

令和3年度森林整備保全事業推進調査  
報 告 書

令和4年3月

林 野 庁

このページは表紙の裏側で空白です。

# 目 次

1 調査の目的及び検討委員会の開催 .....	1
1-1 調査の目的 .....	1
1-2 検討委員会の設置・運営 .....	3
1-2-1 検討委員会の設置 .....	3
1-2-2 検討委員会の開催 .....	3
2 生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業についての整理・検討 .....	4
2-1 生物多様性全般の評価に関する文献収集・整理 .....	4
2-1-1 収集文献数及び一覧表 .....	4
2-1-2 生物多様性の評価方法に関する文献 .....	4
2-1-3 生物多様性の評価事例 .....	9
2-2 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献収集・整理 .....	18
2-3 人工林の生物多様性を保全する施業・森林管理のあり方 .....	33
3 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析 .....	50
3-1 森林生態系多様性基礎調査データによる生物多様性保全機能の分析 .....	50
3-1-1 基礎調査データによる多様性の計量的評価について .....	50
3-1-2 基礎調査データの処理手順 .....	53
3-1-3 基本的な集計項目とクロス集計 .....	55
3-1-4 地域別林種別プロット数及び木本類総種数 .....	58
3-1-5 地域別林種別草本類総種数 .....	63
3-1-6 木本類の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度 .....	72
3-1-7 草本類の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度 .....	80
3-1-8 スギ地域別・齢級別平均 $\alpha$ 多様度 .....	89
3-1-9 木本類のシャノン・ウィナー多様度指数 .....	93
3-1-10 樹高階層別シャノン・ウィナーの多様度指数 .....	107
3-1-11 絶滅危惧種と草本類 $\alpha$ 多様度 .....	113
3-2 現地調査 .....	118
4 人工林における生物多様性の評価 .....	122
4-1 ラジアータパインに見る人工林施業と方向性 .....	122
4-2 生物多様性保全に向けた人工林施業のあり方 .....	133
4-3 生物多様性の観点から見た人工林の「健全性」 .....	139
4-4 生物多様性保全に向けた人工林施業 .....	147
4-5 基礎調査データにみる生物多様性 .....	153
4-5-1 「希な」種から見た多様性 .....	153
4-5-2 各種多様性指数と多様性 .....	161

5 今後の調査課題の提案 .....	163
5-1 森林整備保全事業と生物多様性の保全 .....	163
5-2 森林生態系多様性基礎調査データによる期間変動の分析 .....	167
付帯資料 令和3年度森林整備保全事業推進調査第1回検討委員会 （書面による検討委員会）の意見 .....	168

## 1 調査の目的及び検討委員会の開催

### 1-1 調査の目的

全国森林計画に掲げる森林の整備及び保全の目標の計画的かつ着実な達成に資するため、森林整備事業及び治山事業に関する計画である「森林整備保全事業計画」が5年ごとに策定されている。現在の森林整備保全事業計画の期間は2019(令和元)年度から2023(令和5)年度である。

森林整備保全事業計画は、事業の実施によって国民生活等に与える影響をなるべくわかりやすく示すため、事業実施の目標や成果指標(アウトカム目標)を定めている。成果指標は、喫緊の政策課題を踏まえて見直しが図られていくが、その際、客観的なデータの収集・分析に基づき妥当性を検証する必要がある。

令和2年度森林整備保全事業推進調査では、森林の整備及び保全における新たな課題について情報収集や検討を行い、森林整備保全事業計画の指標の改善等に資することを目的とするが、特に森林の有する生物多様性保全機能に関する知見を整理することとする。

(参考) 最近4年間の森林整備保全事業推進調査における主な課題

(\*) 森林整備保全事業計画[2014(平成26)年度－2018(平成30)年度]のもとで

◎平成29(2017)年度森林整備保全事業推進調査

森林の有する多面的機能の検討、具体的には公益的機能の貨幣換算評価、施設の老朽化・長寿命化を示す成果指標、公共事業の成果指標の収集・分析など

◎平成30(2018)年度森林整備保全事業推進調査

新たな成果目標等の設定に向けた調査・検討、今後の森林整備保全事業の推進に向けた評価手法の検討など

(\*) 新たな森林整備保全事業計画[2019(令和元)年度－2023(令和5)年度]のもとで

◎令和元(2019)年度森林整備保全事業推進調査

人工林の高齢級化(風倒木・流木発生との関係を含む)、人工林の広葉樹林化・針広混交林化と生物多様性。以上の課題と成果指標との関係

◎令和2(2020)年度森林整備保全事業推進調査

山地・渓流域における生物多様性に配慮した森林整備、天然更新に関する知見の整理、人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析

### 令和2年度森林整備保全事業推進調査 仕様書

ア. 生物多様性保全に配慮した森林保全事業についての整理・検討

森林は遺伝子や生物種、生態系を保全するという根源的な機能を持っており、森林の整備・保全によりこの機能を十分に発揮させることが重要である。

人工林が天然林よりも生物の生息場所として不適な原因としては① 単一樹種、単一年齢の樹木が規則正しく植栽されており樹種と構造が単純、② 通常、老齢段階前に伐採されるため、老齢林に見られる発達した土壌や、樹洞のある大木、立ち枯れ・倒木がないため、これらの特徴的な構造物を利用する生物が生息することが困難、③ 施業による人為的

なく乱により頻繁に遷移の初期段階に戻るため、かく乱に弱い遷移後期種にとって良い生息場所ではない(尾崎(2011 年)、日本森林学会)等、主な理由としてこれら3 つが考えられている。

これら3 つの点を踏まえ、複層林施業、針広混交林化、長伐期化を実施することによる生物多様性保全機能の向上、特に絶滅危惧種の保全や種の多様性について学術論文等を参考にしてとりまとめること。とりまとめに当たっては、令和2 年度森林整備保全事業推進調査において収集した生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業に関する文献調査結果を活用できる他、必要に応じて追加の文献調査を行うこと。

#### イ. 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析

令和2 年度の調査では、特に、人工林における生物多様性保全機能の現状について、森林生態系多様性基礎調査の結果を用いて、全国のスギ・ヒノキの育成単層林について天然更新の状況や、絶滅危惧種(植物)の出現状況について試行的な分析を行った。令和3 年度は、引き続き、同調査のデータを用いて、人工林の生物多様性保全機能の評価を行うこと。

また、昨年度実施した絶滅危惧種(植物)の分析を参考にして、種の多様性(植物の出現種数)の観点からも分析も試みること。

なお、現地の状況も踏まえたデータの分析を行うため、生物多様性の保全の観点から特徴的な森林整備保全事業の調査地点(1 地域程度)について、現地調査を実施するものとする。

#### ウ. 人工林における生物多様性の評価

ア及びイの結果を踏まえ、現状における人工林の生物多様性について、評価を行うこと。

## 1-2 検討委員会の設置・運営

### 1-2-1 検討委員会の設置

(敬称略)

- 立花 敏 筑波大学生命環境系 准教授 林政審議会会長代理  
長池 卓男 山梨県森林総合研究所 主幹研究員  
牧野 俊一 国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所 非常勤研究職員  
吉田 俊也 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 教授  
(森林圏ステーション 北管理部長)

### 1-2-2 検討委員会の開催

#### (1) 第1回検討委員会

議案:「調査の進め方について」

別紙資料(2021年12月7日「令和3年度森林整備保全事業推進調査 調査の進め方について」)を基に委員意見の収集

意見収集期間:令和3年12月7日～令和3年12月20日

検討委員会委員:○印:座長

- 立花 敏 筑波大学生命環境系 准教授 林政審議会会長代理  
長池 卓男 山梨県森林総合研究所 主幹研究員  
牧野 俊一 国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所 非常勤研究職員  
吉田 俊也 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 教授  
(森林圏ステーション 北管理部長)

#### (2) 第2回検討委員会

本報告書の第4章「人工林における生物多様性の評価」に掲載した小論文を各委員にご執筆いただくことをもって、第2回検討委員会の開催とした。

## 2 生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業についての整理・検討

### 2-1 生物多様性全般の評価に関する文献収集・整理

#### 2-1-1 収集文献数及び一覧表

生物多様性の数量化評価に関する文献は、あまり多くはないことから、本調査では、生物多様性の数量的評価について幅広く検討することとし、森林生態系関連以外の文献も収集対象にすることとした。

図表2-1-4は、収集文献の一覧表であり、26件の文献を収集した。

#### 2-1-2 生物多様性の評価方法に関する文献

##### (1) 種の多様性の数量化について

種の多様性を数量的に表現することは容易ではない。「種の多様性」とは具体的に何をもって多様性と呼ぶのかという問題は、古くから論じられている。例えば、「種組成の特異性・固有性と多様性との関係はどのように考えるべきか」、「そもそも広大な地域内に生息する全生物の調査など無理だ」、「一部の分類群の調査結果のみでは評価は不可能だ」、「種数や多様度指数の相対的評価で多様性を評価可能か」、等々である(文献番号<sup>1</sup>9)。

種の多様性に関する数量的把握の試みは、古くから研究されており、「生物群集の組成には一定の法則があるのではないか」といった視点から、元村(1932)は、動物群集の組成に関する等比級数法則を提唱した(文献番号 11)。動物群集を構成するある動物の個体数を $y$ 、その動物の個体数のその群集における順位を $x$ とすると

$$\log y + ax = b \quad (a \text{ 及び } b \text{ は、その群集に特有の常数})$$

の関係が成立するというものである。身近な例では、電灯に集まる昆虫の一群を群集とみなしてハエ族の個体数組成を調べると元村の等比級数法則がなりたつ。しかし、この法則の本質的機構については十分明らかになってはいない。鈴木(1951)は、この法則が植物群落に適用可能な場合があることを報告している。

等比級数法則を決定づける要因は、群集の特性を表す常数の  $a$ 、 $b$  であるが、傾きの常数  $a$  を多様度とする考え方もある。

---

<sup>1</sup> 文献番号は、本調査において収集整理した文献一覧表図表2-1-4中の文献番号のことである。



一方、生態学的な多様性の測定方法は、Whittaker (1960、1972)<sup>2</sup>が提唱した種の多様性に関する、 $\alpha$  多様性、 $\beta$  多様性、 $\gamma$  多様性の概念がある(文献番号 3)。

$\alpha$  多様性について当初は、種(種数等)を単位とした計測であったが、種の多様性を考慮していないことから、いくつかの多様度指数が考案された。

今回調査では、多様性を表す指標について、統計学的に体系化された解説文献は収集できなかったが、図表 2-1-1、図表 2-1-2 のように整理している文献があった。

図表 2-1-1 種多様性の要素とそれを表現する多様度指数の例

1. 種の豊富さ (species richness)	
・観察された総種数 $S$	
・サンプル当たり平均種数 $\bar{S}$	
・種密度 (単位面積当たりの種数、あるいは単位個体数当たりの種数)	
・種数面積関係による種密度の補正值 Gleason (1922) の $d = \frac{S}{\log A}$ ただし $A$ は調査面積	
・単位個体数中に含まれる種数の期待値	
Rarefaction 法 (稀釈法) による任意のサンプルサイズにおける種数の推定値	
Itow (1984) の $S_{(100)}$ 100個体中に含まれる種数の期待値	
・個々の種のアバンダンスに基づく母群集の総種数の推定値	
・ノンパラメトリックな方法による母群集の総種数の推定値	
Jackknife法, Bootstrap法, Chao (1984, 1987) の方法, 森下 (1996) の方法など	
・累積種数曲線に基づく種数の推定値	
2. 均衡性 (equitability)	
・Pielou (1966b) の $J' = \frac{H'}{\log Q}$ およびこれに類する指数	
・Sheldon (1969) の $E = \frac{e^{H'}}{Q}$ およびこれに類する指数	
・森下 (1996) の $\frac{1}{I_\lambda} = \frac{\beta}{Q}$	
ただし $Q$ は母群集の総種数, $H'$ は Shannon-Wiener の指数, $\beta$ は森下の $\beta$ 指数	
3. 平均多様度 (種の豊富さ $\times$ 均衡性)	
・Shannon-Wiener の $H'$ や $e^{H'}$ (Shannon and Weaver, 1949; Sheldon, 1969)	
・Simpson (1949) の単純度指数 $\Sigma \Pi^2$ およびこれに基づく指数	
$\Sigma \Pi^2$ の不偏推定値 $\lambda$ の逆数 ( $1/\lambda$ = 森下の $\beta$ 指数) や補数 ( $1-\lambda$ ) など	
・Fisher の対数級数則の $\alpha$ (Fisher et al., 1943)	
・元村 (1932) の等比級数則の傾き $a$ , あるいはその逆数 ( $1/a$ )	
・Corbet の調和級数則の母数 $c$ (Fisher et al., 1943)	
4. 全多様度 (種の豊富さ $\times$ 均衡性 $\times$ 個体数)	
・ $NH$ または $NH'$ ただし $N$ は総個体数	
・森下 (1967) の繁栄指数 $N\beta$ ただし $\beta$ は森下の $\beta$ 指数 ( $1/\lambda$ )	
5. $\beta$ 多様性 ( $\beta$ diversity) あるいは不均質性 (Heterogeneity)	
・Whittaker (1975) の $\beta = \frac{S}{\bar{S}}$	
・Routledge (1977) の $H'_\beta$	
・Kobayashi の不均質比 (Heterogeneity Ratio) $HR = \frac{S}{E(S)}$	
ただし $E(S)$ は推定種数 (Kobayashi, 1987; 小林, 1995)	
・サンプル間の (非) 類似度	
3 サンプル以上の類似度を表す指数 Koch (1957) の $IBD$ , Morisita (1959) の $C'_\lambda$ など	
2 サンプルの (非) 類似度の平均値など	
・累積種数曲線の傾き	
・変動係数 $CV$ または variance-mean ratio	

(文献番号 9 より引用)

<sup>2</sup> Whittaker の論文。「Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California, Ecological Monographs, 30, 279-338.1960」、「Evolution and measurement of species diversity, Taxon, 21, 213-251.1972」。

図表 2-1-2 生物群集の多様性を表現する様々な指数

指 数	多様度の種類	理 論 基 盤	内 容*
Simpson (1949) <sup>20)</sup> の 多様度指数 ( $1/\lambda$ )	平均多様度	確率論	$\lambda = \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)$ の逆数
森下 (1967) <sup>22)</sup> の $\beta$ 指数	平均多様度	確率論	Simpson の $1/\lambda$ と同じ形で定義
McIntosh (1967) <sup>28)</sup> の 多様度指数	平均多様度	個体間距離	$(N - \sqrt{\sum (n_i)^2}) / (N - \sqrt{N})$
McNaughton (1967) <sup>29)</sup> の 優占度指数 (DI)	平均多様度	優占度	$(n_1 + n_2) / N$
元村 (1932) <sup>23)</sup> の $1/a$	平均多様度	種数個体数関係	等比級数則 $\log n + ax_n = b$ の傾き $a$ の逆数
Fisher (1943) <sup>24)</sup> の 多様度指数 ( $\alpha$ )	平均多様度	種数個体数関係	対数級数則 $S = \alpha \log(1 + N/\alpha)$ の $\alpha$
Shannon-Weaver 関数の $H'$ (Margalef, 1958) <sup>26)</sup>	平均多様度	情報量理論	$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ( $p_i = n_i/N$ )
Sheldon (1969) <sup>30)</sup> の $e^{H'}$	平均多様度	情報量理論	Shannon-Weaver 関数の $H'$ を使う
Pielou (1969) <sup>27)</sup> の 均衡性指数 ( $J'$ )	相対多様度	情報量理論	$J' = H' / \log_2 S$
Preston (1948) <sup>25)</sup> の $1/\sigma^2$	相対多様度	種数個体数関係	オクターブ法によってまとめられた対数性規則の分散 $\sigma^2$
森下 (1967) <sup>22)</sup> の 繁栄指数 ( $N\beta$ )	全多様度	確率論	$N \times \beta$ 指数
$H'N$ (Pielou, 1966) <sup>31)</sup>	全多様度	情報量理論	(Shannon-Weaver 関数の $H'$ ) $\times N$

\*：式中の記号は、 $S$ =種数、 $N=\sum n_i$ =総個体数、 $n_i=i$ 番目の種の個体数、 $n_1=1$ 位の優占種の個体数、 $n_2=2$ 位の優占種の個体数を示す。

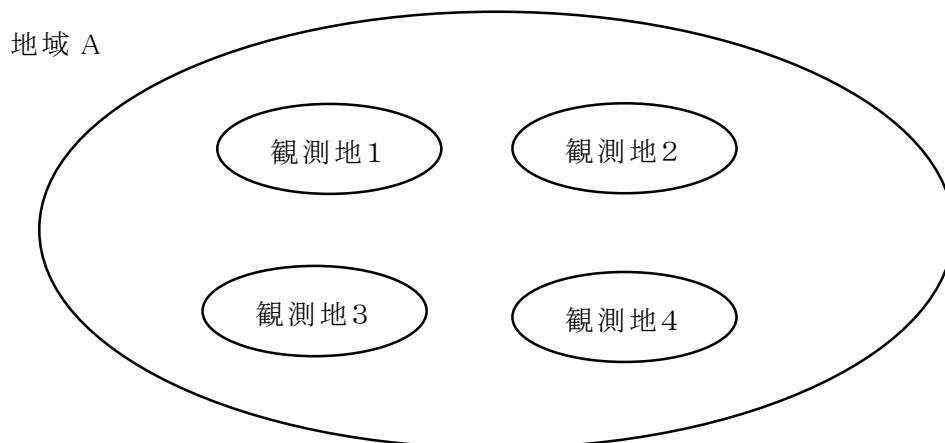
(文献番号 15 より引用)

一般に種多様性には二つの要素があると言われている(文献番号 9)。一つは種の豊富さに関する要素で種数や種密度であり、もう一つは、個体数や出現頻度の均衡性あるいは均等性に関する要素である。

## (2) Whittaker の種の多様性に関する概念

Whittaker の種の多様性に関する概念については、内容を解説している文献は見つからなかったのでここで簡単にまとめておくことにする。

図表 2-1-3 Whittaker の種多様性



図表2-1-3は、地域 A に 4 つの観測地を設定して植物種を調査するとした例である。この場合の、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  多様度は下記のように示される。

$\alpha$  : 観測地内の種数

図表の例では、観測地1の種数は $\alpha_1$ で示される。

$\gamma$  : 観測地1から4の異なる種についての種数計。

例えば、それぞれの観測地の種数について、 $\alpha_1$ が4、 $\alpha_2$ が5、 $\alpha_3$ が6、 $\alpha_4$  が7であったとしても、異なる種だけの数をカウントする。仮に、16 種であるとする。

$\beta$  : 下記で示される。

$$\beta = r / ((\sum \alpha_i) / n)$$

$\alpha_i$  は、 $i$  番目の観測地の種数。 $n$ は観測地の箇所数。

観測地が 4 箇所の例では、 $\gamma$  は 16 種、平均  $\alpha$  は 5.5 であるので  $\beta$  多様度は 2.9 となる。つまり地域 A では、観測地で観測された平均種数の 2.9 倍の種が存在することを示している。異なる地域 B についても同様の観測を行って仮に  $\beta$  多様度が 6 とすれば、地域 A よりは地域 B の  $\beta$  多様度は高いことになる。

しかし、地域間の比較が単純ではないことはいくつかの理由から説明可能である。地形・地質、土壌等々の生育自然環境の違い等であるが、そもそも、設定する観測地の数・面積、種の分布が正規分布になっている等、母集団推定の可能性についての問題もある。 $\alpha$  多様度では観測地の面積を広くすればそれだけ種数は増加する可能性があり、 $\gamma$  多様度は、観測地数が多くなれば異なる種数は増加する可能性がある。

$\gamma$  多様度は、母集団の総種数である必要があり、観測地(サンプル)の面積が小さければ母集団総種数と標本総種数との乖離が大きくなる。母集団の総種数を推定するためには、種数個体数分布が対数正規分布となっていることが求められるが、このあたりについては文献番号 9 において詳細に解説されている。

文献番号 23 の樹木群集の  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  多様度の研究では、 $\gamma$  多様度の母集団推定に、Chao<sup>3</sup>2 の式を用いている。

Chao の母集団種数の下限(ES)を推定する式(文献番号9より引用)は下記のとおりである。

$$ES = S_{obs} + RS_1^2 / 2RS_2$$

$S_{obs}$ :  $n$  個のサンプルから得られた全種数

Chao1 の場合の  $RS_1$  と  $RS_2$

---

<sup>3</sup> 種数の母集団推定式として種々の文献において引用している Chao の文献は、下記のとおりである。

Chao, A. (1984). Nonparametric estimation of the number of classes in a population, Scandinavian Journal of Statistics, 11, 265-270.

Chao A (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. BIOMETRICS 43:783-791

Colwell, R. K. and Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation, Philosophical Transactions of the Royal Society B, 345, 101-118.

$RS_1$ : 全サンプル中 1 個体だけ得られた種数

$RS_2$ : 全サンプル中 2 個体だけ得られた種数

Chao2 の場合

$RS_1$ : 全サンプル中 1 つのサンプルにだけ出現した種数

$RS_2$ : 全サンプル中 2 つのサンプルにだけ出現した種数

### (3) Shannon-Wiener 等の多様度指数

Shannon-Wiener の多様度指数は、現在、最も広く利用されている指標である。情報のエントロピーとも言われる情報量理論である。情報の曖昧さ(不確実さ、複雑さ)の度合いを示す指標として考案された(文献番号3、17)。いくつかの多様度指数の計算方法と課題は下記のように整理されよう。

#### 1) Shannon-Wiener の多様度指数

Shannon-Wiener の多様度指数の算出式は下記のとおりである。

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \log p_i$$

$S$ : 種数、 $P_i = n_i/N$ 、 $N$ : 総個体数  $n_i$ : 種  $i$  の個体数

この  $H'$  が最大となるのは、 $n_1=n_2=n_3=\dots=n_s$  (全ての種の個体数が同じ) の場合で、結果として、 $p_1=p_2=p_3=\dots=p_s=1/S$  となる。従って、 $H'$  の最大値を  $H'_{\max}$  とすると、

$$H'_{\max} = \log S$$

となる(文献番号17)。

以上から、この指数は、種数が多くかつ均等であればあるほど大きな値を示すことになる。この  $H'_{\max}$  と  $H'$  との比が後述する Pielou の均衡度指数である。

また、対数の底には2、10、e 等が利用されるが、2を底とした場合にはビットと呼ばれる。ビットで表示した場合、倍数を示すことになり、複雑さの度合いがわかりやすくなる。例えば、地域 A が 2 ビット、地域 B が 3 ビットであるとする、地域 B の多様度(複雑さの度合い)は地域 A の 2 倍あることを示している。

#### 2) 修正 Shannon-Wiener の多様度指数

$H'$  は、サンプル中に 1 個体だけ出現した種があった場合、値が大きくなり、1 個体だけの種数が増加すると大きく影響することから、それを修正する方法が下記式のように提案されている(文献番号8)。

$$H^* = H' + \frac{A}{2N + A/3.3}$$

$$A = (S + S_1) \times (S / (S - S_1))$$

$S$ : 種数、 $S_1$ : 1 個体だけ出現した種数、 $N$ : 総個体数、

### 3) Simpson の多様度指数

Simpson の多様度指数も多く利用されており、D という変数名で称され、下記式で計算される(参考文献2)。

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

$p_i = n_i/N$ 、 $n_i$ : 種  $i$  の個体数、 $N$ : 総個体数

D は、小さいほど多様度が高いことを示すため、一般的には「 $1-D$ 」を指数としている。また、D として下記の不偏推定式を用いる場合もある。1 個体だけの種が多くなると上記式ではやや数値が大きく(多様度は小さく)なる。不偏推定式はサンプルの大きさの影響を受けないが、1を上限とすることからあまり適当ではないという意見もある(文献番号10)。

$$D = \sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

$N$ : 総個体数、 $N_i$ : 種  $i$  の個体数、 $S$ : 種数

Simpson の多様度指数は、D の逆数(逆 Simpson 指数)や逆数の対数(対数逆 Simpson 指数)等が用いられる場合もある。特徴としては、優占種の個体数に敏感に反応する。

### 4) Pielou の均衡度指数

均衡度指数は下記式のとおりである。1が上限であり1に近いほど均等度が高いと言えるが、上限の成約を受けることから適当ではないという意見もある(文献番号10)。

$$J' = H' / H_{\max} \quad H_{\max} = \log S$$

## 2-1-3 生物多様性の評価事例

### (1) 森林の評価事例

「JT の森」において草本類の多様性をシャノン・ウィナーの多様度指数、シンプソンの多様度指数により評価した事例調査がある(文献番号1)。この調査では、4 つの対象地区にそれぞれ 1m 四方のコドラートを 3 箇所設置し、草本種と相対優占度(%)によりコドラート毎の多様度指数を算出している。

北海道トドマツ人工林における生物多様性の評価事例がある(文献番号4)。この調査は、間伐による林床植生の改善状態を調査したものであり、無間伐区、1 伐4残区、2 伐3 残区、3 伐2 残区の4 区に、それぞれ 2m 四方のコドラートを 3 箇所設置して実施している。また、オサムシ科昆虫の生息数についても調査している。

スギ人工林の混交林化に関する植物種多様性評価の大規模な調査報告がある(文献番号5)。スギ人工林に 32 調査区を設定し、調査コードラートを 1429 箇所設置している。多様度指数は、シャノン・ウィナーの多様度指数、Pielou の均衡度指数、単位面積当り種数である。林分構造と植物種多様性の関係では、「木本層の種多様度が高い林分ほど草本層の種多様度は低かった。林分全体の林分構造のパラメータと種多様度の関係は、草本層と木本層では異なっていた。草本層では、樹木サイズが大きい林分ほど種多様度が高かったのに対し、木本層では低かった。また木本層では、萌芽数の多い林分ほど種多様度は高かった。スギの優占度が高い林分ほど草本層の種多様度は高く、木本層は低かった」としている。

三重県下の 7 つの森林類型について木本類を対象にシャノン・ウィナーの多様度指数、Pielou の均衡度指数を算出した報告がある(文献番号7)。林分内に 10m 四方の調査枠を設定して、樹高 0.3m 以上の木本類を対象に調査している。

九州大学宮崎演習林を調査地として、木本類を対象とした  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  多様度と標高、傾斜、曲率との関係を分析した報告がある(文献番号23)。宮崎演習林は、大部分が標高 1000m 以上に位置している。調査は、「3 つの団地(津野岳団地、萱原山団地、三方岳団地)を緯度、経度に平行な線で 1km 四方のメッシュに区切り、メッシュ 1 つにつき水平距離 10m 四方の方形区プロットを 5 個ずつ設置し、プロットは、緩傾斜地や急傾斜地、尾根地形や谷地形などさまざまな地形を含むように、合計で 125 個(津野岳団地に 30 個、萱原山団地に 20 個、三方岳団地に 75 個)設置」して実施された。この分析では、125 個の調査プロットからランダムに 50 個を選択して、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  多様度を算出し、選択したプロットの地形条件(平均値、分散)との関係を線型モデルにより、ランダムサンプリング 1000 回の試行により求めるというものである。

## (2) その他の生物多様性評価事例

多様度指数は、様々な分野での活用が試みられている。

都市景観としての街路景観の評価においてシンプソンの多様度指数を用いた事例がある(文献番号2)。街路から見える視覚情報をいくつかの要素(種)、例えば色彩、材料、部位などに分類し、見え方の違い(多様性)を多様度指数で評価するというものである。

手賀沼の植物プランクトンの長期的変動をシャノン・ウィナーの多様度指数、シンプソン、Pielou の均衡度指数により分析した報告がある(文献番号8)。北千葉導水路から水質浄化として手賀沼に流水されており、導水路流入以前と以後の多様性の変化の計量化の試みである。

栃木県西那須野町農林水産省草地試験場において 1985 年から 1994 年までの 10 年間、放牧前の植被率、全出現種、被度、草丈等を調査し、種数、シャノン・ウィナーの多様度指数等を算出し、多様性を論じた報告書がある(文献番号20)。この調査も 10 年間の長期的変動について多様性の計量化を検討した調査事例である。報告書では、「世界の極相

草原では、過放牧により生物多様性が減少していることが報告されている。わが国は森林国であり、放牧という人為圧が草原を維持する手段の 1 つといえる。群落の種多様性は、同じ草原を維持するための刈取りよりも放牧により高まる傾向がみられた。しかし過度の放牧の継続により種多様性は減少すると考えられる。種多様性の観点からいえば、放牧処理下においてはススキとシバが適度に混在した植生で種多様性指数  $H'$  が最も高い値を示した。この状態で植生が停滞する程度の粗放的な放牧管理が高い種多様性を維持するのに有効と考えられる。当然のことながら半自然草地の生物多様性を評価するには、群落の種多様性のみならず草地生態系のすべての生物やこれらの相互作用をも含めた評価が必要であることはいうまでもない」と結んでいる。

宮崎県の一ツ瀬川において底生動物による水質評価に生物多様性指数(シャノン・ウィナーの多様度指数、シンプソンの多様度指数、Pielou の均衡度指数等)を活用した事例研究がある(文献番号22)。



図表2-1-4 生物多様性の評価に関する文献一覧(1)

番号	著者	掲載年	掲載誌	タイトル	概要
1	永石文明	2011	「J」Tの森 重富」生物多様性調査 植生調査(春期)報告	「J」Tの森 重富」生物多様性調査 植生調査(春期)報告	森林の景観では、一般的に高木層が目につきやすいが、下層植生としての草本層は森林の重要な役割をなしており、草本層のさまざまな種による植被は森林の健全性の指標と関係が深い。草本層を作るのは、草本だけでなく、高木性や低木性の稚樹もあり、次世代の天然更新の可能性を持っている。下層植生が健全であれば林床の土壌流出を防ぐことができ、間隙のある土壌ができ、高木も育ちやすくなり、水源涵養機能も高まる。草本層調査により、森林が本来盛っている潜在能力の状況を把握することができる。 この調査では、シャノン・ウィナーの多様度指数とシンプソンの多様度指数を算出して評価している。
2	松永一郎他2名	2015	日本建築学会計画系論文集 第80巻 第714号	Simpsonの多様度指数を用いた街路景観の定量分析	この研究は、「街路景観の質の一端を、多様性と統一性の視点から定量的に明らかにする」ことにあり、福岡市の中心部にある街路ファザードの見え方を、Simpson多様度指数により評価・検討している。
3	小谷野仁	2012	統計数理(2012) 第60巻第2号263-278 c・2012 統計数理研究所	$\alpha$ 多様性の測定と確率文字列の理論	ある領域に生息する生物の群集がどれぐらい多様な種や個体からなっているかを $\alpha$ 多様性と言う。本稿では、これまでに提案されてきた様々な $\alpha$ 多様性の測定方法を分類し、重要なものを概観した上で、文字列の集合上にLevenshtein 距離を定義して距離空間とし、そこで確率論を展開することによって、配列レベルで $\alpha$ 多様性を測定するための方法を提案した著者らの最近の研究を紹介する。この研究においては、位置の尺度として、平均の代わりにコンセンサス配列が、散らばりの尺度として、分散の代わりにコンセンサス配列からのLevenshtein 距離の平均が採用され、これらに対して展開された漸近理論が測定方法の数理的基礎になっている。最後に、動植物と比較して $\alpha$ 多様性の測定が困難であった微生物群集に対する著者らの方法の応用について述べる。
4	渡辺一郎	2004	光珠内季報No.134(2004.3)	トマツ人工林の保育と林床の生物多様性	ここ数年、生物多様性という言葉がマスコミなどに頻繁に登場するようになり、関心を持つ市民が増えています。そして、国や道においては、これまでの木材生産中心の森林管理から森林生態系に配慮した利用と保全が両立するような森林管理へと政策転換が図られています。こうした背景には、長引く材価低迷の影響により、木材生産だけでは経営が成り立たなくなり、そのため、特に人工林においては、手入れ不足から森林の持つ公益的機能が低下していることがあげられます。北海道の人工林面積は森林全体の約3割を占め、これらの大部分は間伐などの保育を必要としている若齢林分です。さらに、人工林の約7割はトマツやアカエゾマツ、スギなどの常緑針葉樹による単相林です。これらの人工林において間伐などの手入れが不足すると、個々の樹木の成長を低下させるばかりではなく、林床を暗くし、林床植生の衰退を招きます。林床植生の衰退はそこに生息する昆虫類を減らし、さらにはそれを餌とする小動物に影響を与えることから、林床植生は生物生息環境を推し計るうえで重要な指標であると考えられます。そこで、手入れが不足し林床植生が衰退してしまった人工林において、間伐が林床の生物相に与える影響について、林床植生とそこを生活の場とする地表面性昆虫(オサムシ科昆虫)を調査した例を紹介します。
5	長池卓男	2000	山梨県森林総合研究所研究報告嵐21(2000)	ブナ林域における森林景観の構造と植物種の多様性に及ぼす人為攪乱の影響	本研究は、単一のレベルでのみ解析されることが多かった生物多様性の階層性を、包括的に把握することを試みた。そして、景観から種までを対象に、森林景観の構造と植物種多様性に及ぼす人為攪乱の影響を明らかにすることを目的とし、以下の各項目について研究をすすめた。 ①森林景観を構成する景観要素の時空間的变化 景観を構成する景観要素と、それらの時空間的变化を明らかにする。 ② 森林景観を構成する景観要素に出現した植物種のハビタット選好性: 各景観要素に出現した種がどのようなハビタットに偏って出現したかを統計的に明らかにする。 ③ 森林景観を構成する景観要素の植物種多様性 各景観要素には、どのような種が出現し、景観要素の種多様性に及ぼす人為攪乱の影響を明らかにする。 ④ 森林景観を構成する景観要素間の植物種多様性の比較および出現した植物種の地域的な評価: 各景観要素に出現した種を総合的に評価することによって、各景観要素がもつ潜在的な種多様性を明らかにする。 これらのことから、ブナ林域の生物多様性の異なったレベルを考慮した森林管理について検討する。



図表2-1-4 生物多様性の評価に関する文献一覧(2)

番号	著者	掲載年	掲載誌	タイトル	概要
6	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 法政大学 国立研究開発法人国立環境研究所	2017	環境省環境研究総合推進費終了研究等成果報告書	環境保全オフセット導入のための生態系評価手法の開発	<p>気候変動枠組条約にかかわる温室効果ガス(GHG)削減に関して国内では、J-VER〜Jクレジット制度によって希望者がカーボンオフセットやクレジットに取り組めるシステムが構築されている。一方、異なる視点だが同じく全球レベルの環境にかかわる生物多様性条約においては、先のCOP10で掲げられた愛知目標という保全目標があるが、国内では必ずしも個人や団体が生物多様性保全に参画しやすい具体的なシステムが構築されていない。これまでわが国では希少種や希少生態系を中心に環境アセスメント制度による保全が行われ、一定の成功を収めてきたものの、生物多様性におけるネットロスを防ぐ対策など重要な概念が含まれていなかった。また第三者の生物多様性保全行為を包含可能とする、生物多様性バンキングなどのアイデアも、いまだ有効に活用されていない。</p> <p>このような現状の下で、日本国内の民間企業等を中心に生物多様性オフセットへの期待が高まる中、世界的には75を超える機関の共同体であるThe Business and Biodiversity Offsets Programmeが生物多様性オフセットのスタンダードをまとめるなどの様々な進展がみられる。一方で国内では、オフセットが開発の免罪符になりかねないなどの懸念が表明されるなどしても、これらに応える科学的な取り組みがなかった。このような懸念は海外の既存のシステムや国内の類似システムで、生物多様性オフセットに関する生物学的にも社会的にも受け入れ可能かつ適正な生物多様性評価手法が存在しない、またはうまく機能してこなかったことが大きな原因と考えられる。また生物多様性条約の愛知目標15は「生態系の回復能力および酸化炭素の貯留に対する生物多様性による貢献の強化とそれが気候変動の緩和と適応に貢献すること」を期待しているものの、生物多様性オフセットの炭素への影響は、実施国でもほとんど配慮されていないのが実情である。これらのことから、我が国においても早急に、日本の実情に見合う生物多様性オフセット導入に関する科学的な検討が必要である。</p>
7	武田明正 他1名	1988	日林誌 70(6)'88	三重県下にみられる主要な森林類型の木本類の種多様度	<p>木材生産を主たる目的としてきた森林施業においても、近年、自然保護の立場から、さらには遺伝子資源保存の観点から、有用樹種だけではなく、森林を構成する多様な樹種群の保全に留意する必要が生じてきた。このため、木材資源の保続と経済効率との二面に力点を置いた従来の森林施業に加えて、自然環境の一要素としての樹種群の保全とも矛盾しない施業が要求されている。筆者らは、こういった観点から、従来の森林施業を再検討するための基礎的資料とするため、三重県下にみられる森林の種多様性の実態を調査している(4)。本報告は、県下の主要な森林類型がもつ木本類に関する種多様性の特徴について検討を加えたものである。本報告で用いた種多様度指数は、種の豊かさを反映するSHANNON-WIENERのH'値(対数の底を2とした)、および均等性を表すとされるPIELOUのJ'値である(3)。これらの指数計算の根拠となる各樹種の相対優占度としては、各樹種の個体数にもとづくものと、樹種ごとのD2Hの合計にもとづくものと、の二通りの優占度を求め指数の計算に用いた。</p>
8	岩山朱美他2名		千葉県環境研究センター	手賀沼における植物プランクトンの多様性	<p>手賀沼は、本手賀沼と下手賀沼からなる6.5km<sup>2</sup>の天然湖で、貯水量は560万m<sup>3</sup>である。本手賀沼の滞留時間は2000年度に運用が開始された北千葉導水事業により導水前の約14〜26日から約6〜11日となり、1/2〜1/3に短縮された1)。手賀沼の植物プランクトンの長期変動については既に報告したが2)3)、今回、多様度指数を用いて手賀沼における植物プランクトンの多様性の長期変動について北千葉導水本格稼働前後で比較検討したので報告する。</p> <p>各種多様度指数を算出し、経年変化について比較検討しており、指数の特性についての分析がされている。</p>
9	頭山昌郁他1名	2004	環動昆 第15巻 第1号	種多様性の評価における二、三の問題点	<p>「種多様性」の意味するところが曖昧である」という批判には耳を傾ける必要がある。種多様性には二つの要素があるとされてきた。一つは、種の豊富さに関する要素で、種数や種密度など。もう一つは、アバンダンス(例えば個体数や出現頻度)の均衡性あるいは均等性に関する要素である。</p> <p>一口に種多様性と言っても様々な要素が関係しており、関係している多様度指数がどの要素を指標しているかを考慮する必要がある。</p>

図表2-1-4 生物多様性の評価に関する文献一覧(3)

番号	著者	掲載年	掲載誌	タイトル	概 要
10	森下正明	1996	日本生態学会誌(Japanese J Ecology) 46 : 269-289 (1996)	種多様性指数値に対するサンプ ルの大きさの影響	群集の種多様性(species diversity)の尺度として、今まで多くの指数が提案され用いられている。しかし群集から取り出されたサンプルから計算された指数値が、母群集の多様度(多様性の大きさ)の偏りのない推定値になっているかどうかという点について、十分な吟味なしに用いられている例も少なくない。私は人工的につくった母群集から種々の大きさのサンプルを無作為に取出し、サンプルの大きさの変化にともなう指数値の変化の有無を、一般に用いられている多様性指数といくらかの新しい指数ならびにそれらの要素について検討した。
11	沼田真他2名	1953	植物生態学会報 第3巻第3号	植物群落と等比級数法則	元村の等比級数法則についての解説及び検証。
12	阿部實美子他1名	2011	「森林総合研究所研究報告 J(Sulletin of FFPRJ) Vo.110 N o.4 (No.421) 231相 250December 2011	森林の生物多様性モニタリング の歴史と生態学的視点から の将来展望	1992年の環境と開発に関する会議の後、持続可能な森林管理のためのワーキンググループや生物多様性条約がつくられたことにより、生物多様性のモニタリングの重要性が増した。日本でも1940年代以前から長期観測は実施されていたが、モニトリオールプロセス加盟および生物多様性条約の締結により、森林生態系のモニタリングは規模、手法共に大きく発展した。生物多様性のモニタリングに際しては、まず1)明確な問的と目標、2) 実施可能な組織、3) 継続を可能にする資金源が決定される。これらに基づき、4)指標の選択、5)指標を測定する手法の開発、6)モニタリング結果の解析と利用が行われる。従って順応的森林管理手法のために、行政と研究者が連携し、指標とモニタリング手法の選択や開発を行なうべきである。このようなモニタリング結果を利用して、研究者は生物多様性保全のための生態系の回復力の関(誌を解明してゆく必要がある。生物多様性条約のポスト2010年目標に対しては、数値目標の達成だけでなく、生物多様性の保全と生態系サービスの持続的利用のための顕応的管理に対する検証モニタリング、が求められる。そのためには生態系サービスのモニタリング手法の開発が必要である。また今後は森林劣化のモニタリング手法の開発のための生物多様性と気候変動緩和の関係解析が必要である。
13	森本淳子	2003	ランドスケープ研究 67(2)、2 003	生態系レベルの生物多様性	「生態系レベルの生物多様性評価」の手法に求められる課題を明確にし、それらの課題を共有することを目的として、海外で発表された近年の研究成果をレビューした。
14	川原治之助	1977	鉱物学雑誌 第13巻 第2号 84~90 1977年1月	生物学における種概念	生物分類学の歴史及び種概念について解説している。
15	中村寛志	2000	信州大学農学部紀要 第36巻 第1号	生物群集の解析手法と環境アセ スメント	生物群集の構造を解析する方法は2つある。種の環境指標性を利用する定性的手法と、多様度指数や類似度指数で群集構造を解析する定量的方法である。本編ではこれらの手法を、指標生物による評価、生物群集の記載、群集の構造解析および重み付け指数による評価の形に分類し、それぞれのもつ意義をデータのもつ情報量を基準に概説する。さらにその解析手法を応用して環境評価や環境アセスメントを行う上での諸問題について述べる。またモデル群集を提示してこれらの指数の性質を比較し、重み付け指数の1つであるグループ別RI指数法をとりあげその環境評価への有効性について考察する。

図表2-1-4 生物多様性の評価に関する文献一覧(4)

番号	著者	掲載年	掲載誌	タイトル	概 要
16	北山 兼弘	2018	文部科学省抛出国連大学助成事業 地球規模課題解決に資する国際協力プログラム採択事業	生物多様性保護と持続的森林利用の調和的達成に向けた、生態系サービス森林認証への生物多様性可視化技術の導入	熱帯林は、木材資源だけでなく、炭素貯留や生物多様性保護といった人類にとって重要な生態系サービスを提供している。しかし、世界的に熱帯林が減少し、炭素排出や生物多様性減少といった問題を引き起こしていることから、熱帯林減少の抑止は持続可能な開発目標（SDGs）を達成するために取り組まなければならない国際的な課題となっている。東南アジアは世界で最も熱帯林減少率が大きく、この地域の持続的森林管理の達成は持続可能な開発目標達成に向けての鍵を握っている。持続的森林管理を達成するための制度として「森林認証」が既に確立されているが、問題も多く、浸透していない。「森林認証」とは、持続的に管理されている森林を基準・指標に基づいて認証し、そこから生産される木材をラベリングする制度である。しかし、炭素貯留や生物多様性保護などの生態系サービスを認証しているわけではない。このため、既存の森林認証制度は地球環境問題の解決に貢献できていない、との批判があった。また、木材生産者への経済的便益が発生しにくく、制度自体が浸透しにくい。このような批判の高まりを受けて、ドイツに本部がある国際的認証団体である「森林管理協議会（FSC）」は、「生態系サービス森林認証」を新たな制度として提案し、そのパイロット試験を一昨年から開始している。ここで問題になるのが、生態系サービスの定量評価方法である。特に、森林管理に伴う生物多様性保護効果を広域に定量的に捉える方法が確立されておらず、新制度実現への大きな障害となっていた。そこで、本課題では、課題実施者らが既にに確立した生物多様性（および炭素貯留量）の可視化技術を「生態系サービス森林認証」に導入する実証試験をマレーシア・サバ州とインドネシア・東カリマンタン州で実施する。以下の2つの目的を設定した。1) 生物多様性可視化技術を「生態系サービス森林認証」に導入するための技術的検討を行い、認証発行時の監査において生物多様性保護効果をモニタリング・報告・検証（MRV: monitoring, reporting & verifying）するMRV手法を確立する。2) 「生態系サービス森林認証」によって発生する便益の検証を行う。実証試験においては、「生態系サービス森林認証」を発行し、その監査資料をFSCあるいは木材生産者のwebsiteにおいて掲示し、認証林の生物多様性保護効果を公表することで認証が消費者や木材マーケット等にとどのような波及効果をもたらすのかを検証する。
17	木元新作	1997	森林科学20 1997 . 6	多様度指数の計算方法とあてはめ	生物群集や生態系における多様性は、いろいろな関係に定義することができるが、生物現象を計量化する場合にまず考慮しなければならない点は、その指数の意味を理解し、それに適する指数を選択することである。すなわち、どのような現象を計量化しようとするかを明確に決定することである
18	伊藤秀三	1990	日生態会1誌(Jpn. J. Ecol. ), 40: 187-196, 1990	多様度指数間の相関関係	指数そのものの研究には二つの道がある。第一は仮想集団を用いた理論的な研究であり、第二は指数の値の間の相関である。これまでに使用して来た諸種の指数に関しても、種の多さあるいは均等度、いずれの要素をより強く反映しているのか、あるいは同等に反映しているのか、必ずしもすべての指数については明らかではない(VAN DER MAAREL , 1988) . 生物群集の種多様性の研究の前進のためには、この古典的な第二の課題を置き去りにしておく事はできないであろう。
19	亀井 裕幸	2007	東京家政大学生生活科学研究所研究報告	生態学的多様性概念の保全植生学への導入試論	本報では、生態学的多様性の量的側面を表す数値の代表であるホイットッカーの $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様性 (Whittaker 1977参照)を中心に、生態学的多様性の量的側面について、筆者の考えを論じてみたいと思います。

図表2-1-4 生物多様性の評価に関する文献一覧(5)

番号	著者	掲載年	掲載誌	タイトル	概 要
20	山本嘉人他3名	1998	Grassland Science 44 (2): 122-126 (1998)	放牧によるススキ型草地の植生遷移に伴う群落の種多様度指数H'の変化	畜産の利用にもとづく人為圧として放牧を取り上げ、刈取りや火入れによって維持されているススキ型草地において、放牧による植生の変化とともに、植物群落の種多様度指数H'を算出し、放牧の継続が群落の種多様性に与える影響を検討した。なお、試験地の植生の変化について一部は過去に発表済み(18)であるが、多様度指数の変化との関連を明らかにするため、植生データを追加再加工して掲載した。
21	福島博他2名	1980	日本水処理生物学会誌 Jap. J. Water Treat. Biol. Vol.16, No.1・2, 1980	付着藻の優占種と多様性指数、とくに優占種により群集構造を比較する方法	多様性指数は群集における種数と個体数の関係の特徴づける母数で、この指数によって群集における種類の豊富さや多様性の比較を行ないうることを示唆されているため(Margalef 1957, 1958, 木元1976)、群集構造の調査に近年多様性指数を多く用いるようになってきた。この指数の算出、とくに簡単に指数を推定するには純率によるものをもっともよいと考えられる。
22	廣池勇太他9名	2015	宮崎県衛生環境研究所年報 (27), 86-96, 2015	底生動物による一ツ瀬川及び一ツ瀬川支流の水質評価	当研究所では、本県を流れる河川について平成5年度から順次底生動物を用いた水質評価を行っている。平成27年度は一ツ瀬川本流、支流の銀鏡川及び三財川の3河川6地点で水質理化学検査及び生物学的水質判定をした。理化学検査では、環境基準河川があるものはすべて適合し、その他の項目も良好な結果であった。生物学的评价是、従来の平均スコア法(に加え、生物多様度指数を用いた。その結果、ASPT値は1地点で「清水性」、5地点で「やや清水性」となった。また、一部の指標間で強い正の相関がみられた。この指標は水質評価の指標になると考えられることから、今後のデータ集積による検討が必要である。
23	明坂将希他7名	2021	九州大学農学部演習林報告. 102, pp.23-30, 2021-03-22	宮崎演習林における樹木群集の $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 多様度と標高との関係に地形が及ぼす影響	九州大学宮崎演習林における樹木群集の標高に沿った種多様性の変化パターンに及ぼす地形の影響を明らかにするため、125個の植生調査プロットから50個を抽出するランダムサンプリングを行い、地域全体で推定される種数( $\gamma$ 多様度)、地域内における各地点の種数( $\alpha$ 多様度)および地点間の多様性すなわち地点間での種の入替わりの程度を示す $\beta$ 多様度( $\beta = \gamma / \alpha$ )の変化を標高及び地形傾度に沿って解析した。 $\gamma$ 多様度は標高が高くなっても減少せず、サンプリングされた標高範囲が大きいほど増加する傾向があった。このことから本調査地では標高傾度に沿って種の入替わりが生じているものの、寒冷ストレスは地域全体の種数を減少させるほど厳しくないことが示唆された。また、 $\beta$ および $\gamma$ 多様度は、サンプリングされた斜面傾斜角の範囲が大きいほど増加する傾向があった。このことから表層土壌の移動頻度などの斜面傾斜角に応じた攪乱体制の違いが地形傾度に沿った種の入替わりに寄与することが示唆された。
24	土居秀幸他1名	2011	日本生態学会誌 61:3 - 20 (2011)	生物群集解析のための類似度とその応用	群集生態学では、古くから類似度指数を用いた解析が頻繁に用いられてきた。しかし近年、汎用性の高い新たな類似度や検定手法が提案されているにもかかわらず、それらが十分に普及し利用されているとはいえない。そこで、本総説では、現在までに発表されている代表的で有用な類似度、それを使ったグラフ表示、統計的検定について解説を行う。各類似度の成り立ち、指数ごとの特性、利用方法について初学者向けの説明を試みる。各種手法の理解の助けのため、統計ソフトRのveganパッケージを用いた分析を取り上げ、例題や付録のRコードを用いてveganによる解析手順を紹介する。利用実態としては、Jaccard指数など古くから提案されている指数が近年でも多く用いられているが、Chaoによって近年開発された指数は希少種を考慮した汎用性の高い類似度指数として優れており、Chao指数の利用が促進されることが望ましい。また、類似度を用いた検定についてもPERMANOVAなどの新しい統計手法の利用が図られるべきである。今後の群集解析において、これらの手法が取り入れられることにより、より適切な生態系の評価が行われ、新たな発見につながることを期待される。

図表2-1-4 生物多様性の評価に関する文献一覧(6)

番号	著者	掲載年	掲載誌	タイトル	概 要
25	服部 保他3名	1997	人と自然 No.8,41-52,1997	蝶類群集による自然性評価の方法	蝶類群集の年間を通じた調査は多くの日時と多数の調査者が必要であり,多大な経費もかかり,環境調査の一つとして,また環境教育の手法としても採用しにくい点が多い.蝶類群集の安定性,多様性,日周期,季節変化などの群集の種類組成や構造などを明らかにするためには年間を通じた調査が必要となるが,自然性の評価のみを目的とする場合,年1回または数回の調査によっても評価できる可能性がある.そこで著者らは年1回または2回の蝶類調査によって,その調査地の自然性評価が可能かどうかを既報の論文を用いて検討した.次に,兵庫県,大阪府,京都府下の19地点を選び,それらの調査地で蝶類調査を年1,2回行った.これらの調査によって得られた資料をもとに各調査地の各種多様度指数値等を算出し,それらの数値と各調査地の植生自然度や自然段階との対応関係を考察した.
26	豊田光世他1名	2011	日本感性工学会論文誌 Vol.10 No.4 2011	生物多様性の保全に向けた感性のポテンシャル-環境倫理的視点からの考察-	新潟県佐渡市で進むトキの野生復帰事業を対象として、生物多様性の保全の現場で生じている生き物の価値をめぐるジレンマを分析し、豊かな価値認識につながる感性の重要性について明らかにする。特に、環境倫理において強調されてきた内在的価値の議論を踏まえ、生き物の利用的価値と非利用的価値が相補的に議論されていないことに由来する問題を考察し、環境の深い理解と合わせてさまざまな価値を他者と共有していく共感的な感性が必要であることを論じる。

## 2-2 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献収集・整理

人工林の生物多様性に関する文献の収集は令和2年度森林整備保全事業推進調査で集中的に行われ、その結果は『令和2年度森林整備保全事業推進調査 報告書 令和3年3月』に「2-2-4 人工林の生物多様性等に関する文献」(43 ページ～60 ページ)として掲載されている。そのため、この令和3年度調査で収集した文献は43編で、必ずしも多くはない。

今回の収集に際しては、「(1)生物多様性保全機能の向上に関する文献」、「(2)絶滅危惧種の保全に関する文献」、「(3)種の多様性に関する文献」に分けることとして、収集した文献が(1)、(2)、(3)のいずれに重点を置いているか、図表2-2-1の最上段の「区分」欄に記述しておいた。

針葉樹人工林に関する生物多様性の研究が多いが、文献番号3、6、11、13、15、30などは広葉樹人工林ないしは針広混交植栽地を対象にしている。また文献番号12は人工林における鳥類の多様性、20はミミズの多様性を考察している。

文献番号23は、人工林における生物多様性の課題とは異なるが、希少種のトキを対象に、なぜそれを保全しようとするのか、環境倫理的視点から論述したユニークな論文であるので、本図表で紹介した。

文献番号37は単行本であるため、文献そのもののpdf化は行っていない。この文献は、生物多様性の維持・保全と密接に関わる保持林業の実態と理論を幅広い角度から説き明かした集団的労作である。文献番号38、40、41、42、43は最近公表された英語論文である。



図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(1)

区分:(1)生物多様性保全機能の向上に関する文献、(2)絶滅危惧種の保全に関する文献、(3)種の多様性に関する文献

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
1	内藤和明	1996年	広島大学総合科学部 紀要IV理系編22	人為植生に生育する絶滅危惧種の生態学的研究(広島大学学位論文要旨)	日本における人為植生の成立要因を植生管理の形態から見ると火入れ、刈り取り、放牧、伐採が主要なものであるが、いまこれら人為植生の多くは管理放棄になっていて、なかには植物種の絶滅が危惧されているものもある。人為的植生管理が植物種の個体群維持に与える影響を明らかにするとともに、人為植生に生育する植物種を保全する指針を提示することを目的とする。人為植生に生育する絶滅危惧植物種としてオキナグサ、ムラサキ、エヒメアヤメ、タカクリを取り上げる。人為植生は伝統的な利用形態のもとで持続的に維持されてきたが、経済環境が変化したいまでも適切な植生管理が必要である。例えばレクリエーションや環境教育の場などの形での植生管理が可能と思われる。	(2)
2	安藤貴	1999年	東北森林科学会誌 4(2)、p. 33-p. 36	カラマツ人工林における生物多様性の保全とその管理	岩手県内のカラマツ人工林において生物多様性の保全を目的に調査区を設けて共存する広葉樹の調査を行い、樹木群集の出現種数、多様度指数、林分階層多様度に検討を加え、多様性の実態を明らかにした。生物多様性保全のためには混交複層林に誘導するのが好ましいが、共存広葉樹を利用して混交複層林に誘導する施業を実施するのは間伐を行う時期が適切で、木材生産も考慮に入れて、高木や中小高木の優良広葉樹を中心に育成を図るのが望ましい。(論文中の「要旨」より)	(1)
3	長池卓男	2000年2月	山梨県森林総合研究所研究報告21号、p. 29-p. 85	ブナ林域における森林景観の構造と植物種の多様性に及ぼす人為攪乱の影響	生物多様性の階層性を包括的に把握するため、景観から種までを対象に、森林景観の構造と植物種多様性に及ぼす人為攪乱の影響を明らかにしようとした。分析視点は①森林景観を構成する景観要素の時空間的变化、②森林景観を構成する景観要素に出現した植物種のハビタット選好性、③森林景観を構成する景観要素の植物種多様性、④森林景観を構成する景観要素間の植物種多様性の比較および出現した植物種の地域的な評価の4つである。①では、自然環境(地形)と社会環境(人間活動や土地所有形態)の両者が景観構造の変化に強く影響していた。②では、出現した種のハビタット選好性を統計的に判定して、その結果を各景観要素に出現した植物種に関する解析に用いた。③では原生林、天然更新施業地、二次林および人工林について植物種多様性と構成種を調べた。原生林と天然更新施業林(皆伐母樹保残施業林)の種多様性度は、草本層、木本層ともに有意な違いはみられなかった。また、皆伐母樹保残施業は植物種多様性に重大な影響を与えていないと思われた。二次林では、ブナの相対優占度が過去の攪乱傾度を示すパラメーターであると判断された。人工林では、立木サイズの大きい林分ほど集約的な管理が行なわれており、立木サイズの小さい林分ほど管理が粗放化されてスギの相対優占度が低いことが示された。④では、ハビタットの攪乱傾度とともに種の出現傾向が異なり、各景観要素ごとに出現する種の特徴を明らかにした。最後に、景観レベルの種多様性評価法としての景観要素ごとに種多様性を把握し、景観要素間で比較する方法の評価について総括した。(論文中の「要約」より)	(1)、 (3)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(2)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
4	服部保・小野由紀子・鍛冶清・石田弘明・鈴木武・岩崎正浩	2001年	ランドスケープ研究64(5)、p. 545－p. 548	臨海部における照葉人工林の種多様性と種子供給源の関係	環境緑化等を目的とした照葉人工林が各地に育成され、成功を収めているが、今後、照葉人工林の構造や種類組成をさらに発達させるには、いくつかの課題が残されている。特に、生物多様性保全の視点から考えて照葉人工林の種多様性を増加させることは大変重要である。著者らは、照葉人工林の種多様性に与える種子供給源の役割について調査を行った。その結果、種子供給源の存在が種多様性を高めるのに重要であることが明らかになった。種子供給源がない場合は、種子を供給する母樹林を小面積に形成すれば植栽に依らなくとも照葉人工林の種多様性を増加させることが可能であると思われる。（論文中の「摘要」より）	(1)、 (3)
5	鈴木和次郎・池田伸	2002年10月	森林科学36、p. 16－p. 24	針葉樹人工林における「生態学的管理」を目指して	単純一斉同齢林である針葉樹人工林を、さまざまな機能を持つ森林に変えていくには「生態系管理」が必要である。「生態系管理」は、林分の単なる集合ではなく、生態系として認識される空間スケールの森林を対象に計画・経営・管理を行う施業法であり、明確な目標が設定されている。この目標を目指して関東森林管理局森林技術センターが茨城県内にある国有林の人工林において、(1)生態系管理モデル林の造成、(2)従来型複層林の検証とモザイク林の造成（長期育成循環施業）、(3)水辺林のモニタリングと植生修復、(4)高齢人工林・二次林のモニタリングを行っている。これら四つの取り組みは互いに関連づけられていて、人工林（地帯）の小集水域における生態学的管理の試みであると言える。著者らはこの取り組みの内容を詳しく紹介している。	(1)
6	服部保・南山典子・川村真紀子・小野由紀子・石田弘明	2003年3月	ランドスケープ研究66(5)、p. 509－p. 512	照葉人工林の種多様化に関する研究	いわゆるエコロジー緑化手法は早期に林冠形成を行う目的のため、階層構造や種多様性の確保について課題が指摘されていた。工場内に造成された人工林は孤立していて周辺の森林から種子供給を受ける可能性が低いので、種多様化を図るには人工林内に種子供給源となる各種植物の母樹林が必要である。そこで大阪市内南港の人工林内に母樹林を試験的に設けて各種照葉樹林構成種を植栽し、その追跡調査を行って、人工林の種多様化に関する可能性を検討した。大阪湾の南港一帯は降水量が少ないが、今回の植栽試験により植栽植物の定着が可能であることが明らかになり、照葉人工林の種多様化を目指した母樹林形成の第一歩を確認した。	(1)、 (3)
7	伊藤哲・光田靖・Buckley, G. P.	2004年	景観生態学9(1)、p. 18－p. 25	絶滅危惧種ハナガガシの個体群再生を目的とした森林タイプの再配置	ハナガガシは九州東南部を中心に低地照葉樹林に分布する常緑カシであるが、環境省の植物版レッドリストでは絶滅危惧種IB類に指定されている。ハナガガシの生育は斜面下部の比較的水分条件の良い場所に限られるので、好適の立地は人工林へ林種転換されて、ハナガガシのハビタット減少の大きな要因になっている。本研究では、針葉樹の人工林が伐採されたあとと放置され、自然に再生する二次林で、植栽や播種を行わずにハナガガシ個体群を維持することを想定して、伐採による再林種転換の適切な候補地を選定することを目的とする。その結果、人工林から二次林への再転換に関する今回の解析により、候補地をランダムに配置する場合と比較して、種子源やハビタットの効果を考慮して戦略的に配置することの有効性を得た。	(2)



図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(3)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
8	前田勇平・吉田茂二郎・長島啓子・村上拓彦	2004年3月	九州森林研究57、p. 203－p. 206	森林資源モニタリング調査データを利用した森林タイプ分類手法の検討と人工林における種多様性	現在我が国では、森林資源モニタリング調査（1999年度開始）が行われている。この調査は全国の森林を対象とし、森林の状態や変化を木材生産、生物多様性などの視点から多面的に把握することをねらいとしており、近年世界規模で取り組まれてきた森林経営の持続可能性を評価するための基準、指標に対応できる資料として注目されている。そこで本研究では、その基準、指標に対応する森林タイプの確立という観点から、九州全域を対象とし、各測定点を樹種ごとの胸高断面積合計の割合から独自の森林タイプに分類して、各森林タイプの関係を種組成に基づき明らかにした。その結果、合計19のグループに分類され、そのうち針葉樹の優占したタイプ（人工林タイプ）が6、広葉樹の優占したタイプ（広葉樹林タイプ）が13だった。このような森林タイプの形成には針葉樹植栽木と広葉樹の混交歩合や気候条件の影響が大きいことが示唆された。また、人工林タイプにおける出現種数については、その6つの森林タイプ間で差は見られなかった。（論文中の要旨より）	(1)、(3)
9	吉野豊・前田雅量・山瀬敬太郎・上山泰代	2005年1月	兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告．森林林業編52、p. 1－p. 6	絶滅危惧種「サラサドウダン」の保全に関する研究（Ⅰ）	兵庫県版レッドデータブック掲載種であるサラサドウダンの県内自生地での生育実態を調査した。自生地は中国山地の段ヶ峰からフトウガ峰にかけての尾根筋（調査地1）、千町峰の山頂付近（調査地2）、東山山頂南側の平坦地（調査地3）、三室山の海拔1,000m付近から山頂にかけての登山道沿い（調査地4）、後山山頂付近および後山から舟木山（海拔高1,334m）・鍋ヶ谷山（海拔高1,253m）・駒の尾山（海拔高1,280m）・ダルガ峰（海拔高1,163m）と続く県境尾根筋（調査地5）の登山道に面した比較的光条件の良好な場所に自生していた。調査地1、2、3では、ほとんどの個体がシカによる剥皮害を受けて多くの個体が衰弱・枯死していた。調査地4、5では、サラサドウダンはブナ林の上層木や人工造林されたスギ、ヒノキにより被圧を受けており、光条件が不良で衰弱・枯死している個体が多く認められ、ほとんどの個体が開花・結実がみられなかった。また、稚樹が定着する明るいギャップ状の場所が少なく、光条件が不良であり、林床のササ類の密生が稚樹の発生を阻害していて、後継樹は育っていない。以上の結果から、シカの剥皮害と上層木による被圧に伴う光条件の悪化がサラサドウダンの保全上の大きな問題点であることがわかった。（論文中の「要旨」より）	(2)
10	吉野豊・前田雅量・山瀬敬太郎・上山泰代	2005年1月	兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告．森林林業編52、p. 7－p. 10	2005年1月絶滅危惧種「サラサドウダン」の保全に関する研究（Ⅱ）	兵庫県の千町峰山頂付近には、県版レッドデータブック掲載種のサラサドウダン個体群が自生している。この自生地ではすべてのサラサドウダンの個体がシカの剥皮害を受け、広範囲な木部の露出や木部の腐朽が発生しており、2001-2003年に自生しているサラサドウダン個体の約40%が枯死した。しかし、シカ防護柵の設置によって剥皮害が防止され、新たな枯死の発生は防止できた。シカ防護柵内で天然更新試験を行った結果、地表の腐植層を除去した区（地がき区）では稚樹の発生数は増加したが、夏季の高温・乾燥により消失する本数が無処理区より多かった。サラサドウダンの稚樹発生2年後の苗長は1-6 cm、平均2-3cm程度で初期成長は緩慢であり、下刈りなどの保育に多大の労力を要するので、早期に後継樹を確保する方法として天然更新法は実用的ではないと思われる。本自生地においてサラサドウダンの後継樹を確保するには、衰弱した個体から発生している萌芽枝を育成し再生させる方法や、自生個体から採種・育苗した苗木を植樹する方法が実用的と考えられる。（論文中の「要旨」より）	(2)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(4)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
11	服部保・南山典子・武田義明	2005年3月	人と自然	綾南川上流域における照葉原生林と二次林・人工林の種組成および種多様性の比較	宮崎県綾町綾南川上流域には自然性の高い照葉樹林が原生に近い状態で残されている。その照葉原生林と、隣接する照葉二次林・スギ人工林・マツ人工林との種組成および種多様性を比較研究するため、この4つのスタンド群にそれぞれ斜面積225m <sup>2</sup> (基本的には15m X 15m)の方形区(調査区)を設置して調査を行った。原生林は着生植物等によって特徴づけられ、二次林・人工林は主として夏緑樹等によって識別された。原生林の1調査区あたりの照葉樹林構成種数の平均値は60.4種、二次林は40.4種、スギ人工林は34.6種、マツ人工林は33.8種であった。二次林・人工林における照葉樹林構成種の種多様性は原生林の67%以下であり、二次林・人工林では照葉樹林構成種の種多様性維持は十分に果たせないと考えられた。(論文中の「要旨」より)	(1)、 (2)、 (3)
12	山浦悠一	2007年	日本森林学会誌 89(6)、p. 416－p. 430	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－	広葉樹林の転換がパッチレベルおよびランドスケープレベルで鳥類に及ぼす影響を人工林への転換に重きを置いて整理し、その影響の緩和手法を提案した。広葉樹林の人工林への転換に伴う広葉樹林パッチ面積の縮小、広葉樹林の消失と分断化は鳥類の種数・密度を減少させる。広葉樹林の消失と分断化の影響は、広葉樹林の消失が進行するほど強くなる。人工林はこれまで生物にとっては同質な非生息地(マトリックス)としてとらえられ、生物多様性の保全上、無視されてきた。しかし、人工林でも林分構造と樹種組成が複雑な場合は多くの鳥類の生息地として機能する。したがって、広葉樹林の人工林への置き換えによる鳥類への影響は、人工林の林分構造と樹種組成を複雑化することによって緩和することができると考えられる。人工林の林分構造と樹種組成の複雑化は、長伐期施業や強度の間伐、間隔を空けた植栽、広葉樹や粗大有機物の維持、保残伐によって達成することができるだろう。最後に、生物多様性の保全に配慮した森林管理手法を発達させるための今後の課題をいくつか挙げた。(論文中の「要旨」より)	(1)
13	國崎貴嗣・柴田真理・甲田朋子・渡辺尚子	2007年3月	岩手大学農学部演習林報告38、p. 71－p. 79	広葉樹人工林における林分材積成長量の林分間差に及ぼすパッチ属性の影響	岩手大学滝沢演習林における広葉樹見本林を対象に、林分材積成長量の林分間差に及ぼすパッチ属性の影響を解析した。期間平均材積成長量PVIは、期首(1994年)における総平均材積成長量MVIと有意な正の関係であり、MVIは林分間競争指数BCIと有意な負の関係を示した。林分面積が大きくなるほどBCIのばらつきは小さくなるが、0.2haでもBCIが高い林分が見受けられた。結論として、林分面積が0.2ha以下で隣接林分よりも樹高が顕著に低い林分では、その後の林分材積成長量が低くなりやすい。(論文中の「要旨」より)	(1)
14	田村淳・勝山輝男	2008年	保全生態学研究13、p. 249－p. 256	神奈川県丹沢山地における絶滅危惧種ヤシャイデの現状と保全対策	神奈川県丹沢山地に分布する環境省絶滅危惧IA類のシダ植物であるヤシャイノデの保全に向けて、生育地における個体数と葉のサイズ、生育環境を調べた。過去に分布記録のある4箇所のうち2箇所でヤシャイノデの生育を確認し、個体数は2004年で計21個体、2006年で計18個体、2007年で計15個体と年々減少した。これらのうち胞子をつけた成熟個体はいずれの年も2個体のみであった。2006年におけるニホンジカの採食可能な範囲(採食可能域)とそうでないところ(不可能域)の個体数は採食可能域で11個体、不可能域で7個体であり、採食可能域で多かった。個体あたりの平均葉数は両者で差異がなかったものの、葉サイズは採食可能域で小さかった。また、葉の先端が欠け、シカに採食されたと思われる個体も採食可能域で多かった。周辺の林床植被率も採食可能域では不可能域よりも低く、スズタケも少なかった。以上のことから、丹沢山地のヤシャイノデは、総個体数および成熟個体数も少なく、シカの採食により成熟サイズに達することが阻害され、生育環境も悪化している可能性が示唆され、絶滅の危険性が高いと考えられた。ヤシャイノデの保全に向けて、ヤシャイノデを含めて周辺の林床植生をシカの採食から防護するための植生保護柵を設置することと、緊急避難的に増殖技術を確立することが急務である。(論文中の「要旨」より)	(2)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(5)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
15	真坂一彦・山田健四	2008年	森林立地50(2)、p. 125-p. 132	ニセアカシア人工林における植物種多様性	ニセアカシア林における在来植物の出現状況を評価するため、北海道の空知・石狩地域において34年生～94年生のニセアカシア人工林9林分を対象に毎木調査ならびに下層植生の調査を行った。その結果、各調査林分の全出現個体の胸高断面積(BA)合計(BA <sub>Total</sub> )は、林齢の増加とともにともにシグモイド型の曲線を描くような増加パターンを示したが、ニセアカシアBA合計(BA <sub>Rp</sub> )に注目すると、高齢林分ではBA <sub>Rp</sub> が減少していた。ニセアカシア人工林内には27種の在来木本類が出現し、その最大dbhは林齢の増加とともに有意に大きくなった。そして、在来木本類の最大dbh-林齢関係はニセアカシアの最大dbh-林齢関係と有意に異ならなかった。この結果は、在来木本類がニセアカシアの植栽後早い段階で人工林内に定着し、ニセアカシアとともに大きくなった可能性があることを示唆している。一方、下層植生は全部で43種出現し、調査区あたりの出現種数は林齢の増加とともにシグモイド型の曲線を描くような増加パターンを示した。また、ササの被度が低くなるにつれて下層植生の出現種数は有意に増加した。そしてササの被度は、林分葉量と比例関係にあると考えられるBA <sub>Total</sub> とのあいだに有意な負の相関が認められた。この結果から、林分の成長とともに林分葉量が増加することでササの被度が低下し、それが他の下層植生の侵入・定着を許す状況をつくっているものと推察された。(論文中の要旨より)	(3)
16	川西基博・小松忠敦・崎尾均・米林仲	2008年	日本森林学会誌 90(1)、p. 55-p. 60	溪畔域のスギ人工林における間伐とリター除去が植物の定着に及ぼす影響	人工林から天然性の溪畔林へ誘導することを目的に、溪畔域に位置するスギ人工林で間伐とリター除去を行い、植物の定着との関係を調査した。発芽した出現種数、発生個体数、生残個体数は無処理区や巻き枯らし区よりも皆伐区や間伐区で多い傾向があった。リターを除去したほうが発生個体数、出現種数ともに有意に多かった。また、溪畔林構成種の出現種数は増加したものの、フサザクラなどの一部の樹種が優占し、シオジやサワグルミなどの主要樹種はみられなかった。草本植物の溪畔林構成種はわずかしみられなかった。伐採や林床処理によって天然更新が可能であると考えられたが、天然性溪畔林に近い林分へ誘導するには長期的な研究を行い、その結果によっては、一部の種の植栽や播種による導入も検討する必要がある。(論文中の要旨より)	(1)
17	長池卓男・林敦子・久保満佐子	2008年3月	山梨県森林総合研究所研究報告27、p. 17-p. 22	溪畔域におけるカラマツ人工林の種組成と林分構造	溪畔域の修復・再生を考えるために、溪畔域に造成された人工林がどのような林分構造と種組成であるのかを明らかにすることを目的に調査を行った。典型的な溪畔要素と考えられるカツラは、天然林調査区と二次林・カラマツ人工林未間伐調査区に出現し、ドロノキ、オオバヤナギは天然林調査区にしか出現しなかった。カラマツ植栽木を含む場合の間伐後の人工林と天然林との群集類似度は、総じて未間伐林分の群集類似度よりも低い。カラマツ植栽木を除外した場合は類似度の増加が顕著であった。これは、間伐時に広葉樹が残存された結果を示している。したがって、溪畔域の保全・再生を目指した間伐を計画する際には、溪畔域に特有または固有の樹種の残存を念頭におくことが重要である。(論文中の「要旨」より)	(1)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(6)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
18	長池卓男・久保満佐子・松崎誠司・高橋一秋・高野瀬洋一郎・新井伸昌	2008年3月	山梨県森林総合研究所研究報告27、p. 23－p. 27	ヤツガタクトウヒ自生地に隣接するカラマツ人工林の種組成と林分構造－1. ニホンジカによる剥離の影響－	ヤツガタクトウヒ（環境省レッドデータブック絶滅危惧II類）の生育地に隣接するカラマツ人工林において、その種組成と林分構造、およびそれらに対するニホンジカの影響を明らかにする目的で調査を行った。枯死木の割合は、生立木もあわせた本数で30%を超えており、その80%でニホンジカによる剥皮が確認された。また生立木でも70%で剥皮が確認されており、ニホンジカによる影響が非常に大きかった。剥皮による枯死木の占める割合は、植栽種であるカラマツで15%程度であり、天然更新木の被害のほうが激しかった。しかしカラマツの生立木では80%、枯立木の60%で剥皮されており、被害が甚大であった。今後、剥皮によるシラベの激しい枯死が予想されるが、その後はニホンジカの剥皮の嗜好がカラマツへよりシフトすることが十分に考えられる。（論文中の「要旨」より）	(1)
19	長池卓男・久保満佐子・松崎誠司・高橋一秋・高野瀬洋一郎・新井伸昌	2008年3月	山梨県森林総合研究所研究報告27、p. 29－p. 32	ヤツガタクトウヒ自生地に隣接するカラマツ人工林の種組成と林分構造－2. 2年間の林分動態に及ぼすニホンジカの剥皮の影響－	ニホンジカの剥皮害が顕著なカラマツ人工林において、2年間の林分動態に及ぼす剥皮の影響を明らかにすることを目的に調査を行った。剥皮率の高い個体ほど死亡率が高いこと、剥皮される個体は増加し剥皮率も増加していることが明らかとなった。現状の剥皮害が継続するようであれば、森林としての劣化は免れないので、適切な防除策を採用することによる剥皮害対策が求められる。	(1)
20	安藤麻菜・喜多知代・河原輝彦・菅原泉	2008年9月	東京農業大学農学集報53(2)、p. 144－p. 151	針葉樹人工林と広葉樹二次林とのミミズ群集の比較	スギやヒノキ等の針葉樹の単一樹種からなる人工林では生物相が単純になることが指摘されている。ミミズは現存量が大きく、移動したり糞をすることによって土壌構造を改変し、他の土壌生物や植物に大きな影響を与えるので生態系改変者と呼ばれている。いままで分類研究が不十分であったため種レベルでの群集構造について未解明な課題が多かったが、近年、分類研究が進み、種レベルでの群集構造の調査が可能になった。そこで本研究では森林施業とミミズ群集の種多様性との関係を明らかにすることを目的として、静岡県富士宮市麓および東京都西多摩郡奥多摩町のヒノキ人工林、スギ人工林、広葉樹二次林におけるミミズ群集について調査を行った。両調査地では広葉樹二次林で種数と種多様度が最も高く、次いでスギ人工林であった。また、両調査地で最も種数が少なかったヒノキ人工林で出現した種は、広葉樹二次林とスギ人工林でも共通にみられる傾向にあった。各林分では上層木の種類、土壌物理化学性などの環境要因が異なることによって、ミミズの種組成や個体数密度に影響を及ぼすと考えられた。特に今回の調査結果からは、ミミズが生息する環境要因の一つにリターの堆積量と質及び下層植生の種類と量が関わっていることが示唆された。（論文中の「要約」より）	(1)
21	鈴木和次郎・池田伸・平野辰典・須崎智応・和佐英二・石神智生	2009年	日本森林学会誌91、p. 9－p. 14	高齢級ヒノキ人工林の林分構造にみる間伐履歴の影響	施業履歴の異なる100年生前後のヒノキ人工林6林分について、その施業履歴、林分構造そして植栽木の品等構成を調査し、過去の間伐を中心とした取り扱いの違いが、これらに及ぼす影響を解析した。林分の本数密度、幹材積は、31年生時を最後に間伐が全く行われていない林分で843本/ha、1,298.9 m <sup>3</sup> /haと最も高く、間伐回数が多いほど少なくなる傾向がみられた。本数密度を50年生までに500～1,000本/ha以下に落としておけば、その後に間伐を省略しても高蓄積の高齢級人工林の造成が可能であることが示唆された。立木の品等は、サイズの大きな個体で良形質木の割合が高くなる傾向を示した。各林分における品等構成では、間伐回数が多い林分にあっても不良形質木が存在した一方、良形質木の本数は間伐の回数に関係なく100～150本/haの密度で存在した。この結果から、過去の間伐は対象林分における品等構成の向上にはつながらなかったことが明らかにされた。その背景は今回のデータからは明らかにできなかったが、良形質木からなる高蓄積の高齢級人工林を造成するためには、少なくとも若齢段階の間伐における不良形質木の除去が重要であることが示唆された。（論文中の要旨より）	(1)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(7)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
22	服部保・岩切康二・南山典子・黒木秀一・黒田有寿茂	2010年	保全生態学研究15、p. 47－p. 59	宮崎神社社叢の種多様性の特性	宮崎神社には照葉樹等の植林後約100年経過した照葉人工林等が保全されている。植林後の年数が明確な本樹林は、各地で形成されている工場緑化林や緑地帯などの照葉人工林における植生遷移の予測や生物多様性保全の可能性および孤立林の維持管理方法などに関する課題を明らかにする上でたいへん重要である。本社叢の種組成、種多様性、生活形組成の調査を行い、照葉二次林、照葉自然林、照葉原生林との比較を行った。宮崎神社の社叢は林齢約100年の照葉人工林と林齢約45年の針葉人工林から構成されており、社叢全体に118種の照葉樹林構成種が生育し、その中には絶滅危惧種も含まれていた。植栽された植物を除くと、多くの植物は周辺の樹林や庭園から侵入したと考えられた。これは、照葉人工林の種多様化に対して隣接する住宅地庭園の果たす役割が大きいことを示している。照葉自然林の孤立林に適用される種数－面積関係の片対数モデル式および両対数モデル式を用いて宮崎神社の社叢面積に生育すべき種数を求めると、前者が119.0種、後者が158.6種となり、前者と現状の調査結果とがよく一致していた。後者の数値が適正だとすると宮崎神社に十分な種が定着できないのは、地形の単純さのためと考えられた。社叢の生活形組成では着生植物、地生シダ植物の欠落や少なさが特徴であった。種多様性（1調査区あたりの照葉樹林構成種の平均種数）をみると宮崎神社の照葉人工林（20.4種）は照葉原生林（42.9種）、照葉自然林（32.9種）と比較して、非常に少なく、照葉二次林ほどであった。1調査区あたりの生活形組成も照葉二次林と類似していた。宮崎神社の照葉人工林は林冠の高さやDBHなどについては照葉自然林程度に発達していたが、種多様性、生活形組成では照葉二次林段階と認められた。（林分中の「要旨」より）	(1)、 (3)
23	豊田光世・桑子敏雄	2011年	日本感性工学会論文誌10(4)、p. 473－p. 479	生物多様性の保全に向けた感性のポテンシャル—環境倫理的視点からの考察—	これは、人工林の生物多様性を論じた論文ではない。新潟県佐渡市で進みつつあるトキの野生復帰事業をめぐって、生物多様性の保全に関する意義を環境倫理学の視点から考察した内容で、なかなか示唆に富んでいるので、この文献一覧に取り上げることとする。トキは一度「野生絶滅種」になり、その後中国の協力により人工繁殖に成功して個体数が増加しつつある。そのため「絶滅危惧種」に位置づけが変わった希少種なので大切にしなければならないという論理が成り立つ。この論理は功利主義的価値観と学問的価値観であるが、これらの価値観に誰もが賛成するかというと、決してそうではない。そこに感性的価値観を入れることによって、トキの野生復帰事業を行うことについて合意形成の生まれる可能性がある。感性は個性と共有性、理性と感覚を統合していく力であるが、この力を持っているのは子供たちである。子供たちを野生復帰事業に参加させることにより、包括的な価値認識を促す創造的合意形成に向けた対話が可能になった、とする。	(1)、 (2)
24	田中ゆり子・城田徹央・木村誇・岡野哲郎	2011年3月	信州大学農学部AFC報告9、p. 11－p. 19	冷温帯上部に植栽されたカラマツ人工林の広葉樹レフュージアとしての機能の検討	冷温帯上部に植栽されたカラマツ人工林が、隣接する針広混交林構成樹種のレフュージア（一時的な退避の場）として機能しうかどうかを検討するため、信州大学農学部AFC西鞠ステーションのカラマツ人工林と周囲の針広混交林において、森林の階層構造、林床の光環境、木本植物の種組成を比較した。カラマツ人工林では階層構造が明確であり、寝入した広葉樹の多くは7m未満にとどまった。また、林床の光環境はカラマツ人工林で暗かった。両林分間では、種多様性の観点からは差異が見られなかった。しかし一方、広葉樹林に出現した18種のうちカラマツ人工林に出現した種は10種であり、カバノキ属などの陽性の謝樹は侵入していなかった。カラマツ人工林を構成する種の約半分が風散布種子をもつ種であったが、樹高が低いことから、その種子散布能力は相対的に低いと考えられた。以上のことから、カラマツ人工林は広葉樹のレフュージアとして機能しうるものの、本調査地ではその能力は十分に発揮されていないと結論された。（論文中の「要旨」より）	(1)



図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(8)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
25	菅原真明・國崎貴嗣	2011年6月	岩手大学農学部演習林報告42、p. 1－p. 14	滝沢演習林のスギ人工林における下層木本の種多様性に影響する要因の序列化	スギ人工林を対象に、下層木本の種多様性を高める要因として何がより強く影響しているのかを明らかにする目的で調査を行った。林相の異なる50個の林分を対象に、分類・回帰樹木(CART)を用いて影響する要因の序列化を行った。結論として、スギ人工林の下層木本種の多様性を高めるためには、林内の光環境の改善も重要であることがわかった。スギ人工林の下層木本種の多様性を高めるためには、光環境を良くすることで下層木本の総数を増やし、また、さまざまな樹種が侵入できるような周辺林分の確保が重要であると考えられた。(論文中の「要旨」より)	(1)、 (3)
26	牧野俊一	2011年10月	森林科学63、p. 2－p. 6	生物多様性の逆襲	生物多様性の価値とそれを守ることの重要性を、主として人間生活を豊かにする視点にたって論じている。生物多様性の価値とは、人間の存続可能性に貢献する、あるいは貢献する可能性のある価値であり、そうした価値はまとめて「生態系サービス」と名付けられている。この考え方は生物多様性保全にとってきわめて有効で説得的である。いま生物多様性の危機が多様な生態系について指摘されているが、森林で生物多様性の危機が進行する原因としては、森林の過剰利用とともに過少利用があることも重要である。いまわが国森林の生物多様性は、過少利用の点から発生している場合が多い。このような生態系の危機を踏まえて、生態系に生態系サービスという武器を与えて人間社会に逆襲させることによって、生物多様性の価値を主流化させる必要がある。言い換えれば、生態系サービスの「サービス」を、人間に対する自然の「奉仕」としてではなく「恩恵」としてとらえる姿勢がないと、人間が自然によって逆襲される恐れがある。	(3)
27	藤森隆郎	2011年10月	森林科学63、p. 18－p. 22	生物多様性のための順応的管理	地球環境問題を反省し、またグローバル市場経済主義の行き過ぎを改めて持続可能な社会を目指すには、地域ごとの生態系を重視した循環型社会を構築することが不可欠。生態系サービスは多様な機能を含んでいるが、そのなかで生物多様性保全機能はほかの機能と強く関わっている。生物多様性を支える森林の多面的機能を創出するために、求める機能ごとに森林の目標林型を定め、それに適した管理・施業を進めていくことが要求される。森林は林齢に応じて、最初は林分初期段階、そして若齢段階、成熟段階、老齢段階へと構造変化していくので、各発達段階に応じてそれぞれの特徴を把握しなければならない。他方、森林のタイプは人工林、里山の生活林、天然生林、天然林に分かれる。森林の発達段階と森林のタイプの考え方を組み合わせ、また森林の地域区分であるゾーニングの課題も取り入れて森林管理、森林施業を実践していくべきである。しかし、ゾーニングは仮説に基づく面が多いので、生物多様性に富んだ森林をつくり出すには具体的な計画を検証し、適時修正していく順応的管理が重要になる。	(1)、 (3)
28	伊藤哲・光田靖	2012年	景観生態学17(1)、p. 1－p. 5	九州南部のスギ人工林下層における絶滅危惧種ハナガガシの出現傾向	スギ人工林の林床における絶滅危惧種ハナガガシの出現確率を、ロジスティック回帰分析により推定した。分析の結果、ハナガガシの出現はスギ林の林齢と地形に依存しており、斜面下部を含む高齢林で高かった。ROC曲線を描いて最も予測能力の高くなるしきい値を求めたところ、出現確率の推定値を17%で判断するのが最適であると判断された。このときのハナガガシの出現した林分を正しく出現すると判断する率(sensitivity)は0.90であり、出現しなかった林分を正しく出現しなかったと判断する率(specificity)は0.73であった。また、各プロットについて正しく判断される割合(全体精度)は0.78であり、今回の解析によって比較的高い精度でハナガガシの出現確率を推定することが可能であった。(論文中の「要旨」より)	(1)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(9)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
29	江原秀宗・石井弘明・前藤薫	2012年	日本森林学会誌94、p. 36－p. 41	スギ人工林における列状間伐後のアリ群衆構造と関連する環境要因	列状間伐による生物相への影響を明らかにするため、間伐強度および間伐後の経過年数が異なる二つの列状間伐林分においてアリ群衆構造を調査し、隣接する対照林分と比較した。強度の列状間伐後11年経過した林分では対照林分よりも森林性種が少なく、広域生息種が多く出現する傾向がみられた。一方で、弱度の列状間伐後4年経過した林分では逆の傾向がみられた。また、環境条件がアリ類の種構成に与える影響は明瞭ではなかったが、林冠からの入射光量や下層植生のバイオマス量との関係が示唆された。アリ類は様々な生態的特長を有するため、アリ群衆構造を人工林における森林施業の攪乱強度やその後の生物相の回復過程を表す指標として用いるためには、更なる検討が必要であると考えられる。（論文中の要旨より）	(1)
30	長池卓男	2012年	日本森林学会誌94、p. 196－p. 202	混交植栽人工林の現状と課題－物質生産機能に関する研究を中心に－	単一種植栽人工林に代わるオプションとして注目されている混交植栽人工林について、利点・不利点、物質生産機能への影響とそれをもたらすメカニズムや今後の課題などを論じた。混交植栽人工林は、複数の種が植栽されることで生態的・生産的な便益がもたらされ、広範な物品や生態系サービスを提供することが多い。これらの利点は、多様な種へのハビタットや生態的ニッチが供給され、林分レベルでの種多様性や生物間相互作用が維持・向上すること、物質生産機能が高まることが多いこと、等による。単一種植栽人工林に比較して混交植栽人工林で高い物質生産機能がもたらされるメカニズムとしては、競争緩和と促進のプロセスが作用している。混交植栽人工林は実験的に造成されていることが多いが、樹木や種の空間配置が規則的であること、解析対象の多くが若齢林分であること等が問題点として指摘されている。混交植栽人工林をどのような目的を持つ人工林として造成するのかによって管理方法が異なるため、導入に当たり整理すべき課題は多い。多様な生態系サービスを提供するようにデザインされた人工林管理においては、混交植栽人工林の利点が活かされるであろう。（論文中の要旨より）	(1)
31	金森弘樹	2012年10月	森林科学66、p. 36－p. 40	人工林におけるニホンジカの問題	全国的にシカの生息頭数が増加してきて、現在では134万頭ないしは168万頭と推定されている。シカによる林業への被害発生量はほぼシカの生息密度に比例するので、近年の被害増加はシカの生息分布域の拡大と生息数の増加によると考えられる。全国の被害面積は年によってばらつきがあるものの、近年は4000ha／年程度の高水準である。シカの被害の多くは人工林においてである。シカによる人工林への被害は、大きく分けると「枝葉採食害」と「樹皮剥皮害」である。「枝葉採食害」は主に幼齢林で発生する。この被害は全国的に発生しているが、新植造林面積の減少に伴って減少している。しかし、主伐の増加に伴い新植面積のある程度の回復が見られるので、今後とも「枝葉採食害」の推移に注意する必要がある。「樹皮剥皮害」は「樹皮菜食害」と「角こすり害」に別れる。「樹皮採食害」は若齢木から老齢木にまで発生する。「角こすり害」はおもに若・壮齢木で、地上40 ～100cm程度の樹皮がオスジカの角によって剥皮される被害である。被害防除法のうち枝葉採食害に対しては、採食される枝葉などに忌避剤を散布または塗布する方法がある。また、シカが植栽木の梢端部を採食できない高さである約150cm を早期に達成できるように大苗を植栽する方法もある。ただし、通常苗の植栽に比べてコストが増大する。また、下刈りを省力化し、植栽木を雑草木で被覆することによって被害を軽減する方法もある。樹皮剥皮害に対して島根県では、角こすり害の回避のために樹幹に荒縄白色ビニール被覆針金の巻き付け試験を行うなどして、被害回避に一定の効果を認めている。さらに、すでに被害を受けた林木を残したり、間伐予定木を角こすり害の対象木として残しておくことも被害防除の効果を高めると思われる。なお、各種の被害防除法の選択に際しては効果やコストだけでなく、防護資材の耐久性や環境汚染なども考慮に入れる必要がある。一般に、シカの被害を少なくするには、増えすぎたシカを減少させて、適正な生息密度に保つための広域的なシカの個体数管理システムの構築が必要である。	(1)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(10)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
32	長池卓男	2013年3月	山梨県森林総合研究所研究報告32、p. 1－p. 5	溪畔域のカラマツ人工林に天然更新した樹木の動態	溪畔域の修復・再生を考えるために、溪畔域に造成されたカラマツ人工林の6年間の動態について明らかにし、近年顕著であるニホンジカによる樹木への摂食の影響を加味して、溪畔域の今後の推移について考察した。全体の立木密度は、未間伐林分では減少しているものの、間伐林分では増加していた。未間伐林分では、ウラジロモミ、カラマツ、ハシドイの減少が顕著であり、間伐が行われていないことによる自己間引きや被陰の影響と思われた。ハシドイは山梨県レッドデータブック絶滅危惧Ⅱ類に指定されているが、ハシドイへの剥皮は増加していたことから、ハシドイを残存した間伐を行って光環境を改善することや、剥皮への保全対策が必要となる可能性がある。本調査地は、県内の他の地域に比較すれば剥皮の影響は甚大ではないが、溪畔域の修復・再生と希少種の保全を考えて、注視していく必要がある。（論文中の「要旨」より）	(1)
33	山内健生・久松定智	2013年9月	SAYABANE N. S. (さやばねニューシリーズ) 11、p. 19－p. 22	屋久島の原生的照葉樹林とスギ人工林におけるケシキシイ相	屋久島の原生的照葉樹林に2箇所、約40年生のスギ人工林に2箇所、針広混交老齢林に1箇所、調査地点を設けて非誘引式トラップを設置し、ケシキシイ類を捕獲してその環境指標性を検討した。調査地点ごとの個体数を比較すると、スギ人工林の2地点は原生的照葉樹林の2地点よりも捕獲数が多かった。これは、ムナクボヒラタケシキシイがスギ人工林で多く捕獲されたためである。スギ人工林ではムナクボヒラタケシキシイが捕獲される割合が高いので、原生的照葉樹林の2地点よりも多様性指数が低い値になったといえる。この採集結果から判断して、ムナクボヒラタケシキシイはスギ林に特徴的な種であると考えられる。本調査により、我が国においてもケシキシイ類が森林環境の指標性を有する可能性が示唆された。日本産ケシキシイ類は同定が比較的容易であるため、こうした知見が集積されることで将来的には環境指標生物として利用可能であると考えられる。	(1)
34	長池卓男	2014年	日本森林学会誌96、p. 267－p. 273	森林認証制度に関する研究動向と展望－特に森林の生物多様性保全に果たす役割に関して－	森林認証制度には、生物多様性保全や生態系サービスの持続的供給をもたらす新たな森林施業の構築に向けた役割が期待されている。本論文は、森林認証に関する最近の研究の傾向、特に生物多様性や自然環境に及ぼす影響に関する研究をまとめ、今後の研究の方向性と課題について考察した。森林認証を対象にした論文は諸外国の学術雑誌では増加しており、森林認証を運営する主体間の客観的比較による研究が進んでいる。生物多様性に関する研究では、森林認証取得による森林管理のプロセスの改善（例えば、伐採時の溪畔域の保全など）に焦点をあてた研究はあるものの、森林認証が取得されたことによる直接的な評価事例（例えば、希少種がどれだけ保全されたか）は少ない。森林認証が林業の負のインパクトを最小化することや、法的に指定された保護区以外の森林で生物多様性を保全するには十分ではないとの指摘もある。森林認証が生物多様性保全に及ぼす役割の定量化や、現場での生物多様性保全の結果を評価するツール開発が必要とされている。森林に関する社会科学と自然科学の融合において森林認証は重要な位置づけにあるため、研究者らが取り組むべき課題は多い。（論文中の要旨より）	(1)



図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(11)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
35	瀬井純雄・高沢智嗣・藤井紀行	2015年	Bunrui15、p. 21－p. 27	阿蘇における草原植物の現状と草原再生	日本植物分類学会第13回大会（於、熊本）で行われた公開シンポジウム「阿蘇の草原フロアを探る～成立過程・大陸遺存種・草原再生～」における講演記録。阿蘇における草原植生の歴史と現状を幅広い観点から説明しているが、そのなかで「スギ人工林伐採による草原再生」に触れている。その箇所の講演内容は次のとおり。およそ40年生のスギ人工林、約1ha、1,200本を2011年11月から12月にかけて、もとの草原に再生する目的で皆伐した。伐採に当たっては事前に植生調査を行い、造林地の伐採前後を比較し、植生を解析した。2012年には伐採跡地に100種を超える植物が新たに出現した。さらに伐採後2年目の春にはサクラソウが再生してきた。しかし、伐採跡地全体にわたってクマイチゴ、ヌルデ、タラノキなどが増加し、セイタカアワダチソウやヒメムカシヨモギなどの帰化植物が優占する植生となっている場所も多い。伐採前後の植生調査の比較からは、草原再生へ向かっていると考えられるが、伐採前の影響も色濃く残っている。	(3)
36	池田一穂・福沢朋子・逢沢峰昭・大久保達弘	2018年3月	宇都宮大学演習林報告54、p. 15－p. 24	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	ヒノキ人工林の林分の発達段階と鳥類群集の多様性との関係を明らかにすることを目的とした。宇都宮大学船生演習林のヒノキ人工林11林分を発達段階によって幼齡林、若齡林、壯齡林、老齡林の4つに区分し、各林分において、鳥類の繁殖期（5月中旬～6月下旬）にスポットセンサス法を用いて鳥類群集を調べた。また、環境条件として各林分のヒノキ樹高、樹冠長、立木密度、開空度を調査した。調査の結果、14種136羽の鳥類が確認された。老齡林では他の発達段階に比べて樹高と樹冠長が大きく、鳥類の多様性が高かった。幼齡林では樹高が低く、開空度が高いものの、鳥類の多様性は低かった。鳥類の種組成を類型化した結果、ヒノキ人工林の鳥類群集は大きく2つに分かれ、一つは主として壯齡林と老齡林で構成され、もう一つは主として幼齡林で構成されていた。このように二分された要因として、壯齡林以降は、亜高木層以上の階層が発達し、これらの階層を利用する森林性鳥類などが出現したことが考えられた。以上から、ヒノキ人工林においては、林分の発達段階の進行による樹冠長の増加や立木密度の低下に伴い亜高木層以上の階層が発達することで、鳥類群集が変化するとともに多様性が高まると考えられた。（論文中の「要旨」より）	(1)、 (3)
37	柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一 編	2018年11月	単行本、築地書館（株）	保持林業	この単行本ではretention forestryが保持林業と訳されている。従来より「保残木作業」という概念があるが、これは天然更新を意図して主伐の際に母樹を残す手法で、母樹はその後、収穫される。他方、retention forestryでは生物多様性や生態系の保全・回復に主眼をおいて残す樹木を選択し、残された樹木はその後伐採されず、林分の構造や組成の複雑化に貢献することが期待される。これが保持林業の特徴である。この意義づけのもとに本書は次の10個の章から構成されていて、理論的・実証的な研究成果が明らかにされている。第1章：保持林業と日本の森林・林業、第2章：アメリカ合衆国における保持林業の勃興、第3章カナダ、ブリティッシュ・コロンビア州の事例、第4章：保持林業の世界的な普及とその効果、第5章：北海道の人工林での保持林業の実証実験、第6章：保持木が植栽木・更新へ与える影響、第7章：保持林業と複層林施業、第8章：諸外国の生物多様性を保全するための制度・政策、第9章：日本における環境配慮型森林施業導入の課題と可能性、第10章：生物多様性の保全を進める新たな手法。 保持林業は1980年代に北米で開始され、その後ヨーロッパに波及し、さらに南米の一部やオーストラリアにも広がった。それらの地域では大面積の施業実験や実際の林業活動が行われているが、アジア地域ではほとんど行われていない。その状況下で、第5章に詳述されているように、2010年代初頭より北海道有林の空知管理区内で人工林を含む約6,000haに及ぶ大面積の森林を対象に、道有林・研究機関・大学などの共同研究により保持林業の施業実験が開始された。この実験は今後、超長期に及ぶものと思われるが、その経過と成果が注目される。	(1)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(12)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
38	Yuichi Yamaura, David Lindenmayer, Yusuke Yamada, Hao Gong, Toshiya Matsuura, Yasushi Mitsuda, Takashi Masaki	2019年	Forest Ecology and Management 444, 393-404	A spatially-explicit empirical model for assessing conservation values of conifer plantations (英文論文、針葉樹人工林の保全価値を評価するための空間的に明確な実証的モデル)	人工林は世界的に拡大し、地球上の多くの地域でランドスケープで優占するようになって来ている。人工林における生物多様性保全は重要な課題になってきており、保全価値の指標を開発することは価値がある。人工林は天然林と比べて生物多様性を担保できないが、老齢人工林は、いくつかの自生樹種とそれに伴った生物相の生息環境を用意することができる。自生樹種の量（胸高断面積）は、人工林の保全価値の簡易な指標である。様々なファクターが、林分の年齢による人工林内の自生樹種の増加率に影響を与えるようだ。そこでわれわれは、針葉樹人工林の保全価値指標から、広葉樹の量を予測する実証的モデルを開発した。われわれは、広葉樹と人工林の量（胸高断面積）の増加率の関係、人工林植栽密度、気象、地形、ランドスケープレベルの植被を計測した。国有林調査簿（森林生態系多様性基礎調査？）の3,265プロットの広範囲のスナップショットのプロットデータに基づいた序列的モデリングの枠組みを使用した。われわれの調査結果は、広葉樹林内での増加率は（他の）人工林樹種で最も高く、スギ、ヒノキ（どちらもヒノキ科）という日本における2つの主要植林樹種ではそれよりも低かった。他の樹種（マツ科のアカマツ、カラマツ、トドマツ、エゾマツ）の人工林では、広葉樹が20年生以降に量が増加する。50年生のマツ科の人工林では、原生林での量の10%から20%に当たる広葉樹が存在した。植栽密度も重要だが、広葉樹の増加率との関係は非線形だった。植栽密度の低い林分では、広葉樹の増加率は高かった。増加率は、積雪深、気温、傾斜度、周辺の天然林の量とも相関があった。われわれの調査結果からは、林分林齢、植栽樹種、植栽密度に関係した施業が、人工林の保全的価値に寄与することが示唆される。われわれのモデルは、広く利用できる共変量に基づいており、また林齢と対応するので、異なる管理方針のもとにある他の地域でも適用できると思われる。	(1)
39	黒岩宣仁・渡辺直史	2019年3月	高知県立森林技術センター研究報告、 p. 50－p. 75	ヒノキ人工林の間伐強度に応じた下層植生の種組成と種多様性	標高が異なるヒノキ人工林の試験地で下層植生を調査し、間伐強度と下層植生の関係を、種組成とその多様度や自然度に着目して比較した。出現したすべての植物を本来の生育地を推考して3つに区分し、解析項目ごとにその割合を調べた。本数間伐率が高いと植生高は高くなり、階層構造が発達して各階層の植被率も上がった。75%の間伐は、施業後に多くの遷移前期種が侵入し、13～15年を経てもその優占が続いていたが、巻き枯らしによる75%の間伐では遷移前期種の侵入をある程度抑えていた。25%、50%の間伐では低木層に優占度の高い種が存在し、標高が上がるにともなってその種類が変化した。今回の調査結果では、生物多様性保全機能の高い遷移後期種の豊富な下層植生を維持するための間伐率は25～50%の間に適正值があると推測され、自然植生の構成種の特長から見ると、その値のなかで常緑樹林域では低く、夏緑広葉樹林域では高い間伐率が望ましいことが示唆された。（論文中の「概要」より）	(1)、 (3)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(13)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
40	Yuki Negishi, Yukino Eto, Masahiro Hishita, Sachi Negishi, Masanori Suzuki, Kazuhiko Masaka, Kenji Seiwa	2020年	Forest Ecology and Management 46, 1-11	Role of thinning intensity in creating mixed hardwood and conifer forests within a Cryptomeria japonica conifer plantation: A 14-year study (英文論文、スギ人工林における針 広混交林化のための間伐強度の役 割：14 年間の研究)	針葉樹人工林の経営者にとって、針広混交林への転換は重要な経営ゴールの1つである。しかし、間伐強度がどの程度林分の材積や林木の形質に影響を与えるかはよくわかっていない。そこでわれわれは、14 年間（5年目に第1回間伐、さらに9年後に第2回間伐を実施）について、無間伐（コントロール）、間伐率33%（間伐強度：弱）、67%（間伐強度：強）の施業を実施したスギ人工林を調査した。その結果、針葉樹・広葉樹の直径生長、広葉樹の林分材積、針葉樹の林分蓄積の比較生長量は、間伐強度に従って（コントロール<弱間伐<強間伐）大きくなった。一方、針葉樹、枯死針葉樹の林分材積、林分材積の総生長量（いわゆる粗生産）では逆の順序となった。これらの結果から、強間伐は、大きな針葉樹や広葉樹を育てることができるが、粗生長量は減少させることが示唆される。中間年間年輪幅（ATRW）、ATRW 価値の consistency、中間林冠率は、コントロール<弱間伐<強間伐の順に間伐強度を上げると増加したのに対し、樹高一直径率（形状比）は逆の傾向を示した。 これらの試験結果から、林木の質（例えば木材密度、固さ、見た目のグレード）は強間伐よりも弱間伐で良い結果が得られることがわかった。しかし、同一の ATRW の大きな針葉樹林木の生産は、質の面の減少を相殺するかも知れない。この研究でわかったことは、強度間伐は、上層木において早期に針広混交林を作るため、針葉樹、広葉樹双方で大きな林木を生産するための信頼できる手法だということである。一方、弱度間伐は、高品質の針葉樹林木生産、純主要生産を維持することに適している（ただし繰り返しの間伐が必要）ことが示唆された。	(1)
41	Yuichi Yamaura, Yusuke Yamada, Toshiya Matsuura, Koji Tamai, Hisatomo Taki, Tamotsu Sato, Shoji Hashimoto, Wataru Murakami, Kenichiro Toda, Hitoshi Saito, Kazuki Nanko, Eriko Ito, Norimasa	2021年	Ecosystem Services 49, 1-12	Modeling impacts of broad-scale plantation forestry on ecosystem services in the past 60 years and for the future (英文論文、過去60年間および将来 の生態系サービスに関する大規模人 工林林業の影響をモデリングする)	人工林は、世界の多くの地域においてランドスケープで優占しているが、多様な生態系サービスにどのような影響を与えうるかについては未知のままである。そこでわれわれは、10の森林に関係した生態系サービスについて、森林タイプ（天然林vs人工林）、林齢、環境共変数の関数とみなし、中部日本の人工林地帯における生態系サービスを体系的に評価するためのモデル化を行った。われわれのモデルによれば、生物多様性保全、アメニティサービスを含む3つの生態系サービスは天然林の人工林への転換により著しく減少したが、他の生態系サービスでは変化は少なく、林齢によっては増加さえ生じた。どちらの森林タイプにおいても林齢の増加に応じて、5つの生態系サービスは増加し、4つの生態系サービスは減少した。過去60年間の試験地におけるモデルの適用によれば、大面積の植林時またはその直後には多くの生態系サービスにおいて著しい減少が生じる。2つの生態系サービス（生物多様性保全とアメニティサービス）においては成林しても本質的な回復は起こらない。遷移初期のステージに依存する生態系サービスにおいては、近年急激な減少が生じている。シナリオ分析によれば、急傾斜の収穫の山を避けながらの木材生産の増加は、地滑り的な感受性の増加をもたらさない。さらには、林道近辺の平坦地での天然林の再生は、生物多様性保全とアメニティサービスの著しい改善をもたらす。現在及び将来世代の純便益をもたらすかは、景観管理のあり方にかかっていると言える。	(1)

図表2-2-1 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献(14)

番号	著者	掲載年月	掲載誌	タイトル	概要	区分
42	Kazuhiro Kawamura, Yuichi Yamaura, Masashi Soga, Rebecca Spake & Futoshi Nakamura	2021年	Journal of Forest Research 26(3), 237-246	Effects of planted tree species on biodiversity of conifer plantations in Japan: a systematic review and meta-analysis (英文論文、日本における針葉樹人工林の生物多様性に関する植栽樹種の影響：体系的レビューとメタ分析)	世界的に、天然林の人工林への代替が進行している。天然林と比較して人工林は生物多様性をあまり支えられないが、森林に依存した種の重要な生息地として機能することも可能である。人工林の生息地機能の主要な駆動力を理解することが、林業と生物多様性の和解には必要である。植栽樹種は、人工林の生物多様性を決定する重要なファクターの一つである。ここでわれわれは針葉樹人工林と天然林の生物多様性を比較した研究を体系的に収集し、植栽樹種の科/種の効果を、国内の人工林の広範囲の分類群の量の豊富さと種数の多様さを量的に把握するメタ分析を実施した。対象は、ヒノキ科：スギ、ヒノキ、マツ科：カラマツ、アカマツ、トドマツ。その結果、マツ科では、多くの分類群において、量の豊富さと種数の多様さにおいて、天然林と大きな差はなかった。これに対して、ヒノキ科においては、下草の豊富さを除いたすべての分類群において、量の豊富さと種数の多様さは天然林の比べて著しく低かった。この結果は、人工林とその管理の生息地としての機能は各樹種で個別に分けて考える必要があるということである。なお、例えば西日本の脊椎動物の調査は非常に限られており、今後、より総合的な調査が必要と思われる。	(3)
43	Kenji Seiwa, Yuki Negishi, Yukino Eto, Masahiro Hishita, Sachi Negishi, Kazuhiko Masaka	2021年	Journal of Forest Research 26(1), 17-25	Effects of repeated thinning at different intensities on the recovery of hardwood species diversity in a Cryptomeria japonica plantation (英文論文、スギ人工林の広葉樹種多様性回復過程における間伐強度の差がもたらす効果)	種多様性の回復が、強度の異なる繰り返し間伐によってどのように、またどのぐらいの程度影響されるのかを明らかにするため、2003年から2017年の間に、北日本のスギ人工林で第1回間伐(2003年)、第2回間伐(2008年)を、67%(強)、33%(弱)、0%(コントロール)でそれぞれ実施し、樹高1.5m以上の広葉樹の侵入状況をみた。強度間伐においては、第1回間伐後は速やかに、本数、種数ともに増加したが、第2回間伐後は緩やかだった。この傾向は各樹種の遷移の形(初期、中期、晩期など)とは無関係だった。弱度間伐においては、本数、種数とも、一本調子で、ゆっくりと増加した。第2回間伐後、初期、中期遷移種はいずれも減少した一方で、後期遷移種の種数は一本調子で増加した。これは非耐陰性の初期、中期遷移種と、耐陰性の後期遷移種が交代したことを示唆している。 結果として、2つの間伐強度の間の2つの数量に関する差はほとんど観察されなかった。これらの結果からは、間伐の強度は種の多様性には最小の影響しか与えないが、将来の種構成には影響を与える(つまり、弱度間伐の場合は後期遷移種の優占、強度間伐の場合は全ての段階の遷移種の共同占有)。大きな個体(胸囲直径5cm以上)については、本数も種数も強度間伐によって大きくなる。それゆえ、下層植生の種多様性は弱度間伐で回復することができるが、針広混交林の林冠レベルの回復は強度間伐を繰り返すことによって得られると言える。	(3)

## 2-3 人工林の生物多様性を保全する施業・森林管理のあり方

従来の森林整備保全事業推進調査で森林の生物多様性に関する文献収集と解説は、令和元年度報告書と令和2年度報告書の2つに掲載されている。いま、それらの報告書で示した文献一覧表は次のとおりである。

(a) 令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書 令和2（2020）年3月<sup>1</sup>

図表3-24 人工林の針広混交林化等に関する文献一覧表

p. 189-p. 196、文献数 39

(b) 令和2年度 森林整備保全事業推進調査 報告書 令和3（2021）年3月<sup>2</sup>

図表2-9 生物多様性の概説・歴史・考え方に関する文献

p. 27-p. 32、文献数 23

図表2-10 森林の生物多様性全般に関する文献

p. 34-p. 42、文献数 43

図表2-11 人工林の生物多様性等に関する文献

p. 44-p. 60、文献数 76

図表2-12 溪畔林の生物多様性に関する文献

p. 62-p. 67、文献数 24

図表2-13 治山事業等にみる溪畔林の生物多様性に関する文献

p. 69-p. 70、文献数 8

図表2-14 神奈川県溪畔林関係マニュアル

p. 73、文献数 2

図表3-2 育成単層林を皆伐後の天然更新に関する文献

p. 85-p. 93、文献数 27

図表3-3 人工林の広葉樹林化、混交林化に関する文献

p. 96-p. 109、文献数 44

280 編を超えるこれらの文献は、そのなかに重複掲載しているものもあるが、森林に関する生物多様性の議論をかなりの程度にカバーしていると思われる。いまこれらの文献のなかから代表的なものを選び、さらに前節「2-2 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献・収集整理」に掲載した文献のうちのいくつかを加えて、人工林の生物多様性を保全する施業・森林管理のあり方を考えてみよう。

### （1）人工林の生物多様性に関する研究の嚆矢

戦後大規模に形成された人工造林地のなかで、いわゆる不成績造林地の出現は林業界にとって大きな問題に発展したが、それに関する研究はおよそ 1990 年のころから

---

<sup>1</sup> 林野庁：令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書 令和2（2020）年3月、pp. 213

<sup>2</sup> 林野庁：令和2年度 森林整備保全事業推進調査 報告書 令和3（2021）年3月、pp. 186

目立つようになった。そのいくつかを挙げると、矢野進治ら（1988）<sup>3</sup>（1989）<sup>4</sup>、赤井龍男ら（1989）<sup>5</sup>、小谷二郎（1990）<sup>6</sup>、赤井龍男ら（1990）<sup>7</sup>、長谷川幹夫（1991）<sup>8</sup>、前田雄一（1992）<sup>9</sup>の研究である。

これらの諸研究は、論文タイトル中に「広葉樹」の表現が含まれているものも含めて、いずれも針葉樹人工林の不成績を扱っている。植栽した針葉樹の成長が不良で、しかも広葉樹が更新してきているが、更新した広葉樹は伐採することなく、あるいは少なくとも有用広葉樹は伐採せずに残存せしめて当該造林地の針広混交林化を図るべきと、今後の施業方針を提起している。1990年ごろと言え、すでに世界的に生物多様性の議論が始まっていたものの、まだわが国で森林の生物多様性が常に論じられる状況にはなっていなかった。そういう情勢を反映して、これらの諸研究に生物多様性の言葉は見られない。しかし、事実上、人工林の生物多様性を目指すべきとしているもので、人工林の生物多様性研究に先鞭をつけたと言えよう。

## （2）人工林の生物多様性に関する基本的諸問題を理論的に整理した論文

長池卓男は2000年に、人工林の植物種多様性に関する次の論文を発表した。

2000年、人工林生態系における植物種多様性<sup>10</sup>

この論文は第一に、人工林内への植物種の侵入と植生再生のプロセスを述べている。そのプロセスは、過去の攪乱の程度、種子源からの距離、植栽種の特徴（散布型など）、林齢などに依存する。第二に、植栽種や植栽方法による影響、林齢、林冠構造と光環境、枯立木と倒木など、人工林における植物種多様性の支配要因を検討している。第三に、人工林の種多様度・種組成と、二次林や原生林など他の森林タイプとの比較を行い、第四に、林分レベルとさらに広範囲のランドスケープレベルでの今後の人工林管理について述べるとともに、わが国の人工林は管理放棄の林分が増えているので、今後は生態系保全を重視した生態系管理の方法が重視されるべきであると結んでいる。

---

<sup>3</sup> 矢野進治・吉野豊・榎谷金治(1988)：積雪地帯における広葉樹林の造成・改良技術に関する研究(1)－養父郡関宮町鶴縄地内の一小流域の森林の現況－、兵庫県立林業試験場研究報告35、p.111－p.126

<sup>4</sup> 矢野進治・榎谷金治(1989)：積雪地帯における広葉樹林の造成・改良技術に関する研究(2)－城崎郡日高町万劫地内の一森林の現況－、兵庫県立林業試験場研究報告36、p.35－p.58

<sup>5</sup> 赤井龍男・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助(1989)：階層混交したスギ不成績人工林の構造と取り扱い方について、京都大学農学部演習林報告61、p.71－p.84

<sup>6</sup> 小谷二郎(1990)：積雪地帯における広葉樹林造成・改良技術、石川県林業試験場研究報告21、p.1－p.13

<sup>7</sup> 赤井龍男・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助(1990)：小雪地帯における階層混交した不成績人工林の構造と取り扱い方について、京都大学農学部演習林報告62、p.65－p.79

<sup>8</sup> 長谷川幹夫(1991)：スギ不成績造林地での下刈り、除伐が広葉樹の定着に与える影響、日本林学会誌73(5)、p.375－p.379

<sup>9</sup> 前田雄一(1992)：鳥取県扇ノ山におけるスギ不成績地の現状と有用広葉樹の動態、森林立地34(1)、p.43－p.49

<sup>10</sup> 長池卓男(2000)：人工林生態系における植物種多様性、日本林学会誌82(4)、p.407－p.416

次いで長池は 2002 年に次の論文を発表した。

2002 年、森林管理が植物種多様性に及ぼす影響<sup>11</sup>

この 2002 年論文は、人工林と天然林の両方を対象に、森林管理が種多様性に及ぼす影響や伐採後の植生回復について論述したものである。天然林と言っても人間が働きかける対象である天然林であり、その意味で天然林施業を念頭に置いていると言ってよい。まず伐採方法や管理方法の違いが植物種多様性に及ぼす影響について、皆伐とそれ以外の部分的伐採（間伐、択伐、傘伐など）に分けて考察したあと、森林管理により改変される植物種多様性に影響を及ぼす要因として種子散布の形態とその後の定着状況、倒木・枯立木の意義、ランドスケープ構造の変化による影響を考察している。そして、実験的な伐採とその影響について、近年世界的に人工ギャップの創出による長期・大規模な森林管理研究が増えている事態に学び、わが国でも、生態的プロセスの維持を考慮した森林管理を目標に、基礎的、応用的な生態学的知見の把握を急ぐべきと強調している。

両論文は日本内外の研究成果を幅広くフォローして、森林における生物多様性の諸問題、諸性質を理論的に整理した先駆的位置づけを有する。この両論文、特に 2000 年の論文はその後多くの研究論文に引用され、高い注目度を集めている。

### （３）人工林の生物多様性に関するケーススタディー

人工林について生物多様性を具体的に調査・研究した事例を紹介する。

#### 1) 齊藤哲ら（2004）：暖温帯のスギ人工林内における広葉樹の混交状態<sup>12</sup>

齊藤らは宮崎県内の国有林で、120 年生のスギ・広葉樹混交林分と 40 年生のスギ林分を対象に研究を行った。これらの林分はそれぞれ原植生の広葉樹林である保護樹帯と林木遺伝資源保存林に隣接している。いずれの林分もスギを植栽する前はタブノキ、カシ類、イスノキなどを主体とする照葉樹林であった。この研究結果は論文中に次のように要約されている。

「暖温帯のスギ人工林内における広葉樹の混交状態を把握することを目的として、スギと広葉樹が混交する 120 年生の林分（混交林）と 40 年生スギ人工林（スギ林）において林分構造と広葉樹の種組成、本数密度について調査した。混交林は大径のスギを含むとともに、広葉樹については九州の代表的な自然植生である照葉樹林に近い構造を持つ林分であった。スギ林においては広葉樹の定着が認められたが、定着した広葉樹の大部分は亜高木種であり、照葉樹林の林冠層で優占する種（主要高木種）は稀であった。これらのことからスギ人工林では、亜高木種は早く定着するが、主要高木種の定着は遅いと考えられた。暖温帯のスギ人工林を混交林に誘導するためには、照葉樹林主要高木種の定着過程の解明が必要である。」

40 年生スギ人工林には、異なる植栽密度・間伐率・間伐回数・間伐開始年を組み合

---

<sup>11</sup> 長池卓男(2002)：森林管理が植物種多様性に及ぼす影響、日本生態学会誌 52、p. 35－p. 54

<sup>12</sup> 齊藤哲・小南陽亮・永松大・佐藤保・大谷達也（2004）：暖温帯のスギ人工林内における広葉樹の混交状態、九州森林研究(57)、p. 83－p. 86



わせた、さまざまな保育形式の試験が行われたとのことであるが、この40年生スギ人工林についても、また120年生の混交林についても保育作業の歴史は書かれていない。そのため、両林分に関する保育作業の経歴はわからないが、スギ人工林では亜高木種は早く定着するものの主要高木種の定着は遅い、暖温帯のスギ人工林を混交林に誘導するには照葉樹林主要高木種の定着過程の解明が必要であるとの重要な結論を導いている。

## 2) 入野彰夫ら(2005): 丹沢山地内において広葉樹と混交林化したヒノキ植栽地の事例

13

2004年に丹沢山地の神奈川県有林内で、1924(大正13)年ごろにヒノキが一斉に植栽されたものの不成績であったため、植栽後数年で放棄されたと推察されるヒノキ・広葉樹の混交林分が発見された。そこで入野らはこの80年生混交林内に2箇所、隣接する広葉樹天然林内に1箇所、計3箇所の調査区を設けて調査、研究を行った。混交林では、植栽されたヒノキよりもイヌシデを中心とする広葉樹が上層を形成している。しかも、80年ほど経過しているのですでに先駆種は見られなくなっている。この状況を入野らは、ヒノキは植栽後に放棄されたが耐陰性が高いために全部は枯れず、中下層木として生き残り(混交林中にヒノキの本数割合は1~2割)、結果として現在、混交林の景観を呈していると考えられる、としている。

上記のとおり論文中に植栽後数年で放棄されたと記述しているが、植栽木不成績の原因が何なのか、また数年とは何年なのか、わからない。ただ、放棄ののちに下刈りは行なわれなかったと解釈できる。この点に関わって、次のような指摘がある。その一つは、石田朗・白井一則・熊川忠芳(2006): 針広混交林の造成に関する研究<sup>14</sup>である。石田らは愛知県の社寺林と私有林で混交林の実態を調査、研究したさい、私有林は1930年代、1940年代に植林されたのち全く下刈りなどが行なわれなかった、あるいは一定期間行われたのちに中止されたので、天然更新した広葉樹が成長して今日の混交林に至っているとしている。この石田らの指摘は、『令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書』178ページで紹介している<sup>15</sup>。

もう一つは、同じく『令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書』の182ページに記載した長池卓男の発言である。長池は電話インタビューに答えて、いま山梨県で見られる針葉樹人工林の混交林化について、広葉樹がかなり育っている場所では、かつて広葉樹が天然更新したあと下刈りをしなかったことが混交林化をもたらしているのではないかと指摘している。

下刈りをしなければ、更新してきた広葉樹を伐り捨てることはない。あるいは、愛

---

<sup>13</sup> 入野彰夫・田村淳(2005): 丹沢山地内において広葉樹と混交林化したヒノキ植栽地の事例、神奈川県自然環境保全センター報告(2)、p. 63-p. 66

<sup>14</sup> 石田朗・白井一則・熊川忠芳(2006): 針広混交林の造成に関する研究、愛知県森林・林業研究センター研究報告 43、p. 1-p. 10

<sup>15</sup> 前掲 1



知県、山梨県の事例とは離れるが、広葉樹を植林したとしても、下刈りをしなければ、植林した広葉樹を天然更新してきた広葉樹と間違えて伐り捨てることはない。

本題に戻ると、丹沢山地の混交林化は下刈りが行なわれなかったか、ほんの短い期間行われたあと下刈りが中止になったことが、あずかってプラスに作用しているのではないか、という推論が成り立つ。なお、林業で下刈りをしない事態をどう評価するか、非常に微妙な問題であるのは言うまでもない。この場合の石田、長池の主張は、下刈りをしなかったという点ではなく、更新した広葉樹が下刈りで刈り取られることはなかったという点に力点を置いている。

入野らは、この混交林分をいまからヒノキ林として成林させるメリットは少ないので、さらに下層植生の回復を目指しながら天然林化を図るのが望ましいと結論づけている。ただし、更新してくる下層植生はニホンジカの被害を受ける可能性があるので、その対策が必要である点も指摘している。

植栽後数年で放棄したヒノキ人工林が 80 年ほど経てみたらそれなりの針広混交林に変化していたという意外な結果であるが、この種の実例が希には見られるのかも知れない。

### 3) 今博計ら (2007) : トドマツ人工林における間伐が広葉樹の天然下種更新に及ぼす影響<sup>16</sup>

針葉樹人工林内における天然更新に関して、その要因のなかで林内の光環境は人為的に管理できる唯一のものであるとの理解のもとに、トドマツ人工林における間伐強度と光環境の関係や、間伐強度が更新木の樹種構成と成長に及ぼす影響を把握しようとした。

北海道有林のなかで道央地区に位置する空知森づくりセンター内に、間伐後 8～11 年経過した 39 年生の間伐林分と 28 年生の無間伐林分を調査地として設定し、下層植生を調べた。調査区では、1 伐 4 残、2 伐 3 残、3 伐 2 残という異なる強度の列状間伐を行った。この林分の間伐を行ったころ、北海道では列状間伐が多く取り入れられるようになっていた。

間伐後の相対光合成有効光量子束密度は、間伐強度が強くなるに従って明るくなる傾向があった。更新木のうち高木性・亜高木性広葉樹の種の豊富さと個体数は、無間伐区に比べて間伐区のほうが高く、間伐区では間伐強度が強いほど個体数が少なくなる傾向があった。低木類と草本類の最大植生高と植被率は、間伐強度が強くなるに従い増加していた。2 伐 3 残区と 3 伐 2 残区では、ウド、アキタブキなどの大型草本の回復が著しく、多くの高木性・亜高木性広葉樹はこれらの草本類により覆われていた。しかし同じ 2 伐 3 残区と 3 伐 2 残区では、大型草本の被圧を抜け出した樹高 1 m 以上の広葉樹が 11 種あり、その個体数は 1 ha 当たり 2,500 本から 3,750 本に達していたので、十分な数の更新木が確保できていると考えられる。従って、2 伐 3 残から 3 伐

---

<sup>16</sup> 今博計・渡辺一郎・八坂通泰 (2007) : トドマツ人工林における間伐が広葉樹の天然下種更新に及ぼす影響、日本森林学会誌 89(6)、p. 395－p. 400

2 残の列状間伐により、トドマツ人工林を多様な広葉樹を含む針広混交林へ誘導することは可能であり、間伐は誘導伐の効果をあわせ持つといえる。ただし、間伐強度としては2伐3残から3伐2残で十分であり、それ以上の間伐は逆に更新樹種の多様性を低下させると考えられる。

4) 小山泰弘・近藤道治・岡田充弘・大矢信次郎 (2013) : 針広混交林の育成に向けた下層広葉樹の育成管理技術—広葉樹林化のための更新予測及び誘導技術の開発—<sup>17</sup>

長野県に最も多く見られるカラマツ人工林は、下層に広葉樹が混交している事例が多い。こうした特徴を持つカラマツ人工林を対象に、下層広葉樹が健全に育成できるための最適な誘導方法を検討するため、上木の伐採方法や下木の管理方法が異なる林分事例をできるだけ多く収集して、それぞれの結果について検討した。その上で、事例調査で得られた結果に基づいて、カラマツ人工林から針広混交林へ誘導するために必要な初期の育成管理技術についての知見を整理することを目的とした。

以下の調査地はすべてカラマツ人工林である。①点状間伐の調査は県内川上村で行った。1954年に植栽した林分を1986年に点状間伐し(32年生)、2008年に調査した(54年生)。②帯状伐採の調査は松本市内で行った。1957年に植栽した林分を2004年に樹高幅で帯状伐採した(47年生)。伐採直後にヒノキを植栽して3年間下刈りのものち放置したもので、2010年に調査した(53年生)。③下層木を残した帯状伐採の調査は県内小海町で行った。1966年に植栽した林分を、2003年に樹高の1/2幅で帯状伐採した(37年生)。そのとき、基本的に林分内に成立していたすべての広葉樹を残存させた。2004年に樹高1.5m以上を毎木調査し(最初の植栽木は38年生)、その後2011年まで継続して調査を行った。④列状間伐の調査は県内飯綱町で行った。1959年に植栽した林分を2007年に1伐3残の列状間伐を行い(48年生)、2011年に調査した(52年生)。⑤皆伐に伴う調査は長野市内の県有林で行った。1952年植栽の59年生林分を2011年に皆伐し、皆伐直前と皆伐直後の2011年に調査した。

これらの調査の結果、下層に高木性広葉樹が認められるカラマツ林で、林床を整理して点状の強度間伐や列状間伐を行ったところ萌芽により広葉樹が更新したが、帯状伐採後に林床整理を繰り返すと灌木や草本の繁茂で高木性広葉樹の成長が阻害される場合があった。もともと林内が明るいカラマツ林では、雑灌木等の発生を促進させる可能性の強い帯状間伐や皆伐よりも、その発生を抑制して競争関係を低く抑える列状間伐や点状間伐のほうが高木性広葉樹の成長に効果的であると思われる。また上木伐採時には、直径4cm以上で形状比が低く、将来の成長が期待できる一部の広葉樹のみを残し、残りは萌芽更新を期待して林床整理を行えば良い。ただし、カラマツ林を針広混交林に移行させるには、一度の強度間伐だけでは難しく、初回の施業から10年以上が経過した時点で再度上木の施業を行い、針広混交林へ移行させることが重要であ

---

<sup>17</sup> 小山泰弘・近藤道治・岡田充弘・大矢信次郎 (2013) : 針広混交林の育成に向けた下層広葉樹の育成管理技術—広葉樹林化のための更新予測及び誘導技術の開発—、長野県林業総合センター研究報告 27、p. 25－p. 45

る。

『令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書』<sup>18</sup>の 183 ページに、この論文のファーストオーサー小山泰弘に電話で質問した際の小山の回答が掲載されている。その回答の一部を再度、ここに紹介しておこう。

「長野県の人工造林地はカラマツとアカマツが多いので、人工造林地の針広混交林化はやりやすい。カラマツとアカマツの人工造林地は照度が高いので、やや過密状態であっても広葉樹の更新木が存在する。広葉樹林化には前生樹があるかどうかが一番重要だが、カラマツとアカマツの人工林には広葉樹の前生樹が生育している。伐採後に飛来してくることを期待する必要はない。こういう事情で長野県は人工林の針広混交林化をそれなりに進めようとしている。

地利が悪く、地理条件の不便な場所にあるカラマツ人工林は公益的機能を重視して針広混交林化や広葉樹林化を目指すのが良いと思う。」

なお、ここに紹介した小山らの論文はその最後の部分で、ニホンジカによる食害の深刻さに触れていることを付け加えておこう。

5) 清和研二 (2013) : スギ人工林における種多様性回復の階梯—境界効果と間伐効果の組み合わせから効果的な施業方法を考える—<sup>19</sup>

針葉樹人工林の混交林化には一般に、前生稚樹の存在が最も重要であるといわれているが、清和は、それら前生稚樹の侵入と定着も、また後生稚樹の更新についても研究はまだ緒に就いたばかりであると述べたうえで、本論文では後生稚樹の侵入に関わる境界効果（広葉樹林との境界からの距離の影響）と間伐効果について詳しく論じると、課題を限定する。

この課題を研究するため、宮城県内に所在する東北大学フィールドセンターの林内に試験地を設けたが、研究の結果を次のように主張する。すなわち、無間伐の人工林における散布種子・埋土種子・実生・稚樹の個体数や種数はいずれも隣接する広葉樹林から離れるに従って減少する。他方、間伐をすると、散布種子・埋土種子では同様の距離依存的な減少傾向が見られるが、実生や稚樹では距離依存性は小さくなる。ただし、種子散布距離の短い種では依然として広葉樹林の境界に近い所で実生・稚樹が多く、距離依存性が見られる。さらに間伐の強度も種多様性の回復に大きく影響する。よく行われている本数間伐率 33% の弱度間伐に比べ、67% の強度間伐の方が光要求や変温要求性の高い遷移初期種の発芽を促し、また後生稚樹の成長を促進して種多様性を高めている。しかし、単木的な強度間伐は稚樹を傷つける可能性があり、作業コストも高いので、帯状伐採や列状間伐が、デメリットもあるものの、一つの有効な手段である。これらの伐採方法の場合、等高線方向に 20m ほどの幅で伐採を行い、50m ほどスギ帯を残せば、小面積のスギ林ができる。帯状・列状に伐採された箇所に広葉樹

---

<sup>18</sup> 前掲 1

<sup>19</sup> 清和研二 (2013) : スギ人工林における種多様性回復の階梯—境界効果と間伐効果の組み合わせから効果的な施業方法を考える—、日本生態学会誌 63、p. 251—p. 260

が更新すれば、その境界からスギ人工林の内部にかけて約 10m ほどまでは、広葉樹の種数も個体数も多いことが分かっているので、このような境界効果を利用すれば、より簡便で種多様性を高めることができるだろう。

清和は、このように境界効果と、帯状伐採を含む間伐効果の組み合わせにより、混交林化はかなり容易になるだろうと結論づける。ニホンジカの被害や日当たりの良い場所における草本類の繁茂にいっさい触れずに、境界効果と間伐効果の併用をことさら強調する点で言い過ぎの感、無きにしも非ずだが、人工林の混交林化を図るさい、清和の主張には一理あるだろう。

以上、地域的な違い、植栽樹種の違い、混交林化の研究における着眼点の違いなどに多様性を持たせつつ、5つのケーススタディーを紹介した。1) 齊藤哲ら「暖温帯のスギ人工林内における広葉樹の混交状態」は暖温帯のスギ人工林を対象に、亜高木種は早く定着するものの主要高木種の定着は遅いので、混交林に誘導するには照葉樹林主要高木種の定着過程を解明する必要があるとしている。2) 入野彰夫ら「丹沢山地内において広葉樹と混交林化したヒノキ植栽地の事例」は、偶然性の所産とも言える混交林化に着目して研究を行った論文である。5つのケーススタディーのなかでは例外的な経緯で混交林が成立した事例と言える。3) 今博計ら「トドマツ人工林における間伐が広葉樹の天然下種更新に及ぼす影響」は、北海道のトドマツ人工林を混交林化する際の間伐の重要性を考察している。4) 小山泰弘ら「針広混交林の育成に向けた下層広葉樹の育成管理技術」は、長野県で広く見られるカラマツ人工林、アカマツ人工林は林内が明るく、前生広葉樹が更新している点に着目している。5) 清和研二「スギ人工林における種多様性回復の階梯」は、境界効果と間伐効果の併用を高く評価している。2) 入野らの論文を除いた4研究が示しているのは、人工林の混交林化には目的意識的な森林施業・森林管理の投入が不可欠であるという点である。

#### (4) 人工林の生物多様性に関する諸問題の体系的整理

##### 1) 森林総合研究所：広葉樹林化ハンドブック

(独) 森林総合研究所の研究者が中心になり、かつ全国の多くの研究者を組織して、2010年と2012年に「広葉樹林化ハンドブック」を作成した。両ハンドブックは林業技術者向けの解説書、啓蒙書とでも言えるもので、最先端の研究成果をかみ砕いて記述することに努めている。しかも、全国の研究者（森林総合研究所以外の研究者を含む）を組織しただけあって、両書とも地域的特色がふんだんに織り込まれている。両書は次のとおりであるが、ここでは便宜上、前者を2010年ハンドブック、後者を2012年ハンドブックと称する。

(独) 森林総合研究所 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム (2010.12)：

広葉樹林化ハンドブック 2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> (独) 森林総合研究所 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム (2010.12)：広葉樹林化ハンドブック 2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—、pp. 36

(独) 森林総合研究所 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム (2012.03) :

広葉樹林化ハンドブック 2012—人工林を広葉樹林へと誘導するために—<sup>21</sup>

2010年ハンドブックは、人工林において天然更新による広葉樹林化が可能かどうか、その判断に関する事項の記述が中心になり、2012年ハンドブックは人工林について植栽等の誘導作業による広葉樹林化の問題を中心に置いている。

2010年ハンドブックの目次で、章節編成のうち章についてのみ紹介すると次のとおりである。

1. はじめに
2. 林分(施業予定地)での更新判断
3. 林分(施業予定地)での更新を決める要因
4. 林分(施業予定地)での更新可能性と方策
5. 流域(施業計画)での適地抽出方法
6. 資料・解説

「1. はじめに」のなかで、地域性を踏まえた現場担当者の判断が重要であるとして、「広葉樹林への誘導といっても、目的となる広葉樹林の姿(目標林型)は、地域の自然条件によっても、また経営方針によっても多種多様であります。一つのマニュアルが日本の全ての森林に当てはまるわけではありませんが、ここでは森林全体に共通する一般論的な知識を紹介しつつ、森林帯ごとに異なる地域性やそれに応じた判断方法もいくつか示しています。つまり、最終的には、地域特性を知り現場での判断力を持つことの重要性を述べています。」と強調している。

「2. 林分(施業予定地)での更新判断」では、目標林型を設定することの大切さ、更新判断基準の問題、更新失敗のリスク、シカの食害の問題などを説明している。「3. 林分(施業予定地)での更新を決める要因」では、天然更新の具体的形態としての前生稚樹、埋土種子、散布種子、前生稚樹 vs 実生を述べて、「天然更新によって広葉樹林化が可能かどうか、まず、施業前の林内の稚樹の密度を確認して」ほしいと念を押している。「4. 林分(施業予定地)での更新可能性と方策」では、北海道のカラマツ林・トドマツ林、山梨県・長野県のカラマツ林・スギ林、三重県のスギ林・ヒノキ林、福岡県のスギ林・ヒノキ林における天然更新の諸問題を紹介している。「5. 流域(施業計画)での適地抽出方法」では、広葉樹林化の適地判定に関する最先端の技術を明らかにしている。

2012年ハンドブックの目次における章だては次のとおりである。

- I はじめに
- II 天然更新の促進
- III 更新促進のための工夫
- IV 植栽による更新促進
- V 土壌保全機能の維持向上と評価

---

<sup>21</sup> (独) 森林総合研究所 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム (2012.03) : 広葉樹林化ハンドブック 2012—人工林を広葉樹林へと誘導するために—、pp. 48

## VI 施業を検証する

## VII 施業を組み立てる

## VIII 資料・解説

目次の「II 天然更新の促進」では、「上木伐採の考え方（林冠デザイン）」、「鳥を利用した散布種子の誘導」を解説している。目次の「III 更新促進のための工夫」は、上木との関係で更新稚樹が枯れてしまうことがあるので、そうしないための注意点、帯状伐採で失敗しないための注意点、更新した広葉樹（下木）が豊富な人工林（カラマツ林など）の特徴、誘導した散布種子を効果的に利用する方法、シカが嗜好しない樹種の選択を述べている。以上の「II」、「III」は人工林における天然更新に関わる記述である。

目次の「IV 植栽による更新促進」は、菌根菌の利用、ヒノキ林における外生菌根菌の特徴、広葉樹の種内変異（地理的分布）、地域性種子を確保する意義、異なる地域の苗木を植える危険性、地域性種苗の安定性を述べている。目次の「V 土壤保全機能の維持向上と評価」は、土壤保全機能の一般的意義を述べたのち、広葉樹の定着と土壤保全機能との関係、伐採による土壤保全機能への影響（スギ林、トドマツ林）、木本類（特に低木層）・草本類による土壤保全機能の発揮に触れている。目次の「VI 施業を検証する」は更新作業の検証、広葉樹林化成功のための判定シートによる検証事例（北海道と三重県）を説明している。目次の「VII 施業を組み立てる」は施業の実践のためにPDCAの順応的管理が有効であると述べたのち、施業の計画と実行を記述している。この「IV」から「VII」は主に人工林における更新作業の実施を対象にしている。

2010年ハンドブックよりも後者の2012年ハンドブックのほうが、より専門的であり、そのためやや難解な感じがするが、いずれにしてもこの両ハンドブックは人工林の広葉樹林化を図ろうとする際の諸問題を個別的、地域的かつ総合的に整理し、叙述したものである。しかも、研究上最先端の到達点を平易な表現に還元して体系的にまとめた、優れた啓蒙書である。

2) 五十嵐哲也・牧野俊一・田中浩・正木隆（2014）：植物の多様性の観点から人工林施業を考える—日本型「近自然施業」の可能性—<sup>22</sup>

五十嵐らのこの論文は森林総合研究所研究報告に掲載された総説論文である。わが国内外の諸研究を広く踏まえて書かれたもので、本章の冒頭に位置づけた長池卓男の2000年、2002年の論文から10年あまりを経た時点で、人工林の生物多様性に関する研究の新しい到達点が総合的、体系的に整理されている。

五十嵐らは、この論文の要旨を次のようにまとめている。「人工林の特徴として第一に、通常の伐期では天然林のような垂直構造を持つ老齢林には到達しないこと、第二に、皆伐という攪乱の強度が空間的に均質で、かつ生物由来遺物が乏しいこと、第三

---

<sup>22</sup> 五十嵐哲也・牧野俊一・田中浩・正木隆（2014）：植物の多様性の観点から人工林施業を考える—日本型「近自然施業」の可能性—、森林総合研究所研究報告13(2)、431、p.29—p.42

に単一樹種の植栽のため林床の光環境や養分条件が均質なこと、が挙げられる。人工林の林分構造を複雑化して天然林性の植物の種多様性を増やすために、欧米の天然林で行われている近自然林業を日本での施業に援用するとすれば、第一に、伐期を延長すること、第二に、天然林のギャップ更新を模倣して人工的にギャップを形成することや帯状伐採を行うこと、第三に、人工林の収穫時に立木の一部や枯死木を林内に残すこと、などが有効と考えられる。」

上記箇所の後半は、「欧米の天然林で行われている近自然林業を日本での施業に援用するとすれば」と課題設定している。ここにこの論文の特徴があると言える。実際の論文中では「人工林への近自然施業の適用」として、具体的に長伐期施業、異齡林施業、立木保持施業の3つを挙げて、これらを日本型近自然施業と特色づけている。なぜ3つの施業を行うかという点、「すでに成立している人工林の立体構造を利用しつつ、自然攪乱を模倣した施業を行うことで、より天然林に近い複雑な立体構造を持つ林分に導き、人工林の林内環境を天然林に近づけ」て、当該人工林における天然更新を促進させるためである。

五十嵐らは人工林の長伐期施業について60年以上の伐期を設定すると、人工林の下層に天然林性の植物を定着させることが可能ではないかと述べる。異齡林施業とは、皆伐や間伐を行うかわりに、より小面積の群状伐採を行って人工的にギャップを形成すると林分構造と林内環境が複雑化するので、多様な樹種の定着を期待できる。これは天然林で採用されているが、人工林ではまだ実例が少ない。しかし、「適切な面積のギャップを作ることによって人工林内に天然林性植物を定着させることは可能と推定される」としている。立木保持施業の目的は、「残した立木や枯死木が生物種の避難場所として働くこと、林分構造が複雑化すること、ランドスケープレベルでの林分間の連結性を増すことなどである。」

しかし、このような日本型近自然施業の導入は、「日本の人工林で伐期を長期化することには風害などのリスクがあり、立木の一部や枯死木を林内に残す施業には虫害の発生するリスクがあることには留意しなければならない。また単に伐期を延長するだけでは種多様性が高まらなかった事例があること、適切なギャップ面積や伐採幅の指針がないこと、人工林の立木の一部を保残してもその種構成が単純であるため効果が限定的である可能性があること、など『日本型近自然施業』の確立に向けて解決すべき課題はまだ多い。」と結んでいる。

### 3) 山梨県森林総合研究所（2016.07）：山梨県における針葉樹人工林の針広混交林・広葉樹林化 事例集<sup>23</sup>

これは山梨県森林総合研究所が山梨県内の林業関係者に向かって公表した啓蒙書であろう。同時に、山梨県民全体に対する啓蒙書であるとも言えよう。さきの2010年・2012年ハンドブックにも増して、山梨県における実践的取り組みの研究結果が示され

---

<sup>23</sup> 山梨県森林総合研究所（2016年7月）：山梨県における針葉樹人工林の針広混交林・広葉樹林化 事例集、pp. 22



ている。なお、この「事例集」第1ページの最下段に「(担当：長池卓男・飯島勇人・田中格)」と記されている。

この「事例集」の内容については、『令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書』<sup>24)</sup>の179ページから182ページで詳しく紹介しているので、ここでは繰り返さないが、スギ、ヒノキ、カラマツ、シラベの人工林を天然更新により、あるいは人工造林により混交林化させようとする課題を数多くの事例を紹介しつつ整理している点で、本節「人工林の生物多様性に関する諸問題の体系的整理」の一つに位置づける十分な価値がある。

なお、同『報告書』の181ページから182ページに、2019年11月に長池卓男に電話で見解を求めたところ、それに丁寧に答えてくれた長池の見解が記載されている。長池が、針葉樹人工林の混交林化には、ニホンジカの被害に対処する課題や上木を必要に応じて伐採し、光条件を良好に保つ課題があるので「コストがかかる」と述べている点は教訓的である。

#### (5) 人工林から成熟した針広混交林に発展した事例の研究

1) 石田朗・白井一則・熊川忠芳(2006)：針広混交林の造成に関する研究<sup>24)</sup>

すでに前掲(3)－2)のなかで触れたように、この石田らの研究については『令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書』169ページから178ページで紹介している。この研究は、愛知県内ですでに成熟の域に達している社寺林5か所と、70年生前後の人工林5箇所を対象に森林調査を行ったものである。社寺林、私有林ともに現在は混交林になっているがその前歴は、私有林は1930年代、1940年代に植栽された人工林であり、はっきりしている。他方、社寺林を石田らは、当初は針葉樹人工林だったのではないかと、その成長過程で社寺の用に供するために針葉樹を伐採、利用したあと、広葉樹が天然更新して混交林に成長したのではないかと推測的に記述しているが、その施業履歴は判然としないようである。

ただ、『令和元年度 森林整備保全事業推進調査 報告書』172ページから176ページに5つの社寺林の写真を掲載しているとおり、かなり成熟した林相を呈する混交林である。この社寺林と、明らかに針葉樹人工林から始まり、いまや壮齢の域に達しつつある私有林の混交林を研究対象にした点に、石田らのユニークな着眼点が遺憾なく示されている。この研究は、人工林の生物多様性研究において第一に、通常の研究センスや行政センスでは気付きにくい社寺林の、研究フィールドとしての貴重さを教えてくれる。第二に、上記(1)で触れた不成績造林地の研究とオーバーラップするが、履歴のはっきりしている高齢人工林は絶好の研究対象であることを示している。

#### (6) 大面積の実験林設定とその長期的モニタリング

本章(2)で紹介した長池卓男の研究は、生態的プロセスの維持を考慮した森林管理の試験研究を急ぐべきとしている。また、(4)－2)五十嵐哲也らの研究は、長池の

---

<sup>24)</sup> 前掲 14

主張とある意味で通底すると思うが、日本型近自然施業の導入を図るべきとする。これらの提起に応える要素を持った研究成果といえる『保持林業』<sup>25</sup>が最近、発刊された。

同書の最後に位置する「おわりに」によると、保持林業とは retention forestry の訳であるという。従来、retention を保残と訳していたが、「保残木作業は天然更新を意図して主伐の際に母樹を残す手法であり、母樹はその後伐採・収穫されることが念頭におかれている。」他方、「retention forestry では、生物多様性や生態系の保全・回復を主眼において残す木を選択し、残された樹木はその後伐採されず、林分の構造や組成の複雑化に貢献することが期待される。したがって、保残木作業と retention forestry は木を残す発想や目的、方法が大きく異なる。」そこで保持林業の訳語を選択した旨、述べられている<sup>26</sup>。

同書を上梓した目的は次のようなことである。1990 年以降、保持林業の手法が世界的に大きな注目を浴びるようになり、多くの国々でその実地検証が行われている。日本でも生物多様性の保全に配慮した人工林管理が研究上の重要な論点になっているので、そうした野外実験に取り組んで施業の具体的なモデルをつくりあげる必要性を感じていた。そのような状況のなかで、多くの準備を経て 2013 年 5 月に北海道、北海道大学農学部森林科学科、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、北海道立総合研究機構林業試験場の 4 者が協定書を取り交わし、北海道有林を舞台に保持林業の実験研究が開始された。この北海道での動きを契機に、保持林業の世界的な動向と日本における今後の展開をまとめ、さらに森林における生物多様性の保全について整理し、全体として日本の林業の進むべき方向を展望しようとするものである<sup>27</sup>。

本書は、保持林業の意義、アメリカ、カナダ、北欧、オセアニアなどにおける保持林業の実験と研究の現状、数少ないが日本における現状などを幅広く紹介し、まとめている。日本については北海道と富山県の事例が取り上げられている。ここでは北海道の事例を紹介する。

上述のとおり 2013 年 5 月に「協定書」が取り交わされた。5 年間の協定なので、2018 年に第 2 期の協定が結ばれている。「協定書」の名称は「トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験に関する協定書」である。保残伐の表現が「協定書」のなかや実験区の名称などに使われているので保残伐とした。この実証実験の英語名は Retention Experiment for plantation FoREstry in Sorachi, Hokkaido(略称 REFRESH)である。

REFRESH の対象地は北海道のほぼ中央部に位置する北海道有林空知（そらち）管理区内であり、面積およそ 6,000ha である。ここを舞台に、木材生産と生物多様性保全の両立をめざす保持林業を長期にわたって継続しようというものである。保持伐の目的

---

<sup>25</sup> 柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一 編：保持林業、築地書館、2018 年、pp.370

<sup>26</sup> 前掲 25、p.354－p.355

<sup>27</sup> 前掲 25、p.3－p.4

は二つある。第一は、一部の樹木を残すことで、伐採により生息場所が失われる生物の避難場所をつくり出すことである。また、生物だけでなく、森林の機能や構造を次世代の森林に引き継いでいくことができる。第二に、伐採後に成立する森林の構造を複雑にすることである。保持木がさらに成長し、それが次世代の若い木のなかにまじることで、森林の構造が複雑になる。

6,000ha のなかに多くの実験区、すなわち実際に伐採等を行い、その後長期間にわたりモニタリングしていく場所を多数設けた。実験区の種類は、①保残木のない皆伐区、②50年生以上のトドマツ人工林に侵入した広葉樹の林冠木を約10本/ha保残する単木小量保残区、③約50本/ha保残する単木中量保残区、④約100本/ha保残する単木大量保残区、⑤トドマツを含めて60m×60mの範囲をすべて保残する群状保残区、⑥道有林で通常行われている小面積皆伐区(1箇所およそ1haの伐区を複数配置)、⑦伐採しない天然林対照区、⑧伐採しない人工林対照区の8通りである。

実験区間の間隔はおおむね200mとして、実験区の周囲40~50mは10年間、原則的に皆伐をしないこととした。伐採は2014年から順次始めて、すでに終了している。また植栽や下刈りも行われている。

REFRESHでは植物・鳥類・昆虫の多様性調査、水質・水量などの水土保持機能調査、伐採時の作業効率や植栽木の成長調査、保残木による虫害抑制効果などが調べられる。REFRESHの目的は、人工林での木材生産と、生物多様性を含む公益的機能との両立を目指す技術を開発することである。そのために、保残率と生物多様性の関係を明らかにする必要がある。また、保残伐の効果をいつの時点で判断するかという課題を追求することとする。さらに、保残木の存在が植栽木にどのような影響を与えるかという解題にも接近する必要がある。これらの調査項目や課題の設定のもとに、次の主伐までおよそ50年間(1伐期が約50年間)、モニタリング調査は継続することを目標に置いている<sup>28</sup>。

実に長期で、大規模な野外実験である。長池と五十嵐らが提起した目標に近づくよう、長い目でこの大規模実験の成果を見守りたい。その場合、長期にモニタリングを続ける体制と実験場を維持する体制が非常に重要であるが、この点については、研究機関における人的体制の継続と、北海道有林における体制の継続が焦点であろう。幸いにも実験場を北海道有林という行政機関に設定したので、差し当たり50年間に及ぶ実験場の維持は問題ないと思われる<sup>29</sup>。

---

<sup>28</sup> 前掲25中の尾崎研一・山浦悠一・明石信廣：第5章 北海道の人工林での保持林業の実証実験、p.159~p.192

<sup>29</sup> 前掲25のなかに、「針葉樹人工林で広葉樹を保持する保持林業は、日本でも富山県、北海道で、拡大造林期から生物多様性の保全とは異なる意図ではあるが、実施されてきた実績がある。」(同上書p.29、山浦悠一・岡裕泰：第1章 保持林業と日本の森林・林業)、「・・・日本でも1970年ごろから帯状の小面積皆伐方式が導入されてきている。当初は、幼齢造林地の寒風害などの気象害を緩和することを目的に、北海道のトドマツ人工林などで保残林分を残す伐採方法が実行された。」

#### (7) 人工林の生物多様性を保全する施業・森林管理に関する課題

人工林の生物多様性を保全し、かつ高める目標の一つに、その混交林化が位置づけられることを前提に本章の記述を進めてきた。(1) で不成績造林地の研究に触れて、それらは、人工林の生物多様性研究に関するいわば前史であると指摘した。(2) で、人工林の生物多様性をめぐる諸問題の理論的整理を紹介した。(3) では、地域的に異なる樹種、異なる森林環境のもとで行われた5つのケーススタディーを述べて、ある程度の研究幅をカバーした。(4) で、人工林の生物多様性における技術的諸問題について多角的、総合的な整理を行い、(5) では、研究上の着眼点における盲点ともいうべき社寺林と、壮齢の混交林に達している私有人工林を研究フィールドとして注目すべきと提唱した。そして(6) で、(1) と(4) で推奨されている長期、大面積に及ぶ生態系保全の実証実験(REFRESH)がわが国でも開始されて、モニタリングの長期的

---

(同書中の p. 227、伊藤哲：第7章 保持林業と複層林施業)との記述がある。それぞれ「拡大造林期」、「1970年ごろ」としているのので、ほぼ同じ時期を指している。

だが、この二つの指摘は不十分である。生井郁郎は、北海道における育林技術の歴史を論じた文章「第5章 育林技術の展開」(大金永治編著：北海道林業技術発達史論、北海道大学図書刊行会、1973年、pp. 369のうちの p. 163~p. 229)で、北海道有林では昭和初期のころから伐採跡地に上木を残して、そこにトドマツなどを人工造林する方式が採られたと述べている。造林地の面積は最大でも10haを超えるものではなく、ほとんどが3~6haの小面積であり、また皆伐跡地といいながらも1ha当たり50m<sup>3</sup>ほどの不良木を伐採しないで残していた。残された上木は植栽後数年を経て地元集落に薪材・木炭材として立木販売された。このように上木を保残することにより植栽木が気象害から守られて、昭和初期の北海道有林では育林成績が向上したとしている。

北海道の中央部から北部、東部地域では5月半ばごろから6月半ばごろにかけてエゾマツ、トドマツ、アカエゾマツが開芽するが、新芽が晩霜に襲われて発生する晩霜害が深刻な問題だった。保残木は、この晩霜害の回避に効果があったと言われている。

なお生井は、この「第5章 育林技術の展開」を執筆する前の数年間で、北海道有林の育林技術を担った労働問題の歴史を集中的に研究している。次のとおりである。

- ①生井郁郎：北海道の林業労働に関する経済学的研究(Ⅰ)一道有林林内農耕地設定事業所における育林労働の実態分析一、北海道総合経済研究所：北海道農林研究(29)、1966. 03、p. 1-p. 34
- ②生井郁郎：北海道の林業労働に関する経済学的研究(Ⅱ)一道北・道東の育林が先行した事業地の調査一、北海道総合経済研究所：北海道農林研究(31)、1967. 03、p. 84-p. 140
- ③生井郁郎：北海道の林業労働に関する経済学的研究(Ⅲ)一道央地区道有林における育林労働の事態分析一、北海道総合経済研究所：北海道農林研究(33)、1968. 03、p. 72-p. 134
- ④生井郁郎：北海道の林業労働に関する経済学的研究(Ⅳ)一道南地方道有林における育林労働の事態分析一、北海道総合経済研究所：北海道農林研究(35)、1969. 03、p. 1-p. 54

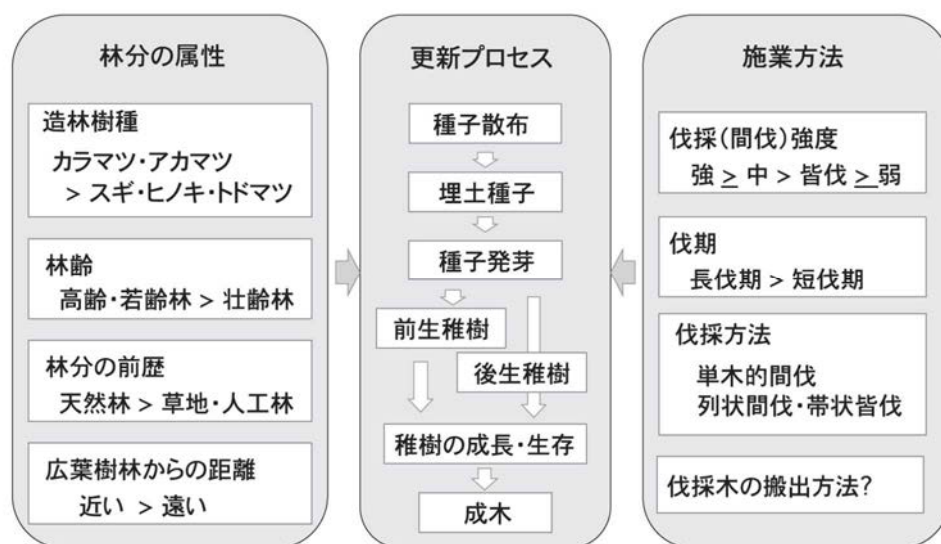
この4編の論文ではわずかに②が上木の残存に簡単に触れているだけだが、生井はもともと育林技術に造詣の深い研究者でただけに、4編のための現地調査で、数年後に「第5章 育林技術の展開」の叙述に結びつく基礎資料を大いに集めたのではないかと推察される。

継続と大いなる研究成果の取得が期待される旨を述べた。

以上の記述全体に関わる個別技術間の諸関係を示した模式図が、清和研二の作成した図表 2－3－1 である。この図は天然更新を対象にしているが、右端の「施業方法」－「伐採方法」のなかで列状間伐や帯状間伐ののちに植栽行為を行うならば人工造林の問題にも敷衍できる。具体的な更新の形態である「更新プロセス」を真ん中に、そして左側に 4 種類の「林分の属性」、右側に 4 つの要因から成る「施業方法」をそれぞれ置き、「林分の属性」と「施業方法」とが機能することによって中央の「更新プロセス」のあり方に影響を及ぼすという関係が描かれている。分かりやすい構図で、人工林の生物多様性を発展させるための森林施業を理解するのに役立つ。だが、(3)－5)で見たとおり清和論文は、あえて触れなかったのだと思うが、今日非常に深刻化しているシカを中心とする動物被害と、これまた更新木にとって大敵である下層植生の繁茂に全く触れず、かなり楽観的な内容に終始している。

この点を踏まえつつ、人工林の生物多様性を保全する森林施業に関する議論を補って本章の締めくくりにしたい。まず、2010 年ハンドブックがその冒頭で述べているように、目標林型の設定が重要である。人工林の混交林化を図ろうとするとき、求める機能が決まれば目標林型も決まる。目標林型を決めずに混交林化を図ろうとするのは、羅針盤なしで船出しようとする船舶と同じであり、それでは混交林化を目指すことじたいが無意味である。

図表 2－3－1 針葉樹人工林における広葉樹の天然更新のプロセスと更新成功に影響する林分の属性、施業方法



清和研二（2013）：スギ人工林における種多様性回復の階梯－境界効果と間伐効果の組み合わせから効果的な施業方法を考える－、日本生態学会誌 63、p. 251－p. 260

次いで人工林のゾーニングが欠かせない。ゾーニングは、目標林型の設定と関わって地域の人工林のあるべき姿を類型別に区分していくことである。それには、森林所

有者を含めて地域の合意形成が必要であり、難しい問題が含まれるが、長時間をかけてでも望ましい姿を目指して取り組んでいくことが望まれる<sup>30</sup>。

これらの手続きを経て森林施業、森林管理が実行されるが、REFRESH 実験の項で述べたように息の長いモニタリングが必須になる。数年間隔で定期的に、また台風や山火事のように突然の大幅な自然環境の改変が発生したときにもモニタリングは欠かせない。モニタリングして森林変化のデータを集積し、それを解析することになる。

そして、解析の結果、必要とあれば森林施業の微修正を行い、一定期間後にまたモニタリングして微修正の効果を確かめるという順応的管理（PDCA サイクル）を採用すべきである<sup>31</sup>。順応的管理は何も林業経営にだけ求められる方法ではないが、長期間を要する森林の成長を確認する作業には特に重要である。さらに言うと、人工林の混交林化には順応的管理の繰り返しが必須であると理解すべきである。

このように考えてくると、人工林の生物多様性を保全し、高める森林施業・森林管理はコストのかかる手続きであると理解できる。ましてや、現状ではシカなどの動物被害対策を講じなければならないので、コスト増は免れない。ひょっとして（3）－2）のように、ほとんどコストをかけなくても人工林の混交林化が目の前にあらわれる機会があるかも知れないが、それは偶然と幸運の所産であり、そういうケースを数多く期待することは出来ない。

なお、以上の諸手続きは、予備伐－下種伐－後伐というサイクルをもって一巡する漸伐作業（傘伐作業）の考え方に、ある意味で共通していると言えるかも知れない。

---

<sup>30</sup> 藤森隆郎：生物多様性のための順応的管理、森林科学 63：特集 森林の生物多様性、2011. 10、p. 18－p. 22

<sup>31</sup> 前掲 30

### 3 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析

#### 3-1 森林生態系多様性基礎調査データによる生物多様性保全機能の分析

##### 3-1-1 基礎調査データによる多様性の計量的評価について

###### (1) 利用データ

森林生態系多様性基礎調査は、植物の種に関して下記のような調査を実施している。

###### ① 木本類の調査

様式3：小円、中円、大円別に、樹種名、本数、直径、樹高（優占樹種について数本）、枯死等を調査。

###### ② 維管束植物の調査

様式6-2、6-3：小円内に調査区を2箇所設置し、木本類、草本類等維管束植物の種名を調査。優占度は調査されていない。

以上の調査内容を基に第4期基礎調査データにより種の多様性の計量化を試みることにした。

###### (2) 計量化の方法

計量化は、木本類と草本類に分けて行った。様式3により木本類は個体数が調査されていることから、下記の指数についても算出することとした（算出式等は、第2章2-1を参照）。

図表3-1-1 本調査における多様度指数

多様度指標	木本類	草本類
$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度	○	○
シャノン・ウィナーの多様度指数	○	
修正シャノン・ウィナーの多様度指数	○	
Pielouの均衡度指数	○	

###### (3) 計量化の視点

###### 1) 種数について

森林生態系多様性基礎調査は、4km メッシュの格子点に調査プロットを設置しており、いわば4km四方に1箇所の観測地しかなく、1プロットの計量化では統計的な評価とは言いがたい。統計的にどのくらいの調査プロット数があれば、例えば、母集団種数の推定が可能かという問題がある。こういった統計的な問題は、第2章の多様性評価の論文中においても様々に議論されている。一般的には、調査プロット数が多くなるほど出現草本種の異なる種の累積種数も多くなる。

例えば、北海道の草本類の異なる種の累積種数は、図表3-1-2、3のようにになっている。

北海道の総プロット数は、2,252プロット（小円、中円部の占有率100%に限定）である。これらのプロットからランダムにサンプリング（乱数を発生させて抽出）して異なる草本種の累積値を求めたグラフが図表3-1-2である。2,252プロットの累積草本種数は、別途算出した結果によれば、882種であった。図表3-1-2の2,200プロットでの累積種数は、874であり、その差は8種となっている。図表3-1-3は、100プロット毎の種数の増加率をグラフ化したものであ



る。500 プロットまでは急激に増加するが、それ以後、増加率は緩やかになり、2,200 プロットでは 1.4% の増加となっている。母集団の総種数をこれだけのデータで推定することは困難であるが、1,000 プロット程度調査区を増やして、つまり 3,200 プロットほど調査すれば累積種数を北海道の出現総種数としてもそれほど誤差はないと考えられる。ちなみに Chao2 の推定式により求めた総種数は、958 種であった。

図表 3-1-2 北海道の異なる種の累積種数

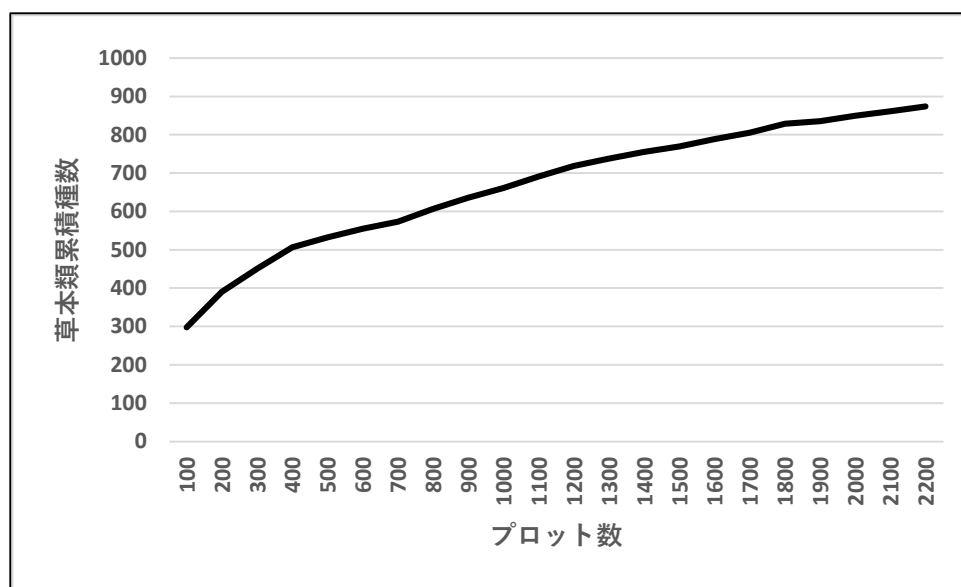
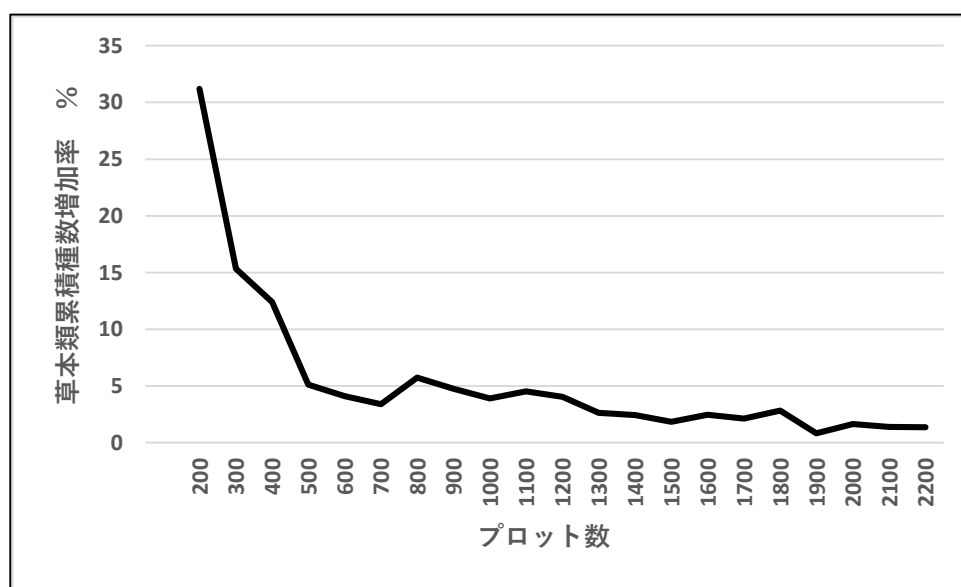


図 4-3 累積種数の増加率



森林生態系多様性基礎調査における草本種名は、図鑑等を参考に調査されているが、日本分類学会連合が公開している日本の植物種(維管束植物)数は、9500 余種であり、本調査による草本総種数 2,684 種と木本総種数 728 種の合計 3,412 種よりもはるかに多い。基礎調査における種名については、異名、別名で設定されている場合、種名の総称で記載されている

場合など厳密なものではないので、基礎調査から得られた総種数が日本の母集団種数とするには別途検討が必要と思われる。

基礎調査データにより母集団種数を推定することは困難であるが、参考までに試算することとし、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度を算出し種数による検討を行うこととした。

## 2) シャノン・ Weiner の多様度指数等の算出

シャノン・ Weiner の多様度指数等の算出には種別に個体数が調査されている必要があるため、本調査では木本類が対象となる。

シャノン・ Weiner の多様度指数は、種別の出現割合（確率）の和（割合と割合の対数値を乗じた値）で表されるが、調査区の考え方により算出方法は下記の 2 種類に分けられる。

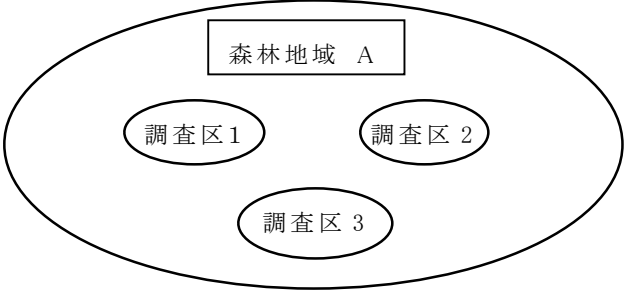
### ① 林分単位の算出

調査区（調査プロット）のデータは、調査区が含まれる林分を表象していると考えて、調査プロット毎に指数を算出する場合である。人工林の森林調査は、林分内に適当（平均的林分状況を示すと考えられる区域）なコードラート（10m 四方等）を設定して、立木本数、胸高直径、樹高を測定し、林分の立木密度、材積量を推定する。こういった考え方と同じく林分の指数を推定するという考え方である。

### ② 一定地域の算出

人工林では上記のように林分単位の指数によって林分の多様度を示していると考えられるが、天然生林においてはかなり疑問が残る。人工林においても林分面積、標高、地形条件等によっては必ずしも林分状態を示すことにはならない。特に、一定の地域内の森林植生の多様度は、①で示すことは困難である。この場合には、調査プロットをサンプルとして、異なる種毎の個体数を集計して指数を算出する方法が考えられる。

図表 3-1-4 シャノン・ Weiner の多様度指数算出の例



樹種	調査区別の樹種別立木本数			森林地域Aの樹種別立木本数
	1	2	3	
a	1			1
b	2		2	4
c	3	1		4
d	4	1	3	8
e			1	1
f		2		2
g		2	2	4
h			4	4
シャノン・ Weiner の多様度指数	1.85	1.92	2.19	2.74
指数平均	1.98			

図表3-1-4の算出例は、森林地域 A に調査区を3箇所設定して、樹種と個体数を調査した結果とシャノン・ウィナーの多様度指数を算出したものである。調査区1と調査区2は、樹種数が4種と同じであるが、調査区1の個体数は調査区2よりも多いがばらつきがある。調査区2は、調査区1より個体数は少ないがばらつきが少ない、つまり比較的均等である。シャノン・ウィナーの多様度指数をみると調査区2の方がやや高く、種数が同じであれば個体数の多さよりは個体数のばらつきが少ない方が指数は高くなる。調査区3は、5種と他の調査区よりも1種多く、かつ個体数も多く、ばらつきも大きい、指数は高くなる。

森林地区として多様度指数を推定算出する場合、調査区の指数値の平均を用いるのか、それとも調査区の種別個体数の累積結果から算出した指数を用いるのかが問題となる。

人工林のみに調査区を設定した場合では、平均指数はその地域内の人工林をサンプリングした時に想定される指数と言っても良いかもしれない(期待値)。ただし、指数の分布が正規分布といった統計的条件が必要である。

人工林のみに調査区を設定した森林地区 A の場合、森林地区 A の人工林の指数としては、総種数と個体数を累積して算出した指数の方が地域人工林の多様度を示すことになる。

地域間を比較する場合には、地域面積、調査区面積、調査区数等を共通にしておく必要がある。調査区数が増加すると種数が増加し、種数が増加するとシャノン・ウィナーの多様度指数も高くなるためである。

いずれにしても、シャノン・ウィナーの多様度指数による地域間、林種間等の多様性の比較検討には相当な注意が必要であることが、この単純な例からも理解される。

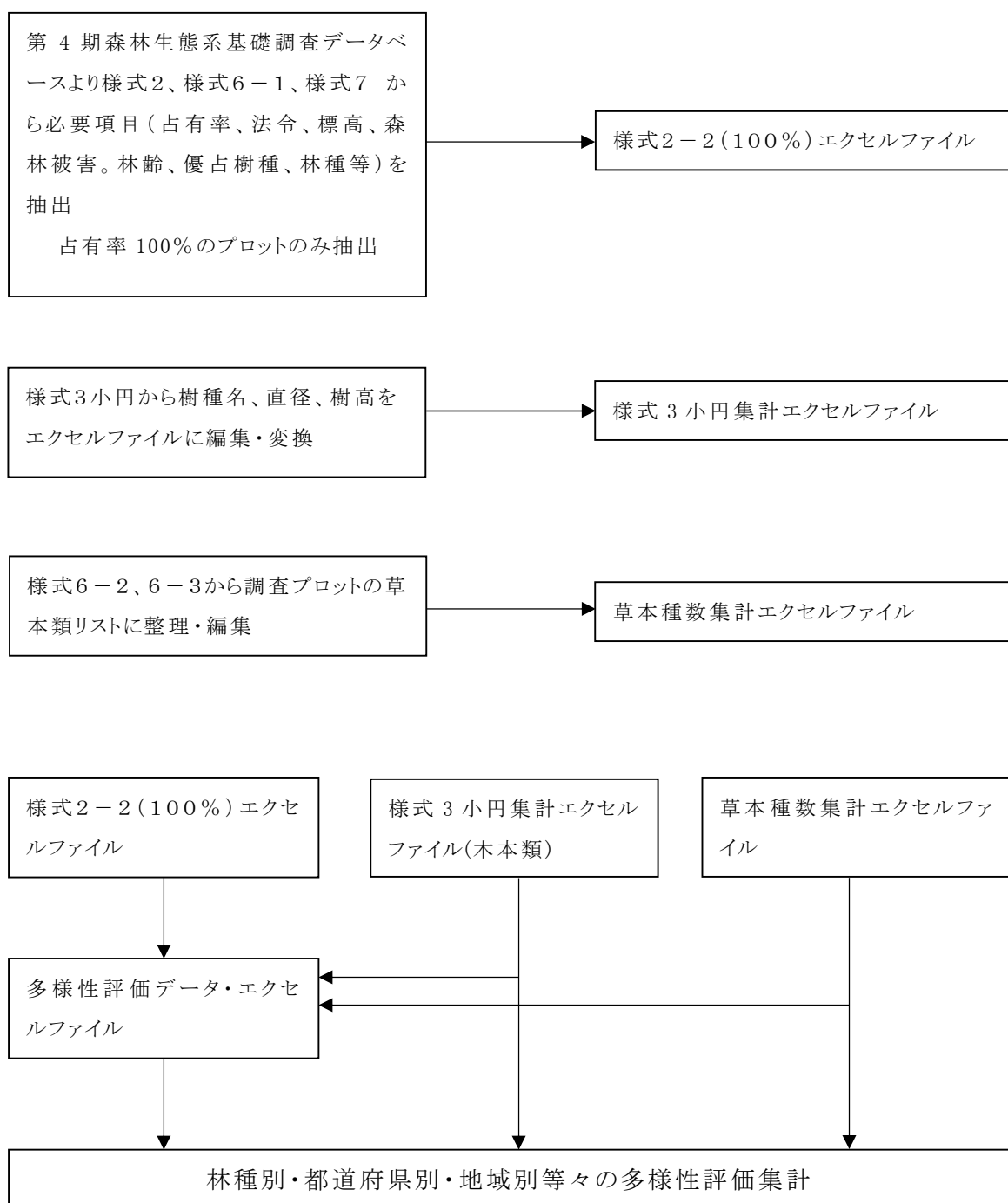
本調査では、以上の諸点に留意しつつ検討することとした。

### 3-1-2 基礎調査データの処理手順

第4期基礎調査データベースから、図表3-1-5に示す手順により、必要項目のみを抽出し評価用エクセルファイルに編集した。

基礎調査プロットは、4km メッシュの格子点を調査プロットとしているが、調査プロットの小円部、中円部が、2個以上の林分で分割される場合(占有率が100%未満)には、集計段階で様々な不都合が生じる。例えば樹種数の集計では、サンプル面積が異なる等。そこで、本調査の集計では、小円部、中円部が100%である一つの林分内にある調査プロットのみを利用することとした。

図表3-1-5 多様性評価集計の手順



### 3-1-3 基本的な集計項目とクロス集計

#### (1) 集計項目

基本的な集計項目は、下記のとおりである。

種数：木本類と草本類に分けて集計する。

木本類の樹種名は、様式3小円に記載されている樹種名による。

草本類の種名は、様式6-2、6-3に記載されている種名のうち、上記樹種名を除く植物種名とする。

多様度指数：シャノン・ウィナーの多様度指数

修正シャノン・ウィナーの多様度指数

Pielou の均衡度指数

上記3種類の指数は計算結果である。

#### (2) クロス集計

##### 1) 表頭項目・・・林種

林種別の集計とし、下記の林種別に集計した。

全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成 成復層林	その他
	落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		

集計対象とする林種は下記のとおりである。

##### ① 全林種

調査プロット小円部、中円部の占有率が100%である全てのプロット

##### ② 天然生林

林種細分において天然生林と記載されているプロット。

##### ○ 落葉中高木

優占樹種が広葉樹・落葉樹でかつ中・高木類。

##### ○ 常緑中高木

優占樹種が広葉樹・常緑樹でかつ中・高木類。

##### ○ 針葉樹

優占樹種が針葉樹。

##### ○ その他

優占樹種が上記以外。

##### ③ 育成単層林

林種が人工林、林種細分が育成単層林のプロット。

##### ○ スギ

優占樹種がスギ。

##### ○ ヒノキ

優占樹種がヒノキ。

##### ○ その他

優占樹種がスギ、ヒノキ以外

④人工林育成複層林

林種が人工林、林種細分が育成複層林であるプロット。

⑤その他

②、③、④以外のプロット。

2) 表側項目・・・地域区分

表側項目は、下記の地域区分とした。

①都道府県

都道府県別に上記表頭項目別に集計した。

②スギ地域区分

都道府県別の集計では、北海道だけが 2000 点を超える調査プロット数となっているが、その他の都府県では調査プロット数が少なく、林種別の比較等が困難であることから、スギの成長条件がほぼ同じと考えられる地域を、「人工林林分密度管理図」(林野庁監修)により図表 3-1-1 のように設定した。

ただし、集計においては、北海道、沖縄県を除外した。

図表 3-1-1 スギの成長条件による地域区分

地域区分	都 道 府 県 名								
表東北	岩手県	宮城県	福島県						
裏東北・北陸	北海道	青森県	秋田県	山形県	新潟県	富山県	石川県	福井県	
北関東・東山	栃木県	群馬県	埼玉県	山梨県	長野県	岐阜県			
南関東・東海	茨城県	千葉県	東京都	神奈川県	静岡県	愛知県	三重県		
北近畿・中国	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
南近畿・四国	奈良県	和歌山県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県			
九州	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県		

3) スギの平均標高帯集計

都道府県別にスギの平均標高・標準偏差を図表 3-1-7 のように算出し、下記信頼区間算出(90%信頼区間)式により都道府県別にスギの平均標高帯条件を作成した。集計・算出においてこの標高条件内の調査プロットを抽出し、林種別の比較検討の参考とした。

スギの標高帯範囲 = (スギプロットの平均標高)  $\pm 1.64 \times \text{標準偏差} / \sqrt{N}$

N:プロット数

注: 大阪府はスギが 1 プロットしかないため算出できないことから範囲を $\pm 50\text{m}$ とした。

図表3-1-7 都道府県別のスギ標高帯条件

都道府県	プロット数	標高m		標高帯範囲 m	
		平均値	標準偏差	以上	以下
北海道	13	125	55	100	151
青森県	84	210	161	181	239
岩手県	61	388	202	345	430
宮城県	47	230	145	195	265
秋田県	167	282	179	259	305
山形県	59	351	189	311	391
福島県	51	534	212	485	582
茨城県	22	330	207	257	402
栃木県	27	440	168	387	493
群馬県	29	658	208	594	721
埼玉県	14	436	169	361	510
千葉県	10	91	43	69	113
東京都	10	647	163	562	732
神奈川県	9	367	236	238	496
新潟県	68	236	180	200	272
富山県	13	403	218	304	502
石川県	21	262	204	189	335
福井県	40	330	192	280	379
山梨県	6	671	158	565	776
長野県	31	812	163	764	860
岐阜県	55	673	325	601	745
静岡県	47	487	271	422	552
愛知県	16	441	178	368	514
三重県	41	403	190	354	451
滋賀県	17	430	208	347	512
京都府	21	426	215	349	503
大阪府	1	358		308	408
兵庫県	51	420	239	365	475
奈良県	43	636	239	576	696
和歌山県	43	420	241	360	480
鳥取県	38	556	281	481	631
島根県	27	335	172	280	389
岡山県	21	513	210	438	588
広島県	17	584	242	487	680
山口県	25	345	160	293	397
徳島県	59	691	306	626	757
香川県	3	287	47	242	331
愛媛県	32	592	202	533	650
高知県	64	603	298	542	664
福岡県	34	415	218	354	476
佐賀県	14	446	202	357	534
長崎県	11	207	199	109	305
熊本県	57	502	231	452	552
大分県	53	433	189	391	476
宮崎県	81	506	293	453	560
鹿児島県	51	277	181	235	318
沖縄県					



### 3-1-4 地域別林種別プロット数及び木本類総種数

#### (1) 都道府県別プロット数及び木本類総種数

##### 1) 都道府県別調査プロット数

図表3-1-8は、全国及び都道府県別プロット数の集計結果である。全国では、9,671 プロットが集計対象であるが、北海道が多く、2,253 プロットとなっている。しかし、都道府県別にみると、岩手県が499プロットと最大となっているが、大阪府が17、東京都、千葉県では33プロットと極めて少ない。林種別にみると都道府県による調査プロット数はさらに少なくなり、育成単層林スギでは、秋田県の167プロットが唯一三桁台であり、その他の都道府県は数十プロットと、統計的に必要とするサンプル数には達していないと考えられる。

そのため、都道府県別集計結果のうち、全国及び北海道については検討可能であるが、その他の都道府県にはついては参考程度ではないかと考えられる。

図表3-1-8 都道府県別集計対象プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	9,671	2,892	420	1,220	203	4,735	1,693	1,000	1,690	4,383	220	333
北海道	2,253	908		372	11	1,291	13		682	695	103	164
青森県	279	86		35	8	129	83		41	124	6	20
岩手県	499	197		46	6	249	61		156	217	7	26
宮城県	160	64	1	12	1	78	47	1	32	80		2
秋田県	404	164		28	7	199	167		34	201	2	2
山形県	273	181		13	2	196	58		15	73	2	2
福島県	335	170		43	2	215	51	7	54	112	2	6
茨城県	68	12	1	11	1	25	22	12	7	41		2
栃木県	145	45	1	16	3	65	27	36	11	74	3	3
群馬県	172	63		17	4	84	29	14	32	75	10	3
埼玉県	38	10		6		16	14	7		21		1
千葉県	33	3	8	4	2	17	10	1	5	16		
東京都	33	3	2	1	3	9	10	7	2	19		5
神奈川県	43	16	1	6		23	9	9	2	20		
新潟県	247	125	2	31	4	162	68		13	81	4	
富山県	54	27		5	3	35	13		5	18		1
石川県	81	25		16	1	42	20		13	33	4	2
福井県	107	41	6	6	1	54	40		11	51	2	
山梨県	89	23		16		39	6	15	25	46	2	2
長野県	340	64		65	3	132	31	31	131	193	11	4
岐阜県	348	82	1	71	4	158	55	84	33	172	12	6
静岡県	168	18	9	24	2	53	47	47	14	108	1	6
愛知県	74	4	3	8	2	17	16	24	13	53	4	
三重県	146	20	18	12	2	52	41	42	11	94		
滋賀県	81	24	1	15	2	42	17	9	11	37	1	1
京都府	110	27	4	21	4	56	21	14	16	51		3
大阪府	17	2	1	6		9	1	2	4	7	1	
兵庫県	252	70	17	37	7	131	51	39	23	113	2	6
奈良県	127	9	1	14	1	25	43	49	9	101		1
和歌山県	179	15	20	12	2	49	42	50	17	109	18	3
鳥取県	122	41	4	11	1	57	38	16	10	64	1	
島根県	200	75	27	23	7	132	26	17	22	65	1	2
岡山県	204	59	12	31	5	107	21	43	17	81	9	7
広島県	223	68	6	37	8	119	16	37	28	81		23
山口県	163	23	34	19	5	81	25	38	17	80		2
徳島県	133	15	5	15	3	38	59	18	17	94		1
香川県	50	14	5	13	1	33	3	11	3	17		
愛媛県	143	25	13	19	1	58	32	42	10	84		1
高知県	240	16	27	24	4	71	63	80	18	161	7	1
福岡県	92	2	15	5	5	27	34	16	14	64		1
佐賀県	44		5	2	1	8	14	15	5	34	2	
長崎県	103	3	30	10	5	48	11	31	10	52	1	2
熊本県	172	12	28	8	6	54	57	42	16	115		3
大分県	157	21	9	12	13	55	50	27	12	89		13
宮崎県	231	15	44	9	15	83	80	27	36	143	1	4
鹿児島県	209	5	46	11	26	88	51	40	28	119	1	1
沖縄県	30		13	2	9	24			5	5		1

## 2) 都道府県別木本類総種数

図表3-1-9は、都道府県別木本類の異なる種の出現種数を計算したものである。全国の調査プロットによる総種数は、728 種である。天然生林の調査プロット数が 4,735 プロット、育成単層林のプロット数が 4,383 プロットと差が 350 プロットでありそれほど大きくない。種数を比較すると、天然生林が 664 種、育成単層林が 559 種と天然生林の方が育成林よりも 19%程度種数が多くなっている。北海道のケースでは、天然生林の調査プロット数が育成単層林の約 1.9 倍にもかかわらず、種数は天然生林が 125 種、育成単層林が 118 種とその差はわずかに 7 種となっている。

図表3-1-9 木本類の異なる種の合計種数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	728	488	346	408	367	664	381	285	500	559	241	278
北海道	147	117		84	34	125	50		112	118	72	74
青森県	126	83		71	28	94	78		90	107	29	48
岩手県	188	157		105	47	165	90		135	146	45	82
宮城県	164	128	6	58	8	137	96	2	93	124		18
秋田県	141	104		69	32	119	102		77	114	18	10
山形県	145	126		56	17	130	68		61	82	13	6
福島県	226	184		111	13	200	103	30	122	157	28	45
茨城県	115	65	8	63	11	87	64	19	40	78		19
栃木県	163	114	6	74	22	139	47	53	50	93	16	20
群馬県	183	125		58	13	145	54	16	104	127	40	19
埼玉県	96	48		30		68	46	14		50		3
千葉県	91	27	45	21	21	65	37	7	48	68		
東京都	104	23	22	2	18	60	25	17	16	48		28
神奈川県	119	82	11	29		90	37	22	32	61		
新潟県	179	135	7	93	21	157	97		59	110	21	
富山県	120	90		31	28	104	44		34	61		11
石川県	135	97		65	11	118	53		66	82	28	17
福井県	151	109	38	28	3	123	83		56	103	24	
山梨県	141	90		69		115	12	19	82	94	17	14
長野県	231	140		120	27	179	52	55	161	179	55	29
岐阜県	206	143	17	120	31	175	95	82	108	152	28	30
静岡県	194	96	60	74	21	146	65	83	73	129	2	27
愛知県	110	33	25	34	23	70	34	61	52	90	12	
三重県	146	84	66	54	14	120	40	48	65	99		
滋賀県	119	84	7	65	9	104	39	28	61	76	17	3
京都府	114	90	30	37	34	104	24	22	58	65		18
大阪府	52	9	9	26		33	3	4	32	36	6	
兵庫県	171	133	55	82	48	152	59	51	85	109	20	47
奈良県	119	66	9	52	11	82	45	60	45	88		1
和歌山県	158	91	76	46	11	125	48	55	70	101	36	19
鳥取県	153	107	36	45	13	120	89	49	65	125	15	
島根県	202	151	101	89	46	185	90	65	107	142	28	26
岡山県	180	123	57	87	32	156	60	84	72	115	42	30
広島県	198	146	50	65	43	160	57	67	106	137		63
山口県	143	83	83	64	29	121	56	78	70	115		12
徳島県	166	88	37	66	23	130	72	36	99	127		2
香川県	127	64	46	55	7	95	16	59	28	74		
愛媛県	200	126	61	87	4	168	93	106	73	140		10
高知県	211	96	103	96	29	168	101	130	107	170	47	7
福岡県	122	19	51	23	37	69	75	28	53	103		14
佐賀県	89		36	16	14	49	49	48	27	74	11	
長崎県	120	27	84	30	40	99	28	66	52	87	1	24
熊本県	175	71	102	55	36	142	85	82	84	143		18
大分県	174	95	52	63	72	145	77	52	51	108		43
宮崎県	215	76	127	60	81	164	126	81	146	188	19	31
鹿児島県	198	73	111	61	101	165	83	87	116	144	21	19
沖縄県	135		100	17	83	126			55	55		18

### 3) スギ標高帯別プロット数及び木本類種数

図表3-1-7に示したスギの平均樹高範囲に含まれる調査プロットを抽出した表が図表3-1-11である(北海道、沖縄県を除く)。

全国では 1,052 プロットとかなり少ない調査プロットとなった。全国の天然生林のプロット数は 408 プロット、育成単層林では 613 プロットと、スギの平均標高帯では育成単層林の割合が約 1.5 倍高くなっている。生育環境、森林へのアクセス条件等の経済環境が比較的良好なことから人工林の割合が高くなっていると推定される。

図表3-1-11 スギ標高帯別都道府県別調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1052	229	52	117	10	408	312	167	134	613	16	15
北海道												
青森県	36	12		6		18	10		4	14	1	3
岩手県	60	25		5		30	9		19	28	1	1
宮城県	19	2		2		4	11		4	15		
秋田県	27	7		1		8	15		4	19		
山形県	28	15				15	9		3	12		1
福島県	54	24		7		31	10	1	10	21	1	1
茨城県	18	6		1		7	8	3		11		
栃木県	13	2		3		5	7		1	8		
群馬県	21	7		1		8	6	3	4	13		
埼玉県	4						3	1		4		
千葉県	11	2	2	2		6	3		2	5		
東京都	7		1	1		2	5			5		
神奈川県	11	3		3		6	2	3		5		
新潟県	28	11		6	1	18	7		2	9	1	
富山県	12	5				5	6		1	7		
石川県	23	8		2		10	6		5	11	2	
福井県	18	5	1			6	10		2	12		
山梨県	15	7		1		8	3	2	2	7		
長野県	26	3		7		10	7	3	6	16		
岐阜県	36	7		8		15	5	14	1	20		1
静岡県	20	1		2		3	7	8	1	16		1
愛知県	19	1	1	5	1	8	3	4	4	11		
三重県	23	2	4			6	9	5	3	17		
滋賀県	17	5		1		6	4	2	4	10	1	
京都府	23	4		5	2	11	4	3	5	12		
大阪府	4	1	1			2	1		1	2		
兵庫県	28	3	3	3		9	12	6	1	19		
奈良県	25			4		4	10	11		21		
和歌山県	34	2	3	3		8	9	10	3	22	4	
鳥取県	18	6		1		7	5	4	2	11		
島根県	33	14	3	6		23	5	2	2	9		1
岡山県	35	9	1	3		13	6	11	3	20	1	1
広島県	50	13	1	9		23	2	12	11	25		2
山口県	36	6	3	7	1	17	4	12	3	19		
徳島県	11			1		1	10			10		
香川県	9	5				5	2	1	1	4		
愛媛県	14	1	1			2	7	4	1	12		
高知県	25	3		2		5	10	5	2	17	3	
福岡県	15		2			2	6	7		13		
佐賀県	10		3			3	4	3		7		
長崎県	47		12	5	1	18	6	16	7	29		
熊本県	26	1	2	1		4	14	3	4	21		1
大分県	14	1		2	1	4	6	1	2	9		1
宮崎県	20		4	1	1	6	9	3	1	13		1
鹿児島県	29		4		2	6	15	4	3	22	1	
沖縄県												

図表3-1-12は、スギ標高帯別の調査プロットに出現した木本類の異なる種の種数を集計した表である。全国、全林種では400種の木本類である。育成単層林のプロット数は天然生林の1.5倍であるが、出現種数は天然生林が327種、育成単層林が328種とほとんど変わらない。天然生林のプロット数が少ないことによるのか、他の要因があるのか等、要因を推定することは困難である。天然生林に存在し、育成単層林には存在しない種があるか等の分析が別途必要である。

都道府県別では、プロット数が少ないため比較検討は難しい。ただし、岩手県の場合、プロット数は少ないが、天然生林が30プロット、育成単層林が28プロットとほぼ同数であることから出現種数を見ると、天然生林が81種、育成単層林が78種となっており、天然生林がやや多いが、調査プロット数の差によるものと考えられる。

図表3-1-12 スギ標高帯別都道府県別木本類種数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	400	248	149	189	94	327	221	159	257	328	85	80
北海道												
青森県	72	47		30		57	31		28	46	6	19
岩手県	113	78		27		81	36		72	78	9	19
宮城県	70	29		20		40	42		29	56		
秋田県	68	34		8		37	52		34	62		
山形県	57	44				44	28		26	40		5
福島県	121	86		27		96	32	3	64	76	17	4
茨城県	59	41		4		42	27	4		29		
栃木県	57	18		38		48	13		9	22		
群馬県	59	39		11		42	16	3	25	37		
埼玉県	14						13	1		14		
千葉県	56	23	15	9		34	21		26	40		
東京都	32		18	2		20	14			14		
神奈川県	51	27		14		35	18	17		27		
新潟県	76	51		41	6	69	36		20	42	2	
富山県	48	35				35	18		4	21		
石川県	76	52		9		56	29		42	52	18	
福井県	79	47	15			53	45		22	56		
山梨県	55	39		10		42	8	5	17	26		
長野県	74	37		37		56	17	12	26	47		
岐阜県	75	45		26		60	21	26	8	41		16
静岡県	37	11		3		14	16	17	11	32		4
愛知県	55	13	10	18	16	41	3	21	23	34		
三重県	63	21	30			39	10	19	35	47		
滋賀県	69	41		11		43	9	16	40	51	17	
京都府	55	25		13	24	41	6	4	32	35		
大阪府	18	2	9			11	3		10	13		
兵庫県	48	23	20	14		40	13	8	7	22		
奈良県	44			22		22	17	16		26		
和歌山県	62	16	27	18		45	16	28	9	38	14	
鳥取県	62	28		1		29	25	22	30	49		
島根県	99	65	35	40		85	32	25	28	59		13
岡山県	87	57	17	32		71	23	35	31	59	4	10
広島県	101	53	15	40		69	9	38	58	77		12
山口県	87	47	29	47	15	77	15	43	23	53		
徳島県	19			5		5	15			15		
香川県	47	35				35	12	4	13	23		
愛媛県	70	14	18			30	36	32	13	59		
高知県	84	41		18		51	28	16	29	51	34	
福岡県	47		27			27	28	18		34		
佐賀県	41		22			22	26	13		30		
長崎県	102		59	26	20	79	23	49	47	76		
熊本県	79	10	15	22		39	37	19	39	66		3
大分県	57	19		19	13	37	23	9	5	33		5
宮崎県	69		47	20	4	55	34	14	7	46		8
鹿児島県	94		32		40	52	42	36	44	80	21	
沖縄県												

## (2) 地域別プロット数及び木本類総種数

### 1) 地域別プロット数

図表3-1-1で示した地域区別に、北海道、沖縄県を除いてプロット数を集計した(図表3-1-13)。全国で7,388プロットである。地域別にみると裏東北・北陸が1,445プロットと最も多く、南関東・東海が565プロットと少なくなっている。天然生林と育成単層林のプロット数の割合を見ると、育成単層林の方が243プロット多くなっている。

図表3-1-13 地域別プロット数

スギ地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,388	1,984	407	846	183	3,420	1,680	1,000	1,003	3,683	117	168
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,132	287	2	191	14	494	162	187	232	581	38	19
南関東・東海	565	76	42	66	12	196	155	142	54	351	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	872	94	71	97	12	274	242	250	74	566	25	7
九州	1,008	58	177	57	71	363	297	198	121	616	5	24

### 2) 地域別木本類総種数

地域別木本類総種数(異なる種の出現種数合計)は、図表3-1-14のとおりである。全国の天然生林と育成単層林の木本類総種数を比較すると天然生林が573種、育成単層林が525種と天然生林が48種多くなっている。プロット数の差が小さいことを考慮すると、天然生林の方が育成単層林よりも木本類種数が多くなると考えられる。

地域別の林種間の比較は、調査プロット数に相当な差があることから、単純な比較はできないと考えられる。このようにプロット数に差がある場合の比較分析では、乱数を発生させてランダムに調査プロットを抽出しプロット数を同数にする方法があるが、今後の調査課題の一つである。

図表3-1-14 地域別木本類総種数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	635	459	288	389	316	573	378	285	463	525	212	243
表東北	282	242	6	156	59	252	153	30	184	216	59	102
裏東北・北陸	300	229	42	155	78	261	186		165	228	72	65
北関東・東山	340	240	21	198	76	280	152	125	227	269	100	73
南関東・東海	315	176	122	143	83	256	136	124	158	219	13	61
北近畿・中国	314	246	163	174	110	289	161	150	193	241	80	100
南近畿・四国	294	206	140	173	60	262	156	176	173	232	66	32
九州	324	181	201	152	169	280	196	160	212	271	38	98

## (3) スギ標高帯別・地域別プロット数及び木本類総種数

### 1) スギ標高帯別・地域別プロット数

図表3-1-15は、スギ標高帯別・地域別のプロット数を集計したものである。全国で1,052プロットとかなり調査プロット数が少なく、地域別にみても100プロット以上は確保しているものの地域間比較としては課題がある。表東北、裏東北・北陸、北近畿・中国の各地域の天然生林計と育成天然林計のプロット数にはそれほど差がないことから、参考程度ではあるが種数の比較が可能と考えられる。

図表3-1-15 スギ標高帯別・地域別プロット数(北海道を除く)

地域名	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,052	229	52	117	10	408	312	167	134	613	16	15
表東北	133	51		14		65	30	1	33	64	2	2
裏東北・北陸	172	63	1	15	1	80	63		21	84	4	4
北関東・東山	115	26		20		46	31	23	14	68		1
南関東・東海	109	15	8	14	1	38	37	23	10	70		1
北近畿・中国	244	61	12	35	3	111	43	52	32	127	2	4
南近畿・四国	118	11	4	10		25	48	31	7	86	7	
九州	161	2	27	9	5	43	60	37	17	114	1	3

## 2) スギ標高帯別・地域別木本類総種数

天然生林と育成単層林のプロット数がほぼ同数に近い3地域の木本類総種数をみると、表東北地域では、天然生林が134種、育成単層林が116種、裏東北・北陸地域では、天然生林が121種、育成単層林が124種、北近畿・中国では天然生林が156種、育成天然林が146種となっており、いずれも種数差は小さい。要因の一つとしては育成単層林のうちスギ・ヒノキ以外の樹種(例えばカラマツ、アカマツ、広葉樹等)のプロット数が多いことが挙げられるが、天然生林と育成単層林における木本種の違い等の分析は今後の調査課題と考えられる。

図表3-1-16 スギ標高帯別・地域別木本類総種数

地域名	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	400	248	149	189	94	327	221	159	257	328	85	80
表東北	172	125		55		134	71	3	99	116	24	22
裏東北・北陸	155	110	15	58	6	121	105		90	124	24	23
北関東・東山	151	98		77		122	58	34	52	92		16
南関東・東海	161	73	52	33	16	113	62	48	67	114		4
北近畿・中国	189	133	64	80	36	156	65	90	112	146	17	25
南近畿・四国	146	80	35	47		113	67	66	53	105	39	
九州	181	27	107	58	58	141	92	76	95	151	21	14

## 3-1-5 地域別林種別草本類総種数

## (1) 都道府県別草本類総種数

## 1) 調査プロットの総種数

調査プロット数については原則的に木本類と同じとなるが、様式6-2、6-3のデータがない場合にはプロット数が合わない場合もある。

図表3-1-17は、都道府県別の異なる草本種の種数及び調査プロット数の合計である。

全国の天然生林のプロット数は4,700余、育成単層林のプロット数は4,300余と400プロット程度の差はあるものの4,000プロット以上で1割以下の差であることから、出現種数はほぼ母集団数に近いと考えられる(母集団種数の下限については後述)。天然生林の総種数は2,022種、育成単層林では2,036種とほとんど差はない。

都道府県では、林種間でプロット数にばらつきがあるため比較はできないが、天然生林落葉中高木と育成単層林スギのプロット数がほぼ同数である、青森県、秋田県、福井県、鳥取県の総種数を見ると、いずれも育成単層林スギの総種数の方が天然生林落葉中高木よりもやや多くなっている。林種の立地等、要因の分析は今後の調査課題である。

図表3-1-17 都道府県別草本類総種数

調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	9,664	2,891	419	1,219	203	4,732	1,693	997	1,689	4,379	220	333
北海道	2,252	908		372	11	1,291	13		681	694	103	164
青森県	279	86		35	8	129	83		41	124	6	20
岩手県	499	197		46	6	249	61		156	217	7	26
宮城県	160	64	1	12	1	78	47	1	32	80		2
秋田県	404	164		28	7	199	167		34	201	2	2
山形県	273	181		13	2	196	58		15	73	2	2
福島県	335	170		43	2	215	51	7	54	112	2	6
茨城県	68	12	1	11	1	25	22	12	7	41		2
栃木県	145	45	1	16	3	65	27	36	11	74	3	3
群馬県	172	63		17	4	84	29	14	32	75	10	3
埼玉県	38	10		6		16	14	7		21		1
千葉県	33	3	8	4	2	17	10	1	5	16		
東京都	33	3	2	1	3	9	10	7	2	19		5
神奈川県	43	16	1	6		23	9	9	2	20		
新潟県	247	125	2	31	4	162	68		13	81	4	
富山県	54	27		5	3	35	13		5	18		1
石川県	81	25		16	1	42	20		13	33	4	2
福井県	107	41	6	6	1	54	40		11	51	2	
山梨県	89	23		16		39	6	15	25	46	2	2
長野県	339	64		65	3	132	31	30	131	192	11	4
岐阜県	348	82	1	71	4	158	55	84	33	172	12	6
静岡県	167	18	9	24	2	53	47	46	14	107	1	6
愛知県	74	4	3	8	2	17	16	24	13	53	4	
三重県	146	20	18	12	2	52	41	42	11	94		
滋賀県	81	24	1	15	2	42	17	9	11	37	1	1
京都府	110	27	4	21	4	56	21	14	16	51		3
大阪府	17	2	1	6		9	1	2	4	7	1	
兵庫県	252	70	17	37	7	131	51	39	23	113	2	6
奈良県	127	9	1	14	1	25	43	49	9	101		1
和歌山県	179	15	20	12	2	49	42	50	17	109	18	3
鳥取県	122	41	4	11	1	57	38	16	10	64	1	
島根県	200	75	27	23	7	132	26	17	22	65	1	2
岡山県	204	59	12	31	5	107	21	43	17	81	9	7
広島県	223	68	6	37	8	119	16	37	28	81		23
山口県	163	23	34	19	5	81	25	38	17	80		2
徳島県	133	15	5	15	3	38	59	18	17	94		1
香川県	50	14	5	13	1	33	3	11	3	17		
愛媛県	142	25	13	19	1	58	32	41	10	83		1
高知県	240	16	27	24	4	71	63	80	18	161	7	1
福岡県	92	2	15	5	5	27	34	16	14	64		1
佐賀県	44		5	2	1	8	14	15	5	34	2	
長崎県	101	3	29	9	5	46	11	31	10	52	1	2
熊本県	172	12	28	8	6	54	57	42	16	115		3
大分県	156	20	9	12	13	54	50	27	12	89		13
宮崎県	231	15	44	9	15	83	80	27	36	143	1	4
鹿児島県	209	5	46	11	26	88	51	40	28	119	1	1
沖縄県	30		13	2	9	24			5	5		1



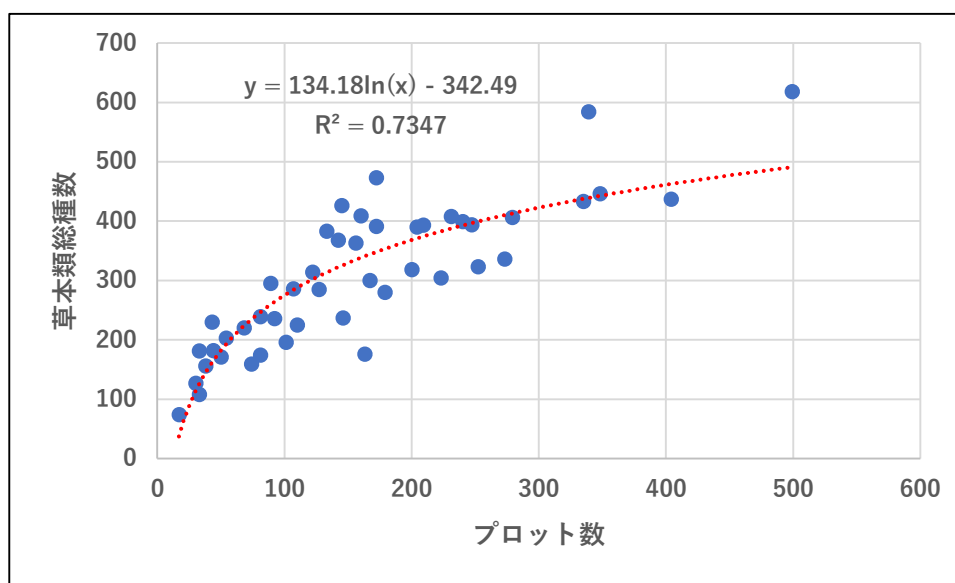
草本類総種数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2,684	1,553	498	1,181	618	2,022	1,346	886	1,434	2,036	554	723
北海道	882	677		438	83	744	70		599	600	251	362
青森県	406	214		213	66	297	265		200	315	51	121
岩手県	618	466		212	47	496	293		372	450	89	187
宮城県	409	249	18	88	16	277	271	22	164	320		11
秋田県	437	279		169	64	325	316		153	337	38	44
山形県	336	274		101	24	290	199		97	211	29	43
福島県	433	313		196	17	364	203	86	162	270	23	40
茨城県	220	52	7	79	11	106	149	94	45	190		12
栃木県	426	216	7	107	42	253	229	221	119	340	31	56
群馬県	473	293		115	94	354	217	141	212	325	103	43
埼玉県	156	45		53		80	94	48		114		4
千葉県	108	16	29	35	29	66	64	15	34	82		
東京都	181	5	27	15	21	67	91	62	16	127		29
神奈川県	230	126	8	73		170	96	83	47	153		
新潟県	394	247	19	182	28	307	233		108	265	63	
富山県	203	140		51	25	160	112		45	125		8
石川県	239	121		108	7	170	140		84	164	45	17
福井県	286	159	21	56	18	196	194		58	211	43	
山梨県	295	94		101		153	37	121	149	230	8	11
長野県	584	258		184	33	346	202	89	361	448	63	59
岐阜県	446	217	11	177	53	300	254	161	129	335	53	29
静岡県	300	73	31	103	3	152	155	134	87	236	8	27
愛知県	159	8	5	34	4	36	105	89	20	149	13	
三重県	237	50	32	36	2	84	160	120	40	215		
滋賀県	174	78	2	63	10	117	76	24	52	105	5	20
京都府	225	92	16	49	18	124	100	45	77	165		23
大阪府	74	18	2	14		32	34	13	19	55	7	
兵庫県	323	166	29	120	40	221	203	133	108	257	9	20
奈良県	285	21	6	68	4	87	181	171	73	260		3
和歌山県	280	88	47	36	16	134	159	124	71	217	91	9
鳥取県	314	142	23	83	11	180	226	116	35	268	9	
島根県	318	178	91	69	56	243	163	92	94	211	10	14
岡山県	390	150	27	124	22	203	167	198	148	307	86	57
広島県	304	150	14	79	62	189	135	140	94	230		56
山口県	176	51	51	68	25	107	110	81	40	148		6
徳島県	383	122	14	105	8	190	255	58	147	323		11
香川県	171	66	33	93	15	137	17	67	22	83		
愛媛県	368	158	63	137	10	238	194	204	48	287		4
高知県	399	76	91	131	32	221	229	206	75	329	12	20
福岡県	236	33	47	36	26	89	183	67	43	214		4
佐賀県	182		43	7	8	46	113	97	28	167	23	
長崎県	196	9	69	51	24	97	77	115	58	166	11	6
熊本県	391	100	76	39	49	177	272	172	93	342		10
大分県	363	87	21	66	52	154	238	118	92	289		86
宮崎県	408	92	108	75	74	185	304	116	218	370	7	30
鹿児島県	393	51	144	86	109	220	230	160	141	320	18	17
沖縄県	127		90	29	80	120			43	43		11

## 2) 調査プロット数と草本類出現総種数との関係

調査プロット数が増加すると出現総種数も増加することは、本節の最初に北海道の例として既に説明したとおりであるが、都道府県別の調査プロット数と草本種数の関係をグラフ化したのが図表3-1-18である(北海道を除く)。このグラフからも、調査プロット数が増加すると出現種数も増加する傾向がわかる。

図表3-1-18 都道府県のプロット数と草本類総種数の関係



## 3) Chao2 による草本類母集団種数下限値の推定

Chao の母集団種数下限推定値を求める式は第 2 章 2-1 においても説明したとおり、下記の式で示される。

$$ES = S_{obs} + RS_1^2 / 2RS_2$$

$S_{obs}$ : n 個のサンプルから得られた全種数

Chao1 の場合の  $RS_1$  と  $RS_2$

$RS_1$ : 全サンプル中 1 個体だけ得られた種数

$RS_2$ : 全サンプル中 2 個体だけ得られた種数

Chao2 の場合

$RS_1$ : 全サンプル中 1 つのサンプルにだけ出現した種数

$RS_2$ : 全サンプル中 2 つのサンプルにだけ出現した種数

基礎調査では、草本類の個体数あるいは優占度が調査されていないことから、Chao1 ではなく Chao2 の式により母集団種数の下限値を推定する。

Chao2 の  $RS_1$  は、ある種が複数の調査プロットのうち一つの調査プロットにのみ出現した場合であるので、種別の出現プロット数をカウントし、プロット数が 1 である種数を合計すると  $RS_1$  を求めることができる。

図表3-1-19は、都道府県別の総種数推定値を算出したものである。前述のように都道府県のプロット数が少ない場合にはRS1のプロット数が多くなる傾向があり、Chao2の推定種数とプロット(サンプル)総種数との差が大きくなる。図表中の黄色に塗り潰した部分は、15%以上の乖離がある都府県である。全国及び北海道についてはChao2の推定値がほぼ母集団下限値を示しているのではないかと考えられる。

図表3-1-19 Chao2による草本類都道府県別母集団種数下限値

都道府県	プロット数	プロット総種数	RS1	RS2	推定総種数
全国	9,664	2,684	315	181	2,958
北海道	2,252	882	101	67	958
青森県	279	406	47	37	436
岩手県	499	618	87	41	710
宮城県	160	409	56	34	455
秋田県	404	437	47	37	467
山形県	273	336	40	27	366
福島県	335	433	57	28	491
茨城県	68	220	42	22	260
栃木県	145	426	76	30	522
群馬県	172	473	74	47	531
埼玉県	38	156	40	11	229
千葉県	33	108	14	10	118
東京都	33	181	39	13	240
神奈川県	43	230	62	21	322
新潟県	247	394	59	27	458
富山県	54	203	31	12	243
石川県	81	239	36	19	273
福井県	107	286	48	33	321
山梨県	89	295	58	32	348
長野県	339	584	87	48	663
岐阜県	348	446	68	40	504
静岡県	167	300	54	32	346
愛知県	74	159	24	14	180
三重県	146	237	31	23	258
滋賀県	81	174	20	16	187
京都府	110	225	35	24	251
大阪府	17	74	18	3	128
兵庫県	252	323	51	21	385
奈良県	127	285	38	24	315
和歌山県	179	280	44	21	326
鳥取県	122	314	66	25	401
島根県	200	318	52	31	362
岡山県	204	390	58	40	432
広島県	223	304	50	30	346
山口県	163	176	33	14	215
徳島県	133	383	63	25	462
香川県	50	171	31	14	205
愛媛県	142	368	67	29	445
高知県	240	399	56	42	436
福岡県	92	236	46	15	307
佐賀県	44	182	41	9	275
長崎県	101	196	31	22	218
熊本県	172	391	55	34	435
大分県	156	363	66	26	447
宮崎県	231	408	56	29	462
鹿児島県	209	393	52	29	440
沖縄県	30	127	17	17	136

北海道、沖縄県を除く、スギ地域区分別に推定したのが図表3-1-20である。南関東・東海地域のプロット数が564プロットと他の地域に比べて少ないが、概ね調査サンプルとしては十分ではないかと考えられることから、推定種数が母集団種数下限値に近い値となっているのではないかと考えられる。

図表3-1-20 Chao2によるスギ地域別母集団種数下限値

地域	プロット数	プロット総 種数	RS1	RS2	推定総種 数
全国	7,382	2,253	291	146	2,543
表東北	994	827	104	61	916
裏東北・北陸	1,445	883	114	70	976
北関東・東山	1,131	1,031	130	106	1,111
南関東・東海	564	628	83	48	700
北近畿・中国	1,372	752	86	65	809
南近畿・四国	871	752	98	54	841
九州	1,005	881	122	61	1,003

## (2) スギ標高帯別都道府県別草本類種数

スギ標高帯別のプロット数は少ないのでこの集計は参考程度ではあるが、図表3-1-21中の黄色に塗りつぶした都道府県については、天然生林と育成単層林の調査プロット数が10プロット以上ではほぼ同数であることからある程度比較可能と考えられる。

東北の青森県、岩手県、山形県は、天然生林の草本種数が多くなっているのに対して、西日本の石川県、京都府、広島県、山口県では同数かもしくは育成単層林の草本種数が多くなっている。スギ標高帯は、平均標高から±25m～±50m程度と極めて狭い範囲であり、環境条件は、両者ほぼ、同じと考えられる。想定される要因としては、樹木の生育適地の多くが育成単層林となっていて、急傾斜地や崖地、溪流周辺等が天然生林であることが挙げられるが、今後の調査課題である。

図表3-1-21 スギ標高帯別都道府県別草本類総種数

## 調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,050	229	51	116	10	406	312	167	134	613	16	15
北海道												
青森県	36	12		6		18	10		4	14	1	3
岩手県	60	25		5		30	9		19	28	1	1
宮城県	19	2		2		4	11		4	15		
秋田県	27	7		1		8	15		4	19		
山形県	28	15				15	9		3	12		1
福島県	54	24		7		31	10	1	10	21	1	1
茨城県	18	6		1		7	8	3		11		
栃木県	13	2		3		5	7		1	8		
群馬県	21	7		1		8	6	3	4	13		
埼玉県	4						3	1		4		
千葉県	11	2	2	2		6	3		2	5		
東京都	7		1	1		2	5			5		
神奈川県	11	3		3		6	2	3		5		
新潟県	28	11		6	1	18	7		2	9	1	
富山県	12	5				5	6		1	7		
石川県	23	8		2		10	6		5	11	2	
福井県	18	5	1			6	10		2	12		
山梨県	15	7		1		8	3	2	2	7		
長野県	26	3		7		10	7	3	6	16		
岐阜県	36	7		8		15	5	14	1	20		1
静岡県	20	1		2		3	7	8	1	16		1
愛知県	19	1	1	5	1	8	3	4	4	11		
三重県	23	2	4			6	9	5	3	17		
滋賀県	17	5		1		6	4	2	4	10	1	
京都府	23	4		5	2	11	4	3	5	12		
大阪府	4	1	1			2	1		1	2		
兵庫県	28	3	3	3		9	12	6	1	19		
奈良県	25			4		4	10	11		21		
和歌山県	34	2	3	3		8	9	10	3	22	4	
鳥取県	18	6		1		7	5	4	2	11		
島根県	33	14	3	6		23	5	2	2	9		1
岡山県	35	9	1	3		13	6	11	3	20	1	1
広島県	50	13	1	9		23	2	12	11	25		2
山口県	36	6	3	7	1	17	4	12	3	19		
徳島県	11			1		1	10			10		
香川県	9	5				5	2	1	1	4		
愛媛県	14	1	1			2	7	4	1	12		
高知県	25	3		2		5	10	5	2	17	3	
福岡県	15		2			2	6	7		13		
佐賀県	10		3			3	4	3		7		
長崎県	45		11	4	1	16	6	16	7	29		
熊本県	26	1	2	1		4	14	3	4	21		1
大分県	14	1		2	1	4	6	1	2	9		1
宮崎県	20		4	1	1	6	9	3	1	13		1
鹿児島県	29		4		2	6	15	4	3	22	1	
沖縄県												

草本類出現種数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,094	499	131	414	62	705	704	399	411	882	98	105
北海道												
青森県	194	106		97		154	98		32	110	8	36
岩手県	289	203		65		228	80		148	175	20	13
宮城県	159	29		22		43	123		50	144		
秋田県	142	82		21		87	107		48	120		
山形県	133	105				105	79		26	87		8
福島県	197	127		73		157	89	9	78	127	2	11
茨城県	117	31		22		43	84	30		97		
栃木県	127	15		23		32	116		8	120		
群馬県	184	69		23		78	102	44	75	155		
埼玉県	32						25	11		32		
千葉県	55	11	4	31		38	21		20	34		
東京都	84		17	15		32	64			64		
神奈川県	109	40		57		86	30	31		53		
新潟県	150	67		69	10	111	77		19	86	29	
富山県	99	37				37	76		23	84		
石川県	126	57		20		71	66		45	88	10	
福井県	112	30	13			39	96		7	96		
山梨県	91	49		13		54	19	31	16	56		
長野県	128	25		28		40	79	22	56	116		
岐阜県	124	45		30		62	67	55	9	102		3
静岡県	77	1		25		25	49	35	4	63		7
愛知県	76	2	1	29	3	30	42	21	8	64		
三重県	98	6	9			13	70	28	15	95		
滋賀県	55	24		5		25	32	3	16	43	5	
京都府	87	25		20	7	39	43	23	12	65		
大阪府	47	14	2			16	34		3	36		
兵庫県	109	9	14	30		46	69	33	22	93		
奈良県	130			48		48	79	66		112		
和歌山県	108	8	5	7		17	76	38	20	95	30	
鳥取県	96	35		17		45	66	28	14	84		
島根県	110	37	12	39		63	69	22	10	84		7
岡山県	186	58	1	41		85	64	112	69	156	2	15
広島県	151	44	2	40		67	16	83	68	122		8
山口県	89	25	8	32	16	58	23	43	12	59		
徳島県	99			14		14	93			93		
香川県	56	43				43	14	11	3	23		
愛媛県	127	8	2			10	94	38	15	121		
高知県	92	20		21		37	60	33	7	79	8	
福岡県	107		14			14	79	44		103		
佐賀県	84		32			32	49	42		72		
長崎県	134		42	39	5	68	57	64	41	105		
熊本県	162	14	14	8		32	138	26	32	155		6
大分県	104	10		13	2	23	63	3	36	87		14
宮崎県	99		13	22	7	31	75	30	5	91		11
鹿児島県	177		22		23	40	127	49	27	158	18	
沖縄県												

### (3) スギ地域別草本類総種数

図表3-1-22は、北海道・沖縄県を除くスギ地域別草本類プロット数を集計したものである。図表3-1-23は、種数の集計結果である。

種数について検討する場合、調査プロット数がほぼ同数であることを条件とすると、種数差があれば何かしらの要因があると考えられるが、基礎調査データから要因を探ることは、一部は可能であるが一般的には困難であり、別途調査が必要となると考えられる。

例えば、育成単層林スギの地域間比較をすると、プロット数がほぼ同数となる東北北部、関東北部・中部、関東南部では、順に454種、497種、374種と、関東南部の種数が格段に少なくなっている。要因としては関東南部の間伐が進んでいない等が考えられ、育成単層林スギの立木密度と草本種数との関係进行分析する必要があるといったケースである。ちなみに、育成単層林スギの近畿中国、近畿南部四国、九州のプロット数もほぼ同数であり順にやや多くなっており、草本種数も同様に453種、469種、584種と多くなる。九州の草本種数が特に多いので、この地域の間伐状況が良好なのか、あるいは間伐済みの高齢林が多くなっているのが要因なのか、別途調査が必要である。

全国の天然生林計と育成単層林計のプロット数も育成単層林計がやや多いものの同数程度となっているが、天然生林計が1,631種、育成単層林計が1,773種と育成単層林計の種数の方が142種も多い。調査プロット数が3,000プロットを超えているのではほぼ母集団種数下限値に近い値となることから、全国レベル(北海道、沖縄県を除く)の出現草本種数については天然生林よりも育成単層林の方がやや多いと言えそうである。

ちなみに、天然生林には存在するが育成単層林には出現しない種は482種、育成単層林には存在するが天然生林には出現しない種は583種であった。両林種に共通の種は、1,216種であった。

図表3-1-22 スギ地域別草本類調査プロット数(北海道・沖縄県を除く)

地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,382	1,983	406	845	183	3,417	1,680	997	1,003	3,680	117	168
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,131	287	2	191	14	494	162	186	232	580	38	19
南関東・東海	564	76	42	66	12	196	155	141	54	350	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	871	94	71	97	12	274	242	249	74	565	25	7
九州	1,005	57	176	56	71	360	297	198	121	616	5	24

図表3-1-23 スギ地域別草本類種数(北海道・沖縄県を除く)

地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2,253	1,251	435	955	525	1,631	1,340	886	1,127	1,773	408	497
表東北	827	602	18	321	70	659	454	96	452	609	103	199
裏東北・北陸	883	564	39	426	143	691	595		360	656	157	165
北関東・東山	1,031	575	18	398	184	705	497	414	534	812	196	166
南関東・東海	628	215	89	230	64	376	374	305	180	506	19	54
北近畿・中国	752	422	149	296	144	520	453	358	322	611	106	128
南近畿・四国	752	310	157	300	62	477	469	409	269	632	95	40
九州	881	241	270	205	204	496	584	373	358	735	48	130

#### (4) スギ標高帯別地域別草本類総種数

図表3-1-24、4-25は、スギ標高帯別地域別の集計結果である。表東北、裏東北・北陸の天然生林、育成単層林のプロット数は、ほぼ同じである。総種数は、やや天然生林が多くなっているがほぼ同じ程度と言って良い。裏東北・北陸の天然生林落葉中高木と育成単層林スギのプロット数は同数の63プロットであるが、スギの方が272種と落葉中高木の15%程度多くなっている。北近畿・中国の同様の林種では落葉中高木が61プロット、スギが43プロットと落葉中高木のプロット数が50%程度多いにもかかわらず、種数は落葉中高木が149種、スギが208種とスギの方が40%程度多くなっている。関東以西では、育成単層林が天然生林よりも草本類総種数の多い傾向が見られる。

図表3-1-24 スギ標高帯別地域別草本類プロット数(北海道・沖縄県を除く)

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,050	229	51	116	10	406	312	167	134	613	16	15
表東北	133	51		14		65	30	1	33	64	2	2
裏東北・北陸	172	63	1	15	1	80	63		21	84	4	4
北関東・東山	115	26		20		46	31	23	14	68		1
南関東・東海	109	15	8	14	1	38	37	23	10	70		1
北近畿・中国	244	61	12	35	3	111	43	52	32	127	2	4
南近畿・四国	118	11	4	10		25	48	31	7	86	7	
九州	159	2	26	8	5	41	60	37	17	114	1	3

図表3-1-25 スギ標高帯別地域別草本類種数(北海道・沖縄県を除く)

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,098	499	131	417	62	708	708	399	411	885	98	105
表東北	391	262		127		297	184	9	193	270	22	22
裏東北・北陸	425	234	13	162	10	304	272		116	298	45	41
北関東・東山	376	147		70		170	245	123	115	328		3
南関東・東海	321	64	28	118	3	168	210	98	42	260		7
北近畿・中国	378	149	29	143	23	222	208	189	153	325	7	24
南近畿・四国	316	67	7	74		124	224	126	36	277	34	
九州	402	22	94	64	35	154	299	147	100	357	18	27

#### 3-1-6 木本類の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度については、第2章2-1に紹介しているので、本節では省略する。

##### (1) 都道府県別木本類平均 $\alpha \cdot \beta$ 多様度

平均 $\alpha$ 多様度(図表3-1-26)は、プロット毎の木本類種数の平均値であり、都道府県別に算出してある。標準偏差も算出しているが省略する。

都道府県別の調査プロット数が少ないため平均値の信頼区間はかなり広くなることから、北海道を除いては参考程度ではないかと考えられる。スギの平均 $\alpha$ 多様度(平均種数)では、京都府の2.8種から島根県の9.6種までばらついているが全国平均では6種となっている。一方、天然生林落葉中高木もスギよりは高いが、北海道の5.1種から鹿児島県の18.6種と大きくばらついている(大阪府はプロット数が少ないので検討から除外)。天然生林落葉中高木の全国平均は8.5種とスギよりも50%近く多くなっている。



図表3-1-26 都道府県別平均 $\alpha$ 多様度(平均種数)

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7.7	8.5	12.5	7.7	10.5	8.7	6.0	5.8	8.1	6.7	6.7	6.7
北海道	5.0	5.1		5.3	4.5	5.1	8.1		4.7	4.7	5.3	4.7
青森県	7.3	7.7		6.5	6.3	7.3	6.1		9.8	7.3	8.5	6.5
岩手県	9.5	9.4		9.7	11.8	9.5	7.1		10.4	9.5	10.0	9.4
宮城県	9.6	10.9	6.0	10.2	8.0	10.7	6.6	2.0	11.6	8.6		9.5
秋田県	8.2	9.0		7.8	9.1	8.8	7.2		9.3	7.5	10.5	5.0
山形県	8.6	9.2		9.2	8.5	9.2	6.6		9.3	7.2	7.0	3.0
福島県	9.8	9.9		8.7	6.5	9.7	7.3	6.3	12.9	9.9	14.5	11.3
茨城県	8.5	12.3	8.0	10.3	11.0	11.2	7.1	2.8	11.9	6.7		10.5
栃木県	6.3	8.2	6.0	9.4	8.0	8.5	4.3	3.5	7.6	4.4	6.3	7.0
群馬県	6.6	7.8		6.2	3.8	7.3	4.6	2.4	8.6	5.9	6.6	8.3
埼玉県	5.8	6.4		6.5		6.4	6.6	2.9		5.4		3.0
千葉県	10.5	12.3	12.3	8.0	13.5	11.4	7.6	7.0	13.6	9.4		
東京都	7.0	9.3	13.0	2.0	7.0	8.6	4.8	4.0	9.5	5.0		11.8
神奈川県	7.8	9.7	11.0	5.7		8.7	7.3	4.1	17.0	6.9		
新潟県	9.4	10.7	4.5	9.3	6.3	10.2	7.4		10.3	7.9	6.8	
富山県	8.6	9.6		7.0	10.7	9.3	6.5		8.2	7.0		11.0
石川県	10.0	13.3		9.0	11.0	11.6	6.6		10.8	8.2	8.3	9.5
福井県	8.0	10.0	10.2	6.3	3.0	9.5	5.4		9.8	6.3	13.0	
山梨県	7.2	9.8		8.5		9.3	3.7	2.7	7.4	5.3	10.0	9.0
長野県	6.9	8.2		7.2	9.3	7.7	4.1	4.4	7.2	6.2	9.3	7.5
岐阜県	7.3	9.5	17.0	8.3	10.3	9.0	5.1	4.8	9.7	5.9	4.1	6.8
静岡県	6.6	9.8	11.4	6.7	11.0	8.7	4.8	5.5	8.6	5.6	2.0	6.0
愛知県	7.2	12.8	10.7	7.1	15.5	10.1	4.4	5.4	11.1	6.5	3.8	
三重県	6.7	11.6	11.0	8.3	9.0	10.5	3.1	4.5	10.5	4.6		
滋賀県	8.1	9.7	7.0	10.2	4.5	9.5	4.1	6.1	10.4	6.5	17.0	3.0
京都府	7.4	11.1	9.3	6.4	12.3	9.3	2.8	4.1	9.9	5.4		7.0
大阪府	6.9	4.5	9.0	7.2		6.8	3.0	2.5	10.5	7.1	6.0	
兵庫県	7.6	10.7	9.0	8.6	9.7	9.8	3.5	3.8	9.3	4.8	11.0	10.0
奈良県	5.0	12.7	9.0	8.0	11.0	9.8	3.2	3.7	7.8	3.8		1.0
和歌山県	6.3	12.2	11.2	9.3	6.0	10.8	3.8	4.2	6.9	4.4	5.1	7.0
鳥取県	8.3	9.3	12.0	6.7	13.0	9.0	6.5	6.7	13.4	7.6	15.0	
島根県	12.6	13.4	13.6	12.7	11.1	13.2	9.6	9.2	14.6	11.2	28.0	15.0
岡山県	8.8	11.8	9.4	10.4	7.6	10.9	5.7	5.7	9.5	6.5	6.7	7.1
広島県	10.3	12.2	14.0	10.1	9.8	11.4	6.3	5.8	12.9	8.3		11.3
山口県	10.0	12.5	12.4	11.3	7.8	11.9	6.6	7.4	12.1	8.1		6.0
徳島県	6.8	9.5	11.6	9.3	10.3	9.8	4.1	4.4	12.7	5.7		2.0
香川県	10.0	12.1	13.0	8.8	7.0	10.8	7.0	8.2	11.7	8.6		
愛媛県	9.5	11.8	10.7	10.4	4.0	10.9	8.3	8.0	11.8	8.6		10.0
高知県	9.5	16.1	13.8	9.1	8.5	12.5	6.5	7.4	15.8	8.0	14.3	7.0
福岡県	8.0	10.0	10.6	9.0	11.4	10.4	6.9	4.8	9.4	6.9		14.0
佐賀県	8.8		11.0	10.5	14.0	11.3	7.9	9.1	7.8	8.4	6.0	
長崎県	9.0	11.0	11.1	5.8	11.8	10.1	5.6	8.2	10.0	8.0	1.0	12.5
熊本県	8.4	9.4	11.9	10.8	10.7	11.1	6.5	6.4	12.3	7.2		7.3
大分県	7.7	11.0	12.1	10.4	12.1	11.3	5.1	5.7	9.3	5.8		5.5
宮崎県	10.3	9.2	15.8	11.3	10.9	13.3	6.9	8.6	12.4	8.6	19.0	10.8
鹿児島県	11.8	18.6	14.2	12.1	15.1	14.5	7.0	10.4	14.0	9.8	21.0	19.0
沖縄県	17.0		16.1	10.0	19.6	16.9			17.6	17.6		18.0

図表3-1-27は、 $\beta$ 多様度を計算したものである。 $\beta$ 多様度は、地域における異なる種の合計を平均 $\alpha$ 多様度で割った値であり、分子の総種数が多くなれば多様度も大きくなる。総種数は、調査プロット数に左右されるので、この表で林種別に比較検討できるのは全国と北海道だけではないかと思われる。

図表3-1-9によれば、全国の育成単層林計木本類種数は559種、天然生林計は664種であり種数は天然生林が多く、平均 $\alpha$ 多様度についても、育成単層林が6.7種、天然生林が8.7種と天然生林が多い。一方、 $\beta$ 多様度は、育成単層林が82.9、天然生林が76.1と育成単層林が高くなっている。二つの林種を比較したとき、 $\beta$ 多様度が高い育成単層林の方が多様性が高いといえるかについては問題がある。 $\beta$ 多様度は、調査プロットに出現する種の組み合わせの度合いを示すものではないかと考えられるからである。つまり、 $\beta$ 多様度が高い育成単層林は、調査プロットの出現種数が少なく、かつ、プロット間で異なる種の出現割合がやや高

いことを示すのではないかと考えられる。このことは、育成単層林のプロットでは、一定の割合で間伐等的人為的攪乱が行われていることから出現種に影響を与えていると考えられるからである。このことから、 $\alpha$ 、 $\beta$  多様度による多様性の評価においては、一つの仮説として次のように表現できると考えられる。

二つの林種を比較する場合、ほぼ同一のプロット数の調査である条件下では、総種数( $\gamma$  多様度)の多い林種が基本的に多様性は高く、 $\alpha$  多様度が低く、 $\beta$  多様度が高い林種は、調査プロット間の出現種の変化が大きく、逆に  $\alpha$  多様度が高く、 $\beta$  多様度が高い林種は調査プロット間の変化は少ない。

いずれにしても、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度による多様性の評価については、地域面積、調査プロット数等の基本的条件に加えて、自然環境条件等がほぼ同一と見なせるなどの諸条件についての詳細な設定と試行を基に評価結果を検討する必要があると考えられる。

図表3-1-27 都道府県別木本類  $\beta$  多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	94.4	57.5	27.8	53.0	34.9	76.1	63.6	49.3	62.1	82.9	35.8	41.7
北海道	29.4	23.0		15.7	7.5	24.3	6.2		23.9	24.9	13.7	15.8
青森県	17.4	10.8		10.9	4.5	13.0	12.8		9.2	14.6	3.4	7.4
岩手県	19.8	16.6		10.8	4.0	17.3	12.6		13.0	15.4	4.5	8.7
宮城県	17.1	11.8	1.0	5.7	1.0	12.8	14.5	1.0	8.0	14.5		1.9
秋田県	17.2	11.5		8.9	3.5	13.4	14.2		8.3	15.2	1.7	2.0
山形県	16.9	13.7		6.1	2.0	14.1	10.2		6.5	11.4	1.9	2.0
福島県	23.0	18.5		12.7	2.0	20.7	14.1	4.8	9.5	15.8	1.9	4.0
茨城県	13.6	5.3	1.0	6.1	1.0	7.8	9.0	6.7	3.4	11.7		1.8
栃木県	25.8	13.8	1.0	7.9	2.8	16.4	10.9	15.3	6.5	21.2	2.5	2.9
群馬県	27.5	16.0		9.3	3.5	19.9	11.9	6.8	12.1	21.7	6.1	2.3
埼玉県	16.7	7.5		4.6		10.6	6.9	4.9		9.3		1.0
千葉県	8.7	2.2	3.7	2.6	1.6	5.7	4.9	1.0	3.5	7.2		
東京都	14.9	2.5	1.7	1.0	2.6	7.0	5.2	4.3	1.7	9.6		2.4
神奈川県	15.2	8.5	1.0	5.1		10.4	5.0	5.4	1.9	8.9		
新潟県	19.0	12.6	1.6	10.0	3.4	15.3	13.1		5.7	13.9	3.1	
富山県	14.0	9.4		4.4	2.6	11.2	6.7		4.1	8.7		1.0
石川県	13.5	7.3		7.2	1.0	10.2	8.1		6.1	9.9	3.4	1.8
福井県	18.8	10.9	3.7	4.4	1.0	13.0	15.5		5.7	16.3	1.8	
山梨県	19.5	9.2		8.1		12.4	3.3	7.1	11.1	17.6	1.7	1.6
長野県	33.4	17.2		16.7	2.9	23.2	12.7	12.4	22.4	28.7	5.9	3.9
岐阜県	28.4	15.0	1.0	14.5	3.0	19.4	18.5	16.9	11.2	25.9	6.9	4.4
静岡県	29.6	9.8	5.2	11.0	1.9	16.7	13.6	15.2	8.4	23.1	1.0	4.5
愛知県	15.4	2.6	2.3	4.8	1.5	7.0	7.8	11.3	4.7	13.9	3.2	
三重県	21.8	7.3	6.0	6.5	1.6	11.4	12.8	10.7	6.2	21.5		
滋賀県	14.6	8.7	1.0	6.4	2.0	10.9	9.5	4.6	5.9	11.8	1.0	1.0
京都府	15.4	8.1	3.2	5.8	2.8	11.2	8.5	5.3	5.9	12.1		2.6
大阪府	7.6	2.0	1.0	3.6		4.9	1.0	1.6	3.0	5.0	1.0	
兵庫県	22.6	12.5	6.1	9.5	4.9	15.5	17.0	13.4	9.1	22.9	1.8	4.7
奈良県	23.8	5.2	1.0	6.5	1.0	8.3	14.0	16.3	5.8	22.9		1.0
和歌山県	25.1	7.5	6.8	5.0	1.8	11.6	12.8	13.2	10.2	22.7	7.0	2.7
鳥取県	18.4	11.5	3.0	6.7	1.0	13.3	13.7	7.3	4.9	16.4	1.0	
島根県	16.0	11.3	7.4	7.0	4.1	14.0	9.4	7.1	7.3	12.7	1.0	1.7
岡山県	20.4	10.4	6.1	8.4	4.2	14.3	10.6	14.7	7.6	17.7	6.3	4.2
広島県	19.2	12.0	3.6	6.5	4.4	14.0	9.0	11.6	8.2	16.4		5.6
山口県	14.4	6.6	6.7	5.7	3.7	10.2	8.5	10.5	5.8	14.2		2.0
徳島県	24.2	9.3	3.2	7.1	2.2	13.3	17.5	8.2	7.8	22.2		1.0
香川県	12.6	5.3	3.5	6.3	1.0	8.8	2.3	7.2	2.4	8.6		
愛媛県	21.0	10.7	5.7	8.4	1.0	15.4	11.2	13.2	6.2	16.3		1.0
高知県	22.2	6.0	7.5	10.5	3.4	13.5	15.4	17.6	6.8	21.2	3.3	1.0
福岡県	15.2	1.9	4.8	2.6	3.2	6.6	10.9	5.8	5.7	14.9		1.0
佐賀県	10.1		3.3	1.5	1.0	4.4	6.2	5.3	3.5	8.8	1.8	
長崎県	13.3	2.5	7.5	5.2	3.4	9.8	5.0	8.1	5.2	10.9	1.0	1.9
熊本県	20.7	7.5	8.6	5.1	3.4	12.8	13.2	12.9	6.9	19.8		2.5
大分県	22.6	8.7	4.3	6.0	6.0	12.8	15.2	9.1	5.5	18.5		7.9
宮崎県	20.8	8.3	8.0	5.3	7.4	12.4	18.3	9.4	11.8	21.9	1.0	2.9
鹿児島県	16.7	3.9	7.8	5.0	6.7	11.4	11.8	8.4	8.3	14.7	1.0	1.0
沖縄県	7.9		6.2	1.7	4.2	7.5			3.1	3.1		1.0

## (2) スギ地域別木本類 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

図表3-1-28は、スギ地域区分別のプロット数、木本類の平均  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度を算出した表である。

### 1) 全国の林種間比較

天然生林計と育成単層林計のプロット数が 3,000 プロット以上で 200 プロット程度の差であることから、両者の多様度を比較してみる。

平均  $\alpha$  多様度は、天然生林計が 10 種、育成単層林計が 7.1 種と天然生林計が多い。 $\gamma$  多様度(総種数)は、天然生林計が 637 種、育成単層林が 538 種と天然生林の方が育成単層林よりも 20% 程度多い。 $\beta$  多様度は、天然生林が 63.6 倍、育成単層林が 75.5 倍となっている。

前述のように木本類の種の多様性としては天然生林が育成単層林よりもやや高く、プロット間の種の変化(違い)度合い( $\beta$  多様度)は育成単層林が高く、天然生林の方がやや安定していると言えそうである。

### 2) 地域間の比較

裏東北・北陸地域と北近畿・中国地域は、調査プロット数が 1,000 プロット以上であり、70 プロット程度の差であることから全体について比較してみる。平均  $\alpha$  多様度は、裏東北・北陸が 8.4 種、北近畿・中国が 9.3 種と 1 種多い。 $\gamma$  多様度(総種数)は、調査プロット数がやや多い裏東北・北陸が 300 種と、北近畿・中国の 314 種よりもやや少なくなっている。 $\beta$  多様度は、裏東北・北陸が 35.7 倍、北近畿・中国が 33.7 倍と裏東北・北陸の方が僅かに高くなっており、プロット間(林分間)の種の変化(違い)度合いは裏東北・北陸の方が高いと思われる。種の多様性についてはこれだけの情報では比較が困難と思われる。

### 3) 表東北の落葉中高木林と育成単層林計の比較

表東北の天然生林落葉中高木林と育成単層林の調査プロット数の差が僅かであるので両者を比較してみる。平均  $\alpha$  多様度は、落葉中高木が 9.8 種、育成単層林計が 9.4 種とほぼ同じである。 $\gamma$  多様度(総種数)は、落葉中高木がやや多く 242 種、育成単層林計が 216 種である。 $\beta$  多様度は、落葉中高木が 24.5、育成単層林計が 22.9 と落葉中高木がやや高くなっている。この程度の差では両者の種の多様性の差は評価できないが、表東北では育成単層林に占めるその他の林種の割合がスギを上回っており、カラマツや広葉樹等が多いと推定されることから種の変化度合いの差が小さくなったと思われる。

### 4) 北近畿・中国のスギ林とヒノキ林の比較

北近畿・中国のスギ林とヒノキ林のプロット数は、ほぼ同数であるので比較してみる。平均  $\alpha$  多様度は、スギが 5.5 種、ヒノキが 5.9 種とヒノキが僅かに多い。 $\gamma$  多様度(総種数)は、スギが 161 種、ヒノキが 150 種とスギの方が多。  $\beta$  多様度は、スギが 29.2、ヒノキが 25.4 と、スギの方が調査プロット間の変化の度合いが大きい。このことは、ヒノキの手入れ状態がスギに比べて比較的良好なため林床木本類の出現が安定しているのではないかと推定されるがこの情報だけでは推測の域をでない。

図表3-1-28 スギ地域別木本類プロット数、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度

プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,388	1,984	407	846	183	3,420	1,680	1,000	1,003	3,683	117	168
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,132	287	2	191	14	494	162	187	232	581	38	19
南関東・東海	565	76	42	66	12	196	155	142	54	351	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	872	94	71	97	12	274	242	250	74	566	25	7
九州	1,008	58	177	57	71	363	297	198	121	616	5	24

$\alpha$  多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	8.5	10.0	12.3	8.7	10.4	10.0	6.0	5.8	10.3	7.1	8.0	8.5
表東北	9.6	9.8	6.0	9.3	10.2	9.7	7.0	5.8	11.1	9.4	11.0	9.8
裏東北・北陸	8.4	9.5	8.8	8.0	7.8	9.2	6.7		9.7	7.4	8.6	6.5
北関東・東山	6.9	8.6	11.5	7.8	7.7	8.2	4.8	4.1	7.8	5.7	6.7	7.3
南関東・東海	7.3	10.9	11.3	7.6	10.8	9.9	5.0	4.8	10.8	5.8	3.4	8.9
北近畿・中国	9.3	11.5	11.7	9.6	9.5	10.9	5.5	5.9	11.6	7.2	9.9	9.9
南近畿・四国	7.8	12.4	12.2	9.2	8.3	11.0	5.1	6.0	11.4	6.3	7.7	5.9
九州	9.5	10.8	13.2	10.0	12.8	12.2	6.5	7.8	11.7	7.9	10.6	8.1

$\beta$  多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	81.9	45.7	28.0	44.9	34.2	63.6	63.2	49.3	46.4	75.8	26.5	29.8
表東北	29.3	24.6	1.0	16.7	5.8	25.9	21.7	5.2	16.5	22.9	5.4	10.4
裏東北・北陸	35.7	24.2	4.8	19.4	10.0	28.5	27.6		17.0	30.8	8.4	10.0
北関東・東山	49.3	28.1	1.8	25.4	9.9	34.0	31.9	30.7	29.2	46.9	14.8	10.1
南関東・東海	43.4	16.2	10.8	18.9	7.7	26.0	27.4	25.9	14.6	37.8	3.8	6.8
北近畿・中国	33.7	21.4	13.9	18.1	11.5	26.5	29.2	25.4	16.7	33.5	8.1	10.1
南近畿・四国	37.6	16.7	11.5	18.8	7.3	23.8	30.5	29.6	15.2	36.8	8.6	5.5
九州	34.1	16.7	15.2	15.2	13.2	22.9	30.1	20.6	18.2	34.2	3.6	12.1

$\gamma$  多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	696	459	346	392	357	637	378	285	478	538	212	254
表東北	282	242	6	156	59	252	153	30	184	216	59	102
裏東北・北陸	300	229	42	155	78	261	186		165	228	72	65
北関東・東山	340	240	21	198	76	280	152	125	227	269	100	73
南関東・東海	315	176	122	143	83	256	136	124	158	219	13	61
北近畿・中国	314	246	163	174	110	289	161	150	193	241	80	100
南近畿・四国	294	206	140	173	60	262	156	176	173	232	66	32
九州	324	181	201	152	169	280	196	160	212	271	38	98

### (3) スギ標高帯別地域別 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

都道府県別のスギ平均標高から $\pm 50\text{m}$ 程度の極めて狭い範囲の調査プロットを抽出して、平均  $\alpha$  多様度、 $\beta$  多様度、 $\gamma$  (総種数) 多様度を計算したのが表4-29である。

調査プロット数の差が少なく、地域間比較、樹種間比較が可能と思われる箇所は、図表中の黄色の塗り潰し部分である。下記のようにいくつかの検討を行った。

#### 1) 北関東・東山地域と南近畿・四国の比較

全林種の調査プロット数差は3プロットであることから全林種で比較する。平均  $\alpha$  多様度はほぼ同じである(9.6種と9.7種)。 $\gamma$  多様度もほとんど差がない(151種と146種)。従って、 $\beta$  多様度の差も僅かなものである(22.6と21.3)。この結果を見る限り、両地域のスギ平均標高帯の木本類多様性はほぼ同じと評価される。しかし、育成単層林比率をみると、北関東・東山地域が59%、南近畿・四国地域が73%となっており、南近畿・四国地域の育成単層林比率が14%程度高いにもかかわらず  $\beta$  多様度の差が少ないという結果である。両地域の同一林種間の比較はプロット数の差が大きいため単純には比較は困難である。南近畿・四国地域の育成単層林の総種数が僅かであるが多いことが要因と推測される。

#### 2) 表東北地域の天然生林と育成単層林の比較

平均  $\alpha$  多様度は、両林種ともほとんど変わらない(8.3種と8.6種)。育成単層林の方が僅かに高いのはスギよりもその他(カラマツ、広葉樹等)の樹種の影響と推測される。 $\gamma$  多様度は、天然生林が134種と育成単層林の116種より多い。 $\beta$  多様度は、天然生林が16.2倍、育成単層林が13.5倍となっている。平均  $\alpha$  多様度がほぼ同じ種数なので、この場合には  $\beta$  多様度が種の多様性を示していると考えられる。

#### 3) 裏東北・北陸地域の天然生林落葉中高木林とスギ林の比較

調査プロット数は同数である。平均  $\alpha$  多様度は、落葉中高木が9.8種、スギが6.5種と3種以上の差があり、落葉中高木はスギの1.5倍の種数になっている。 $\gamma$  多様度は、落葉中高木が110種、スギが105種とやや差があるもののほとんど変わらない。 $\beta$  多様度は、落葉中高木が11.2倍、スギが16.1倍とスギがかなり高い。この場合、 $\beta$  多様度は多様性を示しているとは言えないと思われる。スギは、プロット間に出現する種の違いの度合い(変化度合い)が大きく、落葉中高木の方が安定していると思われる。総種数に差が無く、 $\alpha$ 、 $\beta$  多様度に関係がある場合には、種の多様性をどのように表現するかは、前述したように問題となる。

#### 4) 南近畿・四国地域の天然生林計とヒノキの比較

ヒノキの調査プロット数がやや多い。平均  $\alpha$  多様度は、天然生林計が10.9種、ヒノキが5.2種と天然生林計がヒノキの2倍の種数になっている。 $\gamma$  多様度は、調査プロット数が少ない天然生林計の方がかなり多く113種、ヒノキが66種である。 $\beta$  多様度は、天然生林計が10.3倍、ヒノキが12.8倍であるが、この場合にもヒノキの多様性が高いとは言えないと考えられる。

#### 5) 九州地域の天然生林計とヒノキの比較

調査プロット数は天然生林計がやや多い(43プロットと37プロット)。平均  $\alpha$  多様度は、天然生林計が13.1種、ヒノキが7.9種と天然生林計がかなり多い。 $\gamma$  多様度は、天然生林計が141種、ヒノキが76種と、天然生林計がヒノキの2倍程度の種数になっている。 $\beta$  多様度は、両林種ともそれほど差はなく、天然生林計が10.7倍、ヒノキが9.6倍である。この場合も  $\beta$  多様度で両林種の多様性を評価することは難しい。

図表3-1-29 スギ標高帯別地域別プロット数・ $\alpha$ ・ $\beta$ ・ $\gamma$ 多様度(北海道を除く)

プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,052	229	52	117	10	408	312	167	134	613	16	15
表東北	133	51		14		65	30	1	33	64	2	2
裏東北・北陸	172	63	1	15	1	80	63		21	84	4	4
北関東・東山	115	26		20		46	31	23	14	68		1
南関東・東海	109	15	8	14	1	38	37	23	10	70		1
北近畿・中国	244	61	12	35	3	111	43	52	32	127	2	4
南近畿・四国	118	11	4	10		25	48	31	7	86	7	
九州	161	2	27	9	5	43	60	37	17	114	1	3

平均 $\alpha$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	8.2	10.3	13.0	8.4	14.2	10.2	5.5	5.8	11.0	6.8	11.0	8.5
表東北	8.6	8.6		7.0		8.3	6.4	3.0	10.8	8.6	13.0	11.5
裏東北・北陸	8.4	9.8	15.0	7.5	6.0	9.4	6.5		10.5	7.5	6.8	6.8
北関東・東山	6.7	9.9		9.1		9.5	4.2	3.5	7.5	4.6		16.0
南関東・東海	7.0	11.9	12.0	4.5	16.0	9.3	4.6	5.0	12.0	5.8		4.0
北近畿・中国	9.1	11.4	13.1	9.9	13.3	11.2	4.9	6.1	12.1	7.2	10.5	10.3
南近畿・四国	6.8	13.1	13.3	7.6		10.9	4.5	5.2	11.1	5.3	11.6	
九州	9.2	14.5	13.1	11.2	16.0	13.1	6.5	7.9	11.9	7.7	21.0	5.3

$\beta$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	49.8	24.0	12.1	22.6	6.6	32.8	40.2	27.4	23.5	48.4	7.7	9.4
表東北	20.1	14.5		7.9		16.2	11.0	1.0	9.2	13.5	1.8	1.9
裏東北・北陸	18.5	11.2	1.0	7.7	1.0	12.8	16.1		8.6	16.5	3.6	3.4
北関東・東山	22.6	9.9		8.5		12.8	13.8	9.8	6.9	19.9		1.0
南関東・東海	23.0	6.2	4.3	7.3	1.0	12.2	13.5	9.5	5.6	19.7		1.0
北近畿・中国	20.8	11.7	4.9	8.0	2.7	14.0	13.4	14.7	9.2	20.3	1.6	2.4
南近畿・四国	21.3	6.1	2.6	6.2		10.3	15.0	12.8	4.8	19.9	3.4	
九州	19.6	1.9	8.1	5.2	3.6	10.7	14.2	9.6	8.0	19.5	1.0	2.6

$\gamma$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	408	248	157	189	94	335	221	159	257	328	85	80
表東北	172	125		55		134	71	3	99	116	24	22
裏東北・北陸	155	110	15	58	6	121	105		90	124	24	23
北関東・東山	151	98		77		122	58	34	52	92		16
南関東・東海	161	73	52	33	16	113	62	48	67	114		4
北近畿・中国	189	133	64	80	36	156	65	90	112	146	17	25
南近畿・四国	146	80	35	47		113	67	66	53	105	39	
九州	181	27	107	58	58	141	92	76	95	151	21	14

(4) 木本類の  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度による種の多様性の評価について

$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度による木本類の種の多様性の評価を検討してきたが、この手法では、木本類の種の多様性を一般的に評価することは極めて難しく、 $\alpha$  多様度、 $\gamma$  多様度（総種数）に相当な差がある等の場合のように限定的ではないかと考えられる。

特に、 $\beta$  多様度が何を意味するかについては今後の検討が必要であろう。

### 3-1-7 草本類の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

#### (1) 都道府県別の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

草本類総種数( $\gamma$ 多様度)については前節(3-1-5)において説明したとおりであり、図表3-1-18のように都道府県の調査プロット数の多少は、都道府県の総種数に大きく影響する。母集団総種数よりもかなり少ない都道府県が相当数に上ると考えられ、 $\beta$ 、 $\gamma$ 多様度については、この値をもって地域間あるいは林種間の比較は難しい。

図表3-1-30は、都道府県別プロット数、平均 $\alpha$ 多様度、 $\beta$ 多様度、 $\gamma$ 多様度の算出結果である。

#### 1) 調査プロット数がほぼ同数の長野県と岐阜県の比較

この2県は北アルプス・中央アルプスを挟んだ隣接県であり、調査プロット数もほぼ同数である。林種構成に違いがあり、育成単層林スギ、ヒノキは岐阜県が多く、特に岐阜県ではヒノキ林が多い。一方、長野県では、育成単層林のその他(カラマツ等と推定)が多く、育成単層林の60数%を占めている。 $\gamma$ 多様度(総種数)は、長野県が584種、岐阜県が446種と長野県が多く、長野県の育成単層林その他(カラマツ等)の影響が大きいと推定される。平均 $\alpha$ 多様度全林種をみると長野県が9.5種、岐阜県が10.2種と岐阜県がやや多くなっている。つまり、1プロット当りの種数は長野県では少なく、総種数では岐阜県よりも多いということであり、このことは、木本類においても検討したように、プロット間の出現草本種の違いの度合い(変化度合い)が長野県のほうが大きいことを示している。長野県の $\beta$ 多様度が61.7倍、岐阜県が43.6倍であることで示されていると考えられる。

#### 2) 調査プロットがほぼ同数の島根県と広島県の比較

島根県と広島県は中国山地を挟んで隣接する県である。育成単層林の割合もほぼ同数であり島根県が33%、広島県が36%である。プロット数は広島県の方が10%ほどおおいが、 $\gamma$ 多様度(総種数)は、島根県が318種と広島県の304種より少し多くなっている。

平均 $\alpha$ 多様度は、島根県が9.6種、広島県が8.5種である。 $\beta$ 多様度は、島根県が33.1倍、広島県が35.8倍となっている。それぞれの林種毎の平均 $\alpha$ 多様度をみると広島県の方がやや小さい林種が多くみられることから、プロット間の出現草本種の違いの度合いを $\beta$ 多様度が示していると考えられる。



図表3-1-30 都道府県別草本類 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	9,671	2,892	420	1,220	203	4,735	1,693	1,000	1,690	4,383	220	333
北海道	2,253	908		372	11	1,291	13		682	695	103	164
青森県	279	86		35	8	129	83		41	124	6	20
岩手県	499	197		46	6	249	61		156	217	7	26
宮城県	160	64	1	12	1	78	47	1	32	80		2
秋田県	404	164		28	7	199	167		34	201	2	2
山形県	273	181		13	2	196	58		15	73	2	2
福島県	335	170		43	2	215	51	7	54	112	2	6
茨城県	68	12	1	11	1	25	22	12	7	41		2
栃木県	145	45	1	16	3	65	27	36	11	74	3	3
群馬県	172	63		17	4	84	29	14	32	75	10	3
埼玉県	38	10		6		16	14	7		21		1
千葉県	33	3	8	4	2	17	10	1	5	16		
東京都	33	3	2	1	3	9	10	7	2	19		5
神奈川県	43	16	1	6		23	9	9	2	20		
新潟県	247	125	2	31	4	162	68		13	81	4	
富山県	54	27		5	3	35	13		5	18		1
石川県	81	25		16	1	42	20		13	33	4	2
福井県	107	41	6	6	1	54	40		11	51	2	
山梨県	89	23		16		39	6	15	25	46	2	2
長野県	340	64		65	3	132	31	31	131	193	11	4
岐阜県	348	82	1	71	4	158	55	84	33	172	12	6
静岡県	168	18	9	24	2	53	47	47	14	108	1	6
愛知県	74	4	3	8	2	17	16	24	13	53	4	
三重県	146	20	18	12	2	52	41	42	11	94		
滋賀県	81	24	1	15	2	42	17	9	11	37	1	1
京都府	110	27	4	21	4	56	21	14	16	51		3
大阪府	17	2	1	6		9	1	2	4	7	1	
兵庫県	252	70	17	37	7	131	51	39	23	113	2	6
奈良県	127	9	1	14	1	25	43	49	9	101		1
和歌山県	179	15	20	12	2	49	42	50	17	109	18	3
鳥取県	122	41	4	11	1	57	38	16	10	64	1	
島根県	200	75	27	23	7	132	26	17	22	65	1	2
岡山県	204	59	12	31	5	107	21	43	17	81	9	7
広島県	223	68	6	37	8	119	16	37	28	81		23
山口県	163	23	34	19	5	81	25	38	17	80		2
徳島県	133	15	5	15	3	38	59	18	17	94		1
香川県	50	14	5	13	1	33	3	11	3	17		
愛媛県	143	25	13	19	1	58	32	42	10	84		1
高知県	240	16	27	24	4	71	63	80	18	161	7	1
福岡県	92	2	15	5	5	27	34	16	14	64		1
佐賀県	44		5	2	1	8	14	15	5	34	2	
長崎県	103	3	30	10	5	48	11	31	10	52	1	2
熊本県	172	12	28	8	6	54	57	42	16	115		3
大分県	157	21	9	12	13	55	50	27	12	89		13
宮崎県	231	15	44	9	15	83	80	27	36	143	1	4
鹿児島県	209	5	46	11	26	88	51	40	28	119	1	1
沖縄県	30		13	2	9	24			5	5		1

平均  $\alpha$  多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	11.7	11.2	5.9	11.0	9.7	10.6	16.0	10.6	11.4	13.0	10.9	11.6
北海道	12.1	11.7		13.1	10.8	12.1	11.8		12.1	12.1	10.7	12.9
青森県	14.5	12.8		16.9	12.3	13.9	15.7		14.3	15.2	14.7	13.8
岩手県	14.3	13.9		12.3	9.2	13.5	18.2		13.8	15.0	16.9	15.3
宮城県	15.7	14.8	18.0	11.3	16.0	14.3	21.1	22.0	11.8	17.4		5.5
秋田県	17.6	15.9		20.1	12.1	16.4	19.4		15.4	18.7	21.5	22.5
山形県	14.1	12.1		16.1	12.0	12.3	20.0		12.2	18.4	15.5	22.0
福島県	10.8	10.2		11.2	8.5	10.3	14.6	17.4	8.4	11.8	11.5	8.7
茨城県	13.9	8.8	7.0	14.1	11.0	11.2	18.4	14.2	10.9	15.9		6.0
栃木県	17.8	11.9	7.0	11.8	17.0	12.0	27.4	22.6	13.4	23.0	11.7	22.7
群馬県	17.0	14.0		12.0	28.8	14.3	23.9	20.8	16.9	20.3	15.5	16.7
埼玉県	11.2	7.1		9.7		8.1	15.9	10.1		14.0		4.0
千葉県	10.2	6.0	5.5	13.5	17.5	8.9	12.9	15.0	8.0	11.5		
東京都	11.9	1.7	14.5	15.0	8.7	8.3	16.9	13.3	8.0	14.6		8.0
神奈川県	15.5	13.2	8.0	18.3		14.3	17.7	14.3	24.5	16.9		
新潟県	14.3	12.3	9.5	14.3	9.5	12.6	18.4		13.7	17.6	19.5	
富山県	14.1	13.7		12.2	9.7	13.1	18.3		11.2	16.3		8.0
石川県	13.5	13.0		12.4	7.0	12.6	16.8		11.8	14.8	13.5	9.0
福井県	12.9	10.8	4.5	10.3	18.0	10.1	17.7		7.1	15.4	23.5	
山梨県	9.3	7.2		8.4		7.7	8.3	12.7	10.8	11.1	5.5	5.5
長野県	9.5	9.1		6.8	11.0	8.0	16.3	6.3	10.1	10.5	6.7	15.5
岐阜県	10.2	9.8	11.0	8.4	15.5	9.3	16.2	9.4	8.3	11.4	8.3	5.8
静岡県	8.3	5.9	3.9	7.5	1.5	6.1	10.8	8.3	8.6	9.4	8.0	6.8
愛知県	7.0	2.0	2.0	7.0	2.5	4.4	12.9	7.7	2.8	8.1	3.8	
三重県	6.7	4.3	3.1	4.8	1.5	3.9	11.0	6.4	5.0	8.2		
滋賀県	7.1	6.2	2.0	6.8	5.0	6.3	9.2	5.7	7.1	7.7	5.0	20.0
京都府	6.8	7.0	4.8	4.6	4.8	5.8	10.3	5.7	6.8	7.9		8.0
大阪府	6.8	9.0	2.0	3.2		4.3	34.0	7.0	5.5	10.0	7.0	
兵庫県	8.3	7.0	2.6	7.5	8.1	6.6	11.8	9.4	8.7	10.4	5.5	4.7
奈良県	10.2	3.1	6.0	6.4	4.0	5.1	13.6	9.9	10.4	11.5		3.0
和歌山県	8.2	7.5	3.5	4.4	10.0	5.2	12.3	7.3	8.6	9.4	9.3	3.0
鳥取県	12.8	9.7	8.8	10.7	11.0	9.8	17.7	16.1	6.4	15.5	9.0	
島根県	9.6	8.0	6.8	8.3	10.4	7.9	16.4	14.0	8.6	13.1	10.0	7.5
岡山県	11.3	8.0	4.4	11.0	4.8	8.3	18.0	13.3	15.7	15.0	14.3	10.3
広島県	8.5	7.4	4.5	6.1	10.6	7.1	16.1	12.4	7.3	11.4		5.6
山口県	6.5	5.0	4.5	7.2	5.6	5.3	12.0	6.4	4.6	7.8		3.0
徳島県	10.8	11.7	3.8	11.4	3.0	9.9	12.7	5.7	12.1	11.2		11.0
香川県	10.3	10.0	8.8	12.4	15.0	10.9	6.7	9.9	8.7	9.1		
愛媛県	12.2	10.8	8.2	12.3	10.0	10.7	16.3	12.5	7.3	13.3		4.0
高知県	9.3	7.4	5.9	9.7	10.0	7.7	11.9	9.6	6.9	10.2	2.3	20.0
福岡県	10.1	18.5	5.3	9.6	7.6	7.5	15.2	8.9	4.5	11.3		4.0
佐賀県	11.8		10.0	4.5	8.0	8.4	14.3	12.6	7.2	12.5	13.5	
長崎県	7.3	3.3	4.3	7.3	5.8	5.0	10.5	9.5	8.1	9.4	11.0	3.0
熊本県	11.6	12.3	6.5	7.8	10.5	8.4	15.4	11.4	10.4	13.2		3.7
大分県	10.4	8.0	2.9	7.6	6.5	6.7	14.5	10.1	11.1	12.7		10.6
宮崎県	12.5	10.5	6.3	13.9	8.3	8.3	16.4	10.3	15.4	15.0	7.0	11.5
鹿児島県	12.2	11.2	8.7	12.7	8.7	9.4	16.5	14.2	10.0	14.2	18.0	17.0
沖縄県	13.9		11.7	17.0	16.7	14.0			14.2	14.2		11.0

β 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	228.4	138.3	84.0	107.1	63.4	190.0	83.9	83.6	126.2	156.7	50.7	62.2
北海道	73.1	58.1		33.5	7.7	61.7	5.9		49.5	49.6	23.4	28.0
青森県	28.0	16.7		12.6	5.4	21.4	16.9		13.9	20.7	3.5	8.8
岩手県	43.2	33.5		17.2	5.1	36.7	16.1		27.0	30.0	5.3	12.2
宮城県	26.0	16.9	1.0	7.8	1.0	19.4	12.8	1.0	14.0	18.4		2.0
秋田県	24.8	17.6		8.4	5.3	19.9	16.3		10.0	18.0	1.8	2.0
山形県	23.9	22.7		6.3	2.0	23.5	9.9		8.0	11.5	1.9	2.0
福島県	40.1	30.8		17.6	2.0	35.2	13.9	4.9	19.2	22.9	2.0	4.6
茨城県	15.9	5.9	1.0	5.6	1.0	9.5	8.1	6.6	4.1	12.0		2.0
栃木県	23.9	18.2	1.0	9.1	2.5	21.1	8.3	9.8	8.9	14.8	2.7	2.5
群馬県	27.8	21.0		9.6	3.3	24.8	9.1	6.8	12.5	16.0	6.6	2.6
埼玉県	13.9	6.3		5.5		9.9	5.9	4.7		8.2		1.0
千葉県	10.6	2.7	5.3	2.6	1.7	7.4	5.0	1.0	4.3	7.1		
東京都	15.2	3.0	1.9	1.0	2.4	8.0	5.4	4.7	2.0	8.7		3.6
神奈川県	14.8	9.6	1.0	4.0		11.9	5.4	5.8	1.9	9.1		
新潟県	27.5	20.1	2.0	12.7	2.9	24.4	12.7		7.9	15.0	3.2	
富山県	14.4	10.2		4.2	2.6	12.2	6.1		4.0	7.7		1.0
石川県	17.7	9.3		8.7	1.0	13.5	8.3		7.1	11.1	3.3	1.9
福井県	22.2	14.8	4.7	5.4	1.0	19.3	11.0		8.2	13.7	1.8	
山梨県	31.6	13.1		12.1		20.0	4.4	9.6	13.7	20.7	1.5	2.0
長野県	61.7	28.4		26.9	3.0	43.2	12.4	14.2	35.7	42.7	9.4	3.8
岐阜県	43.6	22.2	1.0	21.2	3.4	32.3	15.7	17.1	15.5	29.4	6.4	5.0
静岡県	36.3	12.3	8.0	13.8	2.0	24.9	14.4	16.2	10.2	25.1	1.0	4.0
愛知県	22.7	4.0	2.5	4.9	1.6	8.2	8.2	11.5	7.0	18.5	3.5	
三重県	35.5	11.6	10.3	7.6	1.3	21.6	14.5	18.9	8.0	26.1		
滋賀県	24.6	12.6	1.0	9.3	2.0	18.7	8.2	4.2	7.3	13.6	1.0	1.0
京都府	32.9	13.1	3.4	10.6	3.8	21.4	9.7	7.9	11.3	20.8		2.9
大阪府	10.8	2.0	1.0	4.4		7.4	1.0	1.9	3.5	5.5	1.0	
兵庫県	39.1	23.6	11.0	16.1	4.9	33.2	17.2	14.1	12.4	24.8	1.6	4.3
奈良県	28.0	6.8	1.0	10.7	1.0	17.1	13.3	17.3	7.0	22.6		1.0
和歌山県	34.3	11.8	13.4	8.2	1.6	25.7	12.9	17.0	8.2	23.0	9.8	3.0
鳥取県	24.5	14.7	2.6	7.7	1.0	18.3	12.7	7.2	5.5	17.2	1.0	
島根県	33.1	22.3	13.4	8.4	5.4	30.7	9.9	6.6	10.9	16.1	1.0	1.9
岡山県	34.5	18.8	6.1	11.3	4.6	24.4	9.3	14.9	9.4	20.4	6.0	5.5
広島県	35.8	20.2	3.1	13.0	5.8	26.8	8.4	11.3	12.8	20.2		10.0
山口県	27.1	10.3	11.4	9.4	4.5	20.1	9.1	12.7	8.6	19.0		2.0
徳島県	35.3	10.4	3.7	9.2	2.7	19.3	20.1	10.2	12.2	28.8		1.0
香川県	16.6	6.6	3.8	7.5	1.0	12.6	2.6	6.8	2.5	9.1		
愛媛県	30.2	14.6	7.7	11.1	1.0	22.2	11.9	16.4	6.6	21.6		1.0
高知県	43.0	10.2	15.5	13.6	3.2	28.5	19.3	21.4	10.9	32.3	5.3	1.0
福岡県	23.3	1.8	8.8	3.8	3.4	11.8	12.0	7.5	9.6	18.9		1.0
佐賀県	15.4		4.3	1.6	1.0	5.5	7.9	7.7	3.9	13.4	1.7	
長崎県	26.9	2.7	15.9	7.0	4.1	19.2	7.3	12.1	7.2	17.6	1.0	2.0
熊本県	33.8	8.2	11.7	5.0	4.7	21.1	17.7	15.1	9.0	25.8		2.7
大分県	34.8	10.9	7.3	8.7	8.0	23.0	16.4	11.7	8.3	22.7		8.1
宮崎県	32.7	8.7	17.1	5.4	9.0	22.4	18.6	11.2	14.2	24.7	1.0	2.6
鹿児島県	32.2	4.6	16.5	6.8	12.5	23.5	13.9	11.3	14.0	22.6	1.0	1.0
沖縄県	9.1		7.7	1.7	4.8	8.6			3.0	3.0		1.0

γ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2,684	1,553	498	1,181	618	2,022	1,346	886	1,434	2,036	554	723
北海道	882	677		438	83	744	70		599	600	251	362
青森県	406	214		213	66	297	265		200	315	51	121
岩手県	618	466		212	47	496	293		372	450	89	187
宮城県	409	249	18	88	16	277	271	22	164	320		11
秋田県	437	279		169	64	325	316		153	337	38	44
山形県	336	274		101	24	290	199		97	211	29	43
福島県	433	313		196	17	364	203	86	162	270	23	40
茨城県	220	52	7	79	11	106	149	94	45	190		12
栃木県	426	216	7	107	42	253	229	221	119	340	31	56
群馬県	473	293		115	94	354	217	141	212	325	103	43
埼玉県	156	45		53		80	94	48		114		4
千葉県	108	16	29	35	29	66	64	15	34	82		
東京都	181	5	27	15	21	67	91	62	16	127		29
神奈川県	230	126	8	73		170	96	83	47	153		
新潟県	394	247	19	182	28	307	233		108	265	63	
富山県	203	140		51	25	160	112		45	125		8
石川県	239	121		108	7	170	140		84	164	45	17
福井県	286	159	21	56	18	196	194		58	211	43	
山梨県	295	94		101		153	37	121	149	230	8	11
長野県	584	258		184	33	346	202	89	361	448	63	59
岐阜県	446	217	11	177	53	300	254	161	129	335	53	29
静岡県	300	73	31	103	3	152	155	134	87	236	8	27
愛知県	159	8	5	34	4	36	105	89	20	149	13	
三重県	237	50	32	36	2	84	160	120	40	215		
滋賀県	174	78	2	63	10	117	76	24	52	105	5	20
京都府	225	92	16	49	18	124	100	45	77	165		23
大阪府	74	18	2	14		32	34	13	19	55	7	
兵庫県	323	166	29	120	40	221	203	133	108	257	9	20
奈良県	285	21	6	68	4	87	181	171	73	260		3
和歌山県	280	88	47	36	16	134	159	124	71	217	91	9
鳥取県	314	142	23	83	11	180	226	116	35	268	9	
島根県	318	178	91	69	56	243	163	92	94	211	10	14
岡山県	390	150	27	124	22	203	167	198	148	307	86	57
広島県	304	150	14	79	62	189	135	140	94	230		56
山口県	176	51	51	68	25	107	110	81	40	148		6
徳島県	383	122	14	105	8	190	255	58	147	323		11
香川県	171	66	33	93	15	137	17	67	22	83		
愛媛県	368	158	63	137	10	238	194	204	48	287		4
高知県	399	76	91	131	32	221	229	206	75	329	12	20
福岡県	236	33	47	36	26	89	183	67	43	214		4
佐賀県	182		43	7	8	46	113	97	28	167	23	
長崎県	196	9	69	51	24	97	77	115	58	166	11	6
熊本県	391	100	76	39	49	177	272	172	93	342		10
大分県	363	87	21	66	52	154	238	118	92	289		86
宮崎県	408	92	108	75	74	185	304	116	218	370	7	30
鹿児島県	393	51	144	86	109	220	230	160	141	320	18	17
沖縄県	127		90	29	80	120			43	43		11

## (2) スギ地域別 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

スギ地域別の草本類  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度を算出したのが図表3-1-31である。

### 1) 全国の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

全国の種多様度についてどのように解釈あるいは説明するかについては様々に議論のあるところだが、参考までに林種間の多様度を概観してみる。

天然生林計と育成単層林計の調査プロット数の差は、260プロット程度となっており、育成単層林がやや多いがほぼ同数に近いと考えられる。天然生林計の平均  $\alpha$  多様度は 10.1 種、育成単層林計は 13.2 種と、育成単層林計の方が高くなっている。 $\gamma$  多様度も、天然生林計が 1,696 種、育成単層林計が 1,796 種と育成単層林計の方が 300 種程度多い。

天然生林落葉中高木林の調査プロット数 1,984 プロット、スギ林が 1,680 プロットと落葉中高木林がやや多いが両林種を比較すると、平均  $\alpha$  多様度は、落葉中高木林が 11 種、スギ林が 16.1 種とスギ林の方がかなり高くなっている。 $\gamma$  多様度は、落葉中高木林が 1,251 種、スギ林が 1,338 種とスギ林の調査プロット数が少ないのにも関わらず高い値を示している。

調査プロット数にばらつきが多いが、地域別の両林種の  $\alpha$  多様度を見ると、全ての地域においてスギ林が落葉中高木林を上回っている。

天然生林計と育成単層林計の  $\alpha$  多様度も上記と同様の結果となった。このことから、草本種数を見る限り、育成単層林計の  $\alpha$  多様度は天然生林よりも高いと言えよう。種の多様性の評価においては、個体数、草本種類の内容等の詳細な調査が必要であると考えられる。

### 2) 裏東北・北陸地域と北関東・東山地域の育成単層林の比較

育成単層林計の調査プロット数が同数であることから、両地域の比較をしてみる。 $\alpha$  多様度は、裏東北・北陸地域が 17.2 種、北関東・東山地域が 13.8 種と裏東北・北陸が高くなっている。林種構成をみると、裏東北・北陸地域はスギの調査プロット数が大半となっているのに対して、北関東・東山地域ではスギが少なくヒノキがやや多い。ヒノキの  $\alpha$  多様度がスギよりもかなり小さいことが北関東・東山地域の育成単層林計の  $\alpha$  多様度が小さい要因であると推定される。隣接する地域であっても林種構成が異なると多様度にも差が出る例である。

### 3) 北近畿・中国地域と南近畿・四国地域の比較

標記両地域も育成単層林の調査プロット数はほぼ同数になっている。林種構成は、スギとヒノキがほぼ同数となっている。 $\alpha$  多様度は、北近畿・中国地域が 11.3 種、南近畿・四国地域が 10.9 種と差は僅かである。 $\gamma$  多様度も、両地域はほとんど同数と言っても良い。

このように、隣接地域で、調査プロット数がほぼ同数、林種構成もほぼ同じという場合には、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度もほぼ同じような値を示している。

図表3-1-31 スギ地域区分別草本種の $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

## プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,388	1,984	407	846	183	3,420	1,680	1,000	1,003	3,683	117	168
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,132	287	2	191	14	494	162	187	232	581	38	19
南関東・東海	565	76	42	66	12	196	155	142	54	351	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	872	94	71	97	12	274	242	250	74	566	25	7
九州	1,008	58	177	57	71	363	297	198	121	616	5	24

平均 $\alpha$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	11.6	11.0	5.7	10.1	9.3	10.1	16.1	10.6	10.9	13.2	11.1	10.3
表東北	13.4	12.6	18.0	11.7	9.8	12.4	17.9	18.0	12.3	14.6	15.7	13.5
裏東北・北陸	15.1	13.2	5.8	15.9	11.5	13.5	18.4		13.3	17.2	17.1	14.5
北関東・東山	12.0	10.6	9.0	8.5	18.6	10.0	19.1	12.6	11.0	13.8	9.9	12.1
南関東・東海	9.2	7.1	4.4	9.5	6.9	7.3	13.1	8.8	7.3	10.4	4.6	7.2
北近畿・中国	8.9	7.5	4.9	7.5	7.9	7.2	14.1	10.6	8.2	11.3	11.4	6.7
南近畿・四国	10.0	9.0	5.7	9.7	8.2	8.4	13.0	9.4	9.0	10.9	7.4	6.7
九州	11.2	9.9	6.5	9.6	8.1	7.8	15.5	11.2	10.9	13.2	12.6	9.3

 $\beta$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	198.9	113.3	86.7	96.2	61.1	168.2	83.3	83.3	106.1	136.4	36.8	48.7
表東北	61.9	48.0	1.0	27.4	7.2	53.3	25.1	5.3	36.7	41.5	6.6	14.7
裏東北・北陸	58.6	42.8	6.8	26.6	12.4	51.1	32.4		27.0	38.1	9.2	11.4
北関東・東山	86.0	54.4	2.0	46.9	9.7	70.4	25.8	32.6	48.3	58.6	19.9	13.7
南関東・東海	68.0	30.2	20.2	24.2	9.3	51.4	28.6	34.7	24.7	48.4	4.1	7.5
北近畿・中国	84.1	56.0	30.5	39.4	18.3	72.5	32.1	33.7	39.1	54.1	9.3	19.2
南近畿・四国	74.8	34.4	27.5	31.0	7.6	57.1	36.1	43.0	27.9	57.3	12.9	6.0
九州	78.9	24.3	41.7	21.3	25.3	63.3	37.8	33.2	33.0	55.7	3.8	14.1

 $\gamma$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2,315	1,251	498	972	571	1,696	1,338	883	1,152	1,796	408	504
表東北	826	602	18	321	70	659	450	96	452	606	103	199
裏東北・北陸	883	564	39	423	143	690	594		360	655	157	165
北関東・東山	1,029	575	18	398	180	703	494	409	533	808	196	166
南関東・東海	628	215	89	230	64	376	374	305	180	506	19	54
北近畿・中国	752	422	149	296	144	520	453	358	321	611	106	128
南近畿・四国	745	310	157	300	62	477	469	405	252	624	95	40
九州	881	241	270	205	204	496	584	373	358	735	48	130

### (3) スギ標高帯別 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度 (北海道・沖縄県を除く)

図表3-1-32は、都道府県別にスギの平均標高帯範囲に存在する調査プロットを抽出して  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度を算出したものである。

#### 1) 全国の多様度

全国を概観すると  $\gamma$  多様度 (総種数) は、全林種で 1,102 種と前述の地域別種数の全国総種数の半分以上となっている。

天然生林計とスギを比較すると調査プロット数は、天然生林計の方がスギの 30% 以上多いにも関わらず、 $\gamma$  多様度 (総種数) の差はほとんどなく天然生林計が 713 種、スギが 704 種となっている。同林種で平均  $\alpha$  多様度を比較すると、天然生林計が 10.2 種、育成単層林が 16.2 種と育成単層林が約 1.5 倍となっている。

地域別に同林種をみると調査プロットにばらつきがあるが、全ての地域でスギの方がかなり高くなっている。

平均  $\alpha$  多様度、 $\gamma$  多様度を見る限り、スギの平均標高帯においては、スギの林床草本種数は天然生林よりもかなり高くなっており、特に西日本地域では天然生林計とスギの  $\alpha$  多様度の差が大きい。

#### 2) 表東北地域の林種間比較

天然生林計と育成単層林計の調査プロット数がほぼ同数である。平均  $\alpha$  多様度は育成単層林計が 16.3 種、天然生林計が 13.4 種と育成単層林がやや高い。 $\gamma$  多様度は天然生林が 297 種とやや多い。

#### 3) 裏東北・北陸地域の林種間比較

天然生林計と育成単層林計の調査プロット数がほぼ同数である。平均  $\alpha$  多様度は育成単層林が 16.6 種、天然生林が 14.7 種と育成単層林がやや高い。 $\gamma$  多様度はほぼ同数となっている。

#### 4) 北近畿・中国地域の林種間比較

天然生林の調査プロット数が 16 プロット、天然生林よりも育成単層林が多い。平均  $\alpha$  多様度は、天然生林が 7 種、育成単層林が 11.5 種と 1.5 倍以上育成単層林が多くなっている。 $\gamma$  多様度も天然生林が 222 種、育成単層林が 325 種と育成単層林が多い。

前記の東北 2 地域と比較すると西日本地域では育成単層林計の平均  $\alpha$  多様度は東北地域よりも低くなるが、天然生林との差は西日本地域の方が大きい。

図表3-1-32 スギ標高帯別地域別 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

## 調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,052	229	52	117	10	408	312	167	134	613	16	15
表東北	133	51		14		65	30	1	33	64	2	2
裏東北・北陸	172	63	1	15	1	80	63		21	84	4	4
北関東・東山	115	26		20		46	31	23	14	68		1
南関東・東海	109	15	8	14	1	38	37	23	10	70		1
北近畿・中国	244	61	12	35	3	111	43	52	32	127	2	4
南近畿・四国	118	11	4	10		25	48	31	7	86	7	
九州	161	2	27	9	5	43	60	37	17	114	1	3

平均 $\alpha$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	12.1	11.1	5.0	11.1	7.3	10.2	16.2	10.1	11.4	13.5	9.4	9.5
表東北	14.8	13.4		13.6		13.4	17.8	9.0	15.2	16.3	11.0	12.0
裏東北・北陸	15.5	14.0	13.0	18.3	10.0	14.7	18.2		11.8	16.6	12.8	11.0
北関東・東山	13.2	11.3		7.6		9.7	19.4	11.2	14.9	15.7		3.0
南関東・東海	10.6	7.9	3.9	15.6	3.0	9.8	14.5	8.0	5.4	11.1		7.0
北近畿・中国	9.3	7.1	3.6	8.0	7.7	7.0	13.4	11.3	9.2	11.5	3.5	8.3
南近畿・四国	10.6	10.0	2.0	9.7		8.6	13.7	9.0	6.7	11.4	7.4	
九州	11.9	12.0	6.1	9.9	7.4	7.3	16.9	9.9	10.3	13.6	18.0	10.3

 $\beta$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	91.0	45.0	27.9	37.2	8.5	69.7	43.4	39.5	36.1	65.3	10.5	11.1
表東北	26.4	19.6		9.3		22.1	10.2	1.0	12.7	16.5	2.0	1.8
裏東北・北陸	27.2	16.8	1.0	8.6	1.0	20.4	15.0		9.8	18.0	3.5	3.7
北関東・東山	28.4	13.0		9.3		17.5	12.4	11.0	7.7	20.7		1.0
南関東・東海	30.3	8.1	7.2	7.5	1.0	17.2	14.4	12.3	7.8	23.5		1.0
北近畿・中国	40.4	21.0	8.1	17.8	3.0	31.6	15.5	16.7	16.5	28.2	2.0	2.9
南近畿・四国	29.9	6.7	3.5	7.6		14.4	16.4	14.1	5.4	24.3	4.6	
九州	33.8	1.8	15.5	6.5	4.7	21.1	17.7	14.8	9.7	26.2	1.0	2.6

 $\gamma$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,102	499	139	414	62	713	704	399	411	882	98	105
表東北	390	262		127		297	182	9	193	269	22	22
裏東北・北陸	422	234	13	157	10	300	272		116	298	45	41
北関東・東山	374	147		70		170	240	123	115	324		3
南関東・東海	321	64	28	118	3	168	210	98	42	260		7
北近畿・中国	378	149	29	143	23	222	208	189	152	325	7	24
南近畿・四国	316	67	7	74		124	224	126	36	277	34	
九州	402	22	94	64	35	154	299	147	100	357	18	27



### 3-1-8 スギ地域別・齢級別平均 $\alpha$ 多様度

齢級別の平均 $\alpha$ 多様度をスギ地域別に算出し、かつ、木本類と草本類に分けて算出した。

(1) 木本類齢級別平均 $\alpha$ 多様度

1) 育成単層林全林種

図表3-1-33は、育成単層林全林種のスギ地域別・齢級別の調査プロット数と平均 $\alpha$ 多様度である。齢級は3齢級を1階級として計算している。

齢級別の分布状況を見ると、全地域で7～9齢級と10～12齢級に集中している。

全国の平均 $\alpha$ 多様度は、22～24齢級では調査プロット数が少ないこともあるが、やや小さい値となっている。

平均 $\alpha$ 多様度が他の地域に比べて格段に小さい地域は、北関東・東山、南関東・東海地域であり、特に北関東・東山地域は全ての齢級で6種未満である。

図表3-1-33 育成単層林全林種の齢級別平均 $\alpha$ 多様度

調査プロット数

地域	齢級									計
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	
全国	175	419	1,315	1,305	283	129	50	5	2	3,683
表東北	53	50	161	122	13	8	2			409
裏東北・北陸	22	82	214	176	50	25	11		1	581
北関東・東山	9	58	191	229	51	27	12	3	1	581
南関東・東海	13	30	97	138	45	20	8			351
北近畿・中国	40	73	194	211	40	18	3			579
南近畿・四国	16	62	205	193	55	21	12	2		566
九州	22	64	253	236	29	10	2			616

平均 $\alpha$ 多様度

地域	齢級									計
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	
全国	8.8	6.8	7.0	7.2	6.7	7.4	6.6	5.0	12.5	7.1
表東北	11.1	9.4	9.1	9.1	9.8	10.0	9.0			9.4
裏東北・北陸	9.9	7.1	7.4	7.3	6.8	8.2	6.9		17.0	7.4
北関東・東山	5.6	5.1	5.9	5.9	5.6	5.6	4.8	5.3	8.0	5.7
南関東・東海	5.2	5.2	5.2	5.8	6.7	7.4	8.1			5.8
北近畿・中国	9.2	7.2	6.9	7.0	6.8	9.2	7.0			7.2
南近畿・四国	7.5	6.8	5.7	6.8	6.2	5.6	5.5	4.5		6.3
九州	6.1	5.9	7.8	8.8	7.6	8.2	13.5			7.9

2) 育成単層林スギ

16～18 齢級の表東北の平均 $\alpha$ 多様度が 12.3 種と特に大きいのが、調査プロット数が少ないことによるものと思われる。同齢級の北関東・東山、南近畿・四国は、約 3 種とこれもかなり小さい値であり、調査プロット数の少なさの影響があるものと推定される。

北関東・東山、南関東・東海、北近畿・中国、南近畿・四国の各地域では、7～9 齢級で平均 $\alpha$ 多様度が若干低くなり、10～12 齢級でやや回復する傾向がある。間伐の実施率との関係等が要因として推測される。

図表3-1-34 育成単層林スギの齢級別平均 $\alpha$ 多様度

調査プロット数

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	68	169	606	618	150	49	19	1		1,680
表東北	18	25	55	50	7	3	1			159
裏東北・北陸	18	69	171	121	44	17	9			449
北関東・東山	2	13	54	67	17	5	3	1		162
南関東・東海	6	8	42	74	19	5	1			155
北近畿・中国	6	17	76	93	18	6				216
南近畿・四国	8	14	87	91	29	9	4			242
九州	10	23	121	122	16	4	1			297

平均 $\alpha$ 多様度

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	6.6	6.0	5.8	6.1	5.8	5.9	6.4	7.0		6.0
表東北	7.9	7.2	6.6	6.8	7.4	12.3	8.0			7.0
裏東北・北陸	9.3	6.5	7.0	6.4	6.2	6.3	6.2			6.7
北関東・東山	5.0	4.8	4.7	4.7	5.5	3.4	5.3	7.0		4.8
南関東・東海	3.2	4.5	4.6	5.0	6.2	5.2	8.0			5.0
北近畿・中国	6.3	7.7	4.5	5.7	5.8	7.3				5.5
南近畿・四国	3.9	4.1	4.9	5.6	5.5	3.8	4.8			5.1
九州	4.3	3.8	6.4	7.6	4.7	5.5	15.0			6.5

## 3) 天然生林全林種

基礎調査においても天然生林の林齢判断は難しいと想定されるが、記載されている林齢により分布状況をみると、図表3-1-35のように10～12齢級に30%の天然生林が集中し、10～15齢級で天然生林の半数以上に達している。60年生前後であり、この中には、旧薪炭林であった森林も多く含まれていると推定される。

平均 $\alpha$ 多様度は、4～6齢級で約12種程度と全齢級をとおして最も大きくなり、加齢と共にやや小さくなる。

図表3-1-35 天然生林全林種の齢級別平均 $\alpha$ 多様度

調査プロット数

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	161	192	404	1,107	631	259	153	90	423	3,420
表東北	114	55	61	131	61	25	16	7	72	542
裏東北・北陸	10	20	60	237	130	70	39	37	214	817
北関東・東山	3	13	47	115	107	53	53	32	71	494
南関東・東海	2	9	26	73	46	20	9	2	9	196
北近畿・中国	10	49	86	310	186	62	19	3	9	734
南近畿・四国	5	24	55	102	39	15	7	4	23	274
九州	17	22	69	139	62	14	10	5	25	363

平均 $\alpha$ 多様度

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	9.4	12.1	10.4	10.6	9.9	10.1	9.2	8.5	8.1	10.0
表東北	9.1	12.1	10.8	10.2	8.6	8.9	11.6	10.9	8.1	9.7
裏東北・北陸	7.9	11.7	8.6	10.0	9.8	9.8	7.9	8.8	7.9	9.2
北関東・東山	7.0	9.2	9.1	8.3	8.2	9.5	9.2	5.8	7.0	8.2
南関東・東海	2.5	12.4	9.7	10.6	9.0	10.2	9.3	11.0	7.1	9.9
北近畿・中国	10.6	12.3	10.4	11.3	10.8	10.0	9.2	15.0	8.0	10.9
南近畿・四国	10.2	12.0	11.6	11.1	10.2	12.5	9.7	8.8	9.6	11.0
九州	13.1	14.3	11.8	12.0	12.4	13.6	10.5	14.8	11.8	12.2

#### 4) 天然生林落葉中高木

齡級構成は、天然生林全林種とほぼ同様である。平均  $\alpha$  多様度が4～6齡級で大きくなりその後やや低くなるのもほぼ同じ傾向である。

北近畿・中国、南近畿・四国、九州地域は、他の地域に比べてやや平均  $\alpha$  多様度が大きい傾向にある。

図表3-1-35 天然生林落葉中高木の齡級別平均  $\alpha$  多様度

調査プロット数

地域	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	113	114	214	581	338	151	99	66	308	1,984
表東北	89	46	50	103	46	17	13	6	61	431
裏東北・北陸	7	19	43	175	99	57	33	33	183	649
北関東・東山	3	8	32	63	59	29	38	23	32	287
南関東・東海	1	3	14	22	16	8	4		8	76
北近畿・中国	6	25	43	170	94	33	10	2	6	389
南近畿・四国	3	7	19	34	12	5		2	12	94
九州	4	6	13	14	12	2	1		6	58

平均  $\alpha$  多様度

地域	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	9.6	12.1	10.8	11.0	9.9	10.2	9.2	8.1	8.0	10.0
表東北	9.5	11.9	10.5	10.2	8.7	9.2	10.8	11.2	8.3	9.8
裏東北・北陸	8.7	11.8	9.3	10.8	9.9	10.2	8.0	9.0	8.0	9.5
北関東・東山	7.0	10.4	9.8	8.9	8.1	9.8	9.6	5.2	7.3	8.6
南関東・東海	3.0	13.0	12.3	13.1	9.0	9.8	10.5		7.4	10.9
北近畿・中国	15.2	12.9	11.3	11.6	11.6	10.4	8.9	16.5	9.0	11.5
南近畿・四国	11.7	12.4	12.8	13.3	11.2	14.2		8.0	10.3	12.4
九州	7.0	12.0	12.4	11.4	11.2	11.0	10.0		6.7	10.8

#### (2) 草本類平均 $\alpha$ 多様度

草本類については調査プロット数の表を省略する。原則木本類のプロット数と同数であるが、草本調査がされていない調査プロットも数件程度存在する。

##### 1) 育成単層林全林種

全国の平均  $\alpha$  多様度を見ると、全齡級をとおして大きな変化は見られないが、7 齡級から 15 齡級までがやや大きくなる。表東北と裏東北・北陸地域が他の地域に比べて大きな値である。

図表3-1-37 育成単層林全林種の草本類齡級別平均  $\alpha$  多様度

地域	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	12.5	12.8	13.4	13.2	13.7	12.0	13.2	11.0	4.5	13.2
表東北	11.8	14.7	15.7	14.7	13.6	13.0	7.0			14.6
裏東北・北陸	17.3	16.8	16.9	16.9	19.9	18.7	16.4		7.0	17.2
北関東・東山	14.3	14.0	13.6	14.2	13.3	11.1	17.8	11.7	2.0	13.8
南関東・東海	11.0	9.4	10.1	10.9	11.8	9.0	6.3			10.4
北近畿・中国	8.9	10.2	11.5	11.8	12.3	11.5	10.0			11.3
南近畿・四国	12.4	9.6	11.2	10.9	10.9	9.1	13.1	10.0		10.9
九州	16.1	12.9	13.2	13.1	13.8	9.4	6.5			13.2

## 2) 育成単層林スギ

育成単層林スギの平均  $\alpha$  多様度は、育成単層林全林種、天然生林よりもかなり大きい。全国をみると、ほぼ全齢級で 16 種前後となっている。

表東北、裏東北・北陸、北関東・東山地域の  $\alpha$  多様度が大きく、最大は、裏東北・北陸の 13～15 齢級で 21.4 種である。

全般的に、関東以北が高く、関東以南が低くなっている。

図表 3-1-38 育成単層林スギの草本類齢級別平均  $\alpha$  多様度

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	16.1	16.5	16.1	15.8	16.7	15.8	16.3	21.0		16.1
表東北	16.5	16.0	20.2	17.9	14.3	13.3	8.0			17.9
裏東北・北陸	18.4	17.5	17.8	18.2	21.4	21.0	16.1			18.4
北関東・東山	9.0	17.9	17.9	21.1	18.1	13.8	25.3	21.0		19.1
南関東・東海	10.0	16.3	12.9	13.1	13.4	12.2	10.0			13.1
北近畿・中国	16.2	14.9	13.2	14.7	13.4	14.0				14.1
南近畿・四国	12.8	13.0	13.9	12.0	13.2	11.8	15.3			13.0
九州	19.1	16.6	15.5	14.7	17.5	14.8	9.0			15.5

## 3) 天然生林全林種

育成単層林に比べて全般的に  $\alpha$  多様度はやや低めの値となっている。特徴的なのは、北関東・東山地域以北が高く、南関東・東海地域では低い値を示すことである。

南近畿・四国地域の高齢級では、調査プロット数が少ない影響もあるが平均  $\alpha$  多様度が 3.6 種と極めて低い値になっている。要因は不明であるが、落葉中高木に当該齢級の調査プロットが見られないことから、常緑中高木林の影響によるものではないかと推定される。

図表 3-1-39 天然生林全林種の草本類齢級別平均  $\alpha$  多様度

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	10.6	10.9	11.0	9.7	9.3	9.7	10.8	10.0	10.8	10.1
表東北	10.6	15.1	13.3	12.4	12.6	14.2	13.3	7.9	11.6	12.4
裏東北・北陸	15.1	13.3	16.3	14.0	13.4	12.7	13.8	12.7	12.5	13.5
北関東・東山	11.7	11.4	13.0	10.0	9.0	10.7	11.7	8.5	7.9	10.0
南関東・東海	5.5	7.0	8.2	7.2	7.5	4.8	7.6	13.0	9.9	7.3
北近畿・中国	5.1	8.1	7.8	6.9	7.3	7.2	6.0	5.0	8.9	7.2
南近畿・四国	16.2	8.5	10.2	8.1	7.9	5.3	3.6	5.3	7.7	8.4
九州	9.6	8.7	9.0	8.2	6.4	5.9	8.0	7.6	5.0	7.8

## 3) 天然生林落葉中高木

北関東・東山地域以北と南関東・東海地域以南とでは平均  $\alpha$  多様度には明らかな違いがある。特に南関東・東海地域と北近畿・中国地域は、かなり低い値を示している。いずれのケースも、このデータだけでは要因を推測することはできない。

図表 3-1-40 天然生林落葉中高木の草本類齢級別平均  $\alpha$  多様度

地域	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
全国	11.1	12.6	12.3	10.2	10.1	11.1	12.5	11.2	11.6	11.0
表東北	10.9	15.9	13.5	12.0	12.4	15.3	15.0	7.8	11.9	12.6
裏東北・北陸	12.6	13.2	15.8	13.6	12.7	12.5	13.8	13.3	12.5	13.2
北関東・東山	11.7	10.9	14.2	9.2	9.6	11.0	12.3	9.7	9.3	10.6
南関東・東海	6.0	5.7	6.6	6.6	7.3	5.4	12.5		8.8	7.1
北近畿・中国	6.0	8.7	8.5	6.8	7.6	9.2	6.6	6.0	8.3	7.5
南近畿・四国	21.3	9.4	10.3	8.4	8.3	5.0		8.0	7.8	9.0
九州	12.8	11.0	13.0	11.3	6.7	7.0	4.0		5.5	9.9

### 3-1-9 木本類のシャノン・ウィナー多様度指数

草本類については、占有率等の個体数情報の記載がないので(第2期調査まで調査されていたが、第3期から占有率の調査はない)、木本類についてシャノン・ウィナーの多様度指数を算出した。

シャノン・ウィナーの多様度指数の算出の考え方には下記の二通りのあることは、第2章2-1においても説明したが、下記のとおりである。

- ①調査プロット(サンプル:コドラート)単位にシャノン・ウィナーの多様度指数を計算し、一定地域の平均値により地域間の多様度を比較する。

第2章の文献では、文献番号1、文献番号7等がこのケースである。

森林調査では、立木密度、胸高直径、樹高等を10m四方のコドラートにより調査して、単位面積当りの立木密度、材積量を推定する。しかし、後述するようにシャノン・ウィナーの多様度指数は、情報量の曖昧さ・複雑さの計量式であり、種数、個体数等が十分に大きいことを条件に導き出されるので、一つのサンプルだけのシャノン・ウィナーの多様度指数をどのように意味づけるかについては問題もある。

- ②一定地域の森林について、種数、種別個体数を複数調査し、その合計値からシャノン・ウィナーの多様度指数を算出する。林種別に比較する場合には林種別にも算出する。

調査文献9では、モデル群集における各種多様度指数の比較においてサンプル合計値により算出している。文献番号17では、シャノン・ウィナーの多様度指数の算出方法として留意点が指摘されている(後述)。

上記①の算出方法は、調査プロット(コドラート)が1林分の標準的状态を示している場合には、林分の複雑さの度合い(種数が多く偏りが少ない)を示すと考えられる。そこで、文献番号17を参考に、シャノン・ウィナーの多様度指数について若干考察しておく。

シャノン・ウィナーの多様度指数の基礎となるのは、下記のブライロン<sup>1</sup>の情報量方程式である。

$$I = \log \frac{N!}{n_1! n_2! \cdots n_s!}$$

このIという量は、「識別可能なN個の玉をS個の容器にそれぞれ、n<sub>1</sub>個、n<sub>2</sub>個、…n<sub>s</sub>個の割合で入れる総組み合わせ数の対数」とであると説明されている。単純に言えば総組み合わせ数である。マーガレフは、このIを基に二つの指数を考案した。そのうちの 하나가 I を総個体数 N で除した下記の式である。

$$D_n = \frac{I}{N} = \frac{1}{N} \cdot \log \frac{N!}{n_1! n_2! \cdots n_s!}$$

<sup>1</sup> Brillouin, L. ; Physical entropy and information . II. J. Appl. Physics. 22 ; 338-343, 1951.

N が十分に大きい場合には、スターリングの公式を用いて下記式に近似<sup>2</sup>できる。

$$D_n \simeq -\sum p_i \cdot \log p_i \equiv H'$$

上記式は、シャノン・ Weiner の多様度指数式である。

マーガレフの二つ目の式は Pielou の均衡度指数である。

シャノン・ Weiner の多様度指数は、種数が多いほど、個体数が各種に均一なほど、大きな数値となり、Pielou の均衡度指数は、個体数が各種に均等に配分されているほど大きな数値となる。

母集団における多様度指数の推定のためには、ランダムサンプリングによる条件付き不偏推定値があるが、対象とする群集（ここでは森林地域、森林地域内の林種等）が対数正規分布又は負の 2 項分布に適合している場合のみである（文献番号 17）。様々な森林地域についての比較のためには、いくつかのサンプルの種及び個体数を累積して  $H'$  の数値が安定するまでサンプリングする方法がある。この  $H'$  であれば群集間の比較が可能となる。

本節では、①、②の両方の算出方法により、都道府県別、地域別、スギ標高帯別に算出した。

#### （1）調査プロット別のシャノン・ Weiner 多様度指数等

①の方法により調査プロット毎のシャノン・ Weiner 多様度指数、修正シャノン・ Weiner の多様度指数と Pielou 均衡度指数を計算し、都道府県別に平均値を算出した表が図表 3-1-41 である。

シャノン・ Weiner の多様度指数 ( $H'$ ) は、総じて、育成単層林スギ、ヒノキが天然生林に比べて小さい値を示している。標準偏差は、1 前後であるから平均値の  $1/2$  から 2 倍程度のばらつきがあり、相当なばらつきである。Pielou の均衡度指数も、天然生林が育成単層林よりやや大きい。

全国の修正シャノン・ Weiner の多様度指数をみると、天然生林落葉樹中高木では 2.5 と  $H'$  の 2.25 よりも 0.25 多く、育成単層林スギにおいても 0.22 多い。このことは、個体数が 2 個以下の木本類の出現調査プロットがかなりあることを示している。木本類は、直径 1cm 未満の個体は調査されていないので、単純に「希な」種であるとは言えないと思われる。

都道府県別の育成単層林スギの多様度指数は、かなりばらついている。特に、三重県、京都府、兵庫県、奈良県、和歌山県で小さい値を示しており、年齢構成、密度管理等の要因があるものと推定され、これらの影響因子との関係の検討が必要である。

多様度指数を利用する場合には、地域・林種毎に、前述の  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度、「希な」種の出現頻度、累積指数等を相互に検討する必要があると考えられる。

---

<sup>2</sup> 木元新作：集団生物学概説 共立出版，1993.

図表3-1-41 都道府県別調査プロット毎のシャノン・ウィナーの多様度指数等

シャノン・ウィナーの平均多様度指数(H')

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2.01	2.25	2.76	2.06	2.33	2.25	1.63	1.47	2.10	1.77	1.92	1.87
北海道	1.63	1.66		1.74	1.52	1.68	2.00		1.53	1.53	1.76	1.59
青森県	1.97	2.13		1.84	1.71	2.02	1.67		2.50	1.94	2.10	1.80
岩手県	2.43	2.46		2.46	2.89	2.47	1.79		2.62	2.39	2.82	2.35
宮城県	2.35	2.67	1.63	2.67	0.69	2.63	1.72	0.41	2.62	2.06		2.60
秋田県	2.19	2.45		1.99	2.35	2.38	1.91		2.46	2.01	2.61	2.02
山形県	2.31	2.43		2.48	2.01	2.43	1.88		2.61	2.03	1.95	0.55
福島県	2.49	2.51		2.26	2.19	2.46	1.98	1.82	3.08	2.50	3.44	2.88
茨城県	2.04	2.87	2.12	2.19	2.03	2.51	1.99	0.72	2.67	1.73		2.57
栃木県	1.75	2.35	1.99	2.33	1.90	2.32	1.16	0.97	2.31	1.24	1.58	2.21
群馬県	1.86	2.23		1.77	1.01	2.07	1.27	0.64	2.20	1.55	2.08	2.71
埼玉県	1.73	1.96		2.17		2.03	1.87	0.82		1.52		1.19
千葉県	2.41	2.80	2.76	2.08	1.99	2.51	1.96	2.28	2.99	2.30		
東京都	1.93	2.68	3.18	0.65	2.05	2.36	1.49	1.20	2.55	1.49		2.82
神奈川県	1.91	2.38	3.07	1.29		2.13	1.98	0.91	3.49	1.65		
新潟県	2.40	2.57	1.62	2.37	1.34	2.49	2.21		2.35	2.24	1.82	
富山県	2.26	2.45		2.21	2.21	2.40	1.84		2.18	1.94		3.01
石川県	2.42	2.90		2.30	2.62	2.67	1.92		2.44	2.13	2.46	2.18
福井県	2.09	2.51	2.70	1.98	0.62	2.43	1.47		2.49	1.69	3.20	
山梨県	1.98	2.57		2.40		2.50	1.17	0.75	2.02	1.49	2.53	2.50
長野県	1.93	2.20		2.04	2.71	2.13	1.19	1.24	2.04	1.78	2.12	2.09
岐阜県	1.89	2.38	3.24	2.17	2.46	2.30	1.45	1.31	2.41	1.56	1.22	1.99
静岡県	1.75	2.58	2.68	1.77	2.80	2.24	1.40	1.44	2.12	1.51	0.72	1.85
愛知県	1.71	3.05	2.71	2.04	2.69	2.47	1.02	1.27	2.60	1.52	1.02	
三重県	1.66	2.61	2.62	1.93	2.45	2.45	0.95	1.21	2.27	1.22		
滋賀県	2.01	2.52	1.75	2.44	1.10	2.40	1.07	1.53	2.30	1.55	2.75	1.46
京都府	1.90	2.67	2.26	1.80	2.75	2.32	0.81	1.16	2.51	1.44		1.78
大阪府	1.95	1.57	2.58	2.08		2.02	1.57	0.42	2.59	1.82	2.27	
兵庫県	1.86	2.58	2.27	1.96	2.18	2.34	0.98	1.09	2.26	1.28	2.43	2.10
奈良県	1.30	2.94	2.54	1.92	3.08	2.36	0.93	1.00	1.94	1.05		
和歌山県	1.63	2.74	2.67	2.42	0.87	2.56	1.10	1.24	1.57	1.23	1.48	1.90
鳥取県	2.18	2.56	2.48	1.86	3.35	2.43	1.81	1.58	3.00	1.94	3.21	
島根県	2.82	2.95	3.05	2.87	2.60	2.94	2.35	2.13	3.14	2.56	4.42	2.83
岡山県	2.11	2.70	2.24	2.26	2.02	2.49	1.51	1.42	2.25	1.62	2.03	2.26
広島県	2.38	2.76	2.67	2.34	2.41	2.60	1.88	1.47	2.85	2.03		2.47
山口県	2.29	2.83	2.76	2.37	1.68	2.62	1.82	1.77	2.64	1.97		1.69
徳島県	1.70	2.26	2.64	2.35	2.67	2.38	1.11	1.21	2.82	1.44		0.77
香川県	2.26	2.49	2.69	2.05	1.00	2.30	2.39	1.94	2.93	2.20		
愛媛県	2.22	2.61	2.30	2.43	0.67	2.45	2.08	1.86	2.89	2.07		1.69
高知県	2.21	3.14	3.03	2.26	2.07	2.74	1.72	1.83	3.17	1.94	3.24	2.13
福岡県	1.98	2.24	2.73	2.57	2.30	2.59	1.79	1.14	2.18	1.71		2.72
佐賀県	2.21		2.79	2.81	2.40	2.75	1.97	2.38	1.65	2.10	1.85	
長崎県	2.18	2.73	2.59	1.55	2.70	2.39	1.65	2.03	2.31	2.01		2.65
熊本県	2.08	2.30	2.65	2.24	2.24	2.46	1.76	1.74	2.88	1.91		2.03
大分県	1.85	2.59	2.56	2.41	2.40	2.50	1.39	1.54	2.09	1.53		1.24
宮崎県	2.32	2.61	3.09	2.53	2.51	2.84	1.76	1.96	2.56	2.00	3.76	2.57
鹿児島県	2.56	3.52	3.02	2.90	3.00	3.03	1.74	2.31	2.86	2.20	3.64	3.31
沖縄県	3.17		3.10	2.46	3.41	3.16			3.23	3.23		3.07

H'の標準偏差

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1.04	0.90	0.66	0.96	1.01	0.92	1.07	1.14	1.04	1.11	0.98	0.94
北海道	0.88	0.88		0.78	0.63	0.85	1.26		0.93	0.94	0.77	0.81
青森県	0.96	0.87		0.96	1.24	0.93	0.95		0.82	0.99	0.98	0.96
岩手県	0.94	0.82		0.99	0.67	0.86	1.14		0.86	1.02	0.39	1.14
宮城県	1.01	0.71		0.73		0.75	1.14		0.91	1.15		0.01
秋田県	0.97	0.81		0.86	1.10	0.84	1.07		0.75	1.04	0.11	0.40
山形県	0.83	0.72		0.60	1.31	0.73	0.97		0.80	0.98	0.15	0.55
福島県	0.94	0.84		1.07	0.74	0.90	1.00	1.10	0.66	1.03	0.24	0.73
茨城県	1.05	0.66		0.98		0.87	0.93	0.70	0.33	1.06		0.56
栃木県	1.14	0.87		0.76	0.51	0.83	1.12	1.02	0.97	1.14	1.08	0.91
群馬県	1.05	0.93		0.92	0.80	0.97	1.03	0.66	0.97	1.12	0.43	0.36
埼玉県	1.02	1.04		0.55		0.89	1.08	0.58		1.07		
千葉県	0.82	0.35	0.77	0.55	0.41	0.71	0.92		0.49	0.91		
東京都	1.08	0.29	0.49		0.16	0.79	1.11	0.97	0.18	1.08		0.54
神奈川県	1.21	0.98		1.16		1.13	0.91	1.07	0.29	1.24		
新潟県	0.82	0.72	0.28	0.93	1.02	0.80	0.77		1.06	0.82	0.77	
富山県	0.85	0.74		0.85	1.17	0.81	0.88		0.71	0.85		
石川県	0.81	0.55		0.62		0.64	0.74		1.12	0.94	0.53	0.36
福井県	1.06	0.85	0.68	0.94		0.89	1.03		0.92	1.09	0.07	
山梨県	1.04	0.56		0.79		0.67	0.41	0.84	1.03	1.08	1.04	0.28
長野県	1.00	0.90		0.98	0.72	0.94	0.85	0.84	0.96	1.00	1.08	0.96
岐阜県	1.05	0.73		0.97	0.54	0.85	0.99	1.05	0.92	1.09	0.97	0.88
静岡県	1.03	0.73	0.47	1.00	0.34	0.93	0.93	1.08	0.86	1.02		0.63
愛知県	1.19	0.41	0.29	0.87	0.21	0.77	0.94	1.31	0.30	1.21	1.04	
三重県	1.09	0.64	0.58	1.08	0.19	0.79	0.87	0.93	0.76	0.97		
滋賀県	1.03	0.59		0.99	0.79	0.82	0.87	1.01	1.00	1.08		
京都府	1.13	0.59	0.18	1.08	0.56	0.90	0.86	1.03	0.87	1.17		1.27
大阪府	0.93	1.13		0.76		0.87		0.16	0.59	1.05		
兵庫県	1.08	0.56	0.59	1.02	1.10	0.80	0.99	0.99	0.90	1.09	0.65	0.50
奈良県	1.10	0.56		1.29		1.13	0.85	0.88	0.93	0.92		
和歌山県	1.09	0.74	0.51	0.55	0.03	0.70	0.95	0.91	1.14	0.98	1.16	0.64
鳥取県	1.01	0.65	0.81	1.08		0.81	0.99	1.22	0.64	1.11		
島根県	0.82	0.57	0.57	0.57	1.07	0.61	1.11	1.23	0.45	1.07		0.68
岡山県	1.04	0.59	0.66	1.11	0.93	0.84	1.10	1.11	0.91	1.12	0.94	0.70
広島県	0.96	0.59	0.43	0.85	1.16	0.75	0.99	1.20	0.74	1.19		0.51
山口県	1.03	0.49	0.54	1.19	1.23	0.84	0.89	1.23	0.70	1.09		0.73
徳島県	1.13	0.76	0.29	0.87	0.64	0.77	0.98	0.98	0.77	1.15		
香川県	0.89	0.69	0.93	0.81		0.84	0.52	1.03	0.51	0.97		
愛媛県	1.01	0.74	0.56	0.85		0.79	0.96	1.22	0.60	1.11		
高知県	1.13	0.82	0.46	1.11	1.08	0.94	1.01	1.13	0.64	1.13	0.45	
福岡県	1.00	0.29	0.47	0.33	0.64	0.51	0.93	1.13	0.93	1.05		
佐賀県	0.94		0.29	0.43		0.34	1.02	0.92	0.90	1.00	0.87	
長崎県	0.93	0.39	0.53	0.94	0.44	0.76	0.90	1.04	0.89	1.00		0.61
熊本県	1.03	0.94	0.55	1.17	0.47	0.79	1.00	1.14	0.71	1.09		0.77
大分県	1.09	0.69	0.60	0.93	0.72	0.75	1.02	1.11	0.87	1.06		1.26
宮崎県	1.14	0.65	0.68	1.16	0.89	0.82	1.16	1.26	0.98	1.19		0.58
鹿児島県	1.12	0.38	0.65	0.75	0.73	0.69	1.25	1.24	0.85	1.25		
沖縄県	0.85		1.12	0.07	0.52	0.92			0.53	0.53		



修正シャノン・ウィナーの平均多様度指数(H\*)

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2.26	2.50	2.94	2.32	2.54	2.49	1.85	1.66	2.37	2.01	2.20	2.13
北海道	1.94	1.96		2.09	1.93	1.99	2.19		1.83	1.84	2.09	1.91
青森県	2.23	2.39		2.10	1.89	2.28	1.94		2.74	2.21	2.36	2.07
岩手県	2.71	2.74		2.72	3.11	2.75	2.04		2.91	2.66	3.22	2.57
宮城県	2.57	2.92	1.68	2.83	0.78	2.86	1.94	0.65	2.85	2.29		2.77
秋田県	2.45	2.71		2.24	2.58	2.64	2.16		2.71	2.26	2.83	2.44
山形県	2.54	2.65		2.74	2.25	2.65	2.14		2.83	2.28	2.17	0.64
福島県	2.72	2.73		2.53	2.34	2.69	2.24	2.06	3.32	2.75	3.64	3.17
茨城県	2.27	3.17	2.24	2.46	2.13	2.78	2.20	0.92	2.81	1.93		2.81
栃木県	2.01	2.58	2.17	2.85	2.11	2.62	1.34	1.16	2.69	1.45	1.89	2.61
群馬県	2.11	2.49		2.05	1.08	2.34	1.50	0.79	2.52	1.80	2.21	2.94
埼玉県	2.03	2.49		2.61		2.54	2.10	0.81		1.67		1.42
千葉県	2.66	3.12	2.95	2.39	2.29	2.77	2.23	2.46	3.19	2.54		
東京都	2.10	2.94	3.31	1.08	2.20	2.57	1.64	1.44	2.71	1.68		2.87
神奈川県	2.17	2.77	3.29	1.42		2.44	2.23	1.06	3.76	1.86		
新潟県	2.61	2.74	1.78	2.60	1.46	2.67	2.52		2.59	2.53	2.01	
富山県	2.54	2.71		2.64	2.32	2.67	2.23		2.30	2.25		3.22
石川県	2.62	3.05		2.44	2.85	2.81	2.24		2.62	2.39	2.69	2.31
福井県	2.34	2.74	2.94	1.87	0.67	2.63	1.74		2.88	1.99	3.45	
山梨県	2.26	2.88		2.70		2.81	1.41	0.93	2.33	1.76	2.91	2.65
長野県	2.22	2.55		2.33	2.94	2.45	1.41	1.52	2.34	2.06	2.27	2.24
岐阜県	2.10	2.61	3.37	2.39	2.62	2.52	1.74	1.45	2.62	1.77	1.44	2.17
静岡県	1.92	2.74	2.81	2.00	2.98	2.43	1.57	1.61	2.31	1.69	0.79	1.95
愛知県	1.87	3.26	2.94	2.17	2.82	2.64	1.24	1.40	2.73	1.68	1.10	
三重県	1.82	2.85	2.89	2.02	2.53	2.66	1.01	1.42	2.43	1.36		
滋賀県	2.23	2.74	1.82	2.70	1.42	2.64	1.27	1.80	2.48	1.76	2.82	1.89
京都府	2.08	2.92	2.45	1.93	2.95	2.52	0.96	1.32	2.73	1.61		1.91
大阪府	2.09	1.74	2.67	2.21		2.16	1.64	0.53	2.73	1.95	2.55	
兵庫県	2.05	2.76	2.41	2.13	2.67	2.53	1.14	1.25	2.51	1.46	2.53	2.40
奈良県	1.44	3.21	2.67	2.13	3.33	2.59	1.05	1.09	2.15	1.17		0.00
和歌山県	1.83	2.95	2.86	2.57	0.95	2.74	1.30	1.41	1.73	1.42	1.70	2.46
鳥取県	2.44	2.81	2.75	2.05	3.43	2.67	2.11	1.79	3.30	2.22	3.53	
島根県	3.04	3.16	3.24	3.02	2.79	3.14	2.61	2.37	3.39	2.81	4.65	3.08
岡山県	2.31	2.87	2.33	2.40	2.38	2.65	1.85	1.61	2.43	1.84	2.31	2.44
広島県	2.57	2.93	2.83	2.53	2.70	2.78	2.10	1.76	3.01	2.26		2.60
山口県	2.48	2.97	2.99	2.53	1.84	2.81	2.07	1.94	2.81	2.16		1.76
徳島県	1.91	2.58	2.78	2.62	2.90	2.65	1.29	1.40	3.03	1.62		0.82
香川県	2.46	2.62	2.82	2.22	1.07	2.44	2.67	2.29	3.03	2.49		
愛媛県	2.41	2.79	2.43	2.57	0.68	2.60	2.35	2.05	3.06	2.29		1.74
高知県	2.43	3.35	3.17	2.49	2.42	2.94	1.93	2.07	3.32	2.16	3.61	2.30
福岡県	2.15	2.46	2.91	2.72	2.48	2.76	1.97	1.27	2.33	1.88		3.22
佐賀県	2.39		2.92	2.97	2.48	2.87	2.19	2.61	1.75	2.31	1.94	
長崎県	2.37	3.07	2.76	1.80	2.96	2.60	1.85	2.20	2.54	2.19	0.03	2.76
熊本県	2.29	2.51	2.86	2.42	2.34	2.66	1.96	1.98	3.04	2.12		2.16
大分県	2.03	2.79	2.69	2.58	2.53	2.67	1.62	1.72	2.21	1.73		1.35
宮崎県	2.53	3.05	3.26	2.78	2.70	3.07	1.96	2.17	2.74	2.20	4.13	2.72
鹿児島県	2.76	3.70	3.20	3.22	3.14	3.21	1.93	2.56	3.07	2.41	3.80	3.45
沖縄県	3.44		3.30	2.81	3.72	3.42			3.55	3.55		3.39

Pielou の平均均衡度指数(J')

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.71	0.77	0.78	0.73	0.71	0.75	0.63	0.57	0.74	0.66	0.74	0.73
北海道	0.72	0.72		0.74	0.78	0.73	0.68		0.69	0.69	0.78	0.75
青森県	0.70	0.75		0.68	0.65	0.72	0.63		0.76	0.67	0.65	0.67
岩手県	0.77	0.79		0.79	0.85	0.79	0.61		0.80	0.75	0.86	0.70
宮城県	0.74	0.81	0.63	0.82	0.23	0.80	0.62	0.41	0.77	0.68		0.80
秋田県	0.75	0.80		0.69	0.71	0.78	0.69		0.81	0.71	0.80	0.87
山形県	0.76	0.79		0.79	0.66	0.79	0.68		0.81	0.71	0.70	0.24
福島県	0.78	0.79		0.75	0.82	0.78	0.69	0.74	0.85	0.77	0.90	0.85
茨城県	0.69	0.81	0.71	0.66	0.59	0.73	0.77	0.40	0.75	0.66		0.77
栃木県	0.64	0.81	0.77	0.78	0.63	0.79	0.47	0.44	0.80	0.50	0.69	0.81
群馬県	0.69	0.78		0.66	0.46	0.74	0.55	0.38	0.76	0.61	0.82	0.90
埼玉県	0.69	0.74		0.81		0.77	0.68	0.52		0.63		0.75
千葉県	0.73	0.80	0.78	0.72	0.53	0.74	0.68	0.81	0.81	0.73		
東京都	0.69	0.84	0.89	0.65	0.73	0.79	0.65	0.50	0.79	0.61		0.79
神奈川県	0.62	0.77	0.89	0.46		0.70	0.68	0.31	0.86	0.53		
新潟県	0.76	0.77	0.74	0.74	0.44	0.76	0.78		0.68	0.76	0.77	
富山県	0.77	0.78		0.86	0.63	0.78	0.73		0.74	0.74		0.87
石川県	0.78	0.78		0.81	0.76	0.79	0.75		0.79	0.76	0.82	0.70
福井県	0.72	0.77	0.82	0.73	0.39	0.76	0.62		0.84	0.67	0.87	
山梨県	0.71	0.81		0.79		0.80	0.65	0.45	0.74	0.63	0.78	0.79
長野県	0.71	0.75		0.72	0.88	0.74	0.58	0.56	0.75	0.69	0.69	0.73
岐阜県	0.67	0.78	0.79	0.72	0.75	0.75	0.62	0.54	0.78	0.61	0.52	0.80
静岡県	0.67	0.82	0.77	0.68	0.81	0.75	0.65	0.56	0.70	0.62	0.72	0.82
愛知県	0.60	0.84	0.79	0.70	0.68	0.75	0.51	0.50	0.76	0.57	0.38	
三重県	0.62	0.76	0.77	0.67	0.77	0.75	0.53	0.54	0.66	0.55		
滋賀県	0.67	0.80	0.62	0.75	0.46	0.76	0.50	0.55	0.68	0.57	0.67	0.92
京都府	0.66	0.81	0.71	0.65	0.76	0.74	0.45	0.54	0.75	0.57		0.54
大阪府	0.73	0.70	0.81	0.76		0.75	0.99	0.31	0.79	0.68	0.88	
兵庫県	0.64	0.78	0.72	0.63	0.66	0.72	0.48	0.52	0.73	0.55	0.70	0.70
奈良県	0.55	0.82	0.80	0.61	0.89	0.71	0.49	0.51	0.71	0.52		
和歌山県	0.62	0.78	0.78	0.81	0.34	0.77	0.51	0.57	0.64	0.56	0.58	0.67
鳥取県	0.74	0.83	0.71	0.70	0.91	0.80	0.67	0.61	0.80	0.68	0.82	
島根県	0.79	0.81	0.83	0.80	0.74	0.81	0.74	0.68	0.82	0.75	0.92	0.72
岡山県	0.69	0.77	0.70	0.66	0.75	0.73	0.63	0.55	0.75	0.61	0.74	0.81
広島県	0.72	0.78	0.70	0.73	0.74	0.76	0.72	0.56	0.77	0.66		0.73
山口県	0.70	0.79	0.78	0.68	0.51	0.74	0.67	0.62	0.75	0.66		0.84
徳島県	0.62	0.75	0.76	0.80	0.81	0.78	0.49	0.54	0.78	0.55		0.77
香川県	0.73	0.70	0.74	0.73	0.36	0.71	0.86	0.72	0.84	0.77		
愛媛県	0.71	0.76	0.69	0.76	0.33	0.73	0.73	0.62	0.82	0.69		0.51
高知県	0.70	0.77	0.81	0.74	0.73	0.77	0.65	0.64	0.80	0.66	0.87	0.76
福岡県	0.65	0.69	0.81	0.82	0.66	0.78	0.65	0.41	0.69	0.60		0.71
佐賀県	0.73		0.81	0.83	0.63	0.79	0.73	0.75	0.51	0.71	0.90	
長崎県	0.70	0.79	0.76	0.61	0.78	0.73	0.67	0.67	0.74	0.68		0.72
熊本県	0.70	0.71	0.75	0.63	0.71	0.72	0.68	0.65	0.82	0.69		0.73
大分県	0.64	0.78	0.72	0.72	0.67	0.73	0.58	0.58	0.71	0.60		0.46
宮崎県	0.70	0.86	0.78	0.76	0.75	0.79	0.61	0.62	0.72	0.64	0.89	0.75
鹿児島県	0.72	0.84	0.82	0.84	0.78	0.81	0.60	0.65	0.77	0.66	0.83	0.78
沖縄県	0.79		0.78	0.77	0.80	0.79			0.82	0.82		0.74

## (2) 都道府県別の調査プロット数累積によるシャノン・ウィナーの多様度指数等

図表3-1-42は、前述の②のように地域別に調査プロットを累積して指数を算出したものである。都道府県別調査プロット数の表は、地域間比較等において同一サンプル数であるものを比較検討する必要があるために参考として再掲した。

全国のシャノン・ウィナー多様度指数が大きな数値となるのは、プロット数が多くなった結果である。一方、都道府県別、林種別に指数が小さい値となる場合には、調査プロット数が少ないことによると考えられる。

### 1) 地域間比較

育成単層林スギにおいて、調査プロット数がほぼ同じである福島県、兵庫県、大分県を比較する。シャノン・ウィナーの多様度指数は、福島県が4.68、兵庫県が3.25、大分県が3.86であり、福島県が最も大きい。対数の底を2として計算しているのでいずれもビットで表現される。兵庫県を基準にすると、福島県は兵庫県の2.7倍、大分県は同様に1.5倍となっており、木本類の種類・個体数の組み合わせの通り数が複雑であることを示している。複雑さ、組み合わせの通り数を多様性と言い換えることも可能である。Pielouの均衡度指数を見ると、福島県が0.43、兵庫県が0.33、大分県が0.37となっており、兵庫県の均衡度は他2県よりも低い値である。

### 2) 落葉中高木とスギの比較

青森県の落葉中高木とスギの調査プロット数は、ほぼ同じである。落葉中高木のシャノン・ウィナー多様度指数は4.97、スギが4.21と落葉中高木の方がスギよりも1.7倍程度複雑である。

福井県の場合には、落葉中高木が5.62、スギが3.17と落葉中高木がスギの約2倍の複雑さであり、鳥取県の場合にも落葉中高木がスギよりも2倍程度複雑である。

Pielouの均衡度指数をみるといずれの県も落葉中高木の方がスギより大きい値であり均衡度が高いことを示している。

### 3) スギとヒノキの比較

静岡県、三重県、奈良県のそれぞれのスギとヒノキのプロット数がほぼ同数であるので比較してみる。静岡県のスギのシャノン・ウィナーの多様度指数は3.97、ヒノキが3.96とほぼ同じである。三重県では、スギが2.92、ヒノキが3.16とややヒノキが大きい。奈良県ではスギが3.19、ヒノキが2.99とスギやや大きくなっている。若干のばらつきがあるもののほぼ同じ値と言えよう。Pielouの均衡度指数は、静岡県ではスギが0.38、ヒノキが0.37とほぼ同じであり、三重県では両林種とも0.3である。奈良県ではスギが0.33、ヒノキが0.28とややスギが大きい。

### 4) 天然生林計とスギの比較

九州の隣接県である熊本県、大分県、宮崎県のそれぞれの天然生林計とスギの調査プロット数が同数であるので各県の天然生林計とスギを比較してみる。熊本県の天然生林計のシャノン・ウィナーの多様度指数は5.49、スギが4.28と差は1.21である。大分県は天然生林が5.41、スギが3.86と差は1.55であり、宮崎県は天然生林が5.63、スギが4.59と差は1.04となっている。差が大きいのは大分県であり、他の2県に比べて天然生林よりもスギの複雑さは小さいことを示している。

図表3-1-42 調査プロットの累積値によるシャノン・ Weinerの多様度指数等

調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	9,671	2,892	420	1,220	203	4,735	1,693	1,000	1,690	4,383	220	333
北海道	2,253	908		372	11	1,291	13		682	695	103	164
青森県	279	86		35	8	129	83		41	124	6	20
岩手県	499	197		46	6	249	61		156	217	7	26
宮城県	160	64	1	12	1	78	47	1	32	80		2
秋田県	404	164		28	7	199	167		34	201	2	2
山形県	273	181		13	2	196	58		15	73	2	2
福島県	335	170		43	2	215	51	7	54	112	2	6
茨城県	68	12	1	11	1	25	22	12	7	41		2
栃木県	145	45	1	16	3	65	27	36	11	74	3	3
群馬県	172	63		17	4	84	29	14	32	75	10	3
埼玉県	38	10		6		16	14	7		21		1
千葉県	33	3	8	4	2	17	10	1	5	16		
東京都	33	3	2	1	3	9	10	7	2	19		5
神奈川県	43	16	1	6		23	9	9	2	20		
新潟県	247	125	2	31	4	162	68		13	81	4	
富山県	54	27		5	3	35	13		5	18		1
石川県	81	25		16	1	42	20		13	33	4	2
福井県	107	41	6	6	1	54	40		11	51	2	
山梨県	89	23		16		39	6	15	25	46	2	2
長野県	340	64		65	3	132	31	31	131	193	11	4
岐阜県	348	82	1	71	4	158	55	84	33	172	12	6
静岡県	168	18	9	24	2	53	47	47	14	108	1	6
愛知県	74	4	3	8	2	17	16	24	13	53	4	
三重県	146	20	18	12	2	52	41	42	11	94		
滋賀県	81	24	1	15	2	42	17	9	11	37	1	1
京都府	110	27	4	21	4	56	21	14	16	51		3
大阪府	17	2	1	6		9	1	2	4	7	1	
兵庫県	252	70	17	37	7	131	51	39	23	113	2	6
奈良県	127	9	1	14	1	25	43	49	9	101		1
和歌山県	179	15	20	12	2	49	42	50	17	109	18	3
鳥取県	122	41	4	11	1	57	38	16	10	64	1	
島根県	200	75	27	23	7	132	26	17	22	65	1	2
岡山県	204	59	12	31	5	107	21	43	17	81	9	7
広島県	223	68	6	37	8	119	16	37	28	81		23
山口県	163	23	34	19	5	81	25	38	17	80		2
徳島県	133	15	5	15	3	38	59	18	17	94		1
香川県	50	14	5	13	1	33	3	11	3	17		
愛媛県	143	25	13	19	1	58	32	42	10	84		1
高知県	240	16	27	24	4	71	63	80	18	161	7	1
福岡県	92	2	15	5	5	27	34	16	14	64		1
佐賀県	44		5	2	1	8	14	15	5	34	2	
長崎県	103	3	30	10	5	48	11	31	10	52	1	2
熊本県	172	12	28	8	6	54	57	42	16	115		3
大分県	157	21	9	12	13	55	50	27	12	89		13
宮崎県	231	15	44	9	15	83	80	27	36	143	1	4
鹿児島県	209	5	46	11	26	88	51	40	28	119	1	1
沖縄県	30		13	2	9	24			5	5		1

シャノン・ウィナーの多様度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	6.94	6.76	5.88	6.42	6.61	7.01	5.39	4.67	7.00	6.48	6.53	6.54
北海道	5.34	5.42		4.28	4.00	5.28	4.26		5.00	5.08	5.07	5.06
青森県	5.26	4.97		4.75	3.74	5.17	4.21		5.49	5.02	3.88	4.19
岩手県	6.17	6.07		5.73	4.78	6.14	4.37		5.91	5.85	4.76	5.51
宮城県	6.00	5.90	1.63	5.12	0.69	5.93	4.29	0.41	5.50	5.51		3.26
秋田県	5.33	5.30		4.74	4.03	5.36	4.64		5.29	4.94	3.04	3.05
山形県	5.41	5.26		4.96	3.53	5.32	4.32		5.27	4.83	2.78	1.34
福島県	6.28	6.05		5.80	3.34	6.21	4.68	3.30	5.88	5.92	4.39	4.86
茨城県	5.43	5.19	2.12	4.82	2.03	5.44	4.44	1.05	4.32	4.80		3.35
栃木県	5.89	5.74	1.99	4.77	2.58	5.89	3.69	3.00	5.00	4.55	2.79	3.51
群馬県	6.23	5.90		4.51	1.91	6.06	3.34	1.48	5.70	5.43	4.26	3.72
埼玉県	4.94	4.47		4.19		4.90	4.16	2.20		4.03		1.19
千葉県	4.99	3.62	4.33	2.73	2.52	4.71	3.63	2.28	4.41	4.69		
東京都	5.52	3.98	3.74	0.65	3.34	5.17	3.53	2.62	3.21	4.46		3.81
神奈川県	5.28	4.94	3.07	3.90		5.12	4.08	2.76	4.32	4.48		
新潟県	5.69	5.36	1.86	5.53	1.80	5.59	4.95		5.07	5.23	3.45	
富山県	5.40	5.07		4.38	3.29	5.25	4.40		4.06	4.92		3.01
石川県	5.56	5.24		4.43	2.62	5.33	4.49		5.06	5.35	4.19	3.02
福井県	5.84	5.62	3.85	3.71	0.62	5.74	4.67		4.86	5.21	4.07	
山梨県	5.94	5.60		5.33		6.01	1.68	1.79	5.01	4.83	3.67	3.09
長野県	6.34	6.15		5.54	4.22	6.31	3.40	3.27	5.95	5.87	4.79	3.69
岐阜県	5.81	5.71	3.24	5.22	3.93	5.91	4.48	3.84	5.59	5.21	2.97	4.16
静岡県	5.32	5.23	4.64	4.61	3.81	5.70	3.97	3.96	5.01	4.68	0.72	4.05
愛知県	4.69	3.98	3.42	3.85	2.82	4.40	3.35	3.92	4.06	4.60	2.87	
三重県	4.99	4.79	4.52	4.30	2.92	5.13	2.92	3.16	4.11	4.18		
滋賀県	5.21	5.19	1.75	4.48	1.85	5.15	3.64	3.43	4.77	4.92	2.75	1.46
京都府	4.83	4.75	3.63	3.94	4.13	4.78	2.43	2.56	4.58	4.39		3.30
大阪府	4.52	2.96	2.58	3.82		3.88	1.57	0.54	4.24	4.36	2.27	
兵庫県	5.17	4.74	4.39	4.38	4.36	4.95	3.25	3.26	5.01	4.75	3.01	3.96
奈良県	4.77	4.93	2.54	4.60	3.08	5.18	3.19	2.99	4.58	3.99		
和歌山県	5.17	5.04	4.96	4.71	1.74	5.51	2.90	3.18	4.80	4.09	3.58	2.83
鳥取県	5.75	5.59	3.29	4.46	3.35	5.55	4.55	3.69	4.96	5.33	3.21	
島根県	5.82	5.54	5.27	4.79	4.39	5.68	5.03	4.53	5.28	5.58	4.42	3.36
岡山県	5.31	4.97	4.30	4.45	3.90	5.12	3.92	3.87	5.03	4.90	4.53	4.08
広島県	5.17	5.19	4.09	4.20	4.36	5.03	4.20	3.82	5.14	5.25		4.11
山口県	5.16	4.62	4.75	4.72	3.30	5.13	3.86	4.09	4.35	4.74		2.85
徳島県	5.36	4.61	4.20	4.73	3.85	5.28	3.47	3.48	5.43	5.03		0.77
香川県	4.98	3.95	3.86	4.09	1.00	4.53	3.45	4.61	4.21	5.16		
愛媛県	5.75	5.68	4.44	5.10	0.67	5.73	4.88	4.68	5.23	5.37		1.69
高知県	5.75	5.23	5.16	5.17	4.04	5.81	4.63	4.73	5.41	5.39	4.44	2.13
福岡県	4.83	2.94	4.34	3.54	3.46	4.51	4.31	3.03	4.17	4.69		2.72
佐賀県	4.92		4.07	3.09	2.40	4.39	4.29	4.11	3.58	4.72	2.91	
長崎県	5.01	3.41	4.54	3.66	4.18	4.82	3.25	4.08	4.37	4.67		3.20
熊本県	5.61	5.09	4.96	4.53	3.58	5.49	4.28	4.23	5.47	5.27		3.27
大分県	5.40	5.26	3.91	4.61	4.68	5.41	3.86	3.69	4.11	4.65		3.89
宮崎県	5.88	5.31	5.26	4.96	4.94	5.63	4.59	4.64	5.77	5.71	3.76	3.91
鹿児島県	6.07	5.45	5.45	5.13	5.57	6.01	4.49	4.83	5.74	5.59	3.64	3.31
沖縄県	5.70		5.53	2.86	4.94	5.67			4.75	4.75		3.07

# Pielou の均衡度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.37	0.40	0.39	0.41	0.48	0.39	0.34	0.31	0.44	0.38	0.51	0.48
北海道	0.34	0.38		0.33	0.51	0.36	0.47		0.37	0.37	0.46	0.44
青森県	0.39	0.42		0.47	0.46	0.42	0.37		0.50	0.41	0.47	0.43
岩手県	0.43	0.46		0.52	0.55	0.46	0.39		0.46	0.44	0.56	0.54
宮城県	0.46	0.50	0.24	0.54	0.09	0.49	0.41	0.09	0.50	0.47		0.42
秋田県	0.38	0.41		0.46	0.46	0.41	0.37		0.49	0.38	0.38	0.58
山形県	0.39	0.40		0.54	0.47	0.40	0.40		0.55	0.42	0.40	0.20
福島県	0.45	0.46		0.54	0.51	0.46	0.43	0.42	0.51	0.48	0.60	0.58
茨城県	0.47	0.54	0.30	0.51	0.27	0.51	0.46	0.13	0.47	0.45		0.46
栃木県	0.49	0.54	0.33	0.50	0.32	0.52	0.40	0.31	0.61	0.42	0.41	0.56
群馬県	0.50	0.53		0.49	0.24	0.52	0.36	0.19	0.56	0.49	0.53	0.54
埼玉県	0.50	0.56		0.56		0.57	0.47	0.29		0.44		0.26
千葉県	0.46	0.44	0.47	0.37	0.31	0.47	0.40	0.38	0.49	0.48		
東京都	0.51	0.56	0.40	0.18	0.44	0.56	0.42	0.35	0.42	0.47		0.40
神奈川県	0.49	0.52	0.48	0.47		0.51	0.46	0.34	0.57	0.46		
新潟県	0.42	0.41	0.29	0.52	0.21	0.42	0.44		0.53	0.45	0.46	
富山県	0.48	0.48		0.64	0.40	0.49	0.52		0.47	0.52		0.47
石川県	0.45	0.47		0.43	0.40	0.45	0.47		0.51	0.50	0.56	0.39
福井県	0.48	0.51	0.46	0.50	0.09	0.50	0.46		0.54	0.49	0.56	
山梨県	0.51	0.54		0.58		0.55	0.24	0.23	0.51	0.47	0.57	0.44
長野県	0.47	0.54		0.49	0.60	0.51	0.35	0.34	0.49	0.47	0.51	0.47
岐阜県	0.42	0.47	0.43	0.45	0.47	0.46	0.43	0.34	0.52	0.42	0.37	0.52
静岡県	0.42	0.53	0.49	0.47	0.53	0.50	0.38	0.37	0.53	0.39	0.15	0.50
愛知県	0.40	0.47	0.44	0.45	0.32	0.44	0.39	0.41	0.40	0.41	0.36	
三重県	0.39	0.46	0.43	0.44	0.37	0.43	0.30	0.30	0.41	0.36		
滋賀県	0.43	0.50	0.25	0.45	0.27	0.46	0.41	0.39	0.49	0.46	0.32	0.41
京都府	0.39	0.44	0.43	0.40	0.49	0.41	0.29	0.29	0.46	0.41		0.41
大阪府	0.46	0.45	0.34	0.45		0.43	0.30	0.09	0.50	0.50	0.43	
兵庫県	0.38	0.39	0.42	0.39	0.50	0.38	0.33	0.33	0.48	0.41	0.36	0.43
奈良県	0.40	0.52	0.38	0.49	0.50	0.49	0.33	0.28	0.50	0.35		
和歌山県	0.40	0.49	0.47	0.49	0.21	0.47	0.29	0.30	0.49	0.35	0.40	0.37
鳥取県	0.47	0.51	0.41	0.50	0.44	0.48	0.45	0.42	0.52	0.48	0.48	
島根県	0.42	0.44	0.48	0.44	0.49	0.43	0.50	0.48	0.49	0.47	0.58	0.43
岡山県	0.39	0.41	0.42	0.40	0.47	0.40	0.43	0.37	0.51	0.42	0.57	0.47
広島県	0.37	0.42	0.43	0.36	0.49	0.38	0.47	0.38	0.46	0.44		0.37
山口県	0.38	0.42	0.42	0.44	0.39	0.40	0.40	0.38	0.41	0.40		0.40
徳島県	0.43	0.45	0.45	0.49	0.45	0.47	0.33	0.37	0.51	0.43		0.14
香川県	0.42	0.38	0.42	0.41	0.13	0.39	0.51	0.51	0.51	0.53		
愛媛県	0.44	0.52	0.44	0.49	0.08	0.47	0.47	0.42	0.53	0.44		0.20
高知県	0.42	0.50	0.46	0.50	0.54	0.47	0.42	0.41	0.50	0.42	0.49	0.35
福岡県	0.39	0.38	0.42	0.42	0.39	0.41	0.40	0.33	0.41	0.40		0.40
佐賀県	0.44		0.46	0.41	0.29	0.46	0.48	0.44	0.40	0.45	0.39	
長崎県	0.40	0.43	0.40	0.43	0.48	0.41	0.38	0.39	0.46	0.41		0.39
熊本県	0.43	0.54	0.46	0.49	0.38	0.47	0.39	0.41	0.53	0.44		0.40
大分県	0.41	0.50	0.40	0.46	0.45	0.44	0.37	0.37	0.41	0.40		0.40
宮崎県	0.43	0.58	0.43	0.56	0.48	0.44	0.40	0.44	0.50	0.45	0.57	0.46
鹿児島県	0.44	0.60	0.46	0.55	0.49	0.47	0.41	0.44	0.52	0.44	0.47	0.42
沖縄県	0.51		0.54	0.42	0.51	0.52			0.55	0.55		0.41

### (3) スギ地域別調査プロット数の累積によるシャノン・ウィナーの多様度指数等

「人工林林分密度管理図」のスギ地域区分(北海道・沖縄県を除く)別に調査プロットの本類データを累積してシャノン・ウィナーの多様度指数、Pielou の均衡度指数を求めたのが図表3-1-43である。

地域間、林種間における調査プロット数のばらつきが大きく、単純に相互の比較は困難である。こういった場合、調査プロット数の少ない側を基準として、乱数を発生させて調査プロットの多い側から調査プロットを抽出して対象プロット数を同数にする方法がある。こういった手法による試行については今後の調査課題である。

#### 1) スギの調査プロット数がほぼ同数の地域間比較

表東北、北関東・東山、南関東・東海の3地域のスギの調査プロット数が同数に近いので、スギについて地域間の比較を試みる。

シャノン・ウィナーの多様度指数は、3 地域とも似通った値を示しており、北関東・東山がやや少なく4.48、次いで南関東・東海の4.53、最も高いのが表東北である。

Pielou の均衡度指数は、3.7～3.8 とほぼ同じである。

#### 2) スギとヒノキの比較

スギとヒノキのプロット数が同数に近い地域における比較である。南関東・東海地域では、スギのシャノン・ウィナーの多様度指数は4.53、ヒノキが3.82 とスギがかなり大きい。北近畿・中国では、スギが4.72、ヒノキが4.32 とスギがやや大きい。南近畿・四国では、スギが4.47、ヒノキが4.58 と僅かにヒノキが大きくなっている。木本類総種数の関係とほぼ相関している。

Pielou の均衡度指数は、スギ・ヒノキ、地域間のいずれもほぼ同値である。

#### 3) 育成単層林計の地域間比較

裏東北・北陸、北関東・東山、北近畿・中国、南近畿・四国、九州の5地域の育成単層林計の調査プロット数が同数か同数に近いことから、シャノン・ウィナーの多様度指数を見ると、北関東・東山が5.92 とやや高いがその他の地域は5.33～5.56 とほぼ同じような指数値となっている。Pielou の均衡度指数についても北関東・東山がやや大きいがその他の地域はほぼ同じである。

図表3-1-43 スギ地域別シャノン・ウィナーの多様度指数(北海道を除く)

プロット数

スギ地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,418	1,984	420	848	192	3,444	1,680	1,000	1,008	3,688	117	169
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,132	287	2	191	14	494	162	187	232	581	38	19
南関東・東海	565	76	42	66	12	196	155	142	54	351	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	872	94	71	97	12	274	242	250	74	566	25	7
九州	1,008	58	177	57	71	363	297	198	121	616	5	24

シャノン・ウィナーの多様度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	6.78	6.62	5.88	6.25	6.57	6.87	5.38	4.67	6.91	6.31	6.31	6.21
表東北	6.43	6.33	1.63	6.15	4.53	6.42	4.70	3.00	6.18	6.08	5.24	5.80
裏東北・北陸	5.92	5.69	4.11	5.74	4.98	5.86	5.05		6.06	5.56	5.14	4.59
北関東・東山	6.56	6.62	3.62	5.94	4.59	6.69	4.48	3.78	6.33	5.92	5.27	5.40
南関東・東海	5.79	5.78	5.20	5.33	4.69	6.04	4.53	3.82	5.46	5.17	2.90	4.68
北近畿・中国	5.62	5.50	5.29	4.78	5.24	5.52	4.72	4.32	5.59	5.49	4.94	4.69
南近畿・四国	5.82	5.85	5.41	5.51	4.15	6.00	4.47	4.58	6.01	5.33	4.44	2.82
九州	6.00	5.91	5.50	5.47	5.75	6.03	4.69	4.74	5.96	5.61	4.21	5.07

Pielou の均衡度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.37	0.39	0.39	0.41	0.48	0.39	0.34	0.31	0.44	0.37	0.52	0.47
表東北	0.41	0.44	0.24	0.51	0.49	0.44	0.38	0.39	0.45	0.43	0.59	0.54
裏東北・北陸	0.37	0.38	0.49	0.46	0.47	0.38	0.36		0.48	0.39	0.52	0.46
北関東・東山	0.43	0.49	0.50	0.46	0.47	0.47	0.37	0.31	0.49	0.42	0.51	0.58
南関東・東海	0.40	0.48	0.45	0.46	0.47	0.45	0.37	0.32	0.46	0.38	0.38	0.47
北近畿・中国	0.35	0.37	0.41	0.35	0.47	0.35	0.38	0.34	0.42	0.38	0.50	0.40
南近畿・四国	0.38	0.46	0.43	0.44	0.42	0.42	0.35	0.35	0.48	0.37	0.45	0.30
九州	0.38	0.50	0.40	0.47	0.45	0.41	0.35	0.36	0.45	0.38	0.50	0.47



#### (4) スギ標高帯別シャノン・ウィナーの多様度指数

スギの平均標高帯範囲の調査プロットを抽出してシャノン・ウィナーの多様度指数等を算出したのが図表3-1-44である。

都道府県別、あるいは前節の地域別において、育成単層林内の林種は、ほぼスギの標高帯と同じような標高帯に存在するため、植物種数等は似通っていると推定されるが、天然生林は垂直分布の範囲が広くなるため育成単層林との比較としてはあまり適当とは言えないと考えられ、このスギ標高帯別に比較する方がより適切であると考えられる。しかし、今回の試行では、標高帯範囲が狭いため調査プロット数が少なくなった。標高帯をどのように設定するかは今後の調査課題である。

##### 1) 全国の落葉中高木とスギの比較

スギの調査プロット数が落葉中高木よりも 50% 近く多いが両林種を比較してみる。シャノン・ウィナーの多様度指数は落葉中高木が 6.4、スギが 5.14 と落葉中高木がスギの 2 倍以上の複雑さを示している。Pielou の均衡度指数もスギの 0.39 に比べて落葉中高木が 0.47 と高い。育成単層林は、育成樹種とそれ以外の稚樹、侵入樹種で構成され、稚樹や侵入樹種が少なければ多様度指数、均衡度指数も小さくなる。天然生林計と育成単層林計をみると、全般的にシャノン・ウィナーの多様度指数は天然生林の方が大きな数値となっている。

##### 2) 表東北の天然生林計と育成単層林計の比較

調査プロット数がほぼ同数であるが、天然生林のシャノン・ウィナーの多様度指数は 5.94、育成単層林が 5.62 と、天然生林が大きい。育成単層林のシャノン・ウィナーの多様度指数が大きくなっているのは、育成単層林その他(カラマツ、広葉樹等)の影響が大きいと推定される。

##### 3) 裏東北・北陸の落葉中高木とスギの比較

両林種の調査プロット数は同数である。シャノン・ウィナーの多様度指数は、落葉中高木が 5.51、スギが 5.07 と、落葉中高木の方がスギの 1.4 倍程度複雑である。しかし、Pielou の均衡度指数を見ると落葉中高木が 0.47、スギが 0.46 となっておりほぼ同じ程度である。

##### 4) スギとヒノキの比較

北近畿・中国地域は、スギの調査プロット数よりもヒノキの方が 20% 程度多く、その影響があると思われるが、スギのシャノン・ウィナーの多様度指数は 3.88、ヒノキが 4.28 とヒノキが大きくなっているが、Pielou の均衡度指数はスギ・ヒノキともほぼ同じである。

南近畿・四国地域は、北近畿・中国地域とは逆に、ヒノキよりもスギのプロット数が 50% 以上多いが、シャノン・ウィナーの多様度指数は、スギの方が僅かに小さく 3.84、ヒノキが 3.91 であり、Pielou の均衡度指数は同じである。この両方の地域におけるヒノキ林の手入れ状況、密度管理状況はわからないが、ヒノキの管理状況が良好ではないかと推定される。

図表3-1-44 スギ標高帯別シャノン・ウィナーの多様度指数等(北海道を除く)  
プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1,053	229	53	117	10	409	312	167	134	613	16	15
表東北	133	51		14		65	30	1	33	64	2	2
裏東北・北陸	172	63	1	15	1	80	63		21	84	4	4
北関東・東山	115	26		20		46	31	23	14	68		1
南関東・東海	109	15	8	14	1	38	37	23	10	70		1
北近畿・中国	244	61	12	35	3	111	43	52	32	127	2	4
南近畿・四国	118	11	4	10		25	48	31	7	86	7	
九州	161	2	27	9	5	43	60	37	17	114	1	3

シャノン・ウィナーの多様度指数

地域名	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	6.46	6.40	5.56	5.79	5.09	6.57	5.14	4.57	6.39	6.02	5.21	5.34
表東北	6.10	5.75		4.81		5.94	4.05	1.35	5.80	5.62	4.20	3.79
裏東北・北陸	5.86	5.51	3.37	4.89	0.70	5.71	5.07		5.46	5.58	3.94	3.35
北関東・東山	5.63	5.59		5.02		5.81	3.24	2.89	4.61	4.55		3.25
南関東・東海	5.43	5.00	4.61	3.70	2.90	5.48	4.31	3.39	4.62	4.92		1.84
北近畿・中国	5.47	5.37	4.66	4.61	4.24	5.38	3.88	4.28	5.08	5.22	2.80	3.70
南近畿・四国	5.23	4.66	4.45	4.21		5.28	3.84	3.91	4.76	4.71	4.29	
九州	5.47	3.64	5.07	4.60	4.70	5.42	4.20	4.26	5.20	5.20	3.64	2.94

Pielou の均衡度指数

地域名	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.41	0.47	0.46	0.46	0.51	0.45	0.39	0.36	0.49	0.41	0.53	0.55
表東北	0.49	0.51		0.51		0.51	0.41	0.26	0.54	0.49	0.61	0.51
裏東北・北陸	0.45	0.47	0.54	0.51	0.10	0.47	0.46		0.53	0.47	0.55	0.43
北関東・東山	0.47	0.53		0.51		0.52	0.35	0.31	0.50	0.42		0.46
南関東・東海	0.45	0.51	0.49	0.43	0.38	0.50	0.43	0.35	0.47	0.43		0.30
北近畿・中国	0.40	0.45	0.45	0.41	0.52	0.42	0.38	0.39	0.45	0.42	0.33	0.44
南近畿・四国	0.43	0.46	0.55	0.48		0.49	0.38	0.38	0.54	0.41	0.50	
九州	0.42	0.43	0.45	0.50	0.50	0.46	0.38	0.39	0.50	0.42	0.47	0.40

### 3-1-10 樹高階層別シャノン・ウィナーの多様度指数

森林における樹木の階層構造の豊かさは、動物、植物等の生育環境として重要な要素であると言われている。森林生態系多様性基礎調査では、調査プロットの小円部の樹木について、直径 1cm 以上の木本類は全て把握されているが、樹高については樹高の高い樹木数本の調査であり、直径については全ての樹木が調査されている。そこで、樹高の代替として直径階級を下記のように分類し、直径階級を種として、直径階級別立木本数を個体数として、シャノン・ウィナーの多様度指数等を算出することとした。

樹高に代替した直径階級

1. 直径 1cm 以上 5cm 未満
2. 直径 5cm 以上 15cm 未満
3. 直径 15cm 以上 25cm 未満
4. 直径 25cm 以上 35cm 未満
5. 直径 35cm 以上

なお、シャノン・ウィナーの多様度指数は、調査プロットの各クロス項目別累積値により算出することとした。また、調査プロット数の図表を省略した。調査プロット数は、基本的に前節の当該集計対象項目の集計値と同じである。

#### 1) 齢級別樹高階層分布

図表 3-1-45 は、林種別・齢級別の樹高階層分布について集計したものである。樹高階層種は 5 種と少ないために、シャノン・ウィナーの多様度指数は小さい値となる。さらに、個体数が種に偏っている場合にも小さくなり、Pielou の均衡度指数はかなり小さい値を示すことになる。そのため、事前に齢級別・林種別の樹高階層を把握しておくことが重要となる。

図表 3-1-45 は、齢級別に直径階級毎の立木本数の割合を算出したものである。割合の算出には平均立木本数を用いた。調査プロットによっては当該直径階級に立木がない場合もあるが、ある林種の平均として算出したものである。

育成単層林全林種、育成単層林スギ、天然生林全林種、天然生林落葉中高木の各林種順に、直径 15cm 未満の立木本数の割合（調査プロット小円部 0.01ha に存する立木本数の割合）は、概ね、順に 80% 前後、70% 前後、90% 前後、90% 前後となっており、天然生林の場合には直径 15cm 未満の立木が圧倒的な割合で多くなる。一方、育成単層林スギでは 70% 前後となっており、低層木の割合が天然生林に比べて少ない。

図表 3-1-46 は、調査プロット小円部の平均総立木本数を齢級別に算出したものである（図表 3-1-45 は、齢級別立木本数計で各直径階級別立木本数を除した値）。育成単層林全林種で 37 本前後、育成単層林スギで 30 本前後、天然生林全林種で 58 本前後、天然生林落葉中高木で 56 本前後と天然生林の立木本数がスギの 2 倍近くになっている。

育成単層林スギは、低階層（種）への偏りはあるものの天然生林よりはやや小さく、個体数は天然生林の 60% 程度と少ない。一方、天然生林は低階層（種）への偏りが大きく、個体数が多くなっている。

図表3-1-45 林種別齡級別樹高階層分布(構成比率 %)

育成単層林全林種 %

直径	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	60.0	56.8	56.6	59.0	59.6	62.0	60.3	44.3	32.9	58.1
5～15	26.1	19.5	18.9	18.2	18.1	17.6	18.2	29.2	43.4	19.1
15～25	9.9	17.2	13.6	11.2	9.7	9.0	9.4	6.6	13.2	12.5
25～35	3.0	5.4	8.2	7.9	7.0	6.6	6.3	10.4	7.9	7.3
35cm以上	1.1	1.1	2.7	3.7	5.6	4.8	5.8	9.4	2.6	3.1
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

育成単層林スギ %

直径	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	56.1	59.4	55.0	58.3	61.7	61.4	63.1	66.7		57.5
5～15	23.2	12.4	12.6	11.4	9.7	14.8	14.4			12.5
15～25	14.1	16.4	14.1	11.3	8.8	8.2	8.0			12.7
25～35	4.1	9.5	12.6	11.9	9.4	7.2	6.6	9.5		11.1
35cm以上	2.4	2.2	5.6	7.1	10.4	8.4	8.0	23.8		6.1
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		100.0

天然生林全林種 %

直径	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	67.9	63.9	61.8	62.0	61.4	62.7	63.6	63.4	69.7	63.2
5～15	24.7	29.6	28.2	27.7	27.6	26.8	24.8	25.2	21.6	26.9
15～25	4.2	4.8	6.6	6.5	7.0	5.9	6.3	5.9	4.2	6.1
25～35	1.6	1.3	2.4	2.6	2.8	2.6	3.0	3.1	1.9	2.4
35cm以上	1.6	0.4	1.0	1.1	1.2	2.0	2.3	2.3	2.5	1.4
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

天然生林落葉中高木 %

直径	齡級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	70.7	65.1	64.3	64.3	64.3	66.5	65.8	65.3	72.0	65.9
5～15	22.1	29.3	27.2	26.9	25.9	24.9	23.1	24.2	20.4	25.5
15～25	4.1	4.2	5.8	5.8	6.1	4.8	5.8	5.4	3.7	5.3
25～35	1.6	1.1	2.0	2.2	2.4	2.1	3.1	2.9	1.6	2.1
35cm以上	1.6	0.3	0.7	0.8	1.3	1.7	2.2	2.2	2.4	1.2
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

図表3-1-46 小円部(0.01ha)の齢級別平均立木本数

育成単層林全林種

直径	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	28.8	22.6	21.5	22.8	20.8	23.1	21.4	9.4	12.5	22.4
5～15	12.5	7.7	7.2	7.0	6.3	6.5	6.5	6.2	16.5	7.4
15～25	4.7	6.9	5.2	4.3	3.4	3.4	3.3	1.4	5.0	4.8
25～35	1.4	2.2	3.1	3.1	2.4	2.5	2.2	2.2	3.0	2.8
35cm以上	0.5	0.4	1.0	1.4	2.0	1.8	2.1	2.0	1.0	1.2
計	48.1	39.8	38.0	38.6	34.9	37.2	35.5	21.2	38.0	38.6

育成単層林スギ

直径	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	21.6	20.4	17.1	17.7	16.4	18.2	21.3	14.0		17.9
5～15	8.9	4.2	3.9	3.5	2.6	4.4	4.8			3.9
15～25	5.4	5.6	4.4	3.4	2.3	2.4	2.7			3.9
25～35	1.6	3.3	3.9	3.6	2.5	2.1	2.2	2.0		3.5
35cm以上	0.9	0.8	1.8	2.2	2.8	2.5	2.7	5.0		1.9
計	38.5	34.3	31.1	30.4	26.6	29.7	33.7	21.0		31.1

天然生林全林種

直径	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	39.0	48.6	37.8	39.4	35.9	34.0	29.5	28.8	31.5	36.9
5～15	14.2	22.5	17.2	17.6	16.1	14.5	11.5	11.5	9.8	15.8
15～25	2.4	3.7	4.1	4.1	4.1	3.2	2.9	2.7	1.9	3.6
25～35	0.9	1.0	1.5	1.7	1.7	1.4	1.4	1.4	0.9	1.4
35cm以上	0.9	0.3	0.6	0.7	0.7	1.1	1.0	1.1	1.1	0.8
計	57.5	76.1	61.2	63.5	58.4	54.2	46.3	45.5	45.2	58.5

天然生林落葉中高木

直径	齢級									
	1～3	4～6	7～9	10～12	13～15	16～18	19～21	22～24	25以上	計
1cm以上5cm未満	38.2	47.9	38.6	40.1	36.1	34.7	28.4	24.9	32.4	36.9
5～15	11.9	21.6	16.3	16.7	14.5	13.0	10.0	9.2	9.2	14.3
15～25	2.2	3.1	3.5	3.6	3.4	2.5	2.5	2.1	1.7	3.0
25～35	0.8	0.8	1.2	1.4	1.4	1.1	1.3	1.1	0.7	1.2
35cm以上	0.9	0.2	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	0.8	1.1	0.7
計	54.0	73.6	60.0	62.3	56.1	52.1	43.2	38.2	45.0	56.0

2) 都道府県別多様度指数

図表3-1-47は、都道府県別に調査プロットの樹高階層データを累積してシャノン・ウィナーの多様度指数と Pielou の均衡度指数を算出した表である。種数(樹高階層)を5種としたことから、指数は小さい値になっている。

育成単層林スギの場合、シャノン・ウィナーの多様度指数が2以上となっている都道府県をみると伝統的有名林業地域に見られる。こういった地域でやや指数が大きくなるのは、齢級の偏りが少ない、高齢林の割合が比較的高い、手入れが良好等々の要因が推定される。

シャノン・ウィナーの多様度指数を概観すると、育成単層林が天然生林に比べてやや大きく、Pielou の均衡度指数も僅かであるが大きくなっている。このことから、育成単層林の方が天然生林よりも種の多様性が高いあるいは同等程度であると言えるかが問題となる。天然生林は、稚樹・若齢樹等の低層木が多く、高齢樹が少ない林分階層構造によって自らの生態系を再生・

保持していると考え、森林の多様性を種の多さや個体数の偏りといった所謂多様度指数で表すことは難しいとも考えられる。

図表3-1-47 都道府県別樹高階層による多様度指数

シャノン・ウィナーの多様度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1.59	1.39	1.39	1.63	1.32	1.45	1.81	1.79	1.56	1.75	1.68	1.55
北海道	1.85	1.74		1.91	1.57	1.79	1.65		1.95	1.94	1.84	1.89
青森県	1.61	1.36		1.86	1.96	1.54	1.84		1.47	1.71	1.34	1.39
岩手県	1.48	1.39		1.49	1.17	1.41	1.82		1.46	1.57	1.34	1.26
宮城県	1.49	1.22	0.34	1.49	0.19	1.24	1.99	1.04	1.39	1.73		1.26
秋田県	1.42	1.22		1.41	1.12	1.25	1.65		1.37	1.61	0.43	1.95
山形県	1.29	1.19		1.49	0.49	1.20	1.62		1.31	1.55	1.32	1.28
福島県	1.43	1.26		1.60	1.66	1.33	1.70	2.04	1.45	1.61	1.38	1.33
茨城県	1.56	1.34	1.80	1.26	1.30	1.39	1.50	1.79	1.23	1.64		1.40
栃木県	1.83	1.57	1.91	1.56	1.23	1.55	2.03	1.99	1.79	2.03	1.39	1.98
群馬県	1.75	1.52		1.82	1.06	1.59	2.10	1.96	1.52	1.90	1.83	1.72
埼玉県	1.86	1.58		1.88		1.74	1.73	1.99		1.86		1.55
千葉県	1.66	1.58	1.60	2.09	1.05	1.72	1.73	1.83	1.08	1.49		
東京都	1.54	1.78	0.78	1.46	1.36	1.38	1.33	2.02	1.02	1.60		1.23
神奈川県	1.58	1.45	1.60	1.89		1.57	1.38	1.76	0.99	1.53		
新潟県	1.35	1.25	2.08	1.31	1.22	1.28	1.52		1.32	1.50	1.95	
富山県	1.34	1.29		1.61	0.90	1.27	1.60		1.33	1.49		0.87
石川県	1.38	1.19		1.43	1.22	1.27	1.62		1.42	1.54	1.71	0.99
福井県	1.54	1.37	1.84	1.69	0.98	1.46	1.63		1.64	1.68	0.56	
山梨県	1.75	1.43		1.69		1.52	1.88	2.06	1.77	2.00	1.65	1.49
長野県	1.69	1.47		1.75	1.70	1.62	1.87	2.09	1.63	1.77	1.39	0.98
岐阜県	1.67	1.31	1.50	1.71	0.80	1.49	1.85	1.83	1.53	1.82	2.06	1.80
静岡県	1.84	1.51	1.53	1.96	1.55	1.71	1.93	1.82	1.58	1.89	1.75	1.61
愛知県	1.64	1.39	1.56	1.59	1.06	1.46	2.13	1.88	1.22	1.71	1.49	
三重県	1.79	1.41	1.47	1.59	1.71	1.50	2.22	1.96	1.47	2.01		
滋賀県	1.54	1.47	1.60	1.49	1.12	1.50	1.95	1.55	1.30	1.63	1.09	1.00
京都府	1.65	1.41	1.50	1.70	1.29	1.51	2.27	1.94	1.35	1.88		1.43
大阪府	1.65	1.43	1.26	1.68		1.61	1.93	1.59	1.32	1.69	1.19	
兵庫県	1.58	1.31	1.38	1.50	1.41	1.39	2.23	1.96	1.42	1.96	0.68	1.23
奈良県	1.93	1.30	1.54	1.71	1.30	1.54	2.22	1.97	1.50	2.05		0.32
和歌山県	1.83	1.32	1.46	1.61	1.05	1.45	2.13	1.95	1.77	2.01	2.02	1.58
鳥取県	1.65	1.47	1.33	1.52	1.48	1.48	1.80	1.84	1.53	1.83	0.67	
島根県	1.42	1.33	1.43	1.43	1.26	1.37	1.59	1.65	1.36	1.53	1.26	1.28
岡山県	1.44	1.25	1.20	1.33	1.35	1.27	1.84	1.73	1.36	1.70	1.73	1.50
広島県	1.32	1.21	1.08	1.27	1.11	1.22	1.67	1.79	1.24	1.56		1.24
山口県	1.47	1.22	1.39	1.39	1.27	1.34	1.88	1.63	1.25	1.63		1.59
徳島県	1.72	1.21	1.28	1.66	1.20	1.40	2.03	1.82	1.31	1.87		1.02
香川県	1.16	1.15	1.01	1.10	0.62	1.10	1.50	1.36	1.03	1.32		
愛媛県	1.43	1.31	1.41	1.31	0.99	1.34	1.52	1.43	1.15	1.46		1.15
高知県	1.59	1.32	1.41	1.67	1.26	1.47	1.72	1.58	1.18	1.62	1.48	1.84
福岡県	1.52	0.99	1.31	1.48	1.25	1.32	1.48	1.83	1.40	1.61		1.09
佐賀県	1.51		1.30	1.31	0.70	1.19	1.59	1.58	1.50	1.62	1.22	
長崎県	1.57	1.43	1.38	2.01	1.47	1.48	1.94	1.56	1.50	1.64	0.92	1.19
熊本県	1.62	1.31	1.46	1.48	1.28	1.43	1.83	1.74	1.19	1.70		1.58
大分県	1.58	1.25	1.34	1.49	1.27	1.33	1.98	1.72	1.13	1.76		1.31
宮崎県	1.46	1.42	1.28	1.46	1.19	1.30	1.68	1.57	1.19	1.55	1.52	1.31
鹿児島県	1.50	1.13	1.40	1.61	1.32	1.38	1.68	1.53	1.38	1.61	1.24	0.90
沖縄県	1.29		1.28	1.51	1.24	1.28			1.32	1.32		1.07

# Pielou の均衡度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10	0.08	0.12	0.12	0.10	0.10	0.13	0.11
北海道	0.12	0.12		0.15	0.20	0.12	0.19		0.14	0.14	0.17	0.16
青森県	0.12	0.12		0.18	0.25	0.13	0.16		0.13	0.14	0.17	0.15
岩手県	0.10	0.11		0.14	0.14	0.10	0.16		0.11	0.12	0.16	0.12
宮城県	0.11	0.10	0.06	0.16	0.03	0.10	0.19	0.29	0.13	0.15		0.18
秋田県	0.10	0.09		0.14	0.13	0.09	0.13		0.13	0.12	0.06	0.42
山形県	0.09	0.09		0.16	0.07	0.09	0.15		0.14	0.14	0.20	0.22
福島県	0.10	0.10		0.15	0.29	0.10	0.16	0.27	0.13	0.13	0.20	0.17
茨城県	0.13	0.14	0.29	0.14	0.20	0.13	0.15	0.23	0.14	0.15		0.21
栃木県	0.15	0.15	0.38	0.16	0.17	0.14	0.22	0.21	0.22	0.19	0.21	0.33
群馬県	0.14	0.14		0.20	0.13	0.14	0.23	0.25	0.15	0.17	0.23	0.27
埼玉県	0.19	0.20		0.26		0.20	0.20	0.27		0.20		0.43
千葉県	0.15	0.21	0.18	0.29	0.14	0.17	0.20	0.37	0.13	0.15		
東京都	0.14	0.26	0.09	0.56	0.19	0.15	0.16	0.27	0.14	0.17		0.13
神奈川県	0.15	0.15	0.30	0.24		0.16	0.16	0.22	0.14	0.16		
新潟県	0.10	0.10	0.35	0.12	0.15	0.10	0.14		0.14	0.13	0.27	
富山県	0.12	0.12		0.24	0.12	0.12	0.19		0.16	0.16		0.16
石川県	0.11	0.11		0.14	0.22	0.11	0.17		0.14	0.14	0.24	0.14
福井県	0.13	0.12	0.23	0.23	0.17	0.13	0.16		0.18	0.16	0.08	
山梨県	0.15	0.14		0.18		0.14	0.27	0.26	0.18	0.20	0.28	0.23
長野県	0.12	0.13		0.16	0.25	0.13	0.20	0.22	0.14	0.14	0.15	0.13
岐阜県	0.12	0.11	0.23	0.15	0.10	0.12	0.18	0.16	0.14	0.15	0.26	0.24
静岡県	0.15	0.16	0.16	0.20	0.23	0.15	0.19	0.17	0.17	0.16	0.45	0.20
愛知県	0.14	0.17	0.21	0.19	0.13	0.15	0.25	0.20	0.12	0.15	0.20	
三重県	0.14	0.13	0.14	0.16	0.23	0.13	0.23	0.19	0.15	0.17		
滋賀県	0.13	0.14	0.27	0.15	0.17	0.13	0.22	0.18	0.14	0.15	0.14	0.39
京都府	0.13	0.13	0.19	0.17	0.16	0.13	0.27	0.22	0.14	0.18		0.19
大阪府	0.17	0.25	0.19	0.20		0.18	0.45	0.28	0.17	0.20	0.28	
兵庫県	0.12	0.11	0.13	0.14	0.17	0.11	0.23	0.20	0.14	0.17	0.09	0.13
奈良県	0.16	0.14	0.27	0.18	0.25	0.15	0.23	0.19	0.17	0.18		0.05
和歌山県	0.14	0.13	0.14	0.17	0.13	0.12	0.21	0.19	0.18	0.17	0.22	0.22
鳥取県	0.13	0.13	0.17	0.17	0.23	0.13	0.18	0.21	0.16	0.16	0.12	
島根県	0.10	0.11	0.13	0.13	0.14	0.10	0.16	0.17	0.13	0.13	0.19	0.18
岡山県	0.11	0.10	0.12	0.12	0.16	0.10	0.20	0.16	0.14	0.15	0.22	0.18
広島県	0.10	0.10	0.12	0.11	0.13	0.09	0.19	0.18	0.11	0.13		0.11
山口県	0.11	0.11	0.12	0.13	0.16	0.11	0.20	0.15	0.12	0.14		0.23
徳島県	0.14	0.12	0.14	0.17	0.15	0.12	0.19	0.20	0.13	0.16		0.23
香川県	0.10	0.11	0.11	0.11	0.09	0.10	0.24	0.15	0.13	0.14		
愛媛県	0.11	0.12	0.14	0.13	0.14	0.11	0.15	0.13	0.12	0.12		0.15
高知県	0.12	0.13	0.13	0.16	0.17	0.12	0.15	0.14	0.11	0.13	0.17	0.36
福岡県	0.12	0.14	0.13	0.18	0.14	0.12	0.14	0.20	0.14	0.14		0.19
佐賀県	0.14		0.15	0.19	0.10	0.13	0.18	0.17	0.17	0.15	0.19	
長崎県	0.13	0.20	0.12	0.24	0.17	0.13	0.23	0.15	0.16	0.15	0.22	0.16
熊本県	0.12	0.14	0.14	0.16	0.14	0.12	0.17	0.17	0.12	0.14		0.21
大分県	0.12	0.12	0.14	0.15	0.12	0.11	0.19	0.17	0.11	0.15		0.14
宮崎県	0.11	0.16	0.11	0.16	0.12	0.10	0.15	0.15	0.10	0.12	0.27	0.16
鹿児島県	0.11	0.13	0.12	0.18	0.12	0.11	0.15	0.14	0.13	0.13	0.18	0.13
沖縄県	0.12		0.13	0.25	0.13	0.12			0.16	0.16		0.16

## 3) スギ地域別多様度指数

都道府県別シャノン・ウィナーの多様度指数に比べて、地域間の指数差が少なくなっているが、都道府県別指数に近い値を示している。樹高階層の種数が少ないことが要因と推定される。都道府県別の多様度指数とそれほど差がないことから、種数（樹高階級値）が少ないための都道府県別の調査プロット数程度の少なさでも多様度指数が安定し始めていると思われる。都道府県同様、育成単層林が天然生林よりも僅かに大きい値となっている。

図表3-1-48 スギ地域別樹高階層多様度指数

シャノン・ウィナーの多様度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1.55	1.32	1.39	1.56	1.31	1.39	1.81	1.79	1.42	1.72	1.60	1.42
表東北	1.46	1.32	0.34	1.54	1.10	1.35	1.83	2.06	1.45	1.61	1.35	1.31
裏東北・北陸	1.42	1.25	1.90	1.52	1.33	1.30	1.67		1.43	1.62	1.39	1.39
北関東・東山	1.72	1.44	1.64	1.73	1.31	1.55	1.94	1.99	1.63	1.86	1.69	1.63
南関東・東海	1.73	1.46	1.50	1.76	1.40	1.56	1.88	1.93	1.35	1.82	1.62	1.40
北近畿・中国	1.48	1.31	1.37	1.43	1.34	1.36	1.93	1.78	1.34	1.71	1.32	1.32
南近畿・四国	1.64	1.28	1.40	1.51	1.18	1.39	1.92	1.71	1.36	1.77	1.84	1.54
九州	1.53	1.28	1.36	1.57	1.29	1.37	1.74	1.63	1.30	1.64	1.52	1.44

Pielou の均衡度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.08	0.12	0.12	0.09	0.10	0.13	0.11
表東北	0.09	0.09	0.06	0.13	0.12	0.09	0.15	0.27	0.11	0.11	0.16	0.12
裏東北・北陸	0.09	0.08	0.23	0.12	0.13	0.08	0.12		0.11	0.11	0.14	0.14
北関東・東山	0.11	0.11	0.24	0.13	0.14	0.11	0.16	0.16	0.12	0.13	0.16	0.17
南関東・東海	0.12	0.12	0.13	0.15	0.14	0.12	0.15	0.16	0.11	0.13	0.21	0.14
北近畿・中国	0.09	0.09	0.11	0.10	0.12	0.09	0.15	0.14	0.10	0.12	0.14	0.11
南近畿・四国	0.11	0.10	0.11	0.12	0.12	0.10	0.15	0.13	0.11	0.12	0.19	0.17
九州	0.10	0.11	0.10	0.14	0.10	0.09	0.13	0.13	0.10	0.11	0.19	0.13

## 4) スギ標高帯別樹高階層多様度指数

図表3-1-49は、スギの都道府県平均標高帯付近に存在する森林について、多様度指数を算出した表である。

北関東・東山、南近畿・四国地域のスギの多様度指数がやや大きくなっている。裏東北・北陸の同指数が 1.56 とやや小さくなっているが、天然生林計の指数も他の地域に比べて僅かに小さい。前述の直径階級別の立木本数の集計結果によれば、直径 5cm 未満の割合が高いことが要因と思われる。

図表3-1-49 スギ標高帯別樹高階層多様度指数

シャノン・ウィナーの多様度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	1.57	1.36	1.34	1.57	1.17	1.41	1.83	1.71	1.33	1.69	1.52	1.50
表東北	1.51	1.38		1.51		1.41	1.95	1.22	1.31	1.61	1.59	0.88
裏東北・北陸	1.44	1.34	1.65	1.45	0.99	1.37	1.56		1.28	1.48	1.68	1.35
北関東・東山	1.69	1.34		1.62		1.46	2.02	1.96	1.43	1.90		1.08
南関東・東海	1.69	1.50	1.28	1.97	1.33	1.58	1.71	1.70	1.36	1.71		1.88
北近畿・中国	1.54	1.37	1.31	1.42	1.19	1.39	1.98	1.75	1.32	1.70	1.18	1.59
南近畿・四国	1.76	1.23	1.56	1.85		1.50	2.00	1.68	1.29	1.83	1.63	
九州	1.52	0.99	1.29	1.51	1.12	1.29	1.72	1.53	1.29	1.61	1.24	1.41

Pielou の均衡度指数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.10	0.14	0.14	0.10	0.12	0.16	0.16
表東北	0.12	0.12		0.16		0.12	0.20	0.29	0.12	0.14	0.24	0.13
裏東北・北陸	0.11	0.11	0.31	0.15	0.16	0.11	0.14		0.12	0.13	0.24	0.18
北関東・東山	0.14	0.13		0.17		0.13	0.22	0.21	0.16	0.18		0.18
南関東・東海	0.14	0.16	0.14	0.23	0.20	0.14	0.17	0.18	0.14	0.15		0.36
北近畿・中国	0.11	0.12	0.13	0.13	0.15	0.11	0.20	0.16	0.12	0.14	0.16	0.20
南近畿・四国	0.14	0.12	0.20	0.21		0.14	0.20	0.16	0.15	0.16	0.19	
九州	0.12	0.12	0.12	0.17	0.12	0.11	0.16	0.14	0.12	0.13	0.18	0.19



### 3-1-11 絶滅危惧種と草本類 $\alpha$ 多様度

#### (1) 絶滅危惧種と出現プロット数

第4期森林生態系基礎調査データは、本節最初の説明のように、調査プロットを複数の林分が交錯する調査プロットも多い。また、調査プロットに樹木がない場合も存在する<sup>3</sup>。

本調査では、小円部、中円部の占有率(一つの林分の占有率)100%の調査プロットのみを抽出したデータを使用することとした。

絶滅危惧種(木本類+草本類)が存在する調査プロット数を集計したのが、図表3-1-50である。図表3-1-50には2種類の集計表があり、一つは全国集計であり、もう一つはスギ地域区分として北海道と沖縄県を除いた集計表である。北海道には、絶滅危惧種が存在する調査プロットが多いため、北海道、沖縄県を除くと全国の60%程度に減少する。

また、集計表の計は、絶滅危惧種の各種を合計した数値と一致しない場合がある。これは、一つの調査プロットに複数の絶滅危惧種が存在するためである。

図表3-1-50 絶滅危惧種の存在する調査プロット数

全国

分類		全林種	天然生林				育成単層林				人工林育成複層林	その他	
			落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他			計
計		483	160	26	68	14	268	80	26	76	182	10	23
絶滅危惧	絶滅危惧IA類(CR)	16	1	1	3	1	6	1	1	5	7	1	2
	絶滅危惧IB類(EN)	29	6	5	3	1	15	6	7	1	14		
	絶滅危惧II類(VU)	272	79	15	51	6	151	31	7	59	97	6	18
準絶滅危惧(NT)		186	80	7	13	10	110	44	12	12	68	4	4

スギ地域区分(北海道、沖縄県を除く)

分類	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
計	291	86	21	26	9	142	79	26	33	138	4	7
絶滅危惧	絶滅危惧IA類(CR)	8	1	1		1	3	1	1	2	4	1
	絶滅危惧IB類(EN)	22	3	3	2		8	6	7	1	14	
	絶滅危惧II類(VU)	116	17	13	16	4	50	31	7	23	61	5
準絶滅危惧(NT)	155	65	5	9	7	86	43	12	8	63	4	2

#### (2) 草本類平均 $\alpha$ 多様度

##### 1) 都道府県別平均 $\alpha$ 多様度

維管束絶滅危惧種には、草本類だけではなく木本類も含まれる。本調査では、絶滅危惧種が含まれる調査プロットの草本類の平均 $\alpha$ 多様度を算出した。

図表3-1-51の都道府県別調査プロット数のように、北海道を除いて調査プロット数がないことから比較は難しいと考えられる。図表の最後に都道府県別草本類平均 $\alpha$ 多様度の図表3-1-30を再掲した。

<sup>3</sup> 第1期基礎調査の段階で設定された調査プロットの格子番号は様式2として保存されている。

図表3-1-30の平均 $\alpha$ 多様度に比べて、全体的に 1.5 倍程度大きな数値となっている。全国全林種をみると絶滅危惧種の存在する調査プロットの平均 $\alpha$ 多様度は18.4種、図表3-1-30の全調査プロットの同多様度は11.7種である。林種別にみても全ての林種で絶滅危惧種の存在する調査プロットでは平均 $\alpha$ 多様度は大きくなっている。

北海道においても同様であるが、全国の数値よりもかなり大きな値を示している。

図表3-1-51 絶滅危惧種都道府県別平均 $\alpha$ 多様度

絶滅危惧種の存在する調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	483	160	26	68	14	268	80	26	76	182	10	23
北海道	183	74		42	1	117	1		43	44	6	16
青森県	16	2		3		5	8		3	11		
岩手県	16	3		1		4	2		6	8		4
宮城県	9	4	1	2		7	1		1	2		
秋田県	8	2			1	3	4		1	5		
山形県	16	12		1	1	14			2	2		
福島県	5	3		1		4		1		1		
茨城県												
栃木県	1						1			1		
群馬県	6	4				4			1	1	1	
埼玉県												
千葉県	1		1			1						
東京都	6		2		3	5						1
神奈川県	4	3				3	1			1		
新潟県	43	27		4		31	9		2	11	1	
富山県												
石川県	1						1			1		
福井県	2	1				1	1			1		
山梨県	3	2				2			1	1		
長野県	11	1		1		2	3		5	8		1
岐阜県	5	2		1	1	4		1		1		
静岡県	7	2		2		4	2	1		3		
愛知県	1										1	
三重県	2						1	1		2		
滋賀県	1	1				1						
京都府	1						1			1		
大阪府	2			1		1			1	1		
兵庫県	1						1			1		
奈良県	6			1		1	2	3		5		
和歌山県	5						2	1	1	4	1	
鳥取県	5	1		1		2	2	1		3		
島根県	6	1	2		1	4		1	1	2		
岡山県	4	1		1		2		2		2		
広島県	7	3				3	1	3		4		
山口県												
徳島県	9	1		1		2	5		2	7		
香川県	1							1		1		
愛媛県	3	2				2	1			1		
高知県	11	1	3	3		7	3	1		4		
福岡県	4			1		1	3			3		
佐賀県	2							1	1	2		
長崎県	3		2			2		1		1		
熊本県	11	4				4	4	3		7		
大分県	4						4			4		
宮崎県	20	2	2			4	11	2	3	16		
鹿児島県	22	1	8	1	2	12	5	2	2	9		1
沖縄県	9		5		4	9						

絶滅危惧種の存在する調査プロットの平均  $\alpha$  多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	18.4	18.1	11.5	19.5	13.3	17.6	19.6	15.7	20.8	19.5	16.7	19.8
北海道	21.1	20.2		23.9	28.0	21.6	13.0		20.5	20.3	20.3	20.3
青森県	22.3	26.5		17.3		21.0	20.6		29.0	22.9		
岩手県	21.1	23.3		27.0		24.3	20.0		20.8	20.6		18.8
宮城県	21.9	26.0	18.0	14.0		21.4	31.0		16.0	23.5		
秋田県	25.3	28.5			9.0	22.0	23.3		43.0	27.2		
山形県	16.9	16.5		20.0	13.0	16.5			19.5	19.5		
福島県	16.4	18.0		11.0		16.3		17.0		17.0		
茨城県												
栃木県	42.0						42.0			42.0		
群馬県	24.2	25.5				25.5			26.0	26.0	17.0	
埼玉県												
千葉県	11.0		11.0			11.0						
東京都	10.2		14.5		8.7	11.0						6.0
神奈川県	22.3	25.0				25.0	14.0			14.0		
新潟県	13.8	13.0		13.3		13.1	17.4		12.0	16.5	8.0	
富山県												
石川県	16.0						16.0			16.0		
福井県	17.0	16.0				16.0	18.0			18.0		
山梨県	15.0	10.5				10.5			24.0	24.0		
長野県	17.4	26.0				13.0	23.0		12.8	16.6		32.0
岐阜県	10.6	16.5		1.0	12.0	11.5		7.0		7.0		
静岡県	8.4	8.0		4.5		6.3	15.5	3.0		11.3		
愛知県	8.0										8.0	
三重県	7.0						6.0	8.0		7.0		
滋賀県	10.0	10.0				10.0						
京都府	19.0						19.0			19.0		
大阪府	8.0			5.0		5.0			11.0	11.0		
兵庫県	22.0						22.0			22.0		
奈良県	21.0			24.0		24.0	21.5	19.7		20.4		
和歌山県	14.0						8.5	35.0	6.0	14.5	12.0	
鳥取県	23.6	24.0		16.0		20.0	31.0	16.0		26.0		
島根県	11.0	17.0	10.0		10.0	11.8		14.0	5.0	9.5		
岡山県	12.3	6.0		3.0		4.5		20.0		20.0		
広島県	12.6	9.7				9.7	18.0	13.7		14.8		
山口県												
徳島県	23.1	26.0		14.0		20.0	17.4		40.5	24.0		
香川県	11.0							11.0		11.0		
愛媛県	18.0	15.5				15.5	23.0			23.0		
高知県	14.1	6.0	16.0	10.3		12.1	19.7	11.0		17.5		
福岡県	18.3			14.0		14.0	19.7			19.7		
佐賀県	6.5							3.0	10.0	6.5		
長崎県	8.0		8.0			8.0		8.0		8.0		
熊本県	14.6	13.0				13.0	13.5	18.3		15.6		
大分県	21.5						21.5			21.5		
宮崎県	21.4	7.0	13.5			10.3	21.7	17.5	37.3	24.1		
鹿児島県	13.4	17.0	10.3	15.0	5.0	10.3	16.6	22.0	13.5	17.1		17.0
沖縄県	14.0		9.6		19.5	14.0						

図表3-1-30 都道府県別平均 $\alpha$ 多様度の再掲

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	11.7	11.2	5.9	11.0	9.7	10.6	16.0	10.6	11.4	13.0	10.9	11.6
北海道	12.1	11.7		13.1	10.8	12.1	11.8		12.1	12.1	10.7	12.9
青森県	14.5	12.8		16.9	12.3	13.9	15.7		14.3	15.2	14.7	13.8
岩手県	14.3	13.9		12.3	9.2	13.5	18.2		13.8	15.0	16.9	15.3
宮城県	15.7	14.8	18.0	11.3	16.0	14.3	21.1	22.0	11.8	17.4		5.5
秋田県	17.6	15.9		20.1	12.1	16.4	19.4		15.4	18.7	21.5	22.5
山形県	14.1	12.1		16.1	12.0	12.3	20.0		12.2	18.4	15.5	22.0
福島県	10.8	10.2		11.2	8.5	10.3	14.6	17.4	8.4	11.8	11.5	8.7
茨城県	13.9	8.8	7.0	14.1	11.0	11.2	18.4	14.2	10.9	15.9		6.0
栃木県	17.8	11.9	7.0	11.8	17.0	12.0	27.4	22.6	13.4	23.0	11.7	22.7
群馬県	17.0	14.0		12.0	28.8	14.3	23.9	20.8	16.9	20.3	15.5	16.7
埼玉県	11.2	7.1		9.7		8.1	15.9	10.1		14.0		4.0
千葉県	10.2	6.0	5.5	13.5	17.5	8.9	12.9	15.0	8.0	11.5		
東京都	11.9	1.7	14.5	15.0	8.7	8.3	16.9	13.3	8.0	14.6		8.0
神奈川県	15.5	13.2	8.0	18.3		14.3	17.7	14.3	24.5	16.9		
新潟県	14.3	12.3	9.5	14.3	9.5	12.6	18.4		13.7	17.6	19.5	
富山県	14.1	13.7		12.2	9.7	13.1	18.3		11.2	16.3		8.0
石川県	13.5	13.0		12.4	7.0	12.6	16.8		11.8	14.8	13.5	9.0
福井県	12.9	10.8	4.5	10.3	18.0	10.1	17.7		7.1	15.4	23.5	
山梨県	9.3	7.2		8.4		7.7	8.3	12.7	10.8	11.1	5.5	5.5
長野県	9.5	9.1		6.8	11.0	8.0	16.3	6.3	10.1	10.5	6.7	15.5
岐阜県	10.2	9.8	11.0	8.4	15.5	9.3	16.2	9.4	8.3	11.4	8.3	5.8
静岡県	8.3	5.9	3.9	7.5	1.5	6.1	10.8	8.3	8.6	9.4	8.0	6.8
愛知県	7.0	2.0	2.0	7.0	2.5	4.4	12.9	7.7	2.8	8.1	3.8	
三重県	6.7	4.3	3.1	4.8	1.5	3.9	11.0	6.4	5.0	8.2		
滋賀県	7.1	6.2	2.0	6.8	5.0	6.3	9.2	5.7	7.1	7.7	5.0	20.0
京都府	6.8	7.0	4.8	4.6	4.8	5.8	10.3	5.7	6.8	7.9		8.0
大阪府	6.8	9.0	2.0	3.2		4.3	34.0	7.0	5.5	10.0	7.0	
兵庫県	8.3	7.0	2.6	7.5	8.1	6.6	11.8	9.4	8.7	10.4	5.5	4.7
奈良県	10.2	3.1	6.0	6.4	4.0	5.1	13.6	9.9	10.4	11.5		3.0
和歌山県	8.2	7.5	3.5	4.4	10.0	5.2	12.3	7.3	8.6	9.4	9.3	3.0
鳥取県	12.8	9.7	8.8	10.7	11.0	9.8	17.7	16.1	6.4	15.5	9.0	
島根県	9.6	8.0	6.8	8.3	10.4	7.9	16.4	14.0	8.6	13.1	10.0	7.5
岡山県	11.3	8.0	4.4	11.0	4.8	8.3	18.0	13.3	15.7	15.0	14.3	10.3
広島県	8.5	7.4	4.5	6.1	10.6	7.1	16.1	12.4	7.3	11.4		5.6
山口県	6.5	5.0	4.5	7.2	5.6	5.3	12.0	6.4	4.6	7.8		3.0
徳島県	10.8	11.7	3.8	11.4	3.0	9.9	12.7	5.7	12.1	11.2		11.0
香川県	10.3	10.0	8.8	12.4	15.0	10.9	6.7	9.9	8.7	9.1		
愛媛県	12.2	10.8	8.2	12.3	10.0	10.7	16.3	12.5	7.3	13.3		4.0
高知県	9.3	7.4	5.9	9.7	10.0	7.7	11.9	9.6	6.9	10.2	2.3	20.0
福岡県	10.1	18.5	5.3	9.6	7.6	7.5	15.2	8.9	4.5	11.3		4.0
佐賀県	11.8		10.0	4.5	8.0	8.4	14.3	12.6	7.2	12.5	13.5	
長崎県	7.3	3.3	4.3	7.3	5.8	5.0	10.5	9.5	8.1	9.4	11.0	3.0
熊本県	11.6	12.3	6.5	7.8	10.5	8.4	15.4	11.4	10.4	13.2		3.7
大分県	10.4	8.0	2.9	7.6	6.5	6.7	14.5	10.1	11.1	12.7		10.6
宮崎県	12.5	10.5	6.3	13.9	8.3	8.3	16.4	10.3	15.4	15.0	7.0	11.5
鹿児島県	12.2	11.2	8.7	12.7	8.7	9.4	16.5	14.2	10.0	14.2	18.0	17.0
沖縄県	13.9		11.7	17.0	16.7	14.0			14.2	14.2		11.0

## 2) スギ地域別平均 $\alpha$ 多様度

図表3-1-52は、スギ地域別の絶滅危惧種が存在する調査プロットの平均 $\alpha$ 多様度を算出した表である。

北海道と沖縄県を除いているので、調査プロット数が少なくなっている。全国全林種の平均 $\alpha$ 多様度は16.8種と、前述の北海道と沖縄県を含む全国の前平均 $\alpha$ 多様度よりは少なくなっているものの草本類全体の平均 $\alpha$ 多様度11.6種よりもかなり大きい数値である。

スギの場合、南関東・東海地域を除く他の地域では、絶滅危惧種が存在する調査プロットの平均 $\alpha$ 多様度が大きな数値になっている。

図表3-1-52 絶滅危惧種の存在するスギ地域の平均 $\alpha$ 多様度

絶滅危惧種の存在する調査プロット数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	291	86	21	26	9	142	79	26	33	138	4	7
表東北	30	10	1	4		15	3	1	7	11		4
裏東北・北陸	86	44		8	2	54	23		8	31	1	
北関東・東山	26	9		2	1	12	4	1	7	12	1	1
南関東・東海	21	5	3	2	3	13	4	2		6	1	1
北近畿・中国	27	7	2	3	1	13	5	7	2	14		
南近畿・四国	35	4	3	5		12	13	6	3	22	1	
九州	66	7	12	2	2	23	27	9	6	42		1

絶滅危惧種の存在する調査プロットの平均 $\alpha$ 多様度

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	16.8	16.4	12.0	12.4	8.9	14.5	19.7	15.7	21.2	19.3	11.3	18.6
表東北	20.5	22.8	18.0	16.5		20.8	23.7	17.0	20.1	20.8		18.8
裏東北・北陸	17.1	15.4		15.6	11.0	15.2	19.5		24.1	20.7	8.0	
北関東・東山	18.3	20.2		0.5	12.0	16.3	27.8	7.0	16.3	19.3	17.0	32.0
南関東・東海	11.5	18.2	13.3	4.5	8.7	12.8	12.8	5.5		10.3	8.0	6.0
北近畿・中国	14.4	12.3	10.0	8.0	10.0	10.8	24.2	15.9	8.0	17.7		
南近畿・四国	17.8	15.8	16.0	13.8		15.0	17.6	19.3	29.0	19.6	12.0	
九州	16.3	11.9	10.4	14.5	5.0	10.7	19.3	16.1	24.8	19.4		17.0

図表3-1-31 スギ地域区分別草本種の平均 $\alpha$ 多様度 再掲

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	11.6	11.0	5.7	10.1	9.3	10.1	16.1	10.6	10.9	13.2	11.1	10.3
表東北	13.4	12.6	18.0	11.7	9.8	12.4	17.9	18.0	12.3	14.6	15.7	13.5
裏東北・北陸	15.1	13.2	5.8	15.9	11.5	13.5	18.4		13.3	17.2	17.1	14.5
北関東・東山	12.0	10.6	9.0	8.5	18.6	10.0	19.1	12.6	11.0	13.8	9.9	12.1
南関東・東海	9.2	7.1	4.4	9.5	6.9	7.3	13.1	8.8	7.3	10.4	4.6	7.2
北近畿・中国	8.9	7.5	4.9	7.5	7.9	7.2	14.1	10.6	8.2	11.3	11.4	6.7
南近畿・四国	10.0	9.0	5.7	9.7	8.2	8.4	13.0	9.4	9.0	10.9	7.4	6.7
九州	11.2	9.9	6.5	9.6	8.1	7.8	15.5	11.2	10.9	13.2	12.6	9.3

### 3-2 現地調査

2021（令和3）年12月10日に、山梨県鳴沢村内の山梨県有林に設定されている「富士山の森づくり」の森林を視察、調査した。その目的は、人工林を中心に、生物多様性に配慮した施業を比較的長期にわたって実施している「富士山の森づくり」を現地視察するとともに、その当事者から問題、課題等の聞き取り調査を行うことだった。

当日は、山梨県森林総合研究所主幹研究員であり、令和3年度森林整備保全事業推進調査の検討委員をお願いしている長池卓男氏にご案内をいただいた。ご多用中にもかかわらず懇切、丁寧なご指導、ご鞭撻を賜った同氏に厚く御礼申しあげる次第である。

同日の午後1時に富士急行の河口湖駅前で長池氏と落ち合い、同氏の運転する山梨県森林総合研究所の公用車でおよそ3時間、「富士山の森づくり」を巡った。写真3-2-1に見るとおり、すでに積雪状態だったので、スタッドレスタイヤ装着の4輪駆動車が大いに威力を発揮した。



写真3-2-1 標高およそ1700m地点から富士山を望む  
道路の両側は「富士山の森づくり」の森林

#### （1）「富士山の森づくり」の簡単な経緯<sup>1</sup>

2002（平成14）年のころ、富士山西斜面の山梨県有林（標高1,600～1,700m、富士

---

<sup>1</sup> OISCAのホームページと同パンフレット「富士山の森づくり～協働による100年の森づくり」より



山の2合目から3合目)で、植栽後およそ50年経過したシラベの人工林にトウヒツツリハマキの幼虫が大発生して、人工林約100haが甚大な被害を受けた。そのため山梨県は2004年に被害枯損木を除去し、カラマツおよびミズナラの植栽、周辺シラベ林の帯状伐採、笹の下刈り、地掻きによる広葉樹の天然更新と、それによる針広混交林への誘導などを行った。これらは富士山の自然景観にふさわしく、かつ公益的機能の高い針広混交林へ誘導しようとする試みだった。しかし、植栽したミズナラは8割以上がニホンジカの食害で枯死し、帯状伐採地での樹木の天然更新はわずかしかなかった。天然更新による針広混交林化は難しいという判断に到った。

こうした中で、公益財団法人オイスカ(OISCA)からの働きかけがあり、2007(平成19)年より新たな展開を図ることとなった。オイスカが中心となり、多くの企業・団体が結集して「富士山の森づくり」推進協議会が結成され、多彩な形態を取り入れた協働による森づくりに着手した。現在、推進協議会には29の企業・団体が参加している。他方、山梨県もそのために2007年に「森林ボランティア活動取扱要領」を制定し、2011(平成23)年には当該森林を経済林から公益林へ区分変更するなどの条件整備を行った。これらにより、県有林の森林施業にボランティアが参加できるようになった。さらに2013(平成25)年6月、「富士山ー信仰の対象と芸術の源泉」の名称で富士山が世界文化遺産に登録され、このとき「富士山の森づくり」の活動エリアもその構成資産の一つに位置づけられた。



写真3-2-2 「富士山の森づくり」を伝える看板

2007年から始まった「富士山の森づくり」活動は、まず研究者、地元関係者、林業

者、山梨県などが協力して現地調査を行い、人工林を、周辺地域の天然林に近い針広混交林に誘導するため、多様性に富んだ内容の森づくり計画を策定した。それ以降の14年間、同計画に基づいて施業を実施し、その効果を検証して植栽木の生育や生態系の状況を見極めながら次の施策を決定していく「順応的管理」が採用されている。

## （２）「富士山の森づくり」の技術的な特徴と課題

1) 先ず、全体として、非常に順応的に森林の経営方針を決めている点が特筆される。この「富士山の森づくり」については、少なくとも下記「1.」から「4.」までのように経営上、施策上の転換点が4回あった。要するに、施策の失敗、情勢の変化に対応し、内部および協働のコミュニティの中での議論・検討をもとに、その時点で適切と思われる施策を選択し、さらにその実施をモニタリングして、評価に基づき方針の変更を検討するという、いわゆる順応型管理が現場で実際に行われていることは高く評価すべきと考える。このような管理体制は、造林技術上の定型的な考え方や手法にとらわれず、柔軟に対応しようとする姿勢に結びついた。この点は、あえて順応「型」ではなく、順応「的」という呼称を使用することになった所以なのかも知れない。

0. シラベを植栽樹種とする一斉単一樹種造林により人工林を造成。

1. シラベ人工林が虫害により大被害を被ったことへの対策として、カラマツ、ミズナラの植栽と帯状伐採等による広葉樹天然更新を選択。
2. シカ被害等による植栽木の枯死と天然更新の不調を受けて、天然更新を中心とした針広混交林化方針を断念。
3. 環境 NP0 との協働の受け入れと企業・団体との協議会の設立を受けて、公益林としての経営を目指して体制整備。
4. 帯状伐採と周辺自生樹種としての広葉樹（ブナ、ミズナラ、イロハモミジ、ヤマハンノキ、ヤマザクラ）の植栽により、生物多様性を「生物間相互作用」を中心にとらえ、周辺地域の天然林に近い針広混交林に誘導する方針を採用。

2) 希少種の存在を指標として生物多様性を考える場合が多いが、この森では、例えば希少種の猛禽類を呼びこむのは無理なので、「生物間相互作用」を基本的な指標として打ち出している点にも留意すべきだと思われる。生物多様性の何を指すのか、どのような生物多様性を指すのか、ということについても改めて検討する必要があるだろう。なお長池氏から、希少種を指標として考えるのであれば、施業前に必ずアセスメントを実施して希少種がいるかどうかを確認し、希少種がいたならば必要な対策をとり得る体制づくりが要請される、とのコメントをいただいた。

3) さらに、長池氏が現地で語った「イレモノはできても生物多様性に寄与するとは限らない。」とのコメントも重要である。これは、生物多様性上の効果を森林施業の定型にあてはめて評価するような考え方に対しての警鐘と言える。上記（1）で指摘した順応的管理としてのあり方からすれば、その地域、その森林、その林分によって、



ある施業が生物多様性上のどのような効果をもたらすかは様々であって、柔軟な対応が必要となってくる。



写真 3 - 2 - 3 帯状伐採地に植栽（シカ害対策の防護ネット＝単木ネットが見える）



写真 3 - 2 - 4 周辺の天然林

## 4 人工林における生物多様性の評価

### 4-1 ラジアータパインに見る人工林施業と方向性

#### —日本の人工林施業への示唆—

筑波大学生命環境系 立花敏

#### 1. はじめに

筆者は、本事業の昨年度の報告書において「森林をどう管理・利用するか」と題し、経済学から見た森林の諸機能を整理し、「人間と生物圏計画」に則った森林の取り扱い、熊崎（1977）を援用して森林態様と費用・便益との関係を論じた。そして、生産を行う森林においては、木材生産に特化して皆伐一斉林施業を行う単純な森林、木材生産と環境効果の便益を考慮して小面積皆伐施業を行う森林、そして単木施業・択伐施業を行う複雑な森林という形で、森林の立地する地域の状況を加味して取り組むことが重要になると指摘した。その上で、森林経営として重要なのは生産対象となる人工林では地域固有の伐期を想定した法正林の実現であり、天然林では適度に択伐や漸伐を行うことを提起した。森林資源の造成と利用の在りように関して、空間的な軸と時間的な軸とから勘案し、環境効果の便益と木材生産の便益とを併せた総便益が最大となるよう、目指すべき森林の状態を想定し、管理して行くことが必要になってくると指摘した。

筆者は、森林の総体として多面的機能をより発揮する状態を作り出すことが必要と考えている。森林の構成については、大きく見て生物多様性や土壌保全をはじめとする公益的機能のより高度な発揮を期待する森林、木材生産機能の発揮を期待する森林、その間にあって森林空間をはじめとする多様な利用を期待する森林のように区分することが考えられる。人工林を例にとると、それを一様に取り扱うのではなく、人工林の中でも水源かん養機能等を発揮させつつ生産機能を重視して施業する林分、生物多様性保全機能や土壌保全機能等の公益的機能を重視して施業する林分、そして天然林化を含めて公益的機能をより高度に発揮させるよう管理する林分というような区分である。それらを適度に配置することによって、森林の総体として多面的機能をより高度に発揮する状態になると考えられる。

本稿では、生産機能を重視して施業する人工林を想定して論考する。日本の人工林施業への示唆を得ることを念頭に置き、本稿では温帯林における人工造林の樹種として100年超の歴史を有するラジアータパインを事例として取り上げる。そして、その世界的な展開とニュージーランドにおける施業等を概観し、投資という要素が加わることによって森林認証制度や生物多様性への視点が重要となっていることを述べる。

#### 2. 世界的なラジアータパイン導入の経緯と現段階の拡がり

国連食糧農業機関（FAO）が2013年にラジアータパイン人工林の持続可能な管理について報告書（FAO Forestry Paper 170）を公表している。本節ではその報告書に

基づき、ラジアータパイン人工林の世界的な導入の経緯や拡がりの一端を紹介する。なお、本節の内容に関する初出は立花（2014）であり、その一部を再構成してまとめる。

表4-1-1に示すように、ラジアータパイン人工林面積は420.7万haと推定され、その面積は概ね安定していると見られている。ニュージーランドに2011年現在154.5万ha、チリに2009年現在147.8万ha、オーストラリアに2010年現在77.3万ha、スペインに2006年現在28.7万ha、南アフリカに2008年現在5.7万haあり、製材やパルプ、再生木製材品、単板、支柱、燃料、シェルター（防風林）、土壌浸食抑制、アグロフォレストリー等が用途となっている。

米国カリフォルニア州を原産とするラジアータパインは、1830年代に英国に、1840年代にオーストラリアに導入され、世界各地に拡がりを見せた。採種に関しては、オーストラリアのメルボルンとシドニーの植物園で1857年に初めて行われ、ホバートで栽培されたと記録されている。また、シドニーで2～3年育苗されてからニュージーランドの南カンタベリーに運ばれ、1859年に植栽されたという記録もあるという。1860年代にはオーストラリアとニュージーランドでラジアータパインの導入が進み、1880年代初頭にかけてはカリフォルニア州から直接に種の輸入もなされた。以下では図表4-1-1に掲げた国を取り上げてラジアータパインの導入や利用の経緯を見ていきたい。

図表4-1-1 ラジアータマツの植栽面積と年間増減面積の推計、ならびに主な用途

単位：1,000ha

国	推定面積	年	年間増減 面積	主な用途
オーストラリア	773	2010	1.5	製材、パルプ、再生木製材品（木質ボード）、（支）柱、燃料、シェルター
チリ	1,478	2009	11.5	パルプ、製材、単板、燃料、土壌浸食抑制
エクアドル	20	1990	no data	土壌浸食抑制、製材、キノコ採取、アグロフォレストリー
ニュージーラン	1,545	2011	-11	丸太輸出、製材、パルプ、再生木製材品（木質ボード）、（支）柱、燃料、シェルター、土壌浸食抑制
イタリア	6	2005	0	
スペイン	287	2006	no data	製材、混植、アグロフォレストリー
南アフリカ	57	2008	-2	製材、単板、（支）柱
アルゼンチン	6	2011	0	
その他	35			
合計	4,207		-1	

注：増減面積は直近5カ年の平均である。

資料：Donald J. Mead (2013) "Sustainable management of Pinus radiata plantations" FAO Forestry Paper 170のTable 1.2に基づく

オーストラリアにおけるラジアータパインの初の商業植林は、1876年に南オーストラリア州で行われた。同年に西オーストラリア州の沿岸部にある砂丘でも植林されたが、失敗に終わったという。また、ニューサウスウェールズ州では1878年に初めて植林され、商業植林は1912年に始まった。ヴィクトリア州でも1880年に植林された記録がある。ラジアータパイン材の初めての利用は1902年とされ、用途はりんごの

木箱であったようだ。

ニュージーランドでは、1870 年代半ばまでにラジアータパインの有用性が認識され、カンタベリー地方を中心に防風林や用材林として植林が広がった。カンタベリー地方の植林地面積として、1881 年に 3,284ha という記録が残っている。また、ラジアータパインの製材については、1893 年にカンタベリー地方で農村建築用に行われたのが最初のような。ニュージーランドでは、20 世紀に入ってから 3 度の植林ブームがあり、それを経て 170 万 ha を超す人工林面積となっている。

チリでは、1880 年代にラジアータパインが導入され、1893 年にコンセプションで 10ha の植林がなされた。チリ政府が 1900 年代初頭に雇用したドイツ人フォレスターは、土壌浸食を制御するためにラジアータパインとユーカリの植林を推奨し、1910 年の植林プログラムに反映された。だが、ラジアータパイン植林が本格化するのは 1930 年代半ばであり、その後 1974 年に造林補助金が導入されて面積の拡大に繋がった。また、スペインでは 1840 年に植物園でラジアータパインを植えたという記録があるが、1980 年代まで広がりがなかったという。

ウルグアイのラジアータパイン導入は 1871 年であり、主に 1940 年代と 1950 年代に植えられたが、適さないことが判明して植林は進まなかった。エクアドルでは 1905 年に導入され、1925 年に標高 350m 地帯に植林が行われ、1960 年代からは標高 3,000 ~ 3,800m 地帯が植林対象地となり、1980 年代までに 2 万 ha となった。南アフリカで残された記録は少ないが、1850 年頃にラジアータパインが導入され、ケープタウン周辺で 1885 年頃から植林されたようだ。ラジアータパインの樹病に関する記録には南アフリカの例（1893 年）がある。最近の動きとして、中国四川省が 1990 年代に再造林樹種としてラジアータパインを導入している。

このようにラジアータパイン人工林は百数十年の歴史を有するが、その広がりは世界的に見ると一部の国・地域となっている。その面積の大きなニュージーランドでは、次節で取り上げるように 20 世紀初頭に 1ha 当たり 7,000 本の植栽密度であったが、育種・育林技術の改良を伴って近年の 800~1,000 本の密度へと減らし、主伐後の木材利用を視野に入れつつ育林コストを低下させてきた。樹種としての適性を精査しながら人工林を造成し、その管理においては苗木が施業体系等の技術改良を重ね、さらに持続性を実現するためには生物多様性の視点も加えて実施していくことが不可欠と考えられる。

### 3. ニュージーランドにおける人工林施業の変遷

本節では、Rhodes and Novis (2002)を参照してニュージーランドにおける人工林施業体系の変遷を整理する。なお、本節の初出は立花（2010）であり、その一部を再構成している。

人工林経営の初期段階である 20 世紀初頭には、1.2m×1.2m の間隔で 1ha 当たり 7,000 本の密度で植えられた。しかし、高密度植栽でコストが掛かり増しとなるばかりか、樹木間に極度の競争が生じて成長が遅くなり、多くの成長の遅い樹木が枯死する事態となった。この問題を解決するために、1920 年代になると 1ha 当たり 3,000 本

の密度で植えるようになり、それと共に 1920 年代終わりから 1930 年代はじめには最初の植林ブームが到来した。1940 年代には最初に植えられ且つ間伐のされたラジアータパイン林が 30~40 年生で伐採されたが、密植により落枝した節は樹皮を巻き込むという問題が発生し、良質材（クリアーウッド）とはならなかった。このことから、枝打ち施業の大切さが認識されることとなった。そして、この時代には 2.4m×1.8m や 2.4m×2.4m と間隔を広げて植える試みが始められた。

こうした経緯の後にカインガロアの森林官ジョン・ウレ（John Ure）が、1949 年に枝打ちと間伐によるラジアータパイン林施業体系（regime）を提案し、1950 年代と 1960 年代にはそれが標準となった。この時代に数多くの施業体系が考案されたが、ジョン・ウレの体系をもとに部分的に変えるものだった。ジョン・ウレが提案した施業体系は、植栽後の天然更新を防ぐために若齢で伐り捨て間伐を行う内容であり、1ha 当たり 3,000 本で植栽し、3 年生で樹高 1.5m の時に間伐して 2,204 本（2.4m×1.8m）の密度へ落とすというものだった。そして、最終的には伐り捨て間伐により 1ha 当たり 500 本とする。枝打ちは選木しながら 8~9 年生もしくは樹高 12m の時に 5m の高さまで行う。最終的に残る 500 本のうち 300 本が 5m まで枝打ちされたものとなり、200 本は枝打ちされないものとなる。

この後、ジョン・ウレは収入間伐（販売間伐）による収益性にも着目し、パルプ用として樹高 20m となる 14 年生で、製材用とパルプ用として樹高 27m となる 20 年生で収入間伐することを提案した。この 2 度の収入間伐の後には 1ha 当たり 200 本が残され、これらはすべて 5m の高さまで枝打ちされたものとなることが仮定された。ジョン・ウレの施業体系では 30~35 年生で皆伐することとなっていた。

1960 年代に入ると、ロトルアにあるニュージーランド森林研究所を中心に苗木と施業と樹木の生育に関する研究が本格化した。この中では、フェントン（Fenton）とサットン（Sutton）によって新たな施業体系が提案され、それは後に「ダイレクト・レジーム（Direct Regime）」と称されるようになった。これは、より広い間隔で植栽し、早い段階で枝打ちと伐り捨て間伐を実施するものであり、販売間伐に伴う死傷木の発生を避けるために販売間伐は行わない体系であった。ここで提案された施業体系は経済性を強く意識するものであり、初期投資が少なくて済み、より早く収益を上げられるという利点があった。フェントンとサットンによる施業体系は、3.7m×1.8m の間隔で 1ha 当たり 1,500 本を植栽し、最終的には 1ha 当たり 200 本の密度ですべてを枝打ちした材とするものだった。この施業では伐期が 5~10 年短縮された。当時のニュージーランドでは、1950 年代から木材輸出が始まって立木価格が高まり、施業体系にも収益性がより見込まれるようになったことから、1970 年代になると人工林経営に対する投資が魅力的なものとなり、私的セクターからの投資が増加することとなった。そして、ダイレクト・レジームはニュージーランドのラジアータパイン人工林経営の中心をなすものとなっている。

ニュージーランドの森林所有者や林産企業への聞き取り調査をもとにすると、1990 年代に 1ha 当たり 800~1,000 本程の密度で植栽され、販売間伐を行う場合と行わない場合、枝打ちを行う場合と行わない場合の 4 種の施業が行われるようになった。こ

の過程では、森林研究所や林産企業が苗木の品種改良にも熱心に取り組んできており、植栽密度や枝打ちの有無等を森林所有者が専門家にも相談しながら検討し、それぞれの人工林経営、さらには生産する丸太の品質を念頭に置いてラジアータパインの苗木が選ばれている。

#### 4. ニュージーランドにおける 3 度の造林ブーム

本節では、立花（2010）の一部を再構成し、ニュージーランドにおいて人工林面積がどう増加してきたのかを知るべく 3 度の造林ブームを取り上げる。

ニュージーランドにおいて 1921～1923 年の間に行われた森林資源調査によると、森林面積は 500 万 ha（森林率 20%）であり、そのうち 45%に相当する 224 万 ha が商業用であった。1919 年に設立された森林局（The State Forest Service）が 1935 年までに造林面積 12.5 万 ha という大きな目標を掲げて造林を展開し、これがニュージーランドにおける第 1 次造林ブームとなった。こうして行われた造林面積は、1925 年～1936 年の累計で 28.8 万 ha に達した。第 1 次造林ブームでは、政府による大規模な造林が先行したが、政府の報奨金（reward）導入もあり民間による造林も間もなく展開した。当時の最大の造林会社（New Zealand Perpetual Forests Ltd）は、12 年間に 6.8 万 ha を造林したという。この時の造林は北島北部を中心とし、主に沿岸地域を対象に展開した。

1937～1952 年に年平均 2,000ha の造林面積に減少したものの、1950 年代に入ると木材利用や木材産業において新たな展開を見せ始める。すなわち、森林局は第 1 次造林ブームの人工林が成熟するのに伴って木材の新たな利用を検討し、また森林管理や産業教育、トレーニング、研究開発、土壌保全、森林保護、国立公園の展開等に注目が集まるようになった。なお、森林局は 1946 年に森林資源調査を実施し、ニュージーランドにおける森林の態様や生態、及び用材資源に関する基礎情報の提供を行った。

また、1960 年頃には森林局が林産物の需給を精査し、1920 年代や 1930 年代に植林した木材の余剰分について輸出することが視野に入るようになった。1960 年代になると人工林資源への社会的な注目が高まると共に再び造林が増加し始め、1973 年には新植面積が年間 4 万 ha に到達した。これが、いわゆる第 2 次造林ブームであり、1980 年代半ばまで続いた。対象地としては北島北部沿岸地域に限らず全国的に植林が展開し、人工林面積の合計は 1960 年の 35.2 万 ha から 1984 年の 100 万 ha 超へと顕著な増加を見せたのである。植林樹種としてはラジアータパインがほとんどを占め、1930 年代の第 1 次造林ブームとは異なって、植林後には枝打ちと間伐を実施する施策が展開した。この時には輸出志向の森林経営となり、適する土地への造林と、輸送設備や港湾施設の整備とを組み合わせる形で、官民が同等の人工林造成を行ったのである。第 2 次造林ブームで造成された人工林は 1990 年代には成熟し、日本や韓国等へ輸出されるようになった。

この後、1984 年に規制撤廃への舵取りが行われ、直接的にインセンティブを与える枠組み（direct incentive schemes）から税控除（cost-recoverable）へと変えられた。この経済改革が強く影響して、造林面積は減少することになった。経済改革の中で国

有林経営に民営化が導入され、1992 年までに国有人工林のほとんどが売却されることとなった。この過程で新植面積は激減したのである。だが、他方で新たな税制の導入により林業への投資が促されることとなり、第 3 次造林ブームへと結び付いていくことになる。ニュージーランドの国有林ではその大半で林地を民間にリースし、民間の力で人工林経営を行う形となっている。

第 3 次造林ブームは、このような民営化が進む中で 1990 年代に入ってから始まった。林業への投資を呼び込むために多くの地域で港湾や鉄道、橋梁等の絶え間ないインフラ整備が進められ、また農産物や土地の価格低下と相俟って世界的な木材価格高騰が 1993～1994 年に生じたことから、林業の収益性に対する期待が高まった。こうした要因によって外国の投資家や森林マネージャー（forest manager）からの林地投資が増加し、1990 年代半ばには新植面積が過去最高を記録するまでになった。第 3 次造林ブームは 2000 年前後まで続いたと見て良い。

第 3 次造林ブームについて柳幸の整理が参考になるので引用しておきたい。柳幸（2006）は、第 3 次造林ブームの発生と終焉について、①立木価格・素材価格の上昇、②所得税法改正（1991 年）における造林投資に対する優遇措置、③社会保障水準の引き下げ、④羊放牧業の収益性の低下を指摘し、また造林投資会社の企画した「パートナーシップ造林」へ投資するという仕組みの貢献を述べている。その仕組みは次のようなものである。①造林地を用意し、②その土地での施業計画（苗木、植え付け本数、保育方法、伐期の選定）を立てる。③造林コストや伐採時の等級別素材収穫量と現時点での素材価格、伐出・運材コストから、年次別収支と見込み内部収益率を計算する。④出資者（パートナー）数と 1 口当たりの出資金を決定する。⑤これらから、その土地での造林投資が有利であるうえ、所得税の控除対象になるというパンフレットを作成する（パンフレットは数十頁のものが多く、内部収益率、支払い条件や契約条件が掲載されている）。⑥このパンフレットによって営業・宣伝して投資者（パートナー）を集める。⑦そして、実際の造林請負業者に造林させ、⑧造林地をパートナーシップに引き渡す。この他、造林後の保育や伐期までの管理、伐採まで責任をもつことを謳っているのが一般的であるという。

なお、1990 年代以降に森林への投資が世界的な拡大を見せており、それについては後述する。

## 5. ラジアータパイン人工林の施業体系

本節では、ニュージーランドのラジアータパインの育林を取り上げ、その費用構成を概観してみたい。なお、ここで取り上げるのはクリアウッド材を採るために枝打ちと間伐を行うラジアータパイン人工林の施業体系である。なお、本節は立花（2015a）を再構成して作成している。

ニュージーランドにおけるラジアータパイン人工林の植栽密度は、1ha 当たり 800 本程度が多く（写真 4-1-1）、地域や事業体によっては 1,000 本のところもある。ニュージーランドでは苗木の品種や施業体系の改良を伴いながら疎植が進んできたことが特筆される。ラジアータパインの苗木に用いられている規格は、成長や樹形の観



点から Growth and form (GF)で表示され、品種改良が進むと GF に付される数値が大きくなる。ここで、ニュージーランドの 2005 年版林業手引き書に掲載されている 1ha 当たり 1,000 本植栽 (GF19、実生苗) の場合 (ケース 1)、800 本植栽 (GF26、苗畑採取挿し木苗) の場合 (ケース 2)、600 本植栽 (GF26、野外採取挿し木苗) の場合 (ケース 3) について、それぞれの費用構成を見ていこう (図表 4-1-2)。



写真 4-1-1 再造林されたラジアータパイン人工林  
(ホークスベイ地域の企業有林)

図表 4-1-2 ニュージーランドにおける育林費用の例

	1,000本植栽			800本植栽			600本植栽		
	密度 本/ha	単価 \$/本	費用 \$/ha	密度 本/ha	単価 \$/本	費用 \$/ha	密度 本/ha	単価 \$/本	費用 \$/ha
苗木		0.22	220		0.50	400		0.575	345
植栽		0.22	220		0.23	184		0.24	144
除草		0.15	150		0.15	120		0.15	90
第1回枝打ち	400	1.25	500	360	1.10	396	320	1.05	336
第1回間伐	600	0.31	186	450	0.31	140	320	0.31	99
第2回枝打ち	350	1.30	455	325	1.20	390	310	1.10	341
第3回枝打ち	300	1.40	420	300	1.35	405	300	1.30	390
第2回間伐	300	0.41	123	300	0.41	123	300	0.41	123
総費用			2,274			2,158			1,868

注: 1ha当たり1,000本植栽ではGF19、800本植栽(苗畑採取挿し木苗)と600本植栽(野外採取挿し木苗)ではGF26を例にした費用構成である。なお、GFはGrowth and Formの略である。

資料: NZIF「New Zealand Forestry Handbook 2005」、91頁

1ha 当たり総育林費用としては、ケース 1 で 2,274NZ ドル、ケース 2 で 2,158NZ ドル、ケース 3 で 1,868NZ ドルであり、1NZ ドルの為替相場を仮に 90 円と置くと 16 万 8 千円～20 万 5 千円の幅になる。主伐対象となる 27 年生のラジアータパインの材積は 2.4m<sup>3</sup> に達する。例えば、1ha 当たり 600m<sup>3</sup> の出材積を想定すると、1 m<sup>3</sup> 当たりの費用は 280 円～341 円であり、日本に比べて格段に少ないことが分かる。

1,000 本当たりの苗木代は GF19 の実生苗で 220NZ ドル、GF26 の苗畑採取挿し木苗で 500NZ ドル、GF26 の野外採取挿し木苗で 575NZ ドルであり、ケース 1 での苗木代の合計は 220NZ ドル、ケース 2 では 400NZ ドル、ケース 3 では 345NZ ドルとなる。また、1 本当たりの植栽費用は 0.22～0.24NZ ドルで大差はなく、植栽密度に依存して 1ha 当たりケース 3 の 144NZ ドルからケース 1 の 220 ドルまでの幅がある。





写真 4－1－2 枝打ち伐り捨て間伐された 7 年生のラジアータパイン  
(ネルソン・マールボロ地区)

除草費用の 1 本当たり単価は 0.15NZ ドルと 3 つのケースで同一であり、植栽密度の差異により 90NZ ドル～150NZ ドルの幅になっている。

筆者の聞き取り調査に基づく、地域や事業体により多少の差異はあるものの、ニュージーランドの施業体系として第 1 回枝打ちは 5 年生前後で 3～4m 高、第 2 回枝打ちは 7 年生前後で 5.5～6m 高（写真 4－1－2）、第 3 回枝打ちは 9 年生前後で 6～8m 高までされることが多い。なお、枝打ちを行う際には、併せて間伐することが少なくない。森林所有者は枝打ちを行うことによりクリアウッドの良質材を収穫できる。

第 1 回枝打ちについては、ケース 1 で 1ha 当たり 400 本を対象にし、1 本当たり 1.25NZ ドルを要することから合計 500NZ ドルの費用となる。植栽密度が低下するに従って費用は少なくなり、ケース 2 では 1ha 当たり 360 本で 396NZ ドル、ケース 3 では同 320 本で 336 NZ ドルである。第 1 回間伐の 1 本当たり単価は 3 つのケースで同じであることから、対象とする本数によりケース 1 の 186NZ ドルとケース 3 の 99NZ ドルの差が生じる。第 2 回枝打ちの単価はケース 1 で 1.30NZ ドル、ケース 2 で 1.20NZ ドル、ケース 3 で 1.10NZ ドルというように密度により違いがあり、1ha 当たりではケース 1 の 455NZ ドルからケース 3 の 341NZ ドルまでの幅となる。

表 4－1－2 の示した事例では、第 3 回枝打ちの時に第 2 回間伐が行われて最終的に 300 本の密度になる。第 3 回枝打ちの単価もケース 1 の 1.40NZ ドルからケース 3 の 1.30 ドルへ低くなっており、1ha 当たりの費用はケース 1 で 420 NZ ドル、ケース 2 で 405 NZ ドル、ケース 3 で NZ390 ドルと低下する。間伐の単価は 1 本当たり 0.41NZ ドルに設定されている（間伐本数と間伐費用との関係は定かではない）。

ニュージーランドでは育林費用の低下と収穫時のキャッシュフローを求めて植栽密度の低下と伐期の短縮化が志向され、それを後押ししたのが育種・育林技術の進歩であった。苗木の改良が進んで成長や樹形が良くなり、ここで示したように植栽から成林するまでの育林費用も低下している。日本の人工林経営にとって、生産機能をより重視する施業を考える際に、こうした育種・育苗から丸太生産に繋がる取り組みには参考とすべきところがあるように思われる。

## 6. 投資型人工林経営の国際的展開

ニュージーランドの人工林は、米国を起点として拡大する投資対象として注目されている。北米や南米、オセアニア等では、森林投資・管理会社 (Timberland Investment Management Organizations、以下 TIMO) や不動産投資信託 (Real Estate Investment Trusts、以下 REIT) が、年金基金や職員組合の退職金基金等あるいは株式市場を介して投資を受けて林産企業や個人の所有する森林を買収し、森林管理を行う動きが活発になっている (岡・石崎、2015)。その対象は生産林であり、その殆どは人工林と考えると良く、この動きには施業体系の進歩に伴う育林費用の低下も寄与している。本節では、立花 (2015a) に基づいて投資型人工林経営の国際的展開を概説する。

初めに、海外進出しようとする場合に重要な経済指標である為替相場に触れておきたい。対ドル・ユーロ相場を例にとると、2000 年代のリーマンショック時までユーロ安が進み、欧州諸国では製品の輸出が有利となり、他方米国では海外投資が容易となった。欧州諸国にとっては、原料を外国から調達するにはコスト高になることも一因となって、旧東欧諸国へ工場を進出させる動きも生じた。また、2000 年代に欧州の製材品や集成材が日本へ輸出されたのも、こうした為替相場の影響があったと言える。マクロ経済的には米国の資金が少なからず投資に向けられることとなった。

森林・林地投資が先駆けて始まった米国を例にとると、REIT は 1960 年代に、TIMO は 1980 年代に発展した。税制改正をきっかけとし、森林が安定した資産になるという評価から、TIMO も REIT も 1980 年代後半に動きが本格化し、特に米国経済の回復により 1990 年代後半から大きく増加した。米国では、2006 年末に TIMO が 2,000 万エーカー (809 万 ha)、REIT が 1,500 万エーカー (607 万 ha) の森林を保有し (合計は 2002 年比 283% 増)、米国の全森林の 5%、全生産林の 7% を占めた。また、米国における生産林売買は 1991~2004 年に年間 25 万~516 万エーカー (10 万~208 万 ha) の範囲にあったが、2006 年には 853 万エーカー (345 万 ha) に増え、この過程で森林・林地への投資が増加している。RISI の公表したレポートによると、世界的には 2014 年に 6,000 万エーカー (2,400 万 ha) ほどが TIMO や REIT 等により保有されているようだ。北米がその大半を占めるが、オセアニアや欧州、南米、アフリカ、アジアにも見られる。REIT は北米と欧州のみとなっている。

図表 4-1-3 TIMO の地理的展開

時期	～1980年代	1990年代	2000年代	2008年～
国・地域	米国南部	米国南部	米国南部	米国
	米国西部	米国西部	米国西部	オセアニア
		米国北部	米国北部	南米
		NZ	NZ	アジア
			豪州	欧州
			チリ	南アフリカ
			ブラジル	西アフリカ
			ウルグアイ	

資料 : DANA Limited 「International Timberlands Ownership and Investment Review 2009 Edition」

また、TIMO の拡がりも欧州にも及んでいることは特筆される（図表 4－1－3）。米国で始まり、1980 年代に米国内で拡がりを見せた TIMO は、1990 年代にニュージーランドに拡大し、2000 年代にはオーストラリアやチリ、ブラジル、ウルグアイへ、2008 年のリーマンショック後にはマレーシア等のアジア地域やラトビア等の欧州地域、南アフリカ等でも見られるようになった。投資対象としてはリスクの少ない国や地域の森林・林地が指向され、樹木は農作物と違って収穫の時期（伐期）を延ばせることから、国際的な投資対象として位置づけが上がってきたのである。

TIMO への投資は毎年利益を得られるわけではなく、販売時における森林蓄積と林地価値の最大化を目的として利益が追求される。REIT への投資は株式市場を通じて行われ、課税対象収益の 90% 以上について投資比率により投資者への配当がなされる。両者は、森林の態様や成長、施業費用、木材価格、林地価格等から収益評価を行い、高い収益の見込まれる森林を買収し、林地開発も視野に入れて森林管理を行う。森林管理に関して、TIMO は直接または管理会社への委託により行い、REIT は基本的に管理会社に委託している。

樹種については、米国でダグラスファーやサザンイエローパイン等の人工林が主たる投資対象となり、ニュージーランドやチリではラジアータパイン、オーストラリアや南アフリカではユーカリ等が対象となってきた。地域的拡大に伴って樹種がチークやユーカリ、マホガニー等の人工林を含めて多様化し、さらに第三者機関による森林認証が投資行動に説得性を持つために TIMO や REIT が森林認証を取得していることも特徴として挙げられる。

伝統的林地所有のもとで長い歴史を有し、且つ半天然林施業が中心の欧州、特に旧西欧諸国や北欧において TIMO や REIT がさらに拡大するかは見通せないが、旧東欧諸国においては制度的な変革や経済活動の拡大に伴って人工林が拡がり、併せて投資も拡大する可能性が高まっていくことも考えられる。2010 年代に欧州の林産企業が旧東欧諸国の社会経済的安定を背景に進出するようになっており、それが旧東欧諸国の政策や制度、社会経済に影響を与えることも想定されるからである。ただし、アジアについては早生樹林の一部が対象になるに留まっている。

## 7. おわりに

世界的に見ると人口増加が進む中で森林面積の減少が続いており、森林・林業・木材産業セクターがどう木材需要に対応するかが重要になっている。化石燃料や枯渇性資源に代わって再生可能な森林資源を持続的に且つ有効に使うことが求められているのであり、その重要な方向性として昨年度の報告書にまとめたゾーニングという視点での森林の区分と、それに基づく管理が考えられる。地球温暖化対策としても地域の社会にとっても木材生産を確り行っていくべき生産林と、生物多様性保全機能や土壌保全機能等の公益的機能をより高度に発揮させていく保護林などの森林とを区分し、総体としての森林が一層高度な多面的機能の発揮を実現できるようにしなければならないと言えよう。

そして、生産林においては林地の単位面積当たりの木材生産量を増加させるべく人

工林造成、その一部では早生樹の育成も必要になってくると考えられる。木材生産機能を期待する人工林においては、生物多様性保全機能などの発揮も考慮しながら基本的な方向性として小面積皆伐を行い、付加価値を生みながら環境志向の投資を呼び込むという構図を目指す必要がある。森林の有する多面的機能が ESG 投資においても注目されており、それと関連付けることも持続的林業の実現にとって重要になってくると考えられる。その観点では、ニュージーランドにおけるラジアータパインの施業体系の経緯には参考になる部分が少なくないと思われる。

## 引用文献

David Rhodes and John Novis (2002) The Impact of Incentives on the Development of Plantation Forest Resources in New Zealand MAF Information Paper No: 45, pp. 13-14.

Donald J. Mead (2013) Sustainable management of Pinus radiata plantations, FAO Forestry Paper 170, 246pp.

NZIF (2013) New Zealand Forestry Handbook 2005, 318pp.

熊崎実（1977）『森林の利用と環境保全—森林政策の基礎理念—』日本林業技術協会.

岡裕泰・石崎涼子編著（2015）『森林経営をめぐる組織イノベーション』広報ブレイス.

柳幸広登（2006）ニュージーランドにおける育成的林業の拡大と人工林保有構造の変化—1990年代以降の林業展開を中心に—.『林業経済』58（10）：1～18.

立花敏（2010）ニュージーランド. 白石則彦監修『世界の林業』日本林業調査会所収.

立花敏（2014）世界的なラジアータマツ導入の経緯と現段階での拡がり.『山林』1557: 58～59.

立花敏（2015a）ニュージーランドにおける育林費用.『山林』1570：52～53.

立花敏（2015b）投資型人工林経営の国際的展開.『山林』1571：56～57.

## 4-2 生物多様性保全に向けた人工林施業のあり方

山梨県森林総合研究所 長池卓男

### 1. はじめに

最初に、森林整備保全事業計画（令和元年5月28日閣議決定。以下、本計画）と令和3年度森林整備保全事業推進調査（以下、本調査）における、生物多様性に関する視点を整理する。

本計画では、「生物多様性保全等のニーズに応える多様な森林への誘導」における「目指す主な成果」として、「複層林化の推進」と「育成単層林の齢級構成の偏りの改善」があげられている。これは、生物多様性保全だけを目的とした成果とはされていないが、生物多様性を保全する上でもこの2点に焦点があてられている。また、本調査では、「複層林施業、針広混交林化、長伐期化を実施することによる生物多様性保全機能の向上、特に絶滅危惧種の保全や種の多様性について」とりまとめることとしている。このように、本計画、本調査ともに、基本的に林分単位での人工林での取り扱いを対象としている。

一方、本計画「第3 事業実施にあたっての留意事項」の「2 生物多様性の保全への配慮」では、以下のように示されている：「森林の整備及び保全の事業実施に当たっては、生物多様性保全の観点から、一定の広がりにおいて様々な生育段階や樹種から構成される森林がモザイク状に配置されている状態を目指し、自然条件等地域の特性を踏まえ、関係者のコンセンサスの醸成を図りながら、複層林化や長伐期化等による多様で健全な森林への誘導を図る。また、特に属地的に生物多様性の保全が求められる溪畔林や海岸防災林等における事業実施に当たっては、その特性を踏まえ、関係者のコンセンサスの醸成を図りながら、生物多様性の保全と国土の保全等との両立を目指し、必要な対策を講じるよう努める。さらに、間伐材等自然素材を活かした工法の導入などの取組を進め、景観との調和等を図る」。ここでの「一定の広がりにおいて様々な生育段階や樹種から構成される森林がモザイク状に配置されている状態を目指」すことは、林分の集合体としての管理が示されており、集合体を構成する個別の林分には「複層林化や長伐期化等による多様で健全な森林」を目指すこととされている。また、「属地的に生物多様性の保全が求められる溪畔林や海岸防災林等」への配慮が述べられているが、ここで例示されている溪畔林は、溪畔域が水域と陸域の境界であるとの視点や、山地林や平地林とは異なる攪乱様式により維持されることで固有の種組成がみられる視点から特記されているものと思われる。「属地的に生物多様性保全が求められる」場合に絶滅危惧種の生育・生息地が含まれているのならば、溪畔林や海岸防災林のみならず対象とする森林タイプは広範になり、「生物多様性の保全への配慮」も対象とする森林タイプや絶滅危惧種によって大きく異なる。（なお、「景観との調和等を図る」ことが、「生物多様性の保全への配慮」となるかの知見は、私は持ち合わせていない。）

これらのことをまとめると、生物多様性保全を考慮した人工林施業として、林分および林分の集合体としての取り扱い、さらに属地的な取り扱いがまず必要とされており、これ

まで指摘されてきたことを踏襲している（藤森 2003）。本調査の主旨である林分単位での複層林施業、針広混交林化、長伐期化により生物多様性保全を図ることに本稿では焦点をあてるが、林分の集合体としての取り扱いが重要な視点であることに変わりはない。本稿では、人工林における生物多様性（本調査仕様書にあるように、ここでは生物多様性を絶滅危惧種や種の多様性に限定する）保全を考える上で、複層林施業、針広混交林化、長伐期化が及ぼす影響について、筆者の研究対象である維管束植物について述べる。

## 2. 複層林施業、針広混交林化、長伐期化

「絶滅危惧種の保全」や「種の多様性に及ぼす影響」と言っても、それぞれに含まれる内容は広範になるため、それを具体化した上で、それぞれに対して個別の対応や評価が必要になる。維管束植物の絶滅危惧種には、様々な生態的特性を持つ種が含まれている（例えば、遷移初期種・遷移後期種、草本・木本）。さらにそれらの生育には、光環境のみならず、土壌条件、共生菌、種子散布者・花粉媒介者・植食者等、その種の出現や生存に関わる多くの要因が関与している。したがって、「複層林施業、針広混交林化、長伐期化」のような、施業方法や樹冠層を中心とした林分構造・種組成だけで、それらの保全が適うかには十分な検討と議論が必要である。

また、森林施業がその対象地の種の多様性に影響しないことはあり得ない。種の多様性に及ぼす影響に関しても、種の多様性が何を指しているのかによってその評価は大きく異なる。種数なのか種多様度なのか、絶滅危惧種・外来種の種数なのか等によって、その評価は大きく異なり、種数が多いことや種多様度が高いことが種の多様性を直接的に保全しているとは限らない（長池 2007、2010）。

### ○複層林施業

複層林とは「人為によって保育などの管理がされた森林のうち、樹齢や樹高の異なる樹木によって構成された森林（農林水産関係用語集）」とされる。一方、育成複層林は、「森林を構成する林木を帯状若しくは群状又は単木で伐採し、一定の範囲又は同一空間において、林齢や樹種の違いから複数の樹冠層を構成する森林として人為により成立させ維持される森林。例えば、針葉樹を上木とし、広葉樹を下木とする森林や、針葉樹と広葉樹など異なる林相の林分がモザイク状に混ざり合った森林（森林・林業基本計画）」とされている。また、本計画では、育成単層林を対象に択伐等を推進することによって、育成複層林に誘導するとされている。したがって、複層林の複数の樹冠層のうち、上木は人工植栽によるものが主となる。前提となっているのは、育成単層林で複層林施業を実施することと思われるため、まずは、育成単層林として植栽木が上層を構成していることが想定される。

一方、上木・下木はどのような生態的特性の樹種（例えば、針葉樹・広葉樹、常緑樹・落葉樹、遷移初期種・遷移後期種）なのか、下木は植栽木なのか天然更新による樹種なのかによって、複層林の様相は大きく異なる。また、これまでどのような保育作業が実施されてきたのかなど、どのような状態の森林を対象に複層林施業を実施するのかによって、その林内に生育しうる維管束植物種は大きく変わる。

さらに、育成単層林を対象に「択伐」によって複層林化するということは、「択伐」後の森林も、一定期間の経過後に再度収穫することも想定されているであろう。本計画では「公益的機能の一層の発揮のため自然条件等を踏まえて育成複層林に誘導する」とある。したがって、育成複層林の状況になった時、木材生産機能も維持してゆくのか、それとも公益的機能を発揮するだけの森林とするのか、すなわち、どのような目標林型を考えているのかによって林内での「絶滅危惧種の保全」や「種の多様性」への考え方は左右される。

また、育成複層林化を進める目的として公益的機能を増進させるためとしているが、生物多様性保全機能を含めた公益的機能が育成複層林で実際に増進しているのかの検証は多くない。本調査令和2年度報告書（図表4－27）では、第4期森林生態系多様性基礎調査プロットの14,802プロットのうち662プロットで維管束植物の絶滅危惧種が確認されている。そのうち、育成複層林よりも育成単層林においてこれらが多く確認されている。そもそも、育成複層林でのプロットが少ないことにこの差は起因していると思われるが、育成複層林544プロットのうちの30プロット（5.5%）、育成単層林6,433プロットのうちの260プロット（4.0%）で、絶滅危惧種が出現している。これは、育成単層林を育成複層林に転換すれば絶滅危惧種が保全されるかどうかについての示唆に富んだ解析結果であるが、絶滅危惧種保全に育成複層林が有効であるかは検討される必要がある。例えば、今後育成単層林を育成複層林にすることで絶滅危惧種の保全が可能か（育成単層林段階で生育している絶滅危惧種が育成複層林になっても維持されている・個体数等が増加している、育成単層林時には絶滅危惧種は生育していなかったが育成複層林になったことで出現し維持される）などのデータが必要である。加えて、これは維管束植物のみの解析であるため、その他の分類群での評価もあわせて検討することが必要である。

## ○針広混交林化

本計画では、「第2 事業の目標及び事業量」の「2 事業分野別の取組」において、「広葉樹の導入による針広混交の育成複層林への誘導」が示されている。植栽種が中心に樹冠層が構成されている育成単層林において広葉樹を導入するには、広葉樹を下層に更新させることが想定される（樹冠層に到達するような大きさの広葉樹を植栽することも考えられるが現実的ではない）。このように広葉樹を植栽又は天然力により更新させることに関しては多くの知見がある（例えば、「広葉樹林化ハンドブック 2010」、「広葉樹林化ハンドブック 2012」、「国有林野事業における天然力を活用した施業実行マニュアル」）。それらでは、好条件下の適地における針広混交林化は可能であることが示されている。逆に言えば、成功に導く条件を吟味する重要性が指摘されている。育成単層林に広葉樹の導入が成功すれば、その林分の種数に関しては向上するだろう。しかし後述のように、導入された広葉樹が外来種であった場合はどのように評価されるのか、針広混交林化によって絶滅危惧種は保全される・出現するという知見はあるのか等、検討課題は多い。

## ○長伐期施業

一般に、人工林の伐期を延長することにより、林分構造や種組成が複雑化・多様化する



ことが多い（長池 2000；鈴木ほか 2005）。カラマツ人工林においては、高齢級林分は、間伐後の年数が長いことから、下層植生や更新した樹木の種数が多く種多様性が高くなり、近隣の落葉広葉樹二次林との群集類似度が高くなっていた（Nagaike et al. 2006、2010）。一方、カラマツ高齢林ではカラマツ根株心腐病の被害が増加する（Ohsawa et al. 1994）ため、長伐期化による木材生産機能と種の多様性とのトレードオフを考慮する必要がある。また、気候変動下での長伐期化は、乾燥や虫害、強風等のリスクに植栽木が長期間さらされることにもなり、ここでのトレードオフ解消も検討が求められる（[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfsc/129/0/129\\_609/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfsc/129/0/129_609/_article/-char/ja/)）。針広混交林化と同様に、長伐期化によって絶滅危惧種が保全される・出現するようになる等のデータ収集は今後の課題であろう。

以上をまとめると、複層林施業、針広混交林化、長伐期化することで絶滅危惧種を保全できるのか、育成複層林の将来的に発揮すべき機能は何か等、整理すべき論点は多岐にわたる。「生物多様性の保全に配慮した森林施業の手引き」（林野庁経営企画課 2021）においては、「森林生態系を維持し、将来にわたって、生態系サービスを持続的に利用していくためには、生物多様性の保全に配慮しながら森林施業を続けることが重要」とし、「絶滅危惧種の保全」に関しては、猛禽類の生息地や採餌環境整備、国有林での仕様書記載例での希少種確認等が掲載されている。「生物多様性の保全に配慮した森林施業の三つの柱」として、「多様な樹種が維持されていること」「複層（又は複相）の構造ができていくこと」「生物の生育・生息環境が適切に形成されていること」とある。うち前二者については、複層林化、長伐期化、針広混交林化が関連していると思われる。複層林化、長伐期化、針広混交林化は、林分の構造や種組成を変えることであり、そのことが「絶滅危惧種の保全」や「種の多様性」に寄与・影響することもあるだろうが、それを直接的に支持するデータは乏しい。

人工林内に絶滅危惧種を含めた希少種が生育・生息していることは珍しいことではない（服部ほか 2005；井城 2016；勝木ほか 2019；本調査令和2年度報告書）。したがって、「絶滅危惧種の保全」という目的を達成するための手段としては、まずは、施業地に絶滅危惧種が生育しているかを確認する必要がある。それがわからない状況で施業を実施することは、それらの生育を直接的に脅かす。生育している場合にはそれがどのような種なのかによって、その種を保全するための手段は全く異なる。このようなことが背景となって、森林認証の基準・指標では施業前の絶滅危惧種に関するアセスメントが必要とされており（長池 2014）、希少種確認等の実効性を高めていくことが、絶滅危惧種の保全にはまず重要であろう。また、琉球大学の久保田康裕教授らは、環境省環境研究総合推進費における研究課題「環境変動に対する生物多様性と生態系サービスの応答を考慮した国土の適応的保全計画」等において（[https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/pdf/seika\\_2\\_05/4-1802.pdf](https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/pdf/seika_2_05/4-1802.pdf)）、絶滅危惧種を含めて、様々な生物分類群を対象にした膨大な自然環境データを基に解析を実施している（例えば、久保田ほか 2017）。このようなデータ・解析を基に、育成単層林における絶滅危惧種が生育している可能性の高い場所の抽出により、人工林施業との事前調整も可能になると考える。なお、「生物多様性の保全に配慮した森林施業の手引き」（林野庁経営企画課 2021）においては、主伐・間伐の際、「猛禽類等の希少な動物種の生息が確認



された場合、専門家の意見を踏まえ、必要な保全措置を講じるようにしましょう（13 頁、23 頁）」とあるが、動物種に限られているようである。

さらに、種の多様性を考える上では、現在進められている外来種植栽や、人工林内に更新した外来種の扱いについても、検討は進んでいない（長池 2021a b）。また、「生物多様性保全に向けた人工林施業のあり方」としては、林分の集合体としての取り扱い、施業対象地の選定、保育作業や伐採・搬出作業等も考慮すべき点である。その上で、木材生産機能を今後も発揮させる育成単層林では「絶滅危惧種の保全」や「種の多様性」をどのように考えるのか、絶滅危惧種の保全や種の多様性を考える上でのニホンジカ対策と人工林のありかたはどうあるべきか（長池 2018、2021b）等に関しても今後の課題である。

## 引用文献

藤森隆郎 (2003) 新たな森林管理. 全国林業改良普及協会

服部 保・南山典子・武田義明 (2005) 綾南川上流域における照葉原生林と二次林・人工林の種組成および種多様性の比較. 人と自然 15 : 1-8

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/15/0/15\\_1/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/15/0/15_1/_pdf/-char/ja)

伊藤 哲・光田 靖 (2012) 九州南部のスギ人工林下層における絶滅危惧種ハナガガシの出現傾向. 景観生態学 17 : 1-5

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jale/17/1/17\\_1/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jale/17/1/17_1/_pdf/-char/ja)

井城雅夫 (2016) 愛知県内のレッドデータブック掲載種の分布状況. 愛知県環境調査センター所報 43 : 25-31

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2030902473.pdf>

勝木俊雄・長池卓男・西川浩己・田中 智・岩本宏二郎 (2019) ハヶ岳の山梨県有林に設置したヤツガタケトウヒ試験区におけるシカ被害を受けた林相の 12 年間の変化. 森林総合研究所研究報告 18(1) : 101-110

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/449/documents/449-6.pdf>

久保田康裕・楠本聞太郎・藤沼潤一・塩野貴之 (2017) 生物多様性の保全科学：システム化保全計画の概念と手法の概要. 日本生態学会誌 67 : 267-286

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/seitai/67/3/67\\_267/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/seitai/67/3/67_267/_pdf)

長池卓男 (2007) 種多様性の保全-種数が多ければすばらしい森林か?- 主張する森林施業論 森林施業研究会編 日本林業調査会 130-137

長池卓男 (2010) 人工林で生物多様性をどう考えるか 森林環境 2010 森林環境研究会編 森林文化協会 130-137

長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. 日本林学会誌 82: 407-416.

長池卓男 (2014) 森林認証制度に関する研究動向と展望-特に森林の生物多様性保全に果たす役割に関して-. 日本森林学会誌 96 267-273

長池卓男 (2018) ニホンジカが多い時代の林業とは. 保持林業-木を伐りながら生き物を守る- 築地書館 42-44 柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一編

長池卓男 (2021a) 人工林における外来種植栽の現状と課題-針葉樹を中心に-. 日本森林

学会誌 103 297-310

長池卓男 (2021 b) 人工林の生物多様性. 森林学の百科事典 丸善出版 176-177

Nagaike T., Hayashi A., Kubo M., Abe M., Arai N. (2006) Plant species diversity in a managed forest landscape composed of *Larix kaempferi* plantations and abandoned coppice forests in central Japan. Forest Science 52: 324-332

Nagaike T., Hayashi A., Kubo M. (2010) Diversity of naturally regenerating tree species in the overstory layer of *Larix kaempferi* plantations and abandoned broadleaf coppice stands in central Japan. Forestry 83: 285-291

Ohsawa M, Kuroda Y, Katsuya K(1994) Heart-rot in old-aged larch forests ( I ) State of damage caused by butt-rot and stand conditions of Japanese larch forests at the foot of Mt. Fuji. J. Jpn. For. Soc. 76: 24-29

林野庁経営企画課 (2021) 「生物多様性の保全に配慮した森林施業の手引き」

鈴木和次郎・須崎智広・奥村忠充・池田 伸 (2005) 高齢級化に伴うヒノキ人工林の発達様式. 日本林学会誌 87:27~35

### 4-3 生物多様性の観点から見た人工林の「健全性」

牧野 俊一

#### はじめに

「森林の健全性」あるいは「健全な森林」、これらは直感的には理解しやすいとはいえ、かなりあいまいな、もしくは幅の広い概念である。林野庁(2020)の発行する「森林・林業白書(令和2年度版)」には「健全」ということばが幾度も出現するが、文脈によってその使われ方は微妙に違う。たとえば「多様で健全な森林づくり」「多様で健全な森林への誘導」などの場合は、「多様」ということばと対に用いられていることが多いことから、一斉単純林ではないより複雑な森林構造を指そうとしているらしい。また「土石流等の発生を想定した治山施設の整備や健全な森林の整備」や「適切な間伐や造林等を通じた健全な森林整備」の場合は、水源涵養や土砂流出、温暖化防止(炭素吸収・蓄積)といった、いわゆる多面的機能を良く発揮出来る状態を健全としているようである。さらに、「健全な松林を維持するための衛生伐を実施」では、生物害(マツノザイセンチュウ)の少ない状態を健全と定義していると読み取れる。

それぞれに異なるこれらの意味や含意は、しかし、もちろん相互に排他的ではなく重なる部分が多いに違いない。例えばモントリオール・プロセス第5版(2015年)の基準3「森林の健全性(health)と活力(vitality)の維持は、種々の攪乱が生じた場合、その生態系の有する機能やプロセスがそうした攪乱から回復もしくは順応する能力に依存する」という記述に端的に表されているように、生態系全体の中で森林をとらえ、その生態系が本来の機能を果たしていることが森林自体の健全さをもたらすということである。そうすれば、上記のような森林白書で言及されている複数の「健全さ」も満たされることであろう。つまり「森林生態系」の健全性は、その要素である「森林」の健全性と同義であるということだ。言うまでも無く、これは目新しい考えではないし、現在ではごく常識的なものとひとまずは言えるし、そのことは例えばFSCが求める森林管理基準(Forest Stewardship Council, 2015)の中にもより具体的な基準として示されている。

さて、人工林ももちろん森林の一種に他ならないから、上記と同様なことが当てはまるはずだが、人工林の場合は、そもそも特定の目的の達成を前提に作られ、管理される。スギ・ヒノキ植林地であれば、優良な木材の効率的な生産が第一の目的だし、多くの海岸マツ林の最も重要な目的は防風防砂林としての役割である。狭義に考えれば、こうした本来の目的を果たすこと、あるいは果たしている状態が、それぞれ人工林の健全性、健全な人工林と言えらると思われる。

こうした人工林の本来の目的を達成することと、生物多様性の保全とが一致すれば問題無いが、実際にはどうであろうか。それを具体的に見るとともに、一致しない場合両者をどのように一致させる努力が必要なのか、おもに日本の人工林、主にスギ林において具体的に見てみたい。

## スギ人工林の生物多様性

日本の森林の概ね 3 割、国土の 2 割はスギ・ヒノキ人工林である。これはあくまで全国平均なので、地域によってはスギ・ヒノキ率はこれよりはるかに大きく、6、7 割に達する県もある(林野庁, 2017)。こうした人工林の多くは、大量の木材需要を満たすために広葉樹林を皆伐した跡や草原に一斉林として作られた。優良木材の効率的生産という目的(生産林の「健全性」の要素)で仕立てられたこれら針葉樹人工林の生物多様性は、転換前の広葉樹天然林や草原と比べてどうであろうか。

植物の多様性について見ると、林冠形成木に関してはスギ人工林が天然林に劣るのは当然だが、林床植物の種多様性に関しては必ずしも極端に劣るとは限らない。北関東の落葉広葉樹二次林(天然林)とスギ人工林との間で様々な生物の種多様性を比較した例がある。この調査地(北茨城市)の天然林はナラ類やブナ類を主な林冠構成木とするが、きのこの櫓木生産等の目的で小面積の輪伐を繰り返した結果、様々な林齢の二次林がパッチ状に存在する。またスギ人工林はこうした天然林あるいは草原から転換されたものである。2~10 年生、11~40 年生、および 41 年生以上の 3 つの林齢クラスでは、いずれも林床植物の種数は二次林のほうがスギ林よりも多かったが、違いはわずかである(Tanaka et al., 2008)。ただし、存在する種の構成(群集組成)は大きく異なっている。

森林を重要な生息地とする昆虫に関して、上記と同じ試験地でスギ人工林と落葉広葉樹天然林を比べると、グループによって様々な違いがある(Makino et al., 2006; 牧野, 2009)。たとえば食材性であるカミキリムシ類(Makino et al., 2007)、送粉者として重視されるハナバチ類(Taki et al., 2013)、食葉性のガ類(Taki et al., 2010)、植食性昆虫の天敵を多数含む狩りバチ類(Makino et al., 2021)など多様な機能群で、以下のような共通な傾向が見られる。すなわち 10 年生以下のごく若い林分では、スギ林と天然林の種数や種構成がよく似ているが、林齢の増加とともに、両者の種数や構成の違いが大きくなっていく。カミキリムシとハナバチ、狩りバチでは林齢が進むにつれてスギ林、広葉樹林ともに種数は減少するものの、スギ林のほうが減り方が激しい。ガ類では反応がややこれらと異なるが、幼齢林を除くとスギ林では広葉樹林よりも種数が少ない状態が継続する。ただし、種数や群集構造がスギ林と広葉樹林であまり変わらないグループ(土壌性のトビムシなど)もある(Hasegawa, et al., 2009)。

やはり代表的な森林動物である鳥類の場合、多くの昆虫とは逆に、一般に林齢と共に種数が増加する傾向がある。四国における針葉樹人工林と天然林との比較でも、双方とも林齢とともに発見される種数が増加した。しかし、樹洞性のフクロウなどは針葉樹林では見られないなど、両者に種構成の違いが存在する(佐藤, 2004)。

以上を要するに、昆虫の多くでは、スギ林と広葉樹人工林とを比べると、伐採や皆伐から 10 年未満の幼齢、若齢林では、種数や群集構造が両者で類似するが、林齢の増加とともに種数は減少し、減少の仕方はスギ林でより激しい。一部の昆虫や、植物、鳥類では種数や群集の反応がこれとは異なるパターンを示すものがあるが、それらの多くでは、種数は両者で似ていても存在する種の構成は異なる場合が多い。したがって、当然予想されることではあるが、こうしたスギ人工林が健全に成長し優良な木材

を生産しても、広葉樹林から転換されたものであるかぎり、森林生物の元来の多様性は変化を余儀なくされる。

### 森林施業と生物多様性

下刈り、間伐、枝打ちといった施業の最重要な目的は、やはり優良な木材の生産性を高めることである。これらの施業は「健全な人工林」を作り上げるいわば象徴的な活動として、企業の CSR 活動やマスコミの報道等によって一般の意識にも浸透し数多くの市民活動等でも奨励、実践されているように思われる。こうした施業は生物多様性にどのような影響を与えるだろうか。林分構造や林内環境にとくに影響が大きいと思われる間伐について主に見てみたい。

適切な間伐が優良な木材の生産に必須であることは言うまでも無く、樹種や地域にあわせた間伐手法が確立されてきた(例えば堤, 1994)。一方、林木害虫の被害防止策として間伐が推奨されることがある。スギ・ヒノキは、成木を枯死させるような害虫が少ないすぐれた樹種であるが、食害によって材を変色させたり部分的な腐朽を招いたりする病害虫は多数存在し、「材質劣化病害虫」と称される。昆虫ではスギザイノタマバエ(ハエ目)、スギカミキリやスギノアカネトラカミキリ(コウチュウ目)、ヒノキカワモグリガ(チョウ目)、キバチ類(ハチ目)といった種が含まれる。

一例を挙げるなら、スギザイノタマバエの幼虫は、内樹皮から吸汁することで形成層を壊死させて斑点状の変色部(材斑)を材内に残す。本種は湿度の高い林内を好むとされるため、林内の風通しを良くするため間伐が有効とされてきた。実際この昆虫に関しては、間伐による被害抑制効果がある程度見られている。もっともこれは、林内環境の改善というよりも、むしろ間伐による成長改善で内樹皮厚が増加し、林斑が生じにくくなるためかもしれない(大河内, 2002)。他の材質劣化害虫の多くに関しては、間伐による被害抑制効果が明瞭で無かったり、むしろ被害が増加する傾向が見られたりするなど、必ずしも効果は安定せず、さらに病害に関してはデータがごく乏しい(佐藤, 2007)。また、切り捨て間伐により間伐木を林内に放置すると、キバチ類などの発生をむしろ助長する恐れもある(佐藤, 2007)。

このように間伐による生物害防止効果は必ずしも明瞭でないこともあるものの、樹木の生長を改善し優良木材の生産への利点も考え合わせるなら、間伐が健全な人工林の育成に寄与することは一般的には正しいと言え、常識と一致する。では、間伐は生物多様性にも良い影響を与えるだろうか。

本数率 50% の間伐を行った林齢 25 年のスギ人工林での調査によると、ハナバチ類、カミキリムシ類、ハナアブ類といった送粉や分解に寄与する代表的な昆虫の多様性や個体数が間伐によって増加する(Taki et al., 2010)。また、35 年生スギ人工林で 25% の列状間伐を行うと、ハチ目やコウチュウ目の種数や個体数が増加する(Maleque et al., 2007a, b)。こうした増加には、間伐による林床植生の豊富化が大きく影響していると考えられる。ただし、この間伐効果も昆虫のグループによっては長続きせず、数年で再び低下することもあることには留意しなければならない(Taki et al., 2010)。

下刈りや枝打ちといった施業については、生物多様性に与える効果に関して十分な

研究例はないが、草原状態を持続する結果をもたらす下刈りや、林床植生の発達に寄与する枝打ちは、少なくともそれぞれの環境に依存する生物にとって好適な生息地を供給すると考えられる。このように、健全な森林を仕立てるための間伐を初めとした施業は、多くの場合、人工林という文脈においては生物多様性の保全とは矛盾しないと言える。

### 健全な森林から健全な森林生態系へ

種々の森林施業が生物多様性に良い影響をもたらすとしても、人工林によって、その前歴である天然林や草原が本来有していた生物多様性保全機能を完全に代替することは、上記のように両者の生物相が異なることだけを見ても不可能である。一方、人工林をこれ以上増やすことには問題があるにせよ、現在存在する人工林の持続は再生可能資源の利用のために必要であろう。また、人工林とはいえ森林に他ならず、農地や宅地といった他の土地利用と比べれば、生物多様性保全に対する機能は大きい(Brockenhoff et al., 2008)。

木材生産という人工林の目的を極力活かしつつ、公共財としての側面がある森林には、木材生産機能以外のいわゆる「多面的機能」の発揮が明示的に求められるようになってきた。多面的機能の代表的なものが生物多様性およびそれがもたらす生態系サービスの維持増進である。いわば木材生産を優先的指標とした「人工林の健全性」と、生物多様性保全を指標とした「森林の健全性」をできるだけ近づけることが重要となってきたとも言える。そうした方法に関して以下に見てみたい。

### 人工林の複雑化

同一樹種、同一林齢の一斉人工林を、より多様で複雑な景観構造に誘導することが生物多様性にとって有益であり、健全な生態系に近づくことは自明である。注目すべきは、こうした生態系の複雑性が、以下のように生物被害の減少にもつながりうることである。

農業では単一作物の大量栽培(モノカルチャー)が特定の病虫害の大発生をもたらしやすいことはよく言われており、実際の例にも事欠かない(たとえば Matson et al., 1997)。林業でも、単純林より混交林のほうが、害虫の発生を抑制する能力が高い、すなわちより「健全」となりうる。日本の主要造林木であるスギ・ヒノキは、生立木で大発生を繰り返すような害虫が少ないので適当な例を見つけにくい。北海道の主要造林木トドマツにおいて、単純林と混交林とで害虫の発生を調べた例がある(鈴木, 1979)。すなわちトドマツ単純林と、トドマツと広葉樹(カンバ類)との混交林とで、食葉性害虫であるハマキガ類の被害を調べると、混交林のほうがその大発生が起こりにくい。その大きな理由は、混交林のほうがハマキガ類の天敵相(寄生バチ)が豊富であることである。天敵には一般に、特定の寄主(宿主)だけに寄生する種(単食性、狭食性)と、より広い範囲の寄主に寄生する種(多食性、広食性)とがいる。単純林では、その樹種だけを食べる害虫が多く、害虫相も単純であり、従ってその害虫に依存する単食性や狭食性の天敵しか生息しない。しかし混交林では害虫相もより複雑で、ゆえに

複数の寄主に寄生する多食性天敵も生息可能となる。単純林では害虫個体数が一定のレベルを超えてしまうと、それに特殊化した天敵だけではその増加に追いつけず害虫を抑制できない。これに対して混交林では、対象樹種(トドマツ)の害虫が増え始めると、複数の天敵が攻撃を始める。これが単純林よりも混交林で、特定害虫の大発生が少ない理由と考えられる。一般に混交林のほうが単純林よりも害虫が大発生しにくいことは、主にヨーロッパのメタ解析の結果からも報告されている(Jactel and Brockenhoff, 2007; Vehviläinen, 2007)。ただしその効果は、混交する樹種、組合せる樹種の系統的な近縁性、そしてもちろん害虫のタイプ等によって異なるので、一般化にあたっては注意が必要である。

造林樹種の多様化は生産性にも好影響を与えることがある。すなわち、針葉樹と広葉樹の混交林化が、単一樹種では利用できない資源の有効活用や、競争種の存在による補償的成長によって、それぞれの樹種の単純林を合わせたよりも生産性(バイオマス)が増加するような例である(Pretzsch and Schütze, 2007)。もちろん、上に述べた害虫防止効果同様、こうした相乗効果は樹種や地域、気象など様々な条件によって変動するし、また得られる木材の質への影響も考慮しなくてはならないだろう。しかし木材の生産効率を重視したはずの一斉林よりも、場合によっては混交林のほうが、少なくとも生産性に関してより優秀となりうることは重要ではなかろうか。さらに、天然林も含め広く世界の森林全体を見れば、森林全体の生産性は樹木の種多様性とともに増加する傾向がある(Liang et al, 2016)。単なる不成績造林地対策ではなく、樹種の多様性を高めるための混交林化は条件次第で積極的な意義を持ちうると考える

混交林化に限らず、人工林の造成や管理に自然のプロセスを取り入れた近自然施業は、「健全な人工林」を「健全な森林生態系」に近づける技術とも言える。そこにおいて重要なのは、気象害や生物害など、自然の攪乱体制を模倣することである(五十嵐ら, 2014)。具体的には長伐期化、異齢林化、立木保持等であり、これらによって人工林の構造や森林生物の多様性が天然林のそれに接近すると期待される。こうした施業が功を奏する為には、たとえば針葉樹人工林の広葉樹林化の不首尾の原因の多くが、対象林分周辺からの種子供給の不良であること(五十嵐ら, 2014)が端的に示すように、対象林分だけでなく、それを含む景観全体に目を配る必要があるのは言うまでも無い。

とはいえ冒頭に述べたように、人工林は特定の目的のもとに存在し管理されるべきものである。健全な生態系による「多面的」機能を目指した人工林管理であっても、最終的に所期の目的、すなわち生産林であれば期待された質と量の木材が確保されなければならない。上記のように人工林の害虫管理や生産性は、生物多様性と両立する場合もあるが、生物種の間、異なる機能群の間で、さらには他の機能に関しても、機能間でどのような相互作用が生じるかは、個々の検証に待つしか無い。

その一例として、北海道中央部の芦別ではトドマツ人工林を用いた、立木保持施業の大規模な実験が行われている。立木保持林業では、伐採する樹木ではなく伐らざに残しておく樹木を、いわゆる雑木も含めて優先的に選木し、それらは害虫の被害を受けようが枯死しようが林内に放置するのを原則とする。これによって人工林の複雑性を高め生物多様性の保全にも好影響が出ることが期待される。一方、立木保持が収穫

効率や木材の生産性という生産林の本来目的、さらには水土保持等の多面的機能にどのような影響をもたらすのかは未知の部分が多い。この実験では、保持立木の配置を様々に換えて、異なる生物群の多様性を始めとしたこれら諸機能が実測されつつある(Yamaura et al., 2018)。すべての機能を最適化することは不可能だろうが、立木配置や施業の仕方に対する諸機能の反応が明らかになれば、木材生産と他の機能との妥協点をさぐるための重要な基盤となろう。

ところで、現今、日本林業の最大の課題の一つが低コスト化である。コンテナ苗、密着造林、下刈り省略、高性能林業機械といった試みが精力的になされている。適切な林業活動の活発化は、たとえば伐採により、明るい環境を好む遷移初期生物の生息地が多く提供されることなどから、生物多様性にも望ましいことに違いないが(Yamaura et al., 2012)、上記のような低コスト林業の諸技術が生物多様性に与える影響はまだあまり研究されていないように思われる。さらに、もうひとつのわが国の森林・林業の大きな問題がシカによる植栽木への加害、さらには林床植生やそれに依存する生物の破壊と単純化である。人工林を含め、現在の日本において森林生態系の健全性を最も劣化させているのがシカとすら思われる。シカの個体数調節しか根本的な解決策はないだろう。

## おわりに

手入れが良く行き届き、病虫害や気象害から良く守られている簡素で単純な人工林、いわゆる美林はなるほど「健全」に見える。しかし、繰り返すように日本の人工林の多くが前歴である天然林や草原から転換されたものである以上、これらは不自然な、文字通り「人工」の産物である。一方、スギ・ヒノキにしろ、北海道では国内外来種となっているカラマツにしろ、また海岸林のクロマツにしろ、ともかく在来種によって成立している森林であることは、外来樹種を用いた人工林と比較してきわめて重要であるのも事実だ。美林という外観や観念に固執せず、本来目的との折衷を図りつつ可能な限り本来の景観を再現するようにすることが、本当の健全性であると考えている。

## 引用文献

- Brockenhoff, E. G. et al. (2008) Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*, 17: 925–951.
- Forest Stewardship Council (2015) FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship. 32pp. <https://fsc.org/en/document-centre/documents/retrieve/16c5cce0-cccf-434d-953e-a27c6750fbad>
- Hasegawa, M. et al. (2009) Collembolan community in broad-leaved forests and conifer stands of *Cryptomeria japonica* in central Japan. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44: 881–890.
- 五十嵐哲也他(2014) 植物の多様性の観点から人工林施業を考える－日本型「近自然施業」の可能性－. 森林総合研究所研究報告, 13: 29–42.
- Jactel, H. and Brockenhoff, E. G. (2007) Tree diversity reduces herbivory by forest insects.



- Ecology Letters, 10: 835–848.
- Liang, J. et al. (2016) Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science*, 354 (6309): 196.
- Makino, S. et al. (2006) The monitoring of insects to maintain biodiversity in Ogawa Forest Reserve. *Environmental Monitoring and Assessment*, 120: 477-485.
- Makino, S. et al. (2007) Degradation of longicorn beetle (Coleoptera, Cerambycidae, Disteniidae) fauna caused by conversion from broad-leaved to man-made conifer stands of *Cryptomeria japonica* (Taxodiaceae) in central Japan. *Ecological Research*, 22: 372–381.
- 牧野俊一(2009) 人工林の生物多様性. 福山・安田(編)森林環境 2009 生物多様性の日本. p. 74-82.
- Makino, S. et al. (2021) Aculeate wasp assemblages in naturally regenerating broad-leaved forests and conifer plantations in temperate Japan. *Bulletin of FFPRI*, 20: 121-128.
- Maleque, M. A. et al. (2007a) Line thinning enhances diversity of Coleoptera in overstocked *Cryptomeria japonica* plantations in central Japan. *Arthropod-Plant Interactions*, 1: 175-185.
- Maleque, M. A. et al. (2007b) Line thinning fosters the abundance and diversity of understory Hymenoptera (Insecta) in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantations. *Journal of Forest Research*, 12: 14-23.
- Matson, P. A. et al. (1997) An agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277: 504-509.
- 大河内勇(2002) スギザイノタマバエ. 森林をまもる. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京, p. 192-202.
- Pretzsch, H. and Schütze, G. (2009) Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of Norway spruce and European beech in Central Europe: Evidence on stand level and explanation on individual tree level. *European Journal of Forest Research*, 128: 183–204.
- 林野庁(2017) 森林資源の現況(平成 29 年 3 月 31 日現在)  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/index.html>
- 林野庁(2018) 低コスト造林技術の導入に向けて.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/kanbatu/attach/pdf/teikosuto-8.pdf>
- 林野庁(2020) 令和 2 年度 森林・林業白書.  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/R2hakusyo/attach/pdf/zenbun-64.pdf>
- 佐藤重穂(2004) 針葉樹人工林における鳥類群集. 森林空間利用研究会(編)人工林の適地とは何か—生態情報と技術論の連携—. 森林空間利用研究会, 名古屋, p. 34-36.
- 佐藤重穂(2007) スギ・ヒノキ人工林における間伐の実施と病虫害発生に関連性. 森林総合研究所研究報告, 6: 135-143.
- 鈴木重孝(1979) 混交林と単純林とではハマキガとその天敵がどう違うか. 光珠内季報, 39: 18-22.

- Taki, H. et al. (2010a) Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations. *Forest Ecology and Management*, 259: 607-613.
- Taki, H. et al. (2010b) Effects of reforestation age on moth assemblages in plantations and naturally regenerated forests. *Insect Conservation and Diversity*, 3: 257–265.
- Taki, H. et al. (2013) Succession influences wild bees in a temperate forest landscape: the value of early successional stages in naturally regenerated and planted forests. *PLOS ONE*, 8: e56678.
- Tanaka, H. et al. (2008) Changes in plant diversity after conversion from secondary broadleaf forest to *Cryptomeria* plantation forest: chronosequential changes in forest floor plant diversity. Ichikawa, M. et al. (eds.) *Sustainability and Biodiversity Assessment on Forest Utilization Options*, Research Institute for Humanity and Nature, p.166–176.
- 堤利夫他 (1994) 造林学. (現代の林学 10). 文永堂出版, 東京, 253pp.
- Vehviläinen, H. et al. (2007) Tree species diversity influences herbivore abundance and damage: meta-analysis of long-term forest experiments. *Oecologia*, 152: 287-298.
- Yamaura, Y. et al. (2012) Biodiversity of man-made open habitats in an underused country: a class of multispecies abundance models for count data. *Biodiversity and Conservation*, 21: 1365-1380.
- Yamaura, Y. et al. (2018) Retention Experiment for Plantation Forestry in Sorachi, Hokkaido (REFRESH): A large-scale experiment for retaining broad-leaved trees in conifer plantations. *Bulletin of FFPRI*, 17: 91-109.

#### 4-4 生物多様性保全に向けた人工林施業 ー 保持林業の可能性と課題 ー

吉田 俊也  
北海道大学北方生物圏  
フィールド科学センター

##### 多様性を考慮する森林施業

森林施業、とりわけ、対象とする森林の構造と組成を根本的に変化させる人工林施業は、生物多様性をはじめとする森林生態系のはたらきにしばしば「負」の影響を与える。ここでは、生物多様性の保全を考慮した人工林施業のあり方を考えるために、「保持林業」に焦点をあてる。保持林業は、森林の主伐の際に立木を皆伐せず、ある程度の量を残存させる施業方法を指す（10-100 本/ヘクタール程度の場合が多い。なお、残存の対象は立木だけではないが、この点は後述する）。

近年、日本でも『保持林業―木を伐りながら生き物を守る』（柿澤・山浦・栗山編 2018）が出版された。しかし、現在のところ、この施業が広く普及するには至っていない。他方、世界的にみると、同書の第 8 章でもまとめられているように、この施業方法は多くの国や地域で受容・実践されており、森林施業においてある程度「一般的」な方法となっている（Martinez Pastur et al. 2020）。

経済的な効率性を最優先した森林施業に対する代替策の提案は、19 世紀のヨーロッパ諸国での動きにさかのぼることができる。そこでは、単一樹種による同齢一斉林の持つ懸念（環境への影響、風害や病虫害等の生じやすさ）を背景に、さまざまな樹齢を持つ立木からなる混交林への指向が示された。当時に起源を持つ **Close-to-Nature forestry** または **Continuous Cover forestry** は、現在でも一部の国・地域において卓越した存在になっている（後者については後述する）。

これとは別に、1980 年代頃から、世界各地で、伐採と森林保護との対立を背景に、皆伐に代わる新たな施業方法を模索する動きが見られるようになった。その中で、**Retention forestry**（保持林業）は、重要な森林の諸機能、とくに野生生物の生息環境に与える皆伐の負の影響に対する世論の高まりに応じて、北米で提案された方法である（Franklin and Donato 2020；『保持林業』第 2 章）。現在、多様性を考慮する森林施業は、世界各地で、それぞれの地域・森林の特性にあわせたかたちで適用・試行されているが、**Retention forestry**（残存する対象や量の多様性を含意して **Variable Retention Forestry** と呼称することも多い）の考え方は、生態学をはじめとする科学的な根拠に依拠して、それらを基礎づける存在であると言える。

日本においても、今後、木材生産量の増加に伴って、伐採の多面的機能への負の影響が顕在化することになれば、皆伐・一斉造林型の施業方法の代替策が求められる。保持林業の考え方、経緯や日本での導入に向けた議論はすでに同書で行われているが、ここでは、近年の成果もふまえて、今後の展開に向けた課題を再整理する。

## 不均質性・自然攪乱

保持林業をはじめ、世界的に広がる、多様性を考慮した森林施業すべてに共通するのは、大規模な皆伐を回避することである。従来の非皆伐施業（択伐や傘伐など）が、更新を含めた効率的な施業システムとして考案・発展したのに対して、保持林業は、基本的に、経済的効率性の代償として「保持」することを最重視する。

「保持」の要件についてみると、まず、長期（次の伐採にまで至る期間）にわたって森林の構造、機能および構成の「連続性」を保障することが挙げられる。このことは、森林に生息する動植物種を対象に考えたとき、しばしば「救命ボート」(lifeboat)の役割に例えられる。伐採時、とくに皆伐の際には失われてしまう、攪乱を受けない構成要素（生物遺産 biological legacy と呼ぶ）を残すことは、森林内のさまざまな物理的・生物的環境を維持し、次の期間における回復のためのソースとなる。その際、保持すべき生物遺産の構成や量を、自然攪乱（山火事、強風、土砂崩れなど自然現象による森林の破壊）を参照して導く、とする点が、基本的な考え方として重要である。伐採を行う管理地において、その地域で卓越する自然攪乱の規模や空間的配置を模して伐採することができれば、その森林固有の生物多様性や生態系機能の維持も図られると期待するわけである。

生物遺産としては、とりわけ大径木や枯死木が重要な存在である。それらは、木材として伐採対象となりやすい（大径木）、病虫害・山火事の予防の観点から排除されやすい（枯死木）といった傾向を持ったが、翻って現在では、小動物や鳥類など多くの生物種の生息地として機能する重要な維持対象である（Gutzat and Dormann 2018）。このように、多様な構造や組成が多くの動植物種の生息場所を提供することからわかるように、森林生態系の構造的な不均質性は、多くの場合生物多様性と正の相関関係を示す（Maguire et al. 2007）。また、「保持」が創出する、小規模な空間的な変動性は、生態系のレジリエンス（攪乱後に以前の状態を回復する性質）と相関を持つことも知られている（Drever et al. 2006）。

保持は、通常、施工対象地全体に分散された小グループ（dispersed retention: DR）、または比較的大きな面積のパッチ（aggregated retention: AR）として実装される。最近の研究では、両方の保持タイプ（AR と DR）がそれぞれ固有の異なる保全効果を持つことから、それらを組み合わせた保持が有効とする提案がなされている（Martinez Pastur et al. 2020）。また、施工地外との境界（エッジ）部に、まとまった残存林が存在すること（edge aggregate）がとくに重要とすることが指摘されている（Scott et al. 2019）。

## 批判とさらなる代替案

上述のように、保持林業は、1990 年代以降、世界各地で広く受容・実施されるに至っており、多くの場合、法令や森林認証によって実行が担保されている。ただ、具体的な施業の内容については、木材生産側、自然保護側の双方からの批判も絶えない。保持林業の目的は、木材生産量と、森林の機能や生物多様性の保全を図ることを両立させることにある。しかし、残存は、木材生産の側から見れば林分成長量またはオペレーション効率を通して施業全体の生産効率の低下につながるため、許容範囲を超え

れば批判につながることは自明である。一方で、一定の収穫を伴う以上、生物遺産をはじめとする構造や組成を完全に維持することは不可能であり、保護側からの批判の余地が残ることになる。

Kuuluvainen et al. (2019) は、フィンランドにおける保持林業の実態に即して、主として保護側から見た施業の問題点をまとめている。そこでは、まず、保持される立木量の少なさが挙げられる。フィンランドでは森林認証で「胸高直径 10cm 以上の立木または枯死木を 1 ヘクタールあたり 5-10 本残存させる」(Finnish forest certification standards) といった基準が広く適用されている。その結果、施工後の保持量は伐採前の林分材積の 1-2% (ヘクタール当たり 3m<sup>3</sup> 未満) に過ぎず、これはさまざまな分類群の生物種にとっての必要最小面積を下回っているという (Gustafsson et al. 2012 は、最低限の保持量を現存量の 5-10% と見積もっている)。

また、彼らの批判は、もう一点、景観スケールでの変動性に充てられている。これは、林分レベルで定められた認証基準が地域の森林に一律に適用されることによって、林分内での森林構造や組成の多様性 ( $\alpha$  多様性) には正の効果があったとしても、景観内での変動 ( $\beta$  多様性) はむしろ低下してしまうことを指している。景観スケールで見たとき、自然攪乱の形態や影響は決して単純ではない。そこで、複数の空間スケールにおいて、生物遺産の分布、種の生息地要件を分析することの必要性が強調されている。従来の認証基準は、木材生産面の経済的損失が最低限となるように設定されがちであったが、単なる本数の目安だけでなく、保持の単位 (DR・AR) や、集合パッチの最低面積を示すことが必要である。このことは、単なる「保持 Retention」を (上述した) 「Variable Retention」へ進化させる取り組みとも言える。

このことに関係して、かなり面積の広い (たとえば >0.5 ヘクタール) 保持パッチを用いても、負の影響は避けられないとする報告もある (Hämäläinen et al. 2016)。こうした中、狭義の保持林業にとどまらない選択肢を求める動きもあらわれている。例えば、中部ヨーロッパ諸国においては、19 世紀にルーツをもつ施業システム、Continuous Cover forestry (CC は樹冠の空間的・時間的な連続性、つまり非一斉・非皆伐であることを示す) への再評価・注目がある。それは、単木または群状の択伐、あるいは傘伐を基礎とした方法で (Puettmann et al. 2015)、保持林業と比較して残される木・パッチが相対的に大きいことから、一般に、遷移後期種を含むより多くの生物種を保全できる (Peura et al. 2018)。このような従来型の手法と、保持林業の考え方を組み合わせて実行する提案も近年なされている (Gustafsson et al. 2020)。

## 日本での適用

保持林業は、海外での先行事例は多くあるものの、針葉樹人工林を対象とした施工はこれまでごく限られており、人工林率が高い日本への導入にあたっては多くの留意点がある。まず、針葉樹人工林特有の条件として、多くの場合、保持すべき生物遺産がそもそも多くないことが挙げられる。営巣性の鳥類を対象とした近年の研究 (Gutzat and Dormann 2017) では、平均胸高直径が比較的小さい林分では、大径木の存在がとくに重要であることが示唆されている。そのため、人工林においては、枯死木の創出

も含め、構造の多様化に要するプロセスは長期的な計画とならざるをえない。また、日本では、一部の地域を除いて、主要な自然攪乱が強風であることも考慮する必要がある。上で例示したフィンランドの場合、卓越する自然攪乱が山火事であるため、その模倣として（上述の、効果が不十分であるという議論は置くとして）ヘクタール当たり 5-10 本の残存木の基準が示されていた。一般に、自然林における風倒攪乱での枯死率はそれに比べれば低いことから、攪乱を模倣する保持本数はより多くなり、むしろ Continuous Cover forestry に近い形のほうが、保全の実効性は高いと言えるかもしれない。また、風倒のリスクが高いことは、立木の保持についてより慎重な選択を求めることになるだろう。

なお、『保持林業』第 5 章で紹介されている、北海道におけるトドマツ人工林を対象とした実証試験地においては、一部の成果が報告され始めている。この試験地では、トドマツ人工林を対象に、皆伐・非伐採地に加えて、針葉樹を中央部に群状に保持する（AR）処理および、混交していた広葉樹を分散して保持する（DR）処理が行われた。地表徘徊性甲虫を対象とした Yamanaka et al. (2021) は、残存の効果が、量では DR と AR で同程度であり、種の豊富さで見ると保持本数が多い場合には DR で効果が大きいことを示している。針葉樹人工林を対象とした研究はこれまで世界的にも少なく、またアジアでの事例は乏しいことから、多くの生物種・生態系機能を対象とした今後の研究の進展が期待される。

### 保持林業の導入にむけて

非皆伐による森林施業システムは、保持の対象や量を変えることによって、生物多様性以外のさまざまな生態系機能に対しても効果的にはたらき得る（Peura et al. 2018）。非木材林産物を含め、経営面で木材以外の生産・機能への期待が高い場合には、保持林業は、生産とのバランスを得る現実的な選択肢となりうる。加えて、中長期的には、気候変動への適応策としての役割も考えられる。たとえば、多様な樹種を保持することは、気候変動や新たな病虫害の発生など不確実性の高い事態に対して、生態系全体の適応性を高める可能性がある。実際、構造的な多様性が、気候変動に伴う攪乱への抵抗性を高めるとする報告が近年なされている（Pretzsch et al. 2018）。

今後、日本において実際の森林管理へ応用するためには、少なくとも保持の機会費用を補うことが必要であり、法的な規制や政府・自治体からの補助金等の措置、森林認証等による経済的なインセンティブの付加について、議論を急ぐ必要がある（『保持林業』第 9 章の議論を参照）。生物多様性保全に向けた人工林施業を考えるうえでは、択伐や傘伐なども含め、広義の「保持」が選択肢となりうる（『保持林業』第 6 章で議論がなされている）。上述したように、保持基準の根拠や仮定が乏しいまま設定・適用することになれば、生産と保全双方の目的に対して非効率的な使用につながりかねない。大規模な実証実験が国内で 1 箇所のみ現状では、保持の効果に関する証拠基盤は圧倒的に不足している。海外での先行研究を参照しつつ、景観スケールでの評価も含めた生態学的な研究を、社会および経済的研究と組み合わせ、施業のトレードオフを定量化すること（たとえば Storch et al. 2019 で紹介されている研究体制）が必

要である。生産と保全の調和に係る議論には必ずしもひとつの正解があるわけではなく、その議論は、今後幅広く、息長く続けていくことが求められる。森林だけに限らないが、自然資源の利活用に関する意識と関心を高めるための教育の役割が重要であることも強調したい。

## 引用文献

- Drever C.R., Peterson G., Messier C., Bergeron Y. and Flannigan M. (2006) Can forest management based on natural disturbances maintain ecological resilience? *Canadian Journal of Forest Research* 36: 2285–2299
- Franklin J.F. and Donato D.C. (2020) Variable retention harvesting in the Douglas-fir region. *Ecol Proc* 9: 8
- Gustafsson L., Baker S.C., Bauhus J., Beese W.J., Brodie A., Kouki J., Lindenmayer D.B., Lõhmus A., Martínez Pastur G., Messier C., Neyland M., Palik B., Sverdrup-Thygeson A., Volney W.J.A., Wayne A. and Franklin J.F. (2012) Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: A World Perspective. *BioScience* 62: 633–645
- Gustafsson L., Hannerz M., Koivula M., Shorohova E., Vanha-Majamaa I. and Weslien J. (2020) Research on retention forestry in Northern Europe. *Ecological Processes* (2020) 9: 3
- Gutzat F. and Dormann C.F. (2018) Decaying trees improve nesting opportunities for cavity-nesting birds in temperate and boreal forests: A meta-analysis and implications for retention forestry. *Ecology and Evolution*. 2018; 8: 8616–8626
- Hämäläinen A, Hujo M, Heikkala O, Junninen K, Kouki J (2016) Retention tree characteristics have major influence on the post-harvest tree mortality and availability of coarse woody debris in clear-cut areas. *Forest Ecology and Management* 369: 66–73
- 柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一(編)(2018)保持林業 木を伐りながら生き物を守る. 築地書館
- Kuuluvainen, T., Lindberg, H., Vanha-Majamaa, I., Keto-Tokoi, P., and Punttila, P. (2019). Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. *Ecological Processes* 8: 47
- Maguire D.A., Halpern C.B. and Phillips D.L. (2007) Changes in forest structure following variable-retention harvests in Douglas-fir dominated forests. *Forest Ecology and Management* 242: 708–726
- Martínez Pastur G.J., Vanha-Majamaa I. and Franklin J.F. (2020) Ecological perspectives on variable retention forestry. *Ecological Processes* 9: 12
- Peura M., Burgasa D., Eyvindson K., Repo A. and Mönkkönen M. (2018) Continuous cover forestry is a cost-efficient tool to increase multifunctionality of boreal production forests in Fennoscandia. *Biological Conservation* 217: 104–112
- Pretzsch H., Schütze G. and Biber P. (2018) Drought can favour the growth of small in relation to tall trees in mature stands of Norway spruce and European beech.

- Puettmann, K.J., Wilson, S., Baker, S., Donoso, P., Droessler, L., Amente, G., Harvey, B.D., Knoke, T., Lu, Y., Nocentini, S., Putz, F.E., Yoshida, T. and Bauhus, J. 2015. Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management - what limits global adoption?" *Forest Ecosystems*, 2: 8
- Scott R.E., Neyland M.G. and Baker S.C. (2019) Variable retention in Tasmania, Australia: trends over 16 years of monitoring and adaptive management. *Ecological Processes* 8:23
- Storch I., Penner J., Asbeck T., Basile M., Bauhus J., Braunisch V., Dormann C.F., Frey J., Gärtner S., Hanewinkel M., Koch B., Klein A-M., Kuss T., Pregernig M., Pyttel P., Reif A., Scherer-Lorenzen M., Segelbacher G., Schraml U., Staab M., Winkel G. and Yousefpour R. (2019) Evaluating the effectiveness of retention forestry to enhance biodiversity in production forests of Central Europe using an interdisciplinary, multi-scale approach. *Ecology and Evolution* 10: 1489–1509
- Yamanaka S., Yamaura Y., Sayama K., Sato S and Ozaki K. (2021) Effects of dispersed broadleaved and aggregated conifer tree retention on ground beetles in conifer plantations. *Forest Ecology and Management* 489: 119073



## 4-5 基礎調査データにみる生物多様性

「第3章3-1」において、第4期森林生態系多様性基礎調査データによる種の多様性の計量的評価を試みた。基礎調査データでは、調査プロット小円部について直径1cm以上の木本類について毎木調査されており、樹種名、直径が記載されている。維管束植物については小円部内に2箇所の調査区を設けて、種名を調査している。

樹種名、草本種名等の記載には、別名・異名等、あるいは〇〇属、不明といった記載もあり、厳密に種名としては集計できないものも含まれるが、こういった情報も含めて集計分析を行った。

計量的評価については、「第2章2-1」の各種文献にも見られるように、「種の多様性」とは何かという基本的問題、あるいは、空間スケールの広さ、「希な種（稀少種）の存在」との関係、人工林と天然林との関係等々、評価以前に定義整理しておかなければならない課題が多い。

「第2章2-1」文献番号9では、「かねてから種多様性には二つの要素があると言われてきた。一つは種の豊富さに関する要素で、種数や種密度で表現される。今一つはアバンダンス（個体数や出現頻度）の均衡性あるいは均等性に関する要素」と説明されている。一方で、「限られたあるいは小規模のサンプリングでは、「希な」種ほど採集や確認が困難であることを考えると蓋し当然であるが、これはすなわち、種多様性の推定には単なる種数ではなく、「希な」種の数が必要である」とも解説している。「希な」種の意味については、「「希な」種が生じる原因の一つとして、その種が野外で集中分布していることが考えられる。実際に、多くの生物の分布がランダム分布から集中分布へのずれを示していることが指摘されており、群集内に多くの「希な」種が存在することは決して「希な」ことではない。また、このような「希な」種ほど環境が悪化したり、何らかの攪乱に見舞われた場合に絶滅するリスクが高いはずで、保全生態学的な見地からも「希な」種の存在は重要な意味を持つ」と説明されている。攪乱によって「希な」種が失われる可能性が高いが、「希な」種の消失に先立って日和見的な種が増加するという報告もある。

基礎調査は、4km メッシュの格子点の調査であり、日本という変化に富んだ風土を考慮すると維管束植物のサンプルとしてはやや粗すぎるとも考えられるが、上記のような種多様性の考え方を考慮しつつ、「第2章2-1」の集計分析結果について整理した。

### 4-5-1 「希な」種から見た多様性

種多様性は、前述のように種数、均衡性等々の各種指標による評価が挙げられるが、こういった評価に先だって、前述のように「希な」種について概観することが重要であると考えられる。絶滅危惧種も「希な」種の一つであるが、多数の調査プロットのうち、1プロットあるいは数プロットにしか出現しない種も「希な」種である。また、固有種（日本分類学会連合のリスト）もある。ここでは、絶滅危惧種の集計結果と「希な」種について整理する。

#### (1) 絶滅危惧種と種数

「第3章3-1-1」図表3-52において、絶滅危惧種の存在する調査プロットの、草本類平均 $\alpha$ 多様度を算出した。この結果によれば、絶滅危惧種が存在する調査プロットでは、草本類の種数が、絶滅危惧種を含めた全調査プロットの値よりも総じて大きくなっている。北海道と

沖縄県を除くスギ地域区分別集計によれば、育成単層林スギの全国平均では、絶滅危惧種の存在する調査プロットが全調査プロットに比べて、3種多く19.7種となっている。特に北関東・東山地域では、9.7種も多く27.8種である（調査プロット数が少ないことも要因の一つ）。スギに限らず、天然生林においてもほぼ同様の傾向が見える。育成単層林スギの調査プロット数に対する絶滅危惧種の存在するプロット数の割合は約5%である。全調査プロットに対する絶滅危惧種の存在するプロットの割合が4%であるので、1%程度高い割合となっている。絶滅危惧種が出現する調査プロット数をみると、天然生林落葉中高木と育成単層林スギとでは、ややスギが少ないものの、スギ・ヒノキを合わせると、育成単層林における絶滅危惧種の出現割合はやや高いと考えられる。絶滅危惧種の出現している人工林の保全対策については検討の必要があると考えられる。

## (2)「希な」種の出現頻度

### 1) 木本類の「希な」種の出現頻度

木本類のうち、全国あるいは地域別に1調査プロット又は数プロットにしか出現しなかった「希な」種の種数を算出した。

図表4-5-1は、参考までにスギ地域区分別の調査プロット数の集計結果を再掲したものである。

図表4-5-2は、全国の木本類の出現調査プロット数に対する林種別の出現種数と総種数に対する割合(%)の表である。

図表4-5-1 スギ地域区分別調査プロット数・総種数（北海道・沖縄県を除く） 再掲調査プロット数

スギ地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,388	1,984	407	846	183	3,420	1,680	1,000	1,003	3,683	117	168
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,132	287	2	191	14	494	162	187	232	581	38	19
南関東・東海	565	76	42	66	12	196	155	142	54	351	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	872	94	71	97	12	274	242	250	74	566	25	7
九州	1,008	58	177	57	71	363	297	198	121	616	5	24

### 総種数

都道府県	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	635	459	288	389	316	573	378	285	463	525	212	243
表東北	282	242	6	156	59	252	153	30	184	216	59	102
裏東北・北陸	300	229	42	155	78	261	186		165	228	72	65
北関東・東山	340	240	21	198	76	280	152	125	227	269	100	73
南関東・東海	315	176	122	143	83	256	136	124	158	219	13	61
北近畿・中国	314	246	163	174	110	289	161	150	193	241	80	100
南近畿・四国	294	206	140	173	60	262	156	176	173	232	66	32
九州	324	181	201	152	169	280	196	160	212	271	38	98

図表4-5-2 全国の木本類の「希な」種の出現頻度

## 出現種数

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
総種数	635	459	288	389	316	573	378	285	463	525	212	243
1	113	88	79	88	118	105	88	69	114	100	90	95
2	49	51	31	50	42	50	40	33	53	53	26	23
3	23	31	23	33	26	40	24	22	36	26	22	16
4	26	16	10	19	18	18	20	21	28	35	13	19
5	22	15	10	20	14	18	20	5	14	25	12	16
6	13	15	13	17	11	17	5	10	14	15	8	14
7	19	12	13	11	11	15	17	12	9	12	8	7
8	8	13	8	12	11	14	7	6	8	6	2	7
9	14	8	4	7	6	12	11	8	3	5	2	5
10	8	10	1	8	6	14	9	5	12	12	7	2
11以上	340	200	96	124	53	270	137	94	172	236	22	39

## 総種数に対する割合(%)

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	17.8	19.2	27.4	22.6	37.3	18.3	23.3	24.2	24.6	19.0	42.5	39.1
2	7.7	11.1	10.8	12.9	13.3	8.7	10.6	11.6	11.4	10.1	12.3	9.5
3	3.6	6.8	8.0	8.5	8.2	7.0	6.3	7.7	7.8	5.0	10.4	6.6
4	4.1	3.5	3.5	4.9	5.7	3.1	5.3	7.4	6.0	6.7	6.1	7.8
5	3.5	3.3	3.5	5.1	4.4	3.1	5.3	1.8	3.0	4.8	5.7	6.6
6	2.0	3.3	4.5	4.4	3.5	3.0	1.3	3.5	3.0	2.9	3.8	5.8
7	3.0	2.6	4.5	2.8	3.5	2.6	4.5	4.2	1.9	2.3	3.8	2.9
8	1.3	2.8	2.8	3.1	3.5	2.4	1.9	2.1	1.7	1.1	0.9	2.9
9	2.2	1.7	1.4	1.8	1.9	2.1	2.9	2.8	0.6	1.0	0.9	2.1
10	1.3	2.2	0.3	2.1	1.9	2.4	2.4	1.8	2.6	2.3	3.3	0.8
11以上	53.5	43.6	33.3	31.9	16.8	47.1	36.2	33.0	37.1	45.0	10.4	16.0

左端の「プロット数」、1, 2, …は、1 プロットにのみ出現した場合、2 プロットに出現した場合…を意味している。例えば、全林種を通して、総種数は635種であり、1プロットにのみ出現した種数は113種であることを指している。

育成単層林スギの場合には、総種数 378 種のうち、1 プロットにのみ出現した種数は 88 種であり、総種数の 23.3%である。2 プロットに出現した種数を加えると総種数のうちの約 34%に達する。ヒノキの場合には1プロットに出現した種数の割合は、総種数に対して24.2%となり、2プロット分を加算すると、1 プロット・2 プロットにのみ出現した割合は、約 36%となり、スギよりもやや高い割合を示している。

人工林育成複層林の場合は、調査プロット数が少ないが、1 プロット・2 プロットにのみ出現した割合は、約 55%にも達する。

スギ・ヒノキ・育成複層林の「希な」種の割合は、全林種、天然生林に比べても高くなっている。この要因は、例えば、スギ・ヒノキの齢級構成が 10 齢級以上をピークとする構成に変化し、比較的良好な密度管理がされている林分の割合が増加したことによるものなのか等が推測される。基礎調査データにより過去 10 年間に間伐された森林と無間伐の森林との比較も可能であり、今後の調査課題である。

間伐により一時的に林内照度が高くなって、前生樹や侵入樹種が見られたとしても、必ずしも持続的に成長するとは限らず、所謂、日和見的な種となる可能性も高い。

また、調査プロットが 4km メッシュ格子点という、極めて粗いサンプリングであるため、「希な」種の割合が高くなったことも考えられる。

これらの集計結果から、「希な」種の出現割合が高いことと多様性との関係についての評価は、相当慎重に行う必要があると考えられる。

ちなみに、図表4-5-3に、スギ地域別の調査プロット数別木本類の出現割合を挙げておくこととする。

図表4-5-3 スギ地域別調査プロット数別木本類出現割合(%)

表東北

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	20.6	26.0	0.0	32.7	66.1	22.6	31.4	76.7	23.9	24.1	47.5	40.2
2	9.2	11.6	100.0	16.7	16.9	9.9	18.3	13.3	12.0	9.7	30.5	16.7
3	5.0	6.6	0.0	10.3	5.1	7.9	8.5	0.0	5.4	8.8	10.2	13.7
4	5.0	5.4	0.0	4.5	11.9	4.4	3.9	6.7	4.9	5.1	8.5	6.9
5	5.0	2.1	0.0	2.6	0.0	5.2	4.6	0.0	6.0	5.1	1.7	4.9
6	4.3	5.0	0.0	5.8	0.0	2.8	6.5	0.0	3.3	2.3	1.7	2.9
7	3.2	1.7	0.0	3.2	0.0	2.8	2.0	0.0	3.8	3.7	0.0	2.9
8	1.4	2.9	0.0	2.6	0.0	3.2	2.0	0.0	1.6	1.4	0.0	2.9
9	2.8	2.5	0.0	2.6	0.0	2.8	1.3	3.3	1.6	0.9	0.0	2.9
10	1.8	1.2	0.0	1.9	0.0	1.2	1.3	0.0	1.1	1.4	0.0	2.0
11以上	41.8	35.1	0.0	17.3	0.0	37.3	20.3	0.0	36.4	37.5	0.0	3.9

裏東北・北陸

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0	100.0
1	23.7	27.5	66.7	36.1	52.6	28.0	32.3		30.3	29.8	38.9	44.6
2	14.3	11.8	14.3	11.6	10.3	12.3	11.3		16.4	15.4	30.6	15.4
3	4.3	4.8	7.1	7.7	12.8	4.2	7.0		8.5	4.4	11.1	16.9
4	5.3	4.4	4.8	6.5	6.4	5.4	5.9		4.2	4.8	5.6	1.5
5	3.0	5.2	4.8	5.2	5.1	3.8	1.6		6.7	3.1	4.2	4.6
6	1.7	2.6	0.0	3.2	1.3	3.1	3.8		3.0	3.5	2.8	6.2
7	4.0	1.3	2.4	3.9	6.4	3.4	2.7		2.4	2.6	4.2	3.1
8	1.7	1.3	0.0	3.2	1.3	0.8	2.2		0.6	0.9	1.4	0.0
9	1.3	2.2	0.0	1.3	0.0	1.1	1.6		1.8	3.5	0.0	3.1
10	1.7	1.3	0.0	0.6	1.3	1.5	2.7		3.6	0.0	0.0	0.0
11以上	39.0	37.6	0.0	20.6	2.6	36.4	29.0		22.4	32.0	1.4	4.6

北関東・東山

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	26.2	22.1	71.4	30.8	72.4	22.5	43.4	32.0	33.5	29.4	51.0	56.2
2	7.4	15.0	19.0	12.6	15.8	11.4	14.5	24.0	9.7	9.7	21.0	20.5
3	5.9	11.7	9.5	11.6	3.9	8.6	5.3	13.6	10.1	7.4	10.0	9.6
4	5.0	4.2	0.0	7.6	5.3	5.7	10.5	4.0	7.0	7.1	8.0	8.2
5	3.8	4.6	0.0	3.5	1.3	4.3	4.6	0.8	3.5	4.5	3.0	2.7
6	3.5	3.8	0.0	2.5	0.0	3.6	4.6	1.6	4.0	3.3	1.0	1.4
7	2.1	3.3	0.0	2.5	1.3	3.6	1.3	3.2	3.5	3.7	0.0	0.0
8	2.6	4.6	0.0	2.5	0.0	2.1	2.6	2.4	2.6	1.5	1.0	0.0
9	2.9	0.8	0.0	4.5	0.0	2.1	2.0	1.6	1.8	1.5	1.0	1.4
10	1.5	1.7	0.0	3.0	0.0	1.4	1.3	3.2	4.4	2.6	0.0	0.0
11以上	39.1	28.3	0.0	18.7	0.0	34.6	9.9	13.6	19.8	29.4	4.0	0.0

南関東・東海

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	30.2	35.2	45.1	44.8	63.9	34.8	39.0	38.7	44.3	32.0	76.9	59.0
2	11.1	15.9	17.2	14.7	24.1	14.1	18.4	17.7	15.2	13.2	15.4	18.0
3	9.8	5.7	3.3	16.1	3.6	5.9	8.1	12.1	10.1	8.2	0.0	9.8
4	4.8	9.1	4.9	5.6	3.6	6.6	6.6	6.5	8.2	8.2	0.0	6.6
5	3.5	5.1	4.9	3.5	2.4	3.5	2.2	4.8	3.8	3.7	7.7	1.6
6	2.9	9.1	2.5	2.1	0.0	1.6	6.6	3.2	3.8	3.7	0.0	0.0
7	3.8	2.8	5.7	3.5	0.0	3.9	6.6	4.0	3.2	5.9	0.0	1.6
8	2.2	2.3	3.3	0.7	1.2	2.7	2.2	1.6	0.6	3.2	0.0	1.6
9	1.9	1.7	2.5	2.1	1.2	3.5	1.5	0.8	1.3	2.3	0.0	0.0
10	2.2	2.8	3.3	0.7	0.0	1.6	0.0	0.8	1.3	1.4	0.0	0.0
11以上	27.6	10.2	7.4	6.3	0.0	21.9	8.8	9.7	8.2	18.3	0.0	1.6

北近畿・中国

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	17.5	24.0	35.0	33.9	40.0	22.5	29.2	33.3	23.8	23.7	60.0	42.0
2	9.9	11.8	14.7	16.7	14.5	10.7	14.3	14.7	19.2	11.6	15.0	17.0
3	9.2	7.3	8.6	7.5	14.5	10.0	9.3	6.0	9.8	7.9	8.8	9.0
4	5.7	4.5	4.9	4.6	9.1	4.5	10.6	7.3	5.2	5.4	3.8	6.0
5	3.8	2.8	3.1	5.7	4.5	3.1	6.2	6.0	5.2	4.1	6.3	6.0
6	1.6	4.5	3.1	1.7	4.5	1.7	5.6	4.0	5.7	4.1	3.8	3.0
7	3.5	3.7	4.3	4.0	3.6	1.7	3.1	2.0	4.1	4.1	1.3	2.0
8	1.3	1.6	1.8	1.7	1.8	1.4	5.0	2.7	1.0	3.7	0.0	1.0
9	1.3	1.6	1.2	0.6	2.7	2.1	1.9	2.0	2.6	1.2	0.0	0.0
10	1.0	1.2	3.7	0.6	0.0	1.4	0.6	2.0	2.6	3.3	1.3	0.0
11以上	45.2	37.0	19.6	23.0	4.5	40.8	14.3	20.0	20.7	30.7	0.0	14.0

南近畿・四国

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	19.4	32.0	30.7	41.0	53.3	27.1	31.4	26.7	30.6	22.4	50.0	75.0
2	11.2	16.0	11.4	14.5	28.3	12.2	11.5	14.2	20.2	10.3	18.2	21.9
3	8.2	8.7	10.7	7.5	8.3	7.6	11.5	8.0	11.0	10.8	13.6	0.0
4	4.4	3.9	12.1	8.1	5.0	3.4	7.7	11.4	4.6	5.6	3.0	3.1
5	4.1	6.3	5.0	5.8	3.3	5.0	9.0	7.4	6.4	3.9	1.5	0.0
6	2.0	4.9	5.7	3.5	0.0	2.7	4.5	2.8	6.4	2.6	0.0	0.0
7	3.7	4.9	1.4	1.2	1.7	4.2	5.1	5.1	3.5	3.0	1.5	0.0
8	1.4	3.4	1.4	1.7	0.0	4.2	1.9	5.1	1.2	3.9	4.5	0.0
9	0.3	1.5	4.3	1.7	0.0	2.3	0.0	1.7	1.2	3.4	0.0	0.0
10	2.4	1.0	2.1	1.7	0.0	3.1	1.9	2.3	1.2	1.7	0.0	0.0
11以上	42.9	17.5	15.0	13.3	0.0	28.2	15.4	15.3	13.9	32.3	7.6	0.0

九州

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	20.1	47.5	24.4	42.8	32.0	25.4	29.6	31.3	27.4	23.2	63.2	60.2
2	10.5	14.4	12.9	21.1	18.3	10.7	14.3	16.3	18.4	10.3	15.8	18.4
3	4.6	11.0	9.5	13.8	8.3	7.5	11.7	13.8	9.9	8.5	13.2	5.1
4	3.7	7.2	6.0	5.3	6.5	3.6	6.1	3.1	6.1	8.1	7.9	4.1
5	4.3	3.9	6.0	3.9	5.9	6.4	5.1	3.8	5.2	4.1	0.0	4.1
6	3.7	1.7	2.5	2.6	3.6	3.2	3.1	1.3	5.2	3.0	0.0	5.1
7	3.1	2.8	2.0	0.0	4.1	3.2	7.1	3.8	2.8	2.6	0.0	0.0
8	2.8	3.3	4.5	0.7	3.0	2.5	2.0	2.5	0.0	4.1	0.0	0.0
9	2.5	0.6	3.5	0.0	1.8	2.5	2.0	1.3	3.3	2.2	0.0	1.0
10	1.9	0.6	1.0	2.0	4.1	0.4	3.6	4.4	4.7	3.3	0.0	1.0
11以上	42.9	7.2	27.9	7.9	12.4	34.6	15.3	18.8	17.0	30.6	0.0	1.0

## 2) 草本類の「希な」種の出現頻度

図表4-5-4は、全国スギ地域別の草本類調査プロット数と総種数を参考のために再掲したものである。

図表4-5-5は、木本類と同様に 1 プロット、2 プロット等によりのみ出現した草本種数のスギ地域の全国集計したものである。

図表4-5-4 スギ地域別調査プロット数・総種数 再掲

### 調査プロット数

地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	7,382	1,983	406	845	183	3,417	1,680	997	1,003	3,680	117	168
表東北	994	431	1	101	9	542	159	8	242	409	9	34
裏東北・北陸	1,445	649	8	134	26	817	449		132	581	20	27
北関東・東山	1,131	287	2	191	14	494	162	186	232	580	38	19
南関東・東海	564	76	42	66	12	196	155	141	54	350	5	13
北近畿・中国	1,372	389	106	200	39	734	216	215	148	579	15	44
南近畿・四国	871	94	71	97	12	274	242	249	74	565	25	7
九州	1,005	57	176	56	71	360	297	198	121	616	5	24

### 草本類総種数

地域	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全国	2,253	1,251	435	955	525	1,631	1,340	886	1,127	1,773	408	497
表東北	827	602	18	321	70	659	454	96	452	609	103	199
裏東北・北陸	883	564	39	426	143	691	595		360	656	157	165
北関東・東山	1,031	575	18	398	184	705	497	414	534	812	196	166
南関東・東海	628	215	89	230	64	376	374	305	180	506	19	54
北近畿・中国	752	422	149	296	144	520	453	358	322	611	106	128
南近畿・四国	752	310	157	300	62	477	469	409	269	632	95	40
九州	881	241	270	205	204	496	584	373	358	735	48	130

図表4-5-5 全国の草本類「希な」種の出現頻度

### 出現種数

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
総種数	2,253	1,251	435	955	525	1,631	1,340	886	1,127	1,773	408	497
1	751	445	200	369	269	580	474	322	422	601	199	227
2	291	165	72	140	92	199	157	129	167	225	70	94
3	146	93	32	88	37	112	100	72	91	119	40	44
4	91	75	25	41	28	92	60	38	64	82	24	27
5	81	41	16	36	19	45	50	34	43	64	15	21
6	64	35	11	33	18	49	38	34	26	42	12	17
7	45	26	8	20	11	45	29	23	19	49	5	8
8	37	28	7	16	9	40	27	22	27	32	9	11
9	30	30	8	15	11	28	20	9	17	24	4	10
10	32	18	7	15	7	18	13	8	15	33	3	3
11以上	685	295	49	182	24	423	372	195	236	502	27	35

### 出現割合(%)

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	33.3	35.6	46.0	38.6	51.2	35.6	35.4	36.3	37.4	33.9	48.8	45.7
2	12.9	13.2	16.6	14.7	17.5	12.2	11.7	14.6	14.8	12.7	17.2	18.9
3	6.5	7.4	7.4	9.2	7.0	6.9	7.5	8.1	8.1	6.7	9.8	8.9
4	4.0	6.0	5.7	4.3	5.3	5.6	4.5	4.3	5.7	4.6	5.9	5.4
5	3.6	3.3	3.7	3.8	3.6	2.8	3.7	3.8	3.8	3.6	3.7	4.2
6	2.8	2.8	2.5	3.5	3.4	3.0	2.8	3.8	2.3	2.4	2.9	3.4
7	2.0	2.1	1.8	2.1	2.1	2.8	2.2	2.6	1.7	2.8	1.2	1.6
8	1.6	2.2	1.6	1.7	1.7	2.5	2.0	2.5	2.4	1.8	2.2	2.2
9	1.3	2.4	1.8	1.6	2.1	1.7	1.5	1.0	1.5	1.4	1.0	2.0
10	1.4	1.4	1.6	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	1.3	1.9	0.7	0.6
11以上	30.4	23.6	11.3	19.1	4.6	25.9	27.8	22.0	20.9	28.3	6.6	7.0

全林種において、1プロットのみに出現した草本種数は全種数の33%、2プロットでは13%、合計した2プロット以下に出現した草本種は、全体の46%にのぼる。育成単層林スギにおいては、2プロット以下に出現した割合は47%と、スギ林の林床に見られる草本類全体のほぼ半数の種になっている。天然生林落葉中高木においては、さらに高く、約49%である。

人工林育成複層林は、調査プロット数が少ないこともあるが、66%の種が2プロット以下にしか見られない。

この結果だけから判断すれば、天然生林、人工林を問わず、わが国の森林では、どこか1箇所の森林の林床には「希な」種が存在するということになるが、調査プロット数の少ない林種、例えば、前述の育成複層林とか、天然生林常緑中高木・その他等ではいずれも60%以上となっており、調査プロット数の大小の影響によると考えることもできる。

調査プロット数の少なさの影響を考慮したとしても、全林種7,382プロットにおいて46%が「希な」種が存在することには、何らかの要因があると考えることが妥当であろう。つまり、わが国特有の自然条件や地域的固有種等の特性等を検討する必要があると考えられる。

図表4-5-6に、スギ地域別の「希な」草本種の出現頻度(割合)を挙げておくこととする。

図表4-5-6 スギ地域別の「希な」草本種の出現頻度(割合 %)

表東北

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	32.4	36.2	0.0	40.5	75.7	35.5	42.7	60.4	38.7	34.3	71.8	50.8
2	12.6	14.1	100.0	21.8	15.7	13.7	13.0	26.0	12.2	14.8	16.5	22.6
3	7.4	9.8	0.0	7.5	4.3	8.8	7.0	3.1	11.3	9.2	8.7	10.6
4	6.4	3.7	0.0	5.0	4.3	4.7	5.3	5.2	6.2	5.6	1.9	5.5
5	4.1	3.8	0.0	4.7	0.0	3.8	4.2	2.1	2.9	3.6	0.0	2.0
6	3.0	2.8	0.0	4.4	0.0	2.7	4.4	2.1	2.7	2.6	1.0	0.5
7	1.8	2.2	0.0	3.4	0.0	2.4	2.6	1.0	2.9	2.3	0.0	4.0
8	1.5	1.2	0.0	2.5	0.0	2.0	2.6	0.0	1.8	1.8	0.0	0.5
9	2.2	2.7	0.0	1.6	0.0	1.1	0.9	0.0	1.8	2.5	0.0	1.0
10	1.3	2.2	0.0	1.6	0.0	1.5	1.8	0.0	2.4	1.1	0.0	0.5
11以上	27.3	21.4	0.0	7.2	0.0	23.8	15.4	0.0	17.3	22.2	0.0	2.0

裏東北・北陸

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育成複層林	その他
		落葉中高木	常緑中高木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0	100.0
1	33.2	35.5	51.3	47.2	58.0	36.2	38.2		42.2	36.0	54.1	48.5
2	12.9	12.2	43.6	14.6	14.0	13.3	13.1		15.0	12.0	14.0	20.0
3	7.9	8.5	5.1	7.3	12.6	6.9	7.2		10.3	8.5	10.8	10.3
4	4.1	4.3	0.0	2.8	4.9	5.2	4.2		7.2	5.9	8.9	7.9
5	4.3	4.1	0.0	4.2	3.5	3.8	5.0		5.8	3.5	4.5	3.0
6	2.8	3.9	0.0	3.5	2.8	3.2	2.9		2.5	3.0	1.9	3.6
7	2.0	2.5	0.0	3.1	1.4	3.0	1.8		0.8	1.4	1.3	0.6
8	2.2	1.1	0.0	1.2	0.7	1.6	2.0		0.8	2.1	1.9	1.8
9	1.6	1.2	0.0	1.6	0.7	1.0	1.5		1.9	2.4	0.6	2.4
10	1.5	0.9	0.0	0.9	0.0	1.3	1.2		1.1	1.8	0.0	0.0
11以上	27.5	25.9	0.0	13.6	1.4	24.5	22.9		12.2	23.2	1.9	1.8

北関東・東山

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	33.9	39.8	61.1	46.0	67.9	35.9	39.4	44.0	45.3	38.7	62.8	66.9
2	12.6	16.2	38.9	15.3	19.6	15.5	11.7	12.6	16.5	14.3	19.9	19.3
3	10.3	9.0	0.0	8.5	7.6	10.9	9.3	11.1	7.1	7.4	6.6	7.8
4	4.8	7.1	0.0	6.8	2.2	5.4	7.4	4.6	5.1	5.2	2.6	3.6
5	3.8	3.7	0.0	5.3	1.6	4.0	4.0	3.6	3.4	2.3	1.5	0.6
6	3.4	2.8	0.0	1.8	1.1	3.7	3.6	3.1	2.8	2.8	1.0	1.2
7	2.1	2.8	0.0	2.8	0.0	2.1	2.8	1.4	2.2	2.0	2.0	0.6
8	1.8	1.7	0.0	1.5	0.0	2.1	3.0	1.4	1.1	1.5	0.5	0.0
9	1.8	1.7	0.0	1.0	0.0	2.0	1.4	2.9	1.9	1.4	1.0	0.0
10	1.3	1.6	0.0	1.0	0.0	1.1	2.8	2.2	2.2	2.3	1.5	0.0
11以上	24.1	13.6	0.0	10.1	0.0	17.3	14.5	13.0	12.4	22.2	0.5	0.0

南関東・東海

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	39.3	53.5	59.6	54.3	67.2	46.8	42.5	47.2	56.1	40.1	47.4	51.9
2	13.2	20.0	14.6	16.5	25.0	16.5	14.2	17.7	23.9	12.8	42.1	22.2
3	7.6	7.4	12.4	9.6	3.1	9.0	8.8	7.2	6.1	8.5	10.5	14.8
4	6.7	5.6	3.4	4.3	3.1	6.6	7.5	5.6	4.4	6.7	0.0	9.3
5	3.5	2.8	4.5	3.9	1.6	5.3	3.7	4.3	2.8	4.2	0.0	1.9
6	3.7	1.4	1.1	1.7	0.0	2.1	2.9	3.9	1.1	4.2	0.0	0.0
7	3.8	2.3	0.0	1.7	0.0	2.4	2.9	1.0	0.6	2.0	0.0	0.0
8	1.8	1.9	1.1	0.4	0.0	2.1	2.1	1.6	1.1	2.6	0.0	0.0
9	1.1	1.4	0.0	1.3	0.0	0.5	0.5	2.0	1.1	0.8	0.0	0.0
10	2.2	0.9	0.0	0.9	0.0	0.8	1.3	0.7	1.1	2.6	0.0	0.0
11以上	17.0	2.8	3.4	5.2	0.0	7.7	13.4	8.9	1.7	15.6	0.0	0.0

北近畿・中国

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	34.7	43.1	48.3	45.6	60.4	37.7	37.1	43.3	50.0	36.5	68.9	55.5
2	11.4	17.3	18.8	17.2	16.7	14.4	15.2	15.4	16.5	12.8	13.2	20.3
3	8.6	5.5	10.1	8.4	9.7	9.4	9.1	5.3	9.3	8.5	10.4	8.6
4	4.4	6.2	4.0	5.1	4.2	5.6	6.8	9.8	4.3	5.2	3.8	7.8
5	4.7	3.6	4.0	3.4	2.1	3.5	3.5	4.2	4.3	4.3	0.9	2.3
6	2.5	3.1	4.7	3.7	2.8	3.8	2.2	2.0	3.1	3.8	0.9	0.0
7	4.3	3.6	2.7	1.7	0.0	2.1	2.9	2.5	2.5	3.1	0.9	1.6
8	1.6	2.4	2.0	1.0	0.7	2.1	2.6	0.3	1.2	2.5	0.9	1.6
9	1.6	0.7	1.3	1.4	0.7	1.0	1.8	1.7	1.6	1.1	0.0	0.0
10	2.0	1.2	0.0	0.7	0.7	1.9	1.1	2.0	0.9	1.6	0.0	0.0
11以上	24.2	13.5	4.0	11.8	2.1	18.5	17.7	13.7	6.2	20.6	0.0	2.3

南近畿・四国

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	35.6	53.9	56.1	50.7	61.3	44.9	39.4	44.7	59.1	37.3	52.6	80.0
2	13.0	19.7	16.6	16.7	25.8	16.6	13.0	13.2	14.9	12.2	29.5	17.5
3	7.2	7.7	8.9	6.7	8.1	7.8	9.8	10.3	8.9	7.8	6.3	0.0
4	6.3	3.5	7.0	7.3	1.6	5.0	4.7	4.6	4.5	6.2	4.2	2.5
5	4.0	4.5	2.5	4.0	0.0	4.8	4.3	4.2	2.6	4.9	2.1	0.0
6	4.0	2.6	2.5	4.3	1.6	3.8	4.7	3.4	2.2	3.2	1.1	0.0
7	2.5	1.3	0.6	2.0	1.6	2.5	2.8	2.9	1.9	3.5	0.0	0.0
8	1.6	1.6	1.3	1.3	0.0	1.3	1.7	1.5	1.1	1.3	1.1	0.0
9	2.9	0.6	1.3	2.3	0.0	0.6	3.2	1.7	0.4	2.4	0.0	0.0
10	1.6	0.3	0.0	0.3	0.0	2.3	1.7	1.7	0.4	1.1	1.1	0.0
11以上	21.3	4.2	3.2	4.3	0.0	10.5	14.7	11.7	4.1	20.3	2.1	0.0



## 九州

プロット数	全林種	天然生林					育成単層林				人工林育 成複層林	その他
		落葉中高 木	常緑中高 木	針葉樹	その他	計	スギ	ヒノキ	その他	計		
全プロット	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	38.4	59.3	49.3	55.1	54.9	47.4	37.3	43.4	47.2	38.8	70.8	73.1
2	13.8	18.3	13.7	17.1	17.6	14.5	14.0	15.8	16.8	12.8	12.5	12.3
3	6.9	4.1	8.5	8.8	6.4	7.3	8.7	8.0	10.6	6.1	12.5	6.9
4	3.4	5.0	5.6	3.4	3.9	5.8	6.5	6.2	4.5	4.9	4.2	1.5
5	5.2	3.3	4.4	3.9	3.9	4.2	3.9	3.5	6.1	3.7	0.0	2.3
6	3.1	2.5	4.1	2.4	2.0	1.8	2.6	1.9	2.0	3.7	0.0	0.8
7	2.3	1.2	1.5	0.5	2.0	2.2	2.1	2.7	1.7	3.7	0.0	0.0
8	2.6	1.2	1.5	2.0	2.0	1.4	1.5	1.9	2.0	2.2	0.0	0.0
9	1.0	0.4	0.4	2.0	1.5	0.8	1.9	0.8	0.6	1.2	0.0	0.8
10	1.2	1.2	1.1	0.5	2.0	1.0	1.0	1.9	0.6	1.4	0.0	0.0
11以上	22.0	3.3	10.0	4.4	3.9	13.5	20.4	13.9	8.1	21.6	0.0	2.3

### 4-5-2 各種多様性指数と多様性

#### (1) 多様性指数について

本調査において試算した多様性指数は、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  多様度、シャノン・ウィナーの多様度指数、Pielou の均衡度指数の 3 種類である。シャノン・ウィナーの多様度指数と Pielou の均衡度指数は、対で利用されるので、大きくは 2 種類である。

##### 1) $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度

この多様度指数は、種数を指標とするものであり、特に、 $\alpha$  多様度は、調査地に出現した種数を示している。「第 3 章 3-1」において詳細に分析したようにスギ地域区分別平均  $\alpha$  多様度は、概ね下記のように整理される。

##### ① 木本類の $\alpha$ 多様度は天然生林が育成単層林よりも大きい。

北海道・沖縄県を除く全国でみると、天然生林では 10 種、育成単層林では 7 種となっており、育成単層林における木本類の平均出現種数は天然生林の 70% 程度である。

##### ② 草本類の $\alpha$ 多様度は育成単層林が天然生林よりも大きい。

木本類と同様に全国では、天然生林が 10 種、育成単層林が 13 種と、育成単層林が天然生林の 1.3 倍 (130%) の種数である。

##### 2) シャノン・ウィナーの多様度指数

シャノン・ウィナーの多様度指数は、木本類についてのみ試算した (草本類は優占度が調査されていないため)。

北海道・沖縄県を除く、全国の天然生林は 6.87、育成単層林は 6.31 と約 1.4 倍程度、天然生林が育成単層林に比べて複雑であるという結果である。Pielou の均衡度指数は、天然生林が 0.39、育成単層林が 0.37 とほとんど変わらず、種と個体数のばらつきの度合いは同程度であるが、かなり小さい値になっているので両林種とも均衡性は低い。このことは、「希な」種の割合が高いこととも関連している。

#### (2) 試算結果による多様性の評価

上記のような試算結果から、例えば天然生林の多様性が高い、あるいは、ある地域の育成単層林の多様性が高い等々の評価が可能かどうかについては、さらなる検討が必要であり、容易に評価できないと考えられる。

評価とは、相対的なものであり、A の状態と B の状態を比較するためには、様々な条件を検証する必要がある。「第 3 章 3-1」の地域間の比較、林種間の比較等においては、調査プロット数が同一等の前提条件の基に検討しているが、自然条件等は考慮していない。

今回の試算結果を、林種間、地域間等の比較評価に適用することは、基本的に適切ではない。つまり、この指数の算出結果をもって、A が B よりも多様性が高いあるいは大きいと評価するためには、様々な条件、自然条件や社会・経済的条件、歴史的背景等も考慮する必要があると考えられる。

また、今回の試算においては、期間変動、長期的変動といった動的不変動についての分析は行っていない。多様性の評価において重要となるのは、前述の「希な」種の出現頻度が挙げられるが、もう一つの視点は、動的不変動である。

森林生態系多様性基礎調査は、第 1 期調査から木本類、草本類の調査が実施されているが、第 3 期調査から現行調査様式に変更されている。第 3 期調査データを基準として、育成単層林の間伐状況による植物種の長期的変動を分析することが重要であると考えられる。データ量が多く、かつデータ内容が種名と個体数となることから、データ処理に時間を要するため、十分な調査期間が必要である。

## 5 今後の調査課題の提案

### 5-1 森林整備保全事業と生物多様性の保全

本調査の主要課題である「人工林」における生物多様性の保全とは、生産を目的とした人工林において、除間伐等の密度管理や主伐-再造林・天然更新などの人為的攪乱等によって、林分及び周辺森林地域の生息生物に与える影響を少なくし、種の多様性を維持・増進させることである。積極的な生物多様性の保全のためには、従来の施業に付加すべき点は様々に想定されるが、検討委員会委員からも下記のような意見があった。

長池委員は、森林整備保全事業における生物多様性に関連した成果目標等を挙げ、「人工林内に絶滅危惧種を含めた希少種が生育・生息していることは珍しいことではない(服部ほか 2005; 井城 2016; 勝木ほか 2019; 本調査令和 2 年度報告書)が、複層林化、長伐期化、針広混交林化等の施業は、林分の構造や種組成を変えることであり、そのことが「絶滅危惧種の保全」や「種の多様性」に寄与・影響するということを直接的に支持するデータは乏しいのが現状である」としている。一方、「森林認証の基準・指標では施業前の絶滅危惧種に関するアセスメントが必要とされており(長池 2014)、希少種確認等の実効性を高めていくことが、絶滅危惧種の保全にはまず重要」とであると解説している。

牧野委員は、森林の健全性の視点から、間伐の効用について研究事例を挙げ、効果のある場合、ない場合等を解説し、病害に関してはデータが乏しいとしている。しかし、「健全な森林を仕立てるための間伐を始めとした施業は、多くの場合、人工林という文脈においては生物多様性の保全とは矛盾しないと言える」としている。単層林を複層林や針広混交林へと誘導することが種の多様性に寄与することは、ほぼ説明の必要はないと考えられるが、「生態系の複雑性が、生物被害の減少につながりうる」とも解説している。

吉田委員は、保持林業の世界的動向を解説し、日本における導入事例が少ないことも紹介している。保持林業導入の世界的傾向から、「今後、日本において実際の森林管理へ応用するためには、少なくとも保持の機会費用を補うことが必要であり、法的な規制や政府・自治体からの補助金等の措置、森林認証等による経済的なインセンティブの付加について、議論を急ぐ必要がある」としている。また、「保持基準の根拠や仮定が乏しいまま設定・適用することになれば、生産と保全双方の目的に対して非効率的な使用につながりかねない」とも解説しており、今後の実証的研究が重要であるとしている。

森林整備保全事業は、森林整備事業と治山事業の大きく二つの事業で構成されている(図表5-1-1, 5-1-2を参照)。「生物多様性の保全への配慮」を事業に反映させようとするれば、全ての事業種に関連することになるが、図表5-1-1の「森林環境保全整備事業」が直接的な対象事業であろう。

現段階で、これらの事業について「生物多様性の保全への配慮」をどのように盛り込むかを検討することは極めて困難であると考えられる。検討委員会委員の意見にみられるように、概ね下記の三つの課題にまとめられると考えられる。

- ①絶滅危惧種を含めて、地域特有の「希な」種の保全。
- ②森林の健全性(病虫害、気象害、獣害)と森林の複雑性の関係
- ③保持林業の技術的基準

①の「希な」種に関しては、森林認証におけるアセスメントなどの事例も見られることから、今後の調査課題の一つとして、「森林認証における「希な」種」の調査方法(アセスメント)、保全対応策等に関する認証基準及び適用事例の調査を検討する必要があると考えられる。

②については、現行制度では、シカ被害や病虫害等の対策が講じられているが、「生物多様性の保全」との関係(例えば、食害稚樹・植物の保護・保全、混交林化による病虫害防止対策)による対策事例等の調査が必要と考えられる。

③については、森林認証における保持林業の導入事例、特にわが国唯一の北海道トドマツ実証試験地の事例等の調査が必要であると考えられる。

図表5-1-1 森林整備事業の体系（林野庁 HP より引用）

森林整備事業の体系

詳しい内容については各都道府県の担当課(裏表紙記載)へお問い合わせください。

事業名	目的	事業内容※1	主な事業主体	国の補助率		都道府県の主な補助率	
				造林・間伐 (査定係数)※2	林道	造林・間伐 (査定係数)※2	林道
森林環境保全直接支援事業	面的なまとまりをもって行う間伐 やこれと一体となった森林作業道の 開設等	○人工造林、下刈り、除伐、保育間伐、間伐、更新伐、森林作業 道整備、鳥獣害防止施設等整備等 ○間伐については、原則として、森林経営計画を作成していること 、5ha以上の集約化をしていること、10m <sup>3</sup> /ha以上の搬出をする ことなどが必要。	地方公共団体 森林組合等 森林所有者 森林経営計画策定者※4 民間事業者※5 等	3/10 〔森林経営計画等に基づ く場合:170 伐採造林届出書に基づ く人工造林等:90〕	—	1/10 (国と同様)	—
特定森林再生事業	森林緊急造成	自然条件等の理由で更新が困難 な森林における人工造林等	地方公共団体 森林組合等 民間事業者※5 等	3/10 〔保安林及び特定の公益 的機能別施業森林 ※6:180 その他:90〕	—	事業主体が市町 村等:2/10 事業主体が森林 組合等:1/10 (国と同様)	—
	被害森林整備	気象害等による被害森林であって、 自助努力等によっては適切な整備 が期待できない森林における 人工造林等	地方公共団体 森林組合等 森林所有者 森林経営計画策定者※4 民間事業者※5 等	3/10 (170)	—	1/10 (国と同様)	—
	重要インフラ施設周辺 森林整備	鉄道、道路、送配電線といった重 要インフラ施設周辺の森林にお ける人工造林等	地方公共団体 森林組合等 民間事業者※5 等	3/10 (180)	—	事業主体が市町 村等:2/10 事業主体が森林 組合等:1/10 (国と同様)	—
	保全松林緊急保護整備	松くい虫被害が発生している松林 の整備や樹種転換	地方公共団体 森林組合等 森林所有者 森林経営計画策定者※4 民間事業者※5 等	5/10	—	2/10	—
	森林資源循環利用林道整備事業	生産基盤強化区域内等において 幹線となる林業生産基盤整備道 等の整備	地方公共団体 森林組合等	—	45/100 50/100 30/100 等	—	—
山村強靱化林道整備事業	強靱で災害に強く、幹線となる山 村強靱化林道の整備	地方公共団体 森林組合等	—	45/100 50/100 30/100 等	—	—	
林業専用道整備事業	主として森林施業のために利用す る林業専用道の整備	地方公共団体 森林組合等	—	45/100 50/100 30/100 等	—	—	
林道施設PCB廃棄物処理促進対策	林道施設のPCBの処理	地方公共団体 森林組合等	—	50/100	—	—	
美しい森林づくり基盤整備交付金	令和12年度までの間における間 伐等の実施	特定間伐等促進計画※3に基づく間伐等と これに必要な路網整備	市町村 森林組合等 森林所有者 等	1/2	1/2	—	—
農山漁村地域整備交付金	自治体の創意工夫によって、より 事業効果を高める事業も実施可 能とし、農山漁村地域の総合的な 整備	○林道の開設・改良 ○林道の点検診断・保全整備事業 ○森林環境教育・健康づくり等のための森林の整備 ○市民参加による森林の整備 ○森林の生産力の回復、増進等のための森林の造成 ○花粉の少ない森林へ転換するための花粉症対策苗木等への 植替え	地方公共団体 森林組合等 森林所有者 等	5/10 3/10 (110～180)	45/100 50/100 30/100 1/3 等	2/10 1/10 (国と同様)	—

※1 事業内容には、それぞれ林齢制限などがあります。

※2 造林関係事業の補助金額は、「標準単価×実施面積×補助率×査定係数/100」により算出します。  
標準単価は国が定める作業工程を基に、地域の樹種・平均径級等に応じて、都道府県が定める1haの作業に要する経費です。標準  
単価の例等は都道府県によって公表されている場合があります。

※3 「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」に基づき、市町村が策定する計画です。

※4 森林経営計画の認定を受けた者を指します。

※5 森林経営管理法に基づき都道府県が公表した民間事業者を指します。

※6 水源涵養機能維持増進森林、山地災害防止／土壌保全機能維持増進森林を指します。

7

8



図表 5-1-2 治山事業の体系（林野庁 HP より引用）



## 5-2 森林生態系多様性基礎調査データによる期間変動の分析

今年度調査では、第4期森林生態系多様性基礎調査データにより、木本類、草本類、絶滅危惧種に関して、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 多様度、シャノン・ウィナーの多様度指数、Pielouの均衡度指数を地域別・林種別に算出し、比較可能と思われる範囲において検討した。

生物多様性の計量化・指数化の目的は、相対的な評価、地域間比較、林種間比較等であるが、人工林に関しては森林に対する整備状況の程度に対応した比較が必要である。

今年度調査は、第4期の状態を評価したものであり、整備状況による変動について評価したものではない。第2章2-1の文献調査では、森林以外の公共事業（用水路整備等）において事業後の生物生息状況の長期的変動を多様度指数により計量評価している事例がみられた。生物多様性の計量化の重要な点は、静的評価よりは長期的変動（動的不変動）にあると考えられる。調査プロット毎のシャノン・ウィナーの多様度指数等の指数による評価は、統計的に意味あるものとはいいがたいが、動的不変動のように期間比較を行う場合には、指数値の増減は複雑さの度合いとして解釈することができる。

今後の調査課題は、下記のとおりである。

### （1）第3期基礎調査データと第4期基礎調査データとの比較分析

- ①今年度分析と同様に都道府県別・地域別・林種別の多様性指標を算出し、期間変動を分析する。
- ②育成単層林スギ・ヒノキについて、調査プロット毎の $\alpha$ 多様度（種数・シャノン・ウィナーの多様度指数等）の変化状況を分析する。
- ③上記②について、間伐・無間伐林分について同様に多様度指数の変化状況を分析する。また、植被率と多様度指数の変化についても分析する。
- ④「希な」種の出現状況について、木本類、草本類別にそれぞれの専門的意見・知見を整理する。

### （2）森林整備（間伐等）の効果を推定する方法を検討する。

2期分の基礎調査データのうち、木本類調査データと維管束植物調査データを合わせると200万件を超えるデータとなることから、データ整理・集計のための十分な調査実施期間が必要である。特に「希な」種の出現状況（第4章4-5を参照）等の課題もあり、こういった課題に絞り込んだ検討委員会とすることも検討の必要がある。

## 付帯資料 令和3年度森林整備保全事業推進調査第1回検討委員会

### (書面による検討委員会)の意見

議案:「調査の進め方について」

別紙資料(2021年12月7日「令和3年度森林整備保全事業推進調査 調査の進め方について」を基に委員意見の収集

意見収集期間:令和3年12月7日～令和3年12月20日

検討委員会委員:○印:座長

- 立花 敏 筑波大学生命環境系 准教授 林政審議会会長代理  
長池 卓男 山梨県森林総合研究所 主幹研究員  
牧野 俊一 国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所 非常勤研究職員  
吉田 俊也 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 教授  
(森林圏ステーション 北管理部長)〃

### <検討委員会委員の意見>

立花 敏(座長) 委員の意見
<p>1. 生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業についての整理・検討</p> <p>生物多様性全般の評価に関する文献収集・整理と人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献・収集整理という2つの内容からなる構成は、これまでに実施した内容を踏まえると適当と考えられる。それに加えるならば、前者については気候帯や林層(樹種や林齢等を含む)等に着眼した地域性、後者については一斉人工林における間伐の時期や立木密度による影響を勘案することが、一層の分析の深化に繋がることが考えられる。また、多様性等に関する評価手法の整理・把握は重要であり、時系列で評価手法に変化があるかどうか注目してレビューすることも今後に活きると期待される。</p> <p>また、森林を訪問する／した者がどのように森林の有する生物多様性を評価しているか、訪問者の評価と森林における実際の生物多様性との間に一致性や不一致性があるか等に関する研究レビューも加えられると、今後の施策や研究の方向性に示唆を与えるのではないだろうか。このことは、本事業の「森林の整備及び保全における新たな課題についての情報収集や有識者を交えた検討を行い、森林整備保全事業計画の指標の改善等に資することを目的とする」ことの新たな課題の整理に関連づくように思われる。</p>
<p>2. 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析</p> <p>森林生態系多様性基礎調査データによる生物多様性保全機能の分析と現地調査の実施からなる構成は適当と考えられる。Shannon-Wienerの多様度指数に関する知見を持ち合わせないが、林層と関連付けて生物多様性に関する種による差異や、評価手法との関連で対象とすべき種に関する重みづけ、それらの地域的特徴等を検討できれば、更なる評価手</p>



法の深化に繋げられるように思われる。

また、絶滅危惧種の存在に関する分析では種による差異のあることも予想されることから、種の視点での整理を行うことも必要と考えられる。場合によっては、幾つかの代表的種を取り上げて分析の方が時間制約から合理的ではないかと考えられる。どのような種を取り上げるかは、専門家からの助言を仰ぐことが望ましい。その上で、「森林の整備及び保全における新たな課題」として今後分析対象とすべき種を抽出することに繋がる可能性がある。

### 3. 人工林における生物多様性の評価

本事業の目的に対応して、事務局と委員会メンバーが出席して数名の専門家にオンラインで聞き取り調査あるいは意見収集を行うことも有益ではないだろうか。事業内容に関する特定テーマを3～4取り上げ、それらに対して人工林の差異(スギ人工林、ヒノキ人工林、カラマツ人工林、海外事例)に基づいて2～3名をお招きし、オンラインでミーティングを2時間程度で開催するというイメージである。そのやり取りの記録を文字おこし、事業目的に対する成果として報告書にも掲載することは有意義な情報を提供することになると考えられる。そのテーマ設定とミーティングでの成果を踏まえて、意見論文のテーマも再考する、もしくは各委員に一任するというのも考えて良いように思われる。

## 牧野 俊一 委員の意見

### 1. 生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業についての整理・検討

複層林施業、針広混交林化、長伐期化はいずれも、それら自体、生物多様性の維持にとって重要な施業法であることは確かだと思いますので、それらに関する文献収集やそれに基づいた定義の精密化は意義のあることだと思います。

その上で希望したいことは、一口に「生物多様性」といっても、複数の要素が含まれており、また各施業法がこうした各要素に与える影響は必ずしも単純ではないということにも注意を払って頂きたいことです。

それゆえ、生物多様性のカテゴリーとして一般に認識されている、種の多様性(種数、希少種の存否)、遺伝的多様性、景観や生態系の多様性それぞれ、およびそれぞれの間の相互作用の観点から各施業法の効果や影響を捕らえる必要があると考えます。また、たとえば長伐期化による森林の高齢化は、そうした林齢を好む生物種にとっては好適な反面、若齢林や草原状態を好む多くの生物の種数や個体数に対しては負の影響を与える可能性があります。このことは天然林に限らず人工林についても当てはまることでしょう。施業法個々の特徴を見ることに加えて、生物多様性に配慮した森林管理をするためには、したがって、昨年度事業の立花委員の論文でも強調されていたとおり、各施業法の特徴を活かしゾーニングを適切に行いつつ流域全体の景観を、生物多様性に配慮した形態に向かわせることが必要だと思います。今回の林野庁による仕様書ではそこまでは求められていませんが、施業法をまとめるにあたっては、このように各施業法の生物多様性に対する正負の効果や、景観管理のなかでそれらをどう活かすか、といった点に関しても眼をむけていただけるとよいと思います。

### 2. 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析

今回扱われるのは樹木や草本を対象とした多様性の分析ですが、森林に生息する動物や菌類など、他の生物が扱われていないことがやはり気に掛かります。たしかに仕様書には森林生態系多様性基礎調査のデータを用いることが指定されており、それには植物以外のデータがないため致し方ないことではありますが、本事業の主旨からすると他の生物への目配りが無いのは残念に感じられます。

既存の報告には人工林における植物以外の生物の多様性を扱ったものも国内外に多数ありますので、上記 1 においてそれら生物への配慮と言及をしていただければと思います。

また、林野庁に対しては、今後の事業の方向として、自前のデータ以外も用いて、広く生物全般を視野に入れた分析を行うよう希望します。

### 長池卓男 委員の意見

#### 1. 生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業についての整理・検討

生物多様性とは幅広い概念であるため、生物多様性のどの側面（遺伝子、種、生態系、及びそれらの関係性）を対象にしているのかを明示する必要がある。たとえば、森林・林業基本計画では、「育成単層林」で「希少な生物が生育・生息する森林など属地的に生物多様性保全機能の発揮が求められる森林においては、天然力を活用した更新を促し、針広混交の育成複層林又は天然生林に誘導する」、「育成複層林」では「希少な生物が生育・生息する森林など属地的に生物多様性保全機能の発揮が求められる森林においては、必要に応じて、天然力の活用により、天然生林への誘導を図る」とあるが、これらは生物多様性の中で「希少種」を対象とした保全策として示されている。その一方で、育成単層林→育成複層林、育成複層林→天然生林と誘導することで希少種の保全が図られるかは、その希少種の持つ生態的特性に依存する。したがって、生物多様性のどの側面に焦点をあてているのか、もしくはそのような誘導が生物多様性のどの側面に影響するのか、が分かる章立てが分かりやすいと思われる。

#### 2. 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析

生物多様性に関する基礎的かつ全国的なデータ解析は重要である。しかしながら、上記のように生物多様性のどのような側面を保全するかによってその評価は異なることに留意する必要がある。また、多様度指数や種数を評価することが生物多様性保全に寄与するためには、どのような種または種群によってその指数や種数が構成されているかを評価する必要がある。

#### < 論文テーマについて >

④⑤に関しては、①～③が人工林対象であるのに対し、特に対象が書かれていないが、森林を対象としているのだろうか？

⑤に関しては、外国の状況も重要だが、日本の人工林での生物多様性保全に必要な視点について、施業規制との関連に関して、全国の生物多様性ビッグデータから見た施業への留意に関して、などを論じて頂いてはと思う（例えば、前者は北大の柿澤宏昭氏、後者は琉球大の久保田康裕氏が候補と思われる）。

## 吉田 俊也 委員の意見

全体として「生物多様性保全に配慮した森林保全事業について整理する」という当事業の目的に適った内容になっていることを確認いたしました。

### 1. 生物多様性の保全に配慮した森林整備保全事業についての整理・検討

#### (1) 生物多様性全般の評価に関する文献収集・整理

#### (2) 人工林の生物多様性保全に資する施業・森林管理に関する文献・収集整理

##### ①昨年度調査に追加する文献等について収集・整理

##### ②人工林の生物多様性保全に資する施業種の定義・整理

とくに(2)①については、昨年度の調査で多くの情報が整理されており、昨年度の検討でも取り上げられたように、英文で公表された成果の追加収集も適宜進めていただきたいと思います。(1)についても、最新の情報は、英文の原著論文をあたる必要があるように感じます。

(2)②に関して、これらは、施業のバリエーションが大きく、生物多様性保全が必ずしも第一義の目的でないケースも多く含まれることから、再定義することの意義は大きいと考えます。関連する施業として、3つの施業種ほど広範には実施されていないかもしれないものの、(2①の成果次第で)小面積皆伐や保残伐、保持伐採(柿澤・山浦・栗山 2018. 築地書館)、択伐や傘伐などの非皆伐施業についても触れてはどうでしょうか。

### 2. 人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析

#### (1) 森林生態系多様性基礎調査データによる生物多様性保全機能の分析

昨年度に引き続き、重要な分析になると存じます。細かい点で、A では「一定条件下での育成単層林スギ・ヒノキと天然生林とについて…」となっているのに対して、B では「複層林」が加わっています。A においても、複層林を対象とできればより望ましいため、ご検討ください。A-D いずれの項目も、林種や林齢のほか、立地・周辺の環境条件・土地履歴・施業履歴等が強く影響していると予想されます。それらの分析には追加的なデータの収集が必要であり本事業における実行の範疇を超えるものですが、今後、研究機関等との連携を強く意識したとりまとめとなることを期待しています。

#### (2) 現地調査の実施

計画に異存ありません。

### 3. 人工林における生物多様性の評価

重要なテーマが網羅されていますが、その中で④「生物多様性保全に関するわが国の研究動向」はテーマが広すぎると感じられます。いま一步焦点を絞ったタイトルとすることを望みます。