

平成16年7月の福井豪雨の堆積学的側面 (足羽川中流部における浸食, 運搬, 堆積作用)

服部 勇*・山本 博文**

Sedimentological Aspects of Fukui Heavy Rainfall on July 18 of 2004 (Erosion, transportation, and deposition of debris in the mid-stream area of the Asuwa-river)

Isamu HATTORI* and Hirofumi YAMAMOTO**

要 旨

平成16年7月18日に発生した福井豪雨は、福井市中心部とのみならず足羽川沿いの山地部にも甚大な被害を与えた。大きな物的被害は足羽川沿いの数ヶ所における堤防の崩壊、河川沿いの道路の侵食、いくつかの鉄橋と道路橋の破壊、そして谷底平野への巨大な岩塊の運搬・堆積である。多くの住宅の壁、樹木の幹、そして橋脚に残された水位の痕跡は、最高水位が川岸の道路から2 m高い位置に達していたことを示している。この激流は、岩塊、砂、そして泥などの、異常なほど多量の碎屑物を含んでいた。最大の岩塊は長径が4 mに達した。この激流によって運搬された礫のサイズと谷底平野に氾濫した流水は、最大侵食流速が毎秒10mに達したことを示唆する。これらの観測は、福井豪雨によるこの地域の洪水が単に足羽川の水位の上昇だけではなく、泥、砂、そして礫を含む高密度流であったと特徴付けられることを示している。これらの観察に基づき、この地域における洪水災害の防止策に関し、いくつかの助言と提案を提示した。

キーワード：福井豪雨，足羽川，堆積学，速度，災害

1. はじめに

2004年(平成16年)7月18日未明から福井県嶺北地域に降り始めた梅雨末期の雨は次第に激しさを増し、福井地方気象台の気象速報等によれば、足羽川下流部右岸(福井駅南側)に位置する福井地方気象台で、午前6時01分からの1時間降水量54.5mm、午前8時01分からの1時間降水量75mm、7月18日の日降水量197.5mmを計測した。午前8時01分からの1時間降水量75mmは、1940年1月～2004年9月の統計期間中では最大であり、午前6時01分からの1時間降水量54.5mmも2番目の56.2mm(1953年9月14日)、3番目の55.4mm(1956年8月4日)に匹敵する非常に激しい降雨であった。また18日の日降水量197.5mmは、1897年1月～2004年9月の統計期間中では1933年7月26日の日降水量201.4mmに次ぐ2番目の記録であった。足羽川中流域に位置する美山町でも午前6時10分からの1時間降水量96mm、18日

の日降水量283mmを計測した。この猛烈な雨により、福井市内では午前中にまず内水氾濫による浸水が広がった。正午頃には福井市中心部付近で急激に増水した足羽川からの越流が始まり、午後1時34分には足羽川左岸、福井市春日1丁目付近で長さ約50mにわたり破堤し、大量の濁流が住宅街に流れ込んだ。破堤後、足羽川の水位は次第に下がり、市街地への流入が減少するとともに、同日夕方には仮締切工事が開始され、翌19日には一部を除き水が引いた。

福井県などが、2004年9月1日現在で整理した被害状況は、死者4名、行方不明1名、重傷者4名、軽傷者15名、全壊住宅66戸、半壊住宅135戸、一部損壊住宅228戸、床上浸水4,052戸、床下浸水9,675戸である。

この水害は、被害の激しさにおいて尋常ではなかったが、豪雨の結果として発生した崩落や土壌侵食、土砂の運搬、それに堆積といった堆積学的側面も特異なものであった。この論文では、足羽川中流域での土石

*福井大学教育地域科学部地域環境講座 〒910-8507 福井市文京3-9-1

*Department of Regional Environment Studies, Fukui University, Bunkyo, Fukui City, Fukui 910-8507, Japan

**福井大学教育地域科学部理数教育講座 〒910-8507 福井市文京3-9-1

**Department of Sciences and Mathematics, Fukui University, Bunkyo, Fukui City, Fukui 910-8507, Japan

の運搬に焦点を当て、激流の痕跡の地質学的観察を通して明らかとなったいくつかの事実を報告する。

福井豪雨水害に関する公的調査として、福井県が設置した「平成16年7月福井豪雨足羽川洪水災害調査対策検討会」、「山間地集落豪雨災害対策検討委員会」と地盤工学会が設けた「平成16年7月福井豪雨による地盤災害の緊急調査団」および文部科学省の科学研究費補助金による「平成16年7月新潟・福島、福井豪雨災害に関する調査研究班（代表：高濱信行）」による調査がある。各調査グループにより、この災害の緊急調査報告書が公刊されているので、本稿で触れられていない多くの分野については、それらの報告書を参照されたい。

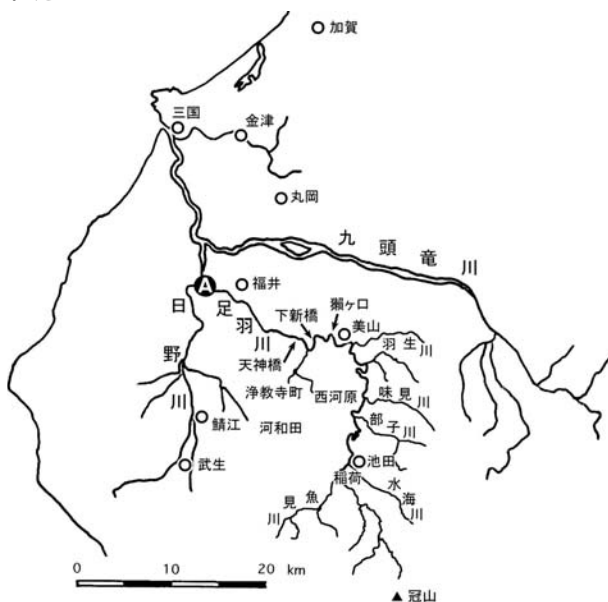


図1 福井県足羽川の位置を示す図（基図に帝国書院1997年発行の「新詳高等地図」のp.97の一部を使用した）。

2. 地形

福井県足羽川は、福井県と岐阜県との県境の秀峰、冠山（標高1256.6m）を最上流の水源とし、約15kmの山岳地帯（南条山地）を蛇行しながら今立郡池田町稲荷の小盆地（標高約225m）に達する（平均勾配約3.9°）。この地点で、魚見川と合流する。稲荷からは勾配を緩くし、足羽郡美山町瀬ヶ口まで北上し、その後西進し、福井市天神橋を経て福井平野の中央を横切り、日野川と合流する。稲荷から天神橋（標高約23m）までの約32.5kmは山地部を流れるが、両側には断続的に狭い谷底平野が発達する。この間は、足羽川の中流域とみなせる（平均勾配約0.36°）。天神橋と日野川との合流点（距離にして12.5km）の標高差は8mほどである。この間は足羽川の下流域である（平均勾配約0.037°）。

足羽川は、池田町稲荷で魚見川と合流した後も、水海川、部子川、味見川、羽生川、芦見川、一乗谷川などの小河川と合流し、福井平野に至る（図1）。平成16年7月18日の福井豪雨では、中流域の足羽川は上流域からの水に加えて、これらの小河川から水の補給を受け激流となり、溢流・越流し、河川に沿って分布する小集落、構造物、道路、谷底平野に甚大な被害を与えた。

この水害による足羽川中流域における浸水範囲、浸水高・堆積物層厚の概要は、廣内・堀（2004）が図示しているため、そちらも参考にされたい。

3. 浸食・運搬・堆積

3-1. 渓流部

今回の豪雨による山地部での浸食は規模の小さいものが多かった。空中写真で見ても、大規模な地入りや崩壊・崩落は認められず、渓流に堆積していた土石が流出しただけであった。そのため、遠くから見ると、岩盤が露出した渓流が“爪による引っ掻き傷”のように見える。その中で最大規模の土石流が西河原のやや北の沢で発生した（図2）。写真1は、その渓谷の状態である。側岸の下部2～3mが浸食され、岩盤が露出している。倒れかけた杉の根元1mの樹皮がめくれているので、ここでは、その高さまで土石流が達したことが分かる。この渓流の足羽川への出口では多量の土石が堆積し（写真2）、一部は足羽川の対岸まで達している。おそらく不完全ながら一時的な河道閉塞が発生したものと推察される。

小溪流からの土砂排出は渓流出口が小さくても、道路を寸断する程度の量の土石を排出しうる。写真3の中央部に幅1mほどの渓流出口が存在する。その出口から排出されたと思われる土石が崖下に大量に堆積している。渓流そのものの規模が小さくても、それでも被害が発生する恐れがあることを示す。

渓流から流れ出た土石は渓流勾配が緩くなる場所に堆積する。そこに集落があると、その集落は被害を受ける。写真4は住宅に入り込んだ土石を示す。住宅内では、最大サイズ1mに達する巨礫が床上1mの高さまで堆積している。土石堆積物にはほぼ水平にラミナが発達するので、短時間内ではあるが、流れによる土石の運搬能力に変動があったことを示し、そのために、この住宅は徐々に埋もれていき、倒壊を免れたのである。

渓流出口での激流の激しさを物語る事実が写真5と写真6で示されている（浄教寺町南端部）。写真5の

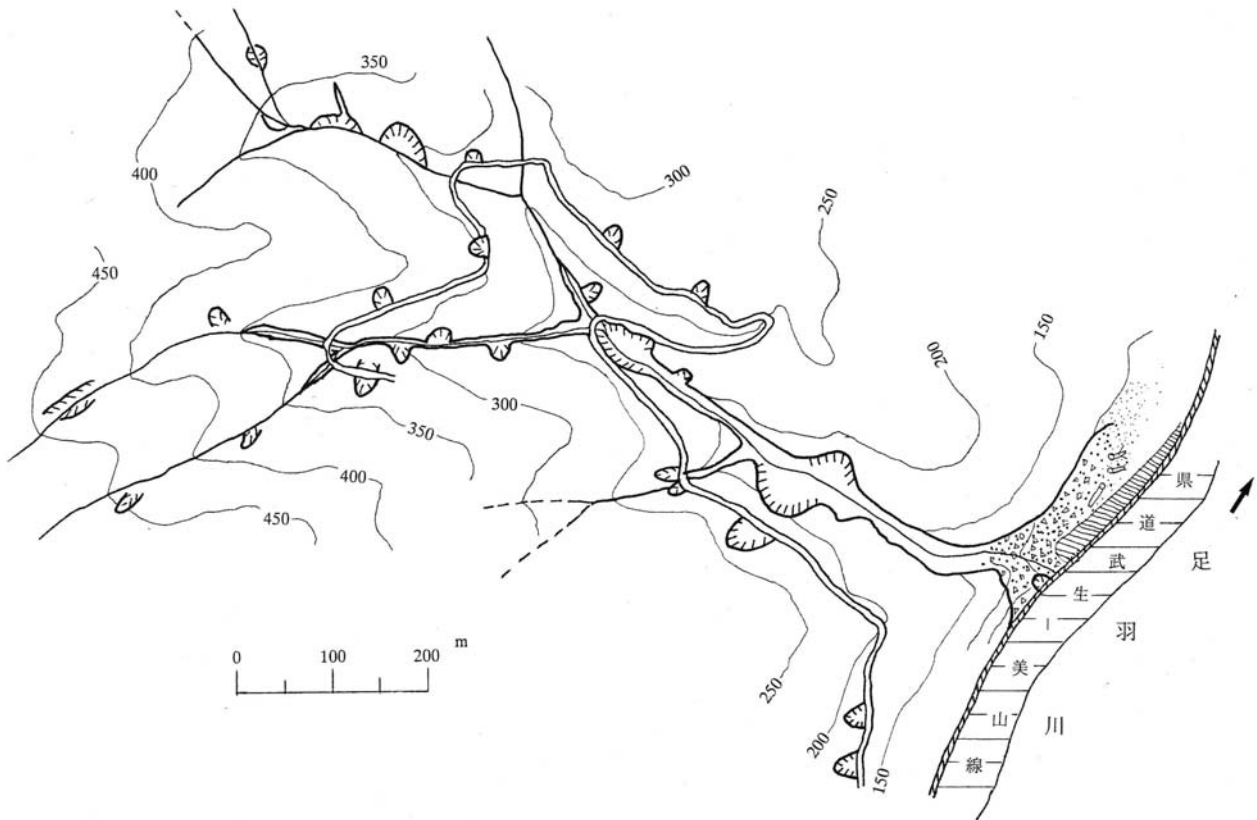


図2 西河原の土石流発生溪谷の調査図．土石流は、溪谷に堆積していた土石に加えて、溪谷の両側で発生した多数の小規模な崩壊により供給された土石を集めて足羽川に流れ込んだ．林道沿いにも小さな崩壊が多数発生している．

右側には高さ2.5m程の護岸壁がある．護岸上部には樹皮のめくれた杉が立っている．手前の杉の中央部が写真6に写っている．樹皮がめくれた樹幹に長さ10cm、幅3cmほどのコンクリート破片が突き刺さっている．奥行きは不明であるが、数cmはあるであろう．恐らく、大きなコンクリートブロックの角が杉の木に衝突し、先端部が樹幹に突き刺さり、ブロック本体は折れ、分離し、流され、杉の幹に入り込んだ破片だけが残されたものと推察される．

3-2．足羽川中流部

足羽川中流部では、上流部からの河川水に、側方から供給された渓流水を加えて、激流となった．激流により、河岸が激しく浸食された．写真7は浸食された足羽川護岸壁を示す．写真の中央のコンクリート仕切り（矢印）から奥は田畑および国道であり、コンクリート仕切りの手前が本来の足羽川であった．すなわち、足羽川の流路が攻撃斜面側へ移動したことを示している．

谷底平野に存在する田圃の表面は比較的浸食に対する強度が大きく、洪水が流れた程度では浸食は起きない．しかし、どこか1ヶ所でも弱いところがあると、

そこから浸食が始まる．田圃の地表面近くは粘土質であり、また稲の根などがあり、比較的強固であるが、表面から20cmも入ると、締まりの悪い土石であり、浸食に対して無抵抗である．そのため、下の方からえぐられ、上部が落下するという方式で浸食がすすむ（写真8）．この場合、浸食は下流側から上流側へと進行する．

足羽川に沿って多くの谷底平野が発達する．谷底平野の田圃は足羽川河床より2mほど高いところにある．足羽川の現水路とは低い護岸壁やあるいは堤防で区切られている（写真9）．写真9の左中央部に巨礫が存在する（この写真は11月頃撮影）．水害直後（1週間後）のこの巨礫の状態が写真10に示されている．石灰岩のこの礫の長径は135cmである（礫の上面にカメラのキャップがある）．不思議なことに周囲の稲は青々として全く倒れていない．写真9には、稲刈りをした田圃にいくつかの大きな礫が存在する．写真でははっきりしないが、これらの礫はほぼ一直線に配置している．この田圃には砂や泥が堆積していない．砂は、田圃2枚超えた先（約50m先）から堆積している．

谷底平野に入り込む礫について、もう1例を紹介する．写真11は美山町高田の谷底平野である．この平野

と足羽川との間に高さ約2mの堤防（足羽川河床から約5mの高さ）がある。足羽川が溢れ、破堤し、激流が写真11の左下から中央上へ流れ込んだ。手前の方は田圃の表土（厚さ20cm程度）が浸食されなくなっている。すなわち浸食域である。その先には稲が残っており、土石の堆積もない。単なる運搬作用があった。運搬域の両側には礫が自然堤防をなすように堆積している。写真には写っていないが、運搬域の先端から奥の方に向かって砂が堆積している。流芯に沿って最初に出現する巨礫が写真12である。この巨礫は長径が170cmある。巨礫の上面は流れの上流側に向かって傾いている。一種の覆瓦構造である。巨礫の周りは田圃の表土が浸食されているが、巨礫の下には稲を残した田圃の表土が残っているので、この巨礫は田圃が浸食を受ける前にこの位置に到達した。

激流の両側の礫の堆積域では、礫による自然堤防ができています（写真11右側、写真13）。この礫の堆積状況を示したスケッチが図3であり、そこには残された礫のサイズも示されている。これら礫は大変分級がよ

く、砂や泥を伴っていない（写真14）。砂の堆積は礫の堆積が終了してから堆積域の先端部に帯状に堆積した（写真15）。写真15に見られるように、舌状に砂が堆積しており、その両側には砂も泥も全く堆積していない。舌状堆積物の中心線付近の流速が最も速かったと考えられるので、流れに泥の成分を含んでおれば、舌状堆積物の周囲には泥が堆積するはずである。泥の堆積が見られないので、この砂が堆積する際には、流れの中で分級が起こっていた可能性がある。

3-3. 平地部

足羽川が福井平野に出る辺り（天神橋）の河川両側では、足羽川から溢れた泥水が住宅地の中に流れ込んだ。住宅地は足羽川河床から2m程高い地表面にできている。住宅の底には拳大の中礫が乗っているが、これらの住宅に流れ込んだ激流は、基本的に粗粒砂を置いて行った（写真16）。砂の厚さが50cm以上あり、流水には多量の粗粒成分が含まれていた事が分かる。激流に含まれていた泥分はもっと下流まで流れ、福井市に

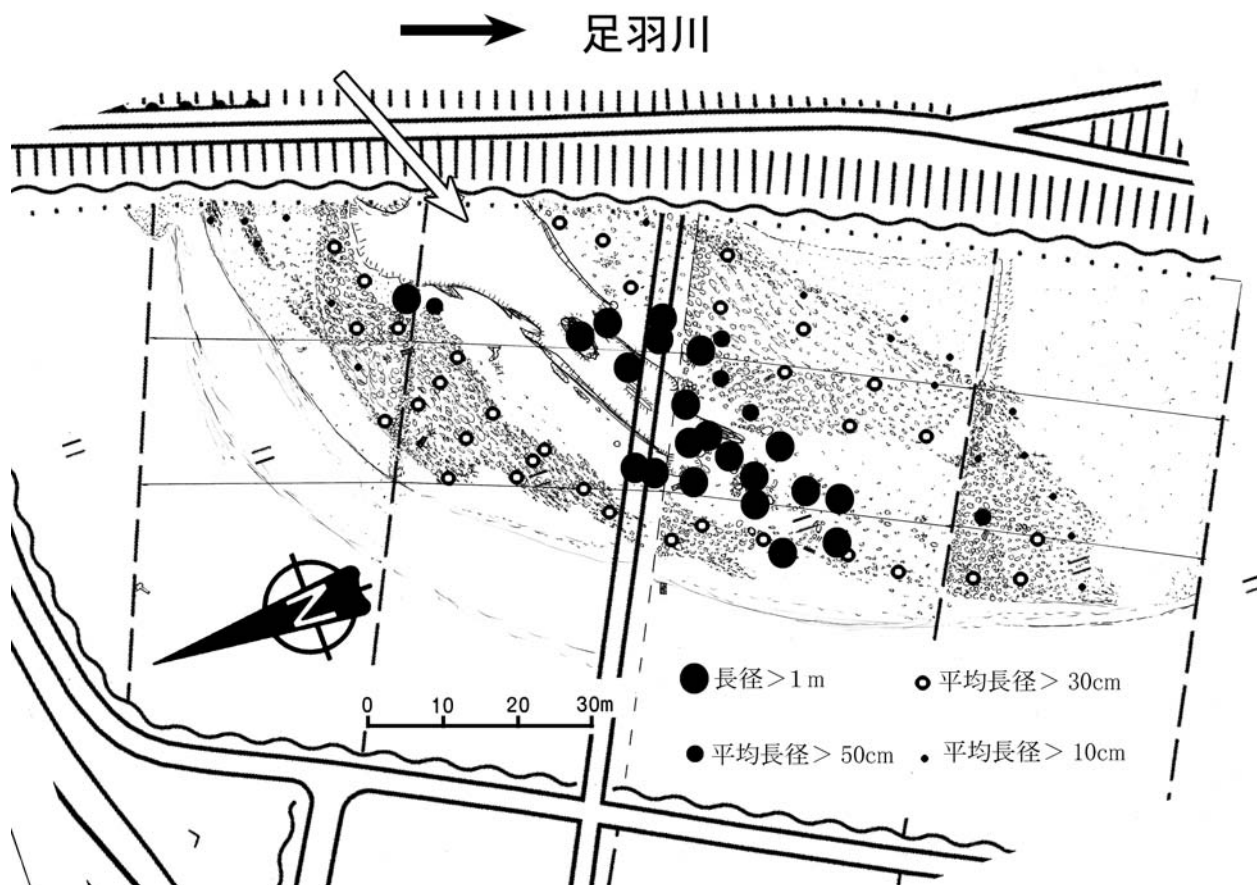


図3 足羽川（図の上部を左から右へ流れる）の破堤により、美山町高田の谷底平野に流れ込んだ巨礫群および礫の舌状分布。流入中心部では田圃の基底が浸食されている。浸食部の周り、特に先端部に巨礫が堆積し、その両脇と先端部に大礫、中礫、小礫という順に堆積している。砂、泥は更に先端部（南西部）に運ばれている。平均長径は、各地点で大きい方から8個の礫の長径の平均。黒矢印は足羽川の流れの方向、白矢印は堤防が破堤し、土石の流れ込んだ方向。

溢れ出した水は基本的に細粒砂や泥のみを含み、粗粒砂分を含んでいない（山本，2005）。

4．激流が運搬した礫のサイズ

今回の豪雨により発生した激流の流速の測定データはない。しかし、上述のように、足羽川の河床やそれに沿う谷底平野には巨礫がいくつも残されている。下新橋の河床には最大長径が4mの丸い礫が存在している。水害前の空中写真には、この場所にこの礫は見あたらないので、短距離にしても移動してきた可能性が高い。巨礫の運搬は激流の流速と何らかの関係があるはずである。そこで、池田町稲荷から日野川との合流点までの58カ所で、目に付く大きな礫11から13個のサイズ（長径，中間径，短径）を測定した。測定結果の処理については，Malde（1968），Helley（1969）やGustabson（1978）に従った。彼らによると、流速に最もよく対応するのは中間径サイズであるということである。図4は、足羽川の河川縦断面および足羽川を直線に伸ばし、谷底平野を上下対称に書き込んだものである。図4には、礫サイズの測定点とそこでの平均中間径サイズが示されている。この図によると、1）稲荷から下流の上新橋・下新橋に向かって礫径が上昇する。2）谷底平野を含め、河川横断面積が小さいところで礫径が大きい、3）最大浸食流速は毎秒10mを越える。4）福井平野に入ってから速度の変化は余りなく、運搬速度で、秒速2mを下回っている。

今回の豪雨による山地部の被害は、足羽川の水位上昇だけでなく、足羽川および溢れた水の流速の大きさにもよる。国土交通省によれば、天神橋での最大流量は毎秒2400トンということである。この地点の河川横断面と最大水位から求められる断面積は約1122m²であり、秒速は2.13mである。ここより上流側では、局部的にもっと速い流速があった事になる。

5．議論

池田町から美山町の山間地部の足羽川両側には水田があり、遊水池の役目を果たすはずであった。しかしながら、今回、遊水池の上流側の堤防のみならず、下流側の堤防も決壊し、結果的に遊水池の中を水が通っただけであった。遊水池の役目を果たさせるためには、上流側より下流側を堅固にする必要がある。遊水池には大小様々な礫や砂が残されていた。高田地区では、礫の最大のもは長径が170cmほどある。これらの礫

は河床から2m以上高い水田に残っている。蔵作では、礫（最大長径135cm）は水田の中に、周囲の稲を倒すことなく単独で鎮座している。砂や泥も残されていない。観察からこの礫の移動方向が分かる。礫は、稲の背丈より高い所を飛んで来たことになる。その方向に点々と礫が並び、下流に向かって次第に小さくなる。その先端部になって始めて砂が広く分布する。砂はいわゆるクリーンサンドである。このことから、礫と同時に水田に入り込んだ砂泥はそのまま、あるいはその後の流れにより下流部に流されたと考えられる。高田では、巨礫が同じようにほぼ直線上に点々と並んでいる。巨礫の周りの水田は深さ20cmほど削られているが、巨礫の下には、稲が残っているので、巨礫がこの地点に定置後に周囲の水田が浸食されたことが分かる。おそらく、巨礫は堤防を越え、到達した後に、堤防が決壊し、大きな流速を持った水が流れ込み、水田の床を削ったと思われる。水田の浸食された部分が細長く70m程続く。浸食域の両側と先端部では稲が倒れただけの水田となる。礫も砂も泥もない。この部分は運搬域である。運搬域の両側および先端部に巨礫、大礫がローブ状（舌状）に分布している。その先に砂のローブが出現する。ここでも、砂はクリーンであるので、泥の部分は更に下流へ流されていることになる。

土石流災害やそれに伴う水害に関係した流速の現場測定は殆ど不可能である。この種の現象が、簡単に言えば、突発災害であり、測定準備ができていない状況で発生するからである。今回の福井水害でも流速を直接測定した例はない。市街地を流れる泥水の速度が、被害地の状況を撮影した映像から間接的に計測されている。福原ら（2004，口頭発表）は、鯖江市河和田では、撮影時間内での最高速度は2.8m/s程度であったと読みとった。

山間部では水位・流速が低下し始めてからの映像はあるが、それらは、最高流速とはかなり違ったものであることは疑いない。直接測定や映像による測定ができない場合、現場に残された痕跡から流速を推定するしか方法はない。

今回、足羽川に残された礫のサイズから流速を推測した。得られた流速が土石流・洪水断面のどの部分の、どの地点での流速を代表しているか、どの程度の誤差を見積もればよいかは、不明である。全体として見てみると、福井市内での浸食流速（おおよそ3.5m/s）は平成16年7月福井豪雨による地盤災害の緊急調査団（2005）や平成16年7月福井豪雨足羽川洪水水害調査対策検討会（2005）により報告された流速とほぼ一致している。足羽川が山地部から平地部に出てくる天神橋では、報告された流量と河川断面積（最高水位を考慮

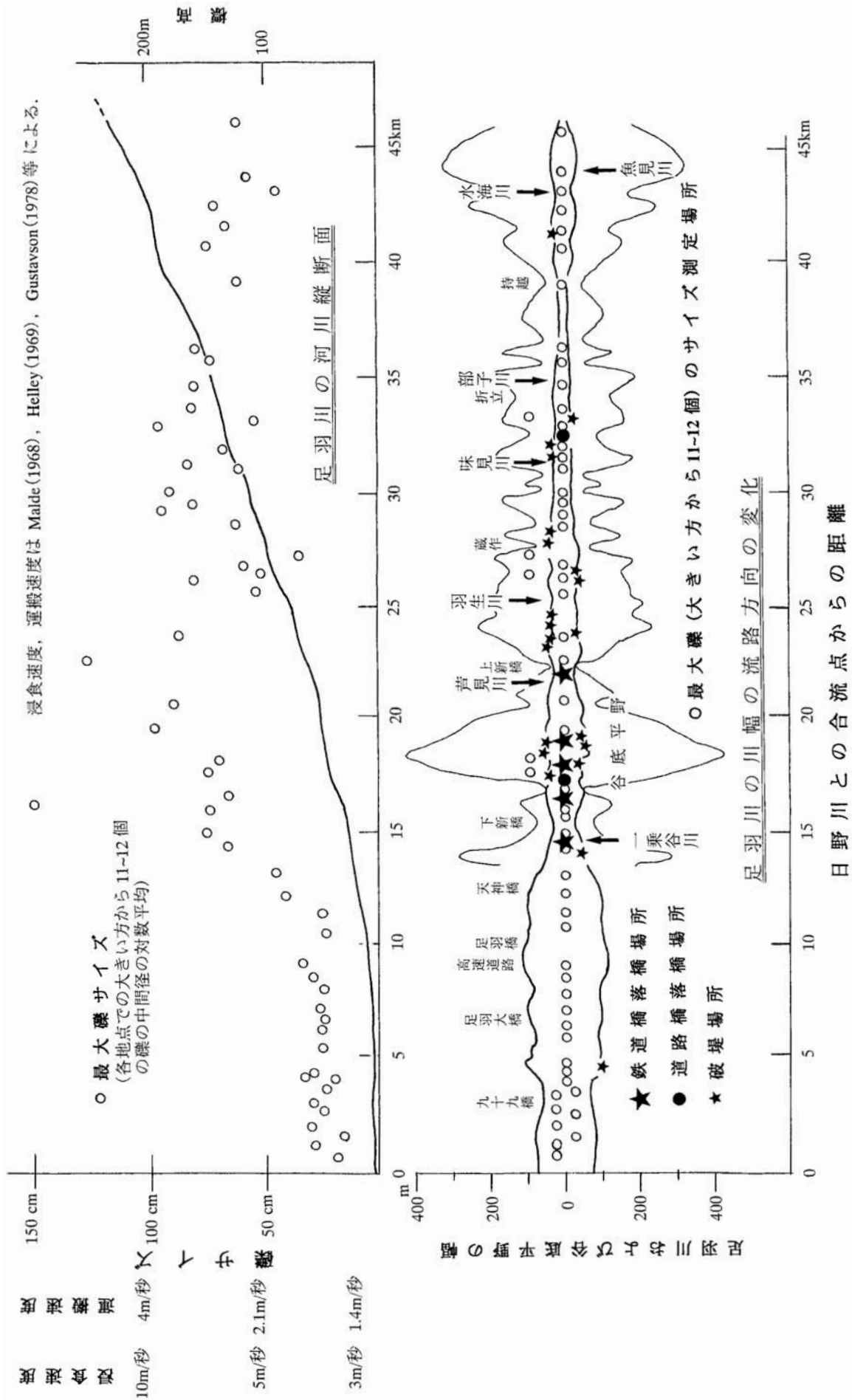


図4 足羽川中流域の河川縦断面曲線(上)と河川幅、谷底平野の分布(下)。足羽川は直線化してある。河川幅、谷底平野の幅は拡大してある。図中に、鉄道橋落橋場所、道路橋落橋場所、破堤場所、それに足羽川により運ばれた礫のサイズの測定場所とサイズが示されている。

してある）から2.1m/sと計算されたが、この値は、運搬流速に近い。川幅が狭くなる福井市部では3から4m/sの流速が推定されている。礫から推測される浸食流速の最大値は、下新橋近くでの約15m/sと上新橋近くの約12m/sである。この2地点は、足羽川の川幅が最も狭くなる地点であり、流速が上がっても不思議ではない。この2地点を除いても、浸食速度は10m/sに達することがあったと思われる。実際の山間部での土石流速度や洪水速度の測定例は少ないが、高橋（2004）の教科書によれば、奥田ら（1980）は、上々堀沢（長野県）での土石流（1979年9月）で、表面速度6m/s、ワイヤーセンサーによる測定結果としての先端部の流下速度は3m/sを測定した。Major and Iverson(1999)は大規模水路実験で土石流を発生させ、その時発生した段波の速度は10～12m/sであった。中国蒋家溝の土石流の先端部の速度は10m/sに達した（Suwa et al., 1997）。これらの値は、今回礫サイズから推定される浸食流速に近く、今回の中山間部の泥流はこれらの土石流に比較できるような流速を持っていたことを示唆する。

今回の中山間地の水害では、直径1mを超える礫が最大秒速10mで流れ下ることが判明した。また、浄教寺町で見られたように、コンクリート片が杉に突き刺さっているの、その衝突力は相当なものである。これら巨礫が河川の側壁や橋脚に衝突するので、今後の河川の安全対策にはこのことも考慮する必要がある。

1965年には、今回の被害量を超える水害が福井県奥越地域（真名川地区）で発生した。旧西谷村（現在は、大野市に併合）では、今回を超える降雨があった。主要な被害は、土石流および崩落によるものであり、地這りとみられる現象は全く発生しなかった（塚野等、1966）。崩壊も渓谷内の谷壁部あるいは谷頭部に発生した山腹崩壊である。これらの点は今回の水害と同じである。西谷村中島地区では、多量の土砂が流出し、埋没したが、倒壊したり、流失した住宅は無かった。すなわち、土砂は一度にどっと流れ出たものではなく、徐々に堆積していったと思われる（芦田ら、1966）。中島集落の直ぐ下流部で、山地部から流れ込んだ土砂が真名川を堰き止め、一時的に河道閉塞（天然）ダムを造り出した。この河道閉塞ダムが崩壊することにより、下流にあった集落は流出した。今回の水害では、大規模な河道閉塞は発生しなかった事は幸いであったが、足羽川の支流から流れ込んだ土砂が対岸まで到達し、一時的に流量を制限し、その直後に過剰な流量が発生したと考えられる地点が複数ヶ所存在する。西河原から700m程北側の渓谷の出口や雲川の大雲谷出口である。河道閉塞の発生、消滅による水位の上下変動があり、段波を作り出し、このことが瞬間的に足羽川の

水位を著しく上昇させた可能性が強い。

芦田らは、西谷村水害で吐き出された土砂は真名川に堆積したが、今後順次下流に流下していき、下流への流下土砂量が増加する事が考えられるので、河道計画などには充分考慮されねばならない、と述べた。今回の福井水害においても全く同じ事がいえる。平衡河川となっていた河川の一部に堆積した土砂は下流へ流され、下流部で土砂が失われれば、上流から急速に補給される。平衡が破られた足羽川においても、平衡を回復するためにここ数年は浸食、運搬、堆積が活発となり、河岸や河川に架かる人工的構築物などにも影響が現れるであろう。

謝辞

この水害調査の経費として、平成16年度文部科学省特別研究促進費（突発災害、課題番号16800001）を用いた。お世話をして下さった代表者の新潟大学高濱信行教授はじめ、関係者にお礼を申し上げる。この論文は、上記調査報告書の内容に掲載された服部による報告（足羽川中流域の豪雨災害）と山本（平成16年福井豪雨における福井市街足羽川左岸および鯖江市河和田地区における浸水被害について）による報告の一部を取り出し、論文の形に書き改めたものである。

参考文献

- 芦田和男・土屋義人・村本嘉雄・大同淳之、1966、土砂流出を伴う洪水災害に関する研究 - 九頭竜川の洪水被害 - . 昭和40年9月の豪雨および24号台風による風水害の調査とその防災研究（文部省科学研究費（特定研究）報告書）、68-78。
- Gustavson, T. C., 1978, Bed forms and stratification types of modern gravel meander lobes, Nueces River, Texas. *Sedimentology*, 25, 401-426.
- 服部 勇、2005、足羽川中流域の豪雨災害。平成16年7月新潟・福島、福井豪雨災害に関する調査研究報告書（文部科学省科学研究費（特別研究促進費（1））研究成果報告書、高濱信行代表）、137-147。
- 平成16年7月福井豪雨による地盤災害の緊急調査団、2005、平成16年7月福井豪雨による地盤災害調査報告書、地盤工学会、117p。
- 平成16年7月福井豪雨足羽川洪水水害調査対策検討会、2005、足羽川洪水災害調査対策検討報告書、87p。
- Helley, E. J., 1967, Field measurement of the initiation of large bed particle motion in Blue Creek near Klamath, California. *United States Geological Survey, Professional Paper*, 562-G, G1-G19.
- 廣内大助・堀 和明、2004、足羽川中・上流域の浸水被害。地理、49(12)、57-59。
- 地盤工学会、2005、平成16年7月福井豪雨による地盤災害。

- 自然災害科学, 24, 117-139 .
- Major, J.J. and Iverson, R.M., 1999, Debris-flow deposition: Effect of pore-fluid pressure and friction concentrated at flow margins. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 111, 1424-1434.
- Malde, H. E., 1968, The catastrophic late Pleistocene Bonneville Flood in the Snake River Plain, Idaho. *United States Geological Survey, Professional Paper*, 596, 1-52.
- 野澤竜二郎・神戸達也, 2004, 平成16年7月福井豪雨災害報告 . 日本地質学会第111年学術大会 (千葉), 講演要旨 (増補版), U-4 .
- 奥田節夫・諏訪 浩・奥西一夫・横山康二・小川恒一・浜名秀治・田中俊一, 1980, 土石流の総合的観測 その6 . 1979年焼岳上々堀沢における観測 . 京都大学防災研究所年報, no.23B-1, 357-394 .
- 山間地集落豪雨災害対策検討委員会, 2005, 山間地集落豪雨災害対策検討委員会報告書～安全で安心な農山村づくりのために～, 76p . 及び同資料編, 58p .
- Suwa, H., Sawada, T., Mizuyama, T., Arai, M., and Takahashi, T., 1997, Observational study on viscous debris flows and countermeasures against them. *Proc. Internat. Symp. Natural Disaster Prediction and Mitigation. Kyoto*, 401-406.
- 高濱信行 (代表), 2005, 平成16年7月新潟・福島, 福井豪雨災害に関する調査研究報告書 . 221p.
- 高橋 保, 2004, 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, 名古屋, 432p .
- 塚野善蔵・鮎野義夫・三浦 静, 1966, 昭和40年9月の豪雨および24号台風による福井県下の地氾り, 山崩れの地質条件に関する研究 . 昭和40年9月の豪雨および24号台風による風水害の調査とその防災研究 (文部省科学研究費 (特定研究) 報告書), 125-135 .
- 山本博文, 2005, 平成16年福井豪雨における福井市街足羽川左岸および鯖江市河和田地区における浸水被害について . 平成16年7月新潟・福島, 福井豪雨災害に関する調

査研究報告書 (文部科学省科学研究費 (特別研究促進費 (1) 研究成果報告書, 高濱信行代表), 121-136 .

Sedimentological Aspects of Fukui Heavy Rainfall on July 18 of 2004 (Erosion, transportation, and deposition of debris in the mid-stream area of the Asuwa-gawa)

Isamu HATTORI and Hirofumi YAMAMOTO

Abstract

The Fukui Heavy Rainfall on July 18, 2004 gave the greatest damage to the mountainous areas along the Asuwa River as well as Fukui City area. The major physical damage is destruction of embankments at several sites along the Asuwa River, erosion of river-side roads, breakdown of several bridges of railroads and roads, and deposition of huge rock blocks in valley-bottom plains. Many traces of water levels which are observable at house-walls, tree-trunks, and bridge-bents indicate that the maximum water level were 2m higher than the river-side roads.

The flow contained abnormally voluminous debris including rock-blocks, sand, and mud; the diameter of the largest blocks attains to 4m. Sizes of clasts transported by the flow-water and the water overflowed to the valley-bottom plains suggest that the maximum erosion velocity was as fast as 10 m/s. These observation indicates the water-flow of this area was described by characteristics not only of high-level flood but also of high-density flow containing mud, sand, and gravels.

Based on these observation, some advice and proposal are given to prevent flood disasters in this area.

Key words: Fukui Heavy Rainfall, Asuwa-river, sedimentology, flow-velocity, disaster

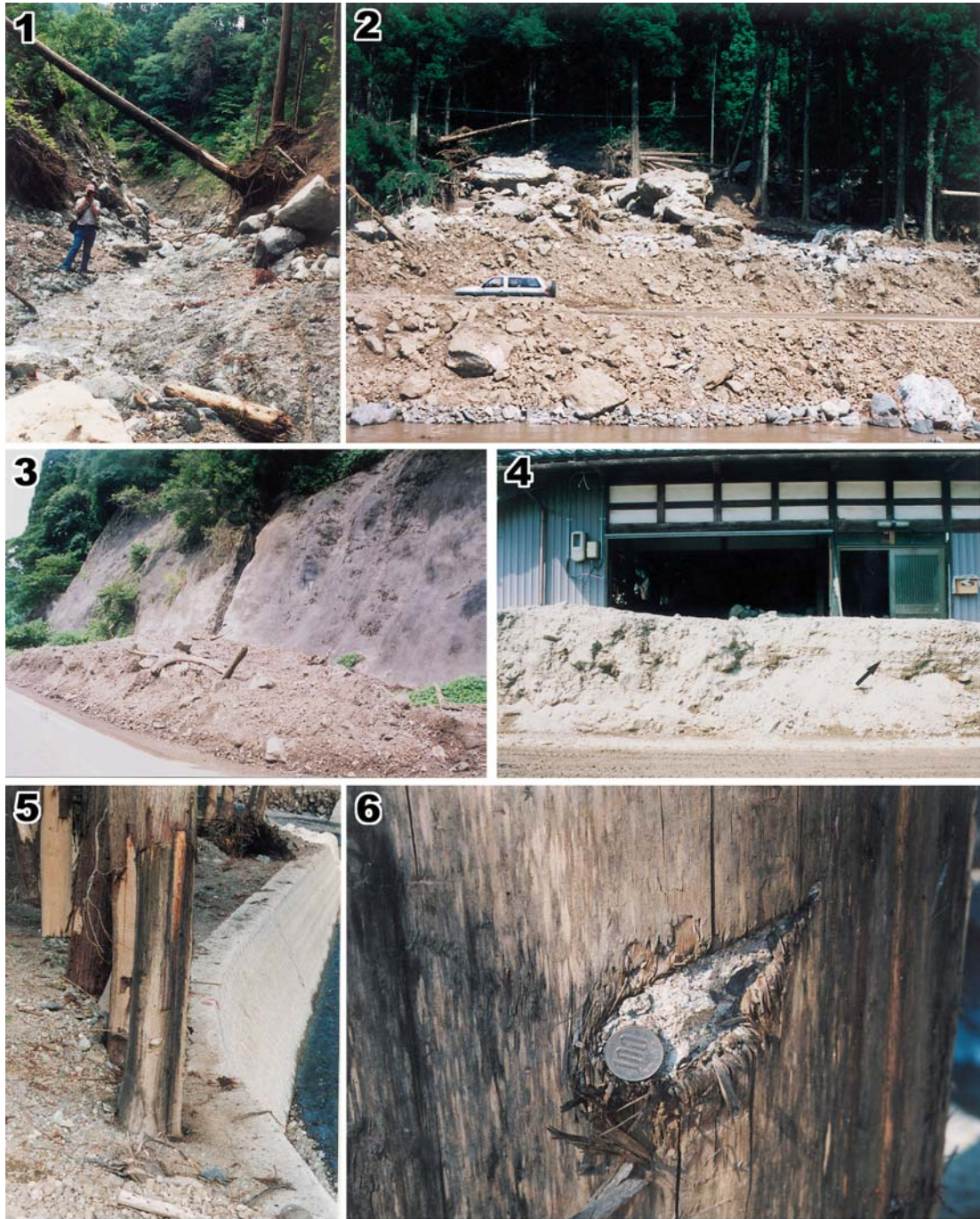


写真1：美山町西河原において土石流が発生した渓谷．岩盤から高さ5mほどの所までに存在した土石が流されている．杉の樹皮の剥がれから土石流の高さが判断できる．

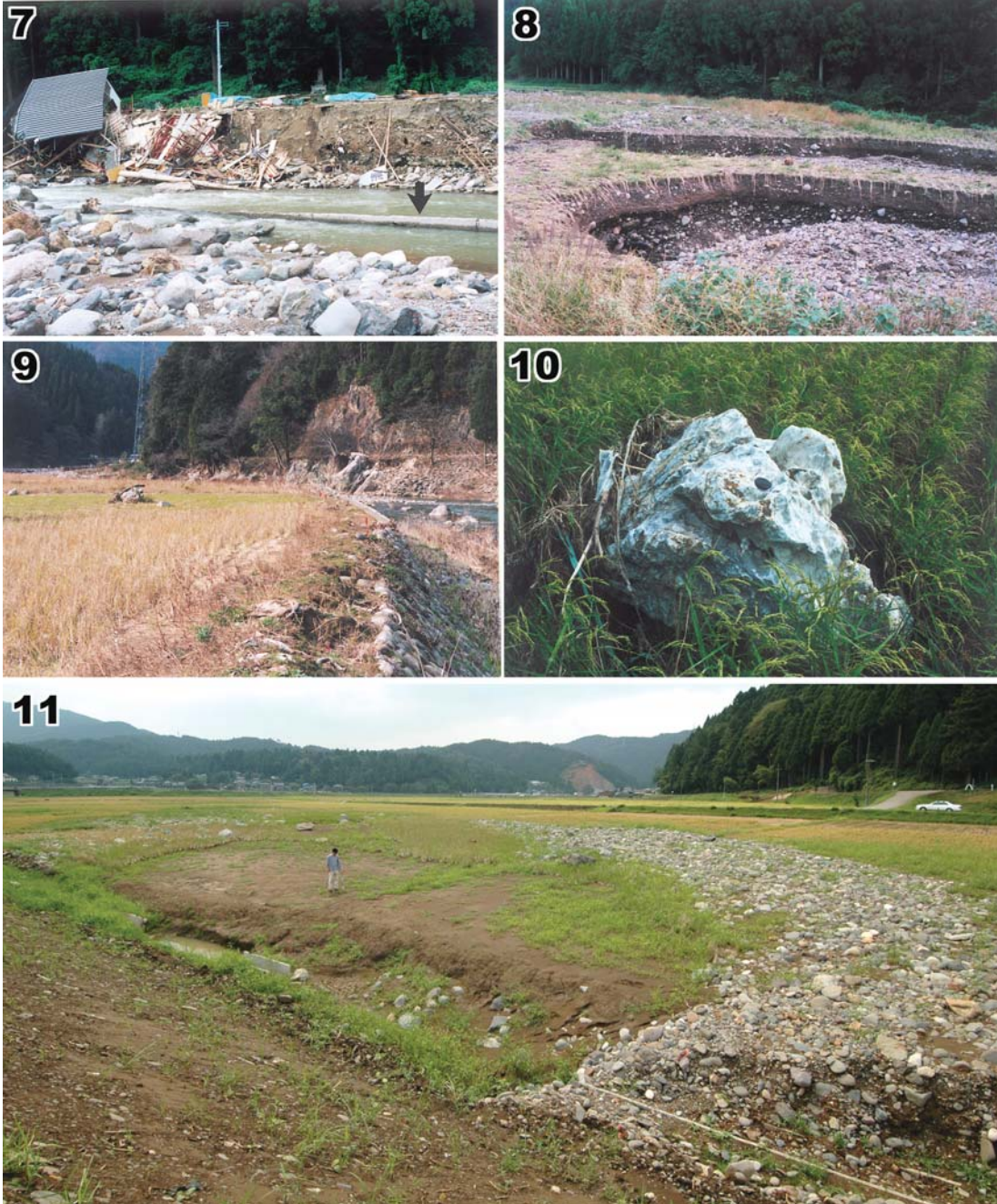
写真2：美山町西河原で発生し足羽川（手前の川）へ到達した土石流．土石流により運ばれた巨礫が足羽川対岸に到達している．

写真3：コンクリート吹きつけの間に存在する幅50cm程度の谷の出口から流れ出た土石．（池田町水海）

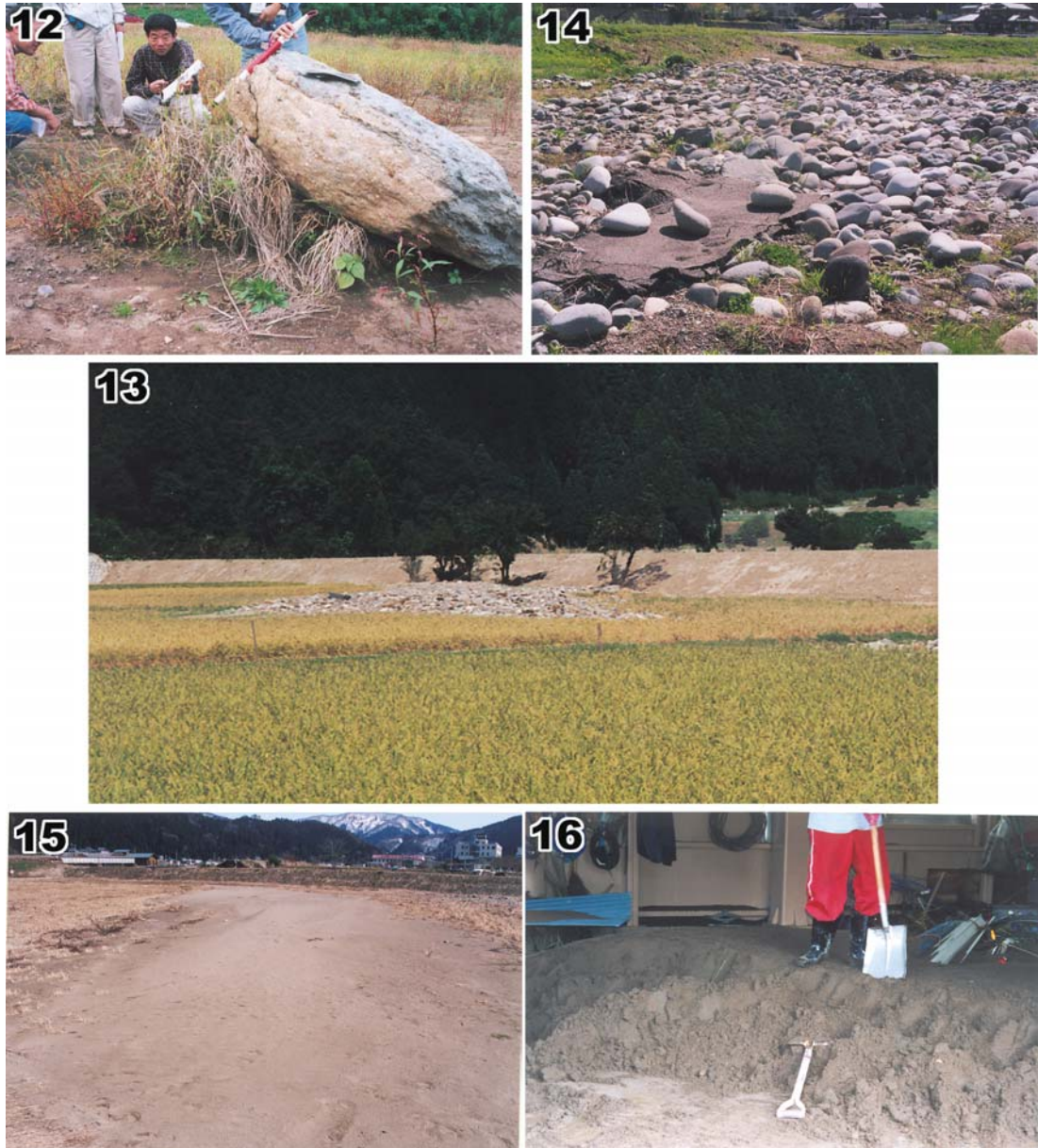
写真4：高さ1mを超えて住宅を埋め尽くした土砂．土石堆積物には水平なラミナが発達している．（美山町蔵作）

写真5：護岸壁の高さを超え流れた土石流により，樹皮がめくれた杉．手前の杉の高さ1m程の所にコンクリートがめり込んでいる．

写真6：杉にめり込んだコンクリート破片．杉の樹皮がめくれた後にコンクリートが突き刺さった．



- 写真7：激流による側方浸食により水路が変化してしまった足羽川。写真中央のコンクリートの手前が本来の足羽川。コンクリート壁(矢印)の向こう側には田圃を挟んで、国道があった。国道沿いにあった住居は基礎部が浸食され、倒壊している。
- 写真8：田圃の上面は粘性土であり、稲の根が張っているため、田圃を流れた激流に対する浸食に対してはかなり強い。しかし、その下は砂礫であり、崩れ落ちる。そのため、下部は浸食されるが、上部は耐える。しかし、下部がなくなると、上部は落下する。このようにして、浸食崖は上流側へ後退していく。ナイアガラの滝で起きている現象と同じである。
- 写真9：美山町蔵作近くの足羽川と谷底平野。谷底平野の田圃は足羽川より2mほど高い所に発達している。今回の水害では、長径135cmの巨礫が田圃の中央に持ち込まれている。写真でははっきりしないが、田圃の中のいくつかの礫はほぼ直線上に並んでおり、水流向を示す。砂や泥はこの田圃には残されておらず、田圃2枚を過ぎてから舌状に分布していた。写真は2004年秋。
- 写真10：写真9の中央の礫。写真は水害1週間後に撮られた。巨礫の周りの稲は完全に立っており、礫が転がってきたものではないことを示す。おそらく激流の中に浮いてきたのであろう。
- 写真11：美山町高田の谷底平野に残された激流の痕跡。この谷底平野は足羽川河床より2mほど高い所に位置し、両者の間には高さ5mの堤防が存在していた。堤防を溢れ、ついには破堤を引き起こした激流は写真手前から斜め左上の方向に流れた。手前の方では、田圃の表土(厚さ20cm程)が浸食され、何も堆積していない。すなわち浸食域である。浸食域の両側や先端部では稲が残っているが堆積物はない。すなわち運搬域である。さらにその両側や先端部では、長径数10cmの礫が多数堆積している。この位置から堆積域となっている。巨礫は自然堤防を作っている(写真右側)。写真中央の浸食域に残された巨礫(写真12)の長径は135cmに達する



- 写真12：写真11の浸食域に残された巨礫。巨礫の下には田圃の表土と稲が残っており，表土が浸食される前に巨礫が到達・定置したことを示す。おそらく巨礫を浮かせてきた激流が堤防を越え，谷底平野に巨礫を落とした後に，破堤し，より強い激流が流れ込み，田圃の表土を浸食したのである。
- 写真13：谷底平野に残された礫の自然堤防。写真11の右側の部分。奥に補修された堤防が見える。
- 写真14：谷底平野に残された礫。分級がよく，礫のサイズが揃っているだけでなく砂や泥は存在しない。流されてきた舗装アスファルトの上に直径50cmを超える礫が乗っている。
- 写真15：谷底平野に堆積した礫部の先端に分布する舌状砂質堆積物。舌状部の長さは200mに達する。舌状堆積物の両側には何も堆積していないので，流れ下った水には砂を含む部分と含まない部分とが存在したことを物語る。
- 写真16：足羽川が福井平野にでる寸前である前波町の民家の車庫に堆積した1m近い高さの砂。この地点では拳大の礫が底の上に泥と一緒に残されていた。泥の部分はさらに流され，洪水となった福井市内に堆積した。

