

# 段戸国有林のヒノキ人工林における広葉樹の多様性について

名古屋大学農学部生物環境科学科 学部4年生 ○ 香坂 紗由実  
名古屋大学大学院生命農学研究科 博士前期課程2年 橋本 里美

## 要旨

本研究では、生物多様性を高める森林管理のあり方を明らかにするために、人工林の広葉樹の多様性を多角的に評価する手法を検討しました。その結果、評価に用いる指標は、各階層の優占度を評価するならばBA比を、小班の多様性の比較をするならば種多様度指数を用いるのが有効であることが明らかとなりました。また、段戸国有林では、林齢が上がるにつれて広葉樹の種数・個体数が増加し、多様度指数が高くなることや、BA比から広葉樹の階層性が発達していることが分かり、広葉樹の多様性は施業の影響を強く受けていることが示唆されました。

## はじめに

近年、森林に求められる機能は、木材の生産だけにとどまらず、生物多様性保全機能、土砂災害防止機能、水源涵養機能、保健・レクリエーション機能、地球温暖化防止機能など多種多様になってきています。国内においては、2007年に総務省内閣広報室によって行われた「森林と生活に関する世論調査」(6)の中で、野生生物の保全が木材生産を上回っていることなどから、国民の森林への期待が木材生産から森林の持つ多面的機能の発揮へと変化している傾向が見受けられます。また、1992年に国連環境開発会議(地球サミット)で採択された「全ての種類の森林の経営、保全及び持続可能な開発に関する世界的合意のための法的拘束力のない権威ある原則声明(森林原則声明)」(3)内では、森林を生態系として捉え森林の保全と利用を両立させ、森林に対する多様なニーズに永続的に対応するという「持続可能な森林経営」の理念が提唱されました。以上のことなどから、森林における生物多様性保全機能は、世界的にも国内においても重要視されつつあることが考えられます。

一方、日本は国土の約67%を森林が占める森林大国であり、そのうち約41%が人工林です(8)。よって、日本において森林の生物多様性保全を考える際には、人工林における生物多様性保全のことも考える必要があります。そのためには、生物多様性の保全に配慮した持続可能な森林管理を進めることが重要であると考えられますが、その研究例が少なく(5)、具体的に何を行えばよいのか、どのような点に注意すべきなのかなどは明らかになっていません。私達は、森林管理者が管理山林の現状を把握することや、今後の施業の指針となるようなガイドラインが必要であり、それらを実現するツールとして生物多様性の評価が有効であると考えました。しかし、生物多様性は様々な生物相や環境要因等の相互作用からなるために、かなり複雑であり、その評価が難しいこと、また、人工林においては森林管理者の施業方針の違いなどにより、生物多様性保全のための配慮が異なると考えられます。

そこで、本研究では生物多様性に影響を与えると考えられる人工林内の広葉樹を対象として、人工林の生物多様性を多角的に評価する手法を検討しました。

## 1 研究方法

### (1) 調査地概要

調査は、愛知県設楽町にある中部森林管理局愛知森林管理事務所管内の段戸国有林（面積約5300ha）で行いました。中部森林管理局では、森林の公益的機能を発揮させ、地球温暖化防止のための森林吸収源対策を推進するため、間伐などの森林整備を計画的に実施し、伐期の長期化、複層林化、天然力を活用した針広混交林化など、百年先を見通した多様で健全な森林づくりを進めています(2)。段戸国有林では、全体を約1300の小班に区分し、その小班ごとに森林施業の方法、実施時期などを計画しています(1)。また、一定の面的広がりにおいて、様々な植生のタイプ、様々な遷移段階の森林がバランスよく配置されることで、生物多様性の保全効果が発揮できるような森林管理を目指しています。

本研究では、段戸国有林の8か所にプロットを設定しました(表1)。この8つのプロットはそれぞれ、除伐前(13年生)、間伐後に林内の下層植生が十分回復している各林齢の小班(36~56年生)、主伐前(76年生、118年生)、比較検討のために原生林、という基準で選定しました。なお、無間伐プロットについては一連の調査および解析は行いましたが、ここは段戸国有林の中でも特異な施業を行っている小班であることから、分析からは除外しました。

表1 プロット概要

プロット番号	プロット1	プロット2	プロット3	プロット4	プロット5	プロット6	プロット7	プロット8
林齢(年)	13	36	44	56	76	118	115	原生林
標高(m)	910	870	690	860	720	850~880	830	940
斜面方位	南	南東	南東	南西	北東	北東	北東	南東
傾斜(度)	36.0°	33.1°	-23.8°	-21.4°	29.3°	26.0°	18.0°	10.0°
風当り	中	—	—	—	弱	やや強	弱	中
日当り	陽	—	—	—	陽	陽	中陰	陽
土湿	やや乾	—	—	—	適	やや湿	やや湿	やや湿
土壌型	適潤性褐色 偏乾亜型	適潤性褐色 偏乾亜型	適潤性褐色 偏乾亜型	適潤性褐色	適潤性褐色 片麻岩	黒褐色 ポドゾル	黒褐色 ポドゾル	適潤性褐色
選定基準 備考	—	ササあり	—	ササあり	—	—	無間伐	—

## (2) 調査方法

### ア 調査対象

本研究では、評価の対象として樹高1m以上の広葉樹を選択しました。その理由としては、

- ①人工林は木材生産が主要目的であるので、評価の対象は施業の過程で任意に管理でき、調査過程で過度な負担がかからないものが望ましいこと
- ②林内広葉樹は人工林において、様々な生物相の利用対象になる可能性が高いこと
- ③人工林においては、施業の影響を受けて林内環境が大きく変わり、それに伴って変化する林内広葉樹は、生物多様性を評価する上で重要であることが考えられたためです。

### イ 調査方法

調査は、小班内の斜面中~上部で沢がなく、ギャップや林縁効果の及ばない箇所、つまり、その小班を最も代表していると思われる箇所に、10m四方のプロットを作成し、その中の樹高1m以上の林内広葉樹および植栽木について、以下の項目の測定を行いました。

①全個体共通⇒ナンバリング、樹種の同定および樹種名の記録、樹高測定

②樹高 1m 以上～4m 未満の個体⇒50 cm 高さの直径測定

※この高さで直径を測定した理由は、本研究における 1m 以上という定義では、1m 以上 1.3m 未満の個体の胸高直径(樹高 1.3m 位置での直径)を測定できないためです。

③樹高 4m 以上～8m 未満の個体⇒50 cm 高さの直径、胸高直径を測定

④樹高 8m 以上の個体⇒50 cm 高さの直径および胸高直径を測定

⑤植栽木

⇒樹高測定、胸高直径測定、

⇒プロットを 20m 四方に拡大し、その範囲内にある植栽木本数をカウント

※植栽木の幼樹がプロット内にある場合は、樹高に従って広葉樹と同じ測定を行いました。

⑥その他の調査項目⇒斜面方位・傾斜の測定、風当り・日当り・土湿・土壌型を聞き取り調査により記録

### (3)解析方法

#### ア 解析項目

調査で収集したデータから、小班の状況は立木密度を用いて、広葉樹の多様性評価は、種数、個体数、BA 比、種多様度指数を用いて解析しました。

#### ①立木密度

立木密度は単位面積の林地内の立木本数で表され、その高低によって立木の様々な性質に影響を与えるので育林上重要です(7)。本研究での立木密度は、植生調査のために作成した 10m 四方のプロットを 20m 四方に拡大し、その中の針葉樹本数を数えることで算出しました。

#### ③BA 比

BA は胸高断面積(以下 BA)のことであり、BA 比は[プロット内に出現した階層の BA 合計]/[植栽木を含む全樹種の BA 合計]×100 で求めました。これにより階層の相対的な優占度を評価することができます(4)。なお、樹高 1m 以上～4m 未満の樹木は 50 cm 高さの断面積を計算に用いました。また、原生林についてはツガ (*Tsuga sieboldii*) が自生していたので、ツガ以外の広葉樹から BA 比を算出しました。

#### ④種多様度指数

本研究のプロットサイズは、小さなサンプルであると考えられたため、使用できる種多様度指数には限りがありました。また、頭山・中越ら(12)によって多様度指数を用いる際に注意すべき点や、活用する指数が満たすべき条件などが示されているので、これらを踏まえ、種多様度指数として、Shannon-Wiener 指数(式 1)と逆 Simpson 多様度指数の不偏推定式(式 3)、対数逆 Simpson 指数(式 4)を用いました。

Shannon-Wiener 指数( $H'$ )

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i \quad (\text{式 1})$$

ただし、 $p_i = \frac{N_i}{N}$   $i$  番目の種の相対頻度、 $N_i$ :  $i$  番目の種の個体数、 $N$ : 総個体数

Simpson 多様度指数( $D$ )

$$D = \sum p_i^2 \quad (\text{式 2})$$

不偏推定式( $D'$ )

$$D' = \sum \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)} \quad (\text{式 3})$$

対数逆 Simpson 指数(L)

$$L = \log \frac{1}{D'} \quad (\text{式 4})$$

#### イ 階層分けの定義について

本研究では、広葉樹を2種類の分類法で階層分けしました。

##### ①樹高分け

各個体の樹高に基づいて以下の区分で分類する方法です。この方法は、樹種に関係なく個体ごとの調査時の樹高に基づいて分類を行うので、小班の現在の階層を表す分類法です。

- ・低木：樹高 1m 以上～4m 未満
- ・亜高木：樹高 4m 以上～8m 未満
- ・高木：樹高 8m 以上

##### ②樹種分け

同定した樹種を図鑑(9, 10, 11)で調べ、記載されていた樹形に基づいて以下のように分類する方法です。この分類は、現在の樹高を無視し、ある樹種が将来どの階層を構成する樹種であるかに着目した分類法なので、小班の将来性を表す分類法です。

- ・低木種：常緑低木、落葉低木
- ・小高木種：常緑小高木、落葉小高木
- ・高木種：常緑高木、落葉高木

## 2 結果

### (1)立木密度

林齢と立木密度(本/ha)の関係を図1に示します。図1によると、林齢があがるにつれて立木密度が下がっていることから、段戸国有林では管理計画に基づいてきちんと植栽木の密度管理が行われていることが明らかとなりました。

人工林では植栽木の植栽密度や間伐の強さを変えることで立木密度を調整し、目標とする性質を持った材を生産することができます(7)。よって、林齢と立木密度の関係をみることは、施業団体の施業方針や所有山林の管理状況などを把握するために重要であると考えられます。

## 林齢と立木密度

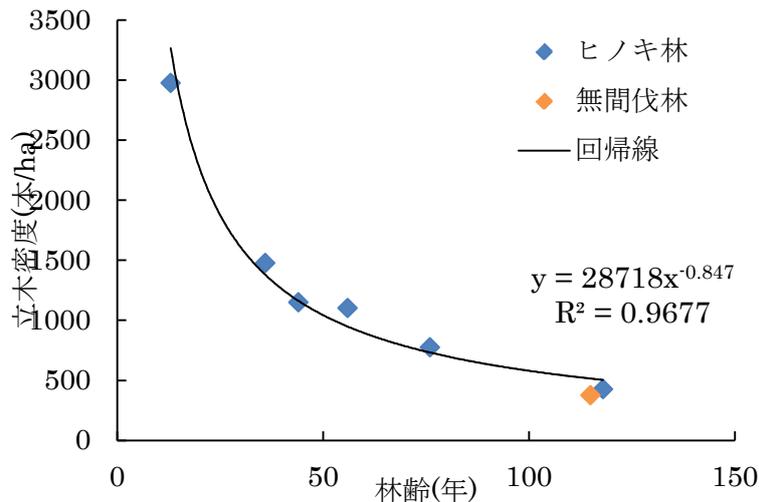


図1 林齢と立木密度の関係

※無間伐林については施業がやや特異なため近似曲線を算出する際は考慮に入れていない。

### (2) 種数

林齢と種数の関係を表したグラフを樹高分けと樹種分け別にそれぞれ図2と図3に示します。階層分けの方法の違いにより、種の総数には樹高分けと樹種分けでやや差がみられました。これは、樹高分けでは測定した樹高に基づいて分類を行うため、同じ樹種でも樹高の異なる個体は異なる階層に分類され、階層間で樹種が一部重複しているに対して、樹種分けでは現在の樹高を無視し、樹種の同定結果にのみ基づいて分類を行っているため、階層間で樹種の重複が発生しないためです。

段戸国有林では、樹種数の幅が2~18と林齢によってかなり総樹種数に差がありました(図3)、13年生を除くと、林齢があがるにつれて種数が増えていく傾向がありました。また、樹高分け(図2)に着目すると、低木しか侵入していないプロットがあることや、118年生になるまで高木が侵入していないなど階層構造がないプロットもあり、若齢林を除くと、高齢林になるまでは階層構造が形成されないことが明らかとなりました。しかし、56年生のプロットを除いて樹種分け(図3)では各プロットに小高木種もしくは高木種の侵入がみられることから、これらに配慮した施業を行えば、将来的には階層構造を形成すると考えられます。

種数は階層の分類法の違いによって、評価結果が異なりました。また、樹高分けで現在の状態を確認し、樹種分けで将来の予測ができるので、森林施業の指針作りに有効であると考えられます。加えて、種数は様々な分野で頻繁に活用される生物多様性指標であるため、汎用性が高いと考えられますが、種数のみでは、それぞれの種の均等度や原生植生との種構成の違いなどが把握できない上に、サンプルサイズに比例して大きくなる傾向があるので、種数単独による生物多様性の評価は好ましくないと考えられます。

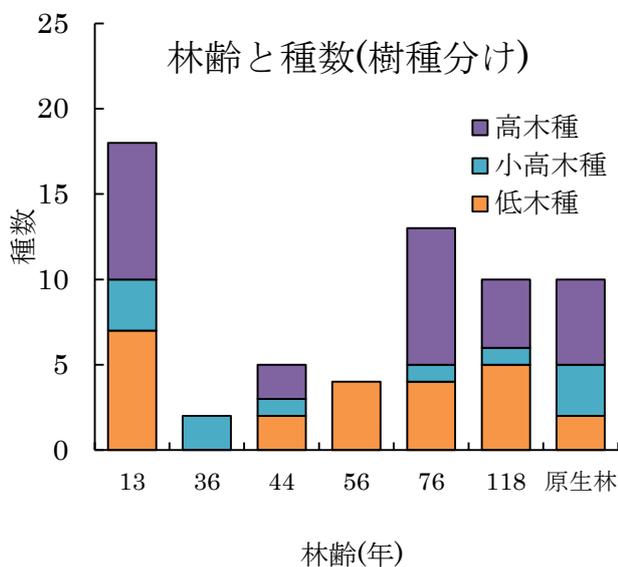
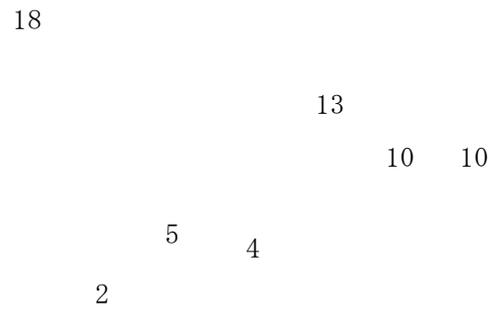
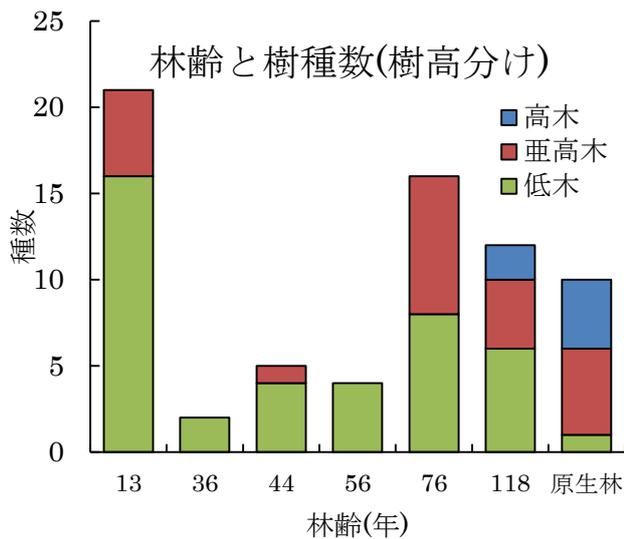


図2 林齢と樹種数(樹高分け)

図3 林齢と樹高分け(樹種分け)

### (3) 個体数

林齢と個体数の関係を表したグラフを樹高分けと樹種分け別にそれぞれ図4と図5に示します。

種数の多いプロットは個体数も多いというように、個体数は、おおよそ種数と同じような傾向がありました。また、13年生のプロットを除くと、林齢があがるにつれて個体数も多くなる傾向が見られました。樹高分けでも、樹種分けでも低木層の増加が顕著でした。

個体数は種数と違い、各種の均等度も把握できることが利点です。しかし、一部の種が優先している場合は、その種が過大評価されることが問題点としてあげられ、種数に比べ評価数値そのものが大きくなりがちなので、やや扱いづらい指標となる危険性があると考えられます。

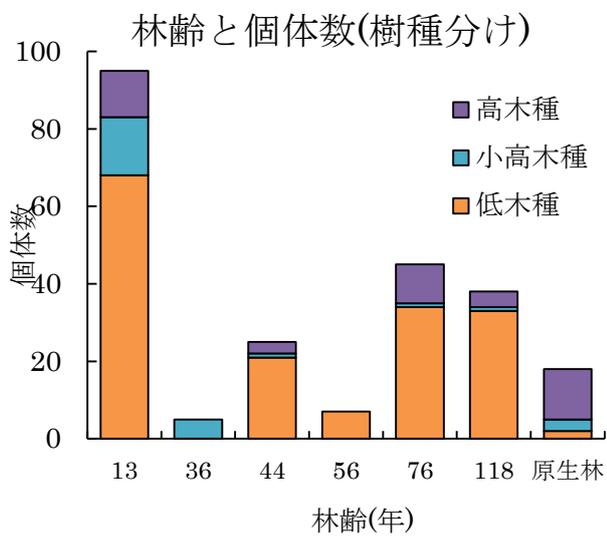
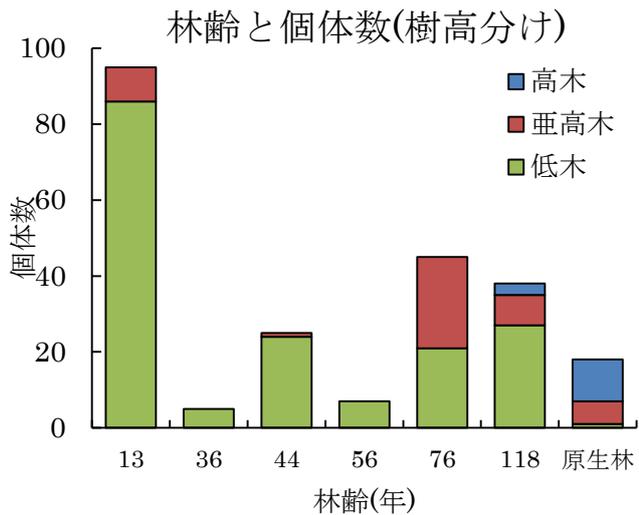


図4 林齢と個体数(樹高分け)

図5 林齢と個体数(樹種分け)

#### (4)BA 比

林齢と BA 比の関係を表したグラフを樹高分けと樹種分け別にそれぞれ図 6 と図 7 に示します。

BA 合計は調査対象が人工林であったことから、原生林を除いて全てのプロットにおいて植栽木の割合が約 89%~99%を占めていました。また、林齢が上がるにつれて広葉樹の優占度が高くなり、高木種 BA 比の割合が高くなる傾向が見られました。しかし、樹高分けの種数(図 2)で低木しか侵入していない 36 年生と 56 年生のプロットは、極端に BA 合計が低くなりました。

BA 比は BA 合計から算出するので、一個体当たりの BA が小さい低木種は、個体数が多くても BA 合計は大きくなり、優占度は小さくなります。一方、亜高木や高木は一個体あたりの BA が大きいので、個体数が少なくても BA 比に占める割合は大きくなります。以上のことから、BA 比は個体数の影響を受けず、個体数・種数とは異なる各階層の優占度を表す指標として活用が可能と考えられます。しかし、優占度が高いことが必ずしも多様性が高いということに直結す

るとは限らないので、評価値を冷静に受け止める必要があり、また、BAのみを用いた計算から算出するBA比は、現場の樹冠の優占度を評価する指標ではない点にも留意する必要があります。

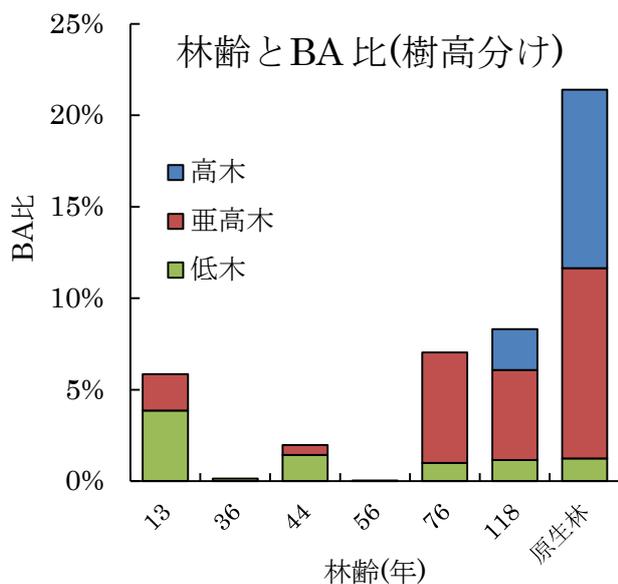


図6 林齢とBA比(樹高分け)

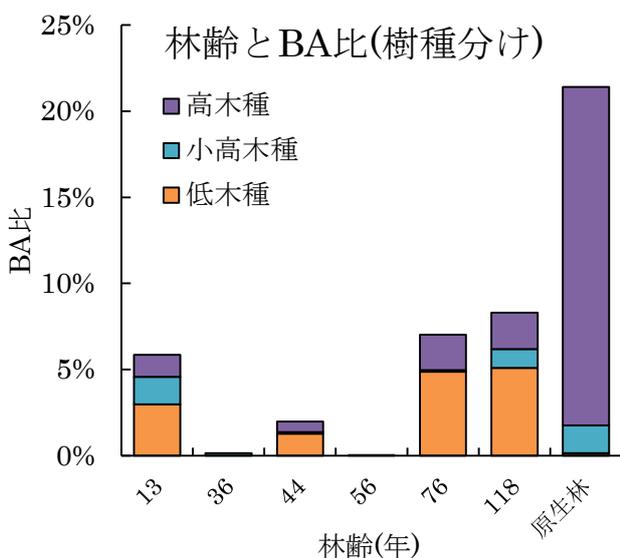


図7 林齢とBA比(樹種分け)

#### (5) 多様度指数

林齢と各種多様度指数の関係を表したグラフを図8に示します。

段戸国有林は各プロットの種数に大きな差があり、個体数も種数と同じような傾向で変化しているため、種多様度指数の計算結果は種数・個体数と似たような傾向を示し、計算結果は比較的現実に則したものとなりました。また、高齢になるほど値が高くなり、多様性が豊かになっていました。

今回計算した各種多様度指数の数値は、どの指数も同じような傾向を示しています。よって、今回用いた指数を複数使用して広葉樹の多様性の評価を試みても、各指数が同じ傾向を示すため多角的な評価とはならないと考えられます。そのため、このうち1種類のみを種多様度指数として用いても問題はないと考えられます。ただし、種多様度指数は計算に用いる種数・個体

数などと合わせて、その計算結果が現実に則したものであるかを冷静に判断する必要があり、種多様度指数単独での広葉樹の多様性評価は好ましくないと考えられます。

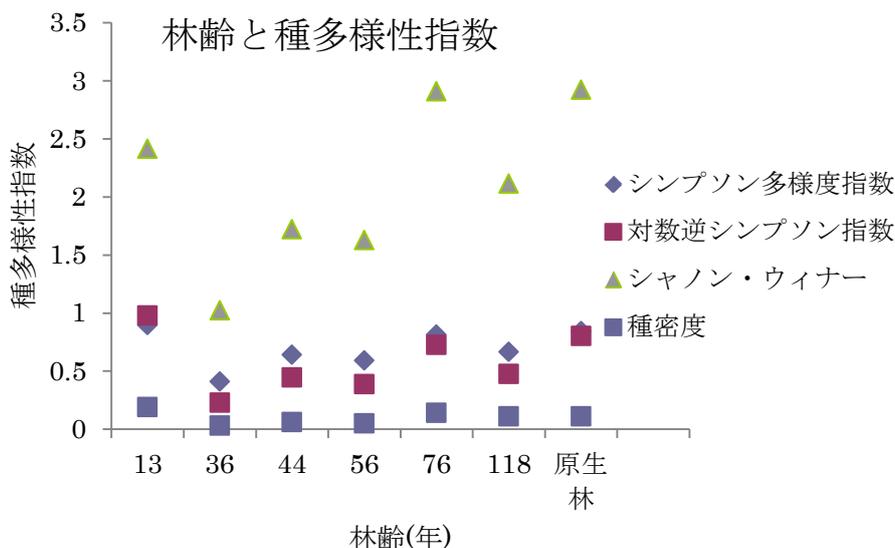


図8 林齢と種多様度指数

### 3 考察

#### (1) 各指標の検討

表2に広葉樹の多様性評価に用いた各指標のメリット、デメリットをまとめました。

本研究では、各指標にはそれぞれ特徴があり、指標間の優劣はつけられないことが明らかとなりました。これは指標ごとに生物多様性の異なる側面を評価しているためと考えられ、広葉樹の多様性の多角的な評価をし、かつ各指数の欠点を補い合うために、評価の対象が異なる指標を組み合わせ使用するのが有効と考えられます。また、広葉樹の多様性のどの側面を評価したいかによってどの指標を用いるか決定する必要があると考えられます。

本研究では、各階層の優占度を評価するならばBA比を用いる、小班の多様性の比較をするならば、ひとつの数字で小班の多様性を表すことのできる種多様度指数を用いることが有効であると示唆されました。

表2 各指標の検討

指標	メリット	デメリット
種数	汎用性が高い 森林の指針作りに有効	均等度が分からない サンプルサイズの影響が大きい
個体数	均等度が分かる	個体が多いと過大評価
BA比	優占度が分かる 個体数の影響を受けにくい	優占度＝多様性とは限らない 樹冠の優占度は評価の対象外
種多様度指数	1つの数字＝分かりやすい	母数の影響大

#### (2) 段戸国有林の生物多様性評価

段戸国有林は、小班間の評価の差が林齢によって大きく異なっているのが特徴でした。変化の段階としては、13年生で各評価値が高く、36～56年生が低く、76年生以降は再び回復するという3つに大きく分けることができました。これは、13年生は除伐前で侵入した広葉樹が多

く残されているため各評価値が高く、逆に、36～56年生は間伐を行う齢級にあたり植栽木の間伐の際に広葉樹も切られるなどしているために各評価値が低くなっていると考えられます。76年生以降は主伐を行う齢級であり、間伐がある程度終わり、残された広葉樹が成長を始める影響で評価値が回復したと考えられます。以上のことから、段戸国有林では広葉樹の多様性は施業の影響を強く受けるということが示唆されました。

おわりに

本研究では、生物多様性を高める森林管理のあり方を明らかにするために、人工林の広葉樹の多様性を多角的に評価する手法を検討し、その結果、評価に用いる指標は、各階層の優占度を評価するならばBA比を、小班の多様性の比較をするならば種多様度指数を用いるのが有効であることが明らかとなりました。しかしながら、本研究で検討してきた評価手法・指標はいずれも一長一短があり、各指標単独での使用は誤った評価や認識を与えかねないことも示唆されました。今後は、これらの指標を複合的に利用していくことで、より効果的な生物多様性の評価が行えると考えられます。

また、本研究ではヒノキ人工林にのみ着目して評価の検討を行いました。今後はスギ人工林における調査・評価や、手入れ不足の人工林での調査、また小班単位ではなくさらに広域なスケールを対象とした評価などを行っていく必要があります。

<参考文献>

(1)中部森林管理局 計画的な施業による生物多様性の保全効果(段戸国有林) 資料

(2)中部森林管理局(2011)国民の森林 国有林

[http://www.rinya.maff.go.jp/chubu/introduction/gaiyou\\_kyoku/pamphlet/pdf/20110223kyoku-panhu.pdf](http://www.rinya.maff.go.jp/chubu/introduction/gaiyou_kyoku/pamphlet/pdf/20110223kyoku-panhu.pdf) (2012/1/17閲覧)

(3)外務省(2011)国連における森林問題への取組

[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/bunya/shinrin\\_un.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/bunya/shinrin_un.html) (2012/2/14閲覧)

(4)真坂一彦・山田健四(2008)ニセアカシア人工林における植物種多様性. 森林立地, 50, 125-132.

(5)長池卓男(2000)人工林生態系における植物種多様性. 日本林學會誌, 82, 407-416.

(6)内閣府(2007)森林と生活に関する世論調査

<http://www8.cao.go.jp/survey/h19/h19-sinrin/index.html> (2012/2/13閲覧)

(7)日本林業技術教会(2000)森林・林業百科事典 丸善 p468、469、p567、p1049

(8)林野庁(2012)都道府県別森林率・人工林率.

[http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/sinrin\\_ritu.html](http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/sinrin_ritu.html) (2012/1/26閲覧)

(9)茂木透(2008)樹に咲く花-合弁花・単子葉・裸子植物(山溪ハンディ図鑑5). 第3版4刷, 山と山溪社, 719p.

(10)茂木透(2008)樹に咲く花-離弁花①(山溪ハンディ図鑑3). 第4版2刷, 山と山溪社, 719p.

(11)茂木透(2008)樹に咲く花-離弁花②(山溪ハンディ図鑑4). 第2版6刷, 山と山溪社, 719p.

(12)頭山昌郁・中越 信和(2004)種多様性の評価における二, 三の問題点: 錯綜する多様度の表現とその計量. 環動昆, 15, 31-48.