

# 船生演習林の天然生林における繁殖期の鳥類相とヒノキ人工林との比較 Avifauna in the breeding season in naturally regenerated broad-leaved forests and its comparison with avifauna in Hinoki cypress plantation in Utsunomiya University Forest in Funyu

織田 光<sup>1</sup>・福沢 朋子<sup>2</sup>・逢沢 峰昭<sup>1</sup>・大久保 達弘<sup>1</sup>  
Hikaru ODA<sup>1</sup>, Tomoko FUKUZAWA<sup>2</sup>, Mineaki AIZAWA<sup>1</sup>, Tatsuhiro OHKUBO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇都宮大学農学部森林科学科 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350

Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University,  
350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

<sup>2</sup> 東京農工大学大学院連合農学研究科環境資源共生科学専攻 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350

<sup>2</sup>Department of Symbiotic Science of Environment and Natural Resources, United Graduate School of Agricultural  
Science, Tokyo University of Agriculture and Technology,  
350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

## 1. はじめに

天然林 (natural forest) は、人為を伴わない自然の状態での天然更新する原生林 (primeval forest) と、伐採や補助作業を伴って天然更新する天然生林 (naturally regenerated forest または二次林) の 2 つに分けられる (藤森 2006)。天然生林のうち、里山林や農用林として居住地近くに広がり、アカマツや広葉樹の優占する林は、かつては薪炭材の供給、落葉の採取等を通じて地域住民に利用されてきた。しかし、これらの森林は木材需要の増加に応じた拡大造林によってスギ・ヒノキの人工林へと転換された (谷本 1990)。また、残された森林も今日では役割を喪失し、ほとんどが放置されている (重松 1988)。アカマツ林では下層に広葉樹が段階的に侵入し、二次遷移が進行している (藤井・陣内 1979; 達・大沢 1992)。一方、今日では、里山林を構成する広葉樹天然生林のもつ生物多様性保全の場としての機能や、野生鳥獣に対する奥山と人里間の緩衝帯としての機能といった、様々な公益的機能が見直されてきている (石井 2005)。

鳥類は脊椎動物亜門 (脊椎動物) の鳥綱に属する動物群の総称であり、比較的調査が容易で環境の変化をよく反映することが知られており、古くから生態学研究の対象となってきた (MacArthur and MacArthur 1961)。また、鱗翅目幼虫の捕食や種子散布など多くの生態的機能を有する (Murakami and Nakano 2000) ため、生物多様性の指標の一つとして用いられることが多い。とりわけ森林を生息環境としている鳥類の種多様性は植生構造の影響を受ける (佐藤 2011) ほか、森林を構成する樹種の多様性を受け、人工林より広葉樹林の方が高いとされる (Ohono and Ishida 1997; Lindenmayer *et al.* 2002a; Yamaura *et al.* 2007)。

船生演習林の鳥類相については、ヒノキ人工林 (池田ら 2018) で調査がなされているが、天然生林の鳥類相は調査されていない。よって、本研究では船生演習林の天然生林において、繁殖期に観察される鳥類相を明らかにするとともに、池田ら (2018) によるヒノキ人工林の鳥類相と比較することで林分組成や構造の違いが船生演習林の鳥類相の多様性に与える影響を評価することを目的とした。

## 2. 調査地と方法

### 2.1 調査地

本研究の調査地は、栃木県塩谷郡塩谷町に位置する宇都宮大学農学部附属船生演習林 (以下、船生演習林) である (N36°46', E139°49')。船生演習林は、高原山 (標高 1,795 m) 山麓の丘陵地帯に位置する。塩谷町は太平洋型気候を示し、過去 30 年 (1981 ~ 2010 年) の観測値によれば、年平均気温 12.3°C、年平均降水量 1,624 mm であり、気候は冷温帯と暖温帯の中間気候に区分される (気象庁 2016)。暖かさの指数は 97.1、寒さの指数は -9.2 である。船生演習林の植生は、スギ (*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)、アカマツ (*Pinus densiflora*) などの針葉樹人工林が全体の 70% を占めている。一方、20% は自然植生で占められており、コナラ (*Quercus serrata*)、フモトミズナラ (*Q. serrata* subsp. *mongolicoides*) を中心とした二次林や、ツツジ型の林床を伴ったアカマツ林などで覆われている (鷲見ら 2015)。船生演習林では、1970 年代に薪炭林作業級がなくなり、普通林地は全てが皆伐用材林として取り扱われるようになった。そのため、この時代に多くの天然生林が人工林へと転換され、残された天然生林は現在施業が行われないうまま放置されている (新井ら 2011)。

## 2.2 調査プロット

調査プロットの概要を表-1に示した。調査プロットとして、船生演習林内の広葉樹天然生林において、新井ら(2011)を参考に、面積の多いナラ林(以下、広葉樹林と呼ぶ)に4プロット(P1~P4)、アカマツ・広葉樹混交林に5プロット(P5~P9)、合計9プロットを設定した(図-1, 2)。いずれのプロットも地形的には斜面にあたる。プロットとして半径30mの円形プロットを設置した。

## 2.3 鳥類調査

鳥類相を調査するため、重要生態系監視地域モニタリング推進事業(環境省自然環境局生物多様性センター2009)の方法を参考に、スポットセンサス

法を用いた。各円形プロットにおいて鳥類の繁殖期(2018年5月中旬~6月上旬)の午前4:00~8:00に調査を行なった。1プロットあたり16分間の調査を各プロットで4回ずつ行なった。調査者はプロットの中央に立ち、2分間隔でプロット内に出現した野鳥の種名、個体数、行動、発見した階層をそれぞれ記録した。プロットの上空を通過した個体は解析の対象外とした。鳥類は目視、双眼鏡(倍率10×36mm)および鳴き声によって同定した。1種あたりの個体数は、各プロットの16分間に2分毎で記録された中での最多個体数をそのプロットの調査1回あたりの記録個体数とし、4回の調査の中での最多個体数をそのプロットの代表値とした。

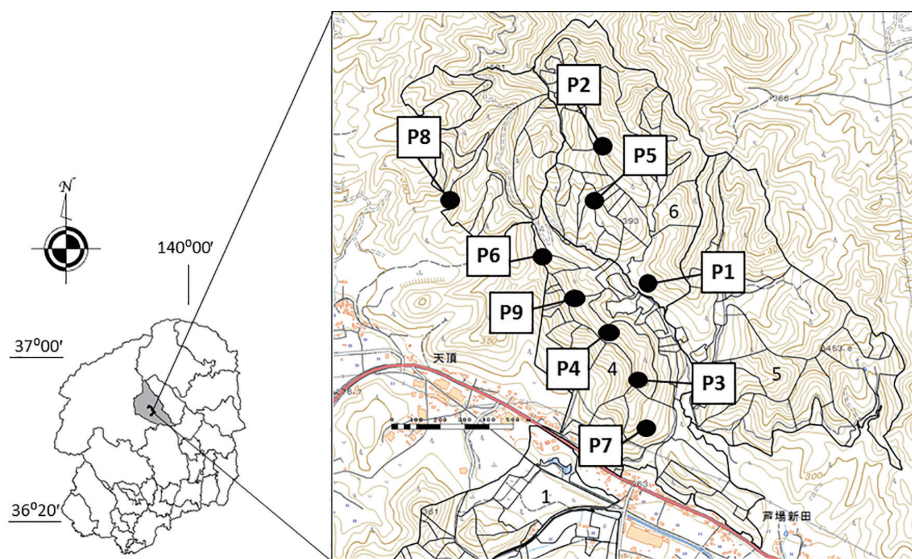


図-1 調査プロットの位置(黒点)  
プロット番号は表-1と対応する。図中の1、4~6は林班名を示す。

表-1 調査地の概要

林班名	林相	プロット	最大傾斜(°)	平均樹高(m)	草本層		低木層		亜高木層		高木層	
					優占種	被度	優占種	被度	優占種	被度	優占種	被度
6林班を小班	広葉樹林	P1	18	16.7	クロヒナスゲ	4	アズマネザサ	2	アカシデ	3	コナラ	5
6林班へ小班		P2	20	18.1	クロヒナスゲ	4	エゴノキ	3	エゴノキ	3	コナラ	5
4林班れ小班		P3	37	7.5	ヤマツツジ	4	ヤマツツジ	3	フモトミズナラ	3	フモトミズナラ	4
4林班れ小班		P4	37	9.6	ヤマツツジ	2	ヤマツツジ	2	リョウブ	4	コナラ	5
4林班ろ小班	アカマツ・広葉樹混交林	P5	32	7.9	アブラツツジ	3	アブラツツジ	3	リョウブ	5	アカマツ	3
4林班ち小班		P6	32	10.5	コアジサイ	3	ウラジロノキ	2	コナラ	3	アカマツ	4
4林班た2小班		P7	18	17.5	クロヒナスゲ	4	ウリカエデ	2	ウリカエデ	5	アカマツ	3
4林班に2小班		P8	25	8.7	アブラツツジ	3	アブラツツジ	2	ネジキ	3	アカマツ	4
4林班ぬ小班		P9	10	10.8	アブラツツジ	4	ウラジロノキ	3	フモトミズナラ	3	フモトミズナラ	4

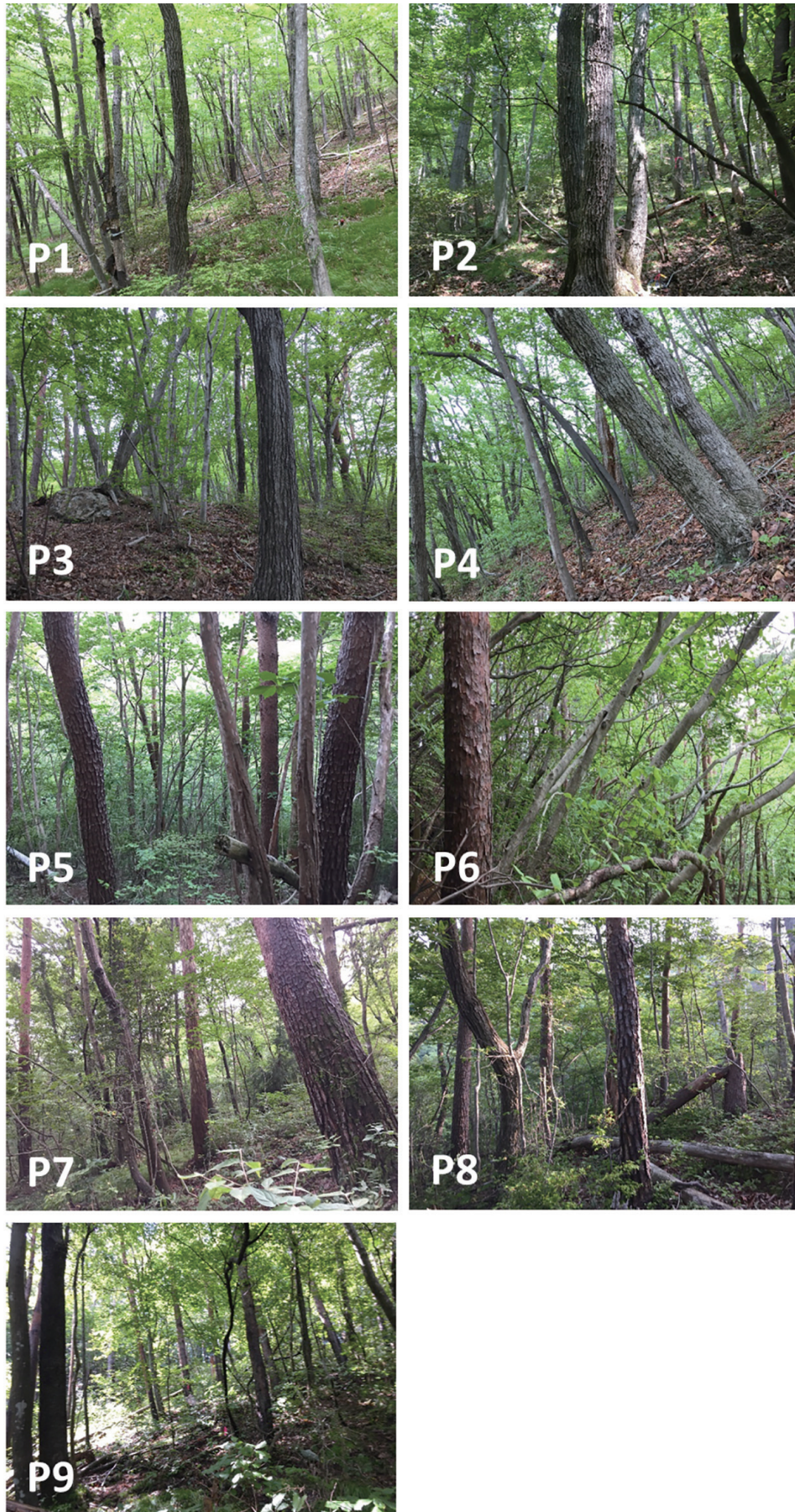


図-2 調査プロットの林況  
各調査プロットの詳細は表-1 と対応する (2018年8月29日織田撮影)。

## 2.4 林分調査

2018 年 8～9 月にプロット内の樹種組成や林分構造を調べるために、各円形プロット内に 10 m×10 m の方形区を設置し、毎木調査を行なった。方形区内では、胸高直径（以下、DBH）5 cm 以上、樹高 1.3 m 以上の木本性樹種について、種名、DBH (cm)、および樹高 (m) を記録した。このとき、枯死木も含め DBH を記録した。樹木の樹高は Vertex IV (Haglof) で測定した。また、DBH を基に各プロットにおける各種の胸高断面積合計 (BA) を計算した。立木密度はプロット内の樹木をカウントし、1 ha あたりの本数を算出した。プロット内の植生被度は Braun-Blanquet の被度階級を基に、植物の占める面積比率を 6 段階 (+:1% 以下、1:1～10%、2:10～25%、3:25～50%、4:50～75%、5:75% 以上) に分けて階層ごとに判定した。また、各プロットの各階層の優占種を Ohsawa (1984) の優占種構成種法を基にして判定した。

## 2.5 解析方法

各プロットにおける鳥類群集の多様性を評価するため、プロットあたりの記録した鳥類の種数、個体数を集計した。また、以下の式により Shannon の多様度指数 (Shannon 1948) を算出した。

$$\text{Shannon の多様度指数} = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

ここで  $p_i$  は全種合計個体数に対する種  $i$  の個体数の割合、 $n$  はプロットあたりの記録種数である。各プロットにおける鳥類相の組成の差異を評価するため、各プロットにおいて出現種を 1、非出現種を 0 とし、Jaccard の非類似度行列を求め、これを基に非計量多次元尺度構成法 (Non-metric Multidimensional Scaling; NMDS) による序列化分析を行った。解析には R ver.3.5.1 (R Core Team 2018) の vegan パッケージ (Oksanen *et al.* 2016) 中の metaMDS 関数を用いた。非計量多次元尺度構成法における各軸のスコアおよび鳥類の総出現種数および総出現個体数と、アカマツの相対胸高断面積 (RBA)、アカマツの立木密度、林分の立木密度との関係をスピアマンの順位相関係数 ( $\rho$ ) を用いて評価した。計算には R を用いた。

各調査プロット間の林分組成の違いを把握するため、各樹種の BA を量的尺度として Bray-Curtis 非類似度と群平均法に基づくクラスター分析を行った。また、樹種の Shannon の多様度指数を RBA を用いて計算した。

各プロットにおける鳥類の総出現種数、総出現個体数、鳥類の Shannon の多様度指数、樹種数、樹種の Shannon の多様度指数の 5 つの指標について広葉樹林とアカマツ・広葉樹混交林の差異を、ブートストラップ法によるリサンプリングを 1,000 回繰り返したときの平均値および 95% 信頼区間で評価した。対象間の信頼区間が重ならない場合に有意な差があると判断した (Crawly 2005)。計算には R を用いた。本研究で明らかになった天然生林の鳥類相と、池田

ら (2018) の船生演習林のヒノキ人工林における繁殖期の鳥類相とを比較した。池田ら (2018) はヒノキ人工林をグループ 1 (主に老齢林と壮齢林を含む林分) とグループ 2 (主に若齢林と幼齢林を含む林分) に分けて解析しているため、本研究でもヒノキ人工林をこの 2 グループに分けて比較した。

## 3 結果

### 3.1 鳥類相調査

本研究の結果、繁殖期における船生演習林の天然生林では、20 種 130 羽の鳥類が確認された (表-2)。最も出現頻度が高かったのはヒヨドリ (*Hypsipetes amaurotis*) で、次いでキビタキ (*Ficedula narcissina*)、メジロ (*Zosterops japonicus*)、ヤマガラ (*Poecile varius*)、エナガ (*Aegithalos caudatus*) であった。総出現種数は広葉樹林 (P1～4) では 8～9 種、アカマツ・広葉樹混交林 (P5～9) では 9～13 種であった。総出現個体数は、広葉樹林では 10～14 羽、アカマツ・広葉樹混交林では 14～18 羽であった。Shannon の多様度指数は、広葉樹林では 1.95～2.16、アカマツ・広葉樹混交林では 2.04～2.48 であった。鳥類の総出現種数、総出現個体数および Shannon の多様度指数について、ブートストラップ法を用いて比較した結果、総出現種数と総出現個体数は広葉樹林に比べてアカマツ・広葉樹混交林で有意に高かった。一方、Shannon の多様度指数には有意な違いはみられなかった (図-3)。

### 3.2 樹種組成と林分構造

各プロットの樹種組成 (表-3) を基にしてクラスター分析した結果、各調査プロットは広葉樹林 (P1～4) とアカマツ・広葉樹混交林 (P5～9) の 2 つのグループに分かれた (図-4)。樹種数は、広葉樹林では 2～8 種、アカマツ・広葉樹混交林では 6～14 種であった。樹種の Shannon の多様度指数は、広葉樹林では 0.68～1.65、アカマツ・広葉樹混交林では 1.63～2.47 であった。樹種数および樹種多様度について、ブートストラップ法を用いて比較した結果、樹種数には有意な差はみられなかったが、樹種の多様度は、広葉樹林に比べてアカマツ・広葉樹混交林で有意に高かった (図-3)。また、林分構造についてみると、アカマツ・広葉樹混交林におけるアカマツの樹高は同じプロットの他の樹種より特に高い傾向がみられた (図-5)。

### 3.3 天然生林の鳥類相と林分組成

NMDS による序列化分析の結果、第 2 軸によって広葉樹林とアカマツ・広葉樹混交林でおおむね分かれ、鳥類相が異なることが示された (図-6)。STRESS 値は 0.107 と小さく、結果の当てはまりはよかった。NMDS の両軸、鳥類の総出現種数、および総出現個体数と、アカマツの RBA、アカマツの立木密度、立木密度との相関関係をみると、第 1 軸はプロットの立木密度と有意な高い正の相関 ( $\rho = 0.787$ ,  $p < 0.05$ ) がみられた。第 2 軸ではアカマツの立木密度 ( $\rho = 0.817$ ,  $p < 0.05$ )、アカマツの RBA

表-2 各調査プロットの鳥類の種組成と多様度指数

和名	学名	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	総計
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	2	3	4	3	3	2	4	3	4	28
キビタキ	<i>Ficedula narcissina</i>	1	1	1	2	2	1	2	1	1	12
メジロ	<i>Zosterops japonicus</i>	1	1	3	1	1	·	1	1	2	11
ヤマガラ	<i>Poecile varius</i>	1	1	·	1	1	1	2	2	1	10
エナガ	<i>Aegithalos caudatus</i>	·	·	·	·	4	5	·	·	·	9
コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	1	1	·	·	1	1	1	2	1	8
オオルリ	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	1	1	1	1	·	1	2	1	·	8
シジュウカラ	<i>Parus minor</i>	1	·	·	·	1	1	2	1	1	7
アオゲラ	<i>Picus awokera</i>	·	1	·	1	·	1	·	1	2	6
ホオジロ	<i>Emberiza cioides</i>	·	·	1	·	1	1	·	2	·	5
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	1	·	·	3	·	1	·	·	·	5
サンショウクイ	<i>Pericrocotus divaricatus</i>	·	2	·	·	·	·	·	1	1	4
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	·	·	1	·	1	1	·	·	1	4
ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	1	·	1	·	·	·	·	1	·	3
サンコウチョウ	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	·	1	·	·	·	·	2	·	·	3
カワラヒワ	<i>Chloris sinica</i>	·	·	·	·	·	·	1	1	·	2
イカル	<i>Eophona personata</i>	·	·	1	·	·	·	·	1	·	2
コガラ	<i>Poecile montanus</i>	·	·	·	1	·	·	·	·	·	1
センダイムシクイ	<i>Phylloscopus coronatus</i>	·	·	1	·	·	·	·	·	·	1
アオバト	<i>Treron sieboldii</i>	·	·	·	·	1	·	·	·	·	1
総出現種数		9	9	9	8	10	11	9	13	9	20
総出現個体数		10	12	14	13	16	16	17	18	14	130
Shannonの多様度指数		2.16	2.09	2.01	1.95	2.13	2.18	2.10	2.48	2.04	2.68

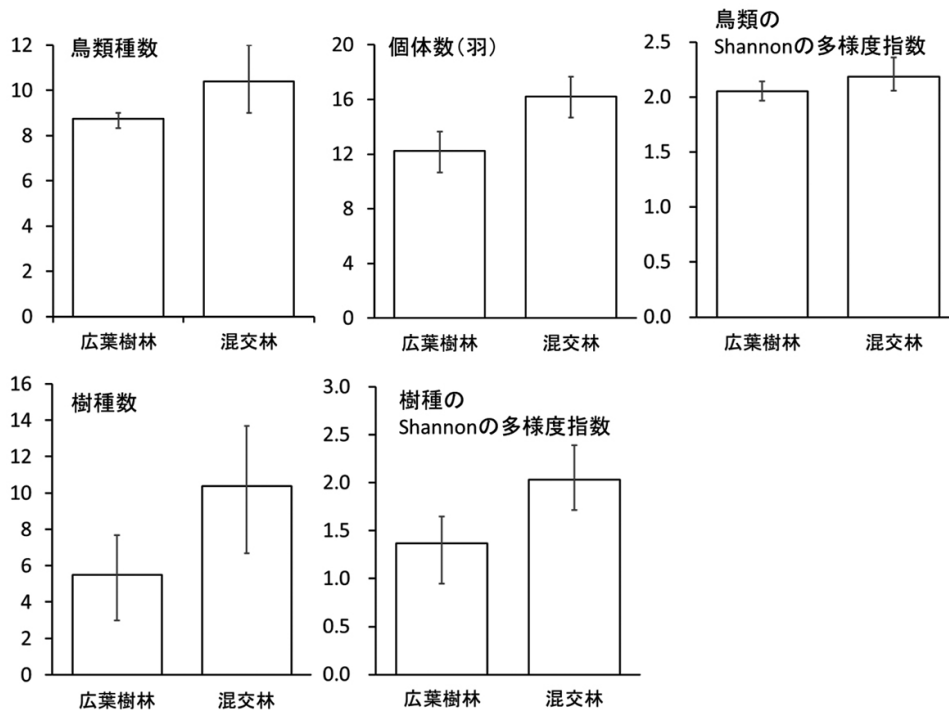


図-3 広葉樹林とアカマツ・広葉樹混交林における鳥類および樹種の多様性  
 グラフの高さは平均値を示す。バーはブートストラップ法を用いて推定した95%信頼区間を示す。

( $\rho = 0.792, p < 0.05$ ) とそれぞれ有意な高い正の相関がみられた。また、鳥類の総出現種数はアカマツの立木密度 ( $\rho = 0.760, p < 0.05$ ) と、総出現個体数はアカマツの RBA ( $\rho = 0.750, p < 0.05$ ) とアカマツの立木密度 ( $\rho = 0.670, p < 0.05$ ) において有意な高い正の相関がみられた。

### 3.4 ヒノキ人工林の鳥類相との比較

本研究の天然生林と池田ら (2018) のヒノキ人工林の鳥類相を比較した結果、総出現種数はヒノキ人工林に比べ天然生林で多かった (図-7)。天然生林とヒノキ人工林の両林分で観察された種は 13 種類であった。天然生林のみで観察された種はオオルリ

(*Cyanoptila cyanomelana*)、ハシブトガラス (*Corvus macrorhynchos*)、キジバト (*Streptopelia orientalis*)、サンコウチョウ (*Terpsiphone atrocaudata*)、イカル (*Eophona personata*)、コガラ (*Poecile montanus*)、アオバト (*Treron sieboldii*) の 7 種であり、ヒノキ人工林のみで観察された種はガビチョウ (*Garrulax canorus*) の 1 種のみであった。本研究の天然生林と池田 (2018) のヒノキ人工林の Shannon の多様性指数について比較した結果、Shannon の多様性指数は天然生林で最も高く、次いでヒノキ人工林のグループ 1 (主に老齢林と壮齢林を含む林分)、ヒノキ人工林のグループ 2 (主に若齢林と幼齢林を含む林分) の順で有意に低下した (図-7)。

表-3 各調査プロットの樹木の幹本数 (N ; 本/a)、胸高断面積合計 (BA ; m<sup>2</sup>/a) および平均樹高 (H ; m)

和名	学名	P1			P2			P3			P4			P5			P6			P7			P8			P9		
		N	BA	H	N	BA	H	N	BA	H	N	BA	H	N	BA	H	N	BA	H	N	BA	H	N	BA	H			
モミ	<i>Abies firma</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ツガ	<i>Tsuga sieboldii</i>	.	.	.	.	.	.	1	0.010	8.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i>	.	.	.	3	0.078	17.5	.	.	.	1	0.010	9.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アワブキ	<i>Meliosma myriantha</i>	.	.	.	1	0.007	10.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
マンサク	<i>Hamamelis japonica</i> var. <i>japonica</i>	.	.	.	.	.	.	4	0.017	6.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ウラジロノキ	<i>Aria japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0.010	6.0	1	0.002	3.5	.	.	.	.	.	.	2	0.006	5.7
ヤマザクラ	<i>Cerasus jamasakura</i> var. <i>jamasakura</i>	.	.	.	3	0.098	16.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0.106	10.9	1	0.106	18.3	.	.	.	.	.	.
オオウラジロノキ	<i>Malus tschonoskii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.002	7.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ウズミザクラ	<i>Padus grayana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0.102	17.8	.	.	.	.	.	.
クリ	<i>Castanea crenata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.016	16.2	.	.	.	.	.	.
ブナ	<i>Fagus crenata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.012	9.5
フモトズナラ	<i>Quercus serrata</i> subsp. <i>mongolicoides</i>	.	.	.	.	.	.	22	0.328	8.1	5	0.299	11.7	1	0.002	4.3	1	0.014	10.0	.	.	.	4	0.111	7.9	5	0.152	12.2
コナラ	<i>Quercus serrata</i> var. <i>serrata</i>	6	0.367	22.8	5	0.394	26.2	.	.	.	5	0.231	13.4	1	0.004	7.7	2	0.048	11.5	.	.	.	2	0.108	15.4	5	0.174	13.6
ヤシヤシ	<i>Alnus firma</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0.087	10.6	.	.	.
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i>	8	0.039	12.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.007	9.2	3	0.017	12.8	.	.	.	.	.	.
ウリカエデ	<i>Acer crataegifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.002	5.3	1	0.003	6.7	1	0.004	5.7	1	0.003	6.7	1	0.002	5.8	.	.	.
コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.003	6.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
エゴノキ	<i>Styrax japonica</i>	.	.	.	2	0.007	5.1	.	.	.	1	0.009	10.3	.	.	.	1	0.004	5.9	.	.	.	1	0.008	8.3	.	.	.
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	.	.	.	.	.	.	4	0.021	6.1	6	0.017	6.0	19	0.086	6.8	1	0.005	8.2	.	.	.	2	0.006	4.1	6	0.030	7.5
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	.	.	.	.	.	.	2	0.007	6.6	1	0.002	5.7	12	0.051	6.7	1	0.002	4.1	.	.	.	5	0.016	5.8	.	.	.
アカヤシオ	<i>Rhododendron pentaphyllum</i> var. <i>nikoense</i>	.	.	.	.	.	.	6	0.023	7.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
アオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i> f. <i>serrata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0.005	5.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
マルバアオダモ	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.005	9.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.002	4.9	.	.	.
アオハダ	<i>Ilex macrospoda</i>	.	.	.	.	.	.	3	0.017	7.1	.	.	.	.	.	.	2	0.009	8.5	.	.	.	.	.	.	6	0.067	9.1
コシアブラ	<i>Chengiopanax sciadophylloides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0.017	12.6	1	0.017	10.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
タカノツメ	<i>Gamblea innovans</i>	.	.	.	.	.	.	4	0.033	7.1	.	.	.	1	0.006	6.6	.	.	.	.	.	.	1	0.009	6.4	4	0.010	6.3
合計		14	0.405	16.7	14	0.585	18.1	46	0.457	7.5	20	0.572	9.6	49	0.475	7.9	22	0.507	10.5	12	0.612	17.5	25	0.565	8.7	32	0.920	10.1
Shannonの多様性指数		0.68			1.49			1.65			1.65			1.88			2.47			1.63			2.23			1.94		

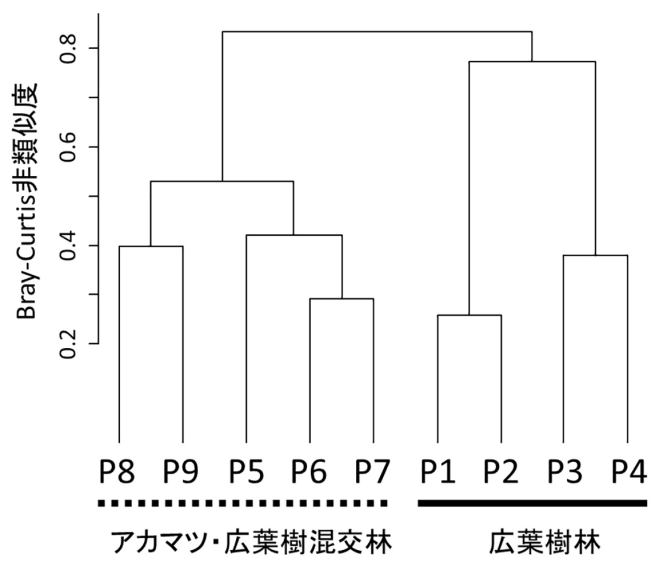


図-4 胸高断面積合計 (BA) に基づくクラスター分析の結果

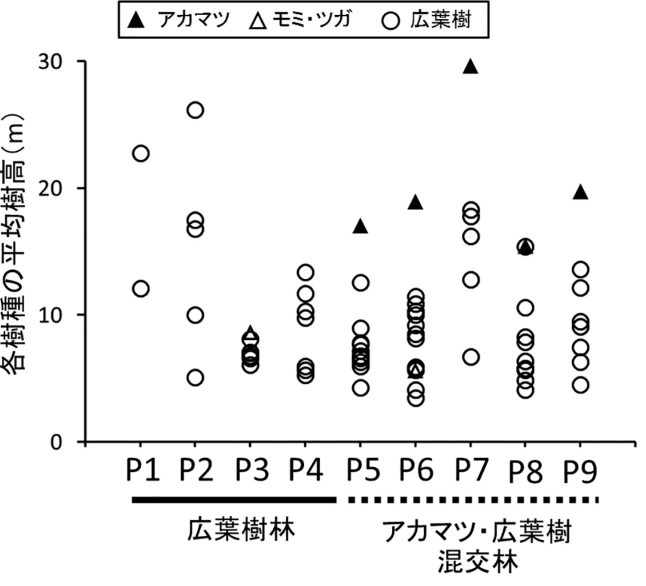


図-5 各プロットの構成樹種の平均樹高の垂直分布

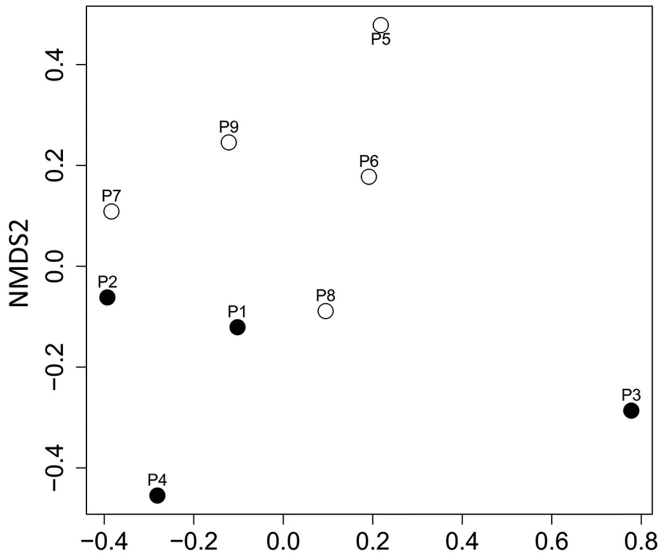


図-6 各プロットにおける鳥類種の出現・非出現データに基づく非計量多次元尺度構成法 (NMDS) による序列化分析の結果  
P1～4は広葉樹林 (●)、P5～9はアカマツ・広葉樹混交林 (○)

表-4 非計量多次元尺度構成法 (NMDS) による序列化分析で得られた各軸のスコア、鳥類の総出現種数・個体数とアカマツ量、林分の立木密度との関係

	アカマツ RBA	アカマツ 立木密度	立木 密度
NMDS1(第一軸)	0.087	0.395	0.787*
NMDS2(第二軸)	0.792*	0.817*	0.285
鳥類総出現種数	0.467	0.760*	0.367
鳥類総出現個体数	0.750*	0.670*	0.253

\*P<0.05

#### 4. 考察

船生演習林の天然生林の繁殖期において 20 種 130 羽が観察された。優占上位 8 種はヒヨドリ、キビタキ、メジロ、ヤマガラ、エナガ、コゲラ (*Dendrocopos kizuki*)、オオルリ、シジュウカラ (*Parus minor*) で、夏鳥はキビタキ、オオルリ、サンショウクイ (*Pericrocotus divaricatus*)、サンコウチョウ、センダイムシクイ (*Phylloscopus coronatus*) の 5 種であった。船生演習林の気温や植物相は冷温帯と暖温帯の境界に位置する (酒井ら 1994) が、由井 (1988) の林相地域別の鳥類相の優占種と比較したところ、本研究の天然生林の鳥類相は暖温帯のシイ・カシ・タブ林の上位 8 種、すなわちヒヨドリ、ヤマガラ、シジュウカラ、メジロ、コゲラ、エナガ、オオルリ、ウグイス (*Cettia diphone*) と類似していた。さらに、本研究の天然生林の夏鳥の優占度 (22%) とカラ類の優占度 (21%) は、暖温帯のクヌギ・コナラ林 (夏鳥優占度:21%、カラ類優占度:20%) と近い値であった。当初は気温や植物相の関係から、船生演習林で

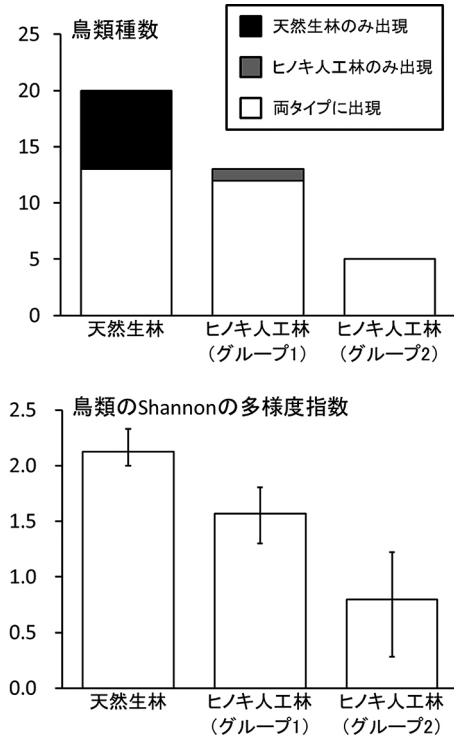


図-7 天然生林とヒノキ人工林における鳥類の総出現種数と Shannon の多様性指数

各グラフは平均値を示す。バーはブートストラップ法で推定した 95%信頼区間を示す。  
ヒノキ人工林は池田ら (2018) に従い、グループ 1 (主に老齢林と壮齢林を含む林分) とグループ 2 (主に若齢林と幼齢林を含む林分) で分けて解析した。

は冷温帯に生息する種と暖温帯に出現する種が広く出現することが予想されたが、本研究によって船生演習林の天然生林の鳥類相に関しては暖温帯のものに類似していることが明らかとなった。

船生演習林の天然生林において、アカマツの量 (RBA や密度) が鳥類の多様性や組成に影響を与えており (図-3、4、5; 表-5)、天然生林の中でもアカマツが存在する林分で鳥類の多様性が高まること示唆された。アカマツは針葉樹の中では昆虫の幼虫の発生が多く (由井 1988)、アカマツ・広葉樹混交林では、冬期に林内で採食している種にとってアカマツの存在が食糧供給としてプラスに作用するとされる (葉山 1995)。また、他樹種よりも樹高が高いアカマツは、テリトリー型繁殖をする鳥類がテリトリー維持のため縄張り宣言行動する上で都合のいい場所であるとされる (葉山ら 1995)。さらに、森林の相観的な構造や階層構造の複雑性が鳥類の多様性に影響を与えていることが報告されている (MacArthur and MacArthur 1961; 藤巻 1970; 池田ら

2018)。本研究のアカマツ・広葉樹混交林においてアカマツは他樹種に比べて樹高が高く(図-5)、樹種の多様性も高かった(図-3)。これはアカマツ林では階層構造が複雑化するためと考えられる。アカマツ・広葉樹混交林では高木・亜高木層で多くの野鳥が囀っている様子が観察されたことから、アカマツの存在によって餌資源の供給の場としてのほか、階層構造が複雑化することで生育環境の多様性が高まり、アカマツが存在する林分で鳥類相の多様性が高まったり、種組成の違いが生じたりするものと考えられる。

また、ヒノキ人工林と比較したところ、天然生林の方が鳥類の多様性が高かった(図-7)。これは、人工林は広葉樹林より鳥類の種数が少ないという先行研究(Ohno and Ishida 1990)と一致していた。これも上述同様に、天然生林は人工林に比べて森林の樹種の多様性が高く、階層構造が複雑であることを反映した結果と考えられる。

### 謝辞

本研究の調査・解析方法、論文執筆に際して、バードリサーチの平野敏明氏ならびに元宇都宮大学農学部森林科学科森林生態学・育林学研究室の池田一穂氏(現・林野庁九州森林管理局屋久島森林管理署)のご指導をいただいた。森林生態学・育林学研究室の方々には調査を手伝っていただいた。宇都宮大学附属船生演習林の教職員の方々には調査の際に温かいご対応をいただいた。以上の方々に、心よりお礼申し上げます。

### 引用文献

新井潤子・逢沢峰昭・松英恵吾・大久保達弘(2011) 船生演習林における広葉樹天然生林の施業履歴と林相タイプ. 宇大演報 47: 7-26.

Crawley MI (2005) *Statistics: An Introduction using R*. John Wiley and Sons, London.

達 良俊・大沢雅彦(1992) 都市景観域における放棄アカマツ植林の二次遷移とアカマツの一斉枯死による影響. 日生誌 42: 81-93.

葉山嘉一・高橋理喜男・勝野武彦(1995) 都立東大和公園における植生と鳥類の生息特性に関する研究. ランドスケープ研究 59: 89-92.

藤井英二郎・陣内 巖(1979) 関東地方におけるマツ平地林の林床管理と植生遷移(I) 種組成と生活型組成(種数による)について. 日林誌 61: 76-82.

藤巻裕三(1970) 北海道中央部における天然林と人工林の鳥相の比較. 道林試研報 8: 43-551.

藤森隆郎(2006) 森林生態学-持続可能な管理の基礎-. 全国林業改良普及協会.

池田一穂・福沢朋子・逢沢峰昭・大久保達弘(2018) 船生演習林におけるヒノキ人工林の発達段階と鳥類群集の多様性の関係. 宇大演報 54: 15-24.

石井 実(2005) 生態学からみた里やまの自然と保護. 自然保護協会編. 講談社.

環境省自然環境局生物多様性センター(2009) モニタリングサイト1000 森林・草原調査マニュアル 鳥類調査(スポットセンサス). 環境省重要生態系監視地域モニタリング推進事業.

気象庁(2016) 過去の気象データ (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>).

Lindenmayer BD, Cunningham RB, Donnelly CF, Nix H, Lindenmayer BD (2002) Effects of forest fragmentation on bird assemblages in a novel landscape context. *Ecol Monogr* 72: 1-18.

MacArthur RH, MacArthur JW (1961) On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-599.

Murakami M, Nakano S (2000) Species-specific bird functions in a forest-canopy food web. *Proc Roy Soc Lond B* 267: 1597-1601.

Ohno Y, Ishida A (1997) Differences in bird species diversities between a natural mixed forest and a coniferous plantation. *J For Res* 2: 153-158.

Ohsawa M (1984) Differentiation of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mt. Fuji. *Vegetatio* 57: 15-52.

Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MH, Wagner H (2016) *vegan: community ecology package. ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists*. Version 2.3-4. (<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>).

R Core Team (2018) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. (URL <http://www.R-project.org/>).

林野庁(2008) 森林・林業白書. 日本林業協会.

酒井 敦・大久保達弘・谷本丈夫(1994) 宇都宮大学船生演習林の高等植物目録. 宇大演報 30: 27-58.

佐藤重穂(2011) 暖温帯における森林の発達段階と鳥類の種の多様性. 第123回日本森林学会大会学術講演集.

Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *The Bell Syst Tech J* 27: 379-423

重松敏則(1988) レクリエーションを目的とした二次林の改良とその林床管理に関する生態学的研究. 大阪府立大学紀要(農学・生物学) 40: 151-211.

谷本丈夫(1990) 広葉樹施業の生態学. (株)創文.

鷺見勇貴・逢沢峰昭・久保田耕平・渋谷園実・大久保達弘(2015) 宇都宮大学船生演習林のオサムシ科甲虫群集の多様性. 宇大演報 51: 1-8.

Yamaura Y, Tojo H, Hirata Y, Ozaki K (2007) Landscape effects in bird assemblages differ between plantations and broadleaved forests in a rural landscape in central Japan. *J For Res* 12: 298-305.

由井正敏(1988) 森に棲む野鳥の生態学. (株)創文.