

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8

土木研究所資料 第4348号

土木研究所資料

平成28年8月台風10号豪雨による
岩手県小本川洪水災害調査報告

平成28年11月

国立研究開発法人土木研究所
水災害研究グループ

Copyright © (2016) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

平成28年8月台風10号豪雨による 岩手県小本川洪水災害調査報告

水災害研究グループ 研究・研修指導監 江頭進治

研究員 小関博司

専門研究員 山崎祐介

専門研究員 南雲直子

専門研究員 原田大輔

土工研究グループ 水文チーム 主任研究員 萬矢敦啓

研究員 工藤 俊

要 旨 :

本調査研究は、中山間地河川の川づくりのための基礎となる情報を得ることを目的とし、平成28年台風10号に伴う豪雨によって甚大な災害の発生をみた岩手県小本川を対象に洪水・土砂災害の実態調査を行うとともに、降雨流出、崩壊・土石流の発生、洪水流、流砂・河床変動等に関する解析を行っているところである。その結果、これまでに次のようなことが判明している。(1) 小本川は谷底低地を流れる蛇行河川であって、流路の拡幅部や流路屈曲部が洪水・土砂氾濫の弱点部になっている。(2) 山腹崩壊や土石流の発生は、降雨条件に加えて表層地形、表土層の水文・土質条件を用いて説明できる。(3) 降雨流出解析および洪水痕跡調査によれば、ピーク流量は $2,800\text{m}^3/\text{s}$ 程度に推定される。(4) 平面二次元モデルによる洪水流解析によれば、水位に対する河床変動の影響は顕著であって、赤鹿水位観測点の水位を合理的に説明するためには、土砂堆積に伴って河床が上昇したと考える必要がある。

キーワード：中山間地河川、豪雨災害、洪水災害、土砂災害、河道計画

目次

1. はじめに.....	1
2. 気象概況.....	2
3. 小本川の流域特性と災害の実態.....	6
3.1 小本川の流域特性.....	6
3.1.1 地形地質.....	6
3.1.2 気候.....	10
3.1.3 岩泉町概要.....	11
3.2 台風 10 号による被災状況.....	17
3.2.1 雨量と水位.....	17
3.2.2 浸水と土砂堆積.....	18
3.2.3 人的被害と対応.....	30
3.3 災害の実態.....	32
3.3.1 支流及び山間地における災害の実態.....	32
3.3.2 小本川本川における災害の実態.....	38
4. 災害外力の分析.....	44
4.1 小流域における表層崩壊・土石流の発生.....	44
4.1.1 対象流域の抽出.....	44
4.1.2 表層崩壊・土石流発生モデル.....	46
4.1.3 表層崩壊・土石流の分布.....	47
4.2 分布型降雨流出解析による流量の推定.....	51
4.3 洪水流量の推定.....	55
4.4 砂州河道における洪水流の分析.....	57
5. まとめと課題.....	63
付録 A 河床及び流出土砂の材料について.....	65
付録 B 写真の撮影場所.....	76

1. はじめに

平成 28 年 8 月台風 10 号に伴う豪雨は、岩手県小本川をはじめ、北海道十勝川の支川や石狩川の支川において甚大な災害を引き起こした。とくに、小本川においては流域全体で死者 19 人、行方不明者 2 人を出し、そのうち高齢者グループホーム「楽ん楽ん」では 9 人が犠牲になっている。小本川は、流域面積 731km²、流路延長 65km の谷底低地を流れる蛇行河川であって、集落は砂州の陸地側や河岸段丘上に形成され、砂州は主として農地として利用されている。洪水は元の河道から溢れて谷幅を流路として流れ、その流体力、土砂の浸食・堆積および流木によって家屋、農地、森林、ライフラインに大きな被害をもたらしている。一方、支流においては勾配の緩いところで洪水・土砂氾濫がおり、それによって家屋、道路、河川に顕著な被害が生じている。

今回の災害は台風に伴う豪雨によってもたらされたものであるが、この台風は、1951 年の統計開始以降初めて東北太平洋岸に上陸したものである。小本川は、流域面積が小さくて洪水流出が早く、しかも本川の中・下流域においては、山腹崩壊や土石流による土砂供給の影響が短時間のうちに現れる。その結果、流路・河床変動を伴う洪水・土砂・流木氾濫が引き起こされて、今回のような災害になったものと推察される。全国には小本川流域のような中山間地は無数にあって、このような地域ではこれまでの降雨流出を対象にした川づくりに加えて、河道に対する流砂・流木のインパクトを評価することを前提とした川づくりが求められる。

本調査研究は、中山間地河川の川づくりのための基礎となる情報を得ることを目的として、小本川を対象に土地利用、河川の形状特性、河床材料、河道の流下能力等に注目して、洪水・土砂災害の実態を明らかにするとともに、降雨流出、山腹崩壊・土石流、洪水流及び流砂・河床変動解析を通じて災害外力の特性を明らかにしようとするものである。ここでは、これらのテーマのうち、解析に少し時間の必要な流砂・河床変動解析を除く部分について中間的な成果報告を行う。なお、本調査研究のメンバーは、江頭研究・研修指導監、萬矢主任研究員（兼水工研究 G）、工藤研究員（水工研究 G）、小関研究員、南雲専門研究員、山崎専門研究員、原田専門研究員である。

2. 気象概況

8月21日21時、四国の500km南の海上にて、台風第10号が発生した。図2-1に2016年台風10号の経路図を示す。台風第10号は、26日にかけて、沖縄の500km南東の海上に進み、北東に進路を変え、30日に関東の南東500kmの海上に到達した後、北上して、30日18時前に岩手県大船渡市付近に上陸した。その後、岩手県と青森県を北西に進み、31日00時に温帯低気圧に変わった。台風が東北地方の太平洋側に上陸したのは、1951年の統計開始以降、初めてである¹⁾。

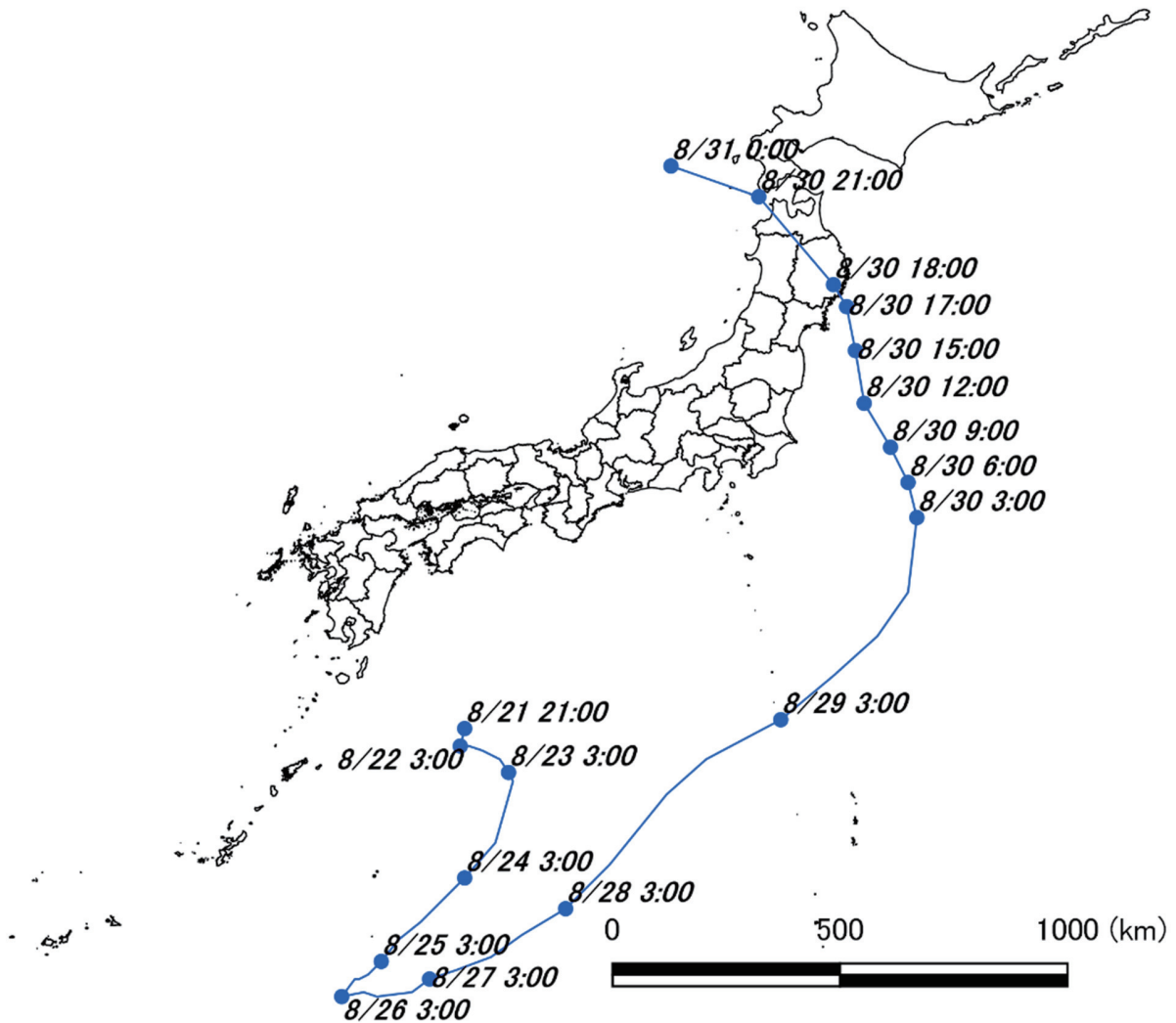
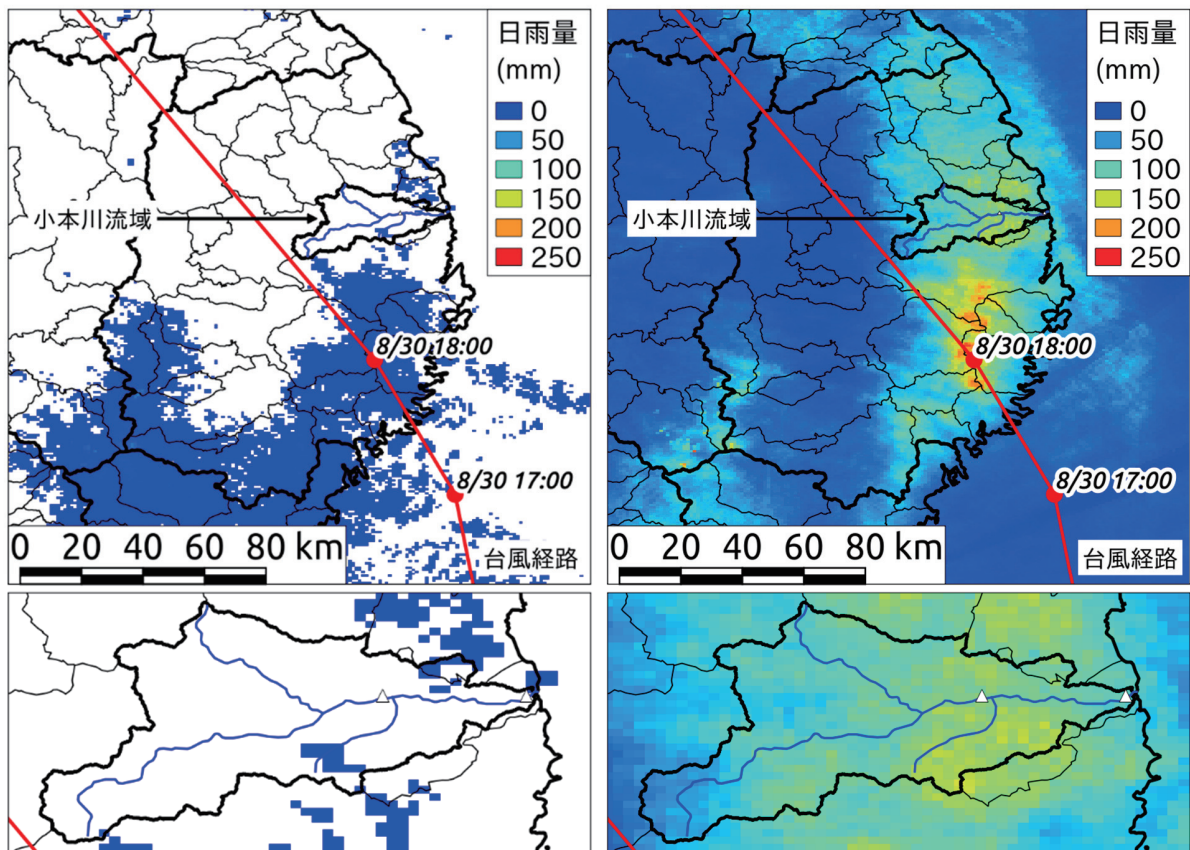


図2-1 台風の経路

図2-2は、8月29日および30日の岩手県における日雨量分布で、小本川流域の拡大図を合わせて示している。この図には小本川、大川、鼠入川が示されている。これによると29日では、岩手県全域で日雨量はほぼ0mmを示しているが、30日には岩手県沿岸部から内陸にかけ広い範囲で、日雨量が100mmから200mmとなっている。小本川流域における30日の日雨量は、100mmから150mm程度である。図2-3は、気象庁の雨量観測地点のうち、岩泉と小本川河口に位置する小本における時間雨量、および、それらに最も近いCバンドレーダーデータの比較である。それぞれの観測地点の位置は図2-2に三角で示されている。Cバンドでは、29日の降雨はほとんど確認できなかったが、地上観測データによると、

岩泉では、日雨量 100mm 程度になっている。いずれの地点でも、台風 10 号による豪雨は、30 日の 16 時から 19 時までの間に生じている。図 2-4a-4d に、8 月 30 日 16-19 時における C バンドによる時間雨量の空間分布を示す。台風上陸前の 16 時には、時間雨量 20mm から 50mm の雨域が岩手県南東部に現れている。17 時には、雨域は拡大してやや北上しており、沿岸と内陸の間には、時間雨量が 60mm の領域も生じている。18 時には、雨域は岩手県中部から北部に移動し、岩手県中部の沿岸部では時間雨量は 90mm に達している。19 時には、雨域は小本川流域より北部の沿岸部に移動し、時間雨量の最大値は、60mm 程度になっている。小本川流域においては、17 時から 18 時に降雨が集中しているが、18 時に下流右岸に時間雨量 80mm の雨域が生じている。



8 月 29 日

8 月 30 日

図 2-2 C バンドレーダーによる岩手県の日雨量の空間分布と小本川流域の拡大図

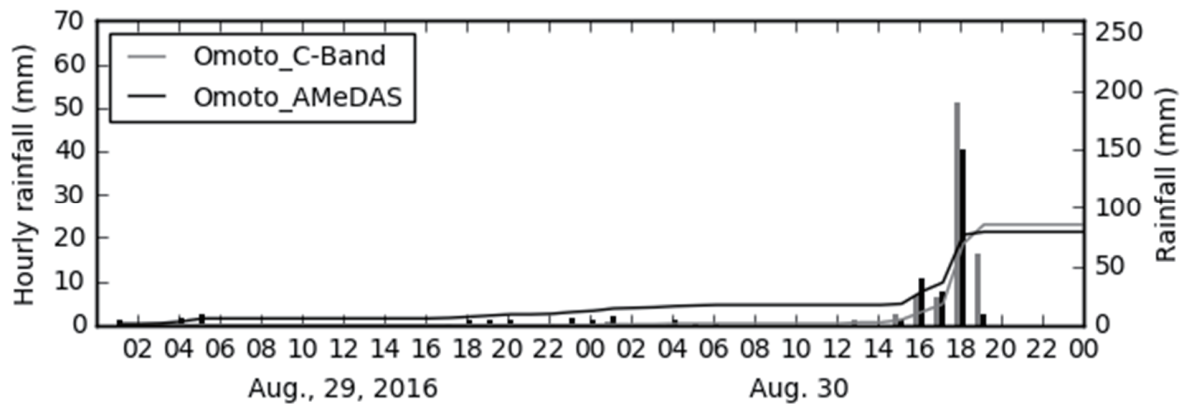
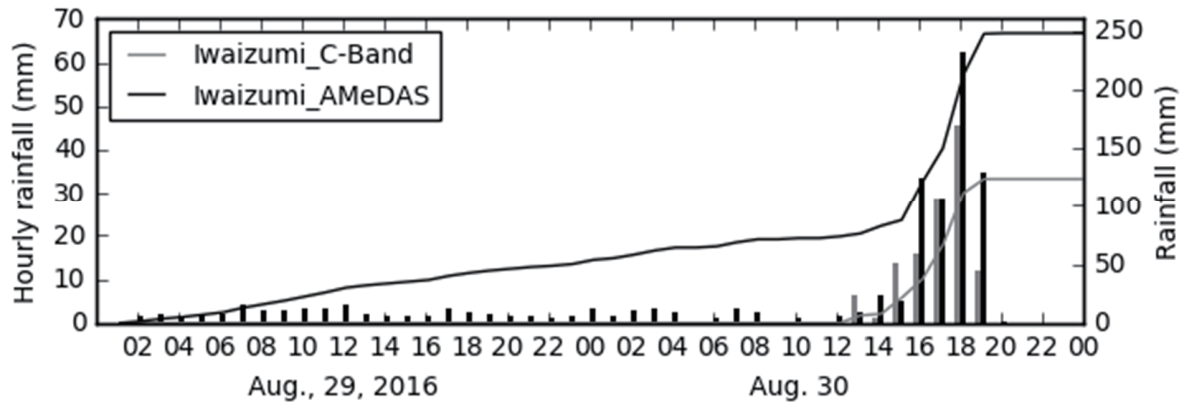


図 2-3 Cバンドレーダーとアメダスによる時間雨量および累加雨量の比較

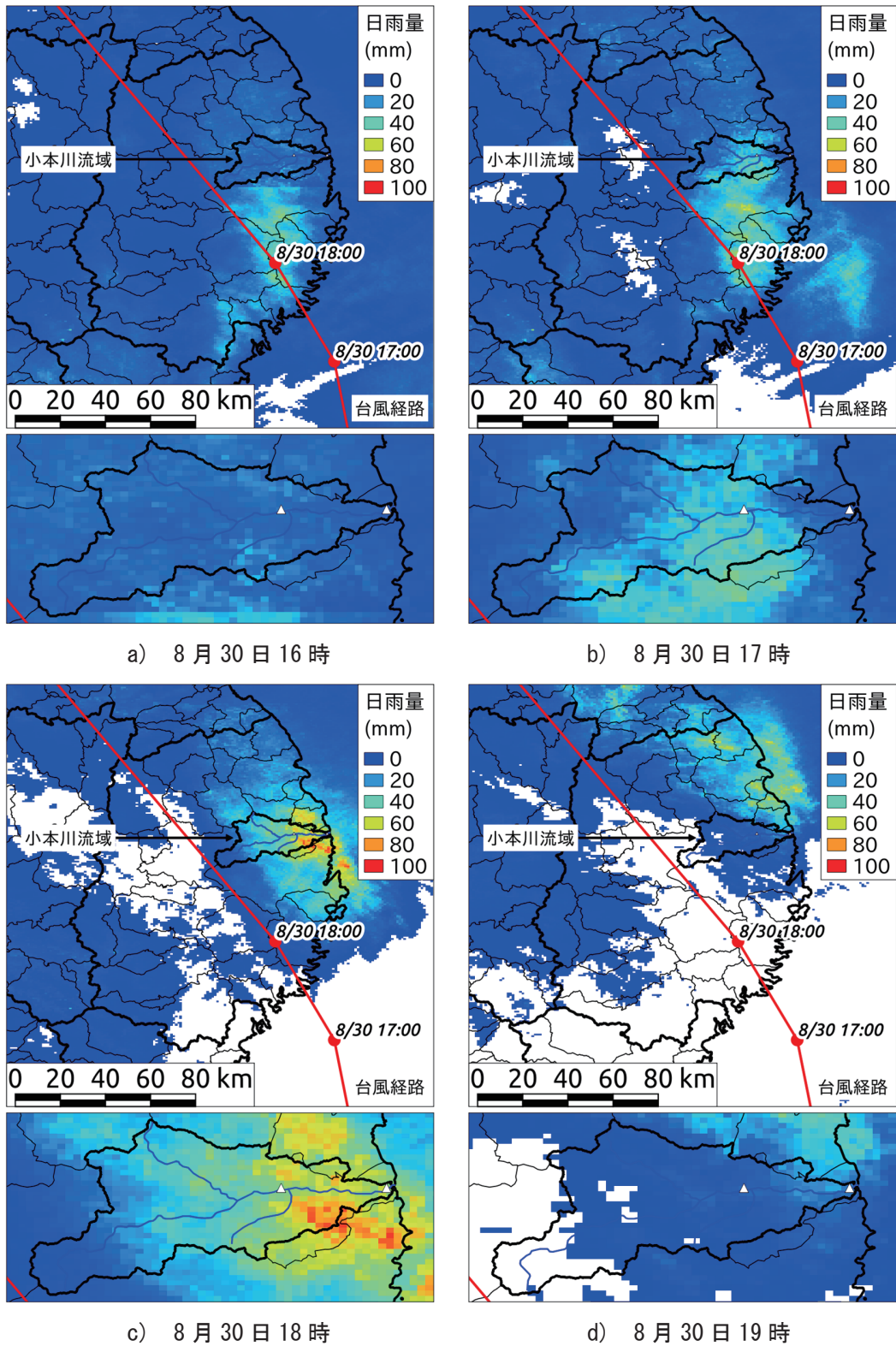


図 2-4 岩手県の時間雨量の空間分布（上段に岩手県、下段に小本川流域の拡大図を表示）

2 章文献

- 1) 盛岡地方気象台，“平成 28 年台風第 10 号による大雨と暴風，波浪”，岩手県災害時気象資料，<http://www.jma-net.go.jp/morioka/saigaidata/saigaisiryou16-3iwate.pdf>

3. 小本川の流域特性と災害の実態

3.1 小本川の流域特性

3.1.1 地形地質

岩手県東部を流下する小本川は、流域面積約 731km²、流路延長約 65km¹⁾ の二級河川（県管理河川）である（図 3.1-1）。源流は下閉伊郡岩泉町と葛巻町の境界となる国境峠付近に位置し、南東方向に蛇行しながら流下する。途中、三田貝川、大川を合わせた後に流路を東に変え、比較的勾配の大きな清水川、鼠入川、猿沢川等の支川を合わせ太平洋へと注いでいる（図 3.1-2、図 3.1-3）。

流域の標高は西側で高く、流域界付近には標高 1,000m を超える山地が分布するが、東に向かうにつれて標高を減ずるようになる（図 3.1-2）。小本川の河谷は標高 500m 付近から明瞭になるが、三田貝川との合流点より下流では河岸段丘が発達し、猿沢川との合流点より下流では河岸段丘に変わって谷底低地が顕著に認められるようになる。また、三陸海岸では過去の海面変動や地殻変動の影響を受けて形成されたと考えられる海成段丘の分布が知られているが、小本川流域の海岸部には標高 100~200m 付近に広野面に区分される段丘面が認められる²⁾。これらの地形面は、地形図と空中写真の判読から 5 面（I 面：谷底低地、II~IV 面：河岸段丘、V 面：海成段丘）に区分³⁾されている。



図 3.1-1 小本川流域位置図

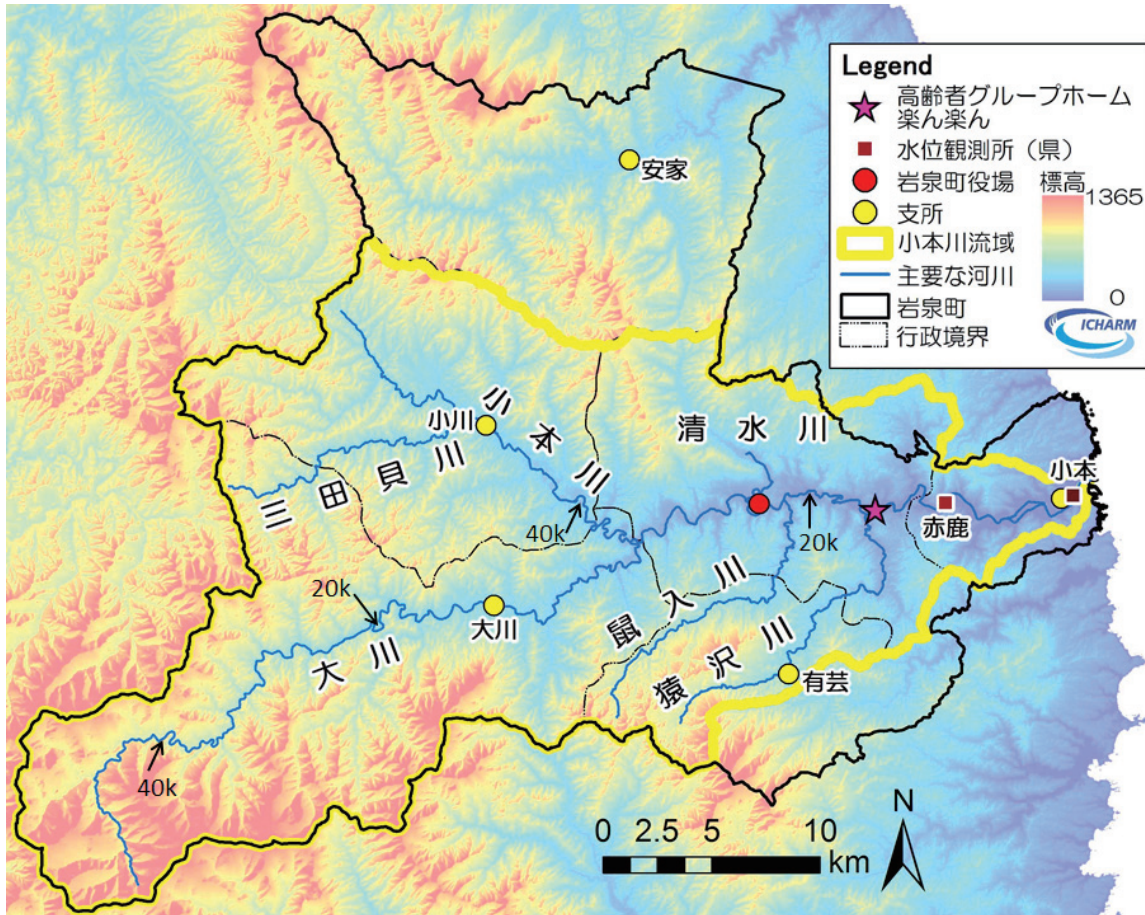


図 3.1-2 小本川流域と岩泉町
(背景画像は 10mDEM を用いて作成)

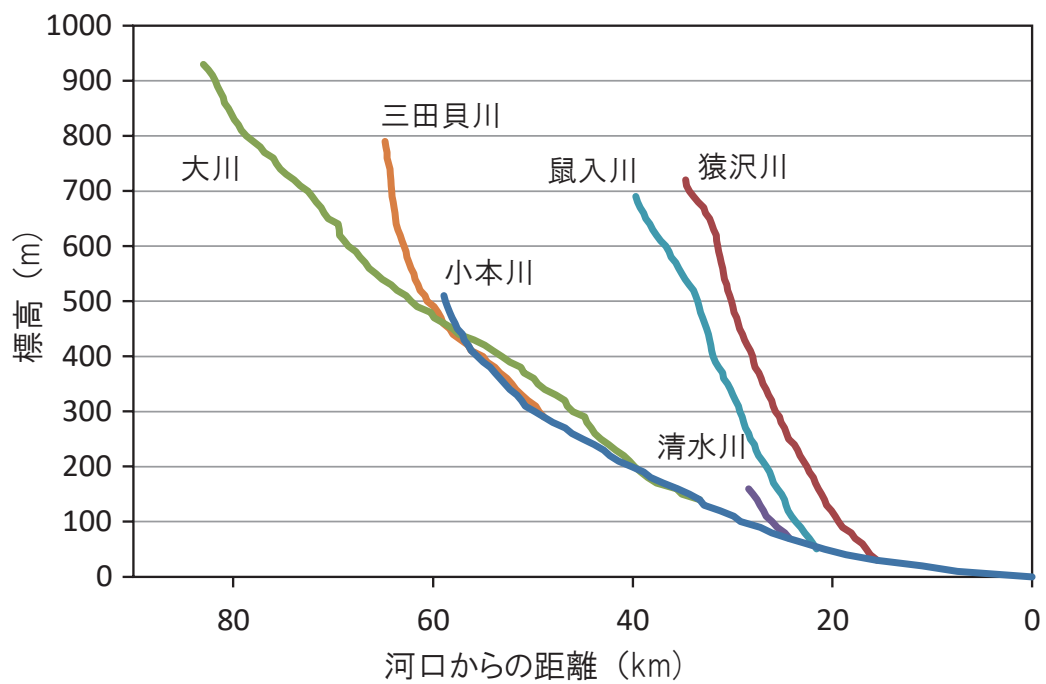


図 3.1-3 小本川及び支川の縦断面
(1/2.5 万分の 1 地形図をもとに作成)

小本川周辺の地形を詳しく見てみると（図 3.1-4）、最上流部では山地に限られた幅 10m 程の河谷が形成され、河口から 50km 付近より下流で河岸段丘が顕著に発達するようになる。谷幅も次第に増して、40km 地点で 40m 前後、20km 地点で 60m 前後となる。そして、17km 地点より下流で谷幅は急激に増し、最大 800m 程度となる。また、谷幅の波形は鋸状を示しており、狭窄部と盆地（広い谷幅を持つ箇所）が交互に現れるのが特徴的である。

蛇行波長は最上流部で 0.5km 以下であるが、流量の増加に合わせて次第に大きくなり、最下流部で 2.4km 程となる。河道距離 500m ごとに計測した屈曲度は蛇行波長に反比例する傾向にあるが、概ね 1.5 以下である。しかし、河口から 37km 地点及び 18km 地点付近には、蛇行波長が小さく屈曲度が一時的に 2.0 以上に増す区間が認められる。この区間は、平面図（図 3.1-2）で認められるやや規模の大きな狭窄部に一致する。37km 地点の狭窄部の下流で大川が合流すると、蛇行波長は 2.0km 程にまで急激に増して、30km 付近で一時的に幅 200m 程の谷底低地を形成するようになる。その後、再び谷幅は 50m 程に狭くなるとともに、清水川・鼠入川の合流点付近では蛇行波長も急激に小さくなる。そして、18km 地点の狭窄部で屈曲度が再び 2.0 以上に増し、猿沢川が合流すると蛇行波長が 1.5km 以上になるとともに、谷幅が急激に広がって谷底低地を形成するようになる。河道の縦断面は下流側ではスムーズに繋がるが、大川の合流点付近より上流では、わずかに遷急点や遷緩点が認められる。

明治時代以降の旧版地形図や過去の空中写真の判読からは、下流側の谷底低地が発達する区間で小本川の流路が現在と異なる位置にあったり、分流していたりする様子が多数観察できる。また、蛇行の屈曲の大きな部分では数年～数十年ごとに河道変化が顕著に起こっている。加えて、かつて谷底低地には旧河道も見られ、過去の洪水氾濫を伺わせる微地形が広がっていたが、1968 年撮影の空中写真では既に圃場整備が進み、ほとんどの地域で旧河道は消えて現在のような地割となった様子が確認できる。

流域の地質は、主に古生代後期から中生代中期に深海に堆積したチャート、頁岩、砂岩等の堆積岩からなる付加体の上部に中生代白亜紀に貫入した花崗岩類が分布し、これらの上部に中生代後期～新生代はじめに堆積した浅海～淡水堆積物が認められる。このうち、小本川流域の北にある安家川流域（安家支所付近）から南に細長く分布する安家石灰岩地域では、鍾乳洞群をはじめとするカルスト地形が形成されており⁴⁾、清水川沿いにある龍泉洞が日本三大鍾乳洞の一つとして知られている。

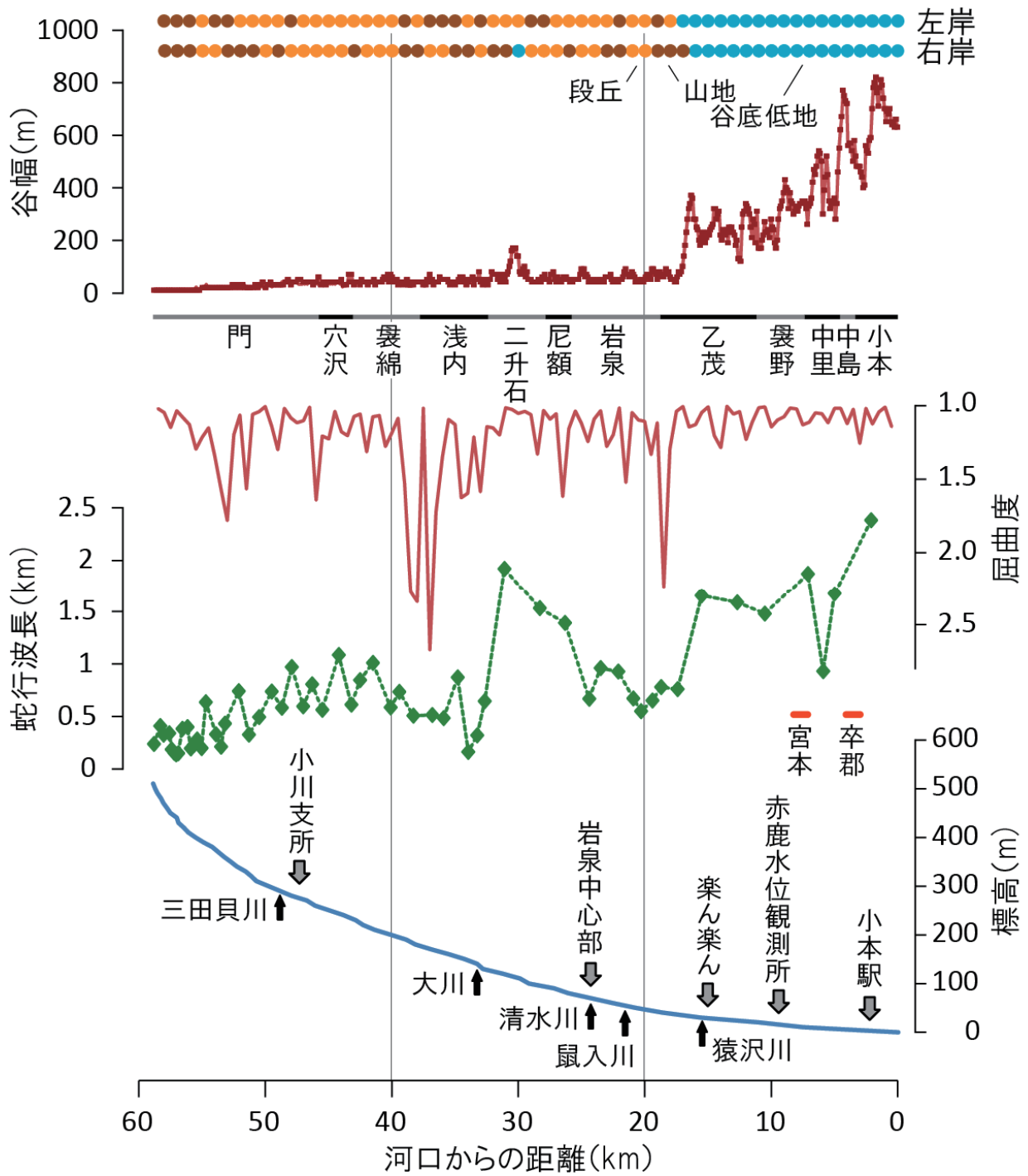


図 3.1-4 小本川河岸の地形と谷幅、河道の屈曲度、蛇行波長及び縦断面図
 (2.5 万分の 1 地形図をもとに作成、右岸・左岸の地形は 1km ごと、谷幅は 100m ごと、
 屈曲度は 500m ごと、蛇行波長は 1 波長ごとに判読)

3.1.2 気候

岩泉地点における年平均降水量は1,100mm、最高気温は8月に28℃程と比較的冷涼で、1月には5℃以下にまで低下する。一方、最低気温は8月に18.1℃で、12月に-5.5℃となる。降水量は夏に多く、冬には積雪が認められるが、最深積雪深は最大でも30cm程度（2月）である（図3.1-5）。

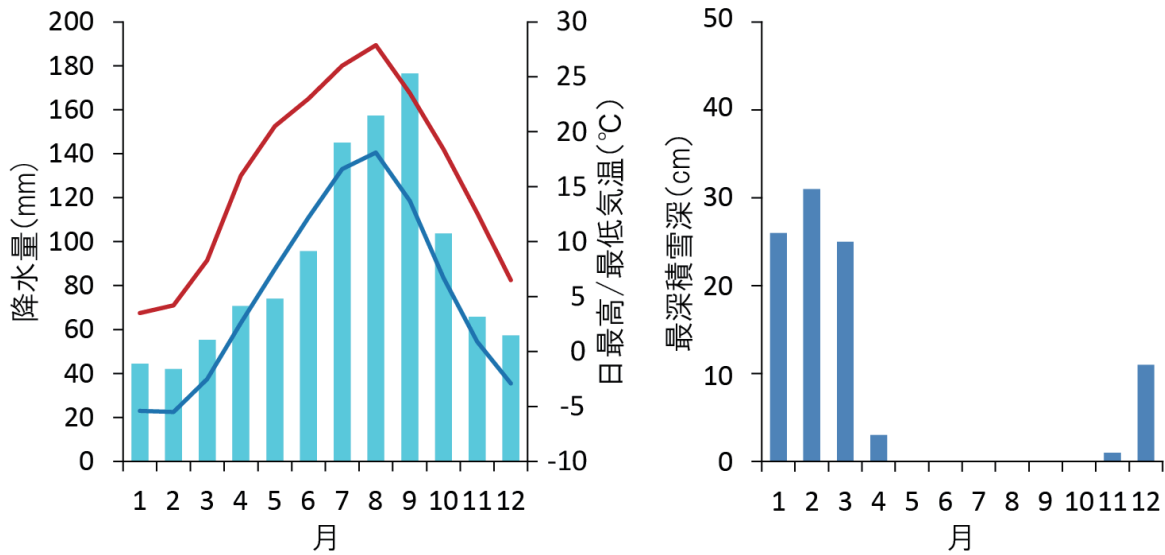


図 3.1-5 岩泉地点における年降水量、日最低・最高気温（1981～2010年）と
最深積雪深の平年値（1991～2010年）
（気象庁のデータをもとに作成）

3.1.3 岩泉町概要

小本川流域の大部分を占める岩泉町の面積は約 993km² で、盛岡市や久慈市、葛巻町等、3 市 1 町 3 村に隣接している。現在の岩泉町は、昭和 32 年 4 月までの大川村、小本村、安家村、有芸村、小川村による編入合併によって形成された⁵⁾。現在も、町の行政区は岩泉、大川、小本、安家、有芸、小川の 6 つの地域に大きく分かれており、町役場（岩泉）に加え、5 つの支所が町内に置かれている。このうち、安家を除く地域が小本川流域に含まれ、岩泉、大川、小川、小本の各行政区を小本川の本川が流下する（図 3.1-2）。

町の人口は 9959 人 4586 世帯（平成 28 年 7 月 31 日現在）⁶⁾ で岩泉での人口が最も多く、小川、小本、大川、安家、有芸と続いている（図 3.1-6）。また、65 才以上の人口割合は 2016 年時点で 40.2% と高く、岩手県の 30.2% と比べても著しく高い⁷⁾。少なくとも過去 20 年間は顕著な人口減少が続くと同時に、65 才以上の人口割合は右肩上がりに増加しており、高齢化と人口減少の傾向が続いている（図 3.1-7）。

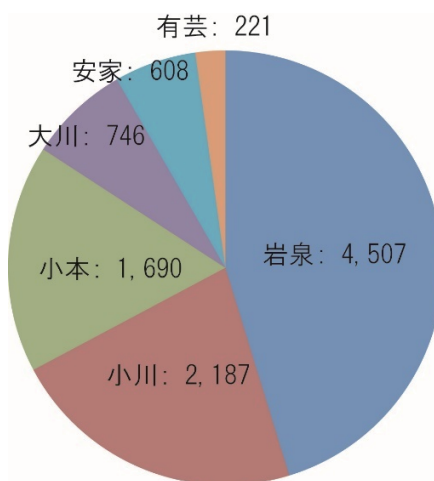


図 3.1-6 各行政区の人口
(平成 28 年 7 月 31 日現在)⁶⁾

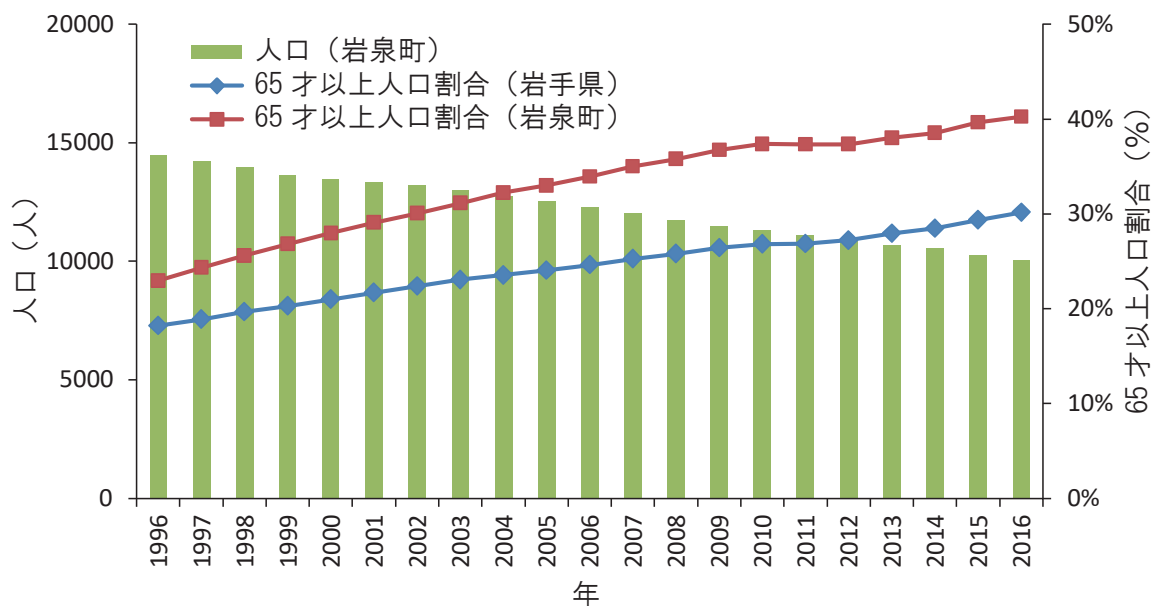


図 3.1-7 住民基本台帳による岩泉町の人口と高齢化率（1996年～2016年）⁷⁾

岩泉町は山がちで傾斜地が多いことから、居住や農業に適した平坦地は河道沿いの河岸段丘や谷底低地に限られる。このうち小本川沿いの地域は下流側から大きく小本、中島、中里、爨野、乙茂、岩泉、尼額、二升石、浅内、爨綿、穴沢、門、と呼ばれる地区に区分され、各地区の集落が河道沿いに点在する（図 3.1-8）。町内の主要道路は小本川沿いを走る国道 340 号線と 455 号線で、このうち 455 号線は門地区で三田貝川方向へ分かれ、盛岡市へと続いている。一方、小本川河口付近には三陸海岸を南北につなぐ国道 45 号線が走っている。また、小本地区には三陸鉄道北リアス線の岩泉小本駅が位置しており、「岩泉町小本津波防災センター」として避難施設の役割も担っているほか、1 階には小本支所が置かれている。

山間部は森林として利用されており、建物用地が小本川沿いに点在する（図 3.1-9）。町役場のある清水川の下流部の河岸段丘上には建物用地が広く見られ、町の中心地区であることが伺える。一方、小本川の上中流部に見られる河岸段丘は畑などからなる農地として、下流部に広がる谷底低地は水田として利用されている。こうした土地条件を活かして、岩泉町では林業や酪農、畜産業等が営まれており、小本川のサケ漁も盛んである⁷⁾。また、町の特産品として、龍泉洞の洞内にある湧水を利用した「龍泉洞の水」や、町内で生産される生乳を利用した「岩泉ヨーグルト」が知られている。

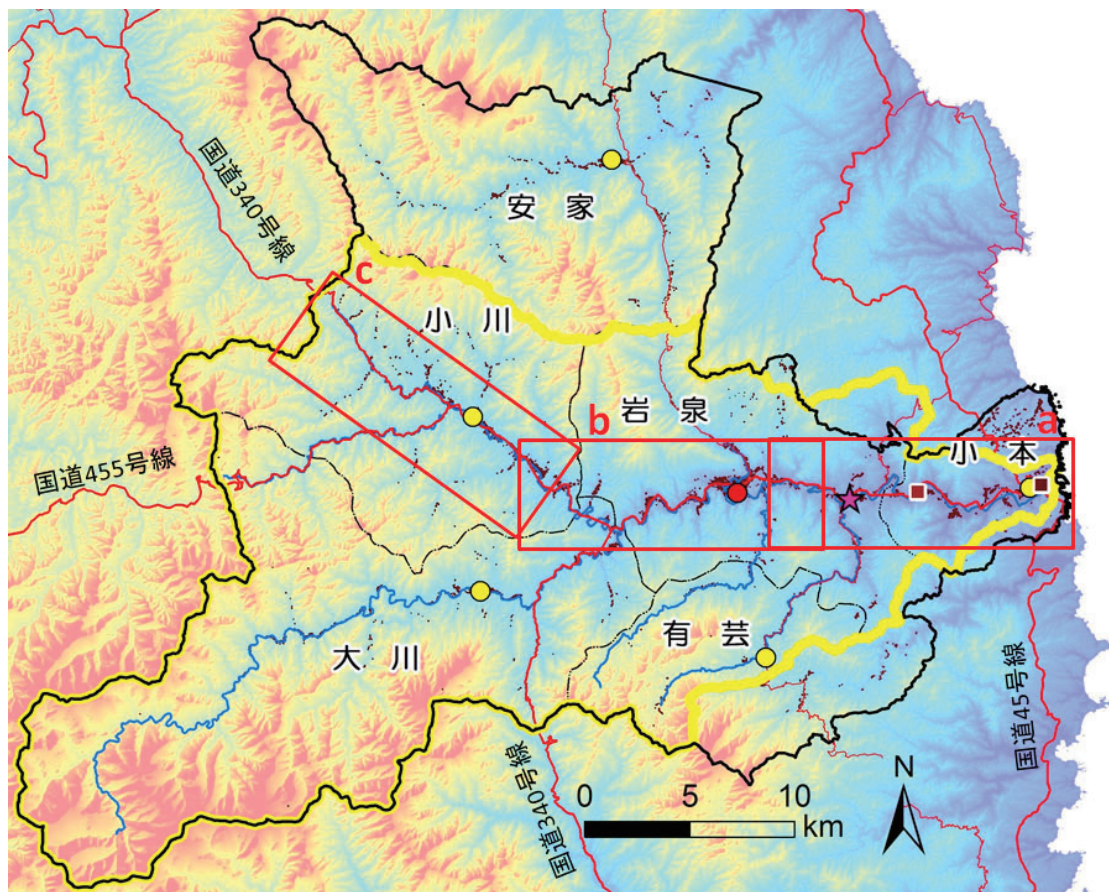


図 3.1-8 小本川沿いの建物分布と集落

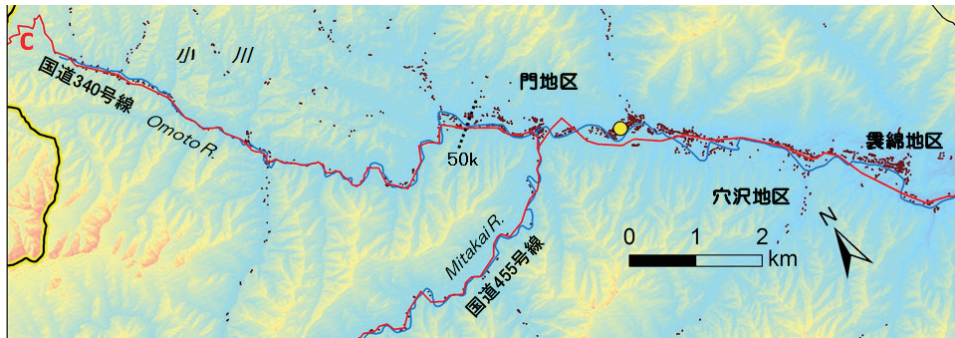
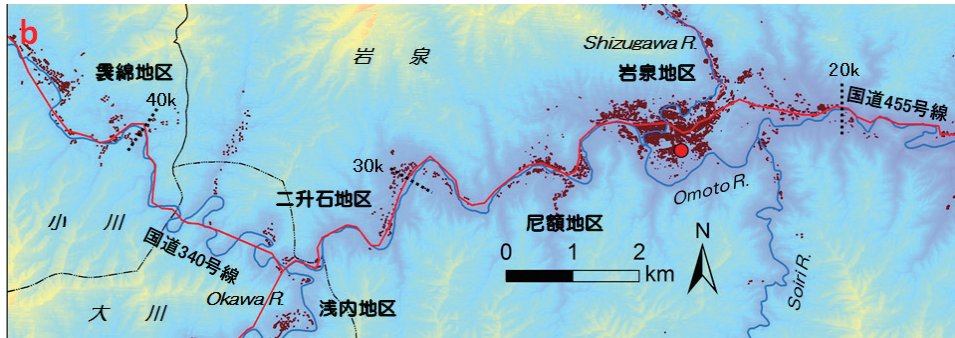
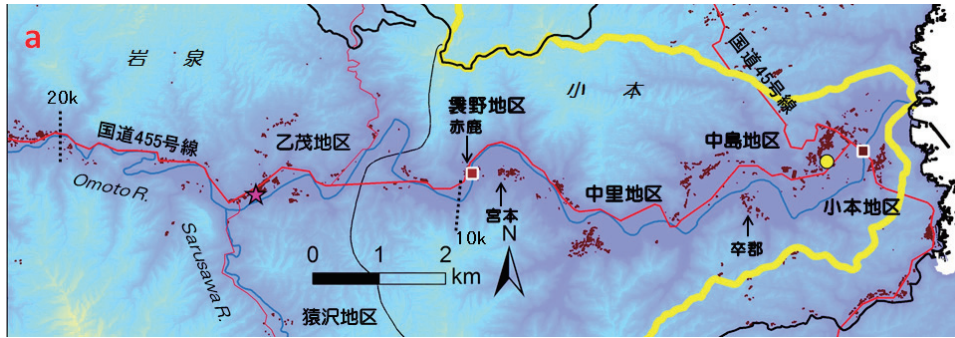


図 3.1-8 小本川沿いの建物分布と集落（続き）

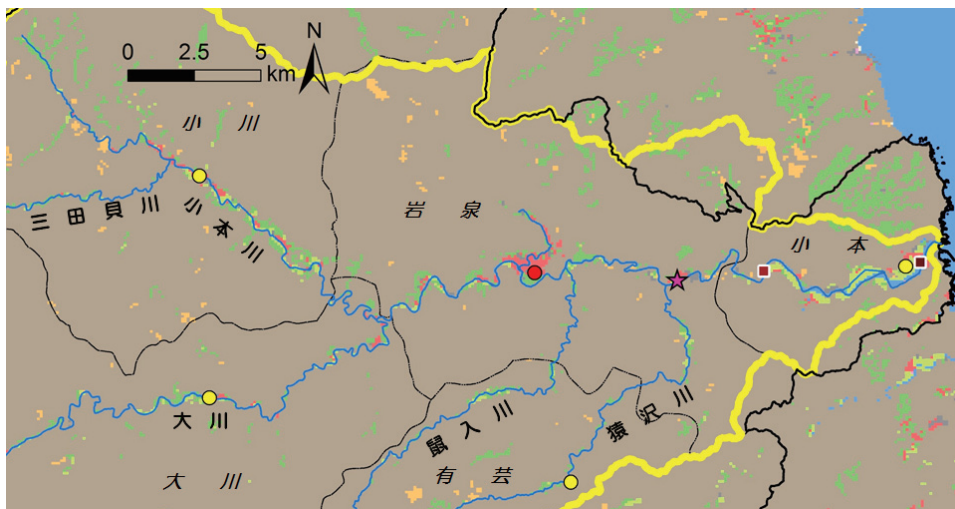


図 3.1-9 小本川周辺の土地利用（平成 26 年、国土数値情報をもとに作成）

岩泉町のある三陸沿岸地域は地震による津波の常襲地帯として知られている。明治三陸地震（明治29年6月）時には、町内の死者367人、重傷者257人が記録されており、流出家屋330戸、浸水家屋386戸に達した。また、昭和三陸地震（昭和8年3月）でも死者121名、行方不明者35名、流出家屋194戸等の被害が発生している⁸⁾。さらに、2011年3月の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、最大20.4m（小本）⁹⁾を記録する津波が小本川河口の防潮堤を乗り越えたり、防潮林を飲み込んだりしながら小本川沿いを遡上し、約2km内陸まで侵入した。この地震により、町では死者13名、家屋の全壊177戸、大規模半壊10戸等に加え、漁港施設や港湾施設の損壊、漁船や漁具の流出、農地の冠水といった甚大な被害に見舞われた¹⁰⁾（表3.1-1）。

一方、洪水もかなりの頻度で発生し、昭和56年8月の台風15号、平成2年11月の大雨、平成25年7月の集中豪雨等が洪水災害として記録に残る。このうち、平成2年の大雨では家屋の浸水が142棟で発生したほか、平成25年時には上流域の国見・見内川地域の洪水で半壊家屋6棟、床下浸水24棟が確認された⁸⁾。また、平成18年10月には小本川下流域の支川長内川の洪水等により、床上浸水9棟、床下浸水1棟の被害が発生したが¹⁾、多数の死者が出るような洪水災害は過去に記録されていない。

表 3.1-1 岩泉町における主な地震・洪水災害^{1) 8) 9) 10)}

発生年月日	災害名	被害状況
明治29年6月15日	明治三陸地震 (M8.5、津波発生)	死亡367人、重傷257人 流出家屋330戸、浸水家屋386戸
昭和8年3月3日	昭和三陸地震 (M8.1、津波発生)	死亡121人、行方不明35人、重傷5人、軽傷29人 流出家屋194戸、倒壊家屋14戸、床下浸水家屋317戸 流出船舶(無動力船360隻、動力船12隻)、流出田畑68ha、 流出宅地515坪、道路流出1箇所、橋梁流出1箇所
昭和42年9月21日	秋雨前線集中豪雨	浸水家屋104戸、道路決壊86箇所、橋梁流出3箇所、 堤防決壊4箇所、被害額8,131万円
昭和43年5月18日	十勝沖地震 (M7.9、津波発生)	橋梁破損1箇所、養殖ワカメ及びコンブ流出65t、 防波堤等3,286m、被害額2,981万円
昭和56年8月23日	台風15号	被害家屋5棟、被害田畑327ha、道路決壊31箇所、 橋梁流出4箇所、被害額57,000万円
昭和56年9月27日	低気圧による大雨	冠水田畑27ha、町道決壊27路線、林道決壊5路線、 被害額18,000万円
平成2年11月4日	大雨	住宅家屋浸水142棟、土木施設88箇所、農業関係170箇所、 林業関係112箇所、水産関係13箇所、生活道98箇所、 その他19箇所、被害額133,185万円
平成18年10月	大雨	床上浸水9棟、床下浸水1棟
平成23年3月11日	東北地方太平洋沖 地震 (M9.0、津波発生)	小本、中野、茂師、小成地区へ津波襲来 (岩泉で震度4、小本で最大津波痕跡高約20.4m) 全壊177戸(うち流出80戸、全壊97戸)、大規模半壊10戸、 半壊13戸、一部損壊8戸 浸水区域面積 小本、中野地区約125ha、 茂師、小成地区 約6ha
平成25年7月25日 ～28日	国境・見内川地域 集中豪雨	半壊家屋6棟7世帯、床下浸水24棟25世帯、 農業施設被害額36,673千円、土木被害額437,090千円 水道施設被害25,600千円

岩泉町では2011年の東北地方太平洋沖地震により甚大な被害を受けたこと、防災対策が不十分であったことを踏まえ、それまでの地域防災計画が見直され、修正版の地域防災計画が作成された⁸⁾。この計画は、本編（第1篇）、地震津波災害対策編（第2編）、原子力災害対策編（第3編）、資料編からなり、洪水については2章10節（第1編）の風水害予防計画に言及がある。また、小本川の氾濫に関わる避難情報の発令基準として表3.1-2のように定められている。さらに、住民向けに津波や土砂災害の危険区域と避難所の一覧、日頃の備え等をイラストとともに示した「岩泉町防災マップ¹¹⁾」も作成されている（図3.1-10）。

一方、小本川は水位周知河川に指定されておらず、浸水想定区域も公表されていない。また、津波からの防御を目的とした小本川水門や防潮堤は既に建設されているが、本川沿いで右岸左岸ともに堤防が完成しているのは、小本川の河口から4.3km区間のみである⁸⁾。

表 3.1-2 小本川氾濫時の避難情報の発令基準⁸⁾

区分	小本川(二升石～小本川河口)
避難準備情報	1～3のいずれか1つに該当する場合に、避難準備情報を発令するものとする。 1 小本川の赤鹿水位観測所の水位が氾濫注意水位である2.50mに到達し、さらに、種倉又は山岸観測点で時間雨量4mm以上の降雨が予想される場合 2 堤防等から漏水が発見された場合 3 その他消防団等からの異常を知らせる情報があった場合
避難勧告	1～3のいずれか1つに該当する場合に、避難勧告を発令するものとする。 1 小本川の赤鹿水位観測所の水位が氾濫水位である2.50mに到達し、さらに、種倉、山岸で累積加算雨量80mm以上の降雨が予想される場合 2 堤防等から異常な漏水が発見された場合 3 その他消防団等からの異常を知らせる情報があった場合。
避難指示	1～4のいずれか1つに該当する場合に、避難指示を発令するものとする。 1 越水・溢水のおそれのある場合 2 異常な漏水の進行や亀裂・地すべりの発生等により決壊のおそれが高まった場合 3 決壊や越流が発生した場合 4 その他消防団等からの異常を知らせる情報があった場合



風水害対策

大雨や強風はわたしたちに何度も大きな災害をもたらしています。ふだんから気象情報に十分注意し、避難の備えもみんなで協力しましょう。

大雨情報をキャッチ！
こんなときのわが家の安全対策。

強風注意報・暴風警報

暴風注意報が発令されたとき
平均風速が10m/sに予想される場合
暴風警報が発令されたとき
平均風速が20m/sに予想される場合

大雨注意報

大雨により災害が発生するおそれがあるとき
予想最大雨量50mm

大雨警報

大雨により大きな災害が発生するおそれがあるとき
予想最大雨量100mm

上記に併せて、流域長風物基準(小本川、安東川、新藤川、田代川、黒入川の各流域)を超過すると洪水注意報、洪水警報が発令されます。

雨の強さと降り方				(1時間雨量: mm)
10以上~20未満	20以上~30未満	30以上~50未満	50以上~80未満	80以上~
雨の降り方が強くなる おそれがある。	ワイパーを強くしても見づらく、急降や下り、小さな川がもたれる。	山崩れ、がけ崩れが起きやすくなり、危険な状態になる。	マンホールから水が噴出するおそれがある。	雨による大きな災害の発生するおそれがある。

風の強さと吹き方				(平均風速: m/秒)
10以上~15未満	15以上~20未満	20以上~25未満	25以上~	
風に吹かれて歩かなくなるおそれがある。	風に吹かれて歩けない、転倒するおそれがある。	しっかりと身体を背風しないに転倒するおそれがある。	立ってられない、雨の中の歩行は危険、雨の降りに合わせて歩かざるを得ない。	

台風

- 日本には毎年多数の台風が接近あるいは上陸し、たびたび大きな被害をもたらします。
- 台風の接近が予想される際は、台風情報に十分注意し、被害のないように備えることが必要です。

大きさ	風速(10m/s以上の平均)	高さ	最大風速
大型(大きい)	500km以上800km未満	高い	33m/s以上44m/s未満
超大型(非常に大きい)	800km以上	非常に高い	44m/s以上55m/s未満

集中豪雨

- 集中豪雨は、限られた地域に、突発的に短時間に集中して降る豪雨で、梅雨の終わりに起こりやすい。
- 発生の手続きは非常に迅速で、中小河川の氾濫、土砂崩れ、がけ崩れなどによる大きな被害をもたらすことがありますので、気象情報に十分注意し、万全の対策をとることが必要です。
- ラジオやテレビなどの気象情報に注意する。
- 避難経路や避難場所を事前に確認しておく。
- 停電や断水時に懐中電灯やラジオを用意する。
- 断水に備えて非常用トイレを用意する。
- 非常時対応品を用意しておく。
- 危険な地域では、いつでも避難できるような準備をする。
- 早く帰宅し、家族と連絡を取り、非常時に備える。

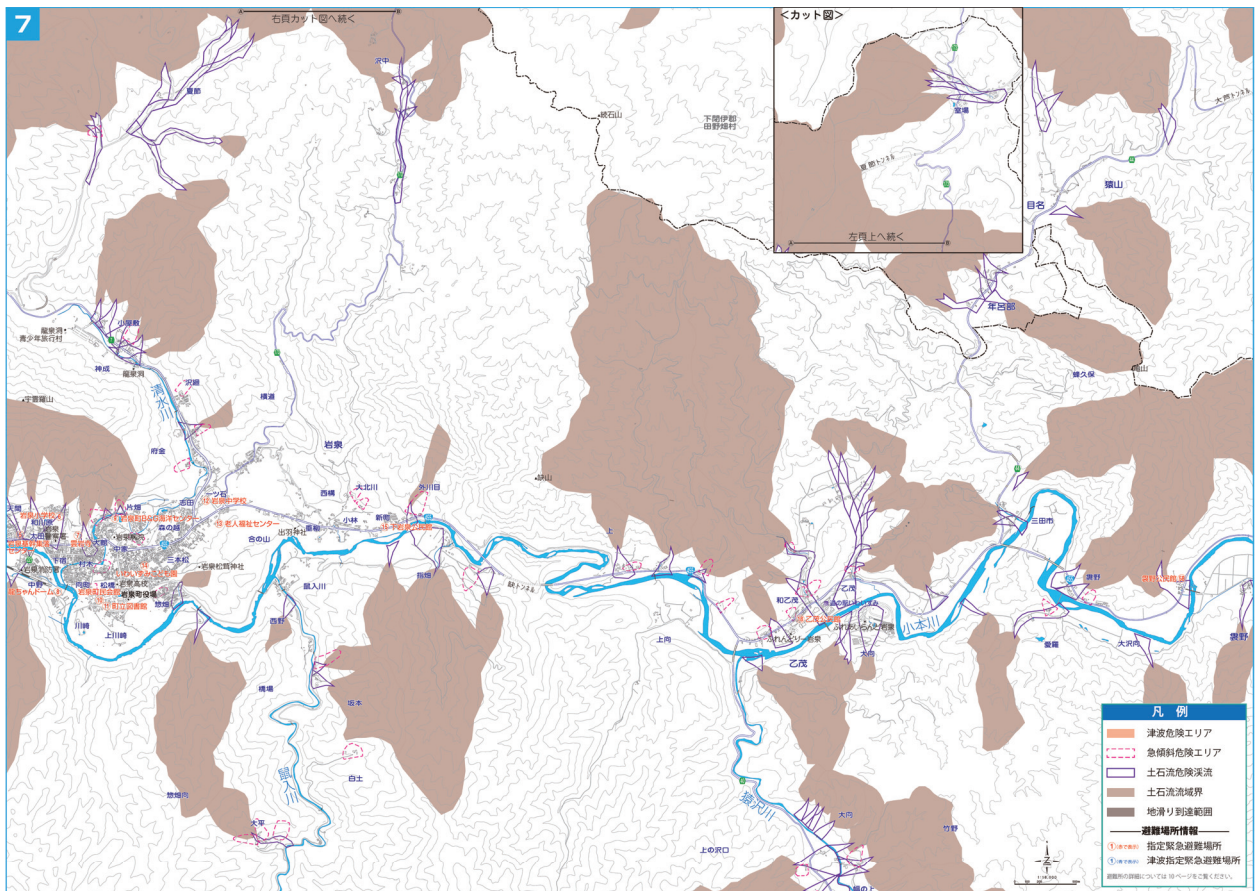


図 3.1-10 岩泉町防災マップ¹⁾

3.2 台風10号による被災状況

3.2.1 雨量と水位

台風10号の通過に伴って岩泉地点における雨量は8月30日夕方より急激に増加し、18時には既往最大時間雨量となる62.5mm/h(18時)が観測された。これに同調するように水位も急速に上昇し、19時までに堤防高(4.87m)を超え、20時には既往最高水位となる6.61mが観測された(図3.2-1)。その後の降水量の減少とともに小本川の水位は次第に低下していったが、堤防高を下回る水位が観測されたのは8月31日の1時(4.80m)、氾濫注意水位を下回る水位が観測されたのは同じ日の23時(2.48m)になってからである。このように、急激な雨量の増加と水位の急上昇によって小本川の水位は河岸を大幅に超えることとなり、流域の上流側では土石流や土砂、流木の流出が、下流側では溢水や越水、流木の集積が各所で発生した。

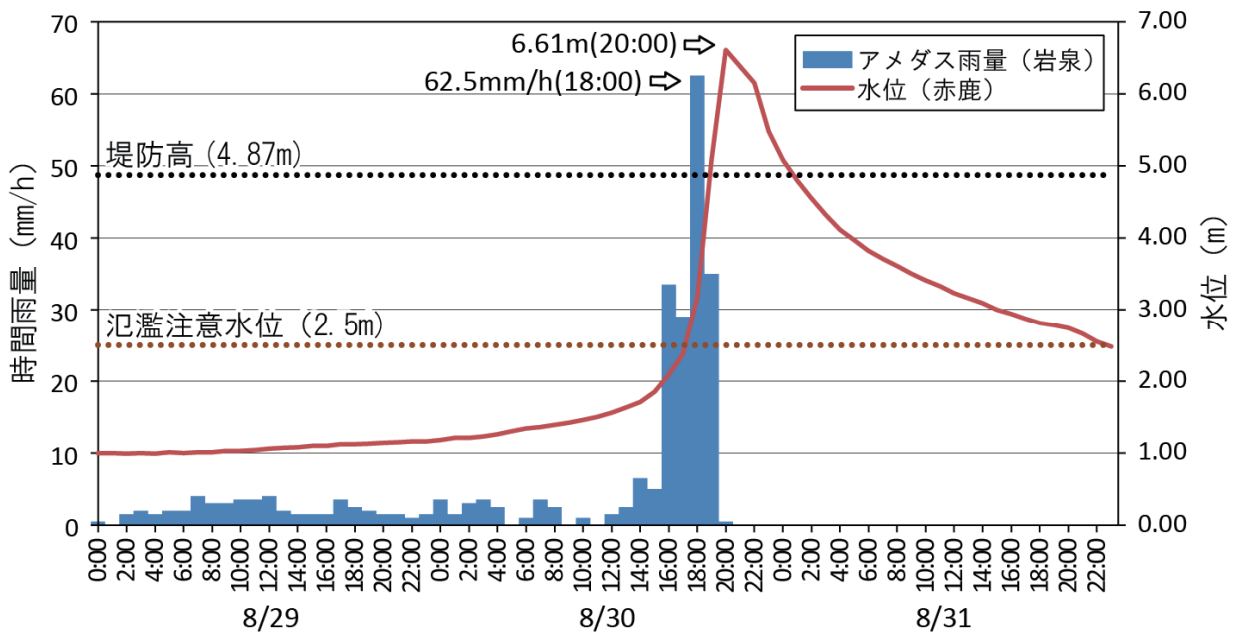


図3.2-1 岩泉地点における時間雨量と赤鹿地点における小本川水位
(8月29日~31日)

3.2.2 浸水と土砂堆積

小本川沿いでは、三田貝川との合流点付近（門地区）より下流で越水や溢水が発生した。河道屈曲が大きな部分を中心に家屋や田畑の浸水が顕著にみられ、二升石地区や乙茂地区、その下流の地区では浸水域は谷底低地全体に広がった¹²⁾。一方、三田貝川や大川、鼠入川が流下する山間部では土石流やがけ崩れが各所で発生し、小本川に土砂や流木をもたらす一因となった。

以下に被災状況を表す写真を掲載するとともに、著者らが現地調査を行った場所のうち、乙茂地区中心部（高齢者グループホーム「楽ん楽ん」付近）、袈野地区宮本、中島地区卒郡の地形及び被災後の状況について述べる。



写真 3.2-1 写真奥から手前に三田貝川が流下、道路のアスファルトが削られ、土砂が堆積



写真 3.2-2 三田貝川、河床に土砂が厚く堆積



写真 3.2-3 三田貝川と小本川の合流点付近、流された橋の一部が河道内に残る



写真 3.2-4 小本川（手前）、三田貝川（奥）が写真左手で合流、家屋の壁に残る浸水痕は調査時の小本川水面から約 3.4m



写真 3.2-5 大沢川（大川の支川）、土石流が発生したとみられる



写真 3.2-6 大沢川、砂防堰堤に土砂と流木が捕捉される



写真 3.2-7 大沢川、土砂により河床が一時的に上昇した後、侵食



写真 3.2-8 大川、写真奥が上流側、土砂により河岸の道路が寸断される



写真 3.2-9 大川、土砂が河岸を超えて谷全体に堆積、写真右手にあった河道が左手に移動



写真 3.2-10 大川、河岸の家屋に土砂が流入



写真 3. 2-11 大沢川、土砂や流木により道路が損壊



写真 3. 2-12 鼠入川、土砂により河床が一時的に上昇した後、侵食



写真 3. 2-13 鼠入川、写真右手前から奥に流下、河岸を超えて土砂が堆積



写真 3. 2-14 鼠入川、堆積した花崗岩の円礫は直径 1m 以上



写真 3. 2-15 小本川、写真左奥から手前に流下、穴沢地区の集落前面の河床に土砂が堆積



写真 3. 2-16 小本川、護岸が損傷し、河床に砂州が形成されている



写真 3. 2-17 小本川、高齢者グループホーム「楽ん楽ん」前の河床



写真 3. 2-18 建物の壁には地表から 3m 地点に浸水痕が観察できる



写真 3. 2-19 小本川、道の駅いわいずみ前の河床、河岸に侵食崖が形成されている



写真 3. 2-20 小本川、橋台の損傷と土砂、流木の堆積



写真 3. 2-21 小本川、写真左手が上流、赤鹿橋の欄干が損傷



写真 3. 2-22 小本川、婁野地区宮本の土砂堆積、もとの土地利用は水田



写真 3. 2-23 小本川、褓野地区宮本の土砂堆積、礫と砂の分級が明瞭



写真 3. 2-24 小本川、褓野地区宮本の土砂堆積、先端部の土砂層厚は約 60cm



写真 3. 2-25 小本川、中島地区卒郡の河岸、写真左手より越水



写真 3. 2-26 小本川、中島地区卒郡の土砂堆積、水田に厚く土砂が堆積したため、除去作業中



写真 3. 2-27 小本川、中島地区卒郡の家屋、床上浸水したため、清掃作業中



写真 3. 2-28 小本川、中島地区卒郡の家屋、床上浸水したため、床板をあげて乾燥作業中



写真 3. 2-29 小本川、写真右手奥が下流、左岸堤防の損壊



写真 3. 2-30 小本川、左岸堤防の損壊、土嚢で応急処置が施されている



写真 3. 2-31 小本川、中島地区の流木堆積状況



写真 3. 2-32 小本川、中島地区の建物、側面すべてに植物片が付着し、水没したと思われる



写真 3. 2-33 小本川、小本地区左岸の堤外地、樹木の高さ 3m 付近まで流木がみられる



写真 3. 2-34 小本川左岸、小本地区の越水箇所、近隣の家屋は床下浸水

1) 乙茂地区中心部

乙茂地区の中心部は小本川の河口から 13.7～15.5km 付近の無堤区間に位置しており、河床勾配は緩く、山地に挟まれた小本川の谷の中に河岸段丘と谷底低地が分布する場所にあたる。また、15.5km 地点では南側から猿沢川が流入する。小本川左岸の河岸段丘上に古くからの集落（図 3.2-2 の A）があり、山ぎわに国道 455 号線が位置しているが、高齢者グループホーム「楽ん楽ん」と介護老人保健施設「ふれんどりー岩泉」（同図 B）、岩泉乳業本社工場（同図 C）、道の駅いわいずみ（同図 D）や、楽天イーグルス岩泉球場（同図 E）等が谷底低地に立地する。また、右岸の段丘には町のレクリエーション施設ふれあいランド岩泉（同図 F）が位置している。

1947 年撮影の空中写真によれば、これらの施設が立地するエリアは一部が樹林化した砂州となっており、14～14.5km 地点付近の河道は現在よりも屈曲が大きく、左岸の山地に接するように位置していた。1977 年撮影の空中写真では砂州のほとんどが樹木に覆われており、一部は農地として利用されている様子が読み取れる。さらに、1981 年撮影の写真では国道 455 号線から河道方向に延びる道路が建設されており、2000 年撮影のものになると岩泉球場が整備され、現在に近い地割となっている。

洪水後に撮影された写真（図 3.2-2）からは、洪水は谷幅いっぱい広がって谷底低地を覆うように土砂が堆積している様子が伺える。また、15.5km 地点の小本橋直下には、押堀状の地形とその下流に広い堆積域も認められる。さらに、植生や土砂の堆積状況を考慮すると、洪水は 16km 地点付近で南東方向に流下した後、河道の屈曲に同調するように北東方向に流路を変え、「楽ん楽ん」の建物の西側（同図 B）に正面からぶつかるような形で流下したと考えられる。そして、楽天イーグルス岩泉球場（同図 E）付近を通過し、ふれあいランド岩泉（同図 F）の多目的広場上をショートカットするような形で南東から東に流下したのだろう。

乙茂地区の中心部は、河口から 18km 地点にある狭窄部下流に位置し、谷幅が再び拡大する区間に相当する。小本川の谷幅は盆地状に広がる箇所と狭窄部が繰り返し現れるが（図 3.1-4）、細かく見ると、ここでは谷幅が 18km 地点の狭窄部から 370m 程まで広がった後（16.3km 地点）、再び 180m（15.6km 地点）から 190m（15.2km 地点）程に狭まり、さらに 320m 程まで拡大（14.5km 地点）している。そのため、土砂や流木を含んだ洪水は 18km 地点の狭窄部を経て、15.5～16km 地点付近の狭窄部で堰き止められるような形になった後、再び谷幅は広がるとともに直線区間となるため、広い範囲で流砂や流木の堆積を促したものと推測される。

著者らが 10 月中旬に実施した現地調査の際には、高齢者グループホーム「楽ん楽ん」や道の駅いわいずみ、楽天イーグルス岩泉球場、被災時のまま残されており、土砂やがれきの除去が進められている状況であった。その後、道の駅いわいずみは 11 月 1 日に一部の営業を再開しており、高齢者グループホーム「楽ん楽ん」は運営主体の法人から事業廃止の申請が提出されている。

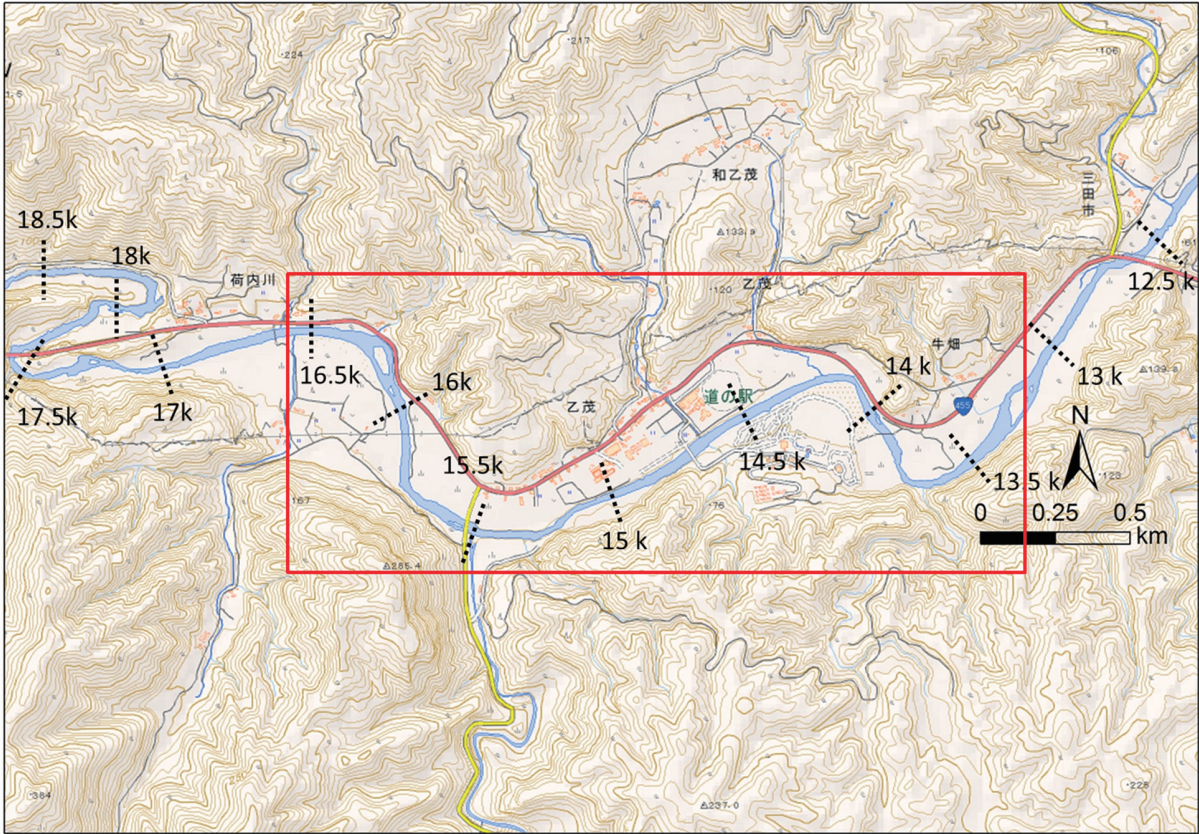


図 3.2-2 乙茂地区中心部の位置図と洪水後の空中写真
 (上：地理院地図より作成、下：10月7日国土地理院撮影)

2) 袈野地区宮本

袈野地区宮本は小本川の河口から 7.5~9.5km 付近の右岸の谷底低地に位置している。地域全体を取り囲むように小本川沿いに高さ 2m 未満の農道を兼ねた堤防が位置しており、出水前には河道内に多くの樹木が繁茂していた。また、集落の西端には赤鹿橋が架かり、対岸の赤鹿と結ばれている。集落の中心部は山地に隣接し、河床から比高のある河岸段丘上（村井ほか³⁾の区分による II 面）に家屋が立地するほか（図 3.2-3 の A）、河道側の谷底低地が水田として利用されている。そして、赤鹿橋の南側には水門があり（同図 B）、そこから延びる用水路が弧を描くように伸びて、集落の東端部で小本川の旧河道に接続している（同図 C）。

大正 5 年測図の旧版地形図によれば、この付近の小本川は 8.1km 地点付近より二つに大きく分流して河床中央部に大きな中洲が形成されており、一方は左岸の山地沿いを、もう一方は右岸の山地沿いを流下していた。河道の幅は右岸の山地沿いを流れる河道方が大きく、こちらが主流路であったと推察される。1940 年撮影の空中写真でもこのような二股の河道は確認することができるほか、宮本の集落のある右岸側には雑然と水田が配置されている。また、谷底低地上には複数の円弧状の旧河道の痕跡が確認できる。一方、1968 年撮影の空中写真では河道は現在のような一筋の流れに変わっており、圃場整理が完了して用水路も整備された様子が認められる。

国土地理院によって浸水直後に撮影された映像（8 月 31 日撮影）¹³⁾によれば、赤鹿橋の南側で幅 150m にわたって越水し、家屋の集まる集落中心部（同図 A）を除く広い範囲が浸水して河道状に洪水が流下している様子が読み取れる。家屋の立地する河岸段丘部分にも土砂や流木が堆積している様子も見られるため、洪水の最大期には集落全体が洪水の通り道となって浸水していたものと考えられる。また、洪水後に撮影された写真（図 3.2-3）からは、赤鹿橋南側から大量の土砂が堤内に放射状に伸びるように堆積している様子が認められるほか、8.9km 地点付近の河岸（同図 D）にも越水したような箇所が認められ、そこから東方向に土砂が堆積する様子も読み取れる。さらに、土砂が堆積するよう様子は集落の東側でも認められ、用水路や旧河道からあふれるように土砂が堆積していたり、それらの東端部（同図 C）で再び小本川本川に合流するように土砂が連続する様子も認められる。

この地区の蛇行波長は 1.5 km 以上と小本川本川の中でも大きく、蛇行の屈曲に合わせて狭窄部と幅の広い谷が交互に出現する（図 3.1-4）。たとえば、11km 地点の谷幅は 170m 程で、そこから下流に向かって徐々に谷幅は広がり、10km 地点で 280m、9km 地点で 380m となり、8.9km 地点で 430m となってこの付近で最大となる。宮本の集落東部で再び谷幅は狭くなり、7.5km 地点で 350 m、7km 地点で 300m となる。このうち、越水地点付近（9.5km 地点）は赤鹿橋が位置するとともに、狭い谷幅が 8.9km 地点に向かって急速に大きくなる地点に位置している。

これらのことから、用水路や旧河道を通じて洪水は集落内を流下したが、流量の増加とともに赤鹿橋の位置する狭い谷が急速に広がる 9.5km 地点付近や、屈曲の大きな 8.9km 地点付近（図 3.2-3D）より越水し、谷底低地が河道のようになって洪水は流下して、集落東端部で再び本川に合流していたと考えられる。また、7km 地点で再び谷幅は大幅に狭くなることから、本川の流下が阻害されていた可能性があり、浸水深が大きくなった結果、谷底低地だけでなく家屋の立地する河岸段丘も浸水したものと推察される。

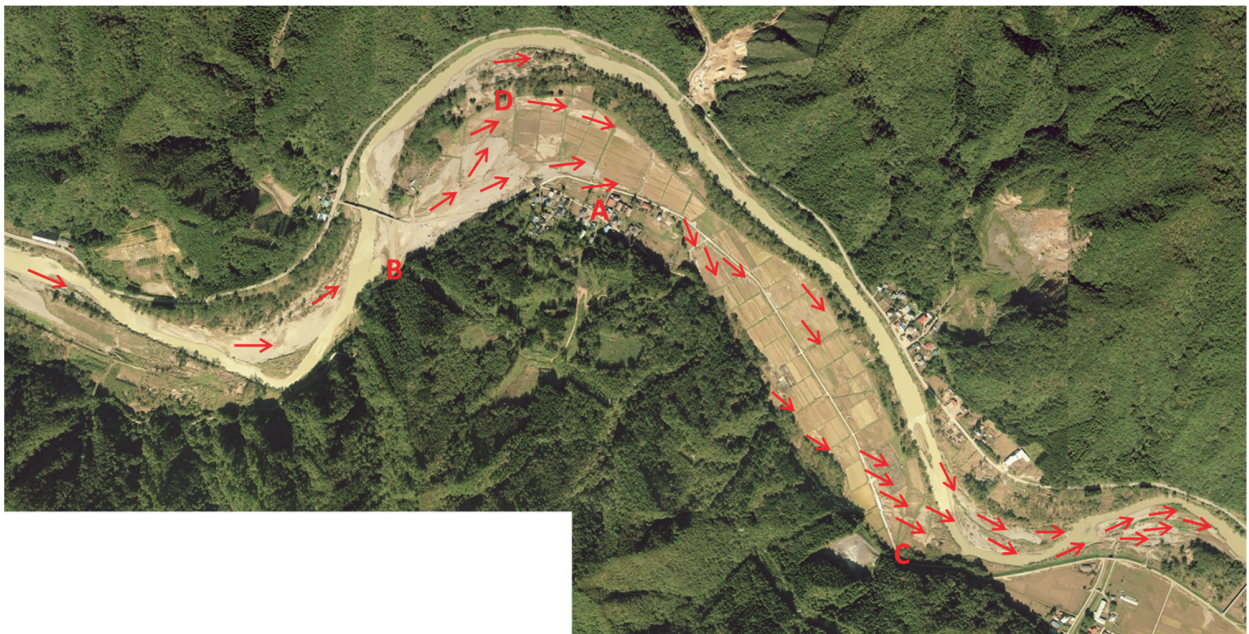
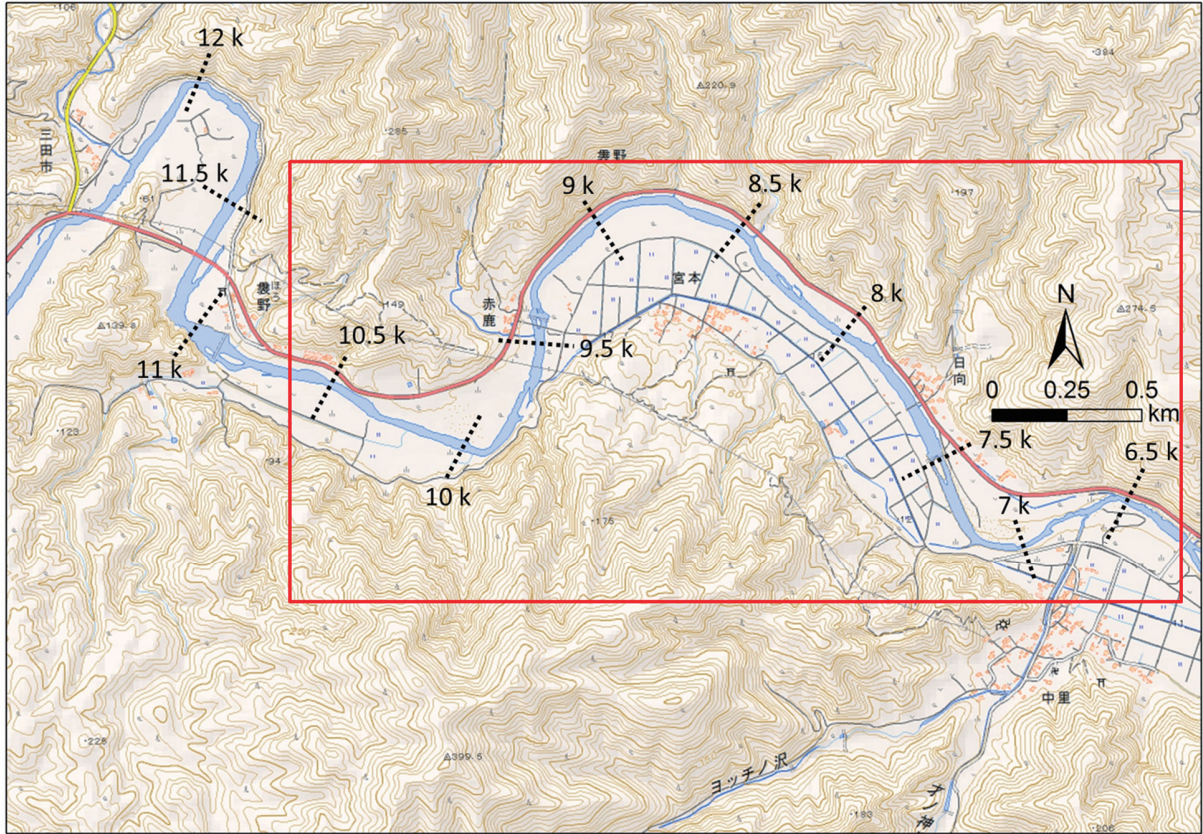


図 3. 2-3 襲野地区宮本の位置図と洪水後の空中写真
 (上：地理院地図より作成、下：10月7日国土地理院撮影)

3) 中島地区卒郡

中島地区卒郡は、標高 5m 程の小本川の河口から 4~2.9km 付近の右岸に位置する。谷底低地は主に水田として利用されており、ビニールハウスが建つ様子も見られる。また、家屋は卒郡橋 (4km 地点) 付近や山沿いの山麓部に立地しており、卒郡橋から集落を取り囲むように長さ約 700m の農道を兼ねた堤防が設置されている。

1947 年、1968 年撮影の空中写真によれば、小本川の屈曲は現在よりも大きく、右岸 (図 3.2-4 の A)、左岸 (同図 B) とともに現在よりも山側を流下していた様子が認められる。1977 年撮影の空中写真では集落東部の河道 (同図 A) は現在とほぼ同じ位置に移動しており、屈曲の大きかったかつての流路は旧河道として残り、植生に覆われている様子が読み取れる。また、同図 B 付近の河道は依然として山際を流れているものの、川幅は 150m 以上あって土砂が堆積し、広い中洲が形成されている。一方、1953 年応急修正の旧版地形図では谷底低地は桑畑として利用されているが、1974 年修正の地形図では現在のような堤防が建設されて堤防内は水田に変わっている。

国土地理院によって浸水直後に撮影された映像 (8 月 31 日撮影)¹³⁾ によれば、赤鹿場所の橋脚や橋桁付近に流木が付着しており、川幅いっぱい小本川が流下する様子が認められる様子が観察できる。また、赤鹿橋東の堤内 (同図 C) には碎石場があるが、その付近の堤防は幅 80m 程にわたって寸断され、長さ 50m 程の押堀が形成されているほか、その末端にはもともと碎石場にあったと考えられる砂礫がローブ状に堆積している。さらに、谷底低地上の水田は各所浸水して水域が広がっており、ビニールハウスも越水地点方向から南東方向に押されて変形している様子が見受けられる。また、対岸の中島の集落の水田も広く浸水しており、谷底低地の端部 (同図 B) や建物の西側に流木が捕捉されている様子 (写真 3.2-31) が認められる。また、被災直後の写真や現地調査では、左岸 (同図 D) では堤防が損傷し (写真 3.2-29、写真 3.2-30)、堤内に土砂が洪水とともに流入している様子が観察された。

著者らが現地 (同図 E) の住民に聞いたところによれば、8 月 30 日は 19 時半ころに停電し、20 時には小本川の下流側から水が入ってきて浸水が始まり身動きが取れなくなったが、日付が変わったころには水が引き始め、朝には家屋周辺の水は引いたとのことである。また、この住民の家屋は床上浸水しており、浸水痕跡は土間から 1.9m の高さにあったことから、集落内のほかの建物も多くが床上浸水したと考えられる。

この区間の小本川は河口からおおよそ 4km の地点にあり、河床勾配は緩い。また、谷幅は 280m (4.9km 地点) と一時的に狭くなる場所から徐々に広がり、約 770m (4.3km 地点) と河口付近に次いで広い範囲に位置する。さらに、谷幅は卒郡のある 4km 地点で約 720m、3.5km 地点で約 500m、3km 地点で約 480m と下流に向かって次第に狭くなる。そのため、洪水は谷幅が広がる 4.3km 地点付近に向かって河岸からあふれるように谷底低地に広がるような挙動を示し、一部は河岸堤防を越えて堤内に土砂や流木が堆積したものと考えられる。また、住民の話によれば、同図 A 付近の旧河道のことを集落では「沼」と呼んでおり、現在でも降雨があった後や水位上昇後には水がたまる場所であるということである。今回の洪水でも、下流側から洪水が流入したとの住民証言もあり、上流側 (同図 C) からだけではなく、下流側からも逆流するように洪水が流入したものと考えられる。

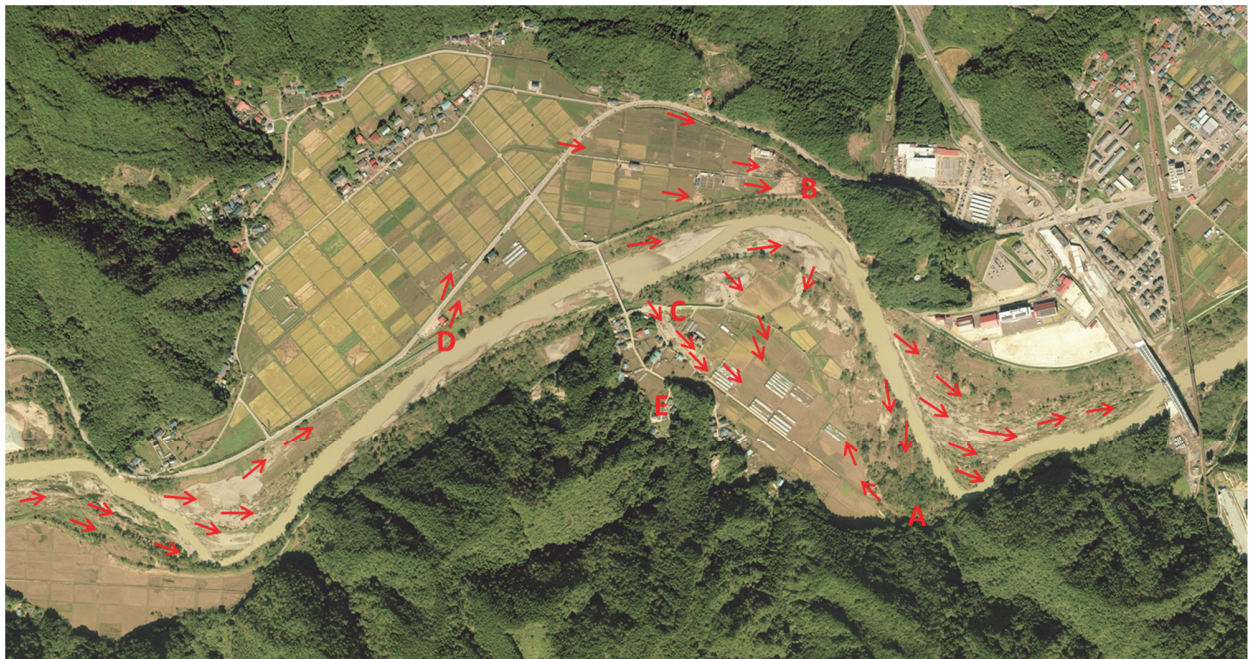
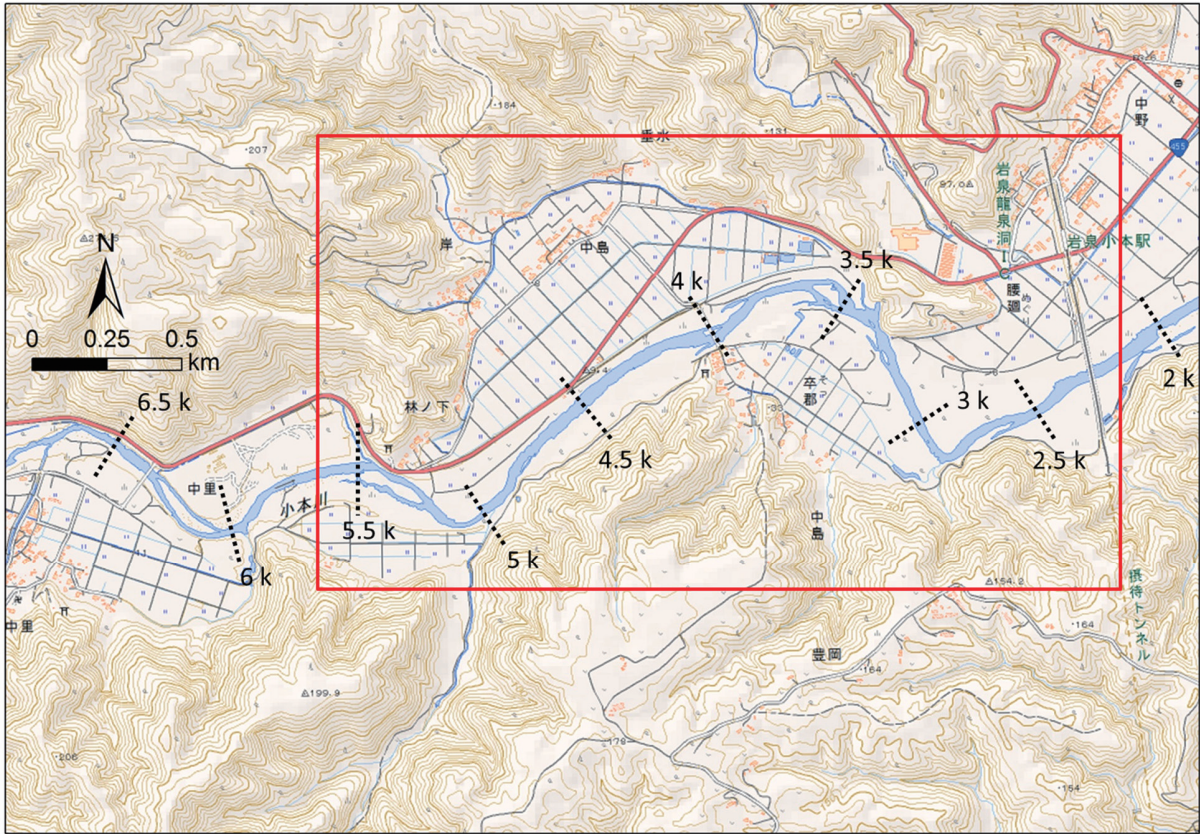


図 3.2-4 中島地区卒郡の位置図と洪水後の空中写真
 (上：地理院地図より作成、下：10月7日国土地理院撮影)

3.2.3 人的被害と対応

台風10号の襲来に伴う小本川の洪水氾濫の結果、岩泉町では死者19名、行方不明者2名の人的被害が発生したほか、住宅の全壊399棟、大規模半壊226棟が発生する等して、町の総被害額は400億円に達した¹⁴⁾。とくに、乙茂地区では高齢者グループホーム「楽ん楽ん」で9名の入所者が亡くなるなど、大きな被害が発生した¹⁴⁾。また、岩手県の調査によれば床上浸水した家屋・事業所は660戸に及び、床下浸水も110戸あった¹²⁾。さらに、電気、水道、道路等のインフラ施設も被害を受けて、復旧までに時間を要した(表3.2-2)。インフラ施設の被害のなかでも、土砂流出や倒木等によって国道340号線と455号線に全面通行止め区間が発生したことや¹⁵⁾¹⁶⁾、町が管理する町道95路線、林道66路線、農道15路線で被害が発生したこと¹⁷⁾で、岩泉町と周辺市町村を結ぶ道路交通網は麻痺してしまった。再び盛岡と岩泉の通行が可能になったのは被災から10日以上経過してからである¹⁵⁾¹⁶⁾。また、町内には町道や県道と家屋を結ぶ生活橋が190箇所あったが、このうち73箇所が流出する等の被害にあった¹⁷⁾。

岩泉町では、8月30日の急激な水位上昇を受けて、8月30日の14時頃に小本川流域外の安家地区の一部に避難勧告を発令した(表3.2-3)。その後、17時30分頃に台風が大船渡市付近に上陸し、19時頃に赤鹿の水位が堤防高を超えたが、そのほかの避難情報は小本川流域の集落には発令されていない。

町の主要な宿泊施設は避難所として開放されたほか、町では2011年の東北地方太平洋沖地震時に整備した仮設住宅を修繕したり、町有地や民有地を利用したりして、260戸の仮設住宅を県とともに整備する予定である。また、町の社会福祉協議会によってボランティアセンターが開設され、多い日には1日600人のボランティアが支援を行った¹⁴⁾。10月11日には、町に「台風第10号豪雨災害復旧・復興推進本部」が設置され、被災者の生活再建や復興計画の策定に関する検討等を進めている¹⁴⁾。

表3.2-2 岩泉町の主な被害^{12) 14) 15) 16)}

被害項目	概要
人的被害 ¹⁴⁾	死者19名(東京在住者1名を含む) 行方不明者2名 ※9月28日現在
住宅被害 ¹⁴⁾	855棟 (全壊399棟、大規模半壊226棟、半壊194棟、半壊に至らない36棟) ※9月28日現在
浸水被害 ¹²⁾	床上浸水660戸(家屋574、事業所86) 床下浸水110戸(家屋105、事業所5) 農地147.8ha(田119.3ha、畑28.5ha)
総被害額 ¹⁴⁾	400億円(道路や建物、農業被害を合わせた総被害額) ※町内の県有施設を含めると700億円を超える見込み
主なインフラ被害 ^{15) 16)}	電気 8/30 20:00頃 町内全域で停電 ⇒9/1 19:08 役場通電 (9/3までにほぼ通電、11/9通電完了) 水道 9/4 断水1600戸(町水道の約4割が断水) ⇒10/8 23:00応急復旧完了 道路 8/30 16:00以降、国道340号線及び455号線に全面通行止め区間 (土砂流出、倒木などによる) ⇒9/12 17:00 国道340号通行止めが解除 (岩泉町大渡～宮古市押角が通行可能) ⇒9/12 17:00 国道455号通行止めが解除 (盛岡～岩泉が通行可能)

表 3.2-1 8月30日の岩泉町の主な状況
 (内閣府資料¹⁸⁾をもとに作成)

時間	概要
05:19	盛岡地方気象台が岩泉町に大雨警報を発表
09:00頃	町内全域に避難準備情報を発令
10:16	盛岡地方気象台が岩泉町に大雨警報に加え、洪水警報を発表
14:00頃	安家地区の一部に避難勧告を発令(小本川流域外、133世帯)
17:30頃	台風第10号が岩手県大船渡市付近に上陸
19:00頃	赤鹿にて水位が堤防高(4.87m)を超過
19:45頃	「楽ん楽ん」の1階が水没
20:00頃	赤鹿にてピーク水位(6.61m)を記録
20:25頃	岩泉町役場が停電

3.3 災害の実態

3.3.1 支流及び山間地における災害の実態

国土地理院が航空写真から判読した土石流発生箇所は図 3.3-1¹³⁾ の通りである。特に降雨強度の強かった小本川流域南東部の山地では多くの土石流が発生したとされており、激しい河床上昇を伴う甚大な被害が生じたと予想された。そこで、図 3.3-1 に示すいくつかの支流の山間部を踏査し、土石流の実態を調べた。しかし実際に現地を訪れたところ、土石流が発生したと判読された箇所でも、洪水の流れや掃流砂の移動によって地表面の植生が消失したために、航空写真上では土石流が起きたように「見えている」箇所もあった。以下に、実際に踏査した場所の状況について記す。

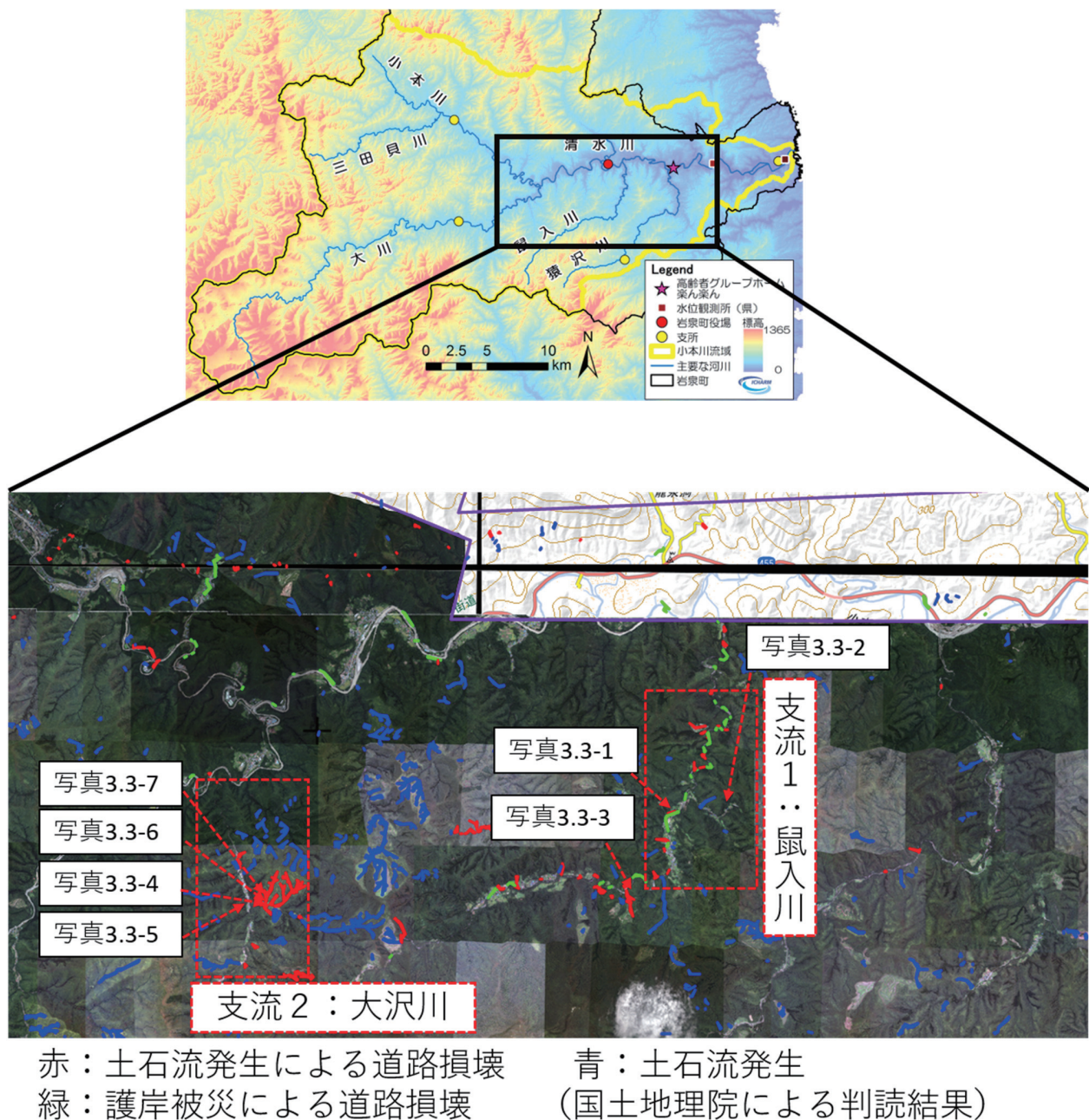


図 3.3-1 航空写真による土石流発生箇所の判読結果¹³⁾

・支流1：鼠入川流域

鼠入川流域の地質は主に花崗岩と付加体からなり、河床は花崗岩の巨礫に覆われていた(写真3.3-1)。巨礫の中には砂州上のかかなり高い位置に堆積しているものもあり(写真3.3-1)、今回の出水で移動したと考えられる。また、しばしば道路よりも高い位置に痕跡水位が見られ、そのような場所では道路が損壊していた。

しかし、土石流が発生したと判読されたいくつかの支流の沢を見て回った結果、中には土石流が発生した沢ではないものもあった。確かに多くの石礫が沢の河床表層に露出しているが、これらは洪水の流れに伴う植生の消失、掃流砂の移動、流れの作用による河床・河岸侵食等が起きたために表層に露出したと考えられる。例えば写真3.3-2の沢は、航空写真では土石流が発生したと判定されたが、河岸付近には出水前からあったと思われる木が残っており、土石流による土砂堆積は見られなかった。写真3.3-3は基盤岩が表層に露出しており、土石流による侵食が生じている様子を示している。



写真 3.3-1 鼠入川の河床に見られる巨礫，写真左側の道路は被災しており復旧工事中
(写真手前が上流側)



写真 3. 3-2 航空写真で「土石流発生」と判読された沢の状況（写真手前が上流側）



写真 3. 3-3 航空写真で「土石流発生」と判読された沢の状況（写真奥が上流側）

・支流2：大沢川流域

大沢川流域の地質は主に付加体であり、河床には主に砂岩や泥岩由来の砂礫が見られ、礫径が 50cm を超える大礫はあまり見られない。鼠入川と比較して礫径は小さいが、今回の出水で多くの土砂が流入して河床が上昇したため土砂に埋まった家屋もあり（写真 3.3-4）、道路の復旧も比較的遅れている（写真 3.3-5）。

大沢川の支川を踏査したところ、複数の支川で、写真 3.3-6 のように土石流が発生していた。土石流によって発生した土砂は下流に堆積し、その一部は洪水によって下流に流出しており、これらがさらに下流域の勾配の緩くなる写真 3.3-4 のような場所に堆積したことで、多くの家屋が被災していた。因みに写真 3.3-7 は、旧堆積物が侵食されている様子である。

小本川流域の地形は本川・支川共に、狭窄部と谷幅が広い拡幅部とが連続しているが、勾配の緩くなる拡幅部では土砂の堆積に伴う被害が至る所で見られた。このような一連の狭窄部と拡幅部から形成されている河道システムにおける拡幅部の被災が、今回の災害の特徴とも言える。



写真 3.3-4 土砂の堆積により多くの家屋が被災している状況（写真手前が上流側）



写真 3. 3-5 大沢川の状況 道路が損壊しているため通行できない（写真上が上流）



写真 3. 3-6 土石流が発生した沢（写真奥が上流側）



写真 3.3-7 旧堆積物が洪水流によって浸食され、形成された河岸（写真左側が上流）

3.3.2 小本川本川における災害の実態

小本川の河川としての特徴は既に述べた通り、流域面積約 731km²、流路延長約 65km の二級河川である。計画高水流量配分図は図 3.3-2 の通りであり、基準地点赤鹿において 3,000m³/s の流下能力を確保するという整備目標が掲げられている。ただし後述する通り、赤鹿地点付近において現況の河道の流下能力は概ね 1,000m³/s 程度である。

河道縦断面図について、5m メッシュの DEM データに基づいて算出したものが図 3.3-3 である。勾配の観点からは概ね 4 つの区間に区分でき、それぞれ、大川合流点の上流側（区間 1、勾配凡そ 1/95）、大川合流点から岩泉町役場まで（区間 2、勾配凡そ 1/133）、岩泉町役場から赤鹿観測所まで（区間 3、勾配凡そ 1/285）、赤鹿観測所より下流（区間 4、勾配凡そ 1/800）、である。河床の礫径は、区間 4 を除き、区間 1～3 ではほぼ同様であり、代表粒径が 5cm 程度の礫を中心として、最大で 40cm 程度の大礫から砂、シルトまで幅広い粒径の土砂が見られる。

小本川における計画高水流量は、赤鹿地点において、3,000 m³/s とし、河口まで同流量とする。

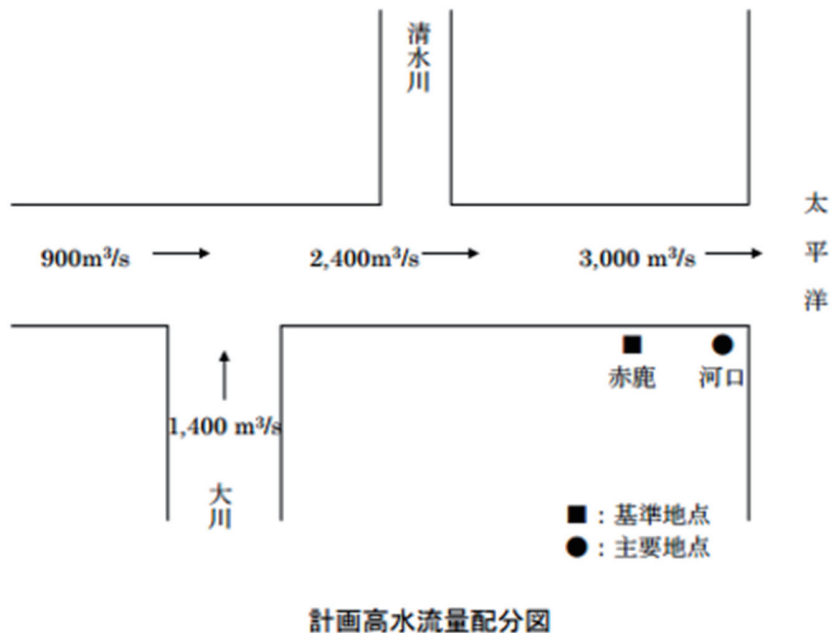


図 3.3-2 小本川の計画高水流量配分図（岩手県小本川河川整備基本方針¹⁾より抜粋）

小本川縦断面図

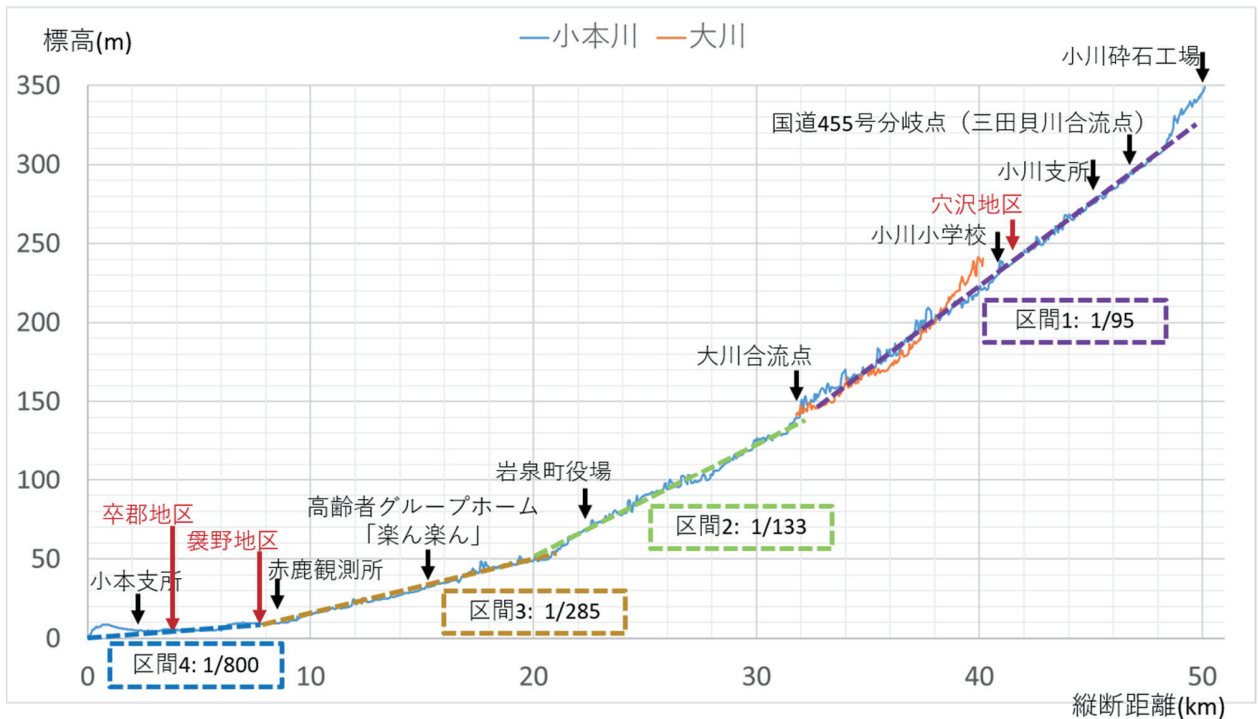


図 3. 3-3 河道縦断面図

小本川は上下流を通して主に山間部の谷底低地を流れているが、狭窄部と谷幅が広い拡幅部とが連続しているという特徴を有する。そのため支流と同様に、勾配の緩くなる拡幅部上流側の被害が顕著であった。その典型的な例として図 3. 3-4 に穴沢地区の被災状況を示す。拡幅部は流路と砂州から構成されており、砂州部は普段農地として利用されているが、今回の出水では大量の砂礫が砂州部に流入してここに堆積していた (写真 3. 3-8)。一方で、左岸側の集落は一部で浸水してはいるものの、家屋が全壊するような被害は見られなかった。



図 3. 3-4 穴沢地区の被災状況

次に、下流部の斐野地区宮本の被災状況を図 3.3-5 に示す。斐野地区宮本は穴沢地区よりもかなり下流に位置しているが、被災のパターンは穴沢地区と同様である。すなわち狭窄部を通過して拡幅部に入り、その拡幅部上流端で堤防が決壊して、砂州部に大量の土砂が流入していた。水田には掃流砂も浮遊砂も流入して堆積していたが、礫の粒径は河道内の河床材料と比較すると若干細かい。正確な値は今後画像解析によって求めるとして、目視では、河道内の河床材料の代表粒径が概ね 6cm 程度 (写真 3.3-9) であるのに対して、水田に堆積した礫の代表粒径は概ね 3cm 程度と思われる (写真 3.3-10)。礫と砂とは分級して堆積しており、堆積した砂層の厚さは概ね 40cm 程度であった (写真 3.3-11)。

砂州部に流入した土砂は主に堤防が決壊した部分 (図 3.3-5 の青破線部分、写真 3.3-12) から流入したと思われる。ただし、堤防の砂州側に複数の落堀が形成されていた (写真 3.3-13 の黄色破線部分) ことから、洪水流は流路側から砂州側に向かっても流入していたことが分かる。さらに、後に述べるように、砂州部、すなわち右岸の農地部分の下流端は、普段の排水路を確保するために堤防を繋げずに解放しているため、ここからも洪水流が流入したと推察される。以上のことから、右岸の農地部分には堤防が決壊した部分 (図 3.3-5 の青破線部分) からのみならず、様々な場所から洪水流が流入したと考えられる。なお、堤防は決壊したものの、集落と国道を結ぶ橋 (写真 3.3-14 参照) は落橋せずに残り、復旧・復興に重要な役割を果たしている。この橋の下流には赤鹿観測所が設置されており、出水中も毎正時に水位が観測されていた。ピーク時の水深は 6.6m であり、右岸堤防の天端高を 1.8m 超えていた。本観測所で記録された水位データは洪水外力を推定する上で非常に重要な役割を果たす。なお、現地調査では写真 3.3-15 に示すようにいくつかの痕跡水位を計測しており、これらは後の洪水流解析の検証に用いた。

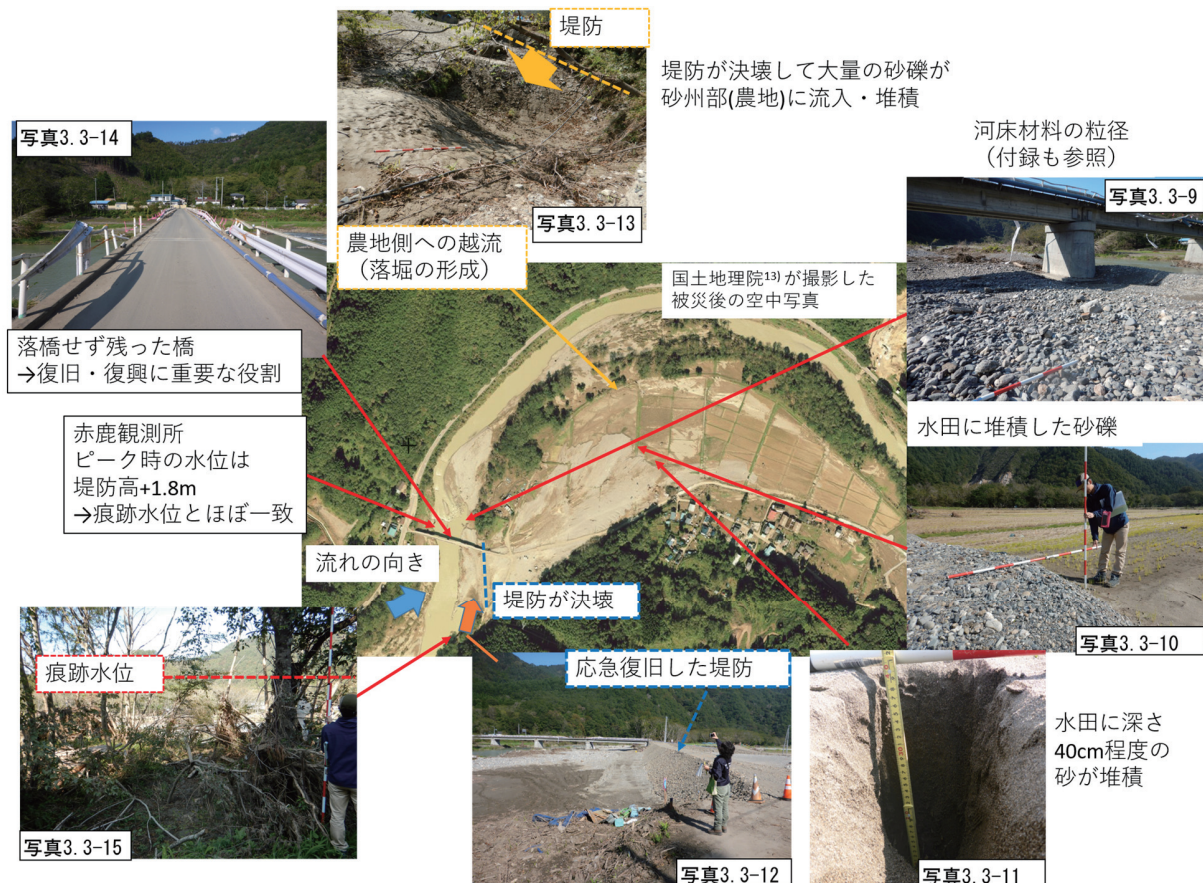


図 3.3-5 斐野地区宮本の被災状況

次に、中島地区卒郡の状況について述べる。中島地区卒郡は袈野地区宮本よりもやや下流に位置し、河床材料にはかなり砂が多く含まれている。袈野地区宮本と同様に、砂州部の上流端からは破堤を伴って洪水流が流入し（写真 3.3-16）、一部では礫の堆積も見られた（写真 3.3-17）が、むしろ砂やシルトといった浮遊砂の堆積がより顕著であった（写真 3.3-18）。洪水の痕跡水位は住宅の一階部分の背の高さほどまで達していた（写真 3.3-19）。

主に砂州部の上流端から洪水流が流入したと思われたが、地元の方のお話しによると、砂州部の下流端から先に水が入ってきたという。ここには写真 3.3-20 のように、地元の方が「沼」と呼ぶ堤防が無い部分があり、普段は農業用水の排水路として利用されている。この部分からは、数年前の中規模な出水の際にも洪水流が流入し、その際には住宅の浸水はなかったが、農地が浸水したという。今回の出水でもまず下流側から浸水が始まり、消防団の方の指示に従い避難したという。その後、上流側の堤防が写真 3.3-16 のように破堤したとみられ、袈野地区宮本と比較すると砂州部上流側に家屋が集中していることもあり、写真 3.3-21 のように多くの家屋が被害を受けていた。

出水直後のUAVによる映像¹³⁾
破堤し、農地に流水と土砂が流入している



図 3.3-6 中島地区卒郡の被災状況

最後に、9 人の入居者が犠牲となった高齢者グループホーム「楽ん楽ん」(写真 3.3-22) が位置する乙茂地区中心部の被災状況について述べる。この場所もここまでに述べてきた地区と同様に、狭窄部を抜けて拡幅部に入った位置にある。河川の流路と当該施設との間には、低水路の水際に護岸が設置されているだけで堤防は無い(写真 3.3-23)。写真 3.3-24 のように、高水敷部分には多くの大礫が露出しているが、これらは今回の出水で堆積したというよりもむしろ、流水により表層の土砂が侵食されたために露出したものと考えられる。

施設付近の痕跡水位は一階の天井部分(約 3.0m)にまで達していた(写真 3.3-25)。また、出水直後の UAV 撮影による映像からは、大量の流木が堆積しており(写真 3.3-26)、流木による流水抵抗、水位上昇の効果も相当程度あったことが推察される。



図 3.3-7 乙茂地区中心部の被災状況

3 章文献

- 1) 岩手県, “小本川水系河川整備基本方針”, 2011.
- 2) 米倉伸之, “陸中北部沿岸地域の地形発達史”, 地理学評論, Vol.39, pp.311-323, 1966.
- 3) 村井貞允・大上和領・大石雅之, “茂師竜発見地付近の地質”, 岩手県岩泉町文化財調査報告第6集, 1983.
- 4) 柳沢忠昭, “岩泉町の地質とカルスト”, 『岩泉の自然』, pp.9-22, 岩泉町教育委員会, 2000.
- 5) 岩泉町, “岩泉町統計書”, 第9号平成25年度版, 2014.
- 6) 岩泉町, “住民基本台帳人口(平成28年7月31日現在)”
https://www.town.iwaizumi.lg.jp/docs/2016021300010/file_contents/H28-7.pdf(平成28年12月8日閲覧)
- 7) 総務省統計局, “e-Stat 政府統計の総合窓口”, <https://www.e-stat.go.jp> (平成28年12月8日閲覧)
- 8) 岩泉町防災会議, “岩泉町地域防災計画 平成27年修正版 資料編”, 2015.
- 9) 岩手県岩泉町, “東日本大震災記録 復興への足跡”, 2012.
- 10) 岩泉町, “東日本大震災被害状況等”, <https://www.town.iwaizumi.lg.jp/docs/2016022000223/> (平成28年12月8日閲覧)
- 11) 岩泉町, “岩泉町防災マップ”, <https://www.town.iwaizumi.lg.jp/docs/2016072600022/> (平成28年12月8日閲覧)
- 12) 岩手県, “小本川水系小本川河川改修計画の概要”, 沿岸広域振興局岩泉土木センター, 2016.
- 13) 国土地理院, “平成28年台風10号に関する情報”,
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H28.taihuu10gou.html> (平成28年12月8日閲覧)
- 14) 岩泉町, “広報いわいずみ”, 平成28年10月号, No.874, 2016.
- 15) 岩泉町, “台風災害に関する最新情報”, <http://www.town.iwaizumi.lg.jp/docs/2016090200020> (平成28年12月8日閲覧)
- 16) 岩手県, “H28.8.29 発生の台風10号に伴う岩手県管理道路の通行規制状況について”,
<http://www.douro.com/typhoon10.shtml> (平成28年12月8日閲覧)
- 17) 岩泉町, “広報いわいずみ”, 平成28年11月号, No.875, 2016.
- 18) 内閣府, “岩泉町の被害実態と関係省庁の取組み(資料1)”, 避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドラインに関する検討会(第1回), 2016.

4. 災害外力の分析

4.1 小流域における表層崩壊・土石流の発生

4.1.1 対象流域の抽出

山腹崩壊・土石流による下流域への土砂供給条件を検討するための一環として、降雨条件、表層地形、表層の水文・土質パラメータに着目して、崩壊・土石流の発生分布を検討する。図 4.1-1 は、小本川流域における 2016 年 8 月 30 日の日雨量の空間分布と現地調査を行った小流域 1 および小流域 2 の位置を示している。日雨量は、流域の南東部において相対的に多く 140mm 程度となっている。現地調査を行った小流域 1 は鼠入川流域にあり、流域面積は 0.133km²である。小流域 2 は、大沢川流域にあり、流域面積は 0.180km²である。小流域 1 では、崩壊・土石流の発生はみられず、洪水流の侵食が顕著である。一方、小流域 2 では、崩壊・土石流による土砂移動痕跡がみられている。小流域 1 および小流域 2 における日雨量と最大時間雨量は、それぞれ、140mm/日、70mm/時間と、107mm/日、40mm/時間である。降雨条件からみれば、小流域 1 において崩壊・土石流が発生しやすくみえるが、実際には小流域 2 において顕著な崩壊・土石流の発生がみられている。

図 4.1-2 は、国土地理院による空中写真判読結果をもとに作成した、崩壊・土石流が発生した箇所を含む斜面を示している。台風 10 号による崩壊・土石流の痕跡は、小本川流域のいたるところで見られるが、それらの発生場所については、日雨量の多いところで必ずしも発生しているようではない。

これらのことから、小本川流域における崩壊・土石流の発生についての検討を行うために、日雨量が大きいのに関わらず、崩壊・土石流の発生が見られない小流域 1 と、雨量が少なくても、崩壊・土石流が発生した小流域 2 に着目し、山崎らりのモデルを適用して、洪水流出、崩壊・土石流の発生について検討する。

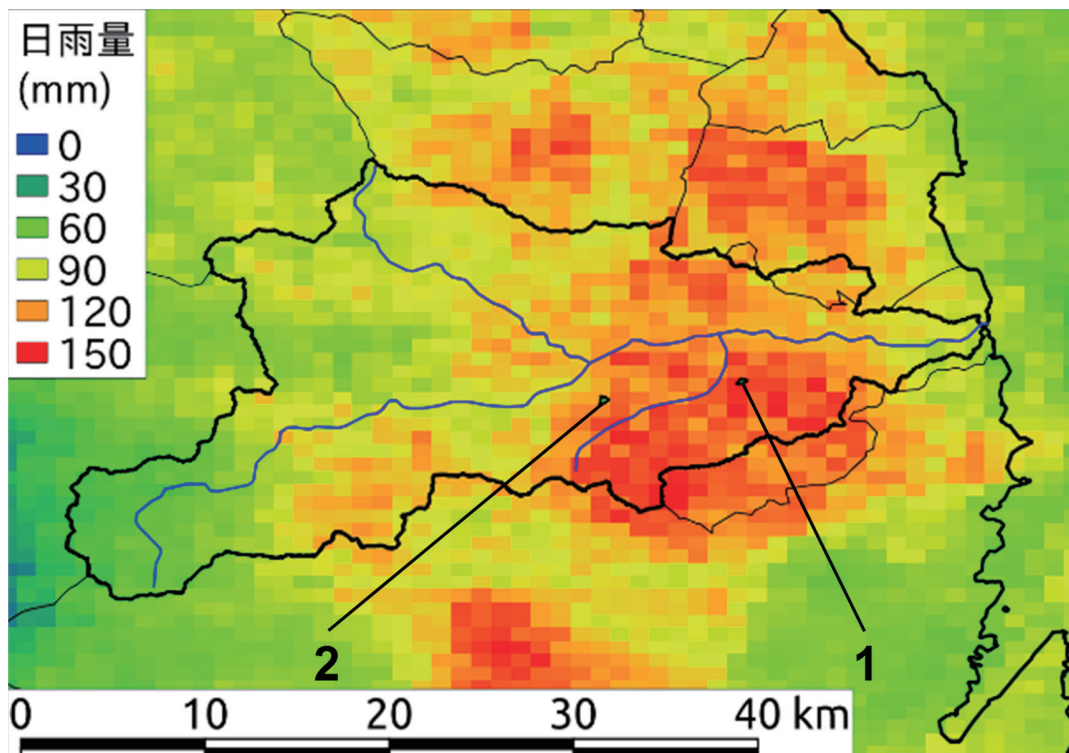


図 4.1-1 小本川流域における 2016 年 8 月 30 日の日雨量の空間分布と小流域 1 および 2 の位置

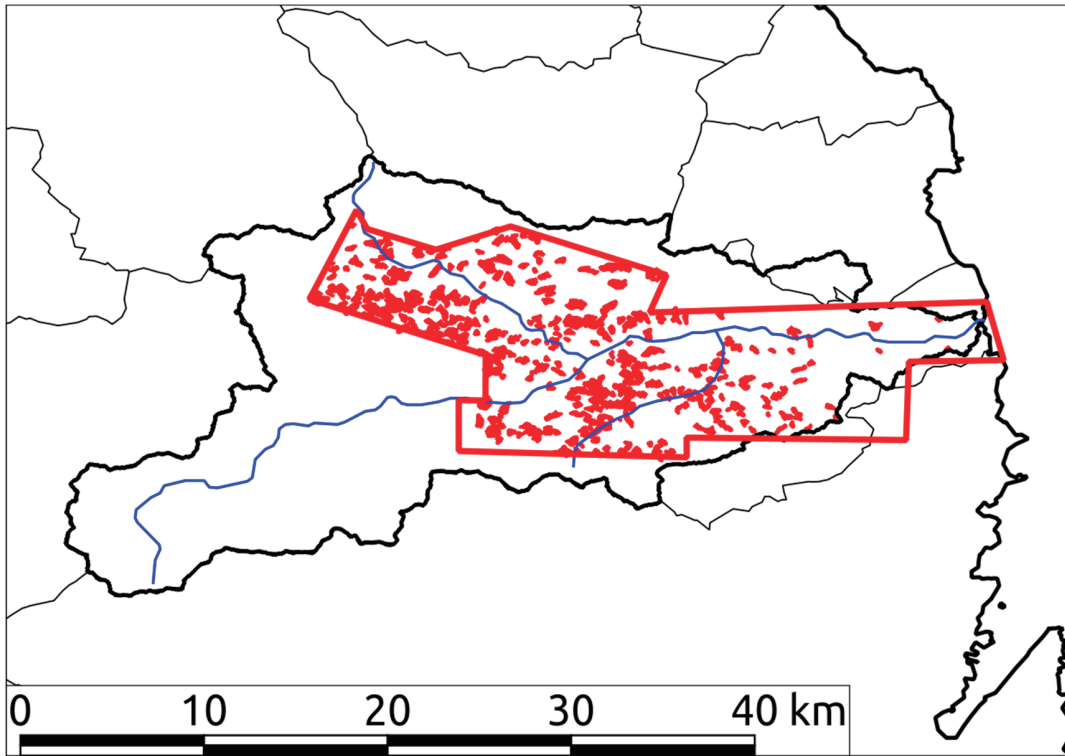


図 4.1-2 国土地理院の空中写真判読結果をもとに作成した崩壊・土石流発生斜面(赤色)

4.1.2 表層崩壊・土石流発生モデル

図 4.1-3 は、表層崩壊・土石流発生モデルにおける山腹斜面における降雨に伴う浸透流および表面流の模式図である。ここに、 r は降雨強度、 p_w は表土層の水分含有率、 h_s は浸透流水深、 h は表面流水深、 θ は局所最急勾配、 D は表土層厚、 λ は表土層の間隙率、 c_* は表土層の体積土砂濃度、 f_{s1} は地表面の浸透能、 f_{s2} は表土層から下層への浸透能である。透水性の低い層の上部に厚さ D の表土層があって、降雨が生じると雨水の鉛直浸透が起こり、表土層の水分含有率 p_w が増加する。これがある値 p_{wc} を超えると浸透流が発生する。浸透流水深が増加して表土層厚を超えると表面流が形成される。降雨が停止すると、蒸発散によって表土層から水分が失われる。浸透流および表面流は、水深方向に積分した 2 次元支配方程式により記述されている。浸透流は、最急勾配の方向に流れ、ダルシー則に従うものとし、表面流は、拡散波近似に従うものとする。

山腹斜面における崩壊の発生または非発生は、無限長斜面に作用する力の釣り合い条件式を用いてこれを判定する。力の釣り合い条件式を勾配 θ について解くと次式を得る。

$$\tan\theta_c = \frac{\left\{ \left(\frac{\sigma}{\rho} - \frac{h_s}{D} \right) c_* + \left(1 - \frac{h_s}{D} \right) p_w + c' \right\} \tan\phi}{\left(\frac{\sigma}{\rho} - \frac{h_s}{D} \right) c_* + \left(1 - \frac{h_s}{D} \right) p_w + \left(\frac{h_s + h}{D} \right)} \quad (4.1-1)$$

ここに、 θ_c は崩壊発生の限界勾配、 σ は土粒子の質量密度、 ρ は水の質量密度、 ϕ は内部摩擦角、 c' は粘着力の無次元量で、 $c' = c / (\rho g D \cos\theta \tan\phi)$ 、 g は重力加速度、 c は表土層とその下層の境界の粘着力である。 $\theta_c < \theta$ の斜面において崩壊が発生するものとする。

河道における土石流の発生は、浸透流や表面流の作用下において、非粘着性の河道堆積物が不安定になる条件を用いてこれを判定する。これは、次式で与えられる。

$$\tan\theta_c = \frac{(\sigma/\rho - 1)c_*}{(\sigma/\rho - 1)c_* + 1 + h/D} \tan\phi \quad (4.1-2)$$

河道の流れは、浸透流と表面流から構成される。浸透流については、ダルシー則に従うものとする。表面流の抵抗則には、開水路流のマニング則を用いている。

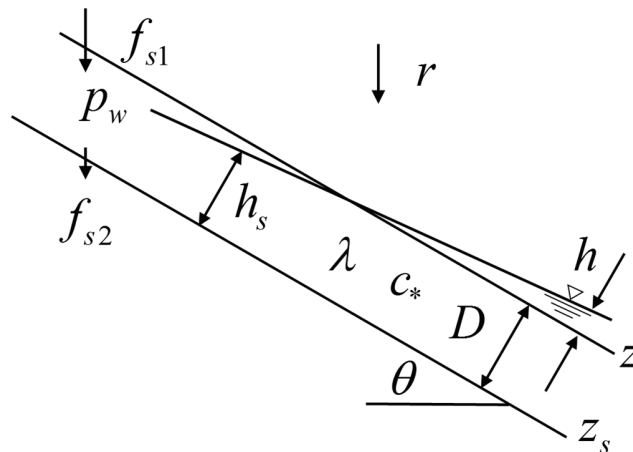


図 4.1-3 斜面における表土層と浸透流および表面流の模式図

4.1.3 表層崩壊・土石流の分布

小流域1と小流域2の解析に用いたデータは、次のようである。雨量には、気象庁のCバンドレーダー雨量を与えている。流域地形は、国土地理院の基盤地図情報10mメッシュデータに基づいて作成し、斜面と河道については、勾配と集水面積に着目し、山腹崩壊における面積の規模などを考慮しながら試行錯誤で、勾配20度未満かつ集水面積が1,000m²より大きいところを河道と定義し、それ以外を斜面としている。また、斜面の勾配が急であるところは、そもそも土層厚が薄く、崩壊も生じないと考えられる。よって、ある勾配よりも急勾配となる斜面においては、崩壊が発生しない条件とするために、勾配の上限値を40度に設定している。山腹崩壊や土石流が一度発生したメッシュでは、その後には発生しないが、これらの発生は降雨流出場には影響を与えないものとする。表4.1-1は、計算に用いる斜面や河道の水利および水文条件である。これらの条件は、崩壊と土石流の発生メッシュ数が急増するタイミングや崩壊の空間分布が、調査報告書等²⁾で公表されている結果や現地調査結果と合うように試行錯誤で決定している。浸透流水深 h_s および土壌水分 p_w の初期値は、先行降雨の状況から判断して、それぞれ、0および0.1としている。土壌水分 p_w の取りうる値は、 $p_{wc} = 0.1$ としていることから $0 \leq p_w \leq 0.1$ であり、表土層の厚さを $D = 0.5\text{m}$ と設定しているので、初期値として任意の p_w を与えた場合の表土層における水分量の水柱換算値の取りうる値は、0mmから50mmになる。これは、積算雨量にして0mmから50mmに相当する。これらの条件のもと、2016年8月30日12時から31日12時までの降雨を与えて、表土層の水分含有率、浸透流および表面流を解析した。

図4.1-4に小流域1における降雨および下流端流量を示す。降雨のピークは17時20分から40分頃であり、20mm/10分の雨が20分程度続いている。その20分後の18時頃に流量のピークが生じており、その流量は1.7m³/s程度である。図4.1.5に小流域2における降雨および下流端流量、土石流および表層崩壊発生メッシュの累積数の時間変化を示す。降雨のピークは17時10分頃であるが、そのピークは、

表 4.1-1 表土層の水利・水文条件

項目	小流域1	小流域2
	斜面 (河道)	斜面 (河道)
流域面積(km ²)	0.133	0.180
メッシュサイズ(m)	10×10	10×10
D：土層厚(m)	0.5	0.5
c*：体積土砂濃度	0.6	0.6
λ：表土層の空隙率	0.4	0.4
p _{wc} ：限界体積含有率	0.1	0.1
p _{w0} ：初期体積含有率	0.1	0.1
f _{s1} ：表層浸透能(mm/h)	200	200
f _{s2} ：下層浸透能(mm/h)	0	0
k：飽和透水係数(cm/s)	1.0 (5.0)	1.0 (5.0)
N：等価粗度係数/ n：マンニングの粗度係 数	0.60 (0.05)	0.60 (0.05)
φ：内部摩擦角(度)	35.0	35.0
c：粘着力(kN/m ²)	3.1 (0.0)	1.3 (0.0)
σ：土粒子密度(kg/m ³)	2650	2650
ρ：水密度(kg/m ³)	1000	1000
崩壊発生勾配の上限 (度)	40	40

10mm/10分程度しかない。流量のピークは、18時頃に生じているが、その流量は $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 程度であり、流域1の1/3以下である。土石流および崩壊における発生メッシュとは、式(4.1-1)あるいは式(4.1-2)により不安定と判定されたメッシュであり、実際に崩壊・土石流が発生したということを意味していない。ここでは、流域を巨視的に見て、これらのメッシュ数が急増するタイミングに崩壊・土石流が生じたと考える。これより、土砂災害が発生したのは、8月30日17時から18時頃と考えられ、この時間帯は、雨量強度が大きい時間帯と一致している。図4.1-6は、小流域2における国土地理院の空中写真と計算による崩壊発生メッシュの空間分布である。空中写真では、崩壊箇所だけでなく、崩壊・土石流による土砂移動および堆積領域が示されているので、実際の崩壊箇所は、土砂移動痕跡の上流部にあると考えられる。これによると、計算による崩壊面積の再現性は良好である。

次に、雨以外の崩壊の条件について、両者における相違がないかをみとめる。本解析モデルでは、崩壊の発生は、斜面勾配や集水面積といった表層地形、表土層厚、透水係数、内部摩擦角、および、粘着力に從属する。小流域1および小流域2において、表土層厚、内部摩擦角、透水係数は、同様の設定であるので、表層地形と粘着力の相違が、それぞれの流域で発生する崩壊の多寡を決めている。図4.1-7は、小流域1と小流域2における斜面勾配の度数分布である。小流域2において、32度から36度の勾配をもつ斜面の比率が高い。崩壊は勾配30度以上の斜面で発生することが多いことから、これらの斜面の比率が大きい小流域2の方が、小流域1よりも、崩壊が発生しやすいといえる。図4.1-8は、小本川流域周辺における地質構造である。小流域1および小流域2はともに付加体であるが、混成岩と玄武岩の違いがある。この違いが、崩壊・土石流の発生にどの程度寄与しているかは現段階では明らかではない。しかし、小流域1と小流域2において、現状を再現するように設定された粘着力はそれぞれ $3.1\text{kN}/\text{m}^2$ と $1.3\text{kN}/\text{m}^2$ であり、これらは、地質に起因していることも考えられる。

以上より、小流域1および小流域2における崩壊・土石流の発生は、降雨条件に加えて、表層地形、表土層の水文・土質条件を用いて説明できるものと考えられる。

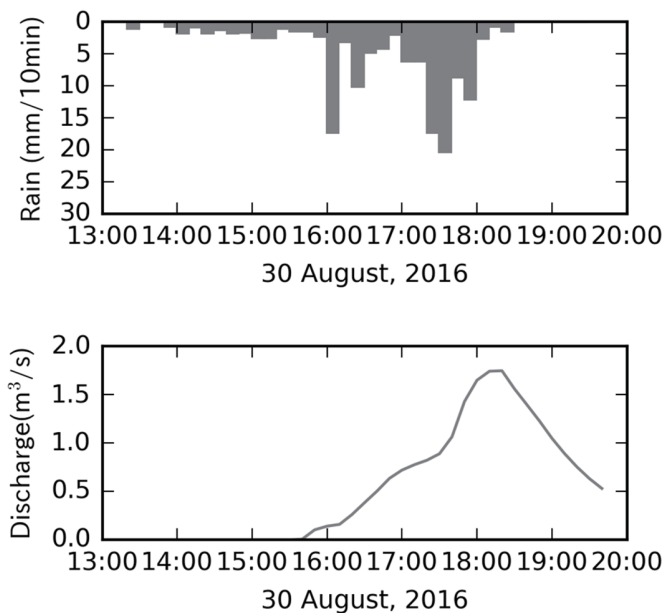


図 4.1-4 小流域1における降雨と下流端流量の時間変化

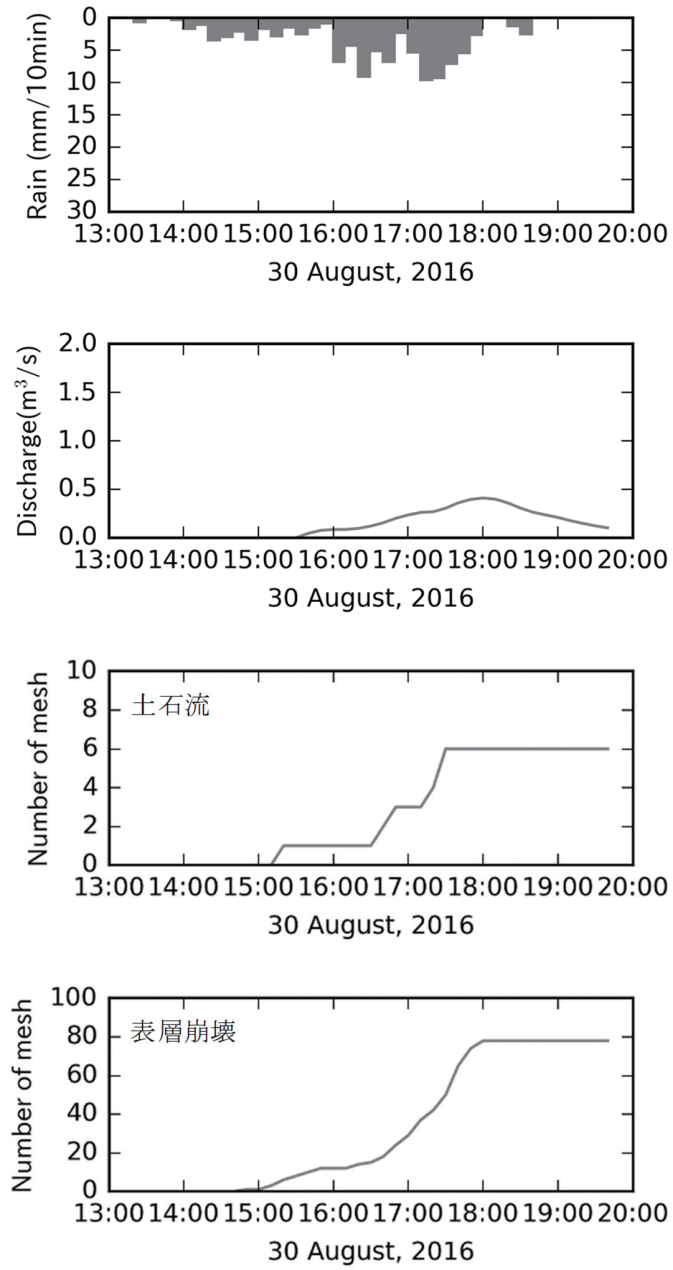


図 4. 1-5 小流域 2 における降雨と下流端流量、土石流および崩壊発生累積メッシュ数の時間変化

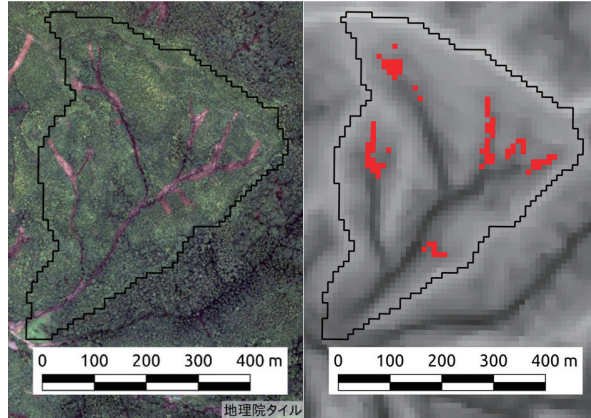
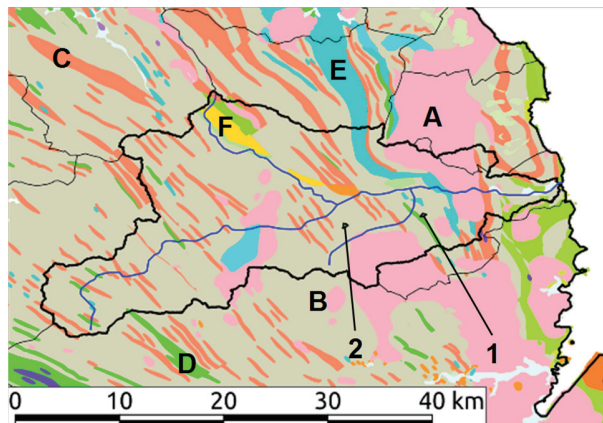


図 4.1-6 小流域 2 における崩壊発生メッシュの空間分布(左：国土地理院、右：計算結果)



A：花崗閃緑岩・トーナル岩、B：付加体（混成岩）C：付加体（珪質泥岩）、
D：付加体（玄武岩）、E：付加体（石灰岩）、F：礫岩
図 4.1-8 地質構造の空間分布(産総研³⁾より)。1 と 2 は小流域を示す。

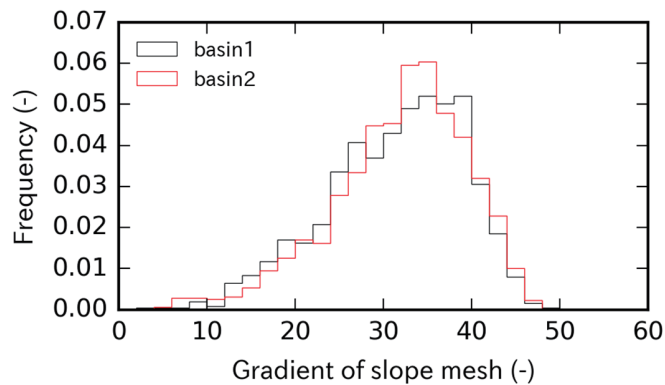


図 4.1-7 小流域 1 および 2 における斜面勾配の度数分布

4.1 章文献

- 1) 山崎祐介, 江頭進治, 岩見洋一, “避難予警報のための土砂災害シミュレーターに関する研究”, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 72, pp. I_1327-I_1332, 2016.
- 2) 国土地理院, “平成 28 年台風第 10 号に関する情報”, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H28.taihuu10gou.html>
- 3) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター, “20 万分の 1 日本シームレス地質図”, <https://gbank.gsj.jp/owscontents/contents/seamless200k.html>

4.2 分布型降雨流出解析による流量の推定

本節では、水位観測所である赤鹿地点、高齢者グループホーム「楽ん楽ん」を通過するピーク流量及び主要な支川からのピーク流入量を推定する。さらに、調査時に痕跡水位からピーク時の水深及び川幅を計測し、流速を仮定し流量を概算した上で降雨流出解析による計算流量と比較する。なお、ここで示す流量値は今後さらに精査を進める予定であり、値が更新される可能性がある。

図 4.2-1 に、計算に使用した標高分布と河道位置及び、流量を調べた地点のうち支川からの合流点以外の位置を示す。降雨流出解析は小本川流域全体（流域面積：731km²）を対象とし、標高は国土地理院の基盤地図情報¹⁾から空間解像度 10m の数値標高モデルを入手し、100m グリッドにアップスケールして使用した。分布型降雨流出モデルは ICHARM で開発した降雨流出氾濫（RRI）モデル²⁾を使用した。RRI モデルは降雨流出と氾濫を一体的に解くモデルであるが、今回は降雨流出の解析に主眼を置いていることから、氾濫の影響は考慮しない。また、RRI モデルは我が国の山地流域で適用実績が多い流量流積関係式³⁾、さらにこれに飽和・不飽和流れを反映する式⁴⁾を実装している。なお、河道幅は当該グリッドの集水面積に比例させて与えた。入力降雨は気象庁 C バンドデータを用いた。また、今回は表 4.2-1 に示すパラメータを与えた。ここで、 n_{river} は河道の粗度係数、 n_{slope} は斜面の等価粗度係数、 da は土層厚に有効空隙率を乗じた実質の土層厚、 ka は飽和層の側方透水係数、 dm は不飽和層の実質の土層厚、 β は飽和層の側方透水係数と不飽和層の側方透水係数の比である。



図 4.2-1 解析対象範囲、河道位置、流量検討地点（背景画像は Google Earth より）

表 4.2-1 使用したパラメータ

パラメータ	使用した値
n_{river}	$0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$
n_{slope}	$0.4\text{m}^{-1/3}/\text{s}$
da	0.13m
ka	0.15m/s
dm	0.04m
β	6.0

図 4.2-2 に各地点の流量を示す。黒の実線は赤鹿地点の計算結果で、黒の破線は等流計算から作成された H-Q 式を用いて推定された赤鹿地点の流量である（等流計算からの流量推定の詳細は 4.3 章を参照されたい）。赤鹿地点の計算流量と H-Q 式から推定された流量を比較すると、計算流量は増水が早く、通減期は過少となる。これらは、洪水初期の鉛直浸透に起因する損失や、イベントベースの計算のため基底流量を反映していないことなどに起因すると考えられ、流量の時間的変化を詳細に再現するためにはこれらを考慮した計算が必要である。ピーク流量は、降雨流出計算結果は $2,872\text{m}^3/\text{s}$ であるのに対して等流計算から算定される流量は $2,850\text{m}^3/\text{s}$ である。このことから、ピーク流量については定量的に再現されていると判断し、各地点のピーク流量を調べる。

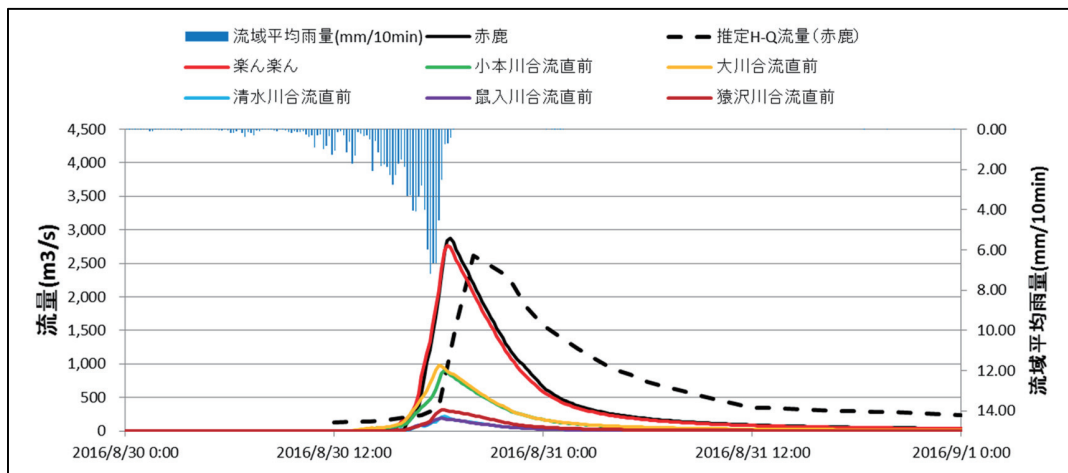


図 4.2-2 降雨流出計算結果

図 4.2-3 は本川における各地点のピーク流量と、主要な支川からのピーク流入量を示す。小本川及び大川から $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 弱の流量が流入し、清水川、鼠入川、猿沢川からそれぞれ $200\sim 300\text{m}^3/\text{s}$ 程度流入し、合計の $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 弱が楽ん楽ん及び赤鹿地点を通過する計算結果となった。なお、清水川、鼠入川、猿沢川の中では特に猿沢川からの流入が多い。これは、図 2-4 に示される 8 月 30 日 18 時の降雨分布の通り、猿沢川流域における雨量強度が特に強いためである。この計算結果と、図 3.3-2 に示される計画高水流量配分図の比較により、以下の点が示唆される。

- 1) 今回の洪水は赤鹿地点及び小本川合流直前地点で計画高水流量と同規模のピーク流量が通過した。
- 2) 大川流域は図 2-4 の通り比較的降雨強度が弱く、計算ピーク流量 ($977\text{m}^3/\text{s}$) は計画高水流量 ($1,400\text{m}^3/\text{s}$) より小さい。
- 3) 上記 2 つのことから、その他の支川及び残流域からの流入は計画規模以上であったと推察される。今回は特に猿沢川流域の降雨強度が強い。

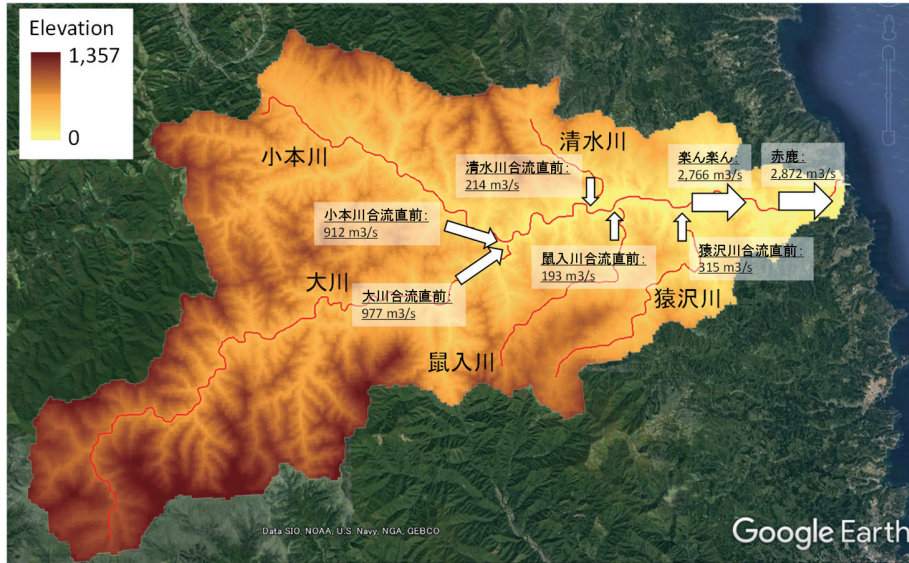


図 4.2-3 ピーク流量の分布（背景画像は Google Earth より）

調査時に痕跡水位からピーク時の河積を計測した地点は図 4.2-1 のうち、上森山、小本川おける鼠入川合流直前、河口付近の 3 地点である。それぞれの地点の写真及び推定流量を図 4.2-4～図 4.2-6 に示す。なお、推定流量は痕跡水位から計測したピーク水深及び川幅に加えて、基盤地図情報数値標高モデルから読み取った河道沿いの勾配を用いて、マンニング式に則り推定した。上森山地点では乖離がみられるものの、他の 2 地点では推定ピーク流量と降雨流出解析からのピーク流量が概ね整合する結果となった。今後は、降雨流出過程の計算精度向上に加えて、土砂輸送モデルを取り入れることで、流域内の洪水中の土砂動態の把握を進める予定である。



(上森山)

- 川幅: 15.4 m
 - 痕跡水位からの水深: 2.2 m
 - DEMから読み取った河床勾配: 1/50
 - 粗度係数を0.04と仮定してマンニング式から算定される流速: 5.98 m/s
- 推定ピーク流量: 203 m³/s
 降雨流出解析ピーク流量: 123 m³/s

図 4.2-4 上森山地点の流量推定



(小本川における鼠入川合流直前)

- 川幅: 45.0 m
- 痕跡水位からの水深: 7.5 m
- DEMから読み取った河床勾配: 1/285
- 粗度係数を0.04と仮定してマンニング式から算定される流速: 5.67 m/s

推定ピーク流量: 1,914 m³/s
 降雨流出解析ピーク流量: 2,188 m³/s

図 4. 2-5 小本川における鼠入川合流直前地点の流量推定



(河口付近)

- 川幅: 200 m
- 痕跡水位からの水深: 6.0 m
- DEMから読み取った河床勾配: 1/800
- 粗度係数を0.04と仮定してマンニング式から算定される流速: 2.92 m/s

推定ピーク流量: 3,502 m³/s
 降雨流出解析ピーク流量: 2,904 m³/s

図 4. 2-6 河口付近地点の流量推定

4. 2 章文献

- 1) 国土地理院, 基盤地図情報, <http://www.gsi.go.jp/kiban/>
- 2) T. Sayama, G. Ozawa, T. Kawakami, S. Nabesaka and K. Fukami, “Rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin”, *Hydrological Sciences Journal*, Vol.57, No.2, pp.298-312, 2012.
- 3) 高棹琢馬, 椎葉充晴, “Kinematic Wave 法への集水効果の導入”, 京都大学防災研究所年報, 第 24 号 B-2, pp.159-170, 1981.
- 4) 立川康人, 永田言, 寶馨, “飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発”, 水工学論文集, 第 48 巻, pp.7-12, 2004.

4.3 洪水流量の推定

赤鹿観測所では出水中も毎正時に水位が記録されていた。その記録によると、ピーク流量時の水深は6.6m¹⁾であり、堤防の高さを1.8m 超えている。その水深は、付近の痕跡水位(写真4.3-1)と概ね一致していた。この水位を基に、ピーク流量を推定することを試みた。

5m メッシュの航空レーザー測量結果から、赤鹿観測所の河道断面を抽出すると図4.3-1の通りである。低水路の粗度係数を0.023、それ以外の場所を0.06として、勾配を平均河床勾配1/285(図3.3-3参照)、水深をピーク時水深の6.6mとした場合の等流計算を行うと、2,850m³/sと算出された。この値は、その他の地点の河道断面で計算した値や、降雨流出解析(4.2章参照)による結果と概ね一致している。ただし、この流量値は今後抵抗をより適切に評価した場合に変化する可能性がある。なお、河道部分だけの流下能力は凡そ1,000m³/sであり、整備目標である3,000m³/sと比較すると流下能力がかなり小さい。

また、同様に等流計算によって様々な水位を変化させて図4.3-2のようにH-Q曲線を作成し、水位ハイドログラフ²⁾を基に流量ハイドログラフを作成した。8月30日の18時には350m³/s程度であった流量が急激に増加し、20時にはピーク流量に達していることが分かる。

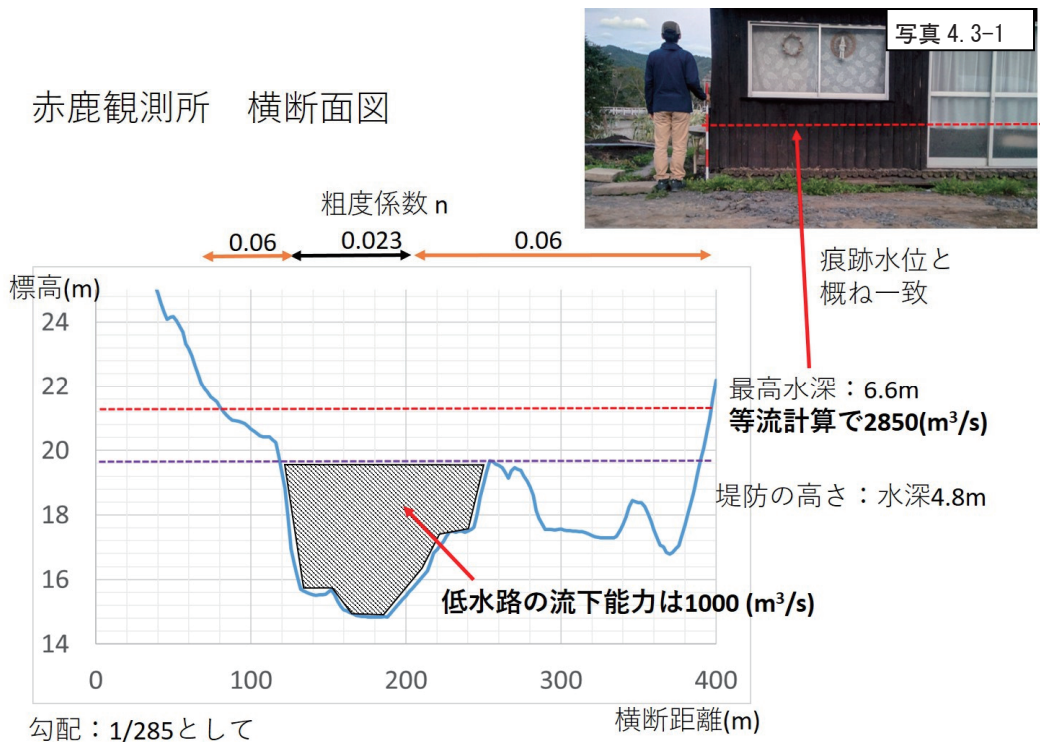


図4.3-1 赤鹿観測所付近の河道横断面図及びピーク流量の推定方法

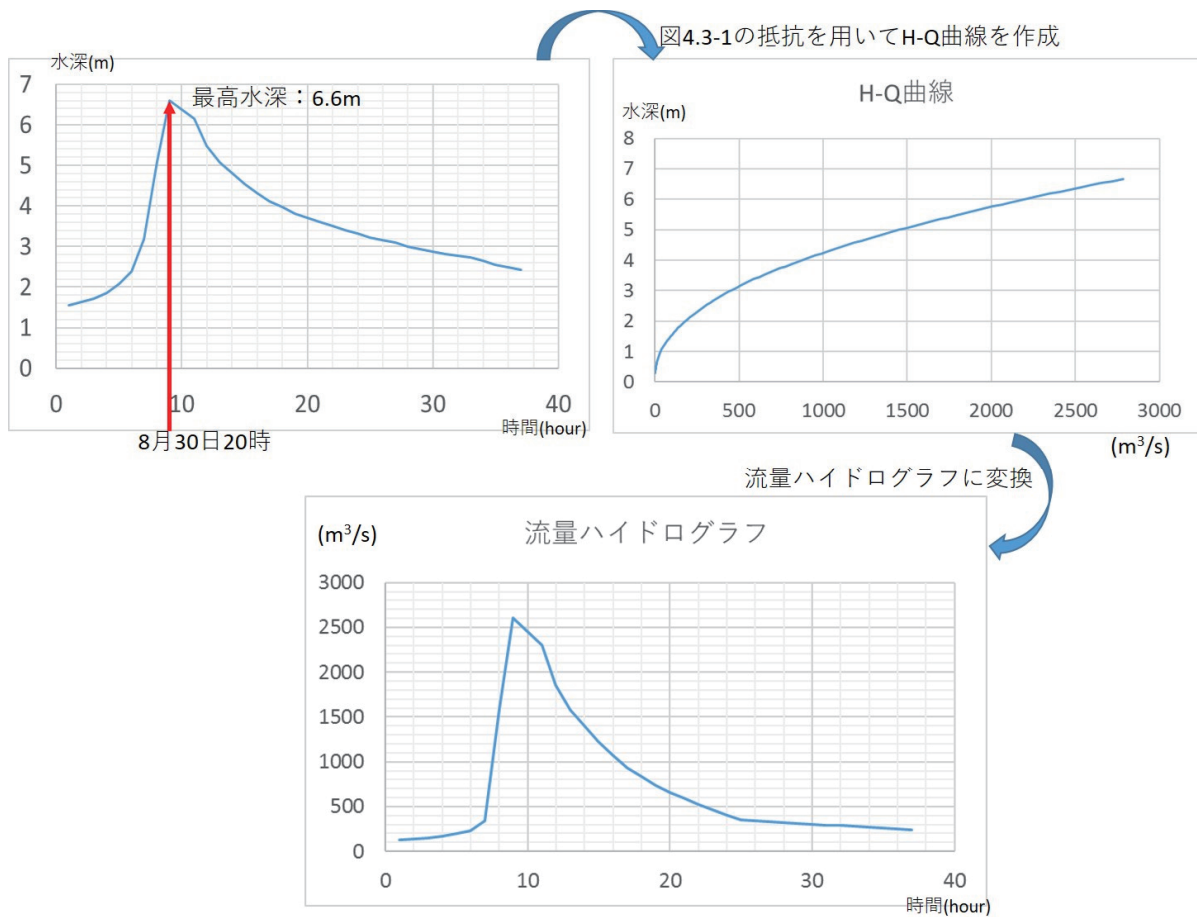


図 4. 3-2 赤鹿観測所の水位ハイドログラフ¹⁾
及び図 4. 3-1 の河道断面と抵抗を用いた流量ハイドログラフへの変換

4.4 砂州河道における洪水流の分析

前章で推定した洪水流量の推定値に基づいて、流れの計算を行った。解析には、既存の平面二次元洪水解析モデル^{2), 3)}を用いた。地形データとしては、出水前に計測された航空レーザー測量結果に基づく5mメッシュのDEMデータを用いているが、航空レーザー測量では水面下の地形が測量できていないという点に注意を要する(ただし水深はさほど深くないため解析結果に大きな影響はないと考えられる)。ここでは、河床変動を伴わない固定床条件として、被災した福祉施設「楽ん楽ん」付近、及び赤鹿観測所付近の二つの区間において解析を行った。

まず、被災した福祉施設「楽ん楽ん」を含む区間の解析結果について述べる。解析区間は、当該福祉施設を含む上下流1km程度の区間とした。解析区間の粗度係数としては、**図4.3-1**と同様に、低水路の粗度係数を0.023、その他の箇所を0.06とした。流量を①500m³/s、②1,500m³/s、そしてピーク流量の③2,850m³/sとした時の流れの計算を行った。それぞれの流量で計算した結果について、その流況を**図4.4-1**に示す。また、**図4.4-2**は、河道中心線(低水路)について解析水位を縦断的に示したものであり、**図4.4-3**は、被災した福祉施設を含む横断面について解析水位を示したものである。

これらの図から、①500m³/sの段階で既に低水路の流下能力を超過して洪水流が高水敷に達し、福祉施設が浸水し始める。**図4.4-2**の水位縦断形から、福祉施設の200m程度上流の湾曲部で水面勾配が急になっている場所がある。洪水流はここで加速され、福祉施設の少し上流で発散する状況となっているため、**図4.4-1**には福祉施設の左岸の道路側(山側)に向かう流速ベクトルが現れている。施設職員が「水は川の方向からではなく、川と反対の道路側から入ってきた」と証言している通り、左岸の道路側(山側)から施設内への浸水が始まったと考えられる。また、より広域で見るとこの福祉施設付近は上流の狭窄部を抜けた拡幅部に相当するため、必然的に洪水流の滞留が生じやすい箇所である。

次に、②1,500m³/sの段階では、高水敷が全体的に浸水し、高水敷の浸水深は1~2mとなり、流速も2~3m/s程度に達している。この状況では他の建物に移動して避難することは非常に困難である。**図4.3-2**からも分かる通り、①500m³/sから②1,500m³/sに達するまでは僅かな時間しかなく、平屋建てのグループホームからの避難は非常に困難であったと思われる。③2,850m³/sのピーク流量時には洪水流は谷幅のほぼいっぱいの流れ、洪水流の流速ベクトルはかなり直線的で、あまり蛇行していない。この段階では高水敷の浸水深は3m程度となり、流速も4m/s程度に達している。**図4.4-3**から、ピーク流量時の福祉施設付近の解析水位は3m程度であり、痕跡水位(**写真3.3-24**参照)と概ね一致している。

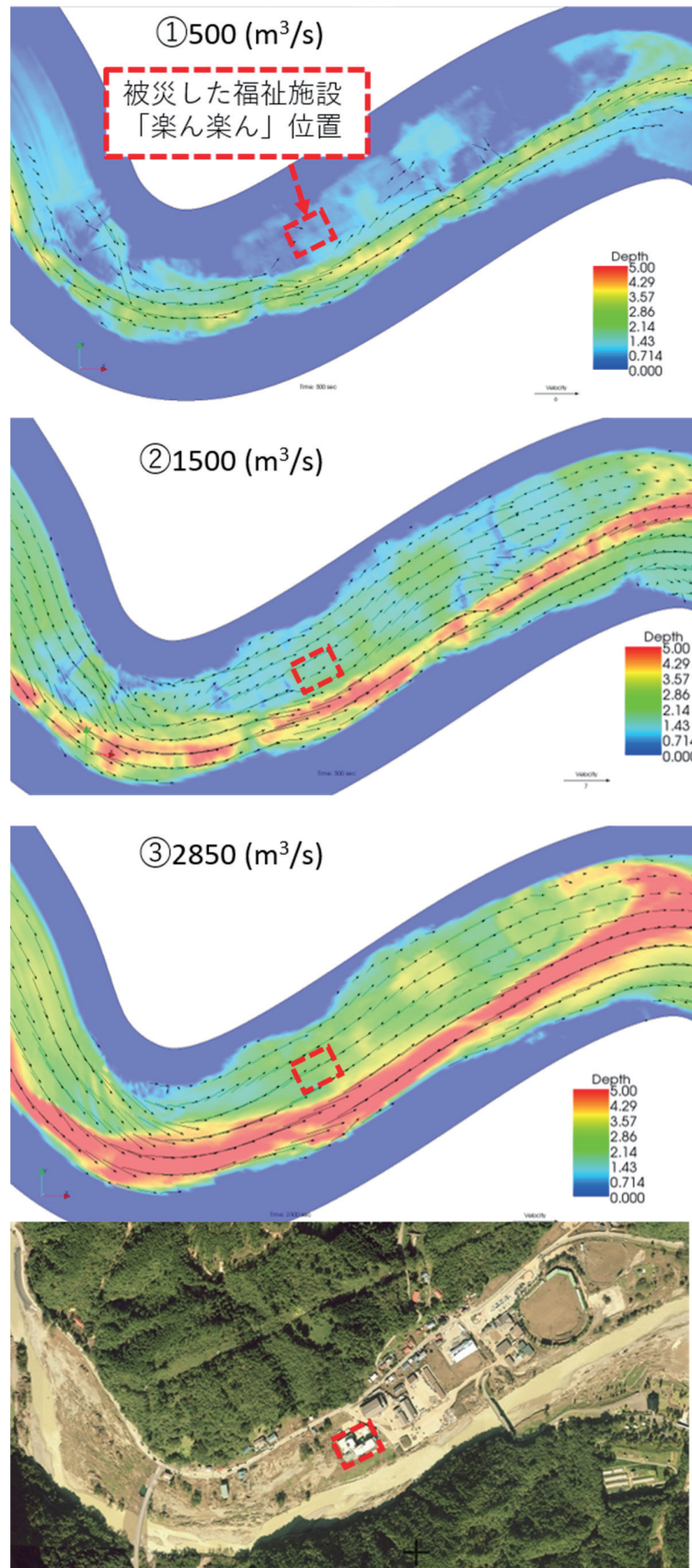


図 4. 4-1 高齢者グループホーム「楽ん楽ん」付近の平面二次元洪水解析の結果及び出水後の当該区間の被災後の航空写真（航空写真は図 3. 3-7 と同じもの）

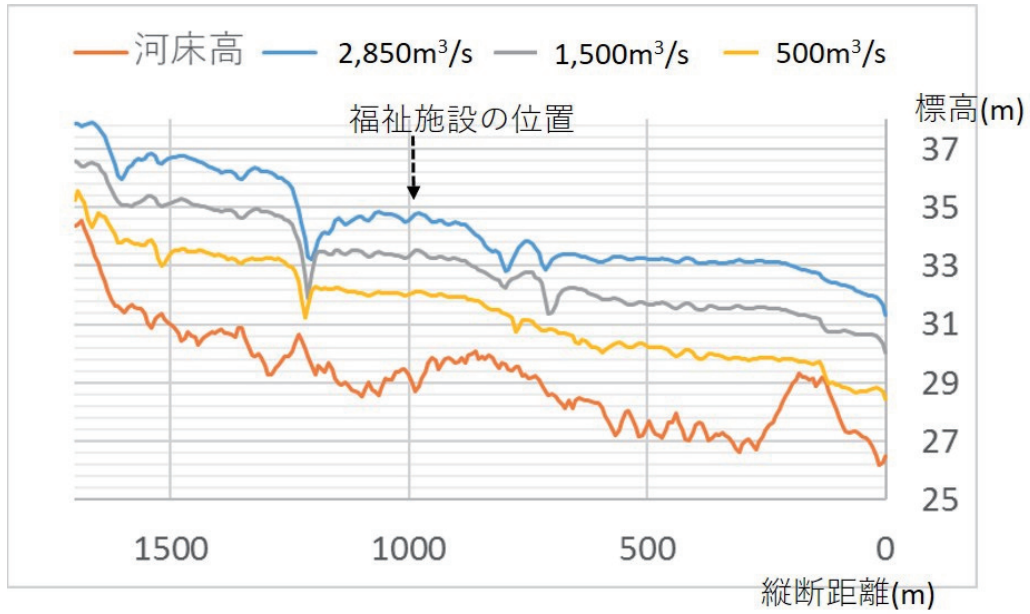


図 4. 4-2 図 4. 4-1 の解析結果の水位縦断分布（河道中心線）

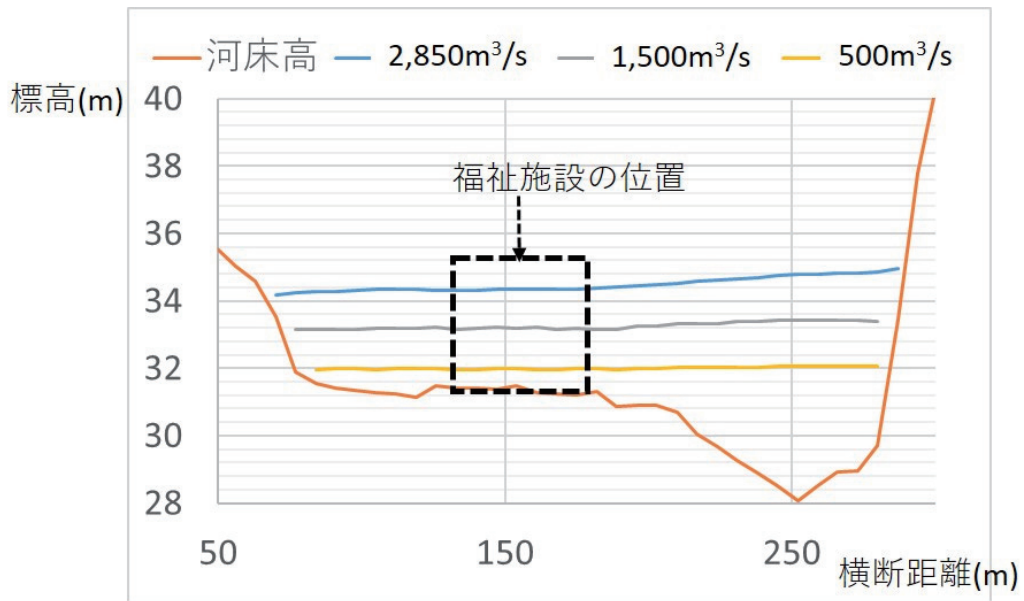


図 4. 4-3 図 4. 4-1 の解析結果の水位横断分布（福祉施設を含む横断面）

次に、出水中の水位が計測されていた赤鹿観測所を含む区間の解析結果について述べる。解析区間は、概ね赤鹿観測所の上流側 1km 及び下流側 1km とした。解析区間の粗度係数としては、被災した福祉施設を含む解析と同様に、低水路の粗度係数を 0.023、その他の箇所を 0.06 とした。解析流量を $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 及び $4,000\text{m}^3/\text{s}$ として解析を実施した。それぞれの流量で計算した結果について、その流況を図 4.4-4 に示す。また、図 4.4-5 は、河道中心線（低水路）について解析水位を縦断的に示したものであり、図 4.4-6 は、赤鹿観測所を含む横断面について解析水位を示したものである。

解析の流量については、当初ここまでの議論を参考に、 $3,000\text{m}^3/\text{s}$ を与えて計算を行った。その結果、解析水位は現地で計測したいくつかの痕跡水位（図 3.3-5 参照）とほぼ一致していた。ところが、図 4.4-6 から分かる通り、赤鹿観測所の最大水位 21.6m と比較すると 1m ほど低い水位にとどまっていた。そこで、解析流量を徐々に上昇させたところ、 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度に達した際に、水深 6.6m の痕跡水位と概ね一致した。

しかし、流量を $4,000\text{m}^3/\text{s}$ とした場合には、水位観測所以外の痕跡水位を 2~3m 程度過大評価してしまう事になり、これは非現実的な流量となる。 $3,000\text{m}^3/\text{s}$ の流量を通水した際の水位と現地で計測した痕跡水位とが概ね一致することからも、最大流量は高々 $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度であったと考えるのが妥当であり、水位観測所地点の解析水位が再現できていないと考えられる。

その理由としては、赤鹿観測所の付近の土砂堆積を考慮できていない点が挙げられる。赤鹿観測所は、狭窄部を抜けて洪水流が発散する位置に設置されている。より広域で見ると、赤鹿観測所は図 3.3-3 の区間 3 と区間 4 の勾配変化点に相当し、図 4.4-5 から、赤鹿観測所付近で水面勾配が変化していることが分かる。そのため観測所の上流に作用している強い流れ（図 4.4-4 中に丸点線で囲った部分）が赤鹿観測所付近で発散し、右岸堤防の破堤と共に土砂の堆積が起り、河床が上昇した結果、観測されたような水位になったものと推察される。なお、破堤によって、堤体材料や河道内の土砂が大量に右岸の農地部分に流入したため、右岸の農地部分では相当量の河床上昇が生じたことが現地調査でも確認された。このような土砂の堆積を考慮すれば $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量でも最大水位 21.6m に到達し得ると考えられるが、この点については今後河床変動計算を実施しつつ検証したい。

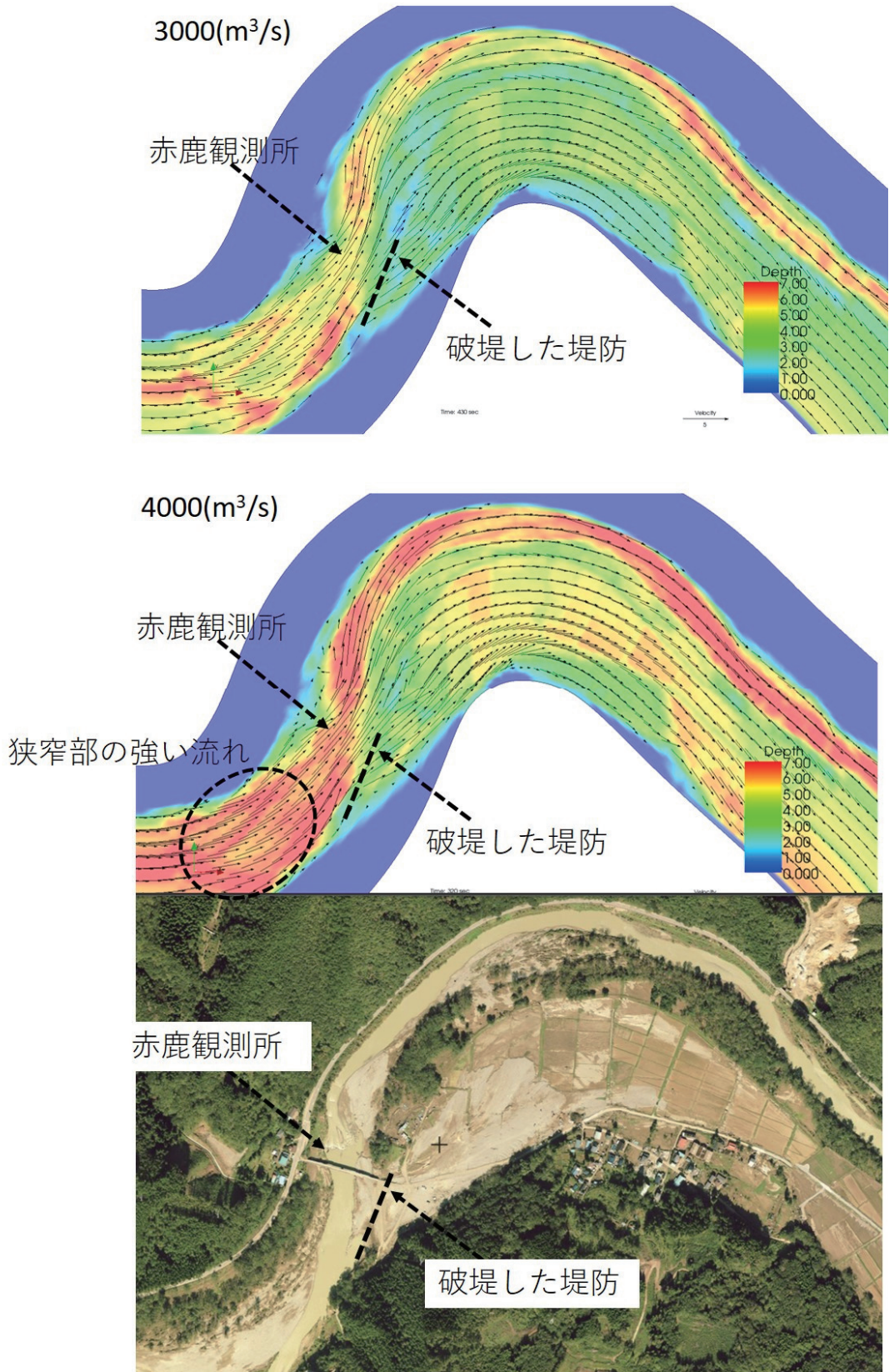


図 4.4-4 赤鹿観測所付近の平面二次元洪水解析の結果
及び出水後の当該区間の被災後の航空写真（航空写真は図 3.3-5 と同じもの）

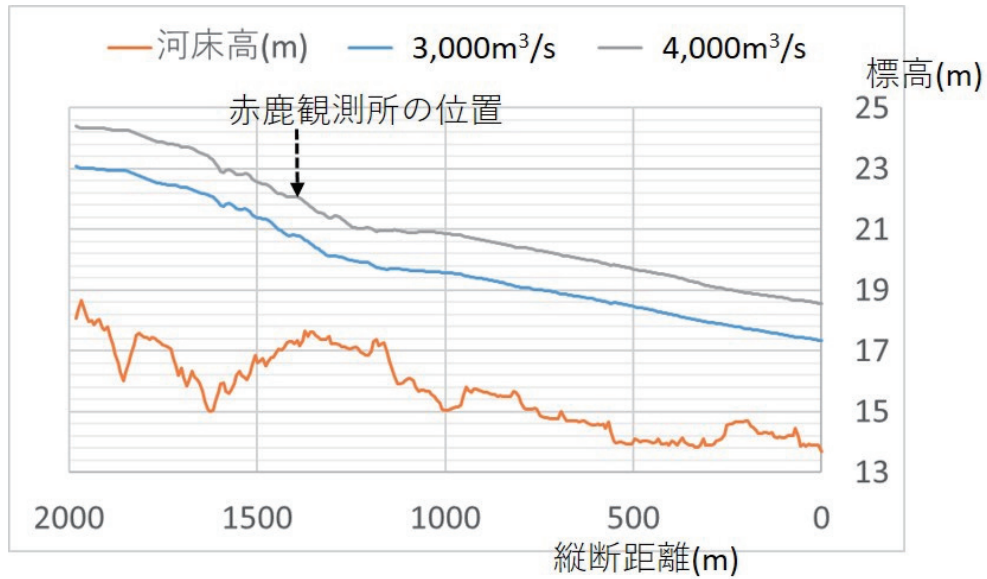


図 4. 4-5 図 4. 4-4 の解析結果の水位縦断分布（河道中心線）

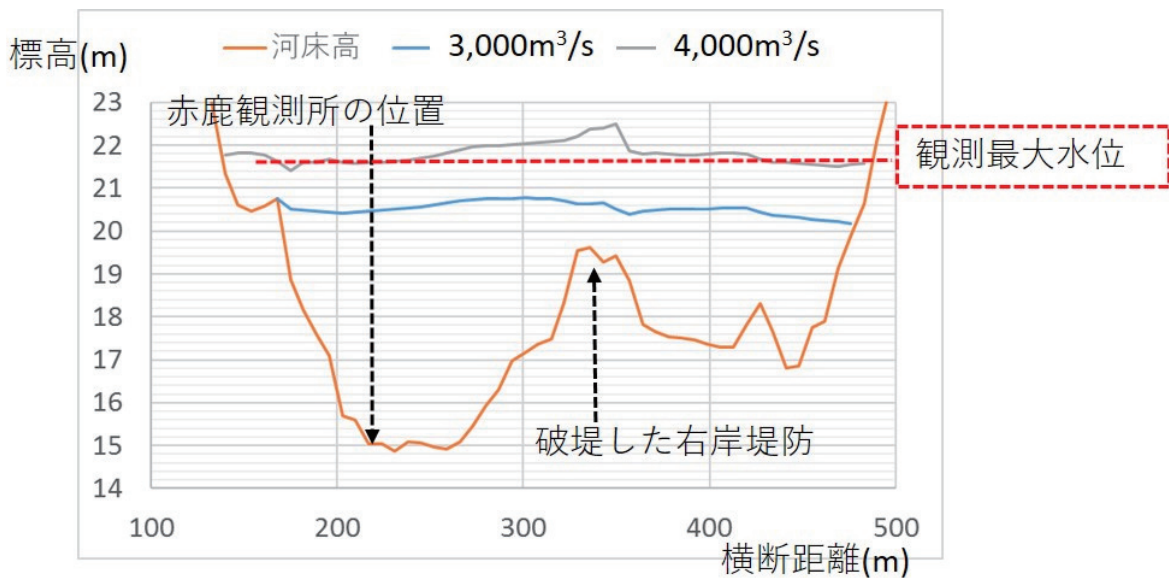


図 4. 4-6 図 4. 4-4 の解析結果の水位横断分布（福祉施設を含む横断面）

4.3, 4.4 章文献

- 1) 岩手県，“岩手県河川情報システム”，
<http://kasen.pref.iwate.jp/iwate/servlet/Gamen30Servlet>，（一ヵ月以内の水位情報を掲載，災害直後に本
 サイトからデータを取得した）
- 2) 竹林洋史，江頭進治，岡部健士，寺岡充夫，“給水・給砂の非定常性と植生の繁茂を考慮した砂州及
 び流路の形成水理条件”，土木学会水工学論文集，第 50 巻，pp.973-978，2006.
- 3) Biswas, Robin K., A. Yorozuya, and S. Egashira. “Numerical Model for Bank Erosion in the Brahmaputra
 River”, *Journal of Disaster Research*, Vol.11, No.6, 2016.

5. まとめと課題

中山間地河川の川づくりのための基礎情報を得ることを目的として、前述のような調査研究を行っている。今後、検討を深めていく所存であるが、ここで、これまでに明らかになった事柄をまとめると、次のようである。

(1) 台風 10 号は 1951 年統計を開始して以来、初めて東北の太平洋岸に上陸して豪雨をもたらし、岩手県を中心に未曾有の洪水・土砂災害を引き起こした。この際、小本川流域における降雨の時空間特性は、アメダス雨量と C バンドレーダー雨量との比較を通じて、時間雨量数ミリの降雨を除くと C バンドレーダーによって検出できることが示された。

(2) 自然・人文条件に着目し小本川の流域特性について概括した。小本川は、谷底低地を蛇行しながら流下し、集落は砂州の山側や河岸段丘の上に形成されており、集落と集落は物理的に不連続になっている。加えて、高齢化率は、岩手県の平均が 30 パーセントであるのに比べて、40 パーセントと高くなっている。

岩手県沿岸部は地震津波被害に悩まされてきたことは知られているが、岩泉町の豪雨災害についてみると 1967 年以降今回の災害を含めて 7 回も発生している。これは、集落が谷底低地や低い河岸段丘上に形成されていることに起因している。

(3) 災害の実態を明らかにするため、降雨データ、空中写真、地形図等を用いた解析、他機関から発行される災害データを参考にしながら現地踏査を行った。その結果、小本川の山間地及び支川においては、洪水や土石流による河道浸食による災害とともに、土砂や流木の氾濫が顕著にみられた。とくに、土砂の氾濫は河道や地形の勾配が急から緩になるところで顕著にみられた。また、土砂の氾濫は、土石流の氾濫というよりはむしろ、巨礫を含む洪水氾濫によってもたらされたところが多いようである。

(4) 小本川の本川は、谷底低地を蛇行しながら流れており、蛇行内岸に形成された砂州と流路から構成されているが、流路の通水能力は、河口近傍を除いて小さく、あっても $500\text{m}^3/\text{s}\sim 1,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度に推察され、今回の洪水を無害に流すことはできなかった。洪水は、谷底全体を新たな流路として流れ、砂州上に建設された施設や砂州上に開発された農地を荒廃させた。多くの犠牲者を出した乙茂地区の砂州には土砂の堆積や流木の集積等が顕著に見られ、破堤した巖野地区宮本の砂州においては、農地の浸食に加えて、大量の土砂の堆積と流木の集積が見られた。河口から 3~4km に位置する中島地区卒郡の砂州においても砂州上流部で破堤し破堤部の下流側に押堀が形成され、堤内地は洪水氾濫と土砂氾濫によって荒廃している。このように、甚大な被害を生じたところは、河床勾配や川幅の急変部あるいは流路屈曲部等、河道に洪水に対する弱点部のあるところがきっかけになっているように見受けられる。

(5) 山腹崩壊・土石流による土砂供給条件を検討するため、崩壊・土石流の発生分布と降雨特性、表層地形および表土層の水文・土質条件の関係を数値モデルに基づいて検討した結果、崩壊・土石流の多寡は表土層の粘着力の違いによって説明できることが示された。

(6) 洪水の規模を見積もるため分布型モデルを用いて降雨流出解析を行い、各地点のピーク流量を算定するとともに、洪水痕跡に基づいてピーク流量を推定した。その結果、9 人の犠牲者を出した施設のところでは、いずれの計算でも流路の通水能力を大きく上回る $2,800\sim 2,900\text{m}^3/\text{s}$ 程度の値が得られている。他の地点においても、降雨流出計算による値と洪水痕跡から推定される値はほぼ一致し

ている。このことは、ここで用いた降雨流出モデルは、流域が小さく流出が早いところにおいても適用できることを物語っている。

- (7) 災害外力をさらに詳しく調べるため、9人の犠牲者を出した施設を含む領域を対象として、流砂・河床変動を省略した固定床の条件のもと、各流量に対応した洪水流の平面二次元解析を行った。計算に用いた流量は、500、1,500 および 2,850 m^3/s であって、計算によれば、流量が 500 m^3/s のときに水位は開発された地盤高(高水敷)を越え、1,500 m^3/s の時には洪水流による流体力は顕著に作用し、2,850 m^3/s の時には開発されたところの浸水深はほとんどのところで3メートルを越えていることが示された。このような情報は、今後避難予警報システムを検討していく上で有用である。
- (8) 赤鹿水位観測点を含む領域の洪水流解析によれば、水位に対する河床変動の影響は顕著に見られる。平面2次元モデルを用いて、流量 3,000 m^3/s および 4,000 m^3/s のケースに水位横縦横断分布を調べると、袈野地区の浸水状況は流量 3,000 m^3/s の時の流況にほぼ一致し、赤鹿の最高水位は流量 4,000 m^3/s に対応したものになっている。しかし、流量 4,000 m^3/s は、過大であることは明らかであり、水位観測点は、流路拡の拡幅部になっていることから、洪水ピーク時には土砂の堆積によって河床がかなり上昇していたものと推察される。

以上、本調査研究の速報としてこれまでに得られた結果を要約した。洪水痕跡を用いたピーク流量は等流近似のもとにおける推定値であり、推定に当たり粗度に関する検討を十分に行っていない。また、降雨流出計算においても粗度に関する検討を行っていない。この問題については、現在、粗度に対する流路の縦横断形状の影響、流路の構成材料の影響、植生の影響および流れのレジームの影響等、詳細に検討していくところである。そのため、流量や水位の値は、仮の値として目を通していただくことをお願いしたい。

今後、中山間地における川づくりのためには、本研究をさらに深めていくとともに、ここで取り上げなかった次のテーマを推進し、川づくりのための要素技術を深めていく所存である。種々ご意見をいただければ幸甚である。

- (1) 河川の縦横断形状に着目した中山間地河川の形状特性とその類型化
- (2) 降雨に伴う崩壊・土石流の発生と下流域に対するインパクト
- (3) 降雨流出予測と降雨に伴う土砂流出・流木流出の予測法
- (4) 流砂・流木、流路河床変動を伴う洪水流の評価法

付録 A 河床及び流出土砂の材料について

本調査では山間部の土石流及び河床、また平野部の河床堆積物や氾濫土砂の堆積物に関する調査を行い、その際に土砂の粒径・粒度分布が分かる多くの写真を撮影した。これらの写真は、本災害による土砂の動態を考察する上で重要な役割を果たすと考えられ、今後の解析等による検討にも役立つものが含まれているため、ここにこれらを掲載する。また、本文で言及した記述に関わる写真については、写真のキャプションにその旨を記載しているので、本文の参考資料として参照されたい。

各写真を撮影した位置については、付録 B に記載されている。なお、基本的には写真の中にスケールが収まるように撮影したが、一部スケールが写真の中に無いものも含まれる。その場合でも、周囲の状況から概ね土砂の粒径・粒度分布が判断できる場合には掲載した。



写真 A-1 鼠入川の支川の土砂堆積物の状況（写真 3. 3-3 の付近）（写真奥が上流）



写真 A-2 鼠入川の支川の土砂堆積物の状況（写真 A-2 を拡大したもの）（写真 3. 3-3 の付近）



写真 A-3 鼠入川の状況 巨礫と砂利が混在している（写真手前が上流）（写真 3. 3-1 の上流）



写真 A-4 鼠入川河道内の状況 湾曲部では多くの巨礫が露出している
(写真奥が上流) (写真 3. 3-1 の付近)



写真 A-5 鼠入川の支川から流出した土砂の状況 (写真 3. 3-1 の付近)



写真 A-6 大沢川の支流の土砂堆積物の状況 (写真 3.3-7 の付近) (写真奥が上流)



写真 A-7 大沢川の支流の状況 土石流による旧堆積物の侵食と推察される
(写真 3.3-7 の上流側) (写真奥が上流)



写真 A-8 鼠入川の支川の土砂堆積物の状況（写真奥が上流）



写真 A-9 襲野地区の氾濫堆積物の土砂粒度分布 破堤によって堤内地（農地）に流入した土砂
（図 3.3-5 参照）



写真 A-10 褒野地区の氾濫堆積物 破堤によって堤内地（農地）に流入した土砂
厚さが 60cm 程度堆積している（図 3. 3-5 参照）



写真 A-11 褒野地区の氾濫堆積物
流路の近くに礫が堆積し、より河道から遠い場所には細粒土砂が堆積していた（図 3. 3-5 参照）



写真 A-12 巖野地区の氾濫堆積物 浮遊砂が厚さ 40cm 程度堆積している (図 3.3-5 参照)



写真 A-13 赤鹿観測所付近の河床材料 (図 3.3-5 参照)

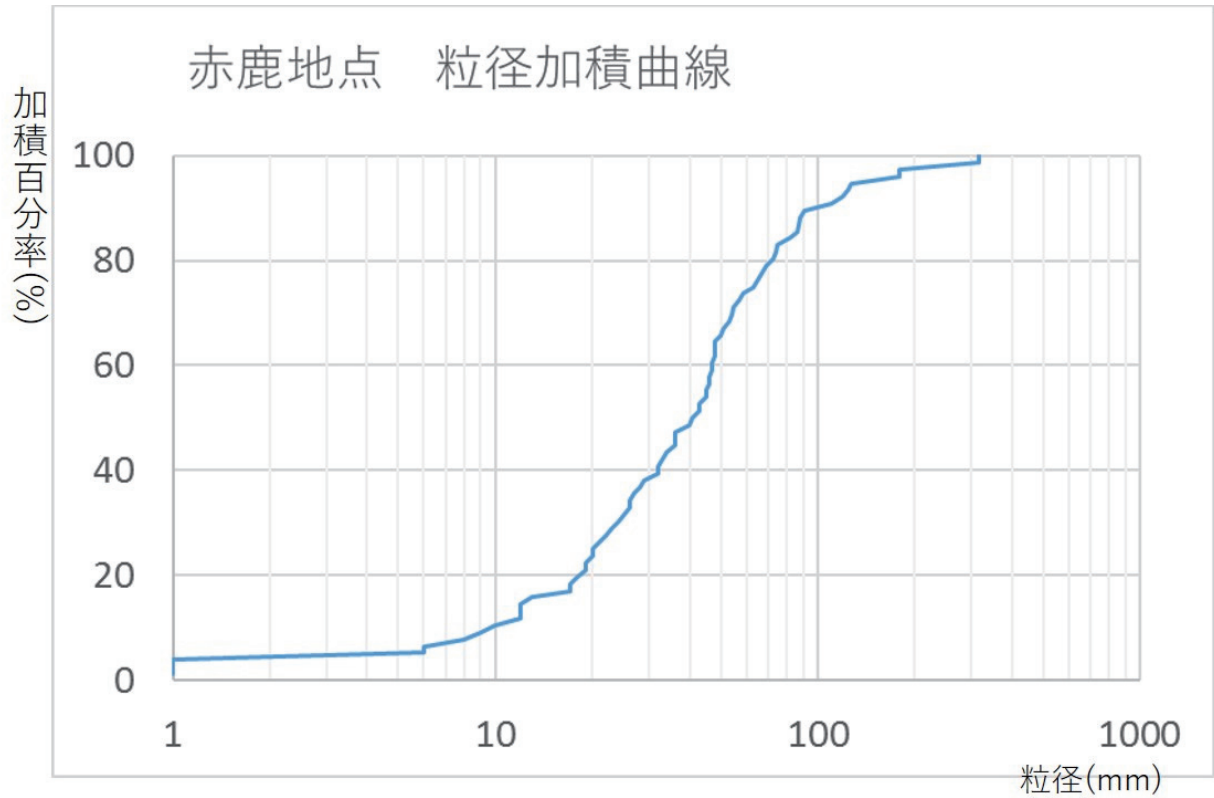


図 A-1 赤鹿観測所付近の河床材料粒度分布
 写真 A-13 を基に画像解析ソフト¹⁾による解析を行い粒度分布を求めたもの



写真 A-14 赤鹿観測所付近流路内の河床材料 (図 3.3-5 参照)



写真 A-15 赤鹿観測所付近の河床材料 表層には礫が堆積しているが
表層の礫を取り除くと直ぐ下には砂が堆積している



写真 A-16 乙茂地区の河床材料 (図 3.3-7 参照)



写真 A-17 乙茂地区の河床材料 (図 3.3-7 参照)



写真 A-18 乙茂地区の河岸材料 河岸、すなわち高水敷が複数回の出水により形成されたことが分かる (図 3.3-7 参照)



写真 A-19 乙茂地区の河岸材料 福祉施設上流側の湾曲部には表層に巨礫が露出しており強い洪水流が作用したと推察される (4.4 章参照)



写真 A-20 乙茂地区の被災した福祉施設付近の河床材料 (図 3.3-7 及び 4.4 章参照)

付録 B 写真の撮影場所

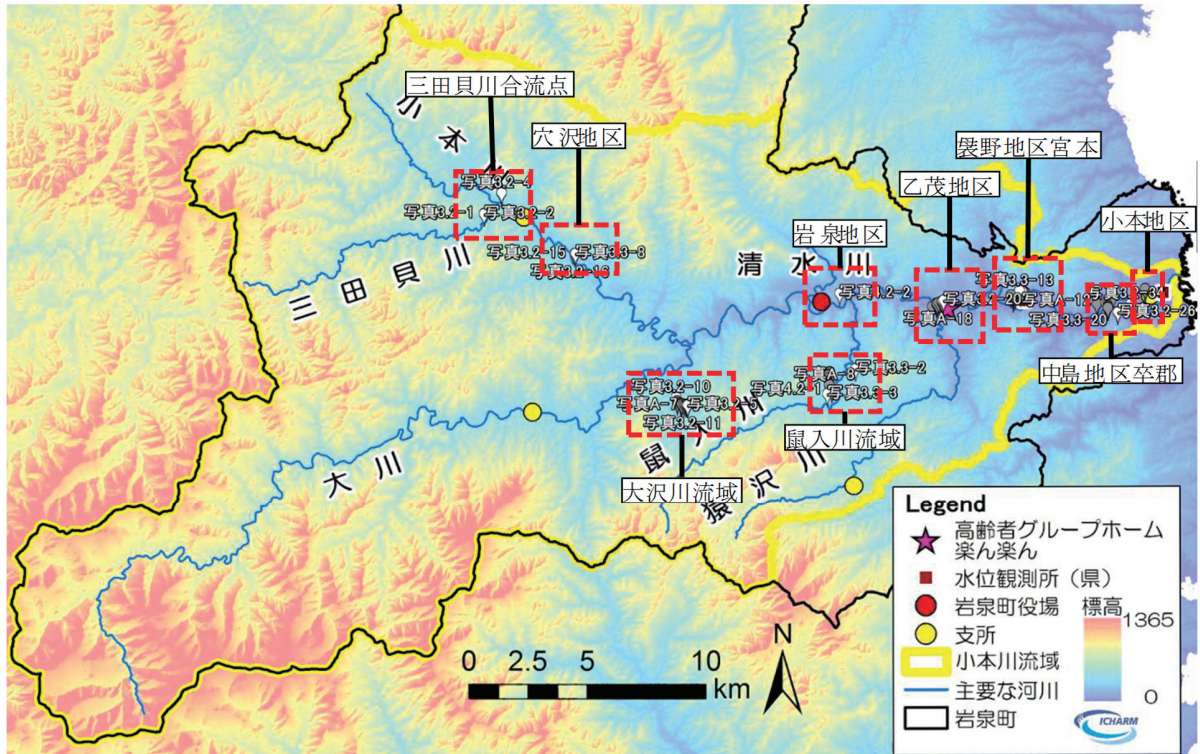


図 B-1 小本川流域における写真の位置

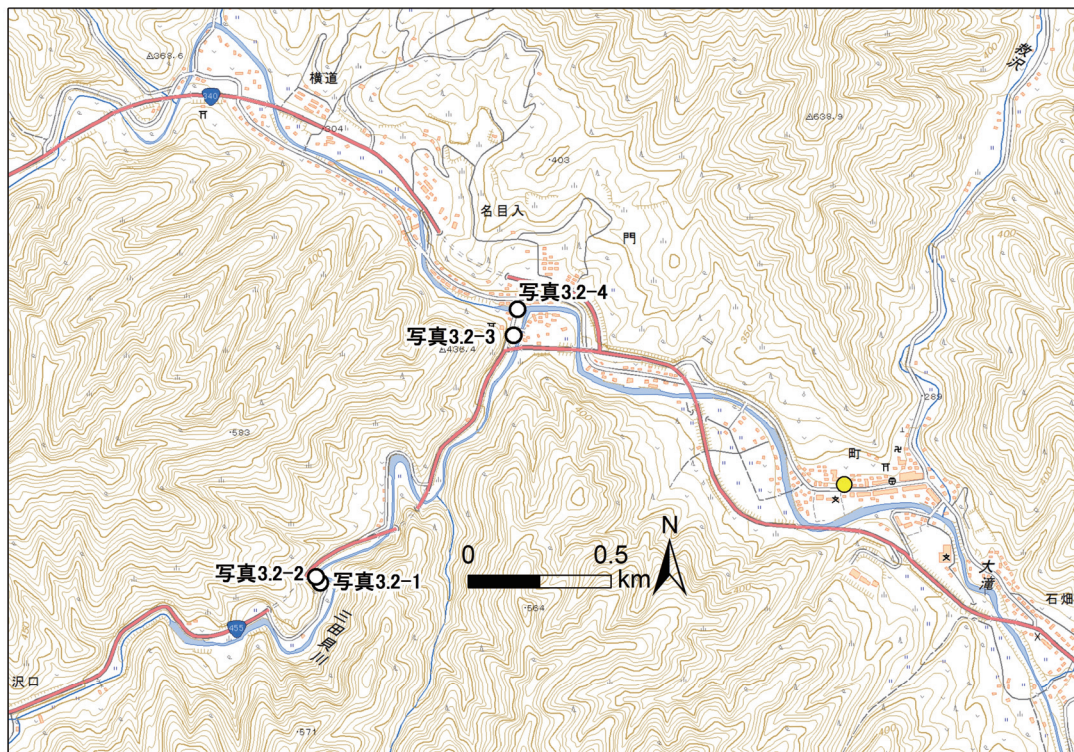


図 B-2 三田貝川と小本川の合流点における写真の位置 (地理院地図²⁾ に加筆)

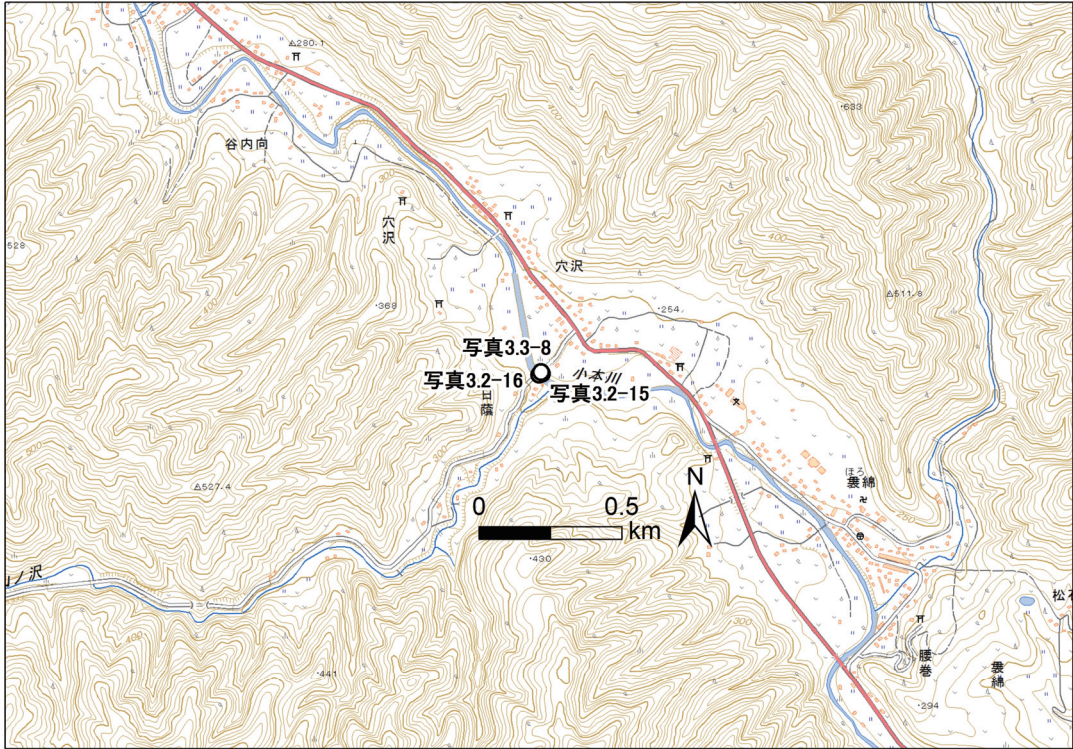


図 B-3 穴沢地区における写真の位置（地理院地図²⁾ に加筆)



図 B-4 大沢川流域における写真の位置（地理院地図²⁾ に加筆)

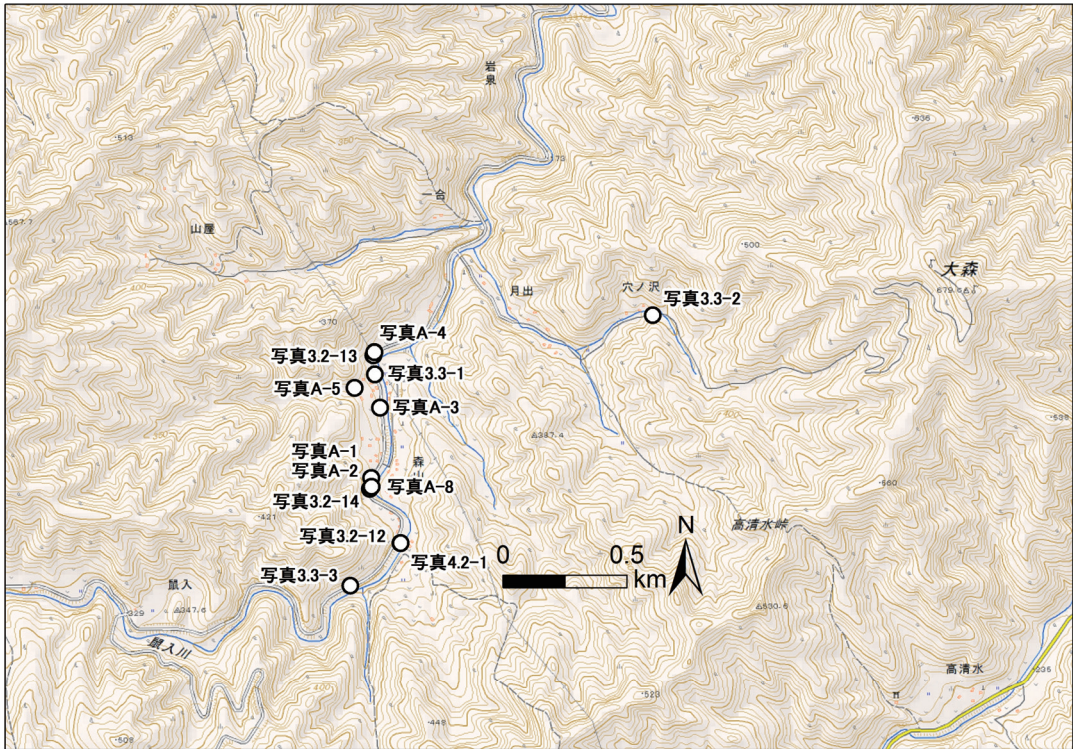


図 B-5 鼠入川流域における写真の位置（地理院地図²⁾ に加筆）



図 B-6 岩泉地区における写真の位置（地理院地図²⁾ に加筆）

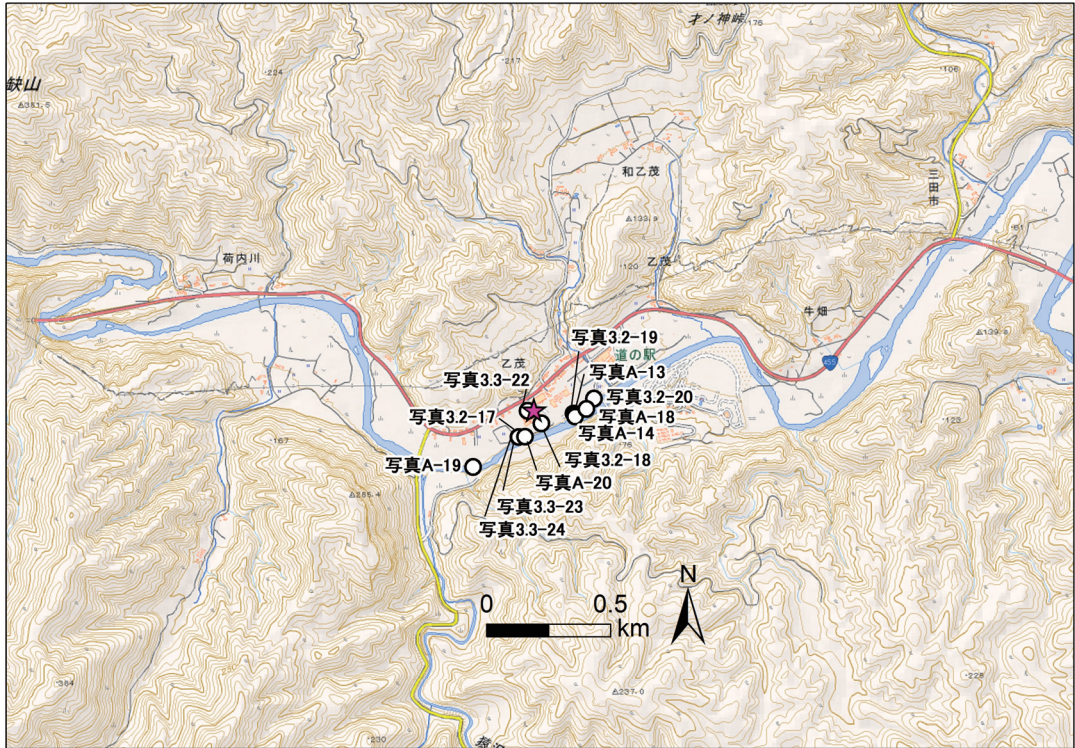


図 B-7 乙茂地区における写真の位置（地理院地図²⁾ に加筆）

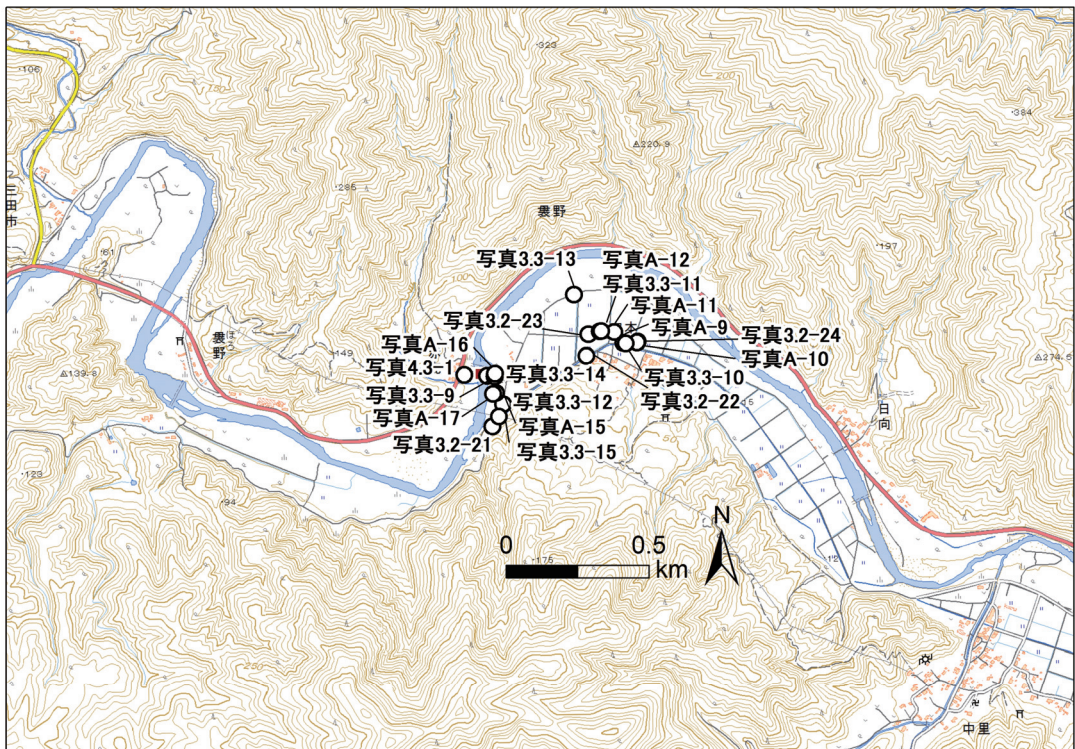


図 B-8 袈野地区宮本における写真の位置（地理院地図²⁾ に加筆）

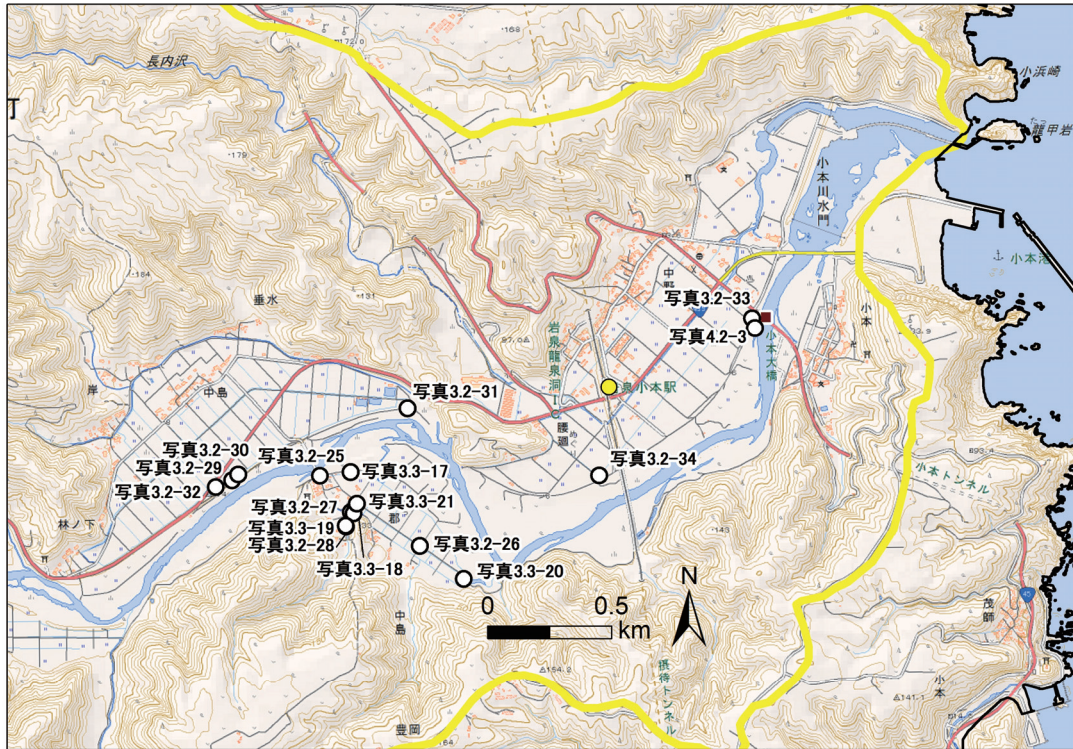


図 B-9 中島地区卒郡・小本地区における写真の位置（地理院地図²⁾に加筆）

付録文献

- 1) (株)エステック, 画像解析ソフトウェア AreaQ, <http://www.vector.co.jp/soft/winnt/art/se492571.html>
- 2) 国土地理院, 地理院地図, <https://maps.gsi.go.jp/>

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4348 November 2016

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754