

## 2019年10月台風第19号による東北地方における土砂災害

## Sediment disasters caused by Typhoon Hagibis on October, 2019 in Tohoku region

|                     |                     |                    |                     |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 井良沢道也* <sup>1</sup> | 松尾新二郎* <sup>2</sup> | 新井瑞穂* <sup>3</sup> | 海堀正博* <sup>4</sup>  |
| Michiya IRASAWA     | Shinjiro MATSUO     | Mizuho ARAI        | Masahiro KAIBORI    |
| 鄒青穎* <sup>5</sup>   | 山田孝* <sup>6</sup>   | 笠井美青* <sup>6</sup> | 厚井高志* <sup>6</sup>  |
| Ching-Ying TSOU     | Takashi YAMADA      | Mio KASAI          | Takashi KOI         |
| 加藤誠章* <sup>7</sup>  | 若原妙子* <sup>8</sup>  | 檜垣大助* <sup>2</sup> | 池田一* <sup>2</sup>   |
| Nobuaki KATO        | Taeko WAKAHARA      | Daisuke HIGAKI     | Hajime IKEDA        |
| 石川芳治* <sup>3</sup>  | 荒井健一* <sup>3</sup>  | 広瀬伸二* <sup>9</sup> | 佐藤達也* <sup>9</sup>  |
| Yoshiharu ISHIKAWA  | Kenichi ARAI        | Shinji HIROSE      | Tatsuya SATO        |
| 川端秀樹* <sup>9</sup>  | 講武学* <sup>9</sup>   | 丹羽諭* <sup>9</sup>  | 菅原和宏* <sup>10</sup> |
| Hideki KAWATABATA   | Manabu KOUBU        | Satoshi NIWA       | Kazuhiro SUGAWARA   |
| 松坂裕之* <sup>11</sup> | 多田信之* <sup>11</sup> | 金俊之* <sup>12</sup> |                     |
| Hiroyuki MATSUSAKA  | Nobuyuki TADA       | Toshiyuki KON      |                     |

## Abstract

Large and powerful Typhoon Hagibis (1919) made landfall on the Izu Peninsula on 12 th October 2019, and it brought widespread and record-breaking torrential rain across Japan, especially in Eastern Japan. Emergency warning was issued in Tokyo and 12 prefectures, and many slope failures and debris flows were caused. It marked the largest number of sediment disaster occurrences by a typhoon since 1982 that the statistics have been started to be recorded. 952 sediment disasters were caused by the typhoon (as of 24 th December 2019), and 16 people were killed and one person is missing. In Tohoku region, most disasters happened in Iwate, Miyagi, and Fukushima prefectures. From 1 : 00 am, 12 th October to 12 : 00 am, 13 th October (two days) total precipitation (observed by AMeDAS of Japan Meteorological Agency) was 594 mm in Hippo, Marumori-machi, Miyagi prefecture, and 466.5 mm in Fudai, Iwate prefecture. From the above, Japan Society of Erosion Control Engineering organized “Emergency investigation team for the sediment disasters in Tohoku region caused by Typhoon Hagibis 2019” and performed the investigation three times.

**Key words** : debris runoff, debris disaster, slope failure, surface runoff, woody debris

## 1. はじめに

2019年10月12日に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した台風第19号は、東日本を中心に広い範囲にわたり記録的な大雨をもたらした。1都12県で大雨特別警報が発表され、多数の斜面崩壊、土石流が発生し、台風に伴う土砂災害としては、過去最大の発生件数（1982年統計開始以来）となった<sup>1)</sup>。本台風による土砂災害発生状況は952件（2019年12月24日時点）に及び、死者16人、行方不明者1人となっている。降雨は東北地方では岩手県、宮城県、福島県に集中している。10月12日1:00~10月13日24:00（2日間）累積降雨量（気象庁アメダス）では宮城県丸森町筆甫で594 mm、岩手

県普代で466.5 mmを観測している。以上のことから、（社）砂防学会では「2019年台風第19号等東北地域土砂災害緊急調査団」を結成し、3回にわたり調査を実施した。本稿はその調査結果の概要を速報するものである。

## 2. 調査実施箇所の概況

今回の現地調査の実施箇所は、土砂災害発生箇所<sup>1),2)</sup>の中から事前に選定した。具体的には災害直後に国土交通省東北地方整備局や岩手県、宮城県等が撮影した空中写真を参照し保全対象があり緊急的に調査の必要な9箇所を抽出した（図-1）。

調査は2019年11月2日（土）~11月3日（日）、11月9日（土）~11月10日（日）、11月30日（土）~12月1日

\*1 正会員 岩手大学 Member, Iwate University (irasawa@iwate-u.ac.jp) \*2 正会員 日本工営(株) Member, Nippon Koei Co., Ltd.  
\*3 正会員 アジア航測(株) Member, Asia Air Survey Co., Ltd. \*4 正会員 広島大学 Member, Hiroshima University \*5 正会員 弘前大学 Member, Hirosaki University \*6 正会員 北海道大学 Member, Hokkaido University \*7 正会員 福山市立大学 Member, Fukuyama City University \*8 正会員 東京農工大学 Member, Tokyo University of Technology and Agriculture \*9 正会員 国土防災技術(株) Member, Japan Conservation Engineers Co., Ltd. \*10 正会員 (株)パスコ Member, PASCO Corporation \*11 正会員 (株)タックエンジニアリング Member, TAC Engineering Co., Ltd. \*12 正会員 青森県 Member, Aomori Prefecture

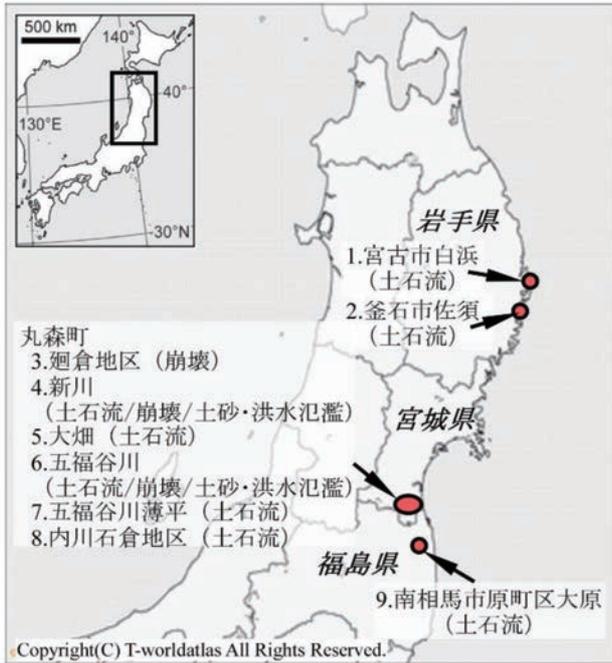


図-1 調査対象箇所位置図  
Fig.1 Locations of the study areas

(日)の6日間にかけて行った。調査対象の北上山地は全体として古生代・中生代の地層が広く分布し、部分的に花崗岩が貫入している<sup>3)</sup>。本調査を実施した岩手県の三陸沿岸地域は中生代ジュラ紀の付加コンプレックス(チャート, 粘板岩など)と中生代白亜紀の北上花崗岩類からなる。宮城県丸森町および福島県相馬市, 南相馬市は前期白亜紀(K1)の北上花崗岩類とその西側に阿武隈花崗岩類が分布し, そのエリアの中に新第三紀中新世の安山岩・玄武岩類が貫入している。

### 3. 降雨の概況

2019年台風第19号は, 南鳥島の南海上で発生後もなく急速に発達して猛烈な台風となり, その後, 大きく勢力を弱めることなく, 上陸直前まで非常に強い勢力を維持した。また, 強い勢力で静岡県に上陸した後, 関東甲信地方と東北地方を通過した(図-2)。10日~13日までの総降雨量が, 神奈川県箱根で1,000mmに達し, 東日本を中心に17箇所のアメダス地点で500mmを超えた。この台風に伴い, 東日本を中心に広い地域で記録的な大雨となり, 1都12県で大雨特別警報が発表された。この降雨により, 12時間降雨量は120地点, 24時間降雨量は103地点で観測史上1位を更新し, 10月12日に北日本と東日本のアメダス地点(1982年以降で比較可能な613地点)で観測された日降雨量の総和は観測史上1位となった(図-3)。この大雨の影響で, 広い範囲で河川の氾濫が相次いだほか, 土砂災害や浸水害が発生した。

阿武隈川流域にある宮城県丸森町では, 降雨ピーク時に非常に激しい雨が降り, 12日午後1時間降雨量約



図-2 台風第19号の進路図<sup>2)</sup>  
Fig.2 Path of Typhoon Hagibis(1919)<sup>2)</sup>

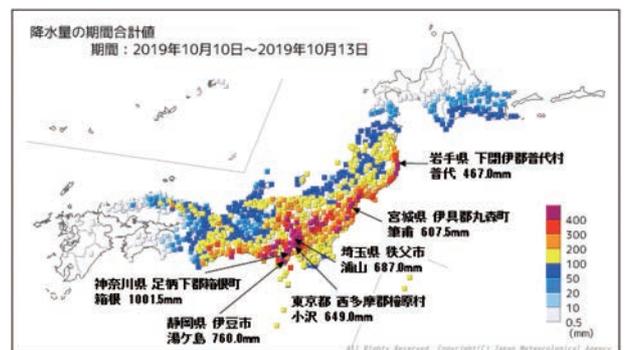


図-3 台風第19号によるアメダス地点の降雨量の期間合計値<sup>2)</sup>  
Fig.3 Accumulated rainfall of Radar-AMeDAS grid point value of Typhoon Hagibis(1919)<sup>2)</sup>

10から60mmの雨が降り続き, ほぼ12時間で総降雨量が400mmとなり, 12時間降雨量が記録的なものとなった(図-4)。阿武隈川流域は, 阿武隈川上流(栃木県境北側)や宮城県丸森町付近のように, 台風が接近する前から前線や地形性降雨により大雨となったと考えられる。岩手県沿岸では, 前線の強雨域より北側にあたる地域でも大雨となっている(図-3)。この地域では, 台風接近に伴って強まった北東の風により多量の水蒸気が流れ込んでおり, 地形などの影響で上昇流が形成されていたことも影響して, 特に沿岸部で大雨となったと考えられる。

### 4. 各地の災害状況

#### 4.1 宮古市白浜地区

本箇所は宮古市の重茂半島北部に位置する。東から西へ流れる白浜川(以下, 本川と呼ぶ)と, それに南から流入する溪流(以下, 左支川と呼ぶ)からの流出土砂・流木により家屋が被災した(図-5(a))。河口部での流域面積は約2.8km<sup>2</sup>, 被災家屋地点での上流面積と平均河床勾配は本川約1.1km<sup>2</sup>, 約1/10.6(5.4°), 左支川約0.5km<sup>2</sup>, 約1/6.3(9.0°)である。標高409mをピークとしてなだらかな地形が広がり, 谷底部は埋積谷状

で谷幅が比較的広い。地質は白亜紀北上花崗岩類を主体とする。

被災家屋は既往の空中写真との比較、現地調査結果から8棟とみられる。本川からの土砂流出により家屋3棟、左支川からの土砂・流木流出により家屋5棟が被災している。うち左支川の被災家屋の一部は、谷出口下流の緩勾配区間において土石流が氾濫して家屋へ直撃し、流出したものとみられる(図-5(b))。地域住民へのヒアリング結果から、地域住民は土砂移動が生じた前日、自治会長の呼びかけで避難所へ避難しており、この事前の避難行動により人的被害は生じていない。

土砂生産・移動状況について本川と左支川ごとに説明する。本川は後述する左支川に比べて土砂移動規模は小さいものの、溪岸侵食により生産された土砂・流木が流

出して家屋が被災した(図-5)。家屋直上流の既存流路は幅3m程度であり、人為的に流路を屈曲させて下流の流路工に取り付けていたが、この屈曲部が流木等により河床から約2mの高さで閉塞した痕跡が認められた。この閉塞箇所が決壊し、平均礫径30cm程度の石礫と流木が家屋方向へ直進して流下し、被災したものと推測される。被災した家屋基礎コンクリート下の基礎地盤を観察すると図-6(a)に示すように平均礫径20cm程度の垂角礫が混在しており、これは過去に流出・堆積して形成された沖積錐とみられる。被災した家屋はこの沖積錐上に建造されており、過去の土砂移動痕跡・地形発達の見点から当該箇所は土砂災害リスクを有する地域と考えられる。

左支川は、明瞭な土砂移動が認められる区間を現地踏査とUAVにより確認した結果、斜面崩壊は認められなかった。一方、溪岸・溪床に堆積する過去の土石流堆および斜面脚部の崖錐、これらの侵食が随所で認められた。このような現地状況を踏まえると今回流出した土石流は、過去の斜面および溪床堆積物が豪雨に伴う河川流量の増加により徐々に侵食され、石礫や細粒土砂を運搬し、下

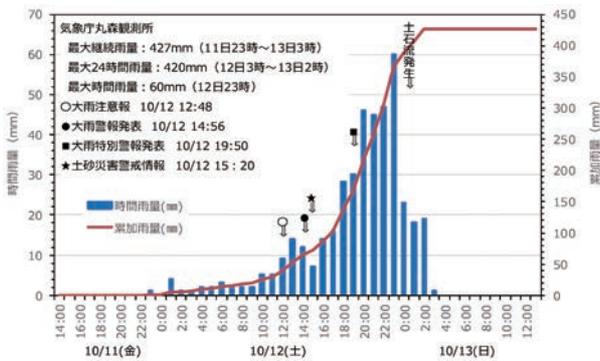


図-4 丸森観測所(観測所番号:34506)で観測された台風第19号の時間・累加降雨量(データ気象庁より取得)  
Fig. 4 Hourly and accumulated rainfall observed at Marumori station (34506) (data from Japan Meteorological Agency)



図-5 土石流による (a) 被災した家屋, (b) 家屋付近の氾濫状況  
Fig. 5 Damages and areal extent of debris flow ((a) Damages of houses, (b) Areal extent of debris flow near the houses)



図-6 宮古市白浜地区での (a) 被災家屋基礎下の基礎地盤, (b) 土石流堆積物と流木の流出状況  
Fig. 6 Debris flow observed at Shirahama area, Miyako City ((a) Destroyed basement of a damaged house, (b) Deposition of debris flow and woody debris)

流域で氾濫したものと推測される。河道幅や河床勾配が変化する地点では土砂堆積により2m以上河床が上昇しており、狭窄区間では溪岸の樹木に絡み合う形態で流木が堆積している状況が確認された(図-6(b))。溪岸が侵食された範囲では樹木の根茎が、下流側へ引っ張られたような状態で残っており、河床に近い部分に生育していた樹木は流木として下流へ流下したものと推測される。

本川と左支川が合流する箇所には、岩手県道41号重茂半島線が敷設されており、当箇所から流出した土砂等は県道・河川沿いに下流へ流出したものと推測される。下流には津波に対する避難所として旧白浜分校が立地しているが、その直上流の右支川からの土砂流出も相まって、家屋周辺では調査時点において平均粒径1cmを主体とする真砂の堆積が認められた。埋閉断面の上に水深1m程度で流下したとみられる水位痕跡が家屋外壁で確認された。住民へのヒアリング結果から、河口へ通じる河川(幅約4m、護岸高約2m)は、住民が避難所から自宅へ戻ってきた時点で上流からの土砂により埋塞したことがわかった。

#### 4.2 釜石市佐須地区

釜石市佐須地区は、釜石駅から南東へ約6~7km離れた尾崎半島の南側に位置し、当地区の北隣には尾崎白浜地区があり、両地区は佐須トンネルにより通じている。また、当地区は東日本大震災の大津波に襲われた地区であり、河口部には津波防潮堤が施工されている。

当地区の地形は、土石流危険渓流である佐須の沢(3)を主溪流とする谷地形を呈し、流域面積は約1.95km<sup>2</sup>、流路長約2.3km、平均溪床勾配約1/7(8°)である。佐須の沢(3)の基準点より下流の氾濫源堆積域から入江状の河口部までの緩傾斜地に家屋が集まっており、地区内の表流水や地下水はこれら住宅地へ集中する地形となっている(図-7)。

当地区の地質は、基盤として硬質な古生層のチャート・粘板岩、これを被覆して氾濫源堆積物や崖錐堆積物、溪床堆積物などが沢や谷に分布する。

地区内には、上記の佐須の沢(3)以外に土石流危険渓流が4渓流あり、それぞれに土砂災害特別警戒区域等が設定されている。いずれの渓流も砂防堰堤等の施設は入っていない。佐須の沢の北側隣接渓流では、1994年と1995年に治山事業により谷止工が設置されている。

降雨状況は、気象庁釜石観測所のデータによれば、10月11日6:00の降り始めから13日6:00の降り終りまでの連続雨量が334mm、10月12日4:00~13日3:00までの最大24時間雨量が298.5mm、最大時間雨量は10月13日1:00~2:00の間の55.5mmであった。なお、土石流発生時刻については、住民のヒアリング結果等より13日の1:00~2:00頃と推察される(図-8)。

当地区では土砂災害による人的被害は認められず、家屋被害については現地調査で確認されたもので4戸であった。被災形態は、被災家屋の大半が土砂で一部埋没し



図-7 釜石市佐須地区流域境界と土石流危険流域  
(国土地理院1/25,000地形図に加筆)

Fig.7 Drainage boundary and hazardous areas of debris flow in Sasu area, Kamaishi City (The 1:25,000 topographic map published by Geospatial Information Authority of Japan)

た状態となっているものの、巨礫や流木の衝突による著しい損壊は認められなかった。また、道路横断暗渠や津波防潮堤ボックスカルバート、桁下断面や流下断面の狭い橋梁や河川などで土砂・流木の堆積・閉塞が生じており、この影響によりこれら構造物の周辺において土砂・洪水氾濫が生じていたと推定される(図-9(a), (b))。

一部住民へ被災当日の避難に関するヒアリングを行ったところ、避難場所への事前避難は行っておらず、裏山や周囲の土砂流出が顕著になり始めた12日の深夜近くになって、やや標高が高い位置にある近隣家屋へ避難したとのことであった。

土砂生産・流出が顕著であった右支溪の佐須の沢(4)の状況について述べる。佐須の沢(4)は、流域面積約0.05km<sup>2</sup>、主流路長約340m、基準点から上流の平均溪床勾配1/4.5(12.5°)の土石流危険渓流である。溪流源頭部には幅5~10m、長さ5~10m、深さ0.5m未満の表層崩壊が点在しているが、流出土砂の多くは他の危険渓流と同様、溪床堆積物の侵食により発生したものと考えられ、下流域では溪床部に不安定土砂が残存している。礫は平均粒径0.3~0.5mの粘板岩亜角礫を主体とし、

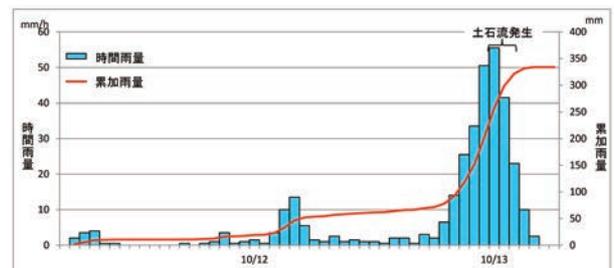


図-8 釜石観測所(観測所番号:33751)で観測された台風第19号の時間・累加降雨量(データ気象庁より取得)

Fig.8 Hourly and accumulated rainfall observed at Kamaishi station (33751) (data from Japan Meteorological Agency)

河道内には直径 10~40 cm 程度の倒木・流木の堆積が認められる (図-9(c))。

当地区における土砂災害は、概ね上述した土石流危険渓流において発生している。また、土砂氾濫・堆積開始点は、各土石流危険渓流で設定している計画基準点と概ね一致しており、氾濫・堆積範囲についても土砂災害警戒区域を逸脱するような事象は認められなかった。

#### 4.3 宮城県丸森町廻倉地区

当該地の地質は花崗閃緑岩を基岩とし、その直上部の風化土層内に長径 1~数 m の亜円礫状のコアストーンを大量に含む。さらにその直上位層は厚さ 20~40 cm 程度の褐色森林土壌である (図-10)。崩壊発生前の写真

(2009 年と 2018 年の Google Earth 画像データ) ならびに現地でのレーザー計測によると、今回の崩壊発生場の勾配は 15~35° 程度である。崩壊発生場ならびに崩土などの流下場を含む区域は杉の造林地であり、崩壊地縁辺部での杉の樹高は約 10~15 m、胸高直径は 10~20 cm である。当該地では、山体中腹の稜線近傍 (標高 288~330 m) の山腹斜面から複数の表層崩壊が発生し、その崩土が杉の植栽木を巻き込みながら流下し (崩壊発生場・流下場の植栽木はほとんどすべてが流失している)、勾配が緩くなる標高 214 m 付近から左側に流下方向を転じ、氾濫・堆積した。結果、最上流の崩壊地滑落崖から水平距離にして約 450 m 離れた箇所の本造 2 階建家屋を基礎から完全に流失させ (犠牲者 4 人)、その直下流の道路を乗り越えて氾濫・堆積した。最上流域の崩壊地滑落崖から堆積先端部までの水平距離は約 530 m であり (図-11)、等価摩擦係数を求めると約 0.28 となる。

最上流の崩壊地は、稜線部直下の谷地形を呈した山腹斜面 (勾配約 35°) において発生し、幅 20 m、長さ 40 m 程度、平均崩壊深 1.0 m 程度の表層崩壊 (以下、崩壊地①) である (図-12(a))。また、その直下流の左側稜線部付近直下の山腹斜面 (勾配 15~20°) において、幅 80 m、長さ 20 m 程度、平均崩壊深 0.5 m 程度の表層崩壊 (以下、崩壊地②) が発生した (複数の表層崩壊が発生した結果、形成された地形とも考えられる) (図-12(b))。崩壊地①と②の滑落崖には、基岩である花崗閃緑岩の直上位部の森林土層内に長径数 10 cm のパイプ孔が複数形成されており、パイピング崩壊が発生した可能性も考えられる。

崩壊地①と②による合計の流出土砂量は、2,000 m<sup>3</sup> 程度 (空隙込み) であり、崩壊によって粘土やシルトなどの微細土砂、砂や礫とともに多数のコアストーンが流出し、流下場・氾濫・堆積場に堆積している。コアストーンは、崩壊後の斜面にもその一部を地表に露出させ、地山に埋もれた状態で多く残存している。

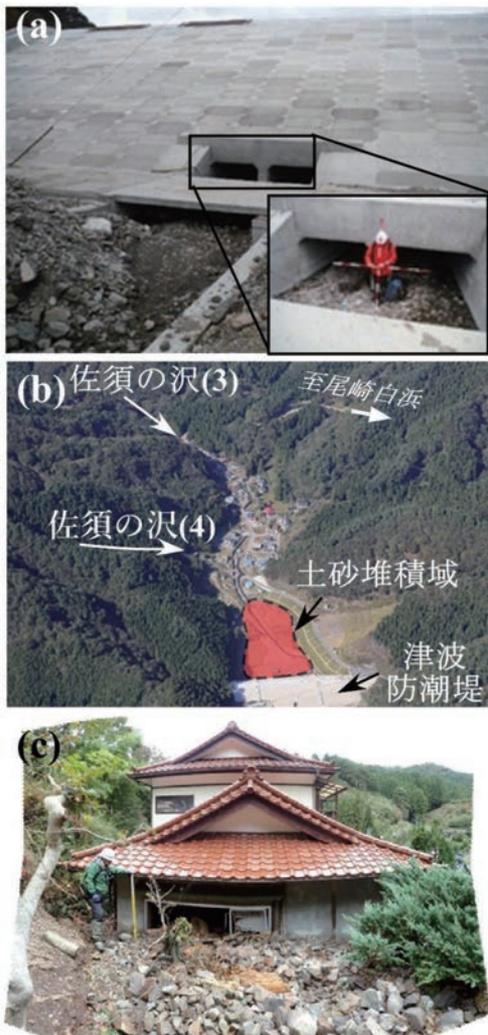


図-9 釜石市佐須地区での (a) 津波防潮堤ボックスカルバート直上流部の水路の土砂堆積状況、(b) 発災後の斜め写真 (岩手県提供写真に加筆)、(c) 佐須の沢 (4) 家屋の土砂堆積状況

Fig.9 Debris flow damages in Sasu area, Kamaishi City ((a) Sediment deposition at the upstream end of the box culvert of a tsunami coastal dike, (b) An oblique aerial photograph taken after the disaster. Texts and symbols were added on the photograph, that provided by Iwate Prefecture, (c) A house buried by sediment at the Sasu River (4))



図-10 崩壊発生場での基岩 (花崗閃緑岩) とその上位層の風化土層  
Fig.10 Bedrock of granodiorite, overlain by weathered soil observed at a landslide

崩壊地②の直下付近（標高266 m）から水平距離にして137 m 付近までの地点（標高213 m）の区間は、崩壊地①と崩壊地②の崩土が幅15 m 程度で流下した場であり、その縦断方向の縁辺部には、倒伏されたが流失に至らなかった樹木や流木が重なって堆積している。その流下場中央付近は、幅2~2.5 m、深さ2~3.0 m、水平距離130 m 程度、溝状に侵食され、基岩が露出した鏡石状態となっている（図-13(a)）。パイピング崩壊などによって発生した水（前述の滑落崖のパイプ孔から噴出）が、崩土が流下したのちに、表層の森林土壌とその直下部の風化土層を侵食した結果と考えられる。この区間からの流出土砂量は、約700 m<sup>3</sup>（空隙込み）である。

流下場末端付近から水平距離にして200 m 付近までの堆積先端部までの区間（勾配約11°）において、土砂

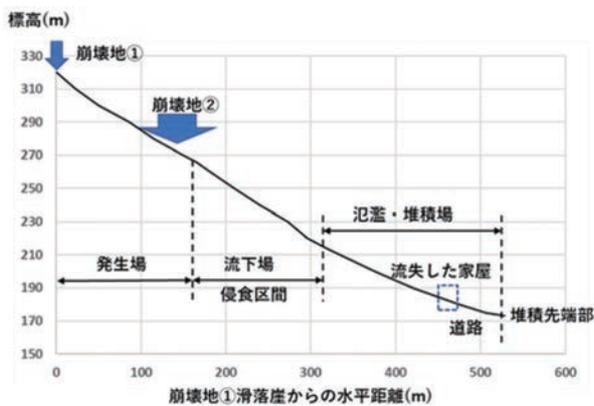


図-11 崩壊発生場・流下場・氾濫・堆積場の縦断図  
Fig.11 Longitudinal profile of the landslide showing the source, transportation, and deposition areas

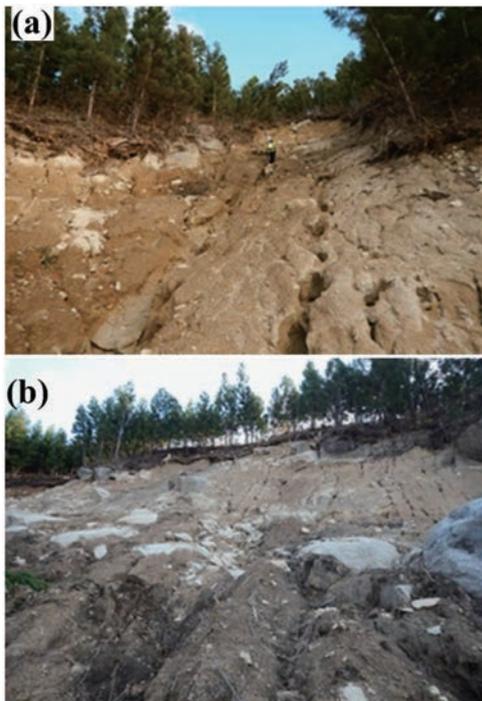


図-12 崩壊地 (a)崩壊地①と (b)崩壊地②  
Fig.12 Photographs of landslides  
(a) Landslide ①, (b) Landslide ②

や流木が氾濫・堆積した。氾濫・堆積幅の最大値は道路直上流での70 m 程度である。流下場末端付近での土砂の流動深は、その付近に残存した杉の樹皮剥離痕跡から約2 m と推定される。土砂の氾濫・堆積区間には、上流域から流出したと考えられるコラストーンが堆積表面付近に多く存在している。

流失家屋周辺部の道路沿いでの堆積物の厚さは1.5~2.0 m 程度である。堆積横断面の観察から、明瞭な層理は認められず、コラストーンや礫、砂などが混在していることが明らかであり（コラストーンは堆積表面近傍に多く存在する）、土砂が流動した方向に乱れた状態で氾濫・堆積したと考えられる（図-13(b)）。

#### 4.4 丸森町廻倉地区での山火事（森林火災）の影響

丸森町廻倉地区では、2002年3月17日に山火事が発生し、3月19日に鎮火した。この山火事は次郎太郎山（標高529 m）の西麓から出火し、延焼範囲は約180 ha にのぼった<sup>4)</sup>。火の手は家屋の約50 m まで迫ったが、家屋の被害や負傷者はなかった<sup>5)</sup>。今回現地調査を行った溪流の中流部の右岸側の斜面内には腐朽が進んだスギの根本部の樹皮に焦げた跡が残っており（図-14(a)）、2002年の山火事による影響と考えられる。また、山腹斜面には、山火事により被害を受けたスギを伐採して作ったとみられる木製筋工が残っていたが腐朽が著しく（図-14(b)）、その一部は今回の台風による地表流により侵食・破壊されていた（図-14(c)）。調査した溪流の流域のスギは、現地調査時の1~2年前に間伐されたと推定され、その根本の年輪は約15年であり、山火事の直後に植林されたものと推定される。2009年および2011年のGoogle Earthの画像を用い判読した2002年の山火事の跡地の範囲を図-15の水色で示す。図-15には、国土地理院のホームページで公表している斜面崩壊堆積分布<sup>6)</sup>（赤色）も示している。2002年の山火事から17年余りが経っており、山火事により樹林が消失、枯死したために根系が腐朽し、新たにスギを植林したが根系の発達が不十分であったために根系の緊縛力が周辺の山腹斜面よりも小さくなっていった可能性がある。しかし、廻倉地区での山腹斜面崩壊と土石流の発生には2002年の山火事山だけでなく、地形や地質、降雨量なども関係しているので、今後は総合的な検討が必要である。

#### 4.5 宮城県伊具郡丸森町新川流域

新川流域は、宮城県丸森町と福島県伊達市の県境に源を発し、内川と合流して丸森町中心地を流れ、阿武隈川へと合流する（図-16）。流域面積は約16.9 km<sup>2</sup>、流路長約6.8 km、平均溪床勾配約1/17（3.4°）である。飯塚地区より下流は、家屋等保全対象が分布する比較的溪床勾配の緩い地形であり、過去に洪水被害（1986年、1989年、1999年、2002年）が発生している。新川流域の地質は、主に花崗岩もしくは花崗閃緑岩からなり、これを被覆して氾濫源堆積物や崖錐堆積物、溪床堆積物などが沢や谷に分布する。流域内には、砂防堰堤5基、床固工

1基、谷止工1基が整備されている。

気象庁丸森観測所のデータによれば、10/11 23:00の降り始めから10/13 3:00の降り終りまでの連続雨量が427mm、10/12 3:00~10/13 2:00までの最大24時間雨量が420mm、最大時間雨量は10/12 23:00からの60mmであった。これは、丸森観測所の既往最大日雨量となる283mm(1986年8月4日)を上回る降雨であった。このような激しい雨に伴い、仙台管区气象台より、大雨注意報(10/12 12:48)、大雨警報(10/12 14:56)、大雨特別警報(10/12 19:50)、土砂災害警戒情報(10/12 15:20)が発表された。なお、土石流発生時刻については、住民のヒアリング結果等より13日の0:00~1:00頃と推察される。(図-4)

現地調査および空中写真判読の結果、土砂・洪水氾濫による被害は、人家約250戸、県道101号丸森梁川線、県道45号丸森霊山線への被害が確認された。流下断面の狭い橋梁などで土砂・流木の堆積・閉塞が生じており、この影響により、広い範囲で土砂・洪水氾濫が生じたものと考えられる(図-17(a))。

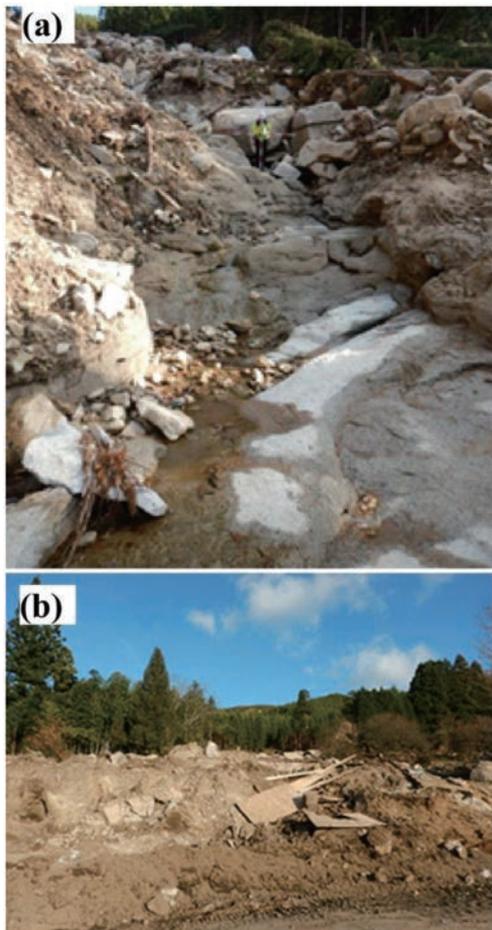


図-13 流下場・氾濫・堆積場における地形状況 (a)侵食により露出する基岩、(b)土砂氾濫・堆積区域での堆積状況

Fig.13 Topography observed at the transportation and deposition areas((a) Bedrock exposed by fluvial erosion, (b) Sediment deposition)

新川上流における崩壊地の例を示す(図-17(b))。幅10m、延長30m程度の崩壊地で、地形は0次谷、遷急線の直下で発生している。崩壊面に弱風化の花崗閃緑岩、崩壊地の縁辺部にはコアストーンを含むマサ土、崩壊地の下部には洪水の流下跡、パイプ孔の径は0.3m程度で周囲の斜面は緩んでおり、斜面の上部には段差を伴う開口亀裂が観察された。このような崩壊地が溪流沿いに多数確認された。

上述の観察結果より、崩壊の発生機構を以下のように想定した。通常の降雨であれば0次谷内の土砂、真砂土(強風化花崗岩)に降雨が浸透し浅い地下水流として流出していた。しかしながら、連続雨量427mmとこれまで流域が経験したことのない雨量により、0次谷の強風化花崗岩(コアストーンを含むマサ土)とその上位の崩積土の全層が降雨により飽和するとともに、0次谷の下部が本流の側方侵食により流出し上位の斜面が不安定化、岩盤とその上位のマサ土・崩積土層との境界部の間隙水圧が上昇し、せん断面が境界部に形成されマサ土、崩積土層が崩落したものと考えられる。これまでの降雨では

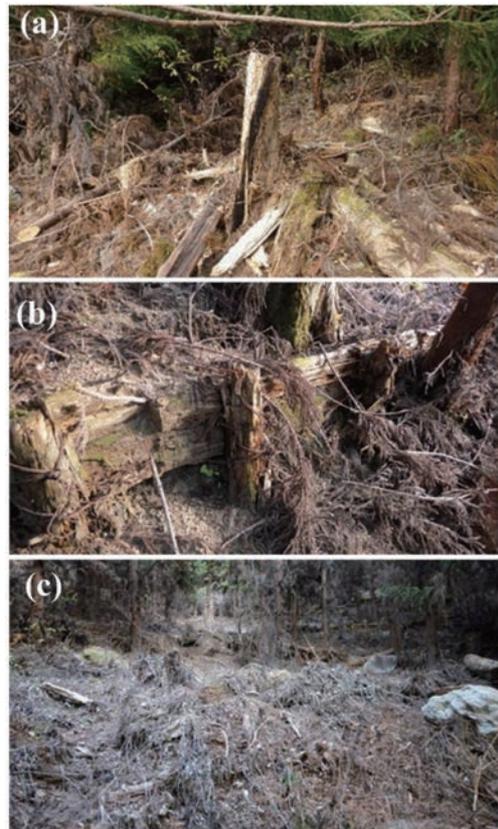


図-14 廻倉地区の溪流中流部右岸側斜面で見た2002年の山火事痕跡 (a)スギの樹皮の焼け跡、(b)山火事により被害を受けたスギで作られた木製筋工、(c)台風による木製筋工の侵食・破壊

Fig.14 Evidence of the forest fire in 2002 on the right bank at the middle section of a river in Mawarugura area, Marumori-machi ((a) Burned tree bark of Japanese Cedar, (b) Horizontal step work made of the burned Japanese Cedar, (c) Horizontal step work eroded by the Typhoon Hagibis)



図-15 丸森町北西部における斜面崩壊・堆積分布<sup>6)</sup>と山火事跡地の範囲 (推定)

Fig.15 Distribution of the Typhoon Hagibis-induced landslide<sup>6)</sup> and the estimated areal extent of the forest fire in-2002

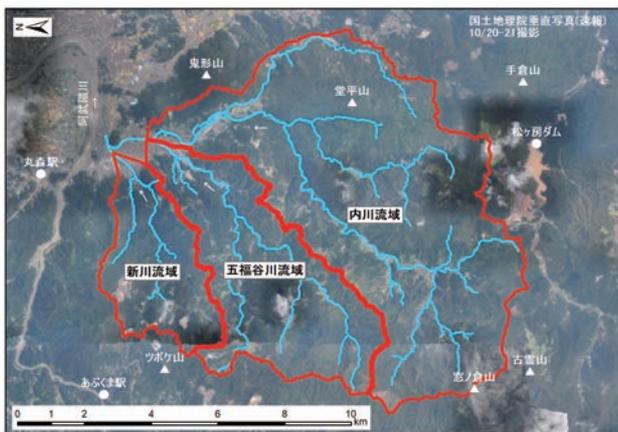


図-16 新川流域図 (国土地理院垂直写真<sup>7)</sup>に加筆)

Fig.16 Drainage area of the Shinkawa River (The vertical photo after Geospatial Information Authority of Japan<sup>7)</sup>)

崩壊していない斜面 (真砂土、崩積土の層厚が厚い) において崩壊が多発することともに、河床・河岸の侵食も発生し、一部が土石流となり流出、大量の土砂・流木が谷底の平地に土砂・洪水氾濫を発生させたと考えられる。

#### 4.6 宮城県伊具郡丸森町大畑地区

本地区は、丸森町中心部より南西に約5 kmに位置する。本地区は、新川の左支川である土石流危険溪流である大畑沢 (流域面積は約0.26 km<sup>2</sup>) の谷出口に存在し、土砂災害警戒区域および特別警戒区域に指定されている。大畑沢流域の地質は、前期白亜紀の北上花崗岩類が主体である。

本流域の位置図、土砂災害警戒区域の指定範囲、国土地理院による空中写真判読結果および写真撮影位置を図-18に示す。本流域においては、複数の主に2つの河道において土石流が流下し、谷出口の集落まで到達した。土石流の流下範囲は国土地理院の判読結果によると、概ね土砂災害警戒区域の範囲内であった。

左支川で発生した表層崩壊は、分水嶺付近を源頭部として、幅約20 m、長さ約15 mにわたり表土の流出が認められた。また、源頭部直下のスギを主体とする林地では、源頭部の崩土が流下した範囲等において表土が侵食



図-17 新川における (a)土砂・洪水氾濫による家屋の埋没、(b)崩壊地

Fig.17 Sediment disaster in the Shinkawa River ((a)A house buried by sediment and flood disasters, (b) An example of a landslide)

し、複数の倒木が認められたが、侵食面には樹木根系が残存している状況が認められた (図-19(a))。

左支川の平均勾配は、標高200 m以上の区間 (上流区間) で約15°、右支川までの合流点までの区間 (下流区間) で約8°であった。上流区間においては、土石流の流下に伴い幅約6 m、侵食深1 m未満の侵食が生じ、溪床の基岩が露出する状況が認められた。一方、下流区間においては、図-19(b)に例を示すとおり、幅約6 m、侵食深2 m程度の侵食が生じており、溪床および溪岸には、数10 cm程度の花崗岩の礫が多数確認された。また、本区間においては、左右の支川から土砂が流入した形跡が認められたが、合流点付近の河道内に土砂の堆積は認められなかった。右支川については UAV を用いた撮影を実施し、左支川同様に、分水嶺付近に崩壊深の小さい表層崩壊が存在すること、溪流では侵食が主に発生していることが確認された。本流域では、左支川・右支川の合流部より下流は堆積が主体となり、谷出口においては、図-19(c)に示す最大1 m程度の礫の流下が認められた。

#### 4.7 五福谷川 (薄平地区)

丸森町薄平地区では、五福谷川左支川から土砂流出があり、流出した土砂と流木が広く氾濫した。この土砂流出により氾濫範囲内に位置する家屋の流出や損壊の被害がでたものの、多くの住民が避難していたこともあり人的被害は発生していない。なお、調査を実施した五福谷川左支川はいわゆる0次谷であり、土石流危険溪流の指定はされていなかった。一方でこの溪流の谷出口斜面は

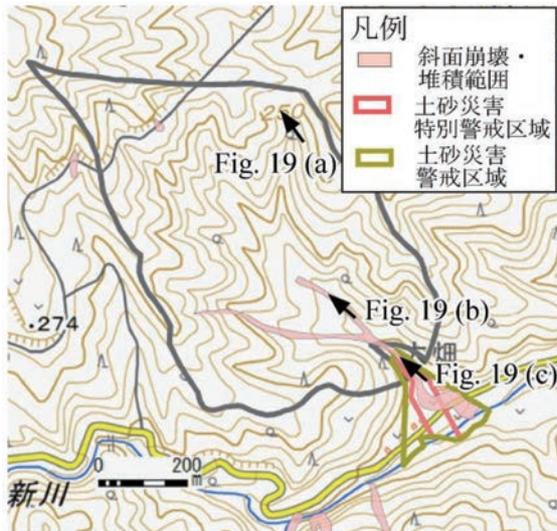


図-18 大畑沢流域における斜面崩壊・堆積範囲<sup>6)</sup>と土砂災害警戒区域と土砂災害特別警戒区<sup>6)</sup>の指定範囲

Fig. 18 Distribution of the Typhoon Hagibis-induced landslide<sup>6)</sup>, sediment disaster alert area and sediment disaster special alert area in the Ohata River (arrows indicate the figures in Fig. 19)

土砂災害警戒区域（急傾斜地）に指定されていたほか、隣接する溪流が土石流危険溪流で土砂災害警戒区域に指定されていたことから、薄平地区集落一帯は結果的に土砂災害警戒区域となっていた。この0次谷流域の地形は1/25,000 地理院地図からの読み取りで源頭部から谷出口までの水平距離約210 m、上流域の溪床勾配は21°程度、谷出口付近は高さ11 m程度の急斜面（斜面勾配約40°）となっている。また、流域の地質は花崗岩が主体である。さらに、周辺に残存する立木の状況から、谷出口付近の急斜面上の植生は根系深さ1 m未満の竹林で、それより上流域は胸高直径0.2~0.4 m程度のスギの人工林で、根系の深さは1 m程度であったと推定される。

土砂移動状況として、まず流域の源頭部では、尾根直下で崩壊斜面長さ約20 m、高さ約10 m、幅約6 m、深さ1 m程度の小規模な崩壊が確認できた（図-20(a)）。崩壊斜面下部の土砂移動領域はマサ土が露出しており、一部に直径0.3~1.5 m程度の花崗岩質の礫が点在するように埋没して顔を出していた。谷沿いの土砂移動領域は表土が剥削されているが根茎が一部残存しており、深く侵食されていない。一方、溪岸部の一部の立木（スギ）の表皮には地際から1 m程度の高さに削痕が確認できた。なお、土砂移動領域は調査時点（2019年12月1日）では明瞭な谷地形を呈しており、流水はなかったが、深さ約1 m以下のガリーが発達していた（図-20(b)）。谷出口下流の土砂堆積領域では土石流フロントを形成したような明瞭な巨礫群の堆積は確認できず、また、溪岸部のスギの一部は流出しているが、流出したスギ樹幹の表皮はほとんど剥けておらず石礫と一体となって長距離を移動した形跡も確認できなかった（図-20(c)）。以上よ

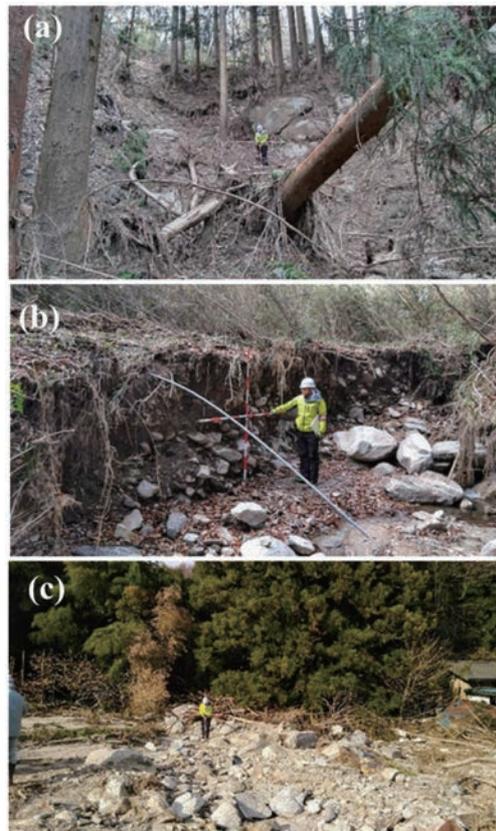


図-19 大畑沢左支川における被災状況 (a)崩壊源頭部の直下の斜面、(b)下流区間における侵食状況、(c)谷出口における堆積状況

Fig. 19 Sediment disaster on the left bank of the Ohata River ((a)Source area of a landslide, (b)River bank erosion in the downstream section, (c)Sediment deposition at outlet of the drainage)

り本流域では降雨時に生じた源頭部の小規模崩壊を起源とした土砂が谷部表層のマサ土を1 m未満の深さで侵食しつつ、一部礫を巻き込みながら流下して、流木とともに下流に流出・氾濫したものと推定された。

#### 4.8 丸森町内川石倉地区

内川は丸森町中央部を南から北へ縦断する川で、阿武隈川に南から流入する右支川である。石倉地区は町役場の南4 kmにあって、内川の周辺に発達した沖積地と西側丘陵地との縁辺の河岸段丘上に位置する。今回の豪雨を起因とする丘陵地内溪流からの流出土砂によって家屋が被災した。当該地区は土砂災害警戒区域に指定されているが、通常流水はなく、砂防等施設も存在しない。

当該溪流の被災家屋地点での上流面積は約0.06 km<sup>2</sup>である。溪流は標高約250 mをピークに高さ2 m未満の溪岸侵食が連続するほか、ところどころに尾根付近からの幅10 m未満の表層崩壊が左右岸に分布しており、V字谷のまま比高差150 mを平均溪床勾配約25°で下る。標高80 m付近の谷出口には今回流出した崩壊土塊が扇状に広がり、立木のない土砂堆積域を形成している。さらに少量の花崗岩類のコアストーンと細粒土砂が下流へ移動し、家屋と町道を流下して沖積地の田畑にも一部堆

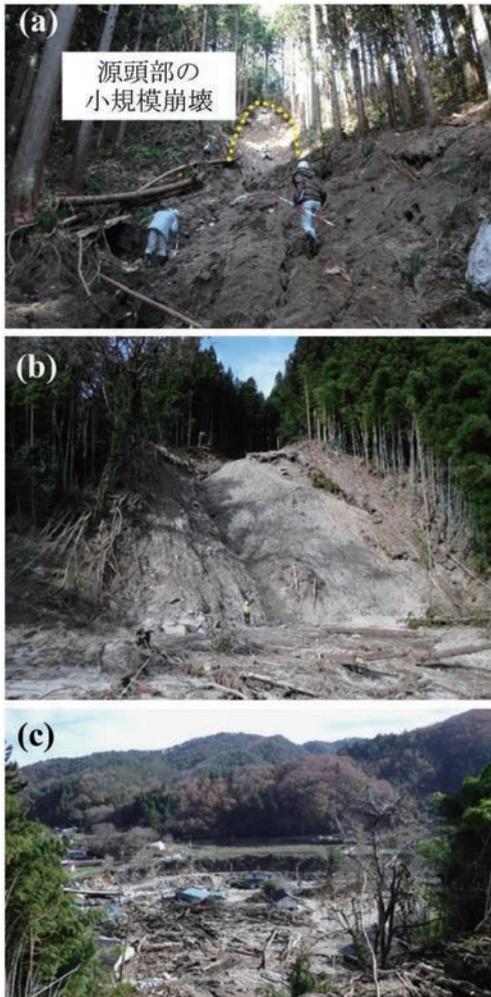


図-20 五福谷川左支川における被災状況 (a)源頭部の小規模崩壊, (b)谷出口付近の急斜面, (c)土砂堆積領域の状況

Fig. 20 Sediment disaster on the left bank of the Gofukuya River ((a) Small-scale landslide at the upstream of the river, (b) Steep slope near the outlet of the river, (c) Sediment deposition)

積した。地質は花崗閃緑岩を基岩とし、表層に黒色腐植土やマサ土が0.2~0.5 m程度堆積する。標高65 m付近の侵食底面には還元色を示す堆積岩が一部露出するが、全体移動土砂量にはカウントできない程度の量である。

上流の谷幅は狭くV字谷を成しており、谷底には花崗閃緑岩が露岩する。表土の下端に見られる新鮮な根茎の露出や未崩壊斜面の表層に無数に見られる湧水孔(径0.5 cm程度)などから、上方からの表流水等による溪岸侵食だけでなく、地下水位上昇による表層土の著しい飽和に伴う溪岸表層崩壊が至るところで併発したとみられる。主たる流下経路上では立木や表土、表層付近の花崗岩類の球状風化によるコアストーンの転石・浮き石を取り込みながら流下・移動したとみられるものの、溪床幅を拡大するような侵食は起きていない。尾根付近からの表層崩壊のいくつかは、主流路へ新たな土砂を供給することなく斜面に不安定土砂を堆積させて停止したと

みられる(主な堆積域は家屋より100 m上流に形成)(図-21(a))。なお、溪岸では複数の炭焼窯跡が露出していたことから、上流斜面ではわずかながら人的地形改変もあったとみられる。

現地においては上流域の崩壊や溪岸の状況に比べて、堆積域における土塊量が多い印象を受ける。これは今回の災害発生前から堆積域として地盤が高かったことに加えて、表土層の薄さ(0.2 m程度)から流出土砂量は比較的規模が小さいものの花崗岩類由来の巨石(径2~5 mのコアストーン等)の流出とそれに伴う流木の混在によって、実際の流出土砂量よりも空隙が多いため、見かけ上の土砂量が大きくなったとみられる。

さらに標高80 m付近の扇状堆積域より下流では、溝状の侵食地形(深さ最大1.5 m程度)が形成された。元来、上流域に比べて崩積土や表土層が厚く形成され、花崗岩類の基岩が深いことから表面地盤が侵食されやすかったものとみられる。被災家屋は既往の空中写真、土砂災害警戒区域調書等との比較、現地調査結果から3棟とみられる。いずれも被災家屋背後の堆積域でとどまることなく流下した。被災家屋の住民へのヒアリング結果から、土砂が家屋に到達したのは午後10時過ぎと判明した。人的被害は起きていない。コアストーンを含む土石流ロープは居住者のいない作業小屋で家屋付近における土砂は厚さ0.3 m程度にとどまっており、細粒土砂の流れによる被災が主である(図-21(b))。

#### 4.9 福島県南相馬市原町区(大川原子迫)

当箇所は、常磐自動車道南相馬ICから西へ約3 km、県道12号付近に位置する。流域面積は小さく(約0.2 km<sup>2</sup>)、急峻な地形(最上流部30°程度、平均河床勾配約1/4.8)を呈し、源頭部から谷出口まで直進的な谷形状(流路長約2.2 km)の1次谷溪流である(図-22)。地質は白亜紀の北上花崗岩類を主体し、流域内には花崗岩礫を主体とする崩積土が厚く堆積している。

当該溪流では、土石流が発生した。土砂流は土石流停止後も継続し、さらに下流に大量の土砂を流出させた。当該流域は氾濫開始地点での流域面積は小さいものの、発生した土石流・土砂流は破壊力が大きく、全壊1棟、半壊1棟の被害を与えた。流出した土砂は、約14,300 m<sup>3</sup>で、8基の治山堰堤が整備されていた。これらの施設は袖や水通し部分の破損が顕著であり、氾濫開始点付近の低ダムでは、袖が破壊され下流へ流出している(図-23(a))。低ダム群の下流水路沿いには杉林が広がっており、その地点より上流域で氾濫範囲が広がっている。杉林の樹林内には土砂・流木が堆積集積している。水路沿い(左右岸)には堆積した流木が顕著に認められることから、土石流が発生した際、水路が土砂・流木等により閉塞され、その後、決壊したため、家屋を全壊するような破壊力を得たものと考えられる(図-23(b))。土石流堆積物の大部分はマサ土である。流木を伴い、礫は多くないものの最大径0.3 m程度のものが混じっていた。



図-21 石倉地区における被災状況 (a) UAVで撮影した溪流全景と被災家屋, (b) 図(a)のC地点における土石流の堆積場

Fig. 21 Sediment disaster in Ishikura area ((a) An UAV aerial photography of the study area, (b) Debris flow deposit area. The location is indicated by C in Fig. 21(a))

その下流域は細粒土砂が堆積している。水路は侵食が著しく(侵食幅2.5m×侵食深2.0m), 土石流停止後も大量の土砂流が流下したものと推定される(図-23(c))。

### 5. まとめ

今回の台風第19号による東北地方の土砂災害発生箇所は501箇所(全国では952箇所:2019年12月24日時点)と報告されているが<sup>1)</sup>, そのうち, 今回は9箇所を砂防学会災害調査団として現地調査を実施し, とりまとめた。本台風により東日本を中心に20都県にわたって広域にわたる同時多発的な950件を超える土砂災害が発生し, 台風に伴う土砂災害としては, 過去最大の発生件数(1982年統計開始以来)となった。

宮城県丸森町新川, 五福谷川などでは2018年の西日本豪雨に引き続き, 土砂・洪水氾濫が発生した。今後, 直轄砂防事業に着手することとなっている。調査箇所の全体の特徴としては, 大規模な崩壊は発生しておらず, 過去の土石流堆積物など河床堆積物の再移動や溪岸崩壊による土砂流出が主体である。これは本地域が花崗岩類などが広く分布しているなど, 地質や地形との関連があ

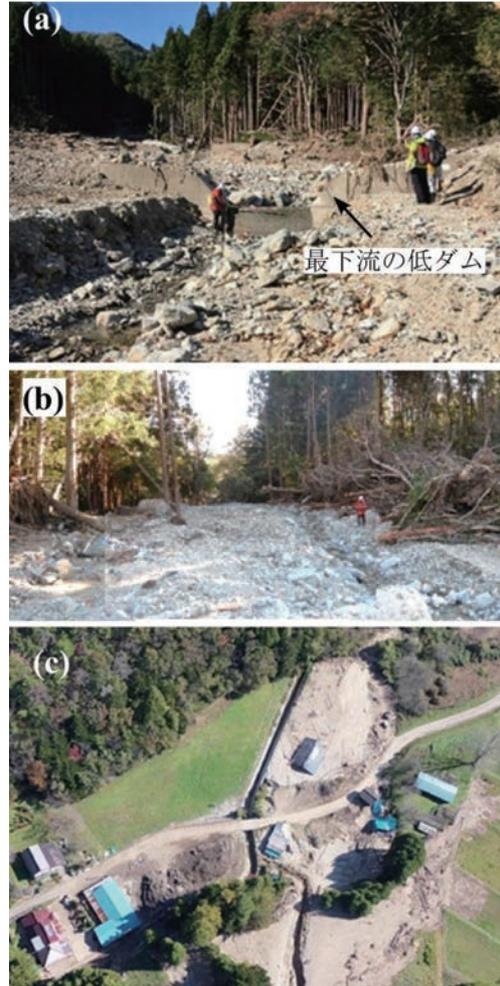


図-23 南相馬市原町区における土砂流出状況 (a) 土石流の堆積状況, (b) 河道閉塞後の決壊地点, (c) 土砂・洪水流により侵食された本川河道

Fig. 23 Sediment runoff in Hara-machi, Minamisoma City ((a) debris flow deposition, (b) Breached location of the river blockage, (c) The main channel eroded by sediment runoff)

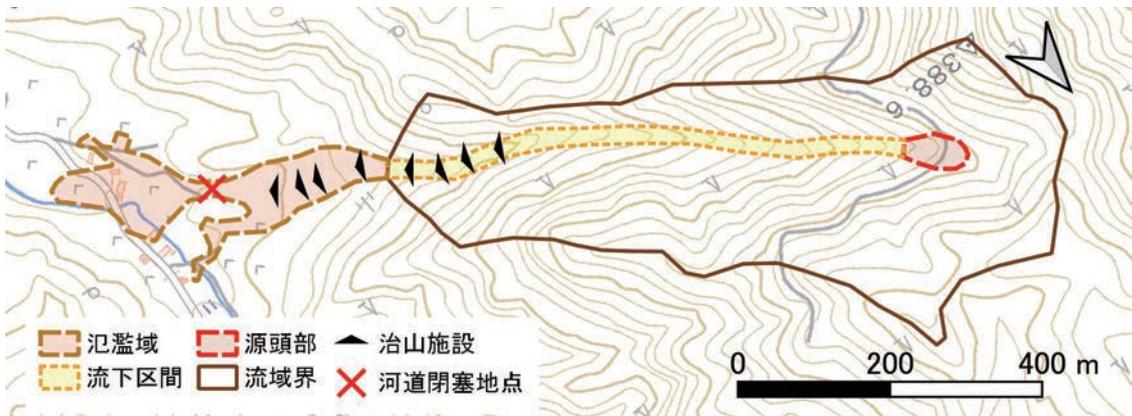


図-22 南相馬市原町区における被災状況  
Fig. 22 Sediment disaster in Hara-machi, Minamisoma City

ると考えられる。また、東北地方は2016年に台風10号が気象庁の統計開始後、初めて東北地方の太平洋側から上陸したように、いわゆる雨慣れしていない斜面が多く、今回のような溪流流量の増大時に土砂流出が生じやすい一因となったと推定される<sup>3)</sup>。

今回の土砂災害の多くは土砂や流木が原因で、暗渠などの狭窄部に流木や土石流が堆積して洪水を生じさせたほか、その洪水氾濫が低地に集まり内水氾濫が生じていることもわかった。これは「土砂や流木に起因する内水氾濫」とでも呼ぶべき特徴といえる。しかし、今後の住民の警戒避難体制を考える上で、小さい支川など大変数が多く、100%の土砂や流木の防止はできないことを住民にも知ってもらう必要がある。逆にこうして止めたことで下流の被害を軽減した効果も評価すべきである。一部の土砂災害は土砂災害警戒区域に指定されていない箇所でも発生しており、今後詳細な調査が必要である。

最後に、現地調査を実施するにあたり多大なご便宜を図って頂いた国土交通省東北地方整備局、林野庁東北森林管理局、岩手県、宮城県、福島県の砂防部局、治山部局の皆様へ感謝申し上げます。なお、現地調査に同行し、助言を頂きました牧野陽一氏、古賀勇輝氏、戸谷千鶴氏（アジア航測(株)）および石川丈瑛氏（岩手大学農学部）の皆様にも感謝の意を表するとともに、被災地の一日も早く復旧と復興を心よりお祈り申し上げます。

## 参考文献

- 1) 国土交通省砂防部記者発表資料：台風第19号は台風に伴う土砂災害として過去最多を記録：令和元年の土砂災害発生件数の速報値を公表，<http://www.mlit.go.jp/report/press/content/001321288.pdf>，参照2020-01-27，2019
- 2) 気象庁速報資料：台風第19号による大雨，暴風等 令和元年（2019年）10月10日～10月13日，[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/jyun\\_sokuji\\_20191010-1013.pdf](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/jyun_sokuji_20191010-1013.pdf)，参照2020-01-27，2019
- 3) 井良沢道也・檜垣大助・小岩直人・高橋未央・岡本隆・安野雅満・多田信之・中島達也・新井瑞穂・落合達也・笠原亮一・齋藤彰朗・佐藤聡・広瀬伸二・講武学・佐藤達也・大坪俊介・真壁さくら：2016年8月30日台風10号による岩手県岩泉町及び宮古市における土砂災害，砂防学会誌，Vol. 69，No. 6，p. 71-79，2017
- 4) 読売新聞：宮城・丸森町で山火事，2002年3月18日
- 5) 読売新聞：丸森の山火事丸1日かけ鎮圧「バーナーの火移る」通報＝宮城，2002年3月19日
- 6) 国土地理院：令和元年台風第19号に伴う斜面崩壊・堆積分布図（丸森地区），[https://maps.gsi.go.jp/#14/37.912276/140.705938/&base=std&ls=std%7C20191012\\_typhoon\\_19\\_syamenhoukai\\_taiseiki&disp=11&lcd=20191012\\_typhoon\\_19\\_syamenhoukai\\_taiseiki&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=v](https://maps.gsi.go.jp/#14/37.912276/140.705938/&base=std&ls=std%7C20191012_typhoon_19_syamenhoukai_taiseiki&disp=11&lcd=20191012_typhoon_19_syamenhoukai_taiseiki&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=v)，参照2020-01-26，2019
- 7) 令和元年（2019年）台風19号に関する情報：空中写真（垂直写真（速報）・斜め写真・正射画像・正射画像（速報）），[https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1.taihuu\\_19\\_gou.html](https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1.taihuu_19_gou.html)，参照2020-01-26，2019

(Received 9 January 2020 ; Accepted 10 February 2020)