

全国河川の外来魚の生息状況とその評価

EVALUATION OF THE STATE OF ALIEN FISH IN RIVERS ACROSS JAPAN

佐合純造¹

Junzo SAGO

¹正会員 工修 独立行政法人土木研究所水循環研究グループ長 (〒305-8516 つくば市南原1-6)

This study uses data from “the National Census on Environments” to analyze potential impacts associated with intrusion of alien fish species into rivers in Japan. A summary of this study is given as follows. (1) Alien fish species were found in 98 rivers (90%) of 109 class A rivers, accounts for 14% of all freshwater and migratory fish species sampled, and results in 1.9% of the total number of fish sampled in 109 class A rivers. The largest 4 alien fish species accounts for 91% by the number of total alien fish identified. (2) It was confirmed that the composition ratio of alien fish species is correlated with river size, flat area in a river basin, flow, and water quality. (3) The interdependency between the longitudinal river segments and the profile of alien fish species was quantified in terms of the fish composition ratios. (4) The increase of the alien fish composition ratio resulted in the decrease of the dominant fish composition ratio; however, the diversity of fish species appears to be increased due to the increase of the alien fish composition ratio. (5) Finally, we introduced a diversity index that accounts for impact by alien fish species.

Key Words : *alien fish species, The national census on environments, segment of river longitudinal profile*

1. はじめに

外来種はその侵入によって、在来種を駆逐や捕食して在来種や個体数を減少させて多様度を低下させるなど生態系を大きく変化させると考えられている。

最近発刊された外来種ハンドブックでは外来種は「過去あるいは現在の自然分布以外に導入された種、亜種、分類群」で「競争、補食、病害を通じて、あるいは生態系の物理的基盤（環境）の改変を通じて、侵入先での在来種の絶滅の危険を増大させている」としている¹⁾。

河川にも多くの外来魚が入ってきており、大きな問題となっている。特に河川事業や管理を行うに際しても生物多様性の確保の上から外来魚の問題は避けては通れない問題である。また、その対策手法が課題となっている。

しかし、外来魚の具体的な調査例は湖沼等でのものが多く、河川における例は少ない²⁾。

一方、全国の一級河川を網羅してその自然環境を把握して河川環境の改善に資するため、「河川水辺の国勢調査」が定期的実施されており、その結果は公表されている³⁾。

この「河川水辺の国勢調査（魚類調査）」データを用いて、著者らはこれまで全国河川の魚種数に着目して分析を行っているが⁴⁾、本研究では外来魚に着目して全国109の一級河川の外来種の侵入状況と流域・河川特性、多様度指数との関係についてマクロな分析を行う。また、調査地点別データを用いて外来魚と河道縦断特性との関係

について「河道パラメータ」、「河川形態」、「河道セグメント」を指標にした定量的な評価を行う。

さらに外来魚種を考慮して魚類多様度を評価できる算定式を提案する。

2. 分析データ

(1) 河川水辺の国勢調査

本研究で用いた資料は平成2年度（1990）から平成11年度（1999）までの「河川水辺の国勢調査」の魚類調査データである。調査地点は全国109の一級河川全体で約1600地点であり、本川沿いでは概ね10 kmに1地点の密度である。ただし、調査地点は国直轄管理区間が主対象となっているため、比較的中下流部に偏っている傾向にある。

分析を進めるため、以下のような事前のデータ整理を行った。

①平成11年度（1999）までに2巡以上調査されている河川については、新しい年度のデータを用いて、全国109の一級河川を網羅した。このため、各河川で調査年度は異なる。

②対象魚種は「純淡水魚」及び「回遊魚」として、「汽水・海水魚」は分析対象から外した。

③河川別と調査地点別でそれぞれ比較分析を行った。河川別は河川単位で各調査地点の捕獲個体数や魚種数を集計して河川間の比較分析を行う。調査地点別は本川筋の

調査地点データ（842 地点）を用いて、河道縦断方向の変化を分析する。

④捕獲個体数は時期別には区別せず、年間の合計数として分析を行った。

⑤各調査地点の調査面積や捕獲方法が異なるため、捕獲個体数で河川や調査地点間を定量的に比較することは不適當である。このため「全捕獲個体数に占める各魚種の捕獲個体数の割合」（以下、魚種別構成比）を求めて、これを基本にして分析を行った。

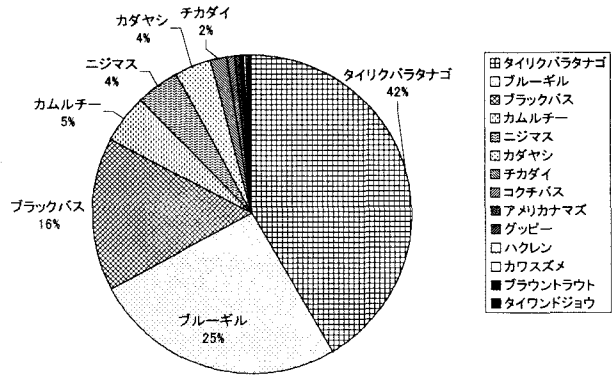


図-1 全国 109 一級河川の外来魚の集計結果

3. 全国河川の外来魚の分布特性

(1) 外来魚種の侵入状況

河川水辺の国勢調査データを用いて、全国の外来魚の移入・侵入状況を集計した結果を図-1 に示す。捕獲個体数の多い外来魚はタイリクバラタナゴ（外来魚の個体数の 42%）、ブルーギル（同 25%）、ブラックバス（同 16%）、カムルチー（同 5%）でこの 4 魚種で外来魚の捕獲個体数の 91%を占めている。外来魚種は全国で 26 種が捕獲確認されて、全確認魚種数の 14%であった。

全国 109 一級河川への外来魚の侵入状況を図-2 に示す。109 河川のうち、98 河川（全体の 90%）で外来魚種が確認されて、このうち、外来魚の割合が全捕獲個体数の 1%以上の河川が 50 河川であった。また、全河川での外来魚の捕獲数の全体に占める割合は 1.9%であった。

外来魚が占める割合の大きい河川は、加古川（全捕獲個体数の 16.2%）、庄内川（同 9.7%）、斐伊川（同 6.4%）が際立っている（図-2）。逆に、外来魚の確認されなかった河川は 11 河川で、北海道 4 河川、九州 4 河川、中部 2 河川、北陸 1 河川であった。

また、魚種別ではタイリクバラタナゴは 64 河川（59%）

で確認されており斐伊川（同 6.4%）が最大、ブルーギルは 53 河川（49%）で確認されており加古川（同 8.1%）が最大、ブラックバスは 66 河川（61%）で確認されており芦田川（同 2.3%）が最大、カムルチーは 35 河川（32%）で確認されており庄内川（同 4.7%）が最大であった。

(2) 外来魚と外的環境（流域・河川特性）

外来魚がどのような外的環境（流域・河川特性）に生息しやすいのか知るため、各河川の外来魚の魚種別構成比とその流域・河川指標^{5) 6) 7) 8) 9)}との相関を求めた。

外来魚は構成比の大きいタイリクバラタナゴ、ブルーギル、ブラックバス、カムルチーの 4 種を対象とした（図-1）。相関分析の結果を図-3 に示す。主な傾向は以下の通りである。なお、同図には表示していないが有意水準を 0.05 とした場合、相関係数が概ね -0.2 以下または 0.2 以上であれば有意な相関と判定された。

①構成比と河川延長や河道密度との関係では多くの場合正の相関を示しており、河川規模や河川密度が大きいほ

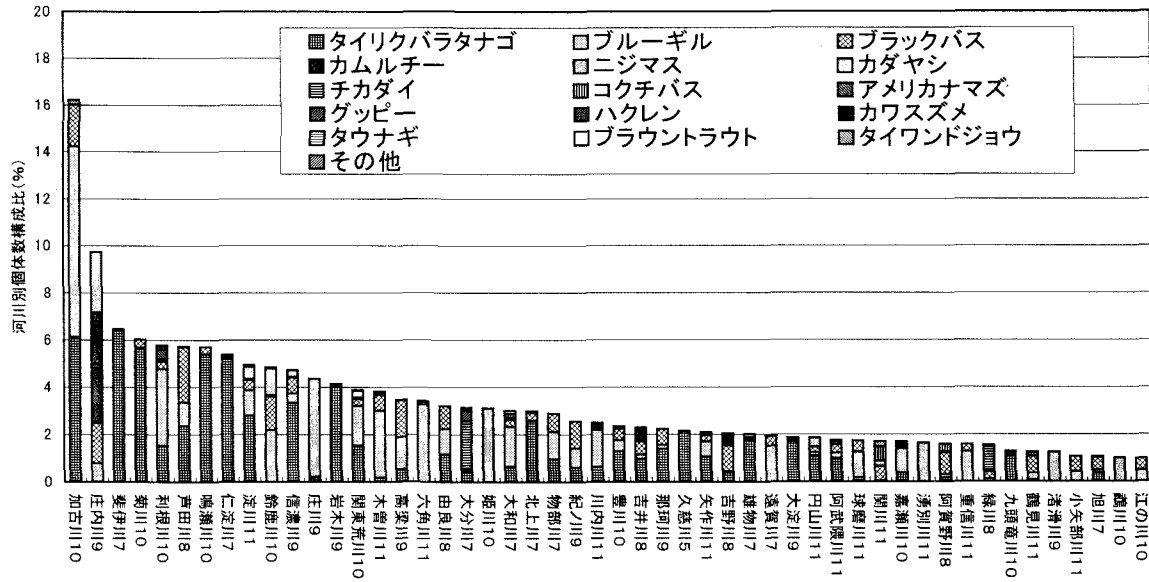


図-2 河川別外来魚の分布状況（構成比）（構成比が 1%以上の河川、河川名下の数字は調査年を示す）

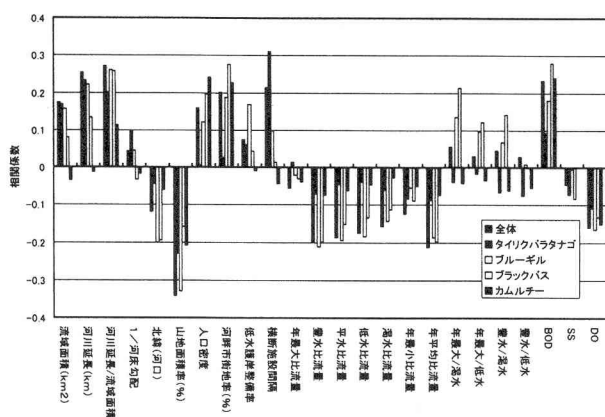


図-3 外来魚の構成比と流域・河川特性との相関

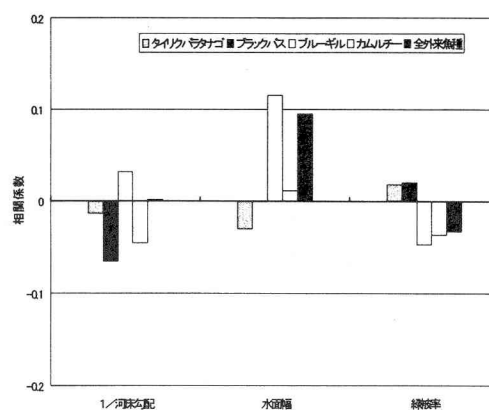


図-4 外来魚種と河道パラメータとの相関

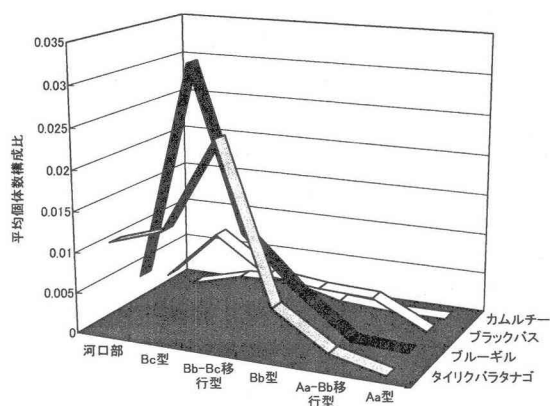


図-5 外来魚と河川形態の関係

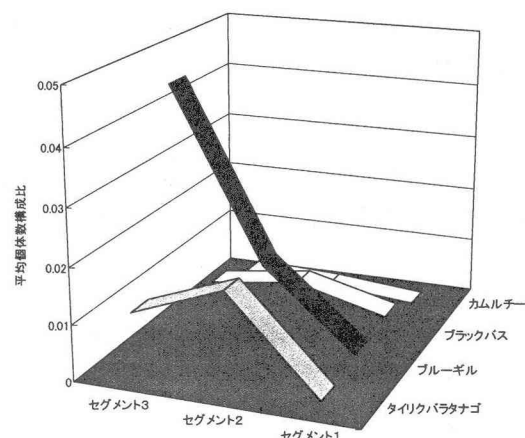


図-6 外来魚と河道セグメントの関係

ど外来魚の構成比が大きい。

②構成比と緯度との関係では負の相関を示しており、南にいくほど外来魚の構成比が大きい。

③構成比と山地面積率との関係では負の相関を示しており、流域に平地が多い河川ほど構成比が大きくなる。さらに、人口密度、河畔市街地率、低水護岸整備率とは正の相関を示しており、人為インパクトの大きい河川で外来魚の構成比が大きい傾向にある。

④構成比と流況指標との関係では、比流況量とはいずれも負の相関を示している。年最大流量／濁水流量、年最大流量／低水流量など2流況値の比率（流況比）との相関はあまり顕著ではない。すなわち、比流量は小さいほうが外来魚の構成比は大きくなるが、流況比の大きさとはあまり関係がない。

⑤構成比と水質との関係では、BODとは正の相関、DOとは負の相関が認められ、水質が悪い河川ほど外来魚の構成比は大きい傾向にある。

4. 外来魚と河道特性

(1) 外来魚と河道パラメータの関係

河川工学の観点から河道特性を規定する要素として、山本は「河床勾配」、「河床材料」、「平均年最大流量」

の3つのパラメータをあげている¹⁰⁾。

しかし、「河床材料」と「平均年最大流量」は各調査地点で統一的なデータが得られていないため、ここでは「河床勾配」、「水面幅」（平常時）、「河道内緑被率」（河川敷の緑被部分の面積率で河道内の土地条件の指標）の3つを河道パラメータとした。

この河道パラメータを用いて前述3（2）と同様に主要4種及び全外来魚(26種)の構成比との相関を求めた。その結果を図-4に示す。有意水準を0.05とした場合、いずれも有意な相関を示さなかった。有意ではないがブルーギルは水面幅と正の相関傾向がみられた。

(2) 外来魚と河川形態との関係

魚類生態の観点から河川特性を整理する指標として、「河川形態」による分類がある¹¹⁾。

「河川形態」を用いて、先と同様に主要4種について、これらの構成比と河川形態との関係を求めた。その結果を図-5に示す。

図の垂直軸は各魚種、各河道セグメントに該当する調査地点の魚種別構成比を平均したものである。なお、該当調査地点の対象魚種の捕獲個体数が0の場合、その調査地点を含む河川の全地点でその魚種の捕獲個体数が0

のときは平均の対象から除外するが、その河川で1地点でもその魚種が捕獲されているときは0であっても平均の対象に含めることにした。

Aa, Aa-Bb移行型, Bb型では外来魚の生息は少ないが, Bb-Bc移行型ではタイリクバラタナゴ, カムルチーが, Bc型ではブルーギル, ブラックバスが多く生息している。また, タイリクバラタナゴ, ブルーギル, ブラックバスは河口部も含めて比較的広範囲に生息していることがわかる。

(3) 外来魚と河道セグメントの関係

山本は河道の縦断特性を表す指標として、「河道セグメント」区分を提案している¹⁰⁾。

河道セグメント区分について河川形態と同様に主要4外来魚種をとりあげて、これらの平均的な構成比の関係を図-6に示す。

タイリクバラタナゴ, ブラックバスはセグメント2, ブルーギル, カムルチーはセグメント3に多く生息している。いずれの外来魚種もセグメント1には少なく, セグメント2, 3のような中下流部に多く生息していることがわかる。

これまで魚種と河川特性の関係について定量的に整理した事例はほとんどなかった。今回、調査データの精度

やバラツキの問題はあり, 極めてマクロではあるものの, 河川特性の違いによる魚種分布（ここでは外来魚）の変化を求めることができた。サンプル数は少なくなるが地域や河川別の同様な整理も可能である。

5. 多様度指数による評価

外来魚が魚類相にどの程度影響を与えているかを知るために、外来魚構成比と多様度指数の関係を求めた。

(1) シャノンの多様度指数による評価

外来魚が⁸⁾個別の在来魚に与える影響の定量評価は個別在来魚種へのインパクトを知る上で重要であるが、河川水辺の国勢調査結果から得ることはデータのバラツキもあり限界がある。このため、個別魚種への影響を把握するのではなく、多様度指数を求めてこれを代表指標にして外来魚による影響を求めた。

多様度指数はシャノンの多様度指数を用いる。シャノンの多様度指数は式(1)で示される¹²⁾。

シャノンの多様度指数 $= - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$ (1)

ここでsは魚種数、Piは魚種iの魚種別構成比であ

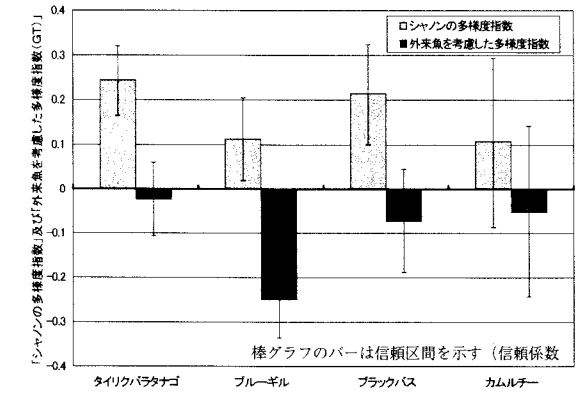


図-7 外来魚構成比とシャノンの多様度指数の相関 (調査地点別データ)

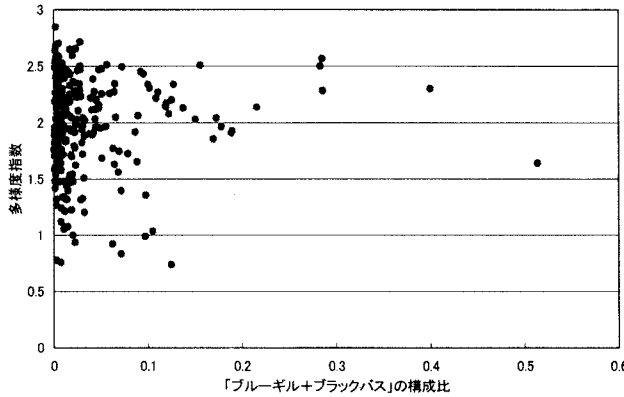


図-8 「ブルーギル+ブラックバス」の構成比とシャノンの多様度指数 (調査地点別データ)

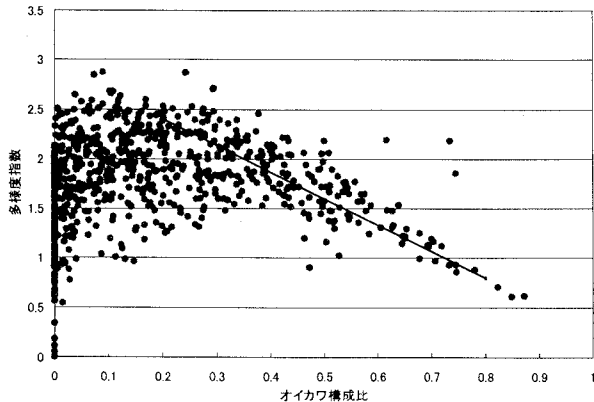


図-9 オイカワの構成比とシャノンの多様度指数 (調査地点別データ)

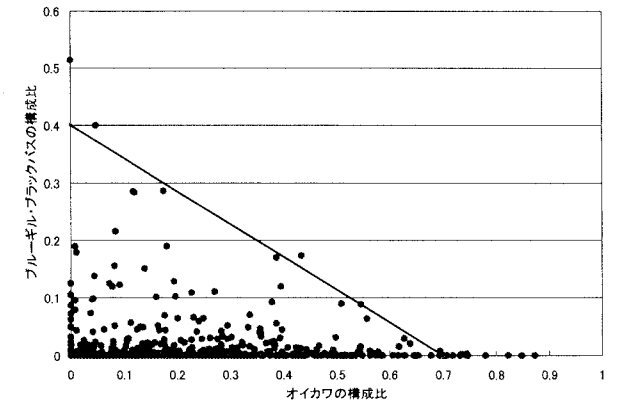


図-10 ブルーギル+ブラックバス構成比とオイカワ構成比の関係 (調査地点別データ)

る。

各外来魚の構成比とシャノンの多様度指数の相関は図-7に示す。なお、同図には信頼係数を 0.95 とした場合の信頼区間を併記した。タイリクバラタナゴ、ブルーギル、ブラックバスとも正の相関を示している。

また、図-8は肉食系外来魚である「ブルーギル+ブラックバス」の構成比とシャノンの多様度指数の関係を示す。0.3 程度までは構成比が大きいほど多様度指数を高くする傾向が見られる。他の魚種も同様な傾向であった。

現状のデータには外来魚構成比の大きさの限度がある等、解釈できる範囲に限界はあるものの、図-8に示すかぎり、その構成比が0~0.3 までであれば、多様度指数は低下しておらず、外来魚はそこでの魚類の多様度に大きな影響を与えていないように見える。

これらの傾向を示す理由として、オイカワに代表されるような既存優占魚（最大の占有比率を有する魚種）が他の在来魚を圧迫して多様度を下げている場合、外来魚の侵入することによって既存優占魚の占有率が下がり、他の在来魚に対する圧迫が緩んで、外来魚も含めた他魚種の増加をもたらして、多様度が上がったのではないかと推察される。

これに関して、文献13)では湖沼（高千穂御池）であるがオイカワの繁殖によって他魚種が減少、次にブラックバスの侵入によってオイカワ（優占魚）が減少する一方でアユやワカサギが増加し多様度が増した一連の事例が紹介されている。

この傾向を河川水辺の国勢調査結果でも確認するため、全国 109 一級河川のうち、47 河川で優占魚であるオイカワ、外来魚として「ブルーギル+ブラックバス」合計をとりあげて、以下の検討を行った。

まず、オイカワの構成比とシャノンの多様度指数の関係を図-9に示す。明らかに構成比の減少とともに多様度指数は増加している。

また、各河川のオイカワの構成比と「ブルーギル+ブラックバス」の構成比との関係を図-10に示す。包絡的には外来魚の構成比が大きいほどオイカワの構成比は小さくなっている。

以上のように「外来魚の侵入→オイカワの減少→多様度指数の増加」の傾向が一応認められた。

しかし、このような傾向は外来魚の侵入前にオイカワのような優占魚の占有が著しくて大きいことが前提である。また、外来魚の構成比が高まれば、今度は通常言われているように外来魚が在来魚を圧迫して多様度指数が低下すると考えられる。

また、以上はあくまでも河川水辺の国勢調査のデータによってシャノンの多様度指数を指標にした分析結果である。今後、さらに個別の河川等の詳細な調査や異なる指標による検証が必要であることは言うまでもない。

(2) 外来魚を考慮した多様度指数の提案

シャノンの多様度指数は各魚種の魚種別構成比から求められるが、外来種や上位種の存在など個別魚種の生態的重要性（外来魚の場合は有害性）やその役割は考慮されていない。

このため、多様度指数に魚種によって生態的位置づけを考慮できるように多様度指数を求める手順の中で各魚種の係数に重み付けすることが考えられる。たとえば、外来魚種は重みを0またはそれ以下にすることにより、外来魚と在来魚の存在に差をつけることができる。たとえば在来魚に与える影響が大きい外来魚種はマイナスの重みを大きくする。

式(2)は外来魚の重みを一律に-1としたもので、「外来魚を考慮した多様度指数」(GT)と言うべきものである。

$$GT = \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i - \sum_{i=m+1}^s P_i \ln P_i \quad (2)$$

ここで s は全体魚種数、m は外来魚種数、 P_i は魚種 i

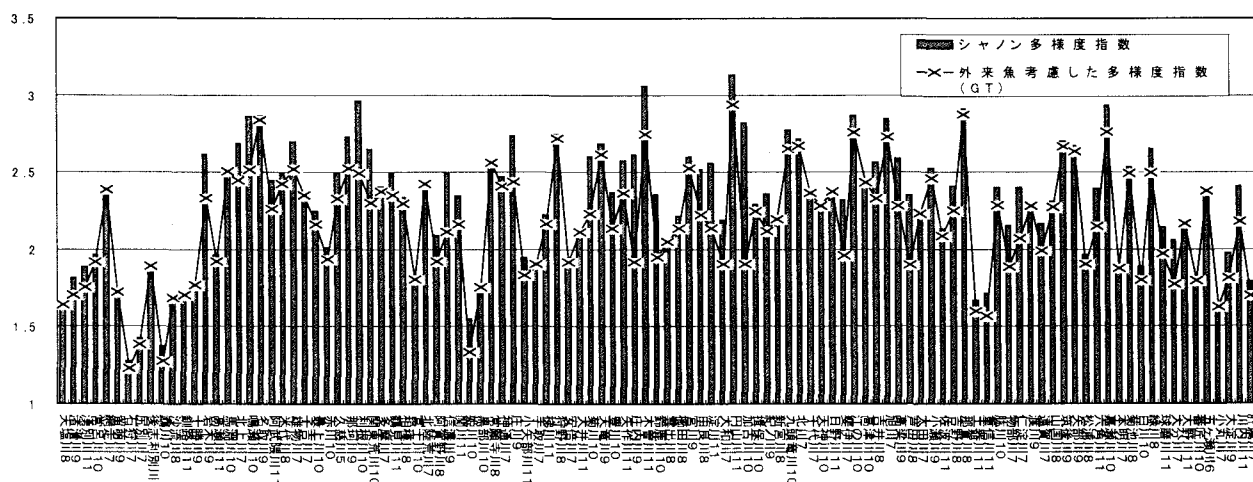


図-11 河川別「シャノンの多様度指数」と「外来魚を考慮した多様度指数」の関係

の魚種別構成比である。

図-11は各河川の「シャノンの多様度指数」及び「外来魚を考慮した多様度指数」(GT)の関係を示す。GTの大きい河川は、大きい順に円山川、那賀川、名取川、嘉瀬川、江の川である。ちなみにシャノンの多様度指数では円山川、木曽川、利根川、嘉瀬川、那賀川の順である。

GTと主要4外来魚種との構成比との相関を図-7に併記した。先に求めたシャノンの多様度指数と異なり、GTと外来魚の構成比とは負の相関を示している。

今回、式(2)では外来魚種の重みは一律に-1、在来魚は+1(重み無し)としたが、外来魚の種類によって重みを変えることも可能である。

また、在来魚種もその生態的位置づけによって重みをつけることにより、「魚類生態を考慮した多様度指数」として新たな指標とすることも考えられる。ただし、重み付けの方法は生態学的知見にもとづき各魚種の定量評価が必要であり、今後の課題である。

6. まとめ

本研究は河川水辺の国勢調査結果(平成2年度～平成11年度)を用いて、全国109の一般河川の外来魚の特性についてマクロな視点から統計的に分析を行ったものである。主な結果は以下のとおりである。

(1)外来魚は全国で26種が捕獲確認されている。また、全国109河川のうち98河川(全体の90%)で確認されており、その捕獲個体数は全捕獲個体数の1.9%であった。

捕獲個体数の多い外来魚種はタイリクバラタナゴ(外来魚の個体数の42%)、ブルーギル(同25%)、ブラックバス(同16%)、カムルチー(同5%)で、この4魚種で外来魚の捕獲個体数の91%に達している。

(2)主要外来魚であるタイリクバラタナゴ、ブルーギル、ブラックバス、カムルチーを対象にして外来魚の構成比と流域・河川指標の相関と求めた。その結果、

多くの外来魚で流域・河川規模が大きいほど構成比が大きく、緯度が下がるほど構成比大きくなる傾向となった。山地面積率と外来魚の構成比では負の相関、人口密度、河畔市街地率、低水護岸整備率では正の相関を示した。また、水質が悪い河川では外来魚の構成比が大きくなる傾向がみられた。すなわち、低緯度で平地部が大きく人為インパクトの大きい河川ほど外来魚の構成比が大きい傾向となった。

(3)主要外来魚の構成比と「1/河床勾配」、「水面

幅」、「河道内緑被率」との相関を求めた結果、これら相関は顕著ではなかった。一方、「河川形態」および「河道セグメント」との関係を整理して、主要外来魚の全国での平均的な生息分布を求めることができた。

(4)オイカワなどの既存優占魚の占有率が高い河川の場合、外来魚の侵入によって、優占魚の占有率が下がって多様度指数が高くなる状況もあることが示された。

(5)外来魚の影響を多様度指数に適切に反映させるため、シャノンの多様度指数を基本にして外来魚種に負の重みをつけて算定する「外来魚を考慮した多様度指数」を提案した。

謝辞：本研究においては国土交通省河川環境課監修、

(財)リバーフロント整備センター編集、山海堂発行の平成2年度から平成11年度までの「河川水辺の国勢調査年鑑」のデータを用いた。この調査とりまとめに携わった関係者各位、また、本研究で有益なアドバイスを頂いた土木研究所水循環研究グループ科学技術特別研究員の河口洋一氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本生態学会編、村上興正・鷲谷いづみ監修：外来種ハンドブック、地人書館、2002.9
- 2) 外来種影響・対策研究会：河川における外来種対策に向けて(案)、(財)リバーフロント整備センター、2001.7
- 3) 国土交通省河川局監修、(財)リバーフロント整備センター編集：河川水辺の国勢調査年鑑(平成2・3年度～平成11年度)、山海堂、1993～2001
- 4) 佐合純造、永井明博：河川水辺の国勢調査を用いた全国河川の魚種数の特性とその評価手法、土木学会論文集、2003.2
- 5) (社)日本河川協会監修：河川便覧(平成6年版)、国土開発調査会、1994.9
- 6) 建設省河川局：流量年表、(社)日本河川協会
- 7) (社)日本河川協会編：日本水質年鑑、山海堂、2000.4
- 8) 環境庁：日本の河川環境、大蔵省印刷局、1989
- 9) 建設省河川局河川環境課監修：全国一級水系における河川横断施設の概略点検結果、(財)リバーフロント整備センター、1995.12
- 10) 山本晃一：沖積河川学、山海堂、1994.9
- 11) 沼田真監修、水野信彦、御勢久右衛門著：河川の生態学、築地書館、1993.4
- 12) たとえば、木元新作、武田博清：群集生態学、共立出版、1989.6
- 13) 川合禎次、川那部弘哉、水野信彦：日本の淡水生物 侵略と攪乱の生態学、1980.11

(2003. 4. 11受付)