消防團員的指示進行避難行動。
 - 互相通知鄰居避難，並注意年長者的安全。
 - 夜晚或下大雨時的避難行動可能發生困難，請提早自主避難。
 - 當已發生崩塌或溪水氾濫之情況來不及逃跑時，因外出可能反而遇難，故請待在二樓或至附近較為堅固的建物等安全場所避難，自行採取保命的行動措施。
- (5) 氣象資訊：隨時注意氣象廳網站、警報・注意報、土砂災害警戒資訊、國土交通省防災資訊提供中心(手機用)、東京都水防災綜合資訊系統等氣象訊息。
- (6) 土砂災害危險溪流：經本次災害後，繪製大島各地區之「土砂災害潛勢溪流」、「陡坡地崩塌危險處所圖」，並清楚標示下列相關資訊：需警戒之區域及處所、保全戶數；自行填入自主防災項目，如所屬自主防災組織、自己為哪個區域、自己是否為災害時需要被照護者等；發布「提醒注意」、「避難準備」、「避難規勸」及「避難指示」廣播時，對應之行動；避難所及預備用之避難所及其他事項。

◆ 小結：

1. 伊豆大島曾發生火山爆發，相關工程設施主要為預防火山爆發災害，

整體防治預算高達 540 億日幣，設計降灰量達 1 億立方公尺。惟該處土砂來源主要為火山爆發的火山灰堆積層，因而當地表土層幾乎為 1~2 公尺厚之軟弱土壤，又遭逢累積雨量 824mm、最大時雨量 118.5mm 之降雨，因而造成 35 死亡、5 失蹤之嚴重土石流災情。

2. 依據災害發生時間紀錄為凌晨 2 時，當時時雨量高達 118.5mm，導致應變不及；且伊豆大島於事發前並無土石流災害相關整備及應變等標準作業程序，導致雖於前一日下午 6 時 5 分有東京都及氣象廳發布之土砂災害警戒情報，仍未能於事件發生前儘早疏散危險地區民眾，故防災應變工作應先強化及健全相關機制。
3. 日本土砂災害發生時的警報發布等應變措施，以及災後的善後、復原、重建等工作，絕大部分係由町(市、村)公所主導及執行，面對天然災害的瞬息萬變及重重挑戰，町長身為最基層行政首長，卻應承擔相當責任及承受相當壓力，此與臺灣的防災、救災、應變體制的層層管制及分層負責有別。
4. 東京都及氣象廳對於大島町的「土砂災害警戒資訊」及「大雨警報・大雨注意報」於災害發生後，即將發布之基準降低為原來的 80% 來執行，此方式類似國內於重大災害後即檢討修正土石流警戒基準值之做法雷同。
5. 災害發生後，町公所適時發行「宣導大島災害臨時號」分送住民，除表達對亡者哀慟之意，並報導最新搜索行動進度及災害復建資訊等作法值得學習。故災害發生後，政府應與媒體保持開放且合作關係，主動公布災害警戒區域及政府的安全與應變計畫，應用媒體及網際網路等方式加強防災宣導資料，藉以強化與深植國人防災應變意識，增進國人對政府之信任與支持。
6. 日本國土交通省於 2008 年 5 月成立了緊急災害對策派遣隊(簡稱 TEC-FORCE)，針對土砂災害專家及技術人員的派遣支援，由國土交通省及各地方建設整備局及事務局選派約 2,600 人，以任務編組方式，擔任大規模災害時災害迅速反應與支援團隊。本次伊豆大島災害事件，於 10 月 16 日至 11 月 15 日期間，總計派遣約 1,265 人，提供技術支援，發揮極大功效。



圖 3-17 堰堤遭受土砂及漂流木災害及復建現況(下圖)



圖 3-18 堰堤復建現況



圖 3-19~3-20 大島町災害現地考察情景



圖 3-21 大島町施設之大型堆積工(沉砂池)



圖 3-22 大島町施設之大型堰堤

圖 3-23 大島町施設之排水路



圖 3-24 大島町災害硬體復建情景

肆、共同研究討論會及行政官會議

「日臺砂防共同研究討論會議及行政官會議」於2月28日假日本砂防會館筑後會議室召開，議程如表2-2。討論會議先針對雙方在(1) 深層崩塌調查監測、警戒及治理，(2) 堰塞湖調查、評估及處理及(3) 流域土砂變遷觀測與評估等三議題之研究成果報告後進行討論。最後，臺日雙方再進行砂防行政官會議，討論土砂災害對策等議題。

4.1 共同研究討論會

本會議首先由國土交通省水管理・國土保全局砂防部西山幸治課長代表歡迎我方人員蒞臨(如圖 4-1)，並介紹此次參加會議日方人員，包括行政單位砂防部、研究單位國土交通省國土技術政策總合研究所危機管理技術研究中心及獨立行政法人土木研究所土砂管理研究組等三個單位，期望針對深層崩塌、堰塞湖及土砂管理三議題，透過發表研究成果及意見交流共同合作。



圖 4-1 日臺砂防共同研究討論會砂防部 西山幸治課長致詞

表 2.2 日臺砂防共同研究討論會議及行政官會議議程表

1. 時間：2014 年 2 月 28 日(五) 10:00~17:30

2. 地點：砂防會館會議室

3. 議程

(1) 日台砂防共同研究討論會議

○ **深層崩塌**

10:00~10:15 「關於深層崩塌之危險評估」

土木研究所土砂管理研究小組主任研究員 木下篤彦

10:15~10:30 「大規模崩塌防減災工作執行現況與未來」

中華防災學會榮譽理事長 謝正倫

10:30~10:45 「由衛星 SAR 解析進行大規模崩塌前微動之抽樣」

国土技術政策綜合研究所砂防研究室主任研究官水野正樹

10:45~11:30 答問及討論

○ **堰塞湖**

11:30~11:45 「最近的堰塞湖觀測及調查」

土木研究所土砂管理研究小組主任研究員 森田耕司

11:45~12:00 「全球首創可調流量高精準土石流觀測試驗場－惠蓀林場蘭島溪系列堰塞壩潰決實驗」

中華水土保持學會理事長 陳樹群

12:00~12:30 答問及討論

【午餐 12:30~13:30】

○ **大規模土砂流出**

13:30~13:45 「大規模土砂產生後的土砂移動土砂管理」

国土技術政策綜合研究所砂防研究室長 蒲原潤一

13:45~14:00 「流域土砂變遷觀測與評估之現況及未來」

水土保持局治理組組長 王晉倫

14:00~14:30 答問及討論

(2) 行政官會議 (14:30~17:00)

○ 土砂災害對策相關組織、法律、預算

○ 其他土砂災害對策相關政策課題

● 共同研究討論會內容

○ 深層崩塌

報告 1. 「關於深層崩塌之危險評估」~木下篤彦

摘要：

1. 日本深層崩塌調查研究，已於 2010 及 2012 年公布跟地質相關的深層崩塌遺跡之調查圖資。
2. 有關深層崩塌危險區域的抽出(圖 4-2)，依據地形特徵、地質特徵和人文特徵進行，已完成區域尺度及流域尺度抽出，坡面尺度抽出目前仍在進行。
3. 坡面抽出方法考量：(1)重力性變形之危險區域抽出，即利用岩盤潛移特徵及雷達數值地形資料解析；(2)空中電磁探查之危險區域抽出，透過探查技術瞭解地層不同深度內變化及地下水位分布情形(圖 4-3)。

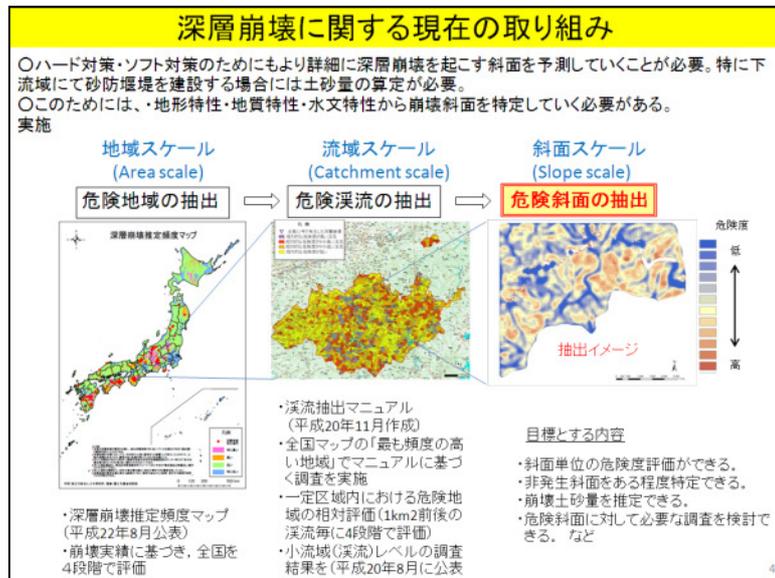


圖 4-2 日本深層崩塌危險地區抽出實施方式

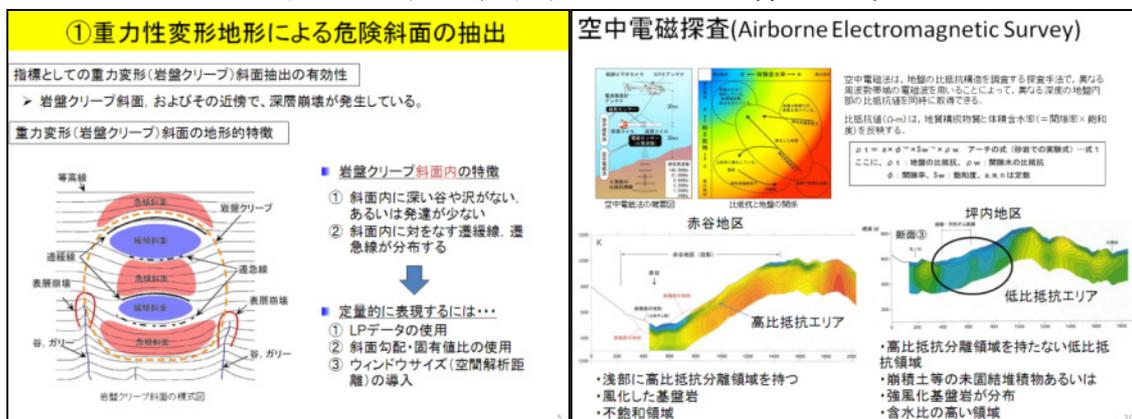


圖 4-3 深層崩塌坡面尺度危險區抽出方法

報告 2. 「大規模崩塌防減災工作執行現況與未來」~ 謝正倫

摘要：

1. 在臺灣，目前大規模崩塌包含了地滑與深層崩塌兩種類型，然對於慢速運動之地滑或快速運動之深層崩塌，尚未有明確之分類方法，日方亦有同樣問題。
2. 大規模崩塌潛勢區位判釋與調查工作，目前臺灣已完成中部及南部約 4,981 平方公里之判釋範圍(如圖 4-4)。
3. 整體大規模崩塌防減災工作包括潛勢區域判釋與調查、發生機制研究、監測與分類、影響範圍劃定、危險度分級、工程方法研發、警戒基準訂定、疏散避難計畫、危險度評估、警戒值訂定及工程方法研發等項目(如圖 4-5)，未來將依規劃期程推動及進行相關研究。
4. 大規模崩塌之防減災工作，目前針對潛勢區之判釋方法、地表活動性監測、潛勢區監測系統及發生機制等均已有了初步成果，另有關於影響範圍劃定、警戒基準設定及緊急工程處理等工作，已規劃研究期程，仍需進一步研究。

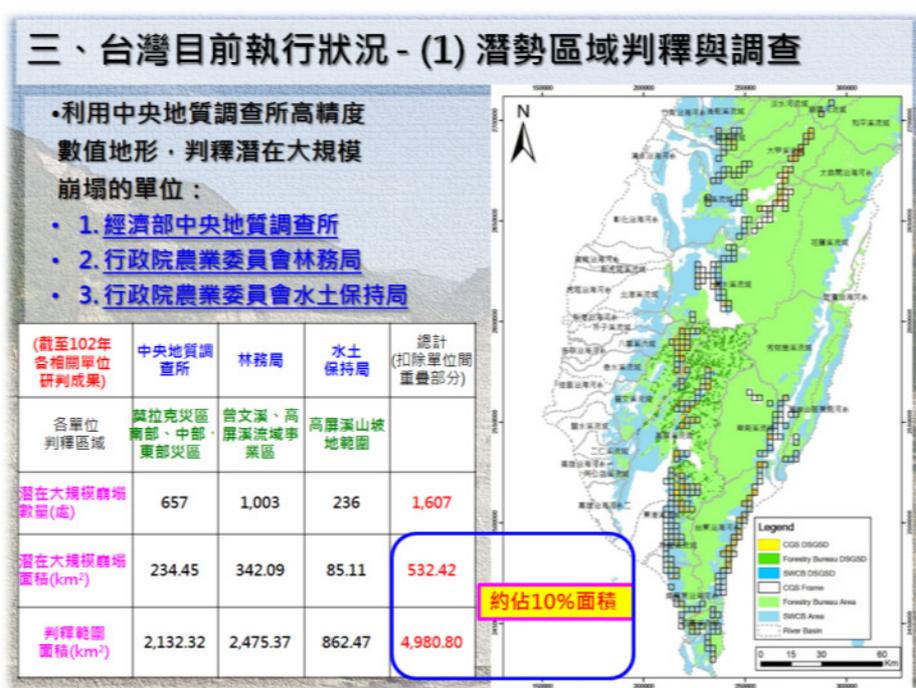


圖 4-4 大規模崩塌潛勢區位判釋與調查成果



圖 4-5 大規模崩塌防減災工作流程及架構

報告 3. 「由衛星 SAR 解析進行大規模崩塌前微動之抽樣」~ 水野正樹 摘要：

1. 研究成果顯示，可利用衛星干涉 SAR 影像解析，應用於風災前判釋地盤最近有無活動及大規模崩壞的事前預測。
2. 有關衛星 SAR 影像解析工作，以紀伊半島為例(如圖 4-6)，利用 70 多張衛星影像解析，找出近 30 處地形有變化區位。
3. 和歌山縣田邊市右会津川右岸，使用 2010 年 ALOS 衛星觀測數據分析的地方，於次年的颱風 2011 年 7 月及 2011 年 9 月，發生滑坡崩塌災害(如圖 4-7)。
4. 有關衛星干涉 SAR 影像解析有移動區位，亦有裝設 GPS 觀測點進行現地調查監測，可與影像解析做比對。

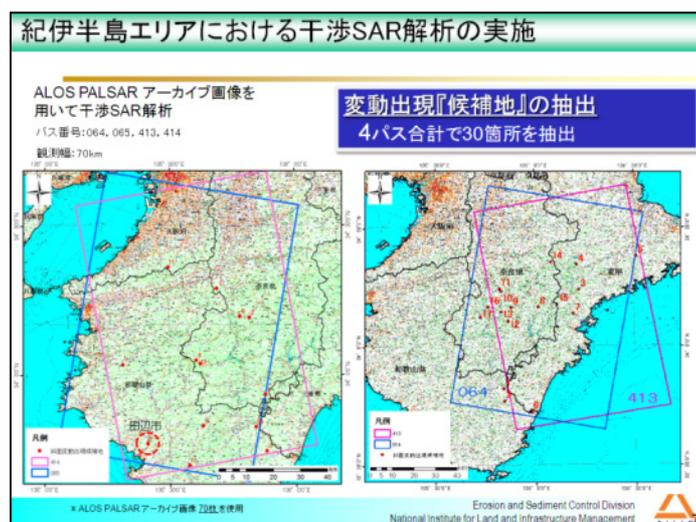


圖 4-6 紀伊半島 SAR 影像解析實例

○ 堰塞湖

報告 1. 「最近的堰塞湖観測及調査」～ 森田耕司

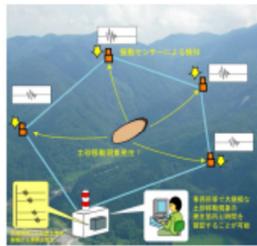
摘要：

1. 日本於堰塞湖措施包括(1)堰塞湖早期發現技術、(2)堰塞湖監測技術、(3)堰塞湖潰決後發生土石流之早期警戒避難支援技術。
2. 因堰塞湖發生位置通常位於偏僻山區，早期發現技術可以地震波定位技術及人造衛星影像判釋發生位置(如圖 4-8)。
3. 監測儀器包括上游水體以空載投送水位計(如圖 4-9)監視，下游可裝置土壤含水計、震動感知器及坡面變位檢知器。
4. 早期警戒避難技術方面，則於堰塞湖形成後，利用空中俯視計測土堤形狀及推估潰決後發生土石流可能到達之範圍，作為早期警戒避難措施之推定(如圖 4-10~4-11)。

1. 早期発見技術

山地等居住者が少ない地域でも、ヘリコプタが飛行不可能等で目視できない状況であっても、早期に天然ダム形成を発見できる技術・仕組みの構築を進めている。

①地震動波形による発生位置・時刻の概略を特定



地震計ネットワークを用いて、大規模土砂移動現象の振動を観測し、震源特定解析によって、土砂移動現象の発生箇所と時間を予測するシステム

→大規模な土砂移動現象を広域に監視できる

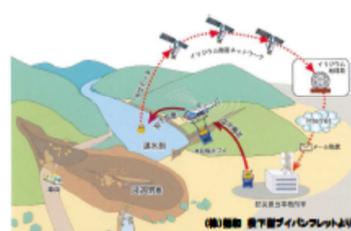
国土交通省・気象庁資料より引用

圖 4-8 地震波定位技術示意圖

2. 監視技術

天然ダムを発見した後に、天然ダムによる被害の可能性を時々刻々把握するための監視技術は、山地でも対応できるように設置方法、電力確保、通信手段の確保等への留意が必要。

①越流侵食の発生の可能性の監視 ・土研式投下型パイ



湛水位を常時計測し、越流侵食の可能性について監視

- 可搬性 (ヘリコプタによる投下: 陸路不要)
- 通信 (衛星通信によるデータ転送)
- 電力 (太陽電池)

圖 4-9 空載投送水位計監測示意圖

3. 早期警戒避難の支援技術

天然ダム形成発見後、速やかに天然ダム土塊の形状を計測し、越流侵食・決壊が発生した場合に土石流が到達する可能性がある区域を推定する。



ヘリコプタから天然ダム形状の計測を実施



天然ダム越流・決壊後の土石流到達可能区域の推定

圖 4-10 空中俯視計測技術示意圖

4. 天然ダム監視観測機器の設置例



圖 4-11 堰塞湖監測儀器配置案例

報告 2. 「全球首創可調流量高精準土石流觀測試驗場－惠蓀林場蘭島溪系列堰塞壩潰決實驗」~ 陳樹群

摘要：

1. 依據林務局評估條件，大規模崩塌是否足以造成河道阻塞，形成具致災規模之堰塞湖，須符合下列三個條件：(1)河岸邊坡崩塌土體之滑動，必須要能到達對岸才能夠造成河道完全阻塞；(2)崩塌土體必須有足夠之土方量，才能形成一定規模的堰塞湖；(3)土體滑落河道之堆積速度，必須大於河道水流沖刷土體之速度，亦即土砂供應能力大於河道輸砂能力，才具備形成堰塞湖之條件(圖 4-12)。
2. 全球首創堰塞壩潰決實驗場地，設置於臺灣惠蓀林場蘭島溪，並且進行單壩及雙壩試驗。
3. 潰決實驗有安裝水位計量測水位變化、浮球量測表面流速、紀錄地形變化、測量土砂濃度變化及沖淤變化情形(如圖 4-13)。

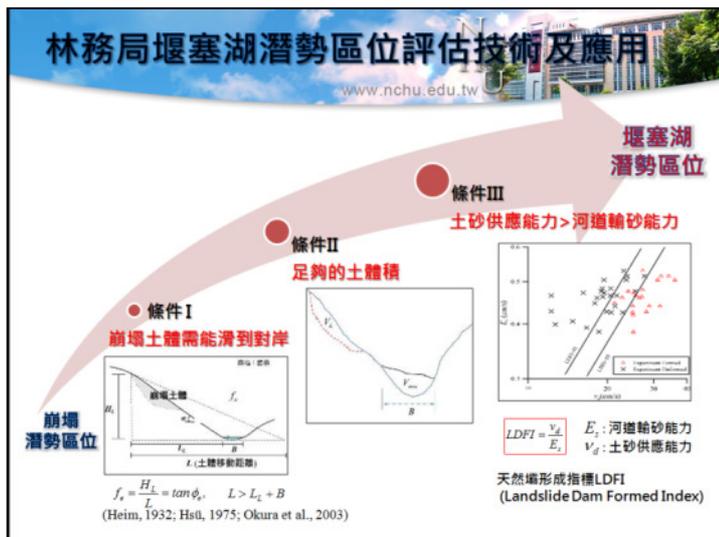


圖 4-12 林務局堰塞湖評估條件

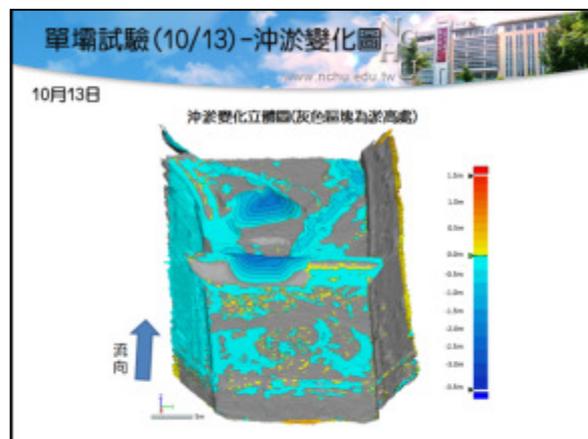


圖 4-13 單壩沖淤變化圖

○ 堰塞湖綜合討論

1. 堰塞湖之警戒方式，會先以空中計測或以 DEM 地形資料推估下游可能影響範圍做為建立疏散避難之參考。
2. 日本並沒有做堰塞湖潛勢地點的抽出研究，實際上形成堰塞湖位置大部份都會與深層崩塌有關聯。
3. 堰塞湖破壞方式大致上可分有三類：(1)溢流沖刷破壞、(2)天然壩體滑動破壞、(3)滲流管湧破壞。第 2 種滑動破壞會做測量或監測來評估其滑動破壞情形；第 3 種會做滲流計算直到其達破壞為止，但土體滲透係數很複雜，常與實際狀況不符評估不易，一般滲流破壞多以監視滲流處的變化為主；第 1 種為最常見的溢流沖刷破壞，主要考量是進水量與儲水空間問題，即可了解堰塞湖淤滿水時間，如果很短時間就溢流則應變時間恐不夠，2011 年紀依一帶的堰塞湖蓄滿時間從 1 週到 1 個月都有。溢流破壞要考慮下游坡度、粒徑等來評估可能的沖刷破壞時間，同時計算土體向下游運移的量體與距離，再依土砂災害防治法告知民眾，解析的結果要告知民眾，並由市町村長決定發布疏散命令。
4. 日本用地震儀找堰塞湖形成位置，目前全國有 1 千多處強震儀，由文科省以地震為對象所設置者，而砂防部以深層崩塌為對象也設置有 1 百多處，未來還會增加設置來找深層崩塌位置。
5. 臺灣有開發用河川的水位計水位變化來推估堰塞湖所在位置，未來可利用水位計及地震儀 2 種方式來找堰塞湖發生地點。
6. 一般來說土石流形成的堰塞湖通常是在高強度降雨下形成，所以其存在時間比較短暫，這時因河道輸砂能力較大，天然壩也堆不高，所以很快即崩壞，所以主要仍以深層崩塌所造成的堰塞湖是比較嚴重。

○ 大規模土砂流出

報告 1. 「大規模土砂產生後的土砂移動土砂管理」~ 蒲原 潤一

摘要：

1. 日本常願寺川在大地震後造成了大規模土砂生產，於其後 100 年常發生水災。如同臺灣於 921 地震後六年間土砂濃度仍非常高。
2. 本項研究包括土砂流出狀況的調查、土砂動態預測技術及砂防事業的

效益評估(如圖 4-14)。進行方式先從過去資料做整理分析，再以相關數據作重現期距的計算，並以流砂水文(水位及輸砂量)資料掌握實際狀況。

3. 本計畫選擇日本五處地點及臺灣兩處(壽豐溪及烏石坑溪)地點作為研究區域(如圖 4-15)，目前才執行三年，由統計資料大致獲得，大規模土砂流出在剛開始2年間特別嚴重，其10年間流砂量會隨時間變化(如圖 4-16)，成果會在 2014 年國際研討會發表，希望未來能再擴大研究範圍，並共享資源，加強雙方之合作。



圖 4-14 土砂移動的研究方法

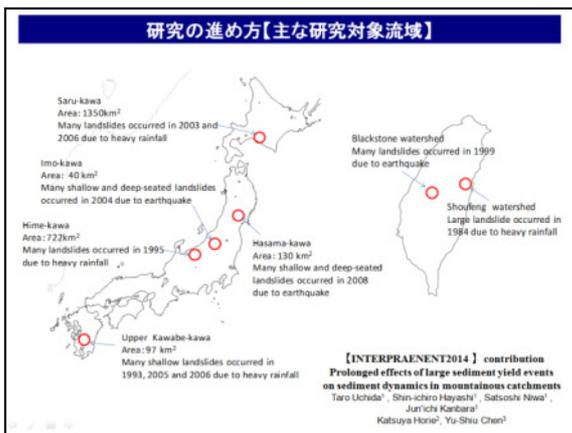


圖 4-15 研究地點位置示意圖

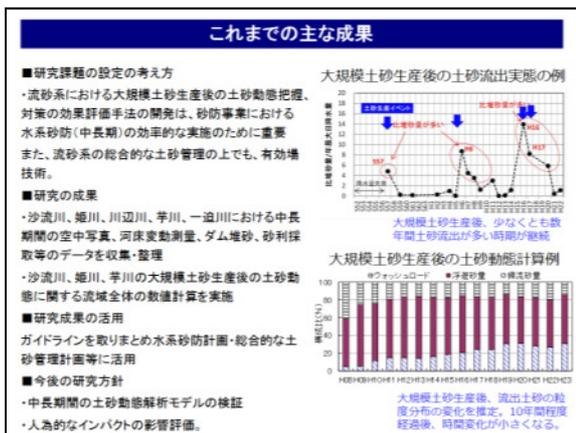


圖 4-16 目前堰究成果

報告 2. 「流域土砂變遷觀測與評估之現況及未來」~ 王晉倫

摘要：

1. 流域大規模土砂變遷觀測與評估工作，可分為 3 個階段進行，分別為：
(1)土砂監測與調查、(2)土砂變遷評估與分析、(3)土砂收支管理系統精進三階段(如圖 4-17)。
2. 莫拉克災後針對集水區及水庫集水區進行土砂監測工作，以多時期衛星影像判釋集水區崩塌率、LiDAR 掃瞄主流河道評估土砂堆積情形及採用沖蝕針量測邊坡坡面土砂量變化。
3. 綜整各項土砂監測與調查成果，初步進行流域土砂變遷評估與分析，以瞭解流域內土砂運移變遷情形。另嘗試利用水文頻率分析成果配合地形特性及平均土砂運移趨勢，模擬流域土砂長期變動趨勢變化。
4. 未來土砂收支管理系統精進方面，已擬訂「流域土砂資料庫建立與更新」、「重點土砂區域定期監測與調查」、「土砂模式率定與趨勢驗證」及「集水區土砂收支管理系統更新」等 4 項主要工作項目及預定辦理措施，將分年推動並建置完成流域土砂收支管理系統(如圖 4-18)，以期於 115 年(2026 年)建置完成全臺土砂收支管理系統。

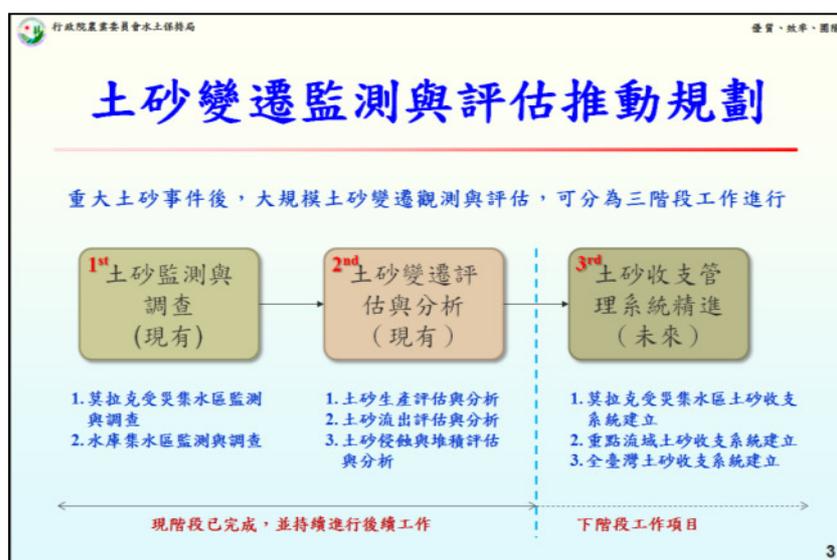
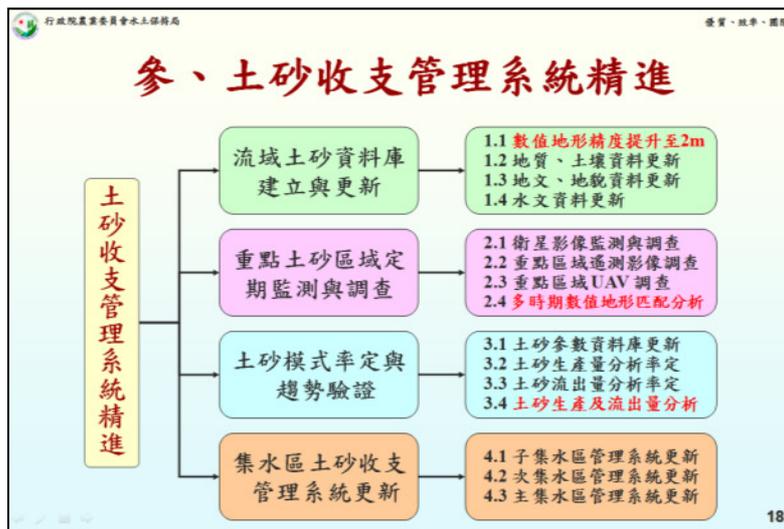


圖 4-17 土砂變遷觀測與評估推動規劃示意圖



○大規模土砂流出綜合討論

1. 日本在土砂動態技術建構與土砂移動監測資料，目前還在研究階段，主要是提供這些計算方法，未來也會建立示範流域區，可與實際運用單位合作進行土砂管理。
2. 有關土砂長期運移分析，因崩塌率一直在變化，造成分析上的困難，目前僅能利用最新資料來做崩塌地判釋，對於局部比較嚴重地區，則考慮以 LiDAR 作河道測量，讓計算能更精準。對於土砂嚴重地區，因治理效益比較低部分，則會以防災疏散避難為主要方式來進行。
3. 臺灣針對河川下游土砂管理對策部分，主要分成 2 個區塊，若下游沒有水庫的河川，以通水安全為主進行治理；下游有水庫者，就要考量泥砂的抽出或排砂設施。日本用繞庫排砂明隧道方法或利用發電廠大流量排砂方式，這些臺灣也在進行中。
4. 大規模崩塌後土砂生產趨勢之長期預測模式，比較困難的點為必須針對流域進行詳細調查、模式建立、參數率定及驗證等，未來可將這些資料建立於雲端提供應用，可瞭解各子集水區流入流出土砂量，並能如銀行般進行土砂收支管理。
5. 臺灣已有全臺之 LiDAR 數值地形測量資料及 2M×2M DEM 資料，後續只要針對重點地區以無人載具(UAV)及局部航測等方法，以原有數值地形資料做匹配，即可作為集水區土砂管理之工具，此方面技術已開發完成。

4.2 行政官會議

○ 議題一：土砂災害對策相關的組織、法律、預算

討論：本項議題由砂防部西山幸治課長說明，日本於土砂災害對策已訂定砂防法、地滑等防止法、陡坡地崩塌災害防止法及土砂災害防止法等4法(圖 4-19)，由國土交通省負責管理。大規模災害時中央政府防災體制(圖 4-20、4-21)，由內閣府(防災擔當)負責綜和協調，國土交通省為執行機構，主要負責預防(防災設施整備管理)、應變(含重大災害時派遣技術人員支援)、調查及復建等工作。有關砂防事業預算(圖 4-22)，國土交通省編列 957.97 億日圓，都道府縣編列 1,444.85 億日圓，合計編列 2,402.82 億日圓。

結論：由於臺灣方面正值組織再造的關鍵時間，水利署、林務局與水土保持局都將納到環境資源部下，待組織調整定案後再與日方進行說明及討論。

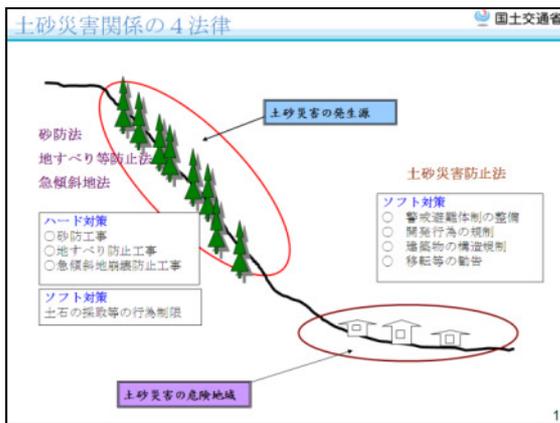


圖 4-19 日本土砂災害對策四法

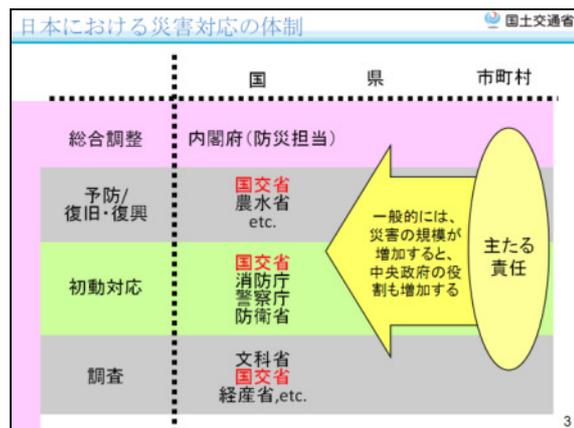


圖 4-20 日本政府防災體制

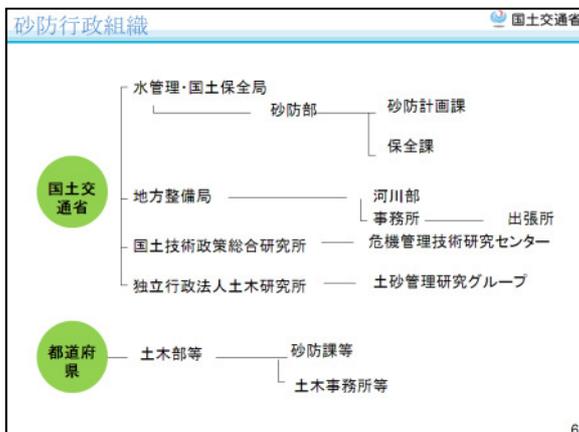


圖 4-21 日本砂防行政組織架構

砂防事業における予算割合			
(単位: 百万円)			
	施設整備	警戒避難	合計
国	89,757	6040	95,797
都道府県	125,949	18,536	144,485
合計	215,706	24,576	240,282

圖 4-21 日本砂防事業預算

○ 議題二：關於其他土砂災害對策政策課題

結論：

1. 有關(1)深層崩塌調查監測、警戒及治理、(2)堰塞湖調查、評估及處理、(3)流域土砂變遷觀測與評估等三議題，仍為目前重要工作，臺日雙方研究已有相當豐碩成果，未來雙方可選定共同示範地區進行整合性研究，細節部分先研究後再討論。
2. 原三項議題，臺日雙方就各項議題均推薦一位承辦窗口協助聯繫及綜整。雙方連絡窗口如下表：

議題	臺方聯絡窗口	日方聯絡窗口
深層崩塌調查監測、警戒及治理	黃效禹正工程司 (水土保持局)	石塚忠範上席研究員 木下篤彥主任研究員 (土木研究所)
堰塞湖調查、評估及處理	紀再仲技正 (林務局)	森田耕司主任研究員 (土木研究所)
流域土砂變遷觀測與評估	鐘啟榮科長 (水土保持局)	蒲原潤一室長 (國土技術政策綜合研究所)



圖 2-3-22 參與行政官會議臺日雙方人員合影

伍、考察心得及建議

1. 日本對土砂災害區之復建係以國土保全之思維及理念來考量，即使崩塌地離保全對象仍遠，若仍有大量土砂崩塌潛勢，仍持續辦理整治工作；臺灣則衡量整治區位是否有保全對象及經費需求作為整治優先考量的要件，就整體國土保育觀點而言，日本顯然較具宏觀及遠見。
2. 日本靜岡縣濱松市居民關切自家土地財產安全，發現門島崩塌地有裂縫即刻通報，政府部門也立即建立簡易觀測系統，隨後觀測到有位移，市公所隨即進行保全戶之疏散應變作為，避免造成傷亡，實為防災成功案例。居民之防災意識，政府之立即作為，當為防災之重要關鍵。
3. 靜岡縣濱松市門島崩塌災害復建工程現場，施工利用鋼吊索運送工程材料及簡易機具，避免開挖施工便道，有效節省時間及發揮節能減碳功效，成效卓著。另於陡峻崩塌坡面以無人化機械施工，可保障工人施工安全，且可提升施工效率，在特殊地形或施工環境惡劣之現場值得國人借鏡，引進相關技術是公部門或營建公司該思考課題。
4. 堰塞湖天然壩體阻礙河道，降低天然壩高度(降挖)及開挖排水道是緊急處理方式之一，若剷除土體遭遇困難及安全問題，且施工費用高、花費時間多之際，另闢新排水道不啻為解決之道。杉川堰塞湖緊急處理方式是很好的成功案例。如何有效迅速取得私有土地而立即施工，此乃吾人該向日方學習之道。
5. 伊豆大島之土砂災害發生時間為凌晨 2 時，當下時雨量高達 118.5mm，導致應變不及；由於當地並無土石流災害相關整備及應變標準作業程序，雖於前一日下午 6 時 5 分東京都及氣象廳有發布「土砂災害警戒」情報，仍未能於事件發生前儘早疏散危險地區民眾，導致 35 人死亡、5 人失蹤的慘劇。是以防災應變工作應先強化及健全相關機制。
6. 日本土砂災害發生時的警報發布等應變措施，以及災後的善後、復原、重建等工作，絕大部分係由市、町、村公所主導及執行，面對天然災害的瞬息萬變及重重挑戰，市、町、村長身為最基層行政首長，卻應承擔相當責任及承受相當壓力；此與臺灣的防災、救災、應變體制的層層管制及分層負責有別。如何增加地方政府預算及加重其權限及責任，該是當前國內必須深思課題。
7. 日本工地現場勞工安全措施及施工安全管制相當完善，我國近年來對工程安全之作為亦有長足進步，惟積極落實貫徹執行仍有進步空間。

8. 東京都及氣象廳對於大島町的「土砂災害警戒資訊」及「大雨警報・大雨注意報」於災害發生後，隨即將發布之基準降低為原來的 80% 來執行，再進一步資料蒐集、分析研究後訂定新的基準值，此種作為值得參考借鏡。
9. 大島町土砂災害發生後，町公所適時發行「宣導大島災害臨時號」分送住民，除表達對亡者哀慟之意，並報導最新搜索行動進度及災害復建資訊等作法值得學習。災害發生後，政府應與媒體保持開放且合作關係，主動公布災害警戒區域及政府的安全與應變計畫，應用媒體及網際網路等方式加強防災宣導資料，藉以強化與深植國人防災應變意識，增進國人對政府之信任與支持。
10. 日本國土交通省於 2008 年 5 月成立了緊急災害對策派遣隊(簡稱 TEC-FORCE)，針對土砂災害專家及技術人員的派遣支援，由國土交通省及各地方建設整備局及事務局選派約 2,600 人，以任務編組方式，擔任大規模災害時迅速反應與支援團隊。本次伊豆大島災害事件，於 10 月 16 日至 11 月 15 日期間，總計派遣約 1,265 人，提供技術支援，發揮極大功效。運用專家及技術人員的派遣支援存乎一心，值得國內公部門細細思考。
11. 日本利用地震儀尋找堰塞湖可能形成位置，由文科省以地震為對象於全國設置 1 千多處強震儀。而砂防部以深層崩塌為對象也設置有 1 百多處，未來還會增加設置來找深層崩塌位置。國內有開發用河川的水位計水位變化來推估堰塞湖所在位置，未來可利用水位計及地震儀 2 種方式來推估尋找堰塞湖發生地點。
12. 為因應全球氣候變遷，有效調適解決極端化氣候異常現象所帶來之天然災害，統合世界各國科技研究與實務經驗是未來必然趨勢，本人衷心期盼相關治水事業技術成為每年共同研究之議題，日台雙方共同為減輕水患、保障人民生命財產安全而努力，達到「**治水、防砂**」雙贏的局面。

附録1 日本全国治水砂防協会邀請函



国砂協発 第11号
2014年2月6日

經濟部 水利署
署長 楊 偉甫 殿

一般社団法人国際砂防協会
(一般社団法人全国治水砂防協会)
理事長 岡本 正男



要 請 書

日本と台湾の砂防技術交流が、双方の砂防事業の発展に貢献して参りましたことを大変喜ばしく存じます。

この度「大規模土砂移動と総合土砂管理手法のあり方」を主テーマに2013日・台砂防共同研究研討会を下記の通り開催することに致しました。

つきましては、貴殿に本研討会にご出席いただきたくお願い申し上げます。

なお、国際航空運賃、日本国内における交通費・宿泊費等の滞在費は日本側の負担といたします。

記

1. 実施期間 2014年2月23日(日)～3月1日(土)
2. 日 程 別記1の通り
3. 内 容
 - 1) 研討会「大規模土砂移動と総合土砂管理手法のあり方」
プログラム：別記2の通り
 - 2) 現地視察
 - (1) 静岡県春野町地すべり崩壊と対策
 - (2) 東京都伊豆大島土石流・流木災害状況と砂防施設の効果

附錄 2 交流照片集



拜會日本全國治水砂防協會 會長 綿貫 民輔



歡迎晚宴 綿貫會長致歡迎詞



研討會致詞



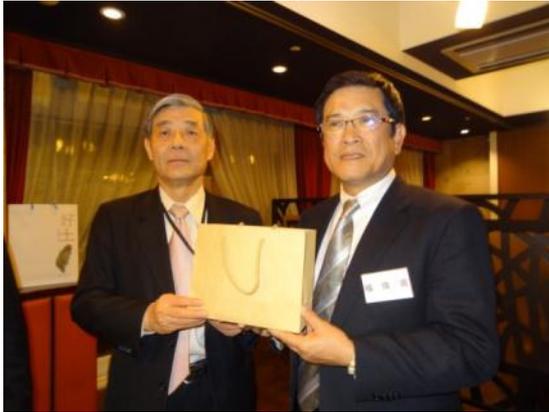
晚宴致謝詞



行政官會議臺灣代表團



拜會日本國土交通省 砂防部 部長 大野宏之



拜會治水砂防協會 副會長 大久保 駿



拜會治水砂防協會 理事長 岡本 正男



研討會發言情景



全體參與歡迎晚宴台日雙方人員合影



拜會濱松市天龍土木事務所 課長及門島崩塌地現勘



靜岡縣門島崩塌地處理現況



杉川河道保護工程