

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 22 日現在

機関番号：22301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23614012

研究課題名(和文)水環境健全性指標を利用した河川生態系評価に学ぶエコツーリズムの開発

研究課題名(英文)Development of on-site study program for eco-tourism: learn from the river ecosystem by using water environment soundness index

研究代表者

飯島 明宏 (Iijima, Akihiro)

高崎経済大学・地域政策学部・准教授

研究者番号：70391828

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：農山村地域に数多く残る『里地里山』は、生物多様性保全の観点から重要な生態系であるとともに、エコツーリズムの場としても極めて有用な地域資源である。本研究では、人間の営みと自然生態系との緊密な関係を学習する場として特に適している地域河川生態系を利用し、フィールドワークを通じて地域河川の魅力を発見するとともに、河川生態系が荒廃しつつある現実やその原因を学ぶためのエコツーリズムプログラムを開発した。これにより、地域住民による主体的な生態系保全活動を促進し、旅行者(特に初等・中等教育層)に良好な環境学習機会を提供するとともに、集客増による地域経済の再生・活性化に繋げることを目指した。

研究成果の概要(英文)：SATOYAMA is one of the valuable regional resources for the field of eco-tourism as well as an important ecosystem in terms of the conservation of biodiversity in rural areas of Japan. River ecosystem is suitable for studying a symbiosis between human and nature. To understand the current status of devastated environment and its causes, we developed an on-site study program that deals with river ecosystem. This study was intended to offer tourists (e.g. students from elementary or secondary education) an educational opportunity and to motivate citizens to act for the conservation of river ecosystem. Eco-tourism will play a part in the revitalization of local communities.

研究分野：時限

科研費の分科・細目：観光学

キーワード：エコツーリズム 環境教育 河川生態系 生物多様性 環境保全

1. 研究開始当初の背景

衰退する農山村地域を再生・活性化するためには、それぞれの地域が置かれている諸条件を活かした地域づくりを目指すことが重要であり、地域にある『地域資源』の持続可能な利用がその糸口となる。文化、歴史、自然等の審美的価値、あるいはレジャー、レクリエーション等の娯乐的価値において傑出した地域資源を有する地域では、これらを利用した『観光』が産業として定着し、地域再生・地域活性化に大きく寄与している。しかし、そのような地域資源を有しない平凡な地域において、上記のような概念の観光は地域活性化の方策として検討されるに至らなかった。近年、環境や食の安全安心等への関心の高まりから、体験学習を目的とするエコツーリズムやグリーンツーリズムなどの新しい形態の観光が注目されている。求められる観光資源は『体験学習の場』であるから、従来のような概念に捉われずに新たな地域資源を見出すことが可能である。例えば、農山村地域に数多く残る『里地里山』は、環境学習や農業体験等の場として極めて有用な地域資源となる。

一方、里地里山は生物多様性の保全の観点からも重要な自然生態系の一つである。しかし、里地里山のように長い年月をかけて農林業や人間の営みを通じて形成・維持されてきた二次的な自然生態系は、少子高齢化や過疎化に伴う地域住民の働きかけの減少によって荒廃しつつあり、生物多様性の減退に伴ってその魅力も失いつつある。人類が十分な生態系サービスを楽しむ続けるためには、森林の間伐や外来種の駆逐など、二次的な自然生態系への持続的かつ積極的な働きかけが必要であることを理解しなければならない。同時に、地域住民が生態系の保全に無償の汗を流すことのできる強い動機づけを醸成する必要もある。地域の二次的な自然生態系を観光資源（旅行者にとっては環境学習の場、地域住民にとっては新たなビジネスの機会）として利用するエコツーリズムの開発・誘致は、生態系を保全する意義と動機を同時に獲得できる極めて効果的な政策アプローチの一つである。

2. 研究の目的

農山村地域に数多く残る『里地里山』は、生物多様性保全の観点から重要な生態系であるとともに、エコツーリズムの場としても極めて有用な地域資源である。本研究では、人間の営みと自然生態系との緊密な関係を学習する場として特に適している地域河川生態系を利用し、水環境健全性指標を用いたフィールドワークを通じて地域河川の魅力を発見するとともに、河川生態系が荒廃しつつある現実やその原因を学ぶためのエコツーリズムプログラムを開発することを目的とした。これにより、地域住民による主体的な生態系保全活動を促進し、旅行者（特に初

等・中等教育層）に良好な環境学習機会を提供するとともに、集客増による地域経済の再生・活性化に繋げることを目指した。

3. 研究の方法

(1) 対象地域

エコツーリズムでは、地域の自然資源が学びの対象に位置付けられる。本研究では群馬県南西部を流れる神流川（図1）を対象に、ツーリズムの核となる環境学習プログラムの開発を進めた。神流川は、群馬県、埼玉県、長野県が接する三国山の北麓に源を発し、群馬県上野村および神流町を流れ藤岡市にある下久保ダムに流入する。その後、群馬県と埼玉県の県境を流下し、烏川に合流後、間もなく利根川に合流する。流路延長約 87 km、流域面積約 407 km²の利根川水系の一級河川である。関東地方にある国直轄区間 10 km 以上の河川を対象とした水質ランキング（BOD（生物学的酸素要求量）による）で最上位（2010年）に評価された清流であり、上流域の自治体の主要な観光資源になっている。



図1 研究フィールド

(2) 水質調査および生態系調査

神流川を活用した環境学習プログラムの教材となる基礎データを収集すべく、流域に9箇所の調査地点を設け、詳細なフィールド調査を実施した。各調査地点において河川水質分析（pH、導電率、総溶解不純物、塩分、透視度、溶存酸素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素）および河川流量計測を行った。さらに、ベック-津田法による水生生物調査を実施し、実体顕微鏡による形態観察に基づき種を同定した。

(3) 環境学習プログラムおよびインストラクター養成プログラムの開発

本研究では、2012年2月から2013年1月の1年間に実施した水生生物調査において同定された169種の水生生物のデータベースを基に、比較的出現頻度の高い47種を選び、カード型の水生生物図鑑（以下、カード図鑑

と呼ぶ)を開発した。また、カード図鑑を用いた生物探索の結果を集計し、河川水質および水生生物の多様度を評価するためのツールとしてフィールドノートを作成した。

次に、エコツーリズムにおいて環境学習プログラムのインストラクターとなる人材を育成するためのプログラムとして、ワークショップ型の研修教材を開発した。これを大学生ボランティア(22名)に対して実行した。受講前後に自由記述形式の簡単なテストを実施し、テキストマイニング分析によって研修の効果を検証した。

(4) 環境学習会の実践

本研究で開発したカード図鑑およびフィールドノートを活用し、2013年8月24日に神流川下流の河川敷にて環境学習会を実践した。参加者は主に周辺地域に住む小学生18名(未就学児1人、1年生2人、2年生4人、3年生3人、4年生5人、5年生1人、6年生2人)であった。

本学習会では、河川に生息する水生生物の探索に始まり、河川水質の判定および生物の多様度評価といった環境評価に至るプロセスを重視した。そこで、参加者が実際に水生生物を探索する自然体験型学習と、環境評価のためのセミナー型学習の二部構成とし、18名の参加者をA班、B班の2班に分け、それぞれに大学生の講師2名とアシスタント2名を配置して進行した。

4. 研究成果

(1) 神流川の水質

群馬県が実施している神流川の環境基準点における水質監視結果によれば、BOD濃度は上流域では1mg/L以下、下流域でも2mg/L以下の水準を維持しており、A類型の環境基準を満足する良好な水質といえる。しかしながら、窒素化合物の濃度に注目すると神流川流域の地域社会が抱える課題の一端を捉えることができた。

我々の調査では、人為的な汚濁要因の少ない上流域(上野村~神流町の範囲の3地点)において、それぞれ0.84~0.94mg-N/L(2012年4月~2013年3月までの年平均値)の硝酸態窒素濃度を観測した。この結果は、都市河川を含む日本全国の河川の平均的な硝酸態窒素濃度である0.4mg-N/Lを大きく超える濃度であった。同様の傾向は、同じく群馬県南西部を流下する鍋川においても報告されている。神流川上流域の約94%は森林地帯であり、ほとんどがスギやヒノキの人工林である。植物にとって窒素は必須栄養素のひとつであり、通常の温帯林は一般に窒素制限下にある。すなわち、森林地帯に負荷される窒素の多くは植物に吸収されたり、土壤微生物等によって脱窒されたりするため、河川に流出することはほとんどない。しかし、大気からの負荷量が森林生態系の利用可能量を越えていたり、森林機能の低下によって吸収可能

量が減少してきたりすると河川へ窒素が流出する。これを森林の窒素飽和状態という。当該地域では、木材価格の低下や人材不足の影響により林業が低迷しており、人工林の多くが放置された状態にある。このことが人工林の高林齢化を招き、森林機能の低下につながっている可能性がある。一方、下流域では更に硝酸態窒素濃度は上昇し、最下流部では最大で2.6mg-N/Lを記録した。神流川の中下流域に位置する群馬県神流町および藤岡市の汚水処理人口普及率はそれぞれ43.3%、57.8%と低く(全国平均88.1%、群馬県74.9%(いずれも2012年度))、生活排水の適正処理にかかるインフラ整備が遅れている。このことから、神流川の下流域では生活排水による水質の劣化も示唆された。

(2) 神流川の水生生物

2012年2月~2013年1月の1年間に実施した水生生物調査において、全調査地点・期間を合計して169種7889個体の水生生物が同定された。カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目、トンボ目の4目に属する生物種が神流川の主要構成種(全体の約75%)であり、他にヘビトンボ目、カメムシ目、コウチュウ目、ハエ目、ウズムシ目などが含まれていた。上流から下流に向かって個体数は増加する傾向であったが、種数は逆に減少する傾向であった。すなわち、下流域では種構成が単調化していることを示している。さらに、水生生物の汚濁耐性に着目すると、上流から下流に向かって汚濁に耐えられない種の割合が減少し、逆に汚濁に耐え得る種が優先種となる傾向が見られた。生物学的な水質判定法のひとつである汚濁指数法(Pantle-Buck Method)による水質評価を行ったところ、上流域はきれいな水質を示す貧腐水性、下流域は少し汚れた水質を示す中腐水性と判定された。このように、神流川流域では、上流から下流に向かって水質の劣化と関連した水生生物の種構成の変化が見られることが確認された。

(3) 水生生物カード図鑑の開発

カード図鑑に収録した神流川に生息する水生生物47種の一覧を表1に、作成した図鑑の概要を図2に示す。

カード図鑑の表には生物名や同定の際のポイントとなる形態的特徴を写真とともに付した。また、環境省と国土交通省が実施している全国水生生物調査における指標生物であることや、群馬県版レッドリストに掲載されている種であることを示す重要生物種のアイコンを表示した。カード図鑑の背景は、生物種の汚濁階級に応じて色分けし、きれいな水にすむ生物(0s)を青、ややきれいな水にすむ生物(m)を緑、きたない水にすむ生物(m)を黄、とても汚い水にすむ生物(Ps)を赤とした。これは、カード図鑑の背景色に着目することで簡易な水質判定を行えるようにする工夫である。裏面には水生

生物の生態や同定に注意すべき形態的特徴の詳細な解説、さらには羽化時期や生物学的な水質判定のためのいくつかの指数を記載し、より専門性の高い考察を行う際に役立つ情報も含めた。カード図鑑は野外調査での携帯性を重視し、ポケットに入る名刺サイズとした。また、水辺での学習を想定し、カードにはラミネート加工を施した。

表1 カード図鑑に収録した水生生物一覧

ID	目	属・種*	水質階級**
1	カゲロウ	チヲカゲロウ	Os
2		ヒノカゲロウ	Os
3		エルモンヒヲカゲロウ	Os
4		シロタニガリカゲロウ	Os
5		タニヒヲカゲロウ	Os
6		フタオカゲロウ属sp.	Os
7		オオクマダラカゲロウ	Os
8		オオマダラカゲロウ	Os
9		クマダラカゲロウ	Os
10		ヨシマダラカゲロウ	Os
11		フタスジモンカゲロウ	Os
12		モンカゲロウ	Os
13		キヨカワカゲロウ	βm
14		アカマダラカゲロウ	βm
15		トウヨウモンカゲロウ	βm
16	カワゲラ	オオヤマカワゲラ属sp.	Os
17		ガミムラカワゲラ	Os
18		キカワゲラ属sp.	Os
19		クラカケカワゲラ属sp.	Os
20		フタツメカワゲラ属sp.	Os
21		インドオナシカワゲラ属sp.	Os
22	トビケラ	コカツツトビケラ	Os
23		ウルマ〜シマトビケラ	Os
24		ヒロアタマナレトビケラ	Os
25		ニンキョウトビケラ	Os
26		チャバネトビケラガカリトビケラ	Os
27		ヒゲナガガカリトビケラ	Os
28	トンボ	ダビドサナエ	Os
29		ミルヤンマ	Os
30		コヤマトンボ	βm
31		オニヤンマ	βm
32		ハゲロトンボ	βm
33		コオニヤンマ	βm
34		アキアカネ	am
35	ヘビトンボ	タイリクウスジヘビトンボ	Os
36		ヘビトンボ	Os
37	カメムシ	ナベブタムシ	βm
38		タイコウチ	am
39	コウチュウ	モンキマメゲンゴロウ	βm
40		ヒラタドムシ属sp.	βm
41		ゲンジボタル	βm
42	ハエ	ガガンボ属sp.	βm
43		ユスリカ属sp.	Ps
44	ウスムシ	ナミウスムシ	Os
45	モノアラガイ	モノアラガイ	am
46	エビ	サワガニ	Os
47		アメリカザリガニ	Ps

* 種の同定に至らなかった生物種は ~ 属sp. と表記
 ** Os: 貧腐水性, βm: β中腐水性, am: α中腐水性, Ps: 強腐水性

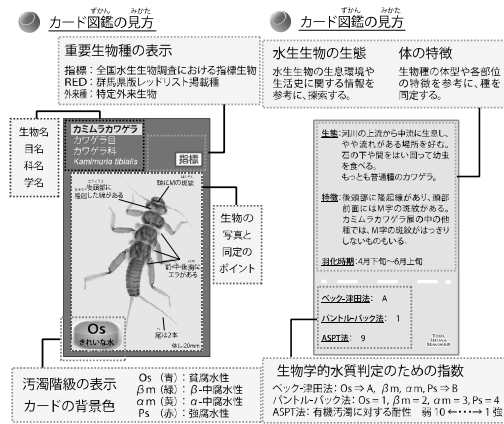


図2 水生生物カード図鑑の構成

(4) フィールドノートの開発

カード図鑑を用いた生物探索の結果を集計し、河川水質および水生生物の多様度を評価するためのツールとしてフィールドノートを作成した。ノートは表紙、簡易水質判定(図3(a))、種構成評価(図3(b))、解説の4ページで構成した。

(a) 簡易水質判定 (b) 種構成評価

図3 フィールドノートの構成

簡易水質判定では、まず、同定した水生生物の種名と個体数の一覧を作成させる。次に同定した生物種のカード図鑑の背景色ごとに、それぞれ何種類あるかを集計させる。そして各色のカードの枚数から簡易的に河川水質を判定する。フィールドノートには水のきれいさの区分をカード図鑑の背景色の4色でグラデーション表記した。例えば全部で12枚あり、青が6枚、緑が6枚だとすると、青(とてもきれい)と緑(ややきれい)の間と判定することができる。

種構成評価では、同定した生物の中から個体数が多い上位5種について、それぞれの個体数分のマス目を塗りつぶして横棒グラフを作成させる。特定の優先種が存在する場合はグラフが急激に減衰し、多種がバランスよく共存している場合は緩やかに減衰する。この作業により、同定した生物の個体数のバランスを可視化でき、種構成の特徴を容易に捉

えることができるようになる。生物の多様度は「種の豊富さ」と「種構成のバランス」によって定義づけられるため、簡易水質評価で作成した水生生物の一覧と種構成のバランスを表すグラフの特徴から、河川の生物多様性について考察することができるように工夫した。ページ下部には多様度を理解するためのクイズを設け、イラストを提示しながら、生物の種類は多い・少ないどちらがいいのか、生物のバランスは様々な生物がバランスよく暮らしている・一種類が川を独占しているのがいいのか選択させ、それらを踏まえて神流川の生物多様性はどのような状態か、「とてもよい・よい・わるい・とてもわるい」という半定量的な評価軸を設けて児童に主観的に判断させた。

(5) インストラクター養成のためのワークショップの開発

エコツーリズムの主題は神流川の河川生態系評価であり、学習会のインストラクターには生物多様性保全の重要性、生態系評価の手法、環境保全のためのアプローチ等について十分に理解しておくことが求められる。本研究では、(1)多様度を定義する、(2)生物多様性の3つの要素を理解する、(3)日常生活と生物多様性の関係を考える、(4)多様な主体による環境保全の可能性について考える、の4つのテーマに沿ったワークショッププログラムを開発した。

ワークショップの前後に記述式テストを実施し、テキストマイニング分析によって理解度を分析した。例えば、多様度の定義について得た記述回答について形態素分析を行ったところ、ワークショップ前では「環境」、「生物」、「地域」など評価の対象を表す語句が散在していたが、ワークショップ後には「種数」、「バランス」、「均衡性」など、多様度を規定するパラメータに関する語句が多数出現した。このように、ワークショップによってインストラクターに必要な知識や考え方が習得できたと総括できた。

(6) 環境学習会の実践

本研究において開発したカード図鑑およびフィールドノートを活用し、ワークショップにより事前研修を受けた大学生ボランティアがインストラクターとなり、環境学習会を実践した。

まず、参加者は2班に分かれカード図鑑を用いた水生生物の探索を行った。採取した水生生物種について個体数を数え、フィールドノートに記録し、カード図鑑の背景色ごとに種数を集計した。その後、インストラクターによる水生生物の汚濁耐性に関する解説を聞き、班ごとに水質判定を行った。A班は11種、62個体を同定し、カードの背景色での集計結果は青が8枚、緑が4枚であった。B班は12種、46個体を同定し、青が6枚、緑が6枚であった。これらの結果から、神流川

の水質を、A班は「ややきれい」に少し寄った「とてもきれい」、B班は「とてもきれい」と「ややきれい」の中間と判定した。

次に、フィールドノートに記入した生物の中から個体数が多い上位5種を選び、フィールドノートに予め用意されたマス目をマーカーペンで塗りつぶすことで棒グラフを作成した。これを基に、グラフの減衰の傾向から種構成のバランスについて考察した。A班とB班では優占種に違いが見られたが、いずれも中腐水性の種が優先種となり、以降、急速に減衰する種構成となる傾向は類似したものとなった。河川の生物がどのようなバランスで存在しているのかを棒グラフで可視化してみるという試みは、参加者の理解を大いに助けたようである。その後、インストラクターの誘導によって河川生態系の「種の豊富さ」と「種構成のバランス」についてクイズ形式で考え、神流川の生物多様性を評価した。児童らは、神流川の水生生物の種構成はややバランスに欠けた状態にあるが、10種を超える水生生物が短時間に採集できたことから、神流川の生物多様性を「とてもよい」と「よい」の中間と評価した。

教材開発に先立って行った神流川流域の河川環境調査によって、神流川の水質は上流から下流に向かって徐々に劣化する傾向にあり、学習会を行った下流域では汚濁耐性のある水生生物を優先種とするやや単調化した種構成となることが明らかにされている。本開発教材では、このような河川環境の特徴を正確に捉えることができたことから、環境評価ツールとしても妥当な機能を備えていると総括できた。

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2件)

- 1) Yoshii S., Abe M. and Iijima A. (2013). Current Status of Nitrogen Saturation in the Upper Reaches of the Kanna River, Japan, International Journal of Computer, Information Science and Engineering, 7, 478-482. (査読有)
- 2) Yoshii S., Sekiguchi K. and Iijima A. (2012). Concentration of nitrogen in a forested headwater stream in Japan, World Academy of Science, Engineering and Technology, 72, 907-910. (査読有)

[学会発表](計8件)

- 1) 吉井咲夢, 飯島明宏. (2014). 利根川水系神流川上流域における窒素収支と森林の窒素飽和, 第48回日本水環境学会年会, 仙台市.
- 2) 黒岩洋佑, 飯島明宏. (2014). CVMによる神流川流域の自然の価値評価 第48回

- 日本水環境学会年会，仙台市。
- 3) 山口直哉，中島穂泉，高坂真一郎，梅澤真一，佐藤侑介，小澤邦壽，飯島明宏。(2014)。群馬県神流川上流森林域からの窒素流出に関する実態調査。第48回日本水環境学会年会，仙台市。
 - 4) 馬場龍樹，飯島明宏。(2013)。カード型図鑑による生物多様性教育プログラムの開発と実践。日本環境教育学会第24回大会，大津市。
 - 5) 山口直哉，中島穂泉，須藤和久，松本理沙，佐藤侑介，小澤邦壽，飯島明宏，後藤和也。(2013)。群馬県神流川流域における水質実態調査。第47回日本水環境学会年回，大阪市。
 - 6) 飯島明宏。(2012)。神流川上流域への群馬県版水環境健全性指標の適用。水環境の総合指標研究委員会公開シンポジウム，東京。
 - 7) 飯島明宏，茶珍護，後藤和也，藤田省吾。(2012)。神流川上流域の河川環境プロファイリング。第46回日本水環境学会年回，東京。
 - 8) 後藤和也，中島穂泉，須藤和久，木村真也，松本理沙，小澤邦壽。(2012)。地域住民と協働した多自然型川づくり評価指標の作成

〔図書〕(計1件)

- 1) 飯島明宏 (2013)。環境政策への住民参加を促す新しい環境評価手法の導入。イノベーションによる地域活性化；高崎経済大学地域政策研究センター編，日本経済評論社。(分担執筆)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)
該当なし

取得状況(計0件)
該当なし

〔その他〕
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯島 明宏 (IIJIMA AKIHIRO)
高崎経済大学・地域政策学部・准教授
研究者番号：70391828

(2) 研究分担者

山口 直哉 (YAMAGUCHI NAOYA)
群馬県衛生環境研究所・水環境係・研究員
研究者番号：30600324
後藤 和也 (GOTO KAZUYA)
群馬県衛生環境研究所・水環境係・研究員
研究者番号：30599866