

# 人工林は天然生林に劣るのか？

## —白神山地の動物相に着目して—

津軽森林管理署	発表者	森林官	安藤 宏明
	発表者・チームリーダー	主事	猪股 龍希
	チーム員	森林整備官	伊藤 春菜
		主事	永井 あおい
	アドバイザー	総括森林管理官	坂本 誠

### 1 はじめに

令和7年度もクマの出没が相次いだ年となりましたが、近年市街地で相次ぐクマの出没が社会問題となっています。過去にはその原因について、戦後の拡大造林政策によってクマのエサとすみかが失われたことが原因ではないかという内容の質問主意書（第177回常会（衆議院）平成23年1月27日提出 質問第一八号 クマの大量出没に関する質問主意書）が国会に提出されたこともあります。しかしながら、クマの生息数は多くの都道府県で近年増加傾向（環境省, 2024）とされており、実際市街地に出没するクマが増えていることから、本当に人工林にはエサが無く、すみかとならないのか、という点で疑問が残ります。

クマに限らず、人工林の生態系に関する先行研究例は様々知られており、人工林でも造林後年数を経るにしたがい広葉樹が侵入し植物種の多様性が高くなる（長池, 2000; 五十嵐ら, 2014）ことが知られているほか、またそのような植物種の多様性に富んだ林分では鳥類の多様性も高い（由井・鈴木, 1987; Ohno and Ishida, 1997）ことがわかっています。これらの先行研究の内容を踏まえると、人工林であることがすなわち生物多様性が低いことを意味している、とは限らないと考えられます。しかしながら、人工林に生息する哺乳類種の個体数や多様性に着目し評価した研究は乏しい（林・井上, 2014）ことから、森林生態系における生物多様性の保全の推進につながるよう、主に哺乳類種の個体数や多様性に関する調査を実施し、その結果について人工林と天然生林とで比較しました。

### 2 研究方法

今回の研究目的は人工林と天然生林の生態系、主に哺乳類の個体数や多様性にどれほどの差異があるのか明らかにすることです。この生態系の差異について検証するために個体数と多様性の観点から調査を実施し、その調査結果に基づいて統計解析を行い総合的に評価しました。研究の流れは、図1の通りです。

【研究の流れ】



図 1 : 研究の流れ

(1) 調査方法

本研究では「保護林・緑の回廊のモニタリング調査 手法・野帳様式集」に準拠した設置方法のもと、センサーカメラ（使用機種：TREL18J-D、1か月毎に電池とSDカードを交換）を人工林8か所・天然生林2か所の計10か所に5月～9月にかけて設置しました。1回30秒の動画をインターバル無で撮影し、撮影された動物種、個体数、出現日時、滞在時間を記録しました。

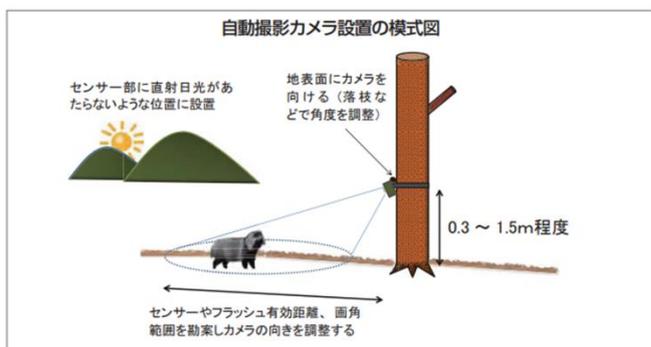


図 2 (左) : 自動撮影カメラ設置の模式図

(引用元：保護林・緑の回廊のモニタリング調査 手法・野帳様式集)

図 3 (右) : 実際の自動撮影カメラ設置例

次に調査場所についてですが、当署管内の森林の特徴として、世界遺産である白神山地が所在し、白神八甲田緑の回廊で接続された連続性のある森林が広がるほか、人工林も多く分布していることが挙げられます。

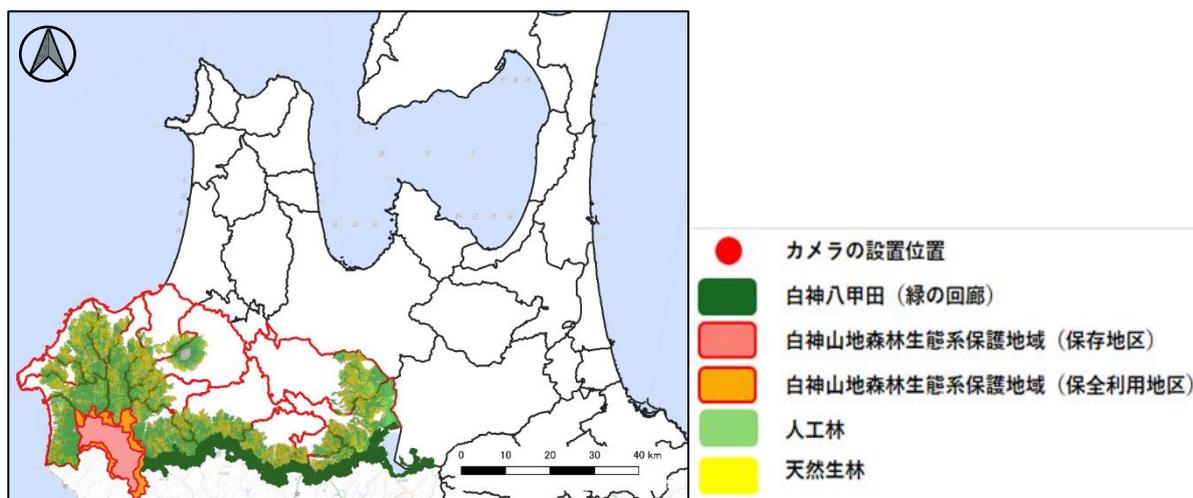


図 4 : 津軽森林管理署管内の人工林・天然生林分布図

まず人工林における調査を行った具体的な箇所についてですが、人工林の施業の段階が異なる地拵・植付箇所、除伐箇所、列状間伐箇所に加えて 60 年生のスギ人工林にそれぞれ 2 か所ずつカメラを設置しました。

- ・地拵・植付 (R7 実施) : 401 へ 3 林小班
- ・除伐 (R6 実施) : 391 へ 林小班
- ・列状間伐 (R5 実施) : 331 ろ 林小班
- ・スギ造林地 (60 年生・H20 間伐実施) : 392 は 4 林小班

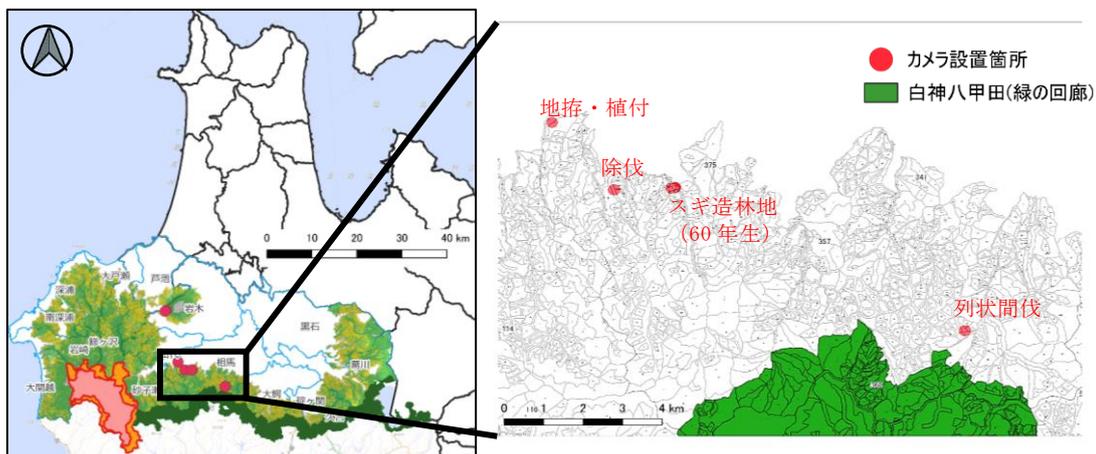


図 5：人工林におけるカメラ設置場所位置図

次に天然生林における調査箇所ですが、こちらは岩木山中腹のブナが優占する林班内に 2 か所カメラを設置しました。

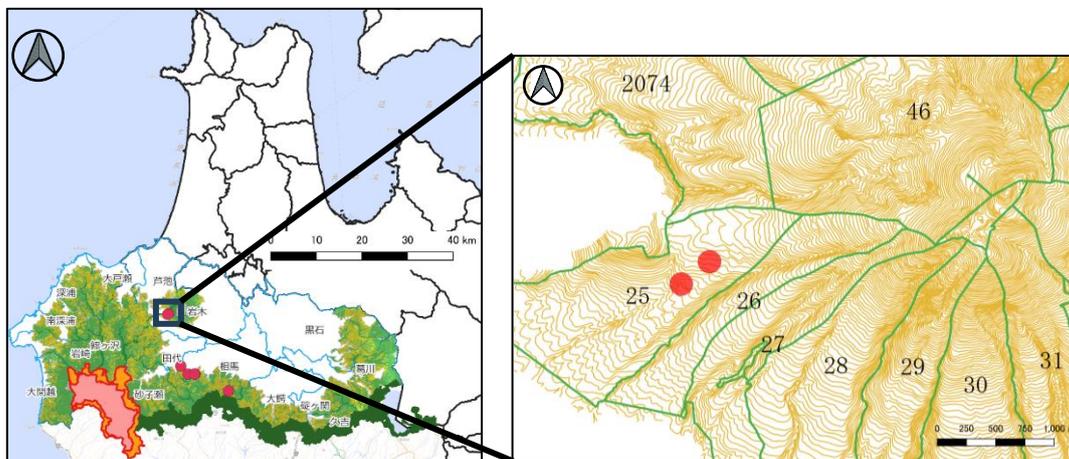


図 6：天然生林におけるカメラ設置場所位置図

## (2) 解析方法

まず、個体数の観点からの解析方法については 2 種類の評価を行いました。1 つめは撮影頻度指数 (以下 RAI: Relative Abundance Index (O'Brien et al., 2003)) で、1 日当たりに撮影される各動物種の個体数の期待値です。なお、個体識別が困難な同一種が 30 分以内に連続して撮影されていた場合には、一連の行動による撮影と判断して集計から除外しました。また、撮影画像 1 枚あたりの撮影個体数が複数のものが含まれる場合には、撮影個体数が最大のものを採用しました。その後、調査地点別に

各動物種の RAI を以下の式で算出しました。

$$RAI = \text{総撮影個体数} / (\text{カメラ稼働台} \cdot \text{日数})$$

2 つめは REST モデル (Nakashima et al., 2018) に基づく推定生息密度で、REST モデルは地上で活動する動物であるという条件において用いるものであるため、今回は地面に潜らない、木に登らない、飛ばない動物である有蹄類を対象にしました。これは先行研究 (Sollmann et al., 2013) において、RAI は正しい個体数密度の推定が出来るとは限らないとされていることから、有蹄類に限っては REST モデルにより、より正確な個体数密度の推定を行うこととしたものです。有蹄類以外の哺乳類や鳥類に関しては RAI により算出した撮影頻度指数から大まかな個体数密度の傾向をつかむ形となっています。

なお、REST モデルの実行に当たっては、センサーカメラの設置時に面積既知 (1 辺 190cm、1.56m<sup>2</sup>) の正三角形の枠を設置して 1 枚写真を撮影しておく、という下準備を行いました。その正三角形の枠はカメラの設置現場を離れる際に撤去してしまうので、写真で撮影しておいた正三角形の枠をモニター上で ScreenMarker (BeamYour-ScreenGumH) を用いてなぞり、その枠線を表示したまま動画を再生することによって、枠内に動物が滞在していた時間を 0.01 秒単位で計測しました。動物の密度が D、カメラ 1 台の撮影面積が s の場合、ある瞬間において、あるカメラの検出エリア内にいる動物の頭数の期待値は D×s となります。調査時間 H とすると、動物が撮影範囲内にいる時間 (累積滞在時間) の期待値は D×s×H と表現できます。一方で、実際に計測した動物の平均滞在時間を E(T)、カメラの平均撮影枚数を E(Y) とすると、累積滞在時間の期待値は E(T)×E(Y) となります。すなわち、DsH=E(Y)E(T) が成り立ちます。整理すると、D=E(Y)×E(T)/s×H となり、動物の密度は、単位時間当たりの平均的な撮影頻度に単位面積当たりの平均滞在時間をかけたものとなります。

$$D[\text{個体}/\text{km}^2] = (E(Y) [\text{個体}]/H[\text{日}] \times 24 \times 60 \times 60) \times (E(T) [\text{s}]/s[\text{m}^2]) \times 1000 \times 1000$$

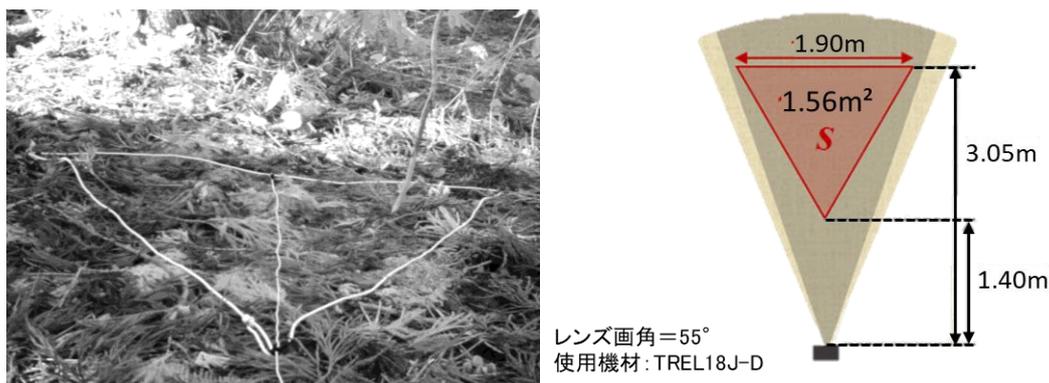


図 7 (左) : 自動撮影カメラ設置の際の正三角形枠の設置例

図 8 (右) : 正三角形枠の設置模式図

(保護林・緑の回廊のモニタリング調査 手法・野帳様式集から引用し一部改変)

なお、この手法を用いる条件 (仮定) として、

- ①動物の分布に対してカメラの配置がランダムであること
- ②撮影範囲内に進入した動物をすべて撮影できていること

③調査期間内の生息密度は変化しないこと  
 ④カメラが動物の行動に影響を与えないこと  
 ⑤対象種の(地上における)活動時間の割合が定義可能であること  
 が挙げられます。条件(仮定)⑤の地上における活動時間の割合を定義するためには、センサーカメラの撮影データの解析の結果、活動がピークに達する時間帯に全ての個体が地上で活動していると仮定できることが望ましく、有蹄類のような木に登らない地上性哺乳類に REST モデルを適用することとしました。



図 9 : REST モデルの適用条件

(引用元：独立行政法人 環境再生保全機構 環境研究総合推進費 4-1704 異質環境下におけるシカ・イノシシの個体数推定モデルと持続可能な管理システムの開発 成果報告集 p. 2)

次に、多様性の観点からの解析方法については 1 種類で、多様度指数 (Shannon-Wiener 指数) を算出しました。これは出現した動物種の多様度を解析し比較するもので、撮影された動物種と個体数を全てカウントし、以下の式により多様度指数を算出しました。

$$H' = \sum_{i=1}^s pi \ln pi$$

- ・ H' は Shannon-Wiener 指数
- ・ S は群集内の種数
- ・ pi は群集内の全種の個体数に占める種 i の個体数の割合

これら 3 つの指数等について Mann-Whitney の U 検定を行い有意差があるかどうか確認しました。

### 3 結果

今回の調査でセンサーカメラを設置した 10 か所のうち、データが収集できたのは人工林 7 か所、天然生林 2 か所の計 9 か所でした。

この計 9 か所の撮影結果に、津軽白神森林生態系保全センターが令和 6 年度に実施したセンサーカメラの調査結果のデータの中から人工林 4 か所、天然生林 1 か所のデータを加え、図 10 で示す計 14 か所のデータを用いて解析を行いました。

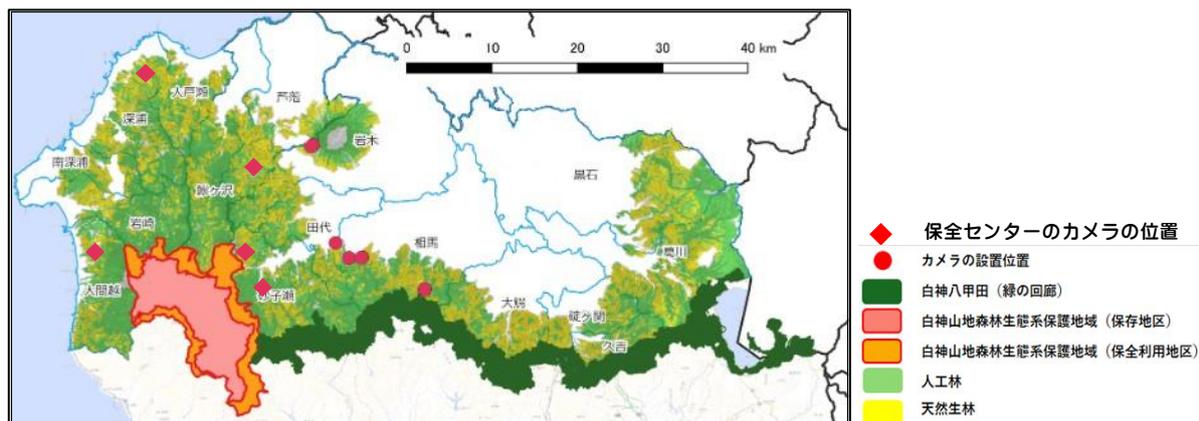


図 10：襲用したセンサーカメラの設置場所位置図

(1) RAI の算出・比較結果

人工林と天然生林両方で出現し、かつデータ数を確保して統計解析の精度を保つという観点から 5 か所以上の地点で撮影された動物種に絞り解析を行いました。具体的にはネズミ類、ニホンカモシカ、ニホンジカ、ニホンザル、ホンドタヌキといった哺乳類 5 種で、鳥類は該当種がいませんでした。

上記 5 種それぞれの RAI を人工林と天然生林とで比較したところ、有意差は認められませんでした ( $p > 0.05$ ) が、ネズミ類以外は概ね人工林の方が RAI が高い傾向がありました。ネズミ類の RAI の箱ひげ図を以下に示しますが、ネズミ類のみ天然生林の出没が多い傾向となったのは昨年度豊作だったブナの実を食料として利用するネズミ類の個体数が増えたことを反映しているのではないかと考えられます。

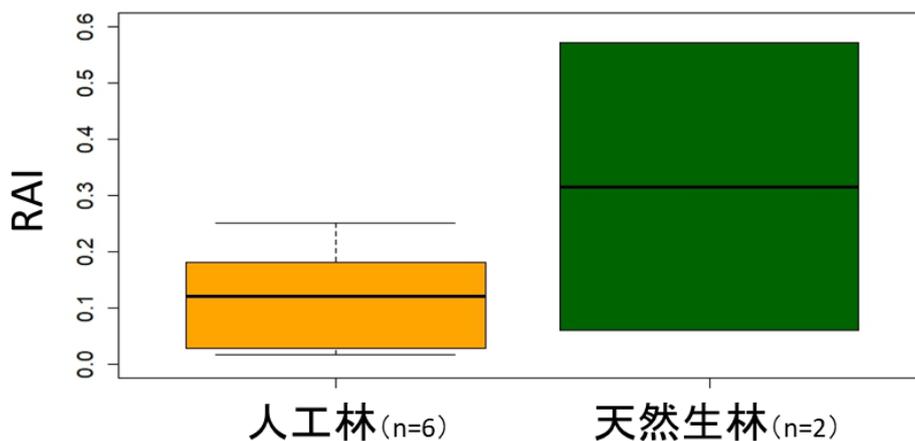


図 11：ネズミ類の RAI の比較

(2) REST モデルにより推定した生息密度の比較結果

REST モデルにより生息密度を推定した有蹄類 (ニホンカモシカ、ニホンジカ、イノシシ) のうち、人工林と天然生林両方に出現したのはニホンカモシカとイノシシでした。イノシシについてはデータ数が少なく、統計による比較が難しかったため、ニホンカモシカのみ生息密度の推定値について人工林と天然生林とで比較したところ、こちらについても有意差は認められませんでした ( $p = 0.33 > 0.05$ )。ただし、人

工林の方が天然生林よりも個体密度が高い傾向はあり、施業された人工林ではニホンカモシカが好むとされる草本類やカモシカも食べられる高さに葉をつけた落葉広葉樹も多く、今回調査場所としたブナの天然生林よりもニホンカモシカにとって生息しやすい環境であったことが考えられます。

なお、REST モデルの算出に当たり生息密度を推定する動物の活動時間割合を算出して生息密度の過小評価を防止することが推奨されています (Nakashima et al., 2018) が、図 13 のとおりニホンカモシカの活動時間は明瞭なピークがなく、どの時間帯でも休憩と活動を繰り返しているようにも見えること (カモシカは反芻動物であり「すべての個体が活動している時間帯があるという前提を満たしていない可能性が高い」とされている (高田ら, 2025)) ことから、活動時間の割合の算出が困難であったため活動割合の算出を行っていません。したがって、ニホンカモシカがセンサーカメラの設置に適さない急傾斜地を好む動物 (高田ら, 2025) であり、そもそも個体数密度に比してカメラに写りにくいことも相まって、本調査における生息密度の推定値は先行研究 (高田ら, 2025) と同様、過小評価となっている可能性があることを付け加えます。

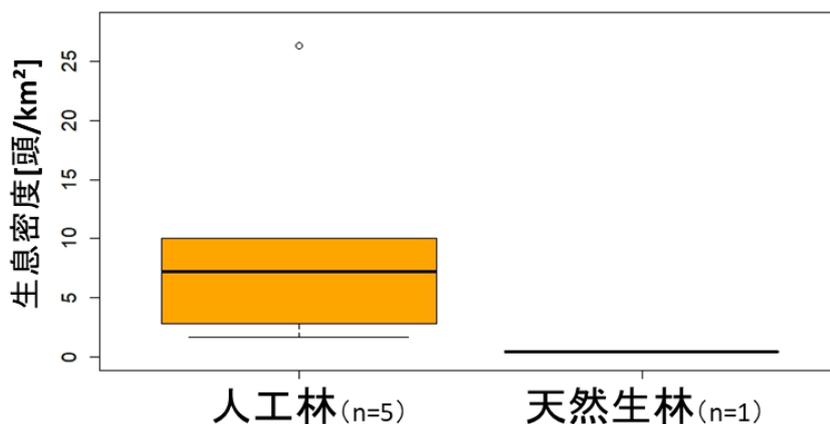


図 12：ニホンカモシカの推定生息密度の比較

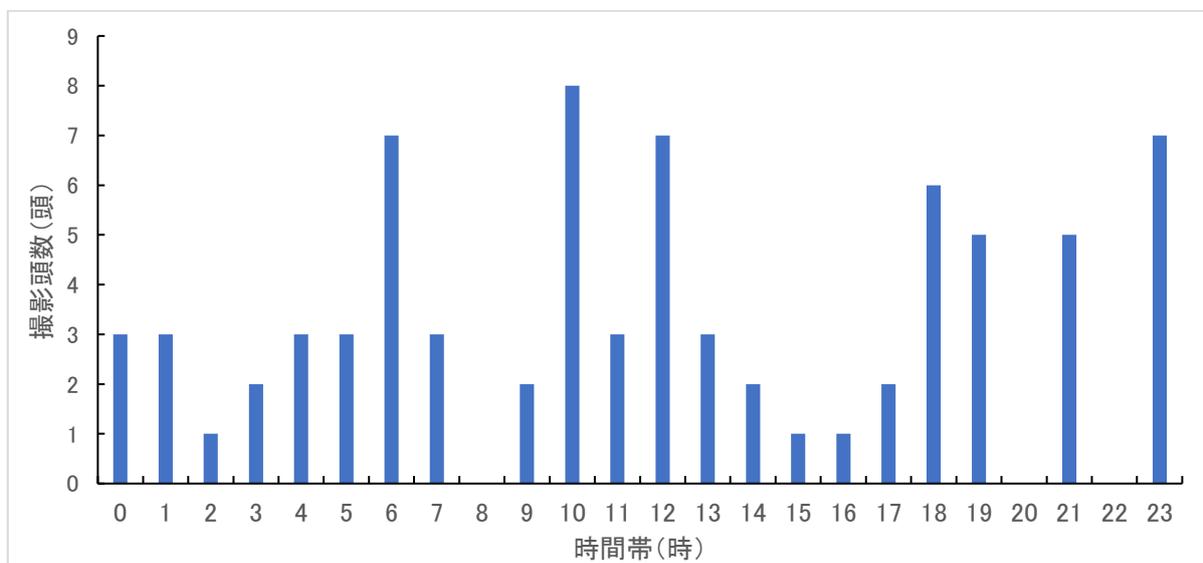


図 13：ニホンカモシカの時間別出現個体数

(3) 多様度指数の算出・比較結果

出現した全動物種の個体数データを用いて算出した各箇所の多様度指数について人工林と天然生林との間で比較したところ、有意差は認められませんでした ( $p=0.06044 > 0.05$ )。こちらについても人工林の方が天然生林よりも多様度が高い傾向がありますが、その理由として施業された人工林の明るい林床では多くの動物が食料として利用するキイチゴやサルナシといった果実や下草が多いことが考えられます。

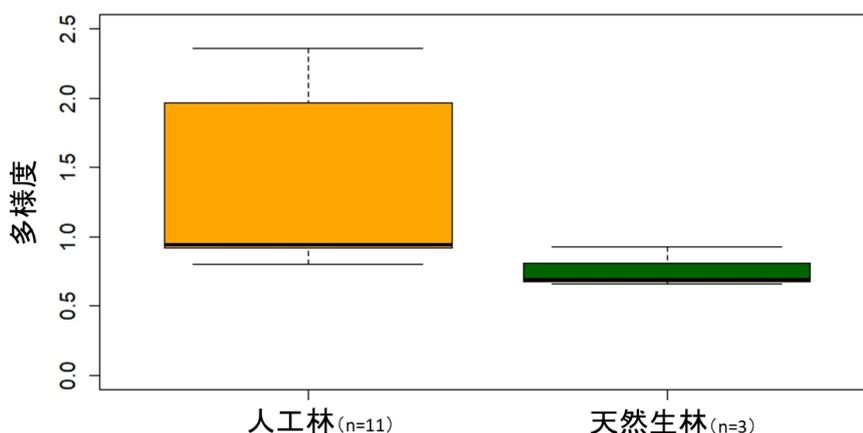


図 14：多様度指数の比較

4 考察

結果をまとめると表 1 で示す通りとなります。個体数や多様度を示す指数等に人工林と天然生林との間で多少の大小の傾向はありましたが有意差は認められなかったことから、哺乳類を主とした個体数や多様度は人工林と天然生林とで同程度であることが示唆され、人工林の施業を行うことにより人工林も天然生林と並んで森林生態系の保全に貢献していると考えられます。

表 1：結果のまとめ

	人工林と天然生林間の <b>有意差</b>
哺乳類5種のRAI (相対個体密度指数)	認められない
ニホンカモシカの推定生息密度 (RESTモデルによる推定)	認められない
各地点の多様度指数 (Shannon-Wiener指数)	認められない

また、今回の調査では青森県の 2020 年版の RDB において絶滅危惧Ⅱ類とされ B ランク指定のヨタカの繁殖行動が確認されました。ヨタカの産卵場所は森林内でも開けた場所の地上とされ、人工林の皆伐跡地や地拵箇所は繁殖場所として適していると考えられます。先行研究 (Kawamura et al., 2023) においても、人工林の伐採によって形成され

る幼齢林が豊富になるほど、ヨタカの生息確率が高まるとされています。本調査においては求愛行動が録画されていたことから、ヨタカのような希少種の繁殖場所になるなど施業された人工林は多くの動物が利用する重要な生息場所と言えらるゝと考えられます。



図 15：本調査において確認されたヨタカ

## 5 結論

このように、人工林の施業を行うことにより人工林も天然生林と並んで多くの動物に利用される重要な生息場所となり、森林生態系における生物多様性の保全につながるものと考えられます。

このことから、人工林の施業は昆明・モンリオール生物多様性枠組を踏まえた 2030 年までの生物多様性国家戦略や気候変動適応計画に基づく取組の推進、及び、2030 年までに陸域と海域のそれぞれ 30%の保全・保護を目指す目標である 30by30 目標の達成に貢献するものであると考えられます。

## 6 謝辞

本研究を遂行するにあたり、津軽森林管理署の皆様並びに相馬森林事務所非常勤の皆様におかれましては調査にあたり多大なるご協力を賜るとともに、東北森林管理局計画課及び津軽白神森林生態系保全センターの皆様におかれましては調査の実施にあたりセンサーカメラの貸与及び調査実施に関する貴重なご助言をいただきました。ここに深く御礼申し上げます。また、本原稿の最終ページに記載する表 2 に、センサーカメラ調査において出現した動物種一覧を示しますが、この豊かな生態系が後世にわたり保全されることを祈念して結びとします。

## 7 参考文献

- 第 177 回常会（衆議院）平成 23 年 1 月 27 日提出 質問第一八号 クマの大量出没に関する質問主意書
- 環境省、クマ類による被害防止に向けた対策方針（参考資料 1）クマ類の生息状況、被害状況等について、令和 6 年 2 月 8 日公表
- 長池，人工林生態系における植物種多様性，日本森林学会誌，2000，82 巻 4 号，p. 407-416
- 五十嵐ら，植物の多様性の観点から人工林施業を考える，森林総合研究所研究報告 2014，13 巻 2 号，p. 29-42

- 由井・鈴木, 森林性鳥類の群集構造解析 IV. 繁殖期群集の林相別生息密度, 種数および多様性, 山階鳥類研究所研究報告, 1987, 第19巻1号, p.13-27
- Ohno and Ishida, Differences in bird species diversities between a natural mixed forest and a coniferous plantation, Journal of Forest Research, 1997, Volume 2, p.153-158
- 林・井上, 都市近郊造林地における人工的ギャップ形成が哺乳類の活動に与える影響, 森林総合研究所研究報告, 2014, 13巻4号, p.173-182
- 山浦, 広葉樹林の分断化が鳥類に及ぼす影響の緩和—人工林マトリックス管理の提案—, 日本森林学会誌, 2007, 89巻6号, p.416-430
- 林野庁, 保護林・緑の回廊のモニタリング調査 手法・野帳様式集, 平成29年3月
- Sollmann et al., Risky business or simple solution - Relative abundance indices from camera-trapping, Biological Conservation, 2013, Volume 159, Pages 405-412
- O'Brien et al., Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape, Animal Conservation, 2003, Volume 6, p.131-139
- 横山ら, 異質環境下におけるシカ・イノシシの個体数推定モデルと持続可能な管理システムの開発 成果報告集, 独立行政法人 環境再生保全機構 環境研究総合推進費 4-1704, 2020, p.2
- Nakashima et al., Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps, Journal of Applied Ecology, 2018, Volume55 Issue2, Pages 735-744
- Rowcliffe et al., Quantifying levels of animal activity using camera trap data, Methods in Ecology and Evolution, 2014, Volume 5, p.1170-1179
- 中島, 自動撮影カメラが拓く新しい哺乳類研究—個体識別を必要としない密度推定—, 哺乳類科学, 2019, 59(1), p.111-116
- Yajima and Nakashima, Can Video Traps Reliably Detect Animals? Implications for the Density Estimation of Animals without Individual Recognition, Mammal Study, 2021, Volume 46
- 久保田ら, 移入後10年が経過した島嶼におけるイノシシの生息実態 愛媛県松山市二神島を対象として, 農村計画学会論文集, 2023, Vol. 3 No. 1, p.9-18
- 高田ら, 減少が続くニホンカモシカ個体群の簡便かつ高精度なモニタリングの手法の検討, 自然保護助成基金助成成果報告書, 2025, vol. 34, p.146-154
- Kawamura et al., Early successional habitats created through plantation harvesting benefit the Gray Nightjar (*Caprimulgus jotaka*): An 8-year survey in central Hokkaido, northern Japan, Journal of Forest Research, 2023, Volume 28, p.289-296
- Chaudhary et al., Impact of Forest Management on Species Richness: Global Meta-Analysis and Economic Trade-Offs, Nature Scientific Reports, 2016, Volume 6, p.1-10

表2：センサーカメラ調査において出現した動物（哺乳類・鳥類）一覧

【哺乳類】

学名	和名
<i>Apodemus sp.</i>	ネズミ類
<i>Capricornis crispus</i>	ニホンカモシカ
<i>Cervus nippon</i>	ニホンジカ
<i>Lepus brachyurus</i>	ニホンノウサギ
<i>Macaca fuscata</i>	ニホンザル
<i>Martes melampus melampus</i>	ホンドテン
<i>Meles meles anakuma</i>	ニホンアナグマ
<i>Mustela itatsi</i>	ニホンイタチ
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	ホンドタヌキ
<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン
<i>Sciurus lis</i>	ニホンリス
<i>Sus scrofa</i>	イノシシ
<i>Ursus thibetanus japonicus</i>	ニホンツキノワグマ
<i>Vulpes vulpes japonica</i>	ホンドギツネ

以上 計 14 種 延べ 545 個体

【鳥類】

学名	和名
<i>Caprimulgus indicus</i>	ヨタカ
<i>Dendrocopos major</i>	アカゲラ
<i>Turdus cardis</i>	クロツグミ
<i>Turdus chrysolaus</i>	アカハラ
<i>Garrulus glandarius</i>	カケス
<i>Lanius bucephalus</i>	モズ
<i>Parus minor</i>	シジュウカラ
<i>Streptopelia orientalis</i>	キジバト
<i>Syrnaticus soemmerringii</i>	ヤマドリ
<i>Zoothera dauma</i>	トラツグミ

以上 計 10 種 延べ 181 個体