

水生生物を用いた河川環境評価手法の開発

Development of River Environment Evaluation Method Using Aquatic Life

研究第二部 研究員 徳山英二

研究第二部 次長池内幸司

We consider it necessary to understand the present conditions of river environments appropriately from the viewpoint of habitats for life forms, and to establish a system to reflect that understanding in river plans.

In this survey, we studied the river environment evaluation method using the National Census on River Environments results concerning fish and benthic animals; we also studied a method for predicting the impact on biota of physical environmental changes such as river improvement.

Key words: Index species, bio-indicator, physical indicator, correlation

1. はじめに

平成9年6月河川法が改正され、「治水」「利水」に加え「河川環境」の整備・保全が明確化された。現在までに、全国各地で多自然型川づくりに関する様々な取り組みが行われ、安全で潤いある川づくりとして成果を上げつつあるが、一方で実績の積み上げに伴い今後への課題も明らかとなってきている。多自然型川づくりの目指すところの一つに、生物の生息・生育環境の保全があるが、河川環境の現状を生物の生息環境（ハビタット）という側面から適切に把握し、河川計画に反映させるシステムは未だ確立されていない。

建設省では、平成2年度より河川水辺の国勢調査を実施し、河川の生物生息・生育状況に係わる多くのデーターを蓄積してきた。そこで、本調査では「河川水辺の国勢調査」結果を活かし、「多自然型川づくり」などの基礎資料とするため、特に河道内の水域を対象とし、魚類と底生動物についての河川水辺の国勢調査結果を用いた、河川環境評価手法について検討するとともに、河川改修などの物理的な環境変化が生物相に与える影響を予測する手法について検討を行った。

2. 検討の方法と流れ（図-1）

2-1 生物指標値と物理指標値の関係の検討

既往の生物指標と物理指標（流速・河床材料など）の関連性の検討を行った。生物指標値間・物理指標値間での相関を検討した結果より、絞り込まれた各指標を用い、生物指標と物理指標の相関関係を回帰式により検討を行った。

2-2 河川環境評価に用いる指標種の検討

従来の川づくりでは、主として希少種や絶滅のおそれのある種、人とのかかわり合いが深く象徴的な種等の保全が対象となってきた。しかし、本来の多自然型川づくりは、特定の種だけを重視するのではなく、大局的に生物の多様性を確保することが重要となる。これは、河川の現状を適切に捉え評価しようとする場合も同様である。このとき全ての生物について生活史を把握し、その生息環境を保全することが必要となるが、現実的には困難であるため、様々な環境を指標するような種に着目し、その生活史を把握し、生息環境を保全することで生物の生息環境の多様性を確保することが実用的である。このような観点よ

り指標種の選定手法を検討し、ある範囲内（調査地点）での地点間の河川環境の比較評価への適応性を検討した。

2-3 河川環境評価手法の検討

生物指標値と物理指標値の関係の検討、指標種選定の検討をふまえ、現状での河川水辺の国勢調査結果により、河川環境を適切に把握できる指標を選定した。また、設定された指標により対象河川における河川水辺の国勢調査の調査地点間について比較評価を行った。

2-4 多変量解析による生物相の検討

河川改修後に、生物相がどう変化するかを予測するために、多変量解析を用い、環境条件の変化に対する各生物種ごとの出現確率として検討を行った。

3. 対象河川について

3-1 検討対象河川の選定

本検討においては、地理的条件、気象条件等が似通った東北地方日本海側の一級河川のうち、岩木川・雄物川・子吉川・赤川を対象とした。

3-2 河川水辺の国勢調査データの活用

本検討においては、対象河川における平成2～7年度までの河川水辺の国勢調査結果（魚介類調査・底生動物調査）を用いた。有効に活用するため、マニュアル変更によるデータの差異を考慮し、以下のように分けて取り扱うこととした。（図-2）

（1）平成2～6年度調査

平成2～6年度までの調査では、物理指標

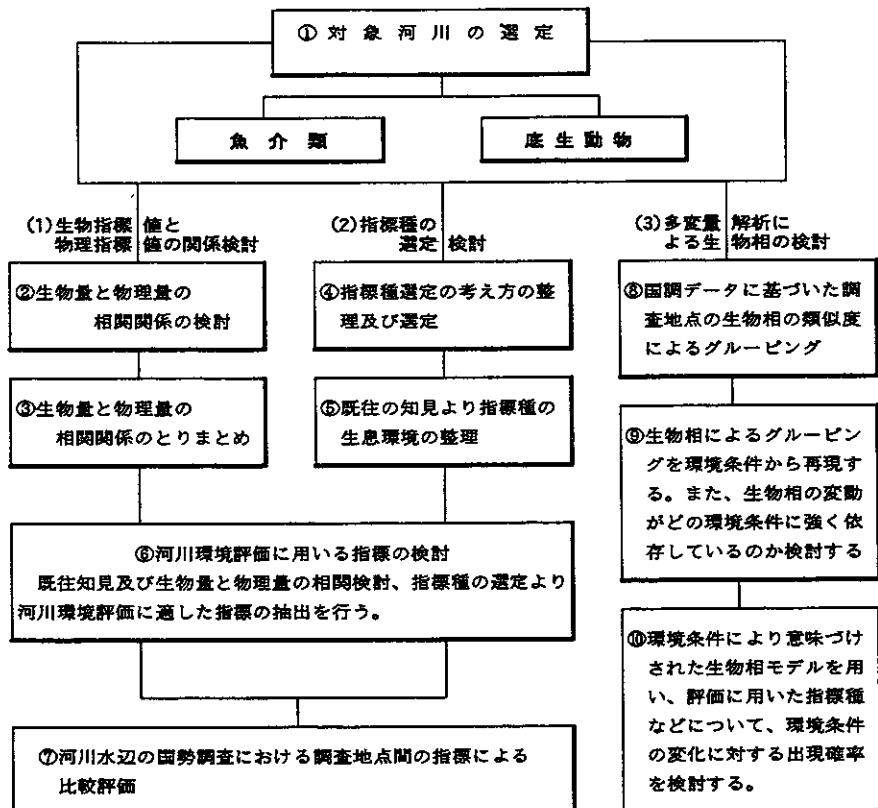


図-1 検討フロー

Fig.1 Study Flow

(流速、水深、水温など)の測定が、調査地点(調査地点とはある一定区間1Km程度を表す。)の範囲内の代表的な地点(瀬・淵)のみとなる。

(2) 平成7年度調査

平成7年度調査では、調査地点内の各採捕地点(実際にサンプリングを行った地点)ごとに、物理指標の測定を行っている。

このため、実際の生物データとの対応をとる場合など、採捕地点ごとのデータのある平成7年度調査の方が、有効と考えられる。

4. 生物指標値と物理指標値の関係の検討

4-1 検討ケースについて

魚類及び底生動物の河川水辺の国勢調査結果を用い、物理指標との関係を検討した。このとき、調査地点ごとと採捕地点ごとの物理量と生物量の関係を把握するため、それぞれについて2次回帰曲線による相関係数を導出した。相関解析を行った生物指標と物理指標について、表-1に示す。

ここで、本検討(魚類)において用いた生活型による分類条件の一部を以下に示す。

(1) 強耐性魚種

一般に汚れた水域で、優先的に生息する種。コイやギンブナをはじめとするコイ科の種やボラ、マハゼなど。

(2) 昆虫食性種

主として、昆虫を餌とする種。イワナやヤマメ、カワムツB型など。

4-2 検討結果

魚類の調査地点ごとと底生動物の調査地点と採捕地点ごとの相関検討において、高い相関を示す物理指標項目が見られた。分布に傾向の見られたものの一部を図-3、4、5に示す。また、それぞれの図に、傾向に関する考察を付記した。

表-1 生物指標と物理指標の相関解析

Table 1 Correlation Analysis of Bio-Indicators and Physical Indicators

魚類指標		底生動物指標	
生活型	種類・個体数比	生活型	種類・個体数比
①遊泳魚	○	①造網型	○
②移入魚	○	②固着型	○
③強耐性魚種	○	③匍匐型	○
④昆蟲食性種	○	④拂葉型	○
⑤総種類数	○	⑤遊泳型	○
		⑥掘潜型	○
		⑦B-I BI	
		⑧平均スコア値	



採捕地点ごとの物理指標			
①流速	②河床材料	③水深	④水温
調査地点ごとの物理指標			
上記①③④及び以下の項目			
①夏期の平均水温 ②BOD ③DO ④SS ⑤河床勾配 ⑥水面幅 ⑦湾曲率 ⑪流 程 ⑫最大流量 ⑬最小流量 ⑭渦水流量 ⑮流量の年変動			

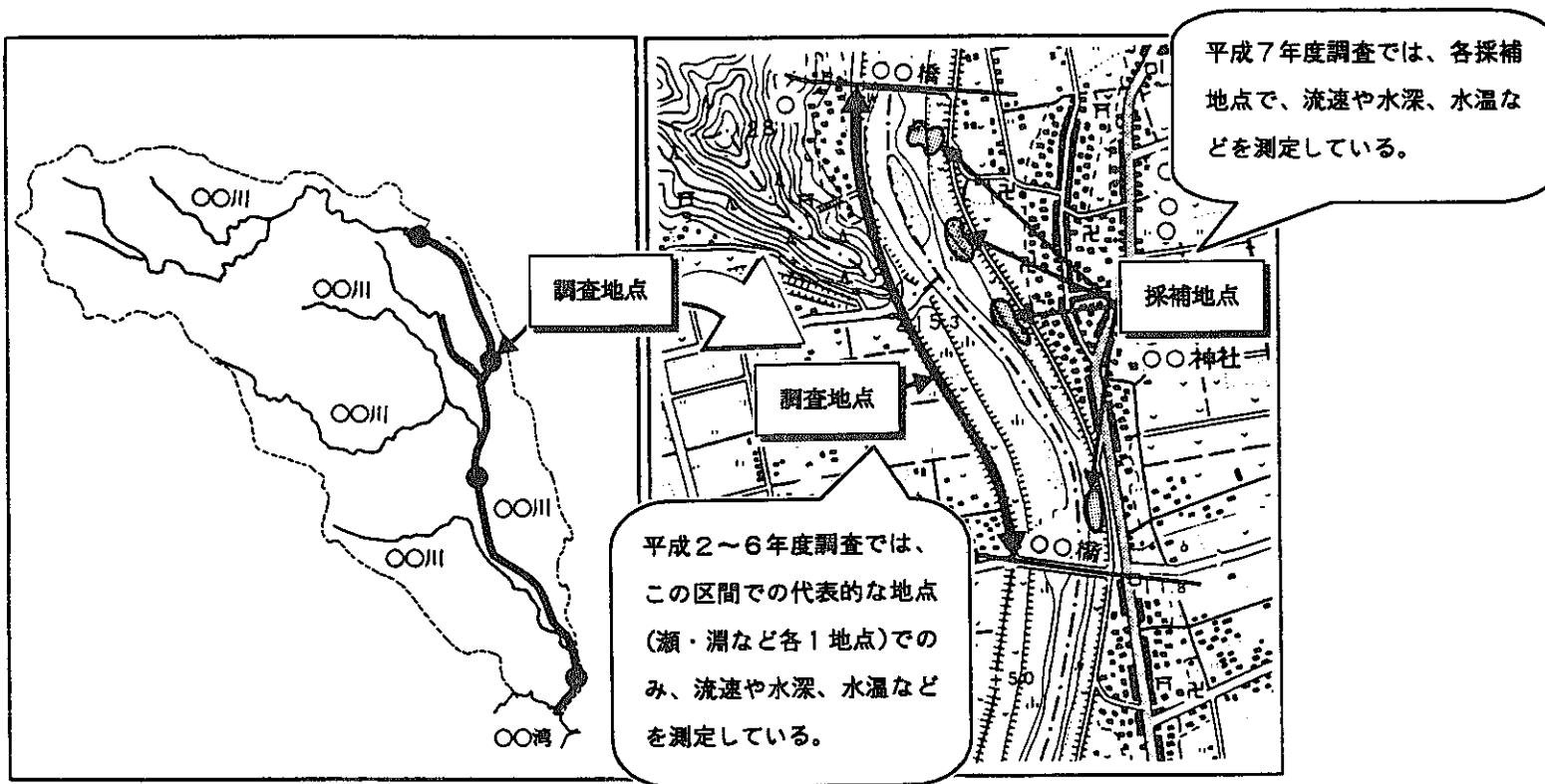
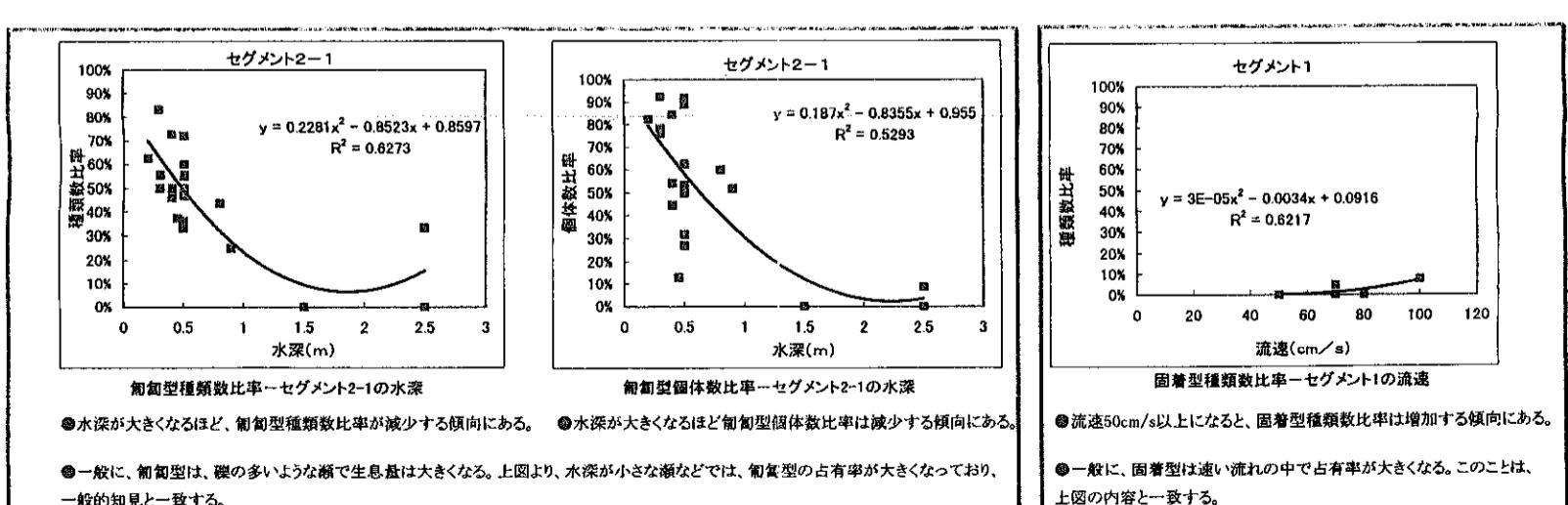
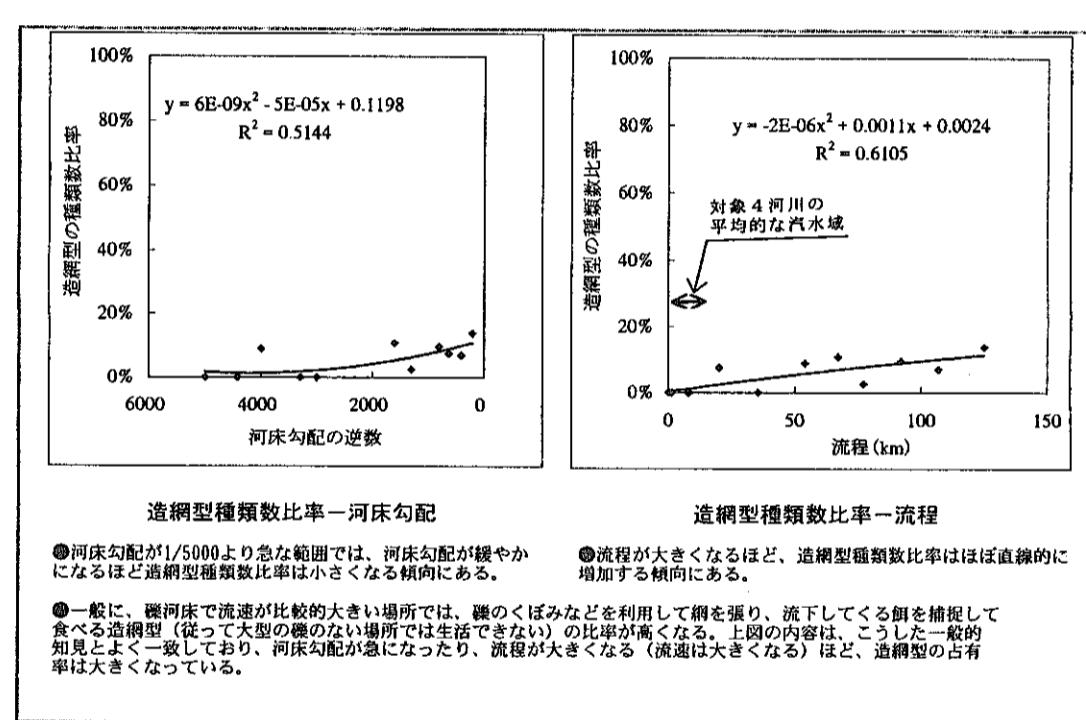
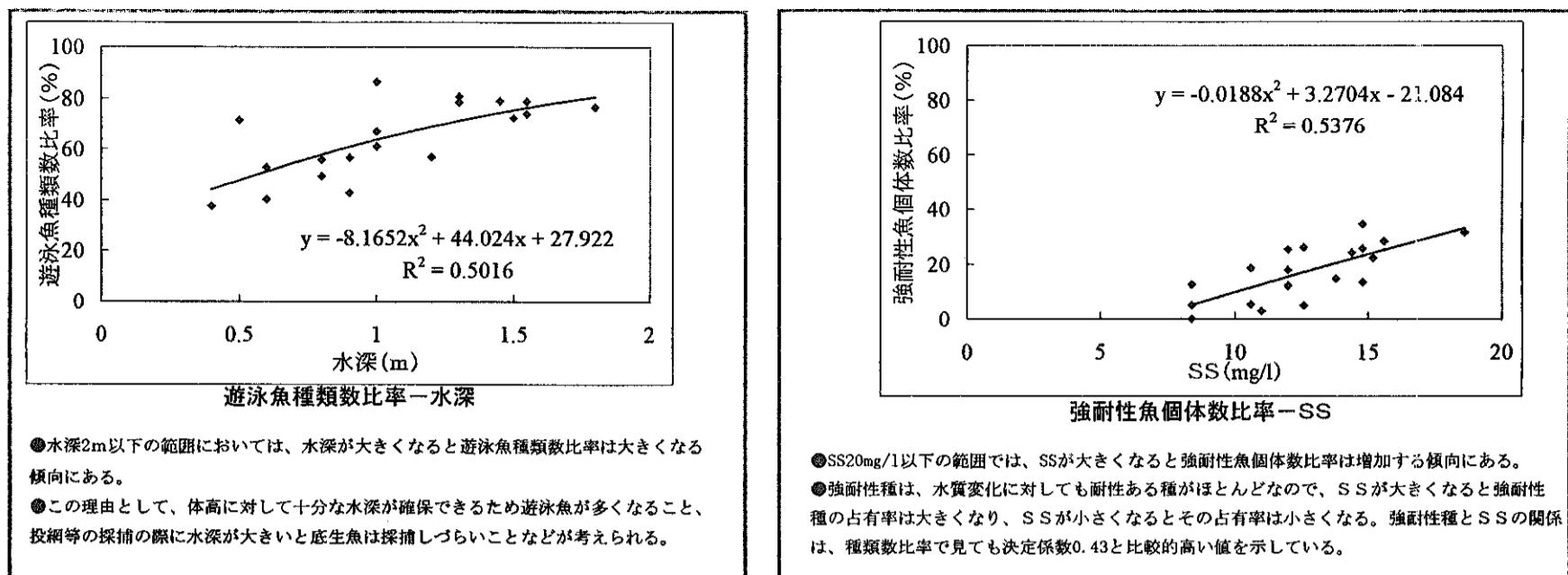


図-2 本検討における調査対象区分

Fig.2 Section for Survey in This Study



5. 河川環境評価に用いる指標種の検討

5-1 指標種選定の考え方について

指標種を用いて河川環境評価を行う場合、河川水辺の国勢調査を含め通常実施されている生物調査（特に魚類）では、必ず調査努力量などによる曖昧さが含まれるため、調査結果として得られた個体数を安易に河川環境評価に用いることは適切でない。そこで、基本的に魚類においては、個体数の大きさで河川環境を評価することは避け、出現の有無で評価することが適当と考える。底生動物の調査においては、規定の採集用具による定量採集（コドラート法やキック＆スイープ法等）を行っているため、個体数での評価が可能であると考えられる。しかし、魚類においても調査方法の改善等により、今後生息個体数を的確に把握することが可能となれば、個体数や体長組成まで含めた形での評価を考慮していくべきであると考える。

これら基本的な観点に加え、以下の観点より、河川環境評価に用いる指標種について選定を検討した。

- ・ある生息環境においてのみ生息が可能で、生息環境の変化に敏感な種が望ましい。但し、劣化した環境においてのみ出現する種は避け、良好な環境において出現するような種を用いる。
- ・河川環境評価の対象種としては放流種、帰化種、外来種、移入種を除外する。釣りや漁業の対象となる種は、放流などの影響があるため、河川環境評価にはあまり適さないと考えられる。
- ・生息環境に特徴のある弱耐性種、象徴性のある種、地域限定の種、特定種が、現地で確認された場合には、その地点は比較的良好な生息環境にあると考えられる。
- ・どのようなところでも見られ、多くの個体数が出現するような種は、出現の有無だけで判断しづらいため適当でない。

5-2 指標種の分類

5-1における考え方に基づき、既往の知見を考慮の上、指標種の選定条件をとりまとめたものを表-2に示す。

表-2 河川環境評価に用いる指標種の分類（案）

Table 2 Classification of Indicator Species used for River Environment Evaluation(Draft plan)

指標種のタイプ			選定条件
生息環境を指標する種	生息環境に特徴のある種	①出現頻度が高い種	同種の生息場所や環境条件要求性を持つ種群を指標する種であり、その生息環境(ハビタット区分)において出現頻度が比較的高い種。
		②環境の変化に敏感な種	同種の生息場所や環境条件要求性を持つ種群を指標する種であり、その生息環境(ハビタット区分)でなければ生息が制限される種であり、環境の変化に敏感な種。
		③特殊な生息環境をもつ種	湧水など特殊な環境条件のもとで生息する種。
保全対象種	④特定種	④特定種	希少種や絶滅の危険の高い種など、生息のため最も良好な環境条件を要求する種。
	⑤地域限定の種	⑤地域限定の種	種の生息域がある特定の地域に限定される種。
人との係わりの深い種	⑥象徴性のある種	⑥象徴性のある種	その美しさや魅力によって、世間に特定の生息場所の保護をアピールすることに役立つ種。

① 出現頻度が高い種は、個体数が多いので出現の有無による河川環境評価が難しくなるため、魚類については河川環境評価の指標種から除くこととし、底生動物については、個体数比較による河川環境評価に用いるものとする。

5－3 指標種の活用方法

(1) 多自然型川づくり計画対象種

上記のような観点より選定された指標種は、そのまま「多自然型川づくり」計画策定時の対象種に用いることが可能と考えられる。しかし、この場合次のような観点を加える必要がある。

- ・「河川環境評価手法」においては、用いることのできなかつた魚類の生息環境に特徴のある種のうち、①「出現頻度が高い種」（表－2より）
- ・一般的に多く見られる種（特に魚類）
- ・釣りや漁業の対象となる種（但し、外来種等で既存の生態系を著しく改変するような種を除く。例：ブラックバス・ブルーギルなど）

このような観点より選定された種について、生息環境条件を明らかにすることによって、「多自然型川づくり」など河川計画において、具体的な施工条件が明確となり、生物にとって良好な環境を創造することに役立つと考えられる。

(2) 河川改修などにおけるモニタリング

「多自然型川づくり」計画対象種として選定された種は、河川改修などによる効果を調べるため実施するモニタリングにも用いることができると言えられる。但し、この場合「河川環境評価」に用いる種とは異なり、「一般的に多く見られる種」や「釣りや漁業の対象となる種」、魚類の生息環境に特徴のある種のうち、①「出現頻度が高い種」（表－2より）が含まれているため、個体数や体長組成まで含め調査することが必要となる。

6. 河川環境の評価手法の検討

6－1 河川環境評価に用いる指標の抽出

平成8年度検討及び4における生物指標値と物理指標値の関係の検討、5の指標種選定検討を踏まえ、河川水辺の国勢調査結果を用いて、河川環境評価に適用可能と考えられる

生物指標の抽出を行った。検討対象及び比較に利用可能として抽出した指標について、表－3に示した。

6－2 調査地点の比較評価

同一河川内の各調査地点間において、生物の生息環境という側面から環境の比較評価を適切に行うことは、河川環境の管理において重要と考える。これは、対象河川内において良好な環境の地点を抽出することができ、経年的に比較していくことも可能であると考えられる。6－1において、抽出された指標及び、5において検討し選定された指標種を行い、河川水辺の国勢調査地点において、比較評価を行った。比較に際しては、対象河川において、同一セグメント区分内で行った。

子吉川での調査地点間比較の一例を示す。
(表－4に示す。)

表-3 比較に利用可能な指標検討（◎を比較に用いた。）

Table 3 Study of Indicators Usable for Comparison (Indicators identified by double circles were used for comparison.)

比較評価に利用可能な指標		摘要
魚類 (本検討においては魚類の個体数での指標を用いていない。)	確認魚類種数	多くの種が存在している場所は、それだけ様々な環境要素が存在しているとできるため、種の多様性は高いと考えられる。 ◎
	在来魚種類数／種類数比率	元来、その河川に生息している種の割合が大きくなると、その河川の個性がより強調されるので、良好な環境に向かっていると考えられる。 ◎
	弱耐性魚種類数／種類数比率	弱耐性種の比率が大きくなると、その場は良好な環境に向かっていると判断できる。 ◎
	遊泳魚種類数／種類数比率	生物指標と物理指標の相関関係において、水深などと高い相関を示したが、その場の環境を表現しづらいので、本検討では取り扱わない。 —
	底生・半底生魚種類数／種類数比率	生息環境と生物相の関係が不明瞭なので、本検討では取り扱わない。 —
	帰化・移入・放流魚種類数／種類数比率	在来魚種と相反する項目のため、在来魚を選定する。 —
	多様性指数	種類数との相関が高く、取り扱いの容易な種類数を採用した。 —
	F - I B I	海外での評価手法のため、摘要には評点項目の再考が必要と考えられる。 —
	指標種	良好な環境を示すような指標種を用いる。 表-2における、②③④⑤⑥ ◎
底生動物 (全ての項目について種類数・個体数・それぞれの比率を検討した。)	確認種類数	多くの種が存在している場所は、それだけ様々な環境要素が存在しているとできるため、種の多様性は高いと考えられる。 ◎
	全個体数	生息環境がどのくらい多くの個体数を収容できるかは環境収容力といった概念で把握することができる。 ◎
	カゲロウ目・トビケラ目・ミミズ類・脚のない種・泥に潜る種	生息環境と生物相の関係が不明瞭なので、本検討では取り扱わない。 —
	造網型・固着型・匍匐型・携巣型・遊泳型の種	生物指標と物理指標の相関関係において、河床勾配・流程・流速・水深などと高い相関を示したが、現段階では同定精度を考慮し、本検討では取り扱わない。 —
	指標種	良好な環境を示すような指標種を用いる。 表-2における、①②③④⑤⑥ ◎
	B - I B I	定量的基準を一般的な知見・経験に基づいて設定し、基準と比較し (-) = 1点、(0) = 3点、(+) = 5点のスコアをつけ、総和からランキング区分する。 J. R. Karr (1981) ◎
平均スコア値		環境庁水質保全局により、イギリスで開発されたB MW Pスコア法(Chester, 1980)を参考に、科レベルでの同定で評価ができる方法を目指し提案されている。科ごとにスコア値をつけ、調査地点でのスコアの総和と平均から判断する。 ◎

表-4 子吉川の河川環境の比較評価（魚類）

Table 4 Comparison and Evaluation of River Environments of the Koyoshigawa River(fish)

■セグメント2-1（ほぼ中流域）内における調査地点ごとの比較

	分類	魚類 調査地点		備 考	
		St. 3	St. 5		
総種類数	—	19	17	両地点とも同程度の総種類数である。	
在来種の種類数	—	16	15	両地点とも同程度の在来種の種類数である。	
在来種の種類数比率(%)	—	84.2	88.2	両地点とも同程度の在来種の種類数比率(%)である。	
弱耐性種の種類数	—	4	2	今回設定した弱耐性種のうち、St. 3 で4種、St. 5 で2種が確認されており、St. 3 の方が多い。	
弱耐性種の種類数比率(%)	—	21.1	11.8	弱耐性種の種類数比率(%)で見ても、St. 3 の方がほぼ2倍大きくなっている。	
指標種 の有無	中下流・瀬	カマキリ	②③④	○	両地点ともカマキリが確認されており、中下流域の瀬の生息環境を有していると判断される。
	中流・淵	ギバチ	②③	×	St. 5 でギバチが確認されており、St. 5 には淵としての環境が備わっていると判断される。また、ギバチは石の隙間に生息するので、底質が浮石の環境が存在すると判断される。
	中流・ 静水域	スナヤツメ	②③	○	St. 3 でスナヤツメが確認されており、St. 3 には静水域があり、底質が泥であると判断される。
		アカヒレタビラ	②③④	○	St. 3 でアカヒレタビラが確認されており、St. 3 には静水域があり、二枚貝が生息できる底質、泥・砂泥の環境があるものと判断される。
		メダカ	②③	○	St. 3 でメダカが確認されており、St. 3 には静水域・止水域があるものと判断される。
	中流・静水 (湧水)	イトヨ	④	△	文献でのみ確認されている種であり、過去にこの調査地点付近で確認されている。

- ①生息環境に特徴のある種（出現頻度が高い種）
 ②生息環境に特徴のある種（環境の変化に敏感な種）
 ③特殊な環境を持つ種

- ④特定種
 ⑤地域限定の種
 ⑥象徴性のある種

総種類数、在来種の種類数(比率)では、St. 3 と St. 5 の両地点とも環境評価のレベルは、ほぼ同程度となるが、弱耐性種類数(比率)では St. 3 の方が St. 5 に比べて大きいことから、耐性の弱い種でも生息できるような良好な環境が St. 3 に備わっている。

指標種から見ると、St. 3 には淵の指標種であるギバチは確認されていないものの、中流域の瀬、静水域等の多様なハビタットがあるものと判断される。

St. 5 は、中流域の瀬、淵があるものの、静水域等が少ないと思われる。このことが弱耐性種の生息数を減らしているものと判断される。

7. 多変量解析による生物相の検討

河川改修などの物理環境の変化が生物相に与える影響を予測することは、多自然型川づくり計画を策定する上で極めて重要となる。そこで、河川水辺の国勢調査結果を基に、Twinspan（分類の一手法）と正準判別分析により、生物相予測の検討を行った。

（検討手順のイメージを図-6に示す。）

7-1 地点の生物相によるグルーピング

河川水辺の国勢調査結果を用い、対象河川での調査地点・採捕地点ごとの生物相の変化を検討するため、類似度によりグルーピングを行った。グルーピングにおいては、Twinspan を用いた。これは、地点ごとの生物量のデータ（魚類の場合は出現の有無のみ）を用い、「反復平均法」により地点を分割する手法である。

「反復平均法」による分割では、分割の目安となる1種ないし数種の“indicator species”（一方のグループに特徴的に出現する種）を選び出すことができる。この手法を用い、河川水辺の国勢調査における調査地点及び採捕地点ごとのデータをもとに、地点間毎の生物相を比較し、類似度の高いものをグルーピングした。例として、魚類調査地点のグルーピングを図-7に示す。

7-2 正準判別分析によるモデルの構築

（1）正準判別モデルの検討

7-1での生物データによるグルーピングを、物理指標から再現させようというものである。具体的には、生物相グルーピングに合致するような新たな座標軸（通常は二次元）を、物理指標データを用いて設定する。いくつかの物理指標を線形結合させ、新たな変数（座標）を設定する。座標系に各地点をプロットしたときに、生物相グルーピングと同様なグループ分けとなるように、変数（座標軸）をいろいろ変化させて最適な変数（座標軸）を見いだす。

（2）有意な物理指標の抽出

調査地点・採捕地点ごとのデータを用い、

物理指標により意味づけされた各生物相グループにおいて、投入された物理指標の内、何が生物相の変動に一番起因しているかを検討した。これは、正準判別分析時に、変数増減法を用いているため、有意水準という形で求められる。変数増減法とは、変数を有意な順に採用するが、投入後にある水準以上（本検討では0.100）となった場合、これを除去する方法である。これにより、生物相の変動を適切に再現できる順に物理指標が選択されていく。

表-5に投入した物理指標と採用の順番及び、モデル構築の際に使用した全データ数中の有効地点数（使用できた地点）、モデルの有意性を示す。これより、合計10の生物相グループ中、5ケースが「流程」を一番に採用した。7-1における生物相のグルーピングに、一番影響を与えている物理指標は「流程」という結果となった。

7-3 生物相の予測検討

上記検討を通して、物理指標により意味づけされた正準判別モデルを用い、生物相予測の検討を行った。

（1）出現確率による検討

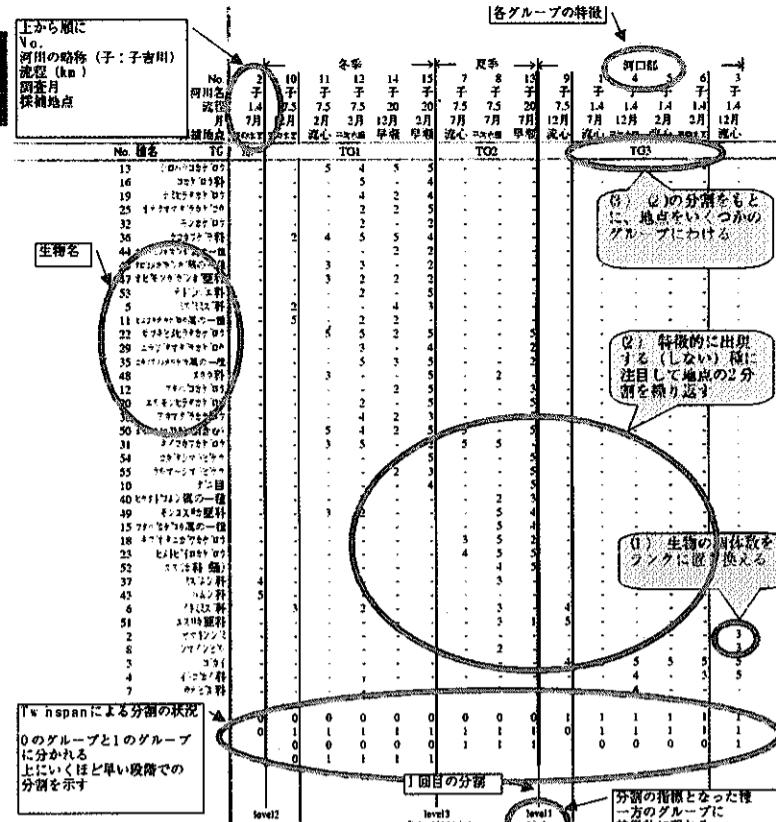
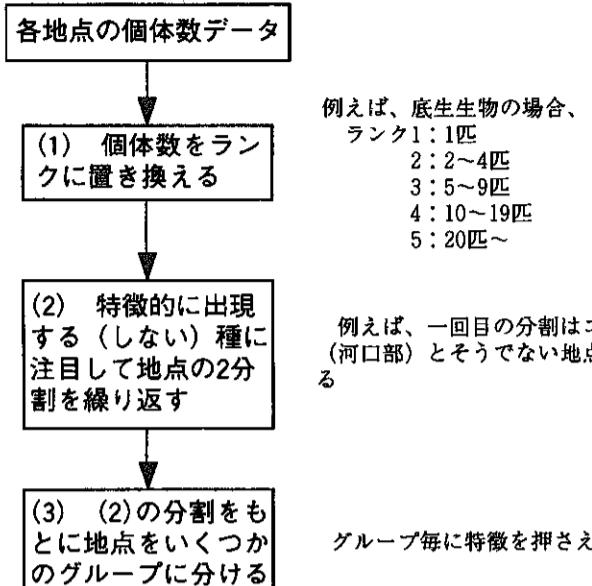
正準判別モデルを構築すると、新たな物理指標データが与えられたとき、あるグループに属する確率（所属確率）が求められる。また、各生物相グループにおいて、全出現種の出現頻度を求める。これは、例えば、

$$(\text{出現頻度}) = (\text{グループに属するある種の出現地点数}) \div (\text{グループに属する総地点数})$$
で表される。

これら、「所属確率」と「出現頻度」をかけ合わせ、さらに全グループで足すことで「出現確率」が求められる。この「出現確率」により、生物相の出現予測を表す。

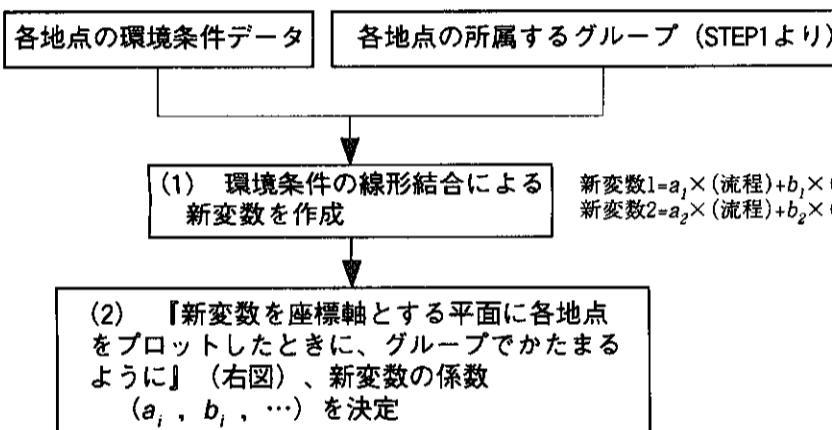
STEP1 Twinspanによる地点のグルーピング

地点毎の生物相を比較し、類似度の高いものをグルーピングする手法



STEP2 正準判別モデルの構築

STEP1の生物データによるグルーピングを環境条件から再現する



Twinspanによる地点のグルーピングの一例 (子吉川底生生物採捕地点別データ)

Fig. Example of "Twinspan" Grouping of Points (Data for each benthic life collection point in the Koyoshigawa River)

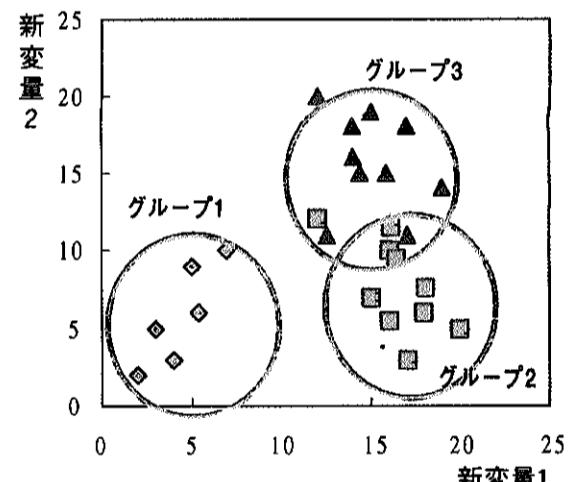
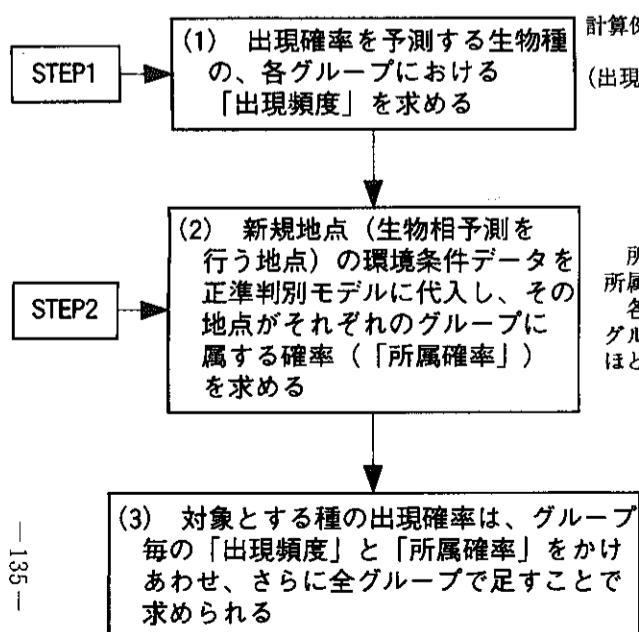


図 正準判別分析のイメージ

Fig. Canonical Discriminant Analysis

STEP3 生物相の予測

新規地点の環境条件データが与えられたとき、出現する生物相を予測する



所属確率は、グループ毎に計算され、各グループへの所属確率を加えれば1になる。
各グループへの所属確率は、新規地点のプロットと各グループの重心との距離（右図のR₁, R₂, R₃）が小さいほど、大きくなる。

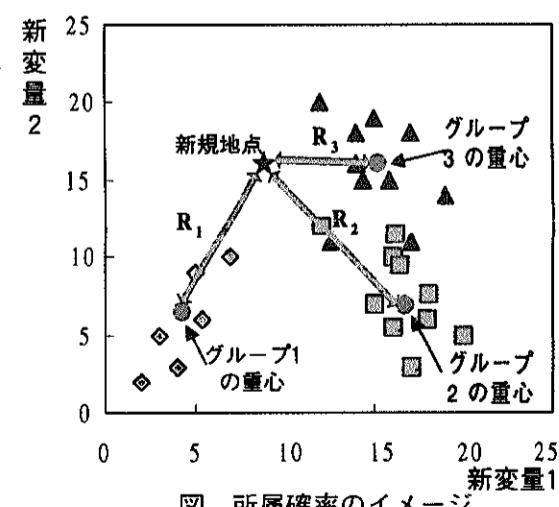


図 所属確率のイメージ

Fig. Attachment Probability Image

図-6 多変量解析による生物相予測フロー

Fig.6 Biotic Prediction Flow by Multi-Variate Analysis

グループ

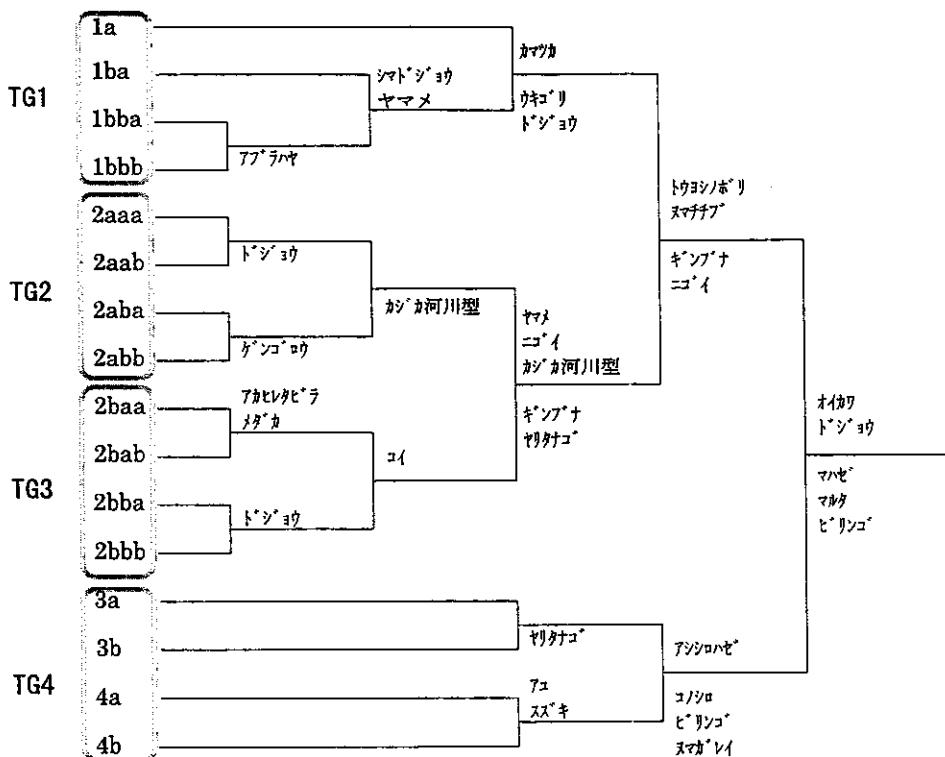


図-7 魚類調査地点のデータを用いたグルーピング
Fig.7 Grouping using Data from Fish Survey Points

表-5 正準判別分析結果
Table 5 Canonical Discriminant Analysis Results

	ケース	モデル構築の際に考慮した変数								採用変数(有意な箇)	
		流程	河床勾配	水温	水深	流速	水面幅	湾曲率	BOD	SS	低水流量
底生動物	ケース1	○	○	○	○	○	○	○	○		流程、河床勾配、水温、河床材料
	ケース2	○	○	○	○			○	○		流程、河床勾配、水温
	ケース3	○	○	○	○			○	○		河床勾配、流速、BOD
	ケース4	○	○	○	○			○	○		流程、低水流量、湾曲率
	ケース5	○	○	○	○			○	○		水面幅、流速
魚類	探捕地点	ケース6	○	○	○	○	○	○	○		流程、河床勾配、水面幅、河床材料
	調査地点	ケース7	○	○	○	○	○	○	○		河床勾配、流程、水面幅
	探捕地点	ケース8	○	○	○	○	○	○	○		流程、SS、BOD
	調査地点	ケース9	○	○	○	○	○	○	○		水深、低水流量、流速
	探捕地点	ケース10	○	○	○	○	○	○	○		SS、BOD、水面幅、低水流量

	ケース	地点			
		全地点数	有効地点数	Twinspan	Group数
底生動物	探捕地点	ケース1	51	47	4
	調査地点	ケース2	43	41	4
	ケース3	43	23	4	4
	ケース4	43	18	4	4
	ケース5	43	13	4	4
魚類	探捕地点	ケース6	185	174	4
	調査地点	ケース7	65	64	4
	ケース8	65	37	4	4
	ケース9	65	29	4	4
	ケース10	65	25	4	4

(2) 出現確率による生物相予測

7-2において構築された正準判別モデルに、モデル構築の際にも使用した物理指標データ（底生動物・魚類とも子吉川の実測値）を投入し、「出現確率」により生物相の予測を検討した。予測を行った生物種は、底生動物・魚類とも本検討において対象とした、東北地方日本海側の一級河川における指標種より選定した。解析に用いた正準判別モデルは、モデル構築の際に使用した有効地点数（使用してきた地点）の多いケースを選定した。底生動物については、表-5における採捕地点データによるモデルケース1、調査地点データについてはモデルケース2を選定した。魚類については、採捕地点データによるモデルケース6、調査地点データについてはモデルケース7を選定した。それぞれ、採捕地点データによるモデルケースにおいては3パターン、調査地点データによるモデルケースでは、1パターンの解析を行った。（表-5に示す。）

(3) 生物相予測の結果

結果を表-6（底生動物、魚類）に示す。これは、出現確率を百分率で表し、実際の出現状況を○×で表現したものである。これにより、算出した「出現確率」と実際の出現状況を比較し検証を行った。解析の結果、魚類・底生動物ともに調査地点データによるモデルケースでは再現性が見られる。

以上の検討を通じ、本解析手法を用いれば、「河川水辺の国勢調査」結果を用い、調査地点（ある一定区間1Km程度）レベルでの生物の出現予測がある程度可能と考えられる。

7-4 生物相予測モデルの「多自然型川づくり」への活用

「多自然型川づくり」において、計画対象種が河川改修後に出現するか否かを、予測することは極めて重要である。（1）（2）の検討を通して、現段階で構築したモデルを用い、物理指標の変化に対する生物相の変化を出現確率という形で表し、予測を行った。具体的には、

表-6におけるケースA（底生動物採捕地点データにより構築したモデル）及びケースE（魚類調査地点データにより構築したモデル）に、子吉川の一調査地点の物理指標データを投入する。このときに、ある変数を残りの変数を固定したまま変化させ、変化による生物の出現確率の変化を見る。対応させる生物種は、（2）（3）と同様に本検討における対象河川の各指標種より選定した。変化させる変数は、モデルで採用された変数（ケースAでは流程・河床勾配・水温・河床材料、ケースEでは流程・河床勾配・流速・水面幅）とした。各々の変数を数段に区切り変化させた。図-9、10に魚類調査地点における「流程」「河床勾配」を変化させたときの例を示す。また、以下に傾向を示す。

・「流程」を変化させたケース

モデルへの寄与が大きい変数であるため、出現確率の変動が大きいことがわかる。例えば、ヌマチチブでは、「流程」が大きくなるにつれ出現確率が大きく低下する。ヌマチチブは中～下流の種であり、一般的知見に沿った出現確率となった。カジカ河川型は「流程」が大きくなるほど出現確率が増加する。カジカ河川型は上流の種とされており、一般的知見とほぼ沿った傾向を示した。

・「河床勾配」を変化させたケース

アブラハヤ・カジカ河川型は、河床勾配が緩くなるにつれ出現確率が低下しており、一般的知見に沿った結果となった。ニゴイについても河床勾配が緩くなるにつれ出現確率が高くなり、一般的知見に沿った傾向が見えた。

以上の検討より、算出された出現確率は、多くの種で実際の出現状況の大まかな傾向を捉えることができたと考えられる。しかし、一般的知見にそぐわないケースもある。これはモデル構築に用いたデータの範囲を超えると精度が低下すると考えられる。例えば、河床勾配を変化させるケースの場合、流程を下流近くで固定すると、河床勾配の急なケース

がもとデータにないため、非現実的な挙動を示す。このことより、今後ともデータの蓄積が必要と考えられる。

表-6 生物相予測の結果
Table 6 Biota Prediction Results

項目 斜め ケース	底生動物							
	採捕地点			調査地点				
	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD				
流程 *, **	1.4	7.5	20			20		
月	2月	2月	2月			2月		
採捕地点	流心	流心	早瀬			早瀬		
河床勾配 *, **	level	1/3000	1/625			1/165		
水温 *, **	0.6	0.8	0.3			0.3		
水深	2.5	1.5	0.3			0.3		
流速	10	40	80			80		
河床材料 *	S/MG	MG/S	SB/MB			SB/MB		
水面幅	150	50	35			35		
湾曲率	98	93	99			99		
	出現確率	出現	出現確率	出現	出現確率	出現	出現確率	出現
エルモンヒラカゲ'ロウ	0.00	×	0.01	×	0.14	○	0.33	○
ウルマーシマトビ'ケラ	0.00	×	0.07	×	0.17	○	0.33	○
コガ'タシマトビ'ケラ	0.00	×	0.01	×	0.10	○	0.33	○
シリナガマタ'ラカゲ'ロウ	0.00	×	0.00	×	0.00	×	0.00	×
アカマタ'ラカゲ'ロウ	0.00	×	0.06	×	0.13	○	0.33	○
ヤマトシジミ	0.12	×	0.08	×	0.06	×	-	×
ミズムシ	0.00	×	0.00	×	0.02	×	0.00	×
ゴカイ	0.94	○	0.20	×	0.03	×	-	×
イトミズ科	0.14	×	0.31	×	0.35	×	0.33	×

調査地点のヤマトシジミ・ゴカイは出現個体数が少なく、Twinspanにおいて出力が省略された。
*, ** はそれぞれ採捕地点、調査地点の正準判別モデルで採用された変数を表す

項目 斜め ケース	魚類							
	採捕地点			調査地点				
	ケースE	ケースF	ケースG	ケースH				
流程 *, **	1.4	11	20.2			20.2		
月	6月	6月	6月			6月		
採捕地点	ヨシ原①	左岸	M型淵②			-		
河床勾配 *, **	level	1/1000	1/165			1/165		
水温 *	14.2	16	12.9			13.14		
水深	0.5	0.5	1			0.74		
流速	10	30	50			48		
河床材料 *	M/S	S/LG	MB			-		
水面幅 *, **	150	60	35			35		
湾曲率	98	98	99			99		
	出現確率	出現	出現確率	出現	出現確率	出現	出現確率	出現
カジカ河川型	0.03	×	0.04	×	0.03	×	0.18	×
アブラハヤ	0.12	×	0.11	×	0.10	○	0.52	○
アユ	0.26	×	0.29	○	0.29	×	0.66	○
ニゴイ	0.25	×	0.20	○	0.13	×	0.31	○
ヌマチチブ	0.43	○	0.44	○	0.47	×	0.53	○
メナダ	0.07	○	0.04	×	0.00	×	0.00	×

*, ** はそれぞれ採捕地点、調査地点の正準判別モデルで採用された変数を表す

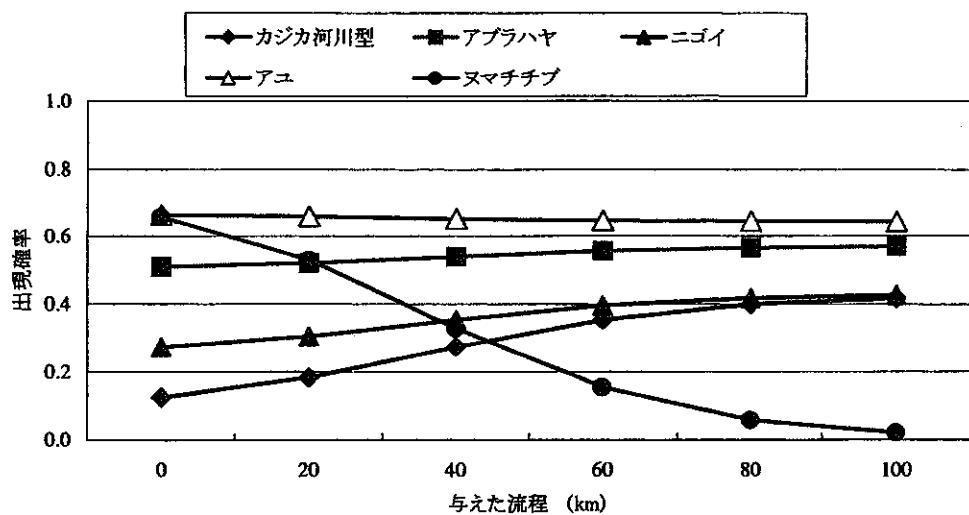


図-9 流程を変化させたときの出現確率

Fig.9 Appearance Probability when River Distance has Changed

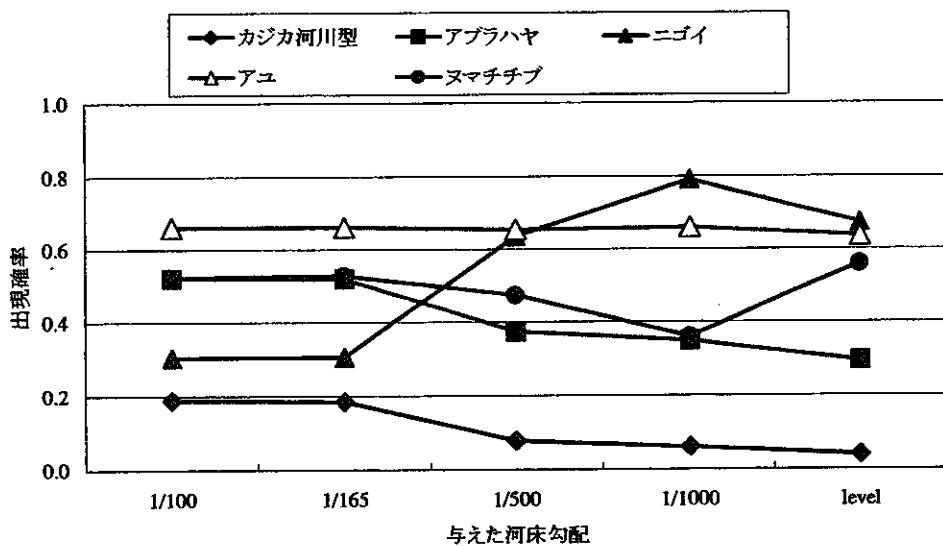


図-10 河床勾配を変化させたときの出現確率

Fig.10 Appearance Probability when Riverbed Gradient has Changed

8. まとめ

生物指標と物理指標の相関検討、指標種の選定検討より、「河川水辺の国勢調査」における調査地点間の比較評価を行い、生物の生息環境という面から調査地点間の違いを適切に評価できたと考える。これら選定された指標を、同地点の経年比較に利用することにより、河川環境の質的変化をとらえられると考えられる。

多変量解析による生物相の検討においては、現時点での「河川水辺の国勢調査」データを用い構築したモデルにより、生物相の変化に最も影響を与える物理指標を抽出し、また各種物理指標を変化させることによっての生物相の変化を出現確率という形で、ある程度予測することができたと考える。

河川環境評価手法及び生物出現予測の2つの侧面からの検討より、以下のことが考えられる。

(1) 河川環境評価手法

同一河川内の各調査地点間における河川環境の比較評価を、生物の生息環境という側面から適切に行うことにより、河川環境管理計画策定期の基礎資料として利用することが可能と考える。また、河川改修などを行った後のモニタリング調査において、その調査結果を評価するベースデータとして利用でき、また経年的な変化を生物の生息環境より把握することができると考える。

(2) 生物出現予測

今後の河川水辺の国勢調査データや河川改修前、中、後において、生物相がどのように変化したかの調査観察を網羅的に行うことにより得られたデータ等を隨時加えることにより、正準判別モデルの精度を向上することが可能と考えられる。このことにより、河川改修時に変化が予想される物理項目を知ることにより、生物相の変化を出現確率という形である程度予測できると考える。また、河川改修などの物理環境の変化が生物相に与える影

響の把握が可能であると考えられる。

9. おわりに

本検討においては、平成2年度から平成7年度までの「河川水辺の国勢調査」データを用いて検討を行ったが、その間にマニュアルの変更などがあったために、同一条件のデータとして比較評価できるデータが少なかった。地点間の比較評価、生物相予測モデルとも今後の精度向上のため、特に現段階でのマニュアル（平成9年度河川水辺の国勢調査マニュアル河川版生物調査編）において明記されている調査項目については、統一されたデータの蓄積が今後とも望まれる。また、多変量解析において、生物相の変化を適切に再現した物理指標とし、「流程」が多く採用された。「流程」 자체が変化できる指標でなく、今後「流程」に含まれる因子を解明していく必要がある。また特に、多変量解析において、投入した物理指標の内、水質指標（BOD・SS）が、いくつかのケースで有意に採用され重要なと考えられる。今後一般の調査においても、調査地点における簡易水質測定程度のデータが必要と考えられる。

最後に、本研究を進めるに当たり、ご指導、ご助言をいただきました、東京大学玉井教授、岩手大学堀助教授、東京大学加藤助教授、秋田県水産振興センター杉山主任専門研究員、東北地方建設局河川部の関係各位に対し深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 鷲谷いづみ・矢原徹一 著(1996) : 保全生態学入門
- 2) 水生生物を用いた水域環境の自然度評価法の開発：リバーフロント研究所報告 第8号