

水制に着目した景観デザインの可能性に関する研究

The Potential of Spur Dikes in Riverside Space Design

楊佳寧* 石井信行**

Chia-Ning YANG, Nobuyuki ISHII

1. はじめに

河川の水辺空間デザインにおいては、「川の営み」を取り込むことによって始めて、自然の有機さ、生命感、絶えず変化する姿という川の本質的魅力を引き出すことができると考えられる。ところがこれまでの河川景観整備では、河川が本来有する動的な特性である「川の営み」に関わることを避け、表面形態を重んじてきた(図-1)。

「川の営みを取り込むデザイン」を、これからの河川整備が目指すべき河川工学、生態学、景観学の融合であると捉えると、近年生息地の保全、創出のために採用されるようになった多自然型工法は大いに注目に値する。中でも水制は、自然の営みの表現度が高いと同時に、水辺の親水活動と関わり合いが深いと考えられる。

しかしながら、水制に関する既存研究では、1) 水制回りの流れと土砂の挙動において解明されていない部分が依然多く、2) 河床変化については洗掘と比べて、堆積に注目する研究はるかに少なく、そして3) 経時的变化を取り込んだ研究も少ないことから、体系的な理論の構築に至っていない。一方、親水活動の釣り、散策、水遊びなどのような「近隣の利用」に関する既存研究では、流速、水深が水中活動に対する脅威など物理的要素に着目した研究¹⁾や、微地形の微妙な凹凸が人間の座る場所に影響するなど興味深い現象を指摘した活動調査による研究²⁾、植生分布の特徴と人間活動との関連性についてまとめる研究³⁾などがあるが、川を自然の場面に還元して環境-人間行為関係の解明を求める研究はまだ希である。

2. 目的

本研究では水制を置くことによって生じた人為と自然との干渉現象に着目して、川の営みを取り込む水辺空間デザインの可能性を具体的に示すことを目的とする。

3. 研究の構成

本論文は、「川の営みを取り込んだデザイン」というコンセプトに従い、デザインの対象とする場所で成立可能な水制を取り巻く現象を予測し、その河川空間を人間活動と空間構成との関連から評

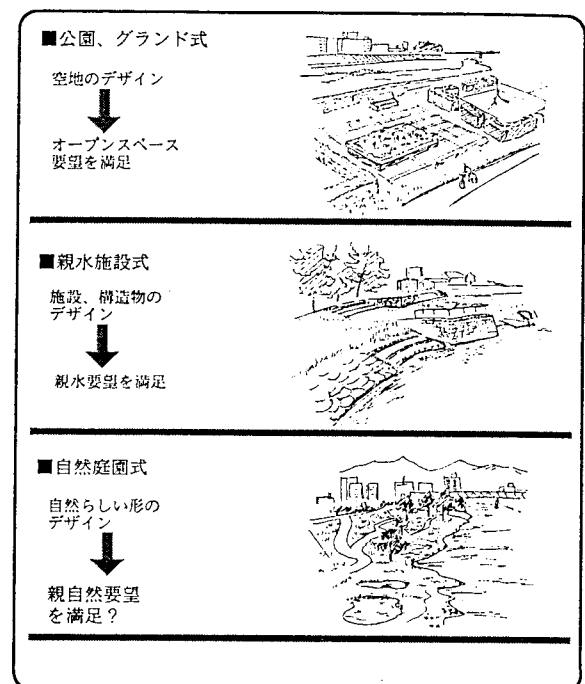
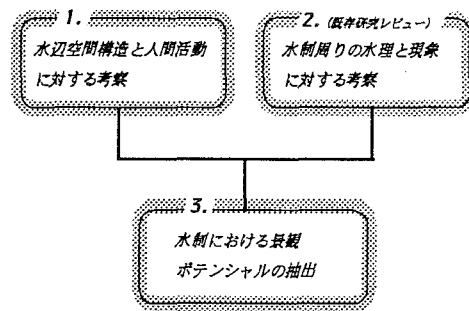
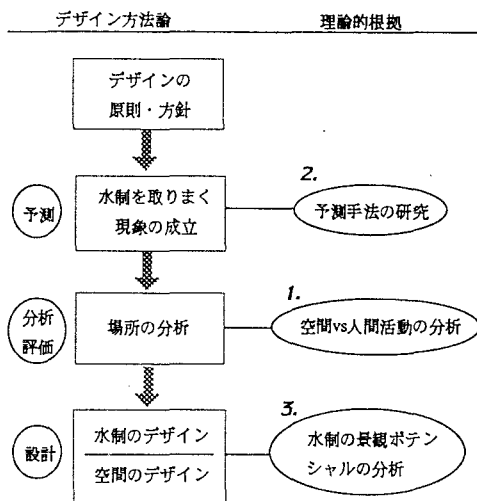


図-1 河川の水辺空間デザインの変遷

キーワード：水制、景観デザイン、堆積・浸食

* エムアンドエムデザイン事務所 (〒107-0051 東京都港区元赤坂1-7-22-605, yang@keikan.t.u-tokyo.ac.jp)

** 東京大学大学院工学系研究科 博士(工学) (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, ishii@keikan.t.u-tokyo.ac.jp)



左 図-2 デザインの流れ
右 図-3 本研究の構成

価し、その結果に基づき水制及び空間を設計するというデザインの流れ（図- 2）をデザイン方法論的に設定し、そのデザインの流れに沿って各段階に必要な理論的根拠が提示できるような構成をとっている（図- 3）。

第一に、貴重な生態保存域ではない身近な自然としての川を対象として、既存研究のレビュー及び水文化に関する随筆の読み取りを行い、水辺空間構造と人間活動の関連性についてまとめる。

第二に、文献調査、既存研究のレビュー及び航空写真の分析から、流況、堆積・浸食といった水制周りの水理と現象について考察し、デザインの対象としてそれらがある程度予測するための定性的な分類を行う。

第三に、水制自体を含みその周りの水理的な現象が、人間活動に適した水辺空間構造を形成しうるかということを検討し、可能な場合を水制における景観ポテンシャルとして抽出する。

4. 水辺空間構造と人間活動

4. 1 河道の区分及び水辺空間構造の考察

河道を、河川工学及び生態学の分野での分類を参考にして、人間活動の議論に対して合理的なように、①山間地河川、②谷川、③扇状地河川、④中間地河川、⑤デルタ河川、及び⑥小川の6区分とした。次に、各河道区分の空間構造：1) 全体形態、2) 水際の形と材料、3) 植生と生き物の生息状況、に対し考察した。

4. 2 随筆から見た環境－行為関係

人間活動については前節の各河道区分に対して、(a) 陸域活動：①アクセス、②拠点、③流軸沿いの移動、④接水性、⑤視対象、(b) 水中活動、(c) 生物との接触、を枠組みにして考察を行った。ここでは水文化をテーマとした雑誌FRONTに掲載された自然河川にまつわる随筆20編から、環境－行為関係が書かれた部分を抽出、分析し、具体的な活動とその物理的な条件の関連及び人間と川との心的な繋がりについての知見を得た。一例として「そこから流れに飛び込み、水にもみくちゃにされつつ、それでも水にはかなく抵抗し、結局は十メートルほど流されて浅瀬に身体をうちあげられる。岸にはい上がって、またもとの場所へ戻って身体を投じる。その単純な繰り返しが楽しかった。（藁科川－扇状地河川）」という文章からは、「扇状地における小規模な瀬と淵が隣接するので、短い距離で、急流のスリルから安全な緩流までという独特な体験ができる。」及び「流れの勢いを利用する水遊びの反復性。」が読みとれた。

その結果、親水整備の行われていない身近な自然としての川に於ける人間の活動が極めて多様であり、その多様さが河川の物理環境と生態環境に依存していることを明らかにした。

5. 水制周りの水理と現象

5. 1 堆積の形と位置に関するパターン分類

水制を「非越流不透過」、「越流不透過」、「透過」の3種類に分け、水制周りの流れ及び河床変化（洗掘・堆積）に関する理論、実験及び予測手法の文献^{4) 5) 6)}を整理した。更に、洪水及び河道特性に応じた水制周りの河岸形成、植生侵入などの経時的变化に注目して研究^{7) 8)}を抽出、整理した。これらと既存研究や

表-1 水制周りの堆積の生成メカニズム

流砂形式	提供ルート	対象水制	堆積発生の判断
掃流砂	先端・主流部の巻き込み	頭部に水刃効果がある	先端部浸食の発生（主流の $\tau_* > 1/4 \tau_{*c}$ ）
	上流側からの提供	透過水制（河床付近に障害とならない）	主流の $\tau_* > \tau_{*c}$ ；水制域内の $\tau_* < \tau_{*c}$
	砂州全体の通過	砂州より低い水制	砂州の移動 $\tau_{*R} > \tau_{*c}$
浮遊砂	巻き込み及び拡散	頭部に水刃効果がある	主流の $\tau_* > 3.6$ ；水制域内の $\tau_* < 0.6$
	上流側からの提供	越流、透過型	

事例調査から読みとれた知見および筆者らの推測を併せて、堆積（侵食）の位置と形のおおむねの傾向を整理し、定性的に模式化した結果、水制周りの堆積を、流砂輸送方式（掃流又は浮遊形式）および水制種類（非越流不透過、越流不透過、透過）を基本の枠組みとし、さらに水制の配置（間隔、向きなど）を考慮した図-4の16パターンに分類できた。また、堆積の生成メカニズムは表-1にまとめられた。

5. 2 航空写真によるケーススタディ

実河川における水制周りの堆積を知るために、木曾川を始めとする国内の13河川における水制設置地点の航空写真から見た河床形態に対して分析を行った。航空写真、現地写真および水制工種に関する資料、砂州の変動、河床低下の有無を含む対象地の河道特性についての情報を集め、実河川における水制周りの堆積、侵食現象はおおむね既存研究および堆積の位置と形で整理した堆積パターンより説明できることが分かった（写真-1～3）。また、複数の年代の資料があるものに関しては、その経年変化を観察した（写真-4）。さらに、これらのケーススタディから既存研究には言及されていない景観的に特徴がある現象も多く観察できた。

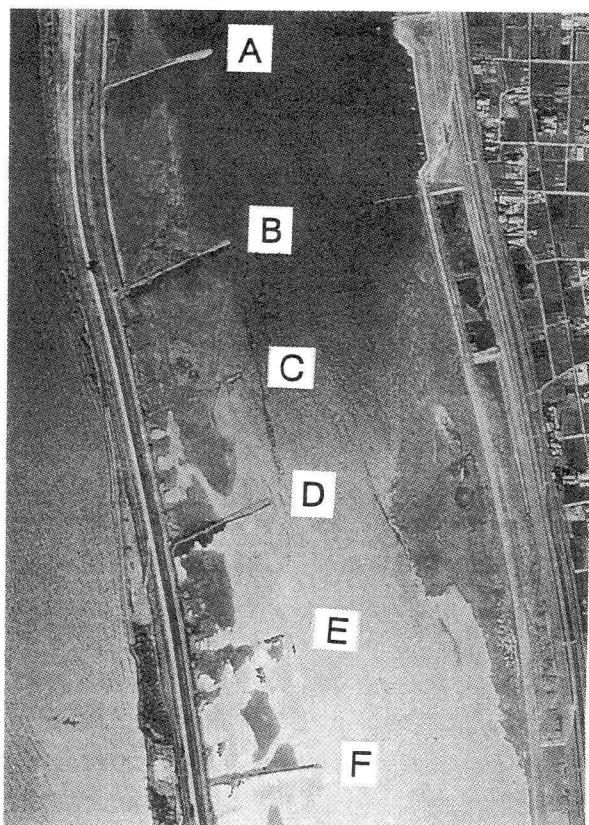


写真-1 木曾川15～16kmの水制群。浮遊砂支配の河道であり、主に不透過のケレップ水制（A,B,D,F）と透過性の杭出し水制（C,Eと短い水制）がある。



写真-2 ケレップ水制
堆積が上流に延伸し、パターンMに対応する。



写真-3 杭出し水制
堆積が下流に延伸し、パターンOに対応する。

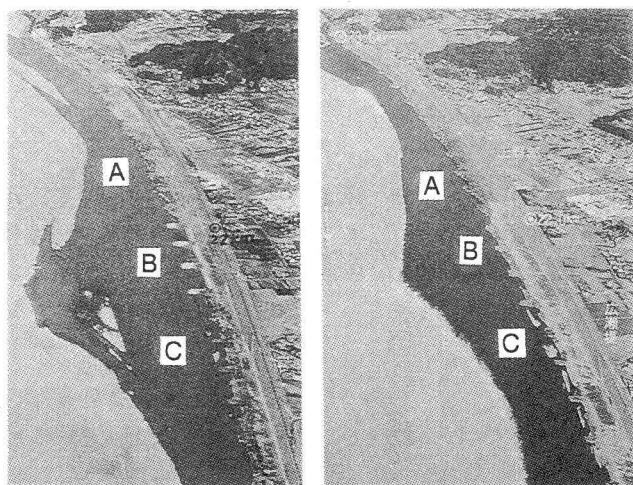


写真-4 天竜川21～23kmの水制群。
左：1985年2月撮影 右：1988年3月撮影

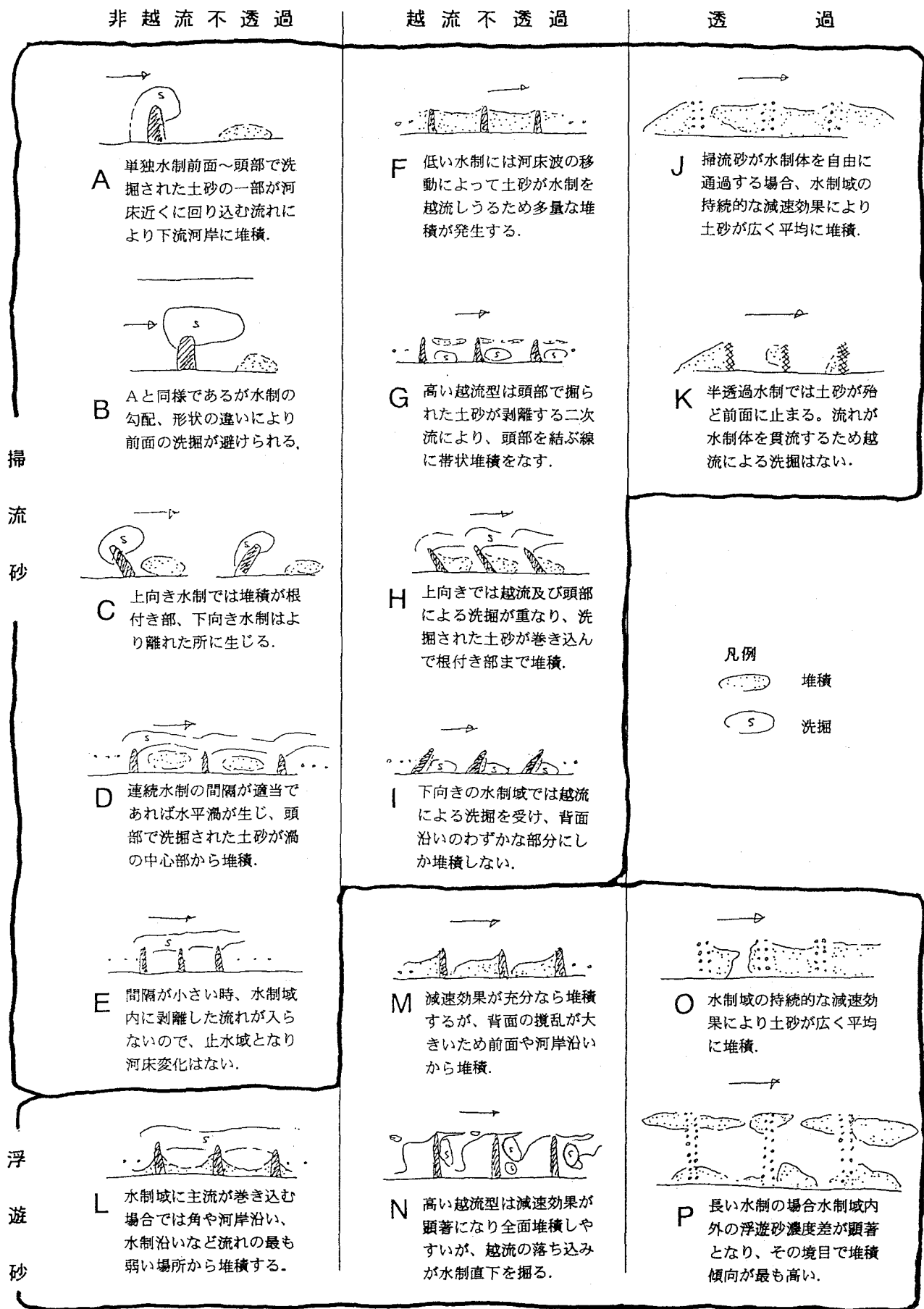


図-4 水制周りの堆積パターン

6. 水制における景観ポテンシャルの抽出

前章で見た川の営みを反映する水制周りの現象および水制が持つ独特な特徴を水辺景観及び人間活動に関連づけ、デザイン要素として位置づけるため、「水制自体」「河床の変化」「流れの変化」「植生の誘致」「生物の誘致」「水際の造形」「経時的变化」の七項目について、水制における景観ポテンシャルを抽出した。これらとポテンシャルを発生させる水制／河道条件および水制操作のポイントを併せて簡単にまとめると表-2になる。以下では特徴的な三例について述べる。

■河床の変化－頭部帯状堆積（図-5）

パターンGに基づくこの堆積形態は、中州のような魅力を有する。すなわち、①河岸に人にとって対岸への眺望に対する視覚的分節をなしている、②隔離された拠点として人を惹き付ける、③主流側と河岸側の二つの顔を有する水際となっている。さらに、帯状堆積と水制自体より、「囲まれた水域」が形成される。これによって、水遊びに適する領域感と水深が得られると思われる。

また、基本パターンの組み合わせにより多くの河床形態が考えられる（図-6）。

■水際の造形

水制を一樣に設置した場合、一樣な堆積・侵食傾向によって水辺に規則的な微地形パターンをつくることがある。この平面秩序は低い視点（水辺視点）では認識されづらいが、流軸方向の眺めに対して特徴的な水際線を形成し、空間の面白みを増やすことができる。例えばパターンMのように水制域内の堆積が非対称である場合、上流方向の景観は水制やその上の植生が水面に映った豊かな表情であり、下流方向は州が滑らかに水制間に付いているように見える（図-7）。

■経時的变化

水制周りに起こる現象は、全て時間軸の中で進行しているものである。このような動的システムを景観の視点から捉えると、何が空間像の形成にとって支配的な要因となるかを見分けなければならない。人間が川に接する、すなわち空間「像」を形成しうる期間は平水時であるが、河道特性、堆積の形成メカニズムは違うにせよ、いずれも2、3年に一度の洪水がきて初めて、「空間」レベルの大きな河床変化が起こる。減水後、流れが河床形態に応じた新しい様相を見せ、植生や生物がこの空間基盤の上に展開しつつ、河床形態の骨格は次の洪水が来るまで保たれることになる。

各河道の性格から水制を有する空間の変化特性を把握してみると、例えば扇状地河川では図-8のようになると考えられる。このような洪水にともなう変化は「川の営みを如実に示している。そして、水辺に置く

表-2 水制の景観ポテンシャル

現象	景観ポテンシャル	通用水制・配置条件	通用河道条件	水制操作ポイント
水制自体	人工支持面	足場、座面、歩行面など	足場になる	表面材
	突き出し	見晴らしの確保	高い、足場になる	水面上高さ、形
		水との接触	低い、足場になる	水面上高さ、形
		心理的誘引	足場にならない	配置、材料
河床の変化	水際の河床込み	視野・領域の限定	連続	間隔、高さ、長さ
	頭部の深い洗掘	溜り、泳ぎ	単独・大間隔非越流	砂利
	頭部の連続した洗掘	泳ぎ	小間隔非越流	砂利、元水深小
	河岸沿いの堆積	出発・到着拠点	水制効果あり	砂利、元水深小
	河岸下の堆積	小間隔不通過	砂利、元水深小	間隔、高さ、長さ
	島状堆積	軽い隔離の拠点	大間隔非越流	砂利、元水深小
	水制群一面堆積	広い地面	越流・通過	砂利、砂州移動、砂
	頭部帯状堆積	視覚的分節、誘引	越流、頭部水制効果あり	水深大きすぎない
	河岸沿いの積み	水遊びの拠点	下向・直角越流	元水深小
	水制沿いの堆積	出発・到着拠点	上向・平通過	砂利
		広い地面		砂利・砂
	断続的堆積	視覚、行動的分節	通過・長大	水深大きすぎない
	囲まれた水域	釣り場	越流不通過（砂）	長さ、間隔、高さ
	水遊びの拠点	水遊びの拠点	L型J型	
	衝突・表情の対比	複対象	頭上・平水面上	急流
	接触対象	低い平水面上		高さ、表面材、間隔
流れの変化	主流・頭部の加速	速い流れ	水制効果あり	砂利
	通過部の減速	緩い流れ	通過性あり	砂利
	裏の静水域	澄んだ水	裏あり・越流	緩流
	渦	反映		頭部形、向き、長さ
	頭部絞絞	入水の限定	水制効果あり	緩流
		複対象、視界誘導		長さ、間隔
	水制上に高水が育つ	アイスストップ	多孔質、高い	（浮遊砂あり）
	水制上に草木類・灌木が育つ	視覚、行動の限定、複対象	多孔質、低い	（浮遊砂あり）
	州に草木類	空間の隠し	（州が発生する）	砂利
	州に抽水植物	季節感、空間の限定	（州が発生する）	砂
植生の誘致	魚果効果	魚影が濃い	大空隙の多孔質	材料、水中部の形（洗掘要素）
	洲の形成	緩流釣り	水制・越流	
	ワンドの形成	緩流釣り	不通過越流	緩流
	浮石	直接接触	オーバーハンギング構造	高さ、間隔
	鳥の飛来	複対象		材料、水中部の形
	昆虫の誘致	直接接触		材料、微細要素（植生の誘致）
水際の造形	一樣水制、微地形による平面秩序	外部より見た平面秩序	一樣な連続水制	川幅あり
		水際のまとまりと面白味	小規模、一樣な連続水制	川幅あり、凹岸、直線部
				形、高さ、間隔（堆積要素）
経時的变化	州の出没、植生の流失	空間像の激変、リズム	（州が発生する）	
	砂州移動による微彫	河原に変化を付ける		砂利・砂州移動
	植生の繁茂、生息地の形成	空間の質変	（植生・生物の誘致）	（植生・生物の誘致）
	雨汐による州、植生の出没	空間像の激変、リズム	（州が発生する）	感潮域

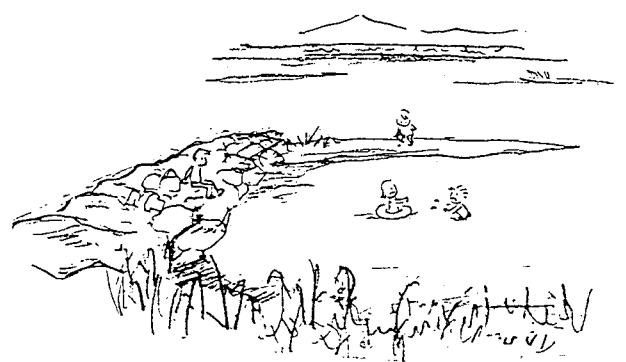
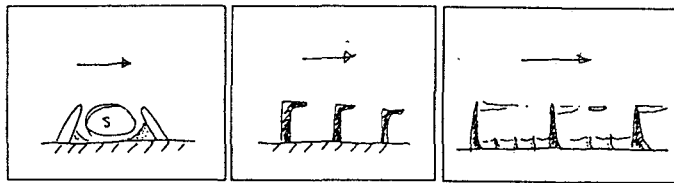


図-5 「頭部帯状堆積」のイメージ

水制は対比的に不変なものとしてこれらの変化を我々に印象強く伝えると思われる。



堆積→深掘の漸変が
入水活動に好都合
水がきれいに
保てる
帯状堆積+水際に
連続した足場

図-6 河床変化における基本パターンの応用



図-7 視方向による水際の見え方の違い
上：上流方向，下：下流方向

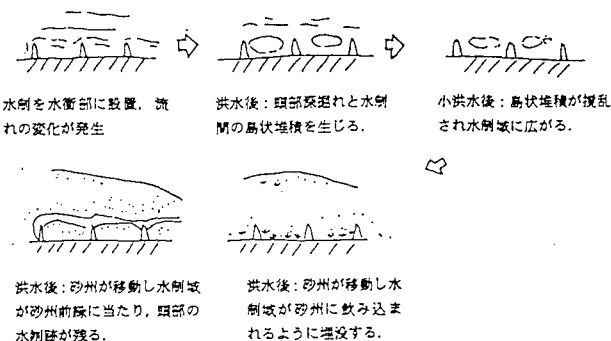


図-8 水制周りの経時的変化模式図（扇状地）

7. 結論

本研究の成果は以下のようにまとめられる：

- ・身近な自然の川における人間の活動がが自然の多様さに大きく依存することを随筆考察などで明らかにした。
- ・水制メカニズムおよび水制周りの経時的変化を既存研究及び調査事例をレビューし、まとめた。
- ・水制における堆積の位置と形について、16通りのパターンを概略的に提示した。
- ・航空写真の分析から、実河川における堆積・浸食現象はおおむね理論的に説明が可能であることを示した。
- ・水制における景観ポテンシャルを抽出し、デザイン要素としてまとめた。

これらにより、水制を例に取り河川工学、生態学、景観学の三分野を融合を目指す「川の営みを取り込むデザイン」の可能性を具体的に示すことができた。

謝辞：東京大学篠原修教授及び建設省土木研究所の山本晃一氏には、本研究を行うに当たり大変お世話になりました。

参考文献

- 1) 松浦・島谷：水辺空間の魅力と創造，鹿島出版会，1987.
- 2) 伊藤等：河川風景主義から見た河川活動空間と景観設計手法，土木計画学論文集 No. 5，1987.
- 3) 篠原等：河川微地形の形態的特徴とその河川景観設計への適用，土木計画学論文集 No. 4，1989.
- 4) 山本晃一：日本の水制，山海堂，1996.
- 5) 秋草等：水制に関する研究，土木研究所報告170号，1960.
- 6) 泉等：透過水制を有する直線砂床河川の平衡横断面形状，土木学会論文集No.565/II-39，pp.31-34，1997.5.
- 7) 藤原等：木曽川水制における植生発達に関する研究，ランドスケープ研究，59（5），1996.
- 8) 土木研究所河川研究室：自然河岸を形成される手法に関する研究，pp.467-494，土木研究所資料第3489号，1997.