

令和4年度森林整備保全事業推進調査
報 告 書

令和5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 生物多様性と生態系サービスのとりまとめ～森林に即して～	4
2-1 森林の有する多面的機能と生態系サービス	4
2-1-1 生態系サービスの分類—MA と TEEB	4
2-1-2 森林の有する多面的機能と生態系サービスの関係	6
2-2 森林の有する生物多様性保全機能の発揮に関する調査研究文献の整理—過去の調査成果に基づいて—	9
2-2-1 平成 26 年度・27 年度・28 年度報告書	9
2-2-2 平成 28 年度報告書における生物多様性保全機能の要約	10
2-2-3 平成 28 年度報告書から見た生物多様性保全機能と生態系サービスの関係	14
2-3 森林の有する水源涵養機能の発揮に関する調査研究文献の整理—過去の調査成果に基づいて—	16
2-3-1 平成 28 年度報告書における水源涵養機能の要約	16
2-3-2 平成 28 年度報告書から見た水源涵養機能と生態系サービスの関係	20
2-4 森林の有する土砂災害防止／土壌保全機能の発揮に関する調査研究文献の整理—過去の調査成果に基づいて—	21
2-4-1 平成 28 年度報告書における土砂災害防止／土壌保全機能の要約	21
2-4-2 平成 28 年度報告書から見た土砂災害防止／土壌保全機能と生態系サービスの関係	25
2-5 森林の有する快適環境形成機能の発揮に関する調査研究文献の整理—過去の調査成果に基づいて—	26
2-5-1 平成 28 年度報告書における快適環境形成機能の要約	26
2-5-2 平成 28 年度報告書から見た快適環境形成機能と生態系サービスの関係	28
2-6 森林施業と生物多様性に関する調査研究文献（主として 2015 年以降）の収集・整理	29
2-7 森林の健全性に関する調査研究文献の収集・整理	46
2-8 絶滅危惧種、希少種の保全に関する調査研究文献の収集・整理	55
2-9 森林における生物多様性が果たす役割・機能のまとめ	64

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	65
3-1 全林種における期間変動分析の方法等について	65
3-1-1 期間変動分析の方法	65
3-1-2 分析対象調査プロットの整理	65
3-1-3 標高帯の設定	67
3-1-4 全国地域の設定	70
3-2 林種別調査プロットの概要	71
3-2-1 林種別調査プロット数	71
3-2-2 優占樹の平均直径・平均樹高	72
3-2-3 低層木・草本の平均植被率	73
3-3 全林種における木本類多様性の期間変動分析	74
3-3-1 木本類平均多様度指数の期間変動	74
3-3-2 木本類累積多様度指数の期間変動	77
3-4 全林種における草本類の期間変動分析	80
3-4-1 草本類総種数の期間変動	80
3-4-2 草本類平均出現種数の期間変動	82
3-5 絶滅危惧種の期間変動分析	84
3-5-1 絶滅危惧種の定義と分析方法	84
3-5-2 全国絶滅危惧種の期間変動	85
3-5-3 地域別絶滅危惧種の期間変動	88
3-6 森林被害と生物多様性に関する期間変動	92
3-6-1 森林健全性と森林被害について	92
3-6-2 森林被害状況の期間変動	92
3-6-3 獣害(野生動物被害)と生物多様性	94
3-7 育成単層林スギの生物多様性	97
3-7-1 育成単層林スギ・ヒノキの分析視点	97
3-7-2 基礎調査データの整理	97
3-7-3 齢級別分析	98
3-7-4 胸高断面積別の集計分析	108
3-7-5 低層木植被率別の集計分析	113
3-7-6 草本植被率別の集計分析	119
3-8 育成単層林ヒノキの生物多様性	125
3-8-1 齢級階級別の分析	125
3-8-2 胸高断面積別の分析	129
3-8-3 低層木植被率別の分析	133
3-8-4 草本植被率別の分析	135
参考図表 木本類・草本類の期間変動に関する集計結果	137

4	生物多様性に係る森林施業のとりまとめ	210
4-1	本章での「とりまとめ」の方針	210
4-2	最新の概説書での解説	210
4-3	総説論文での解説	211
4-3-1	日本型「近自然施業」の可能性	211
4-3-2	植物種多様性に関する総合的取りまとめ	212
4-3-3	森林認証の可能性	213
4-4	「保持林業」あるいは「保残伐施業」	214
4-4-1	人工林における生物多様性と施業の関係性と「保持林業」	214
4-4-2	REFRESH 事業について	216
4-4	令和4年度現地調査 概要	217
5	成果指標の改善	223
5-1	森林整備保全事業の成果指標	223
5-2	人工林の多面的機能の評価方法	224
5-2-1	多面的機能評価と諸因子の関係	224
5-2-2	機能評価の方法	226
5-3	育成単層林スギの機能評価	228
5-3-1	人工林の林床植生の多様性と水土保持機能	228
5-3-2	人工林の林床植生にみる植物種の多様性	234
5-3-3	人工林低層木の多様性と森林更新	236
5-4	成果指標案に関するまとめ	238
6	今後の調査課題	241
付帯資料 1	第 1 回検討委員会委員の意見	242
付帯資料 2	第2回検討委員会議事要旨	248

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4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5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3(2021)年度森林整備保全事業推進調査

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、人工林における生物多様性の保全に関する機能の分析、人工林における生物多様性の評価

令和4年度森林整備保全事業推進調査 仕様書

ア. 森林生態系サービスと生物多様性のとりまとめ

森林の多面的機能の一つとして「生物多様性保全機能」が位置付けられている。地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的機能について(答申)(日本学術会議、

平成 13 年) によれば、これについては、遺伝子の保全、生物種の保全、生態系の保全を意味し、従来の鳥獣保護や天然記念物の保護、あるいは野生動植物の保護を含む、森林の本性である生物性そのものにかかわる概念とされている。一方、「生物多様性」という言葉については、多様な生命の長い歴史の中でつくられたもので、それ自体に大きな価値があり、保全対象となるという概念と食料や水、気候の安定等、いわゆる生態系サービスを生物多様性が支えているという概念がある。現在森林の多面的機能として位置付けられている「生物多様性保全機能」とは主に前者に関する概念を踏まえたものであり、後者を踏まえ森林において生物多様性を保全する意義については、知見を十分に整理できていない。本業務において、森林生態系サービスと生物多様性に関して文献調査を行い、森林生態系サービスを支えるという観点で森林において生物多様性が果たす役割について整理すること。

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

生態学において生物多様性を保全する意義として、希少種・固有種の保全を目的とするものと生態系の安定性の観点から種の多様性や均衡性を目的にするものの2つに大きく分けられる。これら2つの目的について、森林生態系多様性基礎調査のデータ等を用い、人工林の生物多様性について分析し、とりまとめること。必要に応じて令和2～3年度森林整備保全事業推進調査において行った分析を活用すること。

ウ. 生物多様性に係る森林施業のとりまとめ

生物多様性保全に効果的な森林施業として、例えば複層林施業、長伐期施業等が挙げられるが、こういった施業が上述した生物多様性を保全する目的に関して、生態系に与える具体的な影響について文献調査等を行い、とりまとめを行うこと。なお、必要に応じて令和2～3年度森林整備保全事業推進調査で収集した文献を活用すること。とりまとめを補強するため、生物多様性に配慮した森林施業を行っている場所、1箇所程度について現地調査を行うこと。

エ. 指標の改善

ア、イ及びウの結果を踏まえ、森林整備保全事業計画(令和元年～5年度)の成果目標2「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」において設定されている成果指標について指標案を複数検討すること。

1-2 検討委員会の設置・運営

1-2-1 検討委員会の設置

検討委員

(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)

林野庁

- 城 風人 計画課総括課長補佐
三間 知也 計画課課長補佐
鎌田憲太郎 計画課森林計画官

(一財)林業経済研究所

- 永田 信 理事長
土屋 俊幸 所長
神沼公三郎 所長補佐
水村 隆 研究員

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」

(2022年 11月9日 「令和4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4年 11月9日～令和4年 11月 22日

(2) 第2回検討委員会

議案:

1. スギ林における植生の観点からの生物多様性
2. 人工林の生物多様性について
ー森林生態系多様性基礎調査の分析ー
3. 「トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験」現地調査
4. その他

日時: 2023(令和5)年 2月 2日(木) 13:30-15:30

場所: 中央合同庁舎4号館(12階 1218号室)

2 生物多様性と生態系サービスのとりまとめ～森林に即して～

2-1 森林の有する多面的機能と生態系サービス

2-1-1 生態系サービスの分類—MA と TEEB

生態系サービスとは、人々が生態系から享受する便益である¹。森林について言うと、森林の有する多面的機能がすなわち生態系サービスの一部を構成するが、両者（森林の有する多面的機能と生態系サービス）は別個に議論されてきたように思う。そこで両者の概念の整合性を図るため、まずそれぞれに関する基本的理解を示しておこう。

生態系サービスの分類には2種類が示されている。図表-1のとおり一つは「ミレニアム生態系評価」（MA、Millennium Ecosystem Assessment）の分類であり、もう一つは「生態系と生物多様性の経済学」（TEEB、The Economics of Ecosystem and Biodiversity）の分類である。

MA は、2000 年の国連総会におけるアナン事務総長の演説「私たち人類：21 世における国際連合の役割」に応える形で、2001 年から 2005 年のあいだに実施された。事務局を国連環境計画（UNEP）に置き、国際的機関、各国政府、企業、NGO、先住民など 2,000 人を超える利害関係者が参加して報告書がまとめられた²。他方 TEEB は、2007 年にポツダム（ドイツ）で開催された G8+5 環境大臣会議で欧州委員会とドイツが「生態系と生物多様性の経済学」のプロジェクト実施を提唱したのち、ドイツ、イギリス、オランダ、ノルウェー、ベルギー、スウェーデン、日本の資金援助を受けて、やはり国連環境計画の主導のもとに研究が推進され、2010 年 10 月に名古屋市で開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議（COP10）までに一連の報告書がまとめられた³。このように、MA 報告書のほうが TEEB 報告書よりも 5 年ほど早い。

MA は生態系サービスを「生態系から供給される便益」と定義づけ⁴、TEEB は「『自然』すなわち『生物多様性』や『生態系』がもたらす恩恵」を生態系サービスと呼んでいる⁵。基本的に同義の意味を与えていると言える。その生

¹ 横浜国立大学 21 世紀 COE 翻訳委員会 責任翻訳『国連ミレニアム エコシステム評価 生態系サービスと人類の将来』2010 年 4 月 15 日、第 1 版第 4 刷発行、(株)オーム社、pp.241 の p.65。

² 同上の前文。

³ 環境省「価値ある自然 生態系と生物多様性の経済学：TEEB の紹介」2012 年 3 月。

⁴ 前掲 1、p.65。

⁵ 前掲 3。

図表 2－1 生態系サービスの分類（MAとTEEB）

M A の分類		T E E B の分類		
供給サービス	1	食料	1	食料
	2	淡水	2	淡水資源
	3	燃料	3	原材料
	4	遺伝子資源	4	遺伝子資源
	5	生化学物質、自然薬品	5	薬用資源
	6	装飾品の素材	6	観賞資源
	7	繊維		
調整サービス	8	大気質の調節	7	大気質調整
	9	気候の調節	8	気候調整
	10	自然災害の防護	9	局所災害の緩和
	11	水の調節	10	水量調節
	12	水の浄化と廃棄物の処理	11	水質浄化
	13	土壌浸食の抑制	12	土壌浸食の抑制
	14	病虫害の抑制	13	地力の維持
	15	花粉媒介	14	花粉媒介
	16	疾病の予防	15	生物学的防除
文化的サービス	17	場所の感覚	16	自然景観の保全
	18	娯楽とエコツーリズム	17	レクリエーションや観光の場と機会
	19	インスピレーション	18	文化、芸術、デザインへのインスピレーション
	20	精神的・宗教的価値	19	神秘的体験
	21	知識体系（伝統的・慣習的）	20	科学や教育に関する知識
	22	審美的価値		
	23	社会的関係		
	24	文化的多様性		
	25	文化的遺産価値		
	26	教育的価値		
基盤サービス	27	土壌形成	21	生息・生育環境の提供
	28	光合成	22	遺伝的多様性の保全
	29	一次生産		
	30	栄養塩循環		
	31	水循環		

注1) TEEBは環境省「価値ある自然 生態系と生物多様性の経済学：TEEBの紹介」2012年3月。

2) MAは横浜国立大学21世紀COE翻訳委員会 責任翻訳『国連ミレニアム エコシステム評価 生態系サービスと人類の将来』2010年4月15日、第1版第4刷発行、(株)オーム社、p. 65-p. 68。

3) TEEBの分類22項目は注1) 冊子に記載されている順序のうち「文化的サービス」（5項目）と「生息・生育地サービス」（2項目）を入れ替えた。MAの分類31項目は、4つのサービス項目それぞれのなかで、できるだけTEEBの分類項目に対応するように順序を入れ替えた。

生態系サービスの細かな項目、特に「供給サービス」と「調整サービス」の小項目はほとんど同じである（図表 2－1）。しかし、「文化的サービス」は MA のほうが細かく分かれていて、小項目数が多い。また、最下段は MA が「基盤サービス」であるのに対して TEEB は「生息・生育地サービス」であり、この表現も、さらに小項目も大きく異なる。

MA の「基盤サービス」は「土壌形成」、「光合成」、「一次生産」、「栄養塩循環」、「水循環」の小項目から成る。これらの小項目が生態系の維持全体に共通する基本的要因であるのはいうまでもないが、強いて言えば農業、農業生産に適合した分類項目という感じがする。一方、TEEB の「生息・生育地サービス」の小項目は「生息・生育環境の提供」と「遺伝的多様性の保全」の 2 つだけであるが、生態系サービスの観点から森林の存在を意義づける場合、この 2 つで不足はないであろう。また TEEB の分類は「文化的サービス」に「自然景観の保全」が位置づけられていて、森林問題を扱うにふさわしい。さらに「供給サービス」の「原材料」には木材、燃料が含まれている⁶ので、森林・林業問題と深く関連している。

このような理由から、本報告書は TEEB の示す生態系サービスの分類に従うこととする。

2－1－2 森林の有する多面的機能と生態系サービスの関係

図表 2－2 は 2001 年 11 月に日本学術会議が発表した「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について（答申）」に基づき作成された、「森林の有する多面的機能」に関する整理一覧表である。ここには森林の多面的機能がもれなく、要領よく整理されていて、この一覧表の内容がわが国における社会的通説になっている。

図表 2－2 の左側に書かれている多面的機能の各概念と図表 2－1 における生態系サービス（TEEB）の分類を関連づけたのが図表 2－3 である。多面的機能のなかの i）生物多様性保全は、生態系サービスにおける「生息・生育地サービス」、「供給サービス」の一部、「文化的サービス」の一部に係る⁷。ii）「地球環境保全」は「調整サービス」の一部と整合する。iii）「土砂災害防止機能／土壌保全機能」も「調整サービス」の一種である。iv）「水源

⁶ 前掲 3。

⁷ 図表 2－2 は生物多様性保全機能を構成する項目として「遺伝子保全」、「生物種保全」、「生態系保全」を挙げている。このうち特に「生態系保全」は、TEEB の分類における「生息・生育地サービス」の「生息・生育環境の提供」に適合的であるが、他方、MA の分類にはこれほどに適合的な項目は見当たらない。この点からも、本報告書が TEEB の分類に依拠するのは妥当である。

図表 2－2 森林の有する多面的機能

生物多様性保全	遺伝子保全、生物種保全（植物種保全、動物種保全[鳥獣保護]、菌類保全）、生態系保全（河川生態系保全、沿岸生態系保全[魚つき]）
地球環境保全	地球温暖化の緩和（二酸化炭素吸収、化石燃料代替エネルギー）、地球気候システムの安定化
土砂災害防止機能／土壌保全機能	表面侵食防止、表層崩壊防止、その他の土砂災害防止（落石防止、土石流発生防止・停止促進、飛砂防止）、土砂流出防止、土壌保全（森林の生産力維持）、その他の自然災害防止（雪崩防止、防風、防雪、防潮など）
水源涵養機能	洪水緩和、水資源貯留、水量調節、水質浄化
保健・レクリエーション機能	療養（リハビリテーション）、保養（休養[休息、リフレッシュ]、散策、森林浴）、レクリエーション（行楽、スポーツ、つり）
快適環境形成機能	気候緩和（夏の気温低下[と冬の気温上昇]、木陰）、大気浄化（塵埃吸着、汚染物質吸収）、快適生活環境形成（騒音防止、アメニティー）
文化機能	景観（ランドスケープ）・風致、学習・教育（生産・労働体験の場、自然認識・自然とのふれあいの場）、芸術、宗教・祭礼、伝統文化、地域の多様性維持（風土形成）
物質生産機能	木材（燃料材、建築材、木製品原料、パルプ原料）、食料、肥料、飼料、薬品その他の工業原料、緑化材料、観賞用植物、工芸材料

（注）林野庁ホームページ：https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/con_1.htmlより。
このホームページは、日本学術会議「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について（答申）」（2001年11月）に基づいて作成されている。

図表 2－3 森林の有する多面的機能と生態系サービスとの関係

森林の多面的機能	生態系サービス（TEEB）
生物多様性保全	生息・生育地サービス 供給サービス（一部） 文化的サービス（一部）
地球環境保全	調整サービス（一部）
土砂災害防止機能／土壌保全機能	調整サービス（一部）
水源涵養機能	供給サービス（一部） 調整サービス（一部）
保健・レクリエーション機能	文化的サービス（一部）
快適環境形成機能	調整サービス（一部）
文化機能	文化的サービス
物質生産機能	供給サービス

涵養機能」もまた「調整サービス」の一つである。v)「保健・レクリエーション機能」は「文化的サービス」の一翼を構成する。vi)「快適環境形成機能」は「調整サービス」の一部に該当する。vii)「文化機能」は文字どおり「文化的サービス」と同一である。viii)「物質生産機能」は「供給サービス」に相応する。

森林の有する8種類の機能は、生態系全体から導き出された生態系サービスの分類のいずれかに対応している。この意味で森林・林業の諸機能は非常に広範な性格を有していて、他の第一次産業よりもはるかに生態系サービスの分類に整合的であると言えよう。

2-2 森林の有する生物多様性保全機能の発揮に関する調査研究文献の整理—過去の調査成果に基づいて—

2-2-1 平成 26 年度・27 年度・28 年度報告書

森林の有する多面的機能が生態系サービスの構成内容に非常に適合的であることを見た。今年度の調査課題は下記 3 つの報告書で、森林生態系の多様性つまり水源涵養機能、土砂災害防止／土壌保全機能、快適環境形成機能及び生物多様性保全機能が生態系サービスの論点とどのように結びついているか、検討することである。

林野庁：平成 26 年度森林整備保全事業推進調査 報告書（平成 27（2015）年 3 月）

林野庁：平成 27 年度森林整備保全事業推進調査 報告書（平成 28（2016）年 3 月）

林野庁：平成 28 年度森林整備保全事業推進調査 報告書（平成 29（2017）年 3 月）

平成 26 年度報告書は水源涵養機能、土砂災害防止／土壌保全機能、快適環境形成機能及び生物多様性保全機能について計 517 編の文献を収集した。平成 27 年度報告書は同じく計 97 編、平成 28 年度報告書は同じく計 254 編を収集した。これらを合計すると 868 編になる（ただし、一部に重複あり）。そのうえで平成 28 年度報告書は、これらの文献収集を踏まえて Q & A 特集を組み、水源涵養機能について 32、土砂災害防止／土壌保全機能 28、快適環境形成機能 11、生物多様性保全機能 14、計 85 の Q & A をもって森林の有する多面的機能をわかりやすく説明している（さらに、森林の有する多面的機能に関する共通課題として 2 つの Q & A が設定されているので、これを含めると計 87 の Q & A になる）。これらの Q & A は、現時点における森林の多面的機能の理解に関する到達点と言ってよい。それゆえ、以下、『平成 28 年度報告書』における Q & A を紹介し、そのうえで森林の有する多面的機能と生態系サービスの関係を考察することとする。

なお、これらの Q & A は主に人工林で多面的機能が発揮されるにはどのような課題があるかという視点にたち、しかも保育の手がそれなりに行き届いた人工林を前提にしている。

2-2-2 平成 28 年度報告書における生物多様性保全機能の要約

平成 28 年度報告書における Q & A の順序は次のとおりである。

共通、p. 83－p. 86

水源涵養機能、p. 87－p. 163

土砂災害防止／土壌保全機能、p. 165－p. 252

快適環境形成機能、p. 253－p. 290

生物多様性保全機能、p. 291－p. 359

これらのうち生物多様性保全機能の課題がこの令和 4 年度調査で一番の中心課題であるので、生物多様性保全機能に関する Q & A の解説から始めることにする。

生物多様性保全機能に関する Q & A 14 は下記の構成から成り、**生物多様性保全機能の発揮に与える影響**に関する Q & A が 8、**生物種保全機能の発揮に与える影響**に関する Q & A が 3、**生態系保全機能の発揮に与える影響**に関する Q & A も 3 である。なお、問 03-15、問 03-16、・・・は平成 28 年度報告書におけるナンバリングをそのまま使用している。

問 03-15 間伐の実施は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 291－p. 292 参考文献 25 編（うち英文 15 編）、引用 p. 292－p. 297

問 03-16 枝打ちの実施は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 298 参考文献 6 編（うち英文 2 編）、引用 p. 298－p. 299

問 03-17 皆伐の実施は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 300－p. 302 参考文献 23 編（うち英文 14 編）、引用 p. 302－p. 309

問 03-18 皆伐跡地への植栽の実施は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 310 参考文献 8 編（うち英文 6 編）、引用 p. 311－p. 313

問 03-19 人工林化は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 314－p. 315 参考文献 11 編（うち英文 3 編）、引用 p. 316－p. 318

問 03-20 複層林化は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 319－p. 321 参考文献 17 編（うち英文 6 編）、引用 p. 321－p. 324

問 03-21 高齢級化は生物多様性保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 325－p. 326 参考文献 14 編（うち英文 7 編）、引用 p. 326－p. 329

問 11 生物多様性保全機能が高度に発揮される森林とはどのようなものか

答 p. 330 参考文献 6 編（うち英文 4 編）、引用 p. 331－p. 333

問 12-1 優占樹種の違いは生物種保全機能の発揮にどのような影響を与えるのか

答 p. 334－p. 335 参考文献 6 編（うち英文 2 編）、引用 p. 335－p. 338

問 12-2 林相（単・複）・景観構造の違いは生物種保全機能の発揮にどのような影響を与えるのか

- 答 p. 339－p. 340 引用文献 8 編（うち英文 3 編）、引用 p. 340－p. 343
- 問 12-3 年齢の違いは生物種保全機能の発揮にどのような影響を与えるのか
- 答 p. 344－p. 345 引用文献 9 編（うち英文 4 編）、引用 p. 345－p. 347
- 問 12-4 優占樹種が受ける被害の違いは生態系保全機能の発揮にどのような影響を与えるのか
- 答 p. 348－p. 349 引用文献 8 編（うち英文 3 編）、引用 p. 349－p. 352
- 問 12-5 林相（単・複）・景観構造の違いは生態系保全機能の発揮にどのような影響を与えるのか
- 答 p. 353－p. 354 引用文献 3 編（うち英文 2 編）、引用 p. 354－p. 355
- 問 12-6 年齢の違いは生態系保全機能の発揮にどのような影響を与えるのか
- 答 p. 356－p. 357 引用文献 8 編（うち英文 4 編）、引用 p. 357－p. 359
- 以上、引用文献数 152 編（うち英文 75 編）

なお、平成 28 年度報告書は上記計 14 の Q & A に示された現状の理解を述べるとき、それらのすべてについて今後一層の研究深化が必要である旨のコメントを与えている。

以下、同報告書の記述を出来るだけ短い文章に要約する。生物多様性保全機能に関する Q & A は視点を次の 3 つに分けている。

- ①生物多様性保全機能の発揮に与える影響
- ②生物種保全機能の発揮に与える影響
- ③生態系保全機能の発揮に与える影響

①生物多様性保全機能の発揮に与える影響の箇所では問 03-15・問 03-16 間伐・枝打ちの実施、問 03-17 皆伐の実施、問 03-18 皆伐跡地への植栽の実施、問 03-19 人工林化、問 03-20 複層林化、問 03-21 高齢級化、問 11 生物多様性保全機能が高度に発揮される森林、に細分されている。この問 03-15 から問 11 に及ぶ記述は主として人工林における各種技術の視点から考察したもので、しかも人工林の形成・発達過程で必要な保育がそれなりに、あるいは十分に行われる事態を暗に前提にしている。保育が行われない人工林は前提にしていらないと言ってよい。

問 03-15・問 03-16 間伐・枝打ちの実施では、基本的にこの育林技術が下層植生やアリ類、甲虫類、クモ類などの多様性に効果的であるとしている。問 03-17 皆伐の実施では、皆伐は森林性の生物に劇的な生息環境の変化をもたらすとしつつ、植生、両生類、鳥類、哺乳類への影響についていままでの研究成果を紹介している。また、人工林の皆伐に際してはパッチ状小規模伐採や保残木施業が注目されるとしている。問 03-18 皆伐跡地への植栽の実施では地ごしらえだけを論じて、簡単に済ませている。そのあとの問 03-19 人工林化は、問 03-15・問 03-16、問 03-17、問 03-18 を総括する記述と言ってよく、まず、人工林化により原生林種が消失する、人工造林の繰り返しにより樹木の多様性が低下する、人工林では昆虫の種数が少ない、哺乳類では北海道

で拡大造林によりエゾヤチネズミが大量繁殖して人工林に大きな被害を与えたなど、ネガティブな面を述べている。しかし、高齢人工林が絶滅危惧種植物の生育地になっている事例がある、里山のように適切に管理された人工林では林床植生の種数が多いなど、人工林の積極的な意義を述べている。また、鳥類は人工林と広葉樹林では種組成に違いがある、人工林化に際しては樹洞木、枯死木などを残して、それらを好む鳥類の保護を図るべきであるとしている。

問 03-20 複層林化では、1)針葉樹二段林、2)針葉樹人工林の広葉樹混交林への誘導、3)帯状伐採と再造林によるモザイク施業、に分けて論じている。1)針葉樹二段林は下刈り作業が軽減される反面、下木が成長すると上木とともに日射を遮るので林床はさらに暗くなる。そのため、適切な間伐が実施されないと生物多様性保全機能は単層林よりも低下するとしている。2)針葉樹人工林が広葉樹と混交林化すると、鳥類、コウモリ相などで種の多様性が進む。混交林化に到る広葉樹天然更新のためには強度の間伐が効果的だが、種子の供給源になる広葉樹林が針葉樹人工林の周辺にないと、広葉樹の更新はそれほど期待できないとしている。3)については、生物多様性保全機能に関して帯状伐採やモザイク施業の有効性を論じる研究があるが、いまだ研究蓄積が十分ではないとする。総じて単層林を複層林化するとさまざまな生息環境の形成につながり、生物多様性保全機能が向上すると述べている。

問 03-21 高齢級化では、森林の階層構造が複雑になり、林床の枯死木が増えて生物の生息場所が形成され、生物多様性保全機能が豊かになると述べる。高齢人工林は絶滅危惧種の生育地になっている場合がある、埋土種子が数多く発見されると過去の間による干渉の影響が示唆される、老齢天然林と同様に多彩な種の昆虫が確認されるときがある、などを指摘している。

問 11 生物多様性保全機能が高度に発揮される森林については鳥類との関係だけを考察していて、人工林のなかになるべく広い範囲で広葉樹林を残す、樹洞木・立ち枯れ木・倒木などを残す、広葉樹林の周囲に質の高い人工林をつくりだす人工林のマトリックス管理を目指す、などが鳥類の多様性を実現する施策であると述べている。

②生物種保全機能の発揮に与える影響の箇所では問 12-4 優占樹種の違い、問 12-5 林相（単・複）・景観構造の違い、問 12-6 齢級の違いに分けて、それぞれの場合における生物種保全機能の発揮との関係を整理している。

問 12-1 優占樹種の違いでは 1)菌類、2)人工林の下層植生、3)大径木と着生植物、4)基盤種の樹木についてまとめている。1)菌類の共生関係は多種多様であり、キノコはその種類により樹種を選択する傾向がある。2)スギ、ヒノキの人工林では下層植生が異なると言えるが、これはスギが斜面の下部に、ヒノキが斜面の中・上部に植栽されることと関係する。3)森林内の大径木は、その幹や枝に生育する着生植物の生育場所になる。4)ある生態系のなかで圧倒的な影響力を持つ基盤種の樹木が消失すると、植生の群集構造、一次生産、エネルギーと養分の循環、水分条件などが変化してしまう可能性がある」と指摘している。

問 12-2 林相（単・複）・景観構造の違いでは、生物種の保全には生態系のあり方が

影響するとともに、植物の受粉や種子散布、動物の採餌行動などをおして周囲の林相や景観構造の違いになっていくとしている。具体的には、残された天然林の面積が大きいほど生物の多様性や希少種が豊富である、生息地保全の考え方から景観全体で生物多様性を保全する考え方へと思考を拡大、深化させるべきである、などを指摘している。

問 12-3 齢級の違いでは、人工林の成長を 1) 林分初期段階—植栽から 10 年ないし 15 年くらいまで、2) 若齢段階—およそ 10 年（15 年）から 40 年ないし 50 年くらいまで、3) 成熟段階—およそ 40 年ないし 50 年から 100 年くらいまで、4) 老齢段階—およそ 100 年以上の 4 段階に分けて、この段階区分を基礎に、下層植生の違い、昆虫と鳥類の生息状況の違いを整理している。

③生態系保全機能の発揮に与える影響の箇所では問 12-4 優占樹種が受ける被害の違い、問 12-5 林相（単・複）・景観構造の違い、問 12-6 齢級の違いに分けて、それぞれの場合における生態系保全機能の発揮との関係を論じている。

問 12-4 優占樹種が受ける被害の違いでは、林冠を優占する樹種が被害を受けると森林の構造が破壊され、生態系の機能が著しく低下する恐れがあるとして、1) 自然攪乱と生態系、2) ナラ類優占木の被害による影響、3) 食葉性害虫の被害に抵抗性のある広葉樹混交林の 3 点を取り上げている。1) 自然攪乱と生態系では、大規模な自然攪乱は林分構造を破壊して生態系の諸機能を低下させるとともに、経済的な損失も大きい。攪乱によって次世代の生物個体に移入し、新たな「棲み場所」が生み出されて森林が更新する。これが自然の摂理であり、異常なことではないと強調する。2) ナラ類優占木の被害による影響では、カシノナガキクイムシが媒介する菌類による「ナラ枯れ」を取り上げて、ナラ枯れ被害が終了したのちの当該森林はブナ、カエデ類が成長している事例からほとんどササ原に帰している事例までさまざまであり、かかる違いは被害以前の林分構造の相違によるところが大きいとしている。また、シカの採食による森林被害がとみに深刻さを増していると指摘する。3) 食葉性害虫の被害に抵抗性のある広葉樹混交林については、混交林が抵抗性に富んでいるとするヨーロッパの研究事例を紹介している。

問 12-5 林相（単・複）・景観構造の違いでは、林相・景観構造の違いは、さまざまな生物や物質の移動を通して、生態系の保全に影響を与えているとして、1) 広葉樹天然林と針葉樹人工林の生物多様性、2) 分断化された広葉樹林の生物多様性保全機能、3) 針葉樹人工林の複層林化・混交林化の有効性、4) 景観における皆伐、齢級構成並びに表層土壌有機物量と水土保持機能の変化の 4 点を論じている。1) 広葉樹天然林と針葉樹人工林の生物多様性では、前者から後者に変化すると多くの原生林種が失われるが、照葉樹林地帯などではときに落葉広葉樹が更新するなどして、いままでにない種組成に変化する場合がある。また鳥類では、人工林を好む種が多くみられるようになるとする。2) 分断化された広葉樹林の生物多様性保全機能では、人工林が優勢な景観構造の地域であっても、周辺に広葉樹林が多い場所で動物の出現率が高いとする。3) 針葉樹人工林の複層林化・混交林化の有効性では、一般に人工林化で生物多様性機能

は低下するが、次第に複層林化・混交林化することで同機能の低下が大きく緩和されるとする。4) 景観における皆伐、齢級構成並びに表層土壌有機物量と水土保持機能の変化では、皆伐や保残木施業に伴う表層土壌や水土保持機能への影響を述べている。皆伐後の一斉造林では、林分の初期段階で斜面の崩壊防止機能が大きく低下する点を強調している。

問 12-6 齢級の違いでは、先述の問 12-3 で見た人工林の発達段階区分（林分初期段階→若齢段階→成熟段階→老齢段階）において、生物多様性、水土保持機能、表層土壌有機物量・森林生態系の炭素量、純生産量＝成長量の 4 つがそれぞれどのように変化するかまとめている。生物多様性、水土保持機能、表層土壌有機物量・森林生態系の炭素量の 3 種は

初期段階（高または低、高→低）→若齢段階（最低、最低→中間）→
成熟段階（中間、高）→老齢段階（高）

と、ほぼ類似しているが、純生産量＝成長量は

初期段階（低）→若齢段階（最高）→成熟段階（中）→老齢段階（小）

であり、明らかに異なっている。この点に注意が必要であると述べている。

2-2-3 平成 28 年度報告書から見た生物多様性保全機能と生態系サービスの関係

平成 28 年度報告書は主に人工林を対象に、生物多様性保全機能を**生物多様性保全機能の発揮、生物種保全機能の発揮、生態系保全機能の発揮**の 3 点に分けて考察した。この分け方は「図表 2-2 森林の有する多面的機能」で「生物多様性保全」の構成要素とされている「遺伝子保全」、「生物種保全」、「生態系保全」を前提にしていると思われる。そのなかで遺伝子保全は平成 28 年度報告書に独自の項目ではないが、高齢人工林のなかに見られる絶滅危惧種の植物、高齢人工林における埋土種子、高齢級化と混交林化に関する記述などは、人工林と遺伝子保全との関係を議論する研究へと通じるものである。

他方、生物種保全と生態系保全の視覚は、今後のわが国における人工林管理を考えてゆく際に常に前提に置くべき課題であり、平成 28 年度報告書の生物多様性保全機能に関する記述全体をとおして現状把握と課題設定が縦横に取り扱われている。天然林を人工林化すると生物種保全と生態系保全に大きく背くが、人工林の高齢化とともに両保全の課題が徐々に大きな位置を占めるようになり、さらに再造林に当たっては重要な課題として位置づけて森林管理、森林施業に取り組むべきであるとしている。

また、平成 28 年度報告書—生物多様性保全機能の特徴は、生息地保全の考え方から、広く景観レベルで生物多様性を保全する考え方へと転換する必要性を説くとともに、人工造林された樹種だけではなく、他の植生、菌類、鳥類、哺乳類、両生類、アリ類、甲虫類、クモ類など森林を構成する生物全体を総合的に生物

多様性保全の課題として論じていることである。

平成 28 年度報告書、森林の有する多面的機能及び TEEB・生態系サービスにおける生物多様性保全の相互関係を見ると、図表 2－4 のとおりである。平成 28 年度報告書の生物多様性保全は①生物多様性保全、②生物種保全、③生態系保全から成るが、このうち①生物多様性保全は、実際には人工林施業における具体的な技術のあり方を論じている。

**図表 2－4 平成28年度報告書、森林の有する多面的機能、
TEEB・生態系サービスにおける生物多様性保全機能**

平成28年度報告書	森林の有する多面的機能	TEEB・生態系サービス
生物多様性保全 (人工林施業の具体的技術)		
生物種保全	生物種保全(植物種保全、動物種保全[鳥獣保護]、菌類保全)	遺伝子資源(供給サービス) 遺伝的多様性の保全(生息・生育地サービス)
生態系保全	生態系保全(河川生態系保全、沿岸生態系保全[魚つき])	生息・生育環境の提供(生息・生育地サービス) 自然景観の保全(文化的サービス)
	遺伝子保全	遺伝子資源(供給サービス) 遺伝的多様性の保全(生息・生育地サービス)

2 番目の「森林の有する多面的機能」における生物多様性保全は生物種保全、生態系保全、遺伝子保全の 3 種で構成されている。これは、生物多様性条約(1992 年 5 月採択、1993 年 12 月発効)に示された生物多様性の概念に忠実な区分である。生物多様性条約はその第 2 条で、生物多様性とは「すべての生物(陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系その他生息又は生育の場のいかなを問わない。)の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む」としている。この場合、「種内の多様性」とは遺伝的多様性であり、「種間の多様性」とは種の多様性であるとする理解が一般的である。

3 番目の TEEB・生態系サービスの分類で、「森林の有する多面的機能」の生態系保全に該当するのは「生息・生育環境の提供」(生息・生育地サービス)と「自然景観の保全」(文化的サービス)であり、森林の有する多面的機能の「遺伝子保全」に該当するのは「遺伝子資源」(供給サービス)と「遺伝的多様性の保全」(生息・生育地サービス)である。ただし、①「遺伝子資源」(供給サービス)と②「遺伝的多様性の保全」(生息・生育地サービス)が「種内の多様性」を示しているのか、「種間の多様性」を示しているのか、TEEB・生態系サービスの分類でははっきりしない。これら(①、②)が「種間の多様性」をも示しているのであれば、①、②は森林の有する多面的機能の生物種保全にも該当すると言える。

以上のように整理すると、平成 28 年度報告書の生物多様性、すなわち生物種保全と生態系保全は「森林の有する多面的機能」の生物種保全と生態系保全を介在して TEEB・生態系サービスの分類と連動する。平成 28 年度報告

書における生物多様性の議論は、TEEB・生態系サービスの分類を人工林施業に即して具体的に論じたものであると評価できる。ただし、平成 28 年度報告書の生物多様性（人工林施業の具体的技術）があれこれの人工造林技術を詳しく述べたものであるため、「森林の有する多面的機能」の分類にも TEEB・生態系サービスの分類にも該当していない。

2-3 森林の有する水源涵養機能の発揮に関する調査研究文献の整理 —過去の調査成果に基づいて—

2-3-1 平成 28 年度報告書における水源涵養機能の要約

平成 28 年度報告書（平成 29(2017)年 3 月）の p. 87-p. 163 は水源涵養機能に関する Q & A で、その数は下記のとおり 32 である。なお、問 03-1、問 03-2、・・・もやはり『平成 28 年度報告書』におけるナンバリングである。

問 03-1 間伐の実施は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 87 引用文献 6 編（うち英文 3 編）、引用 p. 87-p. 88

問 03-2 枝打ちの実施は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 89 引用文献 3 編（うち英文 1 編）、引用 p. 89

問 03-3 皆伐の実施は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 90 引用文献 5 編（うち英文 4 編）、引用 p. 90-p. 91

問 03-4 皆伐跡地への植栽の実施は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 92 引用文献 1 編（うち英文 1 編）、引用 p. 92

問 03-5 人工林化は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 93 引用文献 6 編（うち英文 4 編）、引用 p. 93-p. 94

問 03-6 複層林化は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 95 引用文献 0 編

問 03-7 高齢級化は水源涵養機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 96 引用文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 96

問 04 水源涵養機能が高度に発揮される森林とはどのようなものか

答 p. 97 引用文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 97

問 05-1 地種（裸・草・森）の違いは水資源貯留機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 98 引用文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p. 98-p. 99

問 05-2 優占樹種の違いは水資源貯留機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 100 引用文献 5 編（うち英文 0 編）、引用 p. 100-p. 101

問 05-3 林相構造（単・複）の違いは水資源貯留機能の発揮にどのような影響を与え

るか

- 答 p. 102 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 102－p. 103
- 問 05-4 齢級の違いは水資源貯留機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 104 参考文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 104－p. 105
- 問 05-5 地種（裸・草・森）の違いは蒸発散にどのような影響を与えるか
- 答 p. 106 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 106－p. 107
- 問 05-6 優占樹種の違いは蒸発散にどのような影響を与えるか
- 答 p. 108 参考文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p. 108－p. 109
- 問 05-7 林相構造（単・複）の違いは蒸発散にどのような影響を与えるか
- 答 p. 110 参考文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 110－p. 111
- 問 05-8 齢級の違いは蒸発散にどのような影響を与えるか
- 答 p. 112 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 112－p. 113
- 問 05-9 地種（裸・草・森）の違いは浸透能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 114 参考文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 114－p. 115
- 問 05-10 優占樹種の違いは浸透能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 116 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 116－p. 117
- 問 05-11 林相構造（単・複）の違いは浸透能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 118 参考文献 1 編（うち英文 0 編）、引用 p. 118
- 問 05-12 齢級の違いは浸透能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 119 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 119－p. 120
- 問 05-13 地種（裸・草・森）の違いは保水能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 121 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 121－p. 122
- 問 05-14 優占樹種の違いは保水能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 123 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 123－p. 124
- 問 05-15 林相構造（単・複）の違いは保水能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 125 参考文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 125
- 問 05-16 齢級の違いは保水能にどのような影響を与えるか
- 答 p. 126 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 126－p. 127
- 問 05-17 地種（裸・草・森）の違いは洪水緩和機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 128 参考文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 128－p. 129
- 問 05-18 優占樹種の違いは洪水緩和機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 130 参考文献 2 編（うち英文 0 編）、引用 p. 130－p. 131
- 問 05-19 林相構造（単・複）の違いは洪水緩和機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 132 参考文献 1 編（うち英文 0 編）、引用 p. 132
- 問 05-20 齢級の違いは洪水緩和機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 133 参考文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 133－p. 134
- 問 05-21 地種（裸・草・森）の違いは水質浄化機能の発揮にどのような影響を与えるか

るか

答 p. 135

引用文献 45 編（うち英文 1 編）、引用 p. 135－p. 145

問 05-22 優占樹種の違いは水質浄化機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 146

引用文献 31 編（うち英文 0 編）、引用 p. 146－p. 154

問 05-23 林相構造（単・複）の違いは水質浄化機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 155

引用文献 15 編（うち英文 0 編）、引用 p. 155－p. 158

問 05-24 齢級の違いは水質浄化機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 159

引用文献 20 編（うち英文 1 編）、引用 p. 159－p. 163

以上、引用文献総数は 190、うち英文論文数は 15 である。以下、各 Q & A の内容を簡単に紹介する。

水源涵養機能に関する Q & A は視点を次の 7 つに分けている。

- ①水源涵養機能の発揮
- ②水資源貯留機能の発揮
- ③蒸発散
- ④浸透能
- ⑤保水能
- ⑥洪水緩和機能の発揮
- ⑦水質浄化機能の発揮

①水源涵養機能の発揮に与える影響の箇所では、問 03-1 間伐の実施で、明らかに水源涵養機能の発揮にプラスの影響があるとしている。問 03-2 枝打ちの実施、問 03-4 皆伐跡地への植栽の実施、問 03-6 複層林化、問 03-7 高齢級化はいずれも研究事例が見当たらなかったと述べている。問 03-3 皆伐の実施では、皆伐後、短期的には水の流出量が増加するが、長期的には皆伐前後で水の流出量に変化はないとする。問 03-5 人工林化では、長期的な観測が必要と述べる。そのうえで、問 04 水源涵養機能が高度に発揮される森林とは、根系の発達が良好で、下層植生が十分に繁茂し、落葉・落枝などの有機物の供給が豊富な森林であるとの回答を与えている。

②水資源貯留機能の発揮に与える影響の箇所では、まず問 05-1 地種（裸・草・森）の違いで、森林の水資源貯留機能は草地や裸地よりも大きいとする。だが、問 05-2 優占樹種の違いでは、明確な回答を与えていない。問 05-3 林相構造（単・複）の違いでは、該当する研究が見当たらないとの回答である。問 05-4 齢級の違いでは、林齢（齢級）の違いが水資源貯留機能に及ぼす影響の要因は年蒸発散量の大小であるとして、年蒸発散量は植栽後 25 年ごろに最大値を示し、それ以降は緩やかに減少すると述べる。

③蒸発散の箇所では、問 05-5 地種（裸・草・森）の違いと問 05-6 優占樹種の違いから、年蒸発散量の大きさは裸地<草地<森林（広葉樹林<針葉樹林）である。問 05-7 林相構造（単・複）の違いについては、関係する研究論文がないとする。問 05-8 齢級の違いでは、幼齢林は壮齢林よりも年蒸発散量が多いとしている。

④浸透能の箇所では、問 05-9 地種（裸・草・森）の違いで、森林の浸透能は草地、裸地よりも高いとしている。問 05-10 優占樹種の違いと問 05-12 齢級の違いで、ヒノキ人工林を除き、優占樹種の違いと齢級の違いが浸透能に及ぼす影響はないとする。問 05-11 林相構造（単・複）の違いについては関係する論文が見当たらないと述べる。

⑤保水能の箇所では、問 05-13 地種（裸・草・森）の違いで、保水能の大きさは裸地<草地<森林であるとする。問 05-14 優占樹種の違いでは、広葉樹林の保水能が針葉樹林よりも大きい傾向があるとしている。問 05-15 林相構造（単・複）の違いについては、流域全体を複層林にした試験結果が見当たらないので、不明である。問 05-16 齢級の違いでは、齢級の違いが保水能に及ぼす影響は、樹種の違いが及ぼす影響の 1 / 2 程度と推察されるとしている。

⑥洪水緩和機能の発揮に与える影響の箇所では、問 05-17 地種（裸・草・森）の違いで、森林は草地、裸地よりも流域貯留量が大きいので洪水緩和機能も大きいとする。問 05-18 優占樹種の違いが洪水緩和機能に及ぼす影響はゼロか軽微であると述べる。問 05-19 林相構造（単・複）の違いでは、複層林は施業に伴い洪水緩和機能の変動が少ないと思われるが、流域全体を複層林にした試験結果が見当たらないので、不明であるとしている。問 05-20 齢級の違いでは、高齢級ほど洪水緩和機能は増大すると考えられるが、その要因である遮断貯留量と土壤水分貯留量が同機能にどのように寄与するかは明かではない。

⑦水質浄化機能の発揮に与える影響の箇所では、まず問 05-21 地種（裸・草・森）の違いで、水質浄化機能の大きさは裸地<草地<森林の順であると述べる。問 05-22 優占樹種の違いでは、森林生態系内の水質は樹種による違いが見られるが、そこから流れ出る溪流の水質になると樹種による差異はなくなると見る。問 05-23 林相構造（単・複）の違いでは、単層林、複層林という林相構造の違いが水質浄化機能に与える影響は小さいと考えられる、とする。問 05-24 齢級の違いでは、幼齢林は更新前の伐採による影響で、老齢林は養分吸収量の減退により、いずれも水質浄化機能が小さいと考えられるとの立場をとる。

2－3－2 平成28年度報告書から見た水源涵養機能と生態系サービスの関係

以上、水源涵養機能の発揮、水資源貯留機能の発揮、蒸発散、浸透能、保水能、洪水緩和機能の発揮、水質浄化機能の発揮の7項目に渡って見解が述べられているが、最初の水源涵養機能の発揮が包括的な課題設定であり、水資源貯留機能の発揮以下は水源環境機能の個別的な課題であると言って良いだろう。そうすると、水源涵養機能の発揮（水資源貯留機能の発揮、蒸発散、浸透能、保水能、洪水緩和機能の発揮、水質浄化機能の発揮）と置き換えることができる。いずれにしても、水源涵養機能を構成する各個別機能をもれなく列挙して、それらの個別的性質を研究成果に基づいて手堅くまとめている。そのなかで、研究が行われていない項目についてはいまのところ自然現象における意義が不明である旨を述べている。

なお、水源涵養機能に関するQ & Aも、Qが人工林を対象とした質問項目になっているので、天然林に関する記述が随所に見られるものの、全体的には人工林を対象にしていると言える。

平成28年度報告書、そして森林の有する多面的機能、TEEB・生態系サービスにおける水源涵養機能の相互関係を見ると、図表2－5のとおりである。平成28年度報告書における「・・・の発揮」の表現を割愛すると、同報告書の水源涵養機能の構成内容は水資源貯留機能、蒸発散、浸透能、保水能、洪水緩和機能、水質浄化機能の6項目になる。他方、森林の有する多面的機能では洪水緩和機能・水資源貯留・水量調節・水質浄化（水源涵養機能）の4項目、TEEB・生態系サービスでは供給サービスの一部としての淡水資源、調整サービスの一部としての水量調節・水質浄化の3項目である。項目数に違いはあるが、各項目は互いに矛盾するものではなく、TEEB・生態系サービスよりも森林の有する多面的機能のほうが、さらに森林の有する多面的機能よりも平成28年度報告書のほうがより専門的立場にたって、項目を細かく分けていると言える。人々が生態系から享受する便益である生態系サービスのなかで水源涵養機能について、平成28年度報告書は最も専門的な立場から水源涵養機能の働きを詳細に明らかにしたものである。

図表2－5 平成28年度報告書、森林の有する多面的機能、TEEB・生態系サービスにおける水源涵養機能

平成28年度報告書	森林の有する多面的機能	TEEB・生態系サービス
水源涵養機能（水資源貯留機能、蒸発散、浸透能、保水能、洪水緩和機能、水質浄化機能）	洪水緩和・水資源貯留・水量調節・水質浄化（水源涵養機能）	淡水資源（供給サービス） 水量調節・水質浄化（調整サービス）

2-4 森林の有する土砂災害防止／土壌保全機能の発揮に関する調査 研究文献の整理—過去の調査成果に基づいて—

2-4-1 平成 28 年度報告書における土砂災害防止／土壌保全機能の要約

林野庁『平成 28 年度森林整備保全事業推進調査 報告書』（平成 29(2017)年 3 月）の p.165－p.252 は土砂災害防止／土壌保全機能に関する Q & A で、その数は下記のとおり 28 である。なお、問 03-8、問 03-9、・・・もやはり『平成 28 年度報告書』におけるナンバリングである。

問 03-8 間伐の実施は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.165 引用日期 32 編（うち英文 0 編）、引用 p.165－p.176

問 03-9 枝打ちの実施は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.177 引用日期 3 編（うち英文 0 編）、引用 p.177－p.178

問 03-10 皆伐の実施は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.179 引用日期 12 編（うち英文 0 編）、引用 p.179－p.183

問 03-11 皆伐跡地への植栽は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.184 引用日期 2 編（うち英文 0 編）、引用 p.184－p.185

問 03-12 人工林化は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.186 引用日期 2 編（うち英文 0 編）、引用 p.186

問 03-13 複層林化は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.187 引用日期 9 編（うち英文 0 編）、引用 p.187－p.190

問 03-14 高齢林化は土砂災害防止／土壌保全機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.191 引用日期 0 編

問 06 土砂災害防止機能が高度に発揮される森林とはどのようなものか

答 p.192 引用日期 14 編（うち英文 0 編）、引用 p.193－p.196

問 07 土壌保全機能が高度に発揮される森林とはどのようなものか

答 p.197 引用日期 11 編（うち英文 0 編）、引用 p.197－p.200

問 08-1 地種（裸・草・森）の違いは表面浸食防止機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p.201 引用日期 13 編（うち英文 0 編）、引用 p.201－p.204

問 08-2 優占樹種の違いは表面浸食防止機能の発揮にどのような影響を与えるか

- 答 p. 205 引用文献 20 編（うち英文 0 編）、引用 p. 205－p. 210
- 問 08-3 林相構造（単・複）の違いは表面浸食防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 211 引用文献 18 編（うち英文 0 編）、引用 p. 211－p. 216
- 問 08-4 齢級の違いは表面浸食防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 217－p. 218 引用文献 15 編（うち英文 0 編）、引用 p. 218－p. 221
- 問 08-5 地種（裸・草・森）の違いは表層崩壊防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 222－p. 223 引用文献 6 編（うち英文 0 編）、引用 p. 223－p. 224
- 問 08-6 優占樹種の違いは表層崩壊防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 225 引用文献 6 編（うち英文 0 編）、引用 p. 226－p. 227
- 問 08-7 林相構造（単・複）の違いは表層崩壊防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 228 引用文献 5 編（うち英文 0 編）、引用 p. 228－p. 229
- 問 08-8 齢級の違いは表層崩壊防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 230 引用文献 5 編（うち英文 0 編）、引用 p. 230－p. 231
- 問 08-9 優占樹種の違いはその他土砂災害（落石・土石流・雪崩等）防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 232 引用文献 6 編（うち英文 5 編）、引用 p. 232－p. 233
- 問 08-10 林相構造（単・複）の違いはその他土砂災害（落石・土石流・雪崩等）防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 234 引用文献 6 編（うち英文 5 編）、引用 p. 234－p. 235
- 問 08-11 齢級の違いはその他土砂災害（落石・土石流・雪崩等）防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 236 引用文献 6 編（うち英文 6 編）、引用 p. 236－p. 237
- 問 08-12 地種（裸・草・森）の違いは土砂流出防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 238 引用文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p. 238－p. 239
- 問 08-13 優占樹種の違いは土砂流出防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 240 引用文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p. 240－p. 241
- 問 08-14 林相構造（単・複）の違いは土砂流出防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 242 引用文献 3 編（うち英文 0 編）、引用 p. 242－p. 243
- 問 08-15 齢級の違いは土砂流出防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 244 引用文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p. 244－p. 245
- 問 08-16 地種（裸・草・森）の違いはその他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 246 引用文献 9 編（うち英文 1 編）、引用 p. 246－p. 247
- 問 08-17 優占樹種の違いはその他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の発揮

にどのような影響を与えるか

答 p. 248 参考文献 9 編（うち英文 0 編）、引用 p. 248－p. 249

問 08-18 林相構造（単・複）の違いはその他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 250 参考文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p. 250－p. 251

問 08-19 齢級の違いはその他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の発揮にどのような影響を与えるか

答 p. 252 参考文献 1 編（うち英文 0 編）、引用 p. 252

以上、引用文献総数は 229、うち英文論文数は 17 である。以下、各 Q & A の内容を簡単に紹介する。

土砂災害防止／土壌保全機能に関する Q & A は視点を次の 6 つに分けている。

- ①土砂災害防止／土壌保全機能の発揮
- ②表面浸食防止機能の発揮
- ③表層崩壊防止機能の発揮
- ④その他土砂災害（落石・土石流・雪崩等）防止機能の発揮
- ⑤土砂流出防止機能の発揮
- ⑥その他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の発揮

①土砂災害防止／土壌保全機能の発揮に与える影響の箇所では、まず問 03-8 間伐の実施で、間伐は林内の光環境を改善し、下層植生を増大させるので、雨滴浸食や表面浸食による林地浸食を大きく低減する効果があるとしている。問 03-9 枝打ちの実施で、枝打ちの効果を示した研究は見られないが、枝打ちは林内の光環境を改善するので、ある程度の効果を期待できると推定されると述べる。問 03-10 皆伐の実施では、根系の崩壊防止力を低下させるので、一時的に土砂災害防止機能は低下すると考えられている。ただし、皆伐後の植生侵入により数年で流出土砂量が急速に低下する、としている。問 03-11 皆伐跡地への植栽は、長期的にみると土砂災害防止機能、土壌保全機能を維持するうえで大きな効果があるとする。問 03-12 人工林化では、広葉樹主体の天然林と針葉樹人工林について浸透能の差を計測した研究はあるが、人工林化による浸透能の変化が災害に結びついたことを示す研究はない、と述べる。問 03-13 複層林化では、複層林化による影響を考察した研究は見当たらないが、複層林化によるプラスの影響はある程度、推定できるとする。問 03-14 高齢林化では、直接的な研究は見当たらないが、ある程度プラスの影響をもたらす可能性はあり得ると述べる。問 06 土砂災害防止機能が高度に発揮される森林では、土砂災害防止機能を高度に発揮するのは、地下部の根系が良好に発達し、かつ立木サイズと蓄積の大きな森林であるとしている。最後に問 07 土壌保全機能が高度に発揮される森林では、土壌保全機能が高度に発揮されるのは、リターと下層植生が豊富で、樹木水平根が発達した森林であると指摘している。

②表面浸食防止機能の発揮に与える影響の箇所では、まず問 08-1 地種（裸・草・森）の違いで、裸地では表面浸食が生じやすく、草地及び健全な森林では表面浸食が抑制される。ただし、樹冠がうっ閉して下層植生が失われた森林や、シカなどの採食圧により地表面が露出した森林では、激しい表面浸食が起きるケースもあるとする。問 08-2 優占樹種の違いでは、その違いが表面浸食に与える影響は、ヒノキ林を除いて少ないと述べる。問 08-3 林相構造（単・複）の違いでも、ヒノキ林を除き、林相構造の違いは表面浸食の発生にほとんど関係ないとする。問 08-4 齢級の違いも、表面浸食の発生にほとんど関係ないとしている。

③表層崩壊防止機能の箇所では、問 08-5 地種（裸・草・森）の違いにおいて、裸地斜面と草地斜面は表層崩壊よりも表面浸食が起こりやすい、森林の斜面は厚い土壌層が形成され、その土壌層を安定させる樹木の根が張ることになる、としている。問 08-6 優占樹種の違いでは、根系による表層崩壊防止機能はいま研究が進行中であり、樹種間の違いを示すのはまだ難しいと述べる。問 08-7 林相構造（単・複）の違いでは、表層崩壊防止機能について林相構造の違いを解明した研究は見当たらないとする。問 08-8 齢級の違いでは、齢級が増すと樹木の地上部が成長し、地下の根系も発達して表層崩壊防止機能が向上するとまとめている。

④その他土砂災害（落石・土石流・雪崩等）防止機能の箇所では、問 08-9 優占樹種の違いで、国内では有力な研究事例がないが、海外ではいくつかの研究事例があるとして、海外の研究について次のように述べる。落石の到達距離低減などに森林が寄与し、その効果は胸高直径や立木密度によって異なる。土石流発生に伴う流木量は広葉樹林より針葉樹林のほうが大きいので、針葉樹によって土石流の到達範囲が抑制される可能性がある。雪崩の発生抑制には針葉樹が広葉樹より効果的であるが、発生した雪崩の流下抑制に森林の効果は限定的である。問 08-10 林相構造（単・複）の違いでは、国内では有力な研究は見当たらないが、海外ではいくつかの研究から類推することが可能であるとして、ある程度具体的に推測している。問 08-11 齢級の違いでも、国内では有力な研究は見当たらないが、海外ではいくつかの研究から類推することが可能として、ある程度具体的に推測している。

⑤土砂流出防止機能の箇所では、まず問 08-12 地種（裸・草・森）の違いにおいて、土砂発生場としてのゼロ次谷などでは森林が他の地種と比較して大きな抑制効果を有するが、土砂流出全体に関わる移動場まで含めた流域スケールの面からの研究成果はほとんどないとする。問 08-13 優占樹種の違いについては、森林の浸食防止機能と表層崩壊防止機能の両要素を統合した有効な研究はほとんどない。ただし、従来の研究から推定すると、ケヤキを優占樹種とする林分が高い土砂流出防止機能を有しているとする。問 08-14 林相構造（単・複）の違いでは、やはり森林の浸食防止機能と表層崩壊防止機能の両要素を統合した有効な研究はほとんどない。ただし、従来の研究

から推定すると、複層林のほうが単層林よりも土砂流出防止機能が大きいと述べる。

問 08-15 齢級の違いでも、やはり森林の浸食防止機能と表層崩壊防止機能の両要素を統合した有効な研究はほとんどないが、従来の研究から推定すると、壮・老齢林のほうが土砂流出防止の機能が大きいとする。

⑥その他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の箇所では、問 08-16 地種（裸・草・森）の違いにおいて、森林は一定の防風機能、防潮機能を有しているとする。後者については、森林は津波や高潮を防ぐことはできないが、漂流物の移動を阻止ないし抑制することができると述べる。問 08-17 優占樹種の違いでは、海岸の防風効果はクロマツが最良であるとする。マツの材線虫によりクロマツが大きな被害を受けているので、代替樹種について研究が行われているものの、クロマツにかわる樹種は見つかっていないと述べる。問 08-18 林相構造（単・複）の違いでは、海岸クロマツ林の複層林化を研究した事例があり、それなりの効果が示唆されているとする。なお、沖縄に多く見られるフクギの屋敷林について、その防風・防火等の機能を高く評価している。問 08-19 齢級の違いでは、海岸林の林齢が高いほど波高減衰率が大きいとの研究結果があると紹介している。

2-4-2 平成 28 年度報告書から見た土砂災害防止／土壌保全機能と生態系サービスの関係

以上のとおり平成 28 年度報告書では、土砂災害防止／土壌保全機能に関わって土砂災害防止／土壌保全機能、表面浸食防止機能、表層崩壊防止機能、その他土砂災害（落石・土石流・雪崩等）防止機能、土砂流出防止機能、その他自然災害（飛砂・防風・防潮等）防止機能の 6 つの視点に分けて Q & A がまとめられている。この Q & A においても Q が人工林を対象とする質問項目になっているので、全体的に人工林に重点を置いた記述の流れになっていると受けとれる。いずれにしてもこの Q & A は人工林を中心に、森林に関する土砂災害防止／土壌保全機能を細かい項目に分類して、どの項目についても研究の到達段階を把握し、手際よくまとめている。

そこで平成 28 年度報告書、森林の有する多面的機能、TEEB・生態系サービスにおける土砂災害防止／土壌保全機能を比較したのが図表 2-6 である。右端の TEEB・生態系サービスは局所災害の緩和、土壌浸食の抑制という 2 項目だけであるが、この 2 項目は平成 28 年度報告書、森林の有する多面的機能のどちらにも記載されている。次いで、平成 28 年度報告書と森林の有する多面的機能の項目内容を比較すると、基本的に同じである。ただ、わずかの違いがあり、森林の有する多面的機能にあって平成 28 年度報告書にないのは防雪である。また森林の有する多面的機能では土石流発生防止・停止促進であるが、平成 28 年度報告書では単に土石流である。この 2 点の違いは、項

目を詳しく表現するか、しないかの差であると言ってよい。

図表 2－6 平成28年度報告書、森林の有する多面的機能、TEEB・生態系サービスにおける土砂災害防止／土壌保全機能

平成28年度報告書	森林の有する多面的機能	TEEB・生態系サービス
土砂災害防止／土壌保全機能（土砂災害防止／土壌保全機能、表面浸食防止機能、表層崩壊防止機能、その他土砂災害[落石・土石流・雪崩等]防止機能、土砂流出防止機能、その他自然災害[飛砂・防風・防潮等]防止機能）	土砂災害防止／土壌保全機能（表面浸食防止、表層崩壊防止、その他の土砂災害防止[落石防止、土石流発生防止・停止促進、飛砂防止]、土砂流出防止、土壌保全[森林の生産力維持]、その他の自然災害防止[雪崩防止、防風、防雪、防潮など]）	局所災害の緩和・土壌浸食の抑制(調整サービス)

こうした諸点を踏まえると、平成 28 年度報告書は、そして森林の有する多面的機能も、TEEB・生態系サービスにおいて土砂災害防止／土壌保全機能に関係すると理解できる項目をはるかに細かく、詳しく列挙し、かつ平成 28 年度報告書は研究の最先端を踏まえた理論的な説明と解釈を与えていると言える。

2－5 森林の有する快適環境形成機能の発揮に関する調査研究文献の整理―過去の調査成果に基づいて―

2－5－1 平成 28 年度報告書における快適環境形成機能の要約

林野庁『平成 28 年度森林整備保全事業推進調査 報告書』（平成 29(2017)年 3 月）の p.253－p.290 は快適環境形成機能に関する Q & A で、その数は下記のとおり 11 である。なお、問 09、問 10-1、・・・もやはり『平成 28 年度報告書』におけるナンバリングである。

問 09 快適環境形成機能が高度に発揮される森林とはどのようなものか

答 p.253 引用文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p.254

問 10-1 優占樹種の違いは気候緩和機能の発揮にどのような影響を与えるのか

答 p.255 引用文献 6 編（うち英文 0 編）、引用 p.255－p.256

問 10-2 林相構造（単・複）の違いは気候緩和機能の発揮にどのような影響を与えるのか

答 p.257 引用文献 5 編（うち英文 0 編）、引用 p.257－p.258

問 10-3 齢級の違いは気候緩和機能の発揮にどのような影響を与えるのか

答 p.259 引用文献 4 編（うち英文 0 編）、引用 p.259－p.260

問 10-4 優占樹種の違いは大気浄化機能の発揮にどのような影響を与えるのか

答 p.261 引用文献 17 編（うち英文 9 編）、引用 p.261－p.264

問 10-5 林相構造（単・複）の違いは、大気浄化機能の発揮にどのような影響を与えるのか

- 答 p. 265 引用文献 1 編（うち英文 0 編）、引用 p. 265
- 問 10-6 齡級の違いは大気浄化機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 266 引用文献 6 編（うち英文 2 編）、引用 p. 266－p. 268
- 問 10-7 優占樹種の違いは快適生活環境形成の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 269 引用文献 16 編（うち英文 15 編）、引用 p. 269－p. 273
- 問 10-8 林相構造（単・複）の違いは快適生活環境形成機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 274 引用文献 16 編（うち英文 15 編）、引用 p. 274－p. 278
- 問 10-9 齡級の違いは快適生活環境形成機能の発揮にどのような影響を与えるか
- 答 p. 279 引用文献 16 編（うち英文 15 編）、引用 p. 279－p. 284
- 問 10-10 森林と市街地など他の土地利用の違いにより快適環境形成状況はどのように異なるか
- 答 p. 285 引用文献 31 編（うち英文 25 編）、引用 p. 285－p. 290

以上、引用文献総数は 122、うち英文論文数は 81 である。以下、各 Q & A の内容を簡単に紹介する。

快適環境形成機能に関する Q & A は視点を次の 5 つに分けている。

- ①快適環境形成機能が高度に発揮される森林
- ②気候緩和機能
- ③大気浄化機能
- ④快適生活環境形成
- ⑤土地利用の違いによる快適環境形成状況の違い

①問 09 快適環境形成機能が高度に発揮される森林は、それに対する回答として、人間に対するセラピー効果が大きい森林と結論づけている。

②気候緩和機能の発揮に与える影響では、問 10-1 優占樹種の違いの項目で、気温の抑制、乾燥の抑制、低温の緩和などをもたらすのが気候緩和機能であるとしつつも、優占樹種の違いにはふれていない。問 10-2 林相構造（単・複）の違いでは、林相の差異を樹種ごとの樹冠疎密度と見なすことが可能であると重要な指摘をしているが、樹冠疎密度と気候緩和を調べた研究例はほとんどないと述べる。問 10-3 齡級の違いでは、気候の緩和をもたらすのに林冠の閉鎖が必須で、そのために樹冠長に注目するとする。そして、林冠が閉鎖する時点から気候緩和機能が最大化され则认为られると述べる。

③大気浄化機能の発揮に与える影響では、問 10-4 優占樹種の違いで、大気汚染物質を吸収する気孔の開き具合や吸着する植物器官の表面構造は樹種によって異なるので、優占樹種が異なる森林では大気浄化能力も異なると考えられるが、現在、異なる優占樹種間で大気汚染物質の吸収・吸着を比較した研究はないと述べる。問 10-5 林

相構造（単・複）の違いでも、森林の大気浄化機能が当該森林の林相構造によって異なる影響を受けると思われるが、それを示す有力な論文が見当たらないとする。問 10-6 齢級の違いでは、林齢が増すと樹木の葉の面積総量が増加するので、森林の大気浄化機能は大きくなると考えられるとしている。

④快適生活環境形成については、問 10-7 優占樹種の違い、問 10-8 林相構造（単・複）の違い、問 10-9 齢級の違いで、それぞれに十分に答えられる研究成果は出ていないが、それぞれについてセラピー効果の研究が始まっているとのこと。

⑤土地利用の違いによる快適環境形成状況の違いについては、問 10-10 森林と市街地など他の土地利用の違いで、森林の持つ生理的リラックス効果や免疫機能改善効果に関するデータが蓄積されつつあり、科学的な解明が始まっているとする。

2-5-2 平成 28 年度報告書から見た快適環境形成機能と生態系サービスの関係

以上のとおり平成 28 年度報告書では、快適環境形成機能につき**快適環境形成機能**が高度に発揮される森林、気候緩和機能、大気浄化機能、**快適生活環境形成**、土地利用の違いによる**快適環境形成状況の違い**の 5 点に分けて Q & A を記述している。質問はやはり人工林を想定していると言えるが、回答は必ずしも人工林に限定している感じではない。なお、快適環境形成機能に関してはいまだ研究が始まったばかりで、その成果が得られるのは先のことであるとの印象を受ける。

平成 28 年度報告書、森林の有する多面的機能、TEEB・生態系サービスにおける快適環境形成機能を比較したのが図表 2-7 である。平成 28 年度報告書の項目からは**快適環境形成機能が高度に発揮される森林と土地利用の違いによる快適環境形成状況の違い**の 2 点を割愛している。TEEB・生態系サービスで快適環境形成機能に該当するのは大気質調整と気候調整の 2 項目で、いずれも調整サービスである。これに対して森林の有する多面的機能と平成 28 年度報告書の快適環境形成機能は、TEEB・生態系サービスよりも専門的な立場にあることを反映して、列挙する項目数が多い。

図表 2-7 平成28年度報告書、森林の有する多面的機能、
TEEB・生態系サービスにおける快適環境形成機能

平成28年度報告書	森林の有する多面的機能	TEEB・生態系サービス
快適環境形成機能（気候緩和機能、大気浄化機能、快適生活環境形成）	気候緩和（夏の気温低下[と冬の気温上昇]、木陰）、大気浄化（塵埃吸着、汚染物質吸収）、快適生活環境形成（騒音防止、アメニティー）	大気質調整・気候調整（調整サービス）

森林の有する多面的機能と平成 28 年度報告書は快適環境形成機能の内容としてどちらも同じ 3 項目を挙げているが、前者はさらに 3 項目の内容を具体的に列挙してい

る。だが、前者が挙げる具体的な項目についてはまだ研究成果に乏しいので、後者としては細かく具体的な項目を挙げることを控えたのではないだろうか。人間が森林生態系から享受するサービスのなかで快適環境形成機能はインパクトの強いものであるが、快適環境形成機能じたいの具体的な研究はまだ深まっていない。平成 28 年度報告書が示す快適環境形成機能は、TEEB・生態系サービスの挙げる同機能を含めて、より客観的、専門的な理解に向い始めたところである。

2-6 森林施業と生物多様性に関する調査研究文献（主として 2015 年以降）の収集・整理

2015 年以降の森林施業と生物多様性に関する調査研究文献を 52 編収集した。それとともに、2013 年に景観生態学会が「人工林景観における自然林化計画論」を特集しているのもので、その趣旨説明の文章 1 編と論文 6 編を掲載した。図表 2-8 はこれら 59 編から成る。

景観生態学会の特集は 2015 年よりも前なので、そのナンバーを 0-1～0-7 とした次第である。この特集は、人工林が卓越する森林景観においてバランスのとれた生態系サービスを発揮させるために、どこで人工林の木材生産を維持し、どこを自然林化（広葉樹林化）に導くべきかというゾーニング論を重視していて、景観生態学会の特徴を出した諸論文で構成されている。今後の森林・林業行政に参考になる諸論考である。52 編の論文（1～52）もまた大いに参考になるが、なかでも No.31 は、針葉樹人工林の木本植物について多様性を高める際に議論されている課題や問題点を総合的、包括的に考察し、記述した内容で、非常に便利な論文である。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（1）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
0-1	山川博美・日置佳之・鎌田磨人・伊藤哲	2013年	景観生態学18(2)、p. 79-p. 81	特集「人工林景観における自然林化計画論」の企画にあたって	人工林が卓越する森林景観でバランスのとれた生態系サービスを発揮させるために、どこで人工林の木材生産を維持し、どこを自然林化(広葉樹林化)すべきかというゾーニング、すなわち景観レベルでの自然林化計画論を科学的に追求する。そのために以下 6 つの論考(0-2から0-7)を用意した。
0-2	河野裕之	2013年	景観生態学18(2)、p. 83-p. 88	森林計画制度に基づくゾーニングと自然林の再生	人工林の自然林化(天然林化)に関するわが国の森林計画制度の概要を解説するとともに、特に民有林に対して自然林化(天然林化)を含むゾーニングを導入する際の論点を提示する。後者の民有林に対するゾーニングは市町村森林整備計画で設定される。その設定に当たっては、自然的・社会的・経済的諸条件を総合的に勘案することはもとより、森林所有者が受忍し得る範囲内で定める必要がある。その点で森林所有者の合意を得なければならず、そこに困難性が伴う。
0-3	千布拓生・日置佳之	2013年	景観生態学18(2)、p. 89-p. 108	大山隠岐国立公園奥大山地区を事例とした自然公園の生物多様性保全に資する植生データベースの構築	奥大山地区を事例に、GISを用いて生物多様性の保全・再生に必要な多種類の情報を併せ持った植生データベース(DB)の構築を試みた。このDBは、①縮尺1/5000で、詳細な土地被覆や植物群落の情報を含み、植生管理などに使用することができる。②過去 4 時期(1958年・1974年・1996年・2012年)の土地被覆履歴に関する情報を有し、植生遷移や土地被覆の変遷を把握できる。また、それをもとに将来の植生遷移を推定することもできる。③土地所有や国立公園の保護規制計画などの情報を有し、地域性自然公園の管理に有用である。
0-4	鎌田磨人・三幣亮・岡和樹	2013年	景観生態学18(2)、p. 109-p. 122	土地の生産性と山地災害リスクの評価に基づく森林の広域ゾーニング手法	徳島県全域の人工林を対象に、土地の生産性と山地災害リスクに基づく森林ゾーニングを広域的に実施していくための手法を提示した。①土地の生産性評価地図と、人工林としての持続性評価地図を作成した。②斜面崩壊の確立を推定し、斜面内における山地災害リスク評価図を作成した。人工林から自然林に転換することで生態系修復と山地災害リスクの低減を同時に達成することができる。③最後に、a)経済林として人工林を維持する領域、b)自然林に誘導する領域、c)a)にするかb)にするかで紛争の生じる可能性のある領域、d)新たな投資を行わず現状維持とすべき領域、に区分して提示した。本手法ならば、個々の閾値が決まれば修正は容易で、合意形成の過程で順応的にゾーニング案件を作成することができる。また、どの自治体でも適用可能である。
0-5	光田靖・伊藤哲・家原敏郎	2013年	景観生態学18(2)、p. 123-p. 137	モントリオール・プロセスの枠組みに対応した広域スケールにおける森林の再配置手法の検討	モントリオール・プロセスの基準・指標に対応した持続的な森林管理に向けた広域ランドスケープデザインのための地域スケールゾーニング手法を提案した。このコンセプトに基づき、茨城県で約18,500haの流域を対象範囲に、実データを用いたゾーニングの実践を試行した。木材生産機能と生物多様性保全機能に着目し、対象流域を構成する80の小流域に対して森林管理目的(木材生産、生物多様性保全及び両者の調和)を設定するゾーニングを行った。この試行をととして、提案した地域スケールゾーニング手法が合理的かつ効率的な森林配置を設計するための意思決定支援ツールとして有効であることを確認した。
0-6	伊藤哲・木崎巧治・光田靖・平田令子・山川博美・三枝直樹	2013年	景観生態学18(2)、p. 139-p. 147	木材生産性、土砂流出リスク及び溪畔林保全を考慮した自然林再生のための小集	小集水域スケールで自然林再生候補地の科学的な選定手法を提案することが目的である。九州の低山帯で針葉樹人工林が卓越する小集水域を対象に、木材生産、水土保全、生物多様性保全の 3 つの管理目的の観点から立地評価を行った。その結果に基づいて自然林再生の候補地を抽出するとともに、小集水域をさらに分割した下位集水域単位で自然林再生優先度を設定した。この手法により、10m×10mの高解像度で対象地内の自然林再生候補地を示すことができた。また、立地評価にAHP法を用いたことにより、異なる管理目的の重要度に応じた自然林再生候補地の設定が可能であり、閾値を変化させた代替案の提示によって、より有効な意思決定支援情報を提供できると考えられた。さらに、小班面積と同等面積の下位集水域に分割して自然林再生の優先度を設定することで、科学的に抽出された自然林再生候補地と、実際の森林管理・計画制度との整合を図れる可能性が示された。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（2）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
0-7	佐藤妙・伊藤哲・宗 円典久・光田靖	2013年	景観生態学18(2)、p. 149- p. 157	暖温帯山地河畔域におけるハナガシ とハルニレの分布解析に基づく自然林 再生の優先度決定手法	暖温帯の山地河畔域を対象に、ハルニレとハナガシを指標種として自然林再生優先度を段階的に決定する手法を提示した。優先度決定の第1段階では、樹種特性の異なる2樹種の潜在的分布域を微地形と土地被覆から推定することで、潜在的な共存場所及びそれぞれのハビタットを抽出した。第2段階では指標種2種の潜在的なハビタット適正が高く、かつ現状で個体群劣化の度合いが大きな場所を抽出することで、対象河畔域のなかで河畔林再生の必要度が高い場所を選定した。第3段階では、種子散布が個体群維持・拡大の制約となるハナガシについて種子源を考慮した再生優先場所を抽出しする一方、自然のハビタットの分布が著しく制約されるハルニレについては調査地全体でのハビタットの連続性を重視した修復優先区間を抽出した。このような手法を用いると、具体的な再生手法を考慮した再生優先場所の設定が可能であり、また河畔林のどのような機能をゆうせんするかという再生目的の検討においても有効な包括的支援情報を提供できると考えられた。
1	松本薫・倉本宣	2015年11月	明治大学農学部研究報告 65(2)、p. 23-p. 28	40年以上放置されたコナラ主体の雑木 林における萌芽更新	放置されて40年以上経過したコナラを主体とする雑木林で、コナラの萌芽を規定する要因と萌芽更新の可能性について検討した。コナラは31株あり、伐採から半年後に13株(萌芽株発生率42%)の萌芽が確認され、1年半後には10株(萌芽株発生率32%)になった。萌芽の消長に関しては、コナラ6株が消失し、そのうち5株が枯死によるものであった。また、伐採1年後に切株の周囲1mを刈取る作業を行ったところ、コナラの3株から新たな萌芽が確認された。コナラにおける萌芽(萌芽の有無と萌芽枝の本数)と切株の状態(伐採高と切株直径)との関係について一般化線形モデルを用いて解析した結果、萌芽の発生の有無と切株の状態には関係がみられず、萌芽枝の本数は伐採高が高いほど多くなった。萌芽株の数から、40年以上経過したコナラを主体とする雑木林の更新には、萌芽のみでの更新を考えるのではなく、補植を前提とした更新施業が必要であると考えられる。
2	Dominick A. DellaSala et al.	2015	Forests6, p. 3326-p. 3352	Building on Two Decades of Ecosystem Management and Biodiversity Conservation under the Northwest Forest Plan, USA	1994年の米国の北西部森林計画(NWFP)は、連邦政府の土地管理を木材生産中心から生態系管理および生物多様性保全へと移行させた。この計画では、連邦政府によって絶滅の危機に瀕している北マダラフクロウ(<i>Strix occidentalis caurina</i>)の生息域である、米国東北地域約1,000万ヘクタールにおいて、保護区のネットワークと生態系管理戦略を策定した。その後、数回の評価と調査により当該計画の妥当性が示されている。計画実施から20年が経過し、米国の林野局と土地管理局が木材収穫量増加の圧力にさらされ、保全策から後退している状況の中で、本論文では(1)NWFPを支える基本的な保全生物学と生態系管理の原則を紹介し、大規模な景観保全に関心を持つ管理者のためのケーススタディとして、また(2)未曾有の気候変動と土地利用の脅威に対応した計画の戦略の改善を提言している。NWFPは、同様の大規模な保護活動を考えている管理者にとって、多くの点で参考になるだろう。
3	Peter Biber et al.	2015	Forests6, p. 1666-p. 1695	How Sensitive Are Ecosystem Services in European Forest Landscapes to Silvicultural Treatment?	ヨーロッパにおける持続可能な林業は、多くの森林生態系サービスを提供することの特徴としているが、これまでのところ、全ヨーロッパ規模で森林管理に対する感度を精査した包括的な研究は存在しない。我々は、ヨーロッパ全域の20のケーススタディから、地域ごとに調整された森林成長モデルと意思決定支援システム(DSS)によるシナリオ分析をプログラム化し、生態系サービスの提供が、管理強度やその他の共同変数(地域の所属、社会環境、樹種構成)に依存するかどうかを分析した。シミュレーションの結果、管理強度と木材生産量には強い正の相関が見られたが、森林の保護機能や社会経済的機能との相関は弱いものであった。興味深いことに、森林の地域によって、生物多様性は管理強度の増加に対して正と負の両方の反応を示すことがわかった。共変数である種の構成と社会環境は時間に関連する要素だけだった。ある地域に属するかどうかは、生態系サービスの処理感度の点で重要な違いを生むことが多い。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（3）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
4	Klaus J Puettmann et al.	2015	Forest Ecosystems2(8), p.1-p.16	Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management - what limits global adoption ?	過去2世紀にわたる科学面・経営管理原則としての林業は、主に木材を中心とした商品生産の増加に焦点を当てた集約的な管理作業に重点を置いたものであったが、変化しつつある。「従来型」の森林管理手法は、通常、均等な樹齢の単一樹種の集約的林業の生態系への影響に関する新しい情報と懸念、そして多くの森林所有者と社会が、より幅広い管理目標を受け入れようとする意欲があることが背景にある。代替育林法の特徴は、皆伐の回避、構造多様性と小規模変動の重視、自然再生を伴う混交種の配置、集中的な造林法の回避などの基本原則にある。 本稿では、代替的な育林方法の制約と可能性に関する世界各地の著者の経験や見解をまとめてみた。その結果、代替的な育林方法の普及は生態学的、経済的、物流的、情動的、文化的、歴史的な一連の制約により妨げられていることが示唆された。これらの制約の組み合わせや相対的な重要性は個々の状況によって異なるため、規制やインセンティブといった的を絞った取り組みが、特定の課題を克服するのに役立つ可能性がある。 以上に基づいて、より広い意味で、原則の厳格な適用と立木の構造をあまり重視しないことが、さらなる柔軟性をもたらし、より多くの状況において代替的な育林レジームの採用を促進する可能性があることを提案する。同時に、代替的な育林システムを「望ましい、あるいは既定の管理方法」として受け入れるには、様々な生態系の財とサービスの科学的根拠と評価を継続的に発展させることが必要であり、またそこから利益を得ることができる。本書は、このような観点から議論を深めることを目的としている。
5	大西史豊・養父志乃夫	2015年	土木学会論文集G(環境)71(7)、p.Ⅲ_199-p.Ⅲ_204	マツ枯れ被害地におけるアカマツ実生の定着、初期成長特性	1960年代の燃料革命以降、里山の管理放棄やマツノザイセンチュウ被害等により、アカマツ林は衰退、消滅した。現在、里山の衰退による生物多様性の悪化、水源涵養機能と国土保全機能の低下が問題視されている。そこで里山におけるアカマツ二次林の再生を目指し、マツ枯れ被害地でアカマツ林の実生定着特性と樹高の初期成長を調査した。その結果、A₀層の薄い急斜面でアカマツの実生本数と生存率が有意に高いことが確認された。また、樹高成長曲線は最も誤差平方和の少ないロジスティック曲線を選び、過去の文献と比較して十分な成長が確認された。
6	黒田有寿茂・石田弘明・岩切康二・福井聡・服部保	2015年	植生学会誌32、p.95-p.116	屋久島低地部のスギ人工林、照葉二次林、照葉原生林における種組成および種多様性の比較	(1)屋久島低地部のスギ人工林における照葉樹林構成種のハビタットとしての機能について検討するために、下層植生の発達したスギ人工林を対象に植生調査を行った。(2)下層植生の発達したスギ人工林において第一低木層に到達していた樹種はトキワガキなど、被食散布型のものが主であった。屋久島の照葉樹林の代表的な林冠構成種である重力散布型のスダジイ、イスノキも第一低木層でみられたが、その出現頻度や平均被度は被食散布型の樹種のそれと比較して小さかった。(3)照葉樹林構成種の種多様性はいずれの森林タイプでも常緑高木、常緑低木、常緑木生藤本、地上生シダで高く、夏緑低木や草本では低かった。(4)スギ人工林では地上生シダが豊富であり、照葉樹林構成種の種多様性は照葉二次林と同程度であることがわかった。一方、スギ人工林では常緑高木、常緑低木、着生シダが貧弱で欠落傾向にあり、照葉樹林構成種の種多様性は照葉原生林に及ばないことがわかった。(5)常在度級III以上を示した照葉樹林構成種の種数比率はスギ人工林と照葉樹林で25%前後と同程度であった。また、照葉樹林で常在度級III以上を示した照葉樹林樹林構成種の約66%がスギ人工林でも常在度級III以上を示し、普通種として出現していた。(6)屋久島低地部のスギ人工林は照葉樹林構成種のハビタットとして重要な存在といえる一方、人工林管理の継続される林分が有する一時的ハビタットとしての機能のみでは照葉樹林構成種の全ての要素を保全することは困難であり、その実現のためには、林相転換による永続的ハビタットの創出が不可欠と考えられた。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（4）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
7	高梨武彦	2015年	デザイン研究62(4)、p. 17-p. 24	経営配慮に基づく森林風致施業の考察	森林風致施業計画と採材数（玉数）との関係および森林の風致評価と採材数との関係を分析した。スギ・ヒノキ人工林の調査結果からは、高い風致評価を得ていた林分は林齢50～70年生未満の保育林分で、枝下空間量278m ³ /本、胸腔直径指数0.187、3.6玉であった。ヒノキ人工林の調査結果からは、高い風致評価を得ていた林分は林齢70～100年生未満の保育林分で、枝下空間量458m ³ /本、胸腔直径指数0.128、3.75玉であった。風致評価を得つつ経営配慮を考えると、3玉を確保できる大径材（胸腔直径31cm以上）を生産する志向が支持される結果であった。
8	叶志浩・村上健太郎・森本幸裕	2015年	日本緑化工学会誌41(1)、p. 115-p. 120	復元型ビオトープ「いのちの森」に生育する林床植生の変化	都市に造成されたビオトープである京都市内の「いのちの森」で近年起きている種多様性低下の原因を調べるために植生調査を行った。2003年と2013年の植生調査資料をDCA上に図示したところ、林床調査区及び木道下調査区については相対照度と土壌含水率の低下が進行していることが示唆された。植生遷移の進行による樹冠のうっ閉、樹木の成長に伴う蒸発散量の増加などを原因とする環境変化であると考えられた。このような変化に対応して、一年草、外来種などの攪乱依存種やシダ植物の減少、耐陰性や耐乾性に富む種の増加が確認された。
9	藤森隆郎	2015年2月	森林科学73、p. 41-p. 45	持続可能な森林管理のための生態学的・造林学的アプローチ	この記述は、2014年5月に来日したドレスデン工科大学造林学のSven Wagner教授の講演内容や同教授との議論に基づき、著者が持続可能な森林管理の生態学的・造林学的アプローチを考察したもの。Wagnerは①持続可能な森林管理のために、②生態系解析アプローチと③多面的サービスアプローチがあり、②と③の理解する手がかりとして④構造の問題があり、それを踏まえて⑤さまざまな空間スケールの実践が行なわれるべきとする。この理解を藤森は大いに参考になると評価する。またWagnerは、生態系の機能と生態系サービスの関係を述べるに際して、生物多様性の保全と土壌の保全が最も根源的な課題であり、それらに基づいて水資源の保全、木材等生産力の保全、保険文化機能の保全が位置づけられているとしたが、藤森は生物多様性の保全を最も根源的なものと位置づけるべきとの考えを示している。最後に藤森は、日本では持続可能な森林管理に関する関心と理解が遅れていると述べている。
10	田村淳・上山真平・松崎加奈恵・鈴木哲平・藤森博英	2016年	日本森林学会誌98、p. 279-p. 285	シカの採食圧を受けてきた溪畔域の針葉樹人工林での広葉樹の更新に対する受光伐と植生保護柵の効果	シカの影響の強い神奈川県丹沢山地の3流域（白石沢、用木沢、本谷川）の落葉広葉樹で構成される溪畔林に隣接した針葉樹人工林において、受光伐直後にシカの採食圧を排除する植生保護柵（以下、柵）を設置して、5、6年後に柵の内外で天然更新による高木性樹木稚樹（以下、更新木）の種名と個体数、樹高を調べた。3流域で更新木は18～36種出現して、フサザクラ、ケヤキ、オニイトヤなど13種は3流域に共通して出現した。更新木の種数と個体数ともに風散布型が多く、更新木の種の50%以上および個体数の80%以上には、調査地の外側30m圏内に種子供給源となりえる同種個体があった。柵内における樹高150cm以上の更新木の個体数は、ha換算して白石沢では27,500本、用木沢では2,083本、本谷川では7,500本であった。3流域ともにフサザクラなどの先駆性樹種が樹高の上位を占めていた。一方、柵外では更新木の種数と個体数は柵内よりも少なく、樹高が30cmを超えたのはオオバアサガラのみであった。以上のことから、シカの影響の強い溪畔林に隣接した針葉樹人工林では受光伐直後に柵を設置することにより周辺の溪畔林を種子供給源とした更新木が多数侵入、定着して、針葉樹との混交林化の可能性が示された。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（5）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
11	永田純子・明石信廣・小泉透	2016年	哺乳類科学56(2)、p. 215-p. 224,	シンポジウム：シカと森林の管理	シカの高密度化が植生や森林土壌などに重大な影響を与えることは、ヨーロッパ、北アメリカ、アジアなど北半球温帯域に位置する多くの国に共通した現象である。このような国々ではシカによる採食と樹皮剥ぎなどで被害を受けた森林が多くみられ、植物の種構成の変化、森林更新の失敗などが報告されている。我が国においてもニホンジカ(Cervus nippon)による農林業被害や生態系への影響が深刻化しており、対策が求められている。しかし、すでに過密状態にあるニホンジカ個体群のコントロールは困難を極めており、新たなアプローチを模索しなければならない。国際的な議論の動向や諸外国の先進的な取り組みを把握し、参考にするには、今後のニホンジカ管理体制の充実にとって重要である。本シンポジウムでは科学的シカ管理に目し、シカの生息地に存在する森林の包括的管理および比較的新しいシカ管理手法として注目されているローカライズドマネジメント(Localized management)に焦点をあてた。アメリカ、英国、日本でシカ管理と森林管理をテーマに研究を進めている4名が講演を行い、日本のシカ管理および森林管理に対するこれらの手法の応用可能性について議論を行った。
12	温井浩徳	2016年	水利科学347、p. 50-p. 61	水源林の管理―水源涵養機能を重視した森林管理―	著者は横浜市水道局水源林管理所長である。横浜市の水源林は山梨県道志村にある道志水源林で、その面積は約2,900ha、うち人工林27%、天然林63%、残りの10%は採草地、河川敷などである。人工林はヒノキが中心で、カラマツ、スギ、アカマツも植栽されている。天然林はブナ、ミズナラなどの広葉樹林と二次林から成る。1916年に管理経営を開始したのち、1925年から1951年まで数次にわたり水源涵養保安林と土砂流出防備保安林の指定を受けて、いま全面積の97%が保安林に指定されている。その後、第9期経営計画(1996―2005年度)から、森林の公益的機能を一層増大させ、水源涵養機能を重視した管理方針に転換した。さらに2009年度からは、より効率的かつ経済的に水源涵養機能の高い水源林整備を目的に、林床植生を豊かにして優良広葉樹等の侵入を図り、針広混交林化を促進していくこととした。具体的には、生産機能を重視した生産林と環境保全機能を重視した環境林を位置づけて、それぞれに応じた目標林型を定めている。また、単に水源林を管理するだけでなく、水源地域への支援など多様な取り組みも行いながら、環境保全と環境共生社会の実現を目指している。
13	雲野明・山浦悠一	2016年2月	北方森林研究64、p. 19-p. 22	保残伐施業(REFRESH)：第1セット伐採前後の鳥類相の比較	2013年から北海道有林で、トドマツ人工造林地を伐採して再造林を行うに当たり、伐採の際に一部の立木を伐り残す保残木施業の試験研究が開始された。これには各研究機関や大学などに所属する多くの専門分野の研究者が参加している。本報告は、この試験研究開始当初の伐採について、伐採前の2013年と伐採後の2015年に鳥類層の変化を調査した結果である。
14	上田明良	2016年	日本森林学会誌98(5)、p. 207-p. 213	林齢の異なる小面積林分からなる森林における腐肉食性甲虫（腐肉食性シデムシとコガネムシ上科糞虫）群集の反応	簡易な方法で捕獲した腐肉食性甲虫(シデムシ科とコガネムシ上科食糞群)群集の森林環境に対する指標性を評価するため、2012年に熊本市内の林齢が異なる小面積林分からなる森林内の15林分で魚肉を誘引餌としたビットフォールトラップを1個設置した。その結果、13種7,667個体の腐肉食性甲虫が捕獲された。種数、総捕獲数、シンプソンの多様度指数と6種の捕獲数は林齢と有意な正の関係を示した。また、林分を林齢に伴う3グループ(新植地、若齢林と壮齢林)に分けて指標種分析を行ったところ、有意な指標種が若齢林に1種、壮齢林に7種見られた。非計量多次元尺度構成法(NMS)による各林分群集の座標付けにおいても、若齢林の1座標を除くと、林齢に伴う3グループは分かれた。以上の結果から、今回の方法で得られた腐肉食性甲虫群集は小面積林分がモザイク状に存在する森林において、環境に対して優れた指標性を示し、林齢に伴う森林環境の変化に反応していると考えられた。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（6）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
15	長慶一郎・榎木勉・鍛冶清弘・山内康平・緒方健人・椎葉康喜	2016年3月	九州大学農学部演習林報告 97, p. 7-p. 10	ニホンジカの摂食圧増加にともなうスズタケの動態－九州大学宮崎演習林における2003年と2014年の比較－	九州山地中央部に位置する九州大学宮崎演習林(2,915ha)で2003年と2014年にスズタケの健全度調査を行い、ニホンジカによる摂食がスズタケの分布に及ぼす影響を評価した。2003年は三方岳団地(2,282ha)、萱原山団地(146ha)の大部分でスズタケが消失していたが、津野岳団地(487ha)ではほとんどの林地でスズタケが生育していた。2014年は三方岳団地と萱原山団地で、前回の調査時に消失していたスズタケが回復した場所はなかった。津野岳団地ではスズタケの衰退が進行し、大部分でスズタケが消失していた。津野岳団地で実施したスポットライトセンサスの結果、近年、同団地でニホンジカの個体数が急激に増加しており、それが津野岳団地での急激なスズタケの衰退に繋がったと考えられた。また、スズタケが残存する場所の地形や林分の特徴などを検討した結果、標高が低く、近年、施業が実施された場所でスズタケが残る傾向にあった。
16	中川宏治	2017年	森林応用研究26(1)、p. 1-p. 8	皆伐施業に伴うリター層の環境変化に対するトビムシ群集の応答	トビムシ目は検証に資するだけの個体数を扱うことが可能であり、また種レベルで環境条件に対して異なる挙動を示す。そこでトビムシ目に着目して、皆伐施業がトビムシ群集に及ぼす影響を検証することとした。皆伐後、地温の上昇に伴う生息環境の変化によってトビムシ群集は大きな影響を受け、全体的な総個体数が激減した。しかし地表性の複数の種などは一定の個体数を維持しており、各種の生理的な耐性が個体群の維持に影響していると考えられる。また、各種植物のリターに対するトビムシ各種の選好は、含有するミネラル濃度などによって異なると思われる。このことから、皆伐した林分の構成樹種がトビムシ群集の種構成や皆伐後の群集動態に影響すると考えられる。しかし、新たなリターの供給がないと、地温が上昇し、含水率が低下するなど生息環境の極端な悪化を招き、皆伐前後のトビムシ群集の安定的な遷移を妨げることになると考えられる。従って、皆伐がトビムシ群集に与える影響は、皆伐前の森林施業の頻度、樹種構成および皆伐後に末木枝条をいかに均等に林地に配置するかによって決まる。
17	Akira S. Mori et al.	2017	Journal of Applied Ecology(54), p.12-p.27	Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems : a research agenda for applied forest ecology	森林の生物多様性と生態系サービスが社会に大きく貢献していることを考えると、森林科学は我々の未来の健全性と持続可能性に貢献する大きな可能性を持っていると言える。特に、生態系サービスを維持するための生物多様性の役割を考えると、森林生態系における最近の進歩、機会の増加、いくつかの遅れを考慮すると、生物多様性、生態系機能およびサービスに関するさらなる研究は、SFMの実践の発展において重要な役割を果たすと思われる。本稿では、(i)生態系の健全性の基盤としての生物多様性と生態系機能の関係、(ii)環境変化への備えと適応のためのレジリエンス思考、(iii)現実の保全と管理を促進する社会生態学の視点、(iv)科学と実践をつなぐ理論主導の修復などの重要課題を明らかにした。森林は、人間による大きな影響を受けると、大きく変化する可能性が高く、新しい生態系や代替的な安定状態の出現につながる可能性がある。したがって、このような大きな不確実性に対処するために、より柔軟で新しい対策が必要である。課題はあるが、森林生態系の管理、保全、回復において、理論は重要な役割を果たすはずである。
18	Toshiya Yoshida et al.	2017	Sustainability(9,2093)	Structural Complexity and Ecosystem Functions in a Natural Mixed Forest under a Single-Tree Selection Silviculture	森林管理の目的はより広範になり、木材生産と森林生態系の保全を調和させることが不可欠となっている。択伐は天然林の複雑さと不均質性を維持できるので、皆伐に代わる主要な方法として認識されているが、その長期にわたる評価はあまり実施されていない。本研究では北海道の針広混交天然林において、生物多様性や生態系炭素蓄積量の指標となる林分構造の諸属性を、施業林と非施業林(両者合計12.6 ha)とで比較検討した。その結果、30年にわたる単木択伐の実施により、施業林における上層木の蓄積、サイズ構造、種多様性、空間分布は非施業林と大きな相違のないことが明らかになった。また、施業林の炭素蓄積量は非施業林のそれとほぼ同じであった。一方、生物多様性にとって重要ないくつかの構造的属性や指標要素(大径木、枯死木、空洞、着生蘚苔類、いくつかの鳥類群など)は、施業林で著しく減少していることが示された。このような構造と要素をある程度残すことが、本地域の代替育林施業としてのメリットを導き出すために必要である。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（7）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
19	中川昌彦・三間武・河江輝樹	2017年	森林計画学会誌51(1)、p. 19- p. 25	カラマツの天然更新地が広葉樹林化、 混交林化しやすい原因の調査事例	カラマツの天然更新地が広葉樹林化、広葉樹と混交林化しやすい原因について調査事例を得るため、最近カラマツの天然更新施業が行われた林地で現況やカラマツの枯損原因の調査並びに天然更新した稚樹の毎年の成長量調査を行った。足寄ではすべてのカラマツの稚樹が枯損していたが、その9割以上にエゾヤチネズミによる環状の食害痕が認められた。雄武では、表土除去から4年後には広葉樹の稚樹が優占しており、カラマツの稚樹は被圧されていた。また、シラカンバやウダイカンバの稚樹のほうがカラマツの稚樹よりも成長が早かった。カラマツの天然更新地が広葉樹林化、広葉樹と混交林化しやすい理由として、カラマツがエゾヤチネズミによる食害を受けやすいこと、またシラカンバなどの広葉樹よりも成長が遅いことが指摘されているが、本研究の結果はそれらを支持する内容であった。
20	大石圭太・兒島音衣・畑邦彦・曾根晃一	2017年	哺乳類科学57(2)、p. 287- p. 296	間伐施業のアカネズミとヒメネズミの 生息状況に対する影響	広葉樹林に隣接した針葉樹人工林における間伐施業のアカネズミとヒメネズミの生息状況に対する影響を明らかにするため、鹿児島大学農学部附属高限演習林で、170 mほど離れた2ヶ所に、いずれもスギの人工林とそれに隣接する常緑広葉樹林にまたがる調査区を設定した。一方の調査区の人工林では、2012年8月～9月に材積率で約50%の定性間伐を実施し（間伐区）、もう一方では間伐を実施しなかった（対照区）。標識再捕法を用いて両種野ネズミの生息状況を調査したところ、間伐前は両種ともに間伐区と対照区で捕獲頻度の変動パターンは同調しており、両調査区の人工林で捕獲頻度が2ヶ月以上連続で0になることはなかった。しかし間伐直後には対照区で両種野ネズミの生息状況に著しい変化がみられなかったのに対し、間伐区の人工林ではアカネズミが2ヶ月連続、ヒメネズミが少なくとも3ヶ月連続して捕獲頻度が0になった。間伐区の人工林ではアカネズミは間伐後3ヶ月目から、ヒメネズミは遅くとも半年後から新たな個体が侵入・定着し始め、林内植生が回復した間伐3年目には両種野ネズミの捕獲頻度や捕獲場所の分布が間伐前の状態に回復した。間伐施業は野ネズミが生息できない状況を一時的に生じさせ、その影響はアカネズミよりもヒメネズミに対して大きかったが、林内植生の回復とともに約3年でその影響は消滅したと考えられた。
21	小松茉莉奈・安井さち子・上條隆志	2017年	森林野生動物研究会誌42	栃木県奥日光地域における森林棲コウモリのエサ資源量評価のためのカラマツ人工林と老齢自然林の昆虫量比較	コウモリのハビタットとしてカラマツ人工林が低質である理由をエサ資源の観点から検討するため、奥日光地域の老齢自然林とカラマツ人工林において昆虫量（個体数）の比較を行った。2013年6月から9月にカラマツ人工林と老齢自然林において各10地点ずつ、マレーズトラップを用いて飛翔性昆虫の捕獲を行った。昆虫量はカラマツ人工林のほうが多く、特にハエ目とチョウ目の個体数が多かった。本研究より、カラマツ人工林が森林棲コウモリのハビタットとして低質である理由はエサ資源量ではなく、ねぐら資源量などの他の要因に由来する可能性が示唆された。
22	内山愉太・木本祥太・香坂玲	2017年3月	久留米大学ビジネス研究2、 p. 51-p. 60	日本における生態系サービス直接支払の活用に向けた基礎的考察―農地と森林への活用に向けて―	日本の生態系保全を考える上で重要となる里山地域に焦点を当て、PES(Payments for Ecosystem Services、生態系サービス直接支払)の枠組みを通じて、農地や森林の生態系サービスを維持向上させるための制度のあり方について考察した。現在の日本における公的支援制度は生産活動に対する個別の支援措置が複雑に絡み合い、生態系サービスの維持向上のための費用対効果を把握することが困難である。そこで支払対象のターゲットニングや差別化を取り入れることで、環境目標を対象とするPESスキームに移行することが、費用対効果の高い生態系保全のための公的支援を実現する上で重要である。また民間主導によるPESスキームの、生態系保全への有効性についても、なお研究が必要である。これらの基礎として、政策効果を評価するための指標の確立と情報管理体制の整備が喫緊の課題であるといえる。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（8）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
23	小山泰弘・清水香代・岡田充弘	2017年3月	長野県林業総合センター研究報告31、p. 27～p. 48	小面積で分断化したブナ林の取扱いーブナ林の断片化がブナ集団の遺伝的多様性と繁殖に及ぼす影響ー	長野県内のブナ分布を精査したところ、ブナの分布域とされる温帯指数45から85の地域では降水量が少なくてもブナが分布し、県内の概ね標高1,000m～1,500mの区域が本来はブナの分布域と考えられた。ブナの孤立林の種子発芽率は豊作年では大集団と同程度だったが、並作では種子も少なく発芽率も低かった。さらにブナ林集団としての遺伝的な多様性も低下しており、種子採取源として不適だった。ブナ孤立林の一つである松本市牛伏寺ブナ林で種子生産状況を詳しく調べたところ、豊作年でも並作年でも種子生産に貢献している成木がごく一部だったことから、子世代の遺伝的多様性はさらに低下することが危惧された。そこで、種子による増殖だけでなく挿し木による増殖も試みたが、挿し木増殖は壮齢大径木では不可能で、増殖可能な個体は若齢の小径木に限られていた。上記の結果から、壮齢の大径木のみが残る孤立ブナ林では種子採取も挿し木増殖も難しく、将来の保全に向けて課題が残された。
24	尾崎研一・明石信廣・雲野明・佐藤重穂・佐山勝彦・長坂晶子・長坂有・山田健四・山浦悠一	2018年	日本生態学会誌68、p. 101 - p. 123	木材生産と生物多様性保全に配慮した保残伐施業による森林管理ー保残伐施業の概要と日本への適用ー	森林は人間活動に欠かすことのできないさまざまな生態系サービスを提供しているため、その環境的、経済的、文化的価値を存続させる森林管理アプローチが必要である。保残伐施業(retention forestry)は、主伐時に生立木や枯死木、森林パッチ等を維持することで伐採の影響を緩和し、木材生産と生物多様性保全の両立をめざす森林管理法である。従来の伐採が収穫するものに重点を置いていたのに対して、保残伐施業は伐採後に残すものを第一に考える点と、それらを長期間、少なくとも次の主伐まで維持する点に違いがある。保残伐施業は、皆伐に代わる伐採方法として主に北アメリカやヨーロッパの温帯林、北方林で広く実施されているが、日本を始めとしたアジア諸国では普及しておらず、人工林への適用例もほとんどない。そこで、日本で保残伐施業を普及させることを目的として、保残伐施業の目的、方法、歴史と世界的な実施状況を要約した。次に、保残伐の効果を検証するために行われている野外実験をレビューし、保残伐に関する研究動向を生物多様性、木材生産性、水土保全分野についてとりまとめた。そして、2013年から北海道で行っている「トマトツ人工林における保残伐施業の実証実験(REFRESH)」について紹介した。
25	鷺見勇貴・福沢朋子・逢沢峰昭・大久保達弘	2018年3月	宇都宮大学農学部演習林報告54、p. 1～p. 13	ヒノキ人工林の林分発達と森林施業がオサムシ科甲虫群集に与える影響	栃木県北部の宇都宮大学船生演習林において、ヒノキ人工林の林分発達と森林施業にともなう環境変化がオサムシ科甲虫の多様性と群集組成に与える影響を調べた。調査地として、植栽から皆伐までさまざまな森林施業が行われている林分を対象とした。これらの林分を林齢によって幼齢林、若齢林および壮齢林の3つに区分して23プロットを設置した。2014年6-11月、2015年5-11月にかけて毎月1回、1プロットに10個のビットフォールトラップを3日間設置してオサムシ科甲虫を捕獲した。また、下層植生量、開空度などの環境要因を調べた。その結果、23林分で総計33種5,389頭が捕獲された。幼齢林では種数が多く、草地性のゴモクムシ亜科やアオゴミムシ亜科が多くみられた。非計量多次元尺度構成法による系列化分析の結果、幼齢林が他のプロットと異なる座標配置を示した。これは、幼齢林では下層植生の発達により、草地性種が多く出現したためと考えられた。また、皆伐による下層植生の著しい増加にともなって群集組成が大きく変化し、多様性が高まることが明らかとなった。以上から、ヒノキ人工林の林分発達と森林施業に伴う環境変化において、下層植生量がオサムシ科甲虫群集に最も大きな影響を与えると考えられた。
26	白井聡一	2018年	日本鳥学会誌67(2)、p. 227～p. 235	針葉樹林ギャップ地を落葉広葉樹林に再生する過程における鳥相の変化：録音によるデータの収集	東京都の高尾小下沢国有林のスギ、ヒノキ人工林で、自然災害で生じたギャップ地に落葉広葉樹の苗木を植え、広葉樹林パッチを再生する活動を2001年から行っている。この施業が鳥類に与える影響を調べるため、留鳥10種を対象に、2006年から10年間の繁殖期に音声録音によって出現頻度を記録した。その結果、ギャップ再生地でヒヨドリやウグイスの増加傾向が認められたが、草地を好むホオジロや他の種では一定の傾向が認められなかった。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（9）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
27	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齢林、若齢林、壮齢林、老齢林の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。老齢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。幼齢林では樹高が低く、開空度は高いが、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、一つは主として壮齢林と老齢林で構成され、もう一つは主として幼齢林で構成されていた。このように二分された要因として、壮齢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と考えられた。以上からヒノキ人工林では、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。
28	島田和則・勝木俊雄・大中みちる・岩本宏二郎	2018年	森林立地60(1)、p. 11-p. 21	暖温帯域の気象害を受けた放置人工林に再生した広葉樹二次林の植物種数および生育環境区分からみた種構成の長期経年変化	人工林の広葉樹林化により植物の多様性がどのように変化したのか、検証を行うことを目的とした。暖温帯域の針葉樹人工林が気象害を受けてから広葉樹二次林として自然再生した林分について、再生0年目から30年目までの植物種数や種構成の長期経年変化について検討した。全体の種数は気象害を受けた直後の3年間は急増したが、以降は減少し続けた。次に、種構成の経年変化を出現種の生態的特徴から分析するために、出現種を生育環境区分によってタイプ分けして分析した。照葉樹林タイプの種数は調査期間を通じて増加した。一方、草原タイプなど非森林生の種数は再生初期に増加し、その後減少した。この結果、人工林跡から成立した広葉樹二次林は攪乱後再生初期では非森林生の種の一時的な増加によって全体の種数が多くなるが、その後は減少していくことが示された。人工林跡から成立した広葉樹二次林の多様性が攪乱によって増加した非森林生の種に大きく影響されることは、多様性保全を目的とした森林管理で考慮する必要があると考えられた。
29	伊藤江利子・橋本徹・相澤州平・石橋聡	2018年	森林立地60(2)、p. 71-p. 82	北海道における地がき更新補助作業と今後の課題	地がき（かき起こし）は、林床に密生するササを大型機械で根系ごと除去して鉦質土層を露出させ、天然更新を図る更新補助作業である。本稿では北海道林業における地がき作業の経緯及び地がきの成否に関わる要因について、主に土壌攪乱影響に関する既往研究を基にとりまとめた。地がきは1960年代から北海道で広く実施され、地がき地の更新成功率は極めて高かった。過去の地がき事例からは、(1)表層土壌の物理性保全とササ除去の両立が更新要件であり、(2)地がきカンパ林の成長は非地がきカンパ林より良好であるものの、(3)養分条件に及ぼす表層土壌の除去影響は無視できないことが示唆された。既往の地がきカンパ林研究は大多数が林齢20年生以下の林分を対象としている。このため、地がきカンパ林から最終的に収穫可能な材積や径級及びそれらに対する地がきによる土壌攪乱の影響は不明である。さらに、地がきによる低コストのカンパ林造成が、主伐期を迎える北海道トドマツ人工林伐採後の選択肢として有望であると提言した。今後、地がきカンパ林業を実用化するためには、過去の不成績造林地の原因を究明して低標高地で懸念される草本繁茂の対策をとるなど、地がきの仕様を立地条件に合わせて改良する必要がある。
30	中川宏治	2018年	森林応用研究27(1)、p. 11-p. 20	里山二次林の皆伐施業に伴う環境変化に対するトビムシ群集の応答	京都市の里山二次林において、皆伐後のトビムシ群集の個体群変動を追跡調査した。皆伐後、群集レベルで総個体数は維持されたが、クラスター分析の結果、優占種の個体数変動のパターンにより5つのグループに分類することができた。群集全体の総個体数が維持された主な要因として、種固有の乾燥耐性および高温耐性が寄与した結果、希少種および超希少種に含まれる特定種の個体数が増加したことが挙げられる。一方で、生息深度は個体数の維持および増加に対して影響を及ぼす要因とは考えられない。里山二次林のトビムシ群集は施業履歴や植生などの要因に対応した構成種となっており、皆伐などの攪乱に対して特徴的な応答を示すといえる。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（10）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
31	五十嵐哲也	2018年9月	博士論文、p. 1-p. 141	針葉樹人工林の木本植物の種多様性を規定する諸要因-多様性を高める施業に向けて-	天然林性植物の種多様性の減少や林分構造の単純化によって動物のハビタットの減少を招いている。このような生物多様性への悪影響を緩和するために、人工林そのものを天然林性植物のハビタットとして機能させることが有効であると認識されつつある。本論では、人工林の植物の種多様性を規定する要因として、埋土種子、外部からの散布種子、森林の前歴、種子源からの距離、長伐期化そして間伐の影響を明らかにし、種多様性を高める施業の可能性について検討した。ヒノキ人工林では、5%以上の開空率を持った林分であれば、下層植生の組成を調査することで埋土種子や外部からの散布種子を含む構成種の組成がおおよそ推定できることが明らかになった。また、埋土種子の組成は遷移初期種に偏っており、天然林を構成する樹木の多様性の維持には散布種子が重要であることが明らかになった。広葉樹二次林と隣接したヒノキ壮齢人工林では、両者の下層植生の種数や組成は似かよっていた。広葉樹二次林から離れたスギ人工林では、木本稚樹の種数は最寄りの広葉樹二次林からの距離が遠くなるほど減少していた。さらに種組成も距離とともに変化しており、施業による多様性の回復には種子散布源の確保が重要であることが示唆された。 人工林伐採後に再造林された二代目スギ人工林では、広葉樹林伐採後に植林された初代スギ人工林よりも種数が少なく、植林の繰り返しが種多様性を低下させることが示された。種数の減少は、もともと頻度の低い種が施業によってランダムに消滅することによるものと推察された。長伐期人工林では、無間伐であっても99年生に達するまでに自己間引きが生じて低木層の種多様性が一時的に増加した。しかしその後一部の樹種が亜高木層を優占して低木層を被陰したため、107年生までに種多様性は再び低下した。このまま放置した場合、亜高木層を一部の樹種のみが優占する状態が長く続く予想される。従って単純に人工林の伐期を延長し、施業を行わずに放置した場合、多様性の回復には繋がらない可能性があることが示された。80年生のヒノキ高齢人工林に弱度の下層間伐を行ったが、下層間伐による種多様性の改善に長期的な効果は認められなかった。人工林の天然林性植物の種多様性を回復するための施業体系を確立し、有効性の検証およびリスクの検証を行うことが喫緊の課題であると考えられる。
32	永田幸志	2019年	日本緑化化学会誌44(3)、p. 475-p. 478	神奈川県におけるシカによる森林被害	神奈川県では主に丹沢山地にシカが生息している。丹沢山地におけるシカ問題は、戦後の乱獲による絶滅の危機、保護施策による個体数回復と造林地拡大による林業被害の発生、自然植生への影響の深刻化という3回の局面に整理されている。丹沢山地におけるシカによる森林被害は、低中標高域のスギ・ヒノキ人工林における造林木被害と高標高域の自然林での自然植生劣化があり、現在、シカ管理計画等による取り組みが進められている。自然植生劣化への対策が継続的に進められてきた場所では植生回復が見られるものの、丹沢山地全体での植生回復には至っていないため、取り組みの継続が必要である。また、水源林整備事業等が行われている人工林でも森林整備後に林床植生へのシカの影響がみられており、近年シカが増加傾向にある箱根山地等を含めて森林整備とシカ管理を連携した取り組みが必要となっている。
33	兵庫県	2019年3月改定	冊子 (pp. 228)	生物多様性ひょうご戦略	2014年3月に策定した「生物多様性ひょうご戦略」を改定したもの。2015年9月の国連総会で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」など情勢の変化を踏まえて、おおむね10年間(2030年度まで)を展望した内容になっている。章では第1章戦略策定にあたって、第2章生物多様性をとりまく情勢、第3章現状と課題、第4章生物多様性の保全及び持続可能な利用に向けた行動計画、第5章戦略の効果的推進、資料編である。生物多様性の理解、保全に関する総合的な方針書と言える。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（1 1）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
34	Ilse Storch et al.	2020	Ecology and Evolution(10), p.1489-p.1509	Evaluating the effectiveness of retention forestry to enhance biodiversity in production forests of Central Europe using an interdisciplinary, multi-scale approach	「保持林業」(Retention Forestry)とは、伐採時に元の林分の一部を保持し、構造的・構成的多様性の連続性を維持するもので、皆伐の影響の緩和などを目的に広がる可能性はあるが、その適用に関するエビデンスは不足しており、道筋が明らかになっていない。研究トレーニンググループConFoBiは保持林業の効果に焦点を当て温帯ヨーロッパの樹齢不均一な連続被覆林などにおいて、構造的な保持対策が森林の生物多様性の保全に適切かどうか、など評価する135区画(1 ha)を調査した。主な調査目的は、(a)異なる栄養・機能グループを含む複数の分類群に対する構造要素と景観状況の影響を調査し、生物多様性保全のための保持施業の有効性を評価すること、(b)森林の生物多様性保全がいかに認識・実行され、いかなるコストと利益を生み出すかを分析し、(c)生物多様性保全を多機能森林経営にいかにか効果的に統合できるかを明らかにすることである。本調査では森林の所有者や管理者が実施する社会経済的な前提条件と同様に、景観全体で必要な保持レベルを定量化した。温帯林の森林経営に生物多様性保全を組み込むための証拠となるものである。
35	Takuo Nagaike	2020	Forest Policy and Economics(118), p.1-p.7	The role of biodiversity concerns in regional and nationwide forest management plans of Japan - Do forest plans promote conservation?	森林管理計画によって地域の生物多様性がどのように保全されているかを明らかにするため、日本の地域森林計画と全国森林計画および地域ごとの森林の状況を比較した。その結果、森林生産ランドスケープにおける生物多様性の保全・維持に重要な配慮事項(水辺など)が、地域別計画では記載が省略されているにもかかわらず、全国森林計画では記載されている事例のあることがわかった。地域森林計画では、「生物多様性を保全する上で重要な森林である特定森林を保全した」ことが必須であり、それ以外の森林は生物多様性保全の対象になっていない。特に、林業が盛んな都道府県では、すでに保全されている森林以外の森林は地域計画における生物多様性保全の対象にはならない。地域計画における生物多様性保全の地域差は、主に森林の経済的条件に左右される。日本では気候条件や自然攪乱体制が生物多様性に影響を与えるため、生物地理学的な差異を森林管理計画に取り入れる必要がある。林業と生物多様性に関するトップダウンのガバナンスと、地域性を反映した地方分権を検討し、両立させる必要がある。
36	末次優花・菅井理恵・日置佳之・田中一郎・土居克夫	2020年	景観生態学25 (2)、p.235-p.257	オオタカ(<i>Accipiter gentilis</i>)の生息に配慮したマツ林管理に関する事例研究	オオタカは、環境省が公表しているレッドリスト2019に準絶滅危惧として記載されている希少猛禽類である。これまで、オオタカの生息環境については日本国内及び海外の事例を基に、多数の基準等や生息環境である針葉樹人工林の管理方法が示されている。希少猛禽類の保全については生息環境をより良好に保つことが必須であり、そのためには放置型の管理ではなく、状況に応じて積極的に管理する必要がある。しかしながら、オオタカの営巣する森林で実際に施業を実施し、好ましい生息環境の維持・改善を試みた事例はほとんど見られない。本研究では「鳥取県立大山オオタカの森」を事例研究地として、施業前後の人工林の環境を植生と鳥類の2側面から比較・評価し、森林管理のあり方について提言した。具体的には、2003年度に日本野鳥の会鳥取県支部及び鳥取大学により実施された第1回調査の結果に基づき提案された管理(アカマツの間伐及び亜高木層に達する広葉樹の除伐)が5年間施業されたのち、2011年度に第2回調査が実施された。その結果オオタカは、営巣木としての大径高木が多数存在し、営巣林として林内に飛翔空間が広がるアカマツ林を選択していた。また、事例研究地周辺には田畑や伐開地など多様な環境が広がっていて採餌可能域は良好であった。すなわち、農地と森林がモザイク状に分布した里地里山の景観がオオタカの営巣及び採餌環境として利用されていた。①営巣木として利用できる大径高木の育成と②林内の飛翔空間の確保を目指す森林管理は、オオタカの生息地保全と用材林育成の両方にとって適切である。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（1 2）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
37	遠藤幸子・成瀬真理生・近藤博史・田村淳	2020年	日本森林学会誌102、p. 147-p. 156	スギ・ヒノキ人工林を利用する確率の高い鳥類種の推定	人工林は日本の森林の約40%を占めており、木材供給だけでなく生物にとって適した生息場所として機能することが期待されている。しかしながら、人工林内の生物の多様性およびその生態について十分に理解されているとはいえない。本研究ではスギ・ヒノキ人工林で観察される鳥類種を明らかにし、その生態的特徴について考察した。調査は2014年から2018年に、鳥類の繁殖期にあたる5月から6月にかけて神奈川県西部の3山城57地点で実施した。観察調査から8目26科45種がスギ・ヒノキ林を利用していることが確認した。それらの種数および種組成は、スギ林とヒノキ林との間で有意な違いはみられなかった。確認された鳥類のうち留鳥10種と夏鳥2種を含む2目9科12種は全ての山城で年を経ても繰り返し確認されており、スギ・ヒノキ人工林を利用する確率の高い種であると示唆された。これら12種のうち11種は昆虫食であった。また10種は樹上と樹洞に営巣する傾向があった。このように、人工林を利用する確率の高い種では食性と営巣場所の選択において高い共通性がみられた。
38	日本景観生態学会	2020年	景観生態学25(2)、p. 109-p. 116	意見 次期・生物多様性国家戦略で推進すべき事項についての提案	運営委員会で承認され、2020年6月5日づけで環境省自然環境局長に提出した景観生態学会の意見書である。基本的に、次期・生物多様性国家戦略では複数の機能を同時に発揮できる生態系が地域のインフラの核として活用され、持続的に維持される社会の構築を目標にするべきとしている。そのうえで具体的事項は次のとおり。1. エコリージョン区分に基づく国土管理・利用のあり方の提示、2. 国立公園・国定公園の位置づけの再定義とそれに基づくゾーニング、3. 国土保全型、地域創生型の森づくり、4. 農地の多機能性を発揮させるための仕組みづくり、5. 海岸エコトーンの統合的管理、6. 都市化によって劣化した生態系機能のミティゲーション、7. 地域の歴史・風土にもとづく自然資本の管理、8. 企業参入の仕組みの構築、9. 人材の育成と配置、10. データに基づく政策策定プロセスの強化、11. 戦略的環境アセスメント実施のための仕組みづくり。
39	西川祥子・久保満佐子・尾崎嘉信	2020年	日本森林学会誌102、p. 1-p. 6	ナラ類集団枯損が発生したコナラ二次林における17年間のナラ類の生残と枯死	コナラ林におけるナラ枯れの進行過程とナラ類およびクリ(以下、ナラ類としてまとめる)の動態を明らかにするため、鳥根大学三瓶演習林の1haのコナラ林で2001年から2018年の17年間にわたるナラ類の生残と枯死並びに胸高直径の変化を調べた。ナラ枯れが確認された2012年から2014年の各年は枯死個体の分布も調べた。その結果、ナラ枯れ発生前はナラ類の小径木が枯死したが胸高断面積合計は増加し、ナラ枯れの発生に伴い減少に転じた。ナラ枯れ発生初期の2012年と2013年はナラ枯れにより直径に関係なく枯死し、ナラ枯れが蔓延した2014年は小径木で枯死しやすく、ナラ枯れは谷で発生しやすかった。2013年と2014年は各1年でナラ枯れ発生前の5年分に近い本数が枯死した。2001年に426本あったナラ類は2018年に212本になり、ナラ枯れによる枯死率が18.1%、その他の要因による枯死率が32.2%と、17年間ではナラ枯れによる枯死木のほうが少なかった。しかしナラ枯れによって短期間で枯死木が増加することに加え、大径木も枯死することで森林構造が大きく変化すると考えられた。
40	千葉翔・河津祥太郎・林田光祐	2020年	日本森林学会誌102、p. 108-p. 114	蔵王連峰のオオシラビソ林で発生した集団枯損の広域把握と枯損後の更新	林床にササが優占する蔵王連峰のオオシラビソ林では、穿孔性昆虫による局所的な集団枯損が発生している。本研究では、山形県側に分布する528 haの同種の森林を対象に、衛星画像を用いて各50mメッシュ内にある個体の枯損率を調べ、GISにより集団枯損の分布と対応する立地を検討した。枯損率60%以上のメッシュが集中する地区は大別して3カ所あり、その大部分は高標高域の西側斜面に位置していた。しかし、同立地の多くは枯損率が20%未満のメッシュであったため、集団枯損の局所的な発生を立地条件だけで説明することはできなかった。28個のメッシュ内に調査区を設定し、ササの林床被度と後継樹密度との関係を調べたところ、ササが密生するほど同種の実生や稚樹の数は減少した。ササの被度は標高が上がるにつれて増加する傾向があり、後継樹密度は高標高域で低かった。その傾向が顕著であった地藏岳の西側斜面は、高標高域に枯損率の高いメッシュが最も集中しており、枯損林内に設定した調査区には実生や稚樹がまったくなかった。従って地藏岳西側斜面の集団枯損林はその後の更新が困難と予測された。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（1 3）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
41	野宮治人・山川博美・重永英年・伊藤哲・平田令子・引地修一	2020年	日本森林学会誌102、p. 202-p. 206	キュウシュウジカによるスギ幼齢木の折損被害の特徴	平均苗高160 cmのスギ大苗を植えた試験地で植栽後4年間に発生した、キュウシュウジカによる主軸および側枝に対する折損被害の特徴を明らかにした。主軸の折損は1～2年目に、側枝の折損は4年目に集中して発生した。調査期間中に折損が原因の枯損は確認されなかったが、主軸を折損した個体では樹高成長は遅れた。折損部の高さは120 cm前後に集中し、折損部の直径は6.5～15.8 mm(中央値12.2 mm)、折られた主軸の長さは17～85 cm(中央値53 cm)であった。折損部の高さに対して斜面傾斜の影響は小さかった。以上の結果から、主軸や側枝の直径が16 mmを超えると折損されにくいと推察される。また、防鹿柵を設置してもシカが侵入する危険があるので、スギが折損被害を受けないサイズに成長するまでは注意が必要である。
42	Marija Cosovic et al.	2020	Forests(11),343, p.1-p.24	Stand Structural Characteristics Are the Most Practical Biodiversity Indicators for Forest Management Planning in Europe	森林生態系の回復力提供と持続可能な機能に対する生物多様性の重要性から、森林管理計画に生物多様性評価を含めることがますます重要になってきている。本稿では、ヨーロッパにおける森林管理計画に生物多様性指標を取り入れる可能性について調査した。特に、(i)林分レベルおよびランドスケープ（流域）レベルでの生物多様性評価のための指標とデータ収集方法を特定し、(ii)森林管理計画におけるこれらの指標の実用性を評価することを目的として、1990年から2020年までに発表された文献をベースに94件の研究を選び、詳細な検討を行った。 生物多様性の3つの側面（構造、構成、機能）と4つの森林管理カテゴリー（非管理、管理、植林、森林放牧）を考慮し、森林の生物多様性指標の実用性については、費用対効果、適用の容易さ、時間対効果の3つの基準で評価した。その結果以下のようなことが明らかになった。林分レベルの指標は流域（ランドスケープ）レベルの指標よりも実用的であること、構造的な生物多様性指標（大木、林冠の開放性、古い林相など）は、専門家でなくても容易に観察でき、森林インベントリで得られるため、組成的な指標よりも管理計画に有用であること、リモートセンシングやその他の技術（例：スマートフォンのアプリケーション）は、将来的に効率的なデータ収集のために有望であること。これらのツールをより正確にし、様々な生態学的条件やスケールに適用できるようにするためには、さらなる研究が必要である。それまでは、インベントリから得られる林分の構造変数は、不確実な未来に向けてヨーロッパの森林を準備するための管理計画を改善するのに役立つだろう。
43	長池卓男	2021年	日本森林学会誌103、p. 297-p. 310	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—	人工林における針葉樹外来種植栽についての現状や課題をまとめた。自生種よりも成長の良い外来種や、市場で優位的な販売性を持っている外来種などが植栽されており、気候変動に適応できる種として外来種が選択されていることもある。一方、植栽地以外への定着・拡散が確認され、地域の植生や生物相、水文や養分循環などに負の影響を及ぼしている例もある。外来種を植栽した後に侵略性が顕在化した際、その対策にはコストが非常にかかっている。外来種を導入する可否を判定するツールが開発されているが、侵略性の評価に加え、土壌や水文への影響、食植者耐性などを含めた評価が必要とされる。また、外来種は、それ自体に対する考え方やノベル・エコシステムの中での位置づけに議論が起こっている。外来種であるコウヨウザンの日本での植栽が開始されているが、原産地の中国では更新の失敗と生産性低下が課題とされており、それは根などからの他感物質が原因の一つであるとされる。人工林にどのような樹種を植栽するかは木材生産機能のみならず公益的機能に少なからず影響するため、さまざまな機能の面から事前の検討と影響の予測が必要であろう。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（14）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
44	孫鵬程・貫名涼・柴田昌三	2021年	日本森林学会誌103、p. 96- p. 104	鹿児島県の管理モウソウチク林における管理・生産状況および林分構造の現状	本研究は、鹿児島県の管理モウソウチク林の生産状況と林分構造の現状を明らかにすることを目的とした。始良市とさつま町の2カ所の管理モウソウチク林における林分調査と竹林管理者に対する聞き取りを行った。その結果、管理者の高齢化に伴い竹林での重労働が困難になっている一方で、林分調査の結果（平均稈密度3,917本/ha、平均DBH 12.0 cm、新竹率30.6%、稈の1様分布）と施業現状から、対象竹林における管理（密度、施肥および防災管理）は現在も続けていることが考察された。一方で、国内需要の低迷などの影響から竹材・タケノコの生産量は10年前と比べて顕著に低減していた。このことは、調査林分における稈密度が過去よりも増加したことと一致していたことに裏付けられていると考えられた。今後、竹林は委託管理など新たな管理主体により管理を継続する場合、今までの竹林管理で集積されてきた技術、竹林生産などを参考情報として整理・記録する必要があると考えられる。また、作業がしやすい低密度かつ1様分布という林分の特徴を示す管理竹林を対象とした林業機械の開発と導入が、作業の持続性と省力化を改善する一つの選択肢として検討する価値があると考えられた。
45	國崎貴嗣・山崎遥	2021年	日本森林学会誌103、p. 285- p. 290	過密なスギ老齢人工林における41年間の林分成長経過	過密なスギ老齢人工林1林分における林齢134～175年の林分成長経過を、斜面区と平坦区別に調べた。斜面区では、本数率10%前後の極めて弱い伐採が数回実施されたため、過密状態を解消できず、枯死木が発生し続けた。しかし継続的に伐採されたことで、込み合い度は緩やかに改善し、胸高直径成長量が増加することで平均形状比は70未満まで低下し、林分材積純成長量は10 m ³ /ha/年以上に達した。平坦区では、林齢146年に本数率22%の下層間伐が実施されたことで過密状態が解消され、枯死木発生が止まった。そして胸高直径成長量が増加することで平均形状比は70未満まで低下し、林分材積純成長量は20 m ³ /ha/年前後まで増加した。地位級1等で樹高成長が継続しているため、相対幹距15%を超える下層間伐を施せば林分材積純成長量が20年近く20 m ³ /ha/年前後になることが確認された。
46	飯島勇人・丸山哲也・坂庭浩之・森田厚・新井一司・岩井淳治・大澤正嗣・岡本卓也・小松鷹介・石田朗	2021年	日本森林学会誌103、p. 344- p. 350	ニホンジカによる立木の剥皮発生に影響する要因の地域間での類似点と相違点—複数都県のデータを用いた検証—	ニホンジカの分布拡大やそれにとまう森林の立木剥皮が、日本各地で報告されている。このようなニホンジカによる剥皮を効率的に防除するには、剥皮発生に影響する要因を対象地域で明らかにする必要がある。本研究では関東付近の9都県において、ニホンジカの密度指標の一つである目撃効率、傾斜、積雪深、立木の胸高直径、樹種とニホンジカによる立木の剥皮発生確率との関係を、調査地ごと及び立木1本ごとで解析した。解析は全都県および岐阜県、山梨県、栃木県について行った。その結果、調査地ごとの剥皮発生確率は、全都県と各県で積雪深が大きくなると高まるが、積雪深がさらに大きくなると減少する一山形の傾向を示した。ニホンジカの目撃効率や傾斜が調査地ごとの剥皮発生確率に与える影響は都県間で傾向が異なっていた。立木ごとの剥皮発生確率はニホンジカの目撃効率が大きいほど高まっており、ニホンジカによる剥皮の嗜好性は都県間で比較的共通していた。以上の結果から、ニホンジカによる剥皮発生に影響する要因は、関東付近の9都県においては比較的一貫していることが明らかになった。
47	福本浩士	2021年	日本森林学会誌103、p. 336- p. 343	暖温帯域におけるニホンジカによる過度の採食と隣接落葉広葉樹林からの種子供給が人工林伐採跡地の天然更新に及ぼす影響	暖温帯域のニホンジカが高密度で生息する人工林伐採跡地において、シカの採食圧の大きさ及び隣接落葉広葉樹林からの散布種子が天然更新に及ぼす影響を検討した。落葉広葉樹林の隣接の有無に関わらず、人工林伐採後に供給される被食散布種子の量は極めて少なかった。また、落葉広葉樹林が隣接する伐採跡地のシカ柵内において被食散布型の樹種であるアカメガシワが優占していた。アカメガシワは寿命が短い先駆性樹種であるため、将来的な林冠構成種とはならないものの、伐採跡地の天然更新の初期段階において重要な役割を果たすと考えられた。一方、ケヤキやシデ属などの風散布種子の供給は年次変動があるが、シカ柵内において風散布種子由来の稚樹が柵設置4～5年後に更新基準である樹高1.5 mを上回ったことから、暖温帯域でも風散布型の樹木で構成される落葉広葉樹林は天然更新に一定の役割を果たしていると考えられた。シカ柵の外側では樹高1.5 mに達した後生樹は、隣接する落葉広葉樹林の有無に関わらず確認されなかった。ニホンジカが高密度で生息する地域において、人工林伐採跡地の天然更新を促進させるためにはシカ柵の設置が必要不可欠である。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（1 5）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
48	渡辺陽平・白濱千紘・石田清	2021年	日本森林学会誌103、p. 379－p. 390	多雪山地におけるブナとミズナラのすみ分けの実態とその生成要因	北日本の多雪山地における環境条件の背腹性(冬季季節風の風上・風下斜面間の環境や植生の違い)に対応したブナとミズナラのすみ分けの実態とその生成要因を説明することを目的に、青森県八甲田連峰内の八幡岳山稜に、稜線をまたぐように東西方向に2調査区(高木林区と低木林区)を設置し、毎木調査と生育環境の評価を行った。その結果、両調査区ともに環境条件や両種の個体数の割合に背腹性が認められ、積雪と土壌水分の多い場所にはブナが、それらが少ない場所にはミズナラが多く分布していた。また、両種の個体密度と環境要因との間の因果関係を推定するためにパス解析を行った。その結果、最大積雪深と土壌含水率、斜度が両種の個体密度に大きな影響を与え、また斜度は地形が急峻な低木林区の方が大きな影響を与えると推定された。また高木林区において、ミズナラ個体密度はブナ以外の樹種から正の影響を受けていると推定された。以上より、多雪山地における両種の局所的なすみ分けには主に積雪や土壌水分の背腹性が関与し、地形が急峻な場所では斜度も大きく影響していることが示唆される。また、他樹種がミズナラの分布に正の作用を与えている可能性が示唆される。
49	伊東康人・藤堂千景・山瀬敬太郎・山崎理正	2022年	日本森林学会誌104、p. 146－p. 153	小面積皆伐地に植栽した落葉広葉樹3種の初期5年間動態	針広混交林化の技術確立に繋がる知見として、兵庫県の小面積皆伐したヒノキ人工林にクリ、ヤマザクラ、コナラの落葉広葉樹3種を異なる密度(1,000、1,500または2,000本/ha)と方法(単木混植または単植)で植栽し、植栽木の成長および生存に影響を及ぼす要因を調べた。3種の植栽木の成長量は前年地際径および開空度の増加に伴い増加し、土壌含水率の増加に伴い減少していた。生存率に関しては、前年地際径の増加に伴い3種とも生存率が増加し、開空度の増加に伴いクリでは生存率が増加、ヤマザクラ、コナラでは生存率が減少していた。コナラ単植プロットでは、地形の異なる調査地間で5年目の地際断面積合計に大きな差がみられたのに対し、単木混植プロットでは単植プロットほどの差はみられず、植栽密度が高いほど5年目の地際断面積合計も大きくなった。植栽後5年間に限っては、環境応答性が異なる樹種を混植することで成長または生存できないというリスクが回避されること、検討した中では最も植栽密度が高い2,000本/haが最適であることが示唆された。
50	國崎貴嗣・白旗学・松木佐和子	2022年	日本森林学会誌104、p. 223－p. 228	過密なスギ壮齢人工林における間伐効果―樹冠長と胸高直径成長量に基づく分析―	最近(2011年または2012年)に間伐された過密壮齢林2林分を対象に、本数率30％前後の強度が中庸な下層間伐が樹冠長の7年間の変化および4年間の胸高直径成長に及ぼす影響を調べた。いずれの間伐林でも平均樹冠長は時間とともに増加した。間伐林における樹高の成長速度は0.2 m/年前後であるのに対し、生枝下高の上昇速度はほぼ0.0 m/年であった。間伐林の平均胸高直径成長量は放置林のそれより有意に高かった。また期首胸高直径と胸高直径成長量の関係では、期首胸高直径が大きな立木ほど間伐林と放置林の胸高直径成長量の差が大きくなった。本研究は、中庸な下層間伐によって過密壮齢林における樹冠底部の生枝の枯れ上がりが停止した事例を報告した。ただし、樹冠競合で相対的に劣勢な立木ほど胸高直径成長促進の効果が低くなると考えられる。
51	相原隆貴・小林慧人・高野(竹中)宏平・平田晶子・尾関雅章・松井哲哉	2022年	日本森林学会誌104、p. 286－p. 294	長野県における竹林の分布とその地形条件	近年、周辺の土地への竹林の拡大が日本各地で問題となっている。竹林の適切な管理計画立案のためには、その成立を規定する地形条件の解明が必要である。先行研究において、比較的限定された地域における地形条件の解明がなされてきた一方で、広域で竹林の成立可能な気候条件(潜在生育域)下を対象とし、地形条件を解明した事例はない。本研究は長野県を対象とし、竹林の位置情報を航空写真および現地踏査によって把握し、潜在生育域と竹林の成立する土地の地形条件を県全域で比較した。その結果、竹林の潜在生育域は斜面傾斜度0°付近と30°付近に二つのピークを持ち、全方位に一樣に分布するのにに対し、竹林(10,523カ所、総面積1,449.0 ha)は斜面傾斜度5～20°の緩傾斜地に55.7％が、南東、南、南西向き斜面上に53.5％が成立していた。この竹林の地形条件の傾向は県内5地域(北信地域、中信地域、東信地域、南信地域、木曽地域)いずれにおいても共通であった。これらの結果から長野県内の竹林は南向きの緩斜面の条件に多く生育している傾向が明らかになり、土地利用や竹林経営の観点から現在の地形条件に植栽され、残存してきたと推察された。

図表 2－8 森林施業と生物多様性に関する文献（主として 2015 年以降）（16）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
52	上田明良・伊藤宏樹・佐藤重徳	2022年	日本森林学会誌104、p. 309-p. 320	オサムシ科甲虫群集への針葉樹人工林の単木・群状保残伐および小面積皆伐の効果	保残伐と小面積皆伐は伐採インパクトを軽減すると考えられている。これらの施業と全面皆伐後1～3年のトドマツ人工林および非伐採林において、魚肉ベイトのピット・フォールトラップを各林分に1～3基、約110日間設置して、環境指標性が高いとされるオサムシ科甲虫を捕獲した。全伐採地の種構成は非伐採地と異なっていて、伐採が群集を変化させていた。侵入広葉樹の一部を非伐採で残す単木保残施業区の種構成は皆伐区のそれよりも非伐採林に近く、保残量と森林性種捕獲数の間に有意な正の関係があった。0.36 haの人工林を残した群状保残施業保残区内の森林性種捕獲数と種数は林分によって大きく異なり、明確な傾向はみられなかった。約1 haの皆伐区と6～8 haの皆伐区の間で森林性種捕獲数と種数に違いはなかった。以上から、単木保残施業には伐採インパクト軽減効果があるが、群状保残施業と小面積皆伐についてはさらに検討が必要と考えられた。本研究と同じ試験地で、伐採1年後にベイトなしトラップを各林分20基、のべ21日間設置して行った別調査との比較では本研究の種数がわずかに少なかったが、トラップ・日当たり捕獲数は同じであった。

2-7 森林の健全性に関する調査研究文献の収集・整理

森林の健全性という概念を何気なく使用する論文にしばしば出会うが、しかしその定義を述べた論文はあまり見かけない。これは、森林の健全性が難しい概念であるか、あるいは論じる立場により健全性の内容が異なっていることなどが原因であろう。林業という経済的な観点からみる森林の健全性と、生態系の観点からみる森林の健全性は意味するところが違う。この違いが健全性の定義を難しくしている。林業の観点からは、木材生産にマイナスに働く病虫獣害の発生などは森林の不健全性とされる。他方、生態系の観点からは、例えば林木に害を与える生物は森林における物質・エネルギーの循環を速め、また他の各種生物の生息を促し、多様性を高める条件をつくり出しているとみられる⁸。

経済的な目標を遂げるための森林としては人工林が代表的である。人工林では、病虫獣害を受けた木や衰退木、立枯れ木などは森林の不健全性を示すものとみなされてきた⁹。事実、このような被害のために人工林造成が失敗に帰したり、あるいは造林木の成長が大幅に遅れた事例は数多くある。そんなことから、諸被害を受けていない人工林で、かつ植栽木の成長が円滑に進行している林分が健全な人工林であるとの定義を与えてよいであろう。その目標に向かうとき、各種の保育をタイミングを逸しないで投入することが不可欠だ。

しかしかかる性質を持つ人工林も、高齢林化するほど枯死木と倒木が存在して生態的に多様になり、後述する天然林と同様の性質を持つことになる。林分初期段階、若齢段階、成熟段階、老齢段階へと変遷するなかで、次第にこのような変化があらわれる。そうすると野生の植物・動物、菌類などに好適な生態系が形成されていく¹⁰。人工林のなかに絶滅危惧種や希少種の植物が生育する事例は、こうした場合であろう。

他方、天然林の場合、その地域の自然条件によく合った生物多様性が確保されている森林¹¹が健全な森林であると定義してよいと思われる。だが、天然林の構造と自然的機能は複雑である。石狩川源流域の原生林を調査した結果によると、ヤツバキクイムシ類の害虫によって蓄積の10%以下の枯損が常時生じている。こうした毎年の枯損は決して異常ではなく、通常の森林の営みと考えられる。原生林は自ら木を枯らし、更新する仕組みを備えているのである¹²。また、風害や山火事など自然攪乱の発生は予測不可能であるが、天然林ではこうした自然攪乱を中心に自然本来の動的プロセスが進行して、多様なレベルにおける生物多様性の包括的な保全が維持されていると考

⁸ 田村弘忠「森林生物と生態管理の現状と展望、農林水産技術研究ジャーナル 18(2)、p. 6-p. 8、1995 年 2 月。

⁹ 藤森隆郎「森林利用管理と野生動物」、森林科学 15、p. 29-p. 34、1995 年 10 月。

¹⁰ 前掲 2。

¹¹ 鷲谷いづみ「保全生態学と森林の管理」、森林科学 33、p. 67-p. 70、2001 年 10 月。

¹² 大河内勇・埴田宏「基準 3：森林生態系の健全性と活力の維持」、森林科学 16、p. 62-p. 64、1996 年 2 月。

えるべきである¹³。

なお、森林の健全性という場合、人工林にせよ天然林にせよ、持続可能な林業や森林管理を目標に、より多様な自然の恵みを持続的に享受することを判断基準に置くとともに、現在の価値観からだけでなく、伝統的な価値観や将来の人類の必要性などを十分に考慮して目標概念の本質を決定することが重要である¹⁴。このような理解に基づいて、次のとおり森林の健全性に関する文献 23 編を収集した。

¹³ 森章「攪乱生態学が繙く森林生態系の非平衡性」、日本生態学会誌 60、p. 19-p. 39、2010 年。

¹⁴ 前掲 4。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（1）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
1	藤森隆郎	1995年10月	森林科学15、p. 29-p. 34	森林利用管理と野生動物	野生動物に豊かなハビタットを提供する森林はどのようなものか、考察している。そのため森林の健全性を直接的には述べていないが、間接的に述べていると言える。野生動物の種数は林分の成立段階では多いが、若齢段階で少なくなり、成熟段階そして老齢段階へと移行するに従って多くなる。だが、老齢段階における動物の種数は林分成立段階よりも少ない。それでも、林分の階層構造が多様になってさまざまなハビタットが形成されるので動物のタイプも多様になる。従来、衰退木や立枯れ木の存在する森林は不健全とみなされてきたが、人工林では長伐期施業林になるほど枯死木と倒木が存在して生態的に多様になり、野生動物に好都合なハビタットが形成される。また、人工林と天然林の配置のあり方が重要であり、集中している人工林のなかに天然林をどのように配置していくかが重要な問題である。天然林を適正に配置した人工林は、野生動物の生息環境に適している。
2	田村弘忠	1995年2月	農林水産技術研究ジャーナル18(2)、p. 6-p. 8	森林生物と生態管理の現状と展望	林業という経済的な観点からみる森林の健全性と、生態系の観点からみる森林の健全性の違いは、健全性の定義を難しくしている。林業の観点からは、木材生産にマイナスに働く病虫害の発生は森林の不健全性とされる。生態系の観点からは、林木に害を与える生物は森林における物質・エネルギーの循環速度を速め、そのことによりまた他の各種生物の生息を許し、多様性を高める条件をつくっているとみられる。健全な森林生態系は、一次生産（植物の成長）の減退、栄養源の減少、主要な生物個体群の変動激化、病気の広範な発生と重症化などの疲労症候群がないといわれる。森林に病中獣害が発生した場合、病原菌、害虫、害獣といわれる生物を特定し、それらの遺伝的、生理的、生態的性質とその被害が発生する環境条件を明らかにして被害を回避するか、あるいは被害を経済的に許容できる水準に抑えるような森林の造成法や管理法を考えることが重要である。また、共生微生物や寄生菌、捕食動物など天敵生物の力が働くような環境をつくったり、維持したりすることも考えるべきである。
3	新島溪子	1996年2月	森林科学16、p. 39-p. 44	樹木と土壌動物の共存－健全な森林を維持する土壌動物の種の多様性－	樹木と土壌動物が互いに協力し合ってはじめて健全な森林が維持されている。大型土壌動物とは体長約2mm以上の虫であり、肉眼で採集できる。林相による土壌動物の違いは、樹木の性質の違いだけでなく、その植物が生育する環境条件とも関係している。気温の低い高山帯の森林には大型土壌動物が少なく、気候の温暖な常緑広葉樹林には多い。人工林の土壌動物はその前の森林の履歴や施業法によってさまざまな影響を受けるので、一般的な傾向はつかみにくい。土の中には肉眼で採集しにくい体長2mm以下の小さな無脊椎動物も生息している。どの虫にとっても水分は欠かせないか、とくに強く水分に依存するものを土壌湿性動物と呼ぶ。気候や樹種によって土壌動物相は異なるが、日本各地の森林に広範囲に生息する種も多い。樹木が年間に合成し、廃棄する有機物を数年単位で収支が合うように分解するには、それぞれの分解段階に対応した土壌動物の組合わせが必要であり、種々の環境変化に対応できるだけの多様性を内在した土壌動物群集の存在が不可欠である。森林の健全性について特に記述はないが、土壌動物に関する興味深い内容の記述が続く。
4	藤森隆郎	1996年2月	森林科学16、p. 57-p. 58	なぜ今「持続可能な森林経営」なのか	林業の理念がかつての「木材生産の保続」から、「持続可能な森林生態系の管理」に変わってきた。持続可能な森林経営の国際的定義は、「将来の世代のニーズを満たす能力を損ねることなく、現在の世代のニーズを満たす森林経営のこと」。持続可能な森林経営を達成するために、何をどのように論議するか、基準と指標が必要であるが、この基準と指標は持続可能な森林経営とはどういうものか、フレームワークを示すものである。以下、基準と指標について原理的な説明が加えられている。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（2）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
5	大河内勇・埜田宏	1996年2月	森林科学16、p. 62-p. 64	基準3：森林生態系の健全性と活力の維持	健全な森林生態系、活力ある森林生態系とは何か。これに対する回答はかなり多様である。さまざまな考え方があるため、健全性を抽象的に論じるより、具体的に不健全な状態を考えるほうがわかりやすい。そこで、非常に明示的な森林の攪乱要因が二つ、攪乱を検知しうる指標生物が一つ、計三つの指標を本基準の指標とした。①自然的、人為的な各種要因により歴史的な変動の範囲を超える影響を受けた森林の面積及び比率、②森林生態系に悪影響を与える特定大気汚染物質などが一定のレベルに達している森林の面積及び比率、③生態系の基礎的な過程、及び／又は生態学的な連続性が変化する指標になるような生物学的な構成員の減衰が見られる森林面積及びその比率。この三つの指標について解説している。 なお、次の記述は興味深い。石狩川流域を調査した結果によると、「原生林といえども蓄積の10%以下の枯損がヤツバキイムシ類の害虫によって常時生じている。原生林は自ら木を枯らし、更新するしくみを備えている。こうした毎年の枯損は決して異常ではなく、通常の森林の営みと考えられる。」
6	長池卓男	2000年2月	山梨県森林総合研究所研究報告21、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	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的影響を明らかにすることが目的。そのために、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及び出現した植物種の地域的な評価を行い、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を検討した。
7	鷺谷いづみ	2001年10月	森林科学33、p. 67-p. 70	保全生態学と森林の管理	国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストによると、生息場所の破壊と質の低下が絶滅のもっとも大きな要因。生物多様性の喪失は、生態系を構成する多様な生物や、生物間の相互作用が産み出す多様な機能の喪失を意味し、また、生命の歴史的所産としての「存在価値」の喪失も意味する。林業によって材木の生産という単一の機能のみが重視され、伐採ののち単一あるいは少数の樹種の植林に置き換えられた場所では、森林の多様な機能を回復させるために、できるだけ森林の再自然化を図る必要がある。他方、環境への負の影響を低減させる林業技術の手法を用いることは持続可能な森林管理にとっても、多様な機能を損なうことなく森林を利用するためにも必須である。森の恵みを強く意識する伝統的な社会では、タブーや掟を通じて「健全性」や持続性を損なわない利用が目指されたが、20世紀の大規模林業では材木という限定された財だけが重視され、その点から管理が容易で単純な構成の森林が望ましいとされた。その地域の気候によくあった本来の森林の生物多様性と攪乱などの生態系プロセスを保全することは、持続可能な林業を実行し、より多様な自然の恵みを持続的に享受するために重要な意味を持つ。森林の機能について論じる場合、現在の価値観からだけでなく、伝統的な価値観や将来の人類の必要性などを十分に考慮することが重要である。影響を十分に予測することは難しいので、持続可能な森林管理は順応的な手法によって実施される必要がある。絶滅の危険にさらされている種が多く存在するということは、それらが生育・生息する条件が失われつつあることを意味する。種の絶滅がすすめば、生態系のさまざまな機能を担う生物間相互作用のネットワークが損なわれ、さらに多くの種の生育・生息の条件を劣化させると同時に、生態系の健全性が一層失われることを意味する。
8	今純一・矢本智之・山田耕司	2003年6月	平成14年度林業試験場報告（青森県農林総合研究センター林業試験場）、p. 5-p. 14	里山広葉樹林の生物多様性調査(第1報)－トラップを使用した昆虫の調査手法について－	森林生態系の健全性や持続性について把握・評価する手法を開発するため、里山広葉樹林の植物や昆虫の生物多様性に関する調査を行った。そのなかで、各種トラップを使用して行った昆虫捕獲調査の結果を報告している。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（3）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
9	渡辺敦子・鷺谷いづみ	2004年	保全生態学研究9、p. 65-p. 76	生物多様性保全に資する政策の日米比較(Ⅰ)：絶滅危惧種・外来種・遺伝子組み換え生物	生物多様性の保全という社会的要請に応えることを目的とする保全生態学の知見は、一定の整理を経た後に実社会を動かす政策に反映されることが必須である。ここでは、数年前から生物多様性保全に関わる政策に進展が認められる日本と、以前から環境保全に関わる先進的な政策を実践しながらも生物多様性条約を批准していない米国について、生物多様性保全上重要な課題のうち「絶滅危惧種の保全」、「外来種対策」、「遺伝子組み換え生物のバイオセーフティ」に関する政策を、社会的環境とその歴史的背景及び法的な整備と運用の面から比較、考察した。米国で比較的早くから自然保護・生物多様性保全に資する政策が発展した要因は、一つにはヨーロッパからの植民と建国以来の激しい自然資源の収奪や大規模な農地開発による生態系の不健全化に直面して醸成された自然保護思想や市民運動の隆盛があった。さらに、バイオテクノロジーの発展との関連で生物多様性の経済的価値を強く意識した産業界の思惑と生物学者の政策意思決定への積極的な関与などがあったといえる。他方、日本では1993年の生物多様性条約への加盟をきっかけに、過去10年間に関連法の整備が進められたが、法制度整備の有効性に関する評価・改善は今後の課題である。しかし、国内の生物多様性の衰退が急速に進んでいる現状に鑑みると、保全生態学には自然科学としての科学的な厳格さに加え、政策意思決定へのより効果的な寄与が求められている。
10	渡辺敦子・鷺谷いづみ	2004年	保全生態学研究9、p. 127-p. 140	生物多様性保全に資する政策の日米比較(Ⅱ)：生態系分野の環境影響評価・生態系修復・保全教育・市民参加と協働	生物多様性の保全上重要な課題のうち生態系分野の環境影響評価、生態系修復、保全教育、市民参加と協働の促進に関する政策を社会的環境とその歴史的背景並びに法的な整備と運用の面から日本と米国の間で比較、考察した。米国の保全政策が科学的な情報と民主主義に基づく社会的合意形成を前提として発展してきたのに対して、日本の行政では生物多様性という概念自体が新しく、また同分野での政策的取組みを促すような市民活動団体は発展途上にある。このような状況のなかで、保全政策への積極的な提言のほか、さまざまな学習段階で効果的な保全教育プログラムの開発や、生態系や生物多様性に関する知識を一般に分かりやすく伝えるコミュニケーション技術の開発なども、保全生態学が今後扱うべき重要な研究課題である。
11	今純一・矢本智之・山田耕司	2004年8月	平成15年度林業試験場報告（青森県農林総合研究センター林業試験場）、p. 6-p. 21	里山広葉樹林の生物多様性調査(第2報)ートラップを使用した昆虫の調査手法についてー	森林生態系の健全性や持続性について把握・評価する手法を開発するため、平成14年度に引き続き里山広葉樹林の昆虫について、衝突板トラップとマレーズトラップを用いて生物多様性に関する調査を行った。また今回は、広葉樹林に隣接する広葉樹とアカマツの混交林、アカマツ林についても調査した。さらに、設置時期を同じにして、両トラップによる昆虫捕獲効果の比較を試みた。
12	山口岳広・丸山温・高橋正義	2005年	第116回日本森林学会大会発表要旨	樹冠衰退度による森林の健全性評価ー奥定山溪での研究事例ー	持続可能な森林経営・森林管理を示すための国際的な基準・指標（モントリオールプロセス）のなかで、「生物多様性」及び「森林生態系の健全性」の基準に関する客観的指標の策定は非常に難しい。特に「健全性」は言葉そのものが曖昧であるとともに、健全性を科学的に把握・表現する手法が未開発である。さらに、日本のように多様な樹種が含まれる森林では、この指標作成は一層困難である。そこで、国際的基準に基づいた指標を得る手法として、主に針葉樹の樹冠衰退度を中心に森林の健全性を評価する手法を探った。 3つの手法ー樹冠衰退度・水ポテンシャル測定・非破壊測定ーを健全性の指標として比較検討したところ、後二者は高額な機器を使用し技術習得も難しいこと、多数のサンプルが扱えず、単木的な指標に限定されるが、樹冠衰退度はある程度の訓練で技術習得が可能で、比較的広域の林分単位で健全性指標として使えるので、健全性の指標に適していると考えられる。しかし、絶対的な指標ではないため、判定が評価者によりばらつくなどの問題点もあるので、今後手法を改良していく必要がある。樹冠衰退度の判定次のとおりである。すなわち樹冠部の葉量減少と枯れ枝発生の程度から、樹冠部の着葉率を個体衰退度1（健全/微害）から5（激害/枯死）の5段階の数値で評価するとともに、林分の平均的な個体の衰退度に基づいて林分全体の衰退度を0.5刻みで評価した。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（4）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
13	太田猛彦	2005年2月	森林科学43、p. 11-p. 17	森林の多面的な機能とゾーニングー機能の「階層性」を考えるー	森林・林業基本法（2001年6月成立）により、機能区分を念頭においた「森林の多面的機能」の考察の必要性が増している。2001年11月、日本学術会議答申「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」。一方筆者は、森林環境物理学の立場から森林の多面的機能を考察して、森林の諸機能間に存在する階層的構造を知ることが、実際に森林をゾーニングする際に不可欠であるとの立場をとってきた。人類にとって、「森林の本質的機能は環境保全機能である」とも言える。日本では里山の森林と一体となった稲作農耕社会が2000年にわたって続いた。その過程で日本人は、その精神や文化、民族性や地域性を育んでいった。森林の存在あるいは営みをそのまま利用する方法（環境原理、文化原理）と、森林から木材などの物質を取り出す利用法（物質利用原理）。 「森林の各種機能は階層性を持つ」と言われている。すなわち、森林の機能の「階層性」は、実際に森林を管理し、利用する場合に無視できない森林管理の原則である。ゾーニングと階層性。p. 15の図－3。「ゾーニングの原理」とも言うべき森林の機能の階層性を十分考慮した合理的、科学的ゾーニング。
14	森 章	2007年	保全生態学研究12、p. 45-p. 59	生態系を重視した森林管理ーカナダ・ブリティッシュコロンビア州における自然攪乱研究の果たす役割ー	近年、生態系や景観レベルでの機能や動態を重視する管理・保全方策が注目されている。特に森林生態系は多くの景観における主要要素である。それゆえ生態系の健全性を包括的に維持する森林管理が、生態系に内包される遺伝子・種・個体群・群集、さらには地域景観に至るまでの各レベルにおける多様性の維持に貢献できるものとして認知されるようになった。カナダ・ブリティッシュコロンビア州にはさまざまな森林生態系が存在する。例えば、低頻度で起こる大規模な火事攪乱が規定する森林景観、高頻度・低強度の林床火事により維持されてきた内陸の乾燥林、小規模なギャップ形成が主要な攪乱要因の役割を果たす太平洋岸温帯雨林などである。このように、卓越する攪乱体制は州内でも地域ごとに大きく異なり、近年自然攪乱体制に関わる研究が担う役割は大きく、生態系を基準とした森林管理を実行するなかで非常に重要であると考えられている。そして現在、ブリティッシュコロンビア州では、森林を管理運営する立場の機関・団体が、研究から得られる新たな知見を取り入れて、さまざまな攪乱により維持される森林の動的側面や森林景観の多様性を尊重しつつ、試行錯誤しながら管理方策を改善していく適応的管理を行っている。このように、最新の研究成果が実際の管理運営に反映されることは、これからの持続可能な森林管理に役立つ。
15	東條一史	2007年3月	森林総合研究所研究報告6(1)、p. 9-p. 26	日本産森林依存性鳥類種数の推定	モントリオール・プロセス（温帯林等における持続可能な森林管理のための基準と指標）における基準の一つである種多様性の指標として利用するために、日本産の森林依存性鳥類種数、日本の各森林帯における森林依存性繁殖鳥類種数、森林依存性レッドリスト種数を推定した。森林依存種は“生息場所の全て、あるいは一部として森林を必要とする種”と定義し、できる限り多くの種を含むようにした。9種の絶滅種と116種の迷鳥を除いた日本産鳥類417種のうち214種は森林に依存していると考えられ、そのなかで170種は日本国内で繁殖する種であった。日本の各森林帯で繁殖する鳥類の種数は、高山帯林14、亜高山帯林86、汎針広混交林100、冷温帯林110、暖温帯林95、亜熱帯林57であった。日本産鳥類を種・亜種レベルで見ると、絶滅種・亜種と迷鳥を除いた531種・亜種のうち310が森林依存性であり、そのなかで76がレッドリストに掲載され、うち58は絶滅危惧種であった。今回考察した包括的な森林依存性鳥類種数は、これまで提出された推定値より大きい、モントリオール・プロセスの主要な目的である参加各国の議論のための数字としては適していると考えられる。ただし、鳥類の種数は攪乱された森林で増加することもあるため、種多様性の指標である“森林依存種数”を、モニタリング調査で記録された森林依存種数の大小で単純に評価することはできない。実用的な評価のためには、もう一つの指標である“レッドリスト種の状態”のように、何らかの根拠を持った指標種の利用が必要になる。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（5）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
16	山川博美・伊藤哲・作田耕太郎・溝上展也・中尾登志雄	2009年8月	日本森林学会誌91(4)、p. 277-p. 284	針葉樹人工林の小面積皆伐による異例林施業が下層植生の種多様性およびその構造に及ぼす影響	小面積皆伐による異齡林施業が下層植生の種組成およびその構造に及ぼす影響を解析した。下層植生は樹木の生育環境、生活形の違い及び垂直的な構造の違いによって特徴づけられる七つのタイプに分類できた。下層植生の垂直的構造に着目すると、複数の階層が同時に発達するタイプは少なく、亜高木層が発達する箇所が多くで低木層および草本層が未発達であった。また、分類された下層植生タイプのなかで、種多様度と垂直的構造の発達度合いの両方とも高く維持しているタイプは検出されなかった。特に40年生以下のパッチでは一つの下層植生タイプが優占して単純な構造であった。従って、小面積皆伐による異齡林施業の実施は、林齡の異なるパッチをモザイク的に配置することで、さまざまな種組成や構造の異なる下層植生タイプを林分内に分布させることが可能であり、林分全体として多様な種組成と構造の複雑さを維持していると評価できた。 なお、生物多様性保全機能の評価について、植物種では光環境に対する樹種特性や種子散布様式、林冠構成種の有無など、森林の本来あるべき構成要素が健全に保たれているかどうかが問題となる、との見解を述べている。
17	森 章	2010年	日本生態学会誌60、p. 19-p. 39	攪乱生態学が繙く森林生態系の非平衡性	森林生態系は、その構成・構造・機能が絶えず変動するものであり、画一的な定常状態や平衡点に達することは有り得ないと考えられている。この森林生態系の“非平衡性”を引き起こしている主要因としては自然攪乱が挙げられる。近年、自然攪乱体制を明らかにすることで、森林生態系の動態がより明らかになってきた。陸域の生態系管理で、森林生態系や景観に内在する自然攪乱体制を正しく認識することは非常に重要である。自然攪乱を中心とした自然本来の動的プロセスを尊重し、生態系の構成・構造・機能を健全に保全することは、多様なレベルにおける生物多様性の包括的な保全に貢献し得ると考えられている。このように、生態系における非平衡性の重要性と非平衡を生み出している自然の必要性について、基礎生態学的観点及び応用生態学的観点の双方から広く認知されている。しかしながら、森林生態系の変動性・複雑性については、まだまだ未知のことも多い。生態系で起こり得る攪乱、特に大規模な自然攪乱は、予測不可能であり、生態系に与えるインパクトについても複雑で不確実なものである。それゆえに、複雑性・予測不可能性・非平衡性を認知した上で、環境変動に対する生態系の挙動を如何に理解できるかが、生態系の管理や復元にとって重要である。森林生態系における非平衡パラダイムの理解のためには、自然攪乱を軸として、個体から景観に至るまでの様々なヒエラルキーのなかで生態系の動的現象を多角的に捉える必要がある。
18	津田吉晃	2010年	日本生態学会誌60、p. 349-p. 359	森林樹木の遺伝的多様性保全と生態リスク	森林伐採、過度の開発、大気汚染や気候変動などの人間活動により世界中で森林の生物多様性が脅かされており、近年、生物多様性の基盤となる遺伝的多様性を保全する必要性が広く認識されるようになった。長い寿命・世代の時間、集団内の高い遺伝的多様性、花粉および種子を介した高い遺伝子流動能など樹木固有の特徴により、環境変化に基づく樹木集団の遺伝的多様性への影響は小さいという指摘がある。これは、樹木の遺伝的多様性保全における生態リスクの影響が小さいことを意味するものかも知れない。しかしこの仮説に当てはまらない事例も多い。そこで本稿では1)森林の分断化、2)地球温暖化による分布シフト、3)樹木の種苗移動・保全単位に着目し、各項目について森林樹木およびそれを取り巻く生態系へのリスクについて、保全遺伝学の視点から最近の事例研究を紹介しながら概観している。
19	佐藤謙	2010年12月	北海学園大学学園論集146、p. 259-p. 273	北海道の森林植物に関する生物多様性保全について	生物多様性のうち種と遺伝子の多様性にあたる北海道の維管束植物相と植生（植物群落）の多様性、それが関連する生態系の多様性または生態系サービスに当たる種々の公益的機能の維持・保全について論じ、それらに関係する国有林における森林施業の問題点を指摘している。北海道の植物について絶滅危惧種、及び植物群落と生態系の多様性を中心に論じている。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（6）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
20	清和研二・大園享司	2011年	日本生態学会誌61、p. 291－p. 295	菌類・植食者との相互作用が作り出す森林の種多様性—要点と展望—	森林生態系における生物多様性の減少は著しいが、一方では種多様性の復元が試みられている。本来、復元のシナリオは自然群集における種多様性維持メカニズムに沿ったものでなければならない。しかし、温帯林における種多様性維持メカニズムに関する研究は熱帯に比べ少ない。とくに温帯では、光・水分・養分などの非生物的で無機質な環境の異質性を仮定したものが多く、生物間の相互作用が多様性を創り上げるというパラダイムの研究は少ない。本特集では病原菌・菌根菌などの微生物や鳥類・シカ・ネズミなどの動物と樹木との相互作用が森林の樹木群集および森林生態系全体の種多様性に大きな影響を与えることを具体的な事例から紹介する。とくに5つのキーワード（密度依存性、空間スケール、フィードバック、種特異性、生活史段階）を取り上げ、個体・個体群レベルでの相互作用から群集レベルでの種多様性維持メカニズムへのスケールアップを試みた。しかし、樹木の死亡や成長に及ぼす作用形態・重要度は個々の生物種によって大きく異なり、スケールアップは単純ではないことが示唆された。今後は、複数の生物種との相互作用を同時にかつ長期的に観察することによって、種多様性の創出・維持メカニズムがより詳細に明らかになると考えられる。 なお、健全性については「近年、多くの森林管理者や林業経営者は、単純林を多くの樹種が混じり合う森林に復元し、健全な森林生態系管理や持続的な林業経営を目指そうとしている」と述べている。
21	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	生態系サービスとは生態系の機能のなかで人間の側から見た便益を指すものであり、（木材）生産、水土保持、保健文化、生物多様性の保全などの諸機能が代表的である。これらを森林の多面的機能とも呼んでいるが、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。水源涵養機能も生産機能も土壌構造の発達と強く関係し、土壌構造の発達は土壌生物相の豊かさと密接に結びつく。そして土壌生物の豊かさは植生の豊かさと関係が深い。これが、森林生態系における生物多様性の大事な点である。 天然林と人工林について、目標林型を決めて、それに向けて林分初期段階、若齢段階、成熟段階、老齢段階へと変化していく。ただし、人工林は老齢段階で非皆伐更新か皆伐更新が行われる。森林の純生産量、森林生態系の炭素量、表層土壌有機物量、水源涵養機能（河川への水流出量）、生物多様性の保全機能（哺乳類の種多様性）はかかる森林の各発達段階においてそれぞれ変化する。なお、天然林と人工林の中間に人為が加わった天然生林（二次林）があるとしている。 そして配置の目標林型つまりゾーニングの必要性を説き、そのうえで森林管理の課題と展望を述べて、その最後に順応的管理に簡単に触れている。
22	光田靖・伊藤哲・家原敏郎	2013年	景観生態学18(2)、p. 123-p. 137	モントリオール・プロセスの枠組みに対応した広域スケールにおける森林の再配置手法の検討	人工林から自然林への再転換を考慮した森林の再配置戦略を設計するための手法として、モントリオール・プロセスの基準・指標に対応した持続的な森林管理を目標に、広域ランドスケープデザインのための地域スケールゾーニング手法を提案した。提案したコンセプトに基づき、茨城県北茨城市と高萩市にまたがる約18,500 haの流域を対象範囲として、実データを用いたゾーニングの実践を試行した。木材生産機能と生物多様性保全機能に着目し、対象流域を構成する80の小さな集水域に対して森林管理目的（木材生産、生物多様性保全および両者の調和）を設定するゾーニングを行った。木材生産機能に対して林地生産力および台風災害危険度を、生物多様性保全機能（特にγ多様性保全）に対してブナ優占林成立適性に基づく植生タイプを、それぞれ自然立地条件を基礎に各小集水域を評価してゾーニングの基準とした。この試行をとおして、提案した地域スケールゾーニング手法が合理的かつ効率的な森林配置を設計するための意志決定支援ツールとして有効であることが確認された。

図表 2－9 森林の健全性に関する文献（7）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
23	尾崎研一・明石信 廣・雲野明・佐藤重 穂・佐山勝彦・長坂 晶子・長坂有・山田 健四・山浦悠一	2018年	日本生態学会誌68、p. 101- p. 123	木材生産と生物多様性保全に配慮した 保残伐施業による森林管理―保残伐施 業の概要と日本への適用―	森林は人間活動に欠かすことのできないさまざまな生態系サービスを提供しているため、その環境的、経済的、文化的価値を存続させる森林管理アプローチが必要である。保残伐施業（retention forestry）は、主伐時に生立木や枯死木、森林パッチ等を維持することで伐採の影響を緩和し、木材生産と生物多様性保全の両立をめざす森林管理法である。従来の伐採が収穫する樹木に重点を置いていたのに対して、保残伐は伐採後に残す樹木を第一に考える点と、残した樹木を長期間、少なくとも次の主伐まで維持する点に違いがある。保残伐は、皆伐に代わる伐採方法として主に北アメリカやヨーロッパの温帯林、北方林で広く実施されているが、日本を始めアジア諸国では普及しておらず、人工林への適用例もほとんどない。そこで、日本で保残伐施業を普及させることを目的として、保残伐施業の目的、方法、歴史と世界的な実施状況を要約した。次に、保残伐の効果を検証するために行われている野外実験をレビューし、保残伐に関する研究動向を生物多様性、木材生産性、水土保持分野についてとりまとめた。最後に、2013年から北海道で行っている「トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験（REFRESH）」について紹介した。

2－8 絶滅危惧種、希少種の保全に関する調査研究文献の収集・整理

絶滅危惧種、希少種に関する文献を 30 編収集した。ほとんどは植物の研究であるが、動物に関する研究も数編ある。多くの文献は絶滅危惧種、希少種をいかにして保全するか、その技術的、社会的方法を論じている。そのなかには住民参加で保存を図ろうとする新しい試みも含まれていて、興味深い。

植物、特に草本の絶滅危惧種、希少種がいかなる自然環境のもとで生育しているかという生態学的な研究は、1 番、3 番、6～10 番、15 番、18 番などであるが、そのなかで 15 番の研究はとりわけ注目される。いずれにしても絶滅危惧種に関する植物生態学的研究は、さらに深化される必要があるように思う。

図表 2－10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（1）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
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)	火入れ、刈り取り、放牧、伐採などにより成立する人為植生の多くはいま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、カタクリを対象に、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。
2	早矢仕有子	1999年	日本野生動物医学学会誌4(1)、p. 27-p. 31	絶滅危惧種保全における生息地保全の重要性ーシマフクロウ (Ketupa blakistoni) を例にしてー	昭和初期には北海道全域に分布していたシマフクロウは1950年代以降生息環境の悪化に伴い個体数が減少し、現在では日本で最も絶滅が危惧される鳥類種のひとつである。1984年から環境庁の保護事業により給餌や巣箱の設置などが実施され、一部の生息地では毎年のように雛を生産するなど大きな効果をあげている。しかし包括的な生息地保全が立ち後れてきたため、個体数の増加・生息地の拡大にはいたっていない。新たな事業のひとつとして野生個体を飼育施設へ移し、一定期間の飼育を経た後に再び野外へ復帰させようとする試みが実施されている。しかし飼育には高額な経費を要し、年間1個体当たりで比較すると野外での保全より費用がかかること、また環境庁施設に収容した個体のほうが野外個体より生存率が低いことから、本種の保全に有効な手段となるにはまだ時間を要する。飼育下での事業が継続する間に、種の減少を引き起こした要因から注意の目をそらし、行政による野生個体群の保全への努力が低下することが強く危惧される。環境庁が設立したワーキンググループが目標と定めた、今後10年～15年でシマフクロウの生息地倍増を実現するには、現生息地の保全はもちろんのこと、生息に適した新たな候補地を含めて生息環境の包括的な保全を実施していく必要に迫られている。
3	藤井伸二	1999年	保全生態学研究4、p. 57-p. 69	絶滅危惧植物の生育環境に関する考察	絶滅危惧植物の生育環境別の危険度を「高危険度率」（「絶滅」、「絶滅？」もしくは「絶滅寸前」と判定された種類数の合計がレッドリストの掲載種類数に占める割合を各生育環境別に算出したもの）にもとづいて考察した。その結果、水湿地環境と草地環境で高危険度率が高く、森林環境と岩石地環境で低いことが明らかになった。また、レッドリスト掲載種（亜種、変種等を含む）の多さと高危険度率は必ずしも一致せず、リスト種が多いからといってその環境に生育する植物がさらされている危険性が高いとは言えないことが確かめられた。今回検討したレッドデータブックの掲載種類数は近畿版862種類、愛知県版350種類、神奈川県版432（シダ類の雑種を除く）種類であるが、このうち3～4割は高危険度率が比較的低い森林性の種類であった。 近畿地方についての分析からは、水湿地・草地環境の中でもとりわけ強い人為によって維持されてきた二次的自然環境（水田、水域、カヤ草地）での高危険度率が高いことが示された。これまでもウェットランドや二次的自然の保全についての緊急性が訴えられてきたが、この二つの要素を持つ環境は「種の絶滅の危険性」という観点から危機的状態であることが確認された。

図表 2-10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（2）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
4	渡辺敦子・鷺谷いづみ	2004年	保全生態学研究9、p. 65-p. 76	生物多様性保全に資する政策の日米比較(Ⅰ)：絶滅危惧種・外来種・遺伝子組み換え生物	生物多様性の保全という社会的要請に応えることを目的とする保全生態学が集積する知見は、一定の整理を経た後に実社会を動かす政策に反映されることが必須である。ここでは、数年前から生物多様性保全に関わる政策にめざましい進展が認められる日本と、以前から環境保全に関わる先進的な政策を実践しながらも生物多様性条約を批准していない米国について、生物多様性保全上重要な課題のうち「絶滅危惧種の保全」、「外来種対策」、「遺伝子組み換え生物のバイオセーフティ」にかかわる政策を社会的環境とその歴史的背景および法的な整備と運用の現状の面から比較・考察した。米国において比較的早くから自然保護・生物多様性保全に資する政策が発展した要因としては、一つにはヨーロッパからの植民と建国以来の激しい自然資源の収奪や大規模な農地開発による生態系の不健全化に直面して醸成された自然保護思想や市民運動の隆盛があった。それと併せ、バイオテクノロジーの発展との関連で生物多様性の経済的価値を強く意識した産業界の思惑および生物学者の政策意思決定への積極的な関与などがあったといえる。それに対して日本における保全政策は1993年の生物多様性条約への加盟をきっかけとして過去10年間に関連法の整備が進められ、それら法制度整備の有効性に関する評価・改善は今後の課題である。しかし、国内の生物多様性の衰退が急速に進んでいる現状を鑑みると、保全生態学には自然科学としての科学的な厳格さに加え、政策意思決定へのより効果的な寄与が求められるといえよう。
5	渡辺敦子・鷺谷いづみ	2004年	保全生態学研究9：p. 127-p. 140	生物多様性保全に資する政策の日米比較(Ⅱ)：生態系分野の環境影響評価・生態系修復・保全教育・市民参加と協働	生物多様性保全上重要な課題のうち生態系分野の環境影響評価、生態系修復、保全教育、市民参加と協働の促進にかかわる政策を社会的環境とその歴史的背景および、法的な整備と運用の現状の面から日本と米国の間で比較・考察した。米国の保全政策が科学的な情報と民主主義に基づく社会的合意形成を前提として発展しているのに対して、日本の行政では生物多様性という概念自体が新しく、また同分野での政策的取組みを促すような市民活動団体は発展途上である。このような状況のなか、保全政策への積極的な提言のほか、さまざまな学習段階において効果的な保全教育プログラムの開発や、生態系と生物多様性に関する知識を一般に分かり易く伝えるコミュニケーション技術の開発なども保全生態学が今後扱うべき重要な研究課題であるといえる。
6	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。ハナガガシにとって好適の立地は人工林に林種転換されて、ハビタット減少の大きな要因になっている。本研究の目的は、針葉樹の人工林が伐採されたあとに放置され、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である。その結果、人工林から二次林へ再転換するに当たり、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。
7	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5箇所調査した。調査地はいずれも海拔1,000m前後の高標高地である。3箇所の調査地では、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。2箇所の調査地では、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、ほとんどの個体で開花・結実が見られず、後継樹が育っていない。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を確認した。

図表 2－10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（3）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
8	吉野豊・前田雅量・山瀬敬太・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て個体の約40%が枯死したが、シカ防護柵の設置により新たな枯死の発生が防止されている。シカ防護柵内で天然更新試験を行った結果、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。本自生地で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。
9	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調査区を設けて調査を行った。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。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。
10	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ノ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、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。丹沢山地のヤシャイノデは、総個体数および成熟個体数が少なく、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ため、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、ヤシャイノデを含む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、緊急避難的に増殖技術を確立することが急務である。
11	藤木大介・高柳敦	2008年	森林研究(京都大学大学院農学研究科附属演習林)77、p. 95－p. 108	京都大学芦生研究林においてニホンジカ(Cervus nippon)が森林生態系に及ぼしている影響の研究—その成果と課題について	これまでに行われた研究から、現在の芦生研究林はシカの強い採食下にあり、過去10年間に森林下層のチマキザサ群落やハイイヌガヤ群落が劇的に衰退したことが明らかとなった。また過去の植生との比較から、現在成立している植生はシカの採食によって植物多様性が低下していることが示唆された。天然林内は現在も多くの希少種を含む豊かなフロアが維持されているが、多くの植物種は森林下層で生活環を完結させる種であるため、潜在的にシカの採食によって絶滅の危機にさらされる恐れがある。また、シカの採食による負の影響は植物群集だけに留まらず、昆虫群集や土壌動物相にも及んでいることが示唆された。窒素循環といった生態系過程への影響も疑われる。 シカによる負の影響が多様な分類群の生物群集に及んでいることが明らかとなった一方、それらの変化がどのような機構で生じたかについては極めて不十分な理解しかできていない。また、基盤情報であるシカの生息状況もよくわかっていない。今後は群集生態学的な基礎研究とシカの生息状況のモニタリングをもっと行う必要があるだろう。

図表 2-10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（4）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
12	森 章	(2009年	保全生態学研究14、p. 283- p. 291	スウェーデンにおける生物多様性の保 全に資する森林管理の試み	本研究は、「自然生態系、生態プロセス、生物多様性の保全を主目的にしていない景 観中のエリア」と定義される“マトリックス”において、如何に生物多様性に配慮する か、配慮できるか、その重要性を論じる。そこで、日本と同様に森林面積率が高く、保 護区率の低いスウェーデンでのマトリックス・マネジメントの事例に着目した。ス ウェーデンでは歴史的に長い間、人間活動が行われ、土地所有形態も零細かつ複雑に なっている。国や地方自治体が大規模な自然保護区や国有林を一元的に所有・管理でき る状況ではなく、国有林面積は僅か7%ほどで、民有林が国土の大半を占めている。しか しスウェーデンでは、各土地所有者が生産性だけに焦点を当てた森林施業を行うわけ ではなく、生物多様性に配慮した新しい森林施業・管理を行っている。国立公園や自然保 護区といった法的な保護対象となる森林の保全だけでなく、希少種の生育する潜在性の 高い森林を数多くの私有地に指定し、伐採せずに保護している。また、伐採活動を行う 施業林でも伐採時に全ての樹木を伐採、搬出するのではなく、動植物相のための住み場 所としての樹木や枯死木を残しておくといった、生態系の機能や生物多様性に対する配 慮がなされている。つまりスウェーデンでは、マトリックスの中に存在する、経済活動 の対象となる森林において、如何にして生物多様性に配慮しながら管理、保全するの かを重要視している。スウェーデンで実施されているこのような新しい森林管理は、人為 影響を受け続けた日本の森林生態系の保全、復元そして管理に対しても非常に重要な示 唆を含んでいると考えられる。
13	金谷整一・手塚賢 至・池亀寛治・吉丸 博志	2009年	木材工業64(5)、p. 210-p. 215	絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの保全と利 用	ヤクタネゴヨウ(屋久種子五葉:Pinus armandii var. amamiana)は屋久島と種子島の2 島にのみ自生し、胸高径2m以上、樹高30m以上に達するマツ科マツ属の常緑高木であ る。日本に自生するマツ属樹種のうち唯一「絶滅危惧IB類(EN)」として日本版レッドリ ストに記載されている。その生残個体数は屋久島で1,500~2,000、種子島で300ほどと推 定されている。現在、2島では民官学一体となってヤクタネゴヨウを保全し、利用する努 力が進められているが、自生地内での違法伐採や種子、実生の無断採取が確認されてい る。いま自生地で絶滅してしまい、自生地外で植栽個体しか残っていない状況は非常に 不自然である。ヤクタネゴヨウの利用を引き続き進めていくならば、同時に自生地内外 で実施する保全活動に対して配慮が不可欠である。今後は、ヤクタネゴヨウの利用の可 可能性を広げていくため、さらに物理的性質や化学的性質の情報の蓄積を進め、有用な材 を育成するための適切な育林技術等の知見を収集していきたい。保全と利用は密接に係 わっている。自生地内外で適切な保全活動を実施し、さまざまな利用価値を検討する道 を模索することが、ヤクタネゴヨウを絶滅の淵から救える手段であろう。
14	佐藤謙	2010年12月	北海学園大学学園論集146、 p. 215-p. 229	北海道の森林植物に関する生物多様性 保全について	森林・林業政策が森林の「公益的機能・多面的機能」を重視する方向に大転換した が、北海道国有林の実態は今なお「木材生産」のための森林施業が進行しており、新た な基本理念は軽視されている。特に「生物多様性保全」は、他の公益的機能・多面的機 能に関する施策と比較すると具体的な施策はほとんど見られない。本稿はこの点に関す る問題意識に基づき、生物多様性のうち種と遺伝子の多様性にあたる北海道の維管束植 物相と植生(植物群落)の多様性、それが関連する生態系の多様性または生態系サービ スに当たる種々の公益的機能の維持・保全の現状を具体的に考察するとともに、あわせ て国有林の実態を批判している。論考のなかで、絶滅危惧植物に関する保護が極めて不 十分であることにも触れている。
15	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。その結果、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、高齢林で高かった。ROC曲線により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は0.73であった。各プロットについて正しく判 断される割合は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。

図表 2-10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（5）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
16	生方正俊・長谷部辰高・大久保典久	2013年	樹木医学研究17(1)、p. 16-p. 20	樹木医学の基礎講座 希少樹木講座 1：関東・中部地方における希少樹木の保全	樹木医学の基礎講座で、6 回にわたり「希少樹木講座」のシリーズが組まれたが、本論文はその第1回である。3人の筆者は日立市に所在する（独）森林総合研究所林木育種センター遺伝資源部の所属。本論文で、林木育種センターで行っている希少樹種の保全に関する事例を紹介している。事例1として林木遺伝子銀行110番、事例2としてケシヨウヤナギ、事例3としてオガサワラグワを挙げている。
17	佐伯いく代・横川昌史・指村奈穂子・芦澤和也・大谷雅人・河野円樹・明石浩司・古本良	2013年	保全生態学研究18、p. 187-p. 201	絶滅危惧生態系：種を超えた保全のアプローチ	我が国ではこれまで、主に個体数の少ない種(希少種)に着目した保全施策が展開されてきた。これは貴重な自然を守る上で大きな成果をあげてきたが、いくつかの問題点も指摘されている。例えば、①「種」を単位として施策を展開するため、現時点で認識されていない未知の生物種についての対応が困難である、②人々の保全意識が一部の種に集中しやすく、種を支える生態系の特徴やプロセスを守ることへの関心が薄れやすい、③種の現状をカテゴリーで表すことに困難が生じる場合がある、などである。これらの問題の克服に向け、本総説では絶滅危惧生態系という概念を紹介する。絶滅危惧生態系とは絶滅が危惧される生態系のことであり、これを保全することが、より包括的に自然を保護することにつながると考える。生態系、植物群落および地形を対象としたレッドリストの整備が国内外で進められている。22の事例の選定基準を調べたところ、(1)面積が減少している、(2)希少である、(3)機能やプロセスが劣化している、(4)分断化が進行している、(5)開発などの脅威に強くさらされている、(6)自然性が高い、(7)種の多様性が高い、(8)希少種の生息地となっている、(9)地域を代表する自然である、(10)文化的・景観的な価値がある、などが用いられていた。これらのリストは保護区の設定や環境アセスメントの現場で活用が進められている。その一方で、生態系の定義、絶滅危惧生態系の抽出手法とスケール設定、機能とプロセスの評価、社会における成果の反映手法などに課題が残されているので、具体的対応策についても議論した。日本全域を対象とした生態系レッドリストは策定されていない。しかし、筆者らの行った試行的なアンケート調査では、河川、湿地、里山、半自然草地を含むさまざまなタイプの生態系が絶滅危惧生態系としてあげられた。絶滅危惧生態系の概念に基づく保全アプローチは種の保全の限界を補完し、これまで開発規制の対象になりにくかった身近な自然を守ることにより寄与できると考えられる。さらに、地域主体の多様な取組を支えるプラットフォーム(共通基盤)として、活用が広がることを期待したい。
18	金指あや子・菊地賢・杉山正幸・石田清・永光輝義・鈴木和次郎	(2014年	保全生態学研究19、p. 139-p. 149	希少樹種ハナノキの岩屋堂自生地(岐阜県中津川市千旦林)についてー最大規模の個体群の成立とその保全ー	環境省レッドリストで絶滅危惧II類に指定されている日本固有種ハナノキAcer pycnanthum(ムクロジ科カエデ属)の最大自生地、岐阜県中津川市で、ハナノキ個体群の分布と構造を明らかにし、その成立について考察した。調査は2カ所の自生地（A区：7.5 ha、B区：0.9 ha）で行った。自生地はいずれも造林地や広葉樹二次林に覆われている。A区では胸高周囲15 cm以上の幹を持つハナノキ個体が785、B区では44個体が確認され、A区は個体数規模の点で我が国最大の自生地であると認められた。A区は逆J字型のサイズ構造を示し、若い未成熟個体を多く含んでいたが、B区は幅の広い一山型分布を示した。B区では現存個体の死亡に伴う地域個体群の絶滅が危惧され、A区では更新木の存在により個体群の存続が見込まれる。こうした個体群構造の違いは開放的環境の有無や森林の取り扱い履歴に起因する。特に過去、複数回行われたスギ、ヒノキなど針葉樹植林時の森林伐採がハナノキの順次更新をもたらした結果、A区では最大規模の個体数の維持に寄与していると考えられた。多くのハナノキ自生地で実生の更新がほとんど見られず個体群の衰退が危惧されるが、ハナノキの保全管理のモデルケースとして本区域のハナノキ個体群の動態を注意深く見守り、個体群の持続機構を解明するとともに、更新サイトを確保するための上層間伐(受光伐)などの管理を行う必要がある。

図表 2-10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（6）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
19	千吉良 治	2014年	樹木医学研究18(1)、p. 6-p. 13	樹木医学の基礎講座 希少樹種講座 2：九州地方における希少樹種ヤクタネゴヨウの保全例	「希少樹種講座」の第2回。筆者は林木育種センター九州育種場の所属。九州地方における希少樹種の保存の取り組みの一例として、屋久島と種子島だけに天然分布する五葉マツ、ヤクタネゴヨウ(Pinus amamiana Koidz.)の事例（上記14番、参照）。種の保存に必要な個体数を目標とした生息域外保存、つぎ木による生息域外保存、生息域外保存個体間の人工交配による増殖、屋久島島内での生息域外植栽試験の開始を紹介している。巨大になる樹木を、種の保存を目的として生息域外に成体を保存する取り組みは多くの労力、広大な土地、そして継続した管理体制が必要である。これらの条件をクリアしつつ、手探りで技術開発を行って収集保存を図ったところ、100-200個体のヤクタネゴヨウを生息域外にクローン保存するという当面の目標を達成できた、としている。
20	磯田圭哉・笹島芳信・岩泉正和	2014年	樹木医学研究18(3)、p. 57-p. 61	樹木医学の基礎講座 希少樹木講座 3：近畿・中国・四国地方における絶滅危惧種の保全	「希少樹種講座」の第3回。林木育種センター関西育種場における研究課題の一部を紹介。一般的には、より確実な保存を期するため実生増殖とクローン増殖の両方が併用されている。本稿は、関西育種場で収集・保存している絶滅危惧種について紹介するとともに、重点的に取り組んでいるトガサワラとシコクシラベの2樹種を対象とした保存の事業と研究について記述している。
21	富田啓介	2014年	E-journal GEO(日本地理学会)9(1)、p. 26-p. 37	湧水湿地の保全・活用と地域社会	西日本の丘陵地を中心に分布する湧水湿地は希少種のハビタットであるのと同時に、地域社会のなかで人の営為と関係を持ちながら存続してきた里山の湿地という特色を持つ。地域社会と湧水湿地の関わりを整理すると、空間的・心理的近さから生じる場所を介した関わりの中に、形成・維持に直接関与する生態的システムを介した関わりが存在する。今日の湧水湿地の保全・活用に関する活動もその関わりを踏襲している。活動を担う主体は湧水湿地の存在する場所の地域社会に作られた団体であり、森林管理や草刈などかつての生態的システムを介した関わりが再現されている。地域社会が中心となった保全・活用は、湧水湿地本来の姿を維持するために今後も重要である。その一方で、湧水湿地の関心層を増やして保全・活用をさらに推進するために、個々の湿地の情報を広く発信することや、地場産業と結びつけた複数の湿地をめぐるジオツアーの実施のように、広域的視点での活動も求められる。
22	環境省	2014年4月	pp. 22	絶滅のおそれのある野生生物種の保全戦略	この「保全戦略」は、生物多様性国家戦略2012-2020の国別目標C-2の達成に向けて、わが国に生息・生育する絶滅危惧種（環境省レッドリストの絶滅危惧Ⅰ類及びⅡ類）を対象に、その保全を全国的に推進する目的に向けた基本的な考え方と早急に取り組むべき施策を示している。また、生物多様性国家戦略2012-2020に基づき、環境省が自らの取組を中心に策定したものである。主な項目は次のとおり。 第1章 背景 第2章 目的 第3章 我が国の絶滅危惧種の現状と課題 1. 第4次レッドリストの評価結果 2. 我が国の絶滅危惧種の保全に関する現状と課題（平成23年度点検結果） 3. 希少野生生物の国内流通管理に関する現状と課題 第4章 基本的考え方 1. 語句の定義 2. 絶滅危惧種保全の優先度の考え方 3. 種の状況を踏まえた効果的な保全対策の考え方 4. 環境省における計画的な保全対策実施の考え方 第5章 施策の展開 1. 絶滅危惧種に関する情報及び知見の充実 2. 絶滅危惧種の保全対策の推進 3. 多様な主体の連携及び社会的な理解の促進

図表 2-10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（7）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
23	三浦真弘・長谷部辰高・千葉信隆	2015年	樹木医学研究19(1)、p. 41-p. 45	樹木医学の基礎講座 希少樹木講座 4：東北地方における希少樹種の保全	樹木医学の基礎講座、その第4回。林木育種センター東北育種場で収集・保存している希少樹種について紹介するとともに、生息域内保存と生息域外保存における成体保存の例として、隔離された北限の天然カラマツ(宮城県の蔵王山系馬ノ神岳のカラマツ)と、東日本大震災の津波に耐えた陸前高田の奇跡の一本松——この2つに関する研究と事業について紹介している。馬ノ神岳のカラマツを保全するには、今後とも生息域内、生息域外保存が必要であるとしている。陸前高田の奇跡の一本松の保存は天然記念物および巨樹・名木の保存のため、学術的な面よりも、より社会貢献的な面から取り組んでいる事業であり、そのつぎ木苗、実生苗の両方を現地に戻して植栽を行い、貴重な遺伝資源として東北育種場で保存していくという。
24	植田守	2015年	樹木医学研究19(2)、p. 110-p. 115	樹木医学の基礎講座 希少樹木講座 5：北海道における希少樹木の保全	樹木医学の基礎講座、その第5回。まず、林木育種センター北海道育種場で取り組んでいる課題の一つとして、北海道における希少樹木の林分情報の収集、整理に触れている。次いで、北海道における希少種の保存事例としてサカイツツジ(絶滅危惧II類)、シロエゾマツ、ヤチカンバ(かつて絶滅危惧II類だったが2012年に絶滅危惧IB類へ)を紹介している。
25	楠城時彦	2015年	樹木医学研究19(4)、p. 205-p. 211	樹木医学の基礎講座 希少樹木講座 6：八重山諸島の希少樹種の保全	樹木医学の基礎講座、その第6回。筆者は林木育種センター西表熱帯林育種技術園に所属。八重山諸島の植生と植物相、八重山諸島の希少樹種と保全体制、希少樹種の増殖と保存の順に、同熱帯林育種技術園における関連研究を詳述している。
26	堤田成政	2016年	環境情報科学 学術研究論文集(京都大学地球環境学 堂)30、p. 111-p. 116	希少種保全活動に関するデータのオープン化への対応と課題の検討—ツシマヤマネコ保全活動を事例として—	政府や科学の透明性を高める手段としてオープンデータが注目されるなか、希少種保全活動に関するデータのオープン化は生息環境と保全活動にいかなる影響を及ぼすのか。その影響を把握することは容易ではない。本研究では希少種の生息環境の攪乱リスクを高めることなく保全活動を加速させること目標とした、データのオープン化を戦略的に検討するためのツールとして、データ公開による保全活動への影響、生息環境攪乱のリスクを相対的に図示化したフレームワークを提案する。事例として、長崎県対馬に生息するツシマヤマネコの保全に関わる主体者に対して、情報公開の状況やデータのオープン化への対応状況に関する聞き取り調査を実施し、提案したフレームワークの適用を試みた。
27	安田直人	2016年	日本野生動物医学学会誌 21(4)、p. 115-p. 119	希少種の救護個体に関する法的規制と環境省事業での適用事例	希少動物に関する法律としては、「鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律」(鳥獣保護管理法)と「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」(種の保存法)がある。鳥獣保護管理法に基づく鳥獣の保護と管理を図るための事業を実施する際の基本的な指針のなかに、傷病鳥獣の救護個体の取り扱いが記載されている。希少鳥獣については、繁殖、研究、教育等のための活用または終生飼養を検討し、これらの対処が困難な場合には、専門家の意見も参考に、できる限り苦痛を与えない方法で致死を検討するとされている。種の保存法に基づく国内希少野生動植物種には傷病個体に関する規定はなく、繁殖、研究、普及啓発等を目的として飼養していくことになる。国内希少野生動植物種の傷病個体の致死は法的に許されていないと解される。保護増殖事業が実施され、域外保全が行われているトキやヤンバルクイナも、野生復帰が困難な個体に関する扱いについては明確な方針が示されていない。
28	瀬戸口浩彰	2016年	森林遺伝育種5、p. 95-p. 100	希少植物・絶滅危惧植物の持続可能な域外保全ネットワーク	本稿で扱う域外保全とは大学、植物園、自生地・地元の3者でネットワークを構成して、植物園などで栽培されている希少植物・絶滅危惧植物のトレーサビリティを担保し、そして地域の植物は地域で守る・育てるという原則のもとに自生地の地元で域外保全集団を形成して、地域でそれらの植物を保全することを指す。この場合、大学は京都大学が中心、植物園は京都府立植物園が中心、自生地・地元は各地の教育委員会に対応してもらう。この3者構成が出来るならば、具体的な行動では多様な形態が可能になる。

図表 2-10 絶滅危惧種、希少種の保全に関する文献（8）

番号	著者	掲載年(月)	掲載誌・号・ページ	タイトル	概要
29	石田祐子	2017年6月	長野県環境保全研究所研究報告13、p. 1-p. 12	希少植物の生息域外保全とその可能性	希少種の保全対策として主に自生地における保全(生息域内保全)が行われてきた。しかし、急速な環境変化や個体数が減少した種の対策のため、希少種を人の管理下で栽培・管理する生息域外保全が注目されている。生息域外保全は近年、気候変動への適応策のうで選択肢の一つとして注目されつつある。植物の生息域外保全には栽培技術の確立が必要であり、また種子保存の必要性もある。栽培・増殖・種子保存方法に際しては種ごとに特性があるので、目的に合わせた方法を選択するとともに、対象種に関する地道な研究が求められる。その研究を進めるに当たり、情報共有、危険分散、コスト面など課題が浮かび上がってきている。生息域外保全はいまだ課題も多いが、今後、有力な保全手法として検討されていくと思われる。
30	金谷整一・手塚賢至	2020年	農業新時代1、p. 30-p. 37	屋久島の森林生態系と絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの保全	屋久島の森林生態系を簡単に整理するとともに、わが国で最も精力的な保全活動が進められている絶滅危惧種ヤクタネゴヨウ(屋久種子五葉)について紹介している。屋久島の森林生態系を述べるなかで、病害虫獣害、外来種、越境大気汚染物質についても触れている。次いでヤクタネゴヨウの保全に関する記述に移り、まずヤクタネゴヨウは屋久島と種子島にのみ自生するマツ科マツ属の常緑高木であり、屋久島では標高300～900mの非常に険しい尾根筋に分布しているとする。ヤクタネゴヨウもマツノザイセンチュウの被害を受けていて、近年、民・官・学によるマツ材線虫病対策が採られている。屋久島の森林生態系も多くの問題を抱えているが、特にマツ材線虫病に 対しては急を要する対策が必要である。いままでは民・官・学の三位一体の活動だったが、これに製薬会社などの産が加わると、より大きな成果が期待できるだろうとする。

2-9 森林における生物多様性が果たす役割・機能のまとめ

本章では、まず森林の有する多面的機能と生態系サービスの関係を考察した。そのさい、森林・林業の特徴に親和的である TEEB の生態系サービスを採用することにした。そのうえで、森林の有する多面的機能と TEEB の生態系サービスを比較し、森林の多面的機能は、地球上の全環境を念頭に置いて整理された TEEB の生態系サービス概念を、森林・林業の分野において具体的に表現していることを確認した。

次いで平成 28（2016）年度の森林整備保全事業推進調査報告書における Q & A の成果から、森林の有する生物多様性保全機能、同水源涵養機能、同土砂災害防止／土壌保全機能及び同快適環境形成機能を発揮する森林の役割、自然的性質を整理するとともに、それらの諸機能と生態系サービスの関係を考察した。4 つの機能のなかで最初の「森林の有する生物多様性保全機能」では、人工林施業で各種の技術が十分に投下されるとき森林の生物多様性が高い水準で確保されると論じている。また水源涵養機能、土砂災害防止／土壌保全機能及び快適環境形成機能の記述でも、保育が実施された人工林施業を前提に置いている。人工林の場合、保育が十分に実施されて生物多様性が高まると、人間が生態系から受ける便益である生態系サービスの機能も深する。

保育が十分に実施されて生物多様性が高まる事態とは、人工林が高齢林化していくプロセスでもある。高齢林化すると次第に針広混交林化していく。しかし、保育が不十分にしか行われない、あるいは全く行われない人工林は森林の多面的機能も生物多様性も低位であり、そういう森林が人間に与える便益は小さい。わが国の人工林のうちこのような状態にある人工林は決して少なくないと思われる。かかる人工林をどのようにして生物多様性に富んだ森林に導くのか、政策的にも研究のうえでも重い課題である。

また短伐期を繰り返す人工林の場合、木材の供給という経済性を最大の使命にしているので、生物多様性や森林の多面的機能を過度に期待すべきではない。

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 全林種における期間変動分析の方法等について

3-1-1 期間変動分析の方法

森林生態系多様性基礎調査のうち、第3期基礎調査データと第4期基礎調査データにより、林床植生(木本類・草本類)について5年間の期間変動状況を分析する。

調査プロット内に存在する立木については、小円部では直径1cm以上の立木の全てについて、樹種名・直径が調査されており、樹高については優占樹種を対象に上位数本の調査が実施されている(様式3-小円として調査)。

林床植生については、小円部の2箇所を選定し、維管束植物名の調査が行われている(様式6-2, 3として調査)。第2期調査までは草本類の占有率が調査されていたが、第3期調査から改正され、占有率の調査は実施されていない。

維管束植物には木本類も含まれるため、小円内の調査地に直径1cm未満の稚樹が存在する場合には木本類も含まれることになる。そのため、本分析では、この調査内容から木本類を除外して草本類のみの分析を行うこととした。

以上の木本類と草本類の第3期と第4期の調査データについて種数、シャノン・ウィナーの多様度指数等を算出して比較分析することとした。

3-1-2 分析対象調査プロットの整理

第3期と第4期調査結果を多様性評価指標(種数、シャノン・ウィナーの多様度指数等)により評価する場合、調査プロットを両期とも同一にしておく必要がある。本調査では、第4期の調査プロットを基準として第3期調査と第4期調査の調査プロット数を同一にするように調整することとした。

図表3-1は、調査プロット・データの選択調整の経過を示した表である。

①基礎調査が実施されたプロット数(表中のA)は、第3期調査では14,481プロット、第4期調査では14,802プロットであった。両者の調査プロット数に差が生じている原因の詳細については、説明がないため不明であるが、未立木地、伐採跡地、崩壊地等が調査されていない場合、未立木地・崩壊地への植栽又は更新立木が確認された場合等により若干の変動があると想定される。

②調査プロットのうち、小円部、中円部の占有率が100%の調査プロットのみを対象とする。基礎調査において林分境界を含む調査プロット数(調査プロットの林分占有率が100%未満)は意外に多く存在し(表中のE)、第3期調査では3,833プロット、第4期調査では4,555プロットにも達している。これらの調査プロットを①(表中のA)総プロット数から除外することとする。

- ③さらにデータ中に林種明細が記載されていない調査プロットも除外した。林分占有率が 100%でありかつ林種明細が記載されている調査プロット数は、第 3 期が 10,385 プロット、第 4 期が 9,998 プロットとなった(表中の C)。
- ④また、第 3 期調査と第 4 期調査において格子点 ID(調査プロットに付けられた固有の番号)が一致しない調査プロットについても除外することとした。第 3 期調査には存在したが第 4 期調査では存在しない調査プロット数は、1,630 プロットであり、この逆の第 4 期調査に存在し第 3 期調査では存在しない調査プロット数は 1,187 プロットであった(表中の G)。さらに、草本類の調査データが存在しない調査プロットも存在し、両期共通に 17 プロット存在(表中の H)するので、これらのプロットも除外することとした。
- ⑤以上のような条件の下に、第 3 期調査プロットと第 4 期調査プロットを整理し一致した調査プロットのみを抽出すると 8,467 プロット(表中の K)が本調査における評価対象調査プロットとなる。基礎調査が実施された総プロット数の 58%程度が評価可能な調査プロットとなった。
- ⑥以上の処理から得られた両期のデータにより林種別の集計を行うと林種別プロット数の集計が両期で異なることから、第 3 期と第 4 期で林種が異なる調査プロット 776 プロット(表中の M)も除外し再度調整を行った。また、調査項目中の優占樹種に複数樹種が記載されているデータについては手作業により統一するように変更することとした。
- ⑦以上の調整後、最終的に評価可能な調査プロット数は、両期の調査プロットが一致した 7,691 プロットとなった。第 3 期総調査プロット数の 53%、第 4 期総調査プロット数の 52%である。

期別の調査結果を下に比較分析を行う場合、特に本調査のように植物種数等の多様性の評価においては、調査プロットが一致していることが重要となる(平均種数等は調査プロット数により大きく影響を受けるため)ことから、本調査では可能な限り厳密に調査プロットをチェックすることとした。

図表3-1 評価対象プロット数及び整理調整過程

区 分			第3期調査	第4期調査
調査対象プロット数(A)			14,481	14,802
小円・中円の占有率が両方とも100%のプロット数	計(B)		10,648	10,247
	様式3データ(小円かつ中円)が存在するプロット数	計	10,385	9,998
		林種明細が記載されているプロット数(C)	10,114	9,671
		林種明細が記載されていないプロット数	271	327
	様式3データ(小円又は中円)が存在しないプロット数(D)		263	249
占有率100%未満(小円又は中円)のプロット数(E)			3,833	4,555
(C)のうち第3期に存在し第4期に存在しないプロット数	計(F)		1,630	
	小円・中円の占有率が両方とも100%のプロット数	計	1,630	
		様式3データ(小円かつ中円)が存在するプロット数	1,630	
		様式3データ(小円又は中円)が存在しないプロット数		
	占有率100%未満(小円又は中円)のプロット数			
(C)のうち第4期に存在し第3期に存在しないプロット数	計(G)			1,187
	小円・中円の占有率が両方とも100%のプロット数	計		1,187
		様式3データ(小円かつ中円)が存在するプロット数		1,187
		様式3データ(小円又は中円)が存在しないプロット数		
	占有率100%未満(小円又は中円)のプロット数			
草本類データ(様式6-2、3)がない共通のプロット数(H)			17	17
多様性評価対象プロット数(K)	C-F-H		8,467	
	C-G-H			8,467
林種の異なるプロット数(M)			776	
				776
林種調整後のプロット数(N)	K-M		7,691	
				7,691

3-1-3 標高帯の設定

標高帯とは、スギの育成標高帯を指しており、都道府県別に育成単層林スギについて下記の条件により生息標高帯を設定した。この集計の目的は、わが国の人工林における主要樹種であるスギの生息環境帯において、林種別・地域別の木本類・草本類の出現種数等を比較検討することである。

標高帯の設定に当たっては、図表3-1の第4期調査における評価対象プロット(図表3-1の(K))により作成した。

なお、以下本章において標高帯という場合には、この標高帯を共通に使用しており、都道府県別の標高帯範囲の調査プロットの集計結果によるものである。

< 標高範囲の決定方法 >

下限値の算出

最頻値 $\leq$ 平均値

最小値 = 最頻値 下限値 = 最頻値 - 25

最小値 $<$ 最頻値 下限値 = 最小値 + (最頻値 - 最小値) / 2

最頻値 $>$ 平均値

下限値 = 最小値 + (平均値 - 最小値) / 2

上限値の算出

平均値 $>=$ 最頻値

上限値 = 平均値 + (最大値 - 平均値) / 2

平均値 $<$ 最頻値

上限値 = 最頻値 + (最大値 - 最頻値) / 2

プロット数 = 0 の場合 算出しない

プロット数 = 1 の場合

下限値 = 平均値 - 100

< 0 の場合は 0

上限値 = 平均値 + 100

図表3-2は、都道府県別に設定した標高帯範囲である。第3期、第4期の標高帯別集計では、この標高帯に入る調査プロットを抽出して集計している。

なお、標高帯別集計の場合には、北海道と沖縄県を除いて集計することとした。

図表3-2 都道府県別スギ標高帯範囲

都道府県	プロット数	標高m						標高帯範囲 信頼区 間(90%)m		標高帯範囲 m	
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	中央値	最頻値	以上	以下	以上	以下
北海道	11	125	59	220	60	110	125	96	155	93	173
青森県	75	215	163	817	10	200	125	184	246	68	516
岩手県	55	396	208	830	64	366	325	350	442	195	613
宮城県	35	212	139	640	20	180	175	173	250	98	426
秋田県	160	279	179	880	17	235	175	256	302	96	580
山形県	54	351	182	810	80	330	175	310	392	128	581
福島県	42	542	223	1,010	60	565	625	485	598	301	818
茨城県	15	356	181	760	30	310	325	280	432	178	558
栃木県	25	451	161	910	150	440	375	398	504	263	681
群馬県	25	661	222	970	270	710	825	588	734	466	898
埼玉県	10	453	178	720	180	430	725	361	545	317	723
千葉県	6	93	52	160	40	85	175	59	128	67	168
東京都	10	647	163	1,010	370	645	725	562	732	509	868
神奈川県	8	350	245	780	50	255	175	208	492	113	565
新潟県	53	258	187	760	50	200	75	215	300	63	509
富山県	11	418	229	840	30	450	475	305	531	224	658
石川県	20	241	183	810	20	195	125	173	308	73	525
福井県	37	333	193	910	50	300	325	281	385	188	622
山梨県	5	607	74	700	490	620	725	553	661	549	713
長野県	28	823	167	1,320	450	807	725	772	875	588	1072
岐阜県	50	693	332	1,270	110	650	425	616	770	268	981
静岡県	41	480	270	1,100	80	480	275	410	549	178	790
愛知県	14	461	180	780	160	515	575	382	540	310	678
三重県	32	420	193	820	90	410	425	364	476	255	623
滋賀県	15	438	218	860	120	410	225	345	530	173	649
京都府	19	432	207	810	140	390	325	354	509	233	621
大阪府	1	358						308	408	258	458
兵庫県	43	424	239	1,168	44	375	375	364	483	210	796
奈良県	36	609	247	1,200	152	595	675	541	676	380	938
和歌山県	35	417	239	939	83	435	125	351	483	104	678
鳥取県	36	559	288	1,080	90	545	325	480	637	208	819
島根県	26	337	175	730	60	315	275	281	393	168	533
岡山県	16	551	211	910	148	583	675	464	638	349	793
広島県	14	580	262	960	180	530	825	465	695	380	893
山口県	23	344	166	680	70	380	475	287	400	207	578
徳島県	58	686	307	1,380	110	665	775	620	753	398	1078
香川県	3	287	47	320	220	320	325	242	331	253	323
愛媛県	26	626	193	1,040	110	645	725	564	688	368	883
高知県	58	619	296	1,150	10	590	525	555	682	268	884
福岡県	30	413	222	920	10	345	325	347	480	168	667
佐賀県	13	425	194	610	50	480	625	336	513	237	618
長崎県	11	207	199	780	50	120	75	109	305	63	494
熊本県	50	500	240	1,200	60	495	425	445	556	243	850
大分県	48	425	189	880	70	440	525	381	470	248	703
宮崎県	67	524	298	1,200	57	510	325	465	584	191	862
鹿児島県	45	284	187	990	30	240	225	238	329	128	637
沖縄県											

3-1-4 全国地域の設定

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3-3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。なお、本章中の図表において表東北、裏東北と表記しているのは、下記表の東北(太平洋側)を表東北、東北(日本海側)を裏東北のことである。

図表3-3 スギの成長条件による地域区分

地域区分	都 道 府 県 名								
東北(太平洋側)	岩手県	宮城県	福島県						
東北(日本海側)・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		

3-1-5 参考図表について

本集計では多くの集計表を作成していることから、集計結果の詳細については、本章末に「参考図表」として一括掲載することとした。

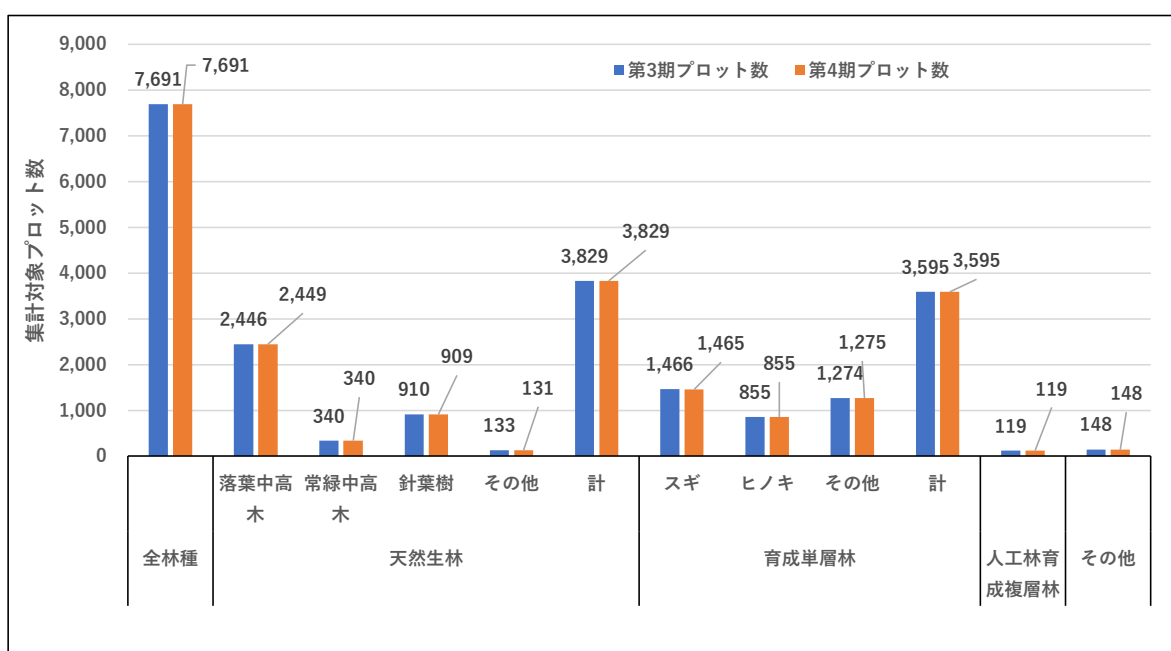
3-2 林種別調査プロットの概要

3-2-1 林種別調査プロット数

以後の分析の前に、調査プロットの概要を把握しておく必要がある。図表3-4は、分析対象とした調査プロット数についての林種別のグラフである。

原則として、第3期と第4期について同一調査プロットを選択調整しているが、林種については調整できない調査プロットが数プロット存在する。天然生林落葉中高木では、第3期に比べて第4期には3プロット増加しており育成単層林スギで1プロット減少した。訂正の方法がないため、この程度の差であれば影響はないと考えられることからそのまま集計することとした。

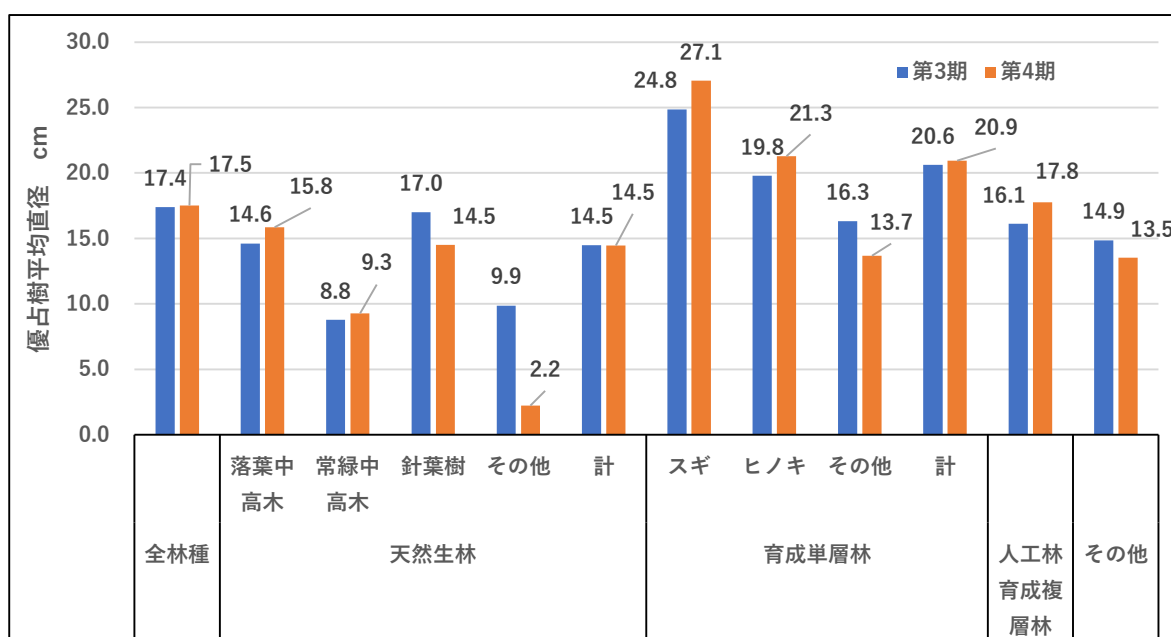
図表3-4 林種別調査プロット数



3-2-2 優占樹の平均直径・平均樹高

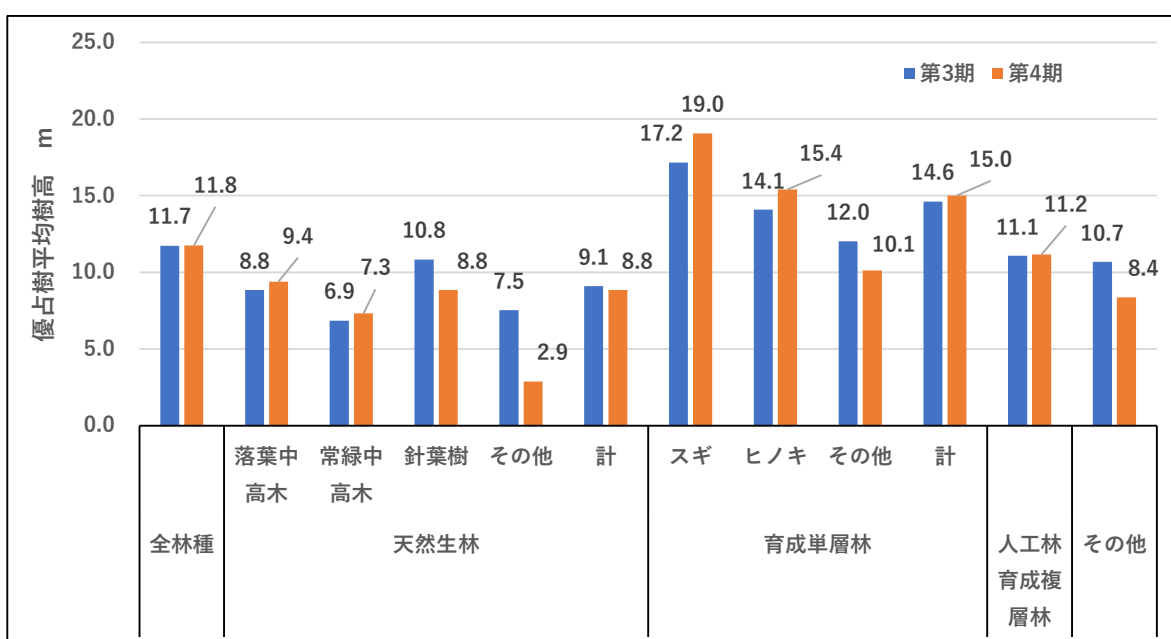
図表3-5は、優占樹の平均直径のグラフである。天然生林針葉樹、その他、育成単層林その他を除く他の林種では全て増加であり、特にスギ、ヒノキの成長が見て取れる。減少となっている場合は、優占樹であるが幼齢樹（直径1cm以上）が出現した場合ではないかと推定される。

図表3-5 優占樹の平均直径



平均樹高の調査は、優占樹の数本について調査されている。図表3-6を見ると、育成単層林で高く、天然生林では低い値となっている。

図表3-6 優占樹の平均樹高

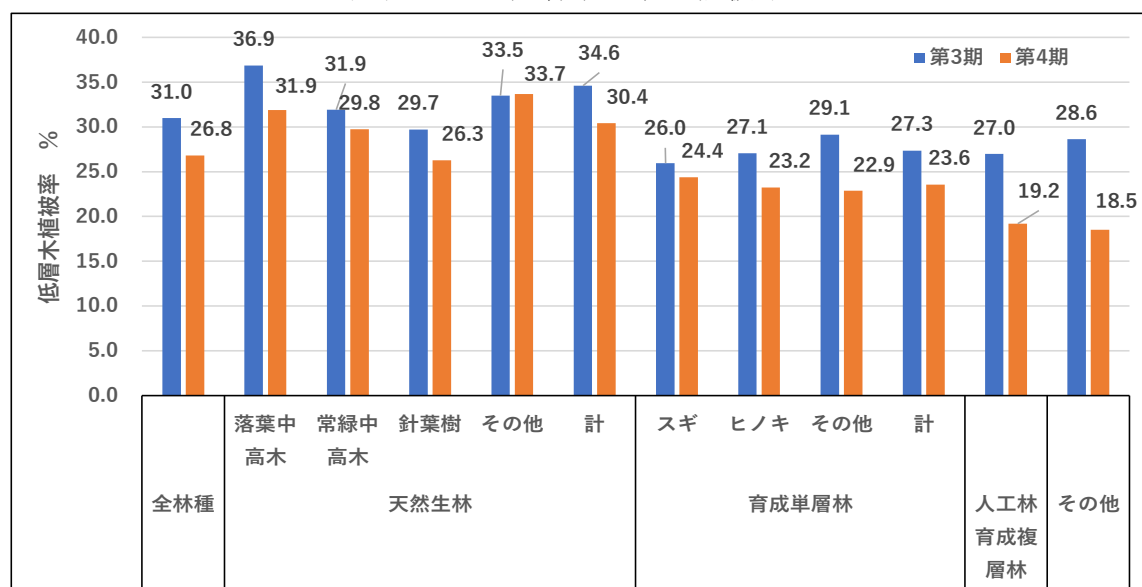


3-2-3 低層木・草本の平均植被率

図表3-7は、低層木の平均植被率を示したグラフである。天然生林に比べて育成単層林では、7%程度低くなっている。

第3期に比べて第4期には全体的に低下している傾向にある。低下の要因は、前述のように、優占樹の成長に伴い林内照度が低下したか、第4期に多発した集中豪雨の影響などが考えられる。

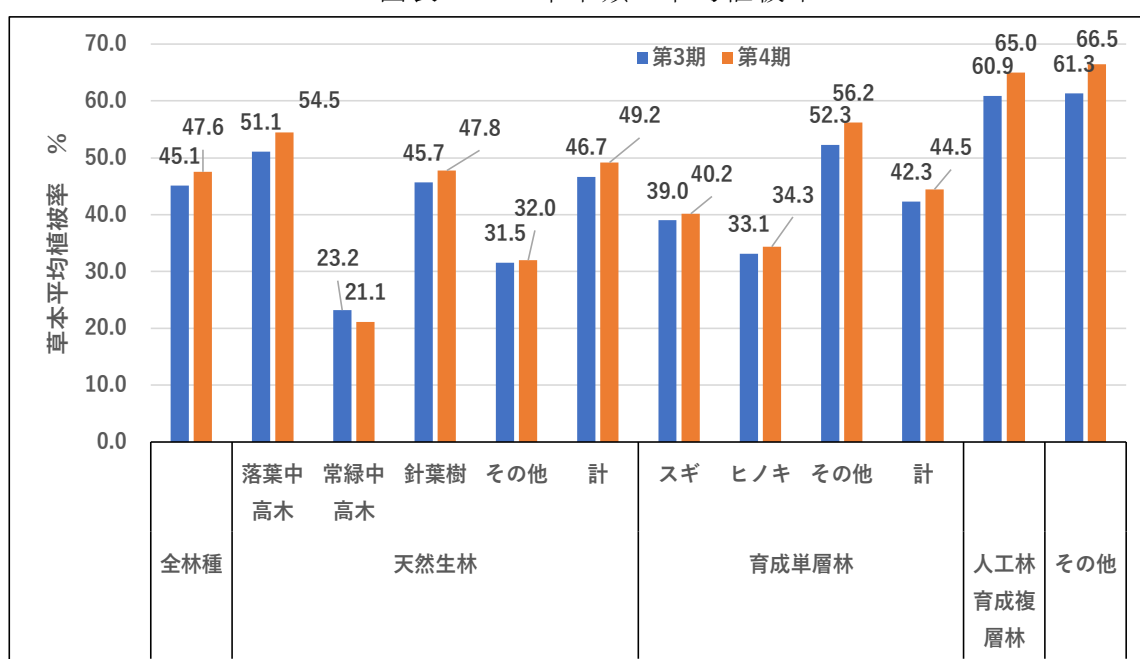
図表3-7 低層木の平均植被率



図表3-8は、草本類の植被率のグラフである。天然生林常緑中高木を除き、他の林種では全て僅かであるが増加となっている。スギが40%程度であるのに対して、天然生林落葉中高木では54%と14ポイントほど高い。人工林育成複層林では65%と高い値を示している。

林種全体を通して、平均草本植被率は40%強から50%弱であると言える。

図表3-8 草本類の平均植被率



3-3 全林種における木本類多様性の期間変動分析

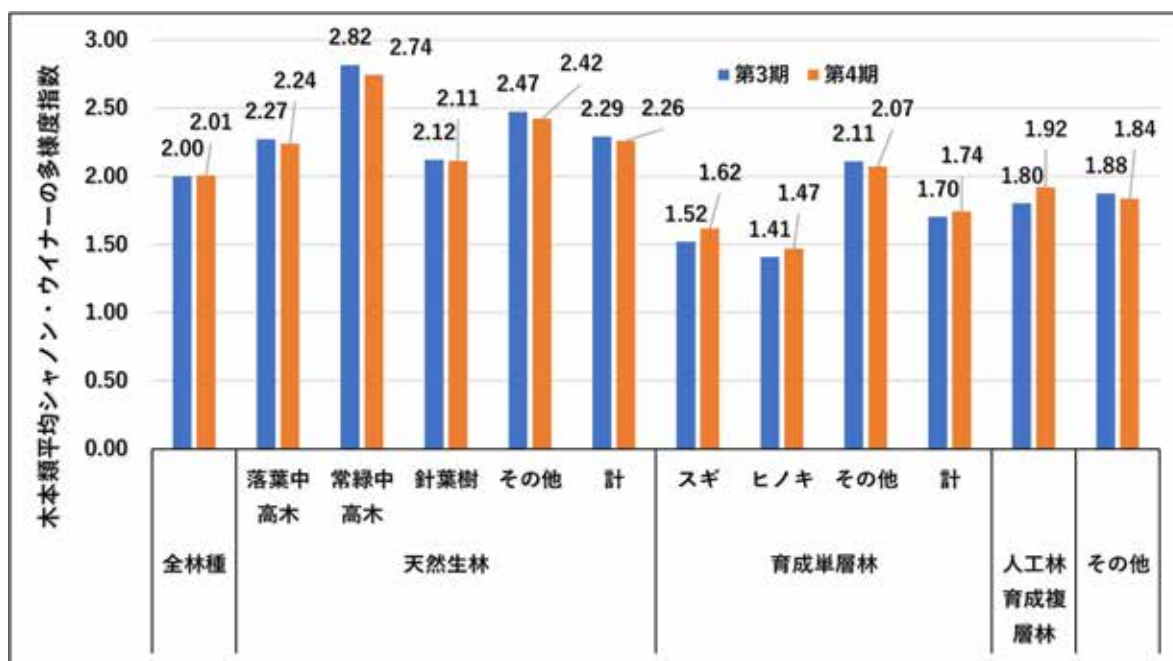
3-3-1 木本類平均多様度指数の期間変動

以下の期間変動分析は、調査プロット毎に木本類のシャノン・ウィナーの多様度指数を算出し、全国、都道府県、地域等における平均シャノン・ウィナーの多様度指数により、第3期と第4期を比較分析したものである。

(1) 全国木本類平均多様度指数の期間変動

図表3-9は、全国の林種別平均シャノン・ウィナーの多様度指数をグラフ化したものである。全林種の平均では、第3期が2.0、第4期が2.01と第4期が僅かに高いがほとんど多様度に変化はない。他の林種においても指数差は最大でも0.1程度となっており、多様度指数ではほとんど変化していない。前節(3-2-1)の木本類出現総種数では大きな変化が見られたが、調査プロット毎の平均シャノン・ウィナーの多様度指数ではほとんど差が見られない。ただし、天然生林では僅かではあるが多様度は低下しており、育成単層林スギ・ヒノキでは多様性は僅かに向上している。なお、シャノン・ウィナーの多様度指数は、底を2とする指数であり、単位はビットである。

図表3-9 全国木本類平均多様度指数の期間変動

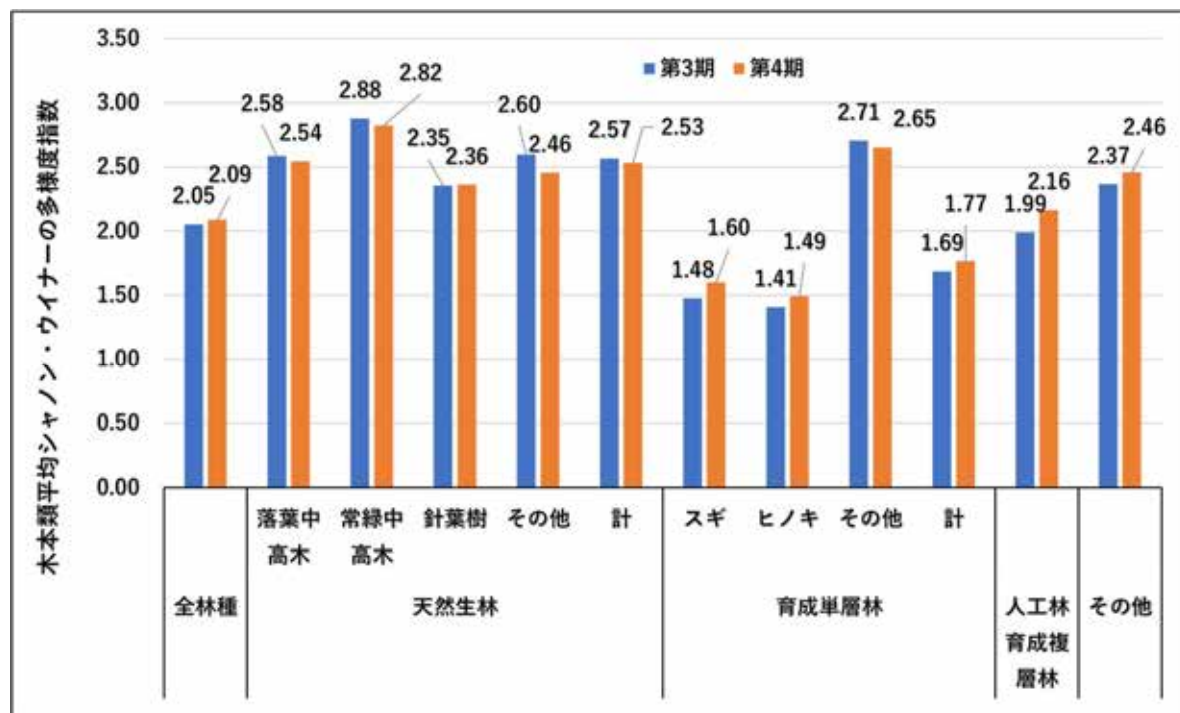


(2) 標高帯別・全国木本類平均多様度指数の期間変動

図表3-10は、スギ標高帯別に全国(北海道・沖縄県を除く)の調査プロットについてシャノン・ウィナーの多様度指数を平均した結果をグラフ化したものである。

図表3-9の全国の結果に比べて、天然生林は僅かに高い指数となっており、全林種でも僅かに標高帯別のシャノン・ウィナーの多様度指数が高い。

図表3-10 標高帯別・全国木本類平均多様度指数の期間変動（北海道・沖縄県を除く）



第3期と第4期を比較すると、天然生林では針葉樹を除いて他の林種では第4期が僅かに減少となっている。育成単層林スギ、ヒノキ、人工林育成複層林では僅かであるが第4期に増加となっている。

(3) 地域別平均多様度指数の期間変動

図表3-11は、スギ生息地域（北海道・沖縄県を除く）別に、第4期平均多様度指数から第3期指数を差し引いた指数差の表であり、図表3-12はグラフ化したものである。

全林種では、北関東・東山、九州地域を除いて、他の地域では多様度指数は僅かに増加である。天然生林計は、全ての地域で減少となっており、特に落葉中高木では全ての地域で減少となった。

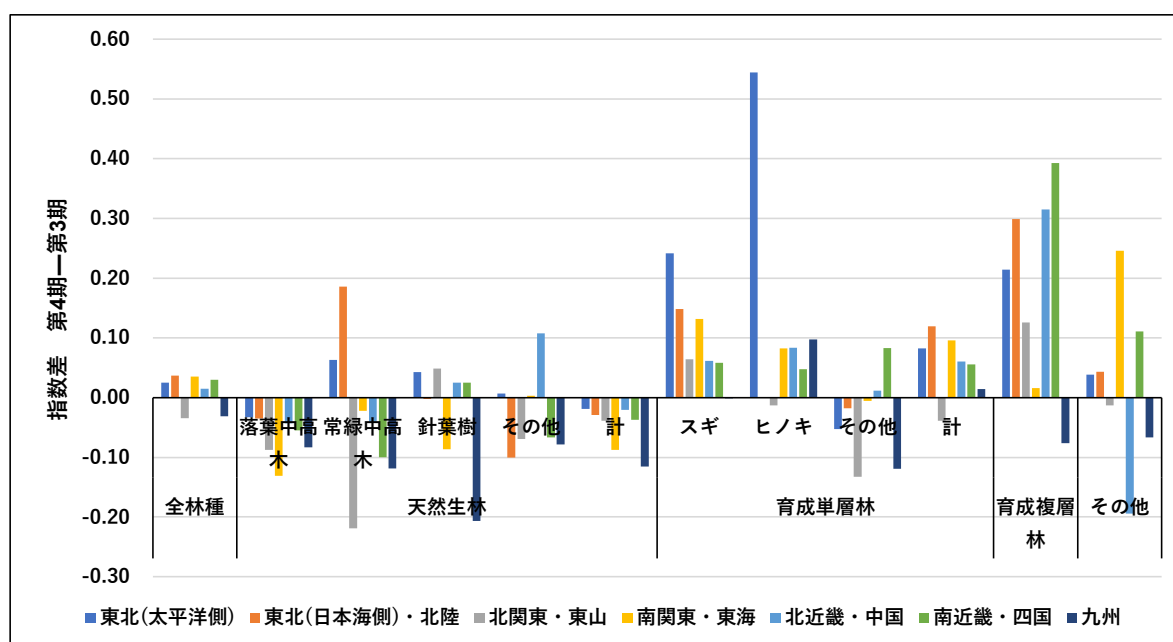
育成単層林計では、北関東・東山を除く他の地域は、増加となっている。特にスギでは、九州地域を除いて他の地域で増加である。

育成複層林は、九州で減少しているが、他の地域では増加となっている。しかし、南関東・東海地域の増加指数差は、僅かである。

図表3-11 地域別平均多様度指数の期間差（北海道・沖縄県を除く）

地域	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		
東北(太平洋側)	0.03	-0.03	0.06	0.04	0.01	-0.02	0.24	0.54	-0.05	0.08	0.21	0.04
東北(日本海側)・北陸	0.04	-0.03	0.19	0.00	-0.10	-0.03	0.15		-0.02	0.12	0.30	0.04
北関東・東山	-0.03	-0.09	-0.22	0.05	-0.07	-0.04	0.06	-0.01	-0.13	-0.04	0.13	-0.01
南関東・東海	0.03	-0.13	-0.02	-0.09	0.00	-0.09	0.13	0.08	-0.01	0.10	0.02	0.25
北近畿・中国	0.01	-0.04	-0.04	0.02	0.11	-0.02	0.06	0.08	0.01	0.06	0.32	-0.19
南近畿・四国	0.03	-0.05	-0.10	0.02	-0.07	-0.04	0.06	0.05	0.08	0.06	0.39	0.11
九州	-0.03	-0.08	-0.12	-0.21	-0.08	-0.12	0.00	0.10	-0.12	0.01	-0.08	-0.07

図表3-12 地域別平均多様度指数期間差のグラフ(北海道・沖縄県を除く)



(4) 標高帯別・地域別平均多様度指数の期間変動

図表3-13は、スギ地域について、スギの生育標高帯の調査プロットを抽出して算出したシャノン・ウィナーの多様度指数の第3期と第4期の差(第4期-第3期)の表であり、図表3-14はグラフ化したものである。

全林種では、九州地域を除いてやや増加である。天然生林計を見ると、全ての地域で減少となっており、落葉中高木においても全地域減少である。

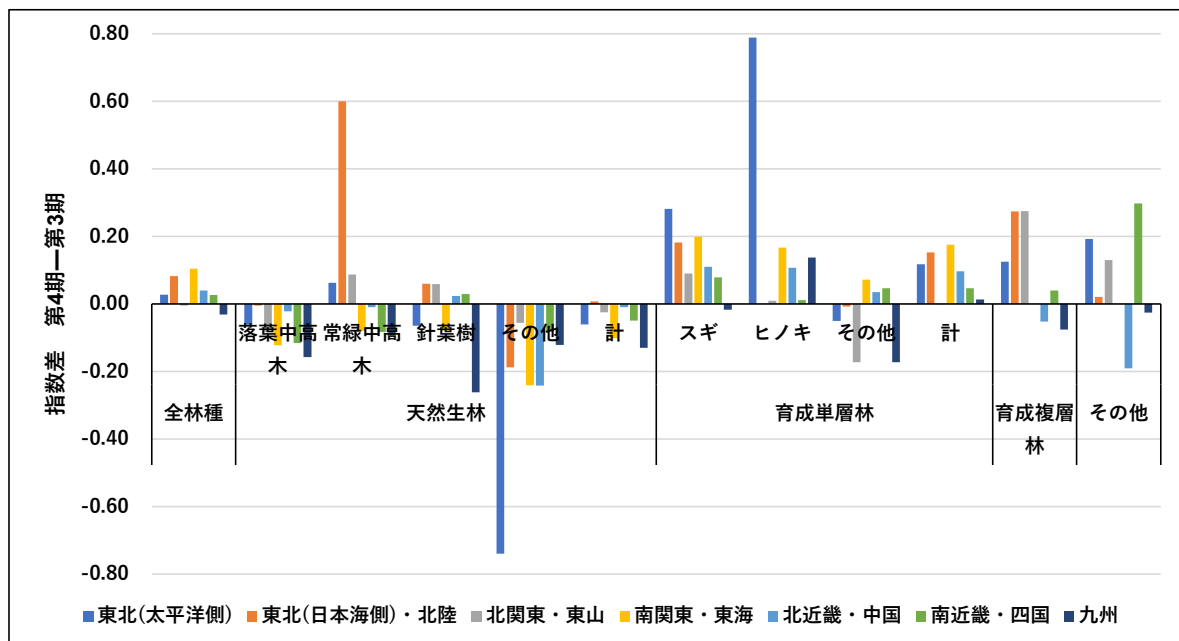
育成単層林は、天然生林とは正反対に計及びヒノキでは全地域増加となっており、スギでは九州地域を除いて増加となった。

前述(3)の地域別期間変動と同様に、天然生林落葉中高木の多様度指数が減少となっているのが特徴的である。

図表3-13 標高帯別・地域別平均多様度指数の期間差(北海道・沖縄県を除く)

地域	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		
東北(太平洋側)	0.03	-0.06	0.06	-0.06	-0.74	-0.06	0.28	0.79	-0.05	0.12	0.13	0.19
東北(日本海側)・北陸	0.08	-0.01	0.60	0.06	-0.19	0.01	0.18		-0.01	0.15	0.27	0.02
北関東・東山	0.00	-0.08	0.09	0.06	-0.06	-0.02	0.09	0.01	-0.17	0.00	0.28	0.13
南関東・東海	0.10	-0.12	-0.08	-0.08	-0.24	-0.10	0.20	0.17	0.07	0.18		
北近畿・中国	0.04	-0.02	-0.01	0.02	-0.24	-0.01	0.11	0.11	0.04	0.10	-0.05	-0.19
南近畿・四国	0.03	-0.11	-0.08	0.03	-0.08	-0.05	0.08	0.01	0.05	0.05	0.04	0.30
九州	-0.03	-0.16	-0.09	-0.26	-0.12	-0.13	-0.02	0.14	-0.17	0.01	-0.08	-0.03

図表3-14 標高帯別・地域別平均多様度指数期間差グラフ(北海道・沖縄県を除く)



3-3-2 木本類累積多様度指数の期間変動

シャノン・ウィナーの多様度指数の算出には、調査プロット毎に算出する場合と、一定地域の多様度として複数の調査プロットから出現種別に個体数を累積して算出する方法もある。一定地域の多様性の評価としては、調査プロットの平均多様度ではなく複数調査プロットの累積による多様度の方が適している場合もある。

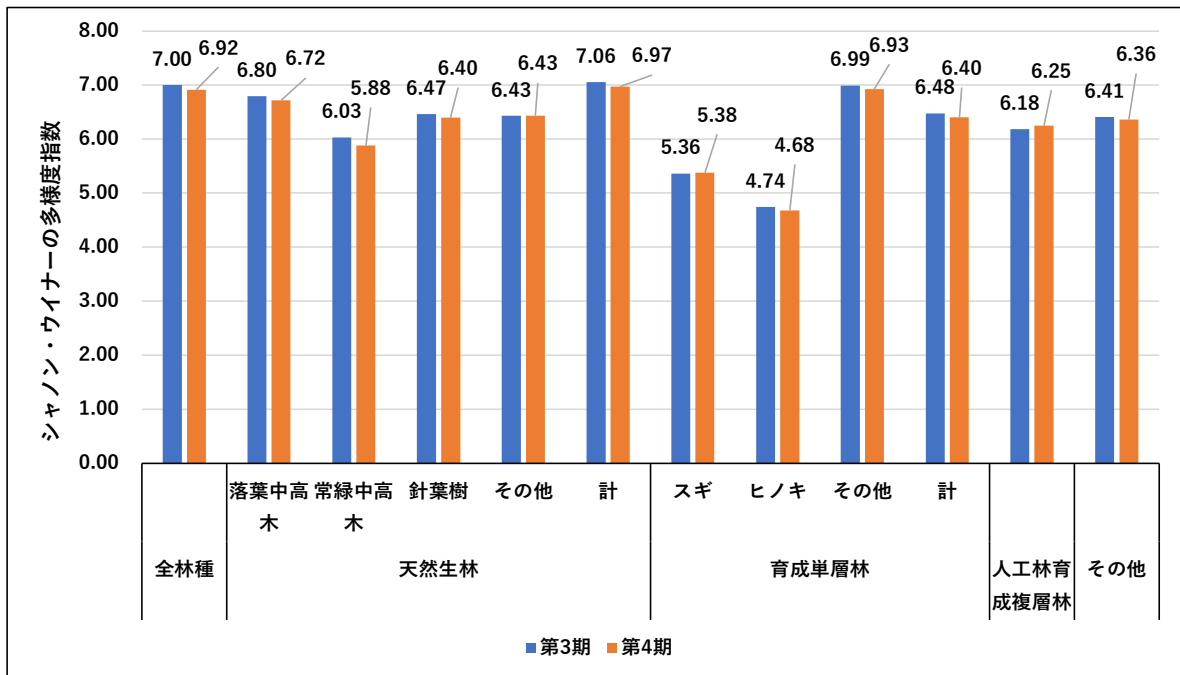
本節では、調査プロットの累積によるシャノン・ウィナーの多様度指数により、多様度の期間変動を分析する。

(1) 全国累積多様度指数の期間変動

図表3-15は、全国の累積シャノン・ウィナー多様度指数について第3期と第4期を林種別に算出してグラフ化したものである。育成単層林スギと育成複層林を除く全ての林種で僅かではあるが第4期では減少となっている。中でも天然生林常緑中高木では他の林種に比べて減少巾がやや大きい。天然生林計の調査プロット数が3,829、育成単層林計が3,595とプロット数の差が少ないことから両者の第4期累積シャノン・ウィナー多様度指数を比較すると、天然生林計が落葉中高木の方が0.57ビット高い。このことは、天然生林全体では育成単層林に比べて多様性が約1.5倍程度($2^{0.57}$)複雑であることを示している。

天然生林計では第3期に比較して第4期では0.09ビット減少しており、このことは4%程度多様度が減少したことを示している。

図表3-15 全国累積シャノン・ウィナー多様度指数

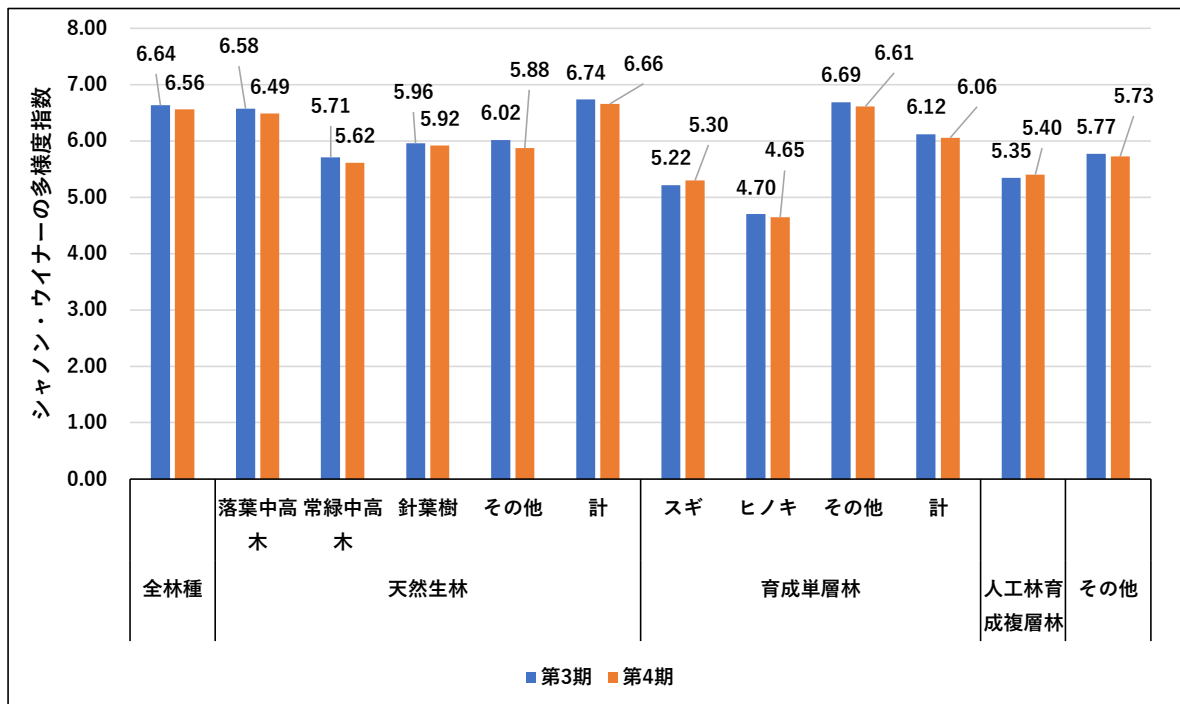


(2) 標高帯別全国累積多様度指数の期間変動

北海道・沖縄県を除く、スギ標高帯における全国の累積多様度指数をグラフ化したのが、図表3-16である。

前掲の図表3-15と比較して、指数値は調査プロット数が少なくなるため若干低くなるが、期間変動は同様の傾向を示している。

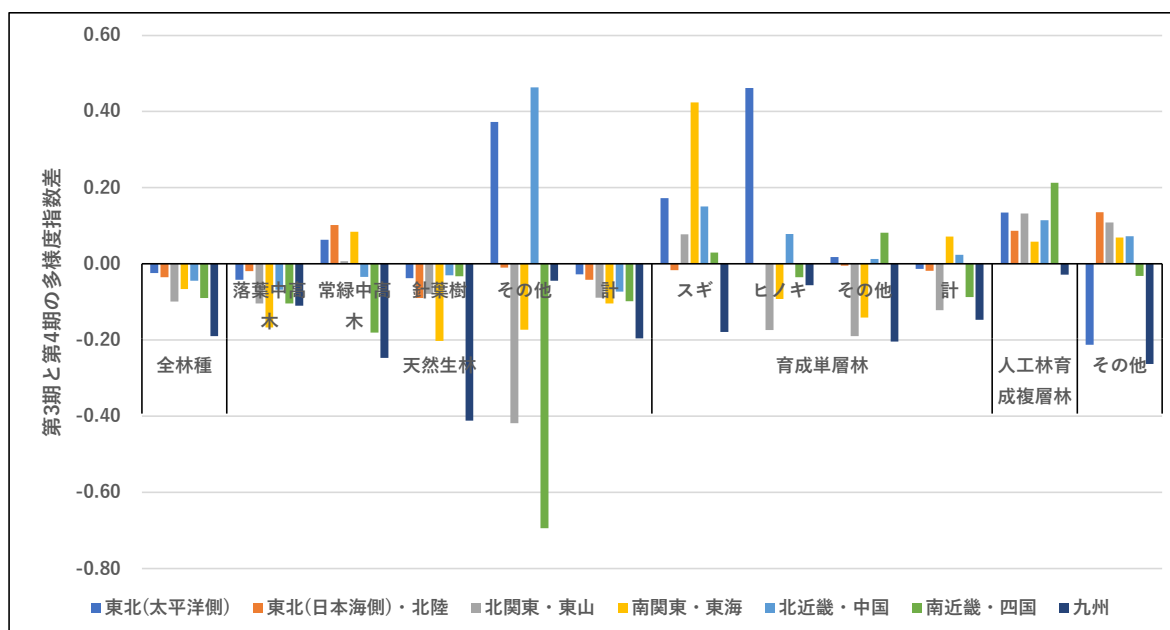
図表3-16 標高帯別全国累積多様度指数(北海道、沖縄県を除く)



(3) 地域別累積多様度指数の期間変動

北海道・沖縄県を除いた地域別に第4期累積多様度指数から第3期分を差し引いた、累積多様度指数の増減状況を示したのが図表3-17である。森林全体では、全地域とも多様度指数は僅かではあるが減少している。また、九州地域では減少幅が他の地域と比較して特異的であるため、調査時期の違い等、なんらかの理由が影響している可能性も含め、結果の解釈には精査が必要である。

図表3-17 地域別累積多様度指数の増減状況



3-4 全林種における草本類の期間変動分析

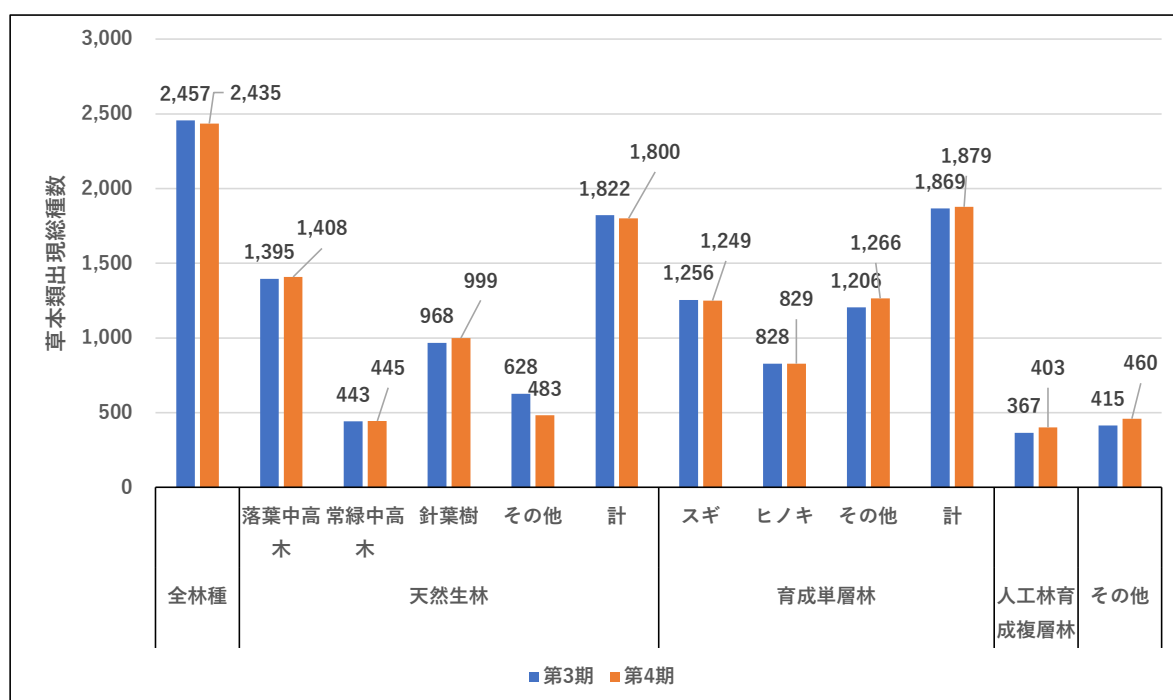
3-4-1 草本類総種数の期間変動

(1) 全国草本総種数

図表3-18は、全国の草本類出現総種数(異なる種)を林種別にグラフ化したものである。全ての林種において第3期と第4期では、異なる種の出現総種数にほとんど変化が見られない。全林種では、第3期に比べて第4期では22種程度減少しているが、総種数約2,400種からみると1%以下であるので、観測誤差の範囲と考えられる。

育成複層林の出現総種数が第3期の367種に比べて第4期には403種と、10%程度増加しているのが特徴的である。

図表3-18 全国草本類総種数の期間変動



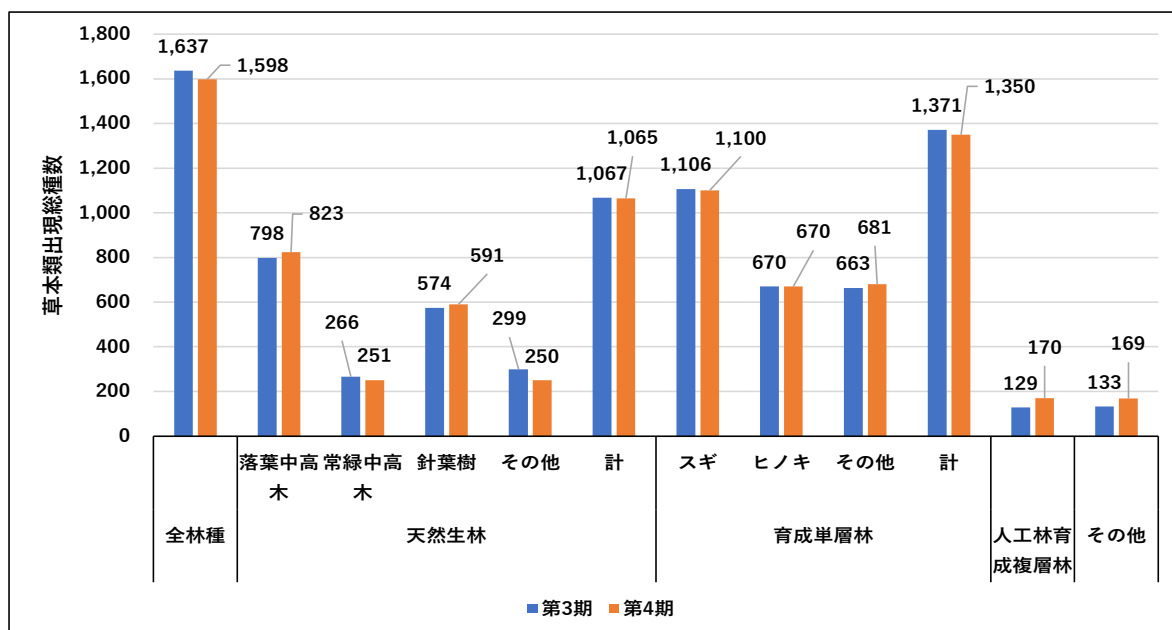
(2) 標高帯別全国草本総種数

スギ標高帯別の北海道・沖縄県を除く全国の草本類出現総種数について、第3期と第4期を比較したグラフが図表3-19である。

前述の全国草本類出現総種数と比較すると、標高帯が限られることから出現総種数は800種程度少なくなるが、第3期と第4期の変動はほとんど見られず同様の傾向となっている。

しかし、育成複層林で出現種数の増加率がやや高い傾向を示している。

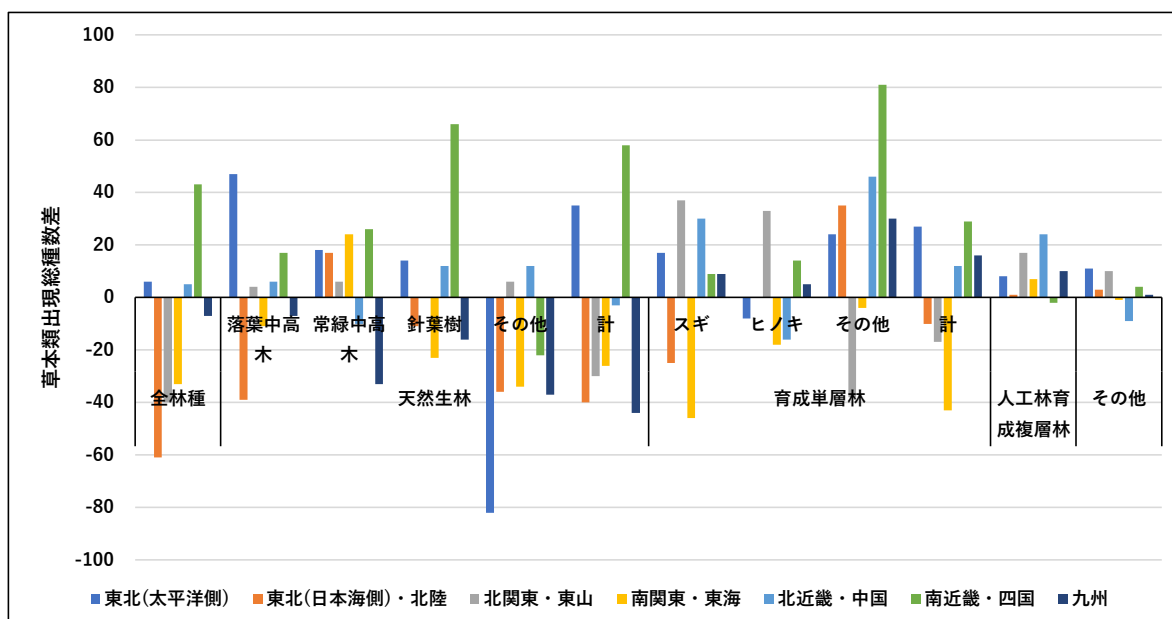
図表3-19 標高帯別全国草本類総種数の期間変動（北海道・沖縄県を除く）



(3) 地域別草本類総種数

図表3-20は、スギ地域別に草本類出現総種数の第4期から第3期を差し引いた差をグラフ化したものである。地域によるばらつきが見られる。例えば、天然生林落葉中高木では、東北地域（太平洋側）では47種の増加であるのに対して、東北（日本海側）・北陸地域では37種の減少、育成単層林スギでは、東北（日本海側）・北陸地域、南関東・東海地域では減少であるが、その他の地域は増加となっている。しかし、育成複層林では南近畿・四国地域だけが2種減少でありその他の地域は増加となっている。

図表3-20 地域別草本類総種数の期間変動（北海道・沖縄県を除く）

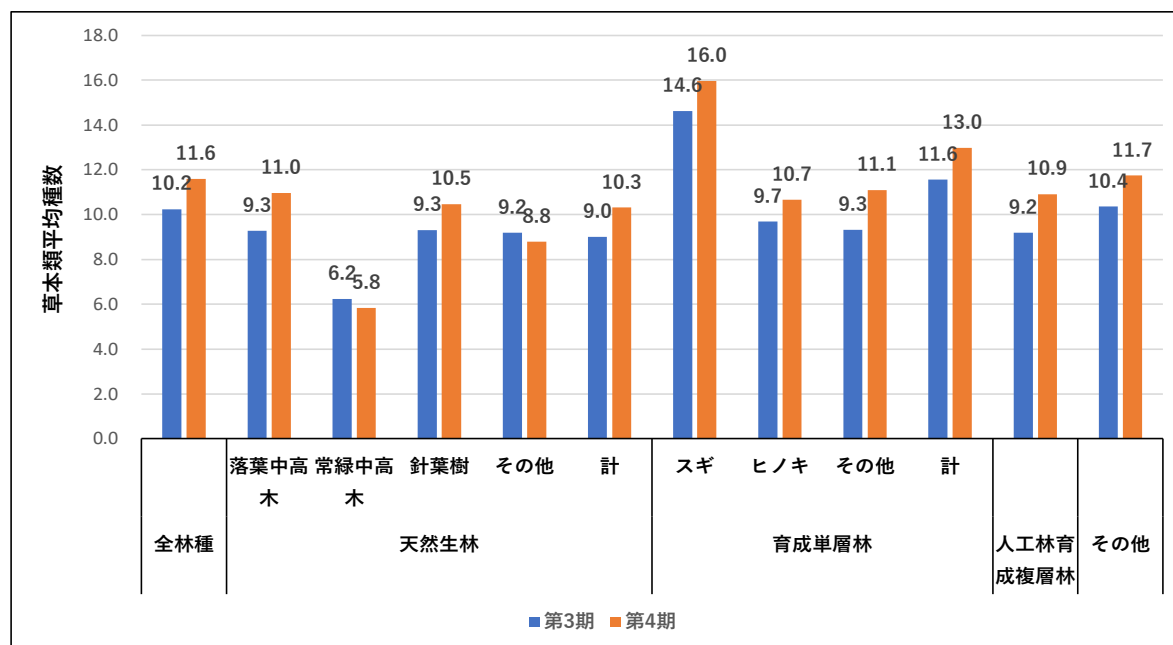


3-4-2 草本類平均出現種数の期間変動

(1) 全国草本類平均出現種数

図表3-21は、調査プロット毎の出現種数の第3期と第4期の平均値をグラフ化したものである。天然生林常緑中高木を除く全ての林種で、種数は1種程度増加している。また、全林種を通して、育成単層林スギの林床草本類の種数が最も多く、第3期では14.6種、第4期では16種である。出現種数の最も少ないのは、天然生林常緑中高木であり、第3期では6.2種、第4期では減少して5.8種であり、育成単層林スギの半数以下しか見られない。

図表3-21 全国草本類平均出現種数



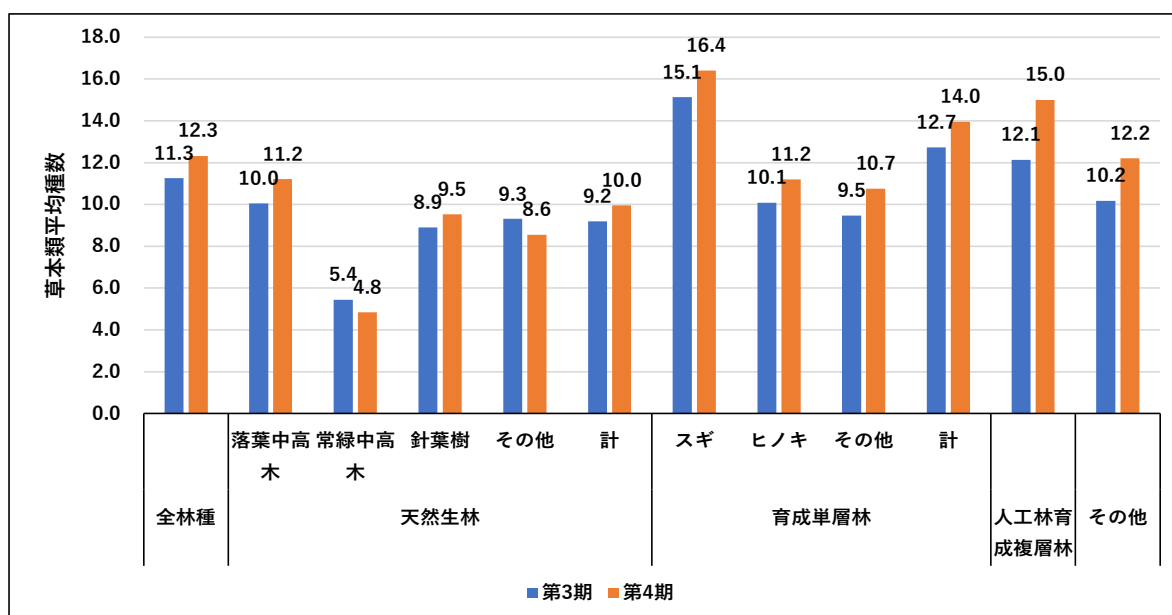
(2) 全国標高帯別草本類平均出現種数

スギ標高帯について北海道と沖縄県を除く全国の草本類平均出現種数をグラフ化したのが図表3-22である。

前述の全国の平均種数と比べて、標高帯を絞った結果、出現種数は1種類程度増加しているが、天然生林常緑中高木では、低標高分が対象とならなかつただけ出現種数は減少した。

育成単層林スギが全林種中最も出現種数が多くなっている。前述の全国の場合と異なるのは、人工林育成複層林の出現種数が、スギ標高帯の方がかなり多く出現しており、第3期全国では9.2種であったが第4期標高帯別では12.1種、第4期全国では10.9種であったが第4期標高帯別では15種と大幅に増加している。

図表3-22 全国標高帯別草本類平均出現種数(北海道・沖縄県を除く)



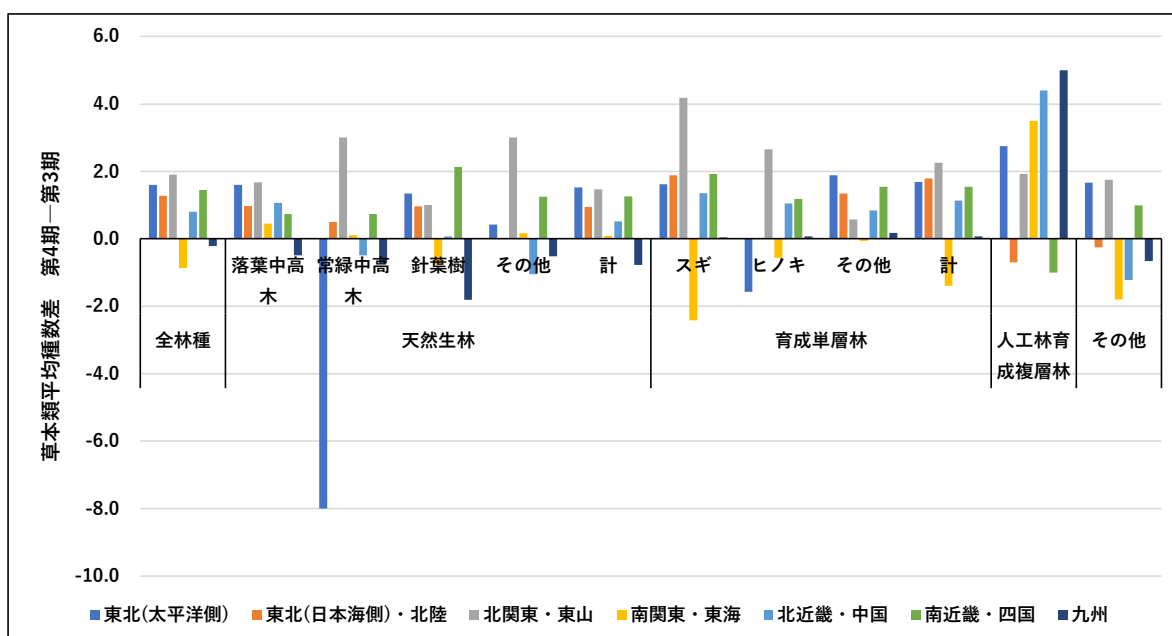
(3) 地域別草本類平均出現種数

図表3-23は、草本類平均出現種数について第4期から第3期を差し引いた差を、スギ地域別にグラフ化したものである。

東北(太平洋側)の天然生林常緑中高木が極端に減少しているが、調査プロット数が少ないことが影響していると考えられる。

南関東・東海地域では、全般的に減少傾向を示しており、育成単層林スギにおいても2種以上減少している。北関東・東山地域の育成単層林スギでは、4種類以上増加しており、北関東地域と南関東地域では正反対の傾向を示している。

図表3-23 地域別草本類平均出現種数(北海道・沖縄県を除く)



3-5 絶滅危惧種の期間変動分析

3-5-1 絶滅危惧種の定義と分析方法

(1) 絶滅危惧種の定義と維管束植物種数

絶滅危惧種の定義は、環境省が2020年に公表している図表3-24の定義によるものとし、絶滅危惧種のうち維管束植物種については、2020年版を基準とした。

図表3-24 絶滅危惧種の定義及び維管束植物種数

分類		備考	維管束植物種数 2020
絶滅(EX)		我が国ではすでに絶滅したと考えられる種	28
野生絶滅(EW)		飼育・栽培下あるいは自然分布域の明らかに外側で野生化した状態でのみ存続している種	11
絶滅危惧種	絶滅危惧Ⅰ類(CR+EN)	絶滅の危機に瀕している種	1,049
	－絶滅危惧ⅠA類(CR)	ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの	529
	－絶滅危惧ⅠB類(EN)	ⅠA類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの	520
	絶滅危惧Ⅱ類(VU)	絶滅の危険が増大している種	741
	準絶滅危惧(NT)	現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種	297
	情報不足(DD)	評価するだけの情報が不足している種	37
	絶滅のおそれのある地域個体群(LP)	孤立した地域個体群で、絶滅のおそれが高いもの	
		計	2,163

(2) 分析方法

第3期、第4期の同一調査プロット(図表3-1による林種調整後の7,691調査プロット)について、絶滅危惧種の出現プロット数の変化を分析する。

分析は、

- ①全国林種別絶滅危惧種の出現状況
 - ②地域別(スギ地域)林種別絶滅危惧種の出現状況
- について行う。

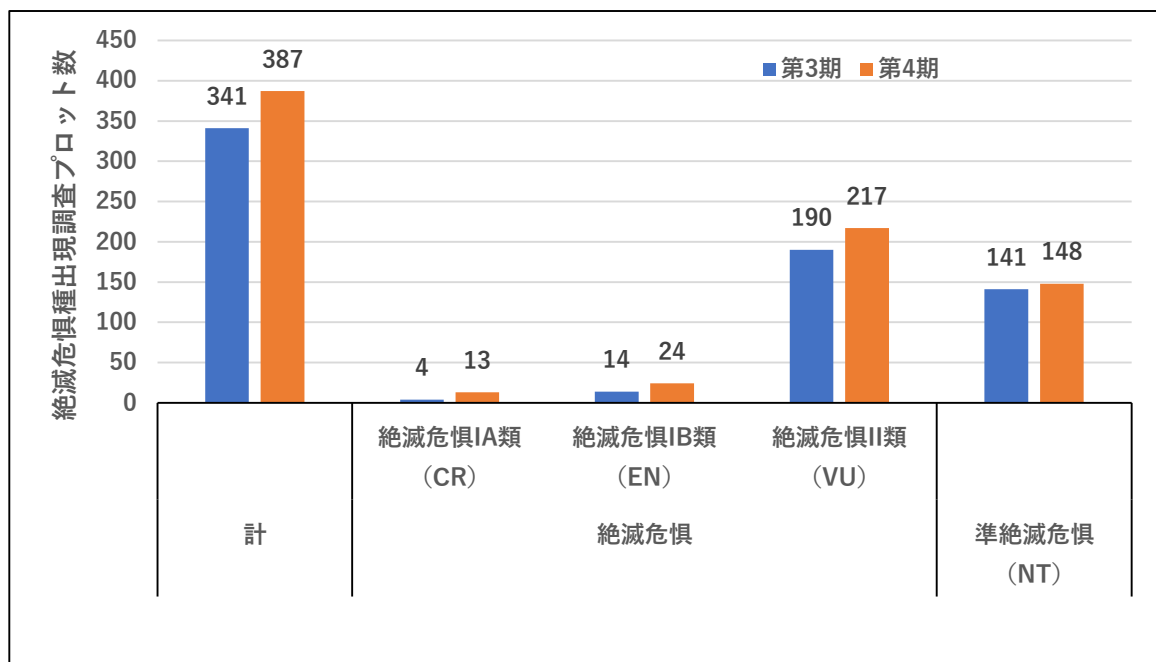
3-5-2 全国絶滅危惧種の期間変動

(1) 全国絶滅危惧種の出現プロット数

図表3-25は、絶滅危惧種の種別に、絶滅危惧種が出現したプロット数をカウントした結果をグラフ化したものである。

第4期では、第3期に比べて出現プロットが46プロット増加しており、特に絶滅危惧ⅠB類とⅡ類において増加しているが、増加率でみると、全種では1.13倍、絶滅危惧ⅠA類では3.3倍、同ⅠB類で3.3倍、ⅠB類で1.7倍、同Ⅱ類で1.1倍、準絶滅危惧で1.1倍となっており。絶滅危惧Ⅰ類で増加している。

図表3-25 全国絶滅危惧種の出現プロット数



(2) 林種別にみた絶滅危惧種出現プロット数

図表3-26は、林種別にみた絶滅危惧種の出現プロット数について、第3期と第4期をグラフ化したものである。

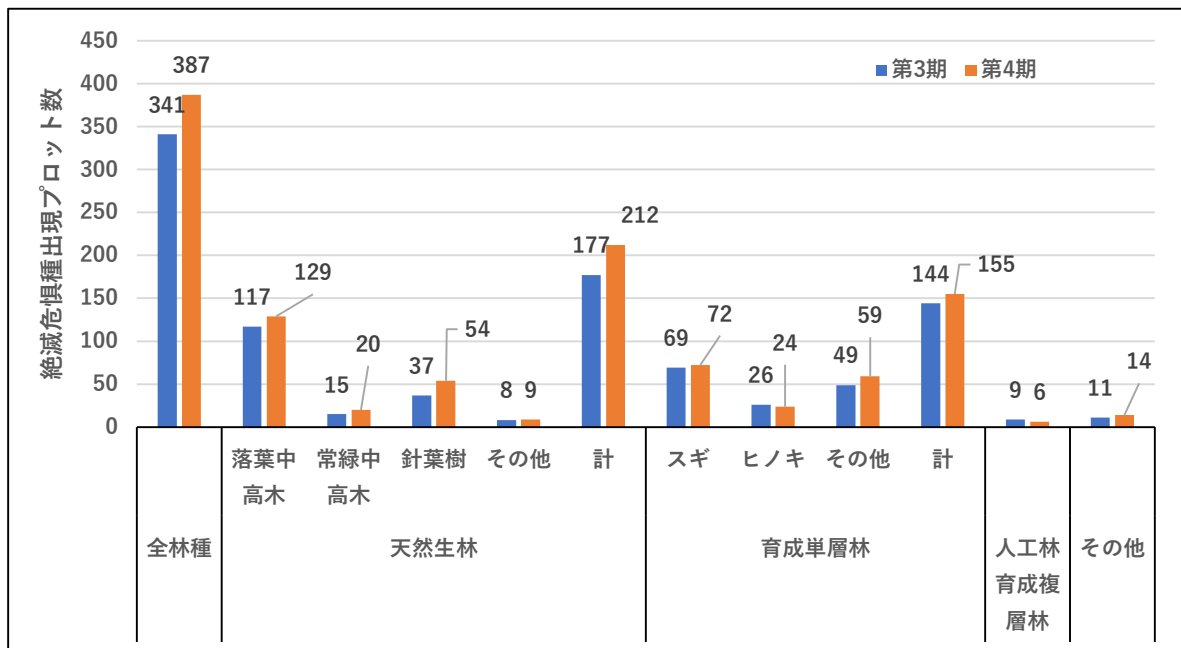
育成単層林ヒノキ、人工林育成複層林ではそれぞれ2プロット、3プロットの減少となっているが、その他の林種では全て増加となった。

増加率でみると天然生林では20%、育成単層林では8%と天然生林の増加度合いが大きくなっている。

天然生林の林種別にみると、針葉樹の増加率が46%、常緑中高木が33%と高くなっている。

育成単層林では、その他の樹種が20%と高くなっているが、その他の樹種は主にカラマツ、トドマツ等の北方系の樹種である。

図表3-26 林種別にみた絶滅危惧種出現プロット数

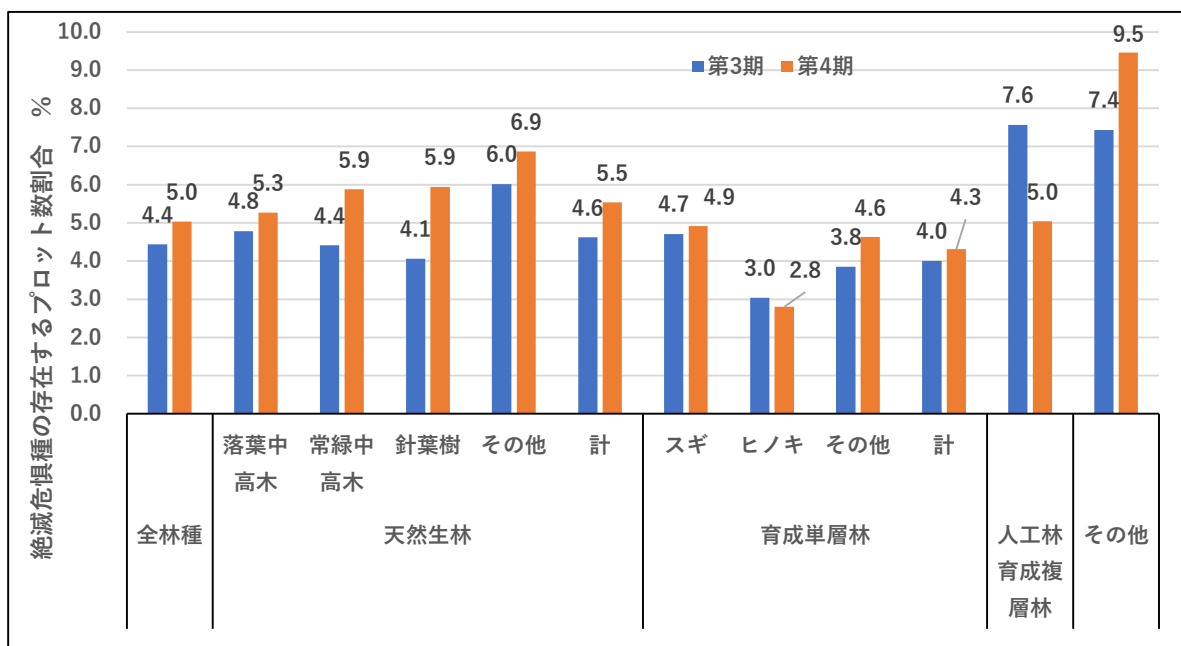


(3) 全調査プロット数に対する絶滅危惧種出現プロット数の割合

図表3-27は、全調査プロットに占める絶滅危惧種の出現プロット数の割合を算出したグラフである。

第3期では4.4%、第4期では5%の森林に絶滅危惧種が存在する。育成複層林の絶滅危惧種の出現プロット数の割合が特に減少している。また、その他の林種では9.5%の森林に絶滅危惧種が出現している。

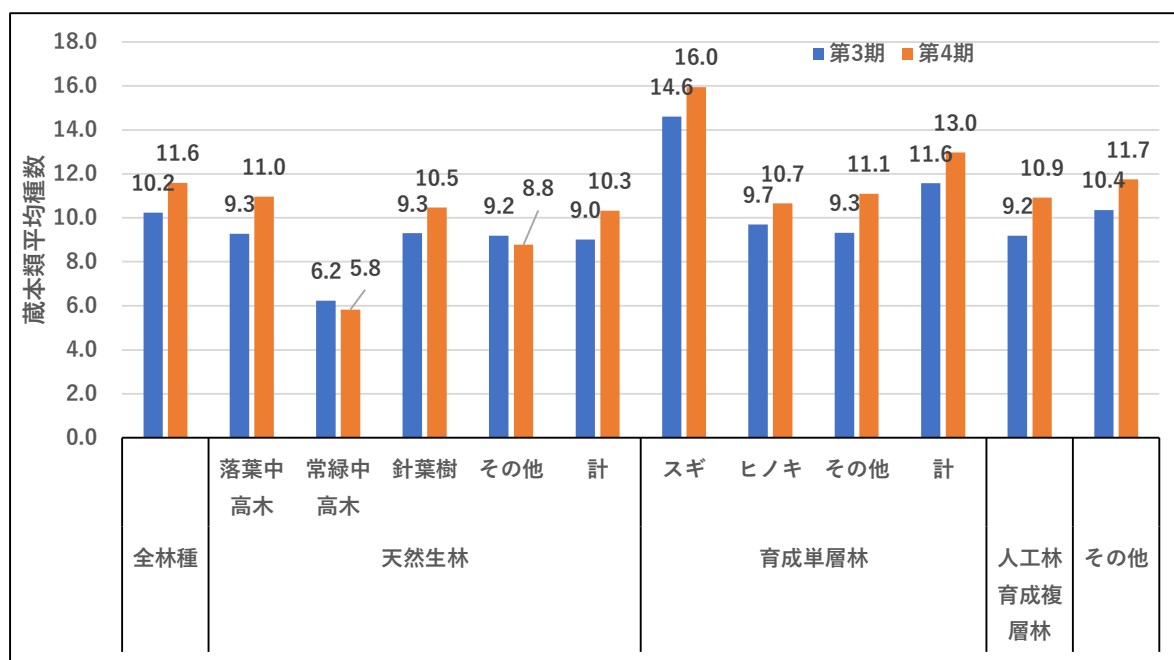
図表3-27 全調査プロット数に対する絶滅危惧種出現プロット数の割合



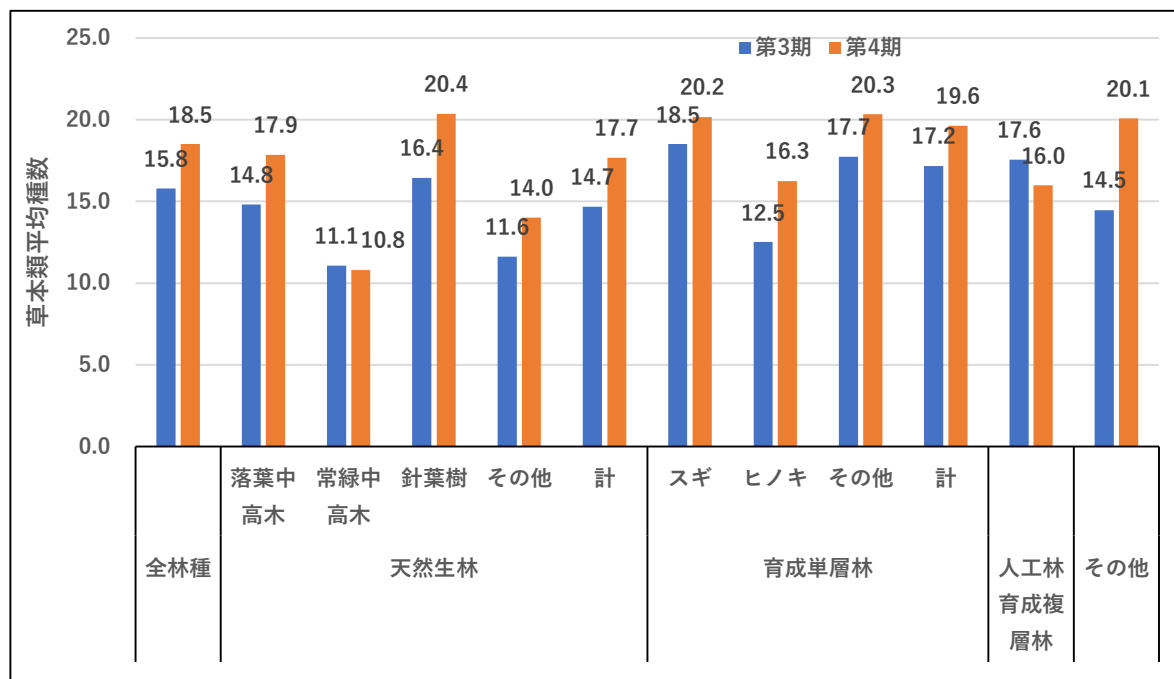
(4) 絶滅危惧種出現プロットにおける草本類平均種数

絶滅危惧種の存在する調査プロットにおける草本類平均出現種数は、全調査プロットにおける草本類平均出現種数よりも多くなるのではないかと推定されることから、両者について比較検討する。全調査プロットにおける草本類平均出現種数は、図表3-21(3-4-2(1))において分析しているが、参考のために図表3-28として再掲した。

図表3-28(図表3-21の再掲) 全国調査プロットの草本類平均出現種数



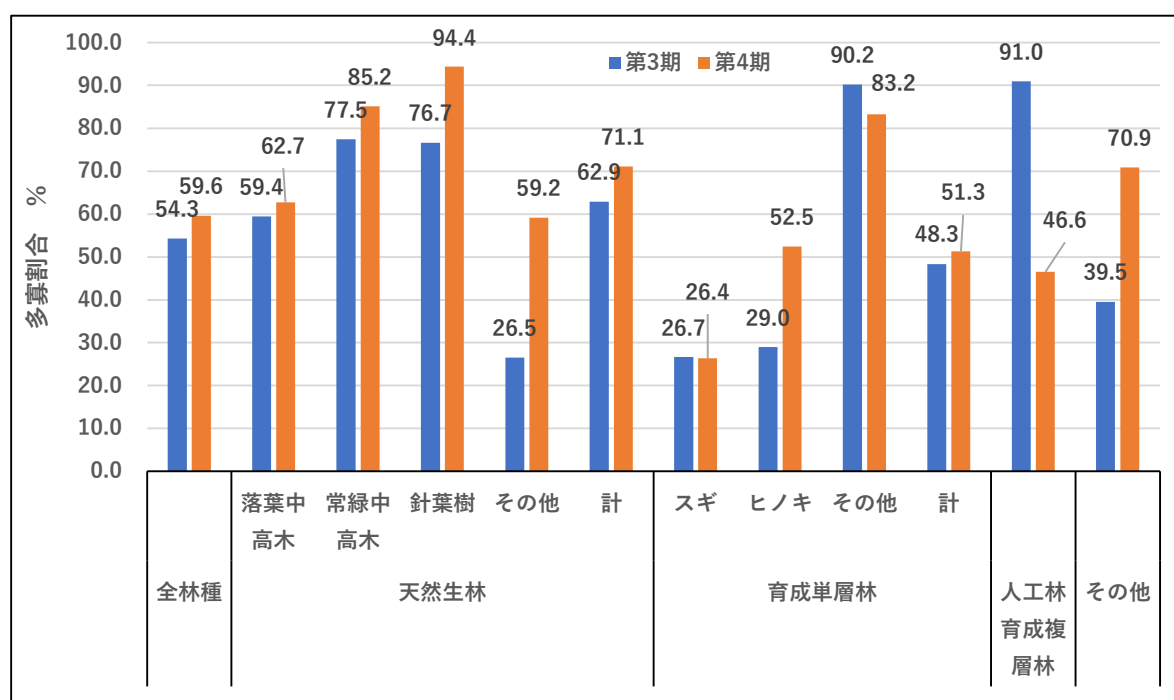
図表3-29 絶滅危惧種の存在する調査プロットにおける草本類平均出現種数



図表3-29は、絶滅危惧種の存在する調査プロットにおける草本類の平均出現種数を示したグラフである。図表3-28と比較すると全ての林種において、絶滅危惧種の存在する調査プロットでは草本類出現種数が全国平均値を上回っている。

図表3-30は、草本類出現種数の全国平均と比較した多寡割合を算出したグラフである。第3期よりも第4期の方が全国平均よりも多くなっている。しかし、育成単層林スギは、他の林種に比べて、絶滅危惧種の存在するプロットの草本類平均出現種数の多寡割合が、第3期で26.7%増、第4期で26.4%増と他の林種に比べて格段に低い割合となっている。

図表3-30 全国草本類平均出現種数と比較した絶滅危惧種の存在するプロットにおける草本類平均出現種数の多寡割合(%)



3-5-3 地域別絶滅危惧種の期間変動

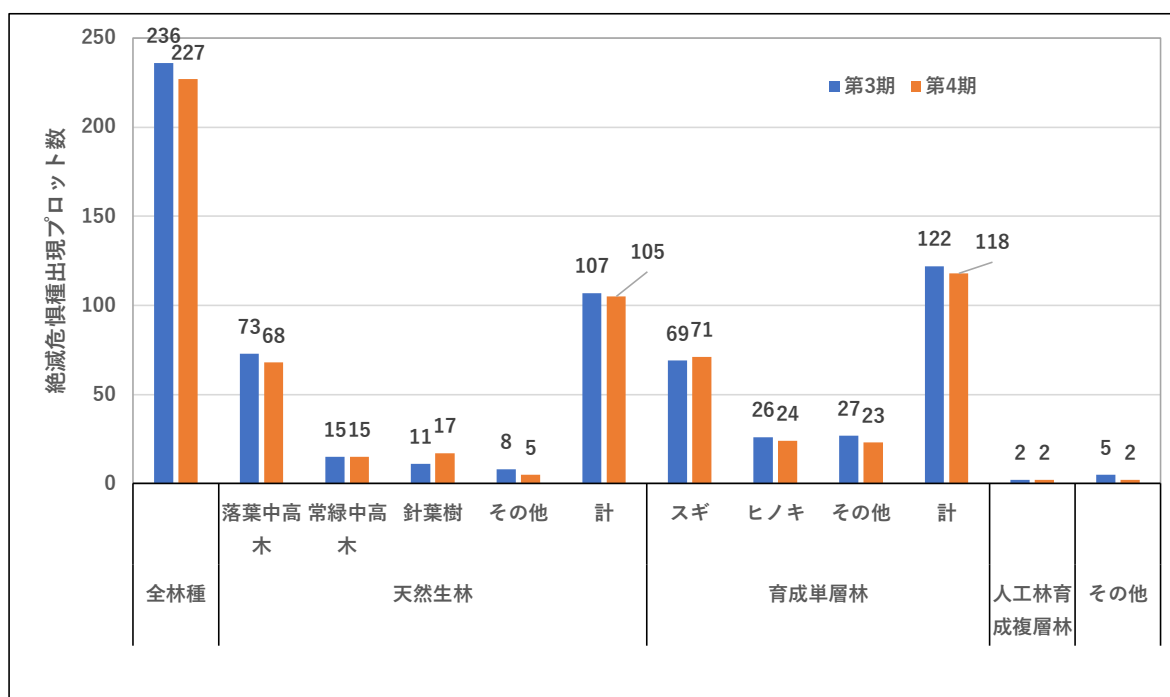
(1) スギ地域(北海道・沖縄県を除く)における絶滅危惧種

スギ地域(北海道・沖縄県を除く)の絶滅危惧種の出現プロット数をグラフ化したのが、図表3-31である。

前述のように全国では第3期に比べて第4期の絶滅危惧種の出現プロット数は増加しているが、スギ地域(北海道・沖縄県を除く)では、第4期に9プロットの減少となっている。

天然生林と育成単層林とを比較すると、育成単層林の方が絶滅危惧種の出現プロットが10プロット以上多い。

図表3-31 スギ地域の絶滅危惧種出現プロット数(北海道・沖縄県を除く)



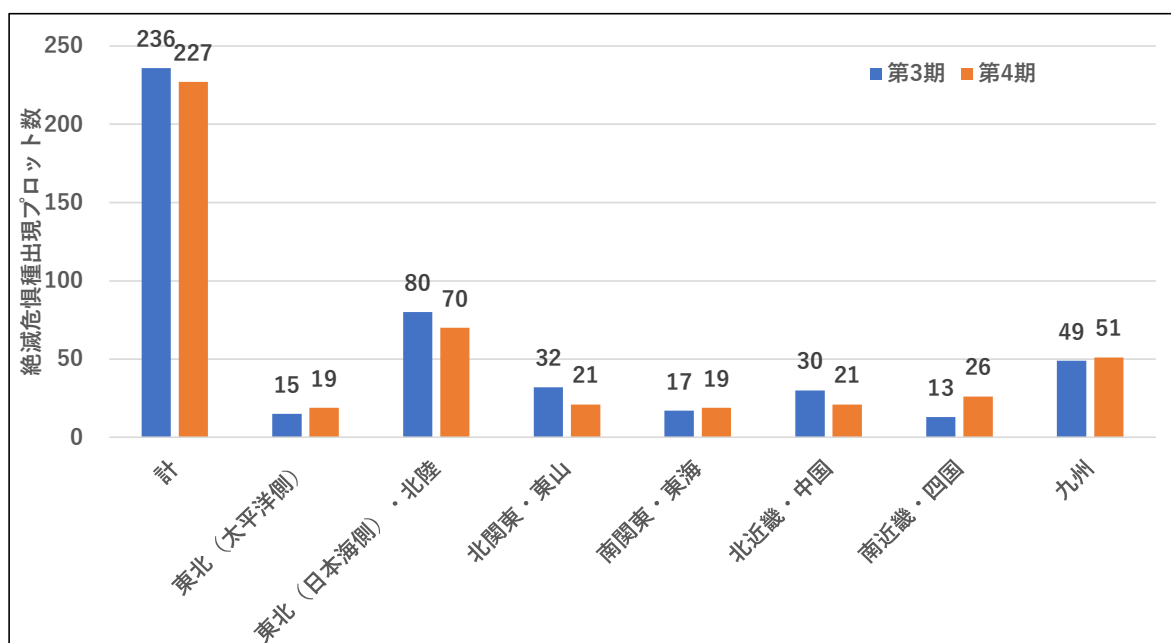
(2) 地域別の絶滅危惧種

図表3-32は、地域別に絶滅危惧種の出現プロット数をグラフ化したものである。

東北地域(太平洋側)、南近畿・四国地域、九州地域では増加しているが他の地域は減少である。

絶滅危惧種の出現プロット数が最も多い地域は、第3期、4期とも東北(日本海側)・北陸地域であるが、第4期では10プロットの減少となっている。

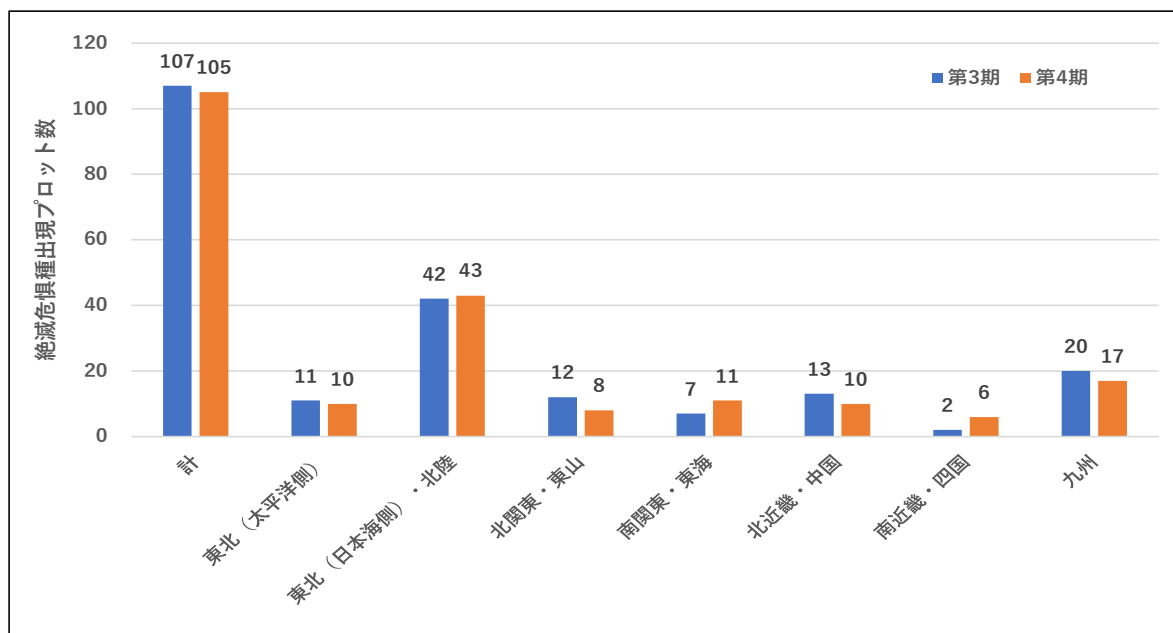
図表3-32 地域別絶滅危惧種出現プロット数(北海道・沖縄県を除く)



(3) 天然生林における地域別の絶滅危惧種

天然生林における絶滅危惧種の出現プロット数をグラフ化したのが図表3-33である。スギ地域全体では第3期に比べて第4期では2プロットとわずかに減少となっている。天然生林においても、東北（日本海側）・北陸地域の出現プロット数が多い。

図表3-33 天然生林地域別絶滅危惧種出現プロット数（北海道・沖縄県を除く）

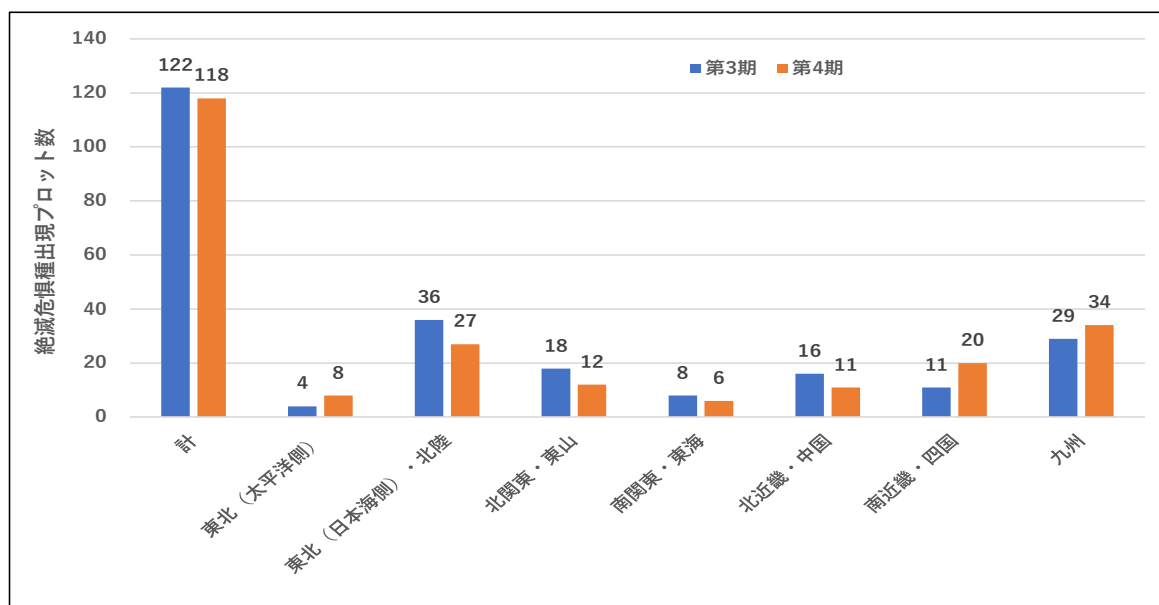


(4) 育成単層林における地域別の絶滅危惧種

図表3-34は、同様に育成単層林についてグラフ化したものである。

天然生林と同様に全体としては僅かに減少であるが、東北地域（太平洋側）、南近畿・四国地域、九州地域では増加となっている。

図表3-34 育成単層林地域別絶滅危惧種出現プロット数（北海道・沖縄県を除く）



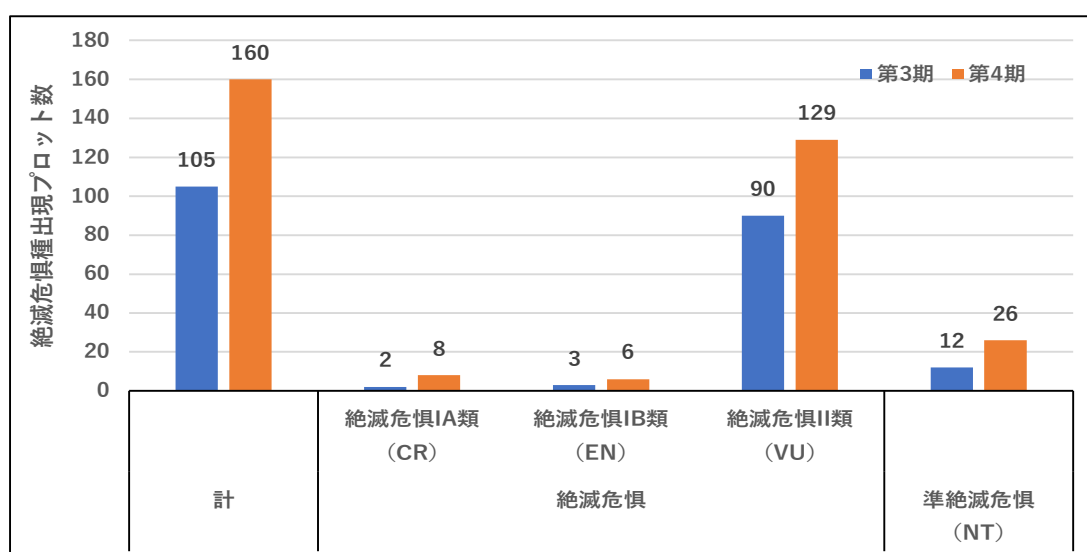
(5) 北海道・沖縄県における絶滅危惧種

スギ地域における絶滅危惧種の出現状況は、第4期では全国における出現プロット数の59%に過ぎず、残りの41%は、北海道・沖縄県に出現している。ちなみに、沖縄県では第3期には絶滅危惧種は見られず、第4期に8プロット出現しているので、大半は北海道に存在する。

そこで、都道府県別絶滅危惧種の集計結果から北海道・沖縄県を抽出して整理したグラフが、図表3-35、36である。

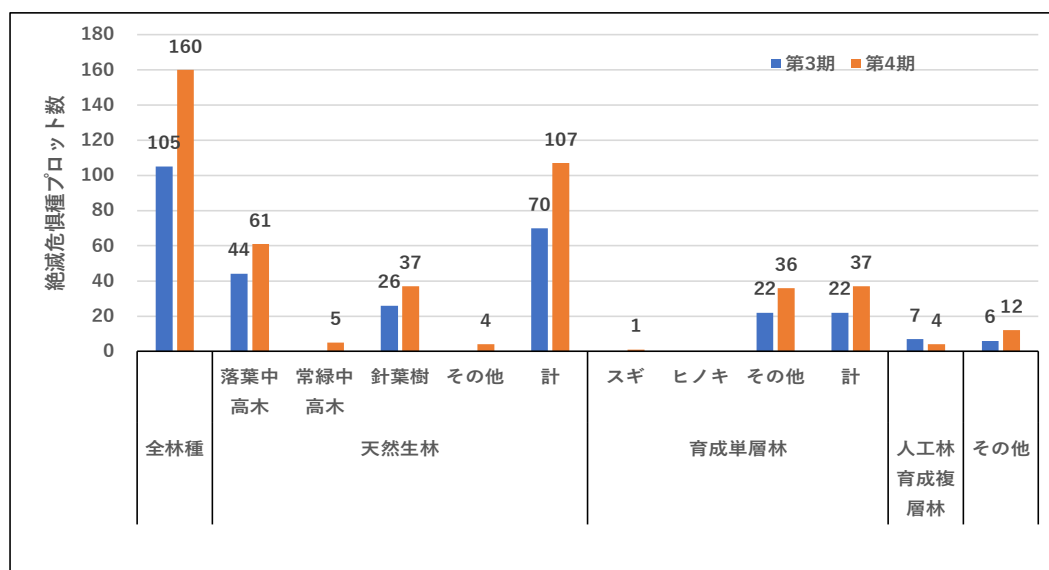
第3期では、沖縄県には絶滅危惧種は見られず北海道の105プロットに絶滅危惧種がみられ、そのうちの90プロットは、絶滅危惧Ⅱ類である。第4期には、北海道と沖縄県を合わせて160プロットに絶滅危惧種がみられ、第3期に比べて1.5倍に増加している。

図表3-35 北海道・沖縄県における絶滅危惧種の種類別出現プロット数



図表3-36により林種別の出現状況を見ると、天然生林における出現プロット数が多く、第3期には70プロット、第4期には107プロットと大幅に増加している。

図表3-36 北海道・沖縄県の林種別出現プロット数



3-6 森林被害と生物多様性に関する期間変動

3-6-1 森林健全性と森林被害について

森林の健全性については、モントリオール・プロセスの基準・指標の基準3「森林生態系の健全性と活力の維持」において示されているように、一般的には、「森林被害の発生面積、率」あるいは「通常の範囲を超えて病虫害・森林火災等の影響を受けた森林の面積」等のように森林被害の状況・状態であると考えられる。

森林生態系多様性基礎調査においては、森林被害種として病虫害、獣害（野生動物）、気象害について、詳細な要因別（例えば動物種毎）に調査項目が設定され調査が実施されている。

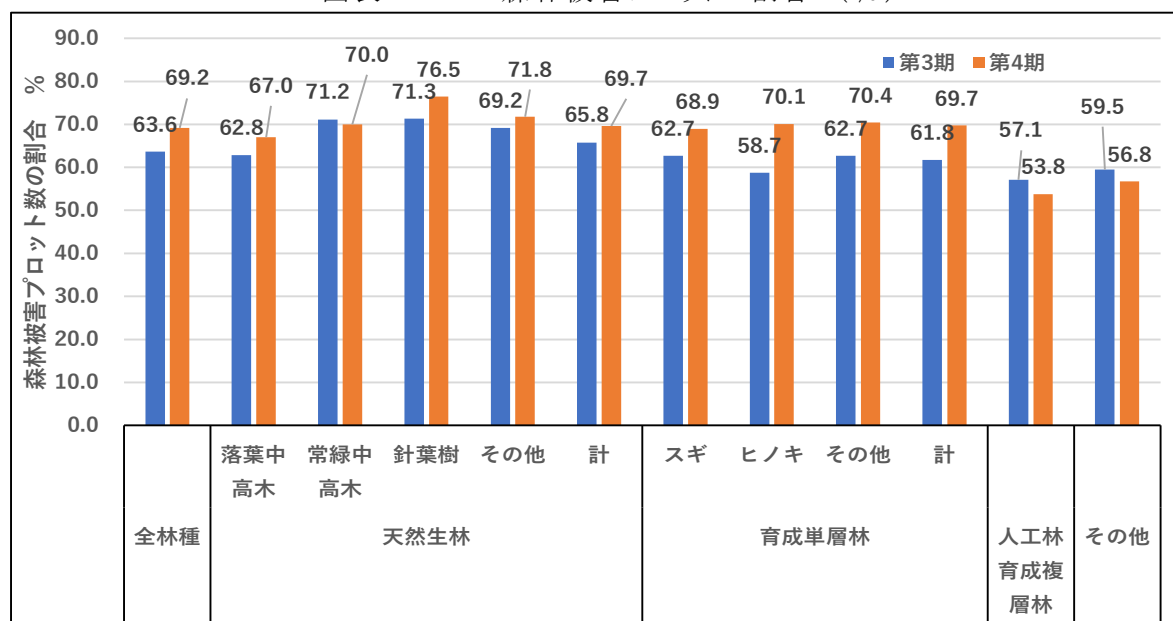
本調査では、病虫害、獣害（野生動物被害）、気象害について森林被害の有無について分析する。また、獣害（野生動物被害）のうち、最も被害の多い加害種であるシカについては、フィールドサインも含めてカウントした。

3-6-2 森林被害状況の期間変動

（1）森林被害プロットの割合

図表3-37は、森林被害のあった調査プロットの割合を林種別に算出したグラフである。全林種では第3期が63.6%、第4期が69.2%といずれも60%以上の森林に何らかの被害痕跡が認められ、かつ、第3期に比べて第4期には森林被害が増加している。ちなみに、この集計では、1調査プロットに病虫害・獣害・気象害のいずれかの被害があった場合にカウントしており、重複カウントはしていない。

図表3-37 森林被害プロットの割合（%）

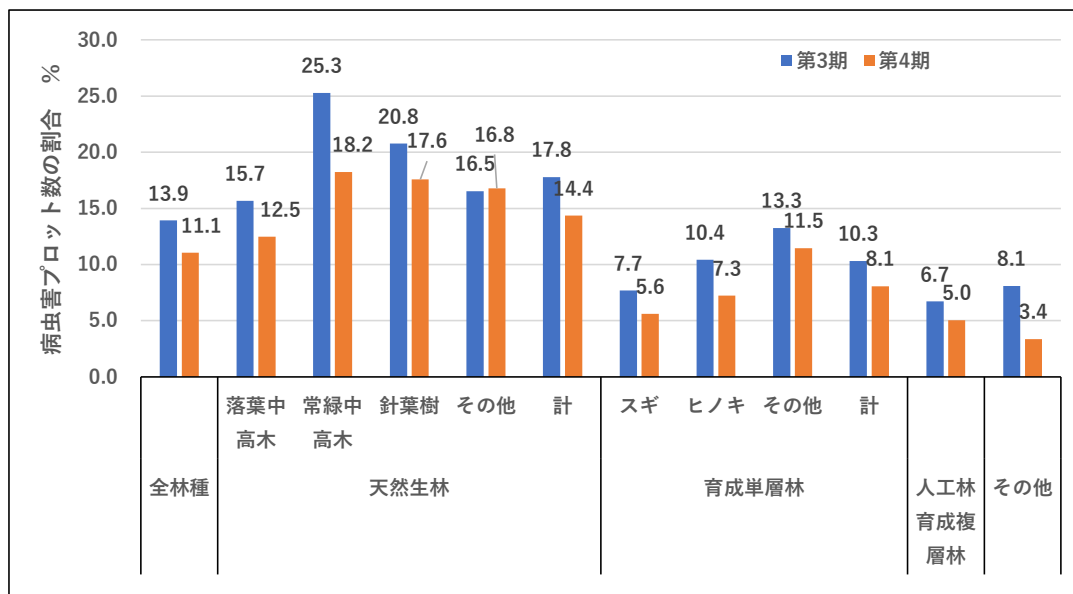


(2) 病虫害プロットの割合

図表3-38は、病虫害のあった調査プロット数を全調査プロット数で除した割合をグラフ化したものである。

病虫害は、第4期には第3期に比べて全ての林種で減少となった。第4期をみると、全調査プロットの11%で病虫害が見られる。

図表3-38 病虫害プロットの割合（%）

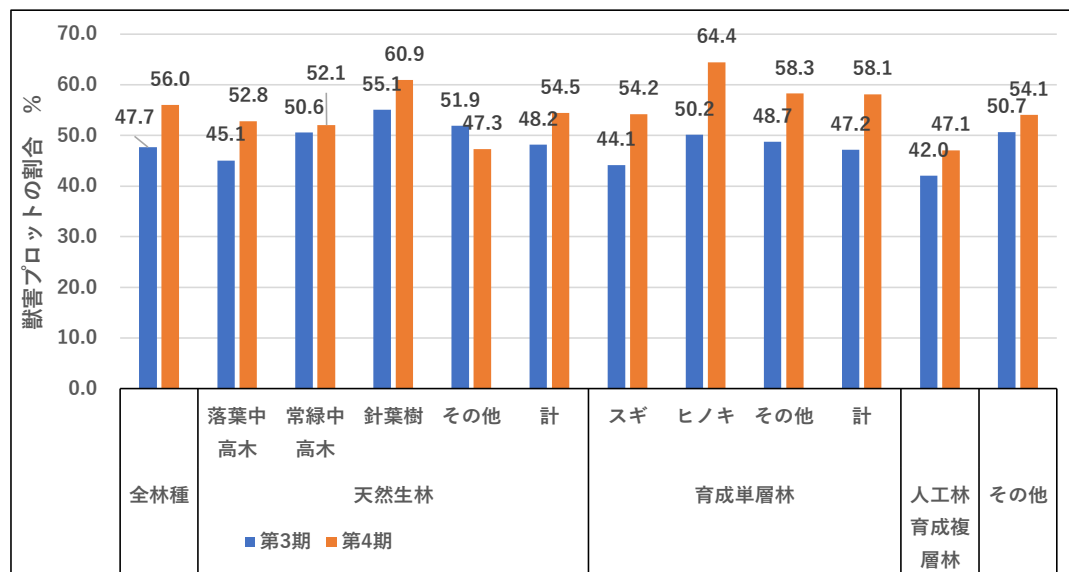


(3) 獣害(野生動物被害)プロットの割合

図表3-39は、獣害(野生動物被害)の発生割合をグラフ化したものである。獣害には、シカのフィールドサインが見られるプロットも含めて集計した。

天然生林その他以外の全ての林種において、第3期に比べて第4期に増加となっており、全林種では、第3期が47.7%、第4期では56%となり、第4期には獣害による被害森林の割合が過半数を超えている。

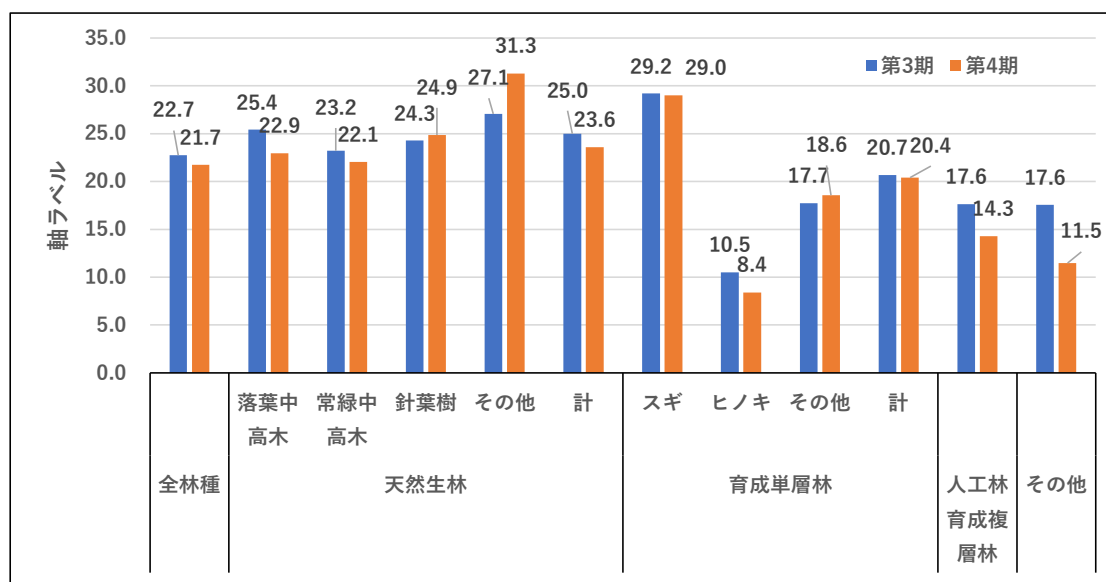
図表3-39 獣害(野生動物被害)プロットの割合（%）



(4) 気象害プロットの割合

図表3－40は、気象害プロットの割合を示したものであるが、第3期、第4期とも全林種では22%程度の被害割合となっており、ほとんど変動していない。天然生林での被害割合が育成単層林に比べてやや高い傾向を示しており、育成単層林ではスギの被害割合が高い。

図表3－40 気象害プロットの割合（%）



3－6－3 獣害(野生動物被害)と生物多様性

(1) 獣害と生物多様性との関連性について

森林被害の拡大・増加は、野生動物の食餌環境が向上したことにより野生動物の栄養状態が改善し、出産・生存率が高くなり、生息個体数が増加したことが大きな要因となっていると考えられる。このことは、野生動物の多様性が向上したとも言えるが、一方では、個体数の増加に伴い林床植物の植被率の低下、あるいは、植物種数の減少等の植物種の多様性が低下することが考えられる。

そこで、低層木植被率、木本類種数、草本類植被率、草本類種数について、期別にかつ獣害の有無別の変化を分析した。

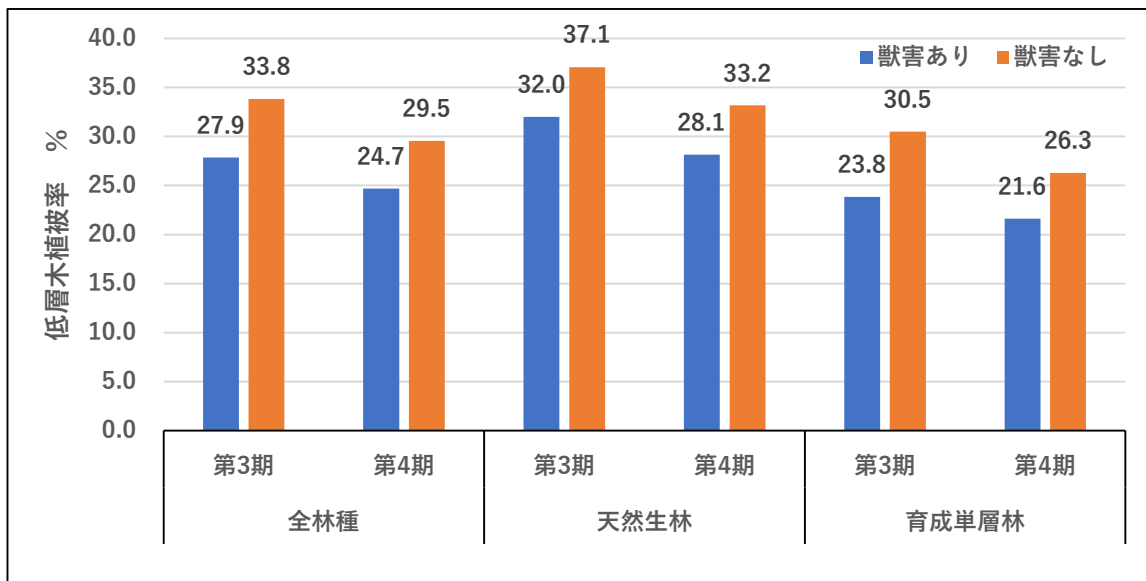
また、シカによる森林被害と土壌侵食との関係も考えられることから、獣害と土壌侵食についても分析を行った。

(2) 獣害と低層木植被率

図3－41は、全林種、天然生林、育成単層林について期別の低層木植被率を、獣害の有無別にグラフ化したものである。

第3期と比較して第4期の低層木植被率は低下している。低層木植被率は、第3期、第4期とも、獣害なしのプロットで植被率が高くなっている。

図表3-41 獣害と低層木植被率の関係

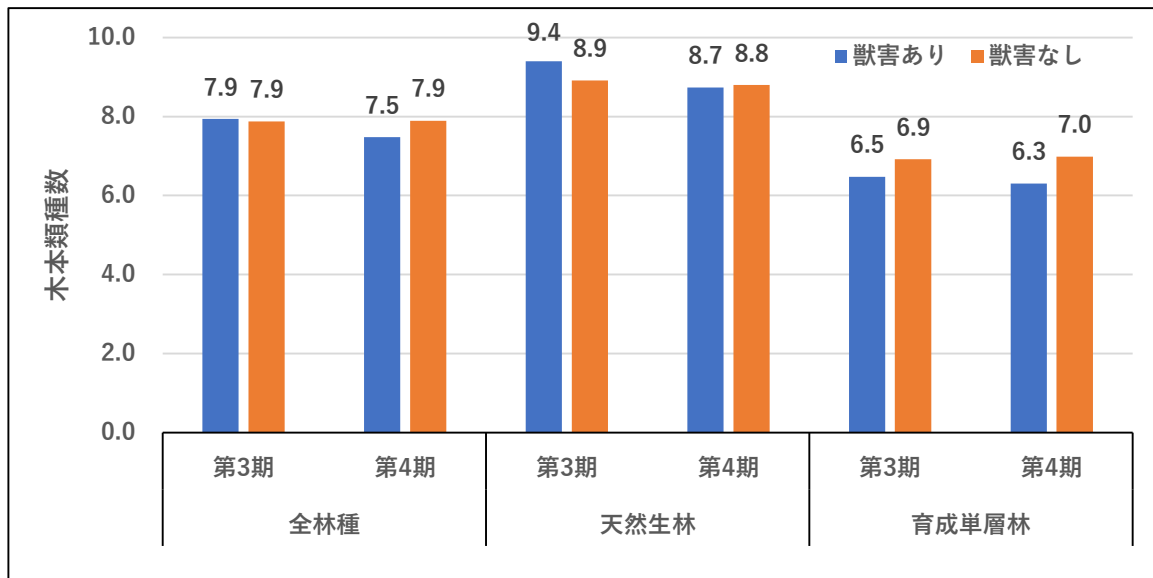


(3) 獣害と木本類種数

図表3-42は、同様に木本類平均種数を算出したグラフである。

木本類の平均出現種数は、第3期、第4期ともほとんど変化はなく、かつ、獣害の有無にもあまり関係していないと考えられる。

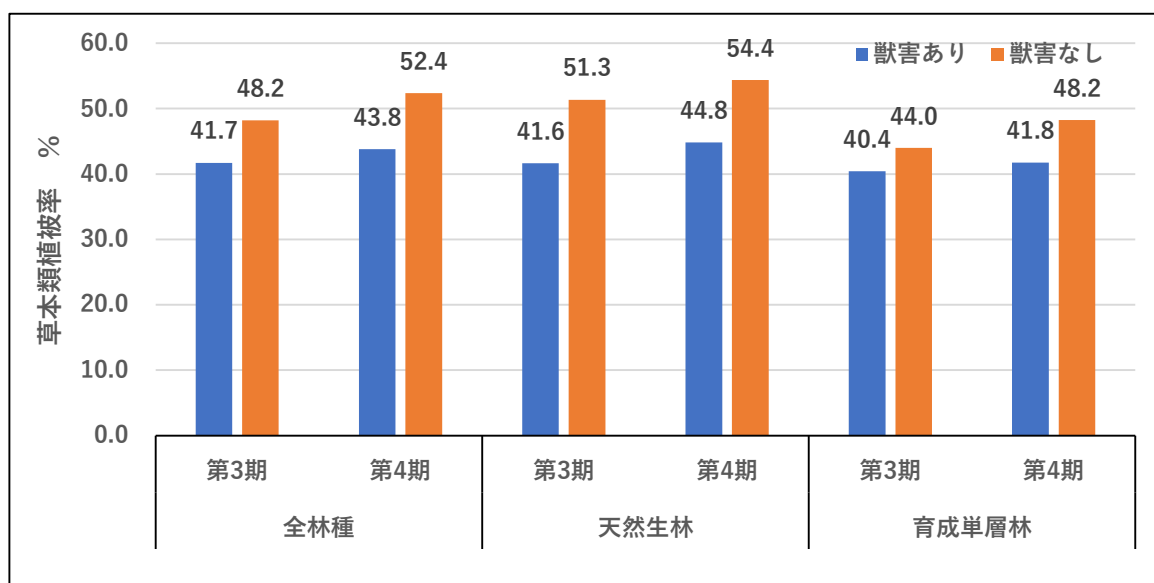
図表3-42 獣害と木本類平均種数との関係



(4) 獣害と草本類植被率

図表3-43は、獣害と草本類植被率の関係をグラフ化したものである。獣害ありに比べて獣害なしの場合、全ての林種について植被率は高くなっており、育成単層林第4期では、48%の植被率となっている。

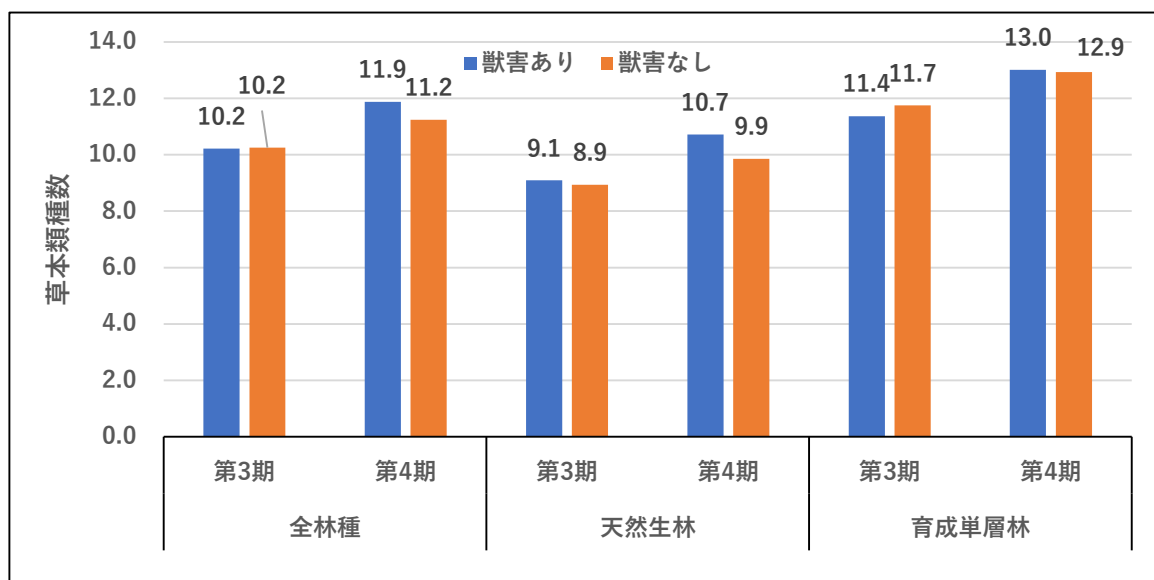
図表3-43 獣害と草本類植被率の関係



(5) 獣害と草本類平均種数

図表3-44は、同様に獣害と草本類平均出現種数との関係をグラフ化したものである。第3期、第4期とも獣害の有無と出現種数との関係は見られず、ほぼ同数の出現となっている。

図表3-44 獣害と草本類平均出現種数との関係



3-7 育成単層林スギの生物多様性

3-7-1 育成単層林スギ・ヒノキの分析視点

本章前節までは、わが国の森林全般について、第3期調査と第4期調査の結果を比較し、わが国森林の植物種の多様性に関する一般的状況変化を把握したものである。一方、人工林育成単層林では、立木密度の変動に伴い、下層植生植被率が変化し、そのことが水土保持機能に大きく影響することが知られており、森林整備保全事業計画の成果指標において水土保持機能として掲げられている。

本調査事業の課題では、人工林における生物多様性の保全機能の視点が重要であることから、育成単層林スギタイプ、ヒノキタイプについて詳細に分析することとした。

3-7-2 基礎調査データの整理

森林生態系多様性基礎調査データから人工林・育成単層林・スギ、ヒノキを抽出するのはそれほど容易ではない。本調査では図表3-1に示したように、第3期と第4期の同一調査プロットを比較分析することで期間の変化を見てきた。育成単層林スギ、ヒノキについても同様の考え方で分析を進めることとする。

基礎調査の林種、林種細分は、森林簿の調査結果を反映しているが、実態としては、例えばスギとヒノキ、スギとカラマツ等の混交状態がかなり存在し、かつ、調査プロットが必ずしも林分の標準的状态を示すとは限らないため、小円部にスギが存在しない等のデータも存在する。

そこで、図表3-45のように基礎調査様式2-2のデータを元に分析用データを編集整理した。以下、集計分析では、図表中のG(集計対象データ)を利用することとした。

図表3-45 育成単層林スギ・ヒノキの分析用データの整理過程

記号	項目	育成単層林スギ		育成単層林ヒノキ	
		第3期	第4期	第3期	第4期
A	様式2-2のうち対象林種のプロット数	1,824	1,719	1,054	1,019
B	条件1のプロット数	457	459	302	287
C=A-B		1,367	1,260	748	732
D	条件2のプロット数	254	175	129	110
E=C-D		1,113	1,085	619	622
F	条件3のプロット数	87	59	38	41
G=E-F	集計対象データ	1,026	1,026	581	581

条件1：樹高記載なし。対象林種と他の針葉樹が混交しているプロット。

条件2：一方の調査期に存在しないプロット。

条件3：図表3-1の評価対象データに存在しないプロット。

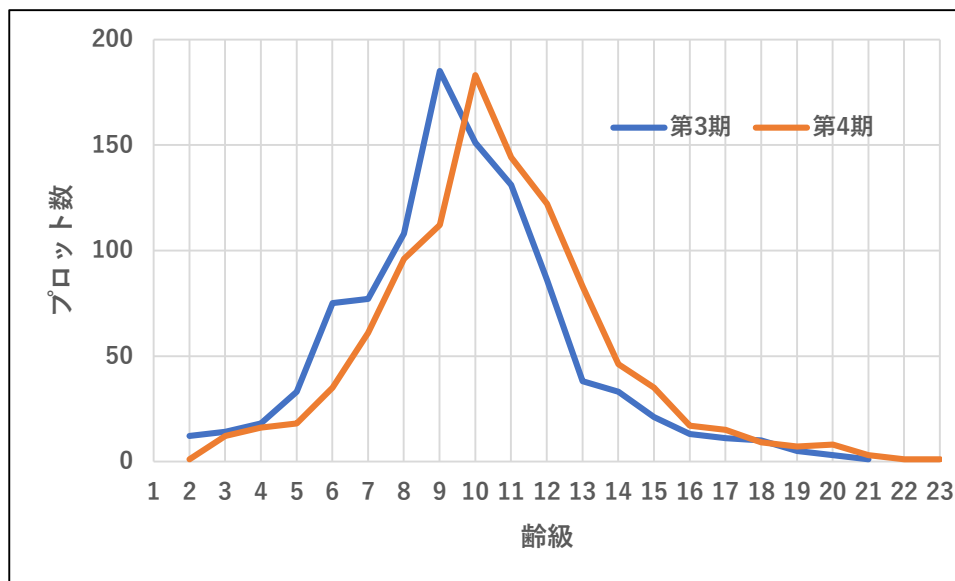
注：スギの林齢のうち誤記入等が数件あり、片方の期の林齢があるものについては手作業で修正した。両期ともゼロと記載されたデータが1件あったが、そのまま利用しているため、年齢別分析では除外されている。

3-7-3 齢級別分析

(1) 齢級別分析の方法

図表3-46は、齢級別のプロット数をグラフ化したものである。第3期では、9 齢級がピークであり185プロット、第4期では10 齢級がピークで183プロットとなっている。第3期、4期データとも同一調査プロットであるから、本来は第3期185プロットが第4期には10 齢級にそのまま移行しなければならないが、第4期の林齢が第3期の林齢プラス5とはなっていないプロットが各齢級に少し存在する。恐らく、森林簿記載の林齢の更新時期の問題かと思われるが、原因は不明である。

図表3-46 スギの齢級構成



以上のように、齢級による分析では、データ件数が少ないこともあってばらつきが大きくなることから、ある程度齢級をまとめた齢級階級（例えば、6 齢級から 8 齢級をまとめる等）により集計分析を行うこととした。

図表3-47は、数齢級をまとめた齢級階級と、森林整備保全事業の事業対象である森林環境保全直接支援事業の作業種との対応関係を示した図である。間伐、更新伐については齢級の上限は示されているが下限の記載がないので、一般的な施業知見に基づいて齢級範囲を設定した。また、育成単層林について検討することから、複層林等の他の更新方法による作業林齢範囲は含まれていない。

森林整備保全事業との関わりは、事業計画の成果指標の検討において不可欠であるが、図からもわかるとおり、長期間にわたり必要とする作業種は、枝打ち、保育間伐、間伐、更新伐等である。間伐とそれと一体として実施する枝打ちが基本的な作業である。

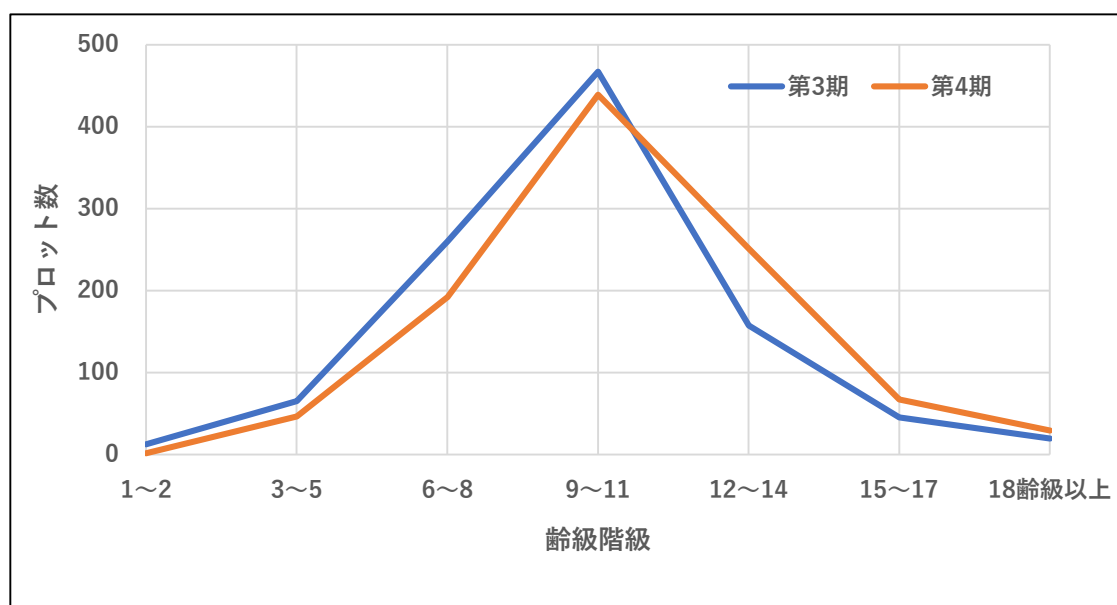
図表3-48は、齢級階級別のプロット数を示したものであるが、3～5 齢級以下、15～17 齢級以上でのプロット数が少ない。そのため、以後の集計においても平均値等でばらつきが大きくなるので、この齢級範囲については参考程度に留まると考えられる。

図表3-47 齢級階級の構成と森林環境保全直接支援事業の作業種

齢級階級	齢級	作業種								付帯施設等整備	森林作業道整備
		下刈り	枝打ち	雪起こし	倒木起こし	除伐	保育間伐	間伐	更新伐		
幼齢期	1～2	1								人工造林・樹下植栽等及び左記作業種と一体的に実施	人工造林・樹下植栽等及び左記作業種と一体的に実施
		2									
除伐期	3～5	3									
		4									
		5									
間伐期	6～8	6									
		7									
		8									
標準伐期	9～11	9									
		10									
		11									
長伐期1	12～14	12									
		13									
		14									
長伐期2	15～17	15									
		16									
		17									
高齢期	18齢级以上	18～									

注 → : 条件が付与されている

図表3-48 スギの齢級階級別構成



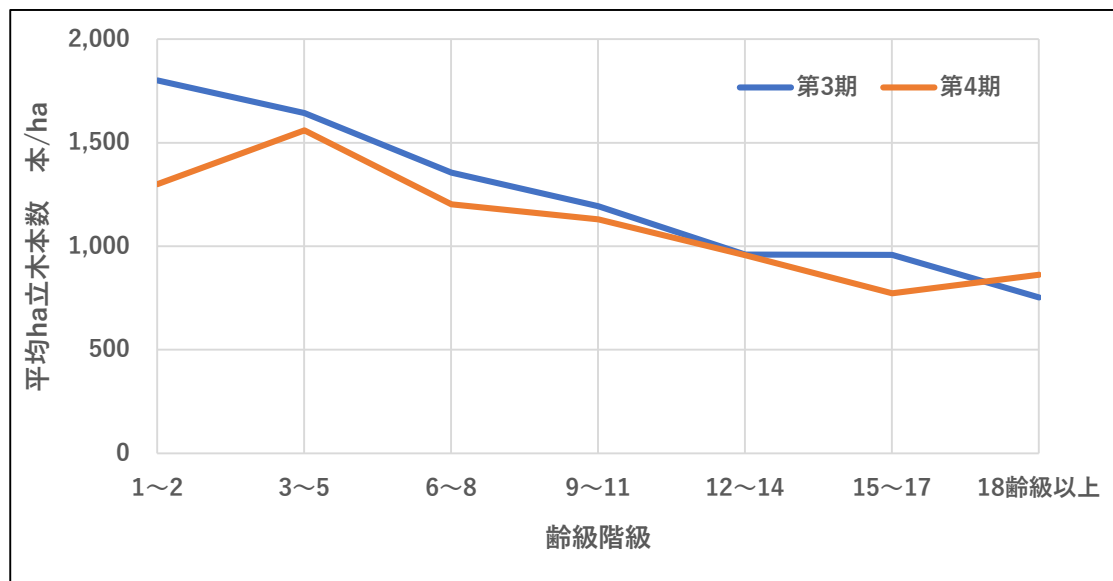
(2) 立木密度

1) 平均 ha 当り立木本数

図表3-49は、ha 当りの立木本数を示したものである。第3期、第4期ともほぼ一致しているが、第4期の方が僅かに少なくなっている。第3期から5年間に間伐等により立木本数の減少分が第4期の次の齢級に反映されるため、同一調査プロットの期間比較では、間伐強度、間伐実施率等により必ずしも一致しない。

齢級階級が9～11 齢級では、ha 当り平均立木本数は、1,100/ha～1,200 本/ha 程度であると推定される。

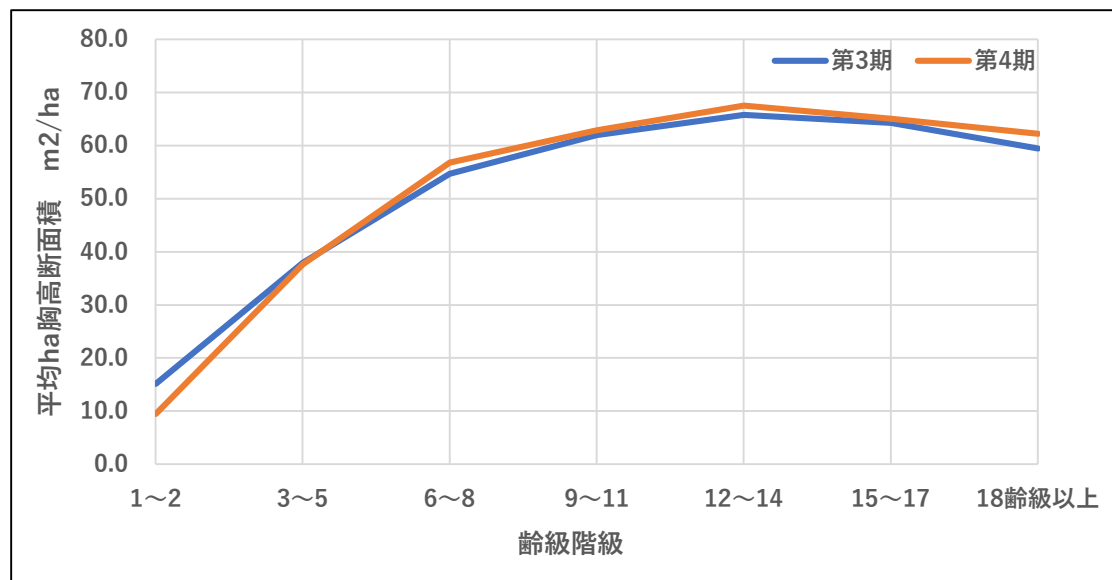
図表3-49 スギの平均 ha 当り立木本数



2) 平均 ha 当り胸高断面積

図表3-50は、平均 ha 当り胸高断面積である。9年齢級～11年齢級の平均値は、 $62\text{m}^2/\text{ha}$ ～ $63\text{m}^2/\text{ha}$ 程度と推定される。高齢級では減少傾向を示し、12年齢級～14年齢級で $66\text{m}^2/\text{ha}$ 程度と最大となる。第3期と第4期ではほぼ一致している。

図表3-50 スギの平均 ha 当り胸高断面積

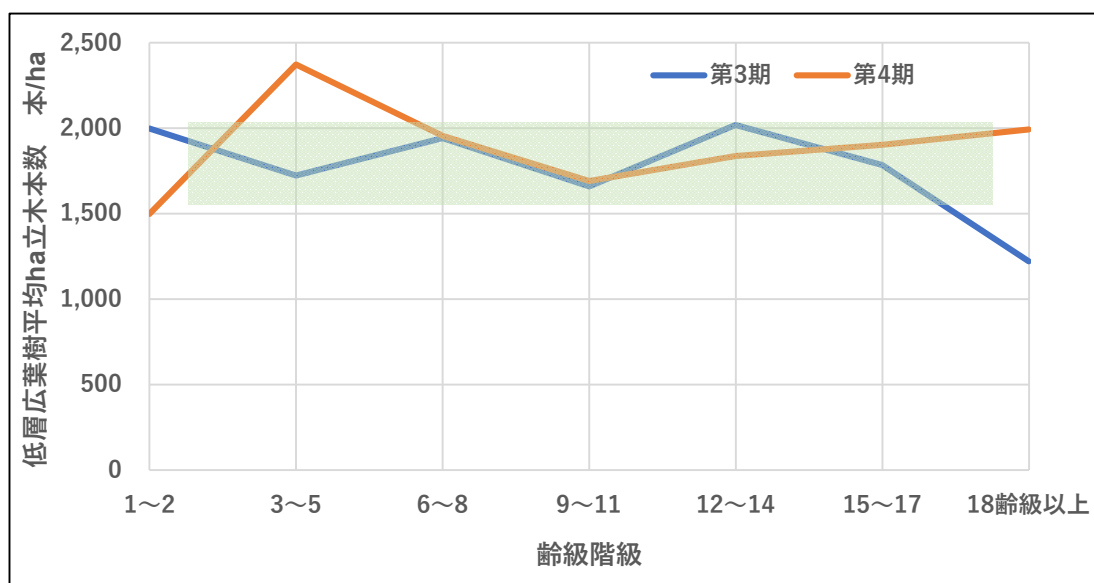


(3) 低層木 ha 当り立木本数

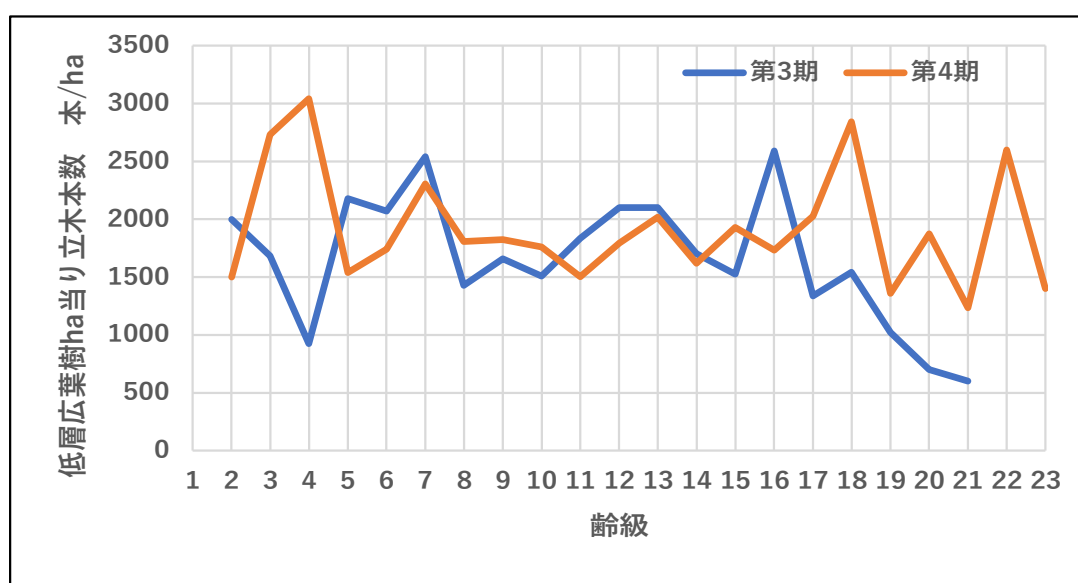
図表3-51は、スギ以外の低層に存在する広葉樹の ha 当り立木本数を示している。密度管理の状況にもよるが、概ね、どの年齢級においても、1,500 本/ha～2,000 本/ha 程度が維持されていると推定される。ちなみに年齢別の同様のグラフも掲載した。

図表3-51 低層広葉樹の平均 ha 当り立木本数

齢級階級別



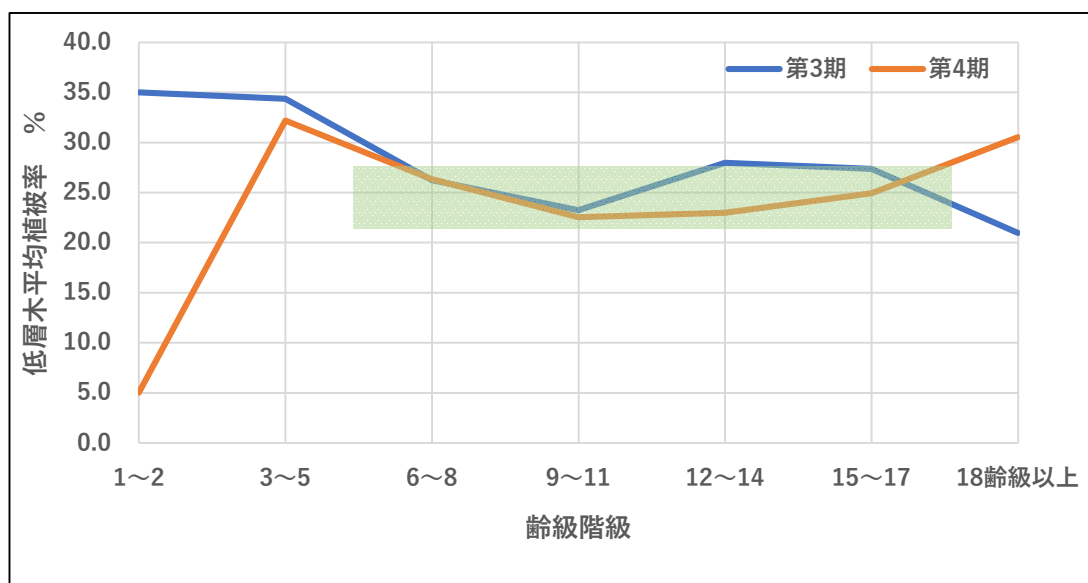
齢級別



(4) 低層木平均植被率

図表3-52は、低層木平均植被率のグラフである。6 齢級から 17 齢級までは、第 3 期、第 4 期とも、25%前後となっており、別途齢級別の集計結果もこのグラフと同様の傾向を示した。9 齢級から 11 齢級で 22%~23%程度と低植被率になっている。若齢級、高齢級でばらつきがあるのは、プロット数が少ないためと考えられる。

図表3－52 低層木平均植被率

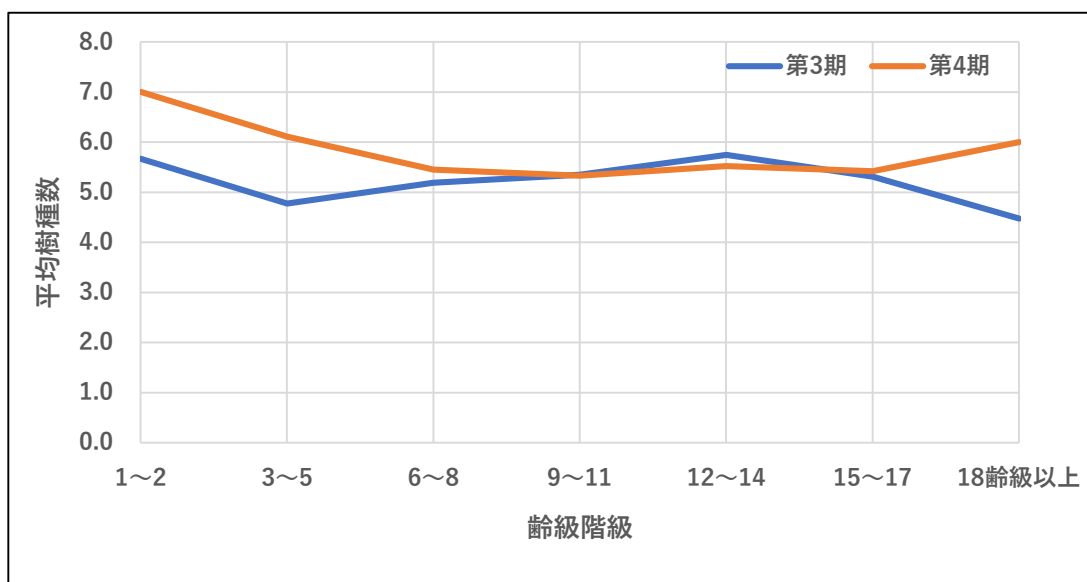


(5) 木本類樹種数

図表3－53は、スギを含む木本類の年齢階級別平均樹種数を示したものである。広葉樹の樹種数は、1を引くと求められる。

6年齢級から17年齢級までは、5.3種程度でほぼ一定であり、第3期、第4期とも同じ状態にある。

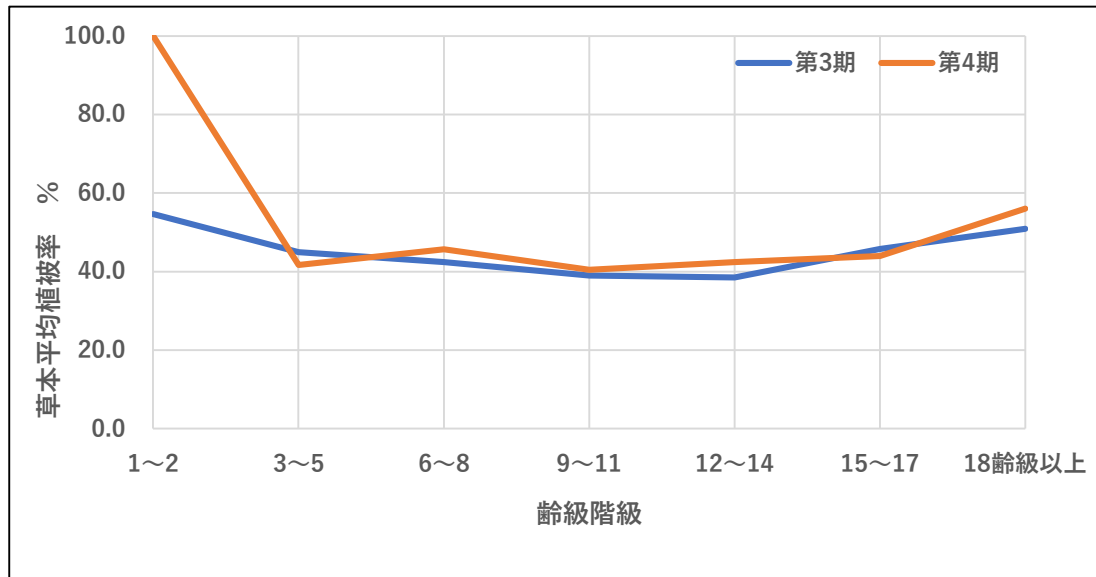
図表3－53 木本類樹種数



(6) 草本類平均植被率

図表3-54は、草本類の平均植被率をグラフ化したものである。3 齢級以上で調査期及び 齢級階級に依らず、40% 前後となっているが、15 齢級以上ではやや向上し、18 齢級以上では 50% 台となっている。

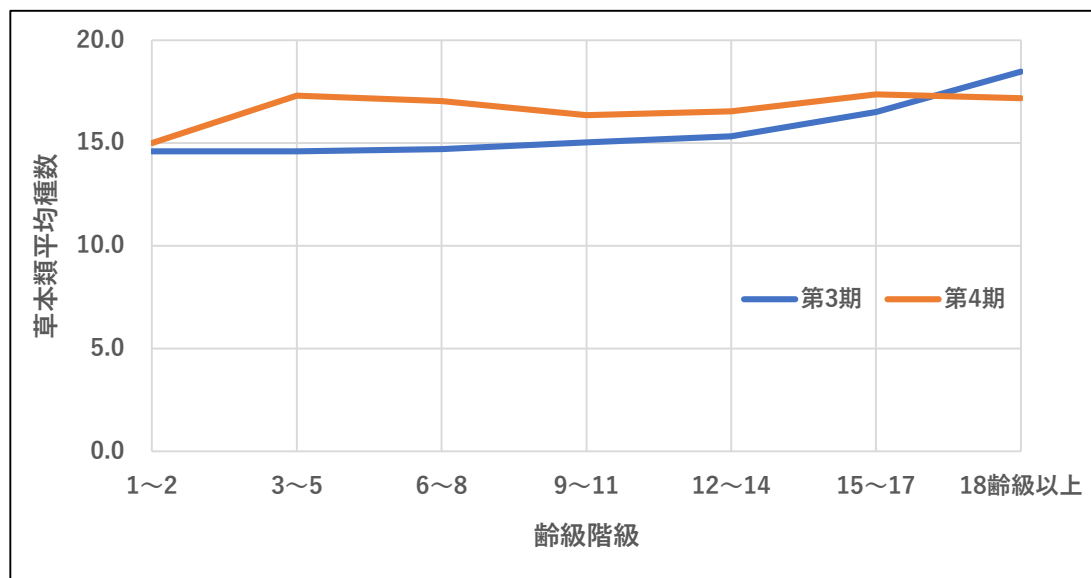
図表3-54 草本類の平均植被率



(7) 草本平均種数

図表3-55は、草本平均種数のグラフである。第3期は、14 齢級までは15 種ではぼ一定であるが、15 齢級以後やや多くなり、高齢級の18 齢級以上では18 種となっている。第4期は、若干ばらつきが見られるが、全齢級を通して17 種前後となっている。

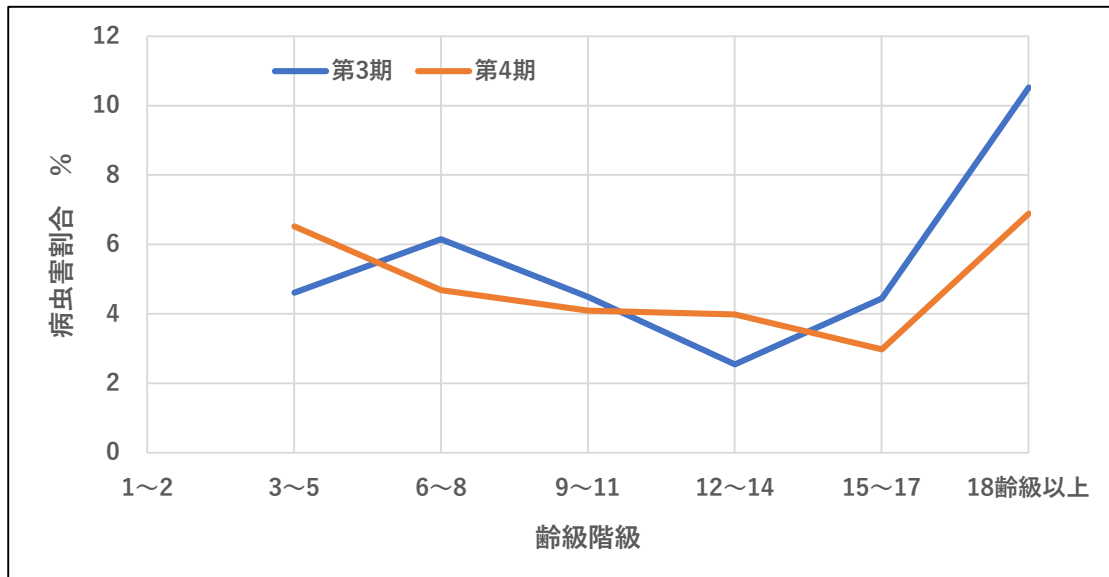
図表3-55 草本平均種数



(8) 森林被害一病虫害

図表3-56のように、病虫害が見られる割合は18 齢級以上の高齢級を除いて、5%前後となっている。高齢級の割合の高さは、調査プロット数が少ないことも影響していると考えられる。

図表3-56 病虫害ありの割合

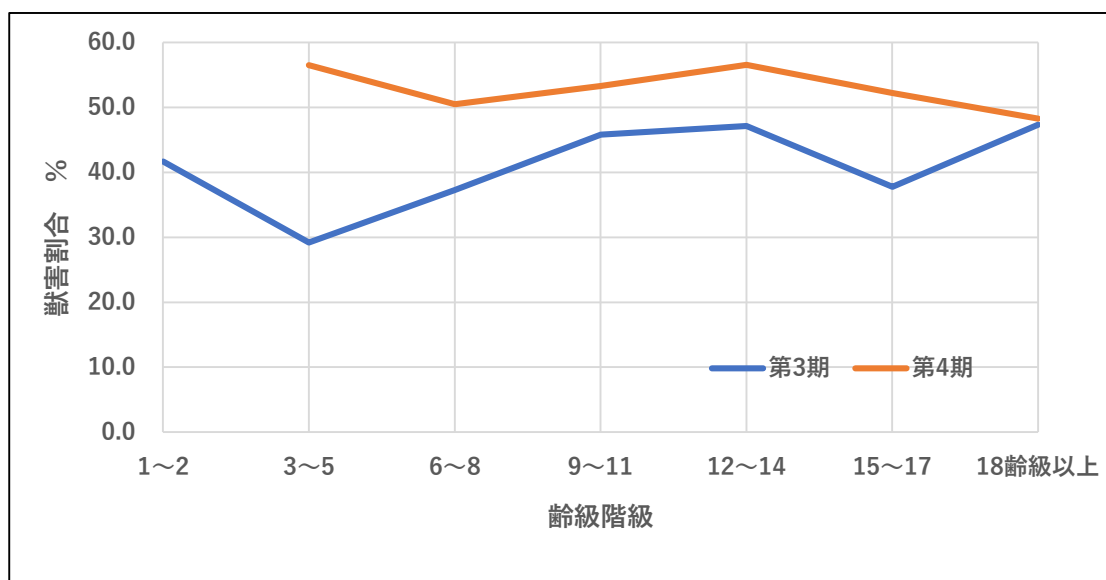


(9) 森林被害一獣害(野生動物による森林被害)

1) 全林分における獣害

獣害には、シカのフィールドサインも含まれている。図表3-57のように、第3期に比べて第4期には高齢級を除いて10%前後も森林被害の割合が増加している。

図表3-57 獣害(野生動物被害)ありの割合

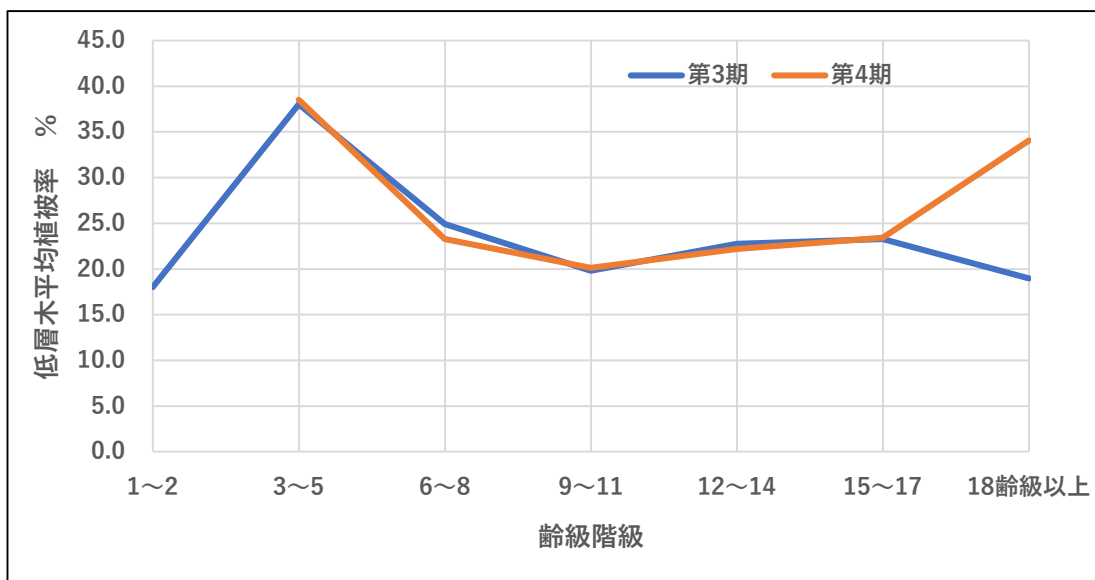


2) 低層木植被率とのクロス分析

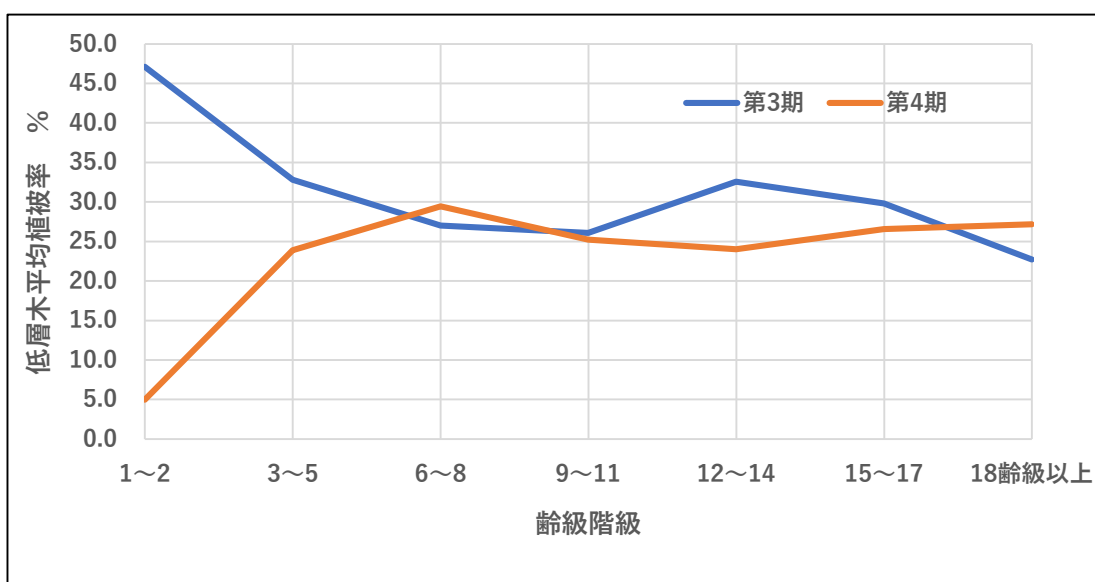
獣害の有無別に低層木植被率の違いを分析したのが図表3-58、59である。

獣害ありの場合、平均の低層木植被率は、第3期、第4期とも24%前後となっているが、獣害なしの場合、同植被率は、ばらつきはあるものの28%前後となっており、獣害なしの場合の植被率がやや高くなる。後述するように低層木植被率についてもより詳細な分析が必要と考えられる。

図表3-58 獣害ありの場合の齢級階級別平均低層木植被率



図表3-59 獣害なしの場合の齢級階級別平均低層木植被率



木本類の出現平均種数についても別途分析しており、獣害ありの場合、第3期、第4期ともほぼ同じ5種程度であったが、獣害なしの場合に同様にやや高くなり、5.8種程度であった。

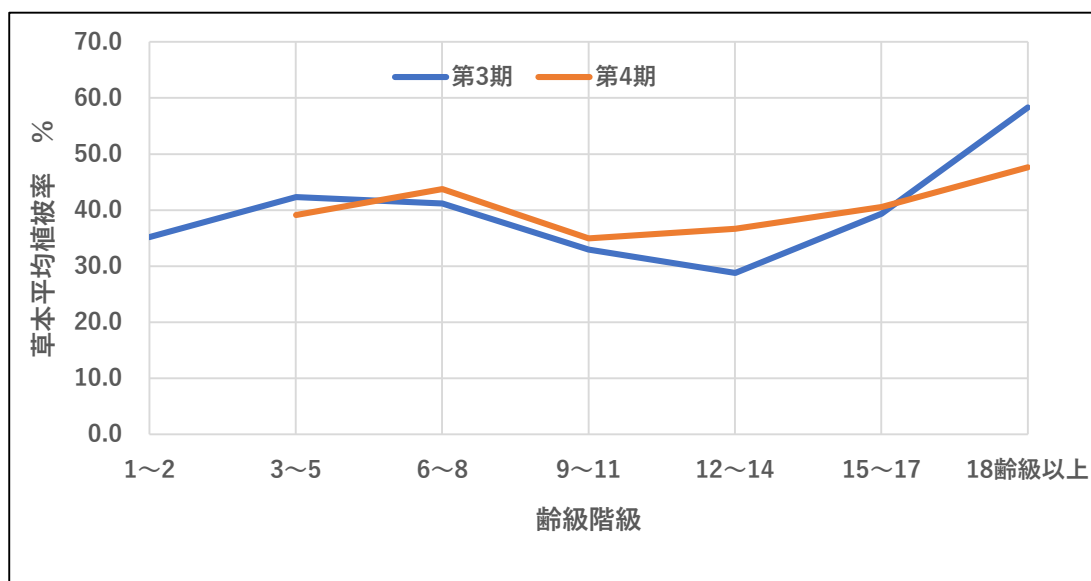
シャノン・ウィナーの多様度指数も同様の傾向を示し、獣害ありの場合、1.4程度であり、獣害なしの場合には1.5程度と僅かに高かった。

3) 草本植被率とのクロス分析

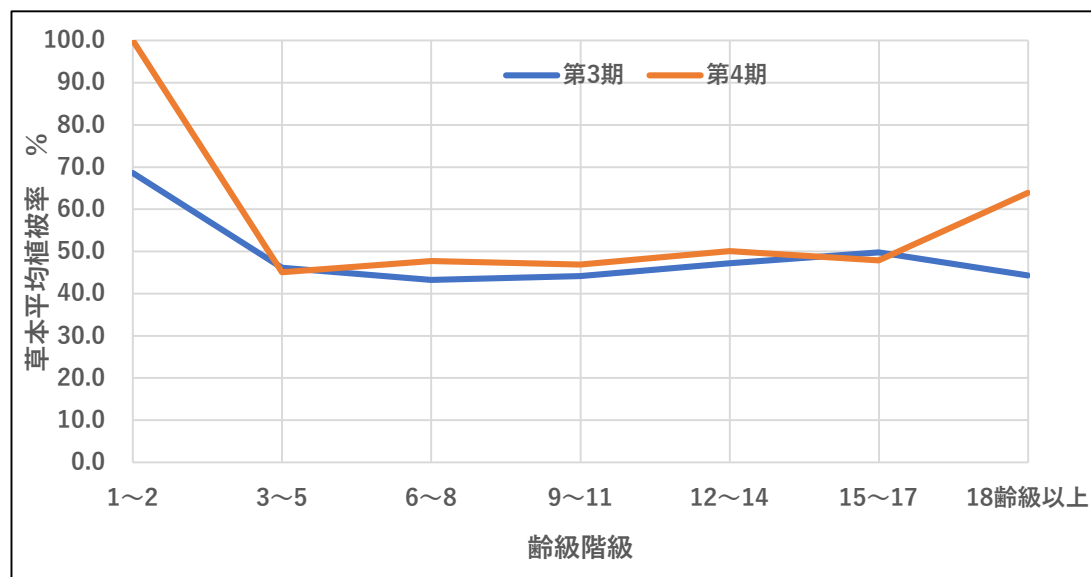
図表3-60、61は、獣害の有無別の平均草本植被率を示したものである。獣害ありの場合、第3期、第4期とも高齢級を除いてほぼ同一の39%前後であり、高齢級ではいずれの期も植被率は高くなっている。一方、獣害なしの場合、高齢級を除いて、第3期、第4期は一致しており48%程度と獣害ありに比べて高い植被率を示した。

両者に10%近い差が見られることから、獣害が植被率に与える影響は、かなり大きいのではないかと想定される。

図表3-60 獣害ありの場合の齢級階級別平均草本植被率



図表3-61 獣害なしの場合の齢級階級別平均草本植被率

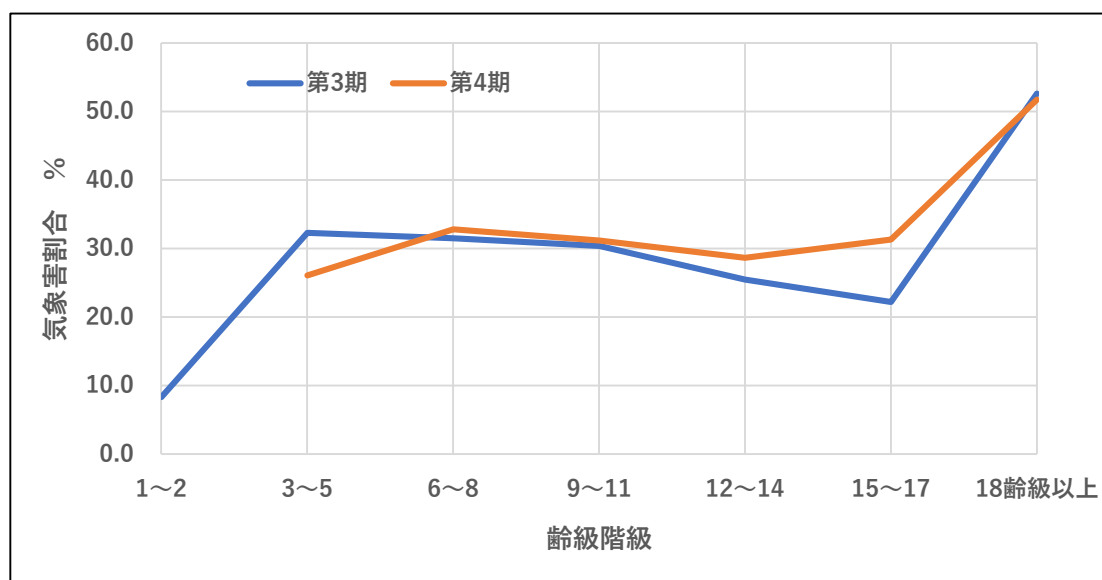


草本種数について別途分析した結果では、獣害ありの場合には15種程度であり、獣害なしの場合には16種程度と1種程度獣害なしが僅かに多い結果であった。

(10) 森林被害—気象害

図表3－62のように3 齢級から17 齢級では30％程度であるのに対して、高齢級では第3期、第4期とも50％と高くなっている。高齢級の調査プロット数が少ないことも関係しているが、約半数のプロットで被害が見られ、高齢級では気象害の影響を受けやすいとも考えられる。

図表3－62 気象害ありの割合



3-7-4 胸高断面積別の集計分析

(1) 分析の考え方と方法

これまでの集計分析は、図表3-44に示された集計対象プロットが対象であったが、間伐プロットの影響を受けると考えられることから、過去5年間の無間伐プロット、について分析することとし、齢級も3齢級以上について集計した。

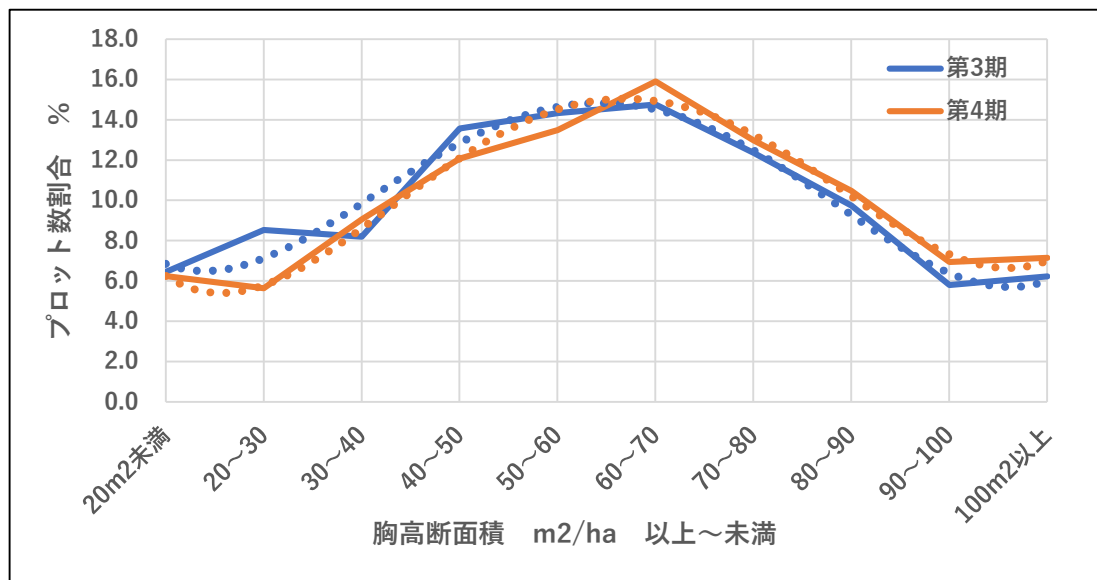
(2) 無間伐プロットのプロット数

図表3-63は、無間伐林分の ha 胸高断面積別のプロット数をグラフ化したものである。

胸高断面積が $50\text{m}^2/\text{ha} \sim 80\text{m}^2/\text{ha}$ で最大となる山型の構成となっている。 $60\text{m}^2/\text{ha}$ を境にしてそれ以下、それ以上がほぼ50%前後となっている。

第3期と第4期ともほぼ同じような形態であるが、第4期では $60\text{m}^2/\text{ha} \sim 70\text{m}^2/\text{ha}$ が特に多くなっている。

図表3-63 無間伐プロットの胸高断面積別プロット数

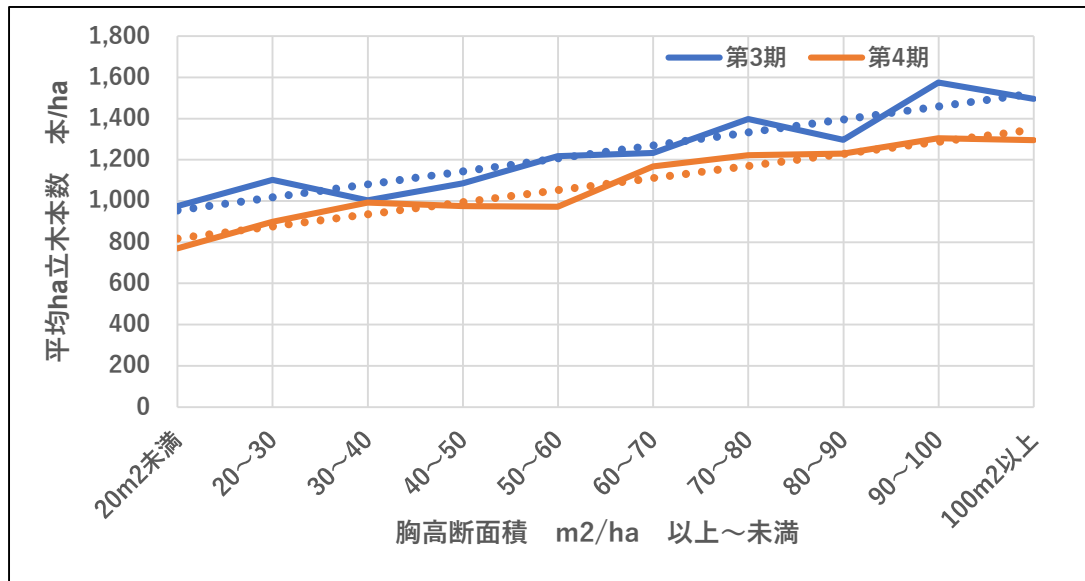


(3) 平均 ha 立木本数

立木密度の指標として、ha 立木本数、ha 胸高断面積、収量比数等が利用されるが、ha 胸高断面積と ha 立木本数との関係を見たのが表3-64である。第3期、第4期とも右上がりの同様の傾向を示しているが、第4期の方が200本/ha程度少ない結果となった。

第4期では、 $60\text{m}^2/\text{ha}$ 以下では1,000本/ha以下となっている。

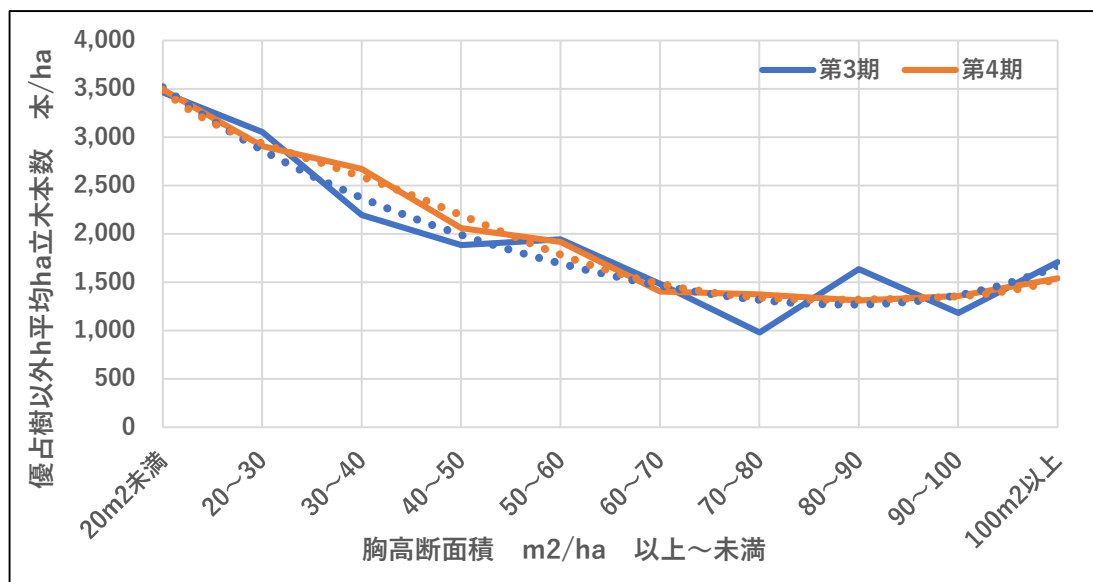
図表3-64 胸高断面積別平均 ha 立木本数



(4) 平均低層木立木本数

図表3-65は、スギ以外の低層木平均立木本数のグラフである。第3期、第4期とも同様の傾向を示し、60m²/ha 以下では 1,500 本/ha 以上であるが、それ以上では 1,500 本/ha 前後でばらつきが多くなる。

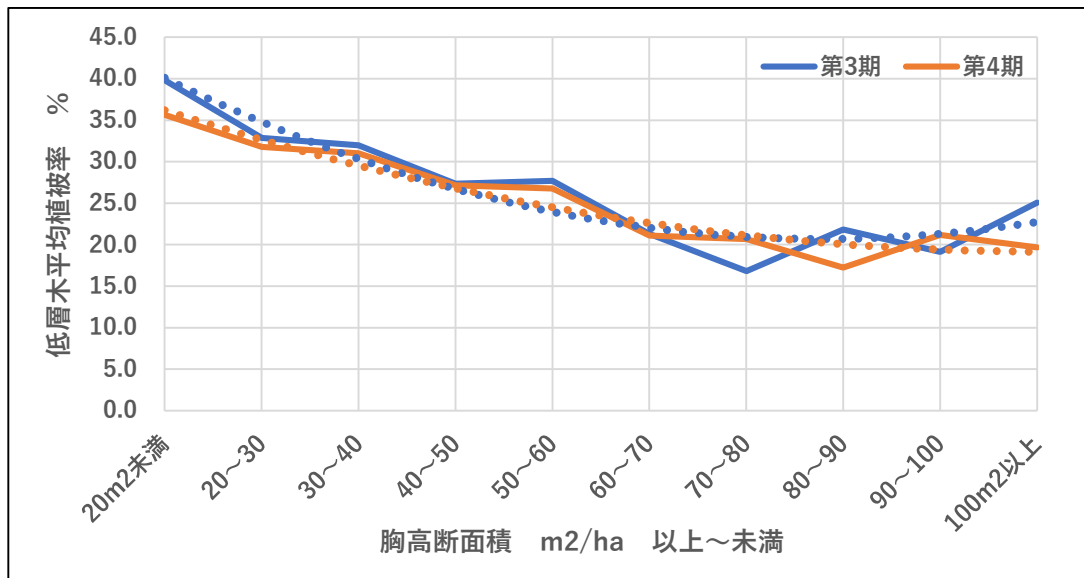
図表3-65 胸高断面積別平均低層木立木本数



(4) 低層木平均植被率

図表3-66は、低層木の平均宿比率を示している。胸高断面積が $60\text{m}^2/\text{ha}$ 以下では、第3期、第4期とも平均植被率が25%以上である。

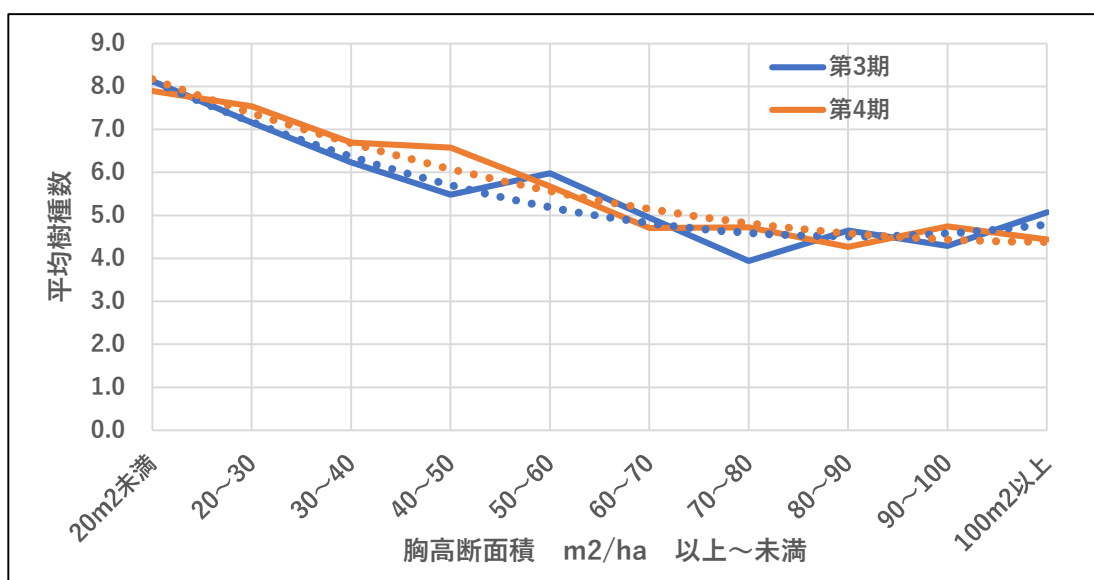
図表3-66 胸高断面積別低層木平均植被率



(5) 平均樹種数

図表3-67は、平均樹種数のグラフである。低層木植被率と同様に、胸高断面積が $60\text{m}^2/\text{ha}$ 以下では5種以上であり、 $60\text{m}^2/\text{ha}$ 以上では5種~4種となっている。しかし、種数差は4種程度と小さく、相関ありと考えることは難しい。

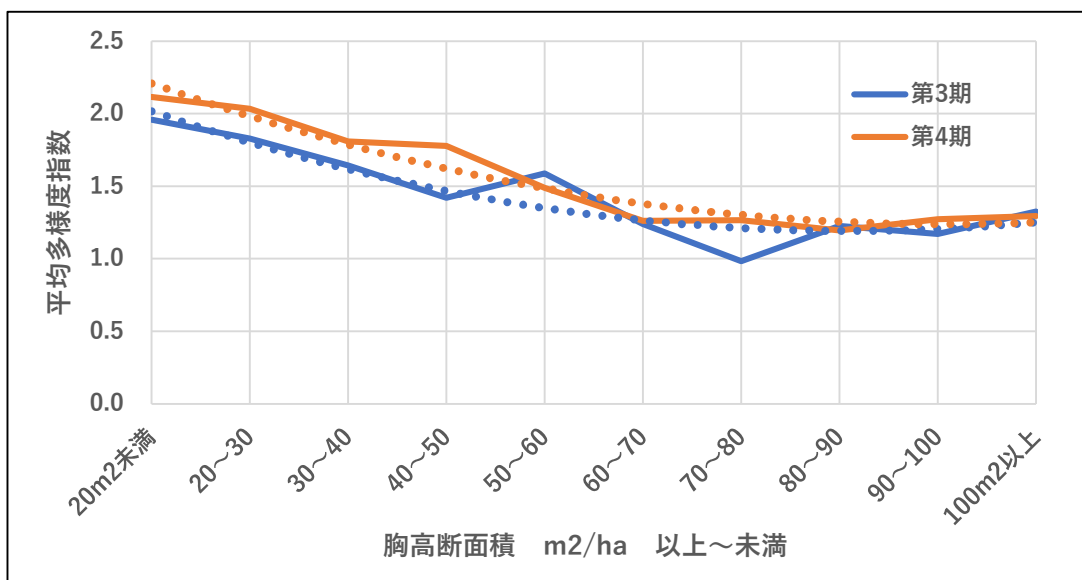
図表3-67 胸高断面積別平均樹種数



(6) 平均シャノン・ウィナーの多様度指数

図表3-68は、平均シャノン・ウィナーの多様度指数のグラフである。第3期と第4期では僅かに第4期が高くなっており、第4期をみると、この場合も $60\text{m}^2/\text{ha}$ が境界となっており、それ以下では1.5以上、それ以上では1.5以下となっている。

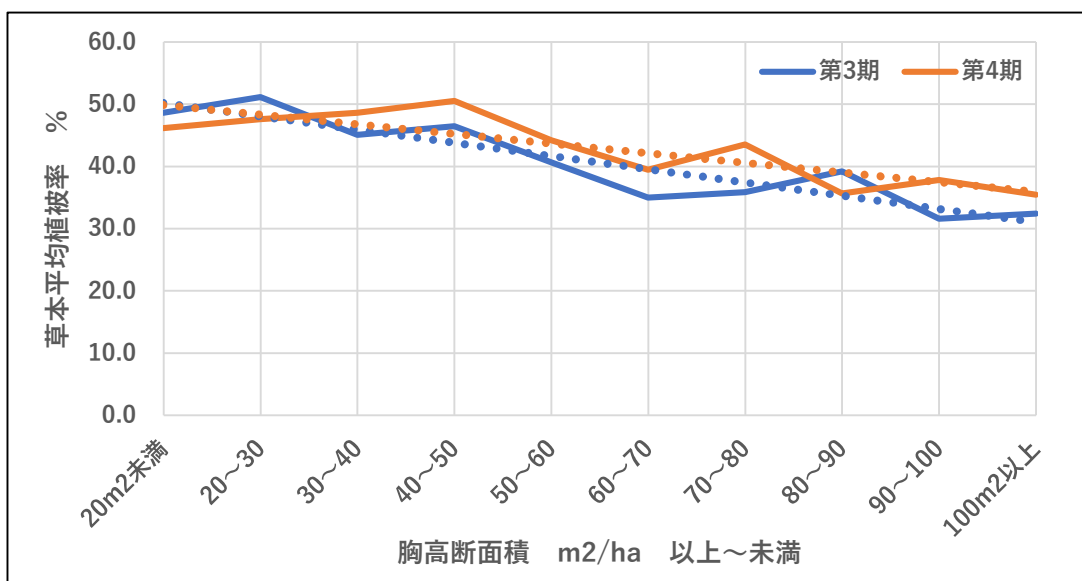
図表3-68 胸高断面積別平均シャノン・ウィナーの多様度指数



(7) 平均草本植被率

図表3-69は、平均草本植被率のグラフである。第4期が第3期に比べて僅かに高い。この場合もこれまでと同様に $60\text{m}^2/\text{ha}$ 当たりが境界となっており、それ以下では、平均草本植被率は40%以上、それ以下では40%以下が多く見られる。

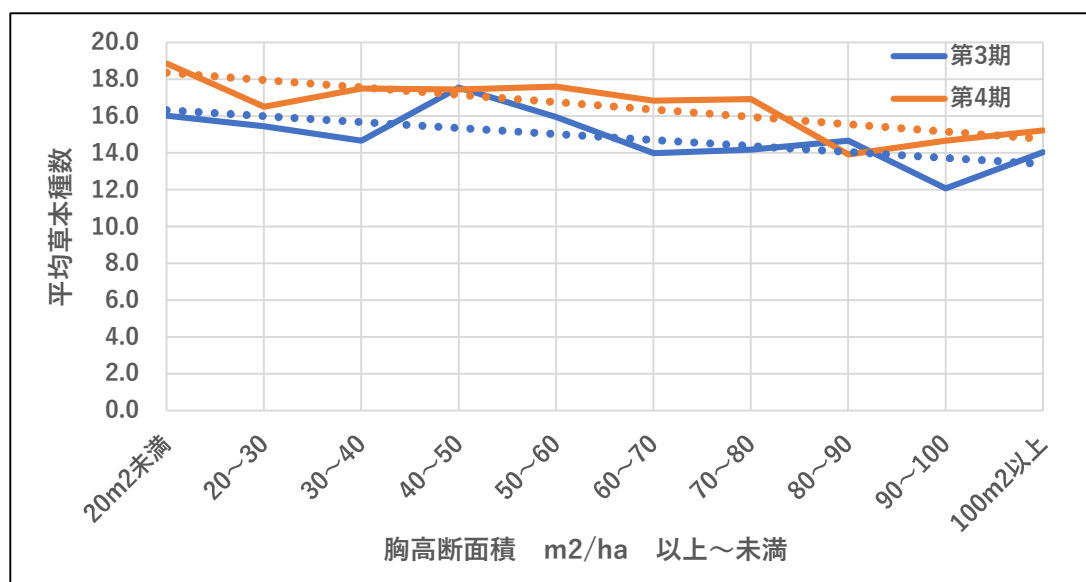
図表3-69 胸高断面積別平均草本植被率



(8) 平均草本種数

図表3-70は、平均草本種数のグラフである。胸高断面積が小さくなれば草本種数がやや増加し、胸高断面積が大きくなると草本種数はやや減少する、種数の増減幅は4種程度とそれほど多くはない。胸高断面積と草本種数との相関は、あまり強いものではなく、植被率等を介して関係するものと考えられる。

図表3-70 胸高断面積別平均草本種数

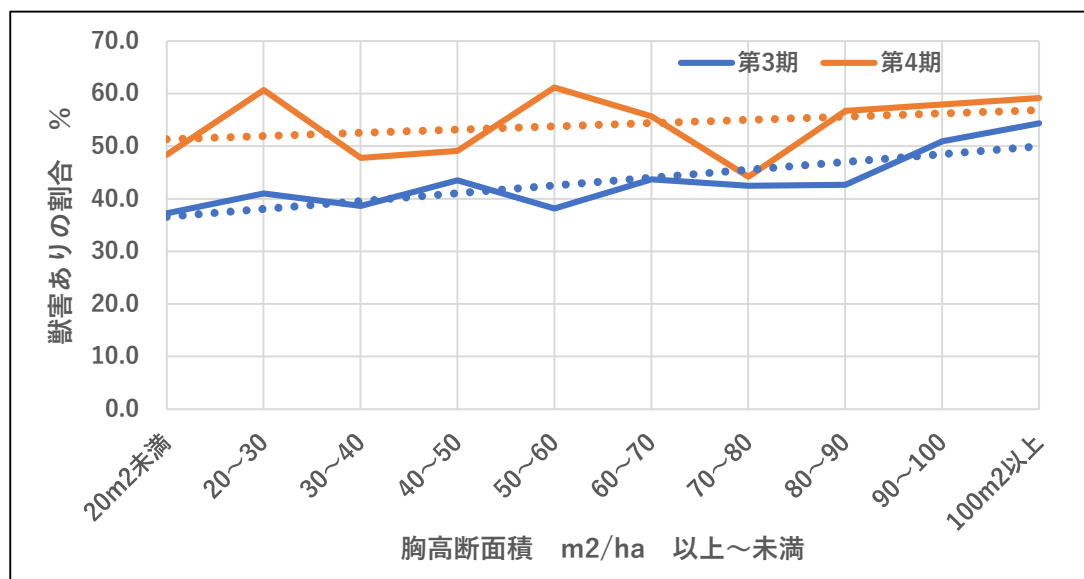


(9) 森林被害

1) 獣害ありの割合

図表3-71は、獣害があるプロット数の割合のグラフである。第3期、第4期とも胸高断面積が増加すると獣害の割合は増加する傾向が見られる。第4期では、かなりばらつきがあることから第4期のデータでは獣害との関係は明確ではない。一方、第3期ではばらつきが少なく、獣害への影響は小さいものの関係はあると考えられる。

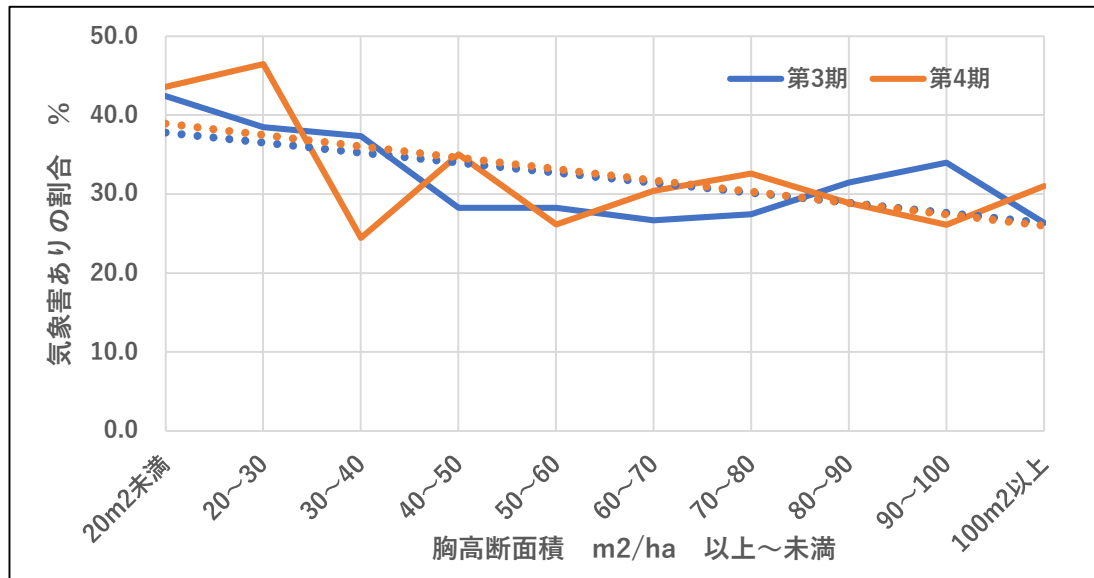
図表3-71 胸高断面積別獣害ありの割合



2) 気象害ありの割合

図表3-72は、気象害ありの割合のグラフである。獣害とは異なり、第3期、第4期とも僅かにばらつきはあるものの、60m²/ha以下では、気象害ありの割合が30%以上となる可能性が高く、60m²/ha以上ではほぼ30%程度と考えられる。

図表3-72 胸高断面積別気象害ありの割合



3-7-5 低層木植被率別の集計分析

(1) 集計分析の視点

前節において胸高断面積(密度管理)と他の因子との関連性を分析した。しかし、木本類・草本類の植被率とは関係性は認められるが、他の因子、例えば、樹種数、草本種数、獣害、土壌侵食との関係はそれほど明確に見られるものではなかった。そこで、まず、低層木植被率と他の因子との関連性を分析する。

本節においても、3 齢級以上の無間伐プロットを分析対象とした。

(2) プロット数割合

図表3-73は、低層木植被率別のプロット数をグラフ化したものである。第3期、第4期ともほぼ同じ曲線となり、植被率30%未満のプロット数は60%以上である。