

台湾中部の濁水溪上流における土石流観測

地頭蘭 隆¹⁾・下川 悦郎¹⁾・車 張堅²⁾・土屋 智³⁾・王 文能⁴⁾・陳 樹群⁵⁾

- 1) 鹿児島大学農学部生物環境学科
- 2) 鹿児島大学大学院連合農学研究科
- 3) 静岡大学農学部森林資源科学科
- 4) 台湾工業技術研究院能源與資源研究所
- 5) 台湾国立中興大学水土保持学系

Observation of Debris Flow in the Headwater of the Choshui River in Central Taiwan

JITOUSONO Takashi¹⁾, SHIMOKAWA Etsuro¹⁾, SHA Choken²⁾, TSUCHIYA Satoshi³⁾,
WANG Wen-Neng⁴⁾ and CHEN Su-Chin⁵⁾

- 1) Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065
- 2) United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065
- 3) Department of Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836, Ohya, Shizuoka 422-8529
- 4) Energy & Resources Laboratories, Industrial Technology Research Institute, Bldg. 24, 195-6 Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung Hsinchu, Taiwan 310
- 5) Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402

Key words: Taiwan, 1999 Chi-chi earthquake, debris flow, field research

キーワード：台湾，1999年集集地震，土石流，野外調査

1. はじめに

1999年台湾で発生した集集大地震は大きな人的・物的被害をもたらした(水山ら, 2000)。この地震により山地では斜面崩壊が多発し, 多量の土砂が生産された(池谷ら, 2001)。地震後も大雨のたびに斜面からの土砂生産が繰り返され, 斜面の直下や谷の源頭部には不安定土砂が堆積している。これらの土砂は土石流となって流出し, 山間部に土砂災害をもたらす一方, 斜面や河川の地形を大きく変化させている。

台湾中部の山地において, 地震後の崩壊・土石流の発生状況や斜面・河川の地形変化について現地調査や空中写真判読に基づいた研究を進めている(地頭蘭ら, 2002)。その一環として, 地震後の土石流の発生状況や流出特性の経年変化を把握するための調査地を設け, 土石流の観測を開始した。調査地は, 台湾中部を流れる濁水溪(Choshui River)の支流である陳有蘭溪(Chen Yu Lan River)流域

内の小溪流であり, 南投縣信義鄉豊丘村(Feng Chu, Shin Yi Village, Nantou County)に位置している(図1)。この流域(以下, 豊丘流域という)では, しばしば崩壊・土石流による土砂災害が発生しており, これらに関する調査研

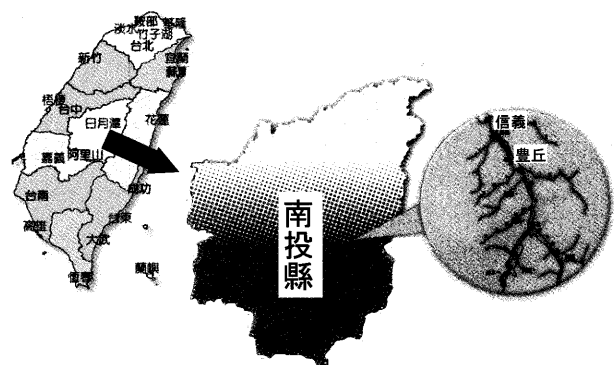


図1 調査地の位置

究が報告されている。たとえば、游ら(1987)は、1986年に豊丘流域で発生した土石流災害に関連して、土石流の発生状況、流出特性、土砂量について調査している。雷ら(2001)は、2001年の桃芝(Toraji)台風時の豊丘流域における土石流災害をGISを用いて分析している。

ここでは、土石流の観測を開始した豊丘流域の地形、地質、植生、土地利用に関する調査結果と土石流観測装置の設置状況について報告する。

2. 調査地の概況

豊丘流域の全景および溪流の状況を写真1および写真2に示す。写真2(1)および(2)は、2001年7月30日～8月1日に桃芝台風に伴う大雨による土砂流出状況を2001年9月の現地調査時に撮影したものである。豊丘流域の溪床には崩壊・土石流による多量の土石が堆積しており、農業委員会水土保持局によって砂防ダムや沈砂地などの対策事業が実施されている(写真2(3)～(6))。表1は、調査流域で発生した土砂災害とその対策をまとめたものである。

豊丘流域の地質は、古第三紀の頁岩、粘板岩、石英質砂岩から構成される(台湾經濟部, 1986)。また、流域を断層が横切っており、岩石は破碎された状態にある。

流域の上流域から中流域にかけては森林となっており、右岸側では梅が栽培されている。下流の扇状地はブドウ園やピンロウ園として利用されている。



写真1 豊丘流域の全景
(農業委員会水土保持局資料)

3. 調査流域の地形計測

豊丘流域は羽状の形状をなし、水系は樹枝状に発達している(図2)。流域の地形特性を把握するために10,000分の1地形図を用いて地形計測を行った。表2は豊丘流域の地形因子をまとめたものである。

図3は、10,000分の1地形図から作成した本川の縦断面図である。縦断曲線から標高600～750m区間、750～1800m区間、1800～2060m区間の平均傾斜を求めると、それぞれ14.4度(25.6%)、30.4度(58.7%)、18.6度(33.6%)

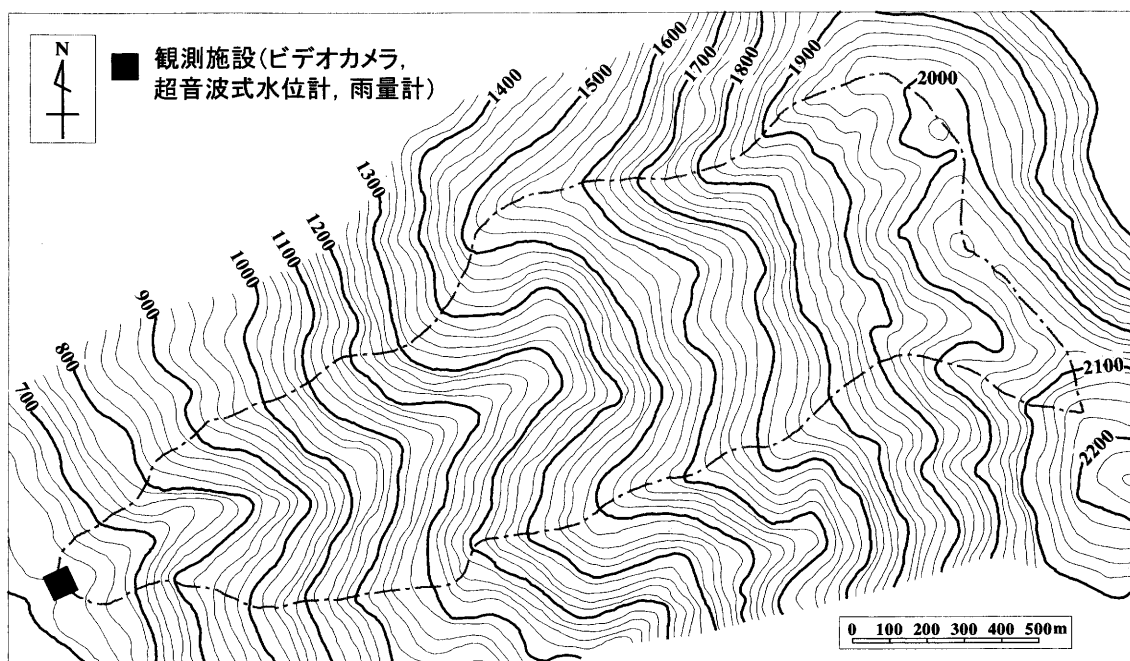


図2 豊丘流域の地形と観測施設の位置

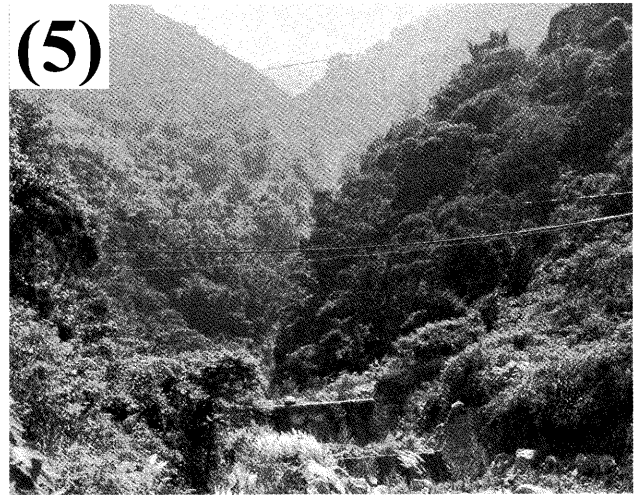
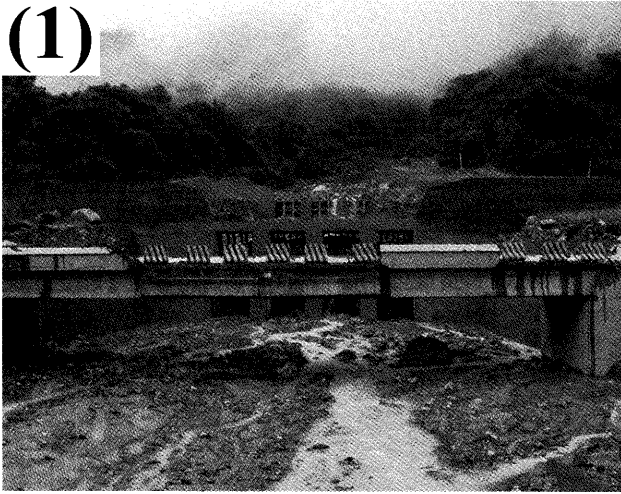


写真2 豊丘流域の状況

(1)(2)桃芝台風(2001年7月30日～8月1日)時に発生した土石流による土砂堆積状況(2001年9月撮影), (3)豊丘流域の下流部を上流側から撮影(2002年8月撮影), 豊丘流域は陳有蘭溪にはほぼ直角に合流している, (4)豊丘流域の溪床の状況(2002年8月撮影), (5)(6)豊丘流域の上流域を撮影(2002年8月撮影)

表1 豊丘流域の土砂災害と対策

年月日	原因	被害状況	対策
1985/8/23	ニル森台風 Nelson Typhoon	道路に大量の土砂が流出 深さ1m程度の泥流が住家に流入	
1986/8/22	韋恩台風 Wayne Typhoon	ブドウ園に土砂が堆積 道路・電柱・排水施設に被害	
1987			1号砂防ダム (L=71.5m, H=12m) 設置
1996/7/31 ~8/1	賀伯台風 Herb Typhoon (日雨量645mm, 最大時間雨量74mm)	死者2名, 住家全壊10戸, 半壊11戸 果樹園に土砂が堆積 (約14ha) 1号砂防ダム両岸の側壁護岸損傷, 左岸側の基礎部洗掘	
1997			1号砂防ダムの修復・補強
1998	豪雨	道路に土砂が堆積 (1階建物の高さ) ブドウ園や住家に被害	
1998/8/4	奥托台風 Otto Typhoon	貯砂池に土砂が堆積 道路に土砂が流出	
1998			護岸工と浚渫工140m, 床固工1基 除石 (33,265m ³) 護岸工嵩上げ 除石 (25,700m ³)
1999/9/21	集集大地震		
1999			排水工658m, 床固工12基, 沈砂池1基, 3号スリットダム (L=117m, H=14m) 設置 除石 (38,800m ³)
2000/8/1	豪雨	土石流発生	
2000			4号スリットダム (L=96m, H=12.9m) 設置 除石 (40,320m ³)
2001/7/30 ~8/1	桃芝台風 Toraji Typhoon (日雨量599mm, 最大時間雨量77mm)	土石流が貯砂池を越流し, 道路破壊 下流で住家全壊 避難により死者なし	
2001			除石 (130,000m ³) 除石 (12,660m ³)

農業委員会水土保持局資料より作成

表2 豊丘流域の地形因子

流域面積	1.68	km ²
高度分布	620~2060	m
本川延長	3.0	km
流域周囲長	6.9	km
本川平均傾斜	24.9	度
流域平均幅	0.56	km
流域平均傾斜	36.7	度

表3 斜面傾斜区分の面積率

傾斜区分	面積率(%)
10度未満	0.1
10~20度	0.7
20~30度	12.5
30~40度	49.6
40度以上	37.1
合計	100.0

である。標高750mより下流部は扇状地で傾斜が緩いが、750~1800m区間は急傾斜が続き、それより上流域は緩傾斜となっている。本川の平均傾斜は24.9度(46.4%)である。

流域に50mメッシュをかけ、メッシュ中央の標高からメッシュ単位での斜面傾斜角を算出した。メッシュ中央の

標高から斜面の傾斜角を求める方法は国土地理院が採用している方法(国土庁, 1987; 高崎, 1988)に従った。図4は豊丘流域の傾斜区分図であり、また、表3は斜面傾斜10度ごとの面積率(流域に占める面積割合)である。30度未満の斜面は最下流部の扇状地と最上流部の尾根付近のみであり、流域のほとんどは30度以上の傾斜を示している。流

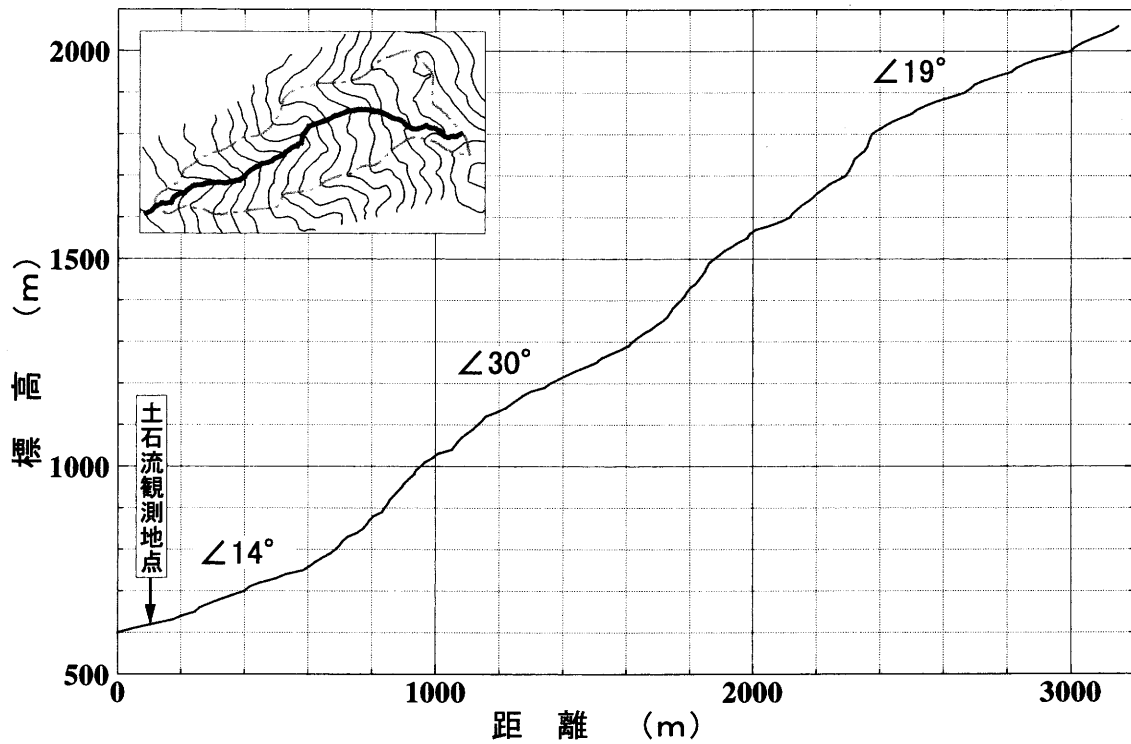


図3 豊丘流域の本川縦断面図

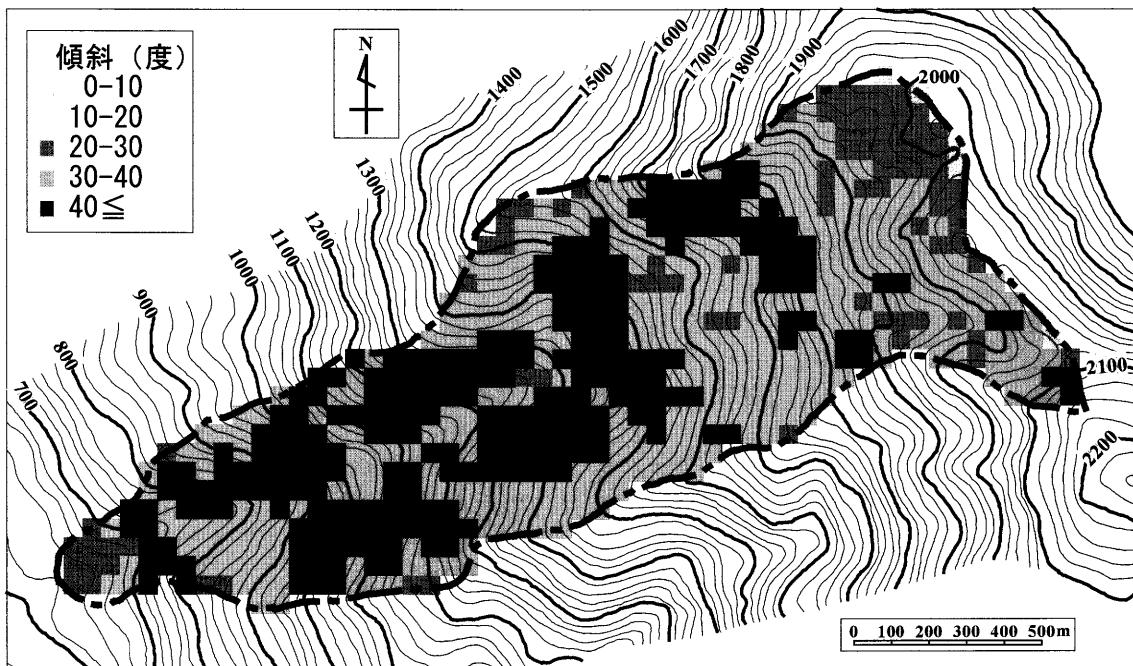


図4 豊丘流域の傾斜区分図

域の平均傾斜は36.7度である。

4. 土石流観測施設

2002年8月に豊丘流域の標高620m地点に土石流・出水を観測するためのビデオカメラ、超音波式水位計と雨量計

を設置した(図2)。観測装置の設置状況を写真3および写真4に示す。

土石流・出水の動態を観測するビデオカメラは、10分間隔で1秒間の映像を記録するインターバルカメラと振動センサーで土石流発生を検知し連続的に映像を記録するフリー

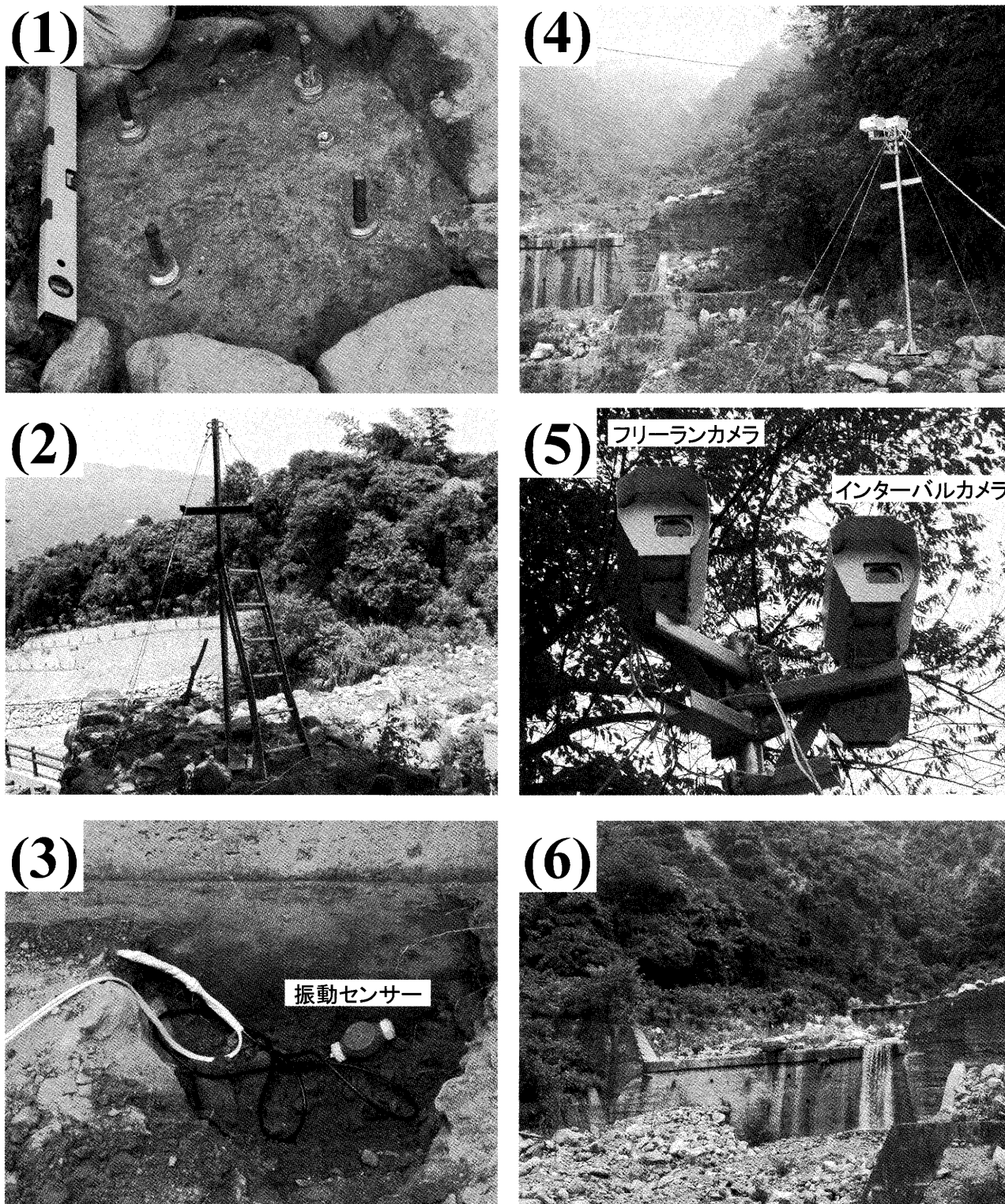


写真3 観測カメラの設置状況 (2002年8月撮影)

(1)カメラ支柱の基礎コンクリート打設, (2)カメラ支柱の取付, (3)振動センサーの埋設, (4)(5)観測カメラの設置完了, (6)撮影している砂防ダム (カメラ地点から撮影)

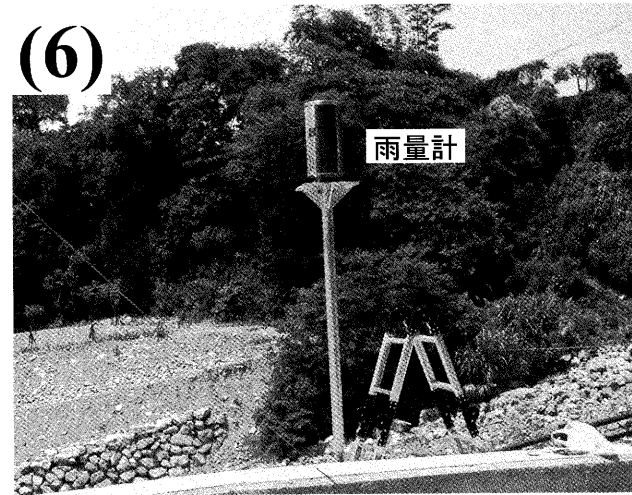
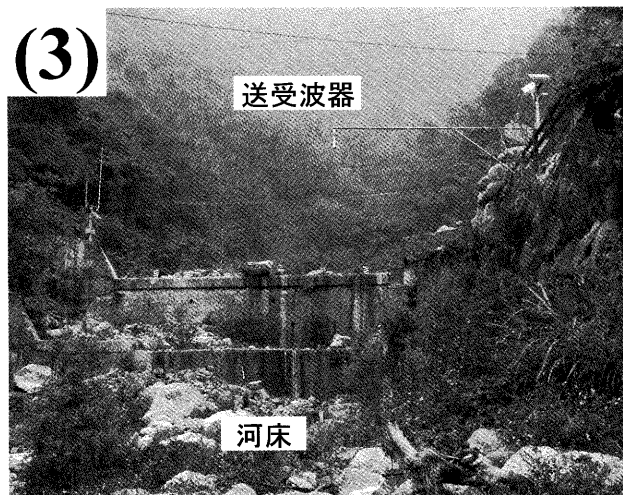
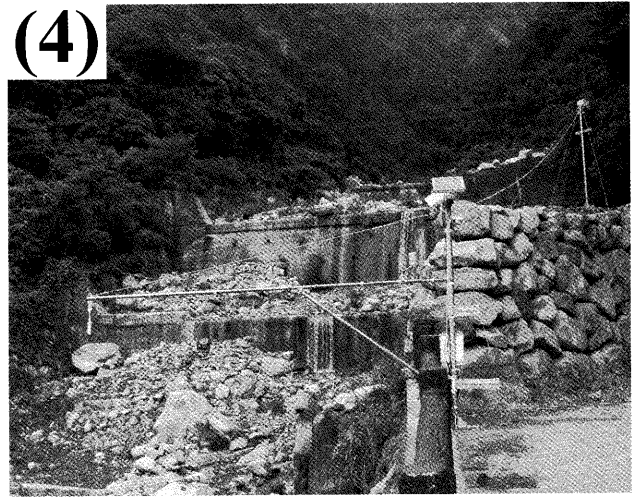


写真4 超音波式水位計と雨量計の設置状況 (2002年8月撮影)

(1) 超音波式水位計の支柱とアームの取付, (2) 超音波式水位計およびカメラの電源は太陽電池とバッテリーで供給, (3) 超音波式水位計の送受波器 (下流側から撮影), (4) 超音波式水位計の設置完了, (5) 雨量計のデータロガー, (6) 雨量計の設置完了

ランカメラの2種類である。ビデオカメラの電源は太陽電池とバッテリーから供給している。動態観測は、砂防ダム放水路を通過する土石流・出水を下流左岸側から撮影する方法である。撮影された映像から土石流・出水の水位や流速を測定できるように放水路にはペンキで水位標や目印を描いている。インターバルカメラは約30日ごとにカセットテープを交換し、フリーランカメラは土石流・出水の映像が記録されるたびにカセットテープを交換している。両カメラとも夜間の映像は解析できないが、土石流発生の有無は記録音から判断できる。

超音波式水位計は、送受波器から発射された超音波が水面により反射してくる時間を測定し、水面を検出する非接触型の水位計であり、フロート式や水圧式等の水位計では観測が困難な土石や土砂を含む流れの水位も測定できる。超音波式水位計の電源も太陽電池とバッテリーから供給している。水位データは10分間隔でロガーに記録している。

雨量観測は、1回転倒0.5mmの転倒ます型雨量計を用い、データはロガーに記録している。

5. おわりに

台湾中部の山地において、1999年集集大地震後の崩壊・土石流発生状況と地形変化について現地調査に基づいた研究を進めている。南投縣信義郷豊丘村に位置する陳有蘭溪流域内の小渓流において、地震後の土石流の発生状況や流出特性の経年変化を把握するための現地観測システムを設置した。本論では、調査流域の地形、地質、植生、土地利用に関する調査結果と土石流観測計器の設置状況を報告した。

末筆であるが、観測施設の設置においては、台湾行政院農業委員會水土保持局の呉輝龍局長をはじめとして職員の方々に大変お世話になった。また、観測計器の設置の際には、台湾工業技術研究院能源與資源研究所の尹承遠氏、岐阜大学大学院農学研究科の今泉文寿氏にご協力いただいた。さらに、観測計器の維持管理とデータ回収では台湾国立中興大学水土保持学系大学院生の呉俊鉉氏にお世話になっている。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 池谷浩・松村和樹・廣瀬隆浩 (2001): 台湾集集大地震 (1999) のその後の土砂移動状況, 砂防学会誌, 54(2), p.89~92
- 地頭蘭隆・下川悦郎・車張堅・王文能 (2002): 1999年集集台湾地震後の土砂災害の推移と地形変化—清水溪上流を例にして—, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 30, p.9~18
- 国土庁 (1987): 国土数値情報, 大蔵省印刷局, p.41~42
- 雷祖強・周天穎・袁嵐焜・郭靜怡 (2001): 運用3S技術於土石流災害調査之研究—以豊丘為例, 中華水土保持學報, 32(4), p.315~325
- 水山高久・土屋智・山田孝 (2000): 台湾921集集大地震と斜面災害の概要 (速報), 砂防学会誌, 52(5), p.41~45
- 台湾經濟部中央地質調査所 (1986): 台湾地質図, 50万分の1
- 高崎正義 (1988): 地図学, 朝倉書店, p.143~144
- 游繁結・陳重光 (1987): 豊丘土石流災害之探討, 中華水土保持學報, 18(1), p.76~92