

学位論文題名

山地流域における階層的河川構造とサクラマス生息環境

学位論文内容の要旨

国土開発による流域環境変化が社会問題として重視されつつあるが、近年はとくに河川流域改変における、生態系への影響予測手法や保全手法の確立が求められるようになってきた。これに伴い、流域保全の主要な担い手である治山・治水も防災を主目的とした流域管理から、防災のみならず景観や生態系保全をも目的化した流域管理へと移行しつつある。すなわち、従来は、河川を災害発生場として捉え、その物理環境の動態を対象とすることが多かったが、陸域生態系主構成要素としての河川構造の解明と生態保全的流域管理手法の確立が急務となってきている。本研究は、北方圏河川流域をサクラマスの生息環境として位置づけ、複数の空間スケールから河川環境の階層構造解析を行い、河川生態環境構造の機構解明を試みたものである。

第1章では、河川環境が、階層的な構造を有することから複数の異なった空間スケールから河川生態・物理環境構造の機構解明を行うべきことを論じ、河川環境把握のための空間スケールとして、流域、流域を構成する河道区間、河道区間を構成する瀬や淵などの流路単位、さらに流路単位の構成要素であるサブユニットの概念規定を行った。また、本研究の対象流域とした、北海道北部の天塩川水系問寒別川流域とこれに隣接するパンケナイ川流域が、地質、地形および植生景観の異なる複数の支流から構成されていること、さらにこれらが、3タイプの河道形態(大礫急流河道、大礫緩流河道および小礫緩流河道)と2タ

イブの河畔植生(森林、草地)から6河道区間タイプに分類されることを明らかにした。

第2章では、河道区間(区間長100m程度)を単位とした河道区間スケールでの環境解析を行い、対象流域内における各支流間での河道形態・河畔植生とサクラマス生息密度との関係について検討した。6河道区間タイプに各6(計36)の調査区間を設定し、各調査区間において、生息場所特性の指標となる環境要素(生息場所変量:水温、河床勾配、淵量等)を計測するとともに、サクラマス生息密度を推定した。そして(1)河道形態と河畔植生による各生息場所変量およびサクラマス生息密度の違い、(2)各生息場所変量とサクラマス生息密度との関係について検討した結果、サクラマス生息密度は、草地区間よりも森林区間で高く、かつ、森林区間の中でも大礫緩流区間で最も高いという結果を得た。このような河道区間間でのサクラマス生息密度の違いは、草地区間では高い夏季最高水温が生理的ストレスとなってサクラマス個体数を制限していること、また、高水温によるストレスを被らない森林区間ではカバー量が制限要因としてはたっていることが明らかとなった。これら2つの制限要因となった水温とカバーは、どちらも河畔植生に支配された生息場所変量であることから、サクラマス生息環境における河畔林の重要性が明確化された。

第3章では、河道区間を構成している瀬や淵などの流路単位について環境解析を行い、サクラマスの生息場所利用について検討した。まず、既往の流路単位分類方法について再整理し、本研究では、カスケード、早瀬、瀬、平瀬および淵の5流路単位タイプ分類を採用することとした。そして前章で設定した各調査区間に含まれる流路単位をこれら5タイプに区分するとともに、各流路単位の生息場所特性を表す環境要素(生息場所変量:水深、流速、底質等)を計測し、各流路単位内におけるサクラマス生息密度の推定を行った。そして、各生

息場所変量およびサクラマス生息密度を流路単位タイプ間で比較するとともに、生息場所変量とサクラマス生息密度との関係について検討した。その結果、淵は他流路単位タイプにくらべ大水深・低流速・大流速変異・大底質変異・多カバー量を有していること、そしてサクラマス若齢魚については、この淵での生息密度が最も高いという顕著な利用様式が認められた。このような流路単位利用を最もよく説明し得る生息場所変量は、流路単位の水深または流路単位内におけるカバー量であった。ただし、河道区間タイプにより大礫急流河道ではカバー量、大礫緩流河道および小礫緩流河道では水深がそれぞれより重要になるなど、水深とカバーの相対的な重要性は異なった。これらの結果より、河道区間内の最深部である淵がサクラマス若齢魚（9～15cm）の生息空間として重要な役割を果たしていること、またカバーの存在が生息場所利用に強く関与していることが示唆された。一方、当年魚（4～6cm）については明瞭な流路単位利用は認められなかったが、これは、当年魚が生息場所に対する特定の選択性を持たないことを示すのではなく、むしろ体サイズの小さな当年魚の生息場所利用を把握するためには、流路単位を調査単位とした方法では不十分であり、より小スケールでの把握が必要であることを示唆するものと結論づけた。

第4章では、サブユニットスケールでの環境解析により、瀬-淵構造に伴う河川流路内の環境構造を明らかにし、これとサクラマスの微生息場所とを関連づけて検討することを試みた。森林区間の各河道形態タイプ毎に一つずつの調査区間を設定し、各調査区間の流路内全域を50cm×50cm×水深のセルに分割し、各セルの微生息場所特性を表す環境要素(微生息場所変量:水深、流速、底質等)を計測するとともに、各セルをその微生息場所変量の類似性から類型化することによって、サブユニットのタイプ区分と分類を行った。また、サクラマスが利用したセルの微生息場所変量とサブユニットタイプとから、サクラマス

の微生物場所特性について検討した結果、水深と流速がサクラマス当年魚および若齢魚双方の採餌・微生物場所環境要素としてともに重要であること、そして、とくに好適な採餌微生物場所が、河道の基本構造である瀬-淵構造および河畔林由来の倒流木等によって形成されていること、またこれらによる河床洗掘部上流側に位置していることが示された。

第5章では、各スケールごとの解析結果間の関係を検討しながら、サクラマスの生息環境としての主要環境要因について総合的な考察を行った。すなわち、河道形態および河畔林に関連した環境要因である水温、淵、カバー、水深、および流速のサクラマス生息環境としての重要性が、スケール間で異なり（スケール依存）かつ階層的複合性を有することが明らかとなった。さらに、各スケールで検出される環境要因が場所によって異なる場所依存性は、より大スケールでの環境要因の反映であることを明らかにした。

以上のように、本研究の多重スケール解析によって、魚類の生息環境解析において検出される環境要因は複合的かつスケール依存および場所依存であることが明らかになった。生態保全的流域管理手法を構築するには、スケールおよび場所依存性を持つ個々の研究成果について、各スケールに応じた階層的な整理・統合が緊急不可欠な課題であることを指摘した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 新 谷 融
副 査 教 授 石 城 謙 吉
副 査 助 教 授 中 村 太 士

学 位 論 文 題 名

山地流域における階層的河川構造とサクラマス生息環境

本論文は、表11、図24を含む総頁数142の和文論文である。別に参考論文6編が添えられている。

従来、流域開発行為による自然生態環境への影響が危惧され、その予測と保全手法の確立が社会的課題となっていたが、今日では、流域開発ばかりでなく流域保全（治山・治水）を目的とした河川流域の改変においても、景観および生態保全的配慮が要求されるようになってきた。とくに河川・砂防学分野では、従来、河川を主に災害発生場として捉え、その大規模物理環境の変動動態解析を行うことが多かったが、生態保全的流域管理のためには、河川を陸域生態系の主要構成要素とした環境認識手法と河川環境管理手法の確立が急務となっている。本研究は、北方圏河川流域をサクラマス生息環境として位置づけ、その生息環境要因を複数の空間スケールから解析することによって、河川環境構造の魚類生態における機能特性を解明することを目的としたものであり、研究成果の概要は以下のとおりである。

第1章では、河川環境が、複数の空間スケールからなる階層構造を有することを論じ、流域、流域を構成する河道区間、河道区間を構成する瀬や淵などの流路単位、および流路単位の構成要素であるサブユニットの河川空間スケール区分とこれらの概念規定を行っている。そして、研究対象流域とした北海道北部天塩川水系問寒別川およびパンケナイ川の流域特性と河道形態・河畔植生のタイプ区分について概説している。

第2章では、河道区間スケールでの環境解析によって、対象流域内の各支流の河道形態・河畔植生がサクラマス生息密度に及ぼす影響について検討している。サクラマス生息密度は、草地流域よりも森林流域で高く、また森林流域でも大礫緩流河道で最も高かったが、このような支流間でのサクラマス生息密度の違いは、夏季最高水温とカバー量の違いによるものであることを明らかにしている。そして、森林が、低水温の維持とカバーの供給を介してサクラマス生息環境に極めて重要な役割を果たしていることを論じている。

第3章では、河道区間を構成する流路単位について、河床勾配、構造特性、水深、および流速を基準にして5タイプ(カスケード、早瀬、瀬、平瀬および淵)に分類し、流路単位ごとの環境解析によってサクラマス¹の生息場所利用について検討している。その結果、サクラマス若齢魚の生息密度は淵において著しく高いこと、このような流路単位利用は流路単位の水深または流路単位内におけるカバー量から説明し得ること、そして生息場所利用に対する水深とカバーの相対的な重要性は河道区間特性によって異なっていることを確認している。すなわち、水深が浅くカバーの豊富な河道区間では、生息場所利用に対して水深が支配的にはたっていたのに対して、水深が比較的深くカバーの乏しい河道区間では、カバーのほうが生息場所利用に対して強い影響を及ぼしていることを指摘している。

第4章では、流路単位よりもさらに小規模なサブユニットスケールでの環境解析を行い、河川流路内の生息場所構造と微生物場所との関係を明らかにした。すなわち河川流路内サブユニットについて微細セル環境の類似性からタイプ区分し、局所的な水深、流速および底質は互いに相互依存的な変異様式を呈すること、およびこれら微環境要素の変異様式と瀬-淵構造との対応関係について明らかにしている。さらに、微生物場所利用様式の昼夜潜水観察調査から、環境要素の中でも特に水深と流速がサクラマスの採餌微生物場所条件として極めて重要であること、さらに、好適な採餌微生物場所条件を備えた場所は、瀬-淵構造または河畔林由来の倒流木等によって形成され、しかもこれらによる河床洗掘部上流側に位置することを明らかにした。

第5章では、河道区間、流路単位、サブユニットの各スケールにおける解析結果間の関係を階層的に整理し、河道形態および河畔林に関連した環境要素である水温、淵、カバー、水深および流速が、サクラマス生息環境として、それぞれ異なった空間スケールで複合的に重要な役割を果たしていることを論じている。そして、各スケールごとの解析結果から抽出された場所依存性は、より大きなスケールでの環境要因が反映されたものとして認識し得ることを明らかにしている。以上のように、魚類生息に係る環境要素は空間スケールおよび場所依存性の高いものであることから、流域管理計画に反映させる生態情報を抽出するためには、既往の調査研究成果を対象スケールに応じて階層的に整理・統合する枠組みが不可欠であることを指摘している。

以上のように本研究は、魚類生息環境の視点から河川環境構造を明らかにし、生態保全的流域管理手法の構築に係る基礎的新知見を提起したもので、その成果は学術的および実用的に高く評価される。よって審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者井上幹生は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。