

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：考察)

## 行政院農業委員會水土保持局

### 96年度日本土砂防災技術考察報告

出國人員服務機關：行政院農業委員會水土保持局

姓名及職稱：	李鎮洋	所長
	陳振宇	科長
	黃效禹	技正
	郭瑞民	課長
	吳瑞鵬	技士
	顏川舜	技士
	白朝金	技士
	章裕賓	技士

出國地點：日本

出國期間：96年12月2日至12月8日

報告日期：97年2月29日

# 目 錄

## 第一章 目的

1.1 考察緣起.....P01

1.2 考察人員.....P01

## 第二章 過程 .....P02

2.1 考察行程.....P02

2.2 研討會技術交流.....P03

2.3 工程現地考察.....P18

## 第三章 心得與建議 .....P49

3.1 防災應變.....P49

3.2 坡地監測.....P49

3.3 山坡地防災技術工法.....P50

## 第四章 其他相關事項 .....P54

附錄一、日本的土砂災害對策

附錄二、土石流・流木對策施設の計畫與設計

附錄三、土石流對策的歷史與未來

# 第一章 目的

## 1.1 考察緣起

台灣的山坡地面積遼闊，坡度陡峭，但人口眾多，山坡地的開發利用已成為一種趨勢，然而因台灣地區雨量充沛，常常集中在颱風豪雨的季節，因此山坡地的水土保持及防災工作相對重要。另一方面台灣在 1999 年 9 月 21 日受到 7.3 級地震的影響，土石流、崩塌等坡地災害有增多趨勢，故相關治理技術之提升刻不容緩，並且各項治理工作尚需考量永續經營之世界潮流。有鑒於日本與台灣坡地災害類型與自然條件相近，且其各項土砂災害防治、應變與監測等工作均有先進之作法與研究，期望透過考察與技術交流獲得寶貴新知，以作為辦理水土保持相關業務之參考。

## 1.2 考察人員

	單位	職稱	姓名
團長	行政院農業委員會水土保持局	所長	李鎮洋
副團長	行政院農業委員會水土保持局	科長	陳振宇
團員	行政院農業委員會水土保持局	技正	黃效禹
團員	行政院農業委員會水土保持局	技士	顏川舜
團員	行政院農業委員會水土保持局	技士	吳瑞鵬
團員	水土保持局第一工程所	技士	白朝金
團員	水土保持局第三工程所	技士	章裕賓
團員	水土保持局第四工程所	課長	郭瑞民

## 第二章 過程

### 2.1 考察行程

日期	星期	時間	行程內容	接待單位	位置
12/2	日	08:50	搭乘長榮 BR2198 班機前往日本東京成田機場	—	—
		12:55	抵達日本、蒐集資料	日本全國治水砂防協會	E 139°44'24" N 35°04'47"
12/3	一	09:00~ 17:30	台日防砂技術研討會	日本全國治水砂防協會	E 139°44'24" N 35°04'47"
12/4	二	10:00~ 12:00	台日防砂技術研討會	日本全國治水砂防協會	E 139°44'24" N 35°04'47"
		15:30	山梨縣足和田村土石流災害遺址與復建情形	山梨縣土木部砂防課	E 138°39'42" N 35°30'11"
12/5	三	09:45	靜岡縣富士山大澤崩塌地及土石流處理對策	國土交通省中部地方整備局富士砂防事務所	E 138°38'17" N 35°20'50"
		11:30	參訪富士砂防事務所		
		14:50	靜岡縣由比町地滑整治		E 138°32'27" N 35°04'27"
12/6	四	09:00~ 13:30	靜岡縣至三重縣之路程	—	—
		13:30	三重縣藤原岳週邊土石流整治(小滝川)	三重縣縣土整備部河川砂防室	
		15:00	三重縣菰野町朝明川砂防堤		E 136°28'11" N 35°02'39"
		18:00	拜訪大台町町長尾上武義		
12/7	五	9:30	三重縣大台町春日谷川土石流整治	三重縣松阪建設事務所	E 136°15'50" N 34°19'23"

日期	星期	時間	行程內容	接待單位	位置
		10:20	三重縣大台町滝谷地區崩塌災害整治		E 136°15'45" N 34°19'54"
		10:40	三重縣大台町小滝地區崩塌災害整治		E 136°17'22" N 34°20'53"
		11:20	三重縣大台町天之瀨地區地滑整治		E 136°19'03" N 34°21'59"
		13:50	三重縣伊勢市五十鈴川流域砂防設施	三重縣伊勢建設事務所	E 136°43'36" N 34°27'58"
12/8	六	12:35	自名古屋機場搭乘長榮BR2127班機返回桃園機場		E 136°49'06" N 34°51'38"

## 2.2 研討會技術交流

### 一、研討會開幕式

本次台日砂防技術研討會於12月3日9:30開幕，參與人員除本考察團8名成員外，日方參與人員包含日本國土交通省砂防部代表、日本全國治水砂防協會、日本財團法人砂防・地滑技術中心以及相關技術人員等計30人。

開幕式由台日雙方代表致詞揭開序幕，雙方除對於台日砂防技術二十餘年來不間斷的交流予以正面肯定，並強調台灣與日本在地質、地文等相關條件均有高度相似性，未來仍應持續加強雙方在相關議題與技術上之學習與交流。

日方表示，本次研討會與後續安排之考察議題與行程，主要係配合本考察團團員之技術專長，分為「土砂災害防治對策」、「土石流監測機」，以及「土石流警戒機制」三部份，並將至山梨縣、靜岡縣及三重縣等土砂災區現場與第一線工作人員會談，希望本考察團成員亦能就技術與經驗方面提供相關意見。



日本全國治水砂防協會代表致詞  
大久保 駿會長



日本國土交通省砂防部代表致詞  
砂防計畫課課長補佐 塩井直彦



本考察團團長 李鎮洋所長致詞

圖 2.2.1 台日砂防計術研討會開幕式

## 二、研討會討論議題

### (一) 日本的土砂災害對策

1. 主講人：日本國土交通省砂防部砂防計畫課課長補佐 塩井直彦
2. 報告重點摘要

- (1) 有關日本土砂災害防治對策，可從自然條件、社會條件、最近土砂災害狀況以及擬定土砂災害對策及方針等方面，依序加以探討。
- (2) 日本乃屬火山、斷層數量繁多，地質複雜且脆弱之列島所組成，加上平時地震及颱風頻繁，致使國內崩塌及地滑災害居高不下。
- (3) 依據日本針對颱風豪雨及災害發生事件過去 30 年相關歷史記錄資料，彙整統計如下表。由下表可知，由於近年來氣候異常變遷，引發

降雨集中及颱風數量遽增，其土砂災害發生件數也因而隨即擴大增加，其件數由過去 767 件/年增加為 1,161 件/年，其災害發生件數約增加 1.5 倍。

集中豪雨及土砂災害發生之平均次（件）數			
時間	降雨強度 (災害發生件數) 50mm/hr 以上 (平均次數)	100mm/hr 以上 (平均次數)	土砂災害發生 平均件數 (件/每年)
1976-1985	209	2.2	767
1986-1995	234	2.3	765
1996-2005	288	4.7	1,161

註：  
 (1) 1971-2000 年（過去 30 年）颱風平均發生 26.7 個，其中平均登陸 2.6 個。  
 (2) 2004 年颱風最多登陸 6 個，2005 年登陸 10 個，近年來颱風登陸約過去之 4 倍。

- (4) 日本因面臨未來人口數逐年減少及高齡化現象，以及都市繁榮與鄉村沒落等人口區域分布不均勻等問題衍生，其都市過度開發所引發之土砂災害遽增、鄉村沒落所引發之耕作放棄地增大、森林荒廢及公家機關移轉，都使國土管理逐漸面臨人力嚴重缺乏與土砂災害遽增之狀況，此為日本未來即將面臨及待解決之重點。
- (5) 另外日本於 1990—1996 年經濟發展逐漸達到最高峰時，其編列於防砂之相關預算也隨之增加，但緊隨於後之經濟泡沫化危機，也使得預算逐年減少，因此，如何利用有限預算經費，發揮其最大防災效果，也成為日本重點探討之主題。
- (6) 依據資料統計顯示，最近日本土砂災害誘因主要由原本之融雪及地震因素，漸漸轉為由颱風豪雨因素所引起之災害居多，並隨著災害發生件數增加，其造成之死者或失蹤人數也隨著成正比關係增加。
- (7) 綜合上述所探討之自然條件、社會條件及最近土砂災害狀況等因素，因而據以擬定以下 3 種基本土砂災害防治對策及方針。
- A、設施整備：主要以防砂設施、地滑及崩塌防止工法等硬體設施整備為主，以達到保全民眾之生命財產為目標。

- B、警戒避難：平時配合「土砂災害防止法」指定及告知民眾危險區域。汛期期間，則密切注意氣象情報蒐集，並適時發布警戒避難訊息，以保護民眾生命之安全。
- C、土地利用規劃與限制：依照「土砂災害防止法」規定，進行土砂災害警戒區域之指定與告知、開發行為之限制、建築物構造之規範、警戒區域內民眾住所之遷移等工作。
- (8)有關前項基本對策外，另配合最近發生災害之經驗及教訓得知，其未來重點應著重於「基本之設施整備」、「配合土砂災害防止法—指定危險區域」、「雨量情報之提供」及「避難勸告之早期發布及確實傳達」等4項工作，以更有效發揮及提高防災效果進而減少傷亡。
- (9)基本設施整備，除野溪防砂設施外，應再加強位於災害區內之保全對象住所、防災指揮處所及避難場所等之設施整備，以提高災害防治及災中應變之功能，進而減少人數之傷亡。
- (10)日本「土砂災害防止法」主要係針對崩塌、地滑、土石流及相關土砂災害等對象為主，依其單位權責工作分配如下說明：
- A、土砂災害防止對策基本方針之擬定（國土交通大臣負責）：主要針對土砂災害防治、基礎調查、危險區域之指定、建築物規範及遷移事項等相關基本對策，進行研究與擬定工作，以作為都道府縣參考之用。
- B、基礎調查之實施（都道府縣負責）：依據國土交通省所擬定之對策，進行災害區域之基礎調查，以完整蒐集災害區域之相關基礎資料。
- C、土砂災害警戒區之指定（都道府縣知事負責）：主要依據對策及基礎資料，進行警戒區域之指定工作，並同時配合執行特定區域開發行為許可之管制、建築規範之制定、遷移之勸告及遷移民眾之所需資金之補償等相關工作。
- (11)目前日本約有52萬個潛勢土砂災害警戒區，截至2007年10月底，其土砂災害警戒區指定狀況，全國都道府縣共指定警戒區已達54,267個區域，並已陸續完成製作警戒區域及避難場所等警戒位置圖，提供民眾警戒相關資訊。



- (12) 有關土砂災害警戒基準及發布傳達，已先由國土交通省擬定一套警戒發布基準，提供都道府縣參考應用，並配合地方氣象台即時監測之資訊，以及國土交通省同時協助蒐集研判之情報，進行警戒判斷；另其警戒發布法源則依據氣象法及土砂災害防止法，由都道府縣判斷是否發布警戒，市町村決定是否進行疏散避難工作。
- (13) 土砂災害的警戒避難架構及訓練，主要於平常時，由政府透過加強地方民眾對土砂災害之「認識、知識及意識」等三方面資訊，進行地方說明會、防災訓練及教育、情報提供之方式；豪雨時，則依平常訓練之狀況，確實進行避難工作，以減輕災害之傷亡。

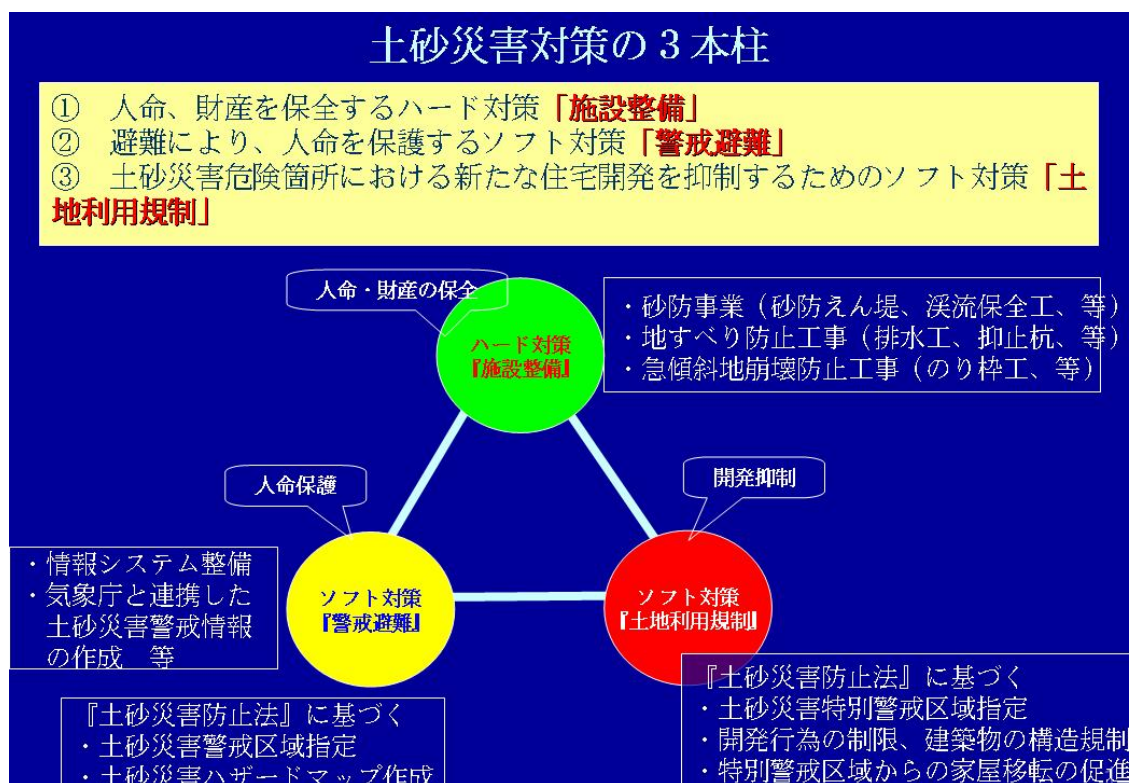


圖 2.2.2-1 日本土砂災害三大基本對策

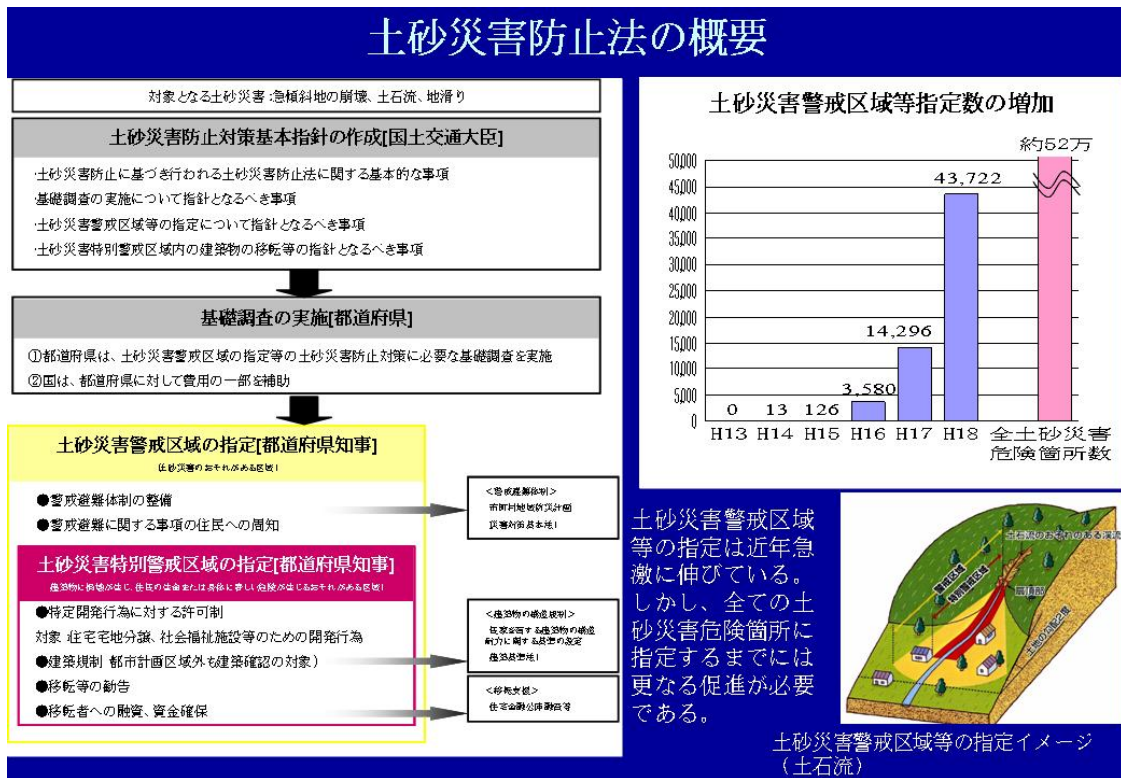


圖 2.2.2-2 日本土砂災害防止法之概要

### 3. 意見交流

(1) 近年來因氣候變遷，降雨集中導致災害頻繁，有關其「設計頻率年」是否有計畫研究更新，或是於相關技術規範考量重新訂定？

答：目前尚未調整或更新「設計頻率年」。但其實該問題我們都很關心且密切注意及研究，目前已成立相關研究團隊，進行資料蒐集及研判未來是否有需要更新調整。

(2) 建置防治土砂災害硬體設施時，是否有考慮生態？若當坡地防災與生態保育相衝突時，該如何處理。

答：建置硬體設計時，我們就非常重視考慮與當地景觀及生態相融合，如建置魚道等生態設施。另當坡地防災與生態保育相衝突時，會與生態團體進行溝通，討論出兩者都可接受之方案後再進行處理。

4. 完整簡報資料：詳如附錄一。

## (二) 土石流・流木對策施設の計畫與設計

1. 主講人：日本財團法人砂防・地滑技術中心 嶋 大尚



圖 2.2.2-3 嶋 大尚 講解計畫土砂流出量之計算方式

## 2. 簡報重點摘要

(1) 日本現行土石流整治對策技術規範係於 2000 年時制訂，但在 2000 年以後，由於全球氣候變遷，造成土砂災害的規模擴大，進而促使溪流兩岸之植樹崩落，形成土石挾帶流木的現象(如圖 2.2.2-4)，故在 2006 年時又將流木之整治對策納入，成為「土石流・流木對策設計技術指針」。



圖 2.2.2-4 土砂和漂流木的災害情形

(2) 目前日本土石流危險溪流區分為三級如下

- a. 保全對象在 5 戶以上，或者雖未滿 5 戶但保全對象包含機關、學校、醫院、車站、發電廠等重要公共設施者，為第 I 級土石流危險溪流，共有 89,518 條。
- b. 保全對象為 1~5 戶者，為第 II 級土石流危險溪流，共有 73,390 條。
- c. 目前雖無保全對象，但未來可能會有新建房屋的區域，為第 III 級土石流危險溪流，共有 20,955 條。



圖 2.2.2-5 各式壩體之用途

(c)土石流及漂流木捕捉工的設計，其步驟為通水斷面的設計，越流部及非越流部的穩定計算，壩翼的構造計算設計，透過部斷面的設計。

c.除石計畫的籌劃製定：為使土石流及漂流木捕捉工的功能充分發揮，設計時需規劃土石及流木的清淤道路，並於颱風豪雨過後，檢視在壩體設施上游之淤積情形，必要時應辦理清淤工作，使壩體的庫容經常保持空庫狀態。

### 3. 意見交流：

(1) 目前日本土石流危險溪流區分為三級，是否都有辦理整治工作?其考量依據為何?

答：由於日本自從 1996 年經濟泡沫化後，政府的財源短缺，每年的預算逐年降低中(如圖 2.2.2-6)，由於經費有限，目前只針對第 I 級土石流危險溪流，才有規劃採取治理措施，目前在土石流發生區有做

整治工作的大約只有 20% 左右。甚至，很多治理地區未在原計畫中，而是在發生災害後，才投入經費治理。在每年投入治理工作的經費中，大約有 60% 是在發生災害後才投入經費治理的，由於經費有限，所以需要搭配其他防災教育宣導，監測預警及緊急疏散等軟體措施。

### 預算的減少

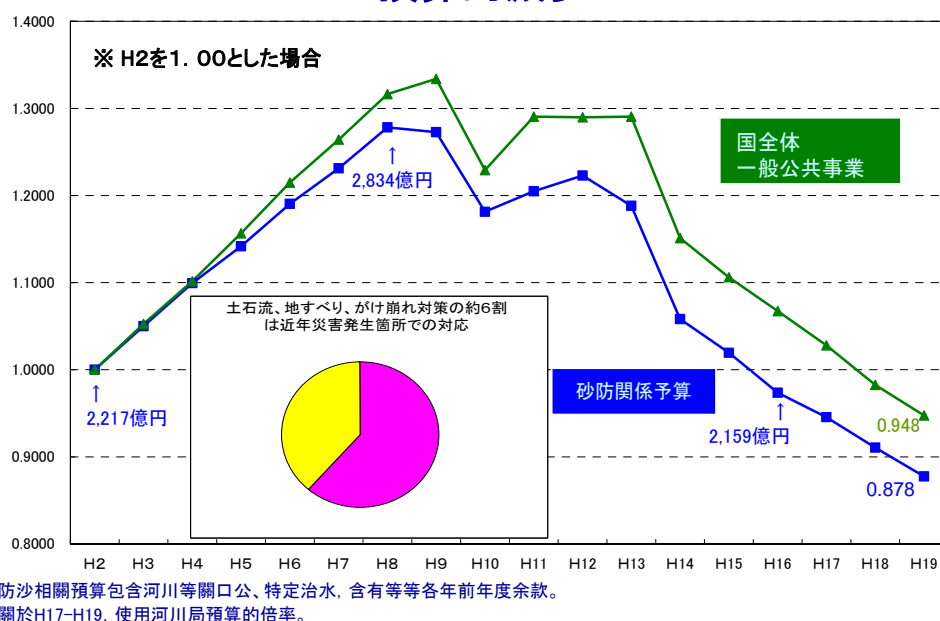


圖 2.2.2-6 日本政府歷年預算統計表

(2) 溪流發生土石流時大致可分為發生區，輸送區及淤積區，在日本採用之規劃處理順序及方式為何？

答：原則上在規劃處理時，會以發生區先予治理，採取抑制崩塌擴大之基礎保護工，再於輸送區設置固床攔阻土石流之設施。但在中下游如有保全對象時，則會以有保全對象區先予治理(可使保全對象有安全感)，再逐步往上游辦理後續治理工作。

(3) 在土石流發生後的淤積區，通常會有數公尺的淤積土石屬於鬆散的土層，在其上設計的構造物無法座落於堅硬的地盤上，是否有這方面的處理經驗？

答：一般在土石流發生之中下游河段會有土石堆積的現象，其處理的方式可採連續式的固床設施，調整溪流的流心及坡降，必要時再增

加整流及護岸相關措施。在日本的處理經驗，例如靜岡縣富士山大澤崩塌地及土石流處理對策(如圖 2.2.2-7 及圖 2.2.2-8)。

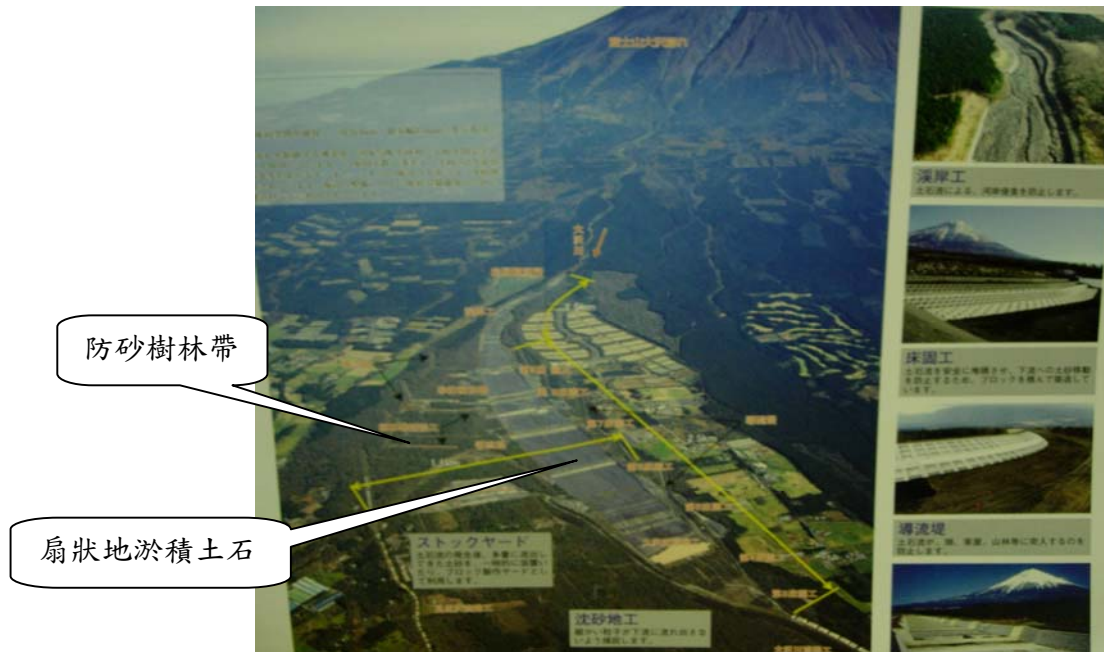


圖 2.2.2-7 大澤川崩塌地全景及其治理對策



圖 2.2.2-8 大澤川土石流輸送及淤積段平面及縱段面圖

(4) 在溪流發生土石流後之整治工作，對於採用封閉式防砂壩的使用情形為何？

答：早期日本在治理溪流之山洪防砂設施大多會採用封閉式防砂壩，

但近年來由於土石流災害頻傳，整治土石流及漂流木為一重要課題，但生態保護及景觀的協調性亦是民眾關心的議題，故目前儘量不採用封閉式的高壩，大多是使用透過性的鋼管壩(如圖 2.2.2-9)。在日本的經驗，要攔阻土石流及漂流木，採用透過性鋼管壩的效果比封閉式壩佳，但在緊鄰有保護對象如房屋，道路，橋樑等的地點，為使保全對象有安全感，仍會採用封閉式防砂壩(如圖 2.2.2-10 及圖 2.2.2-11)。

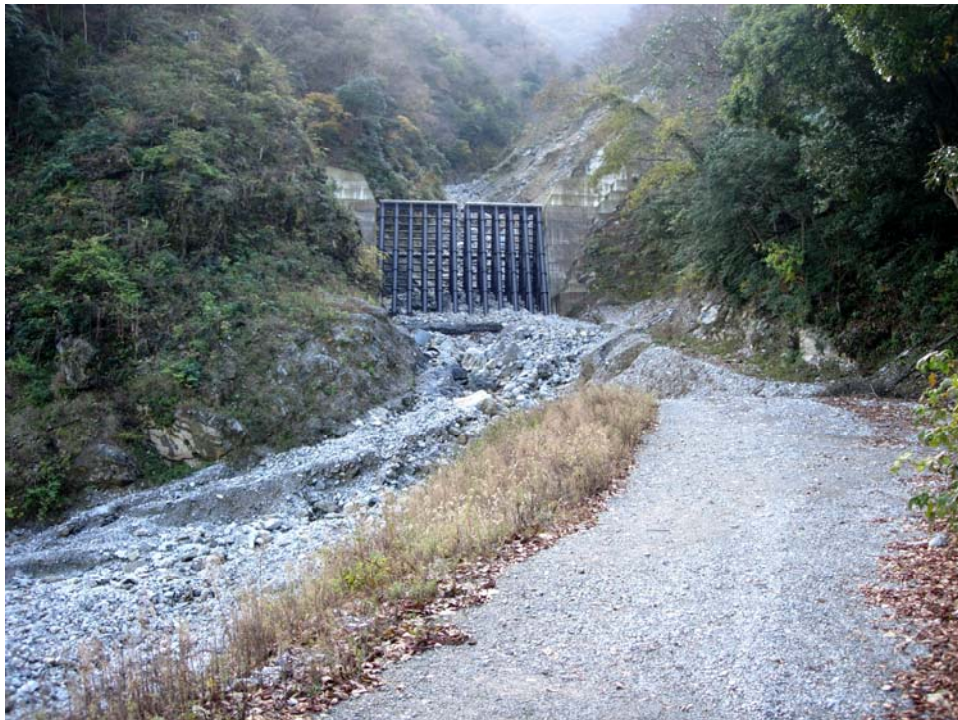


圖 2.2.2-9 三重縣藤原岳週邊小滝川土石流整治(中上游)



圖 2.2.2-10 三重縣藤原岳週邊小滝川土石流整治(下游村落旁)



圖 2.2.2-11 三重縣大台町唐櫃 1 道路上邊坡

(5)日本在處理土石流溪流之設計使用透過型的鋼管壩，在土石流衝擊時，鋼材是否可耐巨大石塊的撞擊？是否須定期保養？使用壽命為何？



答：在鋼管壩所採用鋼材的厚度很厚，其強度高可耐巨石撞擊，且在每次颱風豪雨(土石流)過後，會作檢視保養(如油漆)的工作。至於使用壽命，目前日本尚無鋼管壩破壞失敗的案例，據了解最久曾有使用 50 年的鋼管壩現在還存在。

4. 完整簡報資料：詳如附錄二。

### (三)土石流對策的歷史與未來

1. 主講人：日本國土技術政策綜合研究所 危機管理技術中心 砂防研究室  
長 小山內信智



圖 2.2.2-12 李鎮洋所長致贈紀念品與小山內信智博士

2. 簡報重點摘要

- (1) 日本土砂災害防治對策，主要包含「硬體整治工程」、「軟體防災措施」及「土地利用管制」三方面。
- (2) 目前日本土石流危險溪流高達 183,863 條(註台灣為 1,420 條)，其中第 I 級土石流危險溪流有 89,518 條(即保全對象在 5 戶以上，或者雖未滿 5 戶但保全對象包含機關、學校、醫院、車站、發電廠等重要公共設施者)，第 II 級土石流危險溪流有 73,390 條(即保全對象為 1~5 戶者)，第 III 級土石流危險溪流有 20,955 條(即目前雖無保全對象，

但未來可能會有新建房屋的區域)。

- (3)承(2)，由於土石流危險溪流眾多，若全數均採硬體整治方式處理，將不符經濟性與時效性(註：目前日本只有約 20%的土石流危險溪流進行整治)，故結合硬體整治工程與警戒疏散等軟體防災措施，以及藉由土地利用管制以減少生命財產損失的方式，已成為日本土砂災害防治之三大基本對策。
- (4)日本現行土石流整治對策技術規範係於 2000 年時大致定案，2006 年時又將流木之整治對策納入，成為「土石流・流木對策設計技術指針」。
- (5)承(4)，新的規範修正重點有二項：(A)防砂壩儘量使用透過性壩，且一般情況下，鋼管壩優於開口壩，理由詳如前節。(B)防砂壩之管理，加入「清淤」概念。
- (6)土石流警戒發布指標，自 2006 年底已全部採用「土壤雨量指數」，並配合氣象雷達 5m×5m 網格之預測雨量作為發布警戒之依據，如圖五。
- (7)土砂災害警戒之發布方式，係由都道府縣之砂防單位與當地氣象台共同發布，並以市村町為警戒發布單元，配合圖說方式(如圖 2.2.2-13)，以傳真及電話方式通報市村町，再由市村町決策是否進行疏散撤離。
- (8)硬體整治對策未來重點：(A)提昇整治工程之效果，通常透過性壩效果較佳。(B)整治工程應採更有效率之配置方式。
- (9)軟體防災對策來來重點：(A)讓更多人了解土砂災害警戒情報。(B)能提供最即時的土砂災害警戒情報。(C)改善避難處所之設施，確保避難處所能提供民眾比在家中更完整的災情資訊，讓民眾不會抗拒前往避難。

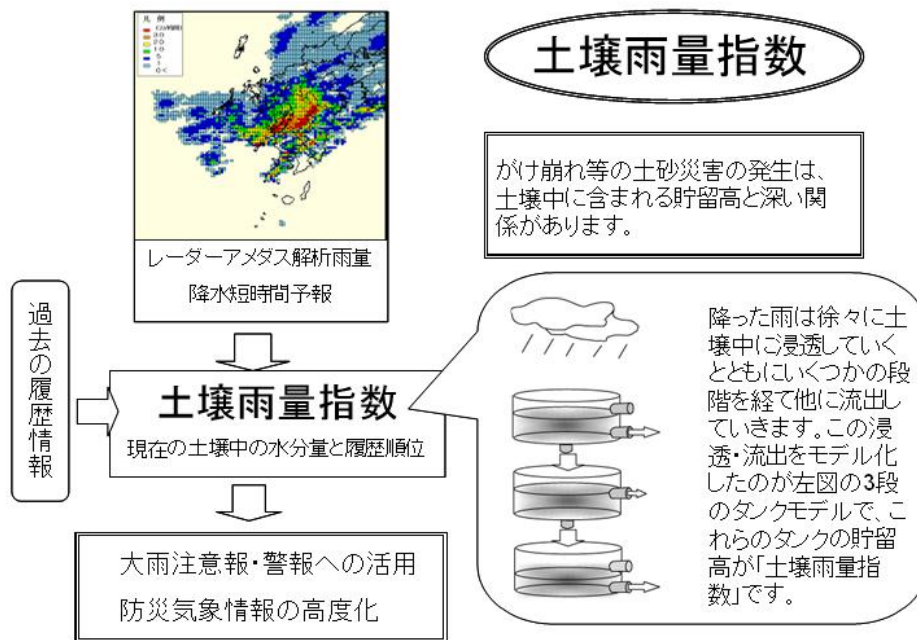


図 2.2.2-13 日本現行土砂災害警戒発布指標

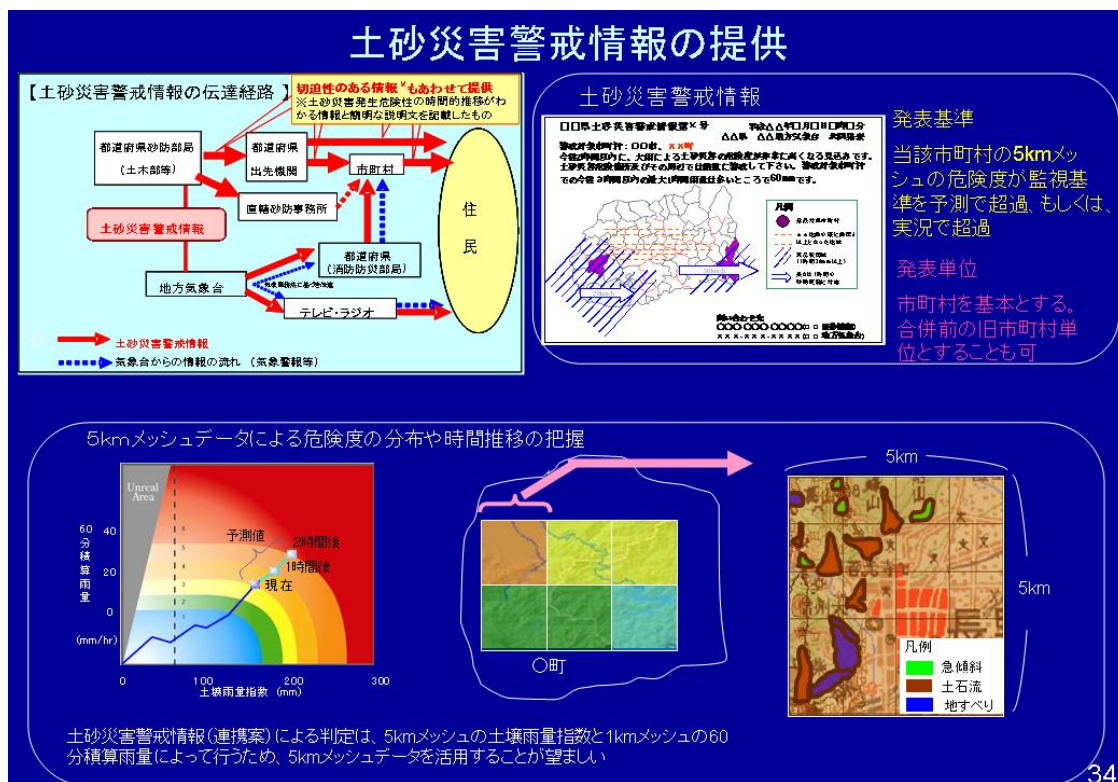


図 2.2.2-14 日本現行土砂災害警戒発布模式

### 3. 意見交流

(1) 日本土砂災害警戒研判過程是否有嚴謹的 SOP?

答：目前由於預測雨量尚有不小之誤差，且各都道府縣狀況不儘相同，故在發布警戒時之分析研判過程並未訂定制式的 SOP，以保持一定的彈性。

(2) 土砂災害警戒發布與解除之研判頻率為多久一次?

答：約半小時研判一次。

(3) 針對都道府縣使用新的警戒分析模式，是否有辦理相關訓練?

答：已於例行性的教育訓練課程內，加入約半天之訓練課程。

(4) 因各地地質條件不同，土壤雨量指數是否應分區設定?

答：目前全日本僅採用相同的土壤雨量指數，未來會朝分區修訂之方向改進。

(5) 土砂災害警戒解除之方式為何?

答：解除與發布為同一份文件，係在文件內容上加註那些地方需加強警戒，那些地方已解除警戒。

4. 完整簡報資料：詳如附錄三。

## 2.3 工程現地考察

### 一、96.12.4 15:30 考察山梨縣足和田村土石流災害遺址與復建情形

在西元 1966 年 9 月 25 日午後 1 點，颱風 26 號通過日本山梨縣，颱風經過時間約一個小時，於山梨縣足和田村之最大瞬間風速為南南東 40.1m，最大時雨量為 82.8mm/hr，根場及西湖二部落遭受土石流重創，死亡及行踪不明者共 94 名，房屋全毀及半毀者共 90 戶，所造成之經濟損失為土木災害(含道路、橋梁及河川)11 億 2000 萬日元、農業損失 14 億 2460 萬日元及林業損失 10 億 2000 萬日元，共計 35 億 6460 萬日元。

災後日本政府除將山梨縣足和田村本澤川、東入川、桑留尾川及三澤川等四條發生土石流災害的溪流加以整治，並保留部份沒有受土石流侵害的房舍，於整治後遷移集中重建，依原有的房舍型式予以重建，並於遭受土石流災害的原址增設防砂資料館，於 2006 年 9 月開始對外開放，目的在提醒日本民眾理解土石流防治的重要性。

防砂資料館中的展示包含土石流災害後的新聞及照片、砂防事業的內容、土石流發生的機制及災害後的影片等四個部份。



圖 2.3.1-1 砂防資料館入口處意象



圖 2.3.1-2 災後重建之根場部落



圖 2.3.1-3 本澤川下游整治情形



圖 2.3.1-4 砂防資料館中保存之文獻



圖 2.3.1-5 本澤川上游防砂設施



圖 2.3.1-6 根場部落受土石流侵襲

二、96.12.5 9:45 考察靜岡縣富士山大澤崩塌地及土石流處理對策

日本富士山為火山爆發熔岩所形成，其最近一次爆發為西元 1707 年。本

次考察地點靜岡縣富士山大澤崩塌地位於富士山西側斜面，標高約 2,200 公尺，崩塌範圍長度約 2.1 公里，最大寬度約 500 公尺，最大深度約 150 公尺，崩塌面積約 1 平方公里，崩塌土砂量約 7,500 萬平方公尺，此為日本最大規模崩塌地，其流出之土砂常易造成大澤川下游流域土砂災害。此一地區土石流災害較常發生於冬季，其原因為冬季時土壤孔隙水分結冰，所有降雨均形成地表逕流而引發土石流。

### (一) 大澤川基本計畫

大澤川治理對策以土砂災害防止為目的，其基本計畫分為：

1. 土砂發生源大澤崩塌地擴大防止對策：辦理源頭調查及各項保護工設置，包括侵蝕防止工、坡面保護工、落石防止網工、鋼製柵工、山腹綠化工、基礎工等。
2. 土砂氾濫堆積處之扇狀地對策：設置導流堤、固床工、流路工、砂防樹林帶及大型沉砂池，沉砂空間延長 4 公里，最大寬幅 1.1 公里，為日本最大規模防砂設施。
3. 大澤川中間床固工採用預鑄混凝土組合法，其優點為節省現場施工工時，透水性佳及具有韌性等。

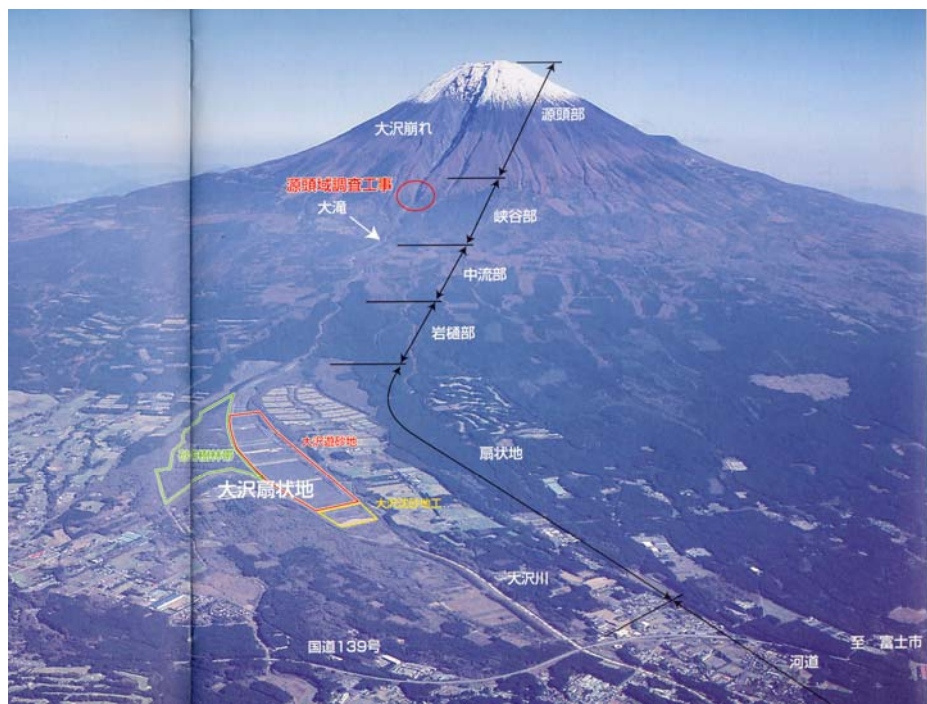


圖 2.3.2-1 富士山大澤川基本計畫



## 2.扇狀地堆積土砂有效利用

為確保足夠之沉砂空間，於必要時辦理除石工事（清淤工程），清淤之土砂粒徑大者，先進行破碎等粒徑處理後，提供海岸養灘或道路路基材料等公共工程利用。

## 3.觀測系統

大澤川土石流區域，由富士砂防事務所負責觀測，觀測系統包括：攝影機 33 台、雨量站 33 處、雨量觀測雷達 1 座、地震計 2 處、鋼索檢知器 1 處、水位計 3 處、流速計 2 處及光纖設置 195 公里，並於富士砂防事務所設置災害對策室，有效掌控現場影像、雨量、水位等河川情報及各種氣象資訊，做防災應變之研判。



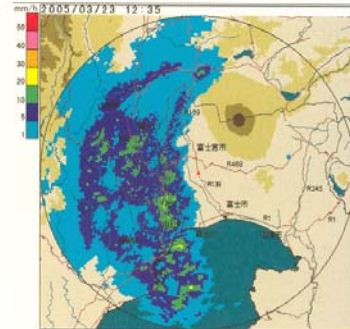
**CCTVカメラ**

溪流の土石流監視や富士山火山監視を目的とし設置しており、現地画像は光ケーブル配信により、事務所等においてリアルタイムに監視が可能となっています。



**富士砂防レーダ雨量計**

山地風の影響で雨量計では計測できない富士山の中高標高地域の雨量を観測しています。事務所を中心に半径40km内の雨量を観測することができます。



**富士砂防レーダ雨量計システム  
降雨強度分布図**



**災害対策室**

事務所管内のカメラ画像、雨量・水位等の河川情報、各種気象情報がすべてここに集約され、災害体制を執る際の中心的役割を果たします。



**岩樋下流地点の土石流観測橋**

土石流が発生した際には、流下する土石流の水位、流量を計測することができます。







圖 2.3.2-3 大澤川扇狀地第 8 床固工



圖 2.3.2-4 第 8 床固工解説牌



圖 2.3.2-7 岩樋観測所



圖 2.3.2-8 攝影機及照明設備



圖 2.3.2-5 富士砂防事務所災害対策室



圖 2.3.2-6 災害対策室相關資訊即時顯示

### 三、96.12.5 14:50 考察靜岡縣由比町地滑整治

從江戶時代迄今 300 餘年來，由比町就位居日本東西交通大動脈的心臟地帶，現更有 JR 東海道本線 180 車次 / 日、國道 1 號 67,000 輛 / 日、東名高速公路 67,000 輛 / 日，等重要交通網集中，因受地形限制，找不到迂迴替代的道路，更突顯其地理位置之重要性。自 1662 年來，由比地滑區因地震、颱風、豪雨引發較大規模之土砂災害共 26 次，均造成交通中斷的災情，最近一次為 1974 年 7 月因颱風豪雨導致崩塌、地滑，土石流淹沒國鐵、國道、社區，造成國鐵交通中斷 7 日，國道大塞車 10 日，房屋全毀 17 棟、半毀 47 棟，嚴重影響日本經濟、交通、民生發展，如圖 2.3.3-1 至 2.3.3-2。

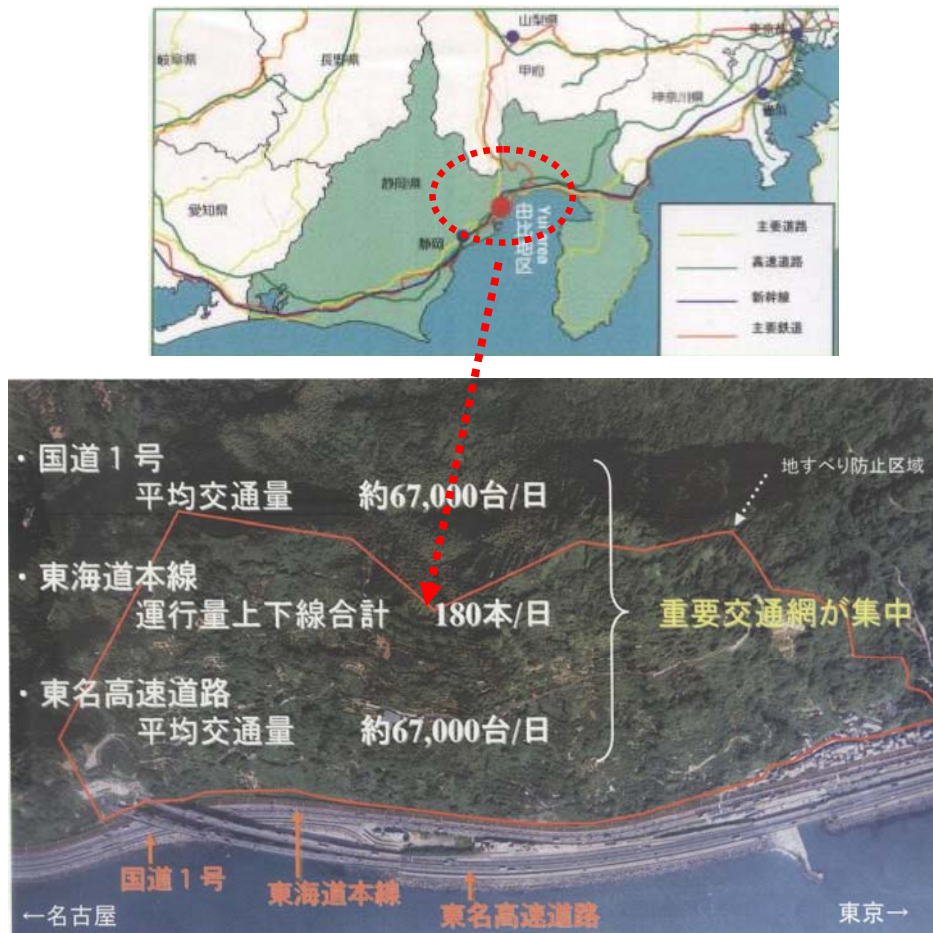


圖 2.3.3-1 由比町地滑整治位置圖

有鑑於 1999 年臺灣 921 集集大地震及 2004 年 10 月之日本新潟縣中越大地震，均發生大規模毀滅性的地滑災害，為防範位於東海地震 7 級強震區範圍之由比地滑區，因強震引發大規模地滑，造成日本國土東西交通大動脈

毀於一旦，將嚴重波及日本經濟、交通、民生發展。日本國土交通省富士防砂事務所於 2004 年在靜岡縣成立『由比地滑區對策檢討委員會』聘請學識及經驗豐富之專家着手現地勘查、調查。因調查結果確有治理之必要，2005 年成立『由比地區直轄地滑對策事業』，將面積共 58 公頃之地滑區域，劃分為尚未發生地滑；但未來潛在發生之山中、峰ヶ沢 2 區，曾發生地滑災害之大久保、大押し 2 區，共四區，展開整體治理調查規劃，大押し地滑區因鄰近由比町社區；人口密集，已由靜岡縣政府先行整治完成，如圖 2.3.3-3。



圖 2.3.3-2 1974 年 7 月颱風豪雨土砂災害



圖 2.3.3-3 整體治理調查規劃配置

依整體治理調查規劃結果，重要交通網集中已無法迂迴避開，整治對

策以降低下滑力之抑制工法及配置完整之監測系統來加強防災應變為主，依規劃期程，2006 年首先由已發生過多次地滑災害之大久保區，施作地表排水溝 1,402m，橫向集水管 3 座，直徑 3.5m 集水井 2 座，來排除災害誘因的雨水及地下水，經現場監測系統觀測結果，集水井施作後已經有效降低地下水水位約 10m 及 12m。2007 年再依序施工橫向集水管 10 座，直徑 3.5m 集水井 4 座，可有效降低土體內孔隙水壓，使地滑日趨穩定，如圖 2.3.3-4 至 2.3.3-5。

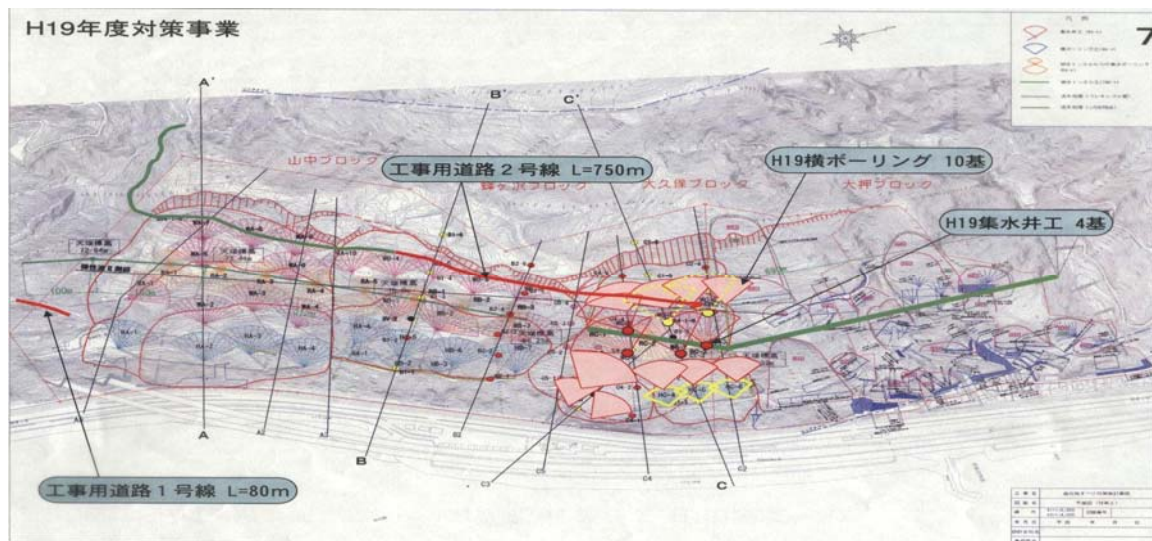


圖 2.3.3-4 治理對策現場配置



圖 2.3.3-5 集水井施工情形

2006 年迄今施作係以排除雨水之地表排水系統，降低地下水水位之橫向

集水管、集水井等為主之抑制工法。並配合全區之監測系統，適時提供防災應變資訊，可增加預警時間確保國鐵、國道行車安全。並將取得之觀測資料，來回饋評估整治成效，並作為未來整治對策之規劃依據。排水廊道、地錨、深礎工等可增加坑抗滑力之抑止工法，因工程經費龐大，非經觀測、分析結果確有必要施作，日本雖名為經濟強國也不冒然施工。經費以充實改良現有監測系統等軟體建設為主，如現行觀測資料以傳統電纜線傳輸，因傳輸量龐大，無法有效接收即時資訊，將影響整體災害應變時效，已着手以光纖取代，如圖 2.3.3-6 至 2.3.3-9。



圖 2.3.3-6 地滑區旁交通網集中



圖 2.3.3-7 監測設施



圖 2.3.3-8 監測設施



圖 2.3.3-9 深層滑動以地錨施工

#### 四、96.12.6 13:30 考察三重縣藤原岳週邊土石流整治(小滝川)

自 1988 年 7 月至今，藤原岳週邊流域西之貝戶川、小滝川、鳴谷等川土石流頻傳，因谷口距離保全對象最短僅 55m~220m，其土砂扇狀推積地，已嚴重威脅三重縣員弁郡藤原町 294 戶住家、機關、學校、寺廟、鐵路、公路等公共設施安全，為此成立『藤原岳週邊流域土石流對策計畫檢討委員會』，專責土石流調查、防治、警戒、發布、疏散、避難、救災等對策方針及準則，供三重縣縣土整備部砂防室執行，如圖 2.3.4-1 至 2.3.4-2。

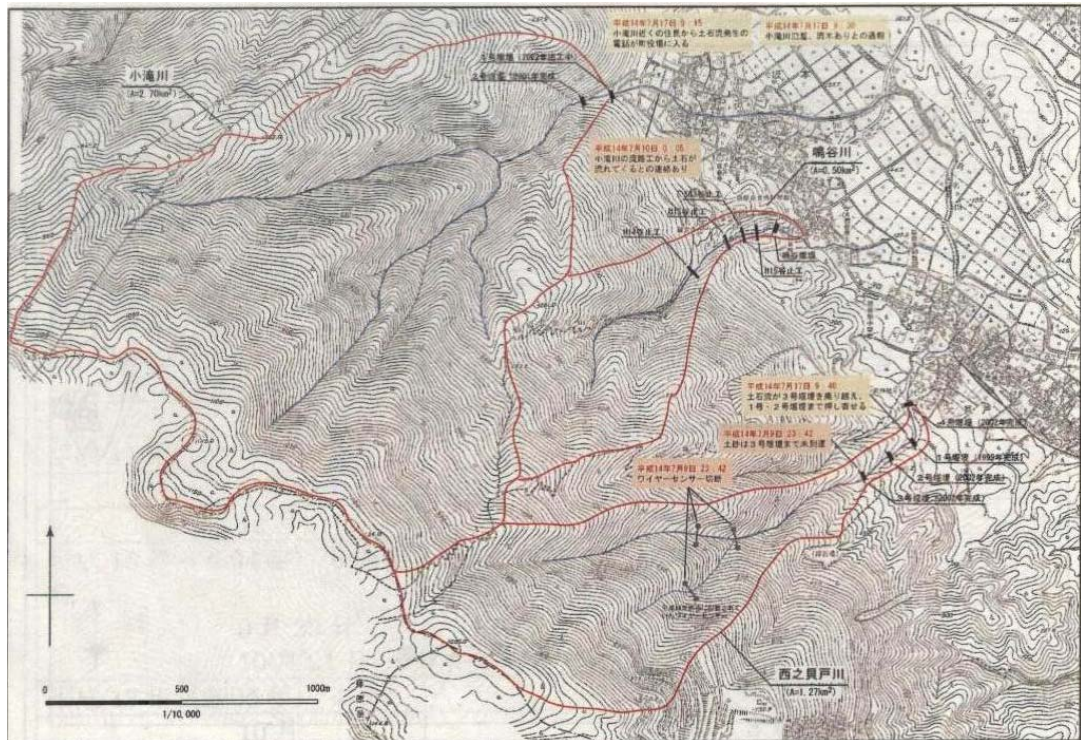


圖 2.3.4-1 藤原岳週邊土石流整治位置圖

以本次參訪之小滝川為例，因谷口離社區（87 戶）僅 220m，其谷口扇狀推積地已涵蓋整個社區，其危險性為立即及嚴重。其治理對策在硬體構造上，為在谷口扇狀推積地設置沈砂池讓土石停頓、淤積，並施作導流堤將淤滿溢流之土石，導引淤積在社區外利用價值較低之土地。下游段河床縱坡度介於 10~25%，設置壩高 14.5m 且功能各異之攔砂壩 4 座，可有效攔阻砂石。河床中游段縱坡度介於 30~60%，施作防砂設施不符效益，僅以山腹工（噴漿、鋼柵工等）來穩定邊坡，減少土砂輸出。上游段河床縱坡度 60% 以上，工程及植生手段已無成效，以設置鋼索警示器來加強警戒，當土石流造成鋼索斷裂，馬上發布警報，提供社區 10 分鐘之預警時間來疏散避難，綜上自 2003 年迄今，發生 9 次土石流均未造成人員傷亡，成效顯著，如圖 2.3.4-2

至 2.3.4-7。



圖 2.3.4-2 谷口沖積扇淤積土



圖 2.3.4-3 沉砂設施



圖 2.3.4-4 一號不透過性壩



圖 2.3.4-5 二號壩頂加鋼管捕捉流木



圖 2.3.4-6 四號鋼管壩



圖 2.3.4-7 沉砂池加警報器

### 五、96.12.6 15:00 考察三重縣菰野町朝明川砂防堤

在 1870 年代三重縣菰野町地區，由於民眾在河川上游的山坡地大量伐木，造成源頭之山坡裸露，每逢颱風豪雨時，常造成山崩及土石順溪流而下，進而產生中下游土石流災害。為了解決土石流災害，當時的內務省土木局聘請荷蘭專家到日本指導如何治理山崩及土石流。

經荷蘭專家現地勘查後，提出”治河要先治山”的觀念，首先禁止民眾砍樹並於裸露地植樹造林，同時於溪流中上游邊坡施作山腹工及設置防砂壩穩定溪床調整流心。其中施作之攔砂堰堤全部都以天然巨石(直徑都在 1 公尺以上)疊砌而成，其疊砌方式在垂直向及水平向都是以六圍砌方式砌成，整個堰體的塊石充分咬合，進而形成一穩定的壩體，歷經一百多年的颱風豪雨的考驗，至今仍安然無恙，在日本已將其列為古蹟並予保護，如圖 2.3.5-1 至 2.3.5-2。



圖 2.3.5-1

圖 2.3.5-2

由於以天然巨石疊砌而成之攔砂堰堤，所需的材料—天然巨石不易取得，且該砌石的技術已年久失傳了，故目前在日本未再見到前述以天然巨石疊砌而成之攔砂堰堤，而是以材料取得容易且施工快速的混凝土壩所取代，如圖 2.3.5-3 至 2.3.5-6。





圖 2.3.5-3



圖 2.3.5-4



圖 2.3.5-5



圖 2.3.5-6

## 六、96.12.7 9:30 考察大台町役場表敬

大台町（舊宮川村）位於三重縣中部，於平成 16 年（2004）年受到 21 號颱風（米雷颱風）帶來局部性強烈降雨的影響，在大台町各地造成崩塌、地滑及土石流災害，造成 6 人死亡、1 人失蹤的重大災情。

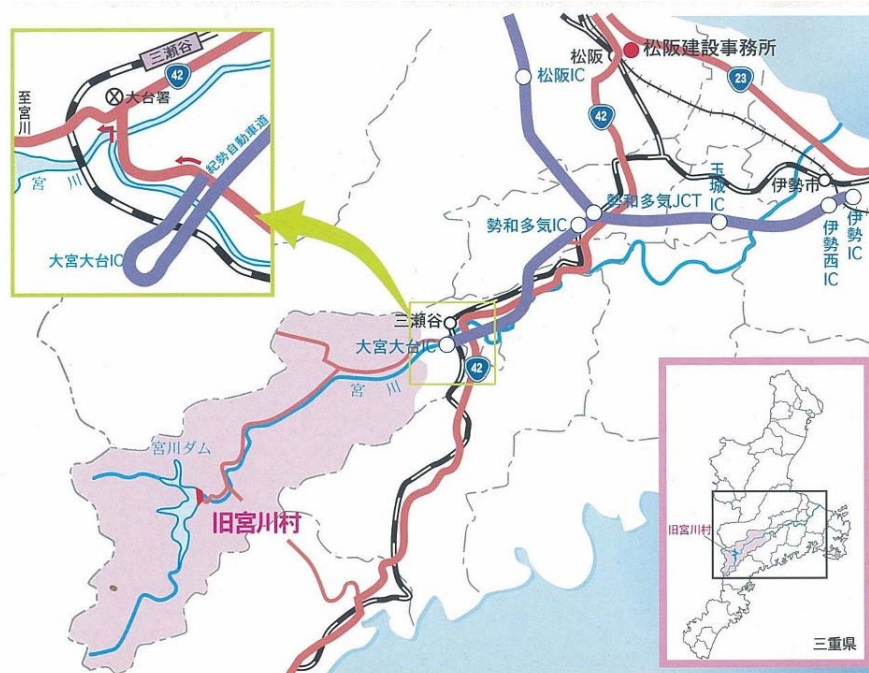


圖 2.3.6-1 大台町（舊宮川村）位置圖

颱風 21 號於 2004 年 9 月 21 日在關島西南西方海面形成，並在 28 至 30 日間為日本各地帶來大雨。由於日本東海上空高壓氣團送來濕冷的東風與颱風帶來濕暖的東南風會合，形成積亂雲帶。當積亂雲帶到達三重縣南部及中部的時帶來局部性強烈降雨而導致災害發生。



圖 2.3.6-2  
颱風 21 號路徑

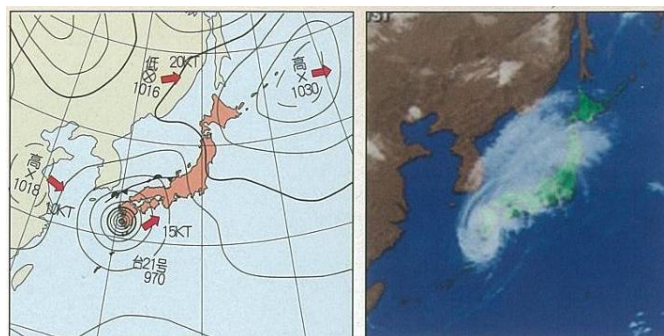


圖 2.3.6-3 颱風 21 號氣象衛星圖  
(2004 年 9 月 29 日上午 9 時)

三重縣的雨勢在 9 月 28 日下午 6 時開始變大，到晚上 10 點左右，中部、紀勢—東紀州地區陸續發布大雨洪水警報。宮川站（氣象廳觀測點）在 29 日上午 8 點 40 分到 9 點 40 分的 1 個小時內測到了 139mm 的降雨，這是自 1979

年開始有氣象統計以來的最大值，約為過去最大值 99mm 的 1.4 倍，受災最嚴重的滝谷地區在 29 日上午 9 時到 10 時發生崩塌前也觀測到 131mm/hr 的降雨強度。在尾鷲站（氣象廳觀測點）測得總降雨量 863mm，超過了自 1972 年以來的降雨紀錄（800.5mm），舊紀伊長島町的三戶站（三重縣觀測點）也有高達 1180mm 的降雨記錄，僅僅 1 天的時間宮川地區降雨量就高達年平均雨量 3,178mm 的 1/4（921mm，宮川壩站）。



圖 2.3.6-4 宮川站最大時雨量年度變化

大台町（舊宮川村）地區受到破紀錄的降雨影響，自 9 月 29 日上午 9 時 30 分開始，宮川溪谷兩岸坡面及其支流陸續發生了崩塌、地滑及土石流的災情，總計造成 6 人死亡、1 人失蹤、2 人重傷，房舍部分則有 20 棟全毀、17 棟半毀。整個大台町（舊宮川村）地區的受災狀況如下：

表 2.3.6-1 大台町（舊宮川村）主要受災情形

地 区	人的被害			家屋被害	
	死者	行方不明者	負傷者	全壞	半壞
久 豆	0	0	0	5	2
桧 原	0	0	0	3	4
岩 井	0	0	0	0	5
滝 谷	5	1	0	5	1
小 滝	1	0	1	1	1
唐 櫃	0	0	1	3	2
栗 谷	0	0	0	0	2
天ヶ瀬	0	0	0	2	0
本田木屋	0	0	0	1	0
合 計	6	1	2	20	17

(大台町資料)

災害發生之後，政府部門積極投入了復建的工作，並針對不同災害型態提出因應對策，各地區的災害復舊情形分別介紹如後：

(一) 春日谷川

春日谷川位於宮川上游左岸，在滝谷地區附近匯入宮川。春日谷川在2004年9月28~29日颱風21號來襲期間，溪谷上游發生大規模崩塌，估計有1,090,317m<sup>3</sup>的土砂流出，同時也導致約2公里長的林道被掩埋，以及1座橋樑被沖毀。



圖 2.3.6-5 春日谷川上游崩塌情形

為了控制堆積於溪床的不安定土砂及調整土砂流出量，三重縣當局投入了 9 億日圓經費進行災害復建，並於先期配置計畫中進行了施設配置及施工方式的評估比較。

在規劃防砂構造物施設配置時，對於春日谷川 1 號防砂壩應採用 15m 以下的連續式防砂壩群或設置 1 座 15m 以上之高壩 2 種方式進行了評估。結果發現設置 1 座 24.5m 的高壩與設置 3 座 14.5m 高的連續壩，可以達到相近的整備率（表 2.3.6-2），惟採用 1 座高壩的方案無論是施工性及經濟性都較 3 座低壩的方案好，因此採用設置 1 座高壩的方案，另外於 1 號壩上游約 500m 處設置的 2 號壩高度為 14.5m，寬 81m。

春日谷川 1 號防砂壩的壩高為 24.5m、寬 105.5m，下游有 1 座高 6m、寬

55m 的副壩。施工完成後預計可提供 465,420m<sup>3</sup> 的儲砂容量，調節量 46,540 m<sup>3</sup>、抑制量 131,050 m<sup>3</sup>，提升土砂整備率至 16.8%。

表 2.3.6-2 防砂壩設計比較表

		1 座高壩 方案	3 座低壩方案		
			低壩 1	低壩 2	低壩 3
尺寸 (m)	壩高	24.5	14.5	14.5	14.5
	壩寬	105.5	87.0	82.0	18.0
效益 (m <sup>3</sup> )	儲砂量	465,420	161,140	115,850	49,100
	調節量	46,540	16,110	11,590	16,370
	抑制量	131,050	77,670	53,380	410
	合計	177,590	175,530		
土砂整備率		16.8%	16.6%		

決定防砂壩配置之後，考量高壩設置地點的施工性、工期、殘土處理及費用等因子，進行傳統鋼筋混凝土壩體及 INSEM-雙牆法（INSEM-ダブルウォール工法，原文為 INSEM -Double Wall）兩種施工方式的檢討評估（表 2.3.6-3），其中 INSEM-雙牆法施工具有下列優點而在獲得施工單位採用：

1. 工程費用為傳統混凝土工法的 2/3，工期約為傳統工法的 1/2。
2. 採用土壤混凝土作為壩體填充材料，可以減少材料費用。
3. INSEM 材料可由河床砂礫採取，可減少河床堆積土砂及工程餘土，不用另覓剩餘土方堆積區域。
4. 由於受災區域廣大，災害復舊工程多採用混凝土工法而導致混凝土的供給受限，INSEM-雙牆法較不受影響。
5. 牆面採用凹凸粗糙的設計，間隙部分也提供植生綠化空間，自然景觀較為調和。

表 2.3.6-3 INSEM-雙牆法與混凝土工法特色比較表

	數量 (m <sup>3</sup> )		直接工程費 (千日圓)	
	INSEM-DW	混凝土工法	INSEM-DW	混凝土工法
壩體積	30,200	25,800	257,300	387,000
開挖土砂量	25,600	19,600	25,600	19,000
殘土處理	-	18,400	-	36,800
合計	-	-	282,900	442,800
施工期間	240 日	520 日	-	-



圖 2.3.6-6 春日谷川 1 號壩施工現場



圖 2.3.6-7 現場危石保護



圖 2.3.6-8 INSEM-雙牆法施工剖面



圖 2.3.6-9 INSEM 填充材料



圖 2.3.6-10 現場擋排水工程



圖 2.3.6-11 現場擋排水工程

## (二) 滝谷地區

2004 年 9 月 29 日上午 10 時，宮川左岸的滝谷地區發生坡面崩塌災害。災害發生區影響範圍分布 10 幾戶人家的住宅、車庫及倉庫，總計造成 4 人死亡、1 人失蹤及 4 戶房屋全毀的災情。



圖 2.3.6-12 滝谷地區災害前照片

滝谷地區的崩塌範圍寬度 40m、水平長度 70m、最大深度達到 8m。崩塌下來的土砂一部分堆積於道路，另一部份淤積至宮川本流，過去施設的擋土牆也被破壞。



圖 2.3.6-13  
滝谷地區災害情形

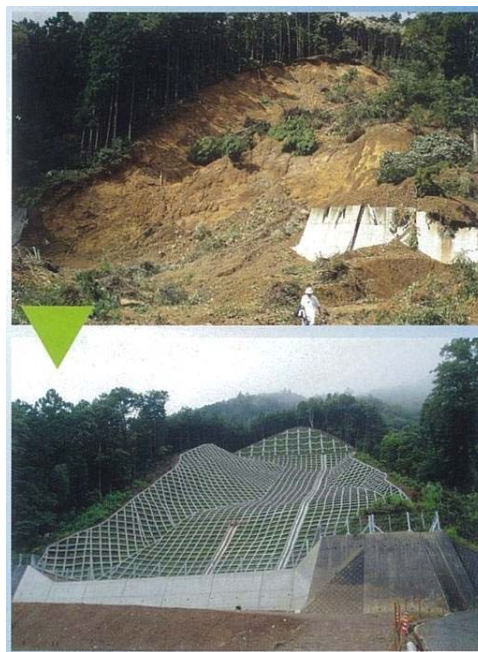


圖 2.3.6-14  
滝谷地區災害及復建情形  
(2006 年 12 月完成)



本區域投入了 1.35 億日圓進行復建工程，考量整個崩塌的範圍及深度，採用地錨配合格框工法，總計施設 27 座地錨，抑制土壤崩落。同時為了降低土壤水壓，設置 11 道橫向鑽孔排水。坡面植生部分則是採用噴植工法，噴植面積達 2,070m<sup>2</sup>。



圖 2.3.6-15 滝谷地區現況 (2007.12.7)



圖 2.3.6-16 地錨及格框



圖 2.3.6-17 格框及橫向鑽孔排水

### (三) 唐櫃地區

唐櫃地區位於宮川右岸，其中唐櫃 1 溪流正隔著新領內橋與小滝崩塌地的相對。受到颱風挾帶的雨量影響，唐櫃 1 溪流源頭的部分發生崩塌，導致土石流發生造成一級村道新大杉谷線(目前為町道)道路中斷以及住宅 1 戶、工廠 1 棟半毀的災情。



圖 2.3.6-18 唐櫃 1 土石流災害及復建情形（2006.11 完成）

於土石流發生的谷口設置防砂設施為土石流災害防治最直接的方式，本區在溪流上游構築防砂壩直接攔阻土砂，進一步調整溪床坡度、穩定坡面，抑制土砂產生、調節土砂流出。同時為了防止溪床及兩岸淘刷，下游以固床工及護岸加強保護。

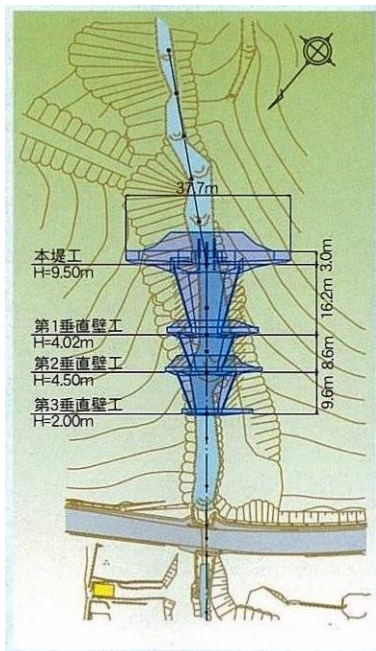


圖 2.3.6-19  
唐櫃 1 野溪復建平面圖



圖 2.3.6-20  
唐櫃 1 野溪復建施工情形



圖 2.3.6-21 唐櫃 1 野溪現況（上游面）



圖 2.3.6-22 唐櫃 1 野溪現況（下游面）

#### （四）小滝地區

小滝地區位於宮川的新領內橋左岸，於 2004 年 9 月 29 日上午 10 時過後不久，就發生了寬約 20m，水平長度約 40m，最大深度約 4m 的坡面崩塌，而緊鄰坡面崩塌災害的鄰近地區也發生地滑災害，地滑區域寬度約為 150m，長約 55m。



圖 2.3.6-23 小滝地區災害及復建情形（2007 年 3 月完成）



圖 2.3.6-24 小滝地區災害區位範圍

崩落的土砂挾帶大量的杉木沿著斜面傾瀉而下，一直到離左岸大約 80m，接近新領內橋的中央部份才停止。造成左岸地區 1 人死亡、1 人重傷及 1 戶房舍全毀的災情。

由於小滝地區複合災害的特性，整治對策包括崩塌地的復舊及地滑整治。崩塌地治理採用與滝谷地區相同的地錨加格框工法，崩塌區上端施設 24 座地錨，配合水泥格框以抑制頂部繼續崩落下移。為了減輕土壤水壓，也設置了橫向鑽孔排水 34 處，長 465m，以及 U 型縱向排水溝 199m 以排除地表水，減少入滲。地錨及格框設置區域之外的坡面則全面打樁編柵植生，緊臨路面的部份並設置了長達 52m 的防落石柵以增加安全性。

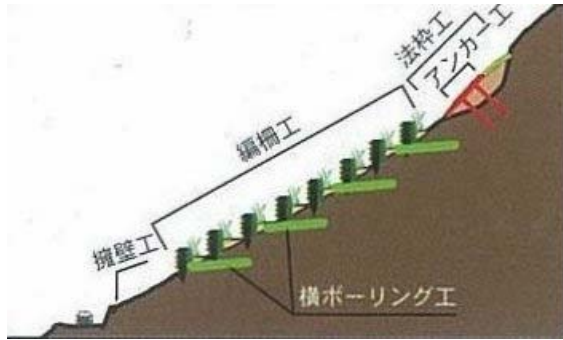


圖 2.3.6-25  
小滝地區崩塌治理對策示意圖

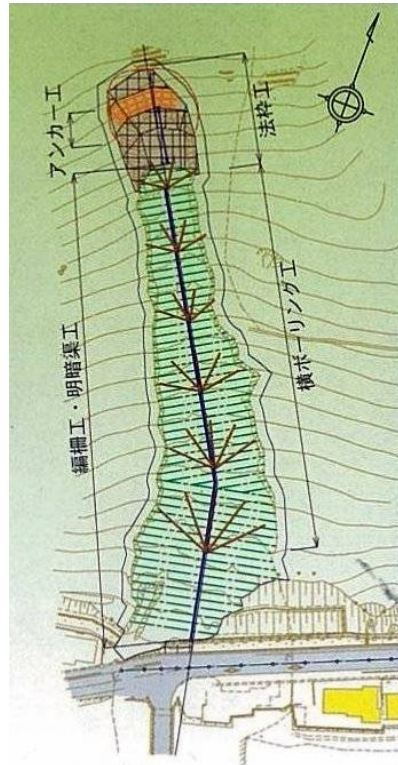


圖 2.3.6-26  
小滝地區崩塌治理對策平面圖



圖 2.3.6-27 小滝地區崩塌地復建情形

地滑區域則除了以 62 根直徑 508mm 的鋼管樁作為抑制工外，設置 2 處直徑 3.5m、深度 18m 的集水井，井內鑽掘直徑 90mm 的集水管以排除地下水。另外鑽掘孔徑 135mm 的橫向排水工，長度 43m，以及設置長達 70m 的排水工，均以排除地下水、減少土壤含水量作為地滑整治的主要對策。



圖 2.3.6-28  
小滝地區地滑復建情形



圖 2.3.6-29 小滝地區現況

#### (五) 天之瀨地區

天之瀨地區位於宮川左岸，受到豪雨的影響引發地滑災害。整個受災區域寬約 100m、長度約 150m、深度達 20m。而地滑發生之後仍持續發生位移的情況，同年（2004）10 月 19~20 日颱風 23 號（陶卡基颱風）來襲時，甚至有高達 7cm/日的變動量。

地滑區域下方的縣道大台宮川線是區域防災計畫中相當重要的第 2 次緊急輸送道路。而滑落土體也可能淤積於宮川本流，形成天然土壩堰塞宮川流路，導致洪水溢流引發下游地區大面積淹水災害，因此相關政府部門緊急提出了本區域的地滑整治計畫。



圖 2.3.6-30 天之瀨地滑影響範圍

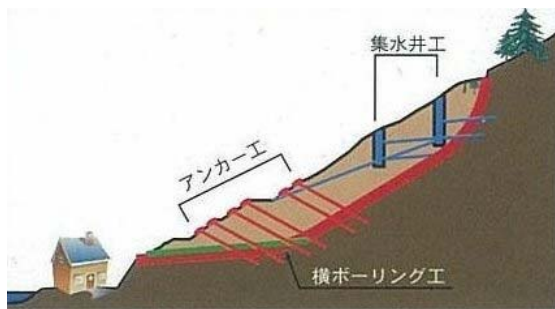


圖 2.3.6-31  
天之瀨地滑治理對策示意圖

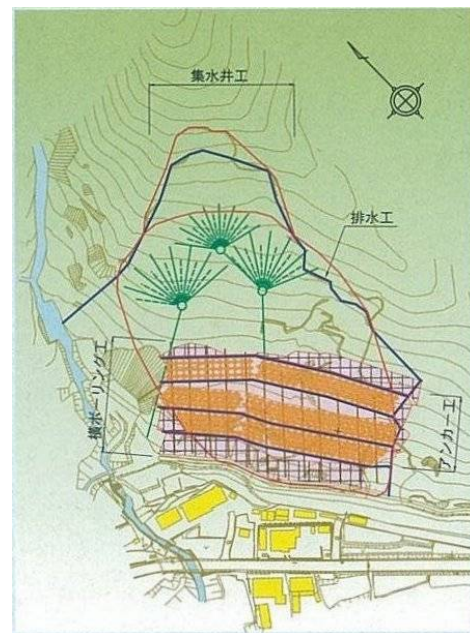


圖 2.3.6-32  
天之瀨地滑治理對策平面圖

整個區域治理計畫經費約為 8.9 億日圓，下方鄰近道路的部份以抑制工法為主，主要為地錨配合格框工程，總共設置了 341 座地錨及受壓版，以增加土體對於滑動的抵抗力。地錨區上方依照現場地形設置 1.5\*1.5m 及

1.2\*1.2m 兩種大小的格框，加強穩定坡面。區域最上方則配置集水井，總計有 3 座深度 15~18m 的集水井，井內鑽掘長度 13~23m 不等的集水管共 41 處，另外有 3 處橫向排水鑽孔總長 116m，以降低地下水位，減少土壤水壓。

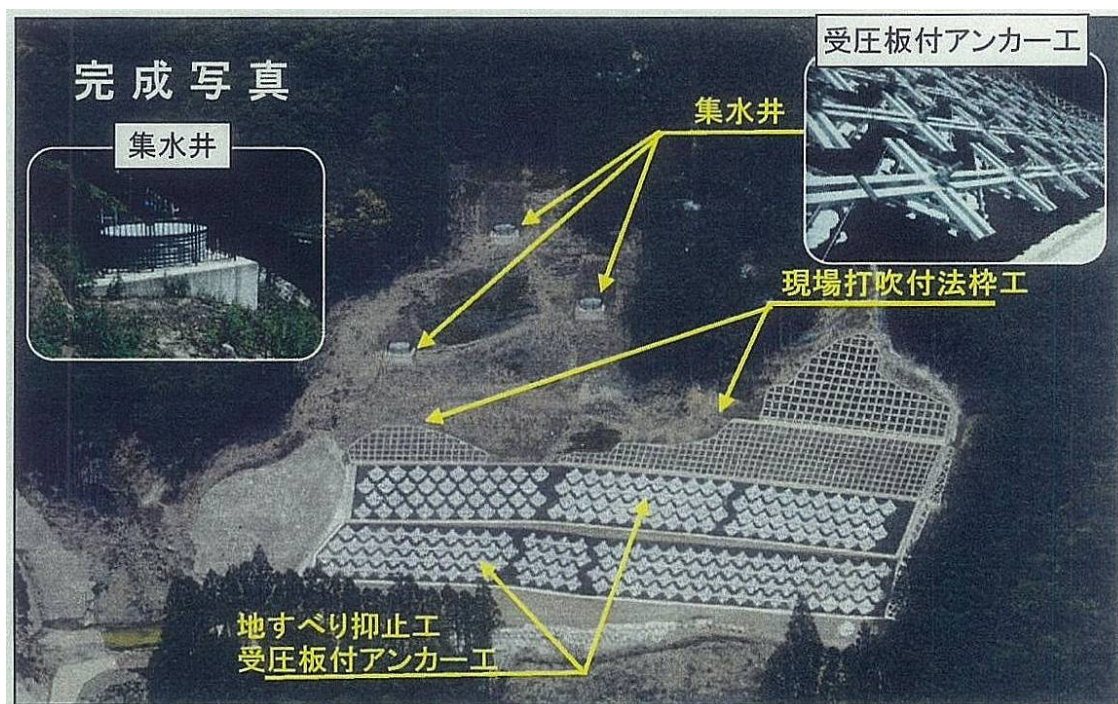


圖 2.3.6-33 天之瀨地區地滑整治情形

天之瀨地區復建工程的工務所就設在工地旁，雖然工地仍舊有工事進行，辦公室周圍的施工說明以及其他標示仍舊保持相當乾淨，一旁尚未使用的材料也擺放十分整齊。相較於台灣地區施工現場經常煙塵滾滾，日方在各處細節一絲不苟的態度令人印象深刻。



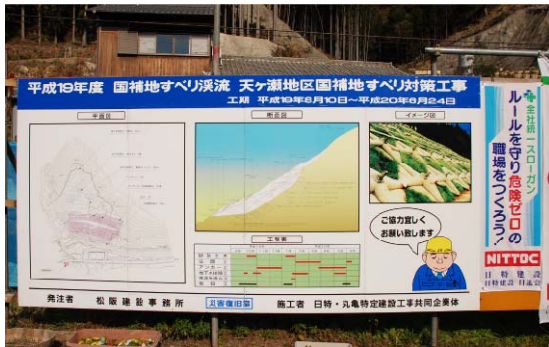


圖 2.3.6-34 天之瀨地區地滑整治工程工務所及週遭環境

七、96.12.7 14:00 考察五十鈴川

三重縣五十鈴川原是屬於伊勢神宮所管轄，因為該野溪位處伊勢神宮的範圍內，且因伊勢神宮在日本的地位崇高，所以整治工作由神宮自行管理，而非政府之管理權責，可是因神宮的專業及人力無法辦理野溪的整治及管理工作，

導致一些民眾因開發不當及不當的土地利用而造成了一些災害，例如因森林的砍伐而導致裸露，進而發生崩塌及土石流災害，故後來由政府砂防部門出面接管相關整治工作。

因為該五十鈴川位處神宮區域內，所以整治工作以符合自然生態的方式進行，護岸及擋土牆以大量的砌石與拋石組成整條溪流的外貌，且在淨手的地方特別設計水流往單側流動，形成民眾親水的最好的設計，人們簡單接近水邊去洗手及親近五十鈴川。



圖 2.3.7-1 野溪整治以親水方式設計



圖 2.3.7-2 以砌石方式興建擋土牆



圖 2.3.7-3 野溪兩側緩衝綠帶



圖 2.3.7-2 塊石興建固床工具高壩低矮矮化功能

## 第三章 心得與建議

### 3.1 防災應變

- 一、國內土石流警戒模式，目前有效累積雨量計算時之折減係數訂為 0.8，一直缺乏理論或實驗基礎，建議可參考日本土壤雨量指數之方式實驗並修訂。
- 二、日本土砂災害警戒情報係由各都道府縣(相當於台灣的縣市政府)會同各地氣象台直接發布，而由市町村(相當於台灣的鄉公所)決定是否要執行疏散避難，中央單位(國土交通省砂防部)僅訂定政策與方向，建議未來國內亦應朝此方向修正。
- 三、日本土砂災害警戒情報發布範圍係以市町村(相當於台灣的鄉)為單元，而國內土石流警戒區發布範圍卻以村里為單元，建議應改回以鄉鎮為發布範圍以符實際。
- 四、日本目前公布之土石流危險溪流高達 183,863 條，約為台灣的 130 倍，扣除國土面積相差 10 倍之因素後，其差異仍高達 13 倍；在二國地質、地文條件相似之情況下，應可推論目前台灣公布的 1,420 條土石流潛勢溪流，其數目仍明顯偏低，表示國內相關基礎調查工作仍有很大的改進空間。
- 五、國內目前的土石流防災對策與日本相似，亦強調「軟硬兼施」、「管理重於治理」，惟在人力配置與經費上，國內與日本相較，明顯偏少。

### 3.2 坡地監測

- 一、日本土石流觀測系統項目包括攝影機、雨量站、雨量觀測雷達、地震計、鋼索檢知器、水位計及流速計等，與本國目前觀測系統大致類似。另本國亦利用地聲檢知器監測土石流，可提供日方參考及技術交流。
- 二、日本土石流觀測系統所有資料，均透過光纖即時回傳控管中心，傳輸速度快且穩定，國內土石流觀測站資料傳輸方式建議可評估採用。
- 三、有關觀測系統夜間照明部分，為考量避免浪費電源，在日本做法為夜間降雨量達 10mm/hr 時才啟動照明設備及攝影。
- 四、富士山大澤川崩塌地為日本最大規模土砂災害區，故由富士砂防事務所負

責監測及治理工作，該所並建置災害對策室將監測相關資訊整合，可有效掌控現場狀況及研判分析做決策，並建立與防災單位之直接通訊，以達到緊急應變之目的。

### 3.3 山坡地防災技術工法

#### 一、山坡地治理方面

- (一) 日本政府近年財源短缺，政府預算逐年降低中，由於經費有限，故必須應用於重點地區，往往治理工作會先擬定對策後，再依計畫時程逐一執行，經過數年才能展現治理成效。
- (二) 山坡發生災害後之治理工作，除先辦理緊急的搶疏通及基礎穩定措施外，找出致災原因亦為其重要工作之一，其治理工法的採用，完全由專業來判斷，且考量現地情況規劃設計，如圖 3.3-1。



圖 3.3-1 大台町地區地滑地整治

- (三) 三重縣大台町的小撞地區，災害後由政府單位辦理坡面穩定措施處理後，後續坡面植生種樹，開放給民間團體認養維護(如圖 3.3-2)，除了可節省政府預算，亦可讓環保團體參與災後復建工作，此一構想可供參考仿效。

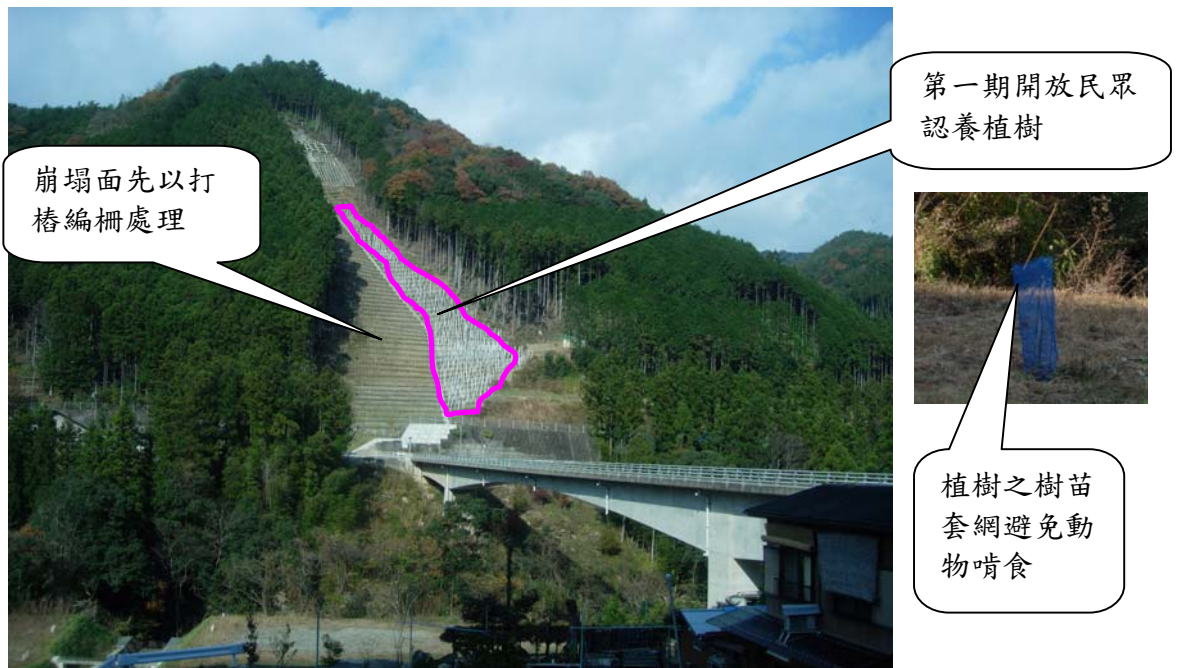


圖 3.3-2 三重縣大台町小潼地區

- (四) 大規模地滑地處理，可分年分期編列經費治理，如靜岡縣的由比地區，除治理前先建立區域內之鑽探及水文資料，初期採用橫向重力排水及集水井降低地下水水位的方式，消除地滑的誘因。並配置監測系統持續觀測分析及設置預警系統，再逐年依所編列之經費辦理整治工作。這種先消除致災誘因並搭配監測資料回饋分析，作為後續治理工程之參考的處理模式，值得我們學習。
- (五) 日本山梨縣根場部落發生的土石流災害，造成了當地嚴重的生命、財產的損失，日本政府除了災區部落重建及土石流整治外，並將受災當時的文獻如報紙、照片等加以完善的保存，供土石流研究及調查使用，並建立土石流資料館，供民眾參觀宣導防災重要性。

## 二、土石流防治方面

- (一) 土石流防災秘訣：疏—隔—攔—迴避法，在富士山之大澤川土石流整治，亦使用相同的方法，如於下游平緩段採用開闊扇狀地讓土石淤積沉澱，並設置防砂樹林帶來輔助攔阻土石，這種順應自然力，不與土石流爭地的做法值得我們學習。
- (二) 在三重縣小潼川的土石流整治，中上游採用不同形式的鋼管壩，其目的為現地驗證工法可行性及其效果。在下游鄰近保全對象區，仍採

用傳統式之重力壩來攔阻土石，並設置遊砂地(沉砂池)攔阻淤積土砂。這種在連續設置攔阻土石的設施後，再設置沉砂緩衝區，可對下游保全對象的安全又多一分保護，是一值得參考的做法，惟用地問題需先克服。

(三) 土石流對於防砂設施的溢流口磨損防護措施，未見其有特別的防護措施，日本做法為溢流口磨損，再以混凝土予以加厚補強即可，如此做法較快速有效。

(四) 以砌石(無水泥)作成的固床設施，是一般認為較符合生態的工法，且在景觀上與現地環境較協調美觀。但日本未再見到此種工法的施作，主要的原因是這種以砌石作成固床設施的技術已失傳很久，且現地溪床中合用的巨石數量有限，施作速度慢和所需費用高。

三、日本近年來針對土石流之防砂壩類型，積極採用「開放型之鋼管壩」，以取代傳統之封閉型防砂壩，其優點如下：

(一) 平時於常流水狀態時，容許細顆粒土砂流出，保持其最大庫容量；於洪水來臨時，即可有效捕捉到大量之土砂。當土砂淤滿後，立即進行清淤工作，保持其防砂之功能，不需再重新建置新的防砂壩。

(二) 開放型防砂壩，可保持河床縱向廊道之暢通，故較為符合溪流生態需求。

(三) 壩體結構開口使用鋼管材料，其施作工法簡易，可縮短施工工期。且具有使用壽命長與維護工作少等優點。

四、有關防砂壩淤滿後是否進行清淤問題，日本近年因預算減少及考量防砂效益，已逐漸趨向進行部分清淤。

五、承上防砂壩之部分清淤原則說明如下：

(一) 開放型防砂壩原則於淤滿後，即進行清淤工作，以隨時保持空庫之攔砂功能。

(二) 封閉型防砂壩不是全部清於，僅於洪水過後，清淤堆積坡度超過原設計坡度之堆積土砂，即清淤後之河床坡度，仍需維持設計時之河床坡度，以維持其原本設計之防砂功能。

(三) 以道路可直接到達之防砂壩，先進行清淤工作，俾利可將土砂順利運出，並防止為進行清淤工作而另闢道路，容易造成之二次土砂災害。

六、日本「INSEM—雙牆工法」之優點如下：

- (一) 因壩體結構主要由大量土石及少量水泥等材料攪拌混合所組成，故建置壩體時可同時解決上游之大量崩積土，減少棄土。
- (二) 因壩體主要採用現場之大量崩積土建置而成，故其工程經費約為同體積防砂壩之三分之二，施工期可所縮短二分之一。
- (三) 壩體上下游之預鑄組合牆面，可配合當地景觀，設計凹凸立體之圖樣，並配合施作綠化設施，除解決土砂災害外，亦能融入當地景觀。

七、日本對於清淤後之大量土砂（如靜岡縣富士山大澤崩塌地），會進行加工及分級處理，以有效利用及解決土砂災害所帶來之大量土方，另針對土石流淹沒之災害區，於工程整治同時，即配合當地文化景觀，進行全面性及特色性之規劃整建工作。

## 第四章 其他相關事項

- 一、本次赴日考察行程能順利完成，主要感謝日本全國治水砂防協會「理事長 大久保 駿」全力協助之安排，以及「常務理事長 岡本正男」與「阿部」先生之盛情款待及全程陪同勘察，致使本次赴日考察任務能順利完滿達成。
- 二、另有關本次考察於 12 月 6 日拜訪三重縣大台町町長 尾上武義，本團考察任務深獲該町長之歡迎與贊同，雙方並針對土砂災害整治、國內工程環境等議題，進行深入之交談與溝通，更讓本次考察獲得更深入之瞭解。
- 三、臺灣之土砂災害情況，不論於氣候及地質因素等方面，都與日本極為相似，且日本一直都非常重視土砂災害，長久以來投注於整治土砂災害之研究、經費與時間更甚我國，是值得我們考察學習之對象，因此，建議未來每年應再保持或增加類似本次考察之國外行程次數，以讓基層工程員有更多學習之機會，及增廣見聞提高專業素養。