生息場モデルを用いた河川健全度予測手法の開発

宮崎大学工学部社会環境システム工学科　正会員　○糠澤桂
東北大学大学院工学研究科　正会員　風間聡
愛媛大学大学院理工学研究科　正会員　渡辺幸三

1. はじめに

河川生物の適応的生息・生育能力を表現する指標である河川健全度の定義および定量的な評価手法の確立が急務である．しかし，種多様性の評価事例は多いものの，我が国におけるバイオモニタリングによる健全度評価は汚水生物学を提唱した津田 1)以来，国内ではまとまった研究事例が無いのが現状である 2)．これまで数多くの健全度指標（e.g., ICI: Invertebrate Community Index）が提案されているが，多くの手法に共通するのは汚水に対する生物の耐性を考慮することである．しかし，従来までの取り組みは一般的に時期・場所が限られており，上流～下流に渡り物理環境が時間的に変動する河川において，スナップショット評価による局所的な情報のみから流域全体を論ずるのは困難であった．この問題を解決しうるのが，生息場モデル 3)の利用である．これにより，多くのサンプリングの労力を低減出来，さらに広域における評価も可能になる．

本研究において，名取川流域にて構築・検証されている水生昆虫群集の生息場適性（HSI）モデル 3)と複数のバイオモニタリング手法を組み合わせて，流域スケールで河川健全性を評価することを目的とする．健全度指標として ASPT，EPT，B-IBI，Shannon-Weiner 多様度指数，水生昆虫群集の HSI から合成した主成分得点を使用した．また，健全性指標と集水面積，土地利用との関係性を評価し，それぞれの健全性指標の特性を考察した．

2. 方法

2.1 対象流域と環境データ

宮城県中央部に位置し, 流域面積 939km^2 の名取川流域を対象領域とした (図-1). 上流域は標高 1,000m を越える山岳地帯であり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する．

解像度 50m の標高マップを用いて勾配を求めた．国土数値情報の宮城県土地利用格子データ（平成 3 年）における建物用地と幹線交通用地を市街地と仮定し市街化率を算定した．土地利用データにおける水田と畑から農地率，森林から森林率を算定した．市街地，農地，森林までの距離においても土地利用データから作成した．

白岩ら 4)が開発した分布型流出・水温モデルより 2006 年 1 月から 12 月の 1 年間における水深, 流速, 水温を算定した. 気温, 降水量などの分布データは, 流域内外の 3 地点の AMeDAS データから重みつき距離平均法により求めた．本モデルは大きく河道部と斜面部の二つに分けられる．斜面部をさらに直接流層，基底流層，積雪・融雪層の 3 層に分けて計算しており, それぞれ kinematic wave 法, 貯留関数法, degree-day 法を，河道部において dynamic wave 法を用いている．

健全度指標との比較のため水質項目を測定した．測定項目はアンモニウム態窒素（NH_4-N），リン酸態リン（PO_4-P）など 5 項目であり，測定には TRAACS 800 オートアナライザー（BLTEC）を使用した．

2.2 生息場モデル

高瀬ら 3)により構築された 32 分類群の底生無脊椎動物 HSI モデルを使用した．内訳は，ウズムシ目 1 分類群, カゲロウ目 8 分類群, カワゲラ目 4 分類群，コウチュウ目 2 分類群，トビケラ目 12 分類群，双翅目 3 分類群，咽蛭目 1 分類群，広翅目 1 分類群である．これは，2006 年 10～11 月に名取川の上流から下流に渡り 45 地点において調査した結果 3)を使用した（図-1）本研究において用いた環境指標は，(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)水辺までの距離である．

2.3 健全度指標

算出した HSI から分類群毎平均スコア (ASPT) 2)，カゲロウ目・カワゲラ目・トビケラ目の合計分類群数（EPT），Shannon-Weiner 多様度指数，Benthic

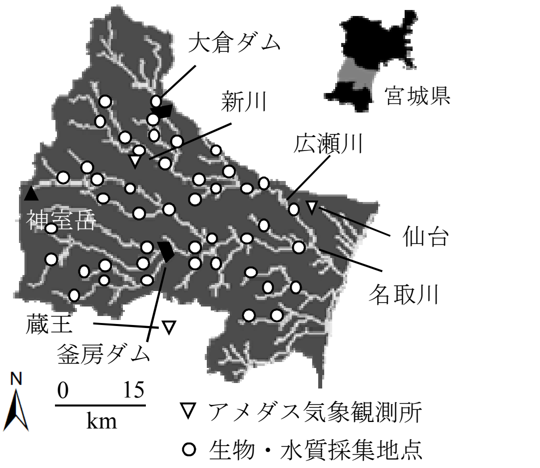

図-1　名取川流域と対象生物の採集地点.

keyword：Average score per taxon, benthic index of biological integrity, distributed runoff model, habitat suitability
連絡先：〒889-2192　宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1　宮崎大学工学部社会環境システム工学科

index of biotic integrity（B-IBI）[5]，主成分分析による第1～5主成分得点を健全度指標として計算した．

ASPTの算定には底生動物の科に対応する1~10の範囲のスコアを用いる[2]．汚濁耐性が低い科ほどスコアは高まる．出現した科のスコアを平均してASPTを計算した．HSI>0.5の時に対象分類群が出現すると仮定した．Shannon-Weiner多様度指数については高瀬ら[3]と同様にHSIから算出した．

B-IBIは米国にて開発された複数の生物指標を用いて健全性を判定する手法である[5]．本研究では，13項目のうち汚濁耐性の低い巻貝およびイガイ属の分類群数，Corbiculaの割合，貧毛類の割合，雑食動物または腐食動物の割合の4項目を除外した9項目を評価項目として使用した（**表-1**）

3. 結果と考察

本研究により，水文モデルとバイオモニタリング手法を組み合わせて流域スケールの河川健全度を推定する枠組みが構築された．定義した9個の健全度指標のうち，ASPT，EPT，Shannon多様度指数（以下，多様度指数），B-IBIの空間分布を**図-2**に示した．全体の傾向としては上流域において健全度は高いが，ASPTにおいては下流の広瀬川と名取川の合流地点付近において局所的に数値が高下する特徴がみられた．この理由は，ASPTが対象とする分類群が少ない場合にその分類群のスコアに依存することが挙げられる．また，多様度指数においては高瀬ら[3]において構築された異なる分類群数による多様度指数と類似した空間パターンであり，主に中流～上流において最も指数が高まる傾向であった．健全度指標9項目間の相関を調べた結果，B-IBI，EPT，多様度指数，第一主成分（PC1）は互いに高い相関を示した（R-0.72-0.99，P<0.01）．これは，EPTが複数指標を用いる高度な健全度指標を代用出来る事実を示唆する．また，主成分分析により底生動物相を決定づける主要な因子として新たな健全度指標が合成された可能性がある．対数変換された集水面積は全ての健全度指標と有意な相関を示した（P<0.01）．ASPT，PC2，PC4については正の相関で，他の指標は負の相関であった．主成分スコアは健全性と含意の異なる変数となるケースが想定されるため，健全度指標は概ね集水面積の増加に応じて低下する傾向が示されたと言える．一元配置分散分析の結果，いずれの健全度指標においても土地利用間（水田，森林，市街地など）において有意な差異があることが示された（P<0.01）． Einheuser *et al.*（2012）[6]はミシガン州のSaginaw川流域を対象に複数の健全性指標を推定するモデルを構築し，健全性の空間パターンに最も寄与する要因は栄養塩負荷であると結論付けている．一方，本研究において健全度指標は栄養塩濃度と相関を有していない．これは，対象領域の土地利用形態や水質の汚染レベルにより健全度指標の空間パターンが変化する事実を示唆する．

表-1　B-IBIを構成する9項目の生物指標と得点範囲．*は指標の数値が大きいほど得点が低下することを示す．

	得点		
	1	3	5
分類群数	0-2	3-4	5-12
カゲロウ目の合計HSI	0-1.07	1.08-1.92	1.93-4.10
トビケラ目の合計HSI	0-1.10	1.11-2.83	2.84-4.36
カワゲラ目の合計HSI	0-0.47	0.48-1.19	1.20-2.46
上位2分類群の占有率*	0.31-2	0.18-0.30	0-0.17
濾過摂食者の占有率*	0.24-0.89	0.16-0.23	0-0.15
刈採食者の占有率	0-0.11	0.12-0.15	0.16-0.39
捕食者の占有率	0-0.10	0.11-0.15	0.16-0.63
全分類群の合計HSI	0-4.25	4.26-7.91	7.91-13.57

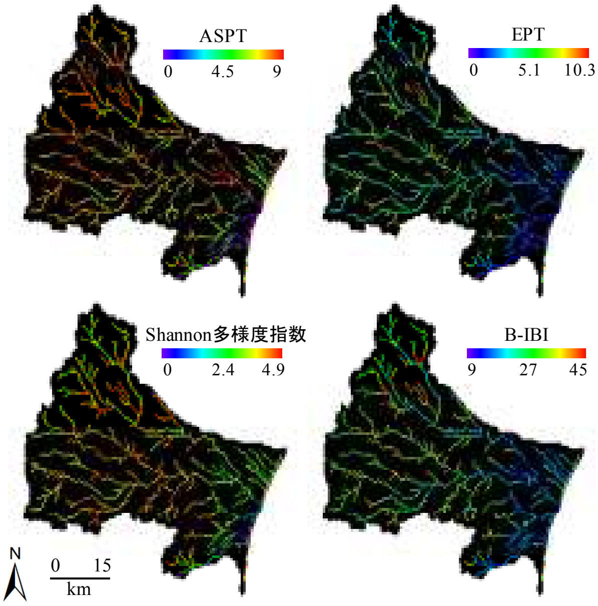

図-2　健全度指標の空間分布図

謝辞：本研究は科学研究費補助金（26630247，渡辺幸三; 26820196，糠澤桂）の助成を受けた．併せて深甚なる謝意を表す．

参考文献

1) 津田松苗，汚水生物学，北隆館，1964.
2) 谷田一三，河川環境の指標生物学，北隆館，2010.
3) 高瀬陽彦，糠澤桂，風間聡，渡辺幸三，分布型水文モデルと確率密度関数を用いた底生動物の生息環境および種多様性評価，土木学会論文集B1（水工学），Vol.70, No.4, pp.I_1297-I_1302, 2014
4) 白岩淳一，風間聡，沢本正樹（2006）気候変動による河川水温の影響．水工学論文集 50: 1063-1068
5) Kerans, B. L., and J. R. Karr, Development and testing ofa benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of theTennessee Valley Authority. Ecological Applications 4(4):786-785, 1994.
6) Einheuser, Matthew D., Nejadhashemi, A. Pouyan, Sowa, Scott P., Wang, Lizhu, Hamaamin, Yaseen A, Woznicki, Sean A, Modeling the effects of conservation practices on stream health, Science of the Total Environment, Vol.435-436, pp. 380-391, 2012.