

1. はじめに

土砂災害防止のみならず良好な自然環境を保持し、人間の生活環境をゆたかにするべきであるという考えは、いまや地域住民ならびに砂防工事を計画・遂行する立場のもの双方にとって常識となりつつある。従来の砂防においては自然環境保全に対する意識は、災害防止という中心目的に比して二の次となっていた。その結果、魚道のように古くから流布していた技術であっても実質的に効果があがっていたものは少なかったように、環境保全に関する技術の蓄積は少なく、その水準は高いとはいえない。このようなことから、今日のように環境保全技術に対する関心が高まってはいるものの、実際に砂防に携わっている技術者にとっては有益な情報が少なく、戸惑いの中にいるというのが現状であろう。

溪流砂防においては魚類の保護が中心的な課題となっている。この理由には以下のようなことが考えられる。すなわち、砂防が関係する自然環境の要素のうち溪流に生息する魚類（イワナ、ヤマメ、アマゴなど）が古くから食料、遊漁、職漁などの対象として人間生活と馴染みの深い存在であること、また溪流に生息する生物群集の中で生態的に頂点あるいはそれに近い位置にあることなどである。

砂防・河川工事と魚類の保護に関してはこれまでも多くの研究や報告がなされてきた。魚道設計の指針や留意点を述べたもの、あるいは護岸や流路工に対する考えかたや工夫について書かれたものなどがある。これらはいずれも魚の生息条件の要素の一部に関しての情報である。魚類の生息環境保全を考えた場合、多様な要素や条件が統合された総体としての環境という考えかたが重要になる。

本発表においては、魚類、とりわけサケ科魚類にとって必要な生活条件という面から溪流環境を整理し、砂防工事による魚類への影響を評価する手法の一試案を提示するものである。

2. 魚類の生活システム

生息環境を考察する上で、魚類の生活全般を次のように5つに大別してみた：B1) 摂食行動、B2) 睡眠・休息、B3) 避難行動、B4) 再生産行動、B5) 移動。

B1) はもっとも一般的な行動である。B3) は主として洪水時に待避することであるが、外敵からの逃避、冬期のように水温が下がり活性が低下する時の過ごし方も一種の避難行動と考えることができる。また、著しい渇水も避難の対象となるが、日本においては人為的な取水を除いて自然状態では考慮する必要はないと考える。B5) は魚の生活間の中における河川内での移動である。サケ科魚類のうち砂防工事と関係の深い魚種は河川上流部で産卵を行う。河川内で一生を全うする生活型を示すタイプ（残留型）と海へ下る（回遊する）タイプ（降海型）がある。降海型は当然河口から上流の産卵場までを移動しなければならない。残留型についても河川内の移動はみられる。一般的に稚・幼魚は遊泳力が弱いため下流に流される傾向がある。そして、成魚は産卵に際してメスは産卵適地を求め、オスはメスを求めて河川内を移動する。このように、河川内だけで生息する魚類でも多かれ少なかれ河川内での移動は必要であり、もしこれが阻害されて個体群の分断が起こると個体数の減少や遺伝的な悪影響が懸念される。分断がはなはだしい場合は個体群の消滅につながる。細かい点にこだわればこれら以外にも特異な行動

があるであろうが、基本的には生活環全般をカバーしていると考える。

魚類の健全な生息には上の5つの行動が保障された空間が必要である。これらの空間を H1) 摂食空間, H2) 睡眠・休息空間, H3) 避難空間, H4) 再生産空間, H5) 移動空間とする。成魚と稚・幼魚では大きさが異なり、それによって摂食のために定位する場所が自ずから異なるため、H1を H1-1) 摂食空間(成魚)と H1-2) 摂食空間(稚・幼魚)とする。また、B3 の解説の部分でも記した理由により、H3 を H3-1) 洪水時の避難場所と H3-2) 越冬場所、H3-3) 外敵からの避難場所に分ける。渇水に関しては上述した理由により除いてある。表-1 にこの空間を具体的に解説してまとめた。各行動にとって好ましい空間は独立しているものではなく、特定の空間についてみれば複数の行動にとって好ましいと評価される場合がある。溪流という限られた空間の中で多様な行動を行う以上、これは当然のことである。

魚の個体群が健全に存続していくためには上記の各行動に対応した場の条件が全て満たされていなければならない。すなわち、再生産空間が良好でも移動空間が保障されていなければ、生息場所としてのその空間は良好とはいえない。この意味で、個々の行動パターンに対応した場の条件を明らかにしたが、これらは個別的に機能するよりも全体が統合されてはじめて生息場所としてのシステムが機能するといえる。

表-1 溪流に生息するサケ科魚類が必要とする空間

空間	必要とされる環境条件、具体的な立地など
H1 H1-1	流速 20-60cm/sec 程度の流れ 一様な流れでなく多様な流れが存在している中で上記の流速の場所。一般的には瀬と淵が交互に現れる流れ。
H1-2	H1-1 より遅い流れ 外的から身を隠すことのできる障害物が身近にあることが望ましい。流れの縁の浅くて緩やかな部分。主たる流路と連絡しているが、それとは離れて形成されている水域 (side pool や secondary channel と呼ばれることがある)。
H2	摂食空間と同程度もしくはそれより緩い流速の部分で、特に外敵から身を隠すことのできる部分。岩棚の下部、水面上に張り出した植物体の下部、水深のある部分などである。
H3 H3-1	水量の増加と共に水域が拡大し、これに伴って低流速の水域が形成されるような空間。水没した植物体の下流側や蛇行地点の内側など。兩岸が切り立ったゴルジュのようなところは不適当。side pool や secondary channel, あるいは流れに接して存在する湖や池はしばしば良好な避難場所となる。
H3-2	水深があり、流れの緩い空間。上部を流木や樹木の根などで覆われていると動物からの捕食などからの安全性が増大し望ましい。安定的に湧水がわき出しているところは一般的に水温が高く、魚類が溜まりやすい。
H3-3	水中で絡み合っている、あるいは水面近くに垂れ下がっている植物体、あるいはオーバーハング状になっている河岸、水中の岩棚や樹木の根など(いずれもカバーと呼ばれている)の下部。河床の上に存在し、埋積されていない大礫の基部付近や水深の深い部分それ自体も陸上および空からの外敵に対して有効な避難空間となりうる。
H4	淵尻から瀬頭にかけての水域で河床が小砂利で構成されているところイワナでは淵の岸よりの部分も利用されることがある。
H5	滝、ダム、流路全体にわたる著しい急流部や段差(流木、巨石などによる)などは魚類の移動の障害となる。これらの障害物を持たない連続的な水域。また、渇水期においても常時表流水があることも必要である。

3. 環境評価手法

3. 1 生息場所評価チャート

生息場所としての溪流が良好な状況にあるかどうかを判定するために、魚類のさまざまな行動に照らして必要な空間を有しているかどうかの判定を基礎とする。このとき、基準になるのが表－1に示した、魚類の行動に対応した生息空間である。個々の空間に関して評価を加えるものとする。個別の生息空間に対する評価は細かい評価は不必要で4段階（◎：非常に良好，○：概ね良好，△：場合によっては望ましくない状況になる，×：悪い）程度で十分と考えている。これをチャート形式にして表したものが表－2である。

表－2 生息環境評価チャートの例

本報告ではサケ科魚類に関して の生息空間のみを提示している。	生息環境	H1-1	H1-2	H2	H3-1	H3-2	H3-3	H4	H5	総合
しかし、溪流に生息している魚類 はサケ科魚類だけではない。砂防	評価	○	○	○	△	○	○	△	×	×

河川には本来カジカの仲間やヨシノボリ（ハゼ）の仲間、ウグイの仲間、ドジョウの仲間、アユの仲間などが生息していると考えられる。それぞれの魚種は固有の生態を持っており、要求する環境条件もさまざまである。したがって魚類の生息環境の評価としてはこれら全ての魚種をカバーしなければならない。生活型の類似したものをまとめて表－1に示したように、魚類の生活全般を網羅した行動（B1～B5）に対応した生息場所の必要条件をまとめ、これに基づいて評価チャートを拡張すればよい。なお、緊急に保護が必要な危急種がいる場合は、その種に関して B1～B5 に対応した生息場所の必要条件をまとめればよい。

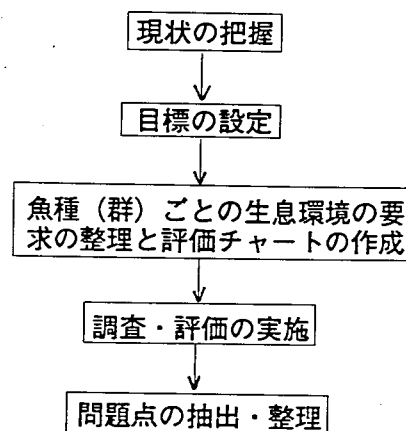
このチャートは魚類の生活をその内容に応じていくつかに分け、それぞれについて評価を下すものである。冒頭に魚類の生息環境保全は多様な要素や条件の統合された総体を考えることの重要性を強調したが、このチャートは一見統合化とは相反する方向にある。この問題は、総合評価の考え方にかかっている。各項目に関する評価を加算し、そのスコアを単純に評価する方法は、複雑な現象を単純な項目に還元し、それを統合しないままで評価することを意味する。総体としての環境が優れている状態というは全ての項目が一定のレベル以上にあることである。したがって、チャートの総合評価にあたっては悪い評価のものについて負の配点を大きくとるという、厳しい減点方式で行うことによって統合的な評価を行えると考ええる。

3. 2 評価のフロー

具体的に生息空間としての溪流を評価する流れとして図－1に示すようなフローを提案する。

実際に溪流で砂防事業を行う、あるいは行った後の環境評価としては、まずその場所にどのような魚種がいるのか、本来どのような魚種がいたのかを把握する必要がある。

現在、多くの溪流は砂防工事や多目的ダムなどによる物理的な環境改変を受けている。また、遊漁や密漁などが原因の乱獲を受けている場合もある。あるいは、漁協や釣り人団体による魚の放流は移入が行われることもしばしばである。これらの結果多くの



図－1 生息環境評価のフロー

溪流では、かつてその溪流が有していたであろう状況と魚類相や現存量が著しく異なっている。したがって、現在存在している魚種を対象にしてその溪流の環境を評価することは、本来その溪流が有していた自然状況に照らしての評価ではないことがある。このような評価は、評価の基準が適切であるとはいえない。適切な評価を行うためには、本来その溪流に生息していた魚の種類、そして現在の魚類相を知る必要がある。さらには量的データがあればいっそう望ましい。

次に必要なことは、どのような基準、あるいは目標に基づいて評価を行うかを決定することである。上述したように、乱獲や環境悪化のために現在の魚類相が貧弱になっている場合がある。将来的に環境の復元や改良によってかつての魚類相に近づけることを図ることもあろう。この場合、現存している魚種のみを対象に評価を行うだけでは不十分である。復活を図るにはその魚種の導入をしなければならないが、そのためには現段階では存在していない魚種も含めて評価をしなければならない。かつての魚種の復活や新たな魚種の導入の有無を含めて将来の望ましい状況を設定し、それに照らして評価を計画しなければならない。評価の基準としての状況として望まれる状況、すなわち将来的な目標の設定を行うことが必要である。

設定された目標にしたがって、必要な魚種（群）についての環境条件の必要条件をまとめ、これをもとに生息場所の評価チャートを作成する。そしてこれに基づいて調査を行い、評価を行う。

4. おわりに

環境の評価は単に現状を客観的にとらえてその良否を判定するだけのことではない。良否に関わる価値の基準を持ったものであるはずである。また砂防事業という、溪流環境を改変する行為に関わって評価を行う場合は将来的な環境のあり方を予測する部分も含まれてくると考える。

また、統合的に環境をとらえるという観点からは、魚種のみを対象とするのは不十分である。将来的にはその他の多くの生態系構成要素を組み込む評価手法の構築が必要であらう。

この提案はまだ机上のモデルの域を出ていないし、サケ科魚類以外の多くの魚種に関する判定基準を提示していない。したがって非常に初源的なアイデアである。より優れたシステムに近づけるために、多くの方からのご助言やご批判を賜りたい。

なお、この評価法をまとめるにあたり水野信彦氏（愛媛大学理学部）と中野繁氏（北海道大学農学部）からは貴重なご助言を頂いた。感謝の意を表する。

参考文献

川那部浩也，水野信彦(1989)：日本の淡水魚，719pp.，山と溪谷社，東京

Takahashi G. & Higashi S. (1984): Effects of channel alteration on fish habitat, Jap. J. Limnol., pp. 178-186