

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 14 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870208

研究課題名(和文) シカ食害による河畔林植生の衰退が溪流生魚類の餌資源利用様式に及ぼす影響

研究課題名(英文) Impacts of riparian plant degradation due to deer overbrowsing on food resources for stream fishes

研究代表者

境 優 (Sakai, Masaru)

東京農工大学・農学部・助教

研究者番号：10636343

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：日本のみならず世界的な問題となっているシカの過採食による植生の衰退が溪流生態系に及ぼす影響について調査研究を行った。シカ食害区と排除区における溪流内食物網構造を把握するために付着藻類、底生動物、魚類の採取・分析を行った。さらに、魚類の餌資源の質・量を溪流への落下物・流下物、魚類の胃内容を採取することで評価した。これらの調査結果より、餌資源供給の観点からシカによる河畔林植生衰退の影響が魚類へと波及する可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study evaluated impacts of deer overbrowsing on stream ecosystems through riparian forest degradations. Samples of periphyton, benthic invertebrates and fishes were collected for comparing stream food web structures between deer-excluded and control sites. Moreover, quality and quantity of food resources for fishes were evaluated based on falling and drifting materials and gut contents of fishes. These investigations suggest that impacts of deer overbrowsing can further propagate to fish communities through alterations of food resource flows within stream and riparian forest ecosystems.

研究分野：河川生態学

キーワード：シカ食害 河畔林 溪流 底生動物 魚類 餌資源

### 1. 研究開始当初の背景

近年、世界各国からシカ類の食害による下層植生の衰退が報告されている。日本国内でも 1980 年代頃より様々な地域においてシカ食害による植生の衰退が確認されるようになり、林床の裸地化などといった直接的な影響が数多く報告されるようになった。このような植生に対するシカ食害の直接的影響は、さらに(1)土砂流出、(2)植食性昆虫・訪花昆虫の減少などといった様々な間接的影響を招くことが明らかとなった。特に、(1)の間接的影響は土砂流入による河床構造の改変によって、溪流底生動物群集にも影響することが示されている(Sakai et al. 2012)。このことは、底生動物を餌資源として利用する魚類群集にもその影響が波及する可能性を示唆している。また、(2)の間接的影響は、河畔林を利用する動物が溪流に落下することで魚類に餌資源を提供していることから、落下動物の減少が魚類に影響する可能性を示している(図 1)。

このように、河畔林・溪流生態系のつながりは極めて密接であるため(Nakano & Murakami 2001)、片方が衰退すれば双方の生態系機能を損なう可能性が高いことが予想される。しかしながら、これまでシカ食害が魚類群集までを含んだ溪流生態系にどのような影響を及ぼすのかについては、知見が非常に限られているのが現状である。そこで、本研究では、付着藻類・デトリタス・底生動物・落下動物・魚類に関する研究調査をシカ食害区とシカ排除区を流れる溪流において実施し、土砂流出および落下昆虫を通してシカ食害が魚類群集にどのような影響を及ぼすのかについて明らかにする。

### 2. 研究の目的

近年、シカ食害によって劇的に森林の下層植生が衰退している。本来ならば夏期には河川源流域の溪流を覆うように繁茂する河畔植生も、シカ高密度地域においては壊滅状態に追いやられている。河畔植生は、林床を覆うことでリターや表土の流出を抑制したり、訪花昆虫・植食性昆虫類を溪流に供給したりすることで、森林生態系と溪流生態系とをつなぐ重要な役割を果たしている。特に前者は、溪流の一次生産性や底生動物群集に影響を及ぼすことがわかりつつある。そこで本研究では、河畔植生のもつこれらの機能がシカ食害を通じて低下すると、溪流生魚類の餌資源利用様式にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。

### 3. 研究の方法

京都大学芦生研究林の由良川源流域においてシカ食害区とシカ排除区の計 6 つの溪流に 50 m の調査区を設け、調査を実施する(図 2)。調査区内の河畔植生の林床被覆率と構成種、溪流の一次生産性と付着藻類量、瀬・淵における底生動物・デトリタスの現存量お

よび群集構造、落下動物の現存量と群集構造、魚類の胃内容の種組成と現存量を把握する。さらに採集する各有機物の炭素・窒素安定同位体比を求め、各コンパートメントの現存量と、安定同位体比分析の結果を統合することで、魚類までの食物網経路内の有機物移動量、経路の複雑性を評価し、魚類の餌資源利用様式に対するシカ食害の効果を検討する。以上より、シカ食害による河畔植生の衰退が、表土流出を通じた底生動物群集への影響、衰退に伴う溪流への落下動物の減少を通して、溪流生魚類の餌資源利用様式に及ぼす影響を明らかにする。

#### (1) 河畔植生の被度と群落構造

各調査区内の河畔植生において 1×1 m の方形区を無作為に 20 個設置し、植生被度と群落構造を把握するための目視調査を実施する。

#### (2) 一次生産性

まず、付着藻類現存量を把握するために、河床からはまり石を 5 つ採集し、上部一定面積からブラシを用いて付着藻類サンプルを採取する。次に、溪流の一次生産性を評価するために、各調査区に付着藻類を定着させるためのレンガを 5 枚ずつ河床の設置する。河床に設置したレンガは調査月毎に回収・設置を繰り返し、一定面積からレンガ表面の付着藻類をブラシでこすり取る。以上によって得られたサンプルを用いて研究室内でクロロフィル量を求め、調査月毎の付着藻類現存量、一次生産性を評価する。また、レンガ設置時には、レンガ上空の全天空写真を撮影し、画像解析によって光環境(相対光子束密度)の評価も実施する。

#### (3) 水生昆虫の現存量と群集構造

サーバーネット(25×25 cm)を用いて、各調査区の瀬・淵から 4 回ずつ底生動物の採取を行う。採取された底生動物は研究室で実体顕微鏡を用いて分類群の同定を行った後、バイオマスを測定する。また、コドラート内に堆積したデトリタス(FPOM・CPOM)の現存量も計量する。

#### (4) 落下動物の現存量と群集構造

各調査区の河畔に 4 個ずつパントラップ(90×60 cm)を一週間設置し、落下動物を採取する。採取された落下動物は研究室で分類群の同定を行った後、バイオマスを測定する。早朝と夕方の時間帯で 2 時間ほど溪流内に 3 個ずつドリフトネットも設置し、流下動物の採取も行う。その際には、ドリフトネットの流入口における水深と流速を 3 点測定することで通過水量を求め、流下動物の密度を求める。

#### (5) 魚類の胃内容

早朝と夕方に電気ショッカー法などで魚

類を捕獲し、胃内容を10%ホルマリンで固定し研究室に持ち帰る。ただし、サケ科魚類は、ストマックポンプによる胃内容吐き出しを行い、再放逐することでなるべく乱獲を避ける。研究室では魚類の胃内容を同定し、分類群組成とそれぞれの分類群のバイオマスを把握する。

(6)魚類を頂点とした食物網の解析

付着藻類、デトリタス(CPOM・FPOM)、底生動物、落下動物、魚類を各調査区から(1)~(5)の調査時に採取し、昆虫類と魚類は分類群ごとに分け、それぞれの炭素・窒素安定同位体比を分析する。(2)~(5)で得られた各コンパートメントの現存量と、安定同位体比分析の結果を統合し、魚類までの食物網経路内の有機物移動量、経路の複雑性を評価し、魚類の餌資源利用様式に対するシカ食害の効果を検討する。

<予想される結果>

シカ食害による河畔植生の衰退によって引き起こされる、河畔植生のもつリター・表土流出抑制機能や、溪流への落下動物供給機能の低下が、魚類の餌資源利用様式に及ぼす影響を明らかにする。具体的には、本研究で予想される結果として以下の5点が挙げられる。

結果(1) シカ食害による表土流出によって溪流の一次生産性が低下する。

結果(2) シカ食害によって河畔からのリターなどのデトリタス供給量が増加する。

結果(3) 結果(1)・(2)によってシカ食害下において底生動物群集はデトリタス食者に優占される。

結果(4) シカ食害による河畔林の衰退が溪流への落下動物量を減少させる。

結果(5) 結果(3)・(4)によって魚類の餌資源は、シカ食害によってデトリタス食者の底生動物に偏る。



図1 シカ食害が溪流生態系に及ぼす間接的影響の仮説。

4. 研究成果

シカ食害区とシカ排除区において一次生産性調査、河畔林植生調査、落下動物、底生動物群集の調査を行うとともに、魚類の胃内容を採取した。さらに炭素・窒素安定同位体比分析などに供するデトリタス(FPOM・CPOM)・付着藻類・水生昆虫・魚類サンプルを各調査河川から得た。いずれの調査も、積雪期を除く期間内に4回実施し、季節を網羅した形でサンプリングを行うことができた。得られたサンプルについては、各種分析手法に応じて冷凍保存、乾燥保存、エタノール保存、ホルマリン保存などの処置が完了しており、順次分析を進めている。炭素・窒素安定同位体比分析に必要な処理は既に完了しており、今後の分析によって成果発信が可能となる。また、魚類胃内容の同定結果の一部から、シカ食害区とシカ排除区における魚類の餌資源内容の違いを示す結果も得られており、本研究の仮説を支持する根拠が蓄積しつつある。以上のことから、今後の分析が完了し次第、仮説に則ったシカ食害が魚類に及ぼす影響を示す成果が発信されることが期待できる。

また、本研究では、シカ食害による河畔植生の衰退が土壌侵食を招くことで、溪流への土砂流出が特に1次谷で河床細粒化を招いていることを明らかにした。一方で、2次谷では、河川流量の増加によって盛んに細粒土砂が下流へと運搬されるため、シカ食害に起因する河床細粒化が見られないことが分かった。その結果、溪流内の底生動物群集についても、1次谷でシカ食害区とシカ排除区とで構造の違いが観察されたのに対して、2次谷では違いが見られないことが判明した。具体的に1次谷では、細粒土砂に潜って生活している掘潜型の底生動物がシカ食害区の群集を特徴づけている一方で、礫に付着して生活する固着型の底生動物は、シカ食害区よりもシカ排除区で多いことが明らかとなった。これらの成果は、既に、発表論文として公表されている(Sakai et al. 2013)。このように、シカ食害による土砂流入が底生動物に及ぼす影響は、河川地形学的な環境特性に依存しており、本研究が仮説立てている魚類への影響についても河川地形学的側面からアプローチする評価が重要であることが考えられた。このようなアプローチを実践することは、シカ食害が魚類の餌資源利用に特に強く影響を及ぼし得る河川環境を特定することにつ



図2 シカ排除区とシカ食害区における溪流の様子。

ながるため、空間的なシカ食害の影響評価へと研究を展開することが可能になる。空間的影響評価に基づいて、劣化する可能性が高い生息地を特定することができれば、管理すべき生息地を抽出するなど、生態系管理上重要な知見をもたらすことが将来的に可能となるかもしれない。

本研究で得られた一連の知見に基づいて総説も1件発表することができた(境 2013)。当該論文では、本研究の重要なコンセプトである、シカ食害が及ぼす土砂流出と落下動物への影響が魚類を含めた溪流生態系に波及するプロセスについて詳細に説明した。それらの説明の中では、シカ食害のみならず、先行研究が示してきた森林生態系と溪流生態系の相互作用に関する一般的な知見も盛り込み、解説している。特に、土砂流出に関連した溪流生態系への影響波及については、生態学的調査のみならず、水文学・河川地形学的手法も組み合わせた学際的評価の必要性があることも提示している。これにより、シカ食害だけに留まらない森林・溪流生態系で生じる影響波及プロセスを解説・発信することができた。また、本研究に関連する成果発表会を、本研究調査地である京都大学芦生研究林の施設を活用して2014年9月に開催した。本発表会では、若手研究者、研究林職員、現地ガイドなどから約20名の参加があり、現地におけるシカ問題と溪流生態系との関係を発信するとともに、活発な意見交換を行うことができた。尚、本成果発表会をきっかけに、研究者だけに限定されない異分野間交流の重要性が参加者間で認識され、本発表会を踏襲する形で今後も継続することが決定された。

#### <引用文献>

- Nakano, S. & Murakami, M. Reciprocal subsidies: dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 2001, 166-170
- Sakai, M, Natuhara, Y, Imanishi, A, Imai, K, Kato, M. Indirect effects of excessive deer browsing through understory vegetation on stream insect assemblages. *Population Ecology*, 54, 2012, 65-74
- Sakai, M, Natuhara, Y, Fukushima, K, Naito, R, Miyashita, H, Kato, M. Responses of macroinvertebrate communities to 4 years of deer exclusion in first- and second-order streams. *Freshwater Science*, 32, 2013, 563-575
- 境 優、シカの過採食による森林と溪流生態系の相互作用の変化、日本緑化学会誌、査読有、39、2013、248-255

#### 5. 主な発表論文等

#### 〔雑誌論文〕(計2件)

Masaru Sakai, Yoshihiro Natuhara, Keitaro Fukushima, Risa Naito, Hideaki Miyashita, Makoto Kato, Takashi Gomi, Responses of macroinvertebrate communities to 4 years of deer exclusion in first- and second-order streams. *Freshwater Science*, 査読有, 32, 2013, 563-575

境 優、シカの過採食による森林と溪流生態系の相互作用の変化、日本緑化学会誌、査読有、39、2013、248-255

#### 〔学会発表〕(計1件)

福島慶太郎・境 優・阪口翔太・岩井有加・坂井百々子・長谷川敦史・西岡裕平・藤井弘明・徳地直子・吉岡崇仁・高柳敦、シカによる下層植生の過剰採食が森林生態系の窒素保持及び流出に与える影響、日本地球惑星科学連合大会、2013年5月、幕張メッセ国際会議場(千葉県・千葉市)

#### 〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/masarusakai11/>

<http://www.forestbiology.kais.kyoto-u.ac.jp/abc/>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

境 優 (SAKAI, Masaru)

東京農工大学・農学部・助教

研究者番号：10636343