

# 第一章 參訪目的與行程

## 1.1 考察緣起

台灣山坡地面積遼闊，坡度陡峭，人口眾多，然而因台灣地區雨量充沛，降雨常集中於颱風豪雨季節，常造成許多坡地災害，故相關治理及防災技術之提升刻不容緩，因義大利地形條件與災害類型與台灣相近，且屬於歐盟體系，期望透過考察與技術交流獲得寶貴新知，作為辦理水土保持相關業務之參考。

此次考察目的主要瞭解歐盟防災體系經驗以及相關防災研究單位之研發成果，並知悉其地震、土石流、崩塌地、洪水、火山、山林火災等天然災害之監測技術與預測模式之研發過程，以及實際防災體系之運作。

## 1.2 考察人員

人員主要以水保局為主，另財團法人中興工程顧問社亦隨行參訪。

單位	職稱	姓名
行政院農業委員會水土保持局南投分局	副分局長	傅桂霖
行政院農業委員會水土保持局台南分局	秘書	柯燦堂
行政院農業委員會水土保持局治理組	副工程司	謝孟荃
行政院農業委員會水土保持局土石流防災中心	工程員	郭力行
行政院農業委員會水土保持局土石流防災中心	工程員	楊永祺
財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心	研究員	鄭錦桐博士

### 1.3 考察行程規劃

考察行程自 2010 年 5 月 27 日出發至 6 月 7 日返程，共 11 日。

日期	星期	行程內容	接待單位
5/27	四	08:15 搭乘華航CI 071 班機前往羅馬費米齊諾機場	駐義大利代表處 魏秘書月涵
		18:40 抵達羅馬費米齊諾機場	
5/28	五	參訪義大利人民保護署	義大利人民保護署 國際關係處 Mr. Giovanni Vitaloni
5/29	六	拜訪駐義大利代表處	駐義大利代表處易 代表榮宗
5/30	日	收集參訪單位資料 與義大利國科會水文地質災害研究所所長 Dr. Guzzutti 會面討論下週行程	義大利 CNR-IRPI 所 長 Dr. Fausto Guzzutti
5/31	一	參訪義大利國科會水文地質災害研究所	義大利 CNR-IRPI 所 長 Dr. Fausto Guzzutti
6/1	二	現地參訪山崩與土石流與整治工程參訪	義大利 CNR-IRPI 所 長 Dr. Fausto Guzzutti
6/2	三	由 Perugia 至米蘭近郊 Ispra 參訪歐盟綜 合研究中心 (JRC)	
6/3	四	參訪歐盟綜合研究中心人民保護與安全研 究所 (IPSC)	歐盟綜合研究中心 Dr. Tom De Groeve
6/4	五	參訪歐盟綜合研究中心環境永續發展研 究所 (IES)	歐盟綜合研究中心 Dr. Javier Hervas
6/5	六	參訪歐盟綜合研究中心 綜合討論未來合作議題	歐盟綜合研究中心 Dr. Stephan Lechner
6/6	日	由米蘭至羅馬費米齊諾機場	駐義大利代表處 魏秘書月涵
		22:40 搭乘華航CI 072 班機飛返桃園機場	
6/7	一	20:20 返抵桃園機場	

### 1.4 拜訪駐義大利辦事處

行程開始前考察團先至駐義大利辦事處，與駐義大利代表處的易代表榮宗進行會面，由水保局傅桂霖副分局長代表考察團進行行程

說明，在此特別感謝行前駐義大利辦事處的協助與安排，讓本次行程能更加順利。



與駐義大利代表處的易代表榮宗進行會面



台灣參訪團於義大利辦事處合影留念



由水保局傅桂霖副分局長代表參訪團致贈駐義大利易代表榮宗紀念品

## 第二章 考察單位介紹

### 2.1 義大利人民保護署

首先拜訪義大利人民保護署，由人民保護署國際關係處 Giovanni Vitaloni 先生介紹義大利人民保護署運作架構，並親自帶領台灣參訪團參觀人民保護署災情研判中心、森林火災監測與救災指揮中心、水文地質災害監測預報中心、火山活動監測中心實際運作情形。



圖 2-1 台灣考察團與義大利人民保護署由人民保護署國際關係處 Giovanni Vitaloni 先生合影

#### 一、義大利人民保護署簡介

##### (一) 何謂人民保護署

所謂「人民保護」是指政府採取一連串有效行動保護人民生命、財產及環境安全避免受到自然災害或災禍的損害。義大利 1992 年 2 月 24 日第 225 號法令明定義大利組織人民保護署作為全國性服務機構，該法令第一條規訂，人民保護署將結合中央政府及周邊行政部門、大行政區、省、縣、國家及地方級政府機構、公有及私人機關進行人民保護，人民保護署長透過該署進行人民保護之全國服務性之溝通協調工作。

##### (二) 義大利人民保護署之特色

在多數歐洲國家，人民保護署通常被歸納單一機關之附屬機構，歐盟各國(共 33 國)成立人民保護署以人民生命財產與安全為前

提。在義大利，人民保護署為功能涵蓋全國之組織，具有國家及地方級機構，民間組織亦能透過人民保護署參與全國性防護工作。

義大利建立人民保護署其實是因應義大利本土需求所致，從行政系統觀點而言，該署能給予行政區及地方機關更多關聯性、主導權及責任，有效達到今日所需求之地方分權並提升地方機構之權限。從人民保護署組織模型中清楚發現，該署能有效銜接中央及地方行政機關，其所達到防災功能及範圍是歐洲其他國家所達不到的。因為義大利每各區域皆暴露在自然災害風險下，當災害出現時，擁有一個在全國各區的人力資源、設備、機具人員和判斷能力皆準備好之人民保護系統是必要的，且為了預防災害所帶來重大損失，災害的預測亦為重要工作。

### （三）任務與組織架構

人民保護署的職責便是當天然、環境及其他災害發生時，保護民眾生命財產安全，人民保護署共有 8 處及 43 單位，構成保護全國人民的防護網。它的任務包括：提升並協調人民保護系統、災害發生時進行緊急措施、建立災害防範的指導方針、支援週邊災害防護機構、支持民間防災組織形成及成長、傳達民意並推廣人民保護概念(尤其針對青少年)、建立防災資訊指揮網、建立防災相關規定以應付緊急情況強制執行措施並降低人員物品之損失。

人民保護部門職員，從行政面及技術面皆被高度訓練專業管理緊急情況，最近，為配合國際情勢改變，人民保護部門開始應付新的災害風險，避免未知及危險的災害散佈。

因人民保護署必須達成預測災害、預防災害、緊急救難及災害復建等工作，所以人民保護署隸屬於總理府直接管理，跨部會及跨層級，面臨緊急危難時主持會議若總理無法出席，而人民保護署的署長發表任何主張可以代表總理；人民保護署為中央級指揮單位，人力均由不同單位調派進駐，包括：消防、電信、交通、警政、氣象等等不

同單位之負責人，在災情研判中心 24 小時輪班。

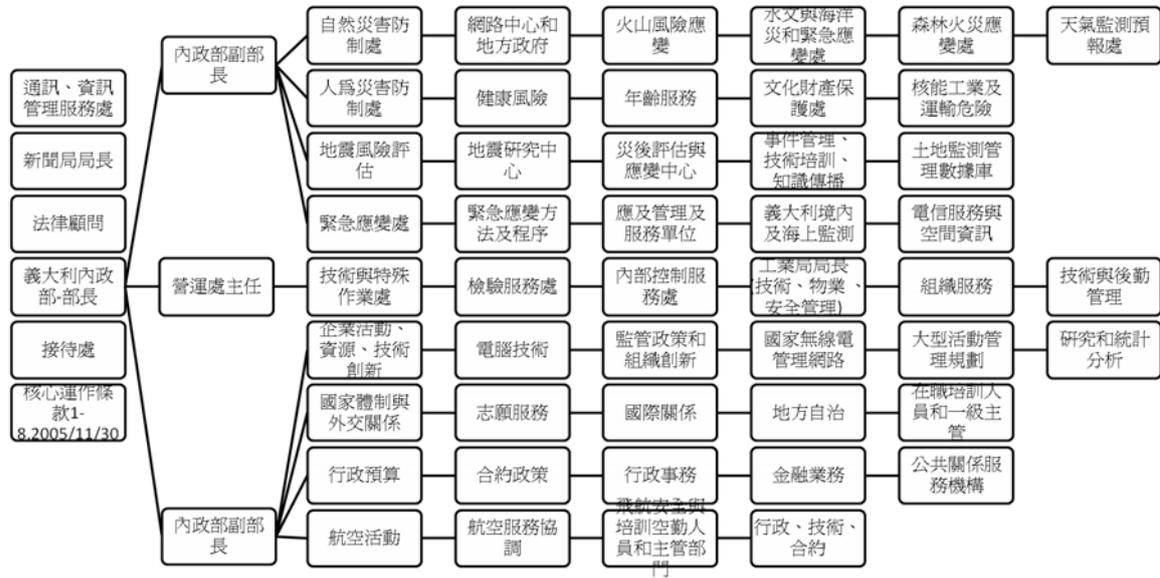


圖 2-2 義大利人民保護署組織架構圖

#### (四) 人民保護系統之人員與志工

人民保護系統最重要的戰略資源便是擁有高素質、有愛心、專業性及完善訓練的工作人員，人民報護系統是由全國上下不同機關所組成，從基層消防隊開始，警察、武裝部隊、林務人員及義大利紅十字會隨時都在準備支援緊急狀態發生。然而，人民保護系統愈來愈依靠民間義務組織，從 1966 年佛羅倫斯發生大洪水，民間組織熱心救災但運作混亂，但許多民間組織被組成，象徵義大利人民的寬厚與團結，現在縣市地方已組成許多民間組織及志願隊，總人數約 120 萬人，擁有足夠能力、經驗、技術裝備及儀器，在過去幾年中，這間民間組織在緊急狀態發生時，提供了超過 50% 的人力支援。

### 二、 人民保護署運作機制

#### (一) 災害等級劃分

根據人民保護系統，各縣市政府於第一線對民眾負責保護為市長，市長可依據既有之計畫運用市政資源，當災害發生時，依循人民保護網，能在短時間內，迅速判斷事件嚴重性並評估地方資源是否足

以應付，當嚴重災害發生時，亦能有效率地結合能運用人力與設備，人民保護系統重要的功能是，地方與中央機構能依據所發生事件及現有能作出應變措施。事實上，當緊急災害發生時，首要須釐清的是誰做決定、誰做選擇及誰能清楚地承擔責任，而人民保護署便扮演這個角色。

目前人民保護署對於災害等級可分為 A、B、C 三個層級，A 級為地方政府可以決定決策完全處理，B 級則需動員其他省的資源調度，C 級為國家級大災難必須動用全國軍警，義大利人民保護署成立後重大 C 級警戒與救援事件，包括：

- 2005 年梵諦岡教宗去世警戒
- 2007 年義大利夏季森林大火不斷
- 2009 年義大利 L' Aquilia 地震救援與復救
- 2009 年義大利 G8 高峰會議
- 2010 年海地大地震救援

## （二） 緊急應變

人民保護署最首要功用便是成為組織完善的「緊急應變機器」，災害發生時，能以最短時間做出救援行動或應變措施，在國家及地方級系統中，不斷更新緊急應變措施，有規則地交換兩個系統的資訊，有計畫地訓練相關人員、提昇設備及技術方法。

## （三） 災害預測

在歷史中災害教導我們，為了有效地保護民眾的生命財產，事後救援不如事前預測及預防，災害預測使人民保護活動連結並接近科學研究領域，應用新技術系統及收集風險數據能事先警告災難發生的可能性，科學技術系統在收集信息後根據數據模型提出解釋，並預估風險評估，提早警告應變系統，但前提是主管機關需提供必要的元素以便做出適當決定，事前預測工作是需要持續不斷、無立即成效的基礎工作，運用科技性先進網路，如天氣預報之雷達網路、全國測震網

路、成熟的火山活動偵測網路，及科學專業性經驗。

#### （四）災害預防

對於國土及國土內天然災害的了解不僅使救災工作更有效率，更能確認災害預防的方向，災害預防主要功用是通知主管當局進行適當措施，降低災害可能性並減少災害之損失。

#### （五）國際關係

人民保護部門亦在國際關係中運作，並與歐洲其他國家進行合作，進行國際災難緊急救難協調互助工作，展現我方救災系統運作及技術能力。

目前，在人民保護署中有單一部門專責國際科學技術合作，因為環境風險遠超過國家邊界(同一集水區)，對於環境風險，尤其在水文地質領域，因此歐洲各國建立「公民保護研究中心」進行中、長期監測研究，使義大利能從其他國家獲得災害防護新的評估方法、規程及有效地技術和組織模型。

### 三、參訪人民保護署內部主要單位

#### （一）災情研判中心

義大利位處地殼板塊交界處，因板塊週期性相互運動而導致地震及火山活動，而地質破碎易生山崩災害，另外，義大利雨季、旱季分明，雨季時超大豪雨常造成洪水災害、旱季時氣候乾燥酷熱常導致森林火災，與台灣災害類型相似，因此，義大利 1992 年 2 月 24 日第 225 號法令明定，義大利組織「人民保護署」作為全國性服務機構，人民保護署將結合中央政府及周邊行政部門、省、縣、國家及地方級政府機構、公有及私人機關進行人民保護。

人民保護署隸屬義大利總理府，一有災害發生將統籌指揮調度各部會應變，而在義大利災害等級分為 A、B、C 等三級，A 級為縣級單位即可以處理之災害，縣級單位無法處理即提升至 B 級，由省級單位接手處理，若災害類型為跨省或省級單位無法處理必須由中央政府

處理，即提升至 C 級，將視災害規模、嚴重程度由義大利總理或其授權人（通常為人民保護署署長）統籌指揮調度。



圖 2-3 人民保護署國際關係處 Giovanni Vitaloni 先生介紹人民保護署組織架構

人民保護署之災情研判中心為人民保護署內最重要單位，由各防災單位指派具有指揮調度能力的指揮官到人民保護署負責預測、監控與聯繫作業，目前災情研判中心採 24 小時輪值制，假日亦照常運作，因假日發生災害的可能性也極高。災情研判中心每天從報章雜誌、新聞媒體、氣象資料及各地彙整進來洪水、崩塌、火山爆發、地震、森林火災等災害訊息，密切監控或預測義大利各地發生之災害動向，隨時研判狀況並提供調配資源之建議。



圖 2-4 人民保護署內災情研判中心



圖 2-5 人民保護署內中央應變中心系統設備

## (二) 森林火災監測與救災指揮中心

義大利森林擁有歐洲特殊的及多樣性的樹林品種，係為寶貴遺產，然而，數以萬頃的森林常因人為粗心或因氣候酷熱乾燥而導致發生森林火災毀於一旦，因森林恢復地貌及恢復生態平衡時間相當長，因此，義大利政府努力防範此類災害產生，並提高消防措施應變效率。

義大利人民保護署擁有 19 架不同類型救火之空中消防直昇機，並擁有調配全國各型之消防飛機共有 36 架資源之能力，並依據森林火災發生之可能性，適當分配各省消防飛機資源，視災害情形出勤消防直昇機撲滅森林火災，此行參訪時正好遇到義大利西西里島發生森林火災，透過指揮中心的監視螢幕中可以知道目前出勤之空中消防直昇機空間位置狀況(角度、飛行速度、高程)，並根據現地回報之災情狀況，由防災指揮中心進行消防直昇機增補班次的建議。

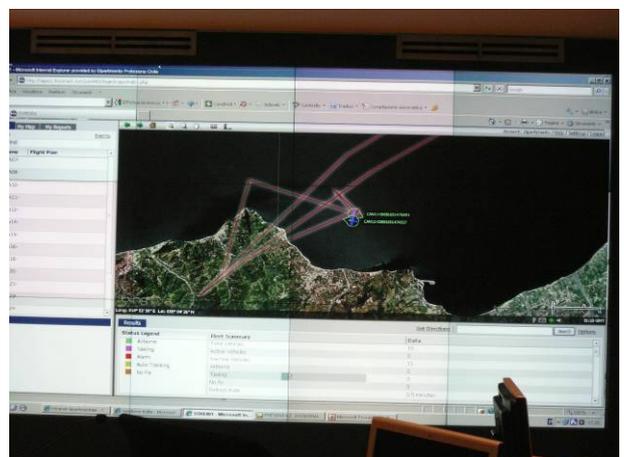


圖 2-6 人民保護署內森林火災監測與救災指揮中心

### (三) 水文地質災害監測預報中心

義大利有高地震風險，據估計約有 2 千萬民眾暴露於地震風險之下，地震為不可預測災害，通常發生期間短暫，但卻造成嚴重後果。另外，根據對於民眾生命財產損失統計，洪水、山崩災害為義大利僅次於地震之災害，此種災害是自然起源，如地質破碎、雨量暴增或是風雨超過預期時所產生，義大利於全國各地廣設 8,000 餘座雨量站預測雨量資料，對於山區之雨量分析採用雷達雨量推估，每日進行 2 次預測及追縱降雨動態資訊，並分析研判推估災害可能發生區位及強度，目前大部分地方政府亦有類似之雨量預報機制與研究，全國只有少部分地方需要中央幫忙直接研判，再把預報資料傳送給地方政府進行災害應變之參考使用。



圖 2-7 人民保護署內水文地質災害監測預報中心

#### (四) 火山活動監測中心

義大利南部有分佈最為密集的火山區：艾特納火山、維蘇威火山、史特玻里火山群島及佛格烈海島，火山爆發通常造成嚴重傷害並造成成千上萬性命損失，如西元 79 年維蘇威火山爆發造成龐貝古城毀壞，而艾特納火山則是目前世界上噴發次數最多的活火山，雖火山爆發可能帶來嚴重之傷亡災害，但其特殊景觀亦為義大利重要之觀光勝地，大批觀光客來此看火山口冒煙景觀，為義大利重要之觀光收入來源，而火山下方或鄰近之土地便宜，亦居住大量居民，因此，義大利人民保護署針對境內重要活火山均設有監測系統，進行火山觀測及預測火山爆發，並提早進行防範措施。此行巧遇 Pischio 火山噴發，由監視系統之螢幕看到大量岩漿流動情形，由於此火山位於海島上，噴發之岩漿流動直接入海不會造成任何災害，為此之一特殊經驗。

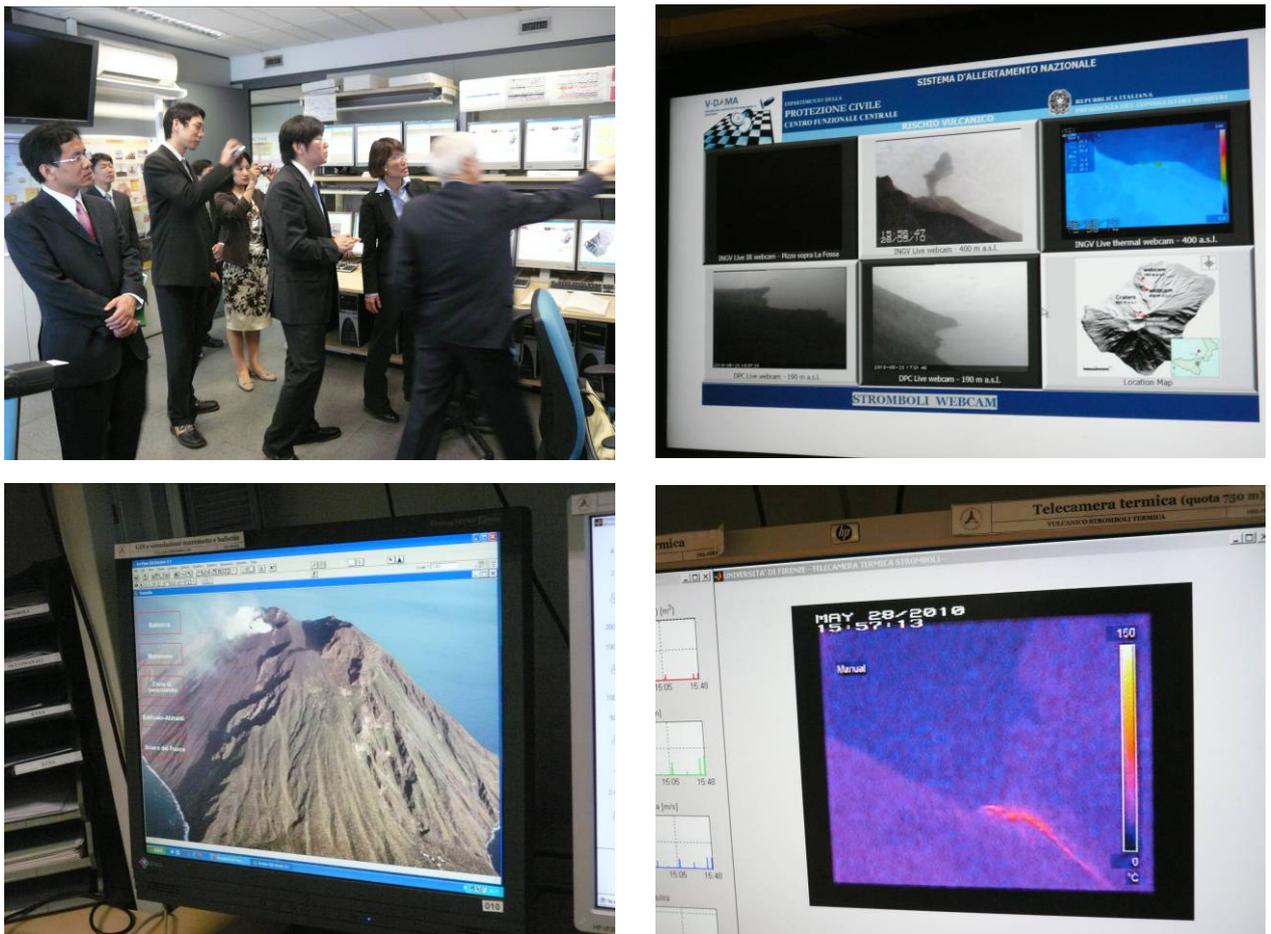


圖 2-8 人民保護署內火山活動監測中心

## 2.2 水文地質災害研究所 IPRI

水文地質災害研究所(Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, IRPI)屬義大利國科會(Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR)轄下單位，位於義大利中部城市佩魯加，考察期間由所長 Dr. FAUSTO GUZZETTI 親自解說相關該研究所研發之各項土砂災害技術，此節針對水文地質保護研究所進行簡介。



Dr. FAUSTO GUZZETTI 解說

### 一、水文地質災害研究所簡介

義大利國科會水文地質災害研究所 ( CNR-IRPI ) 總部位於義大利中部的 Perugia，另全國設有 5 處研究分所，IPRI 研究員共 131 位，Perugia 是總部共 36 位。





CNR-IRPI 位置

水文地質災害研究所是一跨領域的科學研究機構，旨在精進地質，地貌，水文地質和地熱知識，作為發展匯水盆地、平原和海岸的動力學理論改進的基礎，並且確定其自然特性和監測其演變，進而分析洪水和地滑的影響，並提出風險降低的工作方法。

水文地質災害研究所是位於 CNR 的研究機構之一。它成立於 1970 年，其使命促進山體滑坡和洪水災害在水文地質領域的研究。其主要研究領域包括如下：

1. 水文地形網路和集水區盆地的水文地質和地形演育研究，特別是在土壤侵蝕現象，以及泥砂運輸或淤積。
2. 邊坡穩定分析，以及探討潛在的和實際已發生的滑坡，特別針對滑坡的機制進行重點研究。
3. 水文流域和海岸線的保護綱領性指導方針建立。

## 二、 參訪 IRPI 之行程簡述

CNR-IRPI 目前由 Dr. Guzzetti 擔任所長，過去該單位已有國內多位學者參訪，並建立台灣國科會與義大利國科會之長期有關土砂災害合作之關係。另外，地調所環境工程地質組組長紀宗吉科長曾於該機構參訪近一個月，學習有關山崩立體判釋與數化技術，此行參訪義大利 CNR-IRPI 由 Dr. Fausto Guzzetti 所長親自接待，Dr. Guzzetti 曾於去年來台參加 921 集集大地震 10 週年國際學術研討會，故對於台義雙方長期友好之合作關係並不陌生。

CNR-IRPI 是一個兼顧前瞻研究以及落實應用研究成果的單位，

可實際解決義大利政府與民眾所遭遇的問題，尤其是防災工作，Dr. Guzzetti 建議防災相關研究工作應該協助政府能保護人民安全為首要工作。

研習會開始由 Dr. Guzzetti 首先說明 CNR-IRPI 之成立宗旨，以及經費與研究人員資歷，以及進行研究成果發表情形。由其簡報發現，義大利研究所之研究人員非一定必須博士，強調能獨立思考並務實解決問題者尤佳。目前 CNR-IRPI 有 36 名研究人員，6 位具博士學位，計畫來源除國科會之外，政府單位委託之防災相關應用為大宗，尤其是針對人民保護署設計臨界雨量與山崩潛勢計畫為最成功，且實際解決政府坡地防災之主要產品。

會中由研究中心 7 名研員分享其研究成果及意見交流題討論，而研習課題現況照片如下圖所示，照片說明中陳列講者名字與內容：

1. Paola Reichenbach，說明山崩預測以及風險分析
2. Alessandro Mondini，使用地表觀測手段與技術，監測山崩風險 MORFEO
3. Paola Reichenbach，義大利 Aquila 地震預警與救災資訊提供狀況
4. Silvia Peruccacci，山崩雨量門檻值確定
5. Mauro Rossi SAFN，義大利雨量誘發之警戒值系統發展現況
6. Paola Salvati，崩塌社會事件與獨立之崩塌風險之探討
7. Ivan Marchesini，山崩與水文空間資訊平台之建置
8. 參訪遙測影像立體判釋製圖室，參觀山崩目錄建置過程。



Paola Reichenbach 進行「山崩預測及災害風險分析」報告



Alessandro Mondini 進行「使用地表觀測技術進行監測山崩風險 ( MORFEO )」報告



Paola Reichenbach 進行「義大利 L'Aquila 地震預警與緊急救災資訊提供」報告



Silvia Peruccacci 進行「山崩雨量門檻值建立之研究」報告



Dr. Mauro Rossi 進行「義大利山崩預警系統之發展」報告



Dr. Paola Salvati 進行「義大利之崩塌風險與社會成本探討」報告



Ivan Marchesini 進行「山崩與水文資訊平台之建置」報告



CNR-IRPI 航照立體判釋儀器



山崩立體判釋與數化技術介紹



休息時間互相交換意見



專心聆聽研究報告

### 三、 參訪 CNR-IRPI 之研習重點

#### (一) 山崩潛勢與危害度分析的流程架構值得台灣相關研究參考

透過歷史山崩目錄之整理，歸納出各項可能引致山崩發生的因子(坡地、植生、地質岩性等特性…)，並進行統計分析建立各影響山崩之因子與山崩發生與否之關係性。圖 3-1 為義大利山崩潛勢與危害度長期之研究架構概念圖，透過歷年的山崩發生空間樣本，採用斜坡單元(地形單元)為基礎分析單元，透過 GIS 萃取各斜坡單元之特性，透過多變量統計分析完成山崩潛感分析(susceptibility analysis)成果(圖 3-1 右上角)，模式可瞭解不同因子組合下各斜坡單元發生崩塌的可行性高低。發生頻率方面，可透過歷年崩塌的資訊，在時間軸上進行山崩發生之重現期距分析；而大小規模方面，可依據過去發生之崩塌樣本完成次數與規模之關係式，一般依循 power-law。有了時間(when)、空間(when)與規模(magnitude)的預測模式，始能對於山崩災害提出有效的預測模式。圖 2-9 的流程值得台灣地區坡地災害潛勢分析相關研究參考。

#### (二) 建立傳統立體航照判釋山崩之技術仍不可取代

目前台灣地區山崩目錄之建置仍以誘發事件的時間點前後進行崩塌地之變異點分析為主，即崩塌面積差異。而本此參訪 CNR-IRPI 發現義大利已建立山崩目錄長達 70 年，從早期黑白航照時期即有系統的建立全義大利的山崩空間分布資訊，透過有經驗的地質與地形專業人員(圖 2-10 中照片)，正紮實地研判出古崩塌地以及大型崩塌地區位之細部地形特徵，慢工出細活，專業人員細心的將冠部、滑動區、堆積區，可將地質與崩塌之機制連結，值得台灣學習。

#### (三) 山崩面積以及次數分布關係式

整理歷年義大利山崩目錄之大小與次數發現，面積與次數皆取對數後，即可呈現一有規律之線性特性，如圖 2-11 所示，該研究可

對於不同大小規模崩塌地之發生機率提供重要之線索。台灣地區因為影像判釋之基準以及底圖影像之解析度尚未統一，故彙整進行該研究仍必須進行品管始能獲得良好成果。台灣具有多事件之山崩樣本可以進行檢討，並可加入不同地質分區之考慮，可完成不同地質條件下之崩塌次數與面積關係式，對於後續集水區崩塌地與土砂產出與輸砂計算可建立連接關係，值得台灣進一步研究。

#### (四) 義大利山崩潛勢分析已考慮後續工程應用：

山崩潛勢分析提供各斜坡單元的山崩潛勢高低(when)，瞭解何處易發生崩塌，若進一步量化其發生機率(when)，即可獲得不同重現期距下山崩發生之機率，可據此在相關土地開發以及防災上制訂規範操作。圖 2-12 為義大利目前發展不同重現期距下發生不同面積大小崩塌之機率圖，其已初步解決山崩發生機率(when)以及山崩規模(magnitude)之關連性，已整合於危害度分析圖中。據此可進一步將該山崩潛勢與危害度成果套疊於保全住戶之空間分布圖資，考量發生不同面積崩塌後，對不同結構物形式之保全住戶的衝擊，可進一步獲得坡地災害風險損失評估之成果，對於台灣地區後續進行坡地災害管理可提供一重要之研究方向。

#### (五) DinSAR 衛星影像高精度量測崩塌潛移

藉由事件前後兩期雷達影像，採用合成孔徑雷達差分干涉測量方法(Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry) (簡稱 DinSAR)可分析出一區域地表指向衛星拍攝方向上的變化量，例如因為地表沈陷、山崩位移等問題，CNR-IRPI 選擇土砂災害區域(Foligno area)，成功分析出垂直向以及東西向的地形變化量(如圖 2-13 所示)。因為 SAR 雷達影像特點是可穿透雲層，影像擷取較不受天候限制，可藉由兩期雷達資料的相位差，完成雷達波干涉條紋，以此干涉條紋資訊可量測公分等級的地貌變化。該技術國內亦有部分應用，但對於坡地防災而言，目前為較少見，值得推廣可加速坡地災害

後評估與決策，或時平時坡地潛移之監測。

#### (六) CNR-IRPI 協助義大利政府發展坡地災害警戒發佈資訊平台

目前 CNR-IRPI 已協助義大利人民保護署進行各區域臨界雨量值之研究工作，圖 2-14 上方圖顯示當豪雨發佈時，可透過該資訊平台查詢系統發佈各區域發生山崩的潛勢等級，並提供後續防災決策，用以預判災情狀況。目前義大利針對人口稠密之大都會地區，已陸續獨立完成臨界雨量評估模式，並提高比例尺與精確度；而尚未完成獨立臨界雨量評估模式者，則先參考全國的模式。目前 CNR-IRPI 發展 Web-GIS 架構的坡地災害警戒發佈資訊平台，其系統皆採用開放程式碼，其中的圖層如圖 2-15 所示，包括：地形、地質基本資料外，以及未來陸續完成全義大利的山崩潛勢圖、山崩危害度圖與山崩風險圖。

國內之坡地災害臨界雨量評估模式，在土石流災害潛勢方面，水保局已有相當完整的警戒模式；而崩塌地災害潛勢方面，地調所目前正研發當中。另外，近期國內學術界也陸續投發展台灣地區豪雨誘發坡地災害的潛勢評估模型，義大利坡地災害警戒發佈資訊平台，其核心的模式以及系統開發經驗值得國內產官學界參考。

#### (七) 義大利開發落石分析成果已應用於公路局道路規劃

義大利山區大部分為石灰岩地形，並且已經有輕微變質，而山區道路旁岩坡質地堅硬且地形陡峭，故山區道路時常遭遇落石的災害。然而在有限的工程成本下，選擇不同工法，可具體降低之落石衝擊如何量化，則是一重要公路維護管理的課題。義大利發展落石數值模擬技術，透過模擬落石可以瞭解工法上的選擇以及布置的適當性，並可具體評估出降低之災害程度。在台灣山區同樣也具有落石災害，唯落石之材料彈性不同，建議公路局可以採用方面技術，進行山區道路規劃設計，以及相關維護管理與防災的參考。

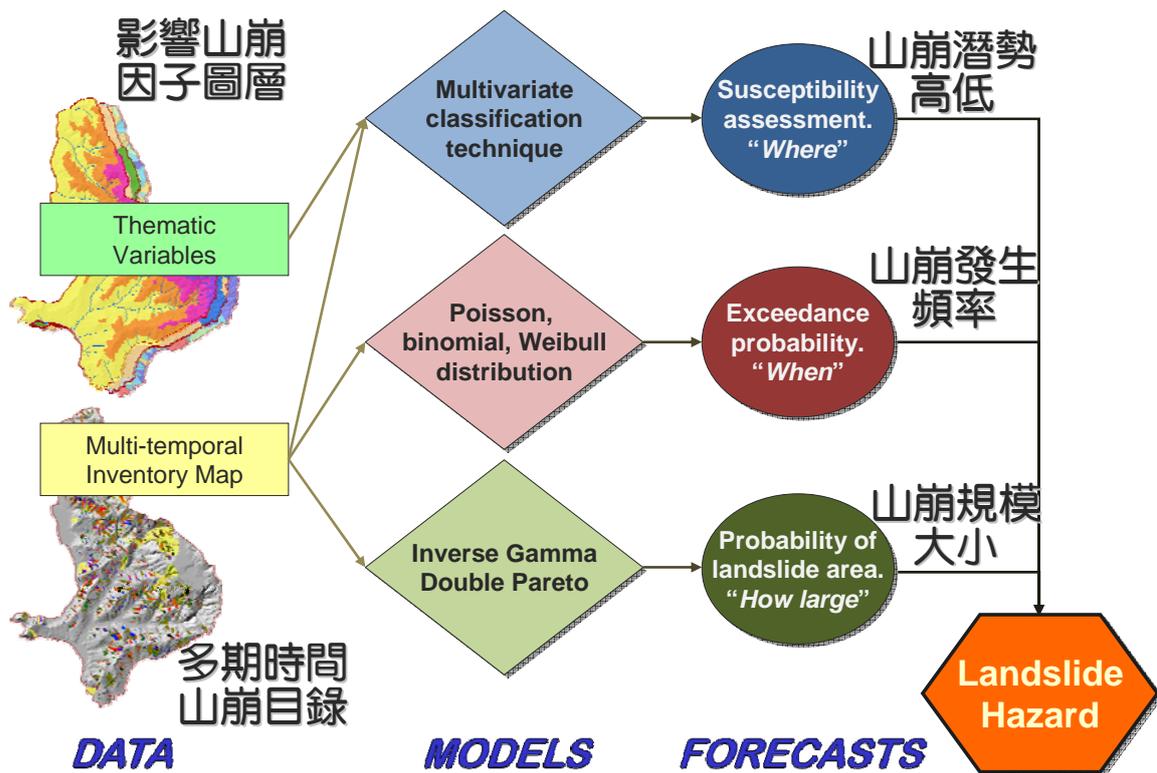


圖 2-9 義大利山崩潛勢與危害度分析技術之流程概念圖

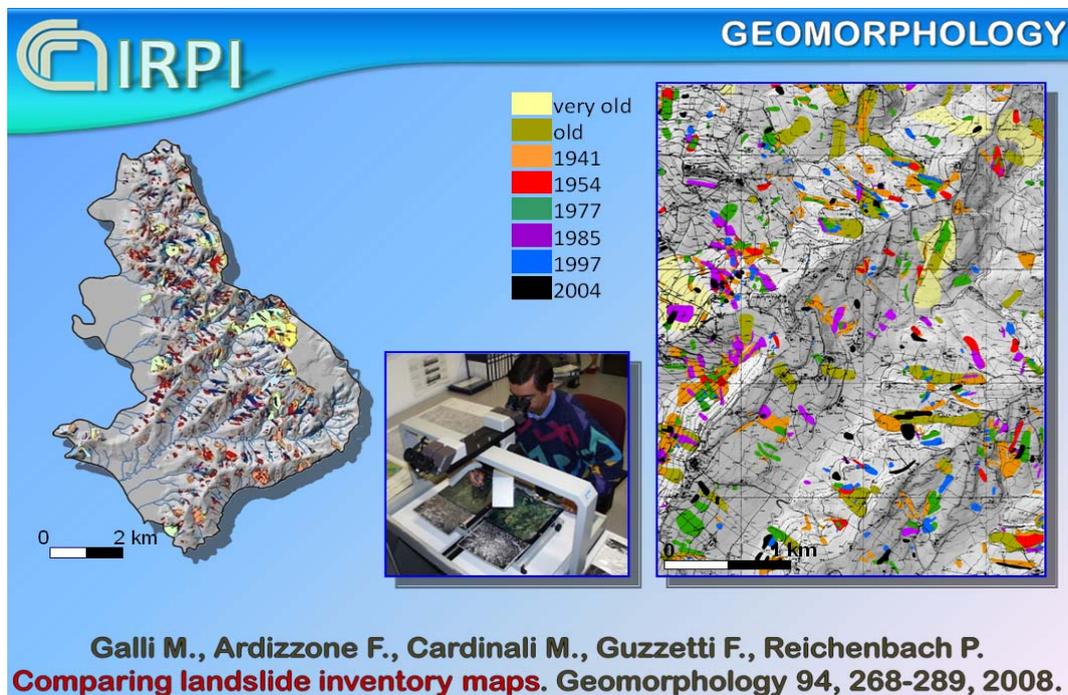
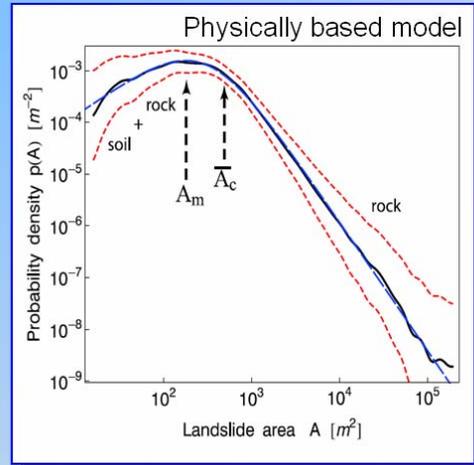
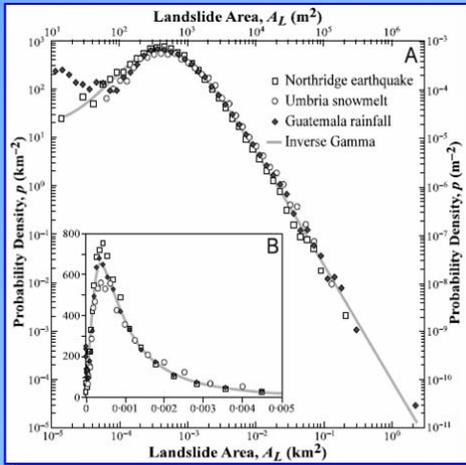


圖 2-10 義大利山崩目錄建置主要採用航照立體對判釋技術



**Stark C.P., Guzzetti F. Landslide rupture and the probability distribution of mobilized debris volumes. Journal of Geophysical Research 114, F00A02, doi:10.1029/2008JF001008, 2009.**

2-11 山崩面積以及次數分布關係式

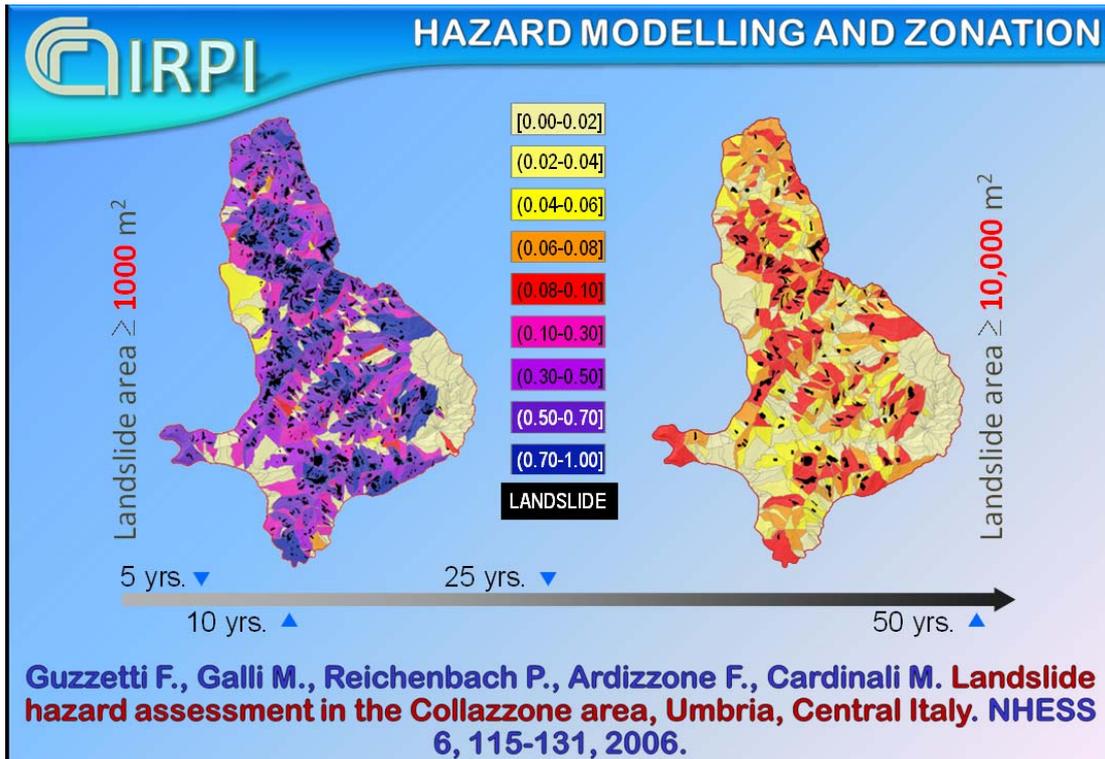


圖 2-12 義大利已完成不同重現期距下於斜坡單元中發生不同面積大小崩塌的機率

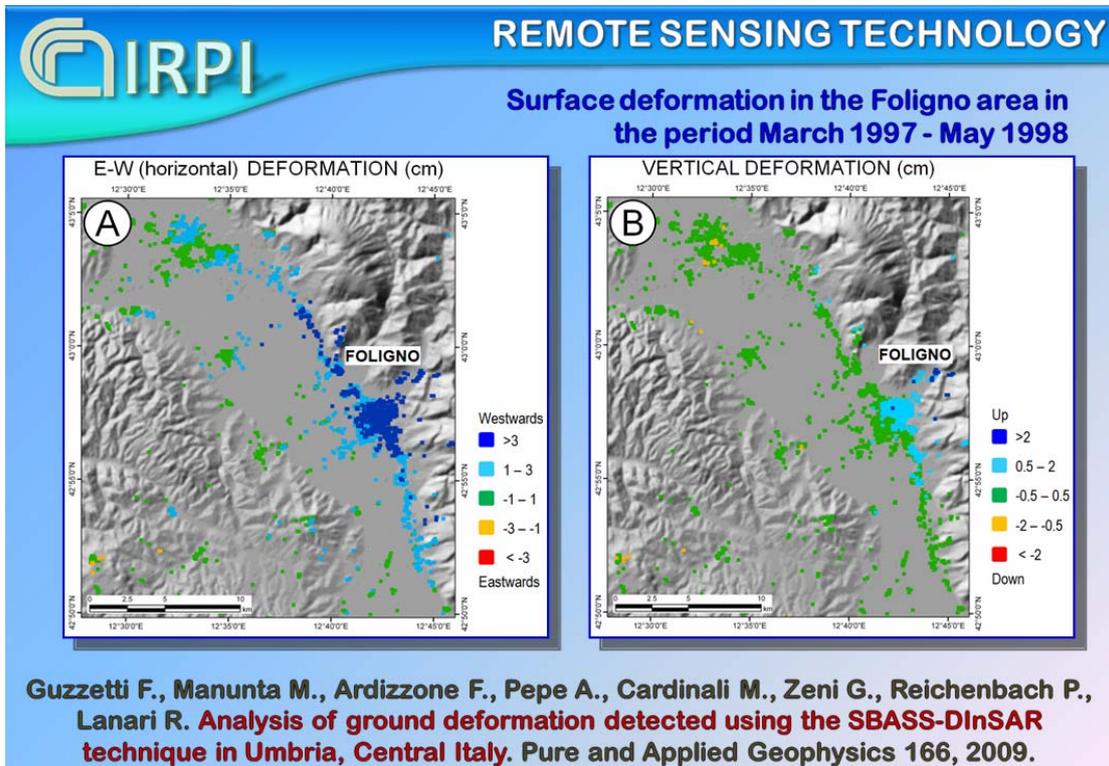
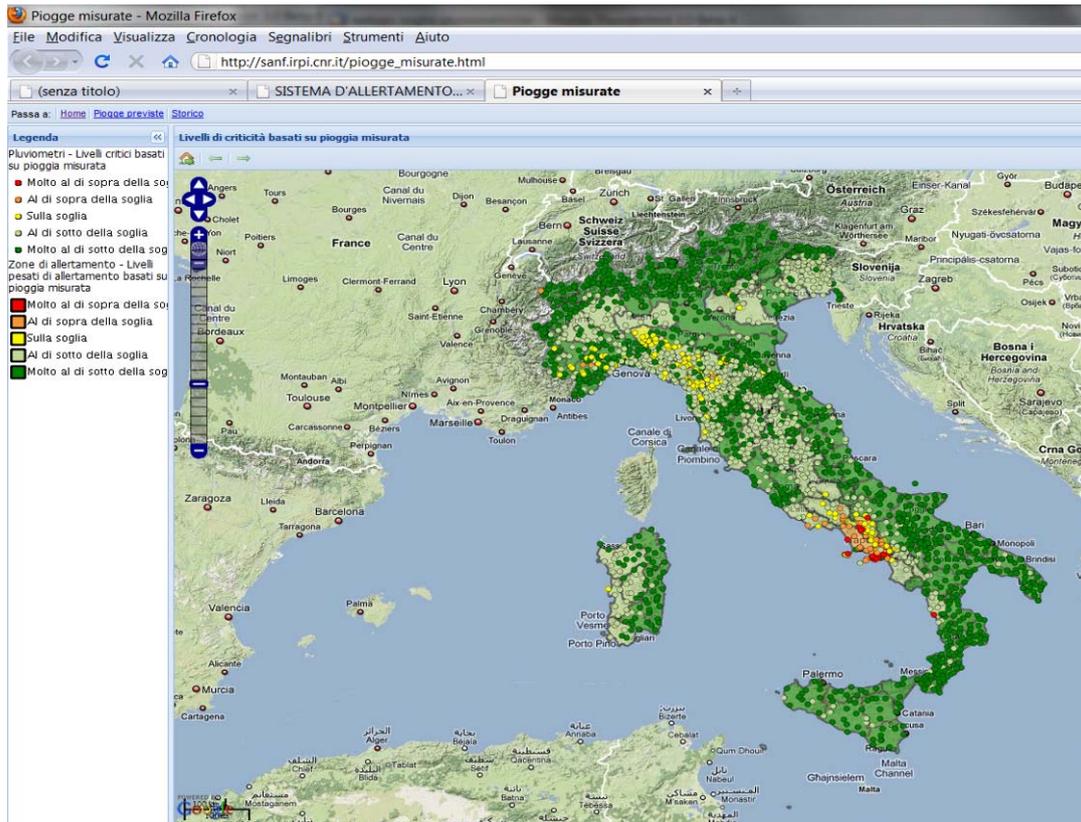


圖 2-13 利用 DinSAR 進行高精度位移量測技術監測崩塌地之位移量



### IRPI SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE

**Static layers include:**

- hydrological and geographical boundaries,
- geological and geomorphological maps,
- landslide and flood inventory maps,
- landslide susceptibility maps,
- landslide hazard maps,
- landslide risk maps,

for different areas in Italy, and at different scales.

### IRPI SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE

Software used to implement the CNR IRPI Spatial Data Infrastructure includes:

- PostgreSQL 8.2 e 8.3 + PostGIS 1.3.5,
- Geoserver 1.7.4
- Geonetwork OS 2.4
- ExtJS 3.0
- GeoExt 0.6
- OpenLayers 2.9 trunk,
- UNM MapServer 5.0.2
- GeoSDI ERA 0.1

The SDI is hosted on servers running RedHat Fedora Core 8

圖 2-14 義大利坡地災害警戒發佈資訊平台內容與架構(臨界雨量評估模式)

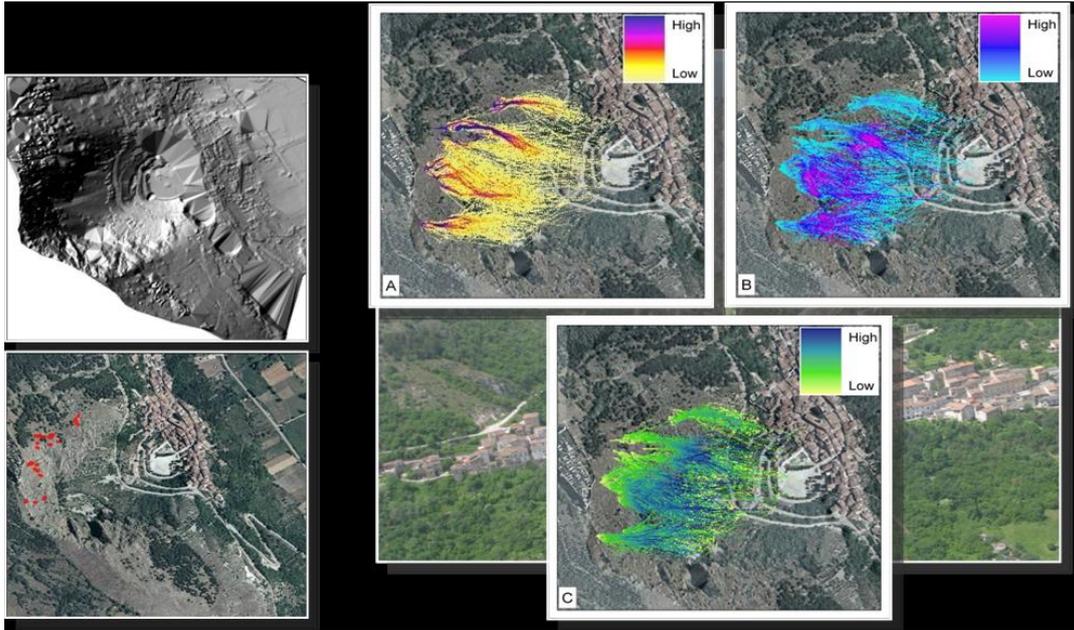


圖 2-15 義大利開發落石分析成果已應用於公路局道路規劃

## 2.3 義大利中部工程參訪

經過 5/31 參訪 CNR-IRPI 的近期研究成果後，Dr. Guzzutti 以及其研究室的學者 6/1 陪同台灣水保局考察團隊，實地至野外介紹義大利水土保持工程以及災後重建工程之特色。參訪內容包括：

(1)Marmore 瀑布之水力發電；(2)Terria 落石防護工程；  
(3)Piedipaterno 土石流整治工程以及(4)1997 年震後 Sant' Eutizio Abbey 教堂古蹟復舊與社區重建；(5)Nera Valley 道路之落石風險。

### 一、 Marmore 瀑布之水力發電

自 Terni 沿著義大利國道 Valnerina 走約七公里可到達 Marmore 瀑布，瀑布高達 165m。瀑布匯入 Nera 河，美麗的瀑布孕育了許多詩人與畫家，包括 Virgilius, Cicero, G. Byron 等，50 年來瀑布提供水力發電，並且整日蓄水於上池，僅於每日開放兩小時洩洪後，在下游水形成瀑布供景觀遊憩，這水力發電帶來的豐富電力，提供 Terni 市發展金屬加工業以及電子工業。2009 年地震發生在義大利位於羅馬東北 110 公里的山區小鎮阿奎拉(L' aquila)，造成該區域有落石災害以及部分遊憩地點的結構損毀。

另外，Marmore 瀑布上游的地形屬於石灰岩地形，中古世紀已建立的高山城邦，居民利用石灰岩地形的地下洞穴伏流，自鑿豎井取伏流以供民生。然而工業化後的義大利水資源不足，政府投入人力進行地質探勘，瞭解地底下伏流後之流路，透過集水井匯水提高水資源利用率，不過政府開發過程中遭遇環保團體的抗爭，擔心開挖集水井會影響地質安全造成坡地災害，經過不斷驗證以及聘請專家鑑定後，逐漸獲得居民認同。目前該區域已成為示範教學區，除保留中古世紀祖先的取水智慧，同時也增加水資源的利用率，且其水源部分來自於集水井，甚至越域引水，經集流後可再提供下游發電。是一處節能減碳，開發乾淨能源，且兼顧古蹟遊憩的良好示範水力發電工程。



瀑布管理單位專家



中古世紀水利遺跡



集水井採透明頂蓋



集水井內部及設施



Marmore 瀑布



石灰岩洞



Marmore 瀑布



參訪人員與專家合影

照片 參觀 Marmore 瀑布之水力發電

## 二、 4.2 Terria 落石防護工程

地震引致落石，公路臨近落石區在義大利普遍採用防護網工程，過去落石災害後 IRPI 研究者，細心的前往落石區仔細量測道路旁的落石彈跳距離，據此驗證落石數值模擬的成果。野外現勘過程中，與 Dr. Guzzutti 詢問有關落石彈跳模擬程式的發展過程，其表示該程式由 IRPI 獨立發展程式核心演算法及模組，而程式介面方面則由資訊人員或外包廠商協助包裝。

不過由於使用該軟體的門檻很高，必須在參數上能深入了解，不適合一般人直接採用來分析，故其不願意販售，但是個人來學習案例使用是被允許的，而國內地調所紀宗吉科長曾來 IRPI 學習並使用過該軟體。其開發過程與經驗讓我們體認到產官學合作的重要，由學術界提出核心演算法，交由業界軟體開發商包裝，提高程式的親和性與效能，而後實際應用到政府的工程問題上，並持續由學術界加以驗證與修改，該經驗頗值得國內學習。



照片 參觀 Terria 落石防護工程

### 三、 Piedipaterno 土石流整治工程

Piedipaterno 地區的一處山區聚落曾發生土石流造成農路阻斷，影響保全住戶對外交通而形成孤島，故義大利地方政府編列預算進行工程整治，且工程經費中再編列一定比例的保險費用，用以支付災害發生時的救助費用。

Dr. Guzzutti 說明該聚落之災害經過，他強調雨量受地形影響十分明顯，該災區附近 15 公里內的雨量站資料在災害發生期間，經確認居然顯示沒有雨量，而也確定雨量站附近民眾沒有感受到暴雨，顯示雨量集中在該土石流集水十分明顯。集水區過去上游無明顯崩塌，但現勘發現有明顯之古崩塌的堆積材料，義大利學者認為集水區之古崩塌堆積對於土石流研究十分重要，故必須加強遙測影像判釋確認古崩塌堆積於集水區的分布。

溪流的整治工程手段上，主要採用土石防護網，與公路旁採用落石防護網屬於一樣的工程思維，義大利在野外的工程不願意用太多混凝土而破壞自然的環境與生態。義大利的工程思維，是否適用於台灣山區道路，且野溪效益與環境生態如何兼顧？對台灣治山防洪工程而言是一項挑戰。另外，義大利學者認為防砂壩土石淤埋後，為使攔阻土砂效果可以保持，必須進行清淤，然而，義大利與台灣遭遇同樣問題是土砂的棄置地點不易尋覓，若骨材不錯之土石移作其他用途時，容易有圖利他人之嫌。

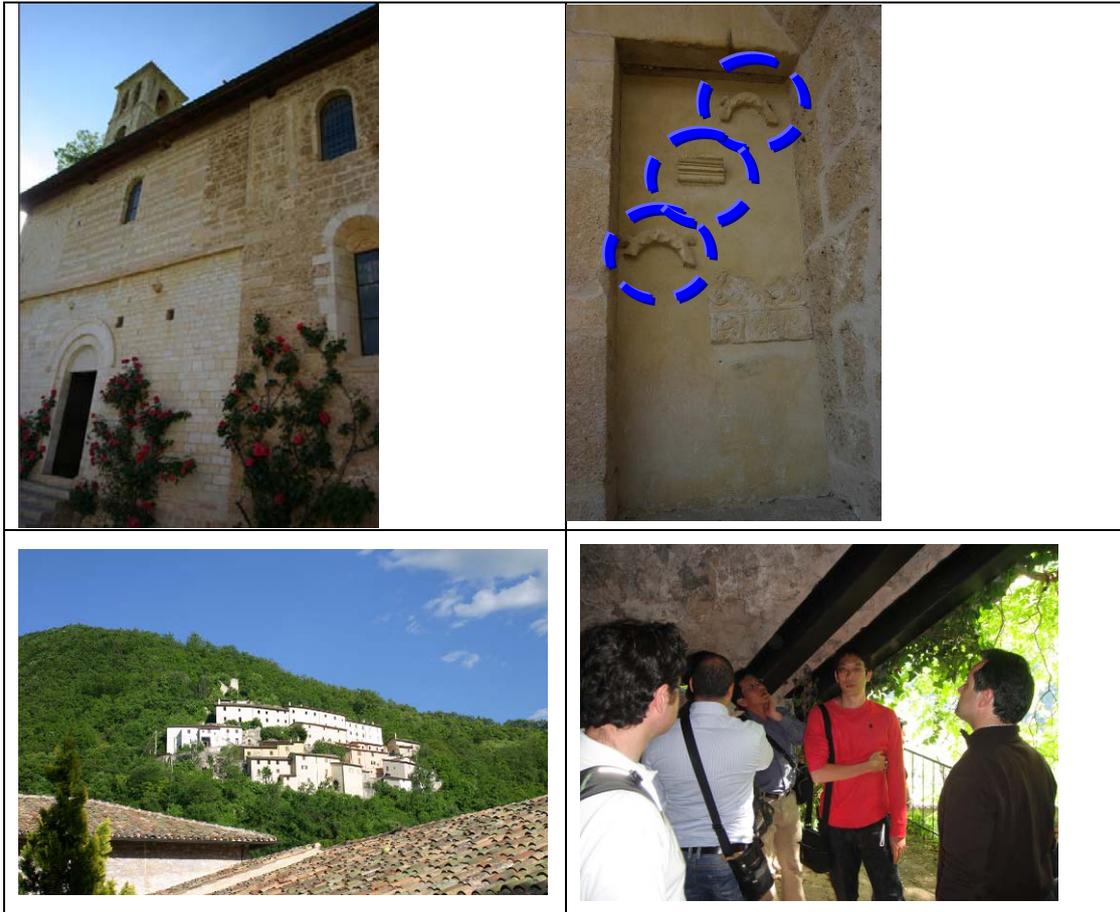
	
使用土石防護網進行土石流潛勢溪流整治	土石防護網施工迅速，並具有攔阻土石功效

	
<p>講解溪流整治工法之規劃原則</p>	<p>除編列整治工程經費外，另編列一定比例之保險費用，以支付災害發生時之救助經費</p>

照片 參觀 Piedipaterno 地區水土保持工程

#### 四、震後 Sant' Eutizio Abbey 教堂古蹟復舊

Sant' Eutizio Abbey 教堂是中古世紀因為居要交通要塞，且完成之年代甚早，故為義大利重要古蹟。1997年9月26日義大利中部 Umbria and Marche 發生地震後倒塌，許多工程建築重新拾起磚瓦慢慢拼接；過去也歷經過 15 世紀的大地震，該教堂也曾經幾乎摧毀。近期義大利政府為確保古蹟之安全，授權地方政府按照原圖復原教堂原貌，並保留其文化特色，除主結構之外，周圍過去僧侶居住之洞穴，以及其內的壁畫，也因為耐震考量，一併加固洞穴之支撐強度予以保存。復建過程中能讓地方民意能充分參與工程規劃，凝聚共識後，並充分溝通復救之重要性與必要性，工程始推動。義大利或其他歐洲國家人民與政府對於文化古蹟的重視，視其為重要的觀光資源與文化遺產，對於古蹟修復技術與工程耐震特殊考量也獨步全球，是亞洲新興國家包含我國近期學習的對象。



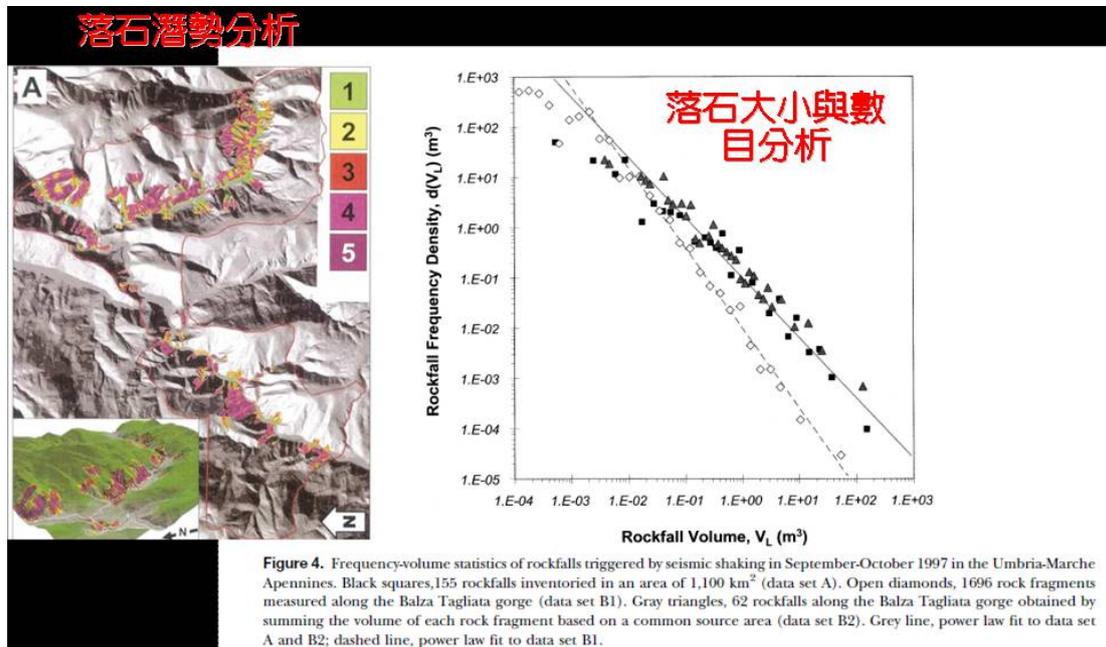
照片 參觀震後 Sant' Eutizio Abbey 教堂古蹟復舊

## 五、 Nera Valley 道路之落石風險

Dr. Guzzutti 實際帶領水保局參訪團至義大利中部 Nera Valley 的一條尚保留落石災害現場之已封鎖道路，該道路過去常發生落石災害，經 IRPI 落石數值模擬分析後，因報告結果顯示該段道路風險太高因而封閉。數值模擬分析過程前，Dr. Guzzutti 與其研究團隊來現場，細心測量每一顆落石大小，並且清點其數目，並建立落石大小與數目之關係圖，用以進行風險分析之輸入，其研究工作態度令人感佩，該工作雖耗時如牛步，但細心所完成的內容，對後續研究推動而言是一大步，值得我們學習。該路段各處之落石山崩潛勢成果如圖 4.X 所示，落石型態的山崩在義大利的公路安全問題上，是十分重要的課題，目前該研究成果已普遍用在義大利公路管理單位的維護管理應用。



Nera Valley 道路之落石風險



## 2.4 歐盟聯合研究中心

歐盟聯合研究中心(European Commission Joint Research Centre，簡稱 JRC)研發之內容有關防災部分，將提供監測和信息中心(The Monitoring and Information Centre, MIC) 分享並發布至歐盟各國參考，提供歐盟政府進行重大決策，故 JRC 的研發成果在歐盟扮演相當重要的角色。

雖然本次參訪並未實際參訪 MIC，但是對於其單位功能性與角色也藉由參訪過程中獲得瞭解，故本章首先針對 MIC 與 JRC 兩單位進行介紹簡介，而後再針對本次參訪 JRC 行程中與水保局業務相關的人民保護與安全研究所(IPSC)及環境與永續發展研究所(IES)進行介紹，最後再說明參訪 JRC 各研究群的研習內容與心得。

### 一、 歐盟監測和信息中心 MIC 簡介

#### (一) 的背景與運作架構

監測和信息中心 (The Monitoring and Information Centre, MIC)，由歐洲盟成立於比利時首都布魯塞爾，該中心運作於歐盟人道救援與人民保護組織(European Commission Humanitarian Aid & Civil Protection)之下，網址

[http://ec.europa.eu/echo/civil\\_protection/civil/prote/mic.htm](http://ec.europa.eu/echo/civil_protection/civil/prote/mic.htm)，MIC 中重要

任務為建置 Global Disaster Alert and Coordination System(GDACS)，而 GDACS 是 MIC 重要的即時災害發佈平台，對於歐盟各國防災是十分重要的平台，其網址為：<http://www.gdacs.org/index.asp>。

MIC 是人民保護溝通協調機制的核心，與目前歐盟各國成立的人民保護署相互溝通。它是一個員工採輪班工作的單位，24hr 待命，它是歐盟各國家可以保障人民生命財產安全的一個重要平台，任何國家重大災害的影響，可以透過 MIC 尋求歐盟內部或外部的援助。而

資訊平台的技術與防救災的相關科技則透過 JRC 研發之成果提供災情研判與預測模式之研究工作。

## （二）MIC 的功能角色

在緊急情況下 MIC 扮演三個重要的角色：

1. 通訊樞紐：當該中心啟動了緊急救援行動，則 MIC 扮演著一個聯絡交換和請求提供援助的關鍵樞紐點。此有助於削減 30 個參與國的行政負擔。它提供了一個中央論壇讓與會國可以擷取與共享信息，瞭解在任何時間點下，MIC 可用資源和可提供的援助。
2. 提供信息：MIC 傳播人民保護相關的訊息，而且回應參加國與廣大民眾各項有興趣的議題。根據這一作用，MIC 發布自然災害預警（MIC 日報），並且流通與更新正在進行中的緊急情況和機制的最新狀態。
3. 支持協調：MIC 透過這機制可促進協助所有歐洲的人民。這發生在兩個層面：在總部一級，各項資源的供需的匹配，找出需求援助的落差，並尋求解決方案，盡可能促進共同資源匯集；以及在災害現場，必要時任命歐盟的野外專家前往災難現場勘災。

## 二、 歐盟聯合研究中心 JRC 簡介

### （一）JRC 的背景與運作架構

在1957年，羅馬條約簽署兩項重要協定：一是建立European Economic Community (EEC)和另一個是建立European Atomic Energy Community (Euratom)。而聯合研究中心的前身是在Euratom條約下成立的。而Euratom的作用是促進核安全的聯合研究中心，在歐洲至今仍堅持此一目標的相關研究與推廣活動。目前European Commission Joint Research Centre (JRC) 總局坐落在地利時首都布魯塞爾，除上述核能議題外，歐盟更針對歐洲發展的各項人民生命安全、金融財務以及永續發展課題進行創新的科學研究。

JRC編制中研究人員佔約8成，行政業務人員2成，其計畫來源包

括歐盟直接編列預算之計畫以及歐盟其他組織、歐盟會員國委託、聯合國組織、國際組織，並積極於其他國家研究機構與工業界與學界合作，經費60~70%源自於產界研發或地方政府委託，而歐盟政府僅編列30%左右。

## (二) JRC 的研究機構

JRC 聯合研究中心共有 7 個機構分別位於 5 個不同的國家與城市，分別坐落於在比利時，德國，義大利，荷蘭和西班牙。各研究所分別是：

1. IRNM：The Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) 基準參考材料與測量研究所
2. ITU：The Institute for Transuranium Elements (ITU) 超鈾元素研究所
3. IE：The Institute for Energy (IE) 能源研究所
4. IPSC：The Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC) 人民保護與安全研究所
5. IES：The Institute for Environment and Sustainability (IES) 環境與永續發展研究所
6. IHCP：The Institute for Health and Consumer Protection (IHCP) 衛生和消費者保護研究所
7. IPTS：The Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) 前瞻性技術研究所

## Our Structure: 7 Institutes in 5 Member States

**IRMM** - Geel, Belgium  
Institute for Reference Materials and Measurements

**ITU** - Karlsruhe, Germany  
Institute for Transuranium Elements

**IE** - Petten, The Netherlands – Ispra, Italy  
Institute for Energy

**IPSC** - Ispra, Italy  
Institute for the Protection and Security of the Citizen

**IES** - Ispra, Italy  
Institute for Environment and Sustainability

**IHCP** - Ispra, Italy  
Institute for Health and Consumer Protection

**IPTS** - Seville, Spain  
Institute for Prospective Technological Studies

~ 2750 staff  
~ 330 M€/y budget (+ 40 M€/y competitive income)



圖 2-16 歐盟各國 JRC 的分布狀況

JRC 之組織架構在七個研究所之下仍設有研究團隊(unit)，而在研究團隊之下在細設研究組(action)。

而本次行程拜訪位於義大利北部 Ispra 市的 JRC，其擁有最多的研究中心，共有四個研究中心，分別為 IPSC、IES、IHCP、IE，營區佔地廣大且門禁森嚴，環境清幽宛若置身於深林之中，顯見其地位重要性。

### (三) JRC 的人民保護與安全研究所(IPSC)簡介

人民保護與安全研究所 ([Institute for the Protection and Security of the Citizen](#), IPSC)位於義大利 ISPRA，所長是 Stephan LECHNER。該研究所的科學和技術主要支持歐洲聯盟與各國政府在許多不同領域的政策，包括全球穩定和安全，危機管理，海事和漁業政策，監測農業資源，合格產品的監控，保護關鍵基礎設施和核能安全保障措施。此外，該研究所亦進行相關統計和分析，提供有效的政策評估。

IPSC 的核心能力還有野外的工程實務經驗和資訊技術能力，包括衛星圖像處理和分析，以及開放程式碼的開發與資料分析，對於各

項災害的快速評估技術該單位已積極發展。另透過結構力學的分析，制定遭受災害後的風險與危機處理機制，尤其對於核能安全的重視。

其致力於各項分析模擬與發展出新的危安應用成果，核心技術在於資訊通訊技術、工程分析、複雜系統。IPSC工作主要重點在方法的發展、改進並進一步評估後，進展到輔助應用系統之雛形。IPSC不執行操作性與系統管控等勞務性服務工作，主要是研發技術轉移。目前IPSC有三大發展主軸：

#### 1. Remote sensing and data analysis：

- (1)技術主軸：影像判釋與分析、網路資料探採技術與智慧系統研發與統計資料探採技術、地理資訊空間技術分析、GPS與導航、風險分析。
- (2)應用方向：危機管理工具開發、災損與需求評估、智慧型開程式碼、快速野外調查、荒蕪地偵測、穀物預估、糧食防護措施、海洋探查、儲油氣槽監控、漁業資料的管理。

#### 2. Engineering, simulation and testing：

- (1)技術主軸：寬波長的測試平台、結構工程、風險分析、風險評估與風險管理、非摧毀性核能量測方法。
- (2)應用方向：雷達與電信技術、關鍵網路基礎設施、營建材料標準化、關鍵交通設施、關鍵公共設施的分類、認證與產銷追跡、核子安全保障

#### 3. Statistical modeling

- (1)技術主軸：財務計量經濟、建構特定領域的指標，包含綜合性指標，Ad hoc統計以及計量經濟、不確定性與敏感性分析
- (2)應用方面：環境表現指標、存款保證方案、終生學習指標

#### (四) JRC 的環境與永續發展研究所(IES)簡介

環境與永續發展研究所 (Institute of Environment and Sustainability, IES)同樣位於義大利ISPRA，目前所長是Leen Hordijk。健康的環境是歐洲可永續發展的基石之一，歐盟各國擁有的自然和文

化遺產定義其具有共同的歐洲血緣，因此為當代和後代保護這一切是其最大的責任。JRC的IES具有最尖端的研究者，涵蓋各項環境科學相關的技術應用範疇研究，因為有研究為基礎，所以可以具體提供歐洲各國政府進行各項環境政策。此外，IES與歐洲環境局(European Environment Agency)和歐洲航天局(European Space Agency)一直都是重要合作夥伴，IES提供尖端的基礎和應用研究成果，除扮演社會環境研究的關鍵角色。IES利用其專業知識和先進的設施設備，與全球主要國際組織積極拓展共同合作關係。未來幾年有四個優先事項將推動：

1. 環境與繁榮：堅信重視環境問題不是阻礙提昇歐洲的競爭力的絆腳石；相反地，要讓歐洲成為世界上最具競爭力的知識型社會，環保重視一個關鍵目標。
2. 環境和團結：共同目標是提供所有歐洲公民可平等擁有並接近一個健康的環境，同時，我們體認到薪火相傳與團結的重要，各世代間必須秉持正義公平，讓後代仍可選擇自己優先的發展事項。
3. 環境與安全：很多人都關心各項潛在威脅將影響生命的和財物的完整性。無論是自然災害或人類活動所造成的環境威脅，IES的研究目標與承諾就是減少各項環境風險。
4. 全球視野：歐洲有出口世界各地自然資源的壓力，當然也將面臨在世界其他地區造成環境衝突的後果。

綜言之，JRC 的 IES 下的土地管理與天然災害研究所對於歐洲都會區與鄉鎮的發展掌握以下三項重點：

1. 全球氣候變遷對天然災害規模與頻度的影響與預測
2. 災害對既有都會地區發展的影響，提出因應對策與防災策略
3. 發展社經模型預估未來開發區域，遠離天然災害威脅，避免不當過度開發。

另外，IES 定期提供歐洲環境局(European Environment Agency)關鍵性的數據與成果，並完成「Ensuring quality of life in Europe's cities

and towns」報告，可見 JRC 各項研究成果主要在提昇與改善歐盟各國的生活水準，並極度重視歐洲的永續發展。相關報告請見網站。  
(<http://www.eea.europa.eu/publications/quality-of-life-in-Europes-cities-and-towns>)

### 三、 參訪 JRC 之研習重點

#### (一) 參訪之研究群簡介

6/3參訪當天早上，首先由所長Dr. Stephan Lechner接見，並後續先由其助理Mr. P. Malinverni簡介未來兩天之參訪行程，並介紹IPSC的研究現況與經費來源。本次參訪共有五個研究團隊(unit)，分兩天參訪，分別是IPSC研究團隊(unit)有三單位，以及IES研究團隊(unit)也有兩單位，各研究群之研究任務特色簡述如下：

1. IPSC的Global Security and Crisis Management(簡稱GlobeSec unit)研究團隊(unit)，其主要負責全球危安與危機管理相關機制與體系建立。其中Crisis Monitoring and Management Technologies (CRITECH ACTION)研究組的研究任務相當重要，其必須負責各項天然災害監測技術與發布平台之系統研發，例如：海嘯與火山之監測工作與整合發佈平台，以及地震速報、熱帶氣旋或颱風的預報系統。
2. IPSC的European Laboratory for Structural Assessment (ELSA) 研究團隊(unit)，其負責歐洲結構物耐震設計規範制定，目前已制定完成EUOCODE 8並負責推廣教育以及振動台試驗研究，參訪震動平台以及快速復救之工程技術研發成果。
3. IES的 Land Management and Natural Hazards研究團隊(unit)，旗下有SOIL Action，其研究內容為土壤地表侵蝕、崩塌地與土石流潛勢，以及坡地災害相關潛勢圖與法規制訂為主。
4. IES的Land Management and Natural Hazards研究團隊(unit)，旗下有FLOODS Action研究群，主要發展歐陸的氣候模式，並以暴雨與洪水預報為其研究主軸，擅長氣候變遷下的極端氣候模擬與目

前國內關心之議題十分相近。

## (二) JRC研習課程內容

### 1. 災害發佈資訊平台

IPSC 的 Global Security and Crisis Management(簡稱 GlobeSec unit) 以及 Crisis Monitoring and Management Technologies (簡稱 CRITECH), 負責發展 Global Disaster Alert and Coordination System(簡稱 GDACS 系統), 是歐盟監測和信息中心(MIC)重要的災害訊息發佈平台。該研習由 Dr. Tom De Groeve 說明目前歐盟發展的 GDACS 系統, 該系統中涵蓋風險分析與衝擊影響分析, 概念如下:

(1)風險分析(Risk analysis), 包含 Hazard(發生規模與機率)、

Population(人口分布)、Vulnerability(易損性)三要素, 上述任何一項為 0, 即事件發生機率 0, 意即無人口位於地質敏感區之危害區域, 或危害不影響人口安危。則風險為 0, 即無損失。

(2)衝擊影響分析(Impact analysis), 則包括境況模擬的 event

magnitude(事件規模)設定、Population in affected area(受影響人口範圍)、Vulnerability(受影響人口之傷亡率)。

GDACS 尚在持續研發當中, 網頁為

<http://www.gdacs.org/index.asp>, 目前服務之特色如下:

1. 全球地震、颱風、洪水、火山爆發、海嘯即時警報資訊
2. 每日複合型災害日報發佈(Multi-hazard daily newsletter)
3. 可以訂閱免費 e-mail、簡訊等接收最新災害訊息
4. 利用 Google Map 平台進行 Web-GIS 瀏覽、KML 格式檔案下載
5. 系統核心仍朝向 Open GIS 的開放程式碼架構發展

研習中過程中, 水保局參訪團隊也展示了台灣水保局的 FEMA 系統「土石流防災資訊網」, 並介紹台灣土石流防災實際操作狀況, 並分享莫拉克後台灣救災體系運作情形, 簡報內容十分吸引與會的 JRC 學者並獲得讚許, 並期望與台灣地區坡地防災資訊發佈平台系統

進行進行交流。因 GDACS 是以全球的格局進行發展，JRC 希望能進一步能整合台灣的災害資料進入平台中，期望台灣水保局未來能協助提供相關即時災害資訊，並進行技術與資訊交流。近期台灣地區有地震、崩塌地、土石流、洪水等災害事件，尤其全球氣候變遷之議題，是歐盟 JRC 亟需獲得的研究資源，故深深吸引歐盟 JRC 與台灣能針對天然災害基本資料之交流與合作研究。



GDACS 系統中的風險分析(Risk analysis)與衝擊影響分析(Impact analysis)架構



介紹其研發之全球災害預報平台 (GDACS) 系統

JRC's role in GDACS		Bridging gaps		
	Data collection	Global aggregation	Standard dissemination	Affected area estimation
Volcano Monitoring Networks	some	lacking	developing	developing
Earthquake Observation Networks	mature	mature	developing	developing
Flood Watch Networks	developing	developing	developing	developing
Trop. Cyclone Observation Networks	mature	mature	lacking	lacking

全球災害預報平台 (GDACS) 系統仍持續研發修正中



介紹本局「全流域土石流防災策略」



休息時間熱烈分享討論互動

The screenshot shows the GDACS website interface. At the top, there is a logo for GDACS and a brief description: "The Global Disaster Alert and Coordination System provides near real-time alerts about natural disasters around the world and tools to facilitate response coordination, including media monitoring, map catalogues and Virtual On-Site Operations Coordination Centre." Below this is a navigation menu with tabs for "Alerts", "Coordination", and "About GDACS". The "Alerts" tab is active, showing "Current events", "Archive", "My alert account", and "About alerts". The main content area is titled "Current Disaster Events" and includes a "Reload page every 60 seconds" checkbox. A list of recent events is displayed, including "Earthquake Japan" (4 hours ago), "Earthquake India" (12 hours ago), "Earthquake Vanuatu" (9 Jun 2010), "Flood USA" (11 Jun 2010), and "Flood Pakistan" (6 Jun 2010). Below the list, there is a note: "Events in this list are picked up from multiple sources and automatically analyzed by a computer program to determine the likelihood of humanitarian intervention. News, damage maps and humanitarian situation reports are collected automatically from over 1000 on-line sources." There are also filters for "Showhide" (Earthquakes, Cyclones, Floods, Volcanoes, All) and a section for "Earthquakes and tsunamis" with an "RSS" button and "Archive" link. A world map is shown on the right with "Full map view" and "Google map view" links. The map displays mouse coordinates: -61.87500, 34.33057. Below the map is a "Reports and Documents" section with a "See all documents" link. At the bottom, there is a "Volcano eruption in Iceland" section with a "JRC 17/04/2010 21:00:00 GMT" timestamp.

圖 2-17 GDACS 系統畫面展示

GDACS: Global Disaster Alert and Coordination System

Europe Media Monitor - Newsbrief  
Europe Media Monitor - Medsys



<http://www.gdacs.org/>



<http://medusa.jrc.it/>

<http://press.jrc.it>

圖 2-18 GDACS 系統畫面展示

**地震通報**

GDACS automatically runs an impact model before or just after the occurrence of each earthquake, tropical cyclones, flood and volcanic eruption and alerts the humanitarian response community.

**海嘯通報**

Tsunami wave height and propagation is calculated in real time after major earthquakes. Minutes after an earthquake, pre-calculated scenarios are used to alert first responders.

**洪水通報**

JRC's satellite-based flood monitoring system allows the automatic daily detection and mapping of major floods. The example shows the 2008 floods of the Brahmaputra in India.

**重大疾病防疫通報**

Early warning and alerting based on automatic media monitoring, for instance for health emergencies.

**洪水災損情形**

The map shows the city of Gonaives after the passage of the hurricanes Fay, Gustav, Hannah and Ike in 2008. Quickbird and Worldview 1 data have been classified to delineate the affected area. Damaged bridges and roads (flooded or mud covered), as well as rivers and water channels were digitized after visual interpretation.

圖 2-19 GDACS 災害發布類型

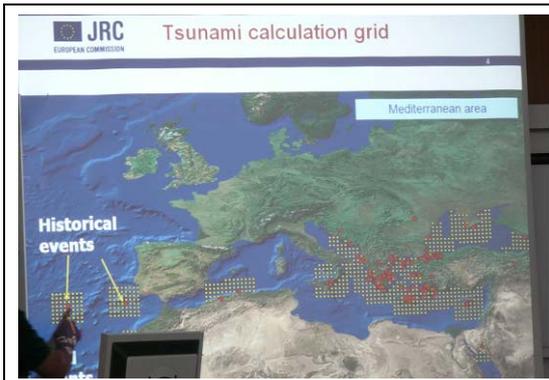
## 2. 海嘯預警系統即時發佈

IPSC 的 Crisis Monitoring and Management Technologies (CRITECH) 研究群，派 Alessandro Annunziato, Giovanni Franchello 兩位學者介紹目前在 GDACS 中海嘯預警系統即時發佈系統。歐洲地中海曾發生過海嘯，所以臨近地中海海岸地區的國家，對於海嘯議題十分重視，所以 JRC 研發海嘯預警系統包括模擬軟體技術以及警報發布硬體設施。

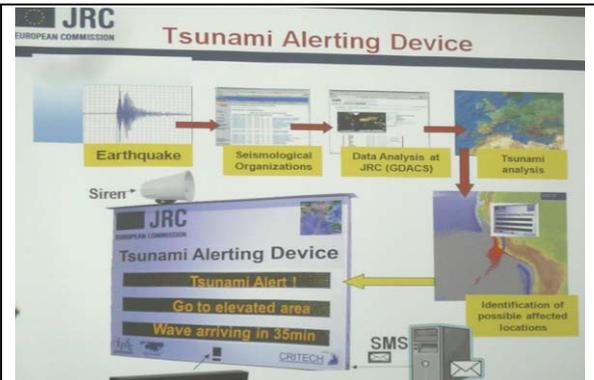
海嘯預警系統運作概念上，先採過去歷史地震之震央鄰近區位進行預先模擬海嘯，一旦大地震發生震央確定後，隨即可將預先模擬計算點位附近的成果，立即發佈海嘯消息。而即時運算較為精確之資訊，將隨時間增加，可以演算之範圍與距離也隨之增加；故近距離而言，系統可以於數秒鐘計算完成，而太平洋兩岸距離較遠的分析則因計算耗時約達 50 分鐘。故總言之，目前計算速度可以快過海嘯傳播速度，所以海嘯預警系統即時發佈之概念可行。

另外，室內講習後，JRC 研究員也帶領水保局參訪團至戶外實際操作海嘯警戒裝置(Tsunami Alerting Device)之運作方式，JRC 希望未來能廣設在歐盟各國海嘯高潛勢之海岸邊，迅速發布海嘯警戒。IPSC 研究人員 Dr. Alessandro 實際示範，由手機將訊息發佈於警戒告示板上，模擬 GDACS 發布海嘯警報時，透過衛星電話傳送訊息給海嘯警戒裝置的機制。

研習過程中，歐盟 JRC 表示期望台灣分析能加入歐盟的發佈範圍，因為台灣也屬於地震密集帶上，對於東南亞的海嘯具有一定的影響程度，其希望國內有研究團隊可以與其交流，其願意協助台灣進行海嘯模擬計算，補充 GDACS 在亞洲的海嘯模擬的不足。IPSC 期能與我國災害基本資訊與防救災經驗交流，亦願意分享歐盟發佈之各項災害資訊警戒給我國。



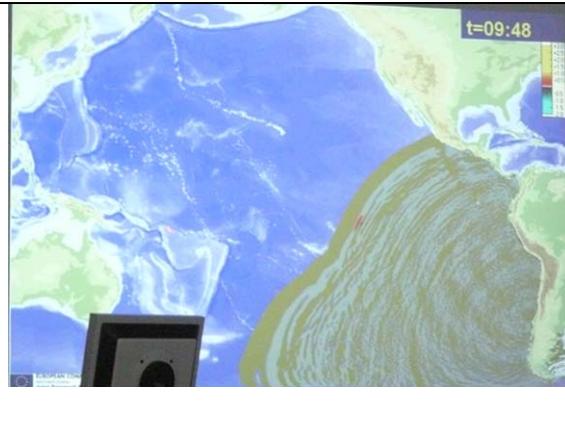
歐陸臨海的歷史地震事件



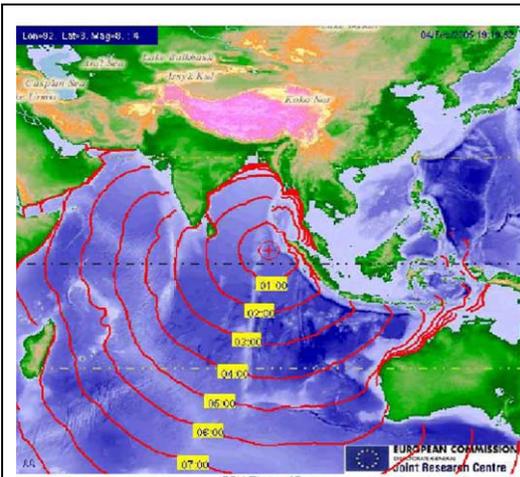
海嘯警戒發布與相關發布裝置運作圖



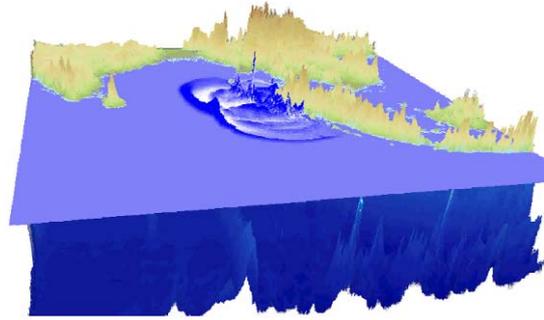
Mr. Alessandro Annunziato, Mr. Giovanni Franchello 以過去大地震之震央 (紅點)鄰近之區位(黃點)進行預先模擬海嘯。



模擬 2010/2/27 智利 8.8 級地震海嘯，右圖紅色部分為浪高相對較高的區域



Calculation of the Tsunami Travel Time in the Indian Ocean

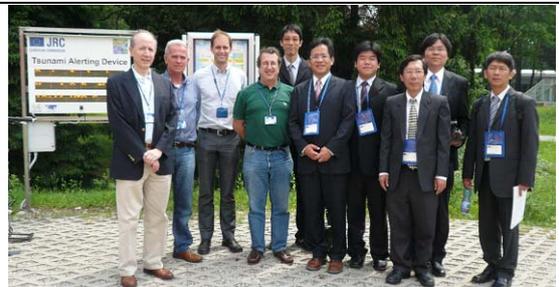
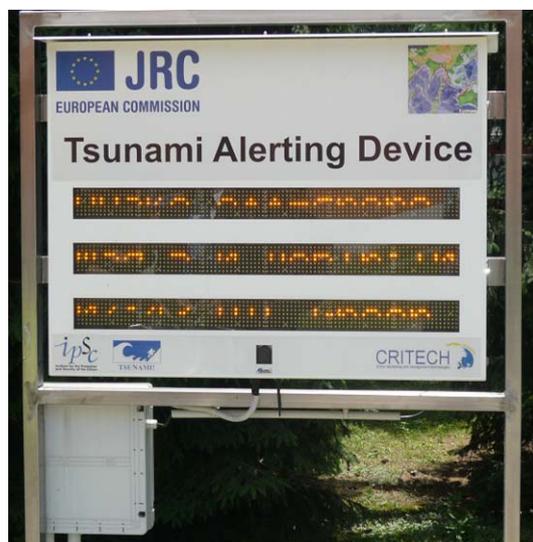


3d visualization of the Tsunami calculation performed with the SWAN-JRC model

CRITECH 研究群展示南亞大海嘯傳播時間等時間圖，以及海嘯模擬成果視覺呈現



介紹全球災害預報平台（GDACS）系統，各種災害自動運算機制



IPSC 研究人員 Dr. Alessandro 示範，由手機將訊息發佈於警戒告示板上。

### 3. 山崩潛勢分析

首先向水保局考察團說明該研究群之研究重點著重於天然災害與環境永續經營，因為 IES 強調歐陸環境之永續經營故針對天然災害威脅及影響生命財產安全的研究十分重視。

因為坡地災害與水保局土石流災害業務相關，所以派其下負責坡地災害的 SOIL ACTION 進行研究介紹，研習會中分享之重點如下：

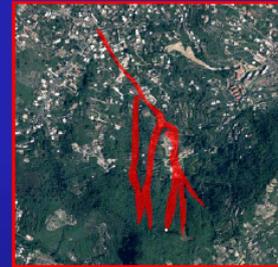
- (1) 其實過去 SOIL ACTION 的業務是執行土壤圖製作，其有別於地質圖，其探討地表土壤風化、發育以及沖蝕等課題，近期而歐陸之土壤土將陸續更新與改版並提升比例尺。
- (2) 近期因為坡地災害嚴重，影響人民生命財產，故歐陸坡地災害研究成為 SOIL ACTION 之重要任務。歐陸面積廣大，為快速產製山崩目錄，必須要研發衛星影像自動判釋地表特徵物的技術，期能快速獲得山崩目錄資料，而且品質過程與技術是歐盟亟需研究的工作。
- (3) 歐盟建立坡地災害相關圖資目前分為三個階段，第一階段，地圖比例尺約一百萬分之一，針對歐盟各國既有圖資先進行分析，第二階段，提昇至兩萬四千分之一，第三階段提供至五千分之一。
- (4) 山崩潛勢分析已規劃採用斜坡單元，並選用羅吉斯回歸，雖然 IES 目前已嘗試部分的研究區域，但是未來仍有許多待克服的技術與量產的問題。



## HISTORICAL DOCUMENTS & FIELD SURVEYS



**Falterona landslide - S. Godenzo (FI) 15 may 1335**  
described by Giovanni Villani in "Cronica Fiorentina" -  
Manuscript del XIV sec. Biblioteca Riccardiana, Florence.



**Extremely rapid mud-debris flow 30 april 2006, Ischia Island,**  
4 casualties.

圖 2-20 透過歷史文獻蒐集以及衛星影像蒐集坡地災害目錄資訊

## RISK ANALYSIS IN THE ITALIAN MUNICIPALITY

The Attention level at the municipality scale is obtained overlapping the landslide layer and the vulnerable elements layer

-  **Very high**, intersection with urban texture, industrial and commercial settlements;
-  **High**, interference with lifelines, borrow pits, waste dump sites, construction works;
-  **Moderate**, for farmed land, woods, urban green areas and playgrounds;
-  **Negligible**, absence of landslide phenomena

**5565 municipalities out of 8101 (69%) are affected by landslides**

- **Very high: 2820 municipalities**
- **Negligible: 2536 municipalities**

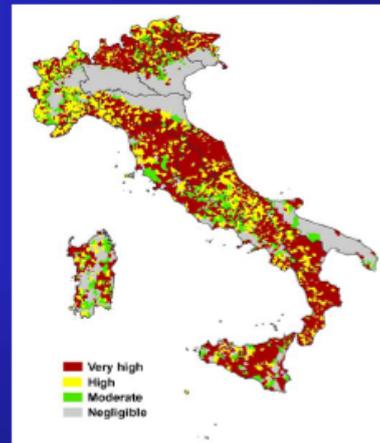


圖 2-21 IES 未來將陸續完成歐陸的山崩潛勢分析圖用於防災與土地規劃

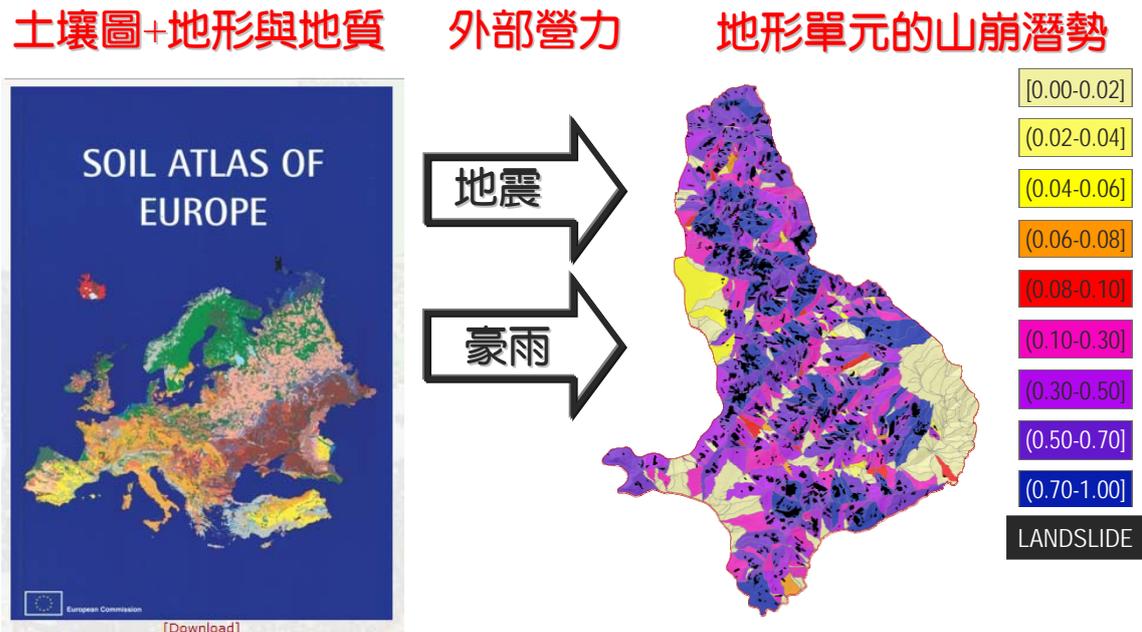


圖 2-22 考慮各地文與水文特性後完成地震以及豪雨誘發之山崩潛勢圖

#### 4. 淹水潛勢分析

邀請 Land Management and Natural Hazards 研究團隊中 FLOOD ACTION 的研究組長 Ad De Roo 先生以及研究人員 Jutta Thielen-del，介紹目前 JRC 研發之歐洲洪水預警系統(European Flood Alert System, EFAS) 運作架構。歐盟的 EFAS 目前已考慮全球氣候變遷的氣候模型，並提供未來極端氣候事件下的洪水頻率分析。圖 2-23 為 EFAS 的運作架構，系統的網頁畫面如 2-24 所示，其特色摘錄如下：

- (1)目前系統的主要測驗區域是波蘭、義大利北部、法國。機率模式進行長期預測為主，因為短期預測如隔天的天氣已經有當地的國家氣象局負責，故歐盟將就以集水區觀點進行研究。
- (2) EFAS 主要提供未來 10 至 15 天的氣候狀態，以及計算各網格一天有兩次之洪水位預報值。目前以網格 5kmX5km 為主進行分析，而 1km 尚研發當中。
- (3)EFAS 採用 GIS Open source 的發展環境，值得台灣參考。
- (4)因為歐陸面積大流域長，所以上游國家之豪雨可能造成下游國家之洪患，必須要提前預警。JRC 研究員建議台灣可以與大陸及鄰近

國家形成氣候災害聯盟，一同抵禦降雨引致之天然災害。

(5)在氣候變遷下透過 EFAS 分析城市人口因洪水影響生命財產安全之風險(如圖 2-26 所示)

(6)EFAS 可提供洪水預報給 18 個歐盟會員國，並且透過歐盟的氣候模式，考量全球暖化下預先計算未來 100 年後，全歐洲不同區域的洪水潛勢情形，即歐陸各集水區流域的洪水位，可以提供歐盟各國提前進行國土規劃與防災策略研擬。

(7)相關資訊可參考網頁

<http://efas-is.jrc.ec.europa.eu/>

<http://floods.jrc.ec.europa.eu/efas-flood-forecasts.html>

<http://floods.jrc.ec.europa.eu/efas-flood-forecasts/efas-user-information.html>

<http://floods.jrc.ec.europa.eu/climate-change-impact-assessment.html>

該講習中 FLOOD ACTION 的研究成果值得台灣相關權責與研究單位參考，與歐盟 JRC 請益關於氣候模式之建立，以及氣候變遷模式下的洪水潛勢評估技術，以及後續國土規劃之相關應用，期能推動國土永續經營的相關研究與思維



Land Management and Natural Hazards 研究群中 FLOOD ACTION 的研究人員介紹目前 JRC 研發之歐洲洪水預警系統(European Flood Alert System, EFAS)運作架構



EFAS 實際展示情形並進行討論



圖 2-23 歐洲洪水預警系統(European Flood Alert System, EFAS)的運作架構

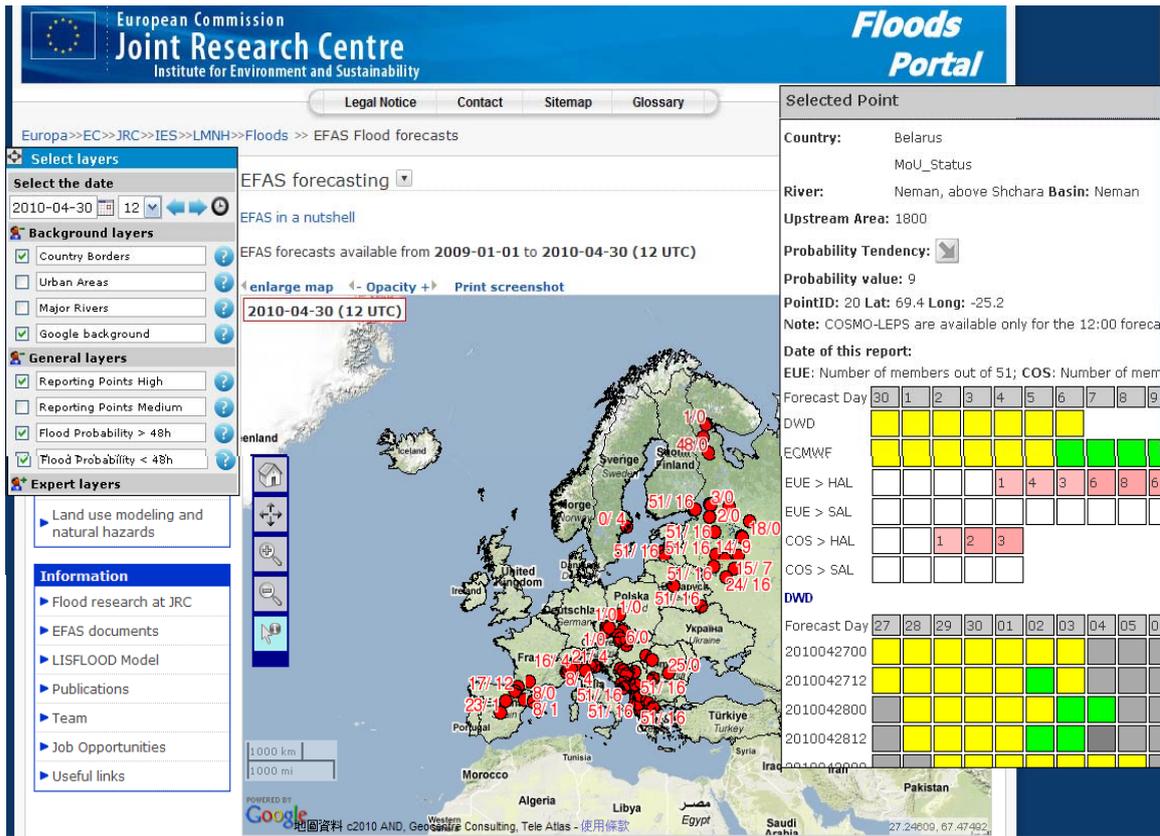
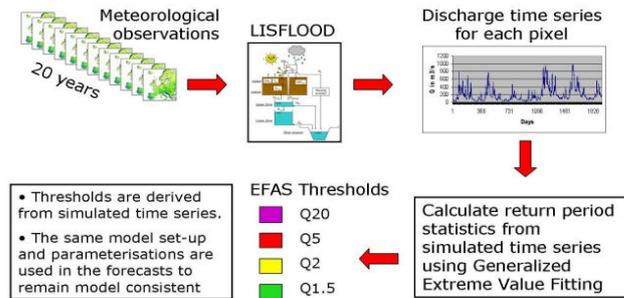


圖 2-24 EFAS 洪水預報系統網頁畫面

EFAS alert levels

EFAS alert levels are based on a 20 year model run using observed meteorological data as input. A generalized extreme value fitting procedure was then applied to the discharge output maps to obtain return periods for each pixel. The return periods are then associated to EFAS alert levels as shown in the schematic overview and as described below:



洪水警戒發佈

歐陸流域大且廣，上游國家雨量資料可以提供下游國家警戒

EFAS threshold	Colour	Hazard description
S (severe)	■	Alert level corresponds to a simulated flood event with a return period of >20 yr. Potentially severe flooding is expected.
H (high)	■	Alert level corresponds to a simulated flood event with a return period >5 yr and <20 yr. Significant flooding is expected.
M (medium)	■	Alert level corresponds to a simulated flood event with a return period >2 yr and <5 yr. Bankfull conditions or slightly higher are expected. If flooding occurs no significant damages are expected.
L (low)	■	Alert level corresponds to a simulated flood event with a return period >1.5 yr and <2 yr. Water levels higher than normal or up to bankfull conditions, but no flooding is expected.

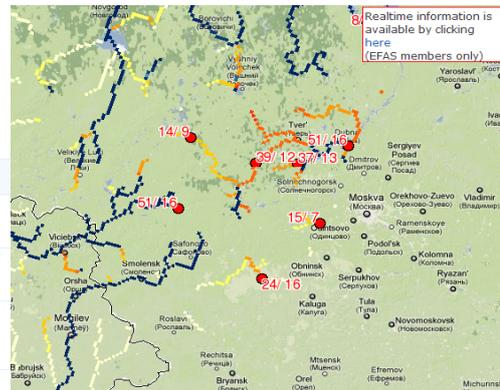
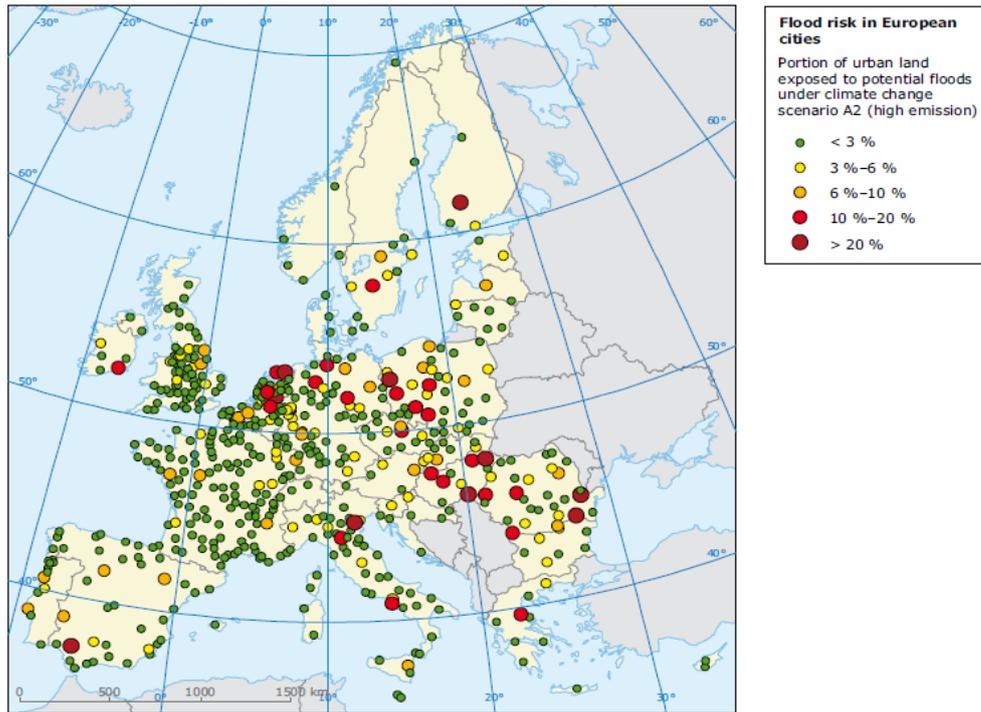


圖 2-25 EFAS 洪水警戒發布流程



**Note:** Several major European cities (> 100 000 inhabitants) are potentially exposed to flood events (return period 100 years). This is a no-action scenario and coastal floods are not included.

**Source:** Hiederer et al., 2009b.

圖 2-26 在氣候變遷下透過 EFAS 分析城市人口因洪水影響生命財產安全之風險

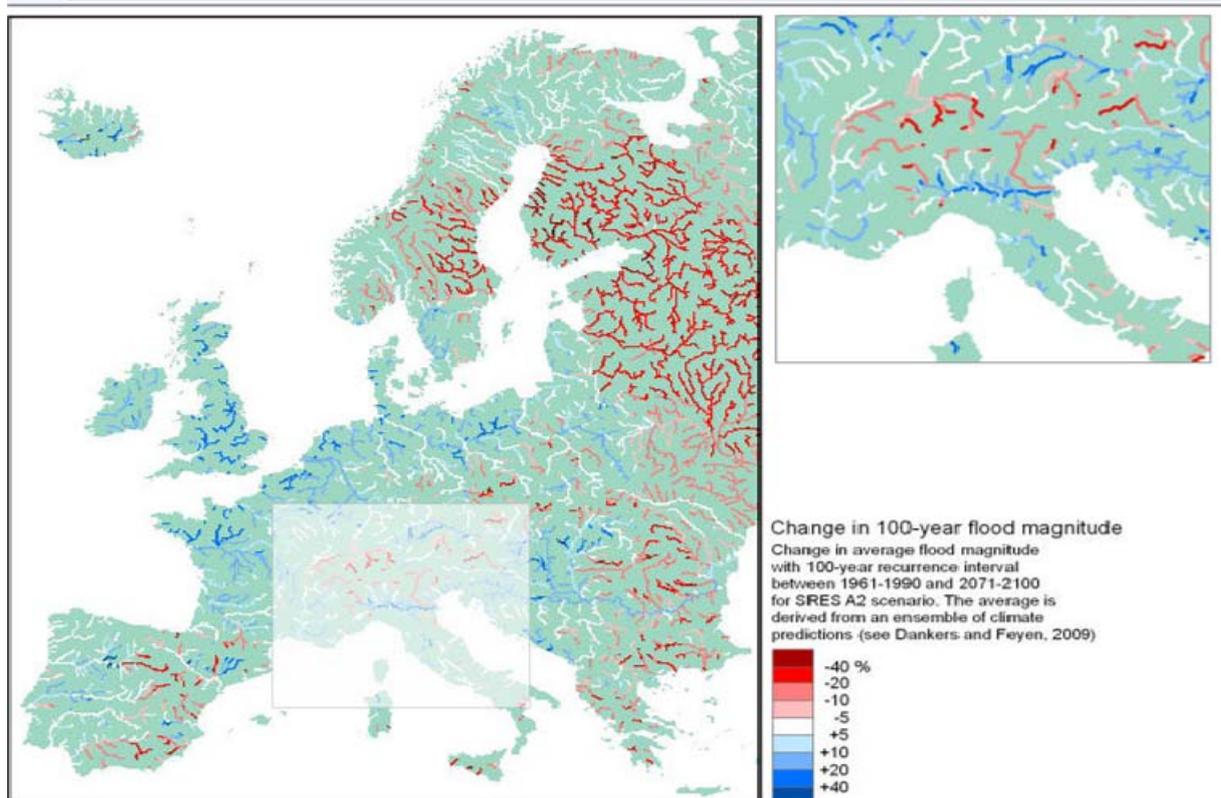


圖 2-27 歐陸氣候變遷下未來淹水之潛勢與風險

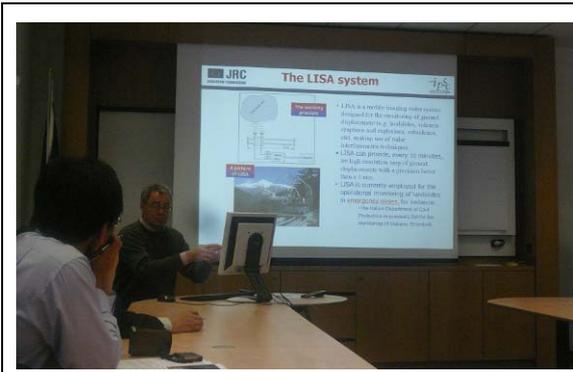
## 5. 遙測技術監測火山

南部小島 Stromboli 火山於 2002 年底爆發時威力驚人，不僅造成山崩還引發 10 公尺高的海嘯，沖毀靠近海岸的房舍，迫使西西里島北面的村民全數撤離。2007 年 3 月 1 日火山再度爆發，義大利政府不敢掉以輕心，除了嚴密監控火山活動的狀況，同時下令居民撤離到海拔 10 米或以上的地方，鄰近的帕納雷阿島和利帕里群島亦發出類似的安全呼籲。

近期 JRC 的 IPSC 研究所研發出的 Linear SAR Facility(LISA)地面合成口徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)技術，成功應用於 2002 年義大利南部小島 Stromboli 火山的監測任務。希望能提前預警火山爆發所造成的山崩，透過 LISA 儀器可以偵測相對於 LISA 儀器方向的火山體位移量，進而將位移量的大小資訊傳給義大利人民保護署判釋，瞭解目前的火山爆發潛勢與危及狀態。目前系統可以每隔 15 分鐘傳輸一筆資料，並且系統計算出每隔一小時之細微變化量，同時再與前期的資料進行比對計算其差異量，瞭解目前火山體之變形行為。每天定期會發佈一次報告給義大利人民保護署，連續長時間監測可以發現火山活動與變化量之關係圖。

目前 LISA system 已成功應用於水庫壩體的變形監測、山崩潛移監測、火山活動監測。並且已有商業化產品可以提供服務。該系統特性是不受天候影響，且可移動觀測機動性高，可對於小面積之區位進行變形量密集觀測。研習中 JRC 研究員說明 LISA system 之精度可達 mm 級，相信台灣地區岩體滑動的潛移型山崩可以嘗試發展該技術進行監測。

LISA system 僅能監測移動速度相對小地貌變化，JRC 研究員說目前正在研發新一代的系統稱為 Melissa (Mimo Enhanced Linear Short Synthetic Aperture)，主要用在偵測移動中物體的動態空間資訊。目前該技術與義大利 Florence 大學的地科系 Prof. NICOLA CASAGLI 合作，以及義大利 CNR-IPRI 合作。



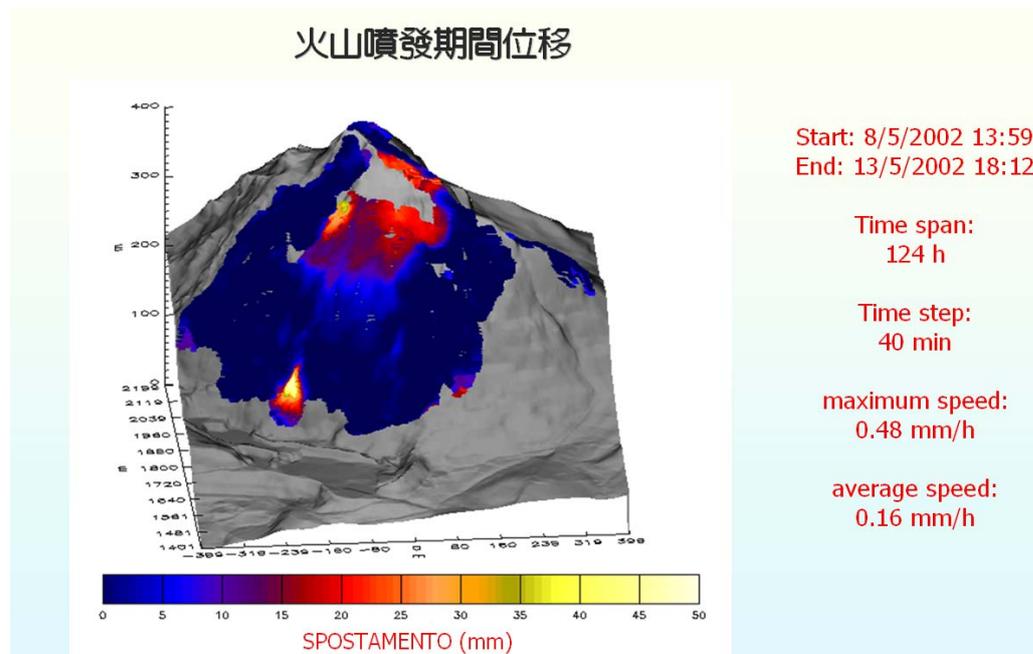
IPSC 研究所介紹自行研發之 Linear SAR Facility(LISA)，地面 SAR 的技術。



Stromboli 火山 2002 年火山引發山崩落海造成海嘯



2007 年 3 月 1 日 Stromboli 火山再度噴發



## 6. 地震工程與結構安全

地震工程與結構安全研習議題則參訪 IPSC 研究所內的 ELSA (European Laboratory for Structural Assessment)研究群, 由 Dr. Pinto 負責介紹, 其為 ELSA 中 SafeConstrcut-Action 的組長, 負責結構安全相關分析研究工作。研習內容中說明 JRC 在地震工程與結構安全的研究議題任務上, 重點如下:

- (1) 主要針對歐洲的結構物特性, 實施歐陸自己的建築法規(稱 EUOCODE), 目前已至第八版。因為歐陸各國有歷史之淵源, 其結構物型態類似, 尤其古建築與古蹟是結構物防震的重要議題, 不同於其他文化背景的國家, 期望透過法規的制定讓歐陸的結構物加固與補強, 以及新建築可以符合實際抗震需求。
- (2) 辦理 Eurocode 的教育訓練與國際推廣。
- (3) 除制定建築法規外, 研發快速修復橋樑的相關材料與工程施工技術亦為其重點。研究團隊採用碳纖維以及玻璃纖維的材料, 製作模組化可以組合的橋樑相關組構, 強度經得起測試, 結構也十分輕盈, 組裝快速。對於抗震或是災後重建而言是一個前瞻性的研究。
- (4) 該團隊亦透過數值模擬進行恐怖攻擊後車廂與車站的破壞型態分析, 進而提供歐盟針對現行的車廂與車站進行必要之加固。
- (5) ELSA 研究群因有結構物震動平台的試驗環境, 故可對於核能的附屬設施以及歐洲特殊的建築結構進行相關振動試驗, 目前已廣泛跟日本、美國 PEER、以及台灣地震工程研究中心進行合作研究。



參訪 ELSA 振動平台



參訪團隊與 Dr. Pinto 合影留念

JRC 研究團隊設計之系桿拱橋的模組化橋面版

**1. 設計觀念專利**

**2. 建構雛形 – ELSA laboratory**

**3. 執行測試項目**

- 裝置時的檢核荷載與應變 (形成拱型過程)
- 驗證可服務的載重 (約20噸重)
- 檢驗反作用力在(a)標準型態與(b)系桿拱橋形成
- 檢驗極限荷載(可容許)

圖 2-28 JRC 研究團隊設計之系桿拱橋雛形

### 第三章 心得與建議

此次參訪主要瞭解歐盟防災體系經驗以及相關防災研究單位之研發成果，瞭解其地震、土石流、崩塌地、洪水、火山、山林火災等天然災害之監測技術與預測模式之研發過程，以及實際災體系之運作，並提出以下幾點心得與建議：

#### 3.1 防災體系運作機制

1. 歐洲陸域集水區流域廣、水系長且坡度緩，流域常跨國界，若詳實分析上游國家的雨量站資訊，則可以預測下游國家的淹水潛勢，歐盟成立後整合集水區上下游國家的防災體系資源，此防災管理的思維，值得台灣學習。
2. 歐盟如此龐大的跨國行政系統，如何解決各國家、各行政部門、單位資料格式不統一，以及即時回報災害資訊的機制建立，值得進一步瞭解與學習。
3. 全球氣候變遷下，發生重大災害之頻度與規模將加劇，嚴重影響人民生命財產安全，建議雙方可針對重大災害發生之救災指揮過程經驗進行案例分享。

#### 3.2 工程整治思維

1. 重視工程與環保兼顧：在義大利中部石灰岩的山區地形下，Marmore 瀑布附近開發多處集水井匯集地伏流水，進行發電與供水的工程，其同時又能兼顧節能減碳需求，以及環保、觀光、文化等保存，創意的思維令人佩服，值得台灣學習。
2. 道路阻斷潛勢評估實際應用：義大利地形陡峭，公路沿陡峭之山壁開鑿，落石為其公路的主要崩塌災害類型之一，為維持道路安全，將高潛勢疑慮路段封鎖，安全第一。政府在不影響區域發展前提下，中斷道路不修復，並且鼓勵作為現地實驗與學術研究取材的示範區域，值得學習。
3. 落石整治兼顧生態：義大利政府防落石工程或是野溪土石流防護，鮮少使用噴漿混凝土，普遍使用落石防護網與鋼索網，避免

破壞生態與景觀。其可行性值得台灣工程參考。

4. 防砂設施清淤棘手：防砂壩在台灣山區有效攔阻土砂，但當淤積嚴重後，目前清淤問題仍十分棘手，同樣在義大利也同樣面臨同樣問題，專家皆認為土砂骨材合宜，應該適度的可以成為有價資源。

### 3.3 災害研究新議題與思維

1. 義大利與台灣同樣山多陡峭，遭遇雨量推估時地形效應的影響，近期義大利也發展都卜勒雷達波的技術，期能提升雨量預測之模式，國內可以與義大利針對都卜勒雷達波技術進行經驗交換。
2. 歐盟 JRC 是以保障人民生命財產安全為出發點的研發，首要就是公布各項災害之風險潛勢圖，提供政府提早進行防災整備與救災佈署。風險分析之基本架構，主要結合災害之危害度與保全對象之空間分布，並考量不同型式保全對象之易損性差異，始能進行風險評估工作。國內完成災害風險分析前，必須依次完成災害目錄、災害潛勢、災害危害度。經回顧目前國內各項災害完成之研究進度如下：

表 3-1 國內各主要天然災害類型研究近況

主要天然災害類型	主要研發之政府機構或研究單位	災害目錄	災害潛勢	危害度分析	風險分析	風險管理	△研發中 ○已完成
地震與活動斷層	國科會台灣地震科學中心、國家地震工程研究中心 國家災害防救科技中心	○	○	○	△		義大利、歐盟技術現況 黃色格
崩塌	經濟部地質調查所、國家災害防救科技中心	○	○	△	△		
土石流	農委會水土保持局、國家災害防救科技中心	○	○	○	△	△	
水庫集水區與河道淤積	經濟部水利署、台灣電力公司、農委會水土保持局	△					
颱風或豪雨	交通部氣象局、經濟部水利署、國家災害防救科技中心	○	○	○			
洪水淹水	經濟部水利署、國家災害防救科技中心	△	○	○	△		
堰塞湖	農委會林務局	△					
海嘯	國科會台灣地震科學中心	△	△				
火山	中央研究院	△					
土壤液化	交通部運輸研究所台灣技術研究中心 國家災害防救科技中心	△	△	△			

51

3. JRC 有許多研發救災相關之通訊設備或監測儀器，如防災警戒之通訊系統、各項災害之預報系統開發等，值得加強雙方災害的監測技術之軟硬體設備與技術交流，擴大雙方在防災科技產業之產官學合作與推動。

#### 第四章 其他相關事項

1. 本次赴義大利研習行程能順利完成，主要感謝外交部歐洲司、駐義大利代表處易代表榮宗、魏秘書月涵全力協助安排行程及同行的財團法人中興顧問社鄭錦桐博士等人的協助。
2. 同時感謝義大利人民保護署 Giovanni Vitaloni 中將、國科會 CNR-IRPI 所長 Dr. Fausto Guzzutti、歐盟綜合研究中心 IPSC 所長 Dr. Stephan Lechner 之陪同與盛情款待，方使本次赴義大利研習任務能順利完滿達成。
3. 本局過去較重視與美國、日本的互訪，但藉由此行與義大利官方及歐盟間之交流，建立之良好溝通平台，開拓另一處值得借鏡與學習的地方。

