

2015年9月鬼怒川水害の要因に関する考察

土屋 十圀¹

A study on the causes of the flood disaster along the Kinugawa River in September 2015

Mitsukuni TSUCHIYA¹

Abstract

Typhoon No. 18, which brought torrential rains and storms to the Kanto and Tohoku regions of Japan, caused flooding and damage on an unexpected scale on September 10, 2015. A 200 m section of the levee along the Kinugawa River in the Misaka District of Joso City collapsed. Overtopping of the levee occurred at another seven sites and extensive inundation was experienced at an upstream section with no levee in Wakamiyato. In total, 40 km² of land in and around Joso City was inundated, and approximately 4,400 and 6,600 houses were flooded above and below their floor, respectively. This flooding disaster occurred in response to an area average rainfall of 501 mm over a three-day period, breaking the previous three-day-high record of 421 mm.

We focused on the river reach extending from 21 to 27 km at the confluence with the Tone River, where the levee failure occurred and much of the flooding was concentrated. Rather than simply attributing the flooding to unprecedented stormy weather, we examined the longitudinal characteristics of the river channel and the tractive force during flooding at this and other sites. We also carried out a literature to examine the roles of sand bar formation and tree growth in river management, as these are integral components affecting river structure. The literature search revealed that the Kamaniwa shortcut channel, which is located above the areas that experienced inundation and levee failure, was constructed between 1928 and 1935. We examined the role of shortcut channel as a flood mitigation measure in the literature. Future research will clarify the technical challenges facing future river management in this river basin.

キーワード：2015年9月台風18号，河川縦断構造，掃流力，砂州と樹林，鎌庭捷水路

Key words：Typhoon No. 18 in September 2015, longitudinal river structure, tractive force, sand-bars and trees, Kamaniwa shortcut channel

¹ 現・中央大学理工学研究所 前橋工科大学名誉教授
Institute of Science and Engineering, Chuo University
Professor Emeritus, Maebashi Institute of Technology

1. はじめに

2015年9月10日、台風18号による関東・東北豪雨災害は予測を超えた河川災害となった。特に、茨城、栃木、福島、宮城等の19河川の堤防が決壊し、67河川で浸水などの被害が多数発生した。中でも、鬼怒川では常総市三坂地区で、堤防の溢水から始まり最後には幅約200 m堤防が決壊した。上流の若宮戸の無堤防区間など7箇所では溢水が発生し、常総市を中心に洪水氾濫面積が約40 km²に及び、床上浸水約4400戸、床下浸水約6600戸の被害となった¹⁾。

以降、本論文では「2015年鬼怒川水害」と呼ぶこととする。決壊した堤防高は3～4 m、堤防天端幅が約4 mであった。国は「10年に1度の洪水に対応するには高さ、幅が足りない規模だった。」「昨年度から用地買収を進めて増強に向けて動き始めていたが、間に合わなかった。」と新聞は報道している²⁾。その後、国土交通省関東地方整備局はホームページ上で「10年に1回」とは、治水対策を実施する区間の優先順位を考える上での指標であり、10年に1回程度の洪水も流せない区間を優先して、原則下流から順次整備を行っている」と補足説明を行った。この「2015年鬼怒川水害」を招いた気象は鬼怒川の流域平均3日雨量で501 mmを記録し、これまでの既往最大流域平均雨量を更新した³⁾。したがって、下流の水海道水位観測は1936年以降、中流の平方地点は1950年以降、ともに過去最大の水位を記録し、計画高水位を超過した³⁾。

本研究では、水害の要因を記録的な豪雨による洪水氾濫だけではなく、溢水が集中的に発生した下流の21 k～27 kの河川縦断箇所と河道構造に着目して、洪水時の主要な個所の掃流力の検討を試みた。また、河川構造と不可分である河道の砂州と樹林化という観点からも文献による考察を行った。更に、若宮戸が無堤防区間とはいえ、この直上に1928年～1935年に鎌庭捷水路が設置されているが、この影響に関して過去の文献⁴⁾から考察を加えることとした。最後に、今後の河川管理のための技術的課題を明らかにすることを目標としている。図1に鬼怒川流域図を示し、決壊箇所、

主要な溢水箇所、および河川水位観測所を示した。なお、2015年鬼怒川水害の調査として2015年9月12～13日ヘリコプターによる上空からの調査と現地踏査を行った。

2. 河川災害をもたらした気象現象

2015年9月9日、台風18号が午前10時に愛知県知多半島に上陸し、午後2時に日本海に進み、午後9時に温帯低気圧に変わった。しかし、近畿から東北に発達した雨雲は台風17号の影響も受け、湿った気流が南からと東側から関東平野に集中的に流れ込み、発達した積乱雲の帯(線状降水帯)が西から東に移動しながら13時間停滞した。降り始めからの雨量は静岡県浜松で380ミリを超え、観測史上1位となり、神奈川県箱根は約400ミリと平年の9月一ヶ月分に匹敵した⁵⁾。9月10日には栃木県と茨城県に大雨特別警報が発令され、降り始めからの雨量は栃木県日光市今市などで600ミリを超え、茨城県古河市で約300ミリとこれまでに経験したことのない大雨となった。茨城県常総市で鬼怒川の堤防が12:50頃決壊し、住宅地などの浸水域は40 km²に達した。福島では会津を中心に50年に一度の大雨となり、都心も270ミリを超えた激しい豪雨となった⁵⁾。鬼怒川流域の4日間累積雨量分布を示す(図2)。

3. 被害状況

豪雨による全国の被害は、2015年9月25日総務省消防庁資料⁶⁾によれば、死者8人、行方不明者0人、全壊24棟、半壊12棟、床上浸水7,348棟となった。消防庁が事例別被害を公表している。1999～2014年の16年間で、死者・行方不明者を生じた豪雨災害は62事例あるが、死者・行方不明者数8人は26位である。しかし、常総市では人命被害は死亡2名、重症3名、中等症21名、軽症20名となり、住家被害は全壊53、大規模半壊1,575、半壊3,475、床上浸水148、床下浸水3,072の甚大な災害となった⁷⁾。堤防決壊が昼間であったことが人命被害を少なくしただけであり、夜間なら更に被害が拡大したのと考えられる。水田地帯であり収穫を前に農産物の被害が大きかった。また、

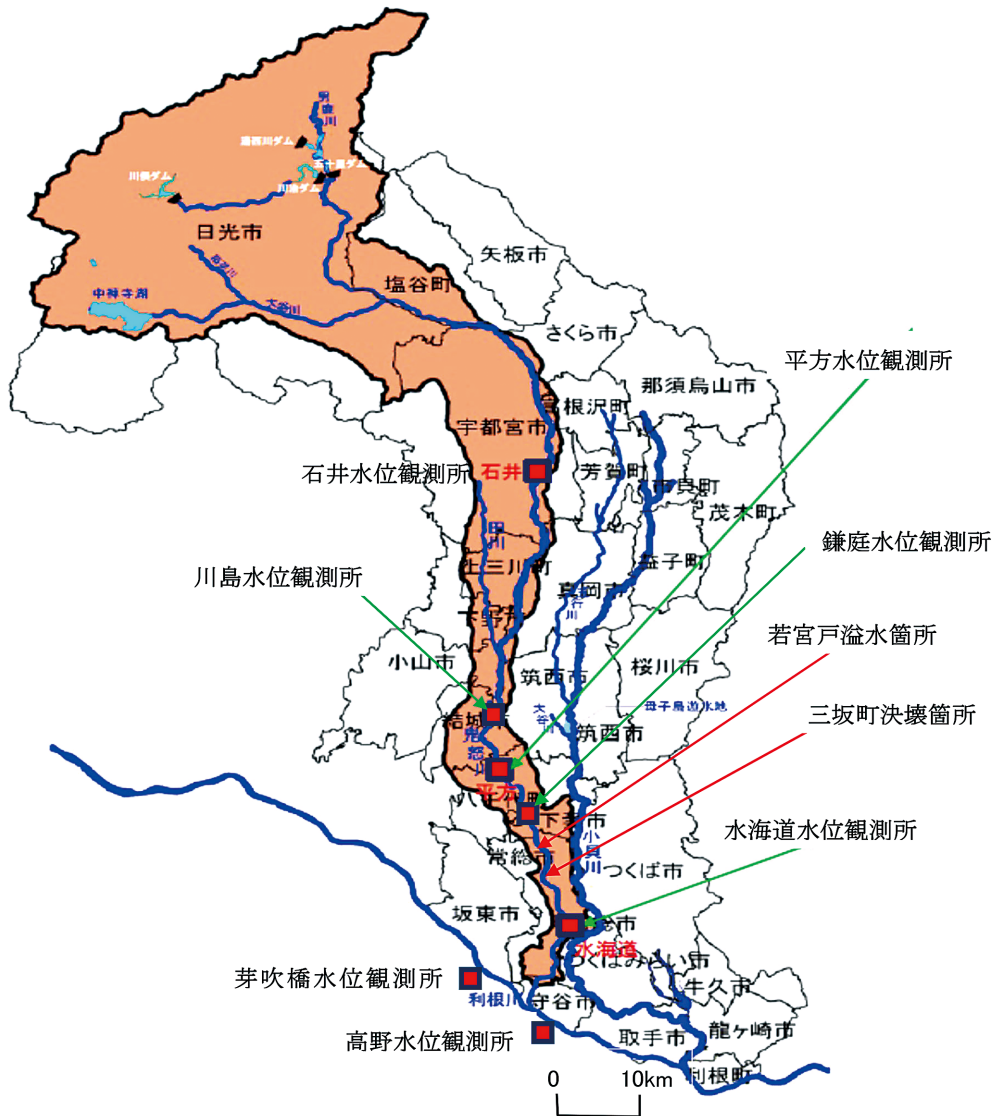


図1 鬼怒川流域図(決壊箇所, 主要な溢水箇所, および河川水位観測所を示す。国土交通省下館河川事務所資料に加筆し作成)

災害本部のある市役所が浸水し、バックアップ機能が一時機能せず、かつ防災無線情報の適切な指示がなされなかったこと。ハザードマップが生かされなかったことなど緊急防災時の在り方に問題を投げかけた。

4. 鬼怒川の治水対策の現状

鬼怒川治水計画⁸⁾は、宇都宮市の石井地点(利

根川合流より75 km)において基本高水のピーク流量：8,800 m³/s、計画高水流量：5,400 m³/s、および利根川合流直前の水海道地点では5,000 m³/sとなっている。しかし、図3のように宇都宮市街を流れる支川の田川の計画高水流量600 m³/sが流入することになっているが、河道の低減効果を見込み水海道の計画高水流量は6,000 m³/sではなく、1000 m³/s少ない。「2015年鬼怒

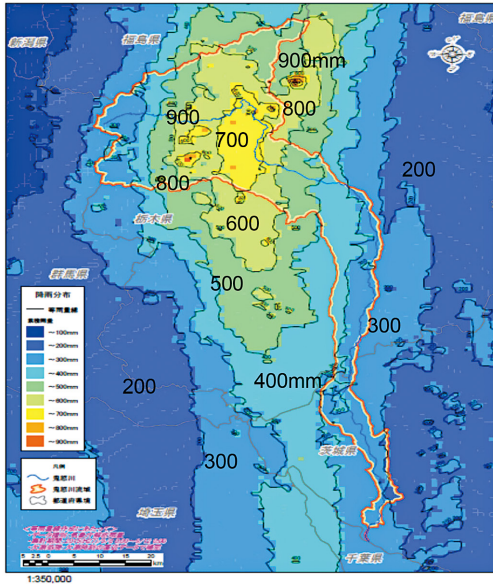


図2 鬼怒川全流域の4日間累積雨量分布(累積平均雨量:410mm, 9月8日0:00~9月12日0:00, 黄色ラインは流域界, 解析雨量データより作成)

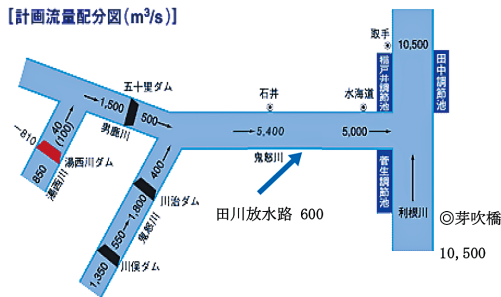


図3 鬼怒川の計画流量配分図(湯西川ダム・工事事務所ホームページ資料に加筆)

川水害」の洪水量は、水海道地点は約4,000 m³/sと国は公表している³⁾。今回の洪水氾濫では下流部の河道の低減効果を検証する必要がある。

この治水計画は利根川水系の支川として確率流量1/100と既往最大流量のいずれか大きい方を採用している。確率雨量は石井地点では昭和11年(1936)~平成14年(2002)までの67年間の年最大の流域平均3日間雨量から確率1/100降雨量361.7 mm/3日を算定している⁸⁾。しかし、今回の豪雨

は鬼怒川の石井地点(基準地点)より上流域の流域平均雨量は501 mm/3日であり、同流域の既往最大流域平均雨量421 mm/3日を上回る過去最多雨量であった。

また、治水対策の課題としては、過去にも中流部においては中小洪水でも河岸侵食が発生していることである。堤防の整備状況は、川島地点の中流部までは概ね断面を満足しているものの、下流部においては満足していない区間が多く存在する⁹⁾。また、築後50年以上経過した樋管が多く、老朽化対策が必要とされていた⁹⁾。

5. 河川管理上の課題

5.1 河道の整備状況と決壊・溢水

鬼怒川の堤防整備状況(平成22年度末)は計画断面堤防約83.2 km(約48%)、暫定・暫々定の堤防は夫々約71.3 km(約42%)、約16.8 km(約10%)の現状である。堤防のボーリング調査に基づく浸透に対する安全性評価の結果では、堤防必要区間のうち約25%にあたる49 kmの区間で浸透に対する安全性が確保されておらず浸透対策が必要であり、長い延長を有する鬼怒川の堤防の安全性を維持、管理するために確実に効率的な管理が必要であるとしている¹⁰⁾。しかし、2015年鬼怒川水害では三坂町などの決壊箇所以外でもパイピング現象が見られた。堤防の整備状況は、上流部は、概ね断面を満足しているものの、下流部は満足していない区間が多く、無堤区間も存在したままであった¹⁰⁾。

そこで、当該事務所の河川維持管理計画の報告書で言及している内容を参考に、鬼怒川の河川構造の視点から既往文献資料をもとに検討を行った。国土交通省の発表では決壊1箇所、溢水7箇所である。図4は溢水・決壊した箇所を河川縦断面図に示したものである。この溢水箇所は川島地点46kより下流に集中し、特に決壊・溢水規模の大きい箇所は21k~27kに集中している。このうち、大規模な氾濫箇所は、溢水後決壊した左岸三坂地点21kと無堤防区間で溢水した若宮戸左岸24.75k、25.35kである。この3箇所は鎌庭地点27kより下流にあたり平均河床勾配では約1/2500の緩

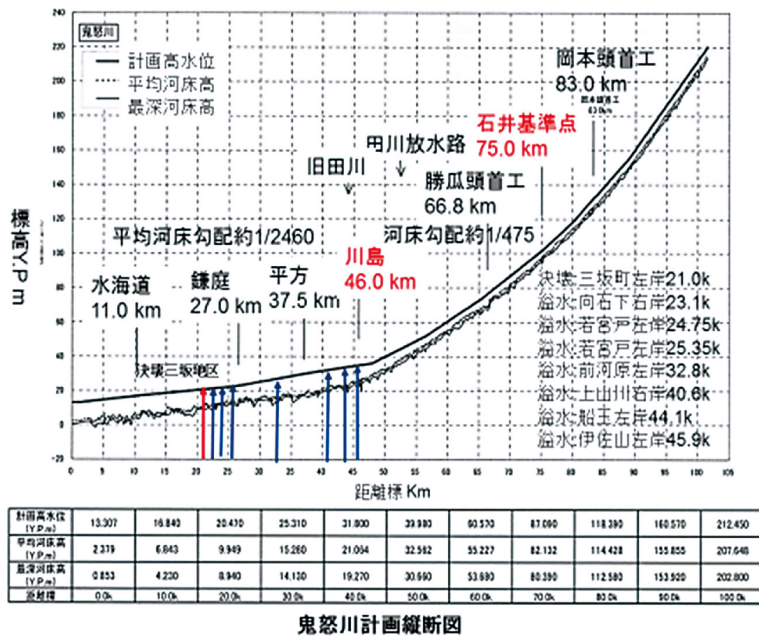


図 4 鬼怒川の計画縦断と決壊・溢水箇所 (赤色矢印は決壊, 青色矢印は溢水箇所, 既往資料⁹⁾に加筆

勾配区間である。これに対して、川島より上流は、河川幅が約800 mと2倍に広がり、石井基準点までの平均河床勾配は約1/450で急こう配となっている。

5.2 砂州形成と樹林

鬼怒川では河道内樹木が、堤防上からの巡視の際に水面が確認できないほど繁茂し、河川区域内に民有地(28.1%)が多く、ゴミの不法投棄の温床となっている。繁茂する樹木は洪水の疎通能力の障害ともなっている¹⁰⁾。写真1, 2は堤防決壊現場の左岸下流に広がる砂州と樹林である。また、大沼らは鬼怒川の河道地形および植生の変遷に関する調査¹¹⁾を行い、「地形については平水位の水面下では深いところが多くなり、陸域では平水位に対する比高が高くなる傾向がみられる。これは砂州が堆積傾向にあるだけでなく、平水位の低下、即ち滞筋の河床低下が進んでいる」と指摘している。更に、「地被については水域や裸地が減少し、草地や樹林は増加傾向がみられる」としている。この研究では20.5 k ~ 26 k の区間について

昭和39年から平成20年まで10回にわたり河川横断形状の変遷を明らかにしている。その一部の20.5 kの横断形状を図5に引用して示した。この横断形状は三坂地区の決壊箇所左岸下流の大規模な砂州である。右岸側の淵の部分は昭和44年から平成20年の約40年間に約4 m河床低下している。一方、河道中央部の河床は一段、二段と階段状になり、堆砂が進んでいることがわかる。この箇所は写真1, 2のように砂州の形成の上に樹林が繁茂している。

このような蛇行部での砂州は長期にわたる堆砂により固定化が進んだと考えられる。これを促進しているのは右岸側の淵の経年的な洗掘・侵食によるものと推察することができる。後述する1935年に設置した鎌庭捷水路建設後の水理調査を行った安芸咬一は蛇行河川の流れの彎曲部、凸岸部による二次流の影響を強く指摘している⁴⁾。なお、鬼怒川のセグメント2-2(16.5 km, 32.0 km)では、高水敷が畑地に利用され、メダケ、タチヤナギなどがみられる。河道内の樹林対策は全国的傾向であり砂州・高水敷に占める樹林面積は1970年代初



写真1 鬼怒川・常総きぬ大橋上流左岸の砂州と樹林（右遠方は堤防決壊箇所，2015.9.13執筆撮影）



写真2 三坂町堤防決壊箇所の左岸下流に広がる砂州と樹林（ブルー鎖線は図5の横断面20.5k付近，2015.9.12執筆撮影）

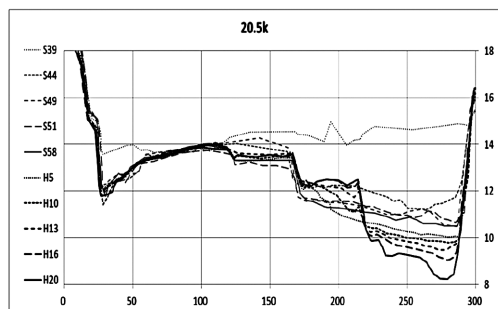


図5 20.5kの河川横断形状の変化（昭和39年～平成20年）（横軸：横断距離（m），縦軸：標高（m），大沼らの論文¹¹⁾から引用）

頭には約10%，1990年代以降約20%を超えている¹²⁾。全国的に、河道の樹林は柳，ハリエンジュ，マダケ林が多いことが指摘されている。

5.3 河床変動

一方、鬼怒川は昭和39年，同55年，平成13年に河床変動調査が行われ，河岸侵食，河床低下が激しく，その影響は下流から100 kmの区間にわたっている。その結果，全川で2～3 m低下している¹⁰⁾（図6参照）。しかし，蛇行区間などには瀬と淵が形成され彎曲の水裏部では堆砂が促進され，広大な砂州が形成されている（写真1，2）。そこに実生の定着と発芽，樹林化がさらなる堆砂を作り出していると考えられる。図6の石下床止下流の三坂地区21kが決壊場所である。この前後に設置されている床止である上流の鎌庭，下流の三妻も洗掘低下した状態となっている。この調査報告書¹⁰⁾によれば「平均河床高は，低水路部とみなされる幅における平均河床であり年度により異なる（当該年度の河道形状に1300 m³/s時の水面幅以下の平均河床高）」としている。したがって，この河床変動調査は河道の流水部のみ調査であり堆砂し，陸化している堤外地は除外されている。図7は堤防決壊箇所，三坂地区21.0kの河床変化である。黒色は昭和30年，太赤色は昭和53年，青色は平成5年，細い赤色は平成17年である。低水位の流水部にあたる中央から右岸寄りには経年的に鉛直方向に深掘れしていることがわかる。最深部河床では50年間に約4.5 m以上洗掘されている。一方，河道中央部は昭和30年から平成17年までに2～3 m洗掘され河床は低下している。これに対して500 m下流の断面20.5kでは堆砂が進んで，砂州が発達していることが明瞭であり，決壊箇所と対照的である。

5.4 河道特性とセグメント

鬼怒川のセグメント区分の調査では図8のように河川縦断形とセグメント区分を以下のように明らかにしている¹³⁾。河川の縦断形は，ほぼ同一勾配を持ついくつかの区間に分けることができる。このような河床勾配がほぼ同一である区間は河床

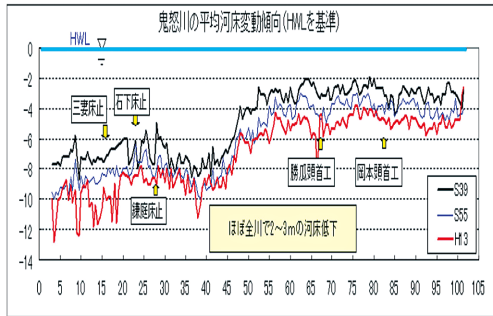


図6 鬼怒川の平均河床変動傾向 (横軸: (km), 縦軸: HWLを基準 (m), 国土交通省資料¹⁰⁾より引用)

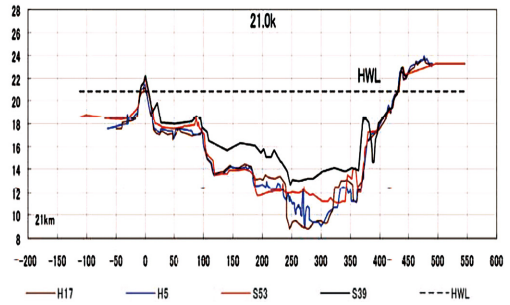


図7 鬼怒川三坂地区21.0 kの河床変化 (昭和30年-平成17年) (横軸: 横断距離 (m), 縦軸: 標高 (Y.P.m), (財) 河川環境管理財団資料¹³⁾より引用)

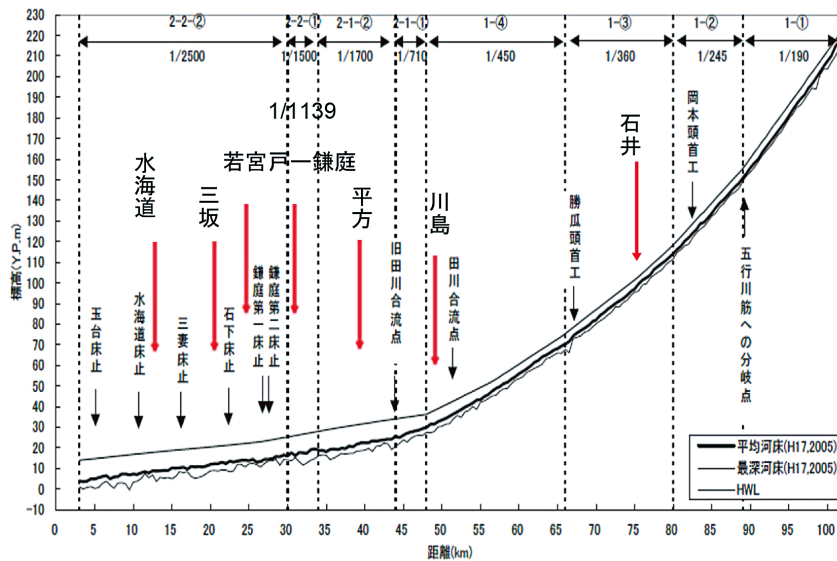


図8 鬼怒川の河床高縦断面図と水位計位置 (赤矢印: 水位計, ただし, 若宮戸, 三坂は溢水・決壊箇所, 横軸: 距離標 (km), 縦軸: 標高 (Y.P.m) 平成17年度国土交通省資料¹³⁾に加筆)

材料や河道の種々の特性が似ており、河道を分節化して河道の特徴を記述していることがわかる。この調査では、セグメント2-1の区間は、砂利川から砂川に変わる遷移区間であり、河床材料が中砂と4 cm程度の砂利からなるとしている。また、自然状態では蛇曲する河道であり、旧流路跡は蛇行度の大きい河道であったとしている。更に、セグメント2-2の区間(7.2~0 km 区間を除く)は、この流路の形成から1000年程度の時間しか経過し

ていないとしている。1960年代以前は砂川であり、大局的な河床勾配はほぼ一定であったが、現在は河床低下により洪積層や沖積粘性土が河床に露出する区間が大部分となっている。

河床砂礫粒径は代表粒径0.05 cm に対する摩擦速度の2乗 u_*^2 の値は日本の他の河川より大きな値となっていると明らかにしている。したがって、現河道は砂川と言えず、粘性土の穿入河道になりつつあると考察している¹³⁾。沖積粘性土が露出し

た区間は、河床に溝状水路が形成され、掘残されたところは平坦面を形成し、草本類が進入し浮遊物質が堆積し始めている。河道として過渡期にある状態である。

以上の所見から、洪水時に掃流力がより上流に比べて低減するので河床材料が分級し小さくなり、また、下流に向けて土砂輸送能力が減少するので堆積しやすい河川縦断構造といえる。

5.5 無堤防区間の溢水

国の鬼怒川河川維持管理計画¹⁰⁾では、堤防によって背後地を守る区間は、田川放水路区間を含む下流から101.5 kmをA区間としている。この区間は民有地(28.1%)の無堤防区間を含むものである。この無堤防区間で氾濫した箇所を写真3に示す³⁾。上流から見て左岸の樹林が無堤防の民有地である。

ここは、河畔砂丘(自然堤防)の微高地であり、堤内地は樹林河岸近くまで事業者による太陽光パネルが設置されていた。自然堤防は前後の堤防より低いため住民・市の要望から事業者と協議し、国が平成26年7月、大型土嚢を積み上げていた。しかし、これらは洪水によって一部を残し跡形もなく流失した。溢水した河岸の法面は笹竹の根茎が絡み付く覆土であったが、これらが洪水で剥ぎ取られ、その下は既設の蛇籠工が設置されていて、それ以上の侵食、決壊を許してなかったことは注目される(写真4)。

6. 鬼怒川の掃流力の縦断変化

6.1 2015年鬼怒川水害における掃流力

2015鬼怒川水害の河川水位観測データをもとに掃流力の検討を行った。上流から観測点は石井、川島、平方、鎌庭、水海道の箇所について最大洪水位の掃流力を計算した。表1に算定結果を示す。平均河床高、河床勾配は国土交通省の資料⁸⁾による。なお、若宮戸と三坂は水位計がないため不定流計算による推定値とした。また、河床高は上流勾配から距離による推定を行い、鎌庭から若宮戸との間は1935年の捷水路工事完成後の現河道勾配1/1139を示し、旧川河川勾配1/2500および推定

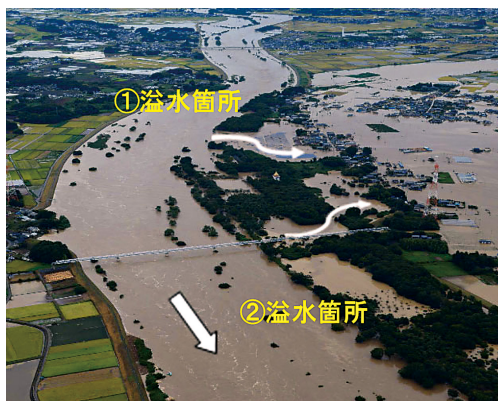


写真3 左岸の無堤防区間で氾濫した若宮地区(国土交通省資料³⁾を引用し加筆)



写真4 若宮戸地区の無堤防溢水箇所の表法護岸から出現した蛇籠工(写真3①25.35k付近、筆者撮影)

河床高をカッコ内に記載した。その結果、上流では河床勾配に比例して掃流力は大きく、平方地点より下流は若宮戸を除いて上流より1桁小さい掃流力を示している。下流で川島地点と同程度の高い掃流力になるのは若宮戸地点で $0.129\text{Kg/m}\cdot\text{s}^2$ あった。決壊箇所の三坂地点では掃流力は急速に減少し、下流の水海道地点と同程度となっている。なお、鎌庭・若宮戸間の旧河道の勾配1/2500の掃流力は緩やかに低減していることがわかる。

以上の検討結果から1935年の捷水路工事により、河床勾配が2倍以上に急こう配となり、河床勾配の緩くなる下流の三坂地点では急速に掃流力が低下し、下流の水海道地点までは河道の貯留効

表 1 2015年9月鬼怒川洪水の主要箇所 の掃流力 (最大水位, 平均河床高: (YP:m), 最大水深 h : (m), 河床勾配 i : %, 掃流力: ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}^2$), () は旧河川の勾配とその場合の推定値)

地点	最大水位	平均河床高	最大水深 h	河床勾配 i	掃流力 ($\rho g h i$)
石井	100.848	82.132	18.716	1/360	0.509
川島	34.661	21.064	13.597	1/710	0.187
平方	31.494	15.28	16.214	1/1700	0.093
鎌庭	23.174	8.49 (9.949)	14.684 (13.225)	1/1500 (1/2500)	0.096 (0.051)
若宮戸	21.517	6.471 (8.189)	15.046 (13.328)	1/1139 (1/2500)	0.129 (0.052)
三坂	20.526	4.871 (6.589)	15.655 (13.937)	1/2500	0.061 (0.054)
水海道	17.974	2.379	15.595	1/2500	0.061

果は発揮されるが, 洪水疎通能力が低下しているものと推察することができる。

また, 鬼怒川の河道形態に関して掃流力などを検討した泉・井口の研究¹⁴⁾でも同様な見解が述べられている。その解析事例を図9に示した。Unit stream power: ω と掃流力: τ は30 k ~ 21 k にかけて急激に低減し, 三坂地点が最小値の掃流力を示している。このように河川縦断構造上, 過去の捷水路工事によって上流の洪水流を早めることになったが, 三坂地点は貯留しやすくなる構造になったものと考えられる。したがって, 計画規模を上回る大洪水時には鎌庭下流の若宮戸から三坂地点では大規模な溢水が集中する脆弱性をもった箇所であったと考えられる。

鎌庭捷水路改修工事⁴⁾(図10)は昭和3年2月~昭和10年3月開削延長2,050m, 河床勾配1/1139, 河道幅(堤防間隔)300m~600m, 低水路(常水路)幅員100m~250mで行われた。カッコ内は著者の表現による。在来河道: 利根川合流地点より上流約25km~30kmの区間を実施した。旧河道延長4,400m, 河床勾配1/2500, 捷水路は流頭部より上流約4kmまで表層は砂, 下層は直径30mm内外の砂利である。流頭部より下流の新河道には砂利はなく, 全部粘土となっていた。また, 敷幅60m, 深さ1.2m~2.0m。流路は53%短縮している。河床勾配は2.2倍急こう配となっている。7年間の安芸による調査⁴⁾は鎌庭捷水路が完成した昭和10年3月の通水の前年から捷水路の上下流端およびそれより上下流の上妻, 石下地先に, 量水標を設置し, 5地点の水位変化の測定を行っている。観測期間は水位観測が昭和9~15年まで, 横

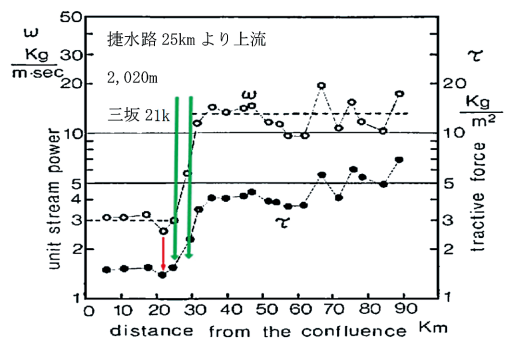
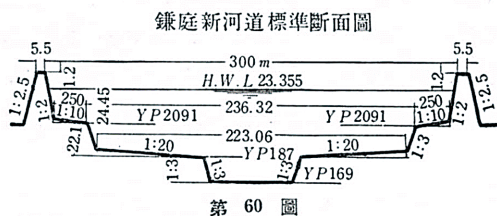


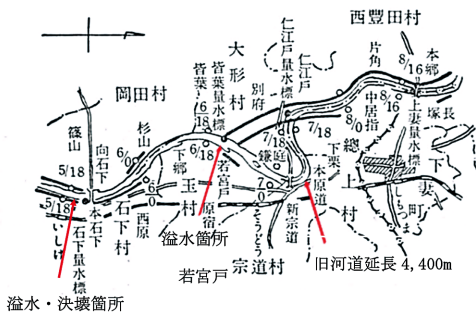
図9 鬼怒川における unit stream power ω と掃流力 τ 縦断分布 (赤矢印: 三坂決壊箇所21k, 緑色印: 鎌庭捷水路区間, 文献資料に加筆, 泉・井口による論文, 鬼怒川の河道形態¹⁴⁾より引用)

断測量とともに年1回測定している。河床変動調査は昭和8年12月, 10年1月, 同年10月, 11年1月, 11年7月, 12年1月, 13年12月及び16年7月に行われている。この主な調査結果⁴⁾は下記のとおりである。この観測では昭和12年9月, 同13年9月の大洪水を観測し, 同13年は当時の計画流量を超える3,400 m^3/s の洪水が発生し, 捷水路下流端の皆葉量水標(若宮戸付近)では旧河道に洪水が氾濫したと報告されている。昭和9年~15年まで年平均水位を検討し, 影響の少ない最下流の水海道量水位を基準として上下流5箇所の量水標の捷水路通水前の水位相互の関係を比較し, 更に, 通水後の観測水位を比較している。この結果は, 捷水路通水前は基準点の水海道量水位と上流の各水位との関係は相関の高い直線で示されている。しかし, 昭和9年を基準にして通水後の昭和15年



第 60 圖

鎌庭捷水路附近平面図



溢水・決壊箇所

三坂地区

図10 鎌庭捷水路付近平面図，同新河道標準断面図
(安芸咬一著「河相論」⁴⁾鎌庭捷水路工事より引用し加筆)

までの年平均水位の変化は次のように報告されている。即ち、捷水路の上流端から3.5 km 上流の上妻量水標は6年後にマイナス0.51 m 水位低下を招き、下流端の菅葉量水標より3.2 km 下流の石下量水標(三坂地点付近)地点の水位は徐々に上昇し、6年後に+0.31 m の上昇になったことが記述されている。

また、捷水路区間は砂川河床のため洗掘が激しく、昭和26、27年度には各々鎌庭第一床止(26.68 k)、第二床止(27.75 k)の工事が行われた^{10,13)}。昭和41年度には台風により床止め工が破壊されたため低水路幅60 m を110 m に拡幅し、護岸基礎鋼矢板7 m の設置、法覆工、根固工、粗朶沈床工など全面工事が行われている。平成3年には石下床止(22.84 k)も追加工事が行われた¹⁰⁾。このように捷水路設置は80年後の今日まで長期にわたり治水技術の課題をもたらしている。現在の鎌庭捷水路上流端にあたる箇所を写真5(朝日新聞デジタル¹⁵⁾)に示した。



写真5 鎌庭捷水路上流端付近(右岸の仁江戸地区は小河川山川が合流し、付近では内水氾濫。写真下の橋梁付近は鎌庭水位観測所。赤いラインは旧河道，朝日新聞デジタル¹⁵⁾より引用し執筆者が加筆)

6.2 河道の低減効果と背水

今回の洪水は、水海道地点の水位および利根川本川における観測所の水位変動から推定すると利根川合流部において、支川鬼怒川への背水が懸念される。河道の低減効果を見込み最下流の水海道地点の計画高水流量は田川合流地点に600 m³/s が流入しても5000 m³/s であり1000 m³/s 少ない計画値となっている(図3参照)。よって、背水の有無、低減効果を検証することが重要となる。図11に示すように鬼怒川が利根川に合流する地点から利根川上流に芽吹橋観測所、合流後に高野観測所がある。これらの水位観測データから2015年9月10日の本洪水および2002年7月11日の中規模洪水の各洪水ピーク水位とその時刻を表2に示し、比較した。高野と芽吹橋の距離は10.8 km であり、河川勾配は1/8270である。本洪水の2か所の水位差は1.777 m であるが、洪水ピーク時刻は9月10日16時の同時刻である。一方、鬼怒川の水海道観測所の洪水ピーク時刻は9月10日13時で高野より3時間早いピーク時刻を示している。

他方、2002年7月11日の中規模の洪水では芽吹橋と高野の間のピーク時差は1~2時間であり、水位差は1.777 m である。また、高野と水海道との距離14.63 km、河川勾配は1/2460であるが2~3時間のピーク時差を伴って流下している。このとき水海道観測所では氾濫危険水位5.30 m (Y.P



図11 利根川、鬼怒川合流付近の水位観測地点 (水文水質データベースより引用し、加筆)

表2 利根川・鬼怒川の洪水時のピーク水位と時刻

洪水	洪水ピーク水位 Y.Pm		
	芽吹橋	高野	水海道
2002年7月11日	12.36	10.583	15.694
2015年9月10日	12.54	10.823	17.974
洪水	洪水ピーク時刻		
	芽吹橋	高野	水海道
2002年7月11日	16時	17時, 18時	15時
2015年9月10日	16時	16時	13時

+15.214 m)の超過は最大0.48 mであったが、計画高水位を超えなかった。しかし、2015年9月10日洪水のピーク時差は前者に比べ長く続き3時間であった。そのため水海道観測所の氾濫危険水位5.30 m (Y.P + 15.214 m)の超過が最大2.78 mであり、9月10日7時から9月11日2時までの19時間も継続した³⁾。更に、計画高水位7.33 m (Y.P + 7.244 m)の超過は最大0.73 mであり、9月10日11時から9月10日16時までの5時間継続した³⁾。最高水位は8.06 m (Y.P + 17.974 m)となり、極めて危険な状態に置かれていた。今回の洪水は利根川本川が鬼怒川合流前後の少なくとも約10 km区間で同時刻に洪水ピークに達しており、中規模の洪水時より合流を遅らせていたことが考えられる。即ち、本川の背水の影響が支川鬼怒川に及んでいた可能性が推察される。なお、利根運河の船戸(導)の水門は洪水時、閉鎖状態のため河川水位の変動は

ない。また、利根川合流部の稲戸井調節地、菅生調節地、および田中調節地は洪水が流入し、それらの機能は発揮していた。

7. まとめ

「2015年鬼怒川水害」の要因に関する考察を整理すると下記ようになる。

- ・水害をもたらした主要な要因は線状降水帯と呼ばれる豪雨が1/100確率降雨量361.7 mm/3日および既往最大流域平均雨量421 mm/3日を上回る流域平均雨量501 mm/3日の豪雨であった。
- ・河床勾配が緩勾配の鬼怒川下流は10年に1回程度の洪水に対応する洪水疎通能力でしかなく、治水対策は優先して実施される必要がある。また、無堤区間が結果として放置された状態は早急な対応が望まれる。
- ・溢水箇所は川島地点46 kより下流に集中し、特に決壊・溢水規模の大きい箇所は21 k～27 kに集中している。この区間はセグメント 2-2の緩勾配にあたり、変曲点の箇所に集中している。この区間の鎌庭・若宮戸で掃流力は増大し、決壊箇所の三坂地点では掃流力は急速に減少し、最小値となっている。
- ・また、溢水箇所は流水の川幅が狭小であり、蛇行区間では砂州が形成され、そこに樹木が繁茂し、維持管理が十分なされていないと考えられる。これらの箇所では河川水位の上昇をもたらす、溢水に繋がっている可能性も推定される。堆砂や河道内樹木管理は今後の大きな課題である。
- ・河川縦断構造上、80年前の捷水路工事によって上流の洪水流を早めることになったが、河床が緩勾配の三坂地点は掃流力が低減し、貯留しやすくなる構造になったものと考えられる。したがって、計画規模を上回る大洪水によって鎌庭下流の若宮戸から三坂地点では大規模な溢水が集中する脆弱性をもった箇所であったと考えられる。
- ・台風18号の豪雨により、利根川本川が鬼怒川合流前後の箇所ですでに洪水ピークに達してお

り、合流を遅らせていたことが考えられる。即ち、本川の背水の影響が支川鬼怒川に及んでいた可能性が推察される。今後の水理的な検討が課題となる。

- ・これらの結果、鬼怒川では溢水、破堤が発生し、常総市を中心に40 km²の氾濫をもたらし、床上浸水約4400戸、床下浸水約6600戸の被害となった。
- ・破堤が昼間でもあったが、防災無線情報の避難指示の在り方、防災機器のバックアップ体制をはじめ、ハザードマップの活用など検証が重要となった。
- ・以上の結果、今後の河川管理のための技術的課題は「治水の3工法」と言われている築堤、分水、浚渫のうち、無堤防区間の築堤をはじめ、特に、堆砂による砂州形成に対して適切な浚渫等が課題と考えられる。

謝辞

本研究の発端は「2015年鬼怒川水害」の前年、2014年12月5～6日土木学会水工委員会環境水理部会「樹林化ワークショップ2014 in 鬼怒川」による現地見学会が行われ、鬼怒川の視察を行っていたことが動機となった。

本研究は、現地調査と取材では、日本テレビ放送網(株)および(株)テレビ朝日の取材協力により、それぞれヘリコプター上空から、陸上現場から、決壊・氾濫等の貴重な映像を撮影することができた。資料収集では国土交通省関東地方整備局下館河川工事所のご協力を頂くことができました。なお、気象データの整理、技術情報では三井共同建設コンサルタント(株)、鬼怒川の地形映像では朝日航洋(株)のそれぞれご協力を頂いた。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：災害情報，台風第18号及び第17号による大雨（平成27年9月関東・東北豪雨）等に係る被害状況等について（第28報）平成27年10月1日15：00時点，ホームページ
- 2) 毎日新聞：2015年9月11日（金）総合14版，p.3
- 3) 関東地方整備局：『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，2015.11.18. および平成28年1月29日より引用，ホームページ
- 4) 安芸皎一：河相論，pp.106-119, 1966
- 5) 日本気象協会：<http://www.tenki.jp/>，2015.9.20.
- 6) 総務省消防庁：【第35報】台風第18号による大雨等に係る被害状況等について平成27年10月14日，ホームページ
- 7) 茨城県災害対策本部：鬼怒川下流域における一般被害の状況，平成27年10月22日，ホームページ
- 8) 国土交通省河川局：利根川水系河川整備基本方針，基本高水等に関する資料（案），平成17年12月6日
- 9) 国土交通省関東地方整備局：鬼怒川改修事業，平成20年1月23日
- 10) 国土交通省関東地方整備局下館河川事務所：鬼怒川河川維持管理計画，平成24年3月
- 11) 大沼克弘，遠藤希実，天野邦彦：鬼怒川の河道地形および植生の変遷と相互関係，土木学会環境システム委員会，第39回環境システム研究論文集，pp.415-423, 2011年10月
- 12) 土木学会水工学委員会・環境水理部会：環境水理学，pp.226-226, 2015.3月
- 13) (財)河川環境管理財団：鬼怒川の河道特性と河道管理の課題－沖積層の底が見える河川－，河川環境総合研究所資料第25号，p.19, p.54
- 14) 泉 耕二，井口正男：鬼怒川の河道形態，筑波大学水理実験センター報告，No.2, pp.57-63, 1978
- 15) 朝日新聞デジタル：headlines.yahoo.co.jp/list/?m=asahi，2015.9.20.

（投稿受理：平成28年3月31日

訂正稿受理：平成28年7月20日）

要 旨

2015年9月10日、台風18号による関東・東北豪雨災害は予測を超えた河川災害となった。鬼怒川では常総市三坂地区で、堤防が幅約200 m 決壊した。上流の若宮戸の無堤防区間など7箇所では溢水が発生し、常総市を中心に洪水氾濫面積が約40 km²に及び、床上浸水約4400戸、床下浸水約6600戸の被害となった。この水害を招いた気象は流域平均3日雨量が501 mm を記録し、これまでの既往最大雨量421mm/3日を更新した。

本研究では、水害の要因を記録的な豪雨による洪水氾濫とみるだけでなく、決壊と溢水が集中的に発生した下流の21 k ~ 27 k の河川縦断箇所とその河道構造に着目して、洪水時の主要な個所の掃流力の検討を試みた。また、河川構造と不可分である河道の砂州と樹林化という観点からも文献による考察を行った。更に、溢水・決壊箇所の上流に1928年~1935年に鎌庭捷水路が設置されていたが、この影響に関して過去の文献から考察を加えることとした。最後に、今後の河川管理のための技術的課題を明らかにすることを目標としている。