

2016年北海道豪雨災害で常呂川・十勝川流域で発生した河川災害

2016 Flood Disasters in Tokoro and Tokachi River Basins

竹林洋史・渡邊康玄・川村里実

Hiroshi TAKEBAYASHI, Yasuharu WATANABE and Satomi KAWAMURA

Synopsis

Field survey on the flood and sediment disaster which was happen in Tokachi and Tokoro River Basins in Hokkaido in 2016 is performed and the characteristics of the disaster is discussed focusing on levee break phenomena and disasters around bridges. Population density around rivers is low in Hokkaido. Hence, river width between right and left levees is very wide, even though flood discharge is small. As a result, long bridges over rivers from right levee to left one have not been constructed. On the other hand, short bridges over only main channel and connecting roads between levee and bridge are constructed. The connecting roads between levee and bridge decrease the river cross-section and increases the flood risk. Furthermore, land elevation on the floodplain tends to be lower than the river bed elevation in Hokkaido. As a result, the levee breaks without inundation phenomena was happen in Satsunai River. Additionally, flood water tends to return to rivers soon due to the high elevation of floodplain.

キーワード: 北海道, 台風, 橋梁, 破堤, 氾濫

Keywords: Hokkaido, typhoon, bridge, levee break, inundation

1. はじめに

2016 年 8 月中旬から下旬にかけて, 北海道には 3 つの台風が上陸し, 1 つの台風が北海道南部に接近した. そのため, わずか 2 週間の間に最大降水量 858mm の大雨となった. 南富良野町では, 1 時間降水量 (解析雨量) が約 100mm, 24 時間降水量 (解析雨量) が約 600mm を記録した. これらの一連の号により, 死者・行方不明者数 5 人, 床上浸水家屋数 240 件, 床下浸水家屋数 364 件の被害が発生した.

本研究では, 北海道南部の十勝川流域と北海道東部の常呂川流域で発生した水害・土砂災害の現地調査を実施し, 橋梁被害及び破堤氾濫現象に着目して 2016 年北海道豪雨で発生した河川災害の特徴について検討した.

2. 降雨特性

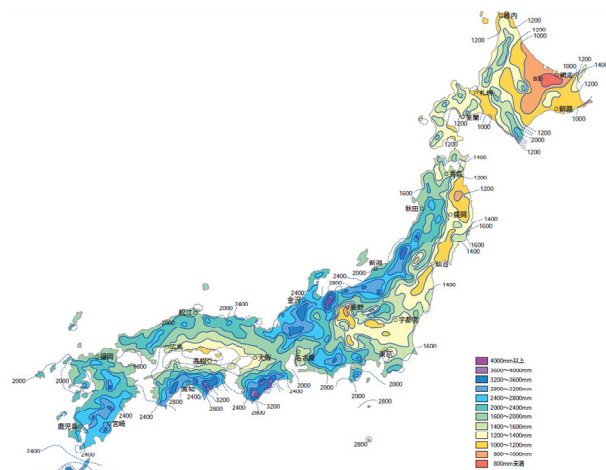


Fig. 1 Horizontal distribution of annual precipitation (Geographical Survey Institute)

Fig. 1 に国土地理院による日本の年間降水量の平面分布をしめす. 図に示すように, 北海道地区は日本で最も雨の少ない地域の一つであり, 特に常呂川

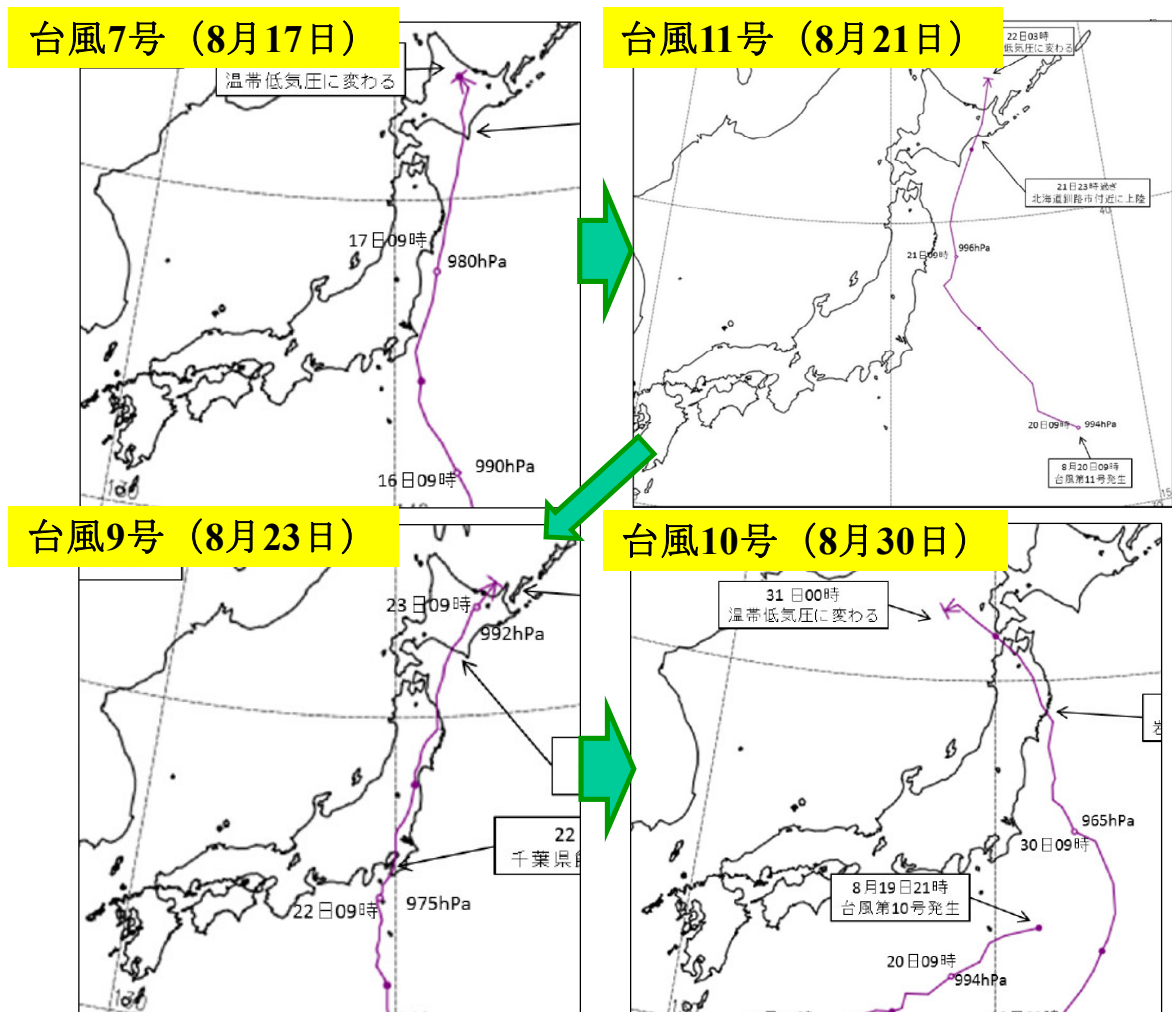


Fig. 2 Courses of typhoons in Aug. 2016 (Meteorological Office)

流域の一部は年間降水量が 800mm 以下の地域に属しており、十勝川流域も 1200mm 以下の地域がほとんどであり、日本全体の平均年間降水量 1757mm よりもかなり少ないことがわかる。

Fig. 2 に 2016 年 8 月中旬から下旬にかけて、北海道に多くの雨を降らせた台風の経路について示す。北海道には、台風 7 号、11 号、9 号が上陸し、台風 10 号が東北地方に上陸して北海道南部に接近した。なお、台風 11 号は発生緯度が高かったため、9 号と 10 号よりも早く北海道に上陸した。また、台風 10 号は岩手県に上陸し、小本川流域で老人ホームが被災するなどの水害・土砂災害を発生させた。北海道は高緯度に位置するため、本州・四国・九州に比べて台風が上陸することは少なく、このような短期間に 3 つの台風が上陸したのは観測史上初めてのことである。

Fig. 3 に 2015 年 9 月の豪雨により大規模な洪水氾濫や土砂災害を発生させた関東・東北豪雨災害と 2016 年北海道豪雨災害の雨と被害状況の比較を行っている。2015 年 9 月の関東・東北豪雨は、2016

2015年9月関東・東北豪雨

最大総降水量：647.5mm
 1時間降水量（解析雨量）：約90mm（日光市）
 24時間降水量（解析雨量）：約700mm（日光市，那須塩原市）
 死者・行方不明者数：14人
 床上浸水家屋数：3147件
 床下浸水家屋数：8998件
 人口密度：314人/km²（鬼怒川）

2016年8月北海道豪雨

最大総降水量：858mm
 1時間降水量（解析雨量）：約100mm（南富良野町）
 24時間降水量（解析雨量）：約600mm（南富良野町）
 死者・行方不明者数：5人
 床上浸水家屋数：240件
 床下浸水家屋数：364件
 人口密度：73人/km²（常呂川），38人/km²（十勝川）

Fig. 3 Comparison between Kanto-Tohoku flood disaster in Sep. 2015 and Hokkaido flood disaster in Aug. 2016

年 8 月の北海道での雨に比べて降雨継続期間が短い
 ため、最大総降水量は 647.5mm と北海道よりも少
 なめであるが、日光市で 1 時間降水量（解析雨量）
 が約 90mm，24 時間降水量（解析雨量）が約 700mm
 となっており、北海道南富良野町の値と大きな違い

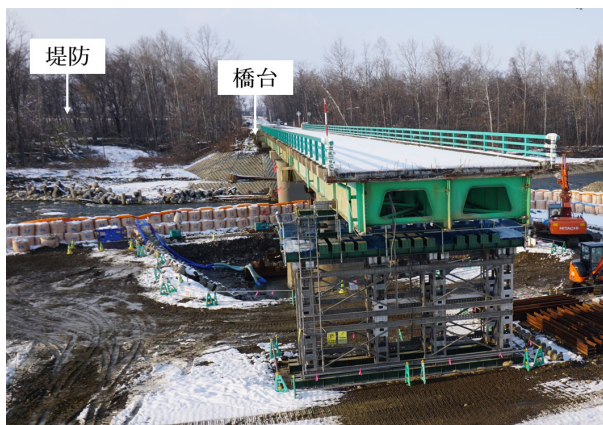


Fig. 4 Nakajima bridge over Tottabetsu River

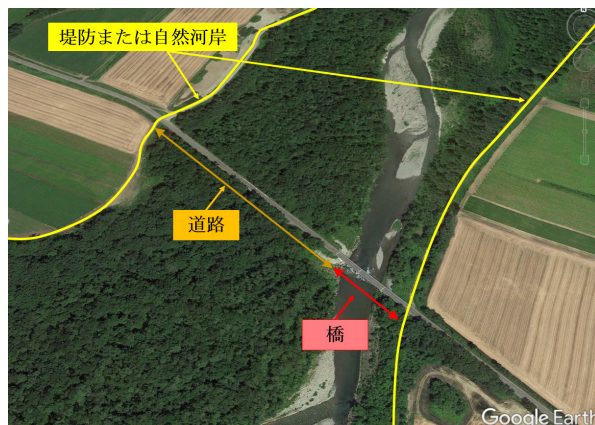
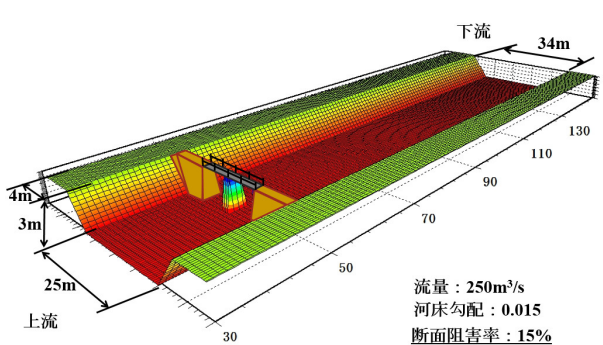
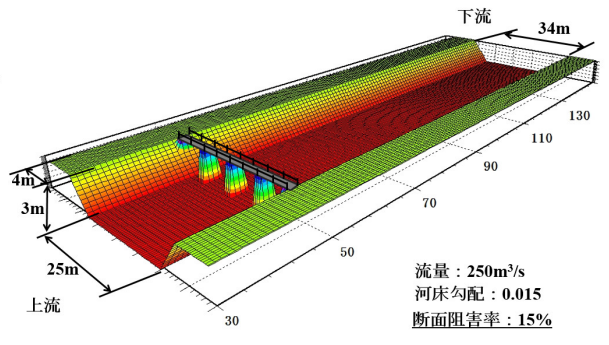


Fig. 5 Horizontal view of Tottabetsu River around Nakajima bridge



(a) Bridge with road in river (Case 1)



(b) Bridge without road in river (Case 2)

Fig. 6 Initial bed geometry used in numerical analysis



(a) Kiyomi Bridge over Tokoro River

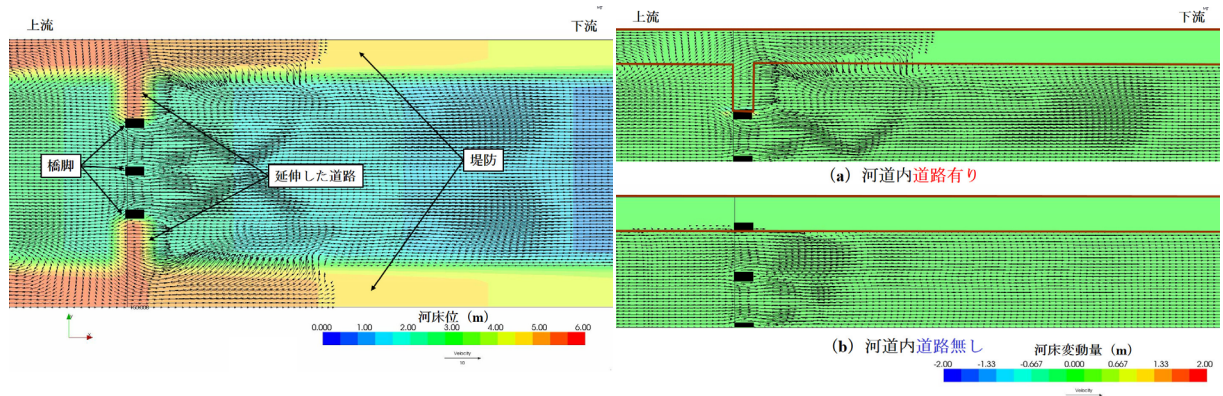


(b) Futohoro Bridge over Tokoro River

Fig. 7 Bridges with roads in river

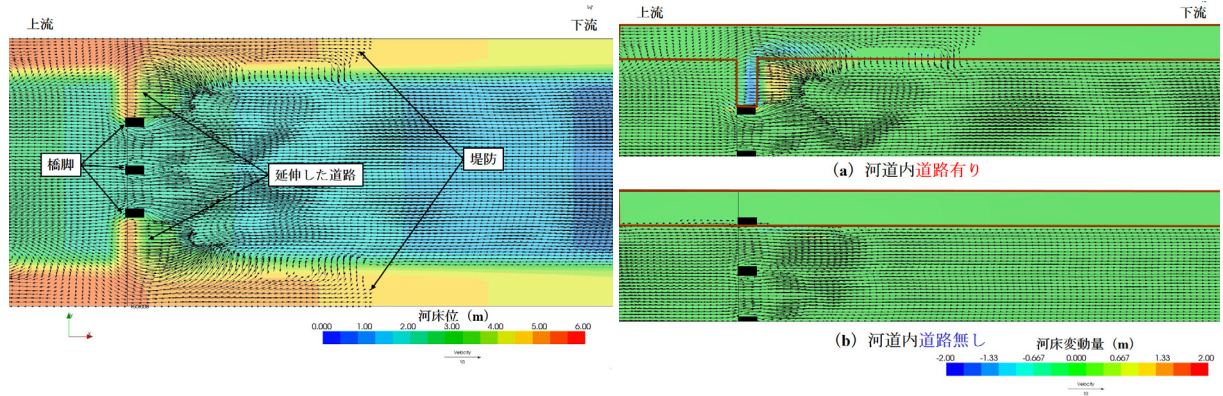
は無い。しかし、被害の状況は大きく異なっている。関東・東北豪雨では、死者・行方不明者数が 14 人、床上浸水家屋数が 3147 件、床下浸水家屋数が 8998 件となっており、2016 年北海道豪雨災害に比べると、死者・行方不明者数が 2.8 倍、床上浸水家屋数が 13 倍、床下浸水家屋数が 25 倍となっている。このように、北海道では死者・行方不明者数や家屋の被災数が少ない原因の一つは人口密度の低さである。関東・東北豪雨が発生した鬼怒川流域の平均人口密度

は 314 人/km²であるが、北海道の常呂川流域の平均人口密度は 73 人/km²であり、十勝川流域では 38 人/km²となっており、鬼怒川流域の平均人口密度は、常呂川流域の 4.3 倍、十勝川流域 8.3 倍となっている。しかし、家屋被害については、床上浸水家屋数が 13 倍、床下浸水家屋数が 25 倍となっており、人口密度よりもさらに被害数の差が大きくなっている。これらについては、人口密度が低いことによる河川整備方法の違いに起因していると考えられる。



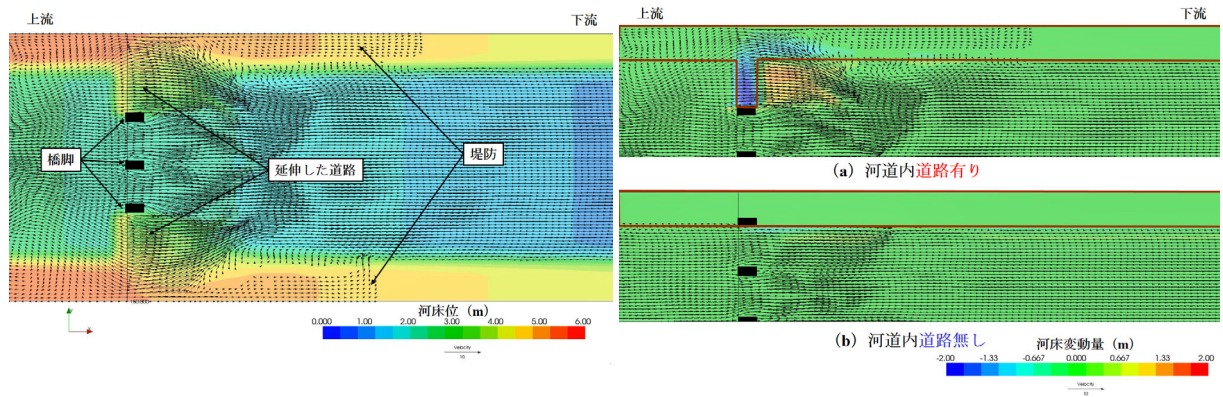
(a) Bed elevation & velocity vector (Case 1, Initial)

(b) Bed deformation & velocity vector (Cases 1 & 2, Initial)



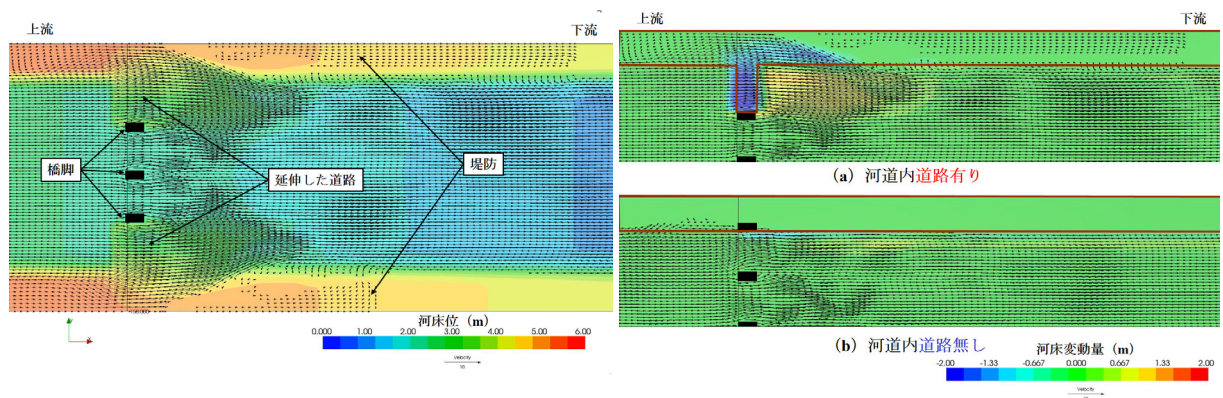
(a) Bed elevation & velocity vector (Case 1, 5s)

(b) Bed deformation & velocity vector (Cases 1 & 2, 5s)



(a) Bed elevation & velocity vector (Case 1, 15s)

(b) Bed deformation & velocity vector (Cases 1 & 2, 15s)



(a) Bed elevation & velocity vector (Case 1, 40s)

(b) Bed deformation & velocity vector (Cases 1 & 2, 40s)

Fig. 8 Spatiotemporal change of bed elevation, bed deformation & velocity vector around bridge with (Case 1) and without (Case 2) roads in river (numerical analysis)



Fig. 9 Accumulation of drift woods on bridges piers of Kiyomi bridge

以下、橋梁被害及び破堤氾濫現象に着目して 2016 年 8 月に北海道で発生した河川災害の特徴について検討する。

3. 橋梁被害

Fig. 4 に十勝川流域の戸蔦別川に架かる中島橋の被災後の様子を示す。右岸に接続していた橋桁の一部が洪水時に流出している。Fig. 4 によく見ると、対岸の堤防が樹木の隙間から見えおり、中島橋の左岸側の橋台よりかなり奥に堤防が存在することがわかる。中島橋周辺の様子を上空から見たものを Fig. 5 に示す。Fig. 5 に示すように、河川域の幅に比べ、橋梁長さが非常に短いことがわかる。つまり、Fig. 6

(b) に示すように、一般に橋梁は堤防と堤防を結んで河川を横断するように架けられることが多い。しかし、中島橋は Fig. 6 (a) に示すように、橋梁は河道内の流路のみを横断するように架けられており、橋梁に続く道路が堤外地(河道内)に存在している。このような道路は、流れに対して直交している場合が多く、非越流水制のように堤外地に存在し、河積を非常に小さくしている。これは、先に道路と橋梁が建設され、堤防を後から建設した場合や橋梁の建設コスト削減のためである場合が多い。前述のように、北海道では人口密度が低いため、河川周辺に宅地などが密集していない。そのため、堤防建設時に比較的広めに河川域を確保することが可能であったため、流路に沿って堤防を建設するのでは無く、堤防を堤内地側に引いた位置に堤防を建設したものと思われる。このような橋梁は、北海道に多く見られる。2016 年北海道豪雨災害で被災した Fig. 7 に示す常呂川の清見橋や太幌橋も同様に、橋梁は河道中央付近の流路にのみ架かっており、橋梁に続く道路が堤外地に河道を横断するように存在している。

ここで、河床変動解析(和田ら)により、Fig. 6 (a) に示すように堤外地に道路が延伸され、河道中央部

分のみに橋梁が架けられている場の水の流れと河床変動特性について検討を行った。Fig. 8 に水深平均の流速ベクトルと河床位の時間変化を示す。本解析条件では、堤外地に延伸道路が無いと水は堤防に乗り上げない程度の流量を与えている。また、延伸道路及び堤防は粒径 10cm の礫で構成されているとしており、道路上の舗装や堤防の護岸は考慮していない。Fig. 8 (a) に示すように、堤外地に延伸道路があると、水は堤防及び延伸道路の上を流れており、橋梁断面で明確な迂回流を形成しており、延伸道路は迂回流によって急激に浸食されている。また、延伸道路と連続している河岸の堤防も大きく浸食されている。Fig. 8 (b) に延伸道路がある場合 (Case 1) と無い場合 (Case 2) の河床変動量の時間的な変化を示す。堤外地に延伸道路が無い場合は、迂回流が形成されないため、堤防の浸食はわずかである。また、迂回流が形成される程度に流量が増えたとしても、堤外地に延伸道路がある場合に比べて迂回流の流量は少ないため、堤防の浸食量は小さいと考えられる。解析で示した条件よりも流量が少ない条件であれば、延伸道路は非越流水制のような機能を発揮し、河川流による堤防浸食を抑制する効果を発揮するが、流量が大きくなり、延伸道路を水が越流しはじめると、逆に堤防の浸食を促す影響があることがわかる。

このように、延伸道路が存在することにより、橋梁断面で急激に河積が小さくなっているが、もともと流量がそれほど多くなく、計画流量を流し得る河道断面となっている橋梁断面が多い。しかし、一部には橋梁断面で計画流量を流すことができないものも存在する。そのような河道に対しては、順次、堤防から堤防に架かる橋に改修しているとのことである。

流量が少ないにも係わらず、堤防間距離を広くすることは、自由に動くことができる空間を流路に与えることができるため、本来、その河川が有している特性を保持しやすい反面、流木災害を発生させや

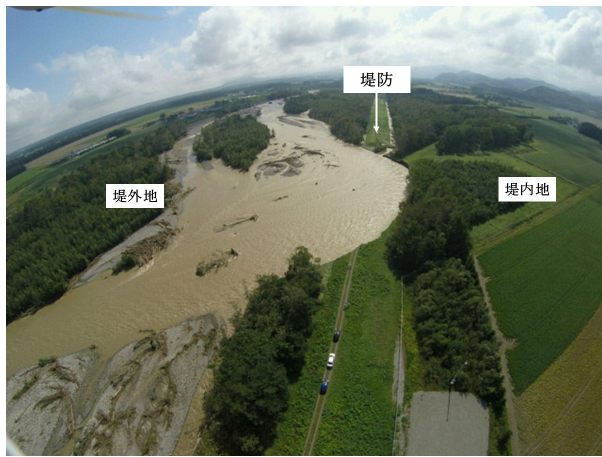


Fig. 10 Levee break at Satsunai River (photo by Hokkaisuiko Consultant Co. Ltd.)



Fig. 11 Inundation and return flow around Sorachi River (photo by Pasco Co.Ltd.)



Fig. 12 Inundation and return flow around Tottabetsu River (photo by Pasco Co.Ltd.)

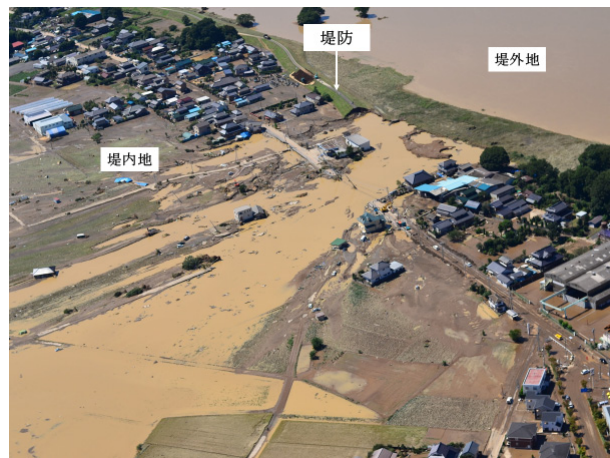


Fig. 13 Inundation from Kinu River (photo by Pasco Co.Ltd.)

すい特徴がある。つまり、河道周辺に人口が集中していると橋梁断面以外の断面においても、橋梁断面と同程度まで川幅が狭められていることが多い。このような河川では、川幅・水深比が小さいため砂州の発達が抑制されるとともに、高水敷が狭くなる。その結果、樹木が繁茂するスペースが減るとともに、砂州上に水が流れて幼木や草本類を流出させるため、河道内の樹木が少なくなり、洪水時に生産される流木が少なくなる。Fig. 9 に常呂川の清見橋の様子を示す。非常に多くの流木が橋脚上流側に捕捉されており、その結果、橋梁断面の河積をさらに狭くし、洪水時の流下能力を減らしている。

4. 破堤氾濫

2016 年 8 月の北海道豪雨災害では、破堤現象が多く見られた。しかし、破堤しても氾濫に至らなかったり、氾濫しても氾濫流が直ぐに河川に戻り、氾濫域が広がらない現象が見られた。

Fig. 10 に十勝川支川の札内川の破堤の様子を示す。流路が堤防側に移動し、堤防が広い範囲で浸食されている。しかし、洪水流は堤内地に流れておらず、氾濫現象は発生していない。Fig. 11 に空知川の氾濫、Fig. 12 に戸蔭別川の氾濫の様子を示す。両図に示すように、氾濫した水が直ぐ下流の堤防を破壊し、河道内に戻っていることがわかる。同様の現象は常呂川でも見られた。Fig. 13 に 2015 年の関東・東北豪雨時に発生した鬼怒川の破堤の様子を示す。鬼怒川の破堤では、氾濫流が広く広がっていることがわかる。これらの違いは、河道内の地盤高さと氾濫原の地盤高さとの関係が強く依存している。Fig. 14 に十勝川支川の音更川の被災前後の様子と河道内・氾濫原を含む地形横断形状を示す。Fig. 14 に示すように、河道内の地盤高さが氾濫原の地盤高さよりも低くなっていることがわかる。日本の多くの河川は洪水時に水とともに氾濫した土砂が堆積することによって形成された沖積地を流れている。そのため、築堤して土砂の氾濫が抑制されると河道幅の広い地点や河床

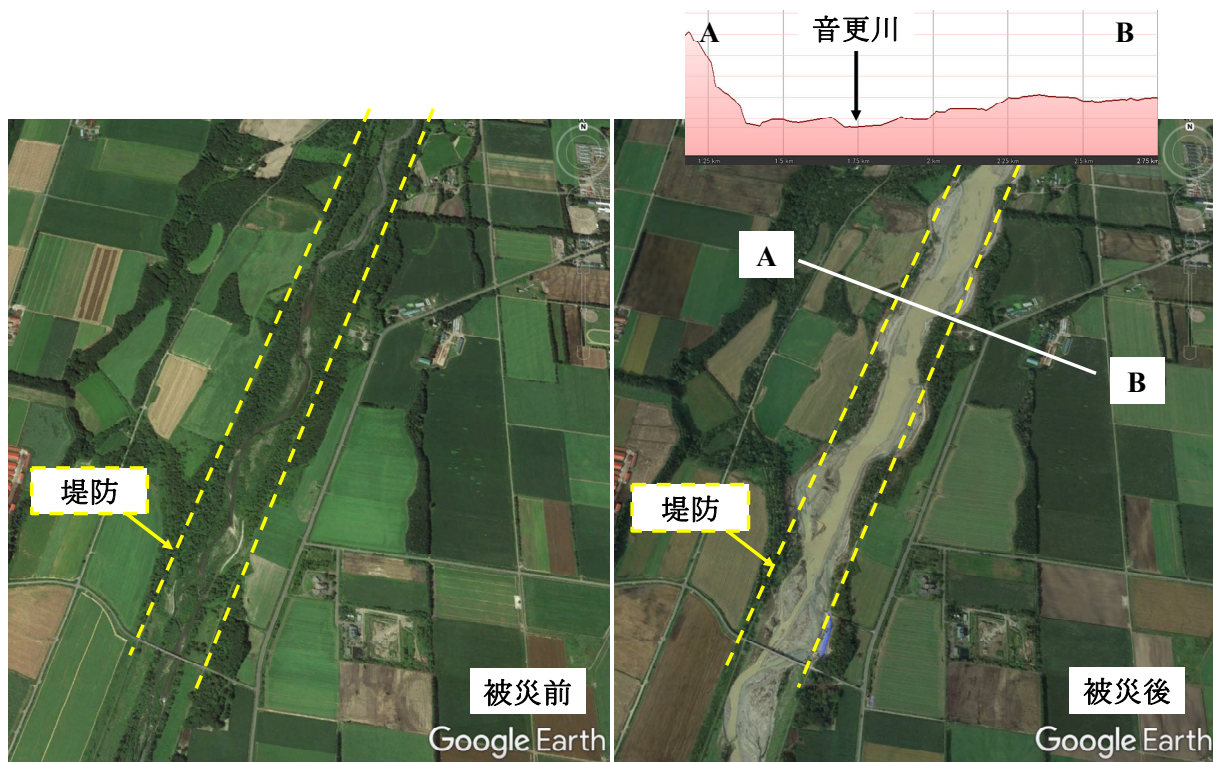


Fig. 14 Before and after levee breaks of Otofuke River and cross-section around Otofuke River

縦断勾配が緩くなる地点などに土砂が堆積する。土砂が堆積して河床上昇した地点の堤防高さを高くすることを継続すると、河道内の地盤高さが氾濫原の地盤高さよりも高くなる天井川が形成される。北海道にはこのような天井川がほとんど存在しない。これは、堤防間距離が長いこと、築堤時期が比較的最近であること、降水量が少ないことなどが原因と考えられる。つまり、堤防間距離が長く降水量が少ないと、土砂を流下させるための掃流力がそれほど大きくならないため、上流域で生産された土砂が下流に流れてくるまでに比較的時間がかかる。また、築堤時期が比較的最近であるため、土砂の氾濫が抑制され、河道内での土砂の堆積が促進されてからあまり時間が経過していない。これらのことから、河床上昇がそれほど進んでいないためと考えられる。

5. 結論

北海道南部の十勝川流域と北海道東部の常呂川流域で発生した水害・土砂災害の現地調査を実施し、橋梁被害及び破堤氾濫現象に着目して2016年8月に北海道で発生した河川災害の特徴について検討した。北海道は河川周辺の人口密度が低く、河川域を広く確保することができる（右岸と左岸の堤防間距離が長い）。そのため、堤防と堤防を結ぶ長い橋はあまり建設されておらず、河道内の流路部分のみに架橋し、河積を狭めるように堤防から道路が延伸されている

状態の河川が多く存在する。このような河道は、流木の橋梁への集積によって出水時に堤防を越える危険度を高めるとともに、堤外地の道路を越流する流れによって堤防が浸食を受ける危険度が上昇する。また、北海道では、堤防間距離が長いことと降水量が少ないため、河道内の掃流力が上がらず、中・下流域への流出土砂量があまり多くない。そのため、上流からの土砂供給による河道内の河床上昇が非常に遅く、多くの場所で氾濫原の地盤高が河床位よりも高い。その結果、破堤しているにも関わらず洪水が氾濫しなかったり、氾濫しても水が河道に再び戻る現象が発生しやすいと考えられる。

謝 辞

本調査の実施において、北開水工コンサルタント、株式会社パスコから資料をご提供頂いた。ここに記して、関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

和田高宏・竹林洋史・久加朋子・眞間修一・藤田正治・岡本隆明・戸田圭一（2015）：橋梁周辺に発生する迂回流の流れと河岸浸食特性，土木学会論文集 B1（水工学），第 59 巻。

（論文受理日：2017 年 6 月 30 日）