

報告

1999年台湾集集地震および その後の豪雨による土砂災害

近藤 観慈*・林 拙郎*・王文能**・沼本 晋也*・川邊 洋***

Sediment Disasters due to the Chi-chi Earthquake in Taiwan, 1999 and Heavy Rainfall after the Earthquake

Kanji KONDO*, Setsuo HAYASHI*, Wen-Neng WANG**,
Shinya NUMAMOTO*, Hiroshi KAWABE***

Abstract

The Chi-chi earthquake, which occurred on September 21, 1999, generated serious damage mainly in the central Taiwan. The number of deaths and missings caused by the earthquake became the scale which ranks second to the Hsinchu-Taichung earthquake which occurred in 1935. Not only in the urban area but also in the mountainous area, the earthquake caused terrible damage due to the upheaval of the ground, cave-ins and landslides. About two years after the Chi-chi earthquake, two typhoons (Toraji, Nari) crossed over central Taiwan in June and September, respectively in 2001. These generated serious damage as well in the same area which had suffered damages from the Chi-chi earthquake. This paper shows the sediment disasters in the mountainous area caused by this earthquake and by these typhoons. The situations of sediment disasters, along with the history of natural disasters in Taiwan, are summarized.

キーワード：台湾集集地震，地震被害，土砂災害，地震，台風

Key words：Taiwan-Chi-chi earthquake, damages due to earthquake, sediment disasters, earthquake, typhoon

* 三重大学生物資源学部
Faculty of Bioresources, Mie University
** 台湾工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute, Taiwan

*** 新潟大学農学部
Faculty of Agriculture, Niigata University

本報告に対する討論は平成16年5月末日まで受け付ける。

1. はじめに

集集地震は、台湾中部の南投縣集集鎮を震央として、1999年9月21日に M_L 7.3 (リヒターのローカルマグニチュード), M_w 7.7 (モーメントマグニチュード) の規模で発生した。台湾中部の台中市、南投縣の名間、日月潭などで震度6 (当時の台湾における震度階) に達した地震動は、台湾中部を中心に甚大な被害を発生させた。当時の台湾における震度階は0~6の7階級であり、日本の気象庁震度階では7に達する揺れであったと考えられる。

地震による被害は、台湾北部の台北縣を含む11縣5市におよび、台湾における自然災害史上最大規模のものとなった。人的被害は死者・行方不明者2,496人、負傷者11,305人 (うち重傷者704人) にのぼり、貨幣換算できる損失総額は、行政院921震災災後重建推動委員會の資料によると、3,623億元 (日本円にして、約1兆4千億円) に達している。この額は1999年度 (民國88年度) の台湾政府歳入額 (約2兆44億元: 台湾財政部財政統計より) の約18%にあたり、被害の甚大さが容易に推察される。

地震によって、都市部とともに山間部にも地盤の隆起、陥没、斜面崩壊による被害が多発した。斜面崩壊は、台湾中部の6縣1市 (南投縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台中市) で25,000箇所余り、面積にして約16,000 haに達し (行政院農業委員會水土保持局, 2001), 台湾中部の山地斜面や山間河川を大きく変貌させた。

集集地震発生から約2年後の2001年7月と9月には桃芝台風、納莉台風が相次いで台湾を直撃した。これらの台風は、地震による被害が多発した台湾中部に豪雨をもたらし、桃芝台風では214名の死者・行方不明者を発生させた。

本稿では、現地調査や現地で得た資料、ウェブサイトの中でも信頼性のある台湾政府のデータなどをもとに、今回の地震による被害一般と、山間部における土砂災害の実態を報告する。また、地震後の台風に伴う豪雨の状況とそれに伴う土砂災害の実態を報告する。そして台湾の自然災害史における今回の地震災害と豪雨災害の位置付けを明

らかにする。

2. 地震による被害一般

2.1 被災地の地勢

今回の地震による主な被災地は、Fig. 1において、東に中央山脈、北に雪山山脈、南に阿里山山脈と玉山山脈の北端によって区切られた内側にあたり、車籠埔断層を含む南北約100 km、東西約40 kmの範囲である。被災地は主に山頂標高が2,000 m程度以下の丘陵地である。この地域において、車籠埔断層の東側は漸新世~鮮新世を主体とする地層、車籠埔断層の西側は第四紀更新世の地層 (一部東側にも存在) によって構成されている。

2.2 被害一般

今回の地震による人的被害と建物被害の概要をTable 1に示す。地震による死者・行方不明者

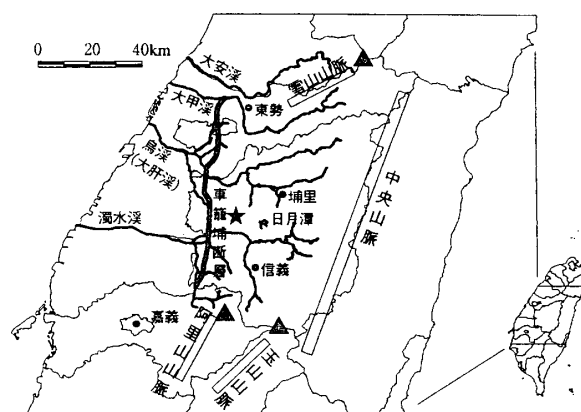


Fig. 1 Location map of disaster affected area [★epicenter]

Table 1 Damages of human and buildings

人的被害		建物被害	
死者 ¹⁾	2,496人	全壊	51,778戸
負傷者	11,305人	半壊	53,852戸
内重傷者	704人		
計	13,801人	計	105,630戸

*行政院921震災災後重建推動委員會ウェブサイトの2000年3月9日現在の921地震災害慰助及房屋租金需求統計表より
*負傷者 11,305人は、交通部中央氣象局災情統計為政消防署ウェブサイトより

1) 死者には行方不明者を含む

(以下、死者等という) (2,496 人) は、20 世紀に発生した台湾における地震災害のなかで、1935 年 4 月 21 日未明に発生した新竹-台中地震による死者等の数 (3,276 人) に次いで二番目に多い。建物被害は、全壊 51,778 戸、半壊 53,852 戸に達し、台湾交通部中央気象局ウェブサイトを示されている統計データと比較すると、1935 年の新竹-台中地震による被害を凌いでいる。

地震による損失額は、行政院 921 震災災後重建推動委員会のまとめによると、Table 2 に示すように、全体で 3,622.8 億元に達している。そのうちの 2,503.9 億元 (全体の約 69%) は建物とその施設による損失額である。さらにそのなかで一般住宅の被害は全体の約 35% にあたる 1,284.2 億元に達し最も多い。交通施設の被害は全体の 4% にあたる 147.6 億元、農業、工業、商業などへの間接的な被害は全体の 27% にあたる 971.2 億元にのぼる。これらの被害に対する公共施設の復旧費等は、同委員会のまとめによると、Table 3 に示すように全体で 10,695 件、483.6 億元となっている。

2.3 人的被害、建物被害

人的被害と建物被害は、Table 4 に示すように、11 縣 5 市におよんでいる。これらの被害は震央 (集集鎮) のある南投縣とその北側に位置する台中縣、台中市に集中している。この 2 縣 1 市だけで、死者等の数は全体の 89% にあたる 2,229 人、建物の被害戸数は全体の 95% にあたる 100,170 戸に達している。また、死者等の数は台中縣で最も多く (全体の 47.8%)、建物被害は南投縣で最も多い (全壊戸数で 54.5%)。この 2 縣 1 市の市郷鎮別の被害状況を Table 5 に示す。各市郷鎮の位置は Fig. 2 に示されている。この表に示されている死者の数は、出典の違いにより Table 4 の値と若干異なる。南投縣の人口は台中縣の人口の約 2.7 分の 1、人口の密度も約 5.5 分の 1 と低く、死者等の数を各郷鎮市の人口で除した死者率は、南投縣が台中縣の約 2 倍と高い。南投縣の建物戸数 (147,687 戸; 南投縣政府ウェブサイトより) は、台中縣のそれ (401,571 戸; 台中縣政府ウェブサ

Table 2 List of nominal loss caused by earthquake

項目	金額(億元)
直接的被害	2,651.6
建物設備	2,503.9
一般住宅	1,284.2
耐久消費財	270.4
政府機関	126.0
商工業施設	174.7
電力・水道・ガス・燃料施設	115.3
学校	390.4
福祉医療施設	44.1
農業施設	70.1
軍事施設	28.8
交通施設	147.6
間接的被害	971.2
農業	23.6
工業	729.6
製造業	691.2
電力・ガス・水道業	38.4
商業	218.0
合計	3,622.8

*行政院 921 震災災後重建推動委員会ウェブサイトより (2000 年 8 月 21 日現在)

Table 3 List of repair cost for infrastructures

施設名	件数	金額(億元)
道路施設	4,086	144.7
農水路施設	1,732	31.6
水利施設	690	51.3
水土保持施設	795	20.7
応急施設	1,382	85.0
漁港施設	3	0.1
その他	179	15.3
学校	1,828	134.9
合計	10,695	483.6

*行政院 921 震災災後重建推動委員会ウェブサイトより (2000 年 8 月 21 日現在)

イトより) に比べて 2.7 分の 1 と少ないが、南投縣の建物被害戸数は台中縣より多い。さらに、Table 4 から、公共施設の復旧費も南投縣が最も多いことがわかる。地震動は全体として台中縣に比べ南投縣で激しかったことが、地震動の記録 (川邊・林, 2002) とともに、Table 5 に示す台中縣と南投縣における被害、死者率、Table 4 に示す公共施設の復旧費からも推察される。

Table 5 に示す 0.2% 以上の死者率が生じた地区は、台中縣の東勢鎮、新社郷、石岡郷、和平郷、

Table 4 Damages of human and buildings, repair cost for infrastructures each prefecture and city

縣名等	人的被害(人)		建物被害(戸)			公共施設復旧費 ²⁾	
	死者 ¹⁾	重傷者	全壊	半壊	計	件数	経費(億元)
台北市	88	17	164	0	164		
台北縣	46	4	221	690	911		
宜蘭縣	0	0	0	0	0		
桃園縣	1	1	166	2	168		
新竹縣	1	0	6	13	19		
苗栗縣	6	6	619	570	1,189	287	3.9
台中縣	1,194	352	18,372	18,187	36,559	1,134	41.8
彰化縣	33	14	574	760	1,334	173	2.7
南投縣	922	256	28,217	28,974	57,191	3,080	93.4
雲林縣	82	22	532	498	1,030	162	4.5
嘉義縣	7	3	161	417	578	740	10.6
台南縣	1	2	7	8	15	1	0
基隆市	0	0	1	1	2		
新竹市	2	3	0	0	0	6	0.3
台中市	113	23	2,711	3,709	6,420	235	9.3
嘉義市	0	1	27	23	50	27	0.8
政府各機関						4,850	316.3
合計	2,496	704	51,778	53,852	105,630	10,695	483.6

*行政院921震災後重建推動委員會ウェブサイトの2000年3月9日現在の921地震災害慰助及房屋租金需求統計表より

1) 死者には行方不明者を含む。

2) 公共施設復旧費は同上ウェブサイトの921震災後重建推動委員會(2000年8月21日現在)より

大里市, 南投縣の埔里鎮, 集集鎮, 中寮鄉, 國姓鄉などである。

3. 地震とその後の豪雨による土砂災害

3.1 地震発生前の降雨状況

地震発生前の降雨状況を Table 6 に示す。Table 6 は, 台中, 日月潭, 阿里山, 嘉義の各観測所(位置は後掲の Fig. 6 に示す)における地震発生年の1月から9月までの累加雨量と1961年から1990年までの同期間の平均累加雨量とを比較したものである。台湾の気候は, 5月から9月の雨期と10月から翌年の4月までの乾期とに大きく分けられ, 集集地震が発生した9月21日は, ちょうど雨期の終盤にあたっていた。1999年の1月から9月までの累加雨量は, 各観測所で同期間の平均に対して1~25%少なく, 9月の月降雨量も平均に対して47~65%少ない。集集地震は, 雨期の終盤に発生しているが, この時期としては, 例年より累加雨量の少ない状況で発生している。

3.2 地震による土砂災害

一般に地震による崩壊発生は, 尾根筋や山腹斜



Fig. 2 Location map of central Taiwan

面上部の凸部に多いことが知られている(砂防学会, 1992)。ヘリコプターによる調査(1999年12月)において, このような特徴をもつ大小の崩壊が多数見られた。

台湾の水土保持局が行った航空写真判読調査に

Table 5 Deaths and damages of buildings in Taichung pref., Nantou pref. and Taichung city

縣名等	被害				死者率 (%)
	死者 (人)	建物被害(戸)			
		全壊	半壊	合計	
台中縣	1,192	18,372	18,187	36,559	0.079
豊原市	160	1,444	573	2,017	0.099
神岡郷	1				0.002
潭子郷	7	28	10	38	0.008
東勢郷	356	5,139	5,441	10,580	0.620
新社郷	116	1,476	1,095	2,571	0.435
石岡郷	174	1,848	1,170	3,018	1.140
和平郷	33	634	741	1,375	0.293
清水鎮	1	4	22	26	0.001
外埔郷		2	2	4	0.000
大里市	159	2,681	4,254	6,935	0.203
太平市	85	2,208	1,783	3,991	0.051
霧峰郷	86	2,874	2,486	5,360	0.130
大肚郷	14	14	48	62	0.026
烏日郷		20	492	512	0.000
その他		0	70	70	0.000
南投縣	916	28,217	28,974	57,191	0.168
南投市	93	5,213	6,318	11,531	0.089
埔里鎮	204	6,220	6,610	12,830	0.232
草屯鎮	88	2,557	4,003	6,560	0.090
竹山鎮	115	2,715	2,973	5,688	0.186
集集鎮	42	1,816	834	2,650	0.340
名間郷	35	359	443	802	0.082
鹿谷郷	23	1,140	1,016	2,156	0.109
中寮郷	179	2,542	1,424	3,966	0.999
魚池郷	14	2,375	1,476	3,851	0.078
國姓郷	112	1,913	1,871	3,784	0.463
水里郷	8	599	1,231	1,830	0.035
信義郷	0	438	357	795	0.000
仁愛郷	3	330	418	748	0.020
台中市	113	2,711	3,709	6,420	0.012
合計	2,221	49,300	50,870	100,170	0.074

*被害は台中縣政府、南投縣政府ウェブサイトより(表-4の値と若干異なる)

*台中市の被害は行政院921震災災後重建推動委員會ウェブサイトより

*死者率の根拠となる人口は台中縣、南投縣、台中市の各政府のウェブサイトより(台中縣2000年9月現在、南投縣は1999年現在、台中市は2000年8月現在の値)

1) 死者には行方不明者を含む

Table 6 Cumulative rainfall in 1999 (from Jan. to Sep.)

項目	台中	日月潭	阿里山	嘉義
1999年(1月~9月)	1341.3	2213.8	2787.0	1531.4
1月~9月の平均	1546.3	2243.0	3728.1	1654.9
差	▲ 205.0	▲ 29.2	▲ 941.1	▲ 123.5
1999年(9月)	72.2	79.5	244.9	68.9
9月の平均	137.3	229.6	464	181.5
差	▲ 65.1	▲ 150.1	▲ 219.1	▲ 112.6

*台湾交通部中央気象局ウェブサイトより

*平均は1961年-1990年の値による

*▲はマイナスを示す

よると、震央に近い6縣1市(南投縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台中市)において、崩壊が25,845箇所、面積で15,977 haに達している(行政院農業委員会水土保持局, 2001)。崩壊の発生は震央のある南投縣で最も多く、箇所にして全体の70%, 面積で75.7%に達している。次に多いのは台中縣である。死者等、建物被害と同様、崩壊もこの二つの縣で多く、全体の約90%を占めている(箇所で91.4%, 面積で86.5%)。その他の縣市は、面積順で雲林縣、嘉義縣、台中市、苗栗縣、彰化縣と続いている。

各郷鎮別の崩壊状況をFig. 3に示す。Fig. 3は行政院農業委員会水土保持局(2001)のデータをもとに、崩壊面積率(〔崩壊面積〕/〔山地面積])を図に表現したものである。崩壊面積率の算定に用いた山地面積は、台湾行政院農業委員会水土保持局所有の山地分布図をもとに筆者らが算定した。この図から震央(集集鎮)に近い区域において、崩壊面積率が高いことがわかる。大きな値を示している区域は、南投縣では中寮郷(12.5%)や國姓郷(10.8%), 草屯鎮(10.8%), 水里郷(7.8%), 鹿谷郷(6.8%)である。震央から比較的離れた雲林縣においても草嶺地区で大崩壊のあった古坑郷で高い値(8.3%)を示している。

斜面被害は、Fig. 3から分かるように、台湾中部の苗栗縣、台中縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣に集中している。各崩壊発生地区では、崩壊の拡大と土石流の発生が依然として懸念されている。これらの崩壊は、甚大な人的、物的被害を引き起こし、場所によっては、堰止湖を形成した。このため、二次災害が懸念されている地区も多く存在する。行政院農業委員会・国立中興大学水土保持系(2000)の報告書等を総合すると、崩壊および土石流の発生による被害は、Table 7に示す地区で生じた。

被害の個別状況を示すために、Fig. 4に地震による主な崩壊地等の位置を示す。位置関係がわかるように、主要な地点を黒丸印で示し、地名を併記している。今回の地震により生じた比較的規模の大きな代表的崩壊地等として、九九峰の崩壊(荒廢地の面積約1,500 ha)、九份二山地区の崩壊、

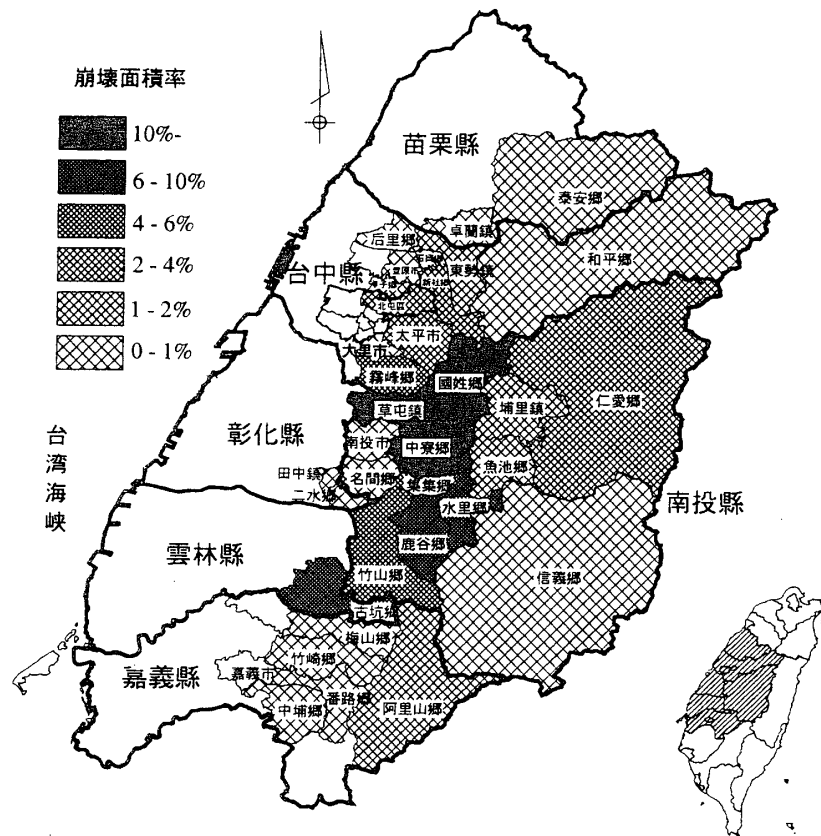


Fig. 3 Area rate of landslides (行政院農業委員會水土保持局 (2001) のデータをもとに筆者らが作成)

Table 7 Area that suffered heavy damages

縣市名	主要範圍	鄉鎮, 地区名
苗栗縣	南部	卓蘭鎮(内湾里・上新里地区), 泰安鄉(象鼻村・梅園村, 大安・永安地区), 大湖鄉(東興村)
台中縣	車籠埔斷層近辺	豐原市(東陽里・高嵩里地区), 太平市(東汴里・頭汴里・黄竹里・坪林里地区), 霧峰鄉(峰谷村)
台中市	より東側の全域	潭子鄉(聚興村・潭興村), 石岡鄉(龍興村仙塘坪地区), 后里鄉, 大里市, 新社鄉(中和村・福興村) 東勢鎮(上新里地区), 和平鄉(自治村), 大坑地区・北屯区(台中市)
南投縣	斷層付近より東側 の埔里付近より 西部全域	南投市, 名間鄉, 鹿谷鄉, 中寮鄉(双坑・福盛・和興・清水地区), 草屯鎮(雙冬・平林地区) 國姓鄉(南港地区), 水里鄉(新山・郡坑地区), 信義鄉(豊丘・神木地区), 埔里鄉(麒麟地区) 仁愛鄉(精英地区), 魚池鄉, 竹山鎮, 集集鎮
雲林縣	東部	古坑鄉(草嶺地区[草嶺崩壊]), [華山]
嘉義縣	東部	梅山鄉(瑞里・太和地・華山区), 竹崎鄉(大坑地区), 中埔鄉(凍仔脚地区), 阿里山鄉(豊山地区)

*行政院農業委員會水土保持局・国立中興大学水土保持系(2000)より

草嶺地区の崩壊, 豊山地区の崩壊, 一江橋の地すべり(頭汴坑溪), 紅葉坪の地すべりなどがあげられる(林, 2002)。Fig. 4 中の◇印は, 堰止湖を生じさせた崩壊位置である(行政院農業委員會水土保持局・国立中興大学水土保持系, 2000)。これ

らの箇所は, 前述の代表的な崩壊地等の箇所と重複するものも多い。烏溪(大肚溪)より北では, 車籠埔断層に沿って堰止湖が形成されている。このように, 比較的規模の大きな崩壊地等が車籠埔断層の北端から南端までの全域に分布している。

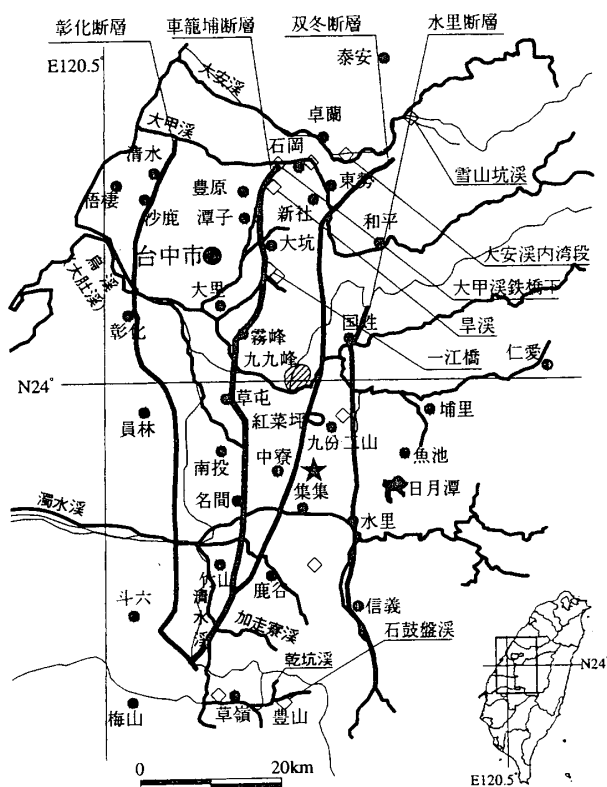


Fig. 4 Locations of sediment disasters caused by the earthquake [★ epicenter, ◇ landslide dam]

3.3 地震発生後の降雨状況

本地震発生から約2年後に、地震被害地域に度重なる台風の襲来があった。これらの状況を以下に示す。

1999年から2001年にかけて台湾に襲来した台風の名称と被害の概要をTable 8に示す。台湾には、1999年に3つ(地震発生後は1つ)、2000年に7つ、2001年に9つの台風が襲来している。これらのうち、地震によって大きな被害が生じた区域で多量の降雨をもたらした台風は、桃芝(TORAJI)台風と納莉(NARI)台風である。Fig. 5に示す桃芝台風と納莉台風の台風経路図からわかるように、2箇月足らずの間に2つの大型台風が台湾を縦横断している。

集集地震により斜面災害が多発した区域の地震後の降雨状況を、Fig. 6に示す7つの観測所(台中、日月潭、阿里山、嘉義、西嶺國小、北山國小、雙冬國小)の日降雨量(近藤ら、2002)の値を用

Table 8 Attacks of typhoons and damages from 1999 to 2001

年	月	日	台風等の名称	1) 死者人	負傷者人
1	6	4-6	MAGGIE(瑪姬)	6	—
9	8	19-21	SAM(山姆)	—	—
9	9	21	集集地震	—	—
9	10	4-9	DAN(丹恩)	—	—
2	7	6-10	KAI-TAK(啟德)	—	1
	8	21-23	BILIS(碧利斯)	15	110
0	8	27-30	PRAPIROON(巴比倫)	—	—
	9	8-10	BOPHA(寶發)	—	—
0	10	23-26	YAGI(雅吉)	—	—
	10	30-1	XANGSANE(象神)	89	48
1	11	6-7	BEBINCA(貝碧佳)	—	—
	5	10-14	CIMARON(西馬隆)	—	—
2	6	22-24	CHEBI(奇比)	30	124
	7	3-5	UTOR(尤特)	1	6
0	7	10-11	TRAMI(潭美)	5	—
	7	23-24	YUTU(玉兔)	—	—
1	7	28-31	TORAJI(桃芝)	214	189
	9	6-19	NARI(納莉)	104	265
0	9	23-28	LEKIMA(利奇馬)	—	—
	10	15-16	HAIYAN(海燕)	2	—

*台湾中央気象局ウェブサイトより

1) 死者には行方不明者を含む

いて検討する。桃芝台風と納莉台風以外では、碧利斯台風(2000年8月)のときに、地震被害を受けた区域内の南部にあたる阿里山、嘉義の各観測所で、それぞれ日降雨量160.5 mm、208.5 mmを記録している。一方、台湾で多数の死者を発生させた象神台風(2000年10月)のときには、上記7箇所の観測所で日降雨量100 mmを超える降雨は記録されていない(近藤ら、2002)。

1999年の集集地震発生後から2001年までに記録された日降雨量をTable 9に示す。Table 9の1999年のデータは、地震発生以降のその年における日降雨量の最大値を示し、2000年のデータは年最大日降雨量を、2001年のデータは、桃芝台風と納莉台風の襲来期間内の最大日降雨量をそれぞれ示している。両台風の大きい方の値が2001年の年最大日降雨量にあたる。集集地震発生以降における1999年の各観測所の日降雨量は、Table 9に示すようにあまり大きくない。

Table 9において、全ての観測所の2001年における日降雨量(桃芝台風と納莉台風うちの大きい方の値)は1999年と2000年の日降雨量の年最大値より多い。また、桃芝台風による日降雨量は、台中、嘉義を除いて、地震後に生じた日降雨のなかで最も多かった。阿里山では、7月30日に714.5 mmに達した。桃芝台風は特に、各地に日降雨量200 mmから700 mmを超える豪雨をもたらした、台湾中部を中心に甚大な被害を発生させた。

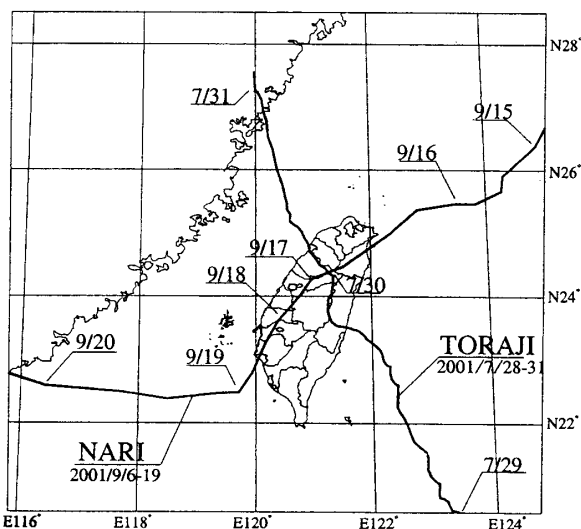


Fig. 5 Routes of Toraji and Nari typhoons (台湾中央気象局ウェブサイトより筆者らが作成)

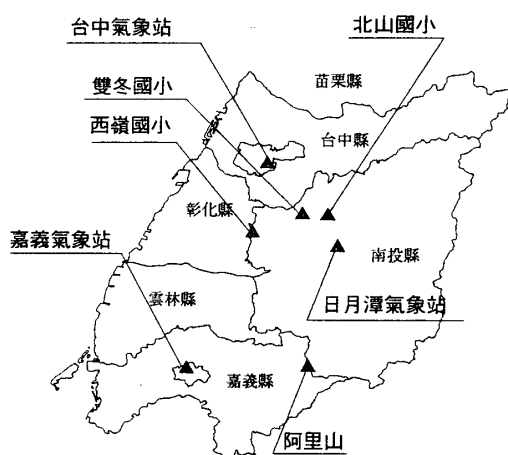


Fig. 6 Location map of rainfall observatories

3.4 地震発生後の豪雨による土砂災害

前述の桃芝台風と納莉台風に伴う降雨は、集集地震によって被害が発生した区域およびその周辺において被害を発生させた。このほか、前述のとおり、碧利斯台風、象神台風のときに7箇所の観測所で日降雨量の最大値として200 mm程度の降雨が記録されているが、集集地震によって被害が発生した区域内には、大きな災害は報告されていない。以下では、桃芝台風と納莉台風による土砂災害の実態を示す。

3.4 地震発生後の豪雨による土砂災害

前述の桃芝台風と納莉台風に伴う降雨は、集集地震によって被害が発生した区域およびその周辺において被害を発生させた。このほか、前述のとおり、碧利斯台風、象神台風のときに7箇所の観測所で日降雨量の最大値として200 mm程度の降雨が記録されているが、集集地震によって被害が発生した区域内には、大きな災害は報告されていない。以下では、桃芝台風と納莉台風による土砂災害の実態を示す。

(1) 桃芝台風

桃芝台風は2001年7月29日から31日に台湾に襲来した。この台風によって被害の発生した区域は、Table 10に示すように集集地震によって甚大な被害が発生した区域とほぼ同じである。人的被害は、台湾全体で死者103人、行方不明者111人に達している。

SPOT衛星画像により判読した桃芝台風による各縣市別の崩壊の発生箇所数と面積(行政院農業委員会水土保持局・工業技術研究院, 2001)を、先のTable 10に示す。この台風により、台湾中部の7縣市(彰化縣を除く)で1万箇所を超える

Table 9 Main daily rainfall after the earthquake on each observatory

年 (台風名)	観測所名							
	台中	日月潭	阿里山	嘉義	雙冬國小	北山國小	西嶺國小	
1999*	12.6 (12/18)	42.9 (12/17)	52.0 (12/17)	27.9 (9/30)	35.5 (12/17)	34.0 (12/17)	15.5 (12/17)	
2000	81.2 (4/28)	84.1 (6/13)	229 (6/13)	208.5(8/23)	104.5(7/16)	111 (6/16)	105 (6/13)	
2001	桃芝	229.5(7/30)	332.9(7/30)	714.5(7/30)	286.5(7/30)	203.5(7/30)	357.5(7/30)	278 (7/30)
	納莉	309.5(9/17)	49.5 (9/17)	319 (9/17)	774.5(9/18)	86.5 (9/17)	48.5 (9/17)	262 (9/17)

*9/22 ~ 12/31 の日降雨量の最大値

()の日付は発生日

Table 10 Human damages and the number of landslides caused by the Toraji typhoon

縣市	鄉鎮	死亡 (人)	行方不明 (人)	負傷 (人)	崩 壊		縣市	鄉鎮	死亡 (人)	行方不明 (人)	負傷 (人)	崩 壊	
					箇所	面積(ha)						箇所	面積(ha)
花蓮縣	鳳林鎮	5	1				台中縣	霧峰鄉	2	0			
	光復鄉	26	15					大甲鎮	1	0			
	計	31	16	16	2,572	3,633		和平鄉	0	1			
南投縣	信義鄉	3	48				大安鄉	0	2				
	竹山鎮	6	8				大肚鄉	1	0				
	鹿谷鄉	6	3				外埔鄉	0	1				
	水里鄉	20	19				計	13	4	1	935	3,269	
	集集鎮	1	0				台中市	西屯區	4	0			
	仁愛鄉	1	0					東 區	1	2			
	草屯鎮	2	0					計	5	2	0	15	16
	國姓鄉	0	2				嘉義縣	計	0	2	0	1,099	3,359
計	39	80	172	5,316	11,259	雲林縣	虎尾鎮	1	0				
彰化縣	溪州鄉	2	1				二崙鄉	0	1				
	埔鹽鎮	1	0				計	1	1	0	155	496	
	員林鎮	1	0				苗栗縣	泰安鄉	2	1			
	大城鄉	1	0					大湖鄉	2	0			
	芳苑鄉	3	0					南庄鄉	1	0			
計	8	1	0	—	—	竹南鎮		1	0				
台中縣	太平市	1	0					獅潭鄉	0	1			
	清水鎮	4	0					西湖鄉	0	1			
	大雅鄉	1	0				通宵鎮	0	1				
	后里鄉	1	0				卓蘭鎮	0	1				
	烏日鄉	1	0				計	6	5	0	269	588	
	潭子鄉	1	0				合計	103	111	189	10,361	22,618	

被害状況は桃芝颱風中央災害應變中心より
崩壊の箇所数と面積は SPOT 衛星写真の判読結果による

崩壊が発生し、面積にして2万haを超えた。崩壊は、集集地震の地震動の激しかった南投縣に集中し（面積で全体の49.8%）、死者等の数も最も多くなっている（37.9%）。地震による被害の集中した台中縣、南投縣の崩壊面積は、全崩壊面積の64.2%に達する。

地震による崩壊全面積を崩壊箇所数で除した1箇所当たり平均崩壊面積は、約0.62haと比較的小規模であった。これに対して、今回の台風による崩壊の平均面積は、Table 10に示した数字を用いて計算すると、約3.5倍の約2.18haに達し、地震によるものよりも大きな値を示している。

南投縣の東に隣接する花蓮縣では集集地震による被害の発生は報告されていなかったが、桃芝台風によって死者等が47名、崩壊が約3,600haに達する被害が発生している。

(2) 納莉台風

納莉台風は、2001年9月16日から19日にかけて台湾に襲来した。そのときの人的被害は、

Table 8に示すように、死者等104人、負傷者265人に達した。この台風による被害は、主に台湾北部の台北縣、台北市、基隆市において発生し、死者等の数はそれぞれ29人、27人、12人である。一方、納莉台風では、台湾中部でTable 9に示したように、台中、嘉義を除いた各観測所の日降雨量の平均は、桃芝台風のときの約4割を記録している。納莉颱風中央災害應變中心の資料によれば、地震による被害を受けた台湾中部では、桃芝台風の時よりも日降雨量が多かった嘉義（嘉義縣、嘉義市）と台中（台中縣）において、それぞれ、8人（7人、1人）と1人の死者が発生し、苗栗縣で11人の死者等、彰化縣で1人の死者が発生しているが、地震被害の最も甚大であった南投縣に死者等を伴う被害は発生していない。嘉義、台中を除く観測所においては、納莉台風時の最大日降雨量が桃芝台風の時より少なく、また桃芝台風の体験が警戒避難体制等を充実させていたことが推察される。

3.5 地震後の豪雨による顕著な土砂移動

一般に、地震動による地盤の劣化や地震による崩壊に伴った土砂生産は、その後の降雨時の土砂生産や土砂移動現象に影響を与えると考えられる。

今回の台風による土砂災害において、地震動による地盤劣化と降雨による土砂移動との因果関係を明確に示すことは現段階では難しく、今後、データの蓄積を図り、明らかにしていく必要のある課題である。一方、地震による崩壊に伴って生産された土砂が山間地の山腹や溪流沿いに堆積した場所では、地震後の降雨、特に桃芝台風の降雨によって、この土砂が再移動し、下流に土砂災害を引き起こした事例が見られた。例えば、南投縣國姓郷の九份二山地区の崩壊（位置は Fig. 4 参照）では、地震による崩壊土砂が堰止湖を形成し、地震後の降雨により堆積物となった崩壊土砂が侵食作用を受けて、下流の韭菜湖溪という河川の河床を3~4 m 埋没させた。また、清水溪の最上流にあたる嘉義縣阿里山郷豊山の乾坑溪や清水溪の右支川にあたる南投縣竹山郷の加走寮溪（位置は Fig. 4 参照）においては、地震時に生産されて山腹に堆積していた崩壊土砂がその後の降雨（桃芝台風を含む）により土石流となって流下して被害を発生させている（地頭蘭ら、2002）。このような現象は、地震による崩壊の発生した流域で多発したと推察される。これらの土砂流出状況から、地震によって崩壊が発生した区域では、地震後の豪雨は土砂災害の被害増大要因として大きく関与したことを示している。

4. 台湾自然災害史における本震災と豪雨災害の位置づけ

前章までにおいて、今回の集集地震による土砂災害と地震後の台風に伴う豪雨による土砂災害の実態を示した。本章では、今回の地震災害とその後の降雨による災害の、台湾における過去の地震災害、さらに過去の自然災害における位置づけを明らかにする。

4.1 台湾における過去の地震災害

(1) 地震の発生状況

台湾に影響を与えた地震のうち、20世紀に発生したものを Table 11 に示す。この表は、台湾交通部中央氣象局（以下、中央氣象局という）が取りまとめたデータをもとに $M5.5$ 以上の地震を整理したものである。表中の地震規模は、東京大学地震研究所（以下、東大地震研という）の地震資料の値が用いられているが、この資料に記載のないものは、中央氣象局の値が用いられている。地震規模は、東大地震研のデータ説明によれば、十分に統一されたものではなく、ここでは地震規模を一律に M と表現する。集集地震発生前に中央氣象局が設定していた20世紀に発生した十大震災の名称を備考に示す。地震による家屋の半壊・損壊被害は、牛頓別冊地震大解剖（1999）より引用している。

この Table 11 において、 $M7$ 以上の地震が20世紀に26回発生している。十大震災時の震央は、縦谷地震系列（1951年）と恆春地震（1959年）、花蓮地震（1986年）の3つの地震が台湾の東近海で発生しているが、他の地震は、今回の集集地震と同様、内陸で発生している。Table 11 のデータをもとに、各年に発生した地震（ $M5.5$ 以上）のうち地震規模が最大のを時系列に並べたものを Fig. 7 に示す。十大震災を黒棒で示し、地震の発成年と名称を併記している。

Table 11 をもとに、各年における死者等の数の最も大きな地震時の死者等の値を時系列に示すと Fig. 8 のようになる。十大震災を黒棒で示し、地震の発成年と名称を併記している。今回の集集地震は、1935年に発生した新竹-台中地震に次いで死者等の数の多い地震である。20世紀において1,000人を超える死者等の発生した地震は、1906年の梅山地震、1935年の新竹-台中地震に次いで、今回の集集地震が3回目である。1964年の白河地震以来35年間、100人を超える死者等を伴った地震は発生していなかった。

(2) 地震規模と死者等の数-日本との対比-

日本における地震被害と対比するために、地震の規模と死者等の数の関係を Fig. 9 に示す。Fig. 9 は、Table 11 に示した台湾の地震（ $M5.5$ 以上）

Table 11(1) Earthquakes of the 20th century in Taiwan (over $M5.5$) (from 1901 to 1992)

No	發生日時(現地時間)			震央位置		深度 (km)	規模 (M)	死傷者		家屋被害			備考
	年	月	時間	緯度	經度			地點名	死者	負傷者	全壞	半壞	
1	1901.6.7	8:05	24.7	121.8	宜蘭附近		6.4			1	57		
2	1904.4.24	14:39	23.5	120.5	嘉義附近		6.5	3	10	66	152	688	
3	1904.11.6	4:25	23.5	120.3	嘉義附近	7	6.3	145	158	661	1112	2067	斗六地震
4	1905.8.28	12:22	24.2	121.7	立霧溪附近	5	6			1	8		
5	1906.3.17	6:43	23.6	120.5	嘉義縣民雄	6	6.8	1258	2385	6769	3633	10585	梅山地震
6	1906.3.26	11:29	23.7	120.5	雲林斗六地方	5	5.5	1		29			
7	1906.4.7	12:52	23.4	120.4	鹽水港		5.5	1		63			
8	1906.4.14	3:18	23.4	120.4	鹽水港	20	6.5	15	84	1794	2116	7921	
9	1908.1.11	11:35	23.7	121.4	花蓮萬榮附近	10	6.5	2		3	1	4	
10	1909.4.15	3:54	25	121.5	台北附近	80	7.3	9	51	122	252	798	
11	1909.5.23	18:44	24	120.9	南投埔里附近		5.6		6	10	32		
12	1909.11.21	15:36	24.4	121.8	大南澳附近	20	7.3		4	14	25	14	
13	1910.4.12	8:22	25.5	122.5	基隆東方近海	200	7.8			13	2	57	
14	1913.1.8	6:50	23.8	121.7	花蓮附近		6.5						
15	1916.8.28	15:27	23.7	120.9	濁水溪上流	45	6.5	16	159	614	954	3931	
16	1916.11.15	6:31	24	121	台中東南約20km	3	6	1	20	97	200	772	南投地震系列
17	1917.1.5	0:55	23.9	120.9	埔里附近	淺	6.2	54	85	130	230	395	
18	1917.1.7	2:08	23.9	120.9	埔里附近	淺	5.8		21	187	221	277	
19	1918.3.27	11:52	25	123	蘇澳附近		6.2		3			6	
20	1920.6.5	12:22	23.5	122.7	花蓮東方近海	20	8	5	20	273	277	980	
21	1922.9.2	3:16	24.5	122	蘇澳近海	20	7.6	5	6	14	22	139	
22	1922.9.15	3:32	24.6	122.3	蘇澳近海	20	7.2		5	24	24	365	
23	1922.9.17	6:44	23.9	122.5	花蓮東方近海		6.2		1	6	2	195	
24	1922.10.15	7:47	24.6	122.3	蘇澳近海	20	6.8	6	2			14	
25	1922.12.2	11:46	24.6	122	蘇澳近海		6.3	1	2	1		33	
26	1922.12.13	19:26	24.6	122.1	蘇澳近海		5.5		1			13	
27	1923.5.4	18:41	23.3	120.3	台南烏山頭附近		5.7			1			
28	1923.9.29	14:51	22.8	121.1	台東附近		5.8		1	1	5	75	
29	1925.6.14	13:38	24.1	121.8	立霧溪河口	20	5.6		1			339	
30	1927.8.25	2:09	23	120.5	台南新營附近	20	6.8	11	63	214	225	984	
31	1930.12.8	16:01	23.4	120.5	台南新營附近	20	6.3	4	25	49	277	172	
32	1930.12.22	8:08	23.2	120.6	台南新營附近	10	5.5		14	121	424	2295	
33	1931.1.24	23:02	23.4	120.4	八掌溪中流	20	5.9					698	
34	1934.8.11	6:18	24.8	121.5	宜蘭濁水河口	淺	6.5		3	7	11		
35	1935.4.21	6:02	24.3	120.8	竹縣關刀山附近	5	7.1	3276	12053	17907	11405	25376	新竹-台中地震
36	1935.5.5	7:02	24.8	120.8	後龍溪中流公館附近	10	6		38	28	98	473	
37	1935.5.30	3:43	24.1	120.8	大肚溪中流內橫屏山	20	5.6			2	24		
38	1935.6.7	10:51	24.2	120.5	梧棲附近	20	5.8		2	5	16	174	
39	1935.7.17	0:19	24.6	120.8	後龍溪河口	30	6.5	44	391	1734	1850	4037	
40	1935.9.4	9:38	22.2	121.3	台東東南50km綠島附近	20	7.2					114	
41	1936.8.22	14:51	22.3	120.8	恆春東方50km	30	7.2		3			多数	
42	1939.11.7	11:53	24.4	120.8	新竹縣蘇厝附近	10	5.8			4		20	
43	1941.12.17	3:19	23.3	120.3	嘉義市東南10km中埔附近	12	7	358	733	4520	6910	4176	中埔地震
44	1943.10.23	0:01	24.3	122.3	花蓮西南15km	5	6.2	1	1	1		148	
45	1943.11.24	5:51	24.0	121.7	花蓮東方5km	0	5.7					479	
46	1943.12.2	13:09	22.9	121.5	綠島南方20km	40	6.5	3	11	139	55	229	
47	1944.2.6	1:20	23.8	121.4	花蓮鳳林附近	5	6.5			2	8	380	
48	1946.12.5	6:47	23.1	120.3	台南新化附近	5	6.8	74	482	1954	2084		新化地震
49	1951.10.22	5:34	23.7	121.3	花蓮東南東15km	4	7.2	68	856				
50	1951.10.22	11:29	23.8	121.3	花蓮東北東30km	1	7.1						
51	1951.10.22	13:43	23.9	122.0		18	7.1						
52	1951.11.25	2:47	22.9	121.5		16	7.5						
53	1951.11.25	2:50	23.4	121.4	台東北方30km	36	7.3	17	326	1016	582		
54	1955.4.4	19:11	21.8	121	恆春	5	6.6		7	22	30	141	
55	1957.2.24	4:26	24	121.6	花蓮	30	7.2	11	12	44	64		
56	1957.10.20	2:28	23.7	121.6	花蓮	10	6.8	4				輕	
57	1959.4.27	4:41	24.8	122.7	宜蘭東方近海	150	7.5	1		9		4	
58	1959.8.15	16:57	22	121.2	恆春	20	7	16	85	1214	1375		恆春地震
59	1959.8.17	16:25	22.3	121.2	大武東偏南35km	40	5.6			3			
60	1959.8.18	8:34	22.2	121.6	恆春東98km	15	6.5			32	5		
61	1959.9.25	10:37	22.1	121.4	恆春東50km	10	6.8		3	3	28	37	
62	1963.2.13	16:50	24.4	122.1	宜蘭東南方50km	47	7.2	3	15	6	6		
63	1963.3.4	21:38	24.6	121.8	宜蘭東南偏南16km	5	6.4	1					
64	1963.3.10	10:53	24.5	121.9	宜蘭東南偏南19km	5	6.1				3		
65	1964.1.18	20:04	23.1	120.6	台南東北東43km	18	7	106	653	10924	30041		白河地震
66	1965.5.18	1:19	22.4	121.7	大武西北偏北26km	21	6.6		1	21	70		
67	1966.3.13	0:31	24.2	122.7	花蓮外海	42	7.5	4	11	24	14		
68	1967.10.25	8:59	24.5	122.2	宜蘭東南58km	20	6	2	3	21	38		
69	1972.1.25	10:07	22.6	122.3	台東東偏南 120km	33	8	1	1	5	9		
70	1972.4.24	17:57	23.7	121.5	花蓮瑞穗東北東4km	15	7.3	5	17	50	98		
71	1978.12.23	19:23	23.2	122.2	成功東偏北81km	4	7.2	2	3		1		
72	1982.1.23	22:11	23.9	121.7	花蓮東南12km	3	5.9	1					輕微
73	1986.5.20	13:25	24.1	121.6	花蓮北偏西15km	16	6.4	1	3				
74	1986.11.15	5:20	23.9	121.6	花蓮東偏南10km	15	7.8	13	45	37	33		花蓮地震
75	1990.12.13	11:01	23.9	121.6	花蓮南方10km	3	6.2	2		3	11		
76	1990.12.14	3:49	23.9	121.8	花蓮東南方30km	1	6.7						
77	1991.3.12	14:04	23.2	120.1	台南佳里附近	12.3	5.9						
78	1992.4.20	2:32	23.8	121.6	花蓮南偏西15.1km	8.1	5.6						

Table 11(2) Earthquakes of the 20th century in Taiwan (over $M5.5$) (from 1993 to 2000)

No	発生日時(現地時間)			震央位置		地点名	深度 (km)	規模 (M)	死傷者		家屋被害			備考
	年	月	時間	緯度	経度				死者	負傷者	全壊	半壊	破損	
79	1993.12.16		5:49	23.2	120.5	大埔西南西10km	12.5	5.9						
80	1994.6.5		9:09	24.5	121.9	宜蘭南方34.8km	5.3	6.6	1	2	1	24		
81	1995.2.23		13:19	24.1	121.6	花蓮地震	21.7	6.2	2	13				
82	1995.6.25		14:59	24.6	121.7	宜蘭西南南方19km	40	5.6	1	3	6	1		
83	1999.9.21		1:47	23.8	121	日月潭西方9km	33	7.7	2496	13801	51788	53852		集集地震
84	1999.10.22		10:19	23.5	120.5	嘉義市西偏北2.5km	33	5.6	1		254			
85	2000.6.11		2:23	23.9	121.1	玉山北方47.4km	10.2	6.7	2					

* 台湾交通部中央気象局ウェブサイトより20世紀に発生した地震を抽出して作成した。

* 家屋の半壊、破損は、牛頓別冊(Newton)地震大解剖(牛頓出版公司, 1999.11)より引用した。

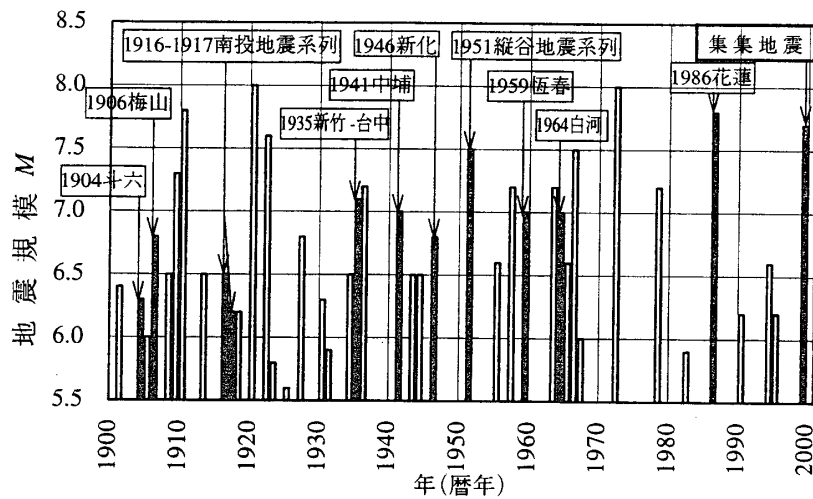
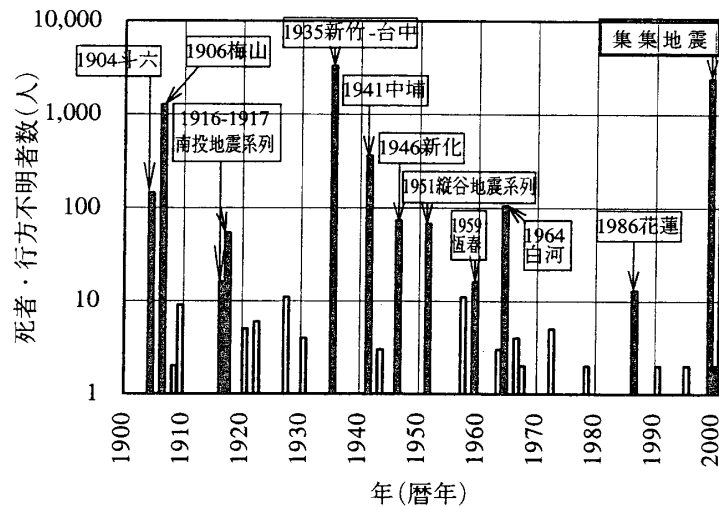
集集地震については、行政院921震災災後重建推動委員会ウェブサイトより引用した。

* その他のデータは以下を引用した。

発生時間・地点名・深度：中央気象局

緯度経度・地震規模：東京大学地震研究所。ただし、ここに記載のないものは中央気象局データを用いた。

* 死者には行方不明者を含む。

Fig. 7 Magnitude and occurrence year of the earthquakes from 1901 to 1999 in Taiwan (over $M5.5$)Fig. 8 The number of deaths and missings caused by the pass earthquakes in Taiwan (over $M5.5$)

のうち、死者等が生じた地震と、20世紀に発生した日本の地震のうち、上記と同様に整理した地震(東大地震研データ)とを対比させて、地震規模と死者等の数の関係を、死者等の数に対数目盛をとって示したものである。地震規模には、東大地震研の地震資料の値が用いられている。地震規模の設定は、前述のとおり十分に統一されたものではないが、この図から、地震規模に対応した死者等の数に右上がりの上限が存在し、地震規模と死者等の数の上限とに相関性が見られる。各地震発生時

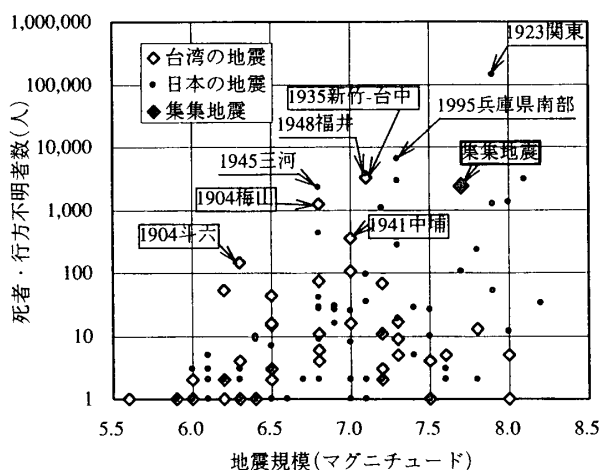


Fig. 9 Relationship between magnitude and the number of deaths (including missings) in Taiwan and Japan (over $M5.5$)

の人口は同じではなく、1999年現在の人口は、1920年当時の人口から、台湾で約6.2倍、日本では約2.3倍に増加している。また、台湾と日本とは、人口、面積、人口密度など社会的・地理的条件も異なっているが、Fig. 9の各プロットは、同様の分布範囲に位置している。

今回の集集地震は、新竹-台中地震に比べ地震規模が大きい、死者等の数は少なく(780人の違い)、死者等の数の上限と考えられる値より低い位置にプロットされている。このことは、集集地震の震央位置が新竹-台中地震に比べて、人口密度の低い山間部にあったことが原因の一つとして考えられる。

4.2 台湾における過去の自然災害

ここで、最近の被害状況を過去の被害状況と比較するために、1958年からの各年の台湾における自然災害による死者等の数を Fig. 10 および Table 12 に示す。この表は台湾内政部消防署の統計資料をもとに筆者らが集計したものである。台湾における自然災害による死者等の数は、1958年からこれまでの44年間に7,588人に達している(Table 12の1999年の地震による死者等の数は、出典の違いにより Table 1の値と異なる)。年当たり平均に換算すると172人(7,588人/44年)

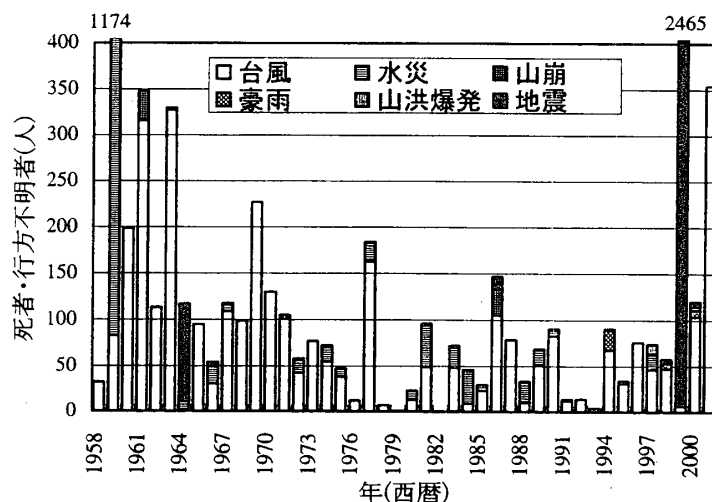


Fig. 10 The number of deaths and missings caused by natural disaster according to the cause (台湾内政部消防署ウェブサイトのデータより筆者らが集計)

Table 12 The number of deaths and missings caused by natural disasters in Taiwan (from 1958 to 2001)

単位：人

年	台風	水災	山崩	豪雨	山洪 爆発	地震	計	年	台風	水災	山崩	豪雨	山洪 爆発	地震	計
1958	32						32	1980	13	10					23
1959	83	1075				16	1174	1981	49	47					96
1960	199						199	1982							0
1961	316		32				348	1983	48	24					72
1962	113						113	1984	9	37					46
1963	327					3	330	1985	23	6					29
1964		11				106	117	1986	105		28			14	147
1965	95						95	1987	79						79
1966	30	20				4	54	1988	10	23					33
1967	109	7				2	118	1989	52	17					69
1968	99						99	1990	83	6				2	91
1969	227						227	1991	12	2					14
1970	130						130	1992	14						14
1971	102	3					105	1993				4			4
1972	42	15				1	58	1994	68			22		1	91
1973	77						77	1995	31					3	34
1974	55	17					72	1996	76						76
1975	38	9					47	1997	46	18			10		74
1976	12						12	1998	47			6		5	58
1977	163	21					184	1999	6	3				2456	2465
1978	7						7	2000	104			7	4		120
1979	1						1	2001	354						354
								合計	3486	1371	60	39	14	2618	7588

*台湾内政部消防署ウェブサイトのデータより筆者らが集計

*1999年の地震による値は、出典の違いにより表-1の値と異なる。

であり、日本の年当たり平均 393 人（1967 年からこれまでの 34 年間の平均 [13,358 人/34 年；砂防地すべり技術センター，2000）より少ないが、台湾の人口が日本の人口の約 5.7 分の 1 であることを考えると、日本と同様、台湾においても自然災害による被害者発生割合が大きいことが分かる。Table 12 のなかの「山洪爆発」は、山間部や丘陵地の河道に沿って発生する洪水を意味する。

自然災害による死者等は、Fig. 10, Table 12 に示すように、台風が原因となって生ずることが多く、ほとんど毎年のように台風による死者が発生している。1958 年から 2001 年までの 44 年間の台風による死者等 (3,486 人) は、自然災害による死者等の総数の 46 % を占めている。次に多い災害は地震であり、2,618 人 (35 %) に達しているが、今回の集集地震による死者等がこのうちの 94 % を占め、全体の 32 % に達している。集集地震は台湾の自然災害史において、特筆すべき大災害であったといえる。

Table 13 に台湾に死者等 50 人以上の被害をもたらした 1958 年から 2001 年までの台風の名称と被害の概要を示す。今回の桃芝台風による死者

Table 13 Typhoons causing more than 50 deaths and missings (from 1958 to 2001)

発生日 年月日	名称	人的被害			建物被害		
		死者	行方 不明者	計	負傷者	全壊	半壊
1960. 7. 31	雪莉	102	81	183	430	10,513	13,404
1961. 9. 12	波密拉	158	121	279	1,810	11,692	23,249
1962. 8. 4	歐珀	79	1	80	1,501	7,497	13,649
1963. 9. 9	葛樂禮	224	88	312	450	13,950	10,783
1965. 6. 17	黛納	53	9	62	219	5,458	6,159
1967. 10. 16	解拉	60	22	82	203	984	1,049
1968. 9. 28	艾琳	38	22	60	27	1,413	765
1969. 9. 25	艾爾西	93	12	105	371	12,264	20,582
1969. 10. 1	芙勞西	74	31	105	41	2,647	3,322
1970. 9. 6	芙西	89	41	130	47	2,002	863
1971. 7. 24	娜定	27	25	52	117	2,668	3,928
1973. 10. 8	娜拉	30	38	68	85	1,251	433
1974. 9. 26	苑迪	47	7	54	40	201	141
1977. 7. 31	薇拉	104	10	114	65	1472	6642
1986. 8. 21	韋恩	68	19	87	422	6,624	31,532
1987. 10. 23	琳恩	54	9	63	8	254	277
1989. 9. 8	莎拉	32	20	52	47	430	760
1996. 7. 29	賀伯	51	22	73	463	503	880
2000. 10. 29	象神	64	25	89	65		
2001. 7. 28	桃芝	103	111	214	189	645	1,972
2001. 9. 15	納莉	94	10	104	265		

*台湾内政部消防署ウェブサイトのデータより

等の数 (214 名) は、この表に示すように、38 年前の 1963 年に死者等 312 人を発生させた葛樂禮 (GLORIA) 台風以来の数であり、一つの台風によ

るものとしては、1961年に発生した波密拉(PAMELA)台風(死者等279名)に次いで、統計がとられてから3番目に多い災害であり、桃芝台風、納莉台風が来襲した2001年の台風による死者等の数は統計がとられてから最も多い。

台湾の最近20年間(1979~1998年)に着目すると、自然災害による死者等は年平均で約53人であるのに対して、地震発生後の2000年と2001年の2年間の平均が237人であり、これ以前の20年間の4倍以上に達している。

5. まとめ

本稿は、集集地震とその後の豪雨による土砂災害の実態を報告し、これらの台湾自然災害史における位置づけを明らかにした。主な内容を以下に要約する。

- 1) 集集地震による死者・行方不明者(2,496人)は、1935年の新竹-台中地震によるものに次いで、二番目に多く、建物被害は、新竹-台中地震を凌いでいる。集集地震による崩壊発生は、南投縣と台中縣に集中し、この2つの縣で全体の約90%を占める。
- 2) 集集地震後に襲来した桃芝台風による日降雨量は、地震で被害の発生した区域のうち嘉義と台中を除く区域において、地震後に発生した日降雨のなかで最も大きなものとなり、この台風により甚大な土砂災害が発生した。桃芝台風以外にも地震後の豪雨によって、山腹や河川沿いの地震時に堆積した崩壊土砂が再移動する現象が見られた。地震後の豪雨は土砂災害の被害増大要因になったと見られる。
- 3) 集集地震による死者・行方不明者は、1958年からの自然災害による死者・行方不明者総数の32%に達している。集集地震による災害は、台湾の自然災害史において、特筆すべき大災害であった。集集地震の約2年後に襲来した桃芝台風の死者・行方不明者数(214人)は1963年の葛樂禮台風以来の大きな被害者数であり、各種の台風被害統計の中でも際だった被害を示している。

台湾は弧状列島をなす環太平洋地震帯に属する。

地形は、地震の原因となった地殻変動が累積して、複雑に発達している。このような地理的・地形的条件はわが国と非常に類似している。

わが国では、大地震の切迫性が高いといわれている東海地震への対策が各方面で急務となっている。さらに、地震動による地盤条件の変化が、地震後に土砂災害を多発させることが指摘されており(中村ら, 2000), 地震後の災害に対する対策にも留意しなければならない。このようななか、日本と類似した条件をもつ台湾における震災とその後の降雨による災害の調査は、学術的な価値をもつとともに、わが国の防災対策に極めて有益である。

なお、本研究には、平成12~13年度科学研究費補助金(基礎研究(B)(1)研究課題「1999年台湾の地震に伴って発生した山地災害」(研究代表者: 林拙郎)を使用した。

参考文献

- 行政院農業委員会水土保持局, 国立中興大学水土保持系編(2000): 921 集集大地震坡地水土保持災害及復興記實, pp.41-43, pp.45-95.
- 行政院農業委員会水土保持局(2001): 九二一震災重建成果專輯-土石流防災疏散演練-, pp.6-8.
- 行政院農業委員会水土保持局, 工業技術研究院(2001), 桃芝颱風災區崩壞地調查分析成果報告, pp.126.
- 林 拙郎(研究代表者)(2002): 1999年台湾の地震に伴って発生した山地災害の調査, 科学研究費補助海外学術調査研究成果報告書, 283 p.
- 地頭蘭 隆, 下川悦郎, 車張堅, 王文能(2002): 1999年台湾地震後の土砂災害の推移と地形変化-清水溪上流の2流域を例として-, 科学研究費補助海外学術調査研究成果報告書(研究代表者, 林拙郎)「1999年台湾の地震に伴って発生した山地災害の調査」, pp.215-224.
- 川邊 洋, 林 拙郎(2002): 921 集集大地震の概要, 科学研究費補助海外学術調査研究成果報告書(研究代表者, 林 拙郎)「1999年台湾の地震に伴って発生した山地災害の調査」, pp.1-12.
- 近藤観慈, 王文能, 林 拙郎(2002): 地震前後の降雨状況, 科学研究費補助海外学術調査研究成果報告書(研究代表者, 林 拙郎)「1999年台湾の地震に伴って発生した山地災害の調査」, pp.35-49.
- 中村浩之, 土屋 智, 井上公夫, 石川芳治(2000): 地

震砂防, 古今書院, pp.60-70.

牛頓別冊 (Newton) (1999) : 地震大解剖, 牛頓出版
公司, pp.213.

砂防学会 (1992) : 砂防学講座第 3 卷 - 斜面の土砂移
動現象 -, 山海堂, pp.180-185.

砂防地すべり技術センター (2002) : 土砂災害の実態2
001, 砂防地すべり技術センター, pp.5.

(投稿受理 : 平成15年 4 月24日

訂正稿受理 : 平成15年 7 月28日)