

土岐川・庄内川流域圏の持続可能な発展のための生物多様性評価システム

横田 樹広 小田原 卓郎 米村 惣太郎 那須 守
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所) (技術研究所)

A Study on the Evaluation System for the Biodiversity Conservation and Restoration toward the Sustainable Development in the Toki-Shonai River Basin

by Shigehiro Yokota, Takuro Odawara, Sotaro Yonemura and Mamoru Nasu

Abstract

Toward the sustainable development in the Toki-Shonai River Basin, evaluation system for grasping the characteristics of biodiversity in the river basin, linking among the different spatial scales of landscape, ecosystem and habitat, is constructed in this paper. Biodiversity zoning in the river basin was proposed by balancing the spatial relationship between potential species diversity and the potential habitat of indigenous species (*Nepa hoffmanni*) with the classification of the environment compositions in minimum catchment areas. As the bottle-neck factor, it is clarified that the distribution of old sandy layer in Satoyama area strongly affects the spatial coexistence of the indigeneity of the ecosystem and its species diversity. Moreover, spatial zoning and the methodology of the control and restoration of indigenous habitats, including strategic offset of the influences from developments by applying SI/HSI models, are considered for the practical biodiversity management in the whole river basin.

概要

土岐川・庄内川流域圏を対象として、景観、生態系、ハビタットの3つのスケールで生物多様性の特徴を評価するシステムを構築した。小流域の類型化により流域圏の環境特性を把握したうえで、種多様性ポテンシャルと地域固有種ヒメタイコウチを指標とした潜在的生息適地との空間的關係性から、種多様性と生態系の固有性のバランスに配慮した流域圏のゾーニングを行った。その結果、流域圏中～上流域の里山地域において、流域の環境構造は植生条件よりも地史的な環境条件により特徴づけられ、とくにヒメタイコウチの生息適地の分布に影響する地質年代の古い砂礫層の分布が、種多様性と生態系の固有性の空間的重複にも影響していることが明らかになった。これに配慮した流域圏の生物多様性マネジメントの空間指針を提案し、その実践的手法として、SI・HSIモデルを用いたハビタットの管理・復元や計画的なオフセットについて検討した。

§ 1. はじめに

河川流域圏(以下、流域圏)は、地域的な地形や地質の形成に応じて規定された水・物質循環が成立する空間領域であるとともに、領域内の生態系の分布やその内部構成、あるいは生態系間の関係性とその動態など、生物多様性の成立のパターンとプロセスを決定づける空間単位である。流域圏における持続的な土地利用のためには、生態系および生物資源の「賢明な利用(ワイズユース)」に向けた生物多様性の俯瞰的かつ包括的な把握が必要であり、その保全と復元を含めた土地利用のための空間的指針や、その実践のための計画技術(たとえば、影響・効果の予測や計画の最適化を支援するシステム)の構築が重要である。

一方、流域圏の生物多様性は、遺伝子、種、地域個

体群、群集、生態系、景観といった、多様な空間スケールでの「系」あるいは「種」の間(または内部)の変異により成り立っており、その全てを同時にモニタリングすることは極めて困難である。流域圏を対象とした既往の環境評価研究においては、小流域を単位とした空間計画を支援する自然環境・ビオトープ評価手法の研究¹⁾²⁾や、景観特性の分析⁴⁾、植物群落の多様性評価⁵⁾、都市緑地の生態的ポテンシャルの評価⁶⁾に関するもの等があるが、流域圏全体の生物多様性の特徴的理解を対象にしたものはまだ少ない。今後、流域圏の生物多様性の保全と復元を含めた持続的な土地利用のためには、多様性の維持に最も影響を及ぼしていると考えられる空間的環境要因について、その全域的な位置づけとともに把握するための方法論が必要である。

本研究の対象地である土岐川・庄内川流域圏は、岐



図－１ 土岐川・庄内川流域圏

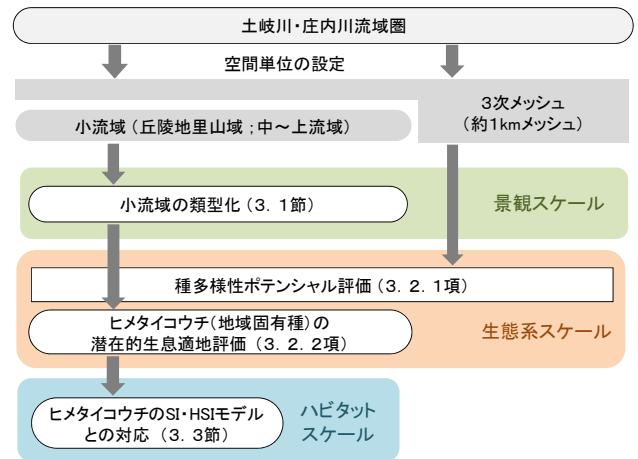
岐阜・愛知県にまたがる流域面積約 1500km² の圏域である。土岐川(岐阜県での呼称)・庄内川(愛知県での呼称)は、タ立山(標高 727m)を源流とし、その流域圏は、中～上流域に尾張丘陵を中心とする丘陵地や台地・段丘、下流域に名古屋市都市部が広がる沖積平野、沿岸域に干潟といった、多様な地形を包含している(図－1)。とくに中～上流域の丘陵地や台地においては、砂礫層上に湧水によって涵養され形成される貧栄養湿地とその周辺に、周伊勢湾地域に固有もしくは国内分布の中心がある東海丘陵要素植物 15 種が分布し、地域固有性の高い植物相が成立している。

そこで本研究では、土岐川・庄内川流域圏を対象として、主に種の多様性と生態系の固有性の空間的關係性に注目し、流域圏の生物多様性マネジメントにむけた主要要件を把握するための生物多様性評価システムを構築することを目的とした。とくに、景観～生態系のスケールにおいて、種多様性ホットスポットと地域固有種の潜在的生息適地の分布を把握し、種の多様性と生態系の固有性を一体的に保全・復元するために必要な環境要件について把握する。またこれと、ハビタットスケールにおける固有種の生息適性モデルとの関連性について明らかにし、流域圏の生物多様性の保全・復元における固有種のハビタット管理の位置づけについて明らかにする。これらの検討プロセス全体について、評価システムとしての一般化を図る。

§ 2. 評価システムの概要

2.1 評価システムのプロセス

流域圏を対象とした生物多様性評価を、それを構成



図－2 評価システムのプロセス

する階層的な空間スケール、すなわち、景観スケール、生態系スケール(景観～ハビタットの中間的位置)、ハビタットスケール、という 3 つの空間スケールに応じて行う(図－2)。評価の基本的な空間単位は、使用データに応じて、小流域(中～上流域で尾根に囲まれた最小単位の集水域)または 3 次メッシュ(全流域圏をカバーする約 1km 四方メッシュ)とした。

まず、流域圏の環境構成とそれを特徴づける環境要因を把握するため、景観スケールにおいて、里山環境を構成する多様な地形が混在している流域圏の中～上流部を対象として、小流域を単位とした流域環境の類型化を行う(3.1 節)。これにより、流域圏において景観および生態系の多様性の基盤をなす環境要因について評価する。

次いで、生態系スケールの評価(3.2 節)として、種多様性の潜在的な成立可能性(「種多様性ポテンシャル」)について、3 次メッシュを単位として、流域圏全体を対象とした評価を行う(3.2.1 項)。本研究では、中～上流の里山地域における生物多様性評価を主眼として、昆虫類(チョウ類・トンボ類)と鳥類(繁殖期)を指標として、種多様性ポテンシャルを評価する。

また、同じく生態系スケールにおいて、生態系の地域固有性を指標する生物種を選定し、その生息適地に関する評価を行う(3.2.2 項)。本研究では、固有種として、湿地に生息する昆虫ヒメタイコウチ(*Nepa hoffmanni*: カメムシ目タイコウチ科ヒメタイコウチ属: 図－3)に注目する。小流域を単位として、流域圏における本種の潜在的生息適地の分布を推定する。ヒメタイコウチは、国内では愛知県、岐阜県、三重県、兵庫県、香川県の限られた地域にのみ分布し(愛知県・岐阜県内では準絶滅危惧種)、丘陵地の湧水が浸出して成立した湿地や、伏流水が染み出す場所において、水際付近の非常に浅い水域や湿った陸上部分を主な生活

場所としている。生息場所が限定的であるうえ、翅を持つが飛翔はせず、呼吸器管が短く水中生活には十分には適応していないため、開発や農業形態の変化等による小規模な湿地の改変等によっても生息環境を消失しやすい固有種と言える。このヒメタイコウチを指標とした固有種の潜在的生息適地と、種多様性ポテンシャルとの重ね合わせ(オーバーレイ)を行い、里山地域における種の多様性と生態系の固有性との空間的關係性とその要因について把握する。

さらに、ハビタットスケールにおいて、上位スケールの評価結果と、実際の生息地の現地調査に基づくヒメタイコウチの生息適性のモデル化(中村ら⁷⁾)との関連付けを行う(3.3 節)。これをもとに、流域圏における生態系の多様性と固有性の両立的な保全・復元の実践方法について検討する。生息適性のモデル化においては、米国の生物生息場評価手続き HEP(Habitat Evaluation Procedure)における SI・HSI モデルを活用し、生息地における環境条件とヒメタイコウチ生息確認地点数の観測に基づいて、生息適性条件を把握する。



図－3 ヒメタイコウチ *Nepa hoffmanni* (中村ら⁷⁾)

2.2 使用データ等

2.2.1 基盤環境データ

評価のための基盤環境データは、主として公共および市販の GIS データを使用した(表－1)。

地形に関しては、流域圏全体の標高データとして国土地理院「数値地図 50m メッシュ(標高)」を使用し、小流域の抽出にあたっては、北海道地図(株)による 10m メッシュ標高データ「GISMAP Terrain」を使用した。また、流域圏の表層地質に関して、産業技術総合研究所地質調査総合センターによる「20 万分の 1 数値地質図幅集 北陸、中部および近畿」を用いた。

植生に関しては、流域圏全体において、環境省第 5 回自然環境保全基礎調査(1993～1998 年実施)による「自然環境 GIS 5 万分の 1 植生データ」をもとに、植生凡例を 15 の相観植生タイプに統合して使用した。

土地被覆・土地利用に関しては、とくに市街地における緑被データとして、2006 年 5 月 31 日撮影の人工衛

星 ALOS-AVNIR II データ(空間解像度約 10m)を使用した。また、水域(水部界)データとして国土地理院「数値地図 2500 空間データ基盤」を、道路延長データとして国土交通省「国土数値情報データ」を使用した。

表－1 使用した基盤環境データ

地形	
50mDEM	国土地理院「数値地図50mメッシュ(標高)」
10mDEM	北海道地図(株)「GISMAP Terrain」
地質	
20万分1 表層地質年代	産業技術総合研究所地質調査総合センター 「20万分の1数値地質図幅集 北陸、中部および近畿」
植生	
5万分1植生	環境省第5回自然環境保全基礎調査(1993～1998年実施) 「自然環境GIS5万分の1植生データ」 (植生凡例を15の相観植生タイプに統合して使用; 落葉広葉樹林、常緑広葉樹林、針葉樹林、植林地、竹林、 低木群落、二次草原、湿原・河川・池沼植生、水田雑草群落、 畑地雑草群落・果樹園、牧草地・ゴルフ場・芝地、 路傍・伐跡地群落、緑の多い住宅地、市街地・工場地帯、 開放水域)
土地被覆・土地利用	
緑被(とくに 都市部)	2006年5月31日撮影の人工衛星ALOS-AVNIR II データ (空間解像度約10m)
水域	国土地理院「数値地図2500 空間データ基盤 水部区域」
道路	国土交通省「国土数値情報データ 道路延長」

2.2.2 動物分布データ

流域圏における種多様性ポテンシャルの評価(3.2.1 項)にあたっては、動物相種組成データとして、環境省生物多様性センターより第 5 回(1993～1998 年)・第 6 回(1999～2004 年)自然環境保全基礎調査のデータを貸与頂き使用した。チョウ類・トンボ類の分布データについては第 5 回調査における「種の多様性調査」の種組成データを、鳥類(繁殖期)の分布データについては第 6 回調査における「種の多様性調査」の種組成データを、流域圏内の調査メッシュに限って使用した。

ヒメタイコウチの潜在的生息適地の評価(3.2.2 項)にあたっては、中部大学応用生物学部南研究室にて調査・所有の流域圏内ヒメタイコウチ分布調査データを貸与頂き使用した。

2.2.3 使用ソフトウェア

基盤環境データおよび動物分布データの分析にあたっては、GIS・リモートセンシングソフトウェア ArcGIS 9.3 および TNTmips 7.4 (MicroImage 社)を使用した。また、評価のための統計分析にあたっては、統計ソフトウェア SPSS 17.0 Basic および Classification Trees(日本 IBM 社)を使用した。統計分析のうち、CCA(正準対応分析: Canonical Correspondence Analysis)を用いた分析にあたっては、PC-ORD 5 (MJM Software Design 社)を使用した。

§ 3. 評価方法

3. 1 景観スケール：小流域の類型化

流域圏中～上流域をカバー(下流域は沖積平野が広く分布するため除外)する 10m メッシュ標高データより抽出した小流域(高低差 25m 以上の小流域、計 572)を対象として、小流域内の環境条件に基づく類型化を行った。各小流域内について、小流域の立地、植生、地形、地質に関する環境条件の変数(表-2)を算出し、TwoStep クラスタ分析により類型化を行った。また、類型化の結果をもとに、小流域類型を目的変数、小流域内の環境条件を説明変数として、分類回帰木分析(Classification and Regression Tree : CART)によって、類型化に寄与した主要な環境条件を把握した。

表-2 小流域の類型化に使用した変数

	環境条件	小流域内
小流域	10mDEMより算出: ・河川流路次数(Shreve's method)	最大値
植生	5万分1植生データより算出: ・植生面積割合(落葉広葉二次林, 針葉樹二次林, 植林地, 畑地雑草, 水田雑草) ・植生多様度(16凡例; Shannon-Weaver's H')	算出値 算出値
地形	10mDEMより算出: ・標高差(Max-Min)	平均値
地質	20万分1地質データより算出: ・地質年代割合(第四紀～, 新第三紀鮮新世～, 新第三紀中新世～, ～古第三紀)	算出値

3. 2 生態系スケール

種の多様性と生態系の固有性の空間的關係性を把握し、その主要環境要因を明らかにすることを目的として、以下の分析を行った。

3. 2. 1 種多様性ポテンシャル評価

流域圏全体をカバーする 3 次メッシュを空間単位として、以下の分析を行った。

まず、流域圏内で「種の多様性調査」の対象となっている 3 次メッシュにおいて、チョウ類・トンボ類および鳥類(繁殖期)の種組成と、メッシュ毎の環境条件との対応関係について分析し、各生物群についてメッシュ内の種群タイプの分類を行った。その際、データ量の少ない種およびメッシュによる分析への影響を軽減するため、調査記録の少ないメッシュとして「(各生物群について)記録種数の合計が5種以下のメッシュ」、調査記録の少ない種(ただし普通種に限る)として「出現記録メッシュ数が5メッシュ以下の種」は、分析の対象外とした。その結果、チョウ類について 37 種 36 メッシュ、トンボ類について 45 種 51 メッシュ、鳥類について 32 種 46 メッシュを分析対象とした。

種群タイプの分類にあたっては、分析対象とした 3

次メッシュ内において、各生物種の出現の有無とメッシュ内の植生タイプ(相観植生に類似した15タイプ)の割合を変数として CCA(正準対応分析)を行い、抽出された 3 軸への種ごとの寄与度(スコア)をもとにクラスタ分析(Ward 法、平方ユークリッド距離を使用)によって種群タイプを分類した。

次いで、対象 3 次メッシュにおける種群タイプの成立の有無と環境条件より、種多様性ポテンシャルを評価するためのモデル化と適用を行った。対象 3 次メッシュにおいて、チョウ類、トンボ類、鳥類のそれぞれについて、種群タイプの CCA1 軸におけるスコアを参照に、多様性レベルを3段階(レベル1:市街地率高～レベル3:市街地率低)設定し、メッシュ毎に種群タイプの組合せによる多様性レベルを設定した。これを目的変数、対象 3 次メッシュ内の各種環境条件(表-3)を説明変数として、判別分析によってモデルを導出し、種組成データの無い流域圏の3次メッシュに適用した。チョウ類、トンボ類、鳥類のそれぞれについて予測された多様性レベルの相加平均を算出することによって、メッシュにおける種多様性ポテンシャルの総合スコアとした。

表-3 3 次メッシュ内の環境条件

植生環境	
植生面積割合	植生図凡例を15凡例に統合し、メッシュ内での面積割合
植生パッチ最大面積	樹林、草地、水域のメッシュ内最大面積
植生多様度	樹林、草地に含まれる植生凡例の多様度(Shannon-Weaver's H')
モザイク環境	
林縁環境	樹林-草地隣接長、樹林と隣接する草地面積
水辺環境	水域-草地隣接長、水域と隣接する草地面積
地形条件	
地形	平均標高、最大傾斜角、平均傾斜角
河川	河川流路延長
市街地環境	
緑被率	市街地内NDVI(植生指数)平均値
道路(人工環境)	道路延長

3. 2. 2 ヒメタイコウチの潜在的生息適地の評価

中～上流域の小流域を空間単位として、以下の分析を行った。

まず、ヒメタイコウチの生息調査がなされた計 47 の小流域を対象として、ヒメタイコウチの生息有無を予測するモデルを導出した。生息有無データの存在する対象小流域におけるヒメタイコウチの有無を目的変数、小流域内の環境条件(表-4)を説明変数として、分類回帰木分析(CART)による回帰モデルを求めた。小流域内の環境条件は、小流域の立地、植生、地形、地質の観点から、小流域の類型化において用いた変数を交え

て設定した。

これにより得られた CART モデルを、ヒメタイコウチの生息調査がなされていない他の小流域に適用し、全ての小流域におけるヒメタイコウチの生息有無を推定した。

表－４ 小流域内の環境条件

	環境条件	小流域内
小流域	10mDEMより算出： ・小流域面積 ・平均流路次数(Shreve's method)	算出値 平均値
植生	5万分1植生データより算出： ・植生区分割合 ・樹林-草地隣接度 ・水域-草地隣接度 ・樹林と隣接する草地パッチ面積 ・水域と隣接する草地パッチ面積	算出値 合計値 合計値 合計値 合計値
地形	10mDEMより算出： ・標高 ・標高差(Max-Min) ・平均傾斜度(°) ・斜面方位面積割合 ・地形収束度指標(Convergence Index) ・乾湿度指標(Wetness Index) ・春分日射量 (春分時の日照量(MJ)をシミュレーション)	平均値 算出値 平均値 平均値 平均値 平均値 平均値
地質	20万分1地質データより算出： ・地質年代割合(第四紀～、新第三紀鮮新世～、新第三紀中新世～、～古第三紀)	算出値

3.3 ハビタットスケール：SI・HSI モデルとの対応

生態系スケールの分析により得られたヒメタイコウチの潜在的生息適地推定において抽出された環境条件に対して、上流域の生息地においてヒメタイコウチの

表－５ コドラートにおける調査項目(中村ら⁷⁾)

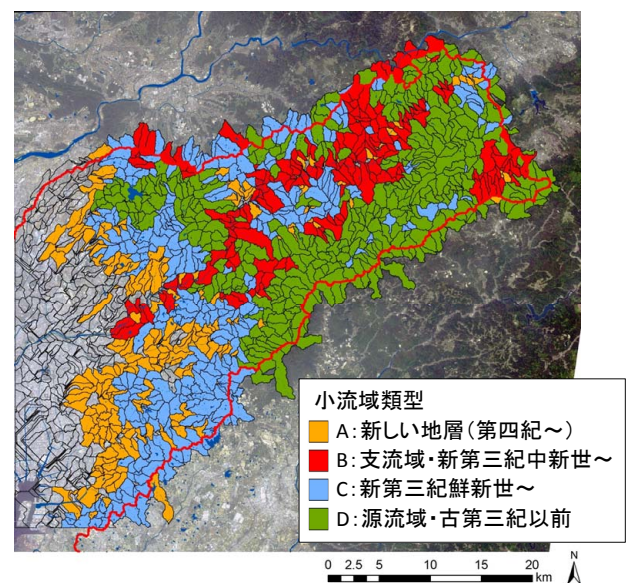
	調査項目	調査方法
立地	傾斜角度(生息地、コドラート)	生息地全体およびコドラート微地形として傾斜角度を測定
水質	水素イオン濃度(pH)	pHメーターにより湿地内湛水部の水を調査現地で簡易的に測定
	電気伝導度(EC)	導電率計により湿地内湛水部の水を調査現地で簡易的に測定
土壌	土性	「土壌調査ハンドブック改訂版」の野外土性判定法に準じ、砂壤土(SL)、壤土(L)、埴壤土(CL)、重埴土(HC)の4段階で判定
	乾湿	同上の野外乾湿判定法に準じ、多湿、湿、半湿の3段階で判定
	体積含水率	時間領域反射測定法、地表から12cmの深さで測定
植生	自生植物種数	コドラート内の自生植物種数(草本・低木層木本類など)を記録
	植被率	コドラート内の植被率をパーセンテージで評価
隠れ家	リター被率	コドラート内に占めるリターの被率をパーセンテージで評価
	リターの厚さ	コドラート中心(=ヒメタイコウチ発見地点)の厚さを測定
活動	水深	ヒメタイコウチ発見地点の水面から水底までの距離を測定

SI モデル・HSI モデルを構築した結果(中村ら⁷⁸⁾)との対応関係について検討した。SI・HSI モデル構築のための生息条件調査は、流域圏上流に位置する中部大学恵那研修センターの敷地内で実施した。同センターは、東海層群の土岐砂礫層の丘陵地に位置し、貧栄養な湧水に涵養される湿地がいくつも点在し、東海丘陵要素植物の生息も確認されている。また、敷地内はヒノキ人工林、落葉性広葉樹の二次林、人為的に維持される草地といった多様な環境を包括し、東濃地方の生態系が集約されている。調査は、活動期にあたる 2007 年 6 月 30 日から 10 月 21 日にかけて、湿地 7 箇所を対象としてヒメタイコウチの捕獲調査を行い、捕獲地点を中心として 30×30cm のコドラートを計 50 設置し、コドラート内におけるヒメタイコウチ生息確認地点数および環境条件(表－５)を計測した。

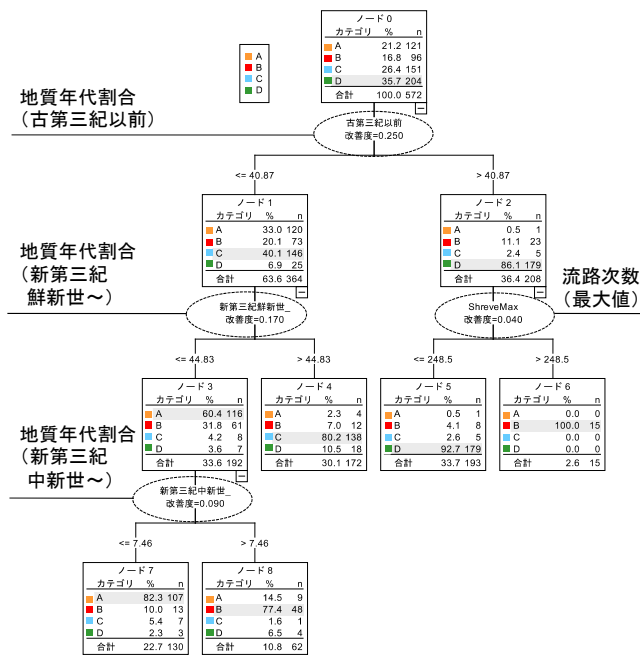
§ 4. 評価結果

4.1 景観スケール：小流域の類型化

環境条件に基づく類型化の結果、小流域は大きく 4 タイプに分類され(図－４)、分類回帰木分析の結果、それらは、主に地質年代と流路次数(流域における谷の位置)によって特徴づけられた(図－５)。源流部に近い小流域では古第三紀以前の古い地層の優占(タイプ D)が特徴的であり、支流上流域の小流域に新第三紀中新世以降の地質が分布する(タイプ B)。沖積平野と丘陵地との境界域に位置する中流域の分類においても、表層地質年代が卓越し、中流域の新第三紀中新世以降の地質のうち、とくに下流側都市部は新しい第四紀以降の新しい表層地質が優占しており(タイプ A)、新第三



図－４ 流域圏における小流域類型



図－5 小流域の類型化に寄与した環境条件

紀鮮新世以前の地質と第四紀(更新世)以降の地質とを境に小流域が区分された。

4.2 生態系スケール

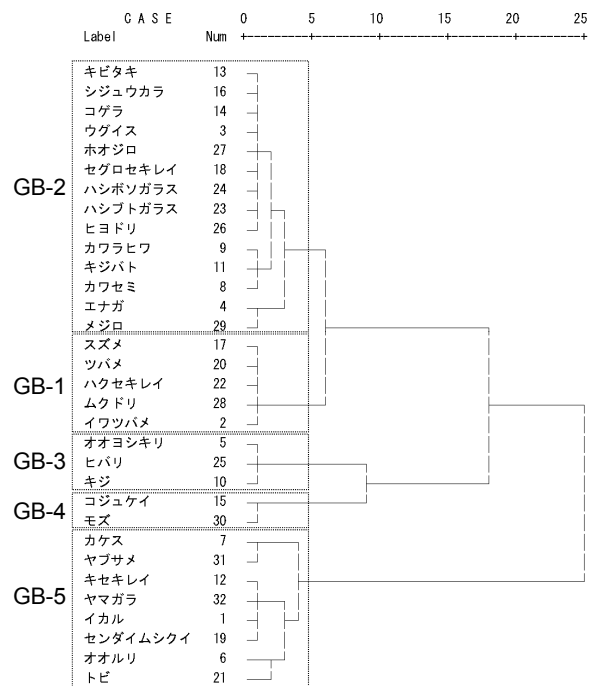
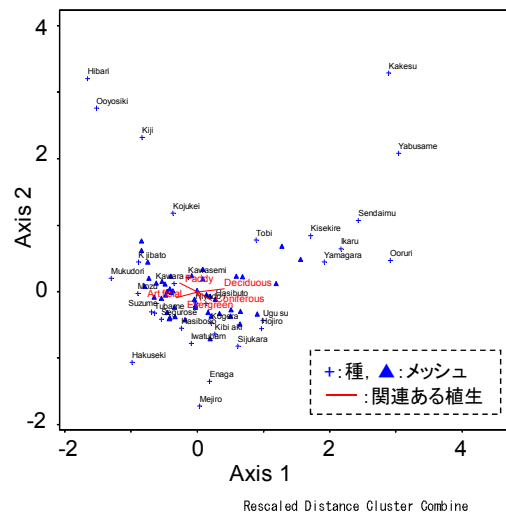
流域圏全体を対象とした種多様性ポテンシャル、および中～上流域における固有種ヒメタイコウチの潜在的生息適地について、以下の結果を得た。

4.2.1 種多様性ポテンシャル評価

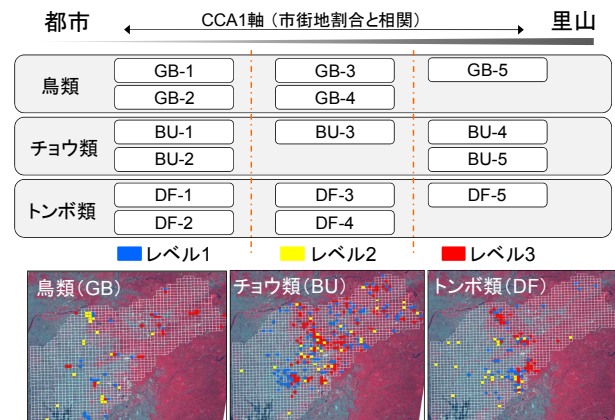
種組成データの存在する3次メッシュを対象として、CCAにより種組成と植生面積割合との対応関係を分析した結果(図－6)、いずれの生物群に関しても対象メッシュの1軸スコアとメッシュ内市街地面積割合との間に相関がみられた。クラスタ分析により、1～3軸のスコアをもとに種群を5タイプに分類し(鳥類における例を図－6に示す)、その組み合わせに応じて種多様性ポテンシャルのレベルを設定した(図－7)。

次いで、各生物群について、対象3次メッシュにおける種多様性ポテンシャルのレベルを目的変数、当該メッシュにおける環境条件を説明変数として、判別モデルを導出し、これをデータの得られていない流域圏の3次メッシュに適用した。その後、それぞれの生物タイプごとの種多様性ポテンシャルレベルの推定値の相加平均をとることにより、種多様性ポテンシャルの総合スコアを算出し、地図化した(図－8)。

その結果、流域圏の種多様性ポテンシャルが比較的高い地域が、丘陵地および河川の立地に応じて連続的に分布していることが示された。とくに、流域兩岸の支流の源流部を中心に、種多様性ポテンシャルが高



図－6 CCAにおけるAxis1:1軸, Axis2:2軸(上図)とクラスタ分析(下図)(いずれも鳥類の例)



図－7 種群タイプの組合せによる種多様性ポテンシャルレベルの設定(上)と分布(下)

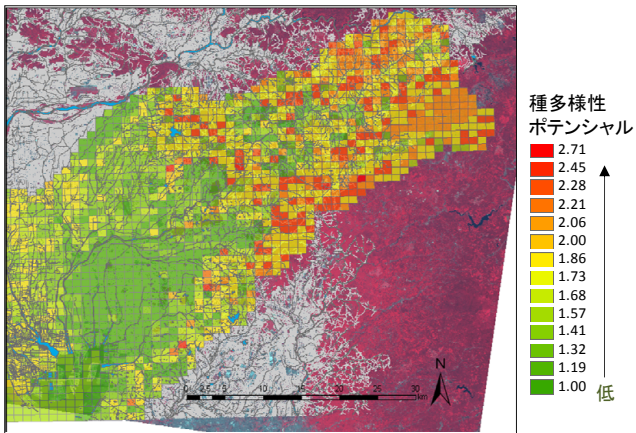


図-8 種多様性ポテンシャルの総合スコア推定値

い。また、上流域の支流部においても、上流側ほど種多様性ポテンシャルが高いことが推定された。

4.2.2 ヒメタイコウチの潜在的生息適地の評価

ヒメタイコウチの調査データの存在する小流域を対象とした分類回帰木分析の結果(図-9)、小流域内の標高差、砂礫層の割合を主要因として、堆積物砂泥層の割合、植林地の割合といった環境条件が、ヒメタイコウチの潜在的な生息適地の推定のための環境条件として抽出された。サンプル全体の正分類率は、86.4%であった。

この回帰モデルを、ヒメタイコウチの調査データの

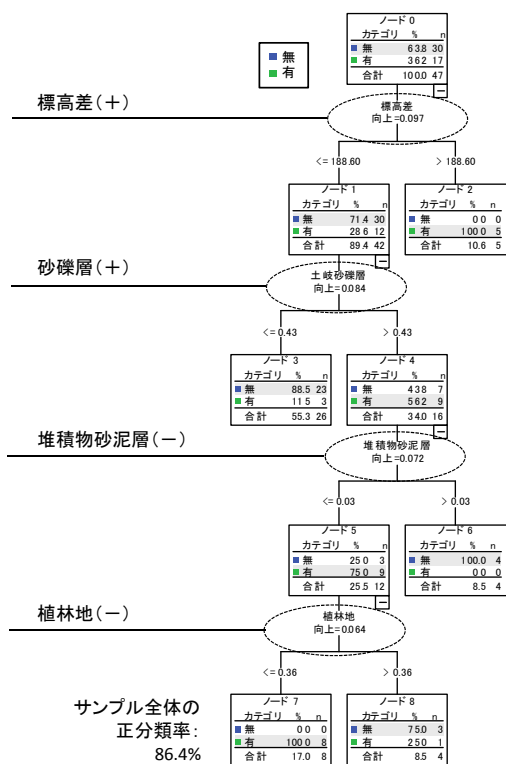


図-9 ヒメタイコウチの生息を目的変数とした分類回帰木の結果

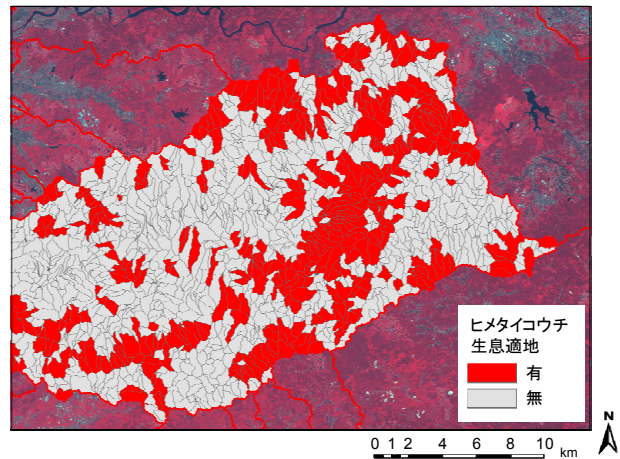


図-10 ヒメタイコウチの潜在的な生息適地評価

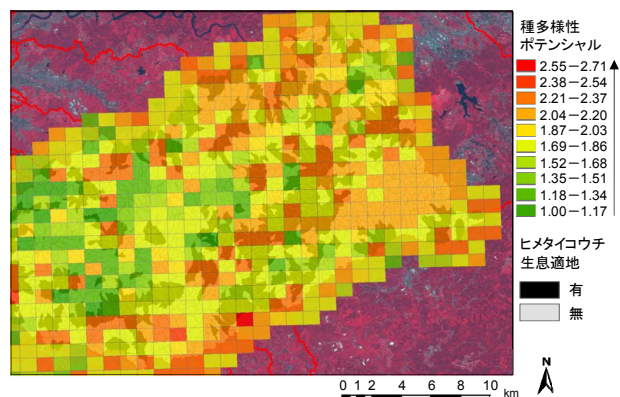


図-11 種多様性ポテンシャルとヒメタイコウチの生息適地の重ね合わせ(オーバーレイ)

無い小流域に適用し、潜在的な生息適地の有無について評価をした結果が図-10である。生息適地の存在が予測された小流域は、中～上流域の河川両岸の里山地域丘陵部を中心に分布した。

また、ヒメタイコウチの潜在的な生息適地の評価図を先述の種多様性ポテンシャル評価図と重ね合わせ(オーバーレイ)した結果を図-11に示す。この結果、種多様性ポテンシャルの高い地域の分布と、ヒメタイコウチの潜在的な生息適地の分布は、源流部に近い丘陵地域の谷戸を中心に、概ね一致する結果となった。一方で、種多様性ポテンシャルが高いにも関わらず、ヒメタイコウチの潜在的な生息適地が分布しない小流域も一部で存在し、両者の間には空間的なギャップも生じていることが示された。

4.3 ハビタットスケール: SI・HSIモデルとの対応

ヒメタイコウチの生息地を対象とした環境条件の調査結果をもとに、生息個体数に影響するハビタット変数(HV: Habitat Variables)として、HV1: 傾斜角度、HV2: リター被率、HV3: リターの厚さ、HV4: 水深、が抽出された。これら変数ごとの生息適性は、図-12に示

すSIモデルとして導出された。また、生息確認地点数に対して最も相関が高いHSIモデルとして、幾何平均モデルが選定された。

これより、本流域圏におけるヒメタイコウチの生息環境として「中腹斜面型湿地」が重要であり、そこにおける生息条件として、コドラート傾斜角度、水深、リター被率、リターの厚さといったハビタット変数が挙げられた。すなわち、ハビタットスケールにおいては、主に湿地内環境条件としての要件が抽出された。

これに対して、生態系レベルの潜在的な生息適地の推定条件として抽出された、標高差、砂礫層の割合、堆積物砂泥層の割合、植林地の割合といった地形・地質・植生条件は、主として「中腹斜面型湿地」の成立要因として挙げられたものと考えられる。

この結果、流域圏におけるヒメタイコウチの生息適性を評価するうえで、生態系スケールにおける環境条件とハビタットスケールにおける環境条件の関係性として、湿地成立要因と湿地内環境条件としての関係が把握できた。

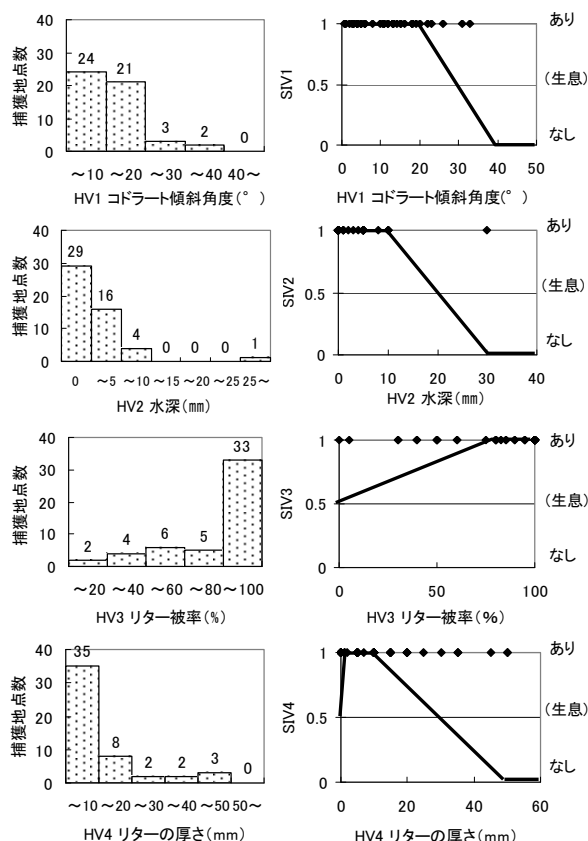


図-12 ヒメタイコウチSIモデル(中村ら⁷⁾)

§ 5. 考察

5.1 景観～生態系スケール

景観スケールにおける小流域の類型化の結果から、本流域圏の中～上流域の里山域では、植生条件以上に、その基盤環境である地史的條件が、小流域の環境構成に強く影響していることが考えられた。

一方で、流域圏全体を対象とした生態系スケールにおける種多様性ポテンシャル評価の結果から、これら里山域の源流部にあたる地域(谷戸を含む)において、種多様性がとくに高い傾向が見てとれた。今後これらの地域は、支流沿川の谷底低地や自然堤防において拡大する都市化の影響を受ける可能性があり、流域圏における「種多様性のホットスポット」であると言える。これらの地域は、地質年代が古く、自然史的にも本地域への生物の移入・適応のプロセスにおいて重要な位置を占めていたことが考えられる。

本地域の固有生物であるヒメタイコウチにとっての潜在的な生息適地と、種多様性ホットスポットとの空間的関係性を把握した結果、種多様性ホットスポットの多くがヒメタイコウチ生息適地と重なる結果となった。これらの重複地域では、ヒメタイコウチの生息環境となる湧水湿地周辺の里山生態系自体が、高い種多様性を有していることが示唆される。

その一方で、種多様性ポテンシャルが比較的高いにも関わらず、ヒメタイコウチの生息適地の分布と重ならない、空間的な不一致が生じている可能性も明らかとなった。このような地域では、湧水湿地の成立要件となる土岐砂礫層の分布が見られないことが表層地質の分布より分かる(図-13)。そして、小流域の流路次数と地質面積割合を把握した結果、土岐砂礫層は源流部に近いほど分布割合が高いことが明らかとなった(図-14)。

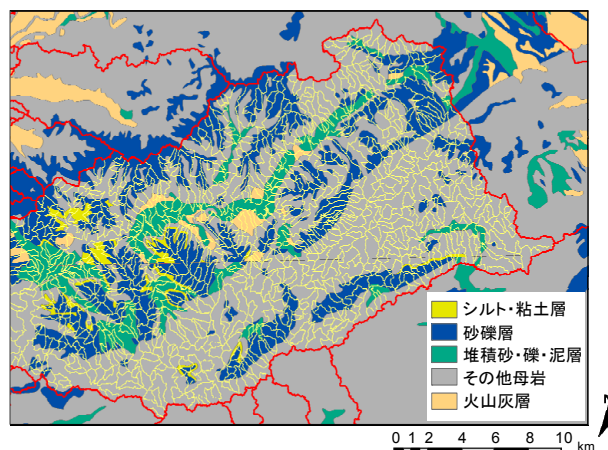


図-13 中～上流域における砂礫層の分布

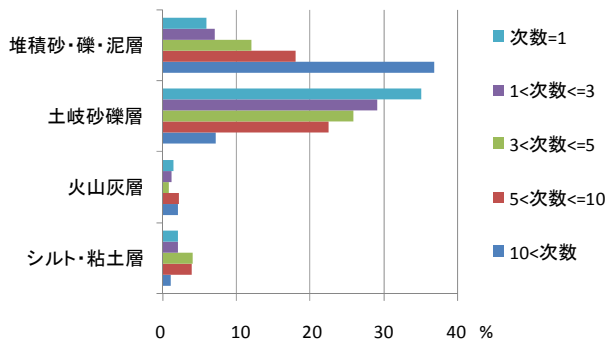


図-14 小流域を単位とした流路次数(平均)と表層地質割合(平均)の関係

したがって、流域圏の環境の固有性と種の多様性が両立している地域においては、地層・地質条件を含めた小流域の生態系全体を保全することによって、種多様性の高い固有生態系の保全を図る必要がある。

一方、固有種の生息環境がなくとも里山全体として種多様性が高い地域では「種の多様性」を、湧水湿地が植林地中のギャップに存在するなど種多様性に関わらず固有生息環境が成立している地域においては「生態系の固有性」を、優先的目標とすることが必要と考えられる。これらのバランスを図るうえで重要なのは、里山の賢明な利用を通じた人為的管理の配分である。例えば、植林地のギャップにおいて湧水湿地が成立している地域では、植林地の継続的な管理によって、自然遷移の影響による湧水湿地の減少・消失が抑えられてきた可能性があり、里山の持続的利用のなかで適切な湿地管理を図ることが必要である。

5.2 生態系～ハビタットスケール

ヒメタイコウチについて、生態系レベルにおける潜在的な生息適地を把握したが、その質的向上にあたっては、ハビタット単位で生息適性の最適化を図ることが必要である。すなわち、生態系レベルの潜在的な生息適地となる小流域において、湿地成立要因(好適な傾斜条件等)の具体的な分布を把握し、現存する湿地内の環境条件を適性値に近づける保全措置が重要である(図-15)。その際に、SIモデル・HSIモデルの適用によって、種多様性ととのバランスを図りながら固有生息環境を維持していくことが有効と考えられる。

このような保全措置によって、流域圏の生物多様性マネジメントに向けたオフセットの検討も可能と考えられる。すなわち、流域圏の市街地や質の劣化した里山地域における都市開発の代償的なオフサイト・ミティゲーションとして、土岐砂礫層を中心とした潜在的な生息適地において、SI・HSIモデルにもとづく生息地の管理および規模の拡大を図ることができる。これ

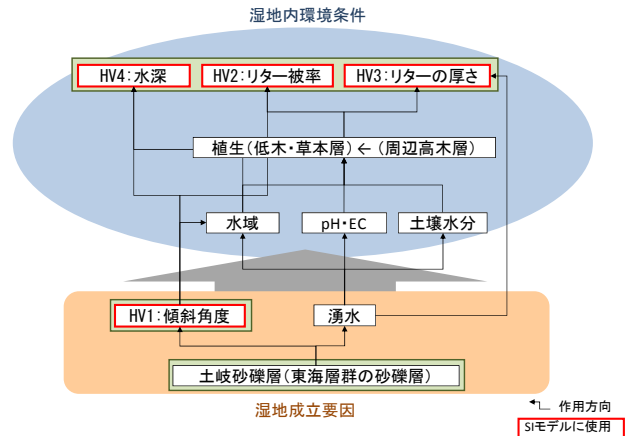


図-15 湿地成立要因と湿地内環境条件の関係(中村ら⁷⁾)

により、流域圏における固有生態系の保全に向けた、オフサイトでの貢献が可能である。その際、流域圏内での固有生態系保全・復元への貢献度を、SI・HSIモデルにより定量化し、固有種の生息環境のネットゲイン(Net gain)を図っていくことが提案できる。

5.3 評価システムに基づく流域圏ゾーニング

流域圏における持続可能な土地利用と生物多様性の保全・復元を図るうえで、種多様性と生態系の固有性のバランスを、空間的に検討していくことが必要である。本研究の生物多様性評価の結果得られた知見をもとに、土岐川・庄内川流域圏において持続的発展にむけた生物多様性目標のためのゾーニングを提案したい(図-16)。

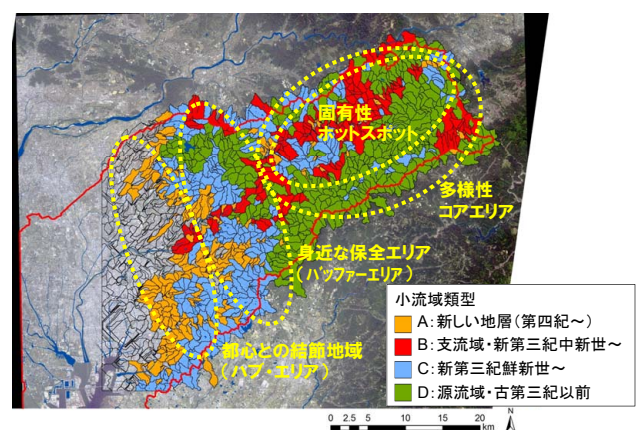


図-16 生物多様性評価に基づく流域圏ゾーニング

陸域生態系の重要地域となる中～上流域の里山地域は、種多様性と生態系の固有性の関係性から、種多様性と固有生態系が共存する「固有性ホットスポット」と、両者が空間的に一致しない「多様性コアエリア」

とに分けられる。「固有性ホットスポット」においては、固有種に配慮した生息地および生態系全体の保全・復元を、「多様性コアエリア」においては、種多様性の維持・向上のための持続的な管理や復元を図ることが有効と考えられる。

これら重要地域と下流部都市域との関連において、中流域の里山地域をバッファエリア、都市との結節地域をハブ・エリアとして、ともに自然環境の持続的利用を図ることが必要である。それぞれ、一部に種多様性の高い里地・里山を包含しており、そこへの市街化影響の低減・抑制を図るとともに、避けられない開発影響を中～上流域において代償することも検討できると考える。また、これらの地域は、上流域の生態系との関係性の理解や、流域圏の一体的な生物多様性保全への市民参画を得るうえでも重要な地域となると考えられる。

§ 6. おわりに

本研究では、土岐川・庄内川流域圏を対象として、景観・生態系・種の多様性と、生態系の固有性に着目

した生物多様性評価システムを構築した。また、種多様性と生態系の固有性の保全・復元に向けた空間的指針としての流域圏ゾーニングと、これによる生物多様性マネジメントのあり方を提案した。

今後は、流域圏生態系の指標種として、ヒメタイコウチ以外の種に対する検討を行うとともに、指標種の遺伝的多様性に関する研究成果との連携を図りたい。将来的には、流域圏を対象に、遺伝子から景観に至る生物多様性の地域的特徴を概括的に把握できるシステムとして発展させていくことを目指したい。

謝辞

本研究は、中部大学応用生物学部との共同研究「土岐川・庄内川流域圏の持続可能な開発のための生物多様性ポテンシャル評価」において実施したものです。共同研究の実施にあたり、中部大学応用生物学部の南基泰教授、寺井久慈教授、上野薫講師、愛知真木子講師、味岡ゆい氏、中村早耶香氏には多大なご協力を頂きました。また、環境省生物多様性センターには、研究プロジェクトへの種多様性調査データの提供を頂きました。

末筆ながら篤く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 片桐由希子, 大澤啓志, 山下英也, 石川幹子: “ビオトープタイプの組成とカエル類生息からみた小流域の評価手法に関する研究”, ランドスケープ研究 69(5), pp.785-788, 2005.
- 2) 片桐由希子, 山下英也, 石川幹子: “小流域を基礎とした緑地計画の検討手法に関する研究”, ランドスケープ研究 70(5), pp.643-646, 2007.
- 3) 丹治三則, 盛岡通, 藤田壮: “流域圏でのシナリオ誘導型施策立案と評価を支援する地理情報システムに関する研究”, 環境システム研究論文集 31, pp.367-377, 2003.
- 4) 王尾和寿: “流域圏における水系を視点とした景観特性の分析—那珂川, 霞ヶ浦, 鬼怒川, 小貝川の各流域を事例として—”, 地学雑誌 117(2), pp 534-552, 2008.
- 5) 楠本良延, 山本勝利, 大黒俊哉, 井手任: “利根川流域の水田周辺における植物群落の多様性と景観構造の関係”, ランドスケープ研究 70(5), pp.445-448, 2007.
- 6) 加来仁悟, 伊東啓太郎, 磯野大, 光田靖, 梅野岳: “流域を対象とした都市緑地の生態的ポテンシャル評価及び連続性に関する基礎的研究—北九州市紫川流域を対象として—”, 九州森林研究 57, pp.163-166, 2004.
- 7) 中村早耶香, 味岡ゆい, 上野薫, 寺井久慈, 南基泰, 横田樹広, 那須守, 小田原卓郎, 米村惣太郎: “岐阜県東濃地方におけるヒメタイコウチ (*Nepa hoffmanni*) の生息環境に関する SI モデルの構築—土岐川・庄内川流域圏の持続的管理・保全のための生物多様性ポテンシャル評価に向けて(2)—”, 環境アセスメント学会 2008 年度研究発表会要旨集, pp. 199-204, 2008.
- 8) 中村早耶香, 味岡ゆい, 上野薫, 寺井久慈, 南基泰, 横田樹広, 那須守, 小田原卓郎, 米村惣太郎: “岐阜県東濃地方におけるヒメタイコウチ (*Nepa hoffmanni*) の HSI モデル構築 —土岐川・庄内川流域圏の持続的管理・保全のための生物多様性ポテンシャル評価に向けて(2)—”, (出版予定 日本環境アセスメント学会誌).