

## 出國報告（考察）

# 複合型土砂災害土砂技術交流會議

服務機關：行政院農業委員會水土保持局

姓名職稱：王晉倫副局長等 2 名

派赴國家：尼泊爾

出國時間：106 年 10 月 28 日至 11 月 3 日

報告日期：107 年 1 月 29 日

## 摘要

本次行程主要參加第七屆複合型土砂災害研討會「7th International Workshop on Multimodal Sediment Disaster」，「MSD(Multimodal Sediment Disaster Network)」為跨國性組織，參加成員包含研究機構、政府機構、私人機構、專業協會、顧問公司、國有企業、政府部門或研究人員，會員涵蓋台灣、日本、尼泊爾、印度尼西亞、不丹，台灣為主要成員之一。

本屆研討會由尼泊爾水電協會 (Nepal Hydropower Association) 主辦，於首都加德滿都舉行，為國際學術交流平台 MSD 之定期年度會議。2018 年輪由印度尼西亞主辦。

本次派員參加複合型土砂災害研討會主要目的，除可展現國內近年在土石流、堰塞湖及大規模崩塌之推動成果，另可學習先進國家如日本之最新研究成果，作為日後推動之參據；另尼泊爾自 2015 年發生大規模地震後，境內大規模土砂災害如堰塞湖、大規模崩塌等災害發生頻率日益增加，各國均投入相關資源於該國進行複合型災害相關研究與試驗。台灣目前正積極推動大規模崩塌防減災相關工作，可借由台灣與尼泊爾、日本、印度尼西亞、不丹等國家多邊交流，初步建立複合型土砂技術交流與輸出機制，將台灣防災技術對外輸出。

本次研討會包含論文成果發表及現地參訪行程，內容包含大規模崩塌災害、山區聚落土砂複合性災害防減、以及土砂災害對水力發電之影響等。本次研討會為第七屆，自 2010 年以來，MSD 著眼於亞洲地區的重大土砂災害之合作研究、交流之國際交流平台，其交流模式與成果已逐漸彰顯。本次研討會本局與成功大學亦共同發表，冀能於吸取國際最新之災害研究成果外，也發表我國之最新研究成果，達到國際交流合作之目標。考察心得如下：

2010 年至 2013 年間，因臺灣南部受到莫拉克颱風之重創，以及日本紀伊半島也遭逢多個重大颱風暴雨事件，大規模崩塌、堰塞湖及大規模土砂流出，為 MSD 平台交流初期之重點研究對象。臺灣、日本針對大規模崩塌及其土砂災害，推動合作研究，累積有豐富的研究成果。如日本京都大學、筑波大學以及靜岡大學，前後至高雄市小林里（原

高雄縣小林村)，共同進行土砂災害之相關研究，並由臺日雙方合作、或各自發表，於會中進行討論。2015 年因印尼 Gunung Merapi 火山爆發，火山灰除造成直接災害外，堆積的火山灰材料在後續的暴雨事件中，形成大規模的土石流災害，對火山周邊的聚落造成重大災害。

本次 MSD 首度於尼泊爾舉辦，故尼泊爾學者本次參數的人數較多，也因此得見尼泊爾的土砂災害與土砂災害研究成果，因受限於災害治理成本與需求，尼泊爾的土砂災害研究才剛起步，透過國際交流合作，快速提升技術能力，以及災害特性與防減的研究。在我國的發表中，針對大規模土砂流出之長期土砂災害，以及土砂災害警戒值的調整，對尼泊爾來說是接下來非常重視的部分，希望藉取我國的研究成果與推動經驗，作為未來尼泊爾推動土砂防災工作之參考，實質達到交流之效果，並期望未來能將台灣防災技術對外輸出。

# 目次

第一章 目的.....	4
1.1 考察目的.....	4
1.2 考察人員.....	4
1.3 行程規劃.....	5
第二章 過程.....	6
2.1 考察國家-尼泊爾簡介.....	6
2.2 研討會主辦單位-尼泊爾水電協會.....	7
2.3 參訪單位-尼泊爾水電實驗室 Hydro Lab.....	8
2.4 參加第七屆複合型土砂災害研討會及論文發表.....	13
2.5 臺灣論文發表.....	17
2.6 日本論文發表.....	23
2.7 尼泊爾論文及現地考察.....	25
2.8 現勘尼泊爾地震災後重建情形.....	28
第三章 心得與建議.....	31

# 第一章 目的

## 1.1 考察目的

本次行程主要參加第七屆複合型土砂災害研討會「7th International Workshop on Multimodal Sediment Disaster」，「MSD(Multimodal Sediment Disaster Network)」為跨國性組織，參加成員包含研究機構、政府機構、私人機構、專業協會、顧問公司、國有企業、政府部門或研究人員，會員涵蓋臺灣、日本、尼泊爾、印度尼西亞、不丹，臺灣為主要成員之一。

本屆研討會由尼泊爾水電協會 (Nepal Hydropower Association) 主辦，於首都加德滿都舉行，為國際學術交流平台 MSD 之定期年度會議。2018 年輪由印度尼西亞主辦。

本次派員參加複合型土砂災害研討會主要目的，除可展現國內近年在土石流、堰塞湖及大規模崩塌之推動成果，另可學習先進國家如日本之最新研究成果，作為日後推動之參據；另尼泊爾自 2015 年發生大規模地震後，境內大規模土砂災害如堰塞湖、大規模崩塌等災害發生頻率日益增加，各國均投入相關資源於該國進行複合型災害相關研究與試驗。台灣目前正積極推動大規模崩塌防減災相關工作，可借由台灣與尼泊爾、日本、印度尼西亞、不丹等國家多邊交流，初步建立複合型土砂技術交流與輸出機制，將台灣防災技術對外輸出。

## 1.2 考察人員

單位	職稱	姓名
行政院農業委員會水土保持局	副局長	王晉倫
行政院農業委員會水土保持局 保育治理組	科長	李正鈞

## 1.3 行程規劃

研習行程自 2017 年 10 月 28 日出發至 11 月 3 日返程，共 7 日，分別參加第七屆複合型土砂災害研討會、參訪尼泊爾 Hydro Lab 及考察尼泊爾 Sunkoshi 河水

電廠上游大規模崩塌及尼泊爾地震災後重建情形等地區。

日期	行程內容
10月28日 (星期六)	去程(桃園機場-廣州轉機-尼泊爾加德滿都)
10月29日 (星期日)	第七屆複合型土砂災害研討會
10月30日 (星期一)	1. 第七屆複合型土砂災害研討會 2. 參訪尼泊爾 Hydro Lab
10月31日 (星期二)	考察尼泊爾 Sunkoshi 河水電廠上游大規模崩塌
11月1日 (星期三)	現勘尼泊爾地震災後重建情形
11月2日 (星期四)	資料整理及回程候機
11月3日 (星期五)	回程(尼泊爾加德滿都-廣州轉機-桃園機場)

## 第二章 過程

### 2.1 考察國家-尼泊爾簡介

尼泊爾全稱為尼泊爾聯邦民主共和國，是南亞喜馬拉雅山脈地區的一個內陸國家，北與中國相接，其餘三面與印度為鄰。尼泊爾的土地面積為 14 萬 7181 平方公里，人口 2640 萬。由於地處高海拔地區，世界上最高的十座山峰中有八座位於尼泊爾境內，包括最高峰珠穆朗瑪峰，因此也是登山好手的觀光勝地。

尼泊爾擁有古老的文化遺產，佛教創始人佛陀釋迦牟尼即出生在尼泊爾。國家主體宗教信仰為印度教，另有少數群體信仰藏傳佛教、伊斯蘭教等。尼泊爾還以驍勇善戰的廓爾喀人士兵聞名於世。

18 世紀中期建立了尼泊爾王國，並曾試圖入侵西藏，後成為清朝藩屬國。在 19 世紀初英尼戰爭後尼泊爾割地予英屬印度並與其結盟。尼泊爾原為印度教君主制國家。2006 年，國會凍結了國王賈南德拉的權力，2008 年，尼泊爾制憲會議正式通過憲法修正案，廢除君主制改國號為尼泊爾聯邦民主共和國。

加德滿都是尼泊爾的首都也是尼泊爾最大的城市。加德滿都的海拔約 1350 公尺，三面環山，市區即於山間的加德滿都谷地之中，氣候宜人，有「山中天堂」之美譽。加德滿都氣候溫和，一年中的大部分時間比較舒適宜人。從 10 月到來年 3 月，早晨常有濃霧，氣溫起伏較大。4 月份起，氣溫回升，下午常有陣雨。從 6 月中旬雨季伴隨著夏季來臨。白天在 30°C -35°C 左右，晚上在 15°C -20°C 之間。加德滿都的空氣污染嚴重，除了工業污染，城區交通擁擠，老舊的車輛排放大量超標尾氣之外，寺廟焚燒大量物品也是造成空氣污染的一個重要原因，加德滿都地處盆地的谷底，四周的高山阻擋了空氣流動，加重了污染程度。巴格瑪蒂河

(Bagmati river) 是加德滿都的聖河，同時也是一條污染嚴重的河流，河道里布滿了生活垃圾與骨灰。

2015 年尼泊爾地震(又稱喜馬拉雅山地震)發生於尼泊爾標準時間(UTC+5:45) 2015 年 4 月 25 日(星期六)11 時 56 分 25 秒，震央位於北緯 28 度 8 分 49.2 秒、

東經 84 度 42 分 28.8 秒，行政區屬於尼泊爾甘達基專區廓爾喀縣，約在拉姆瓊縣縣治貝西薩哈東南偏東 34 公里處，地震矩規模為 7.8M<sub>w</sub>，表面波規模為 8.1M<sub>s</sub>，最大震度為 IX 級（強烈）。這場地震成為繼 1934 年地震後襲擊該國的最強烈地震。9,018 人在此次地震中喪生。受波及範圍包括尼泊爾、印度北部、巴基斯坦、孟加拉國、不丹和中國西藏部分區域。本次地震還造成珠穆朗瑪峰向西南偏移了 3 厘米。這場地震震央位於距尼泊爾首都加德滿都 80 公里以內的區域，震源深度約 12 公里。受災範圍可能達到 20 萬平方公里，這次尼泊爾地震所釋放出來的能量是 2008 年汶川大地震所釋放出來能量的 1.4 倍。

此次的地震造成的經濟損失相當於尼泊爾一年的 GDP 規模，尼泊爾的重建可能需要 50 億美元，尼泊爾這場地震可能讓尼泊爾基礎建設倒退了 50 年。（摘錄自維基百科）

## 2.2 研討會主辦單位-尼泊爾水電協會 Nepal Hydropower

### Association (NHA)

#### 一、背景

尼泊爾水電協會（NHA）的成立主要是為了支持水電專業人才的能力建設，為尼泊爾精心策劃的水電項目創造更好的環境。NHA 為會員提供交流的平台，從而提高他們對水電系統各方面的知識。國家環境局還致力於通過向決策者、政治家、專業人士、相關專業人員和公眾提供有用的信息和傳播，提高水電的形象。

NHA 於 1999 年 8 月 4 日在尼泊爾政府註冊為非政府非營利組織。它於 1999 年 11 月 5 日在尼泊爾加德滿都正式成立。最初，NHA 根據他們的政策擔任了國際水電協會（IHA）的全國委員會。尼泊爾在 1999 年成為第四個（在紐西蘭，印度和加拿大之後）組成 IHA 全國委員會。根據 IHA 目前的政策，NHA 是一個獨立的組織與 IHA 和類似的其他組織在國內和國際上合作。

二、願景：最大限度地利用水電作為重建能源，為國家扶貧開發和經濟可持續發展作出重大貢獻。

## 二、目標

1. 為水電開發創造更好的有利環境。
2. 倡導和支持水能專業人員和企業家和機構的能力建設。
3. 保護和保證會員的利益，利益和權利，同時保持會員的道德價值和誠信。

## 三、任務

加強負擔得起的水電開發，滿足國家和地區對能源的需求，為社會認可，環境友好的全國水電開發利益相關者提供國家平台。

### 2.3 參訪單位-尼泊爾水電實驗室 Hydro Lab



參訪尼泊爾 Hydro Lab 水工模型試驗及實驗室

## 一、背景

尼泊爾為研究和解決在喜馬拉雅陡峭的河流水力和泥沙相關的複雜問題和問題，以實現可持續的水資源開發，建立了水電實驗室 Hydro Lab。特里布萬大學工程研究所（IOE-TU）在八十年代中期計畫在尼泊爾建立一個水資源研究中心。挪威科技大學和 IOE-TU 聯合建立了一個液壓實驗室，開展 12 兆瓦水電站工程頭部的物理水力模型研究，而來自挪威科技大學（NTNU）的 Dagfinn K. Lysne 教授是實現這個實驗室的重要人物。自成立以來，水電實驗室與挪威科技大學（NTNU）和挪威國際水電中心（ICH）合作。NTNU 和 ICH 一直在為水電實驗室提供科學和技術支持。

由於經驗公式和電腦模擬不能充分滿足水工構造物的可靠水力設計的要求，因此物理水工模型的最大重要性得到了人們的認可和認可。由於每一條河流在水力行為和泥沙輸送方面都是不同的，所以模型研究對於確保設計地點的設計水準的可持續性至關重要。

水資源是尼泊爾最重要的自然遺產。尼泊爾的經濟只能通過利用尼泊爾充滿流量的陡峭河流來提高。河流被水電，灌溉和飲用水工程的河流構造物所利用。對於水資源開發項目的成功發展，建立一個能夠滿足項目安全可靠設計和運行的技術需求的中心很重要。值得一提的是，水電實驗室是尼泊爾唯一一個能夠進行水資源開發項目物理水力模型研究的研究機構。此外，它還開發了水輪機效率測量和沈積物研究方面的專業知識。



## 二、成立目的

水電實驗室的目標是開展水力學和沈積物研究，並提供諮詢服務。其主要目的是協助水利工程相關專業人員通過物理水力模型研究，實現水利工程的成功設計和營運。除上述目標外，水電實驗室的願景，使命和價值觀如下。

### ✓ 願景

水電實驗室致力於尼泊爾水資源的可持續發展，造福尼泊爾人民。

### ✓ 使命

成為一個道德和專業的研究顧問，推動水資源開發的創新技術。

### ✓ 價值觀

誠信：力求做到真實和透明。將誠實地處理合同，尊重他人，並履行職責，以協議和承諾為生。

公平：努力公平對待我們的員工，客戶，供應商和我們所在的社區。不會試圖以犧牲他人為代價從談判或交易中獲得最大收益。

專業能力：希望在我們的工作中脫穎而出，並提高能力，期望取得可觀的成果。

## 三、活動領域

水電實驗室配備齊全的設施，儀器和合格的人員進行研究和諮詢服務。在以下領域開展研究和諮詢服務。

- 水利工程結構的物理水力模型研究。
- 從項目開發初期階段到運營階段的泥沙研究。
- 現場水輪機效率測量。
- 現場安裝性能測試。
- 水文測量

## 四、設備

過去七年來，水電實驗室所需的基礎設施和設施已經得到了發展。現在我們已經設定了加強和提高水力實驗室能力的目標，以滿足尼泊爾水利工程物理水力模型研究的需要。水電實驗室擁有以下物理設施來運行諮詢服務和研究開發工作。

### (一)工作空間和儲水

Hydro Lab 有足夠的開放和室內區來構建模型並進行研究。此外，一個設備齊全的機械和木工車間也可用於製造模型結構和其他實驗室設施。帶有抽水系統的儲水池也是實驗室設施的一部分，在模型試驗和其他液壓研究過程中提供水流。



### (二)沉澱實驗室

Hydro Lab 擁有設備齊全的寬敞的沉積物分析實驗室。對各種規模的沉積物進行懸浮質濃度分析，礦物含量分析和粒度分佈分析。



### (三)現場測量能力

水電實驗室測量明渠和封閉管道的排放量。也進行沉積物採樣。此外，還擁有的水輪機效率測量方面的專業知識。水電實驗室有以下設備和儀器。

- 電流表和電導率儀
- 超聲波流量計
- 手持式沉積物採樣器
- 深度積累沉積物採樣器
- 渦輪機效率測量設備

### (四)研究與開發

水力學和沈積物的研究和開發（無論是基礎研究還是合同研究）是水電實驗室的一項持續不斷的活動。研究結果通過在實驗室組織研討會、演講、示範，向專業人員傳播。這將有助於分享所獲得的知識和經驗，為尼泊爾的水資源項目帶來益處。另一方面，Hydor Lab 的研究和研究應定期在國際研討會上介紹，以便傳播信息。水電實驗室已經與尼泊爾工程研究所（IOE），挪威水電國際中心（ICH），尼泊爾水電協會（NHA），羅克西水電替代能源中心（AHEC）和加德滿都大學（KU）建立了機構聯繫。也歡迎未來可能的研究項目的提議，以改善水利工程的表現。以下是幾個實驗室的研究計畫。

#### 1.庫勒哈尼水庫泥沙淤積研究

在尼泊爾的沉積研究蓄能式水電項目中，水電實驗室對尼泊爾 60 兆瓦電廠的一些支流進行了流量和懸浮物監測。使用差分地理定位系統（DGPS）的儲層水平測量也是本研究的一個活動。這項研究是與 NTNU 合作完成的。



## 2. 水利水電工程泥沙優化調度研究：泥沙效率測算

本研究的目的是開發必要的知識，以優化沉積河流中河流水電廠排沙設施和水力機械的設計，運行和維護。它涉及採購儀器包，開發方法和提供培訓。

本研究的目的是收集幾個水電站在渦輪機泥沙暴露，泥沙誘導磨損，風機效率，維護成本和發電量方面的可靠數據序列。在本研究計劃的第一階段，分別於 2003 年和 2004 年分別測量了 Jhimurk 和 Khimti 水電站渦輪機的沉積物暴露量和相應的渦輪機效率降低情況。該計畫是與挪威工程師學院，加德滿都大學和水電站業主合作進行的。

## 3. Nathpa-Jhakri 泥沙監測計畫

在 2004 年和 2005 年的季風期間，印度 Himnachel 州的 1500 MW Nathpa-Jhakri 水電站項目進行了泥沙監測。水電實驗室與 NTNU 和 GE Hydro Norway 合作開展了這項工作。主要活動包括在電廠附近建立沉積物實驗室，培訓當地工作人員進行沉積物採樣和濃度分析，以及進入渦輪機的水流的實時沉積物監測。



## 4. 泥沙監測研究計畫

水電站泥沙濃度和流量監測系統的開發也是最佳泥沙處理研究的一部分。水電實驗室與挪威 NTNU 合作，在這方面做了大量的工作。設備已經過測試，並在控制實驗室收集數據，以及發電廠自然含沙量的流量。預計不久的將來將有一個可靠的實時泥沙濃度監測系統。

同樣，它為博士和碩士論文提供實驗水力學實驗室和諮詢設施。水電實驗室以研討會，課堂講座和實驗室演示的形式，向工程專業學生和其他有關專業人士傳播研究成果。

Hydro Lab 已經為來自不丹和坦桑尼亞的專業人員進行了沉積物採樣和分析以及流量測量培訓。培訓更側重於實驗室和現場的實踐。



## 2.4 參加第七屆複合型土砂災害研討會及論文發表

(一)第七屆複合型土砂災害研討會(7th International Workshop of Multimodal Sediment Disasters)

隨着極端氣候的增加，由於地質和水文地質條件的影響，過去幾年亞洲發生了越來越多的自然災害。亞洲是世界上最容易發生土砂災害的地區，例如，2009年8月8日，臺灣南部地區發生了極其嚴重的降雨和大規模的土砂災害。8月8日，在中國甘肅舟曲縣境內，由於暴雨造成的洪水和泥石流，造成400多人死亡，大量的泥石流發生在中國的舟曲縣，造成了2個村莊的死亡和失蹤。2010年，東南亞和南亞地區的暴雨襲擊了東南亞和南亞地區，數千人在洪水、泥石流和泥石流中喪生，2011年9月，數百萬人因洪水和泥石流而失去了他們的住所。2014年，超過170人死於尼泊爾東部發生了大規模的山體滑坡。因此，知識共享和技術發展應對這樣的自然災害是非常重要的。

# 7<sup>th</sup> International Workshop on Multimodal Sediment Disasters

29<sup>th</sup> October to 30<sup>th</sup> November 2017

Kathmandu, Nepal

## Programme Schedule

### Day 1: 29 October 2017

8:30 – 9:30 Registration

9:30-10:30 Programme Opening

Program Moderator Dr. Meg B. Bishwakarma, General Manager, Hydro Lab Pvt. Ltd

Chair Person, Mr. M.P Sharma, Chairman, Hydro Lab Pvt. Ltd

Chief Guest, Prof. Triratna Bajracharya, Dean, IOE, Tribhuvan University

Welcome Address by Er. Bhanu Pokharel, President, Nepal Hydropower Association (NHA)

Introduction of Participants

Address by Prof. Mashaharu Fujita, DPRI Kyoto University, Japan

Address by Chief Guest, Prof. Triratna Bajracharya, Dean, IOE, Tribhuvan University

Keynote Lecture by Dr. Narendra Man Shakya, IOE, Tribhuvan University, Nepal

Few Words by Mr. M.P Sharma, Chairman, Hydro Lab Pvt. Ltd / Closing of Opening Session

10:30-10:50 Tea Break

### Session-1 (Chair: Prof. Kuniaki Miyamoto)

10:50 – 11:10 **Rainfall Threshold for Water and Sediment-related Disasters**

Prof. Djoko Legono, UGM, Indonesia

11:10 – 11:30 **Assessment of Disaster Risk Management in Hydropower Sector in Nepal**

Er. Bhanu Pokharel, NHA, Nepal

11:30 – 11:50 **Flash Flood Disaster in Nasiri and Mitigation Effort for Its Future**

Ass. Prof. Adam Pamudji Rahardjo, UGM, Indonesia

11:50 – 12:10 **Geological and Geotechnical Risks to Hydropower Project Causing Sediment Problem**

Dr. Gynendra Lal Shrestha, Hydro Lab Pvt. Ltd, Nepal

12:10 – 12:30 **Discussion (Ending by Session Chair)**

12:30 – 13:30 **Lunch**

### Session-2 (Chair: Prof. Chjeng - Lun Shieh)

13:30 – 13:50 **Sediment Related Disasters and Mitigation Effort in Geothermal Field**

Ass. Prof. Teuku Faisal Fathani, UGM, Indonesia

13:50 – 14:10 **Study on Sediment Runoff in a Catchment Area**

Dr. Atsuhiko Yoroza, ICHARM, Japan

14:10 – 14:30 **Sediment Management in Run off River Hydropower Project**

Er. Pratik Man Singh Pradhan, BPC, Nepal

14:30 – 14:50 **Slope Stabilization Using Non-Frame Method in Bhutan**

Mr. Tempa Thinley, Department of Roads, Bhutan

14:50 – 15:10 **Tea Break**

15:10 – 15:30 **Effects of Non-Uniform Flow on Long-Term Evolution of Gravel Bed Braided Rivers**

Dr. Umesh Singh, Nepal

15:30 – 15:50 **Process of Multi- Hazards in Akatani River Watershed during a Heavy Rainfall in 2017**

Prof. Mashaharu Fujita, DPRI, Kyoto University, Japan

15:50 – 16:00 **Discussion (Ending by Session Chair)**



第七屆複合型土砂災害研討會第一天行程表

# 7<sup>th</sup> International Workshop on Multimodal Sediment Disasters

29<sup>th</sup> October to 30<sup>th</sup> November 2017

Kathmandu, Nepal

## Programme Schedule,

### Day 2: 30 October 2017

#### Session-3 ( Chair: Prof. Mashaharu Fujita)

09:00 – 09:20	<b>Developing Early Warning System against Lahar based on RBFN Analysis</b> Dr. Yutaka Gonda, Nigata University, Japan
09:20 – 09:40	<b>Sunkoshi Jure Landslide</b> Er. Mohan Ratna Shakya, NEA, Nepal
09:40 – 10:00	<b>Apply Sediment Budget Model on Disaster Warning and Sediment Runoff Management</b> Dr. Yu-Shiu Chen, DPRC, Taiwan
10:00 – 10:20	<b>River Morphodynamics under Extreme Events</b> Dr. Sanjaya Giri, Deltares, Netherlands
10:20- 10:40	<b>Discussion</b>
10:40 – 11:00	<b>Tea break</b>
11:00 – 11:10	<b>Importance on the Management Methods of Massive Sediment Transport in Power Generation Dams</b> Dr. Yuichi Kitamura, J-Power, Japan
11:10 – 11:30	<b>Method for Estimating Sediment Transport by Debris flows Generated by Shallow Landslides</b> Dr. Yusuke Yamazaki, ICHARM, Japan
11:30 – 11:50	<b>Demonstration of Quasi-Real Time Hazard Mapping of Pyroclastic flow and Lahar at Mt. Merapi</b> Prof. Kuniaki Miyamoto, Tsukuba University, Japan
11:50 – 12:10	<b>Discussion (Ending by Session Chair)</b>
12:10 - 13:10	<b>Lunch</b>
<b>Session-4( Chair: Prof. Djoko Legono )</b>	
13:10 – 13:30	<b>Landslide Risk Assessment by Rainfall and Spring Water Monitoring</b> Dr. Daizo Tsutsumi, DPRI, Kyoto University, Japan
13:30 – 13:50	<b>Krishna Bhir</b> Mr. Naresh Shakya, Department of Roads, Nepal
13:50 – 14:10	<b>Demonstration of Quasi-Real Time Hazard Mapping of Pyroclastic flow and Lahar at Mt. Merapi</b> Dr. Makoto Shimomura, Tsubaka University, Japan
14:10 – 14:30	<b>A Novel Approach of Sediment Runoff Monitoring and its Application during a Storm Event</b> Dr. Shusuke Miyata, DPRI, Kyoto University
14:30 – 15:00	<b>Discussion (Ending by Session Chair)</b>
15:00 – 15:30	<b>Tea Break</b>
15:30 - 17:00	<b>Hydraulic Laboratory Visit</b>
18:00 – 20:00	<b>Closing Dinner</b>



第七屆複合型土砂災害研討會第二天行程表



第七屆複合型土砂災害研討會各國參加人員合影

## (二) 複合型土砂災害網絡 (Multimodal Sediment Disasters Network)

複合型土砂災害網絡 MSD (Multimodal Sediment Disasters Network) 的目標是通過夥伴關係和知識共享的方式，藉由合作伙伴和知識共享，傳播研究和教育活動的成果，這些成員包括來自臺灣、日本、印度尼西亞、尼泊爾的科學家。尼泊爾和臺灣都發生過可怕的土砂災害，因為他們的地質和氣象相似，大地震和火山噴發都帶來了嚴重的破壞，有時颱風及豪雨、強降雨還會引發多大規模土砂災害。另外 2011 年，日本基拉半島的滑坡泥石流和堰塞湖等各種類型的泥沙災害。在臺灣，莫拉克颱風也造成了巨大的土砂災害。默拉皮火山的火山噴發使沉積物發生了大量的洪水災害。

2010 年 3 月，印度尼西亞、臺灣和日本的研究人員共同討論舉辦了第一屆複合型土砂災害研討會。2011 年 10 月，第二屆研討會在臺灣臺南成功大學舉行。隨後每年輪流主辦研討會。本屆在尼泊爾加德滿都舉行國際研討會，經由論文發表研討及現地會勘，對複合型土砂災害對策交換意見。

## (三) 研討會聚焦主題

1. 深層崩塌及火山噴發所誘發的複合災害
2. 降雨誘發的複合災害
3. 地震誘發的複合災害
4. 複合型災害風險評估
5. 海岸和河口災害管理
6. 集水區土砂收支管理
7. 監測及預警系統的發展
8. 開發先進 GIS 技術，提高了災害風險降低的水準
9. 沉積物水利運輸
10. 水庫及電廠淤積問題及管理

以下針對本次研討會臺灣、日本及尼泊爾等國之論文發表及現場考察等資料摘要整理。

## 2.5 臺灣論文發表

(一)題目:應用土砂收支模式於災害預警與土砂流出管理之研究(Apply Sediment Budget Model on Disaster Warning and Sediment Runoff Management)

(二)發表單位及人員:水土保持局王晉倫副局長、李正鈞科長;國立成功大學謝正倫教授、陳俞旭博士



本局與成功大學共同發表「應用土砂收支模式於災害預警與土砂流出管理之研究」

### (三)論文摘要

本研究的主要目的，在於建立流域尺度的土砂收支模式，整合土砂監測與土砂數值模式兩種成果，針對流域內各個坡面之土砂生產、流出，以及河道之土砂沖淤過程，建置土砂收支模式。依據各個流域之土砂參數資料庫，評估流域內各個子集水區之：(1)坡面土砂生產(崩塌與坡面土壤侵蝕)；(2)河道土砂之沖淤；(3)河道內土砂之流出。在監測方法部分，應用 UAV 拍攝產製數值地形，並以 LiDAR 拍攝產製地形進行地形精度匹配，用以分析前後期之地形變化，作為崩塌裸露地之土砂生產量，以及河道土砂沖淤量的估算，在經過 LiDAR 之匹配校正後，UAV 產製之地形，在水平誤差上已可提升精度至 0.2 至 0.3 公尺，在垂直誤差上已可提升精度至 0.3 至 0.5 公尺。然後採用地形定位法確定各子流域的坡度和河流面積，並計算相應的體積差值，以評估 2010 到 2016 年期間暴雨事件中的土砂生產、流出。目前已完成 2010 到 2016 年流域泥沙預算模型的定量分析。應用未來 10 年之水文情境預測，分析流域內各個子集水區之土砂變遷趨勢，在災害預警面上，加入不安定土方量條件，以及細微顆粒土砂亮兩項因子，可探討土石流發生基準因不安定土砂量之調整細數；在行政管理面上，則可以用容許河床變遷量因子，探討因河床沖淤影響通洪斷面和基礎掏刷之安全範圍，藉以分析各重要界點之土砂流出容許範圍，作為土砂流出管理協商之依據。

(四)簡報內容如下。

MSD 2017

### Apply Sediment Budget Model on Disaster Warning and Sediment Runoff Management

Yu-Shiu CHEN, Chjeng-Lun SHIEH, Chin-Lun Wang, Cheng-Chun Lee  
Disaster Prevention Research Center, NCKU  
Soil and Water Conservation Bureau, COA, Taiwan, R.O.C.

DPARC Disaster Prevention Research Center National Cheng Kung University

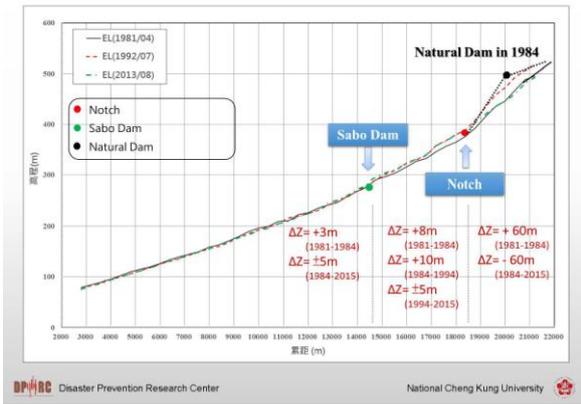
MSD 2017

### 30 Years after Large-Scale Landslide

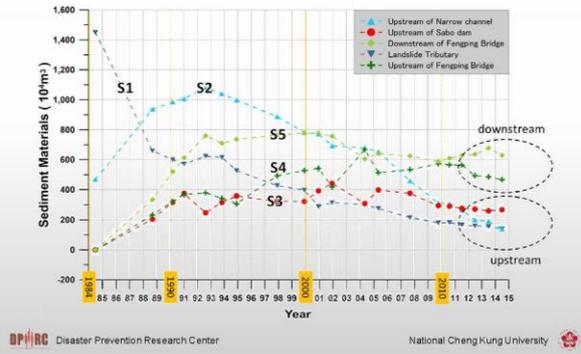
Catchment: 214 km<sup>2</sup>  
River Length: 38 km  
-----  
Landslide Area in 1984:  
13.2 km<sup>2</sup> (6.2%)  
Large Scale Landslide  
in 1984: 3.80 km<sup>2</sup>  
Sediment Yield:  
15 million m<sup>3</sup>  
>>>  
Capacity of Sediment  
Runoff  
(20 mil. m<sup>3</sup> runoff/year)



DPARC Disaster Prevention Research Center National Cheng Kung University



### Riverbed Variation in 30 Years



### Sediment Management?

- **Short-term**
  - Disaster Mitigation, Warning, and Evacuation
- **Long-term, at the river-basin scale**
  - Sediment erosion/deposition at specific section of river
  - Potential hazards caused because of the sedimentation
- To mitigate the sediment problems include the short, and long-terms ones
  - **Sediment Budget Model at the River-Basin Scale (SBM at RBS)**
    - Sediment Yield
    - Sediment Runoff
    - Sediment Erosion/Deposition in the riverbed

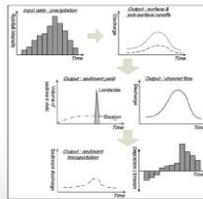
### Development of SBM at RBS in Taiwan

Stage	1st	2nd	3rd	4th
Topic	Model	Database	New-Tech.	Application
Period	2000-2003	2006-2013	2012-2015	2013~
Research	Sediment Budget Model	Monitoring on Landslides and Sedimentation	FULL-Range Topo-monitoring by using LiDAR tech.	Multi-Monitoring by UAV, RS, LiDAR
Results	Development of Numerical Model Model	National-wide Database of Sediment Parameters	Model Modification, Calibration and Verification	Sediment Budget Model at River-Basin Scale

### Sedeiment Model Develop in Taiwan

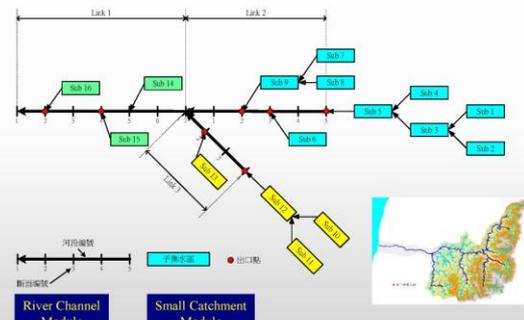
#### 1st Stage 2000-2003

- Coding & Calibration/Verification
  - Deposition in Reservoir
  - Cross Sections in Rivers



Module	Movment	Method	Module	Movment	Method
Runfall-Runoff	Infiltration	SCS	Sediment Yield	Landslide	Stat.
	Runoff	Kine.-Wave		Soil Erosion	MUSLE
River Channel	Variation	Mass Conservation	Sediment Runoff	Debris Flow	Equilibrium Concentration
	Flow	Kine.-Wave		Bed+Sus Loads	Formulas

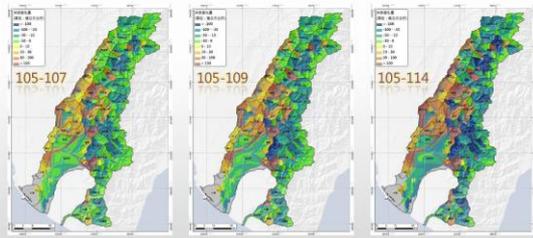
### Sedeiment Model Develop in Taiwan





# Prediction with Sediment Scenario

Prediction of Sediment Yield/Runoff/Deposition at River-Basin Scale (Long-Term)



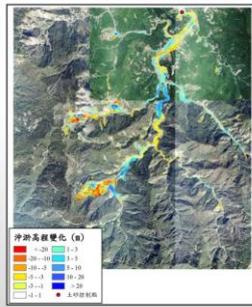
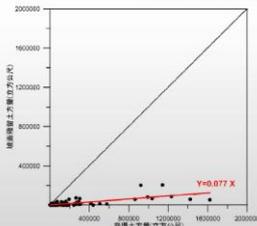
# Application with SBM at RBS

- **Sediment Runoff Control**
  - Short-Term: Disaster Mitigation
  - Long-Term: River-Basin Scale → Where? When?
  - Hotspot of Sediment Disasters
    - Scenario of Sediment Yield
    - Scenario of Countermeasures
- **Sediment Disaster Warning**
  - Threshold with Precipitation Factors
  - Threshold with Sediment Factors

# Sediment Runoff Control

On a Slope

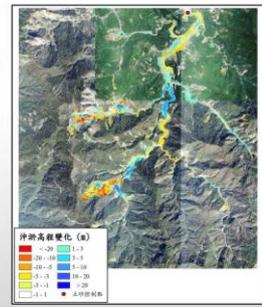
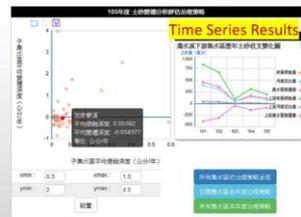
Sediment Trans / Landslide Volume = 90%  
(5 years after landslides in 15 sites in Taiwan)



# Sediment Runoff Control

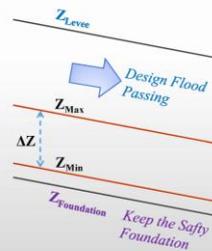
In a Catchment

Sediment Runoff / Sediment Yield = 30~60%  
(5 years after landslides in 15 spots in Taiwan)

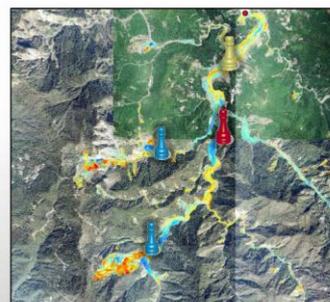


# Management Index ~ Allowance Variation Range (AVR)

	$Z_{Max}$	$Z_{Min}$
<b>Disaster Prevention</b>	To maintain the cross section for designed flood	To prevent to foundation erosion
<b>Seashore Protection</b>	To prevent the deposition in harbor or ship route	To prevent to foundation erosion
<b>Reservoir</b>	To decrease the deposited rate in the reservoir	



# Application: Sediment Management



- Sabo Dam
- Landslide Control
- Sediment Dredging

## Sediment Disaster Warning

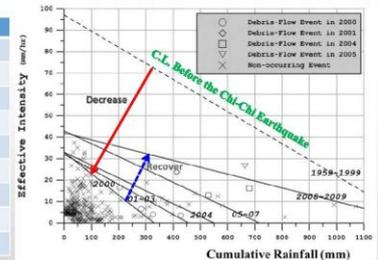
- **Rainfall Threshold** for Sediment Disaster Warning (Debris Flow) is classic, widely used in the world
  - Rainfall Intensity, Duration, Total Depth, and etc
  - The Accuracy (warning → catch the mass movement) is 30% in Taiwan
  - Sediment Condition is another important factor for triggering mass movement
- **The Residual Sediment (after landslide trans., sediment runoff) should be considered into the threshold**

## Sediment Disaster Warning

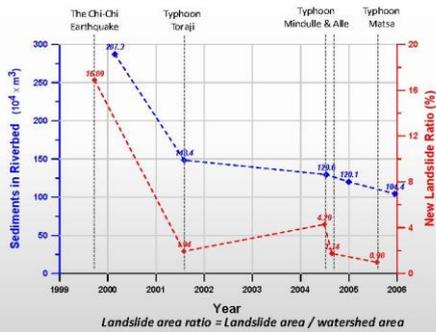
Occurring events at the study site after Chi-Chi Earthquake

Date	Event
2000-02-23	Storm
2000-04-22	Storm
2000-04-28	Storm
2000-06-13	Storm
2001-07-30	Typhoon Toraji
2004-06-30	Typhoon Mindulle
2004-08-26	Typhoon Aere
2005-08-23	Typhoon Matsa
2008-07-16	Typhoon Kalmegi

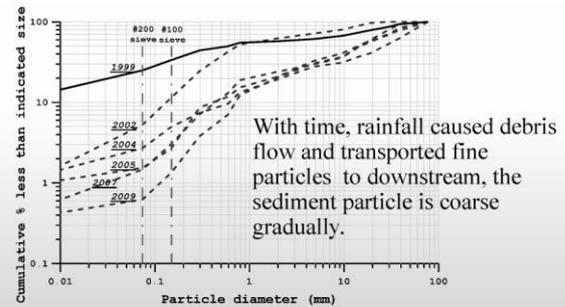
Variation in Rainfall Threshold of Sediment Disaster



## Sediment Yield from Landslide & Deposition on Riverbed



## Result of Grain Size Investigation

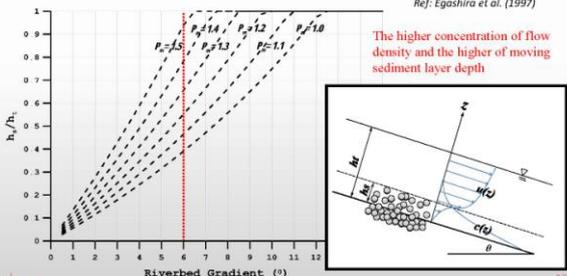


## Influence of Sediments on Depth-Ratio

The relation of flow density variation and debris flow triggering criteria

$$h_s/h_t = \frac{1}{(\sigma/\rho_m - 1) \bar{C}_s} \tan \phi - \tan \theta$$

Ref. Egashira et al. (1997)

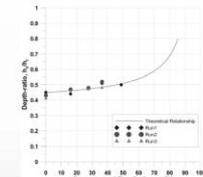


## Experiment Result : Depth Ratio

$$h_s/h_t = \frac{1}{(\frac{\sigma}{\rho} - 1) \bar{C}_s} \tan \phi - \tan \theta$$

$$\phi = 32.58^\circ \quad \theta = 7.23^\circ$$

$$\sigma = 2.53 \quad \bar{C}_s = 0.36$$



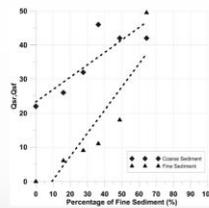
$h_s/h_t$	Run1	Run2	Run3	AVG	Theoretical
Case0	0.45	0.43	0.41	0.43	0.45
Case1	0.44	0.47	0.46	0.46	0.46
Case2	0.48	0.48	0.47	0.48	0.47
Case3	0.51	0.52	0.48	0.50	0.48
Case4	0.50	-	-	0.50	0.51
Case5	-	-	-	-	0.59

"-" means the depth-ratio is hard to defined

## Experiment Result : Sediment Discharge

The result could explain the increase of fine sediment would result in more coarse sediment movement.

Q<sub>sc</sub>: discharge of coarse sand (cm<sup>3</sup>/sec);  
Q<sub>sf</sub>: discharge of fine sand (cm<sup>3</sup>/sec);  
R: Ratio of two types of sand



	Q <sub>sc</sub> (in)	Q <sub>sf</sub> (in)	Q <sub>sc</sub> (Out)	Q <sub>sf</sub> (Out)	R	β <sub>in</sub>
Case0	21	0	22	0		1
Case1	21	4	26	6	5.3 : 1	1.02
Case2	21	8	32	9	2.6 : 1	1.03
Case3	21	12	46	11	1.8 : 1	1.04
Case4	21	20	42	18	1.1 : 1	1.07
Case5	21	48	42	49.5	1:2.3	1.16

## Conclusion

- **Quantification**
  - Sediment Budget Model at River-Basin Scale
- **Research Works in the Near Future**
  - Module of Sediment Runoff Control
  - Module of Sediment Disaster Warning
- **Core Engine – SBM at RBS**
  - Numerical Model
  - Database of Sediment Parameters
  - Multi-DSM Monitoring

## 2.6 日本論文發表

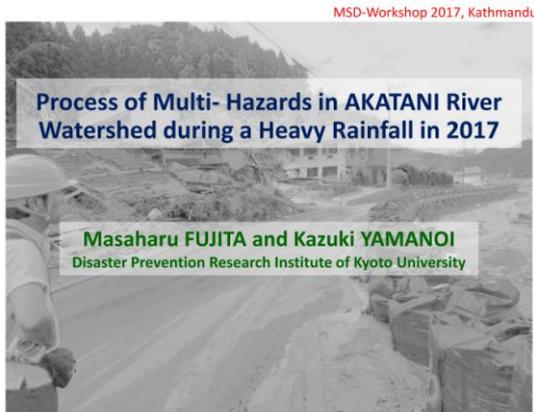
(一)題目：2017年強降雨期間Akatan River流域複合型災害過程 ( Process of Multi- Hazards in Akatan River Watershed during a Heavy Rainfall in 2017)

(二)發表單位及人員：日本京都大學災害預防研究所，Masaharu FUJITA 教授、Kazuki YAMANOI 教授

(三)論文摘要

2017年7月5日到16日日本九州島山區城市倉葉遭受暴雨造成土砂災害，累計降雨量達到800毫米，降雨強度超過100毫米/小時，大量的土砂及漂流物沉積在河流中，使災難變得更大，土砂沈積深度超過3公尺，洪水氾濫淹沒了沿岸的房屋。連續發生的複合型災害，如崩塌、泥沙淤積和洪水淹沒等，本研究針對Akatan River流域進行複合型災害數值模擬，以瞭解災害發生過程的特徵，提供建立有效的預警和疏散系統的必要資訊。在日本，超過歷史降水的極端降雨事件頻繁發生，嚴重的泥沙淤積影響了洪水和泥沙的泛濫。因此，瞭解崩塌、沉積物沉積、洪水等複合災害的順序發生過程是非常重要的，並建立一種預測與沉積相關聯的洪水災害的方法。

(四)簡報內容摘要如下。

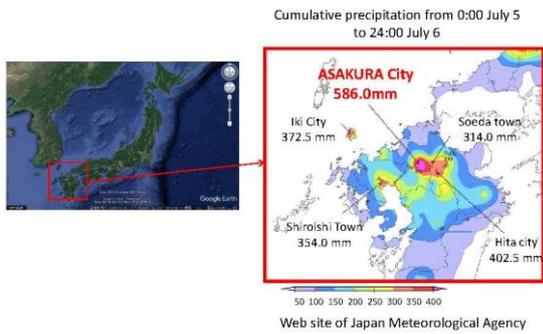


## Contents

### Main topics

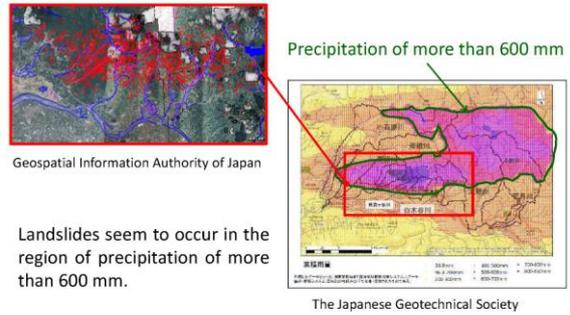
- ✓ Sediment disasters in the northern region of the 'KYUSHU' Island in 2017
  - Multi hazards process in sediment disasters –
- ✓ Multi hazards simulator (SIMHiS)
- ✓ Multi hazards occurrence process in the AKATANI River Basin simulated by SIMHiS

## Sediment Disasters in the northern region of the KYUSHU Island in 2017



## ■ Landslides and rainfall condition

### Locations of landslides



Landslides seem to occur in the region of precipitation of more than 600 mm.

## ■ Disasters in ASAKURA City



## ■ Multi hazards occurrence processes

In this study, we focus on the following multi hazards occurrence process at a basin scale



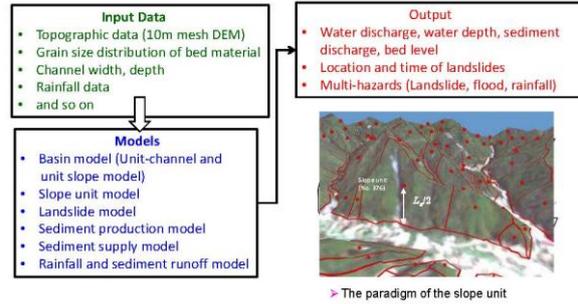
Methods:

Field investigation or **Numerical simulation**

## Multi hazards occurrence process at the AKATANI River Basin simulated by SiMHIS

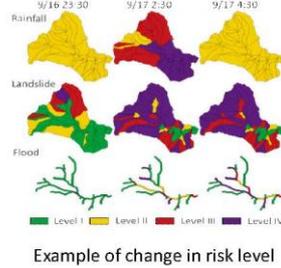


## SiMHIS (Storm induced multi hazards information simulator)



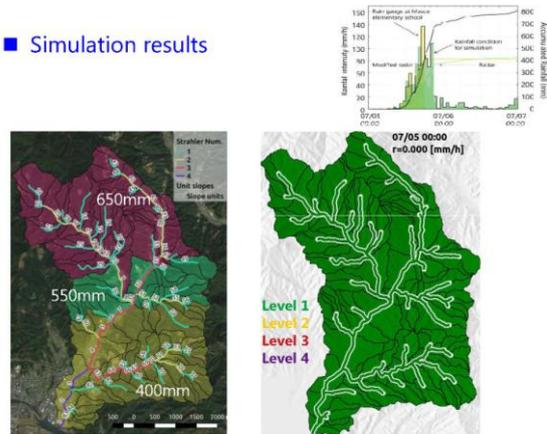
### Risk levels

- $I_R = r$  [mm/hour]
  - $r < 20$
  - $20 < r < 50$  (Overflow from sewage and small rivers)
  - $50 < r < 80$  (Low visibility)
  - $80 < r$  (Sense of pressure, fear)
- $I_L = w_i/w_{cr}$  on slope units
  - $I_{Lmax} < 0.9$  on unit slopes
  - $0.9 < I_{Lmax} < 1.0$  on unit slopes
  - $1.0 < I_{Lmax}$  on unit slopes
  - $1.0 < I_{Lmean}$  on unit slopes
- $I_F = H/D$  on unit channels
  - $I_F < 0.8$
  - $0.8 < I_F < 1.0$
  - $1.0 < I_F < 1.2$
  - $1.2 < I_F$

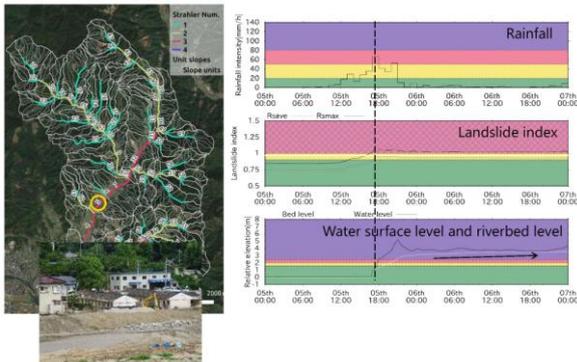


Example of change in risk level

### Simulation results



### Point 5



## Conclusions

- SiMHIS could explain the occurrence process of landslides and flood inundation.
- Water level was strongly affected by the sediment deposition. Landslide mass quickly increases the water level and sediment discharge from upstream gradually affects the water level.
- The difference between the sediment runoff in upstream region and downstream region.
- The timing of the events could be investigated by the simulator. This is a benefit of simulator.

## 2.7 尼泊爾論文發表及現地考察

(一)題目：Sunkoshi 大崩塌(Sunkoshi Jure Landslide)

(二)發表單位及人員：

尼泊爾電力局 Nepal Electricity Authority Projects(NEA) Mohan Ratna Shakya  
工程司

(三)論文摘要

Sunkoshi 水電設施於 1971 年建成，位於加德滿都以北 82 公里處。2014 年 8 月 2 日凌晨 2 點 40 分發生了災難性的大崩塌，地點在 Sunkoshi 水電設施以北的上游 0.3 公里處，大量崩塌土體形成堰塞湖阻斷 Sunkoshi 河，壩高約 50 公尺，造成 170 人傷亡，並造成大面積破壞和基礎設施，洪水破壞了兩個水門及渦輪主機。Kodari 高速公路也被洪水淹沒大約 3 公里長，導致通往北邊界的道路堵塞。洪水造成 Sunkoshi 發電站及線路全部損毀，造成近 60 兆瓦的電力缺口。2014 年 9 月尼泊爾電力局 Nepal Electricity Authority Projects(NEA)啓動了 Sunkoshi 水電設施復建工作，軍隊也動員起來移除碎片並降低堰塞湖的水位，至 2014 年 11 月 25 日開始發電。

**Sunkoshi Jure Landslide**

A disastrous landslide at upper reaches 0.3 km north of Sunkoshi Hydropower Project (NEA)  
Located about 82 km North of Kathmandu  
2014 August 2 at 2:40 AM landslide caused Sunkoshi river closure creating a debris moraine dam of about 50 m  
About 170 human casualty and large damage to settlement, infrastructure



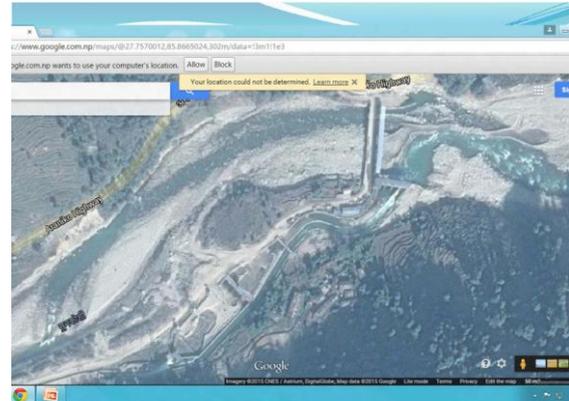
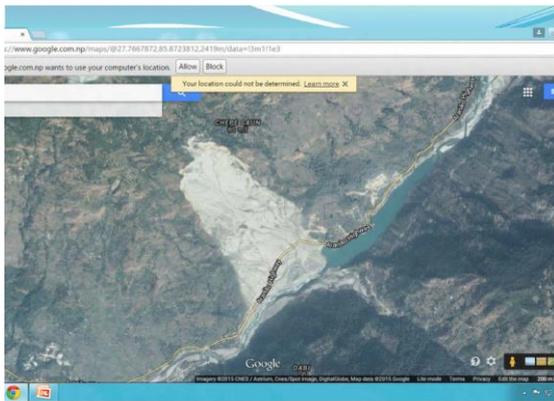
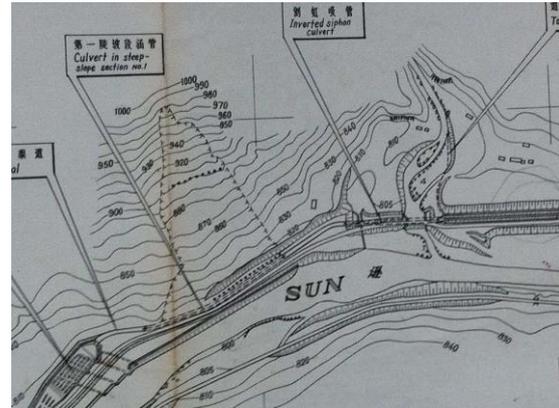
**Sunkoshi Jure Landslide**

River was completely dammed for 12 hrs.  
Flooding due to landslide washed two gates of Sunkoshi head works of 12 mx6 m and 6 m x 6 m  
Inundation of Kodari Highway cutting the link to north  
Army mobilized to remove the debris and lower the level of 50 m high pond  
On 2014 Sept 7, the debris dam collapsed in the top 15 m portion causing serious flooding



## Sunkoshi Jure Landslide

About 2 km of 132 kv transmission line of Bhoté Koshi Project (45 MW) was completely damaged, resulting power shortfall of nearly 60 MW in the system.  
NEA started rehabilitation works of Sunkoshi project in 2014 September, removing the debris in the powerhouse  
Lack of earthmoving equipment at site delayed the repair  
Equipment mobilized from other NEA projects





現勘尼泊爾 Sunkoshi 河水電廠上游大規模崩塌合影

## 2.8 現勘尼泊爾地震災後重建情形

在尼泊爾政府公布實施緊急狀態的 29 個重災區中，多個重災區位於加德滿都谷地。據尼泊爾軍方介紹，加德滿都谷地近 90% 的建築物已經在地震中被毀。首都加德滿都在重災區中受災最重，老舊建築嚴重倒塌，大批民眾露宿街頭。加德滿都醫院受損嚴重，水電供應嚴重不足，部分商店商品斷貨。4 月 26 日，加德滿都特里布萬國際機場重新開放，但受機場規模小、管理能力不佳、滯留航班多、救災飛機密集等影響，大批國際救援力量及物資一時難以到達。尼泊爾一些古代寺廟在地震中受損。聯合國教科文組織世界遺產加德滿都谷地的古建築大多在此次地震中受損嚴重，修復時間漫長，有賴國際援助。(部分文字摘錄自維基百科)



全球文物保護基金會、英國大使館、日本大使館協助歷史建物修復



古蹟文物受損嚴重，修復時間漫長，有賴國際援助。  
(摘錄自 yahoo 圖片)

## 參、心得與建議

本次行程包含研討會論文發表及現地參訪行程，內容包含大規模崩塌災害、山區聚落土砂複合性災害防減、以及土砂災害對水力發電之影響等。考察心得如下：

- 一、本次研討會為第七屆，自 2010 年以來，MSD 著眼於亞洲地區的重大土砂災害之合作研究、交流之國際交流平台，其交流模式與成果已逐漸彰顯。本次研討會本局與成功大學亦共同發表，冀能於吸取國際最新之災害研究成果外，也發表我國之最新研究成果，達到國際交流合作之目標。
- 二、2010 年至 2013 年間，因臺灣南部受到莫拉克颱風之重創，以及日本紀伊半島也遭逢多個重大颱風暴雨事件，大規模崩塌、堰塞湖及大規模土砂流出，為 MSD 平台交流初期之重點研究對象。臺灣、日本針對大規模崩塌及其土砂災害，推動合作研究，累積有豐富的研究成果。如日本京都大學、筑波大學以及靜岡大學，前後至高雄市小林里（原高雄縣小林村），共同進行土砂災害之相關研究，並由臺日雙方合作、或各自發表，於會中進行討論。2015 年因印尼 Gunung Merapi 火山爆發，火山灰除造成直接災害外，堆積的火山灰材料在後續的暴雨事件中，形成大規模的土石流災害，對火山周邊的聚落造成重大災害。
- 三、本次 MSD 首度於尼泊爾舉辦，故尼泊爾學者本次參數的人數較多，也因此得見尼泊爾的土砂災害與土砂災害研究成果，因受限於災害治理成本與需求，尼泊爾的土砂災害研究才剛起步，透過國際交流合作，快速提升技術能力，以及災害特性與防減的研究。在我國的發表中，針對大規模土砂流出之長期土砂災害，以及土砂災害警戒值的調整，對尼泊爾來說是接下來非常重視的部分，希望藉取我國的研究成果與推動經驗，作為未來尼泊爾推動土砂防災工作之參考。

考察建議如下：

- 一、建構坡地智慧防災體系：全球氣候變遷下，發生重大災害之頻度與規模將加劇，複合型土砂災害嚴重影響人民生命財產安全，水土保持局在土石流防災已累積二十餘年的經驗，自 106 年起已啟動大規模崩塌防減災計畫，期能在十年內建構坡地智慧防災體系。

二、強化新南向國家交流：臺灣近期正積極推動防災技術向外輸出機會，藉由本次研討會建立臺灣、尼泊爾、印尼等國家聯繫窗口，開啟雙方合作契機。持續透過與新南向國家之國際交流合作，將我國土石流防災的研究成果與推動經驗，作為未來南向國家推動複合型土砂防災工作之參考，推動人才交流、資源共享，建立區域防災網絡，實質達到交流之效果，並期望未來能將台灣防災技術對外輸出。