

長期排砂対策を考慮した ダム下流土砂還元試験と影響調査に関する提案

PROPOSAL OF FIELD STUDY ON SEDIMENT REPLENISHMENT AND SURVEY METHOD OF INFULUENCE CONSIDERING PERMANENT SEDIMENT REMOVABLE MEASURES

菊池英明¹・小出武文²・小林信昭³・末次忠司⁴・岡野眞久⁵

Hideaki KIKUCHI, Takehumi KOIDE, Nobuaki KOBAYASHI, Tadashi SUETSUGI and Masahisa OKANO

¹正会員 工博 (財)ダム水源地環境整備センター 研究一部 (〒102-0083 東京都千代田区麹町2-14-2麹町NKビル)

²国土交通省中部地方整備局 矢作ダム管理所長

(現: 国土交通省中部地方整備局 新丸山ダム工事事務所長)

³国土交通省中部地方整備局 矢作ダム管理所 監督官 (〒444-2841 愛知県豊田市閑羅瀬字東畑67)

⁴正会員 工博 (財)ダム水源地環境整備センター 研究一部長

⁵正会員 工博 (財)ダム水源地環境整備センター 理事 (〒102-0083 東京都千代田区麹町2-14-2麹町NKビル)

Recently, in order to make the most of social infrastructure, to maintain the functions of reservoir, permanent sediment replenishment lower the dam has been executed pass the sediment removable equipment in terms of comprehensive sediment management entire river system. In this report, we introduce the example of sediment replenishment and impact survey lower the Yahagi dam. And we suggest a scheme for sediment replenishment and impact survey lower a dam considering long-range removable of dam sedimentation

Key Words : Sediment Replenishment , Impact survey , Long-range removal of dam sediment

1. はじめに

近年、既存社会資本の有効活用、貯水池機能の維持や水系一貫の土砂管理の観点からダム貯水池内の堆砂対策として、排砂バイパス、吸引工法等による恒久的な排砂対策による下流河道への土砂還元の実施が検討されるようになってきている。これらの堆砂対策では、貯水池内の堆積土砂を洪水時に流下させるため、下流河道へ及ぼす影響を把握する事が重要となる。

国土交通省中部地方整備局矢作ダム（以下、矢作ダム）では、貯水池機能回復のため恒久排砂対策施設による下流河道への土砂供給を予定しており、その供給量は、最大で貯水池への平均年流入土砂量相当となる。

本論文では、矢作ダムにおける下流河道への土砂投入試験及び影響調査の実例を紹介し、恒久排砂対策を前提とした土砂還元試験のあり方ならびに還元試験時の影響調査計画と評価方法についての提案を行った。

本論は、「矢作ダム堰堤改良技術検討委員会」¹⁾（委員長：辻本哲郎（名古屋大学教授），事務局：国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所、（財）ダム水源地環

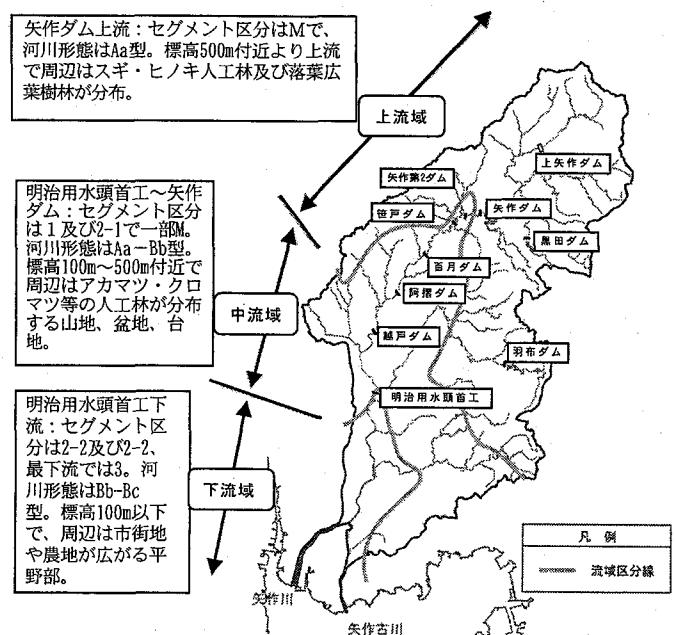


図-1 矢作川流域図

境整備センター、以下「委員会」）における議論を基にしている。

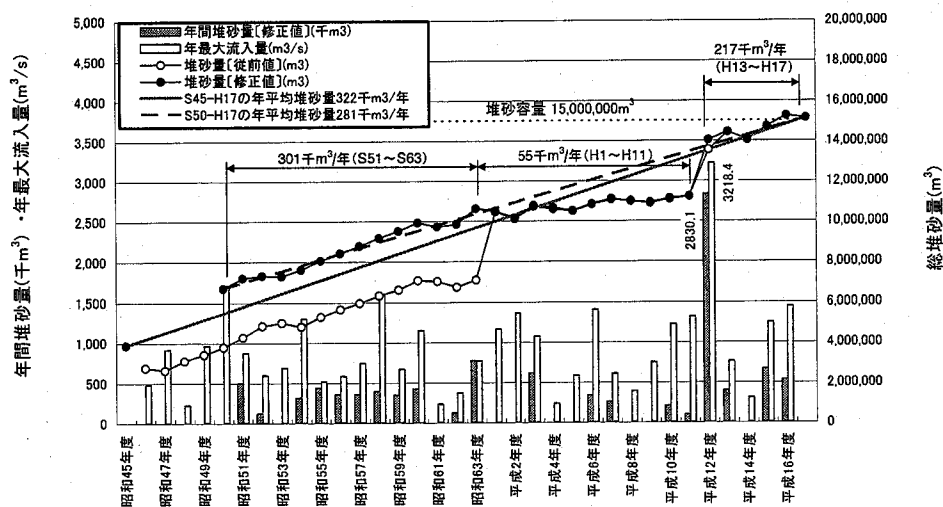


図-2 矢作ダムの堆砂実績

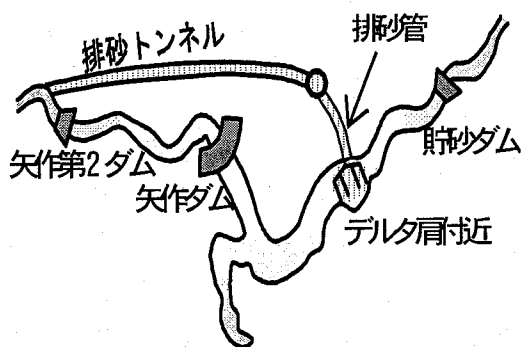


図-3 矢作ダム恒久排砂施設概要図

2. 矢作ダムの堆砂状況

(1) 矢作川流域の概要

矢作川は、愛知県南部の太平洋側に位置し、その源を中央アルプス南端の長野県下伊那郡大川入山（標高1,908m）に発し、三河湾に注ぐ、幹川流路延長約118km、流域面積は約1,830km²の一級河川である（図-1参照）。その流域は、花崗岩質の山林と市街化した沖積層の平野部に大きく2区分されるが、自然環境から見た流域区分としては、生物の生息・生育基盤との観点から、流域の地形、気候、土地利用等に依存する植生分布をもとに図-1に示すように3区分することができる。

(2) 矢作ダム堆砂状況

矢作ダムの平成17年度末までの堆砂状況を図-2に示す。図-2に示すように矢作ダムでは、ダム完成後、年間約30万m³/年で堆砂が進んでいたが、平成に入ってから5.5万m³/年と減少していた。しかしながら、平成12年の恵南豪雨によって1年間で280万m³もの土砂が堆積し、現在では堆砂容量を既に上回っている状況にあり、その後も年平均約22万m³/年堆積が進んでいる。そのため、矢作ダムにおいては、堆砂対策を実施することが緊急の課題と

なっている。

3. 矢作ダム堆砂対策概要

(1) 堆砂対策のありかた

矢作ダムでは、前述のように計画堆砂容量を既に上回っていることから、貯水池内へ流入してくる全土砂量のうち、堆砂容量内への堆砂は容認し、それ以外を除去・排砂する。目標達成に向け、必要とされる治水容量を確保・維持するための緊急対策をただちに実施し（3年間程度）、恒久的な堆砂対策としての長期堆砂対策施設を10年程度以内に完成させる予定である。

(2) 緊急堆砂対策

緊急対策は、長期対策完成（10年後を目処）までの暫定措置として、直ちに実施可能な貯水池上流部の堆積土砂を除去し、建設当初の洪水調節機能の回復に努めるとともに、極力、有効容量内の堆砂を進行させないものとする。具体策としては、当初3年間程度で貯水池内の堆砂を制限水位以下（EL. 287m）まで水平に掘削して、貯水池上流端の貯砂ダムにポケットを確保し、その後、長期対策施設が完成するまで、ポケットに堆積する流入土砂を年間約18万m³掘削することにより治水機能を維持する。

(3) 長期堆砂対策

長期堆砂対策としては、①矢作ダム貯水池の運用実態から貯水池上流端からの排砂バイパストンネルでは得られる効果が小さいと想定されること、②矢作ダムの堆砂は砂分が多く、かつそれが堆積しやすい箇所が存在することを考慮し、図-3に示すようにダム湖内のデルタ肩付近に排砂施設を設け、矢作第2ダム下流へ最大で年平均流入土砂相当（25万m³）の土砂を最大100m³/s、2%濃度で

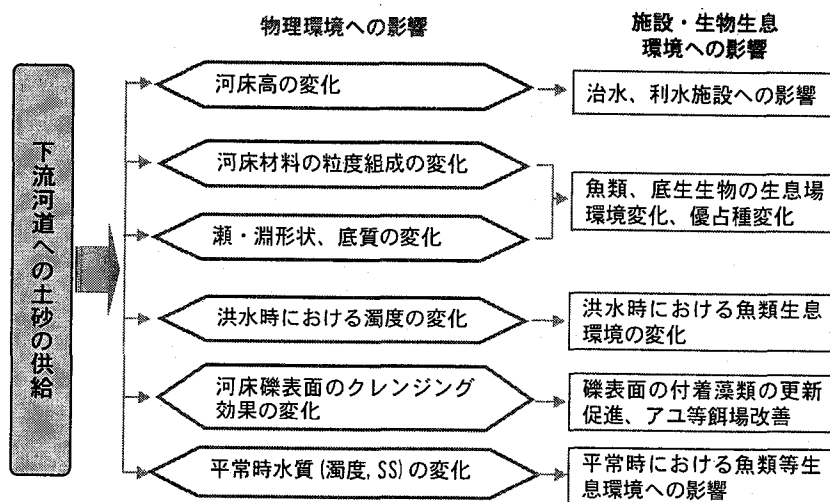


図-4 土砂供給により想定されるインパクト・レスポンス

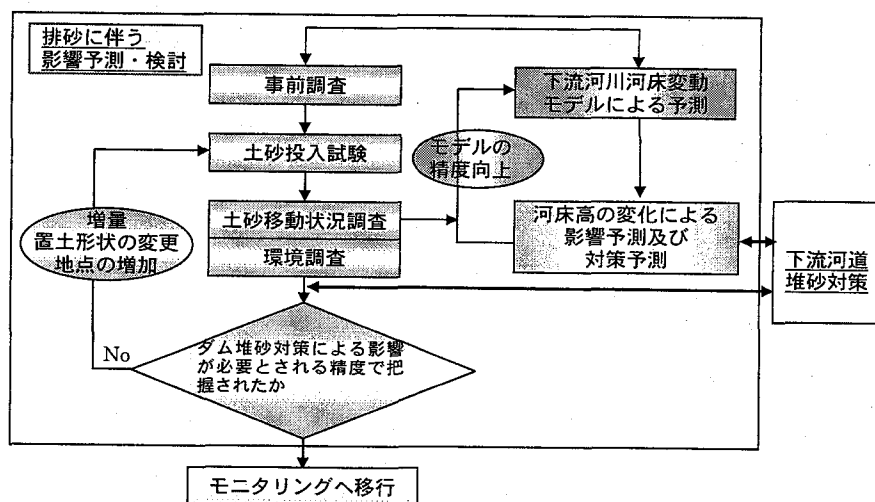


図-5 排砂による影響予測・評価検討フロー

表-1 影響評価手法と各手法で予測対象

影響評価手法	予測する影響	
	物理環境への影響	社会環境・生物生息環境への影響
下流河川河床変動シミュレーション	河床高の変化	治水、利水施設への影響
	河床材料の粒度組成の変化	
	瀬・淵形状、底質の変化	
土砂投入試験による環境調査	洪水時における濁度の変化	魚類、底生生物の生息環境変化、優占種変化 洪水時における魚類生息環境の変化 礫表面の付着藻類の更新促進、アユ等餌場改善
	クレンジング効果	
	平常時水質の変化	
		平常時における魚类等生息環境への影響

排砂する方針とした。

4. 下流河道への排砂による影響調査計画の提案

(1) 排砂による影響調査計画の考え方

矢作ダムでは、長期排砂対策により恒久的でかつ、多量に土砂が供給されることとなることから、土砂供給による物理環境の変化及び、変化に伴う施設・生物環境への影響を想定したインパクト・レスポンス図を作成し、そのインパクト・レスポンスが予測可能な影響調査計画とした。図-4にインパクト・レスポンス図を示す。

影響予測・評価手法としては、河床変動シミュレーションと土砂還元試験による影響調査を用いることとし、各手法による予測・評価対象はインパクト・レスポンス図を基に表-1の通りとした。

また、各調査は図-5に示すフローに沿って実施し、下流河道の堆砂対策を考慮しながら行うこととした。

特に土砂還元試験における影響調査では、一般に実際の排砂量より投入土砂が少なくなることから、「委員会」での提案内容を参考に河床変動計算結果とダム建設前環境調査も合わせて実施し評価する計画とした。

以下にこれらの「委員会」での議論を基に矢作ダムに

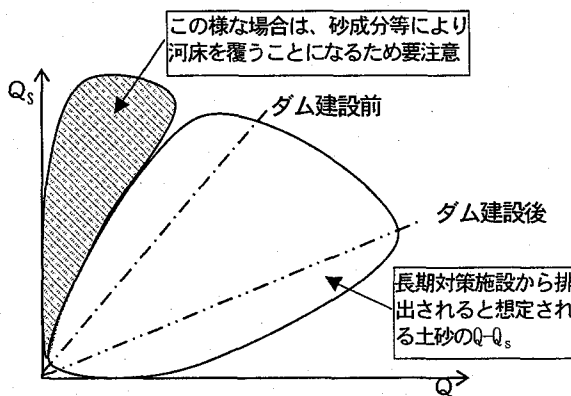


図6 排砂こともなう $Q \sim Q_s$ カーブの推定 (模式図)

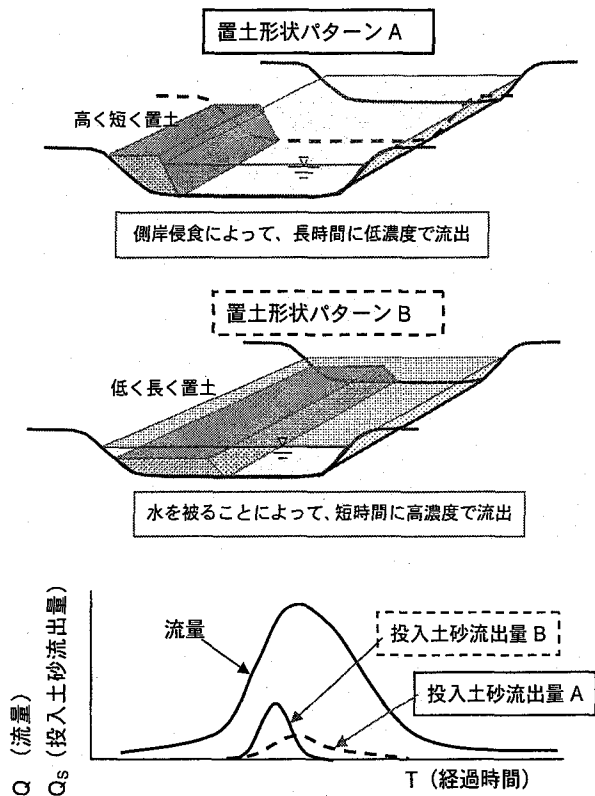


図7 置土形状の違いと想定される流出形態の変化イメージ

における排砂による影響調査として提案した土砂還元計画ならびに、生物・物理環境影響調査計画の概要を示す。

(2) 土砂還元試験計画

一般に河道への土砂還元試験による影響調査では、河川規模に対して土砂仮置きによる堆砂(排砂)量が少ないため、その影響評価は難しい。矢作川においても、年間最大25万 m^3 もの排砂量を再現する土砂投入試験は不可能である。そのため、図-5に示したフローに沿って、ダムからの排砂による影響が想定可能となるような土砂量、投入形状、還元場所の計画とした。

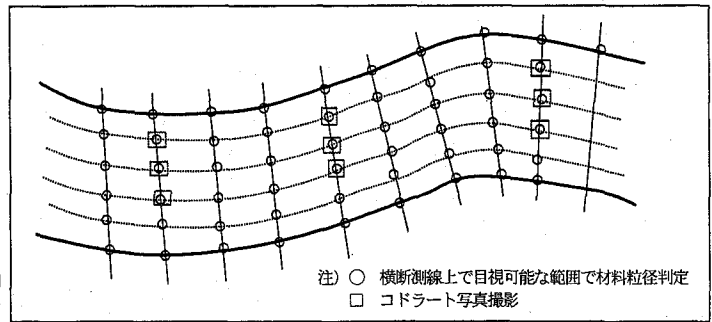


図-8 現地横断測量・粒径調査模式図

a) 一回当たりの土砂投入量

堆砂対策施設からの排出土砂は、既述のように最大100 m^3/s 、2%濃度で排出される。ここでは、矢作ダム地点での1回/1年流量に相当するピーク流入量200 m^3/s に対する1洪水当りの排出土砂濃度を2%とする土砂量を試算し一回当たりの投入土砂量として6,000 m^3 /回を設定した。なお、矢作ダムで実施する土砂還元試験では、長期対策施設の運用等がある程度確定した段階で、図-6に示すように施設から排出される土砂の $Q-Q_s$ を想定し、単に濃度を合わせるのではなく、「ダム建設前」「ダム建設後」の $Q-Q_s$ と比較した上で土砂投入量や次に示す還元方法等の見直しを行うこととした。

b) 土砂還元方法

土砂還元方法についても、長期堆砂対策施設から土砂が排出されるとき土砂濃度、その時系列変化など、流出形態を類似させるため、図-7に示す様に数パターンの置土形状について試行するものとした。

(3) 物理環境への影響調査計画

下流河道の物理環境への影響検討として、一次元河床変動計算により粒径毎に河床変動量を推定し、河床状況の変化、治水・利水施設への影響を検討する計画とした。

また、土砂還元試験における物理環境の変化(効果、影響)について仮説を立案し、土砂投入実施前後の物理環境の時系列変化、掃流力変化や河床変動量といった水理・物理量を整理することにより、仮説の妥当性を検証するものとした。併せて、河床変動計算モデルの精度向上を図るものとした。

調査項目は、横断測量、河床材料、SSとした。各調査内容の概要を表-2に示す。

河床材料については、空中写真及び図-8に示すように約1~2mの格子状の現地目視調査(河床材料サイズの目視判断)により、平面的な河床材料分布マップ図を作成し、還元土砂流下後の変化が定量的に評価可能とした。作成した河床材料マップは、図-9の模式図に示すように瀬・淵などの情報と空中写真及び地形図を重ね合わせて、GIS図化した河川情報図を作成して、土砂流下による各地点の瀬・淵など河川環境の変化(面積、砂・礫の割合等)を定量的に評価する計画とした。

表-2 矢作ダムにおける排砂による影響調査計画（案）

調査項目	調査対象	調査項目	調査内容
供給土砂	粒度組成	粒度試験	基本条件として収集
下流河川の状況	河道形状	横断測量（深淺測量）	既設の堰堤及び取水設備周辺の深淺測量を実施し、治水・利水施設への影響把握のための基礎資料とする
		瀬・淵の詳細測量	水中の河床高の変化をとらえる
	河床材料	目視及び主要地点での粒度試験（構成比、浮石・はまり石）	・河道目視による河床材料マップ ・面的に粒径区分を調査し、河床材料の移動特性を把握 ・砂分分布調査 ・石の下流側に堆積している細粒土砂の分布状況を調査し、細粒土砂の移動特性を把握 ・シルト成分の付着の有無（目視） ・ラジコンヘリによる砂州状況の撮影
		治水・利水施設	・施設の正常な供用、維持管理の状況 ・土砂還元による影響状況
	水質	濁り（SS、濁度）	ダム流入、放流地点及び投入箇所の上流、下流の主要地点で濁度を計測するとともに、出水初期、ピーク時、出水末期では粒径を計測し、土砂投入が生物環境（主に魚類）に与える影響を把握するための基礎資料とする
		水温、PH	基礎資料として収集
下流環境の状況	生物	魚類	・びく覗きなどによるアユの肥満度や個体数の変化を把握 ・河床状況の変化の影響を受け易いと想定される種を中心に、その魚類の生息状況を把握する。 評価単位 ・区間単位もしくは、瀬淵単位
		底生動物	・底生動物の種多様性 河床形態の変化に伴う、底生動物の種の多様性を把握する。 ・生活型の種数・現存量 砂礫帯の形成、アーマー化の改善や浮石の増加等により、生活型（例えば、固着型、掘潜型等）の種数・個体数が変化すると考えられる。よってそれらの変化を把握する。 評価単位 ・測線単位、もしくは瀬淵単位（コドラートによる採取）
		付着藻類	・付着藻類調査 流砂による摩擦や砂粒分やシルトの付着により、付着藻類の現存量や優占種の変化が生じると考えられるため、定量調査をおこない変化を把握する。 評価単位 ・測線単位 （石を選び付着藻類の種構成や現存量を把握）

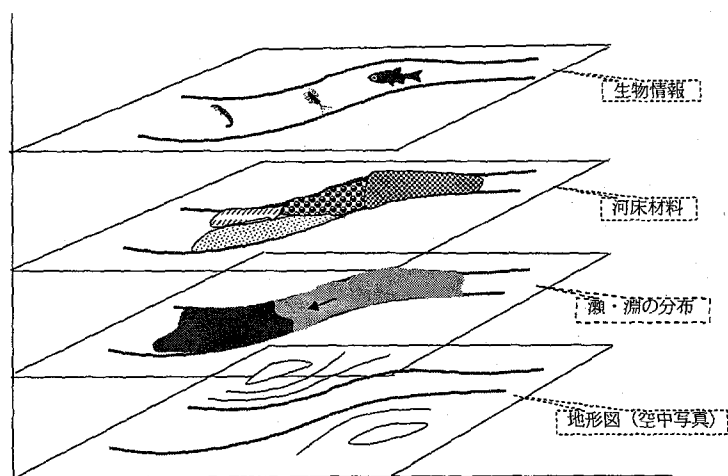


図-9 影響調査結果の重ね合わせによるイメージ図

また、「委員会」での議論を参考に大きな石の下流側での土砂堆積状況を調査し、土砂流下との関係などを把握し、代表地点において大礫間に堆積した土砂の試料採取を行い、室内粒度分析を行こととした。

(4) 生物環境への影響調査計画

生物環境の各要素については、空間的・時系列的な変化と図-4 に示したインパクト・レスポンス図を参考に物理環境の変化を関連付けることにより、土砂還元による生物環境の特徴を整理し、土砂還元による生息生物

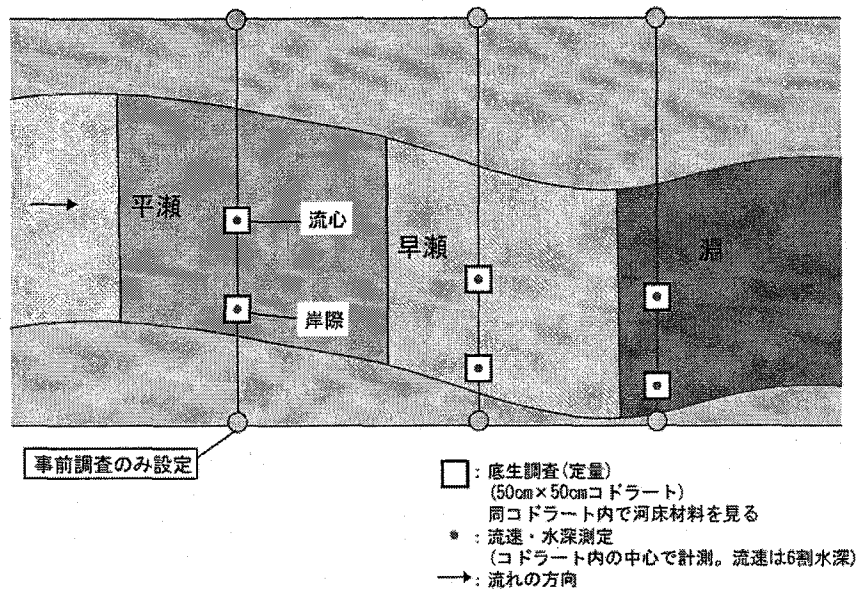


図-10 底生動物調査地点

の環境変化(効果・影響)について仮定したうえで、特に注目すべき生物種について概略検証する。

調査項目は、他河川での土砂還元試験事例及び(財)ダム水源地環境整備センターで作成した「河川土砂還元試験に係わる環境調査マニュアル(一次案)」²⁾を参考に魚類、底生生物、付着藻類とした。各調査内容を表-2に示す。底生動物、付着藻類調査の横断測線は位置を記録し、再現性を持って調査を行えるように配慮した。底生動物調査を例として調査地点の考え方を図-10に示す。調査地点の底質の変化に伴う生物の影響については、底生動物の定性調査により把握することとした。

5. 調査結果と今後の課題

平成18年度の土砂還元試験による物理・生物環境調査では、土砂投入は実施されたものの投入後、土砂が流下する規模の出水が無かったため、投入前の調査を実施し、河川情報図の作成と指標種の選定を行ったのみである。したがって、土砂還元調査に係わる調査結果及び調査結果の評価については、今後の投入土砂の流下状況に応じて報告する予定である。

長期堆砂対策施設完成後に想定した最大排砂量(平均年流入土砂相当:25万 m^3)を継続的に30年間排砂した場合の一次元河床変動シミュレーションによる物理環境調査では、矢作第2ダム下流の利水ダム群において数mオーダーで河床上昇する一方、ダム群下流の河床上昇がほとんど無いことが認められた。このことから、排砂による河床上昇により、利水・治水施設への影響が懸念されること、排砂だけでは河口までは土砂が供給されないこと、等が推定されるため、河口域までの土砂供給方法を含め、何らかの対策を検討した上での影響調査の再検

討が必要である。なお、平成18年度に実施した河床変動シミュレーションは、恒久排砂施設の運用を考慮せず試算した結果であるため、排砂施設計画が確定された段階で、詳細な検討を行う必要がある。

6. おわりに

一般に、土砂還元試験では、投入土砂量が少なく、本論文で提案した影響調査手法についても恒久排砂施設による多量で長期的な排砂による影響を予測するには制約が多いと考えられる。そのため、今後の調査結果を評価し土砂還元試験による影響予測・評価が可能な範囲とするために必要となる投入土砂量との関係を把握したいと考えている。

また、河床変動計算による物理環境予測結果による生物への影響評価の適用方法についても、物理量(粒径、濁度等)の変化による生物環境変化とその生物への影響に関する調査事例は少なく、不明な点が多い³⁾。今後、物理環境変化による生物環境変化ならびに生物への影響評価手法についても検討する予定である。

参考文献

- 1) (財)ダム水源地環境整備センター、平成18年度 矢作ダム堰堤改良事業検討 報告書、2007。
- 2) (財)ダム水源地環境整備センター、河川土砂還元試験に係わる環境調査マニュアル(一次案)、2005。
- 3) 篠原浩一：ダム事業における環境対策の現状と今後の取り組みについて、河川、No.713, pp12-17, 2005。

(2007.4.5受付)