

流況変動に着目した

ダム下流河川環境改善のための環境調査について¹

大杉奉功²・高木多喜雄³・横田雅良⁴

Tomonori OSUGI, Takio TAKAGI and Masayosi YOKOTA

1. はじめに

「河川」という環境の持つ大きな特徴の一つとして、梅雨や台風など季節的に発生する流況変動ダイナミズムがあげられる。自然状態の河川においては、大小様々な流況変動が起こり、その攪乱作用が河川の瀬淵構造など流路形態の形成を促し、その攪乱作用が河川生物の生育・生息環境の多様性を維持している面も多いと考えられている。ダム運用においては、洪水を低減する事が目的の一つであり、また渇水時に維持流量として一定の水量を放流する方式がとられているなど、ダム下流部の流況が平滑化し、多様な生物の生育・生息環境を維持形成する攪乱作用が自然状態に比べて低下することが指摘されている^{1),2)}。また実際に、ダム直下流の河川に生息する底生動物の種組成は異なっているという指摘もあり³⁾、ダム下流の河川環境は自然状態の河川環境から変化している可能性が考えられる。

昨今、河川法の改正により、「河川環境の整備と保全」が河川管理の目的の一つに位置づけられ、多様な生物の生育・生息環境を整備保全するための河川管理を行うことが求められている。こういった時代の要請に応えるためにも、ダム下流の河川環境の改善に向けて、ダムによって流況調節が行われる前のダム下流河川環境の現状を把握し、ダムの運用管理によって調節が行われたときの環境の変化をモニタリングしていくことが重要である。また既設ダム下流の河川環境の現状と自然状態の河川環境を比較し、相違点を明らかにすることも必要であると考えられる。

本研究は、河川が多様な生物の生息場所として機能するために必要な流況変動のあり方やそれを可能にするダムからの放流方式の実現可能性について検討することを最終的な目標として、木津川水系名張川、青蓮寺川において建設中、既設のダム周辺を対象として調査解析手法の検討を試みたものである。

2. 調査検討フロー

この検討の最終的な目標は、ダムからの適正放流管理方式実現の可能性を検討する事であるが、その前段階として、流況変動と河川における生物のハビタットと生物群集の関係を解明する必要がある。そこで図-1のフローに示すような調査検討の手順を組み立てた。

流況管理前段階や既設のダムの下流地点、対照としてのダム上流地点などの適切な地点を選定し、河川の物理環境調査と生物調査を行う。物理環境に関しては、シミュレーション解析が可能なように調査を行い、生物に関しては流況変動との関連性について明らかになるように調査項目を選定する。

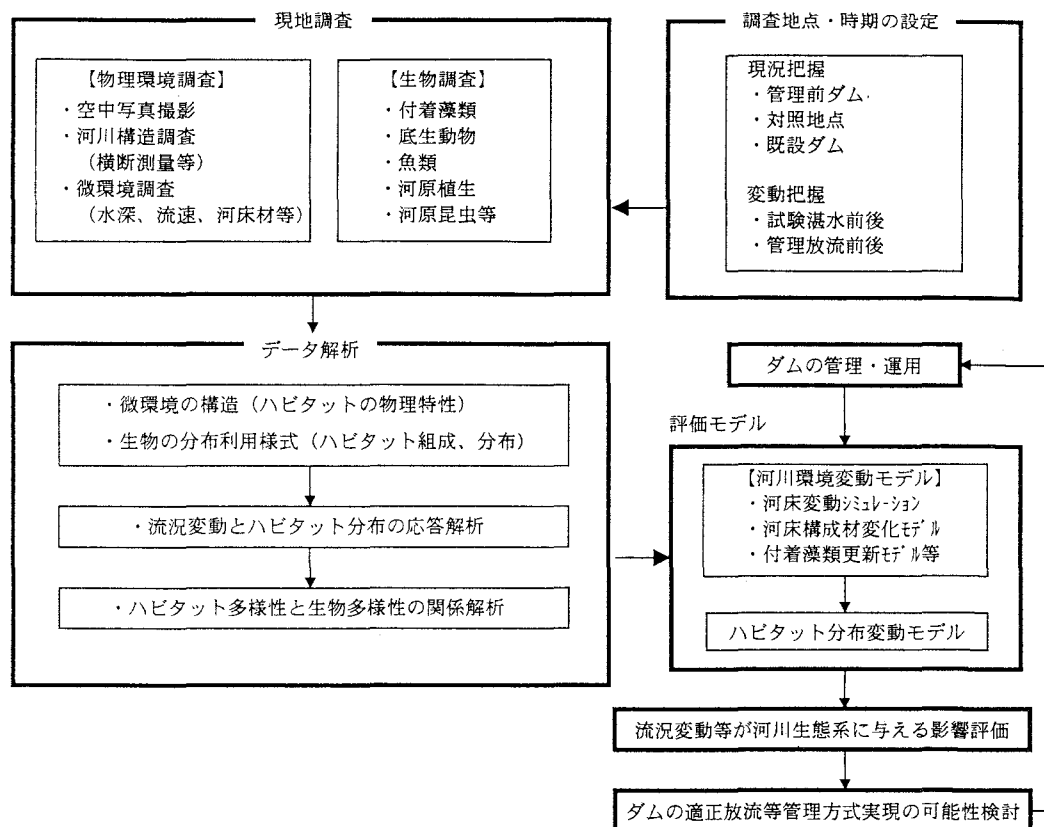
1 キーワード：河川，ダム，流況変動，ハビタット，底生動物群集

2 (財)ダム水源地環境整備センター 研究第三部研究員

(〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-14-2 麹町 NKビル e-mail:t-osugi@wec.or.jp)

3 建設省近畿地方建設局河川部河川管理課長 (〒540-0008 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44 大阪合同庁舎第1号館)

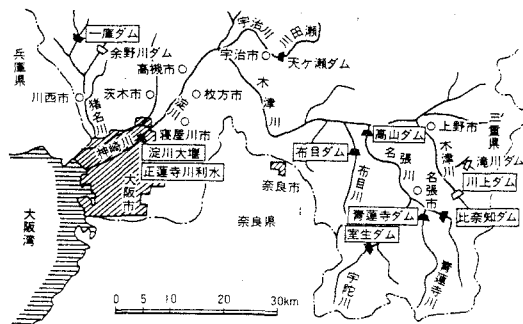
4 水資源開発公団関西支社設計課長 (〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋 2-1-7 櫻北ビル4F)



図－１ 流況変動検討フロー

流況変動によって河床が攪乱を受ける程度を定量的に把握するには、ある流量条件下における河床の変動の程度を河床の攪乱のパラメーターとしてとらえる必要があり、流量と河床の変動条件について水理モデルによる河床変動計算などの手法を用いて解析を行う。

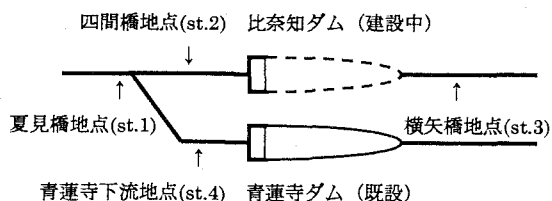
生物のハビタットについて流況変動との関係を把握するためには、直接的に河床変動計算が可能な流速・水深・粒度組成といったパラメータで生物のハビタットを表現し、物理環境と生物ハビタットについて重ね合わせて解析を行う。それら調査結果をもとに、流況変動との関連について河川環境変動モデルなどの手法を用いて検討することで流況変動と河川環境のハビタットとの関係性について明らかにし、ダムからの適正放流管理方式の実現可能性を検討する。



図－２ 位置図

3. 調査地点と調査方法について

調査地点は図－２、図－３に示すように、三重県を流れる木津川水系の名張川と青蓮寺川において、現在水資源開発公団比奈知ダム建設所が建設中である比奈知ダムの下流に、自然流況から連続して変化を調査するため四間橋地点(st.2)を、上流に対照地点として横矢橋地点(st.3)を設定した。また既にダムによる流況変化後の地点として木津川総合管理所が管理している既設の青蓮寺ダム（昭和 45 年度完成）下流の青蓮寺下流地点(st.4)、また、下流域への変化の程度を把握す



図－３ 調査地点配置模式図

るために名張・青蓮寺両河川の合流部夏見橋地点(st.1)を加え、計4地点を調査地点として設定した。

これらの調査地点は同じセグメントに属し、本来同様の「河相」を持つものと期待される。

調査は、表-1に示すとおり、河川生態系を構成する生物群集について包括的に行った。

調査対象は、生産者に対する攪乱の影響を把握するため藻類を、河床の攪乱と生物のハビタットとの関係を把握するため底生動物と魚類を、また陸上の冠水頻度との関連を調べるため、河原植生と陸上昆虫類をそれぞれ調査対象として設定し、調査を行っている。

現段階では、すべての地点の調査結果がまとまっておらず、本報では、比奈知ダムの下流調査地点である、比奈知ダム下流約3kmに位置する四間橋(しけんばし)地点の物理環境特性と底生動物の調査結果について報告する。この地点の調査は、比奈知ダムの運用により今後の環境変化が予想される点で重要である。

4. 物理環境調査

写真-1に示すように、四間橋地点は、緩やかに蛇行している流れの下流部分に当たり、右岸側が水衝部で護岸がなされており、左岸側にはわずかに植生の繁茂した州と発達したツルヨシ群落が存在している。上流側の早瀬から下流側の平瀬へと緩やかに移行し、平水時には左岸側に細く網状に流れる区間が現れる。

四間橋地点における物理環境の調査結果について、水深、流速、底質の粒度区分について、図-2に示す。このように、物理環境の項目については、縦断方向に2mグリッド、横断方向には1mグリッドで深淺測量、流速測定、河床の底質の目視判定を行った。

河床の底質の目視判定については、表-2の区分をもとに各河床材区分の占有率を判定した。

表-1 現地調査の概要

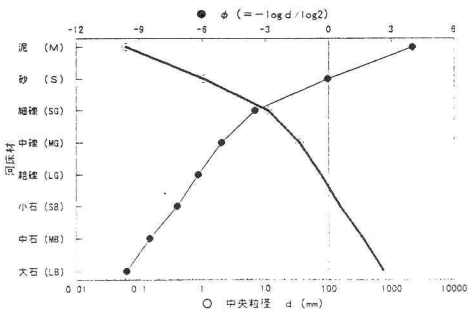
調査名	調査地点	調査方法
物理環境調査	全4地点	微地形測量、流向・流速測定、河床材の潜水目視観察
砂礫地間隙水調査	四間橋地点(st.2)	砂礫地内に埋設された間隙水採取用シリコンチューブからの採水分析(DO、各態のN・P等)
河原植生調査	全4地点	相観及び優占種による植生群落の区分と植生分布図の作成
付着藻類調査 フロラ調査	全4地点	早瀬・平瀬から定量採集(10cm×10cm)し、種別細胞数(群体数)の計数、珪・藍・緑藻類組成把握、現存量の測定及びクロロフィルの分析
現存量調査	四間橋地点(st.2)	魚類除去区で増殖試験、藻類のクロロフィル分析および水質分析(各態のN・P等)
底生動物調査	全4地点	ハビタット毎に、20~30箇所/地点において、表層・下層の2層について定量採集(25cm×25cm、0.25mm目)し、種別個体数の計数、礫サイズの計測、有機物片のサイズ別乾重量の測定
魚類調査	四間橋(st.2) 横矢橋(st.3)	ベルトトランセクト法による潜水目視観察、魚種・体長別魚類生息密度調査、日中・夜間の観察
陸上昆虫類調査	全4地点	バイトトラップ調査、ライトトラップ調査、任意採集法



写真-1 四間橋地点の河川景観

表-2 粒径区分

i	区分	粒径区分	d (mm)	φ
	岩盤	R	—	—
	コンクリート	C	—	—
1	泥	M	0.074mm以下	0.062
2	砂	S	0.074~2mm	1.04
3	細礫	SG	2~20mm	11
4	中礫	MG	20~50mm	35
5	粗礫	LG	50~100mm	75
6	小石	SB	100~200mm	150
7	中石	MB	200~500mm	350
8	大石	LB	500mm以上	750



それらのデータより平均粒径を求めるにあたって、河床材の粒径を基準化するために、粒径 i の中央値 (ϕ_i) と占有率 (s_i) から「 ϕ 値」を次式(1)より算出した。

$$\phi = \sum (\phi_i s_i) / \sum s_i \quad (1)$$

これらの調査結果によって、四間橋地点における河川区間の物理環境特性を図-4のように表すことができる。

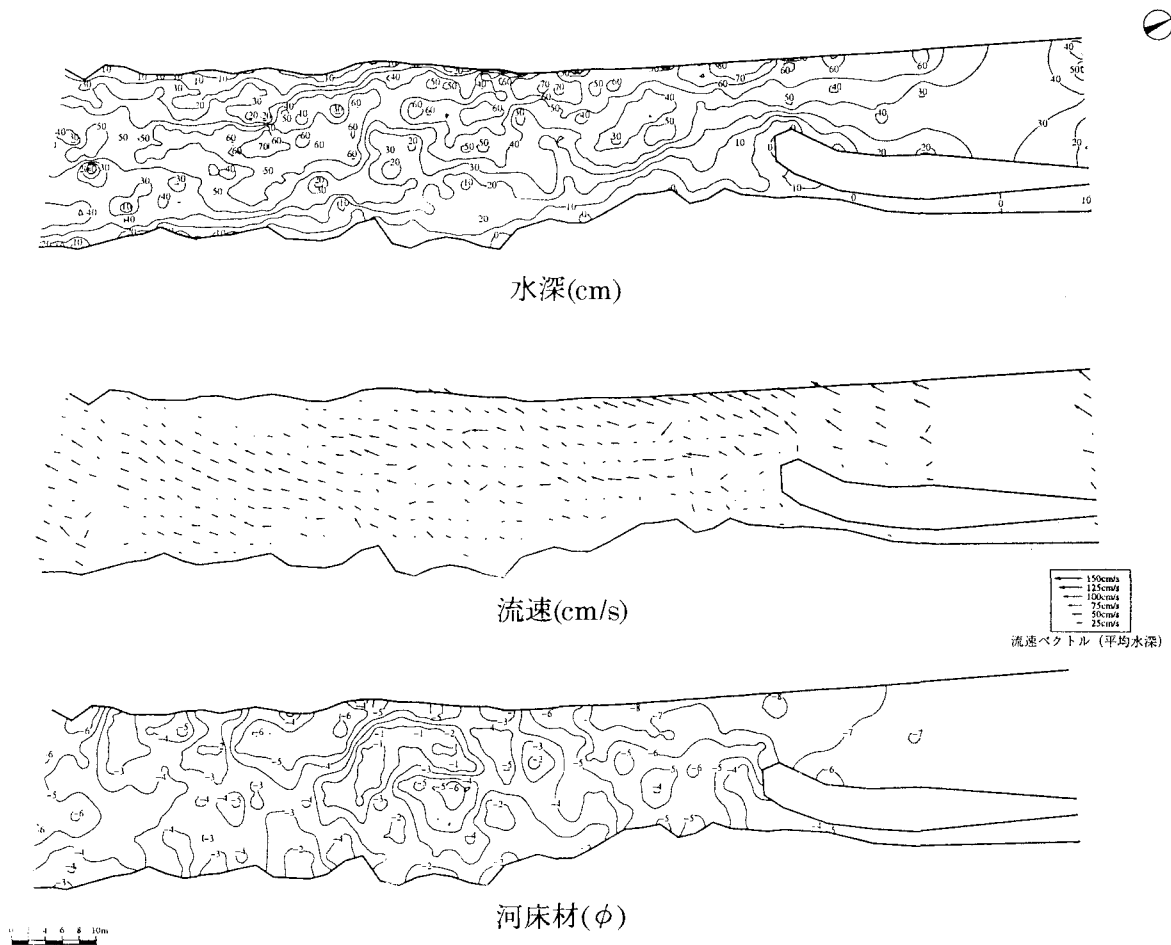
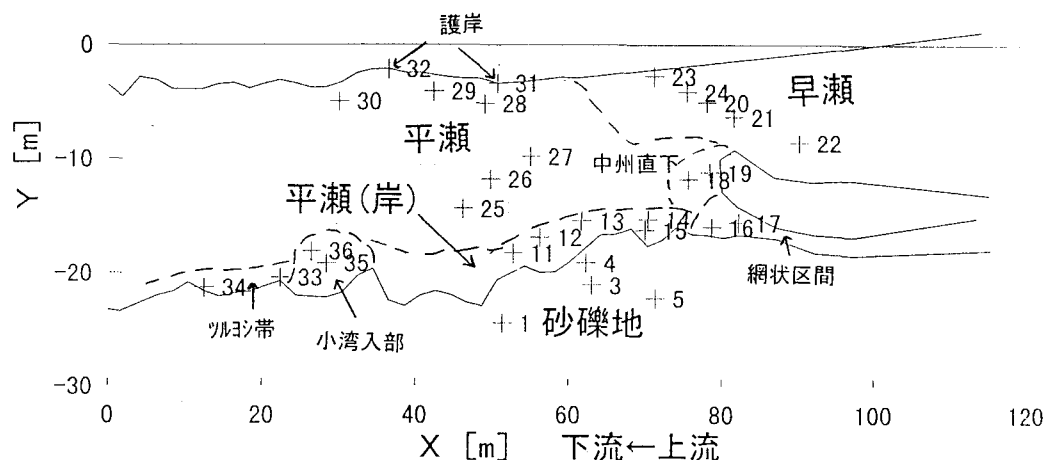


図-4 四間橋地点における物理環境の調査結果

5. 底生動物のサンプリング地点

河川生物のハビタットを把握する調査方法としては、河川の瀬淵構造に着目して、早瀬や平瀬、淵などの数パターンに分類し、それぞれの代表地点ごとの底生動物や魚類の生息密度を比較することが一般的に行われている⁴⁾。しかし最近、魚類や底生動物などにおいて認識すべきハビタットのスケールは、早瀬や平瀬、淵といった認識の仕方では不十分であると考えられている^{5), 6)}。特に底生動物においては「岸際」というハビタットが重要である⁷⁾という指摘があり、底生動物のハビタットの面的な広がりを把握するために、河川の横断方向にも着目すべきであると考えた。

図-5に示すように概略的に景観をもとに9つに区分を行って、それぞれの景観区分の中で水深や流速、底質の粒度の違いを考慮し、同質であろうと判断されるハビタットについて、面積に応じて2地点以上の25cm×25cmのサーバネットを用いた定量サンプリングを行った。



図－5 底生動物のサンプリング地点

各サンプリングポイントにおいては、底質砂礫の一層目の「表層」サンプルとその下の砂礫20cm程度の深さまでサンプリングした「下層」の2層に分けてサンプリングを行った。岩盤や護岸のような環境では表層のみでサンプリングを行い、計55サンプルを得た。

6. 景観区分と底生動物群集組成

得られた55サンプルの底生動物の総個体数は12589個体、1サンプルあたり平均個体数は、約230個体であった。四間橋地点の河川区間全体において、底生動物の中で最も優占していた種類は、フタバコカゲロウ属であり、次いでヒゲユスリカ属、ナガレユスリカ属と続く群集組成になっている。

四間橋地点における底生動物にとってのハビタットの分布構造を把握するため、各サンプルごとに優占種から順に並べた底生動物の群集組成についてのクラスター解析を現在検討中である。予備的に行ったクラスター解析の結果を表－1に示す。底生動物群集は大きく7タイプにクラスタリングされ、各群集タイプごとのそれぞれの景観区分の違いによるサンプル数を表－3に示す。

表－3 底生動物群集と環境区分

底生動物群集	(表中の数値はサンプル数)															合計
	流心部						水際部									
	早瀬		平瀬		平瀬(岸)		中州直下		網状区間		小湾入部		ツルヨシ帯		護岸	
	岩盤	表層	下層	表層	下層	表層	下層	表層	下層	表層	下層	表層	下層	表層	下層	
A: フタバカゲロウ属・ヒゲユスリカ族群集	2	3	3	6	6	3	1	2	2	2	1			1		32
B: ナガレユスリカ族・ユスリカ科(蛹)群集						3	3					1	2	2	1	9
C: ユスリカ族群集						2	1			1	1					5
D: マスダチビヒラドロムシ群集																2
E: ミズミズ科群集															2	1
F: イトミズ科群集															2	1
G: ヒメミズ科群集																1
合計	2	3	3	6	6	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	55

このように、底生動物群集のクラスター解析によると、通常異なるハビタットとして認識されていた早瀬や平瀬が同じA群集にまとめられることになる。このように底生動物群集組成は、これまで一般的に別のハビタットとして調査対象とされてきた早瀬、平瀬の違いよりも調査対象として重要視されてこなかった水際部のハビタットである平瀬の岸沿いや小湾入部、ツルヨシ帯、砂礫地の違いの方が大きい。このことは河川のハビタット構造や生物多様性を考える際に、水際部などについても今後十分考慮して調査検討を行っていく必要がある⁸⁾ことをあらためて示唆している。

また早瀬・平瀬がまとめられているA群集は、まとめられているサンプル数が多く(32/55サンプル)、また例えば同じ早瀬流心でも表層と岩盤では、群集組成は同じでも種類数や多様性指数では岩盤が非常に小さ

いことから区別すべきであることなど、クラスター解析については今後詳細な検討が必要であると考えられる。

7. おわりに

本研究において、ダム下流の河川環境改善を目指したダムの適正放流等管理方式の実現可能性の検討を最終的な目標に置いた、流況変動による河川環境の攪乱が河川の生物多様性の維持形成に及ぼす影響を検討する際の調査解析の進め方を示し、その第1段階として河川の物理環境と生物ハビタットとの関連解明を流況変動とのインターフェースとするなどの検討方針フローを整理した。また底生動物群集を例に生物ハビタットの把握手法の検討を行い、河川の底生動物のハビタットとして水際を考慮することが重要であり、そういったハビタットが河川の生物多様性に果たす役割が大きいことが確認された。

なお本研究は、調査および解析検討を現在も継続中であり、河川の物理特性と生物ハビタットとの関係について、魚類や河原植生などについても解析を進める予定である。放流等管理方式の検討については、今後データ解析から評価モデルへと検討を進めていく研究の流れのイメージとして、例えば付着藻類の生産者としての付着藻類の増殖速度を最大に保つために最も効率の良いフラッシュ頻度を試算するなどの検討手法を考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重なご助言、ご指導をいただいた京都大学防災研究所 池淵周一教授、大阪府立大学総合科学部 谷田一三教授、神戸大学理学部 角野康郎助教授、名古屋大学大学院工学研究科 辻本哲郎助教授ならびに調査研究にご協力下さった関係者の方々にこの場を借りて深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 玉井信行, 松崎浩憲, 白川直樹: 潜在自然型河川の特性とそれに関する研究・河川管理のあり方について, 第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp.147-152, 1997.
- 2) 江村敏, 玉井信行, 松崎浩憲: 生態的なフラッシュ流量に関する考察と貯水池の連結操作による流況の改善について, 環境システム研究 Vol.25, pp.415-420, 1997.
- 3) 足立敏之, 高橋和也: ダム運用に伴う下流河川の河床状態及び底生動物群集への影響と環境影響評価の課題, 環境システム研究 Vol.24, pp.336-342, 1997.
- 4) 水野信彦, 御勢久右衛門: 河川の生態学, 築地書館, 1993.
- 5) 井上幹生, 中野繁: 小河川の物理環境構造と魚類の微生息場所, 日本生態学会誌 44, pp.151-160, 1994.
- 6) 竹門康弘, 谷田一三, 玉置昭夫, 向井宏, 川端善一郎: 棲み場所の生態学, 平凡社, 1995.
- 7) 竹門康弘: 山地溪流の水生昆虫群集における微生息場所類型, 第45回日本生態学会講演要旨集, 1998.
- 8) 谷田一三: 淡水生物の生息場所と種の保全, 土木学会誌, 83巻, 5号, pp.52-54, 1998.