

学位論文題名

Evaluation of salmonids habitat and its application to river restoration

(サケ科魚類の生息環境評価及び河川環境復元への応用)

学位論文内容の要旨

1. サケ科魚類は、その生活史の全て、またはその一部を河川内で過ごし、その間、自然度の高い良好な河川環境を必要とするが、人為的な河川環境の改変による生息環境の悪化(環境収容力の低下)により、その生息量は大きく減少したと考えられている。このため、近年では、国内外において、サケ科魚類の資源管理を進めるためには、河川環境の復元を通じて環境収容力の向上をめざすことが重要であるとの認識が高まっている。しかしながら、河川環境復元に関する研究は比較的新しく、また、学際的な分野であることから、その実施に当たって必要とされる知見が十分に集積されておらず、試みは、しばしば失敗に終わっている。今後、効果的に河川環境の復元を進めるには、魚類の生息量がどのような環境因子により、また、どのようなメカニズムにより規定されているのかを明らかにする必要がある、そのためには魚類の生息環境評価に関する研究が不可欠である。本研究では、河川の流路単位および微生息環境に着目し、サケ科魚類の生息量(環境収容力)がどのような環境因子により規定されるのか検討を行うとともに、サケ科魚類の環境収容力を高い精度で推定する手法の開発を行った。それにより得られた知見から、人為的な河川環境の改変がサケ科魚類の環境収容力を低下させるメカニズムの解明を試みるとともに、河川環境の復元により期待されるサケ科魚類個体群の回復量の推定を試みた。

2. 北海道南西部を流れる沖積低地河川(2河川)において、視覚的に最も明瞭に認識可能な環境単位である流路単位に着目し、河川性サケ科魚類の一種であるニジマスの生息量を規定する環境因子の解明を試みた。その結果、一定の河川区間におけるニジマスの生息量は淵の量に規定されることが明らかとなった。また、大半の淵の形成には河畔林から供給される倒流木が直接的または間接的に関与しており、ニジマスの生息場所の形成に河畔林が重要な役割を果たしていることが明らかとなった。ただし、河畔林の影響は河川規模(幅、水深及び流量)により変化する可能性があることも示唆された。以上の結果から、河畔林が倒流木による生息場所形成を介してサケ科魚類の環境収容力の向上に重要な役割を果たしていることが明らかとなった。

3. 次にニジマスの採餌場所の微生息環境(マイクロハビタット)に着目し、その生息量が流速、水深およびカバーといった物理的環境因子により特徴づけられる、好適なマイクロハビタット量により決定されるか検討した。ニジマスのマイクロハビタットは中程度の流速があり、水深が深く、かつカバーに近いという環境条件により特徴づけられ、ニジマスの生息量はそのような特性を有するマイクロハビタット量により規定されることが明らかとなった。以上のことから、好適なマイクロハビタット量を推定することにより、ニジマスの環境収容力を高い精度で推定するこ

とが可能であることが明らかとなった。また、大半のニジマスが淵を生息場所として選択していたことから、淵には好適なマイクロハビタットが集中していることが示唆された。以上の結果から、サケ科魚類の環境収容力を規定する要因及びそのメカニズムを解明するには、マイクロハビタットに着目する必要があることを指摘した。

4. 北海道南西部の山地溪流河川（4 水系、7 河川）において、サケ科魚類が定位採餌により獲得するエネルギー量（NEI：エネルギー利潤）をバイオエナジエティックモデルにより推定し、その値がサケ科魚類の環境収容力の指標になりうるか検討を行った。また、これまでの研究から、サケ科魚類の生息量との間に密接な関係が認められることが報告されている淵体積、淵面積及び餌生物量を説明変数に用いて行った回帰分析結果と NEI 値を用いた場合の分析結果を比較することにより、NEI 値の環境収容力指標としての有効性を検討した。その結果、調査河川間の物理環境の変異が比較的大きかったにも関わらず、一定区間における NEI 値と単位面積当たりのサケ科魚類現存量との間には明瞭な関係が認められた。しかしながら、淵体積及び淵面積との間には有意な関係は認められず、また、餌生物量との間には有意な関係が認められたが、その説明力は NEI 値のそれに比べ非常に低かった。これらから、NEI 値はサケ科魚類の環境収容力を推定する指標として汎用性が高く、河川環境復元を実施する際に不可欠な生息環境評価に普遍的に利用できる可能性があることを指摘した。

5. 北海道南部を流れる見市川と須築川の 2 河川において、河川横断工作物上流域への遡上を可能にした場合のサクラマス個体群回復効果について、第 4 章で得られた NEI 値とサケ科魚類の生息量との関係式に基づき推定した。また、工作物による砂礫供給パターン改変に伴う、下流部の生息環境の劣化がサクラマス個体群に及ぼす影響およびそのメカニズムの解明を試みた。その結果、夏季におけるダム上流域のサクラマス生息可能尾数は見市川で 17,140 尾、須築川で 5,209 尾と推定され、河川横断工作物上流域での個体群回復はサクラマス資源を向上させるために有効な手段であることを示した。また、河川横断工作物は下流域の河床環境の改変を引き起こし、その結果、流下餌生物が大きく減少することにより、サクラマスの環境収容力を低下させていることが明らかになった。これらから、サクラマス個体群を回復させるためには、遡上阻害要因の除去に加え、砂礫供給システムを工作物が設置される以前の状態に復元する必要があることを指摘した。

6. 以上の結果から、流路単位スケールの生息環境条件（淵量）が必ずしもサケ科魚類の生息量を規定する要因になるとは限らず、その理由は複数の物理的環境因子によって特徴づけられるマイクロハビタットの分布様式が河道の環境特性によって変化することによると結論づけた。また、魚類のマイクロハビタットは河道の環境特性により変化することから、特定の河川で得られたマイクロハビタットと生息量との関係を任意の河川に拡張することは困難であると結論づけた。このような魚類の生息量と生息環境条件との関係が、河川の環境特性により変化するという場所依存性の問題は、生息環境をエネルギー利潤（NEI）に基づき評価することにより解消されうることを指摘した。さらに、この手法を河川横断工作物による生息環境劣化の定量評価に応用することにより、河川環境を復元した場合の効果の定量的予測や生息環境の劣化メカニズムの解明が可能になることを示した。以上のように、サケ科魚類資源の回復には、魚類の生息環境要求に基づく、より汎用性の高い生息環境評価手法を確立するとともに、それを河川環境の復元事業に応用することが不可欠であることを、本論文によって明らかにした。

学位論文審査の要旨

主査	教授	中村太士
副査	教授	丸谷知己
副査	教授	前川光司
副査	准教授	井上幹生

学位論文題名

Evaluation of salmonids habitat and its application to river restoration

(サケ科魚類の生息環境評価及び河川環境復元への応用)

本論文は、図 16、表 14 を含む総頁数 137 の英文論文であり、他に参考論文 5 編が添えられている。

近年、河川生態系に配慮した流域管理に対する社会的要請の高まりを受け、河川環境復元の重要性がクローズアップされており、その実施に必要とされる科学的知見の集積が急務とされている。本論文は、サケ科魚類の生息環境を定量的に評価する手法を確立するとともに、その手法の応用により、人為的な河川環境の改変に伴うサケ科魚類の環境収容力低下メカニズムを解明し、さらに、河川環境復元効果を定量的に推定することを目的としている。

第 1 章では、国内外における研究事例をもとに、人為的な河川環境の改変がサケ科魚類個体群に与える影響を概説し、サケ科魚類資源の増殖・保全を進める上で、生息環境の復元が不可欠であることを指摘するとともに、生息環境評価手法の確立および河川環境復元事業への応用の重要性を説いている。

第 2 章では、北海道南西部を流れる沖積低地河川 (2 河川) において、サケ科魚類の一種であるニジマスの生息量を規定する環境因子について、流路単位スケールの物理環境因子に着目し検討している。その結果、一定の河川区間におけるニジマスの生息量は淵の量に規定されており、また、大半の淵の形成には、河岸浸食により河畔域から供給される倒流木が関与していることを明らかにしている。これらから、緩勾配蛇行河川におけるニジマスの生息量には河畔環境が密接に関連していることを指摘するとともに、河畔環境の影響は河川規模や河床材料により変化することを論じている。

第 3 章では、ニジマスの生息量を規定する環境因子について、微生物環境 (マイクロハビタット) スケールの物理環境因子に着目し検討している。その結果、ニジマスは中程度の流速があり、水深が深く、かつカバーに近いという微生物環境を選択的に利用することを確認

するとともに、その生息量は好適な微生息環境量により規定されることを明らかにした。また、第2章で淵量がサケ科魚類の生息量を規定する要因として検出された理由について、微生息場所選択の観点から説明が可能であることを論じている。

第4章では、物理環境因子に加え、餌環境も考慮し、微生息環境をエネルギー量に基づき評価することにより、サケ科魚類の生息量を普遍的に推定することが可能か検討するとともに、河川環境復元への応用可能性について検討を行っている。北海道南西部の山地溪流河川（4水系、7河川）において、サケ科魚類が定位採餌により獲得可能なエネルギー量（NEI：純エネルギー獲得量）をバイオエナジェティックモデル（NEIモデル）により推定し、その値とサケ科魚類の生息量との関係を検討した結果、調査河川間で物理環境特性の変異が比較的大きかったにも関わらず、両者の間には明瞭な関係が認められた。一方、サケ科魚類の生息量との間にしばしば密接な関係が認められることが知られている淵体積、淵面積及び餌生物量とサケ科魚類の生息量との間に明瞭な関係は認められなかった。これらから、NEIはサケ科魚類の環境収容力を推定する普遍的な指標として利用可能であることを指摘するとともに、河川環境復元への応用可能性について論じている。

第5章では、第4章で得られた生息環境評価手法の河川環境復元事業への具体的な応用事例を提示している。河川横断工作物（ダム）により、上流域でサクラマス個体群が消滅した河川において、個体群の再生産が可能になった場合の効果を推定した結果、ダム上流域におけるサクラマスの生息可能尾数は見市川で17,140尾、須築川で5,209尾と推定された。また、同様の手法を用いて、ダムによる砂礫供給様式の改変が、下流域の河床環境の変化を介してサクラマスの生息環境を劣化させていることを明らかにするとともに、劣化前の環境が復元された場合、サクラマスの生息量が現在の140%に向上すると推定している。これらから、サケ科魚類個体群の回復には、河川環境復元が重要であること指摘するとともに、その具体的方策について論じている。

第6章では、第2章から第4章で得られた結果および既往の知見に基づき、生息環境評価手法確立の重要性を指摘するとともに、NEIに基づく普遍的な生息環境評価手法の有効性について論じている。さらに、NEIモデルと既存の水理モデルとの融合により、様々な地域における河川環境復元効果および改変の影響が推定可能になることを提示し、NEIを用いた生息環境評価手法の応用が流域管理方法を検討する上で有効なツールとなりうることを指摘した。

以上のように、本研究は、魚類生息環境評価手法を確立し、多様な社会的要請に応えうる流域管理手法の構築にかかる基礎的新知見を提供したものであり、その成果は学術、応用両面から高く評価される。よって審査員一同は、卜部浩一が博士（農学）の学位を受ける十分な資格があるものと認定した。