

防災教育学習指導計画（案）

単元

流れる水の働きと 土地の変化

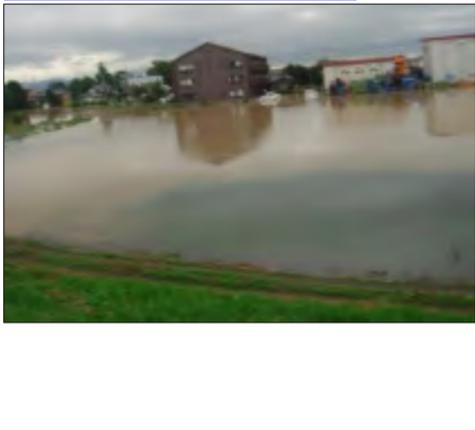
【小学校 第5学年 理科】

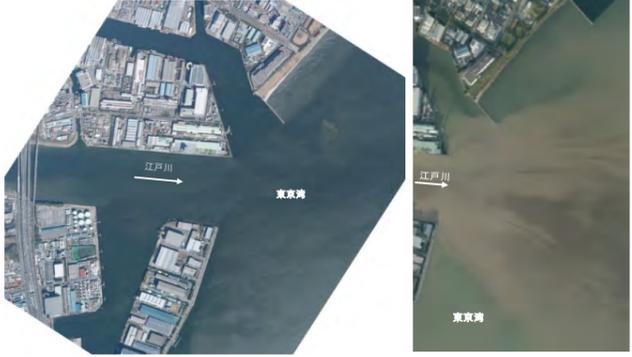


国土交通省関東地方整備局
江戸川河川事務所

学習指導要領(令和2年度から本格運用)の着目点

①目標	②内容	③内容の取扱い	④指導計画の作成と内容の取扱い	⑤学習指導要領 解説	【江戸川河川事務所】 水災害時の避難行動に資する提供資料
<p>②生命の連続性、流れる水の働き、気象現象の規則性について追究する中で、主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想する力を養う。</p>	<p>流れる水の働きと土地の変化について、水の速さや量に着目して、それらの条件を制御しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。</p> <p>(ア) 流れる水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりする働きがあること。</p> <p>(イ) 川の上流と下流によって、川原の石の大きさや形に違いがあること。</p> <p>(ウ) 雨の降り方によって、流れる水の量や速さは変わり、増水により土地の様子が大きく変化する場合があること。</p> <p>イ 流れる水の働きについて追究する中で、流れる水の働きと土地の変化との関係についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現すること。</p>	<p>・自然災害についても触れること。</p> <p>・台風の進路による天気の変化や台風と降雨との関係及びそれに伴う自然災害についても触れること。</p>	<p>生物、天気、川、土地などの指導に当たっては、野外に出掛け地域の自然に親しむ活動や体験的な活動を多く取り入れるとともに、生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を養うようにすること。</p> <p>天気、川、土地などの指導に当たっては、災害に関する基礎的な理解が図られるようにすること。</p>	<p>流れる水の速さや量に着目して、それらの条件を制御しながら、流れる水の働きと土地の変化を調べる活動を通して、それらについての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想する力や主体的に問題解決しようとする態度を育成することがねらいである。</p> <p>(ア) 川を流れる水の速さや量に着目して、それらと土地の変化とを関係付けて、流れる水の働きを調べる。これらの活動を通して、流れる水の働きと土地の変化との関係についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現するとともに、流れる水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりする働きがあること [A] を捉えるようにする。</p> <p>(イ) 川を流れる水の速さや量に着目して、それらと川原の石の大きさや形とを関係付けて、川の様子の違いを調べる。これらの活動を通して、石の大きさや形と流れる水の働きとの関係についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現するとともに、川の上流と下流によって、川原の石の大きさや形に違いがあることを捉えるようにする。また、上流から下流まで、川を全体として捉え、上流では侵食の働きがよく見られ、下流では堆積の働きがよく見られることなど、流れる水の働きの違いによる川の様子の違い [A] [B] を捉えるようにする。</p> <p>(ウ) 雨が短時間に多量に降ったり、長時間降り続いたりしたときの川を流れる水の速さや量に着目して、水の速さや量といった条件を制御しながら、増水による土地の変化の様子を調べる。これらの活動を通して、水の速さや量の変化に伴う流れる水の働きの変化についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現するとともに、雨の降り方によって、水の速さや量が増し、地面を大きく侵食したり、石や土を多量に運搬したり堆積させたりして、土地の様子が大きく変化する場合があること [A] [C] [D] を捉えるようにする。</p> <p>ここでの指導に当たっては、野外での直接観察のほか、適宜、人工の流れをつくったモデル実験を取り入れて、流れる水の速さや量を変え、土地の変化の様子を調べることで、流れる水の働きについて捉えるようにすることが考えられる。</p> <p>さらに、観察、実験の結果と実際の川の様子 [E] とを関係付けて捉えたり、長雨や集中豪雨により増水した川の様子を捉えたりするために、映像、図書などの資料を活用することが考えられる。</p> <p>日常生活との関連としては、長雨や集中豪雨がもたらす川の増水による自然災害に触れるようにする。</p>	<p>[A] 流水による浸食</p> <ul style="list-style-type: none"> 江戸川・中川・綾瀬川の水衝・洗掘、漏水等の写真 江戸川、中川、綾瀬川の定期横断測量結果のグラフ（経年変化） 水防工法のイラスト・写真 護岸対策等の写真（重機、工事状況） 利根川水系連合水防演習の写真 <p>(※鬼怒川破堤動画（地理院）の紹介)</p> <p>[B] 河床構成材料／河床地形の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> 河床構成材料（写真） 江戸川、中川、綾瀬川の定期横断測量結果のグラフ（経年変化） <p>(※鬼怒川破堤・復旧動画（地理院）の紹介)</p> <p>[C] 降雨特性別の河川増水</p> <ul style="list-style-type: none"> 短時間降雨／台風／長時間降雨時における江戸川、中川、綾瀬川の水位の時間変化のグラフ 江戸川、中川、綾瀬川のいずれかの河川で水衝・洗掘が発生した時の降雨と水位のグラフ 川の防災情報／川の水位情報サイトの紹介 <p>[D] 河川特性別の増水状況</p> <ul style="list-style-type: none"> 同一豪雨時の、利根川上流部、江戸川、中川、綾瀬川の水位の時間変化のグラフ（水位上昇速度の違い） 同一豪雨、同時間の江戸川、中川、綾瀬川水位観測所の断面図（水位上昇量の違い） 川の防災情報／川の水位情報サイトの紹介 <p>[E] 江戸川・中川・綾瀬川の現地見学紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> 堤防 護岸 山王地区河川防災ステーション 工事実施箇所

学習指導計画（案）	河川に関わる資料			
主な着目点				
<p>◆ 流水による侵食</p> <p>◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積）</p> <p>[A]</p>	<p>流水による河川（河岸）・堤防の水衝部の洗掘、漏水</p>	<p>漏水（埼玉県加須市）</p>	<p>漏水（鬼怒川：茨城県八千代町）</p>	<p>堤防洗掘（鬼怒川：茨城県常総市）</p>
				
	<p>河岸洗掘（江戸川：千葉県松戸市）</p>	<p>河岸洗掘（江戸川：埼玉県三郷市）</p>	<p>河岸洗掘（江戸川：埼玉県三郷市）</p>	
				
	<p>漏水（鬼怒川：茨城県常総市）</p>			
				

学習指導計画（案）	河川に関わる資料			
主な着目点				
<p>◆ 流水による侵食</p> <p>◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積）</p> <p>[A]</p>	<p>流水による侵食と堆積</p> <p>水裏部における土砂の堆積（利根川_群馬県渋川市）</p>  <p>江戸川河口（平常時と出水時の土砂流出）</p>  <p>河口部における土砂の堆積（天竜川_静岡県浜松市）</p> 			
	<p>堤防が流水により決壊するまでの侵食過程</p> <p>阿武隈川支川荒川（侵食による決壊）</p> <p>（河床洗掘）</p>  <p>8:30頃</p> <p>（側方侵食）</p>  <p>8:35頃</p> <p>（決壊）</p>  <p>8:37頃</p> <p>（9:00頃）</p>  <p>9:00頃</p> <p>鬼怒川（越水による決壊）</p> <p>（漏水+越水）</p>  <p>（川裏法尻：堤内地側の堤防斜面下部の洗掘）</p>  <p>（川裏法面・天端洗掘）</p>  <p>（基礎地盤洗掘）</p> 			

学習指導計画（案）

河川に関わる資料

主な着目点

- ◆ 流水による侵食
 - ◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積）
- [A]

流水による河川堤防の決壊

決壊場所の動画（無人航空機による撮影画像）

荒川水系都幾川（埼玉県東松山市）



久慈川水系久慈川（茨城県常陸大宮市）



利根川水系鬼怒川（茨城県常総市）



利根川水系鬼怒川（茨城県常総市）決壊前後の様子

（平成 18 年）

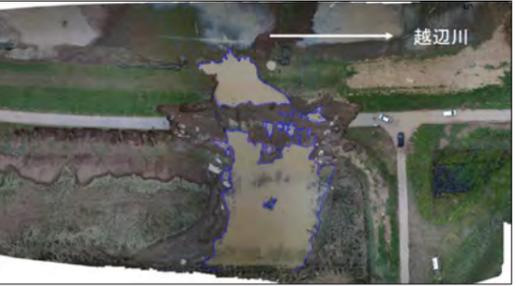
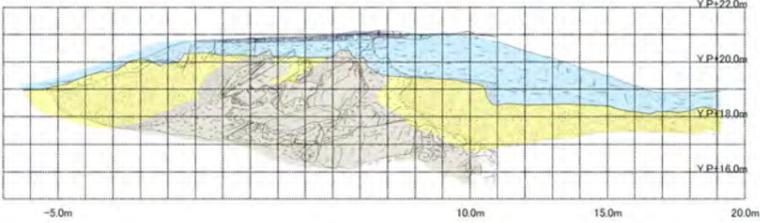
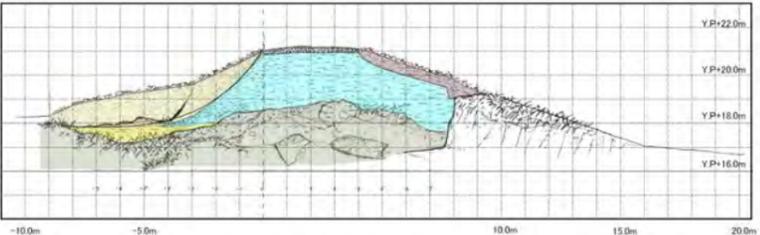
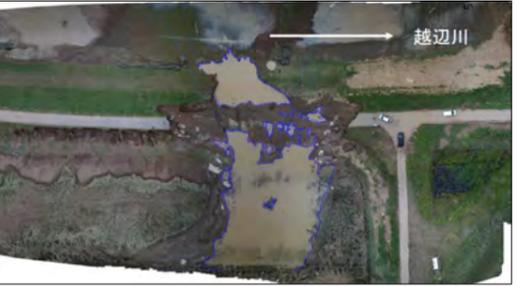


（平成 27 年）



決壊後：川からの流水による堤内地の侵食状況



学習指導計画（案）	河川に関わる資料		
主な着目点			
<p>◆ 流水による侵食</p> <p>◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積）</p> <p>[A]</p>	<p>流水により決壊した堤防と周辺の地盤侵食</p> <p>決壊した堤防の断面写真＋イラスト</p> <p>平成 27 年 9 月 鬼怒川：茨城県常総市</p> <p>（決壊区間の上流端部）</p>  <p>（決壊区間の下流端部）</p>  <p>決壊した堤防の断面写真＋流水により侵食された堤内地（落堀）の写真</p> <p>令和元年 10 月 越辺川：埼玉県坂戸市</p> <p>（決壊区間の上流端部）</p>  <p>（決壊区間の下流端部）</p>  <p>（決壊箇所の落堀）</p>  <p>令和元年 10 月 都幾川：埼玉県坂戸市</p> <p>（決壊区間の上流端部）</p>  <p>（決壊区間の下流端部）</p>  <p>（決壊箇所の落堀）</p> 	 	 

学習指導計画（案）

河川に関わる資料

主な着目点

- ◆ 流水による侵食
 - ◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積）
- [A]

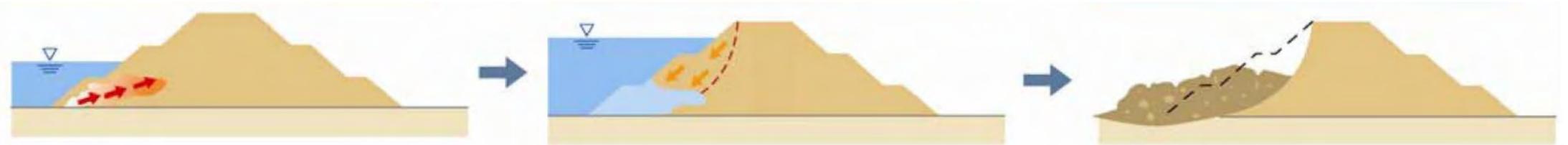
流水による土地の変化（流れる水の働き）

（実験動画）

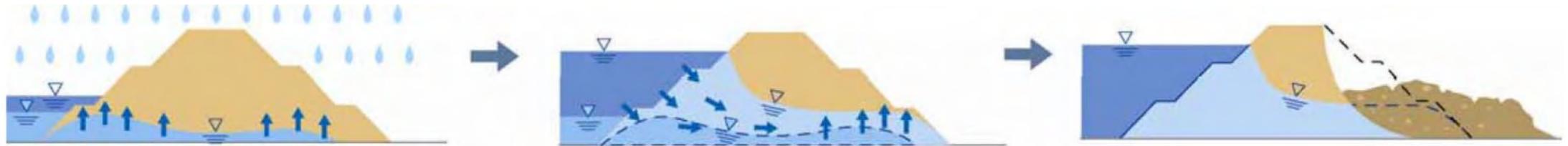


流水により堤防が決壊する仕組み

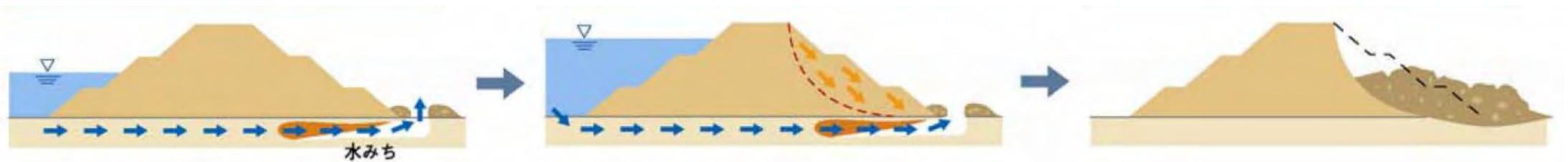
侵食・洗掘破壊



浸透破壊

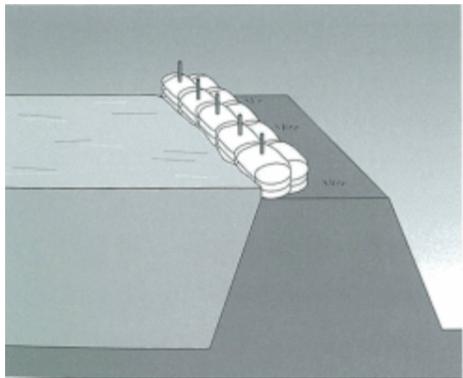
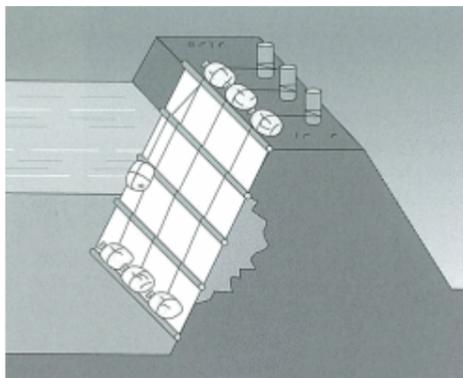
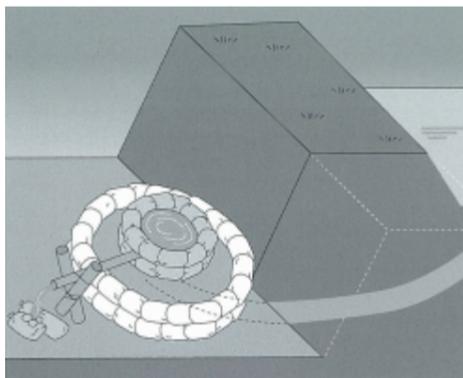
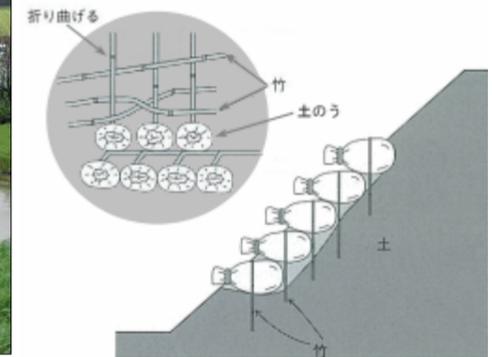
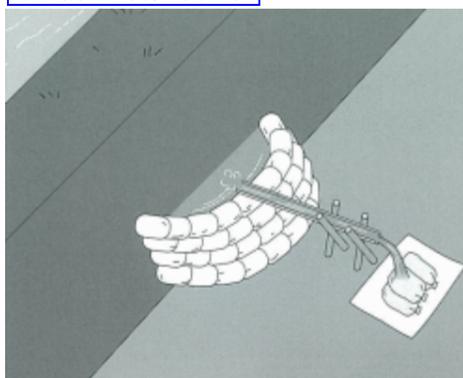
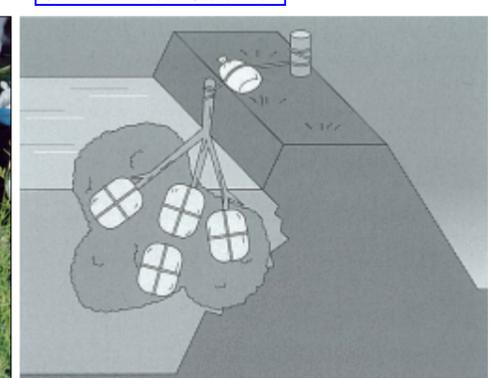


パイピング破壊（浸透破壊の一種）

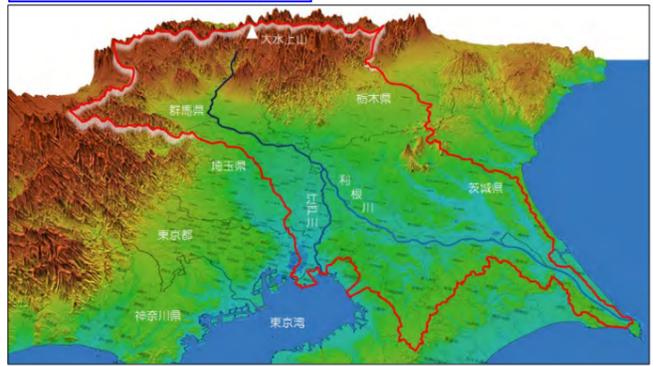
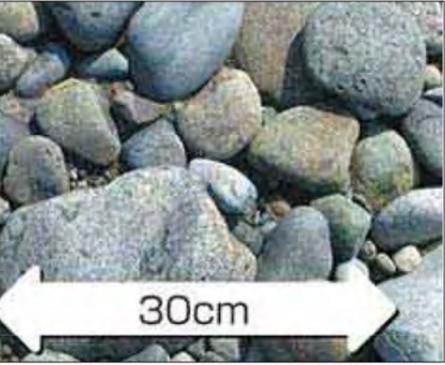


河川水の越水による堤防決壊



学習指導計画（案）	河川に関わる資料			
主な着目点				
◆ 流水による侵食 ◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積） [A]	流水による土地の変化（浸食）を防止する方法：水防工法			
	<u>積み土嚢工（越水防止）</u> 	（平成 25 年 5 月利根川水系連合水防演習） 	<u>表蓆（シート）張り工（漏水防止）</u> 	（平成 25 年 5 月利根川水系連合水防演習） 
	<u>釜段工（漏水防止）</u> 	（平成 10 年 9 月加須市） 	（平成 13 年 9 月加須市） 	<u>土のう羽口工（崩壊防止）</u> 
	<u>月の輪工（漏水防止）</u> 	（平成 13 年 9 月加須市） 	（平成 10 年 9 月加須市） 	<u>木流し工（決壊防止）</u> 

学習指導計画（案）	河川に関わる資料			
主な着目点				
<p>◆ 流水による侵食</p> <p>◆ 流水の働き（土砂の運搬、堆積）</p> <p>[A]</p>	<p>流水による土地の侵食を防止する対策（護岸）</p> <p>（かごマット工）</p> 		<p>（根固めブロック）</p> 	<p>（張芝）</p> 
	<p>（鋼矢板）</p> 		<p>（連結ブロック）</p> 	

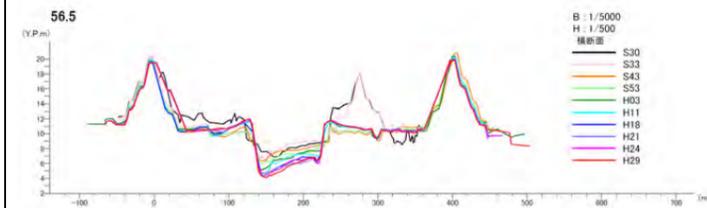
学習指導計画（案）	河川に関わる資料	
主な着目点		
<p>◆河床構成材料／河床地形の変化 [B]</p>	<p>利根川（江戸川の上流）から江戸川にかけての河床材料の変化</p> <p>利根川水系3D色別標高図</p>  <p>利根川上流部（群馬県沼田市 片品川合流部付近）</p>  <p>江戸川下流部（千葉県市川市 行徳可動堰付近）</p> 	<p>利根川の源流部（群馬県利根郡みなかみ町）</p>   <p>利根川中流部（群馬県伊勢崎市 板東大橋付近）</p>     

◆河床構成材料／河床地形の変化 [B]

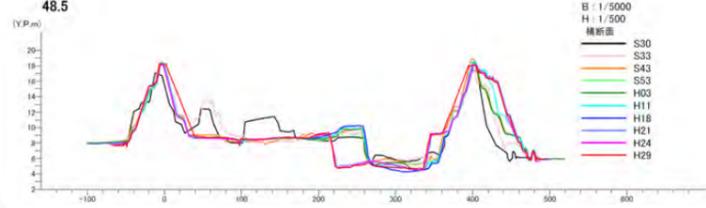
流水による河床地形の変化（浸食と堆積）

江戸川の横断面図

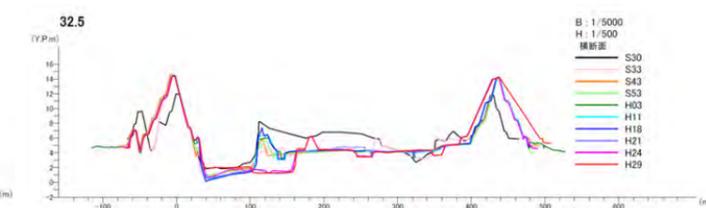
（埼玉県幸手市—千葉県野田市）



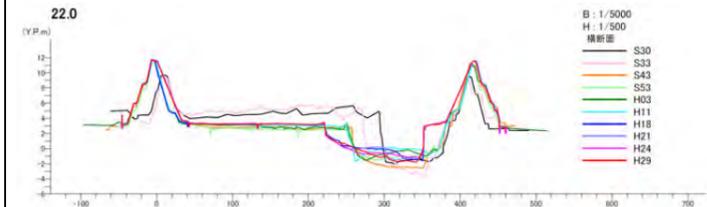
（埼玉県春日部市—千葉県野田市）



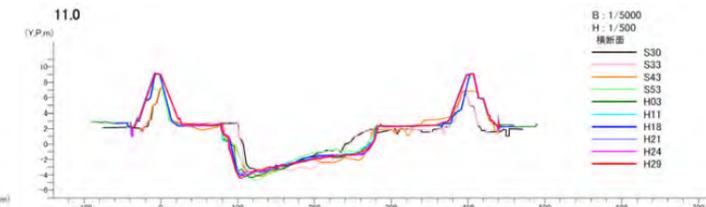
（埼玉県吉川市—千葉県流山市）



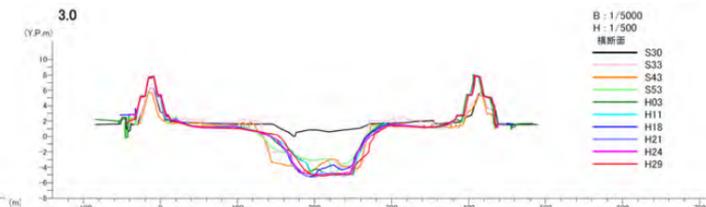
（埼玉県三郷市—千葉県松戸市）



（東京都江戸川区—千葉県市川市）

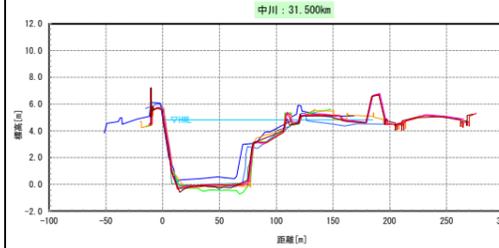


（千葉県市川市）

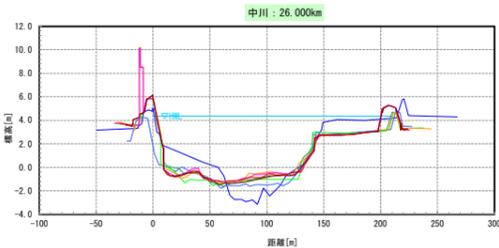


中川の横断面図

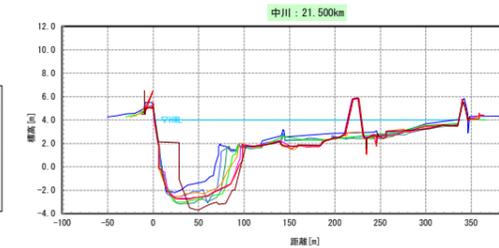
（埼玉県越谷市—埼玉県吉川市）



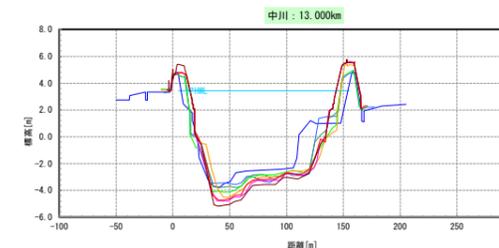
（埼玉県八潮市—埼玉県三郷市）



（埼玉県八潮市—埼玉県三郷市）

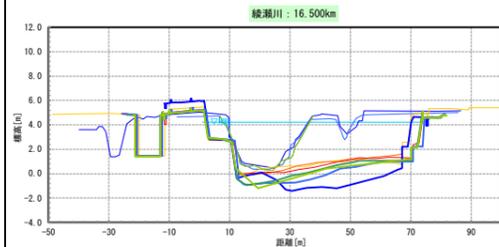


（東京都葛飾区）

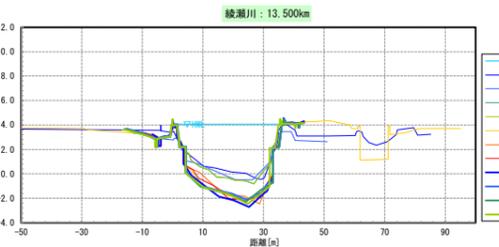


綾瀬川の横断面図

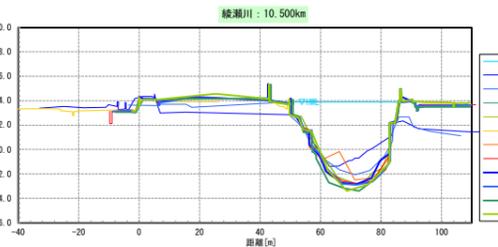
（埼玉県草加市—埼玉県越谷市）



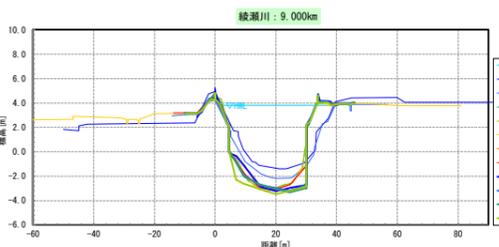
（埼玉県草加市）



（東京都足立区—埼玉県八潮市）



（東京都足立区—埼玉県八潮市）



学習指導計画（案）

主な着目点

- ◆ 降雨特性別の河川増水
 - ◆ 河川特性別の増水状況
- [C] [D]

河川に関わる資料

短時間に多量の雨が降った場合の河川増水: (2019年5月22日降雨)

江戸川 (千葉県野田市中野台)



江戸川 (千葉県流山市)



中川 (埼玉県吉川市平沼)



綾瀬川 (埼玉県草加市栄町)



学習指導計画（案）

主な着目点

- ◆ 降雨特性別の河川増水
 - ◆ 河川特性別の増水状況
- [C] [D]

河川に関わる資料

短時間に多量の雨が降った場合の河川増水：（2019年5月22日降雨）

江戸川（埼玉県幸手市西関宿、千葉県野田市東金野井、千葉県松戸市松戸、千葉県市川市市川）



江戸川（千葉県市川市行徳、千葉県市川市妙典）



中川（埼玉県松伏町大川戸、埼玉県吉川市川藤）



中川（埼玉県八潮市八條、東京都足立区大谷田町、東京都葛飾区青戸町）



綾瀬川（埼玉県八潮市柳ノ宮）



江戸川（千葉県野田市岩名）



中川（埼玉県吉川市道庭）



学習指導計画（案）

主な着目点

- ◆ 降雨特性別の河川増水
 - ◆ 河川特性別の増水状況
- [C] [D]

河川に関わる資料

長時間に多量の雨が降った場合の河川増水：（2019年10月台風19号）

江戸川（埼玉県幸手市西関宿）



江戸川（千葉県野田市中野台）



学習指導計画（案）

主な着目点

- ◆ 降雨特性別の河川増水
 - ◆ 河川特性別の増水状況
- [C] [D]

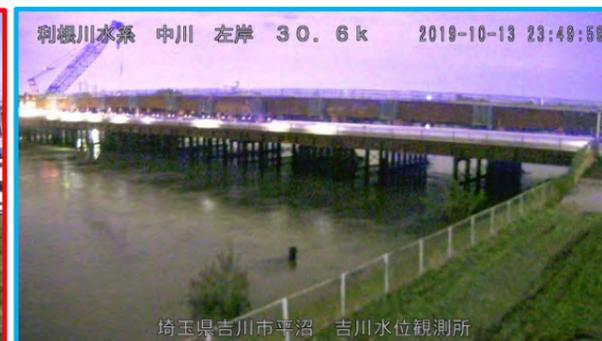
河川に関わる資料

長時間に多量の雨が降った場合の河川増水：（2019年10月台風19号）

江戸川（千葉県松戸市松戸）



中川（埼玉県吉川市平沼）



学習指導計画（案）

主な着眼点

- ◆ 降雨特性格別の河川増水
 - ◆ 河川特性格別の増水状況
- [C] [D]

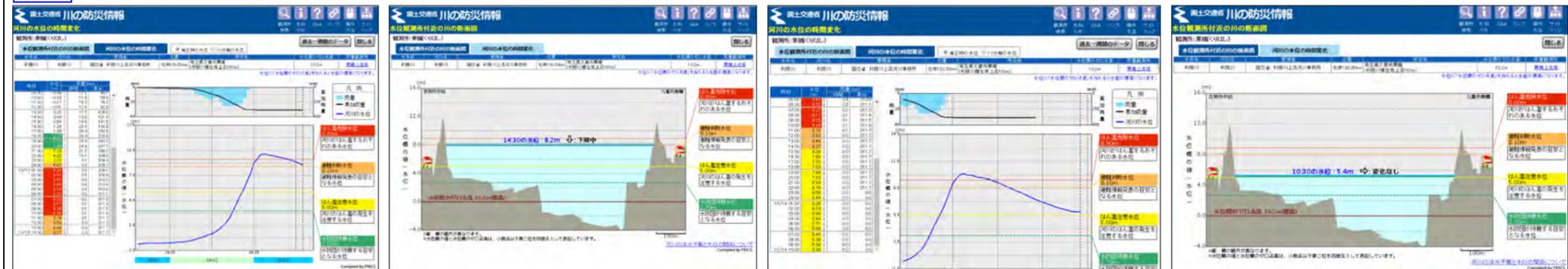
河川に関わる資料

長時間に多量の雨が降った場合の河川増水：（2019年10月台風19号）

綾瀬川（埼玉県草加市松江）



利根川（埼玉県久喜市栗橋）



中川（東京都葛飾区青戸町）



学習指導計画（案）	河川に関わる資料			
主な着目点				
<p>◆ 降雨特性別の河川増水</p> <p>◆ 河川特性別の増水状況</p> <p>[C] [D]</p>	<p>長時間に多量の雨が降った場合の河川増水：（2019年10月台風19号）</p> <p>江戸川 千葉県野田市関宿三軒家（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）</p>			
	<p>利根川水系 江戸川 左岸 59.1k 2019-10-13 08:45:00</p>  <p>千葉県野田市関宿三軒家 関宿城</p>	<p>利根川水系 江戸川 左岸 59.1k 2019-10-13 23:48:58</p>  <p>千葉県野田市関宿三軒家 関宿城</p>	<p>利根川水系 江戸川 左岸 59.1k 2019-10-15 10:25:01</p>  <p>千葉県野田市関宿三軒家 関宿城</p>	<p>利根川水系 江戸川 左岸 59.1k 平常時</p>  <p>千葉県野田市関宿三軒家 関宿城</p>
	<p>江戸川 埼玉県春日部市庄和（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）</p>			
	<p>2019-10-13 08:44:51</p>  <p>庄和 下吉妻 48.3右</p>	<p>2019-10-13 23:50:00</p>  <p>庄和 下吉妻 48.3右</p>	<p>2019-10-15 10:24:54</p>  <p>庄和 下吉妻 48.3右</p>	<p>平常時</p>  <p>庄和 下吉妻 48.3右</p>
	<p>江戸川 埼玉県春日部市上金崎（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）</p>			
	<p>利根川水系 江戸川 右岸 46.7k 2019-10-13 08:45:00</p>  <p>埼玉県春日部市上金崎 庄和排水機場 鉄塔</p>	<p>利根川水系 江戸川 右岸 46.7k 2019-10-13 23:50:00</p>  <p>埼玉県春日部市上金崎 庄和排水機場 鉄塔</p>	<p>利根川水系 江戸川 右岸 46.7k 2019-10-15 10:25:01</p>  <p>埼玉県春日部市上金崎 庄和排水機場 鉄塔</p>	<p>利根川水系 江戸川 右岸 46.7k 平常時</p>  <p>埼玉県春日部市上金崎 庄和排水機場 鉄塔</p>
	<p>江戸川 千葉県野田市岩名（10/13 8:45、10/13 18:10、10/15 10:25）</p>			
	<p>利根川水系 江戸川 左岸 42.0k p 2019-10-13 08:45:01</p>  <p>千葉県野田市岩名</p>	<p>利根川水系 江戸川 左岸 42.0k p 2019-10-13 18:09:59</p>  <p>千葉県野田市岩名</p>	<p>利根川水系 江戸川 左岸 42.0k p 2019-10-15 10:25:00</p>  <p>千葉県野田市岩名</p>	<p>利根川水系 江戸川 左岸 42.0k p 平常時</p>  <p>千葉県野田市岩名</p>

学習指導計画（案）	河川に関わる資料			
主な着目点				
◆ 降雨特性別の河川増水 ◆ 河川特性別の増水状況 [C] [D]	長時間に多量の雨が降った場合の河川増水：（2019年10月台風19号）			
	<u>江戸川</u> 千葉県流山市流山（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）			
	<p>2019-10-13 08:44:57 流山 流山 27.6左</p>	<p>2019-10-13 23:49:55 流山 流山 27.6左</p>	<p>2019-10-15 10:24:51 流山 流山 27.6左</p>	<p>2016-09-05 平常時 流山 流山 27.6左</p>
	<u>江戸川</u> 千葉県市川市行徳（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）			
	<p>2019-10-13 08:44:53 江戸川 新行徳橋下流2.8左</p>	<p>2019-10-13 23:49:51 江戸川 新行徳橋下流2.8左</p>	<p>2019-10-15 10:24:59 江戸川 新行徳橋下流2.8左</p>	<p>平常時 江戸川 新行徳橋下流2.8左</p>
	<u>中川</u> 埼玉県吉川市中川台（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）			
	<p>2019-10-13 08:44:58 吉川 中川台 30.0左</p>	<p>2019-10-13 23:54:56 吉川 中川台 30.0左</p>	<p>2019-10-15 10:24:53 吉川 中川台 30.0左</p>	<p>平常時 吉川 中川台 30.0左</p>
	<u>中川</u> 埼玉県吉川市道庭（10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25）			
	<p>2019/10/13 08:45:02 中28.1左 吉川 道庭</p>	<p>2019/10/13 23:55:03 中28.1左 吉川 道庭</p>	<p>2019/10/15 10:25:02 中28.1左 吉川 道庭</p>	<p>平常時 埼玉県吉川市道庭</p>

学習指導計画（案）

主な着目点

- ◆ 降雨特性別の河川増水
 - ◆ 河川特性別の増水状況
- [C] [D]

河川に関わる資料

長時間に多量の雨が降った場合の河川増水: (2019年10月台風19号)

綾瀬川 埼玉県八潮市柳之宮 (10/13 8:45、10/13 23:50、10/15 10:25)



河川水位を知る方法

川の防災情報

A screenshot of the '川の防災情報' (River Disaster Information) website. The interface includes a navigation menu, a map of Japan, and several data panels for river status, including '川の水位情報' (River Water Level Information) and '洪水危険度が上がっている河川' (Rivers with increasing flood risk).

浸水の危険性が高まっている河川

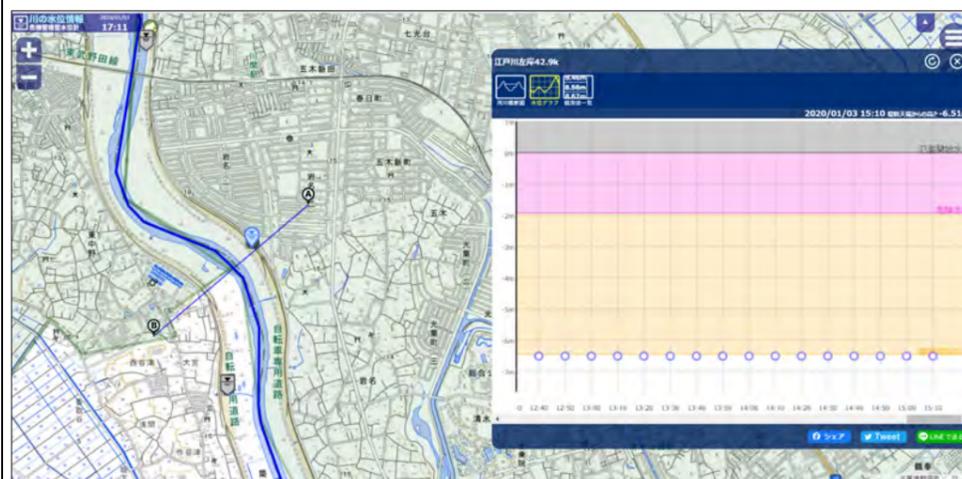
A screenshot of a table listing rivers with high flood risk. The table has columns for river name, location, and status. The table is titled '浸水の危険性が高まっている河川' (Rivers with increasing flood risk).

河川名	所在地	危険度	備考
利根川	群馬県	危険	利根川水系 利根川 右岸 1.2.0kp 2019-10-13 08:50:00
利根川	群馬県	危険	利根川水系 利根川 右岸 1.2.0kp 2019-10-13 23:55:00
利根川	群馬県	危険	利根川水系 利根川 右岸 1.2.0kp 2019-10-15 10:30:00

洪水貯留操作を実施しているダムがある地域

A map of Japan showing dam locations and flood retention operations. The map highlights areas where flood retention operations are being implemented. A table to the right of the map provides details for specific dams, including their names, locations, and operational status.

川の水位情報



防災教育学習指導計画（案）の解説を
まとめました。

また、巻末に防災教育の参考となる
ホームページ一覧を整理しています。
適宜ご参照ください。

防災教育学習指導計画（案）

解 説

令和 2 年 3 月

目次

1. 流水による侵食/流水の働き（土砂の運搬、堆積）	1
1.1 流水による河川（河岸）・堤防の水衝部の洗掘、漏水	1
1.2 流水による侵食と堆積	6
1.3 流水が堤防を決壊するまでの侵食過程	8
1.4 流水による河川堤防の決壊	11
1.5 流水により決壊した堤防と周辺の地盤侵食	15
1.6 流水による土地の変化（流れる水の働き）	20
1.7 流水により堤防が決壊する仕組み	21
1.8 流水による土地の変化（侵食）を防止する方法：水防工法	27
1.9 流水による土地の侵食を防止する対策（護岸）	30
2. 河床構成材料/河床地形の変化	33
2.1 利根川（江戸川の上流）から江戸川にかけての河床材料の変化	33
2.2 流水による河床地形の変化（侵食と堆積）	36
3. 降雨特性格の河川増水/河川特性格の増水状況	39
3.1 短時間に多量の雨が降った場合の河川増水	39
3.2 長時間に多量の雨が降った場合の河川増水	45
3.3 河川水位を知る方法	61

1. 流水による侵食/流水の働き(土砂の運搬、堆積)

1.1 流水による河川(河岸)・堤防の水衝部の洗掘、漏水

- ・ 河川を流れる水は、河岸や堤防を侵食します。
- ・ 外からは見えない堤防や地盤の中の水みち（浸透層）を通った水は、内部から土地を侵食します。
- ・ 流水がぶつかることにより土地が侵食される洗掘の他、堤防や基礎地盤の水みちを流れる水による浸食（漏水等）があります。



漏水（利根川：埼玉県加須市）



漏水（噴砂無し）（鬼怒川：茨城県八千代町）



堤防洗掘（鬼怒川：茨城県常総市）



河岸洗掘（江戸川：千葉県松戸市）



河岸洗掘（江戸川：埼玉県三郷市）



河岸洗掘（江戸川：埼玉県三郷市）

出典：漏水（鬼怒川）：第一回鬼怒川堤防調査委員会 資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000106.html

他：江戸川河川事務所 所有資料



漏水（噴砂有り）（鬼怒川：茨城県常総市）

※左写真：洪水時の平成 27 年 9 月 10 日 15:13 撮影



漏水（噴砂有り）（鬼怒川：茨城県常総市）

※撮影日時不明：洪水時の平成 27 年 9 月撮影（堤防決壊後）

出典：漏水（鬼怒川）：第一回鬼怒川堤防調査委員会 資料

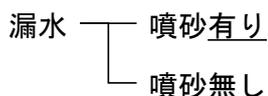
https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000106.html

【解説】

<漏水>

河川の水位が上昇すると、水圧により河川を流れる水が堤防の盛土斜面や、堤防付近の基礎地盤の透水層（砂や礫などの水が流れやすい層）に浸透し、堤防や堤防周辺の地盤弱部（水が流れやすい箇所）から水が湧き出る現象です。

漏水が確認された場合、砂等の細粒分とともに水が噴出（噴砂）しているか否かによって、堤防内で起きている現象が異なります。



噴砂を伴う漏水の場合、水みちである堤防内部や基礎地盤内が浸透水によって侵食され、土砂（砂層や砂礫中の細粒分）が運搬されることにより、内部に空隙や空洞が形成されている可能性があります。これら空隙等が拡大すると、堤防が決壊する危険性が高くなります。

なお、洪水時に、噴砂を伴う漏水が確認された場合、周辺地域は「避難勧告」に相当する状況にあります。

写真にあるように、加須市では、江戸川の上流を流れる利根川沿いにおいて、平成13年9月に堤防周辺の基礎地盤から噴砂を伴う漏水が確認されました。そのため、漏水の拡大を防止するため、後述（1.8）する水防工法である釜段工が施工されました。

<洗掘>

激しい川の流れや波浪等により、堤防の表法面（川側の法面）の土や河岸、河床が削り取られる現象です。削られた箇所が拡大すると、堤防決壊を引き起こす危険性があります。

洗掘のうち、河川敷と水面が接する「河岸」が流れる水的作用によって削り取られる場合「河岸洗掘」といいます。また、洪水が河川断面に対し偏って流れて、部分的に生じた速い流れにより、河岸等が部分的に深く掘られる現象を「局所洗掘」といいます。



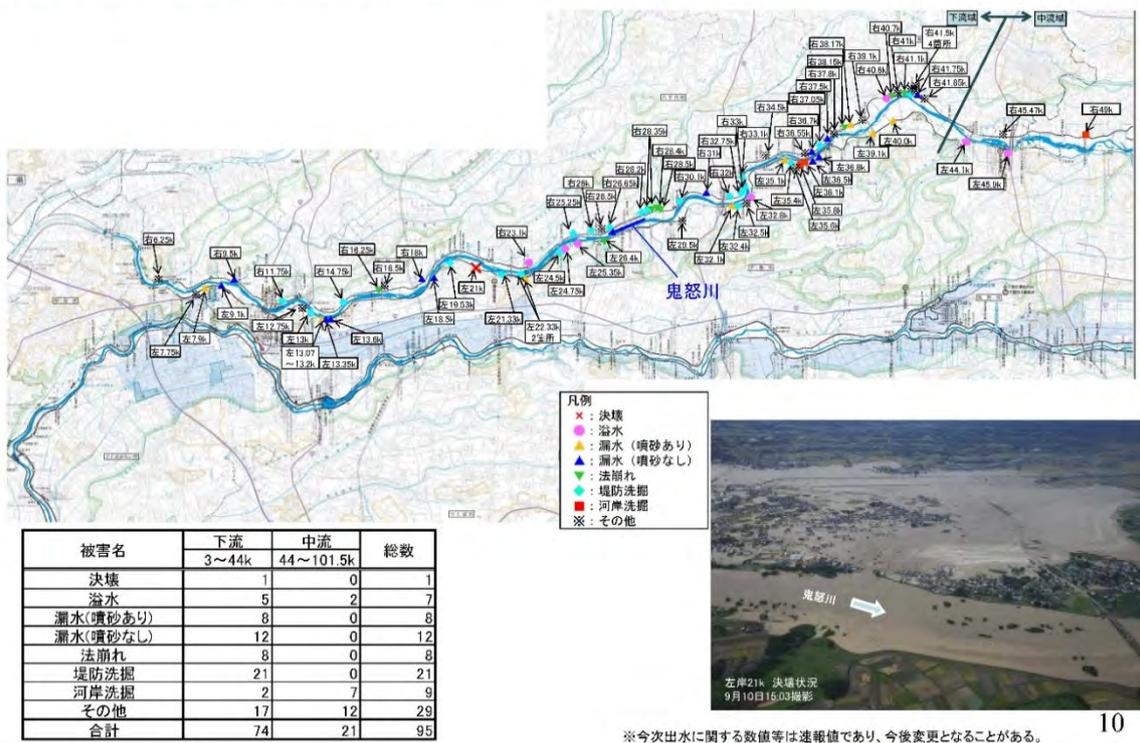
平成27年9月関東・東北豪雨により堤防が決壊した鬼怒川でも、多くの地点で漏水が確認されました（次頁）。

出典：イラスト：国土交通省 HP

https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kasen/jiten/yougo/09.htm

(1)鬼怒川全川の被災状況

9月25日18時時点 被害95箇所



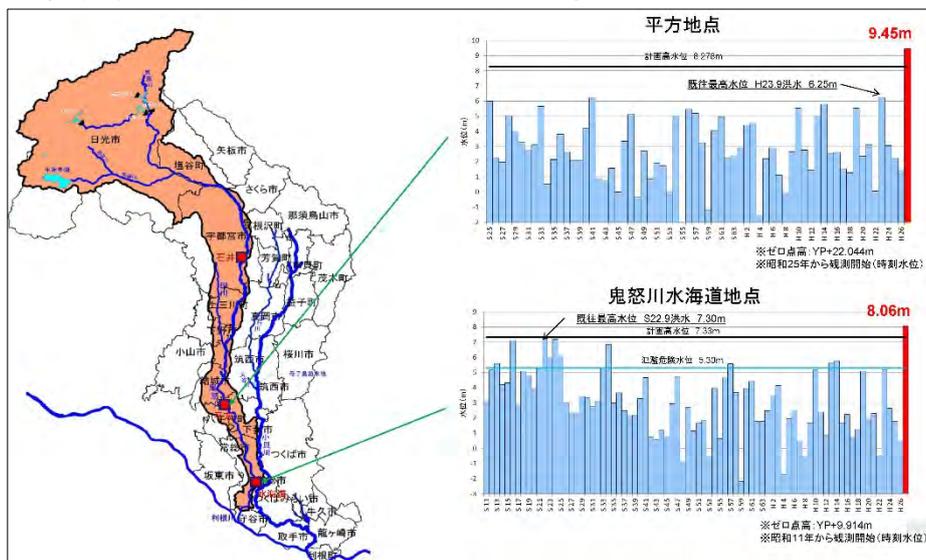
平成 27 年 9 月関東・東北豪雨によって堤防が決壊した鬼怒川では、利根川との合流部から 40km 上流の区間において、漏水が 20 箇所、洗掘が 23 箇所確認されるなど、全川にわたって侵食が確認されました。

出典：第 1 回鬼怒川堤防調査委員会資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000106.html

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨

台風 18 号及び台風から変わった低気圧の影響で、鬼怒川流域内の雨量観測所では観測史上最多雨量を記録し、水位観測所の平方地点、鬼怒川水海道地点においても観測史上最高水位、観測史上最大流量を記録しました。



出典：「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

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000687586.pdf

出水時の河川巡視

出水時、河川水や降雨による浸透及び侵食による堤防等の変状を早期に発見するため、河川巡視員や水防団が河川の巡視を行っています。

発見された変状は、自治体から住民に出される避難勧告等の判断基準として、下記のように考えられています。

- 水防活動が必要と判断される変状が発見された場合：避難準備情報の判断基準に相当
- 水防活動ができない／水防活動を実施しているにもかかわらず変状が拡大した場合：
避難勧告の判断基準に相当
- 水防活動によっても決壊の回避が困難となるような変状が発生した場合：
避難指示の判断基準に相当

参照：河川管理者のための浸透・侵食に関する重点監視の手引き（案）

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/shintou_kanshi_tebiki_160330.pdf

平常時の河川巡視

堤防表面に表れる変状を早期に発見するため、河川管理者は平常時から堤防の状態を確認しています。そのため、堤防を除草した上で、河川管理者らが点検を行い、異常発見時には速やかに補修を行っています。



重要水防箇所

洪水時に河川の水が堤防を越えて溢れたり、洪水によって堤防が侵食され決壊する危険が予想される箇所について、重点的に巡視点検が必要な「重要水防箇所」を設定しています。設定条件の一例として、下記があげられます。

- 堤防の低い箇所
- 堤防の幅が薄い箇所
- 過去に堤防が崩れた箇所
- 水の流れが激しくあたる箇所
- 過去に堤防から水がにじみ出したことのある箇所

江戸川河川事務所における重要水防箇所は、下記 URL より確認できます。

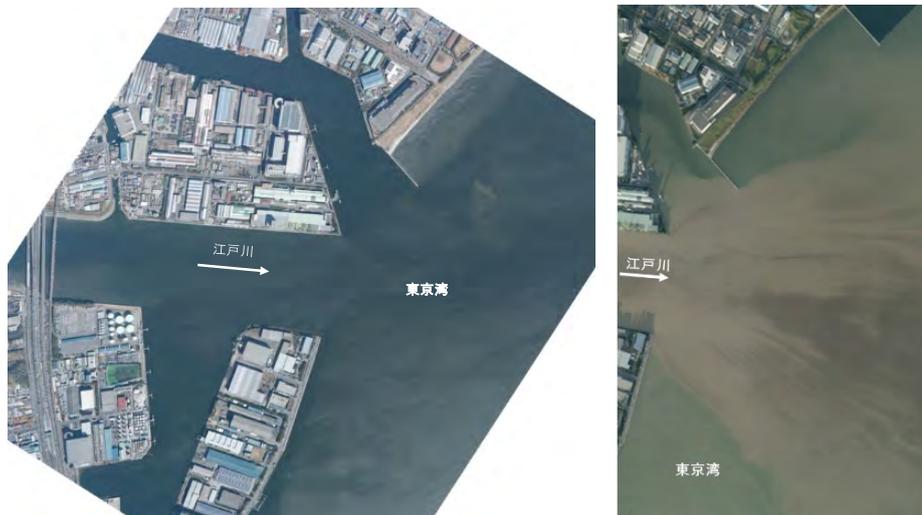
<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00501.html>

1.2 流水による侵食と堆積

- ・ 河川の蛇行部では同じ区間で侵食と堆積が確認できます。
- ・ 洪水時は平常時より多くの土砂が侵食・運搬されています。河口部の洲や海浜は、河川から運搬されてきた土砂が堆積・漂砂し、形成されています。

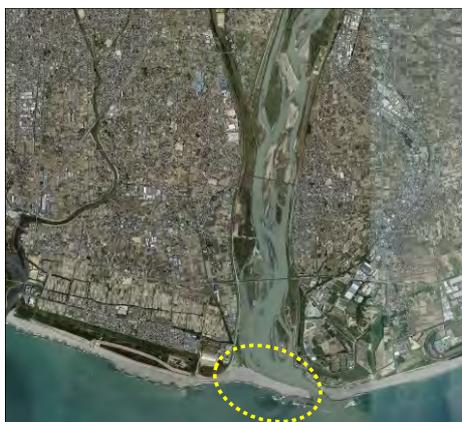


水衝部の侵食（赤破線）と水裏部の土砂堆積（黄色破線）（利根川：群馬県渋川市）



江戸川河口の土砂流出

（撮影日時：[左] 平常時 2019年3月7日、[右] 出水時:2019年10月14日台風19号）



河口部における土砂の堆積（天竜川：静岡県浜松市）

出典：江戸川河口：江戸川河川事務所 所有
利根川、天竜川：地理院地図より作成

<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k010u0t0z0r0s0m0f1&d=v1>

【解説】

写真の利根川上流部のように、河川の蛇行部では、湾曲部の外側に流れが向かい、外岸から内岸方向に向かう流れにより、外岸部（水衝部）に洗掘が生じ、内岸（水裏部）に寄州ができます。

出水時は、流速が通常より速く、流水が流路周辺の土砂や河床の堆積土砂を侵食する力が大きいため、平常時より多くの土砂が運搬されています。

江戸川河口部における平常時と出水時の航空写真で、河川からの流出土砂の違いを、水の色で確認することができます。出水時（令和元年10月台風19号時）の河口の航空写真は江戸川から東京湾にかけて、土砂が混じった土色の水が広がっています。平常時は東京湾と江戸川の間で河川の色の違いは確認できません。出水時は、江戸川を多くの土砂混じりの水が流れ、東京湾に供給していることがわかります。

また、写真の天竜川河口（遠州灘）のように、河川から運搬された土砂は河口付近の砂州だけでなく、海浜も形成します。天竜川から運搬された土砂は、静岡県御前崎から愛知県の伊良湖岬に至る約117kmの遠州灘を形成しています。

<水衝部>

河道の湾曲や川幅の広狭、砂州の形成などの原因により、流水が集中して強い洗掘力や河床の砂礫を移動させる力が生じる場所です。

<水裏部>

水衝部から離れて、水の流れが弱く、土砂が堆積しやすい場所です。

1.3 流水が堤防を決壊するまでの侵食過程

- ・ 河川を流れる水は、堤防を侵食し、堤防を決壊させる力があります。
- ・ 河川水位が高くなると、水位が堤防天端を越えて、溢れた水が堤防の裏側（居住地側）を侵食し、堤防が決壊させることがあります。（越水による破壊）

(1) 阿武隈川支川荒川(侵食による決壊)



参照：福島河川国道事務所 HP

http://www.thr.mlit.go.jp/fukushima/heisei/98suigai/5t/5t_1/5t_1f_01.htm

(2) 鬼怒川(越水による決壊)



漏水+越水 (9/10 12:00)



川裏法尻洗掘 (9/10 12:04)



裏法面・天端洗掘



基礎地盤洗掘

出典：第2回鬼怒川堤防調査委員会資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000108.html

【解説】

<阿武隈川支川荒川の侵食による堤防決壊>

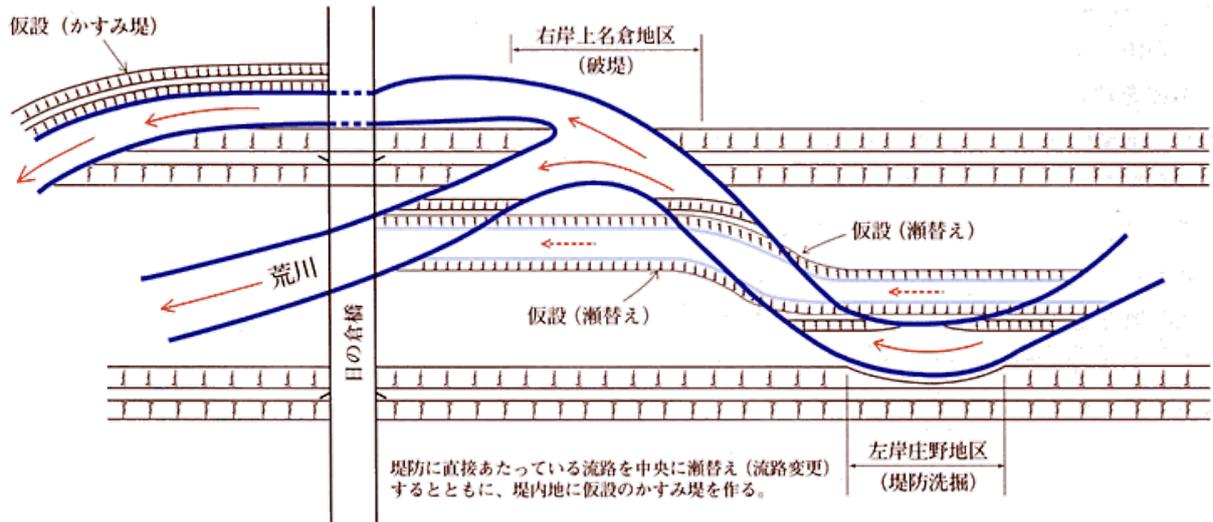
阿武隈川の支川である荒川は、平成10年9月の台風5号により堤防が侵食され、決壊しました。侵食が確認されてから堤防が決壊するまでの時間は、約10分でした。

決壊箇所は、川の流れがぶつかる水衝部であり、侵食・洗掘されやすい特性を有する場所です。(次頁)

平成10年9月台風5号

台風5号の接近により、福島県内では9月16日2時頃から雨足が強くなり、特に阿武隈川支川荒川上流域の谷地観測所では総雨量が270mmを超えました。この雨により、阿武隈川支川荒川の八木田観測所では9月16日8時に警戒水位を超え、最高1.69mに達しました。このため、荒川の日倉橋上流右岸の堤防が9月16日9時頃破堤し、居住地に濁流が氾濫しました。





堤防決壊（破堤）箇所及びその他侵食箇所の位置図と復旧

出典：福島河川国道事務所 HP

http://www.thr.mlit.go.jp/fukushima/heisei/98suigai/5t/5t_2/5t_2f_01.htm

< 鬼怒川の越水による堤防決壊 >

平成 27 年 9 月の関東・東北豪雨により堤防が決壊した鬼怒川は、河川水が堤防天端を越水した後、段階的に侵食（決壊）が進行しました。河川水の越水により、川裏（居住地側）法尻、川裏法面、基礎地盤の順に洗掘され、堤防の決壊に至ったと推察されています。

決壊の主な要因は、越水した洪水が堤防を削り取ったことであり、決壊を助長した可能性のある要因として、堤防下部にある砂質土に浸透した水が、堤防下部から堤防を侵食したことが現地調査から推察されました。

当初の破堤幅は約 20m でしたが、その後周囲の堤防も侵食され、最終的な決壊幅は約 200m となりました。



出典：「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

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000687586.pdf

1.4 流水による河川堤防の決壊

- ・洪水時、河川を流れる水は通常より多く土砂を運搬しているため、濁りが強くなります。
- ・堤防が決壊すると、その水に流失した堤防の土が加わるため、堤内地に流れ出る水は濁りが非常に強くなります。
- ・堤防決壊により流れ込んだ水は周辺の土地も侵食します。水が引いた後に確認される濁水混じりの窪地は、堤防決壊により侵食された地形の一つです。

1.4.1 決壊場所の動画

(1) 令和元年10月東日本台風(台風19号)

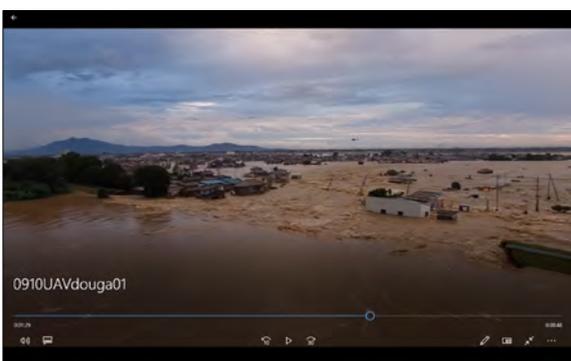


荒川水系都幾川（埼玉県東松山市）



久慈川水系久慈川（茨城県常陸大宮市）

(2) 平成27年9月関東・東北豪雨



利根川水系鬼怒川（茨城県常総市）

出典：都幾川・久慈川：関東地方整備局 HP <https://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000214.html>
鬼怒川：国土地理院 HP <https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27.taihuu18gou.html>

【解説】

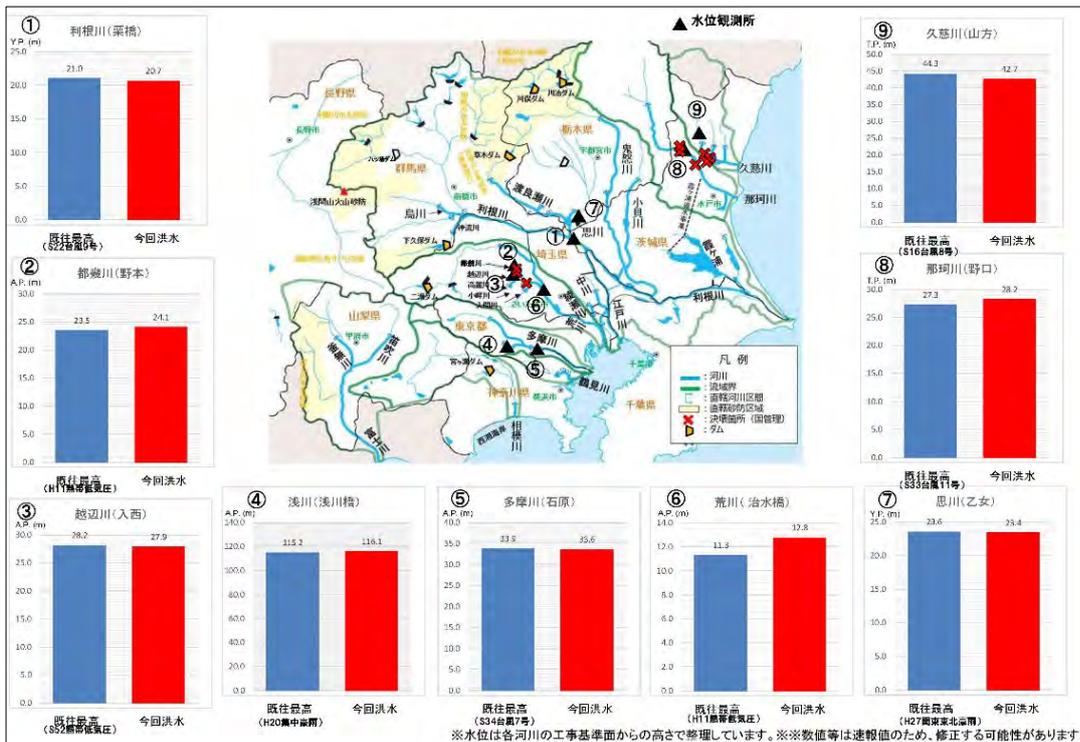
堤防決壊時、堤内地への河川水の流入や堤防の決壊が落ち着くまでは、周囲は危険なため近寄れません。そのため、堤防決壊時や決壊直後、状況把握のために無人航空機により撮影・調査を実施しています。

令和元年10月東日本台風（台風19号）

台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となりました。

関東地方において、国（国土交通省）が管理する河川流域では多くの雨量観測地点で既往最高雨量を、また多くの水位観測地点で既往最高水位を記録しました。

そのため、国が管理している河川では、茨城県を流れる久慈川と那珂川、埼玉県を流れる都幾川と越辺川の4河川9箇所で堤防が決壊しました。



水位状況

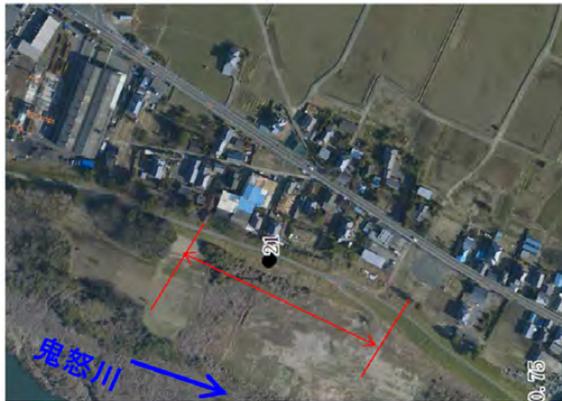


台風19号による河川等の主な被災状況

出典：令和元年10月台風19号 高水速報（第3報）

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000760776.pdf

1.4.2 利根川水系鬼怒川（茨城県常総市）決壊前後の様子



決壊前（平成 18 年）



決壊後（平成 27 年）



決壊後（平成 27 年）：川からの流水による堤内地の侵食状況

出典：決壊前後写真：「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

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000687586.pdf

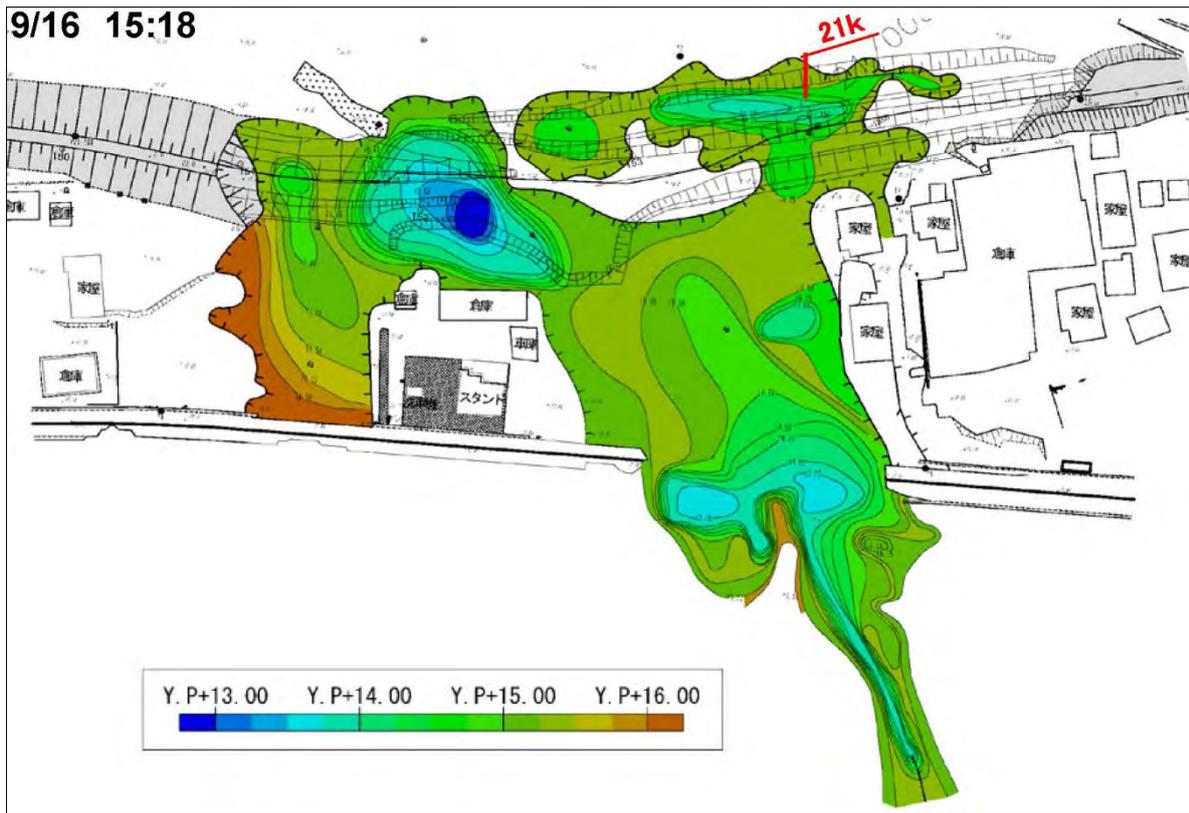
堤内地の侵食状況：第 2 回鬼怒川堤防調査委員会資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000108.html

【解説】

平成 27 年 9 月の関東・東北豪雨により、鬼怒川は茨城県常総市三坂町地先において、堤防を越えた水（越水）により堤防と基礎地盤が削られ、約 200m 幅で堤防が決壊しました。決壊箇所周辺では、居住地側も河川から流れ込んだ水により、多くの家屋も流されました。

鬼怒川では堤防決壊により生じた、堤防内外（鬼怒川と堤内地：居住地側）の水位差により、鬼怒川から堤内地へ水が流れ込みました。この水により、堤内地が侵食され、「落堀」という窪地が形成されました。「落堀」の深さ（流れ込みによって侵食された地盤深さ）は約 3m でした。（次頁）



※21k 付近が堤防決壊箇所です。

落堀の深さ

出典：第2回鬼怒川堤防調査委員会資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000108.html

上図は、標高値（Y.P）で落堀及び周辺の地盤高を示しています。青色の箇所ほど深く侵食された場所を意味します。

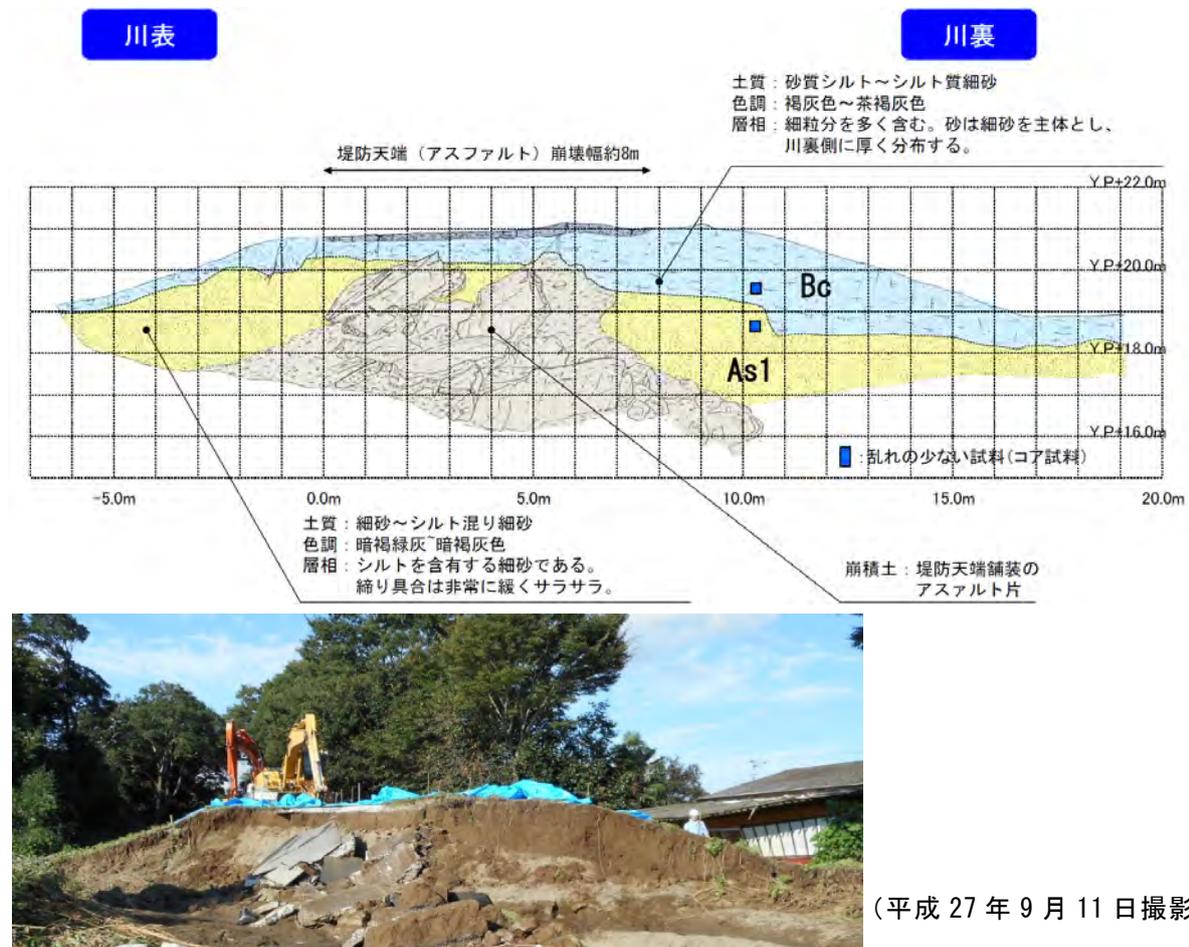
1.5 流水により決壊した堤防と周辺の地盤侵食

- ・堤防が決壊したメカニズムを検証するために、堤防決壊後は地質調査が行われ、堤防及び基礎地盤の地質、粘性土と砂質土の分布状況等を調査し、「浸透」による堤防決壊の可能性について検討します。
- ・「浸透」の他、「越水」に対する分析として川裏や堤内地の落堀状況、「侵食」に対する分析として、決壊箇所周辺の堤防川表法面の侵食や植生・地物の倒伏状況等が調査されます。

1.5.1 決壊した堤防の断面

(1) 平成 27 年 9 月鬼怒川決壊(茨城県常総市)

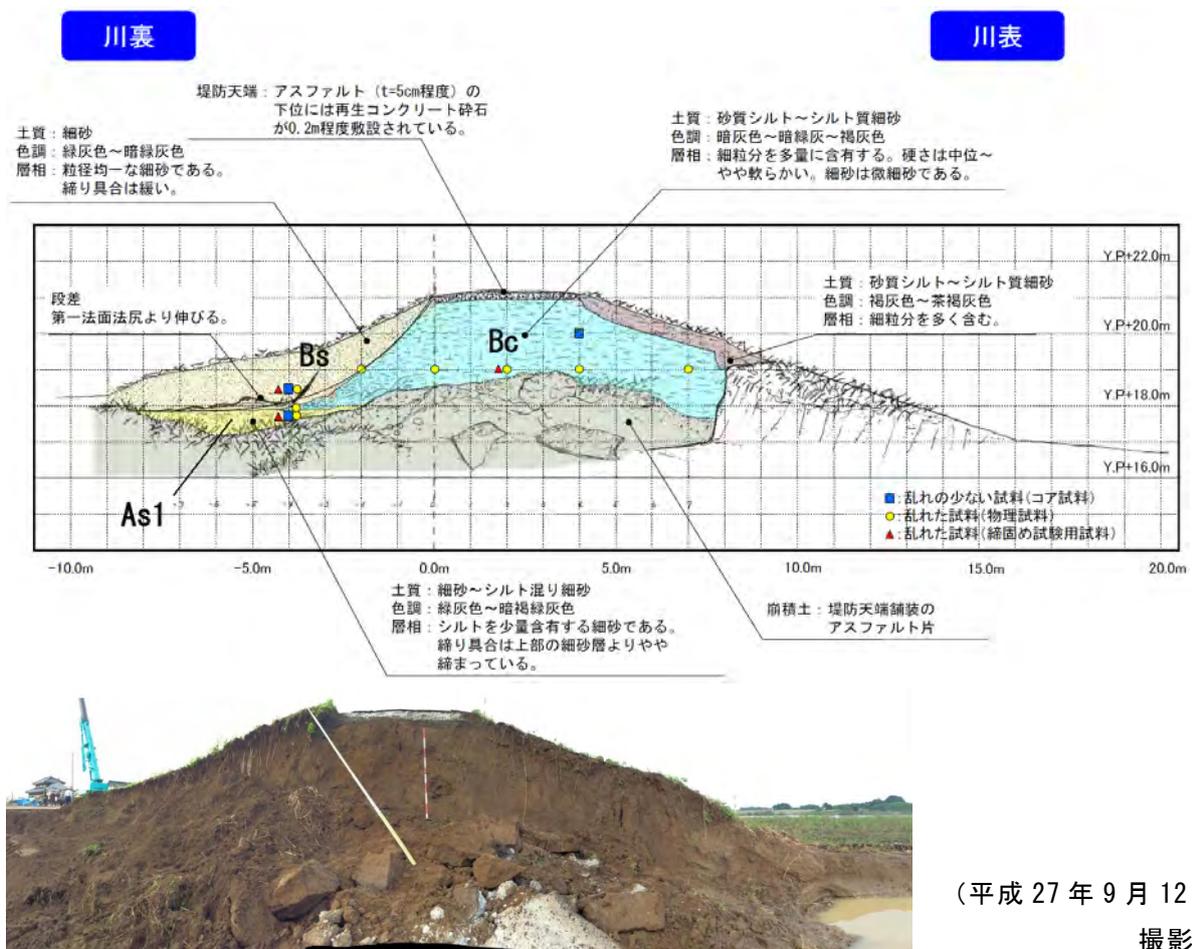
1) 決壊区間の上流端



出典：第 1 回鬼怒川堤防調査委員会資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000106.html

2) 決壊区間の下流端



出典：第 1 回鬼怒川堤防調査委員会資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai00000106.html

【解説】

地質調査結果から、「浸透」による堤防決壊の可能性として、下記が推定されました。

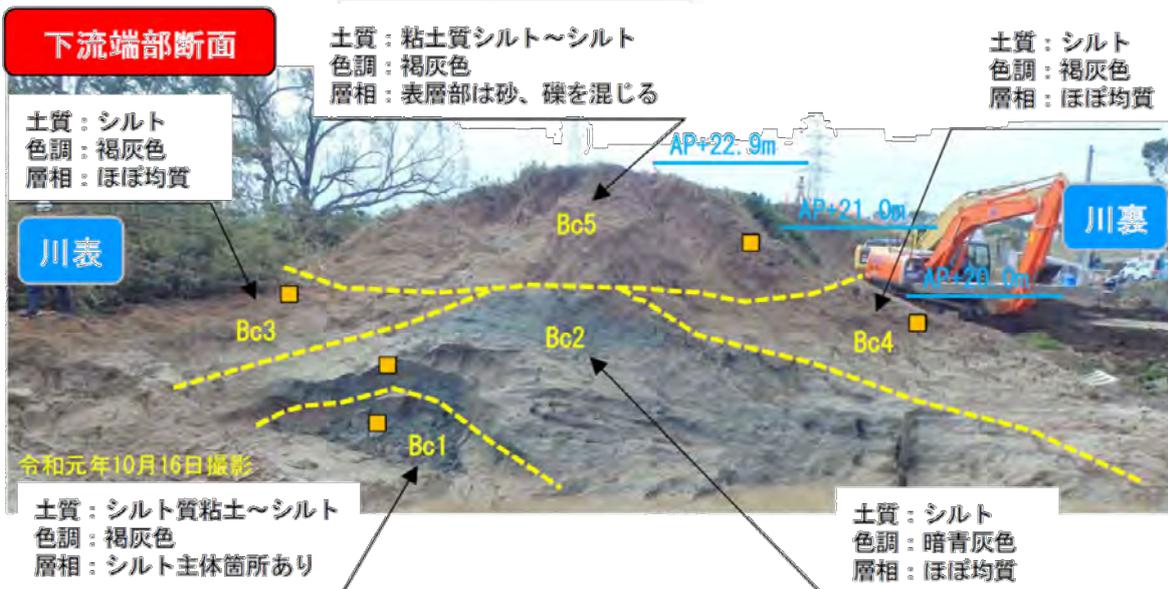
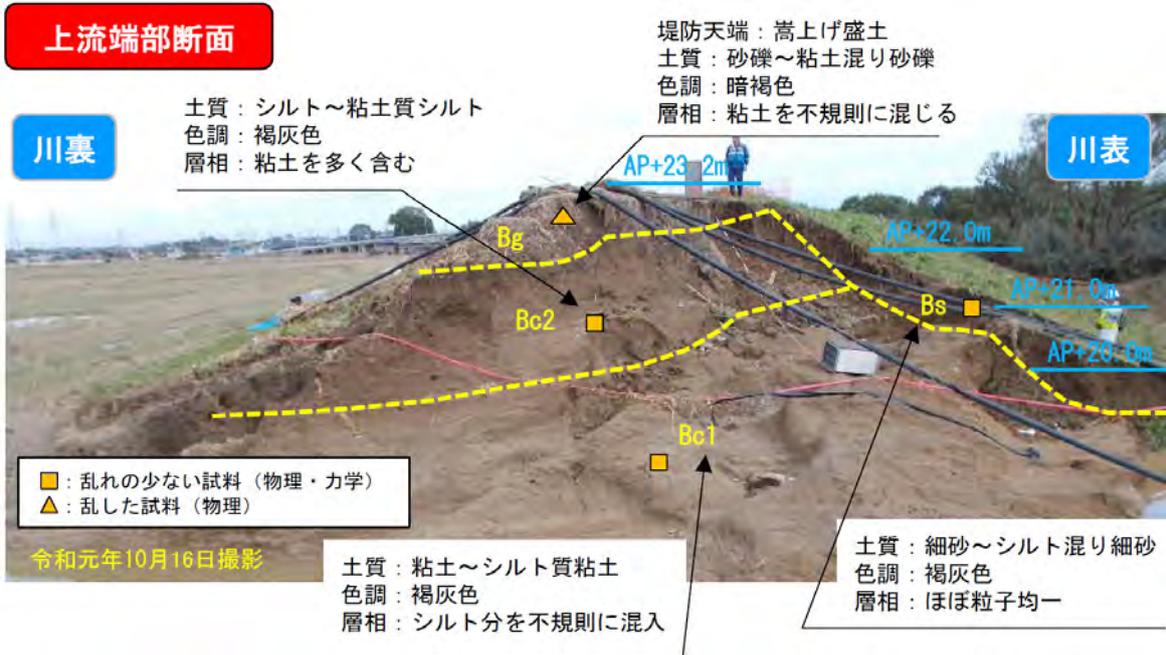
< 調査結果 >

- 決壊区間の上流端：緩い砂質土が粘性土に覆われている。
下流端：粘性土が主体となっている。
- 緩い砂質土が堤内地側に連続している。
- 基礎地盤：川裏側に粘性土が厚く堆積し、その下に砂質土が存在している。

< 「浸透」による堤防決壊の可能性（推定） >

堤体の一部を構成し、堤防から堤内地側に連続している緩い砂質土に起因するパイピング（基盤漏水による基礎地盤からの破壊）は、砂質土を被覆する粘性土の層厚によって発生するおそれがあるため、越水による堤防決壊を助長した可能性は否定できない。

(2) 令和元年 10 月、都幾川(0.4kp):埼玉県坂戸市



< 決壊箇所の落堀（青枠） >



出典：断面：第3回荒川水系越辺川・都幾川堤防調査委員会 資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000762806.pdf

落堀：第2回荒川水系越辺川・都幾川堤防調査委員会 資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000761669.pdf

【解説】

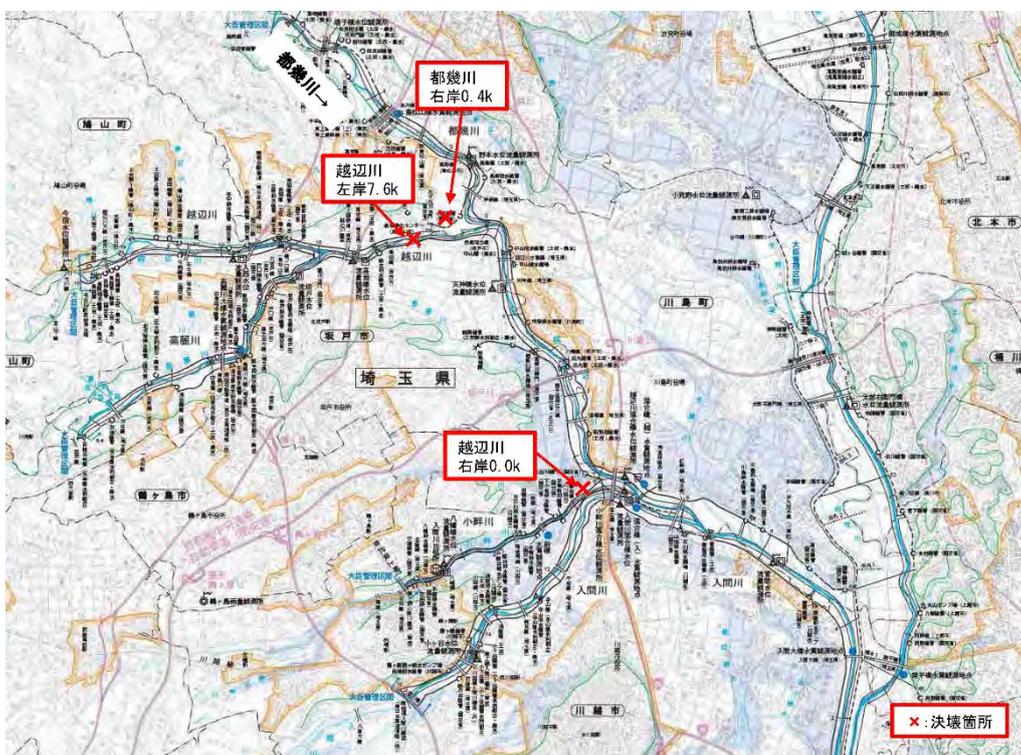
決壊箇所の地質状況より堤防または基礎地盤からの「浸透」による堤防決壊の可能性検討、また侵食されている場所等から「侵食」や「越水」による堤防決壊の可能性を検討し、決壊要因を推定しています。

＜地質調査結果＞

越辺川及び都幾川の決壊箇所の堤防と基礎地盤は、ともに主に粘性土で構成されていることが確認されました。地質調査結果より解析を行った結果、「浸透」が決壊の要因になった可能性は低いと推察されました。

＜侵食・越水に対する調査＞

堤防川裏の洗掘状況や植物・地物の倒伏・倒壊状況、堤防川表法面の侵食状況から、両地点の決壊の要因は「越水」と推察されました。



越辺川及び都幾川の堤防決壊箇所

参照：第2回荒川水系越辺川・都幾川堤防調査委員会 資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000761669.pdf

1.6 流水による土地の変化(流れる水の働き)

- ・ 傾斜のある場所で水が流れると、流れる水により土の侵食・運搬・堆積が発生します。蛇行部の内側と外側、水の量、速さ、傾斜の大小により土地の変化の様子が異なることが実験動画によって容易に確認できます。

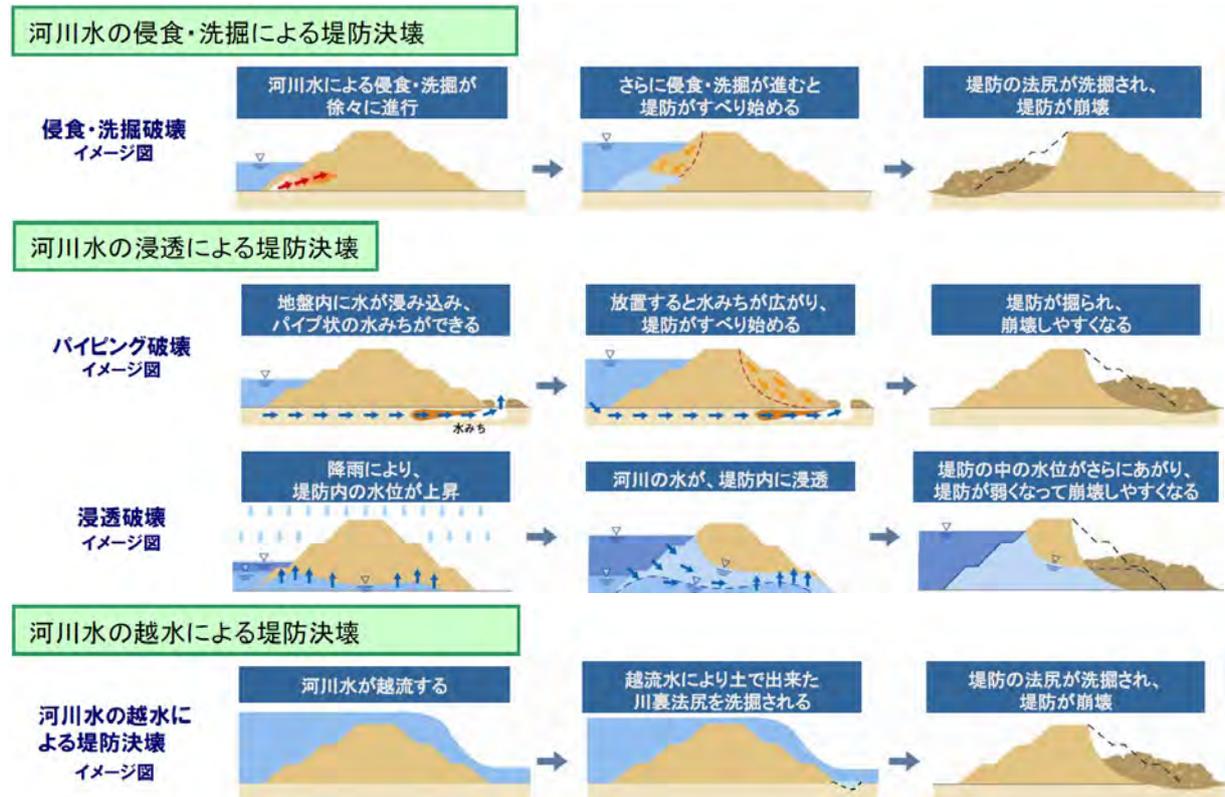
(1) 実験動画



出典：江戸川河川事務所

1.7 流水により堤防が決壊する仕組み

- ・洪水による堤防の決壊は、①侵食・洗掘による堤防決壊、②浸透による堤防決壊、③越水による堤防決壊の3つに大別されます。
- ・3区分は、河川水が直接堤防を侵食するか、浸透水が堤防内部・基礎地盤を侵食するか、越流水が堤内地側の堤防（堤防裏法面）を侵食するかというように、侵食する水・場所により分類されます。



出典：内閣府 防災情報「堤防決壊の事例」

http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/daikibosuigai/pdf/090123_sanko_2.pdf

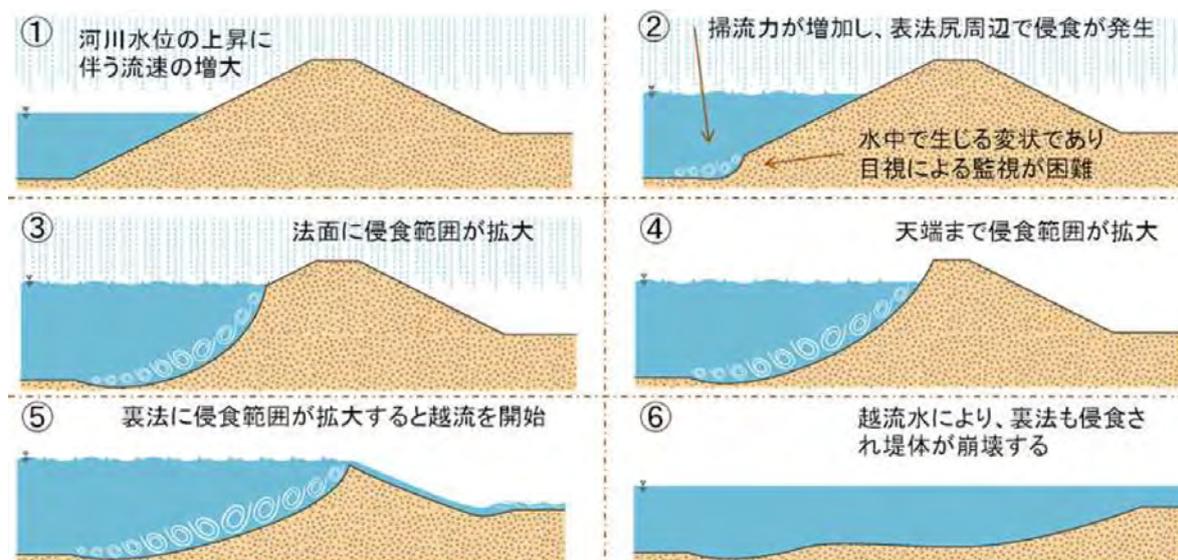
【解説】

流水により、堤防が決壊するまでにいくつかの前兆現象があります。それら前兆現象を確認した時は、堤防の侵食リスクが高い状況であり、堤防の決壊リスクが高まっているといえます。

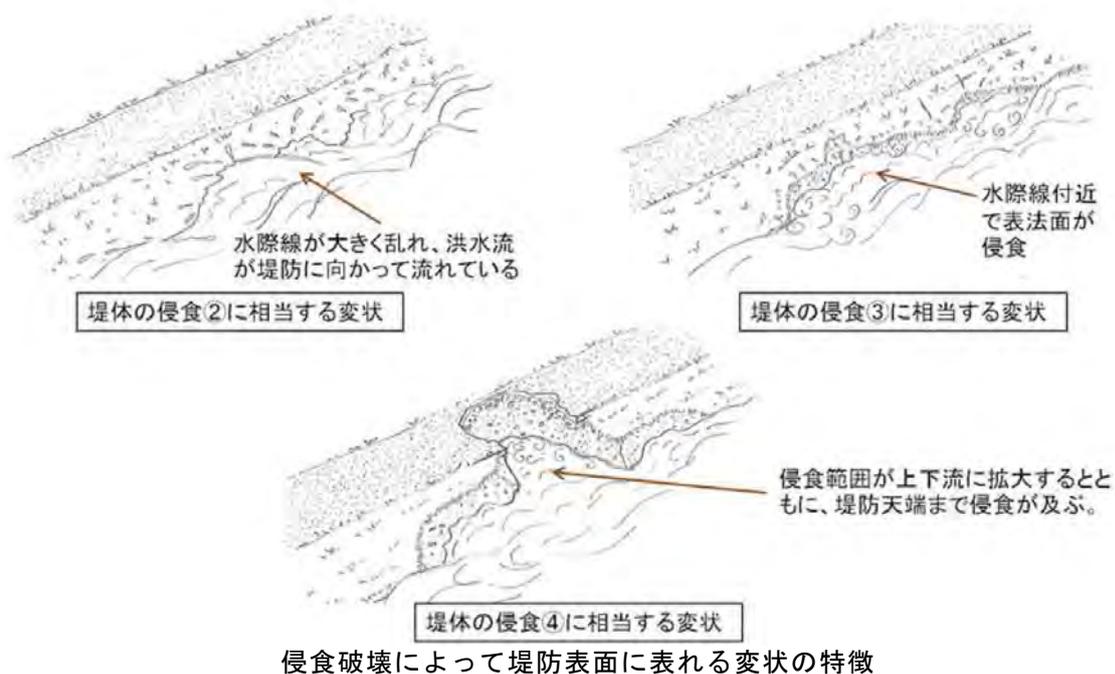
(1) 侵食による堤防決壊

侵食破壊のメカニズム

- ① 降雨により河川水位が上昇し、河川水の流速が増大するとともに河床を削る力も増加します。
- ② 河川水位がさらに上昇すると、河川水による河床を削る力によって、堤防表法面の法尻部で侵食が始まります。
- ③ 堤防表法面の法尻部が流失し、堤防法面の安定性が低下すると、侵食範囲は法面に拡大します。
- ④ 堤防法面が侵食されると、土部が露出し、堤防天端、堤防裏法面へと侵食が急激に進みます。
- ⑤ 堤防裏の裏面に侵食範囲が拡大すると、侵食により低くなった堤防からの越水が始まり、堤防裏法面の侵食が助長され、堤防が崩壊します。



侵食破壊のメカニズム



侵食破壊は、護岸の基礎（法尻部）から進行することが多く、水面下で侵食が進み、法面に変状が現れた時には、堤防の安定性に影響を及ぼす程度まで破壊が進行していることが多いです。

そのため、洪水時は、水の流れが湾曲している箇所の外曲部や発達している砂州（樹木群が繁茂している場合もある）の対岸は、水衝部となり、侵食リスクが高い箇所となります。

出典：河川管理者のための浸透・侵食に関する重点監視の手引き（案）

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/shintou_kanshi_tebiki_160330.pdf

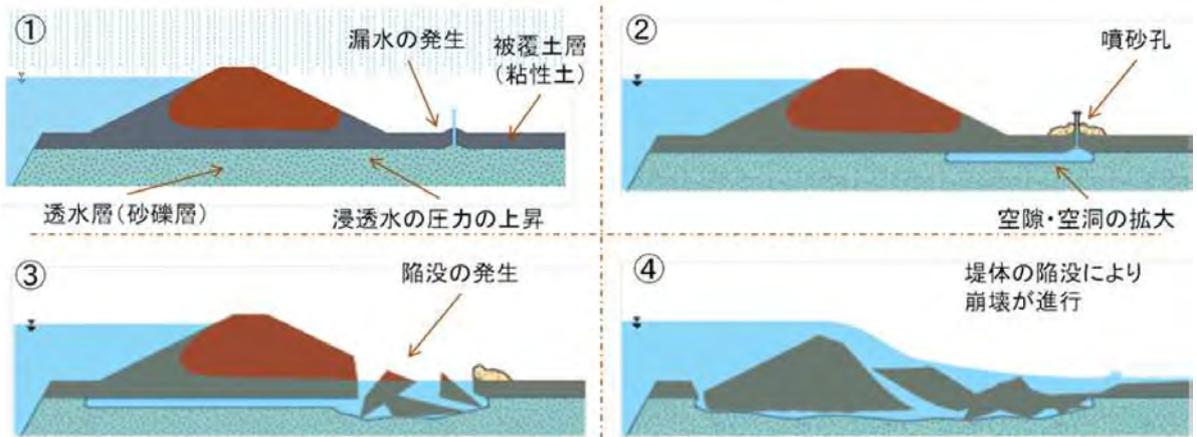
（2）浸透による堤防決壊

浸透による堤防決壊は、基盤漏水（基礎地盤のパイピング破壊）と、降雨または河川水の堤防への浸透に起因する浸透破壊に大別されます。

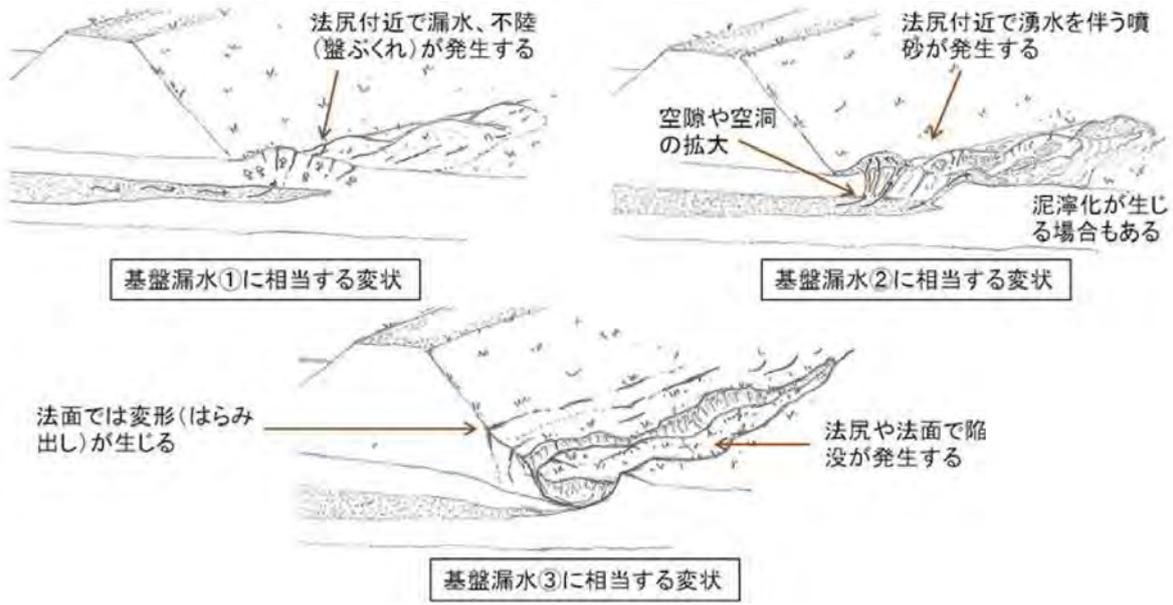
<パイピング破壊>

基礎地盤のパイピング破壊のメカニズム

- ① 河川水位が上昇し、基礎地盤における透水層（砂層や礫層）に流れ込む河川水の圧力が大きくなり、被覆土層の弱部から漏水が発生します。
- ② 河川水位が高い状態が継続すると、透水層を流れる水の流速により土中の細粒分が噴砂孔から流出し、透水層に空隙・空洞が発生し、堤防下部及び川側へ拡大します。
- ③ その結果、堤防裏法面の法尻または堤防が安定を失い、陥没が始まります。
- ④ 陥没箇所が拡大し、堤防天端まで崩壊が進むと決壊に至ります。



パイピング破壊のメカニズム



パイピング破壊によって堤防表面に表れる変状の特徴

パイピング破壊では、浸透流により細粒分が噴砂孔から流出し、透水層の空隙や空洞が堤防したで拡大することで、堤防表面に変状が発生します。

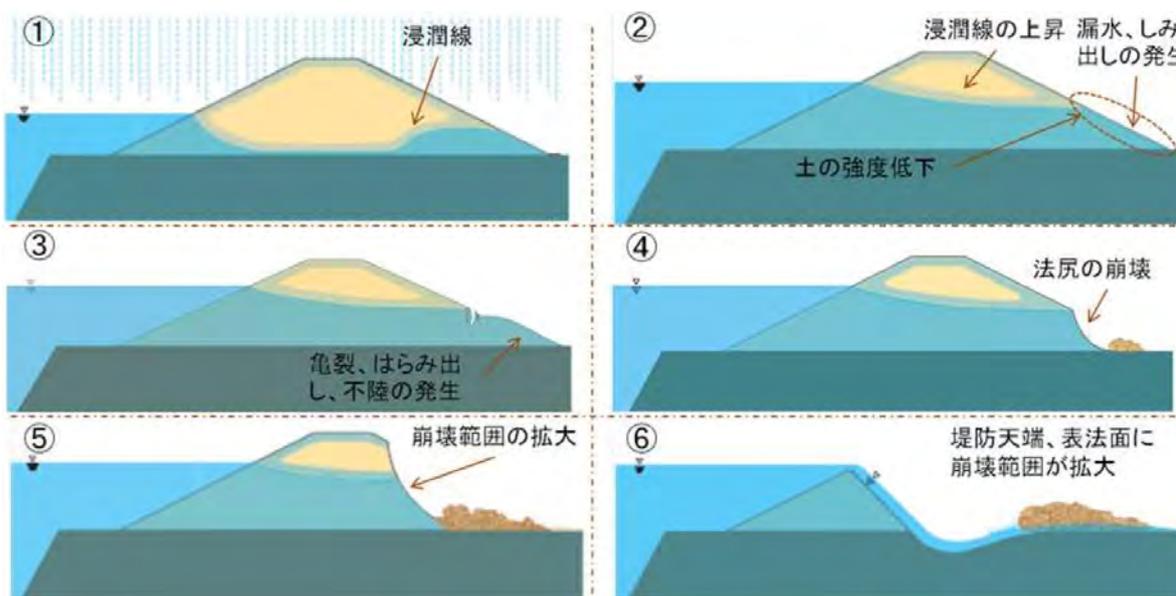
そのため、洪水時に漏水を確認した場合、噴砂の有無を確認することが重要になります。噴砂がなければ、パイピング破壊はおきません。噴砂が確認された場合、堤防内部や基礎地盤が侵食されており、堤防の決壊リスクが高まっているといえます。

出典：河川管理者のための浸透・侵食に関する重点監視の手引き（案）
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/shintou_kanshi_tebiki_160330.pdf

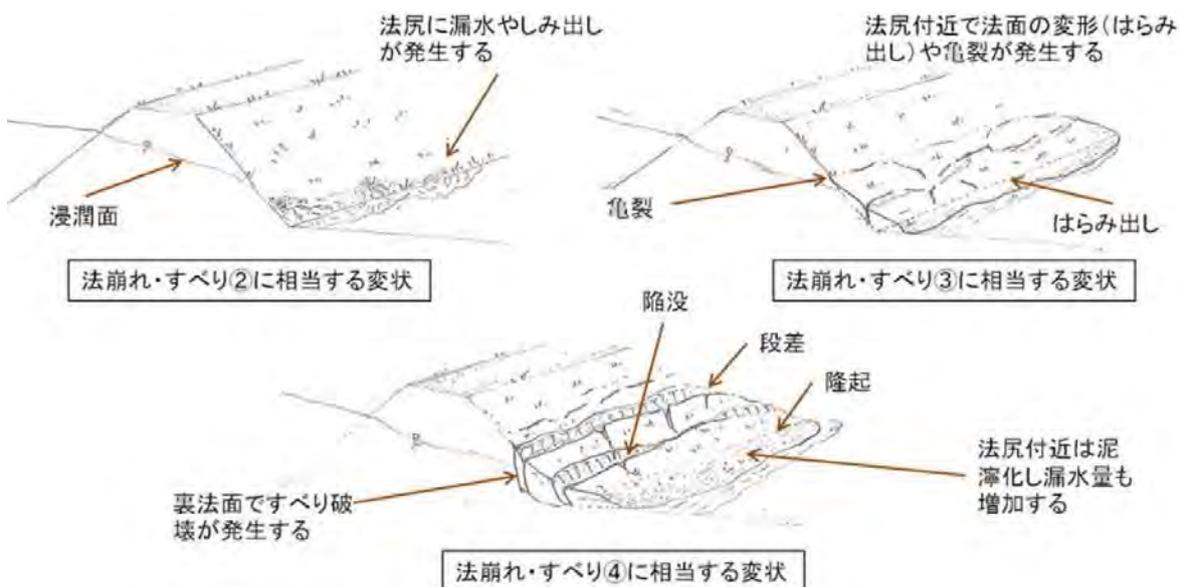
<浸透（すべり）破壊>

浸透（すべり）破壊のメカニズム

- ① 降雨や河川水が堤防に浸透することにより、堤防内部の飽和度が上昇し、浸潤線が形成されます。
- ② 河川水位が高い状態が継続すると、浸潤線はさらに上昇し、堤防裏法面に到達すると法尻付近から漏水やしみ出しが生じます。
- ③ 堤防裏法面下の土の強度が低下し、法面に亀裂や不陸等が生じます。
- ④ さらに河川水位が継続し、堤防法面の崩壊が一部分でも発生すると、堤防の安定性は極端に低下し、堤防天端、堤防表法面へと崩壊範囲が急激に拡大し、決壊に至ります。



浸透（すべり）破壊のメカニズム



浸透（すべり）破壊によって堤防表面に現れる変状の特徴

浸透（すべり）破壊は、滑り面に沿って生じるため、すべり面の上端部に亀裂や段差が見られ、下端部では隆起や陥没がみられます。

出典：河川管理者のための浸透・侵食に関する重点監視の手引き（案）

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/shintou_kanshi_tebiki_160330.pdf

(3) 越水による堤防決壊

段階	プロセス	概要図
Step1 激しい降雨 河川水の上昇	・多量の降雨により河川水位が上昇する。	
Step2 越水の開始	・さらに河川水位が上昇するとともに、越水が発生したと推定される。	
Step3 堤防断面の減少	・時間の経過とともに、越流水の作用により川裏法尻の洗掘や天端の侵食が進行し、堤防断面が徐々に減少する。	
Step4 決壊	・さらに川裏法尻部の洗掘が進み、又はその途中で川表側からの水圧に耐えきれず堤防が決壊したと推定される。	

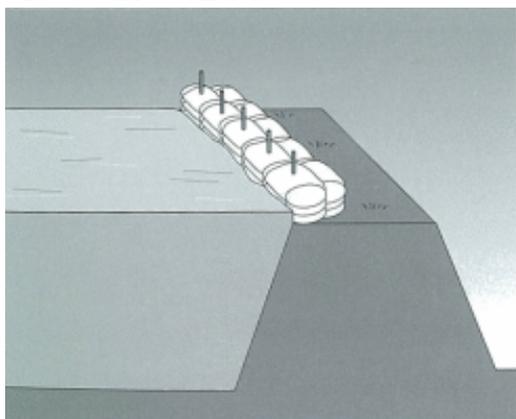
出典：第3回荒川水系越辺川・都幾川堤防調査委員会 資料

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000762806.pdf

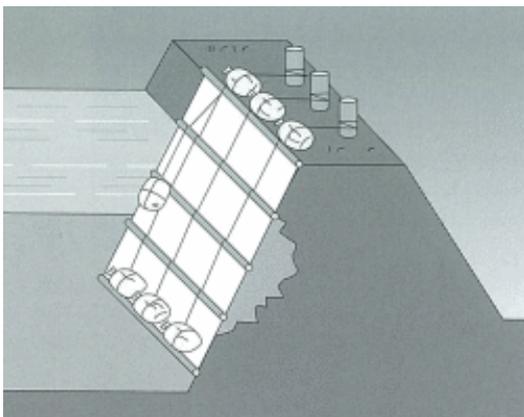
1.8 流水による土地の変化(侵食)を防止する方法:水防工法

- ・ 出水時、浸透又は侵食による堤防の変状が確認された場合、変状がさらに進行し、堤防の侵食破壊や浸透破壊が起きないように応急対策(水防工法)が行われます。
- ・ 堤防変状ではなく、河川水位が堤防天端を超過しそうな時は、越水による侵食(堤防決壊)が起きないように応急対策(水防工法)が行われます。

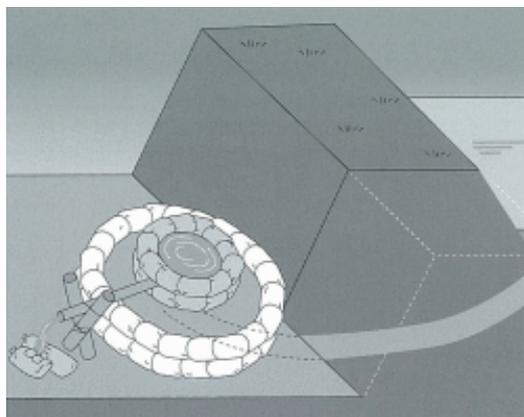
(1) 積み土嚢工(越水防止)



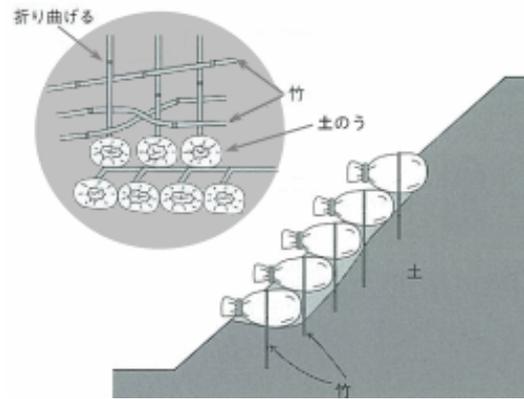
(2) 表蓆(シート)張り工(漏水防止・洗掘防止)



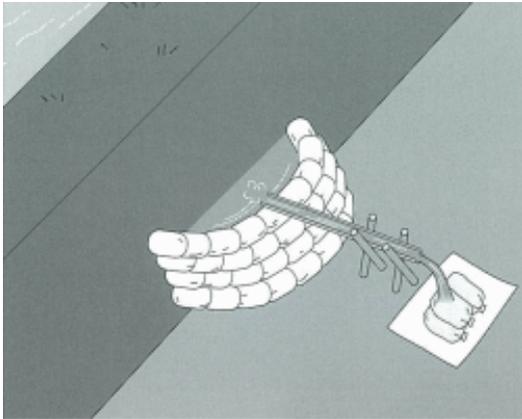
(3) 釜段工(漏水防止)



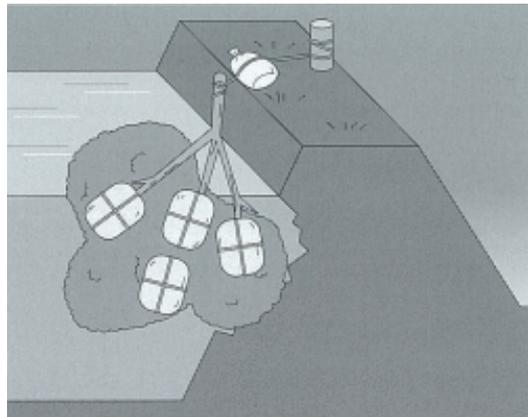
(4) 土嚢羽口工(崩壊防止)



(5) 月の輪工(漏水防止)



(6) 木流し工(決壊防止)



出典：江戸川河川事務所 HP <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00505.html>

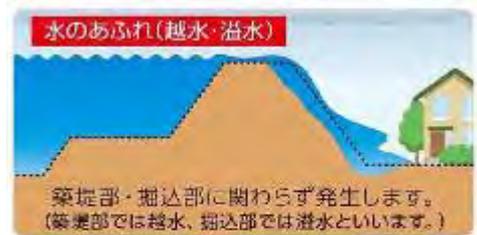
【解説】

堤防は、原則、土で整備されています。そのため、侵食・洗掘や越水に弱く、材料・施工の不均一性から、堤防内部に水ミチや空隙が内在している可能性があります。外からは確認できません。

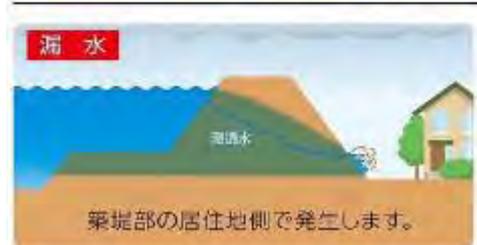
そのため、洪水時には河川水位の上昇や流水の作用により、堤防内外で様々な変状を引き起こし、堤防を決壊させることがあります。

堤防決壊を防止するため、洪水時に堤防等に変状が確認された場合は、その変状がさらに拡大しないよう（侵食が進まないよう）応急措置を行います。

被災要因



積み土嚢工：河川から溢れた水が堤防天端や居住地側の堤防法面を侵食し、堤防が決壊する可能性があります。そのため、水が溢れないように、堤防天端の川側に土嚢を積み上げて固定します。



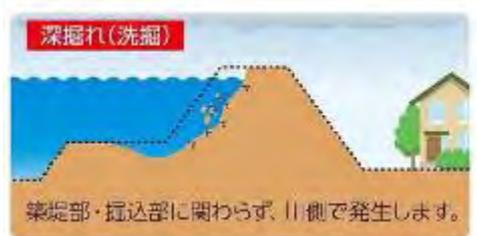
漏水量が増加すると、堤防内の土砂が流出し堤防が決壊する可能性があります。そのため、漏水量が増えないように対策します。

● **堤防法面からの漏水：**月の輪工

漏水口周辺に土のうを積み、河川水位と漏水口との水位差を縮めて水の圧力を弱め、漏水口の拡大を防ぐとともに堤防土砂の流出を抑えます。

● **平場（基礎地盤など）からの漏水：**釜段工

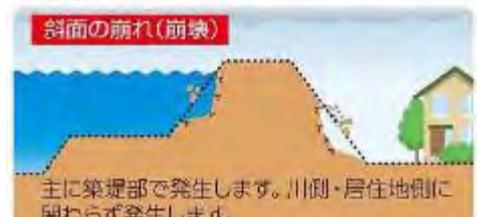
漏水の噴出口を中心に土嚢を積み、水を貯え、その水圧により水の噴出拡大を防ぐとともに、堤防土砂の流出を抑えます。



堤防の洗掘が進むと堤防が決壊する可能性があります。そのため、洗掘が進行しないように堤防法面を保護します。

● **表蓆（シート）張り工：**堤防川側をシートで被覆保護します。また、透水を防ぎ、漏水防止の役割もあります。

● **木流し工：**流水の流れを緩やかにし、堤防川側が崩れるのを防ぎます。



土のう羽口工：水位に関係なく、降雨等により堤防法面が崩れる可能性があります。そのため、居住地側で崩れた場合、崩れた箇所に土嚢を積むなどして補強し、崩壊拡大を防ぎます。

出典：中部地方整備局「水防技術研修テキスト」

http://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/suibougizyutu/suibougizyutu_text.pdf

1.9 流水による土地の侵食を防止する対策(護岸)

- ・ 流水によって堤防や河岸が侵食・洗掘されないよう、コンクリートブロックや鋼矢板等で補強します。
- ・ 出水時に水位上昇した河川の水が堤防を侵食しないように、堤防法面に芝を張る等の対策をとっています。

<かごマットエ>



<根固めブロック>



<張芝>



<鋼矢板>



<連結ブロック>



出典：江戸川河川事務所 所有資料

【解説】

堤防や河岸保護のために整備されています。整備・維持管理にあたっては、水際部が生物の生息・生育環境であることを考慮し、河川環境の整備・保全にも配慮されています。

<かごマット工による護岸>

鉄線籠に石を詰めて水際に設置し、流水による侵食・洗掘を防止します。流れる水の力に対して、しなるように曲がる力（屈とう性）があります。

<根固めブロックによる護岸>

流水による河床・河岸洗掘防止のために施工されます。護岸前面（川側）に積み重ねられ、護岸の基礎の洗掘を防ぎ、洗掘が生じた場合、その進行を遅らせる機能を有します。

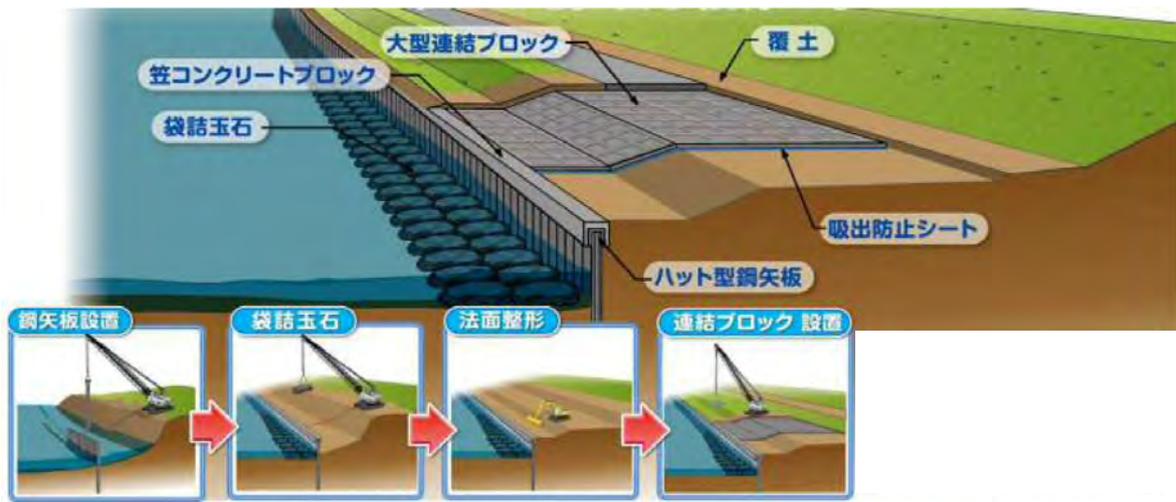
<鋼矢板護岸>

耐流速性が比較的大きく、遮水性が高い工法であり、流水による堤防・河岸洗掘防止のために施工されます。

<連結ブロック>

流水による侵食から河川敷や法面を保護するために施工されます。

江戸川左岸、千葉県流山市三輪野山地区では平成 28 年から令和 2 年まで低水護岸工事が実施されました。（次頁）



江戸川左岸三輪野山地区低水護岸工事

出典：江戸川河川事務所：主水だより 第76号

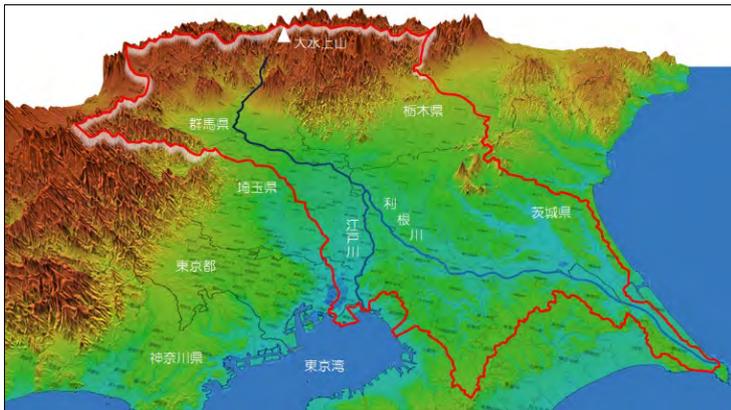
https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000767368.pdf

2. 河床構成材料/河床地形の変化

2.1 利根川(江戸川の上流)から江戸川にかけての河床材料の変化

- ・河床材料の大きさは、流水による石を運搬する力に関係しており、上流では岩や大きな石、下流では小さな石や粗い砂、河口付近になると砂やより細かいシルトや粘土が多くなります。
- ・江戸川は、利根川から分派した河川のため、利根川やその支川から土砂等が供給されています。

利根川水系の3D色別標高図



利根川の源流部（群馬県利根郡みなかみ町）

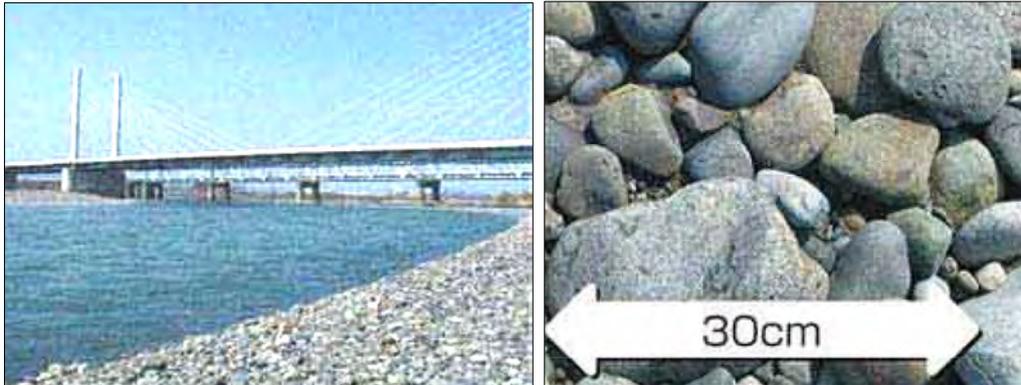


利根川上流部（群馬県沼田市 片品川合流部付近）



出典：源流部 航空写真：https://www.ktr.mlit.go.jp/tonedamu/tonedamu_index002.html
源流部 河床材料写真：パンフレット「みんなで利根川を好きになる本」（利根川上流河川事務所）
上流部：パンフレット「利根川探検ブック」（利根川上流河川事務所）

利根川中流部（群馬県伊勢崎市 板東大橋付近）



江戸川下流部（千葉県市川市 行徳可動堰付近）



出典：中流部：パンフレット「利根川探検ブック」（利根川上流河川事務所）
下流：江戸川河川事務所 所有資料

【解説】

河床材料が下流ほど丸みを帯びるのは、石と石がぶつかり合い砕けるとともに摩擦の影響によります。

また、上流の急な流れほど、流れる水が大きな石を運ぶ力があり、上流から下流へと河川の傾き（勾配）が緩やかになるにつれて、その力は小さくなります。したがって、河川勾配が急な上流ほど流速が速く、流水による大きな石を運ぶ力が大きいことから、小さな動かされやすい石は下流に運搬され、大きく動きにくい重い石が残されています。

そのため、上流ほど大きな石、下流ほど小さな石・砂、且つ丸みが出てくることになります。

<源流部>

川幅が狭く、流れが急です。川の中には、山から削り取られた岩や大きな石が多くみられます。

<上流部>

源流部に比べて川幅が広く、流れが緩やかになります。川の中には、丸みを帯びた石も増えますが、巨石もみられます。

<中流部>

川幅が広く、勾配とともに流れが緩やかになります。川の中には、丸みを帯びた礫が多くなり、礫河原を形成しています。

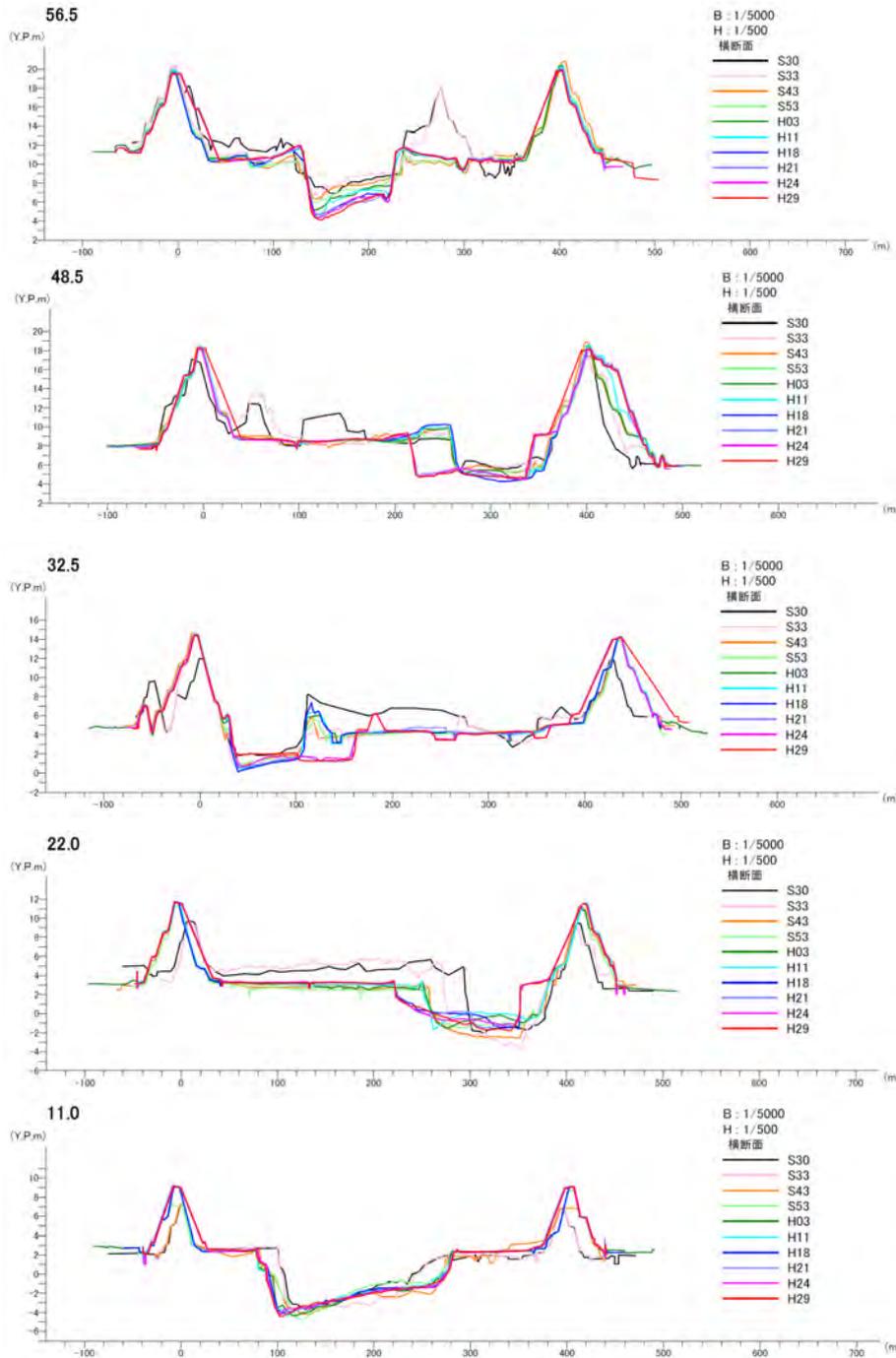
<下流部>

川幅が広く、勾配は緩やかです。流入河川によって、流量が増えますが流れは緩やかです。川の中は、細かい砂やシルトであり、河口付近は干潟を形成しています。このような環境を好む貝類が生息しています。

2.2 流水による河床地形の変化(侵食と堆積)

- ・ 河川は常に、流れる水によって土砂が侵食・運搬されています。
- ・ 定期的に河川を地形測量し、洪水時に安全に水を流せるが、また護岸・堤防等の被災(侵食)リスクの有無を調べています。

(1) 江戸川の横断図



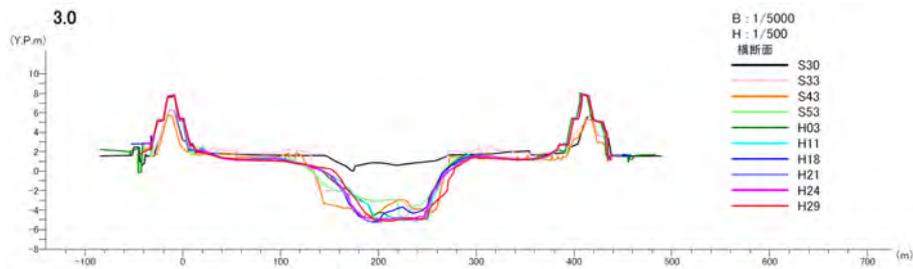
埼玉県幸手市
-千葉県野田市

埼玉県春日部市
-千葉県野田市

埼玉県吉川市
-千葉県流山市

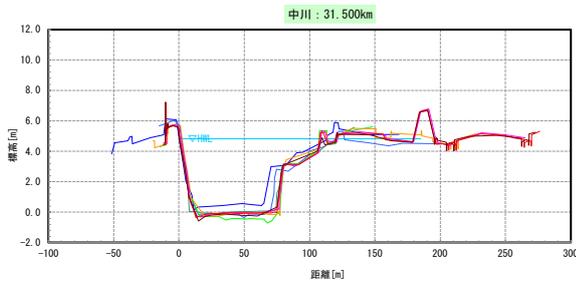
埼玉県三郷市
-千葉県松戸市

東京都江戸川区
-千葉県市川市

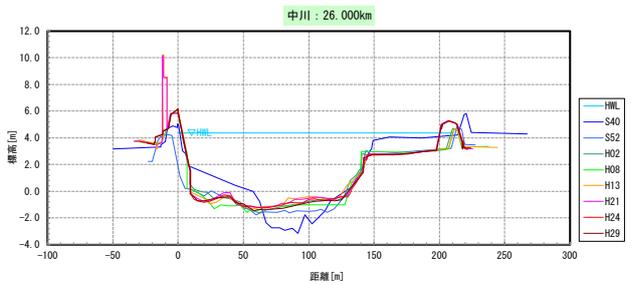


千葉県市川市

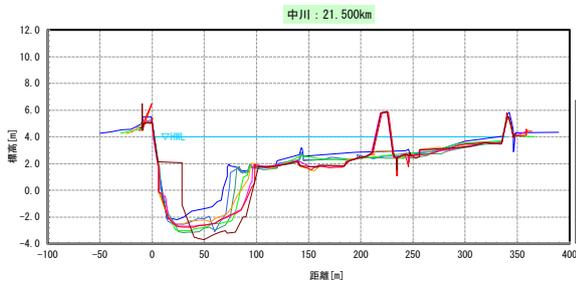
(2) 中川の横断面図



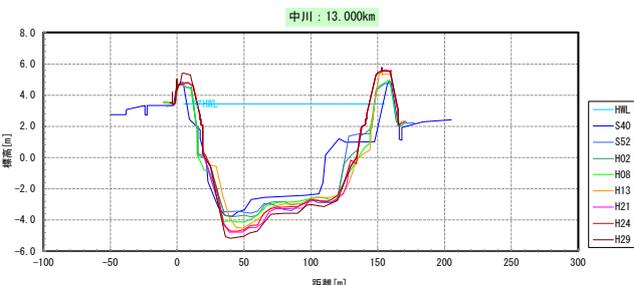
埼玉県越谷市—埼玉県吉川市



埼玉県八潮市—埼玉県三郷市

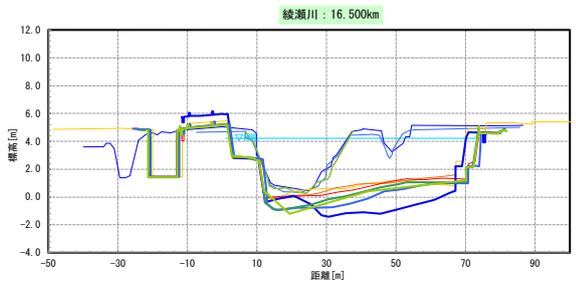


埼玉県八潮市—埼玉県三郷市

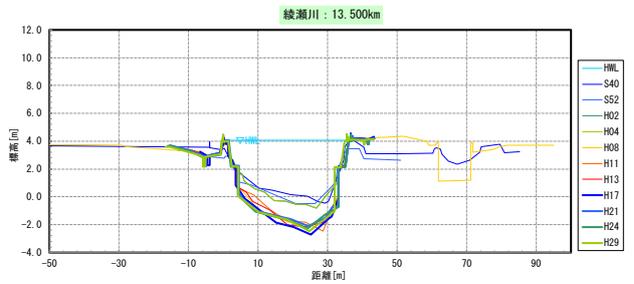


東京都葛飾区

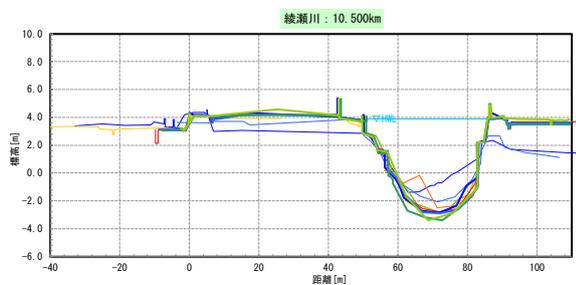
(3) 綾瀬川の横断面図



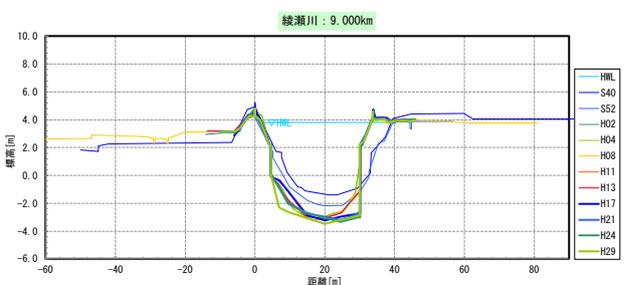
埼玉県草加市—埼玉県越谷市



埼玉県草加市



東京都足立区—埼玉県八潮市



東京都足立区—埼玉県八潮市

出典：江戸川河川事務所 所有資料

【解説】

流水によって運搬された土砂が堆積すると、水が流れる空間（断面）が小さくなり、洪水時に水位が上昇しやすくなります。そのため、水面下も含めて河川区域を定期的に地形測量して、河道内の土砂の堆積・侵食状況を調査しています。

＜重ね合わせ横断図の見方＞

- ・測量線が概ね重なっている：侵食・堆積傾向が小さい（変化無し）
- ・測量線が経年的に外側（陸側、河床下方）に移動：侵食傾向
- ・測量線が経年的に内側（河道側）に移動：堆積傾向

河川では水が流れる断面が小さくならないように、浚渫・掘削することがあります。そのような人為的な地形変化も、下記地点で横断図上に表れています。

- ・江戸川 56.5kp：昔は堤防がより川側にありましたが、「引堤」をし、水が流れる断面を大きくしました。これにより洪水時の安全性が高まりました。
- ・江戸川 48.5kp：水際の土砂を掘削し、水が流れる断面を大きくしました。

定期縦横断測量

河川管理者（国が管理する区間）は、河川管理の様々な用途に対応できるように、3～5年の頻度で定期的に縦横断測量を実施して、管理河川の縦断図及び横断図を整備しています。このうち横断図は、200m毎に整備しています。

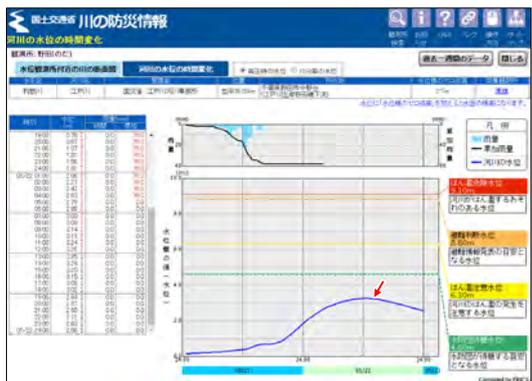
3. 降雨特性別の河川増水/河川特性別の増水状況

3.1 短時間に多量の雨が降った場合の河川増水

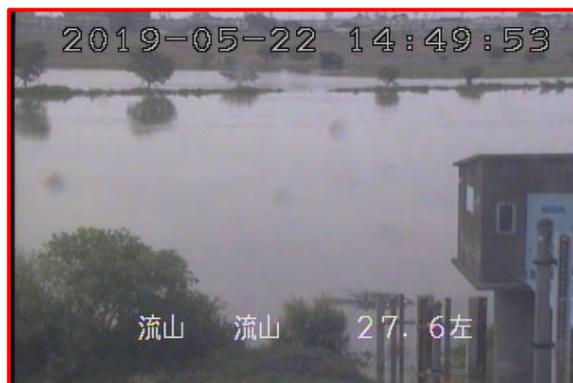
- ・ 中川・綾瀬川は、流域が小さく且つ都市部にあるため、降雨時の河川水位の上昇は比較的早く始まります。
- ・ 江戸川は利根川から分派する河川であり、流域が広く山地を多く含むため、降雨時の水位上昇は緩やかで、水位上昇時間も中川・綾瀬川に比べて長期化します。

(1) 江戸川(グラフ・写真のリンク有り)

1) 千葉県野田市中野台



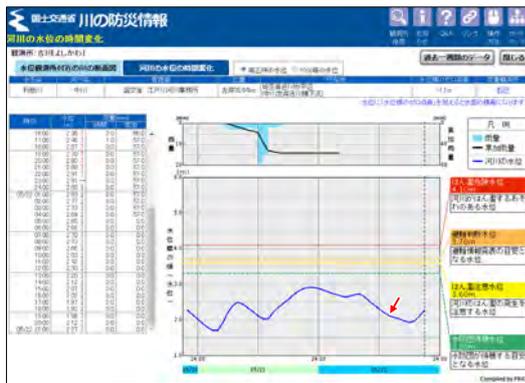
2) 千葉県流山市



※水位グラフ上の赤矢印は、洪水時の写真日時です。

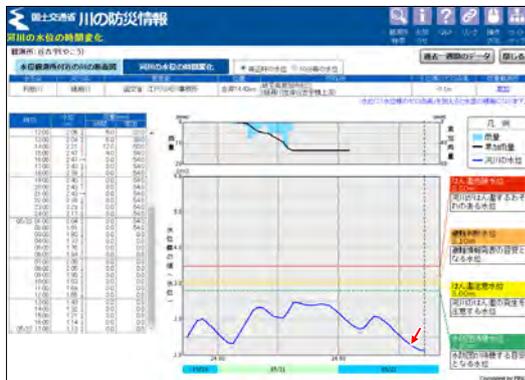
(2) 中川(グラフ・写真のリンク有り)

1) 埼玉県吉川市平沼



(3) 綾瀬川(グラフ・写真のリンク有り)

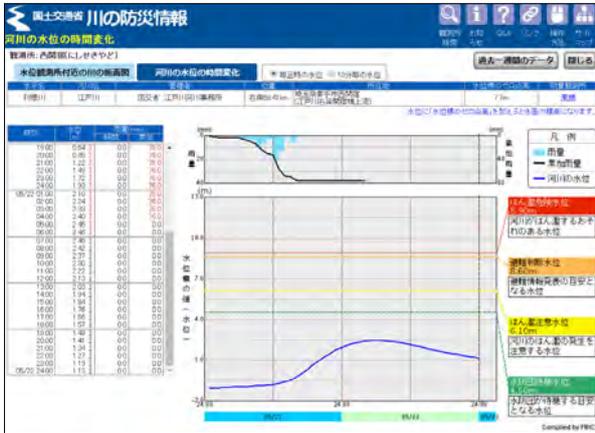
1) 埼玉県草加市栄町



※水位グラフ上の赤矢印は、洪水時の写真日時です。

(4) 江戸川(グラフ・写真のリンク無し)

1) 埼玉県幸手市西関宿



2) 千葉県野田市東金野井



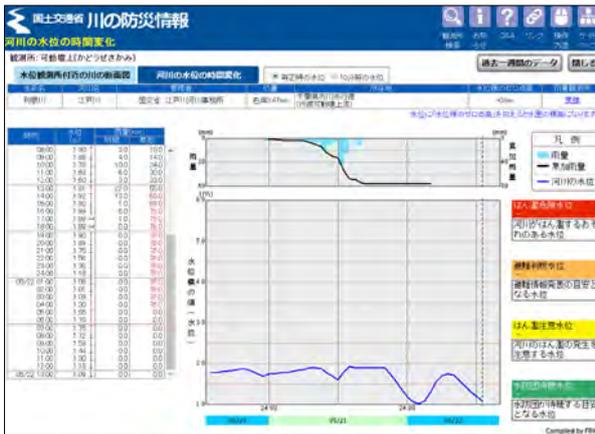
3) 千葉県松戸市松戸



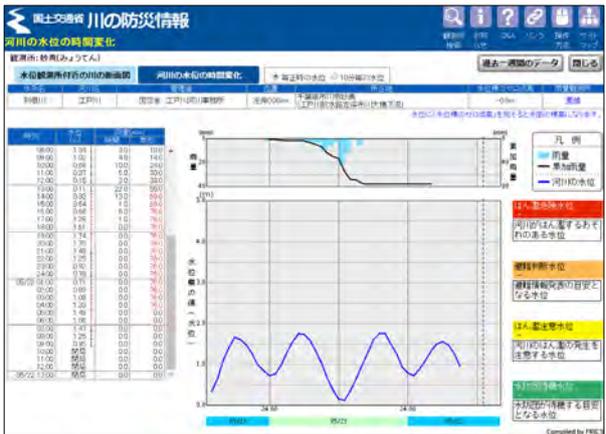
4) 千葉県市川市市川



5) 千葉県市川市行徳



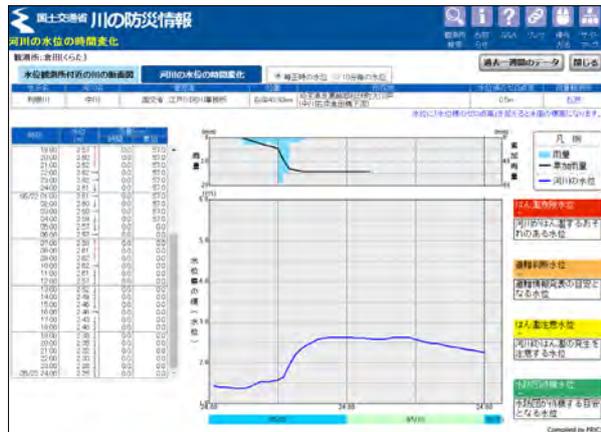
6) 千葉県市川市妙典



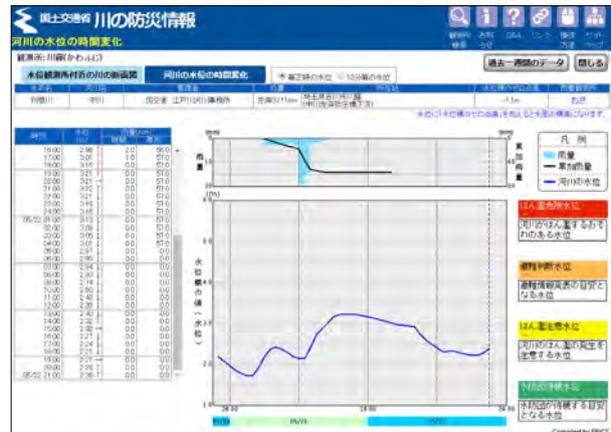
千葉県野田市岩名における平常時—出水時の状況写真

(5) 中川(グラフ・写真のリンク無し)

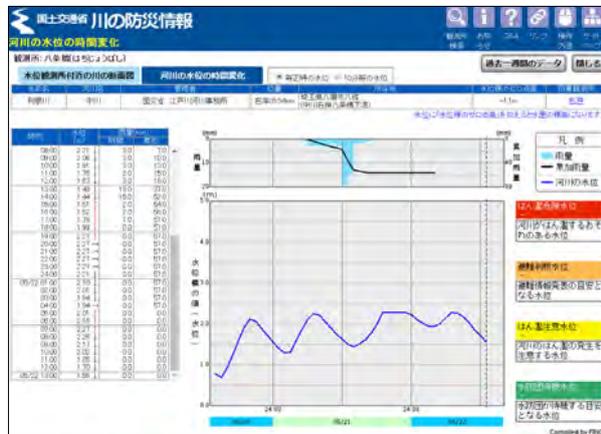
1) 埼玉県松伏町大川戸



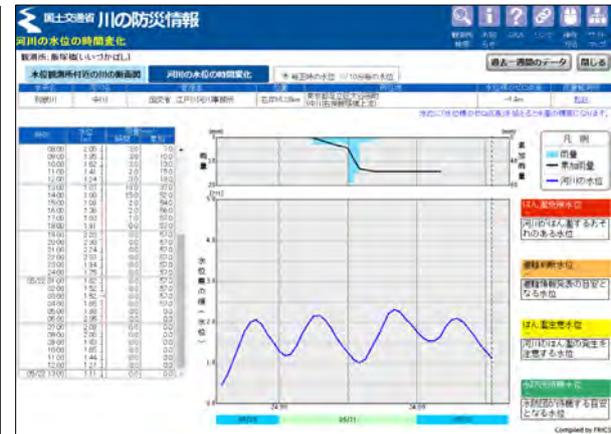
2) 埼玉県吉川市川藤



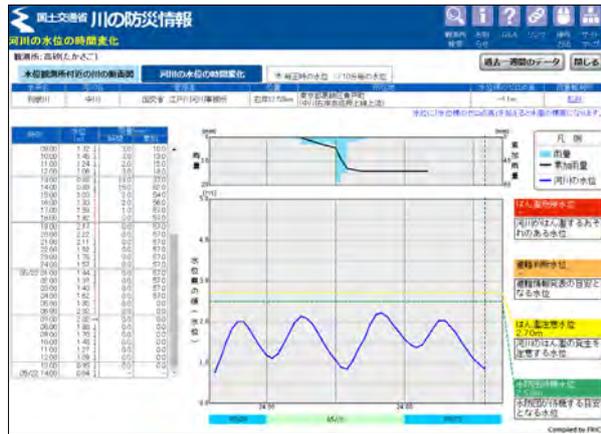
3) 埼玉県八潮市八條



4) 東京都足立区大谷田町



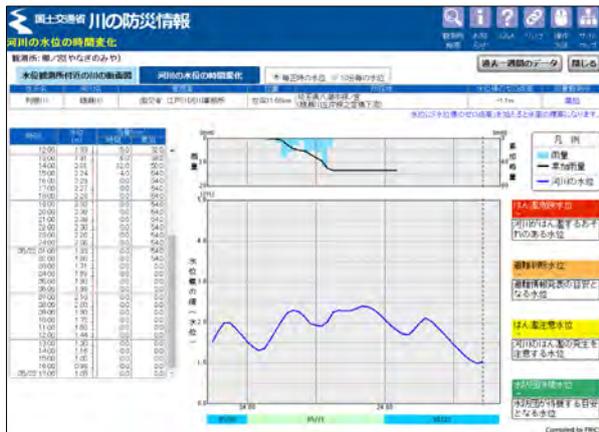
5) 東京都葛飾区青戸町



埼玉県吉川市道庭における平常時—出水時の状況写真

(6) 綾瀬川(グラフ・写真のリンク無し)

1) 埼玉県八潮市柳ノ宮



出典：グラフ：<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00039.html>

写真：(江戸川) <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00375.html>

(中川) <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00432.html>

(綾瀬川) <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00539.html>

【解説】

短時間に多量の降雨量が同じ地域に起きたとしても、水位がピークとなる時間、また水位が平常の水位に戻る時間は河川毎に異なります。

◆ 降雨量ピークから水位ピークまでの時間

- ・ 中川・綾瀬川：12 時間未満
- ・ 江戸川：24 時間

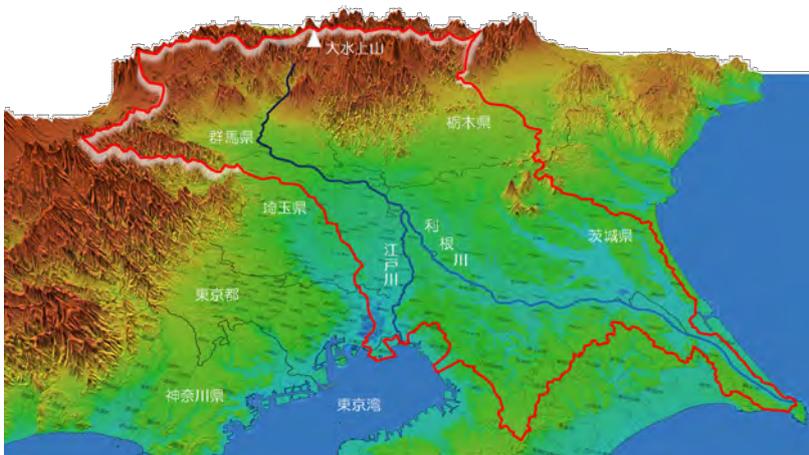
中川と綾瀬川が水位ピーク時と江戸川の水位ピーク時は約 10 時間程度異なって表れています。これは、同じ地域を流れる川でも、流域特性・河道特性によって、水位上昇等の洪水時の状況は異なるためです。写真は江戸川が水位ピークを迎えている時点です。江戸川は水位ピーク時ですが、中川・綾瀬川は概ね平常時の水位に戻っています。

江戸川の写真で、平常時と洪水時の河川の色の違いを確認すると、洪水時は、流速が増し、平常時より河川内を侵食・運搬する力が大きいことから土砂を多く含むため、茶色く濁ります。

流域の特徴

<江戸川>

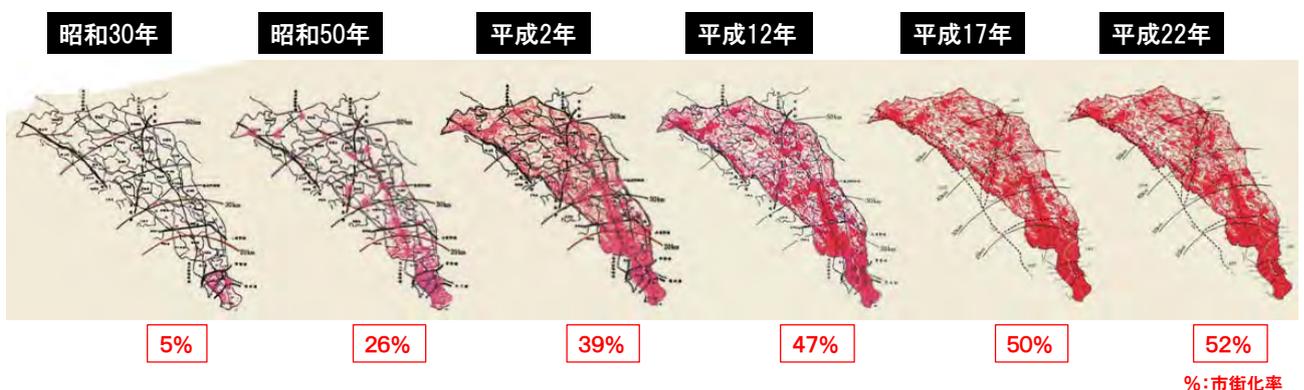
江戸川は利根川から分派した河川であるため、江戸川流域だけでなく、利根川上流域の水も流れ込んできます。利根川水系流域図の中で、江戸川が利根川から分かれる地点（茨城県五霞町・千葉県野田市）までの利根川の水も江戸川に流れてきます。その利根川は、群馬県利根郡みなかみ町の大水上山に発し、多くの支川（烏川や渡良瀬川等）と合流し、江戸川に流れ込んでくるため、群馬県沼田市や前橋市、栃木県足利市に降った雨によって、江戸川の河川水位が上昇する可能性があります。また、流域が広いため、流域に降った雨は時間をかけて江戸川にまで流れてきます。



利根川水系の3D色別標高図
(再掲)

<中川・綾瀬川>

中川・綾瀬川流域は、昭和40年代からの急激な都市化に伴い、降った雨を一時的に貯留していた水田や浸透しやすい畑などが、住宅地や工業団地などに変わり、地表がアスファルトやコンクリート等で被覆されたため、雨が降ると、河川や下水道に急激に流入し、河川水位が急上昇するようになりました。



3.2 長時間に多量の雨が降った場合の河川増水

- ・ 台風のように長時間、多量の雨が降った場合、降雨時から河川水位が上昇し、河川水位上昇期間が長期化します。
- ・ 江戸川は、水位上昇期間が長期化するため、堤防や河岸の侵食を受ける時間が長くなるため侵食リスクが増します。中川・綾瀬川は、潮位が高い時間に水位上昇が重なると、水位の高い時間が長時間化します。

(1) 江戸川(グラフ・写真のリンク有り)

1) 埼玉県幸手市西関宿



3) 埼玉県松戸市松戸



※水位グラフ上の色矢印は、洪水時の写真枠色とリンクしています。

※グラフは時系列の降雨・水位変化、断面図は当該時点の水位を観測地点の地形模式図とともに示しています。

(2) 中川(グラフ・写真のリンク有り)

1) 埼玉県吉川市平沼



※水位グラフ上の色矢印は、洪水時の写真枠色とリンクしています。

※グラフは時系列の降雨・水位変化、断面図は当該時点の水位を観測地点の地形模式図とともに示しています。

(3) 綾瀬川(グラフ・写真のリンク有り)

1) 埼玉県草加市松江

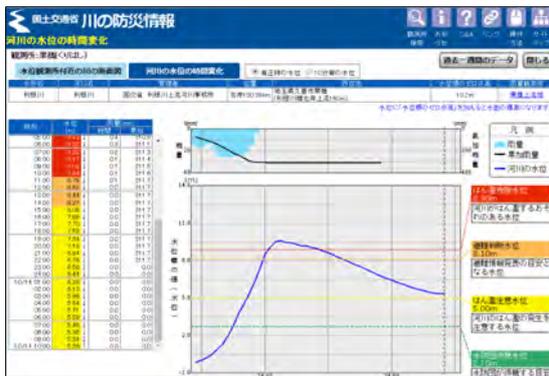
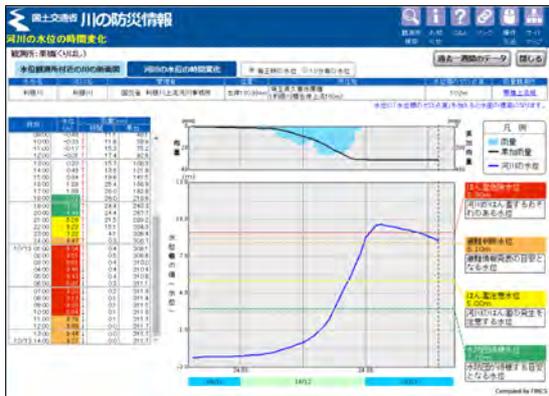


※水位グラフ上の色矢印は、洪水時の写真枠色とリンクしています。

※グラフは時系列の降雨・水位変化、断面図は当該時点の水位を観測地点の地形模式図とともに示しています。

(4) 利根川(グラフ・写真のリンク無し)

1) 埼玉県久喜市栗橋



※グラフは時系列の降雨・水位変化、断面図は当該時点の水位を観測地点の地形模式図とともに示しています。

出典：グラフ：<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00039.html>

利根川は「川の防災情報」(後述)

写真：(江戸川) <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00375.html>

(中川) <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00432.html>

(綾瀬川) <https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00539.html>

(5) 江戸川(グラフ・写真のリンク無し)

1) 千葉県野田市関宿三軒家

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約 15 時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約 2 日後)



2) 埼玉県春日部市庄和

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約 15 時間後)

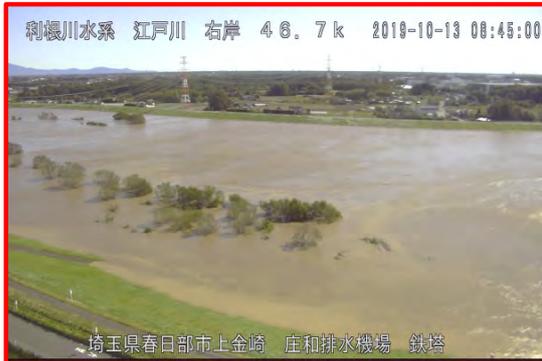


10/15 10:25 (水位ピークから約 2 日後)



3) 埼玉県春日部市上金崎

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約15時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



4) 千葉県野田市岩名

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 18:10 (水位ピークから約9時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



5) 千葉県流山市流山

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約15時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



6) 千葉県市川市行徳

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約15時間後)

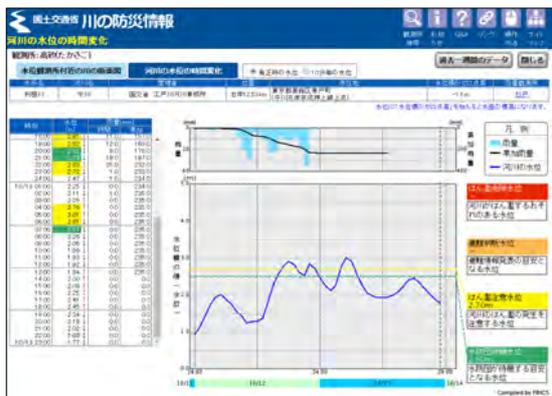
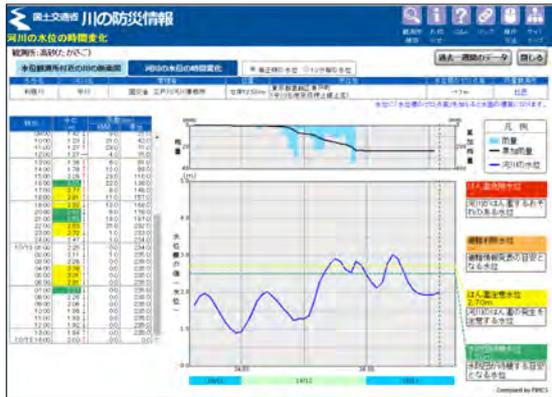


10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



(6) 中川(グラフ・写真のリンク無し)

1) 東京都葛飾区青戸町



※グラフは時系列の降雨・水位変化、断面図は当該時点の水位を観測地点の地形モード図とともに示しています。

2) 埼玉県吉川市中川台

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約15時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



3) 埼玉県吉川市道庭

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約15時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



(7) 綾瀬川(グラフ・写真のリンク無し)

1) 埼玉県八潮市柳之宮

10/13 8:45 (水位ピーク)



10/13 23:50 (水位ピークから約15時間後)



10/15 10:25 (水位ピークから約2日後)



出典：グラフ：<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00039.html>

写真：（江戸川）<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00375.html>

（中川）<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00432.html>

（綾瀬川）<https://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00539.html>

【解説】

広範囲に多量の雨が長時間にわたって降った場合、同じ地域を流れる河川は水位ピークや水位が高い期間が同一ではなく、河川毎に異なります。水位ピークの時期が異なるということは、越水による侵食（決壊）リスクのタイミングが河川毎に異なること、河川水位が高い期間が異なるということは、浸透を含めた侵食リスクまたは侵食による堤防の決壊リスクのタイミングが河川毎に異なることを意味します。

<水の濁り>

江戸川において、前項の「短時間に多量の雨が降った場合」の洪水時写真と比べると、長時間の降雨時の方が、水が茶色く濁っています。これは、流域の山地からの流出によるものもありますが、水位がより高く、流速が早いため、流路の河岸だけでなく流路内に堆積している土砂も侵食・運搬していることによります。

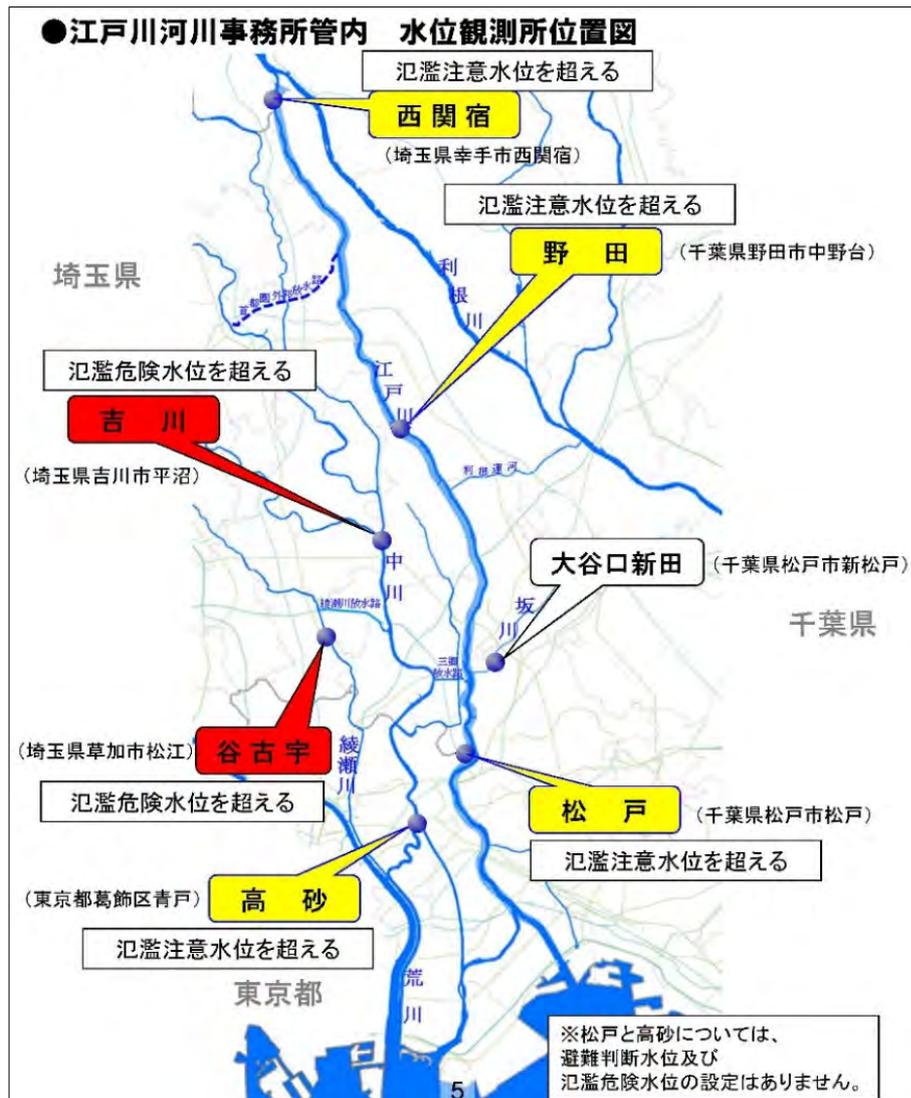
水位が高い状態が続くと、堤防の変状を引き起こす環境下に長くいることになるため、短時間の降雨時より堤防等の侵食リスクが増します。また、河川水位が低下しても、越水による堤防の侵食リスクは低下しますが、侵食や浸透による堤防等の侵食リスクは直ちには低下しません。堤防内部の水や透水層を流れる水によって、侵食が継続している場合があるため、河川水位が高水敷より低くなるまでは、堤防決壊につながる可能性のある侵食リスクがあるといえます。

<令和元年10月台風19号>

台風19号の影響により、12日12時から14日0時頃まで降雨が続き、江戸川野田上流域での累加雨量が300.3ミリ、中川吉川上流域での累加雨量が228.4ミリ、綾瀬川谷古宇上流域での累加雨量が236.2ミリとなりました。

江戸川、中川、綾瀬川では河川水位が上昇し、中川・綾瀬川では、避難指示の目安となる「氾濫危険水位」を超過しました。江戸川でも、「氾濫注意水位」を超過しました。

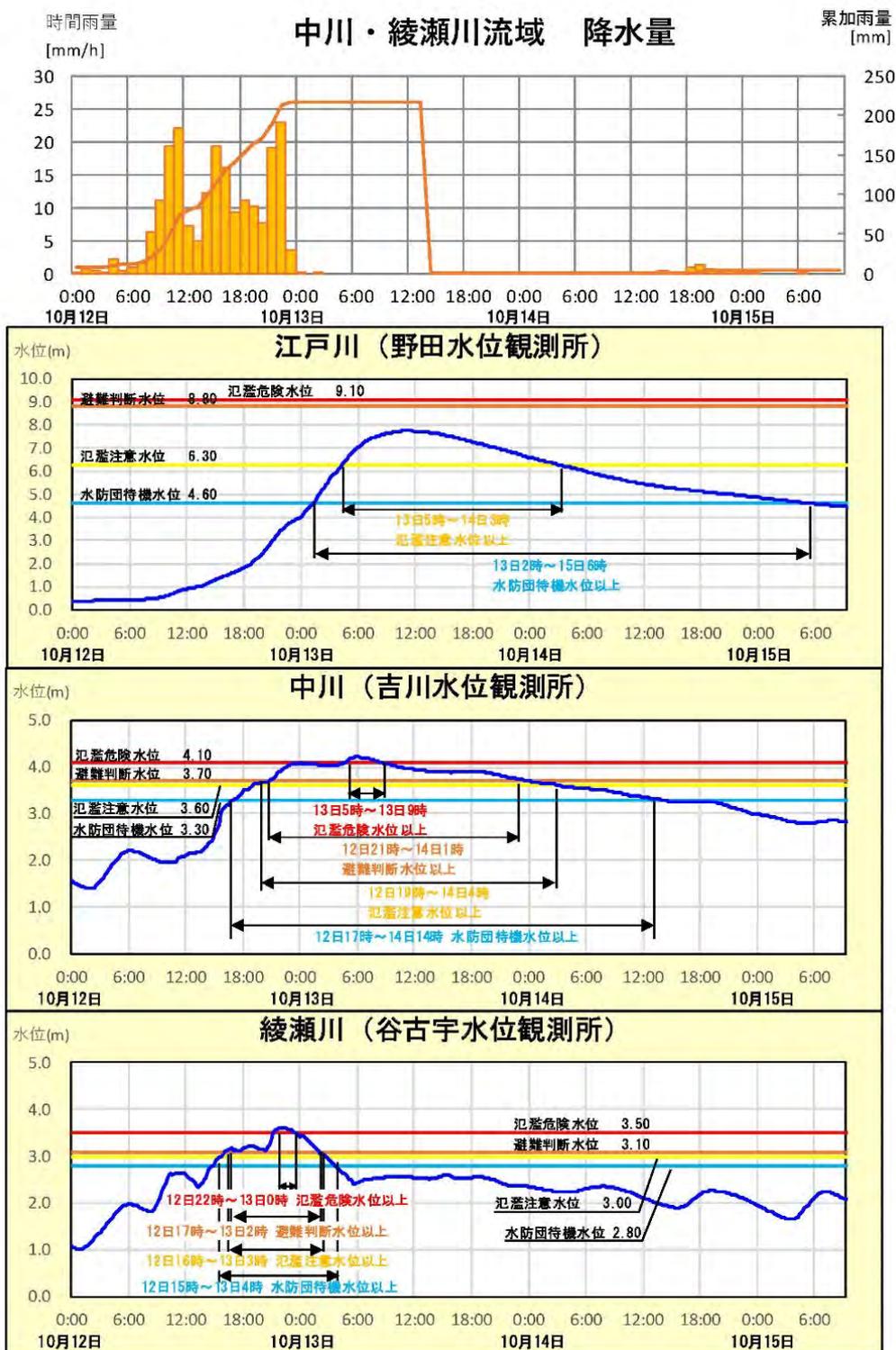
水位が高い状況が続くと、侵食・堤防決壊等のリスクが高まるため、江戸川河川事務所では、首都圏外郭放水路、三郷放水路、綾瀬川放水路等の各排水機場を運転し、中川や綾瀬川の水位上昇を抑制し、洪水の氾濫を防ぎました。また、行徳可動堰を13日4時50分から開放し、洪水を江戸川放水路に流し、江戸川及び旧江戸川の水位上昇を抑制しました。



台風 19 号による
基準水位の状況

出典：令和元年 10 月 台風 19 号出水速報（第 4 報）江戸川・中川・綾瀬川

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000760959.pdf



出典：令和元年10月 台風19号出水速報（第4報）江戸川・中川・綾瀬川

https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000760959.pdf

中川・綾瀬川の水位上昇を抑制するために、首都圏外郭放水路、三郷放水路、綾瀬川放水路等の各排水機場を運転し、中川や綾瀬川の水を排水機場等の施設を通じ、時間差で流下能力に余裕のある江戸川に流し、洪水の氾濫を防ぎました。また、江戸川及び旧江戸川の水位上昇を抑制するために、河口部にある行徳可動堰を13日4時50分から開放し、洪水の氾濫を防ぎました。

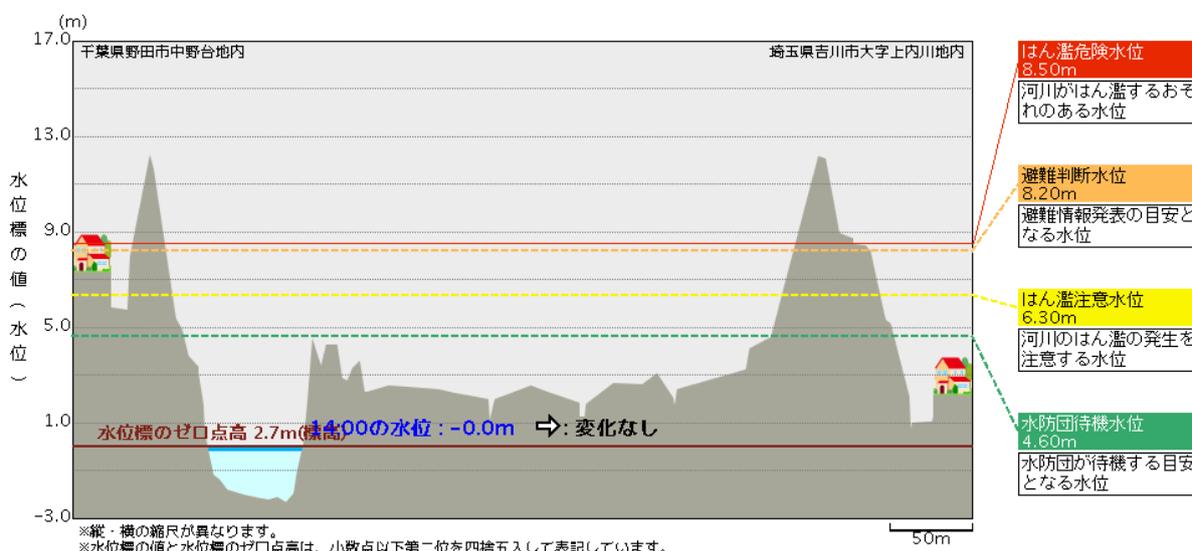
<水位と避難の関係>

どの程度の水位から危険かは、河川の特長や治水施設等の整備状況により異なります。江戸川では、避難等の目安となる水位として、「氾濫注意水位」「避難判断水位」「氾濫危険水位」が設定されています。

江戸川は、西関宿（埼玉県幸手市 関宿橋上流）、野田（千葉県野田市 野田橋下流）の水位観測所、綾瀬川は、谷古宇（やこう）（埼玉県草加市 谷古宇橋上流）、中川は、吉川（埼玉県吉川市 吉川橋下流）の水位観測所において、避難の目安となる水位を設定しています。

江戸川及び中川、綾瀬川の水位観測所付近の川の断面図や水位は、下記 URL から見ることができます。

江戸川河川事務所 HP : <http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00039.html>



野田水位観測所での設定状況（千葉県野田市）

川の水位の種類

氾濫危険水位	河川が氾濫するおそれのある水位や、安全に避難するために避難を開始すべき水位
避難判断水位	市区町村からの避難準備情報などの避難情報が発表される目安となる水位
氾濫注意水位	河川の氾濫の発生を注意する水位
水防団待機水位	水防団が待機する目安となる水位

【解説】

「川の防災情報」では、レーダ雨量、スポット雨量、ダム情報、川の水位、そして洪水予報など、大雨の時に注意すべき情報が発信されています。

全国の河川の状況をリアルタイムで確認することができるため、居住地の他、外出先、親戚・知人宅等の地域の様子も確認することができます。

「川の防災情報」の読み方

カワナビ：<https://www.mlit.go.jp/river/kawanavi/observe/vol6.html>

「川の防災情報」<http://www.river.go.jp/portal/#80>

参考資料

防災教育の参考となるホームページ

防災教育における国土交通省の取組内容や事例紹介など

◆防災教育ポータル

<http://www.mlit.go.jp/river/bousai/education/index.html>

河川を中心とした水に関わる情報

◆カワナビ

<http://www.mlit.go.jp/river/kawanavi/index.html>

国土交通省の小・中学生向けの情報

◆キッズコーナー（見学施設／出前講座等）

<http://www.mlit.go.jp/kids/index.html>

降雨の時に確認すべき情報

◆川の防災情報

<http://www.river.go.jp/kwabou/ipTopGaikyo.do>

堤防決壊箇所のドローン映像

◆令和元年台風第19号

<https://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000214.html>

◆平成27年9月関東・東北豪雨（鬼怒川決壊）

<https://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000167.html>

国土交通省 江戸川河川事務所 HP

◆江戸川河川事務所が管轄する河川の上空写真

<http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/study/sora/index.html>

土地に関する情報や災害発生時の地理情報

◆地理院地図

<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k010u0t0z0r0s0f1&d=v1>

災害時の被災（堤防の侵食等）の確認

◆総合災害情報システム（DiMAPS）

<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k010u0t0z0r0s0f1&d=v1>

都市河川の急激な水位上昇（平成20年7月28日都賀川甲橋）

◆神戸市建設局防災部河川課

http://www.thr.mlit.go.jp/sendai/kasen_kaigan/river-attention/pdf/02.pdf

国土交通省 関東地方整備局

江戸川河川事務所 防災対策課

TEL : 04-7125-7311 (代表)

URL : <http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/edogawa00846.html>
