

多摩川中流河道の洪水被害と対策，改修工事に対する河道の長期的(1947年～2019年)変化・応答

後藤 勝洋¹・下條 康之²・後藤 岳久¹・福岡 捷二³

¹正会員 中央大学研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: gotou-k@tamacc.chuo-u.ac.jp (Corresponding Author)

²非会員 国土交通省 関東地方整備局 京浜河川事務所 (〒230-0051 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央 2-18-1)

³フェロー 中央大学研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: sfuku@tamacc.chuo-u.ac.jp

大規模洪水に対して災害の少なく維持管理し易い河道をつくるには、既往洪水での被災機構と河道改修に対する長期的な応答を理解し、この情報を活かすことが重要である。本研究は、多摩川中流域を対象に昭和22年～令和元年の73年間の観測データから、河道の長期的変化・応答を分析した。その結果、昭和30年代の砂利採取以降、河床低下が進行し、特徴的な砂州河道の構造が失われてきた。平成11年以降、2000m³/s以上の洪水の増大、堰・護床工等による河床低下の抑制が高水敷化した砂州の洗掘を促し、低水路幅の拡大と低水路への土砂供給が河床高の維持、砂州構造の回復に繋がりがつつある。河道の長期的変化・応答に関するデータの蓄積と活用は河道管理の貴重な財産であり、多摩川の治水と河川環境の調和のあり方等、今後の河川管理に重要な技術的知見を提供する。

Key Words: large scale flood, river channel improvement, long-term change, bed protection work, sandbar

1. 研究の背景と目的

大規模洪水に対して災害の少ない河道をつくり、維持管理を適切に行っていくためには、これまでの洪水による河道の被災機構と対策、長期に亘る河道改修の効果と河道の応答を把握し、それを活かしていくことが重要となる。そのため、これまでに蓄積されてきた洪水及び河道改修のデータを用いて、長期的な視点から河道改修とその後の洪水に対する河道の応答を分析し、その効果や影響が河道の変化にどのように顕れるか、河道を規定している機構を明らかにする必要がある。

多摩川中流域は、河床勾配が約1/220～1/720と急勾配であり、洪水による河床変動の著しい河道区間である。高度経済成長期に大量の砂利採取(昭和39年に禁止)が行われ、上流からの土砂移動量が減少したため、経年的な河床低下が生じている。河床には新第三紀層(土丹層)が広く露出している。土丹層は流水等で剥がされやすく、表面が固く滑らかなため土砂が堆積しづらいという特性を持つ。土丹層が露出した河床では、低水路滞筋部の固定化に伴う局所洗掘が進行し、河道の二極化、河川構造物の被災、樹林化等の河道管理の問題が顕在化してきた²⁰⁾。

本研究は、経年的に大規模な河道改修が行われ、かつ、河道データ、洪水データ、改修工事の履歴等の資料が揃っている多摩川中流域を対象に、過去73年間(昭和22年～令和元年)のデータに基づき、洪水、砂利採取、河道改修の履歴から河道の長期的変化を分析する。そして、河道の長期的変化・応答から、河道改修の効果、河道の維持機構を明らかにすることによって、多摩川の治水と河川環境の調和等、今後の適切な河道管理の検討に繋げる。

2. 多摩川中流域の洪水履歴と主な河道改修

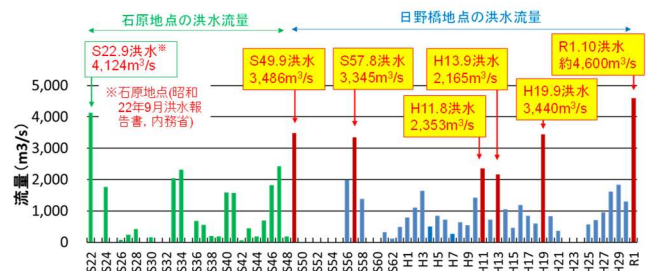
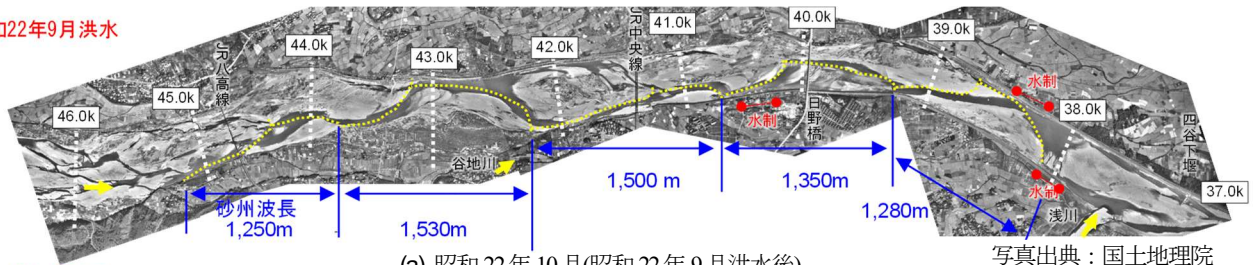


図-1 洪水履歴(日野橋地点(39.9km)の各年の最大観測流量，昭和48年以前は浅川合流後の石原地点(27.7km)の洪水流量)

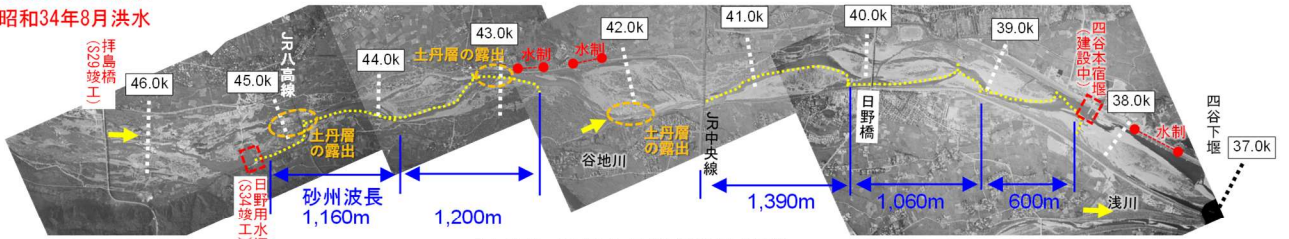
昭和22年9月洪水



(a) 昭和22年10月(昭和22年9月洪水後)

写真出典：国土地理院

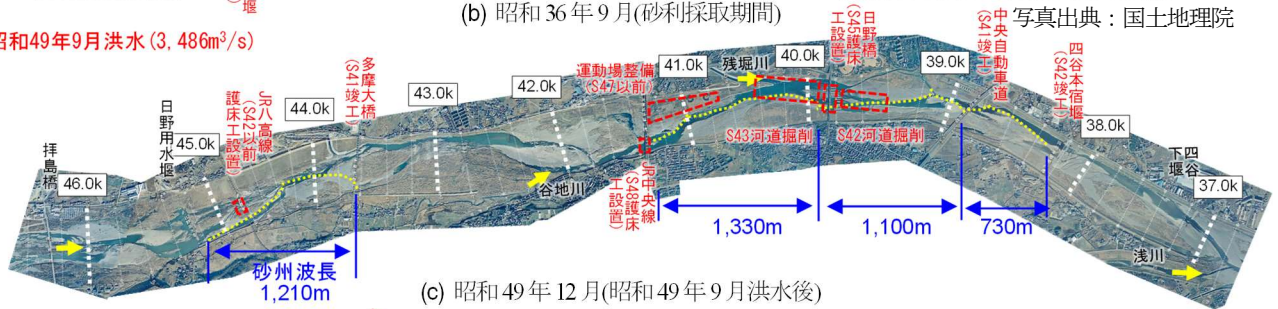
昭和33年9月洪水
昭和34年8月洪水



(b) 昭和36年9月(砂利採取期間)

写真出典：国土地理院

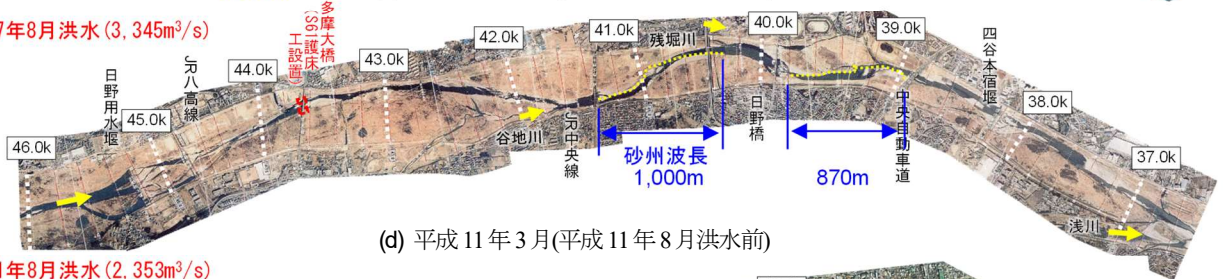
昭和49年9月洪水 (3,486m³/s)



(c) 昭和49年12月(昭和49年9月洪水後)

写真出典：国土地理院

昭和57年8月洪水 (3,345m³/s)



(d) 平成11年3月(平成11年8月洪水前)

平成11年8月洪水 (2,353m³/s)
平成13年9月洪水 (2,165m³/s)
平成19年9月洪水 (3,440m³/s)



(e) 平成19年10月(平成19年9月洪水後)



(f) 令和元年11月(令和元年10月洪水後)

写真出典：google

.....砂州の前縁線

図-2 多摩川中流域 (46.0~37.0km 区間) の河道の経年変化 (昭和22年~令和元年)

図-1は、多摩川中流域の日野橋(39.9km)地点の洪水履歴を示す。昭和48年以前は日野橋地点の観測は行われていないため、参考に石原地点(27.7km)の洪水流量¹⁾を掲載し

ている。多摩川中流域では、昭和49年~令和元年の過去46年間で、2,000m³/sを超える洪水が6回発生している。昭和57年洪水後から平成11年までの間では、2,000m³/sを超える大規模洪水は発生していないが、平成11年以降、大

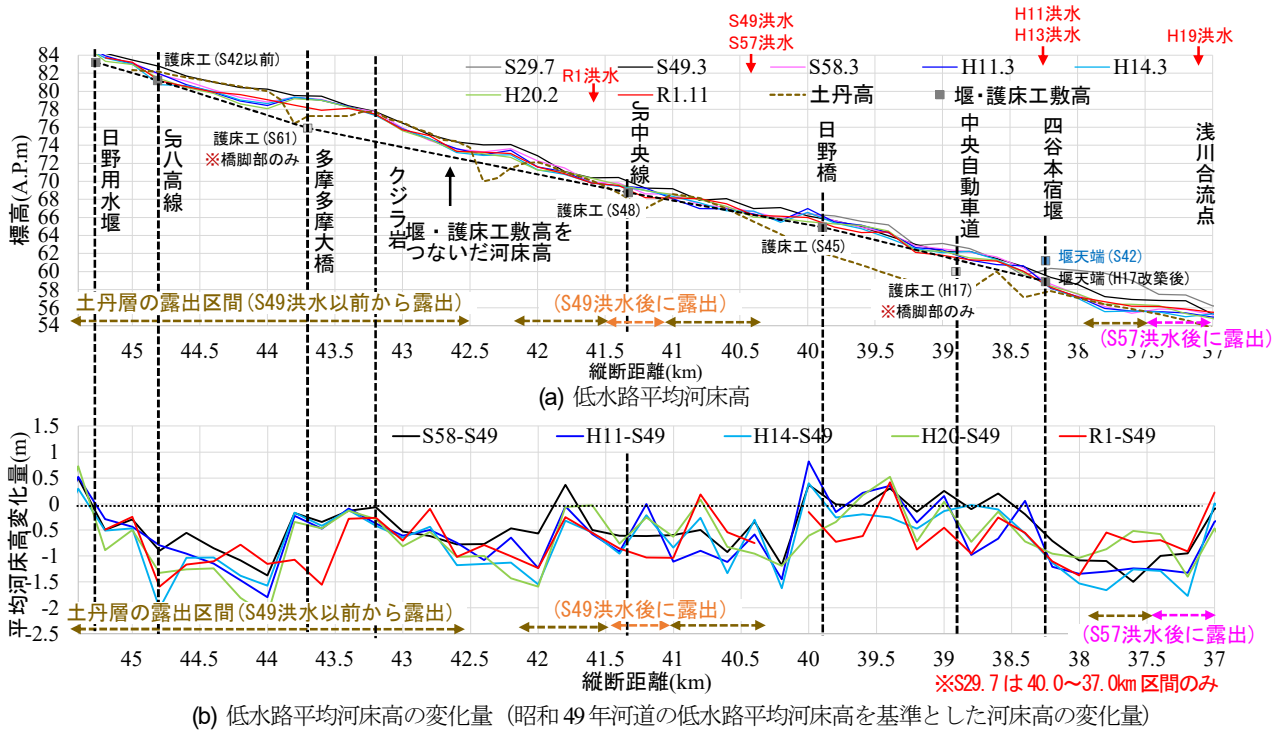


図-3 低水路平均河床高，低水路平均河床高変化量の経年変化（浅川合流点～日野用水堰）

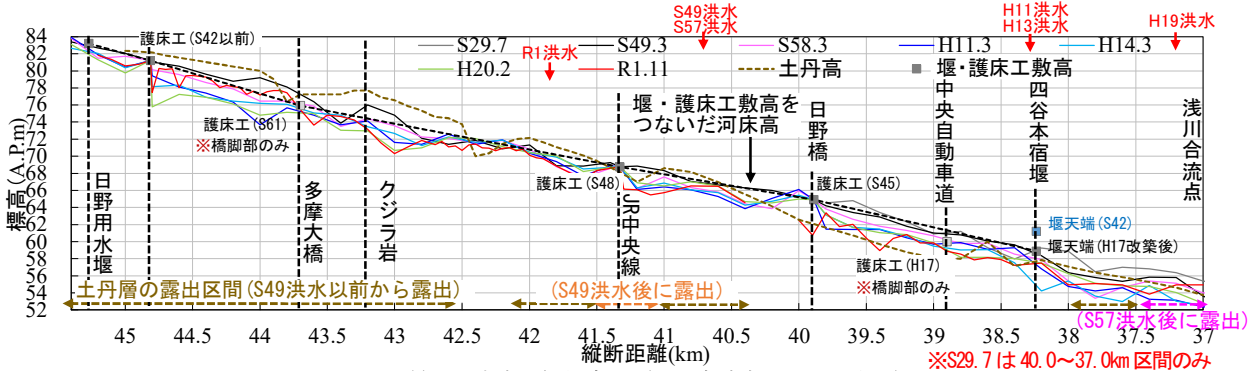


図-4 最深河床高の経年変化（浅川合流点～日野用水堰）

規模洪水の発生頻度が高くなっている。多摩川中流域の河道変化を考える上で、平成11年洪水は一つのポイントとなる。

図-2は、検討対象とする日野用水堰～浅川合流点区間(45.2～37.0km)の航空写真による河道の経年変化を示す。図中の赤の点線・文字は河道改修の状況，黄色い点線は航空写真から判読した砂州の前縁線を示している。昭和22年河道(図-2(a))は広大な砂州河道を形成していたが，昭和30年代(図-2(b))に大量の砂利採取が行われ，上流に日野用水堰(45.27km，昭和34年竣工)，下流に四谷本宿堰(38.24km，昭和42年竣工，但し，堰自体は昭和22年より存在)が建設されたことで，土砂移動や砂州の発達制限され，砂州河道が変質していった。JR八高線(44.82km)，日野橋(39.9km)，JR中央線橋梁(41.35km)では，砂利採取等に伴う河床低下から橋脚を保護するために，それぞれ昭和42年頃，昭和45年，昭和48年に護床工が施工された(図-2(c))。多摩大橋(43.7km)では，昭和57年洪水後の昭和61年に橋脚周辺のみにも護床工が設置された

(図-2(d))。

平成13年洪水では，四谷本宿堰(38.24km)の中央部が流失する被災を受けた。そのため，平成17年に堰の敷高を2.3m切り下げ，床止め工に改築し，河道の流下能力と土砂移動の改善が図られた(図-2(e))²⁾。平成26～28年には，多摩大橋周辺地区(44.8～43.4km)で，露出した土丹河床の著しい洗掘による橋梁等の河川構造物の安全性の低下，河道の二極化，高水敷の樹林化等の対策として，昭和40年代の礫河原河道の復元を目標とし，礫河床への埋戻しと高水敷化した砂州の切り下げ，埋戻し後の河床高維持のために連続的に帯工群が設置された(図-2(f))³⁾。

3. 大規模洪水，河川改修に対する中流域河道の長期的変化・応答

本章では，多摩川中流域における洪水と河道改修による河道の長期的変化・応答について，航空写真，縦・横

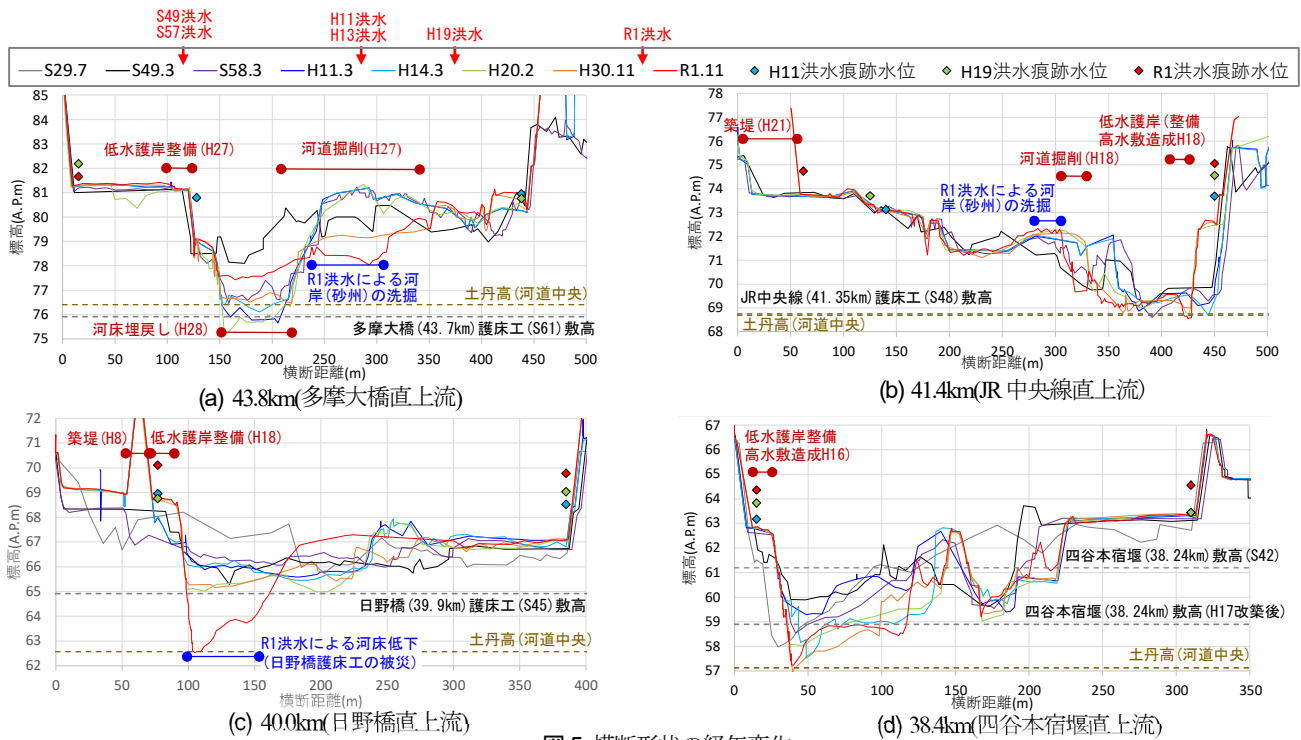


図-5 横断形状の経年変化

※S29.7 横断は(c) (d)のみ

断測量データ、洪水水面形（痕跡水位）データを用いて分析を行った。図-3は低水路平均河床高の経年変化、図-4は最深河床高の経年変化、図-5は横断形状の経年変化と洪水痕跡水位、図-6は各洪水による土砂侵食量・堆積量の縦断分布を示す。侵食量・堆積量は、図-6(e)のように、低水路河床、河岸、高水敷に区分し、洪水前後の横断面積の変化から算定した。また、図-3の低水路平均河床高は、図-6(e)に示す洪水により侵食・堆積を受けた結果としての低水路河床高である。

(1) 砂利採取、堰の建設による河床低下と砂州河道の直線化、低水路護床工の設置（昭和20年～40年代）

砂利採取前の昭和22年河道(図-2(a))では、砂州の移動を妨げる横断構造物が無く、広い流路幅の砂州河道(図-5(c), (d)のS29断面参照)を呈している。JR中央線(41.35km)より上流は複列砂州を有する複雑な流路が形成され、下流は連続する交互砂州（波長1,200m～1,500m程度）が形成されている。

昭和30年代には砂利採取が行われ、40.0～37.0km区間の測量データ(図-3(a))から、昭和49年河道(洪水前)の低水路平均河床高は、昭和29年と比べて0.5～2.5m程度低下している。拝島橋～日野橋区間(46.0～40.0km)は砂利採取量が多く¹⁾、砂利採取により一部人工的な濬筋が形成されたことを契機に、昭和36年河道(図-2(b))は砂州河道の低水路が直線化している。特に、昭和34年に日野用水堰(45.27km)が建設されたことから、日野用水堰～JR中央線区間(45.2～41.4km)は土砂移動が制限され低水路の直線化が顕著である。さらに低水路の河床低下により、JR八高線上下流や43km, 42km周辺で土丹層が露出した。

また、JR中央線上下流を跨ぐように形成されていた複列砂州は、砂利採取及びJR中央線下流左岸の運動場の整備（昭和47年以前）により、その移動が阻害されるようになった(図-2(c))。

昭和39年に砂利採取が禁止、昭和41年に日野橋上流が直轄区間に編入され、該当区間は本格的に河道改修が行われ始めた。日野橋上下流(40.4～39.4km)では、昭和42～43年に河道掘削が行われ低水路が直線化したこと、四谷本宿堰(38.24km, 昭和42年竣工、但し、堰自体は昭和22年より存在)が砂州の移動を制限していることで、昭和22年河道に比べて砂州の波長がやや短くなるなど、河道が単調化している(図-2(c))。大規模な砂利採取が行われた後の昭和40年代では、河床低下から橋脚を保護するため、JR八高線、日野橋、JR中央線では低水路に護床工が設置された。

(2) 河道の二極化の進行（昭和49年～平成10年）

図-4より、砂利採取禁止からほぼ10年が経過した昭和49年河道は、JR八高線～日野橋上流区間(44.8～40.4km)、四谷本宿堰下流区間(38.0～37.0km)において、最深河床高が土丹層高（河道中央付近の高水敷におけるボーリング調査結果を参照）を下回り、低水路では土丹層が露出した。土丹層の露出している区間では、昭和49年洪水(3,486m³/s)、昭和57年洪水(3,345m³/s)による低水路の河床低下量(図-3, 図-4, 図-6(a))が、土丹層の露出していない区間に比べて著しく大きい。図-5(a)(43.8km横断面図：土丹露出区間)では、両洪水によって、低水路の河床低下、砂州上への土砂堆積が生じ、比高差の拡大、砂州の高水敷化が進行し始めている。昭和57年洪水の

後から平成11年まで、 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水が発生しておらず、高水敷化した砂州は殆ど冠水していない。このため、低水路に流れが集中したことで河床が低下し、河道の二極化が進行した(図-2(d))。

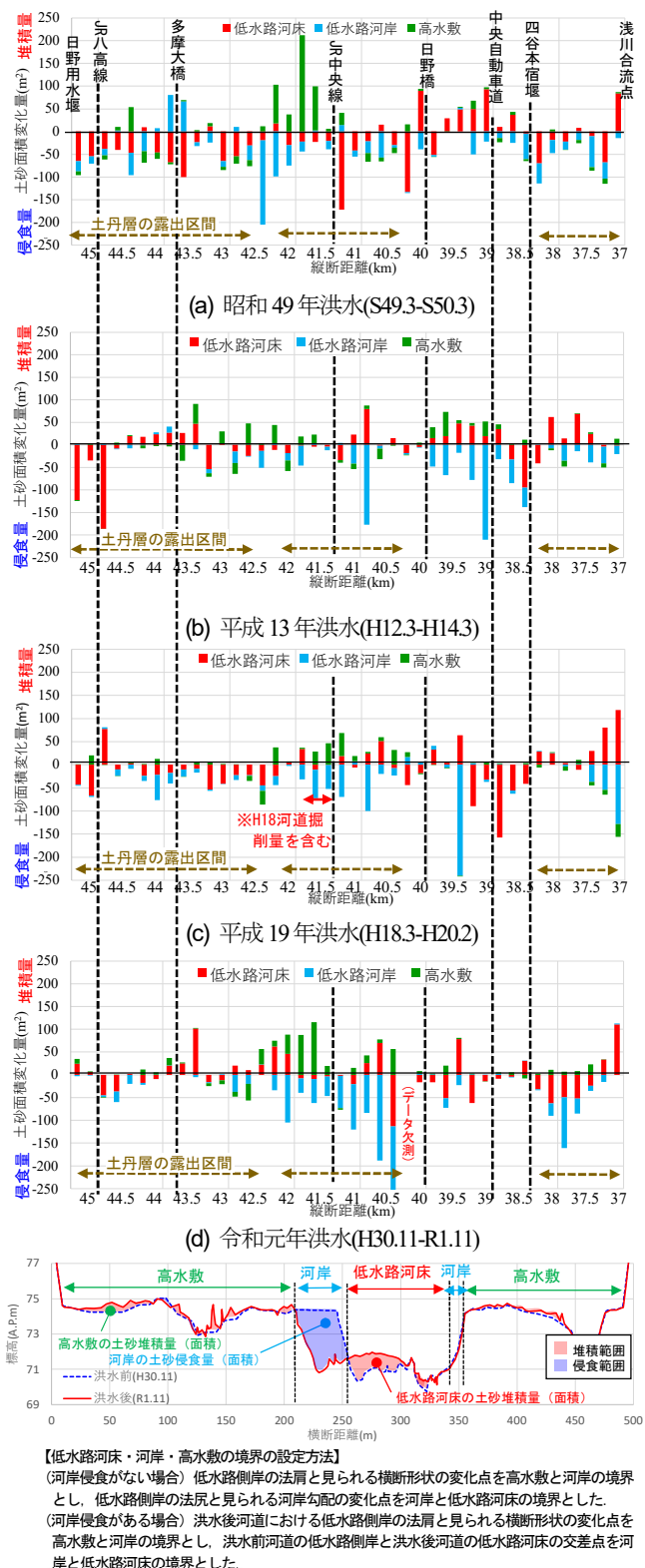
(3) 大規模洪水、河道改修と護床工等による低水路河床高の維持、砂州河道の回復(平成11年～令和元年)

平成11年以降、平成11年洪水($2,353\text{m}^3/\text{s}$)、平成13年洪水($2,165\text{m}^3/\text{s}$)、平成19年洪水($3,440\text{m}^3/\text{s}$)と大規模洪水が多く発生した。平成13年洪水では、四谷本宿堰(38.24km)が崩壊したため、平成17年に堰が床止め工に改築され、敷高が 2.3m 切り下げられた。その結果、JR中央線直上流～中央自動車道区間($42.2\sim 39.0\text{km}$)では、平成11年以降の平均河床高(図-3)が概ね維持されるようになった。

この河床高が維持される機構について、以下に記述する。

多摩川中流域では、昭和40年代以降、橋梁の橋脚保護のために低水路に護床工が設置されている。図-4より、各護床工の敷高は、設置当時の最深河床高程度の高さで設置されている。これら一連の護床工の設置により、平成11年以降の平均河床高は、護床工敷高程度に達すると概ね下げ止まる傾向が見られる(図-3の平均河床高、図-5(a)～(c)の横断面図)。図-3のJR中央線直上流～四谷本宿堰区間($42.2\sim 38.4\text{km}$)の平均河床高は、平成11年以降、黒い点線で堰・護床工の敷高をつないだ高さ(中央自動車道の護床工は橋脚部のみのため、日野橋護床工と四谷本宿堰の敷高を繋いでいる)でほぼ維持されている。JR中央線と日野橋の護床工(昭和48年、昭和45年設置)は、著しい河床低下が生じた昭和49洪水以前に設置されており、この区間($41.2\sim 40.0\text{km}$)は昭和40年代河道の河床勾配程度で安定している(図-3)。なお、多摩大橋(43.7km)や中央自動車道(38.9km)は護床工の設置範囲が橋脚部のみであり、橋脚の間の護床工の無い箇所で局所洗掘が生じているため(図-5(a))、平均河床高(図-3)は概ね維持されているが最深河床高(図-4)は低下している。

JR中央線上流～四谷本宿堰区間($42.2\sim 38.4\text{km}$)では、高水敷化した砂州が冠水するような大規模洪水が平成11年以降に発生していることと平成17年の四谷本宿堰の床止め工への改築を契機として、図-6(b)～(d)に示すように、砂州河岸の洗掘量が増加する一方で、低水路河床の洗掘量は減少している。これは、護床工によって河床高が維持されることで、図-5(b)～(c)の横断面図、痕跡水位に示すように、高水敷化した砂州が $2,000\text{m}^3/\text{s}$ 規模の洪水で冠水して洗掘され、これにより低水路に供給された土砂が平均河床高の維持に寄与しているためと考えられる。令和元年洪水(約 $4,600\text{m}^3/\text{s}$)では、JR中央線直上流区間($42.2\sim 41.4\text{km}$)で横断幅 $20\sim 40\text{m}$ 程度の低水路河岸(砂州)の洗掘が生じた(図-5(b))。洗掘を受けた砂州河岸のほとんどは昭和49年洪水以降に堆積した土砂であり、昭和



【低水路河床・河岸・高水敷の境界の設定方法】
 (河岸侵食がない場合) 低水路側岸の法尻と見られる横断形状の変化点を高水敷と河岸の境界とし、低水路側岸の法尻と見られる河岸勾配の変化点を河岸と低水路河床の境界とした。
 (河岸侵食がある場合) 洪水後河道における低水路側岸の法尻と見られる横断形状の変化点を高水敷と河岸の境界とし、洪水前河道の低水路側岸と洪水後河道の低水路河床の交差点を河岸と低水路河床の境界とした。

(e) 土砂侵食量・堆積量の算定イメージ

図-6 各洪水による土砂侵食量・堆積量の縦断分布

40年代頃の低水路幅、交互砂州の蛇行パターンの河道に変化しつつある。

一方、JR八高線～多摩大橋区間($44.8\sim 43.8\text{km}$)では、多摩大橋の橋脚に護床工があるものの、平成19年洪水($3,440\text{m}^3/\text{s}$)で河床低下(図-3、図-4、図-6(c))が生じた。多摩大橋の護床工が設置されたのは昭和61年であり、JR

八高線～多摩大橋間の河床低下が既に進行していた。このため、JR 八高線と多摩大橋の護床工の高低差が大きく、平成 20 年までの平均河床高は護床工敷高をつなぐ河床高(図-3の黒い点線)に漸近するように河床低下が進行していた。図-5(a)で示す痕跡水位と河床高の高さ関係より、当該区間の高水敷化した砂州は、計画規模に相当する平成 19 年洪水でも殆ど冠水しておらず、低水路に洪水流が集中し、砂州からの土砂供給がなかったことが一層河床低下を助長したものと考えられる。

このため、多摩大橋周辺地区(44.8～43.4km)では、低水路河床の礫による埋め戻し等の河川改修(平成 26～28 年)が行われた⁴⁾。令和元年洪水では、河床の埋戻しを行った区間(44.8～43.8km)の平均河床高(図-3)は、帯工群によって河床低下は抑制され(図-6(d))、河床は概ね維持されている。また、昭和 40 年代河道の低水路幅を目指して河道掘削を行った区間(44.4～43.4km)では、低水路の交互砂州が再生しつつある(図-2(f))。

4. まとめ

多摩川中流域では、昭和 30 年代の大量の砂利採取以降、河床低下が著しく進行し、河道の二極化が生じ、特徴的な河道構造が失われ単調化してきた。しかし、河川横断構造物の低水路護床工敷高による縦断的な河床低下の抑制、低水路の河床低下が著しい区間の礫による大規模な埋戻し等の河道改修、平成 11 年以降の 2,000m³/s 以上の洪水の発生頻度の増大等によって、高水敷化した砂州の洗掘、低水路幅の拡大とそれに伴う低水路への土砂供給量の増大により、多摩川中流域の特徴である河道の砂州構造が維持される機構が戻ってきている。多摩川のような土砂移動の激しい河川にあつては、可動堰・護床工・帯工等の河川横断構造物の敷高が河床縦断形の維持機構にとって重要な役割を持っていること、そのための技術革新が一層重要であることを認識する必要がある。

これまでの河道改修・管理は、災害が起こるとその対応が中心となり、過去に起こった災害やそれに対する改修の考え方・効果を考える余裕が少なく、決まっている改修計画を淡々と進めているように思われる。今回明らかとなったことは、多摩川中流域での 73 年間の河道の変化・応答を見ることにより、長期に亘って行われてきた河道改修の持つ意味と効果が良く見えるようになった。すなわち、長年に亘り大小様々な洪水を受け、洪水に耐えきれなかった改修河道は被害を受け、洪水の猛威に耐え続けた改修河道が残り一体的に機能し続けていること、進展した技術に支えられた河川横断構造物による縦断的な河床高の維持機構が大規模化する洪水に対する低水路幅の変化・応答となって安定した河道形成に繋がっているということである。

本論文では、治水面を中心に蓄積されてきた長期的なデータに基づき河道の変化・応答を分析・把握することにより、その河川に適合した河道改修、維持管理を行っていくことが重要であることを示した。この検討結果を治水と河川環境の調和のあり方に反映していくことが次の課題である。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所企画、新多摩川誌編集委員会編著：新多摩川誌、2001。
- 2) 下條康之、石川武彦、福岡捷二：多摩川水系における河川横断構造物の予防保全に向けての具体的検討、河川技術論文集、第 17 巻、pp.329-334、2011。
- 3) 小澤太郎、福島陽介、海津義和、後藤岳久、福岡捷二：多摩川上流部における治水と環境が調和した総合的な河道管理、河川技術論文集、第 19 巻、pp.471-476、2013。
- 4) 上村勇太、米沢 拓繁、田端幸輔、福岡捷二：生態系保持空間を有する多摩川中流部における治水と環境の調和した河道断面形状に関する研究、土木学会第 71 回年次学術講演会概要集、II-065、2016。

(Received June 30, 2021)

(Accepted September 3, 2021)

LONG-TERM (1947-2019) CHANGES AND RESPONSES OF RIVER CHANNEL IN THE MIDDLE TAMA RIVER DUE TO FLOOD DAMAGES, COUNTERMEASURES AND RIVER CHANNEL IMPROVEMENTS

Katsuhiko GOTOH, Yasuyuki SHIMOJO, Takahisa GOTOH and Shoji FUKUOKA

We investigated the long-term changes in river channel by using the observed data from 1947 to 2019 in the middle Tama River. The observed data showed that the mass gravel-digging until 1964 has caused river bed degradation and the river morphological structure with sandbars has been lost. However, since 1999, the bed elevation and width of the main channel began to be controlled mainly by the bed protection works installed at cross-structures and large scale floods over 2,000m³/s. These have caused movements of sandbars sediment supplied to the main channels from the immobilized sandbars due to erosions. The consideration of the long-term changes and responses of river channels provides important technological information for improvements and managements of future river channel.