

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：32658

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H06011・19K21151

研究課題名（和文）林間放牧による森林生態系および流域の水環境への影響 林間放牧と生態系サービス

研究課題名（英文）Impact of forest grazing for forest ecosystem and water environment

研究代表者

山崎 由理（YAMAZAKI, Yuri）

東京農業大学・地域環境科学部・助教

研究者番号：00826696

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：北海道様似郡様似町を流下する様似川本川および支川で採水および流量観測を実施した。放牧地に位置する支川では、本川と比較すると窒素濃度の上昇がみられた。放牧地内を流下する支川の窒素濃度は上昇傾向にあるものの、放牧地より下流に位置する本川は低濃度であり、林間放牧による様似川本川への影響はそれほど大きくはないことが明らかとなった。つぎに、林間放牧地内に14台のセンサーカメラを設置し、放牧牛の行動を調査した。放牧地が開放される4月～10月の間、放牧牛は1か月程度で放牧地間の移動を繰り返しており、家畜糞尿の過度な蓄積を防ぎ放牧地内での窒素循環を促している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林を使用して家畜を放牧する林間放牧は環境保全型農業として注目されている一方、林間放牧による環境への影響に関する報告は少ない。本研究では、林間放牧がおこなわれている地域において河川の水質調査を行い、放牧地付近では河川水中の窒素濃度がわずかに上昇傾向にあった。しかし、放牧牛は一定期間で林間放牧地内の移動を繰り返すことで、放牧地への家畜糞尿の過剰な蓄積や流出を抑制している可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：Water sampling and discharge measurements were carried out at the main river and the tributaries of the Samani River, which flows down the Samani Town, Hokkaido. In the tributaries located on the forest grazing area, the nitrogen concentration was higher than that in the main river. However, the main river located downstream of the pasture kept a low concentration, and it is clear that the effect of forest grazing on the Samani main river is not so large. 14 sensor cameras were installed in the forest grazing area to investigate the behavior of the grazing cattle. From April to October, when the grazing land was opened, grazing cattle repeatedly moved between the grazing areas within about one month. This suggests that this may prevent excessive accumulation of livestock excreta, and promote the nitrogen cycle in the pasture.

研究分野：農業土木

キーワード：林間放牧 河川水質 環境保全型農業 窒素循環

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

## 1. 研究開始当初の背景

農業地域では化学肥料や堆肥の流出による水系の窒素汚染が国際的に問題視されている。SWAT や HSPF などの分布型流出モデルを利用した流域の窒素動態および窒素流出量の推定は、窒素汚染対策などのシナリオ解析において効果的である一方、流域内の湿地や河畔林、貯水池における窒素浄化や脱窒が十分に表現できていないという問題点が指摘されてきた。

このような流域内での窒素浄化・除去機能は、生態系サービスのうち調整サービスに含まれる。また近年の動向として、環境保全型農業への取り組みが増加していくことが期待されている。環境保全型農業は流域内で新たな物質循環を構築し、生態系サービスとしての機能を担うことが予想される。つまり、流域の窒素循環に大きな影響を与える窒素除去機能については、自然環境のみならず環境保全型農業によって新たに構築された生態系サービスの機能を明らかにし、そのメカニズムを窒素流出モデルに組み込む必要がある。

ここで、環境保全型農業のひとつとして「林間放牧」が見直され始めている。国土の7割以上が森林である日本では、豊富な林床植物の飼料としての利用や下刈り効果、食糧自給率の向上などの点から育林作業の省力化と低コスト肉牛生産を結合させた林間放牧が古くから行われてきた。これまで、畜産サイドおよび林業サイドからの林間放牧によるメリット・デメリットが多く議論されてきており、近年はアニマルウェルフェアの観点からも評価されている。家畜放牧による環境への影響評価に関する事例は少ないものの、樹種の侵入が問題視されていた半自然草地において放牧頭数や放牧期間の調整が自然草地の草地性生物相の再生に有効であることが報告されるなど、自然生態系の保全管理方法のひとつとして家畜放牧への期待が高まりつつある。林間放牧が展開される森林生態系では、森林施業、食植生昆虫やシカによる植生の衰退、窒素飽和などの様々な攪乱による影響が懸念されている。森林に攪乱が加わると硝酸態窒素が流出することが広く知られているが、森林の下流域では農地や市街地から高濃度の窒素が排出されるため、それらを希釈する役割をもつ森林の渓流水中の硝酸態窒素濃度は環境基準値の 1.0 mg/L を大きく下回ることが望ましい。すなわち、渓流の水質形成を含む森林生態系機能の保全と流域管理を一体として考える必要があるが、林間放牧が森林生態系に及ぼす影響や、森林生態系の保全による窒素流出抑制などの生態系サービスとしての機能を有するかという観点からの研究事例はほとんどみられない。

## 2. 研究の目的

この研究では、林間放牧による森林生態系への影響および下流域の水環境への寄与を河川水質から評価する。また、放牧家畜の行動観察としてセンサーカメラの適用を試みた。センサーカメラは野生動物の観測などに多く利用されており、非接触型であるため対象動物への負担が少なく、24 時間の観測が可能であるが、放牧地への使用事例は少ない。ここでは、通年林間放牧を対象に、放牧地内に設置したセンサーカメラによる放牧牛の移動経路や行動パターンの観測を行った。

ここで、林間放牧では森林生態系への負の影響と正の影響が予想される。まず、シカによる森林被害と類似した負の影響が想定される。例えば、放牧牛による採食圧の高まりに伴う林床植物の裸地化や嗜好性種の継続的な採食による植生の衰退は生物多様性の損失を引き起こし、植生および土壌の養分保持能力が劣化することで硝酸態窒素などの養分物質の流出増加を招くことが考えられる。また、踏圧による土壌の圧密化、浸透性の低下に伴う土壌流亡や河畔林への被害による緩衝域の消失は、渓流への土壌および糞尿の直接的な流出を引き起こし、渓流水質や底質、水生生物への影響が懸念される。

一方、林間放牧によってシカなどの野生動物の過剰な侵入を防止できる可能性も考えられる。この場合は、上記の負の影響を緩和するだけでなく、放牧牛の採食が森林生態系にとって適度な下刈りや間伐の機能を果たし、ふん尿による土壌への窒素供給が育林および天然更新の促進につながることを期待される。適度な攪乱は森林の生物多様性を高く維持する重要な過程であることが指摘されており、適正な林間放牧は森林が有する生態系サービスをサポート・促進する働きをもつ可能性も考えられる。

## 3. 研究の方法

本研究の調査対象地は、北海道様似郡様似町の様似川上流に位置する肉牛の林間放牧地（K 牧場）を含めた様似川流域である（図 1）。調査流域の流域面積は 81.5km<sup>2</sup> であり、土地利用は森林が 88.4%、草地が 5%、放牧地が 3.6% である。採水地点は様似川の本川 9 地点および支川 5 地点である。また、牧場の圃場面積は 100ha であり、肉牛は圃場内全域を自由に行動している。この牧場で飼養されている肉牛の品種はアバディーン・アングスであり、2019 年 6 月時点で 82 頭飼養している。なお、K 牧場では放牧地および放牧地内に点在する林と山裾の森林を利用しており、肉用牛は放牧地内と林間内を自由に移動できる。また、冬期間（11 月中旬～3 月下旬）を除いて昼夜放牧を行っており、放牧期間中の給餌は行われていない。

河川水の採水は 2019 年 5 月～10 月までの月 1 回とし、降雨による流量変動の影響を受けない平水時に実施した。水質測定項目は、主要イオンであるナトリウムイオン（Na<sup>+</sup>）、アンモニウムイオン（NH<sub>4</sub><sup>+</sup>）、カリウムイオン（K<sup>+</sup>）、マグネシウムイオン（Mg<sup>2+</sup>）、カルシウムイオン（Ca<sup>2+</sup>）の陽イオン 5 種類および、フッ素イオン（F<sup>-</sup>）、塩化物イオン（Cl<sup>-</sup>）、亜硝酸イオン（NO<sub>2</sub><sup>-</sup>）、臭素イオン（Br<sup>-</sup>）、硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）、リン酸イオン（PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）、硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）の陰イオン 7



図1 調査地の位置図・流域界・土地利用図

種類を含めた各種イオン 12 項目と、全窒素 (T-N) である。主要イオンはイオンクロマトグラフィ (Chromeleon7.2, ダイオテック東京株式会社) を使用した。T-N はアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解法の後、紫外線分光光度計により測定した (JIS K 0102)。

K 牧場の放牧地は、林や道路、河川などで複数に分かれており、そのうち大きな面積の放牧地が北側と南側に離れて位置している。また、北側と南側の放牧地間の移動には、河畔林および河川沿いの小規模な放牧地が利用されている。この研究では、北側、南側および河川近辺において牛が通過もしくは滞在しやすい地点を選別し、15 台の赤外線センサーカメラ (Ltl Acorn) を設置した。センサーカメラは肉眼では見えない LED 赤外線ライトを照射するため、夜間の撮影も可能である。なお、調査期間は 2019 年 3 月 23 日～2019 年 11 月 9 日である。

#### 4. 研究成果

##### (1) 様似川本川の河川水質

まず、河川水中の T-N 濃度は本川の上流から下流にかけて上昇傾向がみられた。様似川最上流の森林流域の河川水中の T-N 濃度は 0.16 mg/L (平均値) と低濃度であり、放牧地内に位置する本川の 2 地点でも 0.15～0.20 mg/L (平均値) と低濃度を維持していた。一方、放牧地に位置する支川の 4 地点では、0.14～0.50 mg/L を示し、本川と比較すると窒素濃度の上昇がみられた。支川のうち 2 地点は、冬期間の給餌のために放牧牛を集めるパドックがあり、家畜糞尿が蓄積されやすいため、河川への影響がみられたと推測された。また、林間放牧地の最下流部に位置する支川の 1 地点では、様似川本川・支川の他の採水地点では観測されなかった  $\text{NH}_4\text{-N}$  が微量に観測され、放牧により河川水質が変化したことが考えられた。このように、放牧地内を流下する支川の窒素濃度は上昇傾向にあるものの、放牧地より下流側に位置する本川の採水地点では、0.16～0.31 mg/L と比較的低濃度であり、様似川水系全体への影響は小さいといえる。

つぎに、河川水中のイオン濃度は、森林域と放牧地内の本川 2 地点ではほとんど違いがみられなかった (図 2)。一方、放牧地内の支川では総イオン濃度がほかの採水地点よりも高い傾向にあり、とくに  $\text{NO}_3^-$  濃度の上昇がみられた。しかし、各イオン成分の構成比は地点間での差が小さく、放牧地における水質成分の大きな変化はみられなかった。

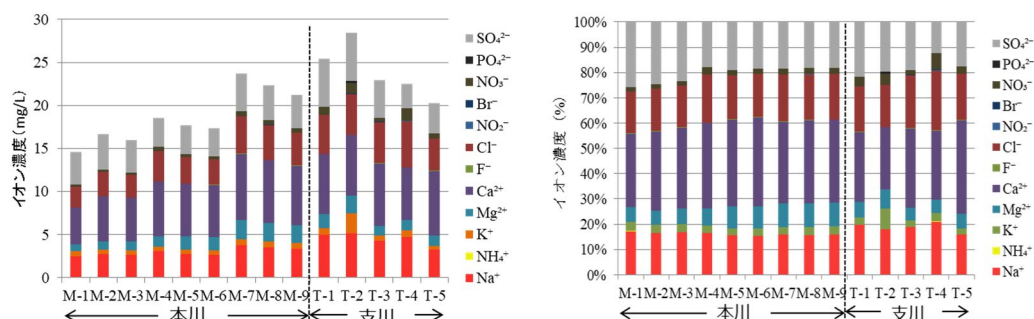


図2 河川水中のイオン濃度

## (2) 林間放牧牛の行動調査

K 牧場に設置した 15 台のセンサーカメラにおいて、調査期間中に放牧牛を撮影した合計枚数は 6,836 枚であった。ただし、複数台のカメラでカメラや SD カードの不備、破損等により欠測が生じていた。また、林間や放牧地など設置場所の条件によってすぐに通過してしまう地点と長時間滞在する地点が混在していた。ここでは、地点ごとの撮影状況を比較するために 1 時間以内の撮影枚数を 1 枚に換算し、1 時間ごとの撮影枚数で解析を行った。

まず、調査期間中のカメラごとの合計撮影枚数は、北側に設置したカメラ (nos.11-15) で多く、南側や河川は少なかった。現地調査および牧場の聞き取り調査から、調査期間中は北側の放牧地および林間での滞在時間が南側と比べて長い。しかし、南側は面積に対してカメラの設置台数が少ないことや、センサーカメラに放牧牛が近づかなかったため、北側と比較して撮影枚数が少なくなったと考えられる。一方、河川付近のカメラは欠測なども少なく、放牧牛が南北の放牧地間を移動する様子が撮影されていたが、調査期間中の一部のみしか撮影されていなかったことから、カメラ設置付近以外の移動経路を放牧牛が通過している可能性が考えられた。

そこで、センサーカメラを南側 (nos.1-5)、河川付近 (nos.6-10) および北側 (nos.11-15) の 3 つにグループ分けし、3 地点の撮影枚数を比較した (図 3)。4 月中旬頃からウシが放牧地に出始め、6 月下旬までは北側および南側の両方で撮影されていた。また、河川付近でも確認されていることから 4 月～6 月は放牧牛のほとんどが北側に滞在していたが、南側に移動した群れがいることがわかった。7 月～10 月初旬までは、1 か月程度の期間で北側と南側に移動を繰り返しており放牧地内を短期間で移動するのではなく、一定期間滞在していることがわかった。また、10 月下旬以降は河川付近での撮影が増加しているが、撮影された写真を確認すると、短期間に河川付近を通過して北側と南側を行き来していた。これは、冬季前の放牧管理としてウシを北側に誘導していたが、中間地点の河川付近の放牧地で滞在することは少なく、南側の放牧地に戻ってくる群れが多かったことを示唆している。

図 4 に林間および放牧地における時間別の合計撮影枚数を示す。林間および放牧地において撮影された時間はおおむね 4 時～19 時であった。夜間でも野生動物などは撮影されていることから、夜間は放牧牛の行動がほとんどなかったことが推測される。このとき、林間では、午前中よりも午後の撮影枚数が多く、反対に、放牧地では午後の撮影枚数の方が多いことから、林間と放牧地では利用目的が異なる可能性が考えられた。

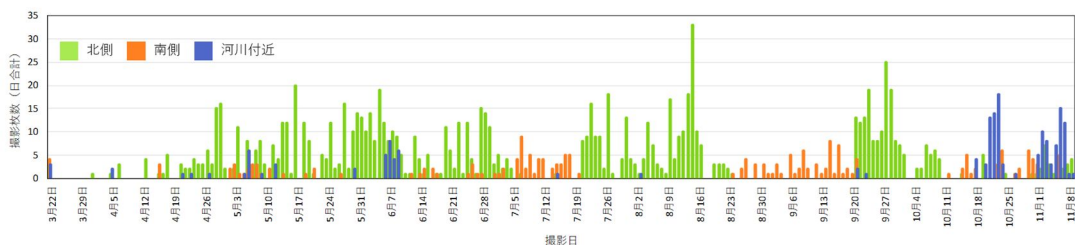


図 3 北側・南側・河川付近の日合計撮影枚数

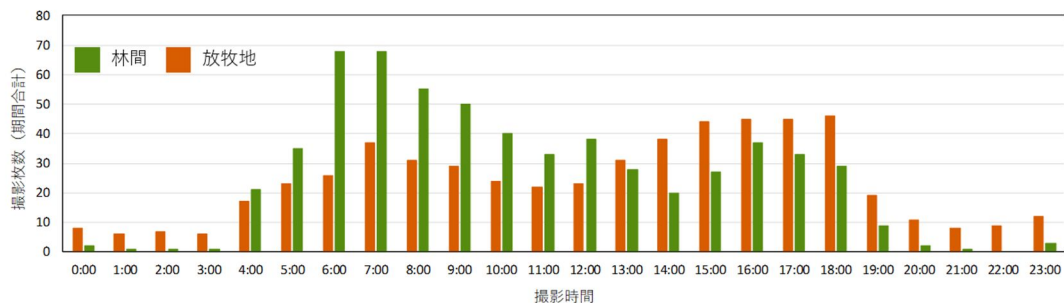


図 4 林間および放牧地の時間別合計撮影枚数

## (3) 考察

河川水質調査および放牧牛の行動調査から、林間放牧による河川環境への影響を考察した。まず、河川水中の T-N 濃度および主要イオン濃度は、放牧地内においてわずかに上昇傾向がみられた。これは、森林生態系内において放牧牛が行動することで、家畜排泄物由来の窒素成分が供給されたことによるものと考えられる。しかし、既存の研究においても家畜の放牧による河川水質悪化が報告されているが、それらと比較して、K 牧場内の河川水中の窒素濃度は低い。放牧地における河川水質は飼養頭数密度との正の相関が報告されており、K 牧場では 0.82 頭/ha と飼養頭数密度が低いために河川への影響が小さいことが推測された。さらに、放牧牛の行動調査が

ら放牧牛は林間と放牧地を使い分けていることや、一定期間での移動を繰り返していることが明らかとなった。つまり、飼養頭数密度の低さだけでなく、一定期間で放牧牛が放牧地内を移動することにより、放牧地や林間への家畜排せつ物の過剰な蓄積が抑制されることで、河川への影響も最小限に抑えられている可能性が示唆された。

#### (4) まとめ

本研究より、北海道様似郡様似町の K 牧場における林間放牧では河川水質への影響が小さいことが明らかとなった。また、放牧牛の行動調査へのセンサーカメラの利用を試行し、林間放牧地における移動パターンや、林間の利用状況などを調査することができた。これまで、放牧地における河川水質への影響は、家畜飼養密度の観点から検討されることが多かったが、行動調査を組み合わせることによって、放牧家畜の行動パターンも河川水質に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、センサーカメラには K 牧場の放牧地を利用しているシカなどの野生動物も撮影されており、放牧牛だけでなく、野生動物の行動調査も可能である。今後は、林間放牧による生態系サービスの観点から、放牧地の土壌や森林への影響についても調査を進めていく必要がある。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Yuri Yamazaki	4. 巻 3
2. 論文標題 Effects of interforest grazing on forest ecosystem and water environment of basin-Interforest grazing and ecosystem service	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 36-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.21820/23987073.2020.3.36">https://doi.org/10.21820/23987073.2020.3.36</a>	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小泉綾香，山崎由理，岡澤宏
2. 発表標題 北海道日高地域における農業的土地利用が河川水質形成に及ぼす影響
3. 学会等名 水環境学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎由理
2. 発表標題 センサーカメラを用いた通年林間放牧における放牧牛の行動調査
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----