平成27年9月関東・東北豪雨 鬼怒川災害調査報告書

応用生態工学会会長特命鬼怒川災害調査団 2016年7月1日

調査団員名簿

団長 中村太士 (北海道大学大学院農学研究院) 副団長 島谷幸宏 (九州大学大学院工学研究院)

団員(五十音順)

伊川耕太 (株式会社建設環境研究所)

厳島怜 (九州大学大学院環境社会部門)

稲川崇史 (応用地質株式会社地球環境事業部自然環境部)

今村史子 (日本工営株式会社中央研究所)

上野裕介 (応用生態工学会会員)

大杉奉功 (一般財団法人水源地環境センター研究第三部)

大槻順朗 (東京理科大学理工学部,現:国立研究開発法人土木研究所自然共生研究センター)

沖津二朗 (応用地質株式会社地球環境事業部応用生態工学研究所)

笠原里恵 (立教大学理学部生命理学科)

片桐浩司 (国立研究開発法人土木研究所河川生態チーム)

金子久美 (応用地質株式会社地球環境事業部応用生態工学研究所)

仮谷伏竜 (株式会社建設技術研究所北海道支社環境室)

久保市浩右(応用地質株式会社地球環境事業部自然環境部)

黒崎靖介 (日本工営株式会社社会システム事業部)

佐々木英代 (日本工営株式会社環境部)

関根秀明 (株式会社建設技術研究所中部支社環境室)

田島淳 (応用地質株式会社地球環境事業部応用生態工学研究所)

田代喬 (名古屋大学減災連携研究センターライフライン地盤防災寄附研究部門)

西浩司 (いであ株式会社国土環境研究所生物多様性計画部)

西廣淳 (東邦大学理学部生命圏環境科学科)

長谷川啓一(株式会社福山コンサルタント地域・環境マネジメント事業部)

林博德 (九州大学大学院環境社会部門)

堀田大貴 (国立研究開発法人土木研究所自然共生センター)

宮脇成生 (株式会社建設環境研究所応用生熊部)

森岡千恵 (日本工営株式会社環境部)

山田浩之 (北海道大学大学院農学研究院)

横山良太 (株式会社建設環境研究所)

目次

第1章	はじめに・・・・・・・・・・・・・・・1
第2章	鬼怒川および対象区間の特徴と変遷・・・・・・・・・・・・・・・2
2. 1. 1 2. 1. 2	f災害での鬼怒川における被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2 被災の概要 対象区間における洪水氾濫
2. 2. 1 2. 2. 2 2. 2. 4	3川の流域および地形の特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・5 地形・土地利用 セグメント 氾濫原と自然堤防 過去の破堤地点
2. 3. 1 2. 3. 2 (1) 身 (2) 力 (3) 月	3川の地形および河川改修と人との関わり・・・・・・・・・・・・・・・・・11 古代集落の立地と地形 江戸期の河川改修と利水事業 3窓川の河道の変遷 木開削 3水 ‡水:八間堀川
2. 4. 1 2. 4. 2 2. 4. 3	河床
2. 5. 1 2. 5. 2 2. 5. 3 2. 5. 4	3川下流域の微地形と生態系・・・・・・・・・・・・・・21 河道とその周辺の植生分布 高水敷における微地形 ヨシ原 河道内樹林帯 河川環境の変化と成立植生
2.6 まと	: め・・・・・・・・・・・・・・29
参考文献	
第3章	河畔砂丘林溢水箇所の状況と復元について・・・・・・・・・・・・・32
3. 1. 1 3. 1. 2	学砂丘林の概要と災害後の溢水箇所の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・32 河畔砂丘林の概要 河畔砂丘林の変遷 河畔砂丘林掘削・溢水前後の変化と防災・減災としての機能
3. 2. 1	学砂丘林の復元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38 砂丘地形・構造の復元 飛砂・侵食対策

3.2.3 樹種の選定と相生の配置 3.2.4 外来植物対策 3.2.5 道路拡幅部の修復 3.2.6 下流側砂丘林の補強 3.2.7 モニタリングについて
参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42
第4章 地形的・歴史的分析を踏まえた大規模氾濫対策・・・・・・・・・・・・42
4.1 対象地の地形特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42
4.2 治水地形分類図から推測される治水システム・・・・・・・・・・・・・・・・・・45 4.2.1 水海道市街地の防御と八間堀川 4.2.2 八間堀川中流域の控堤 4.2.3 小貝川旧河道と水海道市街地南部の治水システム
4.3 環境と治水が調和した大規模氾濫対策の提言・・・・・・・・・・・・・・・48 4.3.1 基本的認識 4.3.2 具体的な対策
4.4 まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・56
参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57
付録「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨を踏まえた鬼怒川での河川工事計画への提言」

第1章 はじめに

応用生態工学会は、「人と生物の共存」「生物多様性の保全」「健全な生態系の持続」を共通の目標に、生態学と土木工学の両分野の関係者が共同して新たな研究分野を発展させてきた.

東日本大震災後の災害調査や復興計画について、応用生態工学が何か貢献できないものか、かつて理事会でも議論したことがあった。災害対応については理事の中でも意見は大きく二つに分かれ、一つは調査団を派遣し積極的に災害復旧、復興工事に応用生態工学の視点から貢献すべきであるとの意見、もう一つは行政も地域も混沌としたなかに入って行って調査のための様々な便宜をお願いすることは速やかな災害復興の観点からも自重すべきであるとの意見であった。結局、学会として組織的対応を行わず、個々の会員が自らできる範囲で情報発信し、地元委員会にも加わりながら、応用生態工学的視点から意見を述べた。大会時にも復興計画や工事の進捗状況、その課題や展望が、シンポジウム、自由集会等で議論された。

こうした流れの中で、組織的に動くべきとの意見が大勢を占めるようになり、地殻変動や温暖化に伴う巨大激甚災害に対して、応用生態工学会としてどのように対処すべきか、その行動計画が理事会や幹事会で議論され始めていた。そのような中、平成27年9月9日から11日にかけて関東地方・東北地方で発生した豪雨(平成27年9月関東・東北豪雨)にともない鬼怒川で災害が発生した。災害復旧も緊急を要することから、応用生態工学会の現会長である辻本哲郎・名古屋大学名誉教授の英断で、会長特命の災害調査団が結成されることになった。団長は中村太士(北海道大学教授)、副団長は島谷幸宏(九州大学教授)とし、生態学、河川工学、地形学など、様々な分野の会員が集まり、総勢29名からなる合同災害調査団が結成された。

この災害調査団による調査結果、ならびにその結果から考えられる今後の河川工事計画への提言については、2段階の提言を行うことを決めた。まず第1段階として、速報的な報告書「平成27年9月関東・東北豪雨を踏まえた鬼怒川での河川工事計画への提言書」を纏め、復旧工事に生かしていただくように団長が国土交通省水管理・国土保全局に手渡すこと、第2段階として、調査報告会を開催して広く会員に周知し、様々な意見を伺い、訂正を加えながら最終報告書を完成させること、であった。第1段階の速報については、平成28年2月10日に団長が国土交通省水管理・国土保全局を訪れ、局長に提出した。その後、この速報が工事現場を預かる様々な部署に配布され、環境に配慮した復旧工事を実施するうえで活用されたと国土交通省に所属する会員から聞いている。

また,第2段階の報告会については、学会員への調査団結成の趣旨や経緯説明、調査報告を目的として、平成28年4月27日に東京大学農学部キャンパス中島董一郎記念ホールで開催した。平日朝早くからの開催であったが、48名に及ぶ会員が集まってくださり、真剣に調査結果内容、行動計画、今後の在り方について討議した。本報告書は、この報告会での議論を踏まえて完成させた最終報告書である。

これまでの多くの河川工事計画では、治水対策をあらかじめ決めて、その後に生物の生育・生息環境に配慮することが常であったが、これでは生物多様性や健全な生態系を保全することは難しい。九州北川で実施された激甚災害対策特別緊急事業での環境配慮の成功事例に見られるように、なによりも治水対策と環境保全を同時に議論するという視点に立ち、工事実施計画に反映することが重要であると考える。

ここに完成した最終報告書に述べられている調査内容や提言が,治水と環境の両立を具現化する河川工事計画の一助となり,鬼怒川被災地域の安全と環境が将来にわたって維持・再生されることを願う.

(中村太士・島谷幸宏)

第2章 鬼怒川および対象区間の特徴と変遷

2.1 今時災害での鬼怒川における被害

2.1.1 被災の概要

2015年9月9日から11日にかけて発生した「平成27年9月関東・東北豪雨」においては、台風17号、18号の影響により鬼怒川流域では上流域を中心として猛烈な豪雨に見舞われた。降雨量は、栃木県日光市において総雨量600mmを超え、月降水量の平年値の2倍を超えた。その結果、河川氾濫や土砂災害などにより、死者8名、家屋被害約20,000棟という甚大な被害が発生した¹⁾ (表-2.1)。鬼怒川では、中流部において堤防の決壊(21.0k)・溢水(25.5kおよび24.7k)が発生し、広域において洪水氾濫が生じ、家屋の流出、損壊および浸水被害が多数生じた²⁾ (表-2.2) ・氾濫水は破堤地点からおよそ10km下流の常総市水海道地区まで到達した。浸水被害が甚大であったため、広域にわたって避難指示、避難勧告がなされたが、結果として4000名に及ぶ住民が救助される事態となった。

都道府県	人的被害[人]				住家被害 [棟]					-11-12-c= +d+	
	死者	行方不明 者	重傷	軽傷	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	非住家被 害[棟]	計[棟]
宮城県	2		1	2	2	572	298	138	727	2	1,739
山形県			1					13	17		30
福島県	3				2		6	43	163		214
茨城県	3		3	51	54	5,486		185	3,767		9,492
栃木県			1	5	22	964	29	1,102	3,934	153	6,204
埼玉県				3			2	374	1,482		1,858
千葉県							1	33	109		143
他			2	11			7	37	154	3	201
全国	8	0	8	72	80	7,022	343	1,925	10,353	158	19,881

表-2.1 平成27年9月関東・東北豪雨による人的・建物被害(県別)1)

表-2.2 平成27年9月関東・東北豪雨による人的・建物被害 (茨城県・市町村別) 2)

		死者	行方 不明者	重傷	軽傷						
	常総市	2		3	41						
人的被害	結城市										
[人]	筑西市										
	下妻市										
	つくばみらい市										
	合計	2	0	3	41						
		全壊	大規模 半壊	半壊	床上浸水	床下浸水	i				
	常総市	53	1,575	3,475	148	3,072	8,323				
住家被害	結城市		6	44	1	155	206				
[棟]	筑西市		68	3	18		89				
	下妻市	1		39	16	110	166				
	つくばみらい市			13	1	21	35				
	合計	54	1,649	3,574	184	3,358	8,819				
救助者	ヘリコプター	1,339									
[人]	地上部隊	2,919									
10世界145二分	避難指示	11,230	[世帯]	31,398	[人]		•				
避難指示等	避難勧告	990	[世帯]	2,775	[人]	9/24 16時	現在・常総市				
避難所開設	避難者数	7,032	[人]		+	<u> </u>					
		※9/11 7時現在・常総市及び下妻市									

2.1.2 対象区間における洪水氾濫

図-2.2に鬼怒川氾濫域における痕跡浸水深,ならびに痕跡浸水位を示す.これらは、土木学会・地盤工学会合同調査団により計測されたものを引用しており5,各々、段階ごとに色を変えて分布を示している.本水害においては、特に21.0kにおける破堤箇所から南において浸水深が大きく、2mを超えたところも少なくない.一方、自然堤防上においては、溢水・破堤地点の近傍を除けば浸水深は小さい.浸水位については、氾濫域南側において八間堀川の左右岸で浸水位に差異が見られることが特徴的であり、右岸側(西側)のほうが左岸側(東側)よりも高い.

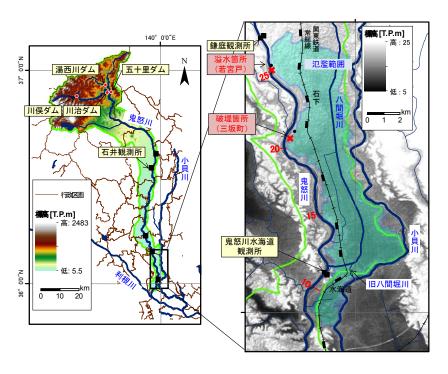


図-2.1 平成27年9月関東・東北豪雨による鬼怒川での浸水被害位置

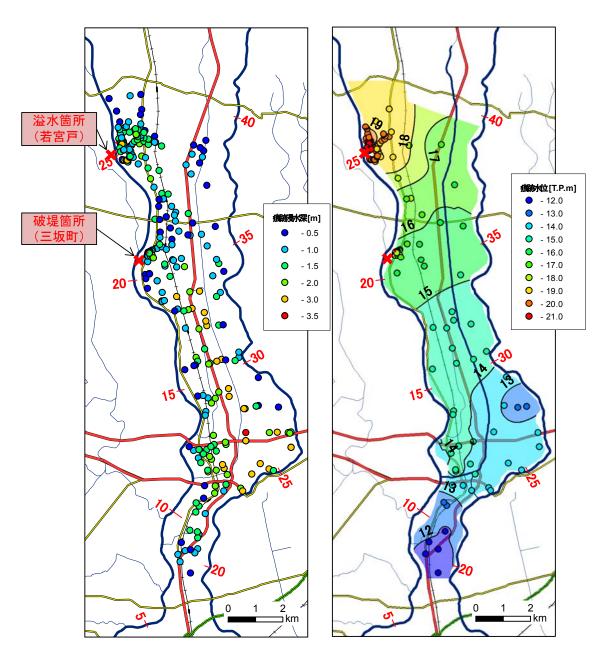


図-2.2 平成27年9月関東・東北豪雨による鬼怒川での痕跡浸水深および痕跡水位5)

2.2 鬼怒川の流域および地形の特徴

2.2.1 地形 • 土地利用

鬼怒川は、幹川流路延長176.7km,流域面積1760.1km²の利根川水系の1級河川である。水源を栃木県北西部の鬼怒沼に発し、山間地を東流する。塩谷町付近で河床勾配1/500程度の扇状地区間に入ると流路を南向きに変え、宇都宮市を貫流する。支川の田川を結城市において合わせると、河床勾配が1/1,500~1/2,000の自然堤防区間に移行する。その後、かつては現在の小貝川に合流していたが、江戸時代に開削された流路を経て(大木開削)、利根川の左支川として合流する。

鬼怒川の流域は、形状としては上流部の山間地において広く、扇状地区間から下流で狭い羽状流域となっている。そのため、上流部での降雨が河道で集中化しやすい。また、上流の山間地は、日光白根山、男体山などの日光火山群からなるため火山岩質であり、土砂生産力が非常に高い6。そのため、非常に広大な扇状地が形成されるとともに、それが鬼怒川の侵食作用により河岸段丘が幾筋も形成され、宝積寺台地などの細長の台地面が形成された7。

鬼怒川流域では、治山のための多くの砂防工事が行われていることも特徴的である。また、流域のダムについては、川治ダム(堤高:140m、1983年)、川俣ダム(堤高:117m、1966年)、五十里ダム(堤高:112m、1956年)、湯西川ダム(堤高:119m、2012年)の4つのダムが完成している。首都圏に近いこともあり、過去には非常に盛んに川砂採取が行われた。 図-2.3には、鬼怒川流域における砂利採取量、ダム・砂防施設における堆砂量の累積値(≒河川が損失した土砂量)を示す。これによると、1998年までの累積値は4,700万 m^3 であり、同規模の球磨川(流域面積:1,880 km^2)での推定値(1,400万 m^3) 8)と比較すると約3倍となる。多量の土砂採取により、鬼怒川では河床低下が非常に深刻であり、扇状地区間における泥岩の露出、自然堤防区間における河床の沖積粘土層までの低下が見られる 7 .

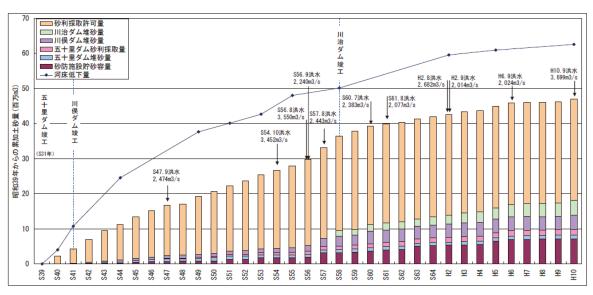


図-2.3 鬼怒川における砂利採取量およびダム・砂防施設の堆砂量および河床低下量の変化の

2.2.2 セグメント

河床勾配がほぼ同一であり、河道特性を区分できる区間をセグメントと呼ぶ。山本 9 のセグメント区分によると、鬼怒川の大臣直轄管理区間におけるセグメント区分は下記のようになる 7 . 各セグメントの一般的特徴を表-2.3 に、河床縦断図と区分を図-2.4 に示す。

セグメント1:102~48km

セグメント2-1:48~34km

セグメント2-2:34~0km (利根川合流点)

本水害における被災箇所(決壊,溢水等大規模なものに加え,堤防噴砂等小規模のものも含む)は、川島(48k)より下流、特にセグメント2-2に分類され区間に分布しており、この区間では多くの箇所において HW L を超過している.

セグメント2 項目と区分 セグメントM セグメント1 セグメント 3 山間地 →← 扇状地 谷底平野 地 分 ← 自然堤防帯 料 の 1cm~ 2cm 以上 0.3mm以下 3cm∼1cm
 ocm~1cm
 0.3mm

 下層は河床材料と同一、細
粒 径 表層に砂、シルトが 河床河岸に岩が出て シルト・粘土 いることが多い。 乗ることがあるが薄 砂、シルト、粘土の混合物 河岸構成物質 河床材料と同-物質が占める 1/400~1/5000 蛇行が激しいが、川幅水深比 1/5000〜水平 蛇行が大きいもの 勾 配 の 目 安 様々 1/60~1/400 曲りが少ない が大きい所では8字蛇行また もあるが小さいも 蛇 行 程 度 様々 は島の発生 のもある 、河床材料が大きいほうが 弱、ほとんど水路の 河岸侵食程度 非常に激しい 非常に激しい 水路はよく動く 位置は動かない 低水路の平均深さ 様々 0.5~3m

表-2.3 セグメント区分とその特徴⁹⁾

出典:沖積河川学

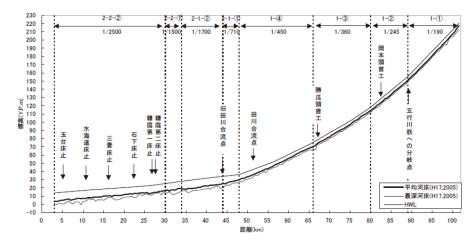


図-2.4 鬼怒川の河床縦断図とセグメント区分 7)

2.2.4 氾濫原と自然堤防

本節では、氾濫が生じた地域の地形の特徴を説明する. **図-2.5** に今回の水害の浸水域と該当する地域の治水地形分類図を示す. 浸水被害が生じたのは、鬼怒川および小貝川に挟まれる東西におよそ 5km、南北におよそ 15km の細長い氾濫原である. これらは両河川の自然堤防や河畔砂丘 (**図-2.5** 中黄色) により挟まれ、海抜12[T.P.m]程度の沖積層からなる. 流域の特性を反映し、鬼怒川の自然堤防のほうが小貝川のものより幅、高さとも規模が大きく(**図-2.6**) ¹⁰、水海道や石毛などの主な市街地もこの上に立地する. 古来、縄文海進時においては、古鬼怒湾の湾奥に位置しており ¹⁰、氾濫が生じた低平地は海陸の境界部に位置していたと見られる(**図-2.7**)

氾濫原においては江戸時代より新田開発が行われ、現在も水田としての利用が主である. 氾濫原の中央には、幹線排水路となっている八間堀川が北から南へ流れ、水海道において小貝川に合流する旧八間堀川と鬼怒川に合流する新八間堀川とに分派する. 氾濫原を囲む自然堤防は、現流路及び旧流路沿いに形成されており、水海道では鬼怒川と小貝川の自然堤防が重なる形で氾濫原南端部を閉塞させており、氾濫原全体は堤防と自然堤防に囲まれた盆地のような形状となっている. 集落は、これらの自然堤防や河畔砂丘上の微高地に形成されており、そのうち規模の大きなものの上に石下町や水海道などの主要都市が形成されている. また、規模は小さいが、氾濫原にも細長に分布した新田集落が見られる.

鬼怒川の左右岸を比較すると、地形特性が大きく異なることがわかる。すなわち、左岸側は自然堤防地帯(セグメント2)に典型的である、自然堤防と後背湿地があるのに対し、右岸側には段丘面(猿島台地)が迫り、一部に狭隘な谷頭(やつ)が入り込んで、深田(谷津田)となっている(図-2.5 中では細長い後背湿地として示される)¹¹⁾。そのうち、水海道付近から右岸に伸びる谷津は、かつては飯沼と呼ばれ、鬼怒川の土砂堆積作用により支川が閉塞して形成された沼沢地であったが、新田開発により排水を利根川筋に付け替えるなどして干拓され大規模な水田となっている。浸水域の北側に位置する下妻においても同様に、鬼怒川が小貝川を閉塞することで形成された鳥羽の淡海(騰波ノ江)などの沼沢地があったが、同様に干拓により失われ水田地帯となっている ¹²⁾。

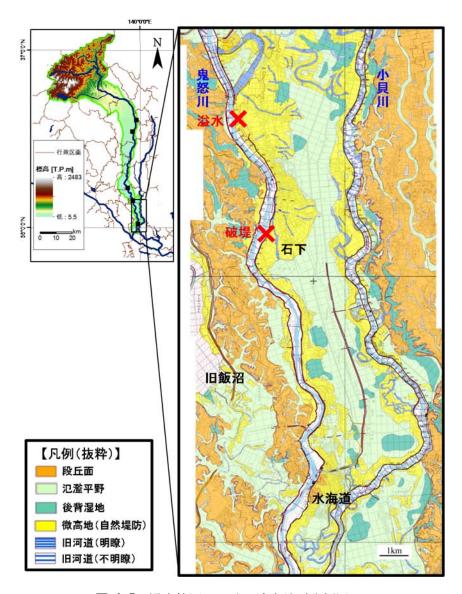


図-2.5 浸水範囲における治水地形分類図

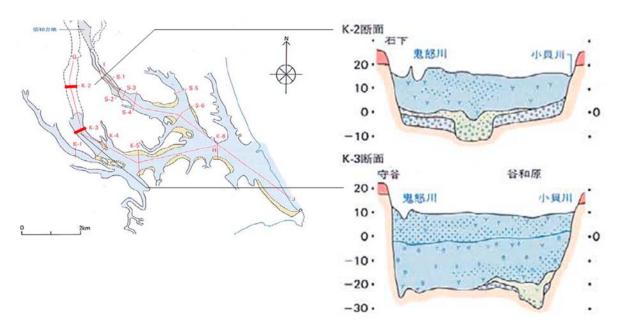


図-2.6 鬼怒川筋における地形横断面 10)

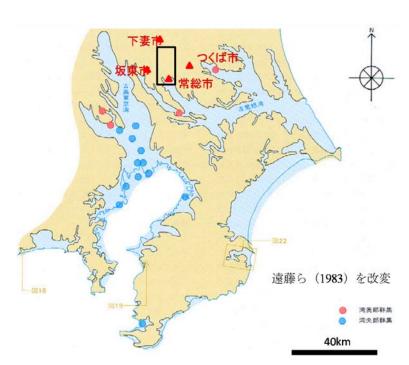


図-2.7 縄文海進期の海陸分布と氾濫域周辺 10)

2.2.5 過去の破堤地点

図-2.8 には、利根川水系(東部)の過去の破堤点の分布を示している。ここでは、○のマーカーで今時災害の破堤および溢水点を、□のマーカーで破堤点を示し、赤字で破堤年次(図中から確認できたもの)を示すとともに、セグメント1とセグメント2の境界線を桃色線で示す。渡良瀬川では、セグメント1からセグメント2に移行するあたりでの破堤が多いが、いずれもS22のカスリーン台風の際に生じたものである。下流部の現在渡良瀬遊水地となっている利根川との合流点付近においても多くなっている。小貝川では全域がセグメント2に区分される。破堤箇所が下妻市付近から下流に分布し、年次は一致していない。鬼怒川については、渡良瀬川、小貝川に比べて記録に残っているものは少なく、過去の破堤点はセグメント1の上流(扇状地の扇頂)付近と、下流(扇端)付近に分布しており、セグメント2にはない。

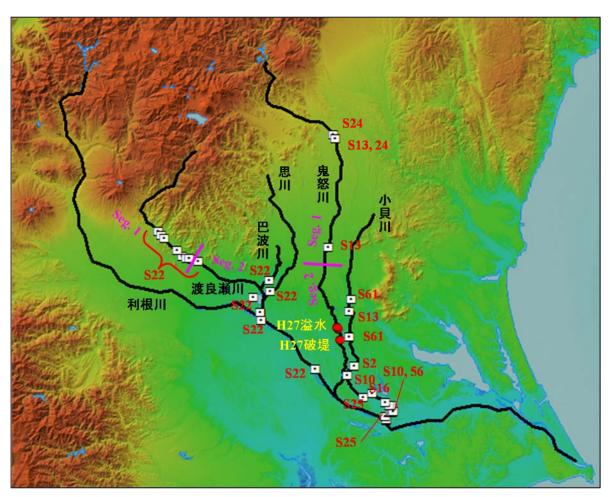


図-2.8 利根川水系における過去の破堤地点の分布(吉川13)の図を参考に国土地理院色別標高図を用いて作成)

2.3 鬼怒川の地形および河川改修と人との関わり

2.3.1 古代集落の立地と地形

図-2.9には、旧水海道市内において発掘された主要な遺跡¹²⁾の分布を治水地形分類図に重ねて示す.古代においては、水管理システムが未成熟であり、水害によるリスクを現在のように軽減することが出来なかったため、利水の便とのバランスを保持可能な地点に集落が立地する.これにより、潜在的な水リスクと便益が均衡する地点の分布を間接的に知ることが可能である.

図を見ると、遺跡は鬼怒川の右岸側にしか見られないことがわかる。また、全28の遺跡のうち、13番の貝置遺跡(貝塚跡)を除けば、すべてが台地の浸水の影響を受けにくい安全な場所に居住していることが伺える。小貝川及び鬼怒川の低地に居住をはじめた時期について明瞭な資料が見当たらないが、水管理技術が充分に発達した時期と推察される。

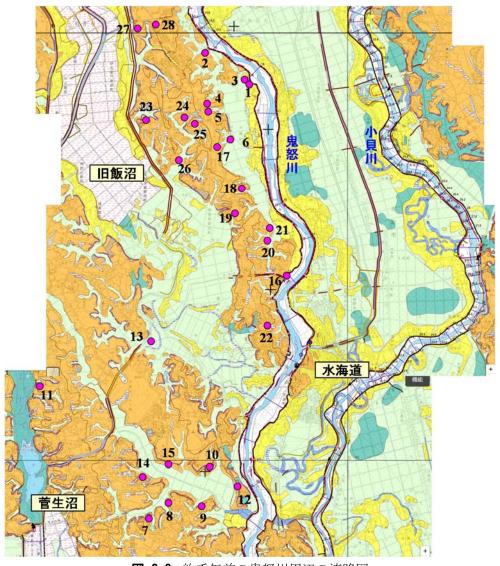


図-2.9 約千年前の鬼怒川周辺の流路図

2.3.2 江戸期の河川改修と利水事業

(1) 鬼怒川の河道の変遷

鬼怒川は歴史的に度々流路を変更してきた. **図-2.10**には、その変遷を示す⁶⁾. 鬼怒川は下妻台地の南端から流路を東に変え、糸繰川を経由して小貝川に合流していた(流路A). 鬼怒川からもたらされた大量の土砂により小貝川が閉塞し、鳥羽の淡海(騰波ノ江)などの沼沢地が形成され(**図-2.11**)、江戸期の新田開発の干拓の時代を経て現在の姿になっている¹⁴⁾. その後、洪水による流路変更や付け替えがあったが、承平年間(10世紀半ば)に鬼怒川は現在の流れに近いBの流路になった. 16世紀には、鬼怒川は水海道付近で小貝川と合流し利根川に合流していたが(流路C)、1629年(寛永6年)に、小貝川と分離し、大木台地を開削し利根川へと流すための「大木開削」を実施した. 今時災害で溢水が生じた地点の近傍、26.2-28.2kは、かつては東側に大きく蛇行しておりそこに河岸である宗道が立地していたが、1935年に捷水路化した.

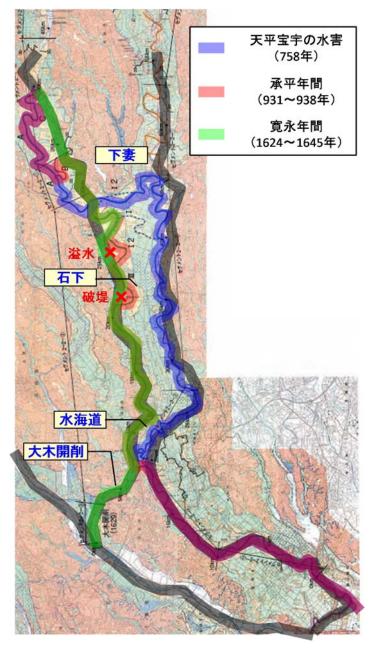


図-2.10 鬼怒川の流路の遷移6

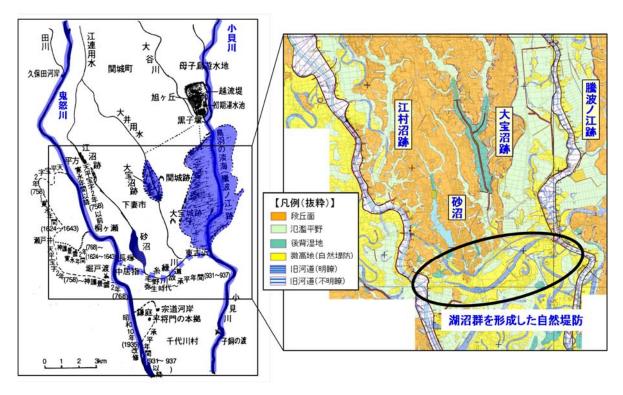


図-2.11 下妻市付近の鬼怒川・小貝川の流路変遷と形成された沼沢地群 14)

(2) 大木開削

鬼怒川では1629(寛永6年)に大木の台地部が開削され、鬼怒川と小貝川は分離され、常陸川(現利根川)に直接注ぐ水路となった(図-2.12). この改修による利水上の効果は、新田開発の観点、舟運の発展に関する観点から説明されている.

1) 新田開発

鬼怒川・小貝川筋における氾濫原は、2つの河川に支配されるため、多くの開発上の困難があったと考えられる。具体的には、新田開発にあたっては、開発地の水位低下、氾濫リスクの抑制、取水施設(堰)の建設が必要となるが、大木開削により鬼怒川と小貝川が分離したことで、これらが大きく前進することになったと考えられる。まず、水位の低下の観点からは、現在の小貝川筋の流量が減ることに加え、豊富な土砂供給により相対的に河床の高かった鬼怒川と絶縁することで、氾濫原の広域に渡って水位を大幅に低下させたと考えられる。浸水リスクの抑制に対しては、現在の小貝川筋が氾濫の強度が相対的に大きい鬼怒川の洪水から分離でき、流域に山地を抱えておらず相対的に管理が容易な小貝川を用水河川として独立に管理可能となったことが開発上重要であったと考えられる。小貝川筋での洪水リスクが大幅に低減したことで開発コストが大幅に減少したことから、福岡堰(1627年完成)、岡堰(1630年完成)、豊田堰(1667年完成)などの取水施設を建設することができるようになったと言われている¹⁵⁾。以上のように、大木開削による鬼怒川と小貝川の分離は当地における新田開発の進展に大きな影響をもたらしたものと考えられる。

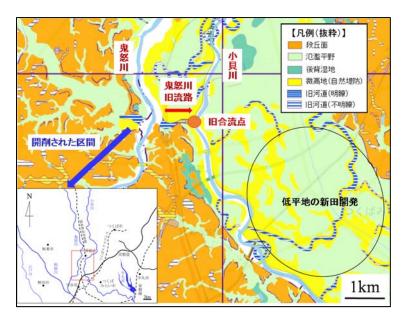


図-2.12 1629年の大木開削による鬼怒川,小貝川の分離

2) 舟運

鬼怒川は北関東から江戸に通じる水運路としても非常に重要な役割を担っており、古くより鬼怒川沿いには、水海道、宗道、下妻といった河岸(川の港)が栄えた。しかしながら、大木開削以前においては、一度小貝川筋を東に下り常陸川に出て、江戸に向けて西進する必要があった。そのため、鬼怒川沿いの沼沢地の干拓によって得られる新田からの年貢米を効率よく運搬することが出来なかった。大木開削により、常陸川との合流点が上流(西側)へ30km移動したことにより、従来、江戸への経路がおよそ60km短縮された(図-2.13)¹⁶⁾. さらに、利根川東遷以前には、丘陵地の細流を集めただけの常陸川に鬼怒川の水が合流したことで、旧合流点から新合流点までの舟運効率が飛躍的に向上した¹⁷⁾. このことにより、北関東のみならず会津、米沢などの奥州までも江戸の経済圏に結びつけ、川沿いの所々に船着場の河岸を発展させ、そこは流域の村々に商品経済を広く浸透させる拠点となった¹²⁾. 図-2.14は利根川水系の河岸の分布を示している。これより、元禄年間の鬼怒川筋には15の河岸が成立していたものが、80年後の安永期には39河岸に増加しており、大木開削の経済的効果を示している。



図-2.13 鬼怒川の河道付替えと航路の変遷(大熊18)を一部改変)

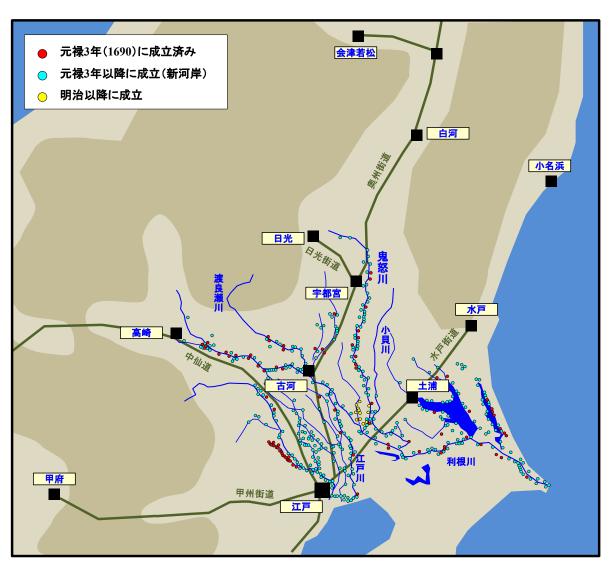


図-2.14 利根川におけるおもな河岸 (大熊 18)を参照して作成)

(3) 用水

今回の氾濫が生じた上流の下妻地域は、鬼怒川が運んだ大量の土砂の自然堤防が発達し、これがヤツを塞いで水を湛え、湖沼群(大宝沼、江村沼、砂沼)を形成していた。今時災害よる氾濫域である、鬼怒川と小貝川に挟まれた地帯の水源は、これらの湖沼を水源とする溜池用水(三沼溜井)と、鬼怒川から直接取水する中居指、本宗道、原、三坂の水路用水(四か所)用水に依存していた。四箇所用水の開削は 1635 年に行われ、下妻と水海道に 1700 町歩の新田開発がなされたことが記録されている 12).

18 世紀の享保の改革では、財政立て直しのため更なる新田開発が行われた。下妻市域では井沢弥惣兵衛による大宝沼、江沼、砂沼の干拓が行われ新田となった。一方、溜池として機能していたこれらの湖沼の埋め立てにより溜池水源の機能が低下したため新たな用水の必要性がでてきた。1726 年井沢弥惣兵衛の設計、監督により江連用水が開削された(図-2.15)。従来別々の溜井を利用していた村落が新しい用水一本に頼ることとなり利害の対立が生じた。

18 世紀後半になると、大木開削を行った鬼怒川の河床低下によって水位が低下し(台地開削で河床勾配が急となり堆積土砂が流下したと推測される)、四箇所用水、江連用水ともに取水が困難となり、また、1783年浅間山の噴火によってとなり水路の維持、改修が非常に困難となった ¹⁸⁾. そこで、村々は用水確保のため 1 789年江連用水を廃棄し、大宝沼、江村沼、砂沼の復興を請願するも却下された. 1821年の旱魃に際し、鬼怒川の堰き止めによる取水を請願するも舟運の観点から却下された. その後も請願は繰り返され、1827年幕府全額負担による用水模様替えが聴許され、1838年江連用水、四箇所用水が一本化され、県西の幹線用水路が完成することとなった.

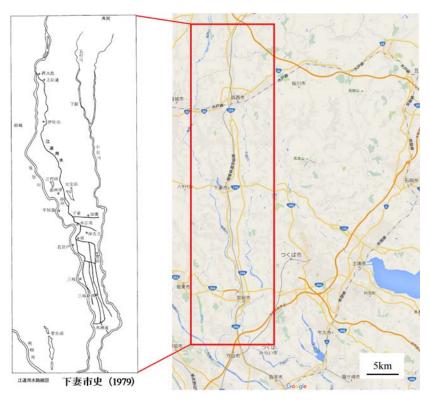


図-2.15 小貝川・鬼怒川下流域の用水網図 12)

(4) 排水:八間堀川11)

小貝川・鬼怒川の沖積低地は中世末期~近世初期にかけて耕地開削された地域であるが,大河川に挟まれた地域であり,水田に引いた余水の排水が困難な地域であった.現在もこの地域の中心部を流下する八間堀川は1635年(寛永12年)伊奈忠治の発案により豊田郡の悪水落しとして人為的に開削したものであり,沖積低地を南北に連なり,相馬郡寺畑村にて小貝川に注ぐようになっていた.当初は同一代官の支配であったが,支配者が代官,旗本領と変遷し相給領となってから管理が不十分となり,排水に支障をきたした.1695年,1697年と八間堀川下流にあたる大生領の農民が,従来小貝川に注いでいる八間堀川を,大木開削により河床が低下した鬼怒川に注ぐよう請願し,1698年用地買収,工事に着手(小貝川,鬼怒川に逆流防止施設),1700年に完成し現在の河道の位置となった(図-2.16).

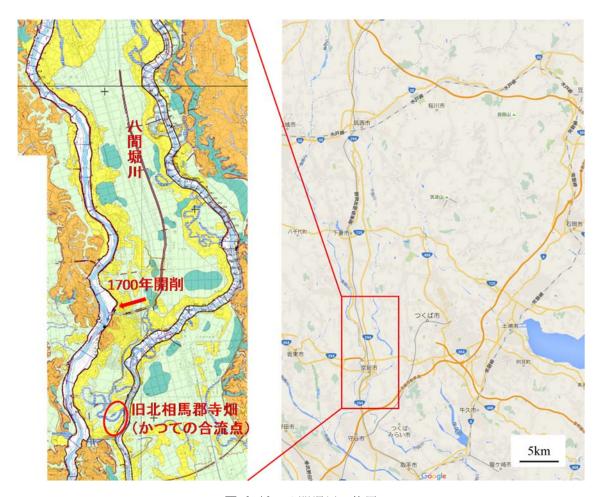


図-2.16 八間堀川の位置

2.4 鬼怒川における水理および河道の特徴

2.4.1 洪水流量

鬼怒川は北部の山地部からセグメント1に入ると、流域の幅が狭くなり、宇都宮市を流れる田川のほかにほとんど支川を合流させることなく流下する特徴を持つ。また、セグメント1区間においては、堤防間幅が非常に広いことから、洪水が河道内に貯留され低減する効果が発揮される。**図-2.17** は宇都宮市の石井観測所と下流の水海道観測所におけるピーク流量をプロットしたものである。洪水波形が流下とともになだらかになることで、流量ピークが低減する効果が発揮される。一方、この河道貯留効果に対しては、大規模洪水による粗度係数の検討など、未だ十分な水理学的検討が十分でないとの指摘も存在する ¹⁹⁾。年最大流量については、**図-2.18** に示すように、1980 年まで 1000 m³/sec で推移していたものがゆるやかに上昇傾向にあり、現在は 1500 m³/sec 程度となっている。

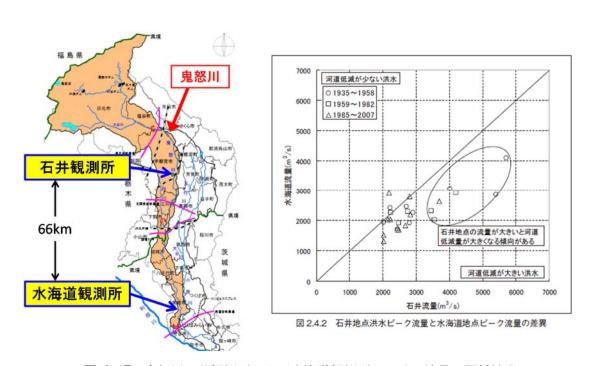


図-2.17 鬼怒川石井観測所および水海道観測所における流量の関係性の

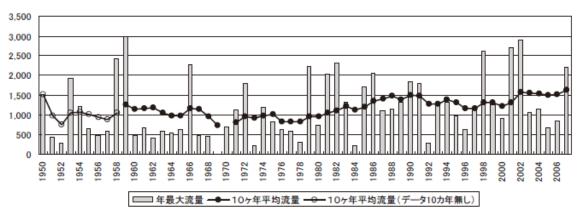


図-2.18 鬼怒川水海道観測所における年最大流量の推移 6

2.4.2 水位

図-2.19 に本水害におけるセグメント2-2区間での痕跡水位(東京理科大学の独自計測データ含む),堤防高,河床高,河道幅および HWLを示す。また、過去の出水における水位縦断線についても示している。なお、図中には示さないが、セグメント1区間において HWLを超過した箇所はない。このように、本出水においては、セグメント2-2区間の多くで HWLを超過している。そのなかで、より堤防高が低い地点で破堤(上三坂地区)や溢水(若宮戸地区)が生じた結果となっている。破堤・溢水が生じた地点では HWL以上の余裕という観点からは比較的小さい地点であった。したがって、河道工事としてはこれらの周辺やその下流、具体的には、20k~27kの区間における築堤、掘削が基本的な治水対策事業となるものと考えられる。痕跡水位の縦断形を見ると、一様の勾配で上流から下流に低下していくのではなく、緩急を伴いながら低下している。これは、河道幅に強く影響されている。

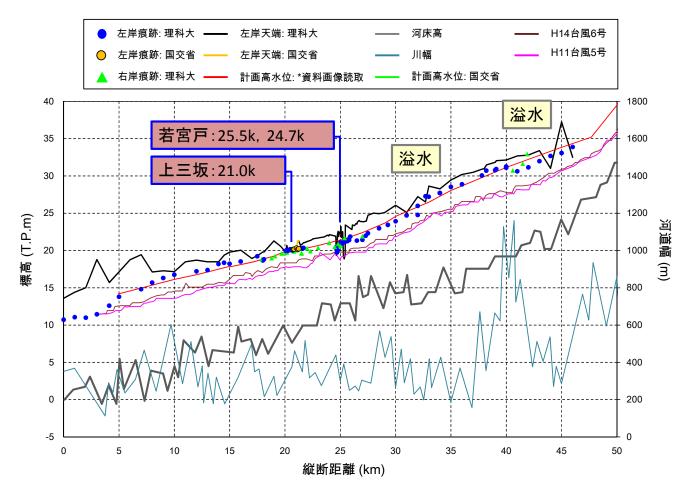


図-2.19 鬼怒川における痕跡水位等縦断形 5)

2.4.3 河床

鬼怒川におけるセグメント2の河床縦断形(最深河床高)の年代別推移を**図-2.20**に示す.鬼怒川も多くの国内河川と同様,河床低下が深刻化していることがわかる.特に,1960年代から1970年代における河床低下が顕著であり、その後も床止めなどを配して局所的には河床低下が軽減されているものの、現在においても低下傾向は継続している.

図-2.21 には、セグメント2-2区間における河道横断面の推移を示す。これより、低水路では、溝状に侵食が進行しており、沖積粘土層まで到達している(図-2.22)。それにも関わらず、最深河床高の低下が止まっていないという状況である。一部は、粘土層を侵食し、さらにその下の砂層まで到達している箇所も見られ、木曽川に見られるような局所的な深掘れの懸念がある。横断方向への側岸侵食の程度としては、10m以下の規模にとどまっているものの、低水路部の立った法面が滑りを起こしながら侵食される事例がある。

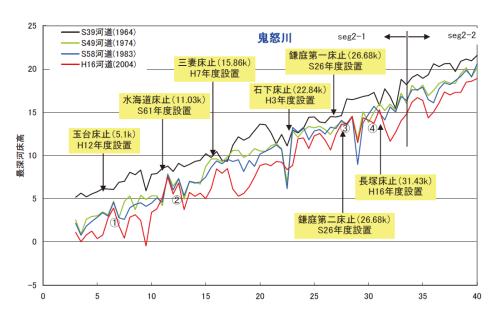


図-2.20鬼怒川における最深河床高の推移の

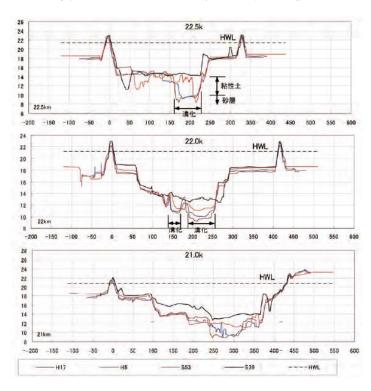


図-2.21 鬼怒川のセグメント2-2区間(22.5k, 22.0k, 21.0k)における河道横断面の推移の

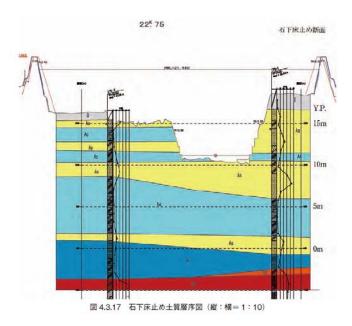


図-2.22 鬼怒川河道断面における土層分布図(22.75km)⁶⁾

2.5 下流域の微地形と生態系

2.5.1 河道とその周辺の植生分布

図-2.23 には下妻から水海道にかけての植生図を示す. 図中には、青字で利根川合流点からの距離も示している. これを見ると、河道内植生は概ねヨシ帯とオギ帯であり、破堤地点 (21k) 近傍より、高水敷が広がるとともに比較的大規模なヨシ帯が形成されている. オギ帯については、それより下流、15kまでの範囲で顕著である. これらの平面分布は土壌の湿潤状態、またそれを規定する地盤高、出水規模によって強く影響を受けているものと考えられる. ヨシ・オギ以外では 25k 付近の若宮戸において、アカマツ等の樹林帯が見られることが特徴的である. 発達した河岸砂丘上にあるこの樹林は、鬼怒川の他の自然堤防では見られない植生であり、地域住民による利用もなされている重要な場である.

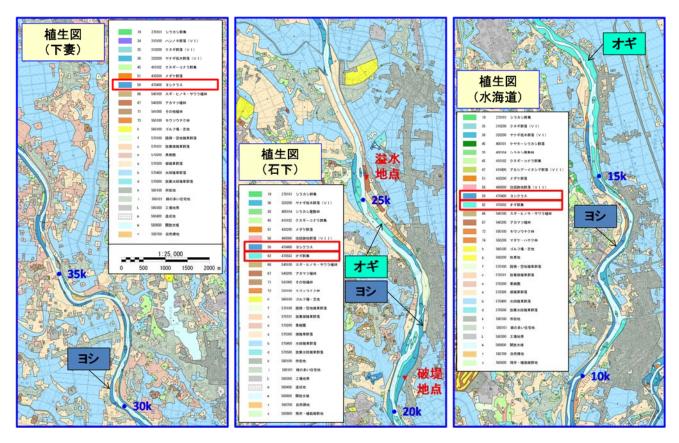


図-2.23 対象区間における鬼怒川の植生状況(1/25,000植生図:下妻,石下,水海道に加筆)

2.5.2 高水敷における微地形

鬼怒川 $20.5k\sim21k$ 付近の左岸高水敷の堤防付近おける現地踏査において、高水敷上に「たまり」が形成されていることが確認された(**図-2.24**). たまりは増水時のみに本川と連結する水域であり、魚類、水鳥、二枚貝、水生昆虫等の生息場として重要な場合が多く $^{20),21)}$ 、また本流沿いにはみられない植物群落が成立することで知られる $^{22)}$. 踏査区域は河川水辺の国勢調査の植物、両生・爬虫類、哺乳類調査地区に選定されており、植物でもカワヂシャ、コイヌガラシ、ホソバイヌタデ、ミゾコウジュなど湿生植物の重要種が記録されている.

この「たまり」が存在する場所の横断地形のイメージを**図-2.25** に示す. 低水路に近い部分に微高地が形成され,そこにはヤナギ類(主にマルバヤナギ)やオオブタクサが生育している. なおオオブタクサは重点対策外来種であり,残存個体のサイズから推定して,洪水以前から生育していたものと考えられる. 微高地から堤防にかけての範囲はヨシが優占する群落が成立している(**図-2.26**). 堤防の際に成立しているたまりには,本川の水位よりも高い水位が維持されていた. また 2006 年撮影の航空写真と 2015 年 9 月出水後の空中写真を見比べても,その形状に大きな変化はなく,少なくとも過去 10 年間は安定的に維持されてきたことがうかがえる(**図-2.26**). また過去からの横断地形変化をみると,この区間では河床低下が進行し、複断面化が進行している(**図-2.27**).

この地域での平成 12-17 年の河川水辺の国勢調査では、多様な猛禽類 (ハイイロチュウヒ、チュウヒなど) や草原・湿地性鳥類 (ヒバリ、オオヨシキリ、セッカ、ウズラ、クイナ、ヒクイナ、タマシギ、タシギ、オオジュリン、ベニマシコなど) が記録されている. このような猛禽類の多様性の維持には、「低水路ー樹木が生育する微高地-ヨシ原-たまりー堤防草原」といった異質な環境条件が近接・連続していることが寄与してい

る可能性がある. 洪水前後においてもこれらの一連の環境条件が大きく損傷された訳ではなく, 洪水を経てもこれらの生態系要素は維持されていた.



図-2.24 左岸 20.5km 地点付近に存在するたまり (2015 年 10 月 29 日)

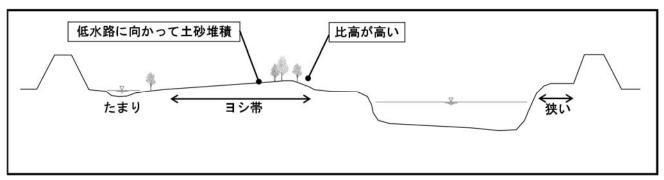


図-2.25 20.5km 地点付近の断面イメージ図(注)模式図であり横断図から作成したものではい.

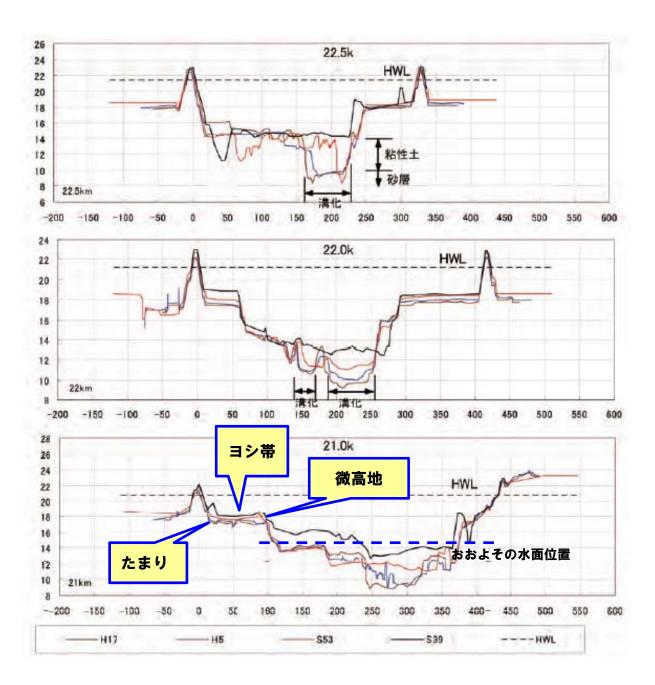
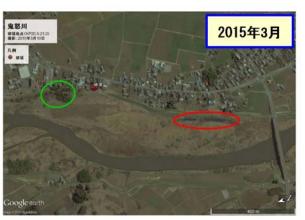


図-2.26 22.5km, 22.0km, 21.0km における S39-H17 の横断地形変化(山本らのの図を改変)

- 1. 高水敷上のたまり(**O**)は、2006 年時点から形状を変えておらず、 2015.9 出水後も形状を変えていない。
- 2. たまり箇所は、1947年航空写真では、水衝部・淵であり、その後の河道改修で高水敷が整備され、たまりが形成されたようである.
- 3. 破堤地点付近の地質は、右岸側堤 体盛土の下は沖積粘性土であり比 較的安定であるが、破堤側(左岸) の堤体盛土の下は沖積砂質土が広 く分布しており、比較的不安定で ある.
- 4. 現在のたまり形成箇所は、1947年頃は水衝部であり、透水性の高い砂質土からなる地下構造により高水敷下に伏流水(浸透流)が形成され、たまりの安定的な維持に寄与している可能性がある.
- 5. 破堤地点の上流の左岸側堤防付近の樹林帯(〇)は、1947年頃から維持されているようであり、多くの鳥類が河川と一体的に利用している.





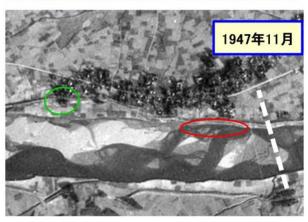


図-2.27 たまりが存在した箇所の変遷 (航空写真)

2.5.3 ヨシ原

破堤が生じた地点を含む $20.5k\sim21k$ 左岸付近の高水敷には、主にヨシが優占する抽水植物群落が存在する (**図-2.28**). この場所は、河川水辺の国勢調査により、セッカ、オオヨシキリなどの鳥類にとっての重要な 生息場所であることが確認されていた。これらの鳥類の生息可能性には、ヨシ原の状態 23) (草丈、密度、随伴 種など)、面積 24 が影響することが知られている。現地踏査において、このヨシ原は洪水後も多くは流出することなく、広い面積で残存していたことが確認できた。

さらに、この高水敷におけるヨシ原・オギ原では、タコノアシやホソバイヌタデ(ともに環境省と茨城県レッドデータブックにおいて準絶滅危惧種)といった攪乱依存性の植物が多数認められた(**図-2.29**). タコノ

アシは種子散布後の段階にあり、今回の洪水以前から生育していたと考えられるものであった。ヨシ原は地形的に平坦というわけではなく起伏があり、凹地付近では水たまりが形成され、その周辺にはマツカサススキ、ヤナギタデなど、湿地性の攪乱依存種が確認された(図-2.30). これらの事実は、破堤地点付近では、出水による攪乱によって時間的・空間的な環境変動があり、それが多様な湿地性植物の生育に寄与している可能性が示唆される。これらヨシ原に生育する攪乱依存種の多くが埋土種子集団(土壌シードバンク)を形成する性質をもっている ²⁵⁾. すなわち、ヨシ原の表土には、絶滅危惧種を含む多様な植物の種子を含まれていることが推測される.

踏査においては、今回の洪水によりヨシ原内には洪水によってもたらされたと考えられる土砂の堆積が認められた(図-2.31). 調査区においては、それとは逆に新たな土砂がみられない場所から、厚く堆積した場所までさまざまな状況が確認された(図-2.30、図-2.31). 土砂堆積が不均質に生じていることにより、湿地としての環境条件に差異が生じることが回復する植生の多様性をもたらす重要なプロセスである可能性がある.



図-2.28 破堤箇所付近に広がるヨシ原



図-2.29 破堤箇所付近のタコノアシ



図-2.30 破堤箇所付近に生じていた凹地



図-2.31 破堤箇所付近に生じた砂の堆積

2.5.4 河道内樹林帯

破堤が生じた 21.0k 付近の堤防と隣接する高水敷には、竹類を含む樹林が存在する(**図-2.32**). この樹林 は少なくとも 1940 年代から維持されてきたものと考えられ、鳥類や哺乳類の生息場所ともなっている. 樹林 の存在は生物の生息にとって重要である. 一方、今回の洪水では樹林が連続した場所では破堤は生じておらず 損傷の程度が小さかった. このことは、樹林が堤防を保護する水害防備林として機能したかもしれないことを 示している. 今回の破堤箇所とその上流の樹林帯を含む左岸側の 500m ほどの区間を河道線形からみると、上 流湾曲部の外岸(後方)、かつ、下流湾曲部の内岸(前方)に位置することから当該樹林部は洪水時に水衝部 となった可能性が高い. そのため、河道内樹林の存在は堤防を保護する効果があった可能性がある. 樹林の存在を環境の側面と同時に治水の面からもより多角的に評価する必要があると考えられる.



図-2.32 破堤箇所と隣接する樹林.手前の鋼矢板がある場所が破堤箇所

2.5.5 河川環境の変化と成立植生

鬼怒川における治水対策として掘削や拡幅、遊水地などの河道形状の改変が行われると予測される。ここでは、渡良瀬遊水地、小貝川河川敷、霞ヶ浦の浮島湿原(妙岐の鼻)の植生調査実績を元に、河道の微地形に成立する植生を類推する。これらの場所は、①古鬼怒湾に由来する沖積平野であり潜在的な植物相が共通する、②稀に冠水する湿地である、③火入れや刈り取りなどが継続的に行われており多様な攪乱依存種が残存している、という共通点を有する。渡良瀬遊水地²⁶、小貝川(常総市新井木町地先)²⁷、霞ヶ浦妙岐の鼻²⁸⁾のそれぞれの植生に関する文献に示された情報に基づき、鬼怒川下流域で氾濫原を再生・創出した場合に成立する可能性があり、かつ生物多様性保全の観点からの目標となりうる植生の特徴を検討した。以下には、それぞれの立地条件において優占種となりうる種および出現しうる絶滅危機具種を述べ、**図 2-33** にイメージを示す。

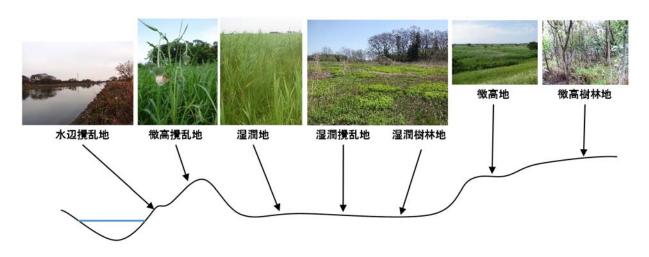


図 2-33 鬼怒川下流域氾濫原植生の構成要素のイメージ

• 水辺攪乱地

流路沿いや越流堤付近は恒常的に湿潤で、高頻度で攪乱が生じる場所になる。そのような場所は、大型多年 生草本群落は成立しにくく、一年生植物を主体とする小型の植物が共存する群落が成立する。絶滅危惧種とし ては、カンエンガヤツリ、タコノアシ、ミゾコウジュ、コカイタネツケバナなどの生育が期待できる。

• 湿潤地

平常時の地下水位が高い(30cm 未満程度)の湿潤な場所は、上層にヨシ、下層にカサスゲが優占する植生が発達することが予測される. さらに地下水位が高い条件では、ウキヤガラやフトイが優占することが予測される.

• 湿潤攪乱地

湿潤地で冬季の火入れやヨシの刈り取りなどの攪乱が生じ、早春に裸地が確保されると、ノウルシ、エキサイゼリ、ハナムグラ、トネハナヤスリ、タチスミレ、シムラニンジンなどの絶滅危惧種が生育する場となることが期待できる.

• 微高地

平常時の地下水位が低い条件ではヨシの密度は低下し、代わってオギの密度が高くなり、優占種となることが予測される。またこのような立地は侵略的外来種であるセイタカアワダチソウが侵入しやすい。

• 微高攪乱地

オギが優占する微高地において火入れなどの攪乱が生じ、春から初夏にかけて明るい条件が確保されると、 ノカラマツ、チョウジソウ、マイヅルテンナンショウなどの絶滅危惧種の生育が期待できる.

• 湿潤樹林地

攪乱頻度が低く、地下水位が高い場所ではマルバヤナギ、タチヤナギ、カワヤナギなどを含むヤナギ類が優占する樹林が成立することが予測される。また樹林の林縁部や、木本が低密度で明るい林床では、タチスミレの生育が期待できる。

• 微高樹林地

自然堤防上など地下水が低い場所において安定した状態が続くと、エノキ、ハンノキ、ゴマギなどが優占する樹林が成立することが予測される.これらの樹林の林縁や、比較的明るい林床では、ノカラマツ、チョウジソウ、マイヅルテンナンショウなどの生育が期待できる.

2.6 まとめ

本章におけるまとめを以下に列挙する.

- ① 2015年9月9日に発生した「平成27年9月関東・東北豪雨」においては、記録的な豪雨に伴い鬼怒川が増水、 堤防の決壊や溢水が生じた結果、約40km²に及ぶ広範囲に渡る浸水被害が生じた.
- ② 鬼怒川は背後地に火山帯を有することや洪水が集中化しやすい流域形状を持っているため、土砂生産量が 豊富である.しかしながら、過去の砂利採取、ダム建設、砂防施設の建設により、河道は土砂欠乏状態に あり、河床低下が進行している.
- ③ 豊富な土砂生産を背景とし、広大な扇状地、自然堤防が形成された。また、自然堤防により支川が締め切られ、沼沢地が形成された。その多くは利水上重要であったが、新田開発の歴史を経て多くは干拓され、水田となっている。
- ④ 遺跡の分布から、鬼怒川の自然堤防や氾濫原に人が居住し始めたのは江戸の新田開発以降であり、その前は右岸側の段丘面や谷津など用水の確保と浸水リスクのバランスの取れた場所に居住していたとみられる.
- ⑤ 鬼怒川はかつて小貝川筋を流れていたが、伊奈忠治による「大木開削」により小貝川と分離し、常陸川(現在の利根川)に瀬替えされた。これにより、利水面では新田開発の促進、舟運の効率化が図られ、多くの河岸が形成され現在の都市形成の核となった。一方、瀬替えに伴う河床低下が発生し、取水や排水の点で影響が生じた。
- ⑥ 今時水害の氾濫域を貫流する八間堀川は、江戸中期の新田開発に伴う排水路として開削された.かつては 小貝川に接続されていたが、排水効率を上げるため瀬替えにより河床が低くなった鬼怒川へと付け替えら れた.
- ⑦ 鬼怒川の河道はセグメント1区間で特に広く、上流に比べて下流側で洪水ピーク流量が低減する河道貯留 効果が他の河川より顕著であり、行政上の計画にも見積もられている.
- ⑧ 今時水害の痕跡水位より、セグメント2-2区間でHWLを超過している区間が散見され、実際に堤防からの越水(その後決壊)、無堤区間からの溢水が生じた.
- ⑨ 破堤地点(21.0k左岸)付近における高水敷踏査(水辺の国勢調査と同じエリア)を行ったところ,高水

敷上にはヨシを優占種とする湿地が形成されており、洪水による損傷は僅かであった。緩やかな地形の変化によりたまりが形成され、湿地性の重要種が確認された。これらの重要種についても、流出されずに残存していたことから、持続的に生育していたものと考えられた。

⑩ 鬼怒川周辺の湿地環境に生育する植物相の情報から,地形変化に対応して生育する可能性がある湿地性植物について検討した.

参考文献

- 1) 内閣府: 平成27年9月関東・東北豪雨による被害状況等について(平成28年2月19日版), 2016.
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局: 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨に係る被害及び復旧状況等について (平成 28 年 1 月 29 日), 2016.
- 3) 京都大学防災研究所: 平成 27 年関東・東北水害 鬼怒川氾濫による常総市周辺の浸水深分布調査 (第二報), http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/6105/, 2015.
- 4) 大槻順朗, 二瓶泰雄, M.A.C Niroshinie: 2015 年関東・東北豪雨における鬼怒川氾濫による常総市の洪水氾濫状況, 河川技術論文集, Vol.60, 2016 (投稿中).
- 5) 土木学会: 平成27 年9 月関東・東北豪雨による関東地方災害調査報告書, p.173, 2016.
- 6) 山本晃一,阿左美敏和,田中成尚,新清晃,鈴木克尚: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 25, 2009.
- 7) 小出博:日本の国土, 1973.
- 8) 大槻順朗, 二瓶泰雄: 干潮時河川水位に基づく干潟地盤高の長期変動トレンドの検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, pp. I-631-I_636, 2015.
- 9) 山本晃一,沖積河川—構造と動態—,技報堂出版,2010.
- 10) 遠藤邦彦, 関本勝久, 高野司, 鈴木正章, 平井幸弘: 関東平野の《沖積層》, URBAN KUBOTA, Vol.21, pp.26-43, 1 983.
- 11) 水海道市史編さん委員会:水海道市史 上巻,水海道市,1983.
- 12) 下妻市史編纂委員会:下妻市史,下妻市,1979.
- 13) 吉川勝秀:新河川堤防学, 技報堂出版, pp.1-446, 2011.
- 14) 金井忠夫: 利根川の歴史―源流から河口まで―、日本図書刊行会、近代文芸社、1997.
- 15) 浅野忠裕:小貝川下流域における水塚の分布,地図, Vol.26, No.4, 1988.
- 16) 建設省関東地方建設局(利根川百年史編集委員会編):利根川百年史,1987.
- 17) 小出博:利根川と淀川 東日本と西日本の歴史的展開,中央公論社,1975.
- 18) 大熊孝:近世初頭の河川改修と浅間山噴火の影響, URBAN KUBOTA, Vol.19, pp.18-31, 1983.
- 19) 河野次朗, 棈松義弘, 須賀堯三, 佐多直武, 嵯峨弘喜, 青木佑久: 鬼怒川における洪水ピーク流量の低減,河道内遊水 地及び河道計画について,土木学会関東支部第25回技術研究発表会講演概要集, pp.328-329, 1998.
- 20) 黒川マリア・片野修・東城幸治・北野聡:小河川におけるワンド・タマリの環境要因と水生無脊椎動物の分布. 陸水 学雑誌, Vol.70: pp.67-85, 2009.
- 21) 永山滋也・原田守啓・萱場祐一・根岸淳二郎:イシガイ類を指標生物としたセグメント2における氾濫原環境の評価 手法の開発:木曽川を事例として,応用生態工学,Vol.17:pp.29-40,2014.

- 22) 星野義延・吉川正人:鬼怒川における河跡池の成立と植物群落の発達過程に関する研究. 河川美化・緑化調査研究論 文集, Vol.10, pp.63-148, 2001.
- 23) 三上修: 仏沼干拓地における草原生鳥類 5 種の繁殖期における環境選択の比較, 山科鳥学誌, Vol.43, pp.169-175, 2012.
- 24) 永田尚志・吉田保志子・A. ディルツ: 霞ヶ浦におけるオオヨシキリの個体群構造, 関西自然保護機構会報, Vol.21, pp.167-177, 1999.
- 25) 今橋美千代・鷲谷いづみ: 土壌シードバンクを用いた河畔冠水草原復元の可能性の検討. 保全生態学研究, Vol.1, p p.131-147, 1996.
- 26) 大和田真澄:渡良瀬遊水地の植物,藤岡町史 資料編 渡良瀬遊水地の自然,藤岡町,2002.
- 27) 小幡和男:小貝川河川敷の維管束植物, 茨城県自然博物館研究報告, Vol.10, pp.101-134, 2007.
- 28) 野副健司・西廣淳・ホーテス シュテファン・鷲谷いづみ: 霞ヶ浦湖岸「妙岐の鼻湿原」における植物の種多様性指標としてのカモノハシ, 保全生態学研究 Vol.15, pp.281-290, 2010.

第3章 河畔砂丘林溢水箇所の状況と復元について

3.1 河畔砂丘林の概要と災害後の溢水箇所の状況

3.1.1 河畔砂丘林の概要

砂丘とは、風によって運搬された砂が堆積して形成する丘や堤状の地形である¹⁾. その形成条件としては、砂粒の供給源のあること、ある程度強い風が吹くこと、飛砂を止める植生のないことが挙げられる. 砂丘の形態と規模は、風向、風速、供給砂の粒径や量、供給源からの距離、周囲の地形などの種々の条件によって決定される. 河畔砂丘は、河川が運搬する砂質物質が、卓越風によって河床から自然堤防上や氾濫原に運搬され、砂丘として発達したもので、鬼怒川以外にも利根川や木曽川にみられる地形である²⁾. 形状としては、氾濫原の中の細長い微高地となる場合が多く、河川の上流から運搬されてきた砂が氾濫によって堆積して形成される自然堤防と類似している. このため両者の区別は難しいが、一般的には比高の高さで区別される³⁾.

鬼怒川には、距離標19.2~19.5 km区間と24~26 km区間の左岸の2か所に砂州・砂丘と分類される微高地がある⁴⁾. 前者の砂丘は、既に住宅地や畑と化している. これらの区間以外も砂丘ではないが微高地(自然堤防)として分類される小高い丘が鬼怒川左岸の随所に現れる. これは、鬼怒川の湾曲部内岸に砂河原が成立しやすいこと、冬季に北西の季節風が卓越することで形成されたものと考えられている⁵⁾.

こうした砂丘、微高地の殆どは現在までに掘削され、田畑、宅地として利用されているが、一部樹林帯として残存している。現在では砂丘として存在していないため、ここでは砂丘とは区別し、この残存した樹林帯を砂丘林と呼ぶこととする。この砂丘林の中で最も大きな面積として残存しているのは、若宮戸地区の河川沿いに広がる3m程の比高を有する砂丘林である(図-3.1)。この砂丘林は十一面山とも呼ばれており、この地域の里山として親しまれている。. 茨城県準絶滅危惧種であるイヌアワが生育するほか、アカマツ林やニセアカシアに加え、クヌギやコナラなどの落葉広葉樹林が成立し、里山の自然として価値のあるものとなっている(図-3.2)。また鬼怒川全体で減少しているコウボウシバやハマエンドウなどの海浜植物の生育も確認されている⁷)。この場所では、河畔砂丘上の生態系を保全管理するための市民活動も盛んに行われ、ヒトと自然のかかわりにおいても重要な場所であり、常総市の環境保全対象地となっている。また、この周囲に同等規模の樹林帯がないため、林縁を利用する鳥類の生息場所としても重要と考えられる。これらのことから、地域の生態系の保全を必要とする重要な場所であると言えよう。

3.1.2 河畔砂丘林の変遷

明治初期(1800年代後半)に最大幅約300 mであった砂丘林は、1947年には主に田畑として利用されていた(図-3.3). また密度の低い樹林もあることから、薪炭林として利用されていたものと考えられる. 石油ストーブの普及が進む1960年代に入ると、薪の利用が減少したためか、全体的に砂丘林の樹林密度は高くなっている. 高度経済成長期後の1970年代には現在の最大幅約150 mとなるまで堤外側、堤内側からの砂丘林の伐採や砂丘の掘削が進み、砂丘林は大きく減少した(図-3.3の1974-1978). 伐採された箇所は掘削されるとともに田畑や工業用地としての利用が進んだ(図-3.4c). 2007年頃までは大きな変化はないが、2013年6月~2015年2月の間に砂丘林の掘削が行われ(Google earthより判読)、その後ソーラーパネルの設置が行われている.

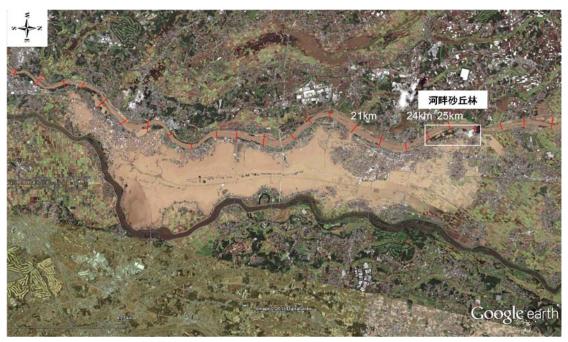


図-3.1 河畔砂丘林(十一面山)の位置図. 画像はGoogle earth(2015年9月11日).

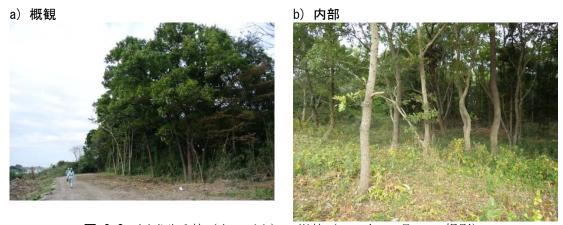


図-3.2 河畔砂丘林(十一面山)の樹林(2015年10月29日撮影).

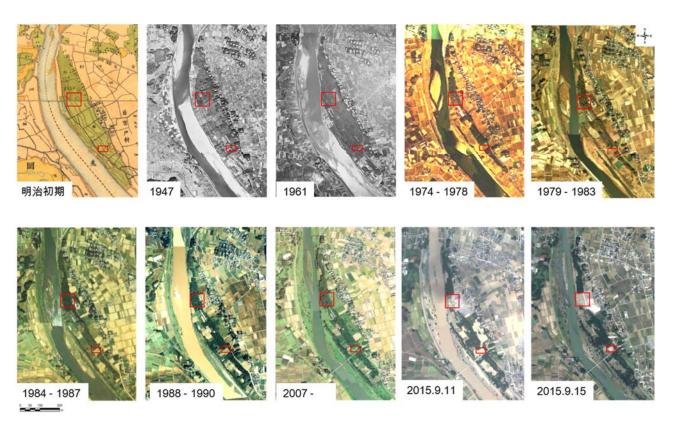


図-3.3 河畔砂丘林の変遷. 赤枠は溢水区間. 1947年以降は国土地理院8), 明治初期は迅速測図9)より.

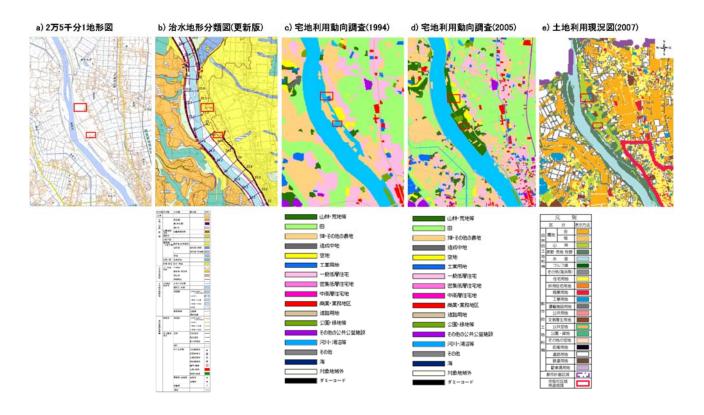


図-3.4 河畔砂丘林の地形図,治水地形分類図,土地利用図.a) $\sim d$) は国土地理院 4) より.赤枠は溢水区間.e) は常総市 10) より.

3.1.3 河畔砂丘林掘削・溢水前後の変化と防災・減災としての機能

平成27年9月9日から11日にかけて発生した平成27年9月関東・東北豪雨により、その砂丘林で溢水が生じ、堤内の住宅地が冠水した.公開資料を用いて砂丘林の災害前後の変化を把握した(**図-3.5**).溢水は上流部のソーラーパネル設置部の掘削区間(以下、上流側砂丘林)と距離標24.5km付近の鬼怒川水道橋の上流部(以下、下流側砂丘林)の2箇所で生じていた。下流側砂丘林では、連続盛土と砂丘林の間の谷地から溢水が生じている(**図-3.6b**).上流側砂丘林では、上下流に連続した砂丘のうち約150 mの区間が掘削され、その区間からの溢水が生じていた(**図-3.5**).

掘削・溢水前後の変化が大きかった上流側砂丘林を対象に、2015年10月29日に現地踏査と小型UAV (Phantom 3 Professional, DJI社)を用いた空撮を実施した。対象範囲をオーバーラップ、サイドラップが約20%となるように飛行し、真下方向に240枚の写真を撮影した。撮影後、SfMソフトウェア (PhotoScan Professional edition, Agisoft社)を用いて対象区域の3Dモデルを作成した。

現地踏査で得た溢水後の砂丘林の断面写真から、砂丘林の構造は、二つの丘とその間の窪地で構成されていることがわかった(図-3.7e). この二つの丘は、明治初期は3~4つの丘で構成されたいたものが掘削された後に残存したものと考えられる(図-3.3明治初期). また、この窪地では氾濫した水を流下させた痕跡が見られた. このほか、溢水区間の復旧作業時に堤防上の道路が拡幅され、砂丘の堤外地側斜面が裸地化した様子も確認された(図-3.8).

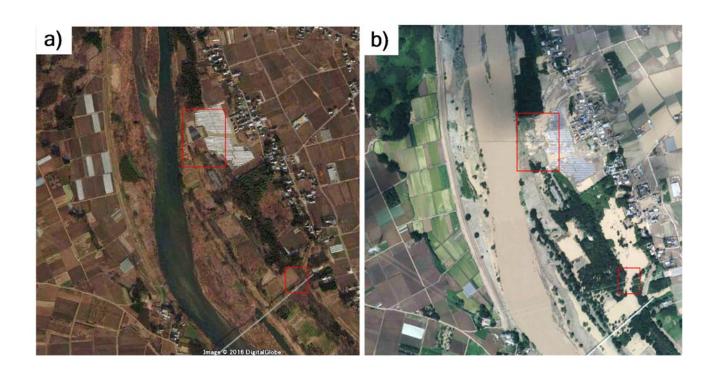


図-3.5 河畔砂丘林の災害前後の空中写真. 赤枠は溢水区間. a) 災害前(2015年2月2日, Google earthより), b) 災害後(2015年9月11日, 国土地理院⁸⁾より).

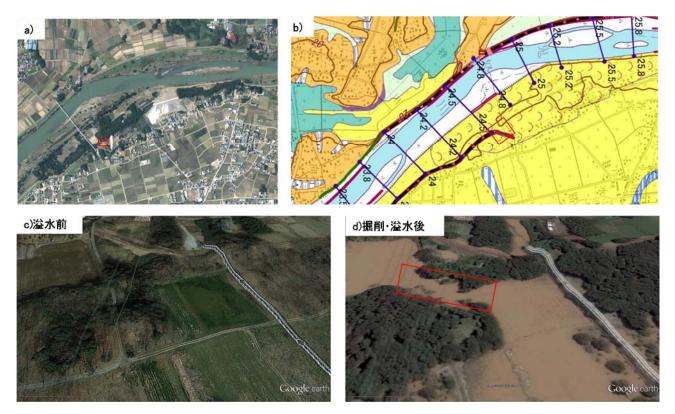


図-3.6 下流側砂丘林の溢水前後の比較. a) は下流側砂丘林の位置図, b) は治水地形分類図(更新版), 国土地理院⁴⁾より. c) 溢水前(2012年3月16日), d) 溢水後(2015年9月15日), 3DモデルはGoogle earthより.



図-3.7 上流側砂丘林掘削前後の比較. a) 位置図, b) 掘削前(2012年3月16日), c) 掘削区間の溢水後(2015年10月29日). e) は掘削された砂丘林の横断面. b) ,c) の背景画像はGoogle earthより.



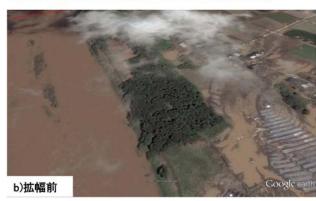




図-3.8 作業用道路拡幅前後の変化. a) 撮影位置図, b) 拡幅前(Google earth 2015年9月15日), c) 拡幅 後裸地化した砂丘林(3Dモデル 2015年10月29日).

溢水が発生した上流側砂丘林の堤外側が一部掘削され畑地として利用されていた(図-3.9).この堤内地側には畑地面から約2~3 mの砂丘地形が残存しており、その上に樹高2~3mの樹林帯が発達している(図-3.9b).この丘の斜面で洪水時の水位の痕跡が見られ(畑地面から高さ約70 cm)、この位置で溢水が防止されたことが確認された(図-3.9).この上流側砂丘林は、河川管理上の堤防や連続盛土のない無堤区間に位置している。この砂丘林は、その区間の中でで防災・減災の機能を果たしたことを示している。増水時において砂丘林の洗掘が生じなかったのは、おそらく樹林や林床植生の根茎の分布が関与していると思われるが、その機構については今後の解明を要する。

以上のことから、この砂丘林は保全の必要性の高い生態系で、なおかつ、減災・防災機能を有する重要な 生態系であると言え、砂丘林掘削や災害前の自然度の高い砂丘林を復元することが望まれる.



図-3.9 砂丘林による溢水が防止された畑地斜面の状況. a) 位置図, b) 空中写真より作成した砂丘林の 3Dモデル (2015年10月29日), c) 畑地から砂丘林斜面に向けて撮影した写真. 赤ラインは洪水時水 位の痕跡位置.

3.2 河畔砂丘林の復元

3.2.1 砂丘地形・構造の復元

元々の砂丘地形は、3つから4つの丘で構成されていたが、1970年代の砂丘林伐採と掘削により現在では2つの丘で構成されている。その砂丘の材料、土壌の主体は砂であり、その上にササを主とした植生が覆っている。超過洪水に対する強度という面では、掘削が進む前の1960年代の砂丘地形の復元が望ましい。その規模と構造を定めるには、対象とする洪水規模を明確にする必要があるが、今回の洪水規模を想定すれば、ソーラーパネル箇所掘削前の構造で耐力があると考えられるため、少なくともソーラパネル設置のための掘削以前の状況に復元することが望ましい。その復元には、工業用地となっている民有地が含まれるため、民有地の扱いについて検討を要する。

造成する砂丘の断面は、掘削前の地形・構造が不明であることから現在残存する区間の形状を模倣して造成することを考え、溢水区間の上流・下流部の砂丘の標高が連続するように2つの砂丘の盛土工により連結する(図-3.10).砂丘林の生態系の復元も考慮して、構成材料は砂のみとし表面はコンクリート、ブロック等を設置しない(図-3.11).材料となる砂は、砂丘の形成過程を考慮して、河道の砂を用いる。砂丘表面の樹木の定着を促すために、それを阻害するような種子吹付工は実施しないほうがよいと思われる。

3.2.2 飛砂 • 侵食対策

この地域は、風向は南東方向の日が多く、年平均風速は1.5~2.5 m s⁻¹であり、年最大風速は10~20.3 m s⁻¹の 範囲である¹¹⁾ . 南東、北西の風向、砂丘林と平行となる方向にあり、飛砂による砂丘の侵食の影響は小さい と想定されるが、樹林の定着を促すために飛砂および侵食の対策を施す必要がある.

飛砂の防止には、柵や垣を設ける堆砂垣工や柵工、砂丘表面に敷藁や埋藁を施す伏工、コウボウムギなど植物を砂丘表面に植栽するなどの覆砂工、垣や衝立を用いた静砂工、直接樹木を植える植栽工などがある^{12)、13)}.このほか、高分子ポリマーを表面に散布する方法もある¹⁴⁾.これらの工法の殆どは海岸砂丘の造林技術として確立されている。対象の砂丘では、早期の樹林の定着を促すため、水分・養分保持に優れたムシロを用いた伏工や敷藁、埋藁が適していると思われるが、工法の選定にあたっては、造成する砂丘形状や砂の質により改めて検討する必要がある。

3.2.3 樹種の選定と植生の配置

上流側砂丘林の残存部は、アカマツ、スギ、クリ、コナラ、エノキ、ムクノキ等の混交林となっている. スギは、胸高直径20 cm 程度、クリ・コナラは30 cm 程度のものもある. 林床はササを主とした植生である. 砂丘林の早期の定着のために実播やポット苗による植栽を施すことが望ましいが、その樹種や林床の植物の選定と配置は詳細な植生調査を実施して定める必要がある.

植栽,実播,その後の維持は,住民の防災や自然に対する認識の向上を期待した持続可能な開発のための教育(ESD)として位置づけ、地域住民の手で行うことが望ましい.

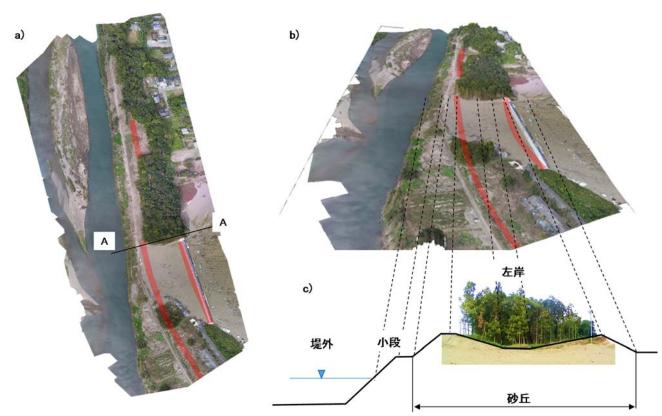


図-3.10 砂丘地形の復元案. a) オルソ画像, b) 鳥瞰図, c) aのA-A断面. 図中赤ラインは砂丘の尾根を示す.

3.2.4 外来植物対策

本砂丘林の中腹部にある慰霊塔付近と堤内側の斜面で外来植物のニセアカシア (ハリエンジュ) の生育も確認されている。特にニセアカシアは堤内地側の砂丘の掘削部で優占している⁷⁾ . 樹木では同じく外来植物のシンジュも確認されている。このほか,鬼怒川堤外地では,外来植物としてセイバンモロコシ,オオブタクサ,アレチウリ,オオカワヂシャ,セイタカアワダチソウも確認されている。河道掘削時の残土を砂丘の造成に用いた場合,上記の外来植物の埋土種子が含まれている可能性が高いため注意を要する。それらの出現に対しては,モニタリングとともに定期的な防除を実施する必要がある。

3.2.5 道路拡幅部の修復

道路拡幅部(**図-3.8**)では裸地が形成されており、造成した砂丘同様に、外来植物の侵入が予想される. 外来植物の繁茂が確認される場合は防除と、先の樹種選定結果を踏まえた植樹・実播を行う必要がある.

3.2.6 下流側砂丘林の補強

下流側砂丘林では、1970年代の伐採が確認されたものの、その際に掘削が行われたかどうかは不明である。 溢水は連続盛土と砂丘林の間の谷地から溢水が生じていることから(**図-3.6**)、この盛土と砂丘林の間を砂 丘の造成により連結させ、防災・減災機能を補強する必要がある。砂丘の造成にあたっては、上流側砂丘林 の復元に倣って実施する。

3.2.7 モニタリングについて

砂丘林の復元にあたっては、外来生物の監視だけでなく、治水上の管理や植物の定着を考慮して地下水位、 土壌水分の物理要因のモニタリングを複数地点(砂丘の頂部、窪地)で実施することが望ましい.このほか、 砂丘に用いる材料によっては塩害も懸念されることから、土壌水の定期的なモニタリングも必要と考える.

植生調査による樹種選定と植樹・実播(目標:近隣砂丘の混交林) 防災・自然に対する認識を高めるための住民による植樹・実播

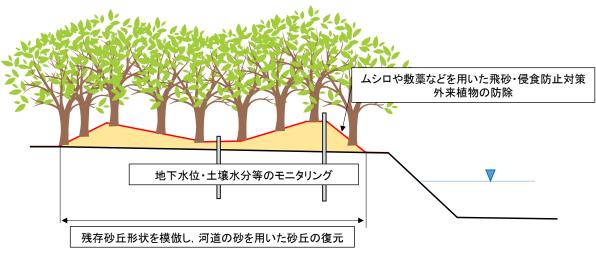


図-3.11 砂丘林の復元と飛砂・侵食・外来植物対策、モニタリングの案.

参考文献

- 1) 松倉公憲,砂丘,地形学辞典,第三刷,町田貞・井口正男・貝塚爽平・佐藤正・榧根勇・小野有五編,二宮書店,p.211.1988.
- 2) 遠藤邦彦,河畔砂丘,新版地学事典,地学団体研究会編,平凡社,p.255,1966.
- 3) 国土地理院, 地形判読のためのページ河畔砂丘< http://www1.gsi.go.jp/geowww/Photo_reading/kahansakyuu.html > (2016年4月11日閲覧), 2016.
- 4) 国土地理院, 地理院地図治水地形分類図-更新版(2007~2014年) < http://maps.gsi.go.jp > (2015年10月15日閲覧), 2015.
- 5) 山本晃一・阿左美敏和・田中成尚・新清晃・鈴木克尚,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,25,2009.
- 6) 十一面山公式ホームページ, http://www2.plala.or.jp/subhananohoso/index.html (2015年11月9日閲覧), 2015.
- 7) 飯田勝明・中山静朗・小幡和男・櫻井稔郎・廣瀬孝久・太田俊彦・五木田悦郎, 鬼怒川河川敷の植物相について, 茨城県自然博物館研究報告, 3, 53-66, 2000.
- 8) 国土地理院, 地理院地図空中写真・衛星画像 (2015年10月15日閲覧), 2015.
- 9) 農業環境技術研究所,歴史的農業環境閲覧システム(2015年10月20日閲覧),2015.
- 10) 常総市, 常総市都市計画マスタープランhttp://www.city.joso.lg.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/34/02533.pdf (2015年11月20日閲覧), 2015.
- 11) 気象庁, 過去の気象データ検索(下妻)< http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>(2015年11月20日閲覧), 2015.
- 12) 村井宏, 治山緑化技術の現状と問題点, 新砂防, 39(5), 20-29, 1987.
- 13) 河合英二,海岸環境と海岸林,日緑工誌,35(4),513-517,2010.
- 14) 松本聡, 高分子による砂漠の耕地化, 高分子, 42(8), 664-667, 1993.

第4章 地形的・歴史的分析を踏まえた大規模氾濫対策

2015年9月に茨城県常総市を中心に甚大な被害をもたらした鬼怒川氾濫は、流域平均3日雨量511mm(年超過確率約1/110)の大規模な降雨により発災した¹⁾. 気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel On Climate Change)が発表した第5次評価報告書では、中緯度の陸域において局所的集中豪雨がより強く、頻繁となることを指摘しており²⁾、計画規模を上回る洪水への対応は喫緊の課題である。大規模な洪水に対しては流域全体で対策を行うことが有効であることが示されており、2000年の河川審議会答申では、治水施設のみの対応による限界を認識して、大洪水が発生したとしても被害を最小限にくい止められるように、多様な方策を流域と河川において講じることの必要性が指摘されている³⁾。また、2016年の気候変動適応策に関する社会資本整備審議会の答申では、流域の対策として、氾濫の拡大を抑制する機能を有している自然堤防や連続盛土の保全、土地利用状況を考慮した治水対策、災害リスクの低い地域への居住や都市機能の誘導が提言されている⁴⁾。

本章では、平成27年9月の鬼怒川氾濫を対象に、今後の大規模氾濫に対する浸水リスクの低減や氾濫流のコントロールを目的とした、過去の治水システムを踏まえた堤内地の管理や土地利用のあり方を防災、環境の観点から提案を行うことを目的とする.

4.1 対象地の地形特性

本節では、氾濫地域を含む鬼怒川及び小貝川で挟まれた地域の地形的特徴を説明する。図 4-1 に鬼怒川及び小貝川の治水地形分類図 5と過去の氾濫発生箇所を示す。鬼怒川 102~90km 付近は最上流部を扇頂とする扇状地地形を流下している。90~67km は左岸側を宝積寺台地、下妻台地、右岸を宇都宮台地に挟まれて流下する。48km 地点から沖積地の河川流下方向の勾配が急に緩やかになり、自然堤防地帯に入る。7km より下流は、1629年に洪積台地を開削した人工河川となっている 6. 過去の氾濫は鬼怒川が流下する地形が扇状地から洪積台地へ遷移する 90km 付近に集中している。

平成 27 年関東・東北水害で氾濫した範囲は、鬼怒川及び小貝川に挟まれた地域で、自然堤防の下流端部に位置し、後背湿地が多くみられる(図 4-2). 浸水範囲のなかでも下流側は氾濫水が集中し、浸水深が大きく浸水が長期化している. 集落は自然堤防上に沿って長く伸び、鬼怒・小貝川が最も近接する南端に旧水海道の市街地が形成されている. 西岸は海抜 20m から 24m 前後の台地で、ノガタとよばれる畑作地域、平坦で比較的起伏の少ない北西部の岡田台地(結城台地)及び南部の猿島台地が細長く南に伸び、一部に狭隘な谷頭(ヤツ)が入り組み現在は深田(谷津田)となっている 7.

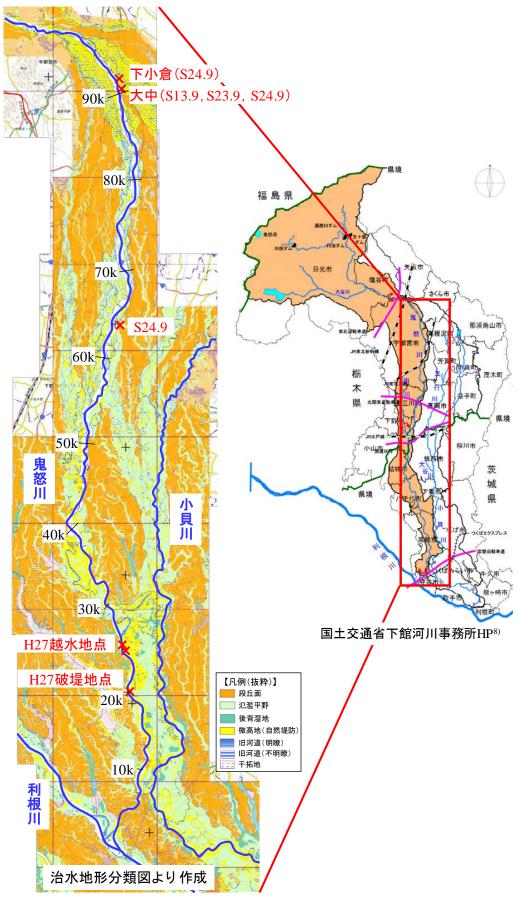


図 4-1 鬼怒川・小貝川の治水地形分類図

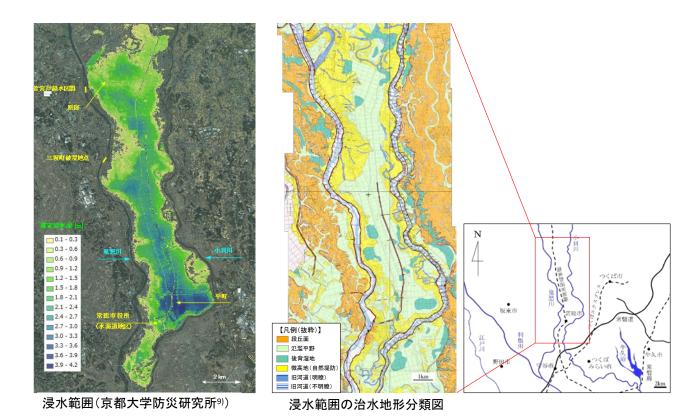


図 4-2 浸水範囲と治水地形分類図

4.2 治水地形分類図から推測される治水システム

2章では、対象地域の開発史及び鬼怒川・小貝川の河川改修の経緯を述べた。新田開発や舟運開発による社会の発展に対し、水害リスクの増大や水資源と排水の需要が高まり、現在の姿となっている。本節では、堤内地における治水対策について述べるが、当該地域における江戸時代以降から直轄管理となるまで、個別治水事業に関する記録は乏しいため、治水地形分類図を用いて堤内地を含めた氾濫流管理を推測する。

4.2.1 水海道市街地の防御と八間堀川

八間堀川は人工的に開削した水路であり、低平地の排水を目的としているが、鬼怒川・小貝川の氾濫時には 堤内地の氾濫水を収集し、鬼怒川へ戻す役割を担っている。現在、鬼怒川と八間堀川の合流点には八間堀排水 機場があり、八間堀川の水位上昇時には強制的に氾濫水を鬼怒川へ戻すことが可能である。図 4-3 は当該地域 の治水地形分類図を示したものであるが、大正末期~昭和末期には、水海道の密集市街地の上流側左岸が不連 続堤防となっていることがわかる。これは、排水機場の整備以前では鬼怒川の水位上昇時に八間堀川で収集し た氾濫水を鬼怒川へ強制排除できずに、水海道市街地が氾濫することを防ぐため、収集した氾濫水を人家の密 集が少なく標高の低い後背湿地に戻すことで、密集市街地の氾濫リスクを低下させる機能があったと考えられ る. 現在、八間堀川は左右岸ともに連続堤防が整備されており、この治水システムを確認することはできない。



図 4-3 水海道市街地北部の治水システム

4.2.2 八間堀川中流域の控堤

図 4-4 は八間堀川右岸に位置する控堤と市街地の位置関係及び 1883 年~1890 年に作成された当該地域の迅速測図 ¹⁰⁾を示したものである. 治水地形分類図では,昭和 20 年代に八間堀川右岸堤防の存在が認められる.また,迅速測図では,この堤防の位置に八間堀川の支川がみられることから,その支川の堤防であることがわかる. 昭和 20 年代に改めて築堤(あるいは嵩上げ)が行われた理由として,西側の氾濫平野の住宅地の防御が考えられる.この住宅地は,迅速測図では確認できないため,明治期から昭和 20 年代までに建設されたものと推測される.また,この堤防は昭和 30 年代に上流側に延伸され,自然堤防と接続する形状となっている.これは,八間堀川の左岸堤防とこの堤防で挟まれた水田一帯を,内水排水河川として機能させるためと考えられる.支川の堤防は八間堀川の右岸堤防の控堤として機能したと考えられ,複数の治水施設により浸水リスクを低減させる多重防御の思想が伺える.現在は圃場整備により八間堀川の支川やその堤防は確認できず,農地として利用されている.

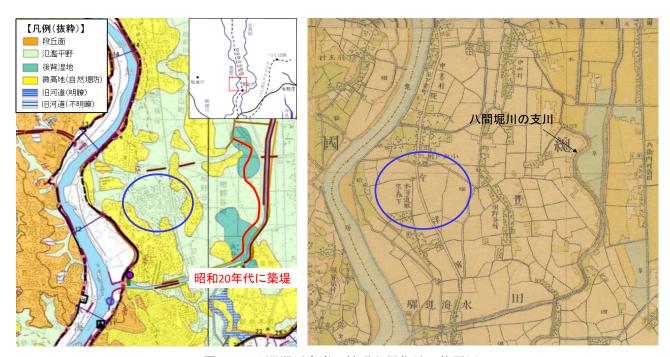


図 4-4 八間堀川右岸の控堤と居住地の位置図

4.2.3 小貝川旧河道と水海道市街地南部の治水システム

図 4-5 に水海道市街地南部の治水地形分類図と迅速測図を示す.水海道市の南部では、大きく蛇行した小貝川の旧河道が見られ、現在では市街地が低平地まで進出していることがわかる.この低平地の市街地は明治期の迅速測図 10)では確認できない.ここで注目すべきは小貝川旧河道の右岸に位置する堤防である.水海道市街を小貝川の氾濫水から防御するための施設と考えられる.大正末期~昭和初期に下流側の一部堤防が完成し、上流側の市街化に伴い堤防が延伸(昭和 30 年代後半~昭和 40 年代前半)されている.また、南西部に、人為的に自然堤防を開削したとみられる箇所が存在し、現在は樋門が整備されている.この場所は迅速測図においても水路が確認され、小貝川の氾濫水を鬼怒川へ戻す役割があったと考えられる.

対象地域の治水システムは、人口が集積した水海道市街を防御することを目的に、自然微地形を有効に活用 し構築されていることがわかる。また、堤防の延伸によって防御されている市街地は、自然堤防の後背低地に あたり、自然堤防地帯と比較し、潜在的な浸水リスクが高い地域と考えられる。

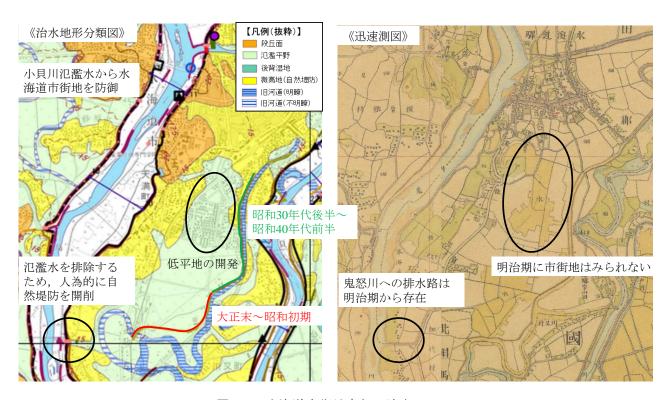


図 4-5 水海道市街地南部の治水システム

4.3 環境と治水が調和した大規模氾濫対策の提言

4.3.1 基本的認識

対象地域は自然堤防上には住宅や畑が、後背湿地は水田に、また旧河道は親水公園、あるいは埋め立てられて水田として利用されており、常に鬼怒川と小貝川からの外水氾濫、及びこの領域内の降雨による内水氾濫の危険性をはらんでいる空間である。しかし、近年では、後背湿地にも住宅や都市施設が侵入している。今回の水害では、破堤氾濫による住宅の流出や倒壊などの被害、自然堤防上の住宅の床下浸水を中心とする被害、後背湿地の住宅や大規模店舗の床上浸水、長期間に及ぶ農地や住宅地の湛水などが、水害の特徴である。今後発生し得る大規模氾濫に対し、次の3点を対策として提言する。

(1) 大規模水害時における外水氾濫箇所の特定と氾濫エネルギー低減のための環境保全型遊水地

今回氾濫が生じた鬼怒川と小貝川に挟まれた地域は、旧河道や後背湿地が多数存在しており、かつては大規模な氾濫原であった。陸域と水域の中間的な特徴を持つ氾濫原は、生物多様性の高い空間であり、氾濫原の再生と治水対策の両者が実現可能な対策が必要である。

今回の水害で最も大きな被害を受けたのは破堤地点の住宅であり、住宅近傍で外水氾濫を起こさせないこと、外水氾濫箇所での流速を低減させ、塵芥や流木の堤内地への侵入を抑制することが必要である。そのためには、外水氾濫箇所を特定し、氾濫流の流速や塵芥を抑制するための装置(氾濫流向のコントロールや遊水地を兼ね備えた樹林帯など)を設置することが重要である(図 4-6(a),(b))。大規模水害に対し、氾濫箇所を特定させる手法は古来、我が国ではしばしば用いられてきた手法で氾濫時のリスク軽減には有効な手法である。今回氾濫域が生じた地域では、自然堤防縁辺部での防備林の配備や、氾濫流向に対して防備林を配備するなど、地先で水害を防御する工夫が残されている(図 4-7)。

ここで対象とする空間においても、河川沿いに住宅が立地しない場所もみられるため、十分対応可能な手法であると考えている。さらに、この遊水地域を自然再生区あるいは自然公園的な地区として位置づけ、地域の健康増進やリクリエーションの場として活用することなどが考えられる。

(2) 自然微地形の認識と保全

対象地域は川沿いに、自然堤防や砂丘が存在し、それらの場所では浸水が発生しないか、発生しても軽微である。今回の洪水では、砂丘の掘削や大型店舗の浸水が社会問題化したが、自然堤防や砂丘、後背湿地といった自然微地形への認識が不足している。砂丘や自然堤防の保全及び後背湿地への都市施設の進出を厳しく制限すべきである。さらに、外水氾濫地点を限定できれば、より高精度の大規模氾濫時のハザードマップが作成可能であり、それらを活用した啓蒙活動も重要である。

(3) 堤内地氾濫流のコントロール

次に堤内地の氾濫流のコントロールが挙げられる.この地区は古くから様々な治水対策が行われてきており、いまだにそれらのシステムは現在の氾濫現象に影響を与えている.住宅地の氾濫を極力軽減するための、洪水流の誘導は重要な課題である.ここにも、土地利用をどのように考えるのかという問いが存在する.

以上のように、ここでは3つの大規模氾濫対策について提言するが、定量的な検討は十分に行うことが出来 ておらず、今後の検討課題である.

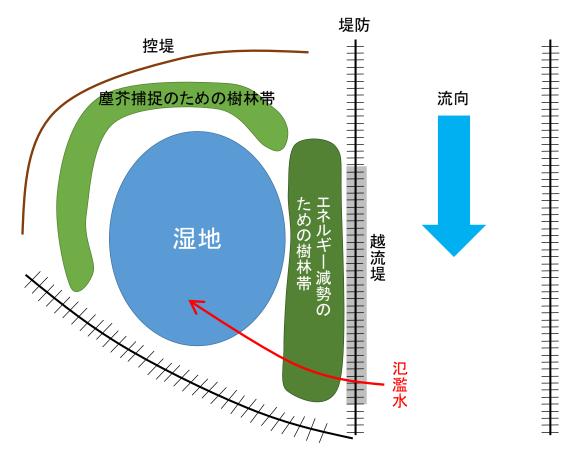


図 4-6(a) 大規模氾濫対策としての環境保全型遊水地の概念図 (平面図)

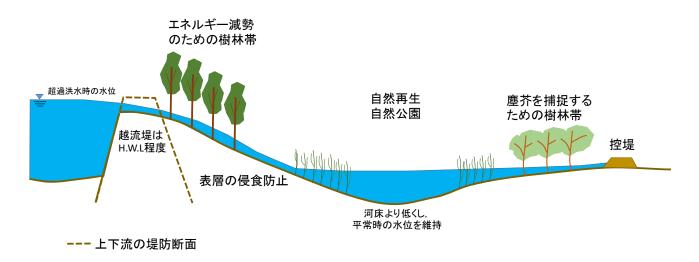


図 4-6(b) 大規模氾濫対策としての環境保全型遊水地の概念図(横断図)

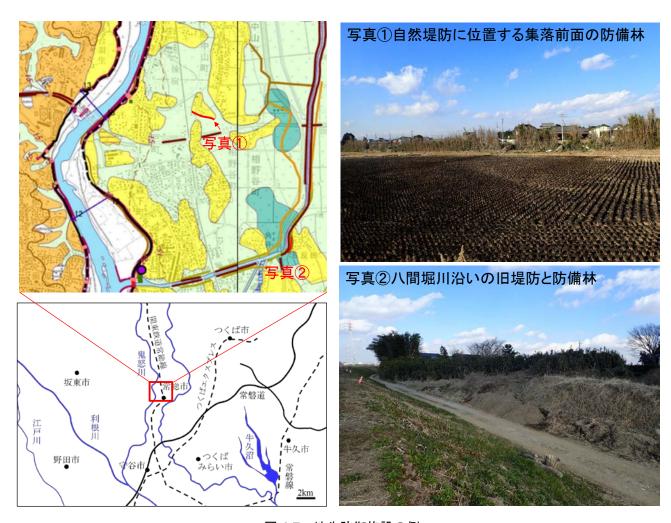


図 4-7 地先防御施設の例

4.3.2 具体的な対策

(1) 外水氾濫箇所の特定と環境保全型遊水地

大規模水害に際して氾濫箇所を特定することは全体リスクを低減するうえで有効な手法である. 対象地域の 左岸地区は自然堤防地帯が古来より居住地として機能しており, 人家が密集していない場所は僅かしかみられ ない. また, 下流域に水海道市街地を抱えており, 氾濫水を集中させることは望ましくない. 一方, 右岸地区 は破堤地点の左岸の氾濫地区に比べて人口密度が小さい地区であるし, 谷地状に低地が存在し, 氾濫流は住宅 地に及びにくい地区である. 農業低地を活用した氾濫貯留は対策として有効と考えられる(図 4-8). 氾濫頻度 は低く, 農業生産に大きな影響を与える可能性は低いが, 何らかの社会的措置は必要となろう. 谷地の湿地再 生などと連携することも考えられる.

これらの遊水地群の配備に際して、生態系の機能を強化することが重要である。例えば、氾濫水の流入の仕方を、①上流から速い流速で流入させる、②下流から背水により緩流速で流入させる、③河道から横越流させるなど氾濫形態を変化させることや、同一水深とせずに遊水地の基盤に起伏をつけるなど構造を変化させること、呑口部の高さを変化させ冠水頻度を遊水地毎に変化させること、湛水時間を変化させることで、多様な物理環境を創出し、生態系の機能を強化させる対策が必要である。

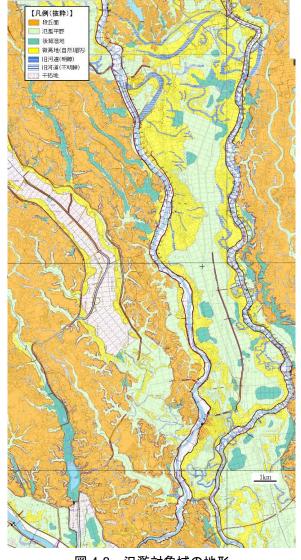


図 4-8 氾濫対象域の地形

(2) 自然微地形の認識と土地利用

図 4-9(a)に今回の氾濫により浸水した常総市新石下付近の治水地形分類図と重要施設の配置を示す. 当該地域では行政機関, 教育施設, 及び大型商業施設が浸水深の大きい自然堤防背後の後背湿地に集中していることがわかる. 特に大型商業施設のアピタ石下店では, 1 階部分の浸水により 100 名程度の従業員及び利用客が 2 階に避難し, 救助されたことが報道で大きく取り上げられた 11). 平常時に多くの人が利用し, 避難場所として機能する可能性があるこれらの施設は, 周囲の自然地形の状況等を踏まえ, 浸水リスクの低い地域に配置する必要がある. 図 4-9(b)は, 当該地域の迅速測図及び 1947 年の航空写真を示したものである. これらの地域への宅地や商業施設の進出は戦後以降であり, 近年開発された地域であることがわかる. 今後の社会情勢の変化を踏まえ, これらの地域の開発制限や防災への転用といった対策を実施する必要がある.

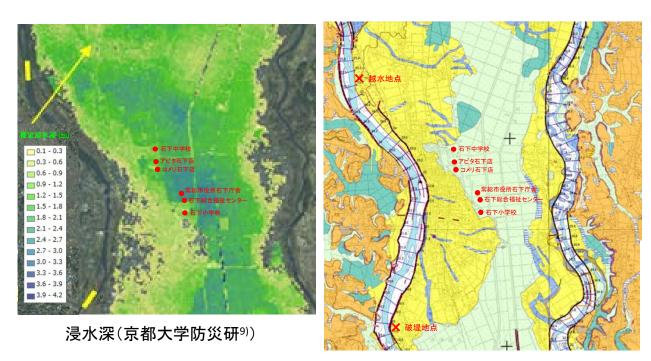


図 4-9(a) 常総市新石下付近の地形と浸水深



図 4-9(b) 常総市新石下付近の過去の土地利用

(3) 堤内地における氾濫流制御

1) 盛土構造物の計画的配置

今般の災害では、当該地域の上流から氾濫水が流入した。氾濫流の流向に対し横断方向に建設されている 道路盛土は、氾濫流を制御し被害を軽減した可能性がある一方、地区によっては八間堀川の氾濫流とぶつか り被害が増大した可能性がある地区が存在する。図 4-10(a)は常総市平町周辺の水害地形分類図及び被災後の 写真を示した。当該地区は国道 354 号線の道路盛土が構築されている。また、この地区では八間堀川が氾濫 しており、道路盛土に衝突した流れや上流域からの氾濫流と衝突するなど複雑な流れ場となっていたことが 氾濫痕跡(図 4-10(b))からも推定される。この道路盛土が氾濫流を止めたことや八間堀川の氾濫の影響によ り、当該地区では浸水が長期化している。

当該地区は、八間堀川左岸より 100m 程度の位置に常総市立大生小学校が立地している。八間堀川の破堤を予見することが極めて困難であったが、大規模水害を踏まえ、盛土構造物によって氾濫が増大する可能性がある箇所には災害弱者が利用する施設を配置することは適切ではない。また、氾濫流を制御する大規模構造物の建設は土地利用、施設配置を踏まえ行われる必要がある。



図 4-10(a) 常総市平町周辺の水害地形分類図及び被災後の写真



図 4-10(b) 対象地域の氾濫痕跡

2) 小貝川旧堤防の保全

図 4-11 に水海道市南部の治水地形分類図を示す. 小貝川旧河道沿いに大正末期~昭和初期及び昭和 30 年代後半~40 年代前半に築堤された堤防が見られる. これらは, 現在も一部が存在し堤防の一部には防備林も見られる (図 4-11 写真①). しかし, 発や道路建設によって旧堤防が一部寸断されている箇所がみられ(図 4-11 写真②), 従前の機能が維持されていないことが想定される. 今回の氾濫では, 小貝川ではなく, 上流側から氾濫水が生じたため, 当該施設による被害の増大等の影響は確認されないが, 今後の大規模氾濫対策として, これら堤防による氾濫流制御の効果を検証し, 必要に応じて保全することが必要である. また, 開発によって旧堤防を開削する場合に水防活動等でその機能を復旧可能なように対処しておくことや, 陸閘門により災害時に従前の機能を発揮できる構造とすることが必要である. また, これらの地域には図 4-11 写真③に示す小貝川の旧河道が氾濫原として残されている. これらの氾濫原は大規模氾濫時に遊水として機能するほか, 氾濫原に依存する生物の生息にとって重要な環境である.

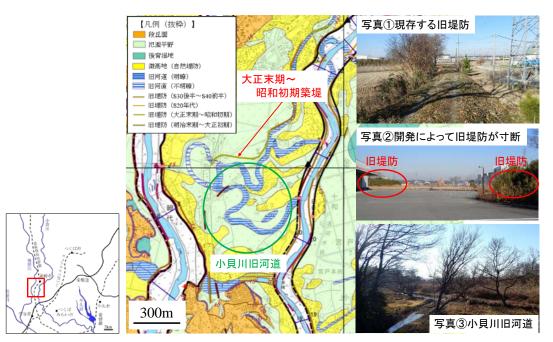


図4-11 小貝川旧河道堤防の現状

(4) 外水氾濫を想定した八間堀川を中心とする内水排水システムの確立

八間堀川は小貝川及び鬼怒川に挟まれた地域の氾濫水を収集し鬼怒川へ排水する機能を有しており、古くは水海道市街に氾濫水が集中しないよう分散型の水管理が行われてきたことが推測される。しかし、八間堀川は、当該集水域で発生した内水排除を主目的として開削された河川であり、鬼怒川の氾濫水が流入することは計画上想定されていない。今次災害において、八間堀川集水域(54.7km²)120への降雨の総量は、気象庁下妻観測所の2日間雨量(2015年9月9日及び10日)130を基に推算すると約1072万m³であり、流出係数を0.6とした場合の内水集水域の表面流出量は約643万m³である。一方、鬼怒川の氾濫流量は3600万m³と推計されており9、今回八間堀川に集中した排水の大部分は、鬼怒川からの氾濫水によるものである。八間堀川集水域の流出量は精査が必要であるが、八間堀川の破堤氾濫は想定されていない大規模な外水の流入によって生じた。将来発生し得る大規模水害に対しては、外水氾濫水が流入した場合にも被害を増大させない方策が重要である。以下に、対策案を記載する。

① 後背湿地や旧河道を利用した分散型治水

鬼怒川・小貝川低平地は、2章に記載されているように、江戸期以降に排水施設や排水路が整備され、内水排除のシステムが確立されている。整備が進んだことで洪水到達時間の減少やピーク流量が増大する傾向にある。今回の水害のような計画上含まれていない外水氾濫が流入することを想定すれば、排水の集中は氾濫リスクを増加させる可能性があり、堤内地における一時的貯留によって内水排水の集中を防ぐ等の対策が必要である。対象地域では、元来、人家がみられない後背湿地や旧河道が多数存在している。これらはかつて水はけの悪いであり、洪水時には内水貯留の機能を有していたことが想定される。この機能を大規模氾濫時の一時貯留施設として活用することは、有効と考えられる。

② 新八間堀川を活用した小貝川への排水

八間堀川はかつて、小貝川へ接続されていた.この流路は、現在も新八間堀川として残されており、小貝川との合流点には、水海道排水機場が整備されている.新八間堀川の流下能力を向上させ水海道排水機場の能力を強化することは、小貝川及び鬼怒川に挟まれた地域の内水氾濫及び外水氾濫水流入時の対策として有効である.

③ 八間堀川排水機場の能力強化

八間堀排水機場は昭和55年に完成しており、30 m³/s の排水能力を有する施設である.しかし、今回の水害では、洪水初期の八間堀川への流入直後に排水能力を上回るおよそ70m3/sec の流入があり、八間堀川の水位を著しく増大させ、水海道市街において洪水本体到達よりも早く浸水被害が生じ、住民を混乱させた14.大規模氾濫対策を踏まえた施設の能力強化が必要と考えられる.

④ 八間堀川の改修

明治期以降の河川改修(築堤、堤防嵩上げ)の結果、八間堀川の流下能力は大きく向上している。こうした河川改修は計画規模を下回る洪水の安全性向上に大きく寄与しているが、その一方で、大規模氾濫に対しては水害被災ポテンシャルを増加させた可能性もある。築堤によって破堤時の氾濫流の流体力の増大や、流下能力を向上させたことで水海道市街地に氾濫流が短時間に集約される結果となっている。また、今回のような大規模な氾濫が発生した場合、堤内水位と河川水位が同様に上昇した場合の堤体の脆弱性にも配慮が必要である。

氾濫が生じる可能性のある大規模水害を踏まえれば、水位上昇による破堤時の流体力の増大させる改修方法は望ましくなく、築堤よりも引堤や二線堤の配備による氾濫水のコントロールによって処理を行うことが適切と考えられる。河床掘削も有効な手法と考えられるが、低平地河川では河床への土砂の再堆積や環境劣化への

配慮が必要となる.

また、上記の内水排水河川の処理は右岸 21k に流入する将門川についても同様である。当該河川も鬼怒川の左岸ヤツ地帯の排水を目的としたものであり、小規模ながら八間堀川と同様の機能を有している。将門川の河道は、現在大規模な築堤は行われておらず、沿川の人家の密集も高くないが、一部で沿川の開発がみられる(図4-12). 改修の際に堤防の嵩上げを行うと今回の八間堀川と同様に大規模水害時のリスクを高める結果となる恐れがあるため注意が必要である。当該河川流入部には鬼怒川の本川堤防が将門川右岸に接続しており、これを霞堤防として機能させ、左岸の公園に氾濫させることは有効な氾濫対策と考えられる。

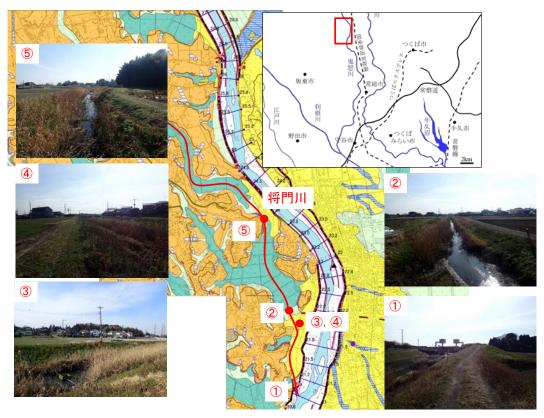


図 4-12 将門川の現状

4.4 まとめ

本章は、平成27年9月の鬼怒川氾濫を対象に、今後の大規模水害による外水氾濫に対する浸水リスクの低減や氾濫流のコントロールを目的とした、過去の治水システムを踏まえた堤内地の管理や土地利用のあり方を防災、環境の観点から提案を行った。まとめを以下に記す。

文献調査から当該地域は水海道市街を防御するため、内水排水河川で集めた氾濫水を鬼怒川への排水困難時に再度後背湿地へ排水するシステムや小貝川の氾濫水から市街を守るための二線堤が配備されていることがわかった。また、当該地域は微高地を中心に発達し後背平地の開発は主に明治以降であること、それ以前から低平地に居住がみられる地区では、宅盤嵩上げ、防備林の配備がなされていた。また、現地踏査から、これらの治水システムの多くは人為改変により完全には機能しない状態であること、盛土構造物によって浸水被害が軽減或いは増大した可能性がある地区が存在することが明らかとなった

大規模水害対策として人家密集域が少ない地域に氾濫箇所を特定し、積極的に氾濫させ、多様な氾濫形態や湛水期間を有する遊水地群を設けることで生態系機能の強化にも資する対策を行える可能性がある。また、自然堤防、後背湿地といった微地形を認識し、これらの地形の浸水リスクの違いを踏まえた土地利用の誘導を行うこと、大規模水害対策としての歴史的治水システムの活用が重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局資料: http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000634942.pdf, (2016/3/4 閲覧)
- 2) IPCC: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- 3) 河川審議会答申: 21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について, 2000.
- 4) 社会資本整備審議会答申:水災害分野における気候変動適応策のあり方について,2015.
- 5) 国土地理院:治水地形分類図,更新版.
- 6) 山本晃一,阿左美敏和,田中成尚,新清晃,鈴木克尚: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 25,2009.
- 7) 水海道市史編さん委員会:水海道市史 上巻,水海道市,1983.
- 8) 国土交通省下館河川事務所資料: http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000635503.pdf.
- 9) 佐山敬洋,大槻順朗,永野博之,二瓶泰雄:京都大学防災研究所 平成27年関東・東北水害 鬼怒川氾濫による常総 市周辺の浸水深分布調査 (第二報), http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/saigai/20151027_hanran.pdf.
- 10) 歴史的農業環境閲覧システム:農業環境技術研究所,http://habs.dc.affrc.go.jp/index.html.
- 11) 朝日新聞DIGITAL: http://www.asahi.com/articles/ASH9B5S0BH9BUTIL03X.html.
- 12) 茨城県資料: http://www.pref.ibaraki.jp/doboku/kasen/keikaku/kasenka/column025-hachikennbori.html
- 13) 気象庁資料: http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/
- 14) 大槻順朗, 二瓶泰雄, M.A.C Niroshinie: 2015年関東・東北豪雨における鬼怒川氾濫による常総市の洪水氾濫状況, 河川技術論文集, Vol.22, pp. 315-320, 2016.