

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23248021

研究課題名(和文)生態系の連結性が生物多様性に与える影響とその再生手法に関する研究

研究課題名(英文)Effects of ecosystem connectivity on biodiversity and restoration planning

研究代表者

中村 太士(NAKAMURA, Futoshi)

北海道大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90172436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 27,900,000円

研究成果の概要(和文)：様々な生態系における「連結性」に注目し、その機能と再生方法を検討した。氾濫原や河川水域においては、水域間の連結性と魚類・水生昆虫の種および遺伝的多様性を検討した。その結果、連結性の高い水域において移動性の高い分類群の種数が高いこと、ならびに個体数および遺伝的多様性が影響を受ける距離が異なることが明らかになった。さらに、安定同位体を用いた食物網の解析から、明治以降の開墾による景観の分断化が進み、ヒグマの食性が肉食から草食に大きく変化していることが明らかになった。蛇行復元による氾濫原の修復を試みた結果、水生動物の個体数、種多様性が増加したことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This project focused on connectivity between various ecosystems, and examined the effects of restoration project. Among fish and aquatic insects, only high mobility groups could enhance species richness as spatial and hydrologic connectivity increased. Pond connectivity significantly affected the spatial variation of both population abundance and genetic diversity of the ninespine stickleback. We revealed millennium-scale dietary shifts of brown bears on the Hokkaido islands, Japan, using carbon, nitrogen, and sulfur stable isotope analysis, and found that human activities have caused an alteration in the trophic structure of brown bears. The meander and floodplains restoration project successfully increased the frequency of flooding over the floodplains and raised the water table, resulting in an increase of abundance and species richness of fish and invertebrate species and wetland vegetation areas.

研究分野：生態系管理学

キーワード：連結性 森林生態系 河川生態系 氾濫原 鳥類 水生動物 ヒグマ 攪乱

1. 研究開始当初の背景

(1) 生態系の連結性に対して注目した分野は景観生態学である。ここでは、連結性を確保する景観要素としてコリドーの研究が進められてきた。しかし、線的なコリドーが移動経路として有効に機能するか否かについては、対象生物種によっても変わり、実際の効果については疑問視されてきた。

(2) 連結性は線的につなげることで維持されることもあるが、空間的なパッチ構造を景観にうまく配置することによって確保できたり、河川などでは一時的に繋がることで、生物種の避難場や繁殖に重要な役割を果たすため、この点を検討する必要があった。

(3) 保全生物学の分野では、保護地とそれを結ぶコリドーの関係を、象徴的な大型の哺乳類を使って議論することが多かったが、生物多様性の保全という視点からは、その外側に分布し、木材や農業生産を行う周辺マトリックスをいかに調和的に配置し適正に管理するかが、重要な論点となっている。本プロジェクトは、この点に注目した。

2. 研究の目的

(1) 河川生態系においては、河床低下と樹林化に伴う鳥類群集の変化を明らかにする。さらに、底生動物の種組成・密度の変化を追跡し、ハビタット連結性と生活環の関係、洪水攪乱時の避難場所機能を明らかにする。また、サケ科魚類の遡上阻害等、人為的開発の影響によるヒグマの食性変化を明らかにする。

(2) 氾濫原・農地生態系においては、河川の短絡化(捷水路工事)に伴う、人為的河跡湖を使い、その連結性について検討する。ここには本川にはいない多様な魚類や底生動物が生息しているが、生物相や水質等の環境は異なっており、本川ならびに周辺土地利用との連結性から、河跡湖の健全性を明らかにする。

(3) 森林生態系においては、人工林(間伐方法の違い)と天然林配置が鳥類の種組成と多様性に与える影響について明らかにする。

(4) 再生手法については、直線化された河道の再蛇行化、氾濫原復元事業を、得られたデータより客観的に評価する。

3. 研究の方法

(1) 河床低下と鳥類群集の変化については、空中写真判読によって氾濫原の樹林化を定量化し、砂礫性や森林性鳥類の分布モデルを構築する。そのモデルから過去から現在に至る変化を推定する。底生動物については、平常時と洪水時のハビタットを類型化し、各時期における底生動物の種ならびに個体数を調査することにより避難場所機能を定量化する。ヒグマの食性の変化については、博物館が保有する19世紀以前(ダムのない時代)のヒグマの骨とダム建設後のヒグマの骨の安定同位体比を比べることにより把握する。

(2) 河跡湖の連結性と魚類および底生動物

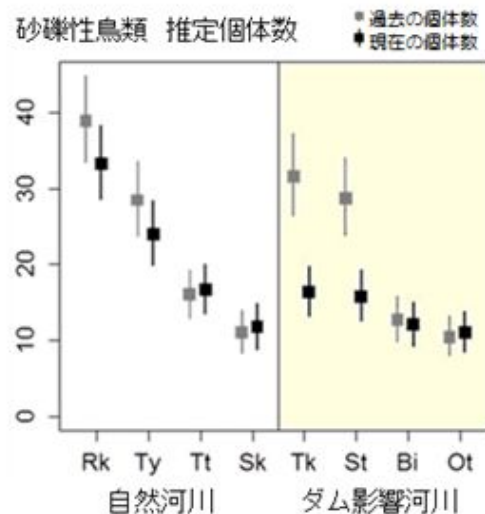
の種数、個体数の関係については、定量調査を実施し、グラフ理論に基づいて解析する。

(3) 人工林と天然林の配置については、天然林の混交率と鳥類群集の変化を現地調査し、モデル化する。

(4) 再生手法の評価を、地下水、氾濫頻度、流速、水深、魚類および底生動物の種数と個体数により評価する。開発局のモニタリングデータを用いる。

4. 研究成果

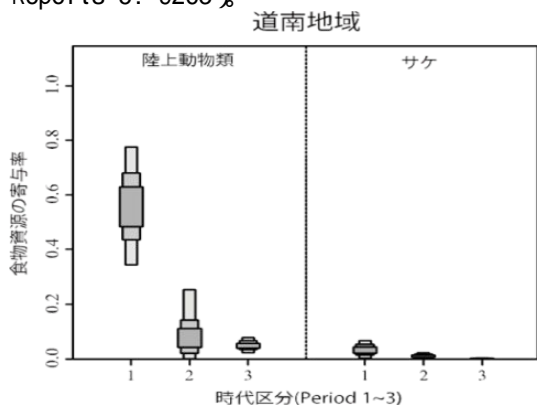
(1) ダムが無い河川では陸域環境に大きな変化がない一方で、ダムが造成された4河川のうち2河川では、砂礫河原に樹木が侵入し、砂礫河原が樹林地に置き換わる「樹林化」が生じていることが明らかになった。砂礫河原が広がる場所では、砂礫河原に特化したチドリ類などが多く生息している一方、樹林化河川では、チドリ類などは減少していると予測された。世界中で行なわれているダムによる流量調節は、樹林化などにより、河川周囲の陸域環境にも大きな影響を及ぼしていると考えられる(Yabuhara et al. 2015, Riv. Res. Appl. 31: 109-119)。



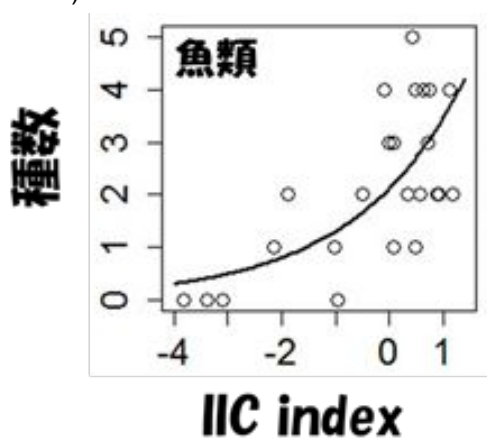
洪水によって本流内の早瀬、平瀬、淵ではほとんど水生昆虫がいなくなった一方で、本流に空間的に近く、洪水時も緩やかな生息場(よどみ、細流、緩流浸水域)が様々な分類群に共通した避難場として機能していた。近年、河川は人為的改変によって単調化している。複雑な構造で維持されている避難場環境を失うことは、将来の種多様性低下を引き起こしかねないことが明らかになった(Sueyoshi et al. 2014, Freshwater Biology 59: 257-271)

ヒグマの食性は時代経過に伴って肉食傾向から草食傾向に大きく変化していたことが明らかになった。道東地域ではサケの利用割合が19%(Period 1)から8%(Period 3)まで減少し、陸上動物(エゾシカや昆虫)の利用が64%から8%にまで減少していた。また、道南地域では陸上動物の利用割合が56%(Period 1)から5%(Period 3)まで減少して

いた。窒素同位体比値の時間的変化から、この大規模な食性の変化は、概ねここ 200 年の間に急激に進行したことが示された(図 3)。約 200 年前というのは、明治政府による開発が本格化した時期と一致していた (Matsubayashi et al. 2015, Scientific Reports 5: 9263)。



(2) 湿地間の連結性が、各湿地に分布する水生生物(魚類・水生昆虫)の種数、魚類(イバラトミヨ)の個体・遺伝的多様性に与える影響を評価した結果、魚類・水生昆虫共に周囲の湿地との連結性が高いほど、種多様性が高いこと、移動能力の高い種群のみでその傾向があることが明らかとなった (Ishiyama et al. 2014, Aquatic Sciences 76: 437-449)



個体数・遺伝的多様性共に、連結性が高い湿地ほど高いこと、ただし重要な空間スケールは個体数と遺伝的多様性では異なることが示された (Ishiyama et al. 2015, Freshwater Biology 60: 733-744)。

(3) 資源生産と生物多様性の保全を両立する土地利用方法として、人工林に広葉樹を混ぜて同じ土地で生産と保全を行う「Land sharing (ランドシェアリング)」と保護区の設置により生産と保全を分ける「Land sparing (ランドスペアリング)」の2つの方法がある。調査を行った森林では sharing と sparing には明確な優劣関係が見られないことが示された。この結果は、どちらが優れるかという二極化した議論でなく、資源生産

量と生物多様性の関係以外にも社会経済的背景や地形的な効率性なども考慮に入れて生物多様性の保全計画を練る必要があることを示唆している (Yoshii et al. 2014, J.For. Res. 20: 167-174)。

(4) 事業前、そして事業後にかけて実施されてきた動植物の多様性や物理環境に関するモニタリング調査結果、ならびに現地調査から検討した。その結果、(1) 魚類・水生昆虫の生息環境の復元 (2) 氾濫頻度の向上による湿原植生の復元 (3) 下流の湿原帯への土砂・肥料由来の栄養塩の流出防止 (4) 自然状態に近い河川景観の復元などの目標が今回の再生事業によっておおむね達成されており、蛇行復元が河川・湿地生態系の復元にとって有効な手法であることが明らかとなった (Nakamura et al. 2014, Restoration Ecology 22: 544-554)。



<引用文献>

Matsubayashi, J., Morimoto, J., Tayasu, I., Mano, T., Nakajima, M., Takahashi, O., Kobayashi, K. and Nakamura, F. (in press) Major decline in marine and terrestrial animal consumption by brown bears (*Ursus arctos*). Scientific Reports.

Ishiyama, N., Koizumi, I., Yuta, T. and Nakamura, F. (in press) Spatial network structure and scales differently affect the population size and genetic diversity of the ninespine stickleback in a remnant wetland system. Freshwater Biology 60: 733-744.

Yabuhara, Y., Yamaura, Y., Akasaka, T. and Nakamura, F. (2015) Predicting long-term changes in riparian bird communities in floodplain landscapes. River Research and Applications 31: 109-119.

Yoshii, C., Yamaura, Y., Soga, M., Shibuya, M. and Nakamura, F. (2015)

Comparable benefits of land sparing and sharing indicated by bird responses to stand-level plantation intensity in Hokkaido, northern Japan. *Journal of Forest Research* 20: 167-174.

Sueyoshi, M., Nakano, D. and Nakamura, F. (2014) The relative contributions of refugium types to the population persistence of benthic invertebrates in a seasonal snowmelt flood. *Freshwater Biology* 59: 257-271.

Ishiyama, N., Akasaka, T. and Nakamura, F. (2014) Mobility-dependent response of aquatic animal species richness to a wetland network in an agricultural landscape. *Aquatic Science* 76: 437-449.

Nakamura, F., Ishiyama, N., Sueyoshi, M., Negishi, J. and Akasaka, T. (2014) The significance of meander restoration for the hydrogeomorphology and recover of wetland organisms in the Kushiro River, a lowland river in Japan. *Restoration Ecology* 22: 544-554.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 13 件)

Kajihara, K., Yamaura, Y., Soga, M., Furukawa, Y., Morimoto, J. and Nakamura, F. (in press) Urban shade as a cryptic habitat: Fern distribution in building gaps in Sapporo, northern Japan. *Urban Ecosystems*. (査読有)

Seo, J. ., Nakamura, F., Chun, K., Kim, S. W. and Grant, G. E. (in press) Precipitation patterns control the distribution and export of large wood at the catchment scale. *Hydrological Processes*. (査読有)

Matsubayashi, J., Morimoto, J., Tayasu, I., Mano, T., Nakajima, M., Takahashi, O., Kobayashi, K. and Nakamura, F. (in press) Major decline in marine and terrestrial animal consumption by brown bears (*Ursus arctos*). *Scientific Reports*. (査読有)

Ishiyama, N., Koizumi, I., Yuta, T. and Nakamura, F. (in press) Spatial network structure and scales differently affect

the population size and genetic diversity of the ninespine stickleback in a remnant wetland system. *Freshwater Biology*. (査読有)

Yamanaka, S., Akasaka, T., Yamaura, Y., Kaneko, M. and Nakamura, F. (2015) Time-lagged responses of indicator taxa to temporal landscape changes in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 48: 593-598. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.08.024 (査読有)

Yoshii, C., Yamaura, Y., Soga, M., Shibuya, M. and Nakamura, F. (2015) Comparable benefits of land sparing and sharing indicated by bird responses to stand-level plantation intensity in Hokkaido, northern Japan. *Journal of Forest Research* 20: 167-174. DOI: 10.1007/s10310-014-0453-2 (査読有)

Yabuhara, Y., Yamaura, Y., Akasaka, T. and Nakamura, F. (2015) Predicting long-term changes in riparian bird communities in floodplain landscapes. *River Research and Applications* 31: 109-119. DOI: 10.1002/rra.2721 (査読有)

Matsubayashi, J., Morimoto, J., Mano, T., Aryal, A. and Nakamura, F. (2014) Using stable isotopes to understand the feeding ecology of the Hokkaido brown bear (*Ursus arctos*) in Japan. *Ursus* 25(2): 87-97. DOI: 10.2192/URSUS-D-12-00015.1 (査読有)

Nakamura, F., Ishiyama, N., Sueyoshi, M., Negishi, J. and Akasaka, T. (2014) The significance of meander restoration for the hydrogeomorphology and recovery of wetland organisms in the Kushiro River, a lowland river in Japan. *Restoration Ecology* 22:544-554. DOI: 10.1111/rec.12101 (査読有)

Ishiyama, N., Akasaka, T. and Nakamura, F. (2014) Mobility-dependent response of aquatic animal species richness to a wetland network in an agricultural landscape. *Aquatic Science* 76: 437-449. DOI: 10.1007/s00027-014-0345-8 (査読有)

Fuyuki, A., Yamaura, Y., Nakajima, Y., Ishiyama, N., Akasaka, T. and Nakamura, F. (2014) Pond area and

distance from continuous forests affect amphibian egg distributions in urban green spaces: A case study in Sapporo, Japan. *Urban Forestry and Urban Greening*. DOI: 10.1016/j.ufug.2013.11.003 (査読有)

Kawai, H., Nagayama, S., Urabe, H., Akasaka, T. and Nakamura, F. (2014) Combining energetic profitability and cover effects to evaluate salmonid habitat quality. *Environmental Biology of Fishes* 97: 575-586. DOI: 10.1007/s10641-013-0217-4 (査読有)

Sueyoshi, M., Nakano, D. and Nakamura, F. (2014) The relative contributions of refugium types to the population persistence of benthic invertebrates in a seasonal snowmelt flood. *Freshwater Biology* 59: 257-271. DOI: 10.1111/fwb.12262 (査読有)

[学会発表](計12件)

山中聡、弘中豊、尾崎研一(2015年3月27日~2015年3月30日)ピットフォールトラップによるオサムシ類の効率的な調査手法の検討、第127回日本森林学会大会、北海道札幌市 北海道大学 農学部

矢部敦子、赤坂卓美、藪原佑樹、中村太土(2015年3月27日~2015年3月30日)季節変化を考慮した、農地残存林におけるキタキツネの分布決定要因の把握、第127回日本森林学会大会、北海道札幌市 北海道大学 農学部

矢部敦子、赤坂卓美、藪原佑樹、中村太土(2015年3月18日~2015年3月22日)農地景観における森林ネットワーク構造はエゾシカの分布に影響するか?、第62回日本生態学会大会、鹿児島県 鹿児島大学 郡元キャンパス

藪原佑樹、赤坂卓美、山浦悠一、中村太土(2015年3月18日~2015年3月22日)樹林化がもたらす生物相の変容 全国河川を対象とした鳥類分布の時系列解析、第62回日本生態学会大会、鹿児島県 鹿児島大学 郡元キャンパス

島崎敦、山浦悠一、先崎理之、藪原佑樹、中村太土(2015年3月18日~2015年3月22日)鳥類が移動しやすい都市とは? 宅地の造成年数と季節に着目して、

第62回日本生態学会大会、鹿児島県 鹿児島大学 郡元キャンパス

末吉正尚(2015年3月18日~2015年3月22日)農地と洪水の相互作用 見せかけの農地影響の危険性、第62回日本生態学会大会、鹿児島県 鹿児島大学 郡元キャンパス

宮川絵里香、赤坂卓美、石山信雄、末吉正尚、中村太土(2015年3月18日~2015年3月22日)都市緑地公園におけるエゾアカガエルの遺伝構造、第62回日本生態学会大会、鹿児島県 鹿児島大学 郡元キャンパス

山本逸生、赤坂卓美、石山信雄、中村太土(2014年9月18日~2014年9月21日)PIVPACS方式を用いた河川生態系の典型性評価と、駆動要因の解明 魚類群衆を対象として、応用生態工学会、東京都 首都大学東京 南大沢キャンパス

石山信雄(2014年9月18日~2014年9月21日)湿地ネットワークの構造と空間スケールがイバラトミヨ個体群に与える影響:個体数と遺伝的多様性間での比較検証、応用生態工学会、東京都 首都大学東京 南大沢キャンパス

末吉正尚(2014年9月18日~2014年9月21日)森林・農地景観における河川水生昆虫の個体群維持機構 トビケラの遺伝的構造が解き明かすソースシンクの関係性、応用生態工学会、東京都 首都大学東京 南大沢キャンパス

Sueyoshi, M., Tojo, K., Ishiyama, N. and Nakamura, F. (2014.05.22) The response of aquatic insects along the gradients of agricultural intensity and flood magnitude. Joint aquatic sciences meeting. Portland OREGON CONVENTION CENTER. America.

Ishiyama, N., Sueyoshi, M. and Nakamura, F. (2014.05.22) BIODIVERSITY AND ENDEMIC SPECIES DISTRIBUTIONS OF FRESHWATER FISH IN AN AGRICULTURAL LANDSCAPE, NORTHERN JAPAN: THE WETLAND IMPORTANCE. Joint aquatic sciences meeting. Portland OREGON CONVENTION CENTER. America.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 太士 (NAKAMURA, Futoshi)
北海道大学・農学研究科・教授
研究者番号：90172436

(2) 研究分担者

鈴木 透 (SUZUKI, Toru)
酪農学園大学・農学生命科学部・准教授
研究者番号：20515861

山浦 悠一 (YAMAURA, Yuichi)
独立行政法人森林総合研究所・
群落動態研究室・研究員
研究者番号：20580947

森本 淳子 (MORIMOTO, Junko)
北海道大学・農学研究科・准教授
研究者番号：50338208

永山 滋也 (NAGAYAMA, Shigeya)
独立行政法人土木研究所・
自然共生研究センター・研究員
研究者番号：70540558

根岸 淳二郎 (NEGISHI, Junjiro)
北海道大学・地球環境科学研究科・准教授
研究者番号：90423029

(3) 連携研究者

赤坂卓美 (AKASAKA, Takumi)
帯広畜産大学・畜産学部・助教
研究者番号：40748357

(4) 研究協力者

石山信雄・末吉正尚・曾我昌史・松林順・
藪原佑樹・山中聡・先崎理之