

# ビオトープの世界から見た公共事業の将来

中山 智晴

ビオトープ (Biotop) とは動植物の生息空間を意味するドイツ語で、「ビオトープの世界」とは、「生態系を構成する全階層の生物の棲みか」ということになる。私たちが生態系を構成する一員であることを常に感じることができ、全階層の生物が暮らしていける社会を作り上げていくことが将来の公共事業の姿であると考えている。実現のためには、市民と行政が協働することで、地域の公共事業から得られる効果を周辺の多様な自然環境・社会活動に波及させ、分断化された地域と地域を結ぶことでビオトープならびに社会的なネットワーク化を図り、健全なる国土の生態系を取戻し、循環型社会を営むための創造的な取組みを続けることが不可欠となる。

キーワード：ビオトープ、公共事業、ネットワーク化、生態系、市民

## 1. 自然保護とは

自然保護とは何だろうか。20世紀の初頭、アメリカでこのような問いに激論が交わされている。これが、有名なミューア（植物学者、探検家、作家）とピンショール（森林局初代長官）の、ヘッチヘッチャー・ダム建設を巡る論争である。ミューアにとっての自然とは、原生自然を意味していた。自然は神が創り出したものであり、原生自然を構成する一員として人間が存在しているのである。原生自然は、手付かずのまま保存されるべきであり、ヘッチヘッチャー峡谷にダムを造ることは、神に対する冒とくであったのである。

一方、ピンショールにとっての自然とは、地球とその資源そのものであり、自然保護とは、地球とその資源を人間の永続的な経済発展のために開発・利用することに他ならなかった。したがって、市民に水や電力を供給するためにダムを造ることは、彼にとっては自然の正しい利用の方法であった。結局、この実利主義とよばれた保全思想が繁栄を急ぐ国そして国民に受入れられ、ミューアの思想を凌駕し、テネシー川やコロンビア川の水資源開発に代表される大規模な自然改変を支えるイデオロギーとなったのである。

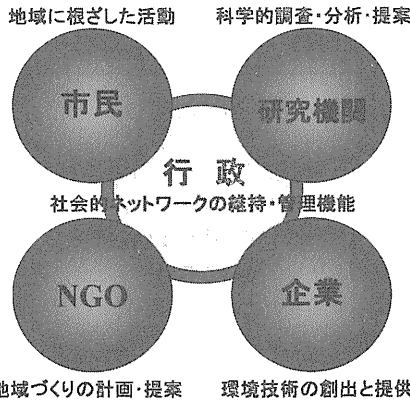
1960年代に入ると、従来の運動とは全く異なる、新しい環境保護運動が展開されるようになる。

第1に自然環境ならびに野生生物の命を自らの思想で操ることに疑問を抱き始めた多くの人間が、実利主義的思想から脱却することになる。自然環境と自分自身の係わりが明らかになるにつれて、人は生態系を構成する一員にすぎず、全階層の生物が暮らしていくことのできる社会の中でしか生きてはいけないという危機感が高まってきた。人間の活動ができるだけ自然の物質循環を損なわないように配慮し、環境を基調とする社会システムを構築していく経済社会、すなわち、持続可能な循環型社会の構築の機運が高まることになる。こうした認識を説得力あるものにしたのが、生態学的知見の発達やその普及であった。

第2に、環境保護運動への参加活動へ、一般市民、NGO (Non Government Organization) が係わりをもち始めたことである。かつての自然保護運動の中心が、自然愛好家、登山家、動植物学者、一部知識人や政治家などであったとすると、1960年代以降今日にまで続く運動を支えているのは、広範囲の一般大衆であった。

第3に、科学技術の環境保護への応用が活発化してきたことである。企業が先導する形で太陽光や風力を利用した発電などの実用化が始まっている。化石燃料依存型から脱却するためのエネルギー資源として期待されている。

20世紀の大量生産、大量消費、大量廃棄の暮らしから脱却し、持続可能な循環型社会を構築するためには、従来型の産・官・学の連携による取組



図一 循環型社会構築に向けての社会的ネットワークの構成

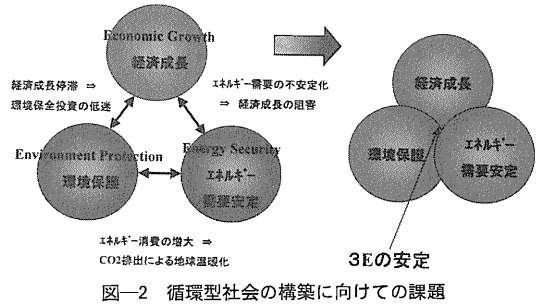
みに、市民・NGOを取込んだ、産・官・学・民の連動・協働が不可欠なものとなっている。

事業に責任を持って取組み、継続性が保証される行政、活動内容に制約がなく多様なことを地域に根ざして出来る「市民」、行政と住民の橋渡しをする存在として、また住民、専門家等のネットワークにより総合的な地域づくり提案を行う存在として、その役割が期待される「NGO」、科学的、技術的に解決しなければならない課題に対して調査・分析を踏まえた提案の出来る「研究機関」、環境技術の創出と提供を行う「企業」の役割が重要である（図一参照）。

## 2. 循環型社会は地域づくりから

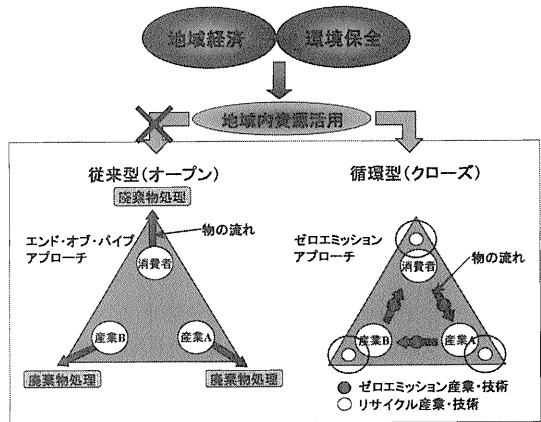
日本は、経済のグローバル化を急ぐあまりに、長い年月をかけて築き上げてきた日本固有の地域経済に基礎をおく産業活動から目を背けてきた。経済のグローバル化は日本の経済を成長させたが、それは自国、他国の自然を破壊し運んできた資源・エネルギーの大量消費の上に成り立つものであった。

循環型社会の構築は「経済を維持・成長」させながら、一方で「エネルギー需要を安定」させ、そして「環境保護を実現」させるというトリレンマ (trilemma) の鍵を解くことで達成される（図一2参照）。すなわち、物の流れを「系」から外へ発散させていく従来型ではなく、「系」の中で回す循環型のシステムとする必要がある。また、広い「系」の中で物を回すとエネルギー効率が悪い。ロスが多く出る。したがって、循環型社会はグロー



図一2 循環型社会の構築に向けての課題

バルな世界で形成させることは難しく、健全なる地域経済を再構築し、自然から得ることのできる林産物や農産物に代表される再生産可能な資源としての地域内資源を活用することで循環型社会を取返せると考える（図一3参照）。



図一3 地域経済を形成する産業活動の在り方  
—21世紀の新たなライフスタイルの提案—

地域づくりをとおして循環型社会の構築に取り組んでいる例として、兵庫県宍粟郡の取組みを紹介する（図一4参照）。

### <取組1> 有機性廃棄物の活用

農林業等から産出される草本・木本系のバイオマスから石油代替エネルギーや、燃料電池の燃料となるメタノールを生産・販売し、再生可能なクリーンエネルギーの自給率を高める。また、バイオマスの一部と畜産糞尿から町内消費用のコンポストを生産し、堆肥の自給と有機農業を推進する。メタノール製造時に発生する大量の廃熱を利用して発電を行い、売電を行う。また、発電後の廃熱を利用し、温室野菜や、地域冷暖房を行う。

### <取組2> 森林の新たな経営スタイルの確立 経済林では、間伐材の有効活用や標準材、長伐

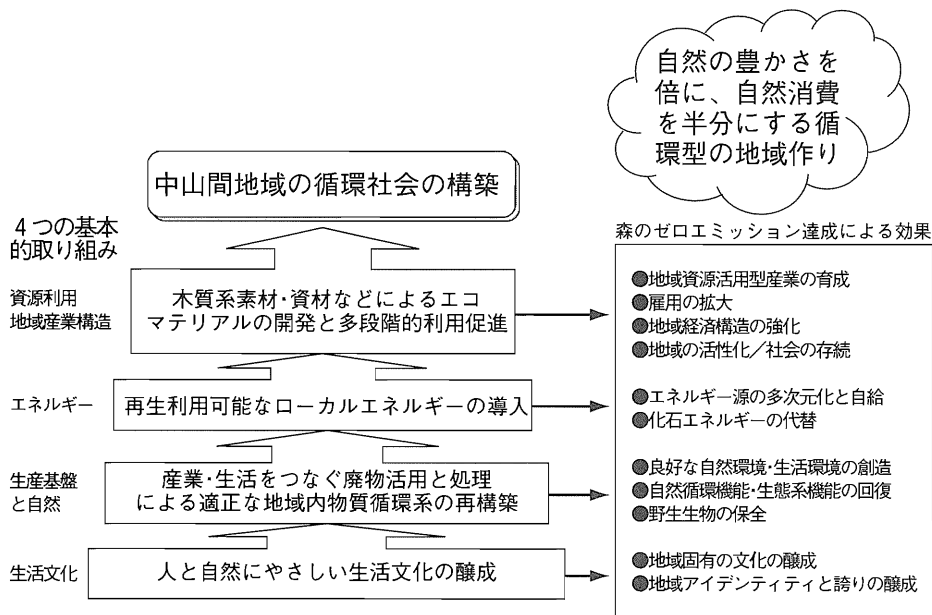


図-4 農山村地域における循環型社会形成に向けての取組み

期林と多段的な材の産出をする。木材のエコマテリアルとしての多様な利用を推進する。再造林にあたっては、一部広葉樹の植栽や複層林施業も織交ぜて、生態系バランスの配慮を行う。

＜取組 3＞ 地域資源開発研究組織の編成—地元シンクタンクの育成—

＜取組 4＞ 都市との交流・支援組織の構築—森林塾の開校—

＜取組 5＞ ゼロエミッション型まちづくり

取組 1~4 を目標として、町民及び町が実施する活動や事業と有機的な関連を持たせた「ゼロエミッション型まちづくり」を推進していく。

### 3. 地域性を持つ生態系

循環型社会は地域内資源を積極的に活用することで構築されていくが、持続的な資源を産出し続けるためには、地域生態系の機能を回復させることが不可欠となる。

生態系とは、生物の集団とそれを取巻く非生物的環境（土壌、水、大気、太陽光など）をあわせて、一つの機能的なシステムとしてとらえたものをよび、ビオトープ（Biotop）とは健全な生態系が成立している動植物の空間と捉えることができる。生態系の中で、食物連鎖でつながっている

生物を、生産者、一次消費者、二次消費者などといった栄養の取り方で分けたものを「栄養段階」とよぶ（図-5 参照）。

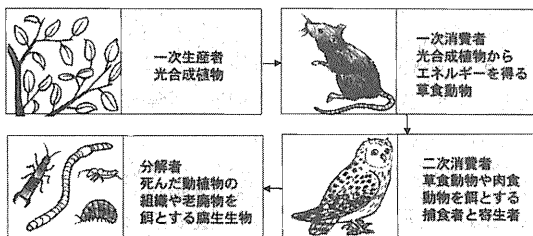


図-5 栄養段階とは

各栄養段階の間ではふつう、生産性の個体数やエネルギー量をもっとも多く、次いで一次消費者、二次消費者の順に少なくなる傾向にある。そこで、各栄養段階を、それぞれの量の違いに応じた長方形で表わし、それを生産者、一次消費者、二次消費者の順に積上げると、ピラミッド型になる。これを「生態系ピラミッド」という（図-6 参照）。

多くの植物は、土壌から養分と水分、大気から二酸化炭素を吸収し、太陽をエネルギー源とし、人間を含め地球上の動物の生存にかかせない炭水化物、タンパク質、脂肪などの有機物を生み出している。これを草食性の昆虫が食べ、これらの草

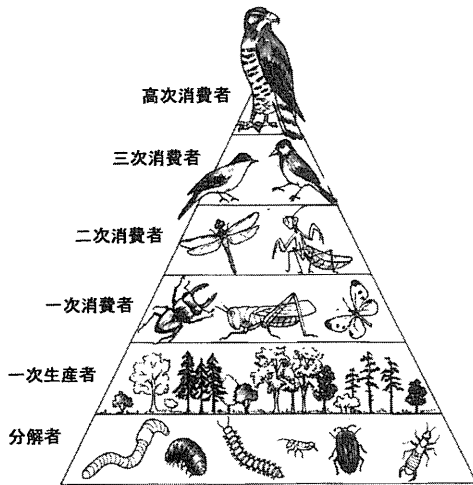


図-6 生態系ピラミッドの例 (頂点は猛禽類のサシバ)

食性昆虫を肉食性の小動物、昆虫が食べている。さらにこれを食べる高次消費者が存在する。こうした食物連鎖の頂点に位置しているのが、ワシ、タカ、サシバといった猛禽類、キツネ、タヌキといった肉食哺乳類である。

高次消費者であるほど広範囲な自然環境と多くのエサを必要とするので、食物連鎖の頂点に位置するワシ、タカやサシバなどが生息している地域は、質・量的に健全な生態系を保持しているといえる。このことは、自然環境の一部が失われたり、生態系の構成要素の一部が欠けることで生態系のバランスが崩れたとき、まず最初に姿を消すのは高次消費者であることも意味している。例えば、サシバが生息している森林の一部が伐採されると、森林に依存していた昆虫の一部が生存できなくなり、その昆虫をエサとしていたカエル、そしてカエルをエサとしていたヘビや小鳥の個体数も影響を受け減少していく。その結果、ヘビや小鳥をエサとしていたサシバも生存できなくなってしまう。このように、ピラミッドの底辺に位置する土壌の変化に敏感に反応するのが猛禽類等の高次消費者である。生態系ピラミッドの各栄養段階における生物の絶滅や減少は、生態系全体に大きな悪影響を及ぼし、人々の暮らしを潤す地域内資源の枯渇を促す。さらには、循環型社会の構築を阻害する。

このように、生態系とは微妙なバランスの上に成立している壊れやすい系である。しかし、生態

系に関して解明されている点の一部にすぎない。たとえば、いまだに性質が把握されていない多くの生物がいる。種間の関係が複雑で入組んでいる。一種の生物の損失が生態系にどのような影響を及ぼすかを予測することは将来にわたっても困難であることなどである。

さらに、日本の国土は、亜寒帯、温帯、暖帯、亜熱帯にまたがる縦長の形状をしている。北には流水、南にはサンゴ礁を眺めることができ、世界でも稀にみる自然環境の多様性に富む国である。各地域ごとの気候・風土に影響を受けながら、長い年月をかけてその地固有の生態系を形成してきた。ビオトープの世界から見れば、各地域ごとに固有の生態系が形成されており、一つとして同じ系は存在していない。したがって、生態系の機能を回復する際にも、全国同一の基準での方法というものは存在せず、地域ごとに固有の回復事業を計画しなければならない。したがって、生態系の機能を回復させる際には、周辺に暮らす人たちの知恵や経験を活かし、地域の生態に精通した研究者、NGO関係者の協力の下に、現状そして目標とする生態系の姿を明確にしておく必要がある。

#### 4. 地域生態系の機能回復

生態系のもつ本来の力を引出し、持続的に地域内資源を産出するためには、生態系を構成する個々のビオトープ (例えば、里山、河川流域、草原など) の健全性を取戻すと共に、道路などの人工構造物で分断されたビオトープ同士をつなぐビオトープ・ネットワーク化の推進を図り、それを維持・管理する社会的ネットワークを構築することが不可欠である。

##### (1) ビオトープのネットワーク化

生態系は地域固有の系を成すことから、地域からの発想による創意・工夫がなされて初めてビオトープのネットワーク化が達成できる。

生物が自由に移動可能で、生息できるようにするためには、個々のビオトープをつないで線・面的広がりとして考える、エコロジカル・ネットワークとしてのビオトープとして位置付ける必要がある。ビオトープ・ネットワークは、様々な規

模・形状をもつ自然的要素を、面（核）・線（回廊）・点（拠点）として位置付けを与えながら構想することが有効となる（図-7 参照）。

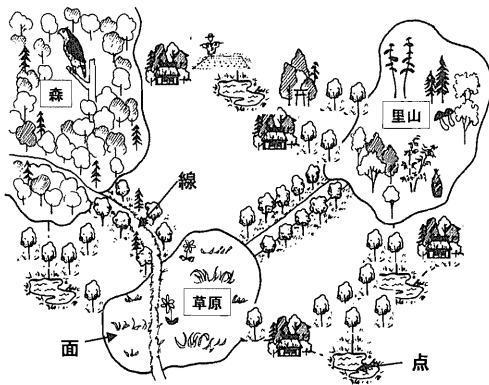


図-7 ビオトープ・ネットワークの概念図

かつては一面に森林や草地であったところに都市や農村、道路やゴルフ場などが侵入し、自然の空間が破壊され寸断された。さらに都市・農村などが拡大し、今や自然地は島のように点在するまでに減少した。残された自然生態系を保護するばかりでなく、あるべき自然のネットワークを計画し、都市・農村の中に新たにビオトープを復元することが必要不可欠な状況に追いやられている。

河川などは回廊としての役割をもたせるためにコンクリート護岸で固めず、緑豊かな空間を保持する必要があるし、道路は自然の回廊を分断しないよう工夫し、動物のためのトンネルなどの道路（図-8）を設けるべきである。このエコロードの整備の推進に関しては、動植物の分布状況等の地域の自然環境に関する調査を踏まえたうえで、自然との調和を目指したルート選定等を行うとともに



図-8 エコロードの一例（アンダーパスの橋梁）

に、自然環境の豊かな地域では、必要に応じ、橋梁・トンネル構造物等、地形・植生の大きな改変を避けるための構造形式の採用を図ることが必要である。また、動物が道路を横断するための「けもの道」の確保、野鳥の飛行コースに配慮した植樹、小動物が落下しても這い出せる側溝、産卵池の移設等、生態系全般との共生を図るための構造・工法の採用を推進することが不可欠となる。

さらに広い視野から日本全体の生物の移動を踏まえて、県境を越えた森-川-海のネットワーク化が必要となろう。

ビオトープの復元・創出に関わる技術開発は、政策や計画を実行・実践しながら進められていくものである。地域性があり非常に複雑なシステムを対象にしなければならず、不確実性がとても高い。このため、マニュアル化して対処するのではなく、その場その場で技術開発しながら実行していかなければならない。その際、重要なことは、試行錯誤が許されるような政策実施のシステムが存在していることであり、北米等ではアダプティブマネジメント（順応的な管理）という政策手法として、広く理解されている。また、その際、多様な主体の参加と、そのための意思決定フォーラムの仕組みが必要となる。ビオトープの復元・創出事業を実施する場合には、大型技術施工を見直し、小回りが利き、その技術によって創出した人工物にマイナス面が出てきた場合に、取除ける程度の、中型技術に力をそそぐことが大切である。

## （2）地域に適合した公共事業

ビオトープのネットワーク化に伴い本来の機能を取戻しつつある生態系を守り、育てることは長い時間を要し、その成果を得るためには数十年、数百年という時間を要す事業となる。したがって、現在の活動が次世代へと受継がれる仕組みづくりが必要となる。生態系のもつ諸機能や育成管理の超長期性が地域の人々に十分に理解されたいうで、地域の住民やNGO、行政等が一体となって取組みを進めていくことが不可欠となる。健全で活力のある生態系を守り育てていくとの観点に立った地域社会の合意に基づく生態系の管理、資源の循環利用が行われる仕組みづくりが必要となっている。



廊をつくり、国土の保全や水資源のかん養機能を再生し、教育・文化の場をつくりだすといった自然の機能を活用することが可能となる。

このように、国土の整備や管理のあり方が変わっていくと、雇用も大きな変化が出てくることが想像される。市民活動を媒介に施策の総合化を進め、一つの公共事業から得られる効果を地域の多様な社会活動（環境、教育、福祉、産業など）に最大限に波及させ、地域を再構築していくことで、雇用創出にもつながるのである。

### 6. 事例紹介—多自然型川づくり—

1994年に建設省（現、国土交通省）が策定した環境政策大綱は、環境への影響を考慮した土木のあり方について触れている。その前文には、「自然や生態系は物質の循環系を形成するため、人間の活動がこれらに与える影響も複雑であり、これらに対する科学的な知見を蓄積し、解明し、国土建設分野の環境技術の一層の高度化を図ることが重要である。……(中略)……健全で恵み豊かな環境を保全しながら、人と自然との触れ合いが保たれた、ゆとりとうるおいのある美しい環境を創造するとともに、地球環境問題の解決に貢献することが建設行政の本来の使命であるとの認識をすること、すなわち「環境」を建設行政において内部目的化するものとする」とある。

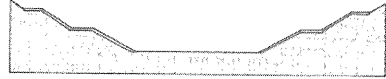
具体的な実現方法の一つとして、「多自然型川づくり」の事例を紹介する。

河川改修等に当たって大切なことは、瀬と淵を保全し又は再生し、川幅を広く取れるところは広くし、植生や自然石を利用した護岸を採用するなど、自然の川のもつ多様な機能を尊重し、多様性に富んだ環境の保全を図ることにより、生物の良好な生息・生育環境および自然の川らしい美しい風景を保全・創出するほか、海から川をさかのぼる魚等に配慮して、堰、ダム、砂防ダム等に魚道等を設置し、遡上や降下にできるだけ支障を与えないようにすることである。そして、河川における多様な生態系の保存、復元のため、ビオトープの形成を図ることである。

図-9は多自然型川づくりの手順一例である。

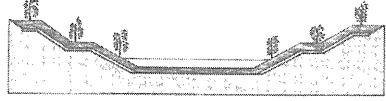
図-10はコンクリート護岸に代わる方法とし

#### 1. 護岸ブロックの敷設



多自然型川づくりが行われる前

#### 2. ブロックの上に土を約1m盛り、ヤナギを植栽



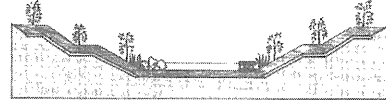
盛土した法面には多くの植物が生える

#### 3. 川の中に巨石や木工沈床を配置する



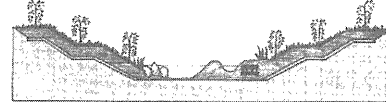
根固めを行ない、川の流れに変化をつけるとともに魚類の生息空間を創出

#### 4. 川岸に水生植物を移植



水辺の環境を多様にし、昆虫や爬虫類などが棲める環境を創出

#### 5. 川を蛇行させ、瀬や淵、中州などを創出



流れに変化をつけ、多様な空間を創出

図-9 多自然型川づくりの手順一例

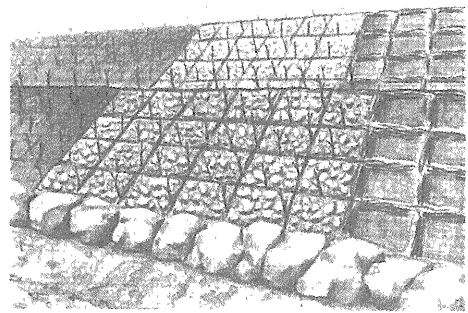
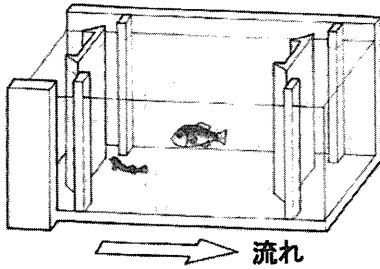


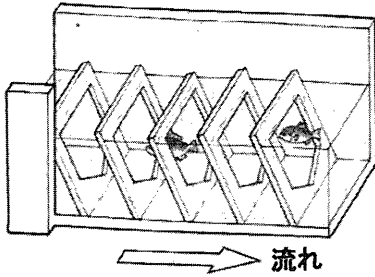
図-10 柳枝工

て、ビオトープを意識した柳枝工<sup>りゅうしこう</sup>とよばれる伝統的河川工法である。川床が砂で構成される河川では、通常のコンクリートブロック根固め工を実施すると、法先が洗掘される恐れがあるため、自然石を取り入れ、柳の植付けを行う柳枝工護岸で代用できる。柳枝工は法覆工の最も簡易な工法で、柳の群生地を創出して水辺生態系と陸上生態系との移行帯工法として実現できる。石材間を通して伸びた柳の根が背後の地盤まで入込み、柳-石材-



#### バーチカルスロット式

各プールが、底部にまで達する鉛直の隙間（バーチカルスロット）を持つ隔壁によってつながっているもの。堰の上流側の水位や流量に影響を受けず、一定の流速が得られるタイプ。水位の変化の大きい所に適しており、土砂などがたまりにくい構造になっている。



#### デニール式

矩形水路内に設けた阻流板によって、底では水の流れが遅く、表面では早くなっている。一つの断面の中で、低流速から高流速まで広がりがあり、魚が自分に合った流速を選んでのぼることができる。また、阻流板の取外しが可能で対象魚に合わせて、阻流板の間隔が自由にできる。この形式は、幅広い魚種に対応することができる。

図-11 魚道の種類（一例）

地盤が一体となって法面を護るとともに、洪水時には柳のしなやかな枝葉が水面に垂れることにより流速を弱めたり、川岸を保護し法面の土砂流出などを防ぐ。アシやマコモなどの水際の植物が繁茂し、昆虫や魚の棲みかに良好な環境が保たれる。

図-11 は魚道の一例で、その構造により多く種類があるが、対象河川に生息する魚の生態を十分に把握したうえで、いずれを選択するかを決定することとなる。たとえば、サケやマスの親魚は遡上能力が高く、流量の変化する時に遡上が活発化するので、連続した泳ぎ上がりの可能な水理条件をつくることができ、流量調整のないバーチカルスロット式やデニール式の導入は、遡上効率を向上させることが可能となる。

#### 【筆者紹介】

中山 智晴（なかやま ともはる）  
人と自然の研究所  
取締役所長  
工学博士

