

災害経験を環境教育の機会へ： 2016年8月北海道豪雨による十勝平野西部での土砂・洪水災害

古市剛久^{*}、**、***・小山内信智^{****}・林真一郎^{****}・笠井美青^{**}・桂真也^{**}

A disaster experience as an opportunity to enhance environmental education:
Sediment and flooding disaster in August 2016
in the western Tokachi catchment, Hokkaido, Japan

Takahisa FURUICHI, Nobutomo OSANAI, Mio KASAI,
Shinichiro HAYASHI and Shinya KATSURA

要旨：2016年8月に十勝平野西部に降った前例のない大雨及び大雨により発生した地形変化と土砂・洪水災害について、この地方の気候・地形・地質の概要を踏まえつつ、概観した。そして、身近に起こった土砂・洪水災害を防災教育としてだけでなく、「身近な気候（変化）」と「地球の気候（変化）」のつながり、「身近な場所／風景」と「地域の地形」のつながりを鍵とした環境教育の機会としても捉える可能性を指摘した。

キーワード：災害、気候変化、風景、地形

Abstract: Unprecedented heavy rainfall and associated geomorphic changes and sediment-flooding disaster in the western Tokachi Plain in August 2016 are overviewed, together with a review of climate, geomorphology and geology of the area. For the local people, the event can be remembered as an opportunity to enhance awareness of changing global climate and the local environment by bridging between 'local climate (change)' and 'global climate (change)', and 'landscape' and 'landform (which is potentially causing disasters)'.

Keywords: disaster, climate change, landscape, landform

1. はじめに

北海道は気候的には冬季の積雪と寒冷、融雪期の出水を特色とし、土砂・洪水災害の引き金となる夏季から秋季にかけての豪雨は比較的少ない地域とされてきた。しかし北海道でも気候変動の影響が指摘される中、2016年8月には台風7号、11号、9号、10号が北海道各地に記録的な大雨をもらたし、その大雨によって斜面崩壊、土石流、洪水などが起った。特に十勝平野西部では、台風10号の大雨に伴う土石流や洪水によって、

鉄道橋や道路橋の落橋、鉄道や道路の破損、人家の浸水・破壊、農地への冠水・土砂流入などが発生し、政府による激甚災害の指定を受けるほどの被害となった。

これらの被害は、一方で、十勝平野西部の人々にとって、自らの身近な環境である気候、地形、水文に対する関心を高める切っ掛けとなったことが現地での聞き取りからは伺える。この関心の高まりは地域の環境をより深く理解する環境教育の機会であるとも捉えることができる。

* 宮城教育大学環境教育実践研究センター、** 北海道大学大学院農学研究院流域砂防学研究室、*** Sustainability Research Centre, University of the Sunshine Coast, Australia、**** 北海道大学大学院農学研究院国土保全学研究室

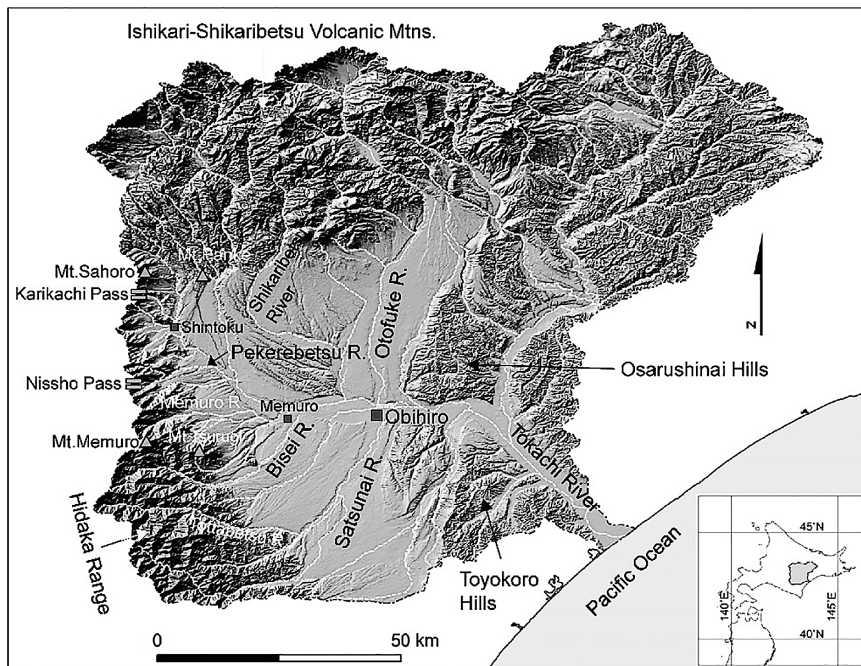


図1. 十勝川流域の地形

本稿では、北海道十勝地方の気候、地形、地質を概観した上で、2016年8月の大雨とそれに伴う斜面崩壊と土石流、河川の水文（氾濫）、河川の地形変化などの概要を記録し、これらを体験した人々にとって、その経験が環境理解を進める機会となるかを考える。

2. 北海道十勝地方の気候と地形

(1) 気候

北海道の太平洋側東部に位置する十勝地方では、夏季は、しばしば発生する海霧の影響で沿岸部では晴れ間が少ないが内陸部ではその影響も少なく夏日が平均して40日以上（帯広）あり、冬季は、雪が比較的少なく晴天日が多いものの冬日が160日程度あり（帯広）厳しい寒さが続く（札幌管区気象台・函館海洋気象台、2010）。十勝平野西部での年雨量の平年値（1981-2010年）は、新得で1130 mm、芽室で957 mm、帯広で888 mmである。平年値での最多雨月は3地点共に8月であり、8月の月雨量平年値は、新得で197 mm、芽室で157 mm、帯広で139 mmである（気象庁ホームページ「過去の気象データ・ダウンロード」）。

北海道における大雨は、南～東へ向く斜面へ南～東寄りの気流が湿潤大気を連続供給する「地形性の降雨強化プロセス」に強く支配されていることが指摘され

ている（武田・菊池、1979；松本、1985）。十勝平野西部に関しては豪雨頻度は胆振山地（オロフレ山系）東南部や日高山脈南部などに比べて必ずしも高くないものの、日雨量100 mmを超える大雨が発生した際の原因が台風であることが多いとの分析結果もある（松本、1985）。

(2) 地形・地質

十勝平野は、南縁及び西縁を日高山脈に、北縁を十勝火山群及び然別火山群に、東縁を長流枝内丘陵（東方に白糠丘陵を望む）及び豊頃丘陵に限られ、東縁の丘陵地の縁には活断層などの変動地形が認められる構造盆地（「十勝構造盆地」；松井ほか、1978）である（図1）。東縁丘陵地での南北性走行の活構造は平野の水系発達にも影響し、帯広付近で北から合流する音更川、南から合流する札内川それぞれの流路はおおよそ北北東-南南西方向に伸びている（平川、2003）。

十勝平野の基底の大部分は鮮新統～下部更新統の十勝層群によって占められる。十勝層群の下部は浅海成層で、上方へ向かい汽水層と淡水層の互層、陸成層へと遷移する。堆積構造は帯広付近を中心とした盆地状を呈し、十勝平野西部では上位から洪山層（更新統）及び長流枝内層（更新統）が分布し、東部ではその下位に池田層（鮮新統）が見られる。（山口、1990；松

澤, 1990). 十勝平野西部の背後山地は, 日高山脈北部, 戸蔭別岳 (1959 m) から佐幌岳 (1060 m) に至る山稜であり, その稜線付近には第三系の日高変成帯主帯が南北方向に帯状に分布し, 岩種としては斑れい岩, トーナル岩, 閃緑岩, 花崗岩といった深成岩, 及び泥岩・頁岩起源のホルンフェルスで構成される. (小山内ほか, 1990; 在田ほか, 1990; 前田, 1990).

中期～後期更新世には氷期-間氷期の繰り返しの中で十勝平野のほぼ全域において広大な扇状地が形成され, 上記平野部基底層の上部には扇状地性あるいは段丘性の礫層が厚く堆積した (平川・小野, 1974; 小野・平川, 1975; 松澤, 1990). 十勝平野周辺の扇状地面と段丘面については, 貝塚 (1956), 今井 (1964), 十勝団体研究会 (1968), 平川・小野 (1974), 地学団体研究会 (1978) などによって, 地形面 (形態, 高度, 連続性) の区分, 火山灰層序を活用した形成年代の検討 (編年) がなされた. その中で平川・小野 (1974), 小野・平川 (1975), 平川 (2003) は, 最終氷期前半 (60,000-40,000 年前頃) が日高山脈では氷河の最拡大期にあたり (ポロシリ亜氷期), 多量の岩屑が斜面と河谷に供給されて山麓に広大な扇状地と河谷に厚い堆積段丘を形成したこと (扇状地の最拡大期), その後の最終氷期後半の最寒冷期 (20,000 年前頃) には逆に氷河は縮小して (トッタベツ亜氷期) 山麓における扇状地の形成ははるかに小規模であったと報告した.

また, 扇状地や段丘の背後にある日高山脈の山地斜面は, 顕著に平滑で水系の発達に乏しく, 円磨度の低い角礫を主体にした厚さ数 m の堆積物に覆われ, 形態的にも構成物質的にも化石周氷河性斜面の特徴を備えている (山本, 1989).

3. 2016年8月北海道豪雨による十勝平野西部での大雨, 地形変化, 土砂・洪水災害

(1) 台風の軌跡と降水パターン

2016年8月には3つの台風が北海道に上陸し, 1つが北海道南部に接近した (図2). 日本気象協会北海道支社防災気象グループ (2016) によれば, 台風が太平洋側から東北地方へ上陸した (台風10号) のは1951年の統計開始以来初めてである. また, 例年の台風発生域 (北太平洋西部熱帯域) よりやや北側の

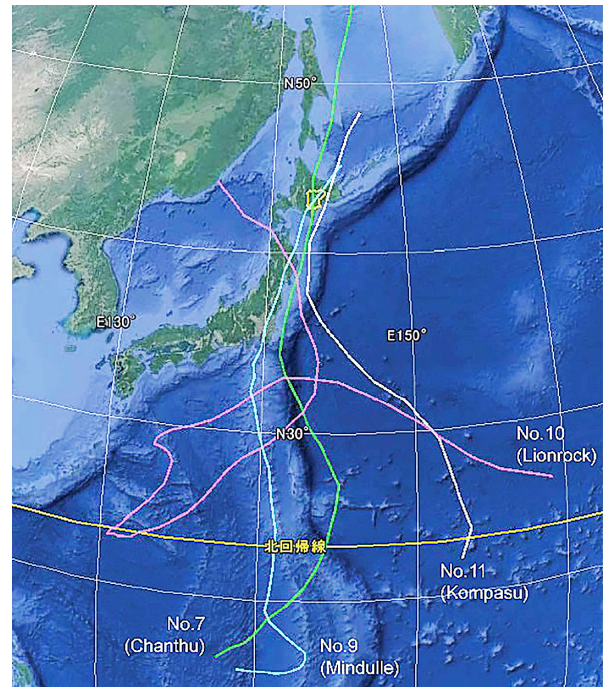


図2. 2016年8月に相次いで発生した台風7号, 11号, 9号, 10号 (日本への上陸順) の軌跡. 北本朝展 (国立情報学研究所) 「デジタル台風: 台風情報 - 気象庁と米軍 (アメリカ海軍)」から得た軌跡データをGoogle Earth上に表示した. 黄色線の範囲は十勝川流域.

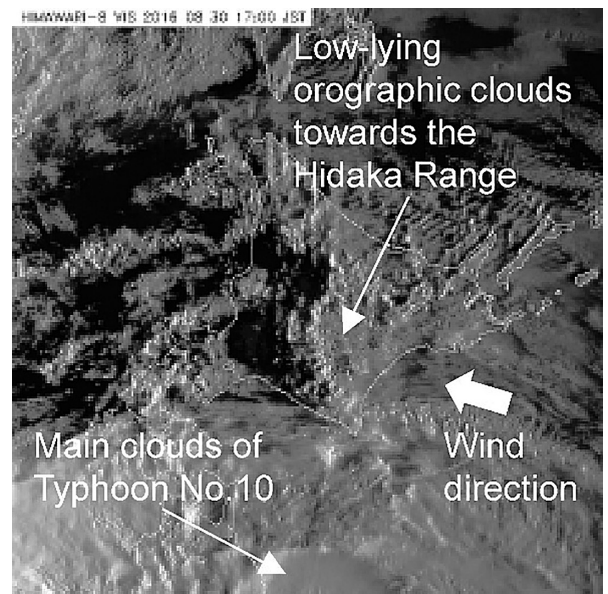


図3. 2016年8月30日17:00北海道付近の気象衛星ひまわり可視画像. (画像出典: 日本気象協会北海道支社防災気象グループ, 2016)

日本南方近海で短期間に4個もの台風が発生した要因は日本南方近海の海水温上昇でもあるという. 気象庁エルニーニョ監視速報によれば, 2014年夏から発生していたエルニーニョ現象は2016年春に終息し

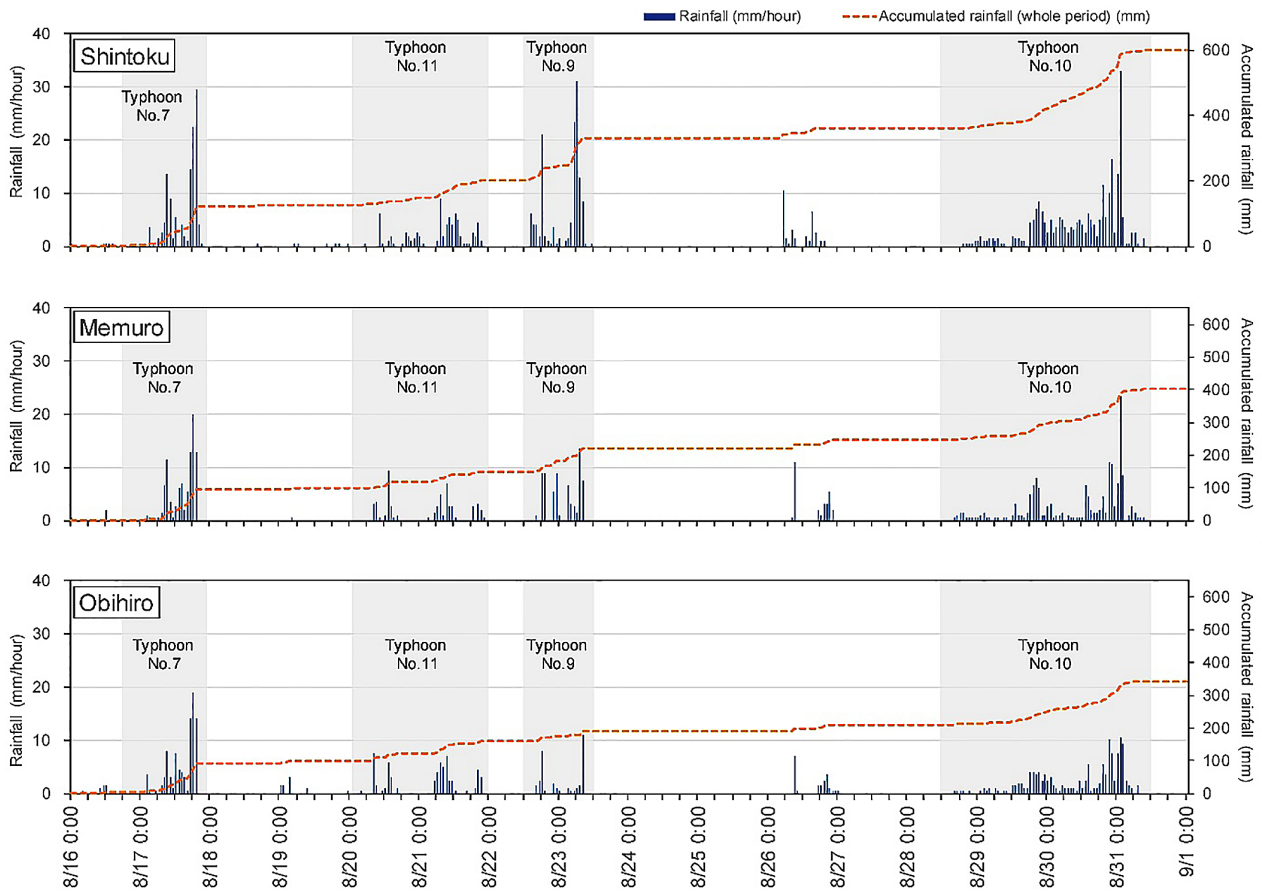


図4. 2016年8月16日～8月31日の十勝平野西部(十勝川右岸)のアメダス観測点(新得, 芽室, 帯広)における雨量データ。網掛けはそれぞれの台風による降雨のおおよその期間

て平常状態となったが、9月にはラニーニャ現象が発生した。十勝平野西部には台風10号が最も多量で強い雨をもたらしたが、これは台風10号が東北地方北部を通過した際に湿った南東寄りの風が十勝地方に入り、日高山脈の東斜面に地形性降雨(日高山脈を越えない低層雲)が発生したためである(日本気象協会北海道支社防災気象グループ, 2016)；図3)。アメダスによれば、十勝平野西部の新得, 芽室, 帯広(図1)では8月16日から31日の累積雨量がそれぞれ600 mm, 402mm, 342mm, 新得町では台風10号接近時の28日12:00から31日12:00までの3日間の雨量が238mm, 31日1:00からの1時間雨量が33mmであり、特に29日18:00から最大時間雨量を記録した31日1:00までは5-10 mm/hour内外の雨が約30時間降り続いた(この間の累積雨量170 mm)(図4)。

(2) 斜面崩壊, 土石流

十勝平野西部では多くの河川で土石流が発生し、パンケ新得川, パンケオタソイ川, ペケレベツ川, 小林川, 芽室川, 久山川, 美生川, 戸蔭別川においてはやや規模の大きな土石流が発生した。土石流発生域の大部分は花崗岩などの深成岩分布域である。全体としては、河川主流や大きな支流の最上流部での小規模な表層崩壊に伴い発生した土石流が多い。斜面崩壊や土石流により北海道の幹線道路網の一部である日勝峠や狩勝峠では道路施設が大規模に破壊された。一方で、小支流や斜面谷地形での崩壊は多発していない(砂防学会, 2016；図5)。戸蔭別川で見られた小崩壊頭部の位置は河床からの比高20-30 mから100 mを超えるものまで多様であり、崩壊地の分布は垂直方向の地質構造(配列)に規制されたものではないと考えられる(小山内・古市, 2016；図6)。

最上流部での崩壊は比較的小規模であったが、土石

流が流下する過程で大量の水と土砂が河床や側岸を侵食し、主として花崗岩の礫や風化土、溪畔林立木が土石流に加わって下流へ大量に運搬されたと見られる(図7)。しかし砂防堰堤では大量の流下土砂の捕捉や流路の規制(流路の拡散抑制)などが見られ、また土石流発生地域が人家・集落から離れていたことも幸いし、中下流域においては土石流による直接的な人的・物的被害は少なかった(砂防学会, 2016)。



図5. 戸蔦別川上流部での土石流跡



図6. 戸蔦別川本流に面した斜面での表層崩壊



図7. 戸蔦別川中流部での河床砂礫と流木

(3) 河川水文, 河川氾濫, 河川流路変化

十勝川の12箇所の観測所で水位が観測史上最も高くなるなど、十勝川及び札内川で計画高水位を超え、戸蔦別川・札内川合流点で堤防が決壊した(国土交通省北海道開発局, 2016)。十勝平野西部のその他の河川でも、パンケ新得川, ペケレベツ川, 小林川, 芽室川, 久山川などで氾濫が見られ、鉄道橋や道路橋の流出や冠水, 道路の破損, 施設や住宅の破壊や冠水など甚大な被害をもたらした(図8)。JR北海道の石勝線・根室線の新狩勝トンネル～芽室駅の区間で大きな被害を受け、2016年12月下旬まで不通(札幌～帯広間直行の鉄道移動が不可能)の状態が続いた。

出水河川の中下流においては非常に顕著な河岸侵食が発生し、大雨の前には10 m以下であったと見られる川幅が数十 m から100 mを超える幅に拡大されている箇所が多く見られる(砂防学会, 2016; 小山内・古市, 2016; 図9)。一方で、砂防事業・河川事業による溪流保全工・床止工群の設置された河川区間では、顕著な河岸侵食は見られない(砂防学会, 2016)。現河床の中洲に繁茂していた立木の一部は倒され流下したと考えられるが、一部は侵食を免れた中洲等に残存していた(小山内・古市, 2016)。



図8. ペケレベツ川の清水町市街での氾濫



図9. ペケレベツ川中流部の河岸侵食

(4) 土砂収支

今回の大雨による崩壊や土石流は大量の土砂を生産し、一部は一気に下流へ運搬されたが、一部は不安定土砂として主として河道内に堆積したと考えられる。上流部に残存した不安定土砂の大部分は河床勾配10°程度以下の本流河床に堆積しており、集合流動的に動く可能性は低い。今後の中小の出水によって細粒分は容易に下流にまで運搬されると考えられる(小山内・古市, 2016)。

(5) 防災面での対応と河川等のモニタリング情報

ペケレバツ川の水位が徐々に上がり氾濫の危険が増した際の清水町役場の対応状況に関して聞き取りを行ったところ(2016年11月17日)、町役場での災害対策連絡会議の開催や災害対策本部の設置の決定をする判断は、主として、自分たちの目で見た川の状況、インターネット等で入手できた気象データと水位データ、道庁から送られてきたFAX情報、に基づいて行なったという。しかし町内の河川全てを自分たちの目で確認するには限界があったため、各河川近傍の住民からの水位などに関する情報提供もとても重要であったとのことであり、このことは河川や斜面等のモニタリング情報(今現在の状況)が防災上の判断をする際には大変重要になることを物語っている。国や県は多くの地点で水文観測等を行なっているが、全ての河川、全ての斜面をカバーすることは難しい。そのような中でも、少なくとも水位と雨量の観測と観測データの送受信のための機材は設置が比較的容易であり、防災上の判断に必要な不可欠な地点でのデータ収集については町役場独自の対応も、観測点へのアクセスが良い(近い)という維持管理上の利点も含め、可能かもしれない。

4. 環境教育への展開

(1) 「身近な気候(変化)」と「地球の気候(変化)」のつながり

2016年8月の十勝平野西部における大雨を現地において経験した人々は、深夜に大雨が降って近所の川が異常に増水するという経験を、一定の恐怖感を伴う体験として、またそれが実際に身近に災害をもたらすという事実として、心に刻んだに違いない。新たに心に刻まれたその体験と事実は、そうした大雨がこれか

らも起こるのか、という点を理解する意識へ向かわざるを得ない。その意識に応える現段階での知識(情報)は、今回の台風10号による大雨が北海道の他の地域でも見られる南東斜面(日高山脈東麓)での地形性降雨であったということ、その台風は極めて異例なルートを取ったがそれには日本近海の海水温や赤道域の海水温(エルニーニョ南方振動)が関係していそうだとということ、その海水温変化は地球温暖化と密接に関係している可能性があるということである。身近に起こった強烈な経験を切っ掛けに地球環境に関する理解を深めるという機会は、とても有効な環境教育の展開であると考えられ、それに対応する教材作成において、本稿で整理した気候に関する既往研究や観測データは有用な情報となるであろう。

(2) 「身近な場所/風景」と「地域の地形」のつながり

身近に起こった災害(恐怖)の経験は、その現象がこれからも起こるのかという意識とともに、起こった場合に如何に対応すべきか、という点を検討する意識へも向かわざるを得ない。その意識に応える現段階での知識(情報)は、地域などの防災情報を参照して災害に結びつく崩壊、土石流、洪水が起こる地形的な場所(危険地域)と、自らの住む場所、働く場所、学ぶ場所、通う場所などの身近な場所を対照して、異常な自然現象が起こった際には危険地域から逃げることを、逃げる方法を予め検討しておくことであろう。そのような身近な場所や風景と地域の地形や災害危険地域をつなぐ行為は、防災教育であるばかりでなく、河川や丘陵、山地などの「地域の地形」に関する環境教育の一環であると考えられ、それに対応する教材作成においても、本稿で整理した気候・地形・災害に関する知識とデータが有用な情報となるであろう。

5. おわりに

本稿では北海道十勝平野西部の気候・地形・地質を概観し、2016年8月にこの地域に降った大雨、この地域で起った地形変化と土砂・洪水災害について概要を整理した。その上で、地域の住民にとっては、それら大雨、地形変化、土砂・洪水災害の経験が、「身近な気候(変化)」や「身近な場所/風景」を「地球の気候(変化)」や「地域の地形」へと意識を拓げる切っ

掛けとなる可能性を指摘した。本稿で整理した現地調査データや既存知識が、様々な人々の地球環境や地域環境の意識を拓げる活動の際に役立ち、また少しでも関係者の参考になれば幸いである。

謝辞

災害発生後の現地状況の把握に当っては、国土交通省北海道開発局による十勝西部土砂被害状況に関するヘリコプターによる調査、及び日本地すべり学会北海道支部による「平成28年8月北海道豪雨による地盤・地すべり災害調査団」の現地調査に参加させて頂いた。清水町役場総務課の小笠原清隆氏、本田雅彦氏には聞き取り調査に対応頂いた。記して感謝申し上げます。

引用文献

在田一則・大和田正明・小松正幸 1990. 第4章 日高変成帯とその北方延長の深成岩類と変成岩類 4.3 日高変成帯主帯 (3) 深成岩類 2. トーナール岩類. In: 日本の地質 1 北海道地方. 日本の地質「北海道地方」編集委員会 (編). 共立出版, 東京, pp.72-74.

地学団体研究会 (編) 1978. 十勝平野. 地団研専報, 第22号, 433pp.

平川一臣・小野有五 1974. 十勝平野の地形発達史. 地理学評論, 47 (10), 607-632.

平川一臣 2003. 3-4章 十勝平野—典型的な氷期・間氷期の地形発達を記録する平野. In: 日本の地形 2 北海道. 小崎尚・野上道男・小野有五・平川一臣 (編). 東京大学出版会, 東京, pp.172-181.

今井敏信 1964. 十勝平野の地形発達史. 東北地理, 16 (1), 29-34.

貝塚爽平 1956. 十勝平野の地形に関する若干の資料. 地理学評論, 29, 232-239.

国土交通省北海道開発局 2016. 平成28年台風第10号による出水の概要 (Press Release). 2016年9月2日. http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/press/press_h2809/02_gaiyou.pdf

前田仁一郎 1990. 第4章 日高変成帯とその北方延長の深成岩類と変成岩類 4.3 日高変成帯主帯 (3) 深成岩類 3. 花崗岩類・斑レイ岩類. In: 日本の地質 1 北海道地方. 日本の地質「北海道地方」編集委員会 (編).

共立出版, 東京, pp.72-74.

松井愈・野川潔・小阪利幸 1978. 十勝平野の地形と地質. In: 十勝平野. 十勝団体研究会 (編). 地団研専報, 第22号, pp.107-114.

松本淳 1985. 北海道の豪雨. 地学雑誌, 94 (3), 181-193.

松澤逸巳 1990. 第6章 第四系 6.3 北海道中央部 (3) 東部地域 1. 十勝地域. In: 日本の地質 1 北海道地方. 日本の地質「北海道地方」編集委員会 (編). 共立出版, 東京, pp.144-147.

日本気象協会北海道支社防災気象グループ 2016. 平成28年8月29日～31日台風10号による大雨について【速報】 ver.1. 平成28年8月31日.

小野有五・平川一臣 1975. ヴェルム氷期における日高山脈周辺の地形形成環境. 地理学評論, 48 (1), 1-26.

小山内信智・古市剛久 2016. 台風第10号に伴う十勝川中流部右岸支流流域での土砂流出現場現地調査開発局ヘリからの観察結果概要. 砂防学会北海道支部レポート. 2016年10月13日.

http://www.jsece.or.jp/branch/hokkaido/common/media/pdf/20160912tokachi_heli_report.pdf

小山内康人・在田一則・小松正幸 1990. 第4章 日高変成帯とその北方延長の深成岩類と変成岩類 4.3 日高変成帯主帯 (2) 変成岩類. In: 日本の地質 1 北海道地方. 日本の地質「北海道地方」編集委員会 (編). 共立出版, 東京, pp.68-72.

札幌管区気象台・函館海洋気象台 2010. 北海道における気候と海洋の変動.

<http://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/kikou/kikohenka/kikohenka.html>

砂防学会 2016. 平成28年台風10号豪雨により北海道十勝地方で発生した土砂流出に関する調査 (速報). 2016年9月9日.

http://www.jsece.or.jp/branch/hokkaido/common/media/pdf/20160909tokachi_sokuho.pdf

武田栄一・菊池勝弘 1979. 北海道の局地的大雨 (II) —道北と道南の集中豪雨の降雨機構について—. 北海道大学地球物理学研究報告, 38, 1-16.

十勝団体研究会 1968. 十勝平野の第四系 (第II報) —とくに地形面と層序について—. 第四紀研究, 7 (1), 1-14.

山口昇一 1990. 第5章 新第三系 5.3 北海道中央部 (5) 十勝地域. In: 日本の地質 1 北海道地方. 日本の地質「北海道地方」編集委員会 (編). 共立出版, 東京, pp.112-114.

山本憲志郎 1989. 完新世における日高山脈北部の周氷河性斜面堆積物の移動期. 第四紀研究, 28 (3), 139-157.