

Ⅲ 令和4年度 関西支所の研究概要

令和4年度関西支所の研究概要

1. 1アa1 物質・エネルギーの動態モニタリングによる気候変動影響の評価と予測技術の開発

目的：森林の温室効果関連物質の放出・吸収過程とこれに影響を与える環境因子の影響を明らかにするため、フラックスタワーサイトにおいて、微気象環境要因ならびに温室効果関連物質交換量の観測を行うとともに観測の省力化を行い、物質・エネルギー動態の観測体制を整える。気候変動影響を評価するため、過去の土壌炭素蓄積を支配している因子を明らかにする。気候変動影響を評価するための土壌基盤データを整備・公開するとともに、土壌炭素動態に影響を与える各種因子の影響力を評価することにより、将来の土壌炭素動態を予測するモデルを開発する。

方法：京都府木津川市に位置する山城水文試験地において、老朽化したセンサーおよび記録計等の整理を行い、記録データのオンライン化および自動計算化を行うことで物質エネルギー動態モニタリング体制を整える。土壌炭素動態に影響している細根からもたらされる有機物の分解過程および土壌条件との関係を明らかにする。

成果：山城水文試験地内のフラックスタワーに設置された古いセンサーやネットワーク機器を更新し、セキュリティを高めるとともに、データ取得の高速化を行った。また、リモートセンシングデータ等の外部データと比較検討できるように地上観測データを整え、物質・エネルギー動態データを解析できる環境を整えた。また、森林を介した水循環、物質・エネルギー動態の基本的な概念と研究成果を概説した本を著述し、公表した。栄養条件、酸性度が異なるスギ林下の土壌から、未分解の有機物、鉍物と親和して土壌に長く残る有機物を比重分画により取り出し、核磁気共鳴分析を通して各有機物が持つ官能基を特定し、土壌全体の陽イオン交換容量（CEC）との関係を精査した。その結果、鉍物と親和して長く残る有機物のカルボキシ基はCECの向上に寄与していること、鉍物と親和して長く残る有機物の量は痩せた土壌と肥沃な土壌で同じであること、痩せた土壌では有機物の分解が進んでいることが明らかとなった。

2. 1アaPF7 大径木択伐から始まる熱帯林の土壌劣化パターンと植生回復の関係

目的：択伐跡地における土壌劣化を有機物分解の観点から明らかにする。植生が種組成においても択伐前と同様のものに回復するかどうかを評価する。

方法：有機物分解試験試料の重量残存率ならびに全窒素全炭素分析により分解速度ならびに分解特性を試験区（製材区、根株区、未利用幹区、樹冠区）間で比較する。択伐跡地に生育する稚樹の種組成を調べ、択伐対象であったフタバガキ科およびその他の高木樹種の開空地における稚樹密度を明らかにする。

成果：落葉分解試験を行い択伐跡地に設置した試験区間で比較したところ、製材区で顕著な落葉の消失が認められたことにより製材区の土壌劣化が林床被覆の消失に起因する可能性が示唆され、土壌劣化を緩和する林床被覆の重要性が示された。製材区・根株区では植生回復が遅れていることが明らかになり、大径木伐採時における前生稚樹の保護が植生回復可能性の向上に寄与することが示された。

3. 1アaPF9 熱帯雨林生態系における水循環機構と植生のレジリエンスの相互作用の解明

目的：本研究は、熱帯雨林の水循環機構と植生のレジリエンスとの相互作用を解明することを目的とする。東南アジア熱帯雨林において、いつ・どこに・どれだけ「利用できる水」が存在するか（＝水循環機構）、水ストレスに対する樹木の生存戦略（＝植物水分生理）、ガス交換機能の安定性の中に隠された樹木の反応が示す安定性を支えるメカニズムと限界（＝生態系フラックス）、の3つの視点から現地観測を行い、これらの結果をアマゾン熱帯雨林などの他所のデータとも併せて統合的に解析することで、降水量変動に対して熱帯雨林がどのように反応しその機能を保ちうるか（＝熱帯雨林のレジリエンス）を評価する。

方法：生態系フラックス（運動量・顕熱・潜熱・蒸発散・CO₂フラックス）、降水量、放射各項、各高度での風速・気温・湿度・光量、CO₂濃度、土壌各深度における体積含水率・地温・圧力水頭等について、観測を継続し、高品質な長期連続データの取得を行い、生態系フラックスから蒸発散、群落コンダクタンス、純生態系生産量、総一次生産量、生態系呼吸量等の時間変化を算出し、解析する。

成果:コロナ禍において、メンテナンスが途絶えていた、半島マレーシア・パソ森林保護区の微気象観測タワーにおいて、雷被害や野生動物による被害を確認し、破損した二酸化炭素濃度計、温湿度計、日射計、土壤水分計を交換し、長期微気象観測体制を整えた。およそ20年間に得られたデータを解析したところ、数年に一度起こるエルニーニョ現象に伴う強い乾期においても約100 mm/月の蒸発散量は維持されており、安定的に群落の光合成も行われていることが明らかとなった。

4. 1 ア aPF31 森林土壌の炭素蓄積量報告のための情報整備

目的:気候変動枠組条約と京都議定書により、日本は森林による炭素吸収量を算定、報告することが義務づけられている。

これらに対応するため、森林の炭素蓄積量を地上部、地下部、枯死木、堆積有機物、土壌ごとに把握し、吸収量を算定するための全国情報整備事業が林野庁による主導で行われている。森林総合研究所では、枯死木、堆積有機物、土壌における炭素蓄積量について信頼性の高いデータを取得することを目的として、民間の調査会社に対する調査手法などに関する講習会を開催するとともに、調査データをチェックする。

方法:森林総合研究所が作成した森林土壌インベントリ方法書野外調査法にもとづいて、現地調査を実施する民間の調査会社に対して年度初めに現地講習会を行い、現地調査および野帳の記載方法について指導する。さらに、民間会社による現地調査データの精度を確保するため、同地点における民間会社と森林総合研究所の枯死木調査データを比較、検証する。森林土壌インベントリの調査手法、土壌炭素蓄積量の10年間の経時変化の妥当性を検証するため、20年前に伐採・植栽直後に100か所で土壌炭素蓄積量を調査した地点において前回と同様な手法により調査し、土壌試料、堆積有機物を採取する。

成果:京都市右京区京北において7月29日に中部・近畿ブロックを担当する調査会社の担当者を対象にして現地講習会を実施し、枯死木調査、堆積有機物および土壌調査について指導した。データ精度の確保と確認のため、滋賀県犬上郡多賀町の調査地点において11月30日に枯死木調査を行い、調査会社の測定値とのクロスチェックを行った。2002年に土壌炭素蓄積量調査が行われた広島県廿日市市のスギ林において11月7日～11日に調査を行い、40×40 mの試験区内に格子状に設定した99か所から土壌試料を0～5、5～10、17.5～22.5 cmの3深度で採取するとともに、堆積有機物を20か所で採取した。さらに、林況を把握するために試験区内の20×20 m区内の全立木の胸高直径・樹高を測定した。

5. 1 ア aPF40 「真の渦集積法」が明らかにする森林群落スケールのVOC放出能とその環境応答特性

目的:本研究は、大気乱流理論に基づいた「真の渦集積法」を揮発性有機化合物(VOC)に適用する。これにより、これまで半経験的な手法(簡易渦集積法)に頼らざるを得なかったVOCについて大気乱流理論に基づいたフラックス観測を実現する。

方法:森林の樹冠上においてVOCフラックスを連続的に観測することによりVOCの放出実態(組成・量)を明らかにし、その上で、気象データと対比可能な高頻度のVOCフラックスデータを用いて森林のVOC放出能に影響する気象要因を特定する。

成果:改良を進めている渦集積法による大気サンプリングシステムを応用し、名古屋大学と共同して森林大気の炭素起源についての研究を行った。大気を捕集し三酸素安定同位体比を測定した結果、森林キャノピーの二酸化炭素の起源について定量的に明らかとなり、森林における炭素交換過程評価の精緻化に寄与することとなった。森林キャノピー上で上昇流と下降流を10 Hzの頻度で、風速に応じて大気をバッグにサンプリングし、CO₂フラックスを真の渦集積法にて測定するとともに、サンプリングした大気を実験室にて、三酸素安定同位体比の分析を行った。上昇流が下降流と比べて有意に高い $\Delta^{17}\text{O}$ 値を示し、土壌CO₂の $\Delta^{17}\text{O}$ 観測結果を支持した。観測された $\Delta^{17}\text{O}$ 値は森林キャノピー内に入ったCO₂の約30%が陸域生態系と相互作用した上で、一般大気中に放出されていることを示唆していた。

【参考】

「 $\Delta^{17}\text{O}$ 」:三酸素同位体異常と呼ばれ、「質量依存同位体分別線」(対流圏CO₂の酸素同位体¹⁷Oと¹⁸Oとの関係)か

らどれくらい離れているかを示し、大気中オゾンの生成分解過程をどれほど経ているのか、等のトレーサーとして用いられる。

参考文献

三酸素同位体組成を指標に用いた大気沈着窒素：森林生態系間相互作用の定量的評価法

角皆ら (2010) 低温科学 vol.68 107-119

<http://hdl.handle.net/2115/45170>

6. 1 ア aPF41 気候変動がもたらす生態系攪乱が森林の炭素吸収量に与える影響の長期広域観測とリスクマップの構築

目的：本課題では北海道から九州まで計9地点10森林（うち森林総合研究所関西支所は山城水文試験地を担当）の森林観測サイトに加え、可搬型観測システムを用いて攪乱発生後の森林に新たに3点の移動サイトを設け、CO₂フラックスおよびCO₂フラックスを規定する環境因子の測定を実施する。また、森林観測サイトの観測データと現在森林総合研究所が開発に取り組んでいる各種攪乱発生予測モデルを用いて、各種気象害の発生リスク評価を行う。

方法：2000年前後から気象観測タワーを用いた森林のCO₂吸収量測定が開始され、現在まで継続的に行っている。樹冠上に設置された超音波風速計（SAT）と赤外線ガス分析計（IRGA）を組み合わせた渦相関法と貯留変化量測定によって森林の炭素吸収量の連続観測を行う。また、各種気象害の発生リスク評価のための微気象環境観測を行う。

成果：本年度は、林床可燃物の動態把握のために土壌水分測定の強化を行うとともに、長期広域観測データベース構築のため、過去の観測データの整理を進めた。また、ナラ枯れ被害状況やタワー位置の座標、群落高、観測項目等、サイト現況の情報収集を行った。

7. 1 ア aPF44 Measurement of the mycorrhizal hyphal turnover through soil imaging: Resolving the image analysis bottleneck with AI（土壌撮像による菌根菌糸ターンオーバーの観測：画像分析のボトルネックをAIで解消）

目的：殆どの樹木は菌根菌と共生関係を築き、資源交換を行う。その資源交換により、森林炭素固定量の20%近くが菌根菌に供給されることもあり、その炭素量の大半は菌根菌糸の生産・維持に利用される。よって、森林における菌根菌糸ターンオーバーを明らかにすることが、森林炭素フラックスの動態の理解・予測に向けて重要である。従来研究は、主に土壌採取やメッシュバッグ設置による月1回程度の破壊的サンプリングを用い、菌根菌糸ターンオーバーを推定してきたが、菌根菌糸の寿命は短く（最低寿命は5日間）その分解が早い（最低半減期は10日間）ため、サンプリング頻度のより高い手法が近年求められている。期待される手法の一つは土壌断面の撮影である。しかし、①現在使用されている撮影装置の解像度は細い菌糸（直径2～5μm）の識別に不十分であり、②土壌断面画像上で根の10～100倍の長さを持つ菌根菌糸を手動操作で定量化するのは時間が非常にかかる作業であり、疲労からくる人為ミスも多い。本研究では、従来よりも高い解像度を持つ撮影装置と人工知能（AI）を活用した自動画像分析手法を開発する。

方法：撮影装置用の観測ボックスを作製し、関西支所構内のコナラ苗畑に設置する。撮影装置は3Dプリンターで自作したパーツや顕微鏡カメラから作製し、観測ボックス前後にある土壌断面を撮影する。土壌断面画像を分析するためには、画像分割専用のニューラルネットワークをAIとして活用する。そのAIが画像上の菌糸長を自動測定できるように、撮影装置により得られた画像の前処理手法を開発する。

成果：顕微鏡カメラや3Dプリンターで自作したパーツと組み合わせ、土壌断面を走査して細い菌糸でも識別できる4万dpiの撮影装置を作製した。そして、小型コンピュータを用いて撮影装置の操作を自動化した。顕微鏡カメラの被写界深度が小さく、焦点の手動調整が困難であったため、土壌断面とカメラの間の距離を自動調整できるように撮影装置を改良した。顕微鏡カメラを走査して得られた小画像（撮影面積0.85×0.64mm）を自動的に接合し、接合部分の色などを自動調整して土壌断面全体の集成画像を作成する画像処理プログラムを開発した。撮影装置を土壌内に設置した観測ボックスの中で作動させ、土壌断面の高解像度画像の取得に成功した。

8. 1 ア aPS2 マイナスエミッションに向けた土壌メタン吸収の広域算定手法の開発

目的：森林総合研究所のタワーサイトを中心に全国10カ所程度において観測を行い、森林におけるメタン吸収量の時空間変動を明らかにする。地形要因を考慮に入れた精緻なメタン吸収量の推定手法を開発するとともに、IPCCの算定に利用可能な算定手法を提案する。

方法：メタン吸収の観測サイトのサンプリングデザインを設定する。それに基づき土壌メタンガスフラックス観測用のチャンバーを京都府木津川市山城水文試験地内に設置し、月1回の頻度での観測を開始する。

成果：2022年10月に土壌メタンガスフラックス観測用の直径20 cm、高さ15 cmのチャンバーを山城水文試験地内の8カ所に設置した。設置に際しては試験流域内の地形を考慮し、斜面上部から下部に向かって5カ所、河床に3カ所チャンバーを設置した。各チャンバー設置個所を高精度のGNSS（全球測位衛星システム：Dropper RWX）を用いて測位した。2023年1月から観測を開始した。各カ所では、チャンバーに蓋をしてから1、4、7、13分後の4回シリリングを用いてガスを採取し、10 mLバイアル瓶にそれぞれ保存した。合わせて各カ所でTDRセンサー及び温度計を用いて、土壌水分量と地温・気温を測定した。ガスを封入したバイアル瓶は森林総合研究所養分動態研究室に送付し、ガスクロマトグラフによるメタンガス濃度の測定に供した。

9. 1 ア b1 地域の環境条件に応じた多様な森林機能の活用

目的：自然・人為攪乱に対する森林生態系機能の脆弱性や回復力を評価するため、火災など攪乱の影響下にある各地の森林において、優占種の空間分布パターンとそれを規定する要因を明らかにする。

方法：季節性熱帯落葉林の攪乱に対する森林生態系機能の脆弱性や回復力を評価するため、毎木調査データを用いて種組成の地形パターンを解析する。

成果：人為由来の林床火災影響下にあるカンボジアクラティエ州の落葉フタバガキ林に設置された4haの毎木調査プロット内で、土壌や林床の状態および優占種は地形勾配に沿って変化していた。優占種である落葉フタバガキ3種の空間分布パターンは土壌深度に対応する乾燥耐性と林床植生量に対応する被陰・火災耐性が規定要因であると考えられる。落葉フタバガキ林の脆弱性として、平地における優占種の更新不全が認められた。一方、丘陵地と平地の移行帯に位置する丘陵麓部では、落葉フタバガキ3種が共存かつ更新していた。平地の更新不全が継続する状況において、落葉フタバガキ林を適切に保全するためには、典型的な森林タイプに加えて移行帯の森林タイプも対象とし、地形勾配全体を保全していく必要がある。また、林床植生の高さとフタバガキ優占種の連関を明らかにし、林床植生高を指標として適切な植栽樹種を判定できる可能性を示した。林床植生高は土壌の種類や厚さよりも可視化が容易であり、森林再生プロジェクトにおいて樹種選定の効率化、精緻化につながるものとして応用的価値が高い。

10. 1 ア bPF10 林業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価

目的：本研究は、林業分野を対象とした気候変動予測と適応策の評価を行うため、気候変動に伴う高温・乾燥ストレス等による人工林の成長量への影響予測モデルと、豪雨の増大等による山地災害リスクの影響予測モデルの高度化を図り、人工林樹種の地域系統ごとの環境適応幅を評価する。また、将来気候下における造林樹種の潜在成長量、山地災害リスク、経済性等を考慮し、地域内における森林の最適配置を複数シナリオ下において予測するための適応策評価手法を開発する。さらに、生産量変化の予測される地域と現行苗木特性との比較を行い、将来気候を考慮した地域系統ごとのゾーニングを行うことで将来的な地域系統の適地を予測し、地域に応じた最適な地域系統選択指針を示す。開発された適応策評価モデル、地域系統選択指針を用いて、共通シナリオでの影響予測や適応策オプションの効果を解析してとりまとめ、将来気候下における森林の最適配置、管理指針を提案し、モデルを全国に展開する。これにより、将来気候下における我が国の森林管理技術を創出することを目標とする。

方法：スギ成長量予測と山地災害リスクを統合して適応策を評価することを目的として、機械学習によるスギ成長量モデルと土砂災害発生リスクモデルとをモデル地域において統合し、整理した適応策オプションを統合モデルへ組み込んだ、スギ成長量と山地災害リスクを考慮した適応策評価手法を検討する。

成果：昨年度までに開発したスギ樹高成長を高精度で予測する統計モデルと、過去の降雨強度と土砂災害発生確率から

構築した土砂災害発生リスクモデルとを統合し、さらに気候シナリオを組み合わせることで、気候変動下における将来予測を行った。将来予測に際しては、炭素蓄積（人工林の成長）、土砂災害、生物多様性の3要素を考慮し、それぞれを最大化もしくは最適化するような複数のゾーニングシナリオを設定した。以上を用いて、各シナリオにおける将来予測を行った。

11. 1 ア bPF12 森林技術国際展開支援事業

目的：気候変動の進行とともに増加が懸念される山地災害に対して、途上国の自然的・社会的条件や想定される災害のタイプ等を考慮しながら、日本の持つ技術、知見を生かした防災、減災機能の強化への技術開発、課題の調査を行う。具体的には、途上国の森林の防災・減災などの機能強化に係る課題などを調査分析し、リモートセンシング技術や治山技術を途上国の森林の防災、減災機能の強化に適用するための手法を開発する。

方法：山地災害や林地荒廃に関する基礎情報を得るため、ベトナム北部を対象とした実態調査に基づく防災、減災技術に関連する文献情報を収集し、同国における既存の対策事例の収集と分析を行う。現地カウンターパートであるベトナム森林科学アカデミー（VAFS）と共同で、ベトナムの山地災害及び沿岸域の防災・減災機能に関する現地調査を実施する。

成果：ベトナムにおける山地災害の実態を明らかにするため、北西部イエンバイ省ムーカンチャイ郡（Mu Cang Chai District, Yen Bai Province）のキム川（Nam Kim）に設けた観測所に水位計、濁度計、インターバルカメラを設置し土砂流出の実態を観測するとともに、土砂流出源に関する現地調査を流域内において実施した。各記録計による観測の結果、雨季末期において数回の出水イベントが記録され、同時に顕著に高い濁度が観測された。また、現地調査により、2010年に発生した地すべり、川沿いの土砂捨て場、源流域の大規模な盛土を確認した。このうち、大規模な盛土は土砂流出源となるだけでなく、豪雨時などには崩壊による土石流出が生じる可能性があるため、注意が必要であると考えられた。

12. 1 イ a1 生態系からみた森林の生物多様性に関する研究の高度化

目的：多様な森林利用が今後加速する中で、多様な立地条件や林分状態に対応した林分の成長を予測し、それに基づき森林経営する上で適切な対処法を科学的評価から提示する。近畿圏中山間地の広葉樹林は、燃料革命後、資源とみなされず放置され、大径化した樹木は枝もかなりの太さがある。しかし、現状では枝はほとんど使われることなく林地残材となっている。そこで、広葉樹の枝のカスケード利用を目的として、近畿圏の里山広葉樹10種を用いて、長さ30cmのミニチュアほだ木を試作し利用可能性を評価した。

方法：2020年の春に、広葉樹10種の枝（直径6cm-13cm）を、30cmの長さに採材し、早生種菌（118原木栽培シイタケ種菌 菌輿椎茸共同組合）を駒打ちし、ほだ木を水に2日間浸したのち、森林総研関西支所の実験林内に置き、その後のシイタケの発生数、傘のサイズ、材の腐朽度合の指標として材比重の継続調査を行った。

成果：シイタケは、11月から翌年3月にかけて10種すべてから発生した。発生数は例年と同様に降水の有無とリンクしていた。駒打ちから2年目となり発生数は1年目よりも若干減った。材比重は、実験開始から2年経過した時点でも、どの樹種も大きな変化は見られず、まだ分解は進んでいないものと思われた。ほとんどのシイタケが、駒打ちした部分からの発生であるが、一部側面の駒打ちした部分ではないところからも発生しており、菌糸が材の中で広がっているものと思われた。

13. 1 イ aPF10 腸内細菌に由来する匂いは昆虫の社会を司るか？－アリを題材に－

目的：メタゲノム解析によってアリとその関連生物の腸内細菌叢解析を行い、両者の間に社会生活を共にすることによる腸内細菌叢の共通性が見られるか否かを検討する。

方法：アリ巣にその生活を依存する好蟻性昆虫8種、およびホストとなるアリ6種を材料とし、16S rRNA-V3/V4領域を対象としたメタゲノム解析を行い、それぞれの腸内細菌叢を明らかにする。得られたデータからアリと好蟻性昆虫との間に腸内細菌叢の共通性が見られるかを比較検討し、腸内細菌叢の共有が両者間の社会的な認識システムの

一部として機能しうるかを考察する。アリヅカコオロギにおいては、アリとの親和性が非常に高いシロオビアリヅカコオロギを解析に加える。

成果：アリと好蟻性昆虫との間には、腸内細菌の共通性はほとんど見られず、クボタアリヅカコオロギとクロオオアリで2種、トゲアリスアブとハヤシクロヤマアリで3種の菌の共有が見られたのみであった。シロオビアリヅカコオロギについては、特異的共生菌の優先度が極めて高く、それ以外の腸内細菌を検出することができなかった。以上の結果から、今回用いたアリと好蟻性昆虫種との間に限って言えば、腸内細菌叢の共有は稀であり、腸内細菌が社会的な認識システムに寄与する可能性も低いと考えられた。なお本研究を通して、アリや好蟻性昆虫から腸内細菌由来のDNAを抽出する際に、細胞内共生微生物による影響を軽減する方法が開発された。また、複数種のアリや好蟻性昆虫について、腸内細菌叢の新規データが得られたが、これらには当該分野ではまだ数少ない記載的データとしての意義がある。

14. 1 イ aPF14 増えるシカと減るカモシカは何が違うのか？最適採餌理論からの検証

目的：日本において、同所的に生息し餌資源の類似するシカとカモシカであるが、シカの生息密度は植生が衰退するまで高くなることがある一方で、カモシカの生息密度は安定的に推移することが報告されている。このような違いが何に起因するのか、本研究では最適採餌理論の概念に基づいて採食生態の観点から両種の違いを検証するとともに、これらのデータに基づいて、シカおよびカモシカの餌資源選択モデルおよび将来的な両種の個体群動態予測を行う。

方法：長野県において、シカが高密度に生息する地域に2か所（長野県塩尻市、下諏訪町）、近年シカが増加しつつあるが現在は低密度の地域に2か所（長野県南木曽町、王滝村）に調査対象地を設定した。それぞれの調査対象地に詳細調査区（約4 km × 4 km）を設定し、調査区内にセンサーカメラを設置して撮影されたシカとカモシカの撮影回数を調査した。併せて、カメラ設置地点周辺における階層別植被率を記録し、草本層の植物重量を測定した。

成果：南木曽と王滝のカモシカ撮影頭数は同程度であったが、シカの分布が拡大しつつある南木曽ではシカの撮影頭数割合が高かった。塩尻や下諏訪はシカの撮影頭数が多く、カモシカの撮影頭数割合は数%であった。シカの撮影頭数が非常に多かった下諏訪では、季節にかかわらず草本層および低木層の植被率が顕著に低く、植物重量も少なかった。以上の結果から、シカの分布拡大と個体数増加がカモシカの生息状況に影響していることが示唆された。特に草本層や低木層が一定量以下に衰退すると、カモシカの個体数が減少する可能性が考えられた。

15. 1 イ aPF16 森林昆虫の多様性研究の新展開：駆動力としての昆虫関連微生物の存在意義の検証

目的：本課題は、令和元年度に終了した「アウトブレイク前における森林昆虫とその随伴微生物のリスク評価：先見的病害虫対策のために」（アウ bPF47）の後継課題である。前課題では、特に大発生を起こす森林病害を対象に、その病原体、媒介昆虫近縁種のリスク評価を行った。ここで得られた情報を発展させ、本課題では森林における節足動物の多様化において、その共生微生物、微小動物がどのような影響を与えているか、もしくは与え得るかを明らかにすることを通じて、森林において節足動物（特に昆虫類）の種多様性が非常に高くなっている要因を明らかにする。関西支所では節足動物（昆虫）に関連する線虫類を対象とする。

方法：本課題は基礎研究であるため、昆虫を中心とした微生物、微小動物との共生系における、生理、生態的機構を明らかにすることを目指す。そのためには、(1) 様々な異なるタイプの森林において昆虫をはじめとする節足動物を採集し、この共生微生物、微小動物相を調査し、解明する。これにより、基礎的知見としての現状把握を行う。また、ここから、(2) ホスト昆虫、節足動物の生理、生態的特徴、生活史特性、環境要因としての森林タイプと共生微生物、微小動物相を比較することにより、森林昆虫、節足動物の多様化要因を解明するという二段階において、目標達成を目指す。

成果：本課題の3年目に当たるが、前年、前々年同様、遠方に直接出張しての試料採集は、やや難しい状況であったため、京都府、滋賀県を中心に日帰り可能な範囲での採集、もしくは、遠隔地の研究者から提供された材料が中心となった。これらの材料から線虫の分離、検出を行い、更に分類学的、自然史的解析を行ったところ、

1) インドネシア、南アフリカのイチジクコバチ類から複数の線虫種を検出し、これらのうち1種を *Bursaphelenchus*

- suri* として新種記載した。本種は、マツノザイセンチュウと同じ、*Bursaphelenchus* 属に属するが、同属のほぼすべての種が糸状菌食による増殖が可能であるのに対し、絶対的植物寄生者である。同様の線虫種は現状、1例しか知られておらず、線虫類の食性進化、植物寄生性の獲得に関して重要な研究材料となることが期待される。
- 2) ナラ類枯死木からの線虫検出を行ったところ、カシノナガキクイムシ（カシナガ）便乗者と考えられる *Neomisticus* 属の線虫 2 新種を検出し、*N. platypi*、*N. variabilis* として新種記載した。これらは、いずれもカシナガから分離された糸状菌での培養が可能であると考えられ、また、体サイズもかなり大きいことから、養菌性キクイムシであるカシナガとは、餌糸状菌を介した競合関係などの可能性が考えられる。
- 3) エンマコガネなど、糞、死体食性昆虫からの線虫検出を行ったところ、複数の細菌食性線虫、雑食性線虫が検出され、これらのうち、日本、および北米の試料から検出された *Tokorhabditis* 属の 2 種を、*T. atripennis*、*T. tauri* として新種記載した。*Tokorhabditis* 属は動物界でも珍しい胎生による繁殖をすることが確認されており、この形質に関する生理学的、進化生物学的研究材料としての利用が期待される。

16. 1 イ aPF26 沖縄島北部の森林で生じた渡らない生活史は鳥類にどんな地域固有性をもたらしたか？

目的：鳥類における渡らない生活史の進化が遺伝的・形態的分化と相乗的にもたらす地域固有性について多面的に検証する課題において、巣箱と自動記録装置を用いた繁殖経過の記録システムと、遺伝的集団構造解析のためのマイクロサテライトマーカーについて検討する。

方法：アカヒゲ種群の繁殖生態の地域間変異を明らかにするために巣箱と自動記録装置を用いた繁殖経過の記録システムを試験的に運用した。引き続きアカヒゲ種群に適用可能なマイクロサテライトマーカーの探索と試料収集を行った。

成果：小型で巣箱に内蔵して後付けできる簡易自動記録装置 70 台を沖縄島に約 3 か月間設置した結果、概ね計画通りに稼働して巣箱における繁殖経過が記録できた。21 巣でアカヒゲ種群（ホントウアカヒゲ）による巣材運びなど繁殖行動が記録され、18 巣で産卵を確認、11 巣では造巣から巣立ちに至る経過がすべて記録されて、簡易自動記録装置が繁殖生態の調査のために有効であることが示された。アカヒゲ種群以外ではヤマガラ、シジュウカラの繁殖行動も記録された。また、鳥類の汎用マイクロサテライトマーカーからアカヒゲ種群に適用可能なものを探索し、14 遺伝子座について PCR 反応による増幅が良好で多型性が認められることを確認した。

17. 1 イ aPF27 森林景観内の樹木の多様性規定要因を解明する

目的：社会基盤の安定に寄与している森林の生物多様性が有する生態系機能は景観単位で発揮される。したがって、生態系の保全や管理を施策する上でも、景観スケールで生物多様性が維持されるメカニズムを理解する必要がある。景観内の多様な生息環境が生物多様性を支えていることは広く知られているが、森林生態系の樹木の多様性を対象にこのことを実証した例は意外にも少ない。なぜなら、これまでの森林の多様性についての研究は、比較的均一な数 ha の森林内部のメカニズムに着目しており、尾根や谷など森林景観内の多様な環境を網羅するほどの広域を対象にしていないからである。本課題では、全国各地の小面積多地点調査区データを統合し、これまで局所的な範囲に限られていた樹木多様性が維持されるメカニズムについての理解を数 km² に及ぶより広域の森林景観全体に拡張することを目的とする。

方法：全国各地で行われた森林景観内の多様な環境を内包するような、1 km² ～ 数 10 km² の範囲を対象に行われた、小面積多地点調査区を用いた毎木調査データを収集し、それらを統合して解析を行う。

成果：収集した全国の 7 か所で行われた小面積多地点調査データについて、データを統合する作業を行った。これらのデータは個々の研究者がそれぞれの目的のために独自に行っているため、調査方法や、調査項目が異なっている。そのような異なる規格で行われた毎木調査データの種名やデータの形式表記方法などを統一し、さらに解析で用いる尾根や谷などの環境要因を表す地形変数を抽出した。

18. 1 イ aPF34 土壌動物の腸内微生物叢から森林の物質循環を読み解く

目的: 森林の物質循環の要である「分解」プロセスは、前半の「リターの細断とその初期消化」を土壌動物が、後半の「無機養分の放出」を土壌微生物（細菌・真菌など）が担う。このリレー形式の循環において土壌動物の腸内微生物叢も大きな役割を果たしていると考えられるが、これまで腸内微生物叢にはあまり焦点が当てられてこず、その実態は未だ不明な部分が多い。そこで本研究では物質循環における腸内微生物叢の位置づけを明らかにするための第一段階として、土壌環境傾斜のある複数の林分を用いて腸内微生物叢の環境間比較を行い、腸内微生物叢に環境応答性があるか否か、また土壌動物の種の違いによって、どのような腸内微生物叢の差異が見られるかについて評価することを目指す。課題担当者は本課題において、土壌動物の腸内微生物叢の 16S アンプリコンシーケンス解析を担当し、得られた結果をもとに、土壌動物種間や異なる林分環境間でどのような腸内微生物叢の差異が見られるかを検討する。

方法: トビムシ類およびカニムシ類を材料とし、滅菌条件下で腸内容物を採取するプロトコールとして、界面活性剤洗浄＋水洗浄＋次亜塩素酸ナトリウム処理による腸管内容物の採取法を開発する。開発した方法により、トビムシ類とカニムシ類の腸内細菌叢解析を行う。解析対象領域は、V3/V4 領域とし、1stPCR 以降の 16S アンプリコンシーケンス解析は、外注にて行う。

成果: トビムシ類、カニムシ類それぞれ一匹から界面活性剤洗浄＋水洗浄＋次亜塩素酸ナトリウム処理によって採取した腸内容物を材料として、16S アンプリコンシーケンス解析による腸内細菌叢データが得られることを確認した。この方法を用いて予備的な 16S アンプリコンシーケンス解析を行った結果、分類群によって腸内細菌叢が異なる傾向が示唆された。一方、同じ分類群内で比較した場合に、採集地域による腸内細菌叢の明らかな違いは見られなかった。サンプル数がまだ極めて少ないため、今回見られた傾向を確認するためには、さらにサンプルを増やして検証を進める必要がある。

19. 1 イ aPF40 線虫の生活様式多様化と種分化に関する統合的研究

目的: 昆虫を媒介者、宿主として利用し、多様な食性、生息環境を持つ 3 グループ（Rhabditidae 科、Diplogastridae 科、Aphelenchoididae 科）の線虫類を対象に、その種分化に伴う生活様式、特に食性の多様化を、系統分類を基本として、形態（構造）、生態、生理、ゲノムまで統合的に解析することにより、微生物食に由来する動植物寄生性、捕食性に至る多様化要因を遺伝子レベルで明らかにすることを目的とする。そして、ここで明らかになった情報を、有害種防除、有用種利用、遺伝資源活用のための基礎情報として、他の研究分野に提供することを目指す。

方法: Rhabditidae 科に関しては、食性、生息環境において情報が多く、多様性も高い *Caenorhabditis* 属を材料とする。Diplogastridae 科は、ほとんどが昆虫媒介性土壌生息性細菌食線虫であるが、モデル種である *Pristionchus pacificus* に加え、これまでの分離培養、系統維持の過程で、利用可能になっている特徴的な食性（昆虫寄生、糸状菌食性、捕食性）、生息環境（枯死木材内、糞、動物死体）を持つものを材料とする。また Aphelenchoididae 科では、収斂した形態的特殊化の見られる植物寄生者、複数の食餌源を利用する種、昆虫寄生種を材料とする。これらのゲノム解析をもとにした、摂食、消化関連遺伝子の比較、摂食様式に関する生理的比較、構造学的比較を行うとともに、昆虫、節足動物を対象に、さらなる材料種の分離、培養を行う。

成果: ゲノム、生理学的、構造学的解析は、他機関の分担者が行うため、ここでは担当分の材料種の分離、培養、自然史的解析結果を主に報告する。*Caenorhabditis* 属の利用予定種 2 種に関しての解析により、クロコブゾウムシ乗性、木材（枯死木材内）居住性の 1 種に関して、新種、*Caenorhabditis niphades* として記載を行った。同時に、本種のゲノム解析を行った結果、本種が、これまで知られている *Caenorhabditis* 属種のうちで、ゲノムサイズが最小であるということが明らかになった。Diplogastridae 科の採集においては、*Pristionchus* 属で国内初記録となる種を検出したほか、1 種に関しては、種内での遺伝的多様性がこれまで知られている同属別種に比べて明らかに高いことが確認された。Aphelenchoididae 科に関しては、系統分類上の問題点の整理と、複数の未記載種の分離を行った。これらの生活史に関しては、今後解析予定であり、その内容を踏まえて論文としてデータの公表を行う予定である。

20. 1 イ c1 森林の生物多様性の保全と持続可能な利用に関する研究の高度化

目的：①成虫と幼虫の両方のステージを流水で生息するヒメドロムシにとって、流速や河床基質の特性などの環境要因は重要な要素になる。これらの環境要因がヒメドロムシの生息にどのように関わっているのか明らかにする。②各地に固有の森林生態系が有する多様なサービスを解明する一環として、日本列島各地の多様な森林に広域分布する鳥類について生息環境に応じた繁殖に関わる生活史形質の種内変異を明らかにする。③森林における線虫類の多様性、それらの生活史を明らかにすることにより、潜在的有害種、潜在的有用種に関して、リスク評価、遺伝資源としての利用のための基礎情報とする。

方法：①3種のヒメドロムシ個体数への環境要因（底質構造・水深・流速・陸域からの距離）の影響を調べる。②ヤマガラは日本列島の森林に広く分布して生活史形質の地域変異が大きく、また、巣箱で営巣することから観察しやすく、生活史形質の変異についての研究材料として適している。しかし、島嶼など遠隔地での詳細な調査は巣箱営巣種でも容易ではない。そこで、巣箱内に設置する画像の簡易記録装置を開発することで、ヤマガラの分布の南限にあたる沖縄島での繁殖に関わる生活史形質について省力的に調査し、本州中部以北での過去の報告と比較した。③森林昆虫、節足動物からの線虫分離を行い、形態的、遺伝的（DNA マーカー）により、種同定を行い、宿主昆虫の生活様式から、線虫種の生活史を推測する。

成果：①夏場は、全体的には水深が浅く粗粒基質の場所で個体数が多くなったが、基質の好みは種やステージによって異なっていた。しかし、冬場は基質の粒径サイズ構造だけが成虫の個体数のみに影響を与えていた。これらの結果から、ヒメドロムシは、生息環境が少し変わるだけで生息しなくなると言える。ヒメドロムシは、簡単な調査で採集することができるため、川の環境を知るための指標として有用な水生昆虫になると考えられる。②沖縄島の子ヤマガラの生活史形質でとりわけ特徴的なのは早い初卵日と小さい一腹卵数だった。最も早い初卵日は推定で2月18日、初卵日の最も集中する時期は3月上旬で、いずれも本州での記録に比べて約1か月早かった。また、一腹卵数は平均3.7卵で過去に報告がある中で最も少なく、本州での平均に比べて2卵以上少なかった。初卵日と一腹卵数の緯度勾配は鳥類で広く知られているが、ヤマガラでも明瞭な緯度勾配が存在することが過去の報告と沖縄での結果から明らかになった。③木材食性昆虫全般、特にキクイムシ類とクマバチ属を対象に線虫分離を行ったところ、アフェレンコイデス科の線虫種が多数検出された。本科に関しては分類学上の問題点が多い系統群が複数あることから、全体を通した系統学的解析を行い、系統関係を整理した。この過程で、養菌性キクイムシ類から *Ruehmaphelenchus* 属の2新種を記載した。ホストのキクイムシとは、餌をめぐる競合、樹木侵入の際の補助（共生）、いずれの可能性も考えられるが、それらの点に関しては今後の課題である。

21. 1 イ cPF16 森林の生物多様性の分布形成機構の解明に基づく気候変動に適応的な保護区の提示

目的：生物多様性条約では締約国に対して、生物多様性を保全するための地域の設定（保護区）が求められているが、今後の気候変動が予想される今、保護すべきエリアが将来変化することを見越して設定する必要がある。しかしそのためには、（1）生物多様性の分布が気候変動とともにどのようにシフトするか？（2）生物多様性保全上重要な特殊地形環境は何か？（3）土地利用が種のプールをどのように損じているか？（4）植生を衰退させるシカなどの草食性哺乳類は気候変動にどのように応答し、生物多様性にどのような影響を及ぼすか？といった課題を解決する必要がある。近年、現在の生物分布が最終氷期以降の気候変動を経た今もなお、平衡状態に達していないという説が提示されており、とりわけ最終氷期にも氷床で覆われずに森林が存在していた日本では、生物分布のシフトが遅滞している可能性が高い。この問題の解明なくして将来を見越した保護区の設定はできない。本研究は、オープンに使用できる環境データと世界的にも稀有な日本の生物分布ビッグデータを活用して、以上の課題を科学的に解明・解決し、気候変動に適応的な生物多様性保護区を提示することを目的とする。

方法：日本においてすでに設置されている生物多様性の保護地域（以下、保護区）（具体的には、森林生態系保護地域、生物群集保護林、希少個体群保護林、緑の回廊、国立・国定公園、自然環境保全地域、世界自然遺産、ユネスコ生物圏保存地域、鳥獣保護区など）を主な舞台に、以下の4つの問いを設定する。1. 最終氷期に森林が分布していた日本において、その終了から約1万年後の現在、生物の分布およびその集合体としての生物多様性の分布は、すで

に平衡状態に達しているかのだろうか？ 2. 生物多様性保全上、地形的にどのような特殊な環境が重要だろうか？ 3. 保護区周辺の土地利用は、保護区内の生物多様性を確率的に維持できる状態だろうか？ 4. シカ個体群のサイズ・分布・摂食行動が気候変動とともにどのように変化し、将来の生物多様性にどのような影響を及ぼすだろうか？

成果：本年度は、前述の問い 1. に対応する生物分布と環境条件との平衡性に関する仮説を検証するための統計モデルを構築し、常緑広葉樹および落葉広葉樹を対象樹種として平衡性の程度の定量化を行った。その結果、多くの対象種で標高傾度では環境条件と平衡に到達しているのに対し、緯度傾度では 6 割程度の樹種で平衡に到達していない可能性が示唆された。

22. 1 イ cPS2 林業収益と公益的機能のトレードオフ関係の全国解析—環境配慮型集約化の提案—

目的：複数の森林の公益的機能を評価可能なモデルとして全国スケールで開発し公益的機能の最大化に向けた環境保全型林業の集約化を地域ごとに提案することを目的としている。そのために既存のモデルを拡張し、間伐が各種機能に及ぼす影響、シカが下層植生の採食を通して表土保持に及ぼす影響、路網を起点とした表土流出を新たに考慮することが可能な将来的な森林構造として予測するシナリオを比較することにより、林業収益と公益的機能の経済価値のトレードオフ関係を評価する。本プロジェクトでは森林の変化を予測する既存のモデルを拡張し、間伐が森林の各種機能に及ぼす影響、を検証する部分を担当している。

方法：すでに提案されている森林の発達を予測するモデル（“old growth index model”）を人工林に適用し間伐の効果を考慮した上で将来的な森林構造を予測するモデルを構築する。データは森林生態系基礎調査第四期のデータセットを用いる。

成果：本年度は、日本全国のスギ人工林を対象に林齢に伴う植栽樹種の成長を予測するモデルを構築し、さらにそれらを説明変数として複数の間伐シナリオを考慮して、人工林内に定着した広葉樹の成長を予測した。その結果、国内の多くのスギ人工林において、広葉樹の将来的な成長は期待できず、将来的な広葉樹の成長を促すためには強度の間伐が必要ながモデルによって示された。

23. 1 イ k1 長期観測試験地に基づいた森林動態のモニタリング

目的：山村地域における林業の担い手の減少や高齢化などにより、林業経営が厳しい状況となっている。それに伴い、間伐が十分にされていない人工林の過密林分が増加している。このような人工林を手入れせずにそのまま放置すれば、木材を生産する機能や水土保全機能などが損なわれる恐れがある。そこで、間伐遅れの過密林分に対して異なる強度で間伐を実施し、その後の残存木の成長への影響を検討する必要がある。

方法：京都市醍醐国有林において、2009 年に設置した間伐強度の異なるスギ林試験地（無間伐、25 % 間伐、50 % 間伐、75 % 間伐、多雄花 50 % 間伐、通常 50 % 間伐）において、個体の周囲長（GBH）の測定を行い、間伐強度の違いが成長に与える影響について検討した。

結果：2023 年 2 月の調査では、各試験区の個体のサイズの平均値は、75 % 間伐区が最も大きく（GBH = 109.6 cm）、間伐率の増加に伴いサイズが大きく、成長量も高かった。一方、間伐率の低い林分では、枯死個体が増加し成長量も低かった。75 % 間伐区でも、林冠が閉鎖しつつあり、成長量は間伐実施直後よりは減少していた。

24. 1 ウ a1 水循環・物質循環が関与する森林の機能の評価技術の開発

目的：森林およびその周辺環境の変化が森林の物質循環に及ぼす影響を評価するため、物質循環に関わる諸要素を観測に基づき定量的に測定、推定するための手法、技術を開発する。

方法：京都府木津川市山城水文試験地において 1 か月に 2 回程度の頻度で渓流水を採水し、pH、EC および溶存成分濃度を測定する。また、2018 年 1 月末頃に本数率 30 % の間伐が行われた竜ノ口山森林理水試験地南谷中流部の 34 年生ヒノキ人工林において、間伐後の林内雨量の変動実態を調べる。

成果：山城水文試験地においては、8 月の降水量が少なく、したがって流量も少なかったその時期に採取した渓流水試料が pH、EC とも年間で最も高い値を示した。また、山城水文試験地で得られた過去の渓流水水質データを整理し、

森林総合研究所の他の理水試験地で得られた同様の観測値と比較した結果、他の試験地に比べて EC がやや高く、溶存成分濃度が全般に高かった。これらのことから、山城水文試験地は温暖で降水量が少ないために蒸発散によって溶存成分が濃縮され、その傾向は特に降水量、流量が少ない時期に顕著になると推察された。また、竜ノ口山森林理水試験地の間伐実施林分においては、間伐により 25 % 前後から 45 % 前後に増加した林冠の開空度は、間伐後 3 年目に間伐前のレベルとなったが、4 年目に大きく変動し、5 年目に至って間伐前と同程度の 25 ~ 30 % の季節変動で安定的に経過した。2 か月合計での林内雨の推移をみると、間伐後の約 2 年間で緩やかに減少し、3 年目以降は比較的安定して経過しているとみられた。間伐直後は樹冠通過雨量 85 % 前後、樹幹流量 7 % 前後であったものが、2022 年には同順に 76 % 前後、5 % 前後となっている。一方、2018 年は西日本豪雨等による多雨年、2022 年は例年でない寡雨年であった。温暖寡雨な瀬戸内海式気候下では、毎年の降水量の変動が大きく、その影響が傾向に反映されている可能性も考えられるため、今後の観測によって検証していきたい。

25. 1 ウ aPF7 気候変動への適応に向けた森林の水循環機能の高度発揮のための観測網・予測手法の構築

目的：気候変動や豪雨・旱天によるリスク評価に備えるため、森林における水循環過程の多地点・多要素のデータベースを構築する。

方法：山城水文試験地および竜ノ口山森林理水試験地において降水量と流出水量および微気象要素の観測を行う。さらに山城水文試験地では、渦相関法により大気の水蒸気・CO₂ フラックス連続観測を行い、あわせて土壌水分条件の観測及び解析を行う。また、豪雨時の渓流水を採取して懸濁物質の動態を観測するとともに、採水地点付近の水温・地温を測定する。懸濁粒子の濃度は孔径 0.7 μm のガラス繊維フィルターを用いて吸引ろ過後、105 °C の定温で 2 時間熱して放冷後重量を測定し、さらに 550 °C で 1 時間電気炉を用いて熱して放冷後減量を測定し、それぞれ供試水量で除して単位水量当たりの全懸濁物質濃度および懸濁有機物濃度を算出する。竜ノ口山森林理水試験地では、水循環のエネルギー源となる地表面熱収支の主要素である全天日射量観測の低コストな多地点展開を想定して廉価機種の精度を検証する。

成果：山城水文試験地では、観測タワー上において水蒸気フラックスのオープンパス型、エンクローズドパス型のアナライザーによる比較観測を連続的に行った。また、流出量のデータを用いて、タンクモデルの貯留量と土壌雨量指数の比較を行ったところ、タンクモデルの貯留量はイベントの総雨量または最大降雨強度に応じて増加する傾向があり、タンクモデルの貯留量の増加する割合は、第三紀層<古生層<花崗岩<火山岩の順番で高い値を示した。また、採水地点付近における深さ 10 cm の地温、水温を観測した結果、2019 ~ 2022 年にかけての日平均値は、地温が 5 ~ 29 °C、水温が 2 ~ 23 °C の範囲内で推移することがわかった。2022 年における渓流水の採水は 4 月から 11 月までの期間に生じた 5 回の強雨イベントで行った。期間内最大の出水となった 8 月 17 日の出水におけるピーク時の懸濁粒子と懸濁有機物の濃度は、それぞれ 2,300 mg L⁻¹ と 400 mg L⁻¹ 以上を示した。その他のイベントでは、同順にそれぞれ 120 mg L⁻¹、50 mg L⁻¹ 以下と小さかった。全天日射量観測における廉価機種の検証においては、ISO 9060 class C の SR05 (Huksflux) を基準として、廉価な ML01 (英弘精機) と SLIB (Onset) の 3 台で同時観測を行った。データロガーの都合で ML01 は 1 秒スキャン、SLIB は 5 秒スキャン、SR05 は 3 秒スキャンのそれぞれ 10 分平均値となったが、ML01 と SR05 の観測値を比較すると、10 分値でも日値でも分散の小さい直線的な関係が確認された。ML01 と SLIB の観測値を比較すると、ML01 の出力は平均して 10 % ほど大きく、10 分値の比較では分散が大きかった。ただし、薄明・薄暮の検出精度低下や低日射時の過小評価を回避するためにはセンサー電圧分解能の高いデータロガーが必要と考えられた。

26. 1 ウ aPF17 森林内における放射性物質実態把握調査事業

目的：2011 年 3 月の福島第一原発の事故により、各種の放射性物質が飛散した。落葉層及び土壌には高濃度の放射性セシウムが長時間蓄積されることが指摘されている。それらが渓流中に流れ込むことによって、溪流の生物に影響を及ぼし、ひいてはヤマメやイワナなども放射性セシウムに汚染されるため、人間の食生活にも影響がでる。本研究では、溪流中の主要な要素である藻類・リター・砂について、現時点での放射能汚染の実態を把握することを目的

としている。

方法：事故後に設置した川内村の調査地（A、B、C）において、モンカゲロウ科、藻類、リター、砂を採集し、放射性セシウム濃度（Cs-137）を測定した。

成果：Cs-137の平均値はA地点、B地点、C地点の順に砂：100 Bq/kg・290 Bq/kg・325 Bq/kg、リター：637 Bq/kg・1284 Bq/kg・473 Bq/kg、藻類：121 Bq/kg・755 Bq/kg・1581 Bq/kgであった。モンカゲロウ科は、それぞれ805 Bq/kg・455 Bq/kg・495 Bq/kgであった。一年前の結果と比較すると微増であった。

27. 1ウ aPF23 微生物を含めた環境トレーサーで古生層山地小流域における斜面地下水動態を探る

目的：斜面水分動態の観測を開始するとともに、水質・微生物情報取得のルーチン化を図る。

方法：竜ノ口山森林理水試験地南谷において、斜面土壤水分を観測し、渓流水等の試料を採取して主要化学成分等を分析する。

成果：2022年は例年になく降水が少なく推移した。このため斜面土壤は基岩風化帯を含めて乾燥が進み、地下水位は降水に対する反応が弱まりながら低下していった。マトリックポテンシャルの値は、斜面上部では深さ1.5 mに至るまで降雨時以外-100 kPa以下で経過した。また、例年-50 kPa以上で推移する斜面中部では9月以降表層40 cmの深さまで-100 kPa以下に達するようになった。斜面下部でも10月下旬には深さ20 cmで-50 kPa以下の低下を観測するようになった。8月中旬の低水時に斜面土壤水分観測点付近の表土と井戸底の土、および量水堰堤直上の渓流水を採取し、細菌叢解析をすると、古細菌の比率は普段水面の無い斜面上部井戸底と渓流水で高いことがわかった。ただし、井戸底ではアンモニア酸化・中温タイプと比定されるクレン古細菌、渓流水ではクレン古細菌への寄生に特化したとされるナノ古細菌が主体という違いが認められた。低水時の渓流水はSiO₂濃度が高めかつ安定した値を示しており、ナノ古細菌比率も高いことを合わせて考えると、地下水帯起源であることが示唆された。

28. 1ウ aPS2 放射能汚染地域の林業再生に関する技術開発

目的：原発事故後、林業が再開されていない地域において、放射性物質の低減に効果のある広葉樹林及び人工針葉樹林の管理・更新手法を提示する。管理・更新手法の比較検討では林齢の影響と原発事故の直接汚染の影響を分離する必要があるため、放射性セシウムの面移行係数に及ぼす林齢の影響を明らかにする。

方法：福島第一原発事故の直接的な影響のない地域で、スギ、コナラを対象に、葉の¹³⁷Cs面移行係数を測定して、面移行係数と林齢の関係を明らかにする。

成果：林齢が面移行係数に及ぼす影響を解明する調査を岩手県の候補地（小岩井農場）で実施可能か検討した。候補地は原発事故による¹³⁷Cs降下量がグローバルフォールアウト（GFO）降下量とほぼ同等であることが推定されたため調査実施を断念した。原発事故影響がなく、GFO降下量が多い地域として北陸地方を選び、富山県のスギ林及びコナラ林で予備調査を実施した。土壤¹³⁷Csは表層（0～10 cm）に分布のピークがあった。コナラ葉では¹³⁷Csを測定できたが、スギ葉では当年葉と旧年葉ともに検出限界以下であることが判明し、スギの面移行係数はコナラの1/10以下であることが推定された。

29. 1ウ aTF2 新型コロナウイルスによる経済活動の減速が森林域の大気汚染物質動態へ及ぼす影響評価

目的：新型コロナ発生前、発生中、収束後のモニタリングデータに基づいて、実際の森林への大気汚染物質流入の変動及び森林生態系内の物質動態への影響を経時的に比較・検討し、コロナ禍による経済活動の低下に伴う大気環境の変化に森林生態系がどのように応答するかを明らかにする。

方法：首都圏の人間活動の影響が大きい森林域（TSR）、中国経済の活発化に伴う越境大気汚染の影響が大きい日本海側の森林域（HKR）、都市域から離れた清浄地域の森林域（OMR）の3地点において降水・渓流水質モニタリング及び森林生態系内の物質動態モニタリングを実施する。

成果：3地点における窒素、硫黄の年間流入量はコロナ禍前に比べて5～35%減少し、中でも越境大気汚染の影響が大きいHKRの減少率が大きかった。HKRの降水量、流出量および水質観測データは、2018年以降の年総負荷量は、

ほとんどの水質項目で減少傾向を示したため、年降水量 1000 mm 当りの総負荷量で比較したところ、2021 年は全ての水質項目で最小値を示した。ただし、この結果がコロナ禍による経済活動の減速を直接反映しているかははっきりしないため、継続して観測を行う必要があると考えられた。

30. 1 ウ b1 森林の山地・気象災害軽減技術の高度化

目的：崩壊の発生源となる移動体内やその根系の特徴を明らかにし、崩壊防止機能を損なわない森林施業の考え方を示す。

また、過去の森林利用の違いが土砂流出に影響する地形の範囲を明らかにする。

方法：崩壊の発生源となる移動体内の根系発達や移動体の変位に関わる 6 種類の試験の準備を行った。また、森林利用の程度が違う斜面で簡易貫入試験を行い、地盤内の強度変化を調査した。

成果：①移動体の変位と根系形状の発達を観察するため、傾斜 30 度、深さ 160 cm、厚さ 2 cm の根箱を 6 箱作成し、スギの実生苗 1 年生を植栽し育成した。従来、根系は鉛直根の効果が高いと考えられているが、尾根側に発達する斜出根は地表面に対し直角に出るため、斜出根の効果も大きいと考えられた。②傾斜と移動体の変位が、根量へ及ぼす影響を検討するために、水平と 35 度に傾斜した苗木を約 220 本鉢植えに植栽し、育成した。傾斜した苗木の方は、アテが形成されるため地際直径が太い傾向が見られた。地際直径が太いほど、太い根が形成されるため、平地よりも傾斜地の方が根系の崩壊抑制効果は高いと推定された。③斜面の傾斜が根量に及ぼす影響を明らかにするため、4 種類の傾斜の異なる鉢植えにスギを植栽した。現時点で、傾斜が 30 度を超えると地際直径が太くなる傾向が見られる。④斜面勾配が根系の形態に及ぼす影響を明らかにするため、5 種類の傾斜の異なる根箱を作成し、育成中である。⑤移動体の変位が立木の向きに及ぼす影響を明らかにするため、傾斜可変の長さ 180 cm、幅 30 cm の水槽を作成した。また、土層変位を可視化する色砂マーカーの配合を明らかにした。⑥移動体の土層の特徴を明らかにするため、崩土の土性に関する試験を行った。その他、⑦森林管理局等へ林地の災害リスクの基礎知識に関する講義を行い、現場技術者と林業での適用の可能性を聞き取りながら、崩壊防止機能を損なわない森林施業の考え方を 220 頁の資料にまとめた。

過去にはげ山化した斜面では、土層と基盤岩を境として、基盤岩で強度が著しく大きくなった。凸型の斜面では、土層が発達していない領域がいくつかの場所でみられた。それに対して、森林利用の程度が小さかった凸型の斜面では、土層と同等の強度にまで低下した基盤岩が発達する場所があった。現在は森林に覆われていても、過去にはげ山であった場所では、軟弱な基盤岩までもが降雨時に流出した可能性がある。

31. 1 ウ bPF19 土層の生成から流出までの循環過程にもとづく新しい山地保全技術の開発

目的：土層の生成速度をより確からしく評価するために、宇宙線生成核種の生成率の新しい補正方法を生成速度の計算に取り入れる。

方法：新しい方法論に関する文献を調べ、その概念を土層の生成速度の計算に組み込み、公表された速度と比較する。

成果：新しい方法論には、核種生成率の変動に影響する古地磁気強度や太陽変調の効果が含まれている。過去の変動の影響が対象とする時間スケールで平均化された補正係数が、核種生成率の計算のために使われ、これはオンライン上で計算可能である。新しい方法論を用いて計算された土層の生成速度は、これまでに公表されたものと比較すると、約半分になることがわかった。

32. 1 ウ k1 森林における降水と溪流水質のモニタリング

目的：都市域から排出された環境負荷物質が降雨を介して森林に流入していると考えられる京阪神地域の都市近郊林において林外雨と溪流水の主要溶存成分のモニタリング調査を行い、化学特性の変化及び各溶存成分の流入量、流出量を明らかにし、森林から流出する溪流水質に対する都市域から排出された環境負荷物質の影響を評価することを目的とする。

方法：林外雨と溪流水のモニタリングは近畿中国森林管理局京都大阪森林管理事務所管内北谷国有林内の山城水文試験地（京都府木津川市、34° 47' N、135° 50' E）で行う。林外雨は観測タワー上部に設置した直径 21 cm のポリロー

トで受け、10 L ポリタンクに貯留、採取する。渓流水は、源頭部付近で常時流水のある地点に設けた定点で採水する。林外雨と渓流水の採取は月1～2回程度の頻度で行う。採取した林外雨、渓流水サンプルは実験室に持ち帰り、pH、電気伝導度（EC）、溶存成分濃度を測定する。各溶存成分の流入量は試料ごとの濃度と林外雨量の積を一年分積算して算出する。渓流水からの各溶存成分の流出量は、各溶存成分濃度と採水時の流出水量を用いて流出水量と各溶存成分の流出量の関係式である L-Q 式を作成し、その L-Q 式により各溶存成分の日流出量を算出し、これを一年分積算して算出する。

成果：研究資料を参照。

33. 1ウk2 森林水文モニタリング

目的：森林総合研究所の森林理水試験地は降水・流出に関する基盤的モニタリングサイトである。森林生態系や林業経営の時間スケールに見合う長期連続観測により高い精度で蓄積してきたデータは、洪水や渇水等、水に関わる森林機能に対する行政需要や社会的関心に応える、他に類例のない貴重な観測資料となっている。基盤的観測資料としての意義と価値をいっそう高めるために、各試験地における高精度の観測を継続するとともに試験地の維持管理業務を着実に推進し、データベースの充実に努める。

方法：竜ノ口山森林理水試験地北谷・南谷における流量観測及び岡山実験林における気象観測を継続し、記録データを収集・整理するとともに、試験地の施設・機器・周辺環境の状況を定期的に把握し、観測精度を維持する。

成果：2022年の月降水量は平年と比べ、3・8・11月に3～35 mm上回ったほかは13～80 mm下回った。年降水量885.7 mmは、1937年観測開始以来8番目に少ない。この影響で月流出量はすべての月において、北谷で5～63 mm、南谷で4～66 mm平年を下回った。特に北谷では、10月以降の月流出水量が1 mm未満となった。北谷におけるこうした状況は、86年間の観測で10月としては2007年以来2回目、11月としては2002、2007年に続く3回目、12月としては初めてである。北谷62.8 mm、南谷59.5 mmの各年流出水量は、欠測のあった北谷7か年、南谷6か年を除いて、いずれも観測史上2番目に少ない。この結果、年流出率は北谷7.1 %、南谷6.7 %となり、いずれも観測史上の最低値を更新した。

詳しくは研究資料を参照。

34. 1ウk3 森林気象モニタリング

目的：森林における二酸化炭素・水蒸気交換量及び各種微気象環境要素（温度・湿度・日射量・降水量等）の観測を行い、大気二酸化炭素濃度の増加や温暖化等の気候変動評価のためのデータを蓄積する。

方法：山城水文試験地（京都府北谷国有林）内に建てられた微気象観測タワーおよび観測施設において、各気象要素及びフラックスを長期連続モニタリングする。

成果：長期連続測定に向けて、本来は高精度二酸化炭素濃度測定に必要である参照・校正用ガスの消費量がより少ない観測システムを構築し、気象観測と渦相関法による生態系の正味 CO₂ 交換量・水蒸気フラックスの連続観測を実施した。また、観測タワー施設等の点検や安全器具の交換等のモニタリング環境整備を行った。

35. 2アa1 造林・育林技術の実証とシース創出に向けた研究開発

目的：国内の広葉樹資源の循環利用に向け、広葉樹伐採後の更新技術の確立が急務である。そこで、切り株から発生する萌芽による更新の実現可能性の評価を試みることで、研究シースの創出を図ることを目的とした。

方法：森林総合研究所関西支所構内の苗畑に植栽されたブナ科樹木の伐採後の切り株を対象に、萌芽枝の起源である潜伏芽の非破壊的観察を試みた。

成果：切り株を非破壊的に観察した結果、樹皮下まで伸長している潜伏芽を特定することができた（研究シースの創出）。これを受け、中長期計画の遂行に向けた新たな研究プロジェクトの立案・申請を行った。

36. 2 ア aPF1 成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発

目的：人工林の主伐と植栽による更新を確実にし、資源の循環利用を進めるためには、造林・保育作業全般を省力化・低コスト化するための技術開発が重要である。本研究では、(1) 成長に優れた苗木の育苗技術の高度化、(2) 低コスト初期保育技術の開発、(3) 成長に優れた苗木による施業モデルの構築、により、植栽後に性能を確実に発揮させるための育苗方法・出荷規格の確立と GIS 及びリモートセンシング技術による立地評価に関する技術を開発する。

方法：造林地内における苗木と雑草木の競合状態をドローン空撮画像から推定する手法を開発し、現場データを用いた抽出精度や既存の競合指標の汎用性を検証した。コンテナ育苗時の元肥の肥効期間と量がスギの成長に与える影響を調べるために、森林総合研究所関西支所の苗畑（京都府京都市）において、溶出タイプが100日、180日、360日の肥料（N-P-K=16-5-10）をそれぞれ3 g/L、6 g/L、12 g/L 混和し、150 cc コンテナでスギ毛苗を1年間育苗し、成長を比較した。グルタチオンをスギ母樹に施用し、種子の充実率、発芽率、発芽後の初期成長への影響を調べた。

成果：ドローン空撮画像を解析した結果、背丈の低い雑草が繁茂している場所で推定精度が低かったが、色と高さを合わせて評価することで精度が改善することが明らかになった。施肥試験では、どの溶出タイプでも肥料の量が多いほど肥効が続いたが、元肥の溶出タイプや量によって実際の肥効期間が異なり、それに応じてスギコンテナ苗の成長量も異なることがわかった。スギ母樹へのグルタチオン施用試験では、球果あたりの種子数や充実率には年や系統による違いがあり、今後も様々な条件を検討する必要性が示唆された。

37. 2 ア aPS2 広葉樹利用に向けた林分の資産価値および生産コストの評価

目的：日本の森林面積の約半分が広葉樹林で、蓄積は15億 m³以上の資源量がある。しかし、国内の素材生産量のうち広葉樹の占める割合は約1割に過ぎず、生産された広葉樹材の9割以上が安価なチップとなっている。そこで、日本の広葉樹林の有効活用の可能性を検討するために、林分構造が複雑な広葉樹林について、空から資源量を把握する技術開発と、実際に市場で取引された広葉樹の原木価格を基準に広葉樹林の林分価格の推定を行うことを目的とした。

方法：時系列衛星データと多地点の地上調査データを利用して、広葉樹資源量を広域で推定した。西日本の里山林でよくみられるコナラを対象に、ドローンから撮影した画像と機械学習を組み合わせ、樹冠位置の抽出を行った。実際に市場で取引された広葉樹の原木価格を基準に、全国の多地点の毎木調査データから林分価格を推定し、林分価格に影響する要因を検討した。

成果：様々な時期に観測された時系列の人工衛星画像を用いることで雲の影響を除去し、東北地方と近畿中国地方において、1 km 四方に区切ったメッシュごとの広葉樹資源量を地図化できた。異なる季節に撮影したドローン画像を解析に用いることによって、落葉広葉樹や針葉樹、常緑広葉樹が混交する里山林の中から、機械学習によりコナラの樹冠を高い精度で検出できた。林分価格に影響する要因を検討した結果、大径木の有無が強く影響し、特に胸高直径80 cmを超える大径木が存在する場合、その木一本で林分価格がほぼ決まることが明らかとなった。

38. 2 ア aPS3 適地適木植栽のための乾燥耐性評価に向けた小型苗のキャビテーション抵抗性の非破壊的測定法の確立

目的：広葉樹及び針葉樹の小型苗を対象に、乾燥ストレスにより道管及び仮道管内で生じる空洞化現象（キャビテーション）を光学的に捉え、キャビテーション抵抗性を非破壊的に定量化する手法を確立する。

方法：自作したリーフクランプに枝付きの葉もしくは幹木部を固定し、その器官が自然乾燥する過程をインターバル撮影し、差分画像から道管もしくは仮道管内に生じたキャビテーションを検出した。個体の乾燥の程度は幹木部に貼り付けたサイクロメーターで観測した。

成果：個体が乾燥するにつれてキャビテーションの発生を確認することができた。葉脈でキャビテーションが発生するタイミングは、同時期に実測した葉の通水コンダクタンスが低下するタイミングよりも早かったことから、葉の通水コンダクタンスの低下は、キャビテーションの発生に先立って起こることがわかった。針葉樹を対象に行った実験では、光学法により得られたキャビテーション抵抗性は従来の手法から得られたキャビテーション抵抗性の結果と概ね一致していることが確認された。

39. 2 ア aPS5 竹林はどのように開花・枯死し回復するのか

目的：減多に開花しない竹林の開花期から開花後回復期における生態特性を明らかにする。

方法：プロジェクト前から設置しているハチク、モウソウチクの開花林（主に、高知県土佐市、兵庫県姫路市、京都市、静岡県三島市）において、開花率の割合や結実量の年次変動を継続調査する。

成果：ハチクでは一斉開花後、結実に失敗しているものの生残した地下茎から再生竹（ひこばえのようなシュート）が出現し、再生竹を起点とした更新 or 消滅が考えられた。モウソウチクでは、野外で部分（小面積）開花、圃場環境下で一斉開花を確認し、いずれのケースでも種子や実生は認められたものの、実生更新の可能性は極めて低いことがわかった。

40. 2 ア aTF1 スギ・ヒノキの着花習性の解明および着花評価技術の開発

目的：スギ人工林において、間伐強度が雄花の着花量に与える影響について明らかにすることを目的とする。

方法：京都市醍醐国有林において、2009年に設置した間伐強度の異なるスギ林試験地（無間伐、25%間伐、50%間伐、75%間伐、多雄花50%間伐、通常50%間伐）において、目視によるスギ雄花着花量の評価（A：陽樹冠全体に豊富に着花、B：陽樹冠全体にまばらに着花、C：樹冠の一部に着花、D：着花なし）を行った。

成果：2023年2月の調査では、例年と比べて雄花着花量が少なく、多雄花間伐区と、通常間伐区では前年よりも着花指数が低かったが、間伐率が高いほど着花量が多い傾向であった。一方、無間伐区では他の区に比べて着花量は少なかった。

41. 2 ア c1 持続的な林業経営および森林空間利用のための評価・計画・管理技術の開発

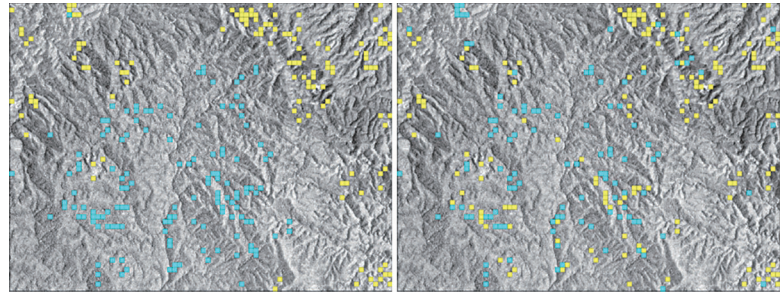
目的：本課題は、持続可能な林業経営を実現するために、リモートセンシング技術を活用した新たな森林資源評価や計画・管理技術を開発し、さらに、観光、健康、教育等の多様な森林空間利用ニーズの特徴と効果を解明し、また、その利用のための計画・管理技術の高度化を行うことを目標とする。今年度は、新たな森林資源評価技術として、深層学習（Deep Learning）を用い、更新年が不明な老齢天然林の空中写真の画像を細区分する方法の開発を進めた。

方法：国有林森林生態系保護地域が広がる沖縄県国頭村の普久川上流の南北3km×東西4kmの範囲をテストエリアとした。空中写真は、戦後の乱伐前の1946年に沖縄島北部の天然林を写した米軍撮影空中写真M57を選択し、その1m/pixelのオルソ画像を50m×50mに分割したものをを用いた。深層学習は、オープンソースライブラリのKerasを用い、CNN（Convolutional Neural Network：畳み込みニューラルネットワーク）法で行った。今回は、林相区分を更新年が不明な老齢天然林の細区分ではなく、肉眼でも分類しやすい人為的な“攪乱あり”（＝天然林を開墾・伐採した跡、もしくは人工造林した土地）と“攪乱なし”の2分類とし、用意した分割画像4,800セル（＝南北60セル×東西80セル）の中から“攪乱あり”と“攪乱なし”を目視判読によりそれぞれ435セル（合計870セル）を抽出し、その中からランダムに選んだ7割（609セル）で学習し、残りの3割（261セル）を分類推定する形で10回行った。

成果：分類の推定精度は試行ごとに0.44～0.73の間で変動し、正答率が低い場合も多く、安定しなかった。また各回の試行で“攪乱あり”と判読されたセルに対する推定の正答率が比較的高かった一方で、“攪乱なし”と判読されたセルの推定結果は誤分類が多かった（図1及び図2）。今後、誤分類の原因を個別画像で確認し、分類精度を改善する必要がある。

判 読	推定		
	攪乱あり	攪乱なし	総計
	攪乱あり	攪乱なし	総計
判読あり	88	49	137
判読なし	22	102	124
総計	110	151	261

図1 分類精度 0.73 のときの混乱行列

図2 分類精度 0.73 のときの判読結果（左）と推定結果（右）
（黄色：“攪乱あり”、水色：“攪乱なし”）

42. 2ア cPF12 管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発

目的：山地災害の発生メカニズムを解明し、その危険性を航空機レーザ測量で得られた地形や林況の情報で評価することにより、市町村が管内の私有林人工林の中から経営管理が行われておらず山地災害の危険性の高い森林を抽出して施業方針を示す一連の手順を提案する。

方法：①茨城県常陸太田市の急傾斜の丘陵地斜面において、地表面から基岩までの土壌断面を作成し、断面の構造を調べる。宇宙線生成核種の分析が可能と判断された場合には、土層直下にある基岩から分析用の岩石試料を採取する。②航空機レーザ測量データから生成した林冠高画像に対する画像処理を行い、樹頂点抽出を行う。樹頂点の抽出結果を利用して本数密度と平均樹高を推定する。また、航空機レーザ測量の点群データを樹木個別別に区分し、点群の統計量から平均枝下高を推定する。③各種の間伐、針広混交林あるいは広葉樹林への誘導技術、および災害に強い森づくりに関する各種報告書やパンフレットなどの文献を収集し、これまでに得られている知見や事例を整理する。また、間伐と樹木形状についての過去の文献レビューや現地調査から得られた事例を検証し、管理優先度が高い森林における施業法の検討を進める。

成果：①調査区画内において、基岩までの深度が異なる 10 地点で土壌断面を作成した。どの地点でも、土粒子の大部分は基岩の花崗岩から生成されたものであり、宇宙線生成核種の分析が可能な粒径と量の石英粒子を確保できることがわかった。そのため、深さ 22 cm から 123 cm の範囲で、分析用の試料を採取した。②樹頂点の抽出結果から本数密度と平均樹高を推定し、実測値と比較した結果、本数密度を過少に推定するものの、平均樹高を精度よく推定できることが確認された。個体の点群データから平均枝下高を推定したところ、バイアスが 2 m 以上あるものの、ばらつきは小さいことが明らかになった。現地調査のデータに基づきバイアス補正を行えば誤差を小さくできるので、航空機レーザ測量によって平均枝下高を推定可能であると判断できた。③“間伐率”、“直径”、“樹高”のキーワードで Google scholar 検索してヒットしたスギ・ヒノキ林を対象とした文献を収集し、これらのうち、105 本の文献から 673 林分を対象に間伐と樹木形状に関わるデータを抽出し、間伐の効果と樹木の形状の関係を解析した。本研究では形状比と樹冠長に着目した解析を行った。その結果、形状比の回復については、特に若齢林において間伐の効果が期待できない場合もあるが、樹冠長については間伐による樹木間距離の増大に伴う回復が明確に示された。

43. 2ア cPF14 消えつつある草原コモンズを再生するための管理形態と社会システムの提示

目的：長期にわたって火入れや放牧、草刈りなどの人間活動によって維持されてきたと言われる半自然草原は、この百年余りの間に全国各地から急速に減少してきた。半自然草原の減少に対する自然的・社会的要因を解明する。伝統的な半自然草原の管理手法を明確にするとともに、今後も維持管理を継続するための新たな手法、社会システムのあり方を提示する。

方法：長野県木曽町開田高原を対象にして、過去から現在までの草原面積の変遷を明らかにする。開田高原に関連する絵図、地形図、空中写真を収集し、デジタル化して GIS に取り込み、草原に関する情報を読み取る。木曽町と合併する前の開田村の草原、原野などに関する統計データを収集する。

成果：インターネットで公開されている絵図、地形図、空中写真のデジタルデータを収集した。GIS に取り込んだ地形

図は、草原に関する地図記号に基づき地目の境界を読み取り、草原の範囲のポリゴン化を進めた。現時点で収集できた長野県市町村提要、長野県統計書、農業センサス、西筑摩郡誌などの統計資料によると、1960年代あたりから開田村の草原面積は減少傾向を示した。

44. 2ア cPF15 令和4年度森林情報の高度化推進に向けた条件整備等に関する調査委託事業

目的：人工林の齢級構成が高齢級にシフトしている中で、蓄積量などの森林情報に対して新たな知見を反映させるため、森林情報の高度化推進に活用できるデータの洗い出しや新たな解析用データの整備等を行う。

方法：解析に利用できるデータ整備のため、林齢や施業履歴が明確な長期モニタリング試験地において林分データを収集する。

成果：これまでに継続的にモニタリング調査を実施している三重県熊野市の収穫試験地において、159個体の樹高、枝下高、胸高直径を測定して記録した。記録したデータを集計して林分単位にとりまとめ、既存データとあわせて高齢級人工林の林分データとして整備した。

45. 2ア cTF1 新たなリモートセンシング技術を用いた効率的な収穫調査と素材生産現場への活用方法の提案

目的：地上レーザスキャナ（TLS）が普及して、林分調査に利用されるようになってきているが、樹高を過小に評価するといった課題も明らかになっている。そこで、TLSデータに対してさらに別のリモートセンシングデータを組み合わせる時に精度を高めることが可能かどうかを明らかにする。本年度はドローンによる空撮画像から生成した点群データを用いたケースを分析する。

方法：TLSによる単独の点群データから樹高を推定する。TLSとドローンの点群データを組み合わせて樹高を推定する。測高器を用いた従来の調査法による樹高データを利用して、樹高推定値の精度検証を行う。

成果：熊本県内の吉無田国有林内の4つの方形プロット（平均樹高20 m程度）で収集したデータを用いて樹高推定値の誤差を比較した。TLSデータから推定した樹高推定値のバイアスとRMS（Root Mean Square）誤差はそれぞれ-2.31 mと2.71 mであった。空撮データから得られる点群データを組み合わせる場合、樹高推定値のバイアスとRMS誤差はそれぞれ-0.28 mと0.78 mと小さくなり、樹高推定値の精度を高めることができた。

46. 2ア d1 多様化する森林との関わりを支える社会経済的・政策的方策の提示

目的：多様化する森林と社会との関わりを支え、持続可能な開発目標（SDGs）に貢献するため、林業経営、地域社会、木材産業等の発展に寄与する社会経済的・政策的方策等を提示する。

方法：多様化する森林と社会との関わりを担保しつつ、林業・地域・木材産業の発展に寄与する政策的方策を探る観点から、2019年以降に実施されている施策「森林サービス産業」を実例に、その展開における意義や課題を明らかにする。

成果：森林サービス産業は、観光、教育、健康などの利用目的を軸に、多様化する森林と社会の関わりを反映することで、森林の有効活用を目指す施策である。その背景としては、近年の森林利用が、主に都市居住者による訪問・体感を前提に多様化してきた点を挙げることができる。反面、従来の育成林業や物質採取などの生活・生業利用は、その基盤である農山村地域の衰退に伴って位置づけが低下してきた。その結果、森林サービス産業では、都市居住者の森林との触れ合いの機会を増やす「新たなライフスタイルの構築」が、施策の主要な意義として位置づけられている。一方で、その施策の展開においては、本来、林業経営や地域社会の発展に重要な役割を果たすべき存在である森林所有者や、彼らを含めた地域住民の立場が、十分に考慮されているとは言い難い。今後は、森林サービス産業の受入にあたって、彼らが抱えるリスクを軽減し、そのメリットを増幅させる制度設計や研究展開が必要であること等を提起した。

47. 2ア dPF1 森林管理制度の現代的展開と地域ガバナンスに関する比較研究

目的：日本の森林管理制度の問題点を、欧州諸国の森林法制や森林管理の仕組み等との国際比較を通じて浮き彫りにし、

そこから日本林政の新たな発展方向を解明することを目的とする。

方法：日本及びイギリスの多面的な森林・緑地利用を担保する仕組みの解明にあたって、土地所有者、行政、生活者、訪問者といった利害関係者の立場や、その持続的な調整に向けての制度的現状を検証し、成果の取りまとめを行う。

成果：新型コロナウイルスへの対応のため、海外での実地調査が不可能となったが、以前のイギリスでの調査結果、及び日本の多面的な森林・緑地利用事例の調査に基づき、国際比較研究としての成果の取りまとめを行った。その結果、日本及びイギリスに共通していたのは、主に土地所有者をはじめとした森林管理・経営主体が、森林に対する社会ニーズの変化に柔軟に対応する「順応力」と、その変化に直面しても権限を放棄せず、目的や形態を変更しつつ森林管理・経営を継続していく「長期軸」を併せ持っていることが、個別の森林管理の長期性を担保する鍵であった。一方で、イギリスにおいては、他の関係者の立場を踏まえて、有効かつ持続的な利害調整を保障する仕組みが、法律、権利関係、公的な場等を通じて確立されているのに対し、日本ではそうした仕組みが殆ど見られず、主に土地所有者のパーソナリティに基づいて利害調整がなされてきた。この仕組みの存在が、個別の主体における順応力と長期軸の発現を促してきた可能性は高く、今後、日本においても適切な制度設計が必要となるものと考えられる。

48. 2 ア dPF3 アメリカにおける森林の多面的利用の制度的基盤の解明

目的：アメリカ合衆国における森林の多面的利用の発展を促してきた制度的基盤を、①保全地役権等の柔軟な土地権利関係、②各種の保障制度（助成金・税制優遇・関連保険等）、③多様なニーズの調整主体の役割に注目することで解明し、今後の日本等で、森林の有効活用による地域活性化を図るための方向性を導き出す。

方法：アメリカ合衆国での森林の多面的利用を促す各種の制度的基盤に関して、現地での実地調査を通じて、その実態を把握する。

成果：アメリカの保全地役権（Conservation Easement）の設定に伴う森林の多面的利用の担保に関して、東北部での実態解明に大きな前進が見られた。まず、保全地役権の設定は、その主要な保有主体であるランドトラスト（非営利土地保全団体）・行政機関と土地所有者の双方の働きかけに基づいて行われる。保有主体側は、森林の保全やレクリエーション利活用を目的とした寄付・ファンド獲得や助成政策がその設定の動機となる。一方で、土地所有者は、税制優遇措置や林地の維持がその動機となる。また、林地上のトレイルにおけるレクリエーション利活用を担保する制度として、トレイル地役権（Trail Easement）が、保全地役権とは別個に存在することも明らかとなった。

49. 2 ア dPF6 農山村地域における観光施設の遊休化が及ぼす地域社会への影響と観光イノベーション

目的：農山村地域における観光施設（別荘、ペンション、キャンプ場等）の「所有」「経営」「運営・管理」「立地」等の現状を把握し、適正な観光地として発展するための課題を整理するとともに、その実態を類型化し、ケーススタディを実施する。その結果をもとに、農山村の地域づくりの新たなスタイルの提案を行うこととする。

方法：観光施設のうち森林でのキャンプ場や他のレクリエーション施設を対象に、それらの森林利用の現状と、森林有効活用および地域活性化への寄与の可能性と課題を明らかにし、それらを踏まえた成果の取りまとめを行う。

成果：近年の日本では、キャンプ場を通じた森林利用が多様化した結果、その運営を通じた様々な森林の有効活用と地域活性化への可能性が生まれている。各地のキャンプ場では、林地、立木、森林空間が活用され、利用者向けの薪生産が、森林管理・経営の担い手確保を含めた、地域の林業経営の再編・発展を促した事例も見られる。また、それらがもたらす雇用の確保に加え、利用者のニーズを地域の経済効果、交流・関係人口の増加、地域資源の総合的・持続的な利用に結びつける形で、地域活性化が促されつつあることが明らかとなった。

50. 2 ア dPF13 科学的林業の受容と変容に関する国際比較研究：現場森林官が持つ仕事観に着目して

目的：森林の管理を実際に担う現場森林官が持つ仕事観から「森林を管理するとはどういうことなのか」を、歴史的展開が交差しつつも異なる展開をみせてきたドイツ、アメリカ、日本における現場森林官を対象に、共通のフォーマットを用いて森林管理という仕事に対する認識や価値観を調査し、その相違や共通性を実証的に解明する。

方法：近代林学を導入してきた各国の現場森林官が有する役割と仕事観について、総括的な整理と比較検証を行う。

成果：分担者として、アメリカおよび中国（中華人民共和国）の現場森林官の役割と仕事観についての整理・検証を担当した。その結果、アメリカにおいては、19世紀末から造園学や水土保持に関する知見を踏まえつつ、近代林学の導入が進められ、その中で、高度かつ多面的な知識・技術を持った森林をめぐる公平な調整者としての現場森林官像が確立されてきたことが分かった。また、このアメリカの森林官像は、当時の中国（中華民国）の森林官像にも大きな影響を与えており、第二次大戦後の中華人民共和国や台湾の森林政策や林学教育へと受け継がれていったことが明らかになった。

51. 2 ア dPF16 防災上管理優先度の高い路網判定技術の開発

目的：防災上、管理優先度の高い路網を判定する技術開発の観点から、森林路網情報のデータベース構築、及びそのGIS上での森林情報との統合を行い、森林路網評価システムとして社会実装することで、市町村の防災計画や森林路網整備計画の適正化を図る。

方法：CS立体図とAIの活用による森林路網情報データベースの構築を行った上で、GIS上で森林情報と統合し、携帯端末から即時に情報更新可能なアプリケーションとしての森林路網評価システムを開発すると共に、その社会実装を進める。

成果：岐阜県郡上市や鳥取県八頭町等において、森林路網評価システムの社会実装に向けての実現可能性と課題を検証した。その結果、木材生産等便益の反映は、現場においても路網判定にあたって有用だと認識されていたが、一般交通便益や防災を含めた各種の公益的な便益については、過去の災害情報や森林環境情報の反映では十分に網羅できない部分があることも指摘された。今後は、アプリケーションの利活用とフィードバックを通じて、これらの課題への対応策を練っていくことが必要になると予想できる。

52. 2 ア dPS3 EBPM 実現のための森林路網 B/C 評価ツールの開発と社会実装

目的：科学的なエビデンスに基づく政策立案（EBPM）実現に向け、森林路網の維持管理コストを含めた便益・コスト（B/C）評価ツールを開発し、評価ツールの試行的な社会実装を行う。

方法：森林路網の利用の現状と維持管理の実態についての整理を行うと共に、収集した森林サービス産業の経済効果に関するデータや路網活用事例に基づき、評価ツールへの反映を前提とした便益の導出を行う。

成果：主にレクリエーション・スポーツ活動を中心とした森林サービス産業による林道の利活用という点で、その便益とコストを想定し、評価ツールの開発に貢献した。その便益としては、大会・イベント開催等に伴う参加費収入、それによる地域経済効果、および全体的な経済波及効果が想定できる。また、それらの森林サービス産業の事業者・参加者が、自主的に林道の維持管理を実施することで、開設後の維持管理コストを削減できる可能性も明らかとなった。

53. 2 ア k1 収穫試験地における森林成長データの収集

目的：収穫試験地は、古いもので昭和10年代から国有林内に設定され、5～10年間隔で森林の成長を継続的に計測している固定試験地である。樹種は、スギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツ、エゾマツの5つを主とし、北海道から九州までの研究所（つくば）および各支所等が分担して計測している。こうした全国規模で長期継続調査は、日本では他に例がないため、収穫試験地等から得られる成長データは、わが国の森林資源の持続的利用にとって貴重な基盤データとなっている。第五期中期計画では、のべ約30か所の試験地について、収穫試験施行要綱に基づく立木調査を行い、森林の成長量、収穫量及び林分構造の推移に関するデータを収集することを目的とする。

方法：今年度は、入開山試験地（岡山森林管理署）と茗荷淵谷（三重森林管理署）の2か所を計測する。また、全国で過年度までに収集した成長データの整理と調査結果の公表を進める。

成果：研究資料を参照。

54. 2イ a1 樹木・林業病害の実効的制御技術の開発

目的：①森林病害線虫及びその近縁種線虫の識別、診断のための基礎資料の作成および潜在的利用可能線虫種の探索を目的とする。②サカキやヒサカキ、シキミは神仏用枝物として林地栽培の重要樹種であるが、様々な病害の発生が栽培の障害となっている。林地栽培のヒサカキに発生する未同定の枝葉枯れ症状については病原菌を確認しているが、病原菌の生態は不明な点が多いため、病原菌の分布範囲を調査した。

方法：①枯死木及びそれを利用する昆虫種、線虫被害の見られる罹病木の罹病部位及び一般流通する生物系資材から線虫の検出・同定を行い、一部のものは培養した。同定は顕微鏡観察に加え、主にリボソーム RNA の塩基配列を対象としたバーコーディングによって行った。本年度は、昆虫を中心に試料採集を行った。②ヒサカキの分布地において未同定の枝葉枯れ症状を探索し、分布地点を記録した。

成果：① *Pristionchus* 属細菌食性線虫の既知種、複数種に関して、国内初記録種をいくつか分離したほか、*Bursaphelenchus* 属の未記載種と考えられるものを未同定カミキリムシの蛹室から分離した。*Pristionchus* 属に関しては、種内変異の解析、*Bursaphelenchus* 属に関しては、新種記載を今後行う予定である。②ヒサカキの未同定の枝葉枯れ症状を示すヒサカキ個体は、ヒサカキが天然分布する関東から九州地方の地点で確認できたことからヒサカキ分布地では普通に発生する病害と考えられた。一方、本病を発見できない地点が多くあり、発病に何らかの環境条件が関与することが示唆された。

55. 2イ a2 森林林業害虫の実効的防除技術の開発

目的：カシノナガキクイムシにおいて、都市型ナラ枯れに対する防除技術を開発する。クビアカツヤカミキリ等の新たな害虫やきのこ害虫に対して、防除効果を向上させるための防除適期の解明や既知情報の整理を行うとともに、新たな防除技術開発に寄与する天敵の抽出等を行う。

方法：(1) クビアカツヤカミキリを実験室内で産卵させ、人工飼料で飼育したところ、飼育幼虫の中に、体色が急速に赤色ないし黒色に変化して死亡、腐敗する個体が現れた。昆虫病理研究者に同定を依頼した結果、*Serratia marcescens* の感染によるものであることが判明した。そこでクビアカツヤカミキリ飼育個体への感染割合の経過を調査した。(2) カシノナガキクイムシの分布域である三重県南部、京都府南部、沖縄本島北部のそれぞれから、ナガキクイムシ科のものと思われるフラスをサンプリングした。キレックス法により、これらのフラスから DNA を抽出し、昨年度開発した特異的プライマーを用いて、カシノナガキクイムシであるか否かを判別した。

成果：(1) 室内飼育は2021年7月～2022年6月に行った。初期の人工飼料摂食段階における死亡率は14.8%だったが、この段階では感染による死亡は認められなかった。その後の摂食終了～低温処理～蛹化に至る段階で77.5%の幼虫が死亡し、その大半が感染によるものではないかと推測された。最終的に蛹化まで至った個体は7.7%にすぎなかった。(2) rDNAの28S領域を対象とした判別方法によって三重県のフラスサンプルのみがカシノナガキクイムシに由来するものと判別された。一連の操作については、次に述べるように、その簡便性と有効性が確認できた。まず、採取については伐倒や昆虫採集などに拘わる許可申請の必要がなく、採取自体も極めて簡単で、専門的知識や道具を必要としなかった。また、常温での持ち帰りや宅配便によって運搬した後、下処理なしに-20℃の保存条件に保存しても十分に検出可能であった。

56. 2イ a3 森林林業害獣の実効的防除技術の開発

目的：本実施課題は、林業及び森林生態系に対して深刻な被害を起こしている野生動物を対象に、これからの人口減少社会を見据えながら、捕獲と防除を2つの柱として効果的で費用対効果の高い被害対策の体系化を目標としている。その中で、捕獲推進のために設置数が増えている足くくりわなを用いた捕獲実施により、捕獲対象外の動物種に対する錯誤捕獲の発生増加につながっていることが指摘されている。そこで、錯誤捕獲の発生および捕獲対象外の動物種に対する影響について検証する。

方法：府県の鳥獣被害対策担当者を対象に、錯誤捕獲の発生状況及び錯誤捕獲発生防止対策等について聞き取り調査を行った。

成果：ツキノワグマの錯誤捕獲件数を把握している府県は多かったが、その他のカモシカや中型哺乳類等に関する情報収集はほとんど実施されていなかった。実態把握のための情報収集体制の整備が重要であるが、そのためには捕獲事業の仕様書に盛り込む、報告様式を統一するなどの仕組みが必要との意見が多かった。錯誤捕獲防止対策としては、ツキノワグマを対象にした足くくりわなの構造についての規制や捕獲実施時期や場所の制限等の対策を行っている府県が多かったが、カモシカや中型哺乳類等を対象にした防止対策や技術開発等を行っている府県は少なかった。

57. 2 イ aPF2 鳥獣害の軽減と農山村の活性維持を目的とする野生動物管理学と農村計画学との連携研究

目的：これまで農山村集落の居住者が担ってきた被害対策としてのシカ捕獲を、林業従事者やシカを資源として利用する団体が主体となり森林管理の一環で実施するため現状把握および実態解明を行い課題抽出するとともに、実質的な管理モデルの構築と提言を行う。

方法：林業事業体を実施しているシカ捕獲事業を対象として、捕獲事業担当職員及び捕獲従事者に、作業工程や業務内容などの聞き取り調査を行った。

成果：捕獲従事者は、林業事業体職員や地元猟友会員などであった。捕獲方法は、ほとんどが足くくりわなであり、一部箱わなや囲いわなを使用している事業もあった。捕獲頭数等は事業実施地域の範囲やシカの生息密度などで異なった。被害軽減のためのシカ捕獲を効果的に実施するためには、実施地域の環境やシカ生息状況を事前に調査し、その地域に適した捕獲方法や捕獲期間を検討する必要があると考えられた。

58. 2 イ aPF7 ヒバ漏脂病に対する個体と林分の抵抗性機構の解明

目的：ヒバは抗菌活性の高い有用樹種であるが、ヒバの人工造林では「漏脂病」(ろうしびょう)が障害となっている。漏脂病は、植栽密度が高い林分で高発病率となる傾向が認められているため、間伐試験による発病率低下と環境要因の関係を明らかにすることを目的とした。

方法：野外のヒバ漏脂病発病林分で強度間伐を実施したことにより発病率に差異を認めた2林分間において、林内風速を計測した。

成果：間伐区の平均風速は無間伐区よりも大きかった。本試験地では、低本数密度の間伐区では発病率が低いまま推移したのに対し、高本数密度の無間伐区では発病率が増加している。平均風速の測定結果から、強度間伐による林内環境の乾燥が低発病率と関係する可能性が示唆された。

59. 2 イ aPF13 線虫をもって線虫を制する一捕食性線虫を用いた新規マツ枯れ制御技術の開発

目的：本課題で用いる線虫 *Seinura caverna* は、マツノザイセンチュウの近縁種であり、かつ、線虫捕食能を持つ。この線虫に関して、(1) 生理、生態、行動学的基礎情報を得ることにより、線虫の捕食行動研究のモデル(実験材料)化を目指す。また、(2) 応用例として、*S. caverna* によるマツノザイセンチュウ個体群制御能力を明らかにし、マツ枯れの新規生物防除法を開発することを目的とする。加えて、(3) 他の *Seinura* 属線虫の探索を行い、多様性解明を目指すとともに、基礎的、応用的研究材料の拡張を目指す。

方法：関西支所の分担は、上記(2)および(3)である。このため、(2) 生物的防除試験では、前年度に引き続き、マツノザイセンチュウ、およびマツノマダラカミキリ感染アカマツ材に対して、*S. caverna* を接種することにより、マツノマダラカミキリのマツノザイセンチュウ保持数に対する影響を評価した。(3) 新規株の収集では、前年に野外から分離、培養された *Seinura* 近縁属線虫に関して、種同定、系統的位置づけ、生態的特性の解明、これに基づく新種記載を行った。ここでは、形態的特徴の顕微鏡観察、リボソーム DNA 領域の塩基配列決定と、これに基づく系統解析という一般的な手法を用いた。これに加えて、*S. caverna* の捕食能力に関する知見を得るため、角皮の構造の異なる複数の線虫種を餌として用いることにより、餌線虫の角皮構造が *S. caverna* の捕食に与える影響を調査した。

成果：マツノザイセンチュウ個体群抑制に関しては、実験に野外での感染材を用いたため、羽化脱出したマツノマダラカミキリに、昆虫寄生性線虫 *Contortylenchus genitalicola* の感染がみられ、線虫の計数が困難となった。この影

響もあり、接種区と対照区での明確な差がみられなかった。なお、*C. genitalicola* の検出に関しては、この系統解析によって、その分類学的所属を検証し、同属への所属が適正であることを確認した。他の *Seinura* 属検出に関しては、*S. caverna* が土壌、昆虫死体など、複数の基質から検出され、本種が広く、様々な環境に分布することが確認された。これは、本種の生活環境適応性の高さを示しており、マツノザイセンチュウ以外の土壌有害線虫防除への応用も、検討に値することを示す。*S. caverna* の捕食能力に関する調査では、同属近縁種間でも、角皮の厚い種群は *S. caverna* による捕食回避能力が高いということが確認され、単純な物理的構造によって、捕食が回避されることが確認された。これは、角皮の厚い種類には *S. caverna* が防除資材として適用が難しいということを示し、防除対象種選択に関する基礎情報となると考えられる。

60. 2 イ aPF23 スズメバチ女王を飼い殺す新たに発見された寄生バチ：その生態と系統

目的：本課題は、新規に検出されたスズメバチ類寄生性（捕食寄生性）寄生バチに関して、その分類学的所属、分布、寄生様式などの基礎的生態、スズメバチ個体群への影響などを明らかにし、生態学的知見を得ること、生物的防除への応用を探ることを目的とする。このうち、関西支所では研究代表者らが採集した寄生バチの遺伝、系統的解析を担当する。加えて、現在はこの寄生バチの検出は比較的寒冷な地域に限られているため、支所構内を中心に関西地方でスズメバチ類を採集し、寄生バチ分布の有無を調査する。なお、この分布調査は当初の研究計画外の追加情報である。

方法：上記遺伝子解析と分布調査は、次の方法で行う。(1) 遺伝子解析：得られた寄生バチ個体は、エタノール浸漬により保存する。保存サンプルは、小型幼虫では虫体全体、大型幼虫では一部を破碎し、DNA 抽出、ミトコンドリア遺伝子の部分配列に基づいて分子同定を行う。続いてこの部分配列をもとに系統解析を行う。(2) 分布調査：京都市および周辺地域で、スズメバチ類の手捕りおよびトラップ採集を行い、得られた個体を解剖することにより、寄生バチ検出の有無を調べる。寄生バチその他寄生者が得られた場合、上記の方法で、分子同定、系統解析を行う。

成果：(1) 前年度に引き続き、当初の採集予定地での野外採集が限られており、寄生バチの成虫試料が若干得られたものの、遺伝子解析に用いるほどの余裕はなかった。次年度以降、採集数を増やして、遺伝子解析用個体の確保を行う必要がある。また、採集数の上積みが不十分な場合は、既に採集、保存されている個体から脚など、種同定に問題のない程度に部分を切り取り、遺伝子解析試料として利用する予定である。(2) 前年度に引き続き、関西地方での分布調査においては、支所構内が中心となったが、目的の寄生バチは得られなかった。しかし、この寄生バチ以外にスズメバチ寄生者として、スズメバチタマセンチュウ、2 種のネジレバネが確認された。(3) スズメバチ以外の膜翅目昆虫として、支所構内で捕獲調査した結果、複数種のタマバチ（樹木寄生者）、外来種のタイワンタケマバチを含む複数のハナバチ類、アシナガバチ類などが確認されたが、いずれも寄生バチの寄生は確認されなかった。

61. 2 イ aPF44 ツヤハダゴマダラカミキリによる被害や防除方法等に関する調査事業

目的：日本国内においてカツラやアキニレ等の街路樹や植栽木を加害し、分布を拡大しているツヤハダゴマダラカミキリに関する文献調査等を行い、情報をとりまとめて報告する。

方法：森林昆虫研究領域および東北、関西、四国支所の研究者が参画し、各人が調査項目を分担して文献調査及び現地調査を行う。調査結果をとりまとめて報告書を作成し林野庁保護対策室に納入すると共に、その中から市民の外来種監視の啓発に必要な部分を抽出し、リーフレットとして発行する。

成果：調査した項目は(1) 分類上の位置づけ・近縁種との系統関係、(2) 成虫の繁殖行動と化学生態、(3) 幼虫の加害実態及び生態、(4) 寄主と選好性、(5) 世界各地の侵入履歴と侵入に係る分子生態的知見・侵入先での拡散速度、(6) 侵入の検出手法と物理的防除、(7) 化学的防除、(8) 生物的防除と天敵、(9) 原産地での被害及び中国国内での被害と防除、(10) 北米・欧州における被害及び中国国内での被害と防除、(11) 侵入国内での本種情報収集・広報に係る活動、(12) 日本国内の現状と将来のリスク、の12項目であり、この中で浦野は(8)、吉村は(9)を担当した。以上の調査結果をとりまとめて報告書を作成し、林野庁保護対策室に納入した。また市民の外来種監視の啓発に役立てるためのリーフレット「みつけよう！ツヤハダゴマダラカミキリ The Road to Eradication」を発行し、各関係

機関に配布した。

62. 2 イ aPF46 相次いで侵入した外来カミキリムシから日本の果樹と樹木を守る総合対策手法の確立

目的：捕食寄生性甲虫サビマダラオオホソカタムシの外来カミキリムシに対する防除効果を明らかにするために、実験室内におけるカミキリ幼虫と蛹に対する孵化幼虫放飼試験及び被害材内のカミキリに対する卵放飼試験を行う。

方法：クビアカツヤカミキリに対するサビマダラオオホソカタムシの室内放飼試験を行った。寄主となるクビアカ幼虫を人工飼料で飼育し、寄主の各発育ステージ（若齢幼虫、成熟幼虫、蛹）に対し、ホソカタムシの孵化幼虫をプラスチックケースの中で寄生させた。各ステージの寄主に対して、寄主1個体に接種するホソカタムシ孵化幼虫の数を1, 2, 5, 10個体の4通りで寄生させた。そしてそれぞれの寄主ステージと接種幼虫数における寄生率、ホソカタムシの羽化率、羽化したホソカタムシの生重などを調査した。

成果：寄主として用いたクビアカツヤカミキリ各ステージの平均生重は、若齢幼虫 259 mg、成熟幼虫 1489 mg、蛹 808 mg であった。各寄主ステージにホソカタムシ孵化幼虫を寄主1個体当たり1, 2, 5, 10個体接種した場合の寄生率（＝寄主の死亡率）は、概ねどのステージにおいても80%以上であり、蛹では全て100%であった。サイズの大きい成熟幼虫において、ホソカタムシ1個体接種の時のみ寄生率は56%と比較的低い値になった。若齢幼虫、成熟幼虫ともに、ホソカタムシの寄生を受けた大半の個体が腐敗する傾向があり、ホソカタムシの餌としての質が著しく劣化したために、寄主摂食に成功したホソカタムシ幼虫の割合は26～63%と高くなかった。一方蛹の場合は寄主の状態が比較的良好に保たれており、接種個体数にかかわらず80%前後の幼虫が寄主の摂食を完了させることができた。各寄主ステージにおけるホソカタムシの羽化率については、寄主が若齢幼虫および成熟幼虫の場合は、寄主摂食成功率の低さの影響により、羽化率も9～42%と低かった。蛹が寄主の場合は63～89%と高い数値であった。以上の結果から、ホソカタムシ孵化幼虫をクビアカに接種した場合の寄生率（寄主死亡率）は、いずれの寄主ステージにおいても概ね80%以上と高くなること、および蛹に寄生した場合のホソカタムシ羽化率が高く、発育に最も適した寄主ステージであることが明らかになった。

63. 2 イ bPF6 鉱山跡地の自生植物と土着微生物を利用した新しい緑化技術の構築

目的：国内の鉱山跡地を対象とし、自生している遷移初期草本及び樹木を対象に、各種植物の重金属耐性に関係している土着微生物と宿主植物との相互作用を利用した新たな緑化技術の開発を目指す。鉱山跡地に自生する遷移初期植物の重金属耐性メカニズムを重金属無毒化物質の側面から解明するため、樹木における生理活性物質局在イメージング手法を確立することを目的とする。

方法：ヒバ材を用いて既知の生理活性物質を質量分析計で測定した。

成果：ヒバ材における生理活性物質の局在を可視化できた。この手法は重金属無毒化物質の組織局在イメージングにも有効な手法と考えられた。

64. 2 ウ b3 多様なニーズに対応した木質材料の耐久性向上・性能維持管理技術の高度化

目的：木材の素材耐久性を調べる目的で林業試験場が過去に実施した杭の耐久性評価試験の内容を検証したところ、試験杭の平均耐用年数のみで耐久性を判断しており、試験杭の本数やばらつきを考慮していなかったことが判明した。そこで当時の試験データを試験杭の本数やばらつきを考慮した方法で再評価する。

方法：過去に実施した野外杭試験のデータからJIS K 1571に従い試験杭の耐用年数を求め、各杭の耐用年数の値を生存時間分析の手法で解析した。得られた結果は多重性を調整するために2種類の方法により補正し、各樹種間の耐久性の違いを評価した。

成果：各心材杭の生存曲線は、杭の耐久性がすべて低い樹種、全て高い樹種、杭によって耐久性に大きなばらつきがある樹種など、樹種によって劣化の傾向に差があることを示した。樹種の耐久性を検定した結果、過去の野帳データのみではスギ心材やカラマツ心材の耐久性とヒノキ心材やヒバ心材の耐久性とに有意な差があるとは言えないことなどが分かった。

65. 2ウ bPF16 劣化機構の解明を端緒とする地盤補強丸太減衰関数の提示

目的：伐採した木材をより長い期間使用し続けることが大気中の二酸化炭素濃度の上昇抑制に貢献する。木材を長期間使用する有効な方法の一つとして開発されたのが地盤補強丸太であるが、丸太の地盤中での劣化速度に関するデータが乏しかったため、その環境面での優位性を主張できない状況にあった。そこで、地盤補強丸太の劣化速度の解明を通じ、地盤補強丸太の環境面での優位性を明らかにする。

方法：三重県及び千葉県から試験施工後約10年が経過した地盤補強丸太を採取したほか、東京都の2か所から数十年にわたって実際に使用されていた基礎杭を、佐賀県からはクリークの側面に約10年間打設されていた丸太を入手した。各地盤補強丸太や基礎杭の上部、中央部、下部より円柱を採取し、さらにそこから各種試験用の試験体を調製後、各研究分担者に試料を提供し、ゲノム解析や強度解析等を行った。

成果：三重県で採取した地盤補強丸太のメタゲノム解析（高知工科大で実施）から、丸太全体に存在している微生物や、丸太表層、丸太辺材、丸太心材に偏在する微生物の存在が示唆され、強度解析からは目視では劣化を確認できなかった試験体であったにも関わらずグニンの変性や密度低下が生じていることを示唆する結果を得た（研究所で実施）。そのほか、丸太から採取した円盤の外周部を中心に青色を呈する現象について、鉄イオンが関与している可能性を示唆する結果を蛍光X線による解析から得た（関西支所で実施）。

66. 2エ aPF24 木の酒の社会実装に向けた製造プロセスの開発と山村地域での事業条件の検討

目的：「木の酒」の事業化に向けて候補となる樹種の各地域での分布状況を明らかにするために、全国的な調査データと環境省の植生図を用いてニッチモデルで分布予測し、樹種別にマップ化するための基礎データを収集すると共に、森林資源を活用した地域振興の実現を目指しているモデル山村地域においてGIS上で地形や植生図などを用いて施業候補の林分を抽出し、「木の酒」の事業展開に向けた地域内の林業経営の基盤情報を整理することを目的とした。

方法：ニッチモデルの構築に向けて、候補樹種の地理的な分布を規定する環境要因の検討と最適な統計モデルの選択を並行して行う。環境要因の選定では、気候条件、地形条件、土地利用条件等の要因を整備する。また、統計モデル選択では、複数の統計モデル、機械学習モデル等を用いて、最適なモデルを選択する。最終的には、これらの知見を統合することで、高精度のニッチモデルを構築する。モデル山村地域内の施業候補地の中から抽出した東近江市大森町に設置した50×50mのプロット、2か所において、樹木の成長や発生する実生の数などの更新に関するデータを取得すると共に、過去の施業地におけるデータ収集を行った。

成果：紙媒体の地図情報をGISで用いるため、紙地図に正確な地理情報を付加するジオリファレンスという手法を用いてデジタル化を行った。次に、2次メッシュ（日本を約10km²の格子状のグリッドに分けたもの）を用いて、候補樹種の分布情報を各メッシュで集計し、最終的な分布マップを候補樹種ごとに整備し、ミズナラの分布地点をマップ化した。モデル山村地域である滋賀県東近江市において、コナラを主体とする植物群落に現存する樹木の種類、本数、サイズなどの林分構造を明らかにするために、胸高直径5cm以上の樹木を対象として東近江市大森町の広葉樹二次林において現地調査を実施した。樹木の本数密度が比較的多い林分（2500本/ha）では、50×50mプロットにおけるコナラの幹材積は本数密度が少ない林分（1650本/ha）と比べて2倍以上の差があることが明らかとなった。

