

2019 年度 大規模災害対策に関する現地調査

調 査 報 告

『台湾における大規模地震災害による被害とその対策に関する現地調査』

2019年12月6～9日

特定非営利活動法人 大規模災害対策研究機構（CDR）

目 次

1 調査概要	1
1.1 実施概要	1
1.2 全工程調査地点及び経路の概要	3
2 現地調査の概要報告	10
2.1 台湾大震災の概要	10
2.1.1 地震の概要	10
2.1.2 地質概要	12
2.1.3 テクトニクス	14
2.1.4 台湾の活断層	16
2.1.5 台湾の過去の巨大地震	18
2.1.6 被害の概要	20
2.1.7 被害の概要（写真）	22
2.2 現地調査の概要	26
2.2.1 台湾成功大学（謝先生、頼先生）における現地調査ガイダンス	26
2.2.2 車籠埔断層保存園區	40
2.2.3 国立自然科学博物館 921 地震教育公園	42
2.2.4 石岡ダム	45
2.2.5 台北 101	47
3 お世話になった皆様	49

1 調査概要

1.1 実施概要

(1) 開催趣旨

特定非営利活動法人 大規模災害対策研究機構（CDR）では、大規模災害のメカニズムやその対策を研究、検討するにあたっては、「現地を見ること、現地の声を聞くこと」が最も重要であるという認識のもと、毎年、全国各地で現地調査を実施してきた。

今年度は、我が国同様に大規模地震が頻発している台湾にスポットを当て、地震被害の概要とその対策について現地調査を実施した。

(2) 主催・協力

（主催）特定非営利活動法人 大規模災害対策研究機構（CDR）

（協力）関西大学社会安全学部社会安全研究センター

（現地協力）台湾成功大学

(3) 実施日

・2019年12月6日（金）～9日（月）（3泊4日）

(4) 調査実施場所

・台湾（台南→台中→台北）

(5) 現地調査の内容

台湾は環太平洋火山帯上、フィリピン海プレートの西端の地震活動が活発な地域に位置する。台湾島では、42の活断層が地質学者によって特定されているが、台湾で観測された地震の大部分は、フィリピン海プレートと、島の東のユーラシアプレートの収束によって発生した。

台湾の東方沖は地震活動が活発で、M8クラスの巨大地震もしばしば発生している。しかし、台湾の東海岸には大きな都市が無いこともあって、これまでこのタイプの地震による顕著な被害は記録されていない。一方、島直下の直下型地震では、規模に比して大きな被害が生じている。20世紀には、91回の大規模な地震が観測されており、うち48回では死者が発生している。直近の大地震は1999年9月21日に発生した921大地震（台湾大震災：Mw7.6）で2,415人が死亡した。また、最近でもM6以上の地震が多発しており、今年の4月18日にも台湾東部・花蓮県を震源とするM6.1の地震があった。震源の深さは18.8キロ。同県の一部で震度7を観測し、観光客ら2人が落石により負傷、北部の台北市や新北市内でも落下物に当たるなどして15人が軽傷を負った。

921大地震以降、様々な地震対策が講じられており、その状況を調査することは我が国の地震対策に関する研究、計画検討にも参考になるところが多いと考える。

(6) 協力機関

★企画立案補助・現地対応調整役(現地案内・解説、等)

謝 正倫 (しゃ せいりん) 氏

- ・ 台湾成功大学 水利及海洋工程學系／教授
- ・ 専門分野：流域土砂管理
- ・ 1989 年に京都大学防災研究所にて学位取得 (当時／芦田和男先生のもとで)

★現地対応(現地案内・解説、等)

賴 文基 (Wen-chi Lai) 氏

- ・ 台湾成功大学 水利及海洋工程學系／助理教授
- ・ 防災研究センター／副主任
- ・ 専門分野：地質、地震防災

(7) 行程

- ・ 台湾の西側の台南→台中→台北。

●12月6日(金)

- 9:30 関西国際空港 集合
- 11:40～14:25 関空→台南空港 (チャイナエアライン CI193)
- 16:00～17:30 台湾成功大学 (調査概要説明会)
- 18:30～20:30 懇親会 (台湾成功大学主催 welcome party : 同ホテル)

●12月7日(土)

- 10:30～11:45 車籠埔断層保存園區
※921 大地震 (台湾大震災 (1999、Mw7.6)) による被災痕跡調査
※車籠埔断層 (チェルンプ断層) の保存
- 12:30～13:30 国立自然科学博物館 921 地震教育公園
※921 大地震 (台湾大震災 (1999、Mw7.6)) による被災痕跡調査
※中学校の校舎及び校庭の全壊被害痕跡
- 16:00～16:45 石岡ダム
※921 大地震 (台湾大震災 (1999、Mw7.6)) による堰堤被災現場調査
※ダム大破痕跡
- 17:15～17:30 宝覺寺視察

●12月8日(日)

- 10:30～12:30 故宮博物館視察
- 14:45～15:30 忠烈祠視察
- 16:30～18:30 九份視察

●12月9日(月)

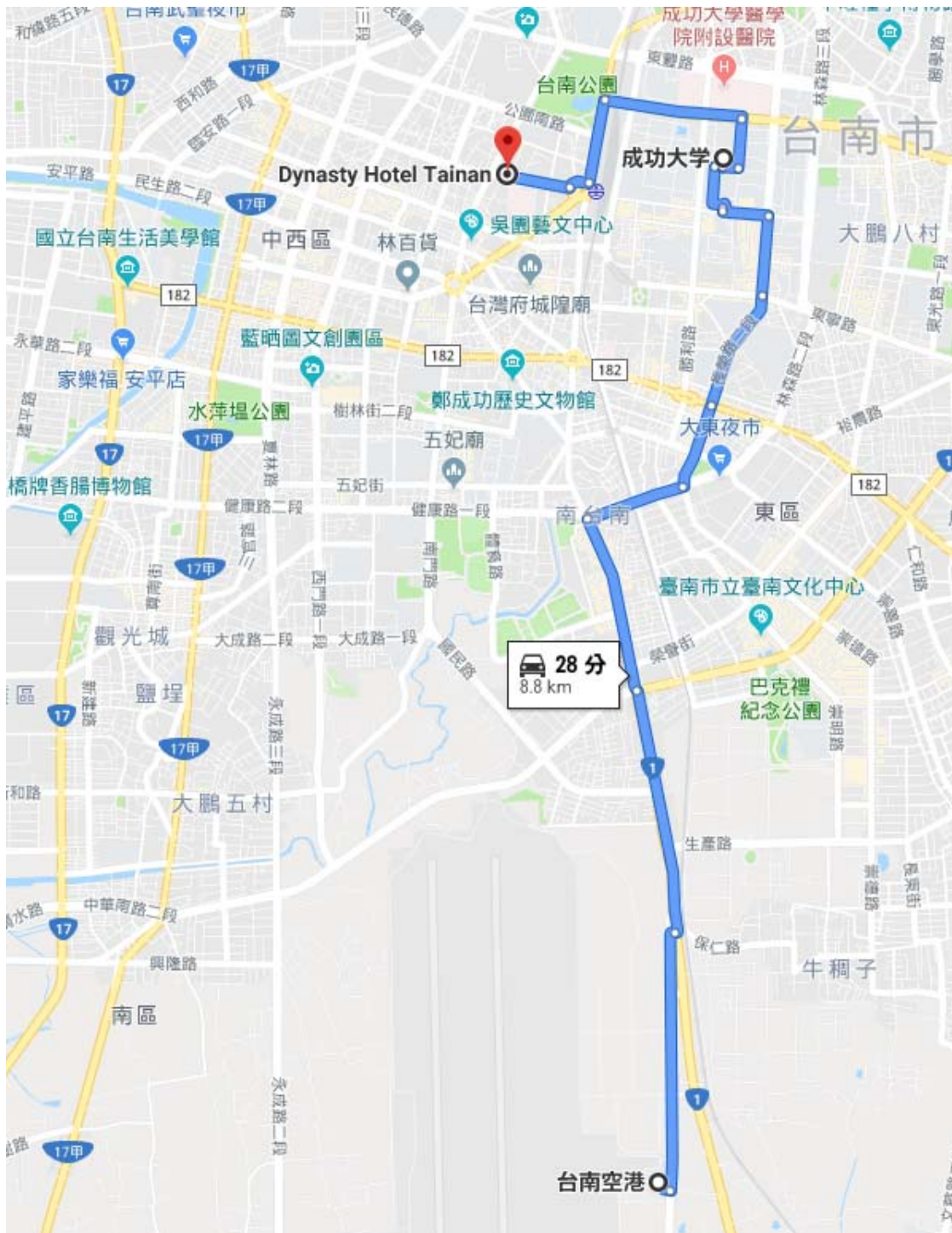
- 9:30～11:00 台湾 101 ビル視察 (昼食後、耐震高層ビルの視察)
- 15:00～17:00 台湾桃園国際空港着 (搭乗・出国手続き)
- 17:25～20:50 台湾桃園国際空港→関空 (チャイナエアライン C1158)
- 20:50 解散

1.2 全工程調査地点及び経路の概要

(1) 全行程(2019 年 12 月 6 日(金)~12 月 9 日(月))

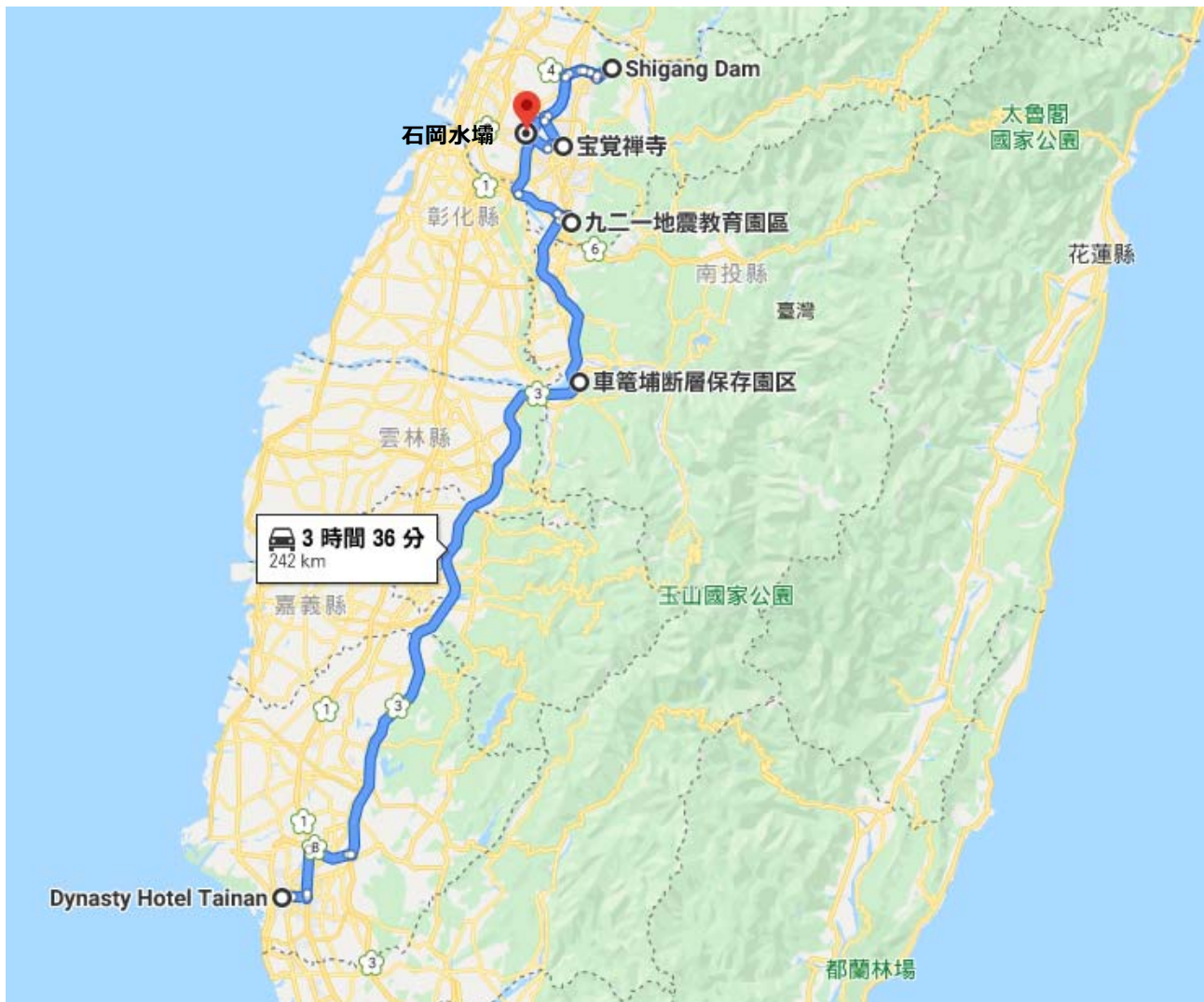


(1)12月6日(金)



- | | |
|-------------|------------------------------|
| 9:30 | 関西国際空港 集合 |
| 11:40~14:25 | 関空→台南空港 (チャイナエアライン CI193) |
| 16:00~17:30 | 台湾成功大学 (調査概要説明会) |
| 18:30~20:30 | 懇親会 (台湾成功大学主催 welcome party) |

(2)12月7日(土)



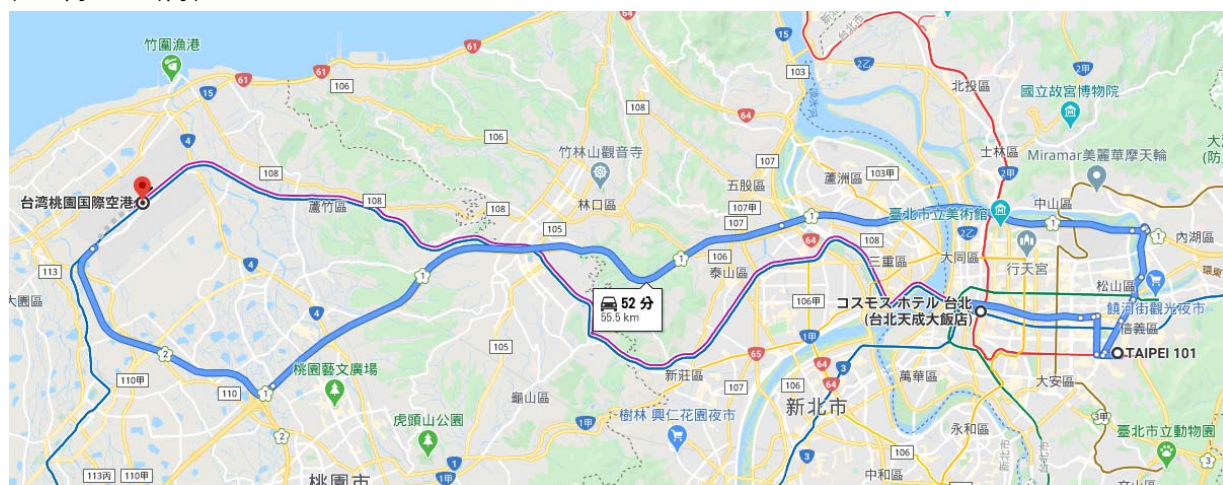
- | | |
|-------------|--|
| 10:30～11:45 | 車籠埔断層保存園區
※921 大地震（台湾大震災（1999、Mw7.6））による被災痕跡調査
※車籠埔断層（チェルンブ断層）の保存 |
| 12:30～13:30 | 国立自然科学博物館 921 地震教育公園
※921 大地震（台湾大震災（1999、Mw7.6））による被災痕跡調査
※中学校の校舎及び校庭の全壊被害痕跡 |
| 16:00～16:45 | 石岡ダム
※921 大地震（台湾大震災（1999、Mw7.6））による堰堤被災現場調査
※ダム大破痕跡 |
| 17:15～17:30 | 宝覚寺視察 |

(3) 12月8日(日)



10:30～12:30 故宮博物館視察
 14:45～15:30 忠烈祠視察
 16:30～18:30 九份視察

(4) 12月9日(月)



9:30～11:00 台湾 101 ビル視察（昼食後、耐震高層ビルの視察）
 15:00～17:00 台湾桃園国際空港着（搭乗・出国手続き）
 17:25～20:50 台湾桃園国際空港→関空（チャイナエアライン C1158）→解散



2019 年 12 月 7 日（土） 車籠埔断層保存園區にて（参加者 15 名）



2019 年 12 月 7 日（土） 石岡ダム・断層食違い境界線にて



2019 年 12 月 8 日（日） 故宮博物院にて



2019 年 12 月 8 日（日） 忠烈祠にて



お世話になった謝先生（左）と頼先生（右）（台湾成功大学）

2 現地調査の概要報告

2.1 台湾大震災の概要

2.1.1 地震の概要

1999年9月21日午前1時47分(現地時間)に、台湾中部を震源とする大規模な被害地震が発生した。この地震は、現地では震源地付近の地名をとり、「921 集集(chichi)大地震」と呼ばれている。台湾中央気象台(CWB)およびアメリカ地質調査所(USGS)によると、震源の諸元は以下の通りである。

機関	震央	深さ	マグニチュード
台湾中央気象局(CWB)	23.85°N, 120.78°E	1.1km	ML 7.3
アメリカ地質調査所(USGS)	23.78°N, 121.09°E	5km	Ms 7.7

地震発生後すぐに、USGS、東京大学地震研究所などから震源解析結果が発表された。

地震観測波形を使った東京大学／菊地教授らの解析によると、地震を発生させた断層は、東西圧縮の逆断層で、断層面は東傾斜（東側が西側の上に乗り上げる）としている。

断層の向きは、北北東－南南西（北から時計回りに26°）の方向で、断層の傾斜角は27°の低角断層である。また、断層の長さは80kmで、破壊運動は28秒間続いた。破壊は断層面の中央からやや南寄りの震源から主に北に向かって進行したものと推定されている。地震のエネルギーを示す地震モーメントは1995年兵庫県南部地震の約10倍で、8/17に発生したトルココジャエリ(kocaeli)地震の1.3倍である。

台湾は、非常に稠密な強震観測網を整備しており、日本やカリフォルニアの面積の8%の国土に1,000台以上のデジタル強震計を設置している。

インターネット上で公表された観測最大加速度、震度分布を次頁に示した。水平最大加速度は、震源から約10kmの南投(Nantou)で観測された約1gである。この加速度は、兵庫県南部地震の際に神戸で観測された0.83g※よりも大きく、コジャエリ地震の際の最大加速度0.41gの倍以上の強烈な加速度である。

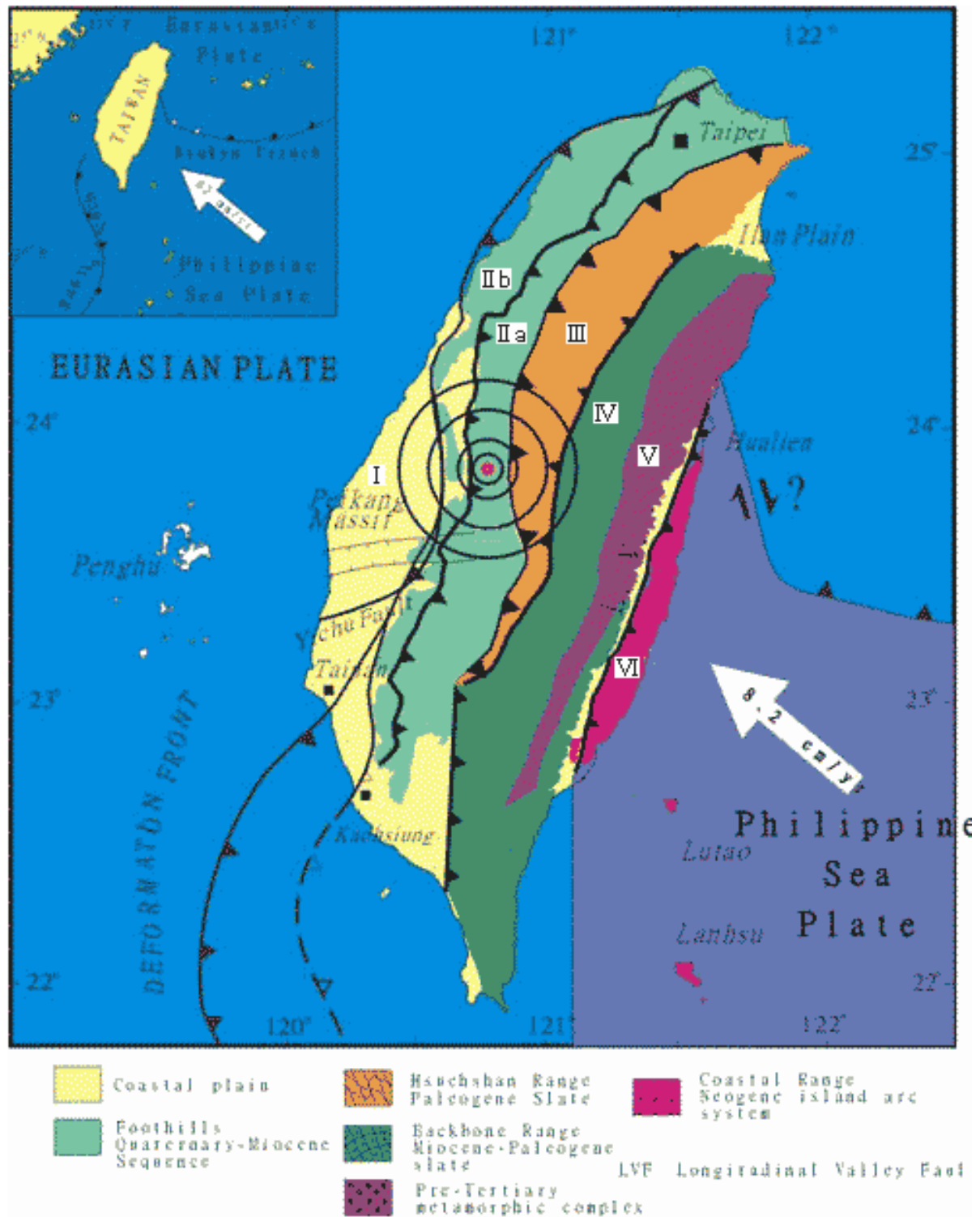
台湾の震度階は、日本の震度階から震度7を取り除いたもの（ただし、震度5、6は強弱に分かれていない）と同じである。台湾での震度は日本と同じように中央気象局から発表されており、南投県の名間（南投市の南方）と観光名所の日月潭および台中県の台中市で震度6が報告されている。首都の台北市では震度4だった。

※表面最大加速度はg（重力加速度、ジー）やm/s²、galを単位として表される。1galは0.01m/s²に、1gは981galに等しい。



2.1.2 地質概要

台湾の地質は、大部分が古生代後期以降の堆積岩類からできている。この堆積岩類は、帯状に島の長軸方向（北北東－南南西）に分布し、6～7帯に分けられる。



中央研究院地球科学研究所ホームページ (<http://www.sinica.edu.tw/>) より

東縁部の海岸山脈（図中 VI）以外はおおむね西に向かって次第に若い地層が並んでいる。

中央山脈の東斜面は変成岩化した二疊系で構成され、石灰岩（大理石）や塩基性火山岩を多量に含む。

中央山脈からその西側にかけては、第三紀始新世から中新世前半の地層が広く分布し、それらは圧縮型造構運動により褶曲・固化して、台湾の主稜を構成する（図中 IV・III）。これらは砂岩頁岩互層を主とし安山岩・玄武岩や粘板岩を挟む。

西部の山麓地帯は、中新世後期―鮮新世の泥質岩を主とする地層（図中 II a）で構成され、構造変形や固化の程度はIII・IV帯に比べて弱い。しかしながら、この地震の震源がこのII a 帯の中にあるように、東から西に衝上するセンスの構造運動が活発な地帯である。

東側の海岸山脈（図中 VI）もII a と同じ年代の地層から構成されるが火山岩に富む。この帯はフィリピン海プレートに属するルソン弧(火山弧)がユーラシアプレート上の台湾弧に衝突・接合した際に形成されたもので、II の地層とは異なる地質帯として区分される。

北西海岸沿いから南方にかけては、第四紀前半の砂礫を主とするおそらく扇状地および段丘堆積物の厚層が台地・丘陵をなしている（図中 II b）。それらは中央山脈が激しく隆起した時期に堆積した堆積物で、厚い部分では 2,000m に及ぶとされている。II b 帯の西縁も多くの場所で東上がりの逆断層が存在し、西側の海岸平野部との地形的境界となっている。

西部の海岸平野（I）は表層部は沖積層で占められ、堆積と沈降が引き続く現在進行中の新生代堆積盆とみられる。

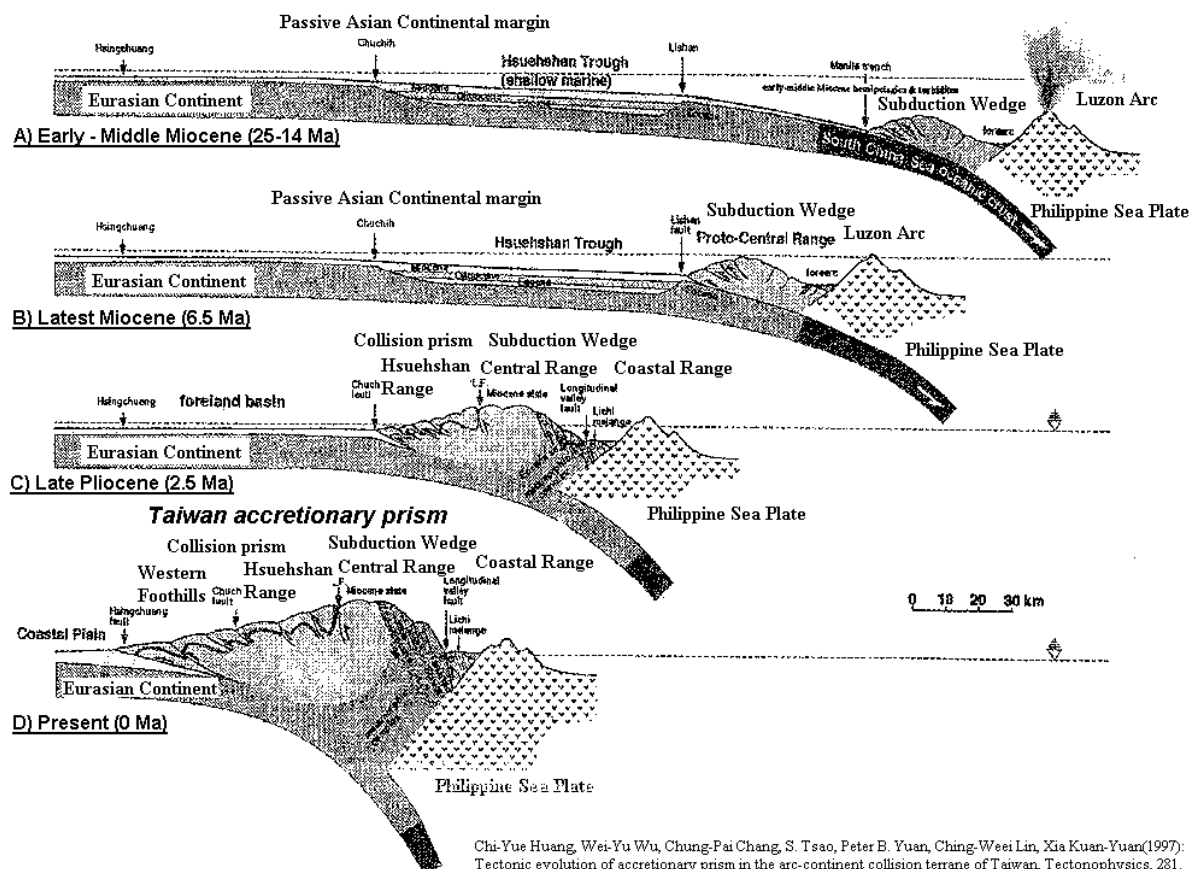
台湾の地質は、日本列島に比較すると似たような帯状構造をもつものの、火成岩類や中生界に乏しく、複数の変成岩帯・付加体列をもつ日本列島に比べてかなりシンプルな構成である。しかしながら、中新世の地層が顕著に褶曲・固化しているなど、衝突型造山帯ならではの激しい造構作用を示している。

2.1.3 テクトニクス

台湾の構造運動は、一般的には、中国大陆から引き続くユーラシアプレートの東進と、フィリピン海プレートの南東からの押しによる大陸－島弧衝突作用（collision）として説明されている。台湾東縁の海岸山脈は、フィリピン海プレートに属するルソン弧の北端部であり、台東縦谷を介してユーラシアプレートに属する中央山脈の地質体と接している。その接合は中新世に始まると言われ、現在の構造は約 100 万年前に形成されたと考えられている。

フィリピン海プレートの南東側からの押し（7cm/年）により、台湾中央山脈の隆起と東西圧縮作用とが、中央山脈西側の東上がりの逆断層群（衝上断層群）を生じさせている。台東縦谷も活断層地帯として過去に何回も地震が起きている。

台湾は大陸プレート（ユーラシア）の上ののっており、海洋プレート上には位置していない。台湾の構造発達の一例（台湾のテクトニクスの変遷）を下図に示す。



Chi-Yue Huang, Wei-Yu Wu, Chung-Pai Chang, S. Tsao, Peter B. Yuan, Ching-Wee Lin, Xia Kuan-Yuan (1997): Tectonic evolution of accretionary prism in the arc-continent collision terrane of Taiwan, *Tectonophysics*, 281.

この図はユーラシアプレート（東シナ海南部）上に堆積した中新世－鮮新世の地層が次々に中央山脈側に付加し、衝上断層－褶曲帯（thrust-fold belt）を形成した過程を示している。

集集地震は西部山麓地帯（Western Foothills）で起こった地震であり、この図から構造的背景が読みとれる。

島弧－海溝系の典型である日本列島弧と比較してみると、海溝と弧の下に沈み込む海洋プレートをその前面に有していないという点で、台湾のテクトニクスの背景は日本列島とは大きく違っている。台湾の場合、フィリピン海プレートという本来ならば重い地殻が東側に存在しているのに、衝突型造山になったのは、ルソン島弧という軽い地殻部分と接したためユーラシアプレートの下に沈み込まず、その上にのし上げる状態になり、さらにはユーラシアプレート上

の厚い堆積物と押し合う恰好になって、台湾（中央山脈）が形成されたと考えられている。ところが最近、台湾のテクトニクスとして、大陸－島弧衝突型ではなく、島弧－島弧衝突型であるという新説が発表されている(Sibuet & Hsu,1996)。台湾の中央山脈をつくる古期変成岩類はユーラシア大陸のものではなく、これを琉球弧の延長とみなし、台湾が琉球弧とルソン弧の衝突であるとする見解である。ちなみに、この考えは本州弧と伊豆－マリアナ弧の衝突で説明されている丹沢山地の形成論とよく似ている。なお、台湾のテクトニクスについては、地下深部構造の解釈や変成岩類の成因・時代論などを巡って様々な見解が出されている。

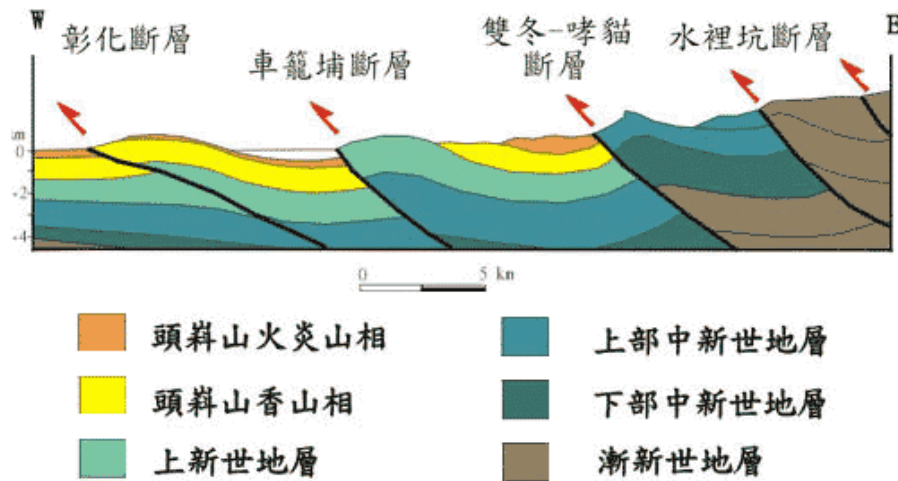
2.1.4 台湾の活断層

台湾は、その東縁にユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界が位置する地震活動が活発な地域である。台湾にはこのプレート境界と平行に多くの活断層が存在しており、台湾中央地質調査所発行の「台湾活動断層概論」(1997)には、51本の活断層が記載されている。

この地震では、震源との位置関係や、地表に現れた断層から、大茅埔－雙冬(Damaopu-Shuangdung)断層と車籠埔(Cherungpu)断層が同時に動いたとされている。これらはいずれも NNE-SSW の走向を持ち、10km の間隔をあけて平行に存在するとされている。



下の図は、大芽埔－雙冬断層（図中では雙冬－哮猫苗断層と書かれている）と車籠埔断層を含む東西地質断面を示している。南北に走る断層はフィリピン海プレートの押しによって加わっている東西圧縮によって生じた東上がりの逆断層であり、断層が地表に現れた場合はその地変は東側の地盤が西側に覆い被さるようになる。



中央研究院地球科學研究所ホームページ (<http://www.sinica.edu.tw/>) より

台湾國立中央大學地球物理研究所のホームページに記載されている王乾盈教授の調査結果によると、集集地震での車籠埔断層（とその延長）の実際に動いた区間は、南端が雲林県桶頭付近で、ここからほぼ北に進み、竹山、南投、霧峰を通り、豊原付近で東に向きを変えて石岡、卓蘭の南を抜けて、東勢の北東で大芽埔－雙冬断層にぶつかるまでの約 80km としている。

また、大芽埔－雙冬断層については集集から東勢の北東までであるが、両端での地表の痕跡はわずかであり、ほとんどの区間が山中にあるので見つかっていないか、あるいは地表まで到達していない可能性を指摘している。

2.1.5 台湾の過去の巨大地震

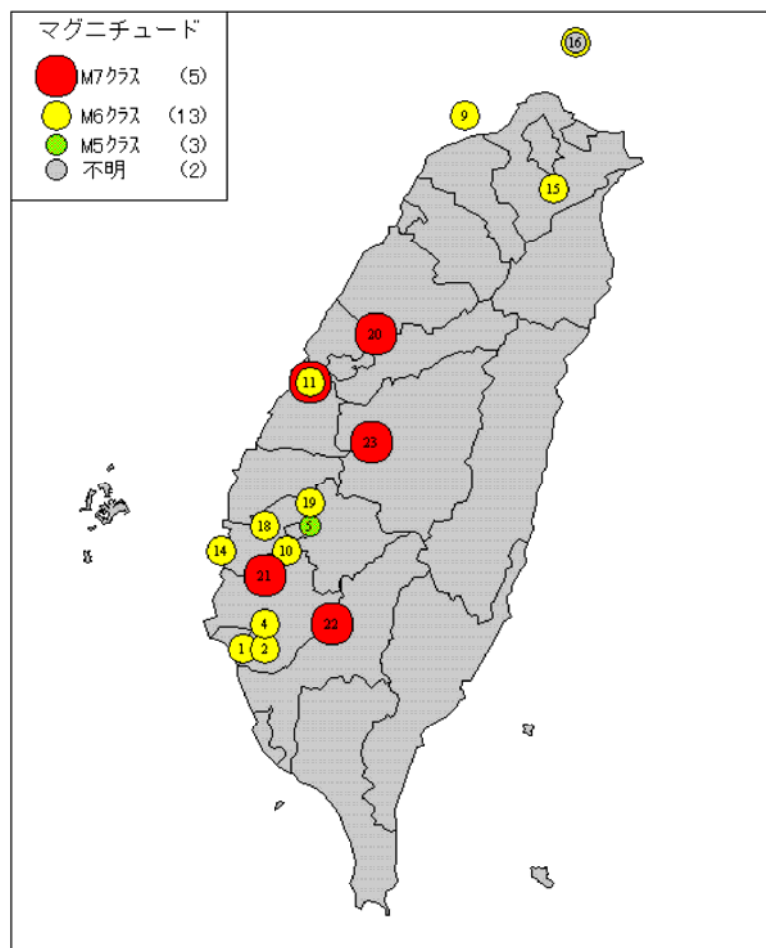
台湾で死者が 100 人以上発生したマグニチュード(M)6 以上の地震の震源を下図と次頁の表に示した。

台湾の東方沖は地震活動が活発で、M8 クラスの巨大地震もしばしば発生している。しかしながら、台湾の東海岸には大きな都市が無いこともあって、これまでこのタイプの地震による顕著な被害は記録されていない。今世紀に入って、台湾では死者が 1,000 人以上発生した地震が今回を含めて 3 回発生しているが、いずれも内陸の断層を震源とした地震である。

1906 年 3 月 16 日の地震（図中の 19）は、嘉義市の北にある梅山断層を震源として発生した M6.8 の地震で、約 1,300 人の死者が発生している。梅山断層は、今回活動した車籠埔断層の南端付近にあり、東北東－西南西の走向を持つ約 25km の断層である。地震の際の変位量は右横ずれが 2.4m、縦ずれが 2.1m と記録されている（出典：中央地質調査所「臺灣活動断層概論」,1997）。

1935 年 4 月 21 日の地震（図中の 20）は、豊原市の北にある屯子脚断層とさらに 30km 北東（新竹市の南約 30km）にある獅潭断層（紙湖断層）が活動した地震で、M7.1 であった。本震で 3,000 人以上が死亡したほか、7 月 17 日の余震（M6.5）でも数十人の死者が出ている。屯子脚断層は東北東－西南西の走向を持つ約 20km の断層で、車籠埔断層の北端付近にあり、地震の際の変位は右横ずれが約 2m、縦ずれ約 1m となっている。獅潭断層（紙湖断層）の走向は北北東－南南西で、台湾の地質構造の持つ方向性と一致する。地震の際の変位は西側隆起の逆断層で、約 3m と記録されている（出典：中央地質調査所「臺灣活動断層概論」,1997）。

今回発生した地震（図中の 23）で動いた断層の一つである車籠埔断層が、1906 年、1935 年の被害地震の震源断層をつなぐような位置関係にあることは興味深い。



日付	時刻	影響地域	北緯	東経	深さ	マグニ チュード	死者数	倒壊 家屋数	主要項目
(UTC+8)	(UTC+8)		(°N)	(°E)	(km)	(M _j)			
1736年1月30日		台南	23.1	120.5	-	約6.5	372	698	
1792年8月9日		嘉義, 彰化, 雲林	23.6	120.5	-	約7.1	617	24,621	
1811年3月17日		嘉義北方	23.8	121.8	-	約7.5	21	41	
1815年10月13~14日		嘉義北方	24	121.7	-	約7.7	113	243	
1845年3月4日		嘉義, 彰化, 台中	24.1	120.7	-	約6.0	381	4220	
1848年12月3日		台南, 彰化, 嘉義	24.1	120.5	-	約7.1	1,030	13,993	
1862年6月7日		台南, 嘉義, 彰化	23.2	120.2	-	約7.0	500超	500超	
1865年11月6日		台北, 基隆	24.9	121.6	-	約6.0	多数		
1867年12月18日		台北, 基隆, 新竹	25.3	121.7	-	約7.0	数百		
1881年2月18日		台北, 新竹, 苗栗	24.6	120.7	-	約6.2	11	210	
1882年12月9日		台湾島	23	121.4	-	約7.5	10	40	
1897年3月15日		宜蘭, 台北	-	-	-	-	56	50	
1904年4月24日	14:39	嘉義	23.5	120.3	-	6.1	3	66	
1904年11月6日	4:25	嘉義	23.6	120.3	7	6.1	145	661	1904年斗六地震
1906年3月17日	6:43	嘉義	23.6	120.5	6	7.1	1,258	6,769	1906年梅山地震
1906年4月14日	3:18	台南	23.4	120.4	20	6.6	15	1,794	
1908年1月11日	11:35	花蓮	23.7	121.4	10	7.3	2	3	
1909年4月15日	3:54	台北	23.7	121.5	80	7.3	9	122	
1910年4月12日	8:22	基隆	25.1	122.9	200	8.3		13	
1916年8月28日	15:27	台湾中部	24	121	45	6.8	16	614	1916年南投地震
1916年11月15日	6:31	台湾中部	24.1	120.9	3	6.2	1	97	
1917年1月5日	0:55	台湾中部	24	121	浅い	6.2	54	130	
1917年1月7日	2:08	台湾中部	23.9	120.9	浅い	5.5		187	
1920年6月5日	12:21	花蓮	24.6	121.9	20	8.3	5	273	
1922年9月2日	3:16	花蓮	24.5	122	20	7.6	5	14	
1922年10月15日	7:47	花蓮	24.6	122.3	20	5.9	6		
1922年12月2日	11:46	花蓮	24.6	122		6	1	1	
1927年8月25日	2:09	台南	23.3	120.3	20	6.5	11	214	
1930年12月8日	16:01	台南	23.3	120.4	20	6.1	4	49	
1935年4月21日	6:02	新竹, 台中	24.4	120.8	5	7.1	3,276	17,907	新竹・台中地震
1935年7月17日	0:19	新竹, 台中	24.6	120.7	30	6.2	44	1,734	
1941年12月17日	3:19	嘉義	23.4	120.5	12	7.1	360	4,520	1941年中埔地震
1943年10月23日	0:01	花蓮	23.8	121.5	5	6.2	1	1	
1943年12月2日	13:09	台東	22.5	121.5	40	6.1	3	139	
1946年12月5日	6:47	台南	23.1	120.3	5	6.1	74	1,954	1946年新化大地震
1951年10月22日	5:34	花蓮	23.9	121.7	4	7.3	68		1951年縱谷群発地震
1951年11月25日	2:50	花蓮	23.3	121.3		7.3	17		
1957年2月24日	4:26	花蓮	23.8	121.8	30	7.3	11	44	
1957年10月20日	2:28	花蓮	23.7	121.5	10	6.6	4		
1959年4月27日	4:41	台湾北東部	24.1	123	150	7.7	1	9	
1959年8月15日	16:57	屏東	21.7	121.3	20	7.1	16	1,214	1959年恒春地震
1963年2月13日	16:50	宜蘭	24.4	122.1	47	7.3	3	6	1963年蘇澳地震
1963年3月4日	21:38	宜蘭	24.6	121.1	5	6.4	1		
1964年1月18日	20:04	嘉義, 台南	23.2	120.6	18	6.3	106	10,924	1964年白河大地震
1966年3月13日	0:31	花蓮	24.2	122.7	42	7.8	4	24	
1967年10月25日	8:59	宜蘭	24.4	122.1	20	6.1	2	21	
1972年1月25日	10:07	台東	22.5	122.3	33	7.3	1	5	
1972年4月24日	17:57	花蓮	23.5	121.4	15	6.9	5	50	1972年瑞穗地震
1978年12月13日	19:23	花蓮	23.3	121.6	4	6.8	2		
1982年1月23日	22:11	宜蘭, 花蓮	24	121.6	3	6.5	1		
1986年5月20日	13:25	花蓮	24.1	121.6	16	6.2	1		
1986年11月15日	5:20	花蓮	24	121.8	15	6.8	15	37	
1990年12月13日	11:01	花蓮	23.9	121.5	3	6.5	2	3	
1994年6月5日	9:09	宜蘭, 花蓮	24.4	121.8	5.3	6.2	1	1	
1994年9月16日	14:20	台湾海峡	22.5	118.7	13	6.8	0	0	1994年台湾海峡地震
1995年2月23日	23:13	花蓮	24.2	121.7	21.7	5.8	2		
1995年6月25日	14:59	宜蘭, 花蓮	24.6	121.7	40	6.5	1	6	
1998年7月17日	12:51	南投	23.5	120.7	3	6.2	5		
1999年9月21日	1:47	台湾島	23.9	120.8	8	7.3	2,415	51,711	921大地震
2000年5月17日	11:25	南投	24.2	121.1	3	5.3	3		
2000年6月11日	2:23	南投	23.9	121.1	10.2	6.7	2		
2002年3月31日	14:52	花蓮, 南投	24.2	122.1	9.6	6.8	5	6	
2002年5月15日	11:46	宜蘭, 花蓮	24.6	121.9	5	6.2	1		
2004年5月1日	12:38	花蓮	24.1	121.95	17.8	5.8	2		
2006年12月26日	20:26	屏東	21.69	120.56	44.1	7		3	2006年恒春地震
	20:26		21.97	120.42	50.2	7	2		
2009年12月19日	21:02	花蓮	23.78	121.75	45.9	6.8	0		2009年花蓮地震
2010年3月4日	8:18	高雄	23	120.73	5	6.4	0		甲仙地震
2012年2月26日	10:35	屏東	22.75	120.75	26.3	6.4	0		
2013年3月7日	11:36	花蓮	24.31	121.49	15.2	5.6	0		
2013年3月27日	10:03	台湾島	23.9	121.05	19.4	6.2	1		南投地震 (2013年3月)
2013年6月2日	13:43	台湾島	23.86	120.97	14.5	6.5	5		南投地震 (2013年6月)
2013年6月8日	0:38		23.88	122.7	59	5.9	0		
2013年6月29日	7:51	花蓮	24	122.3	8	5.6	0		
2013年10月31日	20:02	花蓮	23.62	121.43	19.5	6.3	0		
2015年4月20日	9:42	花蓮	24.05	122.37	17.5	6.3	1		
2016年2月6日	3:57	高雄	22.93	120.54	16.7	6.6	117		2016年台湾南部地震
2017年2月11日	1:47	台南	22.93	120.54	16.7	5.7	0		
2018年2月6日	23:50	花蓮	24.14	121.69	10	6	17		2018年花蓮地震

2.1.6 被害の概要

この地震による被害を下表に示す。

(表 2) 出典：中筋章人、谷内正博、佐野正明、塚本哲、藤原賢也「1999 年 9 月台湾大地震(集集地震)による被災概況」、応用地質,第 41 巻,第 3 号,155-164 頁,2000

(表 3) 出典：中林一樹；「921 台湾集集地震災害の特徴と震災対策の課題」,総合都市研究第 72 号 2000,pp.117~133

地震の揺れは全島で感じられたが、被害は震源に近い南投県と台中県に集中し、それぞれ 1,000 名程度の死者が発生している。

この地震では、建物の被害もさることながら、ライフライン被害、土木構造物被害が多数発生した。南投県、台中県の特に山間部では電気、上水道が途絶し、住民の生活に大きな影響を及ぼした。また、南投県は台北市や半導体関係企業が集中している新竹市への電力供給源となっているが、発電所、変電所、送電鉄塔の被害により電力の供給が半減し、台湾北部では計画停電が行われた。

基幹産業である半導体企業の操業停止によって台湾経済に大きな打撃を与えた。山間部では、崖崩れが多く発生し、このため多くの道路が通行不能になった。また、盛土の崩壊も多く発生した。この地震の大きな特徴として、断層の変位による被害が非常に多く発生したことが挙げられる。車籠埔断層による 1.5~4m の上下方向の変位および衝上による水平変位のため、断層と交差する道路、橋梁は大きな被害を受けて通行に支障を来し、断層上の建物は多くが倒壊した。また、ダム（取水ぜき）も断層の変位によって倒壊した。

表-2 被害状況一覧

地名	死者	負傷者	全壊	半壊
台北市	71	317	3	24
台北縣	39	145	1	2
宜蘭縣	—	7	5	—
桃園縣	3	84	9	2
新竹市	2	4	5	—
新竹縣	—	4	2	1
苗栗縣	6	196	136	221
台中市	113	1,112	496	516
台中縣	1,124	3,606	6,532	4,602
南投縣	857	2,436	19,320	19,281
彰化縣	24	388	30	2
雲林縣	79	423	573	553
嘉義市	—	11	1	—
嘉義縣	2	5	40	33
台南市	—	—	—	—
台南縣	1	1	—	1
合計	2,321	8,739	27,153	25,238

(10 月 11 日 10:00 現在、台湾内政部発表)

表3 台湾・集集地震の郷鎮市別にみた被害状況

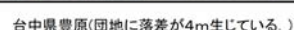
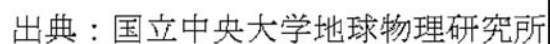
行政区	地名	人口・戸数・世帯規模			死者・行方不明者・負傷者				被害建物(戸数・棟数)				被害率	
		人 (A)	戸 (B)	世帯規模 (A/B)	死者・不明 人数(C) ¹⁾	不明者 人数 ¹⁾	重傷者 人数 ¹⁾	死者率 (C/A)	全壊戸数 (D) ¹⁾	全壊棟 数 ²⁾	半壊戸数 (E) ¹⁾	半壊棟数	全壊率 (D/B)	全半壊率 (D+E)/B
台中県	臺中市*	1,467,579	379,359	3.87	1,177	9	387	0.08%	18,608	11,725	18,451	4,062	4.9%	9.8%
	臺中市*	160,256	41,124	3.90	158	0	55	0.10	1,444	1,420	573	442	3.5	4.9
	太平市*	169,239	46,793	3.62	163	0	54	0.10	2,917	389	4,519	371	6.2	15.9
	太里市*	162,615	45,788	3.55	86	1	24	0.05	2,208	1,809	1,784	487	4.8	9.4
	東勢鎮@	59,647	16,056	3.71	357	1	103	0.60	5,139	3,290	5,441	320	32.0	65.9
	新社鎮@	27,089	6,745	4.02	117	0	40	0.43	1,476	1,458	1,095	983	21.9	38.1
	石岡鎮*	15,573	4,002	3.89	174	0	45	1.12	1,848	1,250	1,170	978	46.2	75.4
	霧峰鎮*	68,307	17,091	4.00	86	0	13	0.13	2,874	1,664	2,486	30	16.8	31.4
	和平鎮@	11,018	4,194	2.63	36	6	8	0.33	634	378	741	358	15.1	32.8
	その他	793,835	197,566	4.02	8	1	45	0.00	68	67	642	93	0.0	0.4
南投県	南投市	545,874	144,576	3.78	916	24	262	0.17	28,312	22,295	29,254	16,325	19.6%	39.8%
	埔里鎮@	104,777	28,413	3.69	93	0	25	0.09	5,213	4,563	6,318	2,915	18.3	40.6
	草屯鎮@	88,271	24,195	3.65	204	0	62	0.23	6,220	4,712	6,610	3,913	25.7	53.6
	竹山鎮*	96,833	25,016	3.87	88	0	21	0.09	2,557	1,357	4,003	2,504	10.2	26.2
	集集鎮●	62,269	15,976	3.90	115	0	33	0.18	2,828	2,275	3,229	1,397	17.7	37.9
	名間鎮*	12,250	3,536	3.46	42	0	18	0.34	1,819	1,679	845	344	51.4	75.3
	鹿谷鎮@	42,754	10,369	4.12	35	0	9	0.08	359	335	443	339	3.5	7.7
	中寮鎮@	21,279	5,499	3.87	23	0	35	0.11	1,140	1,070	1,016	650	20.7	39.2
	魚池鎮@	18,252	4,775	3.82	179	0	22	0.98	2,542	1,877	1,424	1,036	53.2	83.1
	國姓鎮@	17,894	4,953	3.61	14	0	10	0.08	2,375	1,967	1,476	1,023	48.0	77.8
他県市	水里鎮@	24,643	6,634	3.71	112	22	12	0.45	1,913	1,195	1,871	851	28.8	57.0
	信義鎮@	23,425	6,731	3.48	8	0	9	0.03	599	605	1,263	786	8.9	27.7
	仁愛鎮@	17,869	4,553	3.92	0	0	2	0.00	438	415	357	295	9.6	17.5
	合 計	15,358	3,926	3.91	3	2	4	0.02	309	245	399	272	7.9	18.0
他 県 市		-	-	-	378	-	89	-	4,984	983	6,338	1,152	-	-
合 計		-	-	-	2,488	32	729	-	52,220	29,806	54,372	21,539	-	-

資料：①人口・世帯数は、「統計要覧」(1998年現在)である。②台中県の被害データのうち半壊棟数を除いて、台中縣921災後重建推動委員會秘書処編「台中縣921震災重建89年5月分工作進度報告」(2000.6.15)によるが、死者・不明人数(c)¹⁾は「罹難人数」である。また全壊戸・棟数・半壊戸数¹⁾のうち、全壊棟数²⁾とは「応排除棟数(解体を要する建物棟数)」の値である。半壊棟数は、南投縣行政資料(1999.10.22)、「921集集震災都市防災調査研究初步報告」内務部建築研究所(1999.11：資料は1999.10.14)による。③南投縣の被害データ(死傷者及び被害建物・被害戸数)は、南投縣行政資料(2000.3.27)による。④その他の統計数値は、「921災後重建Q&A」全国民間災後重建同盟(2000：データは1月末時点)を参照した。

出典：照本清峰(2000)激甚被災自治体の復興に向けての対応『台湾大地震(921集集大地震)現地調査報告書(暫定版)：第6章』(都市計画学会)を一部修正。

註：*：地表断層線の直上／近傍の郷鎮市。@：地表断層線の東側に位置する郷鎮。●：震源地(同様に位置する郷鎮)。

(出典:地震予知情報センター阿部勝征教授撮影)





台中県霧峰(東側が2m隆起している。)



台中県霧峰(東側が1m隆起している。)



台中市大坑(東側が3m隆起, 水平方向に4m左にずれている。)

(出典:中筋章人、谷内正博、佐野正明、塚本哲、藤原賢也「1999年9月台湾大地震(集集地震)による被災概況」、応用地質,第41巻,第3号,155-164頁,2000)

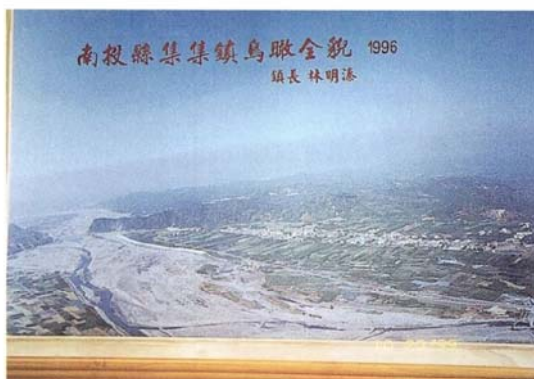


写真-1 自然堤防上に連なる集集市街地



写真-5 大里市の倒壊ビル 沼の埋めたて地に建設



写真-2 集集郊外の軟弱地盤上に建てられた寺院



写真-6 段丘上の町、東勢の倒壊ビル



写真-3 完全に潰れた埔里鎮公(市役所)



写真-7 霧峰郷の道路端に出現したプレッシャー・リッジ



写真-4 最も被害が著しかった中寮市街地



写真-8 霧峰郷総合運動場に出現した地震断層



写真-9 地震断層の変位(左右で8～9mの比高)によりせん断破壊した石岡ダム



写真-13 東勢対岸の段丘崖の崩壊



写真-10 地震断層により出現した滝と埤豊橋の落橋



写真-14 埤里郊外の大規模なのり面崩壊



写真-11 地震断層により落橋した烏溪橋



写真-15 地震断層の変位により発生した路肩崩壊(霧峰郷)



写真-12 豊原市の地震断層直上の倒壊ビル



写真-16 地震断層に起因して発生した太平地すべり

2.2 現地調査の概要

2.2.1 台湾成功大学（謝先生、賴先生）における現地調査ガイダンス



★謝 正倫（しゃ せいりん）氏

- ・台湾成功大学 水利及海洋工程學系／教授
- ・専門分野：流域土砂管理



★賴 文基（Wen-chi Lai）氏

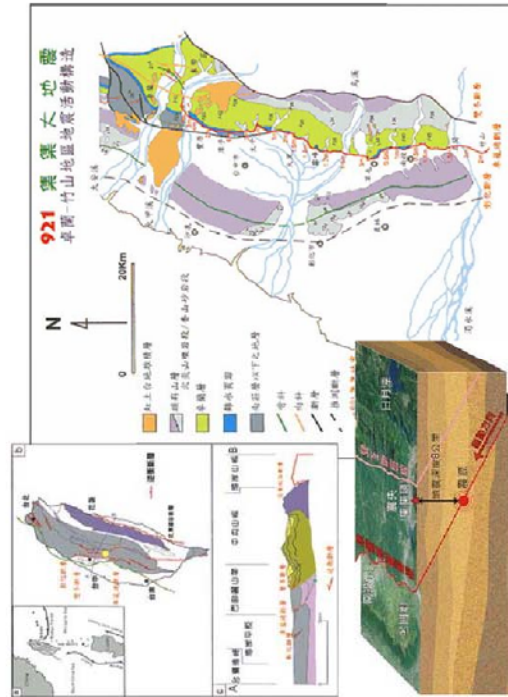
- ・台湾成功大学 水利及海洋工程學系／助理教授
- ・防災研究センター／副主任
- ・専門分野：地質、地震防災





The Earthquake

In the early morning (01:47 Taiwan Time) of September 21, 1999, the largest earthquake of the century in Taiwan ($M_w=7.7$, $M_L=7.3$), struck central Taiwan near the small town of Chichi. The hypocenter was located by the Central Weather Bureau Seismological Center (CWBSN) at 23.87°N , 120.75°E and a depth of about 7 km (Figure 1). There were extensive surface ruptures for about 85 km along the Chelungpu fault with vertical and left lateral strike-slip offsets. The maximum displacement of about 9.8 meters is among some of the largest fault movement ever measured for modern earthquakes. There was severe destruction in the towns of Chungliao, Nantou, Taichung, FengYuan, and Tungshi, with over 2300 people killed and 8700 injured.

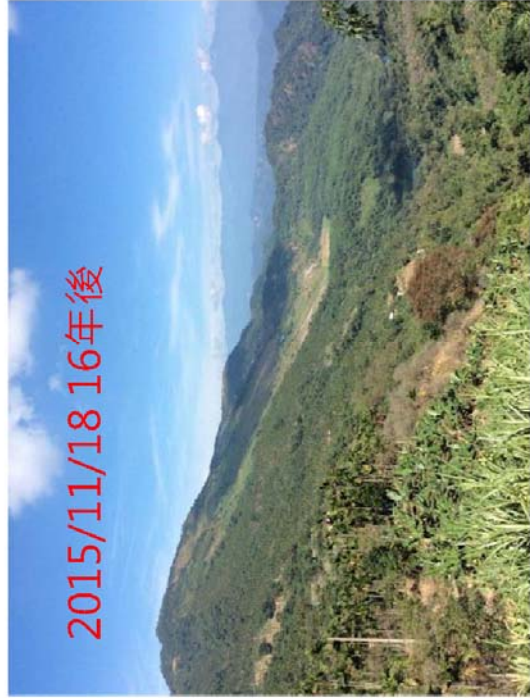
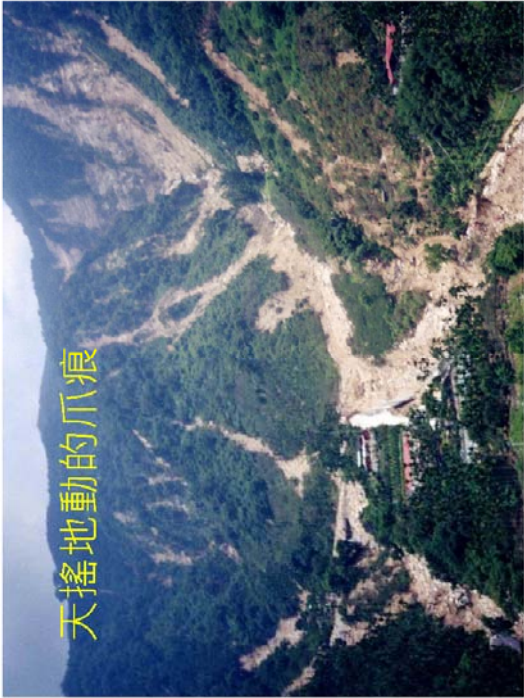


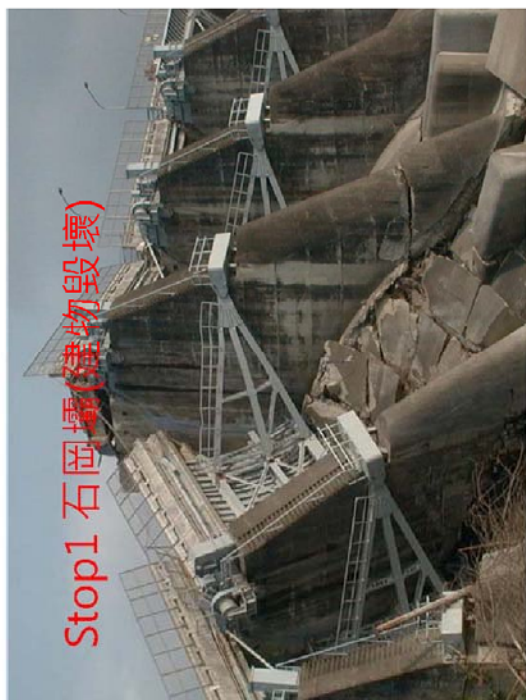
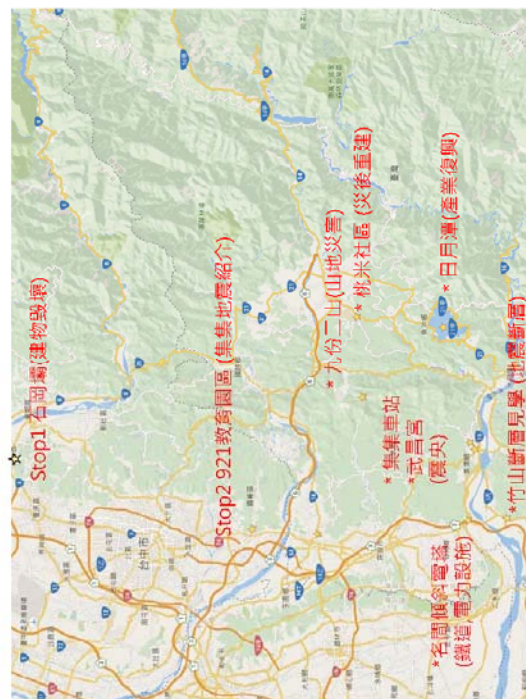












Stop2 921教育園區(集集地震簡介)





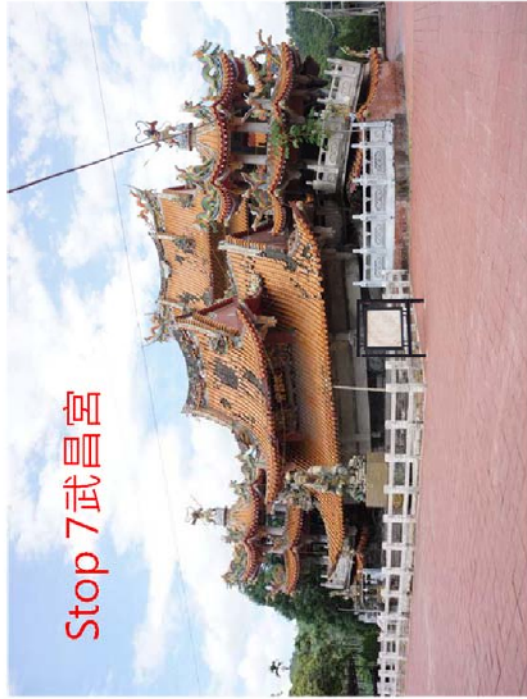
Stop4 名間傾斜電塔
(鐵道, 電力設施)



Stop5 竹山斷層見學 (地震斷層)



Stop6 集集火車站



Stop 7 武昌宮



Stop8 日月潭(產業復興)



Stop9 桃米社區 (災後重建)



紙教堂Paper Dome



1995年日本阪神・淡路大地震
造成6200多人罹難 全、半倒房屋各約10萬棟



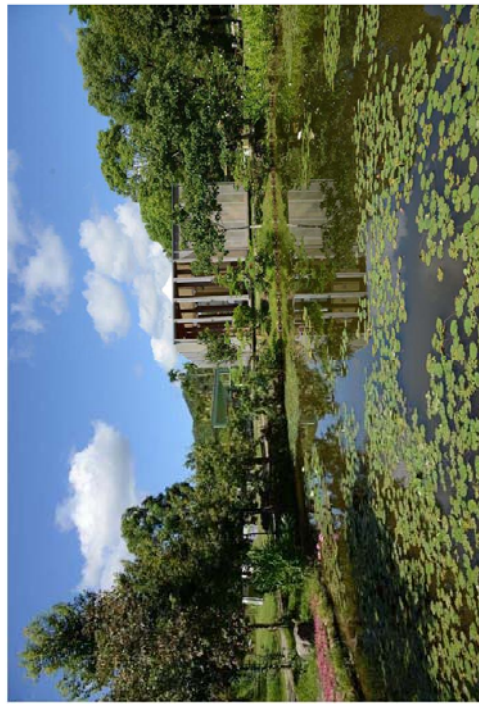
在日本，這裡被稱為「集會所、社區營造、交朋友」的地方



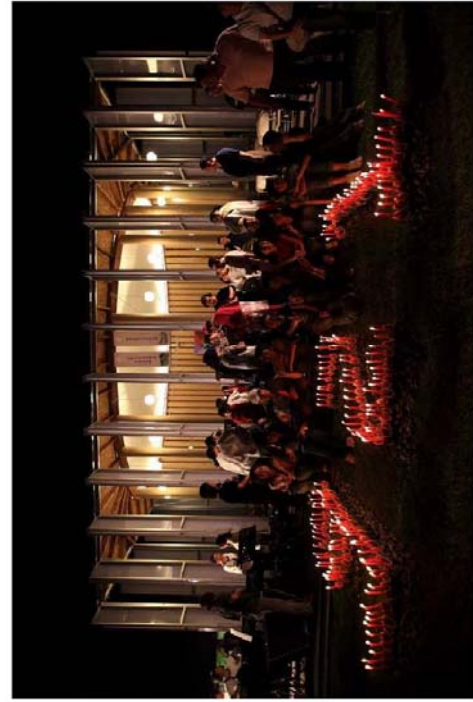
・ 2005年從神戶到台灣



2008年千人立柱



2008年921地震9周年開園



2009年921地震10周年紀念晚會

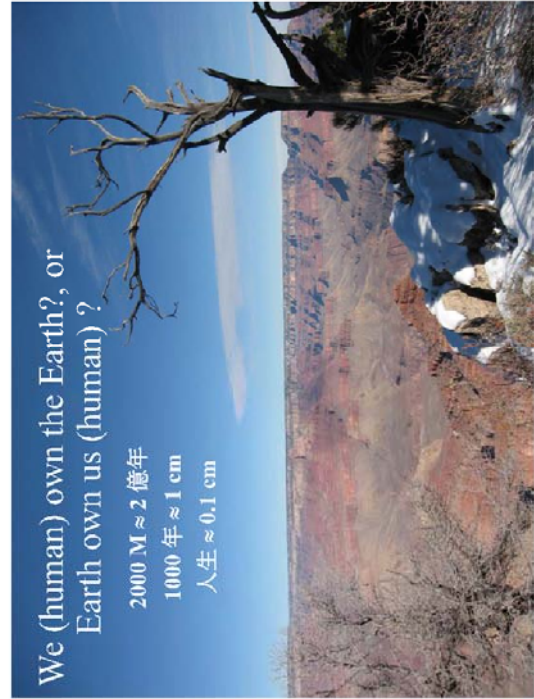
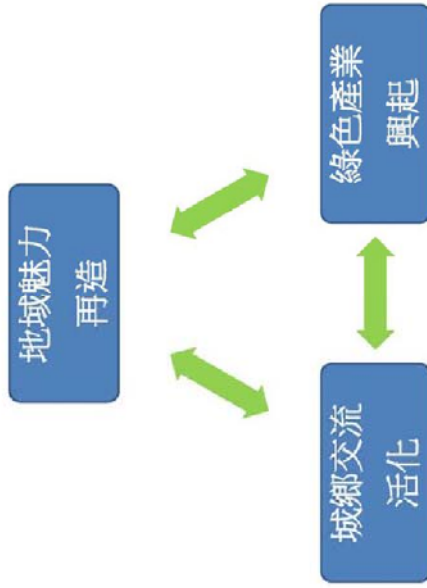


以「第三部門組織」作為社群合作的機制

- 1、成為地方居民與社區文化創造活動的場所。
- 2、擁有觀光及地方產業連結點的作用。
- 3、為地方經濟帶來新活力的核心。

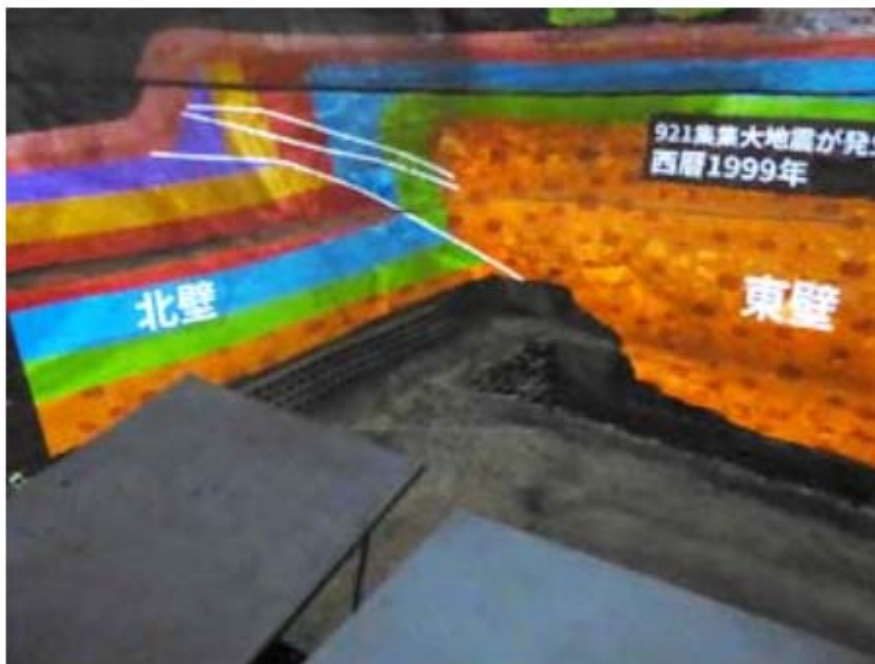


精神象徵-愛與互助

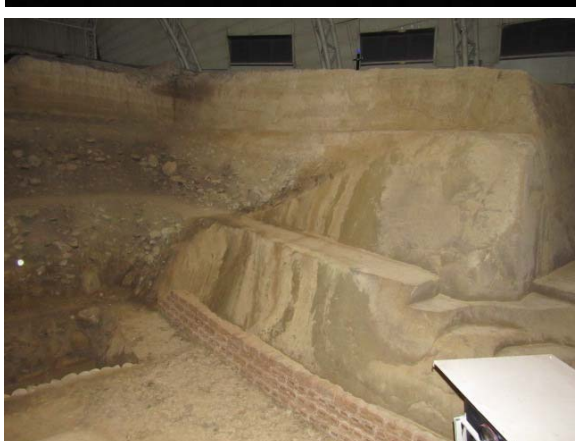
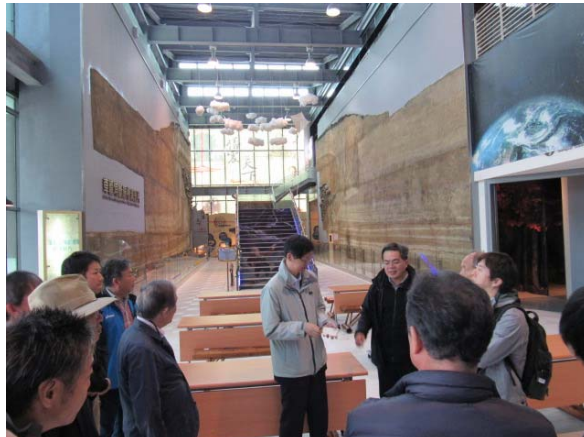


2.2.2 車籠埔断層保存園區

- ・ 当該施設は車籠埔断層（チェルンブ断層）の調査で確認された断層断面を屋内でそのまま露出展示した科学博物館であり、地震が起きるメカニズムや過去の地震の歴史が示されていた。特に、断層面に投影したプロジェクションマッピングにより、現在の地層面を見ただけではすぐには理解しにくい複雑な地層の歴史が、順を追って視覚的にわかりやすく示されているのが印象的であった。
- ・ このような展示方法は、日本ではあまりみられない。日本のこうした災害痕跡の展示施設の多くは、地層や被災施設をそのまま展示したり、パネルによる文字と写真での説明、いわゆる「見てください」「読んでください」という展示方法が主であるが、こうした積極的な説明展示方法をもっと取り入れるべきであり、こうした配慮や工夫がその施設の集客効果、安定した維持運営、防災教育の啓発向上等につながるものと考える。



プロジェクションマッピングによる地震発生メカニズムの説明



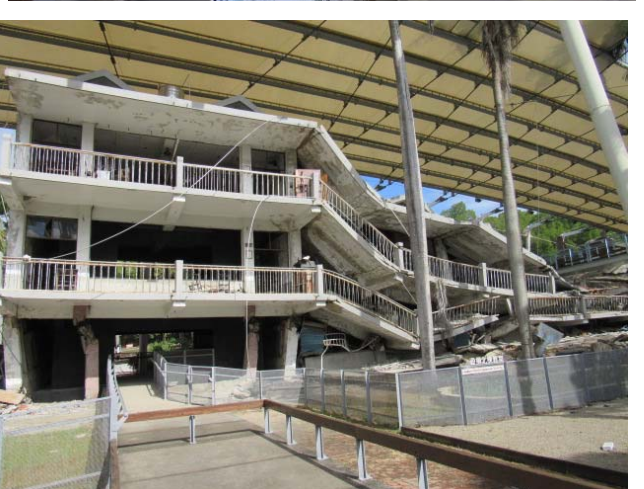
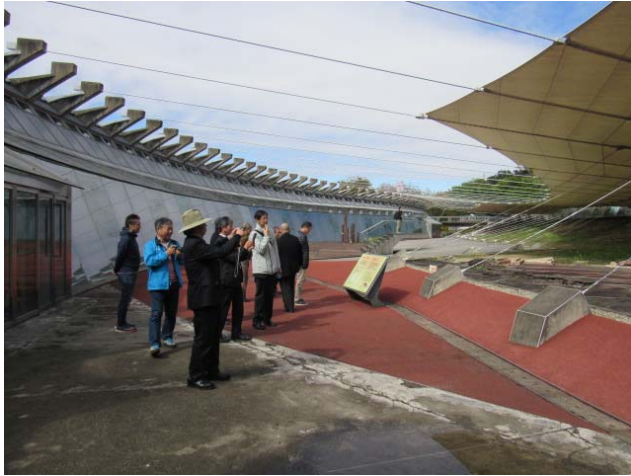
2.2.3 国立自然科学博物館 921 地震教育公園

- ・ 921 大地震では車籠埔断層が動いたが、その断層の真上にあったのが台中市霧峰区光復新村の旧・光復国中学校だった。中学校の校庭が隆起し、校舎及び校庭は全壊被害を受けた。専門家で協議を重ねた結果、光復国中学校跡地に車籠埔断層保存館を建設し、震災跡を保存するとともに、地震工学教育館、映像館、防災教育館、再建記録館などの展示館も併設された。このミュージアムの使命は、921 大地震の遺構を保存し、地震をめぐるモノを収集することによって、自然科学・文化保存・歴史記録の 3 つのアプローチから展示と教育活動を行うことである。地震発生の原因、地震と人間生活の関係を展示することで、来館者に防災意識の徹底をはかり、人間同士の助け合いの重要性を伝えている。
- ・ その一方で、被災者のメモ書き、音声テープなどの個人的記憶やその想起と密接に係わると思われる資料の展示は行われていない。開館当初は個々人の記憶を伝える資料を展示していたが、地域の人々から当時の記憶を思い出すことからミュージアムを訪れるのがつらい、ミュージアムを訪れると悲しい気持ちになる、というような意見が寄せられたことから、個々人の記憶の展示はなくされた。ミュージアム設置過程において地域住民の理解を得るために協議が繰り返し行われており、住民の要望を汲んだ展示構成とせざるを得なかった。
- ・ 現在では、ミュージアムに対する地域住民の理解は深く、地域住民は入館料が無料ということもあり、教育の場、交流の場、観光名所として活用されている。また、交流ボランティアとしても地域の人々がミュージアムの活動を支えている。

【参考】

- ・ 2000～2002 年：震災遺跡の保存を第一の目的とし、光復中学校の敷地で車籠埔断層保存館、倒壊校舎を観察するための廊下歩道を建設
- ・ 2002～2003 年：来館者が地震を追体験できるよう、地震映像館の建設と倒壊校舎を保存
- ・ 2003～2004 年：地球科学と防災観念の教育・普及を目指して、防災教育館を建設
- ・ 2007 年に全面開館





2.2.4 石岡ダム

- ・ 石岡ダムは、台中市の北に位置する豊原市を流れる大甲溪の河口から約 25km に位置し、給水、工業用・農業用水などに供する多目的ダムで、長さ 357m の重力式コンクリートダムであり、18 門の洪水吐ゲートと 2 門の排砂ゲートを備えており、1977 年に完成した。このあたりは車籠埔断層の北端に近く、地震断層の食違いにより、ダム本体の右岸側には約 7.5m の段差が生じたほか、左岸にある取水トンネルも約 3.5m の段差によって破壊され、そこから水が流出して、ダムとしての機能が失われた。
- ・ 石岡ダムの復旧は、下流に副ダムを施工し、浸食に対するダムの安全を確保するとともに、右岸側の破損した 2 門の取水ゲート部分はそのままとし、上流側に築堤盛土しダム内の水が流出するのを防いだ。その築堤盛土の場所には、921 地震の記念モニュメントを設置するとともに、破損したゲートを見学することができるようにした。さらに、石岡ダムと同じように被災した 2 つの橋梁、卑豊橋（下流）と長庚橋（上流）をサイクリングロードで結び、この地域全体を震災公園としている。



被災当時の石岡ダム



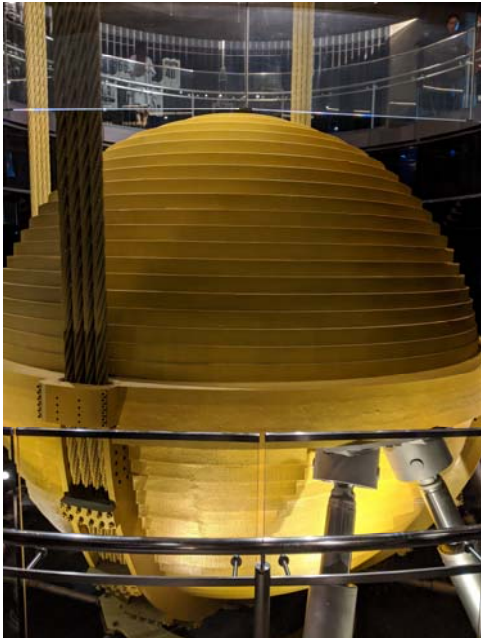


2.2.5 台北 101

- ・ 地上 101 階建てで、高さは 509.2m、地下は 5 階までである。
- ・ 7 年間の工期を経て、2004 年に世界一の超高層建築物として竣工した。施工は熊谷組を中心とした JV により行われ、総工費は約 600 億円。
- ・ 509.2 メートルという高さは 2007 年 7 月にブルジュ・ハリファに抜かれるまでは、完成建築物としては世界一高いものだった。
- ・ 全面ガラス張りの近代的建築ながら、輪郭は伝統的な宝塔と竹の節がイメージされている。また、環境設計や安全を踏まえ設計された。例えば、この外面のガラスは 8 トントラックが乗っても耐え得るほどの強靱さをほこり、さらに、紫外線や熱量を 2/3 カットする性能を持ち併せ、内部が暖まるのを防ぎ冷暖房を効きやすくしている。
- ・ 杭は 8 本の巨大な柱で、支持層（岩盤）の下 30 メートルまでしっかり打ち込まれている。風による振動を緩和するために、巨大な TMD（チューンドマスダンパー）が建物上部に設置されている。



- ・ このレベルの超高層建造物では、地震よりも風圧による振動の方が遥かに考慮すべき制振対策となる。特に台湾は大型台風が頻繁に直撃する気候のため、暴風対策には非常に力をいれた設計になっている。
- ・ 87 階から 92 階の中央部の吹き抜け空間に、風による振動を緩和する目的のみで巨大な TMD（チューンドマスダンパー）が設置されている。マスダンパー全体の重量は 660 トン、最大一枚あたり直径 5.5 メートル、厚さ 12.5 センチメートルの輪切りの鋼板を、41 層を重ね溶接して球状にし、92 階から長さ 42 メートル、4 本ごとに束ねられている太さ直径 9 センチメートルのケーブル計 16 本で吊っている。そしてこのマスダンパーの効果で、理論上は風力による振動を最大 40%抑制できる。



3 お世話になった皆様

【敬称略】

★企画立案補助・現地対応調整役(現地案内・解説、等)

謝 正倫（しゃ せいりん）氏

- ・ 台湾成功大学 水利及海洋工程學系／教授
- ・ 専門分野：流域土砂管理
- ・ 1989年に京都大学防災研究所にて学位取得（当時／芦田和男先生のもとで）

★現地対応(現地案内・解説、等)

賴 文基（Wen-chi Lai）氏

- ・ 台湾成功大学 水利及海洋工程學系／助理教授
- ・ 防災研究センター／副主任
- ・ 専門分野：地質、地震防災

★通訳補助

胡 俊杰（こ しゅんけつ）氏

- ・ 日本テピア株式会社 テピア総合研究所／副所長

★国内【旅行会社】

稲本 成美 氏

- ・ 日本旅行 大阪法人営業支店 稲本 成美 氏

★現地ガイド

陳 茂慶 氏

- ・ 星港旅行社股份有限公司（STAR EXPRESS TAIWAN LIMITED）

ご協力していただいた皆様へ心から感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

2019 年度 大規模災害対策に関する現地調査

『台湾における大規模地震災害による被害とその対策に関する現地調査』

2020 年 6 月 22 日 発行

著作・発行

特定非営利活動法人 大規模災害対策研究機構（CDR）

〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20 株式会社 ニュージェック研究開発グループ気付

TEL : 06-6374-4420

FAX : 06-6374-5038

E-mail : cdr@newjec.co.jp

<http://e-tsunami.com/>