

美和ダム再開発湖内堆砂対策施設の 試験運用計画とモニタリング調査計画について

鬼頭政徳¹・山上和彦¹

¹三峰川総合開発工事事務所 調査課（〒396-0402 伊那市長谷溝口 1527）

美和ダムでは、出水による大量の土砂流入により堆砂が進行しており、昭和62年より再開発事業が実施されている。再開発による貯水池堆砂対策は、平成17年に完成した土砂バイパス施設（土砂バイパストンネル、分派堰、貯砂ダム）及び貯水池掘削と建設中の湖内堆砂対策施設から構成され、湖内堆砂対策施設は、ダム湖内に堆積した細かい土砂を分派堰上流へ浚渫・運搬し、一時的にストックしておき、土砂バイパス施設の運用と合わせて、洪水の掃流力を利用して排砂する我が国では前例のない排砂施設である。本稿では、委員会を設立して検討中の湖内堆砂対策施設の運用計画とモニタリング計画について報告する。

キーワード：堆砂対策、ストックヤード、運用計画、モニタリング調査

1. はじめに

天竜川の最大支川である三峰川に昭和34年完成した美和ダムは、洪水調節、発電及びびかんがいを目的とした多目的ダムである。美和ダムの位置と諸元を図-1.1に示す。

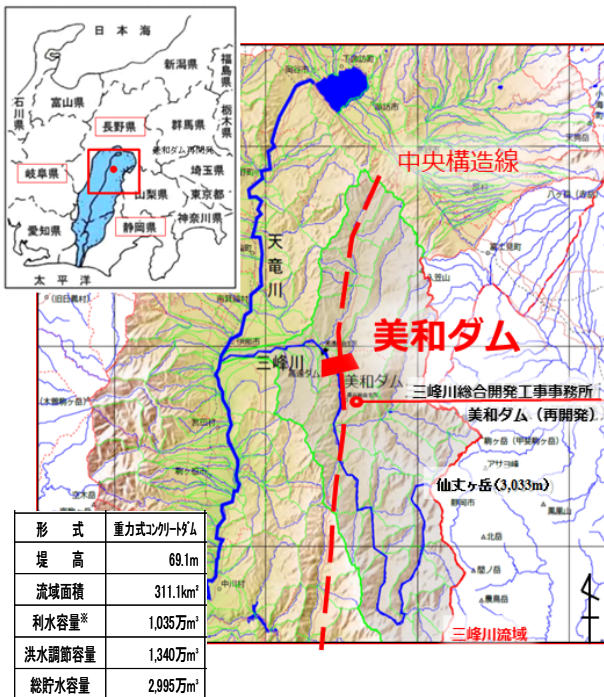


図-1.1 美和ダム位置図

三峰川は、南アルプス仙丈ヶ岳（標高3,033m）を源に急峻な地形を流下し、中央構造線沿いの複雑な地質も要因となって土砂生産量が多く、洪水時に大量の土砂が流出する。美和ダム完成直後より昭和34年、昭和36年と大洪水が発生し、当初の計画堆砂量を超える約680万m³の土砂が貯水池に堆積したことから、昭和41年に貯水池容量配分を見直しされている。その後も昭和47年、昭和57年、昭和58年と大洪水が発生し、約790万m³の土砂が貯水池に堆積したことから、昭和62年に美和ダム再開発に着手し、現在、洪水調節機能強化とともに、貯水池堆砂対策を実施している。

貯水池堆砂対策は、土砂バイパス施設（土砂バイパストンネル、分派堰、貯砂ダム）と湖内堆砂対策施設から構成され、土砂バイパス施設は、平成17年に完成しその後平成29年までに16回の運用を実施している。

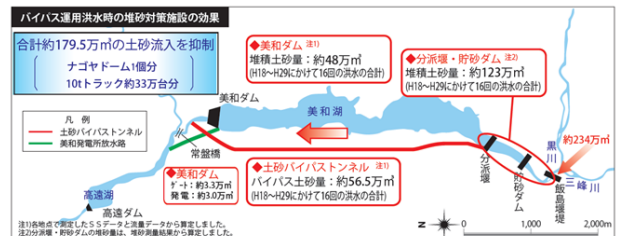


図-1.2 土砂バイパス施設の運用実績

16回運用の累計で見ると、貯砂ダムと分派堰に土砂約123万m³を捕捉するとともに、貯砂ダムを越えて分派堰へ流入した細かい土砂約111万m³のうち51%にあたる

約56.5万m³をバイパスしており、合計約179.5万m³の貯水池堆砂を防いでいる（図-1.2）

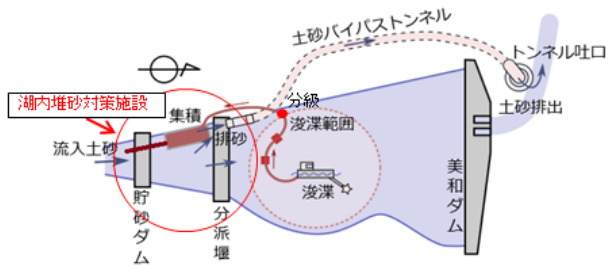
2. 湖内堆砂対策施設の概要

湖内堆砂対策施設は、非洪水期に貯水池内の堆積土砂を浚渫し、ストックヤード内に送泥・集積しておき、出水時の土砂バイパス運用時に貯砂ダムから導水し掃流力でストックヤード内の土砂をバイパストンネルへ排砂させる施設である。すなわち、湖内堆砂対策施設は、自然の出水状態をそのままバイパスさせるのではなく、人為操作を加えて濁水濃度を増加し排砂させる施設である。したがって、できるだけ下流への環境負荷を軽減させる運用方法を確立する必要がある。

湖内堆砂対策施設の構成（仕様）については、水中掘削して土質改良し土捨て場へ運搬する案や出水時に吸引ポンプでダム下流へ排砂する案など5案を比較検討し決定している。また、具体的な施設設計にあたっては、既設の土砂バイパス施設機能に支障を与えないことや計画対策量最大3万m³の土砂が集積可能であり、かつ、ストックヤード内の土砂が確実に排砂されることを条件に数値シミュレーションや模型実験を行い、施設諸元を決定している。土砂の集積については、幅20m×2列、長さ220mのストックヤードに集積高さ4mで水深1mの浸水状態で集積しておくもので、集積土砂の粒径は2mm以下の砂及びシルトとしている（図-2.1）

湖内堆砂対策施設は、平成27年度に工事に着手し、現在建設中である。

○湖内堆砂対策のイメージ



○湖内堆砂対策施設



図-2.1 湖内堆砂対策施設レイアウト

3. 湖内堆砂対策施設の運用計画

湖内堆砂対策施設の運用は、ダム流入量が100m³/sを越える出水が想定された場合に開始するもので、貯砂ダム地点から最大40m³/sをストックヤードに導水し、集積した土砂を流下させる（図-3.1）。

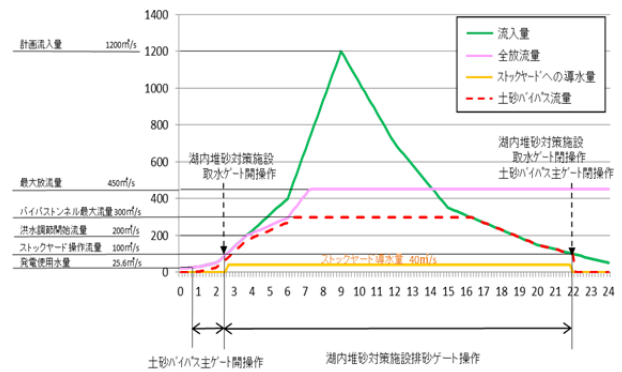
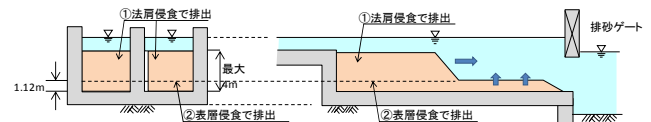


図-3.1 湖内堆砂対策施設の運用計画

ストックヤードからの排砂形態は、模型による集積土砂の流出実験結果から想定し、土砂の集積高4mのうち、天端から約7割の高さまでの土砂が法肩侵食にて流下し、その後残りの約3割の高さの土砂が表面侵食にて流下する2段階の流出形態となる（図-3.2）。排砂の進行と経過時間について図-3.3に示す。模型実験結果より排砂時間が最も早いケースと最も遅いケースを設定してい



る。

図-3.2 スtockヤードの集積土砂の流出形態イメージ

4. 下流河川への環境影響

環境影響評価法に基づき国土交通省令で位置付けられる「ダム事業」の環境要素から選択した、湖内堆砂対策施設の運用にあたって捉える環境要素を図4.1に示す。

次に、文献³⁾・⁴⁾及び既往の調査結果などをもとに推定した三峰川および今後運用する湖内堆砂対策施設に係るインパクト・レスポンスフローについて検討した（図-4.2）。

湖内堆砂対策施設の運用により、砂及びシルトの流下量が増加し、流水の濁水濃度が上昇するとともにその継続時間が長くなることで、水環境（濁水、溶存酸素）、物理環境（河床材料、河床形状）、生物環境（付着藻類、底生動物、魚類、陸域植生）に影響が生じることが想定される。特に、物理環境、生物環境を

予測する上では、水環境の変化、とりわけ濁水濃度の予測が重要なポイントとなる。

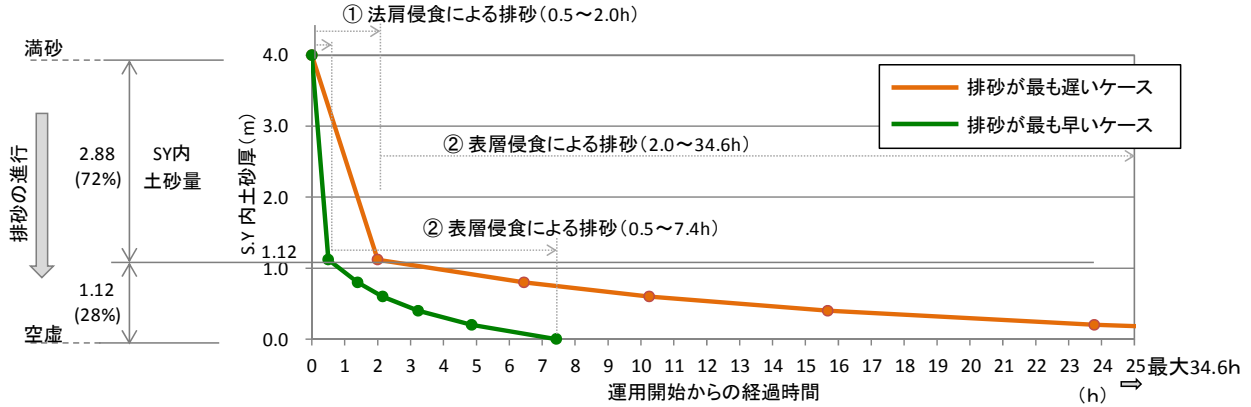
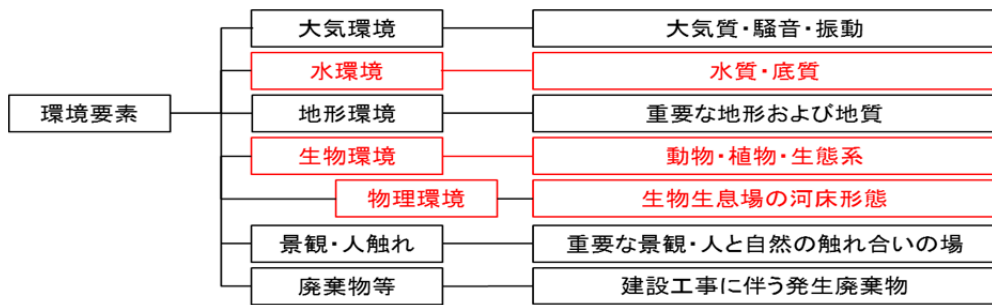


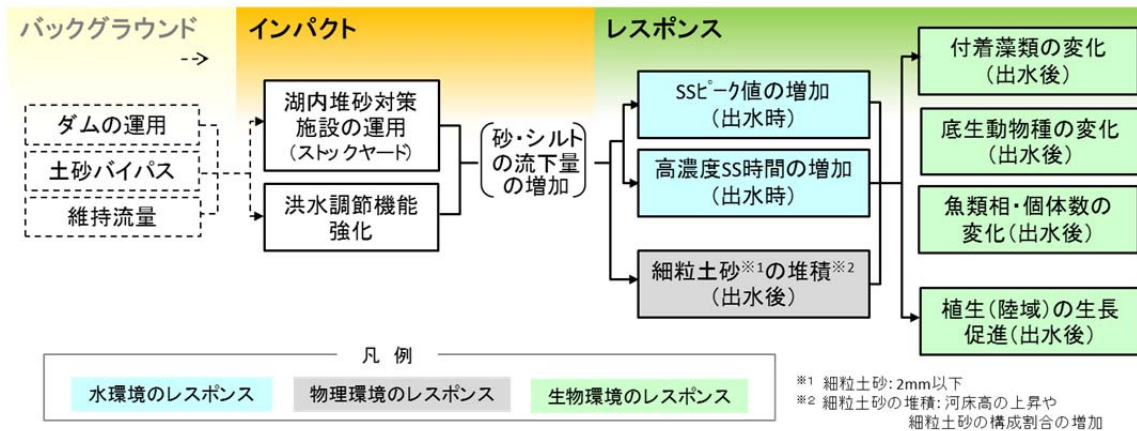
図-3.3 排砂の進行と経過時間



環境要素	項目	備考
物理環境	河床形態(河床形状・河床材料)	生物環境の評価に内在する環境要素として生息場評価を実施
水環境	水質(SS・溶存酸素量(DO))	インパクトを踏まえて懸念される項目を対象
	底質(NH4-H、全硫化物)	過去の健康項目に係る調査結果を踏まえて設定
生物環境	水域生物(付着藻類・底生動物・魚類)	インパクトを踏まえて懸念される項目を対象
	陸域生物(植生)	

赤文字: 捉える環境要素

図-4.1 施設運用で捉える環境要素



*1 細粒土砂: 2mm以下
*2 細粒土砂の堆積: 河床高の上昇や細粒土砂の構成割合の増加

図-4.2 湖内堆砂対策施設に係るインパクト・レスポンスフローの推定

5. 水環境の予測

(1) 予測方法

水環境の予測については、SS濃度の数値シミュレーションモデル(図-5.1)により行った。本モデルは流下過程におけるSS濃度の混合希釈を考慮した完全混合モデルとした。

$$SS_n = (SS_{n-1} \times Q_{n-1} + SS_{支川} \times Q_{支川}) / Q_n \quad (式-1)$$

SS濃度は、図-5.1における算出地点(①~⑭)においてSS濃度予測値を算定した。

湖内堆砂対策施設の運用パターンについては、①湖内堆砂対策施設の排砂ゲートを全開して法肩浸食と表層侵食を発生させる運用、②ゲート開度等の操作により排砂量をコントロールし、法肩侵食による急激な排砂を発生させず表層侵食のみでの排砂を行う運用の2パターンの比較検討することとし、既往出水データ(1982年~2011年の98出水データ)から生起確率1/100~1/1.1となる6出水を選定し、下流の藤沢川合流地点(地点⑭)においてSS濃度を予測した。

なお、湖内堆砂対策施設の運用による土砂流出は、前述の侵食形態による侵食速度から推定し、下流環境に影響が大きいと想定される排砂時間が最も早いケースを採用している。

(2) 予測結果

予測結果を図-5.2及び表-5.1、表-5.2に示す。

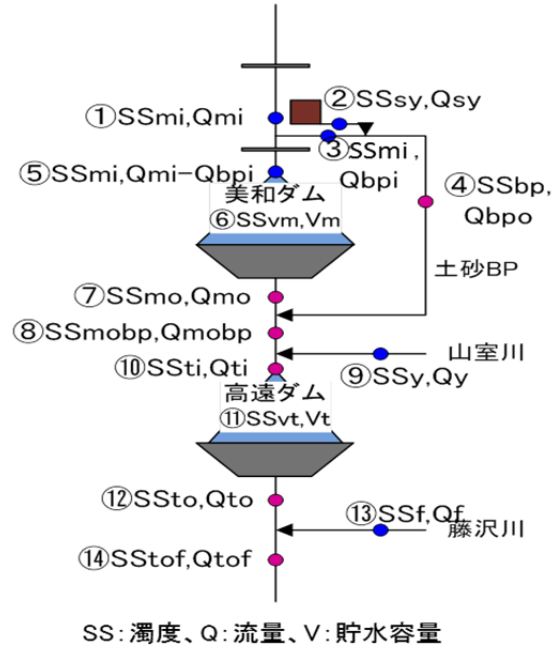


図-5.1 SS濃度予測数値シミュレーションモデル

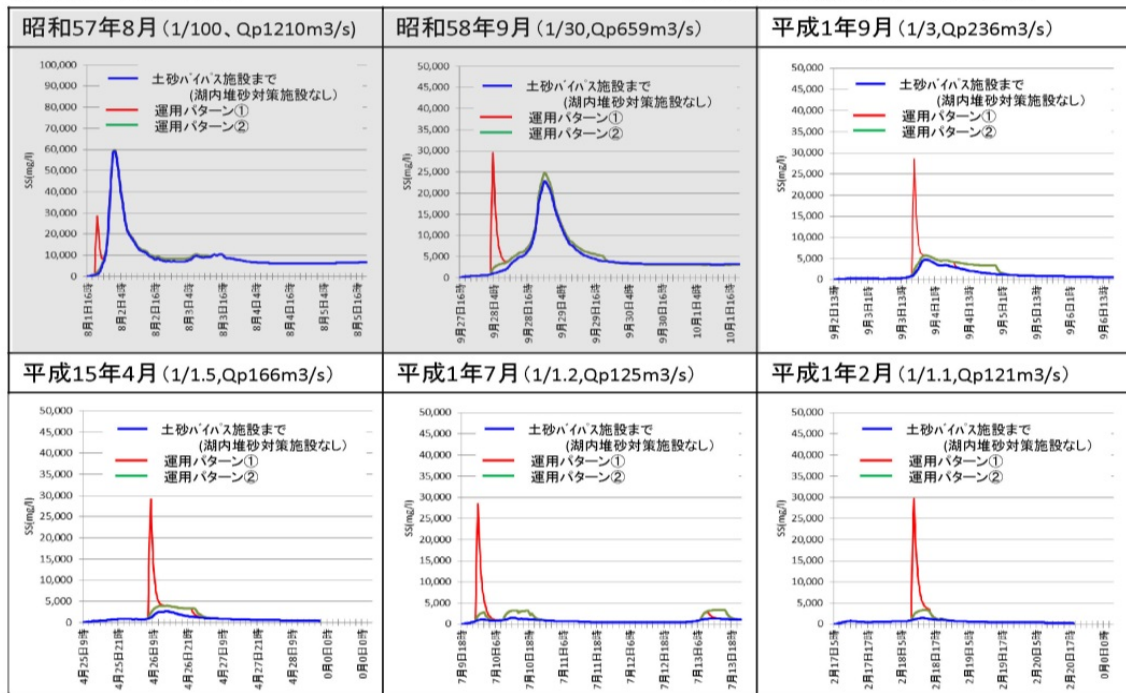
確率規模1/100, 1/30の比較的大きな出水規模においては、運用パターン①、②とも出水の濁水ピークより前に湖内堆砂対策施設から排砂によるピークが発生す

【対象出水の予測結果】

○藤沢川合流地点後

運用パターン①: ゲート操作は全開全閉

運用パターン②: ゲート開度等の調節を行い排砂量をコントロール
(排砂量を表層侵食程度に抑えた操作)



※青線と緑線がほぼ同一のSSとなる場合は青線で表示

図-5.2 藤沢川合流地点(地点⑭)のSSの濃度予測結果

るが、SS濃度は湖内堆砂対策施設運用前と比べて小さいかまたは同程度となった。また、湖内堆砂対策施設からの排砂後に出水のピーク流量を迎えることで下流河道がフラッシュされることになり、影響が少ないものと考えられる。

確率規模1/3～1/1.1の比較的小さな出水規模においては、運用パターン①では下流河川のSS濃度が湖内堆砂対策施設運用前に比べて6倍～20倍と非常に大きくなることが確認できた。また、運用パターン②で同様に比べるとSS濃度は1.2倍～2.3倍となり、運用パターン①の1/10程度となった（表-5.1）。

表-5.1 藤沢川合流点（地点⑭）のピークSS濃度

(単位:mg/l)

対象出水	湖内堆砂対策施設運用前(A)	パターン①	パターン②(B)	(B)/(A)
昭和57年8月	59,314	59,314	59,641	-
昭和58年9月	22,860	29,492	24,838	-
平成 1年9月	4,730	28,543	5,723	1.2
平成15年4月	2,596	29,113	3,904	1.5
平成 1年7月	1,509	28,514	3,347	2.2
平成 1年2月	1,471	29,614	3,304	2.3

※赤字:湖内堆砂対策施設運用前を上回るSS濃度

一方、湖内堆砂対策施設による排砂量は、運用パターン②では運用パターン①と比べて21%～86%と少なくなった（表-5.2）。

表-5.2 湖内堆砂対策施設の運用による排砂量比較

(単位:m³)

対象出水	湖内堆砂対策施設運用前	パターン①(A)	パターン②(B)	(B)/(A)
昭和57年8月	-	30,000	30,000	-
昭和58年9月	-	30,000	30,000	-
平成 1年9月	-	30,000	25,800	0.86
平成15年4月	-	30,000	14,190	0.47
平成 1年7月	-	30,000	18,203	0.61
平成 1年2月	-	26,330	5,590	0.21

※赤字:湖内堆砂対策施設運用による排砂量30,000m³が排砂可能なケース

6. 水環境変化への対応案

前述5. 水環境の予測において、湖内堆砂対策施設の運用による下流河川の濁水濃度の変化は、特に比較的小さな出水規模の時に大きくなることが判明した。この際、ダム下流の三峰川に生息する、オイカワ、アユ、シマドジョウ、ニッコウイワナ、アマゴ等の魚類への影響が懸念される。魚類は、河川水の濁りにより忌避行動などの反応を起こすことが知られており、必要に応じて湖内堆砂対策施設運用時において魚類が一時的に避難する忌避場所整備を検討する予定である。

7. 試験運用計画

6. で示した水環境変化への対応案を必要に応じて具体化していくとともに、試験運用期間を設けて下流環境負荷を軽減させる運用方法の効果を確認し

ていく必要がある。

現時点で考えている運用計画は以下のとおりである。

- 試験運用時にダム流入量が100 m³/sから概ね250 m³/s規模の出水が予測される場合は、図-7.1に示すように排砂ゲートを操作することにより排砂量をコントロールする運用とする。最初は下流河川への環境影響が小さい排砂量とし、順次試験運用し、下流河川の濁水濃度と魚類の忌避行動について調査する。
- ダム流入量が概ね600m³/s越える規模の出水が予測される場合は、湖内堆砂対策施設の排砂ゲートを全開にする運用とし、同様に下流河川の環境影響を調査する。

出水規模別の発生流量と発生期待回数を表-7.1に示す。

試験運用期間を3ヶ年設けると最大約250 m³/sの出水規模を含め合計6～9回の試験運用を行うことができる。

施設の完成後に以上のような試験運用を行い、最終的にはストックヤード内の土砂状況（排砂量）と下流河川の流量と土砂濃度をリアルタイムで計測することにより湖内堆砂対策施設の運用制御の自動化を目指し、管理移行後の本格運用時の省力化を図っていく。

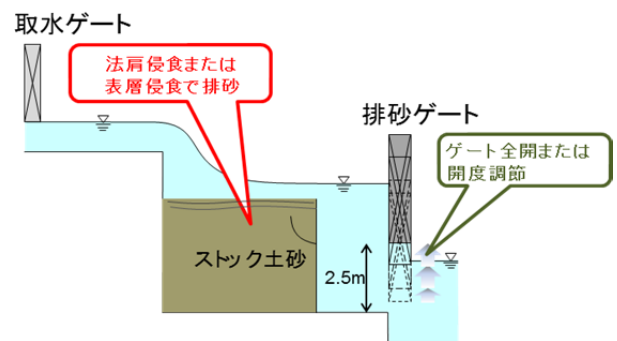


図-7.1 湖内堆砂対策施設の運用（イメージ）

表-7.1 3ヶ年で期待できる出水規模流量と発生期待回数

期間	流量規模別の期待できる回数			運用回数
	100m ³ /s	200m ³ /s	300m ³ /s	
1年目	2～3	-	-	2～3
2年目	3～5	1	-	4～6
3年目	4～7	1	1	6～9

8. 環境モニタリング調査計画

現時点で検討している水環境、物理環境、生物環境の調査計画を表-8.1、表-8.2、図-8.1に示す。調査

計画は、既に運用されている土砂バイパス施設のモニタリング調査¹⁾及び、湖内堆砂対策施設運用に伴う水環境変化予測を踏まえて作成したものである。

表-8.1 環境調査時点と実施時期

時点	目的	対象	実施時期
① 湖内堆砂対策施設運用前	施設運用前の環境を把握するためのデータを取得	水環境・物理環境・生物環境に係る項目	①非出水期 ②出水時 ③出水直後 ④出水期のうち出水時、出水直後以外
② 湖内堆砂対策施設運用後	環境変化を把握するためのデータを取得		

表-8.2 環境調査内容

分類	調査項目		調査地点	施設運用前 3ヶ年	施設運用後 3ヶ年	
	水質	底質				
水環境	水質	濁度、SS	貯水池 ダム上下流河道	●	●	
		粒径	貯水池 ダム上下流河道	●	●	
		DO	貯水池 ダム上下流河道	●	●	
		NH ₄ -N、全硫化物	貯水池 ダム上下流河道	●	●	
		水温	貯水池 ダム上下流河道	●	●	
物理環境	底質	粒度組成、健康項目	貯水池	●	●	
	河床形状	航空写真、横断測量	ダム下流河道	●	●	
生物環境	生物	河床材料	粒径分布	ダム下流河道	●	●
		河床交換層	河床表面	ダム下流河道	●	●
		附着藻類		ダム下流河道	●	●
		底生動物		ダム下流河道	●	●
		魚類		ダム下流河道	●	●
		魚類	忌避行動	ダム下流河道	●	●
		植生	植生分布	ダム下流河道	●	●

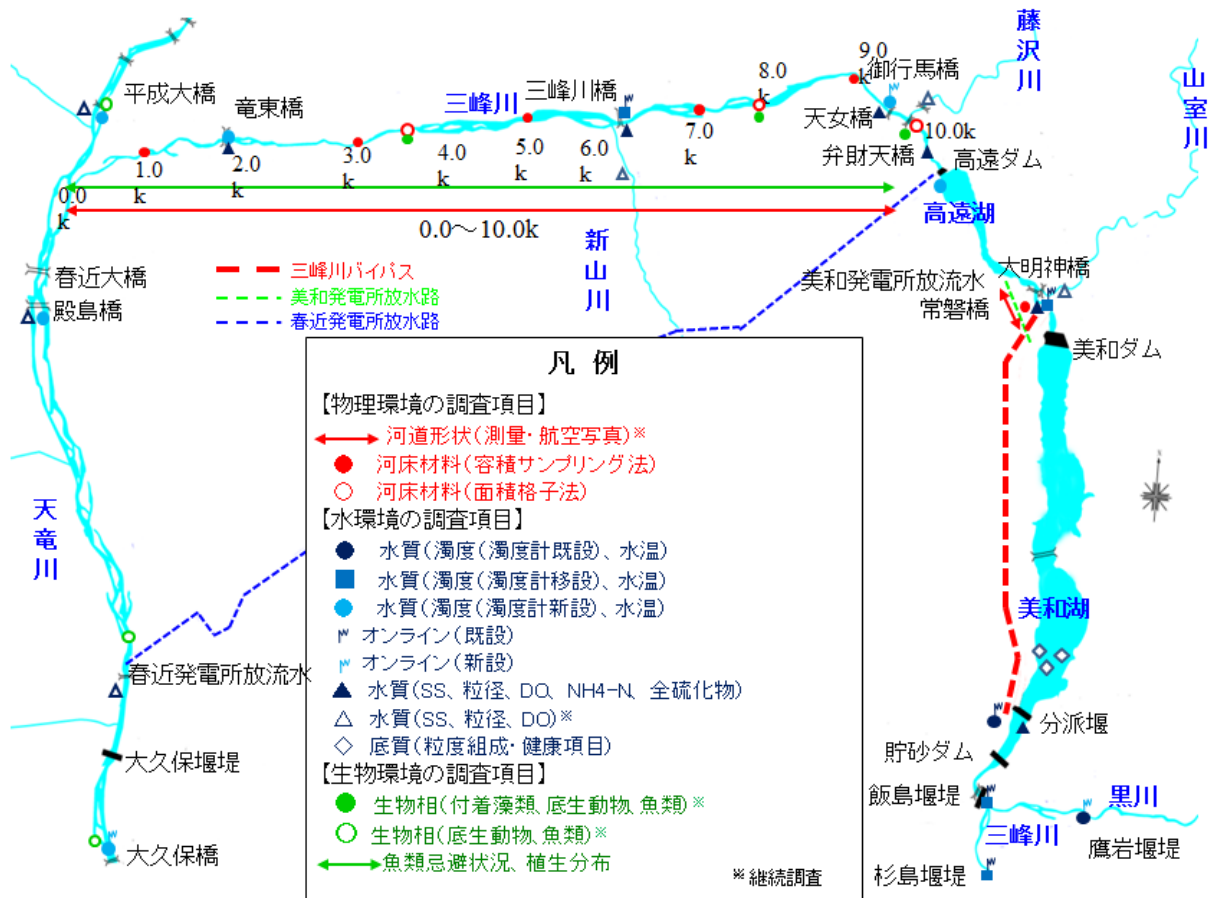


図-8.1 環境モニタリング調査地点

9. おわりに

現在建設中の湖内堆砂対策施設は、国内初の排砂方式により出水時に人為的に排砂することから、下流河川への環境影響の軽減に十分配慮した運用とする必要がある。また、下流河川において水環境の変化に対応した河道整備の検討を行い、必要に応じて整備・改良等していくことが重要と考えている。引き続き、これらの検討を進め、美和ダム貯水池堆砂対策の効果的・効率的な機能発現を目指していく所存である。

参考文献

- 1) 澤頭ほか(2017) 美和ダム再開発土砂バイパス施設の堆砂抑制効果と環境影響について, 2nd International Workshop on Sediment Bypass Tunnels
- 2) 小林ほか(2017) 美和ダム再開発湖内堆砂対策施設の試験運用計画と環境調査計画について, ダム技術No.375
- 3) 池淵修一(2009) ダムと環境の科学 I ダム下流生態系 京都大学学術出版会
- 4) 谷田一三ほか(2010) ダム湖・ダム河川の生態系と管理 名古屋大学出版会