

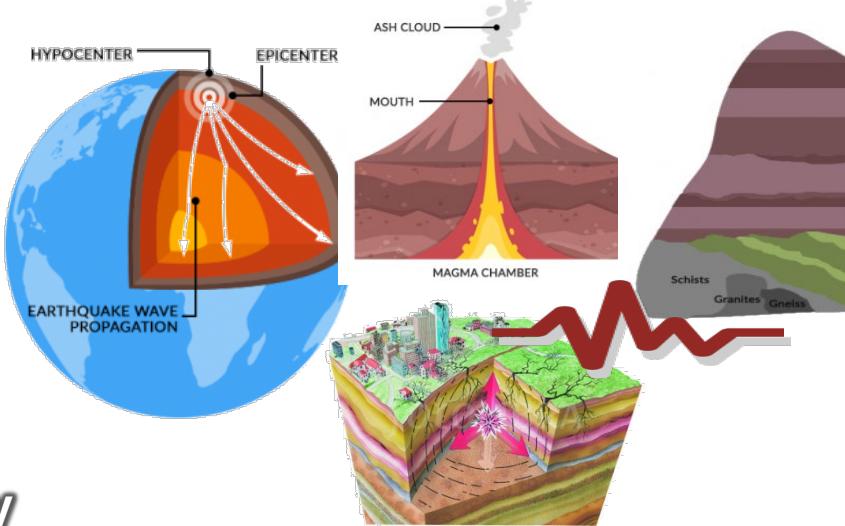
從地球科學研究看 地震危害及風險評估實務工作

顏 銀 桐

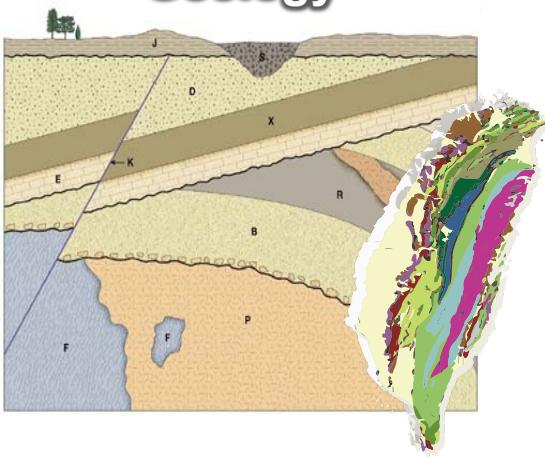
防 災 科 技 研 究 中 心
Disaster Prevention Technology Research Center

2019.03.05 地震災害鏈風險評估及管理研究中心研討會

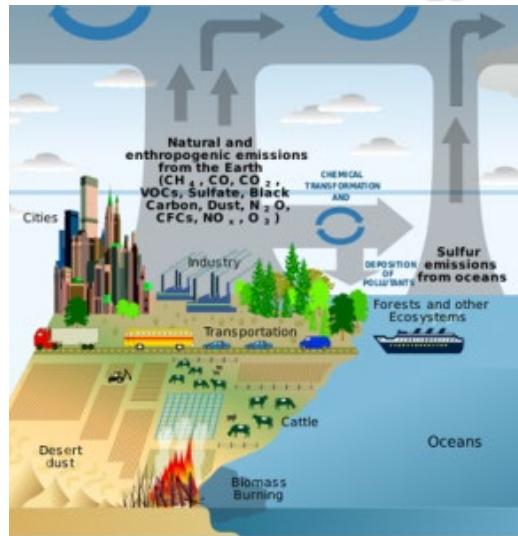
Geophysics & Seismology



Geology



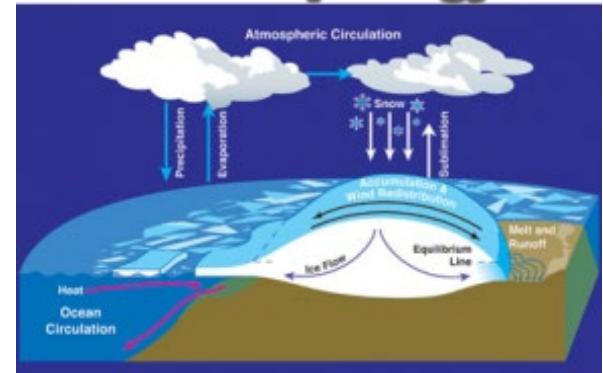
Environmentology



Geotechnical engineering

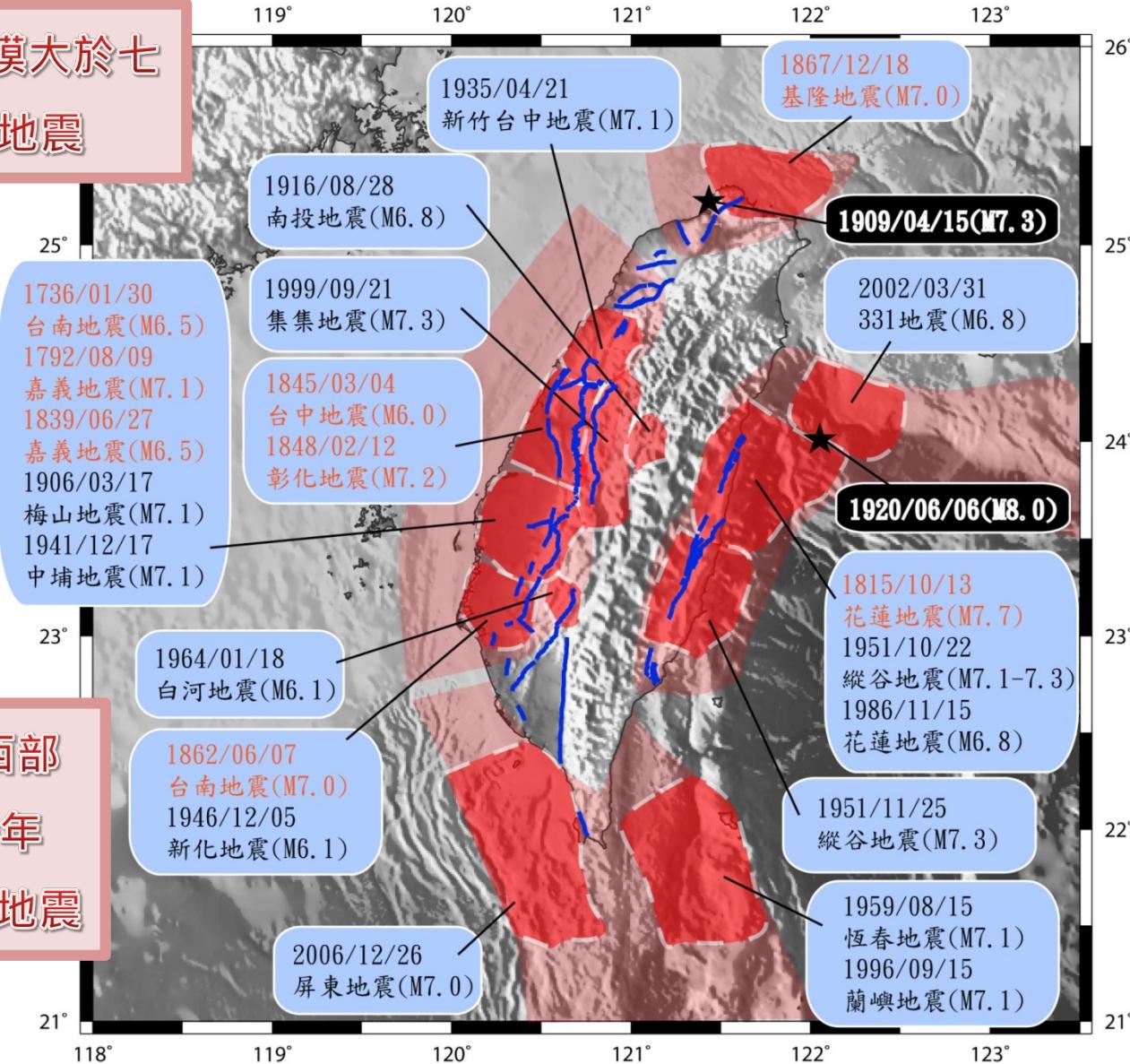


Geomorphology



18世紀以來臺灣災害地震

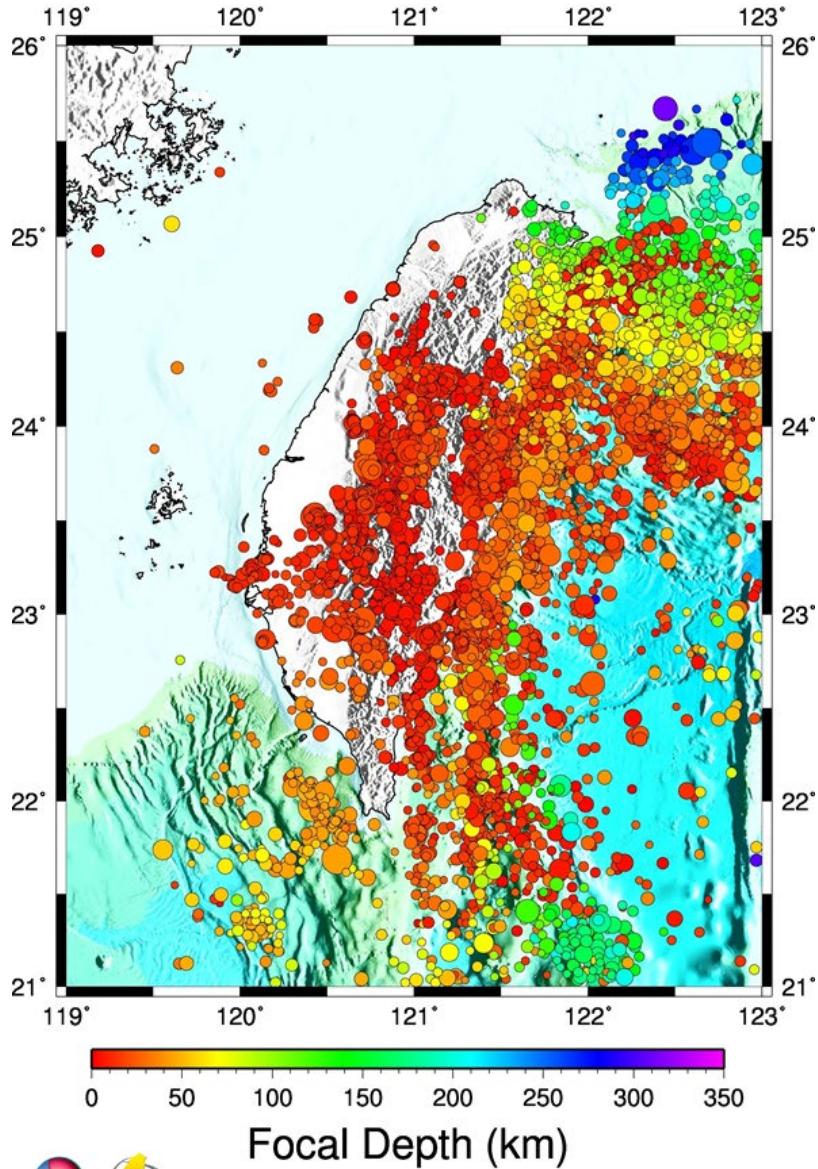
百年-規模大於七
島內地震



台灣西部
每30年
災害性地震

Taiwan Seismicity

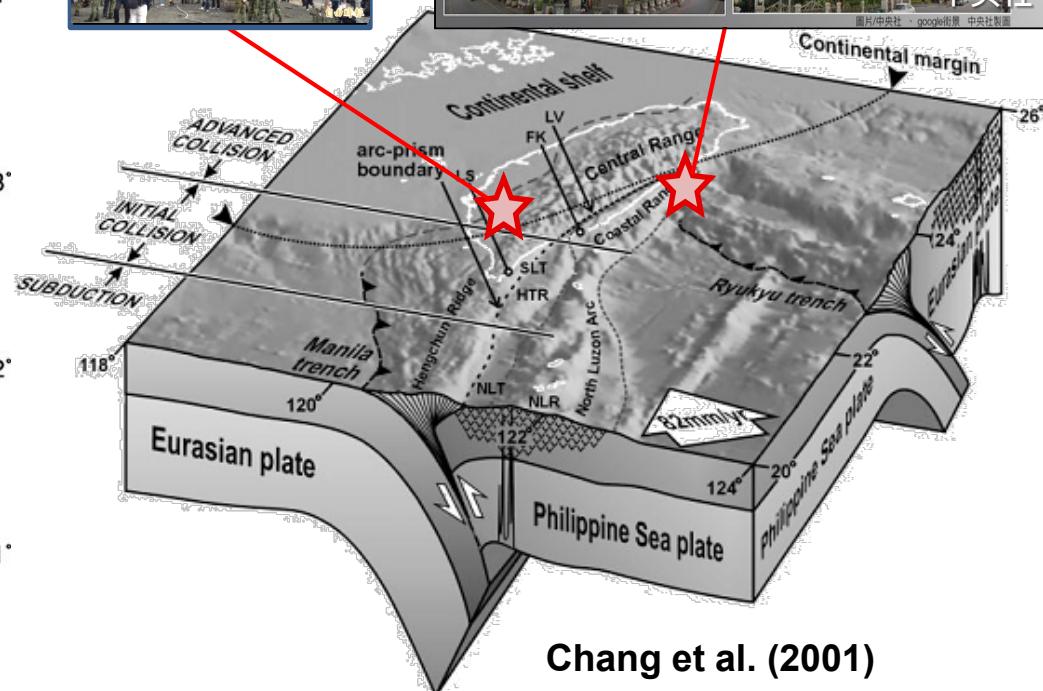
1990/01/01–2017/12/31 $M_L \geq 4.0$



2016 美濃地震



2018 花蓮地震



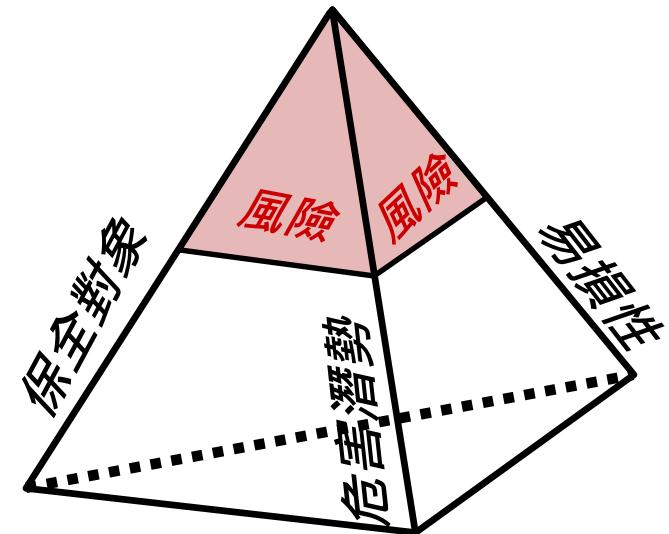


危害 & 風險

「低頻率高危害」風險

絕對安全 <=> 相對安全

務實 <=> 成本



$$\text{危害} \times \text{脆弱度} \times \text{對象} = \text{風險}$$

最「科學」的假設也只能參照已知歷史紀錄和數據作出「可行」的評估

知識不確定性 & 隨機不確定性

地震危害相關圖資

台灣主要災害地震來源

活動斷層

孕震構造

隱沒帶

Problem

發生地點?

發生時間?

發生規模?

發生震度?

Solution

3D幾何模型

長期滑移速率

斷層尺度關係

強地動模擬

特定地震規模年發生率

Production

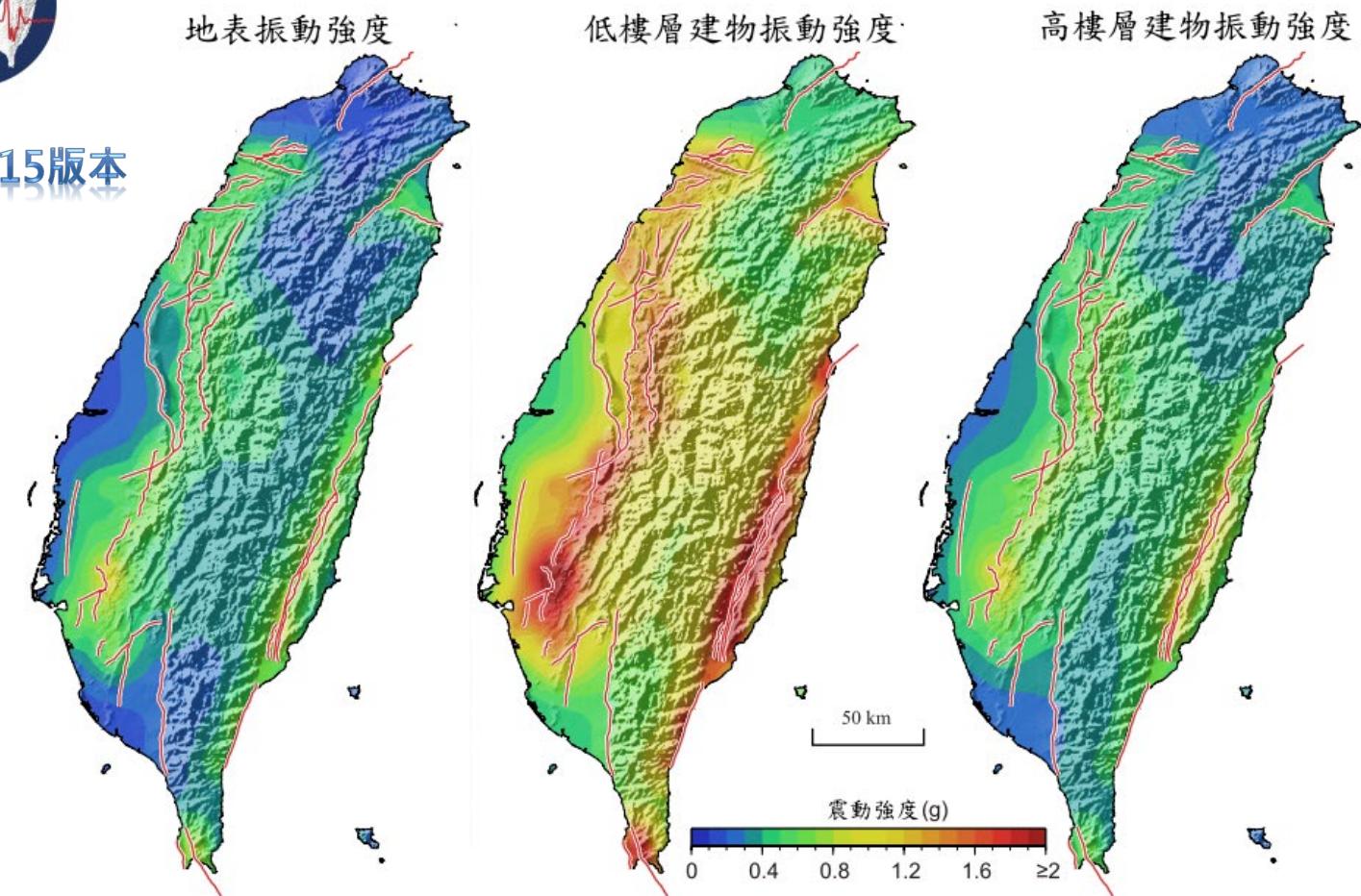
斷層發震機率評估

機率式地震危害度圖

地震動分佈圖



臺灣地震模型2015版本



地震科學可以產出哪些地震危害的資訊？

未來30年台灣孕震構造之發震機率圖

基準日2015年1月1日

中台灣

規模大於6.5 25%
規模大於6.7 11%
規模大於7.0 7%

- 10 苗栗前緣構造
- 11 銅鑼構造
- 12 東部苗栗構造
- 13 猴潭斷層
- 14 三義斷層
- 15 屯子腳斷層
- 16 彰化斷層
- 17 車籠埔斷層
- 18 大茅埔—雙冬斷層
- 19 梅山斷層

南台灣

規模大於6.5 64%
規模大於6.7 62%
規模大於7.0 13%

- 19 九芎坑斷層
- 21 嘉義前緣構造
- 22 木屐寮—六甲斷層
- 23 中洲構造
- 24 新化斷層
- 25 後甲里斷層
- 26 頭山斷層
- 27 小崙山斷層
- 28 高屏溪構造
- 29 潮州斷層
- 30 恒春斷層
- 31 恒春離岸構造

此計算參考台灣地震模型所提供的孕震構造參數。
孕震構造13,15,16,17,20,22,24,32,33採用布朗過程時間模型(BPT)，
其餘孕震構造使用泊松模型(Poisson)估算。



北台灣

規模大於6.5 29%
規模大於6.7 16%
規模大於7.0 4%

- 01 山腳斷層
- 02 雙連坡構造
- 03 楊梅構造
- 04 湖口斷層
- 05 露天山溪走向滑移構造
- 06 新竹斷層
- 07 新城斷層
- 08 新竹前緣斷層
- 09 斗煩坪構造
- 37 北宜蘭構造
- 38 南宜蘭構造

資料來源



圖卡重製



斷層破裂機率

0 20 40

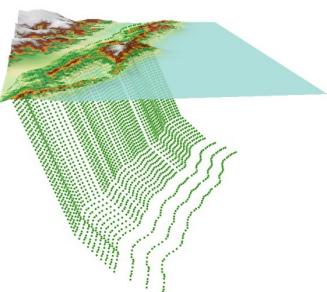
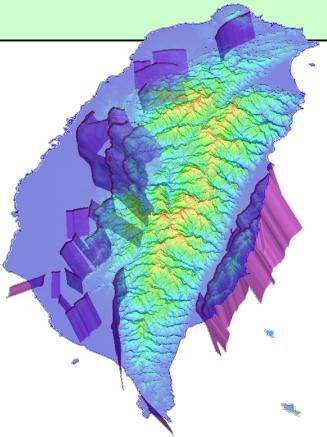
地震科學可以產出哪些地震危害的資訊？

臺灣活動斷層潛勢圖精進 與震源構造特性評估



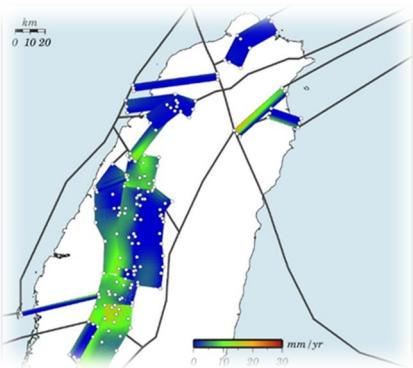
斷層 幾何模型

活動斷層之幾何形貌



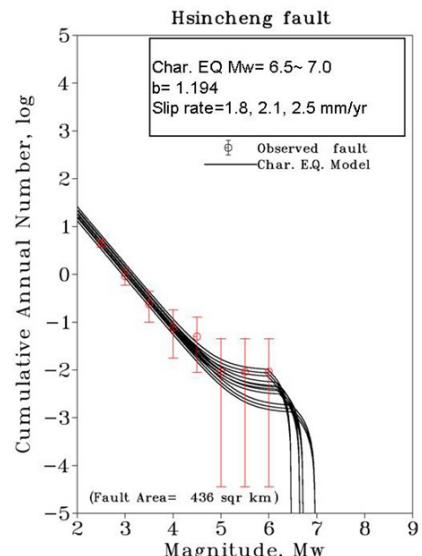
斷層 變形模型

斷層長期滑移速率



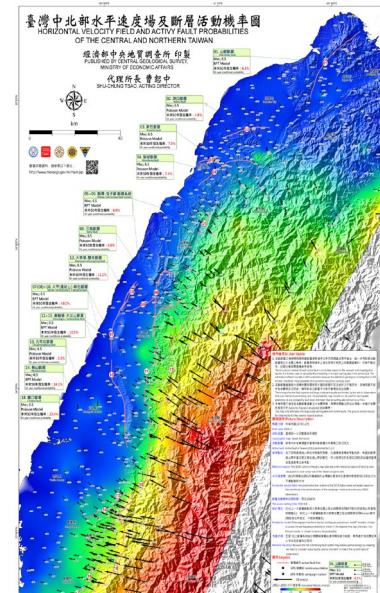
地震 再現週期評估

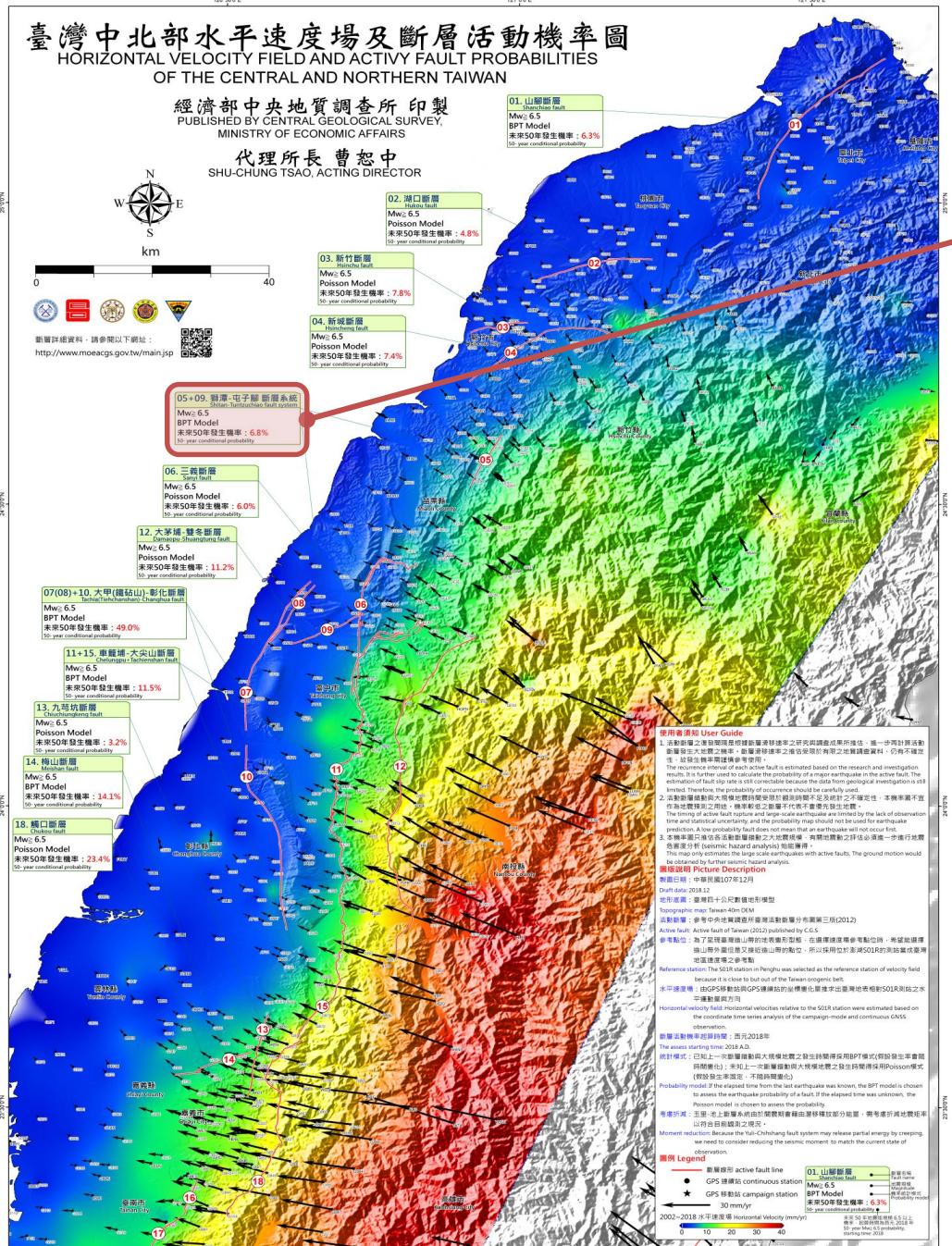
災害地震之年發生率



斷層 潛勢評估

未來時距給定發震機率





05+09. 獅潭-屯子腳斷層系統

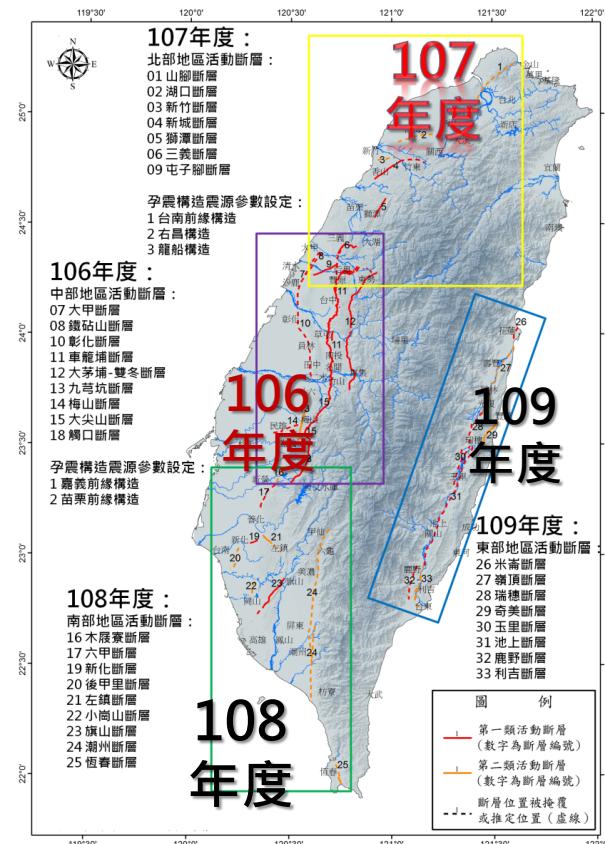
Shitan-Tuntzuchiao fault system

Mw≥ 6.5

BPT Model

未來50年發生機率：6.8%

50-year conditional probability





「大規模地震情境模擬與災損推估」

震源情境地動模擬先導研究：山腳斷層

馬國鳳 中央大學 (召集人)

陳正宏 台灣大學

「震源情境」、「災損推估」、「因應對策」

吳逸民 台灣大學

林正洪 中研院



徐澔德 台灣大學

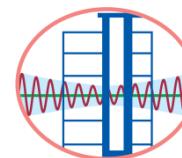
饒瑞鈞 成功大學

林啟文 地質調查所

蕭乃祺 氣象局地震中心

顏銀桐 中興工程顧問社

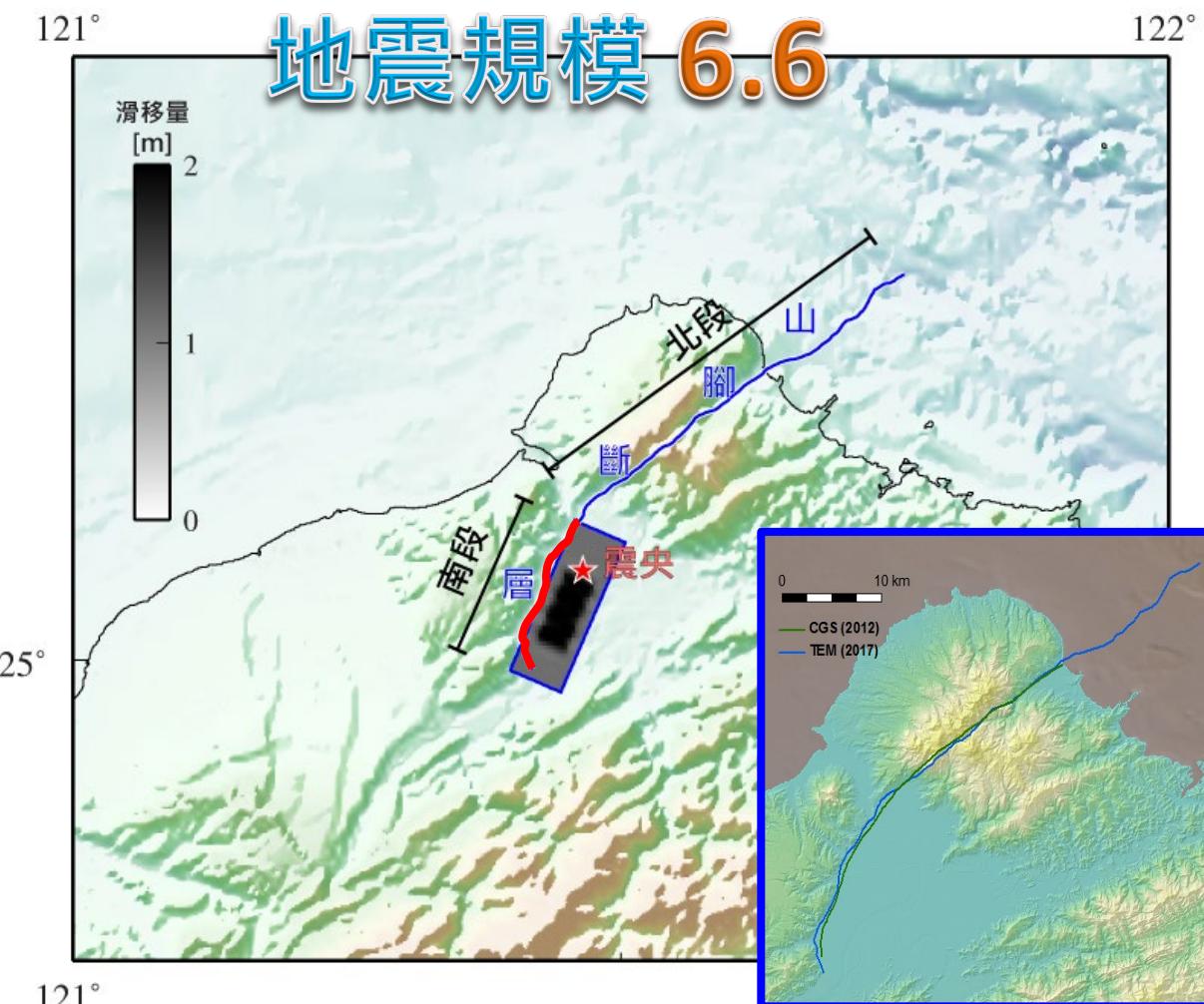
謝銘哲 中興工程顧問社



科 技 部
Ministry of Science and Technology



發震破裂情境擬定--山腳斷層南段



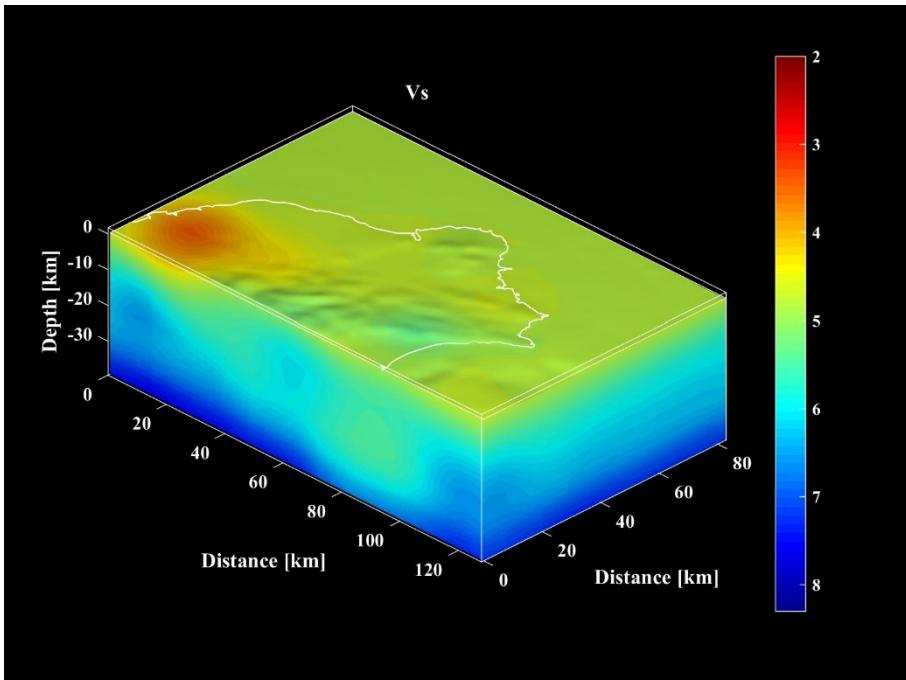
- 目標為存在於大臺北都會區之高危害潛勢之山腳斷層
- 綜合經濟部地質調查所公布之台灣活動斷層與科技部台灣地震模型(TEM)成果彙整山腳斷層南段之發震破裂幾合與運動模型

山腳斷層景況模擬

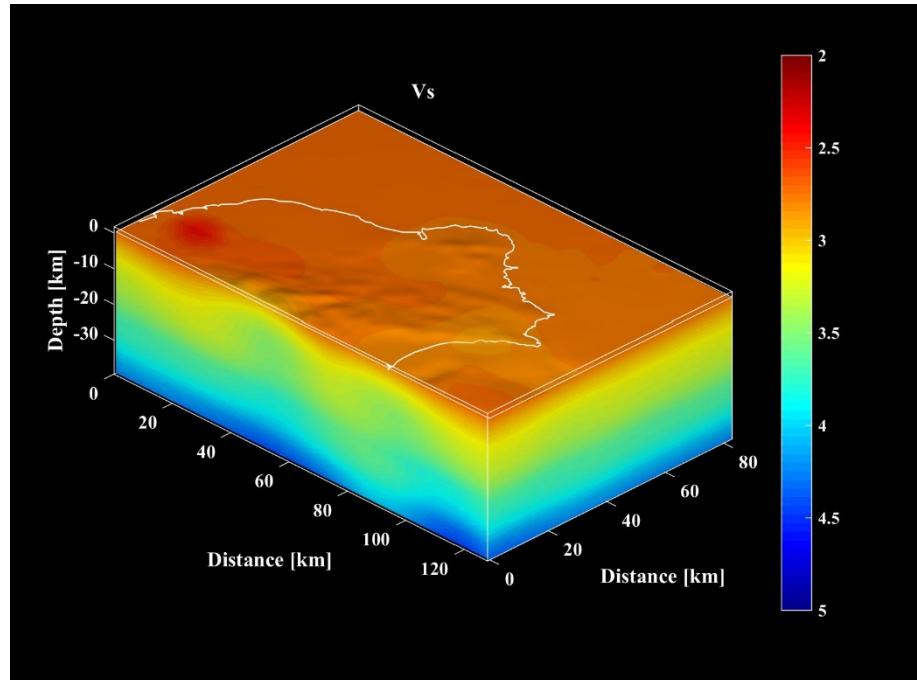
- 景況模擬之構造模型 (低頻模擬) -



- 考慮近期地震波速度構造(Kuo-Chen et al., 2012)與數值地形(ETOPO1)模型
 - 網格解析力為 200 公尺



壓縮波速度構造



剪力波速度構造

三維地震波傳遞之時空結果



山腳斷層錯動引致地表加速度分布

■ 震度七級(>400gal)地區

□ 新北市(10個區)

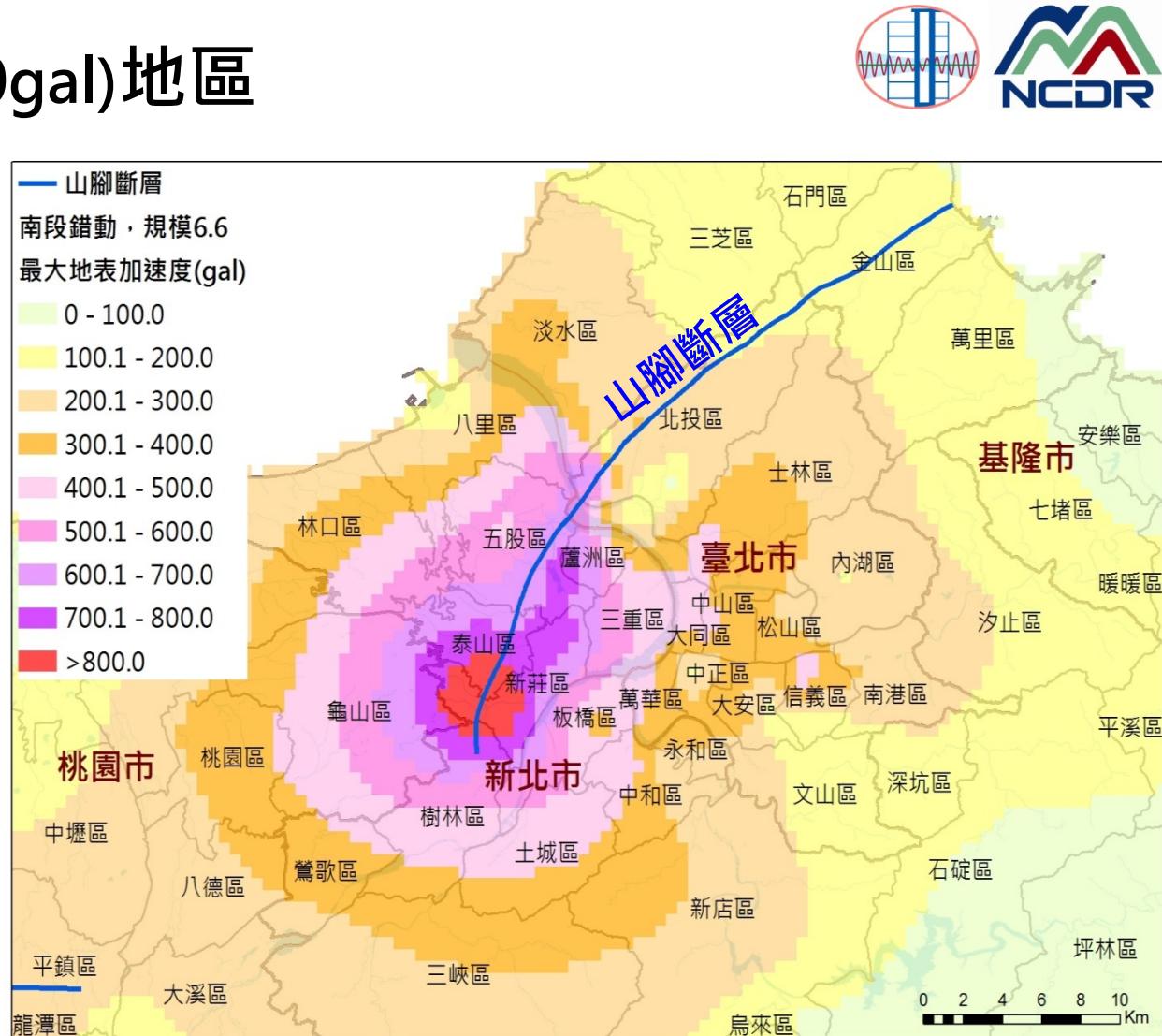
- ✓ 五股、蘆洲、三重、板橋、中和、土城、樹林、龜山、林口、八里等區

□ 臺北市(5個區)

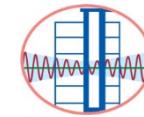
- ✓ 士林、中山、大同、萬華、信義等區

□ 桃園市(1個區)

- ✓ 龜山區



公有建物受災風險分析



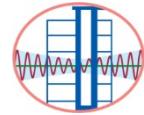
受災風險	機關數
高風險	3
中風險	12
低風險	202

註：

- **高風險**：結構物受損嚴重，無法使用
- 中風險：部分結構元件受損，修復後可使用



供水供電受災風險分析



淨水廠中度損壞	1座
加壓站中度損壞	13座
配水管線災損數	9,440處

變電所嚴重損壞	9座
---------	----

註：

- 嚴重損壞：供電中斷，需派員修復設備元件方能復電

註：

- 中度損壞：設施失效約一週，可能使供水品質降低

53項地震防救災重點項目辦理情形



建築物破壞防範與緊急因應對策

- 建築物耐震補強
- 危險建築物緊急鑑定
- 受災學校學生臨時轉移他學上課
- 政府持續運作
- 震災保險理賠

大量人員傷亡因應對策

- 強震即時警報推動與應用
- 受損建築物人命搜救
- 大量傷病患處理
- 大體安置，包括屍袋、冷凍櫃需求與調度、停放場所等規劃
- 死亡人員相驗、身分確認
- 推動韌性社區
- 推動民眾自備食物、飲水

大量災民收容安置因應對策

- 充實避難收容處所能量及整備物資
- 建置並整備防災公園
- 臨時收容場所(包含防災公園)開設、運作、收容人員記錄管理、所需緊急民生物資調度、徵集、分配
- 民間志工運用
- 治安維持

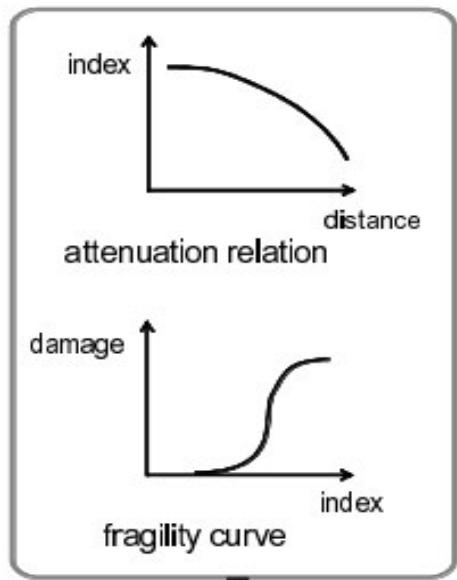
水、電等民生基礎設施破壞因應對策

- 電力供應網路防災防震功能強化、備援機制，以及停供中斷因應對策
- 停電區域緊急修復及針對重點區域優先復電對策
- 自來水供應(加壓站管)、淨水處理設施防災防震功能強化、備援機制，以及研擬停水因應對策
- 停水區域臨時供水因應對策

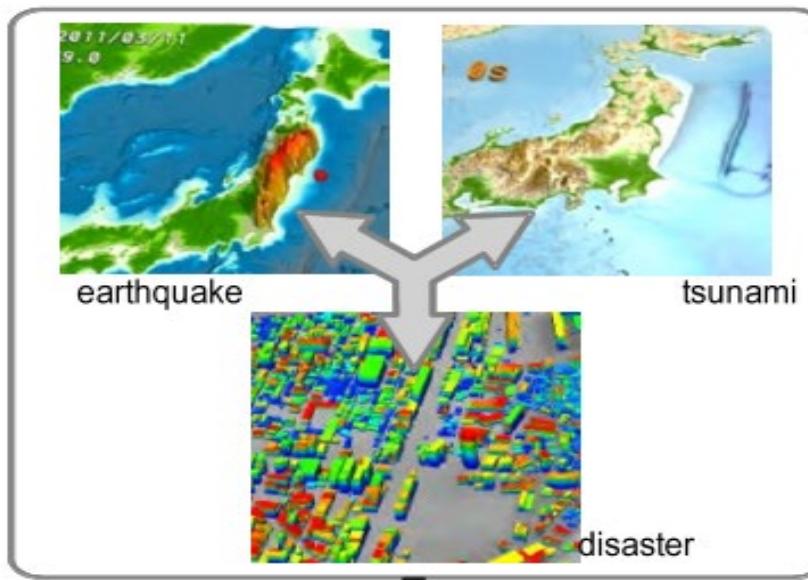
□ 未來將持續召開大規模地震因應對策小組會議，檢討各項具體因應作為，以落實地震災害防救工作。

10 年內 傷亡人數減半為目標

CURRENT empirical



FUTURE simulation

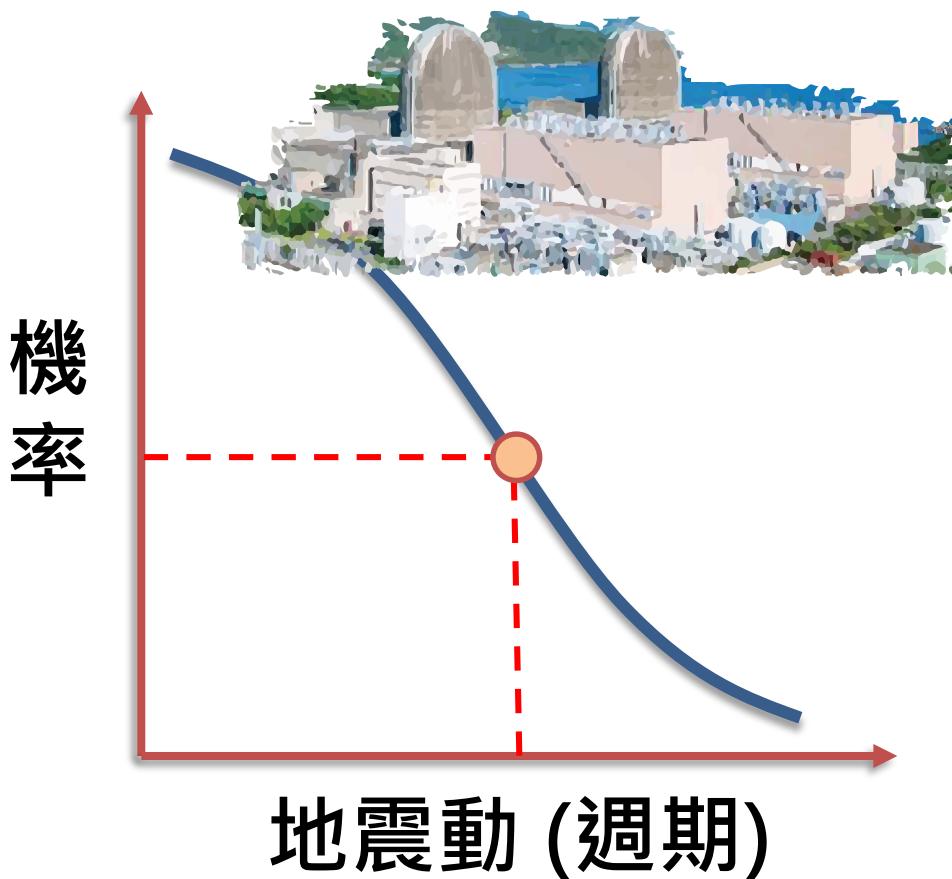


scientific rationality

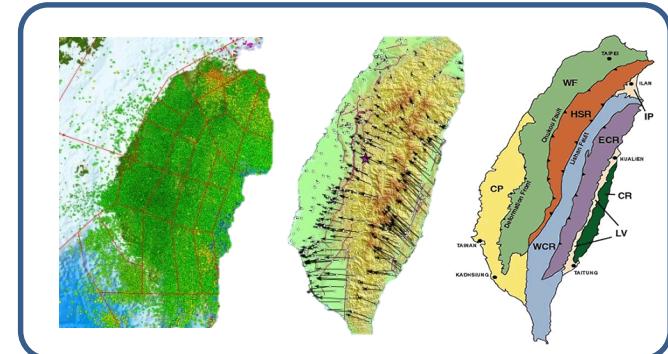
Hori et al., 2018



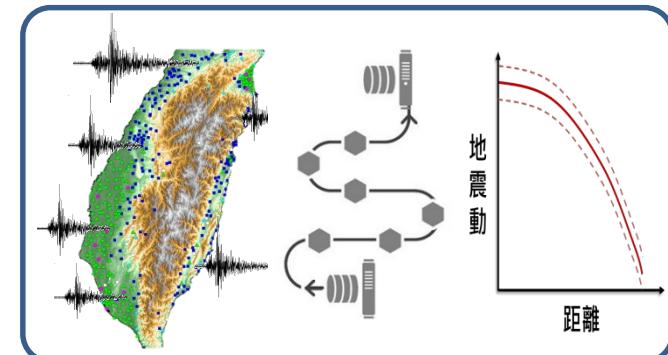
核電廠地震危害安全評估



地震源特徵模型(SSC)
Seismic Source Characterization



地震動特徵模型(GMC)
Ground Motion Characterization



核電廠地震危害安全評估

TWSSHAC計畫專案網站

台灣地震危害高階模型建置

<http://sshac.ncree.org.tw/>

Reevaluation of Probabilistic Seismic Hazard of Nuclear Facilities in Taiwan Using SSHAC Level 3 Methodology

高度仰賴地球科學
(地震、地物、地質)
計畫目的



Seismic Source Characterization 地震源特徵
Ground Motion Characterization 地震動特徵

1 本項目的係為協助台灣電力公司因應我國核能管制機關 - 行政院原子能委員會之要求，針對核能電廠執行「NTTF 2.1 Seismic」地震危害重新評估的部分，執行程序則依循美國「地震危害分析資深委員會(Senior Seismic Hazard Analysis Committee, SSHAC)」所訂定第3層級以下類似SSHAC Level 3)之程序，並參考美國Diablo Canyon核能電廠執行地震危害重新評估的程序與考量的指標。立適用於台電公司指定目標工址的地震源特徵(Seismic Source Characterization, SSC)模型、地震動特徵(Ground Motion Characterization, GM)模型與地震危害度分析輸入文件(Hazard Input Document, HID)，進行機率式地震危害度分析(Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA)並建立地震動反應譜(Ground Motion Response Spectrum, GMRS)之用。

[詳細內容 >](#)

Kick-off Meeting (2015/8/18 ~ 2015/8/19)

[會議內容](#) [議程下載](#)

Workshop 1 (2016/3/14 ~ 2016/3/17)

[會議內容](#) [議程下載](#) [影片紀錄](#)

Workshop 2 (2016/10/3 ~ 2016/10/7)

[會議內容](#) [議程下載](#) [影片紀錄](#)

Workshop 3 (2017/6/19 ~ 2017/6/23)

[會議內容](#) [議程下載](#) [影片紀錄](#)

- 2015-09-02 新增 Kick-off Meeting 會議議程
- 2016-04-15 更新 Workshop 1 會議資訊
- 2017-05-30 專案計劃書更新
- 2017-06-20 更新 Workshop 2 會議資訊
- 2017-07-07 新增 Workshop 3 會議資訊

核能設施地震危害(敏感性)分析

2

核能電廠相關耐震資訊彙整與分析

3

核電廠地震危害安全評估

Scope and Work Items

- **Seismic Source Characterization (SSC)**

- Cover the region of the study sites with a 320-kilometer radius

- **Ground Motion Characterization (GMC)**

- Horizontal ground motion characterization at reference rock condition ($V_{s30} = 760 \text{ m/s}$)

- Hazard Sensitivity Analysis

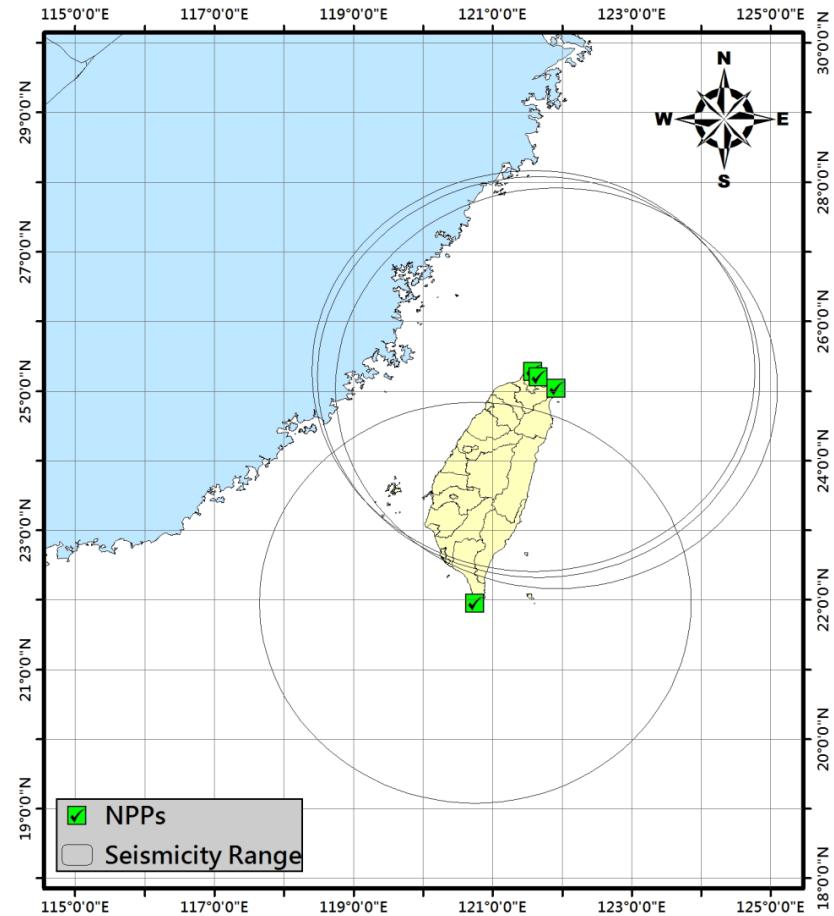
- Identify hazard significant issues

- Interface Issues

- SSC and GMC

- GMC and **Site Response Analysis**

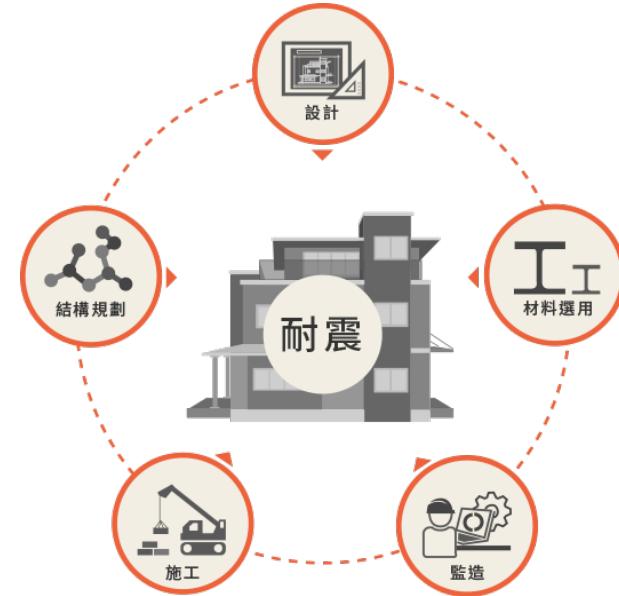
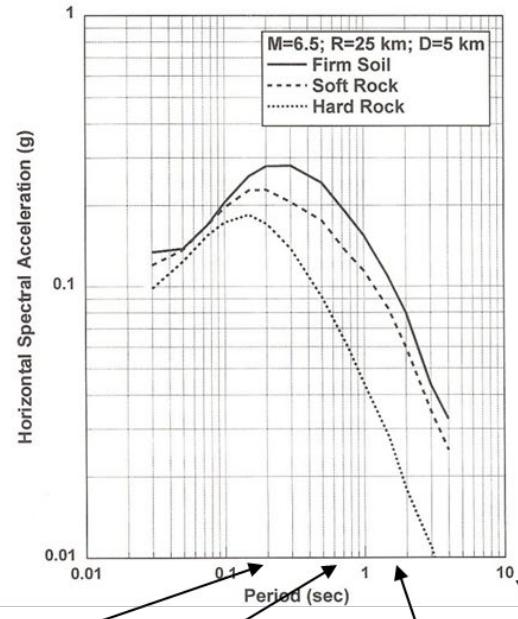
- Following SSHAC Level 3 methodology to capture **the Center, Body, and Range of the Technically Defensible Interpretations** (the CBR of the TDI)



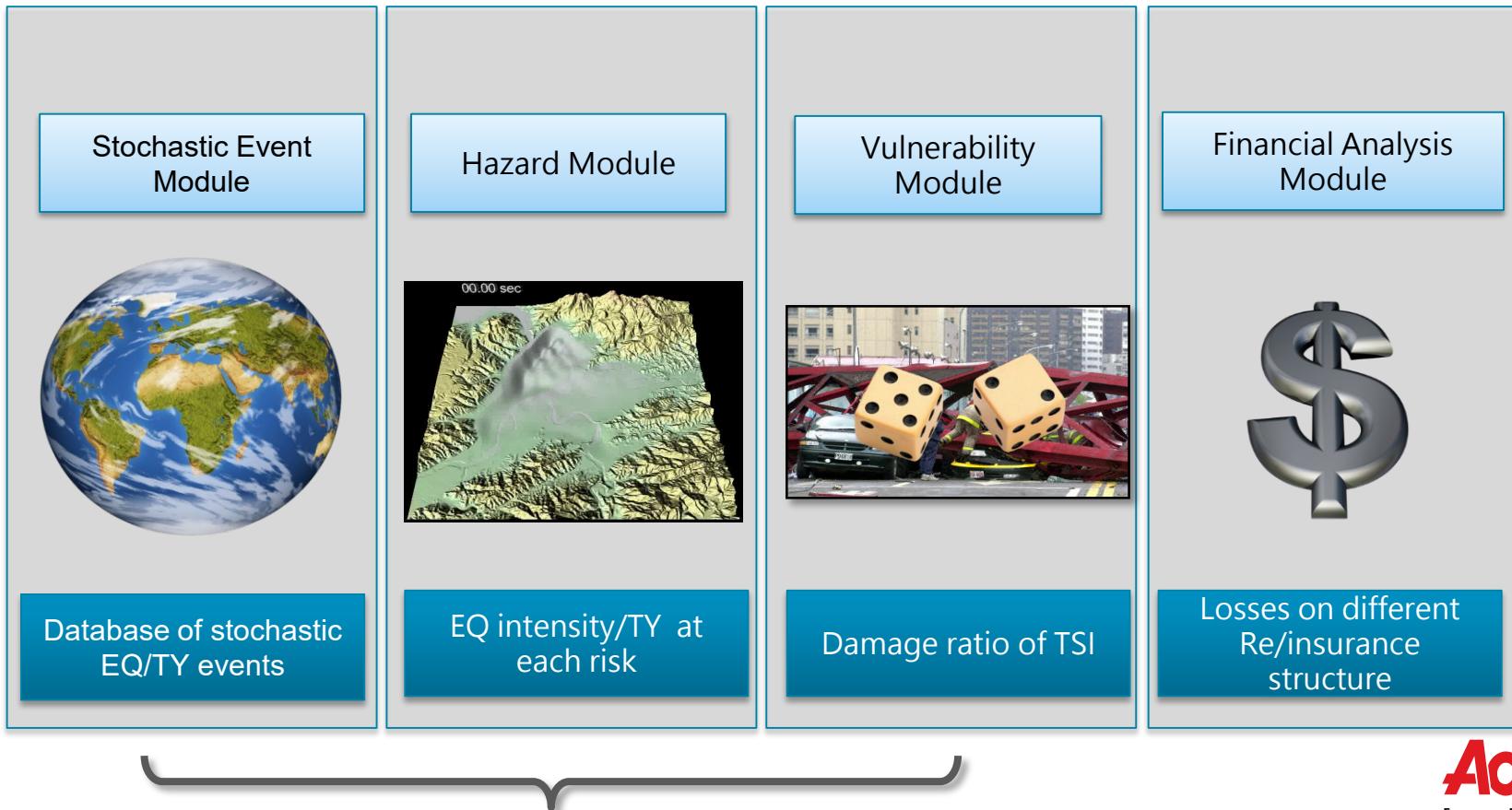
Study Sites and 320-km Radius Seismic Range

結構物的頻率反應

Frequency Response of Structures



企業風險管理



地科 & 工程

財務

Aon
Empower Results®

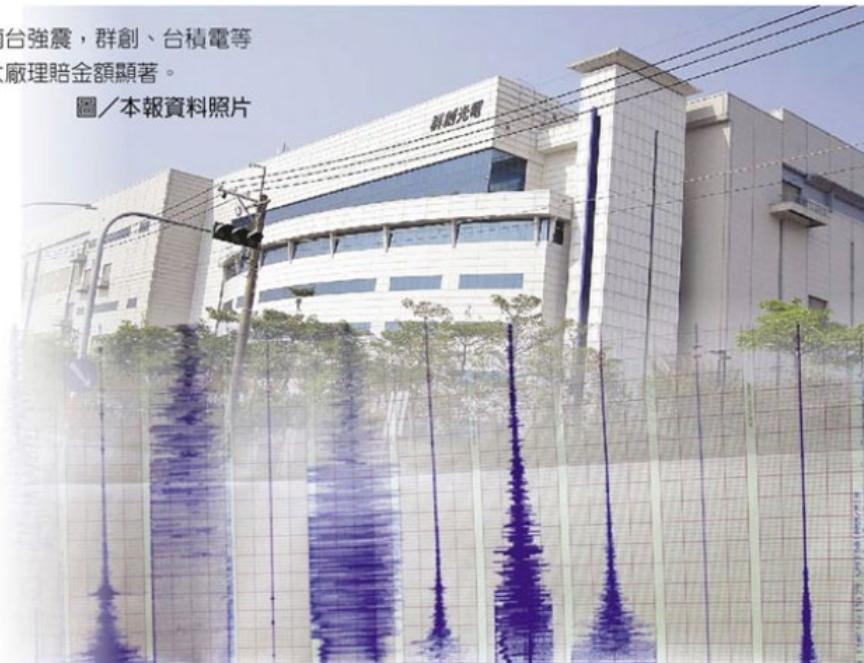
企業風險管理

地震重創南科 保險損失200億元 破紀錄

工商時報

● 南台強震，群創、台積電等
科技大廠理賠金額顯著。

圖／本報資料照片



五、地震減災專案

公司廠房建築物及製程生產設備，依國內法規及國際相關標準進行建造及採購，鑑於國內外發生**地震事件**，積極與科技部及學術機構專家學者進行設備防震減災專案合作計劃，以縮短災後復原時間提升公司競爭力。如自動化設備(OHCV、STK)及精密製程設備減震、**地震預警系統**等。

精進類型



美濃**地震**事件，群創光電第一時間成立BCP危機處理小組，要儘速於最短時間恢復生產，並展開一系列相關**地震減災專案**：

- 1.推動機台設備防震檢核及鎖固專案
成立專案小組，重新檢核機台狀況及優化評估條件來強化機台鎖固方式。
- 2.設施/系統補強專案
藉由平展機制補強廠區設施與系統之震耐能力(如無塵室庫板、天花板、Cable Tray等)。
- 3.辦理防震系列課程
邀請富邦產險及國內外學者/業界等防震專家於廠內辦理教育訓練，如：消防管路暨非結構物耐震設計、高科技廠房0206震後耐震改善案例研究。
- 4.訂定台灣廠區設備防震固定安全規則
依據既有設備採購標準，參考國內防震標準訂定安全規則，制定完成腳座及螺栓之設計強度(結構)檢核表。
- 5.申請科專防震改善計劃專案
由國內專家學者輔導強化大型懸吊生產設備耐震能力。

企業風險管理

企業風險管理架構

風險鑑別及風險評估

- 風險管理指導委員會及董事會之審計委員會審視並核准風險策略之執行及風險控管之優先順序
- 風險管理執行委員會以風險矩陣（Risk Map）評估風險事件發生頻率及營運衝擊

風險控制及風險緩釋

- 進行跨組織的風險溝通並採行符合成本效益的風險控制方案
- 風險管理執行委員會負責執行風險控制方案
- 風險控制執行納入內控自我評估（CSA）年度審視

風險監控及風險報告

- 風險控制方案之執行成效由風險管理專案彙整，分別向風險管理指導委員會及董事會之審計委員會進行年度報告

風險應對

- 危機管理及危機應變計畫
- 重大危機事件應變模擬演練
- 企業營運持續計畫

案例分享

超越法規要求的地震防護機制

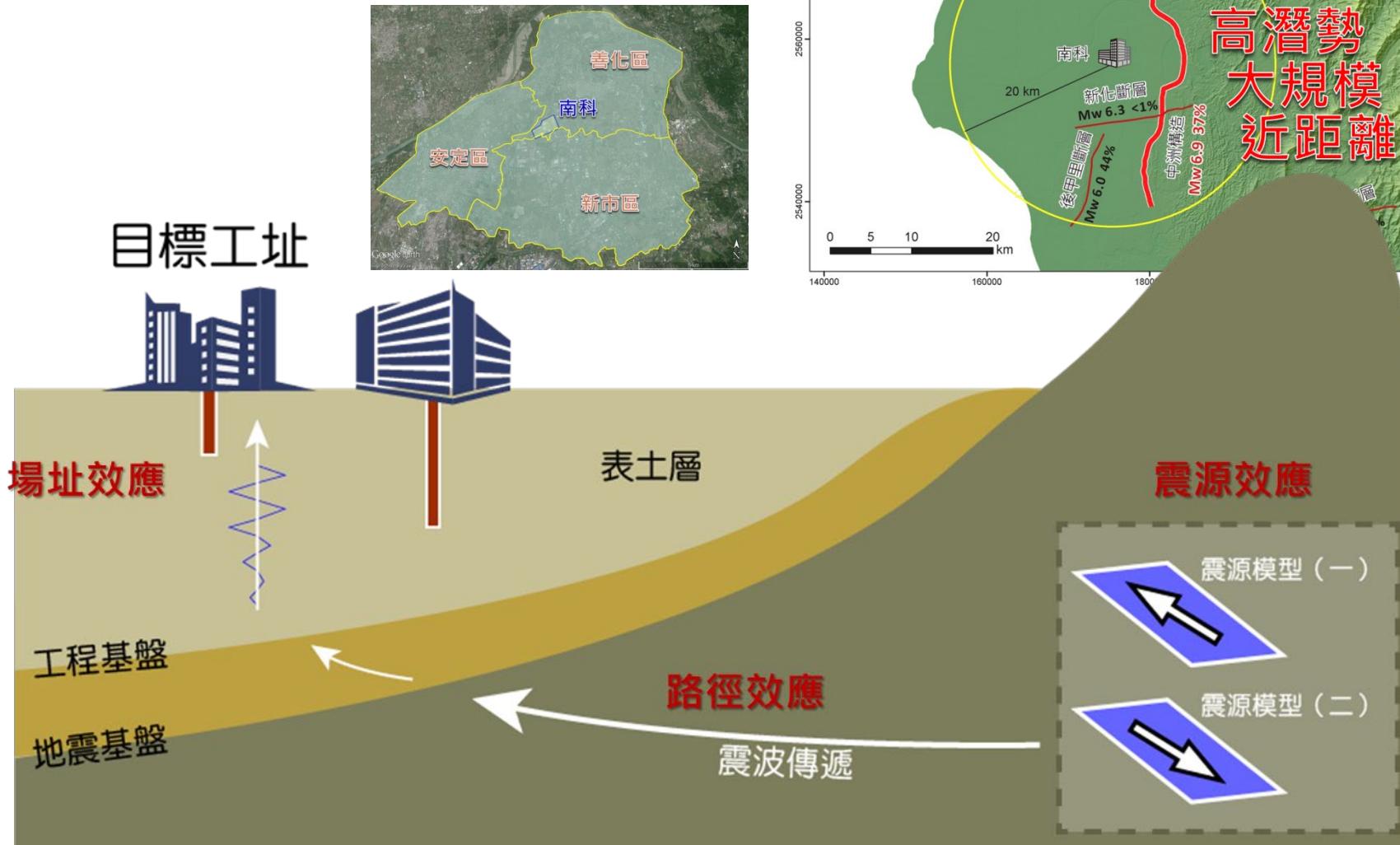
科技部臺灣地震模型組織公布

全臺灣 38 條孕震構造



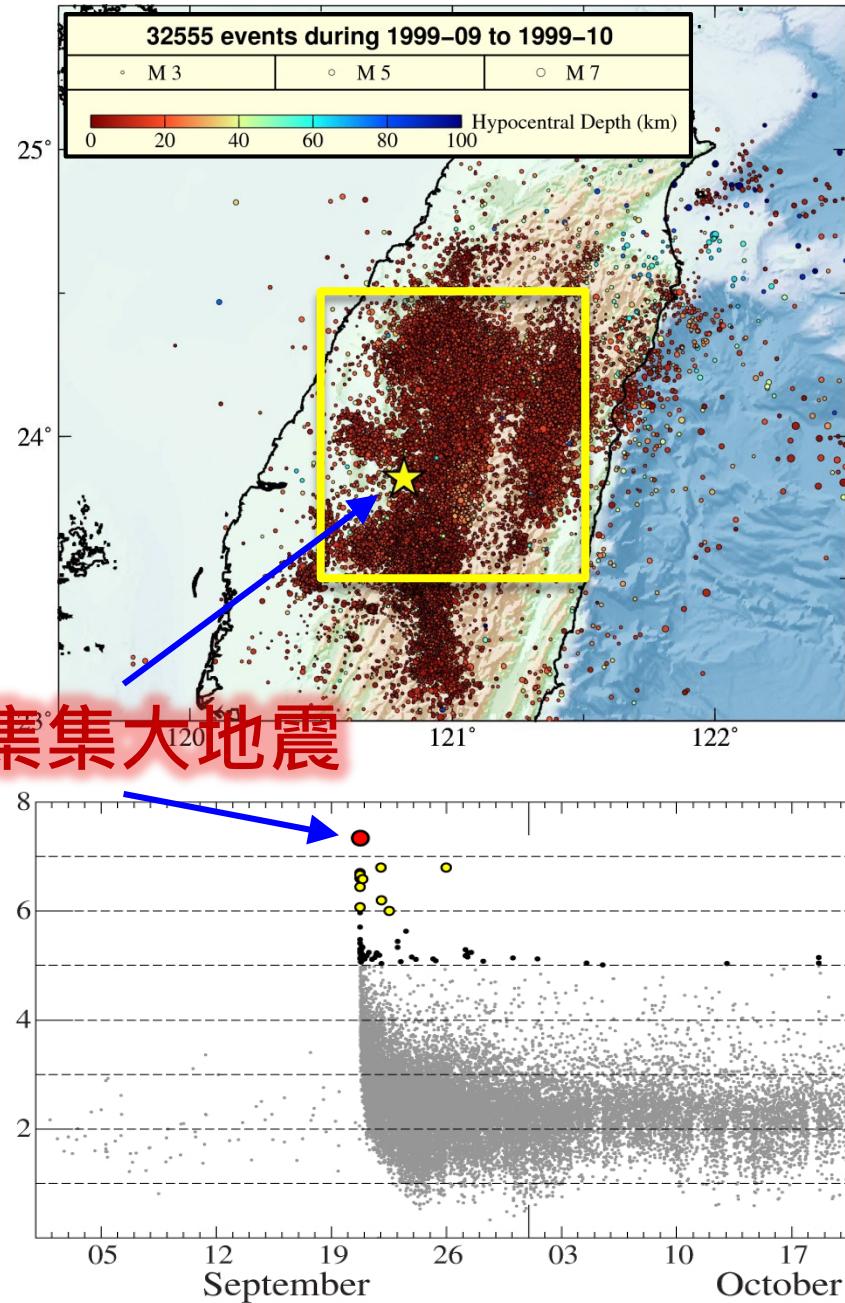
目標工址地震紀錄 = 建物或設備響應

× 場址效應 × 路徑效應 × 震源效應

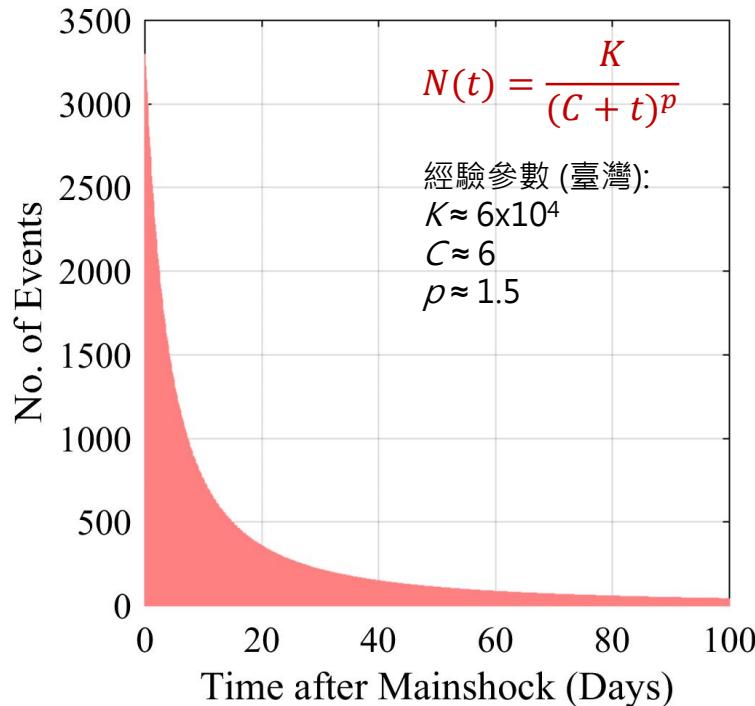


！餘震衝擊！

關鍵課題為震後，餘震引致地震動影響廠房、設備與人員，識別風險並度量風險成果，作為因應策略參考。

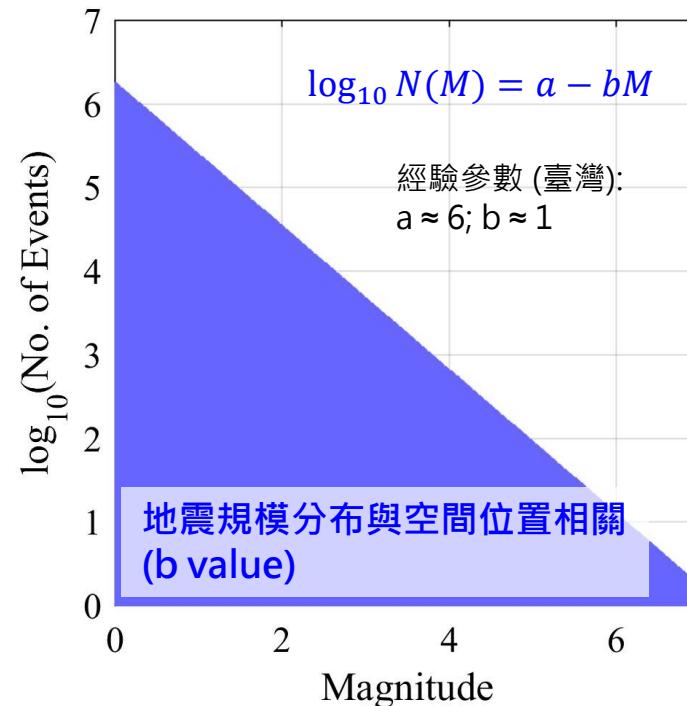


地震「時」「空」分佈 = 背景地震 + 誘發地震



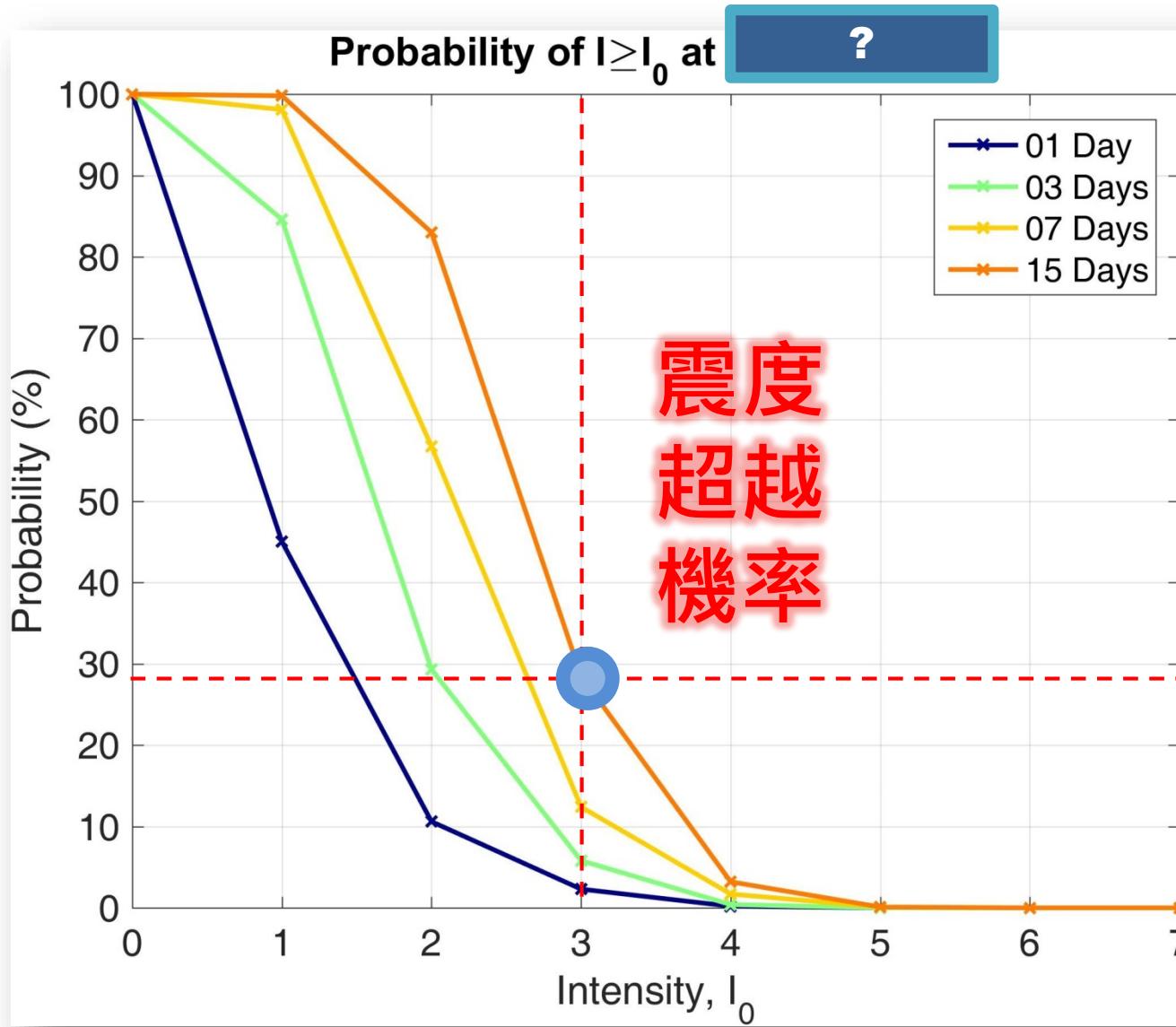
Modified Omori-Utsu Law (MOL)

地震數量 vs. 時間 → 指數衰減

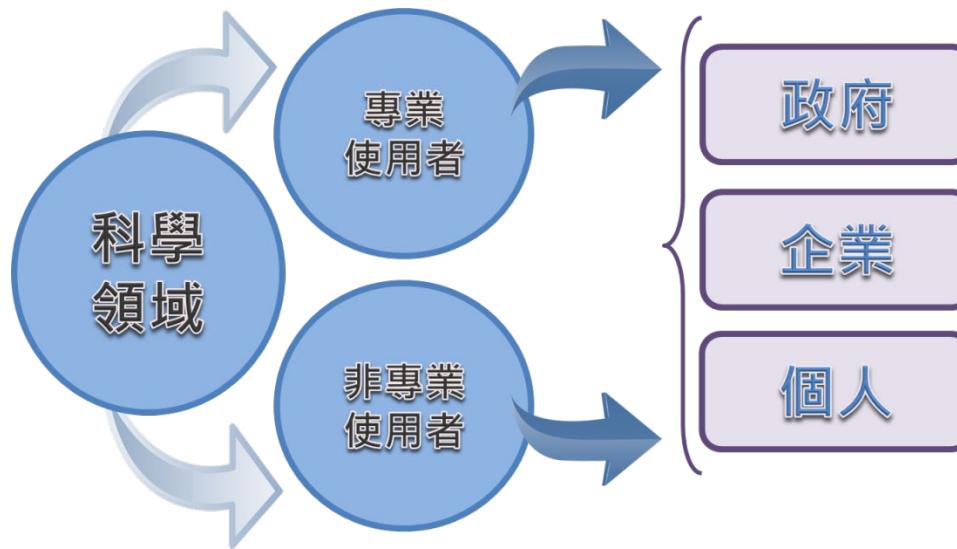


Gutenberg-Richter Law (GRL)

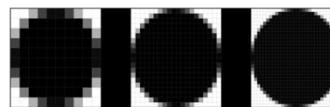
地震數量 vs. 規模 → 指數衰減



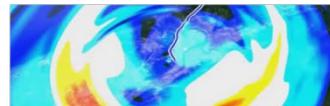
地震危害資訊 - 傳遞與解讀



模型參數細緻化



情境需求實際化



整合策略多樣化



客製化



系統化



實務化



少了某一個拼圖？



感謝聆聽

敬請指教



顏銀桐 ytyen@sinotech.org.tw

防災科技研究中心
Disaster Prevention Technology Research Center



科學與應用

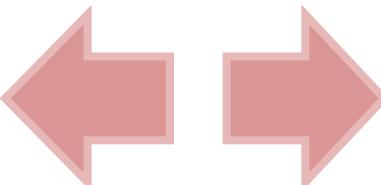


基礎科學

- 理論建立
- 知識擴充

應用科學

- 實際應用
- 直接效益



發展

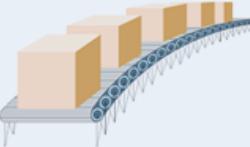
產品 & 營運

EEW Development in Taiwan

Examples of Response to an Earthquake Early Warning



Controlling trains



Controlling factory lines
--> To mitigate damage



Controlling elevators
--> To prevent people from being trapped



Suspending work in progress
--> To avoid mistakes



Workers performing hazardous tasks
--> To secure safety



To prevent traffic accidents



At home
--> To enable personal protection



Alerting schools and assembly halls
--> To guide evacuation

Industry
Academia & Authority