

平成 28 年台風第 10 号による岩手県災害調査報告書



2017 年 7 月

平成 28 年台風第 10 号水害 土木学会・地盤工学会合同調査団

－目 次－

第 1 章 平成 28 年台風第 10 号の災害概要	
1.1 被害の概要	・ ・ ・ ・ ・ 4
1.2 調査団の構成	・ ・ ・ ・ ・ 8
第 2 章 気象・降雨特性	
2.1 台風の発生と発達過程	・ ・ ・ ・ ・ 10
2.2 降雨の状況	・ ・ ・ ・ ・ 10
第 3 章 小本川における被害	
3.1 小本川の被害概要	・ ・ ・ ・ ・ 15
3.2 乙茂地区の被害	・ ・ ・ ・ ・ 18
3.3 乙茂地区の氾濫解析	・ ・ ・ ・ ・ 23
第 4 章 久慈川における被害	
4.1 久慈川水系について	・ ・ ・ ・ ・ 29
4.2 出水概要	・ ・ ・ ・ ・ 29
4.3 市街地の被害概要	・ ・ ・ ・ ・ 30
4.4 まとめ	・ ・ ・ ・ ・ 32
第 5 章 閉伊川における被害	
5.1 閉伊川水系について	・ ・ ・ ・ ・ 33
5.2 気象概況	・ ・ ・ ・ ・ 33
5.3 被害概要	・ ・ ・ ・ ・ 33
5.4 まとめ	・ ・ ・ ・ ・ 36
第 6 章 土砂災害	
6.1 岩手県内の土砂災害	・ ・ ・ ・ ・ 37
6.2 広域における降雨の関係と発生予測	・ ・ ・ ・ ・ 39
第 7 章 流木災害	
7.1 はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 44

7.2 調査対象	・ ・ ・ ・ ・ 44
7.3 現地調査に基づく流木流出量の推計	・ ・ ・ ・ ・ 44
7.4 沢における流木天然ダムの分布と構造特性	・ ・ ・ ・ ・ 46
7.5 まとめ	・ ・ ・ ・ ・ 47
第8章 高潮・高波災害	
8.1 全国の沿岸部の被災概要	・ ・ ・ ・ ・ 48
8.2 高田地区海岸(陸前高田市)	・ ・ ・ ・ ・ 48
8.3 細浦漁港および門之浜漁港(大船渡市)	・ ・ ・ ・ ・ 48
8.4 仙台海岸(仙台市)	・ ・ ・ ・ ・ 49
第9章 総括	・ ・ ・ ・ ・ 53

<表紙写真>

提供：岩手県県土整備部

第1章 平成28年台風第10号の災害概要

1.1 被害の概要

2016年8月30日に岩手県大船渡市付近に上陸した台風第10号に伴って、北海道や岩手県沿岸では大雨となり、全国で死者22名、行方不明者5名、家屋被害約8,600棟という甚大な被害が発生した¹⁾。特に、岩手県下閉伊郡岩泉町を流れる小本川では、高齢者福祉施設の1階相当が浸水し、9名の方が犠牲となる被害を受けた。本節では、岩手県沿岸の気象概況、気象情報の発表状況および被害の概要について述べる。

(1) 気象概況

台風第10号は、8月19日に八丈島の東海上で発生し、強い勢力を保ちながら日本列島に接近して30日18時前に大船渡市付近に上陸した(図1-1)²⁾。30日夜には北海道の西の日本海に達し、31日午前0時に温帯低気圧に変わった³⁾。

今次台風では、岩手県の東部を中心に累積雨量200mmを超える強い降水域が南北に広がり、16時から4時間程度の間には豪雨が集中した(図1-2)。その結果、最大1時間降水量は、宮古(宮古市)および

下戸鎖(久慈市)で80mm、岩泉(岩泉町)で70.5mm、大野(洋野町)で58.0mmであり、これらは観測史上最大であった⁴⁾。さらに、8月の東北地方では台風第10号以前にも台風9号等による豪雨が発生しており、8月の月降水量は下戸鎖で623.0mm、岩泉で586.5mmであり、これらもまた観測史上最大であった⁴⁾。

(2) 気象情報の発表状況

図1-3は、岩泉町における大雨、洪水および土砂災害に関する気象情報の発表状況をまとめたものである。8月29日11時55分に大雨注意報、30日5時19分に大雨警報および土砂災害警戒情報が発令された。そして、31日10時19分に大雨注意報に切り替わり、同日20時43分に解除された。また、30日1時54分に洪水注意報、同日10時16分に洪水警報が発令された²⁾。こうした発令状況から、大船渡市付近に台風が上陸する約13時間前には大雨警報、約8時間前には洪水警報がそれぞれ発令していたことがわかる。

(3) 人的・物的被害の全体像

表1-1は、全国における人的・物的被害をまとめ

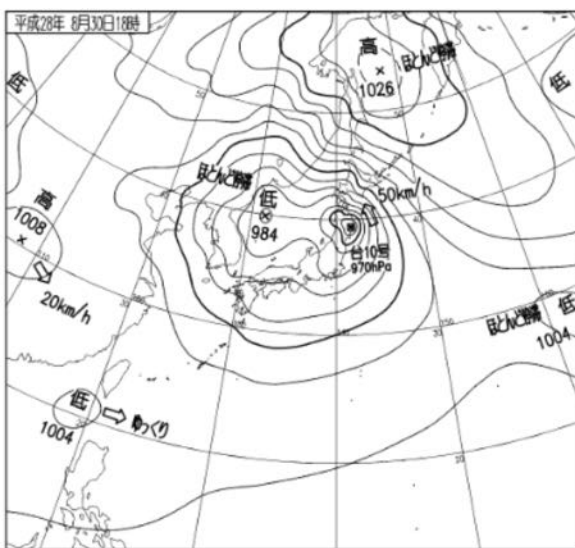


図1-1 8月30日18時の地上天気図

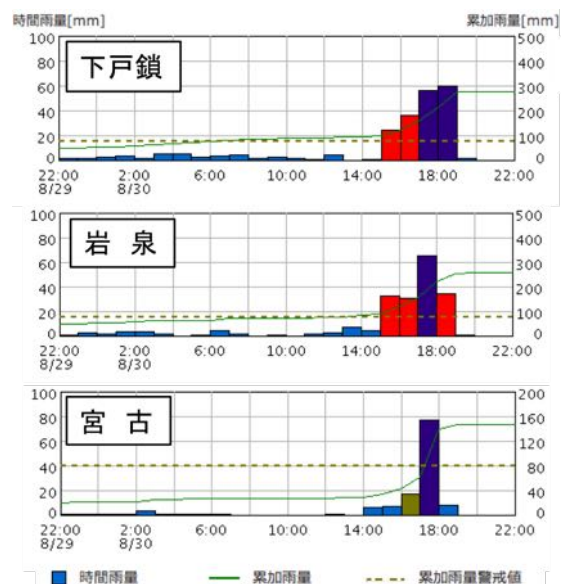


図1-2 各観測所における降雨量

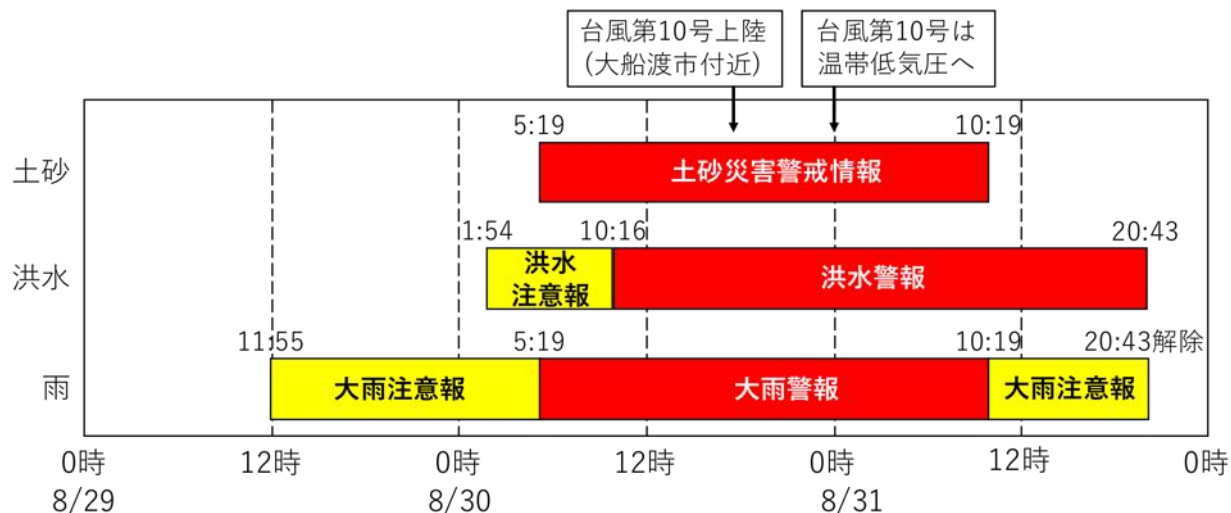


図 1-3 岩泉町における気象情報の発表状況

表 1-1 人的・物的被害の概要

都道府県名	人的被害				住家被害					非住家被害	
	死者	行方不明者	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
			重傷	軽傷							
	人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟
北海道	2	2		2	30	91	913	135	302	11	191
青森県			3	4			136	2	24		
岩手県	20	3		4	484	2,305	85	104	1,364		2,567
宮城県			1				12		6		1
秋田県			1				3				2
福島県							1				
合計	22	5	5	10	514	2,396	1,150	241	1,696	11	2,761

たものである。全国では、死者 22 名、行方不明者 5 名、重傷者 5 名、軽傷者 10 名の人的被害を受け、また物的被害としては、全壊 514 棟、半壊 2,396 棟、一部損壊 1,150 棟、床上浸水 241 棟、床下浸水 1,696 棟であり、住家・非住家の被害合計が 8,769 棟となった（表 1-1）。このうち岩手県の人的被害は死者 20 名、行方不明者 3 名、軽傷者 4 名、物的被害は、全壊 472 棟、半壊 2,281 棟、一部損壊 1,143 棟、床上浸水 241 棟、床下浸水 1,694 棟となった。全壊および半壊を合わせると、全体の被害建物の 64% を占めており、岩手県沿岸で被害が集中した^{1)・5)}。

(4) 河川の被害状況

台風第 10 号では、岩手県沿岸を流れる二級河川の被害が顕著であった(県管理二級河川は 314 河川である)。図 1-4 は、各河川における被災箇所を示す。その洪水の特徴として、台風 9 号等による数日前からの降雨によって、地盤の保水能力が低下していた。さらに、台風第 10 号による降雨では、上流域の山間部で降った非常に強い雨が河川に流れ込み、下流に到達した頃、下流域を含む広範囲で猛烈な豪雨と重なったことによって、急激な水位上昇を引き起こした。こうした状況の下、河川断面不足による外水氾濫に加え、周辺の沢水や雨水による内水氾濫によって、広範囲で相当数の家屋や事

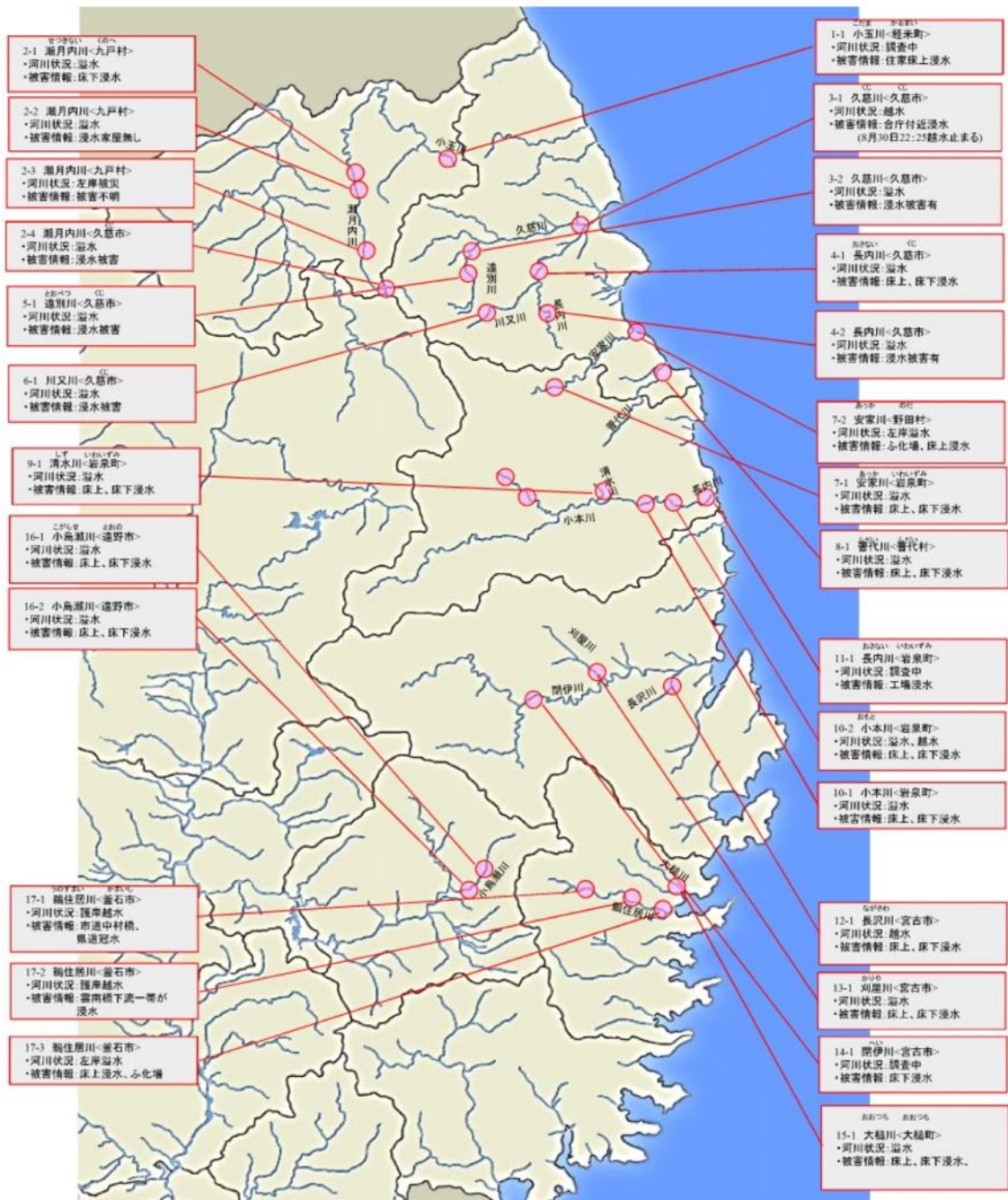


図1-4 岩手県河川の被害発表状況(岩手県河川課：平成28年10月25日時点)

業所において床上・床下浸水の被害が発生した。特に、上流からの大量の流木が橋梁に堆積し、天然ダムを形成することによって、その周辺で溢水して浸水被害を発生させた箇所も多く見られた。

今後、岩手県では、今回の洪水の流量に対応できるように河道の拡幅や掘削、築堤(連続堤・輪中堤)などによる河川改修を実施する計画である⁶⁾。

(5) 避難の状況

岩手県内では、8月30日から9月6日までに避難指示が4市4町1村に発令され、避難勧告が7市6町1村に発令された⁵⁾。今回の豪雨で岩泉町は、全域に避難準備情報を発令したが、避難勧告は一部の地域にとどまり、9名の犠牲者があった乙茂地区では、台風上陸の18時の時点で、氾濫注意水

位(2.50m)に達していなかったことから、避難勧告・指示が発令されなかった。避難に関する情報の発令のタイミングの難しさを改めて考えさせられる結果となった。

また、河川の氾濫により、道路が流木などの大量のがれきで通れない地域、川沿いの道路が削られ、土砂崩れで道路が寸断されるなどして、久慈市で107世帯(220名)、岩泉町で428世帯(873名)の合計535世帯(1,093名)の住民が孤立した。山地集落におけるライフラインの脆弱性が露呈した。

謝辞：本稿の作成にあたり、岩手県庁県土整備部より貴重な被害関係の資料を提供いただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岩手県災害対策本部：台風第10号に伴う被害等の状況，平成28年12月15日
- 2) 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(平成28年8月29日～31日)，岩手県災害時気象資料，平成28年9月2日
- 3) 岩手県災害対策本部：台風第10号(大雨・暴風・波浪)に伴う対応状況，平成28年8月31日
- 4) 気象庁：各種データ・資料，
<http://www.data.jma.go.jp>
- 5) 内閣府：平成28年台風10号による被害状況等について，平成28年11月16日
- 6) 岩手県土整備部河川課：平成28年8月30日の台風10号により被災した兼管理河川における治水対策について，平成28年10月18日

<調査メンバー>

小笠原敏記(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)

松林由里子(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)

1.2 調査団の構成

このような災害を受けたことから、土木学会水工学委員会、土木学会東北支部、地盤工学委員会による「平成 28 年台風第 10 号水害調査団」（団長岩手大学 小笠原敏記）が結成された。表 1-2 は、調査団員リストである。総勢 30 名の団員からなり、水工学および地盤工学を専門とする調査団員で構成されている。発災後において、各団員が被災現場に入り、それぞれの専門分野に関する踏査をすると共に、関係機関からの情報収集が行われた。なお、本報告書は、約半年間の現地調査、情報収集、データ解析、数値シミュレーション等に基づくものである。ただし、本報告書に記載されたものの一部には、現時点で検討が不十分なものも含まれるため、今後の解析によっては結果の一部が修正される可能性があることに注意されたい。

表 1-2 土木学会・地盤工学会合同調査団の構成(その 1)

区分	氏名	勤務先	選出母体
団長	小笠原 敏記	岩手大学	水工学委員会
幹事長	松林 由里子	岩手大学	水工学委員会
団員	大河原 正文	岩手大学	地盤工学会
団員	今村 文彦	東北大学	水工学委員会
団員	風間 聡	東北大学	水工学委員会
団員	田中 仁	東北大学	水工学委員会
団員	有働 恵子	東北大学	東北支部
団員	梅田 信	東北大学	水工学委員会
団員	小森 大輔	東北大学	水工学委員会
団員	森口 周二	東北大学	地盤工学会
団員	佐藤 翔輔	東北大学	東北支部
団員	高瀬 慎介	東北大学	東北支部
団員	峠 嘉哉	東北大学	東北支部
団員	三戸部 佑太	東北学院大学	東北支部

表 1-2 土木学会・地盤工学会合同調査団の構成(その 2)

区分	氏名	勤務先	選出母体
団員	松富 英夫	秋田大学	東北支部
団員	渡辺 一也	秋田大学	水工学委員会
団員	川越 清樹	福島大学	水工学委員会
団員	馬淵 幸雄	パシフィックコンサルタンツ(株)	東北支部
団員	堀合 孝博	パシフィックコンサルタンツ(株)	東北支部
団員	加藤 譲	パシフィックコンサルタンツ(株)	東北支部
団員	水田 圭亮	パシフィックコンサルタンツ(株)	東北支部
団員	南 まさし	パシフィックコンサルタンツ(株)	東北支部
団員	永澤 豪	パシフィックコンサルタンツ(株)	東北支部
団員	内田 浩勝	(株)建設技術研究所	東北支部
団員	田村 浩敏	(株)建設技術研究所	東北支部
団員	高橋 範仁	(株)建設技術研究所	東北支部
団員	菊池 祐二	(株)建設技術研究所	東北支部
団員	邵小 敏	(株)建設技術研究所	東北支部
団員	高木 秀治	(株)建設技術研究所	東北支部
団員	向坂 興人	(株)建設技術研究所	東北支部

第2章 気象・降雨特性

2.1 台風の発生と発達過程

台風第10号(Lionrock)は、気象庁が1951年に統計を開始して以来、初めて東北地方の太平洋側に上陸した台風であった^{1)・2)}。図2-1にその台風経路と各日15時における中心気圧、図2-2に各日9時における天気図、図2-3に海面水温の日別平年差を示す。

8月19日に八丈島近海で発生したが、図2-2の気圧配置に示されるように、北部に高気圧が張り出していた影響で沖縄東部の海上まで南下・停滞した。図2-3に示されるのはその際の海面水温の平年差であり、台風が停滞していた沖縄東部の領域で海面水温が高かったことがわかる。徐々に勢力を強め、中心気圧は発生当初990hPa程度から26日には945hPaにまで発達した。その後26日頃から進路を北東に変え、28日頃から北上を開始した。30日朝には関東地方に接近、同日18時頃に岩手県大船渡市付近に上陸し、東北地方を北西に横断し

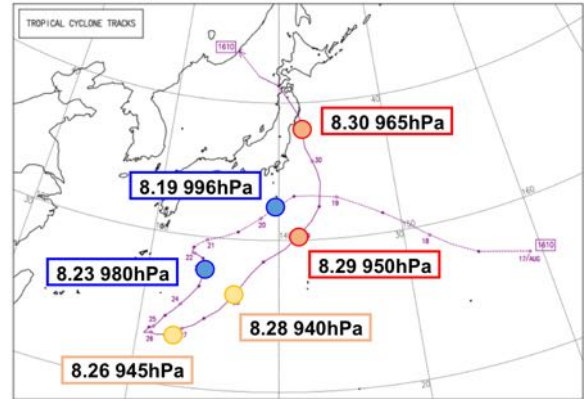


図2-1 台風第10号の経路と中心気圧(台風経路：気象庁³⁾，中心気圧：日本気象協会⁴⁾)

て日本海に抜けたのち消滅した。台風経路が極めて特異だったことに加え、停滞していた領域の海面水温が高く台風が発達し易い条件であった点が特徴と言える。

2.2 降雨の状況

図2-4に気象庁Cバンドレーダーによる一時間ごとの雨量分布、図2-5に気象庁の1kmメッシュ全国合成レーダーエコー強度GPV(以下、レーダーAMeDASと略記)の8月30日の日雨量分布を示

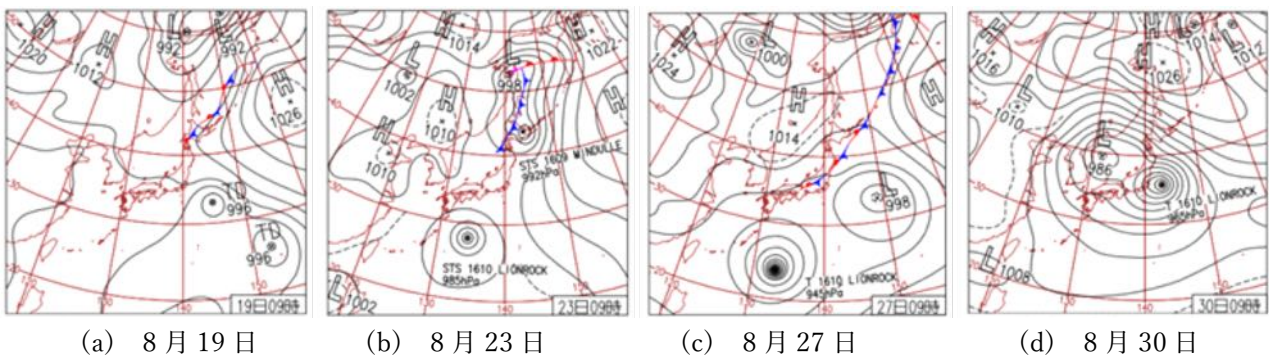


図2-2 天気図の変化⁵⁾

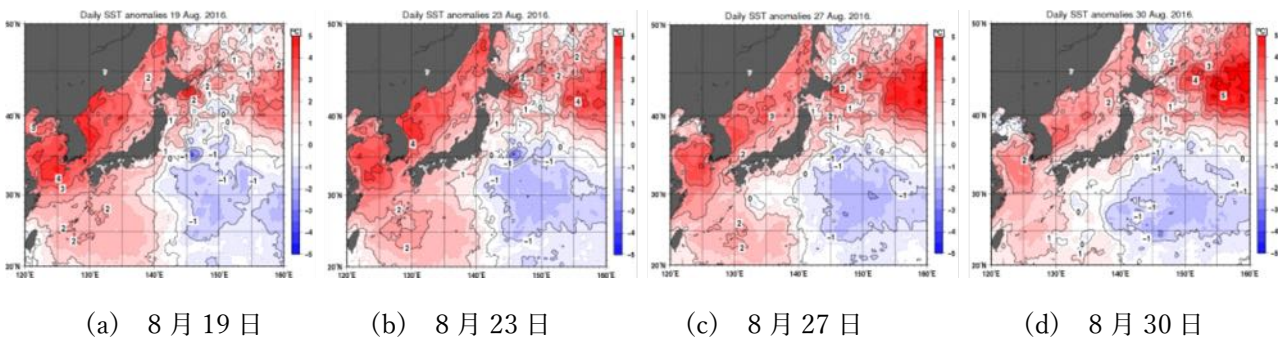
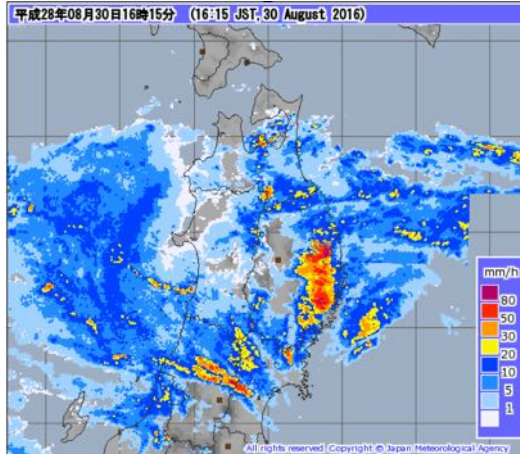
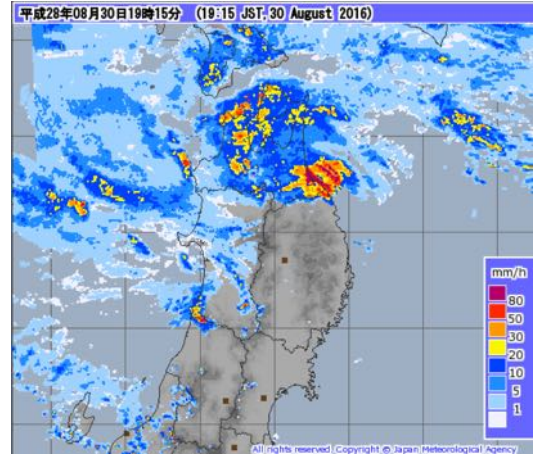


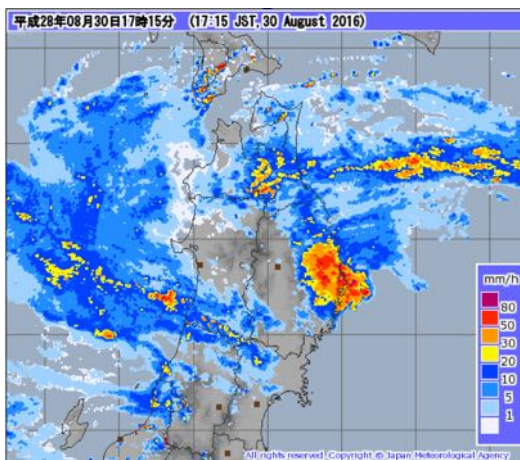
図2-3 海面水温の平年値からの偏差⁶⁾



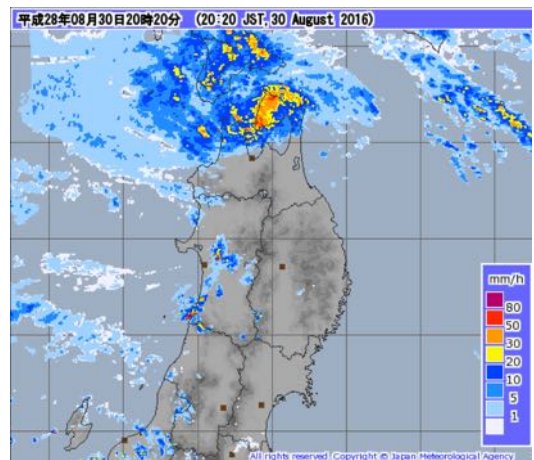
(a) 16 時 15 分



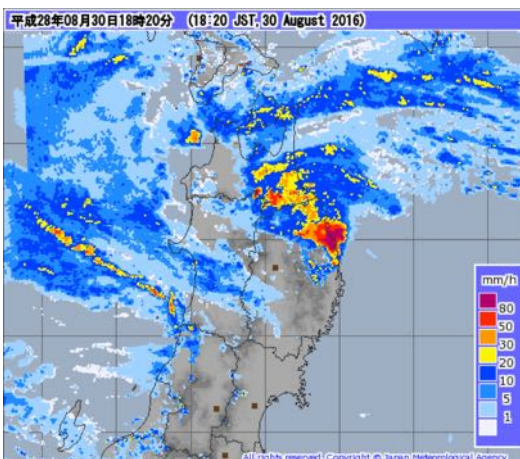
(d) 19 時 15 分



(b) 17 時 15 分



(e) 20 時 20 分



(c) 18 時 20 分

図 2-4 一時間ごとの降雨分布の変化(気象庁 C バンドレーダー画像：気象庁⁸⁾)—その 1

図 2-4 一時間ごとの降雨分布の変化(気象庁 C バンドレーダー画像：気象庁⁸⁾)—その 2

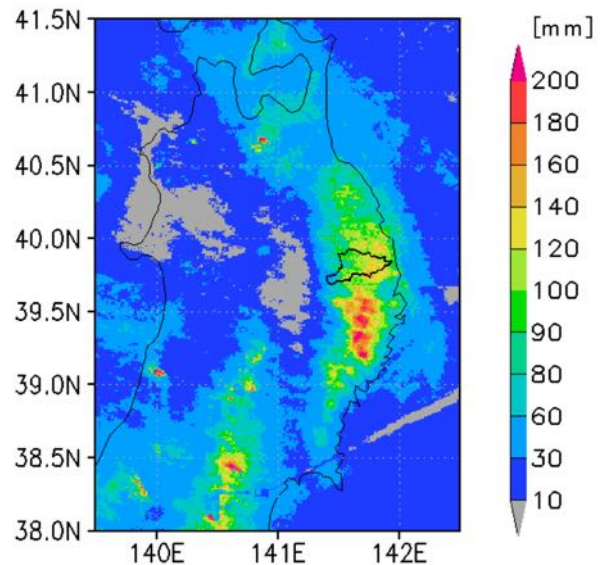


図 2-5 レーダー-AMeDAS の二日間雨量分布 (8/29-8/30)⁹⁾

す。8 月 30 日以外はほとんど降水がなかったため、今回の豪雨の累積雨量となる。図 2-6 に AMeDAS と岩手県所管の雨量計データが示した久慈地区・

岩泉地区・宮古地区における 8 月 30 日の日雨量、



(a) 久慈



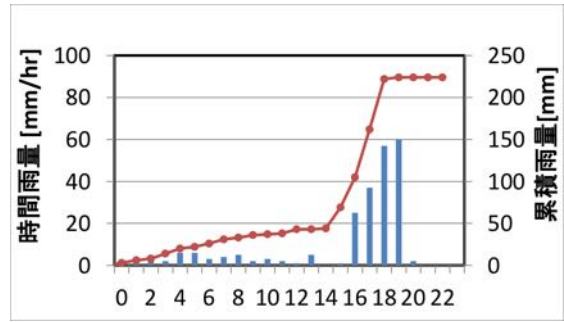
(b) 小本



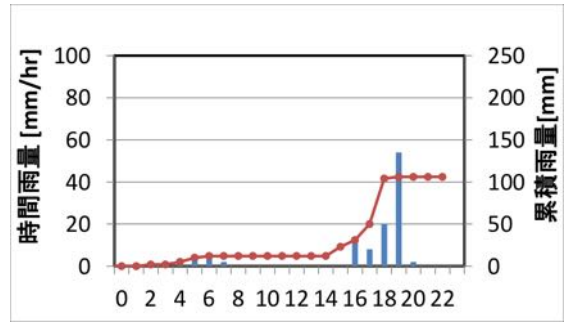
(c) 宮古

図 2-6 8月31日の AMeDAS 日雨量¹⁰⁾ (赤色：気象庁観測所，青色：岩手県観測所)

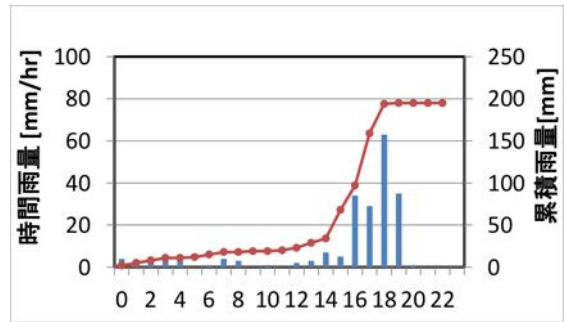
図 2-7 には図 2-6 で示した雨量観測所のうち 6 地点(久慈・下戸鎖・岩泉・小本・峠の神山・宮古)での時間雨量と 30 日 0 時からの累積雨量を示す。図



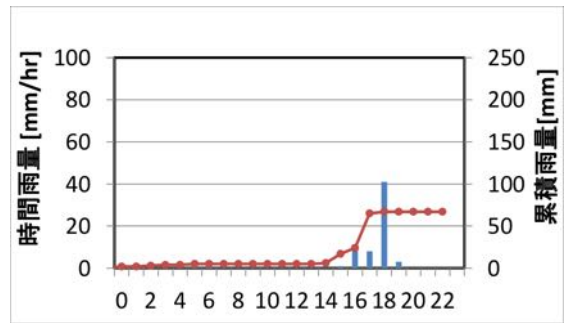
(a) 下戸鎖



(b) 久慈



(c) 岩泉

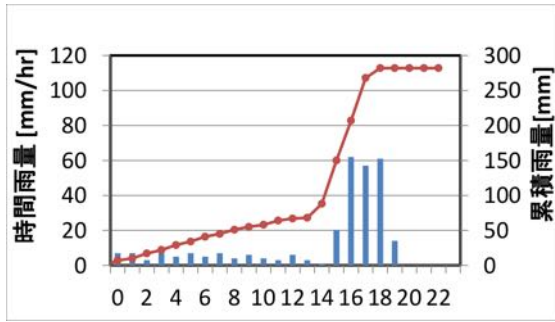


(d) 小本

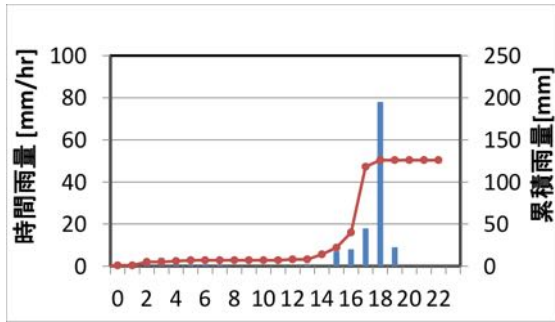
図 2-7 AMeDAS 雨量の時系列変化¹⁰⁾ - その 1

2-7 の 6 地点のうち，峠の神山観測所のみが岩手県所管の雨量観測所であり，その他の 5 地点が気象庁所管の AMeDAS 観測所である。

図 2-4 より，台風の経路に沿って雨域が北上しており，岩手県を中心に降雨強度が 80mm/hr を超



(e) 峠の神山



(f) 宮古

図 2-7 AMeDAS 雨量の時系列変化¹⁰⁾ - その 2

える非常に激しい雨域が見られる。図 2-4 のレーダー雨量は各時刻における瞬間値であるので図 2-7 に示された 1 時間毎雨量とは異なることに注意が必要である。図 2-5 や図 2-6 から日雨量の分布をみると、海岸域では小本観測所の 67mm/day など比較的雨量が少ない一方で、内陸側の雨量観測所で強い降雨が見られることから、今回の豪雨が内陸部の地形効果で強まったことが考えられる。観測点のうち累積雨量が最大となったのは岩手県所管の峠の神山観測所における 282mm/day であり、浸水被害のあった岩泉観測所で 195mm/day を観測するなど、岩手県の東部を中心に累積雨量 200mm に近い強い降水域が南北に広がっており、図 2-7 に示した時系列からは、これらの雨量のほとんどが台風通過前後の 4 時間ほどの間に集中したことがわかる。

当該地域における過去の降水事例と比較すると、前述のように岩泉観測所では 200mm 程度の降雨が 4 時間程度の間集中したため、1 時間雨量から

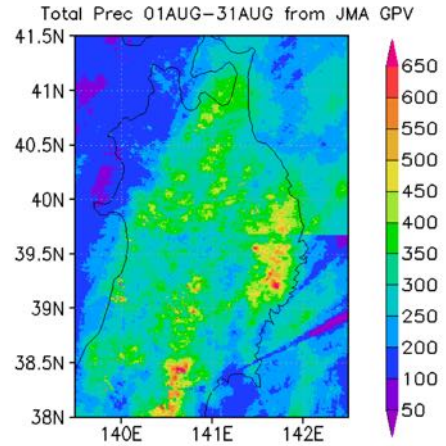


図 2-8 2016 年 8 月の月雨量(気象庁レーダー AMeDAS⁹⁾)

6 時間雨量までが観測史上最大である。岩泉観測所の平均年降水量は 1088.7mm であり、年降水量の 4 分の 1 ほどの豪雨が極めて短時間に集中したことがわかる。他の観測地点においても、1 時間雨量について久慈市下戸鎖 80.0mm/hr、岩泉町岩泉 70.5mm/hr、宮古市宮古 80.0mm/hr 等は観測史上最大であった⁷⁾。また、8 月の東北地方では台風第 10 号以前にも台風等による豪雨が複数回発生した。図 2-8 はレーダー AMeDAS から推定される 2016 年 8 月の月降水量分布であるが、下戸鎖 623.0mm、岩泉の 586.5mm 等は観測史上最大の 8 月降水量である⁷⁾。このため山地の土壌が湿潤状態にあり、流出率が高かったことが大きな災害につながった一要因である可能性がある。

小本川の計画降雨は二日間降雨量 246.1mm である。一方レーダー AMeDAS から 8 月 29~30 日の流域平均降雨量を計算すると 104.6mm と小さい。その原因は、図 2-6 のように流域西部で降雨量が少なかったために流域平均値の値が小さかったことや、レーダー AMeDAS が雨量を過小評価している可能性がある。雨量計での二日間降雨は、岩泉観測所で 250mm を超え、峠の神山観測所等のように山間地に位置する他の岩手県所管の観測所でも 300mm 前後の降雨を観測している一方で、図 2-5

のレーダーAMeDAS 雨量は最大でも 150mm 程度である。小本川流域の AMeDAS 観測所 2 点は中下流域に位置しているため、特に山間地の雨量が過小に補正された可能性がある。

<調査協力>

高橋範仁(建設工学研究振興会)

謝辞:本稿の作成にあたり、気象庁より貴重なデータを提供いただいた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：台風第 10 号による被害状況等について(第 20 報) 平成 28 年 9 月, 2016.
- 2) 気象庁：台風第 18 号等による大雨(平成 27(2015)年 9 月 7 日～9 月 11 日(速報)),
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2015/20150907/20150907.html>
- 3) 気象庁：台風経路図
http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/bstv2016.html
- 4) 日本気象協会：過去天気
<http://www.tenki.jp/past/>
- 5) 気象庁予報部予報課，過去の台風資料
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/index.html>
- 6) 気象庁，日別海面水温
http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/sst_HQ.html
- 7) 気象庁：過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
- 8) 気象庁，レーダーナウキャスト
<http://www.jma.go.jp/jp/radnowc/>
- 9) 京都大学，数値予報 GPV
<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-original.html>
- 10) 岩手県：岩手県 河川情報システム,
<http://kasen.pref.iwate.jp/iwate/servlet/Gamen30Servlet>

<調査メンバー>

峠 嘉哉(東北大学工学研究科土木工学専攻)

風間 聡(東北大学工学研究科土木工学専攻)

小森大輔(東北大学環境科学研究科)

第3章 小本川における被害

3.1 小本川の被害概要

(1) 小本川水系について

小本川は、その源を岩手県岩泉町国境峠付近に発し、流域面積約 731km²、幹線流路延長 65km の二級河川である。支川は、上流から大川、清水川、鼠入川、猿沢川である(図 3-1)。流域の年間降水量は 1,200 mm 程度である。その流域は、穴目岳(1,168m)や三巢子岳(1,180m)などに代表される 1,000m 級の山地に囲まれており、中流域や下流域の限られた平坦地に岩泉や小本の市街地が広がっている。計画高水流量は、支川清水川下流で 2,400m³/s、河口から上流 8.7 km に位置する赤鹿水位観測所において 3,000m³/s である¹⁾。

(2) 出水概要

図 3-2 は、上段に種倉・岩泉雨量観測所および赤鹿水位観測所の位置を表し、下段に各観測所の時間雨量の変化および水位の時間変化を示す。上流域に位置する赤倉雨量観測所では、30 日 15 時に最大雨量 30 mm を、岩泉雨量観測所では、18 時に最大雨量 60 mm を記録している。一方、赤鹿水位観測所では、17 時時点の水位は、氾濫注意水位 2.50m に達していないが、その 2 時間後の 19 時には河岸高 4.87m を越え、20 時には最高水位 6.61m に達し、3 時間の短時間に約 4.2m の急激な水位上昇が見られる。

この急激な水位上昇の要因として、上流域の山間部で降った雨が下流域に到達したころ、中・下流域を含む広範囲に及んだ猛烈な雨が重なったこと、流域の地質が北上高地の岩盤質であり、台風 9 号等による数日前からの降雨により、その保水能力が低下していたことが重なったことによるものと考えられる。

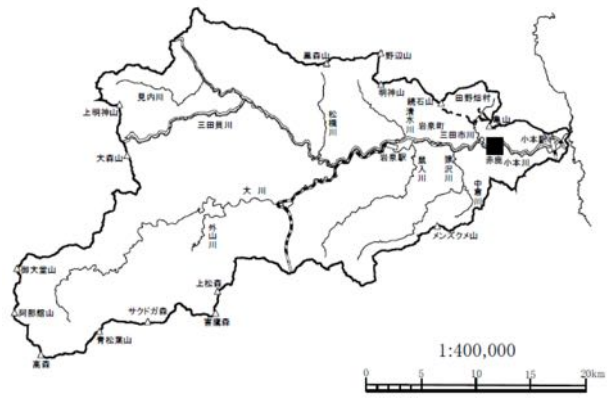


図 3-1 小本川水系

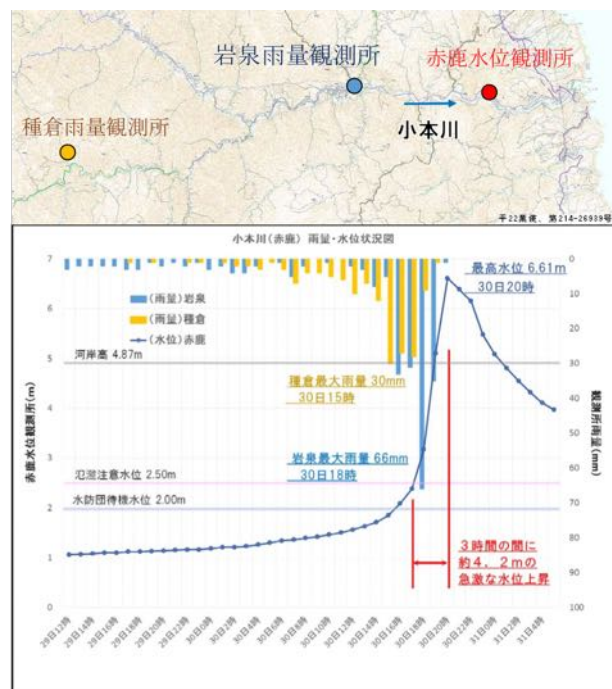


図 3-2 小本川流域における雨量および水位観測所の位置(上段)および雨量・水位の時間変化(下段)²⁾

(3) 各地区の被害概要

小本川は、中間山地を流れる蛇行河川であるため、図 3-3 に示すように上流から下流まで至る所で洪水氾濫の被害を受けた。特に、下流域では堤防が決壊して被害が拡大した。上流に位置する門地区では、浸水面積 1.1ha、床上浸水 81 棟、床下浸水 40 棟である。裳綿地区では、同 23.7ha、同 59 棟、同 30 棟である。尼額地区では、同 3.0ha、同 25 棟、同 7 棟である。中流に位置する岩泉市街地



図 3-3 小本川流域における各地区の被害概況³⁾

では、同 4ha、同 101 棟、同 22 棟である。人的被害の大きかった乙茂地区では、同 10ha、同 96 棟、同 2 棟である。襲野地区では、同 26ha、同 79 棟、同 1 棟である。中里地区では、同 18ha、同 108 棟、同 4 棟である。最下流に位置する中島地区では、同 62ha、同 111 棟、同 4 棟である。

特に、小本川流域で人的被害が大きかった地区が乙茂地区である。図 3-4 は、岩泉町乙茂地区における被害状況を示す。この地区は、高齢者グループホーム「楽ん楽ん」の施設が浸水被害を受け、9 名の方が犠牲となった地区である。洪水氾濫は、図中の道路寸断部分で既に国道 455 号を冠水させ、山裾と小本川右岸の地形に沿うようにして下流に流れたものと推察される。また、図 3-5 に示すように大量の流木が小本川と猿沢川の合流部から岩泉球場にかけて、国道 455 号と小本川の間に堆積して

いた。さらに、多くの泥が広範囲に堆積し、岩泉球場グラウンド一面にも堆積していた。次節に、詳細な洪水・氾濫痕跡および数値解析に基づく流況について述べる。

参考文献

- 1) 岩手県：小本川水系河川整備基本方針，平成 23 年 1 月
- 2) 岩手県：台風第 10 号による災害への対応状況について，平成 28 年度第 2 回いわて川づくりプラン懇談会，平成 29 年 2 月 3 日
- 3) 岩手県沿岸広域振興局：小本川水系小本川河川改修計画の概要，平成 28 年 11 月

<調査メンバー>

- 小笠原敏記(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)
 松林由里子(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)
 渡辺一也(秋田大学理工学研究科システムデザイン工学専攻)



図 3-4 岩手県岩泉町乙茂地区における被害状況



図 3-5 岩手県岩泉町乙茂地区における流木の堆積状況

3.2 乙茂地区の被害

2016年8月30日の台風第10号豪雨において人的被害が目立った小本川における洪水・氾濫の理由がいろいろ指摘されている¹⁾。本節では、1)乙茂地区中心部の道の駅「いわいずみ」(図3-6)から直線距離で約2km上流に位置する河川の大蛇行による河川水位の大きな上昇、2)この水位上昇による直下流における洪水流の高速化と大水深に起因する河畔林の流木化、3)川幅が約180mの乙茂橋地点における左岸側から河川の流心方向へ約50m突き出た乙茂橋へのアクセス道路の盛土と橋梁での流木滞留による河積の減少に的を絞って、現地調査に基づいてこれらを実証するとともに、乙茂地区の被害について少し言及することとする。

(1) 乙茂地区の概要

図3-6に現地調査対象域の地形図(国土地理院)を示す。標高 T.P. 40m~30m(橙色の丸破線)間の平均河床勾配は約1/290、T.P. 30m~20m間は約1/470である。図中に加筆した沿川距離は折線近似によるものであり、実際の勾配はもう少し緩いと考えられる(例えば、T.P. 40m~30m間の沿川距離はGoogle Earthのパスによると2,988m)。乙茂地区には右岸側に一支川(猿沢川)と左岸側に複数の沢が流入している。沢では出水や土石流が懸念されている。

(2) 現地調査

現地調査は2016年9月12、16、18、21、22、29日と10月9日の計7日間行った。主な調査項目は洪水・氾濫の最大痕跡水面位の水準測量と建築物の浸水深・被害状況である。水準測量点は明瞭かつ不動な目印がある所とし、水準測量点相互の位置関係や距離(一部を除く)はGoogle Earthから把握・評価することとした。水準測量には自動レベルと標尺を用いた。

(3) 調査結果と考察

(a) 最大痕跡水面位などの空間分布と流況

現地調査域は東西に細長い。そこで図3-7に示す4領域(R1~R4)に分割して洪水・氾濫の最大痕跡水面位や地盤高の調査結果を示す。

図3-8(a)~(d)に最大痕跡水面位(○地点)と地盤高(△や▲地点)の調査結果を示す。数値は水色が最大痕跡水面位(上段:建築物の前面または側面,下段:側面または背面)で、白色が地盤高である。○地点の白色数値も地盤高で、この地点では浸水深が評価できる。さらに、黄色数値は氾濫域中に堆積した漂流物(漂流ゴミを含む)の上端を最大痕跡水面位としたものである。これらの水面位や地盤高はグループホーム「楽ん楽ん」から北西側約60mに位置する国道455号沿いの三級基準点(図中の☆地点,基455-29, T.P.約32.0m)と対応付けられている。



図3-6 現地調査対象域の地形図(国土地理院に加筆)



図 3-7 洪水・氾濫の最大痕跡水面位などの調査域とその分割(Google Earth に加筆)

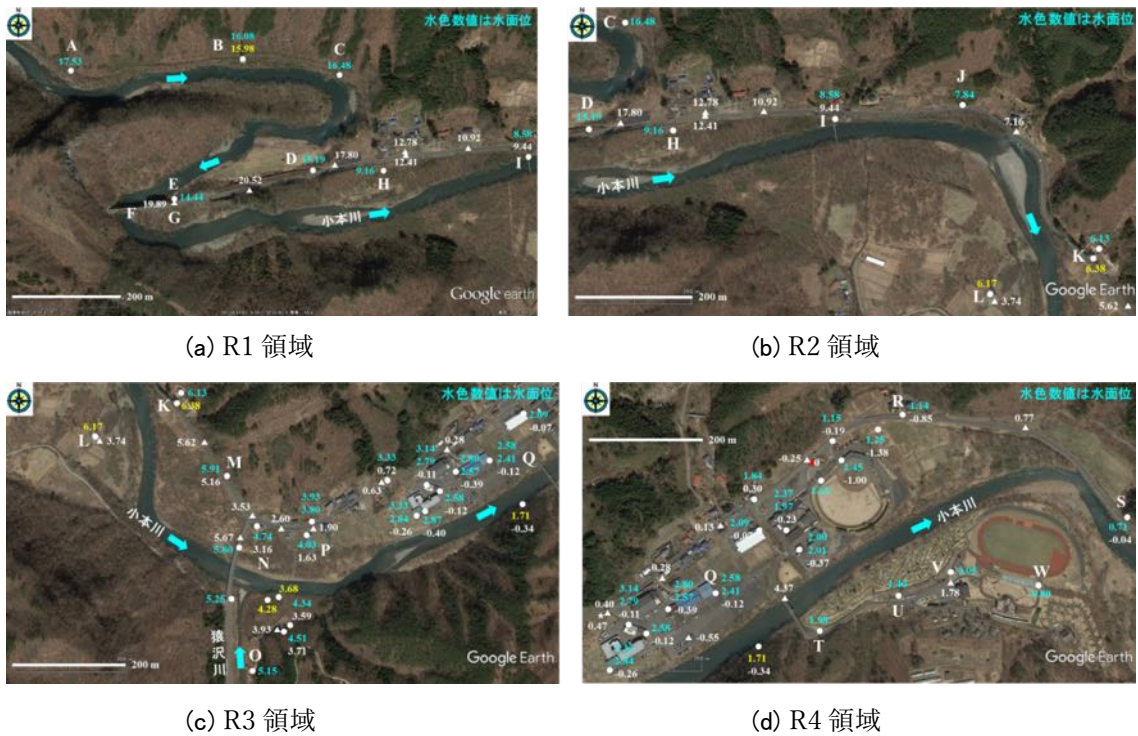


図 3-8 最大痕跡水面位などの空間分布(Google Earth に加筆. R4 領域の▲地点を基準. 単位 m)

表 3-1 に最大痕跡水面位と地形図や基盤地図情報²⁾から評価した水面や河床の勾配などの調査結果を示す. 水平距離は Google Earth から評価しており, 高低差に比べて精度はよくない.

表 3-2 に Manning の平均流速式に基づく常流と射流(黄色の網かけ)の判定例を示す. 表中の h は水深, g は重力加速度, I は河床(水面)勾配で, Manning の粗度係数 n は 0.03(m, s 単位), 河川横断面形は

広矩形としている.

図 3-8, 図 3-9 および表 3-1 に基づく川沿いの最深河床高, 最大痕跡水面位と推定流況を示す. 図 3-8 に図 3-9 と表 3-1, 2 から以下(箇条書き)が判断される.

- 1) A-B 間の水面勾配は 1/250, 河床勾配は 1/585 で, 水面勾配が河床勾配より大きい. B-C 間の水面勾配は逆勾配, 河床勾配は 1/248 で, C 地

表 3-1 現地調査結果

対象 区間	水平距 離 (m)	積算距 離 (m)	水深 (m)	高低差 (m)	水面 勾配	2地点の河 床高 (m)	河床高 差 (m)	河床 勾配	平均河 床勾配	備 考
A-B	363	363	A:8.24	1.45	1/250	40.82, 40.20	0.62	1/585	地形図 (1/283) 基盤図 (1/283)	A-C 1/532
B-C	196	559	B:7.41	-0.40	-1/490	40.20, 39.41	0.79	1/248		C-E 1/250
C-D	212	771	C:8.20	1.29	1/164	39.41, 38.46	0.95	1/223		0.19 m
D-E	298	1,069	D:8.26	0.75	1/397	38.46, 36.95	1.51	1/197		1/105
E-F	75	1,144	E:9.02	5.28	1/116	36.95, 36.48	0.47	1/160		1/417
F-G	70	1,214	-			36.48, 36.20	0.28	1/250		1/310
G-H	466	1,680	-			36.20, 34.41	1.79	1/260		横断方向
H-I	287	1,967	H:6.28	0.58	1/495	34.41, 33.99	0.42	1/683		1/133
I-J	264	2,231	I:6.12	0.74	1/357	33.99, 33.49	0.50	1/528		猿沢川
J-K	388	2,619	J:5.88	1.46	1/266	33.49, 31.79	1.70	1/228		1/334
K-M	210	2,829	K:6.12	0.47	1/447	31.79, 31.08	0.71	1/296		
K-L	220	-	L:3.30	0.21	1/1,048	31.79, 34.40	-2.61	-		
M-N	132	2,961	M:6.36	1.17	1/113	31.08, 30.36	0.72	1/183		
N-P	118	3,079	N:5.91	0.71	1/166	30.36, 29.87	0.49	1/241		
O-P	340	-	-	1.12	1/304	33.20, 29.87	3.33	-		
P-Q	472	3,551	P:5.69	1.45	1/326	29.87, 27.70	2.17	1/313		
Q-R	493	4,044	Q:6.41	1.44	1/342	27.70, 26.79	0.91		基盤図 (1/388)	
R-S	468	4,512	R:5.88	0.43	1/1,088	26.79, 25.49	1.30	1/360		
Q-U	328	3,879	-	1.18	1/278	27.70, 26.84	0.86	1/381	-	
T-U	152	3,727	T:6.07	0.58	1/262	27.44, 26.84	0.60	1/422	-	
U-V	118	3,997	U:6.09	0.45	1/262	26.84, 26.80	0.04		-	
V-W	161	4,158	V:5.68	1.84	1/88	26.80, 25.49	1.31	1/123	-	W:5.15 m
S-W	216	-	S:6.75	1.60	1/135	25.49, 25.49	0	-	-	横断方向

点は湾曲部の始点(一般に最大水深となる地点)である。洪水の水深を5~9m, Manningの粗度係数を0.03, エネルギー補正係数を1.0, 河川横断面形を広矩形としたときの限界勾配は1/194~1/236(表3-2)であり, A-B間の河床勾配は緩勾配, B-C間の河床勾配は限界勾配程度と判断される。したがって, A-B間の水面形はM₂曲線, B-C間の水面形はC₁(場合によってはS₁)曲線と推定される。B-C間の水面形はB-F間における160°近い湾曲による流れの堰止め効果のためと考えられる。

- 2) C-D間の水面勾配は1/164と急で, D-E間の水面勾配は1/397と緩い。C-D間の急な水面勾配はC-F間の河床勾配が限界勾配より大きいことやD地点で川幅が広がることから(C-D間はS₂曲線), D-E間の緩い水面勾配はE-F間が湾曲部の始点であること, D-H間に

おける170°近い湾曲とF地点における狭窄(川幅約75m)による堰止め効果から(D-E間はS₁曲線), 理解できることである。したがって, C-E間で跳水が形成されたと考えられる。

- 3) E-H間の水面勾配は1/116, 河床勾配は1/241で, 水面勾配が河床勾配より大きい。D-F間の水面勾配を一定としたとき(E-F間の水位低下は0.19m), F-H間の水面勾配は1/105, 河床勾配は1/259で, 河床勾配はかろうじて緩勾配である。したがって, F-H間の水面形はM₂曲線と判断され, 川幅の増加を考慮しなければならぬが, この間で流速が大きくなったと考えられる。また, 大水深と相俟って河畔林が顕著に流木化したと考えられる。
- 4) H-J間の水面勾配は1/417, 河床勾配は1/599の緩勾配で, 水面勾配が河床勾配より大きい。これは氾濫域幅が増加したためと考えられる。

表 3-2 常流・射流の判定例($n=0.03$)

h (m)	\sqrt{gh} (m/s)	I	u (m/s)	h (m)	\sqrt{gh} (m/s)	I	u (m/s)
5	7.00	1/100	9.73	8	8.85	1/100	13.33
		1/194	7.00			1/200	9.43
		1/200	6.88			1/227	8.85
		1/300	5.62			1/300	7.70
		1/400	4.87			1/400	6.67
6	7.67	1/100	11.00	9	9.39	1/100	14.43
		1/200	7.85			1/200	10.21
		1/206	7.67			1/236	9.39
		1/300	6.35			1/300	8.33
		1/400	5.50			1/400	7.22
7	8.28	1/100	12.20				
		1/200	8.71				
		1/217	8.28				
		1/300	7.04				
		1/400	6.10				

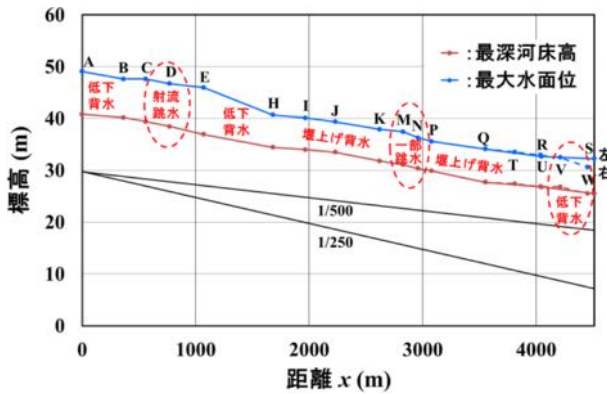


図 3-9 洪水・氾濫の痕跡に基づく推定流況

したがって、H-J間の水面形は M_1 曲線で、H-K間における 80° 近い湾曲による流れの堰止め効果によると考えられる。

- 5) J-K間の水面勾配は $1/266$ 、河床勾配は $1/228$ で、水面勾配が河床勾配よりやや緩い。J-M間で見れば、水面勾配は $1/310$ (備考欄参照)、河床勾配は $1/248$ で、この傾向は明瞭となる。河床勾配は限界勾配よりやや緩く、水面形は M_1 曲線と判断される。これには下流に位置する乙茂橋へのアクセス道路の盛土や盛土・橋梁部(橋台、橋桁、橋脚)での流木滞留による流れの堰止め効果が関係していよう。
- 6) 乙茂橋路面上の最大痕跡水位(5.80m)が周辺に比べて高い。左岸側にある橋梁へのアクセス道路の盛土や盛土・橋梁部での流木滞留による流れの堰止め効果が認められる。
- 7) 乙茂橋左岸側における流れの堰止めや比較的

急な下り勾配($0.93/75=1/81$)を有する局所陸上地形の影響もあってか、M-N間とN-P間の水面勾配(各々 $1/113$ と $1/166$)がE-H間のものに劣らず大きい。乙茂橋左岸側の国道455号上やその左側(川から離れる方向)で支配断面(限界水深)が形成され、その下流で局所的な跳水が形成されたと考えられる。実際、ここで大きな洗掘が発生した状況を示す報道写真が残されている。

- 8) 最大痕跡水面位の空間分布から、乙茂橋直下流の氾濫流況に猿沢川からの洪水が少なからず影響(自己主張)したと推察される。
- 9) 左岸側のP-R間の水面勾配は $1/334$ で(備考欄)、 $1/313$ の河床勾配(緩勾配)よりやや緩い。右岸側のT-V間はP-R間と逆の傾向である。この理由として左岸側の広い平坦な氾濫域(勾配例は後述)の存在、Q-S間における 90° 近い湾曲による流れの堰止め効果と氾濫域幅の増加が考えられる。実際、広い平坦な氾濫域の存在と湾曲による流れの堰止め効果でR-S間の水面勾配は $1/1,088$ と非常に緩く、C-D間やF-H間、J-K間の水面形状況と異なる。一方、右岸側の水面形は氾濫域幅の増加に起因するだけでなく、 M_2 曲線の可能性がある。実際、直下流のV-W間やS-W間(河川横断方向)の水面勾配が非常に急になっている。
- (b) 乙茂地区中心部左岸側における氾濫水深、氾濫流速と建築物の被害例

乙茂地区中心部左岸側(R3, R4領域)の最大痕跡水面位時における建築物の前面と側面での水位差と建築物の被害程度³⁾は上流から順に「ふれんどりー岩泉」で $0.49\text{m}(=3.33-2.84)$ と小破、「楽ん楽ん」で $0.35\text{m}(=3.14-2.79)$ と小破、「岩泉乳業」の敷地中程にある建築物で $0.23\text{m}(=2.80-2.57)$ と小破、「道の駅」で $0.40\text{m}(=2.37-1.97)$ と小破である。た

だし、側面と背面の水位がほぼ同じで(多くの背面水位は未測定であるが、痕跡写真から判断)、痕跡線が直線的であったことから、側面水位は最大痕跡水面位の生起時でない可能性が高い⁴⁾。

最大痕跡水面位時の前面浸水深 h_f を用いる式(1)⁵⁾から評価される氾濫流速 u (建築物などの障害物がないときのもの)は順に 3.8, 3.7, 3.5, 3.1m/s である。

$$u = 0.66\sqrt{gh_f} \quad (1)$$

風間ら⁶⁾は乙茂地区中心部左岸側の氾濫水深が 2m 以上の場所における氾濫流速は 3m/s 以上、守屋ら⁷⁾は「楽ん楽ん」付近の氾濫水深は 3.4m 程度、氾濫流速は 3.5m/s 強であることを数値解析により示しており、著者らの評価結果と整合している。式(1)は水平床上の津波氾濫流を対象として得られたものである。乙茂地区中心部の傍を走る国道 455 号の路面勾配は約 1/710 の下り勾配であるが、この程度の勾配であれば式(1)は洪水の氾濫流にも適用できることがわかった。

(4) まとめ

災害直後の現地調査から乙茂地区とその上流約 3 km 区間における洪水・氾濫の流況と被害として次の結果を得た。

- 1) 乙茂地区中心部の上流に位置する河川の大蛇行部で水位が大きく上昇し、最大水深は深い所で 9m 以上に達した。残りの対象区間における最大水深は 6m 前後で(図 3-9)、乙茂地区の下流に位置する基準点赤鹿における最大水深約 6.6m⁸⁾よりやや小さかった。
- 2) この結果、大蛇行部の直下流で洪水流が高速化し(射流には至らなかったと推定される)、大水深と相俟って河畔林が顕著に流木化した。
- 3) 乙茂橋左岸側から河川流心方向(川幅は約 180m)へ約 50m 突き出たアクセス道路の盛土

と盛土・橋梁部における流木滞留により、乙茂橋左岸側橋台付近で水位が上昇、左岸側の氾濫流が高速化し(図 3-8(c))、盛土部や国道 455 号などで浸食・洗掘が発生した。

- 4) 今回の洪水・氾濫災害は小本川のような山地河川で、洪水を調節する施設や場所もない川沿いの平坦地は全てが氾濫原(複断面河川の高水敷に相当)であることを改めて示した。

参考文献

- 1) 松富英夫, 今野史子, 鎌滝孝信: 2016 年台風 10 号による岩泉町乙茂における洪水・氾濫痕跡から見えること, 東北地域災害科学研究, 第 53 巻, pp.205-210, 2017.
- 2) 国土地理院: 基盤地図情報サイト, <http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>, 2016.12.16 参照.
- 3) 松富英夫, 首藤伸夫: 津波の浸水深, 流速と家屋被害, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp.246-250, 1994.
- 4) 松富英夫: 2.3 破堤氾濫と家屋被害, 平成 16 年 7 月北陸豪雨災害調査報告書, pp.67-72, 2005.
- 5) Matsutomi, H. and Okamoto, K.: Inundation flow velocity of tsunami on land, Island Arc, Vol.19, Issue-3, pp.443-457, 2010.
- 6) 風間 聡, 峠 嘉哉, 高橋範仁: 平成 28 年台風 10 号による二級河川小本川での洪水発生状況の考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, pp.1303-1308, 2017.
- 7) 守屋博貴, 二瓶泰雄, 水野力斗, 神垣崇郎, 片岡智哉: 岩手県岩泉町乙茂地区における 2016 年台風 10 号の洪水氾濫状況, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, pp.1411-1416, 2017.
- 8) 岩手県: 岩手県河川情報システム, <http://kasen.pref.iwate.jp/iwate/servlet/Gamen30Servlet>, 2016.09.02 参照.

<調査メンバー>

松富英夫(秋田大学理工学研究科システムデザイン工学専攻)
今野史子(秋田大学理工学研究科システムデザイン工学専攻)
鎌滝孝信(秋田大学地方創生センター)

3.3 乙茂地区の氾濫解析

(1) 河道水位と地形状況

本節では、まず河道状況として水位観測所における河道水位を整理し、地形的要因として国土地理院 基盤地図情報 5m メッシュ標高データを用いて災害発生地点近傍の地形状況を確認する。その後、河道と氾濫原を一体的にモデル化し氾濫流況シミュレーションを実施し、最後にメソ数値予報モデルの予測雨量の精度検証を行った¹⁾。

まず河道水位を整理する。図 3-10 は、岩泉町乙茂地区の下流 5km に位置する赤鹿水位観測所の河道水位である。観測データは、岩手県 河川情報システム²⁾のデータを用いた。零点高を国土地理院 基盤地図情報 5m メッシュ標高データから推定しているため、約 0.5m 程度の誤差が含まれることに留意する。また、河道横断面は、国土地理院 基盤地図情報 5m メッシュ標高データから抽出した。これを見ると、降雨開始後の 8 月 30 日 13 時以降から水位は上昇し、ピークに達する 20 時には 5m 以上上昇している。この間の水位上昇量の最大は、18 時～19 時にかけて 1 時間で約 2m となっており、急激な水位上昇が見られる。このようなことから、

避難のためのリードタイムは非常に短かったことがわかる。

これら急激な水位上昇の要因としては、前項で整理した気象庁アメダスにおいて、非常に強い短時間雨量が観測されていただけでなく、小本川は山地を流れる河川のため、上流域で 1/100、中流域で 1/300、下流域でも 1/700 程度と急勾配であり、これらの地形的要因が影響しているものと考えられる。

等流を仮定し、流量を簡易に算定すると、ピーク水位時で約 2,500m³/s 程度となる。背水の影響等が考慮されていないため、過大な推定であることが想定されるが、計画高水流量 3,000m³/s³⁾と比較しても、大規模な出水であったと考えられる。また、前述の通り小本川の各所で浸水被害が発生しており、基本方針が策定されて 5 年程度であることから、現況では十分な流下能力が確保されていないことが推定される。なお、等流の計算条件は、図 3-10 に示す河道断面に、河床勾配 1/500、粗度は、観測所周辺で広範囲に浸水しているため流域粗度 0.06 を用いた。

次に地形状況を整理する。小本川は流域のほと

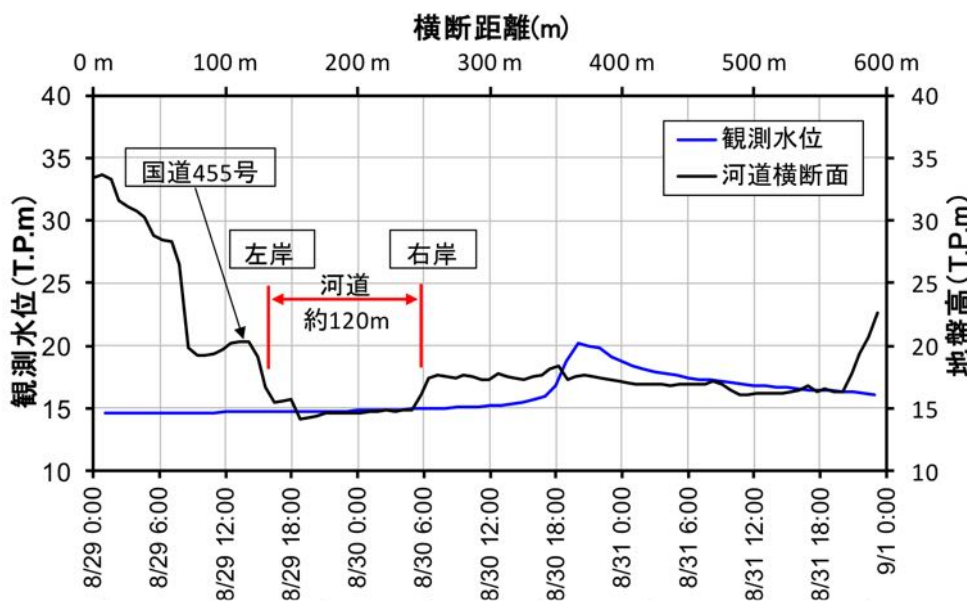


図 3-10 赤鹿水位観測所の河道横断面と観測水位

んどが山地であり溪谷を流れる河川となっている。住居は川沿いに形成された平坦地に存在する。図 3-11 に示す岩泉町乙茂地区も川沿いの平坦地であり、山付き地形となっている。無堤部であるが河岸の高さは約 3m 程度あり、この平坦地自体も 1/450 程度の勾配を有している。このため、氾濫流は広範囲に拡散せず、氾濫原に湛水し水嵩を増すとともに、最終的には河道の流れと一体化し、河口に向かって一気に流下したことが想定される。このようなことから、氾濫流の流体力も大きかったことが推定され、被害を大きくした一因と考えられる。

(2) 氾濫流況の再現

氾濫流況の再現のシミュレーションは、以下に示す浅水方程式で構成され、平面 2 次元の流況解析を行った。

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + g \frac{\partial (h + Z_b)}{\partial x_i} = -ghS_{fi} \quad (i = j = 1, 2) \quad (2)$$

$$S_{fi} = n^2 u_i (u_j u_j)^{\frac{1}{2}} / h^{\frac{4}{3}} \quad (3)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (u_i h)}{\partial x_i} = 0 \quad (i = 1, 2) \quad (4)$$

ここに、 h :水深[m], u_i :流速[m/s], t :時間[s], g :重力加速度[m/s²], S_{fi} :底面せん断応力, Z_b :地盤高[m], n :マンニングの粗度係数をそれぞれ表す。

解法は、空間方向の離散化として SUPG 法による安定化有限要素法、時間方向の離散化としてク

ランク・ニコルソン法の 2 次近似を適用している。形状関数は、三角形 1 次要素を採用し、非線形である移流項は、係数行列解法の反復処理を回避し計算速度を向上するため、Adams-Bashforth 法により線形化した。

通常、一般座標系等による格子で離散化した解析モデルでは、格子を構成する 4 つの節点の地盤標高の平均値が解析に用いられるが、本解析モデルは、三角形要素を構成する各節点の地盤標高をそのまま解析に用いるため、微地形や道路などの形状を考慮し易い。また、解析モデルの地盤高は、国土地理院 基盤地図情報 5m メッシュ標高データを用いており、浸水範囲の全貌が不明であるため、河道と氾濫原を一体的にモデル化した。

図 3-12 に示す解析領域は河道の延長が約 10km であり、下流端において観測水位を境界条件として与えるように領域を区切った。上流端は、河道が直線的な線形部分で区切った。要素数は、約 23 万メッシュであり、河道周辺については、1 辺の長さが 5m の三角形要素になるように、面積に上限を設定して、要素分割を行った。

また、河道の上流端と下流端の境界条件は次の通りである。下流端境界条件は赤鹿水位観測所の観測データを水位境界として与えた。上流端境界条件の設定のため、前項と同様の計算条件で、赤鹿水位観測所の観測データから等流で流量を算定し、

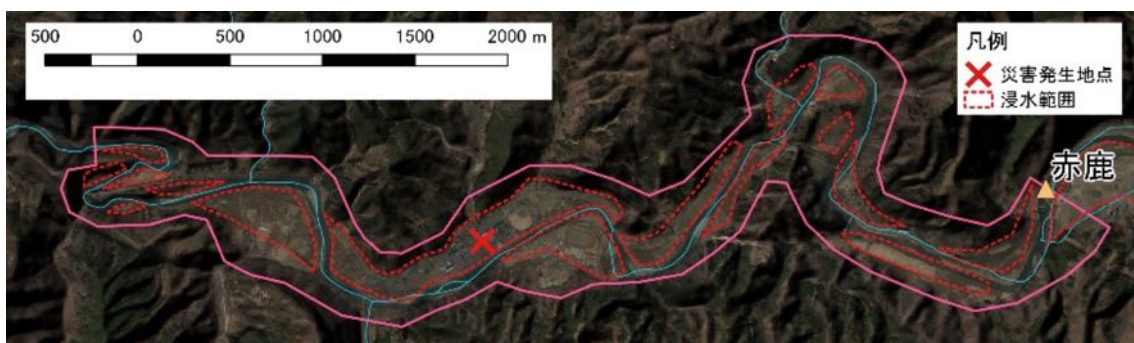


図 3-11 被災地点の地形状況

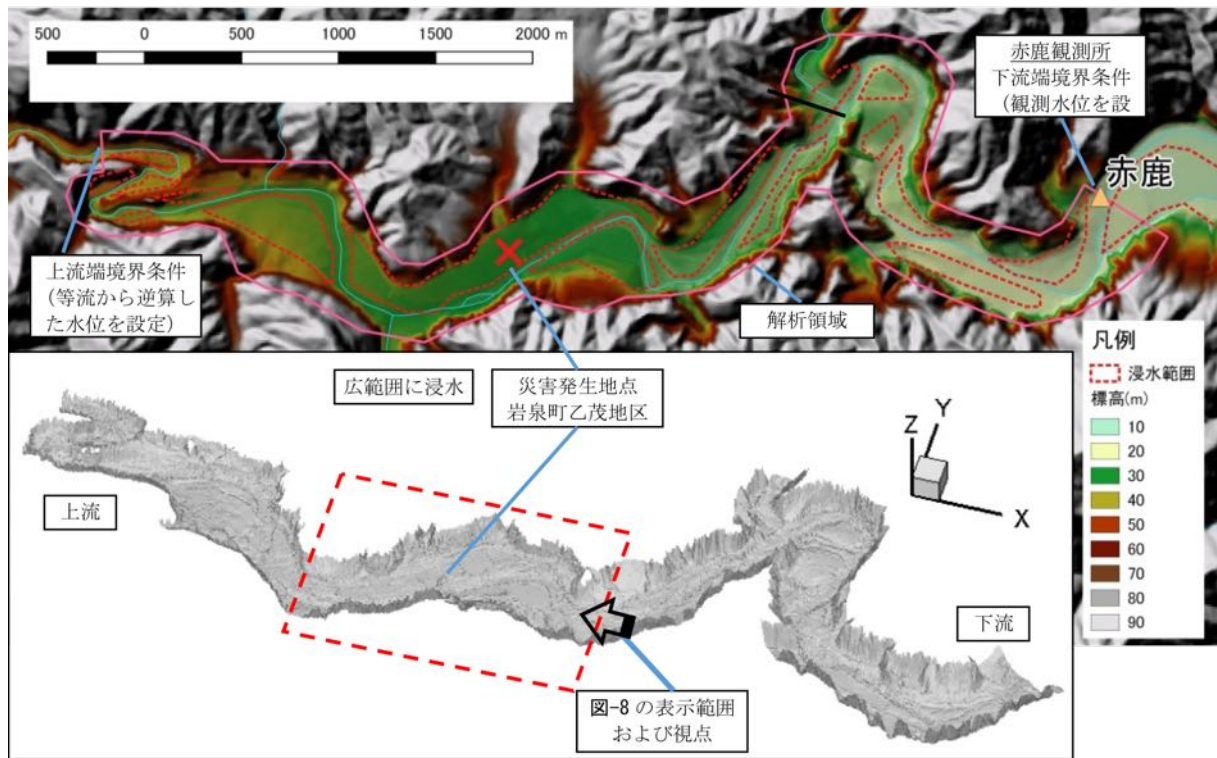


図 3-12 解析領域と解析モデル鳥瞰図

これを比流量にして、上流域面積見合いで上流端における流量を算定した。この流量を基に、等流で水位を逆算し、水位境界として上流側に与えた。この等流における河道横断面は、前項と同様に、国土地理院 基盤地図情報 5m メッシュ標高データから断面を抽出した。また、算定した水位ハイドロは、クラーク式により流下時間を考慮して、位相を 1 時間早くしている。上流端、下流端ともに、流速は水位と河床勾配と粗度係数から Manning 式により仮定した。なお、河道粗度は、山地河道として 0.04 を与え、流域粗度は 0.06 とした。

これより解析結果を示す。図 3-13 に、乙茂地区で洪水流が溢水に達した時間帯の再現結果を示す。これを見ると、現地調査や他の調査報告⁴⁾の洪水痕跡(浸水深や浸水エリア)、及び草木等の倒伏から想定される流向と傾向は同様であり、概ね妥当な氾濫流況の再現結果であると考えられる。一方、現地調査や調査報告の情報も限定的なものであるため、

流量や流速等モデルに不確実性が含まれており、今後更なる検証が必要であることに留意する。

なお、再現結果は水面の標高を等高線として着色しており、等高線の接線に垂直な方向が概ね流向と一致している。

氾濫流況の再現結果は次の通りである。河道水位が上昇すると、乙茂地区上流側の湾曲部で右岸側(外岸)に流れが集中するとともに、右岸側の川岸突出部分で水位のせき上げが生じる。さらに河道水位が上昇すると、流下方向に対し概ね直線的であった流向は、川岸突出部のせき上げ部分を中心とし、斜め 45 度方向に変化し、一気に乙茂地区の平坦地に溢水し、初期段階で氾濫流は流速 2m/s 以上で平坦地に広がっている。さらに河道水位が上昇し、平坦地の水深も増加すると、再度、流下方向に対して直線的な流向となる。また、平坦地では水深 2m 以上、流速 3m/s を超過する場所もあり、このような場所では、洪水浸水想定区域図作成マニ

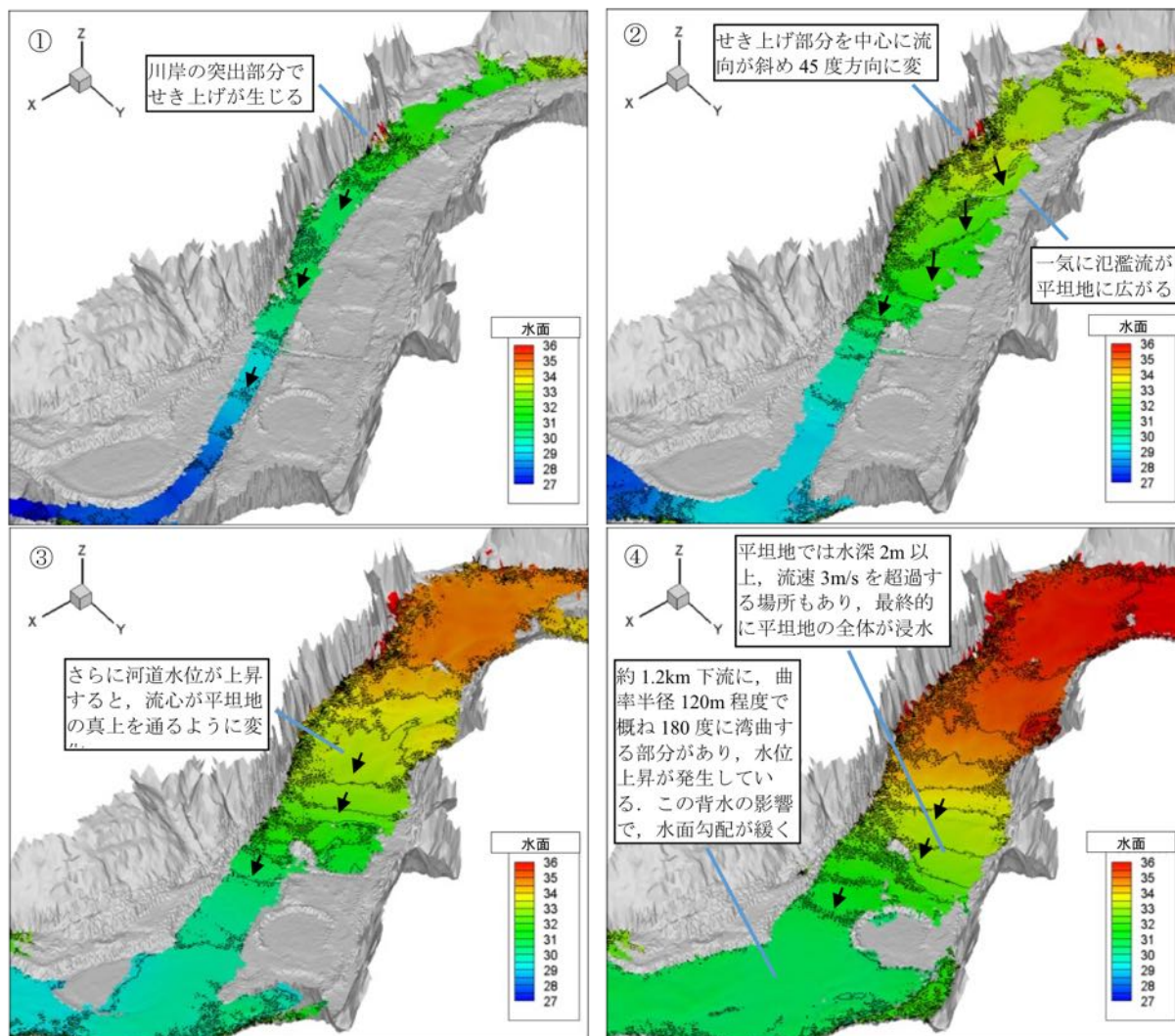


図 3-13 氾濫流況の再現結果。詳細な動画は下記 url 参照。

<http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/staffs/kazama/research/omotogawa-otomochiku.avi>

ユアル⁵⁾に示されている木造家屋の倒壊限度を超過しているため、大きな流体力が発生していたと考えられる。

なお、須賀らは水害時の水中歩行による避難行動の実験⁶⁾により、水深身長比と洪水流速から安全避難領域図を作成し、安全に歩行避難が可能となる目安を示しているが、乙茂地区では溢水の発生時点で、安全避難領域外となっており(身長 165cm を仮定し、流速 2m/s、水深 0.5m で算定)、安全な避難は極めて困難であったと想定される。また、前述の通り当該地区では流木が大量に堆積しており、

洪水時の避難の際には、漂流した流木に接触し被災する等の危険性が高く、山間河川の避難行動で留意すべき事項と考えられる。このようなことから、当該地区では改めて早期に避難することが重要であることが確認された。一方、避難が遅れた場合には垂直避難が考えられるが、前述の通り木造家屋の倒壊限度を超過している場所も存在するため、避難場所にも十分な留意が必要である。

(3) メソ数値予報モデルを活用した避難判断

前項までの検討から、岩泉町乙茂地区では、洪水

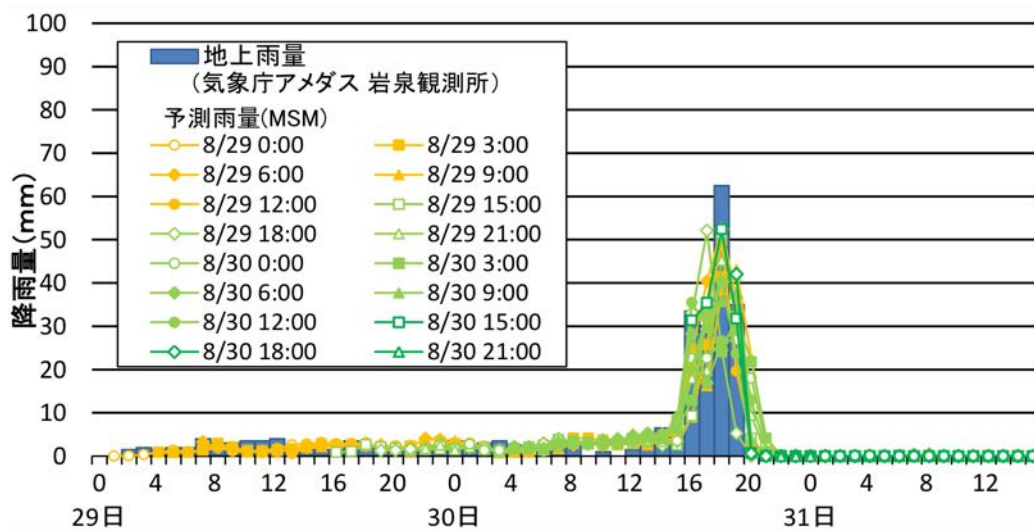


図 3-14 地上観測所雨量と予測雨量(MSM)の重ね図

氾濫の発生時点で安全な避難は極めて困難であり、また高齢者福祉施設があることから、早期に避難判断し、可能な限り避難のリードタイムを伸ばすことが必要と考えられる。このためには、防災気象情報を活用することが有効である。そこで、有効性として、気象庁の数値予報モデルであるメソ数値予報モデル⁷⁾(以降、MSM と略記)の平成 28 年台風第 10 号における予測精度を検証した。MSM は、5km メッシュの解像度で日本とその近海を計算領域とし、1 日 8 回、3 時間間隔で、39 時間先までの予測計算を行っている。このため、早期の避難判断を行うに十分な予測時間を持っている。

図 3-14 は、気象庁アメダス岩泉観測所の地上雨量と当該観測所地点を含む 5km メッシュの MSM の予測雨量の重ね図である。乙茂地区で洪水氾濫が発生した 8 月 30 日を含む 3 日間を示している。これをみると、8 月 29 日 6 時の予報時点で、ピークで時間雨量 50mm 以上、6 時間の累加雨量で 160mm 程度を予測している。その後の予報でも同規模の降雨を常に予測しており、予測値の変動が小さく安定している。また、8 月 30 日 12 時～20

時までを一雨と捉え総雨量比(地上雨量を分母とする)を算定すると、範囲は 0.73～0.98、平均で 0.83 となり、高い精度で降雨を予測している。なお、気象庁予報部の報告⁸⁾によれば、MSM の予測精度が着実に向上しており、梅雨前線や台風による降水を精度良く予報していることが示されている。今後、様々な降雨要因による予測精度について特性を把握することは必要ではあるが、岩泉町乙茂地区における避難判断等の簡易な目安として、MSM を活用することも一つ的手段として有効であると考えられる。また、当該予測雨量のメッシュデータから、流域流出量を高い精度で算定することも可能と考えられ、より確度の高い避難判断が可能と考えられる。

(4) おわりに

本論では、今後の防災・減災活動に資することを目的とし、外的要因(降雨状況、河道水位)、地形的要因、数値シミュレーションによる氾濫流況を基に、甚大な被害が発生した岩泉町乙茂地区における洪水発生状況の考察を行い、地形状況や氾濫流

況から、改めて、当該地区では、早期に避難が重要となることを示すとともに、避難判断の簡易な目安として、メソ数値予報モデルを活用することも一つの手段として有効であることを示した。

近年は、極端な降雨現象が増加していることが明らかとなっており、今後もこのような傾向は続くとされている。東北地方においては、昨年(平成27年)9月関東・東北豪雨においても中小河川で災害が発生⁹⁾しており、生活圏に密着していることから、大きな災害に繋がる可能性が高い。また、中小河川では急激に水位が上昇する出水特性から、避難のリードタイムが短いため、適切なタイミングで余裕を持って避難を行うには、防災気象情報や河道水位の変動状況、氾濫流況等のハザード情報をリアルタイムで適切に地域住民に提供することが重要である。併せて、自治体等による日頃からの防災訓練や啓蒙活動により防災意識を向上し、防災・減災を推進していくことが望まれる。

参考文献

- 1) 風間聡, 峠嘉哉, 高橋範仁:平成28年台風第10号による二級河川小本川での洪水発生状況の考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, I_1303-I_1308, 2017.
- 2) 岩手県:岩手県 河川情報システム,
<http://kasen.pref.iwate.jp/iwate/servlet/Gamen30Servlet>
- 3) 岩手県:小本川水系河川整備基本方針, 平成23年1月, 2011,
<http://www.pref.iwate.jp/kasensabou/kasen/seibikeikaku/041200.html>
- 4) 土木学会水工学委員会 東北支部 平成28年台風10号水害調査団:小本川からの氾濫・水理状況, 平成28年9月,
<http://donko.civil.tohoku.ac.jp/FieldSurvey201609/>
- 5) 国土交通省:洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版), 平成27年7月, 2015.
- 6) 須賀堯三, 上阪恒雄, 吉田高樹, 浜口憲一郎, 陳志軒:水害時の安全避難行動(水中歩行)に関

する検討. 水工学論文集, 第39巻, pp879-882, 1995.

- 7) 気象庁:配信資料に関する技術情報(気象編)第373号,
<http://www.data.jma.go.jp/add/suishin/jyouhou/pdf/373.pdf>
- 8) 気象庁予報部:平成21年度数値予報研修テキスト, 平成21年11月, 2009.
- 9) 高橋範仁, 菊池祐二, 風間聡:平成27年9月関東・東北豪雨による北上川水系二次支川三迫川での災害発生状況の考察, 河川技術論文集, 第22巻, pp.291-296, 2016.

<調査メンバー>

高橋範仁(建設工学研究振興会)

風間 聡(東北大学工学研究科土木工学専攻)

峠 嘉哉(東北大学工学研究科土木工学専攻)

第4章 久慈川における被害

4.1 久慈川水系について

久慈川は、北上高地の平庭岳(1,060m)北側を源に、東方向に流れて久慈市の市街地で支川長内川と合流して太平洋へと注ぐ二級河川である。流域面積は、465.5km²、幹川流路延長は27.6km、年間平均降水量は1,165mmである。計画高水流量は、久慈川の生出町で1,270m³/s、長内川の長内橋で1,580m³/s、合流地点下流で2,400m³/sである¹⁾。洪水対策は、年超過確率1/100規模の洪水を安全に流下させるため、長内川上流に位置する滝ダムによる洪水調節、および河道掘削で対応している。また、久慈川流域内の雨量観測所、水位観測所、および滝ダムの位置を図4-1に示す²⁾。

4.2 出水概要

図4-2は、五枚橋雨量観測所および久慈雨量観測所の時間雨量および累加雨量の变化



図4-1 久慈川水系における雨量・水位観測所および滝ダムの位置図

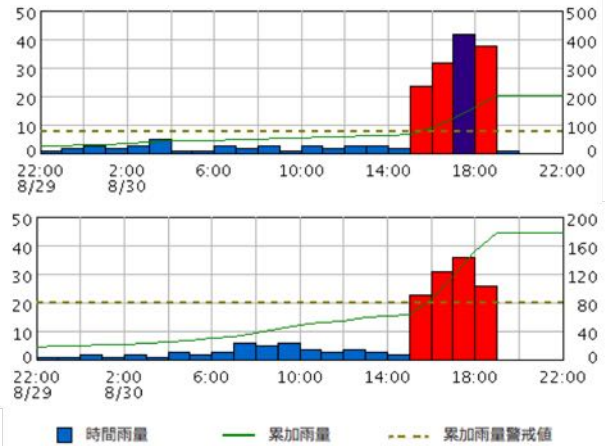


図4-2 五枚橋雨量観測所(上段)および久慈雨量観測所(下段)の時間雨量および累加雨量の变化

表4-1 八日町水位観測所における久慈川の水位の時間变化

河川名	久慈川
観測所名	八日町
堤防高	5.530
氾濫危険水位	
避難判断水位	
氾濫注意水位	1.90
水防団待機水位	1.30
月/日 時:分	水位 (m)
08/30 22:00	5.47 ↓
08/30 21:00	5.66 ↑
08/30 20:00	5.48 ↑
08/30 19:00	4.51 ↑
08/30 18:00	3.18 ↑
08/30 17:00	2.46 ↑
08/30 16:00	2.19 ↑
08/30 15:00	2.04 ↑
08/30 14:00	1.94 ↑
08/30 13:00	1.84 ↑
08/30 12:00	1.77 ↑
08/30 11:00	1.70 ↑
08/30 10:00	1.64
08/30 09:00	1.65
08/30 08:00	1.61 ↑
08/30 07:00	1.55 ↑
08/30 06:00	1.48 ↑
08/30 05:00	1.41
08/30 04:00	1.38
08/30 03:00	1.36
08/30 02:00	1.34
08/30 01:00	1.32
08/30 00:00	1.30
08/29 23:00	1.27



図 4-3 久慈市市街地における越水箇所および浸水範囲

測所の時間雨量および累加雨量の変化を示す³⁾。両観測所において、8月30日15時から19時の4時間の間に20mmを超える時間雨量を記録した。特に、上流の五枚橋では、17時に時間雨量40mmを超える豪雨であった。この上流の大雨が久慈川を流れ下流に到達した結果、表4-1に示すように八日町水位観測所の記録を見ると、雨が止んだ19時以降も水位が徐々に上昇し、21時になると堤防高5.53mを超える5.66mの水位に達した。また、下戸鎖雨量観測所において、観測史上最大となる時間降水量80mmを記録した。同観測所の8月29日0時から30日20時までの総降水量は278.5mmであった。

久慈川水系支川長内川の上流に位置する滝ダムでは、30日20時頃に最大流入量839m³/sのうち、最大583m³/sの洪水調節を行い、下流の長内橋基準点で最高水位は5.1mであった。ダムがなかった場合に推定される最高水位が7.2mであったことから、ダムの洪水調節により2.1mの水位低減効果が図られた。なお、今回の放流操作では、翌日の降雨予報を踏まえて、下流の被害を軽減させるため、

貯留量を増やしてダムの容量を有効に活用する特別防災操作が行われた。

4.3 市街地の被害概要

久慈市全体では、人的被害として1名の犠牲者、建物被害として全壊12棟、半壊972棟、一部損壊13棟、床上浸水8棟、床下浸水621棟の合計1,626棟の被害を受けた⁴⁾。市街地では、久慈川の両岸から越水による浸水被害を受けた。図4-3は、越水箇所と浸水範囲を示す。越水箇所は、上の橋から中の橋の右岸側(図中の黄色線付近)およびJR八戸線の鉄道橋上流左岸側であった。浸水面積は、約63ha(東京ドーム約14個分)であった。

(1) 越水のメカニズム

それぞれの越水メカニズムについて考察する。まず、上の橋から中の橋の右岸側からの越水メカニズムとして、図4-3から確認できるように、低水路は上の橋から中の橋にかけて右岸側に寄り、中の橋を過ぎると左岸側に沿うような流れに変化する。加えて、写真4-1に示すように、上の橋上流左



写真 4-1 上の橋の橋脚に堆積した流木



写真 4-2 JR 八戸線の鉄道橋上流左岸側に堆積した流木

岸側の高水敷に大量の流木が橋脚に留まり堆積したことによって、河積断面が減少し、それに伴い流れが右岸側に集中したため、右岸側から越水したものと推察される。越水時間は、表 4-1 に示したように、30 日 20 時に 5.48m、21 時に堤防高 5.53m を超える 5.66m の最大水位となり、22 時に 5.47m の水位に低下したことから、概ね 2 時間未満であったと考えられる。

次に、JR 八戸線の鉄道橋上流左岸側からの越水メカニズムとして、高水敷から鉄道橋までの高さが低く、橋脚と橋脚の間隔が狭いため、写真 4-2 に示すように高水敷の橋脚に大量の流木が堆積し、せき上げ効果によって越水したものと推察される。左岸堤防の背後には、市民体育館が隣接しており、指定避難所になっていることから、浸水の危険性が高いことを想定した避難計画を改めて検討する必要があると言える。

(2) 浸水被害

9 月 2 日に久慈市に入り、浸水被害状況の把握および浸水深の痕跡調査を実施した。図 4-4 は、調査



図 4-4 久慈市市街地における浸水深の空間分布

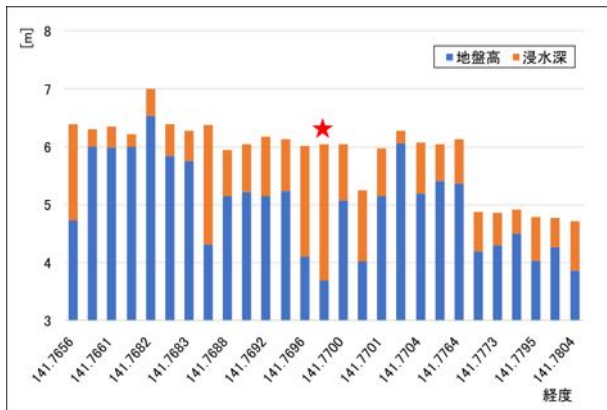


図 4-5 地盤高および浸水深の経度変化

より得られた浸水深(黄色の数字)を示す。なお、白色の数字は、RTK-GPS によって計測した地盤高を表す。各施設周辺における浸水深は、市民体育館周辺で 0.80m、久慈駅周辺で 0.88m、市役所周辺で 0.76m、道の駅(やませ土風館)で 0.31m、アンバーホールで 0.42m であった。特に、図 4-5 に示すように中の橋から JR 八戸線の鉄道橋に向かって右岸側では地盤が低くなるため、中の橋 1 丁目付近で 2.35m(図中星印)を記録した。また、住民からのヒヤリング調査から、この地区では氾濫水が堤防側からではなく、反対方向の陸側から侵入して来たことが確認された。さらに、家屋の 1 階相当が浸水し、逃げ遅れた住民は、2 階に避難して難を逃れた。

4.4 まとめ

台風第 10 号の豪雨によって、久慈川からの越水によって市街地が広範囲に渡り浸水被害を受けた。越水の原因は、橋脚に堆積した流木によって、河積断面が減少したこと、流れをせき上げたことによるものと考えられる。また、流木だけでなく、大量の土砂も流出した。そのため、多くの家屋が床上浸水被害を受けただけでなく、堆積した土砂の処理に多大な労力を費やした。

避難に関しては、雨が止んだ後に洪水氾濫が生じたため、避難できずに 2 階に留まる状況も見ら

れた。さらに、指定避難場所の周辺が浸水する箇所もあることから、早めの避難行動が重要であることが改めて認識された。

参考文献

- 1) 岩手県：久慈川水系の河川整備基本方針(案)について、平成 27 年 12 月 17 日
- 2) 久慈市：久慈市水防計画
- 3) 岩手県：河川情報システム、<http://kasen.pref.iwate.jp>
- 4) 岩手県：台風第 10 号に伴う被害等の状況、平成 28 年 12 月 15 日

<調査メンバー>

小笠原敏記(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)
松林由里子(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)

第5章 閉伊川における被害

5.1 閉伊川水系について

閉伊川は、北上山地の区界峠を源に、山間部を蛇行しながら東方向に流れて、小国川、刈屋川、長沢川、近内川、山口川などの支川と合流して太平洋へと注ぐ二級河川である(図 5-1)。流域面積は、972km²、幹川流路延長は 88.2km、年間降水量は 1,300mm である。計画高水流量は、基準地点千徳で 3,800m³/s とし、この全てを河道により流下させる¹⁾。

過去にも幾度となく洪水に見舞われ、流域の人々は甚大な被害を受けて来た。明治 42 年、43 年および大正 2 年の洪水によって、大きな被害を受けたことから、昭和初期に現在の花輪橋地点より下流の堤防の大部分が整備された。その後、昭和 22 年、23 年のカスリン・アイオン台風においても流域で甚大な被害を受け、昭和 39 年から宮古橋下流左岸約 1.1km の堤防が整備された。近年では、昭和 56 年台風 15 号の出水により、宮古市街地で内

水被害が発生したことから、ポンプ設備の設置による内水対策を施して来た。

5.2 気象概況

図 5-2 は、宮古雨量観測所における時間雨量および累加雨量の変化を示す²⁾。8 月 30 日 18 時までの 1 時間で、観測史上最大となる 80mm の時間雨量を記録した。8 月 29 日 00 時から 30 日 20 時までの総雨量では、宮古市刈屋雨量観測所で 226.5mm、宮古市川井雨量観測所で 206.0mm を記録した。また、閉伊川の千徳水位観測所(図 5-1 中の■)では、21 時 20 分に最大値 5.51m を記録した。

5.3 被害概要

宮古市全体では、建物被害として全壊 24 棟、半壊 818 棟、一部損壊 9 棟、床上浸水 86 棟、床下浸水 445 棟の合計 1,382 棟の被害を受けた³⁾。宮古市市街地では、東日本大震災の津波による被災を踏まえ、津波対策を目的に閉伊川河口部で水門が建設中である。その工事に伴い仮締切を設置して

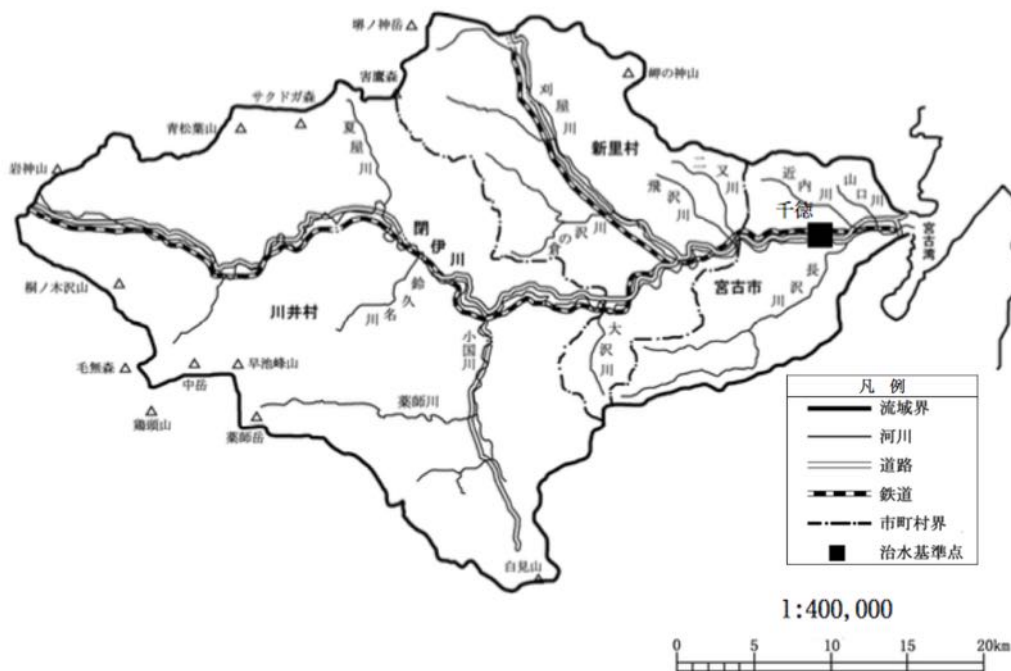


図 5-1 閉伊川水系

いるため、右岸側に洪水の流れが集中し、基礎部分が深掘れしたことにより、写真 5-1 に示すように

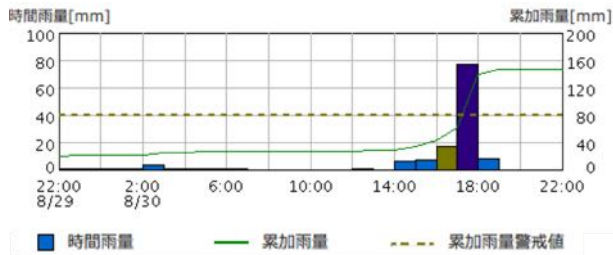


図 5-2 宮古雨量観測所における時間雨量および累加雨量の変化



写真 5-1 閉伊川河口部の右岸における被災した堤防

堤防が支持力を失い倒壊する被害を受けた。堤防から洪水が溢れることは無かったが、雨水や山からの沢水が市街地に流れ込み、その内水を閉伊川に自然排水できない状況になったため、内水被害が生じた。図 5-3 は、現地調査(調査日 2016 年 9 月 9 日)より得られた浸水深(黄色の数字)の空間分布を示す。なお、白色の数字は、国土地理院の基盤地図情報⁴⁾による地盤高を表す。閉伊川右岸側では、排水溝からの溢水による内水被害を受け、0.52m～0.95m の浸水深を計測し、多くの家屋が浸水被害を受けた。一方、左岸側では、旧山口川が溢水したため、その沿川周辺の商店街の多くの店舗が浸水被害を受けた。浸水深は、宮古市市役所に向かって地盤高が小さくなるため、徐々に大きくなり、市役所付近で最大となる 1.48m を計測した。宮古市役所は、東日本大震災の津波で 1 階部分が甚大な被害を受けたが、今次の台風で再び浸水による大きな被害を受ける結果となった。また、山からの大量の土砂が市街地に流れ込み、写真 5-2 に示すように市役所に隣接する駐車場(図 5-3 中の赤丸)で約



図 5-3 宮古市市街地における浸水深の空間分布



写真 5-2 宮古市役所に隣接する駐車場での土砂堆積状況(図 5-3 中赤丸)



写真 5-3 閉伊川支川長沢川における越水後の被災状況(撮影日：H28.8.31)⁵⁾

40cm の土砂が堆積していたことがわかる。

閉伊川支川長沢川では、河積断面の不足および流木による流下断面の阻害に伴う越水によって、家屋(床上：114 棟，床下 14 棟)や写真 5-3 に示すように田畑が浸水被害(浸水面積：約 69ha)を受けた。岩手県の調査によると、閉伊川との合流部右岸



写真 5-4 閉伊川支川刈屋川における被災後の様子(撮影日：H28.9.1)⁵⁾



写真 5-5 閉伊川支川刈屋川における日陰橋の落橋(上段)および大量の流木が堆積した茂市橋(下段)⁵⁾

側で 3.2m の浸水深を記録した⁵⁾。

閉伊川支川刈屋川では、河積断面の不足および流木による流下断面の阻害に伴う溢水・越水によって、家屋(床上：50 棟，床下 10 棟)が浸水被害(浸水面積：約 9ha)を受けた(写真 5-4)。特に、上流か



図 5-4 閉伊川支川刈屋川における茂市地区での浸水深の空間分布

らの大量の流木が橋脚に堆積し、日陰橋が落橋の被害を受け、茂市橋では、溢水して周辺の家屋に浸水被害を与えた(写真 5-5)。

図 5-4 は、茂市橋付近の浸水深(黄色の数字)の空間分布を示す。なお、白色の数字は、国土地理院の基盤地図情報⁴⁾による地盤高を表す。茂市橋から溢水した外水は、右岸側の住宅街に流れ込み、最大で 1.27m の浸水深を、茂市駅近くで 0.65m の浸水深を計測した。また、図中に示すように小規模の高齢者施設が浸水範囲内に存在していた。そこでの浸水深が 0.53m であったが、その施設は道路から少し高台に位置していたため、幸いにも浸水被害を受けなかった。

5.4 まとめ

閉伊川本川からの外水氾濫は起きなかったが、各支川で越水・溢水による氾濫被害を引き起こした。市街地では、短時間の集中豪雨により、山からの沢水と降雨による内水氾濫が生じた。各支川では、大量の流木が橋脚に堆積することによって、流体力が増し、橋自体が倒壊する被害を受けた。また、

河積断面が減少することによって、水位が上昇し、越水・溢水による氾濫を引き起こした。

災害対策の中核となり得る公共施設や要援護者が暮らす福祉施設なども浸水範囲に存在していたことから、危機管理体制の見直しが喫緊の課題と考えられる。

参考文献

- 1) 岩手県：閉伊川水系河川整備基本方針，平成 17 年 8 月
- 2) 岩手県：河川情報システム，<http://kasen.pref.iwate.jp>
- 3) 岩手県：台風第 10 号に伴う被害等の状況，平成 28 年 12 月 15 日
- 4) 国土地理院：基盤地図情報サイト，<http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>
- 5) 岩手県：平成 28 年 8 月 30 日の台風 10 号により被災した県管理河川における治水対策について，平成 28 年 10 月 18 日

〈調査メンバー〉

小笠原敏記(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)
 松林由里子(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)

第6章 土砂災害

6.1 岩手県内の土砂災害

(1) 被害概要

岩手県では岩泉町、久慈市、宮古市を中心に土石流、斜面崩壊による土砂災害が発生した。国土交通省発表の各市町の土石流等発生数を表 6-1 に、がけ崩れの発生数を表 6-2 に示す。土砂災害の約 7 割が岩泉町に集中している。

(2) 土石流、斜面崩壊の発生状況

国土地理院のホームページに「土砂崩壊・堆積地等分布図」(図 6-1)²⁾ が公開されている。図中の青色部分は、人的・物的被害の見られなかった土石流・崩壊、赤色部分は人的・物的被害の見られた土石流・崩壊を示している。この分布図に現地調査等により判明した土石流、斜面崩壊を加筆した(黄色

部分)。小本川や安家川など主要河川の上流、三田貝川、鼠入川などの支川において土石流、斜面崩壊が多発していることがわかる。

表 6-3 に岩泉町鼠入地区、穴沢地区、安家地区の土石流、斜面崩壊の発生数を示す。当該地区の土石流、斜面崩壊の発生総数は 1,061 箇所、このうち土石流が 714 箇所、斜面崩壊が 347 箇所である。また、土石流は単体で発生したものが土石流全体の 63%(447 箇所)と半数以上を占めている。崩壊を起源とした土石流は、尾根付近のいわゆる源頭部で崩壊が発生するものと、山腹で発生するものがあるが、全体の約 7 割(421 箇所)が源頭部で発生している。豪雨、すなわち短時間の強い雨が原因となる場合、崩壊の発生場所として 0 次谷が多い³⁾ことが知られている。

図 6-2 に土石流発生数と流下距離との関係を示す。流下距離が 1km 未満のものが全体の 92%で

表 6-1 土石流等の発生数¹⁾

2016年11月16日現在

市町村名		人的被害(名)			人家(戸)		
		死者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部損壊
岩泉町	4	0	0	0	0	0	
洋野町	1	0	0	0	0	1	
軽米町	2	0	0	1	0	2	
久慈市	1	0	0	0	0	1	
大槌町	1	0	0	0	0	0	
計	9件	0	0	1	0	4	

表 6-2 がけ崩れの発生数¹⁾

2016年11月16日現在

市町村名		人的被害(名)			人家(戸)		
		死者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部損壊
宮古市	18	0	0	0	1	0	2
遠野市	5	0	0	0	0	0	0
釜石市	1	0	0	0	0	0	0
岩泉町	116	0	0	0	3	16	63
久慈市	6	0	0	0	0	0	0
計	146件	0	0	0	4	16	65

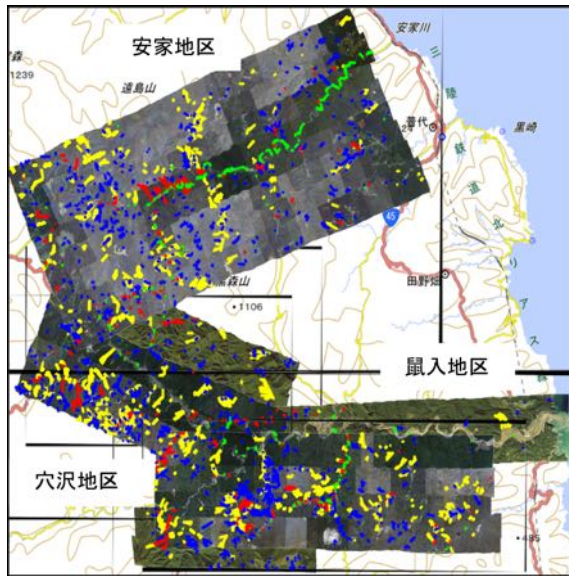


図 6-1 土砂崩壊・堆積地等分布図(加筆)²⁾

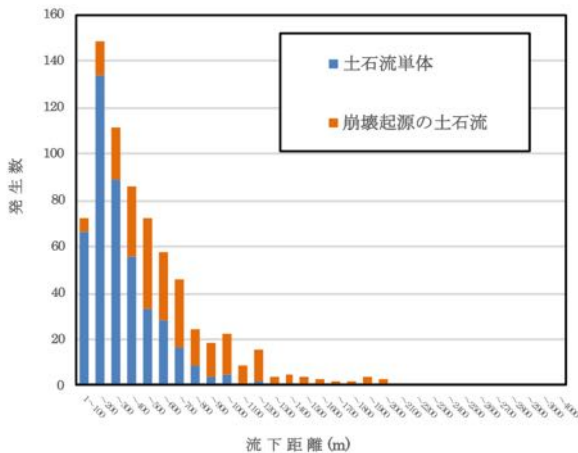


図 6-2 土砂崩壊発生数と流下距離との関係

100m～200m が最も多い。土砂崩壊単体で発生したもののほとんどが 1km 未満である。

Horton-Strahler の方法⁴⁾を用いて谷次数ごとの土砂崩壊発生数を調べた。この方法は地形図の等高線を用いて、谷幅と谷の奥行きを比べ、谷幅が大き

いものを 0 次谷、奥行きが大きいものを 1 次谷とし、1 次谷以降は n 次谷と n 次谷が合流すると $(n+1)$ 次谷とするもので、次数ごとの崩壊土砂量や流出土砂量を把握し危険度評価等に利用される。図 6-3 に谷次数区分結果を示す。図より 0 次谷で発生した土砂崩壊が最も多く、次数が大きくなるにつれ流下距離は長くなる。

図 6-4 に土砂崩壊の発生数と斜面傾斜角との関係を示す。斜面傾斜角は以下の式から算出した。

$$\begin{aligned} & \text{斜面傾斜角} [^\circ] \\ &= \tan^{-1} \frac{\text{土砂崩壊源頭部から谷出口までの標高差} [m]}{\text{土砂崩壊源頭部から谷出口までの流下距離} [m]} \end{aligned}$$

斜面傾斜角 $10^\circ \sim 25^\circ$ の範囲に全体の 76% (546 箇所)が含まれている。一般に溪床勾配 $I \geq 20^\circ$ を土砂崩壊発生区間、 $20^\circ > I \geq 15^\circ$ を土砂崩壊発生区間・流下区間、 $15^\circ > I \geq 10^\circ$ を土砂崩壊流下堆積・流下区間とされている。

図 6-5 に鼠入地区、図 6-6 に安家地区の流下距離と斜面傾斜角との関係を示す。斜面傾斜角の小さい緩斜面に流下距離の長い土砂崩壊が分布しているが、いずれも溪床勾配の小さい 2 次谷に発生したものである。次数別の分布からは、0 次谷および 1 次谷で発生した土砂崩壊において斜面傾斜角と流下距離との間に明瞭な相関は認められない。

岩手県の土砂崩壊危険渓流指定箇所⁵⁾において実際に土砂崩壊が発生した箇所数を表 6-4 に示す。危険渓流指定箇所内での土砂崩壊発生率は 57.7%であった。指定箇所の約 4 割で土砂崩壊が発生していな

表 6-3 安家地区、穴沢地区、鼠入地区における土砂崩壊・崩壊の発生数

発生様式	安家地区	穴沢地区	鼠入地区	小計	様式計	総数
土砂崩壊単体	159	82	206	447	714	1061
崩壊起源の土砂崩壊	104	61	102	267		
斜面崩壊	185	101	61	347	347	

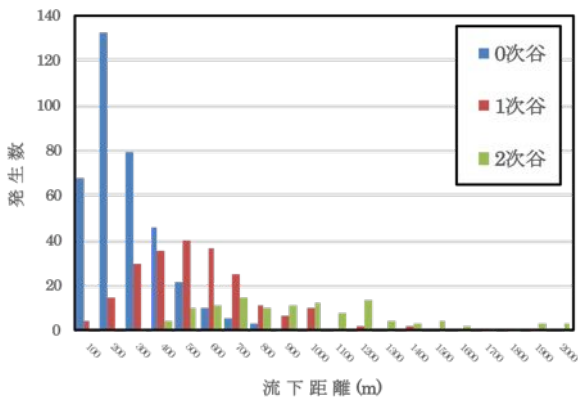


図 6-3 谷次数と流下距離，発生数との関係

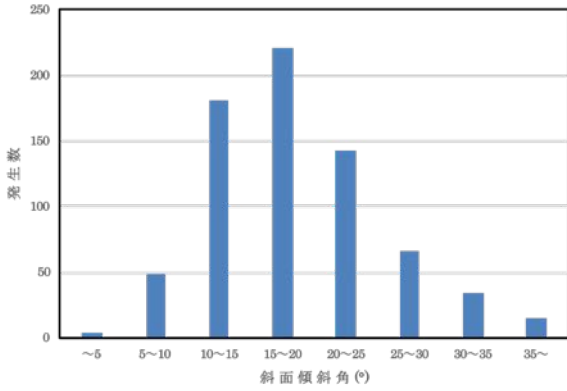


図 6-4 土石流発生数と流下距離との関係

いが，砂防堰堤などによる抑止効果が認められた場所もあった。

(3) 特徴的な土石流

岩泉町根岸地区において発生した比較的規模の大きい土石流を図 6-7 に示す。山頂付近で発生した 3 箇所の斜面崩壊が土石流化したものである。崩壊斜面の傾斜角はいずれも 20° 以上で，崩壊部分の残存土砂から粘土鉱物が検出されている。山頂付近の原頭部は風化等により土砂化しており，崩壊土砂の保水力試験からも高い保水性を有することを確認している。台風第 10 号が上陸する 2 週間ほど前の 8 月 17 日に岩泉町など岩手県沿岸部を台風 7 号が通過した。岩泉町では総雨量 120mm を記録し，このときすでに斜面は飽和状態にあった

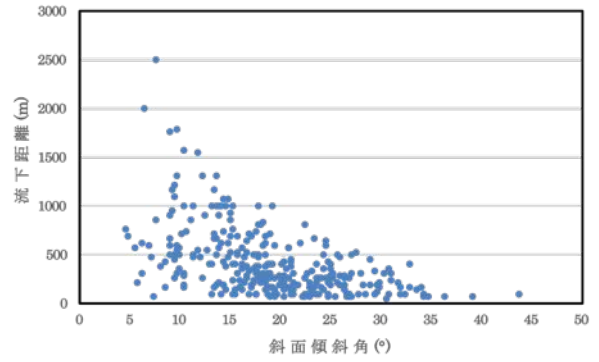


図 6-5 斜面傾斜角と流下距離との関係(鼠入地区)

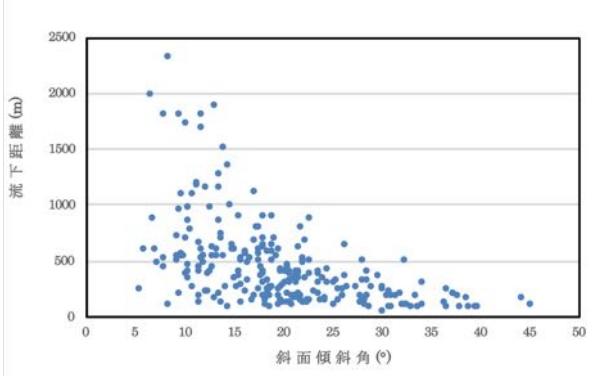


図 6-6 斜面傾斜角と流下距離との関係(安家地区)

とみられる。根岸地区の土石流は，台風 7 号による先行降雨により飽和状態にあった斜面に，台風第 10 号の強い雨が短時間に降り注ぐことによって土砂崩壊が発生し，土石流へと発展したものと考えられる。

6.2 広域における降雨の関係と発生予測

(1) 降雨と土砂災害の関係

ここでは，先述の土砂災害の発生状況を踏まえて，降雨と土砂災害被害の関係について整理する。図 6-8 は岩手県内の市町村境界図であり，図 6-9 は 2016 年 8 月 28 日 18 時～8 月 30 日 22 時の期間の累積雨量の分布図である。特に，岩泉町，宮古市，久慈市などを通る南北のラインで高い累積雨量が確認され，その値は 200～300mm を超える。この

表 6-4 土石流危険溪流指定箇所での土石流の発生率

対象地域	県道 202 号～	国道 340 号	国道 455 号	国道 455 号	国道 340 号	合計	
	県道 273 号						
	馬淵～内川	国境～下栗	権現～名目	下栗畑～小	下栗畑		浅内～鼠入
	安家川	小本川支流	三田貝川	小本川	宇津野沢		大沢・鼠入
指定箇所数	51	38	37	56	18	48	248
発生箇所数	35	18	22	20	11	37	143
発生率(%)	68.6	47.4	59.5	35.7	61.1	71.1	57.7



図 6-7 根岸地区で発生した崩壊を起源とする土石流

ことは先述の土砂災害の発生地域とよく整合する。当然のことではあるが、累積降水量と土砂災害の発生個所に強い相関が確認される。

次に、アメダス⁷⁾の岩手県内の各雨量観測点における雨量の時間的変化について確認する。図 6-10 は、岩手県内の観測点のうち、高い降水量が観測された地点について、時間雨量と連続雨量をグラフ化したものである。時間は 8/30 の 0 時～24 時までとしている。全ての観測点において、午前中から午後 12～14 時頃までにかけて、少量の降水があり、それ以降の数時間で急激に降水量が増加し、岩泉、刈屋、大槌、下戸鎖などの観測所においては連



図 6-8 岩手県市町村境界(マピオン都道府県地図⁶⁾より)

続雨量が 200mm 付近、またはそれ以上の値を示している。この急激な降水量の変化は、土砂災害のリスクを急激に高めたと推察される。また、これまでも述べたように、台風第 10 号の襲来の前に、日本に上陸した台風第 7 号、第 11 号、第 9 号(上陸順)およびそれに伴う前線による降雨が先行しており、斜面および地盤内部は通常よりも高い水位を保っていたと考えられる。このことも土砂災害が多発した大きな原因である。この台風第 10 号の降雨に関して確認するために、図 6-11 の雨量分布を示す。図 6-11 は、日本全国の 8/16～8/30 の期間における総降水量分布であり、台風第 10 号に

よる降雨の他に、台風第7号、第11号、第9号(上陸順)およびそれに伴う前線による影響を含めた総

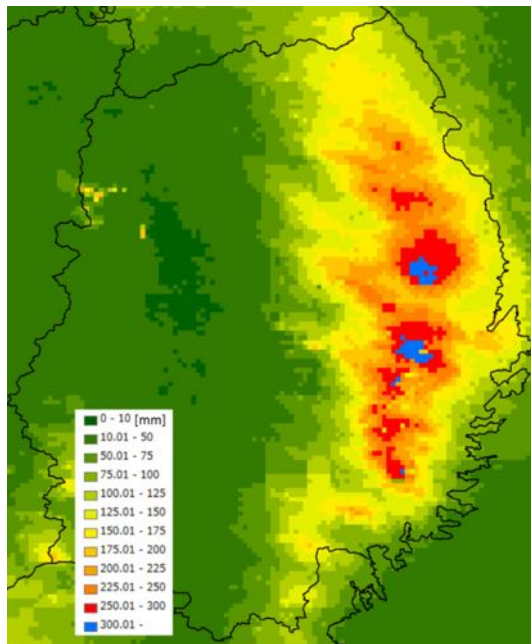


図 6-9 岩手県市町村境界累積雨量分布図(8/28 18:00～8/30 22:00)(呉修一准教授(富山県立大)提供)

降水量分布であることを意味する。先述のように、岩手県内では台風第10号によって多いところで200mm程度の累積雨量が観測されているが、図6-11を確認する限りそれよりも高い総降水量を示していることがわかる。

(2) 発生予測について

次に、土砂災害の被害と、現状の発生予測との対応について整理する。ここでは、発生予測に関する情報として、気象庁から公開されている土砂災害警戒判定メッシュ情報に注目する。土砂災害警戒判定メッシュ情報は、土砂災害発生危険度が高まったときに、市町村長の避難勧告等の判断を支援する、また、住民の自主避難の参考となるようにWEB上においてリアルタイムで公開されているのである。土砂災害の発生に対する危険度が5段階で表示され、誰でも簡単に見ることができる情報である。図6-12は、台風第10号が岩手県を襲

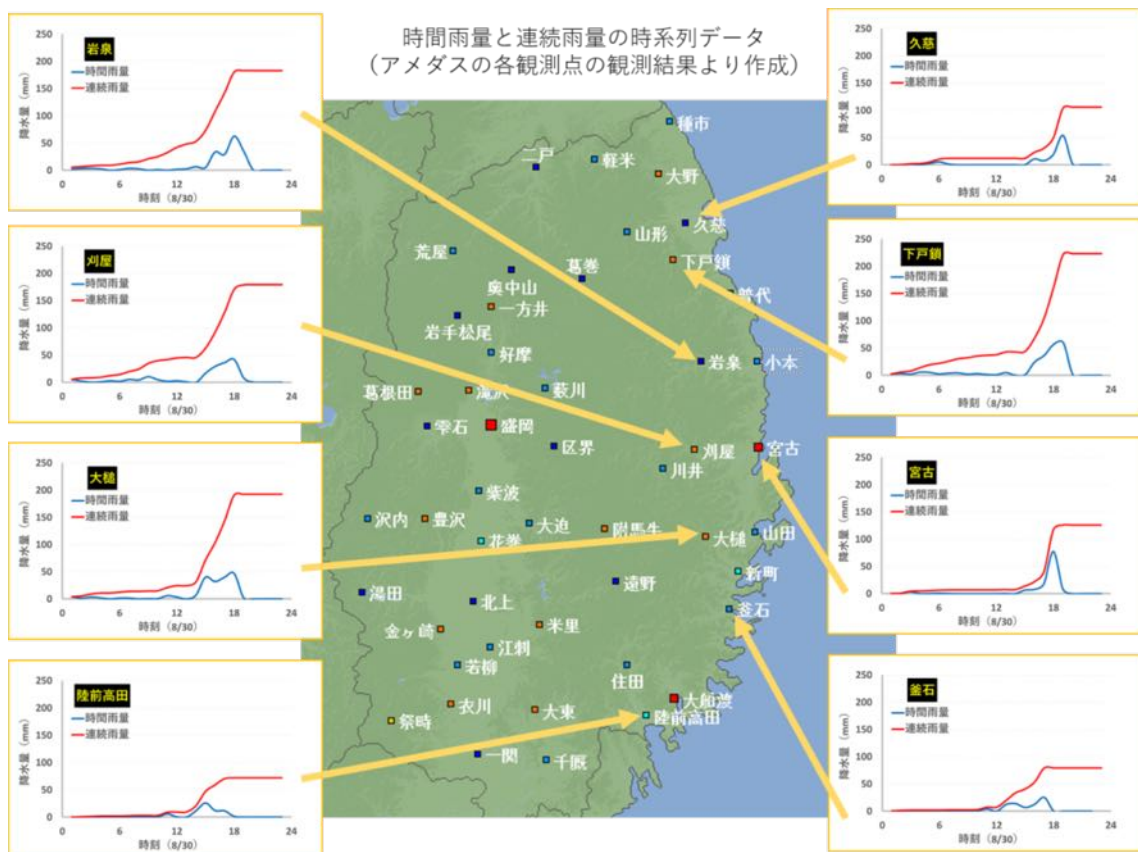


図 6-10 アメダスの各観測所における時間雨量と累積雨量の時刻歴(アメダスデータ⁷⁾より作成)

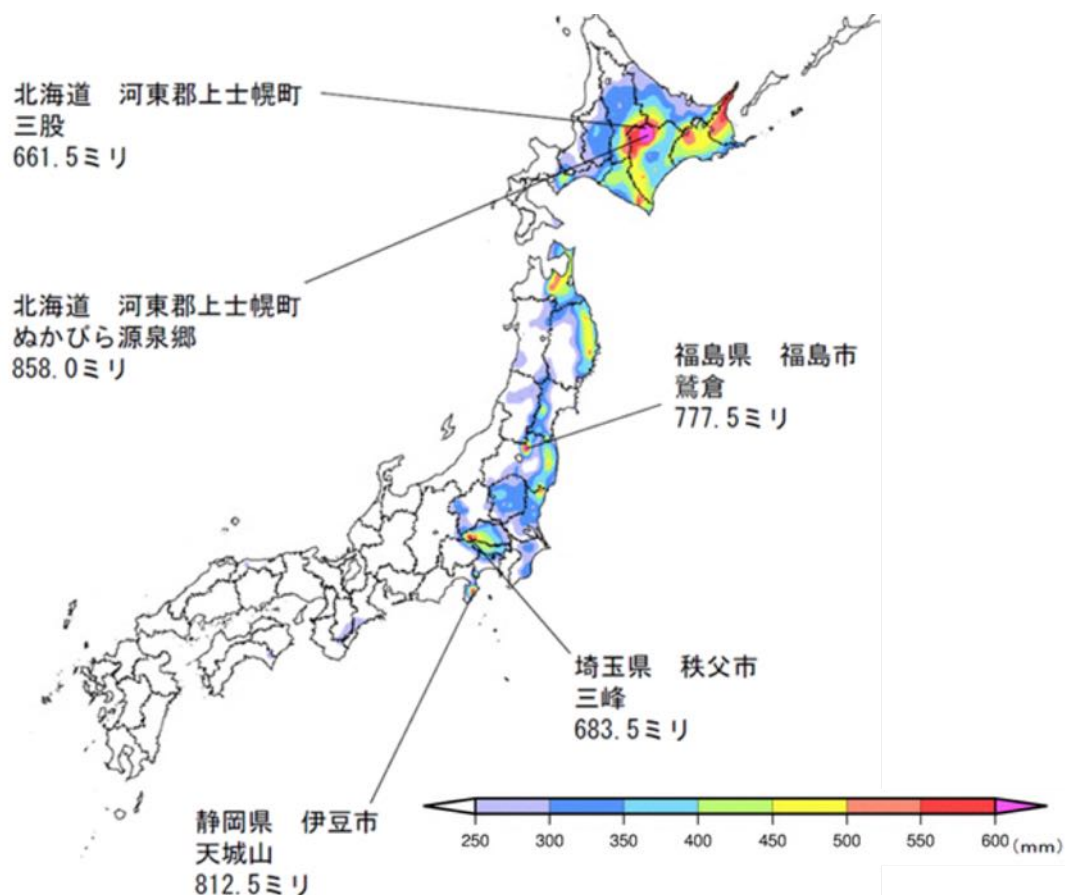


図 6-11 8/16～8/31 の総降水量分布図(気象庁資料⁸⁾より)

来した 8/30 の 3 時間毎の土砂災害警戒判定メッシュ情報を示したものである。また、実際の土砂災害(がけ崩れと土石流のうち特に被害があったもの)の発生個所についても図中に示している。この図より、土砂災害警戒判定メッシュ情報は、8/30 の午後から夕方にかけての土砂災害リスクの急激な上昇を適切に表現しており、当時リスクが高いと評価された地域において実際の土砂災害が多く発生していることが理解できる。この結果から考えれば、土砂災害警戒判定メッシュ情報は非常に有益な防災情報と言える。ただし、国民一人一人のレベルで見れば、残念ながらこの情報の有益性は理解されていないと思われる。この情報の有益性を広く共有することが今後の課題として考えられる。

謝辞：本報告書の作成にあたり、気象庁より土砂災

害警戒判定メッシュ情報のデータの提供を頂いた。また、岩手県県土整備部ならびに農水部より土砂災害発生個所に関する貴重な情報の提供を頂いた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 28 年台風第 10 号による被害状況等について(11 月 16 日), http://www.bousai.go.jp/updates/h28typhoon10/pdf/h28typhoon10_24.pdf
- 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) 太田猛彦：土石流発生メカニズム(1), 新砂防, Vol.45, No.2, pp.40-1992.
- 4) 国土交通省：河川砂防技術基準 調査編の改定に関する新旧対照表 第 17 章,

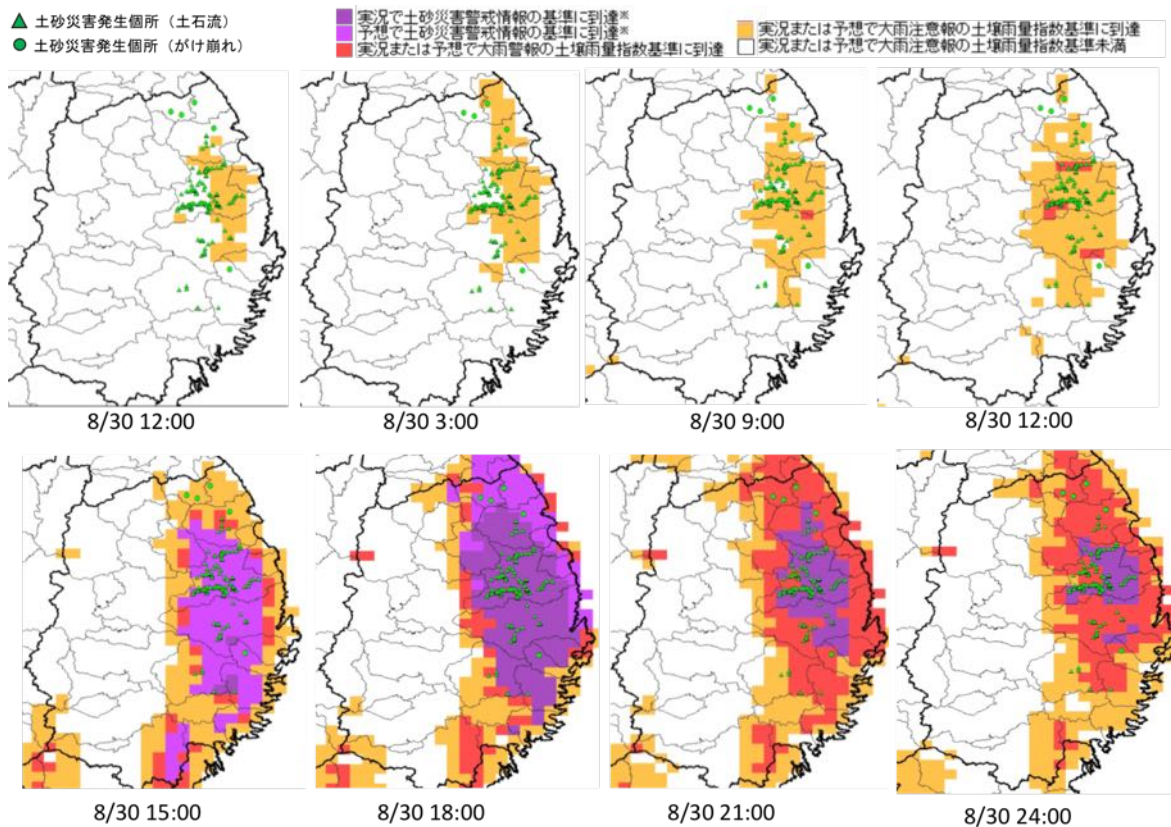


図 6-12 8/30 の 3 時間毎の土砂災害警戒判定メッシュ情報

http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/pdf/h17.pdf

- 5) 岩手県：いわてデジタルマップ砂防 GIS コンテンツ, https://www.sonicweb-asp.jp/iwate/map?theme=th_68#
- 6) マピオン都道府県地図, <http://www.mapion.co.jp/map/japan.html>
- 7) アメダスデータ(気象庁)<http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>
- 8) 台風第 7 号, 第 11 号, 第 9 号, 第 10 号および前線による大雨暴風(気象庁), <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2016/20160906/20160906.html>

<調査メンバー>

大河原正文(岩手大学総合科学研究科地域創生専攻)

森口周二(東北大学災害科学国際研究所)

第7章 流木災害

7.1 はじめに

気象庁が1951年に統計を開始して以来、東北地方の太平洋側に初めて台風が上陸したケースとなった平成28年台風第10号¹⁾は住宅被害が全壊・半壊・床上浸水等、約3,000棟に上るとともに、22名の死者と5名の行方不明者が発生した²⁾。特に大きな被害があった岩泉町乙茂地区は小本川の中流部にあたり、大量の土砂や流木が河川や浸水域にたまり、橋の上流側には流木がかかっており、橋の上部にも流木や痕跡がみられた。小本川本川だけでなく、小本川に流入する多くの沢にも出水の跡や流木が残され、斜面崩壊の痕跡も流域の多くの地点でみられた。

近年日本では、地球温暖化に伴う大雨の激化が顕在化しており³⁾、大規模な土石流の発生に伴う流木流出が災害を拡大していることが注目される。例えば、梅雨前線豪雨による2013年7月山形豪雨⁴⁾や、計画規模超過洪水に伴う流木流出では2015年関東・東北豪雨による災害⁵⁾、今次の台風第10号による災害などが最近の代表例である。一般に大規模な出水イベントでは、流れの及ぶ範囲と強度がともに大きいため、巻き込まれる流木量も必

然的に多くなる。今後、災害外力の増大によって、洪水や土石流等の大規模化が想定されるため(国土交通省ダム流域における流木対策委員会, 2015)、こうした点から、流木の発生・流下・堆積・再移動という一連のプロセスを通じた理解が重要である。

そこで本稿では、台風第10号により甚大な被害を受けた岩泉町乙茂地区の小本川に流入する沢にて、沢からの流木と土砂が狭窄部で塞ぎ止められた沢を踏査し、1つの沢から発生した流木流出量の推定、流木の発生状況を報告する。

7.2 調査対象

本稿においては、台風第10号で甚大な被害を受けた岩手県小本川に流れ込む沢を対象とした(岩手県下閉伊郡岩泉町二升石坂の下、緯度:39度50分14秒、経度:141度44分47秒、**図7-1**)。小本川は、流域面積731km²、幹川流路延長65km、流域内人口約1万1千人の二級河川である。

流木流出量は現地調査に基づき推計した。対象の沢は、下流端に位置する岩泉線高架の狭窄部にて流木が詰まり、沢からの流木と土砂が狭窄部で塞ぎ止められた。**写真7-1**は対象の沢の狭窄部の写真である。なお、調査時には狭窄部の河道や道路に詰まっていた流木はすでに取り除かれ別の場所に集積されていた(**写真7-2**)が、聞き取りより狭窄部下流側には被害が生じておらず、土砂や流木が流出した形跡はなかったことを確認している。そして、国土地理院基盤地図情報5mメッシュ標高データを用いて災害発生地点近傍の地形状況を確認するとともに、現地調査から流木発生および斜面災害発生状況を考察した。

7.3 現地調査に基づく流木流出量の推計

狭窄部には流木が先行して流下し流木ダムが形成され、その上流側に土砂を塞ぎ止めて堆積させ



図7-1 調査対象



写真 7-1 対象の沢の狭窄部の様子(左は被災前, 右は被災後)



写真 7-2 狭窄部から取り除かれた流木郡



写真 7-3 狭窄部上流側に塞ぎ止められた流木

ており、その縦断長さは流木ダム部と土砂堆積部を合わせた全長で 45m であった(写真 7-3)。下流側の流木ダム部分は高さ 2.5 m(河床からは 4.0m)、幅 5.0m、長さ(縦断方向)約 10 m であった。上流側の土砂堆積部分は幅 25m の河床全面が厚さ 2.0m の土砂で平坦に埋塞され、その上に高さ 0.5m の流木が堆積していた。狭窄部の上流側に塞ぎ止められた流木堆積量(空隙込み)は 504 m³ と推計された。

次に、堆積した流木について、ランダムにサンプリングを行い、各々の長さ(標本数 10)と年輪(標本数 16)を計測した結果を図 7-2 および図 7-3 に示

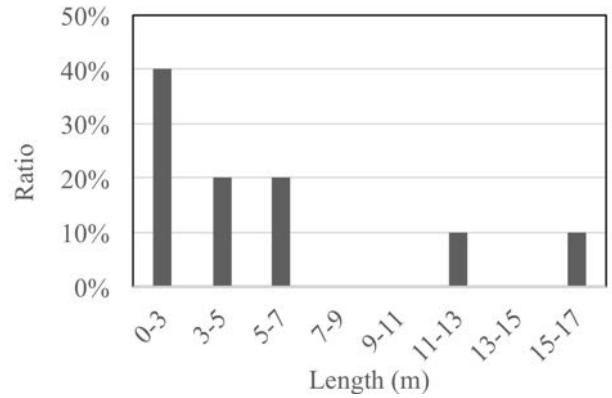


図 7-2 堆積した流木長のヒストグラム

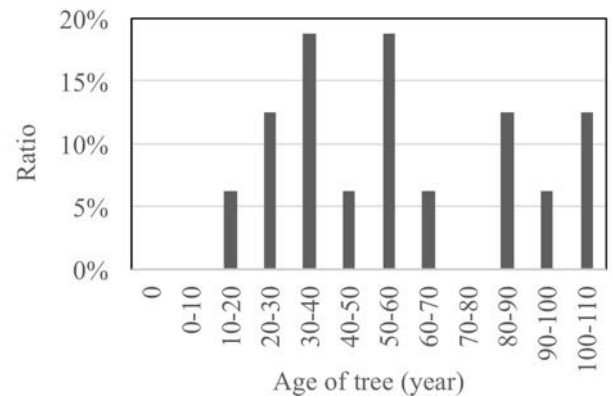


図 7-3 堆積した流木の年輪のヒストグラム

す。長さでは 0-3m が最も多く、それ以降長くなるに従い割合が減少した。また、長さが 10m 以上と推測される流木はあったものの、流下時に破碎されたものが多く堆積していた。これらのサイズ分布をまとめると、大局的には短いものが大部分を占めて、長いものほど少ない。これは全流路の谷幅がおおよそ 4m 未満でありそれ以下の長さの流木が卓越したこと、流木になる際や流下の途中で樹体が折れると、長さが短くなり数も増加するためと推察される。年輪では 30-40 年、50-60 年が最多で、全 16 本中 7 本が樹齢 31 年から 60 年であった。全体では樹齢 15 年から 107 年と幅広い樹齢の流木の流出が確認された。

7.4 沢における流木天然ダムの分布と構造特性

対象の沢における斜面勾配および実際の斜面崩

壊、流木天然ダムの分布を図 7-4 に示す。斜面崩壊および流木天然ダムは流路にそれぞれ 14 個、9 個分布しており、斜面崩壊は急斜面に分布していた。流木天然ダムは、砂防ダムより上流側の領域においては、上流では斜面崩壊の下流側に位置した。二次流路が合流している下流では二次流路が合流し河床の岩床が露わになるほどの大きな流量が発生したため流路閉塞が起きなかったと考えられた(図 7-4 中写真)。さらにその下流では、流路勾配が緩やかになった地点にて、また砂防ダムで流路勾配が緩やかになった地点にて流木天然ダムが確認された。砂防ダムより下流側の領域においても同様に、流路勾配が緩やかになった地点にて流木天然ダムが確認された。

次に、流木天然ダムの高さおよび幅の計測結果を図 7-5 に示す。高さでは 3m 以上 4m 未満が 33 % を占めて最も多い。高さが 2m を超えると相当に大規模であり、2m 以上のものをまとめると全体の 78 % を占める。最も高いものは 6 m であった。幅については、4m 未満が全体の 44 % で最多を占める。さらに 8m 以上をまとめると全体の 33% を占めている。また、流木天然ダムの上流側に土砂を塞ぎ止めて堆積していないことより、これらの流木天然

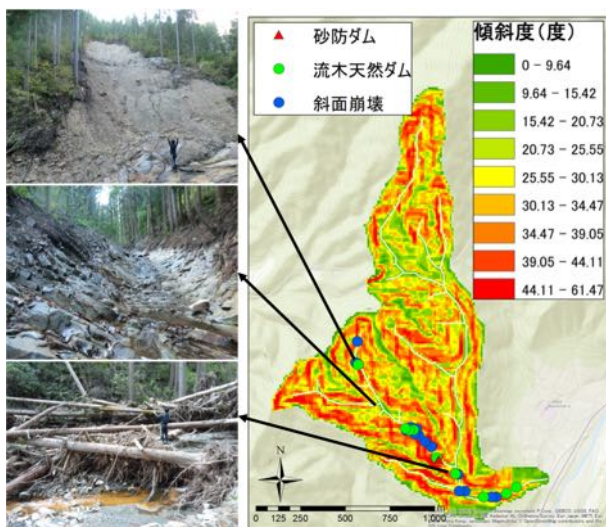


図 7-4 対象の沢における斜面勾配および実際の斜面崩壊、流木天然ダムの分布

ダムは今回の台風によって形成されたと考えられる。

次に、清水(2009)に倣い、9 例の流木天然ダムの形成要因を、(A)側岸の斜面崩壊から供給された倒木と土砂が直下の流路を閉塞しその場にダムを形成したタイプ、(B)流路を移動した流木が途中で集積して流路を閉塞しダムを形成したタイプ、に分類した。清水(2009)ではそれぞれ同数例が認められ、流木天然ダムは流木が移動する途中で起こるだけでなく、最初に流路へ供給される段階でも生じることが確認されたが、対象の沢では(A)は 1 例が該当し、(B)は 8 例が該当した。岩泉観測所の平均年降水量は 1088.7mm であり、台風第 10 号では年降水量の 4 分の 1 ほどの豪雨が極めて短時間に集中した。また、8 月の東北地方では台風第 10 号以前にも台風等による豪雨が続き、8 月の月降水量について岩泉観測所の 586.5mm や下戸鎖 623.0mm 等は観測史上最大である。このため山地の土壌が湿潤状態にあり、流出率が高かったことが推察される。これらより、対象の沢では豪雨に伴

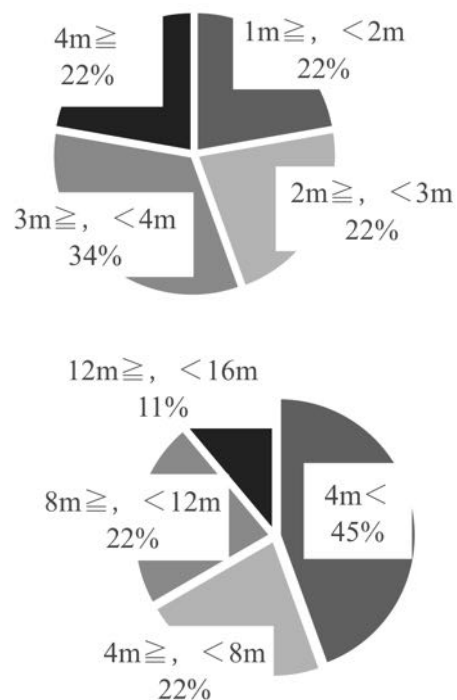


図 7-5 流木天然ダムの高さ(上)および幅(下)

う出水により、台風第 10 号で生じた斜面崩壊で流路へ供給された流木は速やかに流下し、また、それ以前より形成されていた多くの流木天然ダムも崩壊・流下し、これら流木群が移動する途中でその一部が新たに流木天然ダムを形成したことが推測される。

7.5 まとめ

本稿では、台風第 10 号により甚大な被害を受けた岩泉町乙茂地区の小本川に流入する沢にて、504 m³の流木流出量が発生したと推計した。また、流木の発生状況より、対象の沢では豪雨に伴う出水により、台風第 10 号で生じた斜面崩壊で流路へ供給された流木は速やかに流下し、また、それ以前より形成されていた多くの流木天然ダムも崩壊・流下し、これら流木群が移動する途中でその一部が新たに流木天然ダムを形成したことが推測された。これは対象の沢だけでなく小本川に流入するほとんどの沢でも言え、多くの流木天然ダムの崩壊による流木流出が今次災害にて未曾有の流木流出量を記録した一側面であると考えられる。

謝辞：本稿の作成にあたり、国土交通省より貴重なデータを提供いただいた。ここに深く感謝の意を表します。土木学会水工学委員会水害対策小委員会ならびに土木学会東北支部、建設工学研究振興会、気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)から調査費の補助を受けた。併せて謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：台風第 10 号による被害状況等について(第 20 報)，2016。
- 2) 総務省消防庁：平成 28 年台風第 10 号による被害状況等について(第 30 報)，2016。
- 3) 気象庁：気候変動監視レポート，2008。

- 4) 土木学会水工学委員会水害対策小委員会調査団：平成 25 年 7 月山形豪雨災害調査報告，2014。
- 5) 土木学会水工学委員会水害対策小委員会調査団：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨東北水害調査報告書，2016。
- 6) 清水取：山地流域における流木天然ダムの形成・破壊と流木の流出過程，砂防学会誌，Vol.62，No.3，pp.3-13，2009。

<調査メンバー>

小森大輔(東北大学大学院環境科学研究科)
三戸部佑太(東北学院大学環境建設工学科)
峠嘉哉(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)
Thapthai Chaithong(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)
助川友斗(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)
安西聡(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)

<調査協力>

一戸欣也，佐藤孝(東北地方整備局)
中尾勝洋，高野宏平(森林総合研究所)
倉橋実，水野直弥，高木秀治(建設技術研究所)
川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

第8章 高潮・高波災害

8.1 全国の沿岸部の被災概要

今回の台風は太平洋側から東北地方に上陸した過去に観測記録のない経路の台風であり、東北地方や北海道の太平洋沿岸部において高潮・高波の発生が懸念された。今回の台風による被害として東北地方および北海道沿岸部を中心に多数の港湾において被害が報告されている¹⁾。被害の内容としては、港湾施設や周辺の沿岸部における構造物の一部損壊、高潮による冠水・通行止め、漂流物の漂着による港湾の利用障害などがあった。沿岸部における高潮・高波の実態調査およびこれによる構造物損壊箇所や海浜地形への影響を調査するため、岩手県南部から宮城県にかけて沿岸部における現地調査を実施した。本報告では特に陸前高田市の試験養浜箇所、大船渡市の漁港および仙台海岸の調査結果について報告する(図8-1)。なお、調査地点付近の潮位記録²⁾を見ると、最大潮位偏差が大船渡で44cm、仙台新港で50cmであった。またNOWPHAS³⁾の波浪観測記録によると、仙台港において有義波高6m、最大波高10m程度の高波浪

が記録されている。

8.2 高田地区海岸(陸前高田市)

陸前高田市の高田地区海岸においては災害復旧工事として海岸堤防(第一線堤:天端高 T.P. 3m, 第二線堤:天端高 T.P. 12.5m)の復旧は概ね完了しており、砂浜の再生事業が開始されている。台風第10号来襲時は本格施工に向け、区間を限定した試験施工を実施し、養浜後の砂浜の変形過程を観察していた。高波による侵食等の影響が懸念されたが、今回の台風による侵食は確認されず、高さ3mの第一線堤上に砂や漂着物が打ち上げられている様子が見られた(図8-2)。また、試験養浜区間の仮閉切り用に設置された仮突堤の先端部で一部損壊が生じていたが、これによる砂浜や周辺構造物への影響は特に確認されなかった。また、周辺部を含め陸前高田市では特に高潮・高波による構造物の被害や浸水被害等は見られなかった。

8.3 細浦漁港および門之浜漁港(大船渡市)

大船渡湾に位置する細浦漁港において、8/30夜~8/31明け方の間に防波堤が倒壊したことが確認

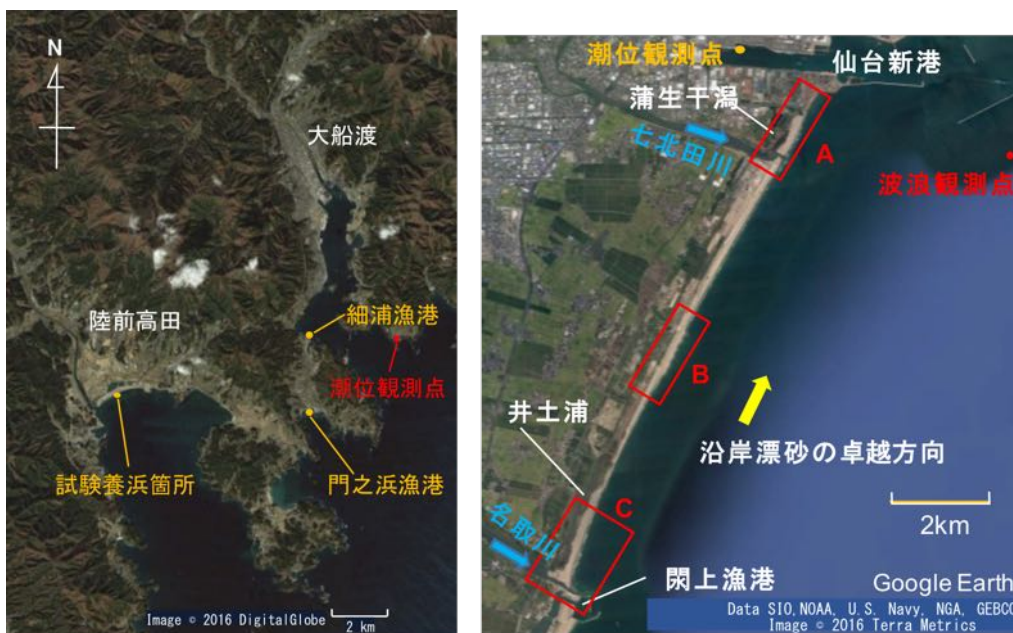


図8-1 調査箇所。左：陸前高田および大船渡，右：仙台海岸

されている。倒壊した防波堤は 2011 年東日本大震災津波後に復旧された防波堤であり，そのうちの中央部 125m の区間において防波堤本体が倒壊した(図 8-3 左). また倒壊区間付近において堤体の傾斜やクラックの発生が確認されている. 2011 年津波以前に存在していた大船渡湾の湾口防波堤(開口部約 200m)は津波により倒壊したが，一部区間を除いて台風第 10 号来襲以前に復旧が概ね完了している. 湾内に位置しているため細浦漁港では波浪状況は比較的静穏(調査時：9/13 11:30 頃)であり，防波堤の倒壊に至った原因は不明である. また，同じく大船渡市に位置する門之浜漁港においては，一部の防波堤が滑動する被害が発生している(図 8-3 右). これらの防波堤の損壊に伴う二次的な被害

は確認されていないが，その損壊原因については今後詳細な検討が必要である.

8.4 仙台海岸(仙台市)

台風第 10 号が東北地方太平洋沖を通過している 2016 年 8 月 30 日 16 時～18 時および通過翌日の 8 月 31 日 9 時 30 分～14 時の 2 度にわたって現地調査を実施した. また，台風第 10 号来襲前の 2016 年 7 月 12 日と直後の 9 月 1 日，10 月 1 日および 11 月 5 日に撮影された空中写真をもとに今回の台風によって生じた地形変化について調査を行った.

(1) 現地調査結果

図 8-4 の写真①は台風通過時の 8 月 30 日 17 時



図 8-2 高田地区海岸の試験養浜箇所の様子

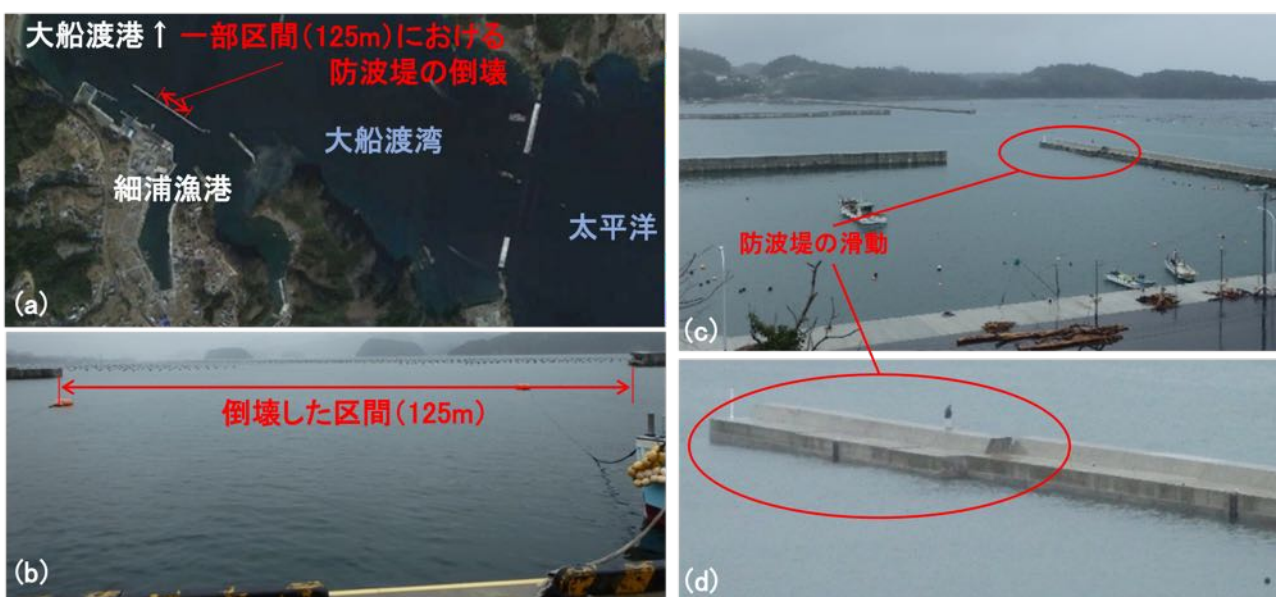


図 8-3 細浦漁港(a)(b)および門之浜漁港(c)(d)における被害箇所の様子

頃には仙台新港付近(図 1 右: A)にある高台の駐車場から撮影した写真である。高潮および高波浪の影響で駐車場部分の盛土の法先まで波浪が到達していることが確認できる。また七北田川河口左岸側に位置する蒲生干潟ではその前面に位置する砂丘を高波浪が越波する様子が確認された(写真②)。仙台新港付近の盛土箇所においては今回の台風来襲以前から海岸侵食が進んでおり、その盛土背後にはすぐに道路やコンテナヤードが位置することから防災上問題となっていた(写真③)。北端部においてはすでに護岸工事が開始されていたが、8月に来襲した一連の台風によって工事箇所を含め大きく侵食が進んでいることが確認された(写真④)。また、蒲生干潟前面の砂丘の干潟側では越波した流れにより干潟側に倒された植物の根元が砂で埋没しており(写真⑤)、高波浪の越波により干潟側へ土砂が輸送されていることがわかった。また七北田川河口右岸側の河川堤防において確認された痕跡から河口部ではおよそ T.P. 2.6m まで水位が上昇して

いたことがわかった(写真⑥)。

荒浜海岸(図 8-1 右: B)においては 6 基の離岸堤が設置されているが、台風通過時には高波浪がこれらの離岸堤を乗り越えている様子が確認された(図 8-5: 写真⑦)。現地で確認された漂着物の集積箇所から最大で T.P. 4m 程度まで波浪が遡上したものと推定される(写真⑧)。本海岸においては 2011 年津波後の復旧工事中において海岸堤防天端高が T.P. 7.2m までかさ上げされているが、以前の海岸堤防高さである T.P. 5.2m でも防護可能なレベルの高潮および高波浪であったものと考えられる。

名取川河口左岸側(図 8-1 右: C)に位置する井土浦の前面においても台風通過時に高波浪が砂丘を越波する様子が確認された(図 8-5: 写真⑨)。なお河口付近の閑上第二観測所では 8 月 30 日 15 時に最大水位である T.P. 2.05m を観測している。現地における目視の観察では明瞭な地形変化は確認されなかったが、同地域は現在、砂丘上において海岸



図 8-4 仙台海岸から七北田川河口周辺(図 8-1 右: A)の台風通過時および翌日の写真

堤防の復旧工事が実施されていることから、今回の台風による海浜変形への影響についてより詳細な調査が必要である。

(2) 空中写真解析結果

台風来襲以前から砂浜が消失していた部分(約 $8,000\text{m} < x < 9,400\text{m}$)を除いて概ね一様に $20\sim 30\text{m}$ 程度汀線が後退している(図 8-6)。その後の回復を見ると領域中央の荒浜海岸周辺では 1 か月間で汀線位置が台風来襲前と同程度まで前進している。

構造物等から離れている領域(約 $3,000\text{m} < x < 5,000\text{m}$)においては沿岸方向に概ね一様に汀線の前進がみられるため、岸沖方向の砂移動が汀線回復に支配的であると推察されるが、荒浜海岸の離岸堤南側および七北田川河口の南側において特に汀線の前進傾向が大きい。これらの領域は離岸堤および河口に対し沿岸漂砂の上手側に位置しており、沿岸漂砂の捕捉効果⁴⁾⁵⁾が寄与していると考えられる。一方で井戸浦や蒲生干潟の前面においては汀線の回復が遅い。井戸浦および蒲生干潟前面



図 8-5 荒浜海岸(図 8-1 右: B)および名取川河口周辺(C)の台風通過時および翌日の写真

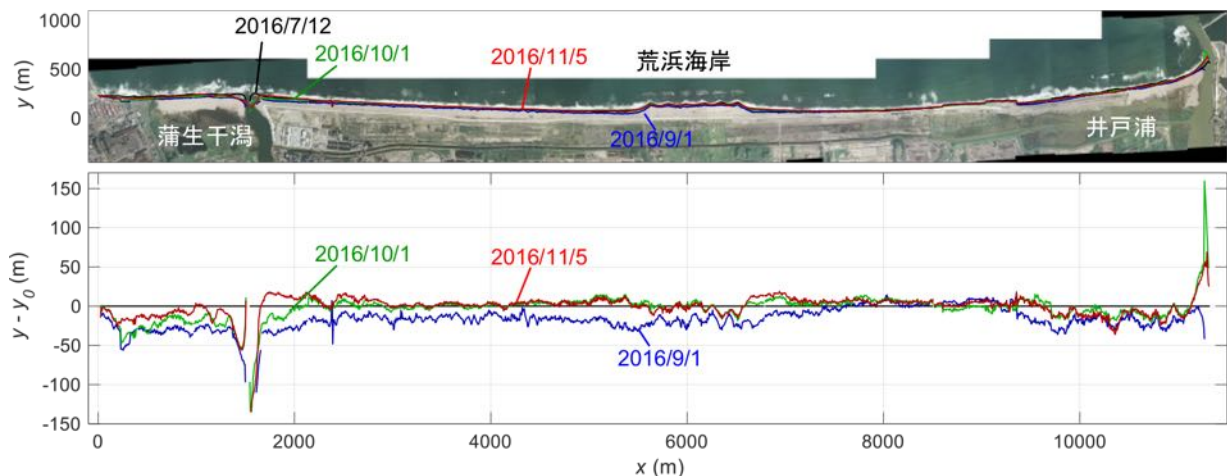


図 8-6 仙台海岸における汀線位置および台風前(2016/7/12)の汀線位置(y_0)からの変化量

の砂丘部は台風時に越波が生じており、これに伴い、干潟側へ砂が流入している。より詳細に今次台風による漂砂系への影響を議論するためには越波による土砂輸送量を考慮する必要がある。

謝辞：本調査の実施にあたり、岩手県沿岸広域振興局土木部および大船渡水産振興センターに協力いただいた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 28 年台風 10 号による被害状況等について(平成 28 年 11 月 16 日 14 時 00 分現在),
<http://www.bousai.go.jp/updates/h28typhoon10/>
- 2) 気象庁：潮位観測情報,
<http://www.jma.go.jp/jp/choi/>
- 3) 全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)：
<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>
- 4) 姜 炫宇, 田中 仁, 坂上 毅：長期現地観測資料に基づく仙台海岸汀線変動特性・土砂収支の検討, 海岸工学論文集, Vol.51, pp. 536-540, 2004.
- 5) Eko Pradjoko, 田中 仁：沿岸漂砂系に流入する河口左右岸の汀線変動特性に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp.541-545, 2012.

<調査メンバー>

三戸部 佑太(東北学院大学工学部環境建設工学科)
田中 仁(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)
梅田 信(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)
小森 大輔(東北大学大学院環境科学研究科)
峠 嘉哉(東北大学大学院工学研究科土木工学専攻)

第9章 総括

2016年8月、本州と北海道に計4個の台風が上陸し、北海道と岩手県を中心に、各地で洪水氾濫や高潮・高波による被害が発生した。9月16日、北海道空知郡南富良野町と岩手県宮古市、久慈市、下閉伊郡岩泉町での台風第10号および7、11、9号（上陸順）による一連の被害が激甚災害に指定された¹⁾。岩手県内での大規模な被害は、30日に大船渡市に上陸した台風第10号による降雨が直接の原因となって発生しており、本報告書では、主に台風第10号の上陸と通過ともなって発生した被害について、岩手県と宮城県における調査結果を報告している。

第2章では、台風第10号による降雨の特徴と予測技術の精度について述べている。岩手県沿岸の市町村内陸部にある久慈市下戸鎖、岩泉町岩泉、宮古市宮古の観測所では、観測史上最大の時間雨量を記録している。局所的な大雨を記録する一方、海岸域での観測雨量は多くなく、小本川流域では、地域的な平均値が小さく、AMeDAS観測所が小本川の中下流域に存在することによるレーダーAMeDASの雨量の過小評価を指摘している。

第3章で小本川、第4章で久慈川、第5章で閉伊川について説明されるように、今次災害では、北上山地から沿岸に流れる二級河川上流域で、大量の降雨と、沢からの流木や土砂の流入、流木の橋への堆積による河川からの越水・溢水が見られ、家屋が流出し、死者、行方不明者が発生するなど大きな被害が発生した。久慈川や閉伊川の河口に近い下流域は、それぞれ久慈市と宮古市の市街地となっており、氾濫によって広範囲で家屋の浸水被害が発生した。久慈川では水位上昇による越水と内水氾濫による浸水被害が発生し、複数の橋に堆積した

流木が被害の一因であると推測されている。閉伊川では、本川からの越水は見られず、市街地での浸水は内水氾濫によるものだが、支川周辺で越水による氾濫が発生しており、特に刈屋川では、流木が堆積した橋梁が流出し、周辺で床上・床下浸水が発生している。

第3章では、小本川で発生した洪水の水利特性について、調査と数値計算による解析を行い、乙茂地区周辺で山地の流下型氾濫が発生しており、通常時は平坦地である場所が洪水時の氾濫原となることが指摘されている。また、9名が犠牲となった岩泉町乙茂地区の高齢者施設周辺で、水深2m以上、流速3m/sを越える流れが生じていたと推測され、3節では、氾濫時の水深と流速の大きさから、氾濫発生後の避難行動の難しさと、避難行動のリードタイム確保の重要性を指摘し、今後の対策として1日前から適切な降雨量の予測を行っていたメソ数値予報モデルの活用が有効であるとしている。

第6章では、台風第10号によって岩手県内で発生した土砂災害について解析を行い、岩手県内で、土石流が714箇所、斜面崩壊が347箇所が発生し、危険溪流指定箇所内での土石流発生率は約6割だったと報告している。8月16日から30日までの台風第7号、11号、9号と前線の影響による岩手県内の降雨量の多さ、そして、台風第10号による短時間の大量の降雨が、これらの土石流の発生の一因と指摘している。土砂災害発生情報の更新状況と、災害発生個所を比較し、土砂災害警戒判定メッシュ情報は的確な情報を発信していたことを確認しており、住民への啓もうと避難行動への有効活用を課題として挙げている。

第7章では、今次災害の被害拡大の一因となった流木の発生源と沢での天然ダム発生メカニズムについて、流木の諸元と流域で形成された自然ダ

ムの調査結果を報告している。調査結果から、台風第 10 号によって、小本川流域の沢で流木天然ダムの形成と崩壊・流下、過去に形成された流木天然ダムとの合流が起きており、多くの流木天然ダムの崩壊によって発生した流木が、小本川本川、支川に流下し、大量の流木流出の原因となったことが示唆された。

第 8 章では岩手県南部から宮城県にかけての高潮・高波被害に関する調査結果が報告されている。陸前高田市では、T.P.3m の第一線堤上に漂着物が確認されたが、構造物被害や市内の浸水被害は見られず、大船渡湾では、防波堤が倒壊し、門之浜漁港では防波堤の活動が確認された。仙台海岸では、荒浜海岸で T.P.4m 程度まで波浪が遡上したと推定された。また、空中写真からおおむね一様に 20～30m の汀線の後退が確認されたが、その後 1 カ月間で、台風襲来前と同様程度に回復しており、七北田川河口周辺では、離岸堤による沿岸漂砂の捕捉効果によって沿岸流上流にあたる南側で汀線の前進傾向が大きかったことが報告されている。

各章で、気象、氾濫、流木、土砂災害の視点から調査解析結果がまとめられている中で、今回の災害の特徴として共通して指摘されている点は、大量の流木発生が、被害を拡大したこと、台風第 10 号上陸前に、7 号、11 号、9 号の上陸に伴う降雨があったこと、そして、発災前から公表されている防災情報が適切な情報を発信していたことである。近年の気候変動にともない、局所的な豪雨の増加、来襲する台風の巨大化や増加が予測されており、今後、今次災害のような、地域で経験したことのない気象現象、災害は増えると考えられる。気象情報、避難情報をわかりやすく伝える努力が続けられているが、一方で、公開されている多くの情報を役立て、過去に例のない災害への対応力を身に付ける災害教育と訓練も重要である。

参考文献

- 1) 内閣府（防災担当）「平成二十八年八月十六日から九月一日までの間の暴風雨及び豪雨による災害についての激甚災害並びにこれに対し適用すべき措置の指定に関する政令」について、平成 28 年 9 月 16 日、http://www.bousai.go.jp/kohou/oshirase/pdf/20160916_01kisyu.pdf,