

北の森だより

No.31 令和7年3月

—目次—

- 着任挨拶 齊藤 哲 ……2

令和5年度 北海道地域研究成果発表会 発表集

- エゾマツ諸特性の地理的変異—地域集団内の多様性— 生方 正俊 ……3
- 保持林業が鳥類保全に果たす役割～7年間の調査から～ 山浦 悠一 ……5
雲野 明
- 保持林業における保持木の生残と下層植生に対する効果 明石 信廣 ……7
- 保持伐が森林性昆虫に与える影響 山中 聡 ……9
- 人工林で生物多様性を守る「保持林業」の実証実験 尾崎 研一 ……11
—実験の概要と、当初の成果のまとめ—



令和6年4月に新しく北海道支所長として着任しました齊藤哲です。よろしくお願いいたします。

北海道は学生時代を過ごしたところですが、今回の赴任前の数十年は、熊本、つくば、京都とほとんど雪の降らない地域で暮らしてきました。三十数年ぶりの北都の気候に馴染めるか少々不安なところもあります。ただ、近年は気候変動により北海道でも気象状況が変わってきているようです。気温もかつて私が住んでいた頃より上昇傾向にあり、札幌でも2023年に36.3度の最高気温が記録されました。また、極端現象(豪雨、強風、乾燥など)の増加なども指摘されています。こうした気象状況の変化は森林へも少なからず影響を及ぼしています。

森林は二酸化炭素を吸収・蓄積する機能がありますが、気候変動はその二酸化炭素吸収量にも影響すると考えられています。その影響についてはシミュレーションモデルなどを用いた評価も様々試みられていますが、北海道支所では羊ヶ丘実験林に高さ約40mのフラックスタワーを設置し、森林群落と大気中との間の二酸化炭素などの出入りを長期間測定しています。このような観測を通じて森林の二酸化炭素収支の長期変動を理解したり、同様の測定を行っている森林総合研究所・各支所のデータとの比較から地域間の違いを明らかにするなどの研究を行っています。また、得られたデータはより広域の評価、予測モデルのパラメータ決定や検証データとして幅広く利用されています。

また、ミズナラなどを枯死させるナラ枯れの被害範囲も温暖化の影響で北上しており、北海道でも2023年に渡島半島の南端で初めて被害木が見つかりました。日本の広葉樹天然生林の蓄積量及び広葉樹材の素材生産量の2割以上が北海道に集中しています。ミズナラが主要広葉樹である北海道でナラ枯れ被害が拡大した場合、森林生態や木材産業にとって大打撃となります。北海道支所は、北海道立総合研究機構との共同プロジェクトを通じ、北海道庁、北海道森林管理局とも協力し前述の北海道初のナラ枯れ木を発見するとともに、被害の拡大防止にあたっています。被害発見の初期が被害拡大を防止するための重要なステージといえます。

気候変動の影響以外にも、北海道の森林・林業には様々な課題があります。北海道は広葉樹材の一大産地ですが、過去の大規模伐採後の資源量が回復途上にあり、安定的な供給を維持するためには、広葉樹材供給ポテンシャルを正しく推定することが求められています。そこで、令和6年度より、森林総合研究所交付金プロジェクト「ナラ類を中心と

する家具・内装用広葉樹材供給ポテンシャルの推定」を開始し、将来的な国産広葉樹の資源量、需要量、価格の変動の予測を試みています。

針葉樹人工林について見てみると、人工林面積の6割以上が10齢級以上(46年生以上、令和4年度 北海道林業統計)と、多くの林分で収穫(伐採)の適期を迎えています。今後伐採を進めていくうえで、伐採後の再生林の低コスト化が全国的にも重要な課題となっています。本州のスギ、ヒノキでは様々な研究が進められているのに対し、北海道の主要な林業樹種であるトドマツ、カラマツについては十分な情報が得られているとはいえません。トドマツ人工林などの主伐促進とそのための育林経費削減は、今後、北海道支所で取り組むべき大きな課題の1つと考えています。

また、人工林でも木材生産だけではなく生物多様性などの公益的機能も考慮した管理技術が求められています。主伐時に皆伐するのではなく一部の樹木を残す方法(保持林業)で公益的機能維持の効果を検証する日本初の実証実験を、北海道、北海道立総合研究機構、北海道大学農学部と協定を結び、共同で実施しています。2013年から50年間の長期計画で開始し、初期10年間の成果もいくつか出てきています。本誌31号においてその一部を紹介しています。

以上、最近の主要なテーマの一部を抜粋して紹介しましたが、それ以外にも北海道支所では、様々な環境条件・立地条件に対する樹木の生理生態的応答、樹木の遺伝子解析、エゾシカなど生物被害の防除、森林管理技術の高度化など、幅広い分野で研究を推進しています。社会実装に近い応用研究とともに、その科学的根拠を示すための基礎研究も必須と考えております。

得られた成果は学術誌による公表などで学会へ貢献すると同時に、研究成果発表会や、関係各機関への現地検討会、本誌「北の森だより」やパンフレットの発刊を通して、わかりやすく皆様に伝えるよう努めてまいります。そうした活動を通して今後も北海道の森林・林業に貢献してゆく所存です。引き続き皆様のご支援、ご鞭撻を賜りますようお願いいたします。

エゾマツ諸特性の地理的変異 ―地域集団内の多様性―

北海道育種場 生方正俊

はじめに

エゾマツ(蝦夷松)はその名が示すとおり北海道を代表する針葉樹のひとつです。森林内での蓄積量は約 53,076 千 m^3 と針葉樹ではトドマツ、カラマツに次ぐ第3位⁽¹⁾ですが、この蓄積量は 1950 年代から半減していると言われています⁽²⁾。減少の原因のひとつとして、育苗の難しさ等から事業的な造林が進まなかったことが考えられ、近年ではエゾマツに適したコンテナ育苗等の新たな育苗技術が開発されています⁽³⁾。

エゾマツに限らず様々な樹種の人工造林を進める上で、植栽する地域の自然環境に適した苗木を植えることが重要です。このためには、対象となる樹種について、様々な特性の地理的変異に関する知見などを蓄積する必要があります。

本研究では、北海道内の 15 地域のエゾマツ天然林から採取した球果や種子の形態的な特性や発芽特性、さらに、これらの種子から育苗した苗木の生育特性について、地域集団(以下特に必要がない限り、本文中では「集団」と表記)の内部や集団間の変異の程度や地理的変異の有無を調べました。

球果を採取した地域集団

2011 年の 9 月 26 日～10 月 20 日に北海道内の 15 か所のエゾマツ天然林(図1、表1)を対象に 1 集団当たり 10 個体程度から、1 個体当たり約 30 個の球果を採取しました。この年は道内全域で針葉樹の球果や種子が豊作であり、十分な数の球果を採取できました。これらの球果、球果から得られた種子、種子から養成した苗木の調査を行いました。

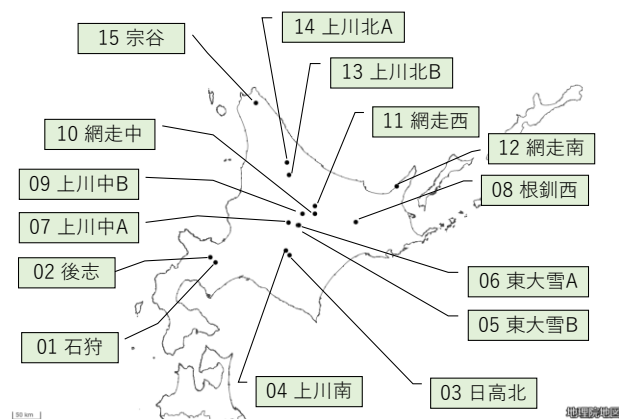


図1 球果を採取した地域集団の位置
地理院地図⁽⁴⁾を基に作成

表1 球果を採取した地域集団の標高と採取個体のサイズ

集団番号	集団名	標高 (m)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)
01	石狩	868	21.6	60.5
02	後志	697	21.2	62.4
03	日高北	782	23.7	58.7
04	上川南	713	22.1	51.8
05	東大雪 B	728	17.4	35.2
06	東大雪 A	703	25.9	53.7
07	上川中 A	699	20.5	50.3
08	根釧西	569	24.3	58.6
09	上川中 B	1143	13.9	29.8
10	網走中	955	15.9	33.7
11	網走西	968	20.1	46.0
12	網走南	104	20.1	54.7
13	上川北 B	390	22.0	53.5
14	上川北 A	417	22.6	58.4
15	宗谷	137	19.3	58.5

注) 集団番号は低緯度から高緯度の順に付与

球果や種子の形態

1 個体当たり約 20 個の球果と種子を計測したところ、以下それぞれ平均値で、球果の長さは 55mm、幅は 26mm、種鱗数は 151 枚、種子の長さは 2.9mm、種子に着いている翼の長さは 4.9mm でした。これらは、既存の報告⁽⁵⁾とほぼ同様の値となりました。写真1は、同じ集団内の近隣にある2個体から採取した球果を比較したものです。このように近隣に生育していても球果のサイズが大きく異なっている場合があることがわかりました。



写真1 同じ地域集団内の近隣の2個体から採取した球果

球果や種子の形態の指標として、球果の大きさや種鱗数、種子の長さや種子に着いている翼の長さ

について解析した結果、どれも集団内の個体間差が大きく、集団間に有意な差がみられないものもありました。また、これらの形態的な形質と集団が生育している場所の環境要因(気温、積雪量等)や地理的要因(緯度、経度、標高)との間に関連性は見られませんでした。以上のことから、エゾマツの球果や種子の形態的な形質については、生育環境への適応に関連したり、地理的変異を有したりするものはなく、集団内に様々な形態の球果や種子をもつ個体が存在することがわかりました。

種子の発芽特性

種子の発芽試験は、20℃以上の温度で行うことが一般的ですが、本研究では、エゾマツの自然状態での発芽を考慮して、5℃と15℃の変温条件で行いました。全体的には、試験開始から2か月後の発芽数が最も多く、発芽が収束するまでに21か月(約630日)かかりました(図2)。

発芽率は、平均31.4%で集団によって17.1%~47.3%の違いがありました。発芽するタイミングは、試験開始後2か月で最終発芽数の半分以上が発芽した集団がある一方、20%以下しか発芽しなかった集団もありました(図2)。発芽率、発芽タイミングともに集団間に有意な差がみられました。

発芽率とそれぞれの集団が生育する地域の冬期(1~3月)の平均気温との間に有意な負の相関が認められました。つまり、冬期の気温が低い集団ほど発芽率が高い傾向がありました。この原因は今のところはっきりしませんが、通常より低い温度で発芽試験を行ったことで、より高い温度条件であれば発芽可能であった種子の割合が生育地の気温が高い集団ほど高かったということも考えられます。冬の平均気温と発芽率との有意な関係や発芽タイミングの有意な集団間差は、エゾマツにおいて、集団によって種子の発芽パターンが遺伝的に異なっていることを示唆するものです。

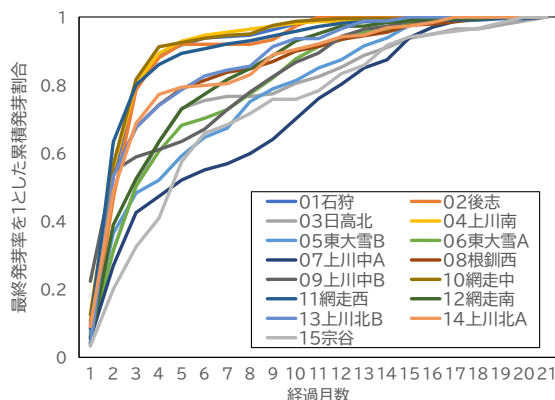


図2 地域集団別の最終発芽率を1とした場合の累積発芽割合の推移

苗木の成長特性

採取した球果から得られた種子をコンテナで育苗し、2014年に苫小牧市内の国有林(胆振東部森林管理署管内)に植栽しました。植栽後10年次の樹高を図3に示します。全体の平均樹高は1.00mで10cm未満の個体から3m弱の個体までありました。図3のとおり集団内のばらつきが非常に大きい結果が得られ、集団間に有意な差はみられませんでした。また、先端が枯損した苗や芯替わり苗といった形態異常苗の出現割合は全体の34%程度で、こちらも有意な集団間差はありませんでした。

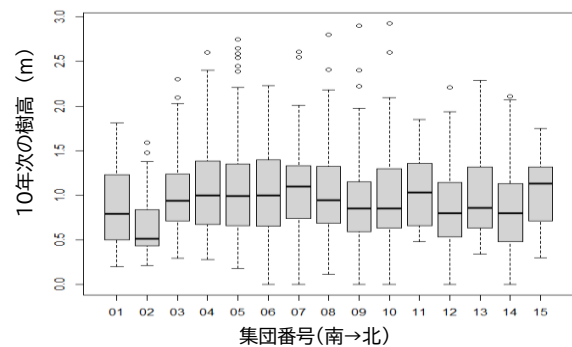


図3 地域集団別の植栽後10年次の樹高

箱の中央の線はデータ全体の中央値を、箱の上下端はそれぞれ第3四分位点(データ全体の下から75%の値)および第1四分位点(データ全体の下から25%の値)を、線の上下端はそれぞれ外れ値を除く最大値および最小値を、○は外れ値を示します。

まとめ

本研究から、北海道内のエゾマツの地域集団は、様々な形質において集団内の変異が大きく、多様性が高いことがわかりました。今後も試験地の調査を継続し、成長性や病虫害の抵抗性等の集団内外の変異の推移を明らかにしていく予定です。

引用文献

- (1) 北海道水産林務部(2023)令和3年度北海道林業統計.
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/rin-toukei/03rtk.html>
- (2) 高橋邦秀(2006)エゾマツ研究会の歩み. 北海道の林木育種49(2):5-8.
- (3) 「エゾマツ早出し健全苗」プロジェクトチーム(2014)エゾマツ早出し健全苗育成のための手引き. 30pp
- (4) 国土地理院ウェブサイト.
<https://maps.gsi.go.jp/#10/44.194513/143.132629/&base=blank&ls=blank&disp=1&vs=c1glj0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m>
- (5) 久保田泰明・福地 稔(1981)トウヒ属. 浅川澄彦・勝田 稔・横山敏孝編. 日本の樹木種子針葉樹編. 林木育種協会. 東京. 150pp. 42-51.

保持林業が鳥類保全に果たす役割

～7年間の調査から～

山浦悠一(四国支所)、雲野明(道総研林業試験場)

はじめに

保持林業は木材の生産と生物多様性の保全を単一の林分内で同時に達成することを目指します。しかし広葉樹を保持して生物多様性保全のために空間を確保することは針葉樹を育成する空間を減らすことになり、木材生産量は減ってしまいます。人工林に広葉樹を保持することによって、果たして私たちは減少する木材生産量に見合った保全効果を得られるのでしょうか？

道有林の実験では8つの処理方法ごとに3つの林分で伐採が行なわれ、さらに各伐採区は概ね5ha以上と大きくしたため、テリトリーが比較的大きな鳥類にとっても各伐採方法の価値を統計的に評価できるデザインになっています。これほど大規模な伐採実験を行なえることは国内では例がなく、鳥類は海外の保持林業の実験でも注目されてきました。そこで私たちは2013～2019年にわたって集約的な現地調査を行ない、伐採前から伐採後3年間にかけて鳥類の個体数変化を明らかにしました⁽¹⁾。

鳥類と森林・林業

まず鳥類と森林・林業の関係をおさらいしたいと思います。鳥類の分類群は、昆虫や植物などの他の分類群と比較して種数が少なく、特に鳴き声で種の識別ができます。このため種数や個体数を調査するためにかかる労力が少なく済むという特徴があります。そして樹木の葉や幹で食物となる節足動物を探すというように、種ごとに生態が大きく異なり、森林の樹木の組成や構造が鳥類の個体数や種数に大きく影響します。

このため、森林施業が鳥類に及ぼす影響が国内外の多くの研究で調査されてきました。その結果、人工林では天然林よりも種数や個体数が少ないこと、針葉樹人工林でも広葉樹が混交すると多くの種類が生息すること、樹洞を使う種類が多く、樹洞木や立ち枯れ木が人工林で鳥類を保全するために重要であることなどが明らかにされてきました。また、鳥類は他の分類群の多様性に対する指標性が高いことも示されるようになりました。

鳥類調査

私たちは今回の機会を最大限生かし、各伐採方法が鳥類に及ぼす影響を詳しく知るために、労力をかけて鳥類の調査をすることにしました。具体的には簡易的なテリトリーマッピング法を用いました。ま

ず伐採区、非伐採区ともに、林分全域をカバーするようなルートを設定しました。例えば CC1と呼ばれる6.4haの皆伐区では約800mのルートをテープでマーキングし、1繁殖期当たり6回同地を訪問しました。調査ではルート上で観察された鳥類の種類と場所を地図上で記録し、調査終了後に集計してテリトリーの数をカウントします。これを全ての調査区で伐採前1年間と伐採後3年間にかけて行ないました。

調査結果

7年間の調査の結果、合計57種の鳥類が確認されました。猛禽類は個体数の解析からは除外しましたが5種類が確認され(トビ、オオタカ、ノスリ、ハチクマ、クマタカ)、伐採地がこれら猛禽類の狩場になっていることが確認されました。クマタカは保持された広葉樹にとまっている様子も見られました。

伐採1年後の調査ではクマゲラが疎開した林床で採食をしており(写真1)、キバシリ(写真2)とクマゲラ(写真3)は保持されたシナノキの大径木とケヤマハンノキでそれぞれ営巣していました。



写真1⁽¹⁾。伐採地の林床で大型のキツツキ類が採食活動を行なうことが欧米で知られるが、道有林でも確認できた。



写真2⁽¹⁾。キバシリの北米の近縁種は伐採に敏感で、大量の樹木を残さないと個体数が大きく減少するとされる。



写真3⁽²⁾。ポーランドでは保持林業が推奨されており、クマゲラは営巣木として成熟林内の樹木よりも伐採地内の保持木を選好し、選好度は単木保持と群状保持で同程度だったと報告されている⁽³⁾。

鳥類の広葉樹の量への反応

調査結果を整理して解析したところ、トドマツ人工林を伐採する前も後も、人工林内に広葉樹が増えるにつれて鳥類の個体数は上に凸の形を描いて増加することが明らかになりました(図1)。

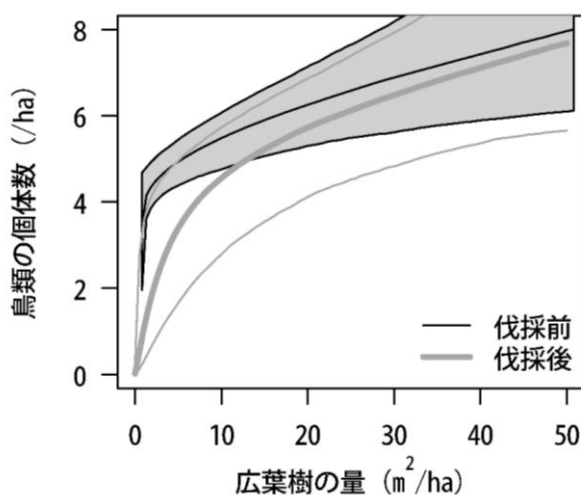


図1⁽¹⁾。鳥類個体数の広葉樹の量に対する伐採前後の反応。回帰曲線とその95%信用区間を描いた。伐採後の曲線は伐採後2年目のデータを用いた(下述参照)。

各処理が鳥類に及ぼす影響

8つの処理の効果を個別にみると、皆伐は鳥類の密度を大きく減らす一方、残す広葉樹の本数が増えるほど、この伐採のインパクトは低減できることが分かりました(図2)。伐採後1年目から2年目にかけて鳥類の密度は皆伐区と少量保持区(10/ha本保持)でそれぞれわずかに減少・増加したため、保持の効果が最も顕著だったのは伐採後2年目でした。

伐採していない人工林の対照区と天然林の参照区は伐採年の前後で鳥類密度の大きな変化は見られず、この時期地域の鳥類相は安定していたことが

示唆されました(図2)。林分の1/3を1haの伐区で伐採する小面積皆伐(受光伐)は、林分全体として伐採の大きなインパクトは検出されませんでした。伐区中央に60m四方のパッチを残した群状保持区の伐採のインパクトは皆伐区と大差ありませんでした。ただし、群状保持区の一つの保持パッチが風倒でほぼ倒壊したことには留意する必要があります。

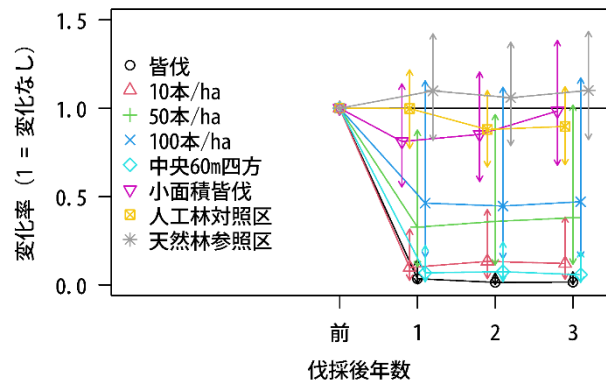


図2⁽¹⁾。伐採後の鳥類の平均的な密度変化を伐採前を1として処理区ごとに示した。縦のバーは95%信用区間。

おわりに

広葉樹の量に対する鳥類個体数の上に凸の増加パターンは(図1)、少量の広葉樹を保持することによって——人工林の木材生産量をわずかに減少させることによって——多くの鳥類を保全できることを示します。そして中量保持区とは異なり、少量保持区は皆伐区との間で鳥類密度に有意差がなかったことから(図2)、haあたり20-30本の広葉樹を保持すれば、皆伐に比べて森林性鳥類の個体数を統計的に有意に多く維持できると期待されました。

冒頭で述べた問いへの答えは「Yes」です。人工林で広葉樹を伐採せずに残す保持林業は費用対効果の高い保全手法だといえます。今後認証制度や施業ガイドラインに広葉樹の保持が組み込まれることにより、林業分野で生物多様性の

保全が進み、森林や林業、木材の価値が向上する可能性があります。なお、大径木や多種に選好される樹種を保持することで、一定の保全効果を上げるために必要な保持木の本数が少なく済むと予測されます⁽⁴⁾。

引用文献

- (1) Yamaura Y et al, (2023) Ecol Appl 33:e2802.
- (2) 柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一(2018)保持林業. 築地書館. 東京
- (3) Zawadzki G & Sławski M (2023) For Ecol Manage 548:121398.
- (4) Kebrle D et al. (2021) For Ecol Manage 496:119460.

保持林業における保持木の生残と下層植生に対する効果

北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 明石信廣

保持木の生残

保持林業では、周囲の樹木を伐採することで、保持木は急激な環境の変化にさらされます。保持木は枯れた後もクマゲラの採餌木になるなど、多様な生物の生息環境の一部になっていますが、生立木としての機能を長く発揮させるには、環境変化に強い樹種を選ぶことが考えられます。そのような検討の基礎とするために、保持林業の実証実験では、保持木の生残を追跡調査しています。

単木保持

伐採から6年後の調査では、第2セット中量保持区で生残率が最も低く、59%でした。生残率が最も高かったのは第3セット大量保持区の91%でした。伐採時に失われたものが多く、その後は減少がしだいにゆるやかになってきています。

保持木の樹種、胸高直径、実験区の違いを組み込んだモデルによって、実験区ごとの生残状況の違いを調べました。その結果、保持木として選んだ立木の量が多いほど、枯死するものが少ない傾向がありました(図1)。伐採した樹木が多い実験区ほど、伐採時に枯死または消失したものが多くなっていました。伐採前に生育していた広葉樹は、実験区全体に一樣にあったわけではなく、しばしばまとまって生育していました。保持木の多い実験区では、このようなまとまりをそのまま保持したところもあり、伐採時の損傷やその後の強風による影響を受けにくかったのではないかと思います。

生き残った保持木、枯死した保持木にも、さまざ

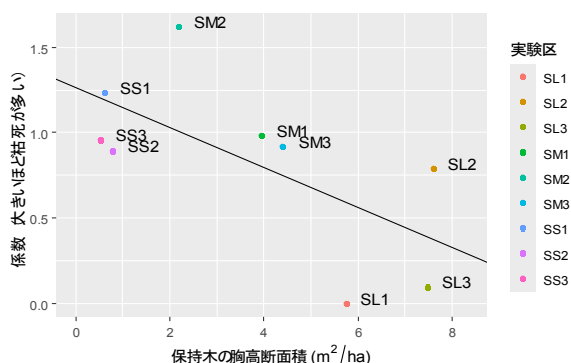


図1 保持木の胸高断面積合計と保持木の生残の関係（伐採前に保持木として選んだ立木の伐採6年後までの生残について解析）。実験区の係数は大きいほど枯死が多いことを示す。保持木が多いほど枯死木は少ない傾向があった。SL：大量保持区、SM：中量保持区、SS：少量保持区。



写真1 保持木のさまざまな状態（単木中量保持区、伐採7年後に撮影）。保持木の一部は伐採時に伐られたり倒れたりして失われました。立ち枯れや強風による幹折れ、根返りも発生しました。先枯れは健全木と同様に扱いました。



写真2 幹折れ後に樹冠が回復したシナノキ

まな状態のものがあります(写真1)。樹種ごとに枯死の状況には特徴があり、シラカンバは根返り、ハリギリは幹折れ、キハダは立ち枯れが多くなっていました。オニグルミやシナノキは、幹折れしても幹の株が生き残っていることが多く、樹冠が回復して幹折れの痕跡が分かりにくくなっているものもありました(写真2)。

群状保持

3箇所の群状保持のうち2箇所では伐採後に発生した倒木はわずかでしたが、1箇所では伐採翌年の強風により、ほとんどの保持木が倒れました(写真3)。この実験区だけでなく、いくつかの実験区の周囲で林縁のトドマツに風倒が発生しました。風倒後には、広葉樹が天然更新し、広葉樹林に変化して

きています。



写真3 ほとんどの保持木が倒れた第3セット群状保持区。森林総合研究所古家直行氏撮影。

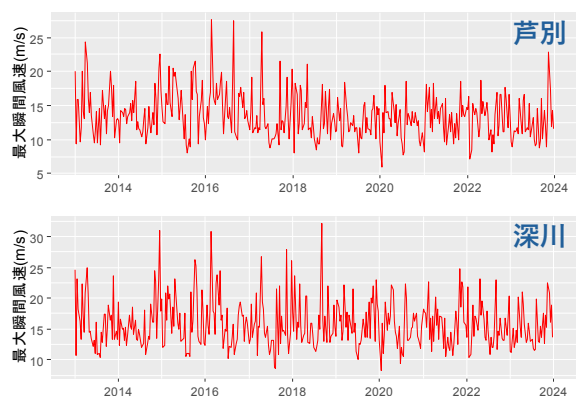


図2 アメダスによる芦別と深川の旬別最大瞬間風速。2019年以降は強風が発生していない。

強風の発生状況

実験区に近い芦別と深川における最大瞬間風速を調べると、2019年までは毎年のように25m/sを超える強風がありました(図2)。近年風倒が発生していないのは2019年以降に強風が発生しなかったことと関連している可能性もあり、引き続き調査をしています。

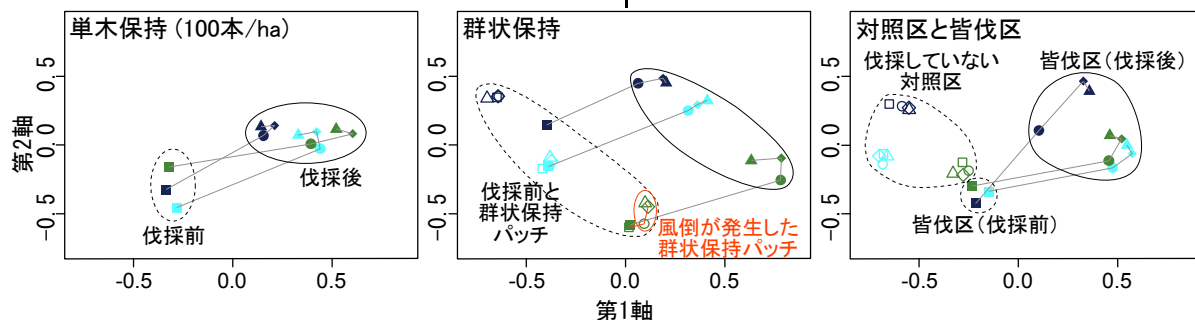


図3 非計量多次元尺度構成法(NMDS)によるスコア(第1セット～第3セットの各実験区内のプロットの平均値)。近くの点は植生が類似していることを示す。Akashi(2023)を改変。

下層植生への影響

伐採前の下層植生は、広葉樹が多いところではササが多く、植物の種数が少ない傾向がありました。一方、トドマツが優占するところはササが少なくなり、多様な草本が生育していましたが、間伐が頻繁に行われると攪乱に依存する種が増える傾向がありました⁽¹⁾。

伐採後の下層植生は、伐採前の影響を残しながら、攪乱地を好む植物が優占するように変化しました。群状保持区の保持パッチ内では、ほとんどが風倒木となったところ(写真3)でも大きな変化がありませんでした(図3)⁽²⁾。単木保持区では、皆伐地と同様に、伐採作業にともなう機械の走行や地拵え、下刈りによって皆伐区と同様に攪乱されましたが、保持木の周囲では攪乱が軽減され、伐採前の植物が残る確率が少し高くなっていました。伐採された調査区では見られなくなった植物でも、林床が攪乱されていない群状保持区では生き残っていることがあり、群状保持には皆伐の影響から逃れる一時的な避難場所としての機能があると考えられます。

植栽したトドマツの成長や、群状保持パッチでも林縁効果によって、下層植生は変化を続けています。次の伐期までの環境変化のなかで、どうすれば下層の植物相を維持できるのか、長期的な視点で考えていく必要があります。

引用文献

- (1) Akashi N et al. (2021) Effect of forest management on understory vascular plants in planted *Abies sachalinensis* forests. Forest Ecology and Management 497: 119521.
- (2) Akashi N (2023) Responses of understory vascular plant communities up to 6 years after retention harvesting in planted *Abies sachalinensis* forests. Forest Ecology and Management 538: 120991.

保持伐が森林性昆虫に与える影響

森林生物研究グループ 山中 聡

はじめに

昆虫は非常に多様な分類群で、森林から砂漠までさまざまな環境に生息しています。現在知られている昆虫の種類は百万種以上とも言われ、これは動物の 90%にあたります。種の数と同様に、昆虫が生態系の中で持っている役割も非常に多様です。昆虫の役割として、まず一番始めにあげられるのが花粉媒介の機能です。たとえば、野生の種子植物の 85%以上が昆虫によって花粉が運ばれて種の生産ができていと言われている。さらに、人間が利用している農業作物のうちの 75%以上も昆虫の花粉媒介が必要と言われている。それ以外にも、枯死木や動物の死骸などの有機物を分解する機能や、より大きな生き物の餌になるという栄養循環の役割を昆虫は持っています。

このような昆虫の中で私たちが今注目して研究しているのが、主に地表面で生活する地表性甲虫というグループです。このグループの甲虫は環境の変化に応じて個体数や種数が変化することが知られており、生物多様性の変化を捉えるための生物指標としてよく使われています。たとえば、環境省のモニタリングサイト 1000(継続的に生態系の変化・多様性の変化を調査する場所)でも地表性甲虫は調査対象になっています。

保持林業の実証実験区では、それらの地表性甲虫類の中でも大きく二つのグループで調査を行っています。一つはオサムシ類(写真 1 上)です。このグループはマイマイカブリが代表例ですが、オサムシ、ゴミムシ、ゴモクムシなどと呼ばれるオサムシ科の甲虫を指します。オサムシ類は種数が多く、様々な種が多様な環境に生息しているという特徴があります。体長も 6cm ぐらいから 1cm 以下のものまで、大きいものから小さなものまで多様です。このオサムシ類の特徴は、土地利用や環境の変化によって出現する種が変わるということが言われています。今回の実験でいえば、伐採した場所と伐採していない場所、さらにその中間にあたるだろう保持林業の実施区では、出現する種の数や、各種の個体数は異なると予想できます。

もう一つのグループはシテムシ類・糞虫類のグループです。これらは動物の死骸や糞を餌として利用しているグループです。主にシテムシ科が腐肉食性の昆虫で、モンシテムシやヒラタシテムシといった種が含まれます。もう一つがコガネムシの仲間で、こちらは糞食性の種と腐肉食性の種の両方が含まれ、

ヨツボシモンシテムシ(写真 1 下)が代表的な種です。この腐肉食性昆虫や糞虫の特徴としては、飛翔できる種が多く移動能力が高いといわれています。また糞虫類などは、人の手が加わっていない(影響のすくない)天然林で個体数や種数が多い一方で、生息地面積の減少や分断化によって個体数や種数が大きく減ることが報告されています。

以上より、地表性甲虫類の二つのグループを用いて、私たちは保持林業に関して以下の三つの検証を行いました^(1, 2)。

1. 伐採によって地表性甲虫類の種数と個体数は減少するか(伐採の影響)
2. 広葉樹を伐採地に残すことで伐採の影響を緩和できるか(広葉樹単木保持の効果)
3. 伐採地に残された針葉樹の森林パッチは避難場として機能するか(針葉樹群状保持の効果)



写真1 本研究で対象とした地表性甲虫類の例。
上：エゾアカガネオサムシ、下：ヨツボシモンシテムシ

調査方法

オサムシ類は落とし穴トラップを用いて調査しました。これは地表を歩いているムシが穴に落ちるもので、トラップの中には保存液を入れ、設置1週間後にトラップに落ちたムシを回収しました。シデムシ類・糞虫類の調査にはベイトトラップを使用しました。このトラップは、落とし穴トラップに匂いをだす餌(ベイト)をくっつけて、それによって誘引された虫を捕獲するものです。

結果

図1は、縦軸が森林性オサムシ類の種数の推定値、横軸が伐採地に残した保持木の本数を表しています。ここで、保持木の本数がゼロの地点がまったく木を残していないすべての木を伐採した(皆伐した)ときの種数の推定値を示しています。この値と、伐採をしていない人工林での推定値(右側の黒い点と棒)を比較すると、すべての木を伐ることによって種数が減少することが分かります。個体数についても種数ほど明瞭ではありませんが同様の傾向がありました。針葉樹群状保持と広葉樹単木保持で、保持木の本数を変えたときの種数の推定値を比較すると、木を残せば残すほど、個体数と種数は増加することが分かりました。また、広葉樹単木保持で針葉樹群状保持よりも若干効果が高いことも分かりました。また、シデムシ類・糞虫類でも同様に、皆伐で個体数が最も低く、木を残すほど個体数が増加する傾向がありました。

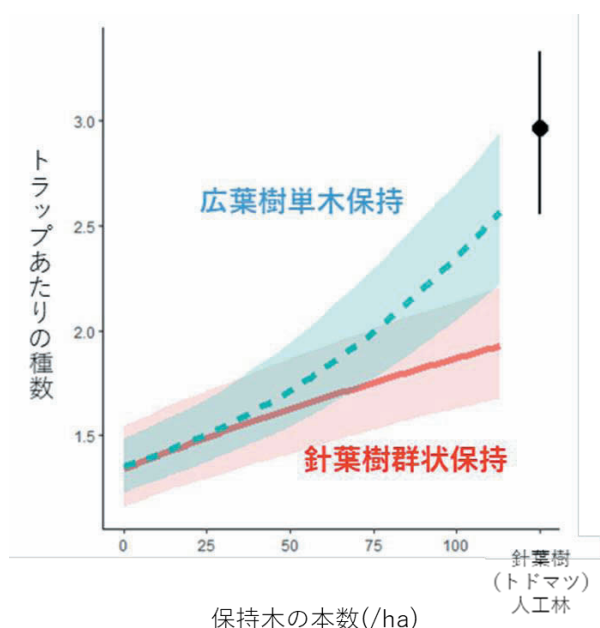


図1 森林性オサムシ類の種数の推定値と伐採地に残した保持木のヘクタールあたり本数の関係。黒い点と棒は伐採をしていない人工林の種数の推定値、赤い実線と青い点線は、それぞれ針葉樹群状保持と広葉樹単木保持で保持木の本数を変えたときの種数の推定値。

図2は、群状保持区と皆伐区、非伐採の人工林区でシデムシ類・糞虫類の種数を比較した結果です。伐採されていない人工林では森林性種の種数が高い一方で、伐採した地点では減少しました。さらに針葉樹群状保持であっても、これらの種数が減少しました。このことから、このグループにとっては、群状保持が避難場としての機能していないことが分かりました。

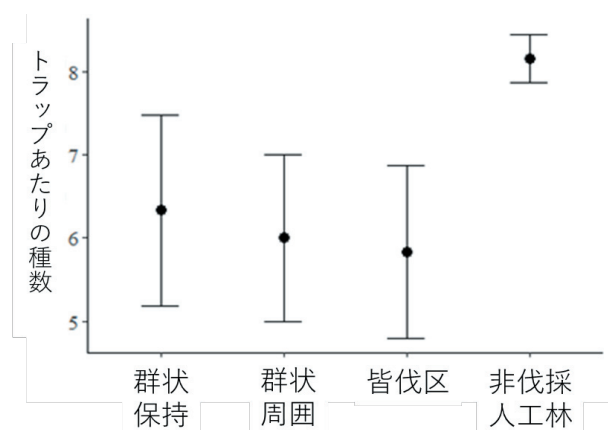


図2 針葉樹群状保持区、皆伐区、非伐採人工林区でのシデムシ類・糞虫類の種数。点は平均値、垂線は標準偏差。群状保持: 針葉樹群状保持区の森林部分、群状周囲: 針葉樹群状保持区の伐採部分。

わかったこと

1. 伐採の影響

伐採は両グループの森林性種の種数や個体数を減少させることがわかりました。

2. 広葉樹単木保持の効果

広葉樹単木保持は、両グループで伐採の影響を緩和させること、多くの木を残すほどその効果が增加することが分かりました。これは、伐採地に広葉樹を残すことで、甲虫類が伐採地内を移動しやすくなるなど、生息環境の改善につながったためと考えられます。

3. 針葉樹群状保持の効果

針葉樹の群状保持は、オサムシ類の種数を増加させる効果がありましたが、シデムシ類・糞虫類には効果がありませんでした。これは、シデムシ類・糞虫類は生息地の面積に影響を受けやすく、今回伐採地に残した森林のサイズ(60×60m)では、生息環境としては小さすぎたのかもしれないと考えています。

引用文献

- (1) Yamanaka S et al. (2021) For Ecol Manage 489: 119073.
- (2) Ueda A et al. (2022) J Insect Conserv 26: 283-298.

人工林で生物多様性を守る「保持林業」の実証実験 －実験の概要と、当初の成果のまとめ－

森林生物研究グループ 尾崎研一

保持林業とは

多くの人工林が主伐期を迎え、生物多様性に配慮した伐採方法が求められています。保持林業(または保持伐、保残伐)とは、主伐時に一部の樹木を残して複雑な森林構造を維持することにより、多様な生物の生息地としての機能等を維持する森林管理のことで、木材生産と公益的機能の両立をめざしています。この保持林業を人工林に適用するために、2013 年から北海道有林において「保持林業の実証実験(略称:REFRESH)」という大規模な実験を実施しています。ここでは主伐期のトドマツ人工林で保持方法や保持率を変えた伐採を行い、生物多様性や水土保持機能、木材生産性の変化を調べています。

実験の概要

本実験では、50 年生以上のトドマツ人工林と広葉樹天然林に1区画の面積5～9ha の実験区を設け、8通りの処理を3セット設置しました(図1)。単木保持区では人工林内に天然更新で混交していた広



図1 保持林業の8通りの実験区

葉樹林冠木を3段階の量で保持しました。これは人工林化で失われた広葉樹を必要とする生物を保全するためです。一方、群状保持区では実験区の中央に 60m 四方の保持パッチを残し、閉鎖林分の環境を維持しました。伐採は 2014 年から1セットずつ3年かけて行いました。伐採後は、通常的人工林同様に地ごしらえ、トドマツの植栽、下刈りを行いました。

当初の成果のまとめ

実験開始から 10 年間が経過し、これまでの成果をまとめました(表1)。生物多様性については鳥類、林床植生、昆虫類、コウモリ、外生菌根菌を調査しました。その結果、単木保持では林床植生を除くすべての生物群で森林性種の個体数、種数と保持量に正の相関がみられました。このことから、広葉樹の保持量が大きいほど生物多様性保全効果が高いことが明らかになりました。特に鳥類では少量の広葉樹を保持することが費用対効果の高い保全手法であることが示されました⁽¹⁾。

一方、群状保持の効果は生物群によって異なり、林床植生、オサムシ類、外生菌根菌のように、保持パッチが伐採の影響から逃れる一時的な避難場所として機能するものと、鳥類や腐肉食性甲虫のように機能しないものがありました。また、伐採翌年の強風により、ほとんどの保持木が倒れた保持パッチも一時的な避難場所として機能したことから⁽²⁾、避難場所となるには林床が攪乱されていないことが重要だと考えられました。

表1 保持林業の実証実験、初期の成果のまとめ

機能	生物群など	単木保持量との関係 ^a	群状保持の避難場所効果 ^b
生物多様性保全	鳥類	+	なし
生物多様性保全	林床植生	なし	+
生物多様性保全	オサムシ類	+	+
生物多様性保全	腐肉食性甲虫	+	なし
生物多様性保全	コウモリ	+	
生物多様性保全	外生菌根菌	+	+
木材生産性	伐出生産性	—	
水土保持	伐採直後の変化を緩和	+	

a: 広葉樹保持量と正(+)、負(−)の関係、または関係が認められない(なし)

b: 群状保持の避難場所効果があり(+)、なし(なし)、または調査せず(空欄)

次に、木材生産性については、伐出コストの増加や収穫量の減少といった負の影響は 10 本/ha 保持では無視できる範囲でしたが、50 本/ha 保持以上で顕在化しました。また、水土保持機能については量水堰を設けて伐採前後の流量と水質の変化を調べました。その結果、保持伐は皆伐による伐採後 2 年間の流量と溶存有機炭素量の増加を緩和することが分かりました。

人工林において適切な保持林業の提案

以上の成果から人工林で適切な保持林業を提案しました⁽³⁾。単木保持では木材生産性を犠牲にしないのであれば保持木を 50 本/ha(材積で約 10%)以下に抑えるが、多少のコスト増加を許容するなら 50 本/ha 以上の保持が望ましいと言えます。ただし、保持林業が国内で普及していない現状を考慮すると、10 本/ha(材積で約 2%)から始めるのが現実的だと考えます。また、単木保持と群状保持では効果的な生物群が異なるため、両方の生物群を保全するには単木保持と群状保持を組み合わせる必要があります。

単木保持と群状保持のトレードオフ

単木保持と群状保持を組み合わせる場合、保持する本数を一定とすると、トレードオフが起こります。図 2 の(a)は単木保持だけを、(b)は群状保持だけを行った場合で、保持する本数は同じです。(c)も同じ本数ですが、単木保持と群状保持を組み合わせたので、それぞれに割りあてて本数は半分にになり、その結果、それぞれの保全効果も低下しています。そして単木保持に割りあてて本数を増やすと群状保持に割りあてて本数が減り、逆に単木保持に割りあてて本数を減らすと群状保持に割りあてて本数が増えます。この関係をトレードオフといいます。トレードオフが生じる場合、単木保持と群状保持の効

果を同時に増やすには、保持する本数の合計を増やす必要がありますが、そうすると今度は木材生産性が低下してしまいます。

このトレードオフを解消する方法として、図 2 の(d)のように、すべてを単木保持としつつ、保持した広葉樹の樹冠の下で地ごしらえ、植栽、下刈りなどの施業をやめて、林床を攪乱しないやり方が考えられます⁽³⁾。こうすることで、単木保持で維持される広葉樹が必要な生物と、群状保持で維持される未攪乱の林床が必要な生物の両方が保全されると予想されます。また、この方法は、保持した広葉樹に被陰され、成長が低下する植栽木を減らすことにより、木材生産性の低下を抑える効果も期待できます。

今回の実験では保持バッチの大きさは一定(60m 四方)なため、広葉樹の樹冠と同じ面積の小さな保持バッチが生物の避難場所として機能するかどうかは調べていません。そのため図3の(d)の方法はまだ仮説の段階です。今後の調査により、期待通りの効果があるかどうかの検証が待たれます。

引用文献

- (1) 山浦悠一・雲野明(submitted)保持林業が鳥類保全に果たす役割～7年間の調査から～、北の森だより 31:P3-4
- (2) 明石信廣(submitted)保持林業における保持木の生残と下層植生に対する効果、北の森だより 31:P7-8
- (3) Ozaki K et al.(2024)Retention forestry in plantations: synthesizing key findings of early studies from a long-term experiment in northern Japan. Forest Ecology and Management.562. 121929

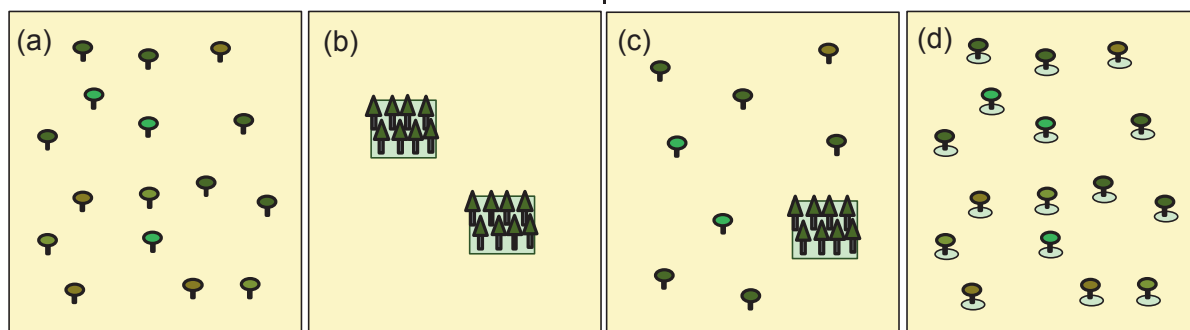


図 2 単木保持と群状保持のトレードオフの説明図。(a)単木保持では広葉樹を残すため、広葉樹を必要とする生物を保全することができる。(b)群状保持では閉鎖林分の環境を維持するため、未攪乱の林床が必要な生物を保全することができる。(c)単木保持と群状保持を組み合わせると両方の生物を保全することができる一方、それぞれの保全効果も低下してしまう。(d) このトレードオフを解消する方法として、単木で保持した広葉樹の樹冠の下では施業をせずに、未攪乱の林床を維持するやり方が考えられる。Ozaki et al.(2024)の Fig.1 を転載

－会場風景－



玄関



受付



客席



開会挨拶

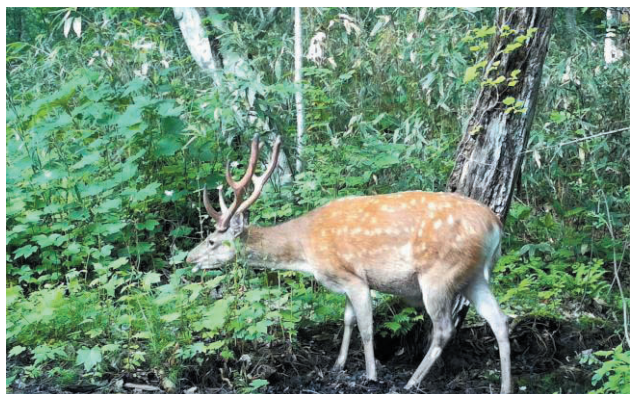


質疑応答



閉会挨拶

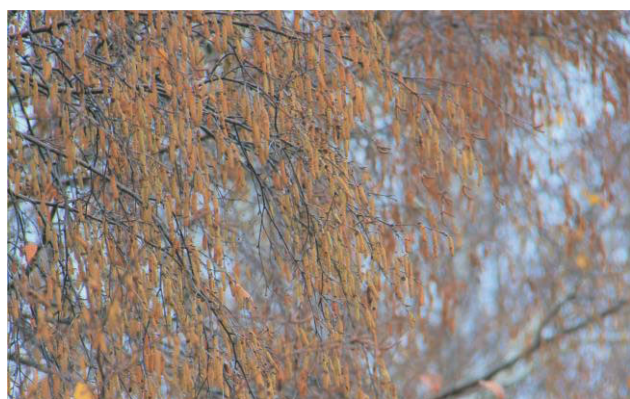
ー北海道支所の風景からー



エゾシカ



樹木園



シラカンバ



所内苗畑

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所 研究情報誌
『北の森だより』 No.31 (27号よりユニバーサルデザインフォントを使用しています)

編集・発行 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所(担当:地域連携推進室)
〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7番地
TEL(011)851-4131 FAX(011)851-4167
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/hkd/>
印刷 ひまわり印刷株式会社
〒065-0030 北海道札幌市東区北30条東6丁目2-1
TEL(011)748-4500 FAX(011)748-4100

令和7年(2025年3月31日発行)

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所北海道支所の許可を受けて下さい。
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。



エコマーク商品
古紙パルプ配合率60%
19 107 003
王子製紙株式会社

