

長良川における鮎の生息状況と 流域特性の関係に関する検討

守利 悟朗¹・篠田 成郎²

¹正会員 岐阜大学研究員 総合情報メディアセンター (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)
E-mail:mouri@green.gifu-u.ac.jp

²正会員 岐阜大学教授 総合情報メディアセンター (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)
E-mail:shinoda@green.gifu-u.ac.jp

本研究では、流域環境の総合的評価における、生物(鮎)の生息状況の変化と気候変動の関係について詳細に検討したものである。検討の結果、気候変動等による、水文特性の変化や土砂移動状況の変化等、流域特性の変化が生物(鮎)の生息状況に変化を及ぼしている事が体系的に示された。つまり、鮎の生息状況と各種水文、気象地表面状態などの関係について詳細に検討を行うことにより総合的な流域環境状態の評価方法について検討を行ったものである。

そして、鮎の生息状況と流域特性の関係を数値モデルにより予測することが可能であることが示され、将来のより総合的な流域管理や流域整備設計・計画に生かせるものと考ええる。

Key Words : *environmental evaluation, sediment, watershed management, sweetfish, microscopic soil particle, total nitrogen*

1. はじめに

流域の環境状態を評価する場合、しばしば、窒素やリン等といった化学物質をトレーサとして物質の移動状態や変化状態を解析の対象とする方法が一般的とされてきた¹⁾。この評価方法では、主として人間活動の改変に基づく物質供給による流域環境の変化状態を評価する事ができる。

また、地表面状態の改変に基づく流域環境の変化状態を評価する方法として、森林土壌中の微細土粒子の移動状況を評価する試み等がなされている²⁾³⁾⁴⁾。

前者のように、全窒素負荷量等を対象として流域環境を評価する場合を人間系のインパクトによる環境評価方法とするならば、後者は自然系のインパクトを対象とした環境評価方法と考える事ができる。

両者の環境評価方法では、水質の悪化や濁水といった問題点が顕在化したような場合に、汚濁源を特定し、汚濁プロセスを把握する事により、対処療法的に環境対策(予防)を行うための研究であると考えられる。また、これらの研究では人間活動、水文・気象、地表面、植生状態等が解析の対象となる。

しかし、多様な生態系を可能な限り持続した上で人間(経済)活動を行う場合、このような対処療法的

な手法では限界があると考えられる。したがって、生物の視点(状態)を基準とした評価方法が必要になってくると考えられる。

例えば、魚類等は単純に水質の改善により生息状況が改善するといったものではなく、河道内の地形や流れの状況そして水質等の条件が相互に関係していると考えられる。

人間活動が環境状態を大きく改変する状況である現在においては、一方向的水質や植生を改善するのみでは生態系を維持した上で、人間(経済)活動を持続的に維持、発展させることは不可能となる。

したがって、生態系の維持および人間(経済)活動の持続的な維持、発展を可能とする流域環境の計画・設計を行う為には、全窒素等の人間系のインパクトに対する環境評価と微細土粒子等の自然系のインパクトに対する環境評価を組み合わせることが必要であると同時に、生物の視点を基準とした評価方法が必要になってくると考える。この事により、生物の生息状況を定量的に、流域環境の計画・設計にフィードバックすることが可能になると考えられる。

本研究では、長良川流域(流域面積2000km²、森林面積75%)を対象として、水文・気象データの詳細な解析を行い流域特性を把握すると共に、鮎の生息状

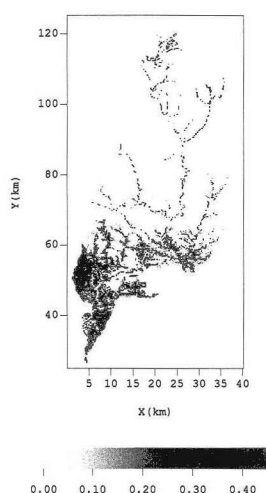


図-1 全窒素移動状態

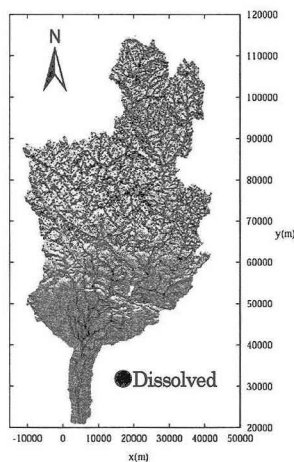


図-2 微細土粒子移動状態

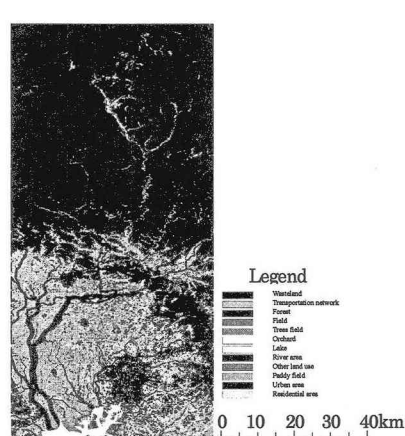


図-3 表層状態

況についても解析を行い、更に、鮎の生息状況と流域特性の関係について詳細に検討を行った。そして、鮎の生態と流域特性を考慮した鮎遡上に関する数値モデルを構築し、長良川流域へ適用する事により総合的に流域環境を評価することが可能となった。

そして、鮎の生息状況から流域特性の状態を推定することを可能とした。

2. 流域環境状態の評価手法

地域の環境状態を評価する場合、流域規模を対象とした水文学的手法に基づく解析を用いる事が有効となる。本研究では、水文学的手法を用いて、全窒素移動、微細土砂粒子移動そして生物(鮎)移動といった現象を対象として、それぞれの現象に対して推定可能な環境状態を体系的に表し、各々のモジュールから得られる成果を用いる事により、総合的な環境状態の評価方法の構築を行った。

図-1は全窒素移動状態を示している。負荷量の大きい領域は農地や都市部等、人間(経済)活動の活発な領域(図-3参照)と良く一致している事がわかる。つまり、全窒素移動量の評価では、人間(経済)活動状態を推定する事ができるので、得られた成果は主として、人間(経済)活動に対する環境施策の決定支援等に利用できる。

そして、図-2は、森林表層土壌からの微細土砂粒子の移動状態を示している。生産量の多い領域は、主として、森林の斜面に限定されている。そして、微細土粒子の移動量の評価を行うとことにより気候変動などの自然環境状態の変化に伴う地表面での水分移動状態の変化や植生の変化が推定可能となる。

つまり、微細土粒子の移動量の評価は、気候や地表面等の自然状態の変化に対する環境施策の決定支援等に利用することができる。これらの評価手法では人間系及び自然系のインパクトに対する影響評価が可能であるが、直接生物の生息状況が評価対象ではないので、人間を含めた生態系にたいしての環境状態は推定できない。

したがって、本研究では、生物の中から鮎を取り上げて、流域特性と鮎の関係について詳細に検討を行い、鮎の移動状態の変化から流域環境状態の相互関係を推定することを試みた。

つまり、鮎の生息状況と水文・気象・地表面状況の関係を詳細に検討し、鮎の遡上モデルを構築して、流域環境の変化による鮎の生息状況の変化及び鮎の生息状況変化から流域環境の変化の様子を推定する手法を構築を試みた。

表-1 水文学的手法を用いた流域環境評価の意義
Significance of the basin environmental assessment using the hydrology technique

Total nitrogen movement	
Target phenomenon	Total nitrogen movement
State which can be presumed	Human (economy) activity state : (human's intention)
Result expected	Implementation of an effective measure
Microscopic soil particle movement	
Target phenomenon	Microscopic soil particle movement
State which can be presumed	Earth surface (nature) state : (objective natural state)
Result expected	Environmental measure by climate change and human activities
Interrelationship	
Sweetfish movement	
Target phenomenon	Sweetfish movement
State which can be presumed	Environmental state for a living thing : (Interrelationship for humanity and nature)
Result expected	Feedback with human activities and nature

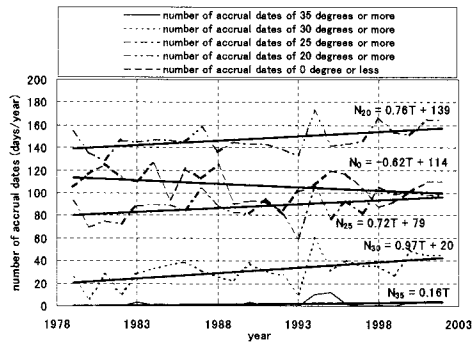


図-4 気温の長期変化

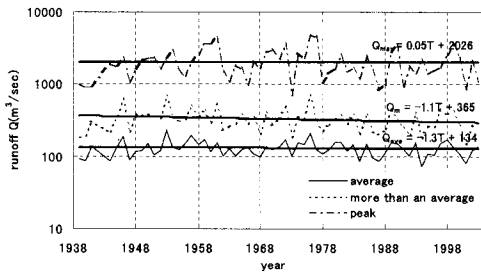


図-6 河川流量の長期変化

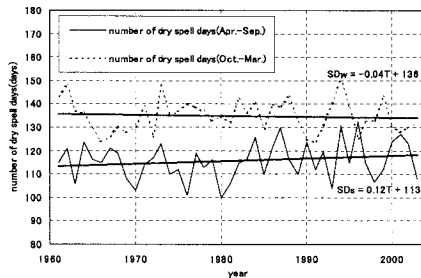


図-8 無降雨日数の長期変化

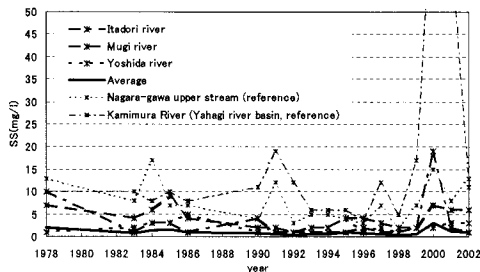


図-10 SSの長期変化

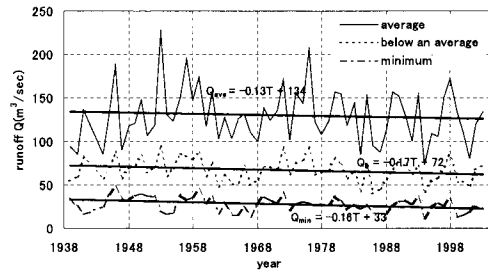


図-5 河川流量の長期変化

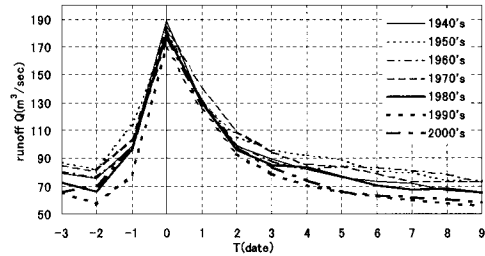


図-7 洪水波形の長期変化

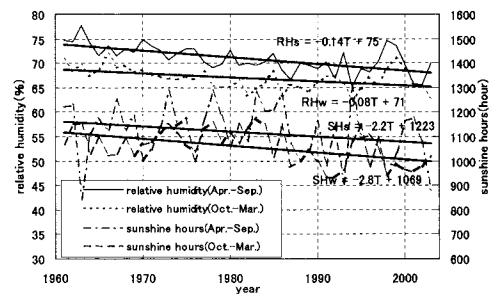


図-9 相対湿度と日照時間の長期変化

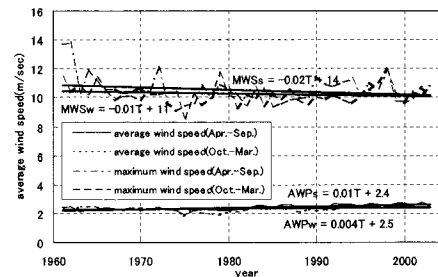


図-11 風速の長期変化

3. 長良川の流域特性

水文学視点から流域特性を明らかにする為に、長良川流域を対象として、気温、河川流量、洪水波形、無降雨日数、相対湿度、日照時間、SSおよび風速に関する解析を行った。その結果、限定された期間において夏季における気温の上昇(図-4参照)、夏季における無降雨日数の増加(図-8参照)、相対湿度

の減少および日照時間の減少傾向が示された(図-9参照)。年間流量はやや減少傾向であった。風速の変化傾向は示されなかった(図-11参照)。流量が減少傾向であり、特に最低流量および平均値以下の流量や洪水前後での現象傾向が強かった(図-5-7参照)。SSの長期変化傾向はほぼ一定であったが、流量が減少傾向であることを考慮すれば、微細土粒子の生産ポテンシャルは増加傾向であると考えられる(図-10参照)。

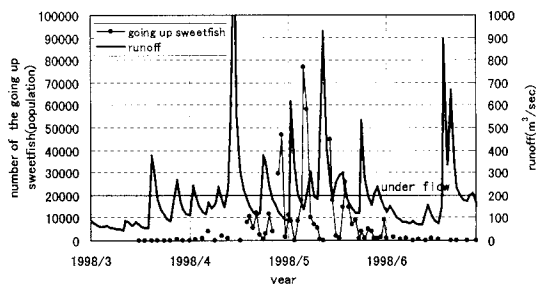


図-12 河川流量と鮎遡上数の関係(1998年)

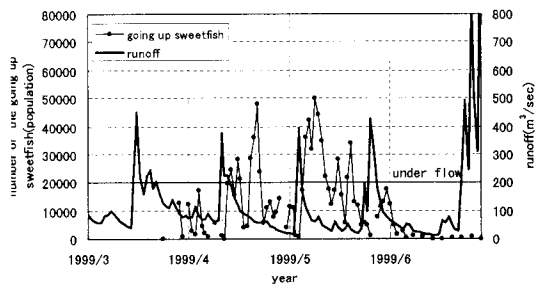


図-13 河川流量と鮎遡上数の関係(1999年)

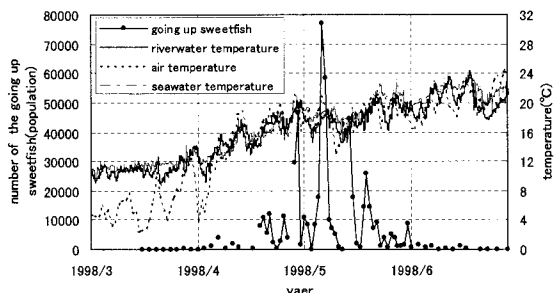


図-14 海水温・河川水温・気温と鮎遡上数の関係(1998年)

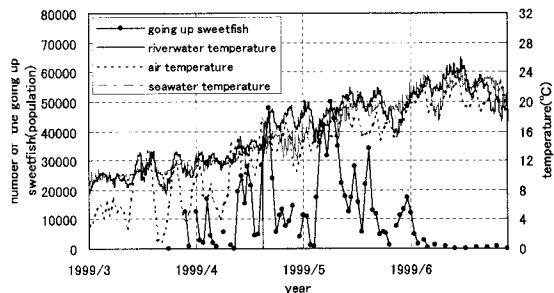


図-15 海水温・河川水温・気温と鮎遡上数の関係(1999年)

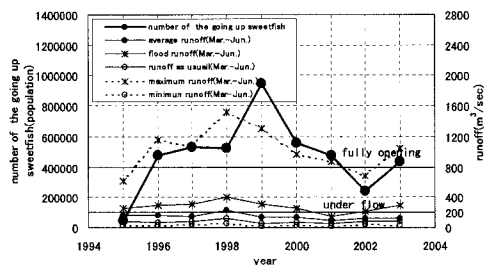


図-16 洪水イベントと鮎遡上数の関係(3月-6月)

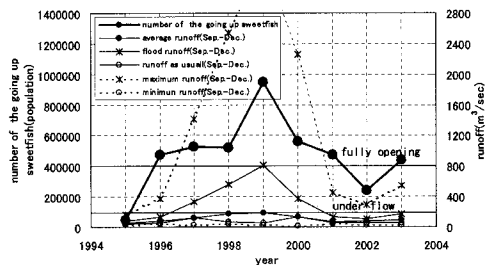


図-17 洪水イベントと鮎遡上数の関係(9月-12月)

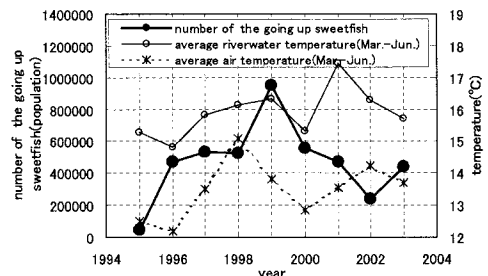


図-18 河川水温・気温と鮎遡上量の長期変化

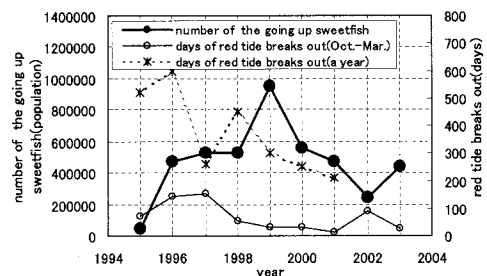


図-19 赤潮発生日数と鮎遡上量の長期変化

4. 長良川における鮎の生息状況

長良川における鮎の生息状況と水文特性の関係を明らかにする為、鮎遡上数と河川流量、海水温、河川水温、気温、洪水イベント、海域における赤潮および最大積雪新との関係について解析を行った。その結果、年間スケールでみた場合、鮎の遡上開始日について、河川水温が12℃程度となり、かつ海水温を上回った場合に、その年の遡上を開始された(図-14,

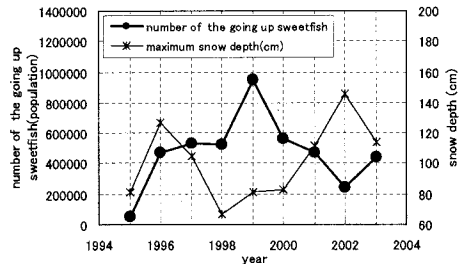


図-20 最深積雪量と鮎遡上量の長期変化

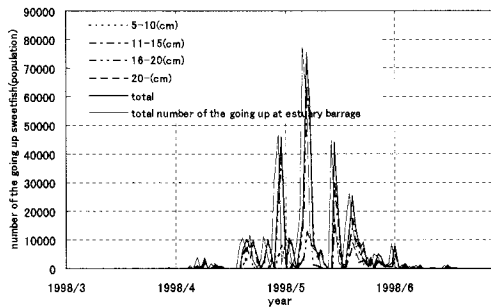


図-21 鮎遡上量の推定結果(10km地点:1998年)

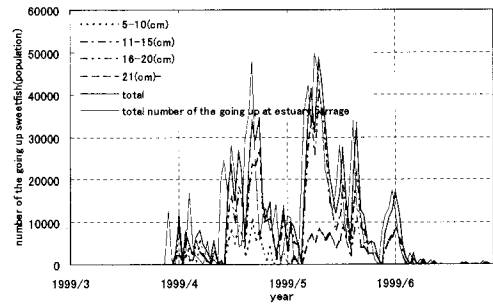


図-22 鮎遡上量の推定結果(10km地点:1999年)

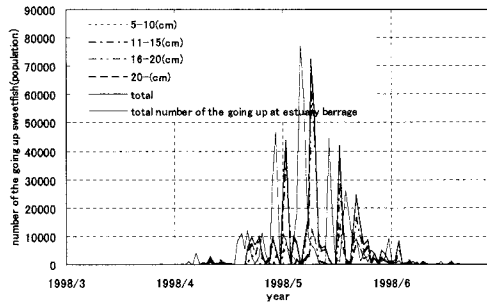


図-23 鮎遡上量の推定結果(30km地点:1998年)

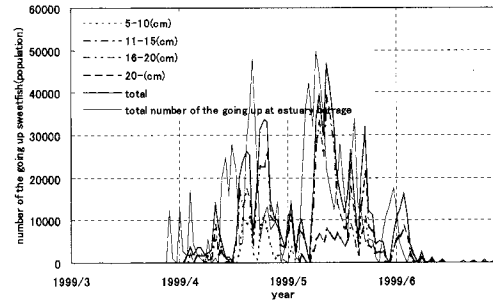


図-24 鮎遡上量の推定結果(30km地点:1999年)

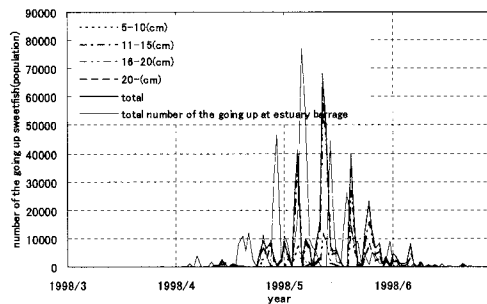


図-25 鮎遡上量の推定結果(52km(忠節橋)地点:1998年)

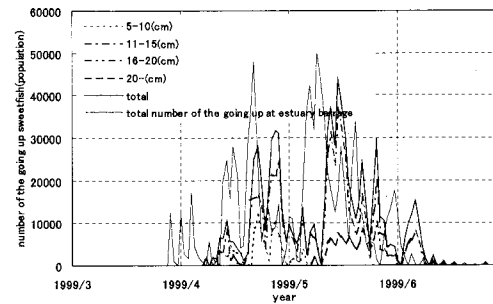


図-26 鮎遡上量の推定結果(52km(忠節橋)地点:1999年)

表-1 個体数の時空間的および質的变化数

date & point		estimated population				average length	probability of surva(POS)
		5-10(cm)	11-15(cm)	16-20(cm)	21-(cm)		
1998	Initial entry(0km pointriver mouth)	523716	0	0	0	7.5	-
	June 30(52km point:Chusetsu)	28992	347415	85777	5	13.5	0.883
1999	Initial entry(0km pointriver mouth)	956466	0	0	0	7.5	-
	June 30(52km point:Chusetsu)	99241	594062	141340	29	11.5	0.873

15参照)その後の遡上数は河川流量が200 (m³/sec)程度以上を記録した後に増加する傾向が示された(図-12, 13参照)。一方、9年間程度の時間スケールで見た場合、3-6月の遡上時期に平均的に流量が大きい年には、遡上数は大きくなる傾向が示された(図-16, 17参照)。

5. 鮎遡上モデルによる時空間的移動状態の推定

前節までに検討した、鮎の生息状況と流域特性の

関係に関する検討結果を用いて、鮎の遡上に関する数値モデルを構築した。その主な要点としては、鮎の遡上速度や成長率などといった鮎の生態に関する基本的な条件のほか、流域特性と鮎の生息状況に関する検討結果として、遡上開始条件と海水温・河川水温の関係、遡上数と河川流量の関係等を数値モデルに組み込んだ。そして鮎の遡上数が特に多かった1999年とその前年1998年を対象とした計算を行った。

数値モデルでは、上述の要因に対する遡上率を

定数 γ として扱い河口からの距離 $x=0$, 時間 $t=t_i$ において、河川に遡上を開始する鮎の体長分布 $q_i(L)$ を次のような表した。

$$q_i(L) = \gamma \cdot \beta \cdot p_i \quad (1)$$

ここで、流量 Q に応じた遡上率、 β また、体長分布 $p_0(L)$ をReyleigh分布と仮定し、以下のように与えた。

$$p_0(L) = \frac{L}{m} \exp\left(-\frac{L^2}{2m}\right) \quad (2)$$

ここで、 $m = \frac{2}{\pi} \mu_L^2$, $\mu_L(x=0, t=0)$ は平均体長である。

数値計算の結果、鮎の体長に応じた遡上数の時間的変化を示すことができた(図-21-26参照)。各地点における遡上数は、流量が $200(\text{m}^3/\text{sec})$ を超えた場合に増加する傾向を示しており、前節で行った鮎の遡上数と河川流量の関係に関する解析結果が数値モデル上で示された。また、遡上を開始した鮎に対する52km地点到達後の生存率は0.88程度、平均体長は、遡上開始時が7.5cmに対して、52km到達後では、11.5cmから13.5cmとなった。

7. まとめ

本研究では、長良川における鮎の生息状況と流域特性の関係について詳細に検討したものであり主要な成果を列挙すると以下のようである。

- ・ 長良川の流域特性に関する解析結果から、特に、夏季における水文現象の変動が大きく、過去60年間程度で、降雨特性の変化と基底流量の減少、そして洪水波形の特性等が相互に関係しながら変化傾向にあることが示された。
- ・ 長良川における鮎の生息状況と水文現象に関する解析結果から、鮎の遡上開始条件として、海水温と河川水温の関係が確認された。また、その後の遡上数に関しては河川流量が大きく関わっている事が確認された。更に、冬季の赤潮発生日数と翌年の鮎遡上数の関係も確認された。
- ・ 流域特性と鮎の生息状況に関する解析結果から、鮎遡上の数値モデルを構築し、長良川流域へ適用を行い、鮎の生息状況に関する解析結果と比較してモデルの有用性を検証した。
- ・ 人間(経済)活動の持続的な維持、発展を伴った生態系の維持の為に、生物の視点を取り込んだ数値モデルによる評価を含めることの有効性を示した。

参考文献

- 1) 篠田成郎・守利悟朗・和田祐典・山川淳平・田中雅彦・渡辺美帆・片桐猛：物質循環状態評価に基づく新しい流域環境指標の提案, 第12回地球環境シンポジウム講演論文集, pp213-219, 2004.
- 2) 守利悟朗・篠田成郎：地球温暖化による森林土壌乾燥化及び超微細土粒子融解過程のモデル化, 水工学論文集, 第49巻, pp1045-1050, 2005.
- 3) 守利悟朗, 篠田成郎：長良川における流域特性と微細土粒子生産との関係, 第13回地球環境シンポジウム講演論文集, pp249-255, 2005.
- 4) 守利悟朗・椎葉充晴・堀智晴・市川温：流域規模での水・土砂動態のモデル化及び実流域への適用, 水工学論文集, 第47巻, pp733-738, 2003.
- 5) 岐阜県：平成14年度淡水魚冷水病対策研究調査委託業務報告書, 平成15年1月.
- 6) 岐阜県：平成15年度淡水魚冷水病対策研究調査委託業務報告書, 平成16年1月.
- 7) 伊勢湾総合対策協議会：伊勢湾データ集, 平成4年2月.

THE CONSIDERATION CONCERNING SUBSISTENCE SITUATION OF SWEETFISH AND BASIN CHARACTERISTIC IN NAGARA RIVER

Goro MOURI and Seirou SHINODA

In this paper, relation between the change of inhabiting situation of creature in case of synthetic evaluation of basin environment and climate change was considered in detail. The change of basin characteristic which is represented by the change of water sentence characteristic by climate change and so on and the change of microscopic soil particle movement characteristic has an influence on the inhabiting situation of the creature. Therefore, We think that this study will be able to be efficiently applied in recent future more multidisciplinary watershed management, watershed design and watershed plan.