



北大ー京大ー琉大連携水圏フィールド科学シンポジウム

『森と里と海と生物』

平成15年12月8日（月）09：00～17：30

京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所

北大ー京大ー琉大連携水圏フィールド科学シンポジウム

テーマ

『森と里と海と生物』

趣旨

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、京都大学フィールド科学教育研究センター、琉球大学熱帯生物圏研究センターは、いずれも農学部、理学部、水産学部などの附属施設を統合した全学共同利用教育研究施設として発足した。各センターは教育研究フィールドとして、森林域から沿岸海洋域までの広範囲の複合生態系を有しており、近年深刻さを増している地球環境問題解決のために、組織として生態系間相互作用の研究に取り組むことが求められている。しかし、各センターともフィールドにおける陸域と海域の連携研究は緒に就いたばかりであり、センターと所属する研究施設がどのような研究を行うことができるのか、その接点を探ることが急がれている。今回の3大学フィールド科学シンポジウムでは、将来3大学のフィールドセンターが連携して陸域ー海域の連環機構の共同研究を具体化するための第一歩として、森林域、里域の研究者も含めて研究の現状を紹介し近未来の共同研究を展望する。

日時

平成15年12月8日（月）09：00～17：30

場所

京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所講義室

京都府舞鶴市長浜無番地

電話：0773-62-5512

講演プログラム

09：00 挨拶 田中 克（京大フィールド科学教育研究センター長）

09：10 白山義久（京都大学フィールド科学教育研究センター海洋生物多様性保全学分野）

海洋生物のセンサス調査（個体数調査）（CENSUS OF MARINE LIFE）

09：35 中村 將（琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所）

熱帯性魚類の性分化機構

10：00 Ramji K. Bhandari（琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所）

Development of an appropriate biotechnological method for the conservation of groupers, an endangered fish species inhabiting coral reefs in the tropics

10：25 コーヒーブレイク

10：35 比嘉幹彦（琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所）

変わり易い魚の性とサンゴ礁

11：00 上田 宏（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター）

サケをモデルとしたフィールドバイオサイエンス

- 11:25 菜畑優樹（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、大学院生）
洞爺湖生態系モニタリングおよびエンクロージャー実験
- 11:50 秋田真澄（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、大学院生）
標津川の蛇行復元がサケの遡上行動に及ぼす影響
- 12:15 昼食
- 13:30 芝 正己（京都大学フィールド科学教育研究センター森林環境情報学分野）
FSC 森林認証制度－森林の新たな価値連鎖創造への挑戦
- 13:55 中西麻美（京都大学フィールド科学教育研究センター里山資源保全学分野）
上賀茂試験地における里山生態系の保全に向けて
- 14:20 中島 皇（京都大学フィールド科学教育研究センター森林環境情報学分野）
天然林流域からの流出物
- 14:45 上野正博（京都大学フィールド科学教育研究センター沿岸資源管理学分野）
舞鶴湾の遡及的研究
- 15:10 コーヒーブレイク
- 15:30 柴田英昭（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション北管理部）
森林・河川・沿岸生態系の環境変化と水棲生物群集の応答
- 15:55 向井 宏（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、厚岸臨海実験所）
森と海の相互作用
- 16:20 討論
- 17:30 終了
- 18:00 懇親会

討論課題

1. 教育の連携

- (1) 単位互換性の（水圏）フィールド科学実習の実施
- (2) 理学系と水産学系に分かれている臨海実習の再編成

2. 研究の連携

- (1) 陸域と海域の生態系連環機構に関する気候帯間比較
- (2) 共通の水圏環境と水圏生物に関するモニタリング体制の構築
- (3) 対馬暖流と黒潮による海洋環境の変化と海洋生物の移動

3. その他

- (1) 3大学のフィールド施設に参集してのシンポジウムを企画する（第3回）

第 2 回 3 大学連携シンポジウムの開催にあたって

田中 克

京都大学フィールド科学教育研究センター

里域生態保全学部門 河口域生態学分野

masatnk@kais.kyoto-u.ac.jp

この数年間、全国的に農学系附属施設等の統合による“フィールドセンター化”が進められ、平成 13 年には北海道大学に北方生物圏フィールド科学センターが設置されたのに続き、平成 15 年には京都大学にフィールド科学教育研究センターが設置されました。これら 2 大学のセンター化は、農学研究科や理学研究科など複数の研究科に附属する附属施設を統合したもので、全学共同利用施設としてより幅広いフィールドサイエンスの新展開を目指したものです。一方、琉球大学は、我が国では唯一の亜熱帯域をカバーする国立大学として、その地域特性を生かした研究を展開すべく平成 6 年に熱帯生物圏研究センターを全国共同利用施設として設置しておられます。これら 3 大学のセンターは、それぞれ亜寒帯域、温帯域ならびに亜熱帯域を代表する中核的フィールドセンターと位置づけられ、それぞれが気候帯ごとの特徴的な研究を進めるとともに、それらの連携による気候帯間の比較研究を行うことにより、我が国を代表する新たなフィールドサイエンスを世界に発信できると期待されます。また、今後フィールドサイエンスの研究の前線や関連産業で活躍する有能な人材を社会へ送り出す上で重要と考えられる、異なった気候帯の生物現象を観察しフィールドを経験する、連携教育プログラムの実現も期待されます。

京都大学フィールド科学教育研究センターは、本学の地球環境科学研究構想の下に、平成 13 年度に改組された生態学研究センター、平成 14 年度に設置された大学院地球環境学堂とともに、地球環境学を地域に密着した現地野外施設をベースに展開するものです。具体的には、農学研究科附属演習林・亜熱帯植物実験所・水産実験所ならびに理学研究科附属瀬戸臨海実験所の 4 施設の統合により発足したものであり、森里海連環研究を理農融合のもとに展開することを目標としています。

“森は海の恋人”をキャッチフレーズにした畠山重篤氏の植林運動をはじめ、全国では数 10 の漁業団体等による「山に木を植えて豊かな海の回復」を目指す運動が展開され、その動きはさらに広がろうとしています。豊かな自然の保全は人々の暮らしや人類の生存に不可欠であり、そのベースとなる自然のつながりの重要性の認識へ世論は大きく動き出し始めています。今、私達がそのことを支えるしっかりした科学的根拠を提出できれば、その流れは、地球環境問題の解決へつながる価値観の形成にも結びつくのではないかと思います。時の流れを深く読み取り、時流に流されることなく、長期的・組織的に現場から研究教育を進めることが強く求められています。

この点で 3 大学連携シンポジウムは画期的なものであり、フィールド科学の新展開への重要な契機になることを確信しています。この第 2 回シンポジウムが、昨年 12 月に北海道大学で開催された第 1 回シンポジウムの主旨を発展させ、琉球大学での開催が期待されます第 3 回シンポジウムへの重要な橋渡しになることを願っています。

海洋生物のセンサス(個体数調査)(CENSUS OF MARINE LIFE)

白山 義久

京都大学フィールド科学教育研究センター

yshira@bigfoot.com

海洋生物のセンサス(Census of Marine Life, CoML)は、世界の海洋に生息する海洋生物の多様性、分布、個体数を評価し解明するために企画された科学研究プログラムである。CoML は、生物資源情報の収集を署名国に求める国際連合の生物多様性の指針に関する枠組み会議(Framework Convention on Biodiversity Directives)ならびに、海洋探査の新時代を標榜する米国の海洋探査イニシアチブ(Ocean Exploration Initiative)に呼応するもので、人類の手がほとんど及んでいない海域から、膨大な生物種データを収集することによって、来る10ヵ年で海洋生物の多様性を解明することを目指している。

このプログラムでは、海におきている変化とそれが人類に及ぼす影響を理解することの必要性や、乱獲されてきた生物資源の管理改善の必要性が、その推進力となっている。海洋動物個体群史(History of Marine Animal Population, HMAP)を通して、過去の海洋生物群集を理解するために、過去500～1000年の歴史的データを保存・分析し、フィールドプロジェクトによって現在の海洋生物群集を明らかにし、そのデータに基づいて、将来の海洋生物群集を予測しようとしている(FMAP)。また海洋生物の現場観察に最新の技術を応用するために、新技術に関する海洋学研究科学委員会(Scientific Committee on Oceanic Research, SCOR)のワーキンググループと共同作業を行っている。さらに CoML は、新しく創出される膨大な量のデータの管理分析に科学者が利用できるツールとなる、海洋生物地理学情報システム(Ocean Biogeography Information System, OBIS)を開発している。

去る10月23日にはこれまでの研究の成果をメディアに発表し、その内容は世界中に配信された。

講演では CoML の活動の全体像を紹介するとともに、その中で沿岸生物の多様性に関する世界規模のパターンを明らかにしようとしている演者がPIを務めているNaGISA計画について、詳細な情報の紹介をしたい。またさらに各地のフィールド施設には、この計画に積極的な参加をお願いしたいと思っている。

熱帯性魚類の性分化機構

中村將、Ramji K Bhandari

琉球大学熱帯生物圏研究センター、瀬底実験所

masaru@lab.u-ryukyu.ac.jp

熱帯サンゴ礁域に生息する魚類の性は多様性に富んでいる。雌から雄へと性転換するもの、その逆、どちらに何度でも性転換する種などが知られている。これらの性転換は、体のサイズ、年齢、社会構造が影響して引き起こされることが知られている。我々の研究室では、これら魚類の性転換機構の解明と平行して雌雄異体魚の正常の性分化機構の研究を形態学的、生理学的及び分子生物学的手法を用いて行っている。雌雄異体魚は、一般的に性分化時の性ホルモン処理で容易に性転換を引き起こすが、性分化後では性ホルモン処理により機能的な性転換は誘導出来ないとされている。性分化後には生殖細胞、体細胞の可塑性が失われるためと考えられている。最近、我々は性分化後の卵巣でも女性ホルモンの合成を阻害すると完全かつ機能的な精巣へと性転換を誘導することが可能であることを証明したので報告する。

遺伝的に産み分けられた全雌のティラピア 4・5 cm（孵化後約 150 日）の完全に卵巣が分化した個体を用いて、女性ホルモンの合成に必要なアロマターゼの酵素活性を阻害するアロマターゼインヒビター（AI）、ファドロゾール 200 µg/g 餌料と雄性ホルモンのメチルテストステロン（MT）50 µg/g 餌料をそれぞれ 2.5 ヶ月連続的に投与した。投与開始 2 月目に生殖腺の組織学的観察とアロマターゼを含むステロイド代謝酵素の発現を免疫組織学的に調べた。血液中のエストラジオール（E2）、テストステロン（T）、11-ケトテストステロン（11-KT）量の測定を行った。処理終了後 4 ヶ月目の性成熟した個体の生殖腺についても調べた。

2 ヶ月 AI 処理した 10 個体の全ての卵巣中に精子形成が進行する精巣組織が観察された。ステロイド代謝酵素は対照群の卵巣と同様な強い発現を示した。一方、MT 処理群の卵巣内には精巣組織は全く認められなかった。また、ステロイド代謝酵素の発現は認められなかった。血中のステロイドホルモン量は、対照群と比べると AI 処理群では E2 濃度が著しく低下していた。しかし、T, 11-KT の濃度は、対照と差がなかった。一方、MT 処理魚は全てのホルモン量は対照群と比べて低かった。処理終了後 4 ヶ月目では、MT 処理魚は、卵巣内には精巣組織が観察されなかったのに対して、AI 処理魚は僅かに未熟な卵母細胞を持つ成熟した精巣であった。これらの個体は正常雌との交配により全雌の子供を作った。この様に、雌雄異体魚でも卵巣分化後であっても女性ホルモンの合成を阻害すると機能的に性転換することが明らかになった。このことは、性分化後でも生殖細胞、体細胞ともに両性能を維持していることを示している。最近、ティラピアで卵巣分化後に AI と E2 同時に投与した実験を行ったが性転換は起こらなかった。これらのことから、性分化後においても女性ホルモンが生殖腺の可塑性に重要な役割を持っているものと考えられる。

これらの結果に基づき、性分化、性の可塑性、性転換について考察する。

Development of an appropriate biotechnological method for the conservation of groupers, an endangered fish species inhabiting coral reefs in the tropics

Ramji Kumar Bhandari, Hiroki Komuro, Mikihiro Higa, and Masaru Nakamura
Sesoko Station, Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus, Okinawa
905-0227, Japan

Groupers, the popular fish inhabiting coral reefs in the tropics, are protogynous hermaphrodites. They develop as females and gradually change sex into males only when they attain a threshold body size. Males, being bigger in size, are subjected to overexploitation; as a result male population is decreasing day by day. The international Union for the Conservation of Nature (IUCN) has red-listed them as endangered species in the tropics. So far, there are no reliable breeding techniques for the artificial induction of sex change. The use of androgens for sex induction has not shown satisfactory results either. Therefore, it is necessary to develop a reliable method to induce sex change, and produce large number of young individuals for grouper enhancement program, which will undoubtedly help conserve this species in the coral reefs in tropics.

We chose honeycomb grouper (*Epinephelus merra*), which is relatively small in body size (max. 30 cm TL) among grouper species and easy to handle, as a model species. In order to adopt an appropriate technique for artificial induction of sex change, firstly, we examined seasonal changes in gonadal structures and plasma sex steroid hormones in the wild population. On the basis of physiological changes during sex change in the wild population, we adopted a biotechnological method to induce sex change and produce functional males within a short period of treatments. In the wild populations, the onset of sex change was observed in the non-breeding season (October-January), when endogenous estrogen levels (estradiol-17 β ; E2) were low. We confirmed whether endogenous E2 levels were associated with sex change by implanting pre-spawning females with aromatase inhibitor (AI) (aromatase: an enzyme that catalyses the conversion of androgen into estrogens) or AI along with E2. After two and half months of treatments, AI-implanted females developed into males, which had apparently bigger testis than that of wild spawning males, and showed fertilization competence (approximately 60%) similar to that of wild males, indicating sex-changed males were functional males. In contrast, treatments with AI and E2 together did not induce sex change. Therefore, present results suggest that AI induction of sex change could be an important tool for producing male population within a short time, and would contribute to the grouper enhancement program and conserve grouper species in the tropics.

変わりやすい魚の性とサンゴ礁

比嘉幹彦

琉球大学熱帯生物圏研究センター

higa@coo.net

魚の性は面白い。サンゴ礁域に棲む魚類には一生のなかで性をオスからメスに変えたり、メスからオスに変えたりすることができるものがある。ベラ科魚類では体の大きなオスが縄張りを作るが、このオスがなくなると、グループ内で最も体の大きなメスがオスになる。すなわち、社会変化に応じて性を変えることができる。

我々は性転換の生理機構を解明するために、性ステロイドに着目し、研究を進めている。性ステロイドは多くのセキツイ動物で性行動や生殖腺の発達に重要な役割を持つ。実際に性転換途上のベラのメスの血中では、女性ホルモンであるエストラジオールが急激に減少し、それに替わって男性ホルモンである11-ケトテストステロンが精巣発達と共に増加する。そこで沖縄産ベラ科魚類のミツボシキウセンのメスに、エストラジオールの合成を抑える薬剤（アロマターゼ阻害剤）を投与したところ、全てのメスにおいて性転換が誘導された。この効果はエストラジオールで補償されるため、女性ホルモンの減少が性転換の引き金となっていることが明らかになった。

ハタ科魚類の性転換は、社会変化よりも体長や年齢が強く影響することが知られているが、沖縄産ハタ科魚類のカンモンハタのメスにアロマターゼ阻害剤を与えると、同様に性転換が誘導された。このことから、異なる魚種でも基本的には共通した性転換機構を持っていることが示唆される。これらの魚種のメスでは女性ホルモンが雌性の維持に不可欠であり、この女性ホルモンがある閾値を超えて減少するか、その減少速度が急激な場合に性転換が引き起こされるのではないかと考えられる。

最近、我々の研究室では性転換について細胞および分子レベルでの研究を進めるために、生体外器官培養系を用いた研究も行っている。ベラのメスからオスへの性転換では、わずか数週間で成熟した卵を持つ卵巣が精子で満ちた精巣へと完全に作り変わる劇的な変化が伴う。性転換前の卵巣には精巣部分が認められないことから、精巣部分の由来が最大の謎である。このことを調べるため、ベラのメスの卵巣を体外に取り出し、培養条件下で数週間飼育し、生殖腺の組織変化を観察した。その結果、体内で見られる性転換過程と同様に、卵の退縮に伴う精原細胞、および精母細胞の増殖が観察され、精子形成も確認された。すなわち、生体外で卵巣を精巣へと性転換させることに初めて成功した。

魚たちはこの性転換の能力を生かして、それぞれ独自の社会を築き、戦略を練り、子孫を残そうと頑張っているのであるが、彼らの棲むサンゴ礁は現在深刻な状況にある。1998年夏、世界各地で高水温によるサンゴの白化現象が見られ、サンゴの死滅の程度は規模、範囲とも過去最悪となった。沖縄本島ではさらにここ数年のオニヒトデの増加による食害でサンゴは壊滅的状況にある。我々の実験所のある瀬底島でも少なくとも70%以上のサンゴが死滅し、海中の風景は一変した。サンゴ礁域がこれからも多くの新しいことを教えてくれるかどうか、失われて初めてその大切さがわかるような時期にさしかかっている。

サケをモデルとしたフィールドバイオサイエンス

上田 宏

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター水圏生物資源環境分野

hueda@fsc.hokudai.ac.jp

20 世紀の科学技術の進歩は、莫大な化石エネルギーを利用した生活物資の供給により人間の生活を豊かにしたが、一方で深刻な**地球環境問題**(温暖化・酸性化・砂漠化・富栄養化・オゾン層破壊)および**生物種問題**(生物多様性減少・絶滅危惧種増加・生殖異変)を引き起こした。人間が生活する生物圏での食糧生産活動と地球環境保全という背反する問題を解決するため、我々は学ばなければならない。**フィールドバイオサイエンス**とは、人間と自然の共生を求めて**人間環境共生系**を創造するため学問であると考えている。

北海道大学北方生物圏フィールド科学センターは、北方圏の森林から草地・耕地、そして河川・湖沼・海洋に至る広大で多様なフィールドにおいて、**生態系保全・持続的生物生産・生物多様性・物質循環**をキーワードとした大規模で継続的な総合的研究を行い、フィールドバイオサイエンスの構築をめざすとともに、フィールドバイオサイエンスに関して総合的な視野を持つ人材の養成を行うことを目的として 2001 年4月に発足した。

サケは陸上から海へ流出した栄養塩を陸上へ還元する数少ない**物質循環**の担い手であり、サケの生活史は**生物多様性**に富んでおり、サケの生存には河川・海洋の**生態系保全**が必須であり、また我国のシロザケは栽培漁業が成功した数少ない重要な水産資源(**持続的生物生産**)である。サケを材料に用いて行なう研究は、人間が自然と共生していくために人間環境共生系を創造するためのフィールドバイオサイエンスに全て結びつくと言っても過言ではない。

私の研究室では数多くの共同研究者と共に、主にベーリング海から北海道の河川に回帰するシロザケ、および洞爺湖に生息するヒメマスを用いて以下のような研究を行っている。

- 1) **ホルモンの内分泌学的研究**: サケの母川回帰を制御する脳一下垂体ー生殖腺系から分泌されるホルモンの分泌動態を解析している。
- 2) **嗅覚の生理学的研究**: サケが数多くの河川から正確に母川のニオイを識別する嗅覚機能を電気生理実験およびY字水路を用いた選択実験により解析している。
- 3) **母川回帰行動の行動学的研究**: サケの母川回帰行動を音響(電波・超音波)送受信システムおよびデータロガーを用いたテレメリー手法により解析している。
- 4) **洞爺湖の湖水環境とヒメマスの資源に関する生態学的研究**: 洞爺湖の湖水環境変化とヒメマス資源変動を食物連鎖に着目して解析している。
- 5) **河川環境とサケ資源に関する生態学的研究**: 北海道東の標津川で行われた蛇行復元事業がシロザケ稚魚の降河行動および親魚の遡上行動に与える影響を解析している。
- 6) **ゼニガタアザラシによるサケ定置網における漁業被害に関する生態学的研究**: 保護動物に指定されたゼニガタアザラシのサケ定置網における行動を解析して漁業被害を軽減させる方法を検討している。

洞爺湖生態系モニタリングおよびエンクロージャー実験

菜畑 優樹

北海道大学大学院水産科学研究科水圏共生生態系保全学講座

nabatake@fish.hokudai.ac.jp

目的:北海道南部の洞爺湖は、隣接する有珠山が噴火するたびにその影響を受けている。2000年3月31日の噴火後、熱泥流および降雨により火山灰が本湖に流入したことにより、生態系への影響が懸念された。しかし、火山噴火が湖沼生態系に及ぼす影響についての知見は極めて少ない。そこで本研究では、以下の2項目について調査・実験を行い、2000年有珠山噴火が洞爺湖生態系に及ぼす影響を解明することを目的とした。

1. 1992年から2002年まで定期的に行われた湖水環境モニタリングの結果より、物理的要因(透明度・濁度)、化学的要因(pH・栄養塩類)、および生物的要因(クロロフィル *a*・動物プランクトン・魚類)について解析を行い、有珠山噴火が洞爺湖生態系に及ぼす影響について噴火前後で比較した。
2. 有珠山の火山灰にはリンが含まれているため、エンクロージャーを用いたリン添加実験を行い、噴火後の生態系を再現し、特に噴火直後の動物プランクトン個体群の変化を推測した。

方法:【モニタリング】洞爺湖実験所の観測定点 St.8 にて水質調査を、艇庫沖の刺し網にて魚類の捕獲調査を行った。白色セッキ板を用いて透明度を観測し、水質分析器クロロテックにより濁度を湖面から湖底まで0.2秒間隔で測定した。バンドン採水器により各水深から採水後、水質チェッカーでpHを測定した。孔径0.2 μ mのフィルターで湖水1000mlを吸引濾過し、濾過後の試水を用いて吸光光度計により栄養塩類を測定した。孔径0.7 μ mのフィルターで湖水500mlを吸引濾過し、濾過後の濾紙を用いて蛍光光度計によりクロロフィル *a*を測定した。目合0.1mmのプランクトンネットを水深100mから鉛直曳きすることにより動物プランクトンを採集し、個体数の計数・種組成の解析を行った。刺し網で捕獲されたヒメマスの体長・体重を測定し、放流尾数と刺し網・遊魚による漁獲尾数より資源尾数を推定した。

【エンクロージャー】2002年9月19日～10月9日に、洞爺湖実験所前浜の沖合(水深約40m)で実験を行った。高さ10m、直径5mの円柱型のビニール製バッグ2基を湖に沈め、湖水約50tを湖水から完全に隔離した。対照群には何も加えず(Control)、実験群にはバッグ内の湖水が水面から底まで均等に7 μ mol/lになるようリンを添加した(+P)。両バッグからバンドン採水器にて水深0m、2mおよび10mより採水を行い、目合0.1mmのプランクトンネットで濾過してプランクトンを採集し、個体数の計数およびおも種組成の解析を行った。

結果:【モニタリング】噴火後、火山灰の流入により濁度が深層で著しく高値を記録したが、経時的に減少傾向を示したことから、火山灰が徐々に湖底に堆積したことが確認された。噴火後に透明度の低下、pH、栄養塩類およびクロロフィル *a* の増加が認められたが、湖水に溶出した火山灰中の栄養塩類を植物プランクトンが速やかに消費して増加した可能性が推察された。動物プランクトンの大型種は噴火後に一時的に優占してすぐに減少に転じたが、ヒメマスの体サイズが噴火前より大型化したことから、大型種はヒメマスに選択的に摂餌されたと考えられ、2000年は噴火のため禁漁とされたことが捕食圧をさらに高めたと推測された。

【エンクロージャー】両バッグ内において、主な出現種は渦鞭毛藻 *Ceratium hirundinella* とワムシ類であった。経時的に *C. hirundinella* が減少し、ワムシ類が増加する傾向が認められ、特に+Pにおいて変化が顕著であったことから、リンの添加が基礎生産の活性化を促したと考えられた。しかし、実験期間を通して出現種は定期調査時と異なっていたため、噴火直後の動物プランクトンの変化を推測するには不十分であると考えられた。

標津川の蛇行復元がサケの遡上行動に及ぼす影響

秋田 真澄

北海道大学大学院水産科学研究科水圏共生生態系保全学講座

m-akita@fsc.hokudai.ac.jp

目的:過去の河川改修により破壊された流域生態系の回復を目指し、北海道東部の標津川において蛇行復元による自然再生型の河川改修事業が行われている。サケ科魚類は主に稚魚期と親魚期に河川を利用するため、その生活史に対する蛇行復元の影響は大きいと考えられる。そこで本研究では、蛇行の復元による流況の変化がサケ科魚類の遊泳行動に与える影響を解析することを目的とし、蛇行復元前後の標津川においてシロザケ (*Oncorhynchus keta*) およびカラフトマス (*O. gorbuscha*) 親魚のテレメトリー調査を行った。

方法:標津川河口のサケ捕獲場にて捕獲されたシロザケおよびカラフトマスの雄親魚を供試魚とし、データロガー、電波発信機、および超音波発信機を装着し、河口から 6.6 km 上流にて放流し、蛇行復元地点周辺まで追跡した。電波発信機から発信される音源の強弱、および超音波発信機から発信される音波のレベル値にて供試魚の水平的な遡上経路を決定した。また、ロガーを回収し、供試魚の遊泳水深、対水速度及び水温といった遊泳環境を解析した。さらに、シロザケでは EMG 発信機による筋電位の解析も行った。

結果:シロザケは蛇行復元前の 2001 年に 4 尾、復元後の 2002 年と 2003 年にそれぞれ 10 尾と 5 尾を放流し、カラフトマスは 2003 年に 9 尾を放流した。カラフトマスの遡上は 15 時以降に開始され、特に 18 時から 22 時の間で活発になり、顕著な日周性を示した。一方、シロザケは、放流後数時間放流地点に定位したが、その後の遡上時間帯は様々であった。蛇行復元試験区間と本川との合流部まで遡上した個体のうち、シロザケは 6 尾中 6 尾、カラフトマスは 5 尾中 4 尾が蛇行区間を選択して遡上した。

蛇行区間と直線区間の遡上環境を比較すると、河川水深や遊泳水深に差は見られなかったが、遊泳層の流速が蛇行部で有意に高くなった。同様に遡上行動を定位と移動に分けて比較すると、移動中の遊泳層の流速が有意に高かった。さらに、蛇行区間では移動速度も有意に高くなった。また、EMG から求められる遊泳速度は供試魚が経験する対水速度に比べ、定位中に有意に低くなった。さらに、EMG は遊泳層の流速とともに上昇するが、対水速度(流速+遡上速度)との相関は比較的低かった。

考察:蛇行区間と本川との合流部は、本川寄りに存在する流心の流速が非常に高くなっており、供試魚は流心を避けた経路を選択した。また、蛇行区間進入直前に EMG が明らかに低下した後、進入後に上昇していることから、緩やかな流れを求め、蛇行区間側の岸に寄るために蛇行区間を選択し遡上する事が考えられた。しかし、蛇行区間には直線区間で定位場所として多く使用されていた植生によるカバーが少なく、高い流速が維持されているため、供試魚は蛇行区間で遊泳を選択したと考えられ、現段階では自然な蛇行が十分に再現できていない可能性が示唆された。

EMG は定位時に、流速に比べ明らかに低い値を示すことから、定位は停滞ではなく、遡上中の重要な休息となっている可能性が示唆された。また、移動中の対水速度と EMG の変化から遊泳効率を求めると、流速の影響をあまり受けていない事がうかがわれ、定位、移動共に遡上行動の負荷は河川の平均的な流速だけでは決定されないと考えられた。今後は瀬・淵の組み合わせ、カバーとなる環境の役割についてなど、更なる検証が必要である。

FSC 森林認証制度－森林の新たな価値連鎖創造への挑戦

芝 正己

京都大学フィールド科学教育研究センター

mshiba@kais.kyoto-u.ac.jp

はじめに: 1992 年の国連環境開発会議(UNCED)で以降、持続可能な森林管理 SFM (Sustainable Forest Management)を確立するための国際的な取り組みが、国際機関や各国政府のみならず民間の機関においても積極的に進められてきている。このような世界的趨勢の中、FSC (Forest Stewardship Council: 森林管理協議会) による森林認証・木製品のラベリング制度の推進に関する取り組みが急速に展開している。2003 年 4 月現在、世界 55 カ国(490 森林)で 3,687 万 ha の森林が FSC の認証を受けており、我が国でも、16.4 万 ha、10 森林が FSC の認証を取得している。森林認証制度は、徐々にではあるが、我が国の現行の森林管理や経営方式、林産物の生産・加工・流通態勢に影響を与えてきている。

森林認証: 森林認証 (Forest Certification) とは、一定の基準を満たす経営・管理が実践されている森林、またはその管理主体を独立した第三者機関が評価することであり、ラベリングはそのような森林から生産された木材・加工製品に対して、生産現場から最終消費者に至るまでの全過程を跡付けするロゴマークを貼付することであり (Chain of Custody: CoC)、これにより、消費者に選択的な購買を求め、持続可能な森林経営・管理への支援を促していこうとするものである (図-1)。現在、FSC (Forest Stewardship Council: 森林管理協議会)、PEFC (Pan European Forest Certification Scheme: 汎ヨーロッパ森林認証スキーム)、CSA (Canadian Standards Association's Sustainable Forest Management Standard: カナダ規格協会・持続可能な森林管理基準)、SFI (Sustainable Forestry Initiative: 持続可能な林業イニシアティブ) が、森林に特化した認証・ラベリングシステムとして世界的な主流をなしている。

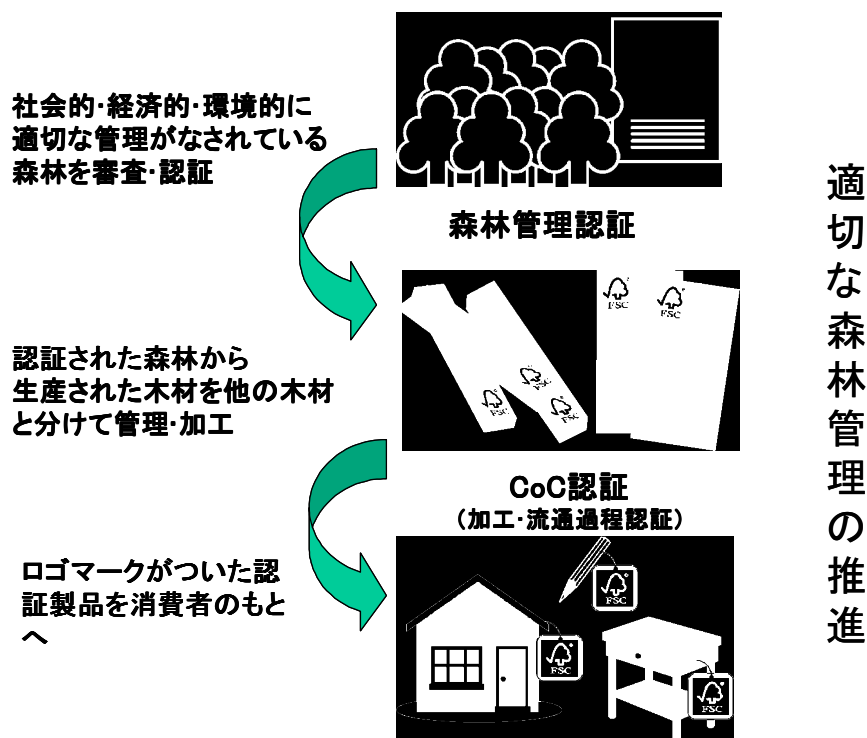


図-1 森林認証・ラベリング制度の仕組み

上賀茂試験地の里山生態系の保全に向けて

中西麻美

京都大学フィールド科学教育研究センター里山資源保全学分野・上賀茂試験地

asa@kais.kyoto-u.ac.jp

里山と生物多様性:里山は、人間が生活と生産活動のために利用、管理し、維持してきた地域固有の二次的自然で、森林と人間の相互作用の結果として成立したものである。昭和 30 年代以降、生活スタイルの変化に伴い、人間の干渉がなくなった里山では、植生遷移と、里山を始め周辺の農地やため池などの開発による消失のために、里山固有の生物の生息域の減少と消失が起り、絶滅のおそれのある生物を数多く生み出している。同時に、里山の自然を理解し、利用してきた知恵や文化も失われようとしている。

里山及び里地には、「絶滅のおそれのある種」の半数以上が生息しており、生物多様性の保全上、特に重要とされている。里山及び里地における生物多様性は、二次林と農地とが一体として維持され、多様な水系(水田、水路、ため池、湿地、河川)で構成されていることが、環境の多様性を作り出し、多様な生物の生育・生息場所を提供していることによると考えられる。したがって、里山の自然や生物多様性を考える上で、里地も含める必要がある。多様な生物が生息し、私たちが身近にふれあえる自然環境である里山を保全するためには、長期的な保全戦略が不可欠である。現在、里山に生育・生息する生物の種類、分布、動態、周囲の環境との関係など基礎的情報の収集と保全への取組みが緊急課題となっている。各地で様々な取組みが始まっており、例えば金沢大学では、角間キャンパスに里山ゾーンを設置して、里山の保全のための研究と教育を実施している。

上賀茂試験地の概要:上賀茂試験地(京都市北区)は、北緯 35° 04' , 東経 135° 46' , 海拔 109~225m に位置し、47ha の面積を有する。総面積の 65%にあたる約 30ha は天然林で、28%が外国産樹種を主とした人工林、7%が見本園、苗畑、建物敷等で、試験地内には湿地、池、小川もある。1949 年に現在地へ移転するまでは、試験地は薪炭林として利用され、アカマツが優占する二次林であった。1990 年代にはマツ枯れでアカマツが激減し、枯死木の除去以外には天然林で管理を行わなかったために、現在では、天然林は樹齢 100 年前後のヒノキに常緑広葉樹が混交する森林へと遷移している。放置された天然林以外の場所は、下草刈り、除伐などの管理が行われてきた。また試験地と、試験地周辺の農地やため池、水路、二次林などにより形成された生態系には、絶滅危惧種を含む多様な生物が生育・生息している。しかし、隣接する農地の宅地化が進み、生息環境の低下が危惧される。

上賀茂試験地における取組み:上賀茂試験地は、試験地固有の自然環境と周辺地域の自然環境との関係から、里山生態系としての条件を備えている。この里山生態系を保全し、上賀茂試験地を里山の研究及び教育のサイトとして明確に位置付けることは、試験地としても、FSERC としても必要である。そこで試験地としては、長期観測による基礎データの積み上げと実験的施業などにより、里山の現状と問題点を明らかにし、里山生態系を保全するための管理、土地利用のあり方について提言していくことを目指す。長期生態研究サイトとなることも念頭に置いている。取り組むべきこととして以下の項目が考えられる。

- ・ 多様な生物の生息・生育環境としての評価とモニタリング
- ・ 生物インベントリー作成(植物、鳥類、動物、昆虫、土壤動物、水生動植物など)
- ・ 指標となる種を始めとする生物の長期モニタリング
- ・ アカマツ林、アカマツ・コナラ二次林の再生のための施業管理
- ・ 上賀茂試験地及び周辺地域における人間と自然との関わり、土地利用の変遷の把握

天然林流域からの流出物 — 流出リター量と流出土砂量 —

中島 皇

京都大学フィールド科学教育研究センター
tnakashi@kais.kyoto-u.ac.jp

山地源流域は「水」・「水に運ばれる物質」の生産の場として、地域環境において重要であり、中下流域や沿岸域からは適切な管理が期待されている。水や物質は森・川・海の生態系と大気を循環しているが、その詳細は未だ十分に解明されているとは言えない。例えば、台風時の豪雨による洪水流出に伴う物質の移動量は、その移動パターンだけでなく、量的な見積もりも難しい。また、年間に「どれくらいの量が動くのか?」「どんな質ものが動くのか?」「どんな時に動くのか?」などの点は観測例も少なく、未解明な部分として残されている。

近年、源流域にある比較的大きな面積の天然林で、その構造、長期的な動態、森林から河川への物質移動、地球環境からの影響等を明らかにするための研究が始められている。ここでは森林から河川への物質移動のうち、流木等に代表される流出リターと流出土砂に注目し、山地源流域の天然林が降雨や融雪などによる流出によって、下流に供給している物質の量や大きさの観測結果を報告する。

対象とした天然林は京都大学芦生研究林の幽仙谷集水域天然林研究区である。流出リターと流出土砂は谷の出口に設置されている量水堰の上流にある滝の上に設けた土砂溜め域に、ネットを取り付けて回収した。土砂溜め域は元の地形を活かした階段状の流路で、全長は約7mである。リターや土砂の回収は1～2週間に1回を基本とし、加えて出水後に行うようにした。回収したリターを分類(流木は長さ1m以上、直径10cm以上)し、測定した。土砂は長径が10cm以上の石は大きさと重さ、それ以下のものは重さの総量を測定した。流出水量は量水堰で測定した水位から算出した。降水量は堰の下流にある雨量計のデータを用いたが、欠測の場合は芦生研究林事務所の観測データを使用した。

流出リター総量は冬季(積雪期)の約5ヶ月間に堆積していたリター量は53.42kg(乾重)で、積雪のない時期の約8ヶ月間の流出リターは16.56kg(乾重)であった。1999年12月から2000年12月の約1年間では積雪期の流出リターが年間流出リターの3/4になった。流出土砂の総量は206.3kgでこのうち長径が10cm以上の石の総量49.5kg(24.0%)であった。流出土砂量が最も多かったのは5/9～24期間の出水によるもので119.2kgである。これに冬期間(～4/27)の土砂量を加えると154.6kgとなり、これは年間土砂量の75%になる。1998年台風7号の豪雨による流出木の総重量は1,046.1kg(湿重)、台風前に堆積していた流出木(8年間)の総重量は389.8kg(湿重)と推定されている。この一年間の流出リターの総量は193.1kg(湿重)で、そのうち枝及び樹皮は47.1kg(湿重)であった。この量は台風時の流出木量に比べれば少ないが、8年間の流出木量の値と比較すれば妥当な値である。台風による土砂量は計測できたものだけで2,796.6kgであり、長径が10cm以上の石は266.3kg(9.5%)、土砂は2530.1kg(90.5%)であった。この1年間の流出土砂量は長径10cm以上の石の割合が高いことが特徴である。また、台風による総流出土砂量は7,000～10,000kgと見積もられており、この値からすれば2オーダー程度小さな値になっている。つまり平年の流出土砂は極少ないことになる。また、面積あたりの流出リター量(乾重)は $0.0087(t \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ で、1993年の毎木調査の結果報告された推定落葉量の $5.3(t \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ と比較すると1%に満たない。

舞鶴湾の遡及的研究

上野 正博

京都大学フィールド科学教育研究センター沿岸資源管理学分野

siranami@kais.kyoto-u.ac.jp

はじめに: 舞鶴湾は舞鶴市に周囲を囲まれ、流入河川もほぼ同市域内のみを流れる。したがって、同湾に対する有機物負荷はその大半が同市に由来すると考えられる。同市では1969年に下水道事業が始まり、2001年現在の下水道普及率は56%だが、東西に分かれた湾の東側(以下、東湾)を抱える東舞鶴地区の市街地はほぼ下水道が整備されている。また、この間の同市人口は98000人から93000人と漸減しているが大きな変動はない。

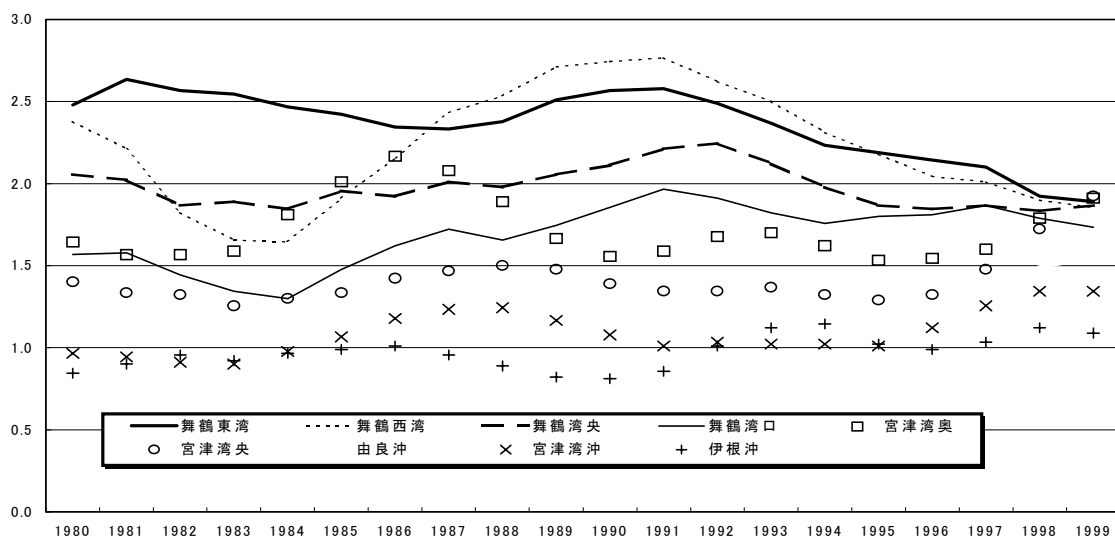
下水道の整備に伴い同湾に流入する河川の水質は大きく改善されており、湾内水質もCODで見ると徐々に改善されている。しかし、この10年余り赤潮やミズクラゲの大量発生が頻発し、夏期には東湾底層で貧酸素水塊が観測されるなど同湾の富栄養化は改善されてはいない。そこで、同湾で行われた各種観測資料を可能な限り過去に遡って収集し、舞鶴湾の環境と生物資源を遡及的に検討した。

舞鶴湾の漁業: 同湾内で生活史をほぼ完結すると考えられ主要漁獲種になっているアサリ、ナマコ、カキ(養殖)と比較的定着性が強いと考えられるワカメ、タコについて1965年以降の漁獲量変動を検討した。ワカメとナマコは80年代中頃に急減し、現在まで長期低落傾向にある。アサリ、カキ、タコは90年代前半から中頃に急減し、バブル崩壊後の日本経済に歩調を合わせるかのように「失われた10年」を歩んでいる。すなわち5種ともに低迷している。

舞鶴湾の水質: 下図に示したように東西両湾と湾央のCODは減少傾向にあり、下水道の整備によって湾内水質は改善されたかのように見える。しかし、湾口では漸増し近年では湾全域でほぼCODが同レベルになっている。また、CODの漸増傾向は湾外各点でも見られる。すなわち、有機汚染は薄く広くの拡大傾向にある。

下水道整備は海にやさしいか: このような舞鶴湾の現状を招いた最大の原因として下水道の整備が疑われるが、そのメカニズムは!

COD75%年平均値(mg/l)の長期変動



森林・河川・沿岸生態系の環境変化と水棲生物群集の応答

柴田 英昭

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

shiba@exfor.agr.hokudai.ac.jp

はじめに: 変動する地球環境下において自然生態系保全と人間活動の共存を図るためには、個別の生態系プロセスのみに着眼するのではなく、異なる生態系間の相互作用や、複合生態系における時空間動態や機能を明らかにする必要がある。北海道大学北方生物圏フィールド科学センターでは森林圏、水圏、耕地圏ステーションという異なる生態系を扱う研究者グループによって構成されている。その特徴を活かした分野横断型総合研究プロジェクトとして、「北方生物圏の持続的利用と環境保全に関するプロジェクト研究」と題した研究を展開している。本報告では、その一環として実施されている表記の研究プロジェクトの目的やこれまでの成果、今後の展開について紹介するとともに、わが国におけるフィールドセンターの目指す方向性やその具体的内容について提案したい。

1.森林・河川・沿岸生態系の環境変化と水棲生物群集の応答: 陸域生態系の物質循環過程を経て河川へと流出する栄養塩やその他の成分は、河川や沿岸域の生物群集の栄養源やエネルギー源として重要であるといわれている。森林伐採や土地利用変化(農地化・都市化)、河川改修などの人為改変は、陸上生態系から河川を通じて沿岸域へ流出する溶存成分動態に大きく影響することが予想されている。本研究では、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏・水圏ステーションの教官・技官からなる研究グループならびに関連研究者との共同により、過去 100 年間に急速な土地利用開発が行われた北海道北部の天塩川流域を拠点とした研究を開始している。この研究では、人為改変による物質循環・河川水質変化の時空間変化を現地調査や文献資料調査などを解析するとともに、環境変化がサケ科魚類の母川回帰行動への影響を解明するための研究を行っている。

2.長期生態研究拠点の形成をめざす: 環境変動下にある生態系プロセスの現象を正しく評価するためには長期的な観測データに基づいた研究が不可欠である。米国をはじめとして世界各国が展開している国際長期生態研究ネットワーク(ILTER: International Long-Term Ecological Research)は、長期生態研究拠点における分野横断型の総合研究を推進する研究ネットワークであり、長期生態研究プロトコルの標準化やデータベースネットワークなどの取り組みが国際的な協力関係の下に構築されつつある。そのような取り組みの中で、日本は依然として発展途上段階にあり、正式メンバーにはなっていない。各大学のフィールドセンターが核となり、さまざまな生態系の長期動態やそれらの相互関係を解明するための研究組織として、日本における新たな長期フィールド研究拠点が発展することを目指したい。

参考文献

柴田英昭 (2003) 大学演習林からフィールド科学拠点センターへ. 林業技術 738:8-11.

柴田英昭ら(2003) 北方森林圏科学の野外教育研究拠点を目指して. 北方林業 55(7): 149-152.

柴田英昭 (2001) 森林流域での Hydrobiogeochemistry におけるネットワーク研究の重要性, 日本生態学会誌 51: 269-275.

森と海の相互作用

向井 宏

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所

mukaih@fsc.hokudai.ac.jp

生態系間の相互作用: 生態系は閉鎖系の概念であったが、自然生態系は本来閉鎖系ではあり得ない。生態系相互間の関係を抜きにしてはもはや生態系の動態を正しくとらえることはできないことが明らかになってきた。とくに、沿岸生態系は外からの物質の流出入なしでは成立し得ない系である。

森林・河川・沿岸生態系は、河川の流域全体を考えたシステムの動態を明らかにしなければならない。生態系間の相互の関係として、以下のようなことが考えられているが、モデルを除けばその研究例は少ない。

1. 森から河川を通して沿岸に、栄養塩・有機物・微量元素・無機粒子などが供給される。
2. 陸上の利用形態・植生・地形などによって、流入する物質の量や質が変わる。
3. 流入する物質は、流れる水の量とパターンによって、その質と量を変化させる。
4. 河川を流下する過程で、取り込まれたり、さらに供給され、変質を受ける。
5. 沿岸の生態系は、陸上からの物質の流入量やパターンによって、その構造が変化する。
6. サケ・水鳥などによって海から陸へ物質が輸送され、陸上生態系に影響を与える。
7. 海岸への打ち上げ・海岸生物の捕食が、陸上生態系へ物質を取り込む。
8. 沿岸の地形や水の動態が、陸上生態系からの物質流入の貢献度を左右する。

さらに、人間の行為はさまざまな影響をこの生態系間の相互作用に与えている。ダム建設・都市の開発・農地開発などは、大きな要素であり、人間の行為を生態系の動態研究にどのように取り込み、その結果をどのように環境行政に反映させるかが、今後の課題である。

厚岸別寒辺牛水系におけるケーススタディ: まず、人為的な影響が比較的小さい北海道東部の別寒辺牛川水系において、流域全体と沿岸生態系の相互作用に基づいて、生態系の動態を明らかにする試みを行っている。主な結果は以下のとおり。

1. 農地開発が、河川の窒素濃度、特に無機の窒素濃度を上昇させている。
2. 非定常時に、大量の栄養塩・有機物が流れ込む。粒子状有機物は、農地以外からも大量に流出する。それは、湿原の果たす役割が大きいと思われる。
3. 定常的にわずかずつ流出する陸からの栄養塩が、沿岸生態系に取り込まれて、その生産性を支えている。
4. アサリ・カキなどの餌となる水中の珪藻類は、その多くが底生珪藻である。
5. 水柱の植物プランクトンおよび底生珪藻だけでは、アサリ・カキなどの生産を支えられない。不足分は、アマモ起源のデトリタスがまかなっていると思われる。
6. アマモ場は、過去30年ほどの間に二度大きな減少を招いた(1980年頃と最近10年)。
7. サケ・シシャモ・アオサギなどの生物が、海から陸へ有機物を輸送しており、それによる陸上生態系の変化が、局所的に観察された。

別寒辺牛水系の特徴と一般的な課題: 湿原の持つ重要性は、別寒辺牛水系の特徴であるが、おそらく古来多くの水系で氾濫原がその役割を持っていたと思われる。河川における生物過程については、まだ不明なところが多い。土砂などの流入についての評価も必要である。



京都大学フィールド科学教育研究センター

Field Science Education and Research Center
Kyoto University

