

河川砂防技術研究開発

【成果概要】

氏 名 (ふりがな)		所 属		役 職	
① 研究代表者		たなか のりお 田中 規夫		埼玉大学大学院 理工学研究科 教授	
② 技術研究 開発テーマ	名称	荒川中流域の支川群を対象とした貯留効果と生態的機能の評価に基づく植生 管理手法の提案			
③ 研究経費 (単位: 万円)		平成30年度	令和元年度	令和 年度	総 合 計
※端数切り捨て。		148万円	214万円	140万円	503万円
④ 研究者氏名 (研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)					
氏 名		所属機関・役職 (※令和3年3月31日現在)			
五十嵐善哉		埼玉大学大学院 理工学研究科 助教			
⑤ 研究の目的・目標 (様式地河-1、地河-2に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)					
1. 研究の目的 荒川中流域の支川群における樹林化が、地先と、その中下流域の氾濫リスクに及ぼす影響を解明する。また、市街化した地域では河川が緑地をつなぐ貴重なネットワークであるため、河川植生の生態的機能を明らかにしたうえで、生態系への影響が小さいと思われる樹木伐採方法を検討する。また、気候変動によって降雨の激甚化や集中化が想定される。そのため、d4PDFを参考に複数の降雨シナリオを設定し、降雨シナリオによる支川群の貯留効果の変化について検討する。 2. 研究目標 (1)令和元年東日本台風の再現解析：同台風において河道内植生に関連して発生した水理現象を正しく評価することは、植生機能を評価するうえで重要である。昨年度までに構築したモデルにおいて、破堤時刻の推定なども行い、モデルの精度検証を行う。 (2)比較的小規模洪水の水位観測：昨年度までの検討で、低水位の計算精度がやや悪いことが推定された。河道掘削・樹木伐採後の樹木の再繁茂可能性などを評価するためには、低水位期の解析精度が重要である。そこで、入間川流域の広範囲に水位計を設置し、比較的小規模な洪水の観測を行う。 (3)入間川の河道管理の影響評価：数値モデルに組み込む植生を、治水・環境の視点で分類する。その後、(1)で検証した解析モデルを、(2)で取得した水位データを用いて、必要に応じて河積の修正等を行い、精度向上を図る。改良された解析モデルにより、令和元年東日本台風の出水で、入間川流域の樹木伐採が入間川流域および荒川本川の水位や荒川第一調節池の貯留量に与える影響を解析する。 (4)分布型流出解析モデルの開発と降雨シナリオ解析：R1台風19号では埼玉県管理区間でも河川の氾濫や河岸侵食被害が多数生じており、上流区間の氾濫に伴うハイドロの変形を評価する必要がある。そこで、上流から河口までシームレスな荒川全流域の分布型モデルを構築する。また、様々な降雨シナリオに対して、氾濫リスクの変化などの解析を行う。降雨シナリオに対する流出量のシナリオは、荒川の貯留関数モデル(国土交通省,2015)と分布型モデルとを比較する。					

⑥ 研究成果

GIS データの活用、数値解析手法の改良・開発等により、植生管理が氾濫リスクと生態系に与える影響を検討した。

1) 数値解析による令和元年東日本台風の氾濫の再現計算

図-1 のように、植松橋から東京湾まで（大領域）は 50m メッシュで、都幾川と越辺川の合流点付近（詳細領域）は 10 m メッシュで樹木の鉛直構造を考慮している。詳細領域境界には大領域で計算された流量を時々刻々を与え、詳細領域内部で計算された水位や流量は大領域に時々刻々与えている（2way ネスティングモデル）。

堤防決壊プロセスを考慮するため、堤防決壊時刻に堤防高を瞬時に 0 にするケース(B0s)と、3 時間かけて堤防高を 0 にするケース(B3h)を検討した。また、越辺川の決壊時刻は 12 日 22 時(O22)、24 時(O24)、26 時(O26)を検討した。さらに、飯盛川と大谷川の内水氾濫とポンプ排水を考慮しない場合(NP)と考慮した場合(P)を比較した（表-1）。

都幾川 6.5KP 左岸の決壊は、12 日 22 時から堤防高が低下し始めた（堤防の洗掘が裏法肩まで達した）場合、その後 3 時間以内に堤体が流失したと考えられる。越辺川 0.0KP 右岸の堤防決壊時刻や堤防決壊プロセス、大谷川の内水氾濫は、堤内地の氾濫量に大きく影響した。解析ケースの中で、台風 19 号の想定氾濫量と最も近くなったのは、内水氾濫を考慮し、12 日 24 時から 3 時間かけて堤防高が 0 になるケース(B3h-O24-P)であった（表-1、図-2）。

表-1 各ケースの堤内地氾濫量（黒字：レベル湛水と解析の誤差 10%未満，赤字：解析の方が多し，青字：解析の方が少ない）

Case名	氾濫量(万m ³)						
	都幾川 霞堤①	都幾川 霞堤②	都幾川 霞堤③	都幾川 左岸	都幾川 越辺川 合流点	九十九川 右岸	越辺川 右岸
レベル湛水	42	87	47	81	324	174	799
NB-NP	89	78	58	22	279	209	42
B0s-O22-NP	89	78	58	96	373	202	983
B0s-O24-NP	89	78	58	96	379	203	778
B0s-O26-NP	89	78	58	96	385	203	567
B3h-O22-NP	89	78	58	72	360	205	813
B3h-O24-NP	89	78	58	72	366	206	601
B3h-O26-NP	89	78	58	72	367	206	383
B0s-O22-P	88	77	57	95	371	202	1128
B0s-O24-P	88	77	57	95	376	203	932
B0s-O26-P	88	77	57	95	383	203	726
B3h-O22-P	88	77	57	71	357	205	969
B3h-O24-P	88	77	57	71	363	205	757
B3h-O26-P	88	77	57	71	365	205	567

2) 観測水位データを用いた低水位期の洪水氾濫解析精度の向上

河道掘削・樹木伐採後の将来において、樹木の再繁茂可能性などを評価するためには、高水敷に水が乗り上げる頻度等が重要である。そのため、低水から HWL までの精度の高いモデルが必要である。

そこで、比較的小規模の洪水を観測し、解析手法の改良を試みる。

入間川、越辺川、都幾川の合計 24 箇所に簡易水位計を設置し、図-3 のように高水敷に水位がわずかに乗り上げる程度の規模の洪水を観測することができた。

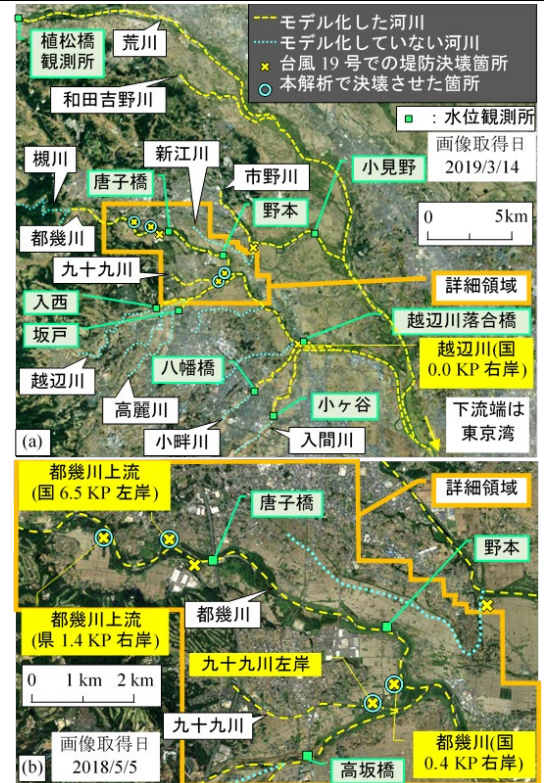


図-1 モデルの概要 (a)50m メッシュの大領域、(b)10m メッシュの詳細領域

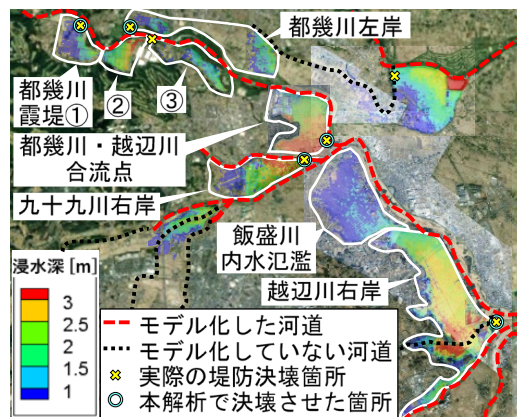


図-2 表-1 に示す氾濫域の位置関係

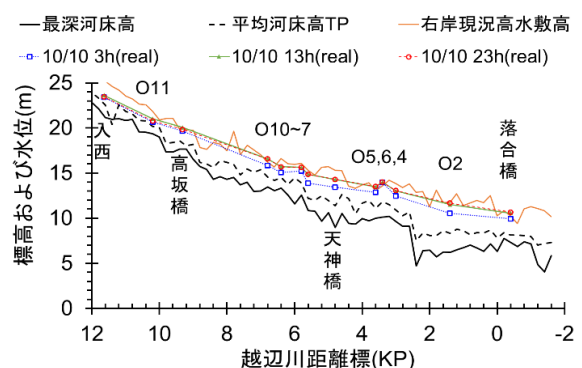


図-3 越辺川の水縦断面図 (R2, 台風 14 号の実測)

植松橋

熊谷

和太吉野川

荒川

大芦橋

都幾川

市野川

野本

九九川

越辺川

高麗川

小畔川

入間川

荒川 (44.8KP)

荒川第一調節池

治水橋

菅間

越辺川落合橋

太郎右衛門橋

詳細領域 10mメッシュ

水位観測所

下流端は東京湾

画像取得日 2019/3/14

---モデル化した河川
モデル化していない河川
 × 台風19号での堤防決壊箇所
 ○ 本解析で決壊させた箇所
 □ : 水位観測所

以上の修正を実施した結果、図-5のように低水位期の水位が大幅に修正された。図-5(a)の唐子橋はその下流に下用水堰、上流には上用水堰がある。また、図-5(b)の越辺川落合橋は下流に角泉堰がある。これらは、堰のモデル化が大きく影響したと考えられる。

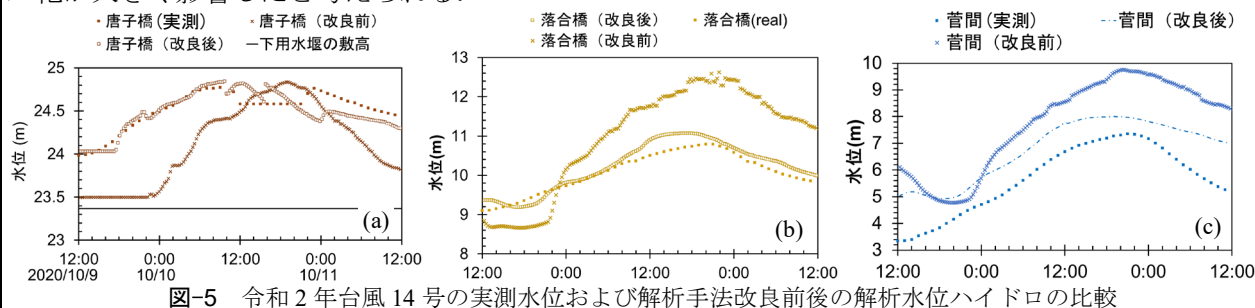


図-5 令和2年台風14号の実測水位および解析手法改良前後の解析水位ハイドロの比較

GIS データより、入間川流域の昆虫、鳥類、哺乳類、両生類の観測位置の分布を確認した。低水路側の高木では、鳥類、哺乳類が観測されており、低水路と堤防の中間に位置する高木では、哺乳類、両生類が観測されている。また、堤防側の高木では、鳥類が多く観測されている。以上のことから、特に高木を管理する際に、生物に与える影響を検討する必要があると考える。

以上を踏まえて、改良した洪水流解析を用いて詳細領域で植生有無の解析を行い、次の 4 点に着目して結果を整理する. i) 高木が水位上昇や流速に与える影響. ii) 堤防側かつ砂州前面の植生による局所的な水位上昇. iii) 河川合流後の植生による水位上昇. iv) 堤防側植生による偏流と流速の変化.

図-6 に都幾川野本周辺の植生なしと植生ありの最大水位の差（植生なしーあり）のコンターを示す。都幾川の野本より上流では高木が多く存在するが、樹木の有無による水位差は小さく、特に上流側では10cm未満である。高木は枝下高が3mと高く、それよりも低水位では抗力として働くのが幹のみであるため、低木や竹林と比較すると抵抗が小さいためだと考えられる。ただし、令和元年東日本台風において熊谷で見られたように、幹に浮遊物がトラップされるような現象が生じた場合は、高木であっても抵抗が大きいと考えられるため、注意が必要である。

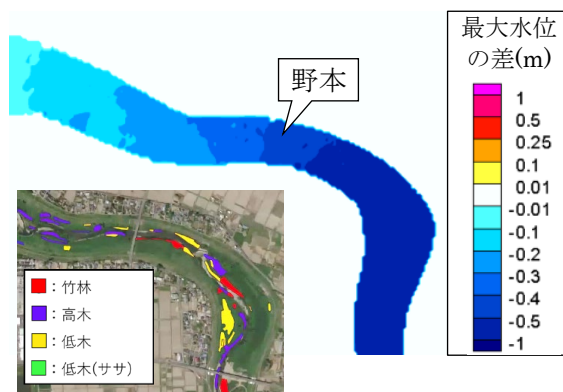


図-6 最大水位の差（植生なしーあり）

ii) 堤防側かつ砂州前面の植生による局所的な水位上昇

堤防側かつ砂州前面の植生による局所的な水位上昇を検討するため、図-7 に、都幾川上流で該当する植生が存在する地点周辺で、最大水位の差（植生なしーあり）を示す。これより、植生の有無により堤防際で 25cm から 50cm 以上の差が生じていることが分かる。また、特に竹林が存在する周辺では 50cm 以上の差が生じている。

iii) 河川合流後の植生による水位上昇

図-8 に、都幾川・越辺川合流部周辺の最大水位の差（植生なしーあり）を示す。これより、合流部の中山用水堰より上流では、植生伐採により 50cm から 1m 程度水位が低下することが分かる。この範囲では高木の存在割合が多いが、合流部は水位が高いため、高木であっても樹冠まで水位が達し、抗力が大きかったためだと考えられる。

また、中山用水堰より下流ではさらに最大水位の差が大きい。これは、堰の下流の方が水深は大きいためである。

iv) 堤防側の植生による偏流の発生および流速の変化

樹林帯あり(図-9(a))と樹林帯なし(図-9(b))の最大流速のコンターを示す。川幅に対する竹林の専有面積が大きい地点で、堤防際の流速が大きくなっている。一方、樹木を伐採したケース(樹林帯なし)では、川幅全体で流速が大きくなるため、堤防際の最大流速は 0.25-0.5m/s 程度抑制されている。

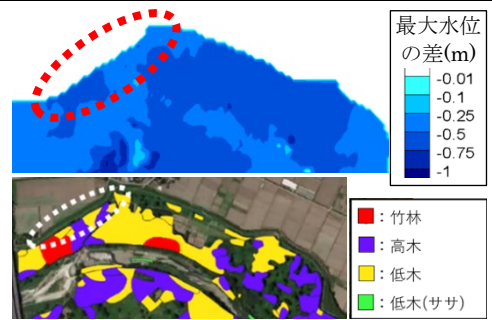


図-7 最大水位の差（植生なしーあり）

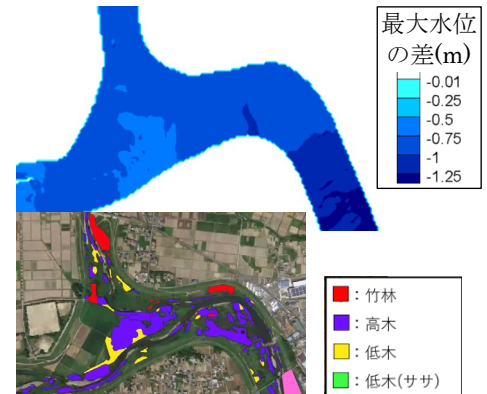


図-8 最大水位の差（植生なしーあり）

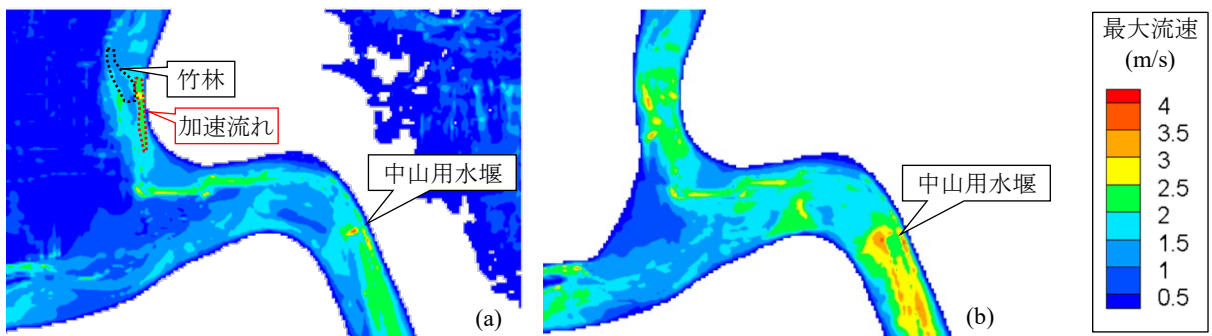


図-9 最大流速 ((a)植生あり, (b)植生なし)

4) 入間川流域の植生伐採が入間川流域および荒川本川に与える影響

図-10 に、荒川・入間川合流後の治水橋の伐採前後の水位ハイドログラフをそれぞれ示す。治水橋では、樹林帯なし(伐採後)の方が 20 分～30 分程度先に水位が上昇した。これは、植生伐採により洪水の伝播が早いためである。一方、ピーク水位後は、伐採前の方が水位は高い。これは、植生により貯留された流体が、河川水位低下時に下流へと流れるためである。

太郎右衛門橋、治水橋、笹目の伐採による水位差を図-11 に示す。水位差が正の場合、伐採で水位が上昇することを意味する。水位上昇期は、太郎右衛門橋、治水橋、笹目でそれぞれ約 24cm, 約 34cm, 約 37cm, 伐採で水位が上昇する。一方、最大水位については、太郎右衛門橋、治水橋、笹目でそれぞれ約 1cm, 約 4cm, 約 7cm, 伐採で水位が上昇した。すなわち、水位がピークとなる時刻では、支川群の伐採が荒川本川の水位に与える影響は小さかった。

図-12 に、伐採による荒川第一調節池の貯留量の差を示

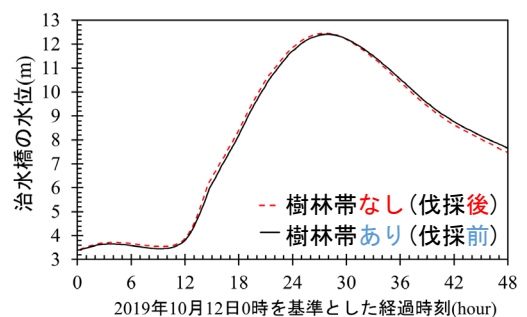


図-10 伐採前後の治水橋の水位

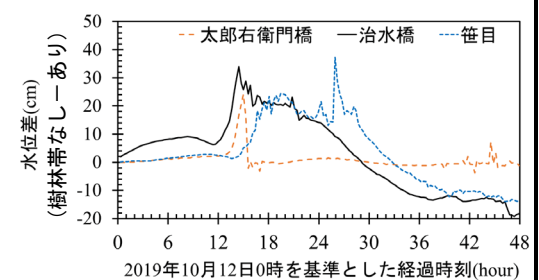


図-11 伐採前後の水位の差

す。伐採後の方が貯留量は早く増加するものの、ピーク付近の差は約 34 万 m^3 と小さかった。本論では降雨継続時間の長い令和元年東日本台風の条件で検討したが、降雨シナリオによっては植生有無の差が顕著になることも考えられる。

図-13 は、樹木伐採による最大水位の変化を示す。河道内植生の伐採範囲内で、特に都幾川・越辺川合流後では最大水位の差が大きく、樹木伐採で水位が 1m 以上も低下する。一方、伐採範囲の下流では最大水位が上昇する傾向がみられる。しかし、樹木伐採による水位上昇は最大でも約 28cm であった。

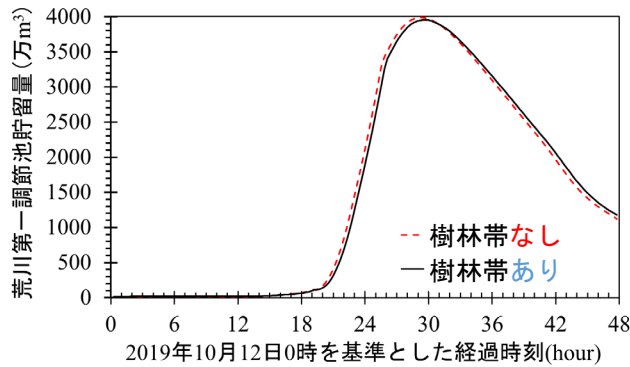


図-12 伐採前後の調節池貯留量

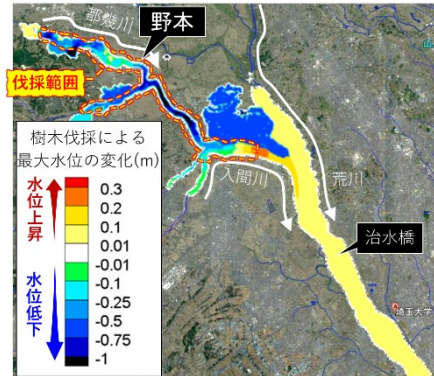


図-13 伐採前後の最大水位の差

5-1) 様々な降雨シナリオに対する洪水流出氾濫解析

様々な降雨シナリオに対して入間川の樹木管理が本川に及ぼす影響を考察する。d4pdfの過去実験(p)と将来4℃昇温実験(d)から、荒川流域の総雨量が大きいケースをそれぞれ抽出した(図-14)。さらに、荒川上流域の降雨量と入間川流域の降雨量の大小関係や降水量ピーク時間等に着目し、5つの波形を抽出した。この5波形に対して、令和元年東日本台風のハイドロでの解析と同様に、入間川支川群の樹木伐採の影響を検討した。その結果、図-15に示すように、入間川と荒川のピーク流量の時刻の関係によっては、入間川支川の樹木を伐採により、荒川のピーク流量が低下するケースもあった。これは、伐採で入間川の流量がピークとなる時刻が早まり、荒川の流量ピーク時刻とずれるためである。

5-2) 分布型流出モデルの開発と荒川流域の精度検証

分布型モデルの基礎方程式は基本的には平面二次元計算と同じ非線形長波モデルであるが、連続的に降雨による水位増加を加えている。分布型降雨流出モデルで解析した荒川流域の最大浸水深を図-16に示す。令和元年東日本台風では飯盛川、葛川、九十九川、新江川などで浸水被害が報告されている。分布型降雨流出モデルより、浸水被害地域を含む範囲で浸水を再現できていることを確認した(図-17)。

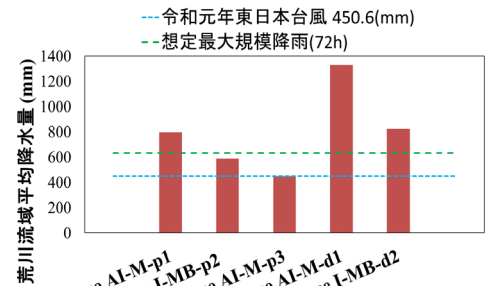


図-14 検討した5波形の平均降水量

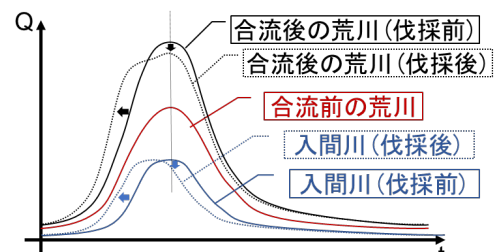


図-15 伐採前後の流量ハイドロ(概念図)

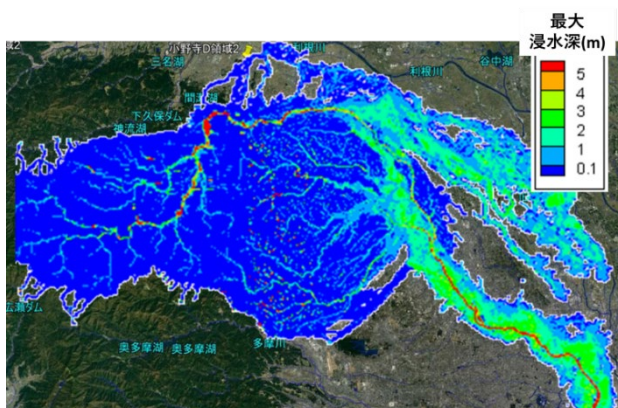


図-16 分布型降雨流出モデル計算結果(最大浸水深)

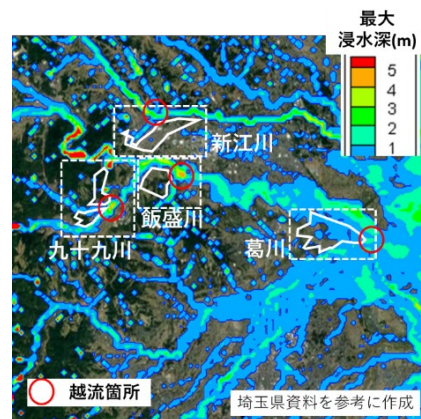


図-17 令和元年東日本台風の氾濫箇所と最大浸水深

⑦研究成果の発表状況・予定

(本研究の成果について、論文や学会への投稿等又はその予定があれば記入して下さい。)(以下記入例)

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)
- ・国際会議、学会等における発表状況
- ・主要雑誌・新聞等への成果発表
- ・学術誌へ投稿中の論文(掲載が決定しているものに限る)
- ・研究開発成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・企業とのタイアップ状況
- ・特許など、知的財産権の取得状況
- ・技術研究開発成果による受賞、表彰等

・学術誌への投稿または、投稿中の論文

- 1) 五十嵐善哉, 田中規夫, 米沢拓繁, 天井洋平, 小川貴之: 荒川中流域の支川群の河道内植生が荒川本川および荒川第一調節池に与える影響, 河川技術論文集, Vol.27, 2021 (印刷中) .
- 2) 五十嵐善哉, 田中規夫, 末永博・又吉健太: 荒川中流域の支川群の河道内植生が洪水流に与える影響と生態的機能の評価, 河川技術論文集, Vol.26, pp.95-100, 2020.

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

なし

⑨表彰、受賞歴

(単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。)

なし

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の進捗状況・達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

本研究では、樹木伐採が生態系に与える影響を検討するため、GISデータおよび数値解析を活用した。また、入間川流域に簡易水位計を設置し、高水敷にわずかに水が乗り上げる程度の、比較的小さな規模の洪水を観測することができた。この観測データを利用して、洪水氾濫解析の低水位期の解析精度を改良した。これにより、高水敷の冠水頻度などを精度よく検討することができるため、河道内植生の動態の予測等に利用可能だと考えられる。

GISデータの整理では、入間川流域では高木において生物群集が多く観測されることを確認した。また、本解析の詳細領域の植生全部あり、全部なしの解析結果の比較により、河川合流部以外においては、洪水時の高木の抗力は比較的小さいことを示した。しかし、河川の環境においては、多年生草本や低木、高木など、多様な植生が存在することも重要である。そのため、個々の植生を伐採した場合の局所的な水位の低下、流速の変化等を検討していくことが必要である。また、それらの解析結果をもとに、詳細な解析を行わなくても樹木伐採が環境に与える影響を評価できる手法の開発が求められる。さらに、本研究では非平衡流砂量式を用いた河床変動解析の初期モデルを開発したが、今後は河床材料の粒径等だけでなく、河道内植生の影響も考慮した解析手法を開発することが重要である。それにより、河道内植生の伐採後の洪水で、どのように河床変動が生じるかを予測可能となる。

また、本研究では上流から河口までシームレスな洪水流氾濫解析を行うため、分布型降雨流出モデルを開発した。その結果、令和元年東日本台風の氾濫箇所について、分布型流出モデルでも最大浸水深が大きく解析されることを示した。解析精度確認のため、実績流量(貯留関数)と比較すると、植松橋では精度が高いものの、入間川の支川群では、分布型モデルでは実績よりも流量が極端に少ない。これは現在の150mグリッドでは、地盤高等の精度が悪く、特に平野部では堤内地への氾濫が生じやすいためだと考えられる。そのため、河道や堤防モデルを組み込み、平野部での精度を向上する必要がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

令和元年東日本台風の被害を受けて、流下能力の確保のため河道の切り下げや河道内樹木管理が必要である。本研究では、荒川上流の植松橋から、東京湾までを含む広い領域で解析し、入間川流域は河道内植生の鉛直構造を考慮して詳細に検討可能な洪水氾濫解析モデルを開発した。そのため、上下流バランスを考えながらの植生管理を考える際の政策支援に活用することが可能と考えられる。また、様々な洪水波形に対しても河道内植生の伐採の影響を検討したため、河道管理の際に注意すべき点が明らかとなった。

さらに、本研究では低水位期の数値解析精度を向上したため高水敷に水が乗り上げる頻度（冠水頻度）を検討することが可能となった。以上より、河川植生の管理を行った後の植生動態を適切に評価できると期待されるため、河川政策へ貢献可能と考えている。