

# 多摩川中流部における河道の長期変遷(1947年～2020年)から見た低水路河道の安定・不安定と河川植生の相互関係の分析

INTERRELATIONSHIPS BETWEEN STABILIZATION OF THE MAIN CHANNEL AND RIVER VEGETATION VIEWED FROM THE LONG-TERM(1947-2020) CHANGE OF RIVER CHANNEL IN THE MIDDLE TAMA RIVER

後藤勝洋<sup>1</sup>・寺西浩三郎<sup>2</sup>・後藤岳久<sup>1</sup>・福岡捷二<sup>3</sup>

Katsuhiko GOTOH, Kozaburo TERANISHI, Takahisa GOTOH and Shoji FUKUOKA

<sup>1</sup>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)

<sup>2</sup>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)

<sup>3</sup>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)

河道と河川環境の間の望ましい関係は、両者を長期的に見て検討する視点が必要である。本研究では、多摩川中流部における河道の長期的変遷について、洪水時の土砂流入が多い浅川合流点を境にその上下流での土砂供給条件、横断構造の違いに着目して分析した。合流点上流区間では、低水路河床が護床工等の横断構造によって規定された砂州河床が洗掘・攪乱を受け、新たな樹木群落の定着・拡大を抑制し、安定な低水路河道が形成されている。一方、合流点下流区間では、固定堰(大丸用水堰)や老朽化した橋梁等が流れと土砂移動を阻害し、それらの上流の低水路内に比高差の大きい砂州が形成され、さらに砂州上に繁茂した樹木が土砂を捕捉することで砂州の発達を促し、低水路河道が不安定な状態となっている。このため、合流点上流河道の低水路の安定化機構を踏まえ、大丸用水堰を床止め工に改築する等によって、合流点下流河道の安定化に寄与することを準三次元洪水流・河床変動解析により示し、老朽化した横断構造物の改修にあたって、流下能力の向上と低水路河道の安定化を図る契機とすることの重要性を示した。

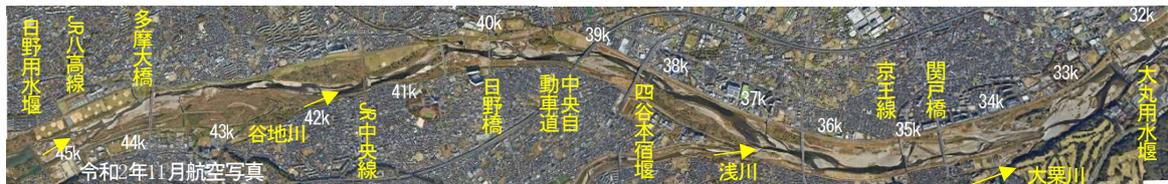
**Key Words :** long-term change, stabilization of main channel, sediment transport, cross-structure, river vegetation

## 1. 研究の背景と目的

これまで経験してきた洪水、河道改修等を受け、河道がどのように変わって来たかを長期の観測データから把握することは、将来の大規模洪水に対する被害を軽減し、かつ維持管理のし易い河道をつくるために重要である。また、河道は河川環境を形成する基盤であり、河道と河川環境の変化とその相互関係を長期的な視点で明らかにすることは、治水と環境の調和した川づくりとその後の河川管理のために必要である<sup>1)</sup>。

著者らは、多摩川中流部の日野用水堰～浅川合流点区間(45.2～37.0km)について、過去73年間の観測データから洪水と河道改修による河道の応答・変遷を分析している<sup>2)</sup>。以下にその内容を概説し、本論文の位置づけを述べる。昭和20年代には多摩川中流部は広大な砂州河道が形成されていたが、昭和30年代の大量の砂利採取と固定堰の建設は河道の土砂移動量を減少させ、低水路河床の

経年的低下を生じさせた。河床低下は低水路への流れの集中をもたらすとともに、流水や石礫の移動等で剥がされやすく表面が滑らかで土砂が堆積しにくい土丹層を広く露出させ、さらなる低水路の河床低下と低水路への流れの集中を招いた。このような低水路の河床低下と低水路への流れの集中は低水路幅の縮小化、低水路と砂州の比高差の拡大による砂州の高水敷化をもたらし、多摩川特有の砂州河道が失われた<sup>2)</sup>。しかし、平成11年以降、日野用水堰～浅川合流点区間の低水路河床高の縦断形が、護床工や床止め工、帯工群によって維持されるようになり、その結果、大洪水時には高水敷化した砂州の洗掘と、洗掘土砂の低水路河床への供給により、低水路幅も回復されるようになって来ている<sup>2)</sup>。このため、本来の多摩川の河道形に近い昭和40年代河道のような低水路の縦横断形と、それに応じた砂州河道が形成・回復しつつある。本研究では、上記のように低水路河床高の縦断形と低水路幅が変動しながらも経年的に維持され、これに応じた砂州の蛇行パターンが維持されている河道を、多摩川中



浅川合流点上流区間(45.2~37.0km) 浅川合流点下流区間(37.0~32.4km)  
 図-1 多摩川中流部の対象区間(日野用水堰~大丸用水堰)

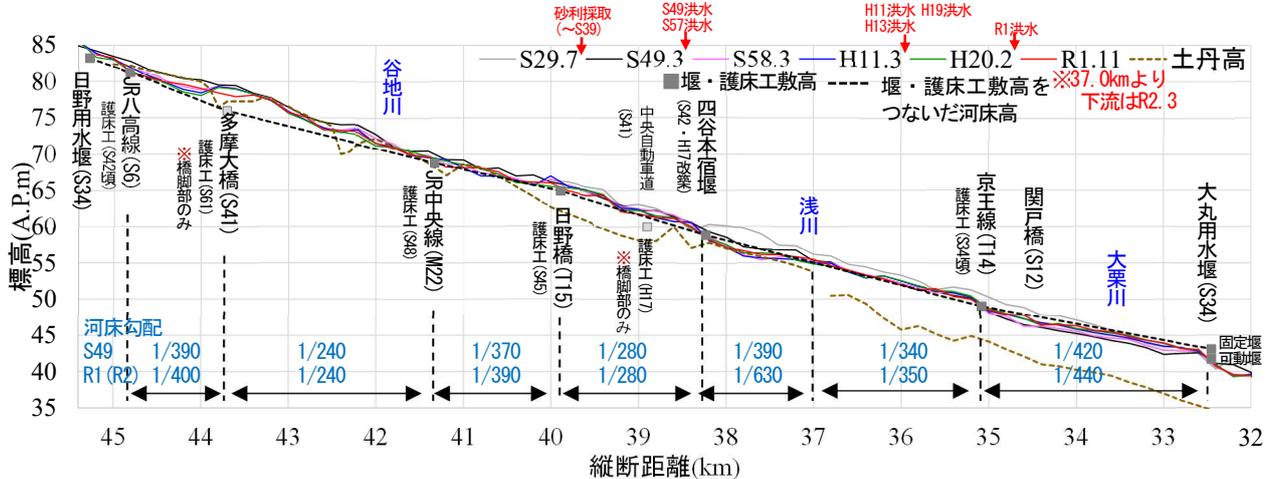
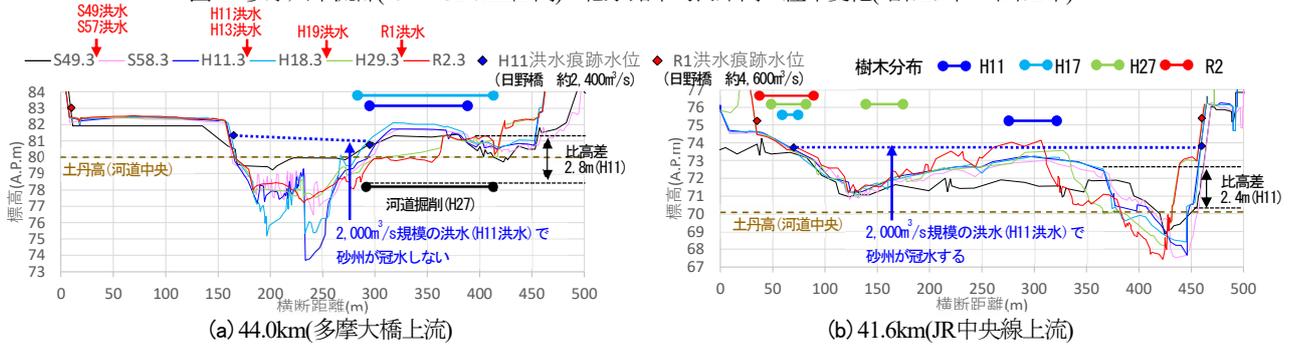


図-2 多摩川中流部(45.4~32.0km区間)の低水路平均河床高の経年変化(昭和29年~令和2年)



(a) 44.0km(多摩大橋上流)

(b) 41.6km(JR中央線上流)

図-3 浅川合流点より上流河道の横断形状と樹木分布の経年変化(昭和49年~令和2年)

流部が目指す安定な河道と考え、この河道は日野橋で約2,000m<sup>3</sup>/s規模の洪水流量(近年では5年に1回程度発生)で維持されることが明らかになっている。

一方で、多摩川の浅川合流点より下流区間では、洪水流と土砂移動の障害の要因である固定堰及び腐朽化した橋梁の存在と、浅川からの土砂供給により、低水路河床高の縦断形が経年的に堆積傾向であり、これに伴い砂州の形状、水衝部位置が不規則に変化し、低水路河道が不安定な河道となっている。

本研究では、まず、長期の観測データから多摩川中流部の低水路河道の安定・不安定の機構を説明するとともに、それらと植生分布の変遷との関係を明らかにする。さらに、低水路河道が不安定な浅川合流点より下流区間について、洪水流・河床変動解析から、大丸用水堰の床止め工への改築が土砂移動を促し低水路河床高の縦断形と低水路幅の維持につながり低水路河道の安定化に寄与することを示し、多摩川中流部の河道管理のあり方を提示する。

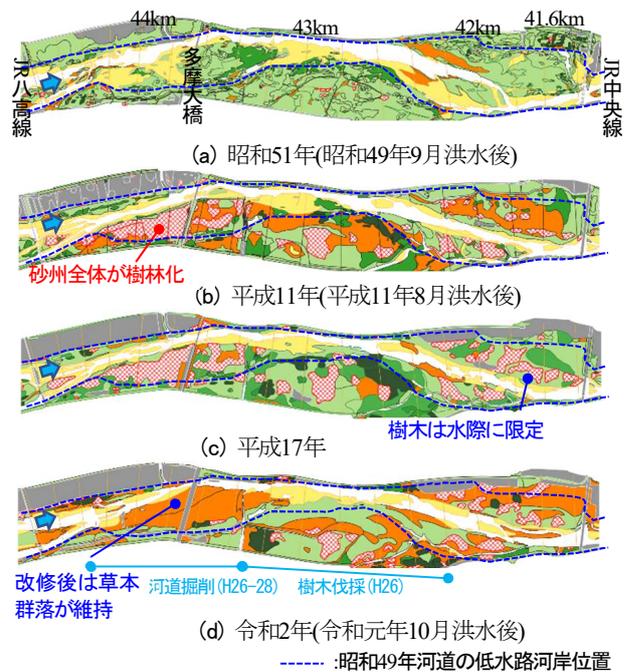


図-4 浅川合流点より上流河道(44.8~41.4km)の植生の経年変化

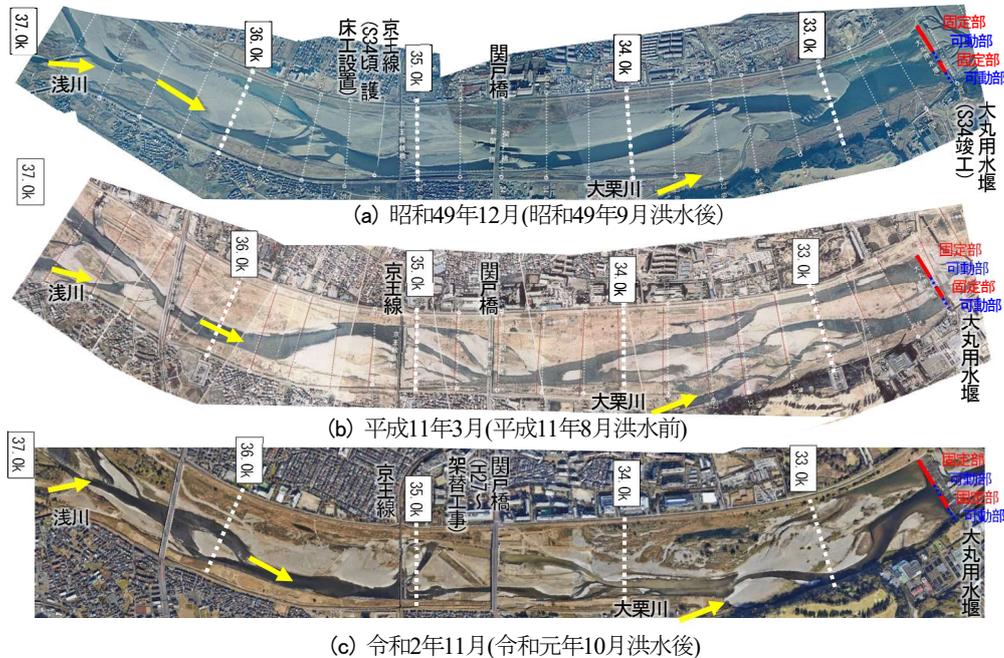


図-5 浅川合流点より下流河道(37～32.4km)の経年変化(昭和49年～令和2年)

## 2. 浅川合流点より上流区間における低水路河道の安定化の機構、低水路河道と植生の関係

本章では、前報<sup>2)</sup>で明らかにした浅川合流点より上流区間(45.2～37.0km)の低水路河道の安定化の機構について述べ、さらに低水路河道と植生の関係について示す。

図-1は対象とする多摩川中流部(45.2～32.4km区間)の全体図、図-2は低水路平均河床高の経年変化、図-3は河道の横断形状と樹木分布の経年変化を示す。多摩川では昭和30年代に行われた大量の砂利採取や固定堰(日野用水堰、四谷本宿堰、大丸用水堰)の設置により、対象区間で低水路河床の低下が進行した。このため、JR八高線(44.82km)、JR中央線(41.35km)、日野橋(39.9km)、京王線(35.1km)では、河床低下から橋脚を保護するために低水路に護床工が設置された。その後、昭和49年洪水(日野橋約3,500m<sup>3</sup>/s)、昭和57年洪水(日野橋約3,300m<sup>3</sup>/s)を経験し、平成11年以降は河川改修も加わり、低水路の河床縦断形が局所的な変動はあるものの、図-2の黒い点線に示すように、護床工や床止め工、帯工群に規定され、低水路河床高がほぼ維持されるようになった。低水路河床高の維持により、平成11年以降、頻発する大規模洪水では高水敷化した砂州水際部の洗掘が助長され(図-3(b))、低水路幅の拡大と低水路河床への砂礫の供給が促され、ほぼ安定した砂州河道を形成しつつある。

図-4は浅川合流点より上流のJR八高線～JR中央線区間(44.8～41.4km)の植生の経年変化を示す。この図は、植生区分を一年生草本、多年生草本、低木、高木群落で分類し、多摩川の樹林化の主要因となっているハリエンジュ群落を赤の網掛けで表示している。また、同図には昭和49年河道(昭和49年洪水前)の低水路の河岸位置を青い点

線で表示しており、低水路内に形成されていた砂州の範囲(高水敷化する前の砂州の範囲)が分かるようにしている。昭和51年河道では(図-4(a))、昭和49年洪水で砂州が攪乱を受けたことにより、低水路内に自然裸地が広く分布し、砂州の高さに応じて自然裸地、一年生草本群落、多年生草本群落に遷移する多様な植生域が形成されている。平成11年(平成11年洪水後)になると(図-4(b))、多摩大橋の上下流(44.6～43.4km)やJR中央線の上流(42.2～41.4km)の砂州上にハリエンジュ群落が見られるようになっていく。これは、昭和49年、昭和57年の大規模洪水により、両区間では砂州上に土砂が顕著に堆積しており(図-3(a),(b))、これによりハリエンジュの生育に必要な表土層が砂州上に形成されるとともに、低水路河床高との適度な比高差(土壌乾湿条件)が生じたためと考えられる。

その後、JR中央線上流(42.2～41.4km)の低水路の砂州上では、平成17年(図-4(c))、令和2年(図-4(d))とハリエンジュ群落が確認出来るが、これは低水路河床高との比高差が2.0～3.0m程度に達する砂州の水際付近に限定されており、比高差が2.0m程度を下回る砂州上には樹木はほとんど生育していない。前述のように、当該区間は床止め工や護床工等により低水路縦断河床高がほぼ維持され、低水路と砂州との比高差が安定的に維持されている。このことから、平成11年以降に生じた2,000m<sup>3</sup>/s(日野橋)を超える洪水では砂州が冠水し、砂州河床が洗掘・攪乱を受けるようになり(図-3(b))、これが新たな樹木群落の定着・拡大を抑制し、草本群落の生育地を動的に保っているものと考えられる。以上より、低水路河床高と砂州の比高差との関係から、比高差2.0m程度以上が樹木生育の目安になると考えられる。

一方、多摩大橋の上下流(44.6～43.4km)では、土丹層の露出に伴う低水路の河床低下が著しく、低水路河床高と砂州の比高差が3.0m以上に達している。このため、

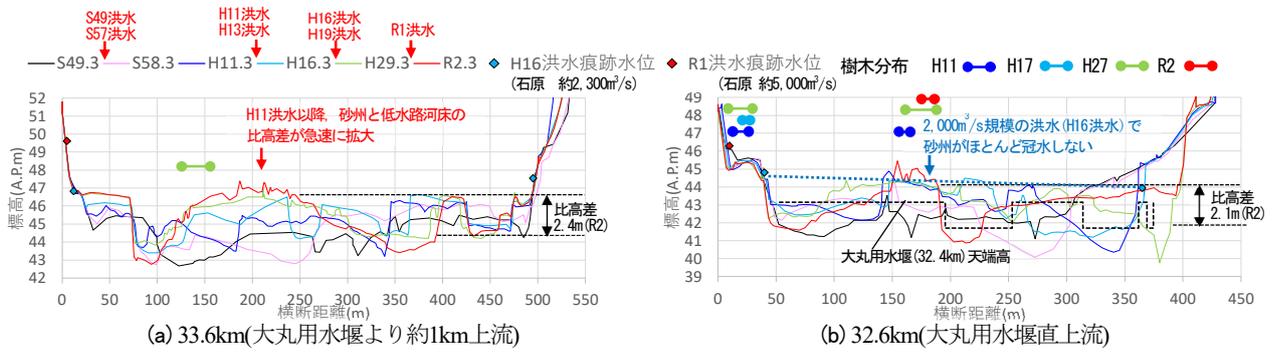


図-6 浅川合流点より下流河道の横断形状と樹木分布の経年変化(昭和29年～令和2年)

2,000m<sup>3</sup>/s規模の洪水でも砂州上の植生が攪乱を受けないことから(図-3(a)), 平成17年には砂州全体でハリエンジュ群落が発達し、砂州上の樹林化が深刻化していた(図-4(c)). このため、平成26～28年には、昭和40年代の河道を目標とした樹木伐採(43.4～42.2km)、礫河原の再生と河道整形(44.8～43.4km)、連続的な帯工の設置(44.7～43.9km)による大規模な河道改修<sup>3)</sup>が行われた。令和2年の植生図(図-4(d))では、上記の改修と令和元年10月の大洪水(日野橋 約4,600m<sup>3</sup>/s)を経験し、砂州上には一年生草本群落への遷移が見られ、比較的河床高の高い砂州には多摩川中流部の代表的な植生であるオギ原(多年生草本群落)が維持されている。低水路と砂州の比高差を切下げたことで、洪水により砂州上の植生が攪乱を受け、草本群落が動的に維持される機構が回復しつつある。

### 3. 浅川合流点より下流区間における低水路河道の不安定化の機構、低水路河道と植生の関係

本章では、浅川合流点上流区間とは異なる特性を持つ合流点下流から大丸用水堰の区間(37.0～32.4km)について、低水路の河道構造及びそれらと植生の関係を明らかにする。

図-5は最大支川浅川が流入する下流河道の経年変化を航空写真により示す。32.4km付近の大丸用水堰は、堰全体の約60%を天端の高い固定堰部が占めており、昭和49年洪水後(S58.3河床)以降、経年的に河床が上昇している(図-2)。浅川については、経年的に河床低下傾向にあったため、洗掘土砂が多摩川本川に供給された。平成21年～平成24年には平山床固(5.2km付近)が改築される等、浅川の土砂移動状況も改善されており、浅川からの土砂供給は今後も期待される<sup>4)</sup>。

図-6は当該区間の河道横断形状と樹木分布の経年変化を示す。昭和49年洪水後の河道では、図-5(a)に示すように、大丸用水堰の直上流に砂州は形成されていないが、経年的に洪水を受け昭和58年時点では固定堰直上流に土砂が堆積し始めている(図-6(b))。平成11年には、堰直上流の砂州の領域が拡大し(図-5(b)), 砂州高が固定堰高程度にまで上昇している。また、堰右岸側の可動堰部の上

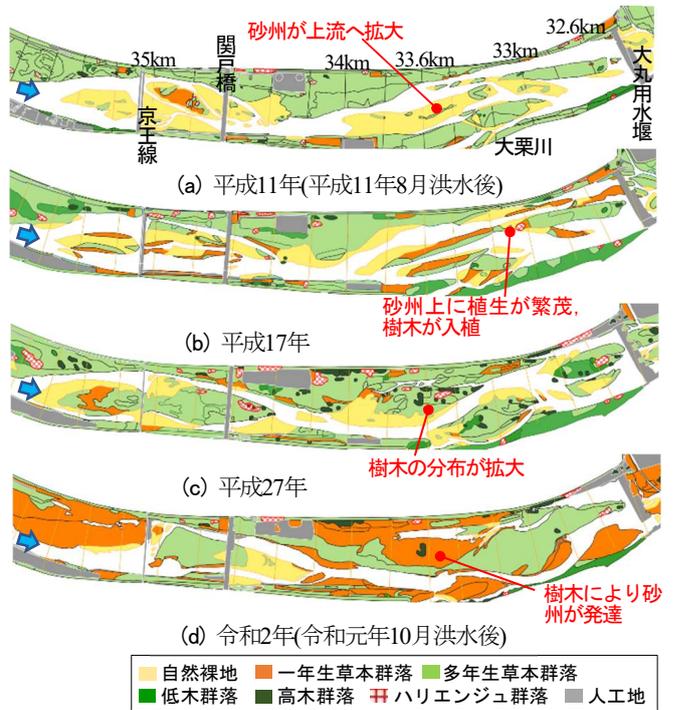


図-7 浅川合流点より下流河道(35.6～32.4km)の植生の経年変化

流に滞筋が発達し、低水路河床高(滞筋)と砂州の比高差が拡大している。そして、当該区間に流入している土砂により、砂州は高さを上昇させながら上流方向に広がっている(図-6(a))。砂州の拡大と滞筋の発達に伴い、33km付近から関戸橋付近(34.6km)では、水衝部の位置を大きく変化させている(図-5(c))。このような砂州の波長や波高の拡大に伴う水衝部位置の不規則な変化により、洪水時の低水路河道における滞筋への流れの集中や偏流、それに伴う護岸や河岸侵食被災をもたらしている<sup>5)</sup>。

また、35.1kmを横過している京王線橋梁(下り線：大正14年竣工、上り線：昭和39年竣工)は、河道内の多数の橋脚が洪水流と土砂移動の阻害要因となっている。そのため、大丸用水堰上流と同様に、橋梁上流には経年的に砂州(中州)が発達し(図-5)、両河岸沿いに形成された滞筋との比高差が拡大するとともに、洪水時の流れが砂州と橋脚の影響を受け、河岸・高水敷の被災をもたらした。

図-7は浅川合流点より下流の京王線上流～大丸用水堰区間(35.6～32.4km)の植生の経年変化を示す。図-7(a)に示すように、平成11年洪水により低水路内の砂州上の植生

が自然裸地に遷移しており、樹木の生育が抑えられている。しかし、平成11年以降、大丸用水堰の固定堰が砂州高を経年的に上昇させたため(図-6(b)), 図-7(b))に示すように、平成17年には固定堰直上流の砂州上に樹木(ヤナギ類, ハリエンジュ)が入植し始め、平成27年にはその繁茂領域が拡大している(図-7(c))。植生の繁茂は洪水時の流速を低減させ、砂州上での土砂の捕捉・堆積を助長するため、砂州が樹木の生育に適した比高差(合流点上流区間の砂州上の樹木の生育状況より2.0m程度以上)にまで発達したものと考えられる。令和2年(図-7(d))では、令和元年10月洪水により、砂州上の植生の殆どが草本群落に遷移している。しかし、本洪水により砂州高(図-6)がさらに上昇したため、今後、樹木が再繁茂し、これがさらなる砂州の発達とそれに伴う低水路河道の不安定化を加速させる懸念が大きい。

#### 4. 大丸用水堰の切下げ・床止め工化による浅川 合流点より下流区間の低水路河道の安定化

前章で示したように、大丸用水堰は堰上流に大規模な砂州を形成させ、さらにそこに樹木が繁茂することで低水路河道の不安定化を生じさせてきた。また、令和元年10月洪水では、大丸用水堰付近で水位が計画高水位を超過し、流下能力が不足している。このため、堰の敷高を約2.4m切り下げて床止め工に改築することにより、洪水の流下能力と土砂移動を改善させ、浅川合流点より上流区間の低水路河道と当該区間の低水路河道の洪水流と土砂移動の連続性を確保する。図-8は、大丸用水堰を改築し床止め工化した縦断面図を示す。堰の切り下げに伴う上流河道の河床低下を抑制するため、33.4km付近に新たに帯工を設置し、右岸側には高水敷を造成する。本章では、準三次元洪水流・河床変動解析法<sup>3)</sup>を適用し、大丸用水堰の改築の効果を検討する。流量条件は、堰改築後の河床変動を長期的に把握するため、図-9に示すように、観測史上最大の令和元年10月洪水流量ハイドログラフを2波形分与えた。

図-10は現況河道(令和2年河道)と堰改築後の改修河道における水面形(1波目)を示す。現況河道では固定堰により水面形が堰上げられているが、改修後の河道では、水面形がほぼ河床勾配と平行となり、洪水ピーク水位は計画高水位を下回り、流下能力が向上していることが分かる。図-11は、洪水ピーク時(1波目)における多摩川と浅川の掃流砂量と浮遊砂量の解析縦断分布を示す。図-11(a)より、堰を床止め工に改築することにより、改修後の河道では堰を通過する掃流砂量が多くなり、堰上下流の土砂移動状況が改善されている。多摩川本川では堰を切り下げたことにより、堰上流の水面形が現況河道よりもやや急勾配になるため、改修河道の掃流砂量・浮遊砂量が縦断的に多くなり、これらの土砂が堰下流に流下している。また、解析結果では、浅川からは多摩

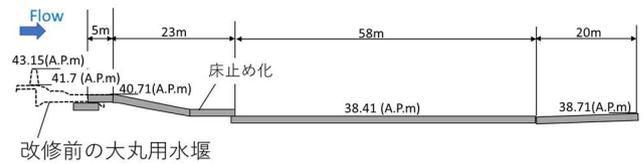


図-8 大丸用水堰の改築計画(縦断面図)

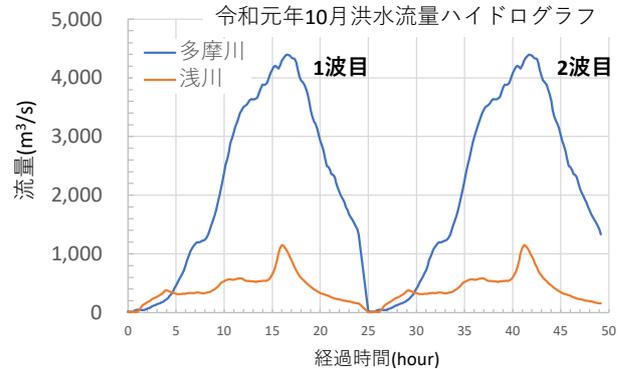


図-9 解析で与えた流量ハイドログラフ

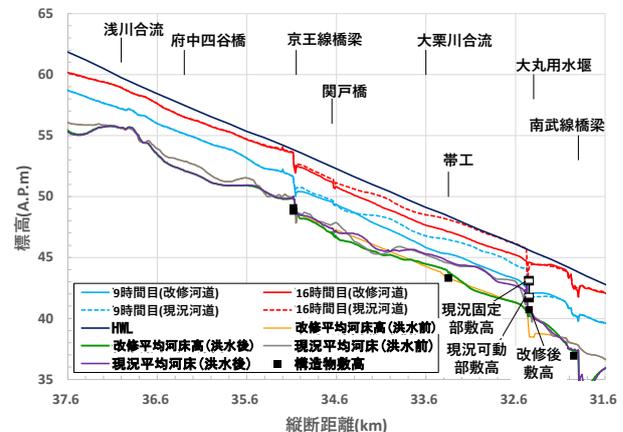
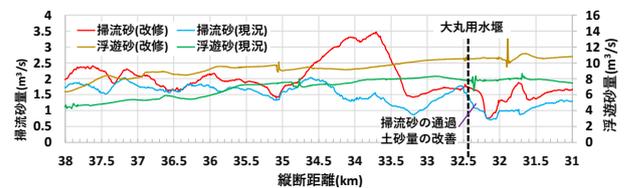
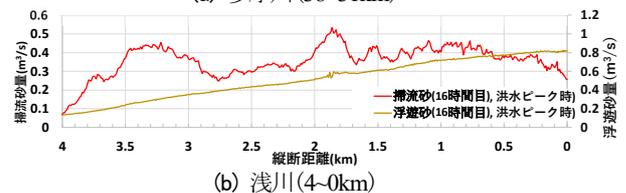


図-10 大丸用水堰改築後と現況河道における洪水水面形の比較



(a) 多摩川(38-31km)



(b) 浅川(4-0km)

図-11 洪水ピーク時(1波目)の多摩川と浅川の流砂量縦断分布  
川本川の1割程度の流砂量が供給されている(図-11(b))。

図-12は現況河道と改修河道における洪水2波通過後の河床形状に平均年最大程度の流量(1,400m³/s)を通水した場合の流況を示し、図-13は現況河道と改修河道の大丸用水堰直上流(32.6km)の洪水後河床の横断形状と平均年最大流量時の60%粒径の無次元掃流力分布を示す。現況河道では、洪水を2波形分受けると、固定堰部直上流で低水路河床との比高差の大きい(2.3m程度)砂州が形成されている。砂州上では、平均年最大流量時でも無次元掃流力が0.05を

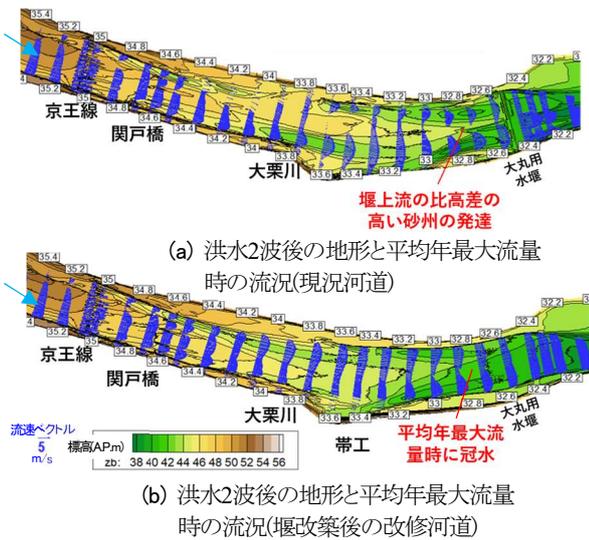


図-12 大丸用水堰改築後と現況河道における洪水後河床の平均年最大流量時の流況

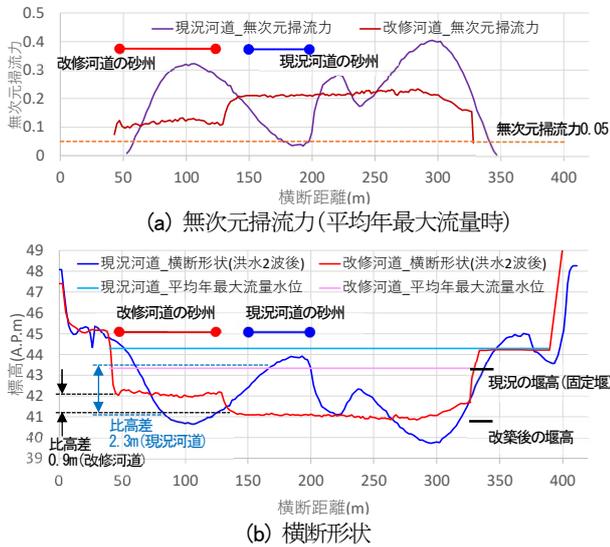


図-13 大丸用水堰改築後と現況河道における堰直上流(32.6km)の洪水後河床の解析横断形状, 平均年最大流量時の無次元掃流力分布

下回り, 活発に土砂が移動しないため, 現況河道では樹木が定着する。一方, 堰を床止め工に改築した場合は, 砂州の移動が妨げられないため, 砂州と低水路河床の比高差が0.9m程度に抑えられており, 砂州全体が平均年最大流量時でも冠水し, 無次元掃流力が0.1を超え活発な土砂移動が生じている。このため, 樹木が定着できる砂州環境は形成されにくいものと考えられる。このように, 大丸用水堰を切り下げて床止め工に改築することは, 流下能力と土砂移動状況を改善し, さらに低水路の砂州上の樹林化も抑制されることから, 低水路河道の安定化に大きく寄与するものと思われる。

## 5. まとめ

多摩川中流部の浅川合流点上流区間(45.2~37.0km)では, 改築した橋梁や堰の護床工, 帯工等によって, 低水

路河床高は, 局所的な変動はあるものの, 縦断形がほぼ規定されるようになった。これにより, 洪水に伴い低水路幅の拡大が促され, 安定な低水路河道が形成されることで, 砂州と低水路河床高の比高差の低下が低水路砂州の樹林化を抑制することを示した。一方で, 浅川合流点より下流区間(37.0~32.4km)では, 京王線橋梁(35.1km)や大丸用水堰(32.4km)が, 上流河道及び浅川からの供給土砂の流下を妨げ, 低水路に大規模で不規則な砂州を形成させる。砂州の高さは横断構造物に規定され, 砂州の比高差の拡大に応じて砂州上に植生が入植し, 樹木へと遷移し始めている。砂州上に繁茂した樹木は土砂を捕捉するため, 砂州の発達を助長し, 河積阻害や偏流による河岸や構造物の被災をもたらしている。これに対し, 大丸用水堰を床止め工に改築して低水路河床を下げ, 合流点上下流の低水路河道の土砂移動の連続性を保つこととしている。大丸用水堰の改築が洪水流下能力, 土砂移動を改善し, 低水路河道の安定化に寄与することを準三次元洪水流・河床変動解析より説明した。

横断構造物の老朽化と洪水流下阻害は全国の河川の共通する課題である。多摩川中流部では, 横断構造物の改築を活用することによって, 洪水流下能力の増大と低水路河道の安定化, 低水路内の植生のコントロールを図り, 安全で維持管理の容易な河道づくりを行っている。多摩川で実行した技術的検討を応用し, 河道特性と洪水外力を活かし, 治水と河川環境の調和した河道改修の可能な河川は我が国では多いと考えられる。

本論文では, 昭和32(1957)年11月稼働の小河内ダムについては言及していない。令和2年以降, 事前放流による洪水調節を行う取組みが始められており, 河道, 植生の変化に及ぼす影響については今後調べる必要がある。

## 参考文献

- 1) 福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法 治水と環境の調和した川づくり, 森北出版, 2005.
- 2) 後藤勝洋, 下條康之, 後藤岳久, 福岡捷二: 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, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.77, No.2, pp.391-396, 2021.
- 3) 大浪裕之, 下條康之, 後藤勝洋, 福岡捷二: 令和元年洪水被災分析と土丹が露出する河道条件下における河川横断工作物の保全対策, 河川技術論文集, 第27巻, pp.129-134, 2021.
- 4) 平塚真理子, 佐々木智之, 福島陽介, 福岡捷二: 平山床固改築及びその下流部の河道整正による河川整備効果, 河川技術論文集, 第18巻, pp.111-116, 2013.
- 5) 瀬尾敬介, 米沢拓繁, 荒木茂, 福岡捷二: 台風18号の小洪水がもたらした河岸災害の教訓と維持管理の必要性, 河川技術論文集, 第21巻, pp.265-270, 2015.

(2022. 3. 25受付)