

HSIモデルを用いた水生生物生息場の評価

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○糠澤 桂
平成建設(株) 非会員 白岩 淳一
東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

1. はじめに

近年、生息環境を定量的に評価する手法として、HEP (Habitat Evaluation Procedure) や IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) における PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model) がしばしば用いられている。HEP や PHABSIM において質を表現する HSI (Habitat Suitability Index) モデルは、対象地域の環境指標(水深、水質など)を用いて生息データを解析し、生息適性を物理的に評価する構造のモデルである。河川においては、環境指標の一つである水温は水生生物の呼吸・生長・繁殖(増殖)に著しい影響を持つ。水温と水生生物の生息場の関係についての報告は散見する^{1),2)}が、河川水温の変動に対する生息場の適否を定量的に示した例は少ない。気候変動による河川水温の変化が予測される³⁾ため、今後の環境アセスメントやミティゲーションの計画・実施のためにも、河川水温の変動と水生生物の関係性を把握しておくことは有意義である。

本研究においては、宮城県の名取川流域における水温を考慮した分布型流出モデルと数値地図情報、土地被覆データを用いて HSI モデルを構築し、対象水生生物(ヤマメ、アユ、コイ、ゲンジボタル、ヘイケボタル、カエル類)の生息環境の評価を行う。

2. 研究対象領域

名取川水系は、宮城県のほぼ中央部に位置し、流域面積 939km²、幹川流路延長 55.0km の一級河川である(図-1)。上流域は標高 1000m を越える山岳地帯のため冬季には多くの積雪があり、中流域は仙台市を中心とした市街地を有し、下流域は水田地帯が広がる。また、大型の多目的ダムである大倉ダムと釜房ダムが、それぞれ広瀬川の支川である大倉川と、名取川の支川である碓氷川において設置されている。

3. 生息環境評価方法

3.1. 対象生物

対象とした生物はヤマメ、アユ、コイ、ゲンジボタル、ヘイケボタル、カエル類である。ヤマメを上流、アユを中流、コイを下流においてそれぞれ代表する魚類として選定した。ここで、カエル類は生息環境が類似しているニホンアカガエル、トウキョウダルマガエル、ツチガエルを一つの生物群とみなしたものを表す。

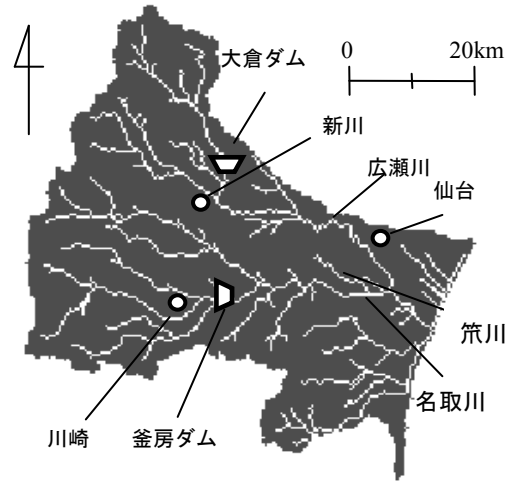


図-1 名取川流域図

3.2. HSI モデル

各評価指標に関する生物の生息適性指数を 0.0(全く不適)～1.0(最適)の間の数値により表現される SI(Suitability Index)モデルを作成した。本研究において用いた指標は、(1)水温(年平均・年最大・年最小)、(2)水深(年平均・年最大・年最小・年間変動の分散)、(3)流速(年平均・年最大・年最小・年間変動の分散)、(4)勾配、(5)土地利用、(6)植生、(7)市街化率、(8)市街地までの距離、(9)森林までの距離、(10)水辺からの距離であり、これらは(1)水温以外は風間ら⁴⁾における解析と同様のものを使用している。水理・水温データはそれぞれ分布型流出モデル⁵⁾と水温解析モデル⁶⁾を用いて、2004年7月から2005年6月の1年間における分布データの結果から求めている。これらのモデルにおいて必要となる、気温、降水量などの気象データは、仙台、川崎、新川の3地点の AMeDAS データを用いた。ただし、魚類に関しては、(1)～(3)までの項目のみにより評価した。本研究においては、次式のように対象とする評価指標 SI を相乗平均したものを HSI としている。

$$HSI = \sqrt[p]{\prod_{j=1}^p SI_j} \quad (1)$$

ここで、 SI_j : 評価指標 j の生息適性指数、 p : 評価指標の数である。

対象地域に占める生息適性地域の割合を表す値である WUA(Weighted Usable Area)を次式により求めた。

$$WUA = \sum_i^A a_i HSI_i \quad (2)$$

ここで、 A : 対象地域全域のセル数、 a_i : セル i の面積、 HSI_i : セル i の生息適性指数である。

keyword : Habitat suitability index, Weighted usable area, seasonal habitat change

連絡先: 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

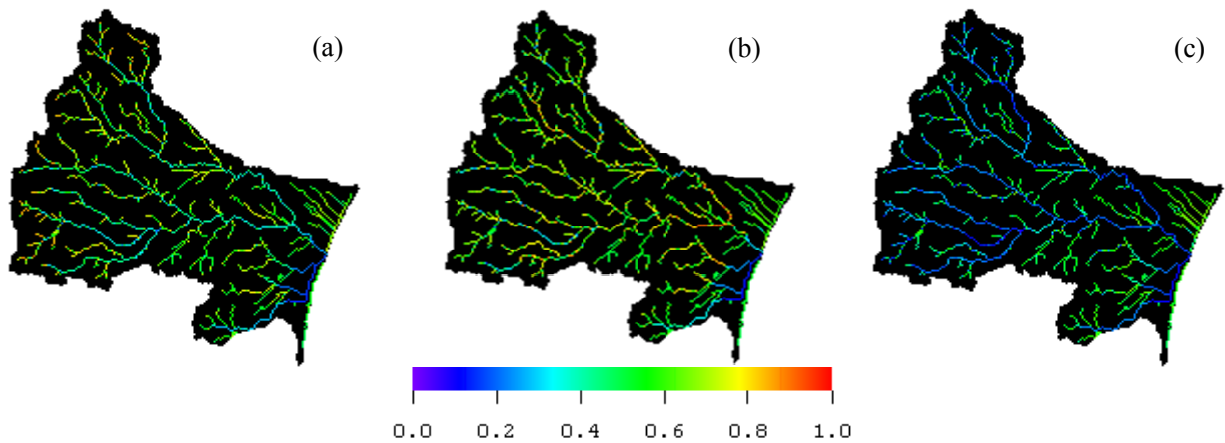


図-2 (a)ヤマメ (年データ), (b)アユ (2005 年 6 月) と(c)コイ (年データ) の HSI 分布

4. 結果と考察

図-2 は, (a)ヤマメ, (b)アユ, (c)コイの HSI 分布である. ヤマメとコイは分布型流出モデルと水温解析モデルにより 2004 年 7 月から 2005 年 6 月において算定された水理・水温データ (以降, 年データ) を使用し, アユは 2005 年 6 月の水理・水温データを使用した. これは, アユが冬期～春季において降海するため, 年データによる解析よりも, アユが河川に存在する時期に焦点を当てた解析の方がより適切に生息場の評価を行うことが出来ると判断したためである. (a)ヤマメの HSI は上流や支流において適性が高い. この結果は, ヤマメが冷水性であり溪流などの流れの速い環境にも対応できることから妥当と言える. (b)アユの HSI 分布は, ヤマメと同様に本流よりも支流において適性が高い. 平成 14 年の水辺の国勢調査における実際の生息確認箇所は名取川と広瀬川の合流地点周辺及び笹川である. これは HSI の高い領域とよく一致している. (c)コイの HSI 分布は, 集水面積の大きい河川では適性が小さく表現されている. 平成 14 年の水辺の国勢調査における実際の生息確認場所は名取川中下流域から河口までと笹川であり, HSI 分布により表現出来ていない.

図-3 は 6 種水生生物の WUA 年間変動である. これをみると, ヤマメは 6～8 月の夏期に WUA が減少する, 9 月から上昇し, 11～翌年 5 月がピークになる. 実際のヤマメは 9～11 月に産卵を行う. これは WUA が増加傾向を示す時期と一致する. アユとコイは似た傾向を示

した. 10～翌年 3 月の期間において WUA が減少し, 4 月から増加, 6～9 月にピークを迎えている. アユの実際の生活史は, 9～10 月に産卵を行い, 孵化後直ちに海に下る. 河川への遡上が始まるのは翌年 4～6 月である. この結果は, アユの陸域への遡上行動が, WUA の変動という形で予測され得ることを示している. カエル類の WUA は 5～9 月に増加し, 11～翌年 3 月に減少している. ニホンアカガエルとトウキョウダルマガエルは冬期に冬眠する. 冬眠期は対象種の生息適性は減少していると考えられ, WUA の年間変動によりこの傾向を表現し得ることを示している.

5. 結論

本研究において作成された名取川流域における HSI 分布は, アユの一部地域における実際の生息確認箇所との良好な一致を示した. WUA の年変動により, アユの河川への遡上行動及びカエル類の冬眠期における生息適性の減少が表現された.

謝辞: 本研究は, 科学研究費補助金 (22360192) と科学研究費補助金 (21254003) の助成を受けた. 併せてここに深甚なる謝意を表します.

参考文献

- 1) Cindy Chu, Nicholas C. Collins, Nigel P. Lester, Brian J. Shuter: Population dynamics of smallmouth bass in response to habitat supply, *Ecological modeling* 195, pp. 349-362, 2006.
- 2) 傳田正利, 天野邦彦, 辻本哲郎: 物理生息場モデルを用いた一時的水域内の物理環境特性が魚類生息に与える影響の評価, *水工学論文集*, 第 51 巻, pp. 1297-1302, 2007.
- 3) Keltoum Chaouche, Luc Neppel, Claudine Dieulin, Nicolas Pujol, Bernard Ladouche, Eric Martin, Dallas Salas, Yvan Caballero: Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change, *Comptes Rendus Geoscience* 342, pp. 234-243, 2010.
- 4) 風間聡, 松本哲, 沢本正樹: 数値地図情報ならびに水文モデルデータを用いた HSI モデルによる生物生息域の推定, *土木学会論文集 B*, Vol.63 No.4, pp.323-337, 2007.
- 5) 土田恭平, 風間聡, 沢本正樹: 河川環境確保のための土地利用と許容人口の関係, *水工学論文集*, 第 48 巻, pp.475-480, 2004.
- 6) 白岩淳一, 風間聡, 沢本正樹: 気候変動による河川水温の影響. *水工学論文集*, 第 50 巻, pp.1063-1068, 2006.

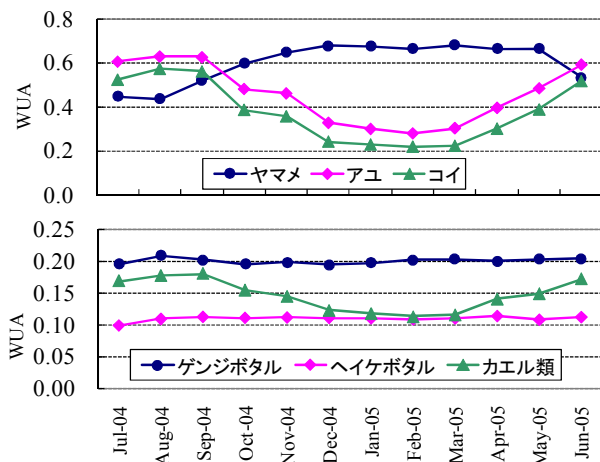


図-3 6 種水生生物の WUA 年間変動 (July 2004-June 2005)