

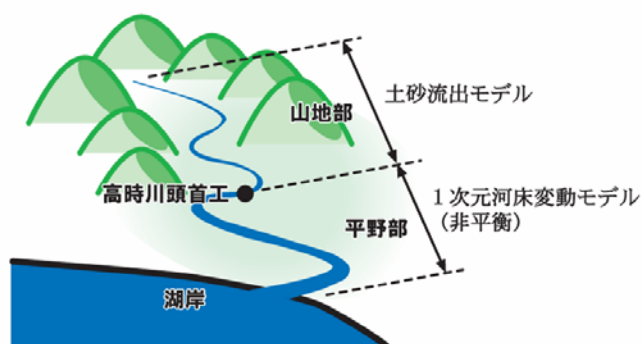
§ 4 土砂移動の連続性への影響について

土砂移動の連続性への影響については、①規模・運用が変化した貯留型ダムについて検討する必要があること、②流水型ダムについて検討する必要があることから、各々のダム型式に対する河床変動量を把握するために、予測計算を実施した。平成 20 年度には、河床変動予測を行うための最新の基礎資料を得るために河川縦横断測量、河床構成材料調査を実施し、平成 21 年度にこれら調査結果を用いた予測モデルにより検討を行った。

4.1 予測モデルの概要

(1) 山地・平野モデルの概要

山地部と平野部の概ねの境界位置である扇頂部が高時頭首工付近であること、高時頭首工上下流で河道形状が異なる（上流は単断面、下流は複断面）ことから、高時川頭首工上流（山地部）に土砂動態モデル、高時川頭首工下流（平野部）に 1 次元河床変動計算モデルを適用した。予測計算では、江頭によって提案されている方法を採用している（表 4.1.1 参照）。



また、平野部モデルの上流端境界条件を、山地部モデルによる時々刻々の出力（流量・粒径別流砂量）とすることで、山地から河口までの流砂の量と質の連続性を確保している。

表 4.1.1 流砂系土砂移動モデルの構成

領域	流水	土砂移動	データの受け渡し
山地部	<ul style="list-style-type: none"> ● 斜面系：表面流・中間流統合型の降雨流出計算（表面流：kinematic wave、中間流：ダルシー測） ● 河道系：等流計算 	<ul style="list-style-type: none"> ● 掃流砂：芦田・道上式 ● 浮遊砂：芦田・藤田式 ● ウォッシュロード：Bed material load の移動に伴い、存在割合に応じて河床から供給 	モデル接続地点における時々刻々の流量と粒径別通過土砂量を河床変動計算の上流端境界条件とする。
平野部	不等流計算		

(2) モデルの検証

横断測量結果の存在状況等から平成 5 年度の測量結果を初期河床とし、平成 6 年～平成 20 年の 15 年間で再現した結果を、平成 20 年度の測量結果と比較することでモデルの妥当性を検証した。山地部、平野部ともに良好な再現性を有しており、実績の河床変動量を 1 割未満の誤差率で再現できている（表 4.1.2 参照）。

表 4.1.2 河床変動土量の実績値と計算値の比較（H6～H20）

領域	実績値(万 m ³)	計算値(万 m ³)	誤差率
山地部	6.55	6.65	+1.5%
平野部	3.03	3.03	0.0%

4.2 予測計算の条件設定

中小洪水流況を対象とした計算を行い、ダム建設による下流河川の河床変動について予測計算を行った。

(1) 計算対象流況

流水型ダムの計算には琵琶湖水位が必要になることを念頭に、予測モデルの検証に用いた15年間（H6～H20）の流況を3回繰り返した45年間の流況にH6～H10の5年間の流況を加えることにより50年間の中小洪水流況を設定した。

(2) ダム放流量

貯留型ダムおよび流水型ダムの放流量時系列には、洪水吐の貯水位と放流量の関係（H-Q関係）および、ダム貯水池の貯水位と貯水容量の関係（H-V関係）を用いて算出した値を設定した。洪水吐の諸元及びダムの運用条件は、表4.2.1に示すとおりとした。

表 4.2.1 予測計算における洪水吐の諸元とダムの運用条件

ダム型式	洪水吐の諸元とダムの運用条件
貯留型ダム	洪水吐：3.0m×3.0mの矩形断面 敷高 EL. 322.5m 放流方式：自然調節方式 初期水位：EL. 322.5m（常時満水位） ----- ①洪水発生時期および琵琶湖水位によらず運用方法は一定 ②河川流況は実績値（H6～H20）を利用
流水型ダム	洪水吐：上段 2.5m×2.5mの矩形断面 敷高 EL. 291.0m 下段 1.6m×1.6mの矩形断面 敷高 EL. 228.8m 放流方式：自然調節方式 初期水位：EL. 228.8m（ダム地点河床高 → 空の状態） ----- ①洪水発生時期および琵琶湖水位によって運用方法を選択 ②条件A・Bの何れかに該当する時は上段洪水吐のみによる自然調節 ③条件A・Bの何れにも該当しない時は下段洪水吐による自然調節 ●条件A：洪水発生時期が6/16～8/31期間中、かつ洪水発生時の琵琶湖水位がBSL-20cm以上 ●条件B：洪水発生時期が9/1～10/15期間中、かつ洪水発生時の琵琶湖水位がBSL-30cm以上 ④河川流況は実績値（H6～H20）を利用

4.3 予測計算の実施

予測計算結果は以下のとおりとなる。なお、ダム型式ごとの影響は、ダムなしの計算結果に対する変化状況で評価している。

a) 河床高（河床変動）

ダム型式ごとの河床変動予測結果をまとめると、表 4.3.1 のとおりとなる。また、50 年後の区間ごとの平均的な河床変動量を図 4.3.1、河床高縦断図を図 4.3.2、図 4.3.3 に示す。

表 4.3.1 ダム型式別の河床変動予測結果

	貯留型ダム	流水型ダム
山地部	①通過土砂が存在せず、洪水調節によりダム下流の流量が減少 ②ダム下流で河床変動はほとんど生じない	①通過土砂量が若干減少し、洪水調節によりダム下流の流量も減少する ②ダム下流河道の土砂輸送能力（掃流力）が低下し、ダムがない場合と比較して堆積量が多くなる ③ダムなしの場合に見られる局所的な洗掘堆積が緩和され、縦断的に一様な堆積傾向となる
平野部	①ダムの有無による違いはあまり見られない ②平野部の河床高は、杉野川の土砂供給に依存していると考えられる	

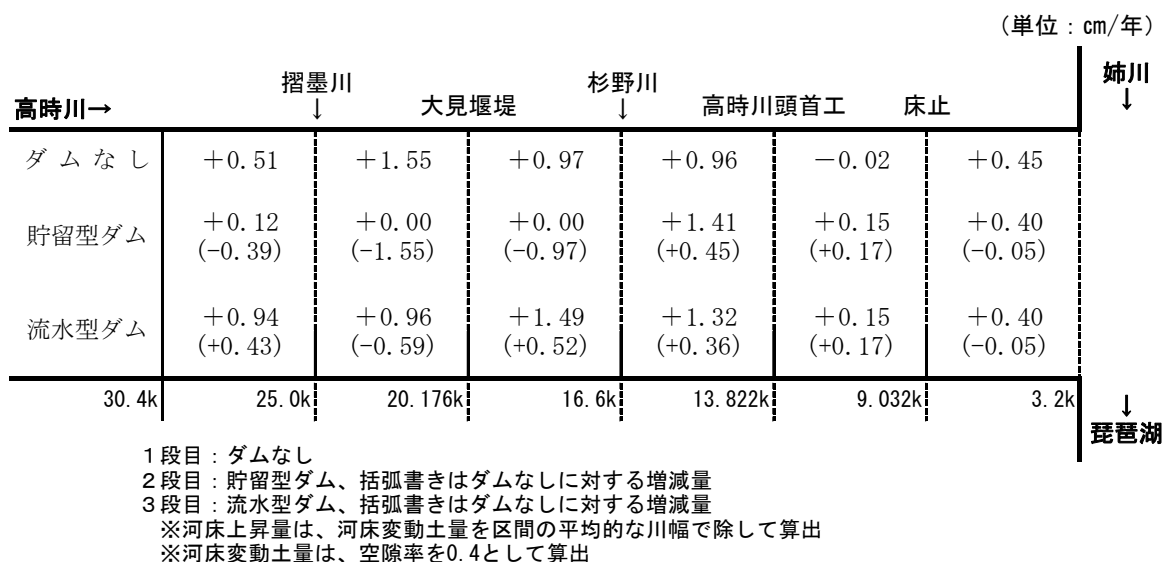


図 4.3.1 平均的な河床変動量（50 年間の中小出水）

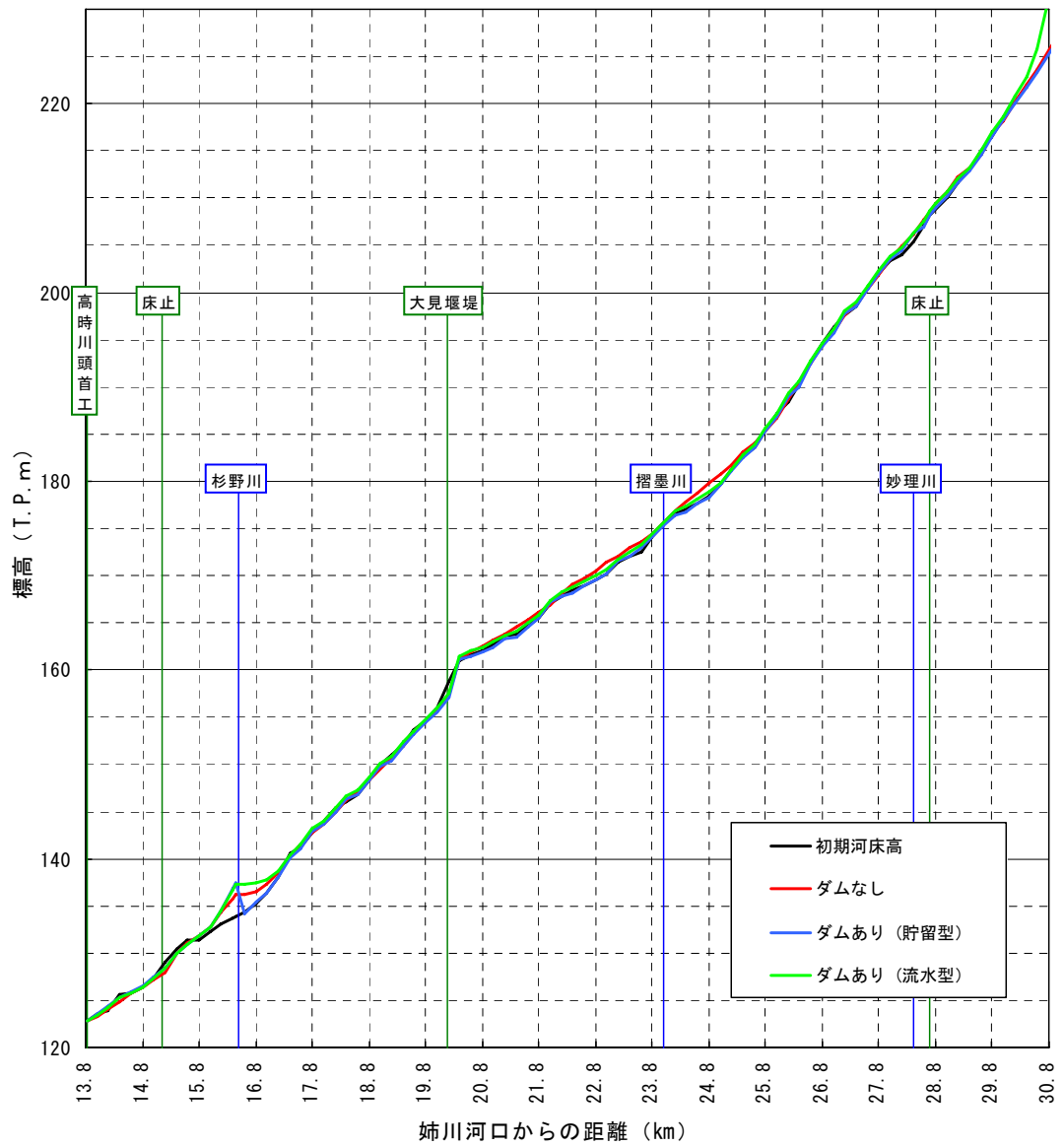
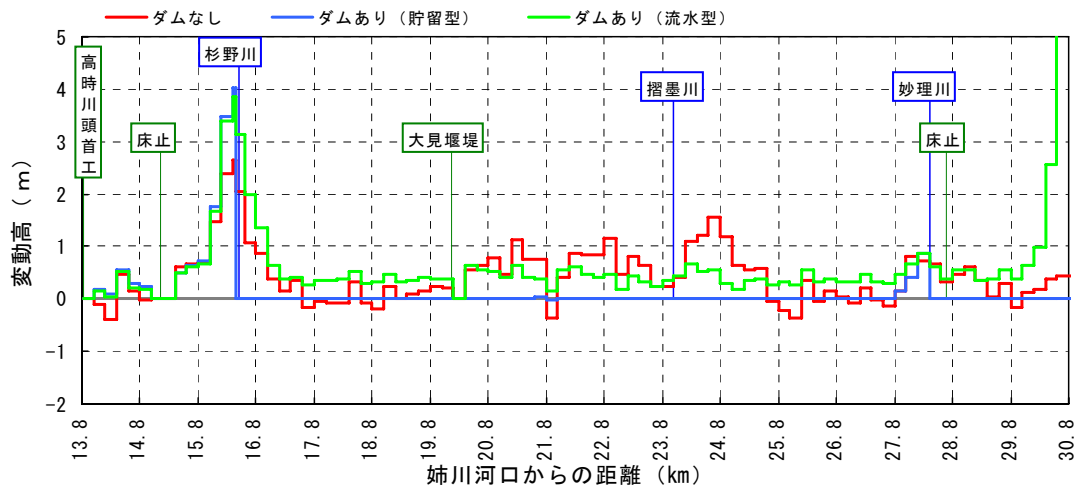


図 4.3.2 平均河床高縦断図 (山地部) 50 年間の中小洪水後

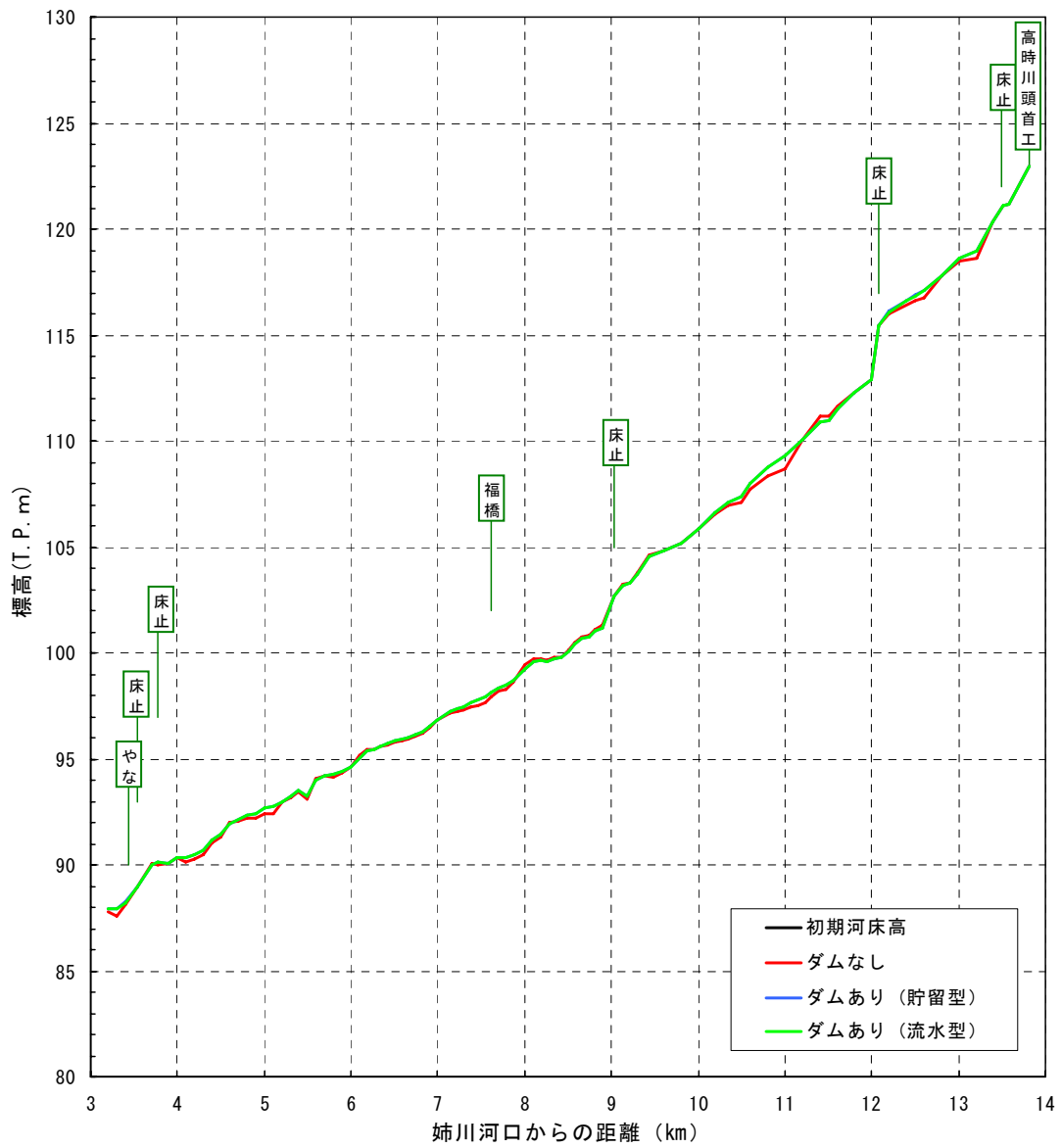
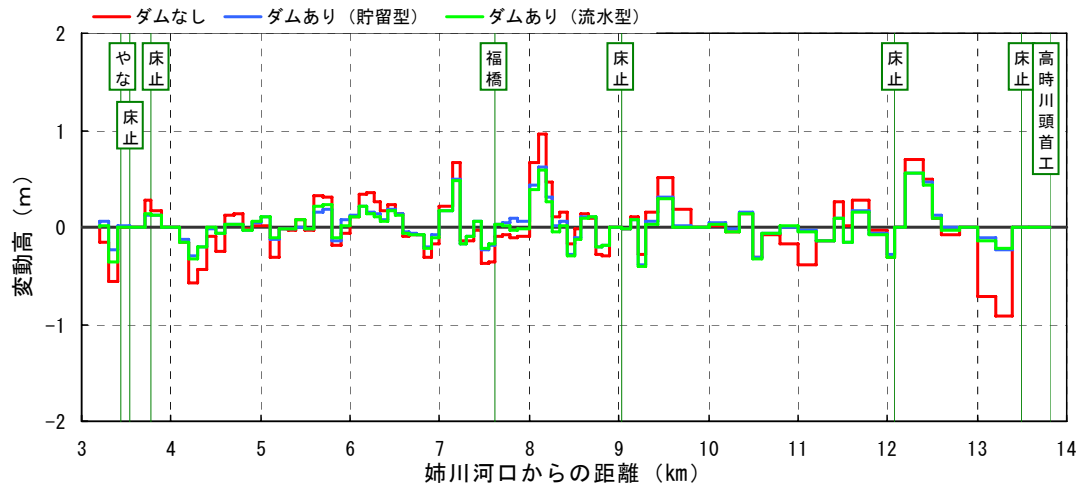


図 4.3.3 平均河床高縦断図 (平野部) 50 年間の中小洪水後

b) 河床材料

ダム型式ごとの河床材料予測結果をまとめると、表 4.3.2 のとおりとなる。また、河床材料の変化状況を図 4.3.4(1)～(2)に示す。

表 4.3.2 ダム型式別の河床材料予測結果

	貯留型ダム	流水型ダム
山地部	①上流から土砂が供給されず、洪水調節により河道の土砂輸送能力が低下する ②ダムなしの場合と比較して、礫分の多い河床となる傾向にある ③ただし、その範囲はダム直下から杉野川合流点までである	①洪水調節により河道の土砂輸送能力が低下する ②ダムは粗い粒径の土砂を捕捉する傾向にある ③平均粒径はダムなしの場合と比較して、やや細粒化する傾向にある
平野部	①平均粒径にダムの有無による違いはあまり見られない ②平野部の河床材料は、杉野川からの土砂・流量供給の影響が大きいと考えられる	

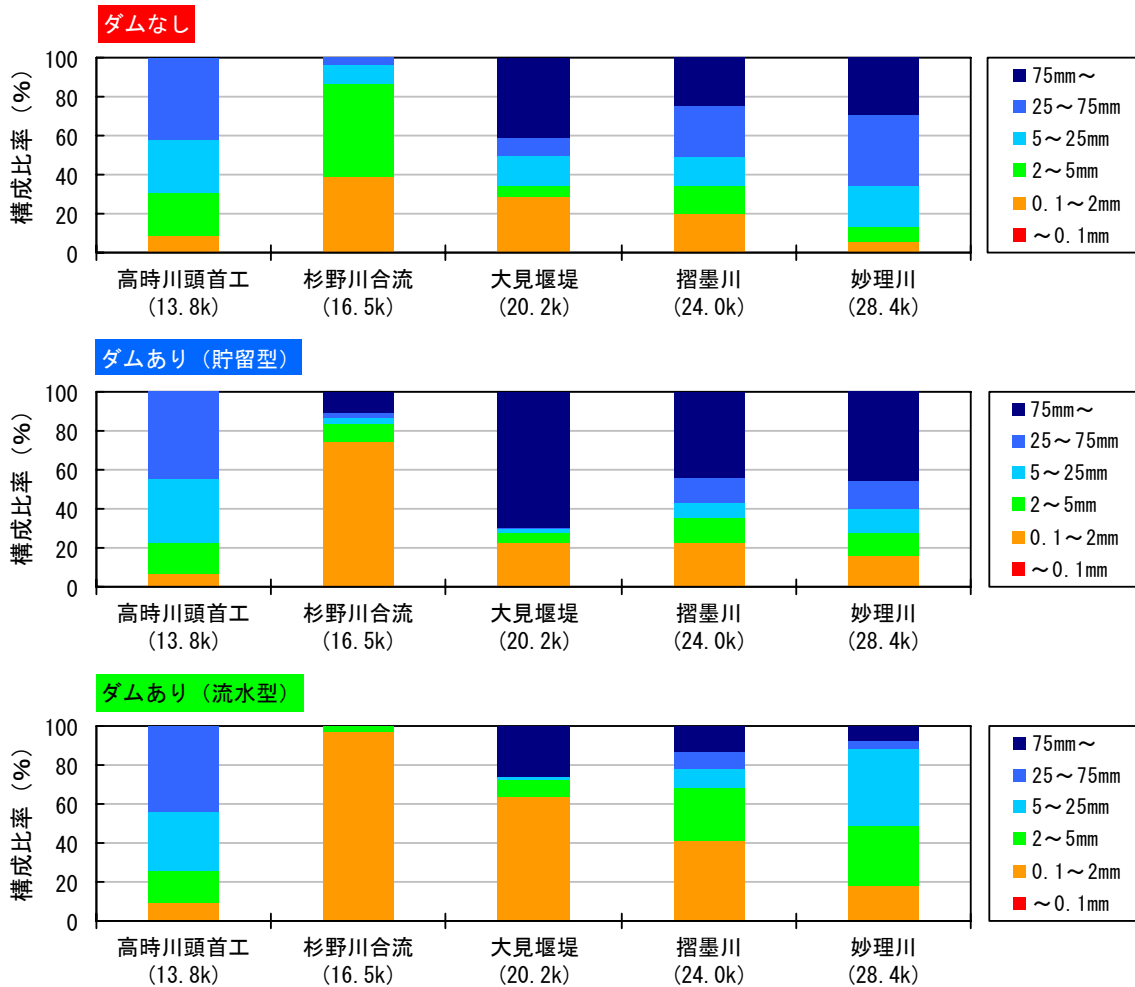


図 4.3.4(1) 河床材料の粒度構成 (50年間の中小洪水後)

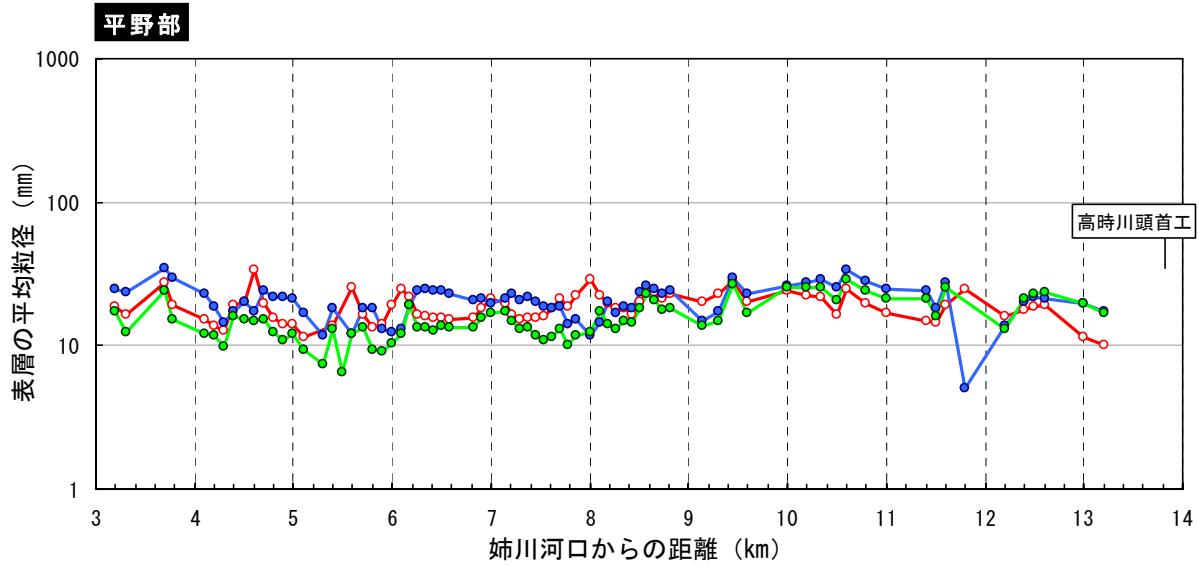
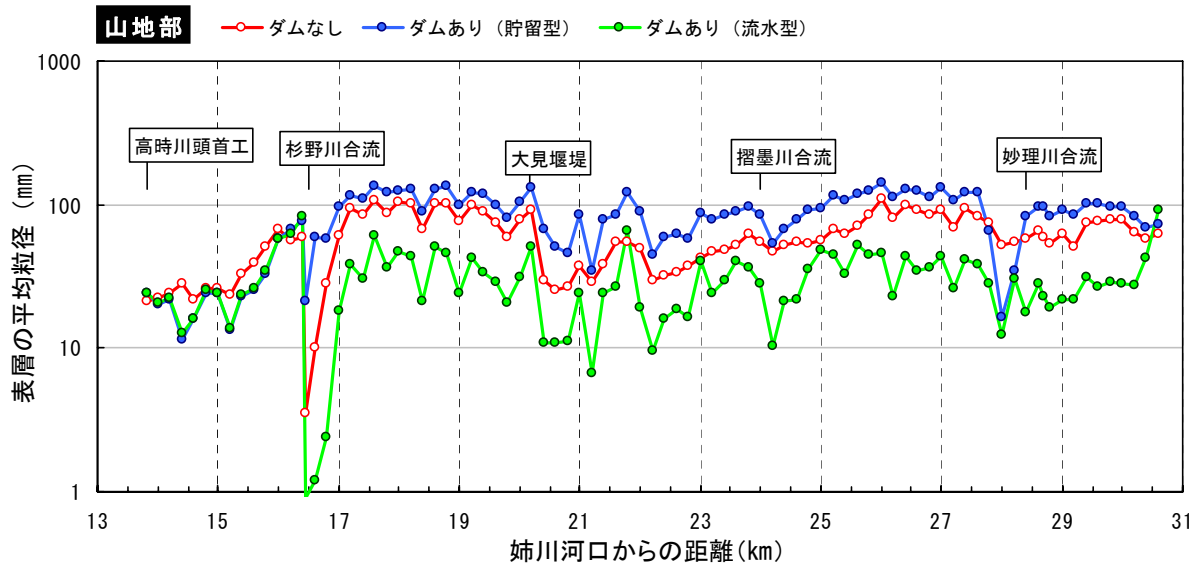


図 4.3.4(2) 河床表層材料の平均粒径縦断面図 (50年間の中小洪水後)

c) 通過土砂

ダム型式ごとの河床材料予測結果をまとめると、表 4.3.3 のとおりとなる。また、主要地点における粒径別の年平均通過土砂量を表 4.3.4 に示す。

表 4.3.3 ダム型式別の 50 年間の年平均通過土砂量予測結果

貯留型ダム	流水型ダム
①平野部上流端（高時川頭首工直下）における年平均通過土砂量は、ダムなしの場合の 29%になる	①平野部上流端（高時川頭首工直下）における年平均通過土砂量はダムなしの場合の 58%になる
②姉川合流点前においては、ダムなしの場合の 24%になる	②姉川合流点前においては、ダムなしの場合の 56%になる
	③何れの地点においても粒径 0.1 mm 以下の年平均通過土砂量は、ダムなしの場合と殆ど同程度である

表 4.3.4 年平均通過土砂量

(単位：m³/年)

ケース	ダムなし		貯留型ダム		流水型ダム	
杉野川 合流点直上	4,471 (100%)		31 (1%)		2,372 (53%)	
	0.1 mm以下	670	0.1 mm以下	31	0.1 mm以下	652
	0.1~2 mm	3,082	0.1~2 mm	0	0.1~2 mm	1,693
	2~5mm	629	2~5mm	0	2~5mm	25
	5~25 mm	41	5~25 mm	0	5~25 mm	2
	25~75 mm	35	25~75 mm	0	25~75 mm	0
	75 mm超	14	75 mm超	0	75 mm超	0
高時川 頭首工直下	6,394 (100%)		1,845 (29%)		3,733 (58%)	
	0.1 mm以下	967	0.1 mm以下	330	0.1 mm以下	948
	0.1~2 mm	4,229	0.1~2 mm	1,229	0.1~2 mm	2,428
	2~5mm	808	2~5mm	187	2~5mm	224
	5~25 mm	292	5~25 mm	68	5~25 mm	83
	25~75 mm	93	25~75 mm	27	25~75 mm	27
	75 mm超	5	75 mm超	4	75 mm超	4
福 橋	5,329 (100%)		1,400 (26%)		3,063 (57%)	
	0.1 mm以下	966	0.1 mm以下	331	0.1 mm以下	936
	0.1~2 mm	3,889	0.1~2 mm	998	0.1~2 mm	2,080
	2~5mm	214	2~5mm	27	2~5mm	22
	5~25 mm	212	5~25 mm	40	5~25 mm	22
	25~75 mm	47	25~75 mm	4	25~75 mm	3
	75 mm超	0	75 mm超	0	75 mm超	0
姉川合流点	5,011 (100%)		1,187 (24%)		2,814 (56%)	
	0.1 mm以下	969	0.1 mm以下	332	0.1 mm以下	929
	0.1~2 mm	3,645	0.1~2 mm	805	0.1~2 mm	1,839
	2~5mm	135	2~5mm	11	2~5mm	17
	5~25 mm	184	5~25 mm	29	5~25 mm	22
	25~75 mm	79	25~75 mm	10	25~75 mm	7
	75 mm超	0	75 mm超	0	75 mm超	0

表 4.3.4 におけるダムなしの結果をみると、杉野川合流前から高時川頭首工直下までにおいて 5~25 mm 粒径の土砂が増加していることから、5~25 mm 粒径の土砂の主要な供給源は杉野川であると推察される。したがって、何れのダム型式においても平野部で 5~25 mm 粒径の通過土砂量が減少するが、その主な要因は洪水調節に伴う掃流力の低下と考えられる。環境保全対策を検討していく際には、このことを念頭に置く必要がある。

以上の通過土砂の結果を土砂動態マップとして整理すると、図 4.3.5 に示すとおりとなる。ダムなしの場合、杉野川からの土砂供給量は高時川本川上流からの土砂供給量と同程度となっているが、ダムありの場合（両ケースとも）には、高時川本川上流からの土砂供給量が減少するため、ダム下流区間の土砂供給源は杉野川が主となっている。

また、ダムありの場合（両ケースとも）には、ダムによる洪水調節の結果、「杉野川合流～高時川頭首工」区間における堆積土砂量が増加する傾向にある。

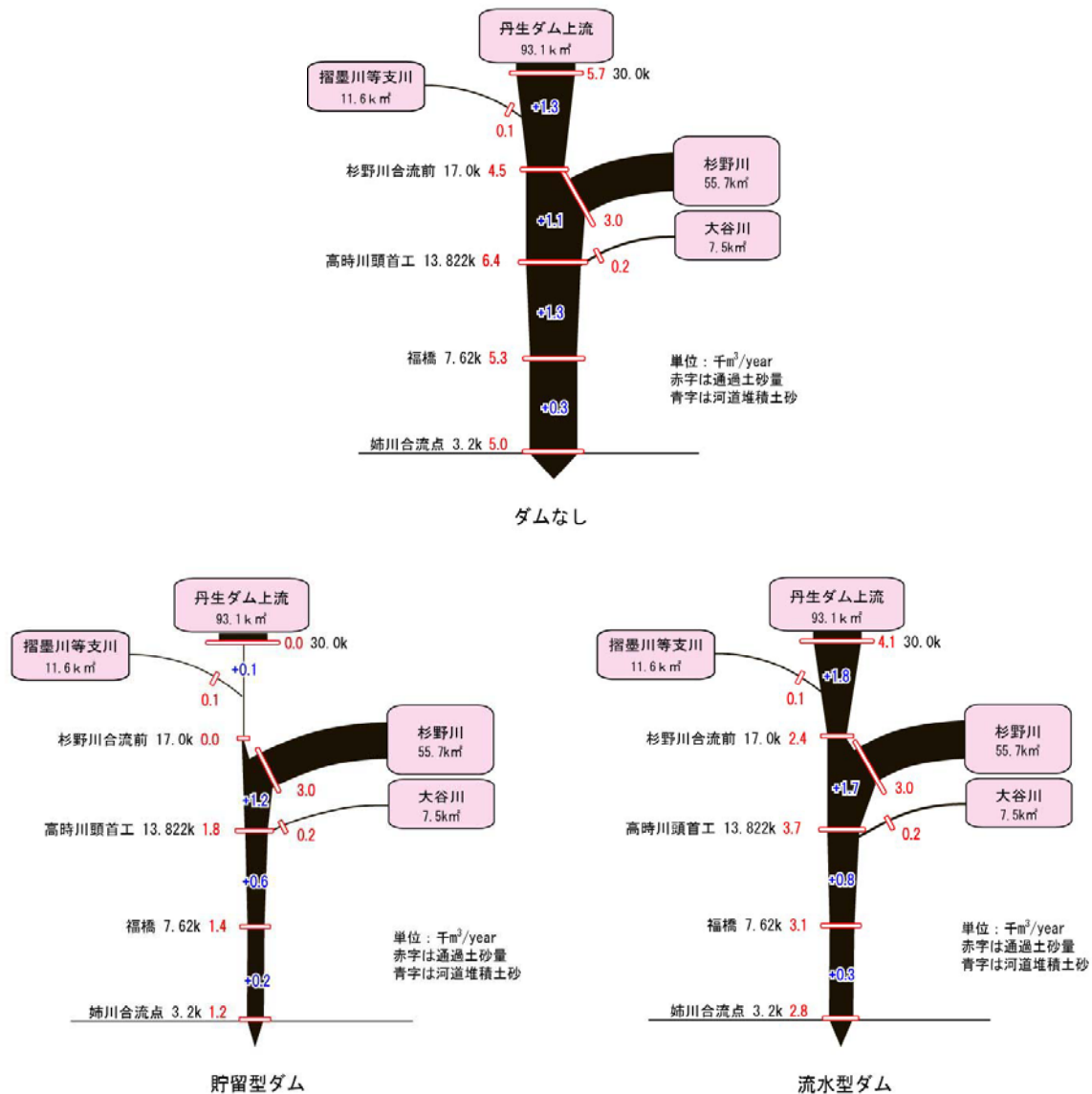


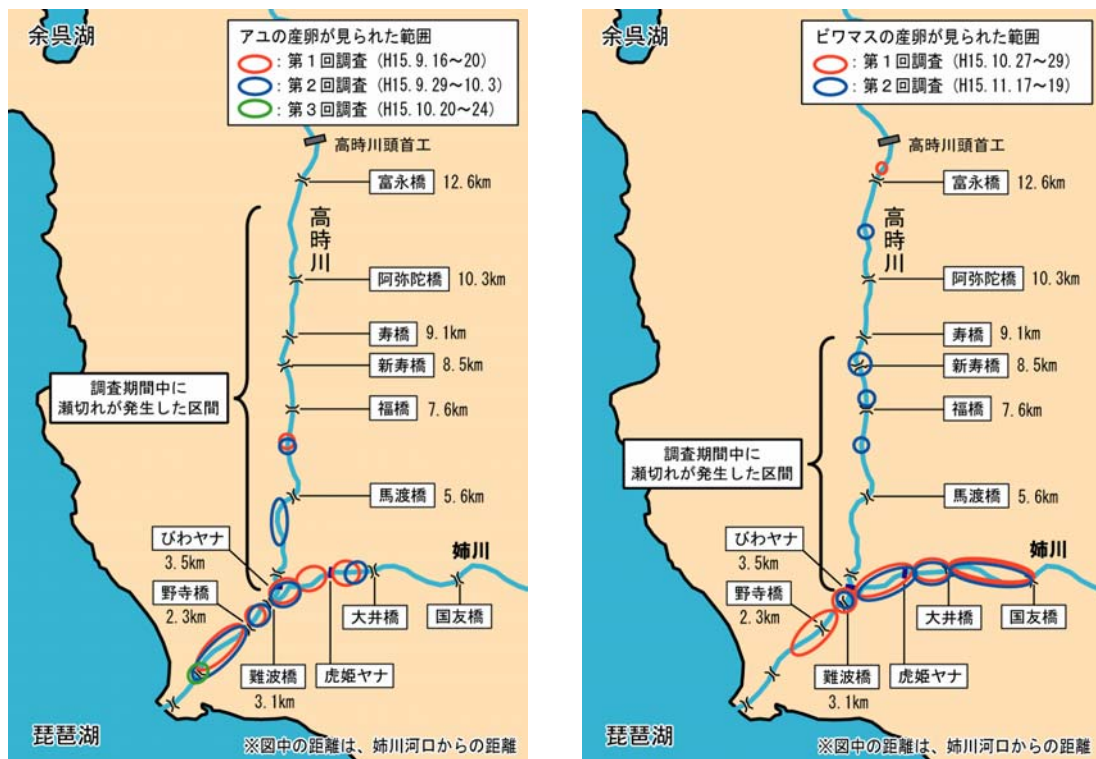
図 4.3.5 土砂動態マップ（全体の年平均通過土砂量）50 年間の中小洪水

d) 魚類への影響

高時川における典型的な水産魚種としては、アユ及びビワマスがあげられる。アユ及びビワマスの産卵環境は表 4.3.5、産卵範囲は図 4.3.6 に示すとおりである。

表 4.3.5 アユ及びビワマスの産卵環境

魚種	産卵環境
アユ	①浮き石があり、卵が付着する小礫（粒径 5～25 mm ^{※1} ）が存在 ②高時川の産卵範囲は、福橋（河口から約 7.6 km）よりも下流
ビワマス	①産卵床マウンドの頂部で平均 70～75 mm ^{※2} ②高時川の産卵範囲は、富永橋（河口から約 12.6 km）から馬渡橋（河口から約 5.6 km）上流までの間



出典：淀川水系流域委員会 第71回委員会（H20.1.9）審議資料1-4を基に作成

図 4.3.6 アユ及びビワマスの産卵範囲（平成15年度調査結果より）

表 4.3.5、図 4.3.6 及び高時川の馬渡橋下流～姉川との合流点がアユの産卵に関する保護水面とされている（滋賀県漁業調整規則）ことから、アユの主たる産卵範囲は馬渡橋下流～姉川合流点、ビワマスの主たる産卵範囲は富永橋～福橋と推定される。このアユ及びビワマスの主たる産卵範囲における、河床構成材料の予測結果は図 4.3.7 のとおりである。

※1 アユ産卵用人工河川（滋賀県農政水産部水産課パンフレット）

※2 尾田（2010）水産学会誌 76(2)

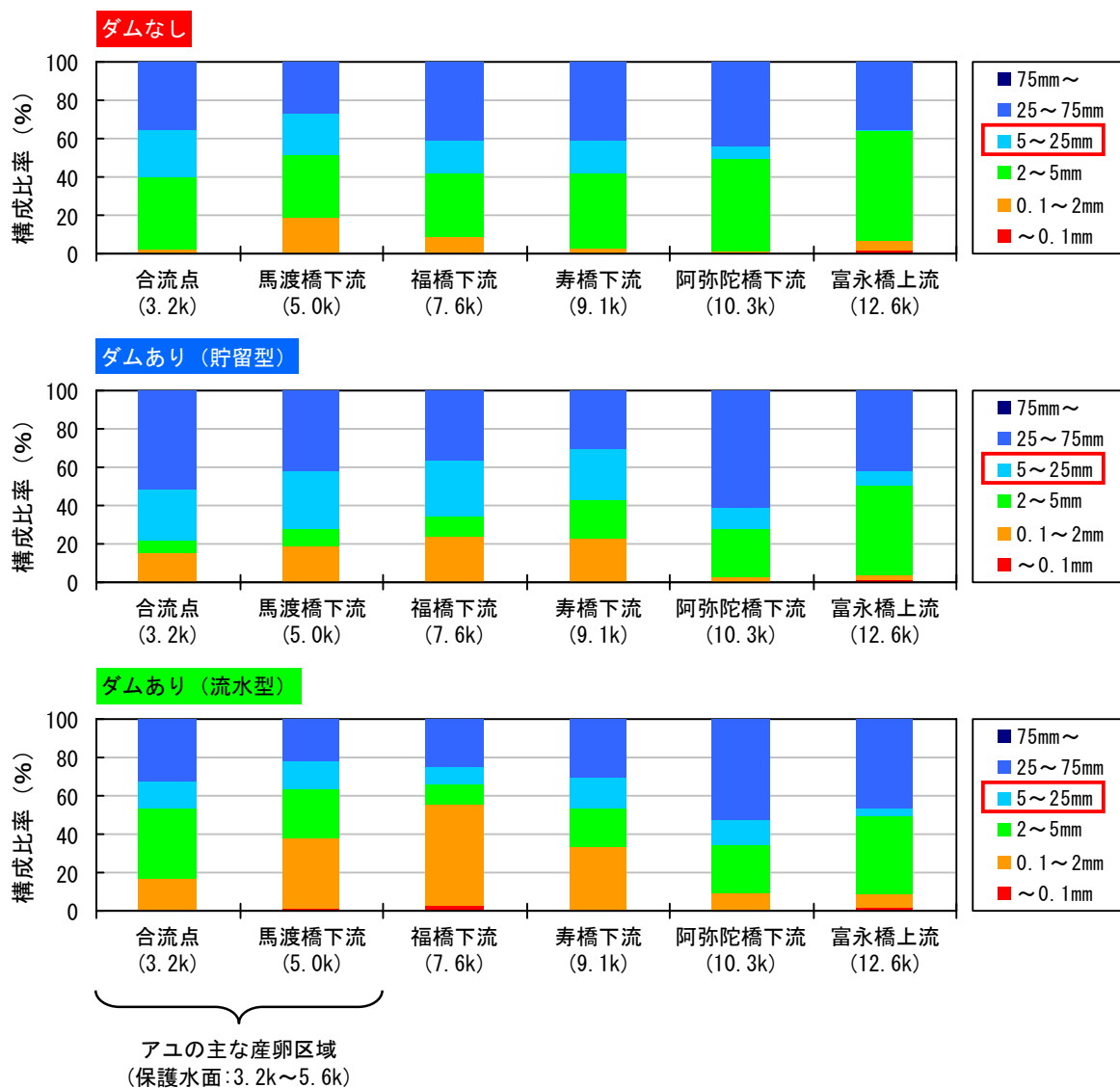


図 4.3.7 河床構成材料の粒度分布予測結果

貯留型ダムの場合、アユの主たる産卵範囲における 5~25 mm 粒径の土砂の存在比率に大きな変化は見られないものの、相対的に粗い粒子が多くなる。一方、流水型ダムの場合、アユの主たる産卵範囲における 5~25 mm 粒径の土砂の存在比率がやや小さくなり、相対的に細かい粒子が多くなる結果となった。また、ビワマスの主たる産卵場所範囲である富永橋~福橋における河床構成材料に大きな変化は見られない。

以上のことから、アユ及びビワマスの産卵に必要なとされる粒径の土砂は確保され、産卵環境への影響は甚大ではないと考えられる。しかしながら、何れのダム型式においても通過土砂量が減少すること、アユの産卵に必要なとされる 5~25 mm 粒径以外の土砂の存在比率に変化が見られることから、河床構成材料の変化状況をモニタリングし、必要な対策を順応的に実施する必要がある。

4.4 予測結果のまとめ

- ①河床高について、高時川は現状において堆積傾向を持つ河川であるが、山地部では貯留型ダムの場合はほとんど変化せず、流水型ダムの場合はダムなしと比べてやや堆積傾向となる。平野部ではダム建設による変化は小さい。
- ②表層河床材料について、ダムなしの場合と比べると、山地部では貯留型ダムの場合は粗い粒子がやや多くなる傾向がみられ、流水型ダムの場合は細かい粒子がやや多くなる傾向がみられた。平野部の下流区間においても同様の傾向がみられた。
- ③アユ及びビワマスの産卵床への影響について、アユ及びビワマスの産卵に必要とされる粒径の土砂は確保され、産卵環境への影響は甚大ではないと考えられる。しかしながら、何れのダム型式においても通過土砂量が減少すること、アユの産卵に必要とされる5～25mm粒径以外の土砂の存在比率に変化が見られることから、河床構成材料の変化状況をモニタリングし、必要な対策を順応的に実施する必要がある。
- ④ダム建設に伴う琵琶湖（姉川）への土砂供給量は、貯留型ダムの場合はダムなしの場合と比べて約30%に減少し、流水型ダムの場合はダムなしの場合と比べて約60%に減少すると予測される。
- ⑤貯留型ダム・流水型ダムともに、ダム建設により姉川河口部の河床変動傾向が変化することが懸念される。

4.5 環境保全対策

ダムの運用に伴う通過土砂量の変化、洪水調節によるピーク流量の低減（掃流力の低下）により、ダムサイトから杉野川合流点までの範囲において、貯留型ダムでは粗粒化、流水型ダムでは細粒化すると予測された。また、何れのダム型式においてもダム下流河川における通過土砂量が減少すると予測された。

これらの影響に対して一般的に考えられる環境保全対策としては、ダム堆砂のダム下流への運搬・置砂、ダムによるフラッシュ放流、及びこれらの対策の組み合わせがある。

効果的な対策実施のためには、ダムによる供給土砂の減少や洪水調節による掃流力の減少の影響、および杉野川合流による影響の緩和、さらには洪水波形の変化によるウォッシュロードの河道堆積状況の変化などを念頭におきつつ、置砂の量・質・場所・タイミングや、フラッシュ放流の最大放流量・放流時期・継続時間などを組み合わせ、ダムによる影響度合いに応じた効果的な対策の実施場所や時期について検討する必要がある。

これら環境保全対策の検討には、ダムの基本運用が関係するが、現時点では運用が確定していないことから、ダム型式・運用が確定した後に検討する。