

令和 5 年 4 月 17 日現在

機関番号：10101  
研究種目：基盤研究(B)（一般）  
研究期間：2018～2020  
課題番号：18H03407  
研究課題名（和文）資源利用変化と気候変動による水・土砂・森林レジーム変化と河川・水辺生態系の応答  
  
研究課題名（英文）Responses of stream and riparian ecosystems to the regime shifts of flow, sediment, and forest, according to changes in resource management and climate change  
  
研究代表者  
中村 太士（Nakamura, Futoshi）  
  
北海道大学・農学研究院・教授  
  
研究者番号：90172436  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：過去50～100年の国土資源利用変化の影響を、水と土砂と森林のレジーム変化の観点から検討した結果、樹林化の要因（樹林地の増加）は、攪乱域（水域＋裸地）の減少、草地の減少、人工地の減少、複合的な地被の減少、の4つのパターンに区分できた。また、水生昆虫羽化成虫による河畔域の森林植生利用を水平垂直方向で可視化することができ、多くの羽化成虫が横断方向では100m程度、垂直方向では5-10メートル程度まで広く利用していた。さらに、土地利用の変化が鳥類群集に与えた影響を石狩平野で推定した結果、過去160年の間に裸地性鳥類以外の湿地性、草地性、森林性鳥類が大きく個体数を減らしていたと推定された。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の流域生態系を構成する水（流況）、土砂（流砂）、森林の関係は、戦後の資源のアンダーユーズとダム建設等により、森林の成長と拡大、流況の安定、流砂の減少、氾濫原の樹林化、河床低下が全国規模で起こっている。本研究によって、そのメカニズムの一部が解明できたことは意義深い。

また、こうしたレジームシフトがもたらす生態系への影響について、水生昆虫、魚類、鳥類の種数、個体数、分布域の変化から明らかにした。これらの成果は、将来の資源利用や土地利用の秩序化に役立つものであり、気候変動下におけるシナリオ分析によって、生態系の変化を予測するための基礎情報を提供することができる。

研究成果の概要（英文）：The effects of changes in land resource use over the past 50-100 years were examined from the perspective of water, sediment, and forest regime changes, and the results showed that (1) the drivers of forestation (increase in forested areas) could be divided into four patterns: decrease in disturbed areas (water areas + bare land), decrease in grasslands, decrease in artificial areas, and decrease in complex land cover. We were also able to visualize the use of forest vegetation in the riparian area by hatchling aquatic insects in the horizontal and vertical directions, with many hatchling adults widely using the area up to 100 m in the horizontal direction and 5-10 m in the vertical direction. In addition, the effects of land use change on bird communities were estimated for the Ishikari Plain, and it was estimated that wetland, grassland, and forest bird species other than bare-land birds had greatly reduced their populations over the past 160 years.

研究分野：生態系管理学

キーワード：気候変動 樹林化 分断化 流木 河床低下

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本の流域生態系を構成する水(流況)、土砂(流砂)、森林の関係は、戦前から戦後にかけて大きく変化した。戦前の禿山に代表される資源のオーバークーズ時代には土砂は活発に生産され、流況の変動も大きかった。一方で戦後は、資源のアンダークーズとダム建設等により、森林の成長と拡大、流況の安定、流砂の減少、氾濫原の樹林化、流木災害が全国規模で起こっている。

### 2. 研究の目的

本研究は過去 50~100 年の国土資源利用変化と未来の気候変動の影響を、水と土砂と森林のレジーム変化の観点から検討し、1) レジーム変化に対する河川・氾濫原生態系の応答、2) 過去の低平地土地利用が鳥類群集に与えた影響、3) 気候変動とダムによる流況変化および分断化が魚類相に与える影響について明らかにする。最後に、構築されたモデルにもとづき、気候変動下における生態系の変化予測と新たな生態系管理手法を検討する。

### 3. 研究の方法

樹林化のメカニズムについて、流況変化、河床低下、氾濫原の土地利用の観点から明らかにする。抽出した複数河川に関し、国土交通省開発局から提供された 1960 年以降の流量データならびに 200m ピッチの河床横断測量結果、さらに河川水辺の国勢調査結果をもとに、砂礫堆の安定化と樹林侵入が、のどれによって発生したものを明らかにする。また、樹林化を防ぎ、希少河畔樹種の更新動態を維持するためのフラッシュ放流の効果について、河畔林動態モデルによって明らかにする。

北海道札内川において、2016 年の洪水に伴う河川地形および樹林被覆状態の変化、それに伴う河川および河畔の生物の個体数や群集構造を定量化する。水生昆虫羽化成虫による河畔域の森林植生利用に及ぼす影響をマレーゼトラップ調査により明らかにする。

夏季水温が冷水性魚類の遺伝子流動の方向性や強度に影響していることを踏まえ、遺伝子流動推定モデルを構築する。短期スケールの遺伝子流動を反映できるように拡張するとともに、流域地質の違いを考慮した水温推定モデルと統合することにより遺伝子流動の将来変化を予測する。

土地利用の変化が鳥類群集に与えた影響を北海道の石狩平野で推定する。各種資料から最近 160 年間の土地利用を再構築し、土地利用と鳥類各種の個体数の関係を統計モデルで記述し、過去の土地利用に当てはめて、その変化を推定する。

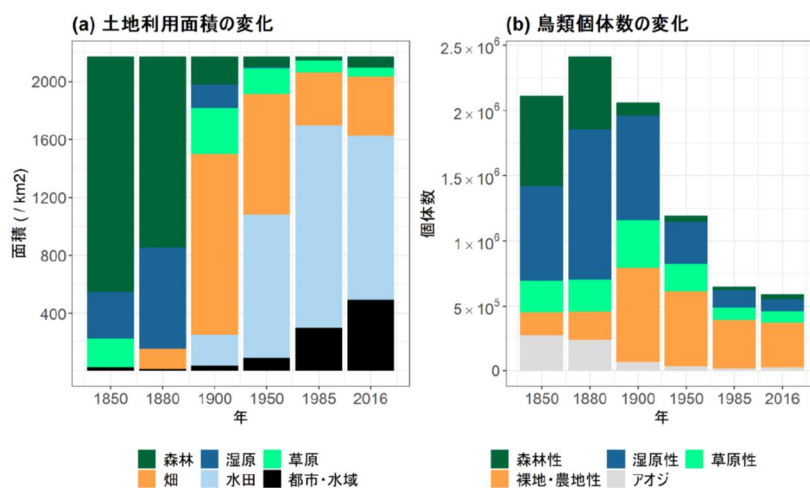
### 4. 研究成果

(1) 国土交通省が管理する 109 水系の管理区間を対象として樹林化の進行と河道内に形成された樹林地がどのような地帯から転換されているかを分析した。分析は「社会資本重点整備計画策定に向けた全国の河川の物理環境調査データ」に基づき行った。具体的には、1 km 毎の地帯状態を水面 + 裸地、草地、樹林地、人工地に分類し、期(1990~1995 年度)から期(2001 年~2005 年度)の 2 時期において 1) 河道面積が大きく変化せず、2) 樹林地が 5% 以上増加した区間を抽出した。次に、抽出区間の樹林地増分が水面 + 裸地、草地、人工地の何れかの減少に起因しているかを分析した。その結果、樹林化が進行した区間には、人工地の増大によって説明できる区間も多く、人為的な利用圧の低下(例、耕作放棄地)も樹林化に寄与していることが示唆された。そこで樹林化の要因(樹林地の増加)を、1) 攪乱域(水域 + 裸地)の減少、2) 草地の減少、3) 人工地の減少、4) 複合的な地帯の減少、の 4 つのパターンに区分した。ただし、2) は、1) もしくは 2) が生じた後の過渡的段階とも考えられ、草地の内容をより詳細をより分析する必要があった。要因 1) と 3) には地域性が見られ、要因 1) は関東、北陸、中部地方に多く、3) は北海道に多く見られた。この背景の分析には至らなかったが、要因 1) については河床低下に伴う河道での攪乱強度等の減少が、3) については、堤内地における河川周辺の農地の減少との関連性が想定され、今後、要因の背景分析を行うことが課題となった。

(2) 十勝川支流札内川では、ケショウヤナギの保全、ならびに樹林化した氾濫原に礫河原を再生するため、ケショウヤナギの種子散布時期に合わせて人工放流が実施されており、この事業にプロジェクトとして協力した。札内川ダムでは、ケショウヤナギの種子散布時期(6 月下旬から 7 月上旬)に合わせて、2012 年より毎年、最大放流量 120m<sup>3</sup>/秒に

匹敵するフラッシュ放流を実施している。この洪水前後の現地調査の結果、扇状地礫床河川で礫が動くための無次元掃流力  $\tau^* > 0.05$  の力が加われば河床変動が発生することが明らかになり、20年に1度発生する大規模洪水と融雪洪水を模倣したフラッシュ放流があれば、洪水攪乱想定範囲内で、ケショウヤナギを中心とした林分がシフティング・モザイク構造を形成し、さらにその年代分布が定常状態を仮定できる指数関数的な減少傾向をもつことが明らかになった。

- (3) 2016年の洪水に伴う河川地形および樹林被覆状態の変化、それに伴う河川および河畔の生物の個体数や群集構造を定量化した。洪水により樹林被覆は約20%減少したが、河川内の底生動物や砂礫堆地表性甲虫の個体数や群集構造は洪水前から大きな変化を示さなかった。一方、飛翔性ハチ目については、砂礫堆を好む種群の個体数は相対的に減少し、これは、洪水による物理的な生息場のかく乱が、生息適地の拡大の影響を上回ったためと考えられた。河川横断方向への飛翔距離や群集構造で評価した河畔域利用の程度は目レベルで明瞭に異なり、特に河床間隙域由来のカワゲラ目昆虫において森林植生の利用度が高かった。一方で、堤防の植生帯は、河川からの距離が水生昆虫の飛翔距離に対して十分に小さい場合に、森林植生と同程度に生息場として利用されていた。堤防を含む河畔域の植生帯が、水生昆虫の成虫期の生息場として重要であることが示唆された。
- (4) 空知川上流域の多地点で採捕したハナカジカの集団遺伝学的解析を行った。その結果、異なる水温間での局所適応の根拠となるパターンはみられなかった一方で、火山岩流域を主体とした低水温河川から高水温河川への非対称的な遺伝子流動が検出され、火山岩流域が流域内の個体供給源（ソース）となり流域全体の遺伝的多様性を維持している可能性が示された。次に、移動経路となる流路全体の環境要素が遺伝子流動に与える影響を明らかにするため、遺伝子流動の強度をモデル化する河川景観遺伝モデルを作成した。解析の結果、遺伝子流動は河川次数と水温（水温変動または夏季水温）の影響を強く受けており、水温の安定した火山岩流域は分散経路としても機能していることが示された。また、水文モデルから推定した21世紀末の予測水温（IPCC RCP8.5シナリオ下）を用いて遺伝子流動の将来変化を推定した結果、気候変動により本種の遺伝子流動は流域全体で大幅に減少すると予測された。
- (5) 農地への転換前には約200万個体の鳥類が石狩平野に生息していたものの、現在は約50万個体にまで減少したと推定された。すなわち農地への転換によって、鳥類個体数が過去166年間で70%以上減少したと推定された。個体数変化の程度は機能群によって異なり、森林・湿原性鳥類の個体数は90%程度減少したものの、裸地性鳥類の個体数は50%程度増加していた。北半球ではかつて広域で自然生態系から農地への転換が生じていたことから、湿原および森林性鳥類の劇的な減少が広い地域で生じていた可能性が示唆された（下図）。



1850年から2016年までの石狩平野の土地利用面積の変化(a)と、この期間における鳥類個体数の推定値(b)を表した図。面積及び個体数算出時には、勇払平野(苫小牧市東部・厚真町西部を中心とする地域)の値を含めませんでした。(a)は土地利用の種類ごと、(b)は鳥類が好む生息地タイプに基づいたグループ別(森林性鳥類、湿原性鳥類、草原性鳥類、裸地・農地性鳥類)に色分けしています。これらのグループは既往文献に基づいて定義しました。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakamura Futoshi, Watanabe Yasuharu, Negishi Junjiro, Akasaka Takumi, Yabuhara Yuki, Terui Akira, Yamanaka Satoshi, Konno Miwa	4. 巻 157
2. 論文標題 Restoration of the shifting mosaic of floodplain forests under a flow regime altered by a dam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 105974 ~ 105974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoleng.2020.105974	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Rahman Mirza A. T. M. Tanvir, Negishi Junjiro N., Akasaka Takumi, Nakamura Futoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Estimates of resource transfer via winged adult insects from the hyporheic zone in a gravel bed river	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 4656 ~ 4669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.7366	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitazawa Munehiro, Yamaura Yuichi, Kawamura Kazuhiro, Senzaki Masayuki, Yamanaka Satoshi, Hanioka Masashi, Nakamura Futoshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Conservation values of abandoned farmland for birds: a functional group approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biodiversity and Conservation	6. 最初と最後の頁 2017 ~ 2032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10531-021-02178-8	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakajima Souta, Sueyoshi Masanao, Hirota Shun K., Ishiyama Nobuo, Matsuo Ayumi, Suyama Yoshihisa, Nakamura Futoshi	4. 巻 127
2. 論文標題 A strategic sampling design revealed the local genetic structure of cold-water fluvial sculpin: a focus on groundwater-dependent water temperature heterogeneity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heredity	6. 最初と最後の頁 413 ~ 422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41437-021-00468-z	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitazawa Munehiro, Yamaura Yuichi, Senzaki Masayuki, Hanioka Masashi, Ohashi Haruka, Oguro Michio, Matsui Tetsuya, Nakamura Futoshi	4. 巻 289
2. 論文標題 Quantifying the impacts of 166 years of land cover change on lowland bird communities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rspb.2022.0338	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uchida Kei, Okazaki Azumi, Akasaka Takumi, Negishi Junjiro N., Nakamura Futoshi	4. 巻 317
2. 論文標題 Disturbance legacy of a 100-year flood event: large wood accelerates plant diversity resilience on gravel-bed rivers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Management	6. 最初と最後の頁 115467 ~ 115467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvman.2022.115467	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 応用生態工学会編	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技報堂出版	5. 総ページ数 216
3. 書名 河道内氾濫原の保全と再生	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	萱場 祐一  (Kayaba Yuichi)  (00355827)	国立研究開発法人土木研究所・土木研究所(つくば中央研究所)・研究グループ長   (82114)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山浦 悠一  (Yamaura Yuichi)  (20580947)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等   (82105)	
研究分担者	根岸 淳二郎  (Negishi Junjiro)  (90423029)	北海道大学・地球環境科学研究院・准教授   (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関