

河川水辺の国勢調査結果を利用した魚類出現特性による全国一級水系の類型化及び分析

RIVERINE CLASSIFICATION BY CHARACTERISTICS OF FISH
APPEARANCE USING THE NATIONAL SURVEY FOR RIVER AND RIPARIAN
ENVIRONMENT AND ITS ANALYSIS

望月 貴文¹・天野邦彦²

Takafumi MOCHIZUKI and Kunihiko AMANO

¹正会員 工修 国土技術政策総合研究所 環境研究部 河川環境研究室 研究官
(〒305-0804 つくば市旭一番地)

²正会員 工博 中部地方整備局 浜松河川国道事務所 所長
(〒430-0811 静岡県浜松市中区名塚町266)
(元国土技術政策総合研究所 環境研究部 河川環境研究室 室長)

We classified Japan's 109 riverine and 840 observatories by fish species monitoring data using the national survey for river and riparian environment for the rivers nationwide in following three cases about fish species. Such as all kinds of fish, freshwater fish and migratory fish.

As the results, in the case of all kinds of fish and observatories, the types of observatories nearby estuaries were different from other observatories. In the case of all kinds of fish and riverine, it was similar to the classification of the estuaries in the case of all kinds of fish and observatories. These showed that classifications by all kinds of fish were influenced by environmental factor of estuaries. In the case of freshwater fish and observatories, some observatories of the uppers were different types from the lowers of the same river. It showed that freshwater fish were influenced by environmental factor of each point. In the case of migration fish and observatories, the classifications were not clear in *Honshu*. It showed migration ability of those species is higher than that of freshwater fish.

Key Words : river ecosystem, classification, estuary, freshwater fish, migratory fish, TWINSpan

1. はじめに

河川生態系は河川の流況・水温・水質・河床材料・形状等の河川環境特性に大きな影響を受けている。河川生態系保全のためには、それらの項目に関して適切に目標設定を行い、管理していくことが望まれる。そのためには、それらの河川環境特性が河川生態系にどのような影響を与えるかを解明することが重要である。このような目的に対して、日本全国の生物生息状況を位置情報とともに把握することができれば、近傍の河川環境特性の情報と比較することで、河川環境特性の変化の影響を敏感に受ける指標種の抽出やそれら指標種の生息に必要な河川環境特性に関する検討が可能になる。このために、類似の生物生息状況や河川環境特性の分布を知ることのできる環境類型区分は有効な手法である。

生物種による河川の類型化は近年盛んに行われており、

例えば岸田ら(2011)¹⁾は、汽水域を対象として物理環境要因による類型化と河川水辺の国勢調査の出現魚類種による分類を行っており、塩分濃度特性と生物出現特性に良好な関係性があったことを示している。

また、河川水辺の国勢調査の全魚種の調査地点を利用した全国の河川の水系単位での類型区分は大塚ら(2007)²⁾により行われており、北海道、東日本日本海側・太平洋側、西日本Ⅰ・Ⅱ型等に区分されることが示されている。しかし、河川は同一水系内においても縦断方向に地形や勾配、河床材料等の河道特性³⁾や、水温・水質、餌生物等が大きく変化し、それに伴い生物相も異なっていることが既往の研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾より明らかにされており、水系単位でのみの類型区分では魚類生息状況の特徴を捉えきれていない可能性がある。

本研究では、全国109水系を対象に河川水辺の国勢調査のうち魚類を対象とした調査結果を利用し、水系単位に加えて調査地点単位での類型化を行うとともに、類型

化の単位や対象魚種の違いによる類型区分結果の違いやそれぞれの特徴について把握した。

さらに、魚類生息状況に大きな影響を与えると考えられる河川環境特性として水温に着目し、類型毎や指標種の確認地点における水温分布の特徴を把握した。

2. 研究方法

(1) データ収集・整理

国土交通省により実施された河川水辺の国勢調査は現在までに3巡の調査が実施されており、本研究では第3巡調査の結果を用いるものとした。この調査が行われた期間は平成16～20年である。平成22年時点における最新の生物リストを見ると、魚類に関しては729タクサ、底生動物については4720タクサに分類されている。本研究では河川環境への依存度が高く、比較的種の同定が細微まで行われている魚類（全確認魚種）を対象とした。

また、生物調査地点の環境特性を把握するため、調査地点の座標情報及び既定計画資料から各地点の河口からの距離及びセグメントを整理した。さらに、生物調査地点の近傍5km以内かつ同一の河川内にあるという条件で公共用水域水質測定地点を抽出し⁸⁾、平成12年～21年までの10年間の水温データを整理した。

(2) 生物出現特性による水系及び調査地点の類型化

類型化には、調査地点と出現種による分類に使用されることが多いTWINSPAN法⁹⁾を用いた。TWINSPAN法は基準に照らして1組のデータを次々に分割していく「分割型方式」であり、クラスター分析のような集約的方法と比較して最初から全サンプルをひとまとめにした群を対象とするため、個々の小さい単位がもつ偶然変動に影響されにくく、群衆本来のもつ性格を正しく反映した分類ができるとされている¹⁰⁾。類型の単位としては水系単位及び調査地点単位の2つのケースで行い、水系単位による類型区分では確認魚種、調査地点単位による類型区分では確認魚種及び確認個体数により区分した。また、対象確認魚種は、全魚種、純淡水魚のみ、回遊魚のみの3つのケースで行った。魚類の生物情報については河川水辺の国勢調査を基礎情報とし、不足する情報は魚類図鑑¹²⁾等を参考とした。区分の数は水系単位での分類では12分類まで、調査地点単位の分類では16分類までとした。

(3) 類型ごとの水温分布の整理

(1)で抽出した調査地点近傍の水温データを(2)でもとめた類型ごとに集計し、それぞれの分布状況の比較を行った。また、全調査地点における水温の分布と類型区分の要因となった種を中心に特定の種の確認地点における水温の分布を比較した。

3. 結果

(1) データ整理

河川水辺の国勢調査の第3巡のデータのうち、魚類の生息が確認された全873地点を抽出した。そのうち、観測位置情報が明確な840地点を使用した。840地点のうち、純淡水魚が確認されたのは817地点、回遊魚が確認されたのは825地点であった。なお、河川水辺の国勢調査における魚類の同定作業では、仔魚等で種の特定が不明な場合に属レベルで終了する場合がある。本研究では、このような場合になされる表現である「属及び属の1種」となっているデータを含まずに整理を行った。ただし、これを含めないことにより調査地点の数が減少することはない。

図-1に、全調査地点が位置するセグメントの割合を示す。セグメントMの割合が少ないことが分かる。河川水辺の国勢調査は多くの調査地点が直轄区間内にあるため、上流部の調査地点が下流に比べて少ない。

図-2に、今回確認できた種の種類別の割合を示す。汽水・海水魚が最も多くその割合が半数を超えていた。

(2) 類型化結果

各ケースにおける類型化の結果を以下に示す。以降に示す樹状図は、TWINSPAN法による分類の過程を簡易に示したものであり、左の1群から次々と群を分割する。記載の種は各段階で区分の要因となった種を示している。なおここでは、区分の要因となった種が出現した又は個体数が大きい場合に（-）、出現しない又は個体数が小さい場合を（+）で示している。

a) 水系単位・全魚種

樹状図を図-3に、類型区分結果を図-4に示す。第一分類では北海道（類型8～12）とそれ以外（類型0～7）で分類された。北海道の固有種であるエゾウグイ、本州に広く分布するオイカワ、カマツカが要因となっている。本州は第二分類で類型0～3と類型4～7に大別されたが、前者は西日本、後者は東日本に分布する（ただし、類型4は北陸及び中国地方の日本海側に分布する）。要因となった出現種はヤマメ・サケ（主に東日本に生息）、ウロハゼ・ゴクラクハゼ・ドンコ・カワアナゴ（西日本に生息）等であった。ドンコを除くと汽水・海水魚が要因となっていた。東日本は鶴見川・関川以北は主に類型6、7で占められ類型6は太平洋側、類型7は日本海側の水系が多く、類型6はコトヒキ、ザッパ、ビリンゴ等の汽水魚が、類型7はアカザ、カジカの淡水魚が出現することで区分されている。西日本は、有明海（類型0）及び瀬戸内海、日本海側（類型1）と、太平洋側の内湾（類型2）及び外洋（類型3）に分類された。区分の要因の種として類型0,1はシモフリシマハゼ、類型2,3はシマイサキ、コトヒキ、ボウズハゼと汽水・海水魚が多く見られた。

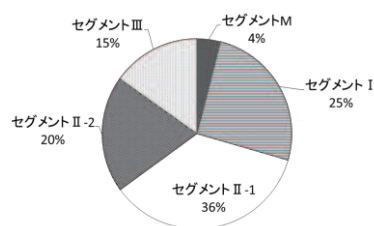


図-1 調査地点のセグメントの割合

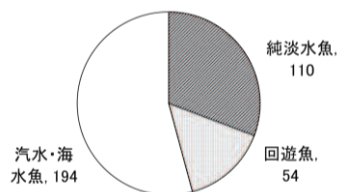


図-2 確認種の割合 (数字は種数)

その後の分類では類型0のハゼクチ、類型2のヌママツ、類型3のギンガメアジ等がそれぞれの類型を特徴づける種となっており、既知の生息域とも一致する。

b) 調査地点単位・全魚種

樹状図を図-5に、類型区分結果を図-6示す。上流の調査地点と比較して河口・汽水域の調査地点において多様な魚種が確認されるため、これらの地点を区分するための類型が多く生じる結果となった。第一分類で0～15の類型は0～7と8～15の2つの類型に大別された。後者はほとんどが下流から河口・汽水域の調査地点であり、マハゼ、ボラ、スズキ、コノシロ、ウロハゼ、ヒメハゼ等の汽水・海水魚の生息状況が区分の要因となっている。類型8～15は北海道（類型8）、瀬戸内海（類型9）、有明海（類型10, 11）、東日本（類型12）、本州日本海側（類型13）、太平洋側・九州（類型14, 15）と地域毎に明確な区分が見られた。類型0～7は、北海道（類型0～2）、東日本（類型3～5）、西日本（類型6, 7）に大別され、水系と同様、北海道のエゾウグイ、フクドジョウ等の固有種が、西日本はドンコ、ゴクラクハゼ等の生息が分類の要因となっていた。類型0～7は類型8～15と比較して淡水魚が要因となっていることが多かった。また、類型0～7では、類型8～15で見られたような、太平洋側と日本海側等の地域による明確な区分は見られなかった。また、同一水系では河口・汽水域の調査地点とその上流域が異なる類型に分類される一方、類型区分数の関係から、これ以上の細分化（顕著な差異）は概ね認められない。

c) 調査地点単位・純淡水魚種

樹状図を図-7、類型区分結果を図-8示す。第一分類では、北海道（類型8～15）、本州（類型0～7）に大別された。ただし、類型8は高瀬川のみ4地点、類型12は小吉川のみ1地点、類型13は一部東北・北陸を含む類型で11地点でありいずれも少数のみ存在する類型である。第二分類で本州は東日本（類型5～7）、西日本（類型0～5）に分けられた。純淡水魚種の類型化においても、a), b)

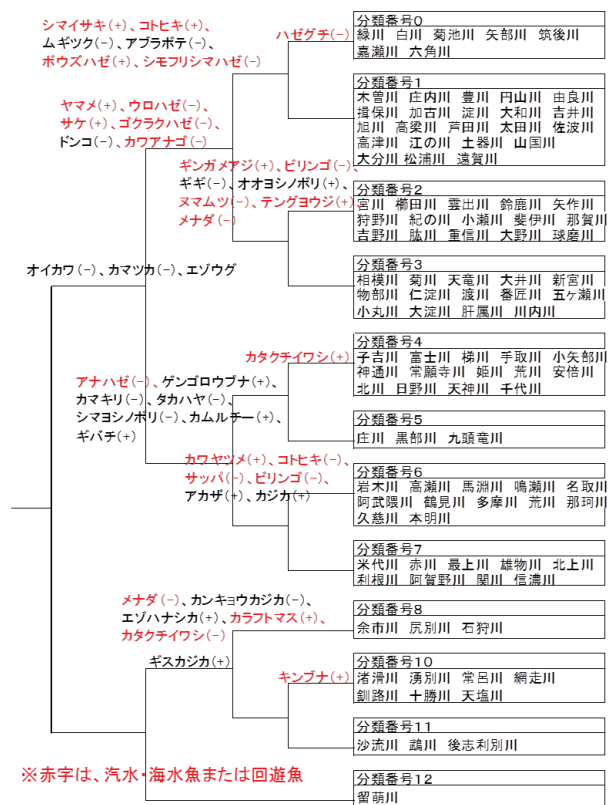


図-3 水系単位・全魚種での分類結果（樹状図）



図-4 水系単位・全魚種での分類結果

と同様に、北海道のエゾウグイ、フクドジョウ等の固有種の存在により本州と大別され、北海道の中でも魚類相に差があったことから16区分中の8区分（類型8～15）を占めた。例えば、日本海側やオホーツク海側に多い類型14, 15はフクドジョウの出現割合が高く、太平洋側の水系に多い類型10はエゾウグイ出現割合が高いこと等の特徴が見られた。また、本州では東日本の3分類に比べ西日本は6分類と細かく分類されていた。類型5は東日本～西日本全域に存在する類型でほとんどが下流域であり、ニゴイ、モツゴ等の環境の変化に強く比較的幅広い環境で生息できる淡水魚の出現数が多いことが特徴である。

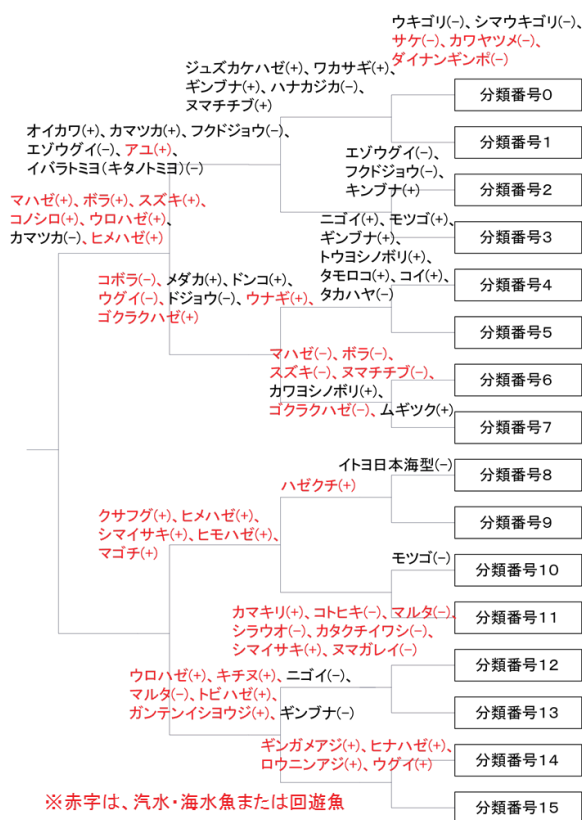


図-5 調査地点単位・全魚種での分類結果（樹状図）

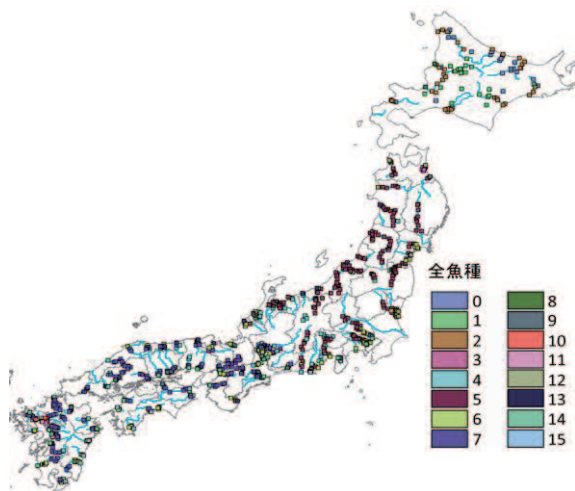


図-6 調査地点単位・全魚種での分類結果

b) と異なり全国的に同一の水系でも上流と下流で異なる類型に区分されている河川が多く見られ、例えば東日本では上流側に類型6, 下流側に類型5を示す水系が見られる（最上川, 荒川, 天竜川等）。類型6は、アブラハヤ, シマドジョウ, カジカといった中流部に生息するとされる魚種の出現が特徴である。西日本では西日本に生息するドンコ, ムギツク等の出現が特徴的な類型0, 1, 3と類型5が混合している水系が見られた。西日本で対象地点の多い類型1と類型3を比較すると, 類型3は外来種であるオオクチバスとブルーギル, 元々は琵琶湖原産であるが釣りの対象として全国に移植されたゲンゴロウブナの生息等により類型1と区分されていた。類型1と類型3は

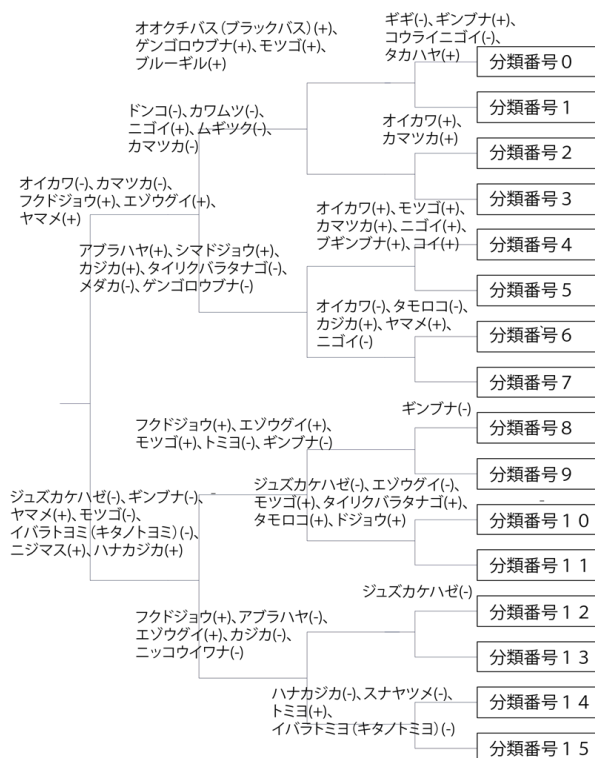


図-7 調査地点単位・純淡水魚種での分類結果（樹状図）

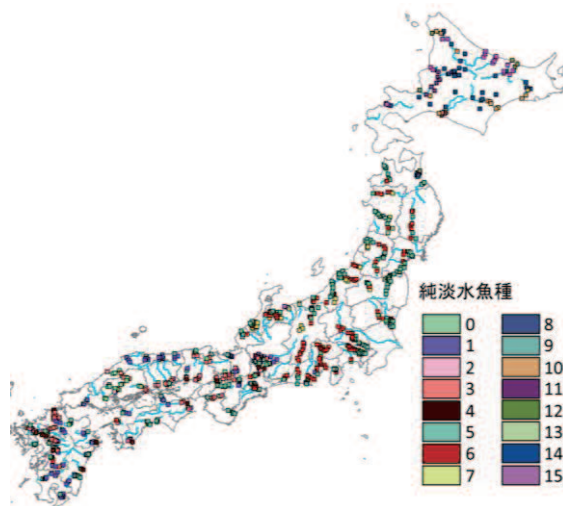


図-8 調査地点単位・純淡水魚種での分類結果

同一地域の中でも混在しており, 移植が魚類出現特性に影響を及ぼしている可能性がある。

d) 調査地点単位・回遊魚種

樹状図を図-9, 類型区分結果を図-10示す。第一分類では類型0~7の北海道・東日本と類型8~15の西日本に大別された。本州では類型5, 類型6が多く出現しており, 類型5が上流に分布し, それより下流に類型6が分布する水系が多く見られた。類型5の確認魚種が17種なのに対して類型6では43種の出現が確認されており, 下流部と上流部の魚類相に明確な違いが確認された。類型12~13は有明海の河川が多く, ヤマノカミが出現することが特徴である。a) ~c) で見た類型と比較すると北海道や九州が大別される他は, 本州内で多数の類型が混在しており,

比較的明確ではなかった。

(3) 水温分布との比較

類型ごとの河川環境特性を把握するため、ここでは特に冷水魚の生息に影響を与える⁸⁾と考えられる最高水温に着目する。図-11に調査地点単位・純淡水魚のケースにおける調査地点の期間最高水温を、類型ごとに地点の数だけプロットしたものを示す（ただし、類型8及び類型12は地点数が少なく該当する水温観測データがない）。北陸～東北の類型7と北海道の類型9以降は平均値が26度以下であった。それ以外では平均値は27度を超え、本州全域の下流・河口域に分布する類型5は九州・四国の類型0～4と同等程度の分布となっていた。類型7以降は、ヤマメ、カジカ等の冷水性淡水魚の生息が特徴である。図-12に、全ての調査地点における最高水温の分布及びヤマメが確認された地点における最高水温を示す。全地点の分布に比べ、相対的に低温を選好する傾向を示しており、年最高水温が27度を超えると極端に生息数が少なくなる。生息域と水温分布の傾向が一致していることから、ヤマメの最高水温に対する選好性が確認できた。

4. 考察

(1) 全魚種による類型区分

調査地点単位・全魚種のケースでは第一分類で河口・汽水域と上流域に大別され、汽水・海水魚の生息に特徴づけられる河口・汽水域のみで構成される類型が半数を占めている。これらのことは、下流に行くほど出現種数及び出現個体数が多くなり⁹⁾類型化されやすいことが要因であると考えられる。河口・汽水域の類型は北海道、東日本、西日本、九州、日本海側、太平洋側と地域で比較的明瞭に類型が別れており、これは、海流や潮汐状況等の海域の影響に依存した類型区分となっていると考えられる。このことは、岸田ら(2007)¹⁾による汽水域の分類と同様の傾向を示すものである。

また、調査地点単位の河口・汽水域の類型区分は水系単位・全魚種のケースと類似しており、汽水・海水魚種が水系の類型を特徴づけていたことが示唆された。河川水辺の国勢調査では、多くの調査地点が直轄区間にあり、上流部や支川での調査が比較的少なかった。このため、本来の汽水・海水域に生息する魚種及び個体数の多さもあり、全ての魚類確認種数及び個体数に占める汽水・海水魚種の割合が大きくなっていると考えられる。このように、水系単位・全魚種のケースにおける類型区分には河口・汽水域の環境特性が及ぼしている影響が大きくなることを考慮しなければならない。また、モニタリング方法に関する課題として上流域における調査地点の不足が示唆された。

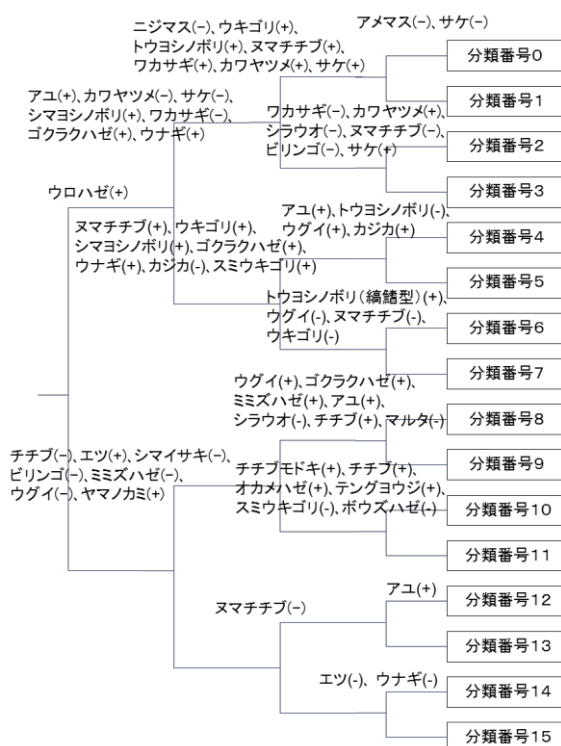


図-9 調査地点単位・回遊魚種での分類結果（樹状図）

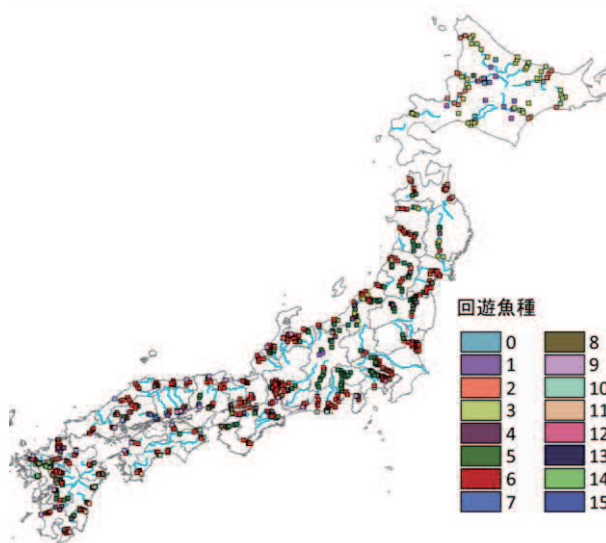


図-10 調査地点単位・回遊魚種での分類結果

(2) 類型区分ごとの比較

全調査地点・全魚種のケースでは、河口域以外の類型は同一の水系内でほぼ同一の類型であった。しかし、純淡水魚に限定した類型区分では同一の水系内でも異なる類型が存在しており、純淡水魚の生息状況は同一水系内で一定というわけではなく、地点毎に異なる河川環境特性により影響を受け、縦断方向で魚類生息状況が異なることが確認できた。

また、全調査地点・全魚種のケースでの河口・汽水域の類型区分は、日本海側・太平洋側で明確な区分があったが、純淡水魚では北海道、東日本、西日本で大別されるものの、日本海側・太平洋側での区分は明確ではな

かった。これには以下の要因が考えられる。純淡水魚は陸水系に分布・分散が大きく制限される。渡辺ら(2010)¹²⁾によると、日本の純淡水魚は海峡の成立や山地形成・氷河期などの歴史的イベントの影響を受けており、北海道石狩平野やフォッサマグナ等の純淡水魚出現特性の境界は、現時点における日本列島の純淡水魚類相の歴史生物地理的な「一般パターン」として位置づけられることが示唆されている。これらのことから、魚類生息状況は系統地理学的な要因によりまず前提となる出現の有無が決定されていることが近年の実測データを用いた本検討からも確認できた。そして、汽水・海水魚は純淡水魚と比較して環境変化への対応能力が高いことから、海流・潮汐等の地域ごとの違いにより太平洋側と日本海側で異なる生物出現特性を持ち、各地域固有の生物生息状況が形成されたと考えられる。

全調査地点・回遊魚のケースでは、北海道や九州が大別される他は、本州内で多数の類型が混在しており、地域ごとに類型を区分することは困難であった。このことは、回遊魚が成長の過程で海洋を利用しており純淡水魚に比較し移動能力が高いため、汽水・海水魚と同様に生息場所が広域化しやすいことが要因として考えられる。

今回検討を行った4つのケースから分かるように、生物出現特性による類型区分はその類型の単位や対象魚種により異なる結果を示す。分析方法や目的に応じて、適切な分類方法を選択することが必要である。例えば、ダムによる流域の分断等、上流部の生態系への影響を考慮すべき際や、温暖化の影響を検討する際に図-12に示したヤマメのような特に水温の変化に敏感であろうと考えられる狭温性冷水魚の生息への影響を検討する際には、純淡水魚のみに魚種を絞った類型化を行い、その生息状況の詳細を把握することが有効であると考えられる。

5. まとめ

全国の一級河川109水系について、河川水辺の国勢調査結果を用いて、魚類出現特性による水系及び調査地点単位での類型化を行うことで、現在の日本における魚類出現特性の概略を把握できた。その特徴として、同一水系でも河口・汽水域と上流域は別の類型に分類されること、河川・汽水域の類型と上流域の類型は別の分布傾向を示すこと、類型化の単位・対象魚種によって異なる類型区分結果を示すことなどが確認できた。

今後は物理環境特性による河川の類型と生物出現特性による類型とを比較することで本来の生息可能性を分析し、気候変動や河川事業等の人為的影響による河川環境特性の変化によって生息できなくなった、あるいは今後生息できなくなる可能性のある種を把握することが必要である。

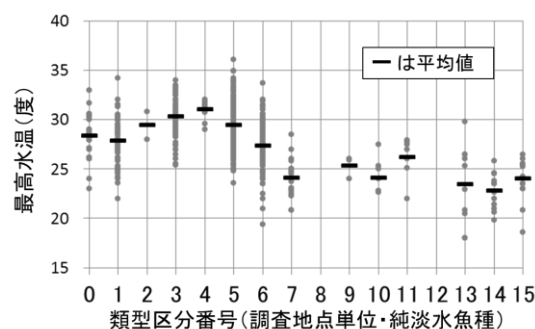


図-11 類型毎の最高水温の分布

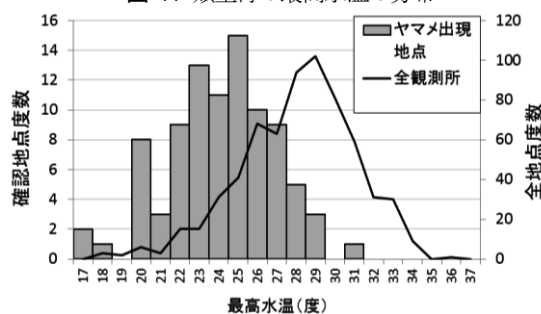


図-12 ヤマメの確認地点と最高水温の頻度分布

参考文献

- 1) 岸田弘之, 天野邦彦, 大沼克弘, 遠藤希実: 河川汽水域の環境管理技術確立のための全国一級水系の汽水域環境類型化, 水工学論文集, 第55巻, pp. 1273-1278, 2011.
- 2) 大塚哲哉, 前田諭, 阿部充: 河川水辺の国勢調査結果からみた河川環境-1・2・3巡目調査結果の総括検討, リバーフロント研究所報告, 第18号, pp. 103-110, 2007.
- 3) 山本晃一: 沖積河川 構造と動態-, 技報堂出版, 2010.
- 4) 小倉紀雄, 山本晃一: 自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系: 技報堂出版, 2005.
- 5) 厳島怜, 島谷幸宏, 中島淳, 河口洋一: 環境指標のための魚類セグメントエコリージョン, 水工学論文集, 第53巻, pp. 1189-1194, 2009.
- 6) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六: 河川生態環境工学, 東京大学出版会, 1993.
- 7) Robert J.; Bilby, Robert E.; Kantor, S: River Ecology and Management, springer, 1998.
- 8) 天野邦彦, 望月貴文: 河川水辺の国勢調査結果を利用した魚類および底生動物の水温・水質への依存性評価, 河川技術論文集, 第17巻, pp. 513-518, 2011.
- 9) Hill, M.O.: TWINSPLAN, a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell Univ., Ithaca, 1979.
- 10) 小林四郎: 生物群集の多変量解析: 蒼樹書房, 1995.
- 11) 川那部浩哉, 水野信彦, 細谷和海: 日本の淡水魚, 山と溪谷社, 2001.
- 12) 渡辺勝敏, 高橋洋: 淡水魚類地理の自然史, 北海道大学出版会, 2010.

(2012. 4. 5受付)