

平成 27 年度

生物多様性の定量化指標の
活用に関する実施業務
報告書

平成 28 年 3 月

林 野 庁

目次

1. 事業の背景及び目的	1
1.1. 背景	1
1.2. 目的	2
2. これまでの成果の整理	3
2.1. 定量化指標の開発	3
2.2. 定量化指標の検証	6
3. 実施内容	8
3.1. 地域管理経営計画等の参考資料として活用可能な定量化指標の調査・検討	8
3.1.1. 生態学等の見地に基づいた森林計画区の区分	8
3.1.2. 多様性の推定モデルの算出および全森林計画区で統一的に活用可能な定量化指標の検討	14
3.1.3. 定量化指標活用マニュアル案の作成	33
3.1.4. 国有林野職員への定量化指標活用説明会の実施	40
4. 今後の課題	43
巻末資料	45
1 聞き取り調査結果	45
2 説明会発表資料	49
3 定量化指標活用マニュアル（生物多様性指標活用手順書）	85

1. 事業の背景及び目的

1.1. 背景

林野庁では、平成 20 (2008) 年に「森林における生物多様性保全の推進方策検討会」を設置して、今後の森林における生物多様性の保全及び持続可能な利用に向けた森林・林業施策等の検討を行い、平成 21 (2009) 年 7 月に「森林における生物多様性の保全及び持続可能な利用の推進方策」(以下「推進方策」)を取りまとめている。推進方策では、我が国の森林における生物多様性の保全に向けた基本的方向やそれを実現するために必要となる具体的対策について提言しており、生物多様性の保全に関する定量化については、以下のように示している。

➤ 基本的方向

生物の多様性が科学的に解明されていない要素が多くあることを十分認識した上で、不確実性を減らすための調査研究に取り組むとともに、当初の予想どおりとならない事態も起こり得ることを、あらかじめ管理システムに組み込み、常にモニタリングを行いながらその結果に合わせて対応を変える順応的管理の考え方が重要。

このため、森林資源の保続培養を図るために必要な森林施業の規範を示す森林計画制度は生物多様性の保全及び持続可能な利用の観点から十分に評価されるもの。

➤ 具体的対策

森林生態系の不確実性を踏まえた順応的管理の考え方を基本とすることが重要であり、流域を単位として、地域の実情に応じ、①生物多様性の評価軸となる森林植生の変化等に関連する指標群を設定し、森林生態系のモニタリングにより個々の指標ごとの現状を客観的に捉えることにより地域全体の森林の植生構造の変化等を把握し、②そのような科学的・客観的な分析を通じ、それぞれの流域において生物多様性の保全及び持続可能な利用を図る上での政策課題や重点的に取り組むべき施策を関係者の合意により明らかにし、③それを次の森林計画の策定に反映させていくという、森林計画策定プロセスの一層の透明化を図っていくことが重要。

また、林政審議会は、平成 23 (2011) 年 12 月に、農林水産大臣に「今後の国有林野の管理経営のあり方について」を答申している。この中で、今後の国有林は、地域の森林経営のモデルとなるよう、より一層の資源管理の高度化を図っていく必要があり、これまでの量的分析に加え質的な面からも、計画作成において、生物多様性保全に係る数値指標を用いた分析に試行的に取り組む。また、モザイク的な林分配置や森林の連続性等を定量的に表す手法の開発を進め、林分の内容と配置を常に念頭において管理を進めるべきであるとされている。

さらに、平成 24 (2012) 年 9 月に閣議決定された「生物多様性国家戦略 2012-2020」では、国有林野における計画に基づく各種取組について、生物多様性の保全と持続可能な利用の推進の観点から、森林計画区レベルで複数の指標により定量的に評価する仕組みの検討を進めるとされている。

1.2. 目的

森林における生物多様性の保全に対する関心や期待が国内外で高まる中、国有林野の管理経営に当たっては、生物多様性の保全も含め期待される役割を十分に果たせるよう、森林における健全性の維持・確保に取り組んでいる。これからは、生物多様性の保全に向けた取組に加え、その取組を分かりやすく国民に説明することが求められている。しかしながら、その取組の効果を定量的に把握することが可能な科学的根拠に基づく指標や指標に基づく意思決定手法は、本事業が始まるまでは開発されておらず、国有林野事業を効果的に推進する上で、指標の開発等が必要であった。このため、国有林野事業では、生物多様性の保全及び持続可能な利用に向けて、科学的な考え方を背景に透明かつ検証可能な方法を用いて定量化のための指標の開発や検証を平成 21 年度から行ってきた。

平成 21 年度に実施した「地域管理経営計画参考資料（生物多様性保全の取組状況）作成のためのマニュアル作成事業」では、生物多様性保全の取組状況を定量化するための 4 つの基準と 12 の指標を定め、これに基づき地域森林計画を一つの単位とした定量化を試行した。

平成 22 年度に実施した「国有林野における生物多様性の保全に向けたデータベース運用等事業」では、4 つの基準と 12 の指標について、実際に地域管理経営計画に活用していくための手順として、林野庁及び森林管理局担当者を対象とした講習会、多様性定量化資料の検証と改良、運用サポートについて実施した。

平成 23 年度および平成 24 年度に実施した「生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する定量化手法検証プロセス設計事業」においては、生物多様性を評価するために選定された定量化指標の特性について検討するため、定量化指標と森林生態系多様性基礎調査（モニタリングデータ）との比較により、生物多様性を示す数値（取組効果指標）について評価を行ったところである。

しかしながら、これまでの定量化指標の開発や検証は、1 時期（現状の森林調査簿及び国有林 GIS）における指標の算出及び検証、並びに取組状況の検証を対象にしてきたところである。

国有林野の管理経営は、地域管理経営計画や国有林野施業実施計画をもとに実施されるため、一定の目標設定にしたがって長期的に管理を行っていけば、定量化指標は長期的に大きく変化することになり、現在の管理目標設定の妥当性を長期的な視点から予測することが可能となる。このような観点から、平成 25 年度においては、長期予測のシミュレーションを改良・試行することにより、将来的な多様性の動向を検討する手法を調査・検討した。

これらの経緯をふまえ、本年度（平成 27 年度）業務においては、過年度業務の成果を総括するとともに、これまでの全国一様に適用する形であった定量化指標を改め、新たに生態学的な見地に基づいた全国森林計画区の類型化（気候区分）を設け、地域独自のモデルを作成することにより、より地域の自然環境に対応した定量化指標を開発した。

引き続き過年度と同じ内容の指標を用いつつ一般化線形モデルの係数で重み付けすることによる科学的手法を用いているが、生物多様性を説明する指標の基準については、これまでの 4 基準・12 指標を改め、より分かりやすく 17 種類の指標として用い、それらの名称についてもよりわかりやすいものに改正した。これらの改善を加えることで、地域管理経営計画策定の際によりわかりやすい参考資料とすることを目的とした。各森林管理局において、国有林の地域管理経営計画策定の際の参考資料として活用する事を目指す。

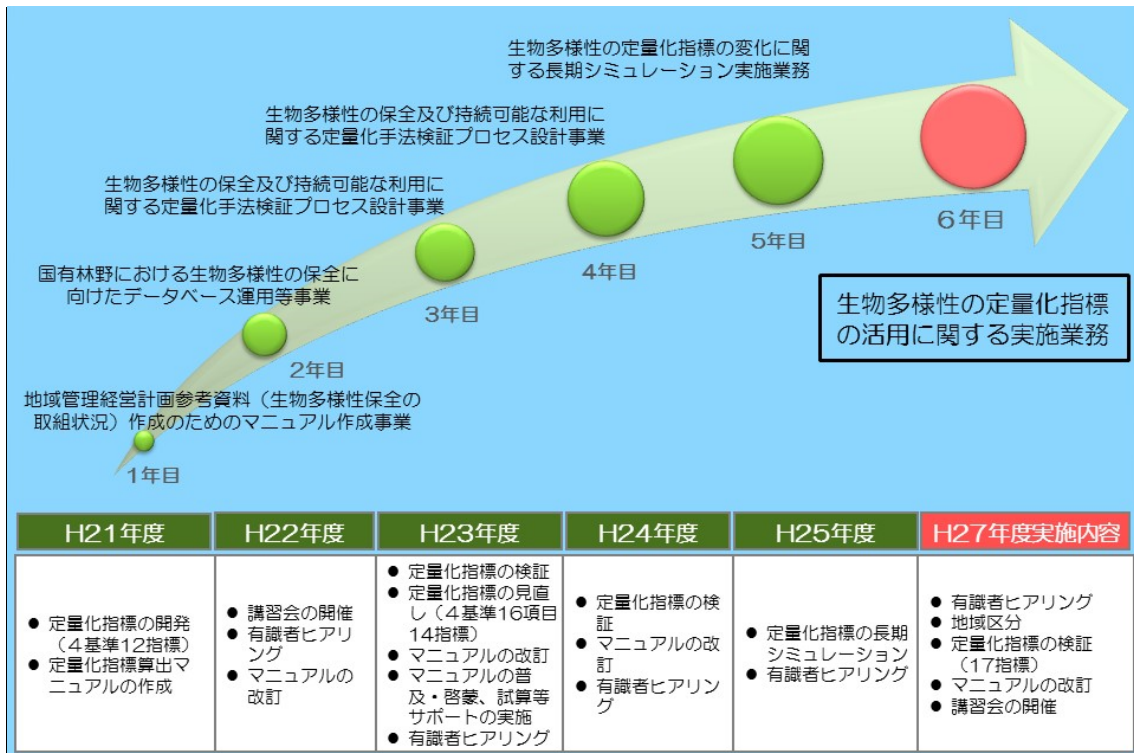


図 1 生物多様性に関する定量化事業のロードマップ

2. これまでの成果の整理

2.1. 定量化指標の開発

平成 23 年度までに開発及び見直しされた定量化指標（4 基準 16 項目 14 指標）を（表 1）に示す。

なお、定量化指標「散在度」「多様度指数」の算定に用いる森林タイプ区分を表 2 に示す。

表 1 定量化指標 (4 基準 16 項目 14 指標)

項目	指標	定義/指標の算出方法	指標の値範囲	指標が表すもの	対象となる国家戦略の生物多様性の価値基準	生物多様性に与える影響	指標の数値変化の特徴	指標がネガティブ傾向になる要因	ネガティブ傾向のとき生物多様性に影響があるか	ネガティブ傾向が出た場合の他にみるべき指標	検証方法・資料	
林分配置・年齢構成の多様化	散在度 (IJI)	$IJI = \frac{-\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \cdot \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right)}{\ln(1/2 [m'(m'-1)])} \quad (100)$ <p>e_{ik}: パッチiとパッチkの接している総周囲長 E: 対象景観内の総エッジ長 m: 対象景観内のパッチタイプ数</p>	0 < IJI ≤ 100	様々な森林タイプが散らばって存在しているかというを示す指標	種の多様性	森林に依存している生物は自然度の高い林分から若齢の人工林まで、異なる様々な森林タイプを必要としている。森林計画区程度の広がりをもつランドスケープレベルにおいて多様性の保全を図る場合、このように異なる森林タイプをモザイク的に配置し、多様化させることが重要である。	散在するほど数値が高くなる	同じ森林タイプの施業を隣接して行っている	均一である(散在していない)ほどパッチ面積が広く、パッチ密度は小さくなるので、大きいパッチ面積を必要とする生物の多様性にはプラス	パッチの平均面積 パッチの密度	森林タイプの見直し 天然林を含めた計算	
	多様度指数	多様度 (SHDI)	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$ <p>P_i: パッチタイプiがその景観全体において占有している割合</p>	0 ≤ SHDI	森林タイプがどの程度多様に出現するかというを示す指標	種の多様性	森林に依存している生物は自然度の高い林分から若齢の人工林まで、異なる様々な森林タイプを必要としている。	多様な森林タイプで構成されるほど数値が高くなる	類似の森林タイプで構成されている	生物多様性にプラスと考えられる森林タイプが多くを占めている場合はプラス	生物多様性にプラスと考えられる森林タイプの面積割合	
		多様度 (SIDI)	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$ <p>P_i: パッチタイプiがその景観全体において占有している割合</p>	0 ≤ SIDI < 1	SHDIと同様の指標。	種の多様性	同上	同上	同上	同上	同上	
	年齢構成の偏り度	年齢の分散	育成単層林において、(林齢-平均林齢)の2乗和を(小班数-1)で割った値(対象地域全体を母集団とみなすので、自由度を1引いた不偏分散を用いる)	1以上	年齢構成の偏り(偏りの幅)	種の多様性	年齢構成の偏りは依存する種の偏りを招くため、年齢の分散は高いほうが良い	年齢構成が偏るほど分散が小さくなる	造林の減少などにより、年齢構成が平準化されていない ※長期的な動向	生態系の多様性ではマイナス。どの年齢で偏っているかを注意しなくてはならない。高年齢の場合、光が入っていれば種の多様性にはプラス	年齢構成	
		尖度	育成単層林において、(林齢-平均林齢)の4乗の期待値(4次のモーメントという)から3を引いた値	0を中心とした値	年齢構成の偏り(偏りの大きさ)	種の多様性	年齢構成の偏りは依存する種の偏りを招くため、年齢の尖度は小さいほうが良い	年齢構成が偏るほど尖度が大きくなる	高年齢林分の大規模な一斉伐採、大面積の一斉造林、風害、病虫害による特定年齢の被害などにより、極端に特定の年齢が多く存在している	同上	年齢構成	
		パッチの平均面積	新規追加	0以上	林分パッチの平均面積	種の多様性	パッチ面積が大きければ大きいほど、その内部の地域環境(微気象、植物の構造、地形など)の変化が多様であるため、さまざまな生物がパッチ内で生息に適した環境を選択する機会を得られる。したがって一般的にパッチが大きければ大きいほど、面積の小さいパッチよりも多くの種が生息可能であり個体数も多いとされている。パッチ面積が大きいほど空間構造として優れている。	パッチの平均面積が小さくなるほど数値が小さくなる	小面積の施業が行われている	散在度的にはプラス	散在度	
		パッチの密度	新規追加	0~100	林分パッチの密度	種の多様性	パッチの合計面積が同じであればパッチ密度が小さい(パッチ数が少ない)ほど個々のパッチ面積が大きく、さまざまな生物がパッチ内で生息に適した環境を選択する機会を得られ、多くの種が生息可能であることから、パッチの合計面積が同じであればパッチ密度が小さいほど空間構造として優れている。	パッチの密度が小さくなるほど数値が小さくなる	異なる森林タイプの施業を隣接して行っている	散在度的にはプラス	散在度	
		天然林面積率	新規追加	0以上	森林全体に占める天然林面積の割合	種の多様性	人工林に比べ、天然林は生物多様性への寄与が高い	森林全体に占める天然林の割合が高いほど数値が大きくなる	天然林の伐採	○	多様度指数	

項目	指標	定義／指標の算出方法	指標の値範囲	指標が表すもの	対象となる国家戦略の生物多様性の価値基準	生物多様性に与える影響	指標の数値変化の特徴	指標がネガティブ傾向になる要因	ネガティブ傾向のとき生物多様性に影響があるか	ネガティブ傾向が出た場合の他にみるべき指標	検証方法・資料	
森林施業の適切な実施	間伐面積の計	基準年より5年前までに間伐が実施された小班の面積の合計。調査簿データの「伐年度間」フィールドの値が(基準年-5)となっている小班の面積の合計	0～総面積	間伐面積	種の多様性 遺伝的多様性	間伐は多様性の維持・保全に短期的にプラスの効果を与えることから、間伐面積は多いほうが良いとする	間伐面積が大きいほど数値が大きくなる。	間伐面積の減少 ※ただし、長期的に減少傾向が続く場合、または著しく間伐面積が減少する場合など。	学識経験者からは再検討との指摘	年齢構成の偏り度 ※間伐対象林分の不在伐採量の合計 ※主・間伐施業の未実施		
	複層林、針広混交林面積の計	複層林面積の計	調査簿データの「林種の細分ID」フィールドの値が2(育複)となっている小班の面積の合計	0～総面積	複層林面積	種の多様性 遺伝的多様性	複層林が多いほど多様性に対してプラスの効果を与えられられる。	複層林面積が大きいほど数値が大きくなる。	複層林面積の減少 ※上木の伐採による一時的なネガティブ傾向	学識経験者からは再検討との指摘	多様性指数	
		針広混交林面積の計	調査簿データの「林相ID」フィールドの値が3(針広)となっている小班の面積の合計	0～総面積	針広混交林面積	種の多様性 遺伝的多様性	針広混交林が多いほど多様性に対してプラスの効果を与えられられる。	針広混交林面積が大きいほど数値が大きくなる。	針広混交林の伐採	○	多様性指数	
	成長量と伐採量の差	成長量の合計	調査簿データの「成長量」フィールドの値の合計値を5倍した値	0以上	指標としては扱わない	種の多様性 遺伝的多様性						
		伐採量の合計	基準年の5年以内に主伐又は間伐が行われた小班を対象に、調査簿データの「主伐採材積」フィールド及び「間伐採材積」フィールドの値の合計値	0以上	指標としては扱わない	種の多様性 遺伝的多様性						
成長量－伐採量		上記2つの数値の差分	正負いずれの値も取り得る	成長量－伐採量	種の多様性 遺伝的多様性	持続可能な森林経営のためには、成長量を超えて伐採しないことが望ましい。	成長量以上に伐採量が大きくなると数値がマイナスになる	成長量以上の伐採	学識経験者からは再検討との指摘	伐採量 ※伐採量の急激な変化		
森林生態系の連続性・多様性の確保	天然生林・育成天然林の連結指数	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} (100)$ (1-パッチ周囲長の合計/パッチ周囲長×パッチ面積の平方根の合計)/(1-1/全体面積の平方根)×100	0～100	天然林や育成天然林がどれだけ連結しているか	種の多様性 遺伝的多様性	天然林や育成天然林は動物の移動経路として重要である。連結指数は維持・増進される方向が必要である。	天然林や育成天然林が連結しているほど数値が大きくなる	天然林や育成天然林の伐採や分断	保護林の分断度と同様	天然林面積 ※ただし、小面積の伐採による分断化の場合、面積では確認できない場合がある。		
	高齢級林分面積の計	人工林の60年生以上の林分を高齢級林分と定義する	0～人工林の総面積	高齢級林分面積	種の多様性 遺伝的多様性	現在、壮齢級に偏っているわが国の資源構成で、高齢級の箇所を出現させることが必要である。	高齢級面積が大きいほど数値が高くなる	高齢級林分の伐採	○	年齢構成の偏り度		
	若齢級林分面積の計	人工林の20年生未満の林分を若齢級と定義する	0～人工林の総面積	若齢級林分面積	種の多様性 遺伝的多様性	現在、壮齢級に偏っているわが国の資源構成で、若齢級の箇所を出現させることが必要である。	若齢級面積が大きいほど数値が高くなる	伐採、造林の減少	○	年齢構成の偏り度		
希少種の生息・生育環境の保全	保護林面積の計	保護林面積の合計	0～対象面積	保護林面積	種の多様性 遺伝的多様性	保護林の面積は特に保護対象の維持・保全上、維持もしくは拡充が望ましい	保護林面積が大きいほど数値が大きくなる	保護林の解除	○	保護林の分断度	保護林の解除申請 現地確認(解除箇所)	
	保護林の分断度	$SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$ 対象全域の面積の二乗/個々のパッチ面積の二乗の和	$1 \leq S \leq$ 景観内のセルの数の二乗	保護林の分断程度	種の多様性 遺伝的多様性	面積だけでなく、保護林は可能な限りまとまって存在することで機能が発揮される。そのためにも保護林の分断度は低いことが望ましい姿である。	保護林が分断されていないほど数値が高くなる	保護林の解除		分断化によるパッチ数の増加は、自然かく乱からのバリアーを形成し、かく乱の広がりを抑制するほか、多数の密集する生息地パッチを形成することで種の多様性を増加させることがある。一方、人為的変化によるパッチの分断化にともなうパッチ数の増加は、保全の観点からは望ましいことではないとされている。	保護林の面積	保護林の解除申請 現地確認(解除箇所)

表 2 森林タイプ区分

林種細分	齢級区分		名称
育成単層林	若齢林 1～20 年未満	間伐あり	育単若間
		間伐なし	育単若無
	壮齢林 20～60 年未満	間伐あり	育単壮間
		間伐なし	育単壮無
	高齢林 60 年以上	間伐あり	育単高間
		間伐なし	育単高無
育成複層林			育複
育成天然林			育天
天然生林			天生
未立木地，伐採跡地等			伐跡
林地外			林地外

2.2. 定量化指標の検証

平成 23、24 年度に実施した定量化指標の検証とは、現地調査から求めた生物多様性を示す数値（取組効果指標）と定量化指標の関係性を検証することである。なお、取組効果指標として、森林生態系多様性基礎調査から求められる以下の多様性情報を採用することとした。

平成 23、24 年度の項目

- ① 下層木の多様度指数
- ② 中層木の多様度指数
- ③ 植生調査での出現種数
- ④ 植生調査における下層木植被率
- ⑤ 植生調査における草本植被率

定量化指標の検証について、平成 24 年度は、どの定量化指標がどの程度、特定の取組効果指標に影響を与えるかを求める検証プロセスについて検討している。この検証には生態学の分野で一般的に用いられている統計モデルである一般線形モデル(GLM: Generalized Linear Model) による関係分析と AIC（赤池情報量規準 Akaike's Information Criterion）による変数（本業務の場合は定量化指標）選択が有効であると考えられた。

AIC による変数選択後の最終的な GLM における各説明変数（定量化指標）の係数を表 3 に示す。空欄は AIC の結果、説明変数として有効とされなかった場合に発生する。ほぼすべての定量化指標が取組効果指標に影響を与えていた。係数がプラスの場合は取組効果指標に正の影響を、マイナスの場合は負の影響を与える。例えば、ある森林計画区の「下層木の多様度指数」を推定する場合は、各定量化指標を標準得点化した上で、次のように計算を行う。

$$\begin{aligned}
 & \text{下層木の多様度指数（平成 27 は下層木の多様度指標）} = \\
 & 0.8267 \times \text{散在度} - 1.0030 \times \text{多様度指数} + 0.2303 \times \text{林齢の分散} \\
 & - 0.6952 \times \text{林齢の尖度} + 0.5505 \times \text{パッチの平均面積} + 1.2600 \times \text{パッチの密度} \\
 & - 0.1499 \times \text{天然林面積率} + 2.1090 \times \text{間伐面積の計} - 1.7800 \times \text{複層林の計} \\
 & 0 \times \text{針広混交林面積の計} + 0.5789 \times \text{成長量と伐採量の差} + 0.1982 \times \text{連結指数} \\
 & + 0.3690 \times \text{高齢級林分の計} - 0.1150 \times \text{若齢級林分の計} - 0.6786 \times \text{保護林面積の計} - \\
 & 0.3420 \times \text{分断度} + 0.5645 \times \text{平均降水量} - 0.0309 \times \text{平均温量指数} + \text{切片}
 \end{aligned}$$

表 3 H24 年度における GLM における各説明変数（定量化指標）の係数

	下層木の 多様度指 数	中層木の 多様度指 数	植生調査 での出現 種数	植生調査 における 下層木植 被率	植生調査 における 草本植被 率
散在度 (IJI)	0.8267	0.5691	-1.3190	-1.8800	-0.6339
多様度指数 (SHDI)	-1.0030	-0.7726	0.4756	0.2328	-0.1774
林齢の分散	0.2303	0.6489	-0.6601		0.4901
林齢の尖度	-0.6952		-2.3870	-3.0670	1.9160
パッチの平均面積	0.5505	1.0130	3.9060	8.9530	-3.8800
パッチの密度	1.2600	0.9364	5.1850	10.1300	-5.1930
天然林面積率	-0.1499	0.2873	-0.9405	-2.2930	0.7054
間伐面積の計	2.1090	2.7310	-2.8470	-5.4970	-0.9239
複層林の計	-1.7800	-1.8300	3.7670	7.1450	
針広混交林面積の計			1.6380	3.4180	-1.3960
成長量と伐採量の差	0.5789	1.9080	-0.8709	-1.2190	-1.1070
連結指数 (COHESION)	0.1982		-0.9997	-1.3520	-0.2337
高齢級林分の計	0.3690	0.8000	-0.6718	-0.9498	-1.0830
若齢級林分の計	-0.1150	-2.1690	-1.1690	-2.4610	2.7190
保護林面積の計	-0.6786	-0.5683	2.0810	3.6550	
分断度 (SPLIT)	-0.3420	-0.5735	0.9110	1.6270	-0.6273
平均降水量	0.5645	0.3888	-2.0770	-1.3860	-0.7465
平均温量指数	-0.0309	-0.4718	2.1950	1.3600	-0.2763
(切片)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

3. 実施内容

3.1. 地域管理経営計画等の参考資料として活用可能な定量化指標の調査・

検討

3.1.1. 生態学等の見地に基づいた森林計画区の区分

(1) 生物多様性保全のための国土区分の検討

生物多様性に考慮した国土区分については、いろいろな事例が生物分布境界線として存在する。日本植物区系（前川文夫,1977年,玉川大学出版部）においては、日本列島の地史的背景を基盤として現在の植物相を9地域に区分している。生物地理学的区分の方法の単位としては、地質や気象条件、潜在自然植生などいろいろあり、遺伝子レベルでの地域集団の境界なども存在し、メダカやホタル類、ブナなどで知られ、小林達明・倉本宣（2006）のESU（Evolutionally Significant Unit・進化的重要単位）の考え方に基づく日本の温帯性緑化用苗木適用のための国土区分試案植生区分（図2）がある。

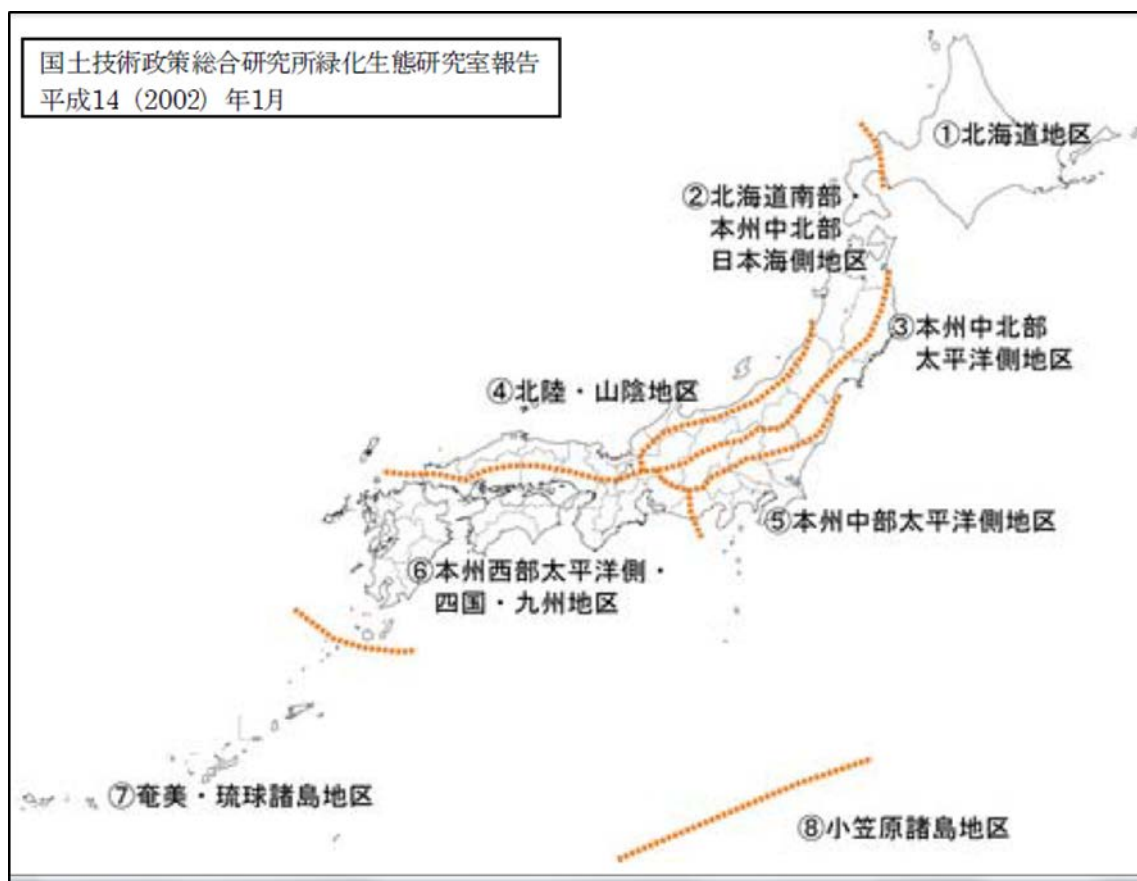


図2 日本の温帯性緑化用苗木適用のための国土区分試案植生区分

また、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室報告（2002）の植生帯のエリア図では、気候要因等を基にエリア区分し、そのエリアを代表する植生やその構成種を類型化しており、北海道南西部の黒松内低地帯（ブナの自生分布の北限）などを考慮している。

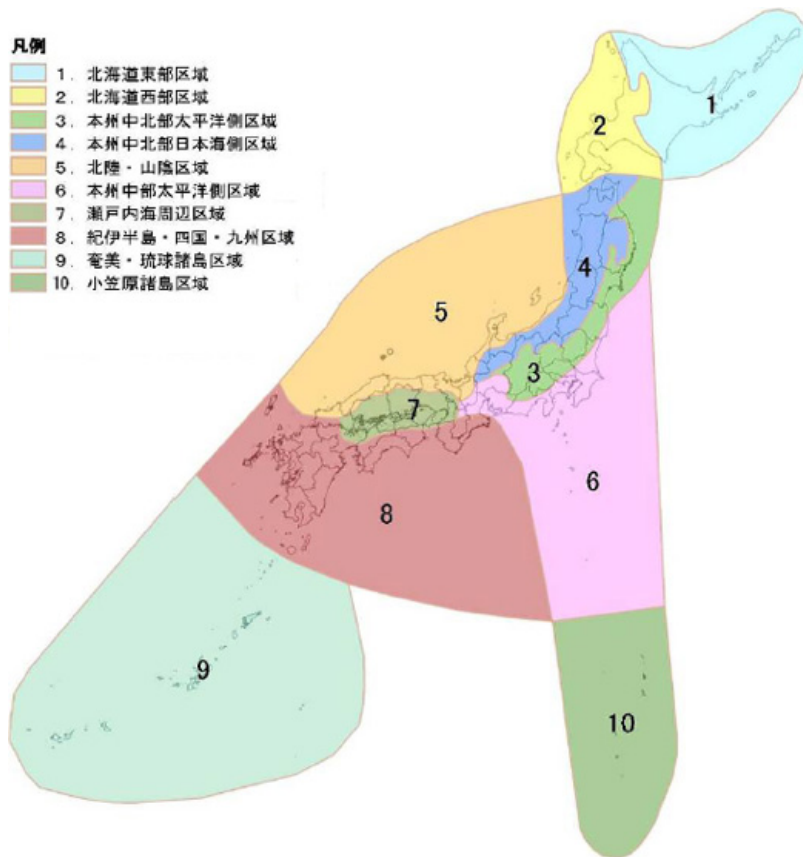
その他、農林学においても、林業種苗法種苗配布区域図においては、スギの植林の際に考慮すべき遺伝子の空間区分図なども開発されている（図3）。



図3 林業種苗法種苗配布区域図

環境省では平成9年に、多様な自然環境を有する我が国の国土レベルでの適切な生物多様性保全施策の推進を図るため、生物多様性保全の基本単位として生物学的特性から見た地域のまとまりを概括的に把握し、その保全目標と方策を整理するため、日本列島の地史的成立経緯や生物学的特性とともに、生態系の基盤である植生に強く影響する気候的要素等に着目して、全国を10地域に区分する国土区分（試案）を取りまとめている。¹

¹生物多様性保全のための国土区分（試案）及び区域ごとの重要地域情報（試案）について.環境省.平成9年12月25日. (<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=2356>)



生物多様性保全のための国土区分 (国土10区分)

図 4 生物多様性保全のための国土区分

この国土区分（試案）では、指標として、「大陸島嶼・海洋島嶼」「渡瀬線・ブラキストン線²⁾」、「気温(温量指数³⁾」、「年間降水量」を用い、全国を、①北海道東部区域、②北海道西部区域、③本州中北部太平洋側区域、④本州中北部日本海側区域、⑤北陸・山陰区域、⑥本州中部太平洋側区域、⑦瀬戸内海周辺区域、⑧紀伊半島・四国・九州区域、⑨奄美・琉球諸島区域、⑩小笠原諸島区域に区分している。

国土区分（試案）の指標を図 5 に示す。

² 渡瀬線：屋久島・種子島と奄美諸島との間、七島灘(トカラ列島)に東西に引いた生物地理上の境界線

ブラキストン線：本州及び北海道の間に引かれた生物境界線で、1880年、T.W.BlakistonとH.Pryrが鳥類の分布から提唱し、J.Milneが命名したもの

³ 温量指数：吉良竜夫(1945)の考案による積算温度の一種で、月平均気温5℃を越える期間内の個々の月平均気温から5℃を減じて加算した値。北海道の亜寒帯(北方針葉樹林帯)と冷温帯(夏緑樹林帯)の区分の境となる指数が55、冷温帯と暖温帯(照葉樹林帯)の区分の境となる指数が85とされている

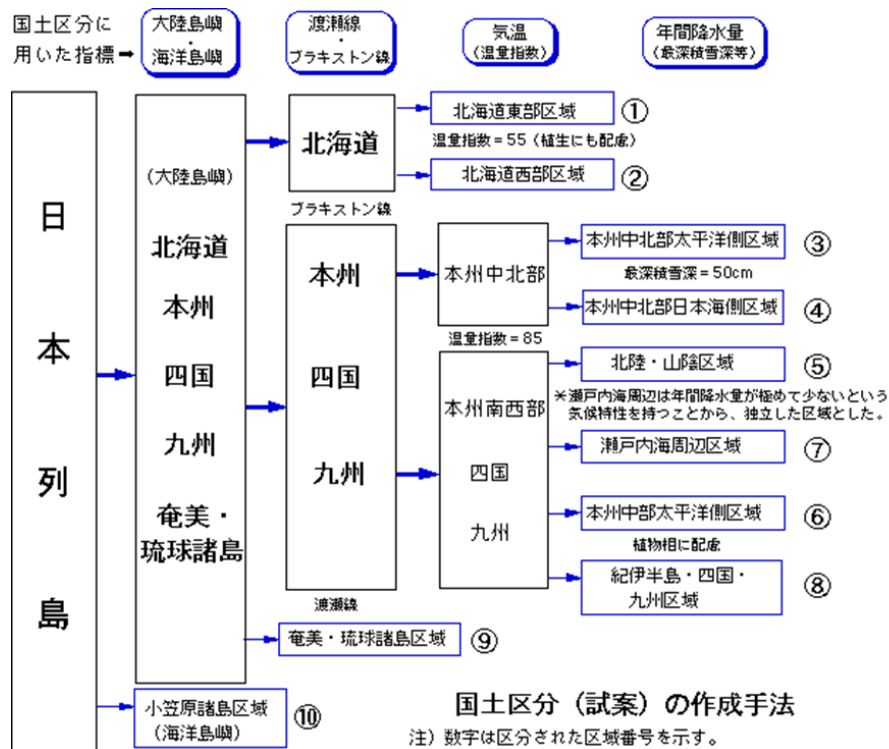


図 5 国土区分(試案)の指標

本事業では、植生を対象とした生物多様性の定量化手法を検討していることから、植生に影響する気候要素等に基づいて全国の区分を行っている環境省の国土区分(試案)を採用することとした。

次に、全国 158 の森林計画区(図 6)を、国土区分(試案)に基づき分類した。

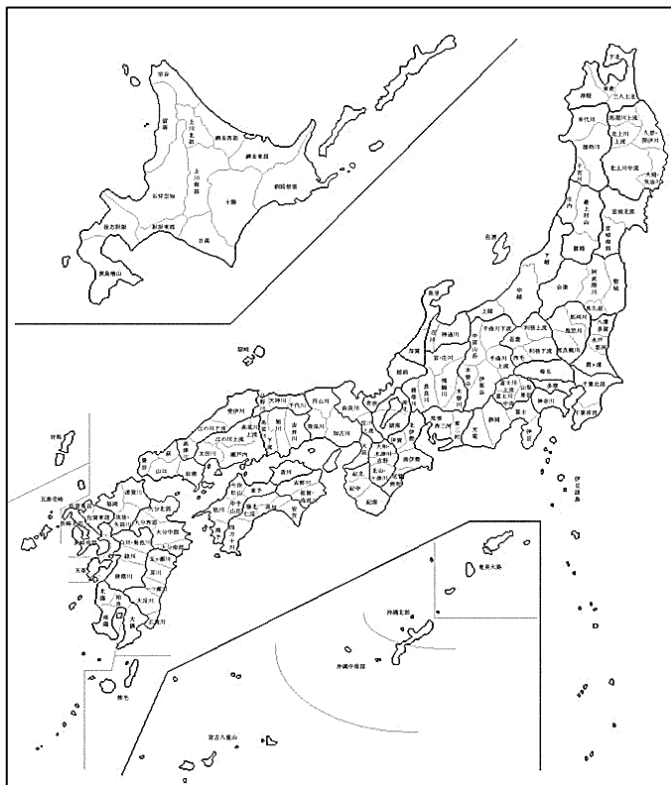


図 6 森林計画区(流域)界図

後述する学識者の意見も伺い、北海道については、東西を分割することで生物多様性の推定モデルを作成する際に必要な森林計画区の数に統計処理を行う上で不十分になってしまうため、他の地域との統計学上の整合性も考慮して、北海道を東西に分割せず一つの区分とした。

また、伊豆・小笠原諸島（第 49 森林計画区）および南西諸島（第 155 から第 158 の 4 計画区）についても、統計学上十分なサンプル数を得られないことや生物多様性の成り立ちが本土とは大きく異なることなどにより、本年度は気候区分の対象から除外した。

よって本事業では、全国を 7 つの区域に区分し、各区域を「気候区分」として示した。（図 7）

なお、本業務においては、便宜的に「気候区分」と呼ぶことにするものの、実際には気候のみにとらわれず、あらゆる生態学的見地に基づいた区分であることを意味する。

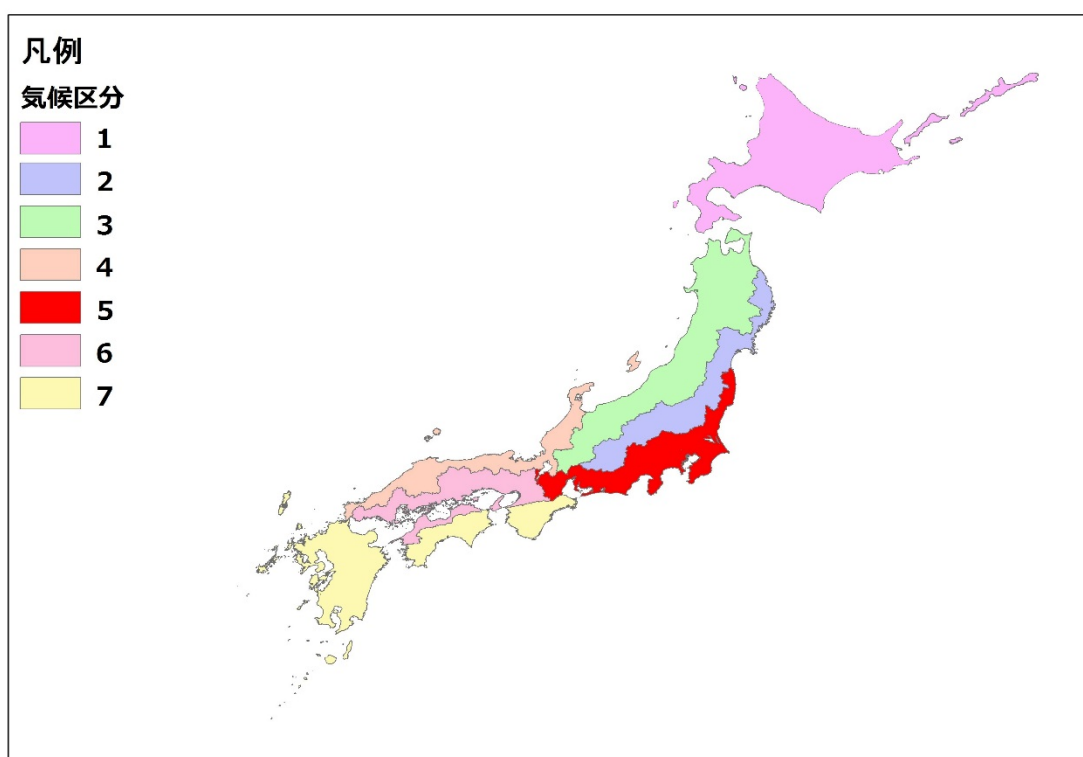


図 7 本事業で検討した生態学等の見地に基づいて作成した気候区分図

- 第 1 気候区分：北海道（ブラキストン線 以北）
- 第 2 気候区分：本州太平洋側から内陸部（三陸、福島中通、栃木、群馬、富士山にかけて）
- 第 3 気候区分：東北日本海側から長野県、岐阜県
- 第 4 気候区分：能登半島、佐渡から福井、島根、山口の日本海側
- 第 5 気候区分：太平洋側の福島浜通から関東平野、東海道を中心とした愛知、北伊勢、湖南
- 第 6 気候区分：山陽道、瀬戸内海性気候の地域
- 第 7 気候区分：南紀、四国南部、九州、屋久島までの暖温帯

(2) 学識経験者へのヒアリング

生態学の専門知識に基づく適切な気候区分、および統計解析上有意な気候区分を行うため、以下の学識経験者に意見を伺った。これら2名については過年度にも定量化指標の選定の際にヒアリングを行っており、本業務に関する十分な背景情報を有していることから、本年度についても意見を伺うこととした。

なお、ヒアリング議事録については、巻末資料に整理した。

表 4 ヒアリングを行った学識経験者

対象者*	所属	専門
宮下 直	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授	生物多様性科学
正木 隆	森林総合研究所 森林植生研究領域 領域長	森林生態学

※敬称略

3.1.2. 多様性の推定モデルの算出および全森林計画区で統一的に利用可能な定量化指標の検討

(1) 多様性の推定モデルの算出

平成 23 年度および平成 24 年度の事業において、森林生態系多様性基礎調査から得られる 5 つの指標を森林における植生の生物多様性の状況を表す指標(取組効果指標)として各定量化指標との関係を全国一律の推定モデルを利用して検証している。

ただし、平成 24 年度までに示された推定モデルは、全国から抽出された限られた計画区のデータから算出されたものであるため、取組効果指標の元となる森林生態系多様性基礎調査の調査箇所が少ない計画区なども存在するなど、地域の生物多様性の状況を正確に示すものとしては課題が残っていた。

そこで、本年度においては、全項で行った生態学的な見地から生物多様性が潜在的に類似する気候区分毎に多様性推定モデルを算出し、各気候区分における定量化指標が取組効果指標に与える影響(気候区分毎の特徴)を整理した。

① 取組効果指標の位置付けの検討

定量化指標の数値が持つ意味を解釈する手段の 1 つとして利用してきた取組効果指標を、推定モデルを用いて算出する場合、算出された結果は実際の現地の状況を表すものではないが、指標の名称は森林生態系多様性基礎調査の調査結果を表すものであったため、混乱が生じる可能性があるという課題があった。

例えば、「出現種数」という指標は、推定モデルを用いた場合、算出される値は指標値となるため、整数値で表されるものとは限らない。

そのため、本年度は取組効果指標を「生物多様性指標」という名称に変更し、推定モデルを利用して算出された指標値を表すものとして位置付けた。

なお、この生物多様性指標については過年度と同様に 5 種類とし、それぞれの名称についても指標値を表すことが明確となるよう改定した。

例えば、前年度までの取組効果指標の「出現種数」の数値は、あくまでも指標値であり、実際の種数や面積などではなく、単位も存在しないことなどの理由により、本年度からは「出現種数指標」へと変更した。

生物多様性指標の各指標と算出される数値の意味について以下に示す。(表 5 生物多様性指標)

表 5 生物多様性指標 (y1~y5)

指標名	中層木の多様度指標 (y1)
指標の意味	胸高直径 5cm 以上 18cm 未満の樹木の多様度を示す指標
数値の意味	一般的には、林分の初期段階では値が低く、若齢林、階層構造の発達した老齢林などで値が高くなる。

指標名	下層木の多様度指標 (y2)
指標の意味	胸高直径 1cm 以上 5cm 未満の樹木の多様度を示す指標
数値の意味	一般的には、若齢段階、林縁部などの明るい林分において値が高くなる。 一方で、手入れのされていない高齢級の人工林などでは林床が暗く、低木が育ちにくいため値が低くなる。

指標名	下層木植被率指標 (y3)
指標の意味	0.8m～2.0m 以下の下層木が地表面をどのくらい覆っているかを示す生物多様性指標
数値の意味	一般的には、林分の初期段階や林縁等で高くなる。一方で、手入れのされていない人工林など林床が暗い環境では値が低くなる。

指標名	草本植被率指標 (y4)
指標の意味	0.8m 未満の植物が地表面をどのくらい覆っているかを示す生物多様性指標
数値の意味	一般的には、間伐や主伐を行った伐採跡地や林道脇には光が良く届くため草が繁茂しやすく、値が高くなる。 一方で、手入れのされていない人工林などの暗い環境では草本の発芽や生長が制限されるため、値が低くなる。

指標名	出現種数指標 (y5)
指標の意味	森林生態系多様性基礎調査における立木調査及び下層植生調査において出現する維管束植物の多様度を示す生物多様性指標
数値の意味	一般的には、この値が高いほど生物多様性が高く、天然林や保護林から種子が供給され、人工林においては植物の生育に適した光環境が間伐などの施業により維持されている場合高くなる。 一方で、森林が分断化されたり、人工林の手入れがなされず林床が被陰されていたり、シカの食害がある場合、値は低くなる。

表 6 定量化指標 (x1~x17)

指標	散在度 (x1)
指標の意味	さまざまなタイプの施業を行った林分が計画区内のあちこちに空間的に配置されてモザイク状になっている度合いを示す
利用データ	国有林 GIS のポリゴン、森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、様々な森林タイプ（参考資料 5.3 参照）が分散して存在していることを示す。 一般的に、自然度の高い林分から若齢の人工林まで、異なる様々な環境が存在するほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	多様度指数（シンプソンの D）(x2)
指標の意味	森林タイプがどの程度多様に出現しているかを示す
利用データ	国有林 GIS のポリゴン、森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、様々な森林タイプ（参考資料 5.3 参照）が存在していることを示す。 一般的に、森林に依存している生物は自然度の高い林分から若齢の人工林まで、異なる様々な環境を必要としているため、様々な森林タイプが存在するほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	多様度指数（シャノン・ウェイナーの H'）(x3)
指標の意味	森林タイプがどの程度多様に出現しているかを示す
利用データ	国有林 GIS のポリゴン、森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、様々な森林タイプ（参考資料 5.3 参照）が存在していることを示す。 一般的に、森林に依存している生物は自然度の高い林分から若齢の人工林まで、異なる様々な環境を必要としているため、様々な森林タイプが存在するほど生物多様性は高まると考えられる。 「シンプソンの多様度指数」の次に森林タイプの多様度を表す。

指標	連結指数 (x4)
指標の意味	天然生林や育成天然林の小班が、隣り合って存在もしくは連続して存在しているかの度合いを示す
利用データ	国有林 GIS のポリゴン、森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、天然生林や育成天然林が連結されていることを示す。 天然生林や育成天然林は動物の移動経路として重要なため、連結されているほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	保護林の分断度 (x5)
指標の意味	保護林の分断の度合いを示す
利用データ	国有林 GIS のポリゴン、森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、保護林が分断されていることを示す。 一般的に、保護林はまとまって存在することで生物の移動経路や生育場所を確保するため、分断の度合いが少ないほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	林齢の分散 (x6)
指標の意味	齢級構成の偏りの幅 (様々な齢構成の林分が存在する度合い) を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、齢級構成の偏りが小さい (分散が大きい) ことを示す。 一般的に、齢級構成が分散されているほど多様な生育環境が提供されていることを示すため、数値が高いほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	林齢の尖度 (x7)
指標の意味	齢級構成の偏りの大きさ (特定の齢級の林分が存在する度合い) を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、齢級構成の偏りが大きい (特定の齢級の林分が集中している) ことを示す。 一般的に、齢級構成の偏りが小さい (特定の齢級の林分に集中していない) ほど、依存する種の偏りが少なくなるため、数値が低いほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	パッチの平均面積 (x8)
指標の意味	林小班ポリゴン(パッチ)の面積が平均的にどれくらい広いかの規模を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、林小班ポリゴンの平均面積が大きいことを示す。 一般的に、林地面積が広いほど林分の内部環境が多様であり、さまざまな生物が生息に適した環境を選択できるようになることから、生物多様性は高まると考えられる。

指標	パッチの密度 (x9)
指標の意味	林小班ポリゴン(パッチ)が総面積あたりどのくらいの数で存在するかを示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、多くの林小班が存在することを示す。 一般的に、パッチの密度が高くなるほど多様な生育環境が供給され、生物多様性は高まると考えられる。複雑に入り込んだ地形や施業単位の履歴を面的に表し、前記の小班の面積の大きさ(x8)だけでは説明しきれない生物多様性の質の部分を補っている。

指標	天然林面積率 (x10)
指標の意味	森林計画区における「天然生林」および「育成天然林」の占める割合を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、森林計画区内全体における天然生林と育成天然林の林地面積の割合が高いことを示す。 一般的に、天然林は生物多様性への寄与が高いため、数値が高いほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	間伐面積の計 (x11)
指標の意味	森林計画区内において 5 年以内に間伐が実施された小班面積の合計を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、間伐面積が大きいことを示す。 一般的に、間伐は多様性の維持・保全に短期的にプラスの効果を与えることから、面積が増えるほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	複層林面積の計 (x12)
指標の意味	森林計画区内において、複層林となっている小班面積の合計を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、複層林面積が大きいことを示す。 一般的に、複層林が多いほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	針広混交林面積の計 (x13)
指標の意味	森林計画区内において、針広混交林となっている小班面積の合計を示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、針広混交林面積が大きいことを示す。 一般的に、針広混交林が多いほど生物多様性は高まると考えられる。

指標	成長量と伐採量の差 (x14)
指標の意味	森林計画区内において、伐採がどの程度の強度で行われているかを示す
利用データ	森林調査簿、樹種別簿（成長量および伐採量は、人天どちらも含む）
数値の意味	数値が高いほど、伐採量よりも成長量が大きいことを示す。 一般的に、差が小さい場合は、順調に伐採が行われ、明るい環境が人工林地に維持されていると考えられる。

指標	高齢級林分面積の計 (x15)
指標の意味	森林計画区内の 60 年生以上の人工林の小班面積の合計
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、高齢級林分面積が大きいことを示す。 一般的に、十分に手入れが行われていない高齢級林分の人工林の面積が増えると、林床が被陰されて後継樹が育たず、草本層も貧弱になるため、生物多様性にはマイナスに影響する。

指標	若齢級林分面積の計 (x16)
指標の意味	森林計画区内の 20 年生未満の人工林の小班面積の合計
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、若齢級林分面積が大きいことを示す。 一般的に、若齢級林分が増えると林床が比較的明るく維持されるため、草本層が発達し、下層植生の生物多様性も高くなることを期待される。

指標	保護林面積の計 (x17)
指標の意味	森林計画区内の保護林の小班面積の合計
利用データ	森林調査簿、樹種別簿
数値の意味	数値が高いほど、保護林面積が大きいことを示す。 一般的に、面積が多いほど生物多様性にプラスに影響すると考えられる。

② 多様性の推定モデルの算出に利用したデータ

できるだけ現況を正確に表す多様性の推定モデルを算出するためには、できるだけ直近のデータを利用する必要がある。

森林生態系多様性基礎調査の結果は、直近の森林計画の影響を大きく受けることから、推定モデルを算出するために利用する国有林データ（森林調査簿、樹種別簿、小班ポリゴン）の樹立時点と、森林生態系多様性基礎調査の実施時点がなるべく近いものを利用する必要がある。

本年度は、全国で調査が完了している直近の森林生態系多様性基礎調査である、第3期（平成21年度から平成25年度）のデータを利用した。（表7）

表7 森林生態系多様性基礎調査の調査項目

区分	調査内容
調査プロットの位置等	緯度・経度
地況調査	標高、方位、傾斜、表層地質、土壌型分類、局所地形、車道からの距離、集落からの距離、土壌浸食度
林分等に関する特記事項	病虫獣害、気象害等その他の被害、その他
調査林分概況関連データ	土地利用区分、土地所有区分、法令に基づく地域指定、法令以外の地域指定、伐採方法の指定、森林簿上の林種、森林簿上の林種(細分)、森林簿上の樹種
林分構成	優占樹種、林齢、林型、更新区分
施業履歴	施業の種類、施業歴
立木調査	樹種 ^{※1} 、胸高直径 ^{※2} 、樹高、枯損、剥皮、空洞
伐根調査	伐根径
倒木調査	中央径、長さ、原因、腐朽度
下層植生調査 ^{※3}	階層別植被率、階層、植物名、優占度

※1 直径1cm以上の木本性の維管束植物を対象に調査

※2 調査プロットの細区分ごとにより、調査林木の胸高直径は異なる

※3 下層植生調査における植物名については、被子植物、裸子植物及びシダ植物について同定

また、対応する国有林データ（森林調査簿、樹種別簿、小班ポリゴン）は、第3期の森林生態系多様性基礎調査の実施以前であり、かつ最も直近のものである必要があるため、平成16年度からH20年度に森林計画が樹立されたデータを用いることが望ましい。そのため本年度は、平成21年4月時点の国有林データを利用することとした。

利用した森林生態系多様性基礎調査と国有林データの時点の関係を以下に示す。（図8）



図8 森林生態系多様性基礎調査と国有林データの時点の関係

③ 多様性の推定モデルの算出方法

平成24年度に行った多様性の推定モデルの算出では、どの定量化指標が、どの程度

取組効果指標に影響を与えているかを求める検証プロセスを構築している。

この検証プロセスでは、生態学の分野で一般的に用いられている統計モデルである一般線形モデル GLM (Generalized Linear Model) による関係分析と AIC (赤池情報量規準 Akaike's Information Criterion) を利用している。

GLM は、回帰分析の一種であり、推定する目的とする変数を目的変数 (y)、目的変数を説明する変数を説明変数 (x) として計算を行う。

本業務においては、5 つの生物多様性指標がそれぞれ目的変数 (y1~y5) (表 5) となり、17 の定量化指標が説明変数 (x1~x17) (表 6) となる。

なお、過年度は全国を対象として多様性の推定モデルを作成したため、説明変数に平均降水量や平均気温を追加して GLM の計算をしていたが、本年度は、生態学等の見地に基づいて全国を 7 つの気候区分に区分し、各気候区分について多様性の推定モデルを作成したため、それらの環境情報については使用せず、国有林データから算出される定量化指標のみを使用した。

また、AIC は、「良い推定をするモデル (説明変数)」を選択する手法⁴であり、算出された AIC の値が最も小さい統計モデル式が、最も目的変数 (y) をよく説明しているモデル式として選択される仕組みである。

(2) 多様性の推定モデルの算出結果と統一的に利用可能な定量化指標の絞込み

① 多様性の推定モデルの算出結果

多様性の推定モデルは、それぞれの目的変数を最も良く説明している説明変数とその係数との組み合わせで以下の様に算出される。

(例) 第 7 気候区分の生物多様性の推定モデル :

$$y1 = (-0.2449) \times (x5) + (-1.315) \times (x11) + (0.6051) \times (x12) + (1.13) \times (x16)$$

$$y2 = (-0.6862) \times (x1) + (0.4936) \times (x2) + (0.4417) \times (x7) + (-0.3358)$$

$$\times (x9) + (-1.059) \times (x11) + (-0.5531) \times (x14) + (1.487) \times (x16)$$

$$y3 = (0.7062) \times (x1) + (-0.4217) \times (x2) + (0.5562) \times (x8) + (0.4878)$$

$$\times (x9) + (0.5067) \times (x12) + (0.6572) \times (x14) + (-0.6298) \times (x16)$$

$$y4 = (0.5532) \times (x1) + (0.5172) \times (x4) + (-0.3432) \times (x6) + (0.5945)$$

$$\times (x8) + (1.49) \times (x9) + (-0.4393) \times (x11) + (0.5913) \times (x12)$$

$$y5 = (0.8858) \times (x4) + (-0.2548) \times (x7) + (1.005) \times (x8) + (1.958)$$

$$\times (x9) + (0.2507) \times (x12)$$

これは、例えば中層木の多様度指標 (y1) については、
-0.2449×分断度(x5) -1.315×間伐面積の計(x11) +0.6051×複層林の計(x12) +1.13
×若齢級林分の計(x16) -0.6786×保護林面積の計(x17) +0.5645 +切片、という計算式
で表すことができることを示している。

算出された生物多様性の推定モデルに示された説明変数 (x) の部分に、各計画区で計算した定量化指標を代入することで、その計画区における生物多様性指標を推定することが出来る。

全ての気候区分の生物多様性の推定モデルの結果について、表 8 に示す。

⁴ 「データ解析のための統計モデリング入門」(久保拓弥,2012)

表 8 気候区分毎の多様性の推定モデル

気候区分	多様性の予測モデル式
第1気候区分	$y1=(0.2717)x5+(1.881)x8+(1.75)x9+(-0.7841)x12+(0.7097)x15+(-0.2443)x16$
	$y2=(0.5688)x4+(0.6858)x6+(2.743)x8+(2.313)x9$
	$y3=(2.151)x1+(-1.852)x2+(-1.314)x4+(-0.3943)x5+(-0.9403)x6+(-1.834)x8+(-1.091)x9+(0.7599)x11+(0.2142)x12+(-0.4882)x17$
	$y4=(-1.876)x1+(0.303)x4+(0.9867)x5+(2.226)x6+(4.354)x7+(-1.447)x8+(-6.597)x9+(0.2389)x11+(0.8523)x12+(0.2878)x16$
	$y5=(-1.005)x1+(1.518)x2+(1.17)x4+(1.091)x6+(-0.8836)x8+(1.43)x11+(-1.258)x15$
第2気候区分	$y1=(-1.347)x1+(1.877)x2+(1.518)x4+(-0.2205)x5+(2.368)x6+(0.1873)x7+(5.703)x8+(4.261)x9+(-0.8414)x10+(0.3195)x11+(-4.173)x12+(-1.339)x13+(0.6456)x15+(1.751)x16+(-1.552)x17$
	$y2=(1.31)x1+(-3.402)x2+(-1.13)x4+(-0.5086)x5+(1.155)x6+(-0.3165)x7+(-8.166)x8+(-6.93)x9+(-1.41)x10+(0.5703)x11+(-1.167)x12+(0.7678)x13+(1.269)x15+(-1.091)x16+(2.464)x17$
	$y3=(-0.3614)x1+(1.477)x2+(1.105)x4+(0.4421)x5+(-1.411)x6+(-0.03397)x7+(2.467)x8+(1.293)x9+(0.01583)x10+(0.2868)x11+(-2.547)x12+(-1.927)x13+(3.142)x15+(1.061)x16+(-0.9481)x17$
	$y4=(-0.3035)x1+(0.3089)x2+(0.5817)x4+(-0.7298)x5+(1.896)x6+(0.1587)x7+(1.112)x8+(-0.8403)x9+(-2.142)x10+(0.02598)x11+(-1.394)x12+(-0.3371)x13+(-1.214)x15+(0.9767)x16+(0.03396)x17$
	$y5=(-0.2913)x1+(-0.2831)x2+(0.2622)x4+(-0.3177)x5+(0.9831)x6+(-0.7137)x7+(0.2855)x8+(0.7711)x9+(-0.2343)x10+(0.03987)x11+(0.1158)x12+(-0.2931)x13+(-1.304)x15+(0.8081)x16+(0.6451)x17$
第3気候区分	$y1=(-1.3929)x1+(2.0355)x2+(-0.7051)x6+(0.985)x7+(1.0415)x8+(1.0927)x10+(-1.4627)x11+(1.0948)x14+(-1.256)x17$
	$y2=(-0.6594)x1+(0.6186)x2+(-0.925)x4+(-0.1141)x5+(1.1213)x7+(3.2849)x10+(-0.7077)x11+(-0.8153)x13+(-1.6058)x14+(2.0271)x15$
	$y3=(-0.2598)x4+(0.1222)x5+(0.5609)x8+(1.2948)x9+(2.4528)x10+(0.346)x11+(-0.2818)x12+(-0.5565)x13+(1.7271)x15+(-1.1655)x16+(0.5733)x17$
	$y4=(-0.5913)x1+(-0.1172)x5+(-1.1034)x7+(0.9294)x9+(0.9666)x11+(1.0501)x12+(-0.8431)x15$
	$y5=(-0.7006)x2+(-1.0197)x8+(0.6325)x9+(0.9796)x10+(0.5634)x11+(1.0933)x14+(-1.3382)x16+(-0.6711)x17$
第4気候区分	$y1=(-0.5393)x1+(1.1623)x2+(3.8607)x4+(1.2227)x5+(-0.3661)x6+(1.121)x7+(0.5264)x8+(2.8362)x9+(-0.7881)x11+(-0.7801)x12+(-0.765)x15+(1.1987)x16+(-0.8195)x17$
	$y2=(-0.04486)x1+(0.62489)x2+(1.54327)x4+(-0.16071)x5+(-0.82479)x6+(0.66039)x7+(-0.36439)x8+(0.24695)x9+(-0.16252)x11+(-0.71933)x12+(0.09471)x15+(0.80685)x16+(-0.19729)x17$
	$y3=(-0.04192)x1+(0.63124)x2+(0.63955)x4+(-0.09284)x5+(0.74221)x6+(2.23847)x7+(0.97173)x8+(-0.00266)x9+(-0.22628)x11+(-0.27542)x12+(0.17922)x15+(0.2333)x16+(-3.39794)x17$
	$y4=(-1.581)x1+(0.6613)x2+(3.6297)x4+(1.817)x5+(0.616)x6+(-2.3603)x7+(0.1443)x8+(3.7649)x9+(-0.4904)x11+(0.2579)x12+(-1.1473)x15+(0.1884)x16+(2.1666)x17$
	$y5=(-0.5748)x1+(-1.385)x2+(5.5637)x4+(3.032)x5+(1.068)x6+(-3.8072)x7+(-0.1981)x8+(6.7648)x9+(-1.0937)x11+(0.1676)x12+(-1.658)x15+(0.1745)x16+(4.1304)x17$
第5気候区分	$y1=(1.287)x1+(-1.09)x2+(-0.4739)x4+(0.8179)x9+(1.247)x10+(-0.1719)x11+(0.279)x12+(0.2155)x16$
	$y2=(1.4)x1+(-0.8049)x2+(-0.5077)x4+(1.767)x8+(3.142)x9+(2.562)x10+(0.3505)x11+(-0.1873)x12$
	$y3=(0.6386)x1+(-1.001)x4+(0.6614)x8+(-0.5503)x9+(-0.7444)x10+(-0.3966)x11+(1.25)x12+(-0.6225)x16$
	$y4=(-0.4766)x1+(-1.693)x4+(-1.118)x5+(0.5676)x8+(3.969)x9+(2.121)x10+(1.19)x11+(0.7731)x12+(-2.355)x16+(2.002)x17$
	$y5=(-0.517)x1+(0.1582)x2+(0.3327)x4+(-0.477)x7+(0.5477)x8+(1.705)x9+(0.4945)x10+(-1.786)x12+(2.027)x16$
第6気候区分	$y1=(2.003)x1+(-1.222)x2+(1.806)x4+(0.2803)x7+(-0.7837)x8+(-0.3949)x9+(-0.3915)x10+(0.226)x11+(1.609)x12+(-3.1)x16$
	$y2=(2.211)x1+(-0.7042)x2+(0.7901)x4+(0.4441)x7+(0.4427)x8+(-0.3548)x9+(-0.8873)x10+(0.5639)x11+(1.518)x12+(-2.959)x16$
	$y3=(3.555)x1+(-2.893)x2+(-1.583)x4+(0.9306)x7+(2.196)x8+(0.8407)x9+(0.0526)x10+(0.9683)x11+(1.835)x12+(-2.07)x16$
	$y4=(0.4788)x1+(-1.333)x2+(-1.068)x4+(0.4277)x7+(1.127)x8+(1.715)x9+(1.62)x10+(0.2254)x11+(-0.2809)x12+(1.509)x16$
	$y5=(0.02903)x1+(-1.824)x2+(-2.127)x4+(0.9608)x7+(2.522)x8+(1.812)x9+(0.9078)x10+(0.7558)x11+(0.01018)x12+(2.109)x16$
第7気候区分	$y1=(-0.2449)x5+(-1.315)x11+(0.6051)x12+(1.13)x16$
	$y2=(-0.6862)x1+(0.4936)x2+(0.4417)x7+(-0.3358)x9+(-1.059)x11+(-0.5531)x14+(1.487)x16$
	$y3=(0.7062)x1+(-0.4217)x2+(0.5562)x8+(0.4878)x9+(0.5067)x12+(0.6572)x14+(-0.6298)x16$
	$y4=(0.5532)x1+(0.5172)x4+(-0.3432)x6+(0.5945)x8+(1.49)x9+(-0.4393)x11+(0.5913)x12$
	$y5=(0.8858)x4+(-0.2548)x7+(1.005)x8+(1.958)x9+(0.2507)x12$

② 統一的に利用可能な定量化指標の絞込み

多様性の推定モデルを算出する際には、17項目全ての定量化指標を説明変数として利用したが、表8に示す通り、AICによる変数選択の結果、ほぼすべての定量化指標が生物多様性指標に影響を与えていたものの、説明変数として有効とされなかった指標は破棄されるため選択されていない。

係数の大小の違いはあるが、全ての気候区分において選択されている説明変数（定量化指標）を目的変数（生物多様性指標）毎に整理した。（表9）

各目的変数において、中層木の多様度指標（y1）および下層木の多様度指標（y2）については、全気候区分で共通して利用されている説明変数は存在しなかった。

全気候区分で統一的に利用可能な定量化指標としては、4つの定量化指標（「散在度（x1）」、「パッチの平均面積（x8）」、「パッチの密度（x9）」、「複層林面積の計（x12）」）が絞り込まれた。

また、全気候区分で統一的に利用することはできないものの、ほぼ全ての気候区分（6気候区分）で利用可能な指標として、4つの定量化指標（「散在度（x1）」、「多様度指数（x2）」、「連結指数（x4）」、「若齢級林分面積の計（x16）」）が絞り込まれた。

表9 各気候区分における定量化指標（説明変数）の利用状況（y1～y5）

中層木の多様度指標（y1）

気候区分	定量化指標(説明変数x)																
	散在度(x1)	多様度指数D(x2)	多様度指数H(x3)	連結指数(x4)	保護林の分断度(x5)	林齢の分散(x6)	林齢の尖度(x7)	パッチの平均面積(x8)	パッチの密度(x9)	天然林面積率(x10)	間伐面積の計(x11)	複層林面積の計(x12)	針広混交林面積の計(x13)	成長と伐採量の差(x14)	高齢級林分面積の計(x15)	若齢級林分面積の計(x16)	保護林面積の計(x17)
第1気候区分					利用			利用	利用			利用			利用	利用	
第2気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用
第3気候区分	利用	利用				利用	利用	利用		利用	利用			利用			利用
第4気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用			利用	利用	利用
第5気候区分	利用	利用		利用				利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第6気候区分	利用	利用		利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第7気候区分					利用						利用	利用				利用	
利用回数	5	5	0	4	4	3	4	5	5	4	6	6	1	1	3	6	3

下層木の多様度指標（y2）

気候区分	定量化指標(説明変数x)																
	散在度(x1)	多様度指数D(x2)	多様度指数H(x3)	連結指数(x4)	保護林の分断度(x5)	林齢の分散(x6)	林齢の尖度(x7)	パッチの平均面積(x8)	パッチの密度(x9)	天然林面積率(x10)	間伐面積の計(x11)	複層林面積の計(x12)	針広混交林面積の計(x13)	成長と伐採量の差(x14)	高齢級林分面積の計(x15)	若齢級林分面積の計(x16)	保護林面積の計(x17)
第1気候区分				利用		利用		利用	利用								
第2気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用
第3気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用		利用	利用	利用	
第4気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用			利用	利用	利用
第5気候区分	利用	利用		利用				利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第6気候区分	利用	利用		利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第7気候区分	利用	利用					利用		利用		利用			利用		利用	
利用回数	6	6	0	6	3	3	5	5	6	4	6	4	2	2	3	4	2

下層木植被率指標(y3)

気候区分	定量化指標(説明変数x)																
	散在度(x1)	多様度指数D(x2)	多様度指数H(x3)	連結指数(x4)	保護林の分断度(x5)	林齢の分散(x6)	林齢の尖度(x7)	パッチの平均面積(x8)	パッチの密度(x9)	天然林面積率(x10)	間伐面積の計(x11)	複層林面積の計(x12)	針広混交林面積の計(x13)	成長と伐採量の差(x14)	高齢林分面積の計(x15)	若齢林分面積の計(x16)	保護林面積の計(x17)
第1気候区分	利用	利用		利用	利用	利用		利用	利用		利用	利用					利用
第2気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用
第3気候区分				利用	利用			利用	利用		利用	利用	利用		利用	利用	利用
第4気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用			利用	利用	利用
第5気候区分	利用			利用				利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第6気候区分	利用	利用		利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第7気候区分	利用	利用						利用	利用			利用		利用		利用	
利用回数	6	5	0	6	4	3	3	7	7	4	6	7	2	1	3	6	4

草本植被率指標(y4)

気候区分	定量化指標(説明変数x)																
	散在度(x1)	多様度指数D(x2)	多様度指数H(x3)	連結指数(x4)	保護林の分断度(x5)	林齢の分散(x6)	林齢の尖度(x7)	パッチの平均面積(x8)	パッチの密度(x9)	天然林面積率(x10)	間伐面積の計(x11)	複層林面積の計(x12)	針広混交林面積の計(x13)	成長と伐採量の差(x14)	高齢林分面積の計(x15)	若齢林分面積の計(x16)	保護林面積の計(x17)
第1気候区分	利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用				利用	
第2気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用
第3気候区分	利用				利用		利用		利用		利用	利用			利用		
第4気候区分	利用	利用		利用	利用		利用	利用	利用		利用	利用			利用	利用	利用
第5気候区分	利用			利用	利用			利用	利用	利用	利用	利用				利用	利用
第6気候区分	利用	利用		利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第7気候区分	利用			利用		利用		利用	利用		利用	利用					
利用回数	7	3	0	6	5	4	5	6	7	3	7	7	1	0	3	5	3

出現種数指標(y5)

気候区分	定量化指標(説明変数x)																
	散在度(x1)	多様度指数D(x2)	多様度指数H(x3)	連結指数(x4)	保護林の分断度(x5)	林齢の分散(x6)	林齢の尖度(x7)	パッチの平均面積(x8)	パッチの密度(x9)	天然林面積率(x10)	間伐面積の計(x11)	複層林面積の計(x12)	針広混交林面積の計(x13)	成長と伐採量の差(x14)	高齢林分面積の計(x15)	若齢林分面積の計(x16)	保護林面積の計(x17)
第1気候区分	利用	利用		利用		利用		利用			利用	利用	利用		利用		
第2気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用	利用
第3気候区分		利用						利用	利用	利用	利用		利用		利用	利用	利用
第4気候区分	利用	利用		利用	利用	利用	利用	利用	利用		利用	利用		利用	利用	利用	利用
第5気候区分	利用	利用		利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第6気候区分	利用	利用		利用			利用	利用	利用	利用	利用	利用				利用	
第7気候区分				利用			利用	利用	利用		利用	利用					
利用回数	5	6	0	6	2	3	5	7	6	4	5	5	1	1	3	5	3

(3) 気候区分毎の特徴

気候区分毎に多様性の推定モデルを算出した結果、特に各生物多様性指標（目的変数）に与える影響が相対的に大きい定量化指標（説明変数）を各生物多様性指標に付き2つ選定し、その影響の解釈と、各定量化指標（説明変数）をより向上させるための施業や対策への提言について以下に整理した。（表 10）

表 10 気候区分毎の生物多様性指標の特徴

第1気候区分(北海道全域)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に与える影響(相対値)	影響の解釈	施業・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	パッチの平均面積 (x8)	++	国有林が大規模であるほど中層木の多様性が高い傾向にあるため、プラスに影響していると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。
	パッチの密度(x9)	+	小班が総面積に対してたくさん存在することが立地環境の多様性を生み出し、中層木の多様性にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	パッチの平均面積 (x8)	++	国有林が大規模であるほど下層木の多様性が高い傾向にあるため、プラスに影響していると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。
	パッチの密度(x9)	+	小班がたくさんあることが、下層木の多様性にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
下層木植被率指標 (y3)	散在度(x1)	++	多様な林分構造をあちこちに維持することは下層木の潜在的な生育環境を供給することを意味するため、下層木植被率にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
	間伐面積の計(x11)	+	林内の光環境が改善され広葉樹など下層木が更新して育っているため、間伐の効果がプラスに影響していると考えられる。	間伐面積を増やす対策をする。施業の際には、土壌を攪乱すると侵食のみならず外来植物が生えやすくなることに留意する。
草本植被率指標 (y4)	林齢の尖度(x7)	++	一般的に林齢が偏ると生物多様性は低くなるが、北海道では逆にプラスに効いている。これは高齢級林であってもカラマツなどの落葉性の樹種が多いことから、草本植被率にプラスに影響を与えていると考えられる。	若齢級の林分が多くなるような対策をする。施業の際には、天然林や原生林は維持し、人工林は若齢林や壮齢林など多様な林分を配置することにより、より多様な種からなる高い草本植被率を維持する。
	林齢の分散(x6)	+	さまざまな林齢の小班が存在することで多くの植物種の生育基盤と種子が供給・生育できていることから、草本植被率にプラスに影響していると考えられる。	林齢が分散するような対策をする。ただし、施業の際には、エゾシカが集まらないように注意が必要。北海道東部は雪が少ないため冬場の下層木の樹皮剥ぎなどに留意する。
出現種数指標 (y5)	多様度指数(x2)	++	小班形状や施業パターンの複雑さが北海道では出現種数を向上させていることから、出現種数にプラスの影響を与えていると考えられる。	様々な森林タイプとなるような対策をする。施業の際には、エゾシカに芽生えを食べ尽くされないように留意する。
	間伐面積の計(x11)	+	間伐の効果が北海道ではややプラスに効いている。林床の光環境が改善されることから出現種数にややプラスに影響を与えていると考えられる。	間伐面積を増やす対策をする。施業の際には、土壌を攪乱すると侵食のみならず外来植物が生えやすくなるので留意する。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

第2気候区分(三陸・群馬)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x) が生物多様性指標(y)に与える影響(相対値)	影響の解釈	施業・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	パッチの平均面積 (x8)	++	国有林が大規模であるほど中層木の多様性が高くなる傾向にあるため、プラスに影響していると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。
	パッチの密度(x9)	+	小班がたくさんあることが、中層木の多様性にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	保護林面積の計 (x17)	++	下層木の多様度指数には、保護林がたくさんあることがプラスに影響を与えていると考えられる。	保護対象の森林生態系や希少な野生生物の持続性を確保するため、必要な対策を講じる
	散在度(x1)	+	垂直方向と水平方向の林分構造の多様性が下層木の多様度を向上させることから、プラス影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
下層木植被率指標 (y3)	高齢級林分面積の計 (x15)	++	高齢級林分が増えるほど下層木植被率が増える傾向にあるため、プラスの影響を与えていると考えられる。	高齢級林分の手入れを増やす対策をする。施業の際には、林床の光環境を改善し、林床植生を保全することに留意する。
	パッチの平均面積 (x8)	+	大きな小班であるほど低木層の植被率が高まる傾向にあるため、ややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。
草本植被率指標 (y4)	パッチの密度(x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が、草本植被率にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
	保護林面積の計 (x17)	+	草本植被率は保護林の総面積が多いほど高くなる傾向にあるため、ややプラスの影響を与えていると考えられる。	保護対象の森林生態系や希少な野生生物の持続性を確保するため、必要な対策を講じる
出現種数指標 (y5)	林齢の分散(x6)	++	様々な林齢の小班が存在するほうが、より多くの植物種が出現する傾向にあるため、プラスの影響を与えていると考えられる。	林齢が分散するような対策をする。施業の際には、多様な林齢の林分を水平方向に配置するよう留意する。
	パッチの平均面積 (x8)	+	広い国有林にはより多くの植物種が見られることが想定されるため、ややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

第3気候区分(日本海側北部)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x) が生物多様性指 標(y)に与える影 響(相対値)	影響の解釈	施業・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	多様度指数(x2)	++	森林の空間的な構造の多様性が高いほど多くの種類の中層木が見られる傾向にあるため、プラスの影響を与えていると考えられる。	様々な森林タイプとなるような対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を反映する小班構造を維持し、垂直方向と水平方向に多様な年齢の林分を設ける。
	天然林面積率(x10)	+	天然林が多いほど中層木の多様性が高まる傾向にあるため、ややプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。
下層木の多様度指標 (y2)	天然林面積率(x10)	++	天然林が多いほど下層木の多様性が向上する。この地域に多い落葉広葉樹林の林床は明るいので効果が出やすいことからプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。
	高齢級林分面積の計 (x15)	+	豪雪地帯の高齢級林の下層木はユキツバキやオオバマンサクなど積雪に対応した低木種が発達する傾向にあるため、プラスの影響を与えていると考えられる。	高齢級林分の手入れを増やす対策をする。施業の際には、林床の光環境を改善し、林床植生を保全することに留意する。
下層木植被率指標 (y3)	天然林面積率(x10)	++	天然林のほうが下層木植被率が高いことからプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。
	高齢級林分面積の計 (x15)	+	豪雪地帯の下層木はユキツバキやオオバマンサクなど積雪に対応し発達しているため、ややプラスの影響を与えていると考えられる。	高齢級林分の手入れを増やす対策をする。施業の際には、林床の光環境を改善し、林床植生を保全することに留意する。
草本植被率指標 (y4)	複層林面積の計 (x12)	++	垂直方向の森林構造の多様性が高いことが光環境を改善し草本層の植被率増加に貢献していると思われることからプラスの影響を与えていると考えられる。	複層林面積を増やす対策をする。ただし、施業の際には、常緑針葉樹以外の樹種が生育できるように配慮し、水平方向に異なる林齢を配置してゆくことに留意する。
	間伐面積の計(x11)	+	間伐の効果が草本植被率にややプラスの影響を与えていると考えられる。	間伐面積を増やす対策をする。施業の際には、土壌を攪乱すると侵食のみならず外来植物が生えやすくなることに留意する。
出現種数指標 (y5)	成長量と伐採量の差 (x14)	++	第3気候区では主伐が少ない場合でも出現種数指標が高い傾向にある。これは、落葉広葉樹林など地表の光環境が良好で多くの植物種が生育できる環境が多いことを意味するため、全体に見てプラスの影響を与えていると考えられる。	伐採の際には、土壌攪乱を避け、伐採跡地に多様な樹種が更新できるように、止まり木を残すことで、鳥散布型樹種を誘引するなど留意する。
	天然林面積率(x10)	+	天然林が多いほど出現種数が増えることから、ややプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

第4気候区分(能登・山陰地方)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x) が生物多様性指 標(y)に与える影 響(相対値)	影響の解釈	施策・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	連結指数(x4)	++	山陰地方では連続した天然生林の小班が存在することから、中層木の多様度指標にプラスに影響を与えていると考えられる。	天然生林や育成天然林の連結を高める対策をする。施策の際には、シカやイノシシなどの移動ルートにもなることに留意する。
	パッチの密度(x8)	+	尾根や谷など多様な地形に応じた小班の形状が細かく存在することから、中層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施策の際には、地形や地域の履歴を活かした施策を行うことに留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	連結指数(x4)	++	連続した小班が存在することが下層木の多様度指標にプラスに影響を与えていると考えられる。	天然生林や育成天然林の連結を高める対策をする。施策の際には、シカやイノシシなどの移動ルートにもなることに留意する。
	若齢級林分面積の計 (x16)	+	若齢級林分が増えると成長過程の明るい林が維持されるため、下層木の多様度指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施策の際には土壌を撾削しないよう留意する。
下層木植被率指標 (y3)	林齢の尖度(x7)	++	林齢の尖度は一般にマイナスに影響する(はずであるが、第4気候区分においては下層木植被率指標にプラスに影響を与えていると考えられる。積雪量が多く冬の温度が高いことが、ある特定の耐陰性のある下層植生にプラスに影響していると思われる。	若齢級の林分が多くなるような対策をする。施策の際には、天然林や原生林は維持し、人工林は若齢林や壮齢林など多様な林分を配置することにより、より多様な種からなる高い下層木植被率を維持する。
	パッチの平均面積 (x8)	+	山陰地方では、小班面積が大きいほど下層木の発達した林分が増加する傾向にあるため、下層木植被率指標にプラスに影響を与えていると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施策の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施策を行うことに留意する。
草本植被率指標 (y4)	パッチの密度(x8)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が草本植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施策の際には、地形や地域の履歴を活かした施策を行うことに留意する。
	連結指数(x4)	+	天然林の連結度が増すほど草本植被率が高まる傾向にあることから、草本植被率にプラスの影響を与えていると考えられる。	天然生林や育成天然林の連結を高める対策をする。施策の際には、シカやイノシシなどの移動ルートにもなることに留意する。
出現種数指標 (y5)	パッチの密度(x8)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が出現種数指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施策の際には、地形や地域の履歴を活かした施策を行うことに留意する。
	連結指数(x4)	+	小班(特に天然林)が隣り合って連続して存在することが出現種数指標にややプラスに影響を与えていると考えられる。	天然生林や育成天然林の連結を高める対策をする。施策の際には、シカやイノシシなどの移動ルートにもなることに留意する。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

第5気候区分(関東・東海地域)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x) が生物多様性指 標(y)に与える影 響(相対値)	影響の解釈	施業・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	散在度(x1)	++	天然林や多様な林分構造の人工林があちこちに配置されているほど、中層木の多様性は高くなる傾向にあるため、プラスに影響していると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
	若齢級林分面積の計 (x16)	+	若齢級林分が増えることが中層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際には土壌を攪乱しないよう留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	パッチの密度(x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた小班の形状が細かく存在することが下層木の多様度指標にプラスに影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
	天然林面積率(x10)	+	天然林の維持とその面積率が下層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。
下層木植被率指標 (y3)	複層林面積の計 (x12)	++	複層林化により低木層の植被率が增加することから下層木植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	複層林面積を増やす対策をする。施業の際には、常緑針葉樹以外の樹種が生育できるように配慮し、水平方向に異なる林齢を配置してゆくに留意する。
	散在度(x1)	+	多様な林分構造をあちこちに維持することが下層木植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
草本植被率指標 (y4)	パッチの密度(x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が草本植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
	保護林面積の計 (x17)	+	保護林が多いほど草本植被率が增加する傾向にあることから草本植被率指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	保護対象の森林生態系や希少な野生生物の持続性を確保するため、必要な対策を講じる
出現種数指標 (y5)	若齢級林分面積の計 (x16)	++	成長過程の明るい林が維持されると林床植物が増えることから出現種数指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際には土壌を攪乱しないよう留意する。
	パッチの密度(x9)	+	多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が林床植物の生物多様性にプラスに効いていることから出現種数指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

第6気候区分(瀬戸内地方)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x) が生物多様性指 標(y)に与える影 響(相対値)	影響の解釈	施業・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	散在度(x1)	++	天然林と多様な林分構造の人工林が散らばって存在することが中層木の多様度指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
	連結指数(x4)	+	瀬戸内地域では、連続した天然の小班が存在することが、中層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	天然生林や育成天然林の連結を高める対策をする。施業の際には、シカやイノシシなどの移動ルートにもなることに留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	散在度(x1)	++	天然林と多様な林分構造の人工林が散らばって存在することが下層木の多様度指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
	連結指数(x4)	+	瀬戸内地域では天然生の小班が連続して存在するほど下層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	天然生林や育成天然林の連結を高める対策をする。施業の際には、シカやイノシシなどの移動ルートにもなることに留意する。
下層木植被率指標 (y3)	散在度(x1)	++	多様な林分構造をあちこちで維持することは低木樹種などに潜在的な生育環境を供給することから、下層木植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
	パッチの平均面積 (x8)	+	瀬戸内地域においては、小班面積が大きいほど下層木植被率が増加する傾向にあるため、下層木植被率指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。
草本植被率指標 (y4)	パッチの密度(x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が草本植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
	天然林面積率(x10)	+	天然林の維持が草本植被率指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。
出現種数指標 (y5)	パッチの平均面積 (x8)	++	瀬戸内地域では、小班面積が大きいほど出現種数指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。
	若齢級林分面積の計 (x16)	+	成長過程の明るい林が維持されることが林床植物の種数にプラスに容与していることから出現種数指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際には土壌を攪乱しないよう留意する。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

第7気候区分(南紀・九州地域)

生物多様性指標 (y)	定量化指標 (x)	各定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に与える影響(相対値)	影響の解釈	施業・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	若齢級林分面積の計 (x16)	++	若齢級林分面積が増えると成長過程の明るい林が維持されることから、中層木の多様度指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際は土壌を攪乱しないよう留意する。
	複層林面積の計 (x12)	+	第7気候区においては複層林面積が増えるほど中層木の多様度指数指標が増加することからややプラスに影響していると考えられる。	複層林面積を増やす対策をする。ただし、施業の際には、常緑針葉樹以外の樹種が生育できるように配慮し、水平方向に異なる林齢を配置してゆくことに留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	若齢級林分面積の計 (x16)	++	成長過程の明るい林を維持することが、下層木の多様度指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際は土壌を攪乱しないよう留意する。
	多様度指数(x2)	+	景観の多様性が高く、地形や施業パターンが複雑であることが下層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	様々な森林タイプとなるような対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を反映する小班構造を維持し、垂直方向と水平方向に多様な年齢の林分を設ける。
下層木植被率指標 (y3)	散在度(x1)	++	多様な林分構造をあちこちで維持することが下層木植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
	成長量と伐採量の差 (x14)	+	第7気候区においては成長量と伐採量の差が大きいほど下層木植被率指標にややプラスに影響を与えていると考えられる。	伐採の際には、土壌攪乱を避け、伐採跡地に多様な樹種が更新できるように、止まり木を残すことで、鳥散布型樹種を誘引するなど留意する。
草本植被率指標 (y4)	パッチの密度(x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が草本植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
	複層林面積の計 (x12)	+	複層林化が草本層の植被率にプラスに影響しているため、草本植被率指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	複層林面積を増やす対策をする。施業の際には、常緑針葉樹以外の樹種が生育できるように配慮し、水平方向に異なる林齢を配置してゆくことに留意する。
出現種数指標 (y5)	パッチの密度(x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が出現種数指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
	パッチの平均面積 (x8)	+	南西日本では、小班面積が大きいほど、出現種数指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の平均面積を高める対策をする。また、施業の際には既にサイズの大きい天然林を分割しないことや人工林は分割して多様な施業を行うことに留意する。

定量化指標(x)が生物多様性指標(y)に貢献している度合いの相対的基準

++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

3.1.3. 定量化指標活用マニュアル案の作成

(1) 作成の目的

地域管理経営計画に生物多様性指標を活用するための手順を参考資料として記載することを目的とし、下記に示す項目からなるマニュアルを作成した。

森林における生物多様性の保全に対する関心や期待が国内外で高まる中、国有林野の管理経営に当たっては、生物多様性の保全に向けた取組に加え、生物多様性を定量的に算出し、その結果を今後の取組に活かすと同時に、それら生物多様性保全の取組について、国民に分かりやすく説明することが必要となっている。

生物や生態系の多様性は本来、定量的に数値で表せるものではなく、一般的に希少種や生態系の健全性を示す象徴的な生物種が生育・生息しているかどうかといった定性的な指標を用いて評価されてきた。

それぞれの生物種の生息環境（ハビタット）はある程度決まっているため、各生物種が必要とする環境条件と一致する自然環境を既存の環境基盤データ（地質、植生帯、気候、降水量、光環境）などから探査することや、それら環境データを用いることにより、その地域の生物多様性についてはある程度推定することが可能である。

しかしながら、木材生産の場でもある森林においては、施業など人為的な影響を考慮した評価を行う必要があるため、ここでは、環境基盤や生物側の条件ではなく、森林計画や施業内容といった人為的な働きかけに着目し、それらの働きかけがどのようにその地域の生物層（今回は植物に限定）に影響しているのかについて、客観的に表すこととした。

したがって、本マニュアルは、生物多様性を向上させるための施業や、少なくとも多様性の低下や減少を緩やかなものに抑えるための施策を提案するものとした。

(2) マニュアル記載項目

- 第 1 章 本手順書について
 - 1.1. 本手順書の構成
 - 1.2. 本手順書の利用方法
- 第 2 章 生物多様性とは？
 - 2.1. 生物多様性の定義
 - 2.2. 生物多様性の 4 つの危機
 - 2.3. 生物多様性保全の意義
 - 2.4. 国有林野での取組
- 第 3 章 生物多様性の定量化とは？
 - 3.1. 生物多様性の定量化の目的
 - 3.2. 指標開発の経緯
 - 3.3. 生物多様性に考慮した気候区分
 - 3.4. 生物多様性指標と定量化指標
- 第 4 章 生物多様性指標の利用手順
 - 4.1. 生物多様性指標の特徴
 - 4.2. 生物多様性指標の計算
 - 4.3. 地域管理経営計画の参考資料の作成
- 第 5 章 参考資料
 - 5.1. 地域管理経営計画の参考資料のサンプル
 - 5.2. 森林計画区別気候区分対応表
 - 5.3. 森林タイプ（F_TYPE）の森林調査簿データ対応解説表

5.4. 気候区分毎の生物多様性指標計算式一覧

5.5. 気候区分毎の生物多様性指標の特徴

(3) 地域管理経営計画への活用方法

次期地域管理経営計画の策定に向けて計画量等の調整をする前の段階において、これまでの取組が生物多様性へどのような効果をもたらしていたかについてあらかじめ振り返り、過去の計画とも比較を行うものである。

過去の2時期の変化傾向を見ることで、相対的に見て生物多様性がプラス傾向にあるのか、マイナス傾向にあるのかを知ることが可能となる。

今後施業を行う上でどのような点に注意すべきなのか把握し、地域管理経営計画の参考資料として利用することを想定している。

以下に、静岡森林計画区における平成21年度と平成26年度樹立時の国有林データを用いて算出した生物多様性指標の変化傾向の結果と影響の解釈および施業や対策への提言を示した結果をサンプルとして示す。(表11～表13)

表 11 静岡森林計画区における生物多様性指標の変化傾向の算出結果

第5気候区分(関東・東海地域)

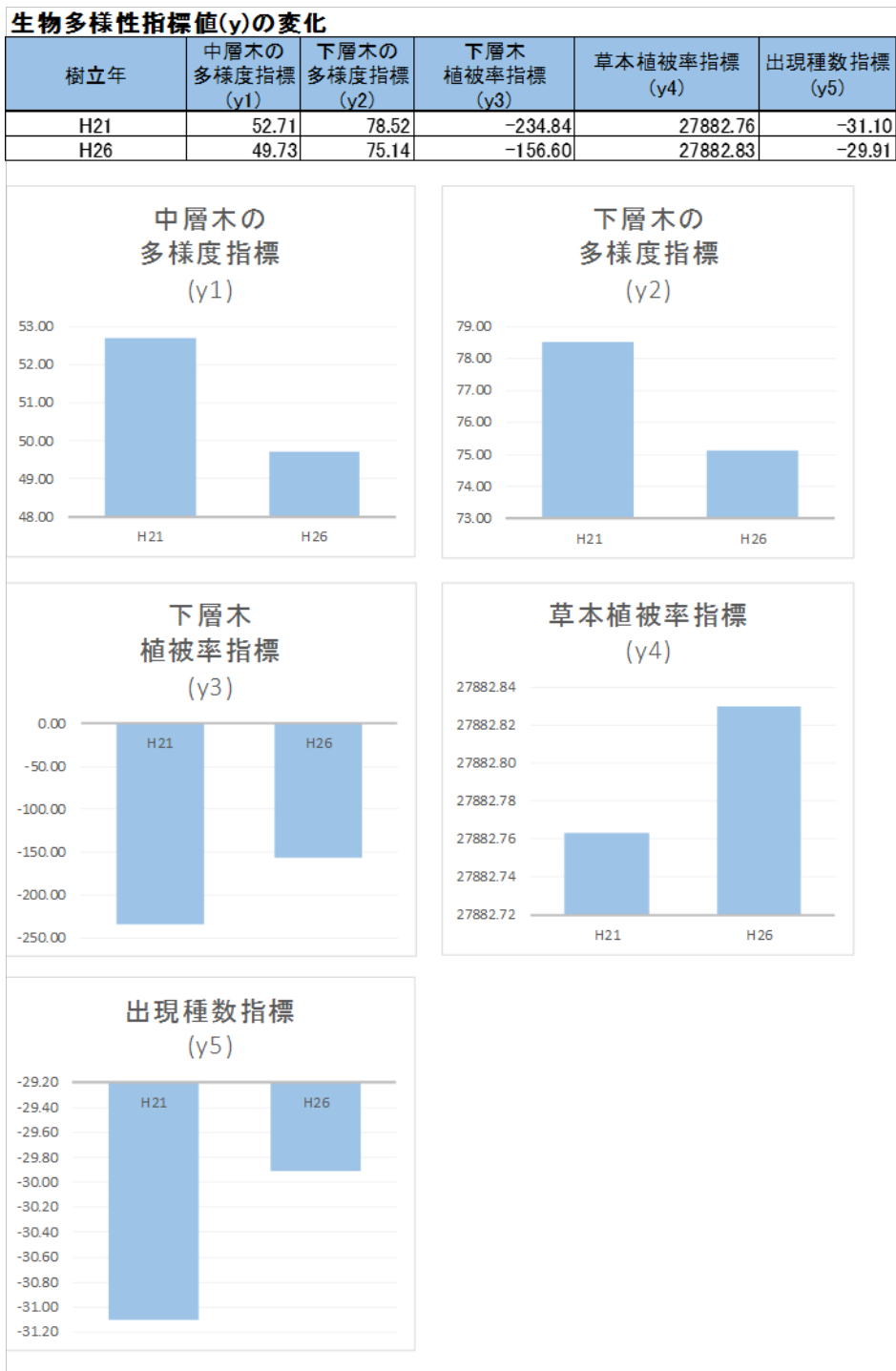
森林計画区	静岡
比較期間(樹立年)	H21、H26

生物多様性指標 (y)	生物多様性指標の変化	定量化指標 (x)	各定量化指標が生物多様性指標に与える影響 (相対値)	影響の解釈	施策・対策への提言
中層木の多様度指標 (y1)	↓	散在度(x1)	++	天然林や多様な林分構造の人工林があちこちに配置されているほど、中層木の多様性は高くなる傾向にあるため、プラスに影響していると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
		若齢級林分面積の計(x16)	+	若齢級林分が増えることが中層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際には土壌を攪乱しないよう留意する。
下層木の多様度指標 (y2)	↓	パッチの密度 (x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた小班の形状が細かく存在することが下層木の多様度指標にプラスに影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
		天然林面積率 (x10)	+	天然林の維持とその面積率が下層木の多様度指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	地域固有種の種子や遺伝子の供給源となる機能を発揮させるため、天然林面積率を増やす。
下層木植被率指標 (y3)	↑	複層林面積の計(x12)	++	複層林化により低木層の植被率が增加することから下層木植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	複層林面積を増やす対策をする。施業の際には、常緑針葉樹以外の樹種が生育できるように配慮し、水平方向に異なる林齢を配置してゆくことに留意する。
		散在度(x1)	+	多様な林分構造をあちこちに維持することが下層木植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	多様な森林タイプ(林分構造)となるような対策をする。施業の際には、集約化など小班の構造を単純化することは避け、様々な施業を行うことに留意する。
草本植被率指標 (y4)	↑	パッチの密度 (x9)	++	尾根や谷など多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が草本植被率指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。
		保護林面積の計(x17)	+	保護林が多いほど草本植被率が增加する傾向にあることから草本植被率指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	保護対象の森林生態系や希少な野生生物の持続性を確保するため、必要な対策を講じる
出現種数指標 (y5)	↑	若齢級林分面積の計(x16)	++	成長過程の明るい林が維持されると林床植物が増えることから出現種数指標にプラスの影響を与えていると考えられる。	若齢級林分を増やす対策をする。施業の際には土壌を攪乱しないよう留意する。
		パッチの密度 (x9)	+	多様な地形に応じた細かな小班形状の存在が林床植物の生物多様性にプラスに効いていることから出現種数指標にややプラスの影響を与えていると考えられる。	林小班の数を増やす(今ある隣接した小班は残し、集約化しない)対策をする。施業の際には、地形や地域の履歴を活かした施業を行うことに留意する。

説明変数の貢献度(係数)を相対的に表わす基準

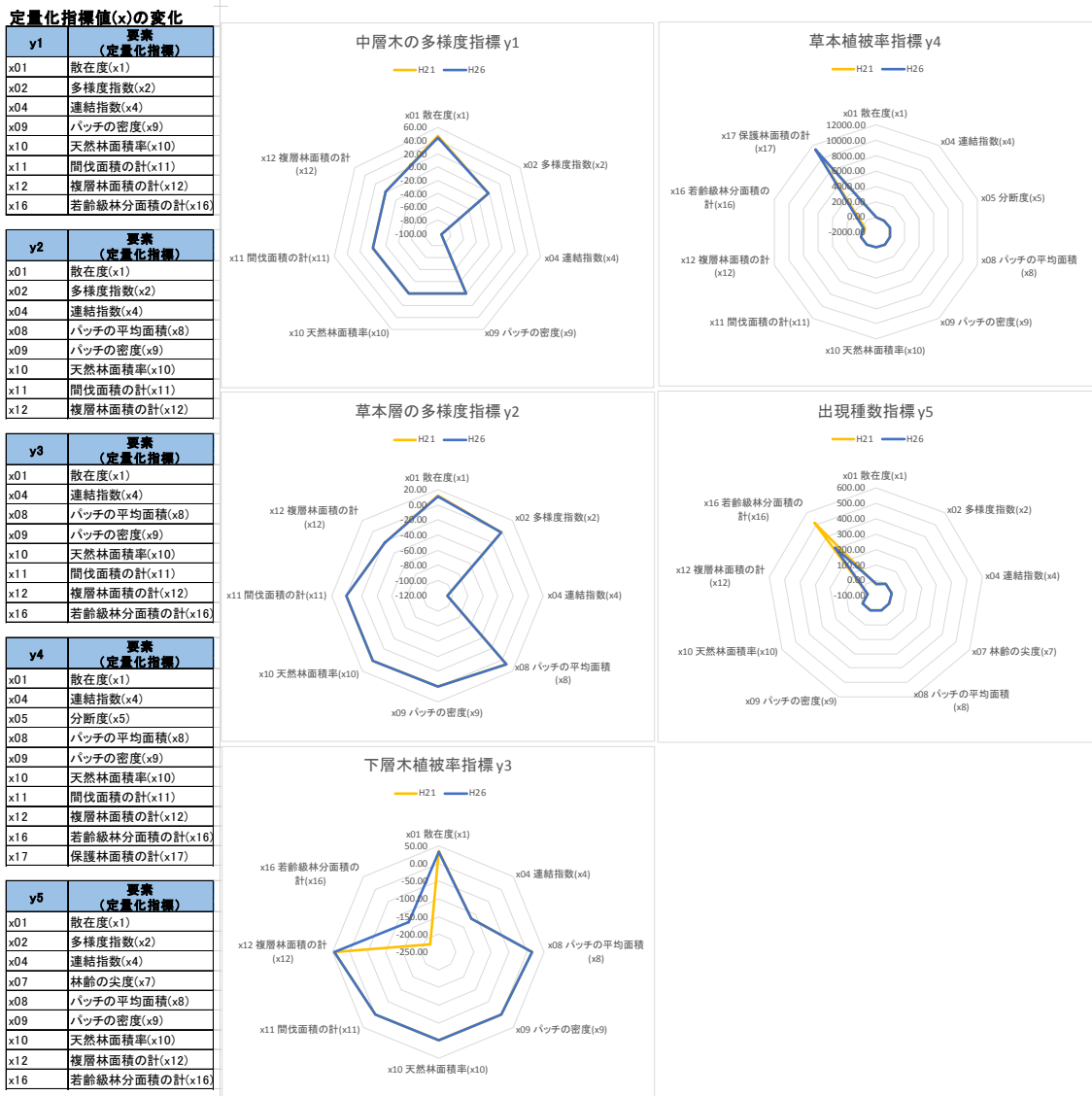
++ プラスの影響
+ ややプラスの影響

表 12 静岡森林計画区における生物多様性指標値の変化グラフ



各生物多様性指標の値の平成 21 年度から平成 26 年度までの比較結果をグラフで表すと、指標値の変化の度合いを見ることができる。ただし、y 軸の最小値を 0 としていないため、変化が強調されていることに注意が必要。

表 13 静岡森林計画区における定量化指標値の変化グラフ



各生物多様性指標の算出に用いた全ての定量化指標の値の変化を、レーダーチャートで表すと、平成 21 年度から平成 26 年度の 2 時点（5 年間）での変化は明確には現れていないことに注意が必要。

なお、レーダーチャート内の軸の数値は、各定量化指標を標準化した値のため、計算後の元データではない。

(4) マニュアル利用の留意点

マニュアルの利用に当たっては、生物多様性指標の開発の経緯や利用するデータの制限および利用目的を鑑みて、主に以下の点に留意する必要がある。

- ① 指標の数値の大小は多様性の良し悪しを示すものではない。
数値はあくまでもモデル式を説明する際の相対値であるため、数値がマイナスで表示される場合もある。

例えば、「成長量と伐採量の差(x14)」については、本来は数値が小さい（差が少ない）ほうが順調に森林の手入れが行われ生物多様性にプラスに影響すると思われるが、地域によっては、成長量と伐採量には差があるほうが生物多様性にプラスに効いている、という結果が得られる場合もあり、これは、豪雪地帯特有の、冬から初夏にかけて林床が明るいブナ林などの環境が、他の地域に比べて多くの林床植物を育み、さらに積雪の影響でシカによる食害からも免れてきた歴史の結果、伐採量が少なくても、十分高い生物多様性が維持されていることを意味する可能性がある。

または、広葉樹は積雪量の影響で水分条件が良いため比較的成長量自体が高く、伐採量がいくら切っても成長量に追いついていないことを表している可能性も考えられる。

- ② 生物多様性指標は定量化指標と森林生態系多様性基礎調査データとの関係から作成したモデルを利用して算出する推定値であり、算出された数値は、チャート等で図示するために標準化を行うため、実際の現場の種数や植被率や面積を表わすものではない。
- ③ 生物多様性指標を説明する要素（説明変数 x ）は気候帯区分によって違うため、他の気候帯区分の結果との比較や共有はできない。
- ④ モデル式は、平成 21 年度樹立時の森林調査簿・樹種別簿と、第 3 期の森林生態系多様性基礎調査データから算出しているため、平成 21 年度以外のデータ（森林調査簿・樹種別簿）を利用して生物多様性指標を算出する場合には、精度に誤差が生じる可能性がある。
- ⑤ 生物多様性指標算出の要素となる定量化指標は、実績値を反映したデータ（森林調査簿・樹種別簿）を利用して、過去もしくは現在の生物多様性の状況を示すものであるため、将来の生物多様性の状況を示すものではない。
- ⑥ 長期間での比較をするほど計画区全体での施業の効果が明確に現れやすく、比較する期間が短い場合は効果が現れにくいため、算出された変化の傾向はあくまでも目安として捉えること。

例えば、シカ害やナラ枯れなどのような急激な変化が最近広がっているものの、基本的には安定した森林生態系の場合は 5 年程度ではそれほど大きな変化は見られないと推定されるため、できるだけ長く期間をあけて年代間比較を行うことが望ましい。国有林 GIS のシステムの都合上、1 期もしくは 2 期前の計画樹立時の調査簿と樹種別簿を使用することになる。ただし、小班ポリゴンについては整備されていない場合があるため、入手できない場合は 1 時期の時点のものを使用して解析する必要がある。したがって、国有林 GIS のデータの整備がされていない年代間は比較ができない。

(5) 生物多様性指標の表現方法

2 時期を比較した生物多様性指標の変化傾向については、矢印で表現することとした。ただし、矢印の角度は変化の度合いを表すものではなく、あくまで目安として表現している。変化量を示すためには長期間に渡って複数時点で変化の度合いを検証する必要があるため、本年度においては角度に意味は持たない。

なお、生物多様性指標の変化量については、5年間の比較においてはわずかな差しか見られない場合が多く、実際に使用している棒グラフのy軸についてはゼロを基準とせず、変化が見やすいよう誇張した表現となっている。

また、標準化を行う際に、相対値に変換されていることから値がマイナスで表示されているものがあるが、変化量についてはあくまで2時期を比較したときの（軸がプラスかマイナスかを問わず）値の増減を比較することにより判断する。

その他、気候区分ごとの生物多様性指標計算式一覧、気候区分ごとの生物多様性指標の特徴と対策、等についてもマニュアルに記載した。

なお、地域管理経営計画の参考資料のサンプルを添付したことにより、実際にこれらを用いて講習会を行い地域管理経営計画の参考資料を作成してもらうことで、得られた意見をPDCAの手順によりマニュアルに反映し、改訂を行う形式とした。

3.1.4. 国有林野職員への定量化指標活用説明会の実施

(1) 説明会の実施

各森林管理局の経営企画官等に対し、生物多様性定量化指標に関する説明会を2日間にかけて実施した。(表 14、図 9)

表 14 平成 27 年度 生物多様性定量化指標に関する説明会

日時	平成 28 年 3 月 3 日 (木) 13:30~16:30 (説明)
	平成 28 年 3 月 4 日 (金) 9:00~15:00 (演習)
場所	東京都千代田区六番町 7 番地 日林協会館 3 階大会議室
対象	各森林管理局から経営計画官又は森林施業調整官 2 名 (計 14 名)

なお、1 日目には、生物多様性についての基礎的な概念および国内外での生物多様性定量化の動向についての講義を 2 時間行い、生物多様性の基礎知識と最新の取組について紹介した。また、生物多様性指標の開発経緯やマニュアル案について紹介し、生物多様性指標の概要とマニュアル利用における留意点についての説明を行った。

2 日目は、生物多様性指標の内容の説明をおさらいした上で指標算出の方法を説明し、パソコンを用いた生物多様性指標算出の実習を行った。

景観指標の計算、景観要素以外の指標の計算についても、なるべく自動化することで手間をかけずに迅速に結果の算出が可能となるよう、エクセルの計算ツールを予め作成し、実習を効率的に行えるよう工夫した。

さらに、演習で得られた結果に基づいての考察を行い、今後のマニュアルへの改定点および地域管理経営計画策定時の参考資料として活用する際の方法や留意点について議論を行った。

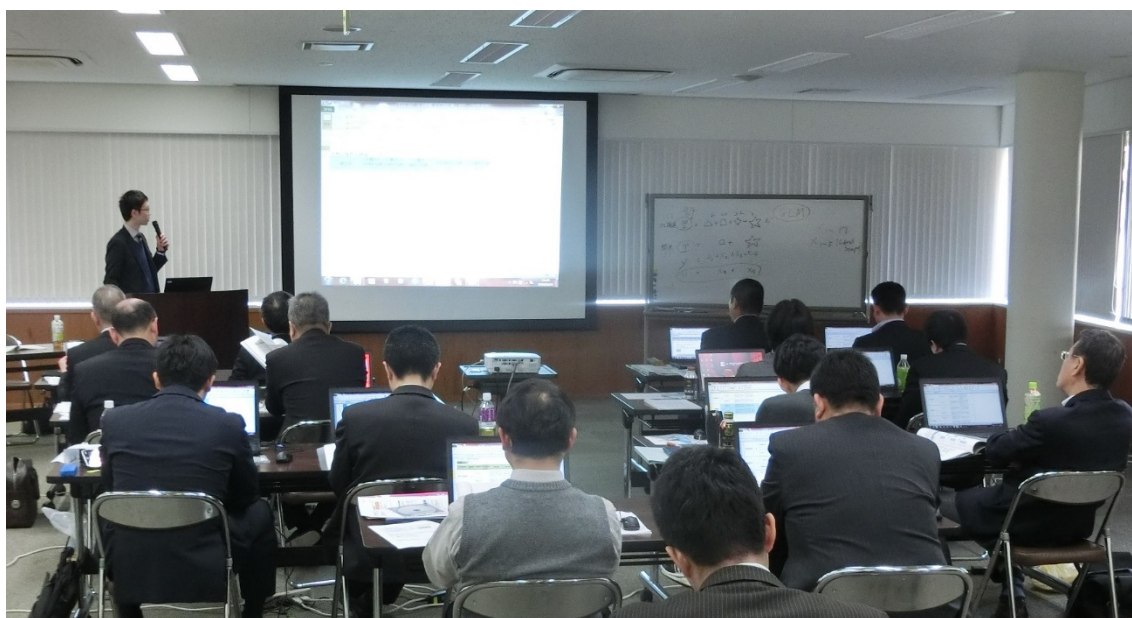


図 9 生物多様性定量化指標に関する説明会の様子

2日目の講義終了後に、生物多様性や生物多様性指標およびマニュアルの内容や利用方法について質疑応答を行った。

質疑応答は以下の通りである。

北海道森林管理局：

- Q. 北海道の区分はどういう理屈で行ったのか？ブラキストン線に基づいて区分ということは気候区分ではないのでは？
- A. 気候に限定せず、さまざまな生態学的知見に基づいているものであるが、今回は名称を気候区分と呼ぶことにしている。北海道は計画区数が少ないため、統計上、すべての計画区を用いないと GLM のモデル選択時の AIC による変数選択ができないため、やむをえず統合している。別途、計画区ではなく営林署ごとに定量化指標を計算し、大雪山を境に気候区分を区切って東西別の生物多様性指標を作成することも今後の課題として考えたい。
- Q. パッチの面積や密度が結局、多くの指標の説明要素となっているが、具体的にはどうする事が良いと考えるか？皆伐する時に簿帳を切ってイ-a、イ-b としたりするのか？
- A. 広い小班でありつつ、密度も高く保つことが重要ということになる。
- A. 本庁 兼光:空間的に限られている環境でパッチ密度を上げるということはすなわち小班の質を高めるために施業を工夫するという事なので、水平方向に多様な施業を行い、特に人工林の齢構造を多様化するなどの方法が考えられる。

関東森林管理局：

- Q. 使用していない指標もあるのはなぜか？
- A. AIC の変数選択において選択されなかったためである。
- Q. 変化傾向を見る時の 90 度刻みの矢印での表現は違和感がある。できれば斜めの矢印など、角度をつけるなどの配慮はできないか？
- A. エクセルのマクロ機能で自動表示させているため角度をつけるのには限界があるため、あくまで目安として解釈して頂きたい。

九州森林管理局：

- Q. 小班ポリゴンのうち、保護林や天然林の数値にウェイトを置いてみるのはどうか？
- A. 定量化は客観的な数値に基づくものなので、し意的になることを避けるために、あえて得点化はしない方向。

近畿中国森林管理局：

- Q. コメントだが、サンプルで使用した伊賀の計画区辺りは東海要素と呼ばれており、太平洋側と日本海側の気候が混ざる特異的な植生によって特徴付けられている。このエリアの地質は、花崗岩と泥岩類からなる粘土質が組み合わさっていて、いわゆる信楽焼き用の土が得られる地域で薪炭林としての利用歴のある二次林が広がっている。さらに砂礫・粘土の地質の部分に水田が入り組むことで里山的な環境となっている。間伐は進んでいるが、近年ではマツ枯れやナラ枯れによる光環境の変動による影響が大きい。そこにシカによる食害の影響も入っているので、より因果関係に着目した多様性解析が望まれる。
- A. 定性的なデータについても今後の課題として解析に入れてゆきたい。(補足：関東や北陸では、実際に、アカマツが枯れた後にコナラが優占しているが、そのコナラが急速に枯れると後継樹種としてはスダジイやヒサカキなどの常緑広葉

樹の稚樹が優占してくる。近畿においてもアラカシ、スダジイ（コジイ）やクロバイなどが優占する林に移行すると思われるが、シイ類が枯れると地域の生態系に大きな影響を及ぼすと思われる。今後注視して行きたい。）

(2) ヘルプデスクの設置

各森林管理局の担当官には上記講習会にて使用した解析ツールを実際に CD-R で持ち帰って頂き、動作確認および定量化指標計算の際の問題点やコメントなどをマニュアルに反映させることを目的として、以下の要領でヘルプデスクを設置した。

設置期間は 2016 年 3 月 7 日から 3 月 11 日までの 1 週間とし、以下を対応窓口の E メールアドレスとした。

bio_helpdesk@jafta.or.jp

ヘルプデスクの窓口や説明会での意見、質問を収集し、改善点をマニュアルに反映させた。

4. 今後の課題

生物多様性指標および定量化指標を、今後国有林野の地域管理経営計画により積極的に利用していくにあたって検討が必要な課題について以下に整理する。

➤ 森林病虫害等の関係を反映した説明変数の選択

これまで開発してきた17種類の定量化指標については、本年度7つの気候区分の下で異なる組み合わせのモデル式を作成した経緯により、それぞれの指標の生物多様性指標に及ぼす影響や特徴についてより詳しく把握することができた。

しかし、説明会の質疑応答でもあった通り、シカによる森林被害や森林病虫害と生物多様性指標との関係についてはより詳細な検証が必要だと考えられる。

例えば、第3区域にあたる青森、秋田、山形県などの豪雪地帯においては、林床植生が比較的良く維持されている傾向にあり、他の気候区分と比較しても今のところほとんどニホンジカによる植生への被害が及んでいないようである。しかし、地球温暖化の影響により積雪量は年々減少傾向にあり、シカの越冬の際の生残率も上昇していることから、これまでシカによる強い食害を経験してこなかった地域の生物多様性が最も危機的状態にあると考えられる。

今後は、使用する定量化指標にさらに吟味を加え、指標間で少しでも相関関係にあるもの（成長量と伐採量の差、パッチの面積と密度や2種類ある多様度指数など）については極力取り除き、代わりに、より定性的な情報として、例えばシカによる食害の有無やカシノナガキイムシによるナラ枯れやマツノザイセンチュウによるマツ枯れの被害の有無や強度の指標を追加することで、地域の生物多様性に与える影響について複合的に把握できるような検討が必要であると思われる。その際、被害の有無といった0・1データ(カテゴリカルなデータ)についても他の指標と同時に検定・計算できるように、より高度なGLMを検討する余地がある。

➤ 森林生態系多様性基礎調査のさらなる利用

本年度は、国有林に重なる調査地点で、かつ、調査プロットが単一な林分からなる地点のみを使用しているため、それらが必ずしもその気候区分全体を代表する植生であるとは断言できない。さらに、気候区分によっては使用している森林生態系多様性基礎調査の地点数が異なるため、今後は、より多い調査地点情報を用いた解析も比較のため行い、精度を検証しておくことも重要と思われる。

さらに、小班とモニタリングプロットは1対1の関係では追跡しておらず、あくまでも他年度の平均値の比較となるため、小班の動態の追跡はできていない。

そのため、森林生態系多様性基礎調査の実際の調査地において、国有林でどのような施業が実際に行われ、どのような植生の動態が見られるかについての現地情報を調査することにより、より精度の高い生物多様性指標を作成することも今後重要になると思われる。

➤ 国有林データの整備および変換ツールの開発

現在構築済みの定量化指標の計算用ツールは、国有林GISから抽出した森林調査簿、樹種別簿および小班ポリゴンに併せて調整されている。

そのため、施業計画を整理している伐採造林樹種別簿等を利用して定量化指標および生物多様性指標を算出することはできない。

現在の計算ツールを利用して将来の生物多様性の変化傾向を把握したい場合には、施業計画の値を、国有林GISから抽出した森林調査簿、樹種別簿および小班ポリゴン

にあわせる必要があるため、簡易に変換できるツール等の開発が必要と考えられる。

また、生物多様性指標の計算の内、要素となる定量化指標の x1 から x5 の景観指標については、小班ポリゴンのデータが計算対象とする年代に対応していなければ、正確な計算ができないことから、過去からのデータを含めた国有林データのさらなる整備が望まれる。