

河川の自然環境の保全とその構成

Conservation and Constitution of Natural River Environment

島谷幸宏¹・萱場祐一²

Yukihiro SHIMATANI, Yuichi KAYABA

1. はじめに

近年、国民の自然環境に対する関心も高まり、河川においてもそれを保全、復元する様々な試みがなされてる。しかしながら生物学や工学との境界領域であり学問的体系が未成熟であること、科学的に解明されていない部分も多いことなどより、現場の技術者が手探りでを行っているのが現状である。ここでは、河川の自然環境の構成について述べ、さらに保全する際に重要となる基本的な考え方について述べたい。

2. 河川環境の定義

河川環境という語の定義が学として十分になされているとは言い難いが、河川環境は水と空間との統合体である河川の存在そのものによって、人間と河川との歴史的な関わりの中で人間の日常生活に恵沢を与え、その社会、文化の形成に深く関わる¹⁾社会文化的環境、および河川の存在によってはぐくまれている自然環境よりなると考えられる。従来河川環境の主体は人間であるという考え方が主流であったが、近年生物を主体として河川環境をとらえる考え方も社会権を得、この両者ともが河川環境の主体であるという考え方が一般的になりつつある。

稲作を中心に発展してきた我が国にとって、河川の流量特性や氾濫特性はその地域の文化の形成に大きな影響を与えてきた。常に氾濫にみまわれるところでは強固な共同体意識がはぐくまれ、用水の確保が難しい地域では水を公平に分配するための社会システムが構築されていった。また河川との関わりの中で集落の配置や樹林帯が形成された所も多く、地形、水田とあいまって日本独特の農村風景を特徴づけている。このような水との関わりの中で河川に係わる様々な信仰や諸活動が行われ、それに係わる諸行事、施設などがみられ、そのような人と河川との関わりの中で河川の社会文化的環境は形成されている。

一方、河川空間は生物の生息する場 (habitat) あるいは通り道 (corridor) として国土の自然環境の中で重要な役割を果たしている。河川の自然環境の最大の特徴は洪水による植生基盤などの絶え間ない破壊とその再生および山地域から海域に至る連続性である。流水と流砂の相互作用によって河川内には多様な微地形が形成される。また破壊と再生の繰り返しの中で植生遷移の様々な段階が混在する。これらは限られた河川という空間の中に、多様なハビタットを形成し、そこには様々な生物が生息している。

3. 河川の自然環境

1) 生態系の成り立ち

図一 1 に河川生態系の成り立ちを示す^{2)、3)、4)}。①その系に流入するエネルギーや物質の量と質 ②河川形態や水の流れによって形作られるハビタット ③生物 の3つが河川生態系の基本要素である。

①は降雨にともなう水の流れ、水が運ぶ土砂、有機物、栄養塩類、毒性物質などの流域から流入するさまざまな物質、および太陽光からのエネルギーなどがこれにあたる。①は河川の生産力やハビタットの基本構造を決める重要な要素である。空間的には流域スケール、時間的には10年あるいは数十年レベルで変化するものと考えられる。河川管理との関連を考えて見れば、土地利用の管理や流量あるいは土砂管理といった流域スケールの管理と関連が深い。

1 キーワード：河川、自然環境、ハビタット、ネットワーク

2 建設省土木研究所 環境部 河川環境研究室長

3 建設省土木研究所 環境部 河川環境研究室研究員

②ハビタットは生物の生息場所を示す基本ユニットである。河川は流水と流砂の相互作用により河川微地形が形成され、生物の生息場すなわち多様なハビタットが形成される。瀬や淵、浮き石帯などが水域の代表的なハビタットである。また生物はその生活史の各段階で特定のハビタットを利用し、ハビタットのネットワークを利用してハビタット間の移動をおこなう。したがってハビタットは量、質とともにその分布やつながりも重要である。ハビタットは河床形態や水の流れ、河岸形状などに関連が深く管理のスケールは①より小さい。

河川には多様なハビタットや洪水などによる攪乱によって多様な生物が生息している。そして生物は相互に影響しながら生活を送っている。

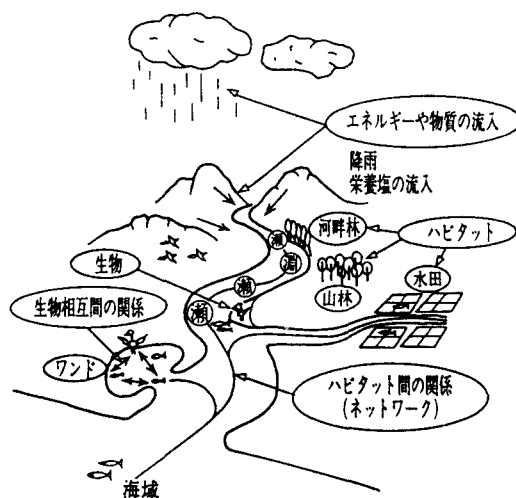


図-1 河川生態系の成り立ち

2) ハビタットの概念

水と空間が一体となって生物の生息するハビタットが形成される。ハビタットは生態学者によりさまざまに定義されるが、ここでは「形態的に一定のまとまりをもった場所のうち、生物が生活史の各段階（採餌、急速、産卵、羽化、蛹化、営巣、避難等）で利用する特定の場所」と定義する⁵⁾。ハビタットは対象となる生物によってそのサイズは異なり、一般に大きな体のものほど大きなハビタットを必要とする。魚、鳥、水生昆虫、陸上昆虫などのハビタットは特に河川管理上重要である。

3) ハビタットの構成要素

ハビタットは図-2に示すように水と空間からなる。水は大きく分けると水質と水量および流速、水深、地下水位など場の水の状態に分けることができる。空間は概念的に水域、水際域、陸域の3つの領域に分けることができ（図-3）、河川微地形、河床材料、人工物、植生などよりなる。以下にハビタットを形成する主要要素について解説する。

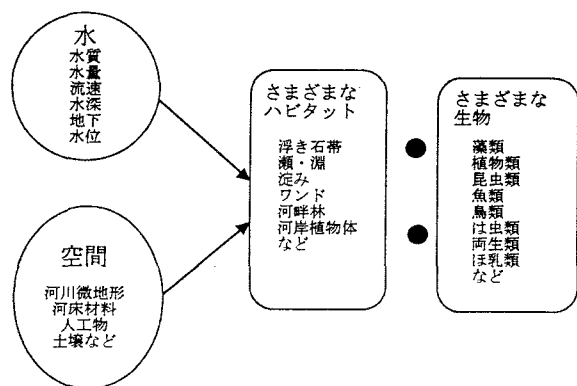


図-2 河川の自然環境の構成概念図

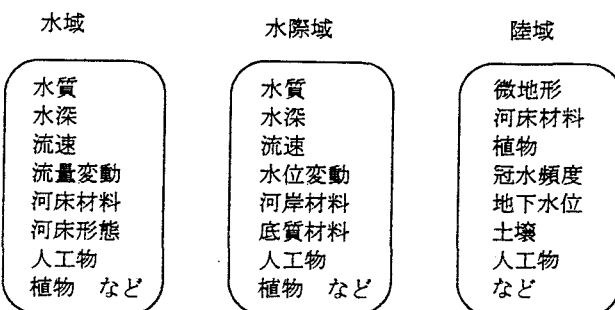


図-3 領域ごとのハビタットの構成・形成要素

(1) 水質

河川の生物は水質と密接な関係をもっている。河川空間の形状など物理的要素のみでは生物の生息は決まっていない。水質が河川生物の生息の制限要素となっている場合が水生昆虫などでよく見られる。

とくに生物と関連が深い水質項目は、生物が生きていくために最も重要な水の酸素濃度（DO）、生物の

餌となるBODで代表される有機物、植物の生産量に関わる栄養塩類、植物生産量を規定する光の透過量や細流分の堆積と関係する無機生物、河口部におけるシジミなどの魚介類の生息に関わる塩素イオン濃度、水温、PH、金属イオン濃度、有害物質などである。

(2) 水量

水量については量と変動が河川の自然環境にとって重要である。量は水深、流速と関係が深くハビタットの質に関係している。また流量の変動が河川の自浄作用の維持や種の保全にとって重要であるという指摘がされているが、流量変動の程度と生態系の安定性、自浄能力、種の保全などとの関係についての研究は殆どないのが現状である。また近年植物の生育条件と水理量の関係についていくつかの研究が見られるが⁶⁾、冠水頻度や洪水時の外力の強弱、堆積土砂の種類、地下水位、発芽時の出水の有無などが植物の育成条件として考えられるが現在のところこれらは十分に解明されていない。

(3) 河床形態

魚類や水生昆虫のハビタットとして重要な瀬や淵は河床形態と密接な関係がある。生態学では瀬の形態をM型、R型、S型と分類しているが(図-4)、それらは河川工学上湾曲部の深掘れ、中規模河床波にともなう河床高の差異、橋脚回りの洗掘、河床の対浸食力にともなう深掘れなどに対応している。また瀬は中規模河床波の前縁部と対応していることが多い。

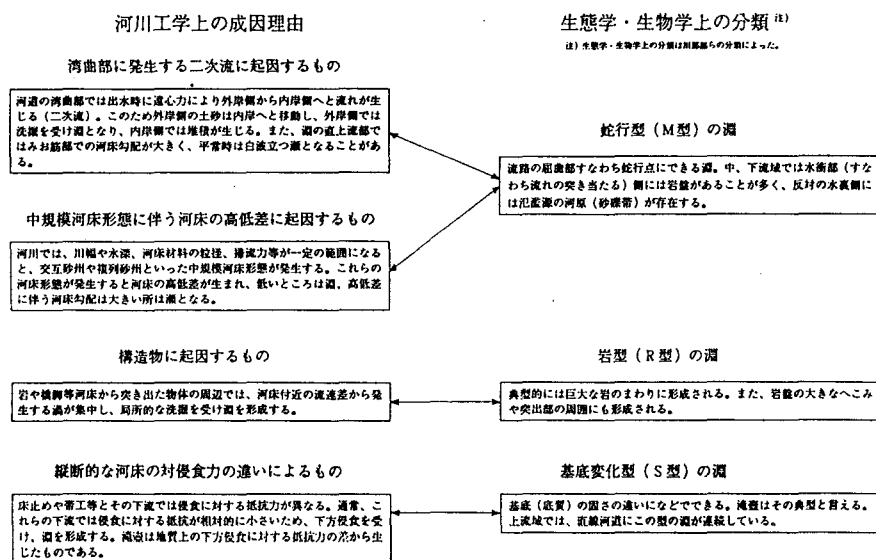


図-4 生態学・生物学における瀬と河川工学との対応

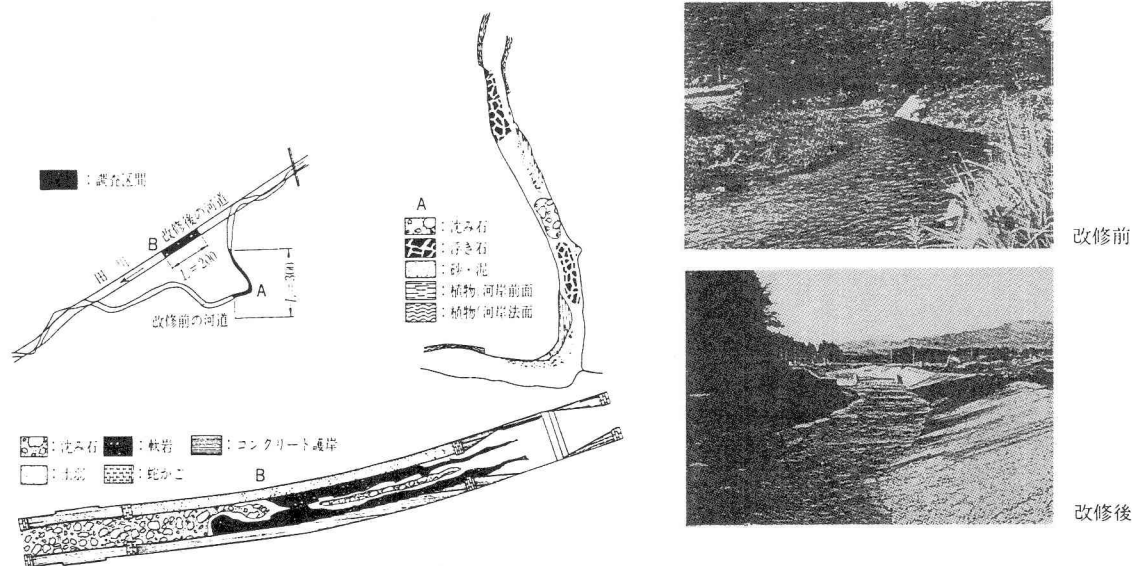
(4) 河床材料(底質材料)

魚類や水生昆虫のハビタットは河床材料の粒径に対応している場合が多く見られる。魚類のカマツカは砂地に生息し、ヨシノボリはれき河床の浮き石帯に産卵することがよく知られている。河床材料の粒径のみではなくそこに含まれる有機物含有量もハビタットと関係する場合がある。たとばスナヤツメは有機物を含んだ砂質あるいはシルト質の河床材料の中に生息する。

このように河床表層部の河床材料の粒径の分布、細粒分の堆積域の面的な把握及びその予測は水域のハビタット区分を行う際にきわめて重要な情報である。

(5) 植物

植物はそれ自体が河川の生物相の一部であると同時に動物のハビタットとなっている。たとえばアシにはオオヨシキリが営巣し、一年草の草地にはヒバリなどが営巣する。また昆虫は植物の種に対応した棲み分けをしていることもよく知られている。



図－5 田川における改修状況と改修前後の河床の状況

	底質の状況			河岸の状況			流れの状況				個体数の増減
	泥・砂	沈み石	浮き石	植物	空隙有	空隙無	淵	平瀬	早瀬	淀み	
ハビタットの増減	↘	↗	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↘	
遊泳魚				○			○	○		□	↘
オイカワ		○					○	○			↗
タモロコ				○						○	↘
底性魚	○									○	↘
スナヤツメ	○									○	↘
ナマズ	○			○	○					○	↘
シマドジョウ	○			○			○	○		○	↘
ホトケドジョウ	○			○						○	↘
ドジョウ	○			○						○	↘

↗ ハビタットおよび個体数の増加を示す。 ○：文献による主な生息場所
 ↘ ハビタットおよび個体数の減少を示す。 □：文献・採捕の両方で確認したもの
 → ハビタットおよび個体数に顕著な増減がないことを示す。 ◎：田川の調査で採捕した場所

図－6 ハビタットの増減と各魚種の増減の関係

以上のように、ハビタットを構成する要素について述べてきたが、ハビタットと生物の生息との関連を田川の事例を参考にしてみる⁷⁾。栃木県宇都宮市を流れる鬼怒川の1次支川田川は1992年の改修により河道の直線化、拡幅、河床の切り下げが行われた。この改修によりハビタットの分布は大きく変化し、改修後浮き石帯、淀み域、淵などのハビタットが無くなった。一方、比較的流れの速い区域（いわゆる平瀬）が広がった。その結果、消失したハビタットに依存していたドジョウ、ホトケドジョウなどが減少し、平瀬を好むオイカワが増加した（図－5、6）。

田川はハビタットが生物の現存量に顕著に影響を与えた例であり、これが一般性をもつかどうかは研究例が少なく明瞭ではないが、ある条件下ではハビタットと生物相の関係はかなり明瞭であることがわかる。

4) 河川のダイナミズムと自然環境

河川の自然環境の最大の特徴は洪水による攪乱とそれからの回復過程が繰り返されることである。河川に生息する生物もこのような破壊と再生の過程に適応し進化してきた生物であり、ケショウヤナギのように、河川のダイナミズムがその生物の生息の可否を決定する場合すらある。

千曲川では近年約18年のサイクルで大きな出水が見られるが、上田市鼠橋付近では1967年大出水の後河道内は一面砂礫地となった。その後、約10年大きな出水が無く河道内には樹木が見られるようになり全体的に植生域が増加したが、1981年に大きな出水があり再び河道内に砂礫地が増加した。現在198

1年の出水から16年が経過したが、河道内には樹木が多く見られるようになってきており、破壊と再生が繰り返される顕著な例として参考になる。このような変動の中でハビタットの量や質も大きく変動し、それに伴って生物相、現存量なども大きく変動していると考えられる。この変動についての研究はきわめて重要であるにも関わらず、空間スケール、時間スケールとも大きいので研究例は僅かで全体像を見通すまでいたっていない。洪水後の水生昆虫の現存量と種構成の変化をその回復過程という観点からの津田の研究例がある程度である。

5) 人為的インパクトと自然環境のレスポンス

河川が何らかの人為的攪乱を受けると河川の自然環境は影響を受け、その後その影響は時間とともに変化していく。その変化はもとの環境に戻ろうとする回復的なものもあれば、新たな平衡点へ向けて変化する場合もある(表-1)。このインパクトとレスポンスの関係を時間変化とともに理解しておくことは重要である。

Pettsは⁸⁾、この関係をDisturbanceとRecoveryという概念で整理しておりDisturbanceに洪水などの

表-1 中小河川改修のインパクトとレスポンス

インパクト	短期的レスポンス	短期的ハビタットや生物への影響	長期的変動
河道の直線化	粗度の減少、流速の増大、湾曲部のポイントバーズの消滅。	ハビタットの多様性が失われる。河床材料が移動せず水質悪化する場合がある。	河道特性、土砂供給量によっては河道内に砂州ができ、次第に環境が多様になっていくことがある。
河道の拡幅	水深の低下、掃流力の減少による河床変動の頻度の減少、すなわち平瀬化。	ハビタットの多様性が失われる。河床材料が移動せず水質悪化する場合がある。	流水と流砂の相互作用によって川幅縮小によって、もとの環境に戻る可能性がある。
河岸の単調化	コンクリート・矢板等による無孔質化、形態の単調化、粗度の減少。	ハビタットの多様性が失われる。流速の増大・避難空間の減少により水生動物の流失増。	コンクリート・矢板等では植生の再生は困難。流速の増大により土砂堆積が妨げられることがある。
河岸の非浸透化	水域と陸地の地下水の分断化。	ハビタットの多様性が失われる。湧水の減少・消滅。湧水・地下水を利用する生物群集へのダメージ。	背後地の地下水位の低下あるいは上昇が生じることがある。
河床掘削	河床の平坦化、粗度の変化。河床低下により支川等との落差が生じる。	ハビタットの多様性が失われる。瀬・淵・浮き石の消失。落差による支川等との生物の移動の阻害。	土砂の供給量・移動条件・堆積条件によっては、何回かの出水で元に戻る可能性がある。
河道の複断面化	低水路幅の拡大が妨げられる。水深・掃流力の確保。高水敷は冠水頻度の減少・地下水位との比高差が増加。	土砂やヘドロの堆積の防止、低水路内での破壊と再生のメカニズムの維持等。高水敷が高い場合、陸生植物の繁茂・水域と陸地の分断化が生じる。	河床掘削に起因して、低水路の低下→木本類の進入→低水路幅の減少→低水路の低下といった一連の変化が起こることがある。
横断工作物による連続性の阻害	上下流で落差が生じる。	洪水等で下流へ移動した魚がもとの場所に戻れない。産卵等で上下流や海へ移動する魚類にダメージを与える。	移動を必要とする種の減少、もしくは絶滅。
クレークの創造等	本川と異なった環境が生じる。	本川にない様々な環境ができ、ハビタットの多様性が増す。	位置設定を誤ると出水により埋没する場合がある。
ワンドの創造	本川と異なった環境が生じる。	ハビタットの多様性が増す。流速の遅い区域が生じるので、稚魚の生息域や洪水時の魚の逃げ場所になる。	水の循環がうまく回れない場合、水質が悪化する。土砂により埋まる場合がある。
河道の急拡	低速域が生じる。	低速域が生じ、ハビタットの多様性が増す。	掃流力低下のため、土砂量が多い河川では埋まってしまう。
人工的な瀬や淵の創造	流速・水深の多様性が増す。	ハビタットの多様性が増す。	水理状況に無理があるとき、維持が困難で元に戻ってしまうことがある。
小さな工夫	(よどみ、浮き石帯等の創造・復元)	ハビタットの多様性が増す。	場合によっては維持が困難であり、堆積・流失によって元に戻ってしまうことがある。
河岸の緑化	流速の低下、水深の多様性、土砂堆積の促進、浸食の防止、水質浄化。	遊泳力の弱い魚類の生息域、産卵・孵化・避難空間等の多様なハビタットができる。	流速が大きく、土砂生産の多い河川では維持が困難な場合がある。
河岸の多孔質化	様々な大きさの空間ができる。	ハビタットの多様性が増す。空間の大きさ、形によって水生生物の休息域や避難域等となっている。	流速が低下するため、有機物や土砂が堆積し、夏季における溶存酸素不足等の問題が生じる場合がある。
河畔林・溪畔林の伐採	日射量の増加、水温の上昇、餌の供給の減少等。	ハビタットの多様性が減少する。ネットワークが分断される。日射量・水温の変化等によって生息する生物の種類が大きく変わる。	生息する生物の種類の変化。
周辺環境との隔離	生物、物質、エネルギー移動の分断。	ネットワークが分断される。	移動を必要とする種の多様性の減少。
水制の設置	流速の変化。土砂の堆積・洗掘。	水深、流速、河床材料、水制の種類によってハビタットの多様性が増す。	水制の規模や形状、河川の特性によって維持が困難な場合がある。
周辺地域の保全と連携	生物の移動が可能になる。水質や水温に影響を与える。	遊水池、水田等のネットワークはハビタットの多様化となる。	多様性の維持。
河道の安定化	河川の生物とその生息空間の破壊と再生の頻度が少ない。	植物の遷移が進む。河床材料が動かないため、それにあつた生物が増加する。	樹林化が進むことがある。
河道の不安定化	河川の生物とその生息空間の破壊と再生の頻度が多くなる。	植物へのダメージのため遷移が進まない。河床材料が動くため、それにあつた生物が増加する。河原に住む動植物の重要なハビタットができる。	破壊と再生を繰り返すため遷移が進まない。

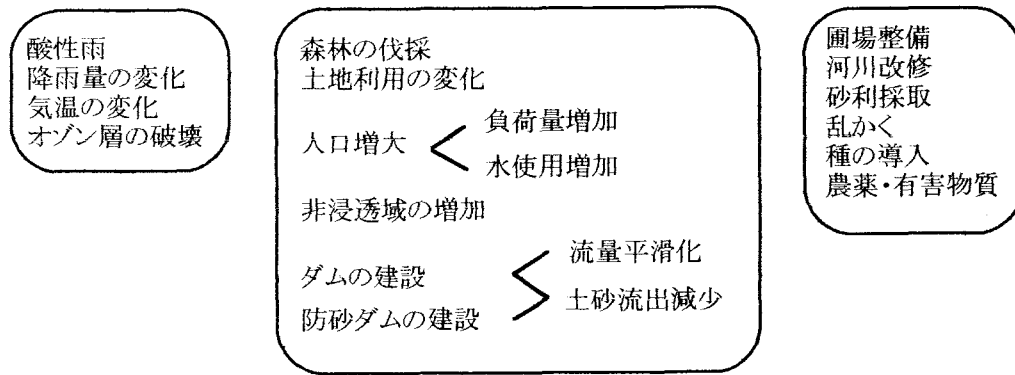


図-7 空間スケールの違いと人為インパクトの種類

自然系の攪乱も含めている。Recoveryというもとの平衡点に戻るようなイメージを受けるためここでは応答という言葉を用いた。人為的インパクトは地球規模のものから河道レベルの地先レベルのものまでさまざまなものがある（図-7）。

4. 河川の自然環境の保全の際に重要となる概念

河川の自然環境を保全するには次のような概念が重要である。

①規範 (approved model)

自然環境を保全するには、どのような状態を目標とするのかが大きな課題となる。このような場合、例えば、近傍の河川で自然環境が良好に保たれている河川、対象とする河川において人為的な影響が軽微であった数十年前の状態、等を規範とし保全目標を立案していくことが考えられる。米国等では同一エコリージョン内で人為的影響が軽微な河川の生物学的な状態を一つの規範とする試みを行っている。

②操作性

河川の自然環境はダイナミズムの影響を受け、保全対象として操作可能なもの、そうでないものがある。一般に、空間スケールが小さいもの程消長スケールが短いため操作対象とはなりにくい性質を持つ。保全の対象となるものの操作性が高いとは限らないことを念頭に置き、保全目標を実現するためにはどこを操作（例えば、河道の平面形状等）すべきかを検討することが重要となる。

③復元性

復元性とは、自然環境が改変もしくは消失した場合にその対象がどの程度の労力や時間で復元するかを表す概念である。一般に空間スケールが小さいもの程復元性が高い傾向があり、この点から考えると「操作性」とは逆の性質を示す。復元性の極めて低いもの、例えば、崖線等地形の変化により生じるような環境は操作すること自体が問題となるためそれ自体の保護を前提とした計画を立案していく必要が生じる。

5. おわりに

本報では、河川の自然環境を保全する際の基本的な考え方を、自然環境の構成やその特徴を論ずることにより述べた。

6. 参考文献

- 1) 河川環境管理のあり方について、河川審議会答申.1981
- 2) Harper, D.M and Smith, C.:The Ecological Management of Natural River Environment, in the Ecological Basis for River Management(Dacid M. Harper and Alastair J.D.), pp.219-238, Willey, Chichester, 1995.
- 3) Committee on Restoration of Aquatic Ecosystems: Rivers and Stream, in Restorariion of Aquatic Ecosystem, in Restoration of Aquatic Ecosystems, pp.165-261, 1992.
- 4) 島谷・萱場：河川の自然環境とその特徴,土と基礎,45-1(468),pp.7-10,1997.
- 5) 島谷・皆川・萱場：中小河川改修と河川の自然環境,土木研究所資料第3452号,1996.
- 6) 例えば、石川：掛妻川の河辺植生,Ⅰ.扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境,日本生態学会誌 41,pp73-84,1988.
- 7) 島谷・小栗・萱場：中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化,第38回水工学論文集,pp.374-344.1994.
- 8) G.E.Petts : Dynamic Componenets of catchment Ecosystems, in the The Rivers Handbook Volume2(Peter C and G E .Petts), pp3-22,1994.