

災害報告

平成 26 年 7 月 9 日長野県南木曾町で発生した土石流災害

Disaster report on the debris flow occurred on 9 July 2014 in Nagiso, Nagano prefecture

平松 晋也*1

Shinya HIRAMATSU

中谷 加奈*4

Kana NAKATANI

加藤 誠章*7

Nobuaki KATO

松尾 新二郎*9

Shinjiro MATSUO

福山 泰治郎*1

Taijiro FUKUYAMA

松本 直樹*5

Naoki MATSUMOTO

島田 徹*8

Toru SHIMADA

西尾 陽介*10

Yosuke NISHIO

山田 孝*2

Takashi YAMADA

藤村 直樹*6

Naoki FUJIMURA

久保 毅*8

Takeshi KUBO

吉野 弘祐*11

Kousuke YOSHINO

逢坂 興宏*3

Okihiro OHSAKA

Abstract

On 9 July 2014, due to intensive rainfall of Typhoon Neoguri (T1408), slope failure and debris flow occurred at Nagiso town in Nagano prefecture. Especially at Nashizawa River, debris flow caused devastating damage on houses, railway tracks and Route 19. Tragically one person was killed and three injured. After the disaster, research team was immediately organized by Japan Society of Erosion Control Engineering with the aim of investigating the processes of generation, motion and deposition of debris flows, estimating extent and severity of damage from debris flow and evaluating the effect of, and damage on sabo-related facilities.

Key words : Debris flow, Nashizawa river, Nagiso

1. はじめに

2014年7月9日、長野県木曾郡南木曾町の梨子沢(なしざわ)では、台風8号にともなう集中豪雨により土石流が発生し、梨子沢の下流では多数の人家やJR中央本線、国道19号線が被災し、死者1名、負傷者3名を出すなど大きな災害となった。公益社団法人砂防学会は、今回の南木曾町における土石流災害の発生を受けて直ちに「長野県南木曾町土砂災害緊急調査団」を組織し、甚大な被害が生じた梨子沢流域について土石流の発生・流下・氾濫堆積実態を把握するとともに、災害の実態や防災施設の効果等を明らかにすることを目的として調査を行った。調査団は、平松晋也団長(信州大学)をはじめとする16名で組織された。

2. 災害の概要

2.1 南木曾町での崩壊・土石流の発生状況

今回の集中豪雨では、梨子沢をはじめ図-1に示す大沢田沢・和合蛇抜沢・神戸沢・戦沢で崩壊や土石流の発生が確認された。梨子沢(大梨子沢および小梨子沢;写

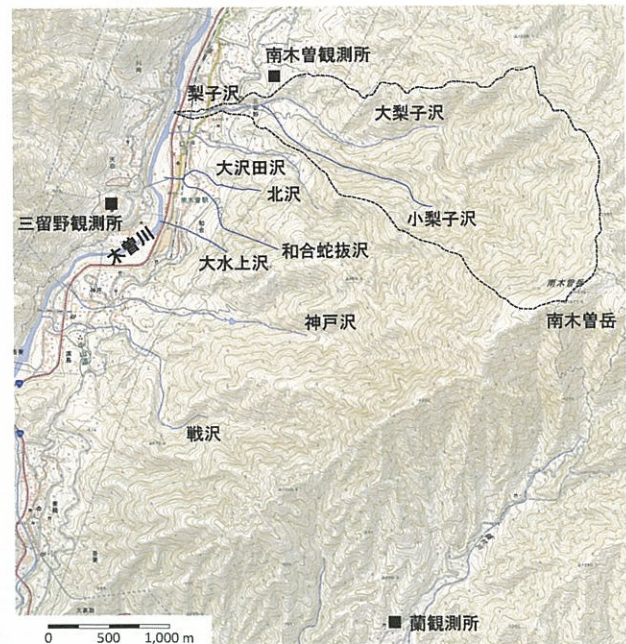


図-1 梨子沢および周辺の溪流の位置

Fig.1 Location of Nashizawa and neighboring watershed

*1 正会員 信州大学農学部 Member, Faculty of Agric., Shinshu Univ. (shira@shinshu-u.ac.jp) *2 正会員 三重大学大学院生物資源学
研究科 Member, Graduate School of Bioresources, Mie Univ. *3 正会員 静岡大学農学部 Member, Faculty of Agric., Shizuoka Univ. *4 正
会員 京都大学大学院農学研究科 Member, Graduate School of Agriculture, Kyoto Univ. *5 正会員 国土技術政策総合研究所 Member,
National Institute for Land and Infrastructure Management *6 正会員 土木研究所 Member, Public Works Research Institute *7 正会員
砂防・地すべり技術センター Member, Sabo & Landslide Technical Center *8 正会員 国際航業株式会社 Member, KOKUSAI KOGYO
CO., LTD *9 正会員 日本工営株式会社 Member, Nippon Koei Co., Ltd. *10 正会員 八千代エンジニアリング株式会社 Member,
Yachiyo Engineering Co., Ltd. *11 正会員 アジア航測株式会社 Member, ASIA AIR SURVEY Co., Ltd.

真-1) では、7 月 9 日 17 時 41 分に土石流の発生が確認され、人的被害として死亡 1 名、軽傷 3 名、住家被害として全壊 10 棟、一部損壊 3 棟、床上浸水 3 棟、床下浸水 6 棟、非住家被害 12 棟といった甚大な被害が発生した(8 月 6 日 13 時現在、長野県危機管理部)。さらに、JR 中央本線の橋梁が流出するとともに国道 19 号にも土砂が到達した(写真-1)。梨子沢流域では、南木曾岳山稜尾根付近で崩壊が発生し、流域上流の急勾配区間では露岩している箇所が多く、その下流部で土石流が流下した跡が確認されている。一方、大沢田沢では、山稜尾根付近の 3 箇所崩壊が発生し、その下流で土石流の痕跡が確認されたが、流下の過程で大規模な溪岸・溪床の侵食は見られず、既設の砂防堰堤から下流への土石流の流下は見られない。和合蛇抜沢では、左岸斜面で小規模な崩壊が 2 箇所発生し、溪流に土砂が到達しているが崩壊土砂による溪流の湛水は確認されていない。神戸沢では山稜尾根付近で崩壊が発生し、土石流化している。同流域内には 2 基の砂防堰堤が整備されているが、土石流は上流の鋼製透過型堰堤までは到達していないことが確認されている。戦沢では山稜尾根付近で発生した崩壊が土石流化し、既設砂防堰堤まで到達しているものの満砂にまでは至らなかった。大水沢と北沢では斜面崩壊や土石流の発生は確認されなかった。

土石流による被害状況把握および今後の対応検討を目的として、各機関により現地調査が実施された。国土交通省¹⁾は、ヘリコプターによる上空からの被害状況調査(7 月 10 日～11 日)および大梨子沢、小梨子沢、大沢田沢、蛇抜沢の現地調査(7 月 10 日～13 日)を実施し、7

月 13 日には南木曾町長に TEC-FORCE 調査報告が示された。中部森林管理局²⁾は、ヘリコプターによる上空からの被害状況調査(7 月 12 日)を行うとともに、大梨子沢、小梨子沢、大沢田沢、クルミダ沢の現地調査(7 月 16 日～17 日)を実施した。長野県³⁾は、木曾建設事務所による現地調査(7 月 9 日～13 日)と、県警ヘリコプターによる上空からの被害状況調査(7 月 12 日)を実施した。

2.2 既往の土砂災害

南木曾町はこれまでも土石流(蛇抜け)による被害を繰り返し受けてきた。今回の災害の発生した梨子沢とその周辺の溪流では、表-1 に示すように 71 年間で 8 回も土石流により被災していることがわかる^{4),5)}。1976 年以降、梨子沢周辺の溪流では、顕著な土石流災害は報告されていない。

3. 気象概要

3.1 気象特性

南木曾町は、年間降水量が 2,413.7 mm(統計期間 1981-2010 年)と周辺の地域に比べて多く、とりわけ梅雨期を中心とする暖候期(5-10 月)降水量が 1,595.8 mm と多い特徴を持つ。風向は、南西および西が卓越しており、南木曾山地に衝突した南西の気流が上昇気流に変えられ、水蒸気の凝結が促進され集中的降雨に結び付くと考えられている⁵⁾。また、12 月～3 月にかけて最低気温が 0 度を下回るため、凍結融解による風化が促進される環境にあると考えられる。



写真-1 梨子沢流域全景
Photo 1 Aerial view of Nashizawa watershed

3.2 災害時の降雨特性

図-2に示すように、梨子沢流域に最も近い南木曾観測所(図-1)では、災害発生前の2014年7月8日18時~9日2時30分までに25.5mmの降雨を記録し、その後雨は一旦降り止んだ。9日15時50分から再び雨が降り出し、18時20分までの160分間に93mmの豪雨が観測された。最大1時間、2時間、3時間降雨量はそれぞれ70mm(16:40-17:40), 88.5mm(15:50-17:50), 93mm(15:30-18:30)であった。図-1に示す木曾川右岸の三留野観測所(国交省)では、最大1時間、2時間、3時間降雨量はそれぞれ68mm(16:30-17:30), 106mm(15:40-17:40), 115mm(15:30-18:30)を記録した。これに対し、南木曾岳の南西2.8kmに位置する蘭観測所(国交省、標高800m;図-1)では、最大1時間、2時間、3時間降雨量はそれぞれ97mm(16:40-17:40), 124mm(16:00-18:00), 128mm(15:30-18:30)を記録し、降雨の状況が場所によって大きく異なっていることがわかる。小梨子沢合流点直下流の石積堰堤地点に設置されたCCTVで土石流の第一波が記録されたのは9日17時41分であり、この時の南木曾観測所での10分間雨量は17mmであった。このため降雨ピークとはほぼ同時刻に土石流が発生し

たものと考えられる。

7月9日の豪雨に際して出された防災気象情報⁶⁾と避難勧告⁷⁾は以下のとおりである。7月9日16:19に大雨注意報と洪水注意報が発表された(17:41に梨子沢で土石流の発生が確認された)。17:45に大雨警報と洪水警報が発表され、17:50に南木曾町読書地区に避難勧告が出された。その後、18:15に土砂災害警戒情報(第1報)が発表された。

4. 流域の概要

梨子沢は、写真-1と図-1に示すように南木曾岳(1,679m)の北西斜面に位置し、大梨子沢(2.51km²)と小梨子沢(0.74km²)の支溪から構成される。大梨子沢と小梨子沢は南木曾岳の北西斜面を流下して合流し、さらに約700m流下して木曾川に注ぐ。下流には市街地や小学校が存在し、木曾川と並行して国道19号とJR中央本線が通っている。梨子沢の河床勾配は、図-3に示すように小梨子沢との合流点より下流では1/9程度であるが、その上流は徐々に急勾配となり、木曾川合流点から3,100m付近より上流では1/2を超える急峻な地形を呈している。左支川である小梨子沢の河床勾配は大梨子沢と同様の傾向を示し、木曾川合流点から約2,500m付近で急勾配となり、その上流では1/2を超えている。流域内には木曾山脈西縁断層帯に属する馬籠峠断層が横

表-1 梨子沢とその周辺の溪流での土砂災害履歴^{1),2)}

Table 1 Record of sediment-related disaster occurred in and around Nashizawa watershed

| 発生日 | 災害の概要 |
|-----------|---|
| 1904/7/11 | 吾妻村の蘭川および支溪で斜面崩壊と土石流が発生し、死亡47名、負傷17名の被害が生じた。読書村では正善沢(与川流域)と神戸沢付近で死亡4名、負傷1名の被害が生じた。 |
| 1934/6/21 | 読書村を中心とした集中豪雨で、梨子沢、蛇抜沢、白鳥、下山沢、南沢等で水害が発生した。梨子沢、蛇抜沢が押し出し、帝室林野局貯木場および三留野駅(現・南木曾駅)に流入する被害が出た。 |
| 1953/7/20 | 木曾川右岸・伊勢小屋沢において崩壊と土石流が発生し、読書中学校(現在の南木曾中学校)に土砂が流入して教員住宅が被災し、死亡3名、負傷5名の被害が生じた。日雨量は270mmを記録した。 |
| 1965/7/1 | 南木曾町では家屋流失8戸、全壊9戸、半壊5戸、床上下浸水40戸等の被害が生じた。大沢田沢・神戸沢等では土石流が発生したものの、人的被害はなかった。11時から16時に120mmの降雨があり、15時ごろ土石流が発生した。連続雨量は大桑村で223mmを記録した。 |
| 1966/6/24 | 大沢田沢、神戸沢、職沢、北沢、大水上沢等で土石流が発生し、重傷1名、軽傷9名、住家全壊38戸、半壊浸水111戸の被害が生じた。19時までの2時間で182.1mmの降雨があり、18時30分に土石流が発生した。三留野で連続雨量170mmを記録した。「南木曾災害」と呼ばれる。 |
| 1969/8/5 | 台風7号通過にともない、3時から4時に60mmの降雨があり、4時5分に土石流が発生した。三留野で連続雨量138mmを記録した。梨子沢、与川、蘭川が氾濫し、読書地区を中心に死亡6名、負傷6名、南木曾町では家屋全壊8戸、半壊1戸、床上下浸水30戸の被害が生じた。 |
| 1974/7/4 | 人的被害・家屋被害は少なかったものの、木曾川右岸の読書地区を中心に耕地・公共土木に被害が生じ、被害額は1億5千万円を超えた。 |
| 1975/7/7 | 集中豪雨により妻籠、三留野地帯を中心に土石流が発生し、町内各河川が氾濫して死亡1名、負傷1名の被害が生じた。各所で斜面崩壊が発生した。19時までの1時間で43mm、7時間で196mmに達した。須原では連続雨量316mmを記録した。 |

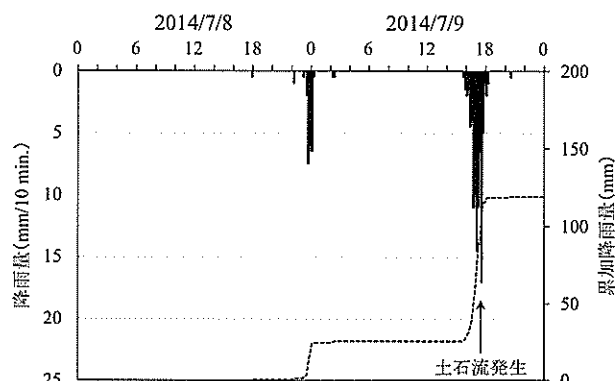


図-2 南木曾観測所(気象庁)で記録された災害時の降雨量
Fig.2 The time-series of rainfall recorded in Nagiso weather station

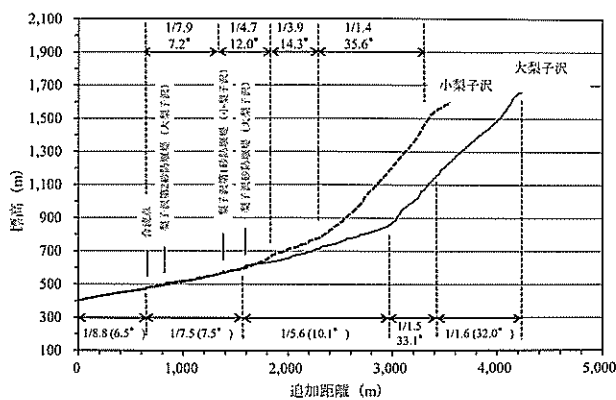


図-3 梨子沢の河床縦断面図と河床勾配
Fig.3 Stream profile and slope of Nashizawa stream

断し、コル（鞍部）や河道の屈曲といった特徴的な地形がみられる。梨子沢流域には白亜紀末期（6,500～7,000 万年前）の上松花崗岩と木曾駒花崗閃緑岩が分布している。梨子沢下流の緩斜面には、過去の土石流堆積物と木曾川の段丘堆積物が分布している⁸⁾。

梨子沢の上流域は国有林で、大部分が林齢 200 年以上のヒノキ・サワラ・ヒメコマツ・コウヤマキ・モミ・ツガ等の針葉樹天然林で占められ、一部広葉樹が生育している。一方、梨子沢の下流域は県有林で、スギ・ヒノキの人工林が大部分を占め、アカマツ・ナラなどの広葉樹林も存在する。

5. 梨子沢で発生した土石流

5.1 土石流の流下・堆積状況

斜め写真や空中写真の判読によれば、土石流の発生・流下痕跡は、大梨子沢本川上流、大梨子沢支川上流、小梨子沢上流に端を発している。それぞれの上流端の集水面積は小さく、明瞭な崩壊地形を呈していない。そのため、土石流の発生プロセスについては、現時点では不明である。土石流発生後の 7 月 11 日に撮影された梨子沢本川（大梨子沢）と小梨子沢の合流点周辺の状態を写真-2 に示す。

土石流発生前（2008 年 10 月～11 月計測：国土交通省中部地方整備局多治見砂防事務所提供）と土石流発生後



写真-2 梨子沢本川（左）と小梨子沢（中央）の合流点周辺の砂防施設と植生の状況

Photo 2 Location of facilities and vegetation around the junction of Konashizawa stream

溪流の周辺にはスギ等の人工林が分布し、流木の発生源と考えられる（国際航業株式会社/株式会社パスコ・平成 26 年 7 月 11 日撮影）

（2014 年 7 月 11 日計測：国際航業株式会社提供）の航空レーザ計測データを比較解析して求めた侵食深・堆積深分布図を図-4 に、侵食深・堆積深の縦断方向の変化状況を図-5 に示す。大梨子沢では、木曾川合流点から約 4,000 m 上流の地点から約 1,800 m の地点（梨子沢砂防堰堤上流 100 m 付近）までほぼ全区間で侵食傾向を呈している。侵食深さは 2 m 程度の区域が多いが、部分的に 2 m を超えている箇所も見られる。災害後の空中写真によると、上流の急勾配区間は露岩している区間の占める割合が大きく、現時点では、溪床に残存する移動可能土砂は少ないと想定される。また、木曾川合流点から約 3,300 m 上流の地点では、痕跡幅方向の平均侵食深が 5 m 以上に達する箇所が見られる。今回の現地調査では踏査できていないため、詳細は不明であるが、地形図と照らし合わせると水衝部の侵食の可能性も考えられる。中流部、下流部では、露岩している河床が所々に見られ、これらの箇所では土石流の後続流により侵食されたものと想定される。溪岸にも露岩箇所が見られるが、土石流堆積物やマサ化した地山なども多く分布しているため、土砂生産が今後とも想定される箇所も認められる。河道中央部が侵食されている区間においても、溪岸部には、概ね 2 m 以下の土砂堆積が生じている箇所がある。これらの土砂堆積は、土石流の偏流や段丘への氾濫によるものと想定される。小梨子沢では、木曾川合流点から 3,000 m 上流の地点から 1,600 m 付近（梨子沢第一砂防堰堤より約 200 m 上流）までほぼ全区間が侵食区間（痕跡幅平均の侵食深は最大 2 m 程度）となっているが、2,000 m 付近では、土砂が 2 m ほど堆積している。この箇所についても現時点では未踏査のため詳細は不明であるが、空中写真の判読によると、小規模な堰堤による堆砂と推察される。

3 基の砂防堰堤（梨子沢第 1 砂防堰堤、梨子沢第 2 砂防堰堤、梨子沢砂防堰堤）は効果的に土砂を捕捉し、特に梨子沢第 2 砂防堰堤の堆砂域では深さ 5 m 以上の土砂堆積が生じている（図-5）。堆砂域の礫は、長径 5 m を超える巨礫も多く含まれ、特に堰堤直上に巨礫が多く存在していた。

木曾川合流点から大梨子沢と小梨子沢の土石流発生・流下痕跡上流端までの区間における痕跡幅の変動を図-6 に示す。大梨子沢最上流部付近（木曾川合流点から 4,000 m 上流付近）では、痕跡幅が 20 m を超え、その下流で拡幅縮小を繰り返す。梨子沢砂防堰堤堆砂域での痕跡幅の最大値は 100 m 以上となる。小梨子沢も同様に、木曾川合流点より 3,000 m 上流付近より下流では拡幅・縮小を繰り返す。梨子沢第 1 砂防堰堤堆砂域で痕跡幅が 50 m 以上となる。

大梨子沢と小梨子沢の合流点下流では、土石流は所々小規模に氾濫をしながら流路工内を流下した。写真-3 に示すように、流路工上端の石積堰堤や水叩工が摩耗・破損し、所々で河床が最大 2 m 程度低下している。流

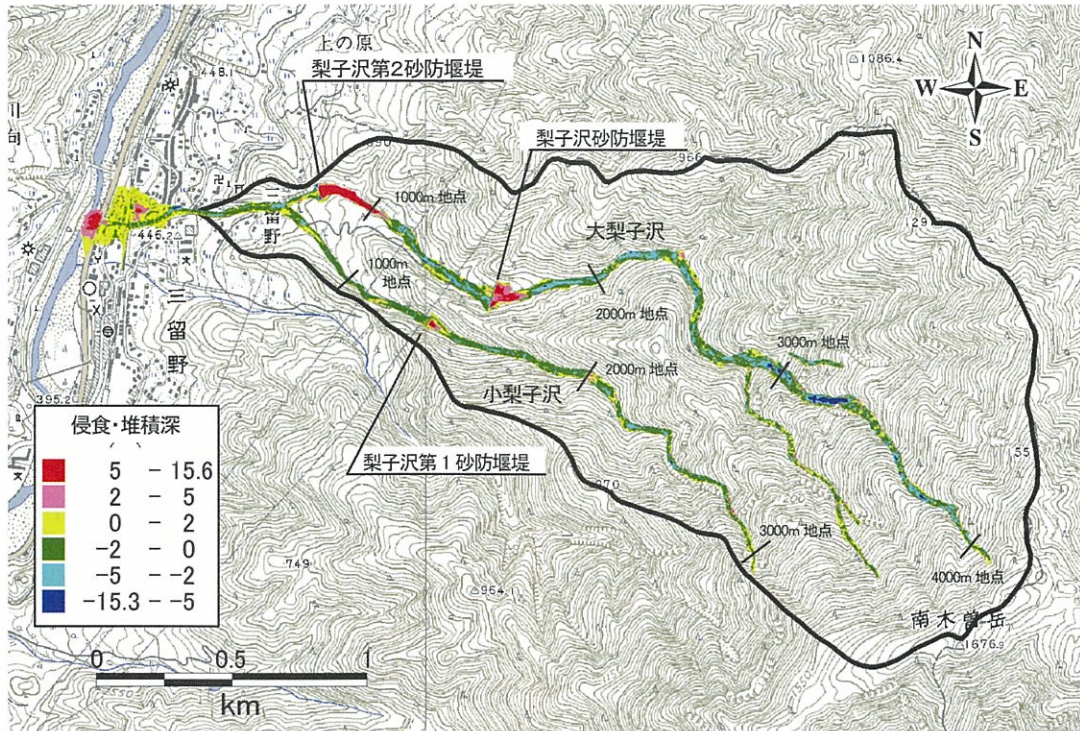


図-4 侵食深・堆積深分布図

Fig.4 Spatial distribution of erosion and deposition

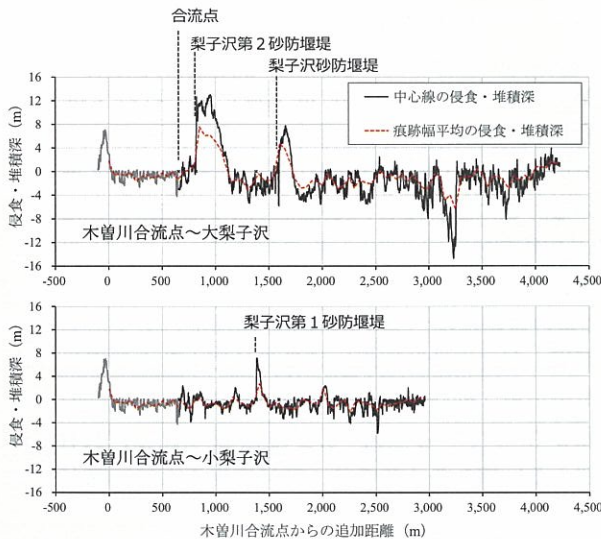


図-5 侵食深・堆積深の縦断方向変化

Fig.5 Profiles in erosion and deposition on streambed

路工が左に湾曲する地点（木曾川合流点から上流約 300 m）で土石流が右岸側に越流・氾濫し、護岸が大きく侵食された。土石流の氾濫域での堆積深は、全体的に概ね 1 m 以下である。なお、図-4 では氾濫域中央部に 2~5 m 程度の局地的な堆積が表現されているが、これは土石流発生前のレーザ計測時点（2008 年）から土石流発生まで間の人為的地形改変によるものと想定される。氾濫域には長径 1~2 m 程度の巨礫が点在している。土石流により木曾川本川合流点まで運搬された土砂は、最大 6 m 程度の厚さで扇状地状に木曾川本川河道に堆積して

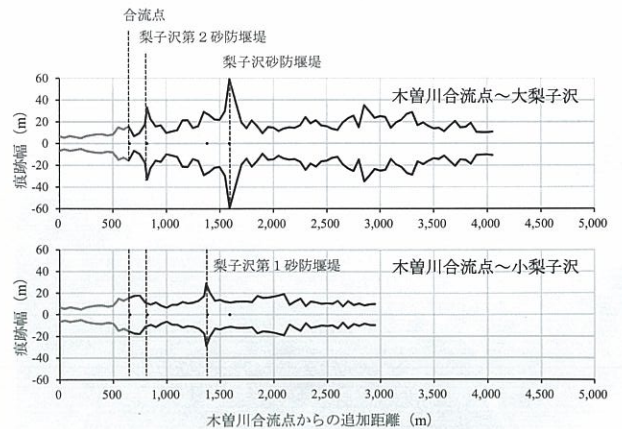


図-6 土石流痕跡幅の縦断方向の変化

Fig.6 Width of debris flow along streamline

いる。

5.2 土石流の流速と流量

2014 年 7 月 27 日調査当日の踏査範囲において、梨子沢流路工（土石流が梨子沢流路工湾曲部から越流した地点より上流 200 m）とその上流 6 地点で土石流の流下痕跡から平均の流動深（右岸側と左岸側の流下痕跡の計測値の平均値）を求め、平均流速と土石流流量、流速係数を試算した。平均流速は、粗度係数を 0.1 と仮定し、マンニング式を用いて求めた。土石流流量は、平均流速に河道横断面積（梨子沢流路工以外の 6 地点では三角形断面を想定）を乗じることによって求めた。また、土石流堆積物の観察から 50% 粒径を推定し、現地計測した平均流動深から相対水深を求めた。そして、相対水深と流

速係数との関係から土石流の流れの抵抗領域について検討した。なお、計算地点の選定にあたっては、図-4に示した侵食深・堆積深分布図や床固工天端のような非侵食帯の位置をもとに顕著な侵食と堆積が起きていない箇所であることを前提とした。また、梨子沢流路工湾曲部(図-7)において、土石流が越流・氾濫したことから、その地点近傍で土石流の偏流現象が生じたものと仮定し、偏流式⁹⁾を用いて流速を求めた(右岸側と左岸側の偏流高:1m, 曲率半径:90m, 定数K:2.0)。この河道湾曲部における土石流の越流要因として、一時的な土砂堆積による河床上昇や流木の堆積などの要因も考えられるが、それらについての情報はなためここでは考慮していない。

7地点の平均流速と土石流流量、流速係数の試算結果を表-2に示した。今回の試算対象地点では、土石流の流速は、約6~9m/s, 流量は約120~250m³/sと試算された。溪床勾配のより急な上流域では、土石流の流速・流量ともに今回の試算値を上回った区間もあると想定される。また、現地での測量精度によっても誤差が生じる可能性がある旨を付記しておく。

大梨子沢と小梨子沢の合流により、土石流流量がどのように変化したかは、両者の流入・土砂ハイドロの継続

時間等の差などが未解明のため不明な点は多いが、上記の簡易計算結果によれば、大梨子沢から流入した土石流の流量と同程度の規模で土石流は梨子沢流路工を流下したと考えられる。木曾川と梨子沢合流点付近に設置されている高感度地震観測網計(Hi-net)の傾斜計データを利用した振動波形解析結果¹⁰⁾によると、明らかに2つの異なるパルスがあり(両者の最大振幅の時間差は約2分50秒), 2つのピークをもつ流れが想定されている。この事実からも、大梨子沢と小梨子沢からの両者の合流点への流出タイミングはずれて梨子沢流路工内に流入したと考えられる。梨子沢流路工湾曲部での越流直前の流速は、約6.5m/sと試算され、その上流の流路工区間ではほとんど減速しなかったことが想定される。

相対水深は、50%粒径を0.1mとした場合は約25~35, 流速係数は、約3.7~4.0の値を示す。相対水深と流速係数との関係を過去の知見¹¹⁾と比較すると、石礫型土石流の事例である長野県上高地の上々堀沢の土石流のそれと近似する。

5.3 流木の流出状況

小梨子沢合流点直下流の石積堰堤地点(写真-2)に



写真-3 流路工の損傷状況
Photo 3 Damage to channel works

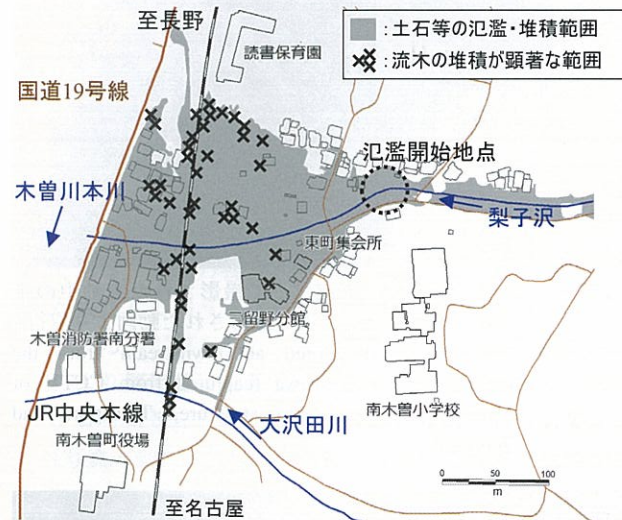


図-7 土石等の氾濫・堆積範囲
Fig.7 Map of sedimentation and accumulation

表-2 土石流の流速等の試算結果
Table 2 Simulation of debris flow velocity

| 溪流名 | 断面位置 | 溪床勾配 (°) | 溪床勾配 I (tanθ) | 現地計測 平均 流動深 h (m) | 最大 流下幅 B (m) | 平均 流下幅* B* (m) | マンニング式 による 平均流速 v (m/s) | 土石流 流量 Q (m ³ /s) | 相対 水深 h/d ₅₀ | 摩擦速度 U* = (g*h*I) ^{0.5} | 流速係数 v/U* |
|------|----------------------------|-------------|------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|--------------|
| 大梨子沢 | 梨子沢砂防堰堤(堆砂区間上流約130m) | 6.5 | 0.1139 | 3.5 | 18.0 | 9.0 | 7.8 | 246.1 | 35.0 | 2.0 | 4.0 |
| | 梨子沢砂防堰堤下流約80m | 9.0 | 0.16 | 2.8 | 18.0 | 9.0 | 7.9 | 199.9 | 28.0 | 2.1 | 3.8 |
| | 梨子沢第2砂防堰堤下流約70m | 3.7 | 0.06 | 3.5 | 20.0 | 10.0 | 5.9 | 206.0 | 35.0 | 1.5 | 4.0 |
| 小梨子沢 | 梨子沢第1砂防堰堤(堆砂区域上流約110m) | 11.0 | 0.19 | 3.0 | 15.0 | 7.5 | 9.2 | 207.1 | 30.0 | 2.4 | 3.9 |
| | 梨子沢第1砂防堰堤下流の床固工 | 6.3 | 0.11 | 2.5 | 25.0 | 12.5 | 6.1 | 191.8 | 25.0 | 1.6 | 3.7 |
| | 小梨子沢・大梨子沢合流点から約60m上流・床固工付近 | 6.0 | 0.11 | 2.8 | 13.0 | 6.5 | 6.5 | 117.6 | 28.0 | 1.7 | 3.8 |
| 梨子沢 | 流路工湾曲部(越流開始地点)の上流 | 4.6 | 0.08 | 3.4 | 9.5 | 9.0 | 6.4 | 197.1 | 34.0 | 1.6 | 3.9 |

※三角形断面を想定し、0.5*Bとする。ただし、流路工は現地状況より別途設定

設置された CCTV が捉えた土石流の流下状況を見ると、土石流の先頭部に多量の流木が含まれていたことがわかる（写真-4）。

砂防学会調査団が現地調査を行った7月27日時点（災害発生から18日後）においても、土石流の氾濫堆積した範囲には災害発生時の状態で残されている流木が確認された。これらの流木の多くは、スギ・ヒノキ等の通直な樹幹形状のものであった（写真-5）。航空機から梨子沢第1砂防堰堤と梨子沢砂防堰堤周辺を撮影した写真-2より、溪岸部にはスギ・ヒノキ等の人工林が分布していることがわかる。小梨子沢（大梨子沢との合流点の上流約200m地点）の溪岸部の状況を示す写真-6より、胸高直径が20~30cmのスギ林を土石流が流下し、土石流により立木が倒され流木化したものと考えられる。土石流の氾濫範囲を航空機から撮影した写真-7より、氾濫堆積域の所々に流木が点在している様子がわかる。同

写真は、発災から2日目の写真であるため、既に災害直後の状況とは異なる可能性があるが、写真-2に見られるような土石流の流下域で発生したと考えられる流木量は、この氾濫堆積域に残存した流木量よりも多いため、流出した流木のかなりの量が木曾川本川に流出したものと推察される。

5.4 対策施設

梨子沢流域には大梨子沢の上流側に梨子沢砂防堰堤、下流側に梨子沢第2砂防堰堤が、小梨子沢には梨子沢第1砂防堰堤が整備され（写真-2）、その他砂防施設の上下流に治山施設が設置されていた。また、大梨子沢と小梨子沢の合流点下流には、床固工群からなる流路工が木曾川本川の合流点まで整備されていた。

大梨子沢においては、梨子沢砂防堰堤が昭和46年（昭和53年補強工）に、梨子沢第2砂防堰堤が昭和45年に長野県土木部によって重力式コンクリートの不透過型砂防堰堤として整備されていた。このうち、梨子沢第2砂防堰堤については国土交通省により部分透過型砂防堰堤



写真-4 小梨子沢合流点下流付近で撮影された流動中の土石流（国土交通省により撮影された動画より取得）

Photo 4 Debris flow monitored at downstream from the junction of Konashizawa (captured from CCTV of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)



写真-6 小梨子沢の溪岸部状況
スギ林に土石流が突入して、樹木を倒伏させて流木化したと考えられる

Photo 6 Stream bank of Konashizawa



写真-5 氾濫域に残存していた流木
スギ・ヒノキなどの通直な樹幹の流木が多く確認された

Photo 5 Drift wood left at flooded area



写真-7 土石流の氾濫堆積域の状況
流木が散在しているが木曾川本川に流出したものが多くあったと推測される（国際航業株式会社/株式会社パスコ・平成26年7月11日撮影）

Photo 7 Flooded area of debris flow

への改良工事が行われ平成 26 年 3 月に本体部が概成していた。小梨子沢においては、梨子沢第 1 砂防堰堤が平成 16 年に国土交通省により格子型の透過型砂防堰堤として整備されていた。

今回の災害においてこれらの施設に一部破損が見られたものの、土砂・流木を捕捉したことで、下流への被害軽減に寄与したものと考えられる。本節では、上記砂防施設の概要と被害状況およびその効果に関する調査結果についてとりまとめた。

5.4.1 梨子沢砂防堰堤

梨子沢砂防堰堤（写真-8）は木曾川合流点より約 1,750 m 上流に位置し、堰堤高 20.0 m、堰堤長 124 m、天端厚 2.5 m、水通し幅 12 m の施設である。写真-9 に示すように、災害後は満砂状態になっており、特に堆砂敷の中央部（水通し部）から左岸側にかけて花崗岩の巨礫（礫径 1~3 m 程度で大きいもので長径 5 m 程度）が多く堆積し、逆に右岸側では堆砂面の表層に細粒土砂が堆積していた。堰堤の袖部天端には細粒土砂や礫、流木が残っており、袖部コンクリートには侵食を受けた跡が確認されることから、土石流あるいは後続流が袖部を



写真-8 梨子沢砂防堰堤全景
Photo 8 Nashizawa sabo dam



写真-9 梨子沢砂防堰堤の堆砂状況
Photo 9 Sedimentation in Nashizawa sabo dam

越流したものと推察される。施設の破損は主に左岸側に集中しており、これは大梨子沢の河道が右岸側に屈曲する地点に施設が位置していたことによるものと考えられる。主な破損状況としては、約 45 m にわたる左岸側袖部と本堤一部の損壊、水通し部分の欠損、左岸側非越流部の本堤における亀裂等である（写真-8）。梨子沢砂防堰堤ではこのような施設の破損が確認されたものの、本堤部分の決壊には至っておらず、およそ 26,000 m³（速報値）の土砂を捕捉する効果を発揮した（写真-9）。

5.4.2 梨子沢第 2 砂防堰堤

梨子沢第 2 砂防堰堤は、木曾川合流点より約 880 m 上流に位置する堰堤高 14.5 m（内、鋼製高さ 6.5 m）、堤長 97 m、天端幅 3.0 m、水通し幅 15.5 m、部材間隔約 1.1 m の鋼製透過型砂防堰堤（部分透過型）である。本堰堤は、土石流発生時には施工途上であり、本体工が完成している状況にあった。堰堤は満砂で礫径 2 m 以上の巨礫が重なり合うように、袖部を超える高さまで大量に堆積していた（写真-10）。堰堤の袖部天端には、巨礫や細粒土砂が残存しており、土石流の一部は袖部を越流したものと推察される。

本堰堤では、鋼製部の左右端付近において鋼管の破損が確認されたが、およそ 54,000 m³（速報値）の土砂を捕捉した。

5.4.3 梨子沢第 1 砂防堰堤

梨子沢第 1 砂防堰堤は、木曾川合流点より約 1,420 m 上流の小梨子沢に整備された堰堤高 14.0 m（内鋼製部高さ 10.5 m）、堤長 59 m、天端幅 3.0 m、水通し幅 12.0 m、部材間隔約 1.1 m の鋼製透過型砂防堰堤（全透過型）である。堰堤の袖部天端には、礫、流木および細粒土砂が残存しており、土石流の一部は袖部を越流したと推察される（写真-11）。本堰堤では、土石流の礫等の影響により鋼製部の上部が破損したと思われるが破損のプロセス等については別途詳細に検討を行う必要がある（写真-12）。残存した鋼管部において流木や巨礫が捕捉



写真-10 梨子沢第 2 砂防堰堤
Photo 10 Nashizawa dai-ni sabo dam



写真-11 梨子沢第1砂防堰堤の堆砂状況
Photo 11 Sedimentation in Nashizawa dai-ichi sabo dam



写真-12 梨子沢第1砂防堰堤（右岸下流より望む）
Photo 12 Nashizawa dai-ichi sabo dam viewed downstream right-bank

され、その上流に堆砂敷を形成しており、およそ5,000 m³ (速報値)の土砂を捕捉した。

5.4.4 流路工

大梨子沢と小梨子沢の合流地点より下流には、石積堰堤（主堰堤高9.0m、堤長44m）と流路工群（落差工と帯工計19基）が木曾川本川の合流点まで614mにわたり整備されていた。流路工の最上流部に設置された石積堰堤は、写真-13に示すように水通し部と両袖部が大きく破損し、水叩き部も深く洗掘され流失した。石積堰堤から木曾川本川の合流点までは、ほぼ全区間にわたって護床が洗掘されるとともに、落差工と帯工も著しく摩耗していた（写真-3）。護岸は部分的に被害を受けており、特に水衝部において護岸の洗掘や流出が見られた。氾濫開始地点となった河道の湾曲部（図-7）では最も被害が大きく、護岸工と護床工がほぼすべて洗掘、流失した。

5.5 氾濫・堆積状況

大梨子沢と小梨子沢との合流点下流の比較的直線的な流路工区間では、土石と流木（以下、土石等と呼ぶ）が



写真-13 石積堰堤の破損状況
Photo 13 Damage in masonry dam



写真-14 土石流の氾濫・堆積状況
Photo 14 Aerial view of debris-flow deposition

流路工から溢れており、同様な比高で左右岸ともに流下痕跡が確認できる。流路工の湾曲部より下流では、右岸側に巨礫や流木の堆積が顕著であるのに対し、左岸側では多く見られない。このことから、土石流の主流は流路工湾曲部を直進し、写真-14と図-7に示す氾濫開始地点を起点として右岸側に氾濫したものと推察される。図-7に示す氾濫開始地点下流の左岸側の氾濫・堆積は、道路（県道264号）沿いに流下したものである。氾濫開始地点より下流の流路工勾配は約7~8°、氾濫域の平均的な地盤勾配は約5~6°と比較的急勾配となっている。また、土石等の氾濫・堆積範囲は、氾濫開始地点から下流に向かって扇形に広がり、氾濫開始地点より約160m下流のJR中央本線を越えて木曾川本川まで達している。

氾濫開始地点からJR中央本線までの区間では、写真-15、16のように1~2m程度の巨礫や間伐材を含む流木の大半が右岸側に集中しているのに対し、左岸側では比較的粒径の細かい土砂や流木が道路上や家屋の間に堆積している。一方、JR中央本線から国道19号線までの区間では、左岸側にも流木の堆積が確認されることから、流木などで鉄道の橋桁が閉塞し、左岸側にも氾濫した可



写真-15 氾濫域（梨子沢右岸）での巨礫の堆積状況
Photo 15 Large boulder deposited on right bank of Nashizawa river



写真-16 氾濫域（梨子沢右岸）での流木の堆積状況
Photo 16 Log accumulation on right bank of Nashizawa River

能性がある。

5.6 応急復旧活動

梨子沢流域を中心としたヘリコプターによる被害状況調査や現地調査結果を踏まえ、各関係機関により被災箇所における応急復旧活動が実施された。国土交通省は7月13日に、土石流を捕捉した梨子沢第2砂防堰堤の緊急除石工事に着手し、18日に除石を開始した。7月19日には流路工の応急復旧対策として巨石積み護岸と根固ブロックを設置した。また、監視観測機器として7月15日に流域内の5箇所ワイヤーセンサーを設置するとともに、7月11日と16日には梨子沢橋と梨子沢上流（大梨子沢と小梨子沢の合流点下流）の2箇所にWEBカメラを設置した¹⁾。また長野県は、流路工の応急復旧対策として大型土のうの設置と寄石工に着手した（現地測量：7月14日着手，流路工応急復旧対策：7月17日着手）³⁾。

6. おわりに

梨子沢で土石流の発生が確認された7月9日17時41

分をはさみ、同流域周辺での最大1時間雨量は、蘭観測所：97 mm，三留野観測所：68 mm，南木曾観測所：70 mmを，最大2時間雨量は，蘭観測所：124 mm，三留野観測所：106 mm，南木曾観測所：88.5 mmをそれぞれ示し，近隣であるにもかかわらず降雨状況が場所によって大きく異なっていることがわかる。このため，現地の状況に即した土砂災害警戒情報や避難勧告を適正に発令するためにも，降雨観測網の充実が望まれる。また，木曾地域に大雨洪水警報が出されたのが17時45分であったのに対し，梨子沢で土石流の発生が確認されたのは，その4分前の17時41分，南木曾町読書地区に避難勧告が出されたのは17時50分，土砂災害警戒情報（第1報）が発表されたのは18時15分であった。今回のような短時間に集中して局所的に豪雨が発生するような場合，避難に要する時間などを考慮した上で，短時間降雨予測値をさらに有効に活用するとともに，土砂災害警戒情報の発表単位の妥当性について検討が必要となろう。

南木曾町周辺の地質は花崗岩で，地質的に脆弱であることに加え，本地域は長野県内では多雨地域として位置付けられる。梨子沢の本川である大梨子沢とその支川である小梨子沢で発生した崩壊の大部分は尾根付近で発生し，その規模も小さいため，そのまま土石流化したとは考えがたく，崩土の流下とともに渓床堆積物を巻き込みながら流下し土石流化したとも考えられるが，主流路の渓床堆積物が豪雨時の多量の表流水によって流動化した可能性が高い。この土石流の発生過程については，今後詳細な調査・検討が必要となる。今回の土石流は，2 m以上の巨礫を多量に含む石礫型の土石流であり，流木も多量に含まれていた。梨子沢で発生した土石流は，谷出口下流の流路工の湾曲部の外側から越流し，氾濫堆積することにより被害が拡大する結果となった。大きな被害が発生した梨子沢のように流路が大きく湾曲している箇所に対する対応を検討する必要がある。

梨子沢流域には3基の砂防堰堤と，その下流には石積堰堤を含む流路工が整備されていた。砂防堰堤については，袖部などへの土石流の直撃により一部損壊が見られたものの，85,000 m³程度（速報値）の土砂を補足する効果を発揮した。梨子沢第1砂防堰堤（鋼製透過型）の鋼製部の破損や梨子沢砂防堰堤（重力式不透過型）の袖部や水通し部の破損の原因やメカニズムについては，今後詳細な検討が必要となる。

今回土石流が発生した梨子沢周辺では，1904年～1975年の71年間に8回も土石流や洪水被害を受けている。梨子沢での現地調査時には，今回の土石流による流下痕跡（侵食）から過去の土石流堆積物が確認されたものの，1904年以降の資料からは土石流発生の事実は見当たらない（1934年6月21日の災害形態については，水害と記録されているが，土石流被害も含まれている可能性があり，精査が必要である）。本地域周辺の土石流発生状況より，土石流は土砂災害の空白域（近年，土石流

を経験していない溪流)で発生している事例が多く見られる。この事実より、当地域では、今回の豪雨で崩壊や土石流が発生しなかったから今後も安全であると考えられるのではなく、発生しなかったのはたまたまで、土砂が移動しなかったが故に崩壊や土石流の可能性はますます高まっていると考えるべきであろう。

最後に、現地調査を実施するにあたり多大なご便宜を賜っていただいた国土交通省多治見砂防国道事務所と資料提供いただいた長野県をはじめとし、ご協力いただいた関係機関の皆様にご感謝の意を表するとともに、被災地の一日も早い復旧と復興を心よりお祈り申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局：速報「長野県南木曾町梨子沢土石流」(平成26年7月9日発生)，www.cbr.mlit.go.jp/saigai/NEWS/MAIN/140822_nashizawa.pdf，参照2014-07-23，2014
- 2) 中部森林管理局：南木曾町で発生した土砂災害に関する現地調査について，<http://www.rinya.maff.go.jp/chubu/press/kouhou/140718.html>，参照2014-07-13，2014
- 3) 長野県建設部：平成26年台風第8号に伴う豪雨による土石流災害について（長野県南木曾町読書地区），http://www.pref.nagano.lg.jp/hisho/kensei/soshiki/soshiki/bukaigi/documents/siryo_01-3.pdf，参照2014-07-18，2014
- 4) 国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所：木曾川流域の災害，<http://www.cbr.mlit.go.jp/tajimi/sabo/tankentai/kisogawa/saigai.html>，参照2014-08-01，2010
- 5) 南木曾町：南木曾町誌，南木曾町誌編纂委員会，867pp.，1982
- 6) 長野県地方気象台：平成26年7月9日の大雨に関する長野県気象速報，www.jma-net.go.jp/nagano/topic/topic_2014_0716.pdf，参照2014-08-10，2014
- 7) 長野県危機管理部：平成26年台風第8号に伴う大雨災害による県内への影響について，http://www.pref.nagano.lg.jp/bosai/kurashi/shobo/saigai/documents/140709_rain_08061300.pdf，参照2014-08-07，2014
- 8) 産業技術総合研究所地質調査総合センター：平成26年7月9日に長野県南木曾町で発生した土石流の発生地に関する地質情報（第2報），https://www.gsj.jp/hazards/landslide/140709_nagiso_2.html，参照2014-08-10，2014
- 9) 水山高久・上原信司：湾曲水路における土石流の挙動，土木技術資料，Vol. 23，No. 5，p. 243，1981
- 10) 京都大学防災研究所：2014年7月9日南木曾の土砂崩れの発生時刻推定，http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq/nagiso_2014/，参照2014-07-20，2014
- 11) 高橋保：地質・砂防・土木技術者／研究者のための土石流の機構と対策，近未来社，432pp.，2004

(Received 5 October 2014)