

小鴨川における河道内植生除去および固定堰撤去が周辺土砂動態に及ぼす影響

鳥取大学大学院工学研究科 学生会員

○大門駿斗

鳥取大学学術研究院 正会員

和田孝志, 三輪 浩

国土交通省中国地方整備局倉吉河川国道事務所 非会員

小島 亨, 齋藤直人*, 加納頌大

*現・鳥取河川国道事務所

1. はじめに 鳥取県中央部を流れる天神川は、流域面積が小さく急勾配な河道が多いため、出水時には急激な流量増加を伴う洪水流と活発な土砂移動が見られる。



図-1 本研究の対象範囲

しかしながら、天

神川に数多く存在する固定堰や顕在化する河道内植生によって土砂移動が遮られ、治水安全度の低下や河川環境の画一化が懸念されている。このことから、天神川流域では継続的な河道掘削や植生管理が行われ、最近では固定堰の統廃合も検討されている。本研究では、天神川流域の効率的な土砂管理方策に資するため、多粒径砂礫を対象とした平面2次元河床変動計算モデル¹⁾を用いて、河道内植生除去および固定堰撤去が周辺土砂動態に与える影響について検討した。

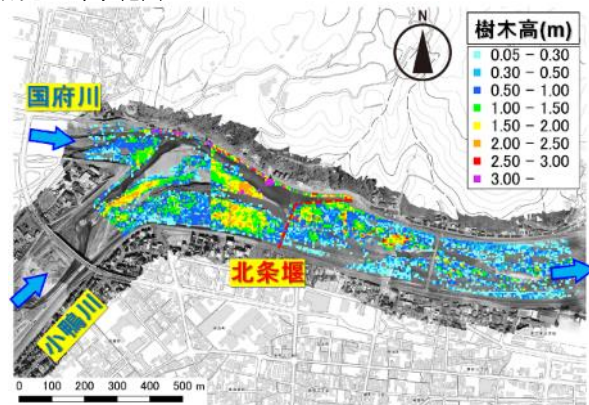


図-2 UAV写真測量DSM(2021/8/10撮影)とDEMの差分から求めた北条堰周辺の樹木高分布

2. 検討対象範囲および検討の流れ 図-1に示す検討対象である北条堰（小鴨川2.38 kp）および周辺河道は、人口密集地である倉吉市街に隣接し、出水時の堰周辺の水位上昇、出水後の堰上流部の土砂堆積による河積減少が課題である。また、堰上流部に小鴨川と国府川の合流部があり、複雑な洪水流、土砂動態、河床変動が形成されている。本研究では、このような平面的に複雑な流れ場における河床変動状況を把握するため、Kajikawa and Hinokidaniが開発した混合砂礫対象の平面2次元河床変動計算モデル¹⁾を用いる。また、図-2に示す樹木高分布（UAV写真測量より得られた表層高分布(DSM)とLP測量による地盤高分布(DEM)との差分により得たもの）から、河道内の各計算メッシュにおける植生抵抗を富所らの手法²⁾により合成粗度係数として取り入れる。上記の計算モデルを用いて、河道内植生および北条堰の有無、3つの規模の出水流量を組み合わせ表-1に示す12ケースを設定し、河道内植生除去および固

表-1 計算条件

計算case	case 1	case 2	case 3	case 4
北条堰有無	あり	あり	なし	なし
植生有無	あり	なし	あり	なし
対象流量	・平均年最大流量規模； 小鴨川242.1 m ³ /s, 国府川141.3 m ³ /s ・5年に1回相当の流量規模； 小鴨川430.0 m ³ /s, 国府川210.0 m ³ /s ・既往最大流量規模； 小鴨川721.6 m ³ /s, 国府川451.0 m ³ /s			
計算範囲	小鴨川0.0kp~3.0kp (2.38kpの北条堰含む)			
地形データ	H21年度取得LP測量データ			
メッシュサイズ	Δx=5m, Δy=5m			
計算ステップ	Δt=0.05sec			
総計算時間	6 hour (21,600 sec)			
対象粒径階8粒径(mm)	d1=111.04 d5= 15.24 d2= 69.53 d6= 1.98 d3= 57.61 d7= 0.55 d4= 30.36 d8= 0.28			
粗度係数	・河道内植生ありメッシュ； 富所らの植生高と水深から求める合成粗度係数 ・河道内植生なしメッシュ； Manning-Strickler式			
下流端水位条件	小鴨川0.0kpの河床勾配に対する等流水深			
河床変動条件	移動床(初期移動床厚は10 mに設定, 固定堰部は固定床)			

キーワード 平面2次元河床変動計算, 河道内植生, 固定堰

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科 水工学研究室 TEL0857-31-5284

定堰撤去が周辺土砂動態に及ぼす影響について把握した。

3. 計算結果および考察

3-1.河道内植生除去が土砂動態・河床変動に及ぼす影響

図-4 は計算終了時 (6 時間経過後) の河道内植生有無別の河床変動高についてまとめたものであり、(a) は平均年最大流量規模、(b) は5年に1回相当流量規模での河床変動高の平面分布である。また図-4(c)(d) は200 m 縦断平均河床変動高を示しており、(c) は5年に1回相当流量規模、(d) は既往最大流量規模の結果を表している。これらの図より、平均年最大流量規模では河道内植生が河床変動傾向へ及ぼす影響は小さく、5年に1回相当および既往最大流量規模において固定堰上下流200 m 区間の河床変動にやや影響を及ぼすことがわかった。これらより、当該区間においては河道内植生が河床変動へ及ぼす影響は全ての流量規模において小さいと考えられる。

図-5 は6時間経過後の河道内植生有無別の河床表層平均粒径についてまとめたものであり、(a) は平均年最大流量規模での河床表層粒径の平面分布、(b) は5年に1回相当流量規模での河床表層粒径の平面分布である。また図-5(c)(d) は200 m 縦断平均の河床表層平均粒径を示しており、(c) は5年に1回相当流量規模、(d) は既往最大流量規模の結果を表している。これらの図より、平均年最大流量規模では、河道内植生により堰上流の河床表層粒径が細くなったが、全体的な河床表層粒径に大きな違いは見られなかった。これは、砂州上の河道内植生の流水抵抗によって滞筋部の掃流力が増大し、滞筋部の細かい粒径成分が多く堰上流部に供給されたためと考えられる。5年に1回相当流量規模では河道内植生を考慮することで、堰上流だけでなく堰下流の表層粒径も小さくなっている。これは、河道内植生による滞筋部の掃流力の増大がさらに顕著になり、堰下流にも細かい粒径成分が流送されたためと考えられる。既往最大流量規模では樹木考慮による全体的な表層粒径の低下がさらに顕著に

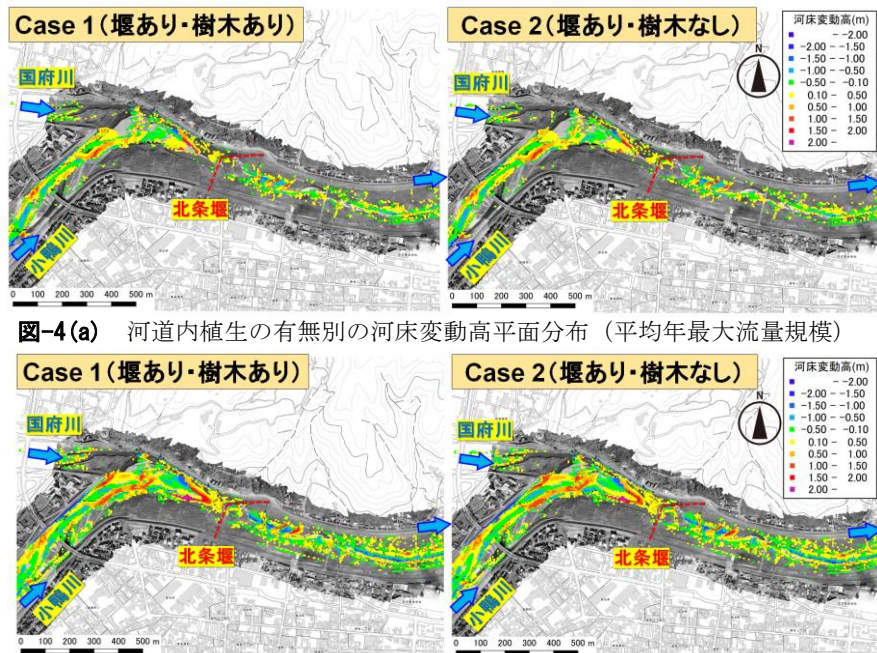


図-4(a) 河道内植生の有無別の河床変動高平面分布 (平均年最大流量規模)

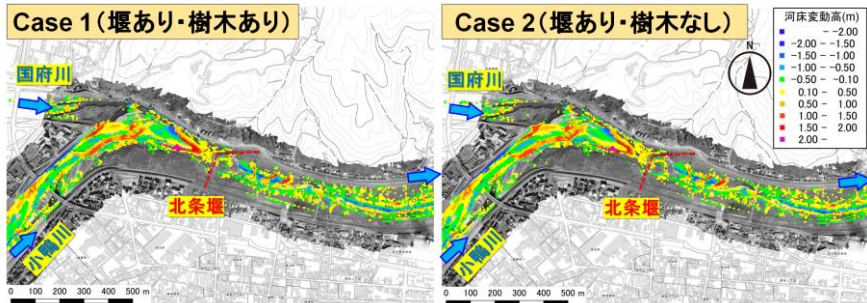


図-4(b) 河道内植生の有無別の河床変動高平面分布 (5年に1回相当流量規模)

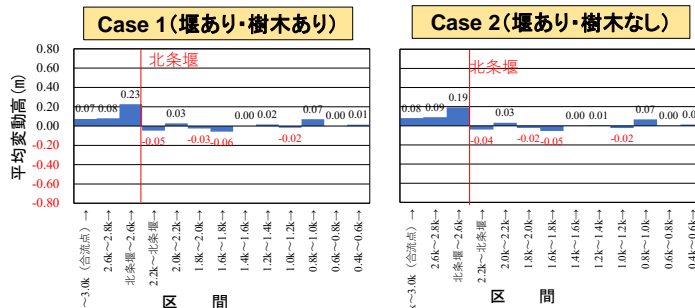


図-4(c) 河道内植生の有無別の200 m 縦断平均河床変動高 (5年に1回相当流量規模)

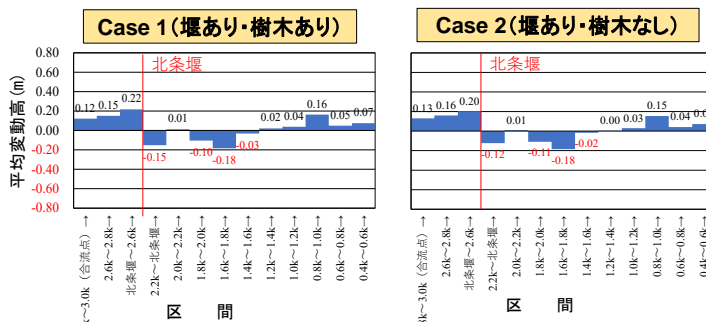


図-4(d) 河道内植生の有無別の200 m 縦断平均河床変動高 (既往最大流量規模)

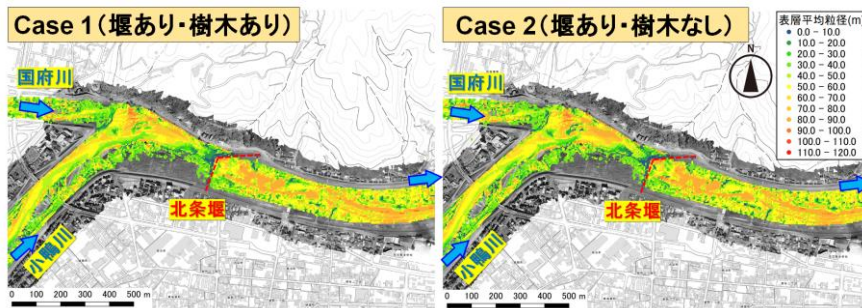


図-5(a) 河道内植生の有無別の河床表層平均粒径平面分布(平均年最大規模)

5年に1回相当流量規模では河道内植生を考慮することで、堰上流だけでなく堰下流の表層粒径も小さくなっている。これは、河道内植生による滞筋部の掃流力の増大がさらに顕著になり、堰下流にも細かい粒径成分が流送されたためと考えられる。既往最大流量規模では樹木考慮による全体的な表層粒径の低下がさらに顕著に

なり、河道内植生による滯筋部の掃流力がさらに増大したことで堰上下流にわたり大きい粒径成分も含めて十分な流送が発生することが推察される。このことから、流量規模ごとに河道内植生が堰の上下流の河床粒度構成に及ぼす影響が変化することがわかった。

以上より、砂州上の河道内植生は砂州上の流れを阻害して滯筋部に流れを集中させ、土砂移動を促進させる傾向があり、これらの河道内植生を除去することで、滯筋部の掃流力が弱まり河道の粗粒化傾向を強める可能性があることが示唆された。

3-2.固定堰撤去が周辺の土砂動態・河床変動に及ぼす影響

図-6 は 6 時間経過後の固定堰の有無別の既往最大流量規模での河床変動高についてまとめたものであり、(a)は河床変動高の平面分布、(b)は 200 m 縦断平均河床変動高を表している。これらの図より、既往最大規模の出水においても、固定堰撤去に伴う周辺の河床変動への影響は堰上流 200 m～堰下流 400 m の範囲にのみ見られ、北条堰撤去が堰周辺河道の河床変動に及ぼす影響は比較的小さいと考えられる。これは、北条堰の堰高 (0.42 m) が洪水時の水深より十分小さく、かつ、堰周辺の河床勾配 (約 1/250) が比較的大きいことを踏まえると、当該堰が土砂の流下を十分に阻害していなかったためと考えられる。なお、5 年に 1 度相当流量以下では、堰撤去による河床変動高傾向への影響は少ないことも確認している。

図-7 は 6 時間経過後の固定堰の有無別の河床表層平均粒径についてまとめたものであり、(a)は 5 年に 1 回相当流量規模、(b)は既往最大流量規模での河床表層平均粒径平面分布である。また図-7 (c) (d)は 200 m 縦断平均の河床表層平均粒径を示しており、(c)は 5 年に 1 回相当流量規模、(d)は既往最大流量規模の結果を表している。これらの図より、5 年に 1 度相当流量規模では、北条堰撤去によって堰直上流の河床表層平均粒径がやや大きくなり、堰下流の河床表層平均粒径はやや小さくなった。また、堰撤去に伴う堰下流側の影響範囲は平均年最大流量規模に比べて拡大し、その範囲は堰地点

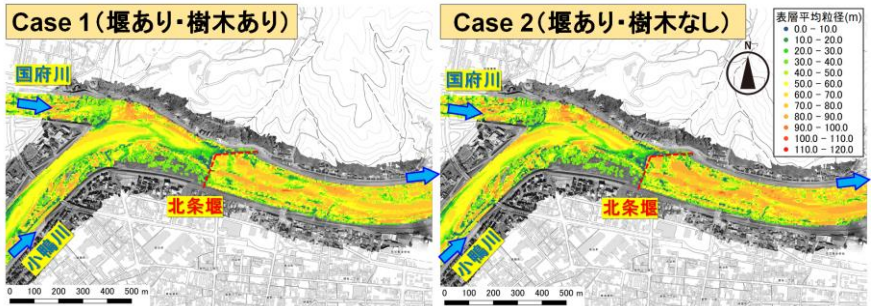


図-5(b) 河道内植生の有無別の河床表層平均粒径平面分布(5年に1回相当規模)

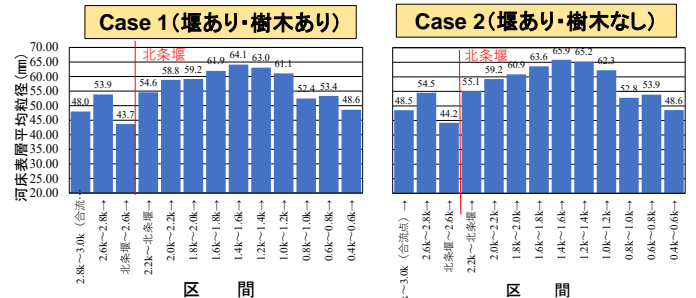


図-5(c) 河道内植生の有無別の 200 m 縦断平均河床表層粒径 (5年に1回相当流量規模)

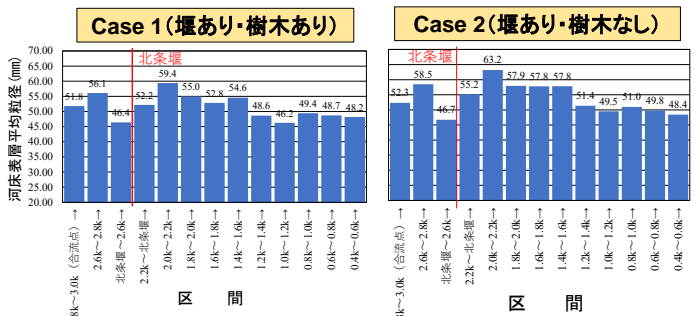


図-5(d) 河道内植生の有無別の 200 m 縦断平均河床表層粒径 (既往最大流量規模)

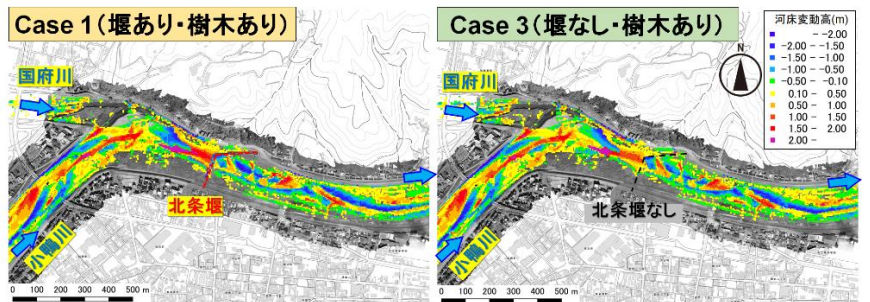


図-6(a) 固定堰の有無別の河床変動高平面分布 (既往最大流量規模)

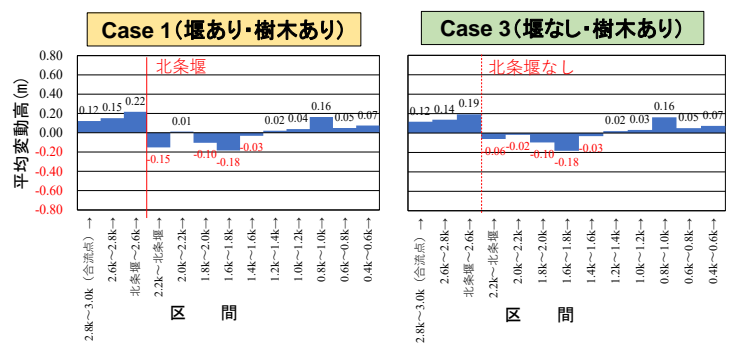


図-6(b) 固定堰の有無別の 200 m 縦断平均河床変動高 (既往最大流量規模)

より約 1000 m 下流まで及ぶことがわかった。これらの結果は、堰上流部で堆積していた細粒分が堰撤去により堰下流に流送されたためと考えられ、対象流量増大による掃流力の増加により、河床表層粒径への影響範囲が下流側に拡大したことを示している。一方で、既往最大流量規模では5年に1度相当流量規模とは逆の傾向を示し、堰上下流（特に外岸側）の河床表層粒径が大きくなった。これは、堰撤去によって洪水流が堰による減衰を受けずに堰下流側に流下したことで、外岸側の水位が上昇し、外岸側の比較的細かい砂礫が移動したためと考えられる。ただし、河床変動傾向は堰撤去によって大きく変化していない（図-6）ことから、大規模な流量流下時は上流から十分な土砂供給があるため、堰撤去は河床表層粒径構成の分布には影響を及ぼすものの、全体的な河床変動傾向への影響は小さいと考えられる。

以上より、本検討で対象とした北条堰の撤去が周辺河道の河床変動に対して及ぼす影響は顕著ではないことが示唆される。一方、河床粒度構成への影響については、堰の撤去が堰上流での掃流力低下を改善し、堰上流で堆積していた細粒分が堰下流に流送されることで、堰下流の表層粒径が細くなることが示唆された。ただし、対象流量が増大した場合は、河床粒度構成への影響が上記とは異なることも示唆された。

4. おわりに 本研究により、河道内植生除去および

固定堰撤去が周辺河道の河床変動へ及ぼす影響は比較的小さく、除去・撤去後も周辺河道の河道形状に大きな変化はないものと推察される。一方、除去・撤去によって滞筋部や堰上流の掃流力が変化することで堰上下流の河床粒度構成に影響を及ぼすことが示唆された。加えて、対象流量が増大した場合は、対象流量が小さい場合と比べて河床粒度構成への影響の傾向が異なることも示唆された。

これらの推察は北条堰に対するものであり、河道条件、植生条件、堰構造条件等を踏まえた堰撤去に伴う周辺の影響を体系化させるためには、天神川流域の多様な固定堰に対して同様の検討を行う必要がある。また、本計算モデルで用いた、粒径別移動限界掃流力 τ_{*c} の算定方法や河道内植生による流水抵抗の考慮方法の妥当性について、天神川の実績洪水水位、河床材料調査結果、横断測量成果を活用した検証を行う必要がある。

参考文献 1)Kajikawa, Y. and Hinokidani, O.: Numerical simulation of 2-D bed deformation in a slit sabo dam, Proceedings of the 35th IAHR World Congress, Chengdu, China, A11452, 2013, 2)富所五郎・後藤和也・石原祐樹・松本明人：植生を考慮した千曲川の洪水流と河床変動の解析, 水工学論文集, Vol.45, pp.775-780, 2001

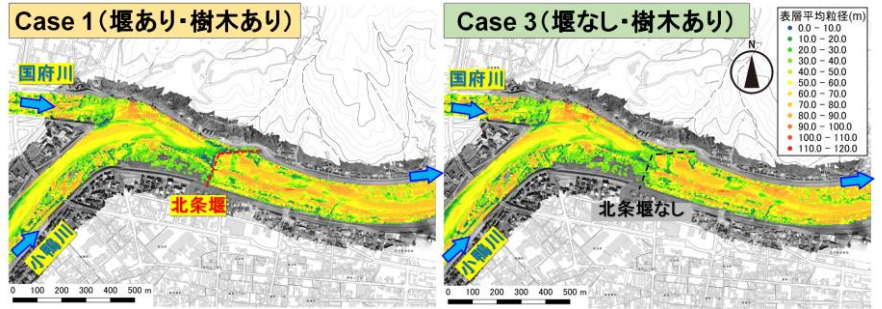


図-7(a) 固定堰の有無別の河床表層粒径平面分布（5年に1回相当流量規模）

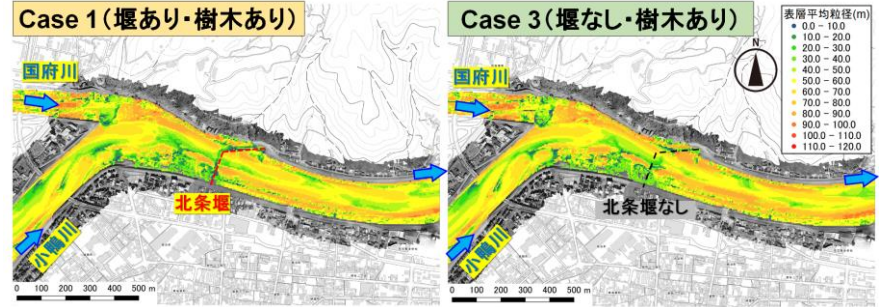


図-7(b) 固定堰の有無別の河床表層粒径平面分布（既往最大流量規模）

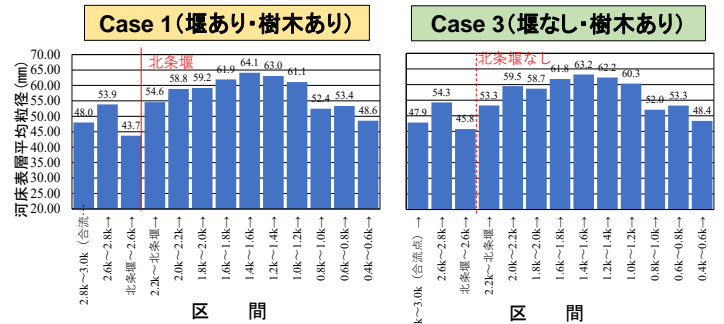


図-7(c) 固定堰の有無別の200 m 縦断平均河床表層粒径（5年に1回相当流量規模）

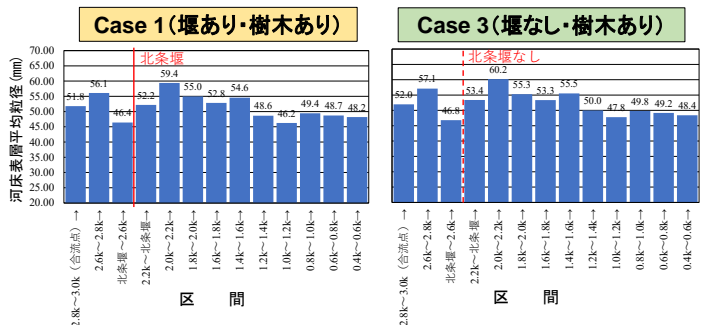


図-7(d) 固定堰の有無別の200 m 縦断平均河床表層粒径（既往最大流量規模）