

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18710029
 研究課題名（和文） 全国を対象とした淡水魚類生息地ポテンシャルの時空間解析と流域再生支援システム
 研究課題名（英文） Spatio-temporal analysis of freshwater fish habitat potential and watershed restoration support system in Japan
 研究代表者
 亀山 哲（KAMEYAMA SATOSHI）
 独立行政法人国立環境研究所・アジア自然共生研究グループ・主任研究員
 研究者番号：80332237

研究成果の概要：

全国の淡水魚類を対象とし、魚類調査データと対象魚種の生息地環境データ（標高、河川勾配、水質、気象、流域分断状況等）を基に、一般化線形モデル(GLM: Generalized Linear Model)を用い、生息地ポテンシャル（生息確率）を推定した。また、インプットパラメータを操作することにより過去 25 年間に渡る生息地環境の時空間的な評価を行った。さらにこの解析結果を活用し、具体的な流域再生シナリオに関して議論を行った。最終的に、これら一連の解析処理（GIS データベース構築→空間統計解析→デジタルマッピング）を効率的に運用し、自然再生事業等に資する実用的システムとして整備した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,400,000	210,000	3,610,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学

キーワード：流域環境管理，GIS，自然再生，淡水魚，レッドデータ，生息適地推定，一般化線形回帰モデル，絶滅危惧種

1. 研究開始当初の背景

(1) 自然再生を願い、次世代に豊かな環境を残したいという国民の希望は、近年の各種法整備（1997年：新河川法・環境アセス法，2002年：自然再生法・新生物多様性国家戦略等）にも明確に反映していた。しかし、この新たな国民的要望に真摯に向き合った際、当時の流域環境の保全分野には、迅速かつ一貫した政策決定プロセス（定期的広域モニタリング・データマイニング・情報処理ツール・合

意形成システム）がほとんど存在していなかった。例えば、タナゴやメダカが姿を消し、その一方移入生物種が増加しているというニュースがメディアを通じ国民にインパクトを与えていた。しかし現状としては、国や自治体をはじめ各地のNPOにおいても具体的な流域再生計画を立案する事は現実的に非常に困難であった。

流域生態系の保全面や自然再生の現場では、淡水魚類に限らず他の生物種についても同

様に、研究の細分化や縦割り行政等が原因となり、国内全体を大局的に見渡して生物生息環境の動態解明を行うという具体的な行動は、非常に困難であり不可能に近いものがあった。この様な既存の社会的背景・研究体制が環境アセスや保全策検討の面でタイムラグを生み、希少動植物の生息適地の多くが、国内各地で喪失し続けているという現実が見受けられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、淡水魚類の生息地に関わる時空間的な評価を行うために、以下の3点を随時遂行することである。

(1) 全国規模のGISデータベースの構築；

以下の3部門に関するデータベースを統合的に、GIS環境で利用可能な形として整備する。1-1) 日本全国淡水魚類データセット(水辺の国勢調査魚介類, 1990~2002年, 全魚種, 全調査ポイント) 1-2) ダムによる流域分断マップ(4世紀以後の国内全ダム, 分断化流域・分断後の経過年数) 1-3) 日本全国流域圏水質データセット(公共用水域水質データ, 1973~2002, 全分析項目, 全調査ポイント) 1-4) 生息地環境情報(全国1kmメッシュ: 気象, 標高, 河川勾配, 集水面積等)

(2) データベースを用いた空間統計モデルの作成と生息適地ポテンシャルの推定；

魚類調査結果とGISデータベースにおける生息地属性データを基に対象種別の生息適地ポテンシャル推定モデル(一般化線形回帰モデル)を作成する。さらに対象種の生息地条件として必要な項目を統計的手法に基づいて選択し、かつ各項目の重要度を各パラメータの係数(寄与率)として定量化する。

(3) 生息適地推定結果の全国デジタルマッピングと生息適地の時空間変動を基にした流域再生シナリオの構築；

淡水魚類生息地評価モデルのインプットデータを選択することにより現在と過去の2時期(1977年と2002年)の生息地状況を分析する。これら二つの時期の差分を空間的に解析し、生息地ポテンシャルの時空間変動解析を比較する。次に、本研究結果を基にして流域再生シナリオを作成する。具体的には対象種の生息地再生のために必要な環境改善パラメータの特定と定量化およびそれに基づく再生オプションの構築を行う。最終的にアプローチ全体のシステム化を図る。

3. 研究の方法

(1) データベース構築

国内で独立して整備されてきた次の4分野の統計量を統合化した。1) 日本全国淡水魚類(水辺の国勢調査魚介類, 1990~2002年,

全魚種, 全調査ポイント)。2) ダムによる流域分断データ(4世紀以後の国内全ダム, 分断化流域・分断後の経過年数)。3) 日本全国流域圏水質(公共用水域水質データ, 1973~2002, 全分析項目, 全調査ポイント)。4) 生息地環境情報(全国1kmメッシュ: 気象, 標高, 河川勾配, 集水面積等)

(2) 一般化線形モデルを用いた淡水魚類の生息地ポテンシャル評価

潜在生息地のポテンシャル推定に関する分野においては、対象となる種の生息地における環境属性データを基に、生息適地ポテンシャル推定モデル(一般化線形モデル)を作成した。さらに、対象種の生息地条件として必要な環境制限項目を統計解析に基づいて決定した。最後に、各環境項目の重要度を各パラメータの係数(寄与率)として分離・定量化した。

淡水魚類の生息地評価に用いられた環境パラメータは、魚類調査地点における、標高・傾斜角・累積流域面積(調査地点から上流域の面積)・最寒月(2月)平均気温・最暖月(8月)平均気温・年間平均気温・BOD・SS・DO・ダムの有無(その淡水魚類の生息地がダムで海から分断されているか否か)・ダム建設後の経過年数(流域が分断されてから魚類調査で生息が確認されるまでの年数)・年間降水量である。これを独立変数として使用し、生息確率分布を目的変数として求める。

分析対象種については、水辺の国勢調査を基に作成された魚類データベースの中から、環境省指定の全ての絶滅危惧淡水魚類を抽出し、さらにその中から調査捕獲数が統計解析可能数を十分に満たす26種を選択し解析対象とした。

(3) 生息地評価モデルを用いた魚類生息適地の時空間的变化

評価上記の一連の処理を環境省レッドデータに含まれるほぼ全ての淡水魚に対して適応し、生息地評価モデルを作成した。この過程においては、個々の種に対する生息地予測モデルは全国の水辺の国勢調査調査地点における「実際の魚類生息調査地」のデータ(生息情報あり=1, 無し=0として整理)を使用し、実際の生息地ポテンシャルは水質等のデータが記録されている「公共用水域水質調査地点」において推定した。他の環境属性データについては国土数値情報3次メッシュデータ等を使用した。

この一連のシステムから得られた結果により、過去25年にわたる生息地ポテンシャル変化の数値化が実現した。さらに、生息地ポテンシャルの変化を日本全国規模で解析し、絶滅危惧種が、どこで・何の生息地条件によって生息地ポテンシャルを変化させた

のかを明らかとした。

4. 研究成果

2003年度版環境省レッドデータ汽水・淡水魚類記載種は全部で96種である。(ただし、絶滅のおそれのある地域個体群(LP)は除く。)これらの中から、過去に水辺の国勢調査で捕獲されており、かつ捕獲総数と地点数が今回の統計解析を行うにあたり十分な数を満たす26種を今回の解析対象とした。これらの解析を行った全種に対して、一般化線形回帰モデルを用い、生息地ポテンシャル値(生息確率分布)を計算した。またこの過程において、AIC(Akaike's Information Criterion)を基準とするステップワイズにより環境パラメータを選択し、各係数、切片を整理した。また、各魚種毎のモデルに対する適合度の評価値としてAUC for ROC(Under the Curve value for the Receiver Operating Characteristics)を示した(Kameyama et al. 2007)。

以下、選択された環境パラメータのうち、気温、BOD、ダムの有無の部分について解説する。

気温；対象種26種の内、気温条件(年平均、2月平均、8月平均の内どれか一つ以上)は23種で選択された。気温条件はその地域の淡水魚の生息水温と密接な関係があると考えられるため、絶滅危惧種の分布を大きなスケールで考えた場合、生息地の水温帯は特に大切な要素であると捉えられる。また、この23種の内、2月の平均気温が有意なパラメータとして選ばれたのが15種。さらにその係数が負の値(つまり2月の平均値がより小さいことが生息地ポテンシャルを大きくすることに寄与する)であった種は10種であった。これはそれらの種の分布がより寒冷的な場所に存在しており、河川内の水温上昇が種の生息地条件を低下させることを意味している。このことから、河川水温の上昇(長いスケールでは気候変動、人為的な短いスケールでは流域の土地利用変化や河畔林の伐採による入射光の増加等)は生息地ポテンシャルを直接的に低下させる要因となる事が考えられる。また逆に、これらの種の保全・生息地再生を考慮する場合には、湧水地などの低水温湧出地点の保全、河畔林や上流の森林樾の伐採防止等、低水温河川区間を確保する保全策が有効であると言える。

河川水の富栄養状況を示す水質項目BODに関しては、選択種26種中11種について、このパラメータが選択され、さらに10種において負の係数が得られた。これはこれらの種が、より貧栄養な生息環境の場所に選択的に生息地を持つ事を示している。このため、選択された種の保全を考える上では、発生源対策や河川の自然浄化機能の向上など汚濁防

止策が効果的と考えられる。具体的には点源・面源から発生源対策としては、汚濁除去環境技術の導入、汚濁流入対策としては河畔エリアに残された河畔林のバッファー効果が重要となる。また、水質浄化対策としては湿地や氾濫源などの保全と再生を特に考慮すべきである。

河川水中に溶け込んでいる酸素の量D₀に関しては、26種中10種に対してこのパラメータが選択された。そしてさらに6種がD₀の係数に関して正の値となった。これはより溶存酸素の多い環境に生息地が分布している事を示している。D₀値の向上についてはBODの抑制と関連する部分が多いため、一般的な汚濁防止策を考慮することが需要である。また同時に、潜在的に山地溪流部分などにD₀値の高い河川区間が残されている場合は、その小流域を含めた積極的な保全策が必要であろうと考えられる。

ダムの有無に関しては今回選択した26種の内、負の係数を示した種が7種、正の種が8種という結果となった。これは個々の魚種の生活史パターンがダムによってどのような影響を受けるかに大きく関わっていると考えられる。ダムによるインパクトとしては一般的に移動障害・水温上昇・幼魚時期の生息地環境減少・カバーの消滅・産卵省適地消滅等が考えられ、特に回遊魚に対して非常に大きなインパクトがあると予想される。生息地ポテンシャルが正の影響で説明される種が何種か見られた理由としては、純淡水魚(生活史の上で移動距離が少ない)が該当していたと考えられる。

ダムが下流に完成した後の経過年数については、24種中5種が負の係数を示した。これは生息地から下流にダムが出来、そのダムがより古く建設された状況ほど生息ポテンシャルが低下している事を示している。特にダムの有無が有意に主要環境パラメータとして選択されなかった種の中でも、この経過年数に対してはマイナスを示す種が見られた。例えば、オシヨロマ：*Salvelinus malma malma* やホトケドジョウ：*Lefua echigonia* 等。これは直接ダムの有無が直接的に該当種の生息自体には影響が現れにくいとしても、海と生息地が分断されるという現象が何らかの影響を間接的に与え、時間が経つにつれて生息環境が悪化しているのではないかという事が示唆される。具体的には、遡河回遊魚の減少による生態学的相互作用の分断や人工的なダム湖への移入種放流による種間競争などである。

1977年と2002年の生息適地の変化をみると、魚種毎に変化パターンは多様性が見られた。生息に適した地域と反対に悪化した地域が両方見出された種(例えばギバチ：*Pseudobagrus tokiensis*、やオヤニラミ：

Coreoperca kawamebari) もいれば、メダカ：*Oryzias latipes*などは都市近郊の平野部で生息ポテンシャルの減少している地域が多く見られた。しかし今回の経年変化の抽出はあくまでも「推定された確率分布の時間的变化」である。したがって、各地点において連続的に毎年モニタリングされているような魚類生息結果までは厳密には反映していない可能性もある。しかしこの点は視点を変えれば、今後の絶滅危惧種の生息地モニタリングを実際にあたって、調査地選定や対象種の特定などに有益な情報を提供するものと考えられる。

最後に本システムの実現によって、実際の流域保全活動や自然再生事業において、今後より具体的な事業計画や再生プロセス（例えば、対象とする保全種と環境改善項目の特定や事業実施区間など）が生まれる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① 福島路生, 亀山哲: (2006) サクラマスとイトウの生息適地モデルに基づいたダムの影響評価と保全地域評価. 応用生態工学会誌, Vol.8, No.2, pp.233-244
- ② S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han, M. Amemiya and M. Kaneko, (2006) The estimation of habitat potential for freshwater fish and its spatio-temporal change---A nationwide study in Japan---, Proceedings of International Symposium on Wetland Restoration 2006, pp.298-301
- ③ M. Fukushima, S. Kameyama and M. Kaneko: (2007) Modeling the effects of dams on freshwater fish distributions in Hokkaido, Japan, Freshwater biology Vol.52, pp.1511-1524
- ④ S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han and M. Kaneko: (2007) Spatio-temporal changes in habitat potential of endangered freshwater fish in Japan, Ecological Informatics, Vol 2/4 pp 318-327, DOI, information:10.1016/j.ecoinf.2007.08.001
- ⑤ S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han, M. Amemiya and M. Kaneko, (2006) The estimation of habitat potential for freshwater fish and its spatio-temporal change---A nationwide study in Japan---, Proceedings of International Symposium on Wetland Restoration 2006, pp.298-301

- ⑥ M. Han, M. Fukushima, S. Kameyama, T. Fukushima and B. Matsushita (2007): How do dams affect freshwater fish distribution in Japan? : Statistical analysis on both native and nonnative species with various life histories, Ecological research, Vol23, No.4, PP.753-743, DOI, 10.1007/s11284-007-0432-6

[学会発表] (計 9 件)

- ① S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han, M. Amemiya and M. Kaneko: The estimation of habitat potential for freshwater fish and its spatio-temporal change---A nationwide study in Japan---, (2006) ; International Symposium on Wetland Restoration, Otsu Japan, Jan. 2006
- ② 亀山哲, 福島路生, 韓美德, 雨宮護, 金子正美: 国内淡水魚を対象とした生息地ポテンシャルの推定とその時空間的变化, (2006), 第 53 回日本生態学会大会, 新潟市, 2006 年 3 月; (第 53 回日本生態学会講演要旨集 pp.216-JI304)
- ③ 韓美德, 福島武彦, 福島路生, 亀山哲; ダム建設の淡水魚類への影響解析---全国スケールでの評価, (2006), 第 53 回日本生態学会大会, 新潟市, 2006 年 3 月; (第 53 回日本生態学会講演要旨集 pp.279-JP1-225)
- ④ S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han, M. Amemiya and M. Kaneko: Estimation and spatio-temporal change of habitat potential for freshwater fish---A nationwide Japanese study ---, (2006), 26th Annual ESRI International User Conference, San Diego US, Aug-2006; (26ESRI-UC, MapID175, Panel No.2137)
- ⑤ S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han, M. Amemiya and M. Kaneko: Estimation and spatio-temporal change of habitat potential for freshwater fish---A nationwide Japanese study ---, (2006) 第 3 回 GIS コミュニティフォーラム, 東京, 2006 年 11 月
- ⑥ S. Kameyama, M. Fukushima, M. Han and M. Kaneko: Estimation and spatio-temporal change of habitat potential for freshwater fish---A nationwide Japanese study---, 5th International Conference on Ecological Informatics, Santa Barbara USA, December-2006; (Delegate manual of 5th International Conference on Ecological Informatics,

O-87)

- ⑦ 亀山哲, 福島路生, 韓美德, 島崎彦人, 金子正美; 日本の絶滅危惧淡水魚類を対象とした生息地ポテンシャルの時空間的変動, (2007)第54回日本生態学会, 2007年3月, 松山市; (第54回日本生態学会講演要旨集, pp.221-J1-099)
- ⑧ 韓美德, 福島路生, 亀山哲, 福島武彦, 松下文経; ダムと都市化が淡水外来魚の分布に及ぼす影響, (2007)第54回日本生態学会, 2007年3月, 松山市; (第54回日本生態学会講演要旨集, pp.369-P3-163)
- ⑨ M. Fukushima, S. Kameyama, M. Kaneko and K. Nakao: Impact of barriers on aquatic composition in Japan, (2006)7th International Association of Landscape Ecology (IALE) World Congress, Wageningen, the Netherlands, July-2007; (Proceedings of 7th IALE, World congress, No.1, pp.471-472)

[図書] (計1件)

亀山 哲 [分担執筆, 長澤良太, 原慶太郎, 金子正美編]: (2007) 自然環境解析のためのリモートセンシング・GISハンドブック, 執筆章: 3章 景観の解析---河川---, 古今書院, 東京 ISBN978-4-7722-4109-0

[その他]

ホームページ

<http://www-basin.nies.go.jp/member/kameyama.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

亀山 哲 (KAMEYAMA SATOSHI)

独立行政法人国立環境研究所・アジア自然共生研究グループ・主任研究員
研究者番号: 80332237

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし