

<p>補足 問 01-1</p>	<p>森林の水源涵養機能を支える水循環プロセスと流域スケール評価とはどのようなものか。</p>
<p>答</p>	<p>森林の水源涵養機能は、雨水を土壤に浸透・貯留させて洪水時の流量ピークを抑える「洪水緩和」、貯留された水を渇水期に安定的に河川へ供給する「水資源貯留」、さらに土壤・植生を通じて水を浄化する「水質浄化」という三つの働きから成り立つ。それらの機能は、降水が森林に入ってから河川へ至るまでの過程で、どこに水が配分され、どれだけ貯留されるかによって左右される。そこで、水源涵養機能を理解・評価するためには、樹冠・林床・土壤・地下を含む水循環プロセスを整理し、森林の状態や施業、立地条件と結び付けて捉えることが不可欠である。</p> <p>降水が森林に入ると、「樹冠での分配」と「大気への回帰（蒸発散）」によって水量が調整され、その後土壤へ供給される水量が決まる。樹冠では枝葉が降水の一部を受け止め、遮断蒸発として大気へ戻る。残りは林内雨（樹冠通過雨と樹幹流）として林床へ到達する。樹冠遮断率は、針葉樹では立木密度、広葉樹では樹高との関連が報告されており、森林状態や密度管理が遮断率に影響する（根拠①）。また、蒸散も林分密度や樹高と関連することが知られている（根拠①）。さらに、林床に到達した雨水は林床植生（低木を含む）によっても蒸発散するため、収量比数などの林分構造の把握から推定する手法も提案されている（根拠②）。</p> <p>土壤では、林床に到達した水が浸透して孔隙に貯留されることで表面流の発生が抑えられ、洪水時のピーク流量が緩和される（根拠③）。この機能を高めるためには、根系が発達して土壤構造が維持され孔隙が増加すること、下層植生が土壤流出を抑えて浸透を促進すること、落葉・落枝などの有機物供給による表層土壤の維持が重要である（根拠④）。一方で、林床が裸地化すると雨滴による目詰まり（クラスト化）で浸透能が低下し、表面流が生じやすくなる（根拠⑤）。加えて、樹木根系のつながり（根系ネットワーク）が土壤内の水の通り道と保持のバランスに関わる点も指摘されている（根拠⑥）。</p> <p>流域スケールでは、地質による土壤形成に加え、風化帯や岩盤の割れ目に浸透・貯留される水を含む「流域貯留」が、洪水流出や渇水期の安定流出（基底流）を支える重要な要素となる（根拠⑦）。さらに、流域貯留の挙動は気候や地形だけでなく、地質や風化帯の透水性・厚さに強く支配され、風化が深い流域ほど深部浸透が進み、ゆっくりとした排水により基底流が持続される傾向がある（根拠⑧）。したがって、水源涵養機能を高めるには森林施業と土壤管理に加え、地下構造を踏まえた流域の一体管理として設計することが重要である。</p>

	<p>森林の水源涵養機能を実効的に高めるには、遮断・蒸散・浸透・貯留といった水文プロセスを、立木密度や樹高、林分構造などの森林状態と結び付けて評価することが重要である。近年は航空機レーザー計測により、樹高や林分密度などを広域・高精度に把握できるため、森林簿の更新や施業履歴情報を活用することで、森林情報と水源涵養の効果を流域スケールで統合する基盤が整いつつある（根拠⑨）。</p> <p>森林の水源涵養機能の理解と評価は、社会実装の観点からも重要性が高まっている。水分野では、利用水量以上を地域へ還元する考え方や、流域全体で協働する取り組みが広がり、その効果を国際的に比較可能な形で算定する枠組みづくりが進んでいる。こうした動きは、生物多様性の回復と生態系機能の向上を目指す「ネイチャーポジティブ」の潮流とも連動し、森林の保全・管理を水循環の観点から定量的に示す必要性を高めている（根拠⑩）。また、TNFD（自然関連財務情報開示タスクフォース）では、企業活動における水資源を含む自然資本への依存度・影響度を定量評価し、リスク・機会として開示するための枠組みを示している。この動きを踏まえ、企業や自治体が自ら簡易に水源涵養量を定量化し、「見える化」する手法の整備も進められている（根拠⑪）。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (19)	<p>樹種・林分密度・樹高を説明変数に、蒸発散を遮断蒸発（降雨・降雪）と蒸散に分解し、流域スケールで同時推定できるモデルを構築して、森林構造が水収支を左右する過程を定量化した。</p> <p>発表年：2023／著者：Inokoshi ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：A watershed-scale evapotranspiration model considering forest type, stand parameters, and climate factors</p>	図1と図2
② (27)	<p>収量比数 R_y（樹高・林分密度に対する現存材積/最大材積）を3次元の森林構造指標として導入し、R_yに基づき林内気象情報から改良 Penman-Monteith 式で林床蒸発散（蒸発+下層植生蒸散）を推定する手法を構築した。さらにヒノキ人工林のライシメータ観測で検証し、日変動を再現した。</p> <p>発表年：2025／著者：Chiu ほか／掲載誌：Ecohydrology／タイトル：Developing a Structural Framework to Estimate Forest Floor Evapotranspiration With the Relative Yield Index (R_y).</p>	図1
③ (24)	不飽和帯は貯留量の変動を伴うため、降雨強度の変化を土層内で「ならして」排水を平準化する。一方、飽和帯	図2

	はより集中的な流れとなり流出応答を増幅しやすい。斜面土層は降雨後ほどなく不飽和化し、蒸発散の影響下での不飽和浸透流が渇水期の基底流を支える。	
	発表年：2018／著者：谷誠／掲載誌：水文・水資源学会誌／タイトル：森林土壌の流出緩和効果に関する研究の展開過程	
④ (28)	大規模モニタリングに基づいて、水源涵養機能を高めるためには、森林の樹冠だけでなく林床～土壌の健全性が鍵であり、土壌構造が保たれること、下層植生の回復により雨滴衝撃と土壌流出が抑えられ浸透が高まること、落葉・落枝などの維持が重要な条件である。	図 2
	発表年：2021／編著：恩田裕一・五味高志／出版社：東京大学出版会／タイトル：水資源対策としての森林管理—大規模モニタリングデータからの提言—	
⑤ (23)	林床植生や落葉層が保たれると団粒構造と孔隙が維持され浸透能が高まり、表面流出が抑制され洪水ピークが緩和される。裸地化すると雨滴でクラスト層が形成され浸透が低下し、表面流が増える。根孔やパイプなど大孔隙は水みちとなり、貯留と排水のバランスを左右する。	全文
	発表年：2016／著者：五味高志／掲載誌：森林科学／タイトル：森林土壌と水土保持機能	
⑥ (山地災害 防止/土壌保 全機能 9)	根系ネットワークが根孔を連結して水みちを形成し、浸透や斜面内の横方向移動を促して土壌水分を再配分する一方、孤立した根孔では水が滞留して間隙水圧が高まりやすく、排水と保持のバランスが変化し得る点を指摘している。	図 4
	発表年：2025／著者：Noviandi ほか／掲載誌：Journal of Forest Research ／タイトル：Understanding the role of vegetation root systems in the initiation of rainfall-induced shallow landslides: scaling perspectives	
⑦ (25)	土壌喪失を伴う森林攪乱の影響を「流域貯留 (= 土壌 + 風化帯 + 岩盤割れ目)」の違いとして整理し、地質によって洪水流出と基底流の応答が大きく分かれることを示した。花崗岩流域では、はげ山化で洪水ピークが増大する一方、深層風化した基岩の大きな貯留量変動により基底流が維持されやすく、年降雨の相当量が土壌から風化基岩へ浸透する機構が重要となる。一方、堆積	図 4

	<p>岩流域では褐色森林土壌を欠く粘土質土壌で洪水流出総量が大きく基底流が小さい「変動の激しい流出」になり、さらに洪水流出は事前の乾燥状態に強く左右される。</p>	
	<p>発表年：2021／著者：谷誠ほか／掲載誌：水利科学／タイトル：土壌喪失をともなう森林攪乱が降雨流出応答に及ぼす影響に関する地質ごとの流出機構に基づく評価</p>	
⑧ (29)	<p>日本と米国の複数の源流域データを比較した結果、渓流水の流出がどれだけ長く安定して出続けるかは、雨の多さや地形だけでなく、地下の岩盤の種類や風化の深さに強く左右されることを示した。風化が深い流域ほど雨水が深くしみ込み、ゆっくり排水されるため、渇水期でも基底流が持続しやすい。</p>	図7と8
	<p>発表年：2026／著者：Inokoshi ほか／掲載誌：Water Resources Research／タイトル：Shaping Subsurface Water Storage Dynamics: Climatic, Topographic, and Geologic Controls in Forested Headwater Catchments</p>	
⑨ (30)	<p>森林管理で用いる立木密度・樹高・直径・収量比数などの指標は、遮断・蒸散・林床蒸発散や流出特性の評価指標をつなげることが重要である。そこで両者を流域スケールで対応付け、航空機レーザー計測等で森林状態を広域に把握しつつ、水源涵養機能を定量化する枠組みを示した。</p>	図3や4
	<p>発表年：2023／著者：五味高志／掲載誌：森林技術／タイトル：森林の水源涵養機能評価の今日的課題と展望</p>	
⑩ (21)	<p>COP15 で掲げられたネイチャーポジティブに向け、生物多様性国家戦略 2023-2030 の下、環境省や農林水産省など 4 省庁連名で「ネイチャーポジティブ経済移行戦略」を策定した。企業の自然資本依存（森林や流域の水資源を含む）をリスクと捉え、価値向上や施策支援を示す。</p>	全文
	<p>発表年：2024／著者：環境省・農林水産省・経済産業省・国土交通省／掲載箇所：https://www.env.go.jp/page_01353.html／タイトル：ネイチャーポジティブ経済移行戦略</p>	
⑪ (--)	<p>企業・自治体が TNFD 等の情報開示に活用できるよう、降水量から「直接流出（日本版カーブナンバー法）」と「蒸発散（遮断+蒸散モデル）」を差し引いて水資源涵</p>	全文

	養量を算出する簡易手法を提示し、水源涵養の「見える化」を可能にした。	
	発表年：2026／著者：林野庁／ 掲載箇所： https://www.rinya.maff.go.jp/j/suigen/suigen/260311.html ／タイトル：林地における水資源涵養量（貯留機能）の簡易評価手法（The Volume of Water Resource Recharge(VWRR) in Forest Land）	

<p>補足 問 01-2</p>	<p>森林の適切な管理と林業の生産性向上には路網整備が不可欠である。作業道の作設に際し、水源涵養機能や土砂流出防止機能の低下につながらないようにするためには、どのような点に留意すべきか。</p>	
<p>答</p>	<p>作業道は林業用車両のための道であり、伐採や集材作業を行う林業機械が走行・作業するほか、トラックなどの車両が走行することもある。一般的には長期間にわたって繰り返し使用される道であり、入念な締固めによって強固な路体が形成される。</p> <p>作業道の作設によって森林の水源涵養機能と土砂流出防止機能が低下するとされる。これは、水源涵養機能については、作業道路面のような裸地では浸透能が森林に比べて低くなる（根拠①②）ことから、土壌中に浸透・貯留される水量が作業道作設によって少なくなるとされるためである。また、土砂流出防止機能については、作業道路面における低い浸透能によって表面流が増加する上に、のり面などの裸地・急傾斜面がつくられることによる崩土や侵食量が増加することで、土砂流出量が増えると考えられる。</p> <p>このような機能低下を抑制するため、水源涵養機能については、作業道の排水施設（横断排水溝など）に集めて排水した表面流を再び森林土壌に浸透させることが有効と考えられる。そのためには、1）表面流を集めずになるべく分散して排水する、2）高い浸透能が期待できる緩傾斜面や、植生や落葉層が豊富な斜面を排水先とする、3）作業道と河川との距離を確保し、排水した表面流が直接河川に流れ込まないようにするといった対策が考えられる。さらに、しばらく使用しない作業道では、間伐で発生した枝条などで路面を被覆することで、浸透能の低下を抑制することができる（根拠①）。土砂流出防止機能については、1）のり面の高さの抑制（そのためには緩傾斜面に作業道を作設することが必要）、2）丸太構造物などによるのり面や路肩の補強、3）作業道縦断勾配の抑制などの対策によって、作業道からの崩土や侵食量を抑制することが必要となる。</p> <p>これらの対策は作業道の作設後に実施できるものもあるが、路線配置計画の段階から検討しなければならないものもあるため、これらの機能に配慮した計画が求められる。</p>	
<p>根拠 (文献番号)</p>	<p>知見</p>	<p>データ等</p>
<p>① (22)</p>	<p>裸地面の浸透能は相対的に低く、枝条被覆によってその低下を抑制することができる。</p> <p>発表年：2011年／著者：小倉晃ほか／掲載誌：石川県林業試験場研究報告／タイトル：現地散水試験による枝条被覆した作業路の浸透能の測定</p>	<p>図-1</p>

②	林道のような締固められた裸地面では浸透能が低くなる。	表-3
(26)	発表年：2014年／著者：長塚結花ほか／掲載誌：日本森林学会／タイトル：林道路面の浸透能と水流出特性	

<p>補足 問 02-1</p>	<p>森林の土砂災害防止/土壌保全機能とはどのようなものか。また、近年、豪雨災害が頻発しこれまでに見られない大規模な山腹崩壊が発生しているが、発生メカニズムに変化があるのか。</p>
<p>答</p>	<p>森林を構成する樹木および林床被覆は斜面を覆うことによって、降雨や地震等の外力による表面侵食や斜面崩壊の発生を抑制し土壌を保全するとともに土砂災害の発生を防止している。</p> <p>森林の樹冠を構成する枝葉・樹幹は降雨の3～4割程度を遮断し、蒸発散により直接大気に戻すとともに、樹幹から供給された落葉・落枝と下層植生から構成される林床被覆は、雨滴の落下による衝撃力を緩和して雨滴侵食を抑制している。土壌孔隙が雨滴から保護されることにより、地表面の浸透能が維持されて降雨の大部分は地表面に浸透し、地表面の粗度も大きいため、侵食の最大の営力である表面流の発生が抑制される。さらに林床被覆は、侵食により発生した濁水を濾過・捕捉することも確認され（根拠①）、溪畔林などの林帯の緩衝機能の一つとされている。</p> <p>一方、浸透能の高い林地表面から表層土壌に鉛直不飽和状態で浸透した降雨は、浸透能の低い風化層上面に到達すると、そこで浸透が妨げられて飽和状態となり飽和側方流を生じる。特に飽和域拡大による土層中の間隙水圧上昇により土のせん断力がせん断強度を上まわると、せん断破壊を生じ斜面崩壊が発生する。この際、飽和側方流はパイプ状の水みちにより斜面下方へ急速に排水され飽和域の拡大・上昇が抑制されれば斜面崩壊は発生しない。また、林地では地表面付近に発達した主に水平根のネットワークが土壌を補強することにより表層崩壊を防止していると考えられるようになっており、水平根に特化した根系のモデルも提案されているものの、根系の土壌補強効果の定量的評価は充分ではないのが現状である。</p> <p>「表層崩壊」の発生場として、崩壊発生場としての0次谷（②）が注目され、森林根系の存在が0次谷における土壌層の安定に寄与していることとされた（根拠③、④）。</p> <p>近年、根系の及ばない深層からの大規模な崩壊が発生しているが（根拠⑤）、気候変動による長時間・多量の降雨の頻度の増加により、深層の風化基岩層にまで浸透した降雨によるせん断破壊によって多量の土砂が流出したと考えられるが、せん断破壊の発生箇所が深部の風化基岩であることを除けば崩壊発生メカニズムは表層崩壊と同様であり、いずれも広義の「地すべり：岩、土あるいはその混合物の斜面下降移動」（根拠⑥）に含まれる現象である。従来わが国では緩斜面を土塊がゆっくり移動する現象を示す狭い意味で用いられてきた。</p> <p>「土石流」は、その多くが水を多く含んだ斜面が崩壊して流動化し長距離を流下するため下流に大きな被害を与える。流動化の直接の原因は緩く</p>

	間隙の多い土砂が水を含み、崩壊時にせん断されて間隙水圧が上昇して流動化すると考えられ、水圧が消散しなければ土石流は長距離を流動する。	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (水源涵養 機能 20)	濁水ろ過機能は、 ① 累積捕捉土砂量の増加に伴い減少する ② 斜面勾配や流入する濁水濃度に影響される ③ 単位面積あたりの L・F 層や根系マット層に影響される。	p175:V まとめ
	発表年：2010／著者：大野泰宏・落合博貴／掲載誌：日本林学会誌 92：171-175／タイトル：森林のバイオマットがもつ濁水ろ過機能の定量的評価に向けた予備的実験	
② (13)	表層崩壊は、(1) 0 次谷流域を単位として発生する。	p41
	発表年：1998／著者：塚本良則／掲載誌：森林・水・森の保全－湿潤変動帯の水文地形学（朝倉書店）／タイトル：3.4.1 0 次谷流域と表層崩壊	
③ (14)	侵食外力に抵抗して土壌層が発達するためには、植生の根による補強に加え、地下水の効果的排水が必要であり、この不均質構造が降雨流出応答関係を創り出す。	口絵説明（3 章 3-5 参照）
	発表年：2016／著者：谷誠／掲載誌：京都大学学術出版会／タイトル：水と土と森の科学	
④ (15)	谷頭凹地における表層崩壊の周期的発生を規制する要因として、地形や土層の厚みのほか、森林の成立による根系の発達が強い影響を及ぼしていることが示唆された。	p445
	発表年：2016／著者：松四雄騎ら／掲載誌：地形／タイトル：土層の生成および輸送速度の決定と土層発達シミュレーションに基づく表層崩壊の発生場および崩土量の予測	
⑤ (16)	深層崩壊は、地すべりのように緩慢な土砂移動ではなく、急速な移動を伴い、多くの場合、移動距離が長い。	1. はじめに
	発表年：2011／著者：千木良雅弘／掲載誌：(社) 日本地すべり学会関西支部シンポジウム「深層崩壊/高速地すべりとその発生場の評価」／タイトル：岩盤クリープと深層崩壊の発生場	

<p>⑥ (17)</p>	<p>「岩,土あるいはその混合物の斜面下降運動」との表現は,その現象の原因について直接触れていないが,誘因に着目すると「重力に起因する地表変動現象」をひとまとまりの現象としてとらえていることになる。</p>	<p>p1</p>
	<p>発表年：2002／著者：佐々恭二／掲載誌：地すべり 39, 2, 1-4／タイトル：(社) 日本地すべり学会の今後の重点課題</p>	

<p>補足 問 02-2</p>	<p>近年の台風災害に伴い山腹崩壊と併せて大量の流木が発生している。流木対策としての溪畔林整備・治山施設整備とはどのようなものか。</p>	
<p>答</p>	<p>流木は、山腹斜面の崩壊や土石流により、斜面上の樹木が土砂と共に流出する現象であり、主に豪雨時の土砂移動や洪水に伴って発生する。また、溪流を流下する土石流や洪水流が溪岸・溪床を侵食あるいは溪岸崩壊により溪床・溪流沿いの立木（溪畔林）が倒伏し土砂とともに下流に流出する。流木量の上限は流出土砂量および流域面積に比例し、流木防止の基本が土砂流出の防止にあることが示された（根拠①②）。</p> <p>溪流沿いに成立した健全な溪畔林は、下層植生とともに溪岸斜面を安定化させ、上流から流下してきた流木や土砂を枝葉や幹で捕捉し、下流への流出を軽減する災害緩衝機能を有する。また、水辺の生態系保全や景観形成にも重要な役割を果たす一方、流木発生源ともなり得るため溪畔林の整備は治山施設と一体的な整備が必要である。</p> <p>そのため、人工林は適正な間伐を実施し健全な林分の成立を目指すとともに、広葉樹を積極的に導入し下層植生を豊かにすることで土壌侵食を防ぎ、溪岸斜面を安定化させ流木発生の抑制をはかることが重要とされる（資料③）。</p> <p>治山ダムには流木を捕捉する機能があり、水や細かい土砂は流しつつ、大きな流木や石礫を効果的に捕捉して積極的に下流の橋梁閉塞や氾濫を防ぐ目的でスリット構造を持つ透過型治山ダムが設置されている。また、従来の不透過型治山ダムに流木捕捉工を追加設置し、流木捕捉機能を強化する事例も増えている。捕捉された流木や土砂は除去が前提であるため、管理のためのアクセス道が必要である。</p> <p>樹木の存立する場である斜面崩壊の予測は LiDAR 技術等の進歩があるものの流木発生の予測は依然困難である。従って、流木災害防止のためには流木発生時の挙動予測が重要であり、有効な手法として流動シミュレーションが積極的に開発されている（根拠④）。</p>	
<p>根拠 (文献番号)</p>	<p>知見</p>	<p>データ等</p>
<p>① (12)</p>	<p>山地溪流における流木の発生原因としては、図一 1 に示すように溪流の源頭部（0次谷）における斜面崩壊に伴う立木の滑落とその下流での土石流の流下による溪床・溪岸の侵食に伴う立木の流出がある。</p> <p>発表年：2018／著者：石川芳治／掲載誌：フォレストコンサル 153, 3961-3968／タイトル：流木災害と対策</p>	<p>図一 1</p>

② (10)	流木量の上限は流出土砂量および流域面積に比例する。	図-7、図-8
	発表年：1989／著者：石川芳治ら／掲載誌：新砂防，第42巻第3号：4-10.／タイトル：土石流に伴う流木の発生及び流下機構	
③ (8)	間伐等の森林整備により樹木の成長を促進し、幹を太く、根系による樹幹支持力を発達させることにより、災害緩衝機能が向上する。	P3. 森林の災害緩衝機能
	発表年：2008／著者：長野県／掲載誌：災害に強い森林づくり指針／タイトル： https://www.pref.nagano.lg.jp/shinrin/sangyo/ringyo/hozen/chisan/documents/shishin_8.pdf	
④ (11)	流域における流木堆積・捕捉能力を評価するためには数値シミュレーションが有効な手段である。	p109：Iはじめに
	発表年：2025／著者：鈴木拓郎・経隆悠／掲載誌：関東森林研究 76-1, 109-112／タイトル：流木の停止条件式を用いた数値シミュレーション手法の開発	

<p>補足 問 03-1</p>	<p>近年、世界的に大規模森林火災が発生しているが、我が国においても森林火災が多く発生している。森林火災に強い森林づくりとはどのようなものか。</p>
<p>答</p>	<p>森林火災は燃える場所によって、落葉落枝などの林床可燃物のみが燃える「地表火」、幹も燃える「樹幹火」、樹冠も燃える「樹冠火」、地中の泥炭などが燃える「地中火」に分類される。このうち日本では地中火の発生する地域は極めて限られており、件数も非常に少ない。最初に地表火が発生し、勢いが強くなるにつれて樹幹火、さらに樹冠火へと拡大する。</p> <p>「火災に強い森林」には、1)火災が発生しにくい森林、2)燃えても勢いよく燃えない森林、3)火災に遭っても枯死しにくい樹木で構成されている森林、の3つの意味が考えられる。</p> <p>まず1)について紹介する。森林火災で最初に燃えだすのは林床可燃物である。林床可燃物が十分に湿っていて不燃な状態では火災が発生する可能性は低い。そのため火災が発生しにくい森林とは、樹冠層が十分に発達して林内が暗くて、林床可燃物が乾燥しにくい森林である。林床可燃物が乾燥しやすい森林とは樹冠層が未発達で閉鎖していない森林（根拠①）で、例えば若い人工林、落葉期の落葉樹林、灌木林などが該当する。</p> <p>次に2)である。火の勢いを示す数値に火線強度がある。この数値に強い影響を持つ最大の要因は「風速」、次いで「傾斜」である。この2つに比べて林況の違いによる影響は小さく、見出すことは難しい。無風状態で平坦地にある仮想的な森林での地表火の火線強度をシミュレーションした結果では、林床可燃物量の多い森林での地表火ほど火線強度が大きくなる傾向が認められた。しかし実際の林野火災における地表火をシミュレーションした結果では風の状態、傾斜が様々であり、林況の違いによる傾向を見出すことはできなかった。立ち枯れたコシダによって林床が被覆されている森林での地表火をシミュレーションした結果では、他の森林でのシミュレーションに比べて桁違いに大きな火線強度となった（根拠②）。</p> <p>次に3)についてである。火災に遭うと枯死しやすいとされる代表的な樹種はスギ、ヒノキである。火災直後には樹冠が緑色であっても、数年の間に枯死に至る場合も多い。枯死しにくいとされる代表的な樹種は、ブナ、コナラなど、萌芽更新する樹種である。地表火などでは、地中の温度が100℃を超えない場所も多い。そのため地上にある樹体が燃え尽きても根系は生き残る。萌芽更新する樹種ならば、生き残った根系からの萌芽によって自然に再生する。常緑植物や葉肉の厚い植物は、枝葉が燃えだすまでに長い時間を要したり燃えても火の勢いが弱く、防火性が大きいとされている（根拠③）。</p>

	最後に防火帯について紹介する。防火帯には地表火による延焼を止める効果が期待され、火災に強い森林とするための方策の一つである。そのためには防火帯を舗装するなどして草木の繁茂を防ぐことが重要であろう。また舗装することによって消防車両の走行を可能にすることにより、火災発生時の消火活動を容易にする効果も期待できるようになる。	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (12)	相対日射率の増加に伴う、林野火災発生リスクを示す林野火災発生危険日出現割合の増加が、シミュレーション結果として示されている。	図 4
	発表年：2017／著者：玉井・後藤／掲載誌：関東森林研究／タイトル：植栽木の葉量増加に伴う林野火災発生危険度の変化予測	
② (14)	火線強度に強く影響する因子は「強風」と「急傾斜」であること、無風状態で平坦地にある仮想的な森林での地表火では林床可燃物量が多いほど火の勢いが強くなる傾向があるが、実際の林野火災では林況の違いによる傾向を見出すことはできないこと、立ち枯れているコシダなどで林床が被覆されている森林での地表火では、火の勢いが非常に強い例があったこと、がシミュレーション結果として示されている。	図 1, 2, 3 表 5
	発表年：2005／著者：後藤義明／掲載誌：日本林学会誌／タイトル：日本で発生する山火事の強度の検討－Rothermel の延焼速度予測モデルを用いた Byram の火線強度の推定－	
③ (13)	防火力の大きい植物を定義し、それに基づいた推定や既往文献により、樹種ごとの防火力を大・中・小・危険の4段階で区分している。	表 1
	発表年：1980／著者：高橋・福嶋／掲載誌：森林立地／大震災時の広域避難場所における植生の防火機能と調査方法について	

<p>補足 問 04-1</p>	<p>森林の生物多様性保全機能とはどのようなものか。</p>	
<p>答</p>	<p>森林は非常に多様な環境を提供することで、多様なニッチを生み出し、多くの動植物が生息することを可能なものとし、生物多様性の維持や創出に貢献している。</p> <p>日本の森林面積は国土の 67%を占め、亜寒帯から冷温帯、中間温帯、暖温帯、亜熱帯に至る幅広い気候帯に位置する。さらに、太平洋側と日本海側の積雪量の違いが植生に大きく影響を与えている。このように、多様な環境条件が多様な森林タイプを生み出すことで、収容できる生物の総種数を増加させている。また、14,000 余りある島々は森林生態系の隔離を促進し、新たな遺伝的分化・種分化に貢献している（根拠①）。</p> <p>より小さい視点で見れば、森林は、尾根、斜面、谷の地形要素が連続・連結し、さらに、土質（母岩、土壌の深さなど）が異なる。また、日本の森林は急傾斜地も多く、日当たりや風当たり、土壌水分などの環境の傾度が大きくなるため、斜面の上部と下部でも異なる環境を生みやすい。さらに地すべりなどでの攪乱は新たなニッチの創出を起こしやすくしている。</p> <p>特に森林が草原や湿地と比べて特徴的なのは、森林が林冠から林床（さらに土壌）まで 3 次元の空間環境を提供していることである。すなわち、ある 1 点をとっても、そこには高木・亜高木・低木・林床草本が存在し、それぞれと関連を持つ植物(着生植物、寄生植物を含む)や動物、菌類(腐朽菌、菌根菌を含む)が生息する。また、森林自体が日射・温度・湿度などの環境緩和機能を果たすほか、他の生物への食糧供給、枝や洞を通じた巢の提供、捕食者への隠れ場所の提供など多くの生態的機能を果たすことで、生物多様性の維持に貢献している。例として、イギリスのセイヨウナラ (<i>Quercus petraea</i>, <i>Q. robur</i>) には 2,300 種以上の生物（地衣類、コケ、菌類、無脊椎動物、哺乳類、鳥類）がかかわっており、このうち 236 種がこのナラに完全依存していることが知られる（根拠②）。</p>	
<p>根拠 (文献番号)</p>	<p>知見</p>	<p>データ等</p>
<p>① (26)</p>	<p>島嶼で種分化が進んでいる。</p> <p>Fukaya K, Kusumoto B, Shiono T, Fujinuma J, Kubota Y. (2020) Integrating multiple sources of ecological data to unveil macroscale species abundance. <i>Nature Comm.</i> 11:1695.</p>	

② (快適環境 形成機能 15)	セイヨウナラの事例	
	R.J. Mitchell, P.E. Bellamy, C.J. Ellis, R.L. Hewison, N.G. Hodgetts, G.R. Iason, N.A. Littlewood, S. Newey, J.A. Stockan, A.F.S. Taylor (2019) Collapsing foundations: The ecology of the British oak, implications of its decline and mitigation options. <i>Biological Conservation</i> 233: 316-327.	

<p>補足 問 04-2</p>	<p>世界・日本の森林には何種類ぐらいの樹種があるのか。また、森林には何種類ぐらいの植物があるのか。アメリカ・ヨーロッパと比較して日本の森林植物はどのような特徴があるか。</p>
<p>答</p>	<p>世界の樹木の種数は約 73,300 種と推定がされている（根拠①）。このうちの 9,000 種はまだ未発見のものが含まれている。樹木種の 43%が南米、22%がユーラシア、15%が北米、11%がオセアニアに分布している。</p> <p>日本の在来維管束植物のリストである維管束植物和名チェックリスト（通称グリーンリスト、根拠②）掲載種 9,531 分類群のうち、種内分類群「亜種、変種、品種」、雑種、確実な外来種、生育環境不明を除いた 5,680 種を対象に、森林性、水・湿性、草原・畑地・路傍、崖・礫地性、海岸性に分類した結果、森林性植物*は 3,635 種 64%であった。このうち、樹木**は 96 科 312 属 964 種であった。また、樹木以外の森林性植物（林床、林縁、着生など）2,673 種の内訳はシダ植物 659 種、ソテツ 1 種、タケササ類 84 種、タケササ以外の被子植物 1,929 種であった。実際には、森林性植物以外に分類された植物種には林地内の湿地に生育する植物や渓谷の崖に生育する植物も含まれるため、実質的に森林に依存する植物種はさらに多い。森林樹木のうち、特に種の多い属は、シャクナゲ属 56 種、カエデ属 28 種、ヤナギ属 26 種となっている。種内分類群を含む場合、森林樹木は 1,693 分類群、その他森林性植物は 3,896 分類群で、日本の全分類群の 64%を占めている。</p> <p>アメリカ合衆国ではハワイ・アラスカ州の除いた 48 州で 79 科 269 属 881 種の樹木種が知られる（根拠③）。特に種の多い属は、コナラ属 85 種、サンザシ属 84 種、ヤナギ属 45 種、マツ属 38 種となっている。</p> <p>ヨーロッパでは在来樹木種は 47 科 92 属 454 種***である（根拠④）。特にバラ科樹木が 216 種を占める。特に種の多い属は、ナナカマド属 170 種****、コナラ属 24 種、ヤナギ属 22 種、スモモ属・ギョリュウ属各 14 種となっている。</p> <p>日本の森林樹木の多様性は欧米と比べて小面積のわりに高く、特定の科・属への偏りが小さく、多種多様を呈していると言える。</p> <p>また、日本の森林樹木の絶滅危惧種は、野生絶滅（EW）1 種（コブシモドキ）、絶滅危惧 IA 類 68 種（CR、種内分類群を含む、以下同）、絶滅危惧 IA 類（EN）63 種、絶滅危惧 II 類（VU）77 種、準絶滅危惧種（NT）48 種となっている。その結果、絶滅危惧種は 208 種で、樹木種の 12%を占める。一方、欧州では絶滅及び野生絶滅はなく、CR68 種、EN62 種、VU38 種、NT13 種となっている。その結果、絶滅危惧種は 168 種で、37%を占める。アメリカ合衆国では EW1 種、CR21 種、EN46 種、VU27 種、NT37 種となっている。その結果、絶滅危惧種は 94 種で、11%を占める。このように、森林樹</p>

	<p>木の多様性は、日本は米国と同程度であり、欧州より高いと言える。</p> <p>*：森林性植物とは高さ 2m 以上の樹群のある生態系を森林とし、その内部または林縁に生ずる植物とする。そのためハマナス群落など矮性・匍匐性樹木が優占するものは森林と定義しない。なお、ハンノキ群落のように湿地に立地するものでも樹木であれば森林性に優先して分類している。</p> <p>**：欧米のデータと基準を合わせるため、根拠⑤と同様の定義を用いた。すなわち、樹木種の定義を樹高 2m 以上で、木性シダ・ソテツ・樹木様のイネ科・バショウ科などを除いたものを木本植物とする。</p> <p>***：原文では 45 科とあるが、他との比較のため APG3 分類体系による科に変換して数え直した。</p> <p>****：このナナカマド属には狭義のナナカマド属とアズキナシ属（グリーンリストはこの扱い）を含む。</p> <p>国レベルでの森林性植物（林床・林縁性植物を含む）データはないため、比較を行っていない。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (13)	世界の木の種類・本数の推定	
		Gatti C. et al., (2022) The number of tree species on Earth. ProcNAS 119 (6), e2115329119.
② (61)	在来維管束植物のリスト	
		山ノ内崇志ほか.(2019) 「維管束植物和名チェックリスト」 (https://gbif.jp/activities/checklist/wamei_checklist_110)
③ (28)	アメリカの在来樹種数と絶滅危惧種	
		Carrero C. et al. (2023) Data sharing for conservation: A standardized checklist of US native tree species and threat assessments to prioritize and coordinate action. Plants People Planet. 5:600–616.
④ (20)	ヨーロッパの在来樹種数と絶滅危惧種	
		Rivers M. et al.(2019) European Red List of Trees. IUCN. 72pp.

⑤ (23)	対象とする樹木の定義	
	Beech E. et al. (2017) Global Tree Search: The first complete global database of tree species and country distributions. Journal of Sustainable Forestry 36(5): 454-489.	
⑥ (62)	日本産絶滅危惧種のリスト	
	環境省(2025) 第5次レッドリスト(植物・菌類) https://www.env.go.jp/press/press_04578.htm	

<p>補足 問 04-3</p>	<p>人工林の高齢級化が進んでいるが、高齢級人工林は成長するのか（単木材積・林分材積等）。林分の成長を維持するためにはどのような整備が必要か。また、高齢級人工林を放置した場合と整備を行った場合とでは、生物多様性にどのような違いが生じるのか。</p>	
<p>答</p>	<p>人工林の高齢級化が進む中で、高齢級人工林の成長低下が懸念されることが多いが、近年の研究では、高齢級人工林が必ずしも成長の停滞を示すものではないことが示されている。スギ人工林では 100 年生を超えても林分材積成長が維持される事例が報告されており（根拠①②）、強度間伐後に林分成長が回復する例も報告されている（根拠③）。</p> <p>高齢級での林分成長を維持するためには、着葉量すなわち樹冠長率が維持されるような施業が重要である。高齢級人工林においても間伐によって樹冠下部の枝の枯れを抑制できることが示されており（根拠④）、また、相対幹距比 15%を超える下層間伐の実施が高齢級人工林の成長維持に有効だった事例が報告されている（根拠⑤）。</p> <p>植物の多様性の観点では、高齢級のスギ・ヒノキ人工林では地域の典型的な広葉樹が混交しやすいことが報告されているが（根拠⑥）、高齢級となるまでの期間に適切な間伐を行うことが条件であることを示唆する報告もあり（根拠⑦）、放置された状態で高齢級となった人工林では生物多様性は回復しにくいといえる。また、シカの多い地域では植生保護柵等でシカの採食圧を排除する森林管理が不可欠である（根拠⑧）。</p>	
<p>根拠 (文献番号)</p>	<p>知見</p>	<p>データ等</p>
<p>① (41)</p>	<p>高齢級スギ人工林の成長が持続することを実測した。 発表年：2005／著者：竹内郁雄／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル：スギ高齢人工林における胸高直径成長と林分材積成長</p>	<p>図-4、表-7</p>
<p>② (60)</p>	<p>高齢級スギ人工林の成長が持続することを実測した。 発表年：2015／著者：正木隆ほか／掲載誌：森林総合研究所研究報告／タイトル：添畑沢スギ間伐試験地における 45 年生から 104 年生までの長期成長データ</p>	<p>図-7</p>
<p>③ (49)</p>	<p>高齢級スギ人工林の成長が持続することを実測した。</p>	<p>図-2</p>

	発表年：2017／著者：杉田久志ほか／掲載誌：森林総合研究所研究報告／ タイトル：強度間伐が行われたスギ高齢人工林における林分および個体の 成長	
④ (46)	70～85 年生スギ人工林で間伐によって樹冠長が回復す ることを確認した。	図-1
	発表年：2022／著者：國崎貴嗣ほか／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル： 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—	
⑤ (47)	高齢スギ人工林での相対幹距と材積成長の関係を示し た。	図-1、2
	発表年：2021／著者：國崎貴嗣ほか／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル： 過密なスギ老齢人工林における 41 年間の林分成長経過	
⑥ (36)	高齢人工林では地域の典型的な常緑広葉樹が多く見ら れることが示された。	図-4
	発表年：2003／著者：S. Ito ほか／掲載誌：Journal of Forest Research／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 understory trees and shrubs	
⑦ (51)	適切に間伐が行われたヒノキ人工林に広葉樹が侵入し、 階層構造が発達することが示された。	図-3
	発表年：2005／著者：鈴木和次郎ほか／掲載誌：日本森林学会誌／タイト ル：高齢級化に伴うヒノキ人工林の発達様式	
⑧ (50)	シカが高密度の地域の高齢級人工林で高木性稚樹を更 新させるにはシカ柵が必要であることを示した。	図-4
	発表年：2014／著者：田村淳／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル：高齢 級スギ・ヒノキ人工林の林床植被の多寡が択伐後の高木性樹木稚樹の更新 に及ぼす影響	

<p>補足 問 04-4</p>	<p>人工林を伐採後に植栽せず天然更新としている場合もあるが、成林の可能性はどのようなものか、また、生物多様性への影響はどのようなものか。</p>	
<p>答</p>	<p>人工林を伐採後に植栽せず天然更新に委ねた場合の成林可能性は、立地条件と更新材料の有無に強く依存する。一般に若齢～壮齢のスギ・ヒノキ人工林では林床が暗く、前生稚樹が乏しい場合が多く、天然更新は容易ではない。しかし、林分周辺に広葉樹林が存在する場合には、伐採前から下層に鳥散布型や重力散布型の広葉樹の前生稚樹が存在する可能性がある（根拠①）。ただし、広葉樹が単木状に周辺に存在するだけでは種子の供給量は不十分であり、まとまった広葉樹林である必要がある（根拠②）。なお、埋土種子は、アカメガシワ、ヌルデ、タラノキなど寿命の短い先駆種については期待できるが（根拠③）、天然林に分布する主要樹種の埋土種子の寿命は短いので期待することは難しいことから（根拠④）、前生稚樹の有無や伐採後の種子の到達が人工林伐採後の天然更新を左右するといつてよい。</p> <p>生物多様性への影響については、一般的に、天然更新によって成立した林分は単一樹種の植栽による人工林と比較して、樹種が多様となる。たとえば、四国のスギ・ヒノキ人工林の皆伐跡地では、常緑広葉樹（シイ、カシなど）が比較的多く更新することが報告されている。この事例では、標高や周囲の天然林との位置関係が更新樹の組成に影響していたことが示されている（根拠⑤）。カラマツ人工林の皆伐跡地では、伐採から7年後にウダイカンバやミズナラなど複数の広葉樹種からなる群落が成立した事例が報告されている（根拠⑥）。</p> <p>一方で、天然更新は必ずしも成林を保証するものではない。ササ類などの競合植生が繁茂した場合や草食動物による採食圧が強い場合には更新が進まない可能性がある。このため、人工林伐採後に天然更新を成功させるためには、地掻きなどの補助作業を適切に組み合わせることが必要である（根拠⑥⑦）が、必ずしもそれが成功するとは限らない（根拠⑧）ことに注意が必要である。仮に天然更新がうまくいかなかった場合に草地の状態が長く続くと、表層崩壊の発生につながる恐れもある（根拠⑨）。</p>	
<p>根拠 (文献番号)</p>	<p>知見</p>	<p>データ等</p>
<p>① (36)</p>	<p>高齢のスギ林で鳥散布・重力散布型型の常緑広葉樹が多いことを示している。 発表年：2003／著者：S. Ito ほか／掲載誌：Journal of Forest Research／タイトル：Species richness in sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D. DON) plantations</p>	<p>表-3</p>

	in southeastern Kyushu, Japan: the effects of stand type and age on understory trees and shrubs	
② (19)	100ha の保護林の周辺に十分な数の種子 (10 万個/ha) が供給される距離は林縁から 200m 以内であることを示した。	図-4
	発表年: 2024 / 著者: P. R. Wijenayake ほか / 掲載誌: Journal of Asia-Pacific Biodiversity / タイトル: Effects of stochastic intraspecific seed dispersal variation on dispersal distance predictions in a temperate forest in Japan	
③ (63)	ヒノキ人工林皆伐後に発生した広葉樹のほとんどは先駆種であったことを示した。	表-2
	発表年: 2010 / 著者: A. Sakai ほか / 掲載誌: Journal of Forest Research / タイトル: Soil seed banks in a mature Hinoki (<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl.) plantation and initial process of secondary succession after clearcutting in southwestern Japan	
④ (25)	成熟林に分布する広葉樹種子の土中での寿命は数年以下であることを示した。	表-1
	発表年: 2024 / 著者: T. Masaki ほか / 掲載誌: Journal of Forest Research / タイトル: How long do tree seeds survive in soil seedbanks? A multi-species comparison in an old-growth deciduous temperate forest	
⑤ (64)	四国の低標高の人工林伐採地ではカシやシイなどの常緑広葉樹が更新した事例を報告した。	表-4
	発表年: 2006 / 著者: A. Sakai ほか / 掲載誌: Journal of Forest Research / タイトル: Effects of elevation and postharvest disturbance on the composition of vegetation established after the clear-cut harvest of conifer plantations in southern Shikoku, Japan	
⑥ (59)	カラマツ人工林の皆伐後に重機による地掻きを行い、7 年後に広葉樹の更新林分が成立したことを報告した。	図-7, 8
	発表年: 2003 / 著者: 杉田ほか / 掲載誌: 東北森林科学会誌 / タイトル: 天然更新によるカラマツ人工林の広葉樹林への誘導 —小岩井農場山林における事例—	
⑦ (40)	カラマツ人工林の皆伐に地掻き処理を行うことで先駆種の実生定着が促進された事例を報告した。	図-4
	発表年: 2015 / 著者: 杉田ら / 掲載誌: 日本森林学会誌 / タイトル: カラマツ人工林における地掻き処理を伴った帯状皆伐による多樹種混交林の天然更新	
⑧ (43)	トドマツ人工林を皆伐して地掻きを行ったがカンバ類の更新成績が改善されなかった事例を報告した。	図-4

	発表年：2019／著者：伊東ほか／掲載誌：森林総合研究所研究報告／タイトル：トドマツ人工林伐採後の地がき施業によるカンバ等の更新への効果	
⑨ (17)	スギ人工林の皆伐後 25～30 年間は更新木の根系が未発達で表層崩壊の発生頻度が高いことを示した。	図-7
	発表年：2007／著者：F. Imaizumi ほか／掲載誌：Earth Surface Processes and Land forms／タイトル：Effects of forest harvesting on the occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan	

<p>補足 問 04-5</p>	<p>人工林の高齢級化に伴い、針広混交林化及び広葉樹林化を促進するための施業が見られるが、成林のための条件とは何か。また、こういった林相の転換に伴う生物多様性への影響とは何か。</p>
<p>答</p>	<p>国内では、高齢人工林の針広混交林化（以下、混交林化という）の事例はあるが、完全な広葉樹林化に成功した事例は見当たらない。したがって、人工林の林相転換は混交林化を目指すのが妥当である。</p> <p>混交林化は、種子の供給等による広葉樹の侵入から始まる。閉鎖したスギ人工林では、林縁から林内に向かって広葉樹稚幼樹の多様性が低下し、間伐によって光環境が改善されると低下が緩和されることが報告されている（根拠①）。また、間伐作業は林床を攪乱して下層木本群集の組成を再編成する。たとえばスギ人工林において、間伐から2年後に下層広葉樹の密度が低下したが、5年後には先駆種が増加するなど間伐からの時間とともに更新過程が変化した事例がある（根拠②）。</p> <p>ただし、混交林化は、侵入した広葉樹稚樹が成長し、林冠層に達することで完了する。適切に密度管理されたヒノキ人工林では、200年生前後で上層に広葉樹が混交する事例が報告されており、基本的に混交化はかなりの長期間を要するといえる（根拠③）。一方、スギ人工林を対象とした5年間の研究では、間伐強度が高いほど広葉樹の生残や成長が促進され、混交林化が加速することが示されている（根拠④）。さらに14年間の研究では、強度間伐は林冠層での混交林化を比較的短期間で実現する一方、弱度間伐では広葉樹が長期間下層にとどまり、間伐の繰り返しが必要であることが示唆されている（根拠⑤）。したがって、混交林化を目標とする場合、周辺林分からの種子供給の予測に加え、間伐の頻度・強度を含む長期的な計画と順応的な管理が不可欠である（根拠⑥）。</p> <p>なお、多雪地域のスギ人工林では、植栽直後から雪害によって植栽木が枯損・倒伏してギャップが形成され、先駆的な広葉樹が侵入・定着することで混交林化が早期に進むことがあるが（根拠⑦）、これは特殊な事例といえよう。</p> <p>また、北海道のトドマツ人工林では広葉樹を含む多様な植物群集が下層に成立しやすいことが示されており（根拠⑧）、カラマツ人工林でも林齢とともに動物散布型や高木性の広葉樹が下層で増加しやすい傾向が報告されている（根拠⑨）。</p> <p>生物多様性の観点からは、国内で混交林化後の多様性を元の人工林と直接比較した例は見当たらない。一方、海外では、混交林での樹種の多様性の増加が林内環境の不均一性等を通じて生物多様性を底上げし（根拠⑩）、下層植生や昆虫類などの生物群で多様性が単一樹種の人工林よりも高まる傾向が報告されている（根拠⑪）。</p>

根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (65)	縁から林内にかけて光環境が低下し広葉樹稚幼樹の多様性が減少するが、間伐区では低下が緩和された。	図-2, 3
	発表年：2006／著者：E. Utsugi ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Hardwood recruitment into conifer plantations in Japan: Effects of thinning and distance from neighboring hardwood forests	
② (66)	間伐後に下層木本は一時的に減少するが、5年後には先駆種が増加し群集が変化した。	図-3、表-2
	発表年：2018／著者：R. Kitagawa ほか／掲載誌：Journal of Forest Research／タイトル：Initial effects of thinning and concomitant disturbance on the understory woody community in Japanese cedar plantation	
③ (51)	ヒノキ人工林では林齢の進行とともに階層構造が発達し、200年生前後で多層化が確認された。	図-4
	発表年：2005／著者：鈴木和次郎ほか／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル：高齢級化に伴うヒノキ人工林の発達様式	
④ (34)	間伐強度が高いほど広葉樹稚樹の生残と成長が促進され、更新と多様性が増加した。	図-2, 4
	発表年：2012／著者：K. Seiwa ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Roles of thinning intensity in hardwood recruitment and diversity in a conifer, <i>Cryptomeria japonica</i> plantation: A five-year demographic study	
⑤ (33)	14年間で強度間伐区では林冠での広葉樹の混交が進んだが、弱度間伐区では下層にとどまった。	
	発表年：2020／著者：Y. Negishi ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Role of thinning intensity in creating mixed hardwood and conifer forests within a <i>Cryptomeria japonica</i> conifer plantation: A 14-year study	
⑥ (32)	広葉樹の侵入は種子供給源からの距離と施業の有無の相互作用により規定された。	図-3
	発表年：2012／著者：T. Nagaike ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Interactive influences of distance from seed source and management practices on tree species composition in conifer plantations	
⑦ (38)	多雪地のスギ人工林では雪害によるギャップ形成を契機に広葉樹侵入が進行した。	図-2, 4

	発表年：2004／著者：T. Masaki ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Structure and dynamics of tree populations within unsuccessful conifer plantations near the Shirakami Mountains, a snowy region of Japan	
⑧ (30)	トドマツ人工林では施業条件により広葉樹を含む下層植物群集が成立しやすいことが確認された。	図-2、表-1
	発表年：2021／著者：N. Akashi ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Effect of forest management on understory vascular plants in planted <i>Abies sachalinensis</i> forests	
⑨ (29)	カラマツ人工林では林齢とともに動物散布型・高木性広葉樹が下層で増加した。	図-3
	発表年：2006／著者：T. Nagaike ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Changes in plant species diversity over 5 years in <i>Larix kaempferi</i> plantations and abandoned coppice forests in central Japan	
⑩ (24)	樹種の多様性が高い森林ほど複数の生態系サービス水準が同時に高かった。	図-1, 2
	発表年：2013／著者：L. Gamfeldt ほか／掲載誌：Nature Communications／タイトル：Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species	
⑪ (15)	混交林や多樹種植栽林は単純人工林より植物多様性が高い傾向を示した	表-1
	発表年：2010／著者：L. Bremer ほか／掲載誌：Biodiversity and Conservation／タイトル：Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness	

<p>補足 問 04-6</p>	<p>溪畔林は、水土保全、溪畔・水生生物の多様性等に多大な影響を与えるが、溪畔林の森林整備とはどのようなものか。また、溪畔林整備に伴う生物多様性への影響とはどのようなものか。</p>
<p>答</p>	<p>天然の溪畔林の構成種は溪畔を代表する樹種だけでなく山腹や尾根を分布域とする樹種も含み、林床植生も絶滅危惧種を含むなど溪畔林自体が非常に高い多様性を保持している（根拠①）。そして、それらを利用する昆虫や鳥類の多様性を維持している（根拠②）。また、溪流に生息する水生昆虫の多様性を確保し、その結果、サケ科の魚類の生息環境を生み出している（根拠②）。これらの溪畔域の生物多様性は、山腹崩壊や土石流などの溪畔域の自然攪乱によって維持されている（根拠③）。つまり自然攪乱が、樹種や構造など溪畔林の多様性の要因となっている。そのために溪畔林の森林整備の最終的な目標林型は、天然の林冠木を有する複雑な構造を保持した森林である。</p> <p>現在、スギやヒノキの拡大造林によって多くの天然の溪畔林が失われるとともに、薪炭林など繰り返し伐採されてきた広葉樹二次林が多く存在しており（根拠④）、溪畔林整備は重要な課題である。</p> <p>溪畔域に残っている広葉樹二次林において本来の溪畔林樹種を含んでいたたり、その実生や稚樹が分布している場合は、そのまま放置することで高齢林化を目指す（根拠⑤）。溪畔林樹種が分布せず先駆樹種や低木が優占している場合は、林冠木を形成する溪畔林樹種の苗木の植栽を検討する（根拠⑥）。</p> <p>溪畔域まで人工林化していて、皆伐のあと針葉樹の植林が予定されている場合は、溪畔域の人工林を残して皆伐する。その残存した人工林によって渓流域の被陰を維持し水温の上昇を防ぐことができる。また、山腹からの溪流への土砂の流入を防ぐことができる。それによって溪流内の生物の多様性を保つことができる。そして、針葉樹の植栽木が成長した段階で溪畔域に残された人工林を伐採して、溪畔林樹種の侵入を待つ。周囲に母樹となる溪畔林がない場合や実生の侵入が見られない場合は溪畔林樹種の苗木を植栽する（根拠⑦）。</p> <p>ハリエンジュなどの外来樹は、アレロパシーによって在来植物の成長を抑制したり（根拠⑧）、根萌芽による分布拡大（根拠⑨）で溪流生態系に重大な影響を与えている。ハリエンジュなど外来樹種が溪畔域に侵入している場合は、除去することが望ましい。溪畔林の構成樹種が亜高木や下層木として存在する場合は、伐採することによって除去することが可能である（根拠⑩）。それによって他の植物の侵入が可能となり植生の多様性を確保することができる。</p>

	<p>溪畔林の森林整備において重要なことは、現在残されている天然の溪畔林は、そのまま手を加えず保全する。この溪畔林は再生や復元のモデルになるとともに、遺伝子資源の供給源となる（根拠⑪）。また、溪畔林を整備する際には、できるだけ流域の自然の遷移に任せてコストをかけないことが重要である（根拠⑫）。そして、過度な治山構造物は設置しないとともに、既存の治山構造物のスリット化などの改修によって上下流の連続性を創出することで流域の自然攪乱体制を保つことが、流域の溪畔林を更新させ生物多様性を保全する上で重要である（根拠⑬）。また、河川には沈水植物のカワゴケソウ科などの絶滅危惧種（天然記念物を含む）などが分布しており、このような場所での水質や環境の改変は避けるべきである（根拠⑭）。</p>	
根拠 (文献番号)		
① (56)	<p>溪畔林を構成する樹木の中には、溪畔域に依存的な種群のみならず、山腹斜面の大規模な攪乱跡地などで優占する先駆的な種群や隣接する植生帯の構成種、そして個体数の極端に少ない種がある。</p> <p>発表年：1997／著者：崎尾均・鈴木和次郎／掲載誌：砂防学会誌，49(6)，40-48. / タイトル：水辺の森林植生（溪畔林・河畔林）の現状・構造・機能および砂防工事による影響</p>	全文
② (67)	<p>水辺域の森林群集の種組成や構造的多様性が魚類・両生類や水生昆虫の多様性を高めている。</p> <p>発表年：2002／著者：崎尾均／掲載誌：書籍／タイトル：水辺林の生態学</p>	P14-16, 図 1-15
③ (68)	<p>水辺域の攪乱が水辺環境の多様性を生み出し、ひいては生物多様性を維持している。</p> <p>発表年：2017／著者：崎尾均／掲載誌：書籍／タイトル：水辺の樹木誌</p>	P8-26
④ (56)	<p>水辺林は二次林化、人工林化した結果、原生的な水辺林が連続して存在する大規模な河川は日本には存在しない。</p> <p>発表年：1997／著者：崎尾均・鈴木和次郎／掲載誌：砂防学会誌，49(6)，40-48. / タイトル：水辺の森林植生（溪畔林・河畔林）の現状・構造・機能および砂防工事による影響</p>	全文

⑤ (69)	二次林の種組成が潜在自然植生と類似している場合は、そのまま放置し、加齢による自然の推移にしたがって、老齢な水辺林を再生させる。	p106-107
	発表年：2001／著者：溪畔林研究会／掲載誌：書籍／タイトル：水辺林管理の手引き 基礎と指針と提言	
⑥ (69)	二次林の種組成が潜在自然植生と大きく異なっている場合は、水辺林本来の優占樹種を人工植栽する。	P107-109
	発表年：2001／著者：溪畔林研究会／掲載誌：書籍／タイトル：水辺林管理の手引き 基礎と指針と提言	
⑦ (69)	水辺域が人工林の場合、人工林を部分的に伐採し、水辺林構成樹種を植栽する。	P110-111
	発表年：2001／著者：溪畔林研究会／掲載誌：書籍／タイトル：水辺林管理の手引き 基礎と指針と提言	
⑧ (70)	ニセアカシアやセイタカアワダチソウ、アレチウリ、オオブタクサなど河川敷での優占が問題となっている外来植物の葉に強いアレロパシーが見られた。ニセアカシア林床の土壌もレタスの幼根伸長を阻害し、ニセアカシア由来の物質による阻害が示唆された。	P238-254
	発表年：2009／著者：藤井義晴・石川恵理・浦口晋平・渡辺泉・星野義延／掲載誌：書籍／タイトル：ニセアカシアの生態学	
⑨ (48)	ニセアカシアは広くはりめぐらされた水平根から根萌芽を発生させる。根萌芽は水平根の伸長によって毎年恒常的に発生する。	全文
	発表年：1991／著者：玉泉幸一郎・飯島康夫・八幡久／掲載誌：九州大学演習林報告, 64, 13-28. /タイトル：海岸クロマツ林内に生育するニセアカシアの根萌芽の分布とその形態的特徴.	
⑩ (44)	在来樹種が中下層木として混交しているニセアカシアの林分では、伐採によって比較的たやすくニセアカシアを除去することが可能である。伐採によって多数の根萌芽が発生するが、在来の溪畔林構成樹種の枝葉の伸長によって根萌芽は枯死した。	全文
	発表年：2003／著者：崎尾均／掲載誌：日本林学会誌, 85(4), 355-358／タイトル：ニセアカシア(<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)は溪畔域から除去可能か？	

⑪ (69)	原生的、あるいは自然度の高い水辺林の連続的な存在は、将来の水辺林の回廊を復元する際のモデルや核、かつ再生事業の更新材料の供給源となる。	P101-104
	発表年：2001／著者：溪畔林研究会／掲載誌：書籍／タイトル：水辺林管理の手引き 基礎と指針と提言	
⑫ (68)	植栽などによって再生した水辺林の更新に関しては、自然の攪乱体制のもとでの修復・再生過程に委ねる。	P214
	発表年：2017／著者：崎尾均／掲載誌：書籍／タイトル：水辺の樹木誌	
⑬ (68)	水陸一体となった、また上流と下流の連続性のある水辺環境の再生・復元のためには河川工作物の撤去ないしは工法改善が必要である。	P217-218
	発表年：2017／著者：崎尾均／掲載誌：書籍／タイトル：水辺の樹木誌	
⑭ (45)	カワゴケソウ科植物の分布する河川の水質のほとんどが貧栄養の清冽な河川である。カワゴケソウ科植物の現存量の減少の原因の一つに水質汚濁が考えられている。	全文
	発表年：2018／著者：鮎川和泰・永淵 修・中澤 暦・篠塚賢一・横田久里子・北渕浩之・手塚賢至・手塚田津子・斎藤俊浩・田辺雅博／掲載誌：Journal of Ecotechnology Research, 19(1), 1-8／タイトル：ヤクシマカワゴロモの生息域とその一次生産が渓流水質へ与える影響	

<p>補足 問 04-7</p>	<p>薪炭林、桑などかつて利用されていた二次林のほとんどが利用されず放置されているが、森林管理・整備の必要性はないのか。また、生物多様性への影響とはどのようなものか。</p>
<p>答</p>	<p>薪炭林など人為的利用を受けて成立した二次林の多くは、燃料革命や農業構造の変化により用途の対象外となり、現在は放置林となっている。これらの森林の管理・整備の必要性は、森林に期待する機能、生物多様性、リスクの質などを踏まえて判断する必要がある。</p> <p>薪炭林は本来、伐採と萌芽更新、下草刈りなどの周期的な人為攪乱を前提として成立してきた森林である。そのため、利用が途絶え長期間放置されると、林冠が閉鎖し林床の光環境が悪化することで、陽性の草本や低木が減少し、下層植生の種多様性が低下する傾向がある。人工林の研究では、閉鎖した林分ほど下層植生の種数が少なく、間伐で光環境が改善されるとその低下が緩和されることが示されている（根拠①）。このような光環境と下層植生の関係は、二次林にも共通する生態的特性と考えてよい。</p> <p>放置された二次林では、さらに時間の経過とともに常緑広葉樹などの陰樹が侵入し、周辺の成熟林に近い構造へと遷移するケースが多い。この過程で樹種構成や階層構造が変化し、より閉鎖的な森林構造へと移行することが報告されている（根拠②）。この変化は生物多様性の単純な低下ではなく、明るい環境を利用する種から、閉鎖林を利用する種への入れ替わりとして理解すべきである。しかし、里山性の植物や昆虫など、半自然的な環境に依存する生物を保全したい場合、必ずしも望む結果ではない。</p> <p>さらに、近年顕在化しているナラ枯れも、森林管理を考える上で重要な要素である。ナラ枯れは、カシノナガキクイムシによって媒介される病原菌によりブナ科樹木が集団的に枯死する現象であり、薪炭林としての利用が停止された二次林を含む各地で被害が拡大してきた。大径木ほどカシノナガキクイムシの穿入を受けて被害木となる確率が高く（根拠③）、また、被害は寄主となりうる木の分布に沿って面的に広がる傾向がある（根拠④）。これらの知見から、放置された薪炭林のように大径木を含む林分が連続して分布する景観で被害が広がりやすいと考えられる。</p> <p>里山二次林では、管理の有無が昆虫群集の構成や多様性に影響を与えることが報告されており（根拠⑤）、また前述のとおり長期放置により常緑広葉樹の侵入と林分構造の変化が進行することも示されている（根拠②）。したがって、放棄された薪炭林における管理・整備は、全面的・画一的に行うのではなく、希少種保全、防災、病害リスク低減といった目的に応じて重点的に実施する必要がある。管理する森林と遷移に委ねる森林を空間的に組み合わせ、異なる遷移段階をモザイク状に配置することが、生物多様性の保全と森林管理の両立に資すると考えられる。</p>

根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (52)	林冠閉鎖により下層植生の種多様性が低下し、間伐で緩和される。	図-2, 3
	発表年：2009／著者：野口ほか／掲載誌：森林立地／タイトル：四国地方のヒノキ人工林における間伐後 6 年間の林床植生変化	
② (35)	放置二次林で常緑広葉樹が侵入し林分構造が変化する。	図-4, 5
	発表年：2023／著者：N. Kawata ほか／掲載誌：Journal of Forest Research／タイトル：Secondary succession of an unmanaged coppice woodland adjacent to late-successional, lucidophyllous forest in western Japan	
③ (58)	大径木ほどカシノナガクイムシの穿入・被害を受けやすい。	図-4, 5
	発表年：2023／著者：楠本ほか／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル：千葉県鴨川市のマテバシイ林と愛知県瀬戸市のコナラ林におけるナラ枯れ被害の年次推移	
④ (22)	ナラ枯れ被害は時間の経過とともに面的に拡大する。	図-1
	発表年：2010／著者：E. Shoda-Kagaya ほか／掲載誌：BMC Ecology／タイトル：Genetic structure of the oak wilt vector beetle <i>Platypus quercivorus</i> : inferences toward the process of damaged area expansion	
⑤ (71)	薪炭林で管理の有無が地表性昆虫群集の構成と多様性を変化させる。	図-2、表-3
	発表年：2008／著者：S. Shibuya ほか／掲載誌：Web Ecology／タイトル：Effects of small-scale management on biodiversity of an abandoned coppice forest in Japan: a case study on vegetation regeneration and ground beetle community	

<p>補足 問 04-8</p>	<p>野生動物による森林被害とはどのようなものか。森林被害は森林生態系にどのような影響を与えるか。</p>
<p>答</p>	<p>野生動物による森林被害の中心はニホンジカによる植生への過度な採食であり、1990年代以降の個体数増加に伴って、造林木の枝葉・樹皮の摂食、天然更新の阻害、林床植生の消失が全国的に拡大している。これらの被害は、単に樹木の成長を妨げるだけでなく、更新の停滞による森林構造の単純化、下層植生の喪失に伴う土壌流出リスクの増大、草本・低木層を資源とする昆虫・小型哺乳類・鳥類の生息環境の消失など、多面的な影響として森林生態系に及ぶ（根拠①）。</p> <p>特に、林床植生の衰退は、光環境・土壌水分・養分動態にも影響し、樹種構成の偏りを助長する。シカの嗜好性により耐食性の高い樹種のみが残り、広葉樹の多様性が低下する現象は全国で観察されている。また、造林地では樹皮剥ぎによる材質劣化や枯死が生じ、森林整備コストを押し上げるなど社会経済的影響も顕著である。長期的には、森林の更新遅延とともに、水源涵養や斜面安定といった森林の多面的機能の低下を招く（根拠②）。</p> <p>一方、クマ類については22道府県が第2種特定鳥獣管理計画を策定しており（環境省 2025、https://www.env.go.jp/nature/choju/plan/pdf/plan3-1b.pdf）、近年問題となっている出没多発は個体数増加を反映していることもあるが、森林生態系との関係も強い。クマは堅果類（ブナ・ミズナラ等）を主要な高栄養源としており、豊凶の年変動は生息状況や人里への出没に影響する。ブナ科堅果が凶作となった年には広範囲を移動するようになり、結果的に人里域に出没する傾向が強まることが知られている（根拠③）。</p> <p>里山の管理放棄や耕作放棄地の増加、果樹の存在などにより、人里近くで利用可能な食物資源が増えることで、クマの採食場所の選択や行動圏が人の生活域と重なりやすくなり、遭遇機会が増えうる（根拠④）。近年の人身被害の増加は、餌資源の不足、個体の学習など複合的な要因が重なった結果と考えられている。</p> <p>なお、現時点ではニホンジカによる森林被害がツキノワグマの生息状況や餌植物の利用に直接的な影響を及ぼしていることを実証した研究はない。しかし、シカの過度な採食によって林床植生や低木層が衰退し、広葉樹の更新が阻害されることは各地で確認されており、こうした植生構造の変化が、将来的にクマの餌資源の量や分布に影響を与える可能性は否定できない。</p> <p>とくに、クマが重要な餌資源として利用するブナ科樹種や果実類の更新が長期的に低下した場合、クマは代替食物を求めて行動圏を拡大し、人の</p>

	生活域に近づくことが考えられる。この点については、先述の通り堅果類の凶作年にクマの人里出没が増加するという森林の餌資源条件とクマの行動との関係は一例といえる。今後は、シカによる森林構造の変化がクマの餌資源や行動に及ぼす影響について、長期的かつ広域的な視点から検証していくことが重要である。	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (18)	シカの個体数増加は下層植生の減少、森林構造・樹種組成の改変を通じて自然林への影響を拡大している。	総説
	発表年：2009／著者：Takatsuki, S.／掲載誌：Biological Conservation／ タイトル：Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review.	
② (72)	剥皮は個体群動態・枯死・林分変化を通じて森林構造に影響する。	Fig.1
	発表年：1999／著者：Akashi, N.・Nakashizuka, T.／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Effects of bark-stripping by sika deer (Cervus nippon) on population dynamics of a mixed forest in Japan	
③ (73)	ブナ堅果の豊凶とクマの人里域出没の関係	Fig.2
	発表年：2004／著者：Oka, T.ほか／掲載誌：Journal of Wildlife Management／タイトル：Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan	
④ (53)	集落近傍において秋にカキが主要な採食資源となり、その結果として、季節的に集落の近くを高頻度で利用する個体がいる。	表4
	発表年：2014／著者：有本勲ほか／掲載誌：哺乳類科学／タイトル：集落周辺に生息するツキノワグマの行動と利用環境	

<p>補足 問 04-9</p>	<p>生物多様性の計量的評価手法とはどのようなものか。計量的評価により生物多様性の何が評価されるのか。</p>
<p>答</p>	<p>生物多様性は、遺伝子・種・生態系という複数の階層から構成される概念である。森林の生物多様性の状態を把握し、管理や施業の妥当性を検証するには、生物多様性の計量的評価が不可欠である。</p> <p>計量的評価で最も基本的な指標である種数は、調査区内に存在する種の数を示し、群集の構成要素の多さを直接的に表す（α多様度）。一方で、種数のみでは、特定の少数種が優占する状態と、各種が比較的均等に存在する状態を区別できない。このため、種数と個体数分布の偏りを同時に反映する多様度指数も広く用いられてきた。例えば Shannon の多様度指数は、種数が多く、かつ各種の個体数が均等であるほど高い値を示し、森林群集の構造的な複雑さの指標として定着している（根拠①）。</p> <p>生物多様性の計量的評価は、単一林分の内部構造を捉えるだけでなく、林分間の違いや攪乱・施業に伴う変化を評価する方向へと発展してきた。類似度指標やβ多様度は、異なる林分や時点間での種組成の差異を定量化するものであり、森林管理や土地利用履歴の違いが群集構造に及ぼす影響を明らかにする際に有効である。これにより、「どの程度多様か」だけでなく、「どのように異なっているか」という生物多様性の別の側面を評価できる（根拠②）。</p> <p>近年は、こうした群集組成に基づく指標に加え、森林の立体構造や空間的不均一性を定量化する試みも進んでいる。樹高分布や林冠構造、枯死木量などに代表される構造的多様性は、生物が利用可能な生息場所の多様性と密接に関係しており、リモートセンシング技術の発展によって広域的な評価が可能となっている。これらの構造指標は、下層植生や昆虫類、鳥類などの多様性と相関することが示されており、種数や多様度指数だけでは捉えにくい生息環境の質を補完する役割を果たしている（根拠③）。</p> <p>さらに近年では、上記の指標とは異なるアプローチも実務の中で実装されている。英国では、開発行為に伴う生物多様性の損失を補償・改善する制度として「生物多様性ネットゲイン」が制度化され、そこでは、生息地タイプごとの特異性、保全状態、面積、空間的連結性などを組み合わせて算出される「生物多様性ユニット」を用いて、開発前後の生物多様性の変化を定量的に比較する。これにより、生物多様性の量的な増減を一貫した尺度で評価し、一定割合以上の純増を確保することが求められている（根拠④）。これは、生物多様性を間接的に評価するものであり、上記の多様度指標とは異なるが、政策や土地利用計画の場面において、生物多様性を計量評価する実践的な枠組みの一例と位置づけられる。</p>

	<p>国レベルでの生物多様性の計量的評価は、海外では森林調査データを用いた長期モニタリングの中に明確に位置づけられている。たとえば米国では、Forest Inventory and Analysis (FIA) プログラムによって全国規模で収集された森林プロットデータを集約し、種数や多様度指数を算出することで、地域間における樹木の種多様性の違いや空間分布の特徴が示されてきた。こうした解析は、国レベルの森林調査データを基盤として、生物多様性指標を用いて森林の状態を把握・比較する枠組みが実際に運用されていることを示している（根拠⑤）。</p> <p>日本でも近年、「生物多様性及び生態系サービスの総合評価（JBO3）」などで、人為・管理の観点から生物多様性の変化を評価し、政策判断に結びつける方向性が示されている（根拠⑥）。計量的評価は生物多様性の現状把握にとどまらず、森林管理の成果や課題を検討するための基盤情報として、国内外で重要性を高めつつある。</p>	
根拠 (文献番号)	知見	データ等
① (74)	<p>森林植生の多様性評価で Shannon の多様度指数を用いることができる。</p> <p>出典：発表年：2009／著者：山川ほか／掲載誌：日本森林学会誌／タイトル：小面積皆伐施業が針葉樹人工林の下層植生の種多様性および階層構造に及ぼす影響</p>	表-2
② (39)	<p>履歴の異なる林分間で群集組成の違いを定量化した事例を報告している。</p> <p>出典：発表年：2021／著者：R. M. Hayward ほか／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Three decades of post-logging tree community recovery in naturally regenerating and actively restored dipterocarp forest in Borneo</p>	図-4
③ (27)	<p>森林構造に関する変数が様々な分類群の種数と相関することを報告している。</p> <p>出典：発表年：2023／著者：F. Storch ほか／掲載誌：Annals of Forest Science／タイトル：Linking structure and species richness to support forest biodiversity monitoring at large scales</p>	表-3
④ (75)	<p>生物多様性指標算定ツールを使う指針を説明している。</p> <p>出典：発表年：2025／作成機関：UK Department for Environment, Food & Rural Affairs／資料名：Statutory Biodiversity Metric: User Guide</p>	全編

⑤ (31)	国レベルの森林調査データ（FIA）を用いて樹種多様性が評価されている。	図-3, 4, 5
	出典：発表年：2018／著者：Yude Pan・Kevin McCullough・David Y. Hollinger ／掲載誌：Forest Ecology and Management／タイトル：Forest biodiversity, relationships to structural and functional attributes, and stability in New England forests	
⑥ (57)	生物多様性の評価とその変化要因の総合評価を行っている。	全編
	出典：発表年：2021／編者：環境省／報告書名：生物多様性及び生態系サービスの総合評価 2021（JBO3）	