

# 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による被害と鬼怒川の微地形

## Damages caused by Kanto-Tohoku heavy rainfall in September 2015 and Micro-landform of the Kinu River

黒 木 貴 一

品 川 俊 介

Takahito KUROKI

Shunsuke SHINAGAWA

福岡教育大学

土木研究所

(平成29年9月4日受理)

### 要 旨

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による鬼怒川の氾濫で生じた被害の実態を報告するとともに、地形量の特徴から被災地点を絞り込む技術的可能性を検討した。氾濫後、鬼怒川流域で被害実態と地形及び地質の現地調査を行った。また堤内外の微地形を詳細 DEM から区分し地形量に変換した。次に鬼怒川に生じた漏水、破堤、越水の被災地点の地形量の特徴を検討した。この時、地形区分別に地形量に基づく地形縦断曲線を作成した。破堤、溢水、漏水地点に関し、その場所及び背後の地形区分や、堤外の地形区分との定性的な対応関係はともに不明瞭である。水域からの比高でみると、破堤と漏水の起こりやすい場所は、地形縦断曲線の凸部の位置に重なり、また溢水地点の直下流で河床 1 の比高が相対的に高くなる傾向が認められた。河床 1 と低地の比高でみると、溢水の起こりやすい場所は、地形縦断曲線の負値域にあるグラフ凹部に重なることが多かった。これらの地形量の特徴は、被災地点予測の面から洪水ハザードマップに情報付加することで、その高精度化に寄与できると考える。

キーワード：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨、鬼怒川、被害、地形量、地形縦断曲線

### I. はじめに

台風第 18 号や梅雨前線による平成 27 年 9 月関東・東北豪雨では、7 日から 11 日までの総降水量が関東地方で場所により 600 mm を越えた<sup>1)</sup>。中でも茨城県の鬼怒川では、破堤、溢水により 40 km<sup>2</sup> 以上が浸水し、全半壊家屋 5500 棟以上、死者 3 人が出た<sup>2)</sup>。この被害に対し破堤・溢水・漏水地点を中心とする被害状況全般<sup>3), 4)</sup>、浸水範囲と微地形<sup>5), 6)</sup>に関する報告がなされた。中でも茨城大学 (2016)<sup>7)</sup> は、被害に対する多視点からの調査報告が充実している。この浸水被害はハザードマップで予想された範囲に生じたが、一方で破堤や溢水、堤防の漏水に対する危険性の大小はマップに示されていない。また溢水、堤防の漏水に関しては治水地形分類図の情報からは旧河道以外の微地形分布からの予測は難しいと思われ

る。

洪水から氾濫に至る溢水に関しては那珂川<sup>8)</sup>、御笠川<sup>9)</sup>、氾濫後の浸水に関しては大分川<sup>10)</sup>、大淀川<sup>11)</sup>の堤外微地形の地形量との関連性が指摘されている。本研究では、鬼怒川の被害状況の現地調査結果を示し、次に破堤・溢水・漏水地点に関し、河川の微地形との空間関係を明らかにし、氾濫に必要な河川条件を検討した。

### II. 研究方法

#### 1. 研究対象地域と現地調査

鬼怒川は延長約 177 km、流域面積約 1760 km<sup>2</sup>で、栃木県に発し茨城県で利根川に合流する一級河川である<sup>12)</sup>。この鬼怒川に利根川との合流点から上流約 53 km までに対し、250 m 延長で 1.2 km 幅を持つ 210 区間を設定した (図 1)。被



図1 研究対象地域

害の現地調査は、平成27年10月と11月、加えて平成28年3月の3回実施し、研究対象地域内にある破堤・溢水・漏水地点を中心に、地形・地質、堤内外微地形の観察および浸水深の確認を行った。調査対象地域内では、破堤が1地点、溢水が7地点、漏水は20地点が記載されている<sup>13)</sup>。これら被災地点は現地調査のほか、google earthの画像上で土囊による月の輪、釜段および溢水痕跡を確認するとともに、茨城大学による調査結果<sup>12)</sup>を参考に把握した。

なお、破堤は区間87で、溢水は区間103, 105, 135, 166, 168, 182, 189にて、漏水は区間34, 39, 41, 55, 58, 75, 78, 84, 90, 93, 109, 117, 132, 145, 151, 152, 158, 162, 165, 173にて生じた。

## 2. 地形区分

堤内に対し治水地形分類図の凡例の一部を統合して地形区分した。これらは山地、段丘(段丘面、崖(段丘崖)、浅い谷)、低地(山麓堆積地形、氾濫平野の一般面、後背湿地、旧水部)、微高地(微高地、砂州・砂丘)、旧河道(旧河道(明瞭)、旧河道(不明瞭)、落堀)である。一方堤外に対し基盤地図情報の5mDEMによる陰影図から地形区分した。これらは、上位より堤防、河床1(高水敷)、河床2(低水路)、水域である。図2は地形モデルであり、一般的な高低イメージを示す。

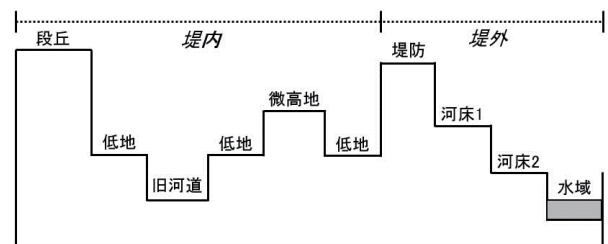


図2 地形モデル

図3は対象地域の地形区分である。鬼怒川は段丘に両岸を限られる谷中を蛇行しつつ南流している。谷中では、鬼怒川の河道変遷を反映する分布及び形状を持つ低地、微高地、旧河道が区分される。鬼怒川が概ね段丘縁にあり、谷中では、河道付近での標高が高まり、谷の中央は地盤高が低い傾向のあることが知られている<sup>14), 15)</sup>。このため鬼怒川がひとたび氾濫すれば谷は広く水没する。

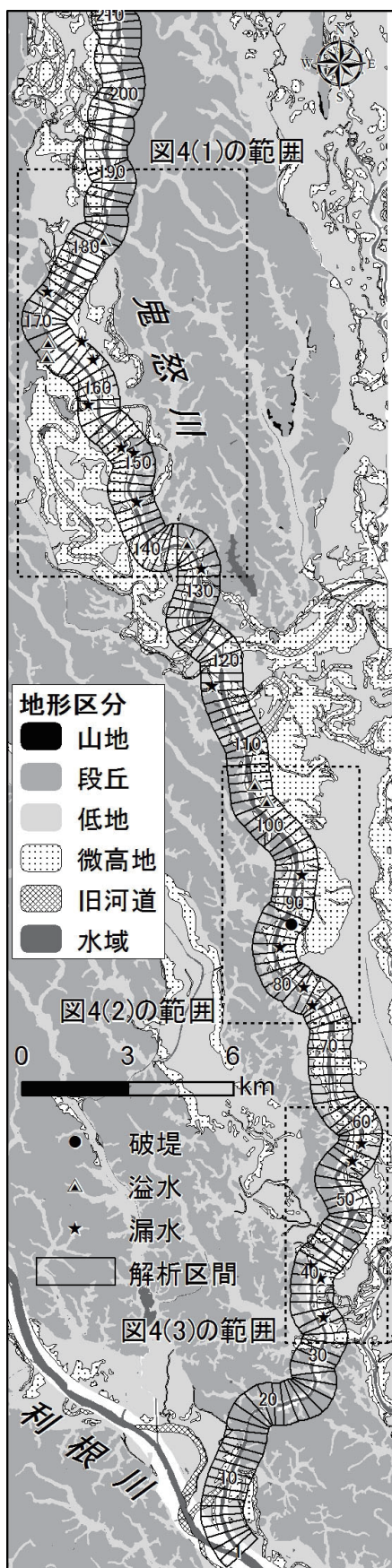


図 3 全体の地形区分

なお治水地形分類図では、堤外の河道と堤内の微高地など微地形との間に、地形区分されない空白域がある。区間 20 と 50 付近で鬼怒川は段丘を横断して不自然であり、これは河道を人為的に変えた可能性を示している。

本研究では、地形区分図に今回の破堤、溢水、漏水地点を重ね、定性的そして定量的な地形区分で被災の可能性を指摘できるかを確認する。

### 3. 標高抽出と被災地点との対比

区間毎に地形別に平均標高を求めた。基盤地図情報にない水域の DEM は、その隣接地形の 1 メッシュ目の DEM の標高値を代用した。次に X 軸を下流から上流に順に付した区間番号とし、Y 軸を各地形の平均標高、比高（水域の平均標高を基準とする）、各地形種間の比高（平均標高の差）とするグラフ（地形縦断曲線）を作成した。グラフ全体の形状の特徴と、破堤、溢水、漏水地点との位置関係を確認し、定量的な地形評価で被災の可能性を指摘できるかを確認する。

## Ⅲ. 被害状況と地形

### 1. 地形分布と被害地点

図 4 (1) は、区間 160 付近の地形区分を示す。被害地点の地形を見る。鬼怒川は、北部では西の段丘縁に沿い、南部では東の段丘縁に沿い流下する。本図内、溢水が区間 135, 166, 168, 182, 189, 漏水が区間 132, 145, 151, 152, 158, 162, 165, 173 にある。谷中で低地と微高地の占める割合でみると、上流部はほぼ均等だが、下流部は微高地の割合が高い。堤外に河床 1 と河床 2 を区分した。河床 2 の幅は変化が少ない。河床 1 の幅に変化が見られ、上流部のより下流側で幅が広い。溢水は、堤内の低地に接する場所に多く生じた。漏水は、堤内の地形が、低地、微高地、段丘の様々な場所に生じた。

図 4 (2) は、区間 90 付近の地形区分を示す。被害地点の地形を見る。鬼怒川は、この範囲で西の段丘縁に沿い流れる。本図内、破堤は区間 87, 溢水は区間 103, 105, 漏水は区間 75, 78, 84, 90, 93 にある。区間 90 を中心に低地を覆うように西から広がる扇形の微高地が特徴である。所々段丘を刻む谷の出口を塞ぐ様に微高地が分布する。微高地の中に、旧河道が区分される。堤外には河床 1 と河床 2 を区分できる。微高地の幅が広い中流部で、河床 1, 2 とともに幅が広い。破堤、溢水、漏水ともに微高地が多い左岸に分布する。破堤、溢水、漏水は旧河道の位置には重ならない

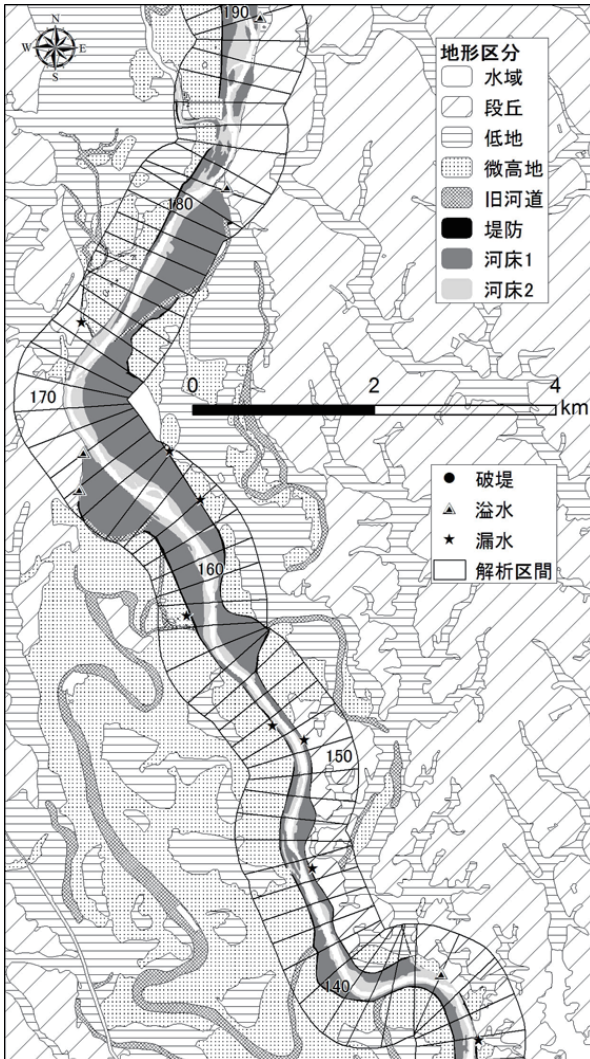


図 4(1) 区間 160 付近の地形区分

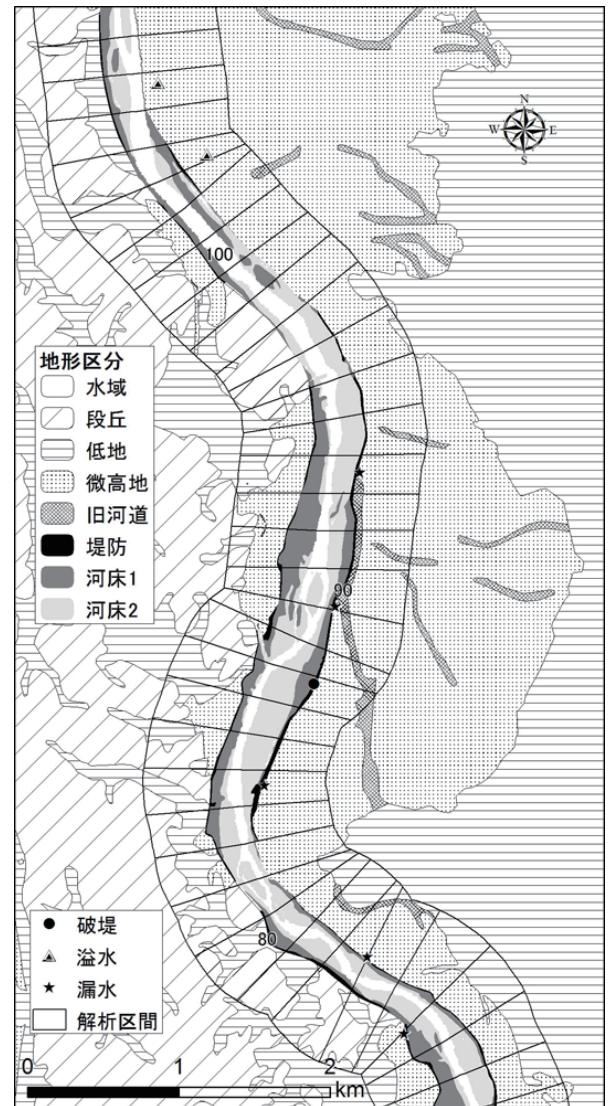


図 4(2) 区間 90 付近の地形区分

が、区間 90 付近ではそれに近い所に漏水地点がある。

図 4 (3) は、区間 50 付近の地形区分を示す。被害地点の地形を見る。鬼怒川は、この範囲で西の段丘縁に沿って流れるが、区間 50 付近で段丘を切って南西に流れる。本図内、破堤、溢水はなく、漏水が区間 34, 39, 41, 55, 58 にある。左岸側に、多く微高地が分布し、その背後には低地が広がる。本図の南部には旧河道が多い。段丘に接して流下する場所以外、鬼怒川には堤防が設置されている。しかし区間 53 と 55 で堤防が見られず、堤外地形は堤内の低地と接続している。堤外に河床 1 と河床 2 を区分できる。河床 2 の幅は変化が少ない。河床 1 の幅には変化があり、下部で幅が広い。漏水は、堤内の微高地に接する場所で生じた。

このように地形区分図で見ると、破堤、溢水、漏水ともに、その場所及び堤内の地形区分との、堤外の地形区分との定性的な対応関係は不明瞭である。また地形区分の旧河道で、破堤が生じやすい<sup>16), 17)</sup> というこれまでの規則性も、今回の被害では一見して当てはまらない。

## 2. 特徴的な区間の状況

写真 1 は区間 133 付近（前河原）の景観である。写真左の鬼怒川から右（東）へ氾濫水は流れた。当該地の地形は段丘である。通常段丘は浸水しないとされるが、農地を覆う網に付着したトラッシュから浸水深はここでは約 1 m だったことがわかる。東側の段丘を刻む浅い谷に侵入した氾濫水は、浅い谷の谷頭部の傾斜変換線を起点とする斜面崩壊を引き起こした。

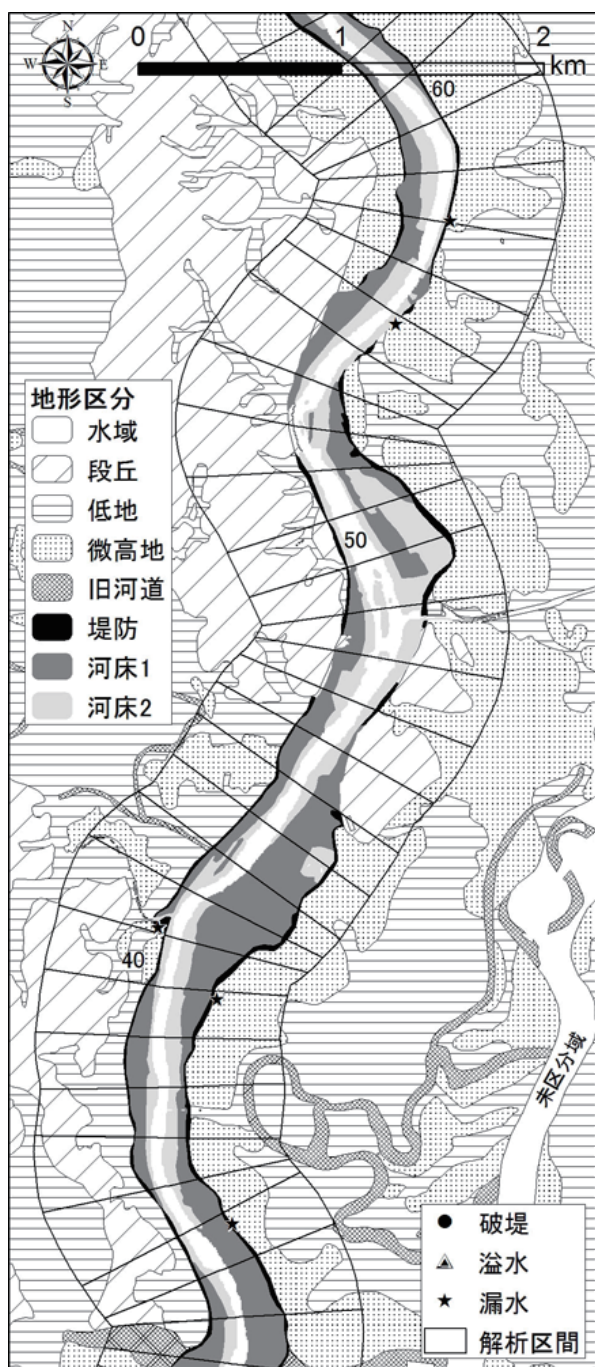


図 4(3) 区間 50 付近の地形区分

写真 2 は区間 106 付近（若宮戸）の景観である。電柱の地上から約 1.9 m 付近に、浸水深を示す汚れを確認できた。太陽光発電施設が造成された河畔砂丘を越流し氾濫水は堤内に流入し、当該施設や集落に大きな被害を出した。厚い場所では太陽光発電施設が厚さ 1 m を越す砂で埋積された。ここでは土嚢を積み上げて堤防を仮復旧していた。

写真 3 は、写真 2 付近の河畔砂丘およびその断



写真 1 区間 133 付近の景観



写真 2 区間 106 付近の景観

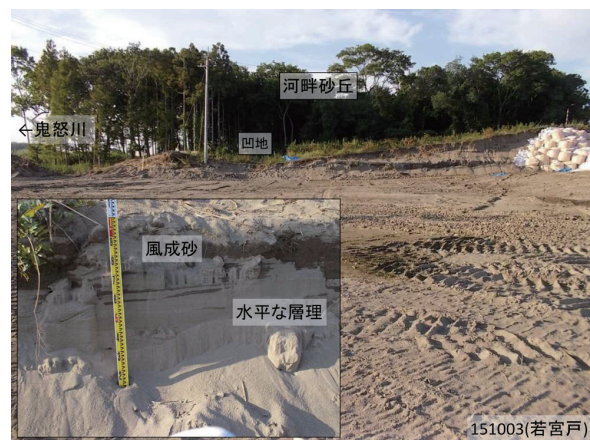


写真 3 写真 2 付近の河畔砂丘およびその断面

面を示す。鬼怒川河畔に数 m の高さを持つ砂丘が、淘汰の良い細粒砂で形成された。断面ではほぼ水平な層理を確認できる。河畔砂丘は、鬼怒川に向かう西側が緩やかで、東側はそれに比べて急傾斜である。撮影位置からは砂丘は 2 列が見える。この河畔砂丘を数 m 削り込んで太陽光発電施設は設置された。

写真 4 は、区間 100 付近（若宮戸）の景観である。鬼怒川の洪水は河畔砂丘を乗り越え、その場所で氾濫水が激しく砂丘を浸食したため、凹部が



写真4 区間100付近の景観



写真6 区間92付近の景観



写真5 区間95付近の景観



写真7 区間88付近の景観

形成され、流出した土砂は下流部で微高地を形成した。凹部では樹木の根茎が露出し、そこに流木などのトラッシュが残されていた。この状況は樹木根茎が河畔砂丘の破壊をある程度防いだことを示す。

写真5は、区間95付近（新石下）の景観である。堤防には、自然堤防の微高地が接している。堤防法の基部付近で漏水し、その際に噴出した砂が薄く広がっている。漏水地点は、破堤を防ぐために土嚢を積んだ釜段で囲われていた。

写真6は、区間92付近（新石下）の景観である。そこは写真5の場所とは異なり、堤防は旧河道に接している。しかし堤防法の基部付近で漏水し、その際に噴出した砂が広がっている。漏水地点は、破堤を防ぐために土嚢を積んだ月の輪で囲われていた。堤防法の基部は約20m間が砂流出の為か、地すべり状に若干凹んでいる。

写真7は、区間88付近（上三坂）の景観である。ここでは堤防に接する自然堤防の微高地に住宅地があった。ここでは破堤し堤内へ氾濫水が激しく流入した。これより堤防近傍では洗堀が生じ、家屋基礎の地盤が流出しての家屋被害や、その背後では土砂堆積による耕地被害などが生じ

た。破堤時の激しい氾濫水は地盤を掘り込んで押堀を形成し、その背後に広く厚く堆積させた。この氾濫水の中でも流出しなかったある住宅メーカーの住宅が報道されたが、写真7中の遠方に見えている。

写真8は、写真7付近で砂に広く覆われた耕地の景観を示す。ここでは50cm以上の砂で埋積された。遠方には土砂ばかりでなく、流された自動車や建物が散在する。この砂による微高地はサンドスプレーと思われる。

写真9は、区間83付近（三坂町）の景観である。堤内は微高地で、堤外には河床1と河床2があり、河床2の中には三日月湖（旧河道）が見える。堤防法の基部付近の複数地点で漏水し、その際に噴出した砂が堤内に広がっている。矢印で水の動きを示した。漏水地点は、破堤を防ぐために月の輪等で囲われていた。なお天端のアスファルト道路は深い轍による凹凸が著しく、堤体地盤が周囲に比べ緩んでいることを示す。

写真10は、区間57付近（中妻町）の景観である。堤防法の基部付近の複数地点で漏水し、その際に噴出した砂が堤内に広がっている。漏水地点は、破堤を防ぐために月の輪等で囲われていた。



写真8 写真7付近の耕地の景観



写真10 区間57付近の景観



写真9 区間83付近の景観



写真11 写真10の天端から見た堤内外の景観

漏水地点付近で堤防法の基部は砂流失により約5m間隔で凹んでいる。このため漏水地点に谷口を向ける谷状地形が複数堤防に直交して配列する独特の形状となった。漏水部の砂を除去し元の地表面を露出させた所、粘土分の多い砂層中に直径約5cmのパイプを充填した中粒砂の班状断面を確認できた。

写真11は、写真10の天端から見た堤内外の景観である。堤外には河床1と2があり、堤内は微高地である。ここでは河床1と天端との比高(2.45m)が、他地点で観察した比高に対し小さかった。また河床1は高水敷とも呼ばれる地形であり、洪水位の目安となるが、堤内の微高地に対し0.6m高かった。

このように鬼怒川の被害調査から、堤防での被害(破堤、溢水、漏水)を確認でき、堤内での家屋・耕地被害、各被害をもたらした結果の微地形変化(河畔砂丘等微高地の侵食、サンドスプレー形成)を区別できた。

#### IV. 地形縦断曲線の特徴

##### 1. 通常の地形縦断曲線

図5は縦軸を平均標高、横軸を解析区間とした

通常の地形縦断曲線である。曲線で示される解析区間内の地形の上下関係は図2のモデルと調和する。最低位が水域で、最高位は段丘である。水域に対し段丘や堤防までの比高は、区間200付近では約30m、区間10付近では約10mであり、下流ほど地形種間の比高は縮小する。曲線形状は、下流ほど各地形とも次第に標高は減少し、その傾斜は緩やかになる。河床1の曲線には区間16, 66, 101, 146, 156, 186付近で標高の急減と急増による凹部がある。河床2の曲線にも程度は小さいが同様の凹部がある。しかし堤内の地形には、このような凹部は認められない。

グラフの解析区間の軸に接して破堤、溢水、漏水地点を矢印で示した。図5では矢印位置の地形縦断曲線に特段の特徴が認められないため、地形の平均標高と破堤、溢水、漏水地点との間には明瞭な傾向はないと思われる。

##### 2. 水域からの比高の地形縦断曲線

図6は縦軸を水域からの比高、横軸を解析区間とした地形縦断曲線である。図6は堤内で離水済となる段丘と堤防、分布が区間を通じて連続的ではない微高地と旧河道を除外した。また堤内地

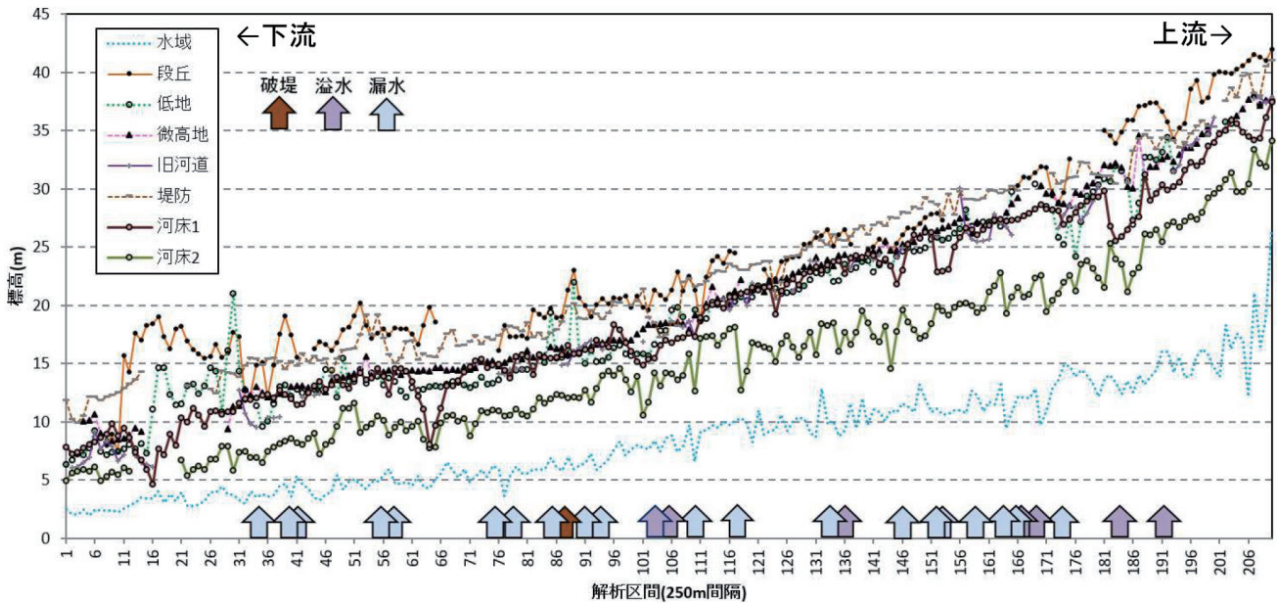


図5 通常の地形縦断曲線

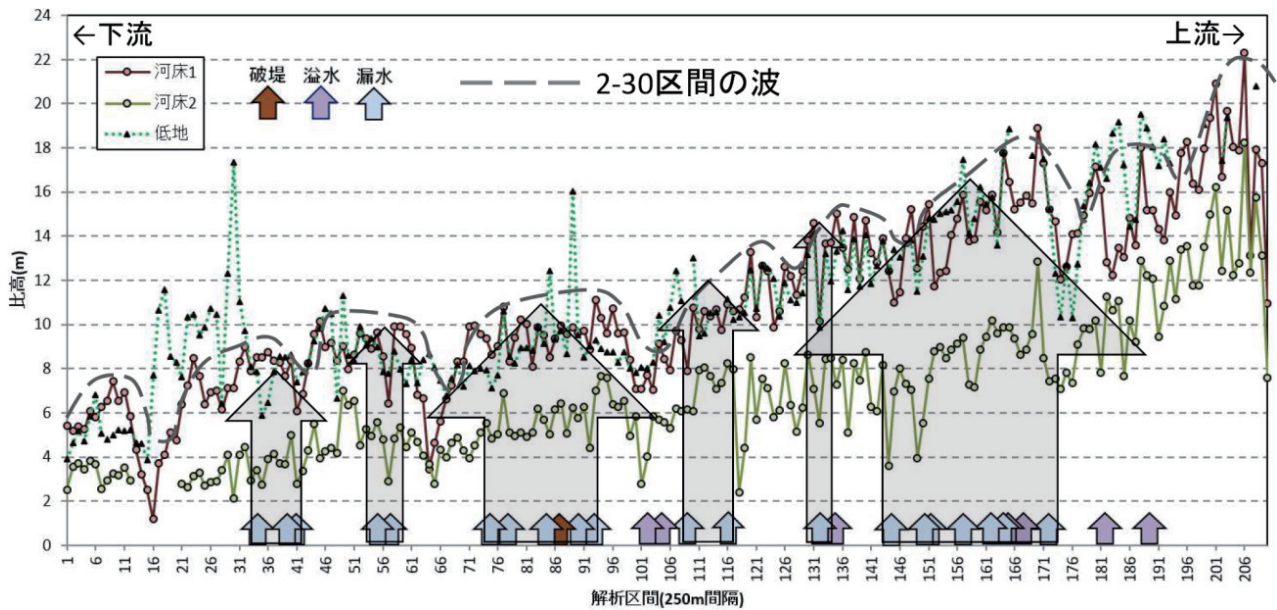


図6 水域からの比高の地形縦断曲線

形のうち低地の曲線形状が堤外地形のものによく似ているため、図6では河床1、河床2、低地を示した。3地形の比高は、区間200付近では約15m、区間10付近では約5mであり、下流ほど縮小する。ただ各地形の曲線には数区間で作られる凹凸が多くある。最低位は河床2だが最高位は低地か河床1かは判然としない。また曲線をより長い区間で平均的に見ると約20-30区間の波長をもつ凸部がいくつか識別できる。特に河床1の凸部は他の2者より鮮明である。凸部の境界は通常

の地形縦断曲線で読めた凹部の区間付近にある。これより、曲線にある河床1の凹部極値付近を目安に、曲線の凸部は、区間16下流、区間16～41、区間41～66、区間66～101、区間101～151、区間151～176、区間176上流に区分できる。

グラフの解析区間の軸に接して破堤、溢水、漏水地点を矢印で示した。図6では、破堤と漏水地点は、溢水地点と分布がずれている。前者の集中域を束ねて曲線と比べると、破堤と漏水地点はそ



の凸部に集中することが分かる。一方、溢水地点は曲線の凹部にも凸部にも重なるように見えるが、少し細かく見れば、溢水地点の直下流は河床 1 の比高が相対的に高まるように見える。これは下流で洪水深が浅くなることで洪水流速が低減し、水面が盛り上がり溢水しやすくなる一因となっていた可能性を示す。

ここで河床 1 が低地に対して高まる地形モデルを図 7 に示す。図 7 の時、砂質の自然堤防構成層の透水性が高いこと、当該層が地下では堤防内外で連続すること、そして、洪水時に低地に対して水位が高まる結果、水圧が高まりパイプを形成し漏水しやすく、著しいと破堤に直結する。こう考えれば、今回、砂主体の微高地に設置された堤防でも漏水しやすかったことを説明できる。しかし今後は漏水や破堤地点の地質調査を重ね、本仮説を確認する必要がある。

まとめれば、水域からの比高でみると、破堤と漏水の起こりやすい場所は、地形縦断曲線の凸部の位置に重なる。また、溢水地点の直下流は相対

的に河床 1 の比高が高くなる傾向のあることが分かった。

### 3. 各地形種間の比高の地形縦断曲線

図 8 は縦軸を河床 1 と低地、堤防と河床 1、堤防と低地の比高、横軸を解析区間とした地形縦断曲線である。比高は堤防と河床 1、堤防と低地が正值側で、河床 1 と低地の曲線は 0 を中心に値がばらつく。各地形間の比高の曲線は数区間で構成される凹凸が多いが、図 6 に現れたような約 20-30 区間の波長をもつ凸部は現れない。

グラフの解析区間の平面に接して破堤、溢水、漏水地点を矢印で示した。特に河床 1 と低地の比高に注目すると、溢水地点は差が負値側にある曲線の凹部によく一致した。また堤防と低地の比高が大きいことは、洪水時の漏水の一因とされるので、堤防と低地の比高と、漏水地点との対比を試みたが、特段の関係は見いだされなかった。

ここで低地に対し河床 1 が低まる地形モデルを図 9 に示す。溢流地点が段丘に近接する点 (図 2)

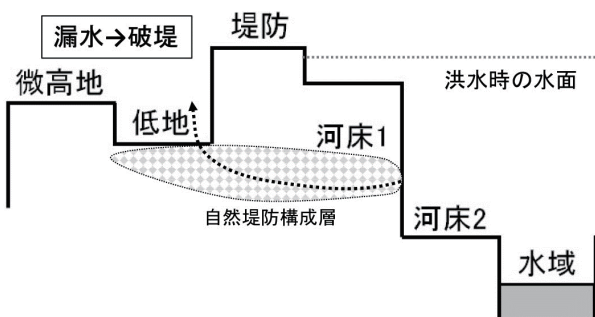


図 7 河床 1 が低地に対して高まる地形モデル

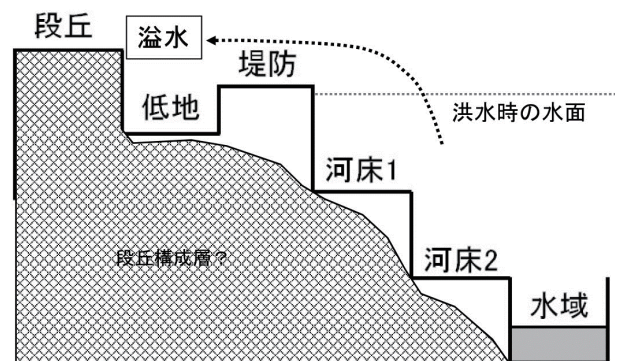


図 9 低地に対し河床 1 が低まる地形モデル

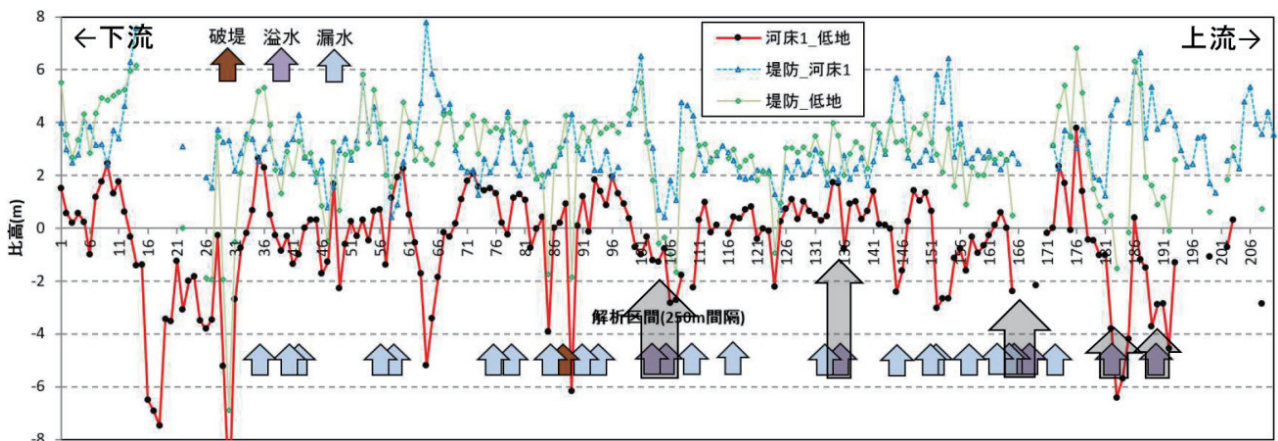


図 8 各地形種間の比高の地形縦断曲線

から、相対的に透水性の低い段丘構成層が浅い位置にあることと溢流との間に何らかの関連性が疑われるが、現地調査と地形量解析からはこれ以上の検討は難しい。今後、地質情報も加味し、溢流と地形量特徴との関連を検討する必要がある。

まとめれば、河床1と低地の比高で見ると、溢水の起こりやすい場所は、縦断曲線の負値側にあるグラフ凹部に多いことが分かった。

## V. まとめ

鬼怒川の下流域を対象に5mDEMから微地形の地形区分を行い、その標高を分析し、破堤、溢水、漏水地点の地形的な特徴を分析した。その結果以下のことが分かった。

- 1) 破堤、溢水、漏水地点に関し、その場所及び背後の地形区分との、堤外の地形区分との定性的な対応関係はともに不明瞭である。
- 2) 被害調査から、堤防での被害（破堤、溢水、漏水）を確認でき、堤内での家屋・耕地被害、各被害をもたらした結果のサンドスプレー形成等の微地形変化を確認できた。
- 3) 水域からの比高で見ると、破堤と漏水の起こりやすい場所は、地形縦断曲線の凸部の位置に空間的に重なる。また、溢水地点の直下流は相対的に河床1の比高が高くなる傾向がある。
- 4) 河床1と低地との比高で見ると、溢水の起こりやすい場所は、地形縦断曲線の負値側にあるグラフ凹部に空間的に重なることが多い。
- 5) 3)と4)で得た情報は、被災地点予測の面から洪水ハザードマップに付加することで、その高精度化に寄与できると考える。

漏水（破堤）が生じやすい水面と河床1との比高が増す場所には、河床1の比高が周期的に高まる何らかの河川条件がある。そのような条件地に治水対策では低地地下で連続する砂層を跨ぐ堤防設置が進められたことが推定される。また河床1より低地が高く溢水しやすい場所は、水位は高まるが河床1は発達しにくい何らかの河川条件があると思われる。今後、各予想に対し旧版地形図や空中写真による土地条件変化の確認に加え、地質的な特性検討が必要と考える。

## 謝辞

本研究では、平成27年度科学研究費補助金（基盤研究（B））：課題番号15H02959「ハザードマップにおける災害予測および避難情報伝達の機能向上に資する地理学的研究」（研究代表者 鈴木康弘）を利用した。また現地調査時に元国土地

理院の赤桐毅様に便宜を図っていただいた。ここに記して謝意を表します。本報告は、日本地理学会の2016年秋季学術大会<sup>18)</sup>と日本応用地質学会平成28年度研究発表会<sup>19)</sup>で発表した内容を統合し、若干加筆修正した。

## 参考文献

- 1) 気象庁（2015）：平成27年9月9日から11日に関東地方及び東北地方で発生した豪雨の命名について。 [http://www.jma.go.jp/jma/press/1509/18f/20150918\\_gouumeimei\\_sanko.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/press/1509/18f/20150918_gouumeimei_sanko.pdf)（2016年4月11日閲覧）
- 2) 水害時の避難・応急対策検討ワーキンググループ（2016）：水害時の避難・応急対策の今後の在り方について（報告）。 <http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigaiworking/pdf/suigai/honbun.pdf>（2016年4月11日閲覧）
- 3) 小荒井衛（2016）：鬼怒川水害の現地調査報告。2016年春季学術大会日本地理学会発表要旨集，89，p167。
- 4) 山本晴彦・野村和輝・坂本京子・渡邊薫乃・原田陽子（2015）：2015年9月10日に茨城県常総市で発生した洪水災害の特徴。自然災害科学，34-3，171-187。
- 5) 青山雅史（2016）：浸水痕跡から推定した2015年関東・東北豪雨鬼怒川氾濫による茨城県常総市の浸水深分布。2016年春季学術大会日本地理学会発表要旨集，89，p289。
- 6) 中埜貴元（2016）：平成27年9月関東・東北豪雨における鬼怒川周辺の浸水範囲と地形との関係—下妻市前河原地区周辺の事例。2016年春季学術大会日本地理学会発表要旨集，89，p290。
- 7) 茨城大学（2016）：茨城大学平成27年関東・東北豪雨調査団成果報告書。p45。 [http://www.ibaraki.ac.jp/common/pdf/generalinfo/completereport\\_2016\\_910suigai.pdf](http://www.ibaraki.ac.jp/common/pdf/generalinfo/completereport_2016_910suigai.pdf)（2017年7月13日閲覧）
- 8) 黒木貴一・磯望・後藤健介・黒田圭介・宗建郎（2012）：那珂川中流域におけるレーザーデータを用いた地域区分と洪水被害。福岡教育大学紀要，61-2，13-23。
- 9) 黒木貴一・磯望・宗建郎・後藤健介・黒田圭介（2012）：基盤地図情報の5mDEMによる御笠川の氾濫の地形条件分析。第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集，141-146。
- 10) 黒木貴一・黒田圭介・磯望・宗建郎・後藤

- 健介 (2015) : 大分川中下流の 5mDEM による地形縦断曲線の特徴. 福岡教育大学紀要, 64-2, 35-46.
- 11) 黒木貴一・磯望・黒田圭介・宗建郎・後藤健介 (2015) : 大淀川下流の地形縦断曲線から見た浸水の地形条件. 応用地質, 55-6, 307-316.
- 12) 下館河川事務所ホームページ: 鬼怒川・小貝川を知る. [http://www.ktr.mlit.go.jp/shimodate/shimodate\\_index003.html](http://www.ktr.mlit.go.jp/shimodate/shimodate_index003.html) (2016 年 4 月 19 日閲覧)
- 13) 国土交通省 関東地方整備局 (2016) : 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」に係る洪水被害及び復旧状況等について. [http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000638258.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000638258.pdf) (2017 年 7 月 28 日閲覧)
- 14) 池田宏・小野有五・佐倉保夫・増田富士雄・松本栄次 (1977) : 筑波台地周辺低地の地形発達—鬼怒川の流路変更と霞ヶ浦の成因—. 筑波の環境研究, 2, 104-113.
- 15) 松本至巨・池田宏 (1996) : 台地に沿う鬼怒川・小貝川中流の地形発達. 筑波大大学水理実験センター報告, 21, 51-59.
- 16) 黒木貴一 (1994) : キャサリン台風による洪水被害と土地条件の関係. 地理調査部研究報告, 11, 59-70.
- 17) 品川俊介 (2008) : 河川堤防周辺の地形と堤防被災との関係—河川堤防の概略点検結果から分かること—. 土木技術資料, 50-12, 43-44.
- 18) 黒木貴一・品川俊介 (2016) : 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による鬼怒川の被害と地形量. 2016 年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 90, p180.
- 19) 黒木貴一・品川俊介 (2016) : 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨災害と鬼怒川の河川条件. 日本応用地質学会平成 28 年度研究発表会講演論文集, 55-56.

