

問 3-15	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>間伐を実施すると下層植生の多様性、野生生物の住みかの増加などにより生物多様性の保全につながるとする研究成果は多くあるが、条件により効果の発現の仕方・継続性は多様であり今後の研究が必要である。</p> <p>(下層植生の多様性)</p> <p>間伐を実施すると、林床の受光量が増加し、下層植生の成長を促進する(根拠①、②)が、それに伴って、下層植生(植物種)の多様性も増加する事例が広く見られる(トドマツ林(根拠③)、カラマツ林(根拠④)、スギ林(根拠⑤、⑥)、ヒノキ林(根拠⑦、⑧))。</p> <p>しかし、人工林の下層植生の多様性には、前森林から存在する稚幼樹(前生稚樹)の構成、埋土種子注1)、風や動物による種子の移入、種間競争、施業履歴など多くの要因が関わっている(根拠⑨、⑩、⑪)ので、間伐が下層植生の多様性に及ぼす影響は一律ではない。そのため、間伐によって種数は増えずに種構成のみが変化したスギ林の例(根拠⑫)、伐木集材による攪乱やササの繁茂の影響で多様性が低下したアカエゾマツ林の例(根拠⑬)などがある。</p> <p>注1) 土壤に埋没した種子で、数十年以上生存し、間伐作業等による地表の攪乱や光環境の好転で芽生える能力がある。</p> <p>また、下層植生の種組成や多様性には人工林の前歴(牧草地と薪炭林など)も関係する(根拠⑭)。</p> <p>(野生動物の多様性)</p> <p>人工林の間伐は植生の垂直構造の複雑さを増すため、多くの野生生物の生息場所を提供すると考えられており(根拠⑮)、実際に、米国のダグラスファー林で鳥類の種数と密度の増加(根拠⑯)、ポンドローサマツ林で小型哺乳類の増加(根拠⑰)などが報告されている。</p> <p>わが国では、スギ林の列状間伐でハチ目の種数の増加(根拠⑱)、スギ林の間伐で昆虫の種数と個体数の増加(根拠⑲)、間伐されたヒノキ林で土壤動物相の多様性が高いこと(根拠⑳)、スギ林の間伐で一部の鳥や小型哺乳類による低木層や林床の利用頻度の増加(根拠㉑)が報告されている。</p> <p>これらの報告の殆どが、間伐に対する反応が数年以内に起こることを示している。間伐効果の持続期間については殆ど調べられてないが、スギ林の間伐で増加した昆虫相の多様性は、間伐後僅か3年で無間伐林と差が無くなる傾向にあったことが報告されている(根拠㉒)。なお、アリ類、甲虫類、クモ類等の節足動物が間伐によく反応するため、間伐の有無(効果)を指標する生物群とする提案がある(根拠㉓)</p> <p>(否定的な事例)</p> <p>一方、米国のダグラスファー林で、間伐後、鳥類の8種が増加したものの9種が減少した事例(根拠㉔)、同様に、北海道のトドマツの定性・列状間伐、無間伐林分で種数と総個体数が同等であった事例(根拠㉕)が報告されている。</p> <p>これらは、間伐が多様性には影響せずに種構成のみが変化したことを示す事例である。また、間伐が多様性に及ぼすネガティブな影響の事例として、北海道の間伐された人工林で、様々な生物が利用する腐朽性の樹洞木</p>

	(キツツキが掘った洞でない)が少ないこと(根拠④)、米国のダグラスファー林の強度間伐でアメリカムササビの生息密度が減少していることが報告されている(根拠⑤)。”	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5482)	<ul style="list-style-type: none"> 約40年生のスギ林で間伐率50、35、0%の間伐を実施し、3年後に下層植生の現存量を測定したデータ。相対光量は22、9、2%と間伐率に応じて透過量が増加し、下層植生の現存量(右図)も間伐率に応じて増加する。 	<p>表1. 各試験区におけるスギ人工林の概要(間伐率と相対光量)</p> <p>図2. 各試験区における下層植生の生重量(a)と乾燥重量(b)の平均値”</p>
	<p>発表年：2016／著者：井手淳一郎、孫 昊田、岡部憲和、鄭 聖勳、大槻 恭一／掲載誌：九州大学演習林研究報告、97、11-16.／タイトル：スギ人工林における間伐が下層植生の現存量と林床の被覆状態に及ぼす影響について</p>	
② (5481)	<ul style="list-style-type: none"> ヒノキ人工林の下層群落の植被や種数などの挙動には光条件が最も効いていた。ヒノキの樹冠モデルから間伐が林床の光環境に及ぼす影響を予測し、下層群落の発達を推定した結果、間伐によって下層群落の成長が促されるが、若齢林分では効果の持続が少ないこと、無間伐林分では林齢40年生以降に下層群落が高まることが予測された。 	全文
	<p>発表年：1990／著者：清野嘉之／掲載誌：森林総研研究報告、359、1-22、1990／タイトル：ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究</p>	
③ (5403)	<ul style="list-style-type: none"> トドマツ人工林の列状間伐は高木性広葉樹の種数・個体数を無間伐区に比べ増加するが、間伐強度が強いほど、個体数が少なくなる傾向があった。これは、間伐率が高いほど低木・草本の植生高と植被率が増加し、広葉樹の稚樹が被陰されるためである。 	<p>図2. 各試験区における相対光量子束密度の推移</p> <p>図3. 各試験区における平均出現種数”</p>
	<p>発表年：2007／著者：今博計、渡辺一郎、八坂通泰／掲載誌：日本森林学会誌 89 (6)、395-400、2007／タイトル：トドマツ人工林における間伐が広葉樹の天然下種更新に及ぼす影響</p>	
④ (91)	<ul style="list-style-type: none"> 上層木の多様性を高めるために、間伐で更新した広葉樹の混交林化を目指す施業をシミュレーションで検討。 広葉樹の更新を促すために、保育段階で繰り返し間伐を行うことが必要。 また、広葉樹の成長を促すため、収穫段階で収量比数0.6以下での密度管理が必要。 	<p>図1. 混交林化のためのカラマツの密度管理シミュレーションの概要</p> <p>表7. 混交林化の密度管理シミュレーションでの林況の推移</p>

		図 13. 混交林化の密度管理シミュレーションでの収量比数 (Ry) の推移”
	発表年：2013／著者：岩崎ちひろ他 1 名／掲載誌：北海道大学演習林研究報告 69(1), 23-54, 2013／タイトル：カラマツ人工林における除間伐が広葉樹の侵入・成長に及ぼす影響と混交林化の施業指針	
⑤ (5404)	<ul style="list-style-type: none"> 日本南東部のスギの人工林 2 林分で、林分構造、下層種の多様性に及ぼす列状間伐の影響について検討した。間伐林分は、無間伐林分よりも下層の植物種の豊かさとバイオマスが大きかった。列状間伐は、生物多様性を向上させる一方で、スギの過密林分の成長速度を増加させることができることを示唆した。 	Table 3
	発表年：2008／著者：Hiroaki T. Ishii, M. Abdul Maleque & Shingo Taniguchi／掲載誌：Journal of Forest Research, 13:1, 73-78／タイトル：Line thinning promotes stand growth and understory diversity in Japanese cedar (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) plantations	
⑥ (82)	<ul style="list-style-type: none"> 過密な人工林に対し強度間伐を行って 3 年経過した林分での下層植生の種数や植被率を、間伐実施前の林分と比較。間伐実施前に比べて植物の種数や被度は増加。 	図-1 間伐後 3 年間の広葉樹の種数・木本密度・樹高の変化
	発表年：／著者：小谷二郎／掲載誌：石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 (44), 39-41, 2012／タイトル：過密な針葉樹人工林に対する強度間伐が下層植生の多様性に与える影響	
⑦ (5405)	<ul style="list-style-type: none"> 北関東のスギ人工林地帯で、施業履歴等が広葉樹稚樹の数と大きさに与える影響を調べた結果、草本・ササ層より大きな稚樹は、保育初期に行われた下刈りの回数が多いほど多く、また間伐が行われた方が無間伐よりも稚樹が大きい傾向があった。 	図-3. 一般化線形混合モデルから導出された稚樹、幼樹、大型幼樹、および高木ならびに低木種の、大型稚樹の推定平均個体数。間伐強度区および無傾間伐区における数値を表す。
	発表年：2011／著者：A. Hirata, T. Sakai, K. Takahashi, T. Sato, H. Tanouchi, H. Sugita, H. Tanaka／掲載誌：Forest Ecology and Management 262, 1280-1288, 2011／タイトル：Effects of management, environment and landscape conditions on establishment of hardwood seedlings and saplings in central Japanese coniferous plantations	
⑧ (89)	<ul style="list-style-type: none"> 強度間伐から 14 年が経過した 76 年生ヒノキ人工林において、消失した林床植生とその挙動について検討を行った。間伐 5 年後は種数が大きく増えたが、14 年後には林床から消失したと考えられる種は 30 種、新たに出現した種は 14 種、恒常的に存在した種は 9 種であった。林床からの消失種 30 	図 3 各出現タイプにおける種子散布型と生活型の種数内訳

	種のうち 10 種は低木層に移行していた。	
	発表年：2012／著者：城田徹央 他 3 名／掲載誌：信州大学農学部 AFC 報告 - (10), 27-37, 2012／タイトル： 壮齢ヒノキ人工林における強度間伐後 14 年間の林床植物の種組成の変化	
⑨ (5406)	・日本の人工林における植物種多様性についての総説	p 2, 右段、下から 7~27 行目
	発表年：2012／著者：Takuo Nagaike／掲載誌：International Scholarly Research Network ISRN Forestry Volume 2012, Article ID 629523, 7 pp ／タイトル：Review of Plant Species Diversity in Managed Forests in Japan	
⑩ (97)	・人工林で多様な生物、特に植物の多様性を保全する可能性について国内外の研究をレビュー、日本における課題を検討した総説	全文
	発表年：／著者：五十嵐哲也、牧野俊一、田中浩、正木隆／掲載誌：森林総研研究報告、13(2)、 29-42、2014／タイトル：植物の多様性の観点から人工林施業を考える：日本型「近自然施業」の可能性	
⑪ (81)	・スギ人工林に広葉樹が侵入・定着し、種多様性が回復していくプロセスに関する研究をレビューし、境界効果と間伐効果の組合せによる効果的な種多様性の回復法を提案	全文
	発表年：2013／著者：清和研二／掲載誌：日本生態學會誌 63(2)、251-260、2013／タイトル： スギ人工林における種多様性回復の階梯-境界効果と間伐効果の組み合わせから効果的な施業方法を考える-	
⑫ (5407)	・スギ人工林における下層植物や様々な昆虫について、無間伐と間伐林（間伐 1 年後と 3 年後）比較した。植物では間伐によって種構成のみが変わった（種数や被度は変化なし）。昆虫では、間伐 1 年後はすべての昆虫グループで種数・個体数ともに増加したが、3 年後には無間伐林と差がなくなる傾向にあった。	図 2 間伐 1 年後と 3 年後に採集された昆虫（ハナバチ・チョウ・ハナアブ・カミキリムシ）の種数と個体数
	発表年：2010／著者：Hisatomo Taki, Takenari Inoue, Hiroshi Tanaka, Hiroshi Makihara, Masahiro Sueyoshi, Masahiro Isono, Kimiko Okabe／掲載誌：Forest Ecology and Management 259(3)、607-613、2010／タイトル： Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations	
⑬ (5408)	・アカエゾマツ人工林（林齢 21 年～26 年）において育林施業が下層植生に与える影響を評価した。重回帰分析は、間伐が植物種の多様性に悪影響を及ぼしていることを示した。これは、間伐集材時の攪乱の影響とクマイザサの高密度被覆の回復と関連していると考えられた。	全文
	発表年：／著者：Mio Nagai & Toshiya Yoshida／掲載誌：Journal of Forest Research, 11:1, 1-10、2017／タイトル：Variation in understory structure	

	and plant species diversity influenced by silvicultural treatments among 21- to 26-year-old <i>Picea glehnii</i> plantations	
⑭ (5409)	・土地利用履歴が記録されている九州南東部の人工林や二次林で種組成と多様性を比較した結果、植物種構成は、林分の現在の状態でなく、主に以前の土地利用履歴（牧草地または萌芽）の影響を受けていた。種の豊富さはかつて牧草地であった人工林で高く、光環境（＝間伐）の影響は殆ど見られない。	全文
	発表年：2004／著者：S. Ito, R. Nakayama, G.P. Buckley／掲載誌：Forest Ecology and Management 196（2004）213-225／タイトル：Effects of previous land-use on plant species diversity in semi-natural and plantation forests in a warm-temperate region in southeastern Kyushu, Japan	
⑮ (5410)	・生物多様性を促進するための個々の育林技術の効果のレビュー。強度または不均質な間伐を実施することで、林分の垂直構造の多層性を高め、生物多様性を促進することを述べている。	全文
	発表年：1999／著者：G. Kerr／掲載誌：Forestry 72（3）、191-205、1999／タイトル：The use of silvicultural systems to enhance the biological diversity of plantation forests in Britain	
⑯ (5411)	・ダグラスファー40年生の林分で3強度の間伐に対する鳥類の反応を、間伐2年前と間伐後4年目に調査した。間伐は総種数と10種の密度を増加させた。間伐は5種の密度を減少させたが居なくなった種はなかった。間伐は針葉樹林の鳥類の多様性を迅速に促進するが、景観規模での鳥の多様性を最大にするためには、無間伐から疎林まで、様々な間伐強度とパターンの使用を提案している。	全文
	発表年：2004／著者：Joan Hagar, Shay Howlin, Lisa Ganio 掲載誌：Forest Ecology and Management 199： 333-347、2004／タイトル：Short-term response of songbirds to experimental thinning of young Douglas-fir forests in the Oregon Cascades	
⑰ (5412)	・米国のポンテローサマツ優占林における小型哺乳類集団密度と総哺乳類バイオマスに及ぼす森林間伐の影響を評価した。間伐による生息地の変化は、間伐1年以内の集団の反応の決定的要因で、いくつかの小型哺乳類の集団が反応した。小型の哺乳動物バイオマス全体は一般に間伐後に増加した。	全文
	発表年：／著者：Ssrah J. Converse, Gary C. White, William M. Block／掲載誌：JOURNAL OF WILDLIFE MANAGEMENT 70(6)、1711-1722、2006／タイトル：Small Mammal Responses to Thinning and Wildfire in Ponderosa Pine-Dominated Forests of the Southwestern United States	
⑱ (5418)	・列状間伐は過密となったスギ人工林において、ハチ目の種多様性を高めることから、生物多様性を高めることができる効果的な施業であることを示している。	表2：兵庫県北部のスギの2つの間伐林分と無間伐林分の林床における甲虫目の

		機能性グループの個体数
	<p>発表年：2007／著者：M. Abdul Maleque, Hiroaki T. Ishii, Kaoru Maeto, Shingo Taniguch／掲載誌：J For Res 12:14-23／タイトル：Line thinning fosters the abundance and diversity of understory Hymenoptera (Insecta) in Japanese cedar (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) plantations</p>	
①9 (47)	<p>・ヒノキ人工林において、間伐が林床の土壌動物相に与える影響を調査した。土壌動物の分類群数は間伐区よりも間伐遅れ区で少なかった。また、個体数で優占していたササラダニ亜目、トビムシ目の個体数密度は間伐区よりも間伐遅れ区で低かった。ヒノキ人工林では、間伐施業の不足が土壌動物の群集構成を単純化させ、個体数密度を低下させる可能性を示している。</p>	図
	<p>発表年：2010／著者：高崎洋子、竹中千里、吉田智弘／掲載誌：日本森林学会誌 92(3), 167-170, 2010／タイトル：ヒノキ人工林において間伐施業が土壌動物の群集構成と個体数密度に与える影響-三重県度会郡大紀町における事例-</p>	
②0 (80)	<p>・スギ壮齢林および広葉樹二次林において、間伐等による植物相、鳥類相、ほ乳類相の変化を調べた。その結果、スギ壮齢林の間伐では、低木層に生育する広葉樹を残すとノウサギやヒヨドリの利用頻度が、林床植物層を繁茂させると森林性野ネズミやヤブサメの利用頻度がそれぞれ高くなった。</p>	全文
	<p>発表年：2007／著者：長岐昭彦 他 1 名／掲載誌：秋田県農林水産技術センター研究報告 (17), 1-35, 2007-06／タイトル：森林の保育がもたらす生物多様性機能への効果</p>	
②1 (5414)	<p>・アリ類、甲虫類およびクモ類は、間伐に誘発された植生の発達によく対応するため、間伐の生態学的適合性の指標として使用可能。蝶とカミキリムシは、草本と低木の存在に非常に敏感に反応するので、間伐作業の完全性を推測する指標になる。節足動物の生物指標群を使用することを提案している。</p>	全文
	<p>発表年：／著者：M. Abdul MALEQUE, Kaoru MAETO and Hiroaki T. ISHII／掲載誌：Appl. Entomol. Zool. 44 (1): 1-11 (2009)／タイトル：Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests</p>	
②2 (5415)	<p>・オレゴン西部の鳥類の個体群に対する間伐の影響を評価するために、間伐試験をおこない、1994 年（処理前）および 1995～2000 年（処理後）に、毎年 7 回鳥の個体数を測定した。十分なデータが得られた 22 種のうち、間伐林分で 9 種が減少、8 種が増加し、5 種には間伐の影響は見られなかった。針葉樹過密林の間伐がいくつかの鳥の生息環境の適</p>	全文

	<p>合性を高めるが、間伐で負のインパクトを受ける種もあることから、レフジー（退避場所）として、無間伐の林分やパッチを残しておくべきであることを示唆している。</p>	
	<p>発表年：2003／著者：John P. Hayes, Jennifer M. Weikel and Manuela M. P. Huso／掲載誌：Ecological Applications 13(5):1222-1232、2003／タイトル：Response of Birds to Thinning Young Douglas-Fir Forests</p>	
<p>②③ (5416)</p>	<p>・トドマツの無間伐、定性間伐、列状間伐された人工林と天然林で、森林の鳥相を調査した。種数と総個体数は人工林の3つの管理タイプの間で同等であった。5種が列状間伐林でより豊富であった。しかし、天然林に頻繁に現れた2種は定性間伐林分で豊富であった。植生の構造は人工林で明確な違いはなかった。</p>	<p>図</p>
	<p>発表年：2013／著者：Toyoshima, Y., Yamaura, Y., Yabuhara, Y., Nakamura, F.／掲載誌：Journal of Forest Research 24(3)、553-559、2013／タイトル：A preliminary study on the effects of line and selective thinning on bird communities in Hokkaido, northern Japan</p>	
<p>②④ (5417)</p>	<p>・北海道の自然林と針葉樹人工林で、林木毎の樹洞の発生状況と樹洞木の頻度、および林分レベルでの二次樹洞利用者の使用数を調査した。樹洞は、キツツキ類が掘ったもの（掘削タイプ）と腐朽などによる穴（非掘削タイプ）の2タイプに分類された。人工林では掘削タイプの樹洞木が優占するが、非掘削タイプの樹洞木は、間伐されていない人工林よりも間伐された人工林で少なかった。</p>	<p>図</p>
	<p>発表年：／著者：Kokoro Kikuchi, Takumi Akasaka, Yuichi Yamaura, Futoshi Nakamura／掲載誌：Journal of Forest Research 24(3)、553-559、2013／タイトル：Abundance and use of cavity trees at the tree- and stand-levels in natural and plantation forests in Hokkaido, Japan</p>	
<p>②⑤ (5418)</p>	<p>・野生生物の多様性を高めるために米国北西部のダグラスファー林で間伐が促進されているが、アメリカムササビへの間伐の影響の調査は、これまで短期的（2～5年）にしか対応されていなかった。そのため、間伐後11～13年目の林分で、アメリカムササビの密度を調べた結果、強度間伐林分の方が弱度間伐林分よりも低く、大径枯死木の密度と強い正の相関があった。</p>	<p>全文</p>
	<p>発表年：／著者：Tom Manning, Joan C. Hagar, Brenda C. McCom／掲載誌：Forest Ecology and Management Volume 264 (15)、115-124、2012／タイトル：Thinning of young Douglas-fir forests decreases density of northern flying squirrels in the Oregon Cascades</p>	

問 3-16	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>枝打ちが生物多様性保全機能に与える影響を直接調べた事例は殆どないが、枝打ちは間伐とともに、林分の垂直的構造を改善し生物多様性を高める効果があると考えられている（根拠①）。実際、スペイン（地中海地方）の 9,800 プロットで、施業が森林の生物多様性に与える影響を統計的に調べた結果、間伐は高木の種数と種多様性を増加し、枝打ちは低木の種数を増加した（根拠②）。</p> <p>枝打ちが生態系に及ぼす影響として、①林内への光透過量の増加、②リター・養分の供給、③樹冠遮断量の減少、④蒸散量の減少が挙げられる（根拠③）が、生物多様性保全機能に関わるのは主として①と②である。①は間伐と類似した効果で、閉鎖した若齢林（林床植物が殆ど見られない）で、最下生枝から上方へ 1.5m 枝打ちすることにより、林床相対照度 1%以下から 10 数%に改善することができる（根拠④）。このように、間伐と同様、枝打ちにも林内光環境を改善する効果があり、森林の生物多様性保全機能を高める効果が期待できるが、枝打ちのコストを考慮すると、間伐に比べて費用対効果は低いと考えられる。</p> <p>枝打ちによるリターの供給機能をみると、若齢スギ林で 1 回の枝打ちで落とされる生葉量を 6~11 t/ha（根拠⑤）とすると 15 ヶ月後においても乾物量 2.4~5.5t/ha のリター層が加わることが期待される（根拠⑤）。林床の土壤動物相の多様性はリター層で高く、リター量と正の相関があることから（根拠⑥）、枝打ちによるリターの供給は、土壤動物相の生物多様性を高めることが期待される。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5419)	<ul style="list-style-type: none"> ・生物多様性を促進するための個々の育林技術の効果のレビュー。枝打ちは間伐などとともに、林分の垂直構造の多相性を高め、生物多様性を促進することを述べている。 	全文
② (5420)	<ul style="list-style-type: none"> ・スペインのカタロニア地方で 6 つの森林生物多様性指標（スナグ（立ち枯れ木）および成熟木の数、低木の種数、低木の個体数、高木の種数、高木の種多様性）に及ぼす森林施業（枝打ち、間伐、皆伐、択伐）の効果を分析した。森林施業が悪影響を及ぼした多様性指標は見られなかった。 	全文
	発表年：1999／筆著者：G. Kerr／掲載誌：Forestry 72 (3)、191-205、1999 ／タイトル：The use of silvicultural systems to enhance the biological diversity of plantation forests in Britain	
	発表年：2008／筆著者：Olga Torras, Santiago Saura／掲載誌：Forest Ecology and Management 255 (2008) 3322-3330／タイトル：Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean	

<p>③ (54210)</p>	<p>・枝打ちが生態系に及ぼす影響として、①林内への光透過量の増加、②リター・養分の供給、③樹冠遮断量の減少、④蒸散量の減少を掲げ、解説している。</p>	<p>p72-79、p103-104</p>
<p>発表年：1984／筆著者：藤森隆郎／掲載誌：書籍／タイトル：枝打ち－基礎と応用－</p>		
<p>④ (5422)</p>	<p>・スギの16年生無間伐林分の林床相対照度は0.3%で林床植生が殆どないが、枯枝層の枝葉を除去すると林床相対照度は2.2%に上昇、さらに最下生枝から上に1.5mの枝打ちを行うと林床相対照度は14.4%になり、林床植生が全面に繁茂する明るさになる。</p>	<p>図58</p>
<p>発表年：1983／筆著者：藤森隆郎、清野嘉之／掲載誌：94回日本林学会論文集、343-344、1983／タイトル：スギ閉鎖若齢林の林冠構造と林内照度</p>		
<p>⑤ (5423)</p>	<p>・7～12年生のスギ人工林で、生枝打ちで土壌へ供給された生葉の分解に伴う養分の動態を試験した。1回の枝打ちで落とされる生葉量は6～11t/haで、乾物の残存率は、生葉の場合12か月後で約60%、15ヶ月後で40～50%であった。15か月後の生葉のC/N率は20～30でスギ林土壌のH層に近い値であった。養分動態の観点から、一度に大量の枝打ちは避け、少量の枝打ちを回数多く行うのが好ましいとしている。</p>	<p>全文</p>
<p>発表年：1983／筆著者：相場芳憲、生原喜久雄、川端省三／掲載誌：日本林学会誌、65(6)、215-219、1983／タイトル：地力に及ぼす集約的保育技術の影響Ⅱ 生枝打ちで落とされたスギ針葉の分解と養分動態</p>		
<p>⑥ (47)</p>	<p>・ヒノキ人工林において、間伐が林床の土壌動物相に与える影響を調査した。土壌動物の分類群数は間伐区よりも間伐遅れ区で少なく、その差はリター層で大きかった。個体数で優占していたササラダニ亜目、トビムシ目の個体数密度も間伐区よりも間伐遅れ区で低く、その差はリター層で大きい。また、リター重量とリター層土壌動物の分類群数には正の相関関係が見られ、林床のリター層が土壌動物の優れた生物多様性保全機能を有していることが示されている。</p>	<p>” 図3 ヒノキ人工林におけるリター乾燥重量とリター層土壌動物の分類群数の関係</p>
<p>発表年：2010／筆著者：高崎洋子、竹中千里、吉田智弘／掲載誌：日本森林学会誌 92(3)、167-170、2010／タイトル：ヒノキ人工林において間伐施業が土壌動物の群集構成と個体数密度に与える影響-三重県度会郡大紀町における事例-</p>		

問 3-17	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>皆伐が生物多様性保全機能の発揮に与える影響は、個々の条件や種により、また時間的・空間的に様々であり、全容の把握には今後の研究が必要である。</p> <p>すなわち、皆伐は、森林性の生物にとって劇的な生息環境の変化をもたらすが、その影響は、種または種のグループと、どのような森林（群落タイプなど）がどのように伐採されたのか（面積、集運材の方法、枯死木などの有無など）によって異なる（根拠①、②）。</p> <p>皆伐は、遷移後期の森林に適応した種（森林性の絶滅危惧種など）については、生息地の喪失や断片化をもたらす（根拠②、④、⑥）。その多くは森林の再生にともなって復活する可能性があるが、攪乱の強度や頻度によっては、回復は妨げられ、生物多様性の長期的な低下に陥る（根拠①、⑤）。</p> <p>一方で、伐採跡地は遷移初期に適応した生物の生息環境となり、その生物に依存する生物の狩り場など生活圏を提供する（根拠⑧、⑨、⑩、⑪、⑫）。</p> <p>（生物のグループによる反応の違い）</p> <p>Chaudhary ら（2016）が、世界の森林の生物種の豊かさ（種数）に与える森林施業の影響について既往の研究を解析した結果、温帯・亜寒帯の天然林の皆伐に対する種の豊かさの反応率（皆伐後の種数／皆伐前の種数）の平均は、両生類で最も低く（0.544）、鳥類（0.594）、菌類（0.622）、節足動物（0.786）、地衣類（0.802）、植物（0.875）で減少傾向が見られたのに対して、哺乳類では増加（1.387）傾向であった（根拠③）。</p> <p>（両生類）</p> <p>多くの両生類は湿った環境を必要とするので、皆伐によって生息環境が深刻な影響を受けると考えられており、例えば、米国のナラ・ブナ混交林では皆伐でサンショウウオ類の個体数が激減し、その影響は10年前後続いた（根拠④）。</p> <p>また、米国で行われた両生類4種の個体群動態に及ぼす森林伐採の影響をシミュレートした研究では、伐採面積にかかわらず4種の集団の個体数は半減した。しかし、対象の4種は広域に分散しているため、地域レベルでの絶滅の可能性は低いという予測が示されている（根拠⑤）。</p> <p>（鳥類）</p> <p>皆伐により、キツツキ類など成熟した森林（遷移後期）に営巣する鳥類の多くが減少し、草本や低灌木の植生（遷移初期）に適応した鳥類相に変化する。例えば、草本は多量の種子を生産するので、穀食の齧歯類が増え、齧歯類を常食したり、穀食の鳥類の利用が増える（根拠②）。</p> <p>シマフクロウ、ノグチゲラ、クマタカなどをはじめ、多くの絶滅危惧種が森林依存性であり、森林伐採（皆伐）が減少の重要な要因になっている（根拠⑥）。日本の鳥類の絶滅危惧種（I類）のうち、58種が森林依存種であるのに対して、非森林依存種は31種と少ない（根拠⑦）。</p> <p>東北地方で、鳥類の種の豊富さ（種数）や個体数が、カラマツ人工林や広葉樹天然林に比べて、皆伐等の開放地で少ないことが確認されている。しかし、遷移初期に適応した種数は皆伐等開放地で多いことが明らかにな</p>

り、皆伐等による開放地の創出が景観としての種多様性を高めると考えられている（根拠⑧）。

なお、近年、北米の成熟林に生息する幾つかの鳥類で、孵化後の幼鳥が林内よりも皆伐等の開放地に多いことが明らかになっており、開放地の存在の重要性が確認されている（根拠⑨）。

一方、日本の食物連鎖の頂点に立つイヌワシは、落葉樹林帯の岩棚に営巣し疎開地を狩り場としているが、近年、繁殖成功率が大きく低下し絶滅が危惧されている。その主な原因として、茅場、薪炭林、人工林の皆伐更新など、狩り場環境の減少が指摘されており（根拠⑩、⑪）、実際、試験的に伐開した 2ha の皆伐地をイヌワシが狩り場の環境として認識することが報告されている（根拠⑫）。

（哺乳類）

皆伐によりシカや齧歯類など植物食の動物の餌となる植生が繁茂し（根拠⑬）、皆伐跡地は植物食動物の採餌の場所となり（根拠⑭）、個体数とともに種数も増加することが多い（根拠⑮）。

北海道の拡大造林に伴って、植物繊維が主食のエゾヤチネズミが急激に増加し、植林地に多大な食害をもたらしたが、これは天然林の急速な皆伐人工更新に起因するものと考えられている。エゾヤチネズミ個体群の変動に対して、果実を好むヒメネズミやアカネズミの変動は少ない（根拠⑯）。

ヨーロッパでは、小型哺乳類を対象に、伐採が入っていない森林に対する皆伐林分の個体数の増減の調査がレビューされ、多くのノネズミ類で増加傾向がみられたが、反応は種によって異なり、キクビアカネズミは例外的に温帯林で増加、北方林で減少と緯度で異なっていた。また、樹上生活をするタイリクモモンガは皆伐で減少し、皆伐による生息地の損失が脅威とされている（根拠⑰）。

（植生）

皆伐によって、被陰に適応した林床植物は衰退し、急速に陽性の植物が繁茂してくるが、低木やササ類などは生き残って競合する。先ず繁茂する植物は、ダンロボロギク（暖温帯）、ヤナギラン（冷温帯）、エゾイチゴ（北海道）などが代表的である。ただし、これらの植物は短命で、前 2 者は 2～3 年、エゾイチゴは 10～15 年で消失し、前森林から残った樹木（前生樹）とともに、新たに陽性の樹種が加わり、種構成が多様で不安定な群落から二次遷移が始まることが多い（根拠⑱、⑲）。

皆伐後の二次遷移によって、森林植物の多様性が皆伐前に復元されることが期待されるが、実際には、数十年を経ても回復しない場合が多い。東北のブナ皆伐母樹保残施業試験地では、1948 年に伐採しササ刈り払いを実施した試験地においてはブナの再生林（54 年生時）になったが、1969 年伐採の試験地では、刈り払いの有無に関わらず、33 年生時でブナの優占林になっていない（根拠⑲）。同様に、沖縄の亜熱帯常緑広葉樹林は、皆伐後 50 年でバイオマスは皆伐前に回復したが、森林植物の種組成・多様性は皆伐前と大きな違いがある（根拠⑳）。

一方、九州の人工林皆伐後の再造林放棄地における植生回復阻害の状況を調べた結果、63%の放棄地が、シカの食害やタケ類、つる類の繁茂による植生回復阻害を受けていたことが明らかになっており、とくに、シカの食害とタケの拡大による植生回復の遅れが懸念されている（根拠㉑）。

人工林の皆伐一斉更新では、森林植物の多様性は伐採後数年間と成林後

	<p>の下層植生にのみ見られる。そこで、人工林の木材生産と種多様性の管理を効果的に組み合わせる方法を見出すために、パッチ状の小規模伐採の効果を明らかにすること、パッチの最適時空配置を用いて異なる林齢の林分を管理することが、多様な植生のタイプを維持するのに適していると提案されている（根拠②）。</p> <p>(保残木施業)</p> <p>皆伐の生物多様性への負の影響を最小限に抑えるため、伐採跡地に生立木や立ち枯れ木を残す保残木施業が北米で開発され、現在は世界各地に広がっている（根拠 23）。皆伐は、樹洞で営巣する鳥など、高木で営巣・採食する種の生息密度を減少させるが、保残木の施業地（保残伐地）ではそれらの種と遷移初期の種の両方を維持することができる。そのため、保残伐地は皆伐地よりも鳥類の種数は多いことが各地で確認されている。なお、保残木はまとめた方が成熟林に適応した種の生息密度を増加させる（根拠 ②③）。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5424)	<ul style="list-style-type: none"> ・皆伐の影響は、種、立地環境、皆伐の面積やパターン、伐採や地拵えの方法などによって異なることを述べている。 	P610, 4～21 行目 発表年：1998／筆著者：Barnes, B. V., Zak, B. R., Denton, S. R., Spurr, S. H.／掲載誌：書籍／タイトル：Forest Ecology (4th ed.), Wiley
② (5425)	<ul style="list-style-type: none"> ・同齢林の皆伐が生物多様性に及ぼす影響を、主な生物群の例を示しながら、レビューをおこなっている。 	P. 60 ～61 発表年：2016／筆著者：S. M. Grodsky, C. E. Moorman and K. R. Russell／掲載誌：書籍／タイトル：Ecological Forest Management Handbook、p47－86、CRC Press、2016 (ed. by G. R Larocque)
③ (5426)	<ul style="list-style-type: none"> ・温帯・亜寒帯の天然林 ・皆伐に対する種数の反応率 (R) (皆伐後種数／皆伐前種数) の平均値 ・両生類で最も種数が減少 (R=0.544) ・鳥類、節足動物、菌類、地衣類、植物も種数の減少傾向 (R<1.0) ・哺乳類は増加 (R=1.387) の傾向 	表 S2 発表年：／筆著者：Abhishek Chaudhary, Zuzana Burivalova, Lian Pin Koh & Stefanie Hellweg／掲載誌：Scientific Reports 6:23954, 2016／タイトル：Impact of Forest Management on Species Richness: Global Meta-Analysis and Economic Trade-Offs
④ (5427)	<ul style="list-style-type: none"> ・米国バージニア州付近のナラ・ブナ混交林 ・サンショウウオ類の個体数の年変化 ・皆伐後／皆伐前の百分率 (%) で表す ・2 種の合計 	図 3. バージニア州 (n=4) およびウエストバージニア州 (n=2) の実験的に

	<p>Plethodon cinereus、Desmognathus ochrophaeus</p> <ul style="list-style-type: none"> ・皆伐後 3 年目には約 10%前後にまで個体数が減少し、回復に 9 年以上要している。 	<p>操作された森林における 7 つの森林施業における陸上サンショウウオの伐採前の数に対する伐採後の割合 (SE)。</p> <p>伐採後 13 年間まで示すが、各サイトは別々の年に伐採されたので、各サイトが収穫後 1 年ごとに 13 年間サンプリングされたものではない。これは、年間の標準誤差の変動に寄与している。破線は、伐採前の個体数 (100%) への回復を示す線図</p>
	<p>発表年：2009／筆著者：Jessica A. Homyack, Carola A. Haas／掲載誌：Biological Conservation 142:110-121, 2009／タイトル：Long-term effects of experimental forest harvesting on abundance and reproductive demography of terrestrial salamanders</p>	
<p>⑤ (5428)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・両生類 4 種の集団サイズ (個体数) の変化 ・景観スケール注) でシミュレーション注) 流域～地域レベルの広がり ・4 つの森林施業シナリオ (縦列) 左から「連続森林」、「部分伐採」、「皆伐・倒木あり」、「皆伐・倒木なし」 ・上段から下段へ両生類の 4 種 AMMA : <i>Ambystoma maculatum</i>; AMO : <i>A. opacum</i>; AMTA : <i>A. talpoideum</i>; LISY : <i>Lithobates sylvaticus</i> ・横軸はシミュレーション期間 (0-100 年) ・縦軸は集団サイズ (成熟雌個体数) ・皆伐は 1 箇所 10ha で全面積の 30%を実施 ・皆伐しても絶滅することはないが、集団サイズ (個体数) は半分以下に減少。 	<p>図 2. 4 つの林業シナリオの下での 100 年間の確率的シミュレーションによる 4 種の両生類の景観スケールの集団サイズの変化。</p> <p>ここに示されている初期条件は、景観の 30%に 10ha の伐採が適用され、景観規模の集団は 1150 の成熟した雌個体 (23 の繁殖プールのそれぞれに 50 の雌個体) から始まる。各グラフ内で、各線は同じ林業シナリオの 30 回の確率的反復のうちの 1 つを表す。すべてのモデルは、シミュレーションの最初の 50 年以内に確率的均衡</p>

		に達した。CWD は粗 大有機物。図
	発表年：2015／筆著者：ELIZABETH B. HARPER, DAVID A. PATRICK, AND JAMES P. GIBBS／掲載誌：Ecological Applications, 25(8), 2271-2284, 2015／ タイトル：Impact of forestry practices at a landscape scale on the dynamics of amphibian populations	
⑥ (5429)	<ul style="list-style-type: none"> ・ノグチゲラ等森林性の絶滅危惧種の減少要因として皆伐による森林伐採が挙げられている。 	全文
	発表年：2014／筆著者：環境省（編）／掲載誌：2014, 出版（株）ぎょう せい／タイトル：レッドデータブック2014 2 鳥類	
⑦ (5430)	<ul style="list-style-type: none"> ・森林依存性、森林非依存性鳥類のレッドリスト種数(亜種を含む) ・環境省編レッドデータブック2002による CR: 絶滅危惧 IA 類; EN: 絶滅危惧 IB 類; VU: 絶滅危惧 II 類; NT: 準絶滅危惧; DD: 情報不足; LP: 絶滅のおそれのある地域個体群; NL: リスト外 ・森林依存性種の絶滅危惧種 (I、II 類) は 58 種に対して、非森林依存性種は 31 種である 	図 4
	発表年：2007／筆著者：東條 一史／掲載誌：森林総合研究所研究報告 Vol.6 (1), 9 - 26, 2007／タイトル：日本産森林依存性鳥類種数の推定	
⑧ (5431)	<ul style="list-style-type: none"> ・岩手県北上山地の 6 タイプの生息地 ・P: 放牧地、Md: 草地、Y: 新植地、Ab: 皆伐放棄地、Mt: カラマツ成熟人工林、O1: 広葉樹天然林 ・鳥類の種の豊富さ(種数)の中央値と 95%信頼限界 (CI) を示す ・左図は鳥類の全種数 ・右図は遷移初期に適応した鳥類の種数 ・皆伐による生息地 (P, Md, Y, Ab) の全種数は森林性の生息地 (Mt, O1) に比べて少ない ・しかし、遷移初期に適応した種数は多い。 ・皆伐による生息地があることにより、景観の多様性が高まっていることが示されている。 	図 3. 鳥類群集および機能グループレベルの反応 (各ハビタットでの観察数)。観察された種の豊富さおよび個体数の推定値がプロットされている。
	発表年：2012／筆著者：Y. Yamaura・J. A. Royle・N. Shimada・S. Asanuma ・T. Sato・H. Taki・S. Makino／掲載誌：Biodivers Conserv 21:1365- 1380, 2012／タイトル：Biodiversity of man-made open habitats in an underused country: a class of multispecies abundance models for count data	
⑨ (5432)	<ul style="list-style-type: none"> ・米国 New Hampshire 州北部針広混交林 ・成熟した森林性の鳥類 9 種 ・皆伐地 (△)、野生生物用の開放地 (□)、成熟林 (●) ・7 月中旬～8 月の孵化後の期間 ・縦軸：霞網による捕獲数/時間、平均値と 95%CI ・横軸：9 種のコード 	図 1. ニューハンプシャー州北部の野生生物利用の開放地、皆伐区、成熟した森林の間で比較された、森林性鳥類の孵化後の幼鳥のポイン

	BHVI : blue-headed vireo; BLBW : blackburnian warbler; BTBW : black-throated blue warbler; BTNW : black-throated green warbler; HETH : hermit thrush, MYWA : yellow-rumped warbler; OVEN : ovenbird; REVI : red-eyed vireo; SWTH : Swainson's thrush ・森林性の鳥類も孵化後は皆伐等の開放地を利用している	トカウトから計算された捕獲率と密度(ヘクタールあたりの鳥の数)。平均と95%の信頼区間を提示。
	発表年 : 2012 / 筆著者 : C. C. Chandler, D. I. King, R. B. Chandle / 掲載誌 : Forest Ecology and Management 264: 1-9, 2012 / タイトル : Do mature forest birds prefer early-successional habitat during the post-fledging period?	
⑩ (5433)	<ul style="list-style-type: none"> ・北半球に分布するイヌワシの最も小型の亜種であるニホンイヌワシ ・繁殖成功率が、1980年代前半 47%→1991年以降 20%台に低下し、絶滅危惧種 ・日本は森林に覆われ疎開地が少ない →人為的な疎開地が餌狩り場を供与 →つがいによる共同ハンティング、 →平均産卵数を少なく抑えること ・確実に1羽の雛が巣立つように適応 	全文
	発表年 : 2005 / 筆著者 : 山崎 亨 / 掲載誌 : イヌワシの生態と保全、(著) Watson, J.、(訳) 山岸 哲・浅井芝樹、359-372、文一総合出版、2005 / タイトル : 日本の事例 ニホンイヌワシ	
⑪ (5434)	<ul style="list-style-type: none"> ・現状のイヌワシの採餌環境 幼令人工林面積は77%減少 低木草地は43%減少 ・重回帰分析でも、幼令人工林、低木草地は繁殖成功率にプラス効果の説明要因として取り込まれており、これらの減少が繁殖成功率を低下させた可能性がある。 	重回帰分析の計算式
	発表年 : 2005 / 筆著者 : 由井正敏、関山房兵、根本 理、小原徳忠、田村剛、青山一郎、荒木田直也 / 掲載誌 : 日本鳥学会誌 54(2) : 67-78、2005 / タイトル : 北上高地におけるイヌワシ <i>Aquila chrysaetos</i> 個体群の繁殖成功率低下と植生変化の関係	
⑫ (5435)	<ul style="list-style-type: none"> ・狩場創出後、イヌワシが試験地周辺に出現する頻度が高まった(右図)。 ・さらに、狩場創出後、イヌワシが伐採地の上空で獲物を探す行動が4回観察されている(試験地の上空で獲物を探す行動は、伐採前1年間には一度も確認されていない)。 	全文
	発表年 : 2016 / 筆著者 : 公益財団法人日本自然保護協会、林野庁関東森林管理局、赤谷プロジェクト地域協議会 / 掲載誌 : プレスリリース 2016年10月18日 / タイトル : イヌワシは2haの皆伐地を、狩りができる環境として認識～イヌワシが狩りをする環境の創出試験2年間の結果～	

<p>⑬ (5436)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・落葉広葉樹林皆伐後の餌植物バイオマスの経年変化 (乾重 (g/m²)) a. ニホンジカの餌植物量 実線：スギ人工林 破線：落葉広葉樹二次林 b. 針葉樹人工林のカモシカの餌植物量 実線：11月、細線：8月 c. スギ人工林のカモシカの餌植物量 皆伐約10年で餌植物量は急減する。 	<p>図1 a-d</p>
<p>発表年：2007／筆著者：Naoki Agetsuma／掲載誌：Ecological Research 22: 390-402, 2007／タイトル：Ecological function losses caused by monotonous land use induce crop raiding by wildlife on the island of Yakushima, southern Japan</p>		
<p>⑭ (5437)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ニホンジカによる、林内(左)ー皆伐地(右)トランセクト上のミヤコササの採餌強度(●)と採餌葉面積(○)の変化(縦の点線は林縁を示す) 採餌強度(●)は採餌した葉の枚数/全枚数 採餌葉面積(○)は採餌した葉の総面積 ・林内では60%以上の葉を採餌しているが、枚数が少ないため採餌葉面積(≒葉量)は僅か。 ・皆伐地では、採餌強度は低い、採餌葉面積(≒葉量)は林内よりはるかに多い。 	<p>図2. トランセクトに沿った、1983年4月時の、ミヤコササの葉数とシカによって除去された推定葉量で表されるシカの採食強度。縦の点線は林縁を示す。</p>
<p>発表年：1989／筆著者：Seiki TAKATSUKI／掲載誌：Ecological Research 4: 287-295, 1989／タイトル：Edge Effects Created by Clear-cutting on Habitat Use by Sika Deer on Mt. Goyo, Northern Honshu, Japan</p>		
<p>⑮ (5438)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道の拡大造林期(60年代~80年代)から造林停滞期(90年代~)にかけてのノネズミ類の種の変遷(捕獲率) <i>C. rufocanus</i> エゾヤチネズミ <i>C. rutilus</i> ミカドネズミ <i>A. argenteus</i> ヒメネズミ <i>A. supeciosus</i> アカネズミ ・天然林の皆伐人工更新が進められた拡大造林期にエゾヤチネズミが大発生した。 ・エゾヤチネズミはこれらの中で最も植物繊維を多く取る。 	<p>図4. 野ネズミ類3種の種多様性と新規造林面積の30年間の変化(1962-1992)</p>
<p>発表年：1997／筆著者：Takashi Saito, Atsushi Nakatsu／掲載誌：Mammal Study 22:27-38, 1997／タイトル：The impact of forestry on the small rodent community of Hokkaido, Japan</p>		
<p>⑯ (5439)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・欧州の小型哺乳動物9種における無伐林分に対する皆伐林分の相対個体数(RAI)の増減 温帯林(●)と北方林(○) <i>A. agrarius</i>: セスジアカネズミ <i>A. flavicollis</i>: キクビアカネズミ <i>A. sylvaticus</i>: モリアカネズ 	<p>図1. ヨーロッパの温帯(黒塗りの円)および北方林(白抜きの円)における9つの小型哺乳動物種</p>

	<p>ミ <i>M. agarius</i>: キタハタネズミ M. : ハタネズミの一種 <i>M. glareolus</i> 欧州ヤチネズミ <i>M. minutus</i> カヤネズミ <i>S. araneus</i>: 欧州トガリネズミ <i>S. raneus</i>: 欧州ヒメトガリネズミ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・皆伐に反応して増加する種が多いが、欧州ヤチネズミに関しては差が認められない。 ・キクビアカネズミは北方林でのみ減少。 ・樹上で生活するタイリクモモンガは減少した。 	<p>の相対的豊かさ指数 (RAI)。RAI は皆伐と無伐採の森林の間の特定の種の個体数の相対的な差を示している。</p>
<p>発表年：2014／筆著者：Bogdziewicz Michał・Zwolak Rafał／掲載誌：Eur J Forest Res 133:1-11, 2014／タイトル：Responses of small mammals to clear-cutting in temperate and boreal forests of Europe: a meta-analysis and review</p>		
<p>⑰ (5440)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・日本の切り跡群落 常緑広葉樹林 (ヤブツバキ・クラス) ダンドロボロギク群落 (2～3年) →ベニバナボロギク群落 夏緑広葉樹林 (ブナ・クラス) ヤナギラン群落 (2～3年) →クマイチゴ群落 	<p>全文</p>
<p>発表年：1977／筆著者：宮脇昭 (編)／掲載誌：書籍／タイトル：日本の植生</p>		
<p>⑱ (5441)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・1954年の台風による大雪山風倒跡地の植生遷移 ・横軸は大規模な風倒後 (皆伐に類似) の年数 ・縦軸は植物の被度 (%) を表す ●<i>Rubus idaeusa</i>. エゾイチゴ ■<i>Sasa sinanensis</i> クマイザサ ▽<i>Carex sachalinensis</i> ゴンゲンスゲ △<i>Oxalis acetosela</i> コミヤマカタバミ <p>風倒後、エゾイチゴが急速に繁茂するが、数年後をピークに衰退する。その衰退に合わせて、前森林から存在したクマイザサが被度を増していくのが分かる。ササの繁茂によって、前森林のゴンゲンスゲやコミヤマカタバミは消滅した。</p>	<p>図1-5 1954年の大型台風被害後の低木、草本および高木種の平均植被率の経年変化</p>
<p>発表年：1997／筆著者：M. Ishizuka, H. Toyooka, A. Osawa, H. Kushima, Y. Kanazawa & A. Sato／掲載誌：Journal of Sustainable Forestry, 6:3-4, 367-388, 1997／タイトル：Secondary Succession Following Catastrophic Windthrow in a Boreal Forest in Hokkaido, Japan</p>		
<p>⑲ (5442)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・岩手県のブナ皆伐母樹保残施業試験地 ・1969年伐採でササ刈り払いを実施 ・33年生時の様子 <p>ブナの更新は保残したブナの周辺のみで、林冠木はブナ以外の樹種が優占している (図-7)。ササの刈り払いを実施しなかった試験地では、ブナの更新は母樹の根元周辺に限られていた。</p>	<p>図7</p>
<p>発表年：2006／筆著者：杉田久志、金指達郎、正木隆／掲載誌：日林誌 88: 456-464, 2006／タイトル：ブナ皆伐母樹保残法施業試験地における33年後、54年後の更新状況—東北地方の落葉低木型林床ブナ林における事例—</p>		

<p>⑳ (5443)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・沖縄の亜熱帯常緑広葉樹林の若い二次林、老齢二次林、老齢天然林（原生林）の着生植物を含む森林植物の多様性の比較 ・植物種の豊富さ（種数）を、科、属および種、生活型および機能型によって評価した。 ・種数は、各森林タイプの平均値（/400 m²）と標準偏差（カッコ内）で示されている。 ・異なる添え文字（a, b, c）は、森林タイプ間の有意差（P < 0.05）を示す。 ・老齢天然林は、二次林に比べ、属、種、羊歯類、草本、着生植物、絶滅危惧種の種数が有意に多い。 <p>発表年：／筆著者：Yasuhiro Kubota, Kenji Katsuda, Kihachiro Kikuzawa ／掲載誌：Biodivers Conserv (2005) 14: 879-901／タイトル：Secondary succession and effects of clear-logging on diversity in the subtropical forests on Okinawa Island, southern Japan</p>	<p>表3 樹木を含む森林植物の多様性。植物種の豊かさは、分類学的階層（科、属および種）、生活型および機能型によって評価した。</p>
<p>㉑ (5444)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・九州全域の人工林皆伐後の再生林放棄地における標高別の植生阻害要因 ・1998～2002年に伐採された放棄地を2004～2008年に調査 ・62.8%の放棄地が、シカの食害やタケ類、つる類による植生回復阻害を受けていた ・中度以上のシカの食害（31.7%） ・タケ類の侵入（21.6%） ・つる性植物の繁茂（24.6%） <p>タケ類（900m以下）、つる類（800m以下）の被害は低標高の緩い斜面に多く、シカ害は全体に広がっていた。</p> <p>発表年：2011／筆著者：加治佐剛ほか12名／掲載誌：日林誌 93:288-293, 2011／タイトル：九州全域の再生林放棄地における浸食・崩壊および植生回復阻害の状況調査</p>	<p>図-9 標高別の植生阻害要因が確認された放棄地の状況</p>
<p>㉒ (42)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・小面積皆伐による異齢林施業試験地の実際 ・図中の小円は立木位置と円の直径でDBHを表している。図中の点線は、下層植生を調査したプロット（4ha）を示している。 ・0.05～1.04haのパッチで伐採などの施業がされている。 ・下層植生は種多様度、垂直的構造の発達から7つのタイプに分類できたが、パッチ毎に1つの植生タイプが優占していた。 ・すなわち、施業単位のパッチと下層植生は連動しており、パッチの配置を計画することで、下層植生の多様性を調節することができる。 	<p>図-1 調査地の位置(a)と調査プロットの概要(b)</p>

	発表年：2009／筆著者：山川博美、伊藤哲、作出耕太郎、溝上展也、中尾登志雄／掲載誌：日林誌 91：277-284, 2009／タイトル：針葉樹人工林の小面積皆伐による異齡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	
②③ (5445)	・保残木施業が、世界で用いられ、皆伐に代わって、原生林種の種多様性を少なくとも林分レベルで保つことができることを、メタアナリシスで示している。	図 3
	発表年：／筆著者：A. Mori／掲載誌：Biological Conservation175: 65-73、2014／タイトル：Retention forestry as a major paradigm for safe guarding forest biodiversity in productive landscapes : A global meta-analysis	

<p>問 3-18</p>	<p>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</p>
<p>答</p>	<p>皆伐跡地への植栽の実施は、皆伐造林の一般的な作業（地ごしらえ、樹種の選択と植栽、下刈り等）をとおして、生物多様性に人為的な影響を与えるが、その実態に関する研究は極めて限られているのが現状である。また、植栽の生物多様性への影響の程度は、樹種や施業方法によって多様であり、今後の研究が必要である。</p> <p>（地ごしらえが生物多様性に与える影響）</p> <p>地ごしらえによって、以前の森林の林床の生態系は攪乱され、生物多様性は低下するが、その程度は地ごしらえの方法によって大きく異なる（根拠①、②）。</p> <p>林業機械を用いた木材の伐採搬出作業、地ごしらえ作業が世界的に普及しているが、林業機械の走行による林床植生の破壊はもとより、小型哺乳類も被害を受ける。南米チリではラジアータマツの伐木集材作業で、そこに生息する齧歯類一種の少なくとも半数が轢かれて死亡していると推定されている（根拠③）。</p> <p>地ごしらえによる林床の生態系へのインパクトは大きく、対象の森林が保全の対象になっているのであれば、林床植物や、多くの天然林の生物に資源を提供する粗大有機物（枯死木やその破片）を除去するような、強度な地ごしらえは避けるべきである（根拠①、②）。</p> <p>（機械と除草剤を用いた強度な植生管理が多様性に及ぼす影響）</p> <p>一方で、米国の南東部は、機械地ごしらえと除草剤利用によるマツ類の集約的な皆伐造林で知られるが、機械地ごしらえ 2 処理（排土板と破碎ローラ）、化学処理 2 処理（除草剤の有無）、雑草木への除草剤散布 2 処理（全散布と帯状散布）の 6 処理の試験を行い、植物群落、鳥類群集、小型哺乳類の群集への影響が調べられている。</p> <p>その結果、地ごしらえに除草剤を併用した場合、草本への影響は短期間（約 4 年間）であるが木本への影響は長期にわたること、さらに雑草木への除草剤の全面散布は 1 年目に草本植物の被度を低下させたが、帯状散布により影響を低減できるとしている（根拠①）。</p> <p>鳥類への影響は、地ごしらえの幅が広い方が、鳥の種数と個体数が多いこと、試験に用いた除草剤は鳥類に殆ど影響がなく、全ての処理で消失した種はなかったという（根拠②）。</p> <p>小型哺乳動物については、種により規模や時期は異なるが、捕獲数、種数、種多様性に短期的（1-2 年）な影響をもたらした。とくに、機械地ごしらえと除草剤の併用は小型哺乳類の多様性を約 2 年間低下させたが、同地の小型哺乳類群集は、強度な植生管理においても持続可能であると思われると結論している（根拠③）。</p> <p>これらの試験結果は 10 年以内のものであり、さらに長期にわたる影響を評価する必要があると考えられる。</p>

根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5446)	<p>・森林施業と生物多様性保全の古典的テキスト 8章の中の「更新伐時における林分構造の保残」(166-182頁)に、詳細かつ具体的に、伐採後の林地の生物多様性の保全方法が記述されている。</p> <p>保残対象：大きな生立木、大きな立枯木（特に樹洞木）と林地残材（粗大有機物）、非攪乱地</p> <p>保残の量：定量的な表現は困難としながらも、豪州や米国における試験の例が挙げられ、例えば、樹洞木に依存する種の 5-8 割が出現可能な樹洞木の数を 5-10 本/ha と推定している。</p> <p>保残配置：分散型と集中型の長所短所を物理環境と作業の面から分析（表 8.4）し、集中型が多くの生物の保全に効果があるという研究例が列挙されている。</p>	<p>p163-195 Chapter 8 Matrix Management in the Harvested Stand</p> <p>p166-182 Structure Retention at the Time of Regeneration Harvest</p>
② (5447)	<p>・世界の主な人工林地帯の生物多様性に関する総説。地ごしらえにより、多くの生物の生息環境となる林床植生や林床の枯死木とその破片が破壊されること（レビュー）から、可能ならば、生物多様性保全の価値のある場所では、強度のじごしらえは避けるべきであるとしている。</p>	<p>p926 および p942</p>
③ (5448)	<p>・南米チリのラジアータマツ人工林の皆伐集材作業では、齧歯類一種（推）に小型無線装置を付けて4年間追跡した結果、少なくとも半数が林業機械に轢かれて死亡していると推定されている</p>	<p>表 1 および図 1</p>
	<p>発表年：2015／著者：Martín A. H. Escobar, Sandra V. Uribe, Romina Chiappe, Cristián F. Estades／掲載誌：PLoS ONE 10(3): e0118883／タイトル：Effect of Clearcutting Operations on the Survival Rate of a Small Mammal</p>	

<p>④ (5449)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・強度の異なる地ごしらえ 6 処理を行い、8 年間、植物群落の反応を調べた。 ▶処理には、地ごしらえ幅(2 種)、方法(機械的および化学的)、雑草木の除草剤散布の幅(2 種)を含む。 ▶化学的地ごしらえは、草本群落には短期間(約 4 年)の影響であったが、木本と松の被度には長期間の影響があった。 ▶除草剤の全面処理は処理後 1 年目に禾本、ツル、および広葉草本の被度を減らした。 ▶生物の生息環境となる草本の成長を妨げないために、帯状散布と組み合わせることが重要 	<p>表 2</p>
<p>発表年：2011／著者：V.R. Lane, K.V. Miller, S.B. Castleberry, R.J. Cooper, D.A. Miller, T. B. Wigley, G.M. Marsh, R.L. Mihalco／掲載誌：Forest Ecological Management 262(9)：1668-1678／タイトル：Plant community responses to a gradient of site preparation intensities in pine plantations in the Coastal Plain of North Carolina</p>		
<p>⑤ (5450)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・強度の異なる地ごしらえ 6 処理を行い、8 年間、鳥の反応を調べた。 ▶処理には、地ごしらえ幅(2 種)、方法(機械的および化学的)、雑草木の除草剤散布の幅(2 種)を含む。 ▶地ごしらえの幅が広い方が、鳥の種数と個体数が 6 年間にわたり、多かった。 ▶地ごしらえと雑草木への除草剤処理の種類は、鳥類に殆ど影響を与えなかった。 ▶すべての処理に多様な鳥類群集が見られ、処理によって消失した種はなかった。 	<p>表 2, 3 および図 1, 2</p>
<p>発表年：2011／著者：V.R. Lane, K.V. Miller, S.B. Castleberry, R.J. Cooper, D.A. Miller, T. B. Wigley, G.M. Marsh, R.L. Mihalco／掲載誌：Forest Ecological Management 262(9)：1668-1678／タイトル：Bird community responses to a gradient of site preparation intensities in pine plantations in the Coastal Plain of North Carolina</p>		
<p>⑥ (5451)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・(試験地は同上) ▲・種により規模や時期は異なったが、小型哺乳動物の捕獲数、種数、種多様性に短期的(1-2 年)な影響をもたらした。 ▲・小型哺乳類の多様性は、地ごしらえ後 2 年間、チョップよりも帯状かき起こしで大きく、1-2 年間は化学的処理で減少、帯 HWC の方が適用後 1 年は広 HWC より大きかった。 ▲・Pocosin 湿地の小型哺乳類群集は、南東部の沿岸平原の強度管理された松林の中でも持続可能であると思われる。 	<p>表-1. 表-2~4</p>
<p>発表年：2013／著者：V.R. Lane, K.V. Miller, S.B. Castleberry, D.A. Miller, T. B. Wigley, R.L. Mihalco, L. Rebecca／掲載誌：Southern Journal of Applied Forestry 3(4)：226-232, 2013／タイトル：Small Mammal Responses to Site Preparation Techniques in North Carolina Coastal Plain Pine Plantations</p>		

<p>⑦ (97)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 人工林で多様な生物、特に植物の多様性を保全する可能性について国内外の研究をレビュー、日本における課題を検討した総説 	<p>全文</p>
<p>発表年：2014／著者：五十嵐哲也、牧野俊一、田中浩、正木隆／掲載誌：森林総研研究報告、13(2)、29-42、2014／タイトル：植物の多様性の観点から人工林施業を考える：日本型「近自然施業」の可能性</p>		
<p>⑧ (5452)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 富士山南麓標高約 1000m のヒノキ人工林（約 60 年生）で、40～45 年生時に台風被害を受け、広葉樹が 12 種植栽されている。10 年前から下刈り試験を開始。 年 1 回下刈りではミズナラ等の広葉樹が生長し 9 年目に林冠が閉鎖したが、年 2 回下刈りでは広葉樹の樹高生長が遅く林冠は閉鎖していない。 刈り取り高が低いと風散布種子の樹種が、刈り取り高が高いと鳥散布種子の実生の定着が多かった。 下刈り頻度や刈り取り高を違えることで、林床の光り環境に違いが生じ、異なる樹種の実生が定着するようになり、種多様性が増加する可能性を示唆している 	<p>表 4 および図 2</p>
<p>発表年：2014／著者：中村華子／掲載誌：日緑工誌 40(1)：285-288、2014／タイトル：富士山南麓の広葉樹復元のための管理方法の検討—下刈り方法の違いによる 10 年間の植生変化—</p>		

問 3-19	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>一般に天然林の人工林化によって、天然林（原生林）に特徴的な種の多くを失うが、人工林化の影響は、森林のタイプ、種や種のグループ等によって発現の仕方が異なり、今後の研究が必要である。</p> <p>その一方で、人為の影響が長く続いた里山等では、人工林の適切な管理によって、種の豊富さ（種数）や個体数が広葉樹二次林と同程度に豊富な例も見られる。さらに、人工林が絶滅危惧種の生育地になっていることも少なくなく、人工林においても生物多様性保全機能の発揮が期待されている。</p> <p>（植生） （人工林化による原生林種の消失）</p> <p>宮崎県の照葉樹林（原生林）と二次林および人工林（スギ林、アカマツ林）の種組成を比較した結果、二次林・人工林では多くの照葉樹林種が欠落することに対して、原生林には無い落葉性の植物（ケヤキ、アカシデ、ヤマザクラ等）が存在することが指摘されている（根拠①）。</p> <p>ブナ林地帯では、スギ人工林の種数は多いものの、原生林種や原生林・二次林共通種の割合が少ない。スギ人工林では、種数の豊富さは多くの雑草種を含む割合が高く、人為攪乱に適応したものであることを示している（根拠②）。</p> <p>（適切に管理された人工林の生物多様性保全機能）</p> <p>一方で、三重県の里山では、比較的良く管理（除間伐）されたスギやヒノキの人工林の林床植生の種数や多様性指数（種数と個体数を考慮した指数）はシイ林よりも高いこと、とくにスギ人工林ではシダ植物の種数が里山の主要群落のなかで最も高いことが報告されている。ただし、手入れのなされていないヒノキ人工林では、ほとんど林床植生が発達していない林分も見られた（根拠③）。</p> <p>さらに、人工林が絶滅危惧種の生育地になっていることも少なくなく（根拠④）、九州南部の低地照葉樹林に生育する絶滅危惧種のハナカガシは、一部のスギ人工林にも生育することが知られ、斜面下部の高齢林に出現確率が高いことが報告されている（根拠⑤）。</p> <p>（植林の繰り返しによる生物多様性の低下）</p> <p>北関東のスギ人工林で、再植林（二代目）によって、林内の樹木の種数が減少しているという報告がある。二代目の人工林で減少した樹種は、初代の人工林での出現頻度が低い種であった。また、種数には広葉樹林からの距離も関係しており、再植林の影響を最小限にするためには、広葉樹林（種子源）からの距離などの要因を考慮することが重要であることが示唆されている（根拠⑥）。</p> <p>（鳥類）</p> <p>広葉樹林と人工林で鳥類相を比較すると、人工林は広葉樹林よりも鳥類の種数は低い場合と変わらない場合がある。この原因として、人工林の植栽樹種や林分構造によって、鳥類の種数が大きく異なることが挙げられる（根拠⑦）。</p>

(人工林と広葉樹林の種組成のちがい)

一方、鳥類の種組成は広葉樹林と人工林では異なることが広く確認されている。人工林では幹に穴の空いた樹洞木は優占して間伐されるので、カラ類やキツツキ類など樹洞に営巣する鳥をはじめ、アカハラなど広葉樹の果実を食べる鳥、飛びながらハエなど小さな昆虫を捕るヒタキ類などが少ない。これらの鳥類にとって人工林は不適な環境で、広葉樹林の人工林への転換によってこれらのグループの多様性は低下すると考えられる(根拠⑦)。

一方、人工林で密度が高い鳥としては、マヒワなど種子を食べる鳥やホオジロ科などの開放地を好む鳥(遷移初期種)がある(根拠⑦)。

(人工林の構造と鳥類)

人工林でも、構造が複雑な林分ほど鳥類の種数は多い。樹高や枝下高が高いこと、広葉樹低木の被度や種数が多いこと、立枯れ木などが存在することなどが、人工林の鳥類の種数を増加させることが知られている。したがって、林分構造および混生する広葉樹の種組成が複雑な人工林は、鳥類の種数が高いといえる(根拠⑦、詳細は複層林化の問答を参照)。

(日本の人工林の樹洞木)

樹洞には、キツツキ類が掘った掘削タイプ、幹の腐朽などで穴があいた非掘削タイプの2つがある。北海道の天然林と針葉樹人工林で、樹洞木の出現頻度が調べられ、掘削タイプの樹洞木は人工林と天然林で差は無いが、非掘削(腐朽)タイプの樹洞木は人工林で明らかに少ないことが確認されている(根拠⑧)。

(哺乳類)

北海道の拡大造林に伴って、植物繊維が主食のエゾヤチネズミが急激に増加し、植林地に多大な食害をもたらしたが、これは天然林の急速な皆伐人工更新に起因するものと考えられている。エゾヤチネズミ個体群の変動に対して、果実を好むヒメネズミやアカネズミの変動は少ない(根拠⑨)。

(昆虫)

関東地方のスギ人工林(林齢80年以下)と周辺の広葉樹林(林齢150年以下)で林齢とカミキリムシの種数の関係を調べた結果、非常に若い林齢をのぞき、スギ人工林のほうが、広葉樹林より種数が少ないことが示されている(根拠⑩)。

一方、愛媛県で、スギ人工林(単層林および複層林)と周辺の広葉樹二次林のカミキリムシ相を林齢との関係で比較した結果、老齢二次林(約130年生)に明らかに多いものの、80年以下の二次林と50年以下のスギ単層林、100年以上のスギ複層林の間に大きな差はなかった(根拠⑪)。しかし、調査林分の施業履歴が異なるため、結論に至るにはさらなるデータの蓄積が必要である。

根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5453)	<ul style="list-style-type: none"> 宮崎県の照葉樹林(原生林)と二次林および人工林の種組成を比較した結果、 原生林に対する種数の割合は、二次林(67%)、スギ人工林(57%)、マツ人工林(56%)であった。とくに、シダ植物、着生ラン科植物、低木性照葉樹については、42、31、30%と極めて低くなっていた。 二次林、スギ人工林、アカマツ人工林には落葉性植物が見られるのが特徴で、スギ人工林には、ケヤキ、ムラサキシキブなど、とくにアカマツ人工林には、ヤマザクラ、アカシデなど多くの落葉植物が見られた。 一方で、人工林に絶滅危惧種が存在することもあり、クマガイソウ(スギ人工林)、着生ラン(アカマツ人工林)が見られた。 	全文
発表年:2005/筆著者:服部 保、南山典子、武田義明/掲載誌:人と自然 No15, 1-8, 2005/タイトル: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		
② (5454)	<ul style="list-style-type: none"> ブナ林地帯における原生林の各種群が占める割合に対する天然更新施業林、二次林、スギ人工林でのそれらの割合を示す。 スギ人工林では種多様性が高いが、原生林種やブナ林ジェネラリスト(ブナ原生林、二次林共通種)の割合が少ない。 スギ人工林では、多くの雑草種を含む低頻度種の占める割合が高く、人工林の種多様性の高さは攪乱耐性種の割合が高いことに起因していた。 	図 3. 原生林における各種群が占める割合に対する各景観要素でのそれらの割合
発表年:2001/筆著者:長池卓男/掲載誌:国際景観生態学会日本支部会報 6(1):19-23, 2001/タイトル:ブナ林における森林管理が地域の植物種多様性に及ぼす影響		
③ (5455)	<ul style="list-style-type: none"> 三重県の里山地帯で、様々な森林群落の林分構造と種組成を調べた結果、 比較的良く管理(除間伐)されたスギやヒノキの人工林の林床植生の種数や多様度指数(Shanon- Wiener's H)はシイ林よりも高く、 とくにスギ人工林ではシダ植物の種数が里山の主要群落のなかで最も高かった。 ただし、手入れのなされていないヒノキ人工林では、ほとんど林床植生が発達していない林分も見られた。 	要旨
発表年:2005/筆著者:島田博匡、谷秀司/掲載誌:三重林研研報 17, 19-44, 2005/タイトル:三重県の里山における主要群落の林分構造と種組成		
④ (5456)	<ul style="list-style-type: none"> ハナカガシや多くのシダ植物など、スギ人工林等での生育地が述べられている。 	全文
発表年:/筆著者:宮崎県版レッドデータブック改訂検討委員会(編集)/掲載誌:書籍/タイトル:改訂・宮崎県版レッドデータブック宮崎県の保護上重要な野生生物		

<p>⑤ (5457)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スギ人工林における絶滅危惧種ハナカガシの出現確率をロジスティック回帰分析で推定した結果、出現確率は斜面下部の高齢林で高かった。出現するかしないかを予測する確率は全体精度が 0.78 で、比較的高い精度で出現確率を予測できた。 <p>発表年：2012／筆著者：伊藤哲、光田靖／掲載誌：景観生態学 17 (1)、1-5、2012／タイトル：九州南部のスギ人工林下層における絶滅危惧種ハナカガシの出現傾向</p>	<p>要旨</p>
<p>⑥ (5458)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・右の表には、北関東の 1 回目と 2 回目のスギ人工林における稚樹の平均種数 (Species richness) と生育型 (低木、高木) と散布型 (鳥、重力、風) の平均個体数が示されている。 ・種数は小型 (2m 未満)、大型 (2m 以上) の稚樹は 2 回目で有意に少ない ・大型稚樹の個体数には、生育型と散布型に有意差があり、2 回目の高木種と重力散布種が少なくなっている。 <p>発表年：2017／筆著者：Tetsuya Igarashi、Takashi Masaki、Takuo Nagaike、Hiroshi Tanaka／掲載誌：Journal of Forest Research 2017 (Online のみ掲載)／タイトル：Species richness of the understory woody vegetation in Japanese cedar plantations declines with increasing number of rotations</p>	<p>” 表 3 1 回目 (First) と 2 回目 (Second) のスギ人工林における稚樹 (2m 以下：Small sapling と 2m 以上：Large sampling) の種数 (Species richness) と生育型 (低木、高木) と散布型 (鳥、重力、風) の個体数 P 値は有意水準、(+)、(-) は χ^2 検定で有意な差を示す。”</p>
<p>⑦ (5459)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・広葉樹林の人工林化により鳥類群集の変化についての総説であり、人工林化によって鳥類にとって変化する環境に対して、どのような鳥類がどのように反応するのか、詳細に述べられている。 <p>発表年：2007／筆著者：山浦悠一／掲載誌：日本森林学会誌 89：416-430、2007／タイトル：広葉樹林の分断化が鳥類に及ぼす影響の緩和-人工林マトリックス管理の提案-</p>	<p>P421-422</p>
<p>⑧ (5460)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道の天然林と針葉樹人工林で、樹洞の発生状況を調査した。 ・樹洞は、キツツキ類が掘ったもの (掘削タイプ) されたものと腐朽などによる穴 (非掘削タイプ) の 2 タイプに分類された。 ・掘削タイプの樹洞木は人工林と天然林で発生状況は差が無かったが、非掘削 (腐朽) タイプの樹洞木は、明らかに人工林で少なく、天然林に多い。 	<p>”Online Appendix Fig. S2 野幌森林公園における樹洞木の数に及ぼす年齢および林種 (人工林、天然林) の影響：(a) 全樹洞木、(b) 掘削樹洞木、および (c) 非掘削樹洞木”</p>

	発表年：／筆著者：Kokoro Kikuchi、Takumi Akasaka、Yuichi Yamaura、Futoshi Nakamura／掲載誌：Journal of Forest Research 24(3)、553-559、2013／タイトル：Abundance and use of cavity trees at the tree- and stand-levels in natural and plantation forests in Hokkaido, Japan	
⑨ (5438)	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道の拡大造林期（60年代～80年代）から造林停滞期（90年代～）にかけてのノネズミ類の種の変遷（捕獲率） <i>C. rufocanus</i> エゾヤチネズミ <i>C. rutilus</i> ミカドネズミ <i>A. argenteus</i> ヒメネズミ <i>A. supeciosus</i> アカネズミ ・天然林の皆伐人工更新が進められた拡大造林期にエゾヤチネズミが大発生した。 ・エゾヤチネズミはこれらの中で最も植物繊維を多く取る。 	図4. 野ネズミ類3種の種多様性と新規造林面積の30年間の変化（1962-1992）
	発表年：1997／筆著者：Takashi Saito, Atsushi Nakatsu／掲載誌：Mammal Study 22:27-38, 1997／タイトル：The impact of forestry on the small rodent community of Hokkaido, Japan	
⑩ (5461)	<ul style="list-style-type: none"> ・非常に若い林齢をのぞき、スギ林のほうが、広葉樹林より種数が少ないことを示している。 	〃図 スギ林と広葉樹林での昆虫（カミキリムシ）の種数の関係
	発表年：2011／筆著者：牧野俊一／掲載誌：森林科学 63、2-6、2011／タイトル：生物多様性の逆襲	
⑪ (31)	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模林業地域の愛媛県久万高原町とこの地域本来の植生が残存する近隣老齢二次林のカミキリムシ相の違い、ならびに森林タイプ（針葉樹人工単層林、針葉樹人工複層林、天然更新二次林）、林齢、植物種数、倒木量とカミキリムシ相の関係を調査した。久万高原町では、成熟した森林環境に依存するカミキリムシ類が衰退していた。カミキリムシ相の対応分析の結果、森林タイプ別にクラスターは形成されていなかったが、老齢二次林が最小値を示した対応分析の第1軸と植物種数の間に有意な負の相関関係が認められた。これらのことから、カミキリムシ相は複層林施業によってただちに回復するわけではないが、森林タイプにかかわらず、下層植生を適切に管理して植物種数を増やすことによって本来のカミキリムシ相を保全することができると考えられる。 	図1
	発表年：2006／筆著者：稲田 哲治、柚村 誠二、前藤 薫／掲載誌：日本森林学会誌 88(6)：446-455、2006／タイトル：複層林施業がカミキリムシ相に与える影響	

問 3-20	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>複層林化は、単層林の林分構造を垂直的または平面的に多様化するもので、その目指す姿には、①針葉樹の二段林、②針葉樹人工林の広葉樹との混交化、③帯状伐採と再生林によるモザイク施業林などがある（根拠①）。</p> <p>単層林を複層林化することは、様々な生息環境の形成につながり、生物多様性保全機能の向上が期待される。しかし、比較的新しい施業法であり、その効果の実証的な研究成果は限られているのが現状であり、今後の研究が必要である。</p> <p>① 針葉樹の二段林</p> <p>1980年代から90年代に、皆伐一斉造林への反省から、スギ、ヒノキ、カラマツ等を上木に、下木にスギ、ヒノキ（北海道ではトドマツ、アカエゾマツ）を植栽した二段林の造成が進められた（根拠2）。上木の存在で雑草木の繁茂が抑えられ、炎天下の下刈り作業も軽減される利点があるが（根拠②）、下木が育つと上木と共に日射を遮るため、林床はさらに暗くなりやすい。</p> <p>したがって、上木と下木の適切な間伐がなされないと、生物多様性保全機能は単層林よりも低下すると考えられている（根拠③）が、実証事例に乏しく、今後の研究が必要である。</p> <p>（針葉樹二段林の生物多様性）</p> <p>下木の適切な間伐の重要性を示唆するものとして、以下のような限られた事例がある。</p> <p>長野のカラマツ-ヒノキ二段林で、下木植栽時に50種以上あった林床植物が、10年間無間伐で10種に減少した（根拠④）。</p> <p>四国の上木・下木の間伐が適切に行われたスギ-スギ二段林では、下層植生量が通常のスギ単層林より多いと推定されている（根拠⑤）。</p> <p>一方、四国でスギの単層林、複層林と広葉樹二次林のカミキリムシ相を比較し、林分タイプ間でカミキリムシの種数、植物種数、倒木量に差がなかったという報告があるが、調査林分の施業履歴（間伐の有無、下木の植栽本数等）が異なるものであった（根拠⑥）。</p> <p>ただし、これらの事例は、いずれも限られた調査林分で施業履歴も異なるため、結論を導くにはデータの蓄積が必要である。</p> <p>②針葉樹人工林の広葉樹との混交林への誘導</p> <p>針葉樹人工林に強度間伐や列状・群状の伐採等をおこない、広葉樹との混交林へ誘導すると、野生生物が利用する環境の増加など、生物多様性保全につながるという研究は国外で先行しているが、地域や種により反応の発現の仕方は多様であることから、今後の研究が必要である。</p> <p>（人工林の広葉樹低木と鳥類等）</p> <p>欧州の針葉樹人工林が卓越した地域では、林床に広葉樹が多い人工林を生息地として選択している鳥類が多いことが知られており（根拠⑦、⑧）、広葉樹は偏らずに全体に分散している方が、鳥類の個体数は多いという（根拠⑦）。</p> <p>近年、アイルランドの針葉樹および広葉樹の人工林を対象に、蘚苔類、</p>

維管束植物、クモ類、鳥類の種数に影響する林分の特徴が網羅的に調べられ、低木の被度が高く明るい人工林で鳥類の種数が多いこと、一方でクモ類は草本層の被度との関係が強いことが確認されている（根拠⑨）。

三重県では、強度間伐で下層に広葉樹が混交した 80 年生ヒノキ複層林と照葉樹原生林で、鳥類相とコウモリ相を比較している。鳥類の種多様性は、ヒノキ複層林と照葉樹原生林で年間を通じて同程度であったが、ヒノキ複層林の鳥類の個体数は、樹洞に営巣する種で少なく、広葉樹の低木を好む種で多いことが明らかにされた（根拠⑩）。

一方、コウモリは、食料は豊富にあるにもかかわらず、間伐で樹洞木が失われたヒノキ複層林を殆ど利用しないことが分かり、樹洞で営巣したり、ねぐらとする鳥やコウモリを保全するためには、樹洞木を残す必要性が強調されている（根拠⑩）。

（強度間伐による広葉樹との複層林化の成否）

広葉樹が林内全体に分散している方が鳥類の種多様性が高いとすると（根拠⑦）、定性的な強度間伐の効果が高いと推測される。

しかし、強度間伐をおこなっても、周辺に種子の供給源となる広葉樹が存在しないと、期待するほど広葉樹が生えてこない場合がある。また、林分の生長が早いと、間伐率 50%の強度間伐でも数年で林冠が再閉鎖することがある。複層林へ誘導する強度間伐は、このような様々な条件を考慮して実施する必要がある（根拠⑪、⑫）

③帯状伐採と再生林によるモザイク施業

帯状伐採は、皆伐に類似した伐採面とその両側に林縁が長距離形成されることで、多様な環境と生息場所を提供するなど、生物多様性保全に効果的であるという研究成果が出つつあるが、事例が限られており、今後、各地における実証研究が必要である。

（帯状伐採地の環境と植生の多様性）

これまでの研究から、樹高と同程度の幅の帯状伐採によって、①日射量と地温が林縁から伐採地の中央部に向かって大きく増加すること、②林床植生の種数および種多様性は林縁で高いこと、③伐採地の植生回復は皆伐地と類似していること、などが明らかになっている（根拠⑬、⑭）。

帯状伐採では、広い面積の伐採地と林縁が残存林分に隣接して形成されるため、微気象や植生の多様化を通じて、生物多様性保全機能の維持や発揮に有効と考えられている（根拠⑭）。

さらに、九州で帯状伐採によるヒノキ再生林地と皆伐によるスギ再生林地の林床植生を比較し、帯状伐採は皆伐に比べ、天然林の植物種の保存に効果的であると示唆する報告がある（根拠⑮）。

（再生林と多様性保全の両立の可能性）

一方、兵庫県では、スギ人工林の帯状伐採地にスギを再植林した 15 年後の調査から、林縁付近の植生の種多様性が高いこと、帯状伐採地に再植林したスギの成長・形質は皆伐一斉林と同等であることを明らかにしている（根拠⑯）。

上記の結果から、帯状伐採と再植林によるモザイク施業によって、再生林木の成長と生物多様性保全機能の発揮が両立する可能性が推察されている（根拠⑯）。

	<p>(ポンデローザマツ林の帯状伐採と鳥類の多様性)</p> <p>人工林ではないが、米国アリゾナ州のポンデローザマツ天然林で、皆伐、均等間伐、帯状伐採（伐採幅 18m）、定性間伐、無伐採の 5 処理区が設定され、1973 年から 3 ヶ年ににわたり繁殖期の鳥類が調査された。年平均出現種数とつがいの年平均密度は、帯状伐採区、定性間伐区で多く、次いで無伐採区であった。また、処理区毎に異なる林木の葉層（体積）の垂直分布（プロファイル）と実際に野鳥が利用した高さの頻度を比較しているが、対応関係は見いだされていない（根拠⑱）。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5462)	<p>・目指す姿（イメージ）として、ヒノキ（上）－ヒノキ（下）の 2 段林、広葉樹との混交林へ誘導しているヒノキ人工林、帯状伐採と再生林によるモザイク施業の写真が例示されている。</p>	
	<p>発表年：2015／著者：林野庁／掲載誌：平成 27 年 11 月林政審配付資料 1－7／タイトル：複層林への誘導等について</p>	
② (5463)	<p>・複層林施業を当時の知見をもとに体系的に解説したテキストであるが、生物多様性保全について取り立てた解説はない。経営編では、皆伐一斉造林方式の見直しと、複層林施業の省力効果、長伐期化への移行など、技術編では、生態学的な基礎、複層林のタイプと施業体系、地力保全、伐出作業について、体系的に記載されている。また、岡山、愛媛、徳島など各地の先進事例も紹介している。</p>	全体
	<p>発表年：2004／著者：林野庁監修 藤森隆郎 編著／掲載誌：書籍／タイトル：複層林施業マニュアル・施業と経営</p>	
③ (5464)	<p>・複層林施業の欠点として、以下 3 点を掲げている。</p> <p>①下木に損傷を与えないようにするため伐出に手間がかかり、その分コスト高になる、②下木は樹高成長に対して直径成長が小さく冠雪害に弱い、③管理の悪い複層林は下層植物が欠乏し、地力維持などの点でかえって悪い。</p>	P64-65
	<p>発表年：1991／著者：藤森隆郎／掲載誌：森林科学 No. 2、64-68、1991／タイトル：研究者から見た複層林施業の問題点</p>	
④ (5465)	<p>・カラマツ（30 年生）－ヒノキ（10 年生）3 林分で、下木植栽時平均 50 種以上あった林床植物が下木植栽後 10 年で平均 10 種に減少した</p>	表 14
	<p>発表年：1995／著者：片倉正行、遊橋洪基、大木正夫、古川仁／掲載誌：長野県林総セ研報第 9 号、16-29、1995／タイトル：カラマツ及びアカマツを上木とする二段林の管理技術に関する研究</p>	

<p>⑤ (5466)</p>	<p>・四国の事例で、上木の択伐や下木の間伐が行われたスギ・スギ二段林の下層植生量(葉面積指数で表している)が、通常のスギ単層林(枝打ち有り、無し)より多いことを示している。</p>	<p>図-1</p>
<p>発表年：2006／著者：奥田史郎、酒井武／掲載誌：四国の森を知る No. 5、3、2006、発行・森林総合研究所四国支所／タイトル：複層林の環境保全機能と下木の成長</p>		
<p>⑥ (31)</p>	<p>・愛媛県久万高原町の針葉樹単層林、針葉樹複層林、天然更新二次林で、林齢、植物種数、倒木量とカミキリムシ相の関係が調査されている。各森林タイプの植物種数、倒木量、カミキリムシ種数(表-3)は、いずれも有意差はない。図1には、老齢二次林(約130年生)に明らかに多いものの、80年以下の二次林と50年以下のスギ単層林、100年以上のスギ複層林の間に大きな差はないことが示されている。</p>	<p>表3および図1</p>
<p>発表年：2006／著者：稲田哲治、柚村誠二、前藤薫／掲載誌：日本森林学会誌 88(6)：446-455、2006／タイトル：複層林施業がカミキリムシ相に与える影響</p>		
<p>⑦ (5467)</p>	<p>・非針葉樹選択性の鳥類12種について、10地点(範囲30m)からのカウント数。広葉樹が針葉樹林全体に広い面積で散らばっている方が有効なことを示している。</p>	<p>図3</p>
<p>発表年：1989／著者：C. J. Bibby, N. Aston & P. E. Bellamy／掲載誌：Biological Conservation 49 (1989) 17-29／タイトル：Effects of Broadleaved Trees on Birds of Upland Conifer Plantations in North Wales</p>		
<p>⑧ (5468)</p>	<p>・PC2は鳥類の種数に関する因子で50cm以下の低木の被度(%) SSHRCOV、50cm以上の低木の被度(%) LSHRCOV、低木の種数 SHRSPP PC2の因子負荷量が0.297、0.177、0.244と+値で有意である。</p>	<p>表2</p>
<p>発表年：／著者：Díaz, M., Carbonell, R., Santos, T., and Telleria, J.L.／掲載誌：Journal of Applied Ecology. 35(4):562-574, 1998／タイトル：Breeding bird communities in pine plantations of the Spanish plateaux: biogeography, landscape and vegetation effects</p>		
<p>⑨ (5469)</p>	<p>・低灌木の被度が高い疎開した人工林では鳥類の種数が多い。 ・粗大有機物は、森林性の蘚苔類の重要な基質であり、枯木の量が多いほど種が豊富であった。 ・林齢は森林性の維管束植物の肯定的な指標として確認された。 ・これは種の分散の制限に関連しており、近くの森林が重要な種子源として作用し、時間とともにコロニー形成が増加する。 ・また、林齢は森林性のクモの肯定的指標としても確認され、これは人工林が成熟するにつれて発達す</p>	<p>表3</p>

	る適切な生息地に関連している。	
	発表年：／著者：L. Coote, A.C. Dietzsch, M.W. Wilson, C.T. Graham, L. Fuller, A.T. Walsh, S. Irwin, D.L. Kelly, F.J.G. Mitchell, T.C. Kelly, J. O' Halloran／掲載誌：Ecological Indicators 32 (2013) 107- 115／ タイトル：Testing indicators of biodiversity for plantation forests	
⑩ (5470)	<ul style="list-style-type: none"> ・鳥類の種多様性指数 (H') は年間を通してヒノキ複層林と照葉樹林で差はなかった。 ・ヒノキ複層林では二次樹洞営巣種の個体数は少なかったが、多くの鳥類が下層の広葉樹の低木を好んで生息した。 ・コウモリは、食料は豊富にあるにもかかわらず、間伐で樹洞木が失われたヒノキ複層林をほとんど利用しなかった。 	図 4, 図 5, 表 2
	発表年：2006／著者：佐野明／掲載誌：三重林研研報 18:13-22、2006／ タイトル：強度間伐による複層林化で鳥類相、コウモリ相は豊かになれるか？	
⑪ (5471)	<ul style="list-style-type: none"> ・図 2a-b 50%強度間伐区でも 3 年後には従来の 30%間伐区と散光透過率が同レベルになっている ・図 6a-b 新規に発生する実生は年々減少している 	図 2a-b, 図 6a-b
	発表年：2016／著者：Mahoko Noguchi, Kazuki Miyamoto, Shiro Okuda, Takeharu Itou & Atsushi Sakai／掲載誌：Journal Of Forest Research Vol. 21 (3), 2016／タイトル：Heavy thinning in hinoki plantations in Shikoku (southwestern Japan) has limited effects on recruitment of seedlings of other tree species	
⑫ (5472)	<ul style="list-style-type: none"> ・林冠ギャップを作ることで様々な広葉樹の鳥散布種子が運ばれてくる可能性が高まるが、周辺に供給源となる広葉樹があるかなどの確認が必要なこと、間伐率 60%でも 10 年後には林冠が閉鎖している様子が記載されている。 	P5, 7
	発表年：2012／著者：広葉樹林化研究プロジェクトチーム／掲載誌：書籍 ／タイトル：広葉樹林化ハンドブック 2012	
⑬ (5473)	<ul style="list-style-type: none"> ・伐採地では日射量、地温が明瞭に高くなり、気温は日較差が大きくなった。日射量は林帯からの距離に応じた分布を示した。 	図-3, 図-5a, b
	発表年：2014／著者：荻野裕章、浅野志穂、壁谷直記、黒川潮、清水晃／ 掲載誌：九州森林研究 No. 67, 68-71、2014／タイトル：帯状伐採による森林の微気象変化について	
⑭ (46)	<ul style="list-style-type: none"> ・林内、林縁、伐採部の Shannon の多様度指数 H'、種の豊富さ (種数) および個体数の伐採時と 15 ヶ月時の増減が示されている。 	表 3
	発表年：2009／著者：作田耕太郎、谷口奨、井上昭夫、溝上展也／掲載誌： 日林誌 91：86-93、2009／タイトル：ヒノキ人工林における帯状伐採が林	

	床の微気象と樹木種の多様性に与える影響	
⑮ (5474)	<ul style="list-style-type: none"> ・带状伐採跡の30年生ヒノキ林における種数と多様性指数(H')は皆伐造林による20年生スギ人工林と同程度に低かったが、種組成は重要な違いを示し、带状伐採跡のヒノキ林は半自然林の種が多く、皆伐造林のスギ人工林には開放地に定着可能な遷移初期種が多かった。 	表3および図2, 4
	発表年: 2006 / 著者: ITO Satoshi, ISHIGAMI Satoshi, MIZOUE Nobuya, BUCKLEY G. Peter / 掲載誌: For. Eco. & Manag. 231: 234-241, 2006 / タイトル: Maintaining plant species composition and diversity of understory vegetation under strip clearcutting forestry in conifer plantations in Kyushu, southern Japan	
⑯ (5475)	<ul style="list-style-type: none"> ・図5は、带状複層林の林床植生の出現種数の変化のプロファイル(横断面)を示し、林縁付近で最も高いことが分かる。図6は同様に現存量を示している。 	図5, 6
	発表年: 2006 / 著者: 谷口真吾 / 掲載誌: 兵庫県農技総セ研報(森林林業) 53:10-16, 2006 / タイトル: 带状伐採における下木の成長と林床植生の多様性 — 下木植栽から15年生時の状況 —	
⑰ (5476)	<ul style="list-style-type: none"> ・繰り返しは無く比較は難しいが、年平均出現種数とつがいの年平均密度は、带状伐採区、定性間伐区で多く、次いで無伐採区であった。 	表-3, 表-4, 表-5
	発表年: 1979 / 著者: Robert C. Szaro, Russell P. Balda / 掲載誌: Studies in Avian Biology No. 3 (ed. by Ralf J. Raitt & Jean P. Thompson), 66pp, 1979 出版 The Cooper Ornithological Society / タイトル: Bird community dynamics in a Ponderosa pine forest	

問 3-21	高齡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>人工林や二次林の高齡級化により、森林の階層構造や林床の枯死木が増えるなど、さまざまな生物の住みかや生活場所が生まれ、生物多様性保全機能の発揮につながるという研究成果は多くあるが、地域や優占樹種などにより効果の発現の仕方は多様であり、今後の研究が必要である。</p> <p>(人工林の高齡級化と生物多様性)</p> <p>高齡級化にともなって変化する林分の構造として、樹高や枝下高が高くなり林内の空間が広がることと、林冠葉量注)の減少や葉群の隙間の増加で林内が明るくなることがある(根拠①、②)。そのため、高齡級化にともなって、林床植生が繁茂し、林床植生の種数や多様性が高まることが各地で確認されている(根拠②、③、④)。注)林分としての樹冠の葉の量</p> <p>一方、アイルランドでは、針葉樹および広葉樹の人工林を対象に、蘚苔類、維管束植物、クモ類、鳥類の種数に影響する林分の特徴を網羅的に解析している。これによると、高齡級化で種数が増加するのは、森林性の蘚苔類・維管束植物・クモ類、および鳥類全般である。広葉樹低木の被度については、この生物グループの中では鳥類だけが反応するが、林齢は全グループが反応する生物多様性保全上最も重要な要素になっている(根拠③)。</p> <p>(一部否定的な事例)</p> <p>わが国では、鳥類相が、四国の暖温帯域のスギ・ヒノキ人工林で新植から高齡林まで4段階の齡級で調査されており、高齡林では総出現種数と、樹の幹を利用する鳥、広葉樹低木を利用する鳥の種数が多いことが確認されている。一方で、高齡林においても、老齡天然林の樹洞に営巣する一部のグループが確認できず、高齡人工林に欠如する樹洞木の保全が課題になっている(根拠⑤)。</p> <p>(高齡人工林と絶滅危惧種)</p> <p>高齡人工林が絶滅危惧種の生育地(根拠⑥)になっていたり、高齡のスギ人工林に特異的に多くのシダ植物が生育することも指摘されている(根拠⑦)。九州南部の低地照葉樹林に生育する絶滅危惧種のハナカガシは、一部のスギ人工林にも生育することが知られ、斜面下部の高齡林に出現確率が高いことが報告されている(根拠⑧)。</p> <p>(高齡人工林の土の中に埋まる種子の役割)</p> <p>高知県内の75年年生スギ・ヒノキ人工林では土の中に埋まった67種の種子(発芽能力あり)が見見つかり、周辺の常緑広葉樹林より多かった。種構成は遷移初期に生える先駆樹種や草本種が多くを占め、人間の干渉の影響が示唆される。その人工林を伐採した結果、種子が埋まっていた植物のほぼ全種類が芽生えになっており、伐採後すぐに地表面を覆って表土の流出防止に貢献していることが明らかになった(根拠⑨)。</p> <p>(二次林の高齡級化と生物多様性)</p> <p>日本の自然林の多くは、老齡天然林(原生林)ではなく、再生した二次林である。若齡二次林の生物多様性は老齡天然林のものと大きく異なるが、</p>

	<p>高齢級化するすれば老齡天然林に近づくのか、もし近づけば失われた原生林の機能を再現あるいは代替できる可能性がある。そのような観点から、いくつかの研究がなされている。</p> <p>福島県の老齡天然林、壯齡および若齡二次林で、花粉の媒介や枯死木の分解をする昆虫であるハナバチ類とハナカミキリ類の種類は、若齡二次林よりも壯齡二次林の方が老齡天然林に似ていることが確認されている（根拠⑩）。同様のことは、茨城県北部のカミキリムシ類（根拠⑪）やチョウ類（根拠⑫）についても明らかにされ、これらの昆虫にとって二次林は成熟すれば原生林を代替する生息地になる可能性を示すものと考えられている（根拠⑩）。</p> <p>（否定的な事例）</p> <p>多雪地帯やササの密生した地域ブナ林等では、二次林の構成樹種が数十年経ても伐採前の樹種に遷移しない例が報告されている（根拠⑬）。同様に、沖縄の亜熱帯常緑広葉樹林は、皆伐後 50 年でバイオマスは皆伐前に回復したが、森林植物の種組成・多様性は皆伐前と大きな違いがある（根拠⑭）。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5477)	<ul style="list-style-type: none"> スギ人工林で実測のパラメータをもとにしたシミュレーションの結果。齡級が増加するほど、樹冠の空隙率が大きくなり、直達光が入射しやすくなる。 <p>発表年：2013／著者：H. MIZUNAGA, K. FUJII／掲載誌：Journal of Sustainable Forestry, 32:266-285, 2013／タイトル：Is Foliage Within Crowns of Cryptomeria japonica More Heterogeneous and Clumpy With Age?</p>	図 2
② (5401)	<ul style="list-style-type: none"> ヒノキ人工林の下層群落の植被や種数などの挙動には光条件が最も効いていた。ヒノキの樹冠モデルから間伐が林床の光環境に及ぼす影響を予測し、下層群落の発達を推定した結果、間伐によって下層群落の成長が促されるが、若齡林分では効果の持続が少ないこと、無間伐林分では林齡 40 年生以降に下層群落が高まることが予測された。 <p>発表年：1990／著者：清野嘉之／掲載誌：森林総研研究報告、359、1-22、1990／タイトル：ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究</p>	
③ (5478)	<ul style="list-style-type: none"> 低灌木の被度が高い疎開した人工林では鳥類の豊かさが高かった。粗大有機物は、森林性の蘚苔類の重要な基質であり、枯木の量が多いほど種が豊富であった。林齡は森林性の維管束植物の肯定的な指標として確認された。これは種の分散の制限に関連しており、近くの森林が重要な種子源として作用し、時間とともにコロニー形成が増加する。また、林齡は森林性のクモの肯定的指標としても確認され、これは人工林が成熟するにつれて発達する適切な生息地に関連している。 	表 3

	<p>発表年：2013／著者：L. Coote, A. C. Dietzsch, M. W. Wilson, C. T. Graham, L. Fuller, A. T. Walsh, S. Irwin, D. L. Kelly, F. J. G. Mitchell, T. C. Kelly, J. O' Halloran／掲載誌：Ecological Indicators 32 (2013) 107-115／タイトル：Testing indicators of biodiversity for plantation forests</p>	
④ (5479)	<p>”・南九州のスギ人工林で木本植物の種多様性を調べた。総計 174 種のうち、145 種を分析に供した。 ・木本種は 高齢林種(49 種)と若齢林種(28 種)のグループに分けられ、若齢林種にはツル類と風散布種子の種が多く、高齢林種には常緑広葉樹林に典型的な樹木が含まれ、特に重力散布および果実食散布種子を持つ種が林齢とともに増加した。 ・分析結果は、(1) スギ人工林の種の豊富さ(種数)は主として高齢林種の存在に依存すること、(2) 地形による種数の違いが大きく、その違いは成林後も保たれること、(3) スギの通常の伐期(35-40 年)は種の多様性を最大限に保つには短過ぎることを示していた。”</p>	全文
	<p>発表年：2000／著者：Satoshi Ito, Masakatsu Nakagawa, G. Peter Buckley & Kangoro Nogami／掲載誌：Journal of Forest Research (2003) 8:49-57／タイトル：Species richness in sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D. DON) plantations in southeastern Kyushu, Japan:the effects of stand type and age on understorytrees and shrubs</p>	
⑤ (5480)	<p>・これらの鳥類相の違いは、人工林の発達段階に応じたものと考えられる。一方、樹洞営巣者のうちの一部の種群は高齢天然林では生息するものの、人工林では高齢林においても生息は確認されず、長伐期施業を進めても、天然林に比べると欠如する要素があることが示唆された。生物多様性の保全に配慮した森林管理を実施する上で、こうした人工林の生物群集に関する生態学的な特性を考慮する必要がある。</p>	要旨
	<p>発表年：2008／著者：佐藤重穂／掲載誌：第 119 回日本森林学会大会学術講演集 D31、2008／タイトル：スギ・ヒノキ人工林の発達段階と生息する鳥類の多様性</p>	
⑥ (5481)	<p>・ハナカガシや多くのシダ植物など、スギ人工林等での生育地が述べられている。</p>	全文
	<p>発表年：／著者：宮崎県版レッドデータブック改訂検討委員会(編集)／掲載誌：書籍／タイトル：改訂・宮崎県版レッドデータブック宮崎県の保護上重要な野生生物</p>	
⑦ (5482)	<p>・結果は、(シダ植物が)全地域相でスギ人工林における出現頻度頻度が最大となった。また、スギ人工林は種数が多く、低木下にいない個体が多かった。スギ原生林は種数は少ないが個体数が倍以上となり、低木下にいる個体が多かった。また、シダ植物を被陰する低木の過半数は落葉低木であった。</p>	要旨

	発表年：2016／著者：大杉周、本間航介、佐藤利幸／掲載誌：日本生態学会第 63 回全国大会 講演要旨、2016／タイトル：中部地域における複数の森林タイプに対する林床シダ植物の種構成の関係	
⑧ (5483)	・スギ人工林における絶滅危惧種ハナカガシの出現確率をロジスティック回帰分析で推定した結果、出現確率は斜面下部の高齢林で高かった。出現するかしないかを予測する確率は全体精度は 0.78 で、比較的高い精度で出現確率を予測している。	表 2
	発表年：2012／著者：伊藤哲、光田靖／掲載誌：景観生態学 17 (1)、1-5、2012／タイトル：九州南部のスギ人工林下層における絶滅危惧種ハナカガシの出現傾向	
⑨ (5484)	・35 個の土壌サンプルから 67 種の種子が見つかった。種子の構成種は先駆樹種や草本種が多くを占め、総種数は常緑広葉樹林などの自然林よりも多かった。その林地で伐採 1 年目に実生調査したところ、種子が確認された種はほぼすべて発芽しており、埋土種子数が多い種よりも、伐採後の発芽率や成長の速い種（アカメガシワやベニバナボロギク）が優占していた。	表 1, 図 1, 2
	発表年：2005／著者：酒井 敦、佐藤 重穂、酒井 武、倉本 恵生／掲載誌：Journal of Forest Research 10(4) : / タ イ ト ル : A soil seed bank in a mature conifer plantation and establishment of seedlings after clear-cutting in southwest Japan	
⑩ (5485)	・二次林が成熟するにしたがって、これらの昆虫の種類構成は原生林と似てくる。これは、訪花昆虫にとって二次林は成熟すれば原生林を代替する生息地になる可能性を示し、天然林の適正配置を通じた持続可能な森林管理をすすめる際の科学的根拠となる。	要旨
	発表年：2013／著者：H. Taki, H. Makihara, T. Matsumura, M. Hasegawa, T. Matsuura, H. Tanaka, S. Makino, K. Okabe / 掲 載 誌 : Journal of Insect Conservation 17(3):549-556, 2013 / タ イ ト ル : Evaluation of secondary forests as alternative habitats to primary forests for flower-visiting insects	
⑪ (72)	・遷移にともなう昆虫の種数と種組成の変化は、昆虫のグループによって大きく異なり、チョウ類は若い二次林に最も多く、遷移にともない種組成が変化し、古い二次林で種数がやや減少した。カミキリムシ類は、古い二次林で種数が最も多く、種組成は遷移にともない変化した。一方、クワガタムシ類は老齢天然林で種数、個体数とも多い。	表 2~6
	発表年：1999／著者：前藤薫、榎原寛／掲載誌：Jpn. J. Ent. (日本昆虫学会誌) (N.S.) 2(1):11-26、1999／タイトル：温帯落葉広葉樹林の皆伐後の二次遷移にともなう昆虫相の変化	

<p>⑫ (5486)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・遷移の進行に伴い、典型的な天然林種が増加し、高齢二次林と古生代天然林は類似した種構成を有していた。伐採地では、初年から二年目にかけて草地種の個体数が大幅に減少した。したがって、草地の蝶の種に適した段階は、伐採後わずか1～2年であった。高齢二次林（約50歳以上）は、典型的な天然林種を含む森林の蝶の種に避難所を与えることができる。 	<p>図 1, 2, 3</p>
<p>発表年：2003／著者：Takenari Inoue／掲載誌：Entomological Science 6: 151-163, 2003／タイトル：Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan</p>		
<p>⑬ (5442)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・岩手県のブナ皆伐母樹保残施業試験地 ・1969年伐採でササ刈り払いを実施 ・33年生時の様子 <p>ブナの更新は、保残したブナの周辺のみで、林冠木はブナ以外の樹種が優占している（図7）。ササの刈り払いを実施しなかった試験地では、ブナの更新は母樹の根元周辺に限られていた。</p>	<p>図 7</p>
<p>発表年：2006／著者：杉田久志、金指達郎、正木隆／掲載誌：日林誌 88: 456-464, 2006／タイトル：ブナ皆伐母樹保残法施業試験地における33年後、54年後の更新状況－東北地方の落葉低木型林床ブナ林における事例－</p>		
<p>⑭ (5443)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・沖縄の亜熱帯常緑広葉樹林の若い二次林、老齢二次林、老齢天然林（原生林）の着生植物を含む森林植物の多様性の比較 ・植物種の豊富さ（種数）を、科、属および種、生活型および機能型によって評価した。 ・種数は、各森林タイプの平均値（/400 m²）と標準偏差（カッコ内）で示されている。 ・異なる添え文字（a, b, c）は、森林タイプ間の有意差（P < 0.05）を示す。 ・老齢天然林は、二次林に比べ、属、種、羊歯類、草本、着生植物、絶滅危惧種の種数が有意に多い。 	<p>表 3 および図 4</p>
<p>発表年：／著者：Yasuhiro Kubota, Kenji Katsuda, Kihachiro Kikuzawa／掲載誌：Biodivers Conserv (2005) 14: 879-901／タイトル：Secondary succession and effects of clear-logging on diversity in the subtropical forests on Okinawa Island, southern Japan</p>		

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>森林の生物多様性はさまざまな生態系サービスを生み出す生態系の基盤であり、その保全機能の維持・発揮に資するための研究は、これまで数多くあるが、生物多様性の保全が抱える課題は対象とする生物や生物のグループによって、また時間的（環境の変化等）、空間的（森林のタイプや地域、さらに各林分の面積や配置）により多様なため、今後の研究が必要である。</p> <p>森林生態系は台風などの自然攪乱によって枯死と更新を繰り返しており、広域の景観としてみるとさまざまな遷移段階が存在する中で、生物多様性は保全されているため、ここでは林分の取り扱い（問 315～321）だけでなく、「生物多様性保全機能が高度に発揮される森林景観とはどのようなものか」について検討する。</p> <p>また、生物多様性はその生態系の全生物が関係して、その機能が発揮されるが、ここでは、食物連鎖の上位にいて、比較的よく研究されている鳥類を主な対象として検討する。</p> <p>（日本の森林景観における生物多様性保全機能の発揮） （残された広葉樹林の保全）</p> <p>日本は森林率も人工林率も世界第2位で、森林の40%が針葉樹人工林である。これら人工林が広がる地域には大小様々な広葉樹天然林が分断、隔離されて残されている（根拠②）。</p> <p>広葉樹面積と鳥類の関係が調べられ、鳥類の種数は広葉樹天然林の面積が大きくなるほど増加し、ヤマガラやイスカをはじめとした種は40 haを超える大面積の広葉樹天然林によく出現することが明らかになっている。また、広葉樹林の面積が小さくなると、鳥類以外にも、生物多様性が低下することが知られている。そのため、人工林が広がる地域で鳥類多様性を保全するためには、第一に大面積の天然林を維持することが重要であると考えられている（根拠①）。</p> <p>（広葉樹林の面積が縮小した地域における人工林の構造の改善）</p> <p>日本のスギ、ヒノキ、カラマツ等の人工林で生息することが困難な鳥類のグループには、樹洞営巣者（樹洞に営巣する鳥）とフライキャッチャー（飛んでいる昆虫を捕食する鳥）が指摘されている（根拠②2）。これらが、林内に生息できる環境をつくるためには、林分高を高くし（高齢林化）、樹洞木、立ち枯れ木や倒木などの枯死木の保残と、さまざまな広葉樹との混交林化、複層林化をはかる必要がある（根拠②、③、④）。</p> <p>広葉樹林に隣接する人工林を鳥類が採餌場所として利用することが知られており、広葉樹林の縮小の影響を緩和するために、山浦（2007）は広葉樹林の周囲にこのような質の高い人工林を創出する森林管理（人工林マトリクス管理）を提案している。さらに、広葉樹林の消失・分断化が進行した地域に、このような質の高い人工林を積極的に創出することで、広葉樹林の消失・分断化の影響を緩和できると考えられている（根拠②、③）</p>

根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5487)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 針葉樹人工林が卓越する景観における広葉樹林面積 (1.4-312 ha) が鳥の集団に及ぼす影響を調べた。 ・ 広葉樹のパッチ面積が増加すると種の豊富さが増加することを見出した。 ・ 検出率が特定のパッチ領域を突破して増加したことを示す閾値は、冬にのみ2種で見つかった。種の反応は、繁殖期よりも冬に多く変化した。 ・ 種の渡り戦略、巣の材料および採餌特性は、パッチ領域への応答と関連していた。 ・ 種数と検出率は大きなパッチで高いため、広大な広葉樹林 (特に> 40 ヘクタール) を保全し、優先的に復元する必要がある。 ・ さらに、多くの種が冬季に大きなパッチを必要としたため、冬のパッチエリアへの鳥の反応は無視してはならない。 <p>発表年 2009：／筆著者：Yuichi Yamaura, Tatsuya Amano, Toru Koizumi, Yasushi Mitsuda, Hisatomo Taki, Kimiko Okabe／掲載誌：Animal Conservation 12(2)：110-119, 2009／タイトル：Bird responses to broad-leaved forest patch area in a plantation landscape across seasons</p>	図 2, 3, 5
② (5459)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広葉樹林の人工林化により鳥類群集の変化についての総説であり、人工林化によって鳥類にとって変化する環境に対して、どのような鳥類がどのように反応するのか、詳細に述べられている。 <p>発表年：2007／筆著者：山浦悠一／掲載誌：日本森林学会誌 89：416-430, 2007／タイトル：広葉樹林の分断化が鳥類に及ぼす影響の緩和-人工林マトリックス管理の提案-</p>	P421-422
③ (5488)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図 2 の説明 陸 (もしくは大面積の生息地) から近い島 (生息地パッチ) ほど生物が定着しやすく、大きな島 (生息地パッチ) ほど個体数が多いために絶滅しにくいと仮定される。海 (マトリックス) は生物にとって等しく無価値な場所だと仮定される ・ 図 3 の説明 (a) 空中写真から作成した人工林地帯の土地利用図 (茨城県北部, 北茨城市と高萩市)。白抜きは農地や宅地などの非森林, 薄い灰色がスギ・ヒノキ人工林, 濃い灰色が広葉樹天然林 (b) 種数と面積の関係。白丸と実線は繁殖期, 十字と点線は越冬期 (c) 鳥類 2 種の発見率と面積の関係。白丸と実線はヤマガラ, 十字と点線はキクイタダキ。発見率とは, 調査地を 5 回訪問したうち各種を発見した訪問の割合 	図 1~6

	発表年：1989／筆著者：山浦悠一／掲載誌：Biological Conservation 49 (1989) 17-29／タイトル：人工林景観における生物多様性の保全—マトリックス管理の概念と応用	
④ (5489)	・非針葉樹選択性の鳥類 12 種について、10 地点（範囲 30m）からのカウント数。広葉樹が針葉樹林全体に広い面積で散らばっている方が有効なことを示している。	図 3
	発表年：1989／筆著者：C. J. Bibby, N. Aston & P. E. Bellamy／掲載誌：Biological Conservation 49 (1989) 17-29／タイトル：Effects of Broadleaved Trees on Birds of Upland Conifer Plantations in North Wales	
⑤ (5487)	・日本の森林は、1970 年代以来の林業活動の停滞によって成熟してきた。 ・森林の成熟は、遷移初期の森林に依存する種（遷移初期種）の個体数の減少と、成熟林に依存する種（成熟林種）の個体数の増加に繋がる可能性がある。 ・また、東南アジアからの木材輸入で森林破壊が起こった。そのため、東南アジアへ長距離の渡りをする成熟林種の個体数が減少する可能性がある。 ・生きている地球指数 (LPI) を用いて過去 20 年間の日本の鳥類の分布範囲の変化を調べた。LPI は、遷移初期種の分布範囲が減少したことを示した。成熟林種については、長距離の渡り鳥の分布範囲は減少したが、短距離の渡り鳥および留鳥の分布範囲は増加した。 ・この結果は、土地利用の変化がマクロ的規模に及ぶこと、そしてそのような変化が他国の生物多様性の動態に影響を与える可能性があることを示している。	図 2、3、4
	発表年：2009／筆著者：Yuichi Yamaura, Tatsuya Amano, Toru Koizumi, Yasushi Mitsuda, Hisatomo Taki, Kimiko Okabe／掲載誌：Animal Conservation 12(2): 110-119, 2009／タイトル：Does land-use change affect biodiversity dynamics at a macroecological scale? A case study of birds over the past 20 years in Japan	
⑥ (5490)	・遷移初期種は現在日本で減少している。 岩手県で、4 つの開放的な生息地（牧場、草地、新植林地、放棄伐採地）と 2 つの森林性の生息地（成熟した人工林と老齢天然林）におけるミツバチ、鳥類および植物を調査した。植栽樹種はカラマツである。 ・カウントデータに適合させるために最近開発された複数種の個体数モデルの拡張を用いて、各サイトにおける種、機能グループ、および群集レベルの状態変数（個体数および種数）を推定し、6 つの	図 3、4、5

	<p>生息地間で比較した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 群集レベルの個体数と種数が最も高い生息地は分類群間で異なっていたが、遷移初期種の種数と個体数は、牧場に生育するいくつかの外来種を除いて、攪乱された4つの生育地で分類群を通して類似していた。 <p>我々の結果は、人為的攪乱、特に人工林施業の復活が、日本における早期離散種の回復に寄与している可能性を示唆している。</p>	
<p>発表年:2016／筆著者:Yuichi Yamaura, Edward F. Connor, J. Andrew Royle, Katsuo Itoh, Kiyoshi Sato, Hisatomo Taki, Yoshio Mishima／掲載誌: Ecology and Evolution 6(14):4836-4848, 2016 / タイトル: Estimating species-area relationships by modeling abundance and frequency subject to incomplete sampling</p>		

<p>問 12-01</p>	<p>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</p>
<p>答</p>	<p>優占樹種の違いは、共生や群集などの共存関係、あるいは食料となる果実や営巣木の提供などを通して、さまざまな生物の生育や繁殖に影響を及ぼすことから、優占樹種の異なる森林生態系を選択する生物に関する研究は、数多くあるが、その仕組みや過程は、種または種のグループによって、さまざまであり、今後の研究が必要である。</p> <p>(きのこー宿主の共生関係)</p> <p>菌類の共生関係は、多種多様であるが、マツタケ（外生菌根菌）がマツ類に宿主特異性を示すのはよく知られている。広葉樹混交林においても、きのこにより樹種を選択性に関する研究が進められており、例えば、アベマキーアラカシ混交林で外生菌根菌相と子実体（きのこ）の空間分布を調べたところ、シュイロハツ、ウスムラサキハツなど 4 種がアベマキに近いところに、アセタケ属の 1 種とキニガイグチはアラカシに近く分布することが報告されている（根拠①）。</p> <p>(優占樹種が下層植生や土壤に及ぼす影響)</p> <p>人工林において生物多様性を保全するためには、優占樹種が下層植生の種組成や土壤の理化学性に及ぼす影響を把握しておくことが重要であるが、経験的には話題にされていても、立地条件や利用履歴を揃えることの制約から、実証的な試験を行った事例は極めて少ない。</p> <p>フランスでは北半分の地域の 26 地点で、同じ土地条件に近接して植栽された 6 樹種（欧州トウヒ、欧州アカマツ、ダグラスファー、シルバーファー、欧州ブナ、ナラ類）の人工林を対象に 80 林分（林齢は 40-80 年生が中心）選定され、下層植生と土壤の化学性が調べられている（根拠②）。</p> <p>その結果、①樹種よりも、全般に地形・地質的特性や施業の違いが、植生の種組成と土壤の化学に影響を与えていること、②樹種としては、欧州トウヒの下層植生が多く、多くの蘚苔類を伴い典型的な貧栄養性・酸性植生であり、③針葉樹は広葉樹より表層土壤が酸性で、アルミニウムの濃度が高いことが示されている。ただし、これらの影響は間伐等の施業によって、かなり緩和されるという（根拠②）。</p> <p>(スギ、ヒノキ人工林の下層植生)</p> <p>スギ人工林にはシダ植物が多いなど、ヒノキの人工林の下層植生と異なることが多いが、一般にスギが斜面下部（沢筋）にヒノキが斜面中部～上部に植えられることと関係が強いようである。</p> <p>関東東部のスギ、スギ・ヒノキ、ヒノキ人工林それぞれ 103、94、40 林分で、植物社会学的調査がなされ、群落は 4 つに区分されたが、スギ・ヒノキの違いは群落の識別には関係なく、群落の組成は気候や地形の影響を強く受けていることが報告されている（根拠③）。</p> <p>(着生植物の宿主のミズナラ大径木とナラ枯れ)</p> <p>多くの着生植物は、成熟した森林の大径木の幹や枝に生育する。そのような森林自体が稀少なので、着生植物には絶滅危惧種が少なくない。</p> <p>芦生研究林の天然林がよく残された流域の植物調査から、絶滅危惧種の着生植物が 7 種見つかり、最も多くの着生植物が確認されたのはミズナラ</p>

	<p>の大径木であった。しかし、カシノナガキクイムシによるナラ枯れで大径木がつぎつぎと枯死しているという。ミズナラが枯死すると樹冠が開けるため、着生植物は直接日射に曝され乾燥することと、宿主のミズナラ自体も倒壊するので、着生植物相を保全する上で懸念すべき問題であるという(根拠④)。</p> <p>(基盤種の消失の例)</p> <p>ある生態系において、特定の一つが生態系のプロセスや群集構造、構成種の個体群などに対して圧倒的に強い影響力を持っている場合、そのような種は基盤種 (foundation species) と呼ばれる (根拠⑤, ⑥)。もし基盤種が消失すれば、植生や群集の構造、一次生産、エネルギーや養分の循環、水分条件などが本質的に変化する可能性がある種である。</p> <p>Ellison ら (2005) は、基盤種の例として、北米のカナダツガ、ホワイトバークマツ、アメリカグリ等を挙げており、これらの種が外来生の病原菌や昆虫による攻撃、土地改変、伐採などの複合作用の結果として壊滅的なダメージを受けている (根拠⑤)。</p> <p>例えば、米国コネチカット州で、1990 年代に壊滅的カイガラムシの被害を受けたカナダツガの衰退は、カナダツガに特有に結びついた蟻や鳥を地域から消失させ、植物相や生物相の均質化を起し、土壌生態系のプロセスを変え、大量の枯損木の発生で河川生態系を大きく変えると懸念されている (根拠⑤)。</p> <p>ナラ枯れによるミズナラ大径木の枯死も、着生植物への影響だけでなく、基盤種の消失に近い影響があるかも知れず、今後の研究が必要である。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5492)	<p>1. 20 本以上発生した 21 種の菌根菌子実体とアベマキ、アラカシの樹幹の位置の関係を pair correlation 関数を用いて解析した。</p> <p>2. アベマキもしくはアラカシに近い傾向が見られた 6 種について pair correlation 関数値を図 6 に示した。X 軸の距離は樹木と子実体の距離を示し、Y 軸は pair correlation 関数値で、その距離における菌根菌の子実体密度の指標となる。</p> <p>3. シュイロハツ、ウスムラサキハツ、テングタケ、ヌメリササタケの 4 種はアベマキとの値の方が高く (近く)、</p> <p>4. アセタケ属の一種とキニガイグチはアラカシとの値が高く、アラカシの近傍で発生していた。</p> <p>発表年：／筆著者：岡広美・磯部 香・乾 久子・菊地淳一／掲載誌：奈良教育大学自然環境教育センター紀要 (2012) 13:1-13／タイトル：アベマキ-アラカシ混交林の外生菌根菌相と子実体の空間分布</p>	図 5、図 6
② (5493)	フランスの北半分の地域で、6 種の優占樹種が植生と土壌に及ぼす影響を比較した。26 地点において、優占樹種の異なる近接した 80 林分 (1 地点から 2-5 林分、20-190 年生) を選択した。	表 1.、表 3.、表 4.、表 5.

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 林分は同じ土壌、景観、土地利用履歴を有し、樹種は欧州トウヒ、欧州アカマツ、ダグラスファー、シルバーファー、ヨーロッパブナ、オークの6種。 2. 地形学的、地質学的特性は、樹種よりも植生と土壌化学に影響を与えた。 3. 施業は、樹種よりも植生や土壌化学に影響を与えた。 4. 植生の種数と均等度は樹種によって少し異なり、欧州トウヒの下層植生はシルバーファー以外の他の樹種よりも多くの蘚苔類を含んでいた。欧州トウヒの下層植生は、ヨーロッパブナの下層植生よりも典型的な貧栄養性・酸性植生であった。 5. 針葉樹種の林分の土壌、特に欧州トウヒは、より酸性で、広葉樹の土壌よりもアルミニウムの濃度が高い。 6. 土壌に及ぼす樹種の影響は、表土(0~10cm)において最も大きかった。 <p>発表年：2003／筆著者：L. AUGUSTO, J.L. DUPOUEY, J. RANGER／掲載誌：Ann. For. Sci. 60 (2003) 823-831／タイトル：Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests</p>	
<p>③ (5494)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. スギ、ヒノキ、サワラ人工林において、植物社会学的方法による植生調査を行った。 2. 4つの群落区分された。 スギ-フモトシダ群落、スギ-ドクダミ群落、スギ-ヘビネゴザ群落、スギ-アオダモ群落 3. 人工林群落と自然林との分布域の対応は、スギ-フモトシダ群落はスダジイ-ホソバカナワラビ群集 スギ-ドクダミ群落はスダジイ-ヤブコウジ群集 スギ-ヘビネゴザ群落はウラジロガシ-サカキ群集 スギ-アオダモ群落は暖温帯と冷温帯との移行域を中心に分布していた。 4. 各群落の出現種の常緑木本は、スギ-フモトシダ群落、スギ-ドクダミ群落に多く；落葉木本はスギ-フモトシダ群落<スギ-ドクダミ群落<、スギ-ヘビネゴザ群落<スギ-アオダモ群落の順に多くなっていた。 5. 人工林にはコナラ二次林で比較的多いとされているススキクラスの種はほとんど出現せず、この点がコナラ二次林との種組成の違いであると考えられた。 6. 人工林の構成種には、森林性の種のほかに、林縁性の種が多数含まれており、これらの種の存続には人工林の施業が影響していると考えられた。 	<p>図1.、表1.、図2.、 図3.、図4.、図5.</p>

	発表年：2006／筆著者：平田 晶子、上條 隆志、中村 徹／掲載誌：植生学会誌 23：119-136、2006／タイトル：関東地方東部における人工林の種組成とその地理的分布	
④ (5495)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 京都大学芦生研究林の上谷流域の天然林において、集水域スケールでの檜物群集構造と植物多様性、希少植物の分布状況について調査を行った。 2. 調査地に生育していた 24 種の希少植物の中には、7 種の若生植物が含まれていた（表 2）。 3. 着生植物のハピタットの特殊性や、埋土種子を形成しないといった生態を考えると、いったん生育地が破壊されると再定着が困難となることが予想される。 4. 種数・出現頻度ともに最も多くの着生植物が確認されたのはミズナラの大径木であった。 5. 上谷流域ではカシノナガキクイムシのマスアタックによってミズナラの大径木が次々に枯死している。 6. ミズナラが枯死すると樹冠が開けるため、その樹幹に着生している植物は急激な光・水分条件の変化を経験する上、短期間で着生樹も倒壊してしまう。 	表 2.
	発表年：2008／筆著者：阪口湖太、藤木大介料、井上みずき、高柳敦／掲載誌：森林研究 77：43～61、2008／タイトル：芦生上谷流域の植物多様性と群集構造 トランセクトネットワークによる植物群集と希少植物の検出－	
⑤ (5496)	<ol style="list-style-type: none"> 1. カナダツガは、一般にアブラムシ枯損の後は再生せず、カバ、ナラ、カエデ等の広葉樹に置き換えられる。 2. カナダツガの衰退は、それに特有に結びついた蟻や鳥を地域から消失させ、植物相や生物相の均質化を引き起こし、土壌生態系のプロセスを変え、水文学的レジームを変える。 3. 河川生態系へのカナダツガ枯損の影響は広範囲に及ぶだろう。例えば、カナダツガの河川は広葉樹混交林よりも水生無脊椎動物の分類群が有意に多く、分類群のほぼ 10%がカナダツガ林に特有である。 4. カナダツガの枯損は、大量の粗大有機物の急増をもたらす可能性がある。 5. 河川の大量のカナダツガ林は、堆積物と有機物を保持し、新しい生物の生息地を作り出す。 6. アブラムシで枯損したカナダツガからの材は、数十年から数百年にわたって河川に残っているかもしれないが、結局、ヘムロックの喪失は、河川の木材を減少させ、堆積物の滞留と生産性に悪影響をもたらす。 	図－1.、図－2.
	発表年：2005／筆著者：A.M. Ellison, M.S. Bank, B.D. Clinton, 他 17	

	名／掲載誌：Front Ecol Environ 2005; 3(9)：479-486／タイトル：Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems	
⑥ (5497)	<ul style="list-style-type: none"> ・Ellison ら (2005) の基盤種概念と例が紹介されている。 ある生態系において、特定の一種が生態系のプロセスや群集構造、構成種の個体群などに対して圧倒的に強い影響力を持っている場合、そのような種は基盤種 (foundation species) と呼ばれる。 例として、ユーカリの一種のジャラ、ホワイトバークマツ、ベイヒなどを挙げている。 	第7章
	発表年：2012／筆著者：森 章、相川高信、水町衣里／掲載誌：書籍／タイトル：分断化景観のマネジメントー残存生息地からマトリックスへ (森章 編)	

<p>問 12-2</p>	<p>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</p>
<p>答</p>	<p>生物種の保全には、その生物種が生息する生態系だけでなく、植物の受粉や種子散布、動物の採餌行動などを通して、周囲の林相（単・複）や景観構造の違いが影響を及ぼすと考えられ、これまでもその解明に向けた研究が進められてきたが、その影響の強さ（質的・量的）や範囲（時間的・空間的）は、対象の種や種のグループ、あるいは地域等によって異なるため、今後の研究が必要である。</p> <p>（生物の多様性や稀少種は天然林の面積が大きいほど残されている）</p> <p>現在、多くの天然林が分断化された中で、森林に依存する生物多様性や稀少種の生息がどの程度天然林に依存しているのか、経験的には想像できても、広域で実証された例は少ない。</p> <p>高知県の四万十川森林計画区で、哺乳類と鳥類の森林性種とその稀少種について、市町村別に情報をとりまとめ、森林のタイプ別面積との関係が調べられている。森林に依存する希少種として、哺乳類ではテングコウモリなど6種、鳥類ではクマタカやヤイロチョウなど48種が生息しているが、これらの希少な種は、哺乳類、鳥類ともに、高齢な天然林注）の多い地域ほど多く生息する傾向が認められている（根拠①）。注）高齢な天然林：2000年林業統計センサスにおける61年生以上の天然林</p> <p>北関東では、スギ・ヒノキ人工林に囲まれて残存するさまざまな面積の広葉樹天然林（1.4-312 ha）で鳥類相が調べられた。その結果、鳥類の種数は広葉樹天然林の面積が大きくなるほど増加し、ヤマガラやイスカをはじめとした種は40 haを超える大面積の広葉樹天然林によく出現することが明らかになっている（根拠②）。</p> <p>一方、広葉樹二次林とスギやヒノキの人工林が周囲にある17ヶ所のソバ畑で、花粉媒介者のニホンミツバチが、ソバの花を訪れる頻度を調査した例では、ニホンミツバチは森林を主な生息場所とするが、広葉樹林の面積が畑の周囲に増えるほど、飛来するハチの数は増え、針葉樹人工林の面積は訪花するニホンミツバチの個体数にほとんど影響を与えてないことが示されている。（根拠③）</p> <p>このように、森林に依存する生物の多様性や稀少種は、分断化が進行した現在でも多くを天然林や広葉樹二次林に依存し、その面積が大きいほど残っていることは明らかであろう。</p> <p>（生息地の保全から景観を対象にした保全へ）</p> <p>これまで、生息地の分断化が進行した景観での生物多様性の保全では、残存生息地の面積の維持・拡大や残存生息地間の距離の縮小、自然植生による回廊（コリドー）に重きがおかれてきた。</p> <p>しかし、分断化された生息地（天然林）は人工林に囲まれており、人工林は景観を優占しているのが現実である。人工林のように景観を優占する</p>

	<p>人為的な土地被覆はマトリックスとよばれ、近年、マトリックスは、鳥類の採食などの行動圏として、生物多様性にとって重要な役割を担っていることが明らかになってきた（根拠④，⑤）。</p> <p>近年、残存生息地を取り巻くマトリックスの質を高める（生物にとって好ましいように構造を改善する）ことによって、景観全体で生物多様性を保全する「マトリックスマネジメント」のひとつとして、「人工林のマトリクス管理」が提案されている（根拠④，⑤）。</p> <p>具体的には、分断化した広葉樹林（生息地）周辺の人工林の林分高を高くし（高齢林化）、樹洞木、立ち枯れ木や倒木などの枯死木の保残と、さまざまな広葉樹との混交林化、複層林化をはかることで（問答 1 1 0 0 参照）、採食の場としての人工林の利用が可能になる（根拠④，⑤）。</p> <p>（天然林と人工林の境界の範囲と間伐）</p> <p>日本における、天然林から人工林への最大の種子散布距離は、ネズミによる貯食散布で 30m 以内、風散布や鳥による被食散布で 100m 以上、カケスによる貯食散布で 250m 以上である（根拠⑥）。</p> <p>境界から針葉樹林内へ広葉樹の稚樹が定着するのは、無間伐林で距離 10m くらいまでであるが、間伐することで広葉樹林からの距離は緩和される（根拠⑦）。</p> <p>ただし、これまでの報告から、隣接の天然林からの距離が 30～50m 以上の場所では、新たな天然林性植物の実生の定着の可能性は極めて低いと見積もられている（根拠⑧）。</p> <p>以上のように、人工林の面積が大きいと内部まで天然林の作用が及ばない可能性があり、天然木の侵入を促し、人工林の生物多様性保全機能を高めるには、列状間伐の導入（問答 315 参照）、保残帯（問答 317 参照）を設けて、人工林を細分化するなどの処方が必要と考えられる。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5498)	<p>1. 高知県の四万十川森林計画区において、哺乳類と鳥類の市町村別の分布、森林依存性、希少性に関する情報をとりまとめ、森林のタイプ別面積との関係を解析した。</p> <p>2. 森林に依存する希少な種として、哺乳類では環境省のレッドデータブックで絶滅危惧 II 類とされているテングコウモリなど 6 種、</p> <p>3. 鳥類では絶滅危惧 IB 類とされているクマタカやヤイロチョウなど 48 種が生息しており、これらの市町村別の分布が明らかになった。</p> <p>4. 森林依存の希少な種は哺乳類、鳥類とも、高齢な天然林（注）の多い地域ほど多く生息する傾向が認められた。</p> <p>注）高齢な天然林：2000 年林業統計センサスにおける 61 年生以上の天然林</p>	<p>図 1～6</p>

	発表年：2006／著者：佐藤重穂、谷地森秀二、金城 芳典／掲載誌：森林応用研究、15 卷 2 号、2006 年 10 月／タイトル：四万十川森林計画区における森林依存性の哺乳類・鳥類の種数と希少な種の状態	
② (5499)	<ul style="list-style-type: none"> ・針葉樹人工林が卓越する景観における広葉樹林面積 (1.4-312 ha) が鳥の集団に及ぼす影響を調べた。 ・広葉樹のパッチ面積が増加すると種の豊富さが増加することを見出した。 ・検出率が特定のパッチ領域を突破して増加したことを示す閾値は、冬にのみ 2 種で見つかった。種の反応は、繁殖期よりも冬に多く変化した。 ・種の渡り戦略、巣の材料および採餌特性は、パッチ領域への応答と関連していた。 ・種数と検出率は大きなパッチで高いため、広大な広葉樹林 (特に > 40 ヘクタール) を保全し、優先的に復元する必要がある。 ・さらに、多くの種が冬季に大きなパッチを必要としたため、冬のパッチエリアへの鳥の反応は無視してはならない。 	図 2, 3, 5
	発表年：2009／著者：Yuichi Yamaura, Susumu Ikeno, Makoto Sano, Kimiko Okabe, Kenichi Ozaki／掲載誌：Biological Conservation 142 (2009) 2155-2165／タイトル：Bird responses to broad-leaved forest patch area in a plantation landscape across seasons	
③ (5500)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針葉樹林 (スギ・ヒノキ林) や広葉樹林など様々な森林タイプが周囲に存在するソバ畑で、主要な花粉媒介者のニホンミツバチが、ソバの花を訪れる頻度を調査した。 2. ニホンミツバチは森林を主な生息場所とすることが知られている。 3. ソバ畑周囲に存在するスギなどの針葉樹人工林の面積は訪花するニホンミツバチの個体数にほとんど影響を与えてなかった。 4. 一方、餌や営巣場所をより多く供給すると思われる広葉樹天然林の面積が畑の周囲に増えるほど、飛来するハチの数は増えることが明らかになった。 5. 里山など畑の周囲に広葉樹林があるのは、その生態系サービスを活用する点から意義がある。 	表 1, 2, 図 1
	発表年：2011／著者：Hisatomo Taki, Yuichi Yamaura, Kimiko Okabe, Kaoru Maeto／掲載誌：Scientific Reports 1, Article number: 132, 2011／タイトル：Plantation vs. natural forest: Matrix quality determines pollinator abundance in crop fields	

<p>④ (5459)</p>	<p>・広葉樹林の人工林化による鳥類群集の変化についての総説であり、人工林化によって鳥類にとって変化する環境に対して、どのような鳥類がどのように反応するのか、詳細に述べられている。</p> <p>発表年：2007／著者：山浦悠一／掲載誌：日本森林学会誌 89：416-430、2007／タイトル：広葉樹林の分断化が鳥類に及ぼす影響の緩和-人工林マトリックス管理の提案-</p>	<p>P421-422</p>
<p>⑤ (5501)</p>	<p>1. 生息地の分断化が進行した景観での生物多様性の保全では、残存生息地の面積の維持・拡大や残存生息地間の距離の縮小に重きがおかれてきた。</p> <p>2. 景観を優占する人為的な土地被覆はマトリックスとよばれる。近年、マトリックスは生物多様性にとって重要な役割を担っていることが明らかになってきた。</p> <p>3. そして、残存生息地を取り巻くマトリックスの生物にとっての質を上げることによって景観全体で生物多様性を保全する「マトリックスマネジメント」に大きな注目が集まっている。</p> <p>発表年：2012／著者：山浦悠一・森 章／掲載誌：書籍／タイトル：エコシステムマネジメントー包括的な生態系の保全と管理へー（森 章 編）</p>	<p>図 2-3、図 2-6、図 2-9、図 2-12、表 2-1、表 2-2</p>
<p>⑥ (5502)</p>	<p>1. 天然林と人工林では構成種や構造が大きく異なるため、境界を介してお互いに様々な影響を与えていると考えられる。</p> <p>2. 天然林から人工林への生態的な作用（例えば種子散布）を中心にこれまでの研究成果をとりまとめ、人工林生態系の特徴を明らかにした。</p> <p>3. 天然林から人工林への最大の種子散布距離は、ネズミによる貯食散布で 30m 以内、風散布や鳥による被食散布で 100m 以上、カケスによる貯食散布で 250m 以上であった。</p> <p>4. 菌根菌は天然林と人工林では組成が異なり、広葉樹林に多い菌根菌は境界から人工林側に 10m 程度までしか分布せず、人工林での広葉樹の定着に影響を与えている可能性がある。</p> <p>5. 境界の影響は境界から離れるほど小さくなるため、人工林の面積が大きいと内部まで天然林の作用が及ばず、生態系がより単純になる恐れがある。</p> <p>6. 天然木の侵入を促し、人工林の生物多様性保全機能を高めるには、保残帯を設けて人工林を細分化するなどの処方が必要と考えらる。</p> <p>発表年：2013／著者：酒井 敦、山川博美、清和研二／掲載誌：日本生態学会誌、63(2)、2013／タイトル：森林景観において境界効果はどこまで及んでいるのか？</p>	<p>表 1、図 1</p>

<p>⑦ (5503)</p>	<p>1. 広葉樹林に隣接するスギ林への広葉樹の定着と間伐の影響を明らかにするために、異なる生活段階（種子落下、埋土種子、稚樹、幼樹）および環境条件（光、土壌温度、リター堆積量、種組成）を、5つの無間伐林と4つの間伐林で、広葉樹林－針葉樹林境界から針葉樹林へ-2～40m の範囲で測定した。</p> <p>2. 無間伐林分では、たぶん風散布と鳥散布の落下種子とそれに続く埋土種子の減少のため、広葉樹の豊富さと多様性はすべての生活段階で、針葉樹林内への距離の増加とともに減少した。</p> <p>3. 広葉樹林と針葉樹林の境界では、針葉樹林の内部に比べて高い光環境、土壌温度とより浅いリターの堆積が観察され、広葉樹の発芽、芽生え、実生の成長にとって好ましい環境条件を示唆され、境界近くで種の多様性が高かった。</p> <p>4. 間伐に伴い、広葉樹の豊富さと多様性は、落下種子や埋土種子については針葉樹林内への距離が遠くなるにつれて減少したが、稚樹と幼樹については減少しなかった。</p> <p>5. それは恐らく、間伐に起因する距離とは無関係な林内の環境条件の改善のためである。間伐された林地での光利用率および土壌温度の上昇とリターの堆積の減少は、耐陰性植物だけでなく非耐陰性や光要求植物まで稚樹の定着を促進した。</p> <p>6. 間伐は森林内でさえも多様性を高める。</p>	<p>表 2, 3, 4, 図 1, 2, 3</p>
<p>⑧ (97)</p>	<p>・人工林で多様な生物、特に植物の多様性を保全する可能性について国内外の研究をレビュー、日本における課題を検討した総説</p>	<p>全文</p>
<p>発表年：2006／著者：Utsugi E., Kanno H., Ueno N., Tomita M., Saitoh T., Kimura M., Kanou K., Seiwa K.／掲載誌：Forest Ecology and Management 237：15-28、2006／タイトル：Hardwood recruitment into conifer plantations in Japan: Effects of thinning and distance from neighboring hardwood forests</p> <p>発表年：2014／著者：五十嵐哲也、牧野俊一、田中浩、正木隆／掲載誌：森林総研研究報告、13(2)、29-42、2014／タイトル：植物の多様性の観点から人工林施業を考える：日本型「近自然施業」の可能性</p>		

問 12-3	<p>齢級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</p>
<p>答</p>	<p>人工林や二次林の発達にともなって、森林の階層構造や林床の枯死木が増えるなど、さまざまな生物のすみかや生活場所が生まれ、生物多様性保全機能の発揮につながるという研究成果は多くあるが、地域や優占樹種などにより効果の発現の仕方は多様であり、今後の研究が必要である。</p> <p>(林分の発達段階)</p> <p>Oliver (1981)は大規模な攪乱(山火事、風害、皆伐など)に続く林分の発達過程を次のような4つの段階に分けている(根拠①)。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 林分初期段階： 攪乱後、数年間、新たな木(既存の種も新たな種も含む)が生えてくる。 2) 新たな侵入を排除する段階： 攪乱から数年後、新たな木は侵入しなくなり、今ある木のいくつかは競争に負けて枯死する。生き抜いた木は大きくなり、優占する種も出てくる。 3) 下層植生の再生段階： その後、林床の草本や低木、前の森林からの生き残った稚樹が再び現れてきて、成長は遅いが下層植生になる。 4) 老齢段階： さらに後、上層木が不規則に枯れ、下層のある木が成長して上層木になる。 <p>林分の発達段階の分類体系にはこの他に数例あるが(根拠②)、Oliver (1981)のものは最もシンプルで現在でも広く受け入れられている(根拠③)。</p> <p>藤森(1997)は、Oliverの発達段階を日本の天然林、人工林にも使えるように区分名を変更し、1)林分初期段階、2)若齢段階、3)成熟段階、4)老齢段階に分け、初期段階は人工林では10年(天然林では15年)くらいまで、若齢段階は50年くらいまでと目安を示している(根拠③)。</p> <p>(人工林への適用への異論)</p> <p>清野(1990)は、ヒノキ人工林において40年生くらいまでは、間伐を行ってもすぐに閉鎖して下層植生は定着できないこと、およそ40年生以降は無間伐でも林内相対照度はある程度上昇して下層植生は増えると報告しており、これは、上記の藤森(1997)の発達段階を支持している(根拠④)。</p> <p>一方で、鈴木ら(2005)は、ヒノキの林齢20年~240年までの人工林7林分を調べた結果、間伐後長期間経過し林冠が閉鎖した100年生の林分では下層に広葉樹が殆どなかったこと、200年生前後の林分の中下層には広葉樹が多く定着し、階層構造も発達しているが、間伐の影響を無視できないと指摘している(根拠⑤)。</p> <p>今のところ、経験的に両方の傾向が認められるので、今後の研究が必要である。</p> <p>(齢級の違いが生物多様性に与える影響)</p> <p>林分の成長は樹種や立地によって様々であるため、必ずしも齢級が林分の発達段階を表すものではないが、ここでは、スギ、ヒノキの中位の地位の成長を念頭に、Oliver (1981)および藤森(1997)の林分の発達段階を、齢級には当てはめると以下のとおりである(根拠③、④)。</p>

	<p>1) 林分初期段階： 人工林では10年、15年くらいまで。 2) 若 齢 段 階： およそ10年(15年)から、40~50年くらいまで。 3) 成 熟 段 階： およそ40~50年から。 4) 老 齢 段 階： およそ100年から(根拠②)。</p> <p>(日本の事例) (植生) 九州南部のスギ人工林41林分(林齢14~80年)と広葉樹林71林分(林齢11~97年)で下層植生の調査をおこなった結果、両種ともに、20年生以下では種数が少なく、40~50年生付近で急速に増加する傾向が見られ、林分の発達段階によく対応していた。特に、スギは林齢との関係が強く、広葉樹は森林面積との関連が見られた(根拠⑤)。 茨城のヒノキ人工林38林分(17~76年生)の調査から、40年生くらいまでは間伐を行ってもすぐに閉鎖して下層植生は少ないこと、およそ40年生以降から無間伐でも林内が明るくなる傾向があり、下層植生の種数・現存量は増加した(根拠④)。 (昆虫) 北関東の広葉樹二次林と蝶類の関係では、齢級の増加に伴い、典型的な天然林種が増加し、成熟段階(林齢50年以上)の二次林が老齢天然林と類似した種組成を示している(根拠⑥)。 また、花によく集まるハナバチとハナカミキリを齢級の異なる広葉樹二次林で比較した結果、若齢段階よりも成熟段階の種組成の方が老齢段階に似ている傾向がみられている(根拠⑦)。 (鳥類) 四国でスギ・ヒノキ人工林の発達段階と鳥類の関係が調べられ、新植地では種数は少なく、若齢段階から昆虫食者、種子食者、果実食者の種数が増え、成熟段階になると昆虫食者と果実食者が増え、採餌は樹冠層利用者が多くなった。老齢段階では、樹幹利用者と低木層利用者が多くなるなど、林分の発達段階に対応した鳥類相の変化を確認できている(根拠⑧)。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5504)	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模攪乱が森林の構造や組成を決定 ・様々な年代を含むような森林の相観は、しばしば同齢級の林分で起こること、 ・新しい林木のリクルートは一定に起こるのではなく、攪乱に伴うこと、 ・攪乱後、森林は次のような概観的段階を経る 林分初期→幹の減少期→ 下層の再発達期→成熟 ・攪乱の強度が優占種を決めるが ・攪乱の頻度も広域の森林タイプを決定する <p>発表年：1981／筆著者：Oliver, C.D.／掲載誌：Forest Ecology and Management 3:153-168, 1981／タイトル：Forest development in North America following major disturbances.</p>	図 1

<p>② (5505)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・著者らの分類体系も含めて5種の分類体系を表にまとめている。 ・縦欄に標準的な林齢の数字があり、各分類体系の段階を林齢で比較できる。 ・どれも類似しているが、Oliverのものが最もシンプルである。 <p>発表年：2002／筆著者：Jerry F. Franklin, Thomas A. Spies, Robert Van Pelt, Andrew B. Carey, Dale A. Thornburgh, Dean Rae Berg, David B. Lindenmayer, Mark E. Harmon, William S. Keeton, David C. Shaw, Ken Bible, Jiquan Chen／掲載誌：Forest Ecology and Management 155 (2002) 399-423／タイトル：Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example</p>	<p>表 3</p>
<p>③ (5506)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・Oliver(1981)の発達段階を日本の天然林、人工林にも使えるように区分名を変更し、1) 林分初期段階、2) 若齢段階、3) 成熟段階、4) 老齢段階。 <p>発表年：2006／筆著者：藤森隆郎／掲載誌：書籍／タイトル：森林生態学—持続可能な管理の基礎</p>	<p>図 12-4, 図 12-5</p>
<p>④ (5401)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒノキ人工林の下層群落の植被や種数などの挙動には光条件が最も効いていた。ヒノキの樹冠モデルから間伐が林床の光環境に及ぼす影響を予測し、下層群落の発達を推定した結果、間伐によって下層群落の成長が促されるが、若齢林分では効果の持続が少ないこと、無間伐林分では林齢40年生以降に下層群落が高まることが予測された。 <p>発表年：1990／筆著者：清野嘉之／掲載誌：森林総研研究報告、359、1-22、1990／タイトル：ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究</p>	<p>全文</p>
<p>⑤ (5507)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒノキの林齢20年～240年までの人工林7林分を調べた ・間伐後長期間経過し、林冠が閉鎖した100年生の林分では下層に広葉樹が殆どなかった ・200年生前後の林分の中下層には広葉樹が多く定着し、階層構造も発達しているが、間伐の影響を無視できないと指摘している。 <p>発表年：2005／筆著者：鈴木和次郎・須崎智応・奥村忠充・池田伸／掲載誌：日林誌 87(1)：27-35、2005／タイトル：高齢級化に伴うヒノキ人工林の発達様式</p>	<p>表 2, 3, 4</p>
<p>⑥ (5508)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スギ人工林41林分(林齢14～80年)と広葉樹林71林分(林齢11～97年)71分で調査をおこなった。 ・広葉樹林の方がスギ人工林より種数が多く、面積との関連が強かった。稀少種が種数の増加に影響。 ・スギ人工林の種数は面積と関係が無く、林齢に大きく依存。20年生以下で少なく、40年生以上で多 	<p>図 1, 2, 3</p>

	い。	
	発表年：1997／筆著者：中川正勝、伊藤哲／掲載誌：日林九支研論集 No. 50：87-88、1997／タイトル：スギ人工林の種多様性－田野演習林における林齢および立地条件の影響－	
⑦ (5509)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遷移の進行に伴い、典型的な天然林種が増加し、高齢二次林と老齢天然林は類似した種組成を持っていた。伐採地では、初年から二年目にかけて草地種の個体数が大幅に減少した。したがって、草地の蝶の種に適した段階は、伐採後わずか1～2年であった。高齢二次林（約50年以上）は、典型的な天然林種を含む森林の蝶の種に避難所を与えることができる。 	図 1, 2, 3
	発表年：2003／筆著者：Takenari Inoue／掲載誌：Entomological Science 6: 151-163, 2003／タイトル：Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan Evaluation of secondary forests as alternative habitats to primary forests for flower-visiting insects	
⑧ (5510)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 二次林が成熟するにしたがって、これらの昆虫の種類構成は原生林と似てくる。これは、訪花昆虫にとって二次林は成熟すれば原生林を代替する生息地になる可能性を示し、天然林の適正配置を通じた持続可能な森林管理をすすめる際の科学的根拠となる。 	全体
	発表年：2013／筆著者：H. Taki, H. Makihara, T. Matsumura, M. Hasegawa, T. Matsuura, H. Tanaka, S. Makino, K. Okabe／掲載誌：J Insect Conserv 17: 549, 2013／ タイトル：Evaluation of secondary forests as alternative habitats to primary forests for flower-visiting insects	
⑨ (5480)	<ul style="list-style-type: none"> ・ スギ・ヒノキ人工林の発達段階と鳥類の多様性を調べた。 ・ 新植地では種数は少ない。 ・ 若齢段階では、昆虫食者、種子食者、果実食者のいずれも種数が多くなった。 ・ 成熟段階では昆虫食者と果実食者が多くなり、採餌場所は樹冠層利用者が多かった ・ 老齢段階では総出現種数が多くなり、樹幹利用者や低木層利用者がそれまでの発達段階に比べて多くなった。 ・ 林分の発達段階に沿った鳥類相の変化が確認できた。 	要旨
	発表年：2008／筆著者：佐藤重穂／掲載誌：第119回日本森林学会大会学術講演集 D31、2008／タイトル：スギ・ヒノキ人工林の発達段階と生息する鳥類の多様性	

<p>問 12-4</p>	<p>優占樹種の被害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</p>
<p>答</p>	<p>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、その生態系の機能が著しく低下する恐れがあるため、対策に向けた研究は多くあるが、被害の要因とその強度、頻度などにより、生態系への影響の発現の仕方は多様なため、今後の研究が必要である。</p> <p>(自然攪乱と生態系)</p> <p>台風や森林火災などの自然攪乱は、林分構造を破壊し、一時的に生態系の諸機能を低下させる(問い 1206 参照)が、攪乱によって次世代の生物個体に移入し利用できる「棲み場所」が生み出され、森林は更新する。これが、森林のサイクルであり、自然攪乱の規模がどれあれ、本来的に異常なことではない(根拠①)。</p> <p>ただし、自然攪乱によって、林木が利用できなくなり、森林の機能が一時的にせよ低下するので、規模が大きいと経済的な損失も大きい。最近、世界の温帯林、北方林における自然攪乱(森林火災、風害、キクイムシ被害)の研究論文(498 編)が分析され、自然攪乱は生物多様性に正の影響(種数が平均 39%増加)を及ぼすが、生態系サービス注)には総じて負の影響を及ぼすことが報告されている(根拠②)。</p> <p>注) 生態系から人間が得ている便益。ここでは、木材や水の供給、災害防止、レクリエーション、狩猟を取り上げている。</p> <p>(ナラ類優占木の被害による影響)</p> <p>カシノナガキクイムシが媒介する菌類によるナラ類集団枯損(以下、「ナラ枯れ」)は、現在、カシノナガキクイムシの餌となる木が無くなった森林では、被害は終息している(根拠③)。</p> <p>被害後の回復の状況を見ると、高木層のミズナラを失った森林では、亜高木層に存在したブナ、カエデ類などがよく成長している例(根拠④)から、亜高木層が無く殆どササ原と化している例(根拠⑤)までさまざまである。また、コナラ・アベマキ上層木を失った森林では、今後の推移として、①コナラ残存木が上層を維持し、亜高木層に落葉広葉樹が発達、②上層が無く、常緑樹広葉樹の中～低木が繁茂、③アラカシ林へ移行、などさまざまなタイプが予想されている(根拠⑥)。</p> <p>このように、回復の状況がさまざまな原因は、被害以前の林分構造によるものが多く、広葉樹林(二次林)であっても劣化を起こさせないように階層構造を生み出す森林管理が必要になっていると考えられる。</p> <p>なお、ミズナラ大径木は、多くの希少な着生植物の宿主となっており、ナラ枯れによる枯損がこれらの着生植物の消失に繋がるのではないかと懸念されている(問答 1 2 0 2 参照)。</p> <p>さらに、シカの採食による森林の被害が拡大しており、ナラ枯れの被害と同時に受ける例が生じている。両者の被害を受けた京都の森林では、ナラ枯れのために上層木が欠けた場所(林冠ギャップ)で、シカがあまり採食しないクロバイと、ナンキンハゼ(外来種)がよく成長している。この</p>

	<p>ままでは、更新できる樹種は限られてしまう可能性が高く、自生種の多様性を維持するには、シカ柵の設置などシカ対策が不可欠になっている（根拠⑦）。</p> <p>（食葉性害虫の被害に抵抗性のある広葉樹混交林） 気候変動に伴い森林害虫の被害の拡大が懸念されているなかで、樹木の多様性はこの影響を緩和できる可能性が指摘されていたが、実証はされていなかった。最近、ヨーロッパで樹木の種数と緯度の勾配に沿って 208 の森林のプロットがサンプリングされ、樹木の食葉害虫による被害が評価され、樹木の種数と食用害虫に対する森林の抵抗性ととの間に正の関係があることが見いだされている。成熟した森林において、広葉樹の種数が多いほど全体的な被害は有意に減少し、この混生による抵抗性は、気候にかかわらず種や国を越えて検出されている（根拠⑧）。</p> <p>このような知見は、気候変動下において、混交林の可能性が大きいことを示しているように考えられる。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
<p>① (5511)</p>	<p>・攪乱は、生物の成育環境を大きく変え、「空の空間」を作り出すことで、次世代の生物個体が移入し利用できる「棲み場所」を生み出す。</p> <p>たとえば、台風により森林の樹木がなぎ倒されると、(中略)、成熟した森林へと再生する。これが森林生態系のサイクルであり、(略)、その規模がどうであれ、本来的には異常なことではない。地域の鳥類群集の多点の情報と、鹿に誘発された森林の物理的構造の変化に関する情報を収集し、鳥類群集への鹿の影響を評価した。</p>	<p>P5-6 P19-20</p>
<p>発表年：2012／筆著者：森 章（編）／掲載誌：書籍／タイトル：分断化景観のマネジメントー残存生息地からマトリックスへ</p>		
<p>② (5512)</p>	<p>1. 世界の温帯林と北方林を対象に、13 の生態系サービス多様性指標に及ぼす攪乱因子（火災、風害、キクイムシ）の影響の文献レビューを行った。</p> <p>2. 1981 年から 2013 年の間に出版された 1958 の論文にあたり、478 論文について詳細にレビューした。</p> <p>3. 生態系サービスに対する攪乱の影響は、全般に負であり、全カテゴリー（支援、プロビジョニング、規制、および文化サービス）で有意 ($P < 0.001$) だった。</p> <p>4. 一方、生物多様性の種数、生息環境の質、様性指数は、攪乱によって正の影響を受けた ($P < 0.001$)。</p> <p>この結果は、攪乱が生態系サービスを危険にさらし、同時に生物多様性を促進することができるこ</p>	<p>Table 1, 2, 3 図 1, 2, 3</p>

	<p>とを示す「攪乱パラドックス」を明らかにした。</p> <p>5. 炭素蓄積と生物多様性への攪乱効果の大きさの分析は、攪乱効果の多様性を強調した。</p> <p>6. 攪乱が生態系炭素の総量を 38.5%減少させる一方で、種数を 35.6%増加させた。</p> <p>7. 倒木集材や事前放火などの攪乱管理は、生態系サービスへの悪影響を緩和するものでも、生物多様性へのプラスの効果が高めるものでもない。</p> <p>8. 気候変動が自然攪乱を増幅する可能性があることを考慮すると、生態系サービスの持続可能な提供に圧力がかかる一方で、生物多様性は一般的にそのような変化から恩恵を受けるであろう。</p>	
<p>発表年：2016／筆著者：Dominik Thom, Rupert Seidl／掲載誌：Biol. Rev. (2016), 91, pp. 760-781／タイトル：Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests</p>		
<p>③ (5513)</p>	<p>・平成 23 年度に作成された「ナラ枯れ被害対策マニュアルー被害対策の体制づくりから実行までー」に、最新の情報やより詳細な手法の紹介を加え、具体的な対策の実施体制づくりから、計画・施工・モニタリングまでの流れを新たに取りまとめたもので、ナラ枯れ被害対策を必要としている、事業の担当者や、作業を実施される主体、森林所有者などを対象にした総合マニュアル。</p>	<p>P5, 図 1</p>
<p>発表年：2015／筆著者：検討委員：鎌田 直人、齊藤 正一、高野 勉、津布久 隆、肘井 直樹、牧野 俊一／掲載誌：書籍／タイトル：ナラ枯れ被害対策マニュアル改訂版</p>		
<p>④ (5514)</p>	<p>・山形大学上名川演習林の 6 か所のミズナラ二次林において、ナラ枯れ前後の 16 年間の林分構造の推移を調べた。</p> <p>・ナラ枯れ前は 25～90%あったミズナラの胸高断面積合比計を 8～46%にまで減少させ、</p> <p>・かわりにホオノキ、ブナ、カエデ類、コシアブラ、ウワミズザクラを増加させた。</p> <p>・ミズナラの稚樹はほとんど存在せず、根元に萌芽幼樹がわずかに認められた。</p> <p>・ナラ枯れによって生じた林冠ギャップの亜高木層や低木層はオオバクロモジやリョウブなどの低木種が成長して優占度を増すと推察される。</p>	<p>図 2, 3, 表 1</p>
<p>発表年：？／筆著者：林田光祐、大谷ゆき、大谷博彌／掲載誌：山形大学紀要（農学）16(4)：297-304／タイトル：ミズナラ二次林におけるナラ枯れ前後の 16 年間の林分構造の推移</p>		
<p>⑤ (5515)</p>	<p>1. 丹後半島に位置するナラ類集団枯損の被害跡の広葉樹林において、その現況を調査した。</p> <p>2. 調査地の林床はチマキザサが優占しており、ナラ枯れの被害を受けたミズナラを含めて高木性樹種の小径木や稚樹は少なかった。</p>	<p>表－1, 表－2, 図－2</p>

	<p>3. 小径木は多かったが、その樹種はリョウブ・オオカメノキ・クロモジなど、亜高木および低木性樹種であった。</p> <p>4. 胸高未満の階層でも高木性樹種は少なかった。</p> <p>5. 以上の林分構造から、現状ではミズナラを含む高木性樹種の更新は困難で、少なくともチマキザサの一斉開花枯死が発生するまでは現状のような林相（ササ草原と低木類）が継続するものと予想された。</p>	
<p>発表年：2011／筆著者：伊東 宏樹、衣浦 晴生、奥 敬一／掲載誌：日林誌 93 巻・2 号, p.84-87(2011-04)／タイトル：ササ型林床を有するナラ類集団枯損被害林分の林分構造</p>		
<p>⑥ (5515)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・愛知県で3林分（発達した下層木を持つ林分，持たない林分，上層木にアラカシを交えた林分）で7年間毎木調査した。 ・ナラ枯れは発生から5年間で激しく，コナラとアベマキは幹数で約6割が枯死した。 ・林分の胸高断面積合計は2割程度低下した。 ・DBH 5 cm 以上の上層木でタカノツメ、ヒサカキ、アラカシは高い新規加入率を示し，ソヨゴやリョウブは成長が速い期間が認められた。 ・ナラ枯れ被害林分は， <ol style="list-style-type: none"> ①残存コナラが高木層を維持しつつも亜高木層に落葉広葉樹が繁茂する， ②直ぐに変化はないが将来的に高木層を欠き、低～中層に常緑広葉樹が繁茂する， ③アラカシが優占する林分へと移り変わっていくことが考えられた。 	<p>表 1, 図 2, 3, 4, 6</p>
<p>発表年：2016／筆著者：渡辺直登・岡田知也・戸丸信弘・西村尚之・中川弥智子／掲載誌：日林誌（2016）98：273—278／タイトル：愛知県海上の森におけるナラ枯れ被害林分の森林動態</p>		
<p>⑦ (5516)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ナラ類集団枯損（以下、「ナラ枯れ」）は、一時よりも被害が減少したとはいえ、一部では拡大を続けており、依然として終息していない。 2. また、ニホンジカ（以下、「シカ」）の採食による森林への影響が深刻になっている。 3. 両被害を受けた京都市内の森林を調査し、被害を受ける前後で、森林の下層を構成する樹種がどのように変化したのかを、統計モデルを使って解析した。 4. ナラ枯れのために上層木が欠けた部分（ギャップ）では、明るい環境を好む樹種の定着確率が高い。 5. シカの採食の影響により、そのなかでもよく成長していたのは、クロバイと、外来種のナンキン 	<p>表 1, 図 2, 3, 4</p>

	<p>ハゼ。ともにシカがあまり好まない樹種である。</p> <p>6. このままの状態が続けば、ギャップの樹種構成はきわめて単純になってしまう可能性が高い。</p> <p>7. 自生種による多様性の高い森林に再生させるためには、シカ柵の設置などシカ対策が不可欠で、外来種であるナンキンハゼが定着する場合には駆除も考慮する必要がある。</p>	
	<p>発表年：2016／筆著者：H. Ito／掲載誌：PeerJ、4:e2816、2016／タイトル： Changes in understory species occurrence of a secondary broadleaved forest after mass mortality of oak trees under deer foraging pressure</p>	
<p>⑧ (5517)</p>	<p>1. 世界的な変化に伴い森林害虫の被害が拡大することが予想される。</p> <p>2. 樹木の多様性はこの影響を緩和することができるが、半自然の成熟林では、多様性－抵抗性関係の明白な実証は十分にされていない。</p> <p>3. 樹木の種数と緯度が増加する 2 つの直交する勾配に沿ってサンプリングされた 208 の森林プロットのネットワークを使用して、ヨーロッパにおける樹木の全ての脱葉枯死を評価した。</p> <p>4. 樹木の種数と草食昆虫に対する抵抗性との間に正の関係があることを見いだした。</p> <p>5. 成熟した森林において樹種の数が多いほど、広葉樹の樹種への全体的な被害は有意に減少した。</p> <p>6. この混生による抵抗性のパターンは、その種の気候にかかわらず、樹種や国を跨がってよく見られた。 7. これらの知見は、変化する世界において将来の生物的擾乱に直面する混生森林の可能性が大きいことを確認している。</p>	<p>表 1, 2, 図 1, 2</p>
	<p>発表年：2015／筆著者：Virginie Guyot, Bastien Castagnyrol, Aude Vialatte, Marc Deconchat, Hervé Jactel / 掲載誌：Biol.Lett.12:20151037、2016／タイトル：Tree diversity reduces pest damage in mature forests across Europe</p>	

問 12-5	<p>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</p>
答	<p>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考えられることから、その解明に向けた研究が進められてきたが、森林のタイプや樹種構成あるいは林齢構成等によって、その影響の発現の仕方は異なるため、今後の研究が必要である。</p> <p>（広葉樹天然林と針葉樹人工林の生物多様性） 広葉樹天然林の人工林化や二次林化により、多くの原生林種を失うが、照葉樹林帯では人工林化・二次林化により落葉広葉樹が加わるなど、通常、原生林には存在しない種組成に変化する（詳細は問答 319）。</p> <p>また、鳥類の種組成は広葉樹天然林と人工林では異なり、例えば、カラ類やキツツキ類など樹洞に営巣する鳥をはじめ、アカハラなど広葉樹の果実を食べる鳥、飛びながら小さな昆虫を捕るヒタキ類などは人工林に少ない。一方で、ホオジロ科などの開放地を好む鳥（遷移初期種）は、若い人工林に多い（詳細は問答 319）。</p> <p>（分断化された広葉樹林の生物多様性保全機能） 森林に依存する生物の多様性や稀少種は、分断化が進行した現在でも多くを天然林や広葉樹二次林に依存し、その面積が大きいほど種類相が豊富なことが知られている（詳細は問答 1202）。</p> <p>景観構造において人工林が卓越した地域においても、周辺に広葉樹二次林が多い場所で動物の出現率が高いことが観測されている例もある（根拠①）。</p> <p>（針葉樹人工林への広葉樹の複層林化、混交林化の有効性） 以上のように、一般に天然林を人工林化することにより、生物多様性保全機能は低下するが、人工林の間伐により広葉樹を下層に繁茂させたり（複層林化）、強度間伐や列状・群状伐採等により下層の広葉樹を成長させて混交林化することで、生物多様性保全機能の低下は大きく緩和される（詳細は問答 319、320、1100、1202）。</p> <p>下層植生のバイオマスは森林全体の数%未満であるが、森林の植物種の90%以上をもち、林床の落葉・落枝（リター）の最大 20%程度が下層植生（一般に林木の葉よりも高い栄養分を持っている）から供給されている。また、林冠の破壊に直ちに反応して成長するのも下層植生であるし、早春に繁茂する草本は、森林が失う窒素等の養分の損失を緩和しているとの主張もある（根拠②）。</p> <p>（景観における皆伐、齢級構成と表層土壌有機物量、水土保持機能の変化） 大規模な攪乱（人工林であれば皆伐）後の、林分の発達段階はその構造の変化から、一般に、林分初期段階（伐採直後～10（15）年）、若齢段階（～概ね 40-50 年）、成熟段階（概ね 40-50 年～概ね 100 年）、老齢段階（概ね 100 年～）に分けることができる（詳細は問答 1203、1206）。そして、森林生態系の表層土壌有機物量や水土保持機能は、林分初期段階から若齢段階において、機能が大きく低下することに留意すべきである（問答 1206）。</p> <p>とくに、皆伐によって、下層植生が少ないと表層土壌が流出する恐れがあるので、皆伐を計画するときは、景観構造をよく把握して皆伐の弊害を</p>

	<p>最小限にする必要がある。保残木施業は、皆伐地の生物多様性の保全に有効であることが各地から報告されているが（詳細は問答 317）、表層土壌有機物や水土保持機能の低下の緩和に効果があるのか不明である。</p> <p>ここで、森林の生態系サービス上、最も留意すべきは、林分の初期段階（1～2 齢級）において、森林の斜面崩壊防止機能が大きく低下することである。例えば、2010年広島県庄原市豪雨災害における斜面崩壊と地形、森林との関係を調べ、崩壊率の高い樹種は、クヌギ、スギ、ヒノキ、雑木林、アカマツの順であったこと（ただし、クヌギのみ最も標高の高い所にあった）、林齢は1～2 齢級と6 齢級が多かったこと、1 齢級の森林は他の崩壊地より緩い斜面で崩壊したことが報告されている（根拠③）。</p> <p>このように、景観における森林生態系の保全を検討するにあたっては、皆伐地と初期段階の林分の配置を防災面から考慮する必要がある。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5518)	<p>・ 広葉樹林が断片化された人工林が卓越する景観に残っている自然林（広葉樹林）をどのように選ぶか調査した。</p> <p>12 のサイトにカメラを1 台ずつ設置し、広葉樹林のパッチを7 ヶ月間モニターした。それぞれ、広葉樹林のパッチと人工林のパッチの面積比が異なっているところで、144 枚の写真が撮影された。</p> <p>哺乳動物の撮影数と広葉樹パッチ周辺の広葉樹林の面積との間には正の相関が見られた。また、階層的分割は、広葉樹が針葉樹よりも独立した大きな説明力を有することを示した。</p> <p>発表年：2016／筆著者：K. Maeda, S. Koike, M. Muraio, T. Ishigane, S. Harasawa, T. Masaki, M. Soga, T. Naganuma, A. Sato／掲載誌：Pakistan J. Zool. 48(3): 907-911, 2016／タイトル：Influence of Matrix Habitats on the Occurrence of Terrestrial Mammals in Planted Forest Landscapes</p>	図1, 表2
② (5519)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 草本層は、森林のバイオマスの1%未満であるが、森林の植物種の90%以上を含み、 2. 森林のリター量の最大20%もあり、一般に林木よりも養分含有量が高い。 3. 林冠の攪乱後、草本層は直ちに反応して成長し、森林の修復に寄与する。また、多くの点で、草本層は攪乱に対して弾力性がある。 	表2 図2, 図3, 図5

	<p>4. 春先に成長する草本は、樹木を含むすべての植物に不可欠な N などの栄養素の潜在的損失を軽減することができる。</p>	
	<p>発表年：2007／筆著者：Frank Gilliam／掲載誌：BioScience 57 (10): 845-858, 2007／タイトル：The Ecological Significance of the Herbaceous Layer in Temperate Forest Ecosystems</p>	
<p>③ (5520)</p>	<p>・2010年広島県庄原市豪雨災害における斜面崩壊と地形、森林との関係を調べた。 1) 崩壊地は標高 300m～650m に存在し、尾根付近のゼロ次谷が多いと推測された。 2) 斜面方位は全体には南東～南方向が多いのに対し、崩壊地は北東～東方向が多かった。 3) 崩壊率の高い樹種はクヌギ、スギ、ヒノキ、雑木林、アカマツの順であった。 4) 傾斜度の平均は全体で 25 度であるが、崩壊地はクヌギを除き 30～35 度に最頻値があり、クヌギは 35 度以上であった。 5) 崩壊率は 1～2 齢級と 6 齢級で非常に高く、1 齢級の森林は他の齢級より緩い斜面で崩壊した。</p>	<p>図-5, 図-6, 図-7, 図-8, 図-9, 図-11 表-1, 表-2</p>
	<p>発表年：2014／筆著者：黒川潮、岡田康彦／掲載誌：砂防学会誌 67(3): 14-21、2014／タイトル：2010年広島県庄原市豪雨災害で発生した斜面崩壊と地形・森林の関係</p>	

問 12-6	<p>齢級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</p>
<p>答</p>	<p>人工林や二次林の発達にともなって、森林の階層構造や表層土壌有機物層の発達、林床の枯死木（粗大有機物）の堆積など、森林の様々な生物の生息場所とそれを取り巻く非生物環境が生まれ、生態系保全機能の発揮につながるという研究成果は多くあるが、地域や優占樹種などにより効果の発現の仕方は多様であり、今後の研究が必要である。</p> <p>(林分の発達段階と齢級)</p> <p>齢級の違いと生態系の関係を考えるに当たって、Oliver (1981)と藤森 (1996) にもとづいて、大規模な攪乱後の林分の発達過程を以下のような4つの段階に分けるのが、両者の関係を捉えやすい(根拠①、②、③)(問答 1203 参照)。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 初期段階：攪乱後～初期林分成立まで。人工林では～約 10 年、広葉樹二次林では～約 15 年 2) 若齢段階：新たな木は侵入しなくなり、林木間の競争激化、優劣の差がついてくる。 3) 成熟段階：やがて 40～50 年もすると下層植生が林床に再び現れてくる。 4) 老齢段階：上層木が不規則に枯れるが、下層木が成長して交代する。およそ 100 年～。 <p>(林分の発達段階に応じた生態系機能の変化)</p> <p>(生物多様性)</p> <p>初期段階（高または低）→若齢段階（最低）→成熟段階（中間） →老齢段階（高）</p> <p>生物の種多様性は林分の発達段階に応じて、一般に上記のようなパターンを示す。</p> <p>植物や哺乳類の種多様性は、植生遷移のなかで、しばしば林冠の閉鎖が起こる前に最も高く、林床が暗く閉ざされた若い森林で最も低く、森林が成熟するにつれて回復し、老齢林へと戻る(根拠④)。ただし、鳥類の場合、しばしば初期段階で種数が少ない地域や森林がある(根拠⑤)。</p> <p>遷移初期における植物種の高い多様性は、森林性種の生き残りに雑草のような一般共通種が加わった組み合わせの結果である。この組み合わせは、他の生物でも起きる。</p> <p>若齢段階の密生した森林では、林床が暗く、生息地や環境資源が限られているため、種多様性（機能的多様性も同様）は、この段階で最も低いと考えられている(根拠①、②、③、④)。</p> <p>(水土保持機能)</p> <p>初期段階（高→低）→若齢段階（最低）→成熟段階（中間） →老齢段階（高）</p> <p>林齢と河川流量の関係は、林分の発達段階に応じて、一般に上記のようなパターンを示す。</p> <p>水を安定的に流出する水源かん養機能は、河川流量で読み替えることができるが、初期段階から若齢段階にかけて最も低下する。</p> <p>若齢段階で流量が低いのは、主に成長の旺盛な木によるもので、林冠が閉鎖して葉面積指数が大きく、それに比例して蒸散量・光合成量が大きく</p>

	<p>なったためと考えられる。その分、河川への流量は減る（根拠3，6）。 逆に老齢段階では、蒸散量が少なく、河川流量は増加するため、水源かん養機能は高いと考えられている（根拠③、⑥）。</p> <p>（表層土壌有機物量、森林生態系の炭素量） 初期段階（高→低）→若齢段階（最低→中間）→成熟段階（高） →老齢段階（高） 林分の発達段階と表層土壌有機物量の関係は、一般に上記のようなパターンを示す。 初期段階で急激に有機物量が減るのは、1）雨滴が直撃、2）直射日射による有機物の分解などが考えられている。若齢段階からすぐに回復が始まるのは、落葉量が分解量を上回るからである（根拠③，⑦）。森林生態系の炭素量も、概ね同様のパターンをしめす（根拠③）。</p> <p>（純生産量＝成長量） 初期段階（低）→若齢段階（最高）→成熟段階（中）→老齢段階（小） 林分の発達段階と純生産量の関係は、一般に上記のようなパターンを示す。 純生産量は初期段階から若齢段階にかけて急激に上昇し、若齢段階でピークを示し、成熟段階で漸減して、老齢段階で低い範囲に収まるものと考えられている。純生産量だけが、他の機能と逆のパターン（若齢期にピーク）がある（根拠⑧）ことは、林分の配置に関して留意すべきである。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (5504)	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模攪乱が森林の構造や組成を決定 ・様々な年代を含むような森林の相観は、しばしば同齢級の林分で起こること、 ・新しい林木のリクルートは一定に起こるのではなく、攪乱に伴うこと、 ・攪乱後、森林は次のような概観的段階を経る 林分分初期→幹の減少期→下層の再発達期→成熟 ・攪乱の強度が優占種を決めるが ・攪乱の頻度も広域の森林タイプを決定する <p>発表年：1981／筆著者：Oliver, C.D.／掲載誌：For. Ecol. Manag. 3:153-168, 1981／タイトル：Forest development in North America following major disturbances.</p>	図1
② (5505)	<ul style="list-style-type: none"> ・著者らの分類体系も含めて5種の分類体系を表にまとめている。 ・縦欄に標準的な林齢の数字があり、各分類体系の段階を林齢で比較できる。 ・どれも類似しているが、Oliverのものが最もシンプルである。 <p>発表年：2002／筆著者：Jerry F. Franklin, Thomas A. Spies, Robert Van Pelt, Andrew B. Carey, Dale A. Thornburgh, Dean Rae Berg, David B. Lindenmayer, Mark E. Harmon, William S. Keeton, David C. Shaw, Ken</p>	表3

	Bible, Jiquan Chen/掲載誌: Forest Ecology and Management 155 (2002) 399-423/タイトル: Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example	
③ (5506)	<ul style="list-style-type: none"> • Oliver (1981)の発達段階を日本の天然林、人工林にも使えるように区分名を変更し、1) 林分初期段階、2) 若齢段階、3) 成熟段階、4) 老齢段階。 	図 12-4, 図 12-5
	発表年: 2006/筆著者: 藤森隆郎 /掲載誌: 書籍/タイトル: 森林生態学—持続可能な管理の基礎	
④ (5521)	<ul style="list-style-type: none"> • 植物や動物の種多様性は、植生遷移のなかで、しばしば樹木の閉鎖が起こる前に最も高く、林床が暗く閉ざされた若い森林で最も低く、森林が成熟するにつれて中間レベルに回復し、老齢林へと展開する (図 1)。 • 遷移初期における植物種の高い多様性は、森林種の生存と雑草一般種の追加の組み合わせの結果である。この組み合わせは、他のクラスの生物でも起こり得る。 • 密生した若い森林では、生息地や環境資源が比較的限られているようである。その結果、種多様性は、構造的・機能的多様性も同様に、森林の発達過程のこの段階でおそらく最も低いであろう。 	図 1
	発表年: 1991/筆著者: Jerry F. Franklin and Thomas A. Spies/掲載誌: USDA Forest Service General technical report PNW GT-GTR-285. 71-80, 1991/タイトル: Composition, Function, and Structure of Old-Growth Douglas-Fir Forests	
⑤ (5480)	<ul style="list-style-type: none"> • スギ・ヒノキ人工林の発達段階と鳥類の多様性を調べた。 • 新植地では種数は少ない。 • 若齢段階では、昆虫食者、種子食者、果実食者のいずれも種数が多くなった。 • 成熟段階では昆虫食者と果実食者が多くなり、採餌場所は樹冠層利用者が多かった • 老齢段階では総出現種数が多くなり、樹幹利用者や低木層利用者がそれまでの発達段階に比べて多くなった。 • 林分の発達段階に沿った鳥類相の変化が確認できた。 	要旨
	発表年: 2008/筆著者: 佐藤重穂/掲載誌: 第 119 回日本森林学会大会学術講演集 D31, 2008/タイトル: スギ・ヒノキ人工林の発達段階と生息する鳥類の多様性	
⑥ (5522)	<ul style="list-style-type: none"> • 山岳林の全 LAI の変化の予測は、地上観測とその変換された正規化差植生指数 (TNDVI) の測定値との相関から構築された。 • モデルは、大部分の地域を焼失させた 1939 年の野火に 82 年間にわたる予測された流れの流れに対す 	図 1

	<p>る LAI の変化の影響を評価するために用いられた。</p> <ul style="list-style-type: none"> • LAI 曲線の使用は、一定の LAI の場合と比較して、予測された水路図の改善を誘導したが、その変化は、古い成長林と再成長林間の水収量の差異のすべてを説明するのに十分な大きさではなかった。 • LAI 曲線と新しい葉コンダクタンス対年齢曲線を用いて予測された流量図は、水収量における観察された長期変化を正確に予測した。 • 我々は、LAI は長期的な収量の変化の部分的な制御であると結論するが、「単位 LAI 当たりの水利用効率」の制御も有効である。 	
<p>発表年：1999／筆著者：Fred G. R. Watson, Robert A. Vertessy and Rodger B. Grayson／掲載誌：Hydrological process 13：689-700, 1999／タイトル：Large-scale modelling of forest hydrological processes and their long-term effect on water yield</p>		
<p>⑦ (5480)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • スギ・ヒノキ人工林の発達段階と鳥類の多様性を調べた。 • 新植地では種数は少ない。 • 若齢段階では、昆虫食者、種子食者、果実食者のいずれも種数が多くなった。 • 成熟段階では昆虫食者と果実食者が多くなり、採餌場所は樹冠層利用者が多かった • 老齢段階では総出現種数が多くなり、樹幹利用者や低木層利用者がそれまでの発達段階に比べて多くなった。 • 林分の発達段階に沿った鳥類相の変化が確認できた。 	<p>要旨</p>
<p>発表年：2008／筆著者：佐藤重穂／掲載誌：第 119 回日本森林学会大会学術講演集 D31、2008／タイトル：スギ・ヒノキ人工林の発達段階と生息する鳥類の多様性</p>		
<p>⑧ (5523)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 安藤ら（1968）のスギ林の林齢と純生産量のデータから、純生産量のピークが林齢 20 年弱にあり、その後低下し、60 年頃まではほぼ一定となることを示している。 	<p>図 7</p>
<p>発表年：1974／筆著者：大畠誠一、四手井綱英／掲載誌：京都大学農学部演習林報告 46：40-50、1974／タイトル：スギ・ヒノキ人工林の発達段階と生息する鳥類の多様性</p>		