モニタリングサイト1000
Since 2003

モニタリングサイト1000森林・草原調査
2004-2022 年度とりまとめ報告書





環境省 自然環境局
生物多様性センター
Biodiversity Center of Japan

表紙写真

上：屋久島スギ林サイト（鹿児島県）

下：平尾台サイト（福岡県）

はじめに

「モニタリングサイト 1000（重要生態系監視地域モニタリング推進事業)」は、平成 14（2002）年に策定された生物多様性国家戦略に基づき、平成 15（2003）年から開始された。その目的は、わが国の代表的な生態系の状態を長期的かつ定量的にモニタリングすることにより、種の増減、種組成の変化などを検出し、適切な生物多様性保全施策に資することである。令和４（2022）年に開催された生物多様性条約第 15 回締約国会議（COP15）では、平成 22（2010）年に採択された愛知目標の後継となる「昆明・モントリオール生物多様性枠組」が採択され、各国はそれを踏まえ、生物多様性国家戦略を策定・改定することが求められた。これを受けてわが国では、令和５（2023）年に生物多様性の保全と持続可能な利用に関する基本的な計画となる「生物多様性国家戦略 2023-2030」が策定された。この戦略の行動目標の中に、「強固な体制に基づく長期的な基礎調査・モニタリング等を実施する」ことが明記され、その具体的な重点施策の一つとしてモニタリングサイト 1000 が位置付けられている。

モニタリングサイト 1000 には、それぞれの生態系の状況を長期的かつ定量的に調査できる調査体制を構築し、維持することが求められている。そのため、研究者や地域の専門家、NPO、市民ボランティアなど、多様な主体の参加により調査が実施されている。調査で得られたデータは、モニタリングサイト 1000 のウェブサイトなどを通じて広く一般に公開され、行政の施策をはじめ、現地のさまざまな関係者に提供され、保全活動や教育現場などでも活用されつつある。

モニタリングサイト 1000 森林・草原調査は、モニタリングサイト 1000 のなかでも森林生態系及び草原生態系を対象とし、樹木の種の変化や成長・生残を調べる「毎木調査」、樹木の落葉・落枝量、落下種子量を調べる「落葉落枝・落下種子調査」、地表徘徊性甲虫の種ごとの個体数を調べる「地表徘徊性甲虫調査」、鳥類の種ごとの個体数を調べる「鳥類調査」の４調査で構成され、平成 16（2004）年から調査を継続している。現在は、自然性の高い森林生態系を対象に主に大学研究林等に設置した 20 か所のコアサイト（毎年、全調査項目を実施）と 28 か所の準コアサイト（５年に１度、毎木調査、鳥類調査を実施)、様々なタイプの森林及び草原生態系を対象に市民調査員等を主体とした約 420 か所の一般サイト（５年に１度、鳥類調査等を実施）の３種類があり、調査頻度や調査項目に強弱をつけて実施し、５年ごとに各調査結果に基づく森林生態系及び草原生態系の総合的な現状評価を行っている。

本報告書は、調査開始から令和４（2022）年までの成果をとりまとめ、関係する行政機関、個人、団体などに周知し、日本における森林・草原の現状を伝えるものである。

本調査の実施に当たっては、各サイトの代表者及び調査員の皆様、検討委員及び解析ワーキング・グループ委員の皆様に多大なご尽力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

令和７年　環境省自然環境局生物多様性センター

目　次

要約
Summary

第１章　森林・草原生態系の指標生物群
（１）樹木……1
（２）地表徘徊性甲虫……2
（３）鳥類……3

第２章　サイト配置状況
２．１．コアサイト・準コアサイト配置状況……6
２．２．一般サイト配置状況……11

第３章　調査方法
３．１．コアサイト・準コアサイト調査方法……13
（１）毎木調査……13
（２）落葉落枝・落下種子調査……14
（３）地表徘徊性甲虫調査……14
（４）鳥類調査……15
（５）気象データ……15
３．２．一般サイト調査方法……16
（１）鳥類調査……16

第４章　森林・草原生態系の現状と課題及び解析の方向性
４．１．事業の目的とモニタリングの必要性……18
（１）事業の目的……18
（２）統一的な手法による長期・大面積・広域・多地点観測の必要性……18
４．２．森林・草原生態系の現状と生物多様性の損失要因……20
（１）森林・草原生態系の現状……20
（２）生物多様性の「４つの危機」による森林・草原生態系への影響……20
４．３．解析の方向性……30
（１）とりまとめの解析方針……30
（２）第３期までの成果と第４期の解析方針……33

第５章　森林・草原生態系の変化状況
５．１．気候変動……47
（１）気温・降水・積雪の変化……47
（２）台風等による気象害（極端な事象）の発生……123

５．２．自然に対する人間の働きかけの縮小・撤退による生物間相互作用の変化……129
（１）二次林の利用の縮小に関係する病虫害の発生……129
（２）シカ・イノシシの生息状況の変化……138
（３）植生環境の変化……163
５．３．外来種……168
（１）外来種の侵入・拡大、及び防除の効果……168
５．４．開発などの人間活動……182
（１）開発、及び保護区の効果……182

第６章　第４期の成果及び第５期に向けた課題と方針
（１）サイト配置及び調査手法の改善……200
（２）持続可能な調査体制……206
（３）情報の共有・管理及び発信……214
（４）結果の保全施策への活用……217
（５）国際的枠組との連携……224

付表１．モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 コアサイト・準コアサイト一覧
付表２．モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧
付表３．解析に用いた鳥類各種の繁殖期における主な生息環境及び分布気候帯
付表４．解析に用いた地表徘徊性甲虫各種の主な分布気候帯

コラム４－１：海外のモニタリング事例との比較……　40
コラム５－１：全国の森林の気候変動応答モデリングに向けて……　61
コラム５－２：里地里山の鳥が減り、森の鳥が増えている……　89
コラム５－３：ナラ枯れでウグイスが減少？……137
コラム５－４：ササ消失による土壌侵食が森林生態系に与える負の影響……151
コラム５－５：海洋島固有の森と外来種問題……173
コラム５－６：沖縄島北部やんばる固有鳥類３種の保全にマングースの根絶は不可欠 180
コラム５－７：本調査で把握された森林生態系の変化と「自然の寄与」
(Nature's Contribution to People, NCP) との関係……190
コラム６－１：未来型生物多様性モニタリングの一例　LIFEPLAN プロジェクト……204
コラム６－２：調査関係者向けウェブ講習会の取組……211
コラム６－３：長期試験地を次世代につなぐために……212
コラム６－４：モニタリングサイト 1000 データのレッドリスト評価での活用……222
コラム６－５：生物多様性の保全エリア拡大に向けて
～北大雨龍研究林が自然共生サイトに認定～　……223

要　約

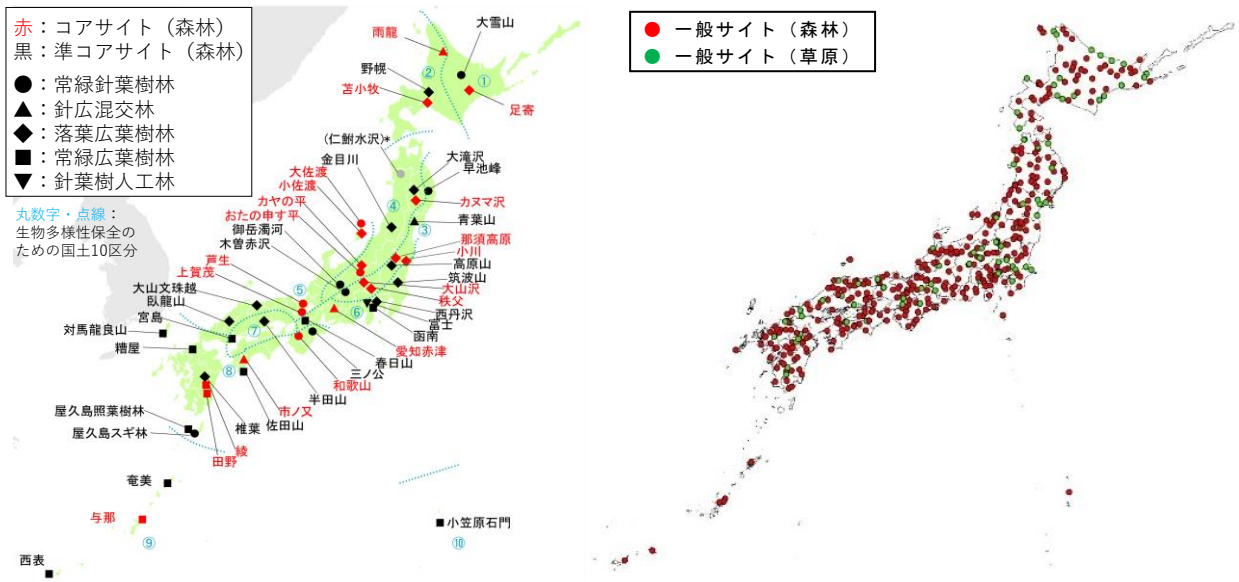
本調査は、全国の森林・草原生態系の状態を統一的な手法で長期的かつ定量的にモニタリングすることにより、種の増減、種構成の変化などを検出し、適切な生物多様性保全施策に資することを目的とする。2004 年より、全国の研究者、NPO、市民調査者などの多様な主体の協力の下、調査を継続している。５年を１期として調査結果をとりまとめ、全国的な変化傾向等を分析しており、本報告書は第４期の報告となる。調査マニュアル、報告書及び調査データは、原則としてすべてウェブサイト上で公開している。

１．森林・草原生態系の指標生物群

- 森林・草原生態系の変化を把握するための指標となる生物群として、樹木、地表徘徊性甲虫、及び鳥類を選定した（第１章）。

２．サイト配置状況

- 調査頻度や調査項目に強弱をつけた３タイプの調査サイト（コア・準コア・一般サイト）を、日本の代表的な森林タイプ及び気候帯を網羅するように概ね全国均一に配置した（第２章）。



サイトタイプ	サイト数	調査頻度	調査項目	主な調査者	特徴
コア	森林：20	毎年	鳥類、毎木 落葉落枝・落下種子 地表徘徊性甲虫	研究者、技術者等 ※大学演習林や研究機関の長期観測サイト等	研究者を中心に、主として天然成熟林における生態系変化を、総合的・集中的に調査。
準コア	森林：28	５年ごと	鳥類、毎木		
一般	森林：344 草原：78	５年ごと	鳥類	市民調査員等	幅広い環境を含む広域多地点の調査により、鳥類の分布変化等を把握。

３．調査方法

- 各指標生物群について定量的・統一的な調査マニュアルを策定した。
- 各調査サイトに１km 程度の調査ルートを１本設定し、そのルート上に鳥類調査用の定点を５か所設定した。コアサイト・準コアサイトでは 100m四方程度の毎木調査区を１か所（一部のコアサイトでは複数か所）設定し、コアサイトではその内部に落葉落枝・落下種子調査用のトラップを 25 基設置し、地表徘徊性甲虫調査用のサブプロットを５か所設定した。
- コアサイトでは毎年すべての調査項目を、準コアサイトでは概ね５年ごとに鳥類調査と毎木調査を、一般サイトでは概ね５年ごとに鳥類調査を実施した（第３章）。



４．森林・草原生態系の現状と課題及び解析の方向性

- 現在、様々な環境変化に晒されている日本の森林・草原生態系の現状とその動向を把握するため、“生物多様性の４つの危機”との関係を整理した上で、
  - 気候変動（第４の危機）
  - 人による自然への働きかけの縮小・撤退（第２の危機）
  - 外来種（第３の危機）
  - 開発などの人間活動の影響（第１の危機）

  について、各々の影響による変化傾向を把握するための解析を行った（第４章）。

５．森林・草原生態系の変化状況

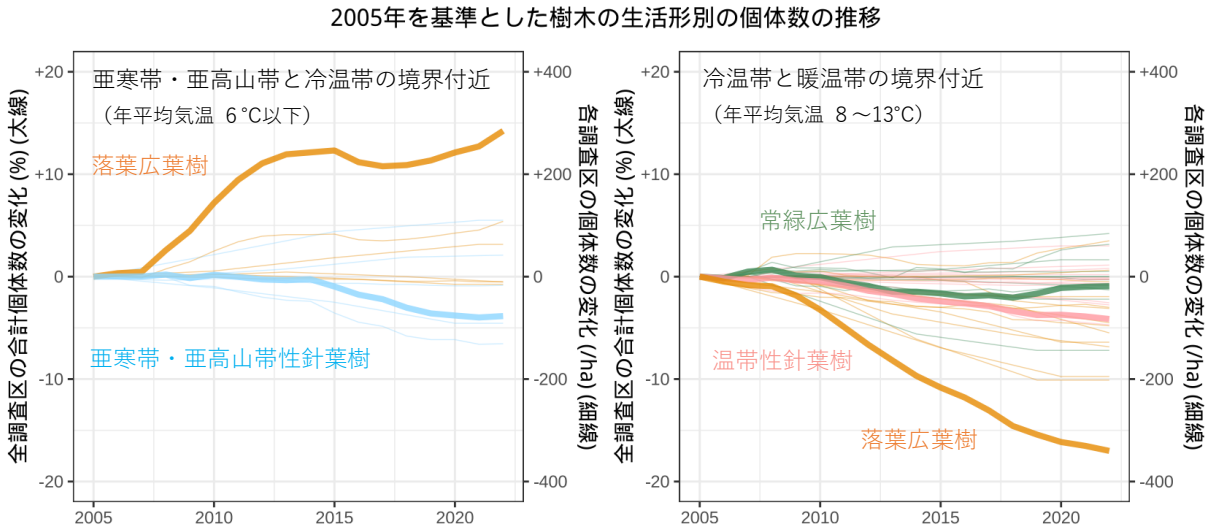
（１）　気候変動

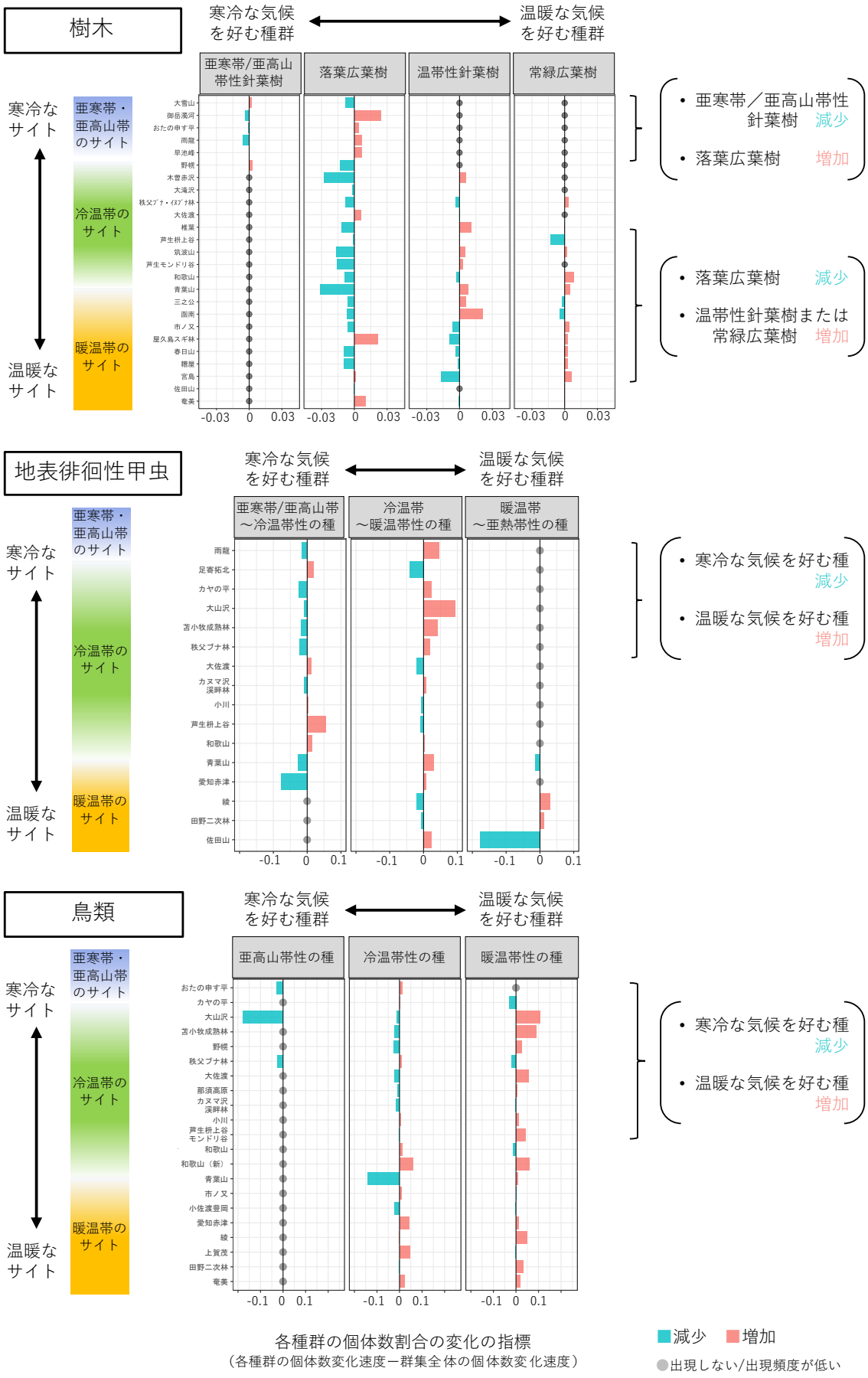
- 樹木・地表徘徊性甲虫・鳥類ともに、全国的により温暖な地域の群集構成に近づく傾向が見られた。甲虫と鳥類では特に亜高山帯や冷温帯の森林で傾向が明瞭であった。
- 樹木・地表徘徊性甲虫・鳥類のうち出現サイト数の多い主な種の一部で、低温な地域への分布の移動を示唆する個体数変化（その種の分布域中の低温な地域での個体数増加や高温な地域での個体数減少）が見られた。鳥類では、外来種を除いて広域に渡って個体数の増加傾向が見られた種はなかった。
- 樹木の成長は気温の高い年ほど大きい傾向があり、森林樹木への炭素蓄積は、成熟林も含めて全国的に増加傾向にあった。一方でセルロース分解速度は全国的に低下傾向にあることから、森林生態系全体への炭素蓄積も増加傾向にあることが示唆された。ただし、亜熱帯島嶼の発達した森林では台風攪乱による地上部現存量の低下が進んでいた。
- 冷温帯林の鳥類の繁殖時期（さえずり時期、巣立ち時期）は、春の気温と相関が高く、一部の種で温暖化の進行による繁殖時期の早期化が予測された。

１）分布・種構成・個体数の変化

①　群集構成の変化

・各指標生物群において、群集構成が温暖な地域の構成に近づく傾向（群集の好熱化）が見られた（結果の詳細については p. 53、63、82 を参照）。樹木では全国的に、地表徘徊性甲虫と鳥類では特に寒冷な亜高山帯や冷温帯のサイトでその傾向が見られた。

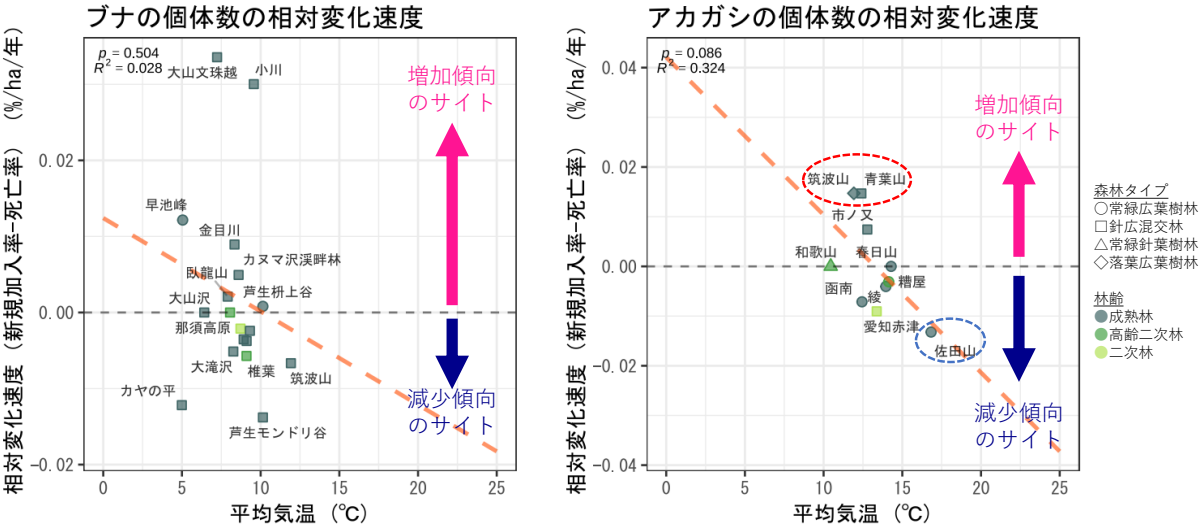



樹木
寒冷な気候を好む種群
温暖な気候を好む種群
亜寒帯/亜高山帯性針葉樹
落葉広葉樹
温帯性針葉樹
常緑広葉樹
寒冷なサイト
温暖なサイト
亜寒帯・亜高山帯のサイト
冷温帯のサイト
暖温帯のサイト
大雪山
御岳濁河
おたの申す平
雨龍
早池峰
野幌
木曽赤沢
大滝沢
秩父ブナ・イヌブナ林
大佐渡
椎葉
芦生研上谷
筑波山
芦生モンドリ谷
和歌山
青葉山
三之公
函南
市ノ又
屋久島スギ林
春日山
糟屋
宮島
佐田山
奄美
-0.03 0 0.03
• 亜寒帯／亜高山帯性針葉樹 減少
• 落葉広葉樹 増加
• 落葉広葉樹 減少
• 温帯性針葉樹または常緑広葉樹 増加
地表徘徊性甲虫
寒冷な気候を好む種群
温暖な気候を好む種群
亜寒帯/亜高山帯～冷温帯性の種
冷温帯～暖温帯性の種
暖温帯～亜熱帯性の種
寒冷なサイト
温暖なサイト
亜寒帯・亜高山帯のサイト
冷温帯のサイト
暖温帯のサイト
雨龍
足寄拓北
カヤの平
大山沢
苫小牧成熟林
秩父ブナ林
大佐渡
カヌマ沢渓畔林
小川
芦生研上谷
和歌山
青葉山
愛知赤津
綾
田野二次林
佐田山
-0.1 0 0.1
• 寒冷な気候を好む種 減少
• 温暖な気候を好む種 増加
鳥類
寒冷な気候を好む種群
温暖な気候を好む種群
亜高山帯性の種
冷温帯性の種
暖温帯性の種
寒冷なサイト
温暖なサイト
亜寒帯・亜高山帯のサイト
冷温帯のサイト
暖温帯のサイト
おたの申す平
カヤの平
大山沢
苫小牧成熟林
野幌
秩父ブナ林
大佐渡
那須高原
カヌマ沢渓畔林
小川
芦生研上谷
モンドリ谷
和歌山
和歌山（新）
青葉山
市ノ又
小佐渡豊岡
愛知赤津
綾
上賀茂
田野二次林
奄美
-0.1 0 0.1
• 寒冷な気候を好む種 減少
• 温暖な気候を好む種 増加
各種群の個体数割合の変化の指標
（各種群の個体数変化速度－群集全体の個体数変化速度）
減少
増加
出現しない/出現頻度が低い

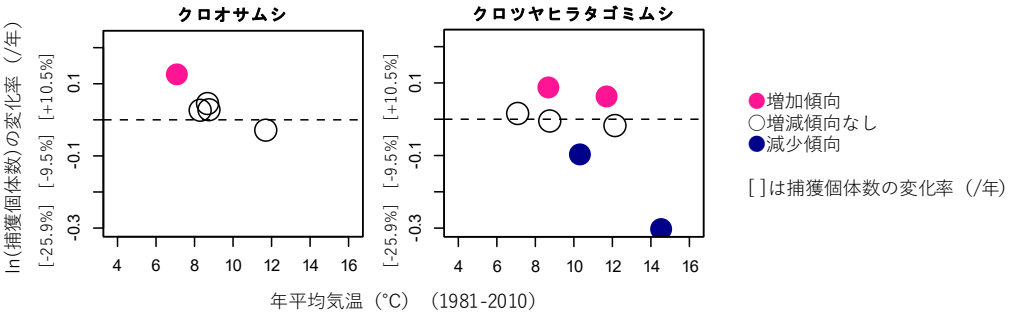
② 主な種の分布・個体数の変化

各指標生物群の主要な種について、温暖化の影響を示唆するような個体数の増減傾向（種の分布域中の低温の地域における増加や、高温の地域における減少）の有無を確認した。

・樹木：　ブナとアカガシの個体数（幹数）には、冷涼なサイトほど増加が強く、温暖なサイトほど減少が強いという、年平均気温に対して直線的かつ統計的に有意な傾向は見られなかった（p. 58）。ただし、アカガシは分布北限や標高上限に近いサイトで増加傾向が見られ（下図赤丸）、最も気温の高いサイトで最も減少傾向が強かった（下図青丸）。

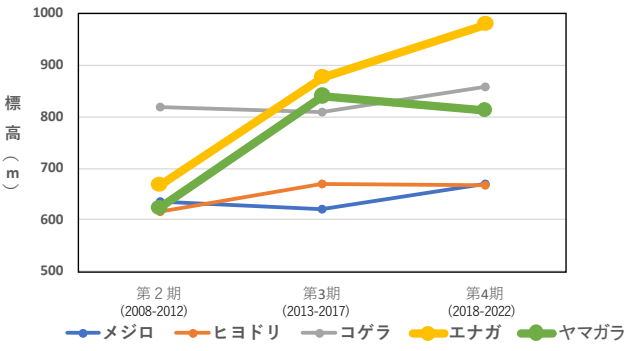


・地表徘徊性甲虫：　複数サイトで優占する８種のうち、クロオサムシは寒冷なサイトで増加傾向、クロツヤヒラタゴミムシは温暖なサイトで減少傾向を示した（p. 63）。



・鳥類（一般サイト）：　本州中北部日本海側において、主な暖地性種５種のうち、エナガとヤマガラで分布標高が第２期と比べて大きく上昇していた（p. 82）。

出現サイト数の多い主な種の広域的な変化傾向として、増加傾向を示したのは中部・西日本のソウシチョウ（外来種）のみで、在来種はすべて増減傾向なしか減少傾向を示した（p. 77）。



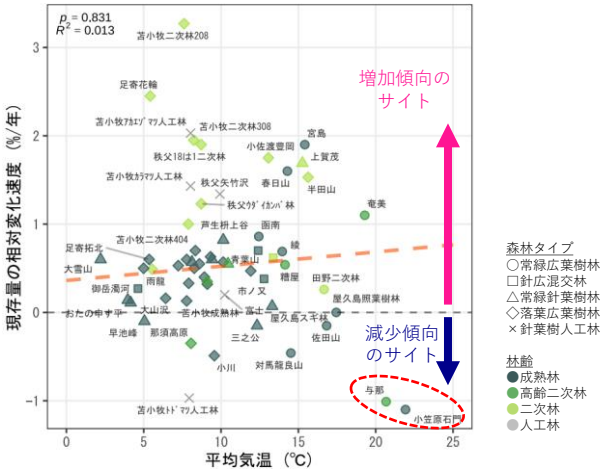
縦軸の値は、全出現サイトの標高の第３四分位数を表す。

2） 森林の構造・機能の変化

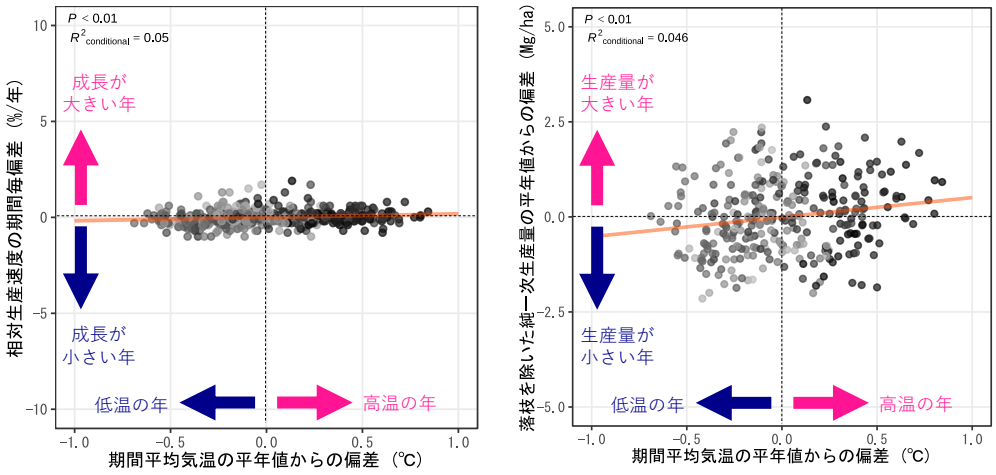
① 樹木の地上部現存量・生産量と気温の関係

・地上部現存量は、若齢の二次林だけでなく、高齢二次林や成熟林も含めて全国的に増加傾向であった（p. 91）。

・一方、亜熱帯島嶼のサイト（与那、小笠原石門）では、台風攪乱により地上部現存量が大きく減少した（右図赤丸、p. 91、125）。



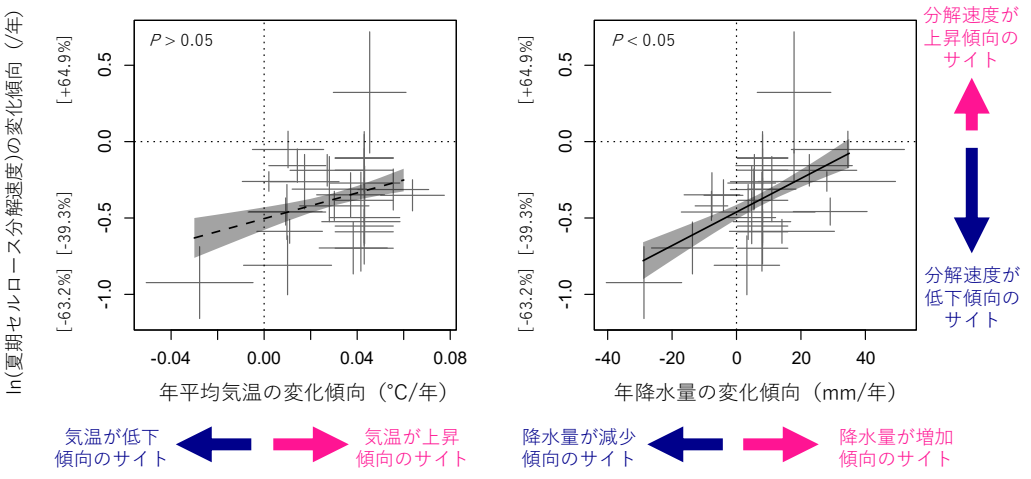
・気温が高い年ほど、地上部の成長、純一次生産量ともに大きい傾向にあった（p. 91、98）。



② 堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度と気温・降水量の関係

・多くのサイトで夏期・冬期のセルロース分解速度が低下しており、その傾向は年間降水量が減少傾向のサイトほど顕著であった（p. 103）。

[ ]は分解速度の変化率（/年）

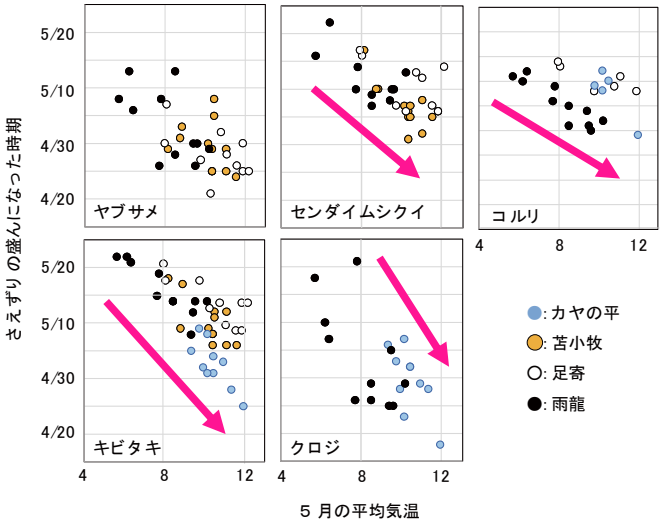


・堆積落葉量・土壌炭素濃度の変化傾向と、気温・降水量の変化傾向の間には有意な関係は見られなかった（p. 103）。

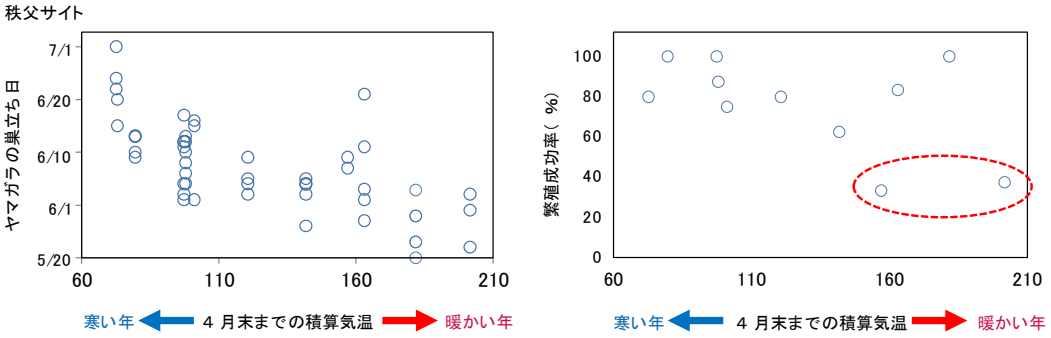
3） 季節性の変化

① 鳥類の繁殖時期の変化（コアサイト）

・北海道・本州の寒冷な４サイトでは、５月の平均気温が高い年ほど、夏鳥のさえずりが活発になる時期が早くなる傾向があった。分析した５種中、ヤブサメを除く４種で統計的に有意な傾向がみられた（p. 117）。

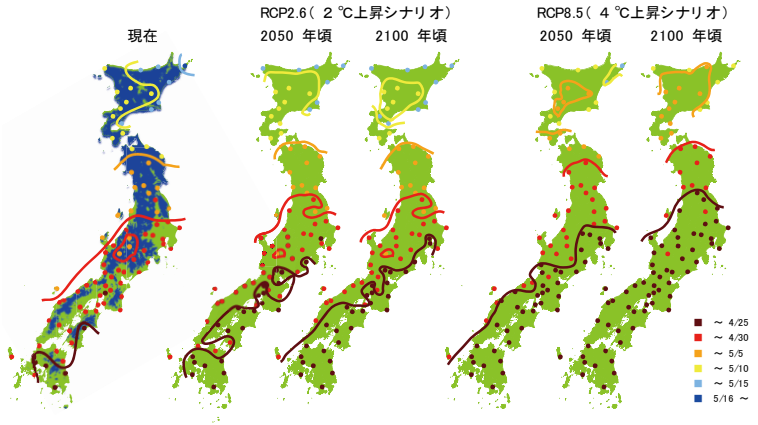


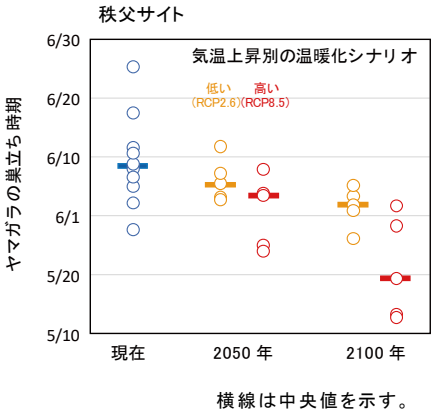
・秩父サイトでヤマガラの巣立ち時期と繁殖成功率を調査した結果、１月１日から４月末までの積算気温が高い年ほど巣立ち日が早まる傾向があった。積算気温の高い年の中には、繁殖成功率が低い年があった（下図赤丸、p. 117）。



② 鳥類の繁殖時期の変化予測（コアサイト）

・①で見られた鳥類の繁殖時期と気温との関係から、2100 年頃までにキビタキのさえずりが全国的に５日程度早まり、秩父サイトのヤマガラの巣立ちが 20 日程度早まる可能性がある（p. 120）。

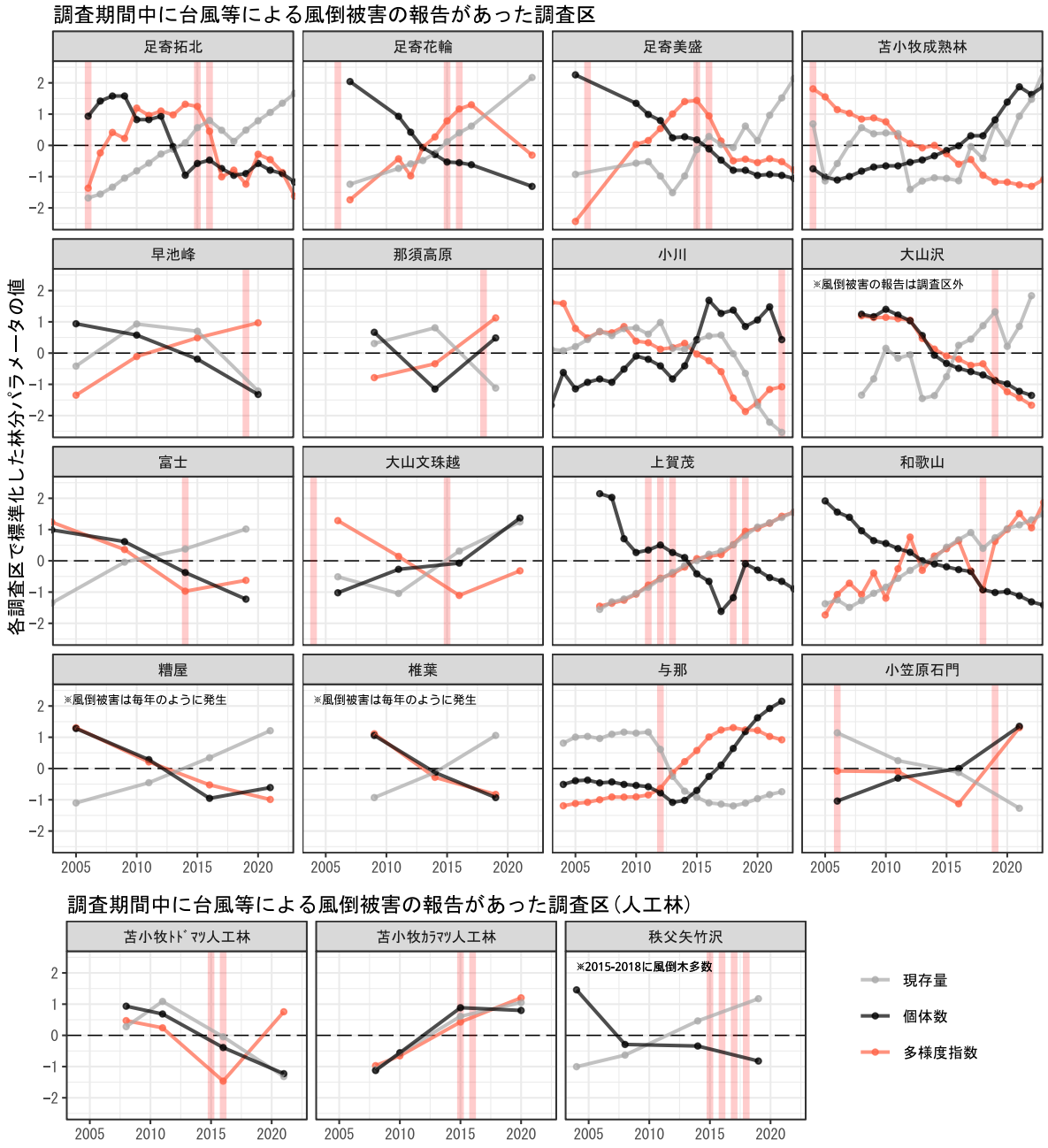




冷涼な気候の地域（地図中青塗り）における現在の気温及びさえずり時期の観測データと、日本国内の気温の将来予測値のみを基に、キビタキのさえずりが活発になる時期の変化を予測した。

4） 台風攪乱の影響

・島嶼部の発達した亜熱帯林（与那・小笠原石門サイト）では、大規模な台風攪乱による地上部現存量の低下が見られた（p. 125）。
・北海道や本州北部の寒冷な森林（早池峰・苫小牧サイト）では、台風や大型低気圧による針葉樹の被害が見られたが、広葉樹も同程度に減少しており針葉樹から広葉樹への転換が進むかは今後の状況を確認する必要がある（p. 125）。



赤縦線は台風等による風倒被害の報告のある時期を示す。

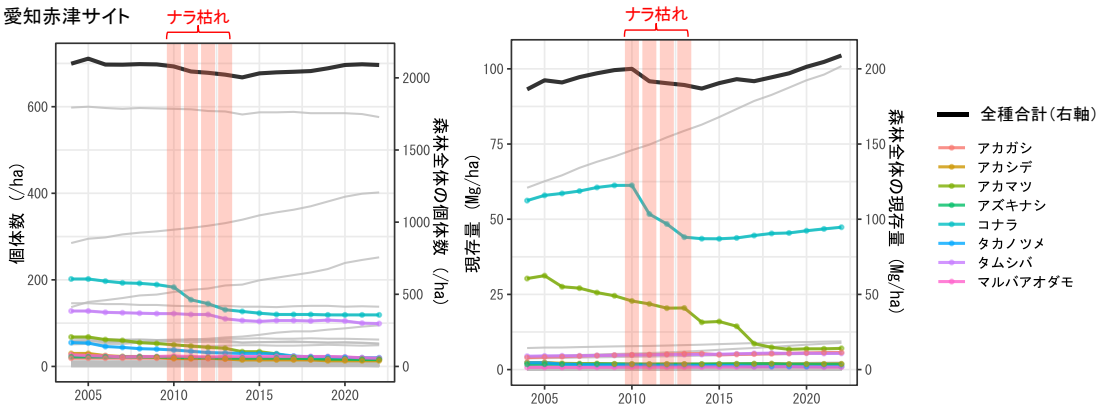
（２）　自然に対する人間の働きかけの縮小・撤退による生物間相互作用の変化

- 大規模なマツ枯れ・ナラ枯れが発生した二次林では、長期的な樹木構成の変化が続いており、下層植生を利用する鳥類の個体数減少や、地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の大きな変動が見られた。
- ニホンジカ（以下、「シカ」という）の増加による生態系への影響（林床植生の衰退等）が確認されているサイトの多くでは、樹木の成長が速い一方で更新は遅い傾向があり、下層植生を利用する鳥類で個体数の減少が見られた。
- イノシシによる地表攪乱が顕著なサイトでは、地表徘徊性甲虫の個体数変動への影響は認められなかったが、林床植生被度や、堆積落葉層及び表層土壌の窒素濃度は低下する傾向が認められた。
- イノシシの生息するサイトでは、地上営巣性鳥類の一部で、個体数が減少していた。
- 樹林の占める割合が大きいサイトほど、森林性鳥類の種数・個体数が多く、草原性鳥類の種数・個体数が少ない傾向が見られ、今後、草原サイトで樹林化が進んだ場合、鳥類の種構成に大きな影響が及ぶことが示唆された。

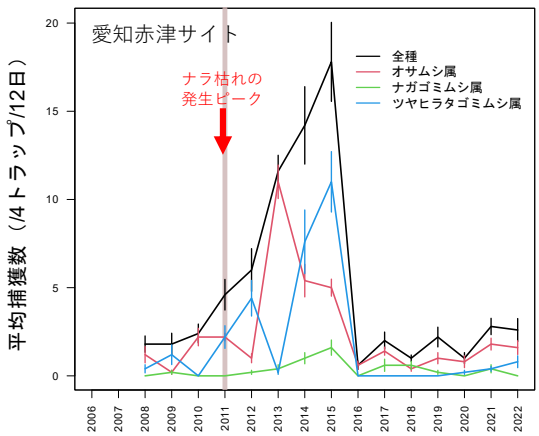
１）二次林の利用の縮小に関係する病虫害の発生

①　ナラ枯れの影響

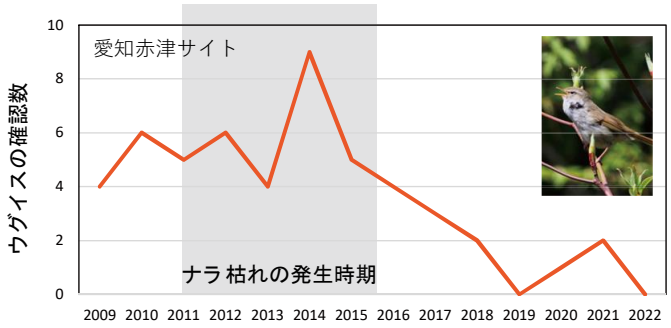
・樹木：　モニタリング開始後または直前に大規模なマツ枯れ・ナラ枯れが発生した愛知赤津・小佐渡・田野の二次林サイトでは、長期的な樹木構成の変化が続いていた（p. 132）。



・地表徘徊性甲虫：　愛知赤津サイトでは、ナラ枯れ後の捕獲個体数の増加、急減の後、再び増加傾向が見られた（p. 135）。



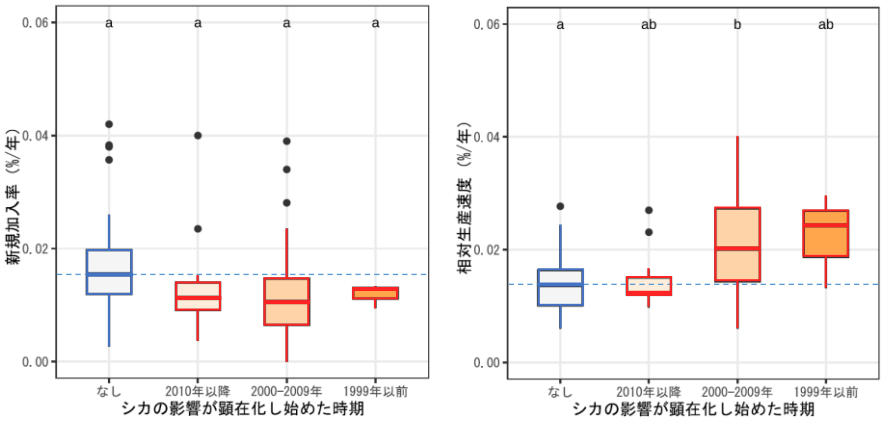
・鳥類（コアサイト）：　愛知赤津サイトでは、ナラ枯れ後に下層植生の被度及び下層植生を利用するウグイス個体数の減少傾向が見られた（p. 137）。



2）シカ・イノシシの生息状況の変化

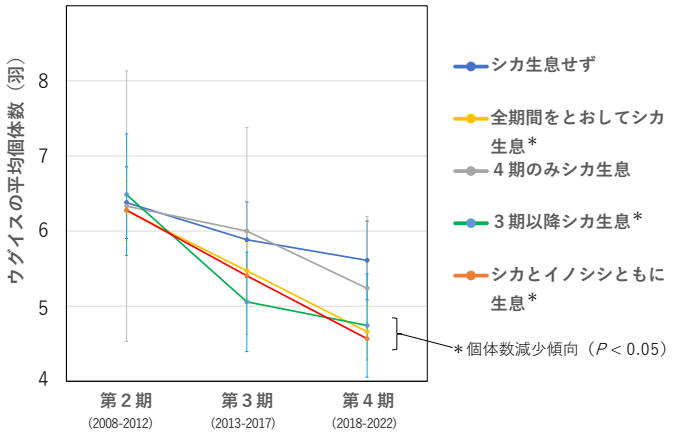
①　シカの増加による影響

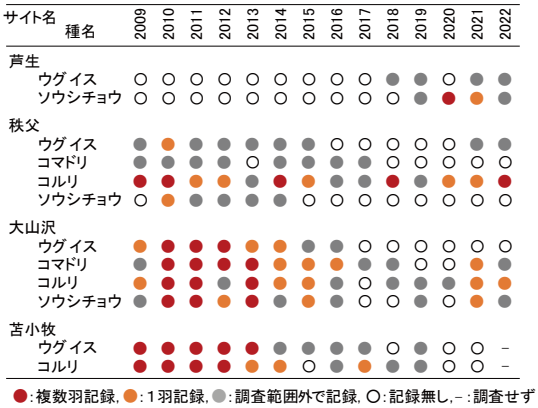
・樹木：　シカの増加による生態系への影響が確認されているサイトの多くでは、嗜好性樹種の個体数の減少傾向が認められた。これらのサイト（下図赤四角）ではシカの顕著な影響が見られないサイト（下図青四角）に比べて、統計的に有意ではないものの樹木全体の新規加入率が低く、一方で樹木の相対生産速度（幹の成長による地上部現存量の増加速度）は有意に大きい傾向を示した（p. 144）。



・鳥類（一般サイト）：　シカが生息するサイトでは、下層植生を利用するウグイスの個体数が減少していた（左下図。p. 155）。

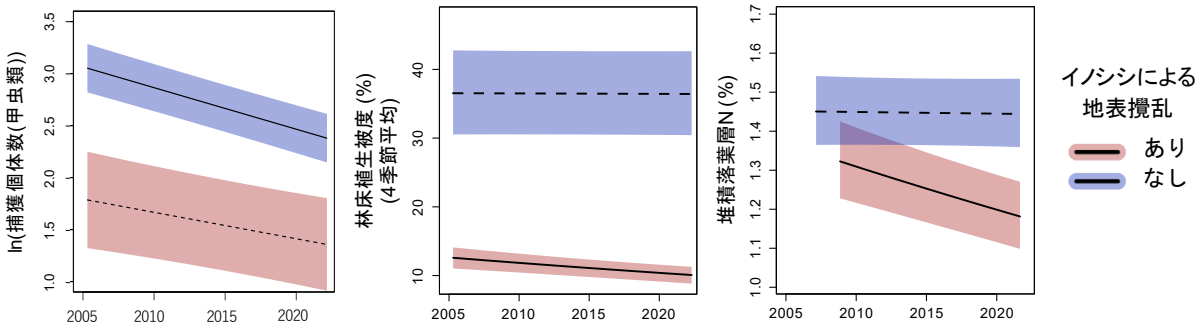
・鳥類（コアサイト）：　シカが多く生息するサイトでは、下層植生を利用する種（ウグイス、コマドリ、コルリ、ソウシチョウ）が減少傾向または当初から記録されていなかったが、サイトによって一部の種が近年増加傾向（秩父サイトのウグイス・コルリ、大山沢サイトのコマドリ・コルリ・ソウシチョウ）または新たに記録されるようになっており（芦生サイトのウグイス・ソウシチョウ）、個体数の回復の兆しが見られた（右下表。p. 153）。



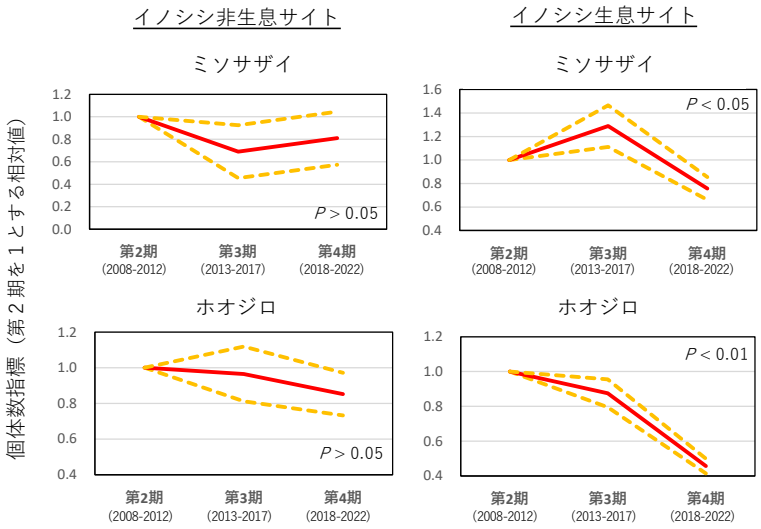


② イノシシの増加による影響

・イノシシによる地表攪乱が顕著なサイトでは、その他のサイトと比較して地表徘徊性甲虫やその内の糞食性のグループであるセンチコガネ科の捕獲個体数の増減傾向に差はなかったが、林床植生被度や、堆積落葉層及び表層土壌の窒素（N）濃度は低下する傾向が認められた（p. 157）。



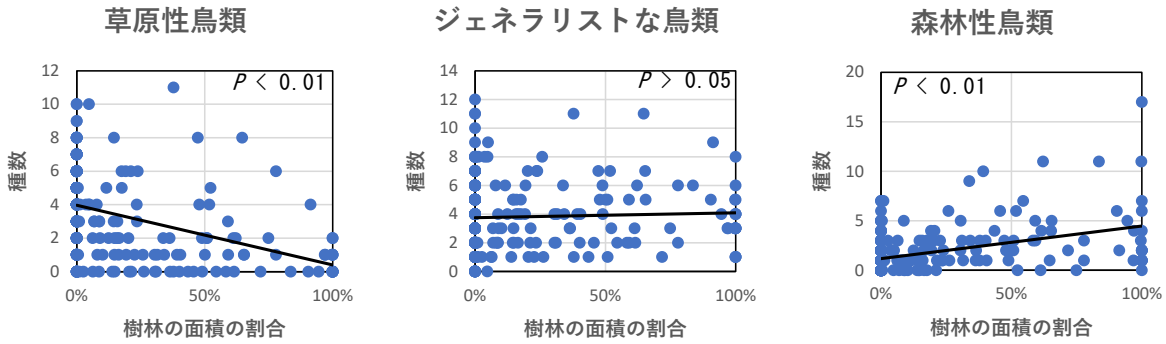
・鳥類（一般サイト）：　イノシシが生息するサイトでは、地上営巣性で出現サイト数の多い３種のうちセンダイムシクイを除く２種（ホオジロ、ミソサザイ）で、個体数の減少傾向が認められた（p. 160）。



3）植生環境の変化

① 森林の占める割合の違いに応じた鳥類の種構成の違い（一般サイト）

・周囲の森林面積率が大きいサイトほど、森林性種の種数・個体数が多く、草原性種の種数・個体数が少ない傾向があった。今後、草原の管理が低下して樹林化が進んだ場合、森林性種が増加し、草原性種が減少することが示唆された（p. 165）。



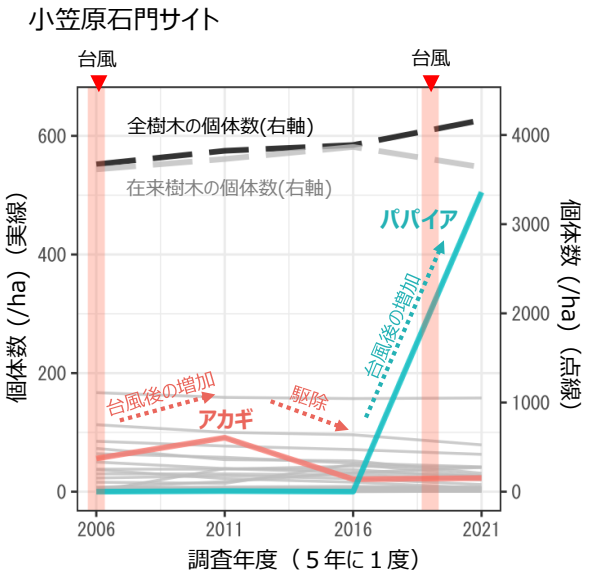
（３）　外来種

- 特に島嶼部で外来種の影響が深刻であり、小笠原石門サイトでは、２度の台風攪乱によって在来樹種の個体数・現存量が減少した一方、外来樹種が大きく増加した。台風攪乱の頻度や規模が増大した場合、外来種の影響がより強まることが示唆された。
- ガビチョウは、2018 年以降は、愛知県に新たに定着した他、記録の少なかった南東北や北関東の積雪の深い地域へ分布を拡げていた。
- ソウシチョウは、分布域の拡大は見られなかったが分布域内の低標高の空白域を埋めるように分布を拡げていた。
- マングースの防除が進んだ南西諸島のサイトでは、地上を高頻度で利用する在来鳥類のうち、与那サイトのヤンバルクイナで個体数の増加傾向が認められた。

１）外来種の侵入・拡大

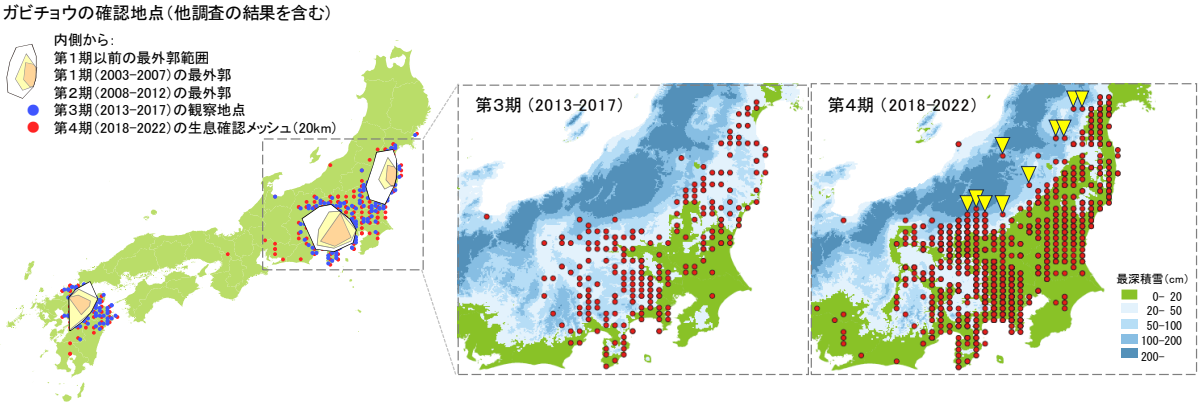
①　小笠原の外来樹木

・小笠原石門サイトでは、２度の台風攪乱によってほとんどの在来種で個体数が減少した一方、外来種のアカギとパパイアが大きく増加した。アカギは駆除によって大きく減少したが、依然として一定の個体数が存続している（p. 171）。



② ガビチョウの分布拡大（コア・準コア・一般サイト）

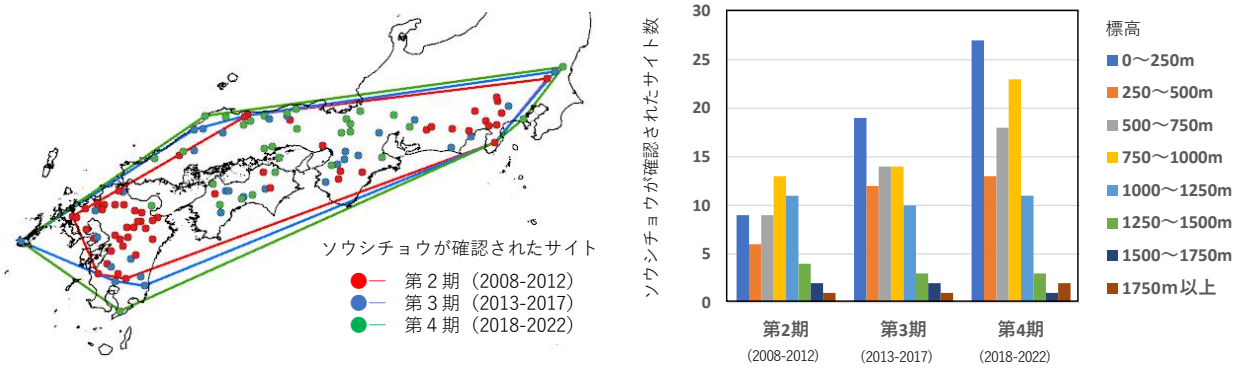
・2018 年以降は、愛知県に新たに定着した以外に大きな分布の拡大は見られなかったが、これまで記録の少なかった南東北や北関東の積雪の深い地域へやや分布を拡げていた（右下図▽印、p. 174）。



第４期は、20km メッシュで調査がされた全国鳥類繁殖分布調査の情報を含むため、20km メッシュで示した。
右図では、比較のため、第３期の情報も 20km メッシュで示した。

③ ソウシチョウの分布拡大（一般サイト）

・分布域の拡大は見られなかったが、分布域内の低標高の空白域を埋めるように分布を拡げていた（p. 176）。

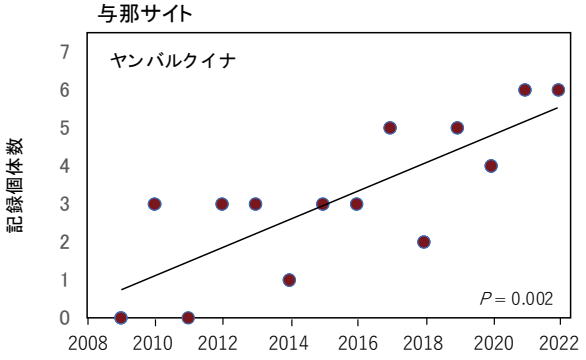


同じ地点で繰り返し確認された場合、より新しい調査期間の凡例で上書きされているが、分布の最外郭は対応する期間の確認地点を網羅している。

２）外来種の防除

① マングースの防除による地上性の鳥類の回復（コア・準コアサイト）

・防除活動によりフイリマングースの生息密度が大きく減少した奄美大島及び沖縄島北部のサイトでは、地上を高頻度で利用する在来種５種（奄美サイトのキジバト、オオトラツグミ、アカヒゲ、与那サイトのノグチゲラ、ヤンバルクイナ、アカヒゲ）のうち、与那サイトのヤンバルクイナに個体数の増加傾向が認められた（p. 178）。



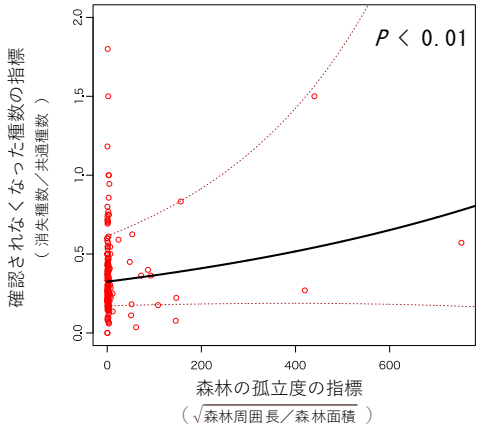
（４）　開発などの人間活動

- 森林の孤立程度が強いサイトほど、確認されなくなった鳥類の種数が多く、群集がより不安定であることが示唆された。
- 鳥類の絶滅危惧種には保護区[1]外のサイトで多く確認された種もあり、これらの種の保全には注意が必要である。
- 保護区の内外で鳥類群集の安定性に大きな違いが見られなかった。この結果を踏まえた保全施策の展開が期待される。

１）森林の孤立化

①　鳥類の種構成の変化（一般サイト（森林））

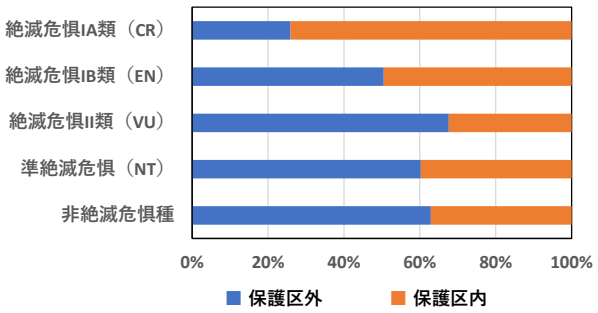
・森林の孤立程度が強い（森林の面積が小さい、または面積に比して周囲長が長い、すなわち森林内に占める林縁部の割合が大きい）サイトほど、第３期から第４期の間で確認されなくなった種の数が多かった（p. 182）。



２）保護区

①　鳥類の絶滅危惧種の確認サイトと保護区の重複状況（一般サイト）

・環境省レッドリストの絶滅危惧ⅠA類に指定されている種が確認されたサイトは、多くが既に保護区に指定されていた。一方、絶滅危惧ⅠB類・Ⅱ類・準絶滅危惧の種は、保護区外でも多く確認された（p. 185）。

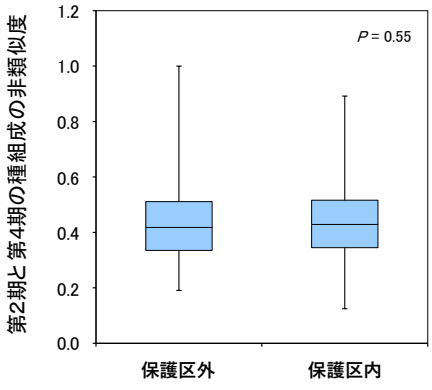


②　鳥類群集の安定性への影響（一般サイト）

・保護区の内外で、総個体数・種数・種多様度・種構成の安定性に有意な差は認められなかった（p. 188）。

第２～４期の変動係数（全サイトの平均）

	総個体数	出現種数	多様度指数
保護区外	0. 2428	0. 1382	0. 0623
保護区内	0. 2174	0. 1463	0. 0631
P 値	0. 0865	0. 4653	0. 7375



[1] 本報告書では、国立・国定公園の特別地域、鳥獣保護区の特別保護地区、及び保護林を指す。

６．第４期の成果及び第５期に向けた課題と展望

- 第４期は、第２期までに確立されたサイト配置、体制、手法を維持し、さらに長期的な継続に向けて必要な改善を進めつつ調査を実施した。
- 重要な調査成果が上げられ、成果の活用も進んでいるが、第５期以降も調査を継続し、明確な傾向を把握し、一層の活用を進めていくためには、課題もある。

（１）サイト配置及び調査手法の改善

１）第４期の成果

・重要な保護地域にありながら調査の実施・継続が困難となっている準コアサイトへの支援体制を見直し、西表サイトの毎木調査を初めて実施した。
・樹木種子の仕分け・判別方法等について、サイト間の情報共有や精度のすり合わせ等を進めるために、ウェブサイト上での資料共有や Q&A の掲載等を開始した。

２）第５期に向けた課題と展望

・アクセスの悪化等により調査の実施が困難になっているサイトについて、サイトの変更等の対応を進めるとともに、変更に当たっての基準作りや、解析上の取り扱い等の検討が必要である。
・調査手法の共有や精度維持のため、オンライン講習会の開催等、検討が必要である。
・今後も調査手法の課題の把握に努め、マニュアルを改良していく必要がある。

（２）持続可能な調査体制

１）第４期の成果

・後継者の不在や調査員の減少等で調査の実施が難しいサイトに対し、調査補助、サイト代表者の引継ぎ支援、教育機関等との連携、各種調査やイベントにおける本事業の紹介や参加の呼び掛け等を行った。

２）第５期に向けた課題と展望

・各サイトの調査員が事業の内容や調査手法の細部等について理解を深め、調査精度の維持や意欲の向上を図るためのオンライン講習会実施など、検討が必要である。
・調査を中断しないための工夫や、止むを得ず中断する際に必要な措置について、引き続き検討が必要である。
・調査関係者間で調査員の募集情報を共有し人員の融通を図る仕組みの検討も必要である。
・今後も調査の手法や参加者に共通性が高い他の全国的な鳥類調査と連携し、相互に結果を報告し合うことで調査員の意欲の維持向上を図り、講習会等を実施して調査員の育成、獲得を進める必要がある。
・調査員の意欲の維持向上、新たなサイト代表者や調査員の確保につながるような事業成果の発信方法についても、引き続き検討が必要である。

（３）情報の共有・管理及び発信

１）第４期の成果

・第２期までにほぼ整備されたデータの取扱い・管理体制の下、調査データの公開や成果の発信を進め、メールマガジンによる都道府県等への情報提供の取組も開始した。

・日本生態学会大会における自由集会の開催やシンポジウムでの講演を行った他、調査関係者による論文発表、学会発表、講義、講演会等が多数行われた。

２）第５期に向けた課題と展望

・（２）や（４）の課題解決に対してもより効果的な情報発信となるよう、情報発信の内容・対象・手段等を検討する必要がある。

・調査の進展に伴うデータ量の増大に対し、大量のデータを効率的かつ正確に入力・管理するための仕組みについても検討が必要である。

（４）結果の保全施策への活用

１）第４期の成果

・事業成果が「生物多様性国家戦略 2023-2030」「生物多様性及び生態系サービスの総合評価」「気候変動影響評価報告書」等の国の各種計画施策へ寄与した。

・調査データが国や地方自治体による各種保護地域や世界自然遺産地域等の指定・見直し・管理や、野生動植物の保全・管理、企業による環境アセスメント等に活用された。

２）第５期に向けた課題と展望

・引き続き関係機関と連携を図りつつ、気候変動影響の把握・評価に必要なデータを整備・提供していくとともに、自治体や企業、各種保全活動団体等が調査成果をより活用しやすくなるよう、分かりやすくまとめたデータを提供することや、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）や環境アセスメントデータベース（EADAS）等の環境情報を提供しているウェブサイトへ登録すること等、情報発信のあり方を検討する必要がある。

・新たに開始された「自然共生サイト」による自然環境保全の取組に対し、本事業の調査マニュアルの活用や、調査結果の本事業への活用など、相互連携を検討する。

（５）国際的枠組との連携

１）第４期の成果

・気候変動枠組条約パリ協定の次期グローバルストックテイクに向けた全球の森林炭素蓄積の推定に貢献するため、研究機関のコンソーシアムに対し毎木調査データを提供した。

・東アジア・東南アジアでの陸生鳥類のモニタリングを進めるための国際ワークショップや、JICA 研修、海外の研究機関からの視察等の場で、調査の手法や成果を共有した。

２）第５期に向けた課題と展望

・地球観測グループ生物多様性観測ネットワーク(GEOBON)等の国際的な枠組との連携、英語版のウェブサイトやマニュアル、パンフレット等の整備、生物多様性条約締約国会議(COP)や生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム(IPBES)等の国際会議の場でのアピール等に引き続き取組む必要がある。

Summary

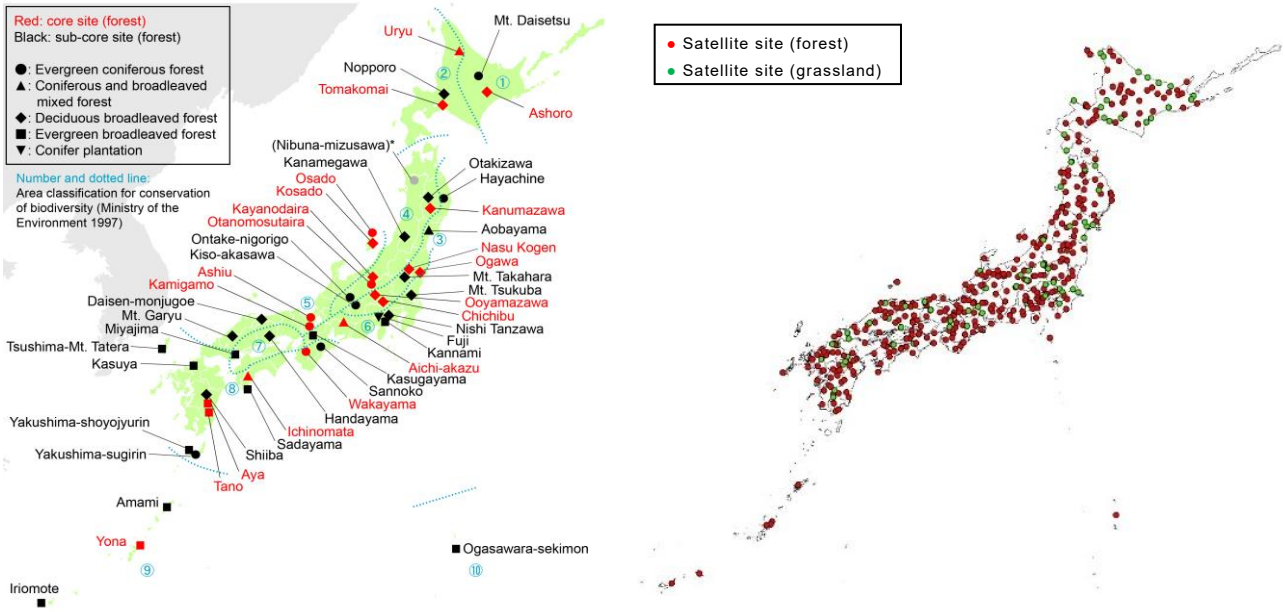
The purpose of this survey is to detect the increase or decrease of each species and changes in species composition through quantitative, long-term monitoring of the states of forest and grassland ecosystems throughout Japan using a unified method, and thus to contribute to implementation of effective biodiversity conservation measures. The survey has been conducted since 2004 with the cooperation of various participants, such as researchers, NPOs, and amateur researchers throughout the country. The survey results are compiled over the period and analyzed for nationwide trends every 5 years. This report covers the Fourth Period, 2018-2022. In principle, all survey manuals, reports, and survey data are publicly available on the website.

1. Indicators for Forest and Grassland Ecosystems

- Trees, ground-dwelling beetles, and birds were selected as indicators to monitor changes in forest and grassland ecosystems (Chapter 1).

2. Site Placement

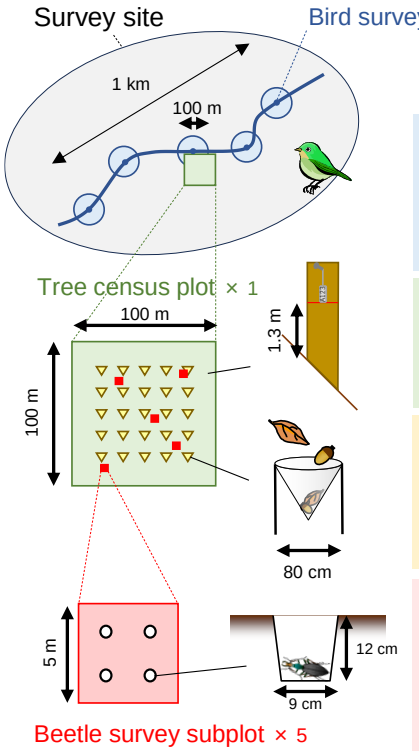
- Three categories of survey sites (core, sub-core, and satellite sites) with different levels of survey frequency and survey items were placed evenly throughout the country to cover representative forest types and climatic zones in Japan (Chapter 2).



Categories of survey sites	Number of sites	Survey frequency	Survey items	Main monitoring staffs	Points of site placement
Core site	Forest: 20	Every year	Tree censuses, litter and seed trapping, ground-dwelling beetle surveys, and bird surveys	Researchers, technicians, and other personnel *University experimental forests and long-term observation sites of research institutions, etc.	Comprehensive and intensive surveys of ecosystem changes, mainly of natural old-growth forests, by researchers and other personnel
Sub-core site	Forest: 28	Every five years	Tree censuses and bird surveys		
Satellite site	Forest: 344 Grassland: 78	Every five years	Bird surveys	Amateur researchers	Wide-area and multi-point surveys covering diverse environments to understand changes in bird species distribution and others

3. Monitoring Methods

- A manual for quantitative and unified surveys was developed for each indicator.
- One bird survey route of about 1 km was set up at each survey site with five fixed points were placed. On each core site and sub-core site, one tree census plot of about 100-meter square (more than one plots for some core sites) were placed. Inside the core sites, 25 traps were placed for litter and seed trapping, and five subplots were placed to survey ground-dwelling beetles.
- At the core sites, all items were monitored every year; at the sub-core sites, bird surveys and tree censuses were conducted every five years; and at the satellite sites, bird surveys were conducted every five years (Chapter 3).



Bird survey (5 spots, 2 days each during breeding and wintering seasons)

- Spot census. Two 10 min. observations within a 50-m radius.
- Recording abundance of each bird species and general state of vegetation.



Tree census (1 plot, once/year)

- Recording tag ID, coordinate, species name, and GBH (girth at breast height) of each living tree with GBH > 15 cm.
- Taking landscape photos at a fixed point.



Litter and seed trapping (25 traps, once/month)

- Measuring dry mass of each organ (leaf, branch, reproductive organ and others).
- Recording abundance and dry mass of seeds/fruits of each tree species.



Ground-dwelling beetle survey (5 subplots, 4 times/year)

- Opening 4 pitfall traps per subplot for 3 days.
- Recording species name, sex, and dry mass of each beetle.
- Measuring forest floor vegetation cover, litter accumulation, C and N contents in organic layers and surface soil, and cellulose decomposition rate.



4. Current status and issues on forests and grassland ecosystems and direction of analysis

- Forest and grassland ecosystems in Japan are presently exposed to various environmental changes. To understand the latest status and trends of these ecosystems, in terms of the “four crises of biodiversity (by Japanese NBSAP)” were studied:
  - Climate change,
  - Decline in human intervention in nature,
  - Alien species, and
  - Impact from land development and other human activities.

  Then, the changes caused by these impacts were analyzed (Chapter 4).

5. Detected Changes in Forest and Grassland Ecosystems

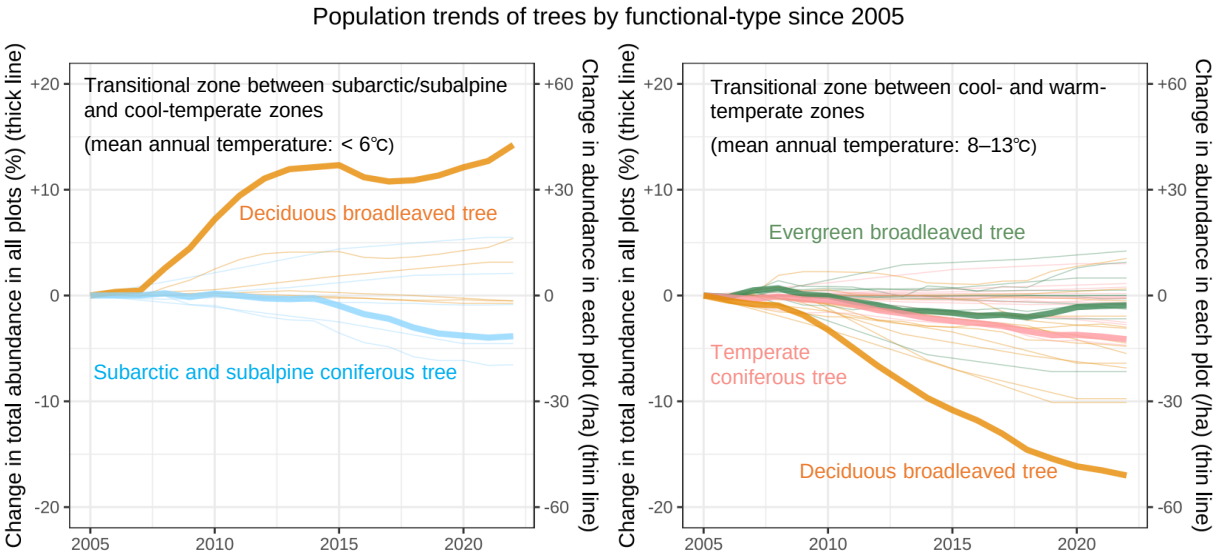
(1) Climate change

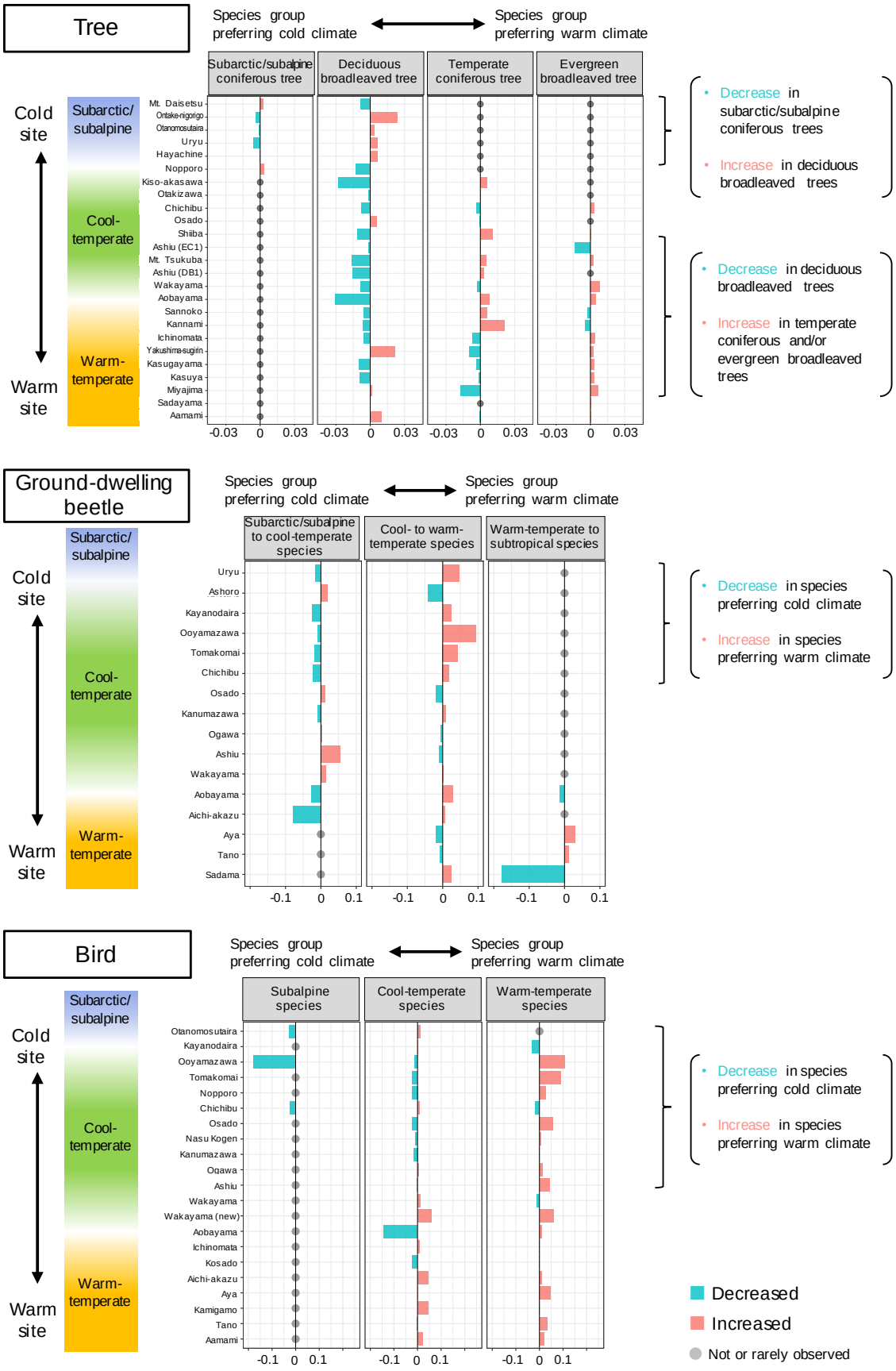
- Throughout the country, trees, beetles, and birds all shifted to have community compositions of warmer regions. For beetles and birds, the trend was especially conspicuous in the subalpine and the cool-temperate forest zone.
- Some dominant species of trees, beetles, and birds showed changes in their abundances, suggesting the distribution shift to cooler regions (increased abundance in the cooler areas, and decreased abundance in the warmer areas of their ranges). In birds, none of the species except for alien species showed clear trends to increase abundance over a wide area
- Tree growth rates were greater in warmer years. Carbon stocks in forest trees, including those in old-growth forests, showed increasing trends nationwide. In addition, cellulose decomposition rates are on the decreasing trend throughout the country. Thus, a rise of carbon storage in the entire forest ecosystems was suggested. On the other hand, the amount of the aboveground biomass in subtropical islands, was declining due to disturbances by typhoons.
- The breeding seasons (singing and fledgling seasons) of birds in forests in the cool-temperate zone was highly affected by spring temperatures, suggesting the shifts to earlier due to global warming.

1) Change in distribution, species composition, and abundance

(i) Change in community composition

・Each indicator group showed a trend of the shifting of community composition to that of warmer regions (community thermophilization) (see pp. 53, 63, and 82 for detailed results). This trend was nationwide for trees, while beetles and birds had the trends only in subalpine and the cool-temperate zones.



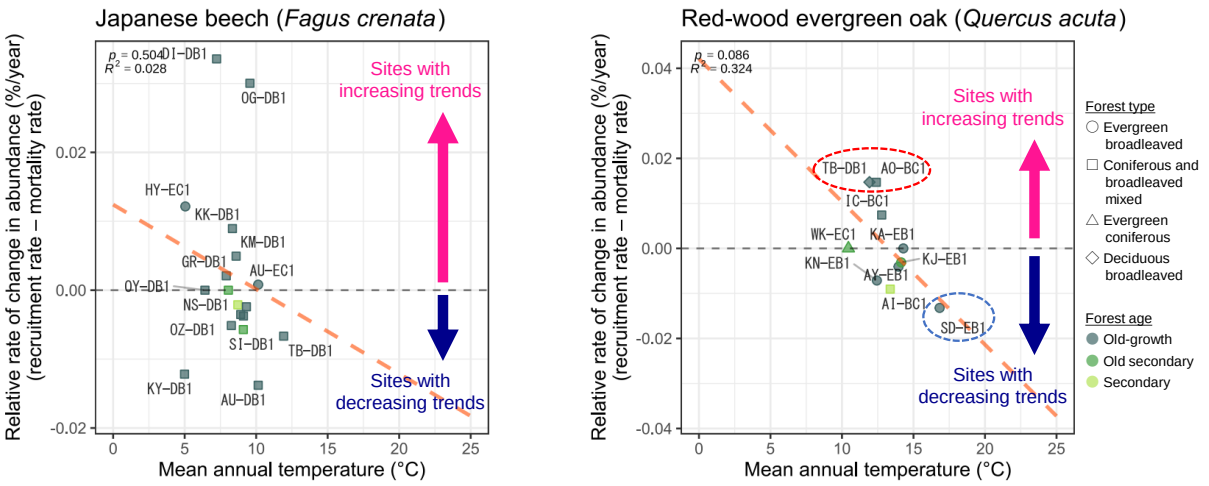


Index of change rate in relative abundance of each species group
(abundance change rate of each group – abundance change rate of whole community)

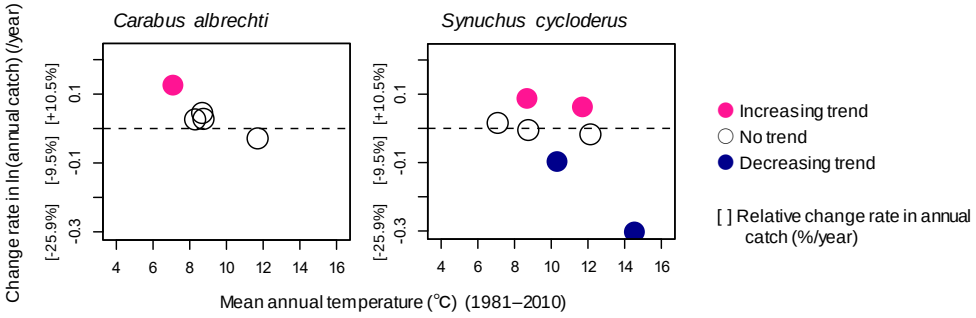
(ii) Change in distribution and abundance of dominant species

Changes in abundance (increases in cooler areas and decreases in warmer areas) suggestive of climate change effects were studied for the dominant species for each indicator.

・Trees: For Japanese beech (*Fagus crenata*) and red-wood evergreen oak (*Quercus acuta*), there was no statistically significant linear relationship between mean annual temperature and abundance (number of stems, p. 58). However, the red-wood evergreen oak showed an increasing trend at the sites closer to northern limit or upper altitude limit (red dashed circle in the figure below) and a decrease trend at the warmest site (blue dashed circle in the figure below).

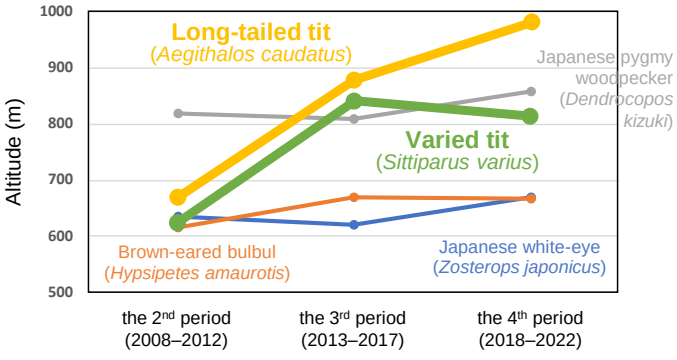


・Beetles: Out of the eight species that predominate at multiple sites, *Carabus albrechti* showed an increasing trend at cooler sites, while *Synuchus cycloderus* showed a decreasing trend at warmer sites (p. 63).



・Birds (satellite sites): Among the five major warm-climate species at the sites along the Sea of Japan, the long-tailed tit (*Aegithalos caudatus*) and the varied tit (*Sittiparus varius*) showed a significantly higher distribution altitude compared to those observed in the Second Period (2008-2012) (p. 82).

Among dominant species with wide-range distributions, only the red-billed leiothrix (*Leiothrix lutea*, alien species) showed an increasing trend in central and western Japan, while all native species showed either a decreasing or no increasing/decreasing trends (p. 77).



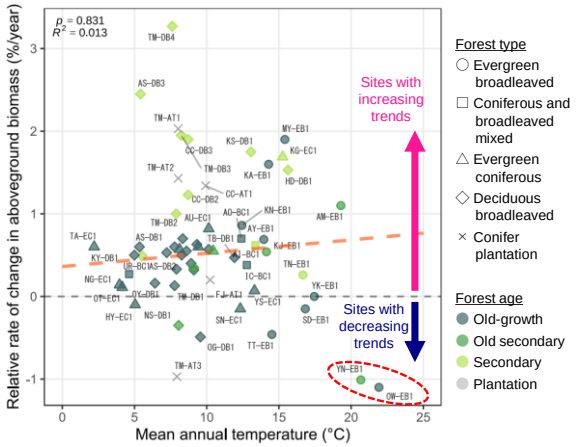
The values on the vertical axis are the third quartiles of altitudes of all occurrence sites.

2) Change in structure and functions of forests

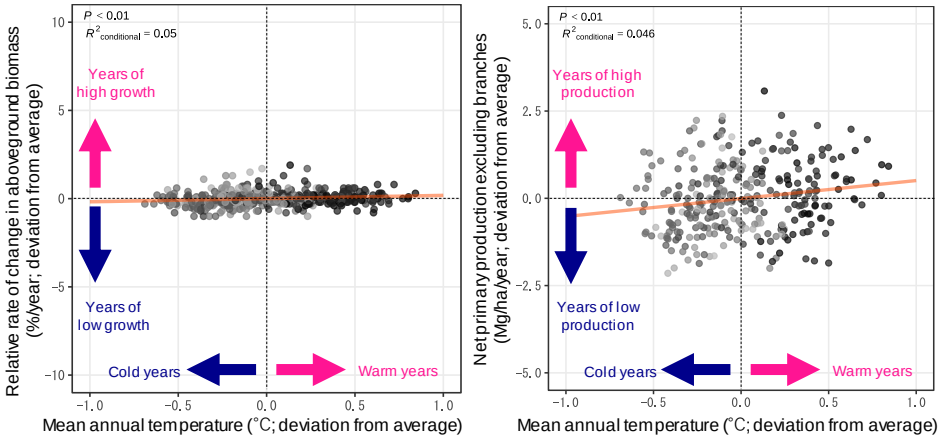
(i) Relationship of aboveground biomass and production with temperature

・Aboveground biomass showed an increasing trend nationwide not only in young secondary forests but also in old secondary forests and old-growth forests (p. 91).

・In contrast, the aboveground biomass at the sites of the subtropical islands (Yona and Ogasawara-sekimon sites) significantly decreased due to typhoon disturbances (red dashed circle in the figure above, pp. 91 and 125).

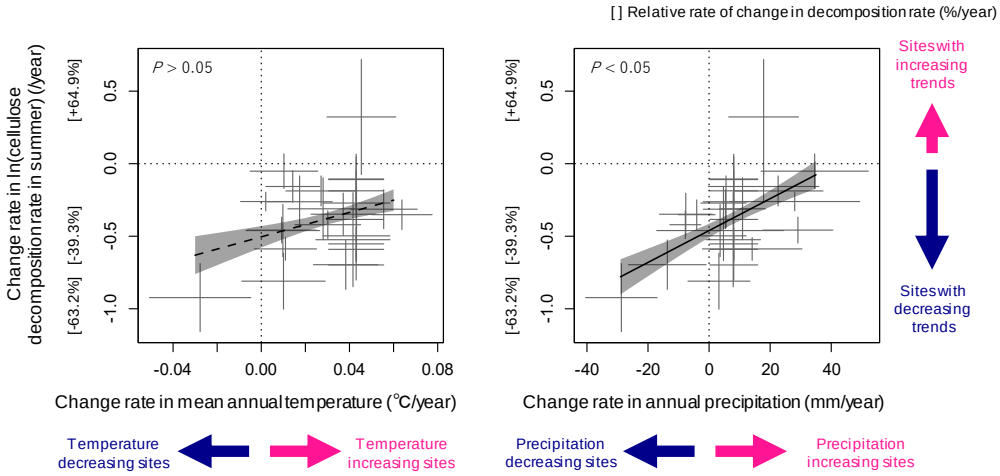


・The higher the mean annual temperatures, the greater the above-ground growth and net primary production were observed (pp. 91 and 98).



(ii) Relationship of litter accumulation, soil carbon content, and cellulose decomposition rate with temperature and precipitation.

・The cellulose decomposition rate decreased in summer and winter at many sites. This trend was more notable at the sites with larger decrease of annual precipitation (p. 103).

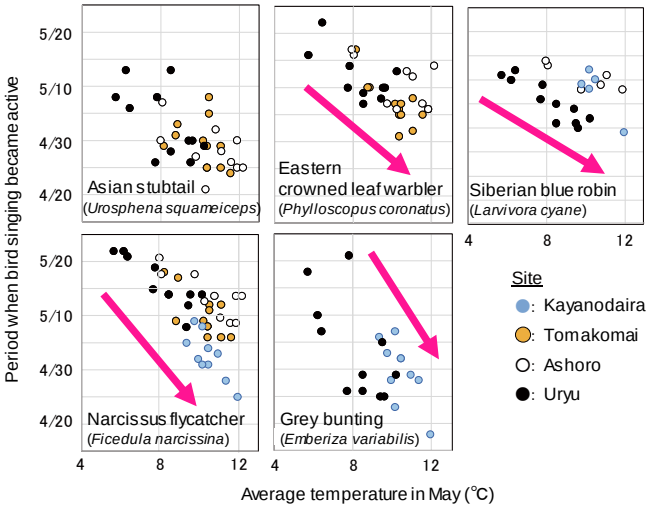


・The rates of litter accumulation and soil carbon content were not significantly related to the change in temperature and precipitation (p. 103).

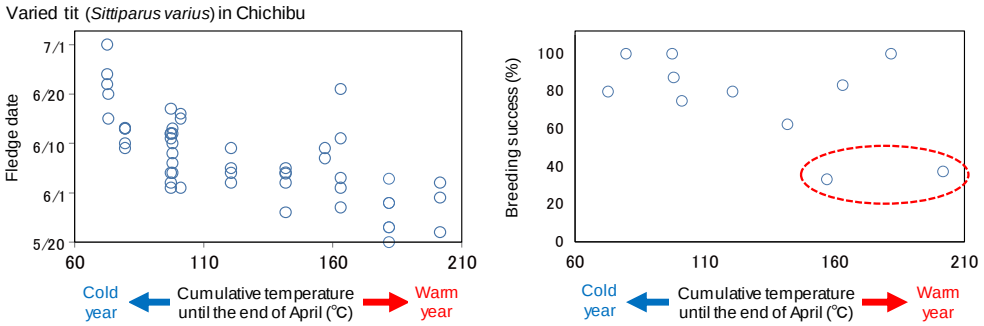
3) Phenological change

(i) Change in breeding seasons of bird (core sites)

・ The singing of summer birds started earlier in the years with higher temperature in May at the four cool sites in Hokkaido and Honshu. Of the five species analyzed, four species except Asian stubtail (*Urosphena squameiceps*) showed a statistically significant trend (p. 117).

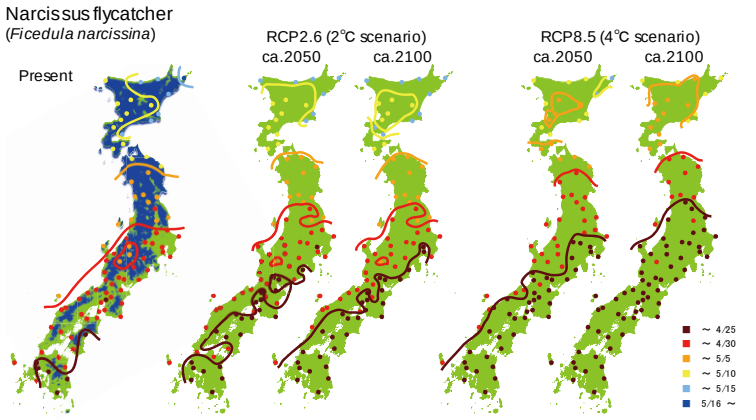


・ Varied tit at the Chichibu site started the fledging in earlier date in the years with high cumulative temperature from January 1 to the end of April. The breeding success was low in some years with high cumulative temperatures (red dashed circle in the figure below, p. 117).

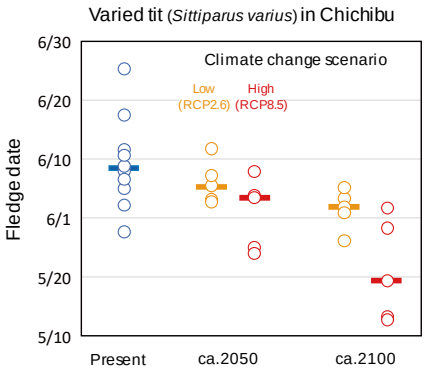


(ii) Predicted change in breeding season of birds (core sites)

・ The relationship between the breeding season of birds and the temperature described in (i) suggests a possibility that the singing of the narcissus flycatcher (*Ficedula narcissina*) will start about five days earlier nationwide. The fledging of the varied tit at the Chichibu site is predicted to occur about 20 days earlier by around 2100 (p. 120).



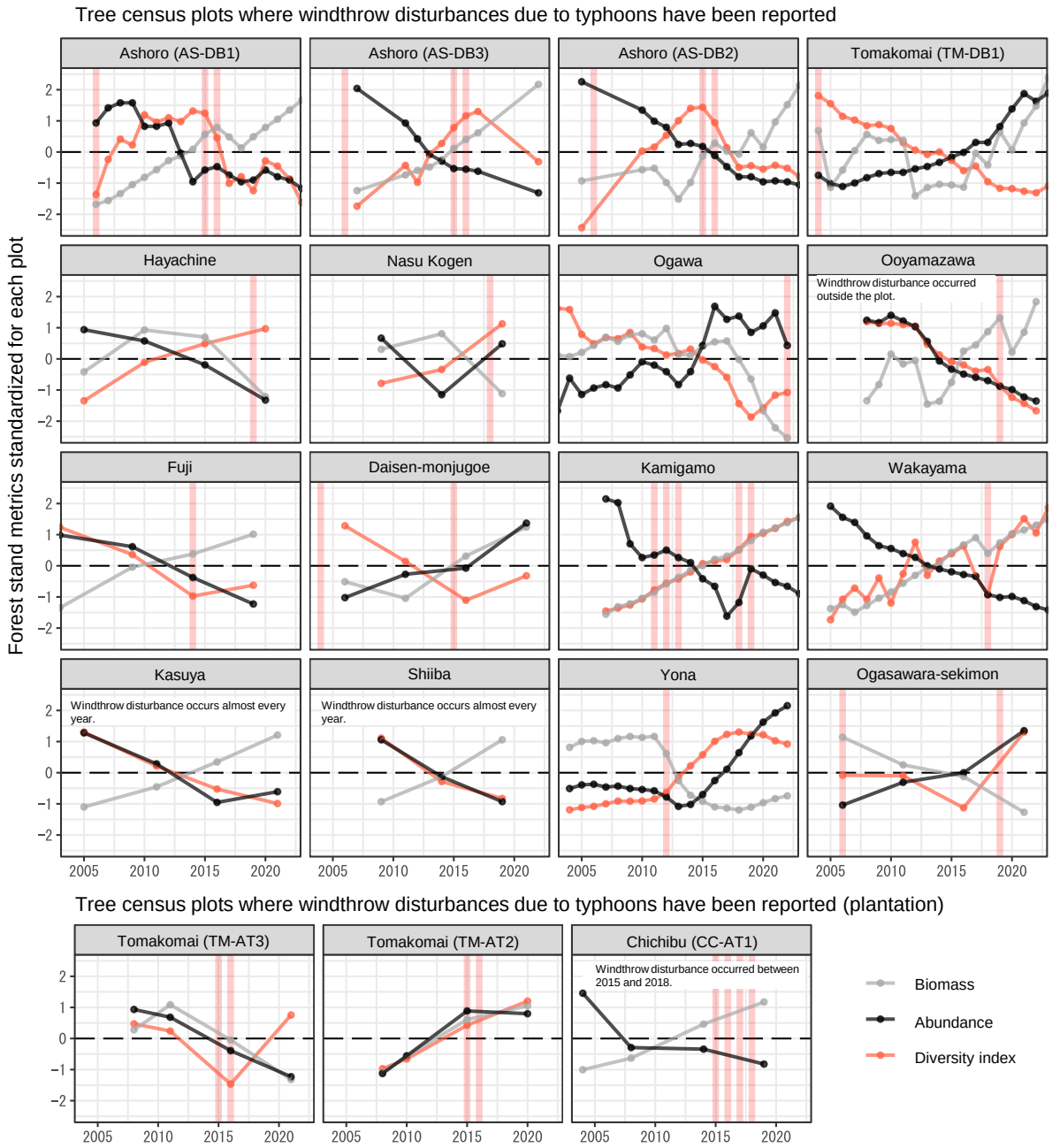
Changes in the timing of active singing of the narcissus flycatcher were predicted, based on the current temperatures and observational data of singing seasons in regions with cool climates (indicated in blue in the map), as well as on projected future temperatures in Japan.



The horizontal lines indicate the medians.

4) Impact of typhoon disturbances

- In the subtropical forests on southern islands (Yona and Ogasawara-sekimon sites), reduced aboveground biomass due to large-scale typhoon disturbances were observed (p. 125).
- In the cooler forests in Hokkaido and northern Honshu (Hayachine and Tomakomai sites), typhoon-induced damages to coniferous trees as well as to broad-leaved trees (distributed at warmer areas) were observed. The trend of compositional shifts from coniferous trees to broad-leaved trees due to windthrow disturbances have not been clearly observed, and continued monitoring is needed (p. 125).



The red vertical lines indicate periods when windthrow disturbances due to typhoons were reported.

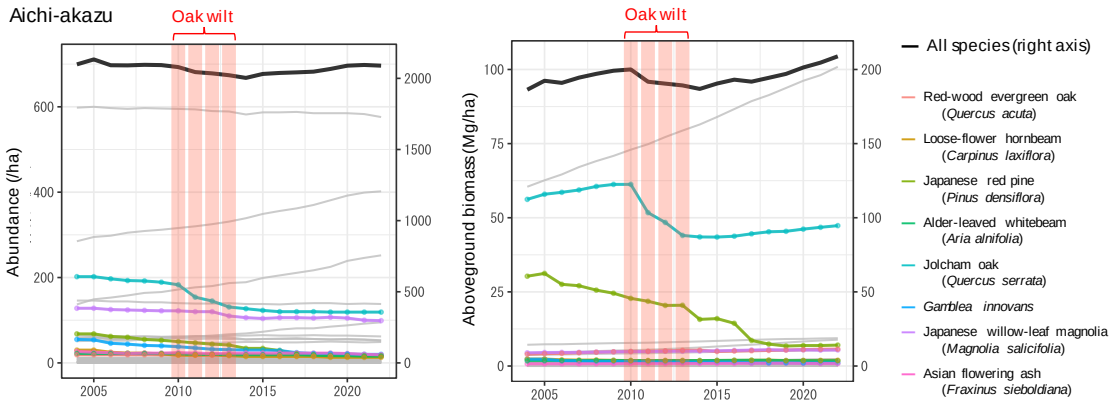
(2) Impacts on ecosystems due to decline in human intervention in nature

- In secondary forests which suffered pine wilt and oak wilt, long-term changes in tree composition continued, decreasing the abundance of birds dwelling in understory vegetation and causing significant population fluctuations in the ground-dwelling beetles.
- At many of the sites with the influences of sika deer (*Cervus nippon*) (e.g. decline of forest floor vegetation), there were higher growth and lower regeneration of trees and a decrease in the abundance of birds using understory vegetation.
- At the sites with ground disturbance by wild boars (*Sus scrofa*), there was a decrease in the forest floor vegetation cover, nitrogen content in the accumulated litter layers and surface soil, as well as some ground-nesting bird species, but no clear impact on the ground-dwelling beetles was observed.
- The sites with a larger proportion of forested areas at landscape level had larger numbers of forest birds and fewer numbers of grassland birds, suggesting possibilities of large impact on bird composition in case forestation progresses in grassland sites.

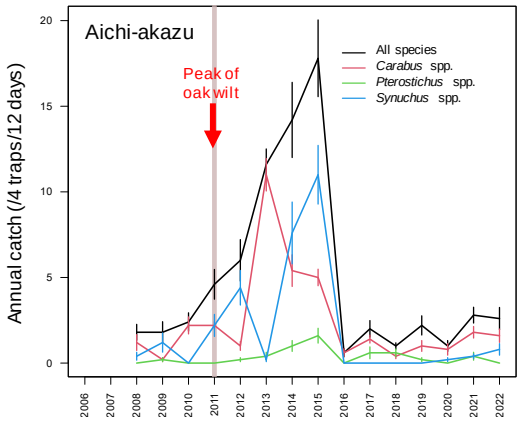
1) Damage by forest pests and diseases

(i) Impact of pine wilt

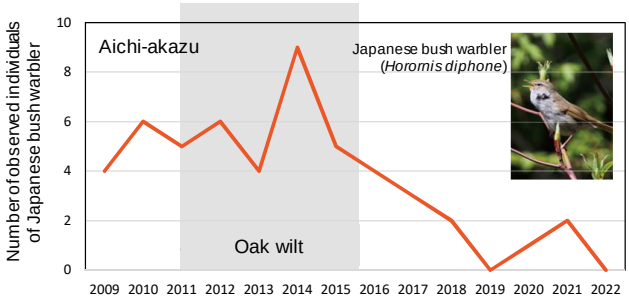
・Trees: The secondary forests at Aichi-akazu, Kosado, and Tano, which suffered pine wilt and oak wilt, showed seriously significant changes in tree compositions, immediate and long-term decreasing trend for some species, although some are recovering after damages. (p. 132).



・Beetles: The abundance of ground-dwelling beetles increased just after the peak of oak wilt at Aichi-akazu site, followed by a drastic decrease and then an gradual recovery again (p. 135).



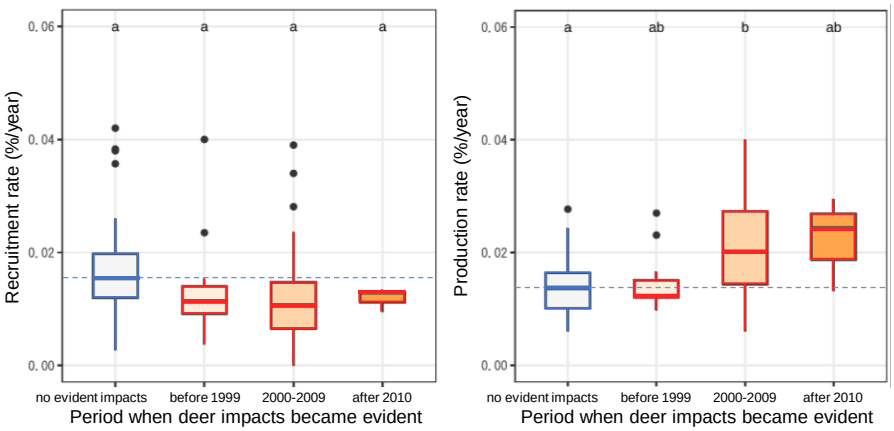
・ Birds (core sites): At Aichi-akazu site, understory vegetation cover and abundance of the Japanese bush warbler (*Horornis diphone*) using understory vegetation showed a decreasing trend after an event of oak wilt (p. 137).



2) Change in population of deer and wild boars

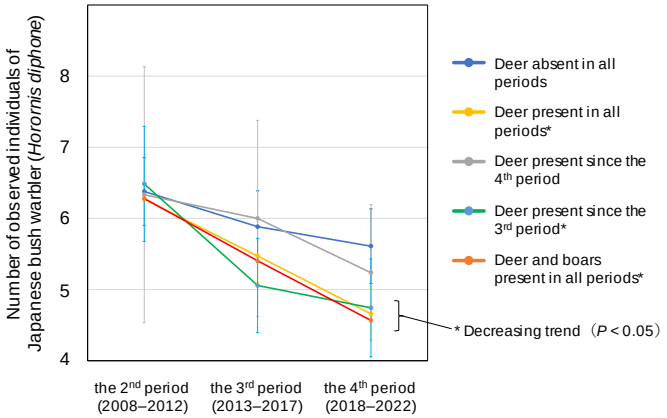
(i) Impact due to increasing deer abundance

・ Trees: Many of the sites with impacts of increasing deer abundance showed a declining trend in abundance of tree species preferred by deer. The sites influenced by deer (red squares in the figure below) showed lower recruitment rates for trees in general than those without impacts of deer (blue squares in the figure on the right), although it was not statistically significant. However, biomass production rates (increase rates of aboveground biomass due to stem growth) of the former were significantly higher than the latter (p. 144).



・ Birds (satellite sites): The abundance of Japanese bush warblers, which use understory vegetation (lower left figure. p. 155), decreased at the sites inhabited by sika deer.

・ Birds (core sites): At sites with a large abundance of sika deer, species using understory vegetation (Japanese bush warbler, Japanese robin (*Larvivora akahige*), Siberian blue robin (*Larvivora cyane*), and red-billed leiothrix) were declining or had already disappeared. In some sites, however, some increased their abundances in recent years (Japanese bush warblers and Siberian blue robin at Chichibu site, Japanese Robin, Siberian blue robin, and red-billed leiothrix at Ooyamazawa site) or have been newly recorded (Japanese bush warbler and red-billed leiothrix at the Ashiu site) in the period of 5 years, suggesting recoveries in abundance (lower right table. p. 153).

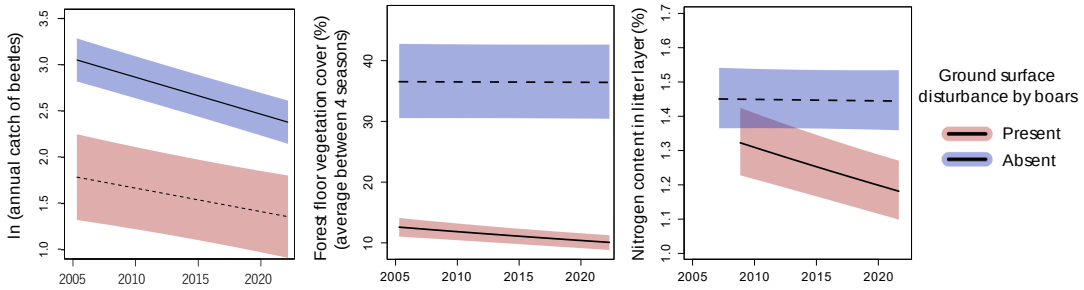


Site / Species	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ashiu														
H. diphone	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	●	●
L. lutea	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●
Chichibu														
H. diphone	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●
L. akahige	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○
L. cyane	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
L. lutea	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Ooyamazawa														
H. diphone	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
L. akahige	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●
L. cyane	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●
L. lutea	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●	○	●	●
Tomakomai														
H. diphone	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○	-
L. cyane	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	-

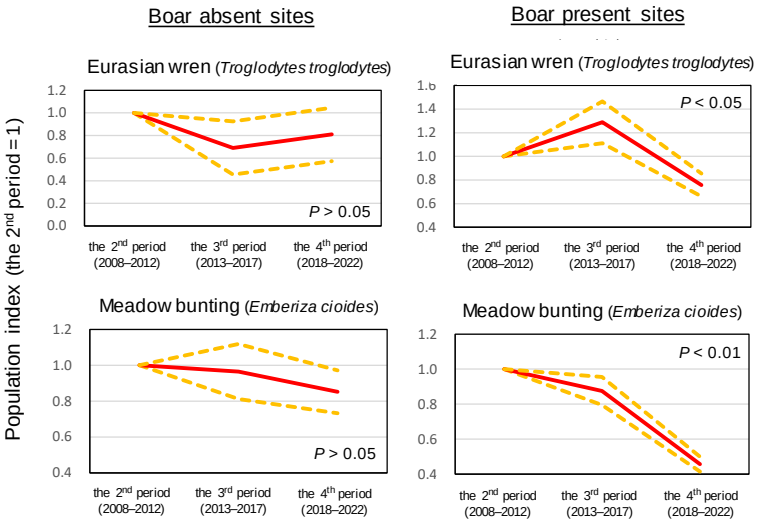
●: > 1 indiv., ●: 1 indiv., ●: 0 indiv. with observation outside the range of survey, ○: 0 indiv., -: no survey

(ii) Impact of increasing wild boar

・The disturbance by wild boar did not cause any difference in the trend in numbers of captured beetles, specifically for Geotrupidae species, which are coprophagous. On the other hand, the forest floor vegetation cover, as well as nitrogen (N) content in the accumulated litter layers and surface soil, showed declining tendencies (p. 157) at the sites with wild boar influence.



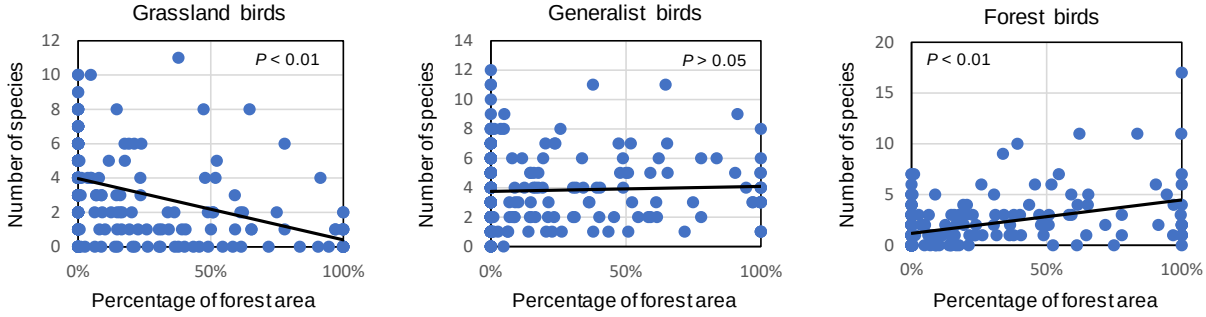
・Birds (satellite sites): Sites inhabited by wild boars showed a declining trend in abundance of the two dominant ground-nesting species, meadow bunting (*Emberiza cioides*) and the Eurasian wren (*Troglodytes troglodytes)*. However, another dominant ground-nesting species, the eastern crowned leaf warbler (*Phylloscopus coronatus*) did not have the trend (p. 160).



3) Change of vegetation in landscape level

(i) Difference in bird spices composition according to proportion of forest areas (satellite sites)

・At sites with larger proportion of forested areas in the surrounding landscapes, the number of species and abundance of forest birds tended to be higher, while they were both lower for grassland birds. This trend suggests that if grassland management are abandoned and forestation progresses, the number of forest species will increase, while the number of grassland species may decrease (p. 165).



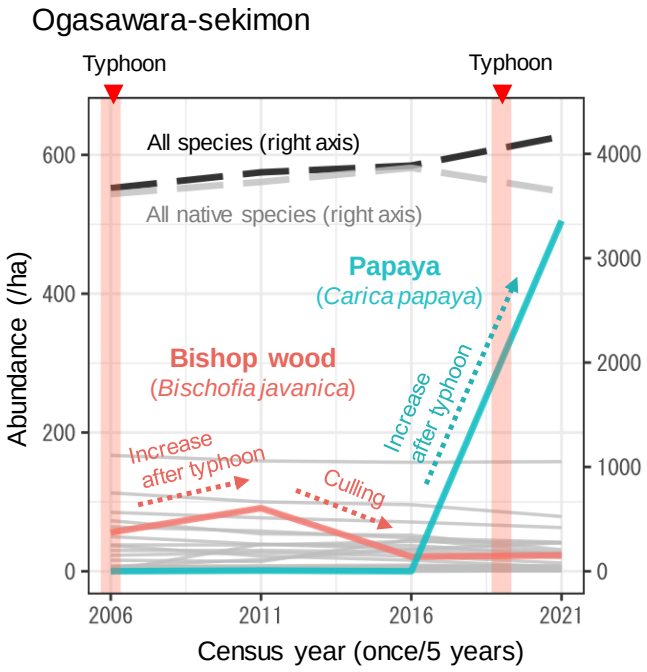
(3) Alien species

- The impact of alien species is particularly serious at the site of small islands. At Ogasawara-sekimon site, abundance and biomass of native tree species decreased due to two typhoon disturbances, while these figures for alien species increased significantly. This fact suggests that the increases in frequency and magnitude of typhoon disturbances, which are predicted in some climate models, will result in a greater impact of alien species on tree communities.
- Since 2018, Chinese hwamei (*Garrulax canorus*) have established its population in Aichi Prefecture. The species also expanded its distribution to areas with deep snow cover in southern Tohoku and northern Kanto areas, where there had been few records before.
- Although the red-billed leiothrix did not expand its geographical range, it became to be observed more frequently at the sites in lower altitudes of the same range.
- At the sites in Nansei Islands, where mongoose control has progressed, Okinawa rail (*Hypotaenidia okinawae*) at Yona site conspicuously increased its abundance among the native bird species that use the ground frequently.

1) Invasion and expansion of alien species

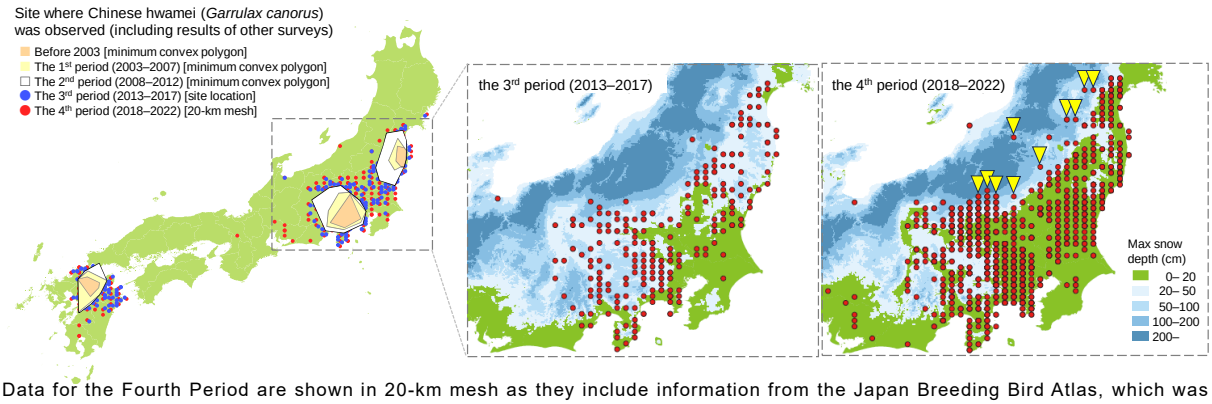
(i) Alien tree species in Ogasawara

・At Ogasawara-sekimon site, the abundance of most native species decreased due to two typhoon disturbances, while the alien species like bishop wood (*Bischofia javanica*) and papaya (*Carica papaya*) increased significantly. Although the abundance of bishop wood made a great decline due to the removal effort, a certain level of abundance still remains (p. 171).



(ii) Expanding distribution of Chinese hwamei (core, sub-core and satellite sites)

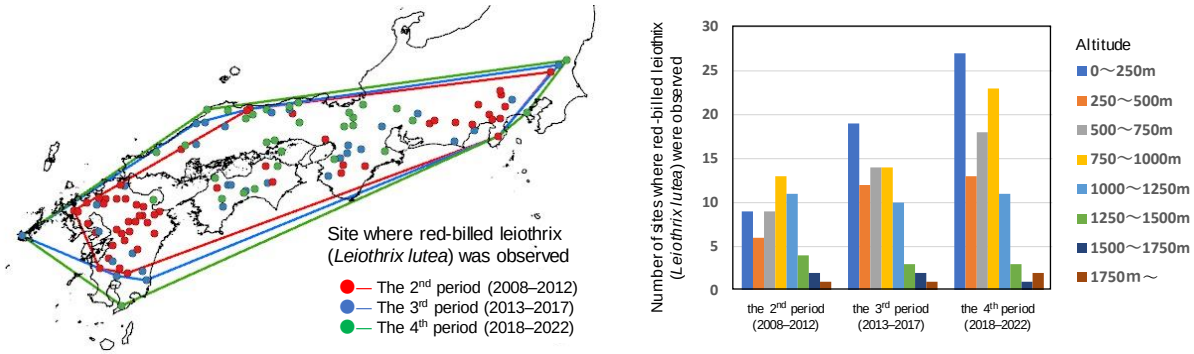
・After 2018, no significant expansion was seen in distribution range of Chinese hwamei except for some new establishments in Aichi Prefecture, although the distribution expanded to areas with deep snow cover in the southern Tohoku and the northern Kanto areas, where there had been few records before (▽ in lower right figure. p. 174).



Data for the Fourth Period are shown in 20-km mesh as they include information from the Japan Breeding Bird Atlas, which was conducted in 20-km mesh.
In the figure on the right, information for the Third Period is also shown in 20-km mesh for comparison.

(iii) Expanding distribution of red-billed leiothrix (satellite sites)

・Although the red-billed leiothrix did not expand its geographical distribution area, it became to be observed more frequently at the sites with lower altitudes within the distribution area (p. 176).

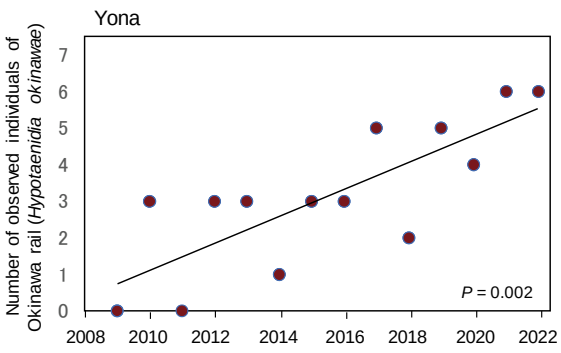


When the species was observed more than once at the same spot, the legend is overwritten with the most recent period. The outer perimeter of the distribution is drawn to cover all observations in the corresponding period.

2) Alien species control

(i) Recovery of native terrestrial birds through mongoose control (core and sub-core sites)

・At sites in Amami-Oshima Island and the northern part of Okinawa Island, the density of the small Indian mongoose (*Urva auropunctata*), which was introduced in 1910 in Okinawa and 1979 in Amami-Oshima, has decreased significantly due to control efforts by the Ministry of the Enviroment Japan and local governments. The abundance of Okinawa rail at the Yona site increased among the five native bird species that use the ground frequently, such as oriental turtle dove (*Streptopelia orientalis*), Amami thrush (*Zoothera dauma major*), Ryukyu robin (*Larvivora komadori*), Okinawa woodpecker (*Dendrocopos noguchii*), and Okinawa rail (p. 178).



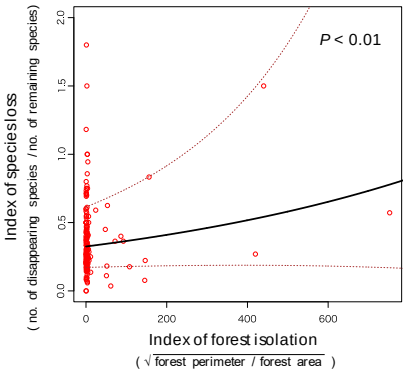
(4) Forest exploitation and other human activities

- At the sites with the greater levels of forest isolation, the more bird species became absent, suggesting that the communities are more unstable in such a landscape.
- Some threatened bird species were newly seen at sites outside the strictly protected areas[2]. It suggests that special care may be necessary for effective conservation measures for these species.
- The stabilities of bird communities inside and outside the strictly protected areas were not largely different. It is expected that conservation measures will be developed based on these results.

1) Isolation of forests

(1) Change of bird species composition (satellite sites (forests))

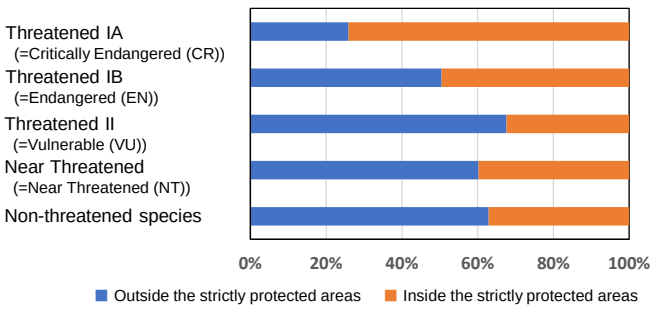
・Sites with the higher degree of forest isolation (a small forest area or a long perimeter relative to the area, i.e., a large proportion of the forest edge to the forest area) had the greater number of species that disappeared between the Third Period and the Fourth Periods (p. 182).



2) Strictly protected areas required for conservation

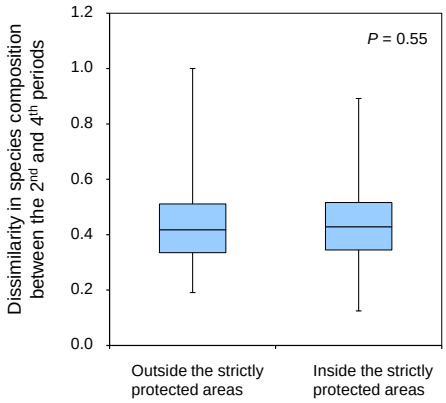
(i) Gap analyses on threatened bird species and the strictly protected areas (satellite sites)

・Many of the sites where species categorized as Threatened IA (CR) on the Japanese Red List have already been included in the strictly protected areas. Meanwhile, many species categorized as Threatened IB (EN), Threatened II (VU), and Near Threatened (NT) species were both observed inside and outside the strictly protected areas with almost similar frequencies (p. 185).



(ii) Impact on the stability of bird communities (satellite sites)

・There were no significant differences in the stability of total number of individuals observed, number of species, species diversity, or species composition between inside and outside of the strictly protected areas.



Coefficient of variation in the Second to Fourth Period (Average of all sites)

	Total number of individuals	Number of species occurred	Dissimilarity
Outside the strictly protected areas	0.2428	0.1382	0.0623
Inside the strictly protected areas	0.2174	0.1463	0.0631
P value	0.0865	0.4653	0.7375

[2] In this report, strictly protected areas refer to Special Zones in National and Quasi-national Parks, Special Protection Zones in Wildlife Protection Areas, and Protected Forests.

6. Achievements of the Fourth Period and Remaining Issues and Challenges for the Fifth Period

- In the Fourth Period, we continued the survey with maintaining the site placement, monitoring system, methods established since the Second Period, and making necessary improvements for long-term continuation.
- While important survey results were obtained and the results has been utilized by many sectors, the following issues need to be addressed to continue the survey in the future, to understand clearer trends, and to promote further utilization of the results in practices.

(1) Improvement of site placement and survey method

1) Achievements in the Fourth Period

・We tried to improve the support system for sub-core sites with difficult conditions to conduct and continue surveys, but with important conservation values. We conducted a tree census for the first time in one of such sites, i.e. Iriomote site, where the census had not been conducted in the First to Third period.

・We started sharing problems and measures that are common among the sites by posting Q&A on a website, and ensured the monitoring accuracy among sites, in particular on the methods of sorting and identifying tree seeds.

2) Remaining issues and challenges for Fifth Period

・For the sites with some difficulties in continuation due to the physical access or any other reasons, we need to change the site to new one and establish a standard for making these changes, including the continuation of analyses.

・We need to provide online seminars/workshops to share survey methods and maintain accuracy of surveys.

・According to results of questionnaires to the sites, we need to continue improving the monitoring manuals.

(2) Sustainable research system

1) Achievements in Fourth Period

・For sites with some difficulties to maintain due to lack of successors and/or staff members, we proposed some candidates of successors, or provided survey assistance. We also cooperated with educational institutions and introduced this project at various survey opportunities to call for participation.

2) Remaining issues and challenges for Fifth Period

・We think it is effective to have online seminars/workshops for the monitoring staff to better understand the project and survey methods in detail, improve their motivation, and maintain the accuracy of the survey.

・We need to continue monitoring as much as possible, though some countermeasures are necessary in case of inevitable and/or accidental interrupting events.

・We also need to examine mechanisms to share information on the recruitment and education of monitoring staff among those involved in the survey and to increase the flexibility.

・We need to coordinate with other national bird surveys that share common methods and participants, and to motivate monitoring interests. We think seminars/workshops to train existing staff members

and recruit new members could be effective.
・We need to develop effective ways of disseminating the results of the project which may also lead to enhance the power to maintain and improve the motivation of monitoring staff.

(3) Information sharing, management, and dissemination

1) Achievements in Fourth Period

・Under the data handling and management system that had almost fully put in place by the Second Period, we concentrated more on publishing survey data and the results in this period. We have also started providing information to prefectural governments through e-mail newsletters to meet local needs of such information.
・In addition to hosting a workshop and giving a lecture at a symposium at the Annual Meeting of the Ecological Society of Japan, survey results were shared by those involved in the survey through many scientific papers, conference presentations, lectures, and other forms of publication.

2) Remaining issues and challenges for Fifth Period

・We need to review the content, target, and means of information dissemination so that we can deliver information more effectively to solve the problems in (2) and (4).
・The amount of data increases as monitoring continues. We need to develop efficient mechanisms to keep sufficient accuracy for managing such large volumes of data.

(4) Use of research results for conservation measures

1) Achievements in Fourth Period

・The results of the project contributed to various national planning and measures including the National Biodiversity Strategy, Comprehensive Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services in Japan and Assessment Report on Climate Change Impacts in Japan, which have issued from Ministry of the Environment Japan.
・The survey data were used by the national and local governments, in particular, for the designation, review, and management of protected areas and natural World Heritage sites and for the conservation and management of wild animals and plants. Some corporation used the data for environmental assessments and other purposes.

2) Remaining issues and challenges for the Fifth Period

・We need to continue our cooperation with relevant organizations to develop and provide data necessary for understanding and assessing the impact of climate change. For easier use of survey results by local governments, companies, and other conservation organizations, we need to examine better ways of delivering information, providing easy-to-understand data and registering on websites, such as Climate Change Adaptation Information Platform (A-PLAT) and Environmental Impact Assessment Database System (EADAS), for environmental information.
・In response to the natural environment conservation initiatives newly started as the Nationally Certified Sustainably Managed Natural Site, we can apply the survey results for the selection of the sites and the survey manual for monitoring activities.
・

(5) Collaboration with international frameworks

1) Achievements in the Fourth Period

・We provided our tree census data for research consortium to contribute to the estimation of global forest carbon accumulation for the next Global Stocktake of the United Nations Framework

Convention on Climate Change (UNFCCC) Paris Agreement.

・We shared the methods and results of the survey on various occasions, such as international workshops to promote the monitoring of terrestrial birds in East Asia and Southeast Asia, JICA training programs, and when hosting visitors from overseas research institutes.

2) Remaining issues and challenges for the Fifth Period

・We need to continue addressing on the issues including cooperation with the Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network (GEOBON) and other international frameworks, and develop English version of website, manuals, leaflets, and other materials. We also need to promote outreach to international audiences through the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (CBD COP), or Intergovernmental Platform of Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).

第１章　森林・草原生態系の指標生物群

本調査では、森林・草原生態系の変化を把握するため、指標となる生物群として、樹木、地表徘徊性甲虫及び鳥類を選定した（図 1-1）。

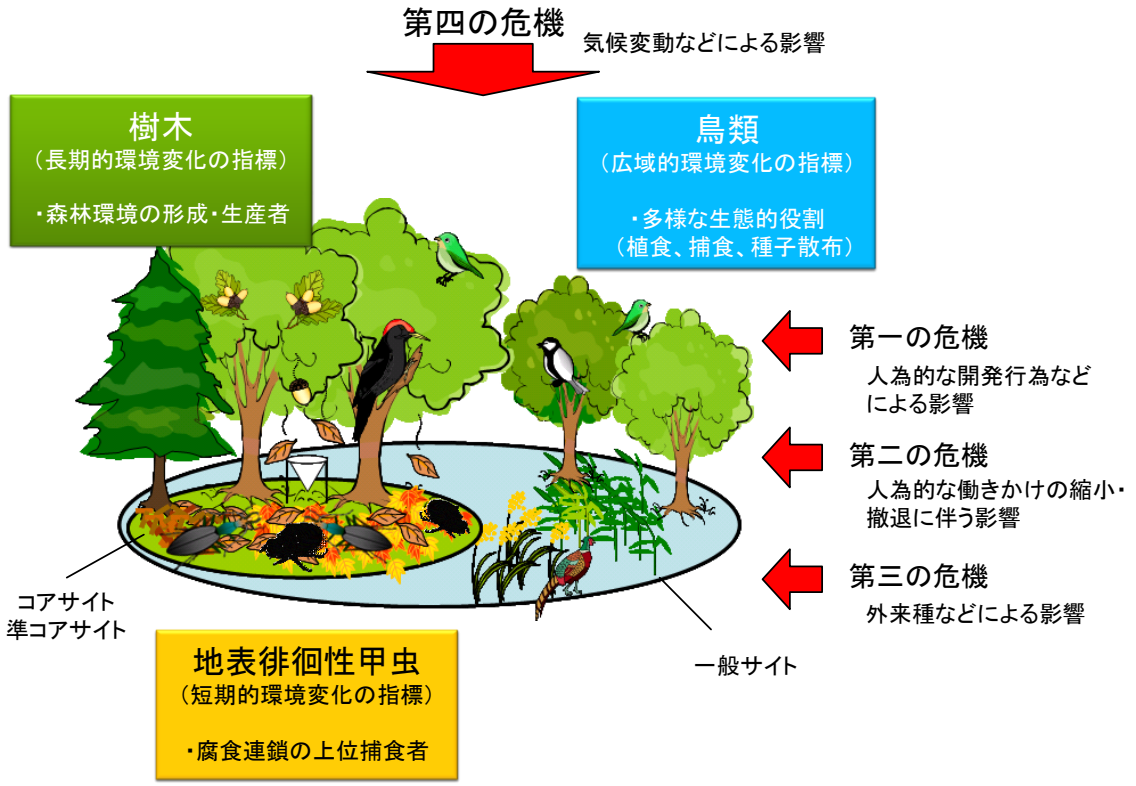


図 1-1　森林・草原調査の指標生物群。指標性と生態系における役割

（１）樹木

森林の主要な生産者であり、森林の構造を作り、様々な生物の生息環境を提供し、環境形成する役割を担っている。森林生態系の炭素吸収・蓄積機能は、生産者である樹木に由来している。樹木は大気中の二酸化炭素から有機物を合成し、その巨大なバイオマスに大量の炭素を蓄積している。その量は森林の草本類に比べて圧倒的に多い（Fischlin et al. 2007）。このように蓄えられた有機物は、やがて大部分が落葉、落枝等として土壌分解系に供給され、土壌中にも大量の炭素が蓄積している。また、葉・花・果実・種子等の有機物を餌として、森林には様々な消費者・分解者が生息している。そのため樹木の変化は、樹木以外の広範囲の生物の多様性へ大きな影響を与える。また、樹木は自ら移動できないため、その地域の環境変化の影響を受ける。これらの環境変化は、直径成長、死亡率や種子生産量の変化として同一個体の追跡調査により把握することができる。さらに、寿命が長いため、急激な変化だけでなく地球温暖化等の環境変化による長期的変化も観測すること

が可能である。

（２）地表徘徊性甲虫

地表徘徊性甲虫は、地表を主な生息場所とする甲虫（昆虫綱甲虫目）の総称で、オサムシ科を中心として、シデムシ科、ハネカクシ科、センチコガネ科などを含む。その多くは地表性、土壌性の動物やその死骸を主食とする捕食者、死体食者であり、草本の種子も主食とする雑食者の割合は森林では低い（Vanbergen et al. 2010）。分解系の中で腐食連鎖の上位捕食者としての役割を果たす一方（Okuzaki et al. 2009）、中小型哺乳類をはじめとする様々な脊椎動物の餌資源ともなっている（Koike et al. 2012）。これらの甲虫の多くは土壌中に産卵し、多くの種が幼虫期、蛹期を土壌中で過ごし羽化する。羽化した成虫も、ほとんどが落ち葉の下を生息の場としている。地表徘徊性甲虫は、①生涯を地表や土壌中で過ごす、②飛翔能力がないまたは弱い種が多く全般的に移動分散能力が低い、③移動能力・増殖率・季節性・微環境の選好性などが種ごとに多様である、④寿命が１～数年と短い、といった性質をもつ（Lövei & Sunderland 1996）。さらに、地表・土壌環境の変化を伴う様々な環境攪乱（農薬・化学肥料の使用、重金属汚染、放牧、森林施業、火災、風倒害、水害など）や生態系・景観構造の変化（植生遷移、生息地の分断化など）に対応して個体群や群集の特性（生息量、多様度、種組成、機能群組成など）が敏感に変化することが知られている（Koivula 2011）。このため、様々な生態系・景観（森林、草原、湿地、河川敷、農地、里山、都市緑地など）において、各種の攪乱の生態系影響を指標する生物群として研究・利用されている（Kromp 1999、Rainio & Niemelä 2003、Pearce & Venier 2006、Niemelä et al. 2007、石谷 2010、Koivula 2011）。また、地表徘徊性甲虫の採集方法として一般に用いられているピットフォールトラップ法（3.1 参照）は、少ない労力・コストでしかも採集者の技量によらない一定の質のデータを得ることができるため、多地点・長期のモニタリング調査に適している（Morecroft et al. 2009、石谷 2010、Hoekman et al. 2017）。

直接人為的攪乱の影響の及びにくい自然度の高い森林も、気候変動、異常気象、風水害、大規模な病虫害、ニホンジカ（以下、「シカ」という）の密度増加による植生変化など、短期的・長期的な様々な環境変化に晒される恐れがある。地表徘徊性甲虫の個体数、種数、バイオマス、種組成等をモニタリングすることで、森林生態系の特に林床の環境や分解系の生物群集の短期的な変化を、敏感に察知できる可能性がある（図 1-2）。一方、広域・長期・漸進的な環境変動は、甲虫の種ごとの分布域の変化から捉えられる可能性がある。

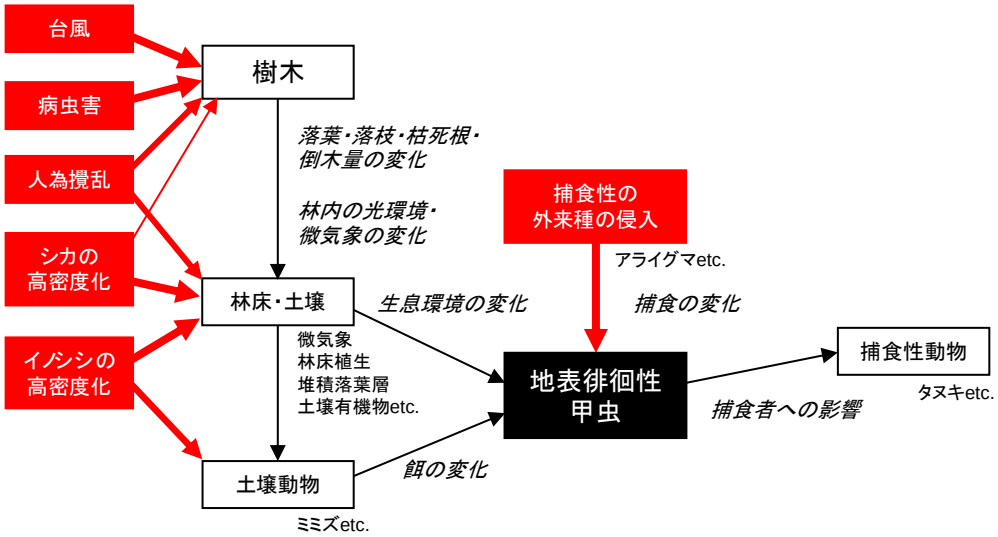


図 1-2　森林生態系の自然・人為攪乱が地表徘徊性甲虫に影響を及ぼす経路の模式図

（３）鳥類

移動能力が高く、森林内の林床から林冠までを広く利用し、動物を捕食する猛禽類から昆虫食鳥類、種子食鳥類まで、依存している餌資源が多様なため、様々な生態系変化の影響を受けやすい点で、モニタリング対象として優れている（Furness & Greenwood 1993）。個体の生息範囲が、樹木や地表徘徊性甲虫と比べ各段に大きいので、対象としているサイトを越えて広域の環境変化の影響を見ることができ、１年中同じ場所にいる留鳥や国内を移動する漂鳥、国外へと渡る夏鳥や冬鳥といった種による生態の違いからその影響を検討することができる。また、全国に調査員が多く存在するため、広域での調査が可能である。

鳥類調査はコアサイト、準コアサイト及び一般サイトの全てのサイトで実施している。コアサイト・準コアサイトは人為的影響が少ない場所のため、地球温暖化等の変化を各種鳥類の分布状況やギルド（食物や営巣場所など特定の資源を利用するグループ）、個体数の変化を通して見ることができると考えられる。一方、一般サイトでは人為的な影響もあるサイトでの調査なので、人間活動がもたらす危機（第１の危機）や人が利用しなくなったことによる危機（第２の危機）が生態系に与える影響を生息鳥類の変化等を通してモニタリングできることが期待される。

引用文献

Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J. & Velichko, A.A. (2007) Ecosystems, their properties, goods, and services. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, pp.211-272.

Furness, R.W. & Greenwood, J.J.D. (1993) Birds as Monitors of Environmental Change. Chapman & Hall, London.

Hoekman, D., Levan, K. E., Ball, G. E., Browne, R. A., Davidson, R. L., Erwin, T. L., Knisley, C. B., Labonte, J. R., Lundgren, J., Maddison, D. R., Moore, W., Niemelä, J., Ober, K. A., Pearson, D. L., Spence, J, R., Will, K. & Work, T. (2017) Design for ground beetle abundance and diversity sampling within the National Ecological Observatory Network. Ecosphere 8: e01744.

石谷 正宇 (2010) 地表性甲虫類を指標とした環境影響評価の現状. 環動昆 21: 78-83.

Koike, S., Morimoto, H., Goto, Y., Kozakai, C. & Yamazaki, K. (2012) Insectivory by five sympatric carnivores in cool-temperate deciduous forests. Mammal Study 37: 73-83.

Koivula, M. (2011) Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) reflecting environmental conditions. ZooKeys 100: 287-317.

Kromp, B. (1999) Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agriculture, Ecosystems & Environment 74: 187-228.

Lövei, G. L. & Sunderland, K. D. (1996) Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). Annual Reviews of Entomology 41: 231-256.

Morecroft, M. D., Bealey, C. E., Beaumont, D. A., Benham, S., Brooks, D. R., Burt, T. P., Critchley, C. N. R., Dick, J., Littlewood, N. A., Monteith, D. T., Scott, W. A., Smith, R. I., Walmsey, C. & Watson, H. (2009) The UK Environmental Change Network: Emerging trends in the composition of plant and animal communities and the physical environment. Biological Conservation 142: 2814-2832.

Niemelä, J., Koivula, M. & Kotze, D. J. (2007) The effects of forestry on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in boreal forests. Journal of Insect Conservation 11: 5-18.

Okuzaki, Y., Tayasu, I., Okuda, N. & Sota, T. (2009) Vertical heterogeneity of a

forest floor invertebrate food web as indicated by stable isotope analysis. Ecological Research 24: 1351-1359.

Pearce, J. L. & Venier, L. A. (2006) The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. Ecological Indicators 6: 780-793.

Rainio, J. & Niemelä, J. (2003) Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. Biodiversity and Conservation 12: 487-506.

Vanbergen, A. J., Woodcock, B. A., Koivula, M., Niemelä, J., Kotze, D. J., Bolger, T., Golden, V., Dubs, F., Boulanger, G., Serrano, J., Lencina, J. L., Serrano, A., Aguiar, C., Grandchamp, A.-C., Stofer, S., Szél, G., Ivits, E., Adler, P., Markus, J. & Watt, A. D. (2010) Trophic level modulates carabid beetle responses to habitat and landscape structure: a pan-European study. Ecological Entomology 35: 226-235.

第２章　サイト配置状況

サイトの種類は３つに区分され、「毎年すべての項目を調査するコアサイト」、「５年に１度、樹木と鳥類を調査する準コアサイト」、「５年に１度、鳥類と大まかな植生の階層構造のみを調査する一般サイト」を配置している。

２．１．コアサイト・準コアサイト配置状況

森林生態系のコアサイト、準コアサイトは、「全国各地の代表的な森林生態系に設置され、各地域内の森林生態系の標準的状態が把握できる場所」をサイト選定基準としつつ、他の研究機関等と連携してモニタリングサイトを設置しており、2004 年に 10 サイトから調査が始まった（表 2-1)。天然性の成熟林[3]を中心に、二次林[3]や人工林も含めて各地域を代表する森林を網羅するようにサイトを設定し、第１期（2007 年）には 37 サイトとなった（図 2-1、表 2-1)。第２期では、コアサイトは２サイトの加入、準コアサイトは 10 サイトの加入と１サイトの観測中止があり、合計 48 サイトとなった（表 2-1)。第３期、第４期はサイトの増減はなく、48 サイトで調査を継続した（表 2-1)。北緯約 24～44 度、標高約 26～1880m にサイトが配置され（図 2-2、巻末付表１)、日本の代表的な森林タイプ（常緑針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林等）[4]や気候帯（亜高山帯・亜寒帯、冷温帯、暖温帯、亜熱帯）を含むことができた（図 2-2、表 2-2)。各コアサイト、準コアサイトに、１か所（一部のコアサイトでは複数か所）の固定調査区（通常１ha（100m四方)。以下、「調査区」または「プロット」という）を設定した（表 2-2)。

表 2-1　コアサイト・準コアサイトのサイト数の推移

	第１期				第２期					第３期					第４期				
年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
コア	10	16	16	18	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
準コア	0	8	14	19	25	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
計	10	24	30	37	44	49	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48

[3] 本報告書では、成熟林とは、林齢が 150 年以上と推定される（150 年前以降の伐採などの攪乱の記録・痕跡がない）森林を指す。高齢二次林とは、林齢が 100～150 年と推定される森林を指す。二次林とは、林齢が 100 年未満と推定される森林を指す。

[4] 本報告書では、針葉樹林とは、針葉樹の胸高断面積が全樹種の胸高断面積の 60%以上の森林を指す。針広混交林とは、胸高断面積で針葉樹が全樹種の 40%以上、60%未満の森林を指す。落葉広葉樹林とは、胸高断面積で針葉樹が全樹種の胸高断面積の 40%未満、かつ、落葉広葉樹が全広葉樹の 60%以上を占める森林を指す。常緑広葉樹林とは、胸高断面積で針葉樹が全樹種の 40%未満、かつ、常緑広葉樹が全広葉樹の 40%より多くを占める森林を指す。

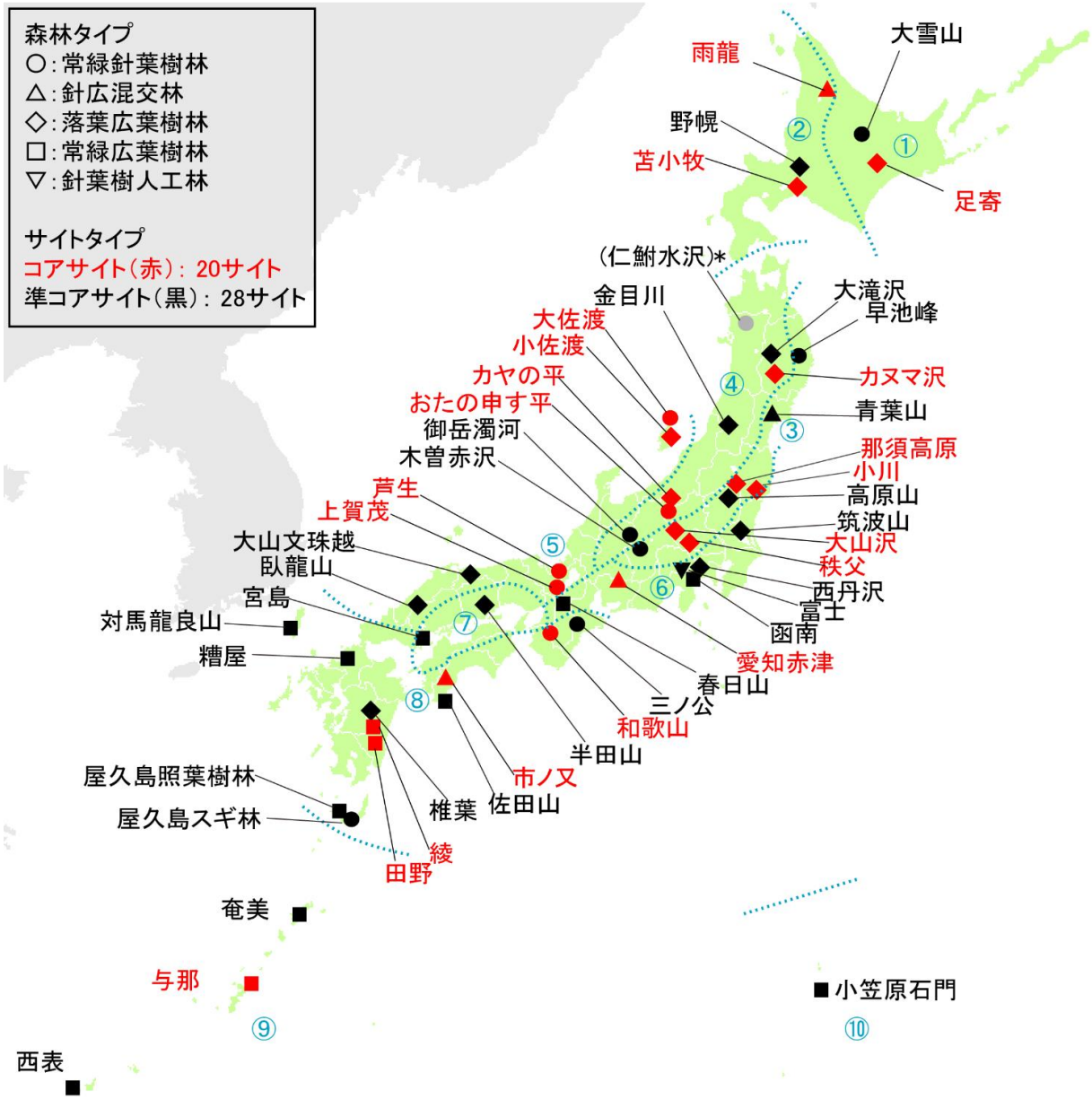


図 2-1　コアサイト・準コアサイトの配置

複数調査区がある場合は毎年調査している調査区の森林タイプを表示している。
＊ 仁鮒水沢は 2010 年度で調査を終了したため、準コアサイト数に仁鮒水沢を含まない。

水色点線は、日本の陸域における自然環境を気象や地形の違いにより、国土を 10 区分した「生物多様性保全のための国土区分」(環境省 1997)。
①北海道東部、②北海道西部、③本州中北部太平洋側、④本州中北部日本海側、⑤北陸・山陰、⑥本州中部太平洋側、⑦瀬戸内海周辺、⑧紀伊半島・四国・九州、⑨奄美・琉球諸島、⑩小笠原諸島

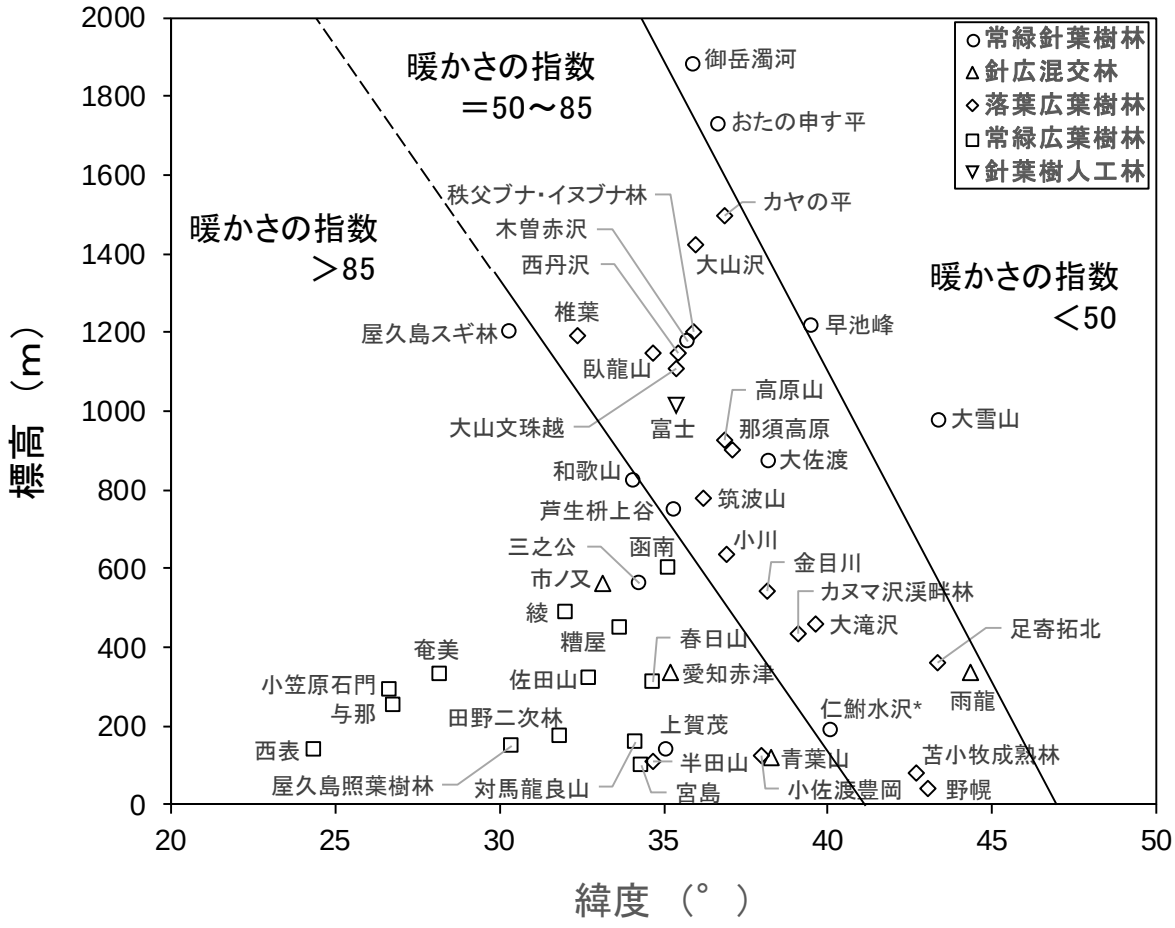


図 2-2　コアサイト・準コアサイトの緯度及び標高に沿った配置

暖かさの指数 50℃・月は亜高山帯・亜寒帯常緑針葉樹林と冷温帯落葉広葉樹林の境界、85℃・月は冷温帯落葉広葉樹林と暖温帯・亜熱帯常緑広葉樹林の境界とされている。

＊ 仁鮒水沢は 2010 年度より調査を中止した。



図 2-3 コアサイト・準コアサイトの森林の様子

A.針広混交林・雨龍、B.落葉広葉樹林・苫小牧、C.落葉広葉樹林・芦生、D.常緑広葉樹林・奄美、E.落葉広葉樹林・足寄、F.常緑針葉樹林（スギ林）・屋久島スギ林、G.落葉広葉樹林（コナラ林）・半田山、H.常緑針葉樹林（モミ・ツガ林）・和歌山、I.常緑広葉樹林・与那、J.常緑広葉樹林・糟屋。

表 2-2 コアサイト・準コアサイトの「生物多様性保全のための国土区分」[5]及び気候帯別の配置

生物多様性保全のための国土区分	亜高山帯・亜寒帯	冷温帯	暖温帯	亜熱帯	二次林等*	人工林
(1)北海道東部区域	○大雪山	△雨龍 ◇足寄	該当なし	該当なし	(◇足寄)	
(2)北海道西部区域		◇苫小牧 ◇野幌	該当なし	該当なし	(◇苫小牧)	(▽苫小牧)
(3)本州中北部太平洋側区域	○御岳濁河	◇小川 ◇秩父 ◇大山沢 ◇高原山 ◇那須高原 △青葉山 ○木曽赤沢		該当なし	(◇秩父)	(▽秩父) ▽富士
(4)本州中北部日本海側区域	○おたの申す平 ○早池峰	◇カヌマ沢 ◇大滝沢 ○仁鮒水沢** ◇金目川 ◇カヤの平	該当少ない	該当なし		
(5)北陸・山陰区域	該当少ない	○大佐渡 ◇大山文殊越 ◇臥龍山 ○芦生	○上賀茂	該当なし	◇小佐渡	
(6)本州中部太平洋側区域		◇西丹沢 ◇筑波山	□函南 □春日山	該当なし	△愛知赤津	
(7)瀬戸内海周辺区域	該当なし	該当少ない	□宮島	該当なし	◇半田山	
(8)紀伊半島・四国・九州区域		◇椎葉	○和歌山 △市ノ又 ○三之公 □田野 □綾 □対馬龍良 □佐田山 □糖屋 □屋久島照葉樹林 ○屋久島スギ林	該当なし		
(9)奄美・琉球諸島区域	該当なし	該当なし	該当少ない	□与那 □奄美 □西表		
(10)小笠原諸島区域	該当なし	該当なし	該当少ない	□小笠原石門		

○:常緑針葉樹林、△:針広混交林、◇:落葉広葉樹林、□:常緑広葉樹林、▽:針葉樹人工林。
():コアサイトの複数ある調査区のうち一部が該当する場合。
下線あり:コアサイト、下線なし:準コアサイト。
「該当なし」または「該当少ない」は、日本において、そこに該当する森林が「ない」または「少ない」ことを表す。
* ここではコナラやカンバ類などの陽樹が優占するなど、種類組成が人為による影響を大きく受けた森林を指す。
** 仁鮒水沢は 2010 年度で調査を終了した。

[5] 日本列島の地史的成立の経緯、気温や年間降水量等、日本の生物相を規定している要素を基に、環境省が 1997 年「生物多様性保全のための国土区分」として日本全国を 10 地域に区分したものを用いた (https://www.env.go.jp/press/2356.html)。

２．２．一般サイト配置状況

一般サイトは、なるべく全国に均一となるように配置した（図 2-4、表 2-3、巻末付表２）。サイト数は第１期の森林 253 サイト、草原 53 サイトから、第２期には森林 345 サイト、草原 74 サイトとサイト数を増やした。その後、サイトの統廃合や草原サイトの追加等で、第４期には森林 344 サイト、草原 78 サイトとなり、そのうち第４期に解析可能なデータが取得できたサイト数は森林 332 サイト、草原 77 サイトであった（表 2-4）。

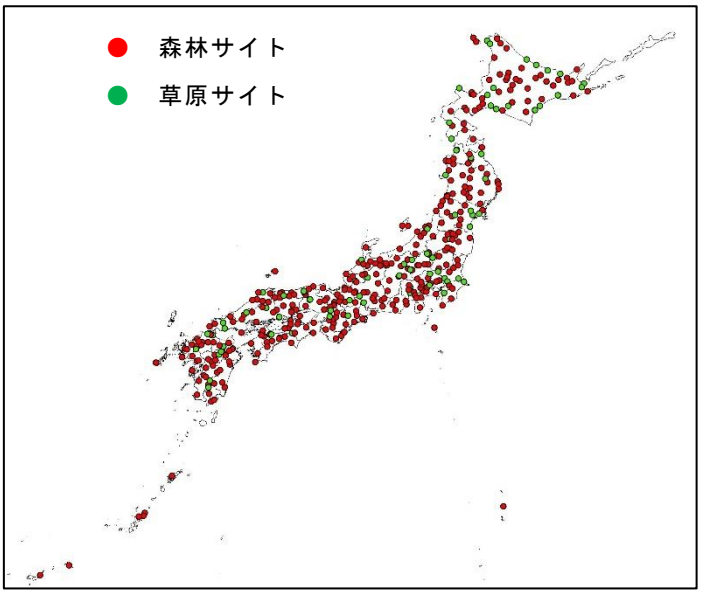


図 2-4　一般サイト配置状況

一般サイトには様々な植生が含まれ、各調査地で５年に１回のモニタリングを行った。

表 2-3　一般サイト配置状況

森林サイト

標高帯/国土10区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	総計
2250m			1								1
2000m				2				1			3
1750m	1		1	6		1					9
1500m			3	1	1	1		4			10
1250m			6	6	1	1		5			19
1000m	1		10	8	7	4	6	8			44
750m	2		3	9	8	4	4	8			38
500m	7	5	6	12	12	5	16	13	2		78
250m	12	19	12	17	16	21	9	31	4	1	142
総計	23	24	42	61	45	37	35	70	6	1	344

草原サイト

標高帯/国土10区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	総計
2000m								1			1
1750m			1	1				1			3
1500m				4							4
1250m								1			1
1000m			2	2	2		1	1			8
750m				2	1			3			6
500m			1	1	1		1	1			5
250m	11	8	6	5	3	9	3	5			50
総計	11	8	10	15	7	9	5	13	0	0	78

1:北海道東部区域、2:北海道西部区域、3:本州中北部太平洋側区域、4:本州中北部日本海側区域、5:北陸・山陰区域、6:本州中部太平洋側区域、7:瀬戸内海周辺区域、8:紀伊半島・四国・九州区域、9:奄美・琉球諸島区域、10:小笠原諸島区域



図 2-5 森林調査地の一例（奈良県大台ケ原）



図 2-6 草原調査地の一例（福岡県平尾台）

表 2-4　一般サイトデータ取得状況

繁殖期

森林/草原	標高帯/国土10区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	総計
森林サイト	2250m			1								1
	2000m				1				1			2
	1750m	1		1	6		1					9
	1500m			3	1	1	1		3			9
	1250m			6	5	1	1		5			18
	1000m	1		10	7	6	4	6	8			42
	750m	2		3	9	8	4	4	8			38
	500m	7	4	5	12	11	5	16	13	2		75
	250m	12	19	12	16	15	21	9	30	4		138
	総計	23	23	41	57	42	37	35	68	6	0	332
草原サイト	2000m								1			1
	1750m			1	1				1			3
	1500m				4							4
	1250m								1			1
	1000m			2	2	2		1	1			8
	750m				2	1			2			5
	500m			1	1	1		1	1			5
	250m	11	8	6	5	3	9	3	5			50
	総計	11	8	10	15	7	9	5	12	0	0	77

越冬期

森林/草原	標高帯/国土10区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	総計
森林サイト	1750m			1	1							2
	1500m			2					2			4
	1250m			6			1		4			11
	1000m			9	2	2	3	5	8			29
	750m			3	3	5	4	4	8			27
	500m	1	2	5	3	8	5	16	13	2		55
	250m	7	15	11	7	13	21	9	29	3		115
	総計	8	17	37	16	28	34	34	64	5	0	243
草原サイト	1500m				1							1
	1250m								1			1
	1000m			2	1	2			1			6
	750m				1	1			2			4
	500m			1		1		1	1			4
	250m	8	6	5	4	3	8	3	5			42
	総計	8	6	8	7	7	8	4	10	0	0	58

1:北海道東部区域、2:北海道西部区域、3:本州中北部太平洋側区域、4:本州中北部日本海側区域、
5:北陸・山陰区域 6:本州中部太平洋側区域、7:瀬戸内海周辺区域、8:紀伊半島・四国・九州区域、
9:奄美・琉球諸島区域、10:小笠原諸島区域

第３章　調査方法

３．１．コアサイト・準コアサイト調査方法

コアサイト・準コアサイトでは、毎木調査、落葉落枝・落下種子調査、地表徘徊性甲虫調査、鳥類調査を行っている。コアサイトでは上記４つの調査を毎年行い、準コアサイトでは、毎木調査及び鳥類調査を５年に１回の頻度で行っている。

（１）毎木調査

毎木調査では、１ha の調査区内の胸高周囲長[6]15cm 以上の全ての樹木を対象とし、その樹種を記録し、胸高周囲長を測定した（図 3-1A）[7]。本報告書では胸高周囲長 15.7cm 以上（胸高直径５cm 以上に相当）の幹をデータ解析の対象とし、その幹数をもって樹木の「個体数」ということとする。



図 3-1　（A）幹の太さを測る毎木調査、（B）リタートラップに落ちた葉、枝、種子、果実などを回収、（C）地表徘徊性甲虫を捕獲するためのピットフォールトラップ、（D）地表徘徊性甲虫の標本、（E）鳥類のスポットセンサス調査

[6] 地上高 1.3ｍの幹の周囲長

[7] 詳細は調査マニュアルに記載している。https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/index.html

（２）落葉落枝・落下種子調査

落葉落枝・落下種子調査では、上記の毎木調査を実施した調査区内にリタートラップを25 個設置して、落葉量、落枝量、繁殖器官（種子・果実・花など）及びその他（樹皮やこけ、昆虫の糞など）の落下物の乾燥重量を調べた（図 3-1B）[7]。

（３）地表徘徊性甲虫調査

地表徘徊性甲虫調査では、ピットフォールトラップ法を用いて甲虫類を採集した[7]。調査区内に５か所の固定サブプロット（約５ｍ四方）を設け、各サブプロットに４個の落とし穴状のトラップ（口径 90mm、深さ 120mm、ベイト（餌）は使用しない）を 72 時間設置し（図 3-1C)、その間に落下した甲虫の個体数、バイオマス（乾燥重量)、種数を調べた。甲虫が活発に活動する４月下旬～11 月上旬に、年４回の調査を実施した（４～６月、５～７月、８～10 月、９～11 月)。得られた甲虫の大半を、オサムシ科、シデムシ科、ハネカクシ科のハネカクシ亜科、センチコガネ科が占めていた。これらの甲虫は、分散能力が低く、生息範囲が限定され、環境変化の影響を指標しやすい分類群と考えられるため、種までの同定を行った。本報告書では以上の分類群を解析対象とし、「地表徘徊性甲虫」と総称する。

本調査では同一地点で長期間に渡って採集を行うため、調査労力、調査による攪乱、採集による個体群への影響を低く抑える必要があり、採集圧を弱く（トラップ数・採集日数・採集頻度を少なく）設定している。そのため、低密度種の生息状況の評価に適しているとはいえない。また、ピットフォールトラップによる捕獲個体数は、生息密度だけでなく採集時の活動性も反映する。採集を行う期間が限られているため、採集日の気象条件（天候、気温など）や、活動の季節性（ピーク時期など）の年による違いも、その年の総捕獲個体数に大きな影響を及ぼす可能性がある。このように、年々の捕獲個体数には様々な要因によるばらつきが含まれると考えられ、解釈には慎重を要するが、その長期的な変化傾向は生息密度の変化傾向を反映するものと期待できる。従って、優占する分類群の長期的な変化傾向に注目して結果を解釈することが妥当であると考えられる。

また、各調査時に、サブプロット内の林床植生（５ｍ四方、高さ 60cm 以下）の被度を目視で測定した[7]。さらに、各サブプロットにおいて、堆積落葉層（25cm 四方）の乾燥重量、炭素・窒素濃度の測定（通常年１回、６～８月)、表層土壌（20cm^2、深さ０～５cm）の炭素・窒素濃度の測定（2005 年度、及び 2010 年度以降３年ごと)、堆積落葉層中及び表層土壌中におけるセルロース紙（５cm 四方）の分解速度の測定（2004～2008 年度、及び 2012 年度以降３年ごと）を行った[7]。

地表徘徊性甲虫調査に関して、本報告書では以下のデータを解析から除外した。

- 2004 年度のデータ（調査の時期や手法が他の年度と異なる場合が多い）
- 各調査区において、調査日が当該調査区の平均的調査日と 20 日以上異なる年度のデータ

さらに、甲虫データの年変動の解析においては、当該分類群の全年度を通じた捕獲個体

数が 20 個体未満の調査区を除外した。とくに断りがない限り、各統計モデルの応答変数は正規分布に従うと仮定し、係数の有意性は尤度比検定（有意水準５％）によって検定した。

（４）鳥類調査

鳥類調査は、繁殖期と越冬期の年２回、スポットセンサス法により実施した（図 3-1E)。各調査サイトに５つの定点を設定し（毎木調査区の中もしくはできるだけ近くに１点を設定)、定点より 50m以内の調査範囲内に出現する鳥類の種と数、位置を記録した。また、調査範囲外に出現した種も併せて記録した。調査頻度は、１回の調査を 10 分間とし、繁殖期と越冬期にコースをそれぞれ４回実施（２回×２日）し、調査時期としては、繁殖期の調査は、繁殖期前半に１日と繁殖期の最盛期に１日の計２日間、越冬期の調査は２週間以上空けて２日間行った（図 3-2)。ただし、多雪地域での越冬期調査は行っていない。調査の時間帯としては、繁殖期には、鳥類は早朝に活発でよくさえずり、時間とともにさえずらなくなるので（植田ら 2012)、日の出時刻から概ね８時までに調査を終えることとし、越冬期では、繁殖期に比べて調査時間帯による鳥類の記録への影響は少ないことから、午前中に調査を実施するものとした。

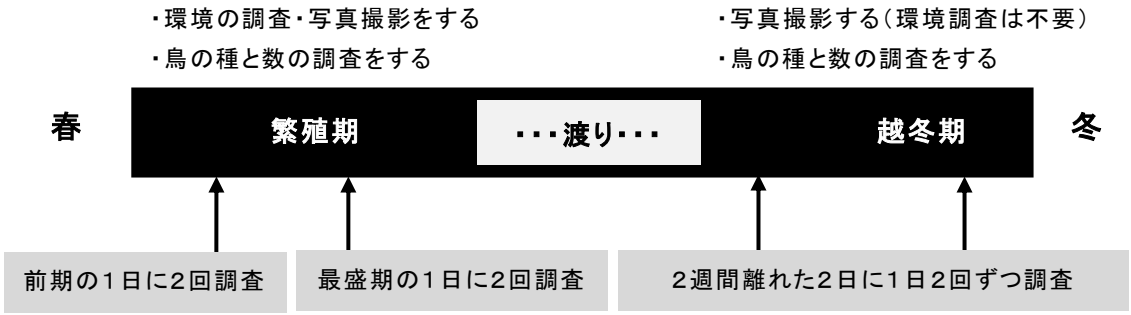


図 3-2　コアサイト・準コアサイト鳥類調査のスケジュール

（５）気象データ

解析に用いた気象データは、調査区の平年値を示す場合には、気象庁メッシュ平年値（統計期間 1981～2010 年の平均値　https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02.html）を、調査年それぞれの気象データについては、農研機構メッシュ農業気象データシステム（https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start）または調査区の最寄りのアメダス観測地点の値を用いた。気温については、メッシュ平年値、メッシュ農業気象データシステムまたはアメダス観測地点の観測値のそれぞれのデータに、メッシュの平均標高または観測地点の標高と調査区の標高との違いに基づく補正を加えた値を用いた。

３．２．一般サイト調査方法

（１）鳥類調査

一般サイトでは、１つのサイトについて概ね５年に１回、繁殖期（４～７月上旬）と越冬期（12月中旬～２月中旬）に調査することとしている。ただし、多雪地域や高標高のサイトにおいて、越冬期の調査が困難な場合は、繁殖期のみの調査でも可としている。

鳥類調査は、第２期調査に引き続きスポットセンサス法で実施した。各サイトにおいて、延長１㎞の調査コースに100m以上の間隔を置いて５つの定点（Ａ～Ｅ）を設けた。繁殖期には、繁殖期前半の１日に各定点２回ずつ（調査路の往復）、繁殖最盛期にも同様に１日に各定点２回ずつ、合計で各定点４回の調査を行った。往路の調査終了後、復路の調査開始までには15分以上の間隔をあけた。越冬期にも同様に、２週間以上間隔をあけた２日間で、各定点合計４回の調査を行った。１回の調査は、各定点で10分間、半径50m以内の範囲とそれ以上の範囲に分けて、目視あるいは鳴き声を確認した鳥類の種類と個体数を記録した。記録は10分間を２分ごとの５回に分けて行った。調査時間帯は、繁殖期は4:00から9:00まで、越冬期は8:00～11:00の間に設定している。雨天と強風の時には調査を行わなかった。

個体数については、各定点から半径50mの範囲内で２分ごとに得られたデータのなかで種ごとの最大値をその定点の個体数とし、５つの定点の合計個体数を調査サイトの個体数とした。また、出現種類については、範囲外も含めて確認された種を解析に用いた。

またサイト内の植生については、植物に詳しい調査者でなくとも実施可能な簡便な方法により、繁殖期に植生の概況を調査した。森林サイトの場合は、鳥類のスポットセンサスを行った各定点で約25m四方の調査区を設定し、階層別に植物の被度を記録した。階層は林床（へそ高以下）、低木層（身長の倍程度まで）、亜高木層（10m程度まで）、高木層（林冠）、高高木層（突出木）の５層に分けた。各層の植物の被度は、６階級（０＝植生なし、１＝１～10%、２＝10～25%、３＝25～50%、４＝50～75%、５＝75%以上）に分けて記録した。併せて、各層の植生をササ、草、落葉広葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹、落葉針葉樹、タケの７タイプに分け、各階層内で面積の広い順に順位をつけた。

草原サイトの場合は、鳥類のスポットセンサスを行った各定点で約50m四方の調査区を設定し、草原環境については草丈によって、ひざ下の草、へそ下の草、背丈程度、背丈以上の４区分、また草原以外の環境については耕作地、樹木、裸地、水域の４区分（合計８区分）に分けた。各環境の植物の被度は、６階級（０＝植生なし、１＝１～10%、２＝10～25%、３＝25～50%、４＝50～75%、５＝75%以上）に分けて記録した。また、草本の丈ごとに、優占する植生タイプとしてヨシ、単子葉、双子葉、つる性、水田、畑地の６タイプに分け、面積の広い順に順位をつけた。

引用文献

植田睦之・黒沢令子・斎藤馨（2012）森林音のライブ配信から聞き取った森林性鳥類のさえずり頻度のデータ．Bird Research 8: R1-R4.

第４章　森林・草原生態系の現状と課題及び解析の方向性

４．１．事業の目的とモニタリングの必要性

（１）事業の目的

2002 年に策定された「新・生物多様性国家戦略」では、国土レベルで生態系や生物多様性の劣化その他の問題点を早期に把握し、適切な対策を講じていくためには、できるだけ多くの固定された地点で長期間にわたって、継続的に監視（モニタリング）を行うことが必要であること、またそのために、５年程度で 1,000 か所を目標に観測定点（モニタリングサイト）を設定することが示され、本事業が開始された。これらの定点でモニタリングを 100 年以上継続することで、基礎的な環境情報の収集を長期にわたって継続し、日本の自然環境の質的･量的な劣化を早期に把握することを目的としている(https://www.biodic.go.jp/moni1000/purpose.html)。また本事業は、「生物多様性国家戦略 2023-2030」（2023 年３月閣議決定）に基づく地域戦略の立案、次期の「生物多様性及び生態系サービスの総合評価」及び「気候変動影響評価報告書」に活用されるデータやとりまとめ結果を提供することが求められている。

（２）統一的な手法による長期・大面積・広域・多地点観測の必要性

本事業が目的とする、保全施策の推進に資する質の高いデータの継続的な収集のために、統一的な手法による長期・大面積・広域・多地点での観測が必要である理由について、以下に示す。

- **長期観測の必要性**：森林を構成する樹木の寿命は人間よりも長いものがあり、四季に応じて毎年一定の季節に落葉や開花・結実を繰り返しながら、長い年月をかけて徐々に成長、発達し、やがて枯死して若い個体へと置き換わっていく。森林は本来、変化の緩やかな安定した生態系である。一方で、日本の森林では数年に一度は台風によって倒木や根返りが生じたり、ごく稀に大雨や地震による斜面崩壊や地滑りが生じたり、病虫害が発生して枯死木が一時的に増えたりといった、サイズ、頻度、強度の異なる様々な攪乱が起こる。また結実には数年周期の豊凶が見られる場合もあり、さらに年ごとの気象条件によって開花や落葉の時期が変動する。そのため、短い年数の調査では、観察した現象が一時的なものか、より長期に継続するものかを判断できない。また、短期的な変動に覆い隠されてしまうため、長い期間をかけて緩やかに進行する変化を把握することが困難である。森林生態系がどのような状態にあり、どのように変化しつつあるのかを正しく理解するためには、長期に渡って観測を行う必要がある。

- **大面積観測の必要性**：森林の樹木には優占種と呼ばれ、数や量が多く、どこにでも分布する樹種がある一方で、ごく少数でまれにしか見られない樹種も多い。また尾根や谷等の特定の地形条件の場所に偏って分布する樹種も多い。さらに極相に近い自然林であっても、様々な自然攪乱によって生じる林冠ギャップが不規則に分布しており、各々のギャップが稚樹や下層の被圧木の成長によって更新される。そのため、各々の森林は、地形やギャップの分布に応じ、様々な樹種構成の多様な発達段階の林分がパッチ状に組み合わさった様相を呈している。したがって、森林の構造や状態を理解するためには小面積の調査では困難で、広い面積を対象とした調査が必要である。

- **広域・多地点観測の必要性**：日本の国土は南北に長く、緯度による気温の変化に沿って亜熱帯から亜寒帯まで異なる気候帯にまたがり、降水量や降水、積雪の季節変化の傾向も地域によって様々である。さらに多数の山地を抱えており低山帯から高山帯まで標高に従った気象の変化も顕著である。各地域には主にその地域の気候に対応した常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、針葉樹林等、様々なタイプの森林が分布している。加えて、地史的な成立の経緯も森林の種構成等に影響している。そのため、全国的な森林の状況を把握するためには、各地域の代表的な森林タイプを網羅するように調査地を設置する必要がある。さらに一つの調査地で特定の変化が観察された場合に、その調査地に特有の現象であるのか、近隣地域でも同じように観察されるものか、あるいは全国に共通する変化傾向であるのか判断を要する場合もある。このような局所的、地域的現象と広域的現象の区別を行うには、少数の調査地の観察データでは困難なため、全国に多数の調査地を設けることが必要である。

- **調査手法の統一の必要性**：広域・多地点で大面積の調査をするための労力は大きく、作業を複数の調査者で分担する場合が多い。また一人の調査者が調査に参加できる年数は限られるため、モニタリングの年数が長くなれば調査を後継者に委ねる必要が生じる。もし、調査者や調査実施年によって手法や精度が異なれば、得られたデータを解析しても、サイト間の違いやサイト内の経年的な変化が、生態系の状態の差異や変化であるのか、手法の差による違いであるのかを判断できない。そのため、長期・広域・多地点でのモニタリングの実施には、経験を積めば誰もが実施可能な調査手法の統一的なマニュアルを定め、それをすべての調査者の間で共有し、将来に渡って継承することが不可欠となる。

４．２．森林・草原生態系の現状と生物多様性の損失要因

（１）森林・草原生態系の現状

日本の森林面積は、2022 年３月現在で 25.02 万 km^2 とされ、国土面積の約 67％を占める。その内訳は天然林が 54％、人工林が 40％、無立木地が５％、竹林が１％未満である（林野庁 2023)。過去 50 年間、日本の総森林面積はほとんど変化していないが、1985 年頃までは天然林が減少傾向、人工林が増加傾向であった。その後は天然林・人工林の面積ともにほとんど変化が見られない（林野庁 2022)。

人工林は終戦直後や高度経済成長期に造林されたものが多く、その半数が一般的な主伐期である 50 年生を超えている。同時に森林蓄積（森林を構成する樹木の幹の体積）は 1960 年代以降、人工林を中心に年々増加して約 56 億m^3に達している。また天然林も 85％以上が 50 年生以上の森林であり、50 年生未満では林齢の若い森林ほど少ない（林野庁 2022)。しばしば「原生林」などと呼ばれる、比較的年代が古く人為の形跡が希薄な森林は、現在の日本には山奥などごくわずかにしか残っていない（鈴木ら 2019)。

一方、日本の草原（森林以外の草生地（野草地））面積は 0.33 万 km^2 とされ（農林水産省 2021)、国土面積の１％未満である。日本において自然草原は高山や海岸、河畔などに分布が限られるが、かつては半自然草原、すなわち火入れ・放牧・採草によって維持されてきた草原が大きく拡がっていた（須賀 2020)。日本における草原の面積は 1920 年代前後には国土のおよそ 10％を占めていたが、1940 年代頃から継続して減少している（小椋 2010)。

（２）生物多様性の「４つの危機」による森林・草原生態系への影響

「生物多様性国家戦略 2023-2030」（環境省 2023）では、我が国の生物多様性の直接的な損失要因を「４つの危機」に整理している。ここでは４つの損失要因が国内の森林・草原生態系へ影響を及ぼした歴史的な経緯の概要を述べる。

１）第１の危機（開発など人間活動による危機）

第１の危機は、開発を含む土地と海の利用の変化や生物の過剰な採取（乱獲）など、人間の活動が直接引き起こす生物多様性への負の影響である（環境省 2023)。

日本列島は、少なくとも後期旧石器時代以降、継続して人の生活の場となっており、現在見られる大部分の自然が人間活動の影響を強く受けている（湯本 2011)。人は燃料や建築材、道具を作るための材料とする木材、牛馬の飼料とする下草、農地の肥料とする柴草、食糧となる鳥獣や山菜、堅果類、キノコ類等を得るため森林を利用してきた（辻野 2011)。

Totman（1989）によると、明治期以前の日本において深刻な森林消失が見られた時期が２回あったとされる。古代の律令国家が成立した時期（西暦 600～850 年頃）には、宮廷や寺院、神社等の建設ブームが巻き起こり、畿内盆地に隣接した山地にあってアクセスでき

る原生の高齢林は全て伐採された。また戦国時代末期には、大規模な城郭、城下町、寺社等の建設とその維持、また増大する人口を支えるため大量の木材が必要となり、九州から本州北部にかけて大規模な森林消失が広がり、全国的な木材の枯渇を招いた。この近世の森林荒廃を契機として利用制限を始めとする森林管理及び育成林業が盛んになり、森林の荒廃は緩和された。

明治から第二次世界大戦までは、針葉樹人工林を造成して育成林業を目指すという森林資源政策が全国に普及していった時代である。明治に入り幕藩体制が崩壊する過程で、全国的に森林の濫伐が発生するが、明治中期までには新政府による森林の所有と管理に関わる制度の整備が進み、明治 30 年代（1900 年前後）から針葉樹を主体とした人工林の造成が加速した（大住 2018）。

第二次世界大戦中には過剰な伐採と再造林の遅れにより、国内の森林資源の保続性は大きく損なわれた。さらに飛行機の燃料として松根油と呼ばれるマツの根から生成した油が使用されたため、マツの根を掘り起こしての採取が行われた。樹木には森林の土砂流出を防止する機能があるため、土砂の流亡が進み森林の荒廃を招いた。戦後は敗戦により海外領土とその森林資源を失い、外貨の乏しい敗戦国の経済では輸入もままならず、戦後の復興にあたって木材は大いに不足した（大住 2018、鈴木ら 2019）。

戦中・戦後から 1980 年代にかけて、戦時中の伐採により荒廃した国土に植林が進められた一方で、終戦直後からの木材需要の高まりによる大規模な伐採とそれに伴うスギ・ヒノキ等の単一樹種による大規模な拡大造林が行われたことから、森林面積に占める自然性の高い森林（自然林・二次林）の面積は減少した。特に歴史的に改変の進んだ西日本では自然林（常緑広葉樹林）の面積はわずかしか残っていない（環境省　生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会 2021）。一方、人工林の面積は 1990 年代まで継続して増加し、陸域面積の 27%を占めるまでに至っている（林野庁 2022）。その他、石灰岩の国内生産量は戦前から 1990 年代までは継続的に増加しており（石灰石鉱業協会　統計資料より）、その鉱山開発は植生や表土を剥がして石灰岩を露出させて採掘を行うことから、一定規模の自然破壊を伴った（松木・上田 2015）。

伐採や開発によるもう一つの影響として、森林生態系の連続性の低下がある。森林が分断され孤立化すれば、そこに生息する動物の個体群も分断され、その存続に大きな影響を与えると考えられている（環境省　生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会 2021）。

伐採や開発による影響以外にも、1960 年代の高度経済成長期以降、ペットや園芸の需要が急速に増加し、希少種等一部の森林性動植物（昆虫類、ラン科植物等）の観賞目的の乱獲・盗掘が問題となっている（環境省　生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会 2021）。

２）第２の危機（自然に対する働きかけの縮小による危機）

第１の危機とは逆に、人の生活様式や産業構造の変化によって、自然に対する人間の働

きかけが縮小・撤退することで生じる生物多様性への負の影響である（環境省 2023）。

「第１の危機」で述べたとおり、現在見られる自然の大部分が人間活動の影響を受けており、里地里山の薪炭林や農用林などの里山林、採草地などの半自然草原は、かつてエネルギーや農業生産に必要な資源の供給源として、日常生活や経済活動に必要なものとして維持されてきた（環境省 2023）。日本列島では数千年前から火を使った半自然草原の管理が行われていたと考えられている（高原 2009）。江戸時代には田畑の肥やしや秣（まぐさ）、屋根葺き用の萱（カヤ）を得るために、広大な面積の草原的植生（半自然草原）が維持されていた（小椋 2009）。これらの環境は自然林等の原生的な自然とは異なり、中規模の人為的攪乱を継続的に受ける生物多様性の高い生態系となっていた（須賀 2012）。

しかし、近年では産業構造や資源利用の変化と、人口減少や高齢化による地域の活力の低下、耕作放棄された農地の発生に伴い、農地、水路・ため池、薪炭林等の里山林、採草・放牧地等の草原などで構成される里地里山の多様な環境のモザイク性の消失が懸念されている。また、里山林や人工林においても、間伐等の森林整備が適切に行われないと、生物の生息・生育地としての機能が低下する（環境省 2023）。その結果、かつてコナラやミズナラ、アカマツの優占した里山林は遷移が進んで大径木の多い成熟林となり、次第に閉鎖した林内でも生育可能な常緑広葉樹が増え、樹種交代が生じている。里山林の密生化や常緑広葉樹の繁茂は林内を薄暗くし、明るい林内を好む草本や落葉低木は生育が難しくなり、またこれらを餌資源とする昆虫、野生鳥獣も数を減らしている（重松 1998）。

半自然草原も開発や放棄後の遷移の進行などで面積規模は縮小し、樹林化が進行して、群落の構造が変化している。半自然草原の減少、変化は多くの草原性の草本植物の減少を招いており、生息地や餌資源の供給場所として利用する小動物の減少も招き、特定種の絶滅危惧のみならず、生態系全体への影響も危惧される（大窪・土田 1998、須賀 2020）。

管理放棄された里山林では 1970 年代以降にマツ材線虫病によるマツ枯れが増大した。また 1980 年代以降、東北地方から九州地方までの広い範囲で発生したナラ枯れは、比較的高齢で大径木の多い広葉樹二次林（旧薪炭林）で発生することが多く（高畑 2008）、里山林の管理放棄と深く関わっていると考えられる。

近年、ニホンジカ（以下、「シカ」という）による深刻な生態系への影響や農林業被害が問題となっている。2018 年と 2019 年に全国を対象に行われたアンケート調査によると、情報不足の地域を含むものの、北海道から九州までの海岸植生から高山植生まで、また湿地やササ草原から常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、常緑針葉樹林まで様々な植生に対して、シカによる影響が及んでいることが報告された。10 年前と比べるとシカの影響範囲は拡大しており、その程度もやや増加していた（前迫ら 2020）。環境省によると、統計学的手法を用いて推定した本州以南に生息するシカの個体数は、1989 年度からの 25 年間で 28 万頭から 263 万頭へ増加しており、その分布域は 1978 年度から 2018 年度までの 40 年間に 2.7 倍に拡大していた（環境省報道発表資料 2021 年３月２日　https://www.env.go.jp/press/109239.html）。2022 年度末時点の本州以南におけるシカの個体数は、中央値で約 246 万頭（90%信用区間：約 216 万～305 万頭）とされ、2013 年度に中央値で 258 万頭（90%信用区間：約 235 万～298 万頭）に達した後、ほぼ横ばいを続けている（環境省報道発表資料

2024 年 4 月 26 日　https://www.env.go.jp/press/press_03122.html)。シカの増加は狩猟による捕獲圧の低下や、土地利用の変化、積雪深の減少など、複合的な要因が指摘されているが、遺伝学的手法によりシカの歴史的な個体数増減を推定した研究によると、現在のシカは過去 10 万年で最大、もしくはそれに近い水準まで増加しており、その要因は、気候変動や上位捕食者の絶滅よりも、人間による捕獲圧が低下したことによる可能性が高いと考えられた（Iijima et. al. 2023)。

シカによる植生への影響は、初期には嗜好性の高い高茎（中型から大型）草本の減少、小径木への樹皮剥ぎ、一部樹種の幼樹の消失等に現れる（梶ら 2006、Ohashi 2022)。さらにシカの密度が増加し、その状態が継続した場合、ササ群落の衰退、高茎草本の消失、不嗜好植物の拡大、採食ライン（ディアライン）の形成、大径木の樹皮剥ぎ等が生じることが報告されている（梶 2003、梶ら 2006、助野・宮木 2007)。植生以外の生物への影響として、シカの生息密度が高い地域において、ネズミ類（Suda et al. 2003)、チョウ類やマルハナバチ類等の昆虫類（Kato & Okuyama 2004、中村 2016)、地表性節足動物（上田ら 2009、岸本 2012)、大型土壌動物（Saitoh et al. 2008)、森林内の藪に生息するウグイス、センダイムシクイ等の鳥類及びそれらに托卵するツツドリとホトトギス（植田ら 2014、2019)、ニホンカモシカ（Koganezawa 1999、落合 2016）が減少した例が報告されている。またシカによる林内の下層植生の衰退は、表土の流出を引き起こし、渓流の水質（福島ら 2014）や水生昆虫群集（Sakai et al. 2012)、さらに河川下流の魚類相も変化させる（Nakagawa 2019）ことが示されており、増加したシカの影響は陸上生態系に留まらないと考えられる。

一方、イノシシについては、国内の分布域が 1978 年度から 2018 年度までの 40 年間で約 1.9 倍に拡大しており、特に東北、関東、北陸の各地域で分布の拡大が顕著であった（環境省報道発表資料 2021 年 3 月 2 日)。また、その全国の生息個体数は継続して増加し、2010～2014 年頃にピーク（2013 年度の中央値は約 130 万頭（90%信用区間：約 109 万～163 万頭））に達した後、捕獲対策の強化等で減少に転じ、2022 年度に中央値で約 78 万頭（90%信用区間：約 58 万～105 万頭）になったと推定されている（環境省報道発表資料 2024 年 4 月 26 日)。増加の背景として、中山間地域の衰退による耕作放棄地の増加がイノシシに好適な環境を提供していることや、暖冬に伴う寡雪が死亡率を低下させ、従来生息できなかった地域への進出を可能にしたことが考えられる（常田 2001)。イノシシは、地下にある植物の部位や菌類、無脊椎動物を食べるため、相当な面積を掘り返すことで、生態系レベルの影響をもたらすと考えられている。直接的な影響は植被率の低下という形で現れるが、植物群落の構成種の変化や種多様性の低下も招く。さらに、イノシシは様々な小動物を捕食し、それらの生息環境を破壊することで、動物群集に対しても大きな影響を与える（Barrios-Garcia & Ballari 2012)。そのため、新しくイノシシが分布を拡大した地域や、生息密度が著しく増加した地域のサイトでは、森林生態系の異変が生じている可能性がある。イノシシによる国内の生態系への影響に関する報告は少ないが、2010 年前後に新しく侵入した北アルプスで、高山植生の掘り返し、草本類の根茎が採食される等の影響が報告されている（中部森林管理局 2011)。

３）第３の危機（人間により持ち込まれたものによる危機）

第３の危機は、外来種の侵入や化学物質による汚染など、人間が近代的な生活を送るようになったことで生態系内に持ち込まれたものが、生物多様性へ及ぼす負の影響である（環境省 2023）。

外来種は競争、捕食、交雑、寄生虫・疾病の伝搬、あるいは生息環境の改変を通じて、侵入先で在来種の絶滅の危険を増大させる（一般財団法人自然環境研究センター2019）。外来種が生物多様性に与える影響は不可逆的であり、長期的に見れば生息場所の破壊より深刻であることが例証されつつある（鷲谷・村上 2002）。

外来種の樹木が自然林内へ侵入して大きな影響が生じた例は多くはない。しかし、特に外来種の影響を受けやすい島嶼部の生態系では、小笠原諸島の母島などの一部の自然林内にアカギが侵入して高木層を占め、在来種の樹木を圧倒している（田中ら 2009、Abe et al. 2020）。また、同じく小笠原諸島の父島では自然林内の低木層でキバンジロウが繁茂している例がある（財団法人自然環境研究センター2012）。本事業のサイトでも、沖縄本島の与那サイトではギンネムとモクマオウが、小笠原石門サイトではアカギ、シマグワ及びガジュマルがそれぞれ侵入している（環境省自然環境局生物多様性センター2020）。

森林性の鳥類では、2016 年から 2021 年までにガビチョウとソウシチョウが顕著に増加している。両種は 1990 年代にはほとんど記録がなかった低標高の地域へも分布を拡げており、ガビチョウについては高標高の地域へも分布を拡大していた（鳥類繁殖分布調査会 2021）。ガビチョウやソウシチョウが定着しているハワイでは、在来種の鳥類の生息密度が低下しており、愛知県でもソウシチョウの生息が確認された地点では、コマドリやヤブサメの確認数が減少したとの情報がある（一般財団法人自然環境研究センター2019）。

哺乳類の外来種は、捕食者を欠く独自の生態系を有する島嶼において特に甚大な悪影響を及ぼし、ときには在来種の絶滅を引き起こすとされる。奄美・沖縄本島に定着し、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギを絶滅の危機に追いやったフイリマングース、全国各地の島嶼で在来の鳥獣の捕食が問題になっているノネコ、小笠原諸島で植生に大きなダメージを与えているクマネズミとノヤギ、伊豆大島で林内の下層植生への食圧が問題となっているキョン等が代表例である。これらの外来種については現在までに防除が進められ、成果を上げている例も多い（一般財団法人自然環境研究センター2019）。一方、本土においても、生態系被害などを引き起こしている外来種としてアライグマ、ハクビシン、ヌートリアの 2010 年以降の生息情報が整理されており、アライグマは秋田県、高知県、沖縄県を除く 44 都道府県、ハクビシンは北海道、山口県、九州・沖縄地方の計 10 道県を除く 37 都府県、ヌートリアは中国地方を中心とした 18 府県に生息している（環境省報道発表資料 2018 年８月 31 日　https://www.env.go.jp/press/105902.html）。

昆虫類では、森林や草原を主な生息地とし、生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種として、沖縄本島と火山列島硫黄島のアカカミアリ、対馬のツマアカスズメバチ、授粉用の農業資材として利用されるセイヨウオオマルハナバチ等が外来生物法の特定外来生物等に指定されている（環境省ホームページより）。その他にも、小笠原諸島のチャイロネッ

タイスズバチや国内由来の外来種として伊豆諸島などのリュウキュウツヤハナムグリ、北海道・沖縄のカブトムシ本土亜種等は、環境省・農林水産省が作成した「生態系被害防止外来種リスト」(2015) にて、生態系等への被害のおそれがあり、各主体が防除や普及啓発など総合的に対策を行う必要がある外来種とされている。これらの外来種は、競合する在来種の駆逐、在来亜種との交雑、捕食による昆虫類等の減少、人や家畜への刺咬被害、養蜂業への影響などが問題となっている（一般財団法人自然環境研究センター2019)。

４）第４の危機（地球環境の変化による危機）

第４の危機は、地球温暖化や降水量の変化などの気候変動、海洋の酸性化など地球環境の変化による生物多様性への負の影響である（環境省 2023)。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）によると、人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がなく、世界の平均気温は 1850～1900 年から 2011～2020 年までに 1.1℃上昇している。また、大気、海洋、雪氷圏、及び生物圏に広範かつ急速な変化が起こっている。人為的な気候変動は、既に世界中の全ての地域において多くの気象と気候の極端現象に影響を及ぼしている。このことは、自然と人々に対し広範な悪影響、及び関連する損失と損害をもたらしている（出典：IPCC 第６次評価報告書第１作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳（文部科学省及び気象庁))。

日本の気候について、これまでに観測された変化と 21 世紀末までに予測される変化については、「日本の気候変動 2020」(文部科学省・気象庁 2020）に詳述されている。ここではそのうち、森林・草原生態系に関係が深いと考えられる気温、降水量、積雪、台風に関係する記述の要約を示す。

■ 気温

- ＜観測された変化＞日本の年平均気温の上昇は世界平均よりも速く進行しており、都市化の影響が比較的小さいと見られる気象庁の 15 観測地点で観測された年平均気温は、1898 年から 2019 年の間に 100 年当たり 1.24℃の割合で上昇していた（図 4-1)。

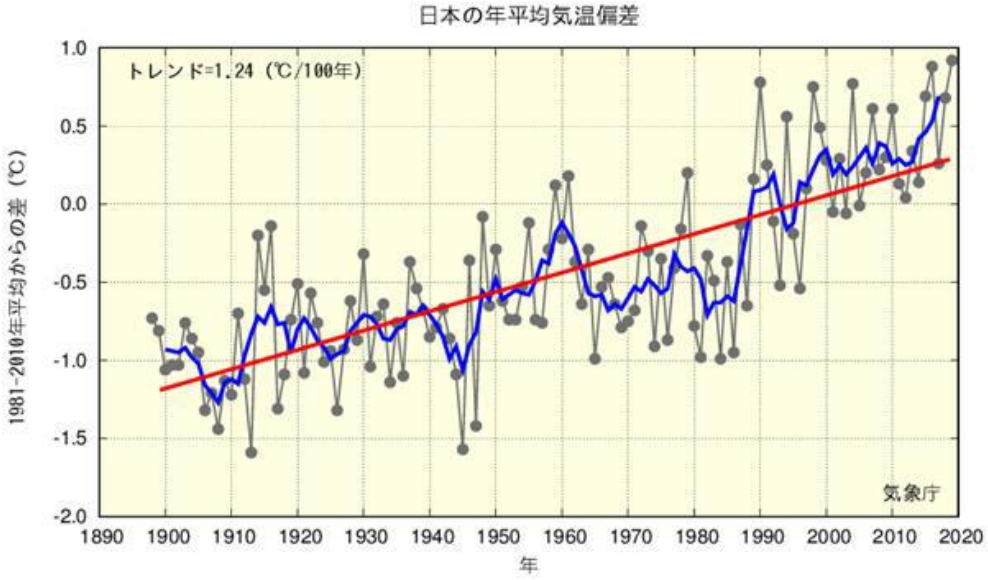


図 4-1　日本の年平均気温偏差の経年変化（1898～2019 年）

細線（黒）：各年の平均気温の基準値からの偏差、太線（青）：偏差の 5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向。基準値は 1981～2010 年の 30 年平均値。（文部科学省・気象庁 2020 より引用）

- ＜予測される変化＞いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、21 世紀末（2076～2095 年の平均）における日本の年平均気温は、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べて上昇する（信頼水準 90%以上で統計的に有意）。全国平均した年平均気温の変化は、４℃上昇シナリオ（RCP8.5）で約 4.5℃上昇、２℃上昇シナリオ（RCP2.6）で約 1.4℃上昇と予測される。

■　降水量

- ＜観測された変化＞日本国内の大雨及び短時間強雨の発生頻度は有意に増加し、雨の降る日数は有意に減少していた。気象庁の全国 51 の観測地点で観測された降水量のデータによれば、1901～2019 年の期間、日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の大雨の日数は、いずれも増加していた（図 4-2）。統計期間の初めの 30 年間（1901～1930 年）と最近の 30 年（1990～2019 年）を比較すると、それぞれ、約 1.4 倍と約 1.7 倍に増えていた。また同じ 51 の観測地点のデータによると、1901 年から 2019 年の期間、雨の降る日（１日の降水量が 1.0mm 以上の日）の日数は減少していた。減少率は 100 年当たり 9.5 日であった。

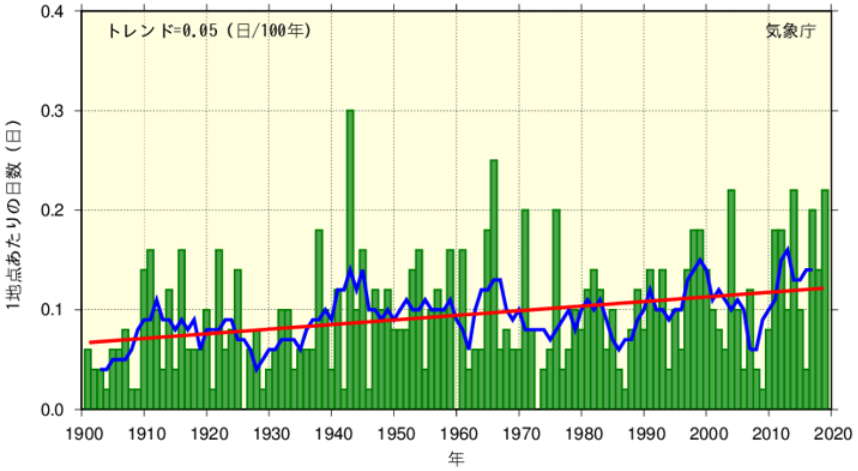


図 4-2　日降水量 200mm 以上の大雨の年間日数の経年変化（1901～2019 年）

棒グラフ（緑）は各年の年間日数を示す（全国 51 地点における平均で 1 地点当たりの値）。太線（青）は 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。（文部科学省・気象庁 2020 より引用）

- ＜予測される変化＞いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、1 日の降水量が 100mm あるいは 200mm 以上となる大雨の年間の日数は、20 世紀末（1980～1999 年平均）と比べ、21 世紀末（2076～2095 年平均）には全国平均では増加すると予測される。一方、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では、1 日の降水量が 1.0mm 未満の日の日数が、20 世紀末と比べて 21 世紀末にはほぼ全国的に増加する。

■　積雪量

- ＜観測された変化＞1962 年以降、日本海側の各地域では年最深積雪に有意な減少傾向が見られ、1 日に 20cm 以上の降雪が観測されるような大雪の日数も減少していた。気象庁の日本海側の観測地点で観測された 1962 年以降の積雪のデータによると、地域ごとに平均した年最深積雪（一冬で最も多く雪が積もった量）には減少傾向があった。また、1 日の降雪量が 20cm 以上となった年間日数は、日本海側では各地域とも減少しており、北日本の日本海側と東日本の日本海側では、1 日の降雪量が 50cm 以上となった年間日数も減少していた。
- ＜予測される変化＞21 世紀末（2076～2095 年平均）における年最深積雪や降雪量は、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では、20 世紀末（1980～1999 年平均）と比べて北海道内陸の一部地域を除き全国的に減少し、全国平均ではいずれも 70%程度減少する。2℃上昇シナリオ（RCP2.6）では、本州以南でのほとんどの地域で減少する（全国平均で 30%程度）一方、北海道では将来変化は不明瞭となる。

■　台風

- ＜観測された変化＞台風の発生数、日本への接近数・上陸数、強度に長期的な変化傾向は見られないが、台風がその生涯で最も強くなる場所の緯度がやや北へ変化す

る傾向が、北西太平洋域で比較的明瞭に見られた。

- ＜予測される変化＞地球温暖化に伴う台風の将来変化を予測した研究や、仮想的に地球温暖化が進行した状態で過去に発生した台風のシミュレーションを行った研究では、日本付近では台風の強度が強まる結果となったものが多い。更に、非常に強い熱帯低気圧（気象庁の分類では「猛烈な」台風に相当）に着目すると、日本の南海上で存在頻度（一定期間当たりに、その場所に存在する個数）が増加すると予測される。

気候変動によって生じる森林・草原生態系への影響については、2018 年に施行された気候変動適応法により、おおむね５年ごとに作成し、公表することが定められている「気候変動影響評価報告書」(環境省 2020)に詳しくまとめられている。この報告書(環境省 2020)では、気候変動による「自然林・二次林」への影響として、気温の上昇、生育期・非生育期における降水量の変化､積雪環境の変化等が自然林･二次林の植物に影響を及ぼすこと、また冬季の気温の上昇等により、植物の越冬芽の休眠が打破される時期が早まり、開花や展葉が早まることが予想されている。ここではそのうち､「現在の状況」(既に観測された変化)、及び「将来予測される変化」として記述されている内容の概要を示す。なお、この気候変動影響調査報告書の「現在の状況」には、本事業の前回とりまとめ報告書（環境省自然環境局生物多様性センター2020）の結果も引用されている。

■ 現在の状況

- 気候変動に伴う自然林・二次林の分布適域の移動や拡大の現状について、各植生帯の南限・北限付近における樹木の生活型別の現存量の変化が確認されている他、北海道の天然の針広混交林における針葉樹の成長量の経年的な減少傾向、及び広葉樹の成長量の増加傾向が確認されている。
- 気温上昇の影響によって、過去から現在にかけて落葉広葉樹が常緑広葉樹に置き換わった可能性が高いと考えられている箇所が国内複数地域において確認されている。
- 樹木の肥大成長について、早材成長の急速化が報告されている樹種がある。
- 北海道の春植物においては、春の雪解けが早い年には花粉媒介昆虫（送粉者）の発生時期よりも開花期が早まることで、送粉者の活動時期とのずれ（フェノロジカルミスマッチ）が発生し、結実率が低下する傾向が確認されている。
- 積雪量の減少が、シカとイノシシの分布拡大に影響している可能性がある。
- マツ枯れやナラ枯れの被害拡大に温暖化が影響しているとする指摘もあるが十分に検証されていない。

■ 将来予測される変化

- 冷温帯林の構成種の多くは、分布適域がより高緯度、高標高域へ移動し、分布適域が減少することが予測されている。特に、ブナ林は 21 世紀末に分布適域の面積が

現在に比べて減少することが予測されている。

- 暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動し、分布適域が拡大することが予測されている。
- ただし、実際の分布については、地形要因や土地利用、分布拡大の制限などにより縮小するという予測もあり、不確定要素が大きい。
- 大気中の CO_2 濃度の上昇は光合成速度や気孔反応など、樹木の生理過程に影響を与えることが予測されている。
- 気温上昇や CO_2 濃度の上昇による施肥効果によって森林の純一次生産量は増加する一方、土壌微生物活性の向上により土壌有機炭素量は減少することが予測されている。
- 気温上昇や無降水期間の長期化により、森林土壌の乾燥化が進行する可能性がある。
- 積雪量の減少と耕作放棄地の増加により、シカの分布適域が全国的に拡大することが予測されている。
- イノシシ等の野生鳥獣の分布等の拡大についても、気候変動による影響が推測されるが、十分に検証されていない。
- マツ枯れを含む様々な森林病虫害について、発生リスクや発生地域の拡大が予測されている。

なお、人工林においては、いくつかの地域でスギの衰退現象が報告されており、乾燥化の影響が指摘されているものの十分に検証されていない。また人工林において台風等による風害が増加しているかについても、研究事例が限定的であり、十分明らかになっていない。一方、人工林において将来予測される変化としては、気温上昇に伴う蒸散量の増加によって、特に年降水量の少ない地域でのスギ人工林の脆弱性の高まりや、台風の強度の増大と高齢林化による風害の増加が懸念されている（環境省 2020）。

４．３．解析の方向性

（１）とりまとめの解析方針

- 本調査では、これまでに各モニタリング項目の全国的な変化として以下のような傾向が確認されている（詳細は、毎年度発行の調査報告書を参照；環境省自然環境局生物多様性センター2024 等）。
  - ほとんどのサイトで樹木地上部現存量が増加している一方、多くのサイトで樹木本数の減少が認められる。落葉量、リター生産量には大きな増減傾向は認められず、林床植生被度は温暖な地域を中心に全国的な減少傾向が認められる。成熟林を含む多くのサイトにおいて、葉量は概ね一定に保ったまま、森林の成長・発達が続いていると考えられる。
  - 全国的に堆積落葉層の窒素濃度の減少傾向と炭素-窒素比の上昇傾向、及びセルロース分解速度（落葉層中及び土壌中、夏期及び冬期）の低下傾向が認められる。
  - 地表徘徊性甲虫の捕獲個体数は全国的な減少傾向を示し、優占分類群の中では冷涼な森林で優占するナガゴミムシ属の捕獲個体数が一貫して減少している一方、温暖な森林で優占するツヤヒラタゴミムシ属の捕獲個体数には一貫した増減傾向は認められない。
  - 鳥類では、林床の藪を利用するウグイスとエナガ、及びウグイスなどに托卵するホトトギスとツツドリの個体数に全国的な減少傾向が、キビタキとエゾムシクイの個体数に全国的な増加傾向が認められる。

- 一方、本報告書のとりまとめにあたっては、以下の２点を方針とした。
  - 調査開始からの全国的な変化傾向を示す。
  - 生態系の変化状況を「生物多様性の４つの危機」との関係でまとめる。

- 第３期までのとりまとめ結果や既存研究から、「生物多様性の４つの危機」の各要因による環境変化に対する森林・草原生態系の変化を想定し、４つの危機との関係から解析項目を整理した（表 4-1）。
- 本報告書の第５章では、まず産業革命以降に地球規模で進行し、全ての生物と環境に影響を及ぼしている気候変動による変化（第４の危機）について解析を行った。次に 1960 年代に生じた燃料革命とそれに伴う里地里山の管理放棄から、数十年を経て日本の中山間地域で顕在化している自然に対する働きかけの縮小による変化（第２の危機）について解析した。また、近年になって急速に分布を拡大する事例が報告される等、その影響が増大している外来種による変化（第３の危機）に着目して解析した。最後に、開発などの人間活動による変化（第１の危機）に関する解析を行った。
- ただし本調査の森林サイトは、その多くが自然林内に設定されているため、里山林の管理放棄による植生の遷移といった第２の危機の直接的な影響を見ることはできない。

一方、これらのサイトでも時に大きな攪乱要因となり得るマツ枯れやナラ枯れといった大規模な森林病虫害の拡大や、シカやイノシシの分布拡大・高密度化は、里山の管理放棄や狩猟の減少といった人間による自然への働きかけの縮小も大きな要因の一つであることが指摘されており（４．２.（２）２)、第２の危機の間接的な影響として捉えることができる。また草原サイトの多くは人為的に維持されてきた半自然草原に位置しており、第２の危機による植生変化の影響が直接及んでいる可能性がある。そこで第２の危機の影響としては、二次林の利用の縮小に関係する病虫害の発生、シカ・イノシシの生息状況の変化、草原の樹林化などの植生環境の変化を、解析対象とすることとした。

- なお、第１の危機については、多くのサイトが人為の影響をあまり受けてこなかった場所に設定されていることから、その影響による変化傾向の把握が難しかったため、前回とりまとめまで解析を行わなかった。しかし、コアサイト、準コアサイト及び一般サイトのうち、特に一般サイトについては人里近くのサイトを含んでおり、サイトによって森林・草原の連続性や周囲の土地利用状況、法律による保護レベルも様々であるため、森林の分断化及び保護区の設置による影響に関して、今回初めて解析を行った。

表 4-1　とりまとめ解析方針

影響要因	4つの危機との対応	環境変化	解析項目	解析内容
気候変動＜5．1＞	第4の危機	（1）気温・降水・積雪の変化	1）分布・種構成・個体数の変化	①樹木の個体群動態パラメータの変化
				②樹木の群集構成の変化
				③既存の樹木の分布変化予測と調査結果の比較検証
				④地表徘徊性甲虫の捕獲個体数・群集構成の変化と気温の関係
				⑤地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の変化と強雨の関係
				⑥地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の変化と積雪の関係
				⑦鳥類の分布・個体数の変化
				⑧鳥類の群集構成の変化
				⑨鳥類の種構成の変化と気温の関係
			2）森林の構造・機能の変化	①樹木の地上部現存量の変化
				②樹木のリター生産量・地上部純一次生産量の変化と気温の関係
				③堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の変化と気温・降水量の関係
			3）種子生産の変化	①種子生産量の地域間・地域内の同調性
			4）季節性の変化	①鳥類の繁殖時期の変化
				②鳥類の繁殖時期の変化予測
		（2）台風等による気象害（極端な事象）の発生	1）コアサイト・準コアサイトにおける大規模な森林気象害の発生状況	
			2）台風攪乱	①樹木の個体数・地上部現存量・種構成の変化
自然に対する人間の働きかけの縮小撤退による生物間相互作用の変化＜5．2＞	第2の危機	（1）二次林の利用の縮小に関係する病虫害の発生	1）コアサイト・準コアサイトにおける大規模な森林病虫害の発生状況	
			2）ナラ枯れ	①樹木の個体数・地上部現存量・種構成の変化
				②地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の変化
		（2）シカ・イノシシの生息状況の変化	1）コアサイト・準コアサイトにおけるシカ・イノシシの生息状況、生態系への顕著な影響	
			2）シカの増加	①樹木の動態・群集構成の変化
				②地表徘徊性甲虫の捕獲個体数、及び林床植生被度・堆積落葉層・土壌の変化
				③下層植生を利用する鳥類の変化（コアサイト）
				④下層植生を利用する鳥類の変化（一般サイト）
			3）イノシシの増加	①地表徘徊性甲虫の捕獲個体数、及び林床植生被度・堆積落葉層・土壌の変化
				②地上営巣性の鳥類の変化
		（3）植生環境の変化	1）植生被度の変化	①鳥類の種構成の変化
			2）草原の樹林化	①鳥類の種構成の変化

表 4-1　とりまとめ解析方針（続き）

影響要因	4つの危機との対応	環境変化	解析項目	解析内容
外来種＜5．3＞	第3の危機	（1）外来種の侵入・拡大、及び防除の効果	1）コアサイト・準コアサイトへの外来種の侵入状況	
			2）外来種の侵入・拡大	①小笠原の外来樹木
				②ガビチョウの分布拡大と積雪の関係
				③ソウシチョウの分布拡大
			3）外来種の防除	①マングースの防除による地上性の鳥類の回復
開発などの人間活動＜5．4＞	第1の危機	（1）開発、及び保護区の効果	1）森林の孤立化	①鳥類の種構成の変化
			2）保護区	①鳥類の絶滅危惧種の確認サイトと保護区の重複状況
				②鳥類の群集構成の安定化

（２）第３期までの成果と第４期の解析方針

１）気候変動＜第４の危機＞

１－１．気温・降水・積雪の変化

１－１－１．分布・種構成・個体数の変化

＜第３期までの成果＞

- 樹木：パラメータとして取り上げた種の新規加入率及び死亡率は、気温の影響よりも台風などの攪乱による影響が大きいことが示された。一方、樹種タイプ（生活形）組成をみるとより温暖な気候に生育する樹種タイプの個体数（調査対象幹数）が増加している傾向が見られた。
- 地表徘徊性甲虫：広域分布種８種のうち５種で「寒冷な地域での捕獲個体数の増加傾向」が、そのうち２種で「温暖な地域での減少傾向」が見られた。飛翔能力を欠く地表徘徊性甲虫での結果は、この対象種群の、生態系への斬新的な気候変動の影響についての指標としての有用性を示す可能性が考えられた。
- 地表徘徊性甲虫：属・科レベルの個体数変化状況を解析した結果、分類群により個体数の増減傾向に差があることが明らかとなった。第２期から継続して全国的なナガゴミムシ属（寒冷な気候で多い）の減少傾向と、ツヤヒラタゴミムシ属（温暖な気候で多い）の増加傾向が確認された。
- 鳥類:亜種リュウキュウサンショウクイの分布は 1980 年代には九州南部に限られていたが、本調査のモニタリング開始後に、確認される地域が広がった。一方、亜種サンショウクイの分布域は縮小している傾向が見られた。

- 鳥類：繁殖期の調査からキビタキ、ソウシチョウ（外来種）に増加傾向が見られ、林縁や明るい林を好むホオジロやメジロなどが減少する傾向が見られた。気温変化などとの関係は明らかではなかったが、森林の遷移による影響の可能性が考えられた。

＜第４期の解析方針＞

- 樹木：加入率・死亡率・個体数の変化と気温・降水との関係を調べることで、温暖化に伴って群集動態が変化しているかを解析する。
- 地表徘徊性甲虫：強雨の発生頻度の増加または積雪の減少が、甲虫の生息に負の影響を与えうるかを検証するため、前年または当年の各季節における強雨発生の有無や、前年末～当年初めの積雪量と、当年の甲虫個体数の関係を解析する。
- 地表徘徊性甲虫・鳥類：主要な種について、サイト・地域ごとの個体数の変化傾向を示し、寒冷な地域での増加や温暖な地域での減少傾向を示す種がいないか確認する。
- 鳥類：群集気温指数を用い、各サイト・地域において、より温暖な気候を好む群集構成への変化が起きているかを定量的に評価する。
- 全体：地表徘徊性甲虫や鳥類でも、樹木と同様に低温を好む種、高温を好む種のグループ分けを行い、これまでに樹木で見られているように全国のサイトでより暖かい気候を好むグループが増加する傾向が見られるか、各分類群について同様の解析を行う。

１－１－２．森林の構造・機能の変化

＜第３期までの成果＞

- 樹木：樹木の単年あたりの成長量とその年の気温との関係について、解析対象とした 62 種のうち 51 種で推定結果が得られた。樹種によって直径成長と年平均気温の関係は異なり、関係性の見られない種（25 種）、正の関係のある種（14 種）、負の関係がある種（４種）、一山型の関係を示した種（８種）が見られた。
- 樹木：森林全体の地上部現存量の変化と気温変動との間には有意な関係が見られ、対象となる期間の年平均気温が高いほど、地上部現存量が増加する傾向を示した。
- 樹木:リター生産量と個体成長による地上部現存量の増加量には有意な相関が見られ、また、年平均気温が高い地域の森林ほど（両者の合計である）純一次生産量が大きくなる傾向があった。一方、リター生産量、落葉堆積量、土壌炭素濃度、セルロース分解速度ともに、それら自体と気温の年変動との明確な関係は見られず、短期的には台風などによる攪乱の影響が大きいことが認められた。

＜第４期の解析方針＞

- 樹木：森林の地上部現存量（炭素蓄積量）の全国的な増加傾向、及び気温の高い年ほど地上部現存量が増加する（二酸化炭素の吸収・固定が進む）傾向が継続しているのかを確認するため、各サイトの地上部現存量の変化傾向を示し、現存量の生産・損失・変化速度の年変動と、気温の年変動との関係を解析する。

- 樹木：1 ha あたりの年間落葉量、及び純一次生産量の変動と、気温変動との関係を解析する。
- 土壌：気候変動による落葉層・土壌の炭素蓄積や分解系への影響を検討するため、気温・降水量の変化傾向と堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の変化傾向との関係を解析する。

１－１－３．種子生産の変化

＜第３期までの成果＞

- 樹木：ブナ科、カバノキ科などの樹種のうち、複数の調査区で十分な情報が得られた種を主な対象として種子生産量の年変動と同調性について解析したところ、同じ種の広範囲にわたる同調や、分類的には遠縁である種が調査区内という狭い範囲で同調する傾向が見られ、豊凶の同調性の年変動について知見を集積した。

＜第４期の解析方針＞

- 樹木：第４期のデータを追加して、種子生産の地域間・地域内での同調性について精度を上げて種ごとに定量的な解析を行う。

１－１－４.季節性の変化

＜第３期までの成果＞

- 樹木：第２期までの結果と同様、コナラ属、カエデ属、カバノキ属では、気温が高いほど種子落下時期のピークが遅い傾向が見られた。
- 樹木：調査地の平均気温と落葉時期との間に関係が認められ、気温の高い年ほど、常緑針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林では秋季の落葉時期が遅くなった。一方、常緑針葉樹林と常緑広葉樹林の春季の落葉時期と気温変動の関係は明瞭ではなかった。
- 鳥類：キビタキのさえずりの活発な時期とヤマガラの巣立ち日について、気温との関係を解析した。キビタキのさえずりは、４月の平均気温が高いほど早くなり、ヤマガラの巣立ち日は４月末までの積算気温が大きいほど早くなる傾向が認められた。

＜第４期の解析方針＞

- 鳥類：データを追加して引き続き繁殖時期の変化と気温の関係を解析し、さえずり時期についてはキビタキ以外の種も解析に加え、同様の傾向が見られるかを確認する。気温との関係が比較的明瞭であるため、気温の将来予測値を基に繁殖時期の変化予測を試みる。

１－２．台風等による気象害（極端な事象）の発生

１－２－１．台風攪乱

＜第３期までの成果＞

- 各サイトで発生した大規模な気象害に関してはサイト代表者へのアンケート等の一律な情報収集は行っていなかった。
- 樹木：パラメータとして取り上げた種の新規加入率及び死亡率は、気温の影響よりも台風などの攪乱による影響が大きいことが示された。
- 樹木：与那サイトでは大型台風が上陸した年の落葉量は、平年と比べて約３割増加した。また全リター生産量は落葉量よりも年変動が大きく、短期的には他の気象要因よりも台風攪乱の効果が大きいことが示唆された。

＜第４期の解析方針＞

- 各サイトへのアンケートにより、台風の影響があったサイトとその時期を把握し、台風攪乱による死亡個体と攪乱後の新規加入個体に注目して、森林動態への影響を把握する。

２）自然に対する働きかけの縮小＜第２の危機＞

２－１．二次林の利用の縮小に関係する病虫害の発生

２－１－１．ナラ枯れ

＜第３期までの成果＞

- 樹木：大規模なナラ枯れが発生したコアサイト（愛知赤津）において、地上部現存量は 2010 年度に発生したナラ枯れにより、2014 年度までに約 10%減少した。その後、第３期に入ってから回復傾向に転じ 2017 年度には 2010 年度の５％減まで回復しており、７年間で減少の半分が回復していた。
- 地表徘徊性甲虫：大規模なナラ枯れが発生したコアサイト（愛知赤津）で、個体数は 2011 年度のナラ枯れの後、2015 年度まで顕著な増加が見られた（2015 年度ではナラ枯れ前の約９倍）。この傾向は 2016 年度には終息し、2016 年度・2017 年度の個体数はナラ枯れ前の水準へと戻った。

＜第４期の解析方針＞

- 樹木：愛知赤津サイトとナラ枯れ・マツ枯れの被害が目立つその他の２サイトについて、被害のある樹種と主要な樹種の地上部現存量とコナラの優占度の経年変化を調べ、森林の現存量や群集構成への長期的な影響を把握する。
- 地表徘徊性甲虫：第４期のデータを加えて主要分類群の個体数変化を確認し、個体数がナラ枯れ以前の状態に回帰しているか、ナラ枯れの影響が継続しており再び大きく増加しうるのかを検討する。

２－２．シカ・イノシシの生息状況の変化

２－２－１．シカの増加

＜第３期までの成果＞

- 樹木：シカによる生態系への影響が確認されているサイトでは、樹木の新規加入個体数の低下や樹皮剥ぎの影響が確認されており、シカの採食嗜好性が高いことが知られる特定樹種の更新への影響が大きいことが明らかとなった。
- 地表徘徊性甲虫：シカによって林床植生の減少が見られるサイトでは、甲虫の捕獲個体数・バイオマス・種数・種多様度及び堆積落葉量の減少傾向が強まっていた。また地表徘徊性甲虫のうち糞食性のグループも、全般的に減少傾向を示した。
- 鳥類：コアサイト・準コアサイトでは、第２期に引き続き下層植生を利用するウグイスやコルリ等の個体数が減少している傾向が見られた。

＜第４期の解析方針＞

- 樹木：引き続き新規加入率の低下などの森林動態パラメータへの影響が見られるか解析する。またシカによる生態系への影響の顕著なサイトにおける、嗜好性樹種の動態を確認する。
- 地表徘徊性甲虫：引き続き堆積落葉量や地表徘徊性甲虫の減少が見られるか、また地表徘徊性甲虫のうち糞食性のグループの増加が見られるかに注目する。シカによる林床植生の攪乱程度や影響の強まり始めた時期の異なるサイト間で、各観測値の変化傾向を比較する。
- 鳥類：引き続き下層植生を利用する種の減少に注目し、サイトごとのシカの分布拡大時期やシカの影響の強まり始めた時期の違いも考慮して、個体数の長期的な変化傾向を分析する。

２－２－２．イノシシの増加

＜第３期までの成果＞

- 第３期までイノシシの増加による生態系影響の解析は行っていない。

＜第４期の解析方針＞

- 地表徘徊性甲虫:イノシシの地表攪乱による林床植生、堆積落葉層、表層土壌の変化、及び生息環境の攪乱や捕食を介した地表徘徊性甲虫の減少、地表徘徊性甲虫のうち糞食性のグループの増加が起きていないかを検証するため、イノシシによる攪乱程度が異なるサイト間で、これらの各観測値の年変化傾向を比較する。
- 鳥類：イノシシの影響を受けやすいと思われる種で個体数の減少が起きていないかを検証するため、直接影響を受ける可能性がある地上営巣性の種に注目し、イノシシの分布状況・分布時期の異なるサイト間で、個体数の変化傾向を比較する。

２－３．植生環境の変化

＜第３期までの成果＞

- 特に二次草原（茅場など）において、人の働きかけの縮小・撤退によって森林への遷移が進んでいる。また前述のとおり、シカの影響等により森林・草原の植生の変化が

起こっている。これらが、生息する鳥類に対し、どの様な影響を及ぼしているかについて解析した。一般サイトの鳥類データの状況からは、最も個体数変化が大きかったキビタキ・ハシブトガラスについて出現傾向と植生の変化との関係を解析したが、明確な傾向は得られなかった。

２－３－１．植生被度の変化

＜第４期の解析方針＞

- 鳥類：植生被度の変化が大きいサイトほど種構成の変化が大きいかを検証するため、各一般サイトについて植生概況調査の結果から被度の変化を指標化して、モニタリング開始後の種の入れ替わりの大きさとの関係を解析する。

２－３－２．草原の樹林化

＜第４期の解析方針＞

- 鳥類：草原の樹林化によって鳥類の種構成に変化が起きていないかを検証するため、各草原サイト周囲の樹林の量とその変化を植生図から定量化し、その変化と種の入れ替わりの大きさとの関係を解析する。また鳥類の種形質データベースを用いて出現種を草原性、森林性、ジェネラリストに分類し、サイト周囲の樹林率との対応関係を分析する。

３）外来種＜第３の危機＞

３－１．外来種の侵入・拡大、及び防除の効果

３－１－１．外来種の侵入・拡大

＜第３期までの成果＞

- 一般サイト及び周辺の森林への外来鳥類の侵入状況をまとめ、ガビチョウ・ソウシチョウについては分布の変化と一般サイトの調査結果を用いて個体数の変化を解析した。その結果、両種とも分布を拡大しており、サイトにおける個体数も増加傾向が見られた。また、ガビチョウは積雪のある地域まで分布を拡大している可能性があった。

＜第４期の解析方針＞

- 樹木:複数種の外来樹木の侵入が深刻な問題となっている小笠原石門サイトについて、外来及び在来樹種の変化状況をまとめ、駆除や台風攪乱の影響と合わせて在来種への影響を分析する。
- 鳥類：ガビチョウ・ソウシチョウの分布拡大が続いているかを明らかにするため、第４期における確認地点を地図上に示し、さらに分布の制限要因になっているとされる積雪との関係や、標高方向の変化傾向とも合わせて、分布変化の特徴を分析する。

３－１－２．外来種の防除

＜第３期までの成果＞

- 奄美・与那サイトでは周辺でのフイリマングースの駆除が進み、奄美サイトでは在来種（アマミノクロウサギ、ケナガネズミ、アマミヤマシギ、カエル類など）の回復が確認されつつあるとの情報が得られた。

＜第４期の解析方針＞

- 鳥類：フイリマングースの駆除によって、捕食などの影響を受けてきた在来種の個体数が回復しているかを確かめるため、奄美・与那サイトにおいて地上をよく利用する鳥類の個体数の長期的な変化傾向を解析する。

４）開発などの人間活動＜第１の危機＞

＜第３期までの成果＞

- 前述のとおり、本事業の多くのサイトが人為の影響をあまり受けてこなかった場所に設定されていることからその影響による変化傾向の把握が難しかったため、第３期とりまとめまで解析を行わなかった。

４－１．開発、及び保護区の効果

４－１－１．森林の孤立化

＜第４期の解析方針＞

- 鳥類：周囲の森林の分断化・孤立化が進むほど群集が不安定化しやすいかを検証するため、各森林サイトについて、周囲の森林の孤立化の程度を定量化し、モニタリング開始後の種の入れ替わりの大きさとの関係を解析する。

４－１－２．保護区

＜第４期の解析方針＞

- 鳥類：保護区の設置が群集の安定的な維持に寄与しているかを検証するため、それらの地域内に位置するサイトとそれ以外のサイトとの間で、モニタリング開始後における総個体数・種数・種多様度、及び種組成の年変動の大きさを比較する。

■コラム４－１：海外のモニタリング事例との比較

丹羽 慈（一般財団法人 自然環境研究センター）

モニタリングサイト 1000 森林・草原調査で行われているような樹木、地表徘徊性甲虫、鳥類の広域・長期のモニタリング調査は、欧米を中心とする世界各国でも取組まれており、これまでに様々な変化傾向が明らかにされている。

① 樹木

世界の森林では、大気中の二酸化炭素濃度の上昇による樹木の成長速度の上昇が見られる一方、気候変動に伴う乾燥や熱波、山火事、病虫害の増加による樹木の死亡率の増大も起きている（IPCC 2022）。

カナダ西部の天然林（871 地点）のモニタリングデータによると、過去 50～60 年ほどの間に樹木の成長速度の上昇と死亡率の減少、及び森林の地上部現存量の増大が見られているが、種数の少ない森林では逆に成長速度の低下と死亡率の上昇が見られた（Hisano et al. 2019）。また乾燥地の森林（2,491 地点）でも成長速度の低下が起きていた（Hisano et al. 2024）。さらに、カナダ全土の温帯～亜寒帯の天然林（17,107 地点）の 65 年間のモニタリングデータからは、針葉樹から落葉広葉樹、及び乾燥耐性の低い種から高い種への組成の変化が進んでいることも明らかになった（Hisano et al. 2021）。ヨーロッパ各国の森林の長期観測データによると、過去 50 年ほどの間に北部・中部では樹木の成長速度の上昇が見られ、一方、南部では高温、乾燥、病虫害の増加等による成長速度の低下が見られている（Vacek et al. 2023）。アメリカ西部の針葉樹の天然成熟林（76 地点）における長期観測データからは、50 年間ほどで樹木の死亡率が大きく上昇していることが分かり、気温上昇に伴う乾燥化、及び病虫害の増加（特にキクイムシの大発生）が主な要因と考えられた（van Mantgem et al. 2009）。また、アメリカ西部の森林（44,992 地点）の 2000 年代と 2010 年代の２時期の調査データを比較したところ、各地点の気温上昇に応じて群集組成がより温暖な気候を好む組成に変化（群集気温指数（５．１．（１）１）⑦参照）が上昇。好熱化）していることが分かった（Rosenblad et al. 2023）。さらに、アフリカ（244 地点）とアマゾン（321 地点）の熱帯雨林の長期観測データによると、過去 30 年ほどの期間に両地域ともに樹木の成長速度が上昇傾向にあり、地上部現存量も増加を続けていることが分かった（Hubau et al. 2020）。ただしアマゾンでは、乾燥等の影響によるとみられる死亡率の上昇傾向も同時に観測され、地上部現存量の増加は頭打ちになりつつあった。

モニタリングサイト 1000 森林・草原調査における全国 60 か所の森林サイトでは、二次林だけでなく成熟林においても地上部現存量が増加傾向にあることが示されている（５．１．（１）２）①）。ただし一部の森林（亜熱帯島嶼等）では大規模な台風攪乱による現存量の低下が見られ、回復には相当の年数を要するものと思われる（５．１．（２）２）①）。さらに、生活形組成がより温暖な地域の組成に近づくように変化（好熱化）しつつあることも明らかになった（５．１．（１）１）②、Suzuki et al. 2015）。

② 地表徘徊性甲虫

近年、世界各地において昆虫類の長期的な減少傾向が報告され、気候変動や土地開発、農業の変化、環境汚染、外来種など様々な要因の影響が指摘されている（Wagner et al. 2021）。世界各地の昆虫のモニタリングデータ（モニタリングサイト 1000 森林・草原調査の地表徘徊性甲虫調査のデータを含む）の分析によると、温帯や乾燥地、特に北米やヨーロッパの一部で陸生昆虫の減少が大きく、また優占種ほど減少傾向が強いことが示されている（van Klink et al. 2020, 2024）。モニタリングサイト 1000 里地調査でも、チョウ類の内、身近な里山でよく見られる種の多くで全国的な減少傾向が見られている（環境省自然環境局生物多様性センター2019）。

イギリスの全国的な自然環境モニタリング調査である Environmental Change Network（ECN）では、1993 年から毎年、全国 12 地点で森林や草原を含む様々な環境で地表徘徊性甲虫の捕獲調査が行われており（Morecroft et al. 2009）、これまでに全国的な個体数の減少傾向や（Brooks et al. 2012）、成虫の活動季節の早期化（Pozsgai & Littlewood 2014）が明らかになっている。またドイツやオランダのいくつかの長期観測サイトでは過去 20～30 年の間に地表徘徊性甲虫の個体数の減少（Hallmann et al. 2020、Skarbek et al. 2021）及び春先の気温の上昇の影響とみられる成虫活動季節の早期化（Irmler 2022）が認められている。ヨーロッパの森林地帯では個体数変動は比較的安定しているという結果が示されているが（Brooks et al. 2012、Homburg et al. 2019）、安定した森林環境内であっても春繁殖型の種等の減少による種数の減少や（Homburg et al. 2019）、近年の大規模な干ばつによる大きな個体数減少が起きていることが分かってきた（Weiss et al. 2024）。一方、アメリカでは、全国的なモニタリング調査である National Ecological Observatory Network（NEON）において、2013 年より全国 47 地点の様々な生態系で地表徘徊性甲虫の捕獲調査が継続されている（Hoekman et al. 2017）。これまでのデータを分析した結果、森林性の種は気温の上昇に対して負の反応を示すことが分かり、今後さらに気温が上昇すると森林性種の個体数が減少することが予測されている（Qiu et al. 2023）。

日本では、モニタリングサイト 1000 森林・草原調査において全国 20 か所の森林サイトで地表徘徊性甲虫の捕獲調査を継続している。調査開始からの約 20 年間で個体数が減少傾向を示すサイトが多く、優占する分類群の中では特にナガゴミムシ属（亜高山帯～冷温帯の森林で優占する春繁殖型の種を多く含む）の減少傾向が強いことが明らかになっている（環境省自然環境局生物多様性センター2024）。

③ 鳥類

アメリカでは、North American Breeding Bird Survey（1966～）などの全国的な鳥類のモニタリング調査が毎年行われており、過去 50 年間で鳥類の個体数が約３／４にまで減少していることや、特に草原性の種等で減少が大きいことが明らかになっている（Rosenberg et al. 2019、North American Bird Conservation Initiative 2022）。ヨーロッパでは、Pan-European Common Bird Monitoring Scheme（PECBMS）として 1980 年以降の 30 か国に及ぶ鳥類のモニタリングデータが統合されており、過去 40 年ほどで鳥類

の個体数が２割近く減少していて、森林性種では減少が小さい一方、農地・草原性の種で特に減少が大きいことや、優占種で減少が大きいことが明らかになっている（Burns et al. 2021）。さらに詳細な分析によると、ヨーロッパの鳥類の多く（特に昆虫食性の種）が減少している主な原因は、農薬や化学肥料の使用といった農業活動の変化であると推定された（Rigal et al. 2023）。また、アメリカ及びヨーロッパのモニタリングデータから、過去 40 年ほどの間に群集組成がより温暖な気候を好む組成に変化（群集気温指数が上昇。好熱化）していること、またその変化は繁殖期より越冬期の方が大きいことが分かっている（Lehikoinen et al. 2021）。

日本でも、モニタリングサイト 1000 森林・草原調査と里地調査における鳥類のモニタリングデータを合わせて分析したところ、森林性種の個体数は比較的安定していた一方、特に 2015 年以降、里地や農地によく見られる種が急激に減少していることが明らかになった（コラム５－２、Katayama et al. 2024）。同時に、寒冷な気候を好む種ほど、減少傾向が強いことも分かった。さらに、森林・草原調査の結果からは、主に北方の地域で繁殖期の群集組成の好熱化傾向が認められた（５．１．（１）１）⑦）。

モニタリングサイト 1000 は開始から 20 年が経過し、日本の生物・生態系の様々な変化傾向が見え始めている。今後は、そのような日本国内の状況を世界的な変化傾向の中に位置付けて理解していくことも必要となってくるであろう。一方で、モニタリングサイト 1000 の各生態系調査の公開データは、近年、全世界の様々な生物群集の時系列データを収集したデータベースにも収録されるようになっており、世界的な生物多様性の動向の分析において貴重な根拠データの一つとして活用されるようになってきている（e.g. Dornelas et al. 2018、Blowes et al. 2019、Antão et al. 2020）。特に、まだ情報の少ないアジアにおける大規模・長期のモニタリングデータとして重要性は高いと考えられ、今後も調査を継続し、データを公開・発信し続けていくことは、国際的な生物多様性の保全に対しても重要な貢献となるであろう。

引用文献

Antão, L. H. et al. (2020) Temperature-related biodiversity change across temperate marine and terrestrial systems. Nature Ecology & Evolution 4: 927–933.

Blowes, S. A. et al. (2019) The geography of biodiversity change in marine and terrestrial assemblages. Science 366: 339–345.

Brooks, D. R. et al. (2012) Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. Journal of Applied Ecology 49: 1009–1019.

Burns, F. et al. (2021) Abundance decline in the avifauna of the European Union reveals cross-continental similarities in biodiversity change. Ecology and Evolution 11: 16647–16660.

Dornelas, M. et al. (2018) BioTIME: A database of biodiversity time series for the Anthropocene. Global Ecology & Biogeography 27: 760–786.

Hallmann, C. A. et al. (2020) Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. Insect Conservation and Diversity 13: 127–139.

Hisano, M. et al. (2019) Species-rich boreal forests grew more and suffered less mortality than species-poor forests under the environmental change of the past half-century. Ecology Letters 22: 999–1008.

Hisano, M. et al. (2021) Rapid functional shifts across high latitude forests over the last 65 years. Global Chang Biology 27: 3846–3858.
Hisano, M. et al. (2024) Functional diversity enhances dryland forest productivity under long-term climate change. Science Advances 10: eadn4152.
Hoekman, D. et al. (2017) Design for ground beetle abundance and diversity sampling within the National Ecological Observatory Network. Ecosphere 8: e01744.
Homburg, K. et al. (2019) Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. Insect Conservation and Diversity 12: 268–277.
Hubau, W. et al. (2020) Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. Nature 579: 80–87.
環境省自然環境局生物多様性センター(2019) モニタリングサイト 1000 里地調査 2005-2017 年度とりまとめ報告書.
環境省自然環境局生物多様性センター(2024) 2023 年度モニタリングサイト 1000 森林・草原調査報告書.
IPCC (2022) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
Irmler, U. (2022) Seasonal shift in carabid phenology over a period of 18 years. European Journal of Entomology 119: 183–190.
Katayama, N. et al. (2024) Effects of depopulation and warming climates on bird population trends in Japan. Conservation Biology 38: e14175.
Lehikoinen, A. et al. (2021) Wintering bird communities are tracking climate change faster than breeding communities. Journal of Animal Ecology 90: 1085–1095.
Morecroft, M. D. et al. (2009) The UK Environmental Change Network: Emerging trends in the composition of plant and animal communities and the physical environment. Biological Conservation 142: 2814–2832.
North American Bird Conservation Initiative (2022) The State of the Birds, United States of America, 2022. https://www.stateofthebirds.org/2022
Pozsgai, G. & Littlewood, N. A. (2014) Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) population declines and phenological changes: Is there a connection? Ecological Indicators 41: 15–24
Qiu, T. et al. (2023) Habitat–trait interactions that control response to climate change: North American ground beetles (Carabidae). Global Ecology and Biogeography 32: 987–1001.
Rigal et al. (2023) Farmland practices are driving bird population decline across Europe. PNAS 120: e2216573120.
Rosenberg, K. V. et al. (2019) Decline of the North American avifauna. Science 366: 120–124.
Rosenblad, K. C. et al. (2023) Climate change, tree demography, and thermophilization in western US forests. Proceedings of the National Academy of Sciences 120: e2301754120
Skarbek, C. J. et al. (2021) Trends in monthly abundance and species richness of carabids over 33 years at the Kaiserstuhl, southwest Germany. Basic and Applied Ecology 50: 107–118.
Suzuki, S. N. et al. (2015) Regional-scale directional changes in abundance of tree species along a temperature gradient in Japan. Global Change Biology 21: 3436–3444.
Vacek, Z. et al. (2023) European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. Journal of Environmental Management 332: 117353.
van Klink, R. et al. (2020) Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. Science 368: 417–420.
van Klink, R., Bowler, D.E., Gongalsky, K.B. et al. (2024) Disproportionate declines of formerly abundant species underlie insect loss. Nature 628: 359–364.
van Mantgem, P. J. et al. (2009) Widespread increase of tree mortality rates in the western United States. Science 323: 521–524.
Wagner, D. L. et al. (2021) Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. PNAS 118: e2023989118.
Weiss, F. et al. (2024) Long-term drought triggers severe declines in carabid beetles in a temperate forest. Ecography 2024: e07020.

引用文献

Abe, T., Tanaka, N. & Shimizu, Y. (2020) Outstanding performance of an invasive alien tree *Bischofia javanica* relative to native tree species and implications for management of insular primary forests. PeerJ 8: e95733.

Barrios-Garcia, M. N. & Ballari, S. A. (2012) Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. Biological Invasions 14: 2283-2300.

福島慶太郎・阪口翔太・井上みずき・藤木大介・徳地直子・西岡裕平・長谷川敦史・藤井弘明・山崎理正・高柳敦（2014）シカによる下層植生の過採食が森林の土壌窒素動態に与える影響. 日緑工誌 39(3):360-367.

Iijima, H., Nagata, J., Izuno, A., Uchiyama, K., Akashi, N., Fujiki, D. & Kuriyama, T. (2023) Current sika deer effective population size is near to reaching its historically highest level in the Japanese archipelago by release from hunting rather than climate change and top predator extinction. The Holocene 33(6): 718-727.

一般財団法人自然環境研究センター（2019）最新日本の外来生物. 平凡社.

梶光一（2003）エゾシカと被害：共生の在り方を探る. 森林科学 39: 28-34.

梶光一・宮木雅美・宇野裕之（2006）エゾシカの保全と管理. 北海道大学出版会.

環境省（2020）気候変動影響評価報告書　詳細.

環境省（2023）生物多様性国家戦略 2023-2030　～ネイチャーポジティブ実現に向けたロードマップ～. https://www.env.go.jp/press/press_01379.html

環境省　生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会（2021）生物多様性及び生態系サービスの総合評価 2021（JBO 3: Japan Biodiversity Outlook 3）詳細版報告書.

環境省自然環境局生物多様性センター（2020）モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 2004-2017 年度とりまとめ報告書.

環境省自然環境局生物多様性センター（2024）2023 年度モニタリングサイト 1000 森林・草原調査報告書.

Kato, M. & Okuyama, Y. (2004) Changes in the biodiversity of a deciduous forest ecosystem caused by an increase in the Sika deer population at Ashiu, Japan. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University 29: 437-448.

岸本年郎（2012）大台ケ原のシカと昆虫. 昆虫と自然 47(4):12-15.

Koganezawa, M. (1999) Changes in the population dynamics of Japanese serow and sika deer as a result of competitive interactions in the Ashio Mountains, central Japan. Biosphere conservation 2(1): 35-44.

前迫ゆり・幸田良介・比嘉基紀・松村俊和・津田智・西脇亜也・川西基博・吉川正人・若松伸彦・冨士田裕子・井田秀行・永松大（2020）シカの影響に関する植生モニタリング調査と地域の生物多様性保全研究―シカと植生のアンケート調査（2018 ～ 2019）報告

一. 自然保護助成基金助成成果報告書 29: 14-26.
松木佐和子・上田未央子 (2015) 石灰石鉱山開発と生物多様性を結びつける取り組み. 森林科 75: 40-43.
文部科学省・気象庁 (2020) 日本の気候変動 2020-大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書-.
Nakagawa H. (2019) Habitat changes and population dynamics of fishes in a stream with forest floor degradation due to deer overconsumption in its catchment area. Conservation Science and Practice. 1: e71.
中村康弘 (2016) シカが生物多様性に及ぼす影響：チョウ類の事例から. 森林野生動物研究会誌 41: 73-76.
農林水産省 (2021) 第 96 次農林水産省統計表. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kikaku/nenji/96nenji/index.html
落合啓二 (2016) ニホンカモシカ. －行動と生態－ 第９章カモシカの保全. pp.230-231.
小椋純一 (2009) 火からみた江戸～明治の森林植生. 森林科学 55: 5-9.
小椋純一 (2010) 日本の草地の歴史を探る. 日本草地学会誌 56(3): 216-219.
Ohashi, H. (2022) The Impact of Sika Deer on Vegetation in Japan. Kaji, K., Uno, H. & Iijima, H. (eds.), Sika Deer: Life History Plasticity and Management, Springer, pp.25-44.
大窪久美子・土田勝義 (1998) 半自然草原の自然保護. 沼田真 (編) 自然保護ハンドブック, pp.432-476.
大住克博 (2018) 日本列島の森林の歴史的変化－人との関係において－. 中静透・菊沢喜八郎 (編) 森林科学シリーズ 1 森林の変化と人類, 共立出版, 第２章.
林野庁(2022)森林資源の現況(令和４年３月 31 日現在). https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/r4/index.html
林野庁 (2023) 森林・林業統計要覧 2023.
Saitoh, S., Mizuta, H., Hishi, T., Tsukamoto, J., Kaneko, N. & Takeda, H. (2008) Impacts of deer overabundance on soil macro-invertebrates in a cool temperate forest in Japan: a long-term study. Forest Research, Kyoto 77: 63-75.
Sakai, M., Natuhara, Y., Imanishi, A., Imai, K. & Kato, M. (2012) Indirect effects of excessive deer browsing through understory vegetation on stream insect assemblages. Population Ecology 54: 65-74.
重松敏則 (1998) 身近な自然－里山. 沼田真 (編) 自然保護ハンドブック, pp.255-276.
Suda, K., Araki, R. & Maruyama, N. (2003) Effects of sika deer on forest mice in evergreen broad-leaved forests on the Tsushima Islands, Japan. Biosphere Conservation 5(2): 63-70.
須賀丈・岡本透・丑丸敦史 (2012) 草地と日本人－日本列島草原１万年の旅－. 築地書館.
須賀丈 (2020) 半自然草原の歴史と草原性生物の危機. 環境省自然環境局生物多様性セン

ター（編）モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 2004-2017 年度とりまとめ報告書, pp.28-29.
助野実樹郎・宮木雅美（2007）エゾシカの増加が洞爺湖中島の維管束植物相に与えた影響. Wildlife Conservation Japan 11(1): 43-66.
鈴木牧・齋藤暖生・西廣淳・宮下直（2019）人と生態系のダイナミクス　２．森林の歴史と未来. 朝倉書店.
高原光（2009）日本列島の最終氷期以降の植生変遷と火事. 森林科学 55: 10-13.
高畑義啓（2008）ナラ枯れとは何か. 黒田慶子（編著）ナラ枯れと里山の健康, pp.26-44.
田中信行・深澤圭太・大津佳代・野口絵美・小池文人（2009）小笠原におけるアカギの根絶と在来林の再生. 地球環境 14(1): 73－84.
常田邦彦（2001）鳥獣保護制度とイノシシの管理. 高橋春成（編）イノシシと人間―共に生きる, 古今書院, pp.244-257.
Totman, C. (1989) The green archipelago, Forestry in Preindustrial Japan, University of California Press.（邦訳 コンラッド･タットマン著　熊崎実訳(1998) 日本人はどのように森をつくってきたか, 築地書館.）
辻野亮（2011）日本列島での人と自然のかかわりの歴史. 湯本貴和（編）シリーズ日本列島の三万五千年－人と自然の環境史　第１巻 環境史とは何か, 文一総合出版, pp.33-51.
鳥類繁殖分布調査会（2021）自然環境保全基礎調査　全国鳥類繁殖分布調査報告　日本の鳥の今を描こう　2016-2021 年.
中部森林管理局（2011）平成 22 年度乗鞍岳特定地理等保護林等におけるイノシシ被害調査報告書.
上田明良・日野輝明・伊藤宏樹（2009）ニホンジカによるミヤコザサの採食とオサムシ科甲虫の群集構造の関係. 日本森林学会誌　91：111-119.
植田睦之・岩本富雄・中村 豊・川崎慎二・今野 怜・佐藤重穂・高 美喜男・高嶋敦史・滝沢和彦・沼野正博・原田 修・平野敏明・堀田昌伸・三上かつら・柳田和美・松井理生・荒木田義隆・才木道雄・雪本晋資（2014）全国規模の森林モニタリングが示す 5 年間の鳥類の変化. Bird Research 10: F3-F11.
植田睦之・葉山政治・串田卓也（2019）ニホンジカの下層植生摂食の影響が宿主を通して托卵鳥へ. Bird Research 15: S11-S16.
鷲谷いずみ・村上興正（2002）外来種問題はなぜ生じるのか. 日本生態学会（編）外来種ハンドブック, 地人書館, pp.4-5.
湯本貴和（2011）日本列島はなぜ生物多様性のホットスポットなのか. 湯本貴和（編）シリーズ日本列島の三万五千年－人と自然の環境史　第１巻 環境史とは何か, 文一総合出版, pp.21-32.
財団法人自然環境研究センター（2012）平成 23 年度小笠原地域自然再生事業外来ほ乳類対策調査業務報告書.

第５章　森林・草原生態系の変化状況

本章では、調査で得られたデータに気温などの気象データと各サイトの調査協力者へのアンケート調査の結果を加え、「生物多様性の４つの危機」のうち気候変動による影響（第４の危機）、人による自然への働きかけの縮小・撤退による影響（第２の危機）、外来種による影響（第３の危機）及び開発などの人間活動の影響（第１の危機）についてそれぞれ解析を行い、日本の森林・草原の現状とその動向について把握した。

５．１．気候変動

（１）　気温・降水・積雪の変化

１）分布・種構成・個体数の変化

①樹木の個体群動態パラメータの変化

＜背景・目的＞

- 気候変動に伴い、樹木の生育（成長や繁殖など）にとって環境が好適もしくは不適に変化することにより、新規加入率、死亡率といった樹木の個体群動態を指標するパラメータに変化が生じる可能性が考えられる。
- 前回までのとりまとめ報告書では、樹木の個体群動態パラメータの変動には台風やナラ枯れなどの攪乱要因が強く影響しており、直接的な温暖化の影響は現れていないことが示唆された。
- 最新の毎木調査データを加えて樹木の個体群動態パラメータと気候変動との関係を調べることで、温暖化に伴う樹木の個体群動態の変化について検討した。

＜解析方法＞

- 各調査区において、２回の調査間※1で成長して解析対象（胸高周囲長 15.7cm 以上）となった個体の新規加入率と、２回の調査間に死亡した個体の死亡率を推定し、その差である個体数の相対変化速度※2、新規加入率と死亡率の合計を２で除した個体数の回転速度を求めた。

※１ 春先に調査を実施した調査区（雨龍、小川）については、前年の変化分として扱った。

※２ 森林内の亜集団構造によって生じる推定の偏りを無くすため、調査区全体の変化速度は種ごとの変化速度の加重平均として求めた（Kohyama et al. 2019）。

新規加入率（%/年）= ln (N_T / N_{ST}) / T × 100
死亡率（%/年）= ln (N_0 / N_{ST}) / T × 100
個体数の相対変化速度（%/年）= 新規加入率 – 死亡率
個体数の回転速度（%/年）=（ 新規加入率 ＋ 死亡率 ） / 2

N_0：前回調査時の個体数（面積あたり）
N_T：今回調査時の個体数（面積あたり）
N_{ST}：前回から今回調査時まで生存していた個体数
T ：前回から今回調査時までの経過年数

- １年ごとに継続して調査が行われた調査区において、個体数の動態の傾向を把握するために、新規加入個体数・死亡個体数の５年ごとの平均値（５年移動平均）と、年平均気温と年間降水量の平年値からの偏差の５年ごとの平均値（５年移動平均）を経時的に示し、樹木の個体群動態パラメータと気候変動との関係性を可視化した。
- 全国的な個体数の動態の傾向を把握するために、人工林を除いた各調査区における全調査期間（2004～2022 年）の樹木の個体群動態パラメータ（新規加入率、死亡率、相対変化速度、回転速度）の平均値を応答変数、各調査区における調査期間の平均気温を説明変数として、外れ値の影響を考慮したロバスト線形回帰分析により、樹木の個体群動態と気温との関係を調べた。
- 個体数の動態に対する気温変動の影響を明らかにするために、樹木の個体群動態パラメータを応答変数、気温の変動（各調査区における２回の調査間の平均気温の平年値（過去 20 年間の平均）からの差）を説明変数、調査区をランダム効果とする線形混合モデル（LMM）による解析を行った。

＜結果＞

- 全調査区の全調査期間（2004～2022 年）における樹木の個体群動態パラメータについて、新規加入率は 1.54±1.03%/年、死亡率は 1.84±0.74%/年、相対変化速度は-0.30±1.2%/年、回転速度は 1.69±0.66%/年であった。
- 各調査区において近年の気温の上昇は確認できるが、明瞭な気温・降水量と加入率・死亡率との関係は見られなかった。一方で、2012 年に大規模な台風攪乱を受けた与那サイトでは、加入率・死亡率の顕著な変化が見られた（図 5-1-1）。
- 調査期間中の各調査区の樹木の個体群動態パラメータと平均気温には、有意な相関は示されなかった（図 5-1-2）。
- 線形混合モデルによる解析の結果、気温変動に対して、新規加入率・死亡率には有意な関係が認められなかったものの、個体数の相対変化速度は有意な正の相関関係が示され、気温が高い期間ほど個体数が増加することが示された（図 5-1-3）。

＜考察＞

- 樹木の新規加入率・死亡率の経時的変化には明確なパターンはなく、調査区によって様々で、気温や降水量よりも台風などの攪乱による影響が大きいことが示唆された。
- 調査期間（2004～2022 年）において、調査対象となる樹木の個体数は減少した調査区が多く、調査区全体としての個体数は減少している。樹木の個体群動態パラメータと平均気温には有意な相関関係は示されなかったが、成熟林を除いた（二次林・高齢二次林のみの）場合、個体数の相対変化速度と平均気温には有意（$P < 0.01$）な正の相関が示された。
- 新規加入率の高い調査区において、平均気温の高い調査区（小笠原石門、与那、など）では台風などに伴う強風による攪乱からの更新による個体数の増加が考えられる。成熟林の調査区では、大径木の枯死によるギャップ形成に伴う更新による個体数の増加が考えられる。
- 気温が高い期間において個体数が増加していることについて、実生個体数の増加や死亡個体の減少などの要因は明らかではないが、図 5-1-30（後述）で示されるように、気温の高い期間に成長量が増加したことにより、新規加入木の数が増加したことが考えられる。
- 全国の主要な森林タイプで様々な攪乱状況の森林動態パラメータのデータが蓄積された。森林タイプや林齢、攪乱を考慮した解析や、攪乱からの変遷をモニタリングし続けることで、攪乱や気候変動の影響の評価や森林生態系の将来予測が可能となると考えられる。

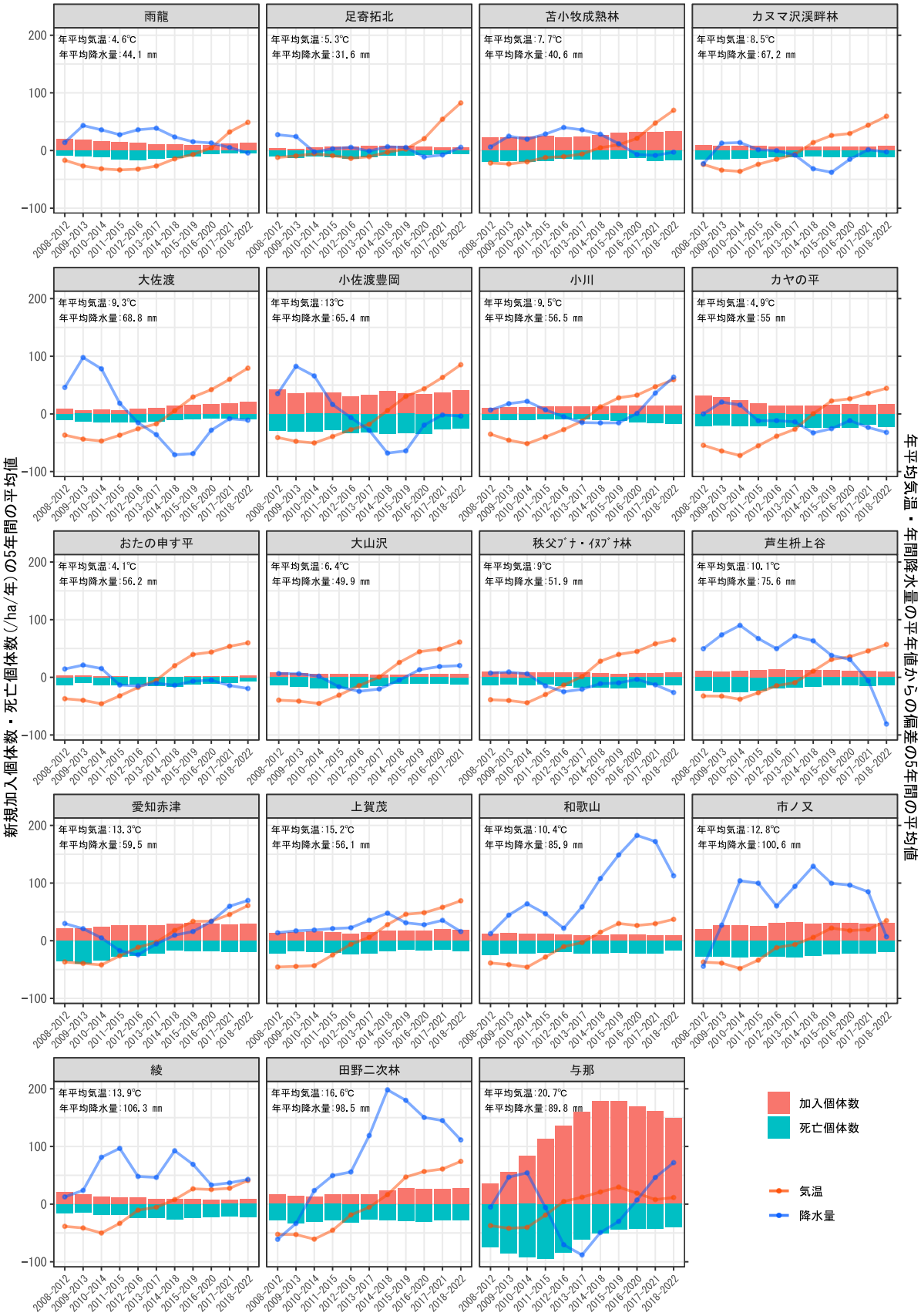


図 5-1-1　各調査区における５年ごとの新規加入・死亡個体数と気温・降水量の変動

気温・降水量の値は、各調査区における相対値を示す。

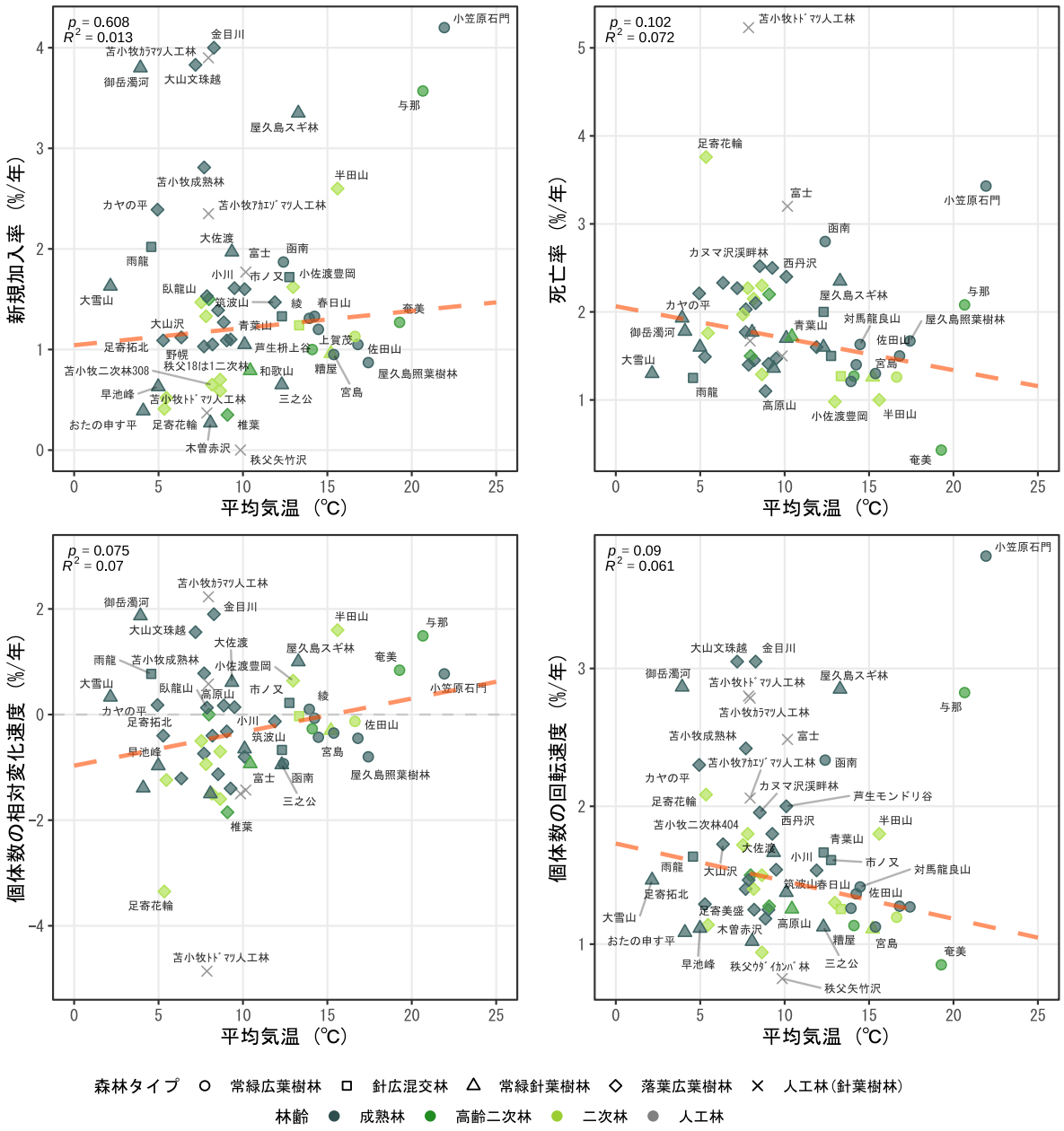


図 5-1-2　各調査区の個体群動態パラメータと気温との関係

平均気温及び、森林動態パラメータの値は、各調査区の全調査期間（2004～2022 年）における平均値を示す。

回帰線はロバスト線形回帰モデルにより統計的に有意（$P < 0.05$）であった場合に実線で、有意でない場合に破線で示す（人工林を除いて計算）。

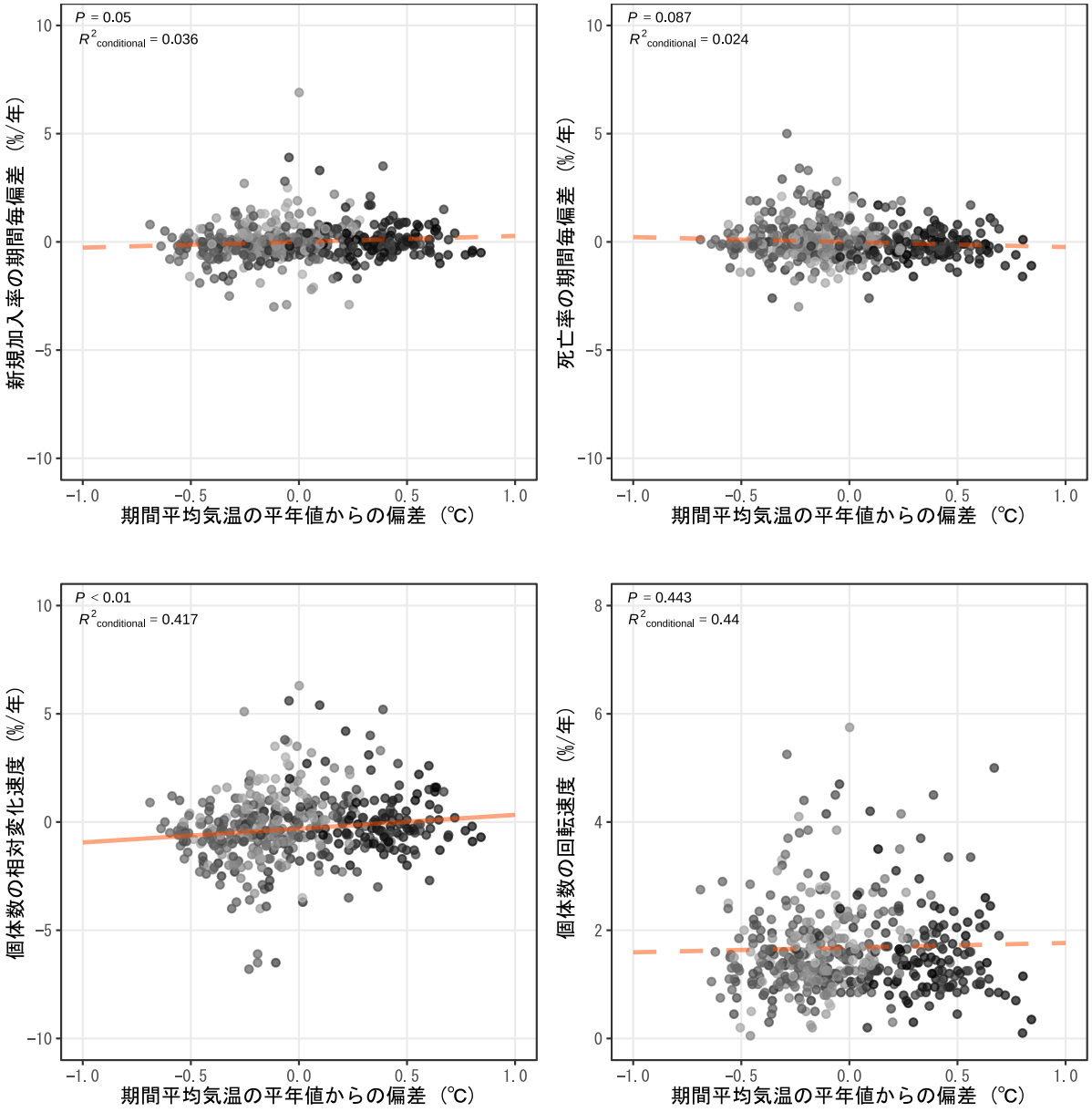


図 5-1-3　個体数の変動と気温変動の関係

各点は、各調査区の連続した２回の調査間での変化速度を示し、点の色は古い年ほど薄く、新しい年ほど濃い。気温の年変動は、各調査区における２回の調査間の年平均気温の過去 20 年間の平均との差として示した。線形混合モデルによる解析の結果に基づく回帰線を、統計的に有意（$P < 0.05$）であった場合に実線で、有意でない場合に破線で示す。

②樹木の群集構成の変化

＜背景・目的＞

- 日本列島ではどの温度地域においても、森林の成立に必要な降水量が十分にあるため、高緯度の亜寒帯から冷温帯の地域にかけて落葉広葉樹や常緑針葉樹が、低緯度の亜熱帯から暖温帯にかけて常緑広葉樹が優占し、気温の傾度に沿って異なる森林植生タイプへの移行が見られる。これは、落葉広葉樹、常緑広葉樹、針葉樹といったそれぞれの樹木の生活形にとって適した気象環境が異なるためである。気候変動に伴い、各樹種にとって好適な気象環境が変化することで、森林を構成する樹木の種組成に変化が生じる可能性が考えられる。
- 前回までのとりまとめ報告書において、全国的により暖かい気候を好む樹種の個体数割合の増加傾向が明らかとなり、モニタリングサイト 1000 公開データを解析した論文では、各調査区の種構成の変化が検出され（Suzuki et al. 2015)、将来的な森林植生タイプの変化も予想された（Yoshikawa et al. 2023)。また、環境省の自然環境保全基礎調査における植生調査のデータからでも、樹木の高緯度・高標高方向への分布移動の兆候が捉えられている（Koide et al. 2022)。
- 最新のデータを用いて、変化傾向が引き続き生じているのかを解析した。

＜解析方法＞

- 外来種の影響が少なく十分な調査期間がある成熟林・高齢二次林、かつ、いずれの樹木の生活形（亜寒帯・亜高山帯性針葉樹、温帯性針葉樹、落葉広葉樹、常緑広葉樹）も 95%以上を占めていない調査区を対象として、樹木の生活形ごとに個体数割合の変化の指標を以下の式にて求め、調査区の平均気温との関係を調べた。

  各生活形の個体数割合の変化の指標 ＝
  （各生活形の個体数の相対変化速度） － （全樹木の個体数の相対変化速度）

- 対象の調査区において、年平均気温６℃以下の調査区における亜寒帯・亜高山帯性針葉樹から落葉広葉樹への転換度、平均気温８～13℃の調査区における落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換度を以下の式にて算出し、散布図で可視化した。

  亜寒帯・亜高山帯性針葉樹から落葉広葉樹への転換度 ＝
  （落葉広葉樹の相対変化速度） －（亜寒帯・亜高山帯性針葉樹の相対変化速度）

  落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換度 ＝
  （常緑広葉樹の相対変化速度） － （落葉広葉樹の相対変化速度）

- 亜寒帯・亜高山帯と冷温帯の境界付近にある調査区（年平均気温６℃以下）と、冷温帯と暖温帯の境界付近にある調査区（年平均気温８～13℃）について、2005年を基準とした、各樹木の生活形の個体数と現存量の年次変動を示した。
- 各調査区において、調査年ごとに各生活形の樹木が個体数及び現存量に占める割合を算出し、その経時変化を示した。

＜結果＞

- 前回までのとりまとめ報告書と同様、全国的により暖かい気候を好む樹種の個体数割合の増加傾向が継続していることが明らかとなった（図 5-1-4)。
- 亜寒帯・亜高山帯と冷温帯の境界付近にある調査区（年平均気温６℃以下）では、落葉広葉樹の個体数割合が増加し、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹が減少する傾向にあり、冷温帯と暖温帯の境界付近にある調査区（年平均気温８～13℃）では、常緑広葉樹と温帯性針葉樹が増加し、落葉広葉樹が減少する傾向にあった（図 5-1-4)。
- 針葉樹から落葉広葉樹、及び落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換が顕著な調査区では個体数の増加あるいは減少が、ある一方の生活形だけで起きているのではなく、一方の生活形の個体数割合の減少と、もう一方の生活形の個体数割合の増加が同時に生じていた（図 5-1-5)。
- 亜寒帯・亜高山帯と冷温帯の境界付近にある調査区では、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹の個体数の緩やかな減少と、落葉広葉樹の個体数の増加が見られた。また、冷温帯と暖温帯の境界付近にある調査区では、落葉広葉樹の個体数の減少と、常緑広葉樹の現存量の増加が目立つ。これらより、全国的により暖かい気候を好む樹木が増加し、寒い気候を好む樹木が減少していることが示された（図 5-1-6)。
- それぞれの樹木生活形の個体数割合及び現存量割合の減少及び増加が、調査開始年から最終調査年まで連続的に生じていたが、突発的な変動は確認できなかった（図 5-1-7)。

＜考察＞

- 多地点低頻度の自然環境保全基礎調査（Koide et al. 2022）と、少地点高頻度のモニタリングサイト 1000 の結果が同じであることから、樹木の群集構成の変化はより明らかなものであると考えられる。
- 温暖化の影響により、より温暖な環境に適応した生活形をもつ種構成への変化は、特に森林タイプの境界付近で顕著になると考えられる。例えば、常緑広葉樹林帯と落葉広葉樹林帯の境界付近に位置し、落葉広葉樹から常緑広葉樹への変化が見られる函南や筑波山では、航空写真を用いた分析によってもこれらの調査区の周辺で過去 40 年ほどの間に常緑広葉樹の樹冠が大きく拡大していることが示されている（中園ら 2015、Nakazono et al. 2016)。また、落葉広葉樹林と亜寒帯・亜高山帯性針葉樹林の境界付近に位置する針広混交林では、針葉樹から落葉広葉樹

への変化が見られるが、台風の強風などによる攪乱がこの変化を更に促進することが考えられる（Hiura et al. 2019）。

- 今後もこのような種構成の変化は続くのか、変化が続く場合の変化速度や速度の変動はあるのかなど今後もモニタリングによって把握し続ける必要がある。特に、樹種構成の変化度合いが高かった森林に共通する特徴を明らかにすることで、気候変動に対して樹種構成の変化が起きやすい森林を抽出できる可能性がある。
- 一般に樹種構成の変化は、二酸化炭素吸収、栄養塩循環、他の生物への餌や生息場所の提供、などの森林生態系の機能に変化もたらすと予測されている。調査結果から認められた樹種構成の変化が、調査区での森林生態系の機能に変化をもたらしていないかも注視する必要がある。

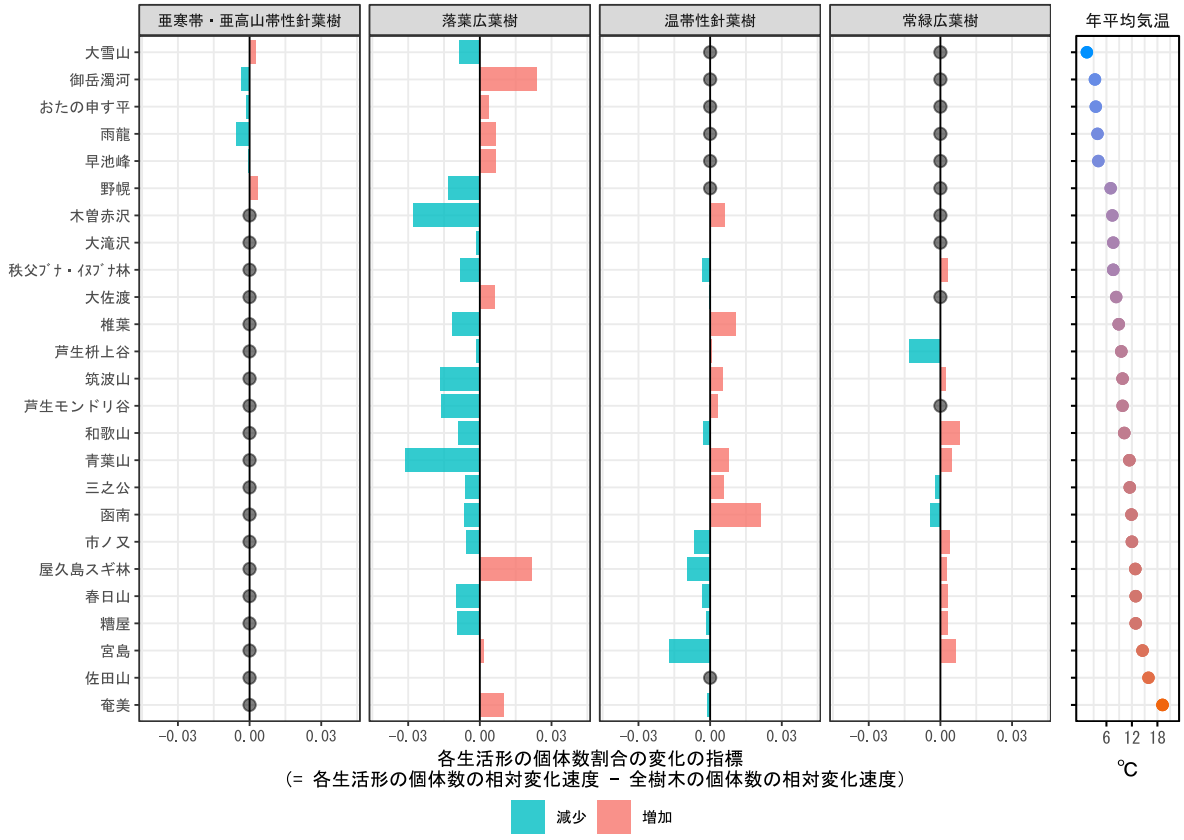


図 5-1-4　複数の樹木の生活形で構成される調査区における、各生活形の割合の変化傾向

全体の 95%以上をいずれかの生活形が占める調査区を除いた成熟林・高齢二次林の調査区を対象とした。亜寒帯・亜高山帯性針葉樹にはアカエゾマツ、エゾマツ、トドマツ、シラビソ、オオシラビソ、トウヒ、コメツガ、カラマツが含まれ、温帯性針葉樹はモミ、ツガ、スギ、ヒノキなどが含まれる。黒丸は該当する生活形の樹種が調査区内に分布しないことを示す。

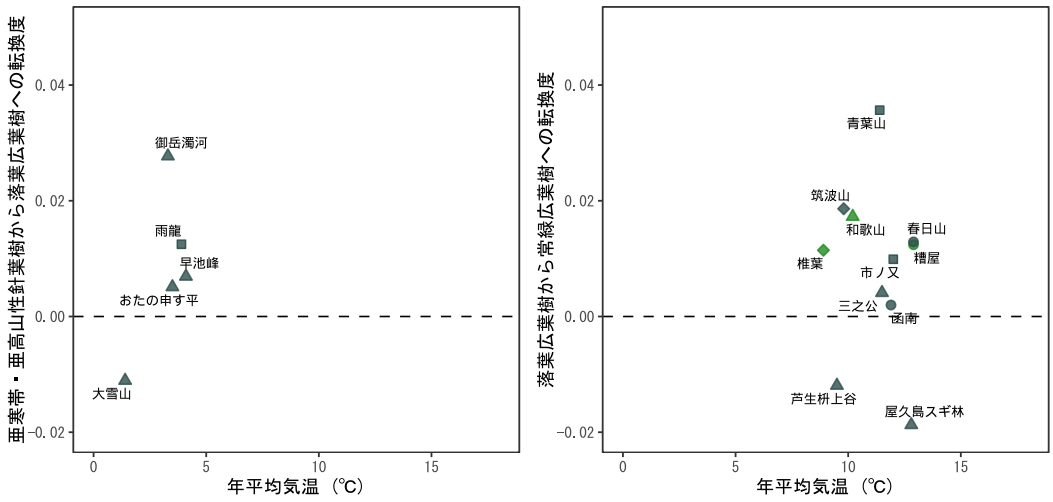


図 5-1-5　生活形の個体数割合の変化が顕著な調査区における生活形の転換度

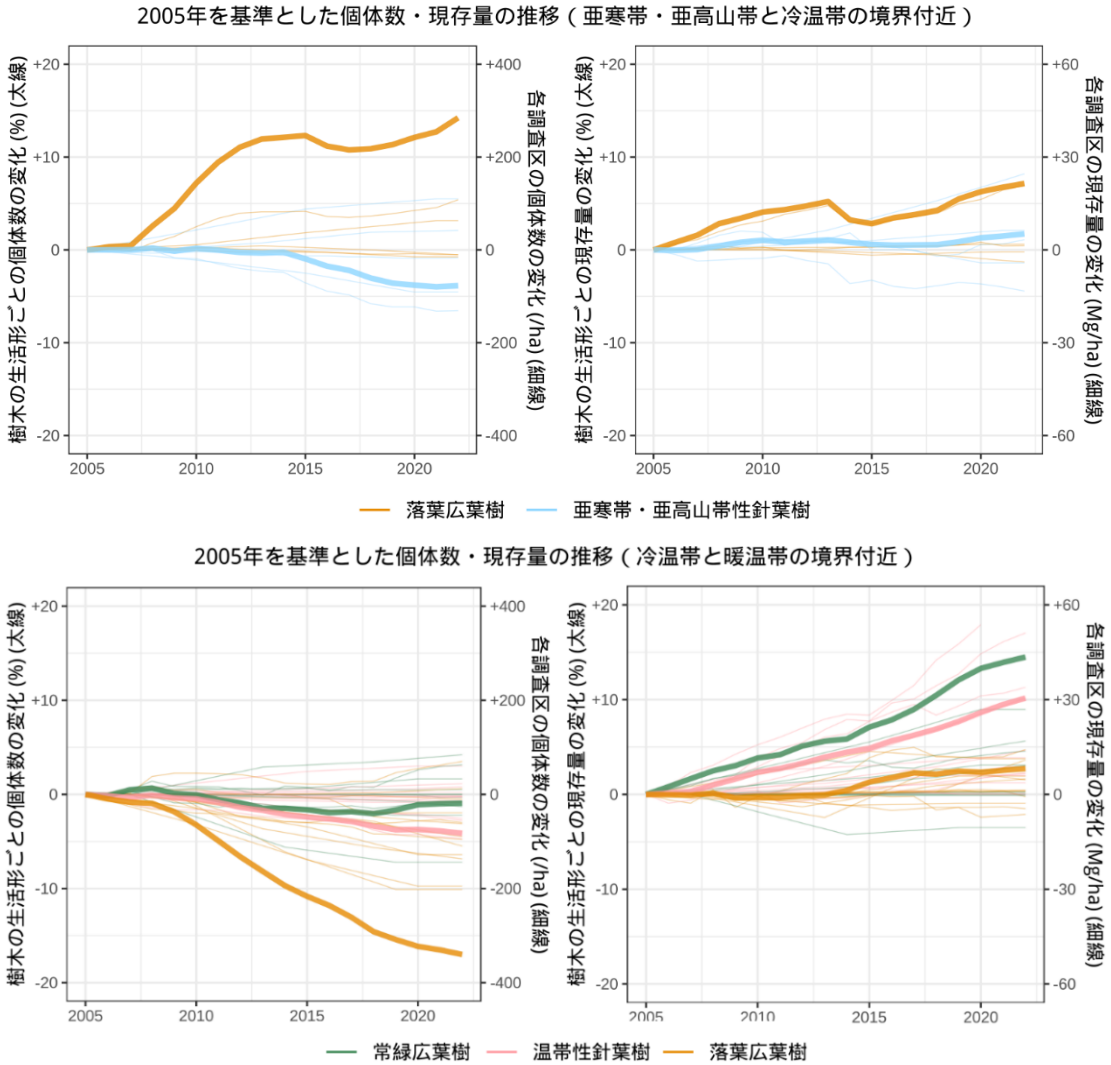


図 5-1-6　森林タイプの境界付近のおける樹木の生活形ごとの個体数と現存量の変化

亜寒帯・亜高山帯と冷温帯の境界付近：年平均気温6℃以下の5調査区。

冷温帯と暖温帯の境界付近：年平均気温8～13℃の 13 調査区。

※単一の樹木の生活形が 95%以上を占める調査区は除く。

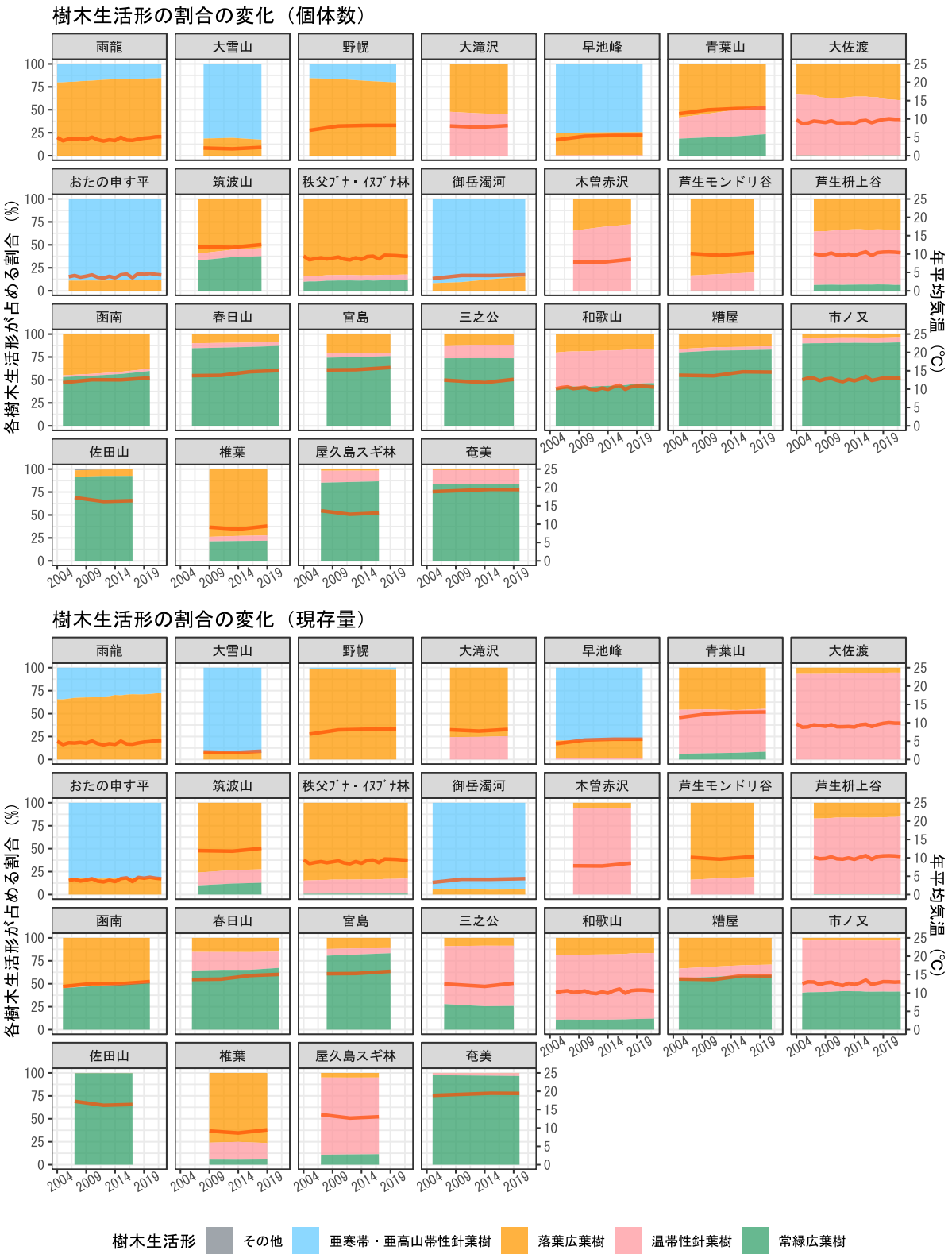


図 5-1-7　複数の樹木の生活形で構成される調査区における、各生活形の個体数及び現存量の割合の経時的な変化

赤線は調査年の平均気温（右軸）を示す。

③既存の樹木の分布変化予測と調査結果の比較検証

＜背景・目的＞

- 長期モニタリングにより蓄積された時系列データにより、生態系の将来予測が行われるようになった。
- 既存の分布予測モデルから導かれる予測結果と、本調査の結果とを比較し、予測と一致した結果が生じているかを検証する。

＜解析方法＞

- 平成 29 年度より 3 年間、環境省・農林水産省・国土交通省が連携事業として実施した「地域適応コンソーシアム事業」の成果（気候変動による森林生態系への影響に係る影響評価 https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/adaptation/pdf/zenkoku/zenkoku_FinaiReport_0006.pdf）において将来の潜在生育域が予測されているブナ・アカガシ・シラビソの 3 種を対象に、気候モデル MIROC5 による RCP8.5 シナリオの下で 21 世紀末の時点で潜在生育域でなくなるとされる地域で、個体数の減少が既に起きていないかを確認した。
- 冷温帯性の落葉広葉樹であるブナの潜在生育域は、温暖化により縮小すると予測されている。ブナが 5 個体以上出現したサイトのうち那須高原、小川、高原山、筑波山、大山沢、秩父、西丹沢、大山文珠越、芦生、臥龍山、椎葉はブナの潜在生育域ではなくなると予測され、ブナの個体数が減少することが考えられる。調査期間中（2004～2022 年）のブナの個体数の差が最大個体数時の 5％以上あるかどうかを閾値として、各調査区における実際のブナの個体数の増減を示し、上記の将来予測と比較した。
- 暖温帯性の常緑広葉樹であるアカガシの潜在生育域は、温暖化により北上すると予測され、九州北部や西日本の沿岸域周辺の標高の低い地域は潜在生育域ではなくなると予測されている。アカガシが 5 個体以上出現した調査区のうち東日本の分布北限や分布標高の上限に近い青葉山や筑波山では個体数の増加が予測されるが、調査区周辺の潜在生育域の縮小傾向が予測されている愛知赤津、春日山、糟屋は個体数が減少すると予測される。調査期間中のアカガシの個体数の差が最大個体数時の 5％以上あるかどうかを閾値として、各調査区における実際のアカガシの個体数の増減を示し、上記の将来予測と比較した。
- 亜高山帯性の針葉樹であるシラビソの潜在生育域は、温暖化により縮小すると予測されている。シラビソが出現する調査区は御岳濁河、富士のみで、どちらも個体数が減少する可能性がある。それぞれの調査区でシラビソの個体数の増減を確認した。
- 出現している調査区が多いブナ、アカガシについて、調査区の平均気温と個体数の相対変化速度（新規加入率－死亡率）との関係を示した。

＜結果＞

- ブナの個体数は、大滝沢、高原山、カヤの平、筑波山、大山沢、秩父ブナ・イヌブナ林、秩父ウダイカンバ林、芦生モンドリ谷、椎葉と多くの調査区で減少したが、早池峰、カヌマ沢渓畔林、金目川、小川、秩父 18 は 1 二次林、大山文珠越では増加しており、小川、秩父 18 は 1 二次林、大山文珠越における個体数の増加以外は概ね予測された通りだった（図 5-1-8)。
- アカガシの個体数は、青葉山、筑波山における増加と、愛知赤津の減少傾向は予測された通りだった。同様に個体数の減少が予測された糟屋では 22 個体から 21 個体に減少したが、春日山では個体数の変動はほとんどなかった（図 5-1-7)。また、対馬龍良山も潜在生育域ではなくなると予測されており、１個体から０個体に減少していた。しかし、潜在生育域のまま残ると予測されている佐田山、函南で実際には顕著な個体数の減少が確認された。
- シラビソの個体数は、富士で減少して４個体が０個体に減少し、御岳濁河では顕著な変化は示されなかった（図 5-1-8)。
- ブナ・アカガシの個体数の相対変化速度は、調査区の平均気温とは統計的に有意な相関関係は示されなかったが、アカガシの個体数は平均気温の高い常緑広葉樹林で減少傾向が見られた（図 5-1-9)。

＜考察＞

- 既存の予測結果に概ね当てはまる結果となったが、小川におけるブナの増加など予測とは異なる結果も見られ、現在の調査期間（2004～2022 年）からは未だ将来予測に完全に一致するとは言えなかった。気候環境の変化による個体数変動への影響が現れるには、より長い時間がかかる可能性がある。
- アカガシについて、分布北限に近い調査区で個体数の増加傾向が見られ、西日本のいくつかの調査区で個体数の減少が確認でき、温暖化に伴う分布域の遷移が示唆された。愛知赤津におけるアカガシの個体数の減少は、ナラ枯れの被害も影響していると考えられる（５．２．（１）２)。一方で、佐田山、函南のように将来予測では潜在生育域ではあるが、実際には個体数が減少している調査区もあり、当モニタリングデータが予測モデルの向上に寄与できる可能性がある。
- 森林タイプや林齢を考慮して結果を示す必要があり、より長期のモニタリングが求められる。また個体数変化よりも先に気温上昇の影響が現れる可能性のある、成長量、死亡率、種子生産量、健全な種子の割合等にも注目していく必要がある。

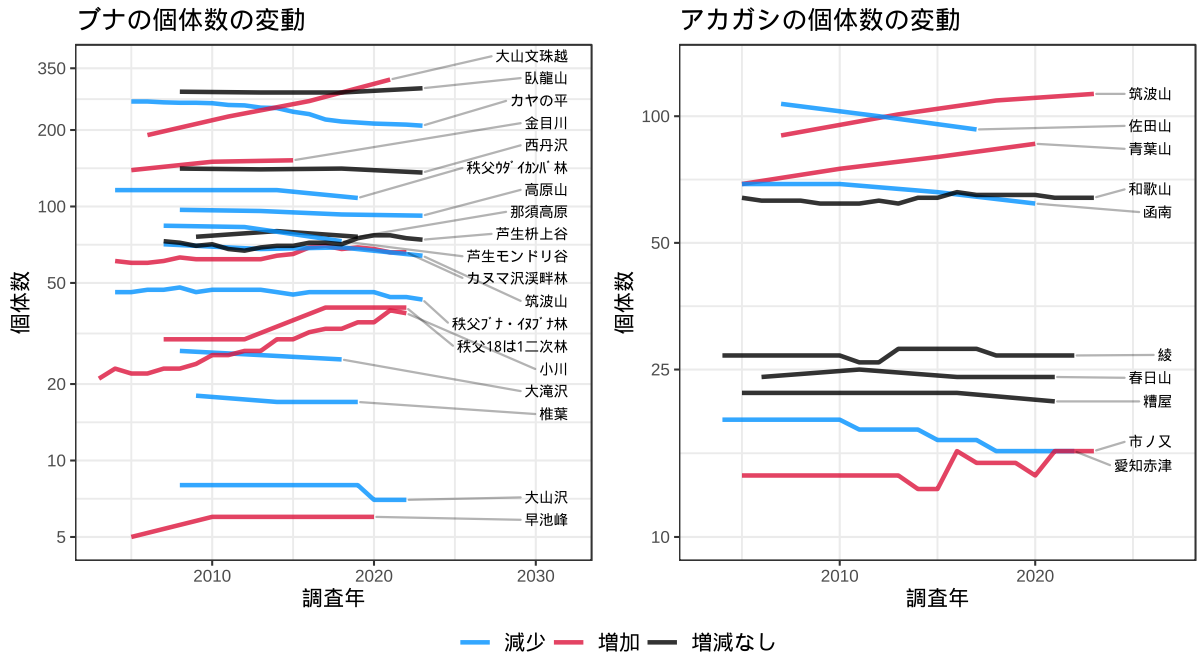


図 5-1-8　将来の潜在生育域の変化が予測されている樹種の、各調査区における個体数の年次変動

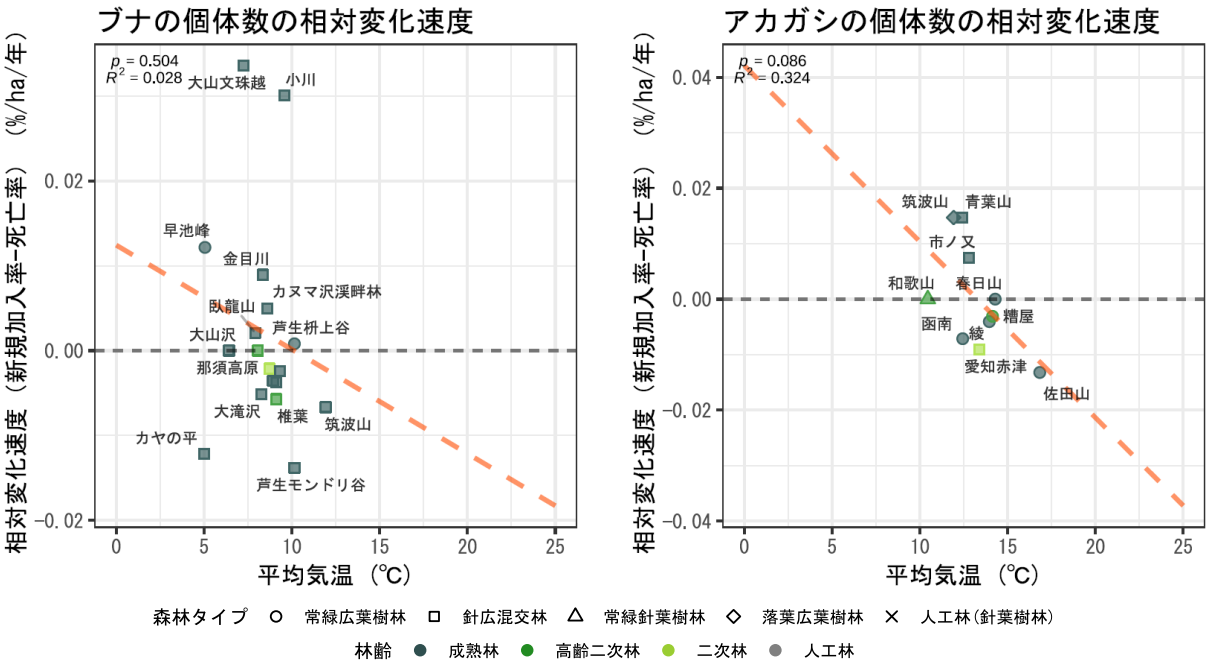


図 5-1-9　ブナ、アカガシの個体数の相対変化速度と平均気温の関係

■コラム５－１：全国の森林の気候変動応答モデリングに向けて

日浦 勉（東京大学 大学院農学生命科学研究科）

世界各地で気候変動に対する森林の変化が報告されている。変化がわかるということは前後の状態が記述されているということだ。この記述が詳細であればあるほど、そして記述の回数が多ければ多いほど変化の仕方がより明瞭になるだけでなく、解析やモデル化が精密で信頼度が高いものになる。

私が関わった例を挙げよう。1970 年代に北海道の針広混交林に設置され、５年ごとに毎木調査が行われた 17.5ha の調査区の 15 年分のデータをもとに、森林の気候変動応答を解析しようと試みたことがある。結果は失敗だった。成長率や死亡率が低く回転時間の長いこの地域の森林にとって 15 年間は長いようでいて短かった。世界的な気候変動が顕著になってきたと言われるのは 1980 年頃からだったが、色々試してみたもののこの解析期間ではそれが検出できなかったのだ。ただし、この単純なモデル解析でも気候変動が要因かどうかは分からないが針葉樹が将来的に衰退する可能性が指摘できた（Hiura & Fujiwara 1999）。

それならもっとデータを増やしたらどうか。その後も継続された約 40 年分のデータを解析することで明らかになったのは針広混交林で進行する針葉樹の衰退の姿であった（図１）。道北地方はこの 40 年間で年平均気温が２℃近く上昇し、夏場の降水量は 200mm 程度増加したのに対して、降雪量は場所によっては約半分になった。そして観測開始当初は 55%ほどあった針葉樹の優占度は徐々に低下し、追い打ちをかけるように 2004 年の台風によって根張りが浅く根返りを起こしやすい針葉樹大径木がなぎ倒されたため、40 年後の 2010 年代には 35%程度にまで落ち込んだのである。解析の結果針葉樹はトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツの３種とも夏場の気温上昇によって年々成長が低下していたのに対し、広葉樹は解析した７種ではむしろ成長が増している種も複数見られた。前論文の予測は見事的中（？）しただけでなく、樹木種ごとにどのような気候要因が動態に影響を与えているかということまで解析できたのだ。

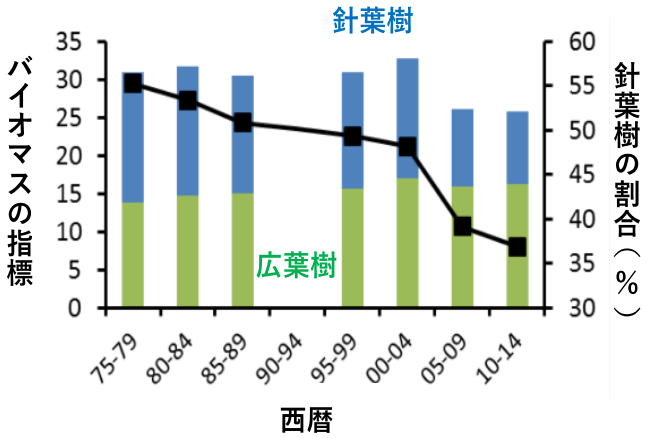


図１　40 年間の北方針広混交林の推移
Hiura et al. 2019 を改変

さらに将来この森林はどのように変わっていくのだろうか。もちろん 100 年後の姿はそれまでずっとモニタリングを続ければ自ずと明らかになるが、もっと早く知りたければ、あるいはそのメカニズムまで知りたければシミュレーションモデルを作ることが有効である。そこで我々のグループは様々な気候変動シナリオに対して森林がどのように応答するかを明らかにするため、個体ベースシミュレーションモデルのプロトタイプを開発した（図２）。今後順次改良を進める予定である。

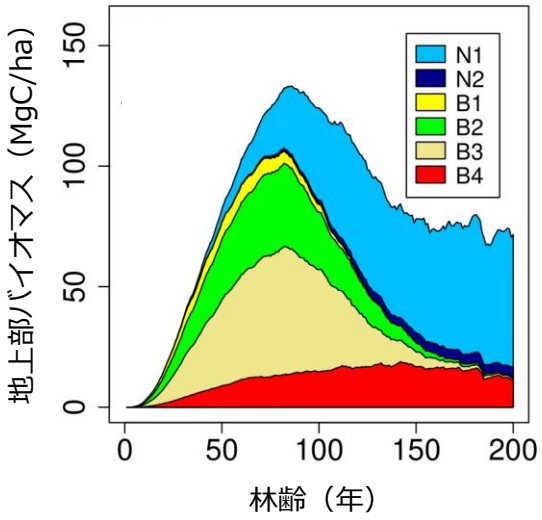


図 2　シミュレーションモデルによって再現された北方針広混交林の動態の一例
N1-2 は針葉樹機能タイプ、B1-4 は広葉樹機能タイプを示す。（Sato et al. 2023 を改変）

モニタリングサイト 1000 の森林コアサイトは全国の主要森林タイプをカバーし、毎年の毎木調査と種子・リターフォールなどのデータを 20 年間積み重ねてきた。このような精緻なデータを長期・広域にわたって蓄積しているモニタリングは世界的にも類を見ない。このデータを様々な角度から解析した研究が数多く出始めていることもその貴重さを物語っている。今後の更なる蓄積によって日本の森林の成り立ちを明らかにし、十分な確からしさを持った将来予測を行うことが可能になるだけでなく、我々人間が森林とどのように向き合うべきか指針を与えてくれるに違いない。

引用文献

Hiura, T. & Fujiwara, K. (1999) Density-dependence and coexistence of conifer and broad-leaved trees in a northern mixed forest. Journal of Vegetation Science 10: 843-850.

Hiura, T., Go, S. & Iijima, H. (2019) Long-term forest dynamics in response to climate change in northern mixed forests in Japan: A 38-year individual-based approach. Forest Ecology and Management 449: e117469.

Sato, H., Shibuya, M. & Hiura, T. (2023) Reconstructing spatiotemporal dynamics of mixed conifer and broad-leaved forests with a spatially explicit individual-based dynamic vegetation model. Ecological Research 38: 465-478.

④地表徘徊性甲虫の捕獲個体数・群集構成の変化と気温の関係

＜背景・目的＞

- 日本の年平均気温は 1940～1950 年代と 1980～1990 年代に明瞭な長期的な上昇傾向を示し、真夏日の日数が増加する一方で日最低気温が０℃未満の日数は減少している（文部科学省・気象庁 2020)。
- 全国的な気候の温暖化によって、地表徘徊性甲虫の各種の分布域が現在より高緯度または高標高の地域へと移動する可能性がある。本調査のサイト数では分布の変化そのものを捉えることは困難であるが、広域分布種については、「温暖な地域での捕獲個体数の減少」または「寒冷な地域での増加」という形で、分布変化の兆候が捉えられる可能性がある。
- 特に各種の分布域の端では、気温が個体群成長の主な制限要因となっている可能性があり、「高温側の端に近い地域では個体群成長率が気温と負の関係を示し、低温側の端に近い地域では正の関係を示す」と考えられる。しかし、どの季節の気象条件によって個体群動態が影響を受けやすいかは、種ごとの生態特性（生活史など）によって異なると考えられる。
- 第３期とりまとめ報告書では、広範囲の森林で優占する種について調査区ごとの増減傾向と気温との関係を調べた。
- 第４期のデータを追加して同様の解析を行い、各優占種における分布変化の兆候を確認した。

＜解析方法＞

- 全年度を通じて 25 個体以上捕獲された調査区が４か所以上ある種（広域的優占種、表 5-1-1）を対象として、分布変化の兆候を確認した。
  - 種・調査区ごとに年捕獲個体数の変化傾向（単調増加／減少傾向）を求め、「その種の出現範囲のうち温暖な地域での減少傾向、あるいは、寒冷な地域での増加傾向」を示す種がいるか調べた。
  - 種・調査区ごとに、年捕獲個体数（応答変数）を、年を説明変数、サブプロットをランダム効果（ランダム切片）とする一般化線形混合モデル（GLMM）に当てはめ、推定された年の係数をもって「年変化傾向」（年捕獲個体数の自然対数の１年あたりの変化）とした。応答変数は負の二項分布に従うと仮定した。得られた変化傾向の推定値と平年気温の関係を図示した。
  - 各調査サイトへのアンケート（５．２．（２）１）により、モニタリング調査の開始初期よりシカの増加による林床植生バイオマスの減少が顕著またはやや顕著だったとされた調査区（足寄拓北、秩父ブナ・イヌブナ林、大山沢、芦生枡上谷、綾）は、解析から除外した（表 5-2-2)。さらに、ナラ枯れによる顕著な攪乱が見られる調査区（愛知赤津）も、解析から除外した（５．２．（１）２）

②)。複数の調査区がある苫小牧サイトについては、成熟林調査区のみを解析に含め、二次林・人工林の調査区は解析から除外した。

- 第１期～第３期に地表徘徊性甲虫群集が温暖な地域の種組成に変化する傾向の見られた苫小牧サイトにおいて、捕獲された種のうち、日本国内の分布の中心が北海道である種、分布の中心が本州である種について、年捕獲個体数の変化率を推定し、比較した。
  - 変化率の推定には年を説明変数、調査区及びサブプロットをネストされたランダム効果（ランダム切片）とする GLMM に当てはめ、推定された年の係数をもって年変化傾向とした。捕獲個体数は負の二項分布に従うと仮定した。
- 捕獲された地表徘徊性甲虫の各種を主な生息地の気候帯によって３つの種群に分け（主として亜寒帯/亜高山帯～冷温帯に生息する種、主として冷温帯～暖温帯に生息する種、主として暖温帯～亜熱帯に生息する種。巻末付表４を参照)、複数の種群で構成される調査区について、各種群の群集内の相対変化速度を算出し、平年気温との関係を図示した。
  - 相対変化速度は各種群の個体数の年変化傾向から群集全体の年変化傾向を引いて算出した。それぞれの変化率は、種群の群集内個体数もしくは群集総個体数を応答変数、年を説明変数、調査区及びサブプロットをネストされたランダム効果とする GLMM を当てはめることで求めた。応答変数は負の二項分布に従うと仮定した。

＜結果＞

- 広範囲の森林で優占する８種のうち２種（クロオサムシ、クロツヤヒラタゴミムシ）で「分布域のうち寒冷な地域（それぞれ苫小牧成熟林及びカヌマ沢渓畔林）での増加傾向」が見られ、クロツヤヒラタゴミムシでは「分布域のうちの温暖な地域（上賀茂）での減少傾向」も見られた（図 5-1-10)。
- 苫小牧では、本州にも広く分布する種の多く（アカバトガリオオズハネカクシ、オオヒラタシデムシなど）で捕獲個体数が大きく増加したが、より北方に分布し本州には分布しないもしくは局所的にしか分布しない種では、ほとんどの種が大きな増加傾向を示さず、一部の種（エゾマルガタナガゴミムシ、ダイミョウハネカクシ）は大きく減少した（図 5-1-11)。
- 寒冷な地域の調査区では冷温帯～暖温帯性の種が群集内で増加する傾向が強く、亜寒帯/亜高山帯～冷温帯性の種は減少が見られた（図 5-1-12)。一方、温暖な調査区では冷温帯～暖温帯性種の変化はほとんど見られず、亜寒帯/亜高山帯～冷温帯性の種は変化が見られるものの変化の方向は一貫していなかった。暖温帯～亜熱帯性の種については調査区の数が少ないため一貫した傾向を見いだせなかった。

表 5-1-1　解析対象とした地表徘徊性甲虫の広域的優占種の生態特性

	成虫体長 (mm)	生息地			生活史			食性		飛翔形質	
		地理分布†	年平均気温‡ (℃)	環境	化性	繁殖期	越冬態	幼虫	成虫	後翅	飛翔筋
クロオサムシ *Carabus (Ohomopterus) albrechti* Morawitz, 1862	17–26[1,2]	北海道、本州(東北・関東・中部)、佐渡島、粟島、奥尻島[1,2,5]	5.4–13.5[7] [6.5–12.6]	森林[2]	1年1化[19]	春[2,19]	成虫[2,19]	ミミズ[2,19]	動物*、植物**[2,19]	退化[28]	—
コクロナガオサムシ(キタクロナガオサムシ) *Carabus (Leptocarabus) arboreus* Lewis, 1882	16–33[1,2]	北海道、本州(東北・関東・中部・近畿(大峰山))、佐渡島、奥尻島、千島列島、サハリン[1,2,6]	–3.2–13.5[8] [3.8–11.4]	森林、高山帯[2]	1年1化(寒冷地では2年1化)[19,20]	秋[2,19,20]	幼虫[2,19,20]	昆虫幼虫[2,19]	動物*、植物**[,19]	退化[28]	—
ヨリトモナガゴミムシ *Pterostichus (Lyrothorax) yoritomus* Bates, 1873	12–14.5[1]	本州、九州[1]	— [6.5–12.5]	森林[9,10]	1年1化[21,22]	春[21,22]	成虫[25]	—	—	退化[1]	—
アカガネオオゴミムシ# *Myas cuprescens* (Motschulsky, 1858)	14–22.5[1]	本州、四国、九州、佐渡島[1]	— [3.8–14.5]	森林、高山帯[9,10,31,32,33]	—	—	—	—	—	退化[1]	—
クロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus (Synuchus) cycloderus* (Bates, 1873)	10.5–14.3[1,3]	北海道、本州、四国、九州、済州島、朝鮮半島、中国[1,3]	— [3.8–15.9]	森林[9,11,12,13,14]	1年1化[11,21,23]	秋[11,21,23]	幼虫？[11,21,26]	動物？[26]	動物***[,11,27]	発達/退化[3,23,29]	退化[23,29]
コクロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus (Synuchus) melantho* (Bates, 1883)	9.5–13[1,3]	北海道、本州、四国、九州、千島列島、中国(北部)[1,3]	— [4.2–12.6]	森林[13,14,15,16,17]	1年1化？[22]	秋？[22]	—	—	—	発達/退化[3]	—
オオクロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus (Synuchus) nitidus* (Motschulsky, 1861)	12.5–17[1,3]	北海道、本州、四国、九州、薩南諸島、千島列島、朝鮮半島、中国、台湾[1,3]	— [4.4–15.7]	森林[9,11,12,13,14]	1年1化[11,21,22]	秋[11,21,22]	幼虫？[11,21,22,26]	動物？[26]	動物[11]	発達/やや退化(鞘翅と同長)[3,29]	退化[29]
センチコガネ *Phelotrupes (Eogeotrupes) laevistriatus* (Motschulsky, 1858)	12–22[4]	北海道、本州、四国、九州、佐渡島、伊豆諸島、対馬、壱岐、五島列島、屋久島、済州島、朝鮮半島、中国、サハリン、シベリア(東部)[1,4]	— [4.2–15.9]	森林[4,9,16,17,18]	1年1化？[24]	—	成虫？[24]	—	腐敗動植物質、獣糞、キノコ、樹液[4,24]	発達[30]	発達/退化[30]

— 情報不足

キンイロオオゴミムシ(*Myas aurescens* (Bates, 1883))を含む(Sasakawa 2005)。

† 下線は、モニタリングサイト 1000 で分布が確認されている地域。

‡ [ ]内は、モニタリングサイト 1000 で分布が確認されているサイトの年平均気温。

* ミミズ・カタツムリ・昆虫幼虫など

** 果実・花など(主要な餌ではない)

*** 小型節足動物など

[1] 上野ら(1985)、[2] 井村・水沢(2013)、[3] Habu (1978)、[4] 川井ら(2005)、[5] Takami & Ishikawa (1997)、[6] Ishikawa (1992)、[7] Sota et al. (2000a)、[8] Sota et al. (2000b)、[9] 谷脇ら(2005)、[10] Fujita et al. (2008)、[11] 石谷(1996)、[12] 香川ら(2008)、[13] 堀(2001)、[14] 堀(2003)、[15] Higashi et al. (1983)、[16] Higashi et al. (1984)、[17] Katakura & Fukuda (1975)、[18] Katakura et al. (1986)、[19] 曽田(2000)、[20] Sota (1996)、[21] 久保田(1998)、[22] 佐野(1995)、[23] 渋谷ら(2017)、[24] 塚本ら(2017)、[25] Yamazaki et al. (2002)、[26] Okuzaki et al. (2010)、[27] 渋谷ら(2015)、[28] 稲泉(1996)、[29] 渋谷ら(2018)、[30] Ohta et al. (2009) 、[31] 上村(1962) 、[32] Martin (1992)、[33] 平松(2011)

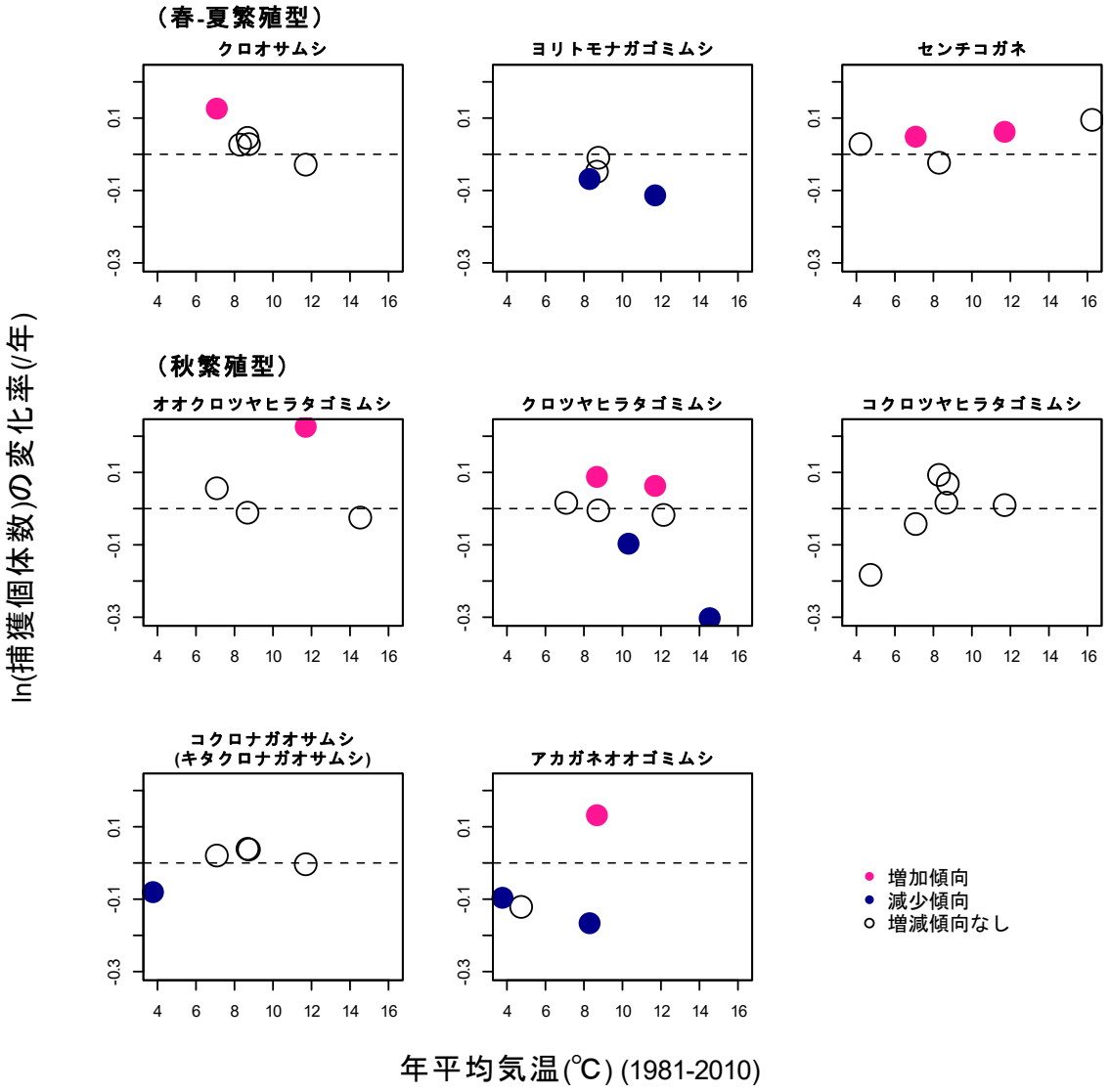


図 5-1-10　地表徘徊性甲虫の優占種における年捕獲個体数の変化傾向と調査区の平年気温との関係

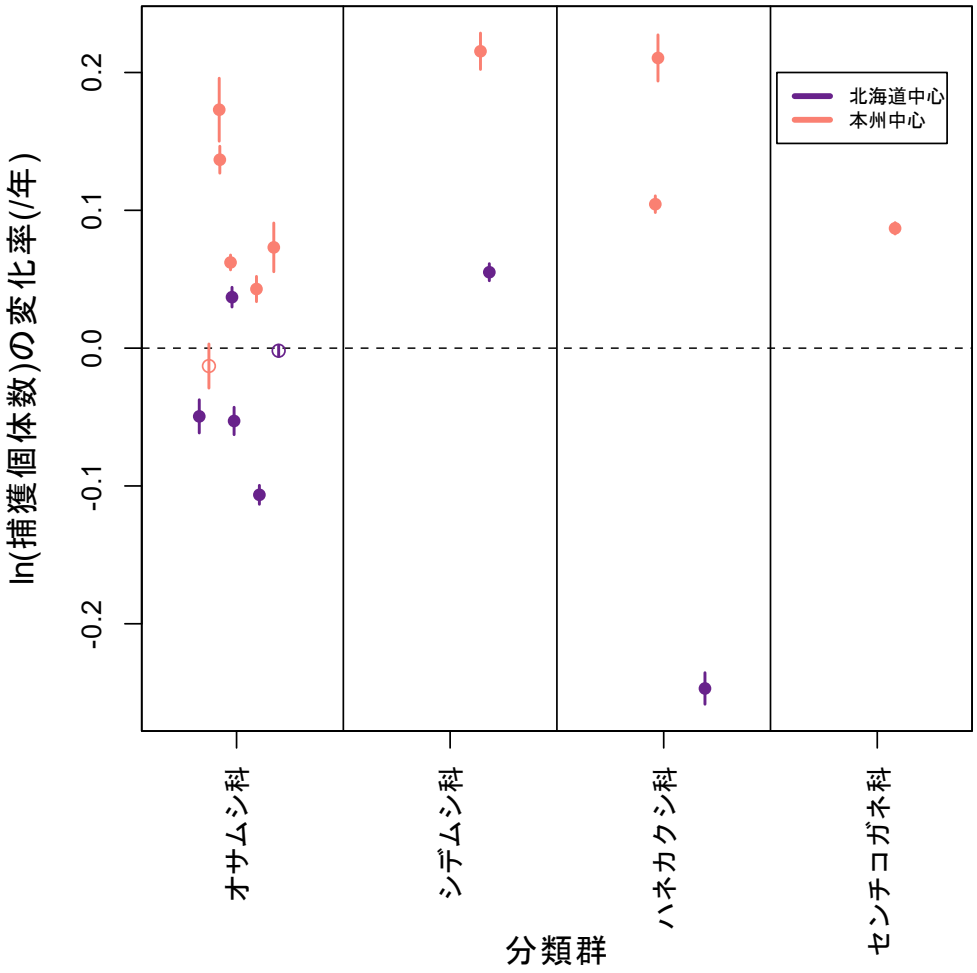


図 5-1-11　苫小牧における地表徘徊性甲虫各種の年捕獲個体数の変化傾向

平均±標準誤差を示す。白抜きの丸印は変化率が 0 と有意に違いがない。

紫丸は国内分布の中心が北海道の種、赤丸は国内分布の中心が本州の種を表す。

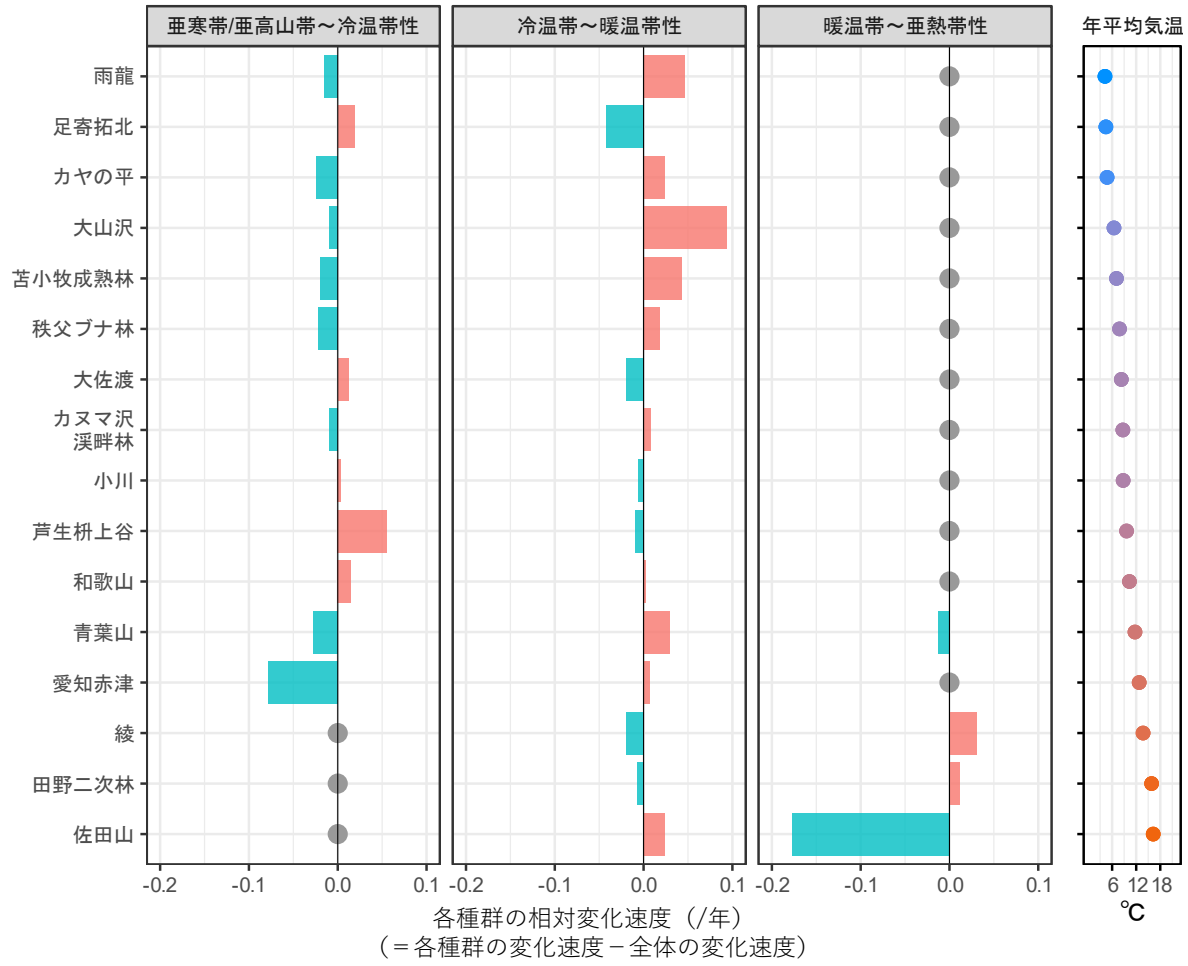


図 5-1-12　地表徘徊性甲虫の各分布気候帯別種群の群集内相対変化速度

全捕獲個体数の 95%以上をいずれかの種群が占める調査区を除いた。横軸の値は、各種群の捕獲個体数の変化速度と、地表徘徊性甲虫全体の捕獲個体数の変化速度の差。黒丸は、該当する種群の捕獲が少なかった（捕獲個体数が 0 でない年が 5 年未満）ために変化速度の推定を行わなかったことを示す。

＜考察＞

- クロオサムシ及びクロツヤヒラタゴミムシは、第３期とりまとめ報告書の結果と同様に、寒冷な地域ほど増加率が高い傾向が見られた。これらの傾向が見られなかった解析対象種には比較的捕獲個体数が少ない種が含まれ、サンプルサイズが小さいために傾向が検出されにくかった可能性も考えられる。
- 一般に森林性の地表徘徊性甲虫は飛翔能力を欠くなど移動分散能力が低く、河川・山脈・海峡などの地理的障壁や森林の分断化などによって分散が制限されやすい。解析対象の８種はセンチコガネを除いてほぼ飛翔能力をもたないと考えられるため、高温側での分布の縮小に比べて低温側での分布の拡大は起こりにくい、または長期間を要すると考えられる。また、センチコガネも東北地方や北海道では飛

翔性を欠く個体の割合が高いことが知られているため（Ohta et al. 2009)、これらの地域では低温側への分布拡大は比較的起こりにくいと考えられる。

- 捕獲個体数の変化は、気温上昇による生息数の増減だけでなく、季節性の変化によって生じている可能性があることにも留意すべきである。イギリスにおけるオサムシ科甲虫の長期モニタリング調査では、1994 年からの 18 年間で多くの種で成虫の活動季節が変化したことが報告されている(Pozsgai & Littlewood 2014)。一般に地表徘徊性甲虫の各種の活動季節や活動期間の長さは、緯度や標高の違いに伴う気温の変化によって変化する。成虫の活動ピークの時期や長さが変化した場合、生息数（個体群サイズ）に変化がなくても、毎年同時期の調査で捕獲される個体数は変動しうる。
- 今後も捕獲個体数・出現調査区数の多い優占種の長期的な変化傾向に注目して、モニタリングを続けていく必要がある。さらにデータが増えることで、傾向がより検出されやすくなり、また傾向の解析が可能となる種数・調査区数が増えると期待される。
- 第３期に引き続き、苫小牧ではより温暖な地域の種構成に近づくような変化が進行していることが示された。地表徘徊性甲虫の種構成は本州と北海道とで大きく異なっているが、苫小牧には本州にも広く分布する種と、国内では主に北海道のみに分布する種とが同程度に共存しているため、気温上昇に伴う種構成の変化が明瞭であったと考えられる。さらに苫小牧は全サイト中でもっとも捕獲個体数が多いため偶然のばらつきの影響を受けにくく、より傾向が検出されやすかったと考えられる。
- 分布気候帯別の各種群の群集内の相対的変化速度は調査区の平年気温に依存しており、特に寒冷な地域で、比較的温暖な地域に分布する種の割合が増加する傾向にあることが分かった。

⑤地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の変化と強雨の関係

＜背景・目的＞

- 日本における年間の強雨の発生頻度は上昇傾向にある（４．２．（２）４）。気象庁では日降水量が 100mm もしくは 200mm の場合を強雨としており、本稿ではこの定義に従う（文部科学省・気象庁 2020)。
- 集中して大量の雨が降ることで、土壌養分の浸出などにより地表徘徊性甲虫の生息環境の好適性が低下する可能性が考えられる。強い雨が直接当たることと、強雨に伴って局所的に気温が低下することで、甲虫の生存率が低下することも考えられる（Chen et al. 2019)。2004 年以降のモニタリング期間に甲虫調査サイトにおいて強雨の発生頻度が上昇しているか、明らかにし、甲虫捕獲個体数への影響を評価した。同時に、調査区の森林タイプ及び季節による強雨の効果の違いについても検討した。

＜解析方法＞

- 対象とした調査サイトの近傍のアメダス観測地点のみでは日降水量が 200mm 以上の日はごくまれであり、影響評価が難しいため、100mm 以上の雨を一律に強雨とした。季節によって甲虫への影響は異なると考えられるため、強雨発生頻度の経年的変化傾向を季節ごとに調べた。各年の甲虫調査について開始前の約１年間及び開始直後までの期間を４季節に分け、この間に発生した強雨を対象とした。夏・秋については前年（６月から８月及び９月から 11 月)、冬については前年(12 月)・当年（１月から２月)、春については当年（３月から５月）の強雨を各季節の強雨とし、それぞれ、前年夏期・前年秋期・前冬期・当年春期とした。強雨が発生した季節ごとに、強雨発生日数を応答変数、年を説明変数、調査区をランダム効果（ランダム切片）とする一般化線形混合モデル（GLMM）を当てはめた。強雨発生日数はポアソン分布に従うとした。
- さらに、調査区を森林タイプごとに分け、強雨の発生が甲虫捕獲個体数に及ぼす影響を評価した。年捕獲個体数を応答変数、前年夏期・前年秋期・当年春期それぞれの強雨の有無（強雨有りを１、強雨無しを０）及び年平均気温（1981-2010 年の平均）を説明変数、調査区とサブプロットをネストされたランダム効果（切片）とする一般化線形混合モデル（GLMM）を森林タイプごとに当てはめた。応答変数は負の二項分布に従うと仮定した。
- 落葉広葉樹林の春期の強雨、すべての森林タイプの冬期の強雨は頻度が低く、分析が難しいため、除外した。また、苫小牧サイトの人工林からなる調査区（苫小牧アカエゾマツ人工林、苫小牧カラマツ人工林、苫小牧トドマツ人工林)、甲虫捕獲個体数が例年僅少である南西諸島の調査区、ナラ枯れによる顕著な攪乱が見られる調査区（愛知赤津、５．２．（１）２）②）も分析から除外した。

＜結果＞

- 強雨の平均発生頻度は夏期と春期において年を追って増加する傾向が見られた（図 5-1-13)。
- 季節別・森林タイプ別の分析では、常緑広葉樹林において前年夏・秋の強雨による捕獲個体数上昇、当年春の強雨による捕獲個体数減少が見られ、常緑針葉樹林においては当年春の強雨による捕獲個体数減少が見られた（図 5-1-14)。

＜考察＞

- 甲虫調査の対象サイトの全体傾向としては、日降水量 100mm 以上の降雨日の増加傾向はすべての季節に見られるわけではなく、秋と冬には増加は認められなかった。また、増加傾向にある春と夏の強雨の発生後にはそれぞれ捕獲個体数の増加と減少が双方見られており、強雨の効果の季節依存性が確認できた。
- 常緑針葉樹林では春に強雨があった年には捕獲個体数が減少しており、今後、強雨の高頻度化が進むと甲虫の経年的な減少が顕在化してくることが考えられる。一方、常緑広葉樹林では、春期の強雨によって捕獲個体数が減少するものの、夏期の強雨による増加も見られており、両季節で強雨の頻度が上昇した際の甲虫捕獲個体数を予想することは難しい。
- オサムシ科甲虫には乾燥した土壌を避け、湿潤な環境を好む種が含まれる（e.g. Niemelä et al. 1992、Holland et al. 2007)。強雨のあった調査区では土壌水分が多くなり、湿潤な環境を必要とする種にとって好適な環境が維持されやすかったのかもしれない。ただし、全国的には強雨日と無降水日がともに増加する傾向にあり（４．２．（２）４）参照)、集中的な降水の直後以外は、むしろ土壌の乾燥化が進む可能性もある。
- 強雨発生時には台風など強風を伴う場合もあり、春期の強雨による捕獲個体数の減少には強風攪乱による生存率低下・微視的な生息環境の変化などが関係していることも考えられ、強雨の影響を評価するためには今後は強風による落葉の増加による林床環境の変化なども合わせて吟味することが必要になるだろう。
- 夏・秋期の強雨の発生の翌年に甲虫が増加した理由としては、強い風雨により樹上から落ちてくる餌となる動物種が増加した（Chen et al. 2019）可能性などが考えられる。一方、春の強雨は甲虫の減少をもたらしていたが、雨による直接的な活動阻害、温度低下による死亡率上昇などが原因として考えられる。

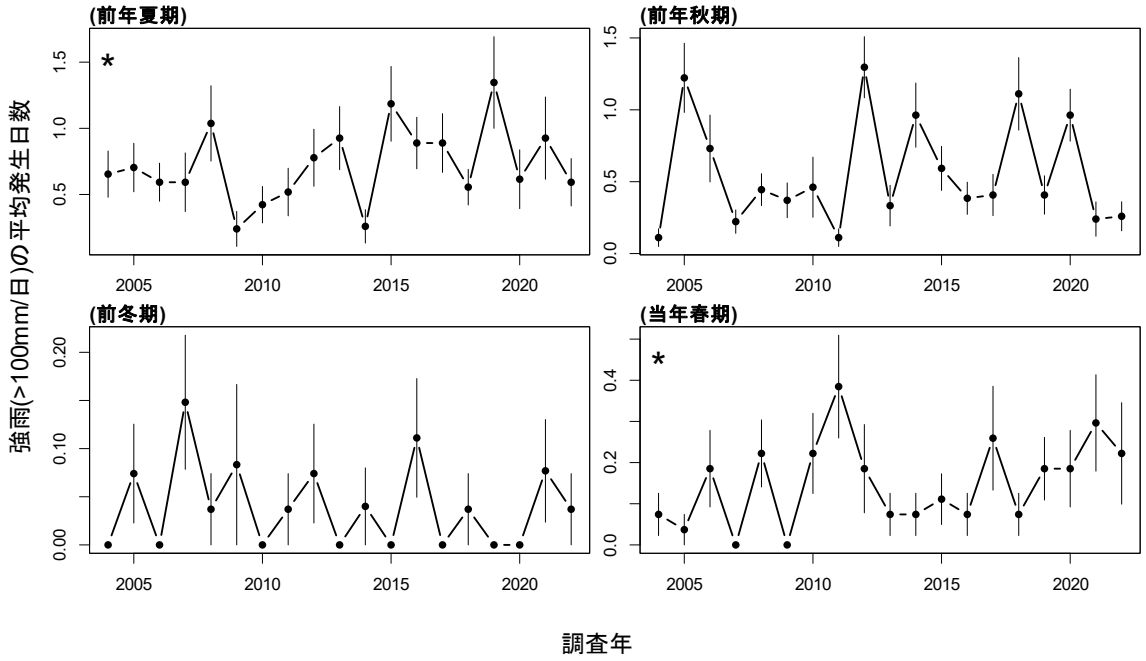


図 5-1-13　日降水量が 100mm を超える強雨が観測された日数の季節ごとの経年変化

値はサイト間の平均±標準誤差を示す。＊は統計的に有意な増加傾向。

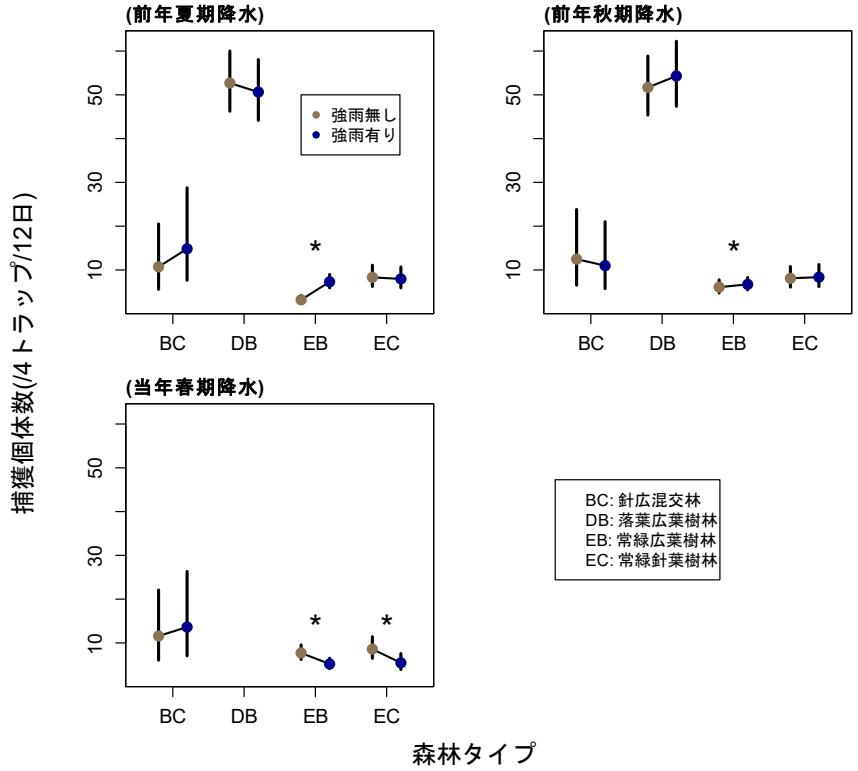


図 5-1-14　異なる森林タイプにおいて各季節の強雨が地表徘徊性甲虫の年捕獲個体数に与える影響

一般化線形混合モデルから予測された平均±標準誤差を示す。＊は統計的に有意な強雨の効果。

⑥地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の変化と積雪の関係

＜背景・目的＞

- 日本海側の多雪地では長期的な積雪の減少が確認されており、今後も全国的に積雪が大きく減少することが予測されている（ただし北海道については明瞭な予測ができていない）（４．２．（２）４）。
- 雪には断熱性があり、積雪下の表層土壌の温度はほぼ０℃に保たれる。このため、積雪が減少すると冬期の地温変動が激しくなり、主に土壌中で越冬する地表徘徊性甲虫の冬期の生存率が低下する可能性がある。
- そこで積雪の減少が地表徘徊性甲虫の個体数に及ぼす影響を調べるため、積雪地のサイトについて、積雪量・積雪期間の年変動と地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の年変動との関係を分析した。

＜解析方法＞

- 降雪・積雪は空間的なばらつきが大きいため、調査区・年ごとの積雪データとして、調査区と観測地点との距離・標高差の大きいアメダスデータは用いず、調査区内またはサイト内で観測された値を用いた。調査期間内（2004～2022 年）、各サイト内で、同一の地点・手法による長期の積雪・降雪または地表面温度の観測データを利用可能だった８サイトのうち、積雪がわずかだった秩父、愛知赤津、上賀茂を除く５サイトを解析対象とした（表 5-1-2）。
- 各サイトにおいて、例年積雪がある時期の内、毎年共通して積雪の観測を行っている期間を集計対象期間とし（表 5-1-2）、各年の平均積雪深（集計対象期間における全観測日の積雪深の平均）と、積雪日数割合（集計対象期間における全観測日数に対する積雪深＞０cm の日数の割合）を求めた（ただし、地表面温度のデータのみが利用可能だった苫小牧サイトについては、日平均地表面温度が０～-1℃の日を積雪日と見なし、積雪日数割合のみを求めた）。
- 全サイトを通じて積雪の減少傾向が見られるかを調べるため、サイトごとに標準化した平均積雪深または積雪日数割合（応答変数）を、年を説明変数、サイトをランダム効果（ランダム切片）とする線形混合モデル（LMM）に当てはめた。
- 全調査区を通じ、積雪の少なかった年ほど地表徘徊性甲虫の捕獲個体数が少なくなる傾向が見られるかを調べるため、地表徘徊性甲虫の年捕獲個体数の自然対数値を調査区ごとに標準化し（応答変数）、サイトごとに標準化した平均積雪深または積雪日数割合を説明変数、調査区及びサブプロットをネストされたランダム効果（ランダム切片）とする LMM に当てはめた。

表 5-1-2　解析に用いた各サイトの積雪及び地温観測データ

サイト		雨龍	足寄	苫小牧	芦生	和歌山
甲虫データを利用した調査区		雨龍	足寄拓北	苫小牧成熟林	芦生枡上谷	和歌山
観測主体		北海道大学 雨龍研究林	九州大学 北海道演習林	北海道大学 苫小牧研究林	京都大学 芦生研究林	京都大学 和歌山研究林
観測値		積雪深	積雪深	地表面温度	積雪深	積雪深
観測地点	緯度(° N)	44.362	43.324	42.678	35.300	34.050
	経度(° E)	142.265	143.505	141.595	135.717	135.500
	標高(m)	287	330	28	356	533
	調査区からの距離(km)	1	0 (調査区中央)	4	5	3
	調査区との標高差(m)	-48	0 (調査区中央)	-52	-394	-292
観測条件	間隔	1日	1日	1時間	1日	1日
	精度	1 cm	5 cm	0.1℃	1 cm	1 cm
	反復	1	3	1	1	1
利用データ	年	2005—2022	2015—2021	2005—2014	2005—2022	2005—2022
	集計対象期間	10/1—5/31	11/20—4/20	12/1—4/30	12/1—4/15	12/1—3/31
	出典		Fujiyama et al. (2023)			

＜結果＞

- 平均積雪深、積雪日数割合ともに年変動が大きく、全サイトを通じた有意な増減傾向は認められなかった（図 5-1-15)。
- 平均積雪深及び積雪日数割合の年変動と、甲虫捕獲個体数の年変動の間には、全サイトを通じた有意な正の関係が見られた（図 5-1-16)。

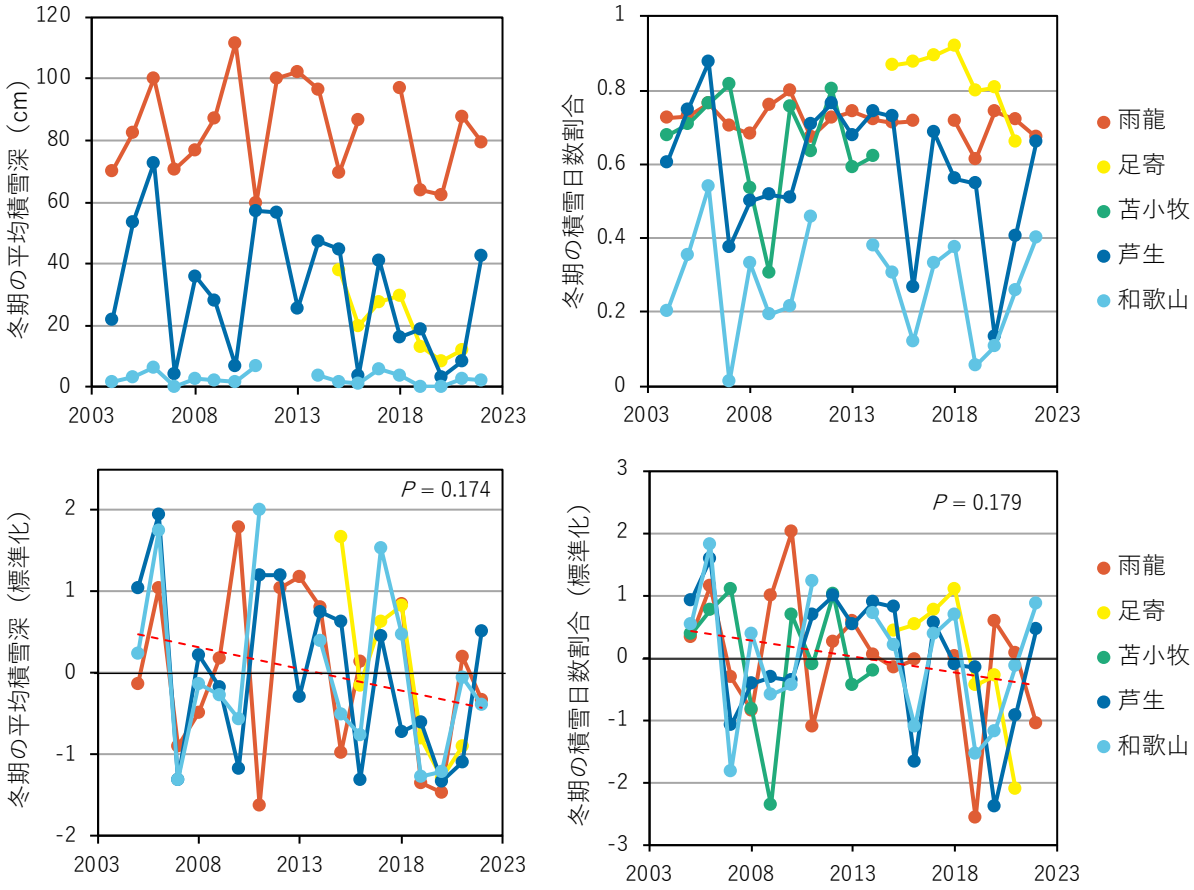


図 5-1-15　冬期の平均積雪深及び積雪日数割合の経年変化

下段の縦軸はサイトごとに標準化した値。赤線は線形混合モデルによる回帰線。

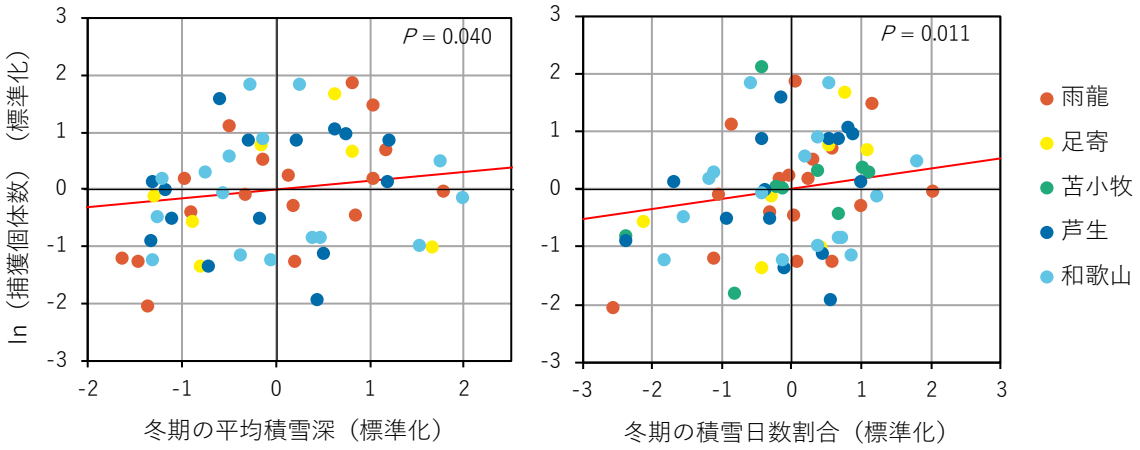


図 5-1-16　地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の年変動と積雪の年変動との関係

縦軸・横軸はサイトまたは調査区ごとに標準化した値。赤線は線形混合モデルによる回帰線。

＜考察＞

- 調査期間内（2004～2022 年）において、解析した全サイトを通じた積雪の減少傾向は見られなかった（図 5-1-15)。これは、日本海側における年最深積雪は 1980 年代後半を境に大きく減少しているが、その後は低い値を保ったまま大きな増減傾向が見られない（文部科学省・気象庁 2020）という全国的な傾向と一致する。
- 地表徘徊性甲虫の年捕獲個体数は、直前の冬期の積雪深及び積雪日数と正の関係が見られ、積雪が特に少ない年は甲虫も少ない傾向にあった（図 5-1-16)。
- 北米の Hubbard Brook 研究林で人為的に積雪を除去した実験では、土壌凍結の深度と期間が増大し、翌春～夏における落葉層中の小型節足動物（甲虫を含む）が減少したことが報告されている（Templer et al. 2012)。また同研究林で 1970 年代と 2010 年代の林床飛翔性の甲虫の調査結果を比較したところ、個体数が 83%も減少しており、両年代を通じて各年の積雪深及び積雪期間と翌春～夏の甲虫捕獲個体数に強い正の相関が見られたことから、温暖化による積雪の減少が甲虫群集の衰退の一因となっていることが示唆された（Harris et al. 2019)。
- これらの結果から、今回解析を行ったサイトでも、積雪の少ない年は甲虫の越冬環境が厳しくなり、冬期の死亡率が高まっていた可能性がある。
- また、本調査の 2005～2018 年の全サイトのデータを解析した研究では、４つの森林タイプ（常緑針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林）のサイトのうち針葉樹林サイトのみで、地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の減少傾向が認められた（Evans et al. 2022)。針葉樹林のサイトは多雪地を多く含むことから、積雪の少ない状態が長期間継続していることが、これらのサイトでの甲虫の減少の一因となっている可能性もある。
- 積雪量は温暖化に伴って今後も大きく変動することが予測されているが、地域や標高等によって傾向は大きく異なる可能性がある（文部科学省・気象庁 2020)。今後も、各地における積雪の変化状況、及び地表徘徊性甲虫を始めとする様々な生物群や生態系機能等への影響に注目してモニタリングを行っていくことが必要である。

⑦鳥類の分布・個体数の変化

＜背景・目的＞

- モニタリングサイト森林・草原調査の第３期取りまとめ報告書でコアサイトにおいて繁殖期にヤマガラとキビタキが増加傾向に、ウグイス、エナガ、ツツドリ、ホトトギスが減少傾向にあることが示されている。全国にサイトが配置されている一般サイトの結果を用いて、各種についてどの地域で増減が起きているか、温暖化の影響を示唆するような変化（分布域の北方及び南方での増加や減少）を示す種がいないかを検討した。
- ただし、藪的な環境を利用するウグイスの減少傾向については、シカの増加による下層植生の衰退（５．２．（２）２）④）の他、全国的な森林の高齢化（４．２．（１））により藪的な環境を伴う若い森林が減少していることも影響している可能性があるため、一般サイトにおけるウグイスの確認個体数と林齢との関係も併せて検討した。

＜解析方法＞

- 個体数変動の解析は、繁殖期・越冬期にそれぞれ４回行った調査の各季節の種別の個体数の最大値を用いて、Statistics Netherlands が開発し、Pan-European Common Bird Monitoring の解析に用いられている統計ソフト TRIM を利用し年変動を解析した。
- 各一般サイトでの調査は５年に１回の頻度で行われているため、まだ各サイトともに３回しか調査が行われておらず、その結果からサイトごとの年変動を見ることには無理があるため、全国を北海道（国土区分１と２）、本州北部（国土区分３と４）、中部・西日本（国土区分５～８）、南西諸島（国土区分９）に分けて、各地域・期ごとに全サイトの個体数を用いて解析に使用した（国土区分は図 2-1 を参照）。
- ３回の調査結果であることを考慮して、結果の有意性の判定基準は $P < 0.01$ とし、TRIM のモデルに使用できる有効なカウント数が 30 以上のものを採用した。
- 各一般サイトに設けられた５定点のうち、林齢のデータが整備されている国有林のデータ（国土数値情報）を用い、各定点で半径 100ｍの範囲における主要樹種の最も若い林齢と第４期におけるウグイスの個体数の関係を検討した。最も若い林齢を用いた理由は、最近その場所で一部でも伐採・植林が行われたかを示すためである。

＜結果＞

- 森林では、繁殖期に本州で、越冬期には北海道及び南西日本で減少した種が多かった。草原では、北海道及び本州北部で減少した種が見られた（図 5-1-17）。

- 森林サイトの繁殖期で増加が見られたのは、中部・西日本のソウシチョウ、減少が見られたものは、北海道のハシブトガラ、本州北部のメジロ、本州北部及び中部・西日本のウグイス、中部・西日本のイカル、ホオジロであった（図 5-1-18)。
- 森林サイトの越冬期では、アカゲラが北海道及び中部・西日本で、トビとハシボソガラスが中部・西日本で減少が認められた（図 5-1-19)。
- 草原サイトの繁殖期では、トビ、ヒバリが北海道で、カッコウ、モズ、オオヨシキリが本州北部で減少が認められた（図 5-1-20)。
- 草原サイトの越冬期では、トビが北海道で、モズが本州北部で減少が認められた（図 5-1-21)。
- ウグイスは、周囲に林齢が５年未満の森林がある調査定点では、５年以上の森林しかない定点に比べて有意に個体数が多かった（$P < 0.05$、図 5-1-22)。

＜考察＞

- 各一般サイトの調査回数はまだ３回と少ないため、検定結果の有意水準を 0.01 としたが、第３期とりまとめ報告書で毎年のデータがあるコアサイトにおいて増加が指摘された種であるキビタキは $P < 0.05$ の有意水準では本州北部・西日本では増加が認められた。同様に減少が指摘されたエナガは中部・西日本で、ホトトギスは本州北部及び中部・西日本で、それぞれ $P < 0.05$ の有意水準では減少していた。今後調査サイクルを重ねることによって検出力が高まると期待される。
- 有意に増減が見出された種のうち増加が見られたものは外来種のソウシチョウのみで、それ以外の種は減少傾向にあった。
- 温暖化の影響を直接示唆するような個体数変化（分布域の北方での増加や、南方での減少）を示す種は、見られなかった。
- 中部・西日本で減少が見られたホオジロは、地上営巣性であり、イノシシの増加が個体数の減少に影響している可能性もある（５．２．（２）３）②)。
- ウグイスの減少の要因の一つとしてシカの増加による下層植生の衰退が挙げられるが（５．２．（２）２）④)、その他に森林の高齢化（伐採地の減少）も影響している可能性が示唆された。ただし、今回解析対象とした国有林に位置するサイトは調査サイトの４割弱であるため、各都道府県の所管する民有林等のデータを用いた解析も今後検討する必要がある。

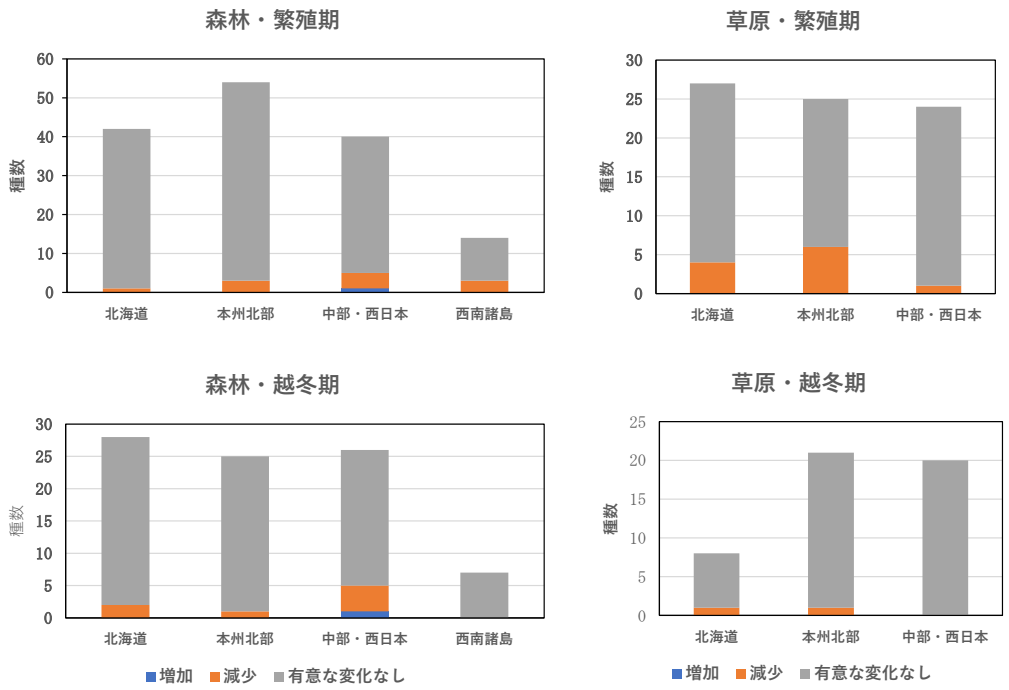


図 5-1-17　増減傾向が見られた鳥類種数（$P < 0.01$）

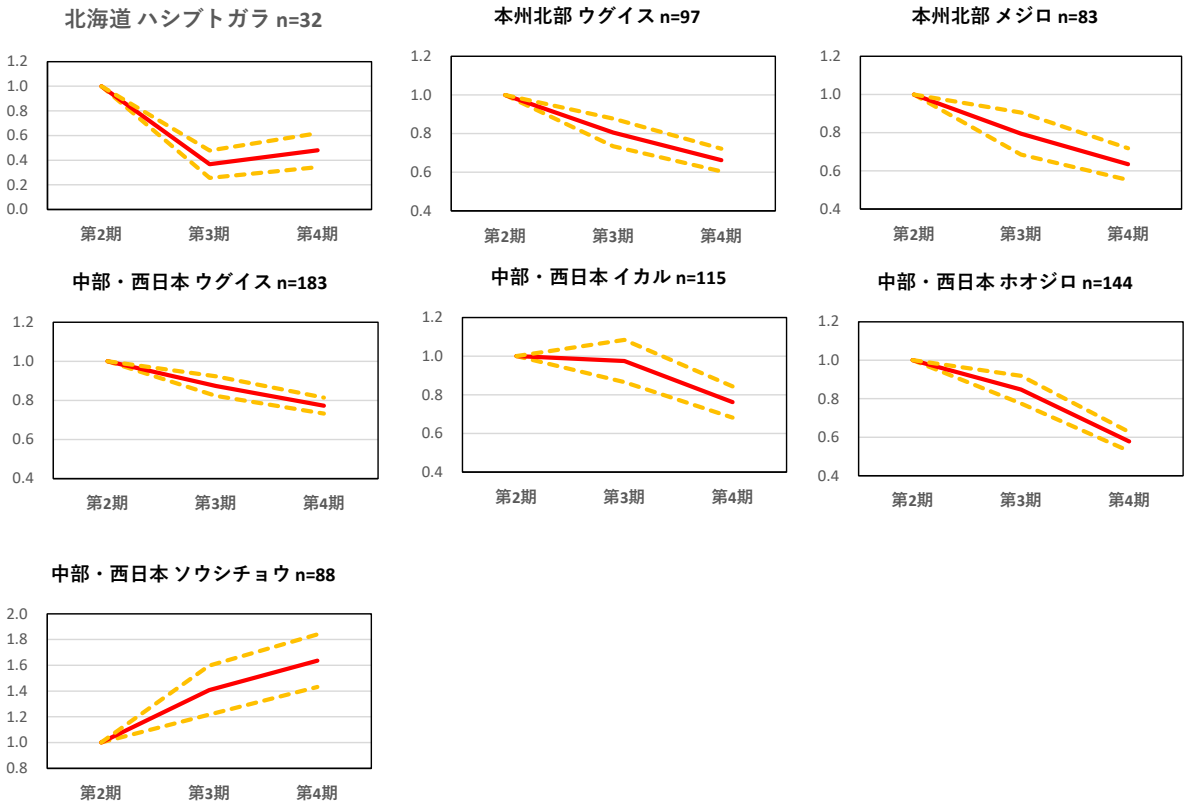


図 5-1-18　森林サイトで繁殖期に増減の傾向が見られた鳥種

縦軸は第２期の個体数を１とした相対的な個体数指標。実線が推定値、破線は 95%信頼限界、ｎはサイト数を表す。

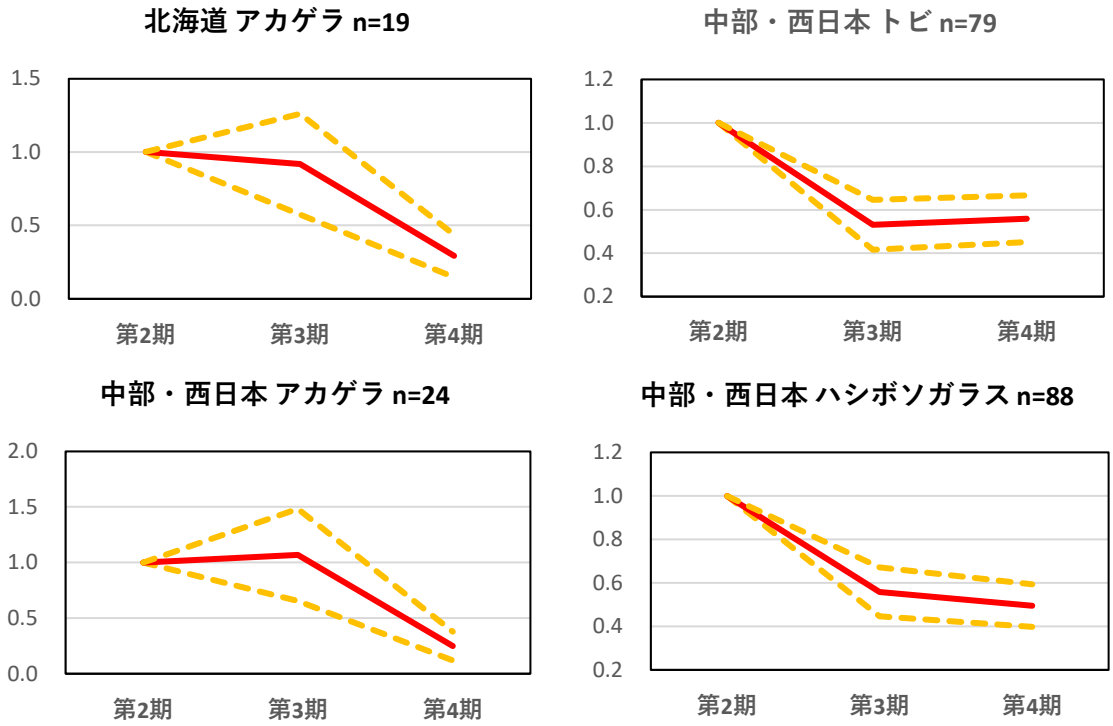


図 5-1-19　森林サイトで越冬期に増減の傾向が見られた鳥種

縦軸は第 2 期の個体数を 1 とした相対的な個体数指標。実線が推定値、破線は 95%信頼限界、n はサイト数を表す。

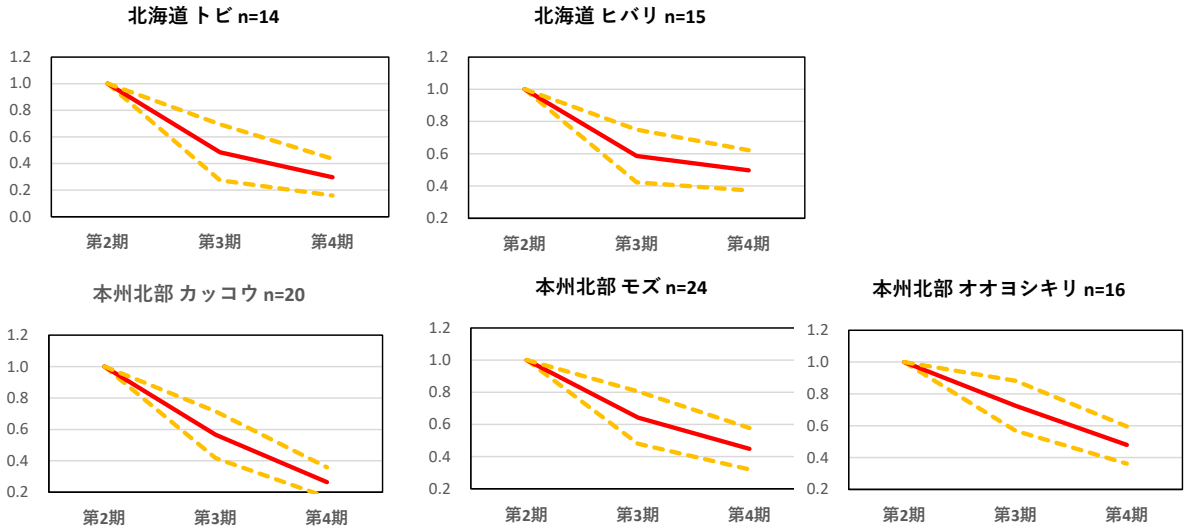


図 5-1-20　草原サイトで繁殖期に増減の傾向が見られた鳥種

縦軸は第 2 期の個体数を 1 とした相対的な個体数指標。実線が推定値、破線は 95%信頼限界、n はサイト数を表す。

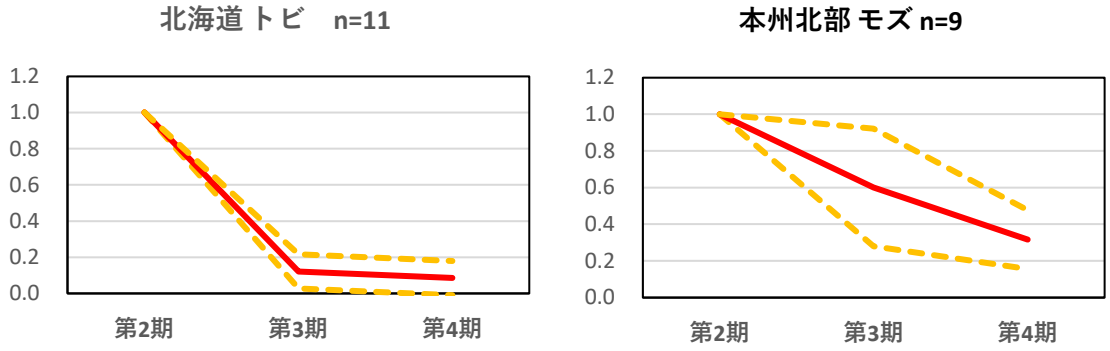


図 5-1-21　草原サイトで越冬期に増減の傾向が見られた鳥種

縦軸は第２期の個体数を１とした相対的な個体数指標。実線が推定値、破線は 95%信頼限界、ｎはサイト数を表す。

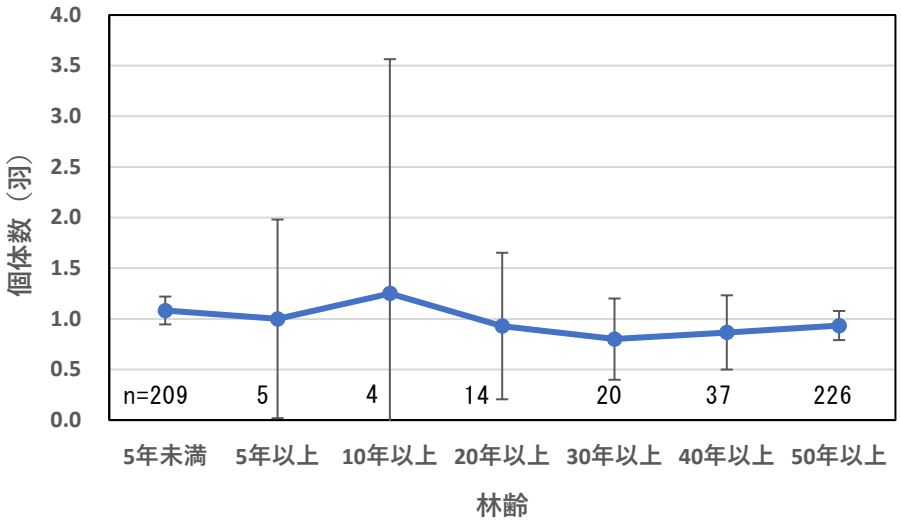


図 5-1-22　ウグイスの個体数と林齢との関係

縦軸は第４期に各調査定点で記録された平均個体数、横軸は周囲 100ｍ以内における最も若い林分の林齢。エラーバーは 95%信頼区間、ｎは定点数を示す。全国の一般サイトの内、林齢データの利用できた国有林に位置するサイトのみを対象とした。

⑧鳥類の群集構成の変化

＜背景・目的＞

- 気候変動により生物の分布が変化している。国内の鳥類でもアオジやビンズイといった種の分布の北上が示されている（植田・植村 2021)。
- モニタリングサイト 1000 の陸生鳥類調査では、分布だけでなく個体数の変化も十分に把握することができている。そこで、国外の研究で、鳥類群集の気候変動への反応を評価するために使われている群集気温指数（Devictor et al. 2008）を基にして鳥類群集の変化について検討した。

＜解析方法＞

- そこに生息する全鳥類の分布の中心の温度の平均値である群集気温指数[8]を、サイト・年ごとに計算し、その変化を記載した。ただし、５年に一度調査が行われている一般サイト 375 サイトについては、各サイトでの調査がまだ３回と少ないことから、国土 10 区分（図 2-1）の各地域について、期ごとに全サイトのデータを合計した上での群集気温指数の計算も行った。
- 群集気温指数を計算するために、植田ら（2022）の各種鳥類の生息地の気温の中央値を利用した。
- 各サイト・地域における群集気温指数の経年変化の傾きと、経緯度指数（緯度＋経度の値：各サイトの値または各地域に含まれる全サイトの平均値）との関係を調べた。
- 毎年調査が行われている全コアサイトと準コアサイト３サイト（野幌、青葉山、奄美）について、記録された鳥類を分布域別の種群（亜高山性、冷温帯性、暖温帯性。巻末付表３）に分け、それぞれの相対的な変化速度を示した（算出方法の詳細は５．１．（１）１）③を参照)。
- 群集気温指数の上昇が大きかった地域のうち、標高帯の幅が大きく、サイト数も多い国土区分４（本州中北部日本海側区域）に着目して、暖地性種の繁殖期における確認サイトの標高上限の変化を分析した。ただし、最上限分布域では生息密度が非常に低く限られた調査機会では観測の不確実性が高いと考えられるため、上限分布域の変化を示すより安定した指標として、確認サイトの標高の第３四分位数を比較した。
- 対象種は、種の好適気温が高く、確認個体数の多い種であるメジロ、ヒヨドリ、コゲラ、エナガ、ヤマガラとした。ヤマガラについては、同じシジュウカラ科で生活型の類似しているシジュウカラ、ヒガラ、コガラと比較を行った。

[8] 例えばある年のある調査地にヤマガラが５羽、ヒガラが３羽、ヒヨドリが６羽、ウグイスが２羽記録されたとする。それぞれの種の分布の中心温度は植田ら（2022）によるとヤマガラが 12.9℃、ヒガラが 8.2℃、ヒヨドリが 12.9℃、ウグイスが 11.6℃なので、この年のこの場所の群集気温指数は、(5×12.9＋3×8.2＋6×12.9＋2×11.6）÷総個体数 16 羽＝11.86　となる。

＜結果＞

- 毎年調査をしているサイトでは、群集気温指数の変化とサイトの経緯度指数（緯度＋経度の値）との間には有意な正の相関があり（図 5-1-23)、北のサイトほどより温暖な地域の群集へと変化している傾向があった。調査サイトの最も北に位置する足寄と雨龍は、全体の傾向よりも傾きが小さく、特に雨龍では顕著だった。
- 一般サイトでは、群集気温指数と各サイトの経緯度指数との間には有意な正の相関は認められなかった（$P = 0.26$)。これは、サイト当たりの調査回数が３回と少なく群集気温指数の変動が大きかったためと考えられる。一方、国土区分別に統合して 15 年間のデータをまとめた場合は弱い正の相関が見られ（$P = 0.09$）（図 5-1-24)、北海道東部（国土区分１）及び本州日本海側（国土区分４・５）で、群集が温暖な地域の群集に変化していた。一方、本州太平洋側（国土区分３・６）では、日本海側の同じような経緯度指数の地域より変化は小さかった。
- 暖温帯性の種は相対的に増加傾向にあり、亜高山帯性の種は減少傾向、冷温帯性の種はその中間にあたり、暖かい地域の種が増加傾向にあった（図 5-1-25)。
- こうした暖温帯性の種のうち個体数が多く群集全体にも影響を与える種にはヒヨドリ、メジロ、ヤマガラがおり（植田ら 2022)、大佐渡（図 5-1-26）など、標高 1,000ｍ程度のサイトでは、これらの種が顕著に増加していた。足寄ではヒヨドリが稀に記録されたが、雨龍ではこれらの種はまだほとんど記録されていなかった。
- 国土区分４（本州中北部日本海側区域）における暖地性種の分布については、対象種の内、エナガとヤマガラで高標高への変化が確認できた（図 5-1-27)。シジュウカラ科４種では暖地を好むヤマガラでのみ高標高へのシフトが認められた（図 5-1-27)。

＜考察＞

- 樹木の調査結果も温暖な地域の樹種へ置き換わる傾向があり（５．１．（１）１）②)、それが鳥類群集にも影響している可能性が考えられた。
- ヒヨドリ、メジロ、ヤマガラなどの個体数が多く鳥類群集に大きな影響をおよぼす南方系の種が、まだ道北や道東の山地に分布を拡げていないことが雨龍で群集気温指数の増加が見られない原因の１つと考えられた。
- 国土区分４、５の本州日本海側は、温暖化の影響を受けて積雪や大雪の日数が減少傾向にあり（４．２．（２）４)、その影響で鳥類群集も南方のものに変化している可能性が考えられる。
- 群集気温指数の上昇が大きかった国土区分４（本州中北部日本海側）では、暖かい気候を好むエナガとヤマガラの分布標高が大きく上昇していることが分かった。一方、その他の暖地性種ではこの２種のような大きな変化は検出されなかった。これらの種の分布の変化には、気温の変化だけでなくその結果引き起こされる植生等の変化も重要である可能性があり、結果として分布の変化が遅いことが考えられる。

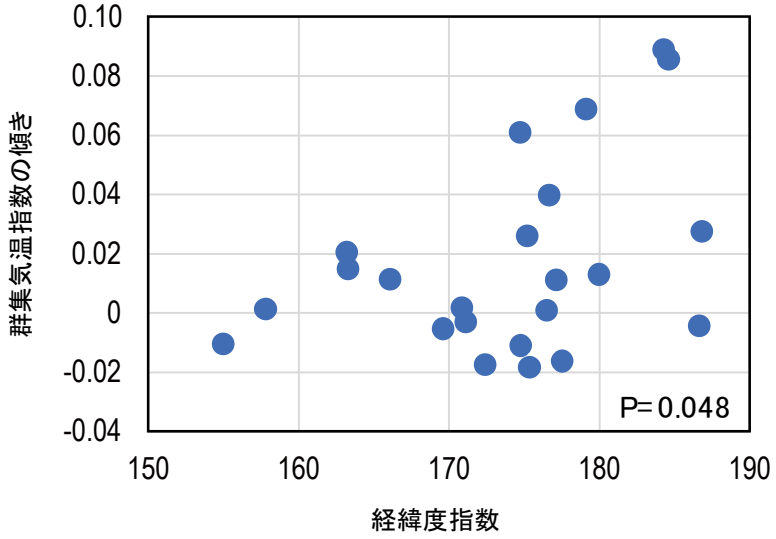


図 5-1-23　毎年調査を行っているサイトの経緯度指数と鳥類の群集気温指数の傾きの関係

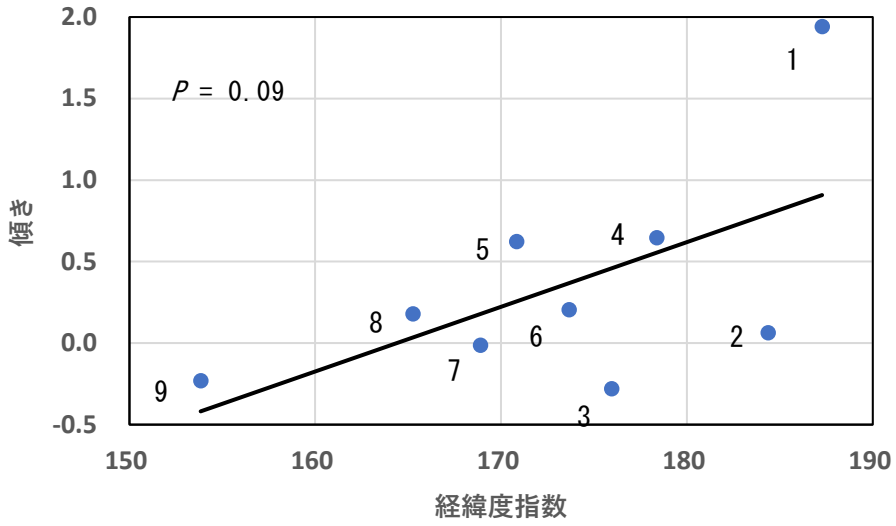


図 5-1-24　一般サイトの国土区分別の経緯度指数と鳥類の群集気温指数の傾きの関係

ポイントの添字は生物多様性保全のための国土区分

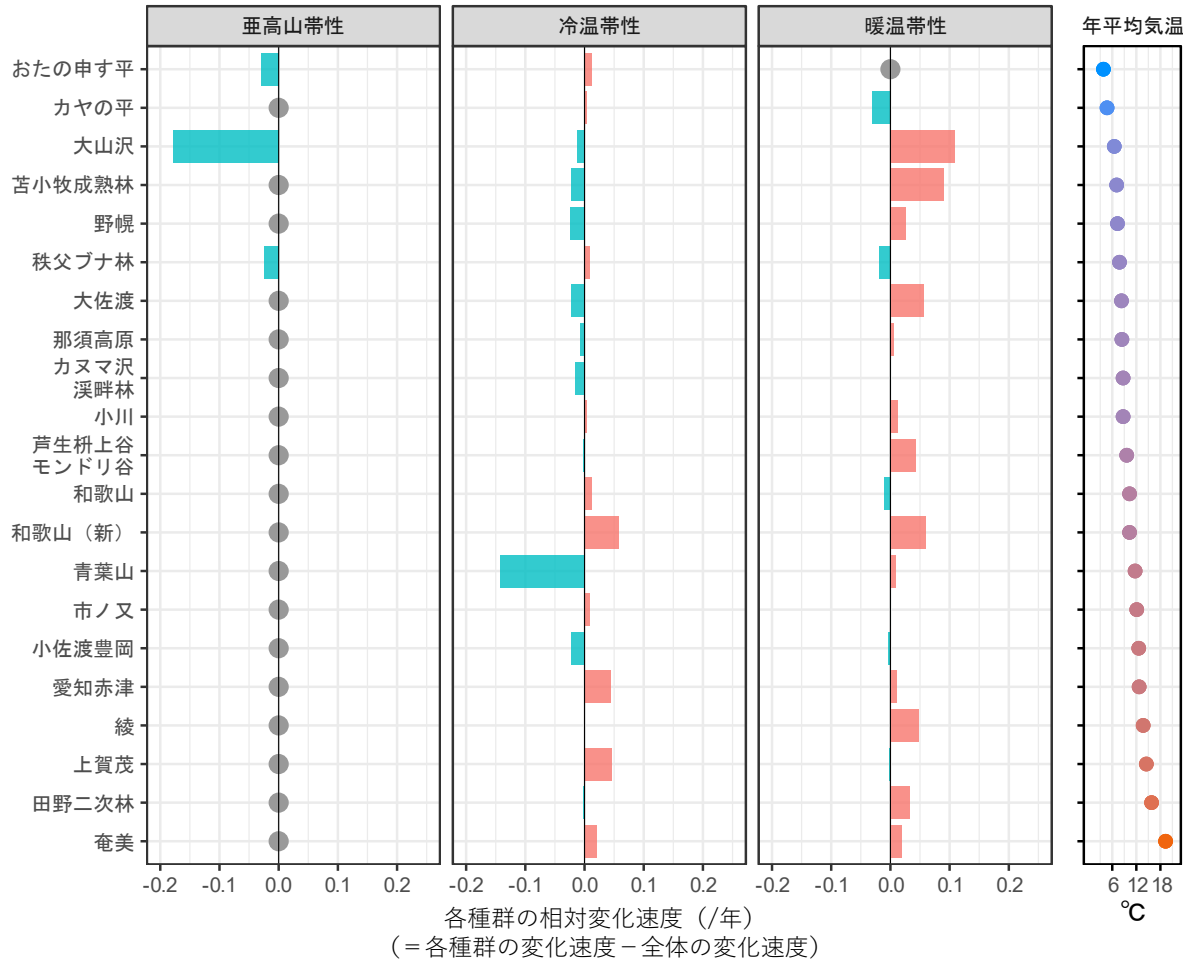


図 5-1-25　各サイトで記録された亜高山帯性、冷温帯性、暖温帯性の鳥種の相対的な変化の比較

黒丸は記録が少なかった（５年未満の）サイトを示す。調査回数が少ない（５年に一度の）サイト、及びいずれか一つの種群が全個体数の 95%以上を占めるサイトを除いた。和歌山サイトでは 2018 年度に調査位置を変更したため、2017 年度以前（和歌山）と 2018 年度以降（和歌山（新））を別のサイトとして扱った。

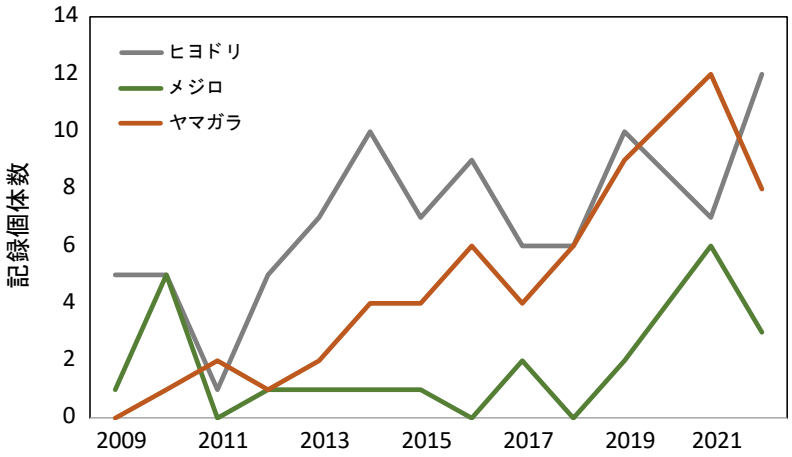


図 5-1-26　大佐渡におけるヒヨドリ、メジロ、ヤマガラの個体数変化

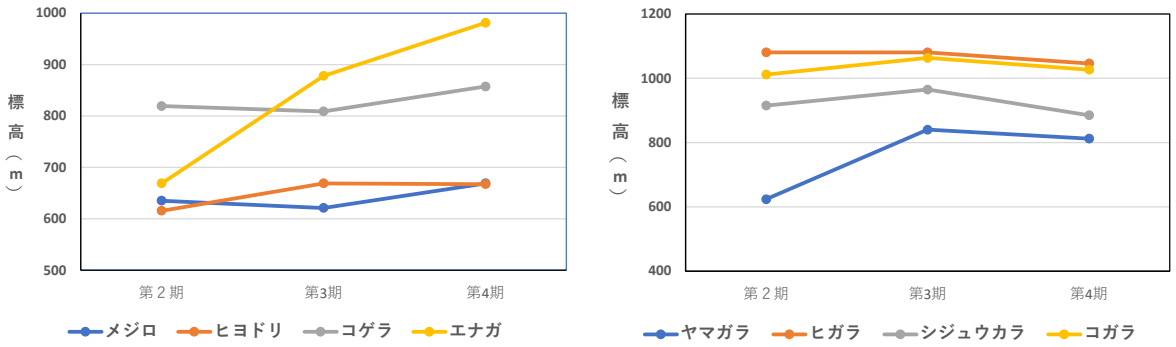


図 5-1-27　国土区分４（本州中北部日本海側）における主な暖地性鳥種の記録標高の変化

縦軸は記録標高の第３四分位数（第４四分位は最大値であるため一つのみの観測値に左右され、第２四分位は中央値であるため変化の全体の中で一部の場所でのみ変化があった場合に検出力が劣るため、第３四分位を採用した）。

⑨鳥類の種構成の変化と気温の関係

＜背景・目的＞

- 気候変動により生物の分布が変化している。各サイトにおいても、気候変動に伴い種構成が変化することが予想される。
- そこで約５年に一度調査を実施している一般サイトにおいて、各サイトにおける過去調査から今期までの気温変化（以下、「気温差」という）と、同期間における種構成の変化との関係性を検討した。

＜解析方法＞

- 第３期と第４期の繁殖期の出現種の構成の変化（種数の変化）を比較した。比較方法は、前期には生息していたが今期では確認されなくなった種の数（消失種数）、前期には確認されていなかったが今期は生息していた、新たに確認された種の数（新規出現種数）をそれぞれ各サイトで求めた。サイト間の総種数の違いの影響を考慮するために、各サイトにおいて前期と今期で共通して出現していた種数（共通種数）との比を用いた。
- 上記のように求めた消失種数、新規出現種数をどちらも共通種数とともに用いて応答変数とした一般化線形モデル（GLM）（誤差分布に二項分布、リンク関数にロジットリンクを用いた）にて、説明変数に気温差、植生被度の変化スコア量（詳細は５．２．（３）１）①を参照）、森林の孤立化の指標（詳細は５．４．（１）１）①を参照）の３つの説明変数を用いて、帰無モデルとともに AIC によるモデル選択を行い、気温の変化が種構成の変化に影響を及ぼしているか検討した。
- 気温データには、繁殖期の調査期間である３ヶ月（５月・６月・７月）の平均値を用いた。

＜結果＞

- 各変数のデータが得られた 282 サイト中で、気温が上昇していたサイトは 172 サイトであり、気温上昇していたサイトが有意に多かった（ロジットモデルによる比率の検定）。これら 172 サイトを以下の解析に用いた。
- 消失種数の解析では、モデル選択の結果、最適モデルは説明変数が森林の孤立化指標のみのモデルであり、気温差は選択されなかった。
- 新規出現種数の解析では、モデル選択の結果、最適モデルは説明変数が気温差（$P = 0.056$）のみのモデルだった（図 5-1-28）。
- 新規出現サイト数の多かった種の上位５種は下表のとおり（表 5-1-3）。

＜考察＞

- 種の入れ替わりの観点より、サイト間の種数の違いを考慮して気温上昇のあったサイトを対象に解析した結果、気温上昇が新たに記録された種数の増加と関連し

ていた。

- 各種の確認サイト数は消失と出現の差分であり、この分析では実際の地理的分布の変動とは異なる視点を提供できる。例えば、１位であるアオゲラやアオバトは消失したサイト数 12 を考慮すると、出現サイト数は 14 サイトの増加となりトータルで増えている。一方、３位であるエナガは、消失したサイト数のほうが多く（消失サイト数 43；表 5-4-1)、トータルはマイナス 21 サイトであった。これは年次報告書におけるアオバトの微増傾向や、森林・草原の第３期取りまとめ報告書におけるエナガの減少傾向への指摘とも一致すると考えられた。
- ただし、一致しない種もあり、種によって減少・増加要因が、異なるであろうことが示唆される。
- 将来、気候変動の鳥類への影響を検討する際には、種ごとの応答の違いを考慮する必要性が示唆された。

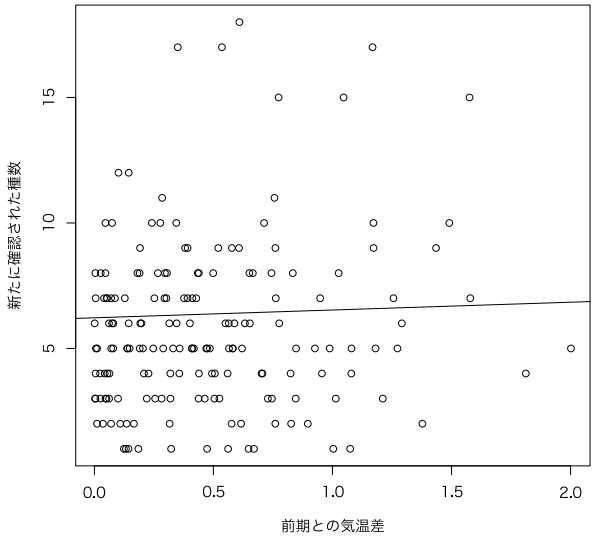


図 5-1-28　気温上昇が見られたサイトにおいて新たに確認された鳥類の種数

表 5-1-3　気温上昇が見られたサイトにおいて新たに確認された鳥種（上位５種）

順位	種名	サイト数
1	アオゲラ	26
1	アオバト	26
3	エナガ	22
3	メジロ	22
5	カッコウ	21
5	クロツグミ	21

■コラム５－２：里地里山の鳥が減り、森の鳥が増えている

片山 直樹（農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門）

モニタリングサイト 1000 の森林・草原調査及び里地調査では、鳥類に詳しい市民や専門家たちによって、日本各地で鳥類のセンサス調査が継続的に行われている。このような大規模なデータは、全国的な鳥類の個体数変化傾向（トレンド）を明らかにするうえでとても貴重だ。私は、日本自然保護協会やバードリサーチと協力して、2009 から 2020 年までの 12 年間に得られた全国 119 地点の鳥類 47 種の個体数データを解析した（Katayama et al. 2024）。

その結果、キビタキをはじめとした森に生息する鳥類の多くは、個体数が増加していたか、安定して推移していることが分かった（図１、写真１）。ところが、スズメ、ヒバリ、ホオジロやカワラヒワなど里地里山に生息する鳥類の多くは、個体数が減少していた（図１、写真２）。これらの個体数変化は、近年の土地利用の変化と矛盾しない。日本の森林は面積こそ変わらないものの、標高の高い場所を中心に老齢化が進んでおり、そのために森の鳥が増えた可能性がある。一方、明るい林や草地、農地が減少したことで、里地里山の鳥が減ったと考えられる。こうした土地利用の変化は、人口減少や農林業の管理強度の減少と深く関わっている。



写真１　キビタキ



写真２　ホオジロ

さらに土地利用変化だけでなく、地球温暖化も鳥類の個体数に影響している可能性が見えてきた。里地里山の鳥は、急激な気温上昇が始まった 2015 年以降において、急速に個体数が減少していた（図１）。この減少速度は、絶滅危惧種の判定基準に該当するほどだった。さらなる証拠を得るため、私たちは各種の分布域から「気温ニッチ幅」を計算した。気温ニッチ幅とは、最も暖かい場所の気温から、最も寒い場所の気温を引いた値である。するとアカハラなどの気温ニッチ幅が狭い種ほど、個体数の減少率が大きいことがわかった。生息に適した気候帯が少ない鳥ほど、温暖化の影響を受けやすいのかもしれない。

里地里山の鳥を保全するため、私たちにできることは何だろうか。モニタリングサイト 1000 の里地調査では、約半数の地点で市民らが保全活動を行っている。こうしたサイトでは、里地里山の鳥の個体数は比較的安定して推移していた。今後、具体的にどんな保全活動が鳥にやさしいのか明らかにすることで、そうした保全活動を推奨し、普及させていく科学的根拠となるだろう。

人口減少と地球温暖化は、今後もさらに続くと予想される。2023 年は記録的な猛暑となったが、鳥類への影響も今後の分析から見えてくるだろう。調査員の確保は年々難しくなっていると思うが、モニタリングサイト 1000 の調査を継続することで、今後も重要な知見が得られるはずだ。その成果を社会に広く発信し、地球温暖化対策と生物多様性保全を同時並行で進めることが、鳥たちと共存する社会を実現する重要な一歩となると信じている。

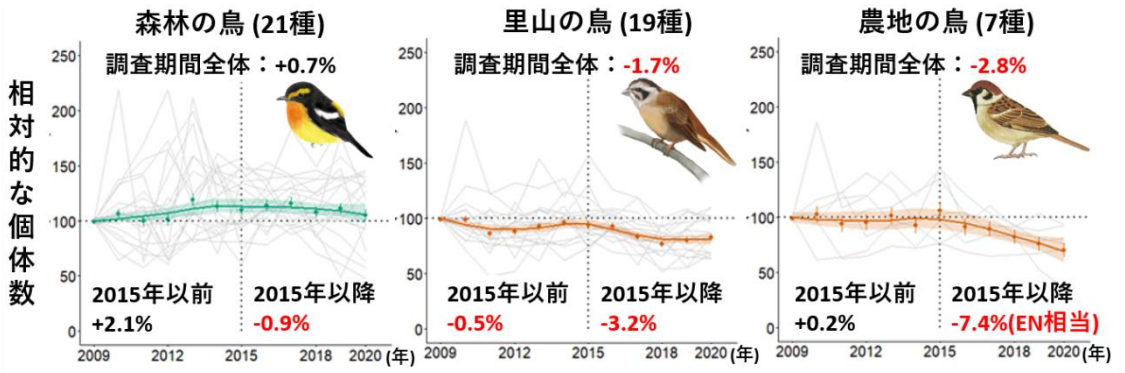


図 1　2009 年を 100 とした時の相対的な個体数変化

薄い灰色の線は個々の種の個体数変化を、緑色または橙色の線はその平均値を示す。%は各種の 1 年あたりの増減率を示し、参考に示した絶滅危惧種の判定基準※の 1 つである減少率基準（10 年減少率を 1 年あたりに変換して比較）との対応関係を表す。TRIM（trends and indices for monitoring data；Pannekoek & van Strien 2005）を用いて記録個体数の経年変化の解析を行った。

- 絶滅危惧 IA 類(CR)「ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの」：−14.87%/年以上
- 絶滅危惧 IB 類(EN)「IA 類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの」：−6.7%/年以上
- 絶滅危惧 II 類(VU)「絶滅の危険が増大している種」：−3.5%/年以上

※実際の絶滅危惧種判定の際には、減少率基準だけではなく、個体数、分布面積、絶滅確率など他の判定基準も合わせて総合的に判定されている。

なお、本研究の「森の鳥」、「里山の鳥」、「農地の鳥」は下記の定義で分類した。

- 森の鳥：繁殖期に森林のみを利用する鳥類

  アオゲラ・アオバト・アカゲラ・アカハラ・イカル・エゾムシクイ・オオルリ・カケス・キビタキ・クロジ・クロツグミ・コガラ・コサメビタキ・ゴジュウカラ・コルリ・サンコウチョウ・サンショウクイ・センダイムシクイ・ツツドリ・ヒガラ・ヤブサメ

- 里山の鳥：繁殖期に森林と開けた環境の両方を利用する鳥類

  アオジ・ウグイス・エナガ・カワラヒワ・キジ・キジバト・キセキレイ・コゲラ・シジュウカラ・トビ・ハシブトガラス・ハシボソガラス・ヒヨドリ・ホオジロ・ホトトギス・ミソサザイ・メジロ・モズ・ヤマガラ

- 農地の鳥：繁殖期に開けた環境（農地、草地、湿地、池、湖、川を含む）のみを利用する鳥類

  カルガモ・カワセミ・スズメ・セグロセキレイ・ハクセキレイ・ヒバリ・ムクドリ

引用文献

Katayama, N., Fujita, T., Ueta, M., Morelli, F. & Amano, T. (2024) Effects of depopulation and warming climates on bird population trends in Japan. Conservation Biology 38: e14175. https://doi.org/10.1111/cobi.14175.

Pannekoek, J., & van Strien, A. (2005) TRIM 3 manual (Trends & indices for monitoring data). Netherlands: Statistics.

２）森林の構造・機能の変化

①樹木の地上部現存量の変化

＜背景・目的＞

- 大気中の炭素は樹木の光合成による一次生産によって森林に加入し、樹木の成長に伴い幹や枝へ蓄積され、落葉落枝・落下種子によって土壌に供給される。樹木の一次生産速度は気温・光・水・栄養塩といった環境因子に応答するため、気候変動によって森林の炭素循環に変化が生じることが考えられる。
- 気候変動による森林地上部（幹・枝・葉）の炭素蓄積量（以下、「現存量」という）への影響を、毎木調査のデータを用いて解析した。
- 前回までのとりまとめ報告書において、全国的に現存量は増加傾向にあり、調査期間の気温が高いほど現存量が増加する傾向が示された。
- 最新の毎木調査データを加えて現存量の増減と気候変動との関係を調べることで、より正確に、温暖化に伴う森林の現存量動態の変化について検討した。

＜解析方法＞

- 森林の現存量を評価するために、アロメトリー式（Ishihara et al. 2015）を用いて、胸高周囲長及び材密度から地上部の現存量を推定した。各樹種の材密度は既存のデータベースの値を参照した（Zanne et al. 2009、Aiba et al. 2016）。種の材密度データが利用できない場合は、近縁種あるいは同属あるいは同科の平均値を用い、それらも利用できない場合は、生活形別のアロメトリー式にあてはめて周囲長のみに基づき現存量を推定した。
- 各林齢における個体数・現存量の傾向を見るために、2005 年を基準とした、林齢別の個体数・現存量の増減の割合を計算し、その年次変動を示した。
- 各調査区において、２回の調査間※1における個体成長による現存量の相対生産速度（増加速度）と、２回の調査間における個体枯死による現存量の相対損失速度（減少速度）を推定し、その差である現存量の相対変化速度※2、相対生産速度と相対損失速度の合計を２で除した現存量の回転速度を求めた。

※１ 春先に調査を実施した調査区（雨龍、小川）については、前年の変化分として扱った。

※２ 森林内の亜集団構造によって生じる推定の偏りを無くすため、調査区全体の変化速度は種ごとの変化速度の加重平均として求めた（Kohyama et al. 2019）。

$$\text{相対生産速度（\%/年）} = \ln\left(B_T / B_{S0}\right) / T \times 100$$

$$\text{相対損失速度（\%/年）} = \ln\left(B_0 / B_{S0}\right) / T \times 100$$

現存量の相対変化速度（%/年）＝ 相対生産速度 − 相対損失速度

現存量の回転速度（%/年）=（相対生産速度 + 相対損失速度）/ 2
生産量（Mg/ha/年）= B_m × 相対生産速度
損失量（Mg/ha/年）= B_m × 相対損失速度
変化量（Mg/ha/年）= 生産量 – 損失量
※ 1 Mg = 1,000kg = 1 トン

B_0：前回調査時の地上部現存量の総和（面積あたり）
B_T：今回調査時の地上部現存量の総和（面積あたり）
B_{S0}：前回から今回まで生存していた個体の前回調査時点の地上部現存量の総和
B_m：地上部現存量の調査期間平均
T ：前回から今回までの経過年数

- １年ごとに継続して調査が行われた調査区において、現存量の動態の傾向を把握するために生産量・損失量の５年ごとの平均値（５年移動平均）と、年平均気温と年間降水量の平年値からの偏差の５年ごとの平均値（５年移動平均）を経時的に示し、森林の現存量の動態パラメータと気候変動との関係性を可視化した。
- 全国的な現存量の動態の傾向を把握するために、人工林を除いた各調査区における全調査期間（2004～2022 年）の現存量の動態パラメータ（相対生産速度、相対損失速度、相対変化速度、回転速度）の平均値を応答変数、各調査地における調査期間の平均気温を説明変数として、外れ値の影響を考慮したロバスト線形回帰分析により、森林の現存量動態と気温との関係を調べた。
- 樹木の現存量動態に対する気温変動の影響を明らかにするため、現存量の動態パラメータを応答変数、気温の変動（各調査区における２回の調査間の平均気温の平年値（過去 20 年間の平均）からの差）を説明変数、調査区をランダム効果とする線形混合モデル（LMM）による解析を行った。
- 相対生産速度と相対損失速度の調査区間の差異の要因を調べるため、平均気温と現存量の期間平均を説明変数とした線形モデルによる解析を行った。

＜結果＞

- 全調査区の全調査期間（2004～2022 年）における樹木の現存量の変化について、相対生産速度は 1.72±0.80%/年、相対損失速度は 1.10±0.71%/年、相対変化速度は 0.62±0.83%/年、回転速度は 1.41±0.63%/年であった。
- 林齢の若い二次林では現存量が平均で年に 2.6Mg/ha ほど増加し、2005 年からの 17 年間で約 21%増加していた。一方、現存量が頭打ちになると予想された成熟林でも、現存量が平均で年に１Mg/ha ほど増加し続け、17 年間で約５%の増加が示された（図 5-1-29）。

- 全調査区の生産量・損失量において、共通した経時的な変動パターンは見られなかったが、調査区によって生産量・損失量に明瞭な増加や減少傾向が見られた（図 5-1-30）。
- 調査期間中の各調査区の現存量の動態パラメータと平均気温との関係としては、相対生産速度と平均気温に有意な正の相関が示された（図 5-1-31）。また、期間中に台風攪乱のない調査区で解析すると、相対損失速度と平均気温に有意な負の相関、回転速度と平均気温に有意な正の相関が示された。
- 現存量の生産速度と気温変動には有意な関係が見られ、調査期間の平均気温が高いほど個体成長による現存量の増加が大きい傾向が示された（図 5-1-32）。
- 現存量の相対生産速度・損失速度は、いずれも各調査区における現存量と負の相関を示した。この関係は森林タイプよりも温度環境によって変異しており、高温環境のほうが同じ現存量でも相対生産速度・損失速度が高くなっていた（図 5-1-33）。

＜考察＞

- 前回のとりまとめ報告書の結果に続き、全国的に森林の現存量は増加しており、近年の気温上昇による現存量の上昇が示唆された。若い二次林だけでなく、成熟林でもいまだに現存量の増加が続いていることが明らかになった。
- 損失量のピークは台風被害や、ナラ枯れなどの攪乱による影響の時期と重なるため、攪乱による現存量への影響の強さが示唆された。
- 様々な森林のタイプや攪乱の要因などの影響を考慮した解析を行い、現存量の変化について、一般的な傾向と局所的・短期的な影響を明らかにする必要がある。

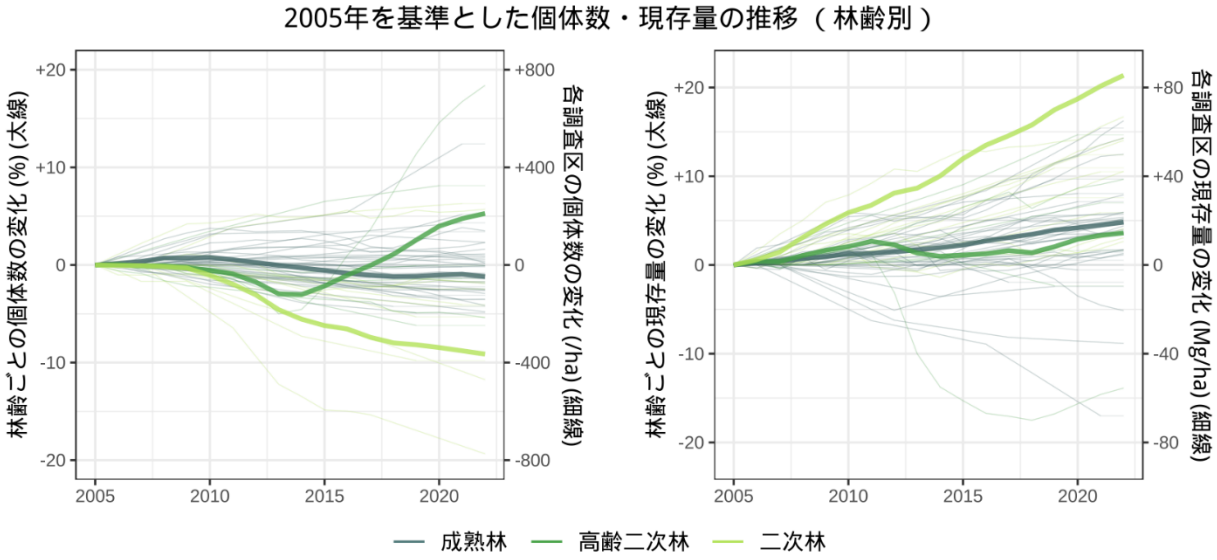


図 5-1-29　林齢ごとの個体数と現存量の変化

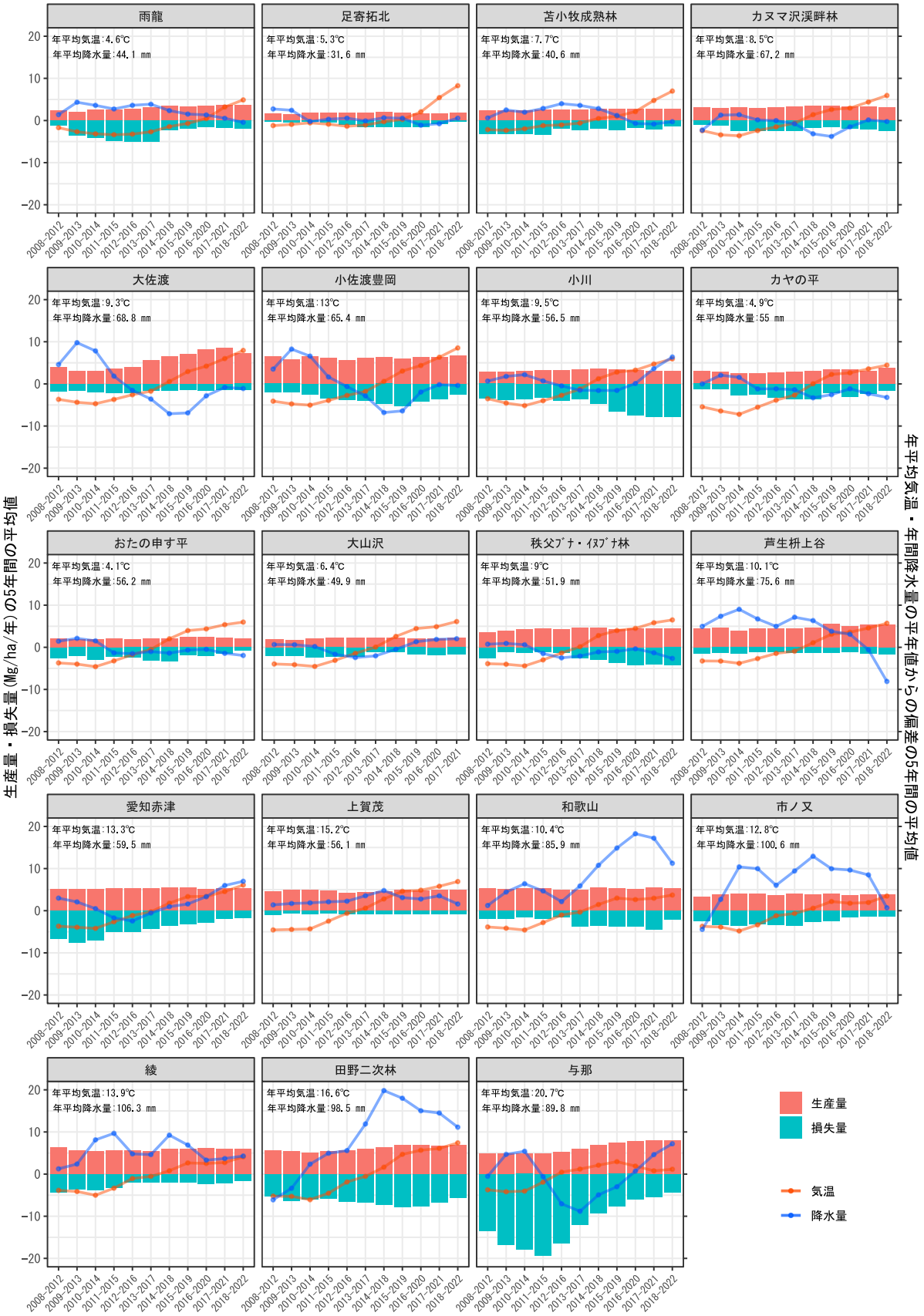


図 5-1-30　各調査区における５年ごとの生産量・損失量と気温・降水量の変動

気温・降水量の値は、各調査区における相対値を示す。

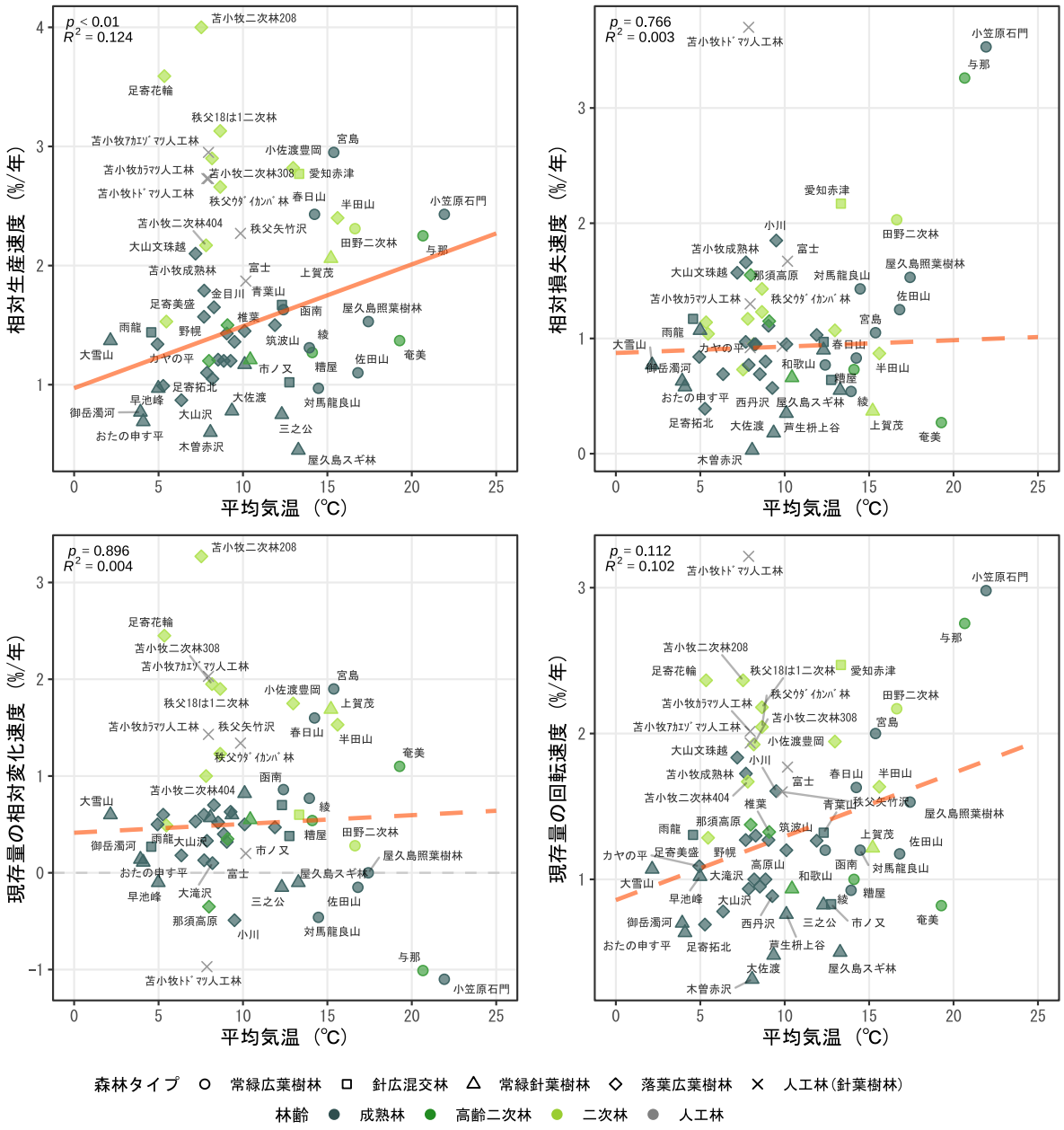


図 5-1-31　各調査区の現存量の動態パラメータと気温との関係

平均気温及び、動態パラメータの値は、各調査区の全調査期間（2004～2022）における平均値を示す。回帰線はロバスト線形回帰モデルにより統計的に有意（$P < 0.05$）であった場合に実線で、有意でない場合に破線で示す（人工林を除いて計算）。

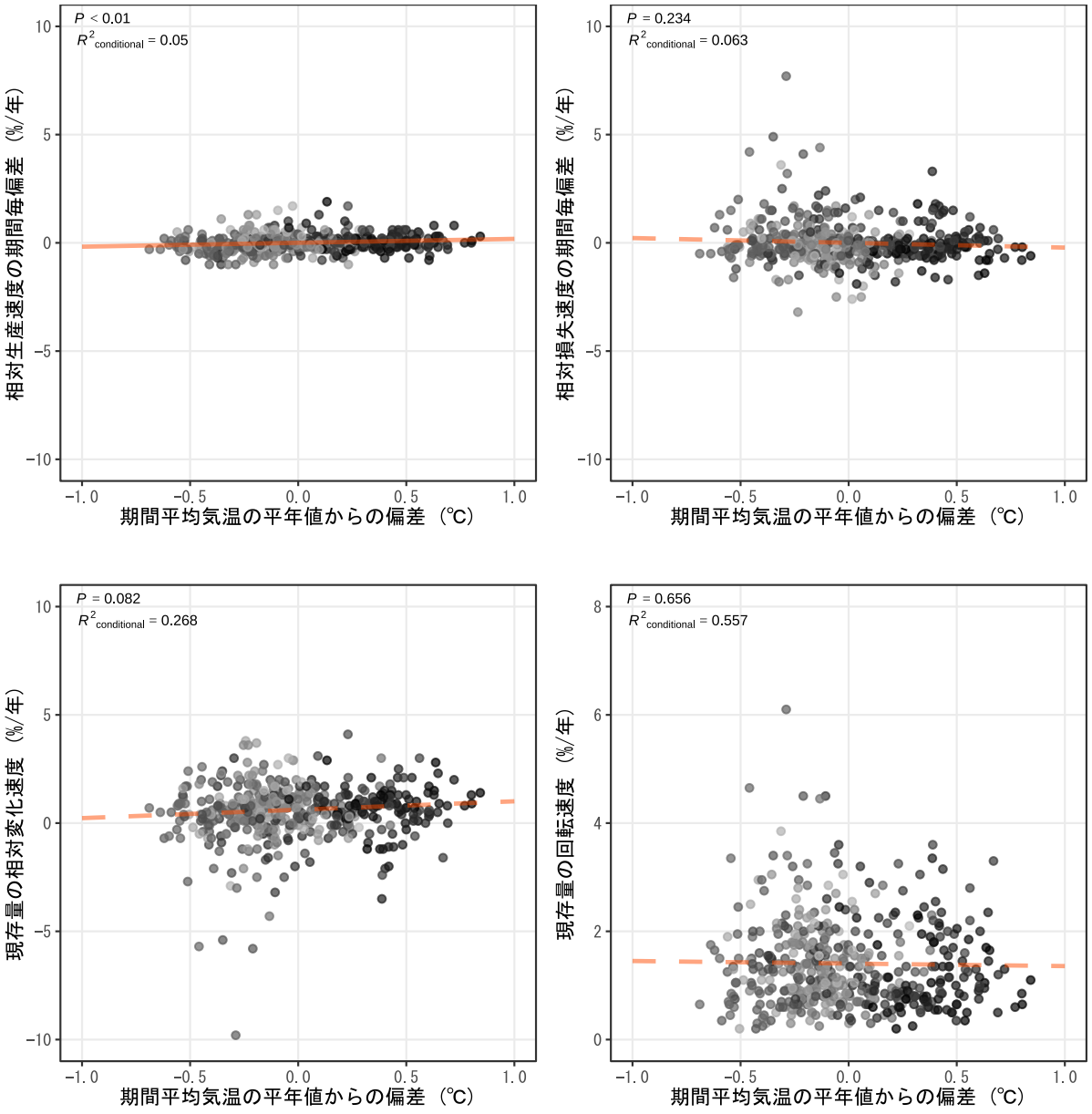


図 5-1-32　現存量の変動と気温変動の関係

各点は、各調査区の連続した２回の調査間での変化速度を示し、点の色は古い年ほど薄く、新しい年ほど濃い。気温の年変動は、各調査区における２回の調査間の年平均気温の過去 20 年間の平均との差として示した。線形混合モデルによる解析の結果に基づく回帰線を、統計的に有意（$P < 0.05$）であった場合に実線で、有意でない場合に破線で示す。

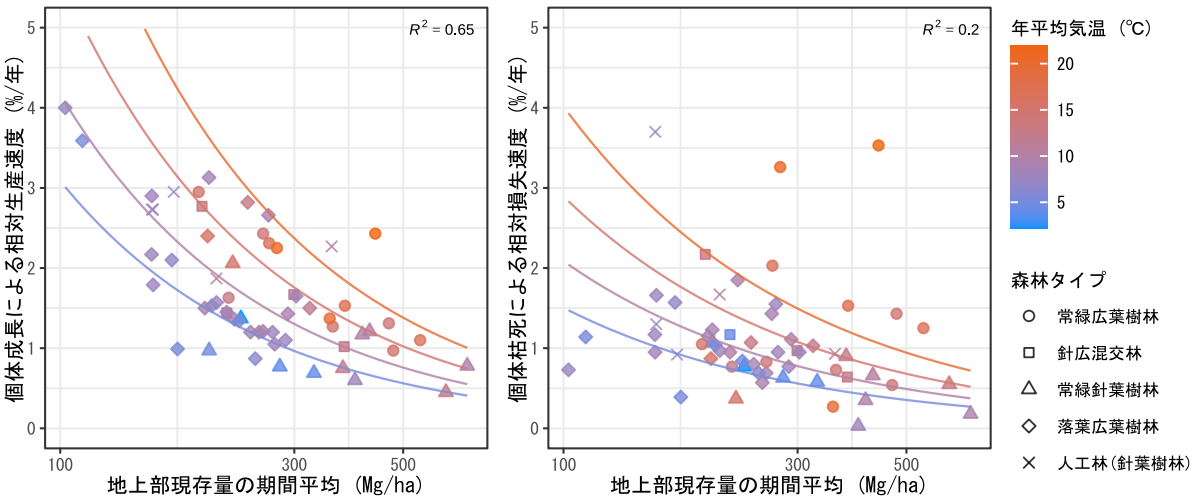


図 5-1-33　各調査区の現存量と、現存量の相対生産速度・相対損失速度との関係及び年平均気温との関係

曲線は、線形モデルの推定値に基づき、年平均気温を５℃、10℃、15℃、20℃とした場合の、相対生産速度・相対損失速度と地上部現存量の期間平均との関係を示す。

②樹木のリター生産量・地上部純一次生産量の変化と気温の関係

＜背景・目的＞

- 森林の炭素循環において、リターフォールによる土壌への有機物供給は重要な過程の一つであり、リター生産量（落葉量、落枝量、繁殖器官の落下量）と気象環境因子の関係を調べることで、気候変動によるリター生産量の変化を予測できる可能性がある。
- 前回までのとりまとめ報告書において、各調査区における年間落葉量と年平均気温及び他の気象環境因子との間に有意な関係は示されなかった。一方で、台風による強制落葉・落枝は、リター生産量に大きな変動をもたらすことが明らかになった。
- 最新のデータを加えて、より正確にリター生産量と気温との関係を検討する。

＜解析方法＞

- 各調査区において、各リタートラップにより回収されたリターについて、器官ごとに乾燥重量を測定し、回収時ごとのトラップ間の平均を求め、1 ha あたりの年間の落葉量、落枝量、繁殖器官の落下量を算出した。
- 各調査区の純一次生産量（NPP）を、毎木調査により推定した地上部現存量の生産量（個体成長により増加した地上部現存量）とリター生産量（落葉量、落枝量、繁殖器官の落下量）の和として求めた。毎木調査が５年間隔の奄美・青葉山サイトの生産量は、１年間当たりの生産量に補正した値で補間した。
- リタートラップ調査を実施している調査区において、リター生産量と純一次生産量の傾向を把握するために、リター生産量及び地上部現存量の生産量の５年ごとの平均値（５年移動平均）と、年平均気温と年間降水量の平年値からの偏差の５年ごとの平均値（５年移動平均）を経時的に示し、生産量の変動と気候変動との関係性を可視化した。
- 全国的な生産量の傾向を把握するために、全調査期間（2004～2022 年）の生産量（落葉量、落枝量、繁殖器官の落下量、純一次生産量）の平均値を応答変数、各調査区の平均気温を説明変数として、外れ値の影響を考慮したロバスト線形回帰分析により、森林の生産量と気温との関係を調べた。
- 森林の生産量に対する気温変動の影響を明らかにするために、各生産量を応答変数、気温の変動（各調査区における２回の調査間の平均気温の平年値（過去 20 年間の平均）からの差）を説明変数、調査区をランダム効果とする線形混合モデル（LMM）による解析を行った。また、純一次生産量から値の変動の大きい落枝量を除いた値も応答変数として、気温変動との関係を調べた。

＜結果＞

- 森林タイプによって年間落葉量の平均値は異なり、常緑針葉樹林で 2.78±0.89（Mg/ha/年）、落葉広葉樹林で 3.19±0.67（Mg/ha/年）、針広混交林で 3.22±0.77（Mg/ha/年）、常緑広葉樹林で 4.34±0.82（Mg/ha/年）となった。
- 森林タイプによって純一次生産量の平均値は異なり、常緑針葉樹林で 7.43±2.2（Mg/ha/年）、針広混交林で 7.74±1.80（Mg/ha/年）、落葉広葉樹林で 6.54±1.57（Mg/ha/年）、常緑広葉樹林で 10.9±1.48（Mg/ha/年）となった。
- 調査期間中（2004～2022 年）の年間の落葉量・純一次生産量について、全調査区に共通した明瞭な傾向は見られなかったが、大佐渡、与那のように変動が激しい調査区も見られた。（図 5-1-34）。
- 調査期間中の各調査区の落葉量及び純一次生産量と平均気温には、有意な正の相関が示されたが、落枝量及び繁殖器官の落下量と平均気温には、有意な相関は示されなかった（図 5-1-35）。
- 調査期間の落葉量と気温変動には有意な負の関係が示された。また、調査期間の純一次生産量と気温変動には有意な相関は示されなかったが、純一次生産量から落枝量を除いた値と気温変動には有意な正の相関が示された（図 5-1-36）。

＜考察＞

- 落葉量及び純一次生産量において、調査区の平均気温は大きく影響しており、期間中に台風攪乱のない調査区で解析すると、落枝量と平均気温にも有意な正の相関が示された。繁殖器官の落下量は平均気温とは関係が示されなかった。
- 純一次生産量の経時的な傾向は調査区によって異なり、苫小牧成熟林、大佐渡、田野二次林などのように、純一次生産量に対する落葉量の割合が減少し、成長量（地上部現存量の増加量）の割合が増加している調査区が見られた。一方、明瞭に落葉量の割合が増加した調査区は確認できなかった。
- 気温が高い時期に落葉量が減少している一方で、純一次生産量（落枝を除く）は増加していることより、気温変動が純一次生産量の変動に影響していることが示された。
- 気温が高い時期に落葉量が減少する要因については明らかではなく、森林タイプや林齢、攪乱の有無などを考慮した解析も必要である。

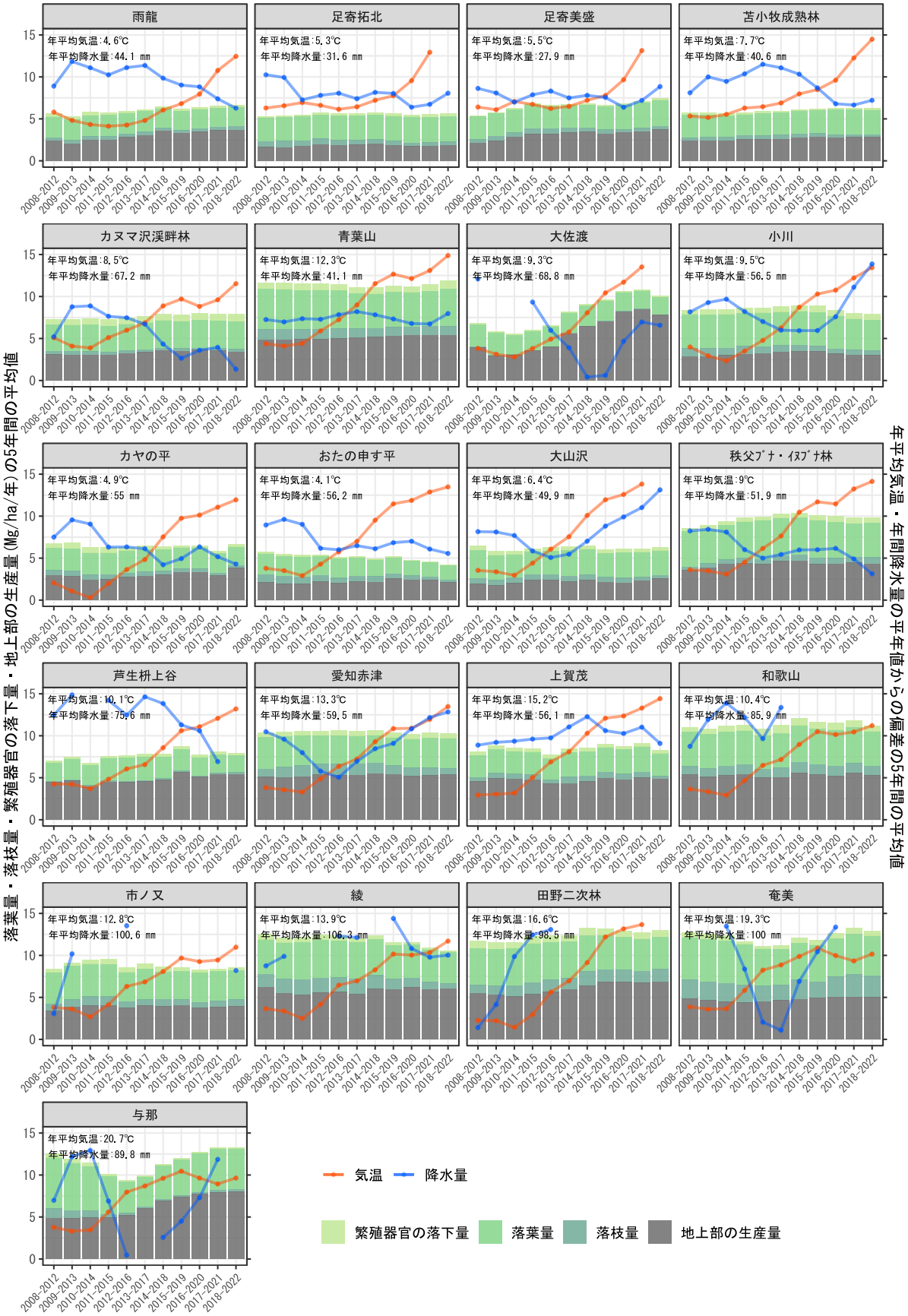


図 5-1-34　各調査区における５年ごとの生産量の変動と気温・降水量の変動

気温・降水量の値は、各調査区における相対値を示す。

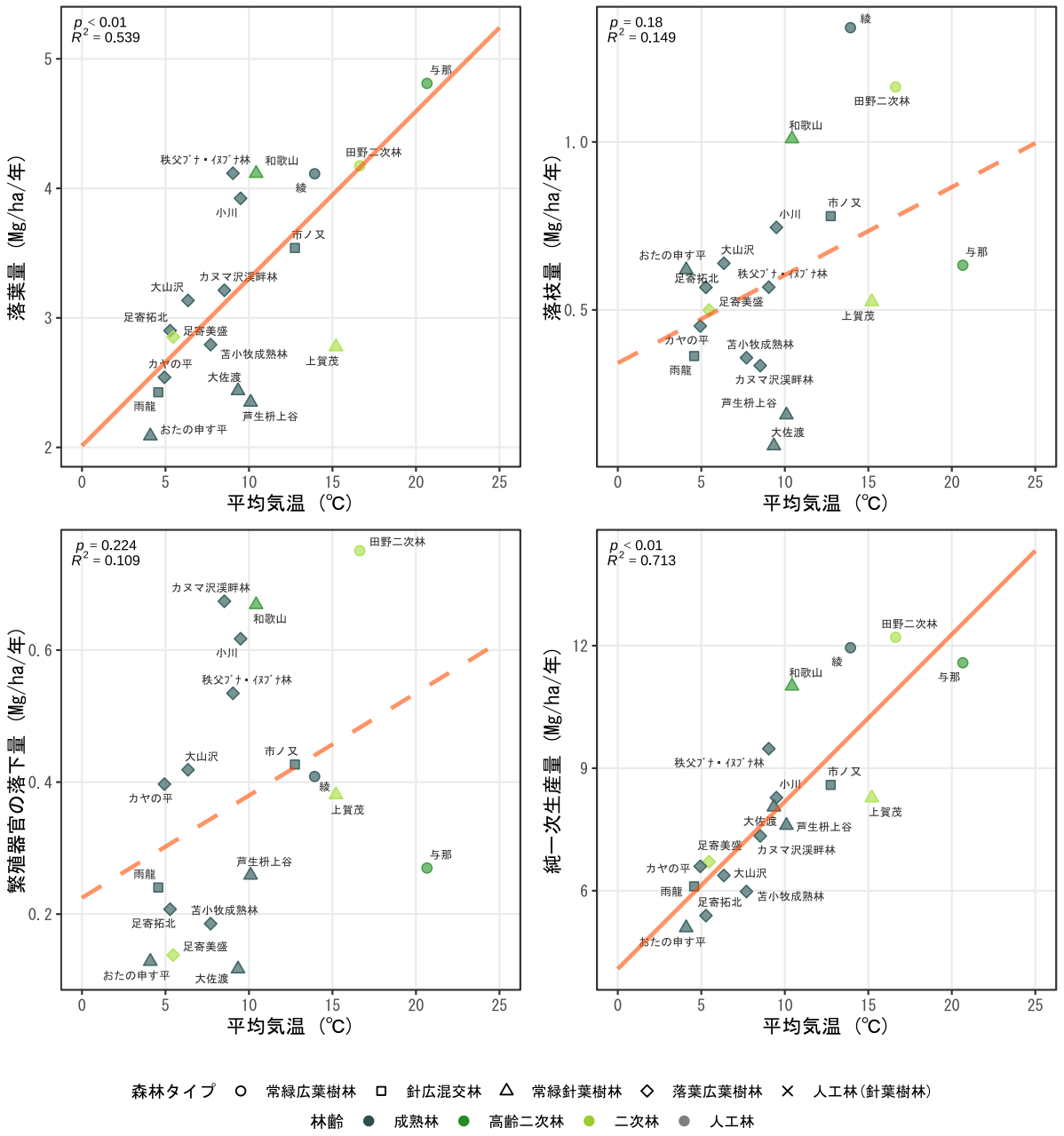


図 5-1-35　各調査区の生産量と気温との関係

平均気温及び、生産量の値は、各調査区の全調査期間（2004～2022 年）における平均値を示す。

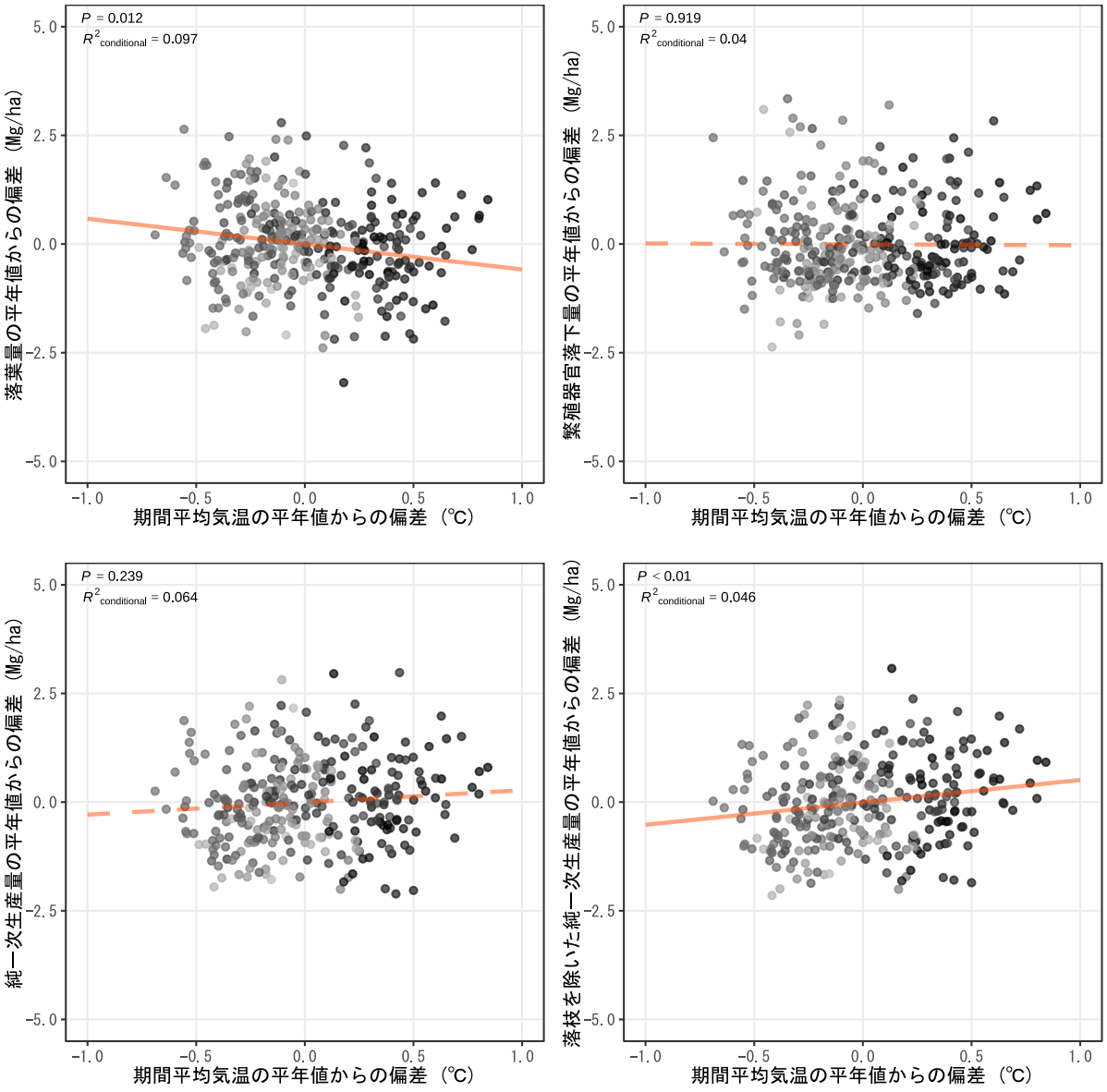


図 5-1-36　落葉量、繁殖器官落下量、純一次生産量と気温変動の関係

各点は、各調査区の連続した２回の調査間での落下量・生産量を示し、点の色は古い年ほど薄く、新しい年ほど濃い。気温の年変動は、各調査区における２回の調査間の年平均気温の過去 20 年間の平均との差として示した。線形混合モデルによる解析の結果に基づく回帰線を、統計的に有意（$P < 0.05$）であった場合に実線で、有意でない場合に破線で示す。

③堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の変化と気温・降水量の関係

＜背景・目的＞

- 気候変動は、林冠から供給されるリターの質や量、分解者によるリター分解過程に影響を及ぼすことで、林床の有機物蓄積量を変化させ、森林生態系の炭素動態や林床に生息する生物に影響を及ぼすことが考えられる。
- 第１期とりまとめ報告書では、温暖な森林ほど堆積落葉量や表層土壌の炭素濃度が小さく、森林の炭素蓄積の内、落葉層と土壌に蓄積される割合が低いことが示された。気温の上昇は、各地の森林を、より分解活性が高く、堆積落葉量や土壌炭素濃度の低い森林へと変化させる可能性がある。
- 第２期とりまとめ報告書では、年々の気象条件の変動と堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の変動との対応関係を解析して、気温上昇や降水・降雪パターンの変化が林床の有機物蓄積に及ぼしうる影響について検討した。その結果、多雪地の森林では冬季の降水量・降雪量が多い年ほど翌夏の堆積落葉量が多い傾向が示された。
- 第３期とりまとめ報告書では、堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の変化傾向と、気温・降水量の変化傾向との対応関係を検証したが、明確な関係は見出されなかった。今回、新たに第４期のデータを加え、これらの林床環境の構成要素の変化傾向と平均気温・降水量の変化傾向との対応関係を再度検討した。

＜解析方法＞

- 調査区ごとに堆積落葉量・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の変化傾向（単調増加／減少傾向）を求め、これらと年平均気温・年間降水量の変化傾向との相関関係を調べた。
- 堆積落葉層の乾重・土壌の炭素濃度・セルロース紙の分解速度定数を応答変数、年を説明変数、サブプロットをランダム効果（ランダム切片）とする一般化線形混合モデル（GLMM）を調査区ごとに当てはめ、推定された年の係数をもって年変化傾向とした。各応答変数はガンマ分布に従うと仮定し、リンク関数として自然対数を用いた。また、年平均気温・年間降水量を応答変数とする線形回帰モデルを調査区ごとに当てはめ、推定された年の項の係数を年変化傾向とした。
- 得られた堆積落葉層の乾重・土壌炭素濃度・セルロース分解速度の年変化傾向を応答変数とし、調査区ごとの年平均気温・年間降水量の変化傾向を説明変数とする線形回帰モデルによってこれらの変数間の関係性を調べた。

＜結果＞

- 堆積落葉層乾重及び土壌炭素濃度の変化傾向は増加にも減少にも偏っていなかったが、セルロース分解速度は夏期においても冬期においても負の値が多く、全国的な低下傾向を示していた（図 5-1-37 の縦軸）。

- 各調査サイトにおける堆積落葉層乾重・土壌炭素濃度の変化傾向には各地の平均気温と年間降水量の変化傾向との関係はなかった。
- 夏期・冬期のセルロース分解速度の変化傾向はともに、平均気温の変化傾向との関係は見られなかったが、年間降水量の変化傾向と正の関係があり、降水量の変化傾向が減少の方向に傾いたサイトほど分解速度が低下していた（図 5-1-37）。

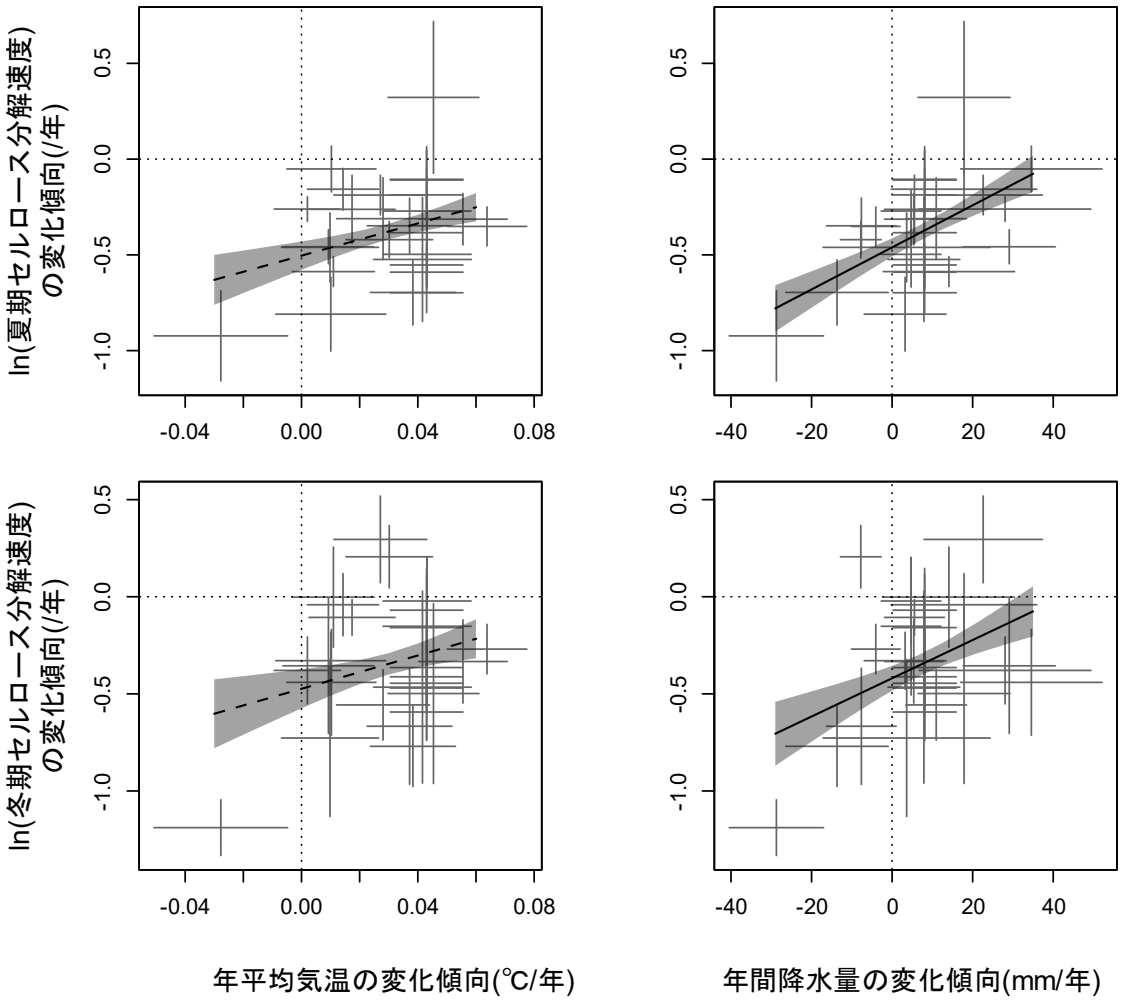


図 5-1-37　気温及び降水量の変化と夏期・冬期のセルロース分解速度の自然対数の変化の関係

予測直線±標準誤差を示す（実線：統計的に有意な効果、点線：有意でない効果）。十字は各調査区の変化傾向の標準誤差を示す。

＜考察＞

- セルロース分解速度の低下は降水量が減少したサイトで特に顕著だったが、林床環境の乾燥によって分解者活性が低下したことが要因として考えられる。また、

年間降水量が減少していないサイトでも分解速度の低下が見られたが、降水の集中化に伴う無降水日の増加によって季節的に林床環境の乾燥化が進んだ場合、同様に分解者活性が低下した可能性がある。

- 気温が上昇してきたサイトで予想された炭素濃度低下・セルロース分解速度の上昇は見られなかったが、さらに長期的な気温上昇によってこれらの変化が生じてくることは考えられる。
- 現時点ではセルロース分解速度は全国的に低下傾向であり、また樹木の地上部現存量は全国的に増加傾向（５．１.（１）２）①）であることから、成熟林を含むコアサイトの多くで森林生態系全体の炭素蓄積量が増大する傾向にある、すなわち正味の二酸化炭素の吸収・固定が進んでいることが示唆される。

３）種子生産の変化

①種子生産量の地域間・地域内の同調性

＜背景・目的＞

- 様々な樹種において、年によって結実量・種子生産量が変動する豊凶現象（マスティング）が知られている。この現象は気象環境とも関連すると考えられていることから、気候変動によって種子生産の豊凶現象の変化が生じる可能性がある。
- 前回までのとりまとめ報告書において、解析対象とした樹種の多くで、調査区間で種子・果実生産の年変動に明確な同調性が見られ、また、全体的に地理的に近い調査区ほど同調する傾向が見られた。
- 最新のデータを追加して解析をより正確にし、長期のデータを用いることで同調性の経時的な変動を調べた。

＜解析方法＞

- 2008 年度以降に４調査区以上で落下種子・果実が見られた種、及び３調査区で見られた種のうちアラカシとイヌブナについて、調査区ごとに標準化した落下種子・果実の個数、乾燥重量の年変動を示した。ただし、スダジイとツブラジイは、年やサイトによって同定や表記にぶれが見られたため、「シイ属」としてまとめて示した。
- 各樹種の種子・果実生産量の年変動の調査区間での同調性を確かめるために、各年の種子・果実生産量を各調査区内で標準化（各年の種子・果実生産量/全調査年の標準偏差）し、各２調査区間で相関係数を求めた。また、全調査区を通じた同調性として Loreau & de Mazancourt (2008)の同調性指数を計算した。
- 落下種子・果実の量の全体の傾向を把握するために、各樹種について、８年間ごとの標準化した個数と同調性指数の全調査区平均を求め、時系列に示して推移を確認した。
- 各樹種の種子・果実生産量の同調性の地理的傾向を調べるため、調査区間の相関係数と地理的距離の関係を示し、地理的距離の行列を用いてマンテル検定を行った。また、属までしか同定されていない場合が多く、含まれる種数も多かった「カエデ属」と「コナラ属」についても同様の解析を行った。
- 各調査区における樹種間の種子・果実生産量の同調性を調べるため、同じ調査区で一定量以上の種子・果実が見られた全樹種の年変動について種間で相関係数を求め、上記と同様の解析を行った。

＜結果＞

- シイ属の 2010・2018 年、ミズナラの 2019 年、アカシデ・イヌシデの 2011・2019 年などのように、異なる調査区間で種子落下量が同調している種・年が見られた（図 5-1-38)。
- 落下種子・果実の同調性指数及び個数の変動は種によって様々で、全種に共通した傾向は見られなかったが、ダケカンバ、ヤマザクラ、ヤマブドウ、ヒノキのように近年、落下種子・果実の個数が減少する一方で同調性指数が高くなっている樹種も確認された（図 5-1-39)。
- ウダイカンバ、アカシデ、イタヤカエデなど解析対象種の多くで、調査区間で種子・果実生産の年変動に明確な同調性が見られ、地理的に近い調査区ほど同調する傾向が見られた。ブナ、カツラ、ヒノキなどのように、数 100～1,000km の非常に広い範囲に渡って同調性の高い種も確認された（図 5-1-40)。
- 調査区内の樹種間でも種子・果実生産の年変動に同調性が見られ、特に同じ属内や科内では同調性が高かった（図 5-1-41)。

＜考察＞

- 多くの樹種で広域に渡って同調性が検出できたことから、解析対象種において広域での豊凶の予測がある程度可能であることが示唆された。
- 豊凶現象は数年を一周期とする現象であり、今回の解析対象としたデータではそれぞれの種で数回豊作を検出できたに過ぎない。そのため、今回得られた傾向が普遍的な現象なのか、もしくは最近 15 年間に固有の現象であるのか、さらには各樹種の豊凶パターンやその同調性に気候変動による影響が生じているのかを検証するためには、より長期間のモニタリングが必要である。

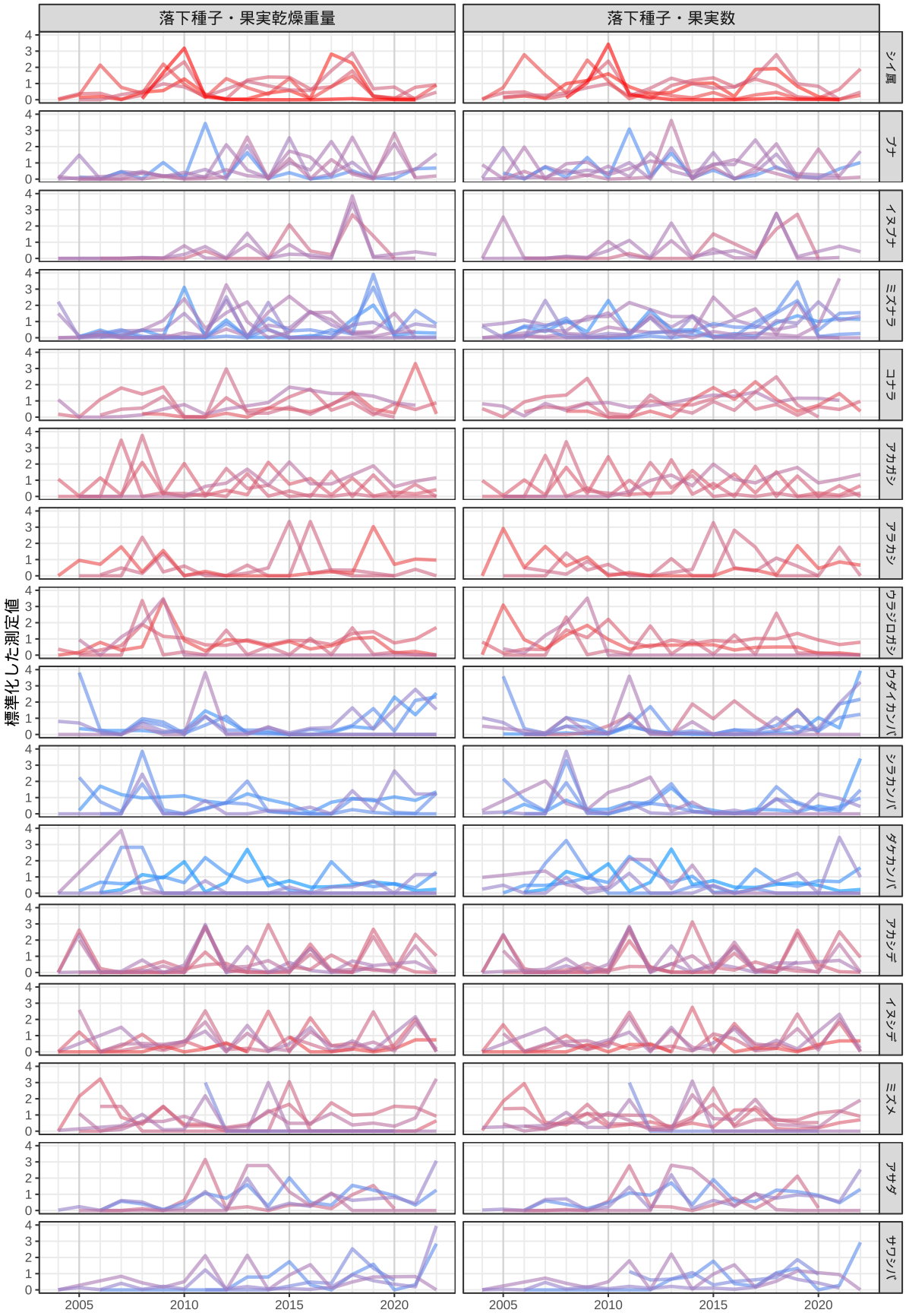


図 5-1-38　主要樹種の各調査区における種子・果実生産量の年変動

折れ線は調査区ごとの経時変化を示し、線の色は調査区の平均気温（赤が高く、青が低い）を示す。

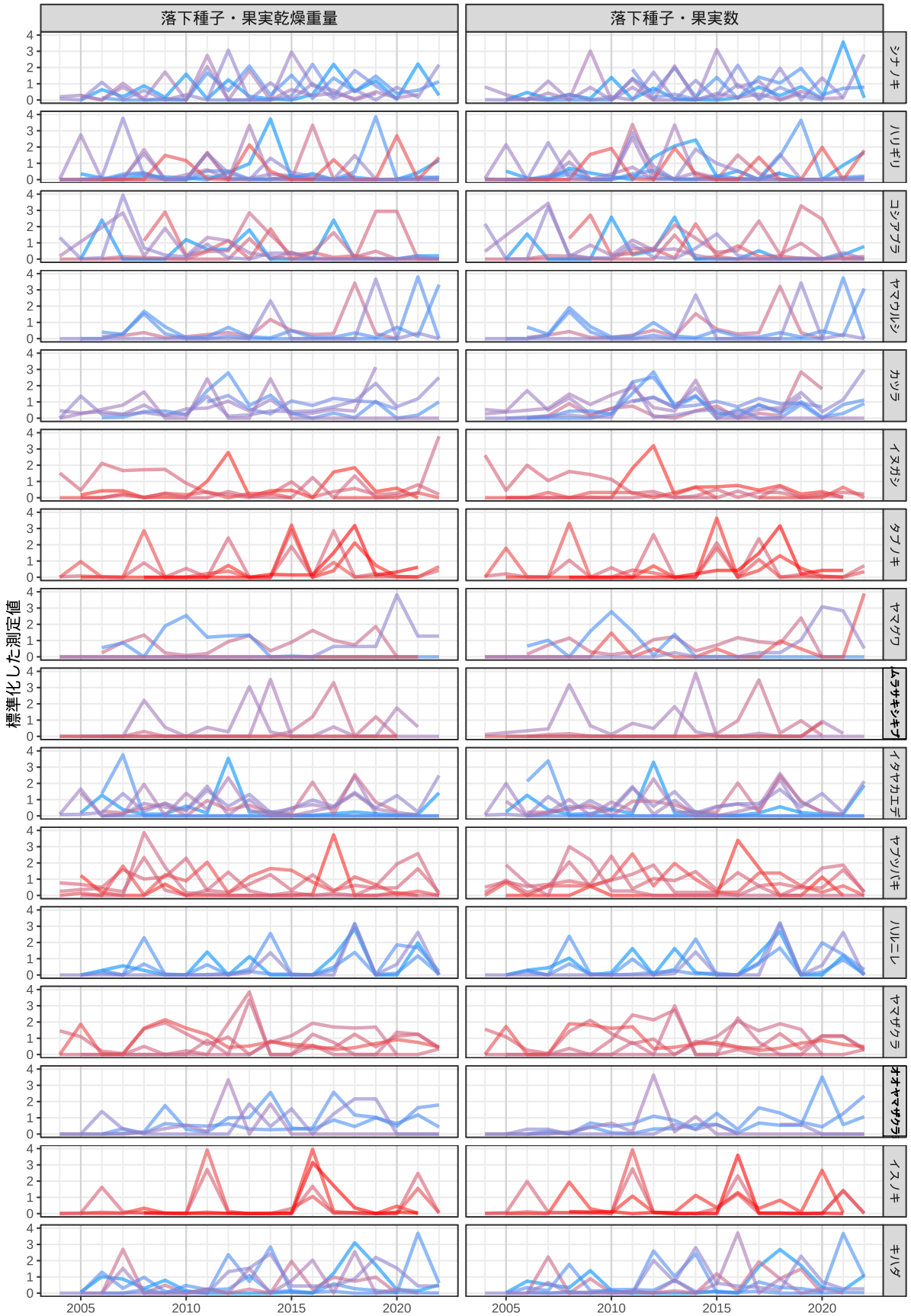


図 5-1-38　主要樹種の各調査区における種子・果実生産量の年変動（続き）

折れ線は調査区ごとの経時変化を示し、線の色は調査区の平均気温（赤が高く、青が低い）を示す。

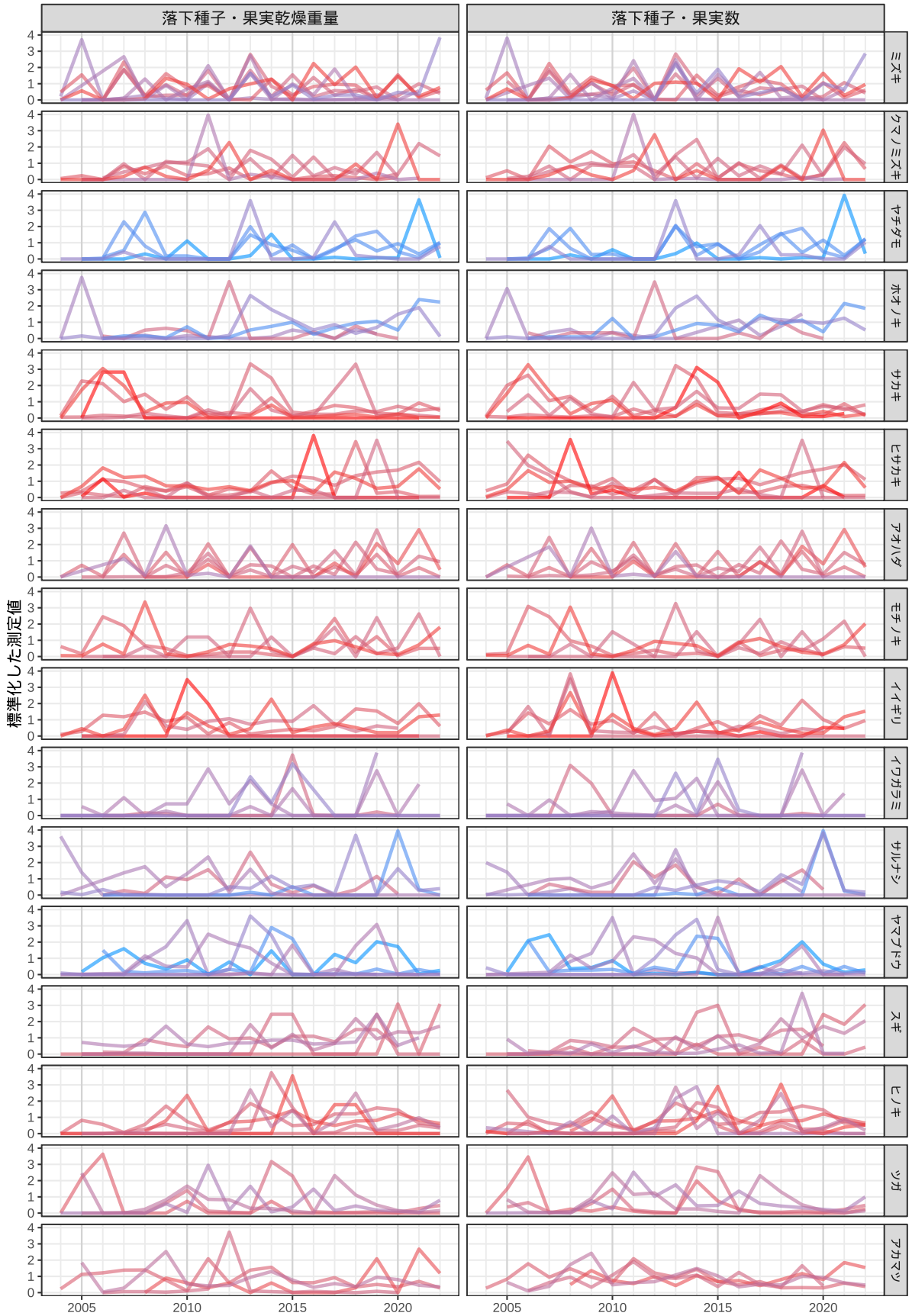


図 5-1-38　主要樹種の各調査区における種子・果実生産量の年変動（続き）

折れ線は調査区ごとの経時変化を示し、線の色は調査区の平均気温（赤が高く、青が低い）を示す。

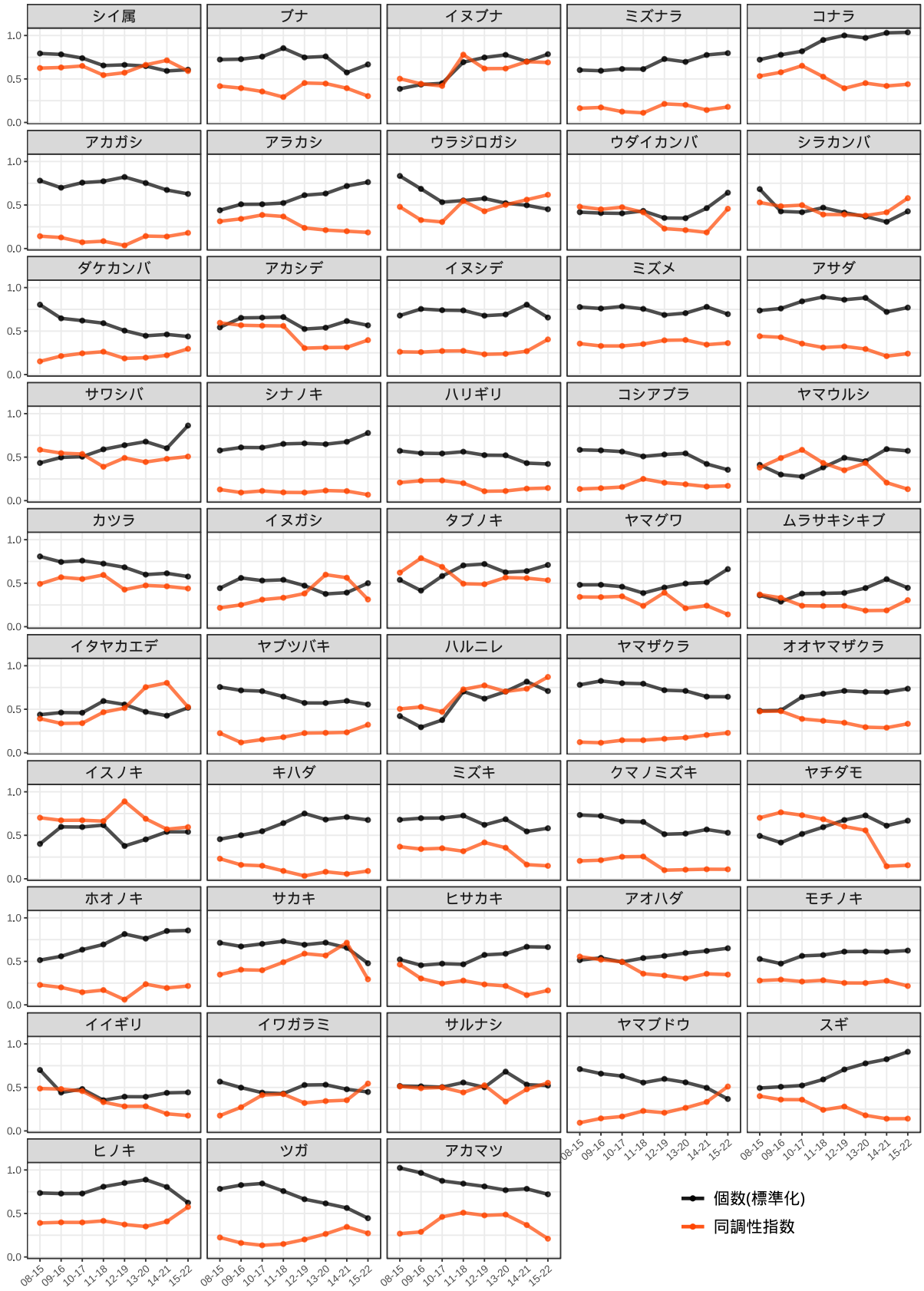


図 5-1-39　各樹種の落下種子・果実における８年間ごとの個数と同調性指数の推移

黒線は各樹種において標準化した個数の全調査区平均の8年間ごとの平均値、赤線は8年間ごとの全調査区間の同調性指数を示す。横軸の数値は、西暦年の下二桁を表す。

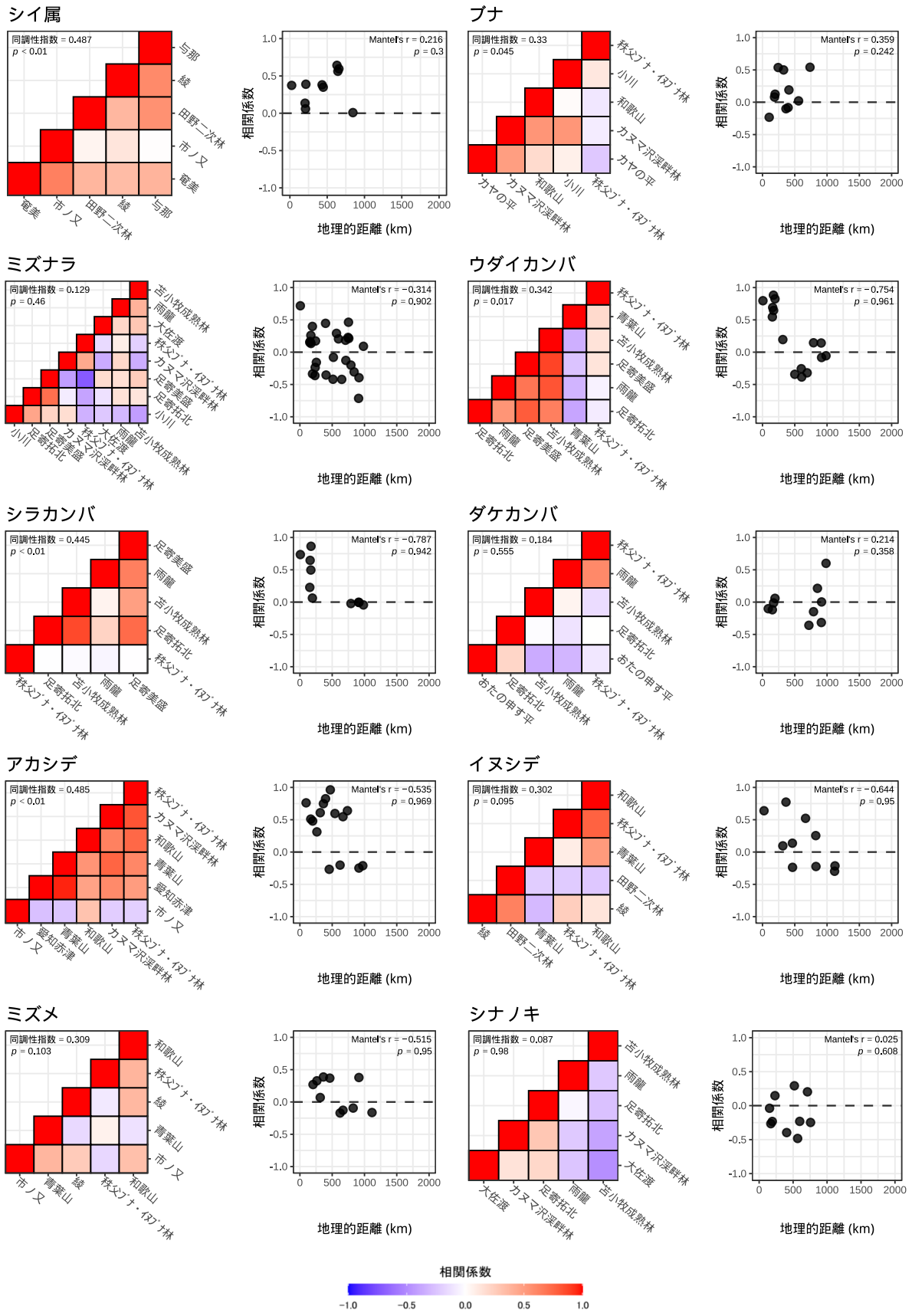


図 5-1-40　各樹種における種子・果実生産（個数）の年変動の調査区間での同調性と地理的距離の関係

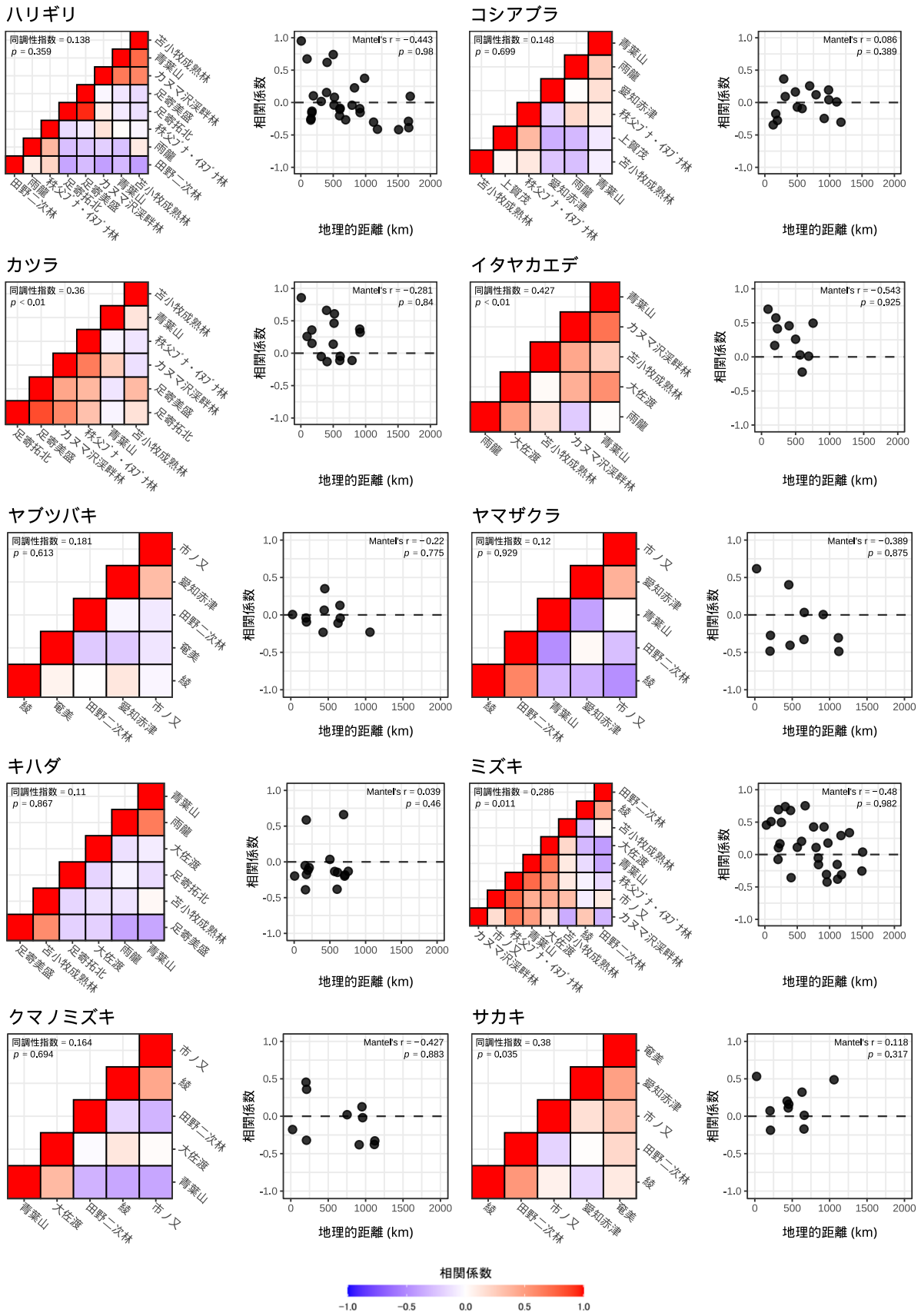


図 5-1-40　各樹種における種子・果実生産（個数）の年変動の調査区間での同調性と地理的距離の関係（続き）

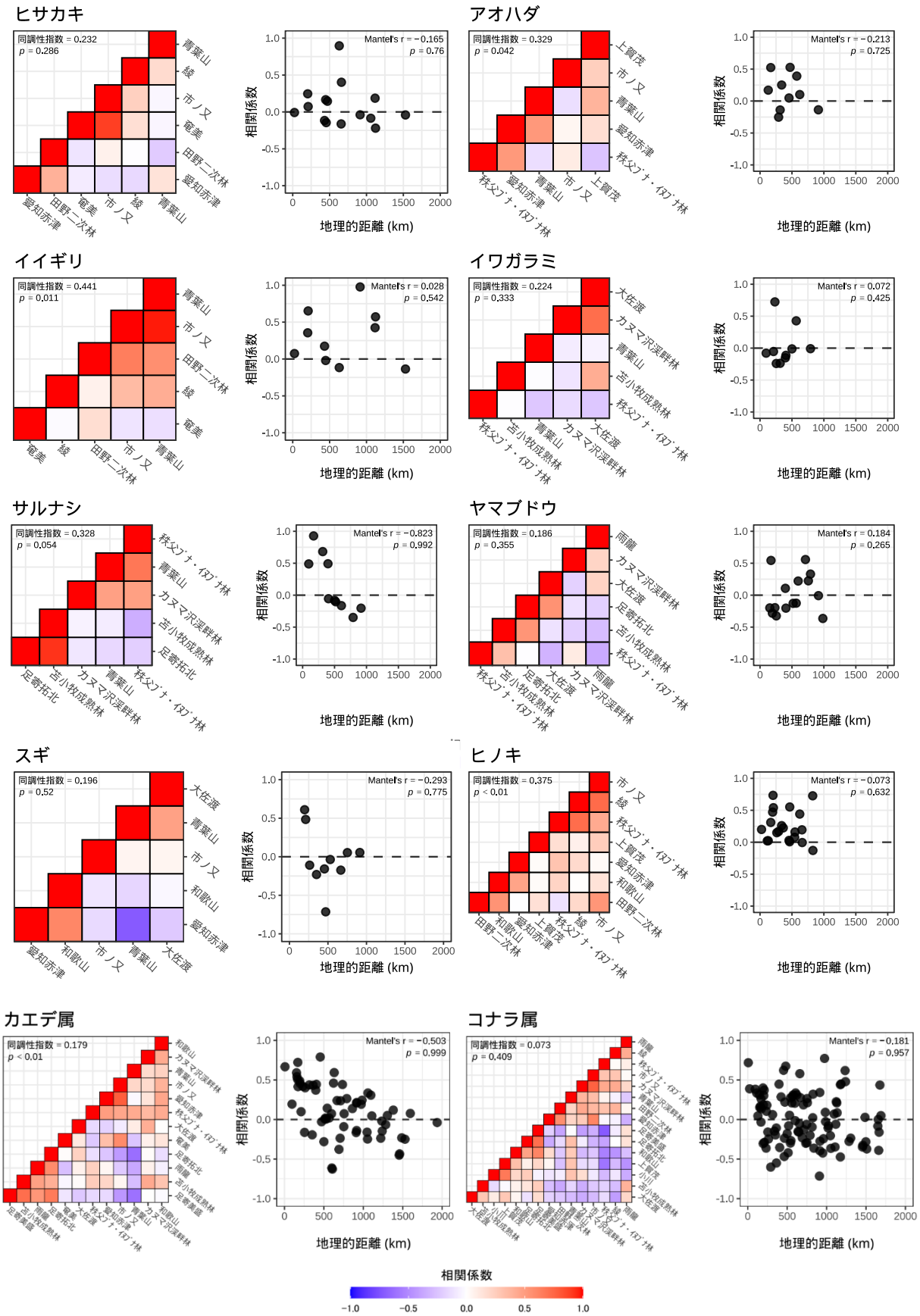


図 5-1-40　各樹種における種子・果実生産（個数）の年変動の調査区間での同調性と地理的距離の関係（続き）

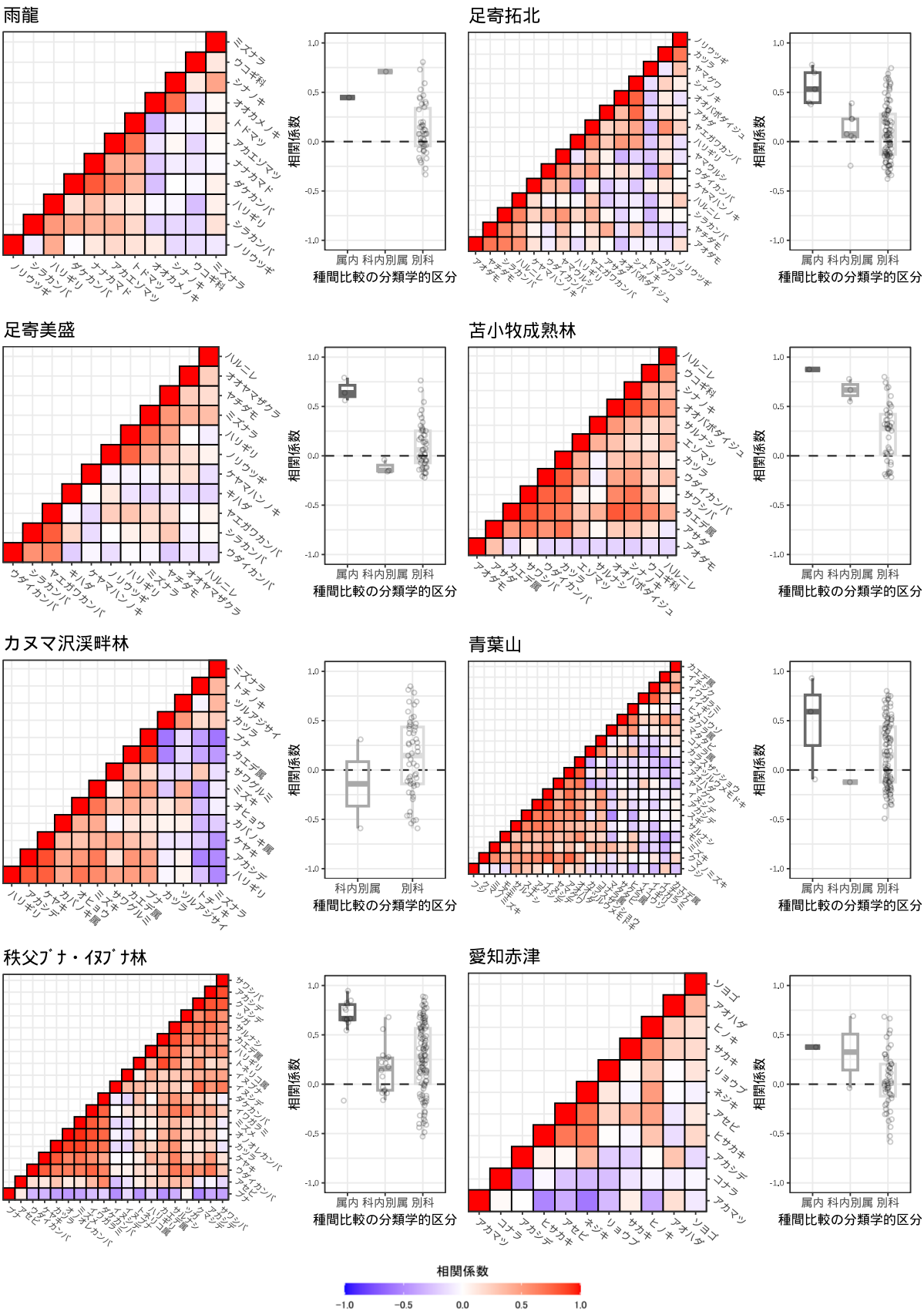


図 5-1-41　各調査区における種子・果実生産の年変動の樹種間での同調性

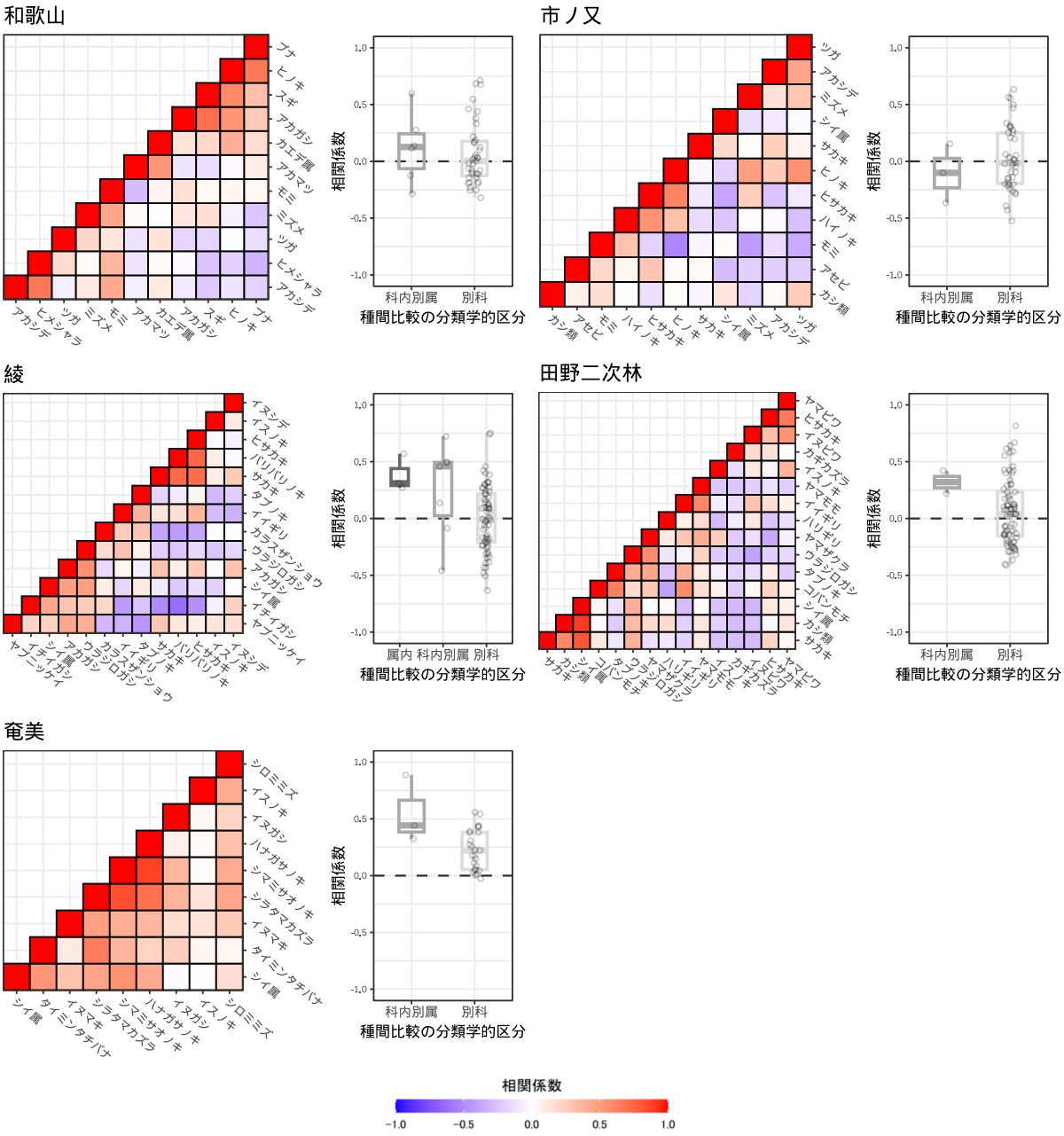


図 5-1-41　各調査区における種子・果実生産の年変動の樹種間での同調性（続き）

４）季節性の変化

①鳥類の繁殖時期の変化

＜背景・目的＞

- 気候変動により鳥類の繁殖時期が変化する可能性が国内外で示されている。しかしそうした研究はツバメやカッコウ、コムクドリなどの比較的身近で調査が容易な種に偏っており、長期間にわたって高頻度で調査することが簡単でない森林の鳥類への影響はあまり知られていない。
- そこで、IC レコーダ及び温度ロガーといった自動計測機器による調査を実施した。

＜解析方法＞

- 「さえずりが活発になった日」と「巣立ち日」を繁殖時期の指標として用いた。
- 「さえずりが活発になった日」は、カヤの平では 2009 年から、苫小牧・雨龍では 2010 年から、足寄では 2011 年から IC レコーダを設置し、日の出から日の出１時間後を含むように、タイマー録音により調査した。
- レコーダ回収後、日の出前後の 10 分間と、日の出１時間後までの 10 分間の計 20 分について、２分区切りで各種鳥類がさえずっていたかどうかを記録した。
- ヤブサメ、センダイムシクイ、コルリ、キビタキ、クロジについて、前後を含む３日間移動平均を計算し、そのピークから 50%の頻度になった日を「さえずりが活発になった日」とし、さえずりが活発になった日を応答変数とした一般化線形モデル（GLM）（誤差分布は正規分布）にて、説明変数に４月の平均気温、５月の平均気温、４月の降水量、５月の降水量、調査サイトを用いて、AIC によるモデル選択を行い、各種のさえずり時期に影響を及ぼす気象要因について検討した。
- 「巣立ち日」の調査は秩父演習林で 2011 年から約 10 個の温度ロガー付きの巣箱を設置し、ヤマガラの繁殖成功率と繁殖時期を記録した。
- 温度ロガーからわかるヤマガラの巣立ち時期（植田ら 2007）及び繁殖成功率と各年の気象条件との関係を集計した。

＜結果＞

- ヤブサメ、センダイムシクイ、コルリ、キビタキ、クロジのさえずりが活発になった時期と、４月の気温、５月の気温、４月の降水量、５月の降水量についてモデル選択を行ったところ、最適モデル及びそれに準ずるモデルにはいずれの種でも５月の平均気温が含まれ、ヤブサメを除き、有意な影響があり、暖かい年ほど早くさえずりが活発になった（図 5-1-42）。
- ヤブサメについては、４月の降水量が有意な影響があり、降水量が多いほどさえずり時期が遅くなった。

- 秩父演習林のヤマガラの巣立ち時期には、4 月末までの積算気温が影響しており、積算気温が高いほど早く巣立った（図 5-1-43）。
- ヤマガラの繁殖成功率は全般的に高かったが、積算気温が高い年には、繁殖成功率の低い年もあった（図 5-1-43）。
- 繁殖に失敗した巣は、卵が残っており、産座が踏み固められていないことから、繁殖の早い時期（産卵期や抱卵期）に失敗したものと考えられた。

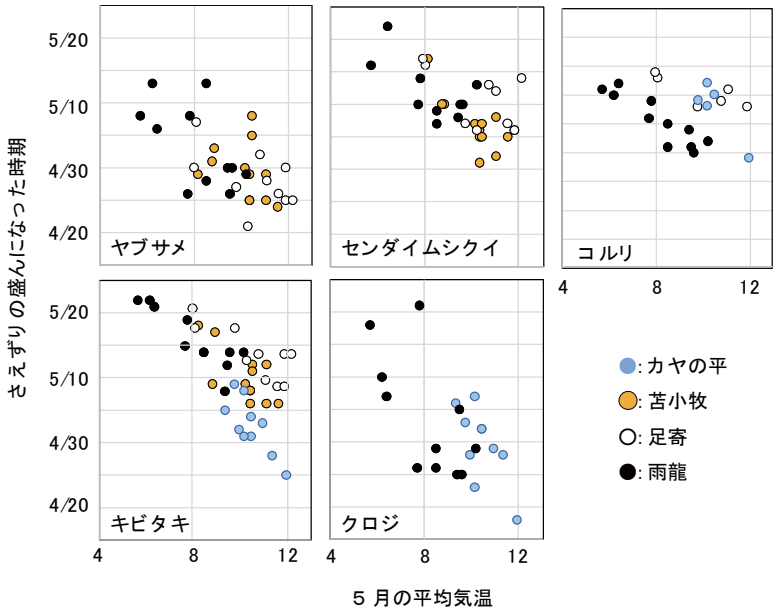


図 5-1-42　各種鳥類のさえずりが活発になった日と５月の平均気温との関係

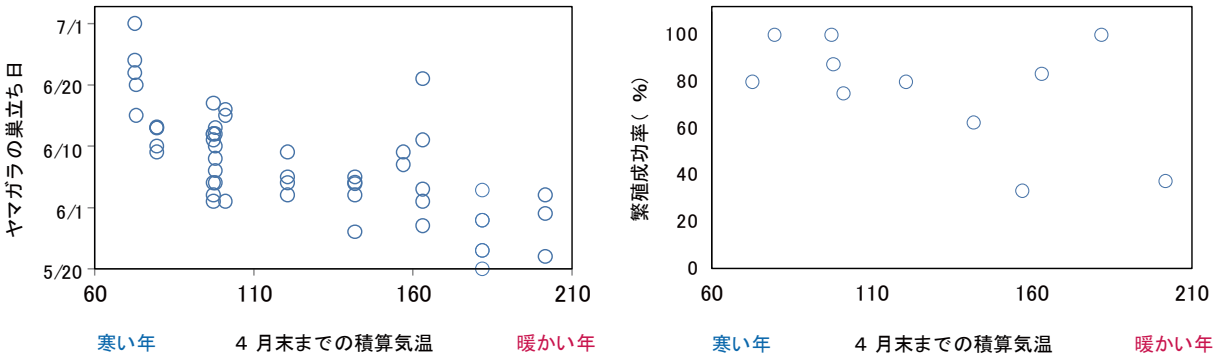


図 5-1-43　秩父サイトのヤマガラの巣立ち日及び繁殖成功率と４月末までの積算気温の関係

＜考察＞

- 解析対象となった種はいずれも気温とさえずり時期もしくは巣立ち時期と関係があり、今後、温暖化が進むと繁殖時期も早くなると考えられた。
- ヤブサメは降水量と関係があったが、これまでの国外の研究では降水量が多いと早く繁殖するという関係だったが（Møller et al. 2015)、今回の結果はそれとは逆の関係だった。天候が悪いと融雪が進みにくいなど、国外とは別のかたちで降水量が関係していると思われる。
- ヤマガラでは、気温の高い年に繁殖成功率の低い年があった。繁殖段階の早い時期での失敗と考えられ、早く繁殖した年には、寒の戻りがあったときに繁殖に失敗する可能性が考えられ、今後、そうした原因の解明を行っていく予定である。

②鳥類の繁殖時期の変化予測

＜背景・目的＞

- 前項（５．１．（１）４）①）で、気温と鳥類の繁殖時期との関係が明らかになった。その結果を基に、温暖化シナリオ別の将来の鳥類の繁殖時期の予測を試みた。

＜解析方法＞

- ５．１．（１）４）①でさえずり時期と気温の関係を解析することができた種のうち、キビタキはさまざまな植生、さまざまな標高に広く分布しており、全国予測が可能なので、キビタキについて将来予測をすることとした。
- ５．１．（１）４）①の秩父サイトにおけるヤマガラの巣立ち時期と気温の関係についても、秩父サイトにおける将来予測をすることとした。
- 将来予測は農研機構メッシュ農業気象データ（農研機構 online）のシナリオ別の気温予測のデータを利用し、2050 年前後のデータとして、うるう年を除いた 2047 年、2049 年、2050 年、2051 年、2053 年の５年間のデータを、2100 年以前のデータとして 2095 年、2097 年、2098 年、2099 年、2100 年の５年間のデータをもちい、RCP2.6（２℃上昇シナリオ）と RCP8.5（４℃上昇シナリオ）の下で予測を行い、各５年の平均値を図示した。
- キビタキのさえずり時期の調査は調査地が寒冷な場所に偏っているため、その結果を基に温暖な場所の予測をする点に問題がある。そこで、今回の予測モデルのデータとして利用した気温の範囲内に平均気温が該当する範囲、すなわちモデルによって適切に予測できていると考えられる範囲を、地図上に示した。

＜結果＞

- キビタキのさえずり時期は両シナリオとも全国的に早くなり、特に４月 25 日までにさえずりの活発な時期を迎える範囲が大きく北上した（図 5-1-44）。
- ヤマガラの巣立ち時期もいずれのシナリオでも早くなった。２℃上昇シナリオではそれほど早まらなかったが、４℃上昇シナリオの 2100 年は中央値で 20 日近く早まった（図 5-1-45）。

＜考察＞

- キビタキのさえずり時期に関しては、モデルを作成した調査地より温暖な範囲も多かった。こうした範囲については予測の確からしさが不明であるため、バードリサーチが行っているキビタキの初認調査（バードリサーチ online）の結果と比較したところ、温暖な地域についても適切な時期を予測できていると考えられた。
- 夏鳥のさえずり時期には、渡りのタイミングも大きく影響する。渡りのタイミングには日本の気温ではなく、越冬地や中継地の気象条件も影響すると考えられるため、越冬地や中継地の気象の変化と日本の気象の変化が異なった場合、越冬地

や中継地の影響を受け、日本の気温での予測通りキビタキがさえずり時期を早めるかどうかはわからない。ヨーロッパに渡来する夏鳥のマダラビタキの研究では、気候変動に対して十分に繁殖時期を早めることができず、繁殖成績が低下していることが示唆されている（Both et al. 2006）。日本でも同じようなことが起きる可能性がある。

- 秩父サイトのヤマガラは一年中同地に生息している留鳥のため、キビタキと比べると気温への対応がしやすいと考えられるが、５．１．（１）４）①では、気温が高く早く繁殖した年には繁殖失敗が増える年があることが示された。現在、秩父では、繁殖に失敗した場合に再繁殖をしないため、繁殖失敗の影響は大きいが、さらに暖かくなって繁殖時期が早まると、再繁殖するようになって繁殖失敗の影響が小さくなるかもしれない。こうした繁殖生態の変化も含め、モニタリングしていく必要がある。

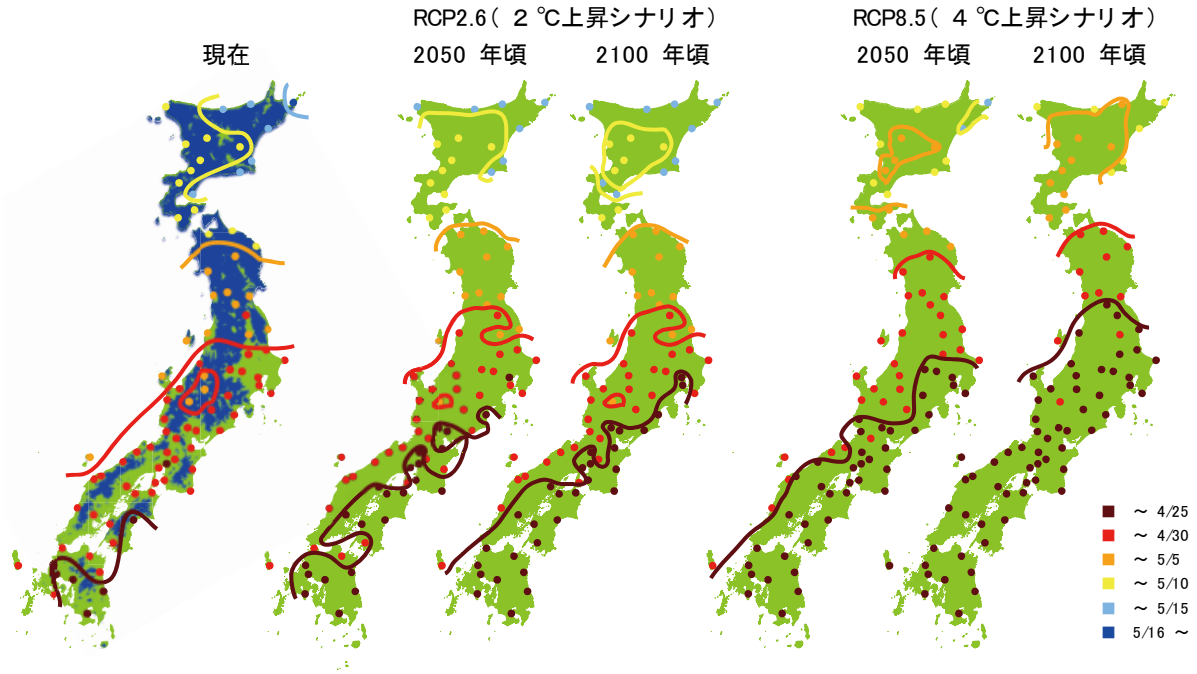


図 5-1-44　キビタキのさえずりが活発になる時期の将来予測

現在の地図の青く塗った範囲が、モデルを作成したデータの気温範囲に含まれる地域。

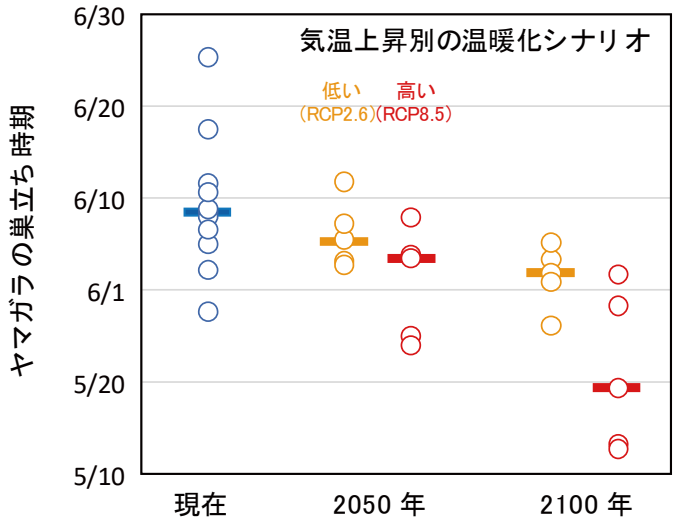


図 5-1-45　秩父サイトにおけるヤマガラの巣立ち時期の将来予測

現在はヤマガラの巣立ち時期の実測値。2050 年と 2100 年は 5 年分の予測値。横線は中央値を示す。

（２）台風等による気象害（極端な事象）の発生

１）コアサイト・準コアサイトにおける大規模な森林気象害の発生状況

＜背景・目的＞

- 地球温暖化に伴う気候変動によって、日本周辺では大雨及び無降水日の増加、降雪量・積雪深の減少、強度の台風の増加などの変化が起きつつあり（４．２.（２）４)、これに伴って土砂災害、乾燥害、雪害、凍霜害、風害といった森林気象害の発生リスクが変化する可能性がある。
- 本調査のモニタリングデータから大規模気象害の生態系への影響を解析するにあたっては、まず各コアサイト・準コアサイトにおける気象害の発生状況を把握することが必要であるため、アンケート調査を実施した。

＜解析方法＞

- 2021 年８月及び 2022 年 12 月に、各コアサイト・準コアサイト代表者に対し、過去 20 年間程度における調査区内及び周辺での大規模な森林気象害の発生状況について、アンケート調査を行った。

＜結果＞

- 48 サイト中 44 サイトから回答が得られた。
- 種類別の発生サイト数は、風害が 21 サイトと最も多く、次いで大雨による土砂災害が８サイト、雪害が３サイト、乾燥害と水害が各１サイトの順であった（表 5-1-4)。
- モニタリング開始後に毎木調査区内で気象害が発生したサイトは、風害が 14 サイト、土砂災害が７サイト、雪害が２サイト、乾燥害と水害が各１サイトであった（表 5-1-4)

＜考察＞

- コアサイト・準コアサイトにおける主な気象害は、台風などによる風倒害であることが確認された。
- 日本付近で予測されている台風強度の増大や（４．２.（２）４)、森林の高齢化に伴って、今後各サイトでの風倒害の規模や頻度が増大することも懸念される。
- 風倒攪乱は外来種の侵入・拡大にも影響を及ぼす可能性がある（５．３.（１）２)。
- 大規模な森林気象害の発生パターンの変化やその影響を把握するため、今後もモニタリングを継続し気象害の発生状況を把握していく必要がある。

表 5-1-4　コアサイト・準コアサイト及びその周辺の森林における大規模な森林気象害の発生年代（サイトへのアンケート調査等に基づく）

サイト	都道府県	風害	土砂災害	その他
足寄	北海道	2006,2015,2016 （林冠木の倒木数本）		
野幌	北海道	2004（林冠ギャップ）		
苫小牧	北海道	2004（成熟林調査区等、サイト全域で大規模風倒） 2015,2018（トドマツ人工林調査区・カラマツ人工林調査区等で大規模風倒）		
早池峰	岩手県	2019（林冠ギャップ）		
大滝沢	岩手県	1981,1991（林冠ギャップ）	2013（大雨による小規模な土砂崩れ・土砂流出）	
カヌマ沢	岩手県		2007（台風による小規模な流路変動・土石流）	
那須高原	栃木県	2018（林冠木の倒木）		
高原山	栃木県	2018（隣接林分で林冠木倒木）		
小川	茨城県	2022（大径木の倒木）		
秩父	埼玉県	2015-2018（年は特定できないが、この間に矢竹沢調査区で風倒木多数）		
大山沢	埼玉県	2019（台風）	2019（台風の大雨による土砂流出）	雪崩：2014（低木・亜高木の倒木）
富士	山梨県	2014～（林冠ギャップが徐々に拡大）		
上賀茂	京都府	2011,2012,2013,2018,2019	2011,2012,2013,2018,2019	
春日山	奈良県	1998（林冠ギャップ）		
和歌山	和歌山県	2018（倒木少数）		
大山文珠越	鳥取県	2004,2015（林冠疎開）	2004（大雨による土砂崩れ）	
糟屋	福岡県	毎年のように発生	毎年のように発生	雪害（毎年のように発生）
椎葉	宮崎県	毎年のように発生	毎年のように発生	雪害（毎年のように発生）
綾	宮崎県	1993（林冠ギャップ）		
田野	宮崎県			乾燥害：2011 春
屋久島照葉樹林	鹿児島県			水害（小規模。沢沿いの樹木の流出）
奄美	鹿児島県		2010（小規模な土砂崩れ。測定木に影響なし）	
与那	沖縄県	2012（大規模）		
西表	沖縄県	2006,2010 頃		
小笠原石門	東京都	2006（大規模） 2019（中規模）		

赤字：調査区内で発生（モニタリング開始後に発生）。
青字：調査区内で発生（モニタリング開始前に発生）。
黒字：調査区外で発生

２）台風攪乱

①樹木の個体数・地上部現存量・種構成の変化

＜背景・目的＞

- 近年の気候変動で降水量が集中するようになり、台風による被害も強さが増し、森林動態にも大きく影響を与えることが考えられる（４．２．（２）４）。
- 前回までのとりまとめ報告書において、与那サイトでは台風攪乱による大きな森林動態の変動が確認され、他のいくつかのサイトでも台風被害が報告されている。
- より多くの事例を通して、台風攪乱が発生してからの森林動態の変化を調べた。

＜解析方法＞

- 各コアサイト・準コアサイトへの聞き取り調査により得られた情報（５．１．（２）１）から、台風等による風倒被害があった調査区と時期を確認し、森林動態の変化に注目した。
- 台風等による風倒被害が報告された調査区について、各調査区で標準化した個体数と現存量、Shannon の多様度指数の経時的な変動を示すことで、台風等の影響を確認した。
- 特に影響のあった調査区について、攪乱前には見られず、攪乱後に新しく加入した種を調べた。また、2022 年時点での個体数における優占率の上位７種の変動を示し、与那については 2022 年時点における個体数が 10～100 個体で、攪乱前より 1.5 倍以上の増加が見られた種の変動を示し、台風攪乱による種ごとの個体数と現存量の変動を確認した。

＜結果＞

- 多くの調査区で台風の前後で林分パラメータの変動が見られたが、各調査区で共通するような明瞭なパターンは見られなかった。台風等の攪乱後大きく林分構造が変化した調査区として足寄サイトの各調査区、上賀茂、和歌山、与那などがあげられる。また、大山文珠越、苫小牧成熟林、小笠原石門などでは台風後に個体数の回復傾向が見られる（図 5-1-46)。
- 与那のスダジイの現存量の減少に伴う他樹種の増加のような、明瞭な種構成の遷移は他の調査区では見られなかったが、足寄拓北のオオバボダイジュ、和歌山のモミなどで、台風等による突発的な減少が確認できた（図 5-1-47)。
- 与那において、台風後にアカメガシワ、アマクサギ、ウラジロエノキ、ウラジロカンコノキ、カキバカンコノキ、カラスザンショウ、ショウロウクサギ、ミミズバイの８種が新しく加入した。それ以外では和歌山でシラカシ、足寄拓北でカスミザクラの新規加入が確認できた。

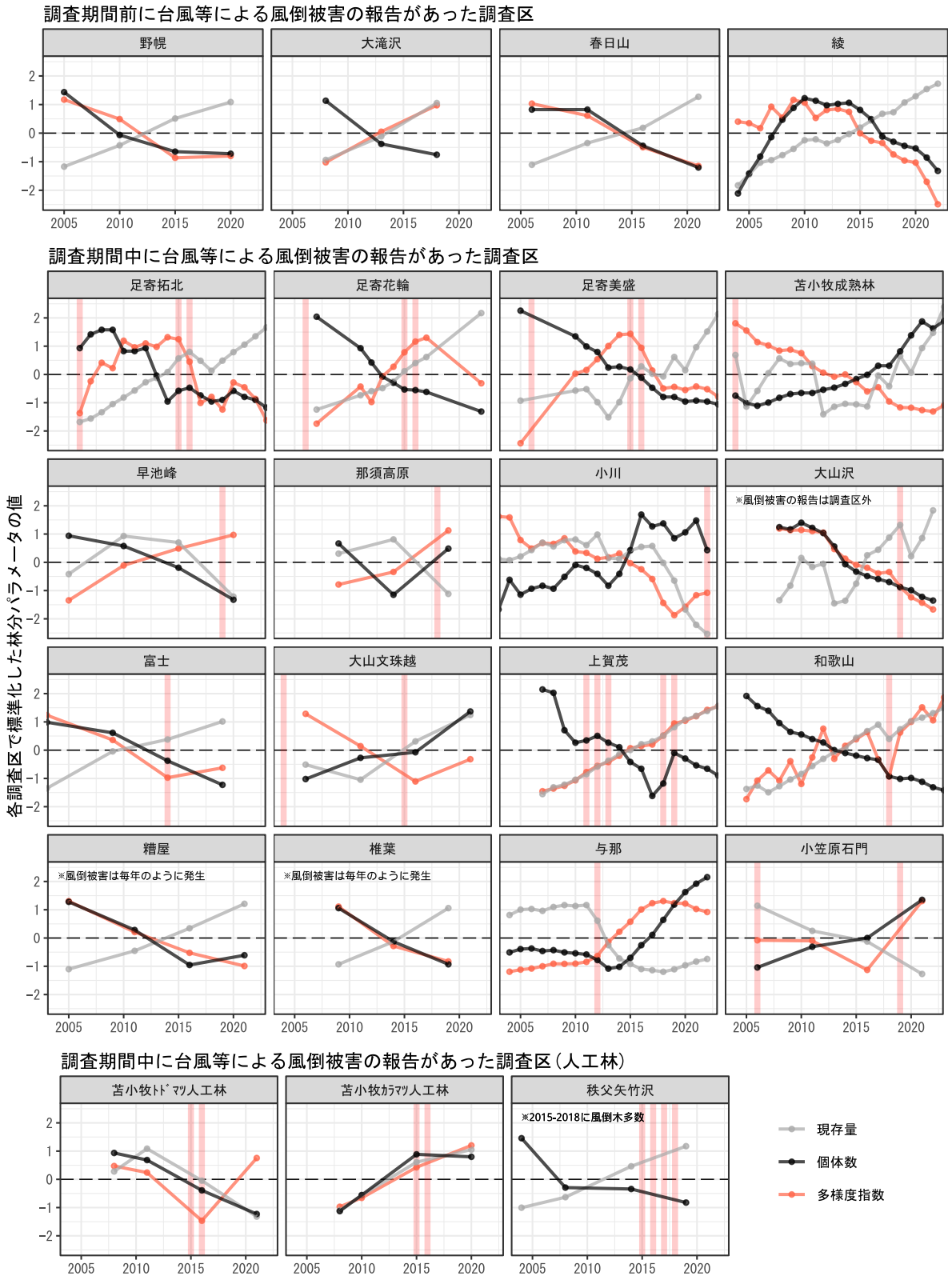


図 5-1-46　台風等による風倒被害が報告された調査区の樹木の個体数、現存量、多様度指数の経年変化

赤縦線は台風等による風倒被害の報告のある時期を示す。

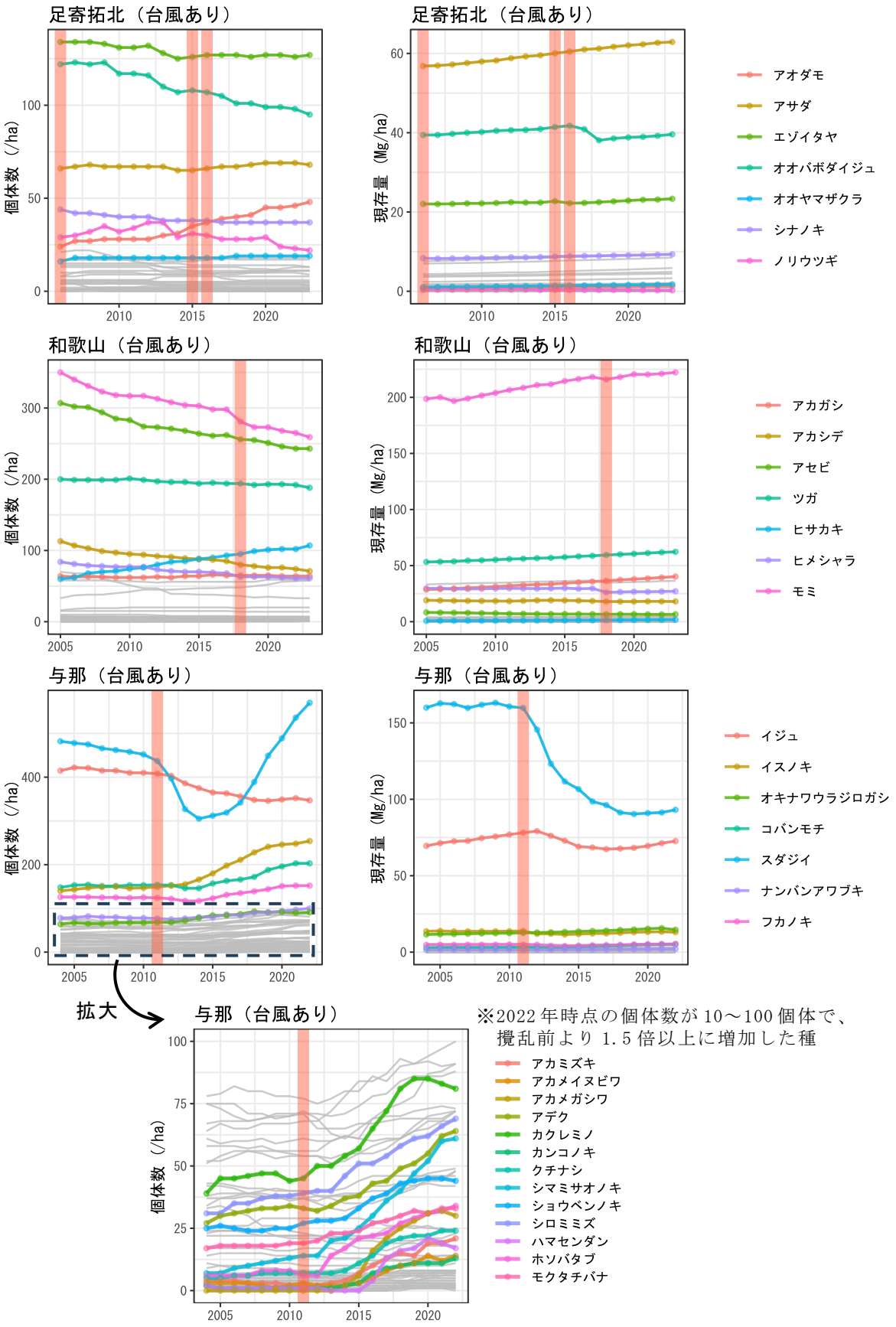


図 5-1-47　台風の影響が特に大きかった調査区の各樹種の個体数・現存量の変動

赤縦線は台風等による風倒被害報告のある時期を示す。色つきの種は 2022 年時点での上位 7 種を示す。

＜考察＞

- 林分構造の変化において台風による影響の重要性が示され、また、台風攪乱後の個体数、多様度指数の変動が様々であることから、森林による回復力（レジリアンス）の違いが示唆された。
- 北海道北部の針広混交林では、気温上昇等によって針葉樹から広葉樹への転換が徐々に進んでいる一方、稀にある台風攪乱によって、強風に脆弱な北方性針葉樹の減少が加速されていることが示されている（Hiura et al. 2019、コラム５－１）。本調査でも、早池峰や苫小牧サイトにおいて、台風攪乱後の針葉樹の減少は確認できたが、同程度の広葉樹の減少も確認できる。今後の回復状況の確認が必要である。
- 与那サイトでは 2012 年の台風攪乱後の明瞭な遷移が確認でき、台風攪乱から約 10 年後より現存量の回復、台風後に個体数が急増した種の加入速度の停滞が確認できた。亜熱帯地域における台風攪乱からの回復には 10 年以上かかることが示唆された。
- 一方、小笠原石門サイトでは 2006 年と 2019 年の２回の台風攪乱によって現存量の低下が続いている。今後台風攪乱の規模や頻度が増大した場合、与那や小笠原石門のような亜熱帯島嶼の発達した森林の被害が拡大することも懸念される。
- 小笠原石門では台風攪乱後に外来樹木の侵入が進んでいる（５．３．（１）２）。またシカが高密度に生息している足寄では、風倒害後の樹木の更新がシカの採食によって阻害されていることが報告されており（５．２．（２）１）、台風攪乱とその他の攪乱要因との複合的な影響も見られている。
- 台風による林分構造の変化や、台風攪乱後の遷移パターンを明らかにするため、被害木の個体サイズや、他の攪乱要因などの組み合わせなどを調査する必要がある。

５．２．自然に対する人間の働きかけの縮小・撤退による生物間相互作用の変化

（１）二次林の利用の縮小に関係する病虫害の発生

１）コアサイト・準コアサイトにおける大規模な森林病虫害の発生状況

＜背景・目的＞

- 人間による森林利用の変化は、二次林の種構成や齢構成、植生構造を変化させ、病虫害の種類や発生頻度、規模を変化させている（４．２．（２）２）。さらに気候変動も樹木の生理状態、病害虫の活性や分布、台風攪乱の頻度や規模等に影響し、結果として病虫害の発生パターンを変化させる可能性がある。
- マツ枯れ、ナラ枯れや食葉性昆虫の大発生などの大規模な病虫害は、樹木の集団枯損を引き起こすなどし、生態系に大きな影響を及ぼすと考えられる。
- 生態系や生物群集は常に変動しているため、大規模病虫害の影響を正確に捉えるためには発生前からの長期データが必要であるが、そのようなデータが利用できる例はまれである。本調査のような長期モニタリングは、大規模な病虫害による生態系への影響の解析に適している。
- 本調査のモニタリングデータから大規模病虫害の生態系への影響を解析するにあたっては、まず各コアサイト・準コアサイトにおける病虫害の発生状況を把握することが必要であるため、第２期、第３期と同様のアンケート調査を行った。

＜解析方法＞

- 2021 年８月及び 2022 年 12 月に、各コアサイト・準コアサイト代表者に対し、調査区内及び周辺での病虫害による樹木の一斉枯死や大規模な食害の発生状況について、アンケート調査を行った。

＜結果＞

- 48 サイト中 44 サイトから回答が得られた。
- 第４期に新たに報告された病虫害は、カヌマ沢・小川・富士・糟屋・椎葉でのナラ枯れ、大佐渡・小佐渡でのマイマイガとクスサンの大発生、小川での食葉性昆虫の大発生であった。特に富士・椎葉のナラ枯れは被害の拡大が続いている。
- 第３期以前に発生した病虫害のうち、春日山のナラ枯れは縮小傾向にあり、その他は既に大規模な被害は終息している。
- これまでの情報を総合すると、全体の過半数に当たる 26 サイトで何らかの大規模病虫害が認識されており、その大半をマツ枯れとナラ枯れが占めていた（計 20 サイト）（表 5-2-1）。また、「生態系に顕著な影響が生じている」と回答があったのはマツ枯れ・ナラ枯れの発生サイトのみであった（計 10 サイト）。

- 北海道から本州東部にかけての冷温帯のサイトを中心に食葉性昆虫の大発生（計10サイト）が、本州東部から南西諸島にかけて、暖温帯のサイトを中心にマツ枯れ（10サイト）・ナラ枯れ（16サイト）の発生が報告されている。
- マツ枯れは、主に本調査の開始前に大きな被害が出ているが、ナラ枯れは調査開始後に発生しているサイトが多く、近年も発生サイト数が増加している。
- モニタリング開始後に毎木調査区内で大規模病虫害が発生したサイトは 12 サイトあったが、この内、「生態系に顕著な影響が生じている」と回答があったのは、愛知赤津（ナラ枯れ・マツ枯れ）、芦生・春日山・田野（ナラ枯れ）の４サイトであった。特に愛知赤津と田野二次林の毎木調査データからは、モニタリング開始後にマツ類やシイ・カシ・ナラ類の個体数及び現存量の減少が顕著に見られた。

＜考察＞

- 第３期は、第２期と比べて新たな大規模病虫害の報告はわずかであったが、第４期は再びナラ枯れ発生サイトの拡大が見られた。
- コアサイト・準コアサイトには被害を受けやすいコナラ・ミズナラが重要な構成種となっているサイトが多く存在しているため、大規模な被害に至っていないサイトや未発生のサイトでも、今後ナラ枯れの被害が発生する可能性がある。
- 気候変動は、高温・乾燥ストレスの変化や台風攪乱の規模・頻度の変化などを介して樹木個体の生理状態や個体群構造、群集構造を変化させ、さらに病原生物や媒介生物の分布や活性にも影響を及ぼし、結果として大規模病虫害の地域性・頻度・規模などの発生パターンを変化させる可能性がある。マツ枯れやナラ枯れの被害拡大に温暖化が影響しているとする指摘や、温暖化によってマツ枯れを含む様々な森林病虫害の発生リスクや発生地域が拡大するという予測もある（４．２．（２）４）。
- 他方、病虫害の発生も、特定種の減少、高齢個体の減少、林冠ギャップや立ち枯れの増加などを介して、樹木の個体群構造や群集構造、森林構造を変化させ、結果として森林の気候変動や台風攪乱の影響の受けやすさを変化させるかもしれない。
- 大規模病虫害の発生パターンの変化やその影響を把握するため、今後もモニタリングを継続し病虫害の発生に伴う森林の変化を把握していく必要がある。

表 5-2-1　コアサイト・準コアサイトの調査区及びその周辺の森林における大規模な森林病虫害の発生年代（サイトへのアンケート調査等に基づく）

サイト	都道府県	マツ枯れ	ナラ枯れ	食葉性昆虫の大発生
雨龍	北海道			2014（カシワマイマイ、クスサン）
足寄	北海道			2008～2009、2012（マイマイガ） 2010 年代（カラマツハラアカハバチ）
苫小牧	北海道			2014～2015（カシワマイマイ） 2009～2010（カラマツハラアカハバチ）
カヌマ沢	岩手県		2018、2020	
青葉山	宮城県	時期不詳	時期不詳	
金目川	山形県		2010	2010 頃（ウエツキブナハムシ）
大佐渡	新潟県			2010 頃?、2020～2021（マイマイガ） 2020～2021（クスサン）
小佐渡	新潟県	1990 年代～	2000	2010 頃?、2020～2021（マイマイガ） 2005 頃、2020～2021（クスサン）
高原山	栃木県			2007（ブナハバチ）
小川	茨城県		2021	2021（複数種？）
筑波山	茨城県	1990 年代～		
西丹沢	神奈川県		時期不詳	2007、2011（ブナハバチ）
富士	山梨県		2020～	
愛知赤津	愛知県	1970 年代～	2009～2010 年代前半	
芦生	京都府		2005～	
上賀茂	京都府	1980 年代後半～1990 年代	2000 年代	
春日山	奈良県		2010～	
宮島	広島県	1970 年代前半		
佐田山	高知県	時期不詳		
糟屋	福岡県	1920 年代～	2021	
椎葉	宮崎県	時期不詳	2020～	
綾	宮崎県		2015	
田野	宮崎県		2015	
屋久島照葉樹林	鹿児島県		2000 年代後半～2010 年代	
奄美	鹿児島県	2010 年代		
与那	沖縄県			2010（タイワンハムシ）

黄色網掛け：生態系に顕著な影響が生じた/生じていると回答があった病虫害。
灰色網掛け：小規模な発生のみの病虫害。
赤字：調査区内で発生（モニタリング開始後に被害あり）。
青字：調査区内で発生（モニタリング開始前に終息）。

２）ナラ枯れ

①樹木の個体数・地上部現存量・種構成の変化

＜背景・目的＞

- 全国で、2010 年頃をピークに、カシノナガキクイムシが媒介するナラ菌による「ナラ枯れ」が発生・拡大している。同様に、1980 年代頃をピークに、マツノマダラカミキリが媒介するマツノザイセンチュウによる「マツ枯れ」が発生している。
- いくつかの調査区において、ナラ枯れ・マツ枯れの被害（穿孔や枯死）が確認される。アンケート調査では、愛知赤津、小佐渡、上賀茂、芦生、田野などで、調査区内外での大規模な病虫害の報告があった（表 5-2-1）。
- 前回までのとりまとめ報告書において、2011～2014 年頃にナラ枯れの被害が目立つ愛知赤津について、地上部現存量とコナラの優占度の経年変化を調べ、減少した地上部現存量の回復傾向や、コナラの優占度の減少の終息が示された。
- 最新のデータを加えて、愛知赤津におけるナラ枯れからの森林の回復過程を明らかにし、他にナラ枯れの報告があるサイトの森林動態も確認する。

＜解析方法＞

- ナラ枯れ・マツ枯れの被害が目立つ調査区において、被害のある樹種の地上部現存量と個体数の経時的な変動を調べる。
- 調査開始時からの個体数の減少率上位８種の個体数と現存量の経時的な変動を、折れ線グラフで表記し、被害の発生時期と合わせてその動態を確認した。

＜結果＞

- 愛知赤津サイトでは、2010～2013 年に大規模なナラ枯れが生じ、モニタリング開始後にコナラの個体数は 202 個体/ha から 119 個体/ha に減少し、地上部現存量も大きく減少したが、2015 年からは増加傾向に転じている（図 5-2-1）。
- 愛知赤津サイトでは、調査前（1970 年代～）からマツ枯れの影響もあり、モニタリング開始後にアカマツの個体数は 68 個体/ha から 16 個体/ha に減少し続けている。主に 2005 年、2013 年、2015～2017 年に減少のピークがあった（図 5-2-1）。
- 田野サイトでは、2015～2016 年に大きなナラ枯れ被害が確認されており（末吉ら 2018）、シイ・カシ類が減少している（図 5-2-1）。調査区内で幹数の少ないイチイガシ、コナラ、マテバシイも減少しており、マテバシイは 2012 年から０個体となった。
- 小佐渡サイトでは、モニタリング開始前からナラ枯れ・マツ枯れの被害の報告があり、モニタリング開始後もコナラの個体数は減少し続けているが、地上部現存量は増加している（図 5-2-1）。

- その他のナラ枯れ・マツ枯れの報告があるサイトでは、毎木データからの明瞭な被害はまだ見られなかった。

＜考察＞

- 愛知赤津サイトでは 2015 年以後でコナラの個体数減少の終息、地上部現存量の増加がみられるが、ナラ枯れが生じる前の状態には戻っていない。一方で、サカキ、ヒサカキの個体数の増加、ヒノキの地上部生産量の増加が目立っており、サイト全体の個体数と現存量の変化は少ない。当サイトは、薪採取によるはげ山の状態から、1917～1918 年にヒノキが植栽され、その後放置されてコナラやアカマツなど多くの樹種が侵入した歴史があり、現在は病害虫による影響が見られる。人間と自然による影響を受け、本来の植生へと遷移していることが考えられる。
- 田野サイトでは、シイ・カシ類の多くが減少し続けていることが示されたが、アラカシやウラジロガシは穿入を受ける割合が低いという報告もあり(末吉ら 2018)、ウラジロガシの地上部現存量は明瞭に増加している。このように、将来的に優占種や林分構造の転換が起こることが考えられる。
- 小佐渡サイトでは、2000 年頃からナラ枯れの報告がありコナラの個体数は減少し続けていたが、2020 年頃に終息・増加傾向に転じた。当調査区は 1970 年代に管理放棄された典型的な薪炭林であり、伐採されずに高齢になったコナラがナラ枯れによって枯死したとも考えられ、被害かどうかの解釈は慎重に行う必要がある。
- 被害木の空間分布や個体サイズを考慮した、より詳細な被害発生メカニズムの解析が必要である。また、被害の報告があってもデータから明瞭な影響が確認できるまでにはタイムラグがあると考えられる。被害域の拡大などをモニタリングするためには、近年の被害報告があるサイトにも注目する必要がある。

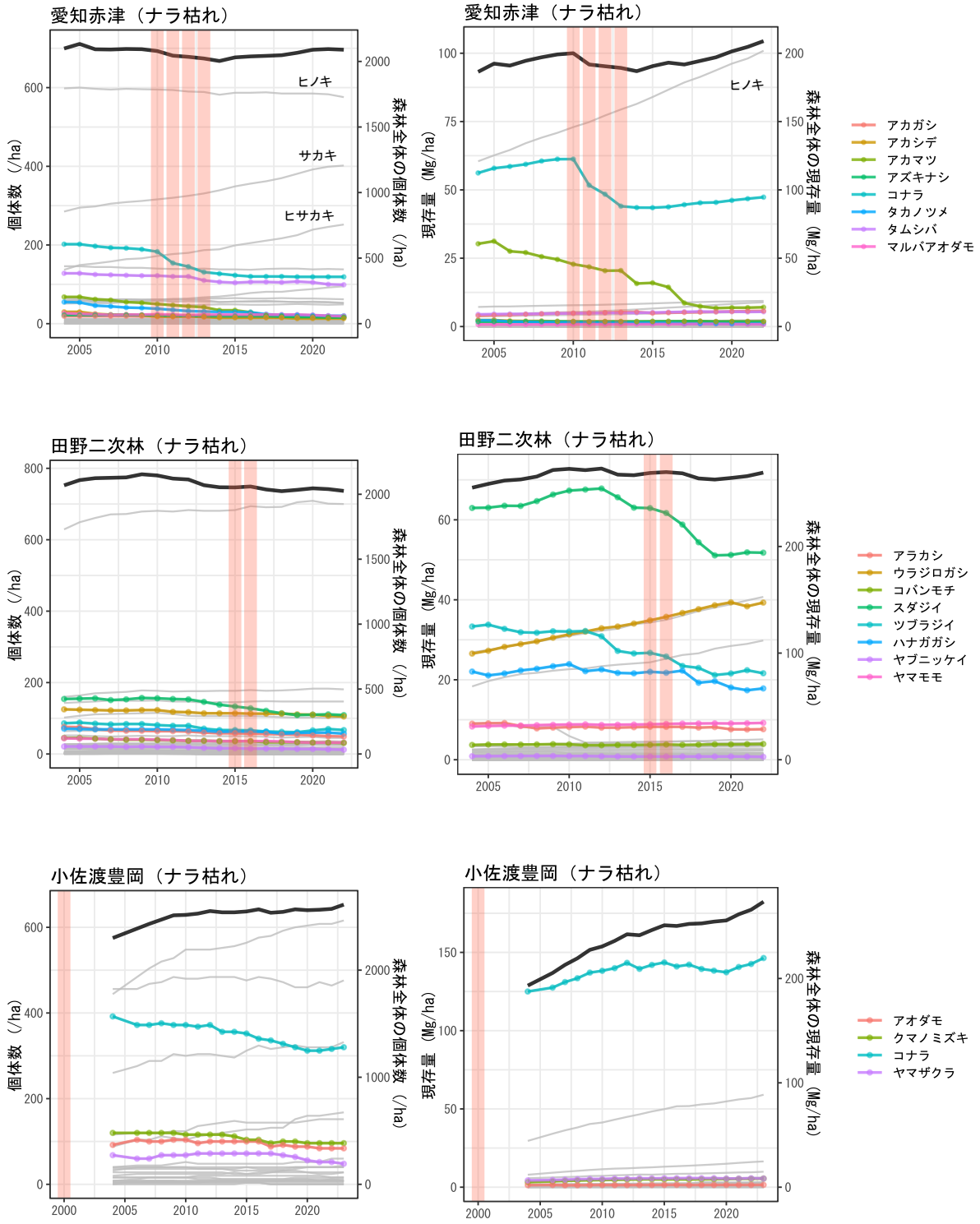


図 5-2-1　病害虫の影響が特に大きかった調査区の各樹種の個体数・現存量の変動

黒折れ線は森林全体の個体数または現存量（右軸）、赤縦線はナラ枯れの報告のある時期を示す。

②地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の変化

＜背景・目的＞

- マツ枯れやナラ枯れによる樹木の集団枯損は、林床の光環境の好転やリター供給の変化によって、林床の物理環境や分解系に流入する資源の量や質を変化させ、その結果、林床や土壌に生息する生物に間接的に影響を及ぼすと考えられる。
- 第３期とりまとめ報告書では、愛知赤津サイトにおいて 2011 年の大規模なナラ枯れ以降、地表徘徊性甲虫の顕著な増加とそれに続く急激な減少を報告した。その後 2022 年までのデータを加え、甲虫生息数がナラ枯れ以前の状態に回帰しているか、ナラ枯れの影響が継続しており再び大きく増加しうるのか、検討した。

＜解析方法＞

- 愛知赤津サイトにおける地表徘徊性甲虫全体及び主要な分類群の年捕獲個体数の各経年変化を、ナラ枯れの発生前後で比較した。

＜結果＞

- 地表徘徊性甲虫全体及び主要な分類群（オサムシ属、ナガゴミムシ属、ツヤヒラタゴミムシ属）の年捕獲個体数は、いずれもナラ枯れ後４年間顕著な増加を続け、５年後に大きく減少した（図 5-2-2）。甲虫全体の年捕獲個体数は、2015 年にはナラ枯れ前（2008～2010 年）の約９倍に達した。ナラ枯れから５年後の減少時にはナラ枯れ前の水準をやや下回り、その後（2017 年以降）緩やかな増加傾向に転じた。オサムシ属・ツヤヒラタゴミムシ属にも 2016 年以降増加傾向が見て取れる。

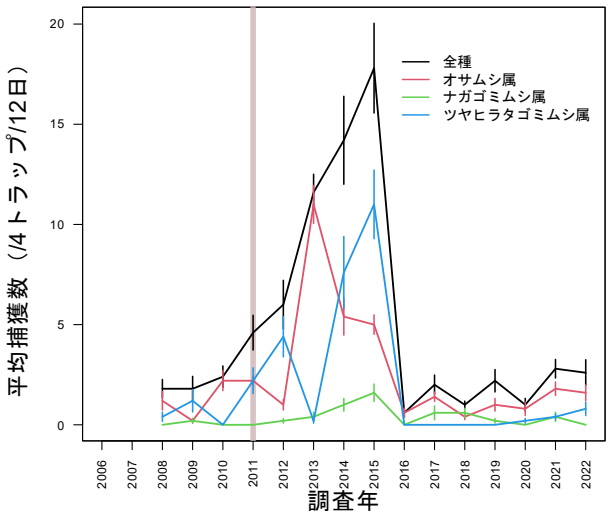


図 5-2-2　大規模なナラ枯れが発生した愛知赤津調査区における地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の経年変化

縦軸の値は５サブプロットの平均±標準誤差。灰色縦線はナラ枯れの発生ピークの時期を示す。

＜考察＞

- 愛知赤津調査区における地表徘徊性甲虫の変動パターンは、何らかの気象要因によってもたらされた可能性も考えられるが、同じ時期に近隣の調査区（上賀茂、和歌山、芦生枡上谷）では甲虫の捕獲個体数に同様の変動パターンが見られなかったことから、気象要因が主な原因である可能性は低いと考えられた。
- サブプロット周囲の枯死木数によらず、林床植生被度にナラ枯れ前後での変化が見られなかったことから、枯死の規模は林床の光環境を大きく変えるほどではなかったと考えられる。ナラ枯れの発生後数年に渡って枝や幹などのリターの供給が増え、それが地表徘徊性甲虫やその餌である土壌動物類の生息場所、越冬場所、餌資源の供給の改善をもたらし、時間遅れの長期的な正の影響をもたらしたと考えられる。さらに地下部では多量の根リターも供給されたと考えられる。樹木の個体数・現存量はナラ枯れ以前の水準に戻っているものの、樹種構成は戻っておらず、現時点でも 2017 年以降の甲虫の増加はナラ枯れの影響を反映している可能性は残る。
- 2016 年の顕著な甲虫の減少の理由は不明であるが高密度化による寄生性のハチやハエの増加や病気の発生などが考えられる。
- この急激な捕獲個体数の減少以降、再び徐々に捕獲個体数が増加していく傾向が見られた。今後のモニタリングによってこの増加傾向がナラ枯れ前の水準に留まるのか、継続的に増加を続けるのか確認されるだろう。

■コラム５－３：ナラ枯れでウグイスが減少？

植田 睦之（NPO 法人 バードリサーチ）

ナラ枯れにより高木層が枯れることは、鳥類群集に影響を及ぼす。たとえば、新潟県佐渡では、ナラ枯れが進んだ時期にアカゲラが増加しており、枯れ木の増加に伴う食物の増加がアカゲラの増加につながったのではないかと推測されている（日本野鳥の会佐渡支部鳥類目録編集委員会 2015）。

モニタリングサイト 1000 のコアサイトの中で、調査期間中にナラ枯れの被害が生じたサイトには、愛知赤津サイトと田野サイトがある。そのうち愛知赤津サイトでは、上記メカニズムとは異なる形でのナラ枯れが原因と考えられる鳥類の変化が記録された。それはウグイスの減少である。

愛知赤津では、ナラ枯れの被害で高木層の一部が枯れた後、低木層及び林床の植生が減少した。それとともにウグイスも減少したのである（図１）。低木層や林床の植生が減少したのは、現地の調査担当者に聞くと、高木層が枯れ、林内に陽が入ったことにより、亜高木層が繁茂し、下層に陽がささなくなったためだろうということで、低木層だった木が亜高木層に変わっていくという経緯をたどるためか、データとして亜高木層が明確に増えたのは 2021 年と少しタイムラグがあるが、被度ランクにもそれが現れている（図１）。

田野では、このような顕著な下層植生の変化は認められなかった。亜高木層になるような木がどれくらい存在しているか、また、その樹種は何かなど、それぞれの場所の状況により、ナラ枯れによる下層植生の反応は異なると考えられ、ウグイスへの影響も異なると思われる。

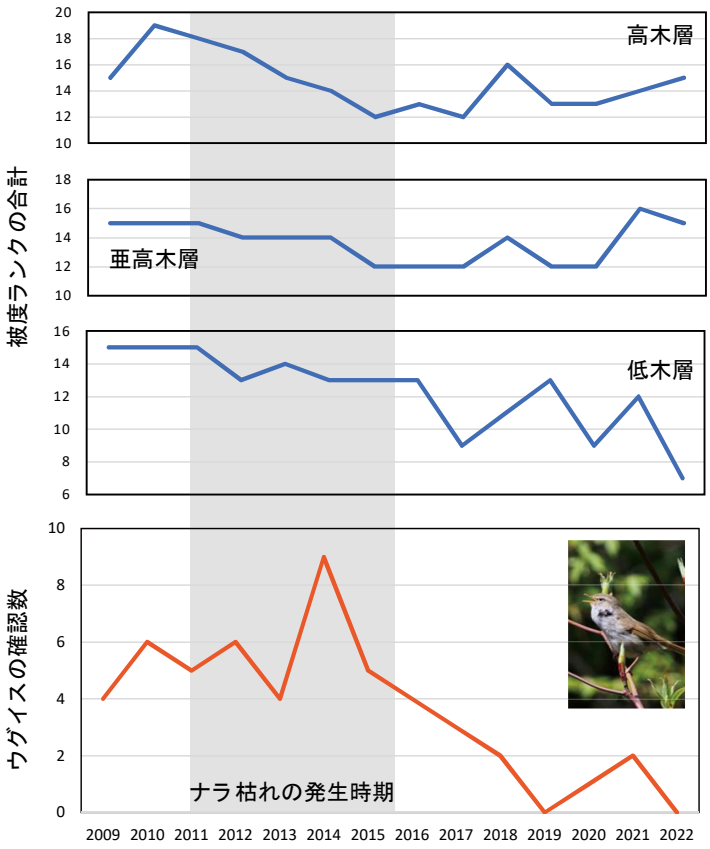


図 1　愛知赤津サイトにおけるナラ枯れ発生前後での植生被度及びウグイス確認個体数の変化

引用文献

日本野鳥の会佐渡支部鳥類目録編集委員会（2015）トキの島の野鳥：佐渡島鳥類目録．日本野鳥の会佐渡支部．

（２）シカ・イノシシの生息状況の変化

１）コアサイト・準コアサイトにおけるシカ・イノシシの生息状況、生態系への顕著な影響

＜背景・目的＞

- 近年、人間の自然への関わりの変化や、気候変動などの影響と考えられる全国的なシカ・イノシシの分布拡大・密度増加が起きており、全国各地でシカ・イノシシの増加に伴う森林生態系への影響が報告されている（４．２.（２）２、４）。
- 本調査のモニタリングデータからシカ・イノシシの生態系への影響を解析するにあたっては、まず各コアサイト・準コアサイトにおけるシカ・イノシシの生息状況の変化やその生態系への影響を把握することが必要であるため、第２期、第３期と同様のアンケート調査を行った。ただし、イノシシについてはこれまで統一的なアンケートを行っていなかったため、新たにアンケート項目に追加した。

＜解析方法＞

- 2021 年８月及び 2022 年 12 月に、各コアサイト・準コアサイト代表者に対し、調査区内及び周辺でのシカ・イノシシの生息状況の変化及びその生態系への影響について、アンケート調査を行った。
- シカによる生態系への影響としては、林床植生バイオマスの減少、林床植生種構成の改変（優占種の変化、嗜好性種の減少、不嗜好性種の増加等)、樹木の更新阻害、樹木の剥皮、落葉層・土壌の流出、高木の密度低下について、状況を確認した。
- イノシシによる生態系への影響としては、落葉層・土壌の攪乱、林床植生バイオマスの減少について、状況を確認した。

＜結果＞

- 48 サイト中 44 サイトから回答が得られた。
- シカの生息が認められたサイトは、北海道～屋久島の 33 サイトで、2015 年以降では本州の北部や日本海側のサイトで付近での生息や樹皮剥ぎなどの被害が新たに確認された（図 5-2-3)。
- 調査区内でシカによる生態系への顕著な影響が見られるサイトは 11 サイトで、近年も影響が強まっているとするサイトが多かった（図 5-2-3)。苫小牧では、第２期（2012 年)、第３期（2016 年）のアンケートでは、シカは多く生息しているものの林床植生バイオマスの減少は「わずか」という回答だったが、今回は「顕著」に変わり、2015 年頃以降に大きな変化が見られている。ただし、一部のサイトでは樹皮剥ぎなどの被害が減少傾向にあると見られ、そのうち市ノ又、屋久島照葉

樹林では周辺でのシカの駆除による生息密度の低下が影響している可能性が指摘された。

- シカの影響が見られるサイトの多くで林床植生の減少・改変や樹木の剥皮が生じており、影響が顕著とされるサイトでは樹木の更新阻害や落葉層・土壌の流出も見られ、顕著ではないものの一部で高木の密度低下も指摘された（図 5-2-3)。高木の密度低下は、樹皮剥ぎによる直接的な枯損（苫小牧、大山沢）の他、風倒後の更新阻害によるケース（足寄）があった。

- イノシシの生息が認められたサイトは、本州～南西諸島の 24 サイトで、2010～2015 年以降に地表攪乱が目に付くようになったというサイトが多く見られた（図 5-2-4)。
- 調査区内でイノシシによる生態系への顕著な影響が見られるサイトは４サイトで、いずれも地表攪乱が顕著であり、このうち佐田山ではわずかに林床植生の減少も起きていることが指摘された（図 5-2-4)。また、小川では 2011 年頃からイノシシによる攪乱が強まる傾向にあったが、同時にヤマドリも増加傾向にあることなどから、福島第一原子力発電所の事故に伴う狩猟制限の影響が指摘された。
- 芦生では、調査区外で見られるイノシシの地表攪乱が 2020 年以降減少傾向にあり、2018 年から全国的に感染が拡大した豚熱によりイノシシの個体数が減少している可能性が指摘された。

- その他の動物の影響としては、芦生で毎年ツキノワグマによるスギ大径木の樹皮剥ぎが発生している（ただし、調査区内での発生は、近年少ない）ことが報告された。
- サイト周辺におけるその他の野生動植物の変化としては、雨龍でのマダニの増加及び大滝沢（2008 年頃～）・高原山（2010 年頃～）でのヤマビルの増加（いずれもシカ等の増加によると見られる)、カヌマ沢でのツキノワグマ目撃数の増加（2015 年頃～)、小川でのヤマドリの増加（2010 年代。狩猟の減少によると見られる）とシュレーゲルアオガエルの減少（2010 年代。周辺の水田の放棄によると見られる)、苫小牧・大山沢（調査区内外)・小川（2017 年、調査区外)・筑波山（2018～2020 年、調査区外)・西丹沢（2012～2014 年、調査区内外）でのスズタケの一斉開花枯死が報告された。

＜考察＞

- これまで森林生態系へのシカの影響が見られていたサイトの多くで、その影響は持続しており、さらに影響範囲が拡大している傾向も見られた。一方で、駆除等により影響が弱まっている可能性を示すサイトもあり、引き続き今後の推移に注意が必要である。

- 一部のサイトでは樹皮剥ぎや風倒後の更新阻害による高木密度の低下が指摘された。シカの影響が顕著なサイトの中には、風倒やナラ枯れなどシカ以外の要因で高木密度がやや低下しているとするサイトもあったが（富士、芦生）、シカの影響でその後の更新が阻害されれば、長期的に高木密度の低下が進む恐れもある。今後森林の高齢化や台風強度の増大等によって森林攪乱の頻度や規模が増大する可能性もあるため、シカによる更新阻害との相乗効果による高木層の減少についても、今後のモニタリングの中で注意して見ていく必要があると考えられる。
- コアサイト・準コアサイトにおける、イノシシによる生態系への影響は、シカに比べると限定的であったが、いくつかのサイトで顕著な地表攪乱を起こしていることが確認された。
- 小川ではモニタリング期間の途中からイノシシの影響が強まっており、モニタリングデータからその前後での変化を捉えられる可能性がある。さらに小川は、2018年に岐阜県から拡大した豚熱の野生イノシシへの感染確認地域（本州のほぼ全域と四国の北東部（農林水産省 2023））に含まれ、茨城県内のイノシシ捕獲個体数も2020 年から 2021 年にかけて 6 割もの減少が見られているため（茨城県 2022）、今後攪乱の減少が見られる可能性もある。

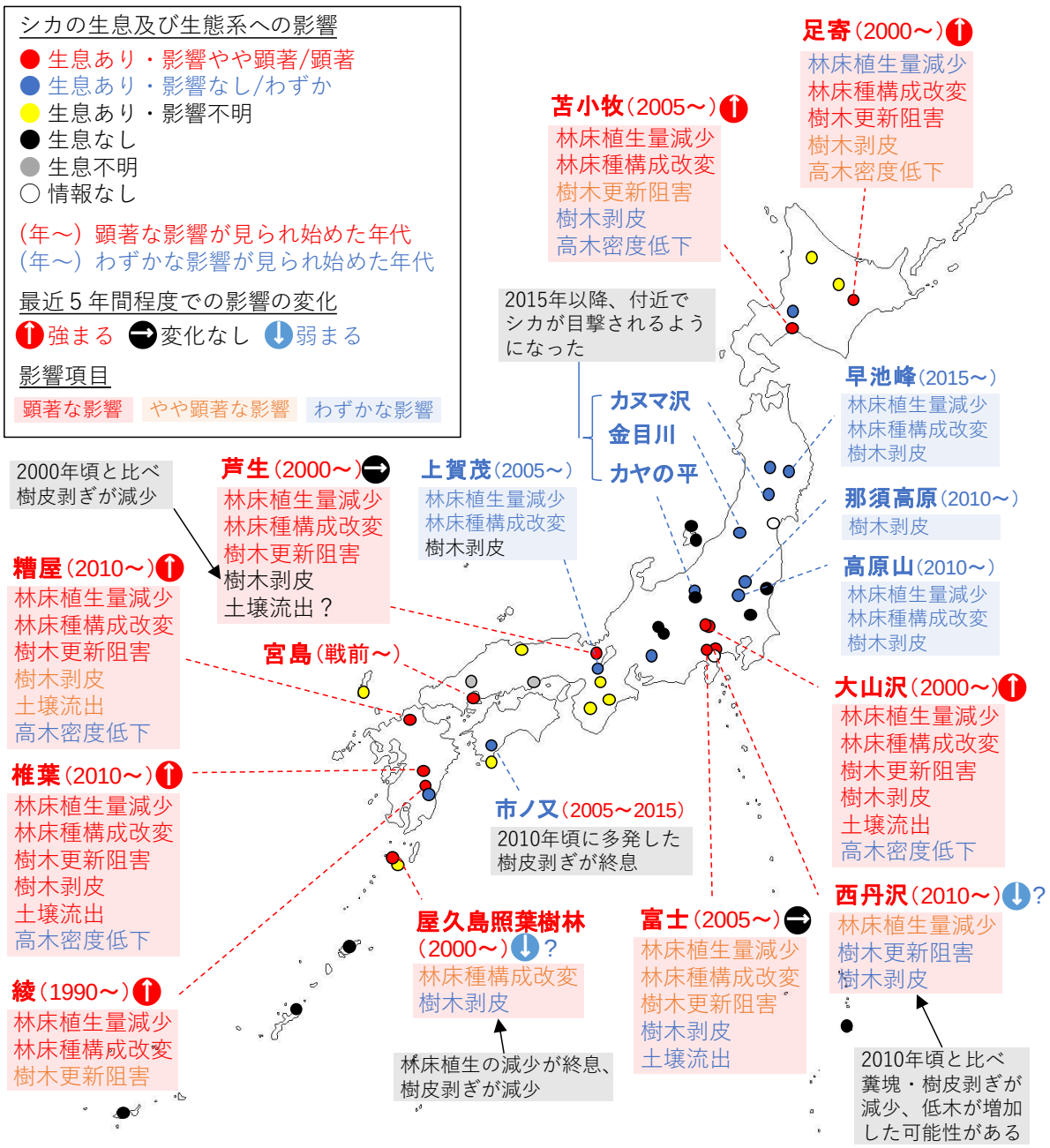


図 5-2-3　コアサイト・準コアサイトの調査区及びその周辺の森林におけるシカの生息状況、及び調査区内で見られる生態系への影響（サイトへのアンケート調査に基づく）

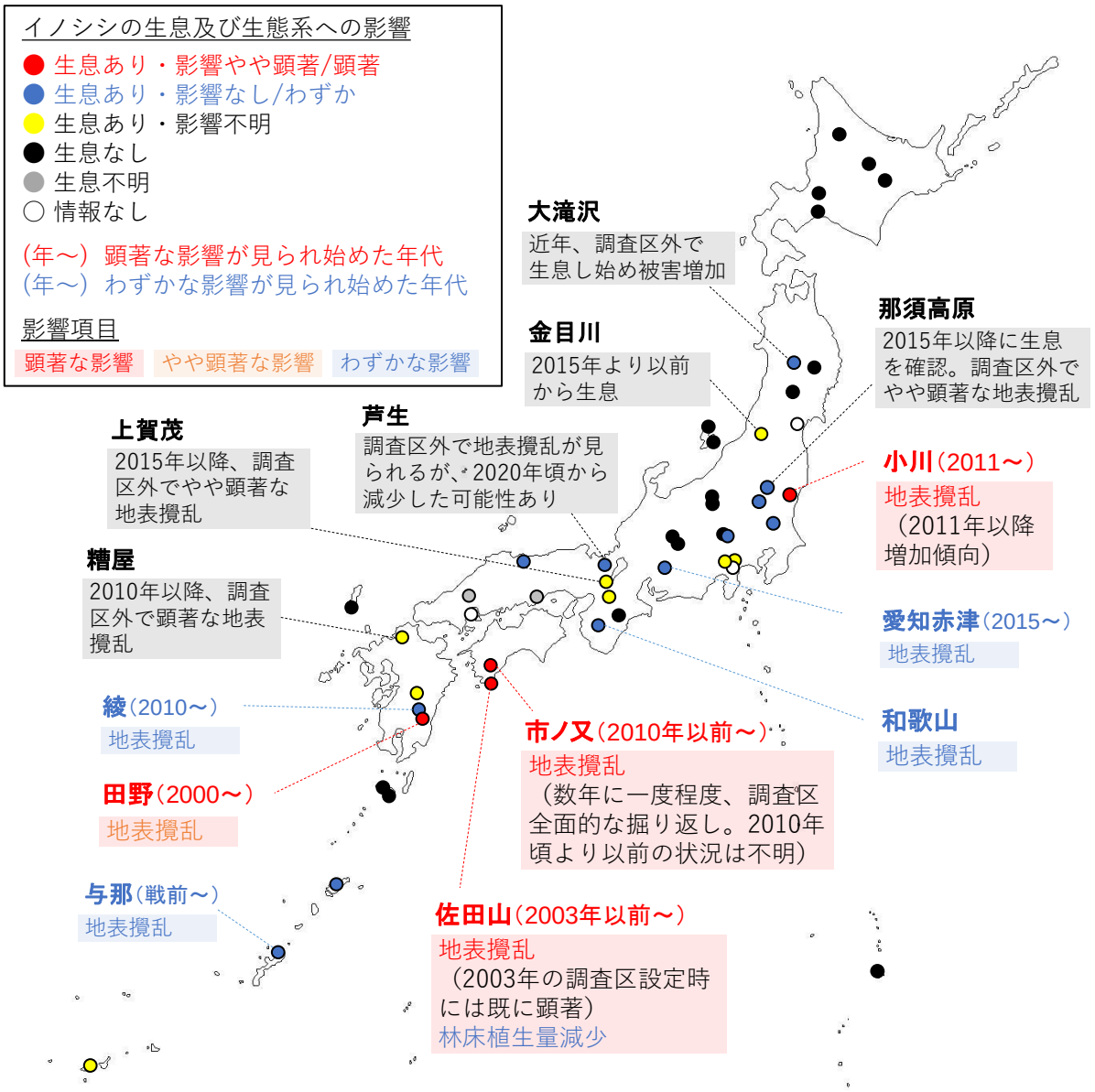


図 5-2-4　コアサイト・準コアサイトの調査区及びその周辺の森林におけるイノシシの生息状況、及び調査区内で見られる生態系への影響（サイトへのアンケート調査に基づく）

２）シカの増加

①樹木の動態・群集構成の変化

＜背景・目的＞

- 1980 年代以降、人間の自然への関わりの変化（狩猟者の減少、中山間地域の過疎化）や気候の変化等に伴い、全国的にシカの分布拡大・密度増加が起き、その森林生態系への影響が報告されており（４．２．（２）２、４）、モニタリングサイト 1000 においても、多くの調査区でシカの樹皮剥ぎなどの影響が確認されている。
- 前回までのとりまとめ報告書において、シカが多い調査区では樹木の新規加入率がやや低い傾向にあり、シカの嗜好性が高い種では個体数が減少していることが示された。
- 最新のデータを追加して解析をすることで、同様の傾向が現在も続いているのか検証し、森林動態パラメータへの影響を調べた。

＜解析方法＞

- コアサイト・準コアサイトへのアンケート調査によりシカの増加による生態系への影響の報告のある調査区について、影響が見られ始めた時期と合わせて、樹木の個体数や種構成の変化を確認した。
- シカの影響のある各調査区において、調査開始年から最新調査年にかけて個体数が 20%以上増減した種を抽出して経時的な変化を示した。
- 各調査区における森林動態パラメータ（新規加入率、死亡率、相対生産速度、相対損失速度）について、アンケート調査の結果（シカの増加による生態系への影響の有無、影響が見られ始めた年代）を参照してグループ化を行い、箱ひげ図を示した。

＜結果＞

- 1990 年頃から影響の報告がある綾、春日山サイトでは、個体数が大きく減少している種は少なく、一定の種（綾のヤブニッケイ、春日山のサカキ）が増加傾向にあった（図 5-2-5）。
- 2000～2005 年頃から影響の報告がある芦生枡上谷、大山沢、苫小牧成熟林、上賀茂サイトでは、個体数が減少し続けている種が多く存在するため、サイト全体の個体数も減少傾向にあるが、苫小牧成熟林では増加している種も多く確認できた（図 5-2-5）。
- 2010 年頃から影響の報告がある椎葉では、減少傾向にある種が多く見られたが、糟屋では変化のない種、増加している種も多く確認できた（図 5-2-5）。
- 森林動態パラメータについて、シカの影響がない調査区と比較すると、シカの影響がある調査区では地上部現存量の相対生産速度が高いことが示された。また、

新規加入率は、統計的に有意ではないもののシカの影響がある調査区の方が低い値が示された（図 5-2-6）。

＜考察＞

- シカの増加による生態系への影響が報告された調査区では、樹木の新規加入個体数の低下や、樹皮剥ぎの影響が確認されており、特に嗜好性樹種は個体数の減少傾向が続いていることから、シカの影響が現在も持続もしくは拡大していることが示された。
- 新規加入率及び嗜好性樹種の減少した時期や減少速度は調査区によって異なったが、これは調査区によってシカが増加した時期やシカの密度が異なるためと考えられる。
- シカの影響がある調査区において、新規加入率の低下はシカによる実生の食害が要因として考えられ、相対生産速度の上昇は分解能の高いシカの排泄物の影響などが要因として考えられる。
- 現時点でシカによる影響が軽微な調査区についても、今後、シカの分布拡大や高密度状態の長期化によって、樹木群集への影響が拡大することが考えられる。

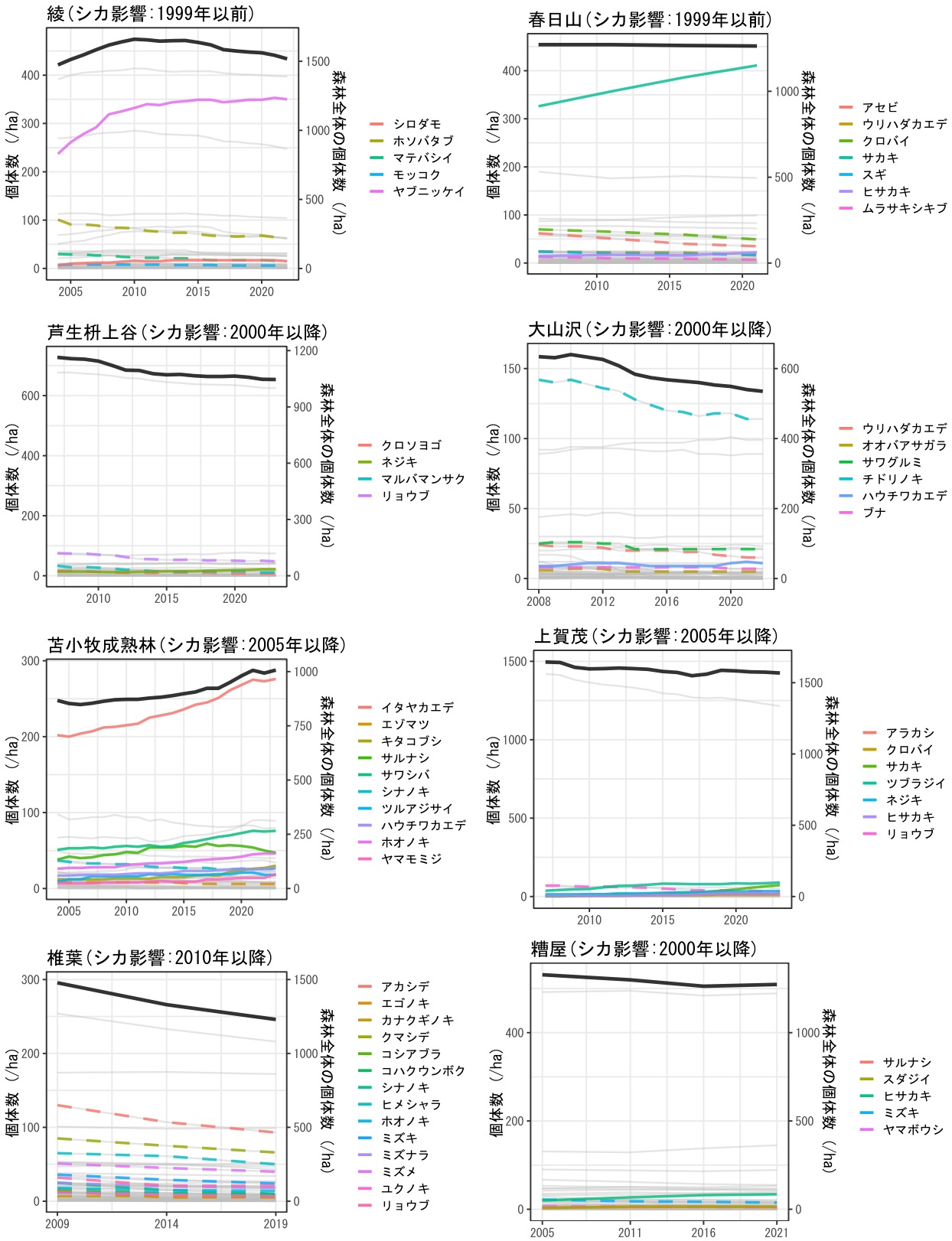


図 5-2-5　シカの影響がある調査区における、増加・減少傾向のある種の個体数の経時的変化

調査開始年から最新年にかけて 20%上昇した種は実線で示し、20%減少した種は点線で示す。

黒折れ線は森林全体の個体数を示す（右軸）。

（）内はシカの増加による生態系への顕著な影響が見られ始めた年代（アンケート調査による）。

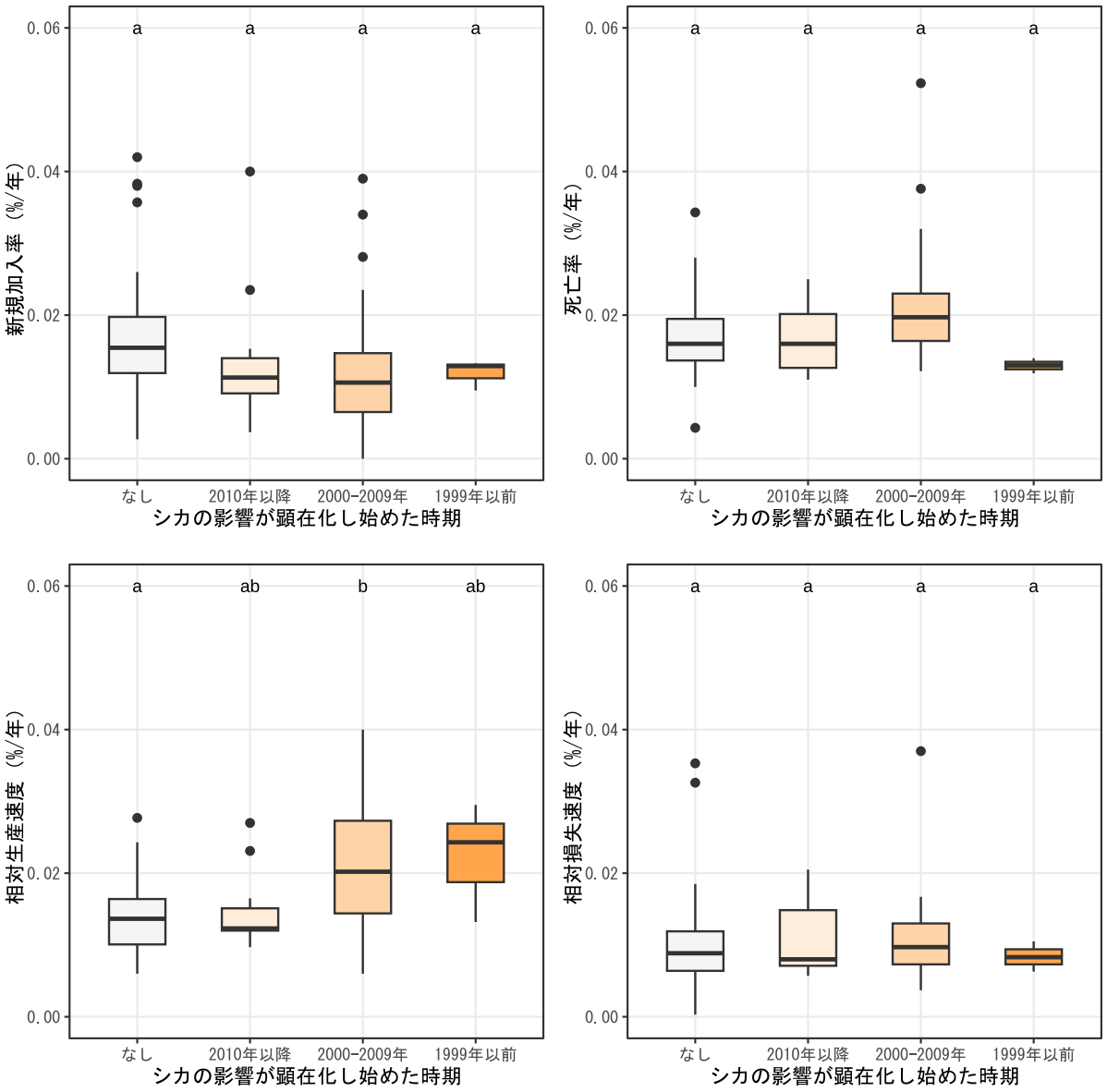


図 5-2-6　シカの影響が顕在化し始めた年代による動態パラメータの差

同じ英小文字は、統計的に有意な差がない（$P > 0.05$）ことを示す。

②地表徘徊性甲虫の捕獲個体数、及び林床植生被度・堆積落葉層・土壌の変化

＜背景・目的＞

- シカの密度増加が、林床植生の衰退を介して、落葉層や土壌、地表性・土壌性動物へも影響を及ぼしていることが、報告されている（４．２.（２）２）参照)。
- 地表徘徊性甲虫調査においても、シカによる顕著な植生変化が起きている調査区が複数含まれている（表 5-2-2)。
- 第３期とりまとめ報告書では、シカによる植生変化が顕著な調査区で地表徘徊性甲虫の捕獲量が減少傾向にあることが示された。今回、第４期のデータを追加し、第３期に確認された減少傾向が現在も続いているのか、検証した。さらに、シカの糞が増加した結果として地表徘徊性甲虫のうち糞食性のグループであるセンチコガネ科の捕獲個体数が増加しているか調べた。
- シカによる林床植生の衰退は、被覆の減少による地表の微気象の変化（古澤ら 2006)、落葉層や表層土壌の流出（古澤ら 2003、若原ら 2008)、土壌の硬化（柳ら 2008)、地表性動物にとっての住み場所や隠れ場所の減少などの環境改変をもたらし、さらに林床植生からのリター供給量を減少させる（Furusawa et al. 2011)。さらに、シカの増加による土壌養分の減少や微生物の活性低下の報告もある(Mohr & Topp 2001、Stephan et al. 2017)。餌資源の減少、生息環境の改変を通じて、地表性・土壌性動物全般に負の影響を及ぼしうる(Suda et al. 2003、田中ら 2006、伊藤ら 2007、Saitoh et al. 2008、Suzuki & Ito 2014、Katagiri & Hijii 2017)。シカによる林床攪乱が、堆積落葉層・土壌層の養分量（炭素及び窒素濃度、炭素-窒素比）に及んでいる可能性を検討した。

＜解析方法＞

- サイト代表者へのアンケート調査（５．２.（２）１）に基づき、シカによる林床植生への影響が見られた期間に応じて、注目する変数の年変化傾向が異なるかを検証した。シカの影響については、シカによる林床植生バイオマスの減少が「ない・わずか」の９調査区（以下、「影響なし」という)、モニタリング初期から「やや顕著・顕著」の５調査区、及びシカの影響が第４期に顕著になった７調査区（苫小牧の全調査区）の３群に分けて各測定項目の変化傾向を分析した。シカの分布域とは環境が大きく異なる南西諸島の調査区、イノシシによる地表攪乱が顕著な調査区は、解析から除外した（表 5-2-2)。
- 地表徘徊性甲虫の年捕獲個体数・センチコガネ科の年捕獲個体数・林床植生被度（年平均)・堆積落葉量・堆積落葉層の炭素（C）濃度と窒素（N）濃度及び炭素-窒素比（C/N)・土壌層の炭素濃度と窒素濃度及び炭素-窒素比の各変数について、調査年（連続変数)、調査区ごとの年平均気温を説明変数、サブプロットと調査区をネストされたランダム効果(ランダム切片)とする一般化線形混合モデル(GLMM)に当てはめ、推定された調査年の係数をもって年変化傾向とした。応答変数の内、

個体数は負の二項分布に、林床植生被度（０から１）はベータ分布（ベータ分布には０がないため 0.001 を加算）に、その他の応答変数はガンマ分布に従うと仮定した。ガンマ分布を用いた場合のリンク関数は自然対数とした。

表 5-2-2　第４期に地表徘徊性甲虫調査を実施した 27 調査区のタイプ分け

地域	シカ･イノシシによる林床の顕著な攪乱が認められない*	シカによる林床植生のバイオマス減少が顕著･やや顕著*	イノシシによる地表面の攪乱が顕著･やや顕著*
北海道	雨龍	足寄拓北 苫小牧成熟林 （苫小牧二次林 404 林班） （苫小牧二次林 308 班） （苫小牧二次林 208 林班） （苫小牧アカエゾマツ人工林） （苫小牧カラマツ人工林） （苫小牧トドマツ人工林）	
本州･佐渡	カヌマ沢渓畔林 青葉山 おたの申す平 カヤの平 大佐渡 （愛知赤津） （上賀茂） 和歌山	大山沢 秩父ブナ･イヌブナ林 芦生枡上谷	小川
四国			市ノ又 佐田山
九州		綾	（田野二次林）
南西諸島	奄美 与那		

＊ サイトへのアンケート調査に基づく(5．2．(2)1)参照)。
()内は二次林(過去 100 年以内に大規模な自然攪乱や伐採を受けた森林)･人工林の調査区。

＜結果＞

- モニタリング初期からシカによる林床植生バイオマスの減少が「やや顕著･顕著」とされた調査区と、「ない・わずか」とされた調査区では、甲虫の捕獲個体数はともに減少傾向にあり、減少傾向の強さにも違いはなかったが、林床植生の減少が第４期から顕著になった苫小牧では増加傾向を示した（図 5-2-7)。
- 苫小牧ではセンチコガネ科の捕獲個体数が近年になって急激に上昇していた一方で、初期からシカの攪乱が認められた調査区ではセンチコガネ科の捕獲個体数が減少していた（図 5-2-7)。シカによる攪乱のない調査区については有意な変化傾向は検出されなかった。
- 堆積落葉層の乾燥重量についてはシカの攪乱の有無にかかわらず、有意な変化傾向は認められなかった（図 5-2-8)。
- 堆積落葉層の炭素-窒素比はシカによる林床攪乱が顕著なサイト及び苫小牧で上昇しており、主にこれらのサイトでの窒素の減少傾向を反映していると思われる（図 5-2-8)。

➢ 土壌の炭素-窒素比は、攪乱のほとんどない調査区では上昇していたが、攪乱を受けた調査区では変化がなかった。このパターンは主に土壌窒素の変化傾向を反映していると思われる(図 5-2-8)。

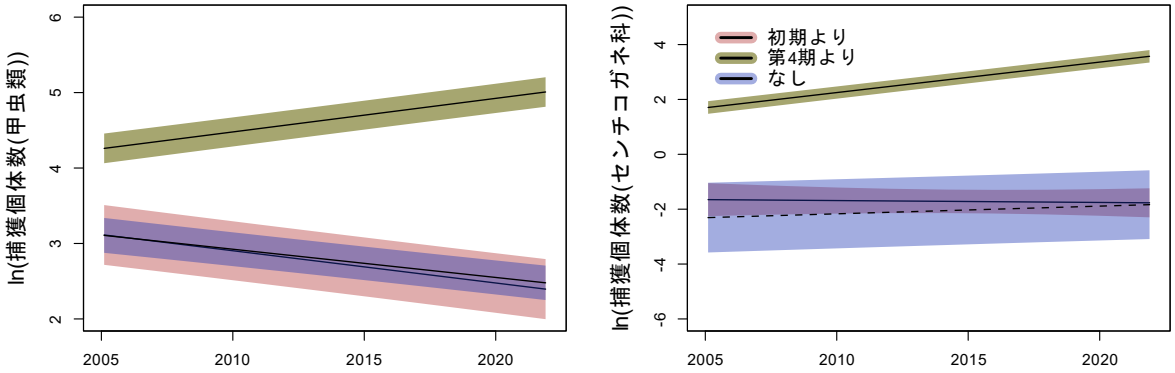


図 5-2-7　シカによる攪乱期間が異なる調査区（初期より・第４期より・なし）の地表徘徊性甲虫及びセンチコガネ科捕獲個体数の自然対数の経年変化傾向

一般化線形混合モデルによる予測曲線±標準誤差。実線の予測曲線は統計的に有意な変化傾向あり、点線は有意な変化傾向なし。

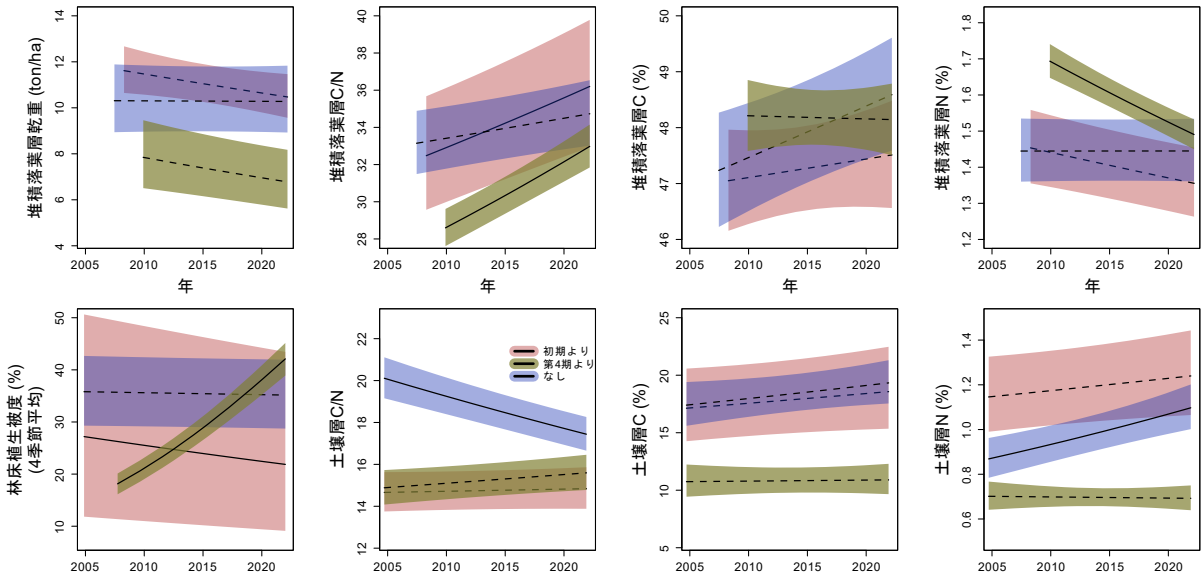


図 5-2-8　シカによる攪乱期間が異なる調査区（初期より・第４期より・なし）の各測定項目の経年変化傾向

一般化線形混合モデルによる予測曲線±標準誤差。実線の予測曲線は統計的に有意な変化傾向あり、点線は有意な変化傾向なし。

＜考察＞

- サイト代表者アンケートからシカによる林床植生バイオマスの減少がモニタリング初期から顕著もしくはやや顕著に確認されている調査区では第３期同様、林床植生の被度の減少傾向が確認されたが、第４期には上昇傾向に転じつつあるように見える。第４期になってからシカが増加した苫小牧サイトではむしろ上昇が見られた。シカの増加に伴ってシカが好まない植物種が増えることが知られており（Takatsuki & Ito 2009)、バイオマスが減少した植物がある一方で、一部の植物がそれ以上に増加したことが示唆される。
- 甲虫の捕獲個体数減少はシカの攪乱を受けてきたサイトで特に顕著であるとは言えない。シカが高密度に生息する森林では、シカの影響によって地表徘徊性甲虫の大型種は減少しやすい一方、小型種の一部が増加する結果、総個体数には変化が出ないという報告も多い（高桑ら 2007、上田ら 2009、岡田・須田 2012、Yamada & Takatsuki 2015、佐藤ら 2018)。
- 第４期になってからシカが増加した苫小牧サイトでは顕著なセンチコガネ科の増加が見られたものの、初期からシカの攪乱が見られたサイトでは予想に反してセンチコガネ科が減少しており、シカの糞の増加が一貫してセンチコガネ科の捕獲個体数を増加させているとは言えない。シカの糞は栄養分に乏しいため（Yama et al. 2019)、センチコガネ科の個体群に対する効果はそれほど大きくない可能性もある。
- シカによる林床植生バイオマスの変化が顕著な調査区での堆積落葉層及び表層土壌中の窒素濃度の変化は、攪乱がほとんどない調査区に比べると、減少に傾いていた。特に苫小牧でははっきりとした落葉層での窒素の減少が見られるが、今後、気候条件の地域的な違いなどによって窒素蓄積量とその変化傾向に違いが生じていないか、より詳細な検討が必要だろう。

■コラム５－４：ササ消失による土壌侵食が森林生態系に与える負の影響

片山 歩美（椎葉サイト：九州大学 宮崎演習林）

近年、日本の様々な場所でシカの個体数が増えており、森林の下層植生が消失しつつある。日本の森林では林床にササが密生していることが多い。ササが消失してしまうと、ササによるリターの供給・保持機能が失われて土壌が露出するようになり、雨滴が土壌表面に直接あたり、土壌侵食が起こることがある。土壌侵食が土壌の炭素蓄積機能などに与える影響は、海外の大規模な農地では精力的に調べられているが、森林生態系における土壌侵食の程度は小さいと考えられており、森林生態系において土壌侵食が土壌生態系や樹木に与える影響はほとんど調べられていない。

九州の標高 1,000ｍを超えるような山岳地域には、下層にスズタケが繁茂するブナ林が広がる。九州南部地方では 1980 年代からシカが増え始め、1990 年代頃からスズタケが食害を受けるようになり、スズタケが消失したブナ林が現状でも増えつつある。特に九州大学宮崎演習林の三方岳（宮崎県椎葉村）や環境省の自然環境保全地域に指定されている白髪岳（熊本県あさぎり町）の山頂付近では、スズタケが完全に消失し、土壌流出による根の露出やブナ大径木の枯死など、森林劣化が観察される（写真１）。これらの森で土壌侵食が土壌微生物群集に与える影響を調べたところ、土壌侵食は微生物叢の変化を招いていたことが分かった（Chen et al. 2023）。例えば真菌類では、外生菌根菌の相対存在量が低下し、代わりに植物病原性や腐生性の真菌類の相対存在量が増加する方向であったことが明らかとなった。また、土壌侵食の程度が大きくなるほど、土壌有機物の減少を介して、土壌微生物のバイオマスや活性が低下することも明らかとなった（Katayama et al. 2023）。さらに､根の露出程度が大きなブナほど､成長量が低下していることが明らかとなった(Abe et al. 2024)。年輪による成長推移を見ると、成長低下はササが消失した後に起こっており、年輪試料の炭素安定同位体の結果から、成長低下は根露出による水不足に起因することが示唆された。これら一連の負の影響は、土壌表面を覆うリターの減少に繋がり、さらなる土壌侵食とブナの成長低下を引き起こす負のスパイラルを引き起こす可能性がある。



写真１　宮崎演習林三方岳頂上付近（宮崎県椎葉村）の様子
スズタケは消失し、ブナの大径木の枯死や衰弱が観察される。

日本には様々なタイプの下層植生があり、シカによる下層植生の消失の影響は、森林タイプや気象環境により異なる可能性がある。現在進行しているシカ食害から天然林を保全する対策を考えるためにも、全国の様々な森林において、下層植生消失がもたらす影響を、土壌も含め調べていく必要がある。

引用文献

Abe, H., Kume, T., Hyodo, F., Oyamada, M. & Katayama, A. (2024) Soil erosion under forest hampers beech growth: Impacts of understory vegetation degradation by sika deer. Catena 234: 107559.

Chen, F. C., Katayama, A., Oyamada, M., Tsuyama, T., Kijidani, Y. & Tokumoto, Y. (2023) Effects of soil environmental changes accompanying soil erosion on the soil prokaryotes and fungi of cool temperate forests in Southern Japan. Journal of Forest Research 29(2): 89-102.

Katayama, A., Oyamada, M., Abe, H., Uemori, K. & Hishi, T. (2023) Soil erosion decreases soil microbial respiration in Japanese beech forests with understory vegetation lost by deer. Journal of Forest Research 28(6): 428-435.

③下層植生を利用する鳥類の変化（コアサイト）

＜背景・目的＞

- 日本の各地でシカの増加とその摂食により森林の下層植生が減少している。
- これまでの調査から、毎年調査を実施しているコアサイト及び一部の準コアサイトでは、全国的に下層植生を利用する鳥類が減少しており、特にシカによる植生被害の顕著なサイトではその傾向も大きいことが認められた（植田ら 2014）。
- 減少した下層利用種について、その後の変化を集計した。

＜解析方法＞

- シカの顕著な影響が見られている芦生、秩父、大山沢、苫小牧において減少の著しい下層利用種（ウグイス、コマドリ、コルリ、ソウシチョウ）について、記録状況を調査定点から 50m以内に複数個体が記録された「複数羽」、１羽記録された「１羽」、50mより離れた場所で記録された「範囲外」に分けて、各年の生息状況を記載した。

＜結果＞

- 芦生では調査開始当初からウグイスやソウシチョウといった種は記録されていなかったが、2018 年以降記録されるようになった（表 5-2-3）。
- 秩父では、ウグイス、コマドリ、コルリ、ソウシチョウが記録されており、コルリは一度減少したのが再度増加傾向、ウグイスは一時記録されていなかったのが、2021 年以降記録されるようになった（表 5-2-3）。
- 大山沢も同様に、2021 年以降コマドリ、コルリ、ソウシチョウが 50m以内で記録されるようになってきているが、ウグイスは記録されていない（表 5-2-3）。
- 苫小牧はウグイスとコルリが記録されていたが、2020 年以降に記録されなくなり、現在に至っている（表 5-2-3）。2022 年は現地調査が実施されていないものの、５．１．（１）４）①で結果を示した IC レコーダの調査においても 2022 年は記録されなかった。

＜考察＞

- 一度減少した、下層植生を利用する種が、多くのサイトで回復傾向にあった。苫小牧では回復が見られていないが、シカによる下層植生の減少が顕著に見られるようになったのが 2015 年頃からで、他の３サイト（2000 年頃から）に比べて遅かったため（５．２．（２）１）、そうした時間経過が影響しているのかもしれない。
- 各サイトとも、現在もシカの影響は続いており、以前の下層植生が回復しているわけではないが、シカの不嗜好性の植物が増えてきたり、周辺でシカ柵等の対策が行われたりしていることが影響しているのかもしれない。

- 隣接する秩父と大山沢でも、秩父ではウグイスが記録されるようになっているが、大山沢では記録されていなかったり、大山沢ではコマドリが記録されるようになっているが、秩父では記録されていなかったり、ソウシチョウは大山沢では回復傾向の可能性があるのに対して、秩父では記録されないままであるように、場所により回復状況は異なっており、どの種がシカの影響から回復しやすいなどといったことは現時点では明らかでない。今後も情報収集を続ける必要がある。

表 5-2-3　シカの影響が顕著なサイトにおける下層利用鳥類の生息状況の変化

種名	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
芦生														
ウグイス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	●	●
ソウシチョウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●●	●	●
秩父														
ウグイス	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●
コマドリ	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○
コルリ	●●	●●	●	●	●	●●	●	●	●	●●	●	●	●	●●
ソウシチョウ	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
大山沢														
ウグイス	●	●●	●●	●●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
コマドリ	●	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●	●	○	○	●	●
コルリ	●	●●	●●	●	●●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
ソウシチョウ	●	●●	●●	●	●●	●	●	●	○	○	●	○	●	●
苫小牧														
ウグイス	●●	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●	○	●	○	○	–
コルリ	●●	●●	●●	●●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	–

●:複数羽記録, ●:1羽記録, ●:調査範囲外で記録, ○:記録無し, –:調査せず

④下層植生を利用する鳥類の変化（一般サイト）

＜背景・目的＞

- これまでの調査から、薮を利用するウグイスの減少にはシカによる下層植生の消失が影響していると考えられている。シカは農林業や表層土壌の流出など様々な影響を及ぼしていることからイノシシとともにその拡大状況が全国的に把握されてきている。ここではシカの存在がウグイスの個体数に影響を及ぼしている状況を確認するとともに、イノシシが同所的に生息することの影響を取りまとめた。

＜解析方法＞

- シカ及びイノシシの分布のデータは、環境省（2021）による全国調査の結果を用いた。各サイトの調査年度より以前に同じ５倍地域メッシュ（約５km 四方）でシカ及びイノシシの生息が確認されていた場合、シカ、イノシシが生息とした。
- シカ、イノシシの分布拡大パターンに応じて、２期から４期の全期間をとおしてシカ、イノシシが生息しないサイト、４期のみシカが生息したサイト、３～４期にシカが生息したサイト、全期間(２～４期)にシカが生息したサイトの４つにサイトを分類した。
- シカの影響を明らかにするため、第４期に記録されたウグイスの個体数が、シカ出現からの経過時間が異なる４分類で異なっているかを、一般化線形モデル(GLM)（リンク関数に log リンク、誤差分布にポアソン分布を使用)を用いて検討した。
- これに加え、シカの出現パターンが異なる４分類サイトにおけるウグイスの個体数の２期～４期にかけての変化傾向を TRIM を用いて解析した。
- さらに全期間をとおしてシカが生息したサイトとシカとイノシシの両方が生息したサイトに関しても、ウグイスの平均個体数の変化を算出した。なお、イノシシのみが生息し、シカが生息しないサイトは、該当するサイト数が少ないため解析から除外した。

＜結果＞

- シカが全期間（２～４期）をとおして見られたサイト、３～４期に見られたサイトでは、ウグイスの個体数には有意な減少が認められたが（$P < 0.01$)、第４期になって初めてシカが確認されたサイトでは個体数に有意な減少傾向は認められなかった（図 5-2-9)。
- 第４期におけるウグイス個体数は、シカが全期間をとおして見られたサイトのみが、有意に個体数が少なかった（$P < 0.01$)。
- 全期間（２～４期）をとおしてシカが生息していたサイトと、全期間をとおしてシカとイノシシが共に生息していたサイトでは、ウグイス個体数は第２～４期にかけて同様に減少傾向を示し、また第４期の個体数にも有意な差は見られなかった（図 5-2-9)。

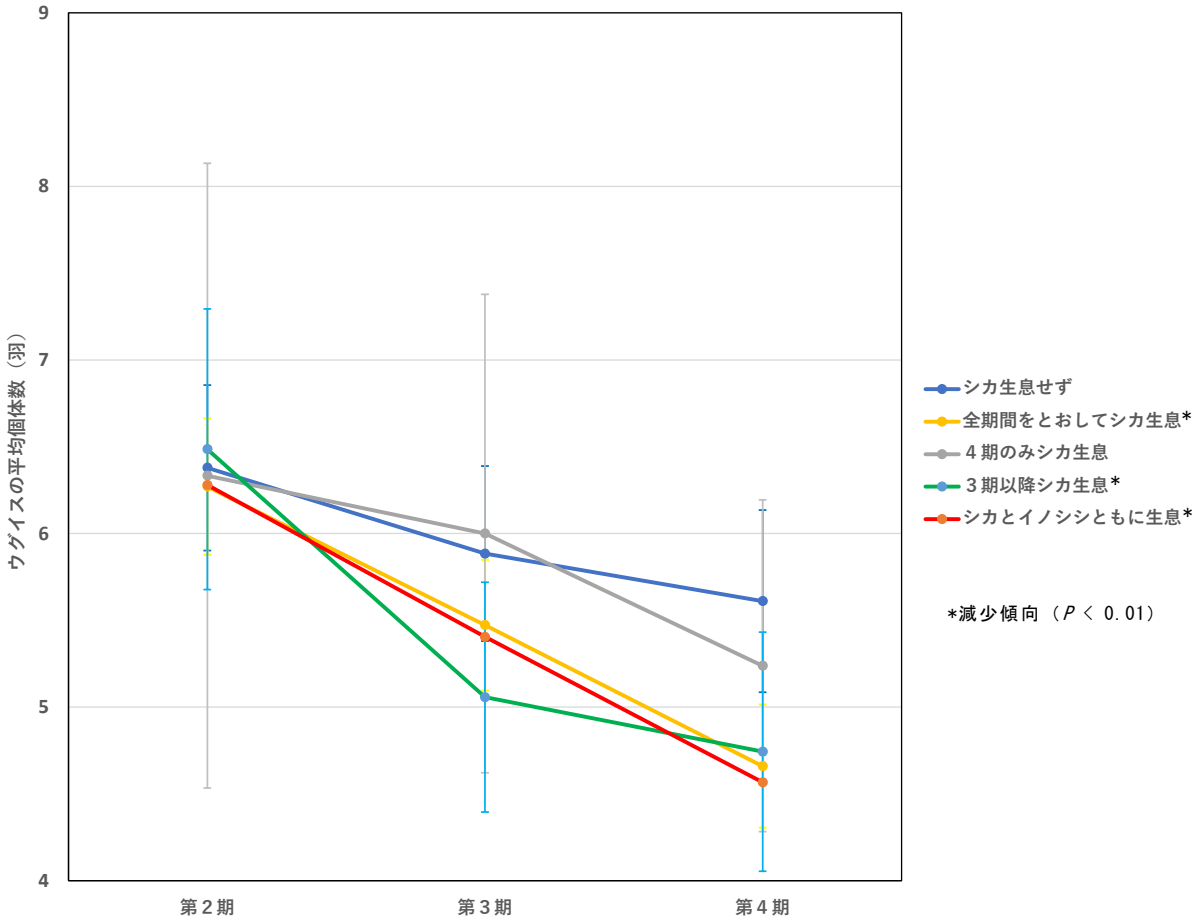


図 5-2-9　シカとイノシシの分布拡大とウグイスの個体数変化

＜考察＞

- サイト数が少ないものの対象となったサイトでは、シカの侵入後５年から 10 年程度の期間でのシカの密度増加でウグイスの有意な減少が見られるようになった。
- シカによるウグイスの個体数減少について、イノシシの存在による影響は見られなかった。
- シカの存在は、林床に営巣するウグイスのような種にとって、大きな負の影響を強く与える存在になる可能性が考えられた。

３）イノシシの増加

①地表徘徊性甲虫の捕獲個体数、及び林床植生被度・堆積落葉層・土壌の変化

＜背景・目的＞

- イノシシは泥浴びや採食行動により林床環境に対する攪乱の原因となる。地表を掘り返す採食行動が森林生態系への影響として最も大きいと考えられている（Welander 2000)。サイト代表者を対象としたアンケートでは４調査区でイノシシによる地表攪乱が顕著に見られるという回答を得た(図 5-2-4、表 5-2-2)。地表徘徊性甲虫に対しては、下層植生・堆積落葉量の減少や土壌の変質を介した影響と捕食による直接的影響が考えられる。
- 掘り起こしに起因する土壌養分の浸出が土壌無脊椎動物を減少させるとの報告もあり（Mohr et al. 2005)、土壌動物を餌資源とする地表徘徊性甲虫の減少にもつながりうる。また、資源として利用可能な糞の増加により地表徘徊性甲虫のうち糞食性のグループであるセンチコガネ科が増加する可能性がある。
- イノシシは掘り返しによって地中のミミズ類の他、地表徘徊性甲虫も捕食しており（林ら 2021)、捕食圧の増加による甲虫の減少が考えられる。
- 地表攪乱が顕著なサイトで地表徘徊性甲虫が減少しているか、林床植生、堆積落葉量、土壌・堆積落葉層の養分量に変化が生じているか、検討した。

＜解析方法＞

- サイト代表者へのアンケート調査（５．２.（２）１）に基づき、モニタリングの開始初期からイノシシによる顕著な地表攪乱が見られた４調査区(小川、市ノ又、佐田山、田野二次林）と顕著な地表攪乱の報告がない９調査区の間で、林床環境、地表徘徊性甲虫の捕獲個体数の年変化傾向が異なるかを検証した。ただし、小川は、モニタリング調査の途中（2011 年）からイノシシによる地表攪乱が顕著になったため、2010 年以前のデータは地表攪乱の報告がない調査区に、2011 年以降のデータは地表攪乱が見られた調査区に含めることとした。甲虫の捕獲個体数が極めて少ない南西諸島の調査区、シカによる林床の攪乱が顕著な調査区は、解析から除外した（表 5-2-2)。
- 甲虫の年捕獲個体数・センチコガネ科の年捕獲個体数・林床植生被度（年平均)・堆積落葉量・堆積落葉層の炭素濃度と窒素濃度及び両者の比・土壌層の炭素濃度と窒素濃度及び両者の比の各変数について、年、調査区ごとの年平均気温を説明変数、サブプロットと調査区をネストされたランダム効果（ランダム切片）とする一般化線形混合モデル（GLMM）を当てはめ、推定された年の係数をもって年変化傾向とした。応答変数の内、個体数は負の二項分布に、林床植生被度（０から１）はベータ分布（0.001 を加算）に、その他の応答変数はガンマ分布に従うと仮定した。ガンマ分布を用いた場合のリンク関数は自然対数とした。イノシシ攪乱

調査区の内、佐田山では 2022 年にセンチコガネ科が多数捕獲されたが、これはトラップ内に脊椎動物の糞が混入したことによると思われたため、本調査区の 2022 年は分析から除外した。

＜結果＞

- 甲虫の総捕獲個体数のモニタリング期間を通した変化率はイノシシによる地表攪乱の有無によって変わらなかった。センチコガネ科についても同様であった（図 5-2-10）。
- 地表攪乱が顕著な調査区で林床植生被度の減少傾向が見られた一方で、堆積落葉層の減少は見られなかった。堆積落葉層・土壌の窒素については攪乱の有無によって経年変化傾向が異なっていた。攪乱を受けた調査区で窒素濃度は落葉層で減少傾向、土壌で傾向なしであったが、攪乱のない調査区では落葉層で傾向なし、土壌で上昇傾向を示し、攪乱を受けた調査区で窒素が蓄積しにくい傾向が見られた。炭素については攪乱の有無にかかわらず変化傾向は見られず、炭素-窒素比は窒素の変化を反映して攪乱サイトで上昇（落葉層）、もしくは平均的水準を維持（土壌）していた（図 5-2-11）。

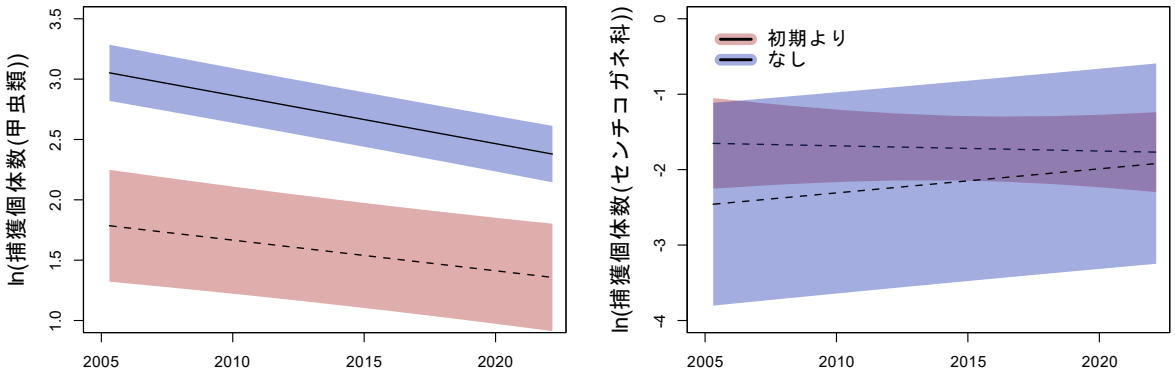


図 5-2-10　イノシシによる攪乱の報告がモニタリング初期からあった調査区（初期より）と攪乱の報告のない調査区（なし）の地表徘徊性甲虫及びセンチコガネ科捕獲個体数の自然対数の経年変化傾向

一般化線形混合モデルによる予測曲線±標準誤差。実線の予測曲線は統計的に有意な変化傾向あり、点線は有意な変化傾向なし。

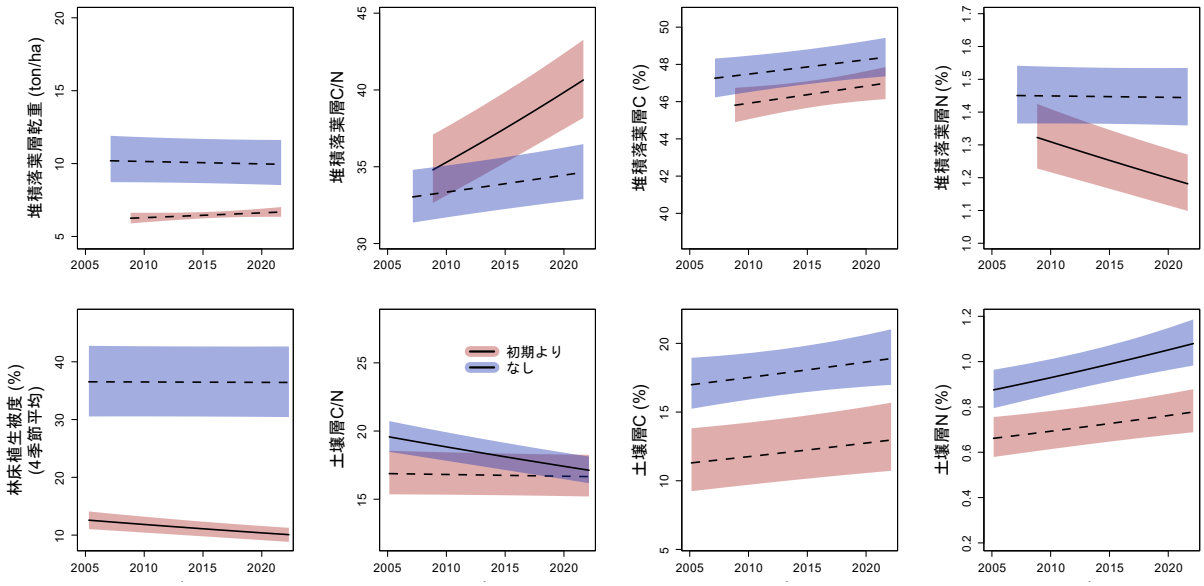


図 5-2-11　イノシシによる攪乱の報告がモニタリング初期からあった調査区（初期より）と攪乱の報告のない調査区（なし）の各変数の経年変化傾向

一般化線形混合モデルによる予測曲線±標準誤差。実線の予測曲線は統計的に有意な変化傾向あり、点線は有意な変化傾向なし。

＜考察＞

- センチコガネ科の捕獲個体数がイノシシによる攪乱の有無にかかわらず一貫した変化傾向を示さなかったことは、イノシシの増加がただちに糞食性の甲虫にとっての重要な資源の供給量増加につながるわけではない可能性を示唆している。今後さらにイノシシの生息密度が上昇する過程で影響が表れることもありうる。
- 甲虫全体についても有意な変化傾向は見られなかったが、正の影響・負の影響が同時に働いたために明らかな変化傾向が見られなかったのかもしれない。なお、野生化したブタの研究では、攪乱によって局所的には甲虫が増える一方でより広い空間スケールではブタを除去しても甲虫の生息数は変化していない（Wehr et al. 2020）。
- 地表攪乱を受けた調査区で見られた林床植生の減少は、さらに長期的には土壌環境を変化させ（Sayer 2006）甲虫にも影響をもたらすかもしれない。
- 攪乱を受けている調査区の土壌・落葉層での窒素濃度の変化は、攪乱を受けていない調査区に比して減少傾向に傾いており、上記シカによる攪乱で見られた影響（５．２．（２）２）参照）と類似している。

②地上営巣性の鳥類の変化

＜背景・目的＞

- 地上で営巣する鳥類の卵やヒナがイノシシに捕食される例がアメリカで報告されている（金森 2003）。
- そこで、イノシシの分布拡大のパターンをシカの影響の解析（５．２．（２）２）④）と同様のパターンに分けて、地上営巣性鳥類の個体数変化を取りまとめた。

＜解析方法＞

- JAVIAN データベース（高川ら 2011）を用いて、地上で営巣する鳥類を抽出し、そのうち出現サイト数が 50 サイト以上あるセンダイムシクイ、ミソサザイ、ホオジロを解析対象とした。
- イノシシが生息しない北海道と、センダイムシクイ、ミソサザイ、ホオジロが繁殖していない南西諸島のサイトは除外した。
- ウグイスでの解析（５．２．（２）２）④）と同様に、イノシシの分布拡大パターンに応じて、２～４期の全期間をとおしてイノシシが生息しないサイト、３期以降のみ生息したサイト、４期のみ生息したサイト、２～４期の全期間生息したサイトの４つにサイトを分けた。シカに比べてイノシシは分布拡大が緩やかで、３期以降になってからイノシシが確認されたサイト数がわずかであったので、３期以降及び４期以降にのみイノシシが確認されたサイトは以下の解析から一部除外した。
- イノシシの影響を明らかにするため、第４期の上記３種の対象種の個体数が、イノシシの出現パターンの違いによって異なるかを、一般化線形モデル（GLM）（リンク関数に log リンク、誤差分布にゼロ飽和ポアソン分布を使用）を用いて解析した。上記の３鳥種が生息しないサイトが多数存在したことへの対処として、誤差分布にゼロ飽和ポアソン分布を使用した。この解析では、４期以降にのみイノシシが確認されたサイトは解析から外した。
- さらに、イノシシの出現パターンが対象種３種の個体数の２～４期にかけての個体数変化に与える影響を TRIM を用いて解析した。なお、この解析でも該当するサイト数が少ないため、３期以降及び４期以降にのみイノシシが確認されたサイトは解析から外し、全期間（２～４期）をとおしてイノシシが生息しなかったサイトと生息したサイトの比較を行った。

＜結果＞

- TRIM による個体数変化の解析では、ホオジロ（$P < 0.01$）とミソサザイ（$P < 0.05$）でイノシシが全期間生息したサイトでのみ減少傾向が見られた（図 5-2-12）。
- ミソサザイでは、第４期における個体数には、イノシシの出現パターンによる差は見られなかった。

- センダイムシクイは、３期以降にイノシシが生息したサイトのみ、他のサイトより第４期における個体数が有意に多かった（図 5-2-13）。
- ホオジロは、全期間をとおしてイノシシが生息したサイトでのみ、有意に第４期の個体数が少なかった（$P < 0.05$）。

＜考察＞

- ２種類の解析の両方で、ホオジロではイノシシが生息しているサイトの方が個体数が少ない傾向が認められた。
- イノシシ、シカともに本州の北部へ分布を拡大する傾向にあるが（環境省 2021）、シカの分布拡大がイノシシのそれよりも急速であり、イノシシはまだ本州全域には拡大していない。このため、イノシシが第３期以降に初めて確認されたサイトは東北地方に偏っている。センダイムシクイの個体数が第３期以降にイノシシが初めて確認されたサイトで多いという結果は、高緯度の地域にセンダイムシクイが多いパターンを反映していると考えられる。
- ホオジロではイノシシの在サイトの方が個体数が少なく、本種の減少にはイノシシが関与していると考えられる。
- ミソサザイでは明瞭な減少傾向は見られなかった。
- イノシシでは、シカほど林床への大きなインパクトとならず、既に長期的にイノシシが生息している地域では、今回のデータから影響の大きさを測ることは難しい。

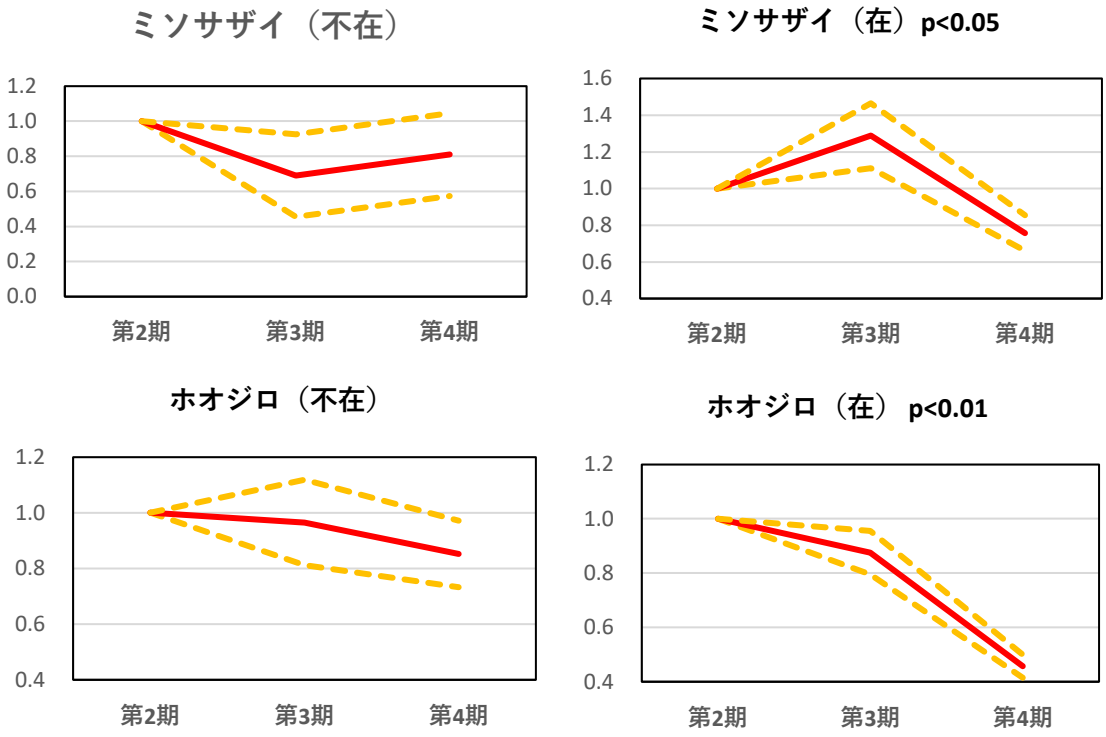


図 5-2-12　イノシシの在・不在による地上営巣性鳥類の個体数の変化

縦軸は第２期の個体数を１とした相対的な個体数指標。

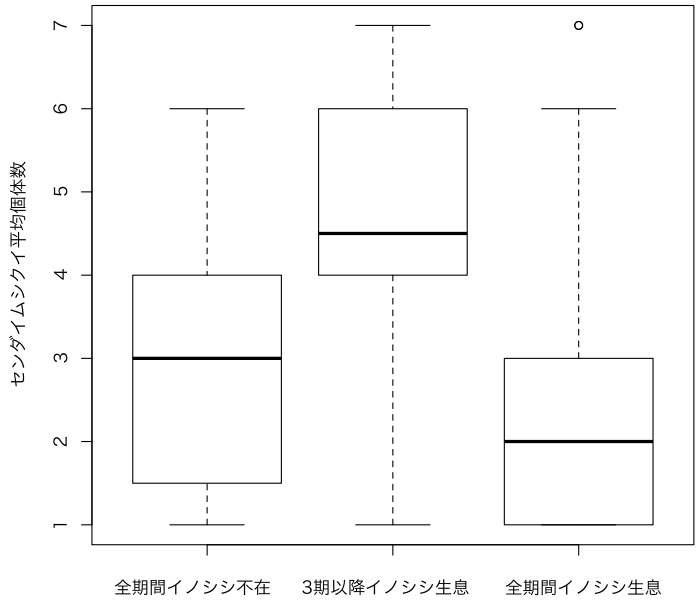


図 5-2-13　イノシシの在・不在とセンダイムシクイの第４期における個体数の関係

（３）植生環境の変化

１）植生被度の変化

①鳥類の種構成の変化

＜背景・目的＞

- 植生の変化は、鳥類相の変化に影響する可能性が考えられている。
- そこで約５年に一度調査を実施している一般サイトにおいて、各サイトにおける過去調査から今期までの植生被度の変化と、同期間における鳥類の種構成の変化との関係を検討した。

＜解析方法＞

- 第３期と第４期の出現種の構成の変化（種数の変化）を比較した。比較方法は、５．１．（１）１）⑧（鳥類の種構成の変化と気温の関係）における消失種数の解析における統計モデル、及び、新規出現種数の解析における統計モデルにおいて、他の説明変数とともに、植生被度の変化スコア量を組み込んで AIC によるモデル選択を行った（解析方法の詳細は５．１．（１）１）⑧を参照）。
- この植生被度の変化スコア量は、各サイトにおける４階層（林床、低木層、亜高木層、高木層）の植生被度スコア（０～５の６階級）の合計値の、前期と今期の差分である。

＜結果＞

- 植生被度の変化スコア量は、消失種数の解析のモデル選択において選択されなかった。また、新規出現種数の解析においても同様に選択されなかった。
- 参考として、植生被度の変化と新規出現種数の関係を図示した（図 5-2-14）。この図からは、被度の変化量には増加したサイトと減少したサイトの両方があり、新規出現種数に傾向が見られない。消失種数についても同様の傾向であった。

＜考察＞

- 植生被度の変化の影響は、新規出現種数、消失種数の両方で検出されなかった。これは、被度の変化がゼロまたは小さいサイト（図 5-2-14 の横軸の値がゼロ付近のサイト）であっても、新規出現種数が多かったサイトが多数存在したことからも、被度よりも他の要因の影響力が大きいことが示唆されるだろう。
- また、植生被度のデータが（０を除くと）20%きざみの５階級スコアであるため、解像度が粗く被度の変化がよほど劇的でないと検出されにくいことも、検出されない一因の可能性がある。

- 先行研究や他の解析からは、長期的なモニタリングにおいて被度の変化が大きくなれば、影響が検出される可能性は十分に考えられるため、今後も注意が必要であろう。

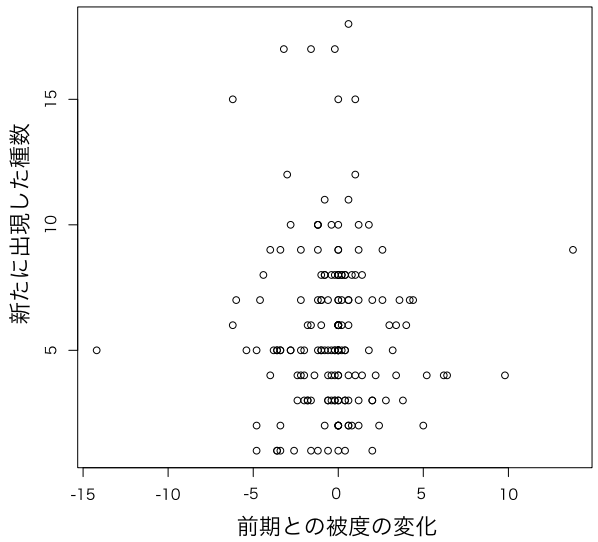


図 5-2-14　各サイトにおける植生被度の変化と新たに確認された鳥類の種数

２）草原の樹林化

①鳥類の種構成の変化

＜背景・目的＞

- かつては草が家畜の餌や茅葺きなどに利用されていたため、草刈りや火入れなどによって二次的な草原（半自然草原）が維持されていたが、ライフスタイルや農業活動の変化や人口減少、高齢化のために維持活動がなされなくなり、樹林への遷移が進行している場合がある。草原の樹林化に伴って鳥類相にどのような変化が起きているか、検討した。

＜解析方法＞

- 植生の変化を把握するため、環境省による自然環境保全基礎調査第３、４、５回調査の植生図（昭和 58 年度～平成 10 年度）と、６、７回調査（平成６年度～平成 16 年度）の植生図を用いた。各サイトに５か所設けられている調査定点を中心に半径 50ｍの範囲の植生を草原と樹林、その他（水面や人工物）に分け、樹林の占める割合及び樹林の周囲長を算出した。
- 鳥類については第４期に草原サイトに出現した種を、JAVIAN データベース（高川ら 2011）に基づいて繁殖期に草地や裸地を利用する種（草原性鳥類）、樹林を利用する種（森林性鳥類）、両方の環境を利用するジェネラリストの種の３区分に分け（巻末付表３）個体数を集計した。
- ３区分の鳥類の第４期における個体数及び種数と、森林の面積割合及び周囲長との相関分析を行った。
- さらに、各サイトにおいて、第３期と第４期の出現種の構成の変化と、樹林面積の変化の関係を解析した。解析方法は、草原サイト（一般サイト）を対象として、前期には生息していたが今期では確認されなくなった種の数（消失種数）、前期には確認されていなかったが今期は新たに確認された種の数（新規出現種数）をそれぞれ各サイトで求めた。それぞれを応答変数とした解析を行い、どちらも、各サイトの樹林面積割合の平均変化量（樹林の占める割合の変化量の５調査定点の平均値）を説明変数としたポアソン回帰モデルで検証した。なお、森林サイトでの同様の解析（５．１．（１）１）⑧）のように変化のなかった種数（共通種数）との比を用いなかったのは、草原サイトでは、森林サイトほど出現種のサイト間の変異が大きくないことによるものである。

＜結果＞

- 樹林面積割合と、草原性鳥類の種数・個体数との負の相関、森林性鳥類の種数・個体数との正の相関は有意であった（$P < 0.01$；図 5-2-15、16）。一方、ジェネラ

リスト鳥類の種数・個体数とは有意な相関は認められなかった（種数：$P = 0.11$、個体数 $P = 0.07$）。

- 樹林の周囲長と草原性鳥類の種数・個体数との負の相関、森林性鳥類の種数・個体数との正の相関は有意であった（$P < 0.01$；図 5-2-17、18）。一方、ジェネラリスト鳥類の種数・個体数と樹林の周囲長との間には有意な相関は認められなかった（種数：$P = 0.10$、個体数：$P = 0.05$）。
- 樹林面積割合の変化量は、新規出現種数、消失種数のどちらとも関連が見られなかった（$P > 0.05$）。

＜考察＞

- 草原性鳥類、ジェネラリスト鳥類、森林性鳥類とタイプ分けをすると、樹林割合の高いサイトほど、草原性鳥類が少なく、森林性鳥類が多い傾向が見られた。
- 一方、こうしたタイプ分けをせず出現した全種を対象として出現種の構成の変化（消失種数、新規出現種数それぞれの変化）の解析をすると、どちらも樹林面積の変化との関係が検出されなかった。前述の結果と合わせると、草原性鳥類の減少と森林性鳥類の増加が打ち消しあっている可能性が考えられる。
- 各サイトともまだ３回しか調査が行われていないため、同じサイトでの鳥類の増減については、ばらつきが大きく、十分な検討ができなかった。そのため、今回はサイト間の樹林化の程度と鳥類の出現状況の比較を行ったが、今後データが蓄積されれば、過去から約５年ごとの経過データを各サイト単位で踏まえた同一サイト内の経年変化を直接比較するアプローチによる、精度の高い増減の解析を行える可能性がある。
- 草原サイトでも半自然草原や牧草地のように変化が少ないサイトや、ヨシ原、短茎草原などバラエティーが様々あり、草原と鳥類に特化した調査の必要性の検討も重要である。

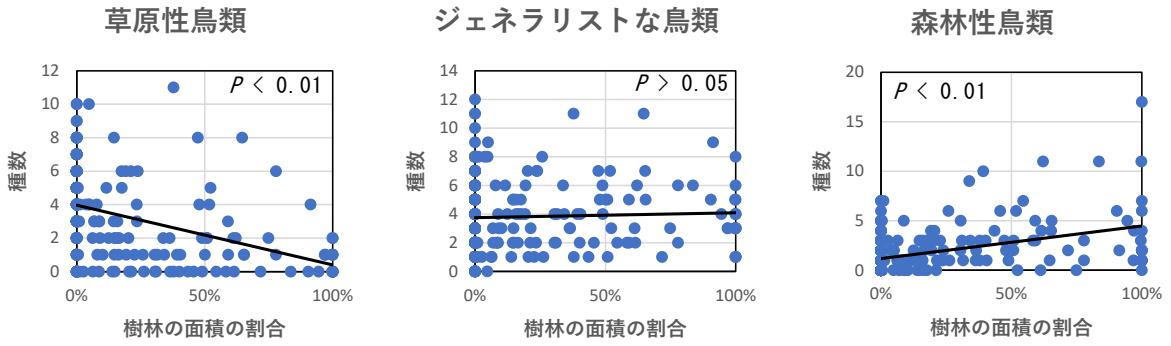


図 5-2-15　樹林面積割合と生息環境別の鳥類種数の関係

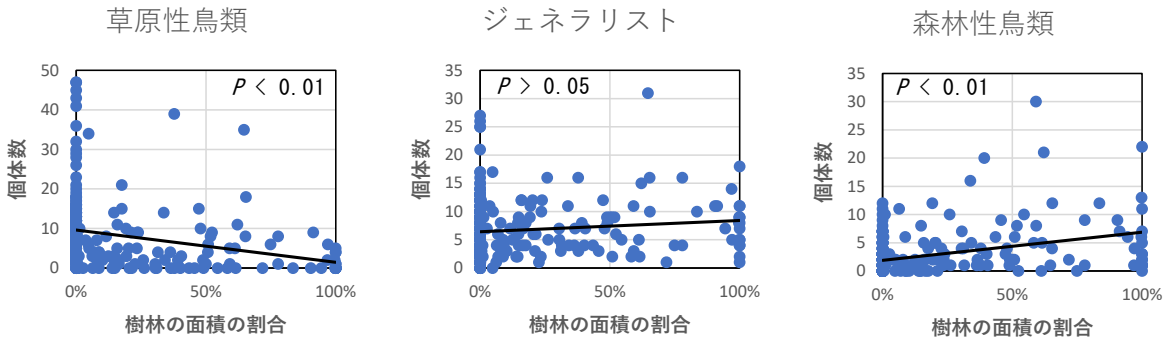


図 5-2-16　樹林面積割合と生息環境別の鳥類個体数の関係

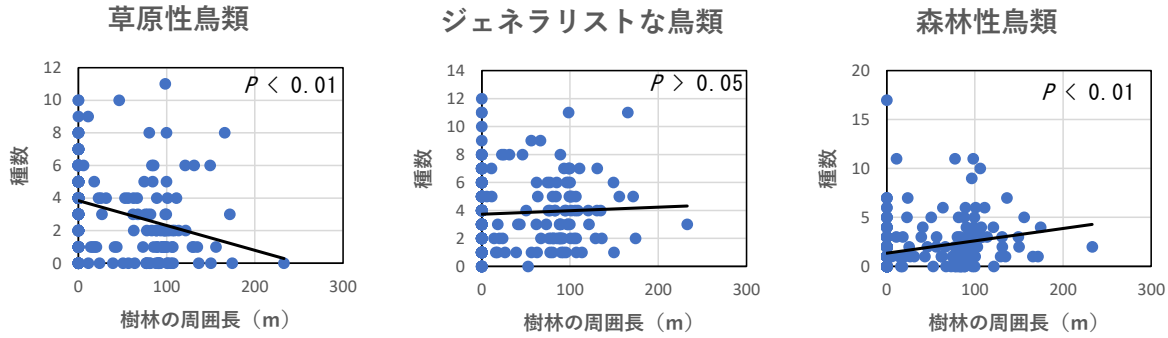


図 5-2-17　樹林周囲長と生息環境別の鳥類種数の関係

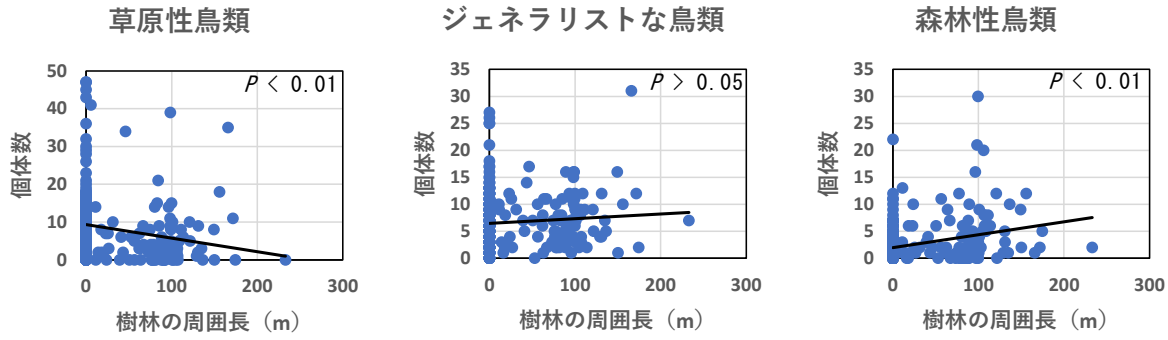


図 5-2-18　樹林周囲長と生息環境別の鳥類個体数の関係

５．３．外来種

（１）外来種の侵入・拡大、及び防除の効果

１）コアサイト・準コアサイトへの外来種の侵入状況

＜背景・目的＞

- 日本各地の森林で、既に様々な外来種の侵入が報告されている（４．２.（２）３）。そうした外来種の侵入や動態を監視すると同時に、それらによる在来種や生態系への影響を明らかにする必要がある。
- 各コアサイト・準コアサイトにおける外来種の侵入状況を把握するために、第３期と同様のアンケート調査を行った。

＜解析方法＞

- 2021 年８月及び 2022 年 12 月に、各コアサイト・準コアサイト代表者に対し、調査区内及び周辺での外来種の侵入状況について、アンケート調査を行った。

＜結果＞

- 48 サイト中 44 サイトから回答が得られた。
- 外来種の報告があったサイトは、全サイトの約４割（19 サイト）であった。
- 哺乳類では、アライグマ（北海道～九州の５サイト）、ハクビシン（本州の７サイト）が多く、南西諸島・小笠原諸島ではクマネズミ（３サイト）・フイリマングース（２サイト）・ノネコ（２サイト）・ノヤギ（１サイト）が挙げられた（表 5-3-1）。
- 鳥類では、ソウシチョウ（本州の３サイト）、ガビチョウ（本州の４サイト）が多く、小笠原石門で国内外来種のメジロが挙げられた（表 5-3-1）。
- 両生類・爬虫類では小笠原石門でグリーンアノールが、昆虫類では苫小牧でセイヨウオオマルハナバチが挙げられた（表 5-3-1）。
- 樹木の外来種は、北海道～九州では春日山のナンキンハゼのみであったが、南西諸島・小笠原諸島では与那、小笠原石門の２サイトから６種が挙げられ、特に小笠原石門が４種と突出していた（表 5-3-1）。
- 「生態系への顕著な影響が生じている」と回答があったのは、南西諸島・小笠原諸島の３サイトであり、その内奄美と与那ではフイリマングース１種のみが挙げられたが、小笠原石門では６種が挙げられた（表 5-3-1）。
- ただし、奄美と与那のサイト周辺では、フイリマングースの駆除が進んで根絶状態に近くなっており、個体数が減少していた在来種の回復も確認されつつある（亘

2019、阿部 2022）[9]。なお奄美のサイト周辺では、クマネズミは近年非常に密度の低い状態が続いていることが報告された。2018 年からはノネコの捕獲排除も開始されている。

- 一方、小笠原石門では、数十年以上前から多数の外来種が侵入・定着しており、アカギ、ガジュマル、シマグワ、グリーンアノール、ノネコの排除が進められているものの、依然として多くの種が生態系に悪影響を与えている状態が続いていることが報告された。
- 大規模な森林病虫害の発生状況のアンケート調査からは、外来種のマツノザイセンチュウによって引き起こされるマツ枯れが、本州～奄美の 10 サイトで確認されている（表 5-2-1）。
- 毎木調査データからは、小笠原石門で調査区内へのアカギ、シマグワ（ヤマグワ）、パパイアの侵入と、苫小牧の二次林と人工林の一部の調査区へのチョウセンゴヨウの侵入（樹木園や林道脇の植栽個体から分散したものと思われる）が認められた。一方、全てのサイトにおいて、地表徘徊性甲虫の外来種は確認されていない。

＜考察＞

- コアサイト・準コアサイトは主に天然生の森林であるため、樹木の外来種が侵入しているサイトは少ないが、アライグマ・ハクビシンなどの哺乳類、ソウシチョウ・ガビチョウなどの鳥類は既に多くのサイトに侵入している。
- 亜熱帯の島嶼部（南西諸島・小笠原諸島）のサイトでは、樹木を含む多くの外来種が侵入しており、しかも生態系に深刻な影響を及ぼしている。
- その一方で、奄美や与那周辺のマングースのように駆除などの対策が進んで、在来種の回復が確認されているケースもある。
- 今後のモニタリングを通じて、各サイトにおける外来種の侵入・拡大及び在来種や生態系への影響、あるいは駆除などによる減少に伴う在来種や生態系の回復過程、気候変動との関係など、長期的な変動や影響を明らかにしていく必要がある。

[9] 2024 年 9 月 3 日に環境省は奄美大島におけるフイリマングースの根絶を宣言した。

表 5-3-1　コアサイト・準コアサイトの調査区及びその周辺の森林における外来種の侵入状況（サイトへのアンケート調査に基づく）

サイト	都道府県	哺乳類	鳥類	樹木	その他
雨龍	北海道	アライグマ※			
足寄	北海道				カモガヤ※、シバムギ、オニウシノケグサ※、オオアワダチソウ※、ハルジオン、ヒメジョオン※、ユウゼンギク※、ネバリノギク※、マツヨイセンノウ
苫小牧	北海道	アライグマ※ テン※★			オオハンゴンソウ※ オオアワダチソウ※ セイヨウオオマルハナバチ※
カヌマ沢	岩手県				オオハンゴンソウ※（2015）
青葉山	宮城県	ハクビシン※	ガビチョウ※		オオハンゴンソウ※
金目川	山形県	ハクビシン※（2000）			
那須高原	栃木県	ハクビシン※	ガビチョウ※（2010）		
小川	茨城県	ハクビシン※（2010） ノネコ※（2010） クマネズミ※（2010）	ガビチョウ※（2005） ソウシチョウ※（2012）		ヨウシュヤマゴボウ
筑波山	茨城県		ソウシチョウ※（2010）		
秩父	埼玉県	ハクビシン※	ガビチョウ※ ソウシチョウ※（2010）		
富士	山梨県	アライグマ※（2015） ハクビシン※			
春日山	奈良県	アライグマ※ ハクビシン※		ナンキンハゼ※	
佐田山	高知県				モウソウチク※
糟屋	福岡県	アライグマ※（2020）			
屋久島照葉樹林	鹿児島県	タヌキ※★（2005）			
奄美	鹿児島県	フイリマングース※ （1990 年代） ノネコ※ クマネズミ※			
与那	沖縄県	フイリマングース※ （2000 年代） クマネズミ※		ギンネム※ トクサバモクマオウ※	アメリカハマグルマ※
西表	沖縄県	ノヤギ※			
小笠原石門	東京都	ノネコ※ クマネズミ※	メジロ★	アカギ※★（1980 以前） シマグワ※★#（1980 以前） ガジュマル※★（1990 年代） パパイア（1980 以前）	セイロンベンケイ※（1980 以前） ヤンバルツルハッカ（1980 以前） ジュズサンゴ※（1980 以前） グリーンアノール※（1980 年代）

黄色網掛け：生態系に顕著な影響が生じた/生じていると回答があった種。
赤字：最近5年程度で増加傾向の種。
青字：最近5年程度で減少傾向の種。
（　）：生息が確認された年代。
※：環境省・農林水産省（2015）の掲載種。
★：国内由来の外来種（国内の自然分布域から、国内の非自然分布域に持ち込まれた種。環境省・農林水産省（2015）、川上（2019）に基づく）。
＃：ヤマグワと同一種とされる場合もある。小笠原石門サイトの調査データ中では「ヤマグワ」として記録されている。

２）外来種の侵入・拡大

①小笠原の外来樹木

＜背景・目的＞

- 日本各地の森林で、既に様々な動植物種の侵入が報告されている（４．２．（２）３）。そうした外来種の侵入や動態を監視すると同時に、それらによる在来種や生態系への影響を明らかにする必要がある。
- 小笠原諸島には明治初期にアカギ（コミカンソウ科の高木性常緑広葉樹）が薪炭材用として導入され、侵略的外来種として在来樹木に代わって森を占拠しつつある。
- 前回までのとりまとめ報告書において、小笠原石門サイトでは 2011 年までアカギの増加が確認され、2010 年代の駆除により 2016 年に５分の１程度まで減少した。
- 引き続き、データから小笠原石門サイトにおける外来樹種の侵入状況を把握する。

＜解析方法＞

- 小笠原石門サイトにおいて、各樹種の個体数の経時的な変化を示す。

＜結果＞

- 2006 年の 56 個体から 2011 年の 91 個体まで増加したアカギは、調査区内の地上部現存量の約 4.7%を占めていた。駆除の効果で 2016 年に 21 個体まで減少が見られたが、2021 年に 23 個体に増加した（図 5-3-1）。
- アカギの侵略との因果関係は分析できていないが、オオバシロテツ、オオヤマイチジク、トキワイヌビワなどの、もともと個体数の少ない固有種の減少が確認できた。
- 先駆種のウラジロエノキ、低木のオオバシマムラサキは増加傾向が見られた。
- 2016 年から 2021 年にかけてパパイアの急激な増加（０個体から 505 個体）が確認された（図 5-3-1）。

＜考察＞

- 2005-2010 年におけるアカギの増加は 10.6 個体（/ha/年）と大きく、駆除が進められなければ調査区内の生態系により大きな影響があったと考えられるが、駆除後個体数の減少が収束した在来種は確認できず、新しく加入した種はタブノキの１個体のみだった。
- 2006 年の台風攪乱により在来種は軒並み減少したがアカギだけは増加し（Abe et al. 2020）、2019 年の台風攪乱後に森林ギャップ内にパパイアの繁茂が見られている。今後、台風の規模が大きくなると、外来種の影響がより強くなることが考えられる。

- 駆除による効果やパパイアによる影響をみるため、さらなるモニタリングが必要である。
- このような小笠原の現状を教訓とし、今後、他の地域で外来樹種の植林（例、バイオマスエネルギー生産のための外来の早生樹種の植林など）を検討する場合は、個体が逸出した際の除去の困難さや生態系への広範な負の影響等のリスクについて、事前に様々な面から慎重な検討を行うことが必要と考えられる（長池 2021）。

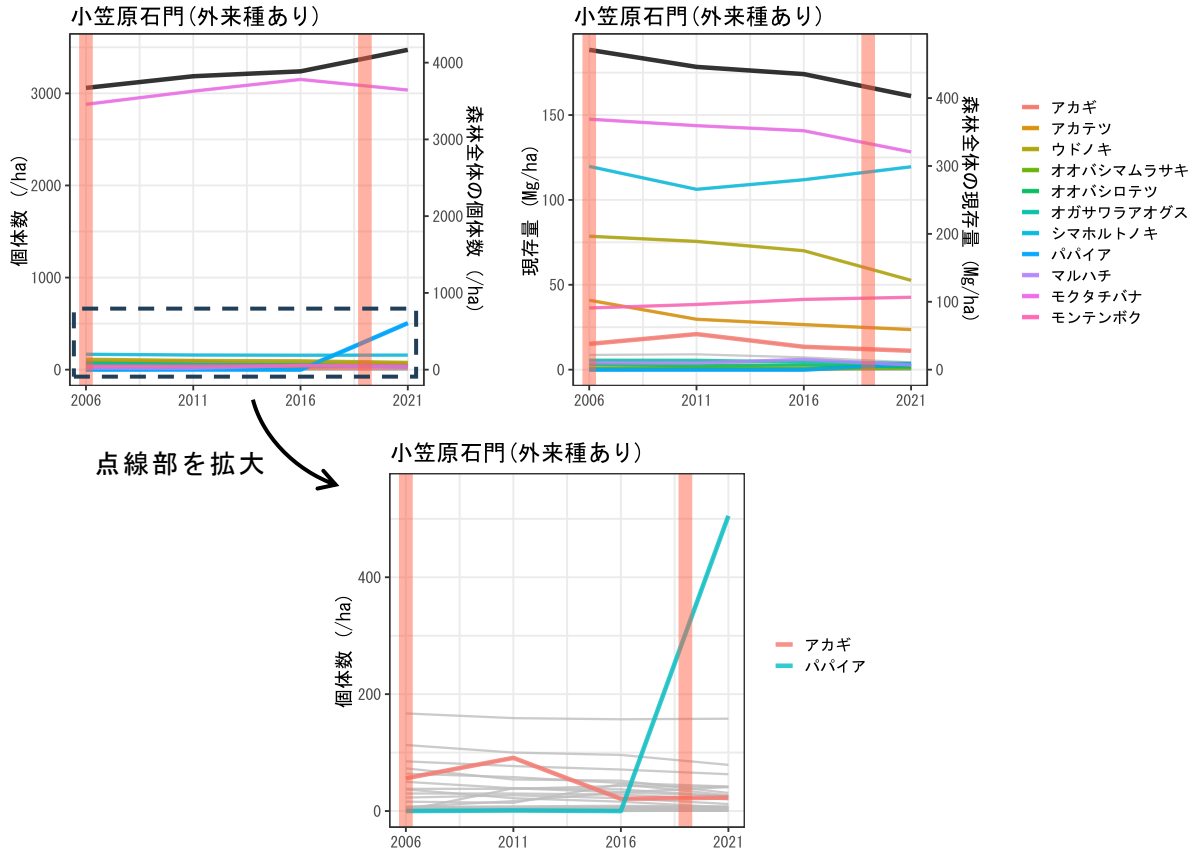


図 5-3-1　小笠原石門における、変動の大きい種の個体数・現存量の経年変化

黒線は、森林全体の個体数または現存量（右軸）を示す。

赤縦線は、台風による風倒被害の報告のある時期を示す。

■コラム５－５：海洋島固有の森と外来種問題

安部 哲人（小笠原石門サイト：日本大学 生物資源科学部）

小笠原諸島には多くの固有種からなる独自の生態系があり、世界自然遺産に登録されている。しかし、海洋島生態系は外来種に対して脆弱であり、大きな脅威となっている。小笠原でもノヤギやモクマオウ､クマネズミ､グリーンアノールなど多くの外来種が蔓延し、巨額の公的資金を投じて駆除・保全事業が行われている。しかし、その最中にも新たな外来種（例えばツヤオオズアリやリクヒモムシなど）が次々と侵入・拡大し続けている。

母島では高木性のアカギ（コミカンソウ科）が大きな問題となっている外来種の一つである。自然度の高い森林が広がり、多くの絶滅危惧種が分布する石門でもアカギの個体数は増えている。母島のアカギは成長速度が速く（Abe et al. 2020)、ある程度の耐陰性があり、種子生産量も多い（Yamashita et al. 2003)。この母島の状況から、アカギは「日本の侵略的外来種ワースト 100」にも挙げられている。一般に「侵略的」とされる外来樹種でも林冠が閉鎖した森林で拡大することは少なく、台風等で形成された林冠ギャップに侵入して、速やかに成長・繁殖することで個体数を増やす。石門のアカギは戦前の植栽地があり、そこから台風攪乱に乗じて個体数を増加させてきたと考えられる（Abe et al. 2020)。現在はアカギの駆除が事業化され、石門では 2009 年より駆除が始まっている。一方で、駆除により形成されたギャップに新たな外来種が侵入するか、在来植生が回復するかは大きな問題である。そのモニタリングも兼ねて最も重要なエリア４ha を石門サイトとして継続調査している。

小笠原諸島の有人島は父島、母島だけ（自衛隊基地の硫黄島、省庁職員のみ駐在する南鳥島を除く）であり、外来種の侵入もこれらの有人島が中心である。無人島には固有の生態系が残っているが、近くの有人島から外来種が広がりつつある。複数の外来種が入り込むと駆除後も生態系が元に戻る可能性は低く､「新生態系（novel ecosystem)」を創造せざるを得ない。駆除後の生態系の機能や多様性をどう復元させるかは小笠原諸島の生態系保全における大きな課題である。

引用文献

Abe, T., Tanaka, N. & Shimizu, Y. (2020) Outstanding performance of an invasive alien tree *Bischofia javanica* relative to native tree species and implications for management of insular primary forests. PeerJ 8: e9573.

Yamashita, N., Tanaka, N., Hoshi, Y., Kushima, H. & Kamo, K. (2003) Seed and seedling demography of invasive and native trees of subtropical Pacific islands. Journal of Vegetation Science 14: 15-24.

②ガビチョウの分布拡大と積雪の関係

＜背景・目的＞

- 日本で定着している外来鳥類にはドバト、コジュケイ、ホンセイインコなどがいるが、森林環境では、現在チメドリ類の定着と分布拡大、個体数の増加が顕著である。
- これまでの調査から、ガビチョウが積雪の多い地域を避けるように分布を拡大していることが明らかになっているため、その後の分布の変化と積雪との関係について取りまとめた。

＜解析方法＞

- ガビチョウの分布図作成に用いた情報はモニタリングサイト 1000 のデータ、全国鳥類繁殖分布調査の結果、日本野鳥の会の探鳥会データ、バードリサーチのフィールドノート及び外来鳥ウォッチのデータである。これらを地図上に落とし、分布の変化を可視化した。情報量は年代によって異なるので、分布地点数ではなく、分布の範囲に注目した。
- 積雪のデータは農研機構メッシュ農業気象データ（農研機構 online）を利用し、それぞれの期間の最深積雪を基に地図化した。

＜結果＞

- ガビチョウはこれまで急激に分布を拡大してきたが、第３期以降は、愛知県に新たに定着した地域以外で大きな変化は見られなかった（図 5-3-2)。
- ガビチョウはこれまでは積雪の深い場所での記録が少なかったが、そうした場所へもやや分布を拡げていることが窺えた（図 5-3-3)。

＜考察＞

- ガビチョウの分布は新たに愛知県で生息が確認されたが、これまでのように急激な拡大は見られなかった。これまでの分布拡大の経緯を考えると、今後この地域での急速な分布拡大の可能性があり注視する必要がある。
- これまで生息していなかった積雪の深い場所へも分布を拡げており、今後の動向も注視していく必要がある。

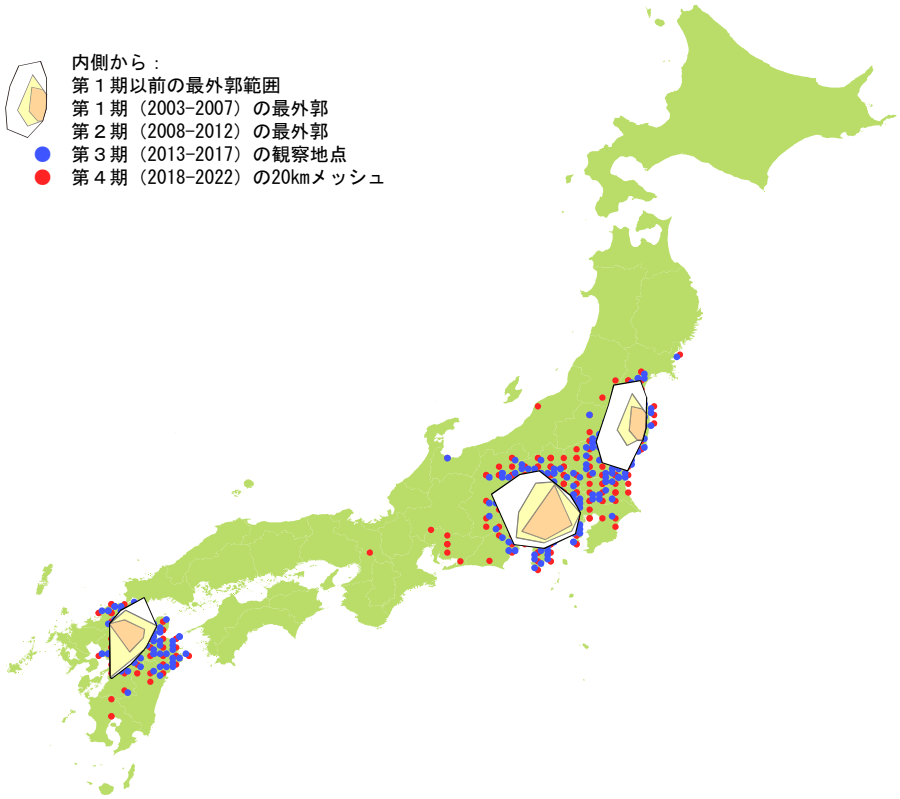


図 5-3-2　ガビチョウの過去からの分布の変化

第４期は 20km メッシュで調査がされた全国鳥類繁殖分布調査の情報を含むため、20km メッシュで示した。

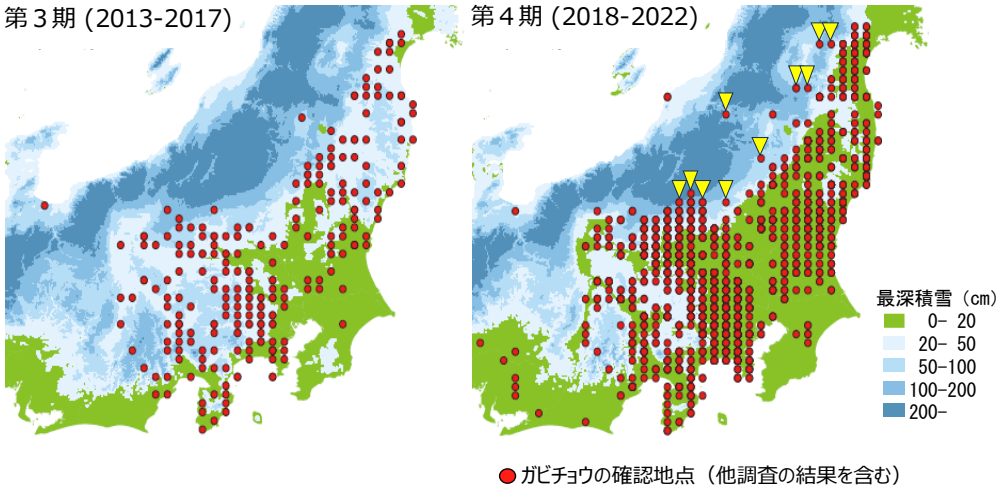


図 5-3-3　第３期と第４期のガビチョウの分布の変化と積雪の関係

第４期は 20km メッシュで調査がされた全国鳥類繁殖分布調査の情報を含むため、20km メッシュで示し、比較のため第３期の情報も 20km メッシュで示した。第４期は全国鳥類繁殖分布調査のデータが多く含まれているため、記録地点数が多くなっているが、記録された範囲も、これまでは記録されていなかった積雪の深い北側へと拡がっていた（▽印）。

③ソウシチョウの分布拡大

＜背景・目的＞

- 近年の調査で繁殖期にソウシチョウが低標高のサイトでも確認されていることから、繁殖期の標高帯の変化と水平方向への拡大について取りまとめた。

＜解析方法＞

- サイト数の少ない第１期を除いた第２期から第４期について、ソウシチョウの分布図を作成し、各期別の分布範囲の最外郭を求めた。
- 垂直分布の変化を見るために、ソウシチョウの確認されたサイトの標高を 250m ごとの標高帯に分け、サイト数の比較を行った。

＜結果＞

- ソウシチョウは各期をとおして関東以西に広く分布し、第４期に関西及び中国地方の日本海側に新しい確認サイトが見られた以外は、分布範囲の拡大は認められなかった（図 5-3-4)。
- 営巣場所が存在する標高帯を見ると、第２期には 750ｍから 1000ｍの標高帯が最も頻度が高かったが、第３期以降は 250ｍより低い標高帯域での、確認サイト数の増加が大きかった。一方、1000ｍ以上の標高帯では、サイト数の変化はわずかだった（図 5-3-5)。
- 確認サイト数は、第２期が 55 サイト、第３期が 75 サイト、第４期が 98 サイトと増加していた。

＜考察＞

- ソウシチョウは水平的には分布拡大はないものの、同じエリア内で低標高の空白であった地域を埋めるように増加していると考えられた。
- ハワイ島で 1920 年代に導入された個体は、分布拡大に伴い標高０ｍから 1200ｍの範囲で分布の消長を繰り返しているとされており（Amadon 1945、Conant 1975、Conant 1980、Banko & Banko 1980)、国内のソウシチョウも同様に 20～30 年間隔で鉛直方向の分布を変化させる可能性がある。

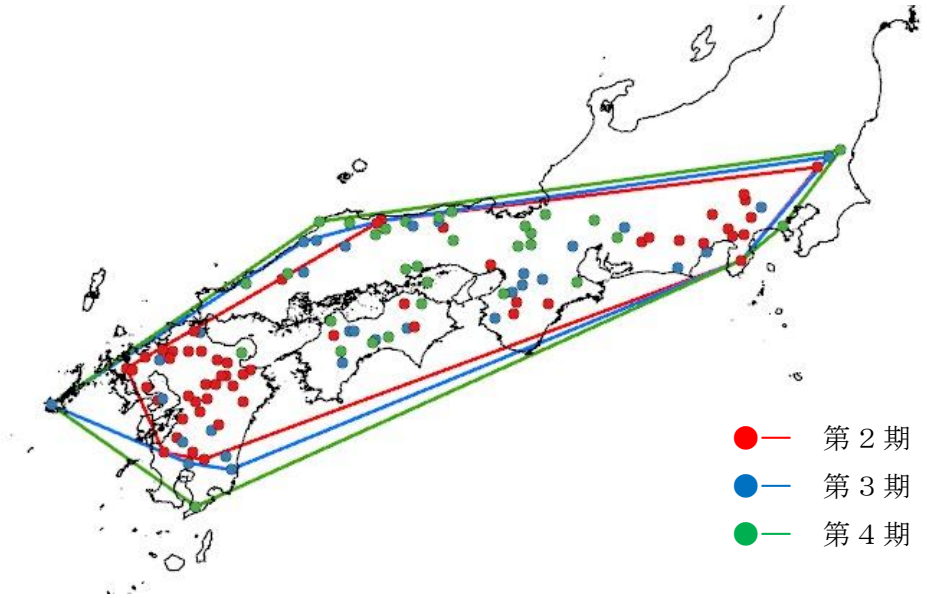


図 5-3-4　ソウシチョウの水平方向での分布変化

同じ地点で繰り返し確認された場合、より新しい調査期間の凡例で上書きされているが、分布の最外郭は対応する期間の確認地点を網羅している。

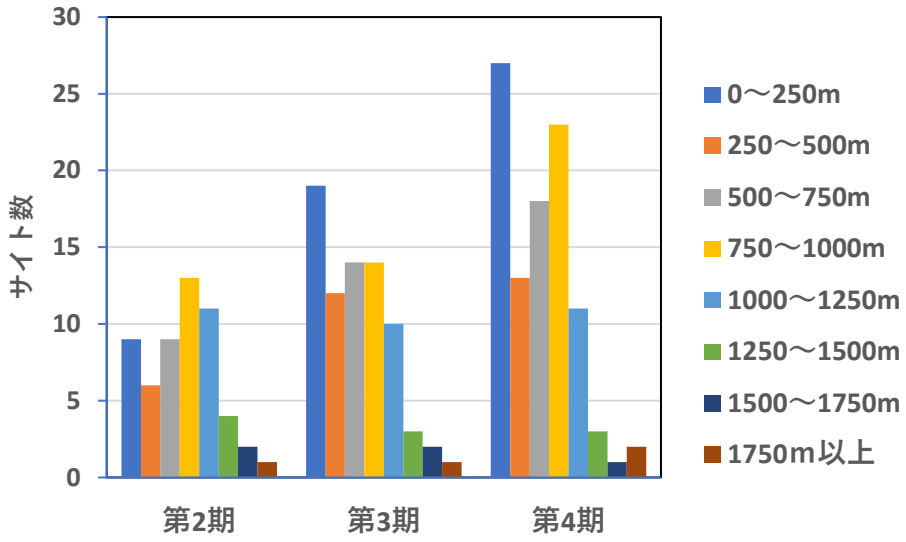


図 5-3-5　ソウシチョウの鉛直方向での分布変化

３）外来種の防除

①マングースの防除による地上性の鳥類の回復

＜背景・目的＞

- 奄美大島や沖縄島北部では、フイリマングースの防除事業が行われ、マングースがきわめて少ない状態で、特に奄美大島では根絶できている状態になっていると考えられている（環境省沖縄奄美自然環境事務所 2022a, b；図 5-3-6）[10]。
- その結果、ヤンバルクイナ（Yagihashi et al. 2021）やオオトラツグミ（水田 2016）などの分布拡大や個体数の回復が起きているので、奄美・与那の２サイトについて、同様に地上で行動することの多い種の個体数の変化について集計した。

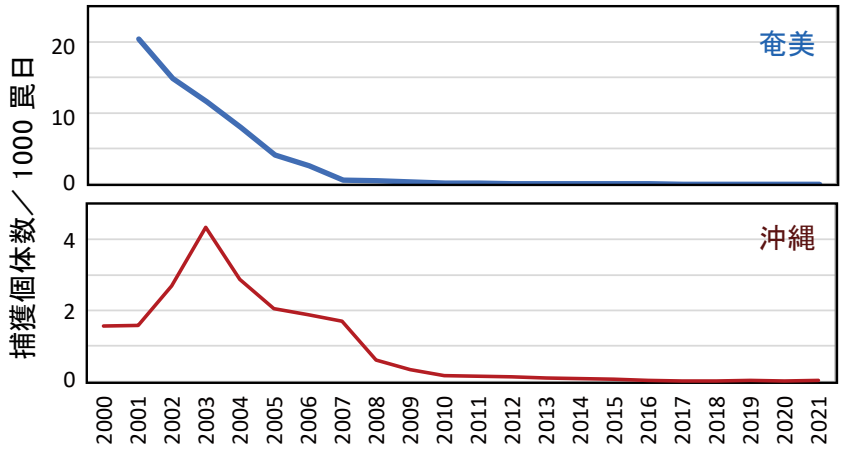


図 5-3-6　防除によるマングースの個体数指標の変化

環境省沖縄奄美自然環境事務所（2022a, b）から作図。今回解析対象とした 2009～2022 年はマングースが低密度化した後の期間に該当する。

＜解析方法＞

- 地上を高頻度で利用する種として、奄美サイトはキジバト、オオトラツグミ、アカヒゲを、与那サイト（沖縄）はノグチゲラ、ヤンバルクイナ、アカヒゲを対象として、繁殖期の記録個体数の変動を記載した。

＜結果＞

- ヤンバルクイナは有意に増加傾向にあったが（$P = 0.002$）、それ以外の種に有意な増加傾向は認められなかった（図 5-3-7）。また、越冬期に渡来し、地上を利用するシロハラも越冬数は減少傾向にあり、増加はしていなかった（環境省自然環境局生物多様性センター2020）。

[10] 2024 年 9 月 3 日に環境省は奄美大島におけるフイリマングースの根絶を宣言した。

＜考察＞

- ヤンバルクイナの記録数の増加は、マングース防除の成果の可能性がある。
- その他の地上性の種について、他の調査で分布や個体数の回復が報告されているものの本調査では有意な増加が見られなかった原因として、マングースが低密度になってから本調査を開始したことで、マングースが高密度だった時期を含んでいないための可能性がある。つまり調査をもっと早くから実施していたら増加を検出できたのかもしれない。また、モニタリングサイト 1000 のコアサイト・準コアサイトの多くは良好な自然環境の場所に設定されているので、鳥類にとって好適な生息地であり、回復も早かった可能性があり、その点でも検出が難しかった可能性もある。
- 冬鳥のシロハラが減少しているのは、越冬域が北に移動した（植田ら 2023）ためと考えられ、こうしたマングース以外の要因が強く影響している可能性もある。

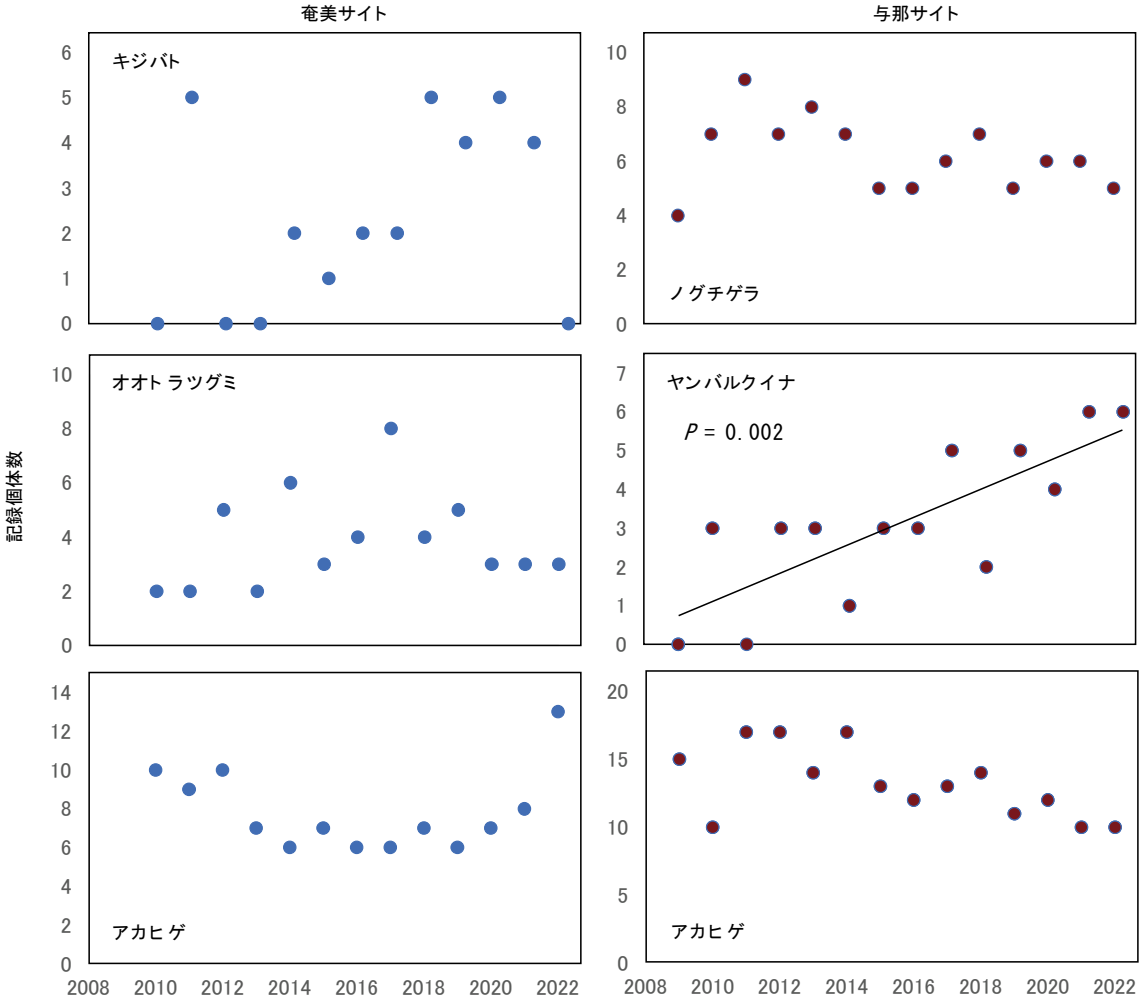


図 5-3-7　奄美及び与那サイトの地上性の鳥類の個体数の変化

ヤンバルクイナには有意な増加傾向があった（$P = 0.002$）。

■コラム５－６：
沖縄島北部やんばる固有鳥類３種の保全にマングースの根絶は不可欠

小高 信彦（森林総合研究所 九州支所）

島の固有種は、人為的な環境改変や侵略的外来種の影響を受けやすく、絶滅しやすいことが知られている。2021 年にユネスコ世界自然遺産に登録された「奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島」のなかでも、海による隔離の歴史が長い中琉球の３島（奄美大島、徳之島、沖縄島）には、ヤンバルクイナやアマミノクロウサギをはじめとする多くの固有種が生息するが、その多くが絶滅の危機に瀕している。

モニタリングサイト 1000 の与那サイトがある琉球大学農学部与那フィールドは、2016 年にやんばる国立公園に指定され、その主要な森林域は、2021 年に世界自然遺産に登録された。国立公園化、世界自然遺産の登録によって、生物多様性の保全上重要な脊梁部の森林域が、今後大規模な開発が行われない厳格な保護区となった。しかし、同地域の生物多様性保全には、開発のほかにもう一つ重要な問題があり、それが、侵略的外来種の問題である。

フイリマングース（以下、「マングース」と表記する）は、世界の侵略的外来種ワースト 100 にも選定されており、日本においても、奄美大島や、沖縄島北部で、生物多様性保全上重要な問題となっている。沖縄島にはハブやクマネズミの天敵として 1910 年に島の南部に導入されたが、１年約１km 程度のペースで分布を北上させ、1990 年代に大宜味村塩屋湾と東村平良を結ぶ ST ライン以北に侵入し、2006 年頃には、国頭村の中ほど、与那フィールドのあたりまで連続的な分布域を広げるようになった。日本で唯一の飛べない野生の鳥であるヤンバルクイナは、1981 年の新種記載以降、その分布域がマングースの侵入と共に急速に縮小傾向にあることが明らかとなり、2000 年頃には、従来分布していた ST ライン以南での記録が急減し、2007 年頃にはその分布域がほぼ国頭村に限定されるようになっていた。開発と異なり、一般に目に見えにくく、気づくことが難しい外来種の影響について、ヤンバルクイナの急激な減少は、いち早くその対策の重要性を気づかせてくれて、大規模なマングース対策の開始、進展のきっかけとなった。ヤンバルクイナは、侵略的外来種マングースの指標種としてその役割を果たしてきたといえる。

私たちが 2007 年から３年に一度、辺土名高校サイエンス部をはじめ、地域の方と連携して開始した、固有鳥類３種（ヤンバルクイナ、ノグチゲラ、ホントウアカヒゲ）のプレイバック法による繁殖分布調査では、飛べない鳥であるヤンバルクイナだけではなく、地上生活に適応しているノグチゲラやホントウアカヒゲもマングースの深刻な影響を受けているとともに、近年のマングース対策の進展に伴い３種ともに回復傾向にあることが明らかとなった（図１、Yagihashi et al. 2021、森林総合研究所 2022)。モニタリングサイト 1000 与那サイトにおけるヤンバルクイナの回復傾向は、日本で唯一の飛べない野生の鳥である本種が、マングースの影響の指標種として優れていることの証明ではないだろうか。奄美大島では、不可能と思われていた島全域からのマングースの根絶が実現間近となって

いる[11]。沖縄島においても、島全域からのマングースの根絶の実現に向けて、取り組む時期に来ている。

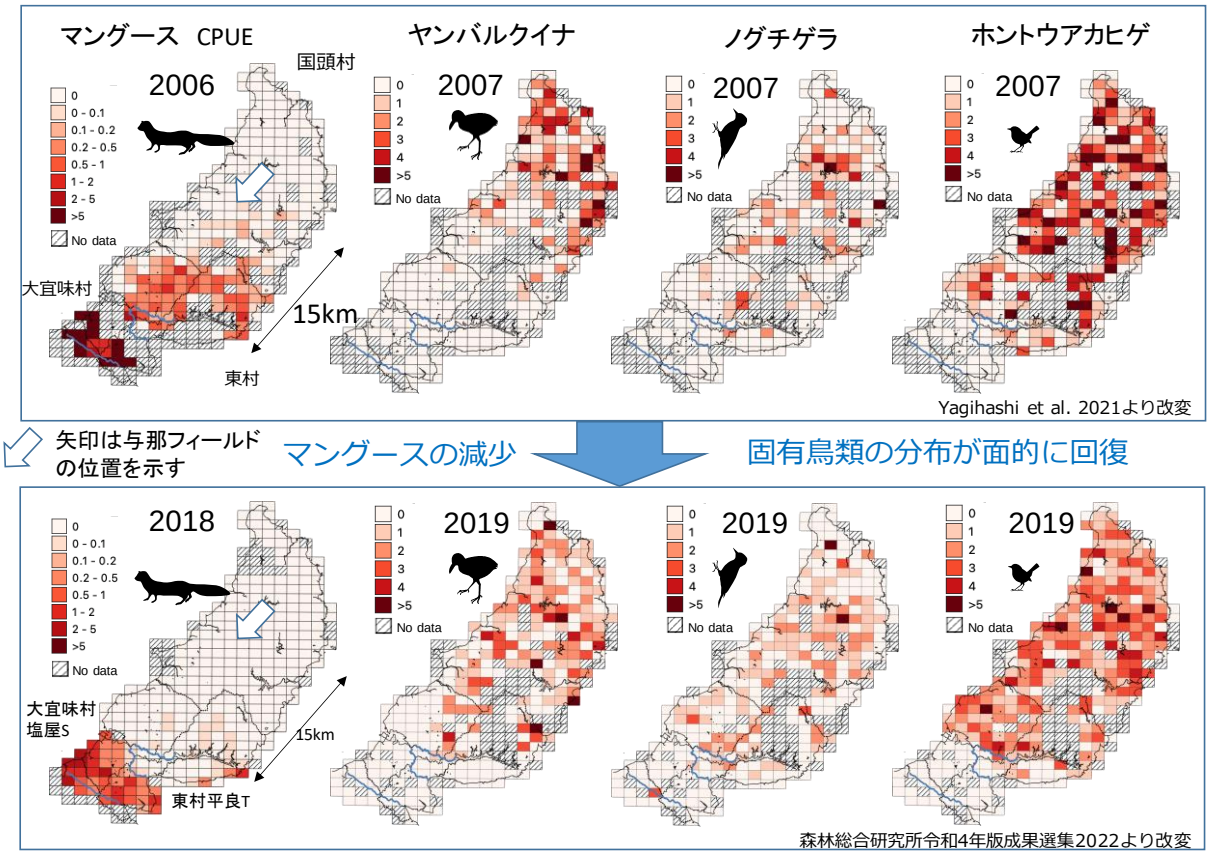


図 1　沖縄島北部における固有鳥類ヤンバルクイナ、ノグチゲラ、ホントウアカヒゲの 2007 年と 2019 年の分布

2006 年度時点でモニタリングサイト 1000 の与那フィールド付近まで侵入していたフイリマングースの防除対策が進み、3 種すべてが回復傾向を見せ始めている。マングースの密度指標として 1 日に 100 個のわなで捕獲された数（CPUE）を用いた。

引用文献

Yagihashi, T., Seki, S. I., Nakaya, T., Nakata, K. & Kotaka, N. (2021) Eradication of the mongoose is crucial for the conservation of three endemic bird species in Yambaru, Okinawa Island, Japan. Biological Invasions 23(7): 2249-2260.

森林総合研究所（2022）森林総合研究所令和 4 年版研究成果選集．森林総合研究所（編・発行），pp.45.

[11] 2024 年 9 月 3 日に環境省は奄美大島におけるフイリマングースの根絶を宣言した。

５．４．開発などの人間活動

（１）開発、及び保護区の効果

１）森林の孤立化

①鳥類の種構成の変化

＜背景・目的＞

- 人間活動による森林の伐採や開発により、連続していた森林が分断され孤立化することは、鳥類相の変化に影響する可能性が考えられている。
- そこで約５年に一度調査を実施している一般サイトの森林サイトにおいて、各サイトにおける過去調査から今期までの鳥類の種構成の変化に対する、森林の孤立化の影響を検討した。

＜解析方法＞

- 第３期と第４期の出現種の構成の変化（種数の変化）を、森林サイト（一般サイト）を対象として比較した。比較方法は、５．１（１）１）⑧（鳥類の種構成の変化と気温の関係）における消失種数の解析における統計モデル、及び、新規出現種数の解析における統計モデルにおいて、他の説明変数（気温の変化量、植生被度の変化量）とともに、森林の孤立化の指標を組み込んで AIC によるモデル選択を行った（解析方法の詳細は５．１（１）１）⑧を参照)。
- この森林の孤立化の指標は、調査サイトの中心部より、調査サイト全体をカバーする km 単位の最小距離として半径２km を設定しバッファーを発生させ、樹林面積と森林パッチの周囲長を求め、これらより森林周囲長÷面積を、孤立化の指標として用いた。上記統計モデルの説明変数に組み込む際には平方根をとり用いた。

＜結果＞

- 消失種数の解析では、モデル選択の結果、最適モデルは説明変数が森林の孤立化指標（$P < 0.01$）のみのモデルが選択された（図 5-4-1)。
- 森林が孤立化している（森林パッチが小さい、分断されている）ほど、消失種数が多かった（図 5-4-1)。
- 消失サイト数の多かった種の上位５種は下表のとおり（表 5-4-1)。
- 新規出現種数の解析では、モデル選択の結果、森林の孤立化指標は選択されなかった。

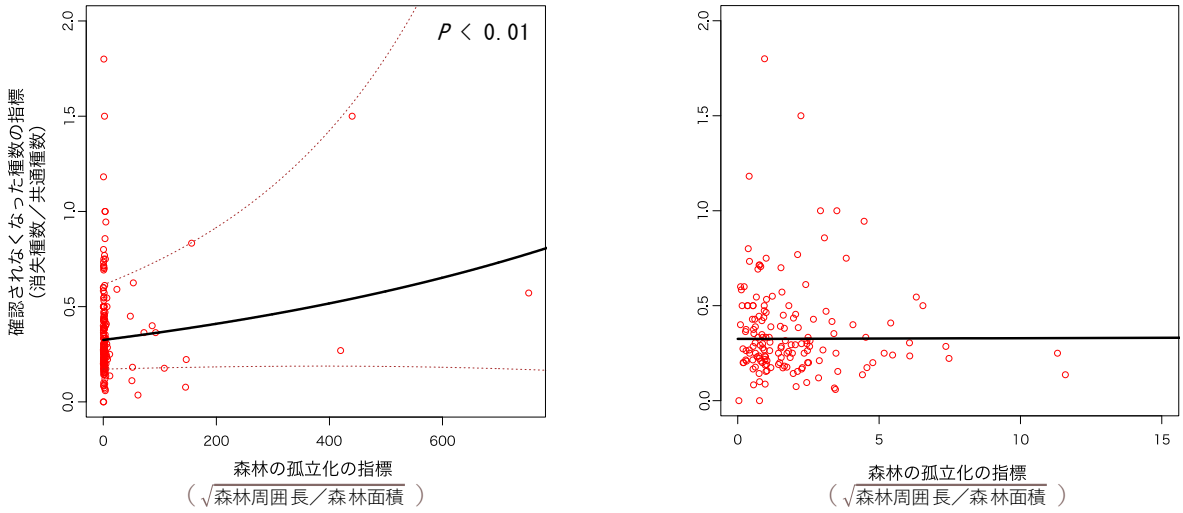


図 5-4-1　森林の孤立化の程度と確認されなくなった鳥類の種数の関係

左図：全体、右図：部分拡大。点線は 95%信頼限界を示す。

表 5-4-1　第３期に生息していたが第４期に確認されなくなった鳥種（上位５種）

順位	種名	サイト数
1	エナガ	43
2	センダイムシクイ	27
3	オオルリ	25
3	カワラヒワ	25
5	コゲラ	22
5	ホトトギス	22

＜考察＞

- 種の入れ替わりの観点より、他の要因（気温変化、植生被度変化）とともに森林の孤立化の指標を解析した結果、確認されなくなった種との関係が検出された。
- 各種の確認サイト数は消失と出現の差分であり、この分析では実際の地理的分布の変動とは異なる視点を提供できる。例えば、消失したサイト数が１位であるエナガは増加した種においても３位にランクインしているが、消失したサイト数のほうが多く、トータルはマイナスであった。これら上位５種はすべてトータルでマイナスであるが、上位種ほど減少の程度が大きい。
- 一方、種によっては消失と出現の差分が小さく、必ずしもこれら全ての種が減少しているわけではない。

- このうち、エナガやホトトギスは減少傾向への指摘（第３期とりまとめ報告書におけるコアサイト結果）とも一致すると考えられた。
- 一方、調査を行った森林サイトは、比較的大きな森林域に設定されており、環境の変化（森林の減少）は起こりにくい環境である。加えて、今回の解析は、樹林面積の経年的な変化量でなく、各サイトの森林の現時点における孤立化の程度を扱った解析である。
- これらの結果は、比較的安定した森林環境であっても森林の孤立化の程度が大きいと、種数の減少が起こりやすい可能性を示している。

２）保護区[12]

①鳥類の絶滅危惧種の確認サイトと保護区の重複状況

＜背景・目的＞

- 絶滅のおそれのある種の生息地保全には、その生息地の改変を防ぐことが効果的である。絶滅危惧種の保護等を目的とした保護区の設定には、対象種の生息位置情報が重要である。そこで本調査で確認された絶滅のおそれのある種の位置情報と保護区の設置状況について検討した。

＜解析方法＞

- 環境省版レッドリスト 2020 より絶滅危惧ⅠA 類（CR)、絶滅危惧ⅠB 類（EN)、絶滅危惧Ⅱ類（VU)、準絶滅危惧（NT）の種の出現サイトが保護区に含まれるかどうか検討した。また、絶滅のおそれのある種の出現状況とこれらの地域によるカバー状況を地図化して示した。
- 保護区としては、環境の改変に許可等が必要な規制がかけられている自然公園法の特別地域、鳥獣保護管理法の特別保護区および保護林を採用し、その位置情報は国土交通省の国土数値情報及び環境省生物多様性センターの web-GIS を用いた。

＜結果＞

- 全体では調査サイトの 46%が保護区内に設定されていた。これに対して絶滅危惧ⅠA 類では 74%、絶滅危惧ⅠB 類では 50%、絶滅危惧Ⅱ類では 32%、準絶滅危惧では 40%となっており、絶滅危惧ⅠA 類でこれらの地域に含まれるサイトでの出現割合が高くなっていた（図 5-4-2)。

＜考察＞

- 複数のサイトで記録のある種では、チゴモズ（CR)、サンカノゴイ（EN)、オオクイナ（EN)、チュウヒ（EN）などで保護区に含まれないサイトの割合が高くなっていた（表 5-4-2)。
- 各地に点在する里地里山を利用するサシバ（VU）や北海道のクマゲラ（VU）のように確認サイト数の多い絶滅危惧Ⅱ類の保護に関しては、今後選定が進む自然共生サイト（コラム６－５参照）も有効と考えられる。

[12] 本報告書では、国立・国定公園の特別地域、鳥獣保護区の特別保護地区、及び保護林を指す。

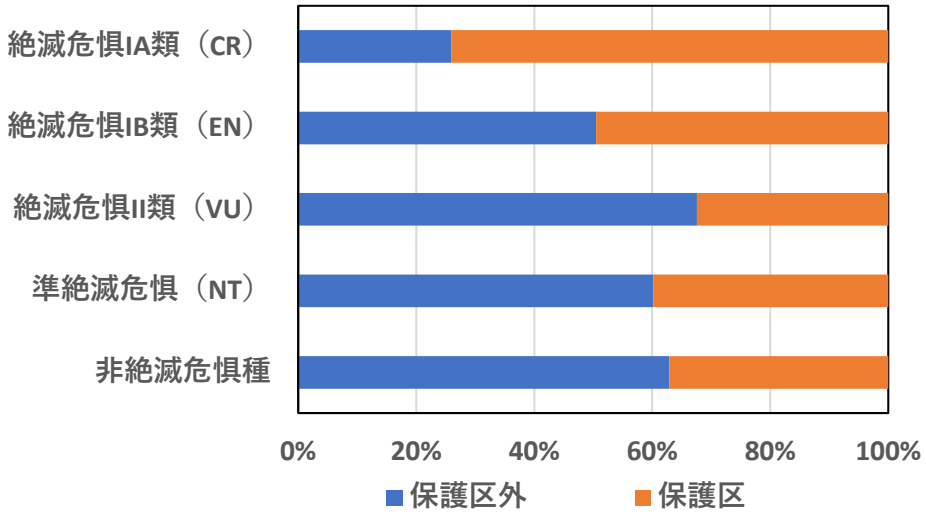


図 5-4-2　レッドリスト掲載種の確認サイトが保護区に含まれる割合

表 5-4-2　絶滅のおそれのある種が確認されたサイトで保護区に含まれないサイト数

レッドリストカテゴリー	種名	保護区に含まれないサイト数	保護区に含まれない割合
絶滅危惧IA類（CR）	コウノトリ	1	100%
	トキ	1	100%
	チゴモズ	5	100%
絶滅危惧IB類（EN）	キンバト	3	50%
	サンカノゴイ	3	100%
	オオクイナ	2	100%
	チュウヒ	18	64%
	イヌワシ	1	14%
	クマタカ	11	69%
	ブッポウソウ	3	75%
	ヤイロチョウ	16	53%
	オオセッカ	12	80%
絶滅危惧II類（VU）	ミゾゴイ	4	100%
	ズグロミゾゴイ	1	100%
	タンチョウ	12	57%
	シロチドリ	1	100%
	ホウロクシギ	1	100%
	ツバメチドリ	1	100%
	コアジサシ	5	71%
	オジロワシ	19	68%
	サシバ	53	82%
	クマゲラ	29	69%
	ハヤブサ	11	55%
	サンショウクイ	182	68%
	コジュリン	15	83%

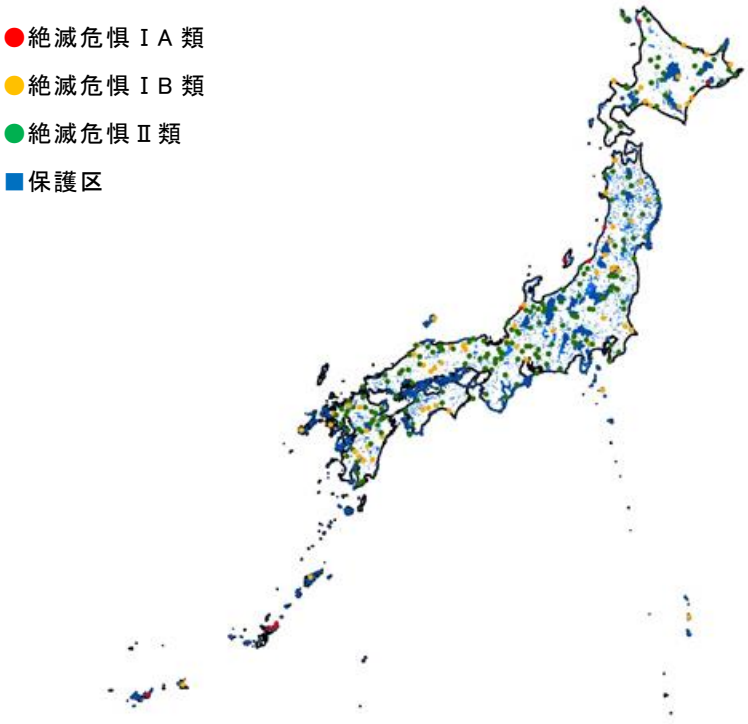


図 5-4-3　絶滅のおそれのある鳥種の確認サイトと保護区との重複状況

複数の種が同一サイトで記録されている場合、最も絶滅のおそれの高いランクを用いた。

②鳥類の群集構成の安定化

＜背景・目的＞

- 絶滅のおそれのある種の生息地保全には、その生息地の改変を防ぐことが効果的であることは明らかになったが、保護区の設置がその場の鳥類の群集、種組成の安定に影響を及ぼしているか検討した。

＜解析方法＞

- 各サイトの総個体数、出現種数、Shannon の多様度指数について、第２期から第４期の期間での変動係数を求め、保護区に位置するサイトとそれ以外のサイトについて平均値の比較をおこなった。
- 種組成の安定性については、各サイトの第２期と第４期の間で Bray-Curtis の非類似度を求め平均値の比較を行った。

＜結果＞

- 変動係数では、保護区の存在の有無による有意な違いは認められなかった（表 5-4-3）。
- 非類似度で比較しても、保護区の存在の有無による有意な違いは認められなかった。（P = 0.55；表 5-4-4、図 5-4-4）

表 5-4-3　保護区の有無と変動係数の比較

	総個体数	出現種数	多様度指数
保護区外	0.2428	0.1382	0.0623
保護区	0.2174	0.1463	0.0631
p値	0.0865	0.4653	0.7375

表 5-4-4　保護区の有無と非類似度の比較

	非類似度
保護区外	0.4312
保護区	0.4348

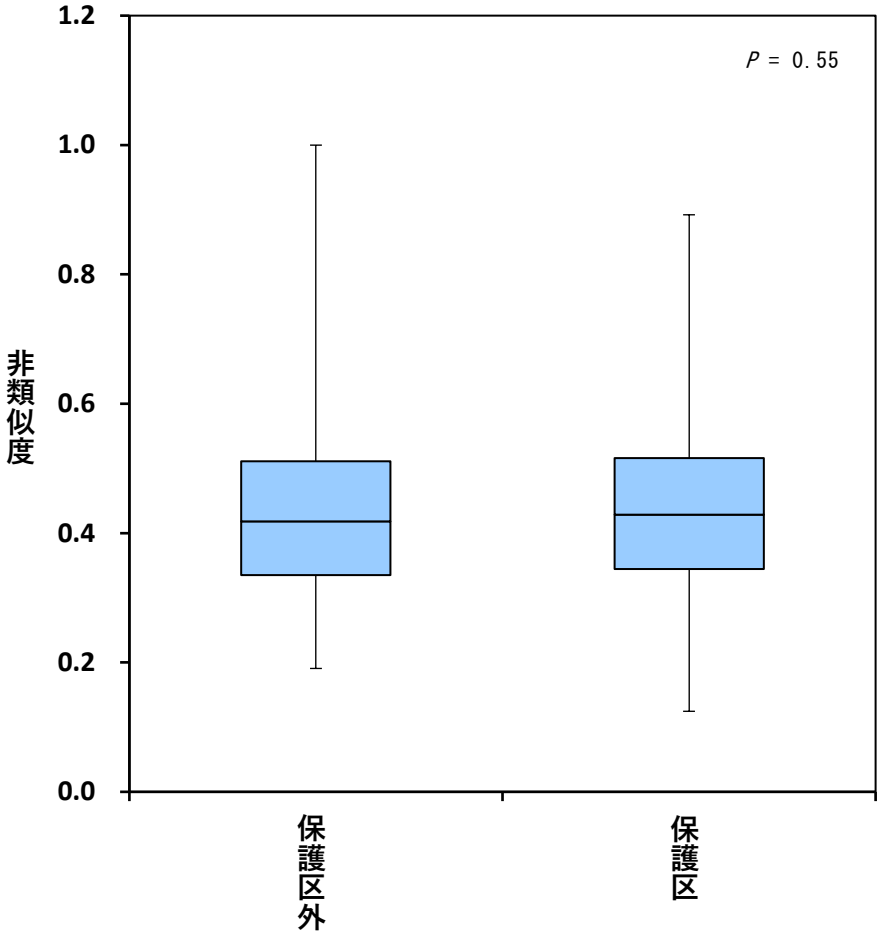


図 5-4-4　保護区の有無と非類似度の分布

■コラム５－７：本調査で把握された森林生態系の変化と「自然の寄与」（Nature's Contribution to People, NCP）との関係

鋤柄 直純（一般財団法人 自然環境研究センター）

2019 年に IPBES（生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム）は、これまでの「生態系サービス」に代わる考え方として「自然の寄与」（Nature's Contribution to People, NCP）を提唱した。これは、生態系の財やサービス、自然の恵みのような概念を包含し、人間の生活の質と結び付けられている。

図１に 18 の NCP 項目を示した。この内森林・草原分野の調査解析項目と関連する部分について、関係を整理した。なお、本調査では樹木・地表徘徊性甲虫は概ね１ha の調査区で調査を行い、鳥類調査は全長約１km にわたるルートに沿った 50m 半径のスポットセンサスを実施しているため、本調査のそれぞれの結果が、地球規模の影響を把握するために設定された NCP の項目と時間・空間のスケールで合致するわけではない。また、調査対象の森林は大学演習林などであり施業林ではないため、直接の伐採等の影響はない。そのためここでは、本調査結果はあくまでも傾向を示す指標の一部として扱った。

本調査において明らかとなった、樹木・地表徘徊性甲虫・鳥類の種群が寒冷性のものから暖温性のものへ置き換わっているという結果は、NCP１の「生息地の創出と維持」（生物多様性の完全度）が温暖化により影響を受けている可能性を示している。各指標生物群の分布域としての移動速度を考慮すれば、森林・草原生態系の生物多様性の変化は、今後のモニタリングによってより明確になると期待される。

森林の成長が持続していること、また、セルロースの分解速度が低下傾向にあることから森林生態系全体の炭素貯留量も増大傾向にあると示唆されることは、NCP４の「気候の調節」機能は維持されていることを示している。特に、生物多様性維持に優れていると考えられる成熟林においても成長が持続していることは、NCP１と４が両立することを示唆している。ただし、亜熱帯島嶼の発達した森林では大規模な台風攪乱による現存量の低下が見られており、NCP４（気候調節）が部分的に損なわれている可能性がある。全国的に森林の高齢化が進む中、台風等の攪乱の影響に注視していく必要はあると考えられる。

シカによる食害により、藪に生息する鳥類が減少しシカが嗜好する樹種が減少し更新が偏向するなど、NCP１の機能が損なわれている。また、食害が極端になった場合には、森林内の土壌流出等による NCP８の「土壌と堆積物の形成、保護と浄化」への影響が考えられる（コラム５－４参照）。こうした「第２の危機」（自然に対する働きかけの縮小）に由来する森林の変化も、「第１の危機」（採取・伐採・土地利用転換等による直接の改変）と同じく、NCP を変化させる要因となっている。

本調査で把握された鳥の囀り開始時期の早まり、また調査の過程で把握された紅葉の時期の遅れ、といったフェノロジーの変化は、NCP15 の「学習と発想（インスピレーション）」に関連する。「季節感」といった感覚的な把握であっても、温暖化による事象の変化を経時的・客観的に捉えていく必要はある。



図 SPM. 1 良質な生活への寄与を維持する自然の容量（キャパシティ）の 1970 年以降の世界的傾向。分析対象の自然の寄与（NCP）18 項目のうち 14 項目で減少傾向がみられる。

図 1　NCP の 18 項目

IPBES（2019）生物多様性と生態系サービスに関する地球規模評価報告書 政策決定者向け要約、環境省訳より

引用文献

５．１．気候変動

Aiba, M., Kurokawa, H., Onoda, Y., Oguro, M., Nakashizuka, T. & Masaki, T. (2016) Context‐dependent changes in the functional composition of tree communities along successional gradients after land‐use change. Journal of Ecology 104: 1347-1356.

バードリサーチ (online) 季節前線ウォッチ. https://www.bird-research.jp/1_katsudo/kisetu/index_kisetu.html

Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M. & Visser, M. E. (2006) Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. Nature 441: 81-82.

Chen, C., Harvey, J. A., Biere, A. & Gols, R. (2019) Rain downpours affect survival and development of insect herbivores: the specter of climate change? Ecology 100: e02819.

Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D. & Jiguet, F. (2008) Birds are tracking climate warming, but not fast enough. Proceedings of the Royal Society B 275: 2743-2748.

Evans, M.J., Barton, P., Niwa, S., Soga, M., Seibold, S., Tsuchiya, K. & Hisano, M. (2022) Climate-driven divergent long-term trends of forest beetles in Japan. Ecology Letters 25: 2009-2021.

Fujiyama, M., Tashiro, N., Yamauchi, K., Nakamura, T., Murata, S., Sasaki, H. & Chiwa, M. (2023) Temporal observation of snow depth at natural deciduous forest in eastern Hokkaido, Japan. Bulletin of the Kyushu University Forests 104: 21-24.

Harris, J.E., Rodenhouse, N.L. & Holmes, R.T. (2019) Decline in beetle abundance and diversity in an intact temperate forest linked to climate warming. Biological Conservation 240: 108219.

Hiura, T., Go, S. & Iijima, H. (2019) Long-term forest dynamics in response to climate change in northern mixed forests in Japan: A 38-year individual-based approach. Forest Ecology and Management 449: 117469.

Holland, J. M., Thomas, C. F. G., Birkett, T. & Southway, S. (2007) Spatio-temporal distribution and emergence of beetles in arable fields in relation to soil moisture. Bulletin of Entomological Research 97: 89-100.

Ishihara, M. I., Utsugi, H., Tanouchi, H., Aiba, M., Kurokawa, H., Onoda, Y., Nagano, M., Umehara, T., Ando, M., Miyata, R. & Hiura, T. (2015) Efficacy of generic allometric equations for estimating biomass: a test in Japanese natural forests. Ecological Applications 25: 1433-1446.

Kohyama, T. S., Kohyama, T. I. & Sheil, D. (2019) Estimating net biomass production

and loss from repeated measurements of trees in forests and woodlands: Formulae, biases and recommendations. Forest Ecology and Management 433: 729-740.

Koide, D., Yoshikawa, T., Ishihama, F. & Kadoya, T. (2022) Complex range shifts among forest functional types under the contemporary warming. Global Change Biology 28: 1477-1492.

Loreau, M. & de Mazancourt, C. (2008) Species synchrony and its drivers: neutral and nonneutral community dynamics in fluctuating environments. The American Naturalist 172: 48-66.

Møller, A. P., Díaz, M., Grim, T., Dvorská, A., Flensted-Jensen, E., Ibáñez-Álamo, J. D., Jokimäki, J., Mänd, R., Markó, G., Szymański, P. & Tryjanowski, P. (2015) Effects of urbanization on bird phenology: a continental study of paired urban and rural populations. Climate Research 66: 185-199.

文部科学省・気象庁 (2020) 日本の気候変動 2020-大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書-. https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/mext_00405.html

中園悦子・武生雅明・田中信行・大丸裕武 (2015) 空中写真判読による函南原生林の 40 年間の林冠変化. 東京農業大学農学集報 60: 156-161.

Nakazono, E., Tanaka, N., Yasuda, M., Daimaru, H. & Takeuchi, W. (2016) Evergreen broadleaf forest transition zone changes in Japan from 1961 to 2008 detected by aerial ortho-photos. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 37: 012033.

Niemelä, J., Spence, J. R. & Spence, D. H. (1992) Habitat associations and seasonal activity of ground-beetles (Coleoptera, Carabidae) in central Alberta. The Canadian Entomologist 124: 521-540.

農研機構 (online) 農研機構メッシュ農業気象データシステム. https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start

Ohta, Y., Kobayashi, N., Suzuki, S., Kato, T., Hori, S., Yamauchi, S. & Katakura, H. (2009) Evolution of flight-muscle polymorphism in the dung beetle *Phelotrupes laevistriatus* (Coleoptera: Geotrupidae): a phylogeographic analysis. Annals of the Entomological Society of America 102: 826-834.

Pozsgai, G. & Littlewood, N. A. (2014) Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) population declines and phenological changes: Is there a connection? Ecological Indicators 41: 15-24.

Suzuki, S. N., Ishihara, M. I. & Hidaka, A. (2015) Regional-scale directional changes in abundance of tree species along a temperature gradient in Japan. Global Change Biology 21: 3436-3444.

Templer, P. H., Schiller, A. F., Fuller, N. W., Socci, A. M., Campbell, J. L., Drake, J. E. & Kunz, T. H. (2012) Impact of a reduced winter snowpack on litter

arthropod abundance and diversity in a northern hardwood forest ecosystem. Biology and Fertility of Soils 48: 413-424.
植田睦之・関伸一・小池重人（2007）温度ロガーを用いた巣箱に営巣する小型鳥類の繁殖状況の自動調査の試み. Bird Research 3: T3-T11.
植田睦之・植村慎吾（2021）全国鳥類繁殖分布調査報告 日本の鳥の今を描こう 2016-2021年. 鳥類繁殖分布調査会.
植田睦之・山浦悠一・大澤剛士・葉山政治（2022）2種類の全国調査にもとづく繁殖期の森林性鳥類の分布と年平均気温. Bird Research 18: A51-A61.
Yoshikawa, T., Koide, D., Yokomizo, H., Kim, J. Y. & Kadoya, T. (2023) Assessing ecosystem vulnerability under severe uncertainty of global climate change. Scientific Reports 13: 5932.
Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C. & Chave, J. (2009) Global wood density database. Dryad. https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234.

（表 5-1-1 中の引用文献）

Fujita, A., Maeto, K., Kagawa, Y. & Ito, N. (2008) Effects of forest fragmentation on species richness of ground beetles (Coleoptera: Carabidae and Brachinidae) in urban landscapes. Entomological Science 11: 39-48.
Habu, A. (1978) Fauna Japonica, Carabidae: Platynini (Insecta: Coleoptera). Keigaku publishing.
Higashi, S., Fukuda, H., Haruki, M. & Ito, K. (1983) Faunal makeup and distribution of ground beetles in a dairy area Bekkai, northern Japan. 環境科学：北海道大学大学院環境科学研究科紀要 6: 15-26.
Higashi, S., Fukuda, H., Haruki, M. & Ito, K. (1984) Faunal makeup and distribution of ground beetle in Kushiro city and its vicinity, northern Japan. 環境科学：北海道大学大学院環境科学研究科紀要 7: 95-107.
平松新一（2011）高山帯雪田環境における地表性ゴミムシ類（オサムシ科）の出現状況. 昆蟲（ニューシリーズ） 14: 281-289.
堀繁久（2001）オサムシ科甲虫群集からみた森林のエッジ効果. 北海道開拓記念館研究紀要 29: 51-58.
堀繁久（2003）孤立林のオサムシ科甲虫群集の特性. 北海道開拓記念館研究紀要 31: 15-28.
井村有希・水沢清行（2013）日本産オサムシ図説. 昆虫文献 六本脚.
稲泉三丸（1966）日本産オサムシ亜科の後翅の形態に関する研究. 昆蟲 34: 248-265.
井上みずき・合田禄・阪口翔太・藤木大介・山崎理正・高柳敦・藤崎憲治（2008）「ニホンジカの森林生態系へのインパクト―芦生研究林」企画趣旨. 森林研究 77: 1-4.

Ishikawa, R. (1992) Taxonomic studies on *Leptocarabus (Adelocarabus) arboreus* (Lewis) (Coleoptera, Carabidae). Tokyo Metropolitan University Bulletin of Natural History 1: 1-40.

石谷正宇（1996）環境指標としてのゴミムシ類（甲虫目：オサムシ科，ホソクビゴミムシ科）に関する生態学的研究．比和科学博物館研究報告 34: 1-110.

香川理威・伊藤昇・前藤薫（2008）小スケールのモザイク植生で構成される農地景観における歩行虫類の種構成．昆蟲（ニューシリーズ） 11: 75-84.

Katakura, H. & Fukuda, H. (1975) Faunal makeup of ground and carrion beetles in Kamiotoineppu, Hokkaido University Nakagawa Experimental Forest, northern Japan, with some notes on related problems. 北海道大学農学部演習林研究報告 32: 75-92.

Katakura, H., Sonoda, M. & Yoshida, N. (1986) Carrion beetle (Coleoptera, Silphidae) fauna of Hokkaido University Tomakomai Experimental Forest, northern Japan, with a note on the habitat preference of a Geotrupine species, *Geotrupes laevistriatus* (Coleoptera, Scarabaeidae). 北海道大学農学部演習林研究報告 43: 43-55.

川井信矢・堀繁久・河原正和・稲垣政志（2005）日本産コガネムシ上科図説（第１巻食糞群）．昆虫文献 六本脚.

久保田耕平（1998）東京大学演習林田無試験地におけるオサムシ科昆虫（Carabidae）の活動性の季節変動―特に繁殖季節について―．東京大学農学部演習林報告 100: 1-11.

Martin, S. J. (1992) Seasonal and altitudinal distribution of ground beetles (Coleoptera) in the Southern Alps of Japan. 昆蟲 60: 26-38.

Ohta, Y., Kobayashi, N., Suzuki, S., Kato, T., Hori, S., Yamauchi, S. & Katakura, H. (2009) Evolution of flight-muscle polymorphism in the dung beetle *Phelotrupes laevistriatus* (Coleoptera: Geotrupidae): a phylogeographic analysis. Annals of the Entomological Society of America 102: 826-834.

Okuzaki, Y., Tayasu, I., Okuda, N. & Sota, T. (2010) Stable isotope analysis indicates trophic differences among forest floor carabids in Japan. Entomologia Experimentalis et Applicata 135: 263-270.

佐野宏昭（1995）金沢市内における地表性歩行虫の種類相と生活史．金沢大学理学部付属植物園年報 18: 23-32.

Sasakawa, K. (2005) Taxonomic Notes on *Myas* Strum, 1826 (Coleoptera, Carabidae, Pterostichini) of Japan. Biogeography 7: 11-20.

渋谷園実・桐谷圭治・村上健・深谷緑・森廣信子・矢島民夫・福田健二（2015）解剖によるクロツヤヒラタゴミムシの食性調査．昆蟲（ニューシリーズ） 18: 95-103.

渋谷園実・桐谷圭治・福田健二（2017）クロツヤヒラタゴミムシの生態―成虫の季節消長，繁殖様式，飛翔能力．昆蟲（ニューシリーズ） 20: 19-31.

渋谷園実・桐谷圭治・福田健二（2018）地表徘徊性甲虫類（オサムシ科、クビホソゴミムシ科）の後翅―形態と後翅長および各亜科の特徴．日本生態学会誌 68: 19-41.

Sota, T., Takami, Y., Kubota, K., Ujiie, M. & Ishikawa, R. (2000a) Interspecific body size differentiation in species assemblages of the carabid subgenus *Ohomopterus* in Japan. Population Ecology 42: 279-291.

Sota, T., Takami, Y., Kubota, K. & Ishikawa, R. (2000b) Geographic variation in the body size of some Japanese *Leptocarabus* species (Coleoptera, Carabidae): the "toppled-domino pattern" in species along a geographic cline. Entomological Science 3: 309-320.

Sota, T. (1996) Altitudinal variation in life cycles of carabid beetles: life-cycle strategy and colonization in alpine zones. Arctic and Alpine Research 28: 441-447.

曽田貞滋 (2000) オサムシの春夏秋冬―生活史の進化と種多様性. 京都大学学術出版会.

Takami, Y. & Ishikawa, R. (1997) Subspeciation and distribution pattern of *Carabus albrechti* Morawitz in Japan (Coleoptera, Carabidae). TMU Bulletin of Natural History 3: 55-99.

谷脇徹・久野春子・岸洋一 (2005) 都市近郊林の林床管理区および短期・長期放置区における地表性甲虫相の比較. 日本緑化工学会誌 31: 260-268.

塚本珪一・稲垣政志・河原正和・森正人 (2017) 日本のセンチコガネとその仲間. むし社.

上村清・中根猛彦・小山長雄 (1962) 日本アルプス常念岳における歩行虫類の分布 (高山の昆虫の研究Ⅱ). 京都府立大学学術報告 (理学及び家政学) 3: 197-210.

上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 (1985) 原色日本甲虫図鑑 (Ⅱ). 保育社.

Yamazaki, K., Sugiura, S. & Kawamura, K. (2002) Environmental factors affecting the overwintering distribution of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on a forest floor in central Japan. Entomological Science 5: 125-130.

５．２．自然に対する人間の働きかけの縮小・撤退による生物間相互作用の変化

古澤仁美・宮西裕美・金子真司・日野輝明 (2003) ニホンジカの採食によって林床植生の劣化した針広混交林でのリターおよび土壌の移動. 日本林学会誌 85: 318-325.

古澤仁美・日野輝明・金子真司・荒木誠 (2006) 大台ケ原においてニホンジカとミヤコザサが表層土壌の温度・水分状態に及ぼす影響. 森林立地 48: 91-98.

Furusawa, H., Hino, T., Kaneko, S. & Araki, M. (2011) The effects of understory grazing by deer on aboveground N input to soil and soil N mineralization in a forest on Mt. Ohdaigahara in Japan. 森林立地 53: 1-8.

林典子・高山夏鈴・吉永秀一郎・小泉透 (2021) 市街地周辺林地に生息するイノシシ (*Sus scrofa*) における採食場所の土壌特性. 森林総合研究所研究報告 20: 263-275.

茨城県 (2022) 令和３年度のイノシシ等野生鳥獣 による被害防止対策の状況. https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/shizen/shizen/documents/r03kouhyou.pdf

伊藤雅道・辰田秀幸・尾崎泰哉（2007）丹沢山地におけるシカによる環境変化が土壌動物群集へ及ぼす影響．丹沢大山総合調査団（編）丹沢大山総合調査学術報告書，pp.353-356.

金森弘樹（2003）イノシシの被害と管理．森林科学 39：13-20.

環境省（2021）全国のニホンジカ及びイノシシの個体数推定及び生息分布調査の結果について（令和２年度）．https://www.env.go.jp/press/109239.html

Katagiri, N. & Hijii, N. (2017) Effects of sika deer browsing on soil mesofauna in a thinned Japanese cypress plantation. Journal of Forest Research 22: 169-176.

Mohr, D., Cohnstaedt, L. W. & Topp, W. (2005) Wild boar and red deer affect soil nutrients and soil biota in steep oak stands of the Eifel. Soil Biology and Biochemistry 37: 693-700.

Mohr, D. & Topp, W. (2001) Forest soil degradation in slopes of the low mountain range of Central Europe-Do deer matter? Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch 1: 220-230.

農林水産省（2023）野生イノシシに対する豚熱の検査情報．https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/csf/wildboar_map.html

岡田拓也・須田知樹（2012）栃木県奥日光における林床環境の違いがオサムシ科甲虫の群集構造に与える影響．地球環境研究 14：1-6.

Saitoh, S., Mizuta, H., Hishi, T., Tsukamoto, J., Kaneko, N. & Takeda, H. (2008) Impacts of deer overabundance on soil macro-invertebrates in a cool temperate forest in Japan: a long-term study. 森林研究 77: 63-75.

佐藤司郎・鈴木牧・谷脇徹・田村淳（2018）丹沢山地におけるシカの増加がオサムシ科甲虫に及ぼす間接的影響．日本森林学会誌 100：141-148.

Sayer, E. J. (2006) Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. Biological Reviews 81: 1-31.

Stephan, J. G., Pourazari, F., Tattersdill, K., Kobayashi, T., Nishizawa, K. & De Long, J. R. (2017) Long-term deer exclosure alters soil properties, plant traits, understory plant community and insect herbivory, but not the functional relationships among them. Oecologia 184: 685-699.

Suda, K., Araki, R. & Maruyama, N. (2003) Effects of sika deer on forest mice in evergreen broad-leaved forests on the Tsushima Islands, Japan. Biosphere Conservation 5: 63-70.

末吉智秀・田代健二・今岡成紹・平山知宏・平田令子・伊藤哲（2018）宮崎県のスダジイ・ツブラジイ優占林におけるブナ科樹木萎凋病被害．日本林学会誌 100：224-228.

Suzuki, M. & Ito, E. (2014) Combined effects of gap creation and deer exclusion on restoration of belowground systems of secondary woodlands: A field

experiment in warm-temperate monsoon Asia. Forest Ecology and Management 329: 227-236.

高川晋一・植田睦之・天野達也・岡久雄二・上沖正欣・高木憲太郎・高橋雅雄・葉山政治・平野敏明・三上修・森さやか・森本元・山浦悠一（2011）日本に生息する鳥類の生活史・生態・形態的特性に関するデータベース 「JAVIAN Database」. Bird research 7: R9-R12.

高桑正敏・深田晋一・藤田裕（2007）丹沢三ッ峰における植生保護柵内外の昆虫調査. 丹沢大山総合調査団（編）丹沢大山総合調査学術報告書, pp.227-231.

Takatsuki, S. & Ito, T. Y. (2009) Plants and plant communities on Kinkazan Island, Northern Japan, in relation to sika deer herbivory. McCullough, D. R., Takatsuki, S. & Kaji, K. (eds.), Sika deer: Biology and Management of Native and Introduced Populations, Springer, pp.125-143.

田中美江・斉藤麻衣子・大井圭志・福田秀志・柴田叡弋（2006）大台ヶ原におけるササの繁殖とネズミ類の生息状況：特に防鹿柵の設置と関連づけて. 日本森林学会誌 88: 348-353.

上田明良・日野輝明・伊東宏樹（2009）ニホンジカによるミヤコザサの採食とオサムシ科甲虫の群集構造との関係. 日本林学会誌 91: 111-119.

植田睦之・岩本富雄・中村豊・川崎慎二・今野怜・佐藤重穂・高美喜男・高嶋敦史・滝沢和彦・沼野正博・原田修・平野敏明・堀田昌伸・三上かつら・柳田和美・松井理生・荒木田義隆・才木道雄・雪本晋資（2014）全国規模の森林モニタリングが示す5年間の鳥類の変化. Bird Research 10: F3-F11.

若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美（2008）ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化―丹沢山地堂平地区のシカによる影響―. 日本森林学会誌 90: 378-385.

Wehr, N. H., Litton, C. M., Lincoln, N. K. & Hess, S. C. (2020) Relationships between soil macroinvertebrates and nonnative feral pigs (*Sus scrofa*) in Hawaiian tropical montane wet forests. Biological Invasions 22: 577-586.

Welander, J. (2000) Spatial and temporal dynamics of wild boar (*Sus scrofa*) rooting in a mosaic landscape. Journal of Zoology 252: 263-271.

Yama, H., Naganuma, T., Tochigi, K., Trentin, B. E., Nakashita, R., Inagaki, A. & Koike, S. (2019) Increasing sika deer population density may change resource use by larval dung beetles. Plos One 14: e0226078.

Yamada, H. & Takatsuki, S. (2015) Effects of deer grazing on vegetation and ground-dwelling insects in a larch forest in Okutama, Western Tokyo. International Journal of Forest Research 2015, Article ID 687506.

柳洋介・高田まゆら・宮下直（2008）ニホンジカによる森林土壌の物理環境の改変：房総半島における広域調査と野外実験. 保全生態学研究 13: 65-74.

５．３．外来種

阿部愼太郎（2022）世界遺産の島、沖縄島と奄美大島の外来種マングース対策とこれから．生活と環境 67: 12-18.

Abe, T., Tanaka, N. & Shimizu, Y. (2020) Outstanding performance of an invasive alien tree *Bischofia javanica* relative to native tree species and implications for management of insular primary forests. PeerJ 8: e9573.

Amadon, D. (1945) Birds seen on Hawaii. 'Elepaio 5: 71-72.

Banko, P. C. & Banko, W. E. (1980) Historical trends of passerine populations in Hawaii Volcanoes National Park and vicinity. Proceedings of the Second Conference on Scientific Research in the National Parks 8: 108-125.

Conant, S. (1975) Spatial distribution of bird species on the east flank of Mauna Loa. Honolulu (HI): Island Ecosystems IRP, U.S. International Biological Program. International Biological Program Technical Report 74.

Conant, S. (1980) Birds of the Kalapana Extension. Honolulu (HI): Cooperative National Park Resources Studies Unit, University of Hawaii at Manoa, Department of Botany. PCSU Technical Report 36.

環境省・農林水産省（2015）我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト．https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html

環境省沖縄奄美自然環境事務所（2022a）令和３年度奄美大島におけるマングース防除事業の実施結果について（お知らせ）．https://kyushu.env.go.jp/okinawa/press_00006.html

環境省沖縄奄美自然環境事務所（2022b）令和３（2021）年度沖縄島北部地域におけるマングース防除事業の実施結果及び令和４（2022）年度計画について（お知らせ）．https://kyushu.env.go.jp/okinawa/press_00016.html

環境省自然環境局生物多様性センター（2020）2019 年度モニタリングサイト 1000 陸生鳥類調査報告書.

川上和人（2019）小笠原諸島における撹乱の歴史と外来生物が鳥類に与える影響．日本鳥学会誌 68: 237-262.

水田拓（2016）「幻の鳥」オオトラツグミはキョローンと鳴く．東海大学出版部.

長池卓男（2021）人工林における外来種植栽の現状と課題―針葉樹を中心に―．日本森林学会誌 103: 297-310.

植田睦之・奴賀俊光・山﨑優佑（2023）全国鳥類越冬分布調査報告 2016-2022 年．バードリサーチ・日本野鳥の会.

亘悠哉（2019）：外来種対策のロードマップとチェックリスト：奄美大島のマングース対策からのフィードバック．日本鳥学会誌 68: 263-272.

Yagihashi T, Seki S, Nakaya T, Nakata K & Kotaka N (2021) Eradication of the mongoose is crucial for the conservation of three endemic bird species in Yambaru, Okinawa Island, Japan. Biological Invasions 23: 2249-2260.

第６章　第４期の成果及び第５期に向けた課題と方針

本章では、森林・草原調査におけるこれまでの取組や、第３期（2013～2017）とりまとめで整理した第４期調査の課題と展望を踏まえ、第４期（2018～2022）における本事業の成果、及び第５期（2023～2027）に向けた課題と今後の進め方について、「サイト配置及び調査手法の改善」、「持続可能な調査体制」、「情報の共有・管理及び発信」、「結果の保全施策への活用」、「国際的枠組との連携」の５つの項目に沿って整理した。

なお、第４期は、2019 年以降の新型コロナウイルス蔓延に伴う全国的な行動制限等、従来と異なる要因で調査実施等の調整が難しい状況が生じた一方で、オンライン会議の急速な普及に伴い、遠隔地の調査サイト関係者や海外在住の専門家の会議参加や、オンラインの講習会開催が容易になるなど、本事業においてプラスの影響も生じた期間でもあった。

（１）サイト配置及び調査手法の改善

● 目標 生態系変化をより高精度かつ効率的に把握するために全国の代表的な森林タイプを網羅するようサイト配置を行い、効率的かつ統一的な手法で必要な情報を収集・整理できるよう、調査・解析・評価の手法を改善する。

＜第４期の状況＞

- 森林・草原調査では第１期から第２期にかけて、日本の代表的な森林タイプや気候帯を網羅し、かつ「生物多様性保全のための国土 10 区分」を踏まえた全国各地へのサイト配置（第２章参照）が完了している。また、樹木、地表徘徊性甲虫及び鳥類を指標生物群に選定し（第１章参照）、各指標生物の調査手法がほぼ確立され（第３章参照）、第４期まで継続的に調査を実施している。
  - ➢ コアサイト・準コアサイトでは、新型コロナウイルス感染症対策に伴う移動制限や、大型台風や豪雨に伴う土砂崩れ等でアクセスに支障が生じ、調査を延期したサイトや調査の一部で欠測が生じたサイトがあった。
- 一方、第３期から第４期にかけて、生態系変化を効率的に把握するための調査手法上の改善策として、簡潔で効果的な調査手法の開発や調査マニュアル改定・新規作成等の技術的支援について検討を進めた。

＜第４期の成果＞

〇調査サイトの配置

- コアサイト 20 か所、準コアサイト 28 か所であり、第２期に設置が完了した調査サイト数を維持している。
- 第３期までに、一部の調査サイトでは調査予算や調査体制の面から、調査未実施のサ

イト、継続が困難になる可能性があるサイト、一部の調査項目を中止したサイト等が生じていた。そのため、事業成果の施策への関与の観点から「調査サイトの配置と環境の改変に許可等が必要な地域[13]との重複関係」を整理するとともに、調査サイト維持の観点から「各サイトの調査体制」についてサイト代表者へのヒアリングを実施した。

- その結果、研究者個人がサイトの維持管理主体であり、調査継続の基盤が不安定になりやすい準コアサイトが、保護地域内に多い傾向があった。このうち、世界自然遺産地域にあって、国立公園の特別保護地区や第１種特別地域の重要な保護地域内に位置する小笠原石門（東京都）、西表（沖縄県）の両サイトに対し、他のサイトと異なる基準に基づく遠隔地旅費の支給等の対応措置をとることとした。西表サイトでは 2020 年度に初めて毎木調査が実施された。

- 一般サイトは第２期までに 419 か所（森林 345、草原 74）に設置した。その後、サイトの統廃合、草原サイトの追加などで、第４期は一般サイトを 422 か所（森林 344、草原 78）に設置した。
- 第４期に解析可能なデータが得られたのは 409 か所（森林 332、草原 77）であった。

○調査手法の改善

- 第３期とりまとめで挙げられた調査手法上の課題について対応を検討し、可能なものから順次、改善に取組んだ。
- 気候変動による紅葉時期や樹種構成の変化、シカの増加に伴う林床植生の衰退、病虫害による樹木の集団枯死等、森林景観の変化を定性的に記録するため、景観写真の定点撮影方法を改訂した「毎木調査マニュアル Ver. 3　2018 年４月改訂」の運用を開始した。
- 調査マニュアルに基づく現地調査ではデータが得られない、気象害（風水害・雪害・高温等）、シカ・イノシシの影響、病虫害（マツ枯れ・ナラ枯れ等）の発生状況、外来種の侵入状況等について、各サイトへのアンケート調査によって情報を収集した。
- 落葉落枝・落下種子調査では、種子の仕分け・判別方法等についてサイト間の情報共有や精度のすり合わせ等を進めるために、各サイトで使用している種子の仕分け・同定資料（例：作業フロー、判別ポイント図等）の提供を呼び掛け、「モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 コアサイト・準コアサイト調査ウェブサイト[14]」（以下、「コア・準コアサイト調査ウェブサイト」という）の「サイト間情報共有ページ」で関係者に向けて公開した。また、同ウェブサイトの「樹木種子写真図鑑」「地表徘徊性甲虫写真図鑑」において写真や地図から検索しやすいようにレイアウト改修、写真の追加等を実施した。
- リタートラップの布地（寒冷紗、ゴース）が強風や動物被害で破れる事例が報告されており、耐久性の高い素材（ダイオサンシャイン）も選択できるようにした。
- 地表徘徊性甲虫調査では、採集した甲虫の殺虫・防腐処理に酢酸エチルを使用してき

[13] 国立・国定公園、世界自然遺産地域、ユネスコエコパークを対象とした。

[14] http://moni1000-forest.jwrc.or.jp/

たが、複数の調査サイトから酢酸エチルの有害性が指摘されたことを受け、冷凍による殺虫・防腐処理も選択できるよう改訂した「地表徘徊性甲虫調査マニュアル 2022 年４月改訂版」の運用を開始した[15]。

- 「コア・準コアサイト調査ウェブサイト」の「サイト間情報共有ページ」に、各調査マニュアルについて調査担当者から寄せられた質問・意見及びネットワークセンターからの回答を掲載する「調査マニュアル Q&A」コーナーを設けた。

＜第５期に向けた課題と展望＞

○調査サイトの配置

- コアサイト・準コアサイトでは、各サイトの調査実施状況や調査体制上の課題（次項（２）参照）等を把握し、適切な対応を検討しつつ、現在のサイト数・サイト配置を維持していく。
- 一般サイトでは、台風等で被災した林道やトレイル等が復旧されないためアクセスできないサイトや、宿泊地の廃業等で前泊ができなくなったサイト、高標高のためアクセスが困難で廃止を検討しているサイト等があった。このような状況は今後も継続して発生する可能性があるため、植生や標高帯に留意しつつ、引き続き近傍にサイトを変更する等の対応をとり、サイト数、サイト配置を維持していく。
  - サイトを変更する場合には、その変更履歴等を確実に残すとともに、解析にあたっては、同一地点として扱えるかの検討が必要。今後、変更を必要とする調査サイトの実例を元に、基準の検討を行う。

○調査手法の改善

- 落葉落枝・落下種子調査では、各調査サイトに協力を仰ぎつつ、仕分け手法やサイト間の仕分け精度のすり合わせに必要な支援ツールの収集・整理とサイト間での共有を、今後も引き続き進めていく。
- 第３期に九州・沖縄地区の常緑広葉樹林サイトで開催した「落葉落枝・落下種子仕分け担当者向け講習会」の参加者アンケートでは、講習会によるサイト間の人的ネットワークづくりの有効性が挙げられた。第４期中にオンライン会議が急速に普及したことから、第５期では森林タイプ別に同様の講習会をオンラインで定期的に開催し、人的ネットワーク作りの支援を検討する。
- 主要樹種を対象に、種子の健全性の判別基準等について、各調査サイトから収集した情報やオンライン講習会の結果等を基にマニュアル化を検討する。
- 種子がごく小さく、かつ数の多い種については、一定数のサンプル中の不稔種子の割合から、全体の不稔種子数を推定する方法等も今後必要に応じて検討する。
- その他、各調査手法等について各サイトとの日常的な連絡や、サイト運営課題アンケート等を通じて問題点や改善の提案等を把握しつつ必要に応じて検討し、マニュアルの改良を進める。以下に改良点（例）を示す。

[15] 生物試料用の冷凍設備がないサイトや、冷凍便の集荷エリア外等の理由で冷凍サンプルの発送が困難なサイト等、冷凍方式の方が対応しにくいサイトも存在するため、従来の方法も選択可能とした。

- 毎木調査：アルミタグを取り付けた針金が摩耗で切れる事例が報告されており、切れにくい取り付け方法を検討する。
- 落葉落枝・落下種子調査：リタートラップの布地が目の細かい素材で水はけが悪化した事例が報告されており、水はけの良い素材への変更を検討する。
- 地表徘徊性甲虫調査：ピットフォール調査時の林床植生被度測定の精度向上として、画像から算出する手法を検討する。

■コラム６－１：

未来型生物多様性モニタリングの一例　LIFEPLAN プロジェクト

石原 正恵（芦生サイト：京都大学 フィールド科学教育研究センター 芦生研究林）

いまだに我々は地球上に何種の生物が生息しているのかもわかっていない。そこで、これまであまり研究が進んでいない生物群を含む生物多様性の現状を把握し、将来予測を行うため、世界中のサイトで同じ手法により調査する国際プロジェクト「LIFEPLAN」が 2020 年にスタートした。プロジェクトリーダーであるヘルシンキ大学（フィンランド）の Otso Ovaskainen 博士をはじめ、スウェーデン農業科学大学、ゲルフ大学（カナダ）など、複数の大学がプロジェクト事務局を担当している。日本からは唯一、京都大学芦生研究林だけが参加し、2024 年１月現在、146 サイトが調査を行っている（図１）。

このプロジェクトの目的は、世界の生物多様性の現状を把握し、そして将来予測をすることである。特に研究の遅れている菌類・昆虫類を中心として、哺乳類や鳥類も含め６年間調査を行う。従来これらの生物相のデータを得るには、それぞれの地域において分類群ごとの専門家に頼るしかなかった。本プロジェクトでは環境 DNA や AI などの新しい手法を駆使し、世界中で同じ精度で膨大なデータを集めようとしている。

具体的には、菌類はサイクロンサンプラーと呼ばれる装置で大気中の胞子を収集し、また土壌サンプリングを定期的におこない、これらのサンプルを DNA 分析し、菌類群集を把握する。昆虫はマレーゼトラップで捕集し、やはり DNA 分析によって分類群を同定する。哺乳類はセンサーカメラ、鳥類は AudioMoth と呼ばれる音声録音器で、画像・音声データ収集し、AI を用いてそのデータを分析し種同定する。いずれも分類技能のいらないサンプリング方法であり、かつ、世界中で同じ手法でデータを収集できるため、サイト間比較が容易なデータとなる。これらの調査を、各サイトの自然度の高い地点と、人間活動の影響を受けやすい市街地の近くの地点で、隔年で調査を行い、生物多様性への人為影響を評価しようとしている。

得られたデータは各サイトにフィードバックされ各サイトで研究利用でき、さらに世界規模のデータはバイオインフォマティクスなどの専門家によって解析される予定である。

さらに本プロジェクトの特色としては、調査日やサンプリング地などのメタデータ収集のためのアプリ、さらにそれらのメタデータや音声・画像データを事務局と共有するためのクラウドサーバーなど、調査者の負担を軽減し、またサンプルの管理が正確かつ容易に行われるような工夫がされている（図２）。例えばすべてのサンプルに識別用の QR コードシールを貼って管理している。タブレットの専用のアプリで QR コードを読み取り、データを送信したり、サンプルを持ち帰って冷凍した後、まとめて分析施設へ送付する。こうした点も新しい発想と技術を用いている。

このように、本プロジェクトは、様々な新しい手法を駆使して実施しており、生物多様性モニタリングの未来のあり様に対しヒントを与えてくれる。

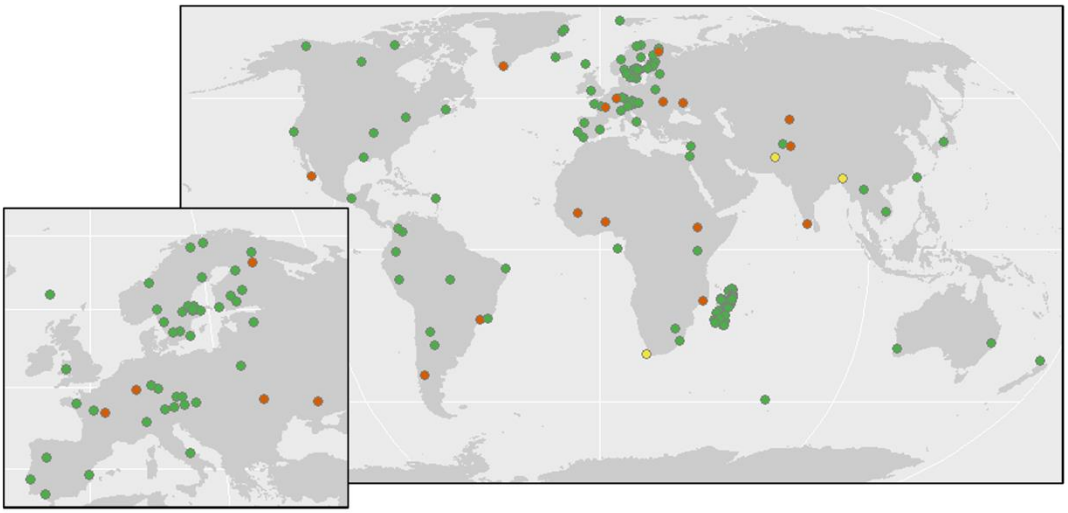


図１　2024 年１月の参加サイト

赤色はいまだに調査が実施できていないサイト、黄色は調査ができるようになっているサイト、緑は調査が行われデータが事務局に送られているサイト（LIFEPLAN ニュースレターより転載）。

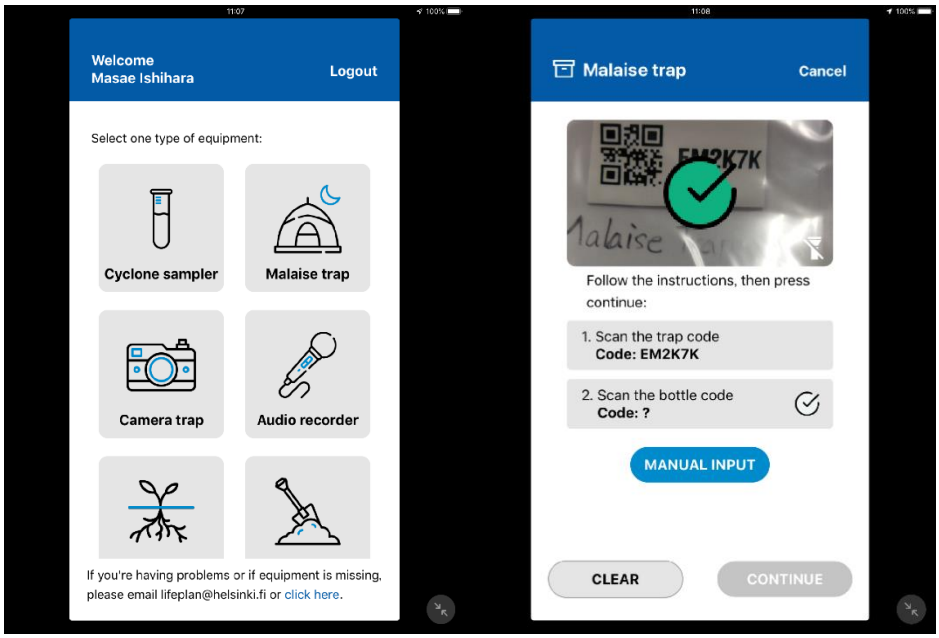


図２　調査記録を取る LIFEPLAN 専用のアプリ画面

アプリをインストールしたタブレット端末を調査地に持っていく。サンプルはすべて QR コードを付し、それを現場で読みとると、調査記録が生成され、事務局と共有しているクラウドへアップロードされる。

（２）持続可能な調査体制

● 目標 調査を 100 年継続することを目指して、同一サイトで同一精度の調査を実施するために、持続可能な調査体制を構築する。

＜第４期の状況＞

- 第４期は、第３期までに構築した調査体制をほぼ維持している。
- コアサイト・準コアサイトでは、大学演習林や森林総合研究所の試験地を中心に、個々の研究者が設置した調査区も含み、研究者主体、あるいは、研究者と地元 NPO の協働で現地調査を実施し、東京大学・森圏管理学講座内[16]に設置したネットワークセンターが調査の支援とデータの整理を実施する体制が構築されている。
- コアサイト・準コアサイト・一般サイトの鳥類調査（陸生鳥類調査）では、日本野鳥の会の各支部の会員を中心に研修会等で養成された調査員による調査体制が構築されている。
- 一方、事業開始から第４期で 20 年が経過し、研究者個人で維持していることが多い準コアサイトで、サイト代表者の交代や引継ぎ準備等が多かった。また、調査関係者の異動や定年退職、高齢化による引退等に際しての指導者や熟練した調査員等の後継者不在、調査経費等の面から、調査の計画的な実施が難しいサイトも生じつつある。これに対し、第４期も第３期以前と同様、調査者が不足しがちな準コアサイトを主な対象に、調査補助としてネットワークセンター職員等を派遣してきた。
- 一般サイトでもコアサイトと同様の状況で調査員不足が生じている。調査員が確保できないサイトは事務局で調査を実施した。新規調査員の参加もあるが、年齢層は高い。また、新規調査員にとっては調査方法が難しいという理由で調査を継続できないこともあった。
- 今後、長期モニタリングの継続に当たって、上述の調査体制をいかに持続可能なものとするかが課題であり、第４期では具体的な対応についてさらに検討や対策の試行を進めた。
- また、第５期に向けた持続可能な調査体制について関係者にアンケートを行い、各サイトが抱える課題の抽出を行った。

＜第４期の成果＞

○調査サイトの維持と調査の継続

- コアサイト・準コアサイトでは、調査人員が不足するサイトに対して、ネットワークセンターが現地調査の支援を第２期以降継続している。

[16] 2021 年 4 月に、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション内から移転。

- サイト代表者の後継者不在や調査員等の減少等で、調査を計画通りに実施することが難しいサイトが生じつつある。今後運営困難なサイトが生じた場合の調査支援体制や、余力のあるサイト代表者への譲渡・移管、新たなサイト代表者の公募等、現段階で取り得る対応の検討を開始した。
  - 調査人員の不足等が生じた場合には、サイトの調査予定や調査補助者の募集情報をメーリングリストで共有し、サイト代表者から若手研究者に情報提供する等の方向性が考えられた。
  - 研究者個人で維持している遠隔地サイトでサイト代表者の後継者が決まった場合、後継者がサイト代表者に同行し、現地調査の引継ぎを行う遠隔地旅費を支給することとした。
  - 新たな取組として、サイト代表者の交代にあたり、後継者／後継を検討中の研究者を対象に、モニタリングサイト 1000 の事業概要や年間スケジュール、データ取扱いの説明、成果活用事例の紹介等のオンライン講習会を 2022 年度に開催した。

○新たな調査の担い手（調査員等）の確保

- 新たな調査の担い手の確保方法として、第４期には以下の取組が成された。
  - 教育機関との連携の可能性を検討するため、大学や自然環境系専門学校のインターンシップ導入試行と、その効果や体制・運営上の課題等の検証を第３期から実施している。これまで 2016・2017 年度にカヌマ沢サイト（岩手県）、2018 年度に小川サイト（茨城県）を対象に実施した。2019 年度は自然系専門学校及び筑波大学を派遣元として、インターンの受け入れ意向を示したサイトと調整したが、制度上の諸条件（実施時期や単位認定に必要な日数等）から実施に至らなかった。2020 年度以降は新型コロナウイルスの影響で実施できなかった。
  - 陸生鳥類調査では、全国各地でのべ９回の調査研修会を開催した。新型コロナウイルスの影響もあり、2020 年度以降の３年はオンライン研修会としており、これまでは参加の難しかった地方の調査者を含め、全国から気軽に研修会に参加できるようになる効果の反面、鳥の鳴き声を使った模擬実習を試みてはいるものの、調査方法を伝えることが難しい点が課題となっている。第３期には大学の野鳥関連サークル等にも研修対象を拡大し、準コアサイトの野幌サイト（北海道）は酪農学園大学野生動物生態研究会、青葉山サイト（宮城県）は東北大学野鳥の会が、毎年調査を実施する体制が構築され、現在も継続できている。
  - 一般サイトの調査員については、野鳥の会の各支部に新規調査員のリクルートを継続して行いつつ、他事業で行っている鳥類調査イベント等でもモニタリングサイト 1000 事業の紹介や調査への参加を呼び掛け、新規調査員の獲得を図っている。

○調査員等の能力向上及び、調査手法の細部にかかる情報共有等

- モニタリングの長期継続にあたって、調査責任者や担当者の交代等が生じた場合、調査マニュアルでは触れられていない調査手法の細部について、各サイトや担当者が個別の事情で対応すると、将来的に調査手法やデータ精度の統一が難しくなることも懸念された。

- 第３期に開催した「種子の仕分け担当者向け講習会」（前項（１）参照）のように、担当者同士が直接交流・情報交換する場の提供と、それらを通して必要と考えられた共有資料をウェブサイト上で提供する仕組みの、２本立ての支援が効果的と考えられた。
  - 第４期は新型コロナウイルスの影響で、担当者同士が対面で交流・情報交換する講習会等を開催できなかった。
  - 「コア・準コアサイト調査ウェブサイト」において、落下種子調査の種子の仕分け・同定資料のサイト間情報共有の仕組みづくりを進めた（前項（１）参照）。

○調査員の調査意欲の維持

- 過去のとりまとめでは、調査員のモチベーション維持、新たな調査の担い手確保において、モニタリングサイト 1000 事業の調査成果や事業の認知度不足も、調査関係者から指摘されていた。
- コアサイト・準コアサイトでは、前述のように主にサイトを引き継ぐ、または引継ぎを検討中の研究者等を対象に、モニタリングサイト 1000 の事業概要や調査実施上の事務手続等のオンライン講習会を開催した（コラム６－２参照）。
- 陸生鳥類調査では、2016 年から 2021 年にかけて実施した全国鳥類繁殖分布調査の結果を研修会で報告し、また、逆に全国鳥類繁殖分布調査の報告会でモニタリングサイト 1000 の結果報告をすることで、両調査参加者の調査意欲の維持向上を図れるようにした。

＜第５期に向けた課題と展望＞

- 本事業開始から 20 年が経過し、各調査サイトを担当する専門家（サイト代表者／調査員等）の高齢化も進み、次代を担う後継者を確保する必要がある。
- 100年を目標として生態系の長期観測を行う本事業では、各サイトを長期的に維持し、調査員の適切な確保と世代交代を図ることが、持続的な調査体制として重要である。
- モニタリングサイト 1000 事業の目的や役割、成果について、今後も様々な機会にサイト関係者へ説明する機会を設ける。
- 第４期は第３期に引き続き、調査員等の能力やモチベーションの向上（講習会の開催）、サイト間の情報共有システム、調査員等確保の新たな仕組み（教育機関のインターンシップ導入試行）等が具体的に検討された。これらは、計画通りの調査実施が困難なサイトが生じた場合の調査負担軽減策や、支援策として試行検討中のものであり、第５期も引き続き検討が必要である。
  - 講習会等の開催：サイト引継ぎ者向けのオンライン講習会の有効性や継続要望等が参加者アンケート等から把握されており、第５期も必要に応じて開催を検討する。また、サイト間で手法統一等が課題となっている、落下種子の仕分け・判別講習会や、サイト関係者向けの情報交換会や説明会等のオンライン開催を検討する。
  - サイト間の情報共有システム：上記の落下種子の仕分け・判別講習会を通じて参加者に資料提供等を依頼し、ウェブサイトで共有する種子の仕分け・同定資料の充実を図る（前項（１）参照）。

- インターンシップ等の導入試行：第３・４期の試行結果を踏まえ、インターンシップや野外実習等との連携の可能性について、受け入れサイト、派遣元教育機関、事務局、各々の利点や課題等を再整理し、実現性があり効果的な仕組みを検討する。
- サイト間の人員融通等を促す仕組みづくり：各サイトの調査予定や調査補助者募集の情報をメーリングリストで共有し、各サイト代表者から若手研究者に情報提供する等を検討する。

• また、状況に応じ、事務局・ネットワークセンターから調査補助として派遣する人数を増やせるか検討する。
• なお、コアサイトと準コアサイトでは今後、諸事情により調査を中断せざるを得ないサイトが生じる可能性もあるため、調査を中断しないための工夫や、中断する際に必要な措置を検討する。

○調査を中断しないための工夫の検討（例）

- サイト代表者の後継者の公募。
- 樹種の共通性等がある近隣の調査サイト関係者が連携・補完し合って調査を実施する体制作り。
- 地元の森林組合等との連携（地表徘徊性甲虫、落葉落枝・落下種子のトラップ回収等の発注等）。

○調査を中断する際に必要な措置の検討

- 調査再開時の調査区復元に備えた検討（例）
  - 調査ノウハウの整理と引継ぎ書の作成、画像情報の整理・保存。
  - 森林の所有者や必要な許認可等とその連絡先等の情報整理・記録。
  - 各調査区の四隅の位置情報（GPS 測定済の緯度経度）の精度検証、及び耐久性の高い杭の設置。
  - 調査区の立木位置図や樹冠断面図の整備。
- サイト数が減少した場合の事業成果に対する影響の検討（例）
  - とりまとめと同様の解析を、サイト数をランダムに減らした場合や、特定のサイトを除いた場合で試行し、その影響の検討・評価等。

• モニタリングサイト 1000 事業の他の生態系分野においては、一般市民が調査を担っている分野もある。それら生態系分野における調査者の募集や育成方法、課題を整理する等、一般市民による調査実施の可能性を検討する。
• 環境省生物多様性センターのモニタリングサイト 1000 ウェブサイトを通じた調査成果の公表や、研究者によるモニタリングサイト 1000 データを含む研究成果の発表が進められているが（次項（３）参照）、必ずしも各サイトの調査者の業績としては評価されず、サイトにおける調査予算の継続的な確保に結び付いていないことや、調査成果や事業の認知度の不足も調査関係者から指摘されている。
  - 第５期も引き続き、新たなサイト代表者・調査者の確保に向けた広報活動を継続する。学会等の研究者が多く集まる場で、集会やシンポジウム等を開催し、モニタ

リングサイト 1000 の成果を発表する広報活動を通じて、多くの研究者の方に森林・草原調査に関心を持っていただけるよう努める。

- モニタリングサイト 1000 のデータを解析した論文を作成し、調査を担う研究者の共同研究論文として投稿する等、サイト代表者をはじめとする研究者がインセンティブを得られる仕組みを検討する。

- 一方で、ウェブサイトや SNS 等を活用した情報発信の充実、調査への継続的な参画による事業への貢献等に対する表彰の制度、他の生態系と併せた学会や会議体での連携企画の実施等、調査の知名度の向上を含めた普及活動は、第２期から引き続きの課題である。
- 陸生鳥類調査では、日本野鳥の会の各支部の会員を中心に研修会で養成された調査員が調査の担い手となっているが、その高齢化も進んでいる。
  - 引き続き、研修会を通じてモニタリングサイト 1000 の成果を報告すると同時に、参加者が必要とする情報や研修効果の把握に努める。
  - 全国鳥類繁殖分布調査参加者の本調査への参加を働きかける等、モニタリングサイト 1000 以外の調査から本調査へ参加する調査員を獲得するように働きかける。
  - モニタリングサイト陸生鳥類調査と親和性が高いと考えられる他の鳥類調査と連携し、講習会等を実施して新たな調査員の育成・獲得を進め、調査体制の維持及び強化を図る。
  - 日本野鳥の会の各支部が行った調査結果は個別に支部に還元し、地域の保護活動や環境教育、レッドリスト改訂等のために活用可能な資料となることで、調査継続のモチベーションが維持される。

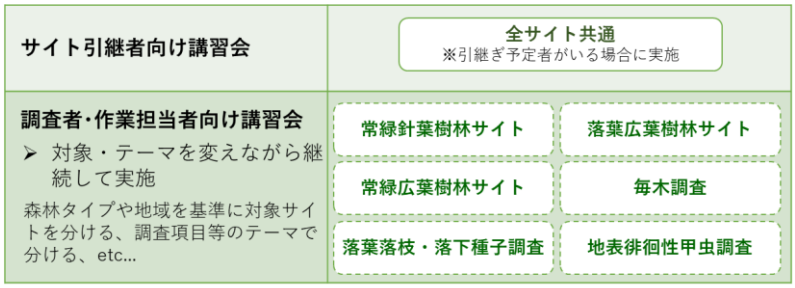
■コラム６－２：調査関係者向けウェブ講習会の取組

桐原 崇（一般財団法人 自然環境研究センター）

調査開始から 20 年目の節目を迎えたモニタリングサイト 1000 森林・草原調査は、大学等研究機関や NPO が各調査サイトで調査・収集するデータを提供いただき、基盤となる環境情報の収集を長期モニタリングすることで、日本の自然環境の質的・量的な劣化を早期に把握することを目的として実施されてきた。一方で長期モニタリングの継続にあたっては、調査者の異動や退職、スタッフの減少など、長期調査ならではの課題も生じてきた。また、異動・退職等による担当者の交代時には調査精度の維持と後継者への技能の継承も課題となってきた。

事務局ではそれらの課題に対応するため、2022 年度から調査関係者を対象に、サイト引継ぎ者向けや仕分け担当者向けにサイト引継ぎに係るモニタリングサイト 1000 事業の概要説明や、各サイトの工夫や課題の共有、改善に向けた意見交換のためのウェブ講習会を開催している（図１、写真１）。これまで、計２回のウェブ講習会が開催され、各回とも多くのサイト関係者にご参加いただいた。ウェブ講習会後に行ったアンケートでは、「引継ぎ予定者にとって、事業内容だけでなく他の参画者を知る機会にもなるウェブ講習会は重要」といったご意見や「サイトごとの事情、現地の状況や回収の苦労など他サイトと共有することができ有意義だった」といったご意見をいただいている。

一方、調査マニュアルでは読めない仕分けの判断基準や仕分け精度維持といった課題については、より分かりやすい説明や資料の提供を求める意見も挙げられた。今後もウェブ講習会を定期的・継続的に開催することを念頭に、講習会で挙がった課題や意見を基に講習内容を充実させ、サイト代表者の円滑な引継ぎに加えて、各サイトの工夫の共有や調査関係者の疑問点の解消、調査手法や調査継続に係る課題解決に向けた取組を続けていく。



※対象者の分け方や講習項目は、サイトのニーズに応じて柔軟に組み替えも可能とする。

図１　ウェブ講習会開催のイメージ



写真１　2023 年度講習会の様子

■コラム６－３：長期試験地を次世代につなぐために

黒川紘子・柴田銃江・小黒芳生（小川サイト：森林総合研究所 森林植生研究領域）
直江将司（森林総合研究所 東北支所）

森林動態の長期変化や環境変動応答を明らかにする上で長期観測は欠かせないが、その維持・管理にはさまざまな課題がある。2022 年 11 月に JaLTER（日本長期生態学研究ネットワーク）との共催で開催された小川試験地 35 周年記念シンポジウムでは、長期試験地やそのデータを次世代に繋ぐために必要なこととして、次の３点を中心に議論が行われた。一つ目は調査努力に対するデータ精度検証の重要性である。小川サイト（1.2ha）を含む小川試験地（６ha/冷温帯落葉広葉樹林）では、種子や当年実生調査をはじめとする多種類の高精度な長期観測により、多樹種の全生活史にわたる動態やその変動を明らかにしてきた。一方それには相応の調査努力を要し、例えば現在設置されている 72 基の種子・落葉トラップの回収から内容物仕分け、重量測定、データ入力には年間 300 人日から 400 人日かかる。今後、資金や労力の確保が難しくなった場合、観測を継続するためにどのような調査やデータが世代を超えて価値のあるものになるかを考えると同時に、データ項目や調査精度の取捨選択が必要になるだろう。そこで、トラップ数（調査努力量）を 25 基に減らすと種子豊凶パターンの観測値にどう影響するかをブナ科５種（図１）で検討した。その結果、ブナやイヌブナの豊凶パターンの観測値にはあまり影響しないが、種子生産数の非常に少ないミズナラやクリの豊凶パターンは正確に検出できなくなる可能性が示された（図２）。このような調査努力量に対するデータ精度の検証は取捨選択の根拠となる。

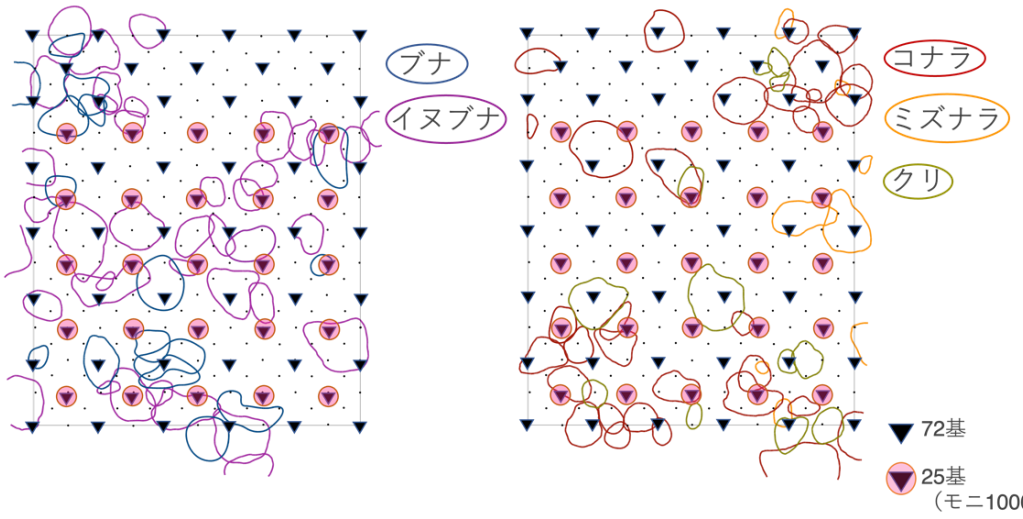


図１　小川サイトにおける種子・落葉トラップの配置とブナ科５種の樹冠位置
72 基のトラップは均一に配置され、そのうち均一性を保つように 25 基がモニタリングサイト 1000 観測対象として選ばれている。ブナは青、イヌブナは紫、コナラは赤、ミズナラはオレンジ、クリは緑で示されている。成熟個体数はイヌブナやコナラで多く、ついでブナ、ミズナラやクリでは少なくなる。

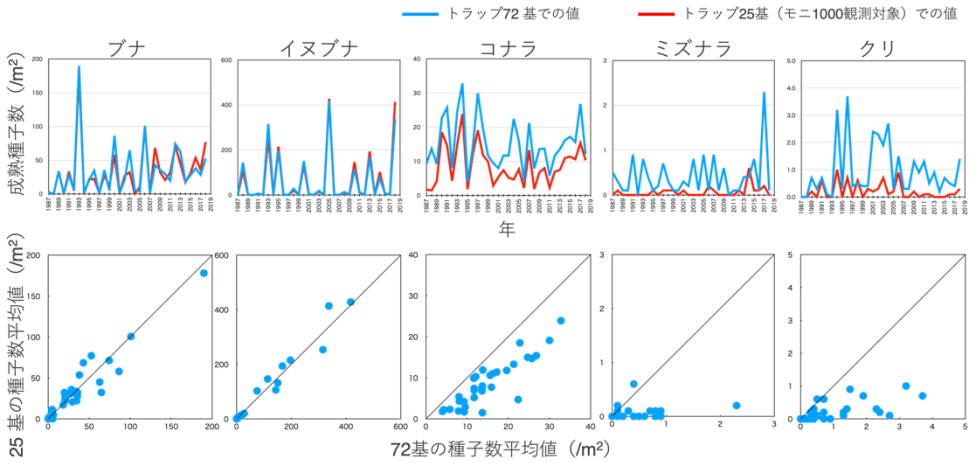


図 2　各樹種の成熟種子数の 1987 年から 2019 年までの年変動（上段）と 72 基での種子数平均値に対する 25 基での種子数平均値（下段）

二つ目は、長期的に維持管理・利活用可能なデータ作成の重要性である。蓄積データのデータベース化・オープン化によるデータの整理や構造化、メタデータの付与は半永久的なデータの保存や引き継ぎに有効であろう。試験地間で統一フォーマットを用いれば新たな研究展開も容易になる。専任のデータ管理者やデータベース専門家による組織的・永続的な維持管理が理想であり、モニタリングサイト 1000 事業はその好例だが、難しい場合も多い。試験地ごとにデータを作成する場合でも、多くの人が使えるツールで誰もが使えるデータを作成する体制が重要であろう。

三つ目はやはり、蓄積データを活用し、新たな研究を展開することの重要性である。例えば小川試験地では、ササの一斉枯死やナラ枯れ、シカの侵入といった、森林動態に大きく影響する稀、もしくは劇的な複数の現象が起こりつつある。長期観測を続けてきたからこそ、現象が起こる前の状態も含め生態系の応答を正確に把握し、そのメカニズムを明らかにできる機会となるだろう。

一方、当シンポジウムでは、今後を担う若手世代からの意見により、試験地で蓄積されている研究成果やデータへのアクセスに課題があることが浮き彫りとなった。試験地や観測を継続するには、試験地やデータの利活用が不可欠であり、研究成果を積み上げるとともに、学生や研究者コミュニティに対し成果やデータへのアクセスを容易にする継続的な努力が必要である。さらに、50 年、100 年と社会の価値観が変わっていく中で、社会的意義を示し続けることも重要であろう。

（３）情報の共有・管理及び発信

● 目標 情報の共有、管理及び発信のための情報管理体制を構築し、保全や研究のために効果的に情報を発信し、幅広い主体に対する事業のアピールと成果の共有を推進する。

＜第４期の状況＞

- モニタリングサイト 1000 は、生態系の異変をいち早く捉え、自然環境保全施策に貢献することを目的としている事業である。そのため、本事業で得られた調査成果を適切に管理・発信し、行政機関が利用するだけでなく、より幅広い主体に対して成果を共有していくことが重要な目標の１つである。
- 環境省生物多様性センターのモニタリングサイト 1000 のウェブサイトで下記を公開しており、誰でも自由にダウンロードして利用することが可能である。
  - 調査マニュアル：各調査項目別の調査手法等を解説。
  - 報告書：毎年の調査結果をまとめた「調査報告書」。５年ごとの「とりまとめ報告書」とその概要版。
  - 速報：調査結果を一般向けに分かりやすく伝えるためのトピック的なまとめ。
  - 調査結果のデータファイル：測定した種名や数値を整理したデータベースファイル[17]。
- 調査データは上記ウェブサイトに加え、生態学会の英文誌 Ecological Research のデータペーパーとして、国内外の研究者を対象に公開されている。
  - 毎木データ（Ishihara et al. 2011)、落葉落枝データ（Suzuki et al. 2012)、地表徘徊性甲虫データ（Niwa et al. 2016)。
- 調査データの帰属や取り扱いと管理体制や標本（落葉落枝・落下種子、地表徘徊性甲虫）の保管は、第２期までにほぼ整備され、第４期もそれらを適切に運用してきた。
- 第４期は、ウェブサイトによるデータ公開や、論文・学会発表等の情報発信が進んだ。
- また、第４期も、国内の教育・研究機関や地方自治体等からの問い合わせ（研究協力や助言の依頼）に対応している。

＜第４期の成果＞

○調査結果の公開

- 第３期とりまとめ結果を生態系横断的にとりまとめた概要版（環境省自然環境局生物多様性センター2019）を作成・印刷（3000 部）し、環境省内及び管轄施設（ビジターセンター等)、都道府県の試験研究機関等に配布した。

[17] 鳥類は、国内希少野生動植物種、環境省レッドリストの絶滅危惧Ⅰ類、写真撮影等で繁殖に影響が懸念される種については種名を伏せた公開としている。2017 年にオオタカの国内希少野生動植物の指定解除が行われたが、写真撮影等の影響が懸念される種として継続して種名は非公開としている。

- 同一の地点・調査方法・調査精度により、動植物の生息・生育状況を継続的に収集したデータベースとして、生物多様性保全施策、環境アセスメント、環境教育等に利用されている。ウェブサイトからのデータダウンロード件数は 2021 年度実績で約 2000 件である[18]。
- 2013 年に運用開始した環境省生物多様性センターの「いきものログ」へのデータ登録が進められている。
- モニタリングサイト 1000 を含む、環境省生物多様性センターの成果物や調査予定を、都道府県等を主な対象としたメールマガジンで情報提供する取組を開始した（配信登録先：biodic_webmaster@env.go.jp)。

○学術論文や学会発表等による発信

- 第４期の期間中に、調査関係者によって多くの論文発表や学会発表等がおこなわれた。
  - 論文・書籍：108 件（第１期～３期は 148 件)、学会発表：60 件（第１期～３期は 159 件)
  - 多くの研究者の関心を喚起するため、第 66 回日本生態学会（2019 年）の自由集会「大規模長期データから見る日本の森林-モニタリングサイト 1000 調査 15 年の成果」において、森林・草原調査の第３期とりまとめ結果及び調査データを利用した研究成果を用い、大規模長期データだからこそ解明できる生態学的事象を俯瞰し、更なる展望について議論した。
  - 第 68 回日本生態学会大会（2021 年）のシンポジウム「生態学に長期観測網は本当に必要か?（2)」において、「生物多様性観測の為のモニタリングサイト 1000／成果と現状、今後の展望について」と題して環境省生物多様性センターから話題提供した。
- このほか、調査関係者によって、大学等の講義やシンポジウム、一般向けの講演会・公開講座等で、本事業の概要や調査結果等を含んだ話題提供が行われた（下記事例)。
  - 綾サイト：綾リサーチサイト 30 周年記念公開フォーラム in 綾町「綾照葉樹林の生物多様性と恵み」(2019 年)。
  - 小川サイト：小川試験地 35 周年記念シンポジウム「長期試験地を維持していく意味－小川試験地、これまで、これから」(2022 年)。

○教育・研究機関や地方自治体等からの問い合わせ対応

- 各機関や自治体が実施している／計画している調査やデータの活用等について、モニタリングサイト 1000 の調査方法やデータ、標本・試料等に関する問い合わせ（研究協力、助言等の依頼）に対応している（下記事例)。
  - 日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）科学委員会の「森林土壌微生物群集の多機能性の広域スケール研究」による、コアサイト・準コアサイトへの土壌サンプル提供協力依頼への対応。
  - 和歌山県環境生活総務課の「和歌山県レッドデータブック」の改訂にあたって、地

[18] ウェブサイト閲覧数、データファイルダウンロード件数は、いずれも全生態系を対象としたもの。

表徘徊性甲虫調査で採集された甲虫標本の写真提供。

○標本の収蔵方針・所有権等の明確化

- 地表徘徊性甲虫調査及び、落葉落枝・落下種子調査で得られた標本の測定・計測後の収蔵方針及び所有権等に関する記述を従来よりも明確化して改訂した「地表徘徊性甲虫調査マニュアル 2019 年 12 月改訂版」及び「落葉落枝・落下種子調査マニュアル Ver. 4 2019 年 12 月改訂」の運用を開始した。

＜第５期に向けた課題と展望＞

- 広く一般に向けた情報発信（ウェブサイトやニュースレター等）や専門家等を主な対象とした情報発信（論文・学会発表等）が進んだのに対し、モニタリングサイト 1000 事業内（生態系間）の情報共有や、調査結果の効果的な活用の観点から、第５期に向けた課題として以下が考えられた。
  - 複数の生態系に共通する課題（例：シカ増加による生態系への影響、外来鳥類の分布拡大等）に対する、モニタリングサイト 1000 事業の異なる生態系間の連携（情報交換や共同のデータ解析等）。
  - 生物多様性及び生態系サービスの総合評価（以下、「JBO」という）に対し、モニタリングサイト 1000 の各生態系の調査成果をインプットする。
  - 本事業の調査結果が、国（特に環境省）や地方自治体の保全施策に効果的に活用されるための、事業の知名度向上と調査結果の発信・情報提供。
    - ✓ ウェブサイト公開の生データだけでなく、保全施策を考える上で、生態系や生物多様性の状態の変化とその影響要因の関係を分かりやすくまとめた資料の公表を検討する。
    - ✓ 各都道府県に対し、生物多様性センターで作成した成果物や調査予定をメールマガジンで情報提供する取組を継続する。また、関心・関係のある自治体（例：調査サイトが位置する市町村）や自然系ネットワーク機関等への対象の拡大も検討する。
    - ✓ 成果の活用事例について、ウェブサイトなどでの公表を検討する。
  - 調査成果を教育活動、普及啓発活動、保全施策、国際的な取組等に活用した実績をウェブサイトやニュースレター等で紹介する。
- ネットワークセンターとサイト代表者有志が公表している Ecological Research 誌の Data Paper を更新する。更新にあたっては、成果の検索されやすさ、集計しやすさ、調査関係者の業績への寄与を考慮した方法を検討する。
- 調査開始から 20 年が経過し、入力・管理するデータ量の増加に伴い毎木調査等のデータ入力・管理をミスなく行うことが難しくなりつつある。大量のデータの取り扱いに適した入力・管理のシステム・体制の検討が必要である。

（４）結果の保全施策への活用

●　目標 調査結果が、国や地方自治体の生物多様性保全施策に効果的に活用されることを目指し、関係機関への働きかけやニーズを踏まえた情報提供を進める。

＜第４期の状況＞

- モニタリングサイト 1000 は、生態系の異変をいち早く検出し、適切な生物多様性保全施策に資することを目標の１つとしている。
- 第１期で長期モニタリングのためのベースラインデータが整備され、第２期以降から、第４期も引き続き、具体的な生物多様性保全施策に貢献するため、異変があった場合の検出や調査・解析結果の提供を迅速に行うよう努めた。

＜第４期の成果＞

- モニタリングサイト 1000 事業の成果は、生物多様性センターに集約され、環境省、地方自治体、民間企業等のさまざまな主体によって活用されており、モニタリングサイト 1000 ウェブサイトでは、その活用例を紹介している[19]。

■　環境省

①　各種計画策定への寄与（生物多様性国家戦略、JBO、気候変動影響評価報告書等）

✓　「生物多様性国家戦略 2023-2030」（2023 年３月）において、モニタリングサイト 1000 は、「第２部 行動計画 第５章 生物多様性に係る取組を支える基盤整備と国際連携の推進」の重点施策として位置付けられた。また、「同戦略で設定する状態目標・行動目標に関する指標」において、モニタリングサイト 1000 の成果は、以下の主な指標として位置付けられた。

基本戦略	状態／行動目標	主な指標
1. 生態系の健全性の回復	状態目標 1-1. 全体として生態系の規模が増加し、質が向上することで健全性が回復している	代表的な生態系における生物種数・多様性、生息・生育状況
5. 生物多様性に係る取組を支える基盤整備と国際連携の推進	状態目標 5-1. 生物多様性の情報基盤が整備され、調査・研究成果や提供データ・ツールが様々なセクターで利活用されるとともに、生物多様性を考慮した空間計画下に置き、多様な空間スケールで様々な主体の連携が促進されている	モニタリングサイト 1000 ダウンロード数・アクセス数
	行動目標 5-1. 生物多様性と社会経済の統合や自然資本の国民勘定への統合を含めた関連分野における学術研究を推進するとともに、強固な体制に基づく長期的な基礎調査・モニタリング等を実施する	長期的かつ定量的な調査を実施する地点数（モニタリングサイト 1000）

[19] https://www.biodic.go.jp/moni1000/survey_results.html

- ✓ 「生物多様性及び生態系サービスの総合評価 2021 詳細版報告書」（環境省　生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会 2021）の中で、「第 II 章 第１節 森林生態系の評価」及び「第 IV 章 第３節 第３の危機の評価、および第４節 第４の危機の評価」で、鳥類調査の結果が引用された。
- ✓ 「気候変動影響評価報告書 詳細」（環境省 2020）の中で、自然生態系分野における気候変動の影響において、樹木や植生等の分布の変化、生物季節の変化、鳥類の分布の変化の結果が引用された。

② 保護地域の指定・見直し・管理等（ラムサール湿地、国指定鳥獣保護区、国立公園）

- ✓ 那須平成の森モニタリング調査において、毎木調査、鳥類調査の調査結果や調査マニュアルが活用されている。

③ 世界自然遺産地域の管理

- ✓ 知床では、長期モニタリング計画において、鳥類相やその経年変化等をモニタリング項目の１つとして位置付けて、鳥類調査のデータが活用されている。
- ✓ 白神山地では、ブナ林の動植物の多様性保全状況の把握に、鳥類調査のデータが活用されている。
- ✓ 小笠原諸島では、保全状況の主要指標として、森林・草原調査、小島嶼（海鳥）調査のデータが活用されている。
- ✓ 奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島では、モニタリング計画における指標として、毎木調査及び鳥類調査のデータが活用されている。

④ 野生動植物の保全管理

- ✓ 上信越高原国立公園の指定植物の検討に森林・草原調査のデータが活用されている。
- ✓ 沖縄県のやんばる地域では、ケナガネズミ、オキナワトゲネズミ等の希少野生動物の生息環境（餌環境）評価に与那サイト（沖縄県）の落下種子量のデータが活用されている。
- ✓ レッドリストの評価にあたって、鳥類の調査のデータが利用されている（コラム６－４参照）。

⑤ 環境省の環境研究総合推進費による研究との連携

- ✓ 世界自然遺産のための沖縄・奄美における森林生態系管理手法の開発（4-1804：2018～2021 年度）：天然林の非皆伐成熟林の動態に関するデータとして、与那サイト（沖縄県）のデータが活用された。

■ 林野庁

- ✓ 平成 30 年度保護林モニタリング調査等事業（林野庁関東森林管理局）において、調査対象保護林及び緑の回廊に含まれるサイトを確認・整理するための資料として活用された。
- ✓ 保護林の状況把握において森林・草原調査の成果が活用されている。

■ 地方自治体

① 野生動植物の保全管理

✓ シカ食害の影響把握による個体数管理、防鹿柵の設置や研究に、森林・草原調査の成果が活用されている（芦生サイト（京都府）、大山沢サイト（埼玉県）など）。

② 希少種保全

✓ 東京都レッドリスト（本土部）2020 年版の作成に当たって、東京都内の鳥類調査サイトの調査成果が活用された。

③ 保護地域の指定・見直し

✓ 大阪府が指定した箕面鳥獣保護区の存続期間の更新についての検討資料として、鳥類調査結果が活用された。

■ 企業

① 環境アセスメント

✓ 環境アセスメントにおいて注目される事が多い渡り鳥や希少鳥類等のデータ（陸生鳥類調査ほか）を、環境省の環境アセスメントデータベース（EADAS）[20]に提供しており、「風力発電立地検討のためのセンシティビティマップ」（環境省、2018 年 3 月）[21]に活用される等、アセスメント手続きの迅速化・効率化に寄与している。

＜第５期に向けた課題と展望＞

- 第４期とりまとめでは、過去 20 年にわたって取得したデータを用いて「生物多様性の４つの危機」に沿った整理・解析を実施した。それらのうち特徴的な結果は「速報版」として環境省内や地方自治体の関係者に配布しており、各種計画の策定・改訂においてより一層の活用が期待される。
- 生物多様性センターの都道府県向けメールマガジン（上記（３）参照）では、どの調査項目がどの都道府県で実施される予定か一括で検索できる Excel シートも配布しており、調査成果の活用が進むことが期待される。
- 環境省生物多様性センターが事務局を努める自然系調査研究機関連絡会議（NORNAC）における情報共有等を通じ、相互の成果利活用や連携を強化していく。
- 環境省が、30by30 目標[22]の達成に向けて 2023 年度から開始した、民間の取組等によって生物多様性の保全が図られている区域（OECM）を「自然共生サイト」に認定する制度では、認定基準としてモニタリングの実施が含まれているため、本事業の調査マニュアルの活用や、調査結果の本事業への活用など、相互連携を検討していく（コラム６－５参照）。
- 気候変動適応法に基づく影響評価や計画に対し、国立環境研究所等の関係機関とも連携を図りつつ、生物の種数や分布、生物季節の変化等、気候変動影響の把握・評価に必要なデータを引き続き整備・提供していく。

[20] https://www2.env.go.jp/eiadb/ebidbs/

[21] https://www.env.go.jp/press/105315.html

[22] 2022 年 12 月採択の「昆明・モントリオール生物多様性枠組」において、2030 年までに陸と海の 30%以上を健全な生態系として効果的に保全しようとする目標。

- 国の各種計画・生物多様性保全施策（環境白書、JBO、気候変動影響評価報告書、生物多様性国家戦略等）への活用を推進するため、調査成果がより分かりやすくアピールできるよう、とりまとめる際には時間軸に沿った全国的な傾向を表す１枚の図表に表現する等して、関係行政機関へ提供する。
- 地方自治体や民間企業にも成果を使用しやすくするため、サイト・調査区ごとにデータファイルを簡易に集計し、各サイト・調査区の特徴やこれまでの変化等を分かりやすく表した図表をウェブサイトに掲載する。
- シカの増加による森林の更新阻害や組成の偏向、鳥類の組成の偏向、地表徘徊性甲虫の個体数への影響、また、病虫害による樹木の枯死等の影響の継続的な把握は、森林生態系の保全管理においても重要な課題である。
  - 毎木調査マニュアルの改訂で、第４期以降は定点写真の撮影による経年変化の定性的な比較や、分かりやすい広報資料への活用が期待される（前項の（１）を参照）が、定量的で詳細な解析には活用しにくいという限界もある。
  - そのため、林野庁や都道府県、地方自治体等の関係行政機関に対してモニタリングサイト 1000 のデータや成果の提供を進めるとともに、これらが実施している保護林モニタリング調査や特定鳥獣保護管理、病虫害対策等から集積されているデータを活用する等の関係を構築していく必要がある。
  - また、モニタリングサイト 1000 の結果で明らかになった重要課題に対し、本事業に参加している研究者のネットワークを活用して、環境省の環境研究総合推進費に対する新規研究課題として応募していくこと等が考えられる。
- 全国各地で保護活動を行っている方や環境アセスメントのために資料を求めている方がモニタリングサイト 1000 の成果を活用しやすくなるように、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）や環境アセスメントデータベース（EADAS）に各サイトの位置情報を登録できないか引き続き検討する。
  - A-PLAT の「気候変動関連データベース集（2023 年）（Excel ファイル版）」に、モニタリングサイト 1000 の各生態系のデータファイルの概要やリンク先が掲載され、今後より一層の成果活用が期待される[23]。
  - EADAS に関しては、森林・草原調査や里地調査の成果は、再生可能エネルギー関連施設候補地（例、メガソーラー等）の環境影響評価への活用等が考えられる[24]。
- 成果の活用実績は、モニタリングサイト 1000 事業が評価される指標であるとともに、行政ニーズを適切に把握し本調査に反映していくことが、本調査の必要性や調査体制の維持につながることから、情報収集を強化する。
  - 成果提供する都道府県に対しては、成果を活用した場合には生物多様性センターに連絡するよう依頼する。
  - 調査協力者に対して年に１度実施している、活用実績の聞取り調査を継続する。

[23] https://adaptation-platform.nies.go.jp/plan/institute/expert_review_team/data_list/
[24] 2022 年度末時点の GIS 収録地図情報では、「全国環境情報」に、モニタリングサイト 1000 シギ・チドリ類調査の調査地点と調査結果が収録されている。

- ウェブサイトでは、成果物を活用した場合に効果的に情報を収集できるよう検討する。
- 集めた情報は生物多様性センターで一括管理し、ウェブサイトや成果物の中に入れ込み、調査協力者にも還元できるようにする。
- データファイルのダウンロード時に実施しているアンケート結果を集計・解析し、データの利用状況（利用者層・利用目的等）を把握する。

■コラム６－４：
モニタリングサイト 1000 データのレッドリスト評価での活用

植田 睦之（NPO 法人 バードリサーチ）

絶滅のおそれのある野生生物種のリスト（レッドリスト）の第５次リストの改訂作業が、現在進められている。これまでのレッドリストは、ある程度、専門家の知見で定性的に決めていたところがあったが、今回の改訂からは数値基準に基づく定量評価が強く求められるようになっている。しかし、定量評価に使えるような情報があるかというと、ほとんどない。そんな中、モニタリングサイト 1000 の情報が、情報源の１つとして活用されている。鳥類については、「森林・草原」「里地」「ガンカモ類」「シギ・チドリ類」「小島嶼」の各調査で、陸生鳥類から海鳥まで調査されているので、現在レッドリストに掲載されている種の再評価だけでなく、新たな掲載種の検討にも用いられている。

ただし、モニタリングサイト 1000 は、レッドリストの評価のための調査ではないので、その活用には限界もある。モニタリングサイト 1000 のシギ・チドリ類調査では、主要な干潟の多くが調査地になっているので、干潟を利用するシギ・チドリ類ならば、その種の増減を把握するための十分な情報がある。また、ガンカモ類調査のガン類やハクチョウ類も同様である。しかし、水田などの淡水湿地をおもに利用するシギ・チドリ類や、カモ類などについては評価が難しい。また陸鳥類については、全国各地の多くの調査地で調査が行われており、普通種の増減傾向をつかむことができている。したがって、現在、レッドリストに掲載されていない種のうち、減少の著しい種を抽出するのには役に立つ。たとえば、減少傾向が指摘されていたコヨシキリ（写真１）の減少傾向を評価する上で、モニタリングサイト 1000 の記録が活用された。しかし、現在レッドリストに掲載されているような、「分布が限られ、個体数の少ない種」については、オオセッカのように、特定の湿地に集中して分布し、そこで調査が行われているような種を除けば、モニタリングサイト 1000 の調査では、記録できないことが多く、十分に把握できているとは言えない。

今後、レッドリストの定量評価をしっかりと行っていくためには、モニタリングサイト 1000 やその他の調査による情報を活用しつつも、それでは評価できないものについては、新たな調査体制を構築していく必要があるだろう。



写真１　モニタリングサイト 1000 森林・草原調査の結果も踏まえて、レッドリスト掲載種候補となっているコヨシキリ（撮影：三木敏史）

■コラム６－５：生物多様性の保全エリア拡大に向けて
～北大雨龍研究林が自然共生サイトに認定～

中路 達郎・小林 真（雨龍サイト：北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター）

生物多様性の損失を食い止め反転させることを目的として、2030 年までに地球上の陸域と海域の 30%以上を健全な生態系として保全する目標“３０ｂｙ３０（サーティーバイサーティー）”が国際的に掲げられている。この目標は 2022 年、国連生物多様性条約第 15 回締結国会議（COP15）において合意されたもので、現在、締結国は保全・保護地域の選定を広く進めている。日本は COP10 において 30by30 の前身である愛知目標を提案し、これまでも国定公園や保護区などの法令によって陸域 20.5%、海域 13.3%の保全に努めてきた。そして、現在、30by30 達成のために、慣習や生業等の民間の取り組みによって生物多様性の保全が図られている区域を新たに“自然共生サイト”として認定し、多様かつ広域の保全地域の拡大を図っている。

この度、北海道大学では、モニタリングサイト 1000 のコアサイトの一つである北海道・雨龍サイトを有する北海道大学雨龍研究林（総面積 24,953ha）を自然共生サイトに申請し、2023 年 10 月に環境省から正式に認定された。また、2024 年８月には 30by30 を達成するための国際データベース OECM（Other Effective area-based Conservation Measures）に登録された。雨龍研究林は、北海道北部を代表とする針広混交林が大きな特徴である。さらに、開拓の影響を受けていない希少性の高い原生林や自然河川、湿地などが広域に残っている（写真１）。このため、北海道大学としても、教育研究とともに豊かな生物種（維管束植物 320 種、脊椎動物 79 種、うち環境省レッドリスト掲載種 10 種）の保全も重要な使命と位置付けて研究林を管理してきた。今回の自然共生サイトへの登録では、立地や歴史的な背景などに加えて、生物種や地形、気象要因などの学術情報の豊富さ・確かさも評価されたが、モニタリングサイト 1000 コアサイトとして生物多様性評価と環境変動への応答の評価に関わっている点も、保全地域の重要性や保全効果を評価する際の論拠として強く支持された。今後は、自然生態系の効果的な保全とモニタリングによるその効果の科学的評価が重要な課題となる。モニタリングサイト 1000 での経験も踏まえて、科学的な視点を持ち、森林サイトのフラグシップとして社会貢献できるように活動を継続していきたい。また、他のサイトとも広く交流して最適解を探っていくこともネットワークだからこそできる強味である。引き続き、サイト関係者の方々のご支援・ご協力をぜひお願いしたい。



写真１　貴重な泥炭湿地林が広がる研究林内の泥川流域

環境省自然共生サイトの紹介ページ：　https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/documents/nintei/R4Late2_Uryu_Research_Forest.pdf
北海道大学雨龍研究林：　https://www.hokudaiforest.jp/about-us/雨龍研究林/

（５）国際的枠組との連携

● 目標 地球規模の生物多様性モニタリング推進のため、既存の国際的な枠組と連携するとともに、生物多様性モニタリングの協力体制を構築する。また、調査を通して得られた成果を国際的な取組に役立てる。

＜第４期の状況＞

- 生物多様性の保全は国際的課題であり、地球規模での生物多様性モニタリングやデータベース整備等の取組が進められている。
- 森林・草原調査では、第１期の調査設計時から、JaLTER を通じて国際的な枠組（例：国際長期生態学研究ネットワーク（ILTER）等）との連携を図り、国際的に広く用いられ比較可能な調査手法の採用を図っている。
- 第４期は新型コロナウイルスの世界的な蔓延の影響を受けて、国際学会や国際ワークショップ等が中止や延期、開催方法の変更等を余儀なくされたこともあり、調査担当者等の参加や、海外からの視察の受け入れ対応等の人的連携に関する取組は低調であった。
- 東アジア・東南アジアでの陸生鳥類のモニタリングが検討されモニタリングサイト 1000 の手法が共有されており、今後の実施に向けての検討が行われている。

＜第４期の成果＞

- 鳥類調査担当者が、国際鳥学会（2022 年）に参加し、モニタリングサイト 1000 森林・草原調査の概要や成果報告を行うとともに、アジアでの陸生鳥類モニタリングのためのワークショップにおいて調査方法の共有を行った。
- グローバル・ストックテイク[25]に向けた全球の森林蓄積の推定に貢献するため、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、森林総合研究所、全国大学演習林協議会で構成されるコンソーシアムに毎木調査データを提供した（林ら 2022）。
- JICA 研修や海外の大学・試験研究機関等が、生態系の長期モニタリングの先新事例として、モニタリングサイト 1000 森林・草原調査の視察を行い、生物多様性センターやネットワークセンターで受け入れに対応している。
  - 生物多様性センターにて実施した JICA 研修において（2020 年を除いて毎年実施）、森林・草原調査を含むモニタリングサイト 1000 について講義を行った。
  - 韓国嶺南大学産学協力団、韓国国立生物資源館等が、当該国内の長期生態系モニタリング設計や調査区設定、データの解析・活用等について、先新事例として視察。

[25] 国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）で合意されたパリ協定の目標達成状況を評価する枠組。

- National Institute of Amazonian Research 及び京都大学野生動物研究センターが、アマゾンの生態系モニタリングを進めるにあたってモニタリングサイト 1000 の取組を参考にするため、調査体制の説明と現地視察をネットワークセンター（北大苫小牧研究林：2018 年度当時）で受入れ。

＜第５期に向けた課題と展望＞

- 第４期に、東アジア・東南アジアでの陸生鳥類のモニタリングを進めるためのワークショップが開催され、モニタリングサイト 1000 の手法が共有されており、今後実施に向けての検討が行われる予定である。
- 第３期とりまとめで、第４期に向けた課題と展望に挙げられていた以下の事項は特に進展がなく、第５期以降も引き続き課題と考えられる。
- 地球観測グループ生物多様性観測ネットワーク（GEOBON）、全球地球観測システム（GEOSS）、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム（IPBES）との連携に向けて、英語版のモニタリングサイト 1000 事業のウェブサイトや調査マニュアルを作成し、情報発信、データの共有化を図る。
- 生物多様性条約締約国会議（COP）等、各種の国際会議の場でモニタリングサイト 1000 事業の概要や成果を発信するため、英語版パンフレット等を整備する。

引用文献

林真智・田殿武雄・落合治・濱本昂・Ake Rosenqvist・日浦勉・石原正恵・齋藤英樹・髙橋正義・鷹尾元（2022）森林バイオマス観測をとりまく動向. 日本リモートセンシング学会誌 42: 14-20.

Ishihara, M. I., S. N. Suzuki, M. Nakamura, T. Enoki, A. Fujiwara, T. Hiura, K. Homma, D. Hoshino, K. Hoshizaki, H. Ida, K. Ishida, A. Itoh, T. Kaneko, K. Kubota, K. Kuraji, S. Kuramoto, A. Makita, T. Masaki, K. Namikawa, K. Niiyama, M. Noguchi, H. Nomiya, T. Ohkubo, S. Saito, T. Sakai, M. Sakimoto, H. Sakio, H. Shibano, H. Sugita, M. Suzuki, A. Takashima, N. Tanaka, N. Tashiro, N. Tokuchi, T. Yoshida & Y. Yoshida (2011) Forest stand structure, composition, and dynamics in 34 sites over Japan. Ecological Rsearch 26 (6): 1007-1008.

環境省（2020）気候変動影響評価報告書　詳細.

環境省　生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会（2021）生物多様性及び生態系サービスの総合評価 2021（JBO 3: Japan Biodiversity Outlook 3）詳細版報告書.

環境省自然環境局生物多様性センター（2019）モニタリングサイト 1000 第３期とりまとめ報告書概要版　日本の自然に何がおきている？―市民・研究者・行政が力をあわせわかってきたこと―.

Niwa S., A. Toyota, T. Kishimoto, K. Sasakawa, S. Abe, T. Chishima, M. Higa, T. Hiura, K. Homma, D. Hoshino, H. Ida, N. Kamata, Y. Kaneko, M. Kawanishi, K. Kobayashi, K. Kubota, K. Kuraji, T. Masaki, K. Niiyama, M. Noguchi, H. Nomiya, S. Saito, M. Sakimoto, H. Sakio, S. Sato, M. Shibata, A. Takashima, H. Tanaka, N. Tashiro, N. Tokuchi, H. Torikai & T. Yoshida (2016) Monitoring of the ground-dwelling beetle community and forest floor environment in 22 temperate forests across Japan. Ecological Rsearch 31(5):607-608.

Suzuki, S. N., M. I. Ishihara, M. Nakamura, S. Abe, T. Hiura, K. Homma, M. Higa, D. Hoshino, K. Hoshizaki, H. Ida, K. Ishida, M. Kawanishi, K. Kobayashi, K. Kuraji, S. Kuramoto, T. Masaki, K. Niiyama, M. Noguchi, H. Nomiya, S. Saito, T. Sakai, M. Sakimoto, H. Sakio, T. Sato, H. Shibano, M. Shibata, M. Suzuki, A. Takashima, H. Tanaka, M. Takagi, N. Tashiro, N. Tokuchi, T. Yoshida, Y. Yoshida (2012) Nation-wide litter fall data from 21 forests of the Monitoring Sites 1000 Project in Japan. Ecological Rsearch. 27(6):989-999.

付表1. モニタリングサイト1000 森林・草原調査 コアサイト・準コアサイト一覧（1／3）

No	サイト名	都道府県	サイトタイプ	調査区名	調査区ID	森林タイプ*	経度#	緯度#	標高（m）	森林履歴	調査区面積（ha）	毎木	落葉落枝・落下種子	地表徘徊性甲虫	鳥類	開始年
1	雨龍	北海道	コア	–	UR-BC1	BC	142.28	44.37	335	成熟林	1.05	○	○	○	○	2005
2	足寄	北海道	コア	足寄拓北	AS-DB1	DB	143.51	43.32	360	成熟林	1	○	○	○	○	2005
3				足寄美盛	AS-DB2	DB	143.51	43.26	340	二次林	1	△ 2010年から○†	○ 自主調査	○ 2005年で終了	–	2005
4				足寄花輪	AS-DB3	DB	143.50	43.29	380	二次林	0.6	△‡	–	–	–	2005
5	苫小牧	北海道	コア	苫小牧成熟林	TM-DB1	DB	141.57	42.71	80	成熟林	1	○	○	○	○	2004
6				苫小牧二次林404林班	TM-DB2	DB	141.59	42.69	64	二次林	1.2	△	–	○	–	2004
7				苫小牧二次林308林班	TM-DB3	DB	141.63	42.67	33	二次林	0.81	△	–	○	–	2004
8				苫小牧二次林208林班	TM-DB4	DB	141.57	42.70	85	二次林	0.45	△	–	○	–	2004
9				苫小牧アカエゾマツ人工林	TM-AT1	AT	141.61	42.68	43	人工林	0.2	△	–	○	–	2004
10				苫小牧カラマツ人工林	TM-AT2	AT	141.59	42.67	36	人工林	0.2	△	–	○	–	2004
11				苫小牧トドマツ人工林	TM-AT3	AT	141.58	42.71	50	人工林	0.225	△	–	○	–	2004
12	カヌマ沢	岩手県	コア	カヌマ沢渓畔林	KM-DB1	DB	140.86	39.11	435	成熟林	1	○	○	○	○	2004
13				カヌマ沢ブナ林	KM-DB2	DB	140.85	39.11	445	成熟林	–	–	–	○ 2008年で終了	–	2004
14	大佐渡	新潟県	コア	–	OS-EC1	EC	138.44	38.21	870	成熟林	1	○	○	○	○	2004
15	小佐渡	新潟県	コア	小佐渡豊岡	KS-DB1	DB	138.52	37.98	125	二次林	0.25	○	○ 2013年で終了	○ 2013年で終了	○	2004
16				小佐渡キセン城	KS-DB2	DB	138.48	38.01	350	二次林	0.25	–	–	○ 2013年で終了	–	2004
17	那須高原	栃木県	コア	–	NS-DB1	DB	140.01	37.12	900	高齢二次林？	0.3	△	–	–	○	2009
18	小川	茨城県	コア	–	OG-DB1	DB	140.59	36.94	635	成熟林	1.2	○	○	○	○	2004
19	カヤの平	長野県	コア	–	KY-DB1	DB	138.50	36.84	1495	成熟林	1	○	○	○	○	2005
20	おたの申す平	長野県	コア	–	OT-EC1	EC	138.50	36.70	1730	成熟林	1	○	○	○	○	2005
21	大山沢	埼玉県	コア	–	OY-DB1	DB	138.76	35.96	1425	成熟林	1	○	○	○	○	2008

*森林タイプ BC：針広混交林、DB：落葉広葉樹林、EC：常緑針葉樹林、EB：常緑広葉樹林、AT：人工林

#世界測地系（WGS84）．○毎年実施．△5年毎に実施．†自主調査を含む．‡2011～2017年は自主調査を含めて毎年実施．

付表1. モニタリングサイト1000 森林・草原調査 コアサイト・準コアサイト一覧（2／3）

No	サイト名	都道府県	サイトタイプ	プロット名	プロットID	森林タイプ*	経度#	緯度#	標高（m）	森林履歴	面積(ha)	毎木	落葉落枝・落下種子	地表徘徊性甲虫	鳥類	開始年
22	秩父	埼玉県	コア	秩父ブナ・イヌブナ林	CC-DB1	DB	138.80	35.94	1200	成熟林	1	○	○	○	○	2004
23				秩父ウダイカンバ林	CC-DB2	DB	138.82	35.91	1090	二次林	0.12	△ 2009年まで○	○ 2009年で終了	○ 2009年で終了	－	2004
24				秩父18は1二次林	CC-DB3	DB	138.82	35.91	1090	二次林	0.11	△	－	－	－	2004
25				秩父矢竹沢	CC-AT1	AT	138.82	35.94	900	人工林	計0.88	△	－	－	－	2004
26	芦生	京都府	コア	芦生枡上谷	AU-EC1	EC	135.74	35.35	750	成熟林	1	○	○	○	○	2007
27				芦生モンドリ谷	AU-DB1	DB	135.74	35.35	720	成熟林	1	△	－	－		2007
28	愛知赤津	愛知県	コア	－	AI-BC1	BC	137.17	35.22	335	二次林	1	○	○	○	○	2004
29	上賀茂	京都府	コア	－	KG-EC1	EC	135.77	35.07	140	二次林	0.64	○	○	○	○	2007
30	和歌山	和歌山県	コア	－	WK-EC1	EC	135.53	34.07	825	高齢二次林	1	○	○	○	○	2005
31	市ノ又	高知県	コア	－	IC-BC1	BC	132.92	33.15	560	成熟林	0.95	○	○	○	○	2005
32	綾	宮崎県	コア	－	AY-EB1	EB	131.19	32.05	490	成熟林	1	○	○	○	○	2004
33	田野	宮崎県	コア	田野二次林	TN-EB1	EB	131.30	31.86	175	二次林	1	○	○	○	○	2004
34				田野海岸林	TN-EB2	EB	131.26	31.38	26	二次林	0.1	－	－	○ 2005年で終了	－	2004
35	与那	沖縄県	コア	－	YN-EB1	EB	128.23	26.74	250	高齢二次林	1	○	○	○	○	2004
36	大雪山	北海道	準コア	－	TA-EC1	EC	143.06	43.39	975	成熟林	1	△	－	－	△	2008
37	野幌	北海道	準コア	－	NP-DB1	DB	141.53	43.06	42	成熟林	1.04	△	－	－	○	2005
38	仁鮒水沢	秋田県	準コア	－	NB-EC1	EC	140.25	40.08	190	成熟林	1	△ 2006年で終了	－	－	△ 2007年で終了	2006 (2010年終了)
39	大滝沢	岩手県	準コア	－	OZ-DB1	DB	140.89	39.64	460	成熟林	1	△	－	－	△	2008
40	早池峰	岩手県	準コア	－	HY-EC1	EC	141.50	39.54	1215	成熟林	1	△	－	－	△	2005
41	青葉山	宮城県	準コア	－	AO-BC1	BC	140.85	38.25	120	成熟林	1	△	○	○	○	2006
42	金目川	山形県	準コア	－	KK-DB1	DB	139.84	38.15	543	成熟林	1	△	－	－	△	2005
43	高原山	栃木県	準コア	－	TK-DB1	DB	139.80	36.88	925	成熟林	1	△	－	－	△	2008

＊森林タイプ　BC：針広混交林、DB：落葉広葉樹林、EC：常緑針葉樹林、EB：常緑広葉樹林、AT：人工林

#世界測地系（WGS84）．○毎年実施．△5年毎に実施．

付表1. モニタリングサイト1000 森林・草原調査 コアサイト・準コアサイト一覧（3／3）

No	サイト名	サイト名	サイトタイプ	プロット名	プロットID	森林タイプ*	経度#	緯度#	標高（m）	森林履歴	面積(ha)	毎木	落葉落枝・落下種子	地表徘徊性甲虫	鳥類	開始年
44	筑波山	茨城県	準コア	–	TB-DB1	DB	140.10	36.23	780	成熟林	1	△	–	–	△	2009
45	御岳濁河	岐阜県	準コア	–	NG-EC1	EC	137.46	35.93	1880	成熟林	1	△	–	–	△	2005
46	木曽赤沢	長野県	準コア	–	KI-EC1	EC	137.63	35.72	1175	成熟林	1	△	–	–	△	2008
47	西丹沢	神奈川県	準コア	–	TZ-DB1	DB	138.99	35.47	1150	成熟林	1	△	–	–	△	2008
48	富士	山梨県	準コア	–	FJ-AT1	AT	138.87	35.41	1015	人工林	計0.5	△	–	–	△	2004
49	大山文珠越	鳥取県	準コア	–	DI-DB1	DB	133.55	35.36	1110	成熟林	1	△	–	–	△	2006
50	函南	静岡県	準コア	–	KN-EB1	EB	139.01	35.16	600	成熟林	1	△	–	–	△	2005
51	半田山	岡山県	準コア	–	HD-DB1	DB	133.92	34.70	110	二次林	1	△	–	–	△	2007
52	臥龍山	広島県	準コア	–	GR-DB1	DB	132.19	34.69	1150	成熟林	1	△	–	–	△	2008
53	春日山	奈良県	準コア	–	KA-EB1	EB	135.86	34.68	310	成熟林	1	△	–	–	△	2006
54	宮島	広島県	準コア	–	MY-EB1	EB	132.33	34.30	100	成熟林/高齢二次林？	1	△	–	–	△	2009
55	三之公	奈良県	準コア	–	SN-EC1	EC	136.07	34.26	560	成熟林	1	△	–	–	△	2007
56	対馬龍良山	長崎県	準コア	–	TT-EB1	EB	129.22	34.15	160	成熟林	1	△	–	–	△	2007
57	糟屋	福岡県	準コア	–	KJ-EB1	EB	130.55	33.65	450	高齢二次林	1	△	–	–	△	2006
58	佐田山	高知県	準コア	–	SD-EB1	EB	133.00	32.74	320	成熟林	0.98	△	–	○ 自主調査	△	2007
59	椎葉	宮崎県	準コア	–	SI-DB1	DB	131.10	32.38	1190	高齢二次林	1	△	–	–	△	2009
60	屋久島照葉樹林	鹿児島県	準コア	–	YK-EB1	EB	130.39	30.37	150	成熟林	1	△	–	–	△	2006
61	屋久島スギ林	鹿児島県	準コア	–	YS-EC1	EC	130.57	30.31	1200	成熟林	1	△	–	–	△	2007
62	奄美	鹿児島県	準コア	–	AM-EB1	EB	129.27	28.20	330	高齢二次林	1	△	○	○	○	2005
63	小笠原石門	東京都	準コア	–	OW-EB1	EB	142.16	26.68	290	成熟林	1	△	–	–	△	2005
64	西表	沖縄県	準コア	–	IR-EB1	EB	123.90	24.35	140	成熟林	1	△ 2020年開始	–	–	△	2009

*森林タイプ　BC：針広混交林、DB：落葉広葉樹林、EC：常緑針葉樹林、EB：常緑広葉樹林、AT：人工林

#世界測地系（WGS84）．○毎年実施．△5年毎に実施．

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（１／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
1	白神岬	草原	北海道	2	140.2	41.4	250	2006
2	土橋自然観察教育林	森林	北海道	2	140.2	41.9	250	2007
3	相沼	草原	北海道	2	140.1	42.0	250	2006
4	函館山	森林	北海道	2	140.7	41.8	250	2006
5	大沼公園	森林	北海道	2	140.7	42.0	250	2007
6	美利河	森林	北海道	2	140.2	42.5	250	2006
7	有珠善光寺	森林	北海道	2	140.8	42.5	250	2005
8	貫気別川	森林	北海道	2	140.7	42.6	250	2004
9	カルルス温泉	森林	北海道	2	141.1	42.5	500	2008
10	白老町森野	森林	北海道	2	141.3	42.6	250	2004
11	積丹岬	草原	北海道	2	140.5	43.4	250	2009
12	於古発山	森林	北海道	2	141.0	43.2	250	2009
13	支笏湖野鳥の森	森林	北海道	2	141.4	42.8	500	2011
14	張碓	森林	北海道	2	141.0	43.1	250	2009
15	小樽西部	森林	北海道	2	141.0	43.2	250	2007
16	西岡水源池	森林	北海道	2	141.4	43.0	250	2005
17	ウトナイ湖南東部湿原	草原	北海道	2	141.7	42.7	250	2012
18	鵡川河口	草原	北海道	2	141.9	42.6	250	2006
19	門別町豊郷	森林	北海道	2	142.2	42.5	250	2004
20	夕張川河川敷	草原	北海道	2	141.6	43.1	250	2005
21	平取町芽生	草原	北海道	1	142.4	42.7	250	2004
22	晩生内	草原	北海道	2	141.8	43.4	250	2009
23	桂沢湖	森林	北海道	2	142.0	43.2	250	2005
24	二岐岳	森林	北海道	1	142.5	42.8	500	2009
25	国領	森林	北海道	2	141.7	43.7	500	2009
26	ヌビナイ川上流	森林	北海道	1	143.1	42.5	500	2009
27	布部	森林	北海道	1	142.5	43.3	500	2006
28	晩成	草原	北海道	1	143.4	42.5	250	2009
29	鷹泊貯水池	森林	北海道	2	142.1	43.9	250	2009
30	雨紛	森林	北海道	2	142.3	43.7	250	2006
31	売買川	森林	北海道	1	143.2	42.9	250	2004
32	旭野	森林	北海道	2	142.6	43.5	500	2005
33	春光台	森林	北海道	2	142.4	43.8	250	2005
34	十勝大津	草原	北海道	1	143.6	42.7	250	2009
35	南丘貯水池	森林	北海道	2	142.4	44.0	250	2006
36	21世紀の森	森林	北海道	2	142.7	43.7	500	2006
37	姿見の池	森林	北海道	1	142.8	43.7	1750	2006
38	糠平	森林	北海道	1	143.1	43.4	1000	2009
39	初山別	森林	北海道	1	141.8	44.6	250	2006
40	沓形・神居林道	森林	北海道	2	141.2	45.2	250	2006
41	宇遠内山道/礼文林道	森林	北海道	2	141.0	45.3	250	2006
42	活平	森林	北海道	1	143.7	43.0	250	2009
43	サロベツ原野	草原	北海道	2	141.7	45.1	250	2010
44	夕来	草原	北海道	1	141.6	45.2	250	2004
45	茂瀬	森林	北海道	1	142.9	44.2	500	2009
46	十八号沢川	森林	北海道	1	143.5	43.8	500	2005
47	中頓別	森林	北海道	1	142.3	44.9	250	2006
48	上猿払	森林	北海道	1	142.1	45.1	250	2005
49	曲淵	森林	北海道	1	142.0	45.3	250	2007
50	温根内	草原	北海道	1	144.3	43.1	250	2009

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（２／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
51	チミケップ	森林	北海道	1	143.9	43.6	500	2005
52	花園	森林	北海道	1	143.7	43.9	250	2009
53	興部	草原	北海道	1	143.1	44.5	250	2005
54	イベシベツ川	森林	北海道	1	144.1	43.5	500	2009
55	コムケ原生花園	草原	北海道	1	143.5	44.3	250	2005
56	佐呂間別川	草原	北海道	1	143.9	44.1	250	2005
57	藻琴山	森林	北海道	1	144.4	43.7	750	2009
58	糸魚沢林道	森林	北海道	1	144.9	43.1	250	2009
59	養老牛温泉	森林	北海道	1	144.7	43.6	250	2007
60	小清水原生花園	草原	北海道	1	144.4	43.9	250	2005
61	斜里岳	森林	北海道	1	144.7	43.8	750	2006
62	武佐岳	森林	北海道	1	144.9	43.6	250	2009
63	床丹	草原	北海道	1	145.3	43.4	250	2007
64	東梅	森林	北海道	1	145.5	43.3	250	2009
65	野付崎	草原	北海道	1	145.3	43.6	250	2007
66	岩尾別台地	森林	北海道	1	145.1	44.1	250	2005
67	十二湖	森林	青森県	4	140.0	40.6	500	2006
68	白神山地天狗岳	森林	青森県	4	140.1	40.5	750	2009
69	岩木山岳登山道	森林	青森県	4	140.3	40.6	750	2006
70	岩木川西側（竹田岩木川ヨシ原）	草原	青森県	4	140.4	41.0	250	2006
71	岩木川下流右岸	草原	青森県	4	140.4	41.0	250	2006
72	蔦野鳥の森	森林	青森県	4	140.9	40.6	750	2006
73	田代平	草原	青森県	4	140.9	40.7	750	2006
74	下折紙沢	森林	青森県	4	140.9	40.8	250	2006
75	仏沼	草原	青森県	4	141.4	40.8	250	2006
76	薬研温泉	森林	青森県	4	141.0	41.4	250	2006
77	陸奥横浜（泊林道）	森林	青森県	4	141.4	41.1	250	2006
78	陸中川尻・湯川	森林	岩手県	4	140.8	39.3	500	2007
79	尿前渓谷つぶ沼コース	森林	岩手県	4	140.9	39.1	500	2006
80	高野	森林	岩手県	3	141.3	38.9	250	2004
81	豊沢	森林	岩手県	4	140.9	39.5	750	2005
82	野手崎	森林	岩手県	3	141.3	39.3	250	2007
83	松川温泉	森林	岩手県	4	140.9	39.9	1000	2009
84	四角岳	森林	岩手県	4	141.0	40.2	500	2009
85	害鷹森	森林	岩手県	4	141.6	39.7	1000	2007
86	早坂高原	草原	岩手県	4	141.5	39.9	1000	2009
87	陸奥福岡	森林	岩手県	4	141.4	40.3	750	2009
88	安家森	森林	岩手県	4	141.6	40.0	1000	2006
89	閉伊崎	森林	岩手県	3	142.0	39.6	250	2006
90	田老	森林	岩手県	3	142.0	39.7	250	2006
91	船越	森林	岩手県	3	142.0	39.5	250	2021
92	蔵王硯石	森林	宮城県	4	140.5	38.1	1000	2005
93	二口林道	森林	宮城県	4	140.5	38.3	500	2006
94	山元町牛橋開拓地	草原	宮城県	3	140.9	38.0	250	2005
95	荒雄岳観光道路	森林	宮城県	4	140.7	38.8	750	2005
96	吉田川	草原	宮城県	3	141.0	38.4	250	2004
97	荒谷	草原	宮城県	3	140.9	38.6	250	2005
98	旧北上川下流	草原	宮城県	3	141.3	38.5	250	2005
99	物見石山林道	森林	宮城県	3	141.4	38.6	250	2004
100	中島台レクリエーションの森	森林	秋田県	4	140.0	39.2	500	2006

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（３／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
101	冬師湿原	草原	秋田県	4	140.0	39.2	500	2006
102	八塩山	森林	秋田県	4	140.2	39.3	250	2006
103	県立短大農場牧草地	草原	秋田県	4	140.0	40.0	250	2006
104	大滝山自然公園	森林	秋田県	4	140.2	39.8	250	2006
105	横手市山内大松川大倉沢	森林	秋田県	4	140.7	39.3	250	2006
106	老人福祉エリア散策路（小友沼東エリア）	森林	秋田県	4	140.1	40.2	250	2006
107	大神成	森林	秋田県	4	140.7	39.5	500	2006
108	奥森吉ノロ川上谷地	森林	秋田県	4	140.6	40.0	750	2006
109	岳岱自然観察教育林	森林	秋田県	4	140.3	40.4	750	2006
110	大川岱林道	森林	秋田県	4	140.8	40.5	500	2006
111	大規模林道入り口	森林	山形県	4	139.8	38.1	500	2005
112	温海	森林	山形県	4	139.6	38.6	250	2005
113	湯野浜	森林	山形県	4	139.8	38.8	250	2009
114	月山	森林	山形県	4	140.0	38.5	1750	2009
115	左沢	森林	山形県	4	140.2	38.4	250	2005
116	酒田北部	森林	山形県	4	139.8	39.0	250	2005
117	旧最上川	草原	山形県	4	140.3	38.4	250	2009
118	高坂ダム	森林	山形県	4	140.2	39.0	250	2009
119	上ノ畑	森林	山形県	4	140.5	38.6	500	2004
120	桧枝岐	森林	福島県	4	139.3	37.0	1750	2006
121	新甲子	森林	福島県	3	140.0	37.2	1000	2007
122	白河	森林	福島県	3	140.2	37.1	500	2007
123	背あぶり山	森林	福島県	4	140.0	37.5	500	2006
124	磐城金山	森林	福島県	3	140.2	37.1	500	2007
125	猪苗代湖北岸	草原	福島県	4	140.1	37.5	750	2006
126	細野野鳥の森	森林	福島県	4	140.0	37.7	1000	2006
127	山潟	森林	福島県	4	140.2	37.5	500	2009
128	天元台	森林	福島県	4	140.1	37.8	2000	2005
129	吾妻山	森林	福島県	4	140.2	37.7	1750	2009
130	郡山	森林	福島県	3	140.5	37.4	500	2009
131	湯川登山道	森林	福島県	4	140.3	37.6	1000	2005
132	信夫山	森林	福島県	3	140.5	37.8	250	2004
133	新昼曽根林道	森林	福島県	3	140.9	37.5	500	2022
134	飯沼川左岸堤防	草原	茨城県	6	139.9	36.0	250	2004
135	北筑波登山道	森林	茨城県	6	140.1	36.2	750	2004
136	浮島草原	草原	茨城県	6	140.5	36.0	250	2005
137	佐白城趾	森林	茨城県	6	140.3	36.4	250	2006
138	茨城県民の森	森林	茨城県	6	140.4	36.5	250	2004
139	田野平山道	森林	茨城県	3	140.4	36.7	250	2004
140	渡良瀬遊水地第1調節池	草原	栃木県	3	139.7	36.2	250	2005
141	戦場ヶ原赤沼～三本松	草原	栃木県	4	139.5	36.8	1500	2005
142	太平山	森林	栃木県	3	139.7	36.4	250	2005
143	栗山村大笹青柳路	森林	栃木県	3	139.6	36.8	1250	2004
144	鬼怒川温泉	森林	栃木県	3	139.7	36.8	750	2009
145	井頭公園	森林	栃木県	3	140.0	36.5	250	2005
146	板室	森林	栃木県	3	140.0	37.1	750	2005
147	野反湖	草原	群馬県	4	138.6	36.7	1750	2005
148	榛名湖	森林	群馬県	3	138.9	36.5	1250	2005
149	伊香保森林公園	森林	群馬県	3	138.9	36.5	1250	2005
150	赤城山	森林	群馬県	3	139.1	36.5	1000	2005

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（４／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
151	黒保根町水沼	森林	群馬県	3	139.3	36.5	500	2004
152	尾瀬	草原	群馬県	4	139.2	36.9	1500	2011
153	三平峠	森林	群馬県	4	139.3	36.9	1750	2006
154	大滝･栃本広場	森林	埼玉県	3	138.9	35.9	1000	2005
155	埼玉県越生	森林	埼玉県	3	139.3	36.0	250	2005
156	熊谷･大麻生野鳥の森	草原	埼玉県	3	139.3	36.1	250	2005
157	秋ヶ瀬公園	森林	埼玉県	6	139.6	35.9	250	2009
158	見沼代用水東縁斜面林	森林	埼玉県	6	139.7	35.9	250	2005
159	館山野鳥の森	森林	千葉県	6	139.8	34.9	250	2005
160	木更津小櫃川河口三角州	草原	千葉県	6	139.9	35.4	250	2005
161	麻綿原	森林	千葉県	6	140.2	35.2	500	2005
162	手賀沼(岩井)	草原	千葉県	6	140.0	35.9	250	2005
163	花見川(柏井橋～花島橋)	森林	千葉県	6	140.1	35.7	250	2005
164	泉自然公園	森林	千葉県	6	140.2	35.6	250	2005
165	笹川	草原	千葉県	6	140.7	35.8	250	2005
166	三宅島大路池	森林	東京都	6	139.5	34.1	250	2009
167	三頭山	森林	東京都	3	139.0	35.7	1250	2006
168	奥多摩湖	森林	東京都	3	139.0	35.8	1750	2009
169	高尾山	森林	東京都	6	139.3	35.6	500	2006
170	多摩川高月町	草原	東京都	6	139.3	35.7	250	2006
171	狭山丘陵	森林	東京都	3	139.4	35.8	250	2006
172	父島	森林	東京都	10	142.2	27.1	250	2012
173	箱根町(湖尻)樹木園	森林	神奈川	6	139.0	35.2	1000	2005
174	桧洞丸稜線部	森林	神奈川	6	139.1	35.5	1750	2005
175	丹沢札掛	森林	神奈川	6	139.2	35.5	750	2005
176	津久井町鳥屋	森林	神奈川	6	139.2	35.5	500	2004
177	円海山･瀬上沢	森林	神奈川	6	139.6	35.4	250	2005
178	正善寺ダム奥	森林	新潟県	5	138.2	37.1	250	2006
179	越後湯沢	森林	新潟県	4	138.8	36.9	1250	2006
180	山本山	森林	新潟県	4	138.8	37.3	250	2006
181	沢根五十里	森林	新潟県	5	138.3	38.0	250	2005
182	水津	森林	新潟県	5	138.5	38.0	500	2005
183	月岡林道	森林	新潟県	4	139.0	37.6	250	2006
184	角田山	森林	新潟県	5	138.9	37.8	250	2006
185	矢代田	森林	新潟県	5	139.1	37.7	250	2006
186	松浜	森林	新潟県	5	139.2	38.0	250	2009
187	上川月山	森林	新潟県	4	139.5	37.6	250	2004
188	稲荷岡	森林	新潟県	5	139.3	38.0	250	2008
189	福島潟	草原	新潟県	5	139.3	37.9	250	2018
190	縄ヶ池	森林	富山県	4	136.9	36.5	1000	2006
191	頼成の森	森林	富山県	5	137.0	36.6	250	2006
192	八尾(猿倉山)	森林	富山県	4	137.2	36.6	250	2005
193	有峰湖	森林	富山県	4	137.4	36.5	1250	2006
194	美女平探鳥コース	森林	富山県	4	137.5	36.6	1250	2005
195	片地の池	森林	富山県	4	137.4	36.7	250	2006
196	黒部湖	森林	富山県	4	137.6	36.6	2000	2009
197	白山チブリ尾根	森林	石川県	4	136.7	36.1	1250	2006
198	金石	森林	石川県	5	136.6	36.6	250	2007
199	医王山	森林	石川県	5	136.8	36.5	500	2006
200	河北潟干拓地	草原	石川県	5	136.7	36.7	250	2006

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（５／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
201	別所岳	森林	石川県	5	136.8	37.2	250	2004
202	黒河林道～三国山方面	森林	福井県	5	136.0	35.5	750	2007
203	野坂いこいの森	森林	福井県	5	136.0	35.6	250	2006
204	三里山	森林	福井県	5	136.2	35.9	250	2006
205	三里浜ハマナス公園防風林	森林	福井県	5	136.1	36.1	250	2005
206	部子山	草原	福井県	4	136.4	35.9	1500	2006
207	平家平	森林	福井県	4	136.5	35.8	1250	2006
208	永平寺大仏線	森林	福井県	5	136.3	36.1	500	2006
209	四尾連湖	森林	山梨県	3	138.5	35.5	1000	2007
210	精進山登山道入口	森林	山梨県	3	138.6	35.5	1000	2004
211	武田の杜内健康の森	森林	山梨県	3	138.5	35.7	750	2007
212	笛吹川支流濁川	草原	山梨県	3	138.6	35.6	500	2004
213	鳴沢	森林	山梨県	3	138.7	35.4	1500	2007
214	猿橋町藤崎	森林	山梨県	3	139.0	35.6	500	2006
215	伊那駒場	森林	長野県	3	137.7	35.5	1000	2004
216	木曽野上	森林	長野県	3	137.8	35.9	1000	2004
217	烏帽子岳ブナ立尾根	森林	長野県	4	137.7	36.5	1750	2006
218	尾玉小鳥と緑花の散策路	森林	長野県	3	138.1	36.0	1000	2005
219	大町	森林	長野県	4	137.9	36.6	1000	2004
220	蓼科	森林	長野県	3	138.4	36.1	2250	2007
221	林道水晶線	森林	長野県	3	138.2	36.5	1000	2005
222	高妻山	森林	長野県	4	138.1	36.8	1250	2007
223	菅平	草原	長野県	4	138.3	36.5	1500	2006
224	1000m林道	森林	長野県	3	138.5	36.4	1250	2005
225	発地	草原	長野県	3	138.6	36.3	1000	2005
226	八風平	森林	長野県	3	138.7	36.3	1000	2006
227	志賀高原　自然観察路	森林	長野県	4	138.5	36.7	1750	2005
228	霧ヶ峰池のくるみ遊歩道	草原	長野県	3	138.2	36.1	1750	2007
229	池野	森林	岐阜県	6	136.4	35.5	500	2005
230	揖斐川舟付保護区	草原	岐阜県	6	136.6	35.3	250	2005
231	金華山	森林	岐阜県	6	136.8	35.4	250	2005
232	須衛	森林	岐阜県	6	136.9	35.4	250	2005
233	陶史の森	森林	岐阜県	6	137.2	35.3	250	2006
234	蛭ケ野高原板橋地区	草原	岐阜県	4	136.9	36.0	1000	2004
235	白山･白川自然休養林	森林	岐阜県	4	136.8	36.1	1500	2006
236	下呂市御厩野	森林	岐阜県	6	137.3	35.8	1000	2004
237	高山市城山公園	森林	岐阜県	4	137.3	36.1	750	2005
238	中山川流域	森林	静岡県	6	137.9	34.9	250	2004
239	小笠山	森林	静岡県	6	138.0	34.7	250	2007
240	蕎麦粒山	森林	静岡県	3	138.0	35.1	1500	2009
241	静岡東部	森林	静岡県	6	138.4	35.0	250	2009
242	和田島	森林	静岡県	6	138.4	35.1	750	2009
243	人穴	草原	静岡県	3	138.6	35.4	1000	2009
244	湯ヶ島	森林	静岡県	6	139.0	34.8	1250	2005
245	印野	森林	静岡県	3	138.8	35.3	1500	2009
246	愛鷹山	森林	静岡県	6	138.8	35.2	1000	2009
247	大山	森林	愛知県	6	137.1	34.6	250	2007
248	海上の森	森林	愛知県	6	137.1	35.2	250	2007
249	豊田市自然観察の森Bコース	森林	愛知県	6	137.2	35.1	250	2005
250	新城市庭野	森林	愛知県	6	137.5	34.9	250	2004

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（６／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
251	裏谷	森林	愛知県	6	137.5	35.1	1000	2005
252	根羽	森林	愛知県	3	137.6	35.2	1250	2007
253	札立峠	森林	三重県	8	136.0	33.9	500	2009
254	大平川流域	森林	三重県	8	136.4	34.3	250	2004
255	松阪ちとせの森	森林	三重県	8	136.5	34.5	250	2005
256	神戸里山	森林	三重県	6	136.5	34.7	250	2005
257	大床谷	森林	三重県	8	136.7	34.4	250	2005
258	朝明渓谷	森林	三重県	6	136.4	35.0	500	2005
259	木曽岬干拓地	草原	三重県	6	136.8	35.0	250	2007
260	比良山	森林	滋賀県	5	135.9	35.2	1000	2007
261	県立希望ヶ丘公園	森林	滋賀県	6	136.1	35.1	250	2004
262	愛知川河川敷	草原	滋賀県	6	136.2	35.1	250	2004
263	木之本	森林	滋賀県	5	136.2	35.5	500	2007
264	美束	森林	滋賀県	6	136.4	35.4	1500	2007
265	京丹波町坂井	森林	京都府	7	135.3	35.2	500	2004
266	大原野森林公園	森林	京都府	7	135.6	35.0	500	2009
267	愛宕山	森林	京都府	7	135.6	35.1	1000	2009
268	日置	森林	京都府	5	135.2	35.6	500	2004
269	京都東北部	森林	京都府	5	135.8	35.1	750	2009
270	芦生上谷	森林	京都府	5	135.7	35.3	750	2009
271	花脊	森林	京都府	5	135.8	35.2	1000	2009
272	和泉葛城山ブナ林	森林	大阪府	7	135.4	34.3	1000	2006
273	信太山	草原	大阪府	7	135.5	34.5	250	2011
274	岩湧山	森林	大阪府	7	135.6	34.4	750	2006
275	淀川中津	草原	大阪府	7	135.5	34.7	250	2006
276	箕面鳥獣保護区	森林	大阪府	7	135.5	34.9	500	2006
277	本山寺自然環境保全地域	森林	大阪府	7	135.6	34.9	750	2006
278	諭鶴羽山上田谷	森林	兵庫県	7	134.8	34.3	500	2005
279	龍野	森林	兵庫県	7	134.5	34.9	250	2009
280	峰山高原	森林	兵庫県	7	134.7	35.1	1000	2006
281	砥峰高原	草原	兵庫県	7	134.7	35.1	1000	2010
282	氷ノ山坂ノ谷	森林	兵庫県	5	134.5	35.3	1500	2006
283	上山高原	草原	兵庫県	5	134.5	35.5	1000	2010
284	六甲山周辺	森林	兵庫県	7	135.2	34.8	1000	2005
285	山田	森林	兵庫県	7	135.1	35.1	250	2005
286	三川山	森林	兵庫県	5	134.6	35.6	500	2006
287	城崎	森林	兵庫県	5	134.8	35.7	250	2005
288	鍔市ダム	森林	兵庫県	7	135.3	35.1	500	2005
289	葛城山	森林	奈良県	7	135.7	34.5	750	2005
290	矢田丘陵	森林	奈良県	7	135.7	34.6	500	2005
291	大台ケ原	森林	奈良県	8	136.1	34.2	1500	2005
292	竜王渕	森林	奈良県	6	136.0	34.6	750	2004
293	曽爾高原	草原	奈良県	8	136.2	34.5	750	2005
294	高津尾川	森林	和歌山県	8	135.3	34.0	250	2004
295	古座川町下露	森林	和歌山県	8	135.7	33.6	250	2004
296	護摩壇山	森林	和歌山県	8	135.6	34.1	1500	2005
297	和歌山県高野山	森林	和歌山県	8	135.6	34.2	1000	2005
298	新宮市高田農道	森林	和歌山県	8	135.9	33.7	250	2004
299	印賀	森林	鳥取県	5	133.3	35.2	500	2005
300	大山寺	森林	鳥取県	5	133.5	35.4	1000	2005

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（７／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
301	船上山	森林	鳥取県	5	133.6	35.4	750	2004
302	波関･俵原線	森林	鳥取県	5	134.0	35.4	750	2005
303	高鉢山(鳥取)	森林	鳥取県	5	134.1	35.3	750	2007
304	扇ノ山 沢川	森林	鳥取県	5	134.5	35.4	1000	2007
305	仁万	森林	島根県	5	132.4	35.1	250	2009
306	三瓶山東部	森林	島根県	5	132.6	35.1	750	2009
307	出合原	森林	島根県	5	132.8	35.1	750	2009
308	星上山	森林	島根県	5	133.1	35.4	500	2004
309	西郷	森林	島根県	5	133.3	36.2	250	2009
310	大社	森林	島根県	5	132.7	35.4	250	2020
311	斐伊川河口	草原	島根県	5	132.9	35.4	250	2019
312	笠岡湾干拓地	草原	岡山県	7	133.5	34.5	250	2005
313	芋原ｺｰｽ	森林	岡山県	7	133.4	34.7	500	2005
314	有漢市場	森林	岡山県	7	133.6	34.9	500	2005
315	岡山南部	森林	岡山県	7	134.0	34.7	250	2005
316	龍ノ口山	森林	岡山県	7	134.0	34.7	250	2005
317	毛無山	森林	岡山県	5	133.5	35.2	1000	2004
318	備前市屏風岩(仮)	森林	岡山県	7	134.1	34.8	250	2005
319	本山寺	森林	岡山県	7	134.0	34.9	500	2005
320	蒜山	草原	岡山県	5	133.7	35.3	750	2010
321	岡山県立森林公園	森林	岡山県	5	133.9	35.3	1000	2005
322	灰ヶ峰　栃原線	森林	広島県	7	132.6	34.3	500	2005
323	十方林道	森林	広島県	5	132.1	34.6	1000	2006
324	深入山	草原	広島県	5	132.2	34.6	1000	2010
325	豊平龍頭山	森林	広島県	7	132.4	34.7	1000	2005
326	藤兼(神之瀬川)	森林	広島県	7	132.8	34.9	250	2005
327	川井谷(藤尾川)	森林	広島県	7	133.3	34.7	500	2006
328	七塚原	草原	広島県	7	133.0	34.8	500	2004
329	比婆山(立烏帽子山)	森林	広島県	5	133.1	35.1	1250	2009
330	牛島	森林	山口県	7	132.0	33.9	250	2005
331	秋吉台	草原	山口県	5	131.3	34.3	500	2005
332	蓋井島	森林	山口県	8	130.8	34.1	250	2005
333	小串	森林	山口県	5	131.0	34.2	500	2005
334	大原湖	森林	山口県	5	131.7	34.3	500	2005
335	宇佐郷	森林	山口県	5	132.0	34.4	500	2005
336	熊田溜池	森林	山口県	5	131.6	34.5	500	2005
337	阿智須干拓	草原	山口県	8	131.4	34.0	250	2018
338	三嶺	草原	徳島県	8	134.0	33.8	2000	2005
339	箸蔵寺参道	森林	徳島県	7	133.8	34.0	500	2005
340	剣山	森林	徳島県	8	134.1	33.9	2000	2006
341	眉山	森林	徳島県	8	134.5	34.1	250	2005
342	伊島	森林	徳島県	8	134.8	33.9	250	2005
343	讃岐豊浜(大野原、五郷、有木)	森林	香川県	7	133.7	34.0	500	2005
344	高鉢山(香川)	森林	香川県	7	133.9	34.2	500	2004
345	白峰寺遍路道	森林	香川県	7	133.9	34.3	500	2004
346	鹿庭	森林	香川県	7	134.2	34.2	750	2005
347	雨滝山	森林	香川県	7	134.2	34.3	250	2005
348	寒霞渓	森林	香川県	7	134.3	34.5	500	2005
349	篠山	森林	愛媛県	8	132.7	33.1	750	2006
350	諏訪崎自然休養林	森林	愛媛県	8	132.4	33.4	250	2005

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（８／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
351	愛媛県総合運動公園	森林	愛媛県	7	132.8	33.8	250	2005
352	皿ヶ峰	森林	愛媛県	8	132.9	33.7	1250	2005
353	高縄山	森林	愛媛県	7	132.9	33.9	1000	2005
354	石鎚山	森林	愛媛県	8	133.1	33.8	1500	2005
355	瓶ヶ森	草原	愛媛県	8	133.2	33.8	1750	2006
356	母島	森林	高知県	8	132.6	32.7	500	2007
357	春分峠	森林	高知県	8	133.0	33.3	750	2007
358	天狗の森	森林	高知県	8	133.0	33.5	1500	2007
359	横倉山	森林	高知県	8	133.2	33.5	750	2007
360	鏡ダム	森林	高知県	8	133.5	33.6	250	2007
361	工石山	森林	高知県	8	133.5	33.7	1000	2007
362	角茂谷	森林	高知県	8	133.7	33.7	750	2005
363	旭ヶ丘	森林	高知県	8	134.0	33.5	250	2004
364	英彦山	森林	福岡県	8	130.9	33.5	1000	2009
365	古処山	森林	福岡県	8	130.7	33.5	750	2004
366	二日市	森林	福岡県	8	130.5	33.5	250	2009
367	平尾台	草原	福岡県	8	130.9	33.8	500	2005
368	道原	森林	福岡県	8	130.8	33.8	250	2005
369	福岡西南部	森林	福岡県	8	130.4	33.5	250	2009
370	福岡西部	森林	福岡県	8	130.3	33.6	250	2009
371	遠賀川中流	草原	福岡県	8	130.7	33.8	250	2019
372	中原	森林	佐賀県	8	130.5	33.4	500	2009
373	嘉瀬川	草原	佐賀県	8	130.3	33.2	250	2009
374	大小野ー大楮間林道	森林	佐賀県	8	130.3	33.4	500	2004
375	相知	森林	佐賀県	8	130.1	33.4	750	2009
376	有田	森林	佐賀県	8	129.9	33.2	250	2009
377	雲仙あざみ谷コース	森林	長崎県	8	130.3	32.8	1250	2007
378	島原	森林	長崎県	8	130.4	32.8	250	2007
379	轟峡	森林	長崎県	8	130.1	32.9	500	2008
380	県民の森	森林	長崎県	8	129.7	32.9	500	2009
381	国見山	森林	長崎県	8	129.8	33.2	750	2007
382	七ッ岳(五島列島)	森林	長崎県	8	128.7	32.7	250	2007
383	市房山	森林	熊本県	8	131.1	32.3	750	2005
384	雁俣山	森林	熊本県	8	130.9	32.6	1250	2010
385	大矢岳	森林	熊本県	8	131.0	32.8	1250	2010
386	大関山	森林	熊本県	8	130.6	32.2	1000	2005
387	天君ダム上流コース	森林	熊本県	8	130.8	32.7	250	2004
388	八代市民野鳥の森	森林	熊本県	8	130.6	32.5	250	2005
389	一の宮(阿蘇)	草原	熊本県	8	131.1	33.0	1000	2005
390	菊池渓谷	森林	熊本県	8	131.0	33.0	1000	2005
391	立田山	森林	熊本県	8	130.7	32.8	250	2006
392	鬼海ヶ浦	森林	熊本県	8	130.1	32.4	250	2005
393	竹田市岡城跡	森林	大分県	8	131.4	33.0	500	2007
394	黒岳	森林	大分県	8	131.3	33.1	1000	2007
395	九重町長者原	草原	大分県	8	131.2	33.1	1250	2007
396	野津原 県民の森	森林	大分県	8	131.5	33.2	250	2007
397	高尾山自然公園	森林	大分県	8	131.7	33.2	250	2007
398	乙津川河口	草原	大分県	8	131.7	33.2	250	2005
399	日出生台	草原	大分県	8	131.3	33.3	750	2007
400	深耶馬渓	森林	大分県	8	131.2	33.4	500	2007

付表 2. モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 一般サイト一覧（９／９）

No.	サイト名	環境	都道府県	国土10区分	経度	緯度	標高帯(m)	サイト設置年度
401	妙善坊	森林	大分県	8	131.5	33.5	500	2004
402	高房台登山道	森林	宮崎県	8	131.3	31.9	250	2004
403	猪八重渓谷	森林	宮崎県	8	131.4	31.7	250	2006
404	九大大河内演習林	森林	宮崎県	8	131.2	32.4	1250	2007
405	御池野鳥の森	森林	宮崎県	8	131.0	31.9	500	2006
406	行縢山	森林	宮崎県	8	131.6	32.6	500	2006
407	陸上自衛隊霧島演習場	草原	宮崎県	8	130.8	32.0	750	2006
408	大崩山林道	森林	宮崎県	8	131.5	32.7	1000	2007
409	姶良郡隼人町中福良	森林	鹿児島	8	130.7	31.8	250	2004
410	加治木	草原	鹿児島	8	130.7	31.7	250	2007
411	大塚	森林	鹿児島	8	130.6	32.1	500	2007
412	猿ヶ城渓谷	森林	鹿児島	8	130.8	31.5	250	2004
413	二股トンネル北	森林	鹿児島	8	131.0	31.2	500	2007
414	原沢ノ後林道	森林	鹿児島	8	130.8	31.2	250	2005
415	紫尾山	森林	鹿児島	8	130.4	32.0	1000	2007
416	唐仁原	森林	鹿児島	8	130.3	31.4	250	2007
417	湯湾岳	森林	鹿児島	9	129.3	28.3	500	2009
418	辺戸～奥	森林	沖縄県	9	128.3	26.8	250	2004
419	大国林道	森林	沖縄県	9	128.2	26.7	500	2004
420	古宇利島	森林	沖縄県	9	128.0	26.7	250	2006
421	平良	森林	沖縄県	9	125.3	24.8	250	2009
422	於茂登岳登山道	森林	沖縄県	9	124.2	24.4	250	2004

付表 3. 解析に用いた鳥類各種の繁殖期における主な生息環境及び分布気候帯

ID[1]	種名[1]	生息環境タイプ[2]	気候帯タイプ[3]
1	エゾライチョウ	森林性	-
3	ウズラ	草原性	-
4	ヤマドリ	森林性	その他
5	キジ	ジェネラリスト	-
24	オシドリ	ジェネラリスト	-
30	マガモ	草原性	-
32	カルガモ	草原性	-
71	カラスバト	森林性	暖温帯
74	キジバト	ジェネラリスト	その他
75	シラコバト	草原性	-
76	ベニバト	森林性	-
77	キンバト	森林性	-
78	アオバト	森林性	その他
79	ズアカアオバト	森林性	暖温帯
132	サンカノゴイ	草原性	-
133	ヨシゴイ	草原性	-
134	オオヨシゴイ	草原性	-
135	リュウキュウヨシゴイ	草原性	-
137	ミゾゴイ	森林性	-
138	ズグロミゾゴイ	森林性	-
139	ゴイサギ	ジェネラリスト	-
141	ササゴイ	ジェネラリスト	-
143	アマサギ	ジェネラリスト	-
144	アオサギ	ジェネラリスト	-
145	ムラサキサギ	草原性	-
146	ダイサギ	ジェネラリスト	-
147	チュウサギ	ジェネラリスト	-
148	コサギ	ジェネラリスト	-
152	トキ	ジェネラリスト	-
158	タンチョウ	草原性	-
162	シマクイナ	草原性	-
163	オオクイナ	ジェネラリスト	-
164	ヤンバルクイナ	ジェネラリスト	暖温帯
166	クイナ	草原性	-
167	シロハラクイナ	草原性	-
168	ヒメクイナ	草原性	-
170	ヒクイナ	草原性	-
173	ツルクイナ	草原性	-
174	バン	草原性	-
175	オオバン	草原性	-
184	ジュウイチ	森林性	冷温帯
185	ホトトギス	森林性	暖温帯
187	ツツドリ	森林性	冷温帯
188	カッコウ	ジェネラリスト	冷温帯
189	ヨタカ	ジェネラリスト	-
191	ハリオアマツバメ	森林性	-
192	アマツバメ	森林性	-
193	ヒメアマツバメ	草原性	-
195	ケリ	草原性	-
202	イカルチドリ	草原性	-
203	コチドリ	草原性	-

ID[1]	種名[1]	生息環境タイプ[2]	気候帯タイプ[3]
210	セイタカシギ	草原性	-
212	ヤマシギ	ジェネラリスト	-
213	アマミヤマシギ	ジェネラリスト	-
216	オオジシギ	草原性	-
244	イソシギ	草原性	-
271	タマシギ	草原性	-
272	ミフウズラ	草原性	-
273	ツバメチドリ	草原性	-
307	コアジサシ	草原性	-
340	ハチクマ	森林性	-
342	トビ	ジェネラリスト	-
343	オジロワシ	森林性	-
347	カンムリワシ	ジェネラリスト	-
349	チュウヒ	草原性	-
354	ツミ	ジェネラリスト	-
355	ハイタカ	ジェネラリスト	-
356	オオタカ	ジェネラリスト	-
357	サシバ	ジェネラリスト	-
358	ノスリ	ジェネラリスト	-
363	イヌワシ	森林性	-
364	クマタカ	森林性	-
366	オオコノハズク	森林性	-
367	コノハズク	森林性	-
368	リュウキュウコノハズク	森林性	-
371	シマフクロウ	森林性	-
372	フクロウ	森林性	-
374	アオバズク	ジェネラリスト	-
375	トラフズク	ジェネラリスト	-
378	アカショウビン	森林性	その他
387	ブッポウソウ	ジェネラリスト	-
388	アリスイ	ジェネラリスト	-
390	コゲラ	森林性	その他
391	コアカゲラ	森林性	-
392	オオアカゲラ	森林性	冷温帯[4]
393	アカゲラ	森林性	冷温帯
394	ミユビゲラ	森林性	-
395	キタタキ	森林性	-
396	クマゲラ	森林性	冷温帯
397	アオゲラ	森林性	暖温帯
398	ヤマゲラ	森林性	冷温帯
399	ノグチゲラ	森林性	暖温帯
401	チョウゲンボウ	草原性	-
404	チゴハヤブサ	ジェネラリスト	-
409	ヤイロチョウ	森林性	-
412	サンショウクイ	森林性	その他
413	コウライウグイス	森林性	-
418	サンコウチョウ	森林性	暖温帯
419	チゴモズ	ジェネラリスト	-
420	モズ	ジェネラリスト	その他
421	アカモズ	ジェネラリスト	-
427	カケス	森林性	その他

付表 3. 解析に用いた鳥類各種の繁殖期における主な生息環境及び分布気候帯（続き）

ID[1]	種名[1]	生息環境タイプ[2]	気候帯タイプ[3]
428	ルリカケス	森林性	暖温帯
429	オナガ	ジェネラリスト	-
430	カササギ	草原性	-
431	ホシガラス	森林性	亜高山帯
435	ハシボソガラス	ジェネラリスト	-
436	ハシブトガラス	森林性	その他
438	キクイタダキ	森林性	亜高山帯
440	ハシブトガラ	森林性	冷温帯
441	コガラ	森林性	冷温帯
442	ヤマガラ	森林性	暖温帯
443	ヒガラ	森林性	冷温帯
445	シジュウカラ	森林性	その他
452	ヒバリ	草原性	-
455	ショウドウツバメ	草原性	-
457	ツバメ	草原性	-
458	リュウキュウツバメ	草原性	-
459	コシアカツバメ	草原性	-
461	イワツバメ	草原性	-
462	シロガシラ	ジェネラリスト	-
463	ヒヨドリ	ジェネラリスト	暖温帯
464	ウグイス	ジェネラリスト	その他
465	ヤブサメ	森林性	その他
466	エナガ	森林性	その他
475	コムシクイ	森林性	-
476	オオムシクイ	森林性	-
477	メボソムシクイ	森林性	亜高山帯
479	エゾムシクイ	森林性	冷温帯
480	センダイムシクイ	森林性	冷温帯
481	イイジマムシクイ	森林性	-
483	メグロ	森林性	暖温帯
485	メジロ	森林性	暖温帯
486	マキノセンニュウ	草原性	-
487	シマセンニュウ	草原性	-
488	ウチヤマセンニュウ	草原性	-
490	オオセッカ	草原性	-
491	エゾセンニュウ	草原性	-
492	オオヨシキリ	草原性	-
493	コヨシキリ	草原性	-
499	セッカ	草原性	-
502	ゴジュウカラ	森林性	冷温帯
503	キバシリ	森林性	冷温帯
504	ミソサザイ	森林性	冷温帯
506	ムクドリ	草原性	-
508	コムクドリ	森林性	冷温帯
513	マミジロ	森林性	-
514	トラツグミ	森林性	その他[4]
518	クロツグミ	森林性	その他
521	シロハラ	森林性	-
522	アカハラ	森林性	冷温帯
523	アカコッコ	森林性	-
530	コマドリ	森林性	冷温帯
531	アカヒゲ	森林性	暖温帯
533	ノゴマ	ジェネラリスト	-
534	コルリ	森林性	冷温帯
536	ルリビタキ	森林性	亜高山帯
540	ジョウビタキ	-	冷温帯
542	ノビタキ	草原性	-
553	サメビタキ	森林性	亜高山帯
554	コサメビタキ	森林性	その他
558	キビタキ	森林性	その他
561	オオルリ	森林性	その他
564	イワヒバリ	-	亜高山帯
566	カヤクグリ	森林性	亜高山帯
567	イエスズメ	草原性	-
568	ニュウナイスズメ	森林性	冷温帯
569	スズメ	草原性	-
574	ハクセキレイ	草原性	-
575	セグロセキレイ	草原性	-
580	ビンズイ	森林性	冷温帯
587	カワラヒワ	ジェネラリスト	その他
588	マヒワ	森林性	亜高山帯
592	ベニマシコ	草原性	-
596	ギンザンマシコ	森林性	亜高山帯
597	イスカ	森林性	-
599	ウソ	森林性	亜高山帯
600	シメ	森林性	冷温帯
602	イカル	森林性	その他
610	ホオジロ	ジェネラリスト	その他
614	ホオアカ	草原性	-
619	シマアオジ	草原性	-
623	ノジコ	ジェネラリスト	冷温帯
624	アオジ	ジェネラリスト	冷温帯
625	クロジ	森林性	冷温帯
627	コジュリン	草原性	-
628	オオジュリン	草原性	-
B1	コジュケイ	森林性	-
B8	カワラバト	草原性	-
B21	ガビチョウ	ジェネラリスト	-
B22	ヒゲガビチョウ	森林性	-
B24	カオジロガビチョウ	ジェネラリスト	-
B25	ソウシチョウ	森林性	-

[1] 日本鳥類目録改訂第７版における種の ID 番号及び和名。PartB（外来種）の掲載種は、ID 番号に「B」を付した。

[2] 一般サイトで確認された各種について、JAVIAN データベース（高川ら 2011）における繁殖期の利用環境を基に、「草原性」（草地や裸地を利用する種）、「森林性」（樹林を利用する種）、「ジェネラリスト」（両方の環境を利用する種）の３カテゴリーに分類。

[3] コアサイト・準コアサイトで確認された種のうち、非森林性種、冬鳥、外来種、夜行性種、猛禽類を除く各種について、繁殖期の主な分布気候帯によって、「亜高山帯」、「冷温帯」、「暖温帯」、「その他」（複数の気候帯にまたがる）の４カテゴリーに分類。

[4] 亜種オーストンオオアカゲラ、亜種オオトラツグミは、「暖温帯」とする。

付表 4. 解析に用いた地表徘徊性甲虫各種の主な分布気候帯

種名	気候帯タイプ[1]
オサムシ科	
マルクビゴミムシ亜科	
フトキノカワゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
キノカワゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロキノカワゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アオキノカワゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヒメマルクビゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
サドマルクビゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
オケサマルクビゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ミヤマメダカゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
オサムシ亜科	
アオカタビロオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロカタビロオサムシ	冷温帯〜暖温帯
ホソヒメクロオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
キュウシュウクロナガオサムシ	冷温帯〜暖温帯
オオクロナガオサムシ	冷温帯〜暖温帯
クロナガオサムシ	冷温帯〜暖温帯
コクロナガオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヒメクロオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
コブスジアカガネオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アカガネオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ホソアカガネオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヤマトオサムシ	冷温帯〜暖温帯
クロオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アキオサムシ	冷温帯〜暖温帯
ヒメオサムシ	冷温帯〜暖温帯
トサオサムシ	冷温帯〜暖温帯
オオオサムシ	冷温帯〜暖温帯
イワワキオサムシ	冷温帯〜暖温帯
アオオサムシ	冷温帯〜暖温帯
ミカワオサムシ	冷温帯〜暖温帯
マヤサンオサムシ	冷温帯〜暖温帯
オオルリオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
マイマイカブリ	冷温帯〜暖温帯
セダカオサムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ハンミョウ亜科	
マガタマハンミョウ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ニワハンミョウ	冷温帯〜暖温帯
シロスジメダカハンミョウ	暖温帯〜亜熱帯
ヒゲブトオサムシ亜科	
エグリゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ホソクビゴミムシ亜科	
オオホソクビゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
コホソクビゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
チビゴミムシ亜科	
オンタケチビゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ゴモクムシ亜科	
オオアトボシアオゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
アオゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
スジアオゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
アマミスジアオゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
アトボシアオゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
ムナビロアトボシアオゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
クビボソゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
フタホシスジバネゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯

種名	気候帯タイプ[1]
ヒメゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
アイヌゴモクムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ケゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
ハコダテゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
クビナガゴモクムシ	暖温帯〜亜熱帯
ハネグロツヤゴモクムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
リュウキュウツヤゴモクムシ	暖温帯〜亜熱帯
シガツヤゴモクムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヒメツヤゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
ヤマトツヤゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
オオクロツヤゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
オクタマツヤゴモクムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロズアカチビゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
コクロヒメゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
カラサワマメゴモクムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ツヤマメゴモクムシ	冷温帯〜暖温帯
ベーツホソアトキリゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ホソアトキリゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
フタホシアトキリゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ヨツモンヒメアトキリゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
フトキバスナハラゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
オオスナハラゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
ヨツモンカタキバゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
チビカタキバゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
カドツブゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
クロツブゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
クロズホナシゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
アオグロヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ヒロモリヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ヤセモリヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
チビモリヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ハラアカモリヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ヤマトクロヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
コハラアカモリヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
サドモリヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ベントンモリヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
コモリヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ケブカヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ツヤモリヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ムラサキオオゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
アカガネオオゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
オオキンナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
キンナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
エゾマルガタナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
マルガタナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
モモブトナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
オオクロナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ミヤマクロナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アトマルナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヤノナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ツンベルグナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
Pterostichus habui	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クリイロナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
フタトゲナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヨリトモナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯

付表 4. 解析に用いた地表徘徊性甲虫各種の主な分布気候帯（続き）

種名	気候帯タイプ[1]
ムナビロナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ベーツナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
カタシナナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヤツオオズナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ミトウナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヤツオオナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
オクタマナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ミヤマナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
トケジナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロオオナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロホソナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ブリットンヒメナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
コミヤヒメナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
コガシラナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ニッコウヒメナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ムナビロヒメナガゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
タカオヒメナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
キバナガゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ルイスオオゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
セアカヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ホソヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
フトクチヒゲヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ニッポンツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
マルガタツヤヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ホソツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヒメクロツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
シラハタクロツヤヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
クロツヤヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ヒメツヤヒラタゴミムシ	暖温帯〜亜熱帯
コクロツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
オオクロツヤヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
ナガツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
タケウチツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
タンザワツヤヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヤスマツツヤヒラタゴミムシ	冷温帯〜暖温帯
シロウマホソヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ニッコウホソヒラタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ミツマタマルガタゴミムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
シデムシ科	
シデムシ亜科	
ヨツボシヒラタシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
オオヒラタシデムシ	冷温帯〜暖温帯
クロヒラタシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ホソヒラタシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヒラタシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
モンシデムシ亜科	
クロシデムシ	冷温帯〜暖温帯
ヒロオビモンシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
マエモンシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヒメモンシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ヨツボシモンシデムシ	冷温帯〜暖温帯
ヒメクロシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ツノグロモンシデムシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯

種名	気候帯タイプ[1]
ハネカクシ科	
ハネカクシ亜科	
アカバホソハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ズマルハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
ツヤケシブチヒゲハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
カクツヤケシアバタハネカクシ	暖温帯〜亜熱帯
ツマグロムネスジハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ルリコガシラハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
フタイロコガシラハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
アシナガコガシラハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロスジコガシラハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アカアシオオメツヤムネハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
チャイロツヤムネハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アカバハバビロオオハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
クロバネハバビロオオハネカクシ	暖温帯〜亜熱帯
チビドウガネツツガタハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
オオハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
ハイイロハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
ホソサビイロモンキハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
サビハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
アマミトガリオオズハネカクシ	暖温帯〜亜熱帯
ヒメクロトガリオオズハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
アカバトガリオオズハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
カラカネトガリオオズハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ダイミョウハネカクシ	亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯
ムネビロハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
アバタツヤムネハネカクシ	冷温帯〜暖温帯
センチコガネ科	
オオセンチコガネ	冷温帯〜暖温帯
センチコガネ	冷温帯〜暖温帯

[1] 調査で確認されたオサムシ科、シデムシ科、ハネカクシ科ハネカクシ亜科、センチコガネ科の各種について、主な分布気候帯によって、「亜寒帯/亜高山帯〜冷温帯」、「冷温帯〜暖温帯」、「暖温帯〜亜熱帯」の 3 カテゴリーに分類。

モニタリングサイト 1000 森林・草原調査
2004-2022 年度とりまとめ報告書

令和 7 （2025）年 3 月

環境省自然環境局　生物多様性センター
〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1
電話：0555-72-6033　FAX：0555-72-6035

業務名　重要生態系監視地域モニタリング推進事業
（森林・草原調査）
請負者　一般財団法人　自然環境研究センター
〒130-8606 東京都墨田区江東橋 3-3-7

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます
本報告書は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料［Aランク］のみを用いて作製しています。