

出國報告（出國類別：參訪）

赴日本災防學研機構參訪心得報告

服務機關：科技部

姓名職稱：廖宏儒助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：104年12月21-24日

報告日期：105年3月22日

摘 要

日本與我國地理位置相近，面臨的災害也多相似，在防救災科學與科技研究領域中，日本京都大學防災研究所(Kyoto University Disaster Prevention Research Institute, DPRI)為國際知名之研究機構，與我國許多學研機構亦有合作。此次出國到京都大學防災研究所參訪，承蒙該所佐山敬洋教授接待 (Prof. Takahiro Sayama)，除對京都大學防災研究所的主要研究課題深入瞭解外，並對於日本政府現階段防災策略交換意見，獲得許多寶貴的第一手資訊。另外也在建議之下，到京都市市民防災教育館參訪，觀察京都市對於防災觀念的推廣與落實的方式，確實值得我們借鏡。

目 次

壹、緣起及目的	1
貳、出國行程與過程	3
參、心得及建議	14
肆、附錄	16

壹. 緣起及目的

臺灣地小人稠，位處菲律賓海板塊與歐亞板塊交界的活動帶上，地震發生十分頻繁，又四面環海，位處太平洋西岸，在颱風即有可能侵襲的路徑上，時常面臨颱風與地震所造成的多重威脅。根據世界銀行發行之 Natural Disaster Hotspots- A global risk Analysis (2011) 指出：全球約 25%陸地人口比率面對 1 項以上的天然威脅，但在臺灣，約 90%陸地人口比率面對 2 項以上、73%陸地人口更是面對 3 項以上天然災害威脅，堪稱是天然災害高風險地區。在歷經多次的大型天災後，我國目前防災的是以「遠離災害、躲避危險」為最高指導原則，在無法改變環境的態勢下，除提升預警與監測的科學技術與研究外，平時就需掌握地質、水文、大氣、天氣、氣候、海洋等環境的基本資料與監測變異，以預防與避免災害造成國人生命財產的威脅。

日本京都大學防災研究所與臺灣許多學研單位合作密切，並簽署備忘錄 (MOU)，在災害防救與復原的議題上長期進行學術交流與合作，並針對天然災害管理與減災技術進行意見交換與經驗分享。例如與國家災害防救科技中心、國家實驗研究院國家地震工程研究中心、成功大學、臺灣大學等學研單位定期與非定期辦理研討會，藉此交流平台，交換雙方最新的觀念與研究成果，並在國際防減災研究領域上建立更紮實的夥伴關係。例如近年的 NCDR-DPRI 天然災害減災學術研討會、台日土砂防治研討會等。因此，為了解與我國同處環太平洋且面對潛在災害威脅相似的日本，在地質、天氣、水文、地殼構造、地震科學、火山研究、遙測等領域的最新發展技術，以供後續對於防災領域推動防災研究的參考，因此以自然司防災學門承辦人的身份，至日本京都大學防災研究所參訪。筆者主要是負責自然司防災科技學門的業務，需要與學門召集人與委員會委員規劃未來的學門走向，藉由此次機會，關注瞭解日本

首屈一指的防災學研單位現在所關注的最新議題與災害的主要研究領域以做為學門規劃的參考。「他山之石，可以攻錯」以期學門未來的規劃研究課題更能兼顧本土化與國際化，使未來的防災科學技術研究能在世界上居於領先地位。

貳、出國行程與過程

一. 地點與行程

地點：日本京都大學防災研究所（京都宇治）

京都市市民防災教育館（Kyoto City Disaster Prevention Center）

二. 行程

日期	地點	行程
104.12.20 (日)	臺灣-日本京都	去程
104.12.21 (一)	日本京都	參訪京都大學
104.12.22 (二)	日本京都	參訪京都大學
104.12.23 (三)	日本京都	參訪京都市民防災教育館
104.12.24 (四)	日本-臺灣	返程

京都大學防災研究所

筆者此次到京都大學防災研究所（Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University），承蒙佐山敬洋（Takahiro Sayama）教授接待，並介紹研究所的組織、成立目標與最新的研究方向，並交換防災領域未來的趨勢，以下是此次訪問的主要內容與收穫。

京都大學前身是 1897 年創立的京都帝國大學，位於日本京都府京都市左京區，

是研究型綜合國立大學。而其下的防災研究所是日本首屈一指的災防學研單位，位於宇治川旁的宇治校區（位置如圖 1），現任所長是寶馨教授（Prof. Kaoru Takara）。防災研究所設有 4 個研究群，分別為總合防災研究群、地震火山研究群、地盤研究群以及大氣·水研究群，各研究群除進行自己的重點研究外，也在所方的規劃下，進行跨領域的整合研究。

總合防災研究群，下設社會防災研究部門與巨大災害研究中心，對於跨領域的巨災、都市防災等進行跨領域的整合，以學研屬性而言，涵蓋理（地球科學）、工（社會基礎工學、建築學、都市社會工學）、社科（社會情報學）等不同領域，足見其對於複合式災害正進行跨域整合。

社會防災研究部門下設都市空間安全制御研究分組、都市防災計畫研究分組、防災技術政策研究分組、防災社會制度研究分組等，對於構築綜合防災的方法論上進行前瞻的研究，並將研究成果提供政府做為施政參考。巨大災害研究中心下設巨大災害過程研究領域、災害情報系統研究領域、災害風險管理研究領域等，主要是對於面對巨大災害的威脅時，以減少災害損失為目標提出計畫，而在災害發生後對於災後重建復原進行有效的實施。京都大學防災研究所巨大災害研究中心和首都直下地震防災・減災特別項目事務局定期舉辦研討會，2016 年是第四屆，由此可看出日本政府對於學界相當信任與學研界的研究十分重視，這一點值得我國借鏡。

地震火山研究群，下設地震災害研究部門、地震防災研究部門、地震預警研究中心、火山地震研究中心。總體目標在於地震火山災害的瞭解，發展地震防災科技。地震災害研究部門主要目標是對地震發生時，強震動的發生機制進行研究，並對建物與都市基礎設施的保全與應用，因此該分組以地球科學基礎研究為主，進行跨領域合作，就學研屬性而言，涵蓋理（地球科學）、工（建築學、都市社會工學）等不同領

域。地震防災研究部門是以地球物理方法研究地震，並減緩地震災對於建物的威脅。地震預警研究中心是因為日本受到太平洋側的海溝型地震威脅，因此觀測海溝型地震並進行研究，以防範海嘯的侵襲，另外對於內陸型地震持續研究地震前兆，以期發現徵兆，提早提出預警，此項研究在我國科技部防災學門與災害防救應用科技方案中亦有計畫進行，顯示我國對於此項科學議題亦與國際同步。火山觀測研究中心，觀測火山活動且對於火山噴發觀測與預測進行持續研究，火山活動評估技術的開發與精進。地震預警研究中心與火山觀測研究中心仍是對於基礎研究，因此是以地球科學研究為主。

大氣·水研究群，目標在於減輕大氣水圈的災害，水環境的保全，水災的減輕等，下設有氣象·水象災害研究部門、流域災害研究中心以及水資源環境研究中心。就學研屬性而言，涵蓋理（地球科學）、工（建築學、都市基礎工學、都市社會工學）等不同領域；氣象·水象災害研究部門主要是對於氣象、水象災害進行科學性基礎研究，包括豪大雨、洪水、颱風、季風等，瞭解其成因與預測可能的致災因子，避免受災。流域災害研究中心主要是對於流域和河海沿岸區域（包含邊坡沉積物、土砂運移觀察）對其可能的自然災害構築環境保全；水資源環境研究中心主要是以工程面向為主，構築水資源保全與全球性水資源研究調查。

地盤研究群下設有地盤災害研究部門、斜面（坡地）災害研究中心，涵蓋理（地球科學）、工（建築學、社會基礎工學）等不同領域。日本近年來也飽受坡地災害的威脅，就如同我國莫拉克風災後，政府重新對於坡地災害更加重視，因此防災研究所近年也重視議題的研究發展。地盤災害研究部門除基礎的坡地穩定研究外，也對丘陵地與山坡地的保全進行工程與地球科學的跨域合作研究；斜面（坡地）災害研究中心則以地球科學基礎研究為主，對於坡地災害的過去現在與未來進行深入研究與系

統性分析，以預防與降低坡地災害的威脅。

如前所述，京都大學防災研究所是日本先進的防災研究中心，因此雖以京都為研究基地，但在日本各地有許多附屬研究設施（除尚未於北海道設立外），包括地震預警研究領域有：上寶觀測所、北陸觀測所、逢坂山觀測所、屯鶴峯觀測所、鳥取觀測所、宮崎觀測所、阿武山觀測所、德島觀測所、櫻島火山觀測所等；流域災害研究領域有：大瀨波浪觀測所、穗高砂防觀測所、宇治川開放實驗室(オープンラボトリー)、白浜海象觀測所、潮岬風力實驗所；日本是個火山國家，因此對於火山的研與監測亦不遺餘力，有櫻島火山觀測所長期監測櫻島火山活動；近來山崩土石流也對日本造成不小的災害，因此在地滑研究上在德島設置德島地滑(地すべり)觀測所（如圖 4）。從平成 8 年（1996）起所方即以前瞻的視野，開放全國性協同研究及提供服務使用，廣納人才進行共同研究，而從平成 22 年（2010）起京都大學防災研究所就被日本政府認定為綜合防災學的共同利用及協同研究之據點，開始進行新型共同研究。其他公私立大學、國立研究機關、獨立行政法人機構甚至國外研究人員，陸續來此從事中短期的研究計畫。

該所對於國際合作更是不遺餘力，因為現在是全球化的時代，災害防治更是無國界，透過國際合作，對於其他國家的災害情境與分析，都是本國未來災害防救的案例，他山之石可以攻錯，藉以強化本國的災害防救工作。此次訪問京都大學防災研究所，可以看到該所對於國際合作的重視與積極性。就已和我國的合作而言，日本京都大學防災研究所已與臺灣許多學研單位合作密切，並簽署備忘錄（MOU），在災害防救與復原的議題上長期進行學術交流與合作，並針對天然災害管理與減災技術進行意見交換與經驗分享。例如國家災害防救科技中心、成功大學等，定期與非定期辦理研討會，藉此交流平台，雙方交換最新的觀念，並在國際減災研究領域上建立更紮實的

夥伴關係。例如：NCDR-DPRI 天然災害減災學術研討會、台日土砂在為期兩天的研討會等。

京都大學防災研究所以「災害相關學理研究及防災相關綜合研究」為目的設於京都大學。創所目標是從自然科學以至人文、社會科學的災害學理等進行研究，並與建構防災科學有關的綜合研究與大學教育相結合。且針對全球規模或地區特性的災害與防災相關的不同課題，以災害學理的追求為目標，同時也可解決現實的問題等之落實研究，並以培養安定世界或對環境永續發展能有所貢獻的人才為目標。

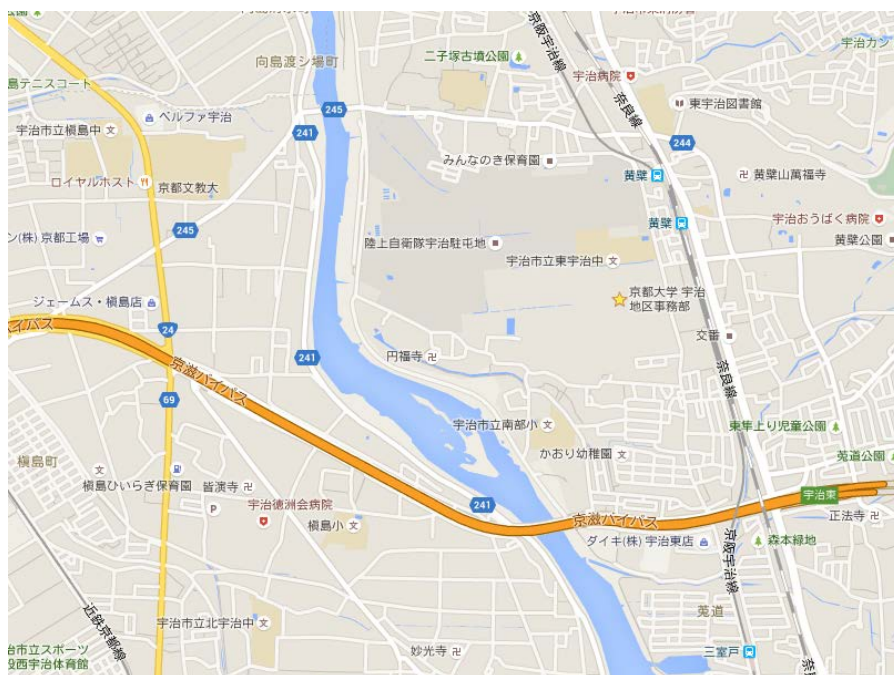


圖 1. 京都大學防災研究所位置圖



圖 2. 京都大學宇治校區正門

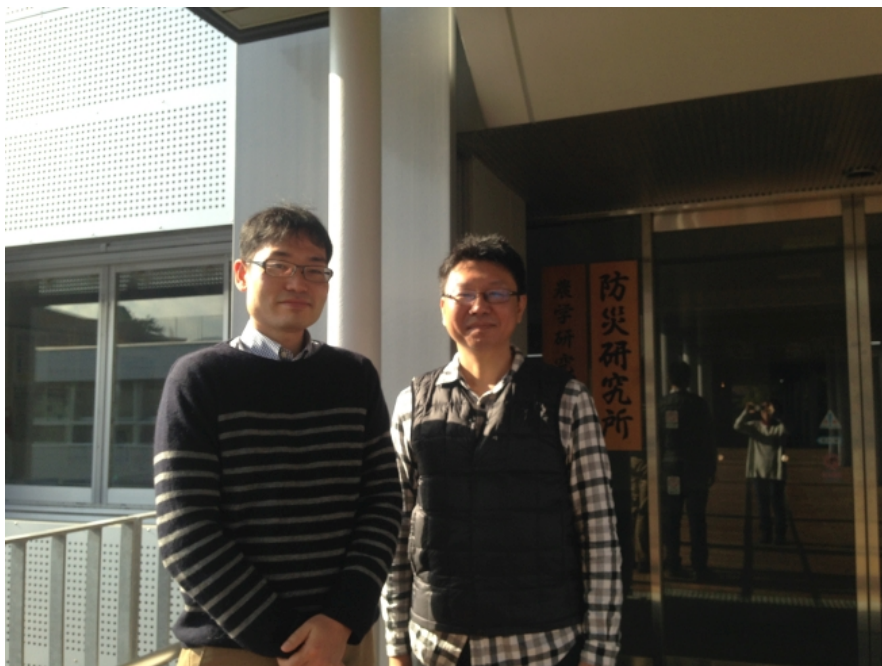


圖 3. 筆者與京都大學防災研究所佐山教授（左）合影

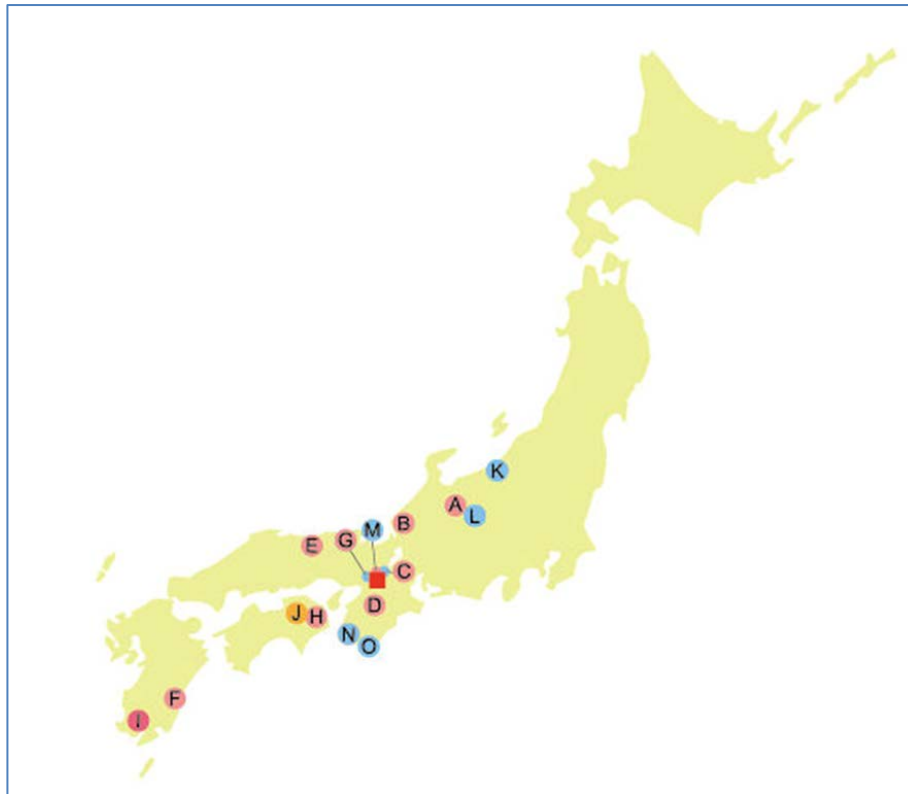


圖 4. 防災研究所附屬設施位置圖：A 上寶觀測所 B 北陸觀測所 C 逢坂山觀測所 D 屯鶴峯觀測所 E 鳥取觀測所 F 宮崎觀測所 G 阿武山觀測所 H 德島觀測所 I 櫻島火山觀測所 J 德島地滑(地すべり)觀測所 K 大瀉波浪觀測所 L 穗高砂防觀測所 M 宇治川開放實驗室(オープンラボラトリー) N 白浜海象觀測所 O 潮岬風力實驗所

京都市民防災教育館（Kyoto City Disaster Prevention Center）

日本和我國同屬面臨颱風、地震等天然災害威脅的國家，對於防災觀念的如何落實，此次到京都大學防災研究所進行訪問時建議筆者可前往京都市民防災教育館參觀，觀察日本防災教育的落實情形。因此第四天行程，就前往位於京都府京都市南區西九条菅田町的京都市民防災教育館（地點如圖 5）參訪，實際瞭解防災教育推廣作為。

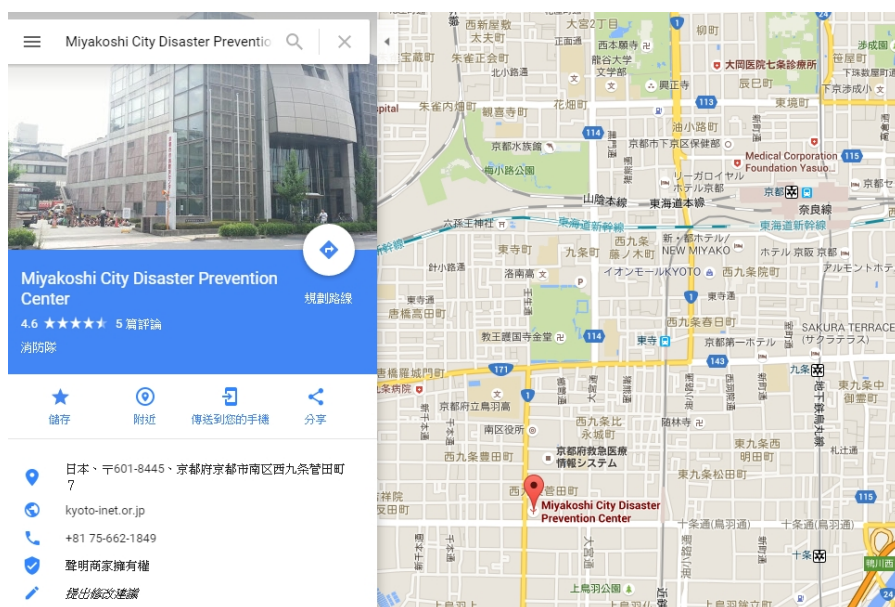


圖 5. 京都市民防災教育館位置

防災教育館為京都市消防局附屬機構，主要目的是藉由常設展，灌輸民眾日常防災觀念與避難措施，館內除一般海報的靜態說明外，大多透過電動遊戲等動態活動，吸引大小朋友藉由活動，以寓教於樂的方式傳達地震避難、都市洪水的因應措施等，使一般民眾在可能面對災害時，達到避險保全自己生命的目的。另外設有地震、強風、水災、避難等體驗設施，模擬強烈地震、強烈颱風等災害情境，讓民眾真實體驗大自然的威力，進而強化自己的防備作為。這些體驗設施皆為免費。

筆者參訪當日適逢日本天皇生日，是日本當地的假期，但該館仍舊開放。當日參觀的市民雖不多，但是參觀的民眾卻都聚精會神的仔細聆聽講解與體驗，筆者也從容

仔細觀察館方的解說設置與實際操作。館方人員特別請筆者體驗地震與強風情境，在進入體驗設施前，館方人員均十分詳細的進行解說，包括背景、科學技術等。以地震模擬為例，該館是以廚房煮食與用餐為背景，當發生強烈地震（震度 6 級）時，需立即躲在桌子下面，當地震稍歇時，再立即關閉尚運作在的爐火與瓦斯，關閉之後要隨即回到桌子下方，避免可能到來的第二次地震與餘震。此種體驗對同屬位於地震帶的我國而言，值得借鏡，因為體驗過之後，一來對於高震度地震的威力有所警覺，另外面對強烈地震的因應措施也能夠深化為自己的內部行為，比只從閱讀教材都更有效用。



圖 6.以退役的直昇機改裝成虛擬實境體驗機，供民眾操作



圖 7. 防災教育館外觀



圖 8. 館内地震防災教育設施一

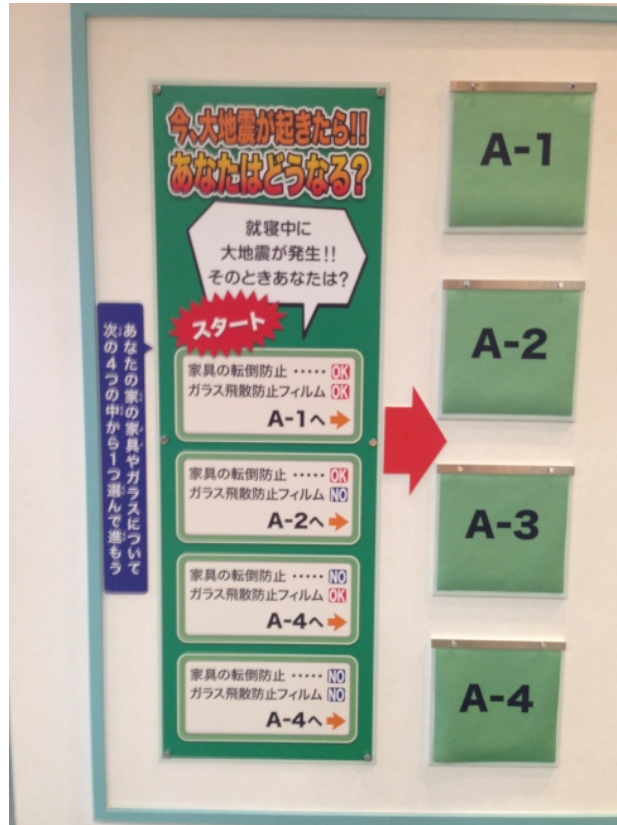


圖 9. 館内地震防災教育設施二

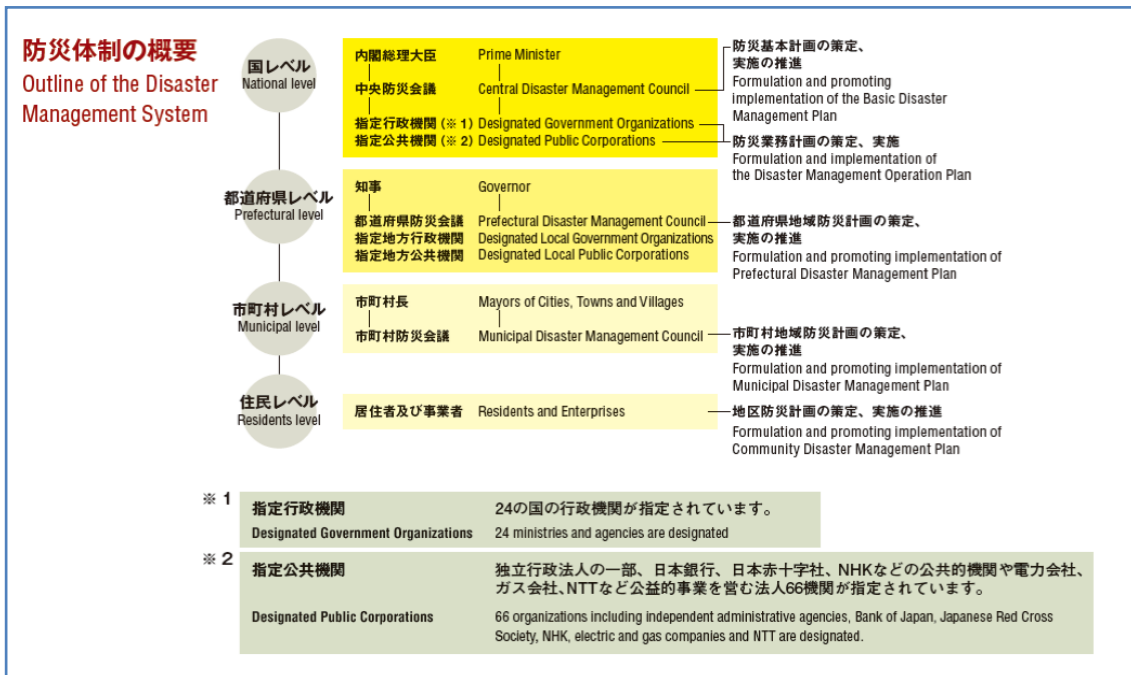


圖 10. 日本現有防災體制架構

參、心得與建議

本次參訪是筆者至科技部任職後第一次赴國外防災學研機構與防災教育機構訪問，此次與會對於進一步瞭解日本防災科技的發展與防災教育的落實外，以下從幾個面向闡述本人此次參訪的心得與建議，供日後推動相關研究規劃之參考。

1. 防災學術研究本土化與國際化：

與國外機構合作，藉由國際合作，將自己開發的技術輸出至國外，除展現自己的研發能量外，重要的是將本國的災防科技研發成果推上國際舞台，例如該所在臺灣莫拉克風災後隨即組成研究團隊，來臺進行調查並出版報告（如附錄 2）。關於該所的積極做法，筆者覺得我國防災界的科學研究與成果實不輸給日本，但是推廣工作與國際參與度仍有待努力。因此建議學門應扮演更積極得角色，至少將科技部補助的研究計畫，在不違反著作權與研究者的意願下，將研究成果提供給政府相關部門參考，另規劃國內團隊進行跨域國際合作，透過合作平台，使我國防災的技術國際化。

2. 學術共同研究設施與協同研究：

從京都大學防災研究所不把自己的研究設施當作自己的私有資產，而是將其開放給有需要的學術研究人員使用，使處於研究環境與資源較為匱乏的研究人員有機會進行高端的研究，甚至藉由與該研究所的交流，激盪出更璀璨的火花來看，這一作法值得我國防災研究的參考。建議應將我國政府投資建設的實驗設備，以更開放的態度廣泛對學研界開放使用，使政府的投資發揮最大的效益，也避免研究設備的浪費。

3. 防災課題的規劃應由地區連結全球性

京都大學防災研究所設立的研究群，都是現在日本防災科學研究的重要課題，另外跨領域的整合研究（例如跨地球科學、工程與社會科學等不同領域）是現在該所

的主要發展目標，此一對策對於以推動國家科學與科技發展的本部而言值得參考。建議在進行學門發展規劃時，應確實將此設定為目標，透過重要議題設定，以主動規劃案方式進行跨域整合研究，尤其是自然工程科學與社會科學的合作，是學門未來應努力的目標。

4. 學術與實務並重，善盡社會義務：

京都大學防災研究所在日本發生重大災害後，本於學術研究與社會責任，多次出版調查報告，例如 2015 年關東與東北的水患報告、2014 年廣島土砂災害報告、2013 年海燕颱風災後報告、2012 年櫻島南岳火山爆發調查報告等，所有調查報告皆上網公開，善盡學研單位的社會義務，並確實落實研究調查工作。我國災害研究團隊在 921 與八八風災時也透過本部的協調，共同合作進行災害科學研究，在艱難的環境下進行科學調查，這一點我國的研究團隊表現不輸日本，值得讚賞。但日本團隊除了本土的災害外，也對國際災害十分關注，尤其是氣候與環境鄰近的各國，在災害發生時也常組成研究團隊前往調查，例如該所在我國 2009 年發生不幸的莫拉克風災後隨即組成研究團隊，來臺進行調查並出版報告（如附錄 2），藉由他國的經驗轉化成本國防災之基礎資料，以他山之石可以攻錯的態度積極面對每一次可能的災害，並善盡國際社會一份子的責任。因此建議我國學研界也可效法日本的積極態度，而本部應鼓勵團隊進行此類緊急性調查。

5. 透過寓教於樂方式，落實防災觀念：

京都市市民防災教育館是將防災工作落實到民眾的優良典範，透過體驗與遊戲，才能將離災避災深化在身體中。且該館的防災文宣（如附錄 1 地震防災）十分精要，充分展現地震資訊且面對地震應採取的措施，這對同屬位於地震帶的我國而言，

應仿效其做法，除廣泛設置相關體驗設施外，並以輕鬆但不戲謔的方式實施，讓民眾充分瞭解災害可能隨時發生，在災害來臨時只要採取應對措施，才能儘可能保全自身的生命。

附録：攜回資料

1. 京都市民地震防災文宣
2. 調査報告-2009 年台風 MORAKOT による台湾水・土砂災害

EARTHQUAKE DISASTER PREVENTION MANUAL

じしん ぼうさい
地震防災マニュアル



What will happen if a big earthquake hits Kyoto?

No one knows when an earthquake will occur. Earthquakes, like most other disasters, come suddenly and most people are not prepared. Tremendous damage was caused by the Great Hanshin-Awaji Earthquake in 1995 and the Great East Japan Earthquake in 2011.

To reduce the extent and range of damage, advance disaster preparation and basic awareness are essential. For this reason it is very important to be aware of the fundamentals of disaster prevention and crisis management.

This booklet will help you prepare for emergencies and assist you in helping yourself and others in earthquake disaster situations.

きょうと おおじしん お 京都に大地震は起こるの？

じしん とつぜん お
地震は突然起こります。はんしん あわじだいしんさい ひがしにほんだいしんさい おお
阪神・淡路大震災や東日本大震災では大きな
ひがい 被害がもたらされました。ひころ きま いしき ぼうさいいしき たいせつ
日頃の危機意識と防災意識が大切です。
みちか ぼうさいたいさく やくだ くだ
身近な防災対策にこのパンフレットをお役立て下さい。



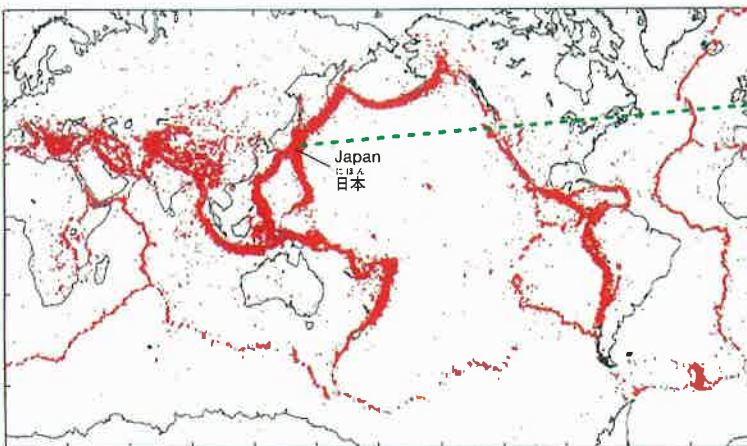
Q. Does Japan have a lot of earthquakes?

にほん じしん おお くに
Q.日本は地震が多い国なの？

A. Yes! Japan is situated in a region of the Earth that is particularly prone to earthquakes.

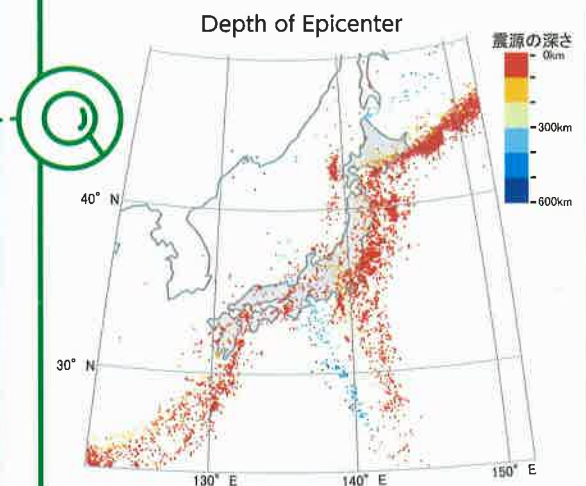
A. そうです！日本の近辺は、世界でも有数の地震がよく起こる地域なのです。

Worldwide distribution of earthquakes (1975-1994, at depths of 0-100 km, Magnitude 4+)



せかい じしん ぶんぷ
世界の地震の分布
(1975-1994年、深さ0~100km、マグニチュード4以上)

Distribution of earthquakes in the Japan region (1986-2001, Magnitude 4+)



にほんしゅうへん じしん ぶんぷ
日本周辺の地震の分布
(1986-2001年、マグニチュード4以上)

The above map shows that earthquakes don't occur evenly across the Earth, but rather in large numbers within narrow belts. Japan is located entirely within one of these belts.

The map on the right provides a closer view of the many earthquakes hitting the Japanese Islands.

うえ す じしん きんとう はっせい おびょう せま おお
上の図から、地震はどこでも均等に発生しているのではなく、帯状の狭いところで多
く発生していることがわかります。

にほん おびょう ちいき ぶく みぎ す にほんれつとう
日本は、この帯状の地域にすっぽりと含まれています。右の図からも、日本列島
周辺では地震が多く起こっていることがわかんと思います。

Q. So why do earthquakes happen?

Q.では、地震はどうして起こるの？

A. The tectonic plates forming the surface of the Earth collide, and the enormous energy released at these boundaries causes earthquakes.

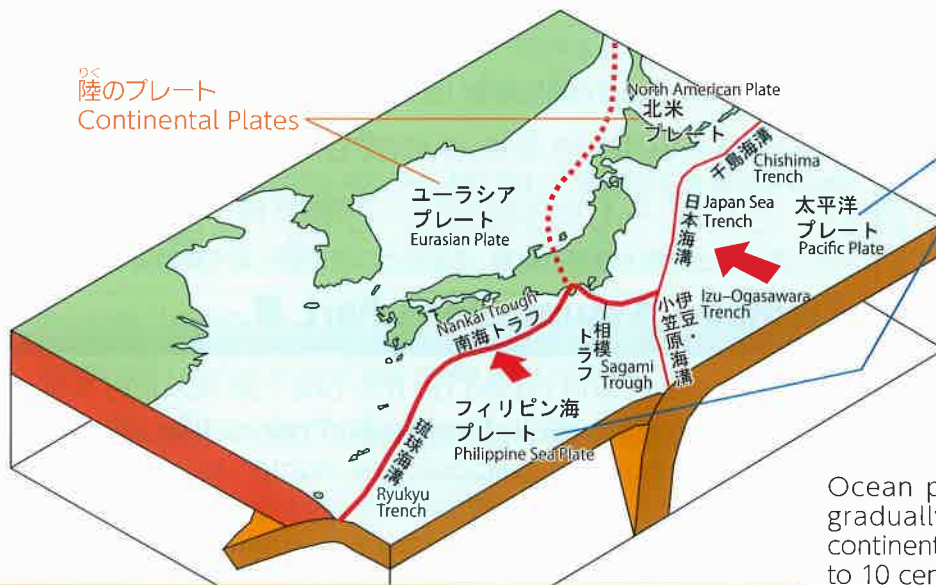
A.地球の表面をつくっているプレートがぶつかりあって、その境界で大きな力がはたらくために起こります。

Continental Plates and Ocean Plates

陸のプレートと海のプレート

The Earth's surface is made up of 10 plates, and four of them meet at the Japanese Islands.

地球の表面は10数枚のプレートでできていて、日本列島では4枚のプレートがぶつかりあっています。



海のプレート
Ocean Plates

The two types of plates are Ocean Plates and Continental Plates

プレートには海のプレートと陸のプレートの2種類があります。

Large amounts of energy build up in the subduction zone between plates, and when it is released it leads to earthquakes. もぐり込む時に、2つのプレートのさかい目に大きな力がはたらくことで地震は起こります。

Ocean plates are heavy, and thus gradually subduct (burrow) below continental plates, at a rate of several to 10 centimeters per year.

海のプレートは重いので、少しずつ動いて陸のプレートの下へ、1年に数cm~10cmもぐり込んでいっています。

Subduction-Zone Earthquakes and Inland Earthquakes

海溝型地震と内陸型地震

Subduction-zone earthquakes

When an ocean plate subducts, it drags down the continental plate at the boundary, and after about 100 years, the continental plate can no longer endure this, and snaps back to its original position, causing a subduction-zone earthquake.

海溝型地震

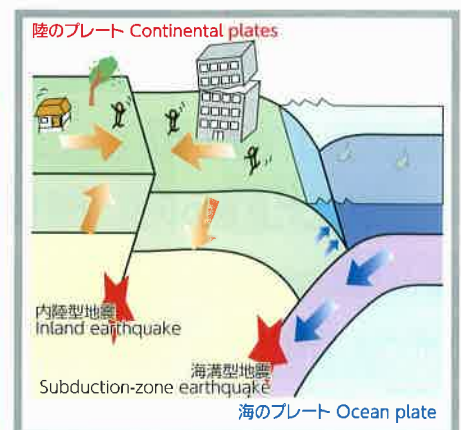
海のプレートがもぐり込む境界では、陸のプレートのしが引きずり込まれて100年ほどたつと、とうとうたえきれなくなって、元の方へはね返って起こる地震が、海溝型地震です。

Inland earthquakes

The energy released when two plates collide can impact even distant areas, causing active faults, which lead to inland earthquakes.

内陸型地震

2つのプレートがぶつかりあって生まれた力は、その境界から離れた所にもはたらく。地下の岩盤の弱い部分にずれ(活断層)を生じさせて、内陸型地震を起こします。

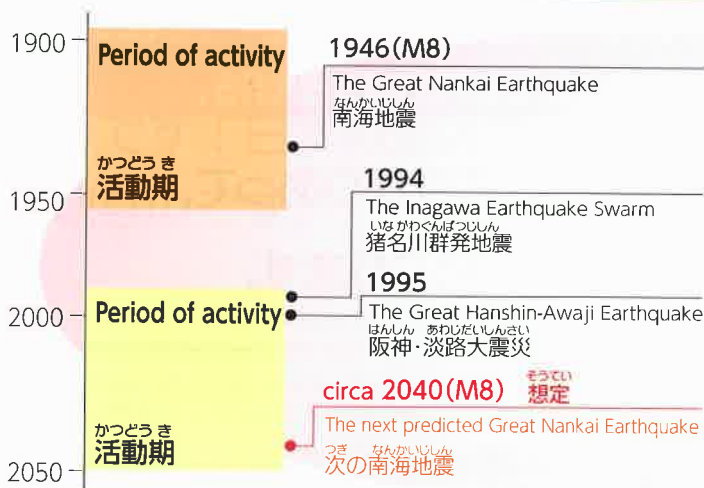


An earthquake may cause a major disaster in KYOTO!

じしん きょうと だいさいがい ひ お
地震が京都に大災害を引き起こす…

HISTORY OF MAJOR EARTHQUAKES IN THE KYOTO AREA

きょうとしゅうへん か こ おおじしん
京都周辺の過去の大地震



The 60 years prior to the Great Nankai Earthquake and 10 years after that earthquake were a period of heavy seismic activity with frequent earthquakes along inland faults.

南海地震の約60年前から約10年後までが、内陸の活動地震が起こりやすい活動期になります。現在は、まさに地震の活動期にあたります。

How much damage will occur in Kyoto in the event of a major earthquake?

きょうと おおじしん お ひがい
京都に大地震が起きたら、どのくらいの被害がでるのだろうか？

Kyoto City Earthquake Damage Assumptions Part III.

Damage will be caused by a major earthquake, and based on this one can assume a number of things. These assumptions can help in reducing overall damage and preventing greater disaster. Such assumptions involve such situations as building collapse, fire, human injury, and economic and social damage.

Since the great Hanshin-Awaji Earthquake in 1995, Kyoto City has been actively investigating faults running through the city and other underground geological structures. Using these studies, Kyoto City has developed a Kyoto Basin Seismological Structure Model (Part III) and based on that model determined Earthquake Damage Assumptions (Part III). The assumptions in this booklet are based on this model.

きょうと第3次地震被害想定 京都市第3次地震被害想定

地震被害想定は、地震が発生したときの地震活動の大きさを予測するとともに、地震動による建物倒壊や火災の発生状況、人的被害の状況、社会基盤や経済に及ぼす影響などを予測し、それらの被害を軽減するため、地域防災計画にそれぞれの対策を盛り込んでいくなど、地震防災対策を進めていく上で基盤となるものです。京都市では、阪神・淡路大震災以降、取り組んできた活断層調査や地下構造調査の結果を踏まえて、京都盆地地下構造3次モデルを作成し、それに基づく精密な地震動予測を行い、京都市第3次被害想定を策定しました。

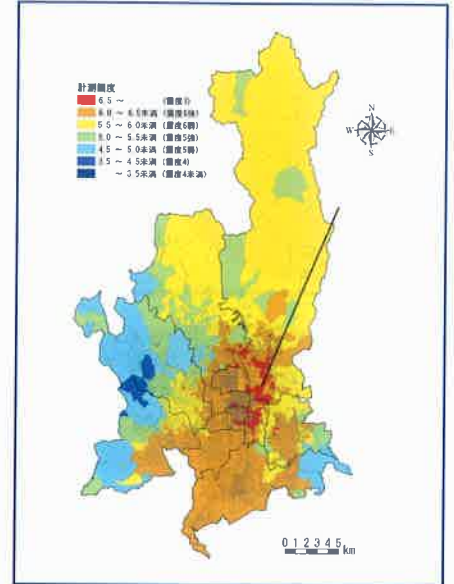
Damage predictions based on earthquake seismic intensity

しん ど せつめい
震度の説明

INTENSITY LEVEL しん ど 震度	PHENOMENON げんしよう 現象
7	Most furniture will move violently and even bounce. Even highly earthquake-resistant houses will collapse or almost collapse (lean). ほとんどの家具が大きく移動し、はね上がるものもある。耐震性の高い家屋でも傾いたり、破損するものがある。
6 HIGH きょう 強	Most unfixed furniture (cabinets, etc.) will fall over. Many low-earthquake-resistant buildings (homes, etc.) will collapse. 固定していない重い家具のほとんどが転倒する。耐震性の低い家屋では、倒壊するものが多い。
6 LOW じゃく 弱	A lot of heavy furniture will move and fall over, and window glass will break and fall out. Some low-earthquake-resistant buildings (homes, etc.) will collapse. 重い家具の多くが移動、転倒し、窓ガラスが破損、落下する。耐震性の低い家屋では、倒壊するものがある。
5 HIGH きょう 強	Many dishes and books, etc. will fall out of cupboards and shelves. Some heavy furniture may fall over. Some low-earthquake-resistant buildings (homes, etc.) will end up in a leaning position. 棚にある食器類や本の多くが落ち、重い家具が倒れることがある。耐震性の低い家屋では、傾くものがある。
5 LOW じゃく 弱	Some dishes and books, etc. will fall out of cupboards and shelves. Some furniture may move. 棚にある食器類や本が落ちることがある。家具が移動することがある。
4	Buildings (houses, etc.) will experience a strong shaking movement and things hanging on the wall will swing dramatically. Cupboard dishes will bounce around and make a lot of noise. 家屋の揺れが激しく、吊り下げ物は大きく揺れ、棚に在る食器類は音を立てる。
3	Most people in the house will feel the tremors. 屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる。

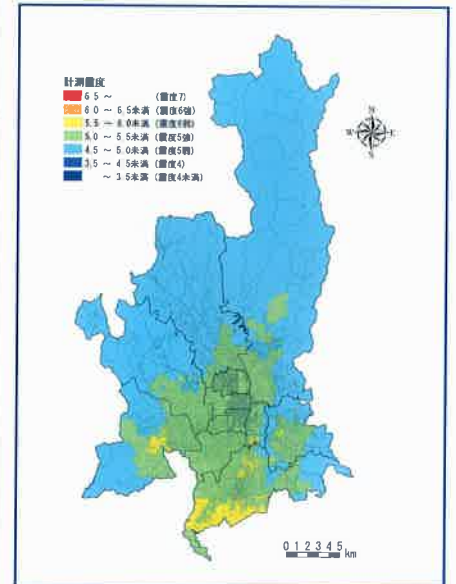
Hanaore Fault

はなおれだんそう
花折断層



Nankai, Tonankai Earthquake

なんかい とうなんかいじしん
南海・東南海地震



Damage Assumptions

ひがいそうてい
被害想定※

HYPOTHETICAL EARTHQUAKE	そうていじしん 想定地震	Hanaore Fault はなおれだんそう 花折断層	Nankai, Tonankai Earthquake なんかい とうなんかいじしん 南海・東南海地震
Number of buildings completely destroyed	ぜんかいこうすう 全壊戸数	117,800	300
Number of buildings partially destroyed	はんかいこうすう 半壊戸数	44,300	300
Fire outbreaks	しゅつかげんすう 出火件数	26~96	5~18
Estimated deaths	ししやうすう 死者数	3,300~5,400	100
Estimated injuries	ひしやうしやうすう 負傷者数	111,900~163,400	100
Number of houses with a disrupted water supply	だんすいこうすう 断水戸数	520,000	110,000
Number of houses with a disrupted electricity supply	ていでんこうすう 停電戸数	147,000	600
Number of houses with a disrupted gas supply	ていしげんすう ガス停止件数	688,000	nearly 0
Number of houses with a disrupted telephone line	でんわふつうけんすう 電話不通件数	76,000	2,400

※The number of fire outbreaks and human casualties that would occur as a direct result of the damage from these situations is dependent on time of year and the time of day. The high and low figures given are based on the worst- and best-case scenarios, respectively.

※想定結果のうち、出火件数及び人的被害については、地震の発生季節、時間帯などの条件を想定し、被害量の最小と最大を想定しています。

ALWAYS BE PREPARED FOR A MAJOR EARTHQUAKE

PREPARATION

そな
備え

Daily preparation and awareness can save you from many dangers.

ひころ じゆんび きけん かいひ
日頃からの準備でいろいろな危険が回避できます。



■Indoor Dangers

Take steps to prevent heavy furniture from falling over and lighting fixtures from dropping; think of other safety measures such as not placing heavy furniture in your sleeping quarters, etc.

おくない きけん
【屋内の危険】

かく てんとうぼろし しょうめいきぐ らつかぼろしそちね ぼしよ かく おくなくふう
家具の転倒防止、照明器具などの落下防止措置や寝る場所に家具を置かない工夫をしましょう。

■Outdoor Dangers

Take measures to secure brick walls, and prevent tiles, signs, etc. from falling.

おくがい きけん
【屋外の危険】

べい てんとうぼろし かわ かんばん らつかぼろしそち
ブロック塀の転倒防止や瓦・看板などの落下防止措置を行いましょう。



COOPERATION

きょうりよく
協力

Everyone's cooperation is necessary in order to minimize suffering and damage.

ひがい さいしょうげん と
被害を最小限ににくい止めるためには、
みな きょうりよく ひつよう
皆さんの協力が必要です。



■Everybody Can Help Stop Fires From Spreading

Always have fire extinguishers and buckets ready, and make sure to keep the bath filled with water.

ちいき しょくししょうか
【地域みんなで初期消火】

しょうかき ふるみず く お ぼうい
消火器、風呂水の汲み置き、バケツの用意などをしておきましょう。

■Help Others Out As Soon As You Can

Use the equipment provided to the voluntary organizations for disaster prevention. Find out what kind of equipment is available in your local area.

いっくもはや たす だ
【一刻も早く助け出して】

じしゆぼうさいそしき はいひ ぼうさいきざい かつよう くだ ちいき きざい
自主防災組織に配備されている防災器材を活用して下さい。また、地域にある器材を
じぜん はあく やく た
事前に把握しておくことも役に立ちます。



■Emergency Treatment

Prepare a first-aid kit, stretcher, etc. for emergencies. Also, actively take part in first-aid and emergency treatment training.

おうきゆうてあて
【応急手当】

きゅうきょく たんか じゆんび おうきゆうてあて くんれん せつぎよくてき う
救急セットや担架などの準備をしておきましょう。また、応急手当の訓練を積極的に受けて
おきましょう。



EVACUATION

ひなん
避難

Evacuate in a calm manner and be aware of secondary disaster-prevention procedures.

あわてて避難せずに二次災害防止にも配慮しましょう。



Before Evacuating

Don't place anything large or heavy near doorways; always keep a clear passage of escape open and unobstructed. When evacuating, reduce the risk of fire by switching off breaker switches, etc.

【避難する前に】

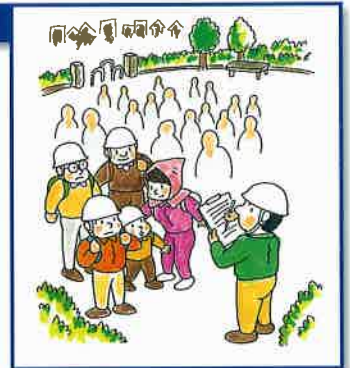
いりぐち ちの あ ひなんろ かくほ ひなんじ
入口に物を置かないなど避難路を確保し、避難時にブレーカーを切るなど出火防止に努め
ましょう。

Go To The Neighborhood Assembly Place

Be sure that you are familiar with the location and safety procedures regarding the designated Neighborhood Assembly Place in your area.

【地域の集合場所へ】

ちいき しゅうごうばしよ
地域であらかじめ決められている地域の集合場所で災害状況の把握と安否の確認をしま
しょう。



In an Emergency, Evacuate to Designated Refuge Area

Follow the instructions given by city staff, fire brigade and police personnel.

【危険が迫ったら広域避難場所へ】

し しよくん しやうぼう けいさつ ひと し し した くだ
市の職員や消防、警察の人の指示に従って下さい。

What to Take in Case of an Emergency

In an emergency evacuation situation, if you are absolutely sure you have time, take valuables, enough food to last 3 days, drinking water, household medicines, flashlight, etc.

【非常時の持ち出し品】

きちやうひん か ぶん しょくりやう いんりやうすい じやうびやく かいちゆうでんとう
貴重品、3日分の食料・飲料水、常備薬、懐中電灯など。



Kyoto City Designated Refuge Areas (updated November, 2014)

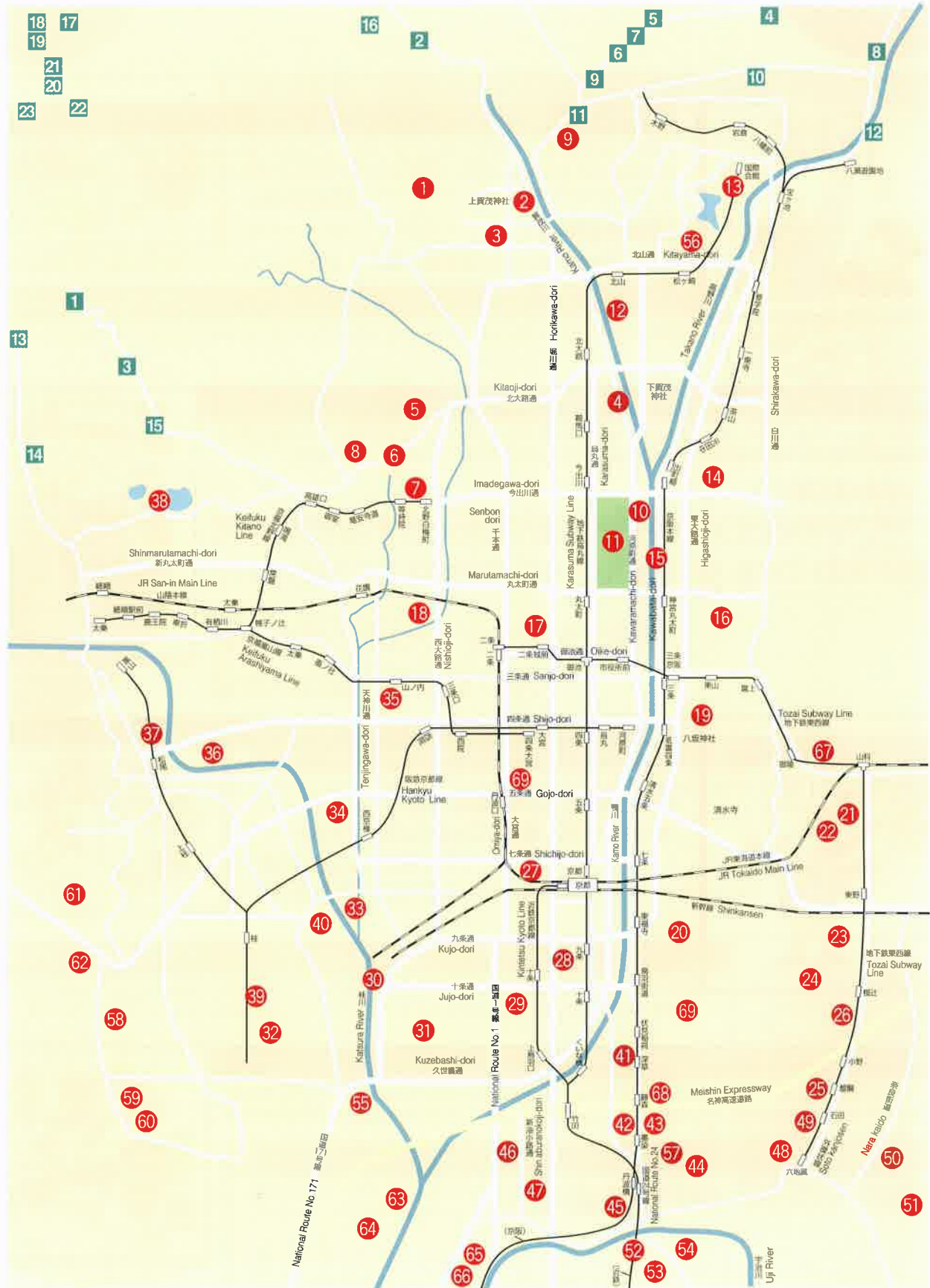
In preparation for situations that follow a primary disaster (that is, secondary disasters), like fire outbreaks after earthquakes, flee to a place where the possibility of danger from collapsing buildings, etc. is reduced. The best places to flee to are open areas like parks, school grounds, etc.

Carefully follow the instructions provided by city officials, the fire brigade, and police personnel.

地震による火災などの2次災害に備えて、周りに建物などの危険が少ない場所へ避難しましょう。市の職員や消防、警察の人の指示に従ってください。

■ In the far north part of Kyoto city, 23 Schools are designated as evacuation Sites.

■ 市内北部には避難救助拠点として23の学校が指定されています。



Each Designated Refuge Area corresponds to the number indicated.

こういきひなんぼしよばんごうたいおひりょう
広域避難場所番号対応表

- ① 京都ゴルフ場舟山コース (西賀茂)
Kyoto Funayama Golf Course (Nishigamo)
- ② 賀茂川右岸 (御園橋より上流)
Kamo River west bank, upstream from Mishono-bashi Bridge
- ③ 大宮交通公園
Omiya Traffic Park
- ④ 賀茂川右岸 (上賀茂橋~葵橋)
Kamo River west bank, from Kamigamo-bashi Bridge to Aoi-bashi Bridge
- ⑤ 金閣寺境内
Kinkaku-ji Temple
- ⑥ 立命館大学衣笠キャンパス中央広場
Ritsumeikan Univ. Central Space
- ⑦ 洛星高校グラウンド
Rakusei H. S.
- ⑧ 仁和寺境内
Ninna-ji Temple
- ⑨ 京都ゴルフ場上賀茂コース
Kyoto Kamigamo Golf Course
- ⑩ 鴨川右岸 (加茂大橋~丸太町橋)
Kamo River west bank, from Kamo-ohashi Bridge to Marutamachi-bashi Bridge
- ⑪ 京都御苑
Kyoto Imperial Palace
- ⑫ 府立植物園
Kyoto Pref. Botanical Garden
- ⑬ 府立大学グラウンド
Kyoto Pref. Univ.
- ⑭ 宝が池公園
Takaragaike Park
- ⑮ 京都大学北部構内農学部グラウンド
Kyoto Univ. Dept. of Ag. (north campus)
- ⑯ 鴨川左岸 (加茂大橋~丸太町橋)
Kamo River east bank, from Kamo-ohashi Bridge to Marutamachi-bashi Bridge
- ⑰ 岡崎公園
Okazaki Park
- ⑱ 二条城
Niijo Castle
- ⑲ 島津製作所三条工場北グラウンド
Shimazu Co. Sanjo Plant
- ⑳ 円山公園
Maruyama Park
- ㉑ 白ヶ丘高校グラウンド
Hiyoshigaoka H. S.
- ㉒ 月輪中学校グラウンド
Tsukinowa Jr. H. S.
- ㉓ 泉涌寺境内
Sennyu-ji Temple
- ㉔ 山科中央公園
Yamashina Central Park.
- ㉕ 安祥寺中学校グラウンド
Anshoji Jr. H. S.
- ㉖ 山階小学校グラウンド
Sankai Elementary School
- ㉗ 東山高等学校総合グラウンド
Higashiyama H. S.
- ㉘ 東野公園
Higashino Park
- ㉙ 山科中学校グラウンド
Yamashina Jr. H. S.
- ㉚ 洛東自動車教習所
Rakuto Driving School
- ㉛ 龍谷大学グラウンド
Ryukoku Univ.

- ㉜ 勧修寺公園
Kanshu-ji Temple Park
- ㉝ 勧修中学校グラウンド
Kanshu Jr. H. S.
- ㉞ 梅小路公園
Umekoji Park
- ㉟ 殿田公園
Tonoda Park
- ㊱ 凌風学園グラウンド
Ryofu Academy
- ㊲ 上鳥羽公園 (グラウンド)
Kamitoba Park
- ㊳ 吉祥院公園 (グラウンド)
Kisshoin Park
- ㊴ 桂川左岸久世橋上流
Katsura River east bank, upstream from Kuze-bashi Bridge
- ㊵ 塔南高校グラウンド
Tanan H. S.
- ㊶ 陸上自衛隊桂駐とん地
Katsura Self Defense Force Sta.
- ㊷ 桂川左岸 (桂大橋~東海道線)
Katsura River east bank, from Katsura-ohashi Bridge to JR Tokaido Line
- ㊸ 西京極総合運動公園
Nishikyogoku Athletic Ground
- ㊹ 西院公園
Saini Park
- ㊺ デルタ自動車四条教習所
Delta Driving School, Shijo
- ㊻ 四条中学校グラウンド
Shijo Jr. H. S.
- ㊼ 桂川左岸 (松尾橋~上野橋)
Katsura River east bank, from Matsuo-bashi Bridge to Kamino-bashi Bridge
- ㊽ 桂川右岸 (嵐山公園~松尾橋~上野橋)
Katsura River west bank, from Arashiyama Park through Matsuo-bashi Bridge to Kamino-bashi Bridge
- ㊾ 広沢の池付近
Around Hirosawa Pond
- ㊿ 佛教大学グラウンド
Bukkyo Univ.
- 1 堀川高校グラウンド
Horikawa H. S.
- 2 京都工芸繊維大学附属農場
Kyoto Institute of Technology Univ. farm
- 3 桂高等学校グラウンド
Katsura H. S.
- 4 桂川中学校グラウンド
Katsura Jr. H. S.
- 5 川岡東小学校グラウンド
Kawaoka-higashi Elementary School
- 6 牛ヶ瀬公園
Ushigase Park
- 7 京都府警察学校グラウンド
Kyoto Police Training School
- 8 龍谷大学構内
Ryukoku Univ.
- 9 京都教育大学附属高校
Kyoto Kyoiku Univ. H. S.
- 10 京都教育大学構内
Kyoto Kyoiku Univ.
- 11 桃山御陵
Momoyama Imperial Tomb
- 12 伏見桃山城運動公園
Fushimi Momoyama-jo Athletic Park

- 13 伏見公園 (グラウンド)
Fushimi Park
- 14 下鳥羽公園
Shimotoba Park
- 15 三栖公園
Misu Park
- 16 小栗栖中学校グラウンド
Ogurisu Jr. H. S.
- 17 小栗栖小学校グラウンド
Ogurisu Elementary School
- 18 栗陵中学校グラウンド
Ritsuryo Jr. H. S.
- 19 池田小学校グラウンド
Ikeda Elementary School
- 20 春日丘中学校グラウンド
Kasugaoka Jr. H. S.
- 21 日野小学校グラウンド
Hino Elementary School
- 22 日野野外活動施設
Hino Outdoor Activity Center
- 23 向島南小学校グラウンド
Mukaijima-minami Elementary School
- 24 宇治川公園
Uji River Park
- 25 向島中学校グラウンド
Mukaijima Jr. H. S.
- 26 向島二の丸小学校グラウンド
Mukaijima Ninomaru Elementary School
- 27 向島中央公園
Mukaijima Central Park
- 28 向島藤の木小学校グラウンド
Mukaijima Fujinoki Elementary School
- 29 向島東公園
Mukaijima Higashi Park
- 30 久世橋西詰公園
Kuzebashi-nishizume Park
- 31 宝が池公園スポーツ広場
Takaragaike Park Athletic Field
- 32 伏見北堀公園
Fushimi Kitabori Park
- 33 小畑川中央公園
Obatagawa Central Park
- 34 境谷小学校グラウンド
Sakaidani Elementary School
- 35 洛西中学校グラウンド
Rakusai Jr. H. S.
- 36 境谷公園
Sakaidani Park
- 37 竹の里小学校グラウンド
Takenosato Elementary School
- 38 大蛇ヶ池公園
Dajigaikae Park
- 39 桂坂小学校グラウンド
Katsurazaka Elementary School
- 40 大枝中学校グラウンド
Oe Jr. H. S.
- 41 国際日本文化研究センター
International Research Center for Japanese Studies
- 42 市立芸術大学
Kyoto City Univ. of Arts
- 43 羽束師運動広場
Hatsukashi Athletic Ground
- 44 京都府警察自動車運転免許試験場
Kyoto Pref. Driving Test Center (Untenmenkyo Shikenjo)

- 45 横大路運動公園
Yokooji Athletic Ground
- 46 京都競馬場 (駐車場)
Kyoto Horse Racecourse (Keibajo) (carpark)
- 47 京都薬科大学グラウンド
Kyoto Pharmaceutical Univ.
- 48 聖母女学院大運動場
Seibo Jougakuin
- 49 深草中学校グラウンド
Fukakusa Jr. H. S.
- 50 光徳公園
Kotoku Park
- 51 光徳小学校グラウンド
Kotoku Elementary School
- 52 京都産業大学附属中学校・高等学校グラウンド
Kyoto Sangyo Univ. Jr. and Snr. H. S.

Evacuation Sites
ひなんきゆうしよきよまてん
避難救助拠点

- 1 小野郷小中学校 (休校)
Onogo Elementary School Jr. H. S. (Close)
- 2 雲ヶ畑小中学校 (休校)
Kumogahata Elementary School Jr. H. S. (Close)
- 3 中川小学校
Nakagawa Elementary School
- 4 京都久多いきセンター
Kyoto Kuta Ikiki Center
- 5 元塚源小学校
Moto Engen Elementary School
- 6 元別所小学校
Moto Bessho Elementary School
- 7 花背小中学校
Hanase Jr. H. S. and Elementary School
- 8 京都大原学院 (大原小学校)
Kyoto Ohara Academy (Ohara Elementary School)
- 9 鞍馬小学校
Kurama Elementary School
- 10 静原小学校
Shizuhara Elementary School
- 11 市原野小学校
Ichiharano Elementary School
- 12 八瀬小学校
Yase Elementary School
- 13 岩陰小中学校
Toin Elementary School Jr. H. S.
- 14 水尾小学校 (休校)
Mizuo Elementary School (Close)
- 15 高雄小学校
Takao Elementary School
- 16 旧 黒田小学校
Kyu Kuroda Elementary School
- 17 京北第二小学校
Keihoku Daini Elementary School
- 18 京北第三小学校
Keihoku Daisan Elementary School
- 19 北桑田高等学校
Kitakuwata H. S.
- 20 京北第一小学校
Keihoku Daiichi Elementary School
- 21 周山中学校
Shuzan Jr. H.S.
- 22 旧 細野小学校
Kyu Hosono Elementary School
- 23 旧 宇津小学校
Kyu Utu Elementary School

INQUIRIES

そうだんまどぐち 相談窓口

Regarding disaster prevention

ぼうさい かん
防災に関すること

Your local ward office (see below), or the Kyoto City Disaster Risk Management Section
かくやくしよ かひよう また きょうさいほくぼうさいまき まかんりしつ
各区役所 (下表) 又は行財政局防災危機管理室

212-6792

Regarding fire fighting

しょうぼう
消防に関すること

Your local fire brigade (see below), or call your local regional fire fighting advice hotline
かくしょうぼうしよ かひよう また しょうぼう そうだんでんわ
各消防署 (下表) 又は消防の相談電話

231-5000

Learning more about earthquakes and disaster prevention

ぼうさいたいけん
みんないっしょに防災体験

The Kyoto City Citizens' Fire Prevention Center ※
きょうとししみんぼうさい
京都市市民防災センター※

662-1849

※At the Kyoto City Citizens' Fire Prevention Center you can experience a simulated earthquake disaster. The facility is free of charge.

※京都市市民防災センター／災害を模擬体験できます。利用料は、無料です。

Administration ぎょうせいく 行政区	Ward offices くやくしよ 区役所	Fire stations しょうぼうしよ 消防署
Kita Ward きたく 北区	432-1181	491-4148
Kamigyō Ward かみぎょうく 上京区	441-0111	431-1371
Sakyo Ward さきょうく 左京区	771-4211	723-0119
Nakagyo Ward なかぎょうく 中京区	812-0061	841-6333
Higashiyama Ward ひがしやまく 東山区	561-1191	541-0191
Yamashina Ward やましなく 山科区	592-3050	592-9755
Shimogyō Ward しほぎょうく 下京区	371-7101	361-4411
Minami Ward みなみく 南区	681-3111	681-0711
Ukyō Ward うきょうく 右京区	861-1101	871-0119
Nishikyo Ward にしきょうく 西京区	381-7121	392-6071
(Rakusai Branch office) (洛西支所)	332-8111	
Fushimi ward ふしみく 伏見区	611-1101	641-5355
(Fukakusa Branch Office) (深草支所)	642-3101	
(Daigo Branch Office) (醍醐支所)	571-0003	571-0474 Branch (分署)

EMERGENCY MEMO

ぼうさい ～防災メモ～

Contact details of immediate family

かぞく れんらくさき
家族の連絡先

Contact details of relatives, friends, etc.

しんせきな れんらくさき
親戚等の連絡先

Neighborhood Assembly Place

ちいき しょうごうばしよ
地域の集合場所

Designated refuge area

こういほひなんばしよ
広域避難場所

Your voluntary organization for disaster prevention

かた いえ じしゅぼうさいそしき
私の家の自主防災組織

Your division of volunteer fire corps

しょうぼうだん ぶんだん
消防団 (分団)

Internet Home Page

ホームページ

■Kyoto City Fire Service 京都市消防局 Tel. 075-231-5311
<http://www.city.kyoto.jp/shobo/main.html>

■Kyoto City Citizens' Fire Prevention Center 京都市市民防災センター
Tel. 075-662-1849 Fax. 075-662-6050 Email: bousai_s@mbx.kyoto-inet.or.jp
http://web.kyoto-inet.or.jp/org/bousai_s/

監修 京都市消防局安全救急部市民安全課

〒604-0931 京都市中京区押小路通河原町西入榎木町450番地の2
Tel. 075-212-6692 Fax. 075-252-6356

発行 一般財団法人 京都市防災協会

〒601-8445 京都市南区西九条菅田町7番地 (京都市市民防災センター内)
Tel. 075-662-1849 Fax. 075-662-6050

2009 年台風 MORAKOT による台湾水・土砂災害

— 3 日間雨量 3000mm の脅威 —

京都大学防災研究所 藤田 正治

1. はじめに

台風 MORAKOT(8 号)は 2009 年 8 月 3 日に発生し、8 月 7 日 23 時 50 分ごろ台湾東部の花蓮県に上陸、その後ゆっくり台湾を横断し、8 月 8 日 14 時ごろ北部の桃園県から台湾を抜けた。その結果、7 日から 9 日にかけて、3 日間雨量が世界記録にほぼ匹敵する豪雨をもたらし、中南部を中心として土砂災害や洪水災害を引き起こした。台湾では八八水災と名付けられている。10 月 14 日現在の死者は 698 人、行方不明者は 59 人、農業損害額 165 億元を超える大惨事である。土木学会と砂防学会は調査団を結成し、2009 年 12 月 21 日から 12 月 30 日の間、国立成功大学防災研究センター（センター長謝正倫教授）の協力のもとに合同調査を実施した。図 1 は調査地域を示したもので、高雄県の高屏溪流域、台東県太麻里溪流域、知本溪流域、南投県陳有蘭溪流域、台南県曾文溪流域、屏東県平野部において、土砂災害、洪水氾濫災害、橋梁被害、流木被害などについて調査した。土木学会調査団は、藤田正治（団長、京都大学）、関根正人（早稲田大学）、中北英一（京都大学）、檜谷治（鳥取大学）、石野和男（大成建設）、片田敏孝（群馬大学）、堤大三（京都大学）、堀田紀文（砂防学会調査団兼任、東京大学）、張浩（京都大学）、中川一（オブザーバー、京都大学）、砂防学会調査団は、宮本邦明（団長、筑波大学）、原義文（土木研究所）、権田豊（新潟大学）、地頭園隆（鹿児島大学）、今泉文寿（筑波大学）、藤本将光（京都大学）からなる。本報告は、これらのメンバーによる災害調査結果の概要を示したものである。



図 1 調査地域

2. 気象条件

図 2 は台風 MORAKOT による総降雨量の分布を示したもので、最も濃い地域が 2600~2800mm の降雨量である。強い雨域は台湾中南部の阿里山脈、玉山山脈、中央山脈の西側に集中している。図 3 は高雄県茂林郷御油山における降雨強度の変化を示したもので、降雨継続時間は約 90 時間、その間の平均降雨強度は約 30mm/hr であり、高強度の降雨が極めて長い時間続いたことがわかる。図 4 は積算雨量の変化を示したもので、総雨量は 2558mm に達している。嘉義県阿里山郷阿里山では総雨量が 2884mm に達し、3 日間雨量は 2748mm であり、成功大学防災研究センターの解析では 2000 年以上の確率降雨量と見積もられている。これらの図には台湾での主な台風や伊勢湾台風のデータも示されているが、今回の台風は伊勢湾台風よりはるかに多量の降雨をもたらした。2004 年の台風 AERE が連続して二つ来襲したような規模である。図 5 は様々な時間スケール毎の降雨量の世界記録と台風 MORAKOT による降雨量を比較したものである。短時間雨量では世界記録に及ばないが、3 日間雨量ではほぼ世界記録に匹敵している。

このように、降雨特性として、高強度の豪雨が広範囲に長時間継続し、きわめて多量の降水量をもたらしたことがあげられ、これが後述のように複合土砂災害の原因となり、災害情報の把握や救援活動にも支障を与えた大きな要因と考えられる。

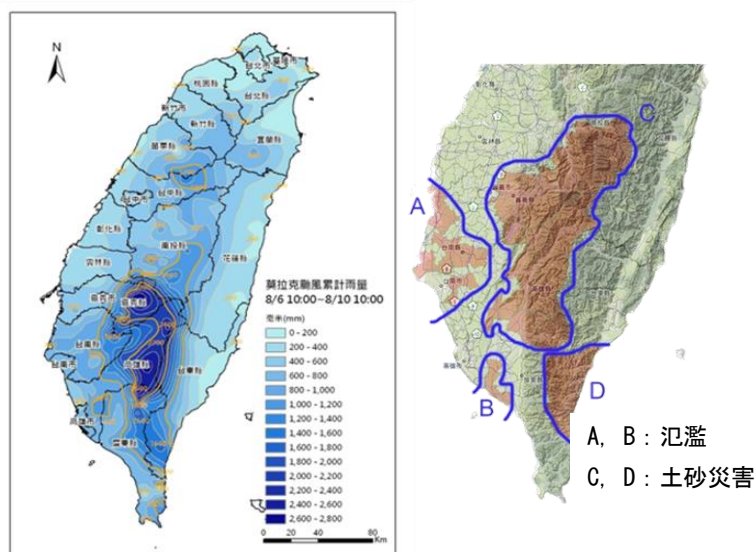


図 2 総降雨量分布と災害形態(成功大学防災研究センター資料より)

3. 災害の概要

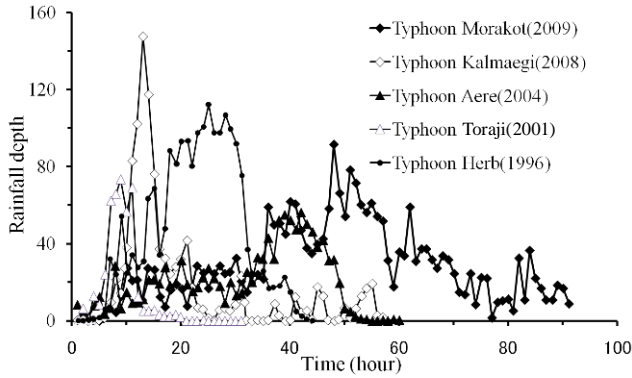


図3 降雨強度の時間変化（高雄県茂林郷御油山）
 (注) 両図とも成功大学防災研究センターのデータを基に作成

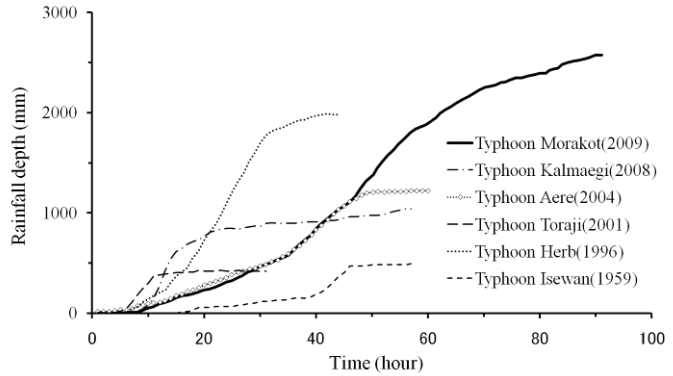


図4 積算降雨量の時間変化（高雄県茂林郷御油山）

前述のような異常豪雨によって、南投県、嘉義県、台南県、高雄県、屏東県、台東県（位置は図1参照）にわたる広範囲な地域に多様な災害が起こった。図2は災害地域を大きく4つの地域に分けたときの主な災害形態を示したもので、南投県、嘉義県、高雄県、台東県の山地部では土砂災害、台南県、屏東県では氾濫災害が発生した。土砂災害の地域と総降雨量 800mm の領域はほぼ一致している。

山地部では斜面崩壊や土石流がいたるところで起こり、総降雨量が極めて大きいため、深層崩壊の発生がたくさん見られ、16個の天然ダムが形成された。9個のダムは自然に決壊し、現在7個の天然ダムが残存している。高雄県六龜郷では、台風通過後の晴天時に天然ダムの決壊による洪水災害が発生している。支川からの大規模な土石流の流出により本川河道が閉塞され、その上流側に細粒土砂が堆積した後閉塞の解消によって堆積土砂が侵食されたと思われるような痕跡も多くみられ、洪水期間中に大規模で複雑な土砂動態があったことが推測される。土砂災害発生地域の崩壊面積率は災害前の1.27%から5.52%に増加し、12億 m^3 の土砂が生産され、4億 m^3 が河道に堆積、8億 m^3 がまだ斜面に残存していると見積もられている。

高雄県甲仙郷小林村では、小規模な土石流や浸水による被害から始まり、降雨イベントの最終段階で積算降雨量が限界に達した時に深層崩壊に襲われ、村が壊滅的な被害を受け、今回の台風による死者の約7割の440人以上の方が亡くなりました。このように、長時間豪雨が継続したことにより、異なる規模や形態の土砂移動現象が連続的に発生し、複合的な土砂移動現象により大規模な土砂災害が起こった。このような複合土砂災害は、気候変動により降雨条件が厳しくなれば、我が国をはじめ多くの国で問題となるものである。

洪水規模も大きく、台南県や屏東県の平野部では破堤による水や土砂の氾濫、40ヶ所の橋梁の流失、堤防の侵食などによる建物の倒壊などの多くの河川災害が発生した。また、天然林の山地で多数の崩壊が発生したため、多量の流木が流出し、橋梁被害だけでなく漁港などにも流木被害が出ている。

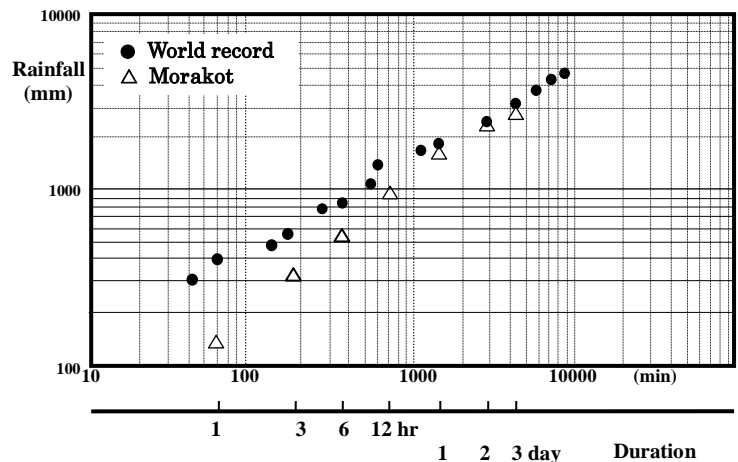


図5 異なる時間スケールごとの降雨量の世界記録と台風MORAKOTによる降雨量（成功大学防災研究センターの資料を参考）

4. 土砂災害

4.1 高屏河流域（高雄県，屏東県）

(1) 概要

高屏溪は、台湾最高峰の玉山（3,952m）を源流とし、南南西に流れて台湾海峡に流れ込む河川で、流路延長171km、流域面積3257 km^2 の台湾第2の大河川である。上流域および下流の西側（右岸側）は高雄県、下

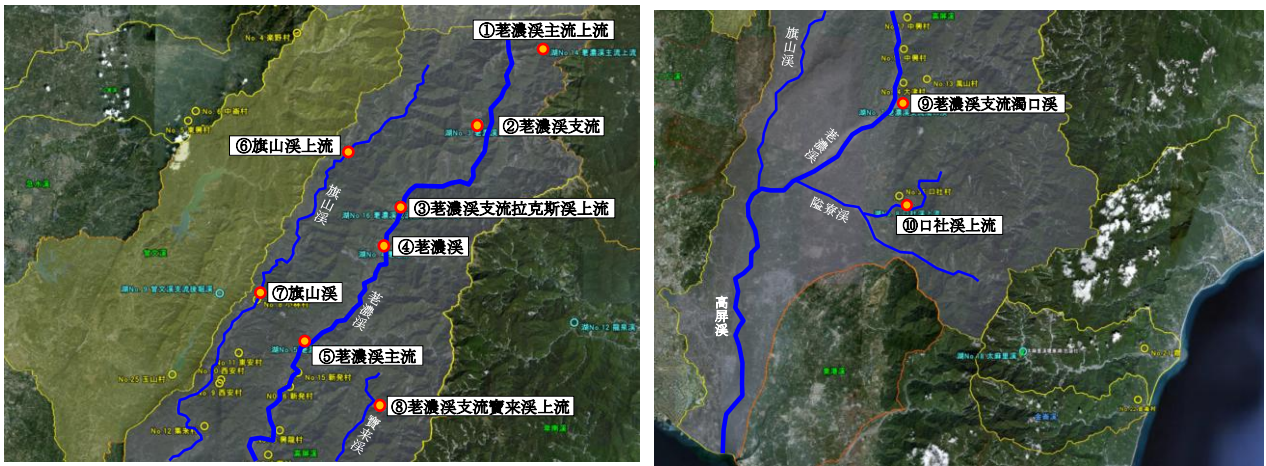


図6 高屏河流域（左：上流域，右：下流域）（地図はGoogle Earthより）

流側の東側（左岸側）は屏東県に位置する。河口から約60kmの管理区間内の河床縦断面図を見ると、最下流域では1/5000、15kmから40kmにかけては1/750、それより上流では1/100の急流河川となっている。図6は高屏溪の上流域と下流域を示したもので、西側に旗山溪、東側に荖濃溪の二つの支川が流れている。この流域では特に降雨量が大きく、崩壊面積率は台風前の1%程度から8%に増加した。河川水位は、7日から徐々に上昇し、最下流では8日9日の0時頃に洪水がピークに達しているようである。



写真1 2008年11月の小林村
（成功大学防災研究センター資料より）

(2) 甲仙郷小林村の複合土砂災害

図6の⑦に位置する高雄県甲仙郷小林村（旗山溪流域）は200年以上の歴史を持つ村であるが、裏山の深層崩壊によって170軒近くあった家屋のうち、2軒を残し壊滅し、47名が生存したが500名近くの命が失われた。写真1は2008年11月に撮影された小林村である。写真2は災害調査時点の小林村の被災地の様子を撮ったもので、斜面の下に集落があった。写真3は深層崩壊のすべり面を示したものである。地質は砂岩と泥岩からなり、砂岩をすべり面として風化した泥岩（頁岩）が40~50mの深さで滑ったものと考えられる。この深層崩壊は集落を襲っただけでなく、一部は本川河道を閉塞し天然ダムを形成した。深層崩壊は頂上付近から発生しているが、斜面の下部にも小崩壊が発生したと見られている。大小の崩壊を含めた一連の崩壊プロセスについては現在検討中である。



写真2 小林村被災地の災害調査時の様子

図7は小林村の平面図を示したものである。旗山溪に合流する支川には橋がかかっており、下流側から8,9,10号橋と呼ばれている。小林村の直上流側には南豊橋が本川にかかっており、ここでは水位計測が行われていた。これらの橋は小林村の住民にとって村外へ通じる重要な避難路の一部である。写真4は災害直後の小林村の様子を高雄県消防局が撮影したものである。手前に見える流れは9号橋がかかっていた溪流である。



写真3 小林村を襲った深層崩壊のすべり面

さて、台風MORAKOTによって写真4のようなになるまでのプロセスが様々な情報をもとに解析されている。まず、8月7日17時および23時に土石流に対する注意報、避難警報が発令されている。8月8日の19時には8号橋が土石流で流されたという目撃情報がある。8月9日6時ごろには9号橋が土石流により流失し、その後村が浸水した。その時点で、9号橋と8号橋の間の住民は裏山に避難した。結果的にはこの方々

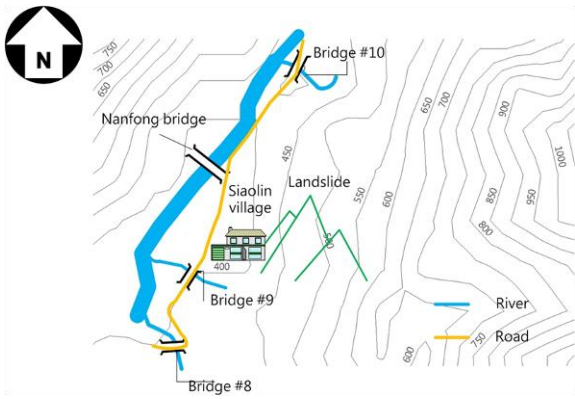


図7 小林村平面図（成功大学防災研究センター資料より）



写真4 小林村の被災直後の様子（高雄県消防局提供）

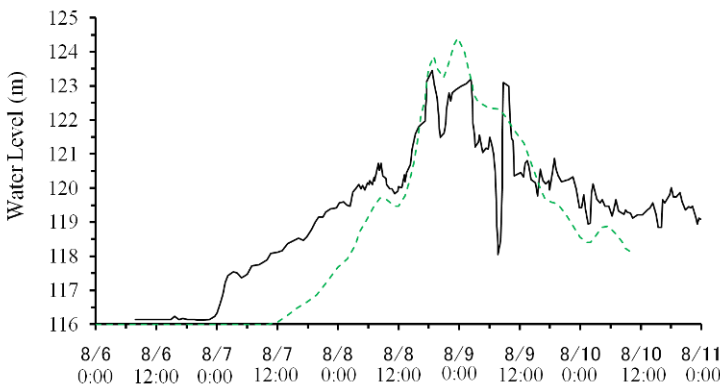


図8 小林村下流 20km 地点の水位変化
（成功大学防災研究センター資料より）

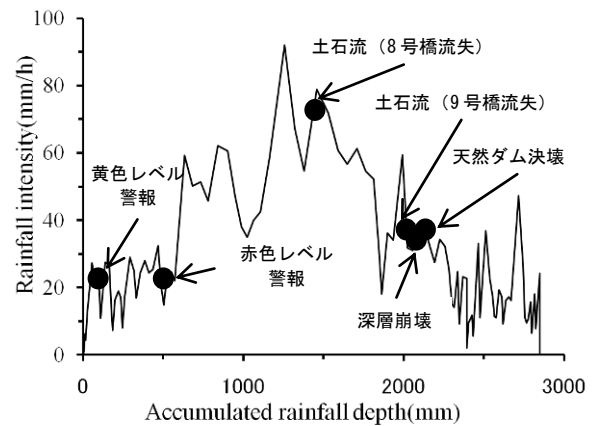


図9 台風 MORAKOT 時のスネーク曲線

は生き残った。その後、深層崩壊、天然ダムの形成と決壊が起こったが、このタイミングは次のようなデータより時間が特定されている。まず、図8は小林村下流 20km における水位観測データであるが、8月9日7時ごろ急激な水位の低下がみられる。また、この地域に設置された地震計が8月9日の6時20分ごろ顕著な揺れを記録している。さらに、南豊橋に設置された水位計は6時ごろで記録が止まっている。これらのことから、深層崩壊は6時20分ごろ発生し、小林村を来襲するとともに、南豊橋から下流にかけて堆積し、天然ダムが形成されたと考えられる。その後、図8の水位変化から、7時ごろ天然ダムが決壊したものと考えられる。

以上のことから、図9に示すスネーク曲線上で、災害のプロセスを概観する。まず、土石流に対する避難警報が出た後、8日の19時に降雨強度がピークに達したころ、小林村下流の8号橋が土石流によって破壊された。この橋は今回被害のなかった小林村の南地区に通じるものである。その後時間雨量 40mm 程度の強い雨が一晩中降り続き、夜明けごろ、9号橋に土石流が発生し、9号橋が破壊されるとともに村が浸水した。多分、この土石流により地形が変化し、流れに影響を及ぼした結果だと思われる。このとき積算雨量は 2000mm を超えていた。そして、積算雨量が深層崩壊発生の極限に達した8日6時20分ごろ、深さ 40~50m の深層崩壊が発生し、小林村を襲った。一部の崩土は南豊橋直下流の河道を閉塞し、天然ダムを形成したが、40分後に決壊、洪水が発生したと見られる。その結果、写真4の様な状況になり、2軒を残して村は壊滅した。

積算雨量が 2000mm に達していなければ、8号橋が破壊されるだけで済んだと思われるが、長時間高強度の雨が続いたため、避難経路が断たれた状態で最終的に深層崩壊が発生した。このように、小規模な土砂移動から始まり、橋の破壊や浸水により避難が困難な状況になり、それに引き続いて深層崩壊、天然ダムの形成と決壊という大規模な土砂移動が起こった。このような連続した土砂移動現象による複合土砂災害が小林村での災害の特徴である。

(3) 天然ダム

上流域を中心として数多くの斜面崩壊と土石流が発生し、多量の土砂が河川に流入している。また、この土石流によって、本川や支川では天然ダムが形成された。高屏河流域では、図6に◎で示した10ヶ所に大

規模な天然ダムが形成されたことが確認されており、一部は決壊しないまま現在に至っている。

この天然ダムの決壊によって洪水被害が発生したケースが高雄県六龜郷寶來村（荖濃河流域）で報告されている。台風が通過した8月11日の20時10分頃、上流側から洪水が段波のように流下し、上流側の橋梁の一部を破壊するとともに村内に流れ込んだ。地元の消防署の職員の話では、数秒間で急激に浸水し、数分後には水が引いたとのことである。橋脚に流木等が引っかかり、堰上げが起こったことで村内に水が浸入したが、すぐに橋梁が一部破壊されて堰上げが解消されたものと推察される。この洪水では最大1mの浸水が発生したが、人的被害はなかった。写真5は浸水した消防署内の洪水痕跡である。

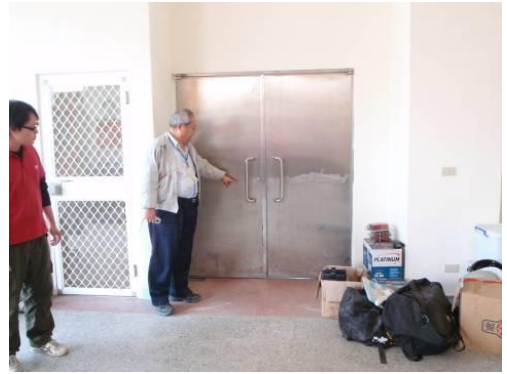


写真5 寶來村での天然ダム決壊による浸水被害

(4) 土砂の堆積・侵食

高屏溪支川荖濃溪の寶來村の上流の天然ダム地点より下流側の区間で、土砂の堆積、侵食状況を調査した。写真6の寶來村上流の写真は図6の④の天然ダム直下流の区間で撮影されたものであり、河床上昇した様子が見て取れる。現地調査によると数10m上昇している。上述したように土石流による天然ダムが発生している区間であり、写真にみられるように堆積と侵食を繰り返した痕跡が河道に残されている。新發村周辺の写真は、図6の⑤の天然ダムの直下流区間で撮影されたものである。この区間でも10m程度の河床上昇が発生している。上流と同様に天然ダムの流入の影響により堆積と侵食が繰り返されている。

六龜大橋から高美大橋区間は水利局の管理区間の上流にあたり、河川勾配が1/100から急激に減少する区間である。そのため、写真に見られるように、上流域で生産され洪水で運ばれた土砂はこの区間で急激に堆積している。水利局では、計画河床が定められており、今回の洪水で計画河床以上に堆積した土砂は、洪水後から緊急に河道外へ搬出されている。写真中には土砂運搬用に作られた河道内の道路が見られる。新威大橋はこの区間の中にあり、写真は災害2ヶ月後に撮影したものである。河道全体に土砂が平坦に堆積し、元河床から7m程度河床が上昇している。写真に見られるように災害後緊急掘削を行い新威大橋付近の通水断面の確保を図っていた。ここだけでなく、多量の土砂が堆積した個所はたくさんあり、災害後の土砂の処



寶來村上流



新發村周辺



六龜大橋から高美大橋区間



新威大橋付近土砂堆積



旗山溪合流点から下流区間

写真6 荖濃溪の土砂堆積・侵食状況



写真7 道路1車線分の侵食



写真8 水里郷新山村河岸侵食



写真9 信義郷隆華国民小学校の被災

理は当面の大きな課題である。

旗山溪合流点から下流区間では、輸送された砂礫成分が上流側で堆積するため、流下している成分は細砂あるいはシルト成分であると考えられる。写真は最下流の雙園大橋地点で撮影されたものであり、右岸側に大規模な側岸侵食や橋梁被害が発生していることがわかる。橋梁被害は河床低下が原因であると考えられ、洪水時に河床低下が発生している可能性も考えられるが、河床変動に関する十分なデータは得られていない。

4.2 濁水溪および支川陳有蘭溪流域（南投県）

濁水溪および陳有蘭溪はかつて度々土砂災害を受けた地域である。1999年の集集地震のあと、今回より規模の小さな台風 TORAJI などの台風でも、甚大な土砂災害が発生している。このときの土砂災害の特徴は、範囲は広いが小規模なものが多いことであった。集集地震後、一旦減少した土石流発生降雨量は増加し、今回の台風の前では、土砂災害に対して流域はかなり安定化していたと思われる。しかし、台風 MORAKOT は異常な豪雨をもたらし、この地域に新たな斜面崩壊や土石流が発生した。集集地震後の斜面崩壊と異なり、今回の斜面崩壊の発生領域は狭いものの大規模なものが多いようである。また、台風 TORAJI や台風 HERB のとき土石流が発生した溪流では、今回はあまり土石流が発生しなかったようである。

濁水溪流域では斜面崩壊や土石流による死者はなかったが、濁水溪の中流付近の水衝部で約 500m にわたって堤防が侵食され、堤防上の2車線道路の川側の1車線がなくなった。写真7は侵食個所の上流個所から下流側を見た写真である。このため自動車7台が川に落下し、10名の方が亡くなられた。写真8は水里郷新山村の河岸侵食により落下しそうになった住宅の状況を示したもので、この村で約30軒が被災した。現在、新山悦城村という建設会社が建設した仮設住宅に避難している。写真9は南投県信義郷陳有蘭溪の隆華国民小学校の被災の様子を示したものである。この小学校から本川上流数百メートルの地点で合流する頭坑野溪では、大規模な土石流が発生し、土砂が本川に堆積した。その影響で流水の方向が変化し小学校側の河岸を侵食した結果写真9のように被災した。また、この小学校は支川との合流部付近にあり、以前にもその支川からの土石流により被災している。このように、濁水溪、陳有蘭溪流域でも崩壊や土石流、天然ダム、河岸侵食が発生した。この流域の土砂移動現象の規模は高雄県より小さいといえども、建物、道路、農地に甚大な被害が出ている。しかし、幸いにも死者がなかったことが特筆される。先にも述べたように、この辺りは台風常襲地域で、集集地震の後も台風 MORAKOT より規模のかなり小さい台風 TORAJI によって土砂災害が発生しており、土砂災害に対する住民の意識は高い。今回も行政や地域の長の指示に従って、早期避難したことが人的被害のなかった一因だと言われている。ただし、避難所となっているコミュニティーセンターは本川と支川の合流部付近の狭いスペースに建てられており、今回の災害では問題なかったが、今後も安全とは言えないような立地条件に建てられていた。

4.3 太麻里溪（台東県）

太麻里郷太麻里溪流域では、2004年ごろまで、800mm から 900mm の雨で裸地が発生していたが、裸地面積率は1%以下であった。2005年の台風 HAITANG も 900mm 程度の雨であったが、裸地面積率が2~3%になり、年年裸地面積率が上昇し、2009年の台風 MORAKOT の平均 1150mm の雨で崩壊面積率は急増した。

写真10は太麻里溪上流の深層崩壊、写真11はそれによって形成された天然ダムの調査時点での写真である。元の河床から40m程度土砂が堆積し、その上に高さ10m程度の天然ダムが形成されたが、写真12のような排水路を作り、10mの水位を6mまで下げることで現在安定している。



写真10 太麻里溪上流の深層崩壊



写真11 深層崩壊による天然ダム



写真12 天然ダムに設置された排水路

太麻里溪の扇状地では、洪水氾濫・土砂氾濫による被害が発生した。その過程について写真13を参照しながら説明する。

- ①太麻里溪が蛇行を繰り返しながら扇状地に出た地点（扇頂部）が写真13の左端に相当する。河川上流部で生産された土砂がこの区域に堆積したことで河床上昇が生じている状況下で河川は水位を増し、図の青線の位置にあたる湾曲部外岸の堤防上を越水、さらには破堤が引き起こされることになった。
- ②河川から流出した水は鉄道の盛土により堰き止められ、輸送されてきた土砂は、その上流側に堆積した。ただし、盛土を横切るように上げられた開口部からは流出可能であったためここに流れが集中し、その流れによって盛土の下流側（図の右側）には新たな流路が刻まれていった。その後、図中の赤線に相当する区間の盛土が流出し、流れはこの区間を通過するように固定化された。写真に見られる流路がそれである。流路の深さは2~3mほどであった。
- ③この間のいずれかの時刻に旧河道の堤防のほとんどが流出し、わずかな区間だけが図中の濃緑色の線として残っている程度となった。
- ④氾濫が生じた扇状地上では、新たな流路を除くほとんどの区域において堆積が生じ、その規模は1m未満とされている。



写真13 洪水後の氾濫状況：図中のオレンジ色の破線は旧河道の堤防ラインを、黄色の一点鎖線が鉄道（河川区間では盛土区間）を表す。

調査時には、旧堤防（図中のオレンジ色の破線）の位置に堤防が建設され、復旧が進められていた。しかし、洪水時にこの位置に河道を維持することは難しいと言わざるを得ず、付け替えが望ましいと判断される。なお、以上のプロセスは1日程度の短期間で生じており、その変化は極めて急なものであった。それにもかかわらず死者が6名と比較的少なかったのは、住民の避難が迅速であったためと推察される。

5. 洪水氾濫災害

台南県や屏東県の平野部では、破堤や越流により浸水被害があった。図10および11は成功大学防災研究センターの調査資料に基づき、屏東県と台南県の浸水深の分布を描いたものである。1m程度の浸水箇所が多いが、3、4mの浸水深の箇所もある。図中には破堤箇所や越水箇所も記している。写真14は屏東県での浸水や土砂氾濫の様子を示した写真である。鉄道橋での浸水と土砂の氾濫は、鉄道橋の高さが低いため流木がトラップされ、堰上げられた流水が右岸側に越流したために起こった。土砂の堆積厚さは2mにも及ぶ。台風前に堤防のかさ上げと鉄道橋の付け替えを行っていたが、今回の台風間に合わなかった。

台南県の曾文溪でも何箇所かで破堤し、図11の様な浸水被害が生じた。上流には曾文ダムがあり、洪水調節によりピーク流量が低減されている。しかし、貯水位が上昇し堰堤を越流する危険が生じたため、途中で放流量を増加させた。洪水のピークカットはできているものの、下流の治水に十分な洪水調節を行うことはできなかった。今後、このような異常な豪雨が発生した時の流域の治水を如何にするのかは、台湾だけでなく我が国でも重要な課題であろう。



図 10 屏東県の浸水分布

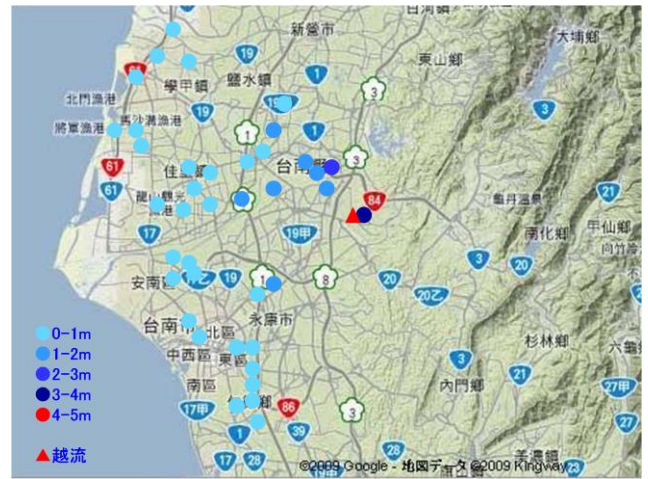


図 11 台南県の浸水分布

6. 橋梁被害

高屏溪本川とその支川である旗山溪と荖濃溪に架かる 29 橋の橋梁の被害を調査し、被害等の特徴と日本の状況との比較結果を以下に示す。

- ① 今回の水害は未曾有の水害で、橋梁設計では考慮されていない現象による被害であり、その中でも日本では見ることが少ない斜面崩壊や土石流に埋没した橋梁が 6 橋と多く見られた。
- ② 日本に比べて橋台基礎の岩着部が弱く、これが主要因で壊れた橋梁が 5 橋と多く見られた(写真 15)。
- ③ 未曾有の洪水流により河川が拡幅して取付部の土堤が流出したものが 4 橋と多く見られた(写真 16)。
- ④ 桁上にコンクリート版製の高欄が設置されて洪水流の受圧面積が広い橋梁が多く見られ、桁のみが流出したコンクリート製の橋桁が 3 橋見られた。なお、コンクリート製の橋桁は、重量がトラスや合成桁よりも重くて、日本で桁のみが流出することは稀である。
- ⑤ 日本における橋脚は、岩盤において鋼管杭を施工することは稀であるが、台湾では、これが行われていて、鋼管が岩盤（軟岩）から剥れたり、座屈する現象が見られた(写真 17)。
- ⑥ 最下流で河積の阻害率が高く河床低下と洗掘により倒壊したと推察された橋梁が見られた(写真 18)。
- ⑦ 交通の要衝の重要な橋梁では、早くも、復旧工事が始められていた。設計方針が不明であるので考察は不可能であるが、現況復旧では問題がある橋梁が見られた。

以上から、日本でも今回と同規模の洪水が発生すると、斜面崩壊や土石流により埋没する橋梁が多く発生することが危惧される。

7. 流木災害

高雄県や台東県の奥地は檜などの天然林が多いようであるが、十分発達した森林においても斜面崩壊が多数発生し、流木の流出も非常に多かった。台東県の太麻里溪の流域では数万トンに及ぶ流木の流出があり、台東県の富岡漁港に被害を与えた。流木による橋梁被害や橋梁部での洪水の疎通能力の低下による流水や流砂の氾濫も見られた。太麻里溪の流木の中には、紅檜の 1 級品が 3900 トン含まれ、その価格は 1 億円以上である。写真 19 は流木の集積場のほんの一部の様子を示したものであるが、どれも天然林の大木で、樹幹と根茎部分がなくなっているのが特徴的である。このような大木が流出し、根茎がなくなっていることから、今回の土砂移動現象の激しさが想像される。紅檜の一級品は家具や檜オイルとして林務局が売買したり、被災者の住宅建築には無償で提供されるそうである。



写真 14 屏東県の浸水および土砂氾濫の状況
上の写真は成功大学防災研究センター提供

8. 災害情報と避難

8.1 調査の概要

年間降水量の約 3000mm に匹敵する豪雨がわずか3日間に集中した台湾南部のなかでも、とりわけ高雄県甲仙郷小林村での被害は甚大なものとなった。台湾行政院の発表によると、台風8号による死者・行方不明者の8割近くが高雄県での災害によるものであり、そのほとんどは小林村で発生したと考えられている。現在の小林村は、背後斜面で発生した深層崩壊や大小の土石流による厚い土砂が全域を覆ったままであり、今後に於いても土砂の除去作業や400～600体に及ぶ遺体の捜索作業などは予定されていない。被災時の村の状況を辿ることのできるものは、残された2棟の建物と、かつてそこに家屋があったことを示すために遺族が印した黄色いリボン、そして47名の生存者とその関係者からの証言である。ここでは、生存者(4名)と関係者(3名)へのヒアリング調査をNHK取材班の協力のもと行った。その要点の幾つかを述べる。

8.2 災害当時の村民の動き

無論、8月7日午後の“土石流黄色警報”や“土石流紅色警報”をきっかけとして小林村南部(被災したのは北部)の高台へ避難していたならば、人的被害だけは免れ得たはずである。しかし村民は、これらの情報の存在すら認識していなかったようである。8月8日夕方からの停電により、主たる情報源であるテレビは使用不可となった。緊急用ラジオ等を携帯するような村民が存在したか否かは不明である。1年前の2008年に9号橋が架かる溪流から小規模の土石流が発生した際には、集落の中央付近にある小学校に何人かが集まったとのことであるが、そこが取り立てて避難場所として共通に認識されていたような証言は確認できなかった。このたびの災害時に実際にそこへ何人かが避難したか否かは不明である。南部の高台に通じる8号橋は8月8日19時頃に発生した土石流によって埋没し、唯一の避難路をこの時点で断たれた状態となった。このような状況の中で47名が生存できた理由としては、避難の際の指導的リーダーが存在したことと、その避難誘導を可能するだけの若干の時間的猶予をもたらした(山の崩壊の直撃を免れた)地理的条件が挙げられる。避難誘導の指導的リーダーの役割を果たしたのは黄金寶(コウキンポウ)氏であり、彼へのヒアリング調査によると当時の動向は以下のとおりである。



写真15 橋台のみが破壊された橋



写真16 取付部が破壊された橋



写真17 鋼管杭製橋脚の座屈状況



写真18 洗掘等により倒壊した橋梁



写真19 流木の集積場 (上は一級品, 下は二級品)

避難誘導の指導的リーダーの役割を果たしたのは黄金寶(コウキンポウ)氏であり、彼へのヒアリング調査によると当時の動向は以下のとおりである。

8日 17時頃：9号橋付近に位置する自宅が浸水し始める。

19時頃：8号橋は土石流により埋没しているの、林さん宅へ家族で避難。

深夜：林さん宅も浸水し始めたので、より高い場所に位置する太子宮（残存する2棟の家屋のひとつ）へ避難しようと思った。その際に通り沿いの村民に声をかけて太子宮へ避難させた。3回くらい呼びかけて回った。

9日 6時頃：川の水が逆流。山が崩壊。9号橋より北側まで土砂。残された選択肢は山の斜面をよじ登るしかないと判断。8号橋と9号橋の間の住民が太子宮に全員揃ったことを確認して、みんなで斜面を命からがらよじ登った。はっきりとした道があるとは考えていなかった。ただ、犬が猿を追いかけて山を登っていくのを普段よく見かけていたので、そのイメージでそのルートを這い上がった。自分はこの地の地理に詳しい。稜線から判断してこの山の上が相対的に安全だと判断した。

高台にて：非常に狭い。47人もいればぎゅうぎゅう状態。少々いざこざがあった。「あっちに避難したい」「こっちに避難したい」とか、色々勝手なことを皆は言う。別荘のほうへ行きたいという人もいたが、結果的にはその別荘も土砂でやられた。しかし黄さんは「ここに留まれ」と言ってなだめた。なぜなら、ここに留まるのが安全だと思っていたから。9日早朝に避難して、いざこざが沈静化して、「よしここに留まろう」と結論が出たのは9日の夜。いろいろと分析的に行動したわけじゃない。臨機応変に行動したまでだ。

8.3 防災で重要なこと

このことについて黄氏は「今回規模の雨では無理だが、もしも生き残るチャンスが残されているならば、そのチャンスをつかみ取るための“知識”を持つことが必要だ」と強調する。また、当時の小林小学校の教頭先生へのヒアリングでは、「住民で対応可能なものとそうでないものがある。今回は後者だ」と述べつつも「地元の指導的リーダーの存在が重要」と説く。これはまさに前掲の黄氏が果たした役割に他ならない。さらに、小林村から下流へ約10kmの和安村の村長および村内の隣組長は「避難の呼びかけをする際には、おそらく、政府レベルの警戒情報を待っていたのでは間に合わないだろう。目で見て自身で判断するのか一番確実」と述べる。これらの発言の共通項を見出すならば、それはすなわち昨今の日本の防災で強調されつつある“自助”と“共助”の精神に基づくものと言えよう。彼らの中では、あえて強調するまでもなく、ごく自然な姿で、あたりまえのこととして自助と共助が実践されている。

しかし、ここであらためて自助と共助の重要性を強調したところで、この度の被害を完全に回避できたとは思えない。47名の生存者の居住地域がたまたま崩壊による土砂の直撃を免れることのできた好条件であったことが幸いしていることは事実であろうし、逆に言えば、土砂に埋もれた400~600名の中にも黄氏のような避難誘導の指導的リーダーの役割を実際に担っていた人物が居たのかもしれない。しかし、ここで再度、黄氏の発言を念頭におくならば、土砂に埋もれた後者の村民の居住地区には残念ながら「生き残るチャンスが残されていなかった」のであり、前者の47名については「生き残るチャンスが残されていたため、知識を備え持った住民たちが“生存”を勝ち取った」と捉えることは、少なくとも可能であると考えられる。

9. おわりに

我が国において、近年、降雨強度の大きな豪雨、連続雨量の大きな豪雨の頻度が高まっており、様々な時間スケールの降雨量の記録更新のニュースをよく耳にする。気候変動に伴って、降雨の極端現象が増加することが予想されている中、このような事実は土砂災害対策を考える上で考慮しなければならない。今回のような高強度、高継続時間、広範囲の豪雨が発生すれば、我が国でも複合土砂災害の危険性が高まり、その際、災害情報の収集、避難活動や救助活動に障害が生じることが予想される。現在の避難予警報は、降雨特性値が基準値を超えたとき災害の危険性を知らせる仕組みになっているが、小林村での複合土砂災害を考えると、最終的に降雨量はどうなるのかを予測し、どのようなプロセスで規模や形態の異なる土砂移動現象が発生するのかを推測し、それに応じた避難を行うことが重要であると考えられる。今後、今回のMORAKOT台風災害を教訓として、大規模な複合土砂災害に対する警戒避難システムを構築することが肝要である。

最後に、本報告に用いたデータや図の多くは国立成功大学防災研究センター、中興大学水土保持学系陳樹群教授、高雄局消防局、NHK取材班から提供されたものである。また、本報告は土木学会調査団、砂防学会調査団の災害調査検討会で議論したものを著者が整理したものである。ここに記して、関係各位に御礼申し上げます。