重要生態系監視地域モニタリング推進事業
（モニタリングサイト 1000）森林・草原調査
第1期取りまとめ報告書

平成21（2009）年3月

環境省自然環境局　生物多様性センター

はじめに

重要生態系監視地域モニタリング推進事業（以下「モニタリングサイト 1000」という。）は、平成 14 年 3 月に地球環境保全に関する関係閣僚会議にて決定された「新（第二次）生物多様性国家戦略」に依拠して、平成 15 年度から開始した。平成 19 年 11 月に策定された「第三次生物多様性国家戦略」においても、重点的に取り組むべき施策の基本戦略の中で、国土の自然環境データの充実のためにモニタリングサイト 1000 の実施があげられている。

本事業は、全国の様々なタイプの生態系（高山帯、森林・草原、里地里山、湖沼・湿原、砂浜、磯、干潟、アマモ場、藻場、サンゴ礁、島嶼）に 1000 ヵ所程度の調査サイトを設置し、100 年以上を目標として長期継続してモニタリングすることにより、生物種の減少など、生態系の異変をいち早く捉え、迅速かつ適切な生態系および生物多様性の保全施策につなげることを目的としている。5 年を 1 サイクルとし、平成 15～19 年度（第 1 期）を調査設計、調査サイト選定、調査体制の構築、試行調査のための期間として位置づけ、平成 20 年度から本格調査を実施している。また、平成 20 年 12 月にモニタリングサイト 1000 推進検討委員会を開催し、平成 21 年 3 月には今後 5 年間の達成目標と具体的な活動計画を第 2 期行動計画として定めた。

モニタリングサイト 1000 全体の調査設計は、生態系タイプごとに定量性・継続性に留意して指標生物群を選定、調査方法を決定し、その定量的な評価により生物多様性および生態系機能の状態を把握するものである。調査の実施に当たっては、関係する研究者や地域の専門家、NPO、市民ボランティア等、多様な主体の参加を得ており、このことは、調査の継続性を強化すると共に、迅速かつ精度の高い情報の収集および利用を可能にしている。収集された情報は、蓄積・管理し、専用のホームページを通じて広く一般に公開することにより、国はもちろん、地方自治体、NPO、市民ボランティア、研究者、学校などにおいて幅広く活用されることを期待している。

森林生態系および草原生態系は、大気降下物、病虫害、気候変動による気温上昇や大型台風の頻発化など、様々な影響を受け変化するであろうといわれている。特に地球温暖化の影響については、森林植生帯や生物種等の分布域・種組成の変化、炭素蓄積機能の変化が懸念されており、森林の生態系機能や生態系サービスの低下を招く恐れがある。これらの影響は、短期的には捉えにくいものも多いため、森林および草原生態系を超長期的にモ

ニタリングしていくことが重要である。

モニタリングサイト 1000 森林・草原調査では、以上の認識のもと、指標生物群として樹木、地表徘徊性甲虫および鳥類を選定し、樹種、胸高周囲長、落葉・落枝量、落下した種子等の量、地表徘徊性甲虫および鳥類の種数と個体数について、平成 16 年度からモニタリングを開始している。

調査サイトは、コアサイト（毎年、全調査項目を実施)、準コアサイト（５年に１度、樹種、胸高周囲長、鳥類調査を実施)、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付けて実施している。

第１期において、コアサイトおよび準コアサイトは自然性の高い森林生態系を対象とし、研究機関や国際的なモニタリングネットワークとの連携に留意し､それぞれ 18 サイトずつ、合計 36 サイトを設置した。これらのコアサイトおよび準コアサイトでは総合的で詳細な調査を行い、指標生物群間の関係性に留意して、生じた変化の関係性や影響要因の検討を目指している。

また、一般サイトは森林および草原生態系に 306 サイトを設置し、市民ボランティアによる協力体制が整っている鳥類群集の全国的な動向を把握した。一般サイトでは、移動性の高い種群の分布の変化をはじめ、さらに広域多地点の異変を捉えることを目指している。

本報告書は､森林および草原生態系において､第１期に実施したモニタリングサイト 1000 の調査結果を総合的に取りまとめたものである。前述した将来的に予想される森林生態系および草原生態系の変化を把握していくため、第１期の調査結果を基に、本報告書では全国的な地理的傾向やベースラインの把握を中心に記述した。具体的には、２章において、第１期で様々な森林・草原生態系にサイトが配置されたことを示し、３章で調査手法、４章で解析方針を示した。５章ではコアサイト・準コアサイトにおける解析結果を、６章では一般サイトにおける解析結果を示し、考察を行った。さらに、７章では第１期調査に基づき、今後の課題と展望をまとめた。

本調査の実施にあたっては、各サイトにおける調査員の皆様、検討会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。

平成 21 年３月　　環境省自然環境局生物多様性センター

目 次

はじめに
要約……i
Summary……xv
1．森林・草原生態系の指標生物群……1
2．サイト配置状況……4
2.1 コアサイト・準コアサイト配置状況……4
2.2 一般サイト配置状況……11
3．調査方法……13
3.1 コアサイト・準コアサイト調査方法……13
3.2 一般サイト調査方法……15
4．森林・草原生態系の課題と解析の方向性……16
5．コアサイト・準コアサイト解析結果および考察……25
5.1 生物多様性の地理的パタンとその変化……25
5.2 森林の炭素蓄積・吸収機能とその変化……48
5.3 森林の生物季節性の地理的パタンと将来予想される変化……59
5.4 種子生産とリター量の年変動……64
5.5 台風などの撹乱に対する森林生態系の応答……74
5.6 病害虫の発生が森林生態系に与える影響……83
6．一般サイト解析結果および考察……89
6.1 森林の鳥類の生物多様性の地理的パタンとその変動……89
6.2 草原の鳥類の生物多様性の地理的パタンとその変動……107
6.3 外来種および希少種の生息状況……112
7．総括……118
7.1 調査・分析および評価手法……118
7.2 持続可能な調査体制……120
7.3 情報の共有・管理および発信……121
7.4 結果の保全施策への活用……122
7.5 国際的枠組みとの連携…… 123
8．調査体制……125
8.1 コアサイト・準コアサイト……125
8.2 一般サイト……131
8.3 解析ワーキング・グループ……132
参考資料1……134
参考資料2……138
参考資料3……142

参考資料４・・・

要約

はじめに

重要生態系監視地域モニタリング推進事業（以下「モニタリングサイト 1000」という。）は、「新（第二次）生物多様性国家戦略」に依拠して、平成 15 年度から開始した。

本事業は、全国の様々なタイプの生態系（高山帯、森林・草原、里地里山、湖沼・湿原、砂浜、磯、干潟、アマモ場、藻場、サンゴ礁、島嶼）に 1000 ヵ所程度の調査サイトを設置し、100 年以上を目標として長期継続してモニタリングすることにより、生物種の減少など、生態系の異変をいち早く捉え、迅速かつ適切な生態系および生物多様性の保全施策につなげることを目的としている。５年を１サイクルとし、平成 15～19 年度（第１期）を調査設計、調査サイト選定、調査体制の構築、試行調査のための期間として位置づけ、平成 20 年度から本格調査を実施している。

モニタリングサイト 1000 全体の調査設計は、生態系タイプごとに定量性・継続性に留意して指標生物群を選定、調査方法を決定し、その定量的な評価により生物多様性および生態系機能の状態を把握するものである。調査の実施に当たっては、関係する研究者や地域の専門家、NPO、市民ボランティア等、多様な主体の参加を得ており、このことは、調査の継続性を強化すると共に、迅速かつ精度の高い情報の収集および利用を可能にしている。収集された情報は、蓄積・管理し、ホームページ等を通じて広く一般に公開することにより、国はもちろん、地方自治体、NPO、市民ボランティア、研究者、学校などにおいて幅広く活用されることを期待している。

森林生態系は日本の陸域において主要な生態系であり、生物多様性が極めて高いだけでなく、大きなバイオマスを有している。草原生態系は、わずかに見られる自然草原で独特の生態系が存続しているほか、採草等により維持されてきた二次草原は、草原に依存する生物種にとって代替的な生息・生育場所として重要である。これらの生態系は、人間による開発や乱獲による種の減少・絶滅、生息地・生育地の減少（第１の危機）、里地里山などにおける手入れ不足などの人間活動の縮小による影響（第２の危機）、人間により持ち込こまれた外来種等による影響（第３の危機）にさらされ、変化する可能性がある。また、森林生態系および草原生態系は、大気降下物、病虫害、気候変動による気温上昇や大型台風の頻発化など、様々な影響を受け変化するであろうといわれている。特に地球温暖化の影響については、森林植生帯や生物種等の分布域・種組成の変化、炭素蓄積機能の変化が懸念されており、森林の生態系機能や生態系サービスの低下を招く恐れがある。

これらの影響は、短期的には捉えにくいものも多いため、森林・草原生態系を超長期的にモニタリングしていくことが重要である。

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、指標となる生物群として、樹木、地表徘徊性甲虫および鳥類を選定した（図１）。樹木は、森林の主要な生産者であり、森林生態系の炭素循環において大きな役割を果たすとともに、様々な生物に生息環境や餌資源を提供している。そのため、樹木の変化は、森林生態系の機能や広範囲の生物の多様性へ影響を与える。また、樹木は自ら移動できず、寿命が長いため、直径成長量、死亡率や種子生産量の変化が地球温暖化等の長期的環境変化の指標となると考えられる。地表徘徊性甲虫の多くは、分解系の中で腐食連鎖の上位捕食者としての機能を持つ。これらの甲虫は移動分散能力が低く、寿命が短い。そのため、個体数や種組成の変化が、短期的な環境変化、特に土壌環境の変化の指標になると期待される。鳥類は、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である。移動能力が高く、個体の生息範囲が樹木や甲虫類と比べ各段に大きい。そのため、個体数、種組成、分布域の変化が、気候変動や第１、第２の危機による広域的な環境変化の指標となると考えられる。

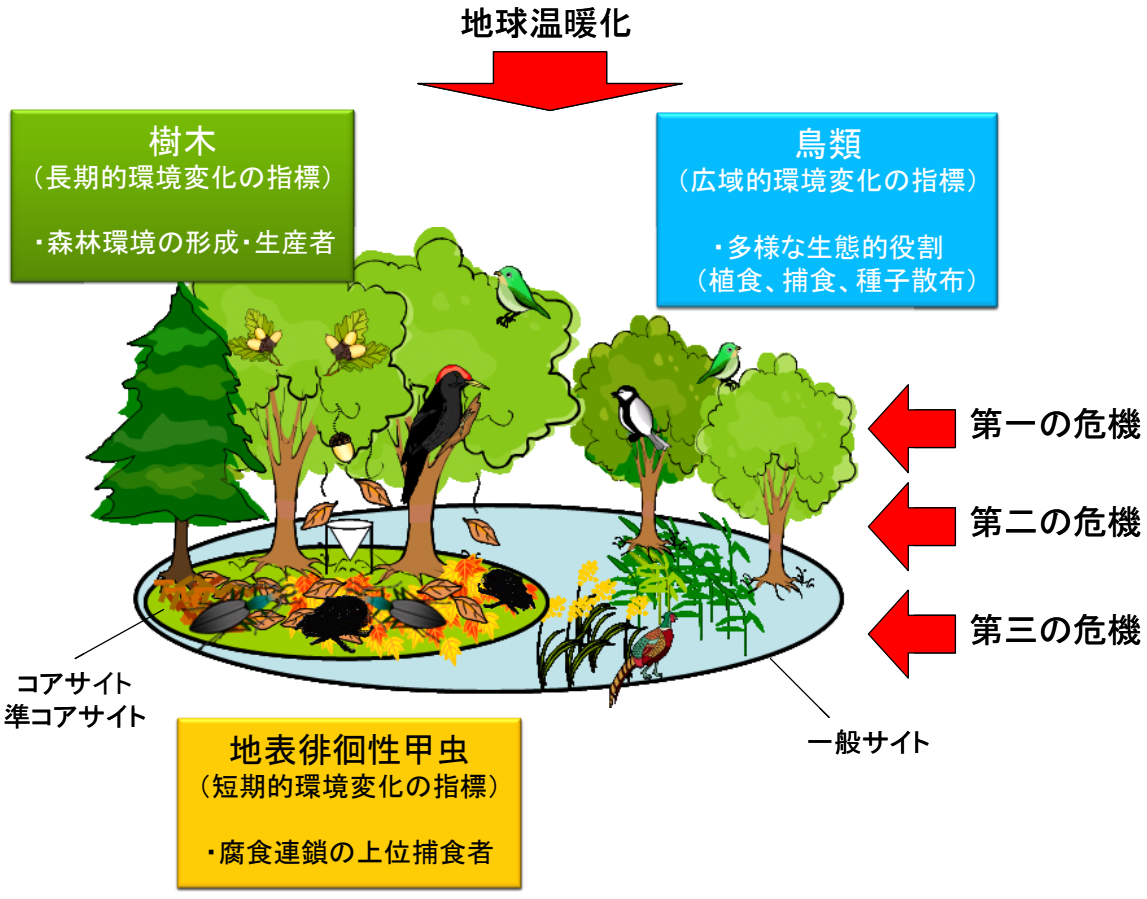


図１　森林・草原調査の指標生物群。指標性および生態系における役割を示す。

２．サイト配置状況

コアサイト、準コアサイト、一般サイトの３種類を設け、調査項目や調査頻度に差を付けて実施した。コアサイトおよび準コアサイトは指標生物群間の関係性に留意し、生じた変化の関係性や影響要因の検討を目指している。そのため、自然性の高い森林生態系を対象とし、研究機関や国際的なモニタリングネットワーク（国際長期生態学研究ネットワーク（ILTER: International Long-Term Ecological Research Network）等）との連携に留意して、それぞれ 18 サイトずつ、計 36 サイトを設置した（図２）。一般サイトは、移動性の高い鳥類の分布の変化をはじめ、さらに広域多地点の異変を捉えることを目指しており、森林および草原生態系に計 306 サイトを設置した（図３）。

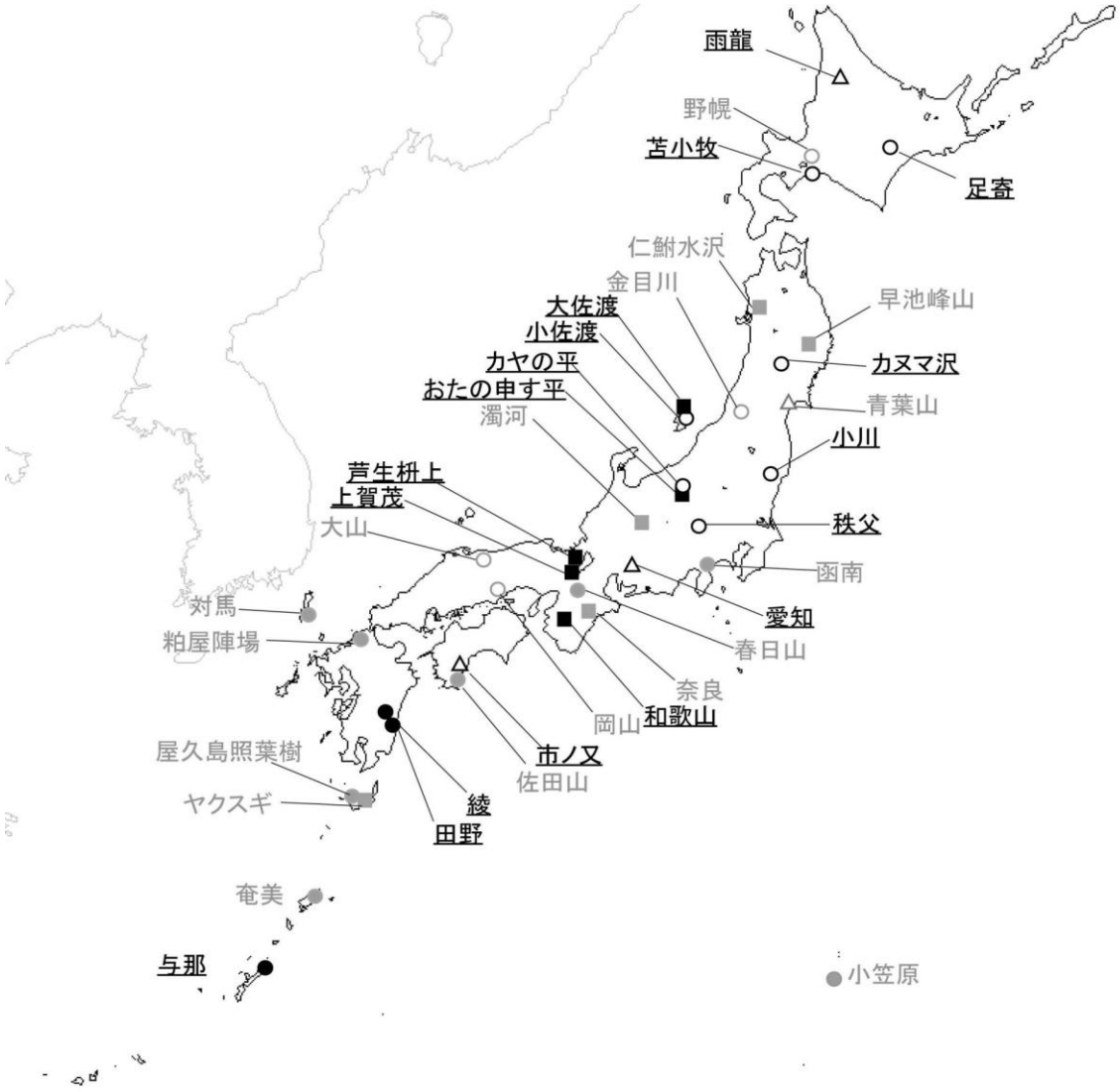


図２　第１期におけるモニタリングサイト 1000 森林・草原調査のコアサイト・準コアサイト。△：針広混交林、■：常緑針葉樹林、〇：落葉広葉樹林、●：常緑広葉樹林。黒色（下線）はコアサイト、灰色は準コアサイト。

３．調査方法

毎木調査、リター・シードトラップ調査、地表徘徊性甲虫調査、鳥類調査を行った。コアサイトでは毎年、全調査項目を実施し、準コアサイトでは５年に１度、毎木調査および鳥類調査を実施した。一般サイトでは、市民調査員による協力体制のもと、鳥類調査等を５年に１度実施した。

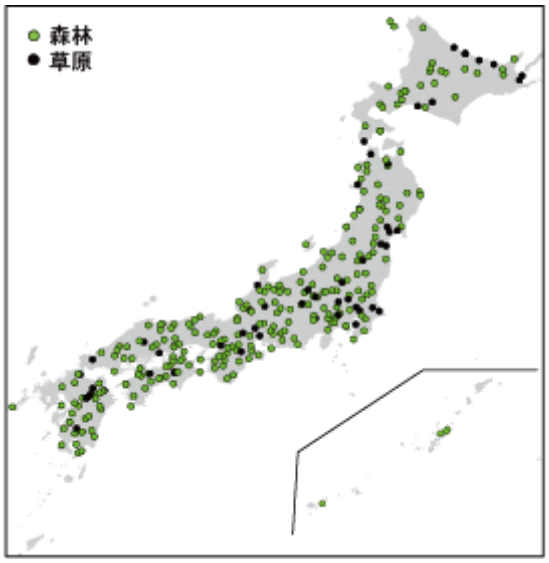


図３ 一般サイトの配置状況。

４．森林・草原生態系の課題と解析の方向性

地球温暖化にともなう気候変動、生物間相互作用の変化、外来生物の侵入などに着目し、生物多様性、炭素循環、生物季節性、種子生産に与える影響を評価するため、今後の解析の際のベースラインとなる、第１期調査の時点の状況を把握した。

また、台風撹乱や病害虫の発生が与える影響を、経年的な変化から検討した。

５．コアサイト・準コアサイト解析結果および考察

５.１　　生物多様性の地理的パタンとその変化

３つの機能生物群の生物多様性のパタンは、日本列島の年平均気温に沿って異なる傾向を示した（図４）。樹木では南方の暖かい地域ほど多様性が高く、一方、甲虫では北方の寒い地域ほど多様性が高くなった。鳥類（越冬期）では南方の暖かい地域ほど種数が高い傾向が見られた。樹木は 326 種（日本被子・裸子植物の約 6%）、オサムシ類（オサムシ科・ホソクビゴミムシ科甲虫）は 107 種（日本産オサムシ科・ホソクビゴミムシ科甲虫の約 7%）、鳥類は繁殖期に 73 種、越冬期に 52 種、計 85 種（日本で確認されている鳥類の約 15%）が出現した。

群集組成は、樹木では主に気候帯によって区分された（図５）。オサムシ科・ホソクビゴミムシ科甲虫の群集は、本州と北海道で大きく区分され、気温だけでなく地史的な要因が大きく影響していると考えられた。

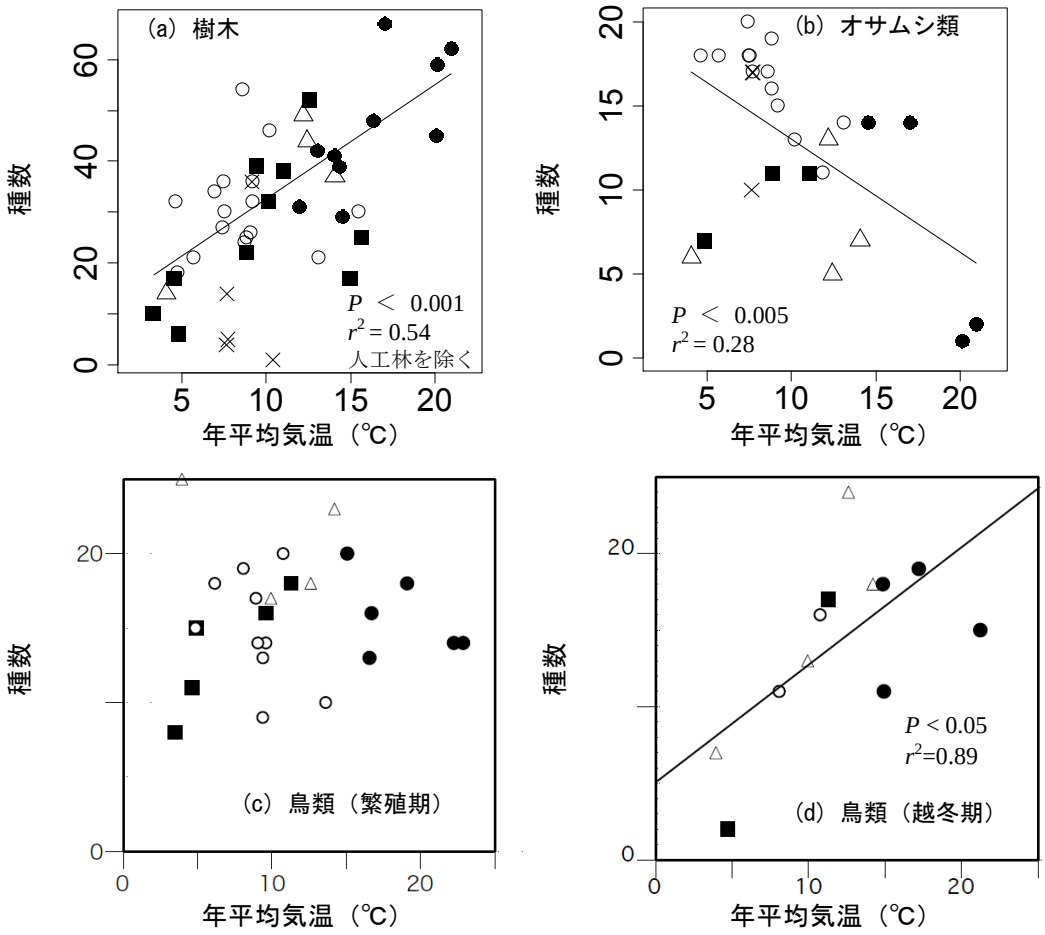


図４　年平均気温と(a)樹木、(b)オサムシ類甲虫、(c)繁殖期および(d)越冬期の鳥類の種数の関係。常緑針葉樹林（■）、針広混交林（△）、落葉広葉樹林（〇）、常緑広葉樹林（●）、針葉樹人工林（×）．樹木では人工林や面積の小さい調査区は除いた回帰直線を示す。鳥類の回帰分析は各サイトから１データのみ(１年分のデータのみ)を用いた。

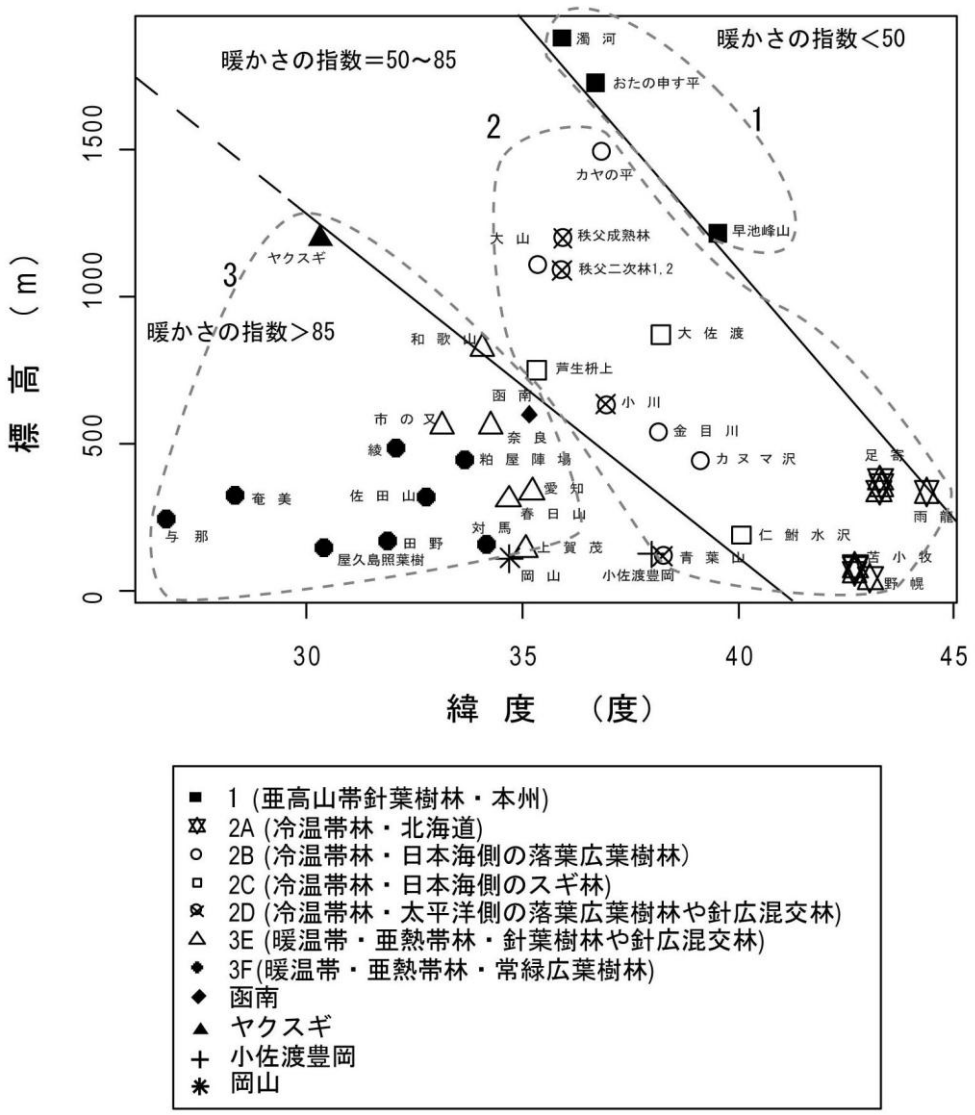


図５　類型化された樹木群集の緯度と標高の関係。種組成をもとにクラスター解析をした結果、樹木群集は大きく４つに分かれ、さらにグループ２は４つ、グループ３は４つに分かれた。その結果を標高と緯度による散布図にて示したものである。グループ 1：本州の亜高山帯針葉樹林、グループ 2：冷温帯林（2A：北海道の主に落葉広葉樹林、2B：本州日本海側の落葉広葉樹林、2C：本州日本海側のスギ林、2D：太平洋側の主に落葉広葉樹林）、グループ 3：暖温帯・亜熱帯林（3E：暖かさの指数が概ね 120℃・月以下の主に針葉樹林や針広混交林、3F：暖かさの指数が概ね 120℃・月以上の常緑広葉樹林）、グループ 4：その他（小佐渡豊岡、岡山；コナラ二次林）

５.２　森林の炭素蓄積・吸収機能とその変化

森林の炭素蓄積・吸収機能の変化を今後捉えるためのベースライン値として、森林の炭素蓄積量、樹木による炭素吸収量、堆積落葉層の分解速度、樹木の炭素蓄積量の変化量を求めた。森林の炭素蓄積量は 100～500 MgC· ha^{-1} であり（図６）、南と北の森林では差が見られなかった。南方の気候が温暖な森林では、植物体に多くの炭素が蓄積しており、北方の気候が寒冷な森林では土壌中に多く蓄積していた（図６、７）。林床に堆積している落葉の分解速度は、南の温暖な森林で高かった。また地上部純一次生産量（Net Primary Production）も、温暖な森林で高い傾向が見られた（図８）。炭素循環は、気温以外にも樹種や分解者群集、撹乱履歴などが関係しており、生物多様性の変化や自然・人為撹乱を介した変化にも注意し長期間モニタリングを継続することが必要である。

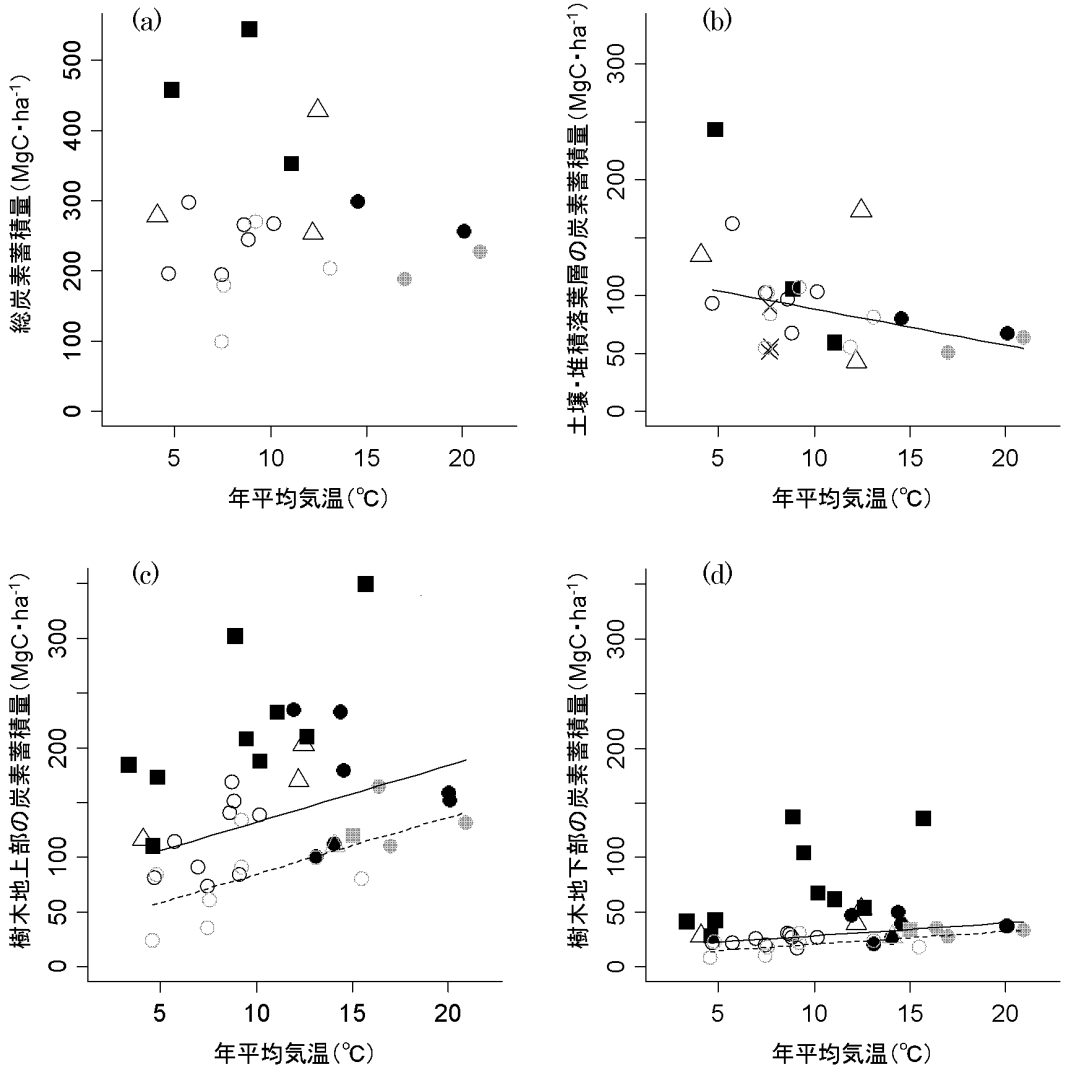


図６　各サイトの森林の（a）生態系全体、（ｂ）土壌・堆積落葉層、（ｃ）樹木地上部、（ｄ）樹木地下部、に蓄積している炭素量。 成熟林（黒）、二次林（灰色）、■常緑針葉樹林、△針広混交林、〇落葉広葉樹林、●常緑広葉樹林、×針葉樹人工林。直線は年平均気温に対する広葉樹成熟林の回帰直線（実線）、広葉樹二次林の回帰直線（破線）を示す。ただし土壌、堆積落葉層では成熟林と二次林で差がなかったため、広葉樹林（成熟林、二次林）における回帰を示す。１MgC は炭素量１ton と等しい。

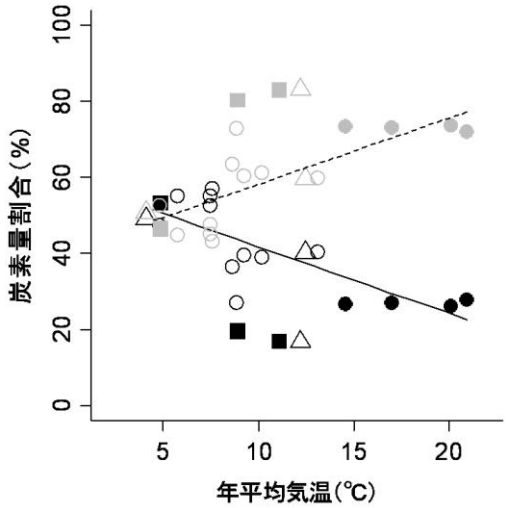


図７ 年平均気温と、森林に蓄積している炭素量のうち、植物体の炭素の割合（灰色）、土壌・堆積落葉層の炭素の割合（黒）の関係。凡例は図６参照。

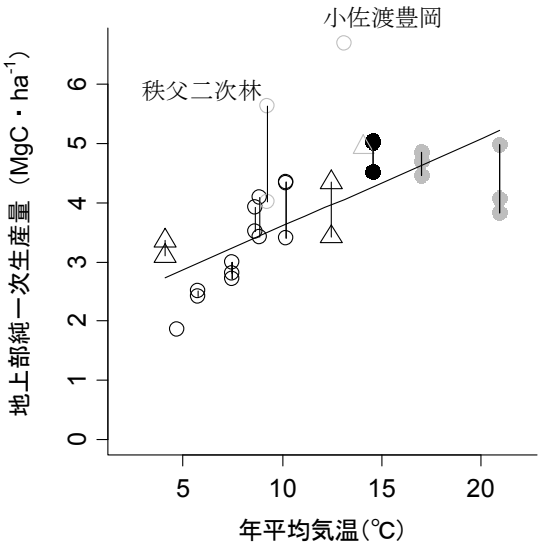
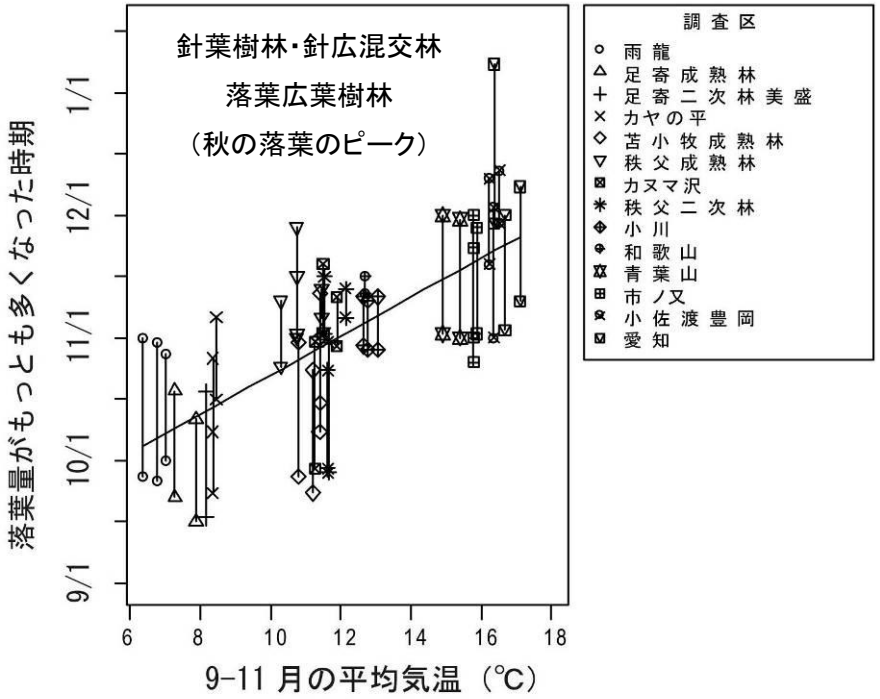


図８　各サイトの地上部純一次生産量（一年間の正味の炭素吸収量）と年平均気温の関係。　凡例は図６参照。同一の調査区の異なる年の値は直線で結んである。回帰直線は、二次林（小佐渡豊岡と秩父二次林）を除く。

５.３　　生物季節性の地理的パタンと将来予想される変化

日本各地の落葉時期と気温との関係を調べ、気温傾度による落葉時期の違いを検討した（図９）。針葉樹林、針広混交林や落葉広葉樹林では秋に落葉した。その時期は森林間で２ヶ月程度異なっており、平均気温が１℃高くなるごとに５日遅かった。常緑広葉樹林では春の開葉と同時に落葉した。その時期は森林間で２ヶ月ほど異なっており、平均気温が１℃高くなるごとに６日早かった。このことから、地球温暖化に伴い、気温１℃の上昇に対し、落葉時期が５～６日変わる可能性が示唆された。



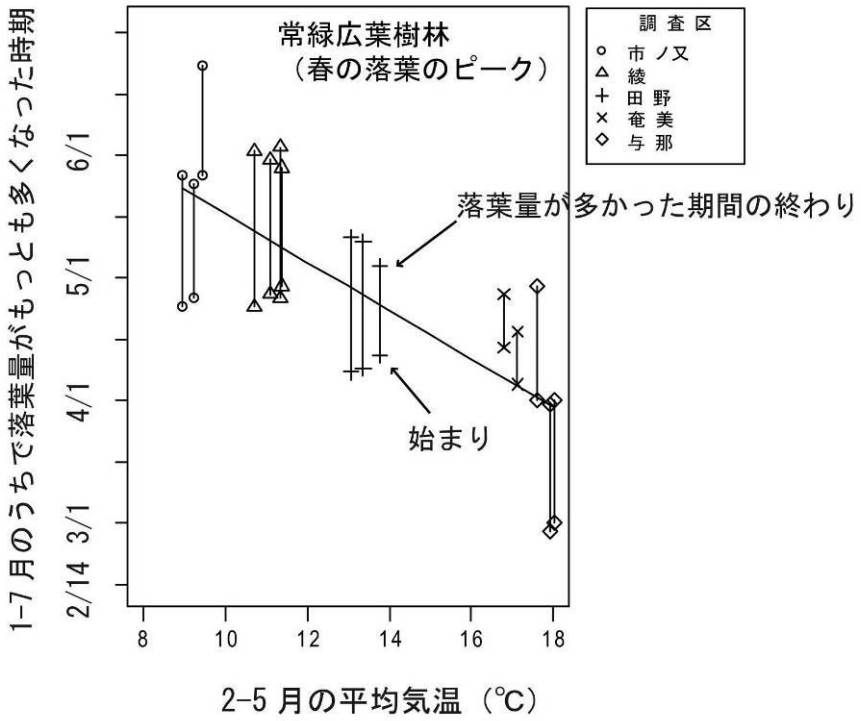


図９　2004～2007 年の各年の落葉量のもっとも多かった期間と平均気温の関係。落葉広葉樹林、針葉樹林、針広混交林では９～11 月の平均気温の高いサイトほど秋の落葉時期が遅い。常緑広葉樹林では春の開葉と同時に古い葉が落葉し、２～５月の平均気温の高いサイトほど春の落葉時期が早い。直線は、落葉量のもっとも多かった期間の中間日の平均気温に対する回帰直線を示す。常緑広葉樹林には、常緑広葉樹が多く混在する針広混交林の市ノ又も含めた。

５.４　　種子生産とリター量の年変動

樹木を中心に 229 種の植物の種子・果実が記録され、多くの樹種の種子生産には豊作と凶作という年変動が見られた。種子生産の年変動は、日本各地で同調している種や年がある一方、地域によって異なる場合もあった。ブナの健全種子の割合は、種子数が多くなるほど高くなる傾向があったが、種子数が比較的多くても、ほとんどの種子が不健全なサイトもあった。イヌブナ林では、豊作年にリターのうち繁殖器官量が増え、落葉量が減少して、総リター量は 1.2～1.3 倍になった。気候変動等による種子生産の変化をとらえるためには、年変動と地域間差があるため、10 年以上の長期にわたって多地点で調査する必要がある。第１期では、そのための体制が整った。

５.５　　台風などの撹乱に対する森林生態系の応答

気候変動により、台風の襲来数、強度、経路などが変化する可能性が示唆されている。そのため台風などの撹乱に対する森林生態系の応答を明らかにすることは、将来の予測と対策に重要である。2004 年の台風により、苫小牧では樹木が死亡し、樹木の炭素蓄積量が減少した。また綾、奄美および与那では、台風によって落葉、落枝量が短期的に増加した。綾では、台風の翌年に甲虫の個体数が増加した。

また、数十～百年に１回という大規模な台風撹乱は、生態系へ長期的な影響を与えることもある。生物多様性への影響は不明な点が多く、モニタリングを継続することが重要である。

５.６　　病害虫の発生が森林生態系に与える影響

地球温暖化にともなう気候変動は、病害虫の大発生による撹乱の強度、頻度、発生地域を変えると予想されている。愛知では、2006～2007 年にマツ材線虫病によりアカマツが枯死し、樹木への炭素蓄積量が減少した。2006 年には甲虫の種数や個体数に変動が見られた。前年の少雨やマツ枯れの発生により林床環境が変化し、甲虫群集が鋭敏に反応した可能性がある。ナラ枯れは、小佐渡では 2000 年に、芦生枡上では 2002 年に、愛知で 2006 年に調査区外で発生がみられた。これらのサイトでモニタリングを継続することで、病害虫の大発生が生物多様性や炭素循環に与える影響を明らかにできると期待される。

６.　　一般サイト解析結果および考察

６.１　　森林の鳥類の生物多様性の地理的パタンとその変動

繁殖期には 146 種、越冬期には 125 種の鳥類が記録された。繁殖期の鳥類群集はその種組成から４つに、越冬期は３つに区分され、その区分は気候帯や環境により説明できた。それらの区分を説明付ける種として、寒冷な森林に生息するセンダイムシクイ、ゴジュウカラ、ヒガラ、比較的温暖な森林に生息するヤマガラ、メジロ、シロハラなどが挙げられ

（図 10、11）、今後、地球温暖化等による環境変化で、これらの分布や個体数が変化する可能性があるため、注目してモニタリングしていく必要がある。

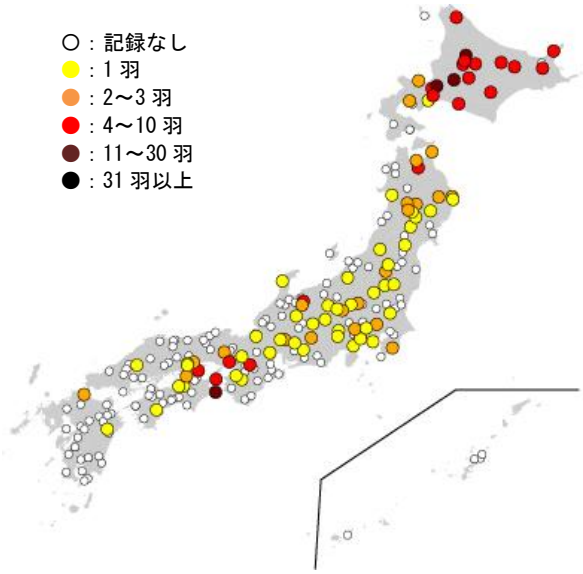


図 10　繁殖期のセンダイムシクイの分布状況。

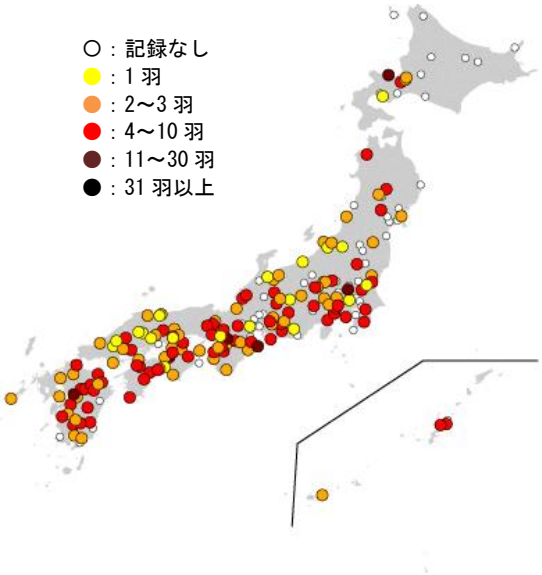


図 11　越冬期のヤマガラの分布状況。

６.２　　草原の鳥類の生物多様性の地理的パタンとその変動

繁殖期に全国 50 サイト、越冬期に全国 36 サイトで行なった草原の鳥のセンサス結果をまとめた。繁殖期、越冬期の鳥類群集はともに４つに区分された。繁殖期の区分は地理的な違いにより説明することができたが、越冬期については生息種数で区分された。繁殖期の区分を説明付ける種として、センニュウ類、オオヨシキリ、オオセッカ、コジュリンなどが挙げられた。また森林性や林縁性の鳥も多く記録されており、今後、草原の変化により鳥類群集の組成が変化する可能性もあることから、上記の指標種や組成などに注目してモニタリングしていく必要がある。

６.３　　外来種および希少種の生息状況

一般サイトの鳥類調査では、４種の外来種と 40 種のレッドリスト掲載種が記録された。記録サイト数や個体数、分布の変化状況等から、外来種では、コジュケイ、ガビチョウ（図 12）、ソウシチョウが、希少種では、オオジシギ、サンショウクイ（図 13）、アカヒゲ、オオセッカ、コジュリンが、今後、分布や個体数の変化をモニタリングすることが可能な種と考えられた。

図 12　ガビチョウの記録されたサイト。

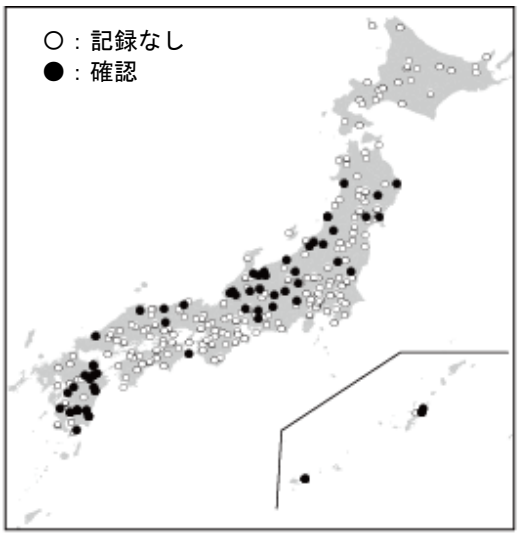


図 13　サンショウクイの記録されたサイト。

７．総括

７.１　　調査･分析および評価手法

国際生物多様性観測年（IBOY; International Biodiversity Observation Year）などで既に広く採用されている調査手法、自然環境保全基礎調査 鳥類繁殖分布調査で採用されている調査手法を採用することにより、調査手法を円滑に普及できた。また、コアサイト及び準コアサイトでは専任のネットワークセンターを設け、一般サイトでは自然環境保全基礎調査で構築された調査者のネットワークを活用することにより、円滑な調査が実施できたほか、効率的な調査実施・結果の分析が可能となった。

一方、多数かつ多様な主体が参加する本調査には、より効率的な手法を選び、生態系の変化を評価できる精度を確保しつづける必要がある。また、他のモニタリングスキームによる成果の補完的活用も、第２期以降において図っていく必要がある。

７.２　　持続可能な調査体制

コアサイトでは、大学研究林の試験地等を位置付けたため、継続性を高めることができた。一般サイトでは、調査講習会の開催等により、調査員間の情報交換、意欲向上が促進され、持続可能な調査体制を強化することができた。

一方、調査の持続性を保つため、今後、調査マニュアルの充実や講習会の実施等の調査支援、調査員を確保する努力が必要である。

７.３　　情報の共有・管理および発信

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ためには、得られたデータおよび調査結果を幅広い主体と共有することが重要である。森林・草原調査では、2008 年に、データの取り扱いや利用に関するルールを合意した。また、関係者間で、データ公開

の重要性についての認識が共有された。

このため、生物多様性情報クリアリングハウスメカニズム（CHM）等への公開されたデータベースにメタデータを登録している。

森林・草原調査では、詳細なデータを所得しており、今後はデータの体系的で一元的管理や、情報の管理および発信のために有効な GIS（地理情報システム）の活用を進める必要がある。ただし、乱獲等を考慮しなければならない希少種に関するデータについては、公開の範囲が今後の検討課題である。

７.４　　調査結果の保全施策への活用

第 1 期の調査結果は、奄美群島国定公園の国立公園化検討の基礎データとしての活用、研究者への提供により、自然環境行政や自然科学の向上に貢献した。今後は、調査結果から検知した生態系の異変を、リスク評価を含めて速やかに情報発信と提供を行い、自然環境保全施策への活用を図っていく必要がある。

７.５　　国際的な枠組みとの連携

国際的に標準となっている調査手法を採用した結果、本調査の結果は国際的に比較可能となっている。今後、地球規模生物多様性情報機構（GBIF: Global Biodiversity Information Facility）、国際長期生態学研究ネットワーク（ILTER: International Long-Term Ecological Research Network）などの国際的な枠組みへのメタデータ・データ登録を更に進めていく。また、生物多様性条約第 10 回締約国会議（CBD COP10）では、モニタリングサイト 1000 の成果について国際的に発信するとともに、国際的枠組みとの連携を強化していく必要がある。

Summary

Preface

The goal of the Monitoring Sites 1000 Project is to detect signs of ecosystem degradation by long-term monitoring surveys that accumulate and analyze quantitative data on various types of ecosystems throughout Japan. The results of this monitoring can contribute to the development of appropriate measures for conservation of the natural environment. The project plans to locate about 1,000 sites throughout Japan and to continue monitoring them for 100 years or more. This project was initiated in 2003 in accordance with the National Biodiversity Strategy of Japan (as revised in 2002). In the first phase (2003–2007), the design of survey methods for each ecosystem, locating the 1,000 monitoring sites, and building up the operational frameworks were completed and preliminary surveys were carried out. In 2008, the project entered its second phase in which full surveys were initiated. The monitoring project targets various types of representative ecosystems in Japan, including terrestrial ecosystems (alpines, forests, grasslands, and satoyama), inland water ecosystems (lakes and marshes), and marine ecosystems (sandy and rocky shores, tidal flats, seagrass beds, algal beds, coral reefs, and small islets). By developing a collaborative operational network with scientists, local experts, NPOs, and other relevant entities, the project will continue monitoring those ecosystems over a long-term period.

Forests are the major terrestrial ecosystems in Japan. They are characterized by high biodiversity and large biomass accumulation. Grasslands are limited in area but are unique ecosystems. Secondary grasslands such as pasture lands provide substitutional habitats for species depending on grassland ecosystems. Forest and grassland ecosystems are faced with various crises: decrease/extinction of species or reduction/loss of habitats caused by overexploitation and development (the first crisis); changes in environmental quality in *Satoyama* areas (rural landscapes formed by sustainable use of natural resources), decrease in species, and habitat change due to reduced or discontinued human activity to the nature (the second crisis); and disturbance of ecosystems caused by artificially introduced factors, including alien species (the third crisis). Furthermore, these ecosystems are affected by atmospheric deposition, outbreaks of pests, and climate changes such as warming and frequent strong typhoons. Global warming is assumed to change the distribution of species and forest biomes, species composition, and carbon cycling, and may degrade the functions and services provided by forest ecosystems.

Because most of these effects are difficult to detect in the short term, long-term monitoring of forests and grasslands is inevitable.

1. Indicator species in forest and grassland ecosystems

In the Forest and Grassland Survey of the Monitoring Sites 1000 Project, 3 groups of organisms were selected as indicator species for detecting changes in forest and grassland ecosystems: trees, ground beetles, and birds (Fig. 1). Trees are primary producers in forests, supplying food and

providing a habitat for various species, and they play a large role in carbon cycling. Changes in tree species will affect the functions and biodiversity of forest ecosystems. Because tree species are sessile and long-lived, changes in diameter growth, mortality, and seed production may indicate long-term environmental changes such as global war

Most species of ground beetles are higher predators in detritus food chains. They have low dispersal ability and short life cycles. Therefore, changes in the abundance and species composition of ground beetles may indicate short-term environmental changes, especially in soil.

Birds can be carnivorous, insectivorous, or fructivorous. They have high dispersal abilities and the range size of each bird species is far larger than that of trees or ground beetles. Therefore, changes in the abundance, distribution, and species composition of birds may indicate large-area environmental changes caused by climate changes, which characterize the first and second crises.

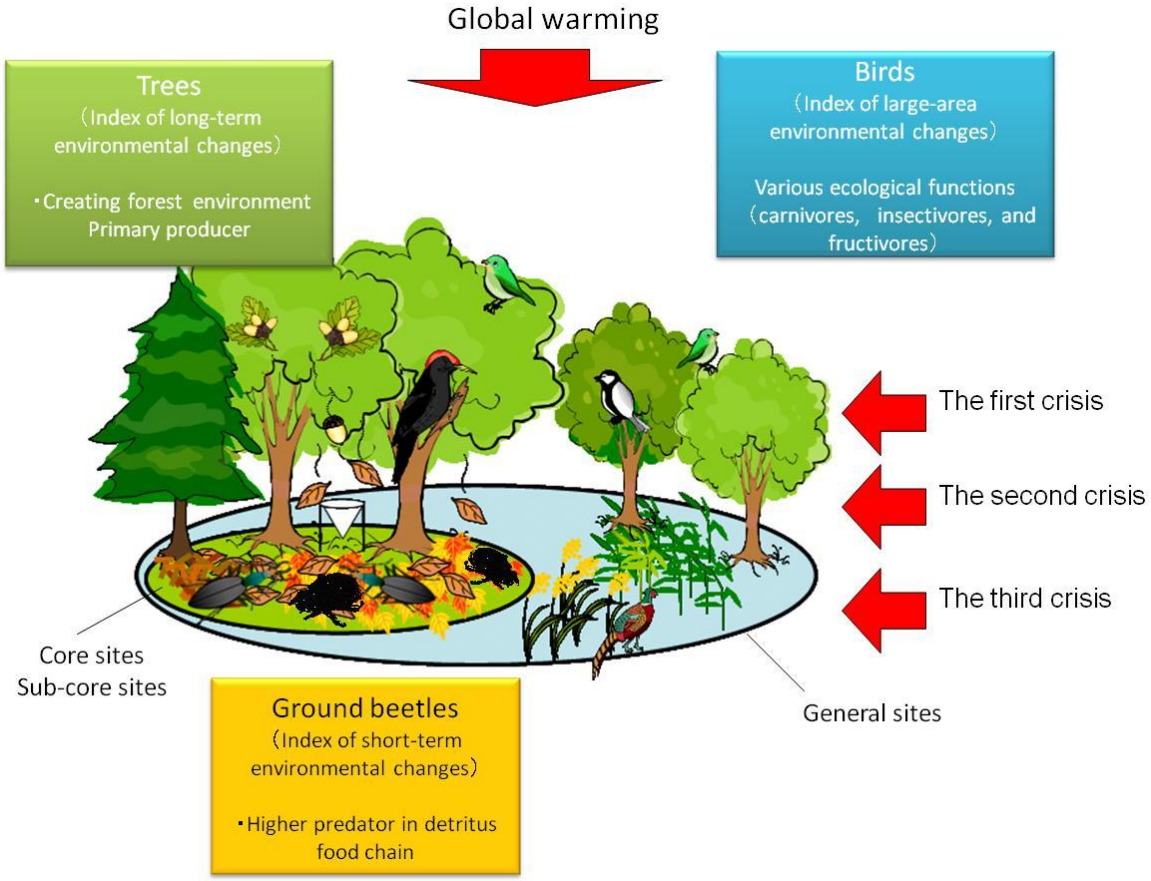


Fig. 1. Indicator species in the Forest and Grassland Survey. The ecological changes they indicate and their ecological roles are shown.

2. Monitoring sites

Three hierarchic types of monitoring sites have been established, having varying survey elements and their frequencies. Core and subcore sites (Fig. 2) have been designed to comprehensively detect ecosystem changes by analyzing the relationships between those changes and their causes, and between different indicator species. Thirty-six core and subcore sites (18 each) were established in natural forests; this facilitates interaction with other existing monitoring networks of the scientific community and international networks (e.g., ILTER, International Long-Term Ecological Research Network). Three hundred and six satellite sites (Fig. 3) were established in forests and grasslands to detect nationwide patterns in ecosystem changes by monitoring bird species.

Fig. 2. Core sites (black underlined) and subcore sites (gray) in the Monitoring Sites 1000 Project, Forest and Grassland Survey, first phase. Evergreen coniferous forest (■), coniferous and broad-leaved mixed forest (△), deciduous broad-leaved forest (○), evergreen broad-leaved forest (●).

3. Measurements

Four types of surveys were conducted: tree census, litter and seed trap survey, ground beetle census, and bird census. At the core sites, all 4 surveys were conducted every year, and at the subcore sites, tree and bird census were conducted once every 5 years. At satellite sites, bird census was conducted with the aid of amateur researchers.

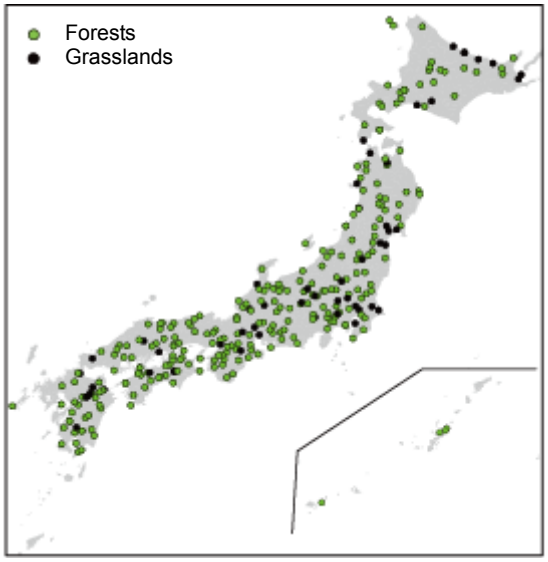


Fig. 3. Satellite sites in the Monitoring Sites 1000 Project, Forest and Grassland Survey, first phase.

4. Target issues and analysis in the Forest and Grassland Survey

This report summarizes baseline values of various indices of biodiversity, carbon cycling, phenology, and seed production, which are affected by environmental change caused by global warming, changes in biotic interactions, and invasion of exotic species. Annual variations in these indices and their relationship with disturbances such as typhoons and pest outbreaks have been analyzed.

5. Results and discussion for the core and subcore sites

5.1. Geographical patterns and changes in biodiversity

The geographical pattern of biodiversity along mean annual temperature was different between the 3 groups of indicators (Fig. 4). Tree species richness was greater in the southern warmer forests, while the opposite pattern was observed for ground beetles. For bird species, species richness tended to be greater in the southern warmer forests during the winter season. The number of species recorded was as follows: 326 tree species (about 6% of flowering plant species in Japan), 107 carabid and brachinid beetle species (about 7% of these beetle species in Japan), and 73 and 52 bird species in summer and winter, respectively, with a total of 85 bird species (about 15% of birds recorded in Japan).

Communities were classified according to their species composition. Climate was implicated as affecting the species composition of tree communities (Fig. 5). The species composition of carabid and brachinid beetle communities was significantly different between Honshu Island and Hokkaido Island, suggesting that historical events as well as climate affect species composition in these groups.

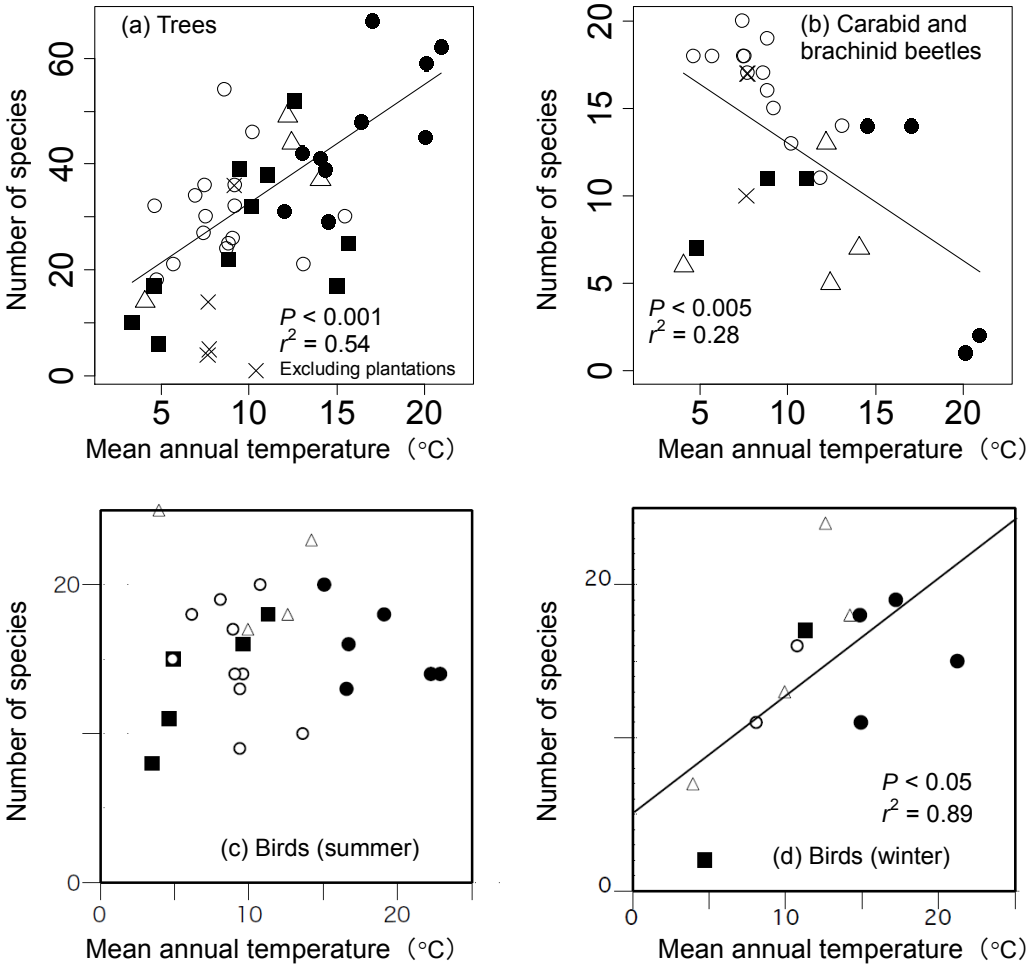
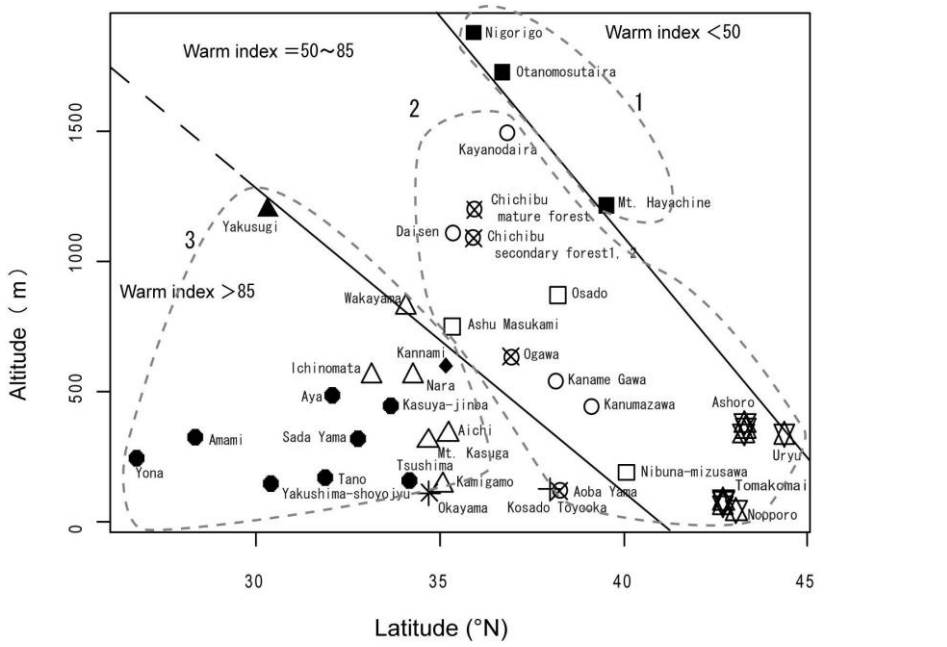


Fig. 4. Species richness in (a) tree species, (b) carabid and brachinid beetles, (c) bird species in summer, and (d) bird species in winter in relation to the mean annual temperature. Evergreen coniferous forest (■), coniferous and broad-leaved mixed forest (△), deciduous broad-leaved forest (○), evergreen broad-leaved forest (●), conifer plantation (×). Regression analysis of the tree species excludes plantations and plots with small areas, and that of bird species used 1-year data.



■ 1 (Subalpine coniferous forests・Honshu Island)
✡ 2A (Cool temperate forests・Hokkaido)
○ 2B (Cool temperate forests・Deciduous broad-leaved forests on the Japan Sea side)
□ 2C (Cool temperate forests・*Cryptomeria* forests on the Japan Sea side)
⊗ 2D (Cool temperate forests・Deciduous broad-leaved forests or coniferous and broad-leaved mixed forests on the Pacific side)
△ 3E (Warm temperate or subtropical forests・Evergreen coniferous forests or coniferous and broad-leaved mixed forests)
◆ 3F(Warm temperate or subtropical forests・Evergreen broad-leaved forests)
◆ Kannami
▲ Yakusugi
＋ Kosado Toyooka
✳ Okayama

Fig. 5. Latitude and altitude of different tree communities. Tree communities were classified into 4 groups according to species composition. Group 2 and Group 3 were further classified into 4 subgroups each. The figure shows the relationship between the classification and geography (latitude or altitude). Group 1: subalpine coniferous forests in Honshu; Group 2: cool temperate forests, (2A): forests in Hokkaido, mainly deciduous broad-leaved forests, (2B): deciduous broad-leaved forests on the Japan Sea side, (2C): *Cryptomeria* forests on the Japan Sea side, (2D): deciduous broad-leaved forests or coniferous and broad-leaved mixed forests on the Pacific side; Group 3: warm temperate or subtropical forests, (3E): evergreen coniferous forests or coniferous and broad-leaved mixed forests with warm index approximately ≤ 120°C•month, (3F): evergreen broadleaved forests with warm index approximately ≥ 120℃•month, Kannami, Yakusugi, group 4: secondary oak forests (Kosado Toyooka, Okayama)

5.2. Carbon sequestration and accumulation in forests, and their changes

Baseline values of indices of carbon cycling such as carbon stock, net primary productivity (NPP), decomposition rate of soil organic matter, and net biomass increment were estimated. The total carbon stocks in the forests was estimated to be 100–500 MgC•ha^{-1} (Fig. 6), without any latitudinal gradient. In the southern warmer forests, relatively more carbon was found in living trees, whereas more carbon was found in soils and accumulated litters in the northern colder forests (Figs. 6, 7). The decomposition rates of soil organic matter and aboveground NPP were higher in the southern

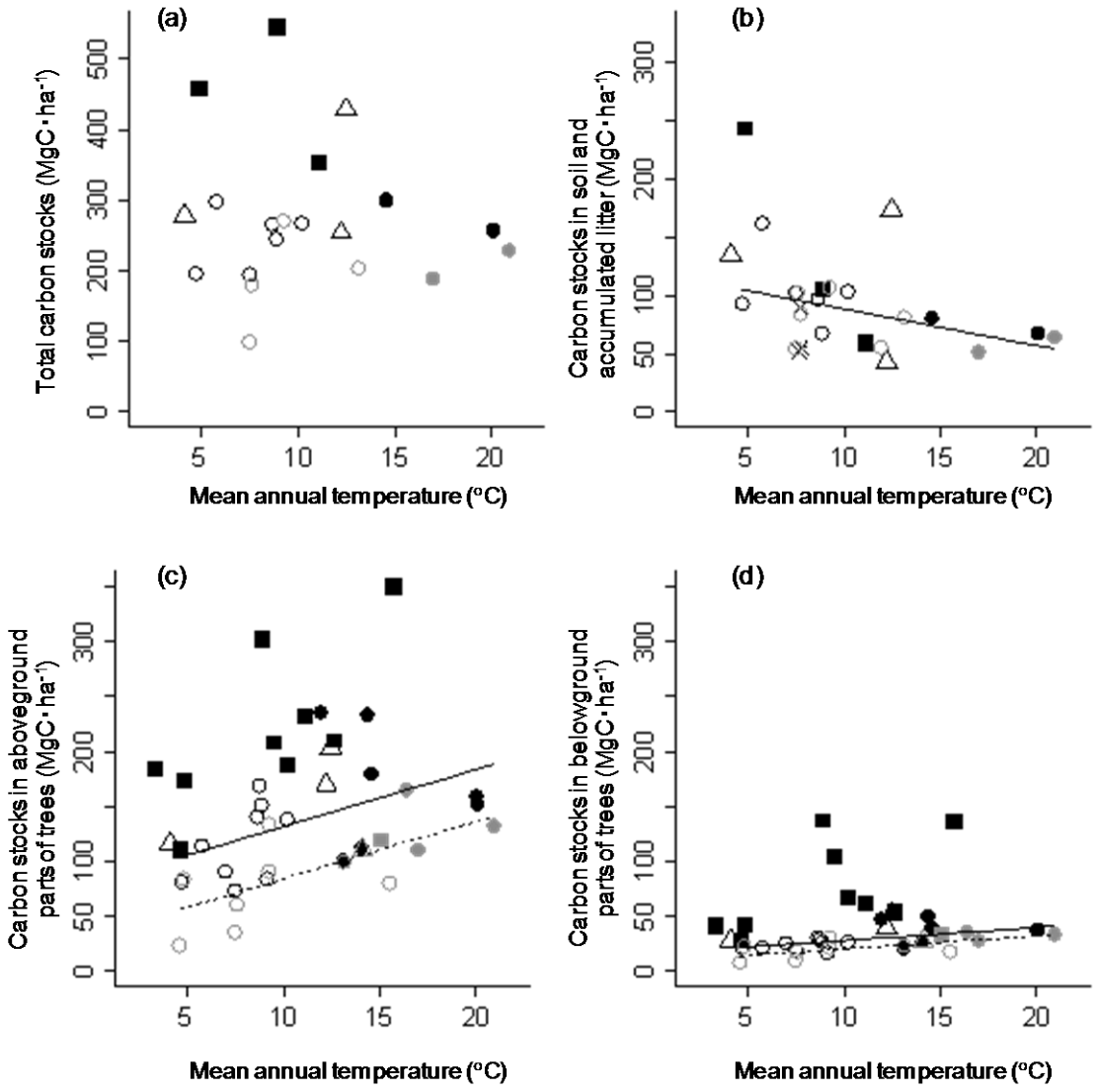


Fig. 6. Carbon stocks in forest ecosystems. (a) Total carbon stocks in trees, soils, and accumulated litters. Carbon stocks in (b) soils and accumulated litters,(c) aboveground parts of trees, and (d) belowground parts of trees. Mature forests (black), secondary forests (gray), evergreen coniferous forest (■), coniferous and broad-leaved mixed forest (△), deciduous broad-leaved forest (○), evergreen broad-leaved forest (●), conifer plantation (×). The solid lines show the regression lines of carbon stocks in mature broad-leaved forests with mean annual temperature; the dotted lines are the regression lines for secondary broad-leaved forests. For the carbon stocks in soils and accumulated litters, mature forests were not significantly different from secondary. 1 MgC equals 1 ton carbon.

warmer forests than the northern colder forests (Fig. 8). Because carbon sequestration and accumulation are affected by tree species, microbial community composition, disturbance history, and temperature, it is necessary to conduct long-term monitoring of these factors and analyze their changes in relation to biodiversity changes or natural and human disturbances.

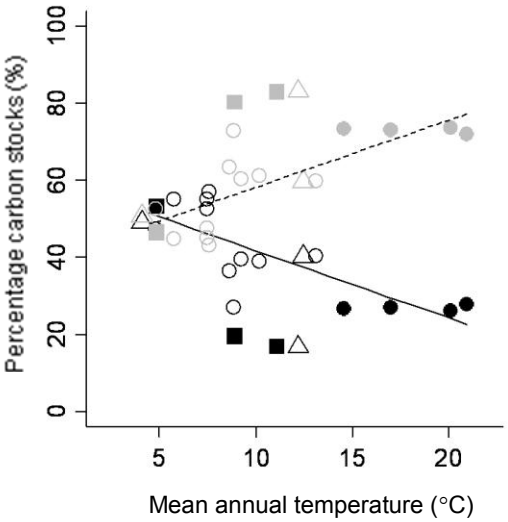


Fig. 7. Relative amount of carbon stock in trees (black) and in soils and accumulated litters (gray) in relation to the mean annual air temperature. Same legends as that for Fig. 6.

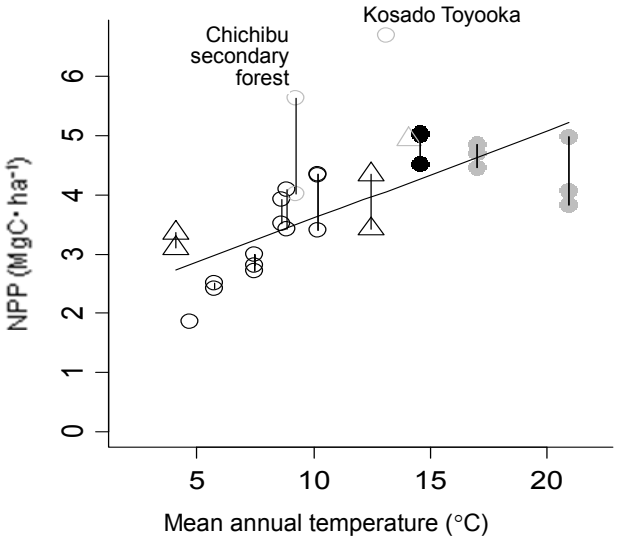


Fig. 8. Aboveground net primary production in relation to the mean annual air temperature. Same legend as that for Fig. 6. NPP values of different years in each plot are connected by vertical lines. The regression line is for mature forests excluding secondary forests (Kosado Toyooka and Chichibu secondary forest).

5.3. Geographical pattern in phenology and expected future changes

The relation between timing of leaf fall (an index of phenology) and temperature was evaluated along the latitudinal gradient. In coniferous forests, coniferous and broadleaf mixed forests, and deciduous broadleaf forests, leaf fall occurred in autumn. The timing of leaf fall differed by about 2 months between the forests, with a 5-day delay for every 1°C increase in mean air temperature (Fig. 9). In evergreen broadleaf forests, leaf fall occurred in spring when new leaves flushed. The timing was 2 months earlier in the warmer forests than colder forests, with a 6-day advancement for every 1°C increase in mean air temperature. These results suggest that timing of leaf fall may change by 5 to 6 days for every 1°C increase in mean air temperature caused by global warming.

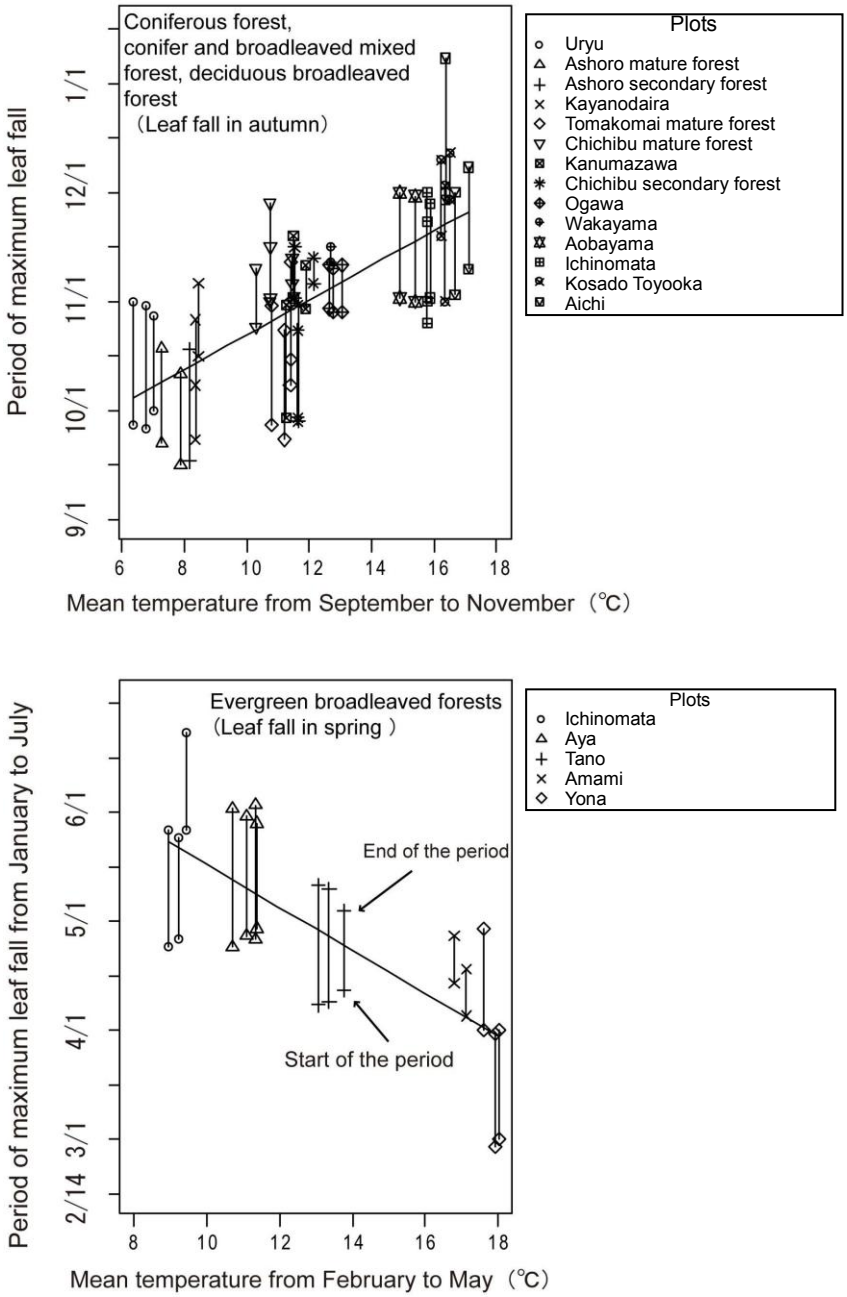


Fig. 9. Period when the amount of leaf fall was greatest within a year in 2004-2007 in relation to the mean air temperature. In coniferous forests, coniferous and broad-leaved mixed forests, and deciduous broad-leaved forests, leaf fall occurs later in the forests with higher mean temperature from September to November. In evergreen broad-leaved forests, leaf fall occurs in spring as new leaves flush and was earlier in forests with higher mean temperature from February to May. Lines are regression analysis of the date in the middle of the maximum leaf fall period to mean temperature. Ichinomata, a coniferous and broad-leaved mixed forest with a relatively high proportion of evergreen broad-leaved trees, was analyzed together with evergreen forests.

5.4. Annual variations in seed production and litterfall

Seed and fruits of 229 species, mainly tree species, were recorded. Seed production varied annually

with mast year and poor crop years. Annual variation was synchronized between many places in Japan in some species, while it was not in other species. The proportion of sound seeds in beech forests generally increased in years when seed production was large. However, at 1 site, almost all the seeds were unsound, regardless of year. In beech forests, the amount of litterfall was 1.2 to 1.3 times larger in mast years compared to non-mast years. This was due to increased production of reproductive organs, although leaf litterfall decreased. To detect the changes in seed production caused by climate change and other factors, it is necessary to monitor many sites for a long period (more than 10 years) because seed production varies annually and between sites. In this first phase of the Monitoring Sites 1000 Project, measurement protocols and systems have been established.

5.5. Responses of forest ecosystems to disturbances by typhoons

Climate change is assumed to change the frequency, strength, and track of typhoons. Therefore, evaluating the responses of forest ecosystems to disturbances by typhoons is important for future prediction and adaptations. At Tomakomai, a typhoon in 2004 killed trees and carbon stock in the remaining living trees decreased. Typhoons caused increases in the amount of leaf and woody litterfall in Aya, Amami, and Yona. The abundance of ground beetles increased in the following year after typhoon disturbance in Aya.

An intense typhoon disturbance that occurs once in several decades or a century may cause long-lasting effects on forest ecosystems. Because such effects on biodiversity are still unclear, long-term monitoring is necessary.

5.6. Effects of pest outbreaks on forest ecosystems

Climate change due to global warming is likely to change the intensity, frequency, and area of disturbance caused by pest outbreaks. At Aichi, Japanese red pine (*Pinus densiflora*) was killed by pine wilt disease in 2006 to 2007 and the carbon stock in the remaining living trees decreased. The species number and abundance of ground beetles changed in 2006. The ground beetle community may have sensitively responded to the change in the forest floor environment due to low precipitation or the death of pine trees in the previous year. Japanese oak wilt was reported at Kosado in 2000, at Asiu Masukami in 2002, and near the plot at Aichi in 2006. Continued monitoring will reveal the effects of pest outbreaks on the biodiversity and carbon cycling.

6. Results and discussion of the satellite sites

6.1 Geographical distributions of forest bird diversity, and their changes

One hundred forty-six species of birds were recorded in the breeding season, and 125 species were recorded in the wintering season. Bird communities in the breeding season were classified into 4 groups, whereas those in the wintering season were classified into 3 groups. Climatic zones and environmental factors determined the community classification. Bird species representative of the groups were, for instance, Eastern Crowned Leaf Warbler (*Phylloscopus coronatus*), Eurasian

Nuthatch (*Sitta europaea*), and Coal Tit (*Parus ater*), which occurred in forests in a cold region, and Varied Tit (*Parus varius*), Japanese White-Eye (*Zosterops japonicus*), and Pale Thrush (*Turdus pallidus*), which inhabited forests in a relatively warm region (Figs. 10 and 11). Monitoring these species closely is required because their distributions and populations may change in the future due to global warming, among other factors.

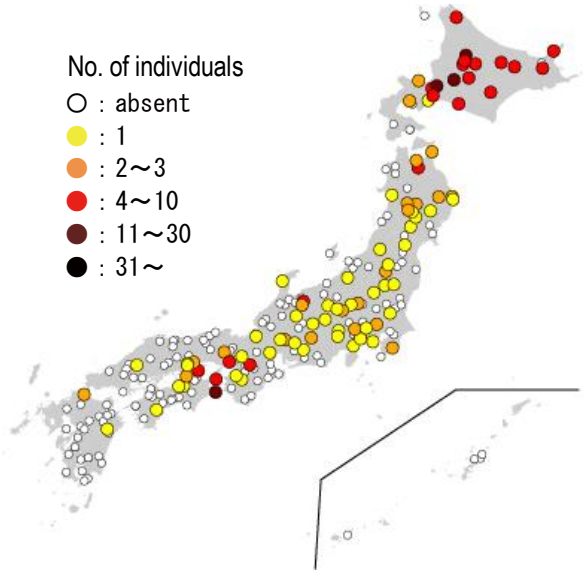


Fig. 10. Distribution of Eastern Crowned Leaf Warbler (*Phylloscopus coronatus*) in the breeding season.

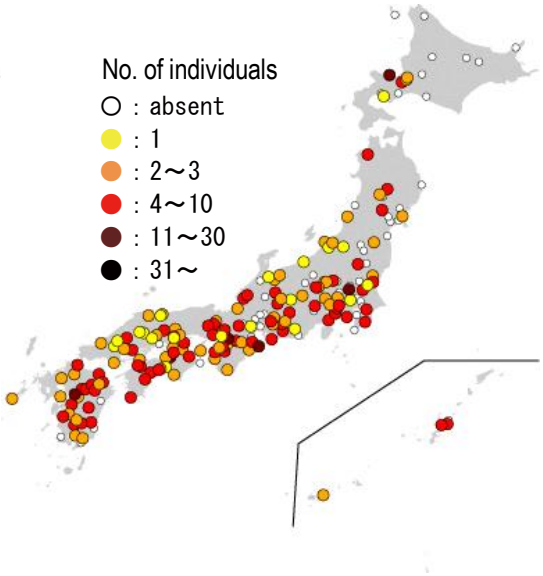


Fig. 11. Distribution of Varied Tit (*Parus varius*) in the wintering season.

6.2 Geographical distributions of grassland bird diversity, and their changes

Grassland birds were counted in a total of 50 sites in the breeding season, and in a total of 36 sites in the wintering season. Bird communities were divided into 4 groups in both of the seasons. Geographical factors determined the community classification in the breeding season, whereas bird species richness was a major determinant of the community classification in the wintering season. Bird species representative of the groups in the breeding season were, for instance, Grasshopper Warblers in the genus Locustella, Great Reed Warbler (*Acrocephalus arundinaceus*), Japanese Marsh Warbler (*Locustella pryeri*), and Japanese Reed Bunting (*Emberiza yessoensis*). In addition, a large number of forest and forest-edge birds were also recorded. Continued monitoring of the above representative species and species composition is required because changes in the grassland vegetation community due to succession may lead to changes in bird community structures.

6.3 Status of introduced and rare species of birds

Four introduced bird species and 40 bird species listed in the Red List (Endangered species list of Japan) were recorded in the satellite sites. Based on the number of sites with sighting records, the number of recorded birds, and distribution changes, the following introduced species are considered those whose distribution and population changes can be monitored: Chinese Bamboo Partridge (*Bambusicola thoracica*), Hwamei (*Garrulax canorus*) (Fig. 12), and Red-Billed Leiothrix

(*Leiothrix lutea*). Among the rare species, Lathum's Snipe (*Gallinago hardwickii*), Ashy Minivet (*Pericrocotus divaricatus*) (Fig.13), Ryukyu Robin (*Erithacus komadori*), Japanese Marsh Warbler (*Locustella pryeri*), and Japanese Reed Bunting (*Emberiza yessoensis*) are considered as such species.

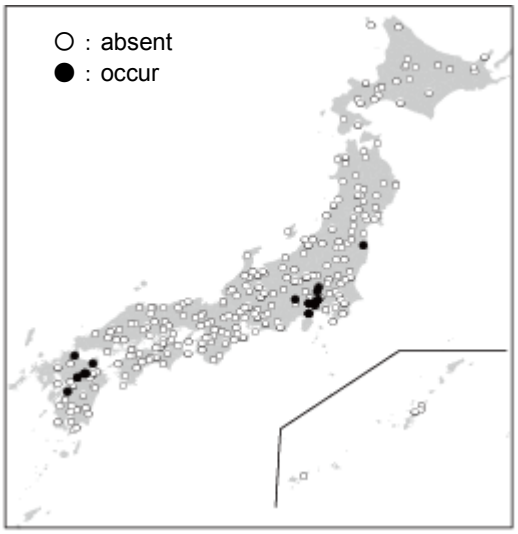


Fig. 12. Distribution of Hwamei (*Garrulax canorus*).

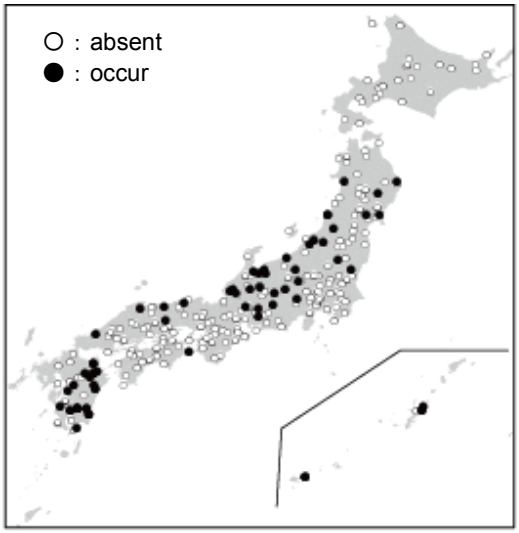


Fig. 13. Distribution of Ashy Minivet (*Pericrocotus divaricatus*).

7. Recommendations

7.1 Survey method and procedures for analysis and evaluation

The Forest and Grassland Survey of the Monitoring Sites 1000 Project adopted the standardized survey methods used in the International Biodiversity Observation Year (IBOY, conducted by DIVERSITAS) and the National Survey on the Natural Environment (conducted by the Ministry of the Environment, Japan). This facilitated smooth understanding of the methods by the researchers in this first phase. A Network Center was set up to collect the data and to effectively conduct the survey at the core sites and subcore sites; experienced amateur researchers were recruited to survey the satellite sites. As a result, the survey has been implemented efficiently and data were accumulated and analyzed effectively.

Nevertheless, because of the number and variety of people who participate in the Forest and Grassland Survey, we must develop a more efficient methodology to ensure high accuracy of the data, which will enable the detection of ecosystem changes. In the second phase of the Monitoring Sites 1000 Project, incorporation of a variety of existing data from other monitoring schemes will be important to complement the results of this survey.

7.2 Sustainable survey framework of the project

For long-term, ongoing surveys, we have co-located core sites in the experimental forest sites of universities and other research organizations. For satellite sites, we have conducted training courses

for the amateur researchers at each site. This has contributed to promoting activities and information exchanges between researchers, both of which are useful for maintaining the researchers' motivation. However, it is still necessary to update the survey manuals, conduct more training courses, and recruit new researchers to make this survey system sustainable.

7.3 Information sharing, archiving, and dissemination

Sharing the obtained information and data with broader entities is necessary to detect ecosystem changes and problems and to support conservation policies. In the phase 1 Forest and Grassland Survey, we already agreed to "rules for data open" in 2008 with the site representatives. The value of this open data policy has been deeply recognized by the participants and has led to incorporation of the metadata into the "Clearing House Mechanism" under the Convention on Biological Diversity.

Detailed, high-quality data gathered through this Forest and Grassland Survey should be accumulated and managed systematically. Utilization of geographical information systems (GIS) data will aid the accumulation and dissemination of ongoing information and data. Safeguarding the data from unauthorized usage should be considered in cases where data show the precise locality of rare species targeted by collectors.

7.4 Applicability to conservation policies

The results of the Monitoring Sites 1000 Project are widely used in the development of nature conservation policies in Japan, as well as in scientific research. For example, they were used as baseline data in the discussion of whether to upgrade the Amami Gunto Quasi-National Park to a National Park, and data were provided for researchers to contribute to policy makers and enhance scientific knowledge. We need to provide this information on ecosystem changes, together with risk assessment, so it can be utilized for the development of conservation policies.

7.5 Linking with international monitoring schemes and databases

Because global standard protocols were applied in this survey, the raw data from this project are comparable with data sets from other international monitoring schemes. The original data and metadata should be registered in databases such as the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and the International Long-Term Ecological Research Network (ILTER).

Furthermore, for the upcoming 10th Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (COP 10) to be held in Nagoya, Japan in 2010, the Monitoring Sites 1000 Project will disseminate its results and achievements internationally and will seek collaborations with other monitoring schemes outside Japan.

１. 森林・草原生態系の指標生物群

（１） 樹木

森林の主要な生産者であり、生態系エンジニアとして、森林の構造を作り、様々な生物の生息環境を提供し、環境形成をしている。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）。有機物はリターフォール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、樹木が造った葉・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。同じ個体を追跡調査することができ、環境変化を直径成長、死亡率や種子生産量の変化として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影響を蓄積する。

（２） 地表徘徊性甲虫

地表徘徊性甲虫の多くは、分解系の中で腐食連鎖の上位捕食者としての機能を持つ。これらの甲虫は移動分散能力が低いため、生息地の土壌環境（地温、土壌水分条件等）に大きく影響を受ける（Vanbergen *et al.* 2005）。特に、オサムシ類、ゴミムシ類といったオサムシ科甲虫は土壌中に産卵し、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ため、オサムシ類、ゴミムシ類の成長および繁殖は生息地域内の土壌環境の影響を強く受ける（石谷 1999）。また、地表徘徊性甲虫は寿命が短いため、個体数や種数の変化が短期的な環境変化の指標になると期待される。

直接人為的撹乱の影響の及びにくい、自然度の高い森林も、地球温暖化等によって年ごとに様々な環境変動にさらされるおそれがある。地表徘徊性甲虫の個体数、種数、体重量、種組成等をモニタリングすることで、森林生態系が受ける短期的な環境変動を敏感に察知できる可能性がある。また、長期的、漸次的な環境変動は、種ごとの分布域の変化として捉えられる可能性がある。

（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、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 and Greenwood 1993）。個体の生息範囲が、樹木や甲虫類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・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、個体数の変化をとお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とおしてモニタリングできることが期待される。

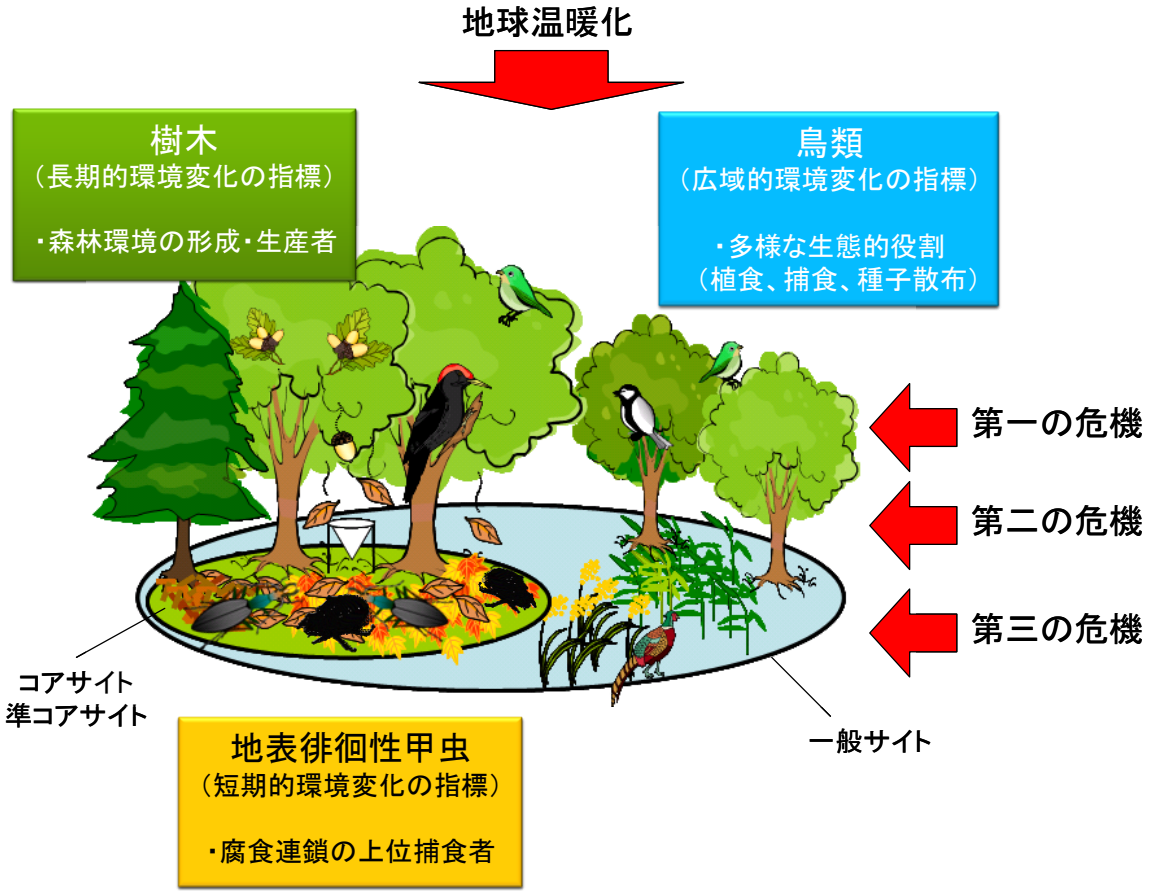


図 1-1　森林・草原調査の指標生物群。指標性と生態系における役割。

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. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F.,

Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 211-272.

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

石谷正宇 1999. 環境指標としてのゴミムシ. インセクタリュウム **36**:18-24.

Vanbergen, A.J., Woodcock, B.A., Watt, A.D., & Niemela, J. 2005. Effect of land-use heterogeneity on carabid communities at the landscape scale. Ecography **28**: 3-16.

２.サイト配置状況

コアサイト、準コアサイトでは総合的で詳細な調査を行った。総合的な調査は、生じた変化の関係性や影響要因などを検討できる点で優れているが、移動性の高い種群の分布の変化のように、さらに広域多地点の調査でなければ明確にならないものもある。そのため、広域多地点における調査のサイトとして、市民ボランティアによる協力体制が整っている鳥類を対象に一般サイトを配置した。

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）。天然性の成熟林を中心に、二次林や人工林も含めて各地域の森林植生を代表する森林を網羅するようにサイトを設定し、2007 年には 36 サイトとなった（図 2-1、表 2-1）。第一期では、北緯約 26～44 度、標高約 30～1730m にサイトが配置され（図 2-2、表 2-2）、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）[1]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 2-3）。

表 2-1　森林調査のサイト数の推移。

年	2004	2005	2006	2007
コア	10	16	16	18
準コア	0	8	13	18
計	10	24	29	36

[1] 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、針葉樹の胸高断面積が全樹種の胸高断面積の 40%以上、60%未満の森林を指す。落葉広葉樹林とは、針葉樹の胸高断面積が全樹種の胸高断面積の 40%未満、かつ、落葉広葉樹の胸高断面積が広葉樹の胸高断面積 60%以上の森林を指す。常緑広葉樹林とは、針葉樹の胸高断面積が全樹種の胸高断面積の 40%未満、かつ、常緑広葉樹の胸高断面積が広葉樹の胸高断面積 40%より大きい森林を指す。

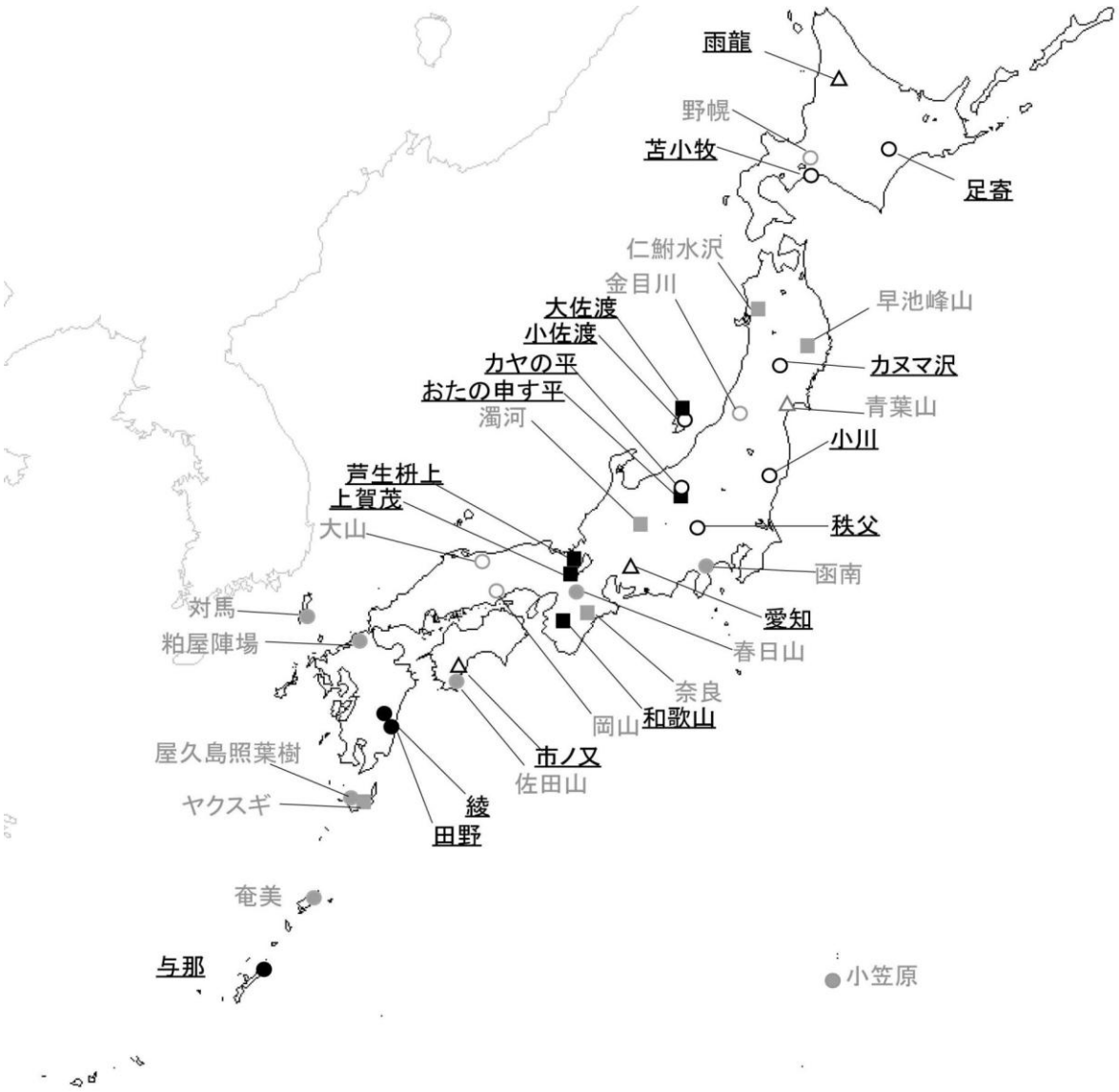


図 2-1　第 1 期におけるモニタリングサイト 1000 森林・草原調査のコアサイト・準コアサイト。△：針広混交林、■：常緑針葉樹林、〇：落葉広葉樹林、●：常緑広葉樹林。黒色下線はコアサイト、灰色は準コアサイト。

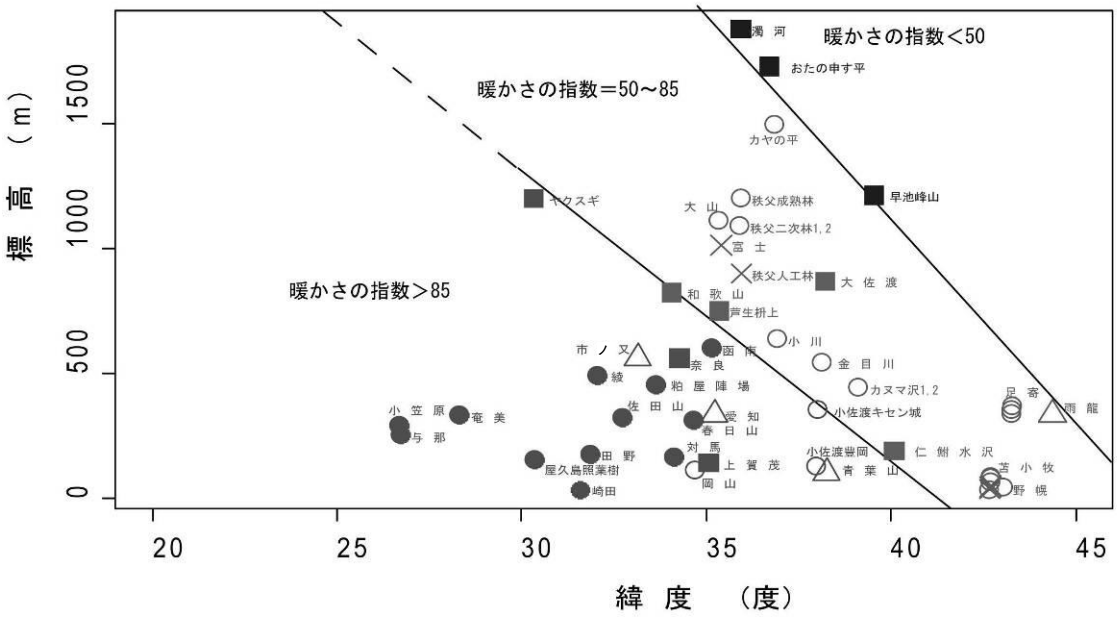


図 2-2　コアサイト・準コアサイトの緯度と標高の関係。暖かさの指数 50℃・月は亜高山帯・亜寒帯常緑針葉樹林と冷温帯落葉広葉樹林の境界、80℃・月は冷温帯落葉広葉樹林と暖温帯・亜熱帯常緑広葉樹林の境界とされている。常緑針葉樹林（■）、針広混交林（△）、落葉広葉樹林（○）、常緑広葉樹林（●）、人工林（×）。

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. 常緑針葉樹林（スギ林）・芦生枡上、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）・ヤクスギ、G. 落葉広葉樹林（コナラ林）・岡山、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・粕屋陣場。

表2-2 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

	サイト名	サイトタイプ	調査区名	略称	コード	森林タイプ*	経度†	緯度†	標高	森林履歴	調査間隔	毎木調査	リタートラップ調査	ピットフォール調査	鳥類調査	面積(ha)	開始年
1	北海道大学雨龍	コア	天然性針広混交林プロット	雨龍	UR-BC1	BC	44.4	142.3	335	成熟林	毎年	○	○	○	○	1.05	2005
2	足寄サイト(九州大学北海道演習林)	コア	足寄拓北エゾイタヤシナノキ林プロット	足寄成熟林	AS-DB1	DB	43.3	143.5	360	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2006
3			足寄美盛落葉広葉樹林二次林プロット	足寄二次林美盛	AS-DB2	DB	43.3	143.5	340	二次林	5年	○	−	−	−	1	2005
4			足寄花輪落葉広葉樹二次林調査区	足寄二次林花輪	AS-DB3	DB	43.3	143.5	380	二次林	5年	○	−	−	−	1	2007
5	北海道大学苫小牧研究林	コア	成熟林調査区	苫小牧成熟林	TM-DB1	DB	42.7	141.6	80	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2004
6			二次林404林班調査区	苫小牧二次林2	TM-DB2	DB	42.7	141.6	64	二次林	5年	○	−	○	−	1.2	2004
7			二次林308林班調査区	苫小牧二次林3	TM-DB3	DB	42.7	141.6	33	二次林	5年	○	−	○	−	0.81	2004
8			二次林208林班調査区	苫小牧二次林4	TM-DB4	DB	42.7	141.6	85	二次林	5年	○	−	○	−	0.45	2004
9			アカエゾマツ人工林	苫小牧人工林1	TM-AT1	AT	42.7	141.6	43	人工林	5年	○	−	○	−	0.5	2004
10			カラマツ人工林	苫小牧人工林2	TM-AT2	AT	42.7	141.6	36	人工林	5年	○	−	○	−	0.2	2004
11			トドマツ人工林	苫小牧人工林3	TM-AT3	AT	42.7	141.6	50	人工林	5年	○	−	○	−	0.225	2004
12	森林総合研究所カヌマ沢渓畔林試験地	コア	カヌマ沢渓畔林試験地	カヌマ沢1	KM-DB1	DB	39.1	140.9	435	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2004
13			カヌマ沢ブナ林	カヌマ沢2	KM-DB2	DB	39.1	140.9	445	成熟林	毎年	−	−	○	−	−	2004
14	佐渡島LTER(大佐渡サイト)	コア	大佐渡スギ天然林調査区(S-PR)	大佐渡	OS-EC1	EC	38.2	138.4	870	成熟林	毎年	○	○	○	−	1	2004
15	佐渡島LTER(小佐渡サイト)	コア	小佐渡豊岡ナラ枯れ激害地調査区	小佐渡豊岡	KS-DB1	DB	38.0	138.5	125	二次林	毎年	○	○	○	○	0.25	2004
16			キセン城放棄薪炭林調査区	小佐渡キセン城	KS-DB2	DB	38.0	138.5	350	二次林	毎年	○	−	○	−	0.25	2004
17	森林総合研究所小川試験地	コア	小川試験地	小川	OG-DB1	DB	36.9	140.6	635	成熟林	毎年	○	○	○	○	1.2	2004
18	信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設　カヤの平研究林	コア	ブナ成熟林調査区	カヤの平	KY-DB1	DB	36.8	138.5	1495	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2005
19	信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設　おたの申す平研究林	コア	オオシラビソ-コメツガ林調査区	おたの申す平	OT-EC1	EC	36.7	138.5	1730	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2005
20	東京大学秩父演習林	コア	矢竹沢スギ密度試験地	秩父人工林	CC-AT1	AT	35.9	138.8	900	人工林	5年	○	−	−	○	計0.8826	2004
21			ブナ・イヌブナ林	秩父成熟林	CC-DB1	DB	35.9	138.8	1200	成熟林	毎年	○	○	○	−	1	2004
22			ｳﾀﾞｲｶﾝﾊﾞ優占二次林調査地	秩父二次林1	CC-DB2	DB	35.9	138.8	1090	二次林	毎年	○	○	○	−	0.12	2004
23			18は2二次林測定	秩父二次林2	CC-DB3	DB	35.9	138.8	1090	二次林	5年	○	−	−	−	0.1	2007
24			富士演習林	富士	FJ-AT1	AT	35.4	138.9	1015	人工林	5年	○	−	−	−	計0.5	2004

表2-2 続き

	サイト名	サイトタイプ	調査区名	略称	コード	森林タイプ	経度**	緯度**	標高	森林履歴	調査間隔	毎木調査	リタートラップ調査	ピットフォール調査	鳥類	面積(ha)	開始年
25	京都大学芦生研究林	コア	芦生枡上谷・スギ落葉広葉樹林調査区	芦生枡上	AU-EC1	EC	35.3	135.7	750	成熟林	毎年	○	○	○	−	1	2007
26	東京大学愛知赤津	コア	落葉広葉樹林調査区No.1	愛知	AI-BC1	BC	35.2	137.2	335	二次林	毎年	○	○	○	○	1	2004
27	京都大学上賀茂試験地	コア	ヒノキ天然林調査区	上賀茂	KG-EC1	EC	35.1	135.8	140	二次林	毎年	○	○	○	−	0.64	2007
28	和歌山研究林	コア	和歌山モミツガ	和歌山	WK-EC1	EC	34.1	135.5	825	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2005
29	市ノ又森林動態観測試験地	コア	市ノ又森林動態観測試験地	市ノ又	IC-BC1	BC	33.1	132.9	560	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2005
30	森林総合研究所綾リサーチサイト	コア	綾リサーチサイト	綾	AY-EB1	EB	32.0	131.2	490	成熟林	毎年	○	○	○	○	1	2004
31	宮崎大学田野フィールド	コア	常緑広葉樹流域調査区	田野	TN-EB1	EB	31.9	131.3	175	二次林	毎年	○	○	○	○	1	2004
32			広葉樹二次林固定試験地	崎田	TN-EB2	EB	31.4	131.3	26	二次林	毎年	−	−	○	−	−	2004
33	琉球大学与那	コア	常緑広葉樹林調査区No.1	与那	YN-EB1	EB	26.7	128.2	250	二次林	毎年	○	○	○	○	1	2004
34	野幌自然休養林	準コア	野幌自然休養林	野幌	NP-DB1	DB	43.1	141.5	42	成熟林	5年	○	−	−	−	1.04	2005
35	仁鮒水沢スギ植物群落保護林	準コア	仁鮒水沢スギ保護林	仁鮒水沢	NB-EC1	EC	40.1	140.3	190	成熟林	4年	○	−	−	−	1	2006
36	早池峰山小田越試験地	準コア	早池峰山小田越試験地	早池峰山	HY-EC1	EC	39.5	141.5	1215	成熟林	5年	○	−	−	○	1	2005
37	東北大植物園(青葉山)	準コア	東北大植物園青葉山1	青葉山	AO-BC1	BC	38.3	140.9	120	成熟林	5年	○	○	○	○	1	2005
38	小国町金目川在所平ブナ林	準コア	小国町金目川在所平ブナ林	金目川	KK-DB1	DB	38.1	139.8	543	成熟林	5年	○	−	−	○	1	2005
39	御岳濁河亜高山帯常緑針葉樹林	準コア	御岳濁河亜高山帯常緑針葉樹林	濁河	NG-EC1	EC	35.9	137.5	1880	成熟林	5年	○	−	−	○	1	2005
40	大山冷温帯落葉広葉樹林	準コア	大山冷温帯落葉広葉樹林	大山	DI-DB1	DB	35.4	133.6	1110	成熟林	5年	○	−	−	○	1	2006
41	函南原生林600	準コア	函南600	函南	KN-EB1	EB	35.2	139.0	600	成熟林	5年	○	−	−	○	1	2005
42	岡山半田山コナラ林	準コア	岡山半田山コナラ林	岡山	OK-DB1	DB	34.7	133.9	110	二次林	5年	○	−	−	−	1	2007
43	春日山原始林	準コア	春日山原始林調査区	春日山	KA-EB1	EB	34.7	135.9	310	成熟林	5年	○	−	−	−	1	2006
44	奈良県川上村三之公温帯針葉樹林	準コア	奈良県川上村三之公温帯針葉樹林	奈良	NR-EC1	EC	34.3	136.1	560	成熟林	5年	○	−	−	−	1	2007
45	対馬龍良山照葉樹林	準コア	対馬龍良山照葉樹林	対馬	TS-EB1	EB	34.2	129.2	160	成熟林	5年	○	−	−	−	1	2007
46	粕屋サイト(九州大学福岡演習林)	準コア	粕屋陣場広葉樹林調査区	粕屋陣場	KJ-EB1	EB	33.7	130.5	450	二次林	5年	○	−	−	−	1	2006
47	佐田山常緑広葉樹林	準コア	佐田山常緑広葉樹林	佐田山	SD-EB1	EB	32.7	133.0	320	成熟林	5年	○	−	−	○	0.98	2007
48	屋久島照葉樹林	準コア	屋久島照葉樹林試験地	屋久島照葉樹	YK-EB1	EB	30.4	130.4	150	成熟林	5年	○	−	−	−	1	2006
49	屋久島ヤクスギ林	準コア	ヤクスギ天文の森	ヤクスギ	YK-EC1	EC	30.3	130.6	1200	成熟林	5年	○	−	−	−	1	2007
50	奄美大島金作原国有林	準コア	東大奄美金作原国有林	奄美	AM-EB1	EB	28.3	129.5	330	成熟林	5年	○	○	○	○	1	2005
51	母島石門長期モニタリング区	準コア	小笠原母島石門長期モニタリング	小笠原	OW-EB1	EB	26.7	142.2	290	成熟林	5年	○	−	−	−	1	2005

*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
小佐渡キセンおよび苫小牧二次林3は第二期以降に毎木調査実施予定。

表 2-3　コアサイト・準コアサイトの国土区分と気候帯別配置。

国土 10 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		△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	■濁河	○小川 ○秩父 △青葉山		該当なし	(○秩父)	(×秩父)
(4)本州中北部日本海側区域	■おたの申す平 ■早池峰山	○カヌマ沢 ■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 ■芦生枡上	■上賀茂	該当なし	○小佐渡	
(6)本州中部太平洋側区域			●函南 ●春日山	該当なし	△愛知	
(7)瀬戸内海周辺区域	該当なし	該当少ない		該当なし	○岡山	
(8)紀伊半島・四国・九州区域			■和歌山 △市ノ又 ■奈良 ●田野 ●綾 ●対馬 ●佐田山 ●粕屋陣場 ●屋久島照葉樹 ■ヤクスギ	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		
(10)小笠原諸島区域	該当なし	該当なし	該当少ない	●小笠原		

表中の凡例は図 2-1 と同じ。また、括弧書きはコアサイトの複数あるプロットのうち一部が該当する場合。
*：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。

２．２　一般サイト配置状況

一般サイトの調査地点は、なるべく全国に均等な配置で、かつ各地域の代表的な環境を含むように配置し、森林 253 サイト、草原 53 サイトで調査を行った。一般サイトの年度別および、森林生態系、草原生態系や森林植生など環境別の配置状況を図 2-4、表 2-4、2-5 に示した。森林の植生は以下のように相観で区分した。

図 2-4 一般サイトの配置状況。

表 2-4 一般サイトの年度別調査実施状況。

年	2004	2005	2006	2007
サイト数	50	105	113	48

1サイトを複数年度にわたって調査している場合もあるため、合計値は調査サイト数より多くなる

・常緑広葉樹林（亜熱帯・暖温帯）　：
　シイ、カシなどからなる森林
・針葉樹林（暖温帯～冷温帯）：
　モミ、ツガ、スギ、ヒノキ、サワラなどからなる森林
・落葉広葉樹林（暖温帯）：
　コナラ、クヌギなどからなる森林
・マツ林：
　アカマツ、クロマツなどからなる森林
・落葉広葉樹林（冷温帯～亜高山帯）：
　ブナ、ミズナラ、エゾイタヤ、ハルニレ、シラカンバ、ダケカンバなどからなる森林
・落葉針葉樹林：
　カラマツなどからなる森林。主に植林。
・針広混交林：
　トドマツ、アカエゾマツなどの針葉樹にミズナラ、ハルニレ、クリなどが混在する森林
・針葉樹林（亜高山帯・亜寒帯）：
　シラビソ、トドマツなどからなる森林
・里地里山：
　水田、竹林などを含むモザイク的環境

表 2-5 一般サイトの環境別配置状況。

	国土10区分								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
森林	12	16	36	40	33	35	29	48	4
草原	6	4	12	7	2	10	4	8	
針葉樹林(亜高山帯・亜寒帯)		1	3						
落葉針葉樹林		3	4	1					
針広混交林	2	1							
落葉広葉樹林(冷温帯～亜高山帯)	5	8	5	19	11	5	4	7	
針葉樹林(暖温帯～冷温帯)		1	5	5	5	6	2	10	
落葉広葉樹林(暖温帯)			13	7	11	11	9	5	
常緑広葉樹林(亜熱帯・暖温帯)						6	3	22	2
マツ林			3	2	5	3	7	4	2
里地里山				2		2	1		

植生が不明のサイトが20サイトあるため植生区分の合計値は森林の調査地点数より少ない

また、サイトの一覧は、巻末の参考資料４に掲載した。北海道南東部と北西部、岩手県北東部など、一部調査地点の少ない場所もあるが、概ね均等に配置され、様々な植生が含まれているのがわかる。各調査地は５年に１回の調査を行った。

図 2-5 森林調査地の一例（北海道西岡水源地）。

図 2-6 草原調査地の一例（徳島県三嶺）。

３. 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、リター・シード調査、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、毎木調査および鳥類調査を５年間に１回の頻度で行っている。

毎木調査では、１ha の調査区内の胸高周囲長[1]15cm 以上の樹木すべてを対象とし、その樹種と胸高周囲長を調べた（図 3-1B）[2]。

リター・シード調査では、上記の毎木調査を実施した調査区内にリタートラップとよばれる落葉受けを 25 個設置して、落葉量、落枝量、繁殖器官（種子・果実・花など）およびその他（樹皮やこけ、昆虫の糞など）の量を調べた（図 3-1C）[2]。

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。調査区内に 20 個のトラップ（口径 90mm、深さ 120mm、ベイト（餌）は使用しない）を 72 時間設置し（図 3-1D)、その間に地表を歩いて落ちた甲虫類の個体数と種数を調べた。調査は、5 月～11 月初旬までの甲虫が活発に活動する時期に、およそ１ヶ月～１ヶ月半の間隔で、年４回の調査を実施した。得られた地表徘徊性甲虫のうち、分散能力が低く、生息範囲が限定されるオサムシ科とホソクビゴミムシ科については、環境変化の影響を指標しやすい分類群として、種・亜種レベルまでの同定を行った[2]。

鳥類調査は、繁殖期と越冬期の年２回、ルートセンサス法により実施した。各調査サイトに 500mの調査コースを設定し(森林プロットの中もしくはできるだけ近くを通過するように設定)、そのコースに沿って時速約２km 程度で歩きながら、片側 50m（両側 100m）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あわせて記録した。調査頻度は、繁殖期と越冬期にコースをそれぞれ６回踏査（３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週間空けて２日間行なった（図 3-2)。ただし、多雪地域での越冬期調査は行わなかった。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、日の出時刻から概ね午前８時までに調査を終えることとし、越冬期では、繁殖期に較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。

---

[1] 地上高 1.3m の幹の周囲長

[2] 詳細は参考資料５の調査マニュアルに記載している。

図 3-1　(A) 対馬・龍良山サイトの様子、(B) 幹の太さを測る毎木調査、(C) リタートラップに落ちた葉、枝、種子、果実などを回収、(D) 地表徘徊性甲虫を捕獲するためのピットフォール、(E) 地表徘徊性甲虫の標本。

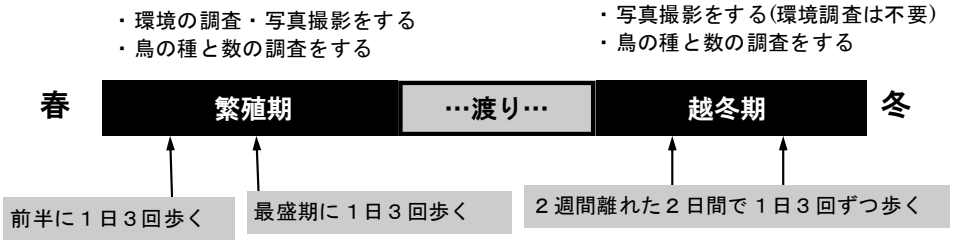


図 3-2　調査のスケジュール。

３．２　一般サイト調査方法

一般サイトにおける鳥類調査は、コアサイト・準コアサイトにおけるそれと基本的には同じだが、調査距離が異なっている。各調査地に　1 km　の調査経路を設定し、道から片側50mの 100m幅の内側を調査範囲内とし、調査範囲内外に分けて記録した。

調査終了時の種数に対する各調査回時点での記録率を図 3-3 に示した。記録率は調査４回目でほぼ飽和しており、主要な生息種については、６回の調査で概ね把握できているものと思われる。

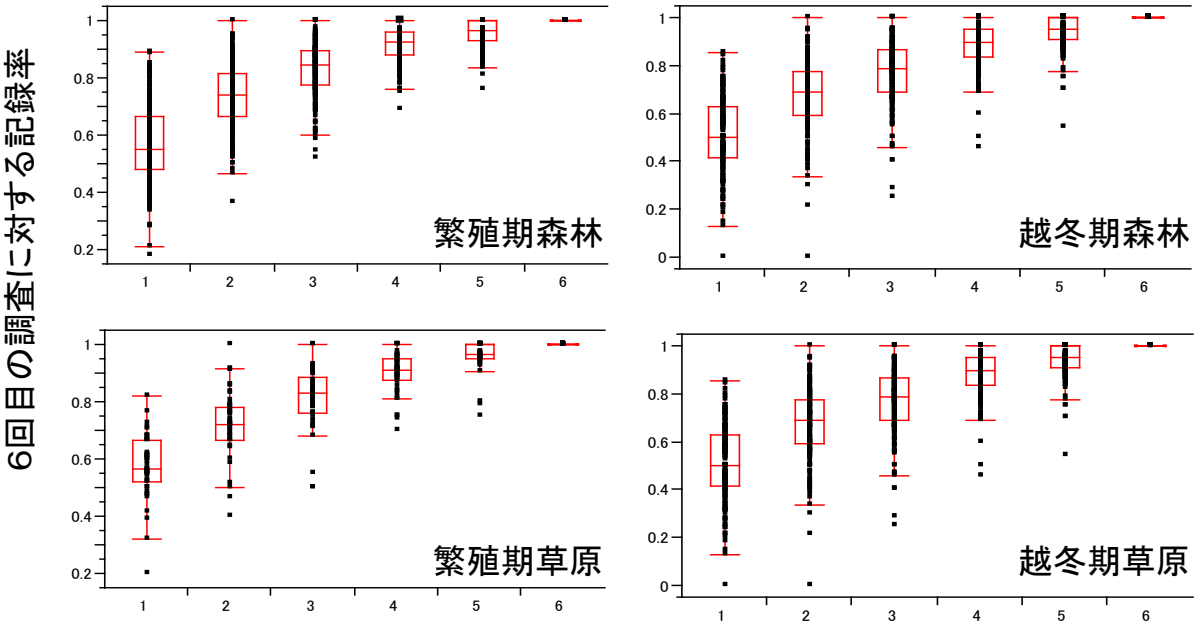


図 3-3　調査回数に対する種の記録率。

調査結果を集計するにあたっては、種の生息の有無については調査範囲外を含めた全ての記録を用い、個体数やバイオマスの算出には調査範囲内の巣立ちヒナおよび水鳥を除いた記録のみを用いて行った。

また、調査地の植生については、調査員が主要樹種について記録した。しかし、誤記入等の事例もあったことから、環境省の第２～５回自然環境保全基礎調査の植生図も踏まえ、事務局で総合的に判断した。

４. 森林・草原生態系の課題と解析の方向性

森林・草原生態系は地球温暖化のようなグローバルな環境変化、台風、病害虫およびシカの急速な増加による影響拡大のような地域的な環境変化など、様々な環境の変化や脅威にさらされている。長期生態系観測を行っているモニタリングサイト 1000 では、こうした環境変化に対する生態系の変化について評価することが求められている。しかし、第１期に得られた４年間のデータのみにより長期的な変化傾向を評価することは難しい。そこで、第１期の解析では、長期的な生態系の変化を観測するためのベースラインを把握することを目的に、空間的なパタンの重点的な解析、短期的な自然変動の解析を行った。

樹木と地表徘徊性甲虫、陸生鳥類といった森林・草原生態系の指標生物群は、相互に関係している。樹木の生産性は落葉供給量として、林床の環境に依存する甲虫類に影響を与え、甲虫類は分解者の上位捕食者として分解系を介した土壌栄養供給の機能に関与するため、樹木に影響を与える。鳥類は、果実や種子の捕食、地上徘徊性甲虫の捕食を通して、樹木と甲虫に影響を与える一方で、樹木、甲虫の多様性が鳥類に影響を与えている。これらの指標生物群のつながりに着目し、生態系全体として、どのような地域特性をもっているかを明らかにすることを目指している。そのため、コアサイトで、樹木、甲虫類と鳥類の調査結果を統合して検討した。

具体的には、以下の方針で解析した。

（１） 地球温暖化にともなう気候変動

i. 気温・降水パタンの変化、二酸化炭素濃度の上昇、積雪量の変化

① 動植物分布域の変化、種多様性の変化

すでに様々な生物群で、高緯度や高標高地域への分布域の変化、分布域の縮小・拡大が報告されており、これは気温上昇が主たる要因と考えられている（Rosenzweig *et al.* 2007）。森林植生帯の境界域に近い森林では植生の変化が生じ、樹木群集以外の生物にとっての生息環境の質や物質循環が大きく変化することも考えられる。第１期の結果に基づき、５章１節並びに６章１および２節において種の分布域、森林植生の分布と多様性について、現時点でのベースラインとしての解析を行った。第２期以降は、これらの分布域等のベースラインに変化傾向が見られないかをチェックしていく必要がある。

ツンドラや高山帯では、植物群集を構成する種組成にも変化が見られている（Rosenzweig *et al.* 2007）。種多様性のパタンをもたらす要因として、歴史的要因、地理的な面積の違い、分散制限、種分化速度、気候条件、生産性、土壌・地形条件、環境の安定性・不均質性、撹乱の種類や起こり方、生物間相互作用（捕食圧、種間競争の強さなど）、人間活動などがあげられる（Chown and Gaston 2000, Gaston and Blackburn 2000）。したがって、生物群の特性やこれらの要因が異なれば、種多様性の変化も異なることが予想される。そのため、ベースライ

ンを把握する目的で、生物多様性の地理的パタンを種数、類似度を用いて解析した。

② 生物の成長量、個体数および種数の変化

気候変動は、生物の成長量、繁殖率や死亡率を変化させ、個体群の動態に影響を与えると予想される。特に移動能力が低い生物や生息適地の分断化が生じている種は、影響を受けやすいと考えられる。アマゾンでは、近年、樹木の幹成長量が増加しており、二酸化炭素濃度の上昇や日照量の増加との関係性が指摘されている（Laurence *et al.* 2004、Lewis *et al.* 2004）。気候変動に対する反応は、樹木の機能群によっても異なっており、種構成の変化が報告されている（Laurence *et al.* 2004）。一方、コスタリカ（Clark *et al.* 2003）、パナマ、マレーシア（Feeley *et al.* 2007）では減少しているとの報告もあり、エルニーニョによる高温や少雨との関係性が指摘されている。また、アマゾンの熱帯林では、死亡率と新規加入率が過去 25 年間で増加していることが報告されている（Phillips *et al.* 2009）。米国西部においても、成熟林では過去 40 年間で樹木の死亡率が増加しており、新規加入率や胸高断面積には変化がみられなかった。この主な原因は、平均気温上昇による乾燥ストレスと考えられる（van Mantgem *et al.* 2009）。日本においても、今後、このような樹木の成長量、死亡率の変化が起きる可能性がある。第１期の解析では、５章１節並びに６章１節および２節において、第２期以降において変化を捉えるためのベースラインとして種数、個体数の把握を行った。また、５ 章２節において、樹木の成長量のベースライン値の把握を行った。第２期以降は、これらの変化と環境の経年変化との関係を解析する必要がある。

③ 炭素循環の変化

森林生態系は陸上生態系に蓄積している炭素量の約半分を蓄積し、陸上生態系の吸収量の４～５割を担っているため（IPCC 2001）、炭素循環に果たす役割は大きい。地球温暖化にともなう気候変動は、森林の炭素循環に影響を与え、さらに気候変動へフィードバックすると予想されている（Luo 2007）。森林の炭素循環は、植物の光合成、有機物の分解、物質循環、水循環などのプロセスが関わっており、これらのプロセスが複雑に関係しあっている。将来予測モデルの多くは、この複雑なプロセスを単純化しており、実際の生態系の反応は異なることも考えられる。そのために野外実験も行われているが、実験方法や地域によって異なる結果が得られており（Luo 2007）、生態系の反応の多様性を示しているものと思われる。さらに、短期的な影響以外に、植物群集や分解者群集の変化などを介した長期的な影響についても注意する必要がある。したがって、森林の炭素循環を多地点で長期間モニタリングすることが、実際の変化を捉えるために重要である。こうした結果は、モデル検証やプロセス解明の研究の発展のためにも、不可欠である。

第１期では、炭素循環のうち、森林生態系の炭素蓄積量と炭素収支に関わる指

標のモニタリングを行う体制が整った。森林生態系の炭素収支量（生態系純生産量 NEP[1]）は、樹木による正味の炭素吸収量（純一次生産量 NPP[2]）と、動物の呼吸や土壌有機物の分解にともなう炭素放出量（従属栄養生物の呼吸量）のバランスで決まる。生態系純生産量（NEP）の年変動には、純一次生産量（NPP）の年変動が従属栄養生物の呼吸量の年変動よりも関係しており、さらに純一次生産量（NPP）の中でも樹木の成長量の年変動の寄与が大きいとの報告もある（Ohtsuka *et al.* 2009）。そこで、５章２節では、今後の変化を捉えるためのベースライン値として、樹木、堆積落葉層、土壌中の炭素蓄積量を推定し、2004～2007 年における樹木への炭素蓄積量の変化量を求めた。さらに、樹木の地上部純一次生産量（NPP）、樹木の成長量、堆積落葉層の分解速度、分解速度に影響を与える堆積落葉層および土壌の炭素、窒素濃度を求めた。これらの指標値は、気温上昇、生物多様性の変化、人為撹乱や森林管理によって変化する可能性があるため、年平均気温や樹種構成の異なる森林間、あるいは成熟林と二次林で比較した。なお、蓄積量に対する台風撹乱の影響は５章５節で、病害虫の発生の影響は５章６節で検討した。

④　生物季節性・生育期間の変化

日本は四季の変化に富み、生物は季節にあわせた活動（生物季節性）を示す。サクラの開花前線なども、日本国内で生物季節性が違う例である。生物は温度（気温・土壌温度）や日長などを基に季節にあわせた活動を行っているため、気候変動は生物季節性に影響を与える。すでに国外では、植物の開葉、落葉、開花、結実、鳥の渡り、蝶の出現の時期が変化し、特に春が早くなる傾向が見られている（Rosenzweig *et al.* 2007）。ただし、地域によっては積雪量が増えて春が遅くなったとの報告もある（Kozlov and Berlina 2002）。

日本でも、過去約 50 年間でサクラ、タンポポなどの開花が早まり、イチョウやカエデの紅葉、落葉が遅くなり、また鳥の初鳴き、チョウの初見の時期が変わったと報告されている（気象庁 2005 ; Doi and Takahashi 2008）。これらの多くは都市部で観察されていることから、地球温暖化の影響だけでなく、都市化による気温上昇の影響も受けている（気象庁 2005）。都市化の影響を受けにくい森林での生物季節性の変化について、直接観察したデータは多くない。

森林の開葉・落葉時期の変化は、林床植物や植食性昆虫など他の生物の活動へ影響を与える。さらに、開葉時期が早まり、かつ落葉時期が遅くなり、結果的に展葉している期間が長くなることで、森林の炭素吸収量が増加する可能性がある。そのため、今後どのように森林の開葉・落葉時期が変化するかを予測することが

[1] 生態系純生産量（Net Ecosystem Production）は生態系からの正味の炭素の吸収あるいは放出量で、純一次生産量（NPP）から従属栄養生物の呼吸量を引いたものである。植物の炭素吸収量である総一次生産量（Gross Primary Production）から植物や従属栄養生物の呼吸量を引いて求めることもできる。

[2] 純一次生産量（Net Primary Production）は、GPP から植物の呼吸量を引いた、植物の正味の炭素吸収量である。

重要である。先行研究では、過去の開葉・落葉時期の変化と気温変化との相関を見ているが、気温は観察期間中２℃前後しか変化していなかった(藤本 2008)。今後も気温は上昇しつづけると予測されているが（Rosenzweig *et al.* 2007）、２℃以上上昇した場合の開葉・落葉時期の予測は、現在までに得られた結果の外挿となっているため、予測とは異なる変化が起こる可能性がある。また樹種によって、開葉・落葉フェノロジーも異なるだけでなく、気温上昇に対する開葉・落葉時期の反応性は異なり(Menzel *et al.* 2008)。したがって、樹種構成の変化に伴う長期的な変化は、ある樹種に基づく予測と乖離したものとなる可能性がある。

そこで、第１期の解析では、５章３節において、最大気温差が 10℃ある森林間で落葉時期を比較し、気温との関係を調べて、地球温暖化に伴う落葉時期の変化について検討した。

⑤ 種子生産量の変化

樹木の開花・結実量や健全種子量は、気象条件・樹木の資源量や状態に影響を受けける。したがって、気候変動などの環境変化により、種子生産量が変化すると予測される。さらに、環境変化は種子・果実を食べる昆虫などの捕食者の個体群動態にも影響を与え、結実量や健全種子量を左右する。このような環境変化に伴う種子生産量の変化は、森林の更新、樹木群集の多様性に影響を与えると考えられる。

種子や果実は様々な生物の餌となっているため、種子生産の変化は食物網でつながっている多くの生物にも大きな影響を与える。北米ではナラのドングリが豊作だった年に、ドングリを食べるネズミやシカの個体数が増えた。その結果、これらの動物に寄生するダニが増え、ダニが媒介するライム病の感染者が増えたと報告されている(Ostfeld 1997)。

多くの樹木では、種子数が多くなる豊作年と少ない凶作年があり、年によって種子生産量が変わる。この現象は豊凶現象と呼ばれる。例えば、シラカンバは概ね２～３年おきに、ブナは５～７年おきに豊作になる。そのため、種子生産量や健全種子の割合の平均、変動の大きさ、変動の周期などのベースライン値を定めるには、長期調査が必要である。

種子生産の長期データは、一部の林業上重要な落葉広葉樹や針葉樹を除き、多くの樹種ではデータが殆どなく、特に常緑広葉樹は少ない。その結果、日本国内では既存の知見のあるブナなどの一部樹種を除き、広域多地点で種子生産を比較することが困難であった。しかし、地域間での比較は、種子生産の年変動のメカニズムや生態系への影響を理解する上で重要である。さらに、環境変化が種子生産に与える影響を予測するのに役立つ。

森林調査では、2004 年より 17 サイトでリター・シードトラップを設置して、種子生産量を調査してきた。５章４節では、第１期で得られた４年分のデータを用いて、下記の種に着目し種子生産の４年間の年変動とその地域間比較を行った。

- 北海道から九州まで国内に広く分布するシデ類

- 種子生産の年変動の知見が最もよく蓄積されているブナ
- 調査例は少ないが、暖温帯・亜熱帯林の優占種であるブナ科常緑広葉樹のシイ類

また、種子生産の年変動がリター供給量に与える影響もあわせて検討した。

ii. 台風撹乱の変化

気候変動によって、台風の頻度、強度、経路が今後変わると予測されている。台風による撹乱は、樹木の更新、多様性に影響を与えるだけでなく、物質循環やさまざまな生物の多様性に影響を与えている。第１期の解析では、５章５節において台風が樹木の枯死率、炭素蓄積量、落葉・落枝の供給に与える影響を把握し、林床環境の変化を介して地表徘徊性甲虫群集へ与える影響を検討した。また、台風撹乱や人為撹乱が森林生態系に与える長期的な影響も検討した。

（２） 病害虫、シカ等による生物間相互作用の変化

① 病害虫による影響

地球温暖化にともなう気温、降水量などの環境条件の変化は、植食性昆虫並びにセンチュウ、菌類、ウィルスおよびこれらを植物体に媒介・導入する昆虫（以降、「病害虫」という）の発生状況を変える可能性が指摘されている（Rosenzweig *et al.* 2007）。こうした生物に対する樹木の抵抗性は、環境変化の影響を受ける。また、環境変化は病害虫の個体数、分布域へ直接的に影響を与える。こうした生物と天敵などの生物間相互作用が変わり、間接的にも影響を与える可能性がある。その結果、今まで見られなかった地域で病害虫が発生して撹乱が生じ、すでに発生していた森林でも撹乱の強さや頻度が変化する可能性が指摘されている。また、人間活動によって持ち込まれた外来生物が害を与えることもある。さらに、森林管理などの人と自然の関わり方の変化も、病原虫の大発生に影響を与える。

樹木の枯死は、炭素蓄積や窒素循環などの森林生態系の機能に影響を与える。また、樹木以外の生物群の多様性にも影響を与える可能性がある。

近年、日本の森林では、ナラ枯れやマツ材線虫病によるマツ枯れなどの樹木の集団枯死が問題となっている。第１期の解析では、５章６節において、モニタリングサイト 1000 の調査サイトにおけるマツ材線虫病によるマツ枯れとナラ枯れによる森林生態系への影響を、樹木死亡率、地上部炭素蓄積量、地表徘徊性甲虫群集の変動との関連性から解析した。

② シカによる植生衰退

日本各地でシカによる植生衰退が問題となっている。シカの採食により樹木の更新が阻害され、新規加入率が低下する。また、特定の樹種に関しては、樹皮の採食により枯死が生じ、死亡率が上昇する。すでに一部のサイトでは植生衰退が

見られており、第２期以降では、さらに変化が生じる可能性がある。植生衰退は様々な生物へ影響することが報告されている。大台ヶ原では、シカの採食により下層植生がなくなり、下層植生を利用するウグイス、コルリ、コマドリ等の種が減少し、逆に開けた場所を好むアカハラやビンズイ、枯死木を利用するキツツキ類等の増加が報告されている（Hino 2000, 日野 2004)。また、イギリスでも同様の現象が報告されている（BTO 2004)。第２期以降では、このような下層植生を利用する鳥の生息状況にも注意していく必要がある。ただし、第１期では、シカの食害の影響を把握する調査設計となっていなかったため、本報告書では記載しなかった。第２期における課題としたい。

（３） 外来種および希少種

第１期では、６章３節にて広域多地点の調査を行っている一般サイトに関し、外来鳥類および希少鳥類の出現状況、出現の多い種の分布傾向を把握した。また、今後の調査で注目すべき種を検討した。

表 4-１　森林・草原生態系の課題と解析の方向性。

影響要因	環境変化	生物・生態系への影響	解析の方針
地球温暖化	気温・降水パタンの変化、二酸化炭素濃度の上昇、積雪量の変化	動植物分布域の高緯度・高標高への変化、縮小・拡大、植生変化	第１期：種の分布域、森林植生の多様性について、ベースラインの解析 第２期以降：分布域の変化傾向の把握
		生物の成長量、個体数および種数の変化	第１期：生態系を構成する種の類似度、種数などのベースラインの把握、樹木の成長量のベースラインの解析 第２期以降：樹木の成長量や死亡率の変動の把握と気象の関係の解析、地表徘徊性甲虫の個体数・種数の変化の把握
		炭素循環の変化	第１期：炭素蓄積量、吸収量、土壌有機物の分解速度と影響する分解系特性について、ベースラインの解析 第２期以降：変化傾向の把握
		生物季節性・生育期間の変化	第１期：日本全国の森林サイトの落葉時期と気温の関係を調べ、地球温暖化に伴う落葉時期の変化について検討 第２期以降：落葉時期の変化を把握
		種子生産量の変化	第１期：シデ類、ブナ、シイ類の種子生産量の短期的変動と地域間比較、種子生産の年変動に伴うリター供給の変化 第２期以降：長期的変動と変化傾向の把握
	台風撹乱の変化	生物多様性、炭素循環への影響	第１期：台風撹乱による樹木の死亡率、炭素蓄積・吸収量、地表徘徊性昆虫を含む動物の短期的変化の把握 第２期以降：上記の変動・変化傾向の長期的な把握
生物間相互作用の変化	病害虫の発生状況の変化	樹木群集の多様性、炭素循環、土壌環境の変化	第１期：マツ材線虫病とナラ枯れによる森林生態系への影響を樹木死亡率、炭素蓄積量、地表徘徊性甲虫群集の変動との関連性から解析・報告 第２期以降：林分構造、構成種等の変化との関連性を解析
	シカによる植生衰退	生物群集の多様性・炭素循環の変化、土壌流亡	第１期：未検討 第２期以降：影響の把握については、今後の課題
外来種と希少種		森林・草原への外来種の侵入	第１期：鳥類について外来種および希少種の出現状況把握 第２期以降：分布拡大・縮小傾向の把握

引用文献

British Trust for Ornithology. 2004. Why are woodland birds declining? BTO News (253): 5-7.

Clark, D.A., Piper, S.C., Keeling, C.D. & Clark, D.B. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **100**: 5852-5857.

Chown, S.L., & Gaston, K.J. 2000. Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness. Trends in Ecology & Evolution **15**: 311-315.

Doi, H., & Takahashi, M. 2008. Latitudinal patterns in the phenological responses of leaf colouring and leaf fall to climate change in Japan. Global Ecology and Biogeography **17**:556-561.

Feeley, K.J., Joseph Wright, S., Nur Supardi, M.N., Kassim, A.R. & Davies, S.J. 2007. Decelerating growth in tropical forest trees. Ecology Letters, **10**: 461-469.

藤本 征司. 2008. 気候変動が暖温帯域の樹木の葉フェノロジーに与える影響の予測. 保全生態学研究 **13**:75-87.

Gaston , K.J., & Blackburn, T. M. 2000. Pattern and Process in Macroecology. Blackwell Science, Oxford, 377 pp.

Hino, T. 2000. Bird community and vegetation structure in a forest with a high density of Sika Deer. Japanese Journal of Ornithology **48**: 197-204.

日野輝明 2004. シカが鳥のすみかを左右する. 森の野鳥を楽しむ 101 のヒント. pp. 164-165. 日本林業技術協会, 東京.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of theIntergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 192 p.

気象庁. 2005. 異常気象レポート 2005 近年における世界の異常気象と気候変動 ～その実態と見通し～（Ⅶ）.

Kozlov, M.V., & Berlina, N.G. 2002. Decline in length of the summer season on the Kola Peninsula, Russia. Climatic Change **54**:387-398.

Lewis, S.L., Phillips, O.L., Baker, T.R., Lloyd, J., Malhi, Y., Almeida, S., Higuchi, N., Laurance, W.F., Neill, D.A., & Silva, J.N.M., Terborgh, J., Lezama, A.T., Martinez, R.V., Brown, S., Chave, J., Kuebler, C., Vargas, P.N., & Vinceti, B. 2004 Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences **359**: 421-436.

Laurance, W.F., Oliveira, A.A., Laurance, S.G., Condit, R., Nascimento, H.E.M., Sanchez-Thorin, A.C., Lovejoy, T.E., Andrade, A., D'Angelo, S., Ribeiro, J.E., & Dick, C.W. 2004. Pervasive alteration of tree communities in undisturbed Amazonian forests. Nature **428**: 171-175.

Luo, Y. 2007. Terrestrial carbon-cycle feedback to climate warming. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics **38**: 683-712.

Menzel, A., Estrella, N., Heitland, W., Susnik, A., Schleip, C. & Dose. V. 2008. Bayesian analysis of the species-specific lengthening of the growing season in two European countries and the influence of an insect pest. International Journal of Biometeorology **52**:209-218.

Ohtsuka T., Saigusa N., and Koizumi H. 2009. On linking multiyear biometric measurements of tree growth with eddy covariance-based net ecosystem production. Global Change Biology **15**:1015-1024.

Ostfeld, R. S. 1997. The ecology of Lyme-disease risk. American Scientist **85**:338-346.

Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T.L., Seguin, B., & Tryjanowski, P. 2007. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., and Hanson, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 79-131.

Phillips, O.L., Aragao, L., Lewis, S.L., Fisher, J.B., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., Malhi, Y., Monteagudo, A., Peacock, J., Quesada, C.A., van der Heijden, G., Almeida, S., Amaral, I., Arroyo,

L., Aymard, G., Baker, T.R., Banki, O., Blanc, L., Bonal, D., Brando, P., Chave, J., de Oliveira, A.C.A., Cardozo, N.D., Czimczik, C.I., Feldpausch, T.R., Freitas, M.A., Gloor, E., Higuchi, N., Jimenez, E., Lloyd, G., Meir, P., Mendoza, C., Morel, A., Neill, D.A., Nepstad, D., Patino, S., Penuela, M.C., Prieto, A., Ramirez, F., Schwarz, M., Silva, J., Silveira, M., Thomas, A.S., ter Steege, H., Stropp, J., Vasquez, R., Zelazowski, P., Davila, E.A., Andelman, S., Andrade, A., Chao, K.J., Erwin, T., Di Fiore, A., Honorio, E., Keeling, H., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Cruz, A.P., Pitman, N.C.A., Vargas, P.N., Ramirez-Angulo, H., Rudas, A., Salamao, R., Silva, N., Terborgh, J., & Torres-Lezama, A. 2009. Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. Science **323**: 1344-1347.

van Mantgem, P.J., Stephenson, N.L., Byrne, J.C., Daniels, L.D., Franklin, J.F., Fule, P.Z., Harmon, M.E., Larson, A.J., Smith, J.M., Taylor, A.H., & Veblen, T.T. 2009. Widespread Increase of Tree Mortality Rates in the Western United States. Science **323**: 521-524.

５.コアサイト・準コアサイト解析結果および考察

５．１　生物多様性の地理的パタンとその変化

樹木は 326 種、オサムシ科・ホソクビゴミムシ科甲虫は 107 種、鳥類は繁殖期に 73 種、越冬期に 52 種が出現した。３つの機能群の生物多様性のパタンは、日本列島の緯度勾配に沿って逆の傾向を示した。樹木では南方の暖かい地域ほど多様性が高く、一方、甲虫では北方の寒い地域ほど多様性が高くなった。鳥類（越冬期）では南方の暖かい地域ほど種数が高い傾向が見られた。群集組成は、樹木では主に気候帯によって区分された。オサムシ科・ホソクビゴミムシ科甲虫の群集は、本州と北海道で大きく区分され、気温だけでなく地史的な要因が大きく影響していると考えられた。出現種のうち、狭い地域に分布する種と広域に分布する種がみられた。鳥類では繁殖期、越冬期とも顕著な傾向は見られなかった。

生物多様性のベースラインを把握するため、地理的パタンを種数および類似度を用いて示した。特に種数と温度、群集の類似度関係、調査期間４年分の種数と個体数の変動を検討した。さらに、今後の分布の変化を予測する最初のステップとして、特定の種の分布域を示した。

（１）　種の多様性の地理的パタン

第１期の調査期間中に、樹木では 158 属 326 種[1]（310 種・16 変種）出現した。これは、日本産被子・裸子植物 5062 種（日本分類学会連合 2003）の約６％にあたる。地表徘徊性甲虫の全採集個体数のうち、オサムシ科は半数以上を占め、個体数は次いでハネカクシ科、センチコガネ科、シデムシ科、ホソクビゴミムシ科の順となった（図 5-1-1）。この報告書で解析対象としたオサムシ科とホソクビゴミムシ科（以下、オサムシ類）は、28 調査区で 107 種が出現した。これは日本産のオサムシ科およびホソクビゴミムシ科の計 1657 種（堀 2008）の約７％にあたる。鳥類は 25 調査区において 85 種出現した。これは日本で確認されている鳥類 568 種（うち外来種 26 種）（日本鳥学会 2000）の約 15%にあたる。

樹木と甲虫の年平均気温と種の豊富さのパタンは逆の傾向を示し、樹木では暖かい地域ほど種数が多く、甲虫では寒い地域ほど種数が多くなった（図 5-1-2a,b）。暖かい地域ほど、堆積落葉量が少なく（$P< 0.01$）、土壌炭素量も少なくなる（$P< 0.05$）パタンがみられた。この林床の有機物量のパタンは、甲虫の種数のパタンと一致していた。一般に、オサムシ類は北方起源のため、系統的、地史的制約によって南に行くほど種数が減少すると考えられるが、加えて腐食食物網の基盤資源でありかつオサムシ類の生息空間でもある林床有機物量の制約も、種数の低下に関係しているのかもしれない。

[1] 人工林を含む 46 調査区。面積が１ha よりも小さい調査区が 11 個、大きい調査区が３つ含まれる。

鳥類では、年平均気温と種の多様性のパタンは、繁殖期にははっきりとした傾向が見られなかったが、越冬期は樹木と同様に温かい地域ほど種数が多い傾向が見られた（図5-1-2c,d）。種の豊富さのパタンを説明するために、繁殖期と越冬期のそれぞれについて、種数を応答変数とし、それを説明する要因として年平均気温以外に、①森林タイプ、②緯度、③経度、④標高、⑤オサムシの種数、⑥個体数、⑦調査年度の計８つを説明変数としてAIC[2]を用いてモデル選択を行ない、種数に影響を与えている要因について検討した。

その結果、繁殖期における種数の違いは森林タイプの違いで最もよく説明され、年平均気温は影響していなかった（二つの選択されたモデルのうち（$\Delta AIC \leq 2$）、有意に影響していた変数は、森林タイプのみであった。針広混交林における種数は、落葉広葉樹林および常緑針葉樹林における種数よりも多い傾向が認められた）。一方、越冬期における種数の違いを最もよく説明していた説明変数の組み合わせ（モデル）は２つあり（$\Delta AIC \leq 2$）、有意に影響していた変数の組み合わせは「緯度、経度、標高」の組み合わせと、「経度、気温」の組み合わせであった（北ほど種数が少なく、東ほど種数が多く、標高が高いほど種数が少ない傾向が見られた）。

これらのことは、繁殖期では、気温よりも森林タイプの方が鳥類の分布において重要であることを示している。ただし、森林タイプそのものは、主に気温と標高によって影響を受けているため、気温や標高は種の分布に間接的には影響をしていることになる。

一方、越冬期において、緯度、標高および気温が説明変数として選択されたのは、冬期の低温が鳥類の分布を制限しているからと思われる。東ほど種数が多い傾向があり、経度が選択されたのは、積雪量が西方の日本海側で多く東方の太平洋側で少ないことが影響している可能性が考えられる。ただし、日本海側の調査サイトが少ないことに影響を受けている可能性も考えられる。鳥類の分布と積雪量の関係については、６章１節でも調査地点数が多い一般サイトのデータでも検討した。

[2] 赤池の情報量規準（Akaike's information criterion）。統計モデルの実測値へのあてはまりのよさの指標。値が小さいほど単純かつあてはまりがよいモデルであることを意味する。

(a) マイマイカブリ　(b) オオルリオサムシ　(c) シコクオサムシ　(d) クロオサムシ　(e) ヒメオサムシ

(f) ホソアカガネオサムシ　(g) キタクロナガオサムシ　(h) ムラサキオオゴミムシ　(i) ルイスオオゴミムシ　(j) ツンベルグナガゴミムシ

(k) コガシラナガゴミムシ　(l) コクロツヤヒラタゴミムシ　(m) スジアオゴミムシ　(n) オオホソクビゴミムシ　(o) ダイミョウハネカクシ

(p) ルイスセスジハネカクシ　(q) オオヒラタシデムシ　(r) センチコガネ　(s) アマミエンマコガネ　(t) マメダルマコガネ

図 5-1-1　ピットフォールトラップで採集された甲虫類の例。(a)～(m)オサムシ科、(n)ホソクビゴミムシ科、(o)～(p)ハネカクシ科、(q)シデムシ科、(r)センチコガネ科、(s)～(t)コガネムシ科。スケールの長さは、(a)～(o)、(q)～(s)5㎜、(p)、(t)1㎜。

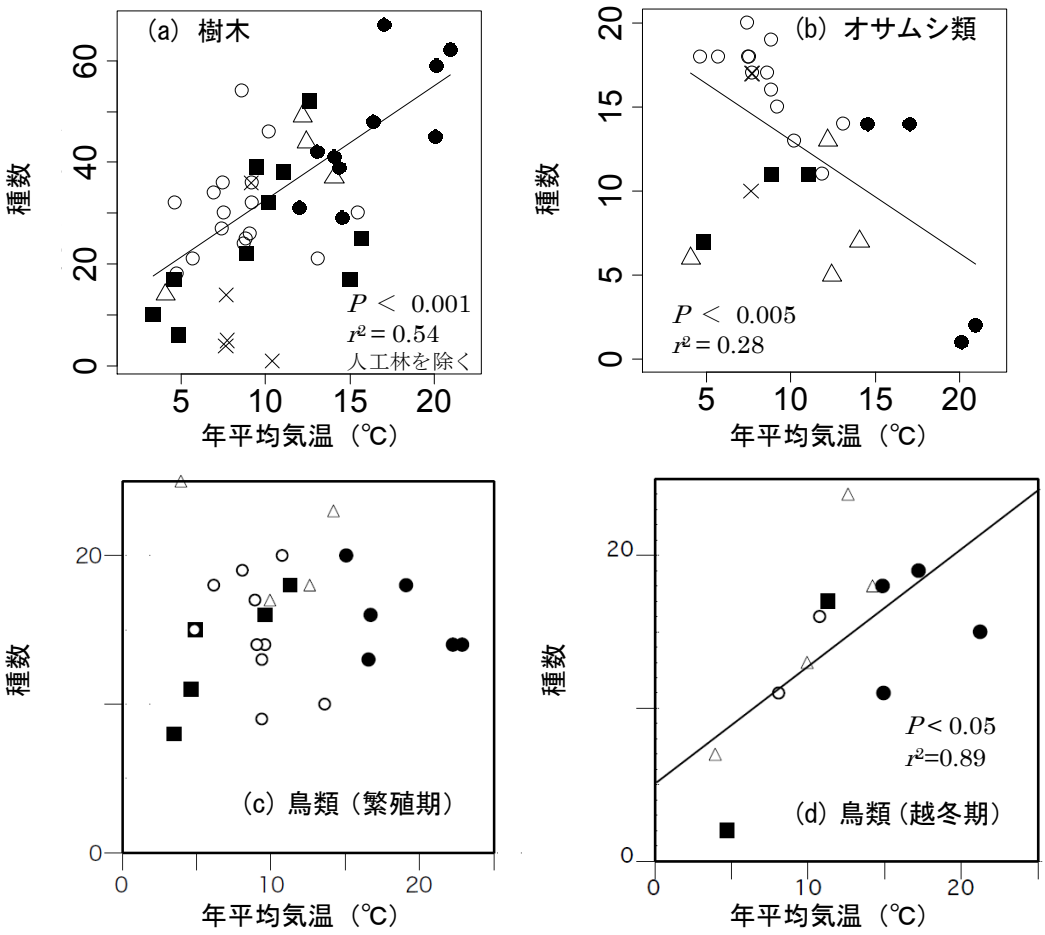


図 5-1-2　年平均気温と(a)樹木、(b)オサムシ類甲虫、(c)繁殖期および(d)越冬期の鳥類の種数の関係。常緑針葉樹林（■）、針広混交林（△）、落葉広葉樹林（○）、常緑広葉樹林（●）、針葉樹人工林（×）．樹木では人工林や面積の小さい調査区は除いた回帰直線を示す。鳥類の回帰分析は各サイトから１データのみ（１年分のデータのみ）を用いた。

（２）　種数と個体数の短期的な変動

2004 年から 2007 年までの調査で得られた樹木とオサムシ類甲虫、鳥類（繁殖期、越冬期）のそれぞれの種数、個体数の年変化を示した（図 5-1-3～図 5-1-6）。

各調査区において、樹木個体数の年変動は非常に小さかった（変動係数 0.1～2.8%）（図 5-1-3a）。一方で、甲虫の個体数は、特定の調査区で 25 倍に増加、あるいは 1／12 に減少するといった大きな年変動（変動係数 15.2～117.0%）がみられた（図 5-1-4a）。甲虫種数の年変動の幅（変動係数 4.6～86.6%）は、個体数の変動幅よりも小さかったものの、樹木種数の年変動（変動係数 0.0～4.2%）と比較すると大きかった（図 5-1-3b, 図 5-1-4b）。地表徘徊性甲虫の群集組成は、森林構造、堆積落葉量、林床の光環境等の影響を受けることが知られている（Koivula *et al.* 2002、Ikeda *et al.* 2005、Vanbergen *et al.* 2005）。甲虫の個体数や種数の短期的な変動は、台風や病虫害の発生による急激な林床の環境変化への反応の可能性もある。これらの変動の要因については、５章４節、５章５節において述べる。

鳥類では、繁殖期については第１期では２年分のデータしかないため、年変動がどの程度起きるのかについて、今後継続して推移を見ていく必要があると思われる（図 5-1-5)。越冬期については３年分のデータがあり、個体数の年変動が繁殖期に比べて大きい傾向があった（図 5-1-6)。

第１期調査では樹木に比べて甲虫と鳥類で個体数の年変動が大きい傾向が見られた。今後、長期的にモニタリングすることにより変化傾向が生じているかどうかを検証できると思われる。

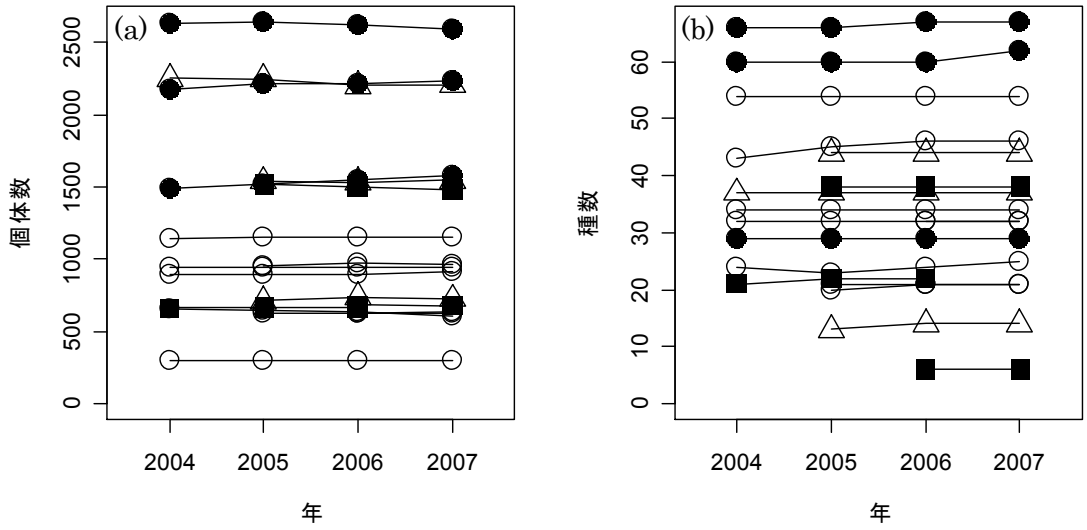


図 5-1-3　樹木の(a)個体数と(b)種数の変化。常緑針葉樹林（■)、針広混交林（△)、落葉広葉樹林（○)、常緑広葉樹林（●)。

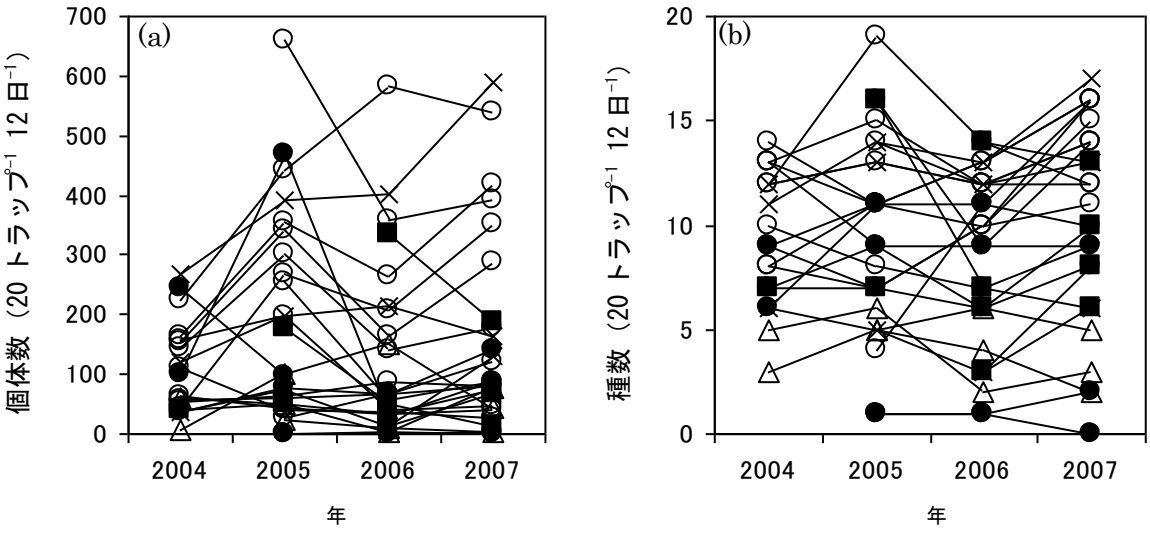
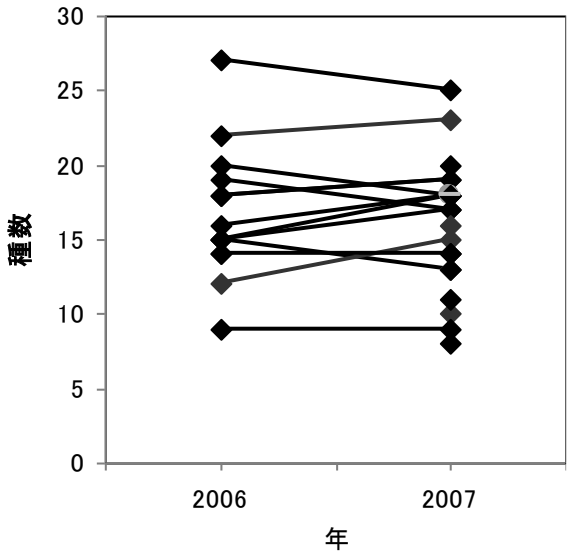


図 5-1-4　オサムシ類甲虫の(a)個体数と(b)種数の変化。常緑針葉樹林（■)、針広混交林（△)、 落葉広葉樹林（○)、常緑広葉樹林（●)、針葉樹人工林（×)。



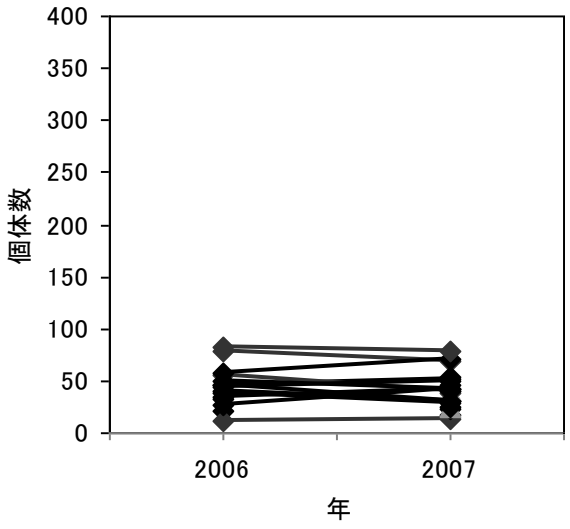
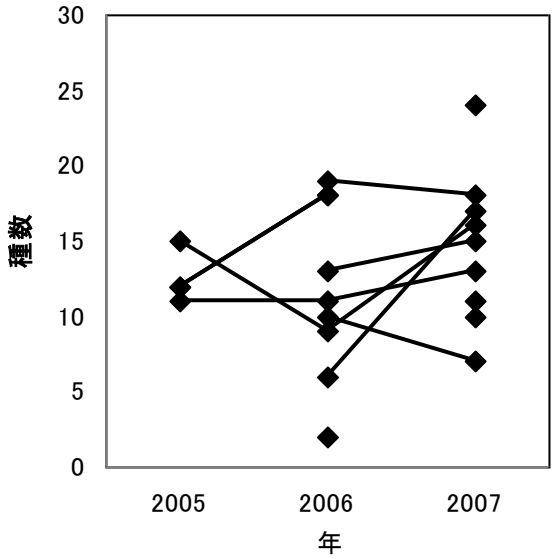


図 5-1-5　鳥類の出現種数および出現個体数の年変化（繁殖期）。



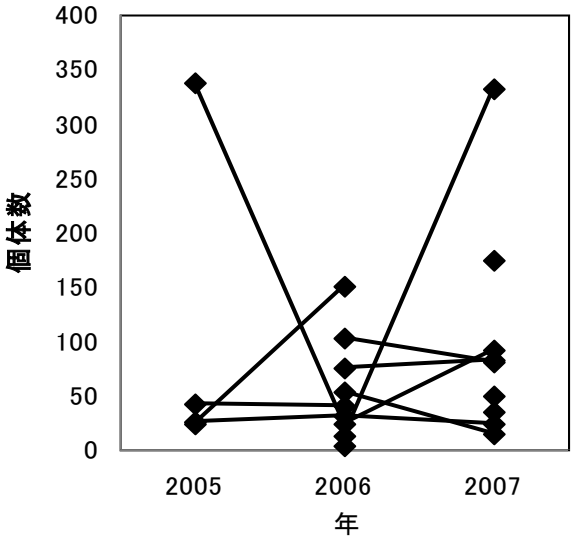


図 5-1-6　鳥類の出現種数および出現個体数の年変化（越冬期）。

（３） 群集組成

i. 樹木群集の類似度

日本列島は南北に長く、降水量が多いため、温度によって森林植生が変化する。南から亜熱帯・暖温帯常緑広葉樹林、冷温帯落葉広葉樹林、亜寒帯常緑針葉樹林が分布している。また標高に伴なう温度変化にも応じて、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、亜高山帯常緑針葉樹林と変化する。第一期で調査された森林を特徴づけるため、樹木群集間の類似度[3]をもとにクラスター分析を行った。

樹木群集は、大きく３つのグループに分けられた（図 5-1-7）。グループ１は常緑針葉樹を主とする本州の亜高山帯林、グループ２は主に冷温帯林、グループ３は亜熱帯・暖温帯林となった。これらは暖かさの指数と概ね対応しており（図 5-1-8）、グループ１とグループ２の区分は暖かさの指数[4]が約 50℃・月、グループ２とグループ３は約 85℃・月で分けられた。これは従来いわれていた、亜高山帯・亜寒帯針葉樹林、冷温帯落葉広葉樹林、亜熱帯・暖温帯常緑広葉樹林の境界と一致している（吉良 1949）。このように、第１期において、日本を代表する森林植生をほぼ網羅するように調査地を設定できた。

グループ２とグループ３は、さらに細かいグループに分かれ、多様な樹木群集が見られた。グループ２（冷温帯林）は、４つに分かれ（図 5-1-7）それらは北海道の主に落葉広葉樹林（2A）、本州日本海側の森林（2B、2C）、本州太平洋側の主に落葉広葉樹林（2D）であった。日本海側は、さらにスギが優占する森林（2C）と落葉広葉樹林（2B）に分かれた。日本海側の落葉広葉樹林（2B）と太平洋側の森林（2D）の違いは、日本海側の調査区にはイヌブナが見られなかったのに対し、太平洋側ではブナよりもイヌブナが優占していることだった。グループ３（亜熱帯・暖温帯林）は、４つに分かれた（図 5-1-7）。暖かさの指数が概ね 120℃・月以下の森林で、モミ、ツガ、ヒノキなど針葉樹の優占度が比較的高い主に針葉樹林や針広混交林（3E）、概ね 120℃・月以上の常緑広葉樹林（3F）と、函南、ヤクスギだった。3F では針葉樹や落葉広葉樹は見られるが、イスノキ、タブノキ、カシ類などの常緑広葉樹が優占していた。函南はアブラチャンが優占する点で 3F とは異なった。またヤクスギも、サクラツツジやハイノキが優占し、冷温帯のスギ林（2B）とも 3E とも異なった。

また人為撹乱の種類や経過時間の異なる森林にもサイトが配置された。例えば、苫小牧や秩父の中でも、成熟林と二次林では、サイト間の違いに相当するほど群集が異なった（図 5-1-7）。また、岡山と小佐渡豊岡は、コナラが優占する二次林であり、３つのグループのいずれにも属さなかった。常緑広葉樹林のサイトの中にも、奄美と与那は炭焼き窯跡があるなど人為撹乱を受けてきた。より人為撹乱の少ない低緯度の森林は、奄美や与那とは群集が異なる可能性がある。

---

[3] 非類似度＝１－類似度（Abundance-based adjusted Jaccard similarity index）として求めた(Chao *et al.* 2006)。この類似度は種の在・不在だけでなく、幹数に基づいて計算される．クラスタリングは群平均法を用いた。

[4] 2004～2006 年の暖かさの指数の平均値を用いた。

第１期では、日本の代表的な森林植生をほぼ網羅できた。これらの森林植生の分布は温度環境が大きく効いており、暖かさの指数において森林植生帯の上限に近い森林（芦生枡上、仁鮒水沢、青葉山、おたの申す平、早池峰山など）では、地球温暖化による植生変化が現れやすいと考えられる。また、地史的要因、降雪量などの気候条件、自然撹乱、過去の人為撹乱などの影響が地球温暖化による影響に違いをもたらす可能性があるため、多様な森林にサイトを配置することは重要と考えられる。

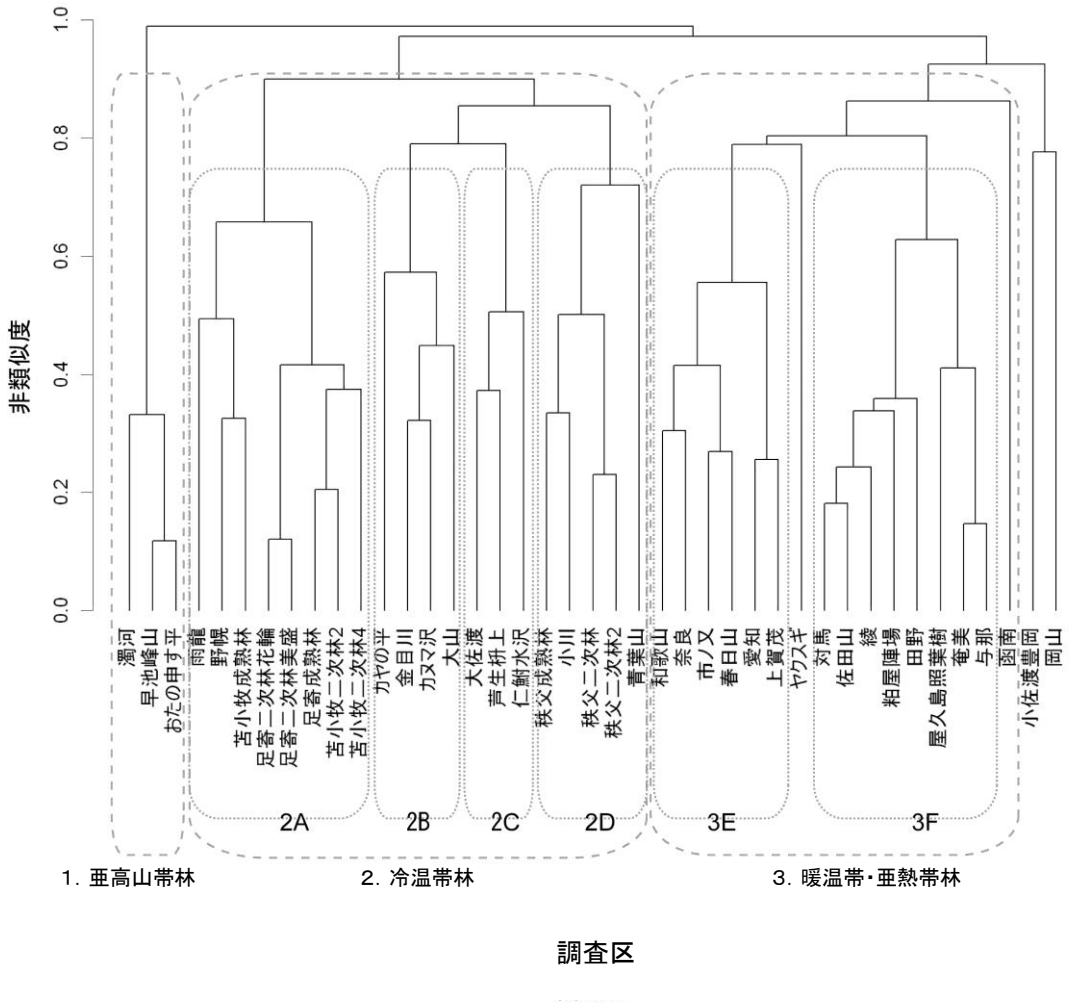


図 5-1-7　41 の調査区の樹木群集の類型化。種組成をもとに樹木群集は大きく３つに分かれ、さらにグループ２は４つ、グループ３は４つに分かれた。2A：北海道の主に落葉広葉樹林、2B：本州日本海側の落葉広葉樹林、2C：本州日本海側のスギ林、2D：太平洋側の主に落葉広葉樹林、3E：暖かさの指数が概ね 120℃・月以下の主に針葉樹林や針広混交林、3F：暖か指数が概ね 120℃・月以上の常緑広葉樹林。小佐渡豊岡と岡山はコナラ二次林で、３つのいずれのグループとも異なっていた。

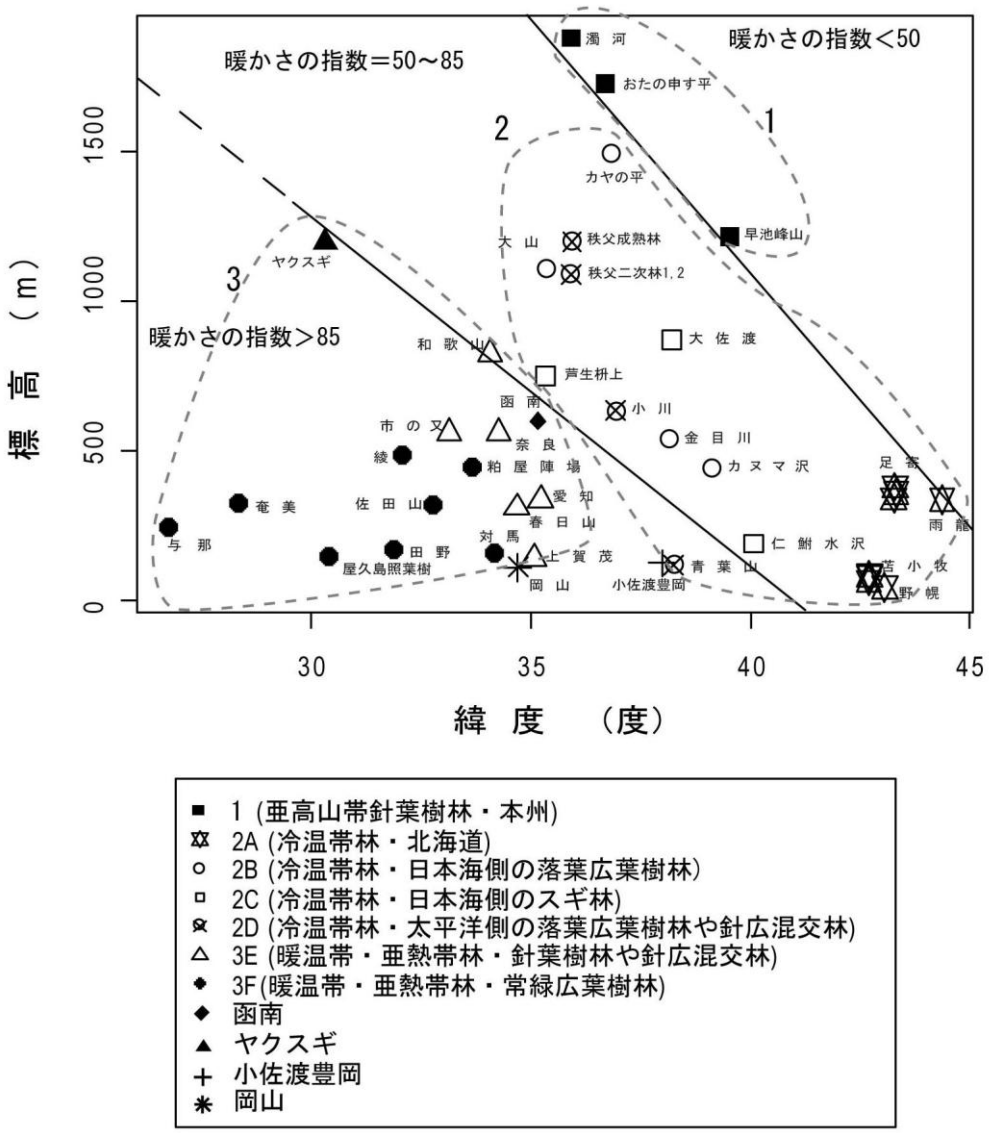


図 5-1-8　類型化された樹木群集の緯度と標高の関係。種組成をもとに樹木群集は大きく４つに分かれ、さらにグループ２は４つ、グループ３は４つに分かれた。

ii. 甲虫群集の類似度

各調査区で採集されたオサムシ類甲虫の種数と個体数をもとに、調査区間の類似度[5]を算出し、群平均法を用いてクラスタリングした（図 5-1-9）。

奄美のオサムシ類は、他の調査区との共通種がなく、奄美でのみで出現する種だけであった。日本列島は大陸から分離して成立したが、奄美諸島以南の島々は大陸島の中で最も古くから独立した島であるため、動物相の固有性が高いことが知られる。今回の結果では、

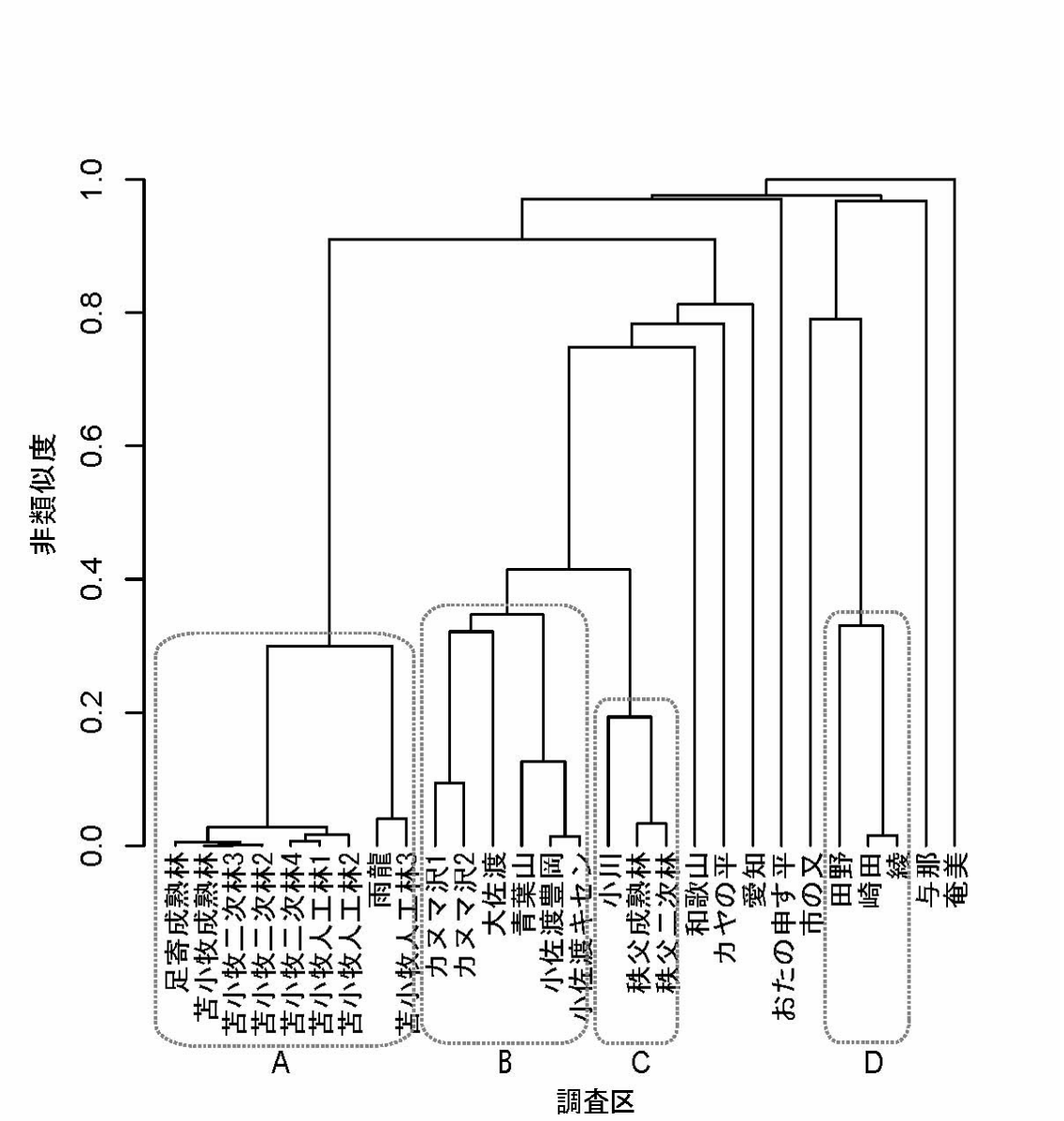


図 5-1-9　28 調査区のオサムシ類甲虫の群集の、類似度に基づく類型化。非類似度が 0.4 以下のものをグループとし、４つのグループに区分した。A：北海道、B：東北・佐渡、C：関東、D：九州。

[5] 非類似度＝１－類似度（Abundance-based adjusted Jaccard similarity index）として求めた(Chao *et al.* 2006)。この類似度は種の在・不在だけでなく、採集個体数に基づいて計算される。

与那が九州の調査区との共通種が多く、オサムシ類群集に渡瀬線[6]を境界とする大きな違いはみられなかった。

オサムシ類甲虫の群集は、A.北海道、B.東北・佐渡、C.関東、D.九州の４つに区分された（図 5-1-9、点線枠内の調査区）。北海道では北方要素の強い独自の動物相がみられた。本州と北海道とを分けるブラキストン線は、多くのオサムシ類の種の分布の南限となっていた。北海道で採集された全体の種数（26 種）の内、約６割にあたる 15 種が北海道のサイトのみで採集されており、その内の８種は国内での分布がほぼ北海道のみに限られる種であった（セダカオサムシ、コブスジアカガネオサムシ、ツンベルグナガゴミムシ等）。北海道で採集された種の内、国内で北海道以外にも広く分布している 18 種は、本州東部のみとの共通種であるクロオサムシ等と、北海道から九州まで全国的に分布する種であるクロツヤヒラタゴミムシ等に区分された。

グループ B に区分されたカヌマ沢の年平均気温は、グループ C の小川や秩父とほぼ同じである。一方、緯度ではグループ C よりも 3~4°高い（図 5-1-10）。すなわち、甲虫類群集には気温だけでなく、過去から現在にいたるまでの地史的な背景を含む緯度勾配が重要な要因となると考えられる。同様に、おたの申す平、カヤの平は年平均気温ではグループ A の北海道地域とほぼ同じであるが、緯度がグループ A よりも低い。したがって、地理的な距離によって種の分布に制限があり、群集組成が大きく異なることが分かる（図 5-1-10）。

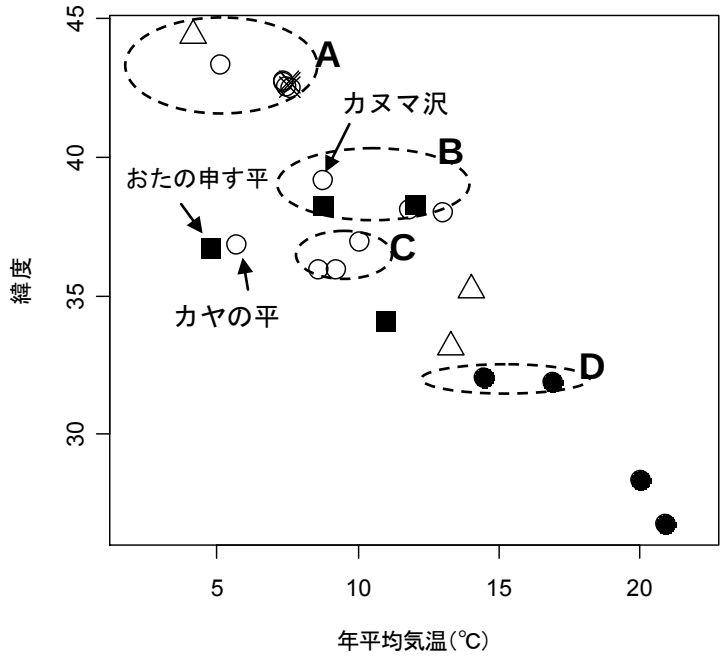


図 5-1-10　類型化されたオサムシ類甲虫群集の調査区の緯度と年平均気温の関係。A～D は図 5-1-9 における甲虫群集のクラスターを示す。常緑針葉樹林（■）、針広混交林（△）、落葉広葉樹林（○）、常緑広葉樹林（●）、針葉樹人工林（×）。

[5] 渡瀬線は、屋久島・種子島と奄美諸島の間にある吐喝喇（トカラ）海峡を東西に横切る生物地理上の境界線であり、日本の動植物の多くの分布がこの境界で区分される。

iii. 鳥類群集の類似度

繁殖期（2006～2007 年)、越冬期（2005～2007 年）に得られた鳥類データに基づいて、コアサイト 16 ヶ所、準コアサイト９ヶ所の種の在・不在をもとにピアソンの φ 係数に基づき類似度を算出し、群平均法によるクラスタリングを行った。

その結果、繁殖期、越冬期とも顕著な傾向は見られず、クラスターのまとまりは弱いものであった。これは調査期間が２～３年と短いことや解析に足るサイト数が少ないことに起因しているものと考えられるため、今後、調査精度を上げていくことや第２期以降のデータを含めて再解析すること等が必要と思われる。

iv. 群集組成の分類群による違い

樹木群集では、亜高山帯・亜寒帯、冷温帯、暖温帯・亜熱帯の気候帯に対応する群集組成の違いが明瞭であった。第１期では、森林植生、甲虫および鳥類群集は、必ずしも対応していないことが明らかになった。甲虫群集間の類似度は大きくは森林植生と一致していたが、地理的に４つの類型が見られ、地理的要因に対応する傾向が見られた。移動性の高い鳥類群集では、樹木や甲虫に比べて群集組成の違いが明瞭でなかった。これは森林という同環境での種構成の差異が、他の分類群のように顕著でないことが一つの要因として考えられる。

森林植生帯の南限、標高下限に近い森林では、今後、地球温暖化等により樹木群集の組成に変化が生じれば、地表徘徊性甲虫や鳥類など他の生物群にとっての生息環境が質的に大きく変化することが考えられる。また、生物群によって環境変化に対する応答が異なり、森林植生が変化しなくとも甲虫や鳥類群集が変化する可能性も考えられるため、第２期以降では、森林植生の変化と甲虫、鳥類群集の変化の共通点・相違点に着目すべきである。また各生物群のクラスターを特徴づける種を抽出し、サイト間で成長量、種子生産量、体サイズ、個体数変動などを比較することで、群集の量的な変化を早期に検出、予測できると期待される。

（４） 種の分布域

ある生物種がどこまで広域に分布するのか、限られた分布域にのみ出現するのかを把握し、分布域の変化を追跡することで、広域種や狭域種の生息域の変化や縮小が予測できる。それぞれの地域や種によって環境変化に対する応答が異なるかもしれないので、面的な広がりを考慮した視点は重要である。

i. 樹木

樹木は、人工林を除く 41 調査区で 316 種（301 種・15 変種）が確認された[7]。多くの調査区で確認される種もあれば、一部の調査区でしか確認されない種もあった（図 5-1-11。1／3 以上の調査区で出現した種は 13 種であり（図 5-1-12)、これらの多くは北海道から九州まで分布する広域分布種であった。

一方、出現種のうち約 1／3 にあたる 96 種は、１つの調査区にしか出現しなかった（図 5-1-11)。その中には、シマウリカエデ、ハナガガシ、ヤエガワカンバ、ウラジロカンコノキ、ニッケイ、ミヤマシロバイ、シマサルスベリなど、分布域が狭い種がみられた。特にシマサルスベリ、ミヤマシロバイ、ハナガガシは絶滅の危険性が増えている種（絶滅危惧 II 類）となっている（環境省レッドリスト 2007 年)。こうした種以外に出現調査区が少ない種には、ツル植物（キヅタ、ツルマサキなど）や低木種（ツクバネウツギ、ツツジ類、

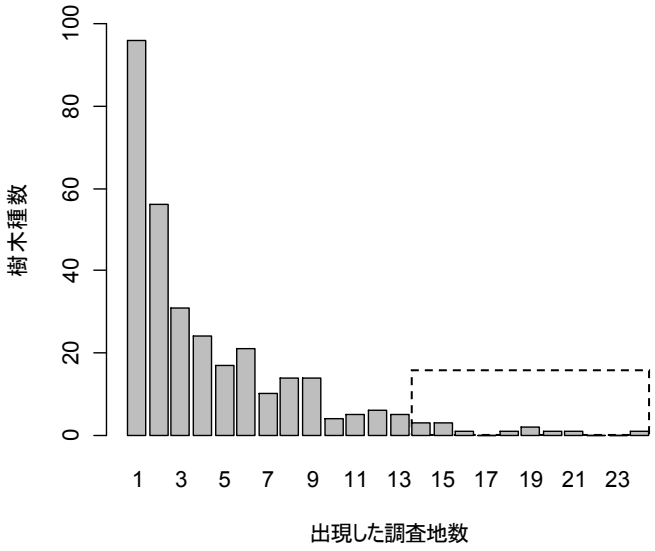


図 5-1-11　樹種ごとの出現した調査区数の頻度分布。41 調査区中 14 以上の調査区で見られた樹種（点線の枠内）の内訳は図 5-1-12 を参照。

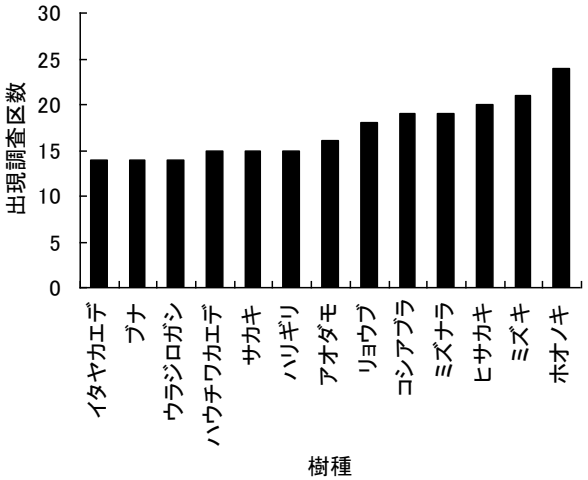


図 5-1-12　出現調査区数が多かった上位 13 樹種（1／3 以上の調査区に出現)。

[7] 面積が１ha よりも小さい調査区が６つ、大きい調査区が３つ含まれる。

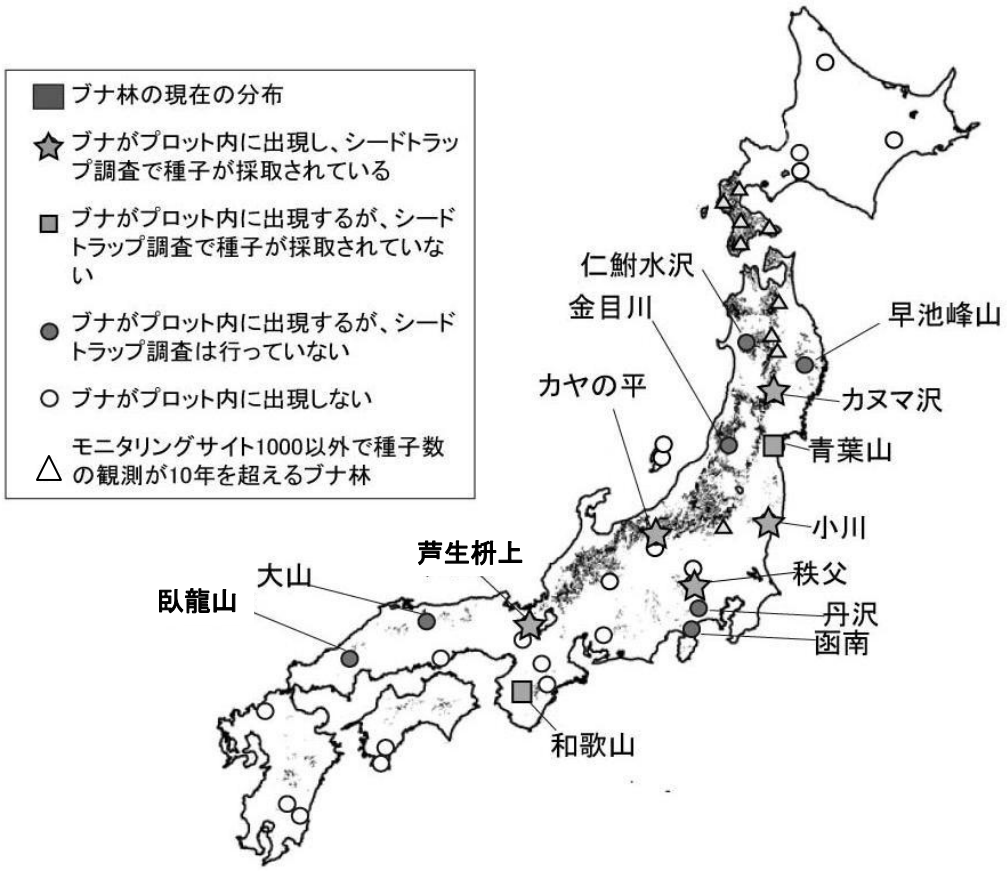


図 5-1-13　ブナ林の現在の分布とモニタリングサイト 1000 森林調査のサイト。ブナの出現状況、種子生産量の調査状況、モニタリングサイト 1000 以外で種子生産量の長期観測が行われている地点（今・野田 2008）を示す。ブナ林の分布は Matsui *et al.* （2004） Fig.1 を改変。丹沢、臥龍山は 2008 年度より調査。

ヤブムラサキ）のように、毎木調査の対象に入りにくい種もみられた。

分布域の境界付近で地球温暖化による変化が生じやすく、南限や標高下限の集団ではその種の順化能力を超えた環境変化が生じると考えられる。ブナは北海道渡島半島から九州まで、暖かさの指数で約 35～95℃・月の範囲に分布している（図 5-1-13、Matsui *et al.* 2004）[8]。モニタリングサイト 1000 では、ブナが出現し、暖かさの指数では上限に近い芦生枡上（84℃・月）にサイトを配置した[9]（図 5-1-8）。樹木は寿命が長いため、気候変動の影響は、個体数よりも幹成長や種子生産量で検知しやすいと考えられる。10 年以上の長期にわたってブナの種子生産数が調査されてきた森林は、カヌマ沢、小川、秩父を含め東日本に偏っていた（今・野田 2008）。モニタリングサイト 1000 ではカヤの平、芦生枡上、和歌山が加わり、より広域で種子生産の変化を捉えられる体制ができつつある。また、分布域の北限も、分布域の拡大など変化が現れやすい。広域に分布するシロダモでは、分布の北限に近い青葉山と小佐渡にサイトが配置された（図 5-1-14）。

[8] 実際の分布は、暖かさの指数の他、人為撹乱、積雪量、降水量等により決まっている。
[9] 和歌山（83℃・月）、青葉山（94℃・月）、函南（101℃・月）にも調査区内にブナが数本出現する。

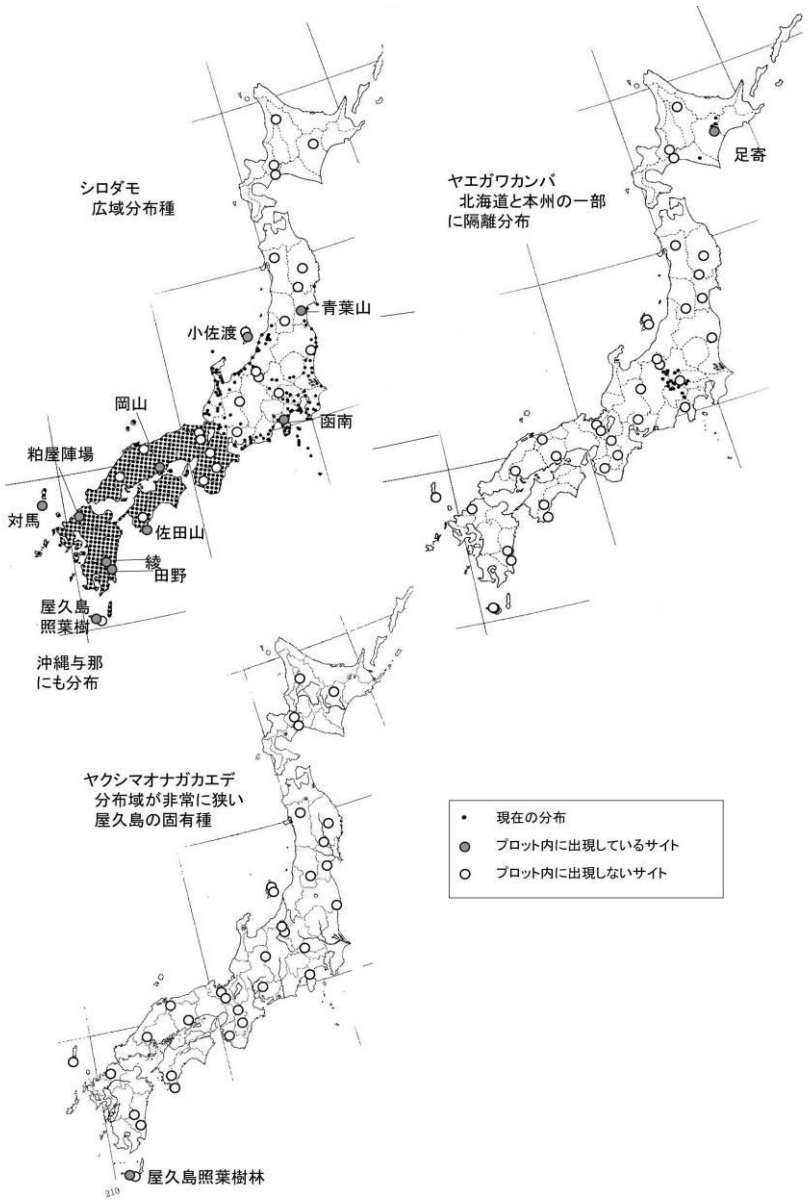


図 5-1-14　樹木の分布域とサイトでの出現状況（出版社より転載許可を得て日本林業技術協会（1968、1971）を改変）。

地理的に分布域が非常に狭い種や特殊な環境に適応した種は、遺伝的プールが小さく新たな環境に適応した遺伝的型の生産が難しいため、地球温暖化の影響が現れやすいと言われている（大場 2003）。また、島・山塊などで進化した種は、海・山などの地形的障壁があり、新たな生育適地への移動分散が妨げられる。開発などにより孤立化した地域集団や、四国・九州・屋久島・南西諸島の断続的な温帯林も、同様である。多くのサイトを配置することで、こうした種の変化も見ることができる。

例えば、ヤエガワカンバは北海道と本州の一部に分布している（図 5-1-14）。本種は、朝鮮半島や中国には広く分布していることから、特殊な環境に適応しているわけではなく、何らかの原因で隔離分布するようになったと考えられる。足寄ではヤエガワカンバの幹成長および種子生産量の年変動も明らかになってきている。また、ヤクシマオナガカエデは屋久島の固有種である（図 5-1-14）。

ii. 地表徘徊性甲虫

オサムシ類 107 種のうち、1 つの調査区でのみ出現した種は 39 種で、全体の 4 割を占め、地域の固有性が高いことが示された。一方、10 以上の調査区で共通して出現した種は 1 割程度であり、調査区全体の 1／3 以上の調査区で出現した種は、クロツヤヒラタゴミムシ、マイマイカブリなどの 8 種であった。特にクロツヤヒラタゴミムシは、共通して出現した調査区数が最も多く、琉球列島を除くほとんどの調査区でみられた。クロツヤヒラタゴミムシの分布は既知の分布とほぼ同じであった（図 5-1-15a）。ヨリトモナガゴミムシは既存の調査では九州でも分布が確認されているが（上野ら、1985）、今回の調査では関東以北までしか確認されなかった（図 5-1-15b）。同様にムナビロアトボシアオゴミムシ（図 5-1-15c）およびクリイロナガゴミムシ（図 5-1-15d）も既知の分布域の南部では今回の調査で分布が確認されなかった。

『全国一斉クマゼミ調査』によって、クマゼミは分布を北に広げていることが知られている。本来は暖かい地域に多く、関東南部が北限といわれていたセミであり、関東地方北部の気温上昇との関係が考察され、生息域の北限の環境が暖かくなることで生息数が増加する可能性も指摘されている（ウェザーニューズ 2008）。今回のオサムシ類甲虫の調査結果では、分布域の南端で変化がみられることが予想された。オサムシ類甲虫の場合には、暖かくなりすぎると夏眠することなどにより繁殖が抑制される。オオクロナガオサムシでは、温度条件を 15、20、25℃とした場合に、高温ほど産卵が抑制されることが分かっている（曽田 2000）。夏の暑い期間が長くなるとオサムシ類個体数に影響があるかもしれない。長期的な甲虫調査および気温モニタリングの継続によって、分布域の南端の地域の温度変化がオサムシ類甲虫の生息へ及ぼす影響を検討できるだろう。

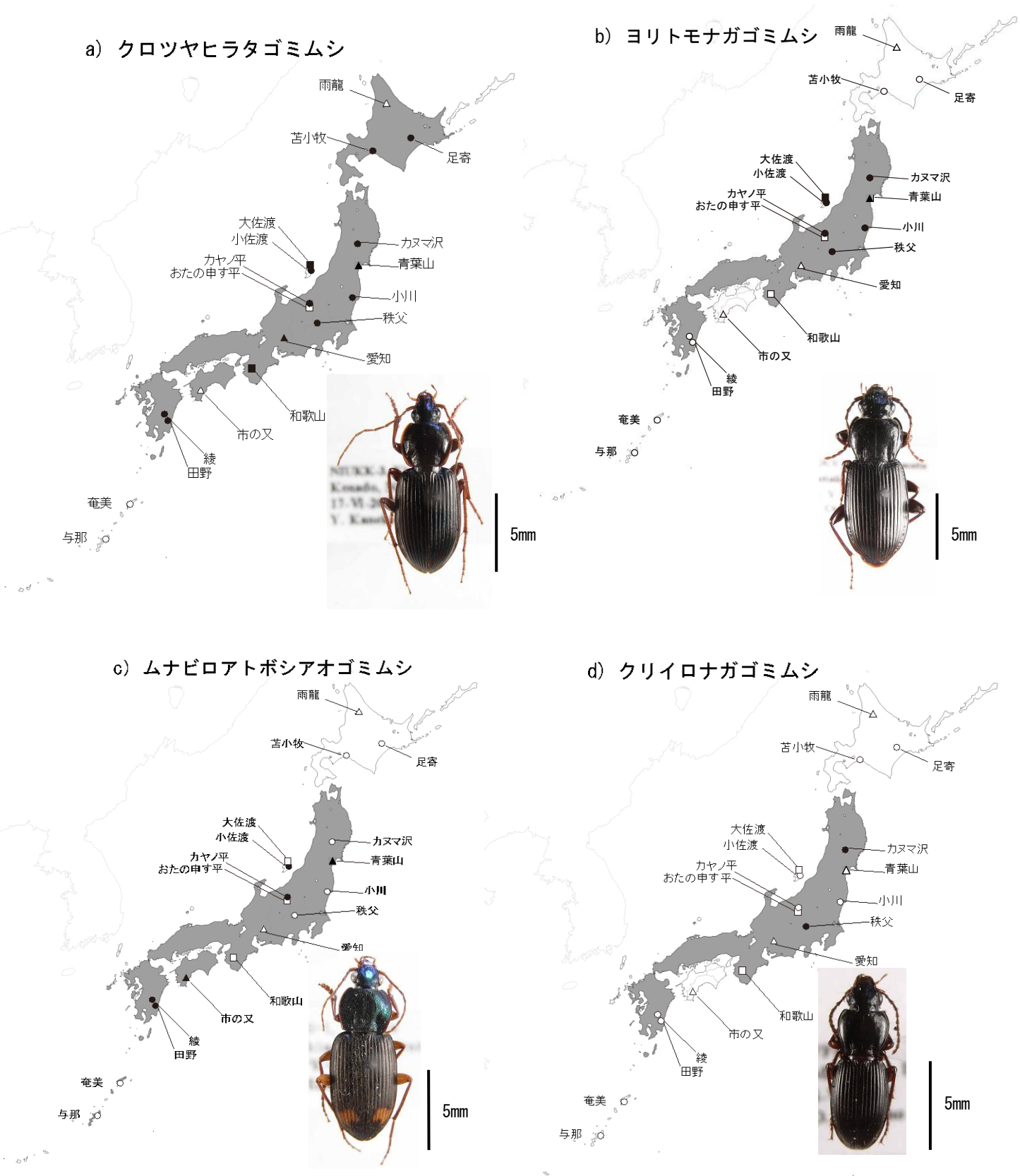


図 5-1-15　a) クロツヤヒラタゴミムシ、b) ヨリトモナガゴミムシ、c) ムナビロアトボシアオゴミムシ、d) クリイロナガゴミムシの分布。△, ▲：針広混交林、□, ■：常緑針葉樹林、○, ●：広葉樹林を示し、黒塗りは種が出現したサイト、白抜きは出現しなかったサイトを示す。既知の分布域（上野ら 1985）は灰色で示した。

iii. 鳥類

鳥類では、１つの調査区にしか出現しなかった種は、繁殖期はコアサイト、準コアサイトのいずれも 17 種、越冬期コアサイト 20 種、準コアサイト 16 種であった（図 5-1-16)。その中には、アオバズク、オオコノハズク、フクロウなど主に夜行性の鳥類の他、比較的観察しづらいヤマドリ、キクイタダキなどが挙げられる。同様に、分布が限られている種として、クマゲラ、ノグチゲラ、アカヒゲ、オオトラツグミ、カラスバト、オオタカ、サンショウクイ、オーストンオオアカゲラなど環境省のレッドリスト掲載種が９種(１亜種含む)記録されている。年による変動が見られ、繁殖期に記録される種の中には、広範囲のプロットで共通して記録される種の割合が高いのに対して、越冬期では共通して記録される種は少ない傾向が見られた。こうした傾向が明確なものであるかどうかは今後調査を継続する必要がある。

また、鳥類の出現状況は、全調査を通じ、繁殖期には 73 種、越冬期には 52 種が記録された（図 5-1-17)。これらのうち、出現地点の多い種 10 種としては、繁殖期には、シジュウカラ、コゲラ、ヤマガラ、ウグイス、キビタキ、ヒガラ、ヒヨドリ、カケス、メジロ、ゴジュウカラが挙げられ、越冬期には、シジュウカラ、ヤマガラ、コゲラ、ヒヨドリ、エナガ、メジロ、シロハラ、ハシブトガラス、ヒガラ、ウグイスが記録された。いわゆる夏鳥として多く記録された５種は、キビタキ、ヤブサメ、オオルリ、センダイムシクイ、サンショウクイの順であった。コアサイト、準コアサイトで、ある種の出現頻度の傾向を経年的に比較することで、ある程度その種の個体数の動向を把握することは可能と考えられる。

なお、繁殖期の調査では、外来性鳥類のガビチョウ、ソウシチョウがコア・準コアサイトでも確認された。

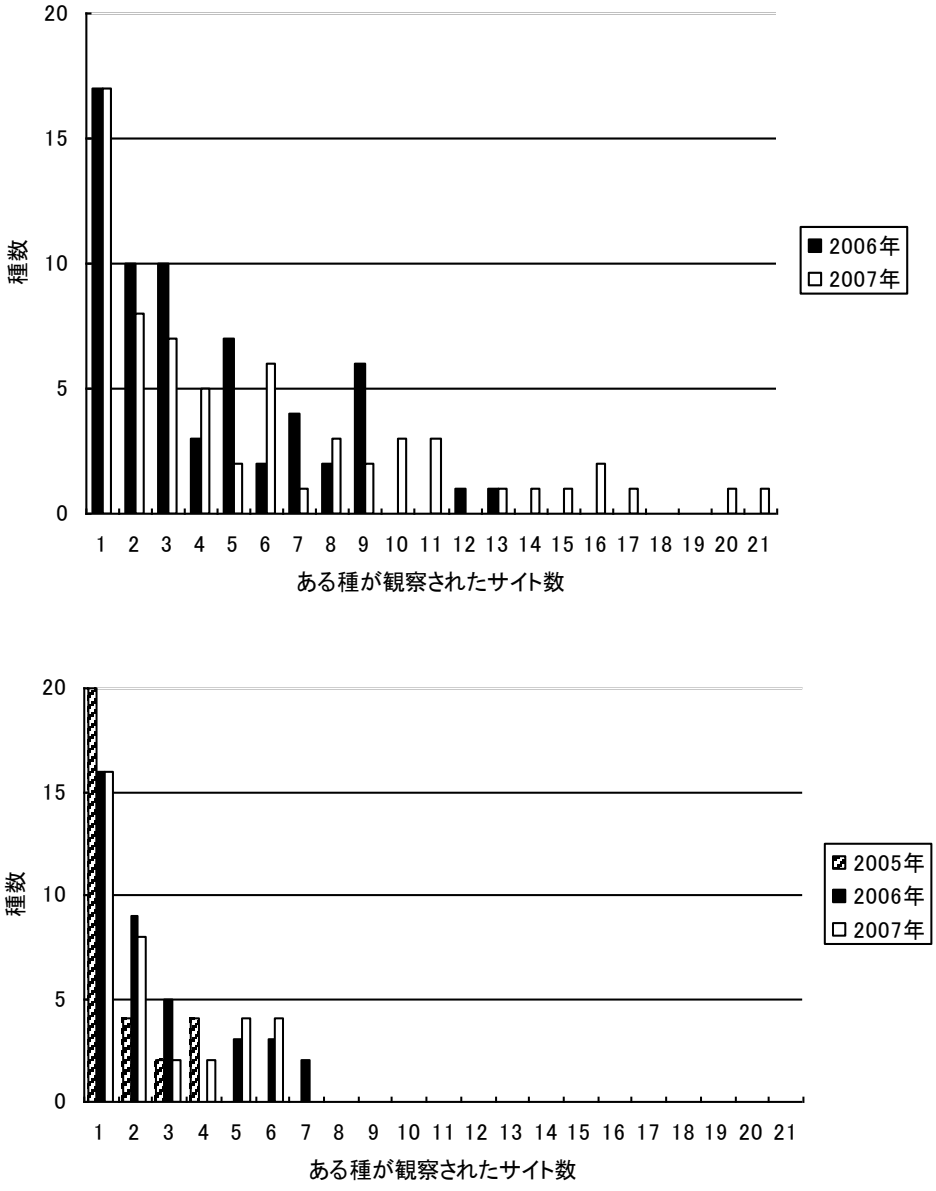
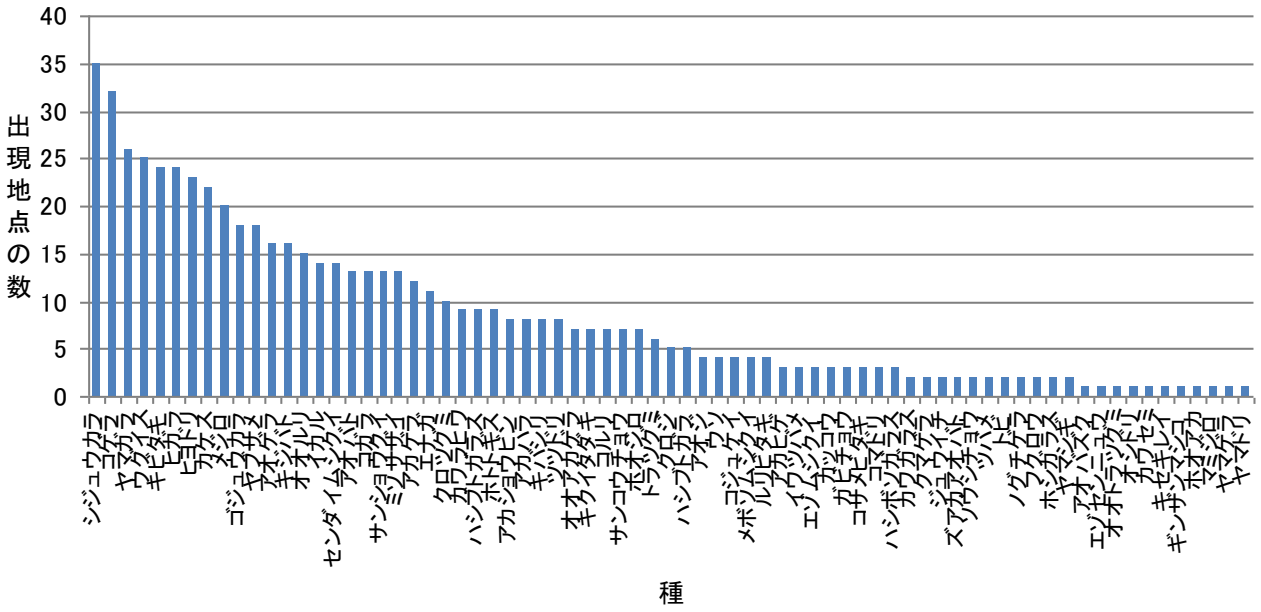


図 5-1-16　出現した調査区の数の頻度分布。（上：繁殖期、下：越冬期）

(繁殖期)



(越冬期)

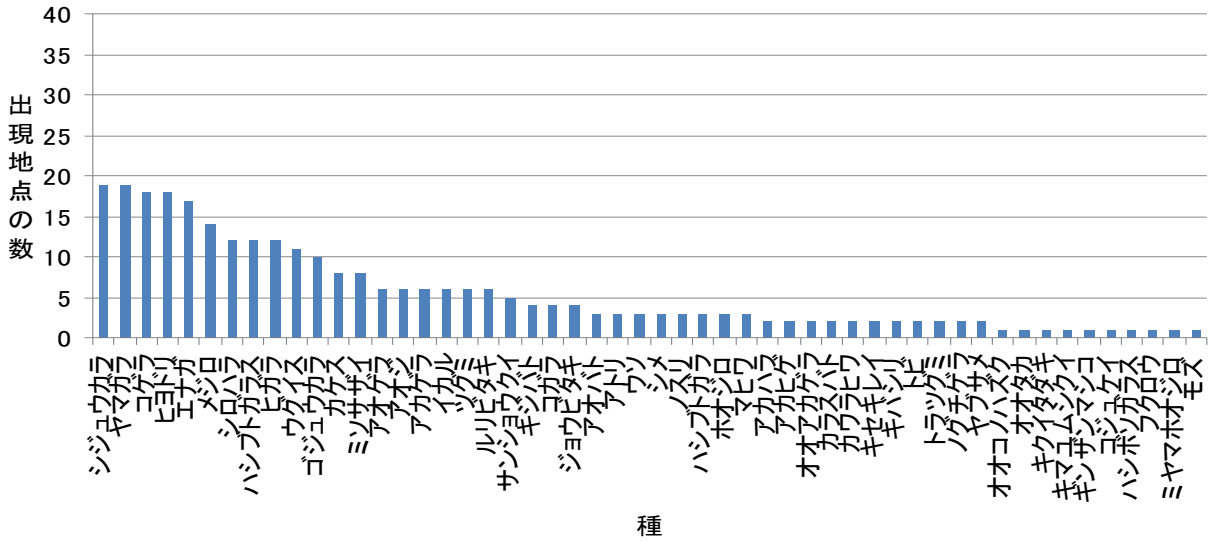


図 5-1-17　鳥類の出現頻度。

コアサイト、準コアサイトで観察された種の地域的な分布を、表 5-1-1、表 5-1-2 に示した。繁殖期に、すべての地域で見られた種として、ウグイス、オオアカゲラ、キジバト、キビタキ、コゲラ、シジュウカラ、ハシブトガラス、ヒヨドリ、ヤマガラの９種が挙げられ、越冬期には、コゲラ、シジュウカラ、シロハラ、ハシブトガラス、ヒヨドリ、ヤマガラの６種が挙げられた。広範囲に渡来する夏鳥としてはキビタキ、冬鳥としてはシロハラ（ただし、シロハラは、ごく一部であるが繁殖している地域がある）が挙げられる。環境省のレッドリスト掲載種であるアカヒゲ、オオトラツグミ、ノグチゲラ、カラスバト、オーストンオオアカゲラは奄美・沖縄地域で記録され、個体数の推移について継続的な把握が必要であると考えられる。この他、クマゲラも局所的な生息種であるため、今後の出現頻度は注視すべきと考えられる。

表 5-1-1 分布が特徴的な種（繁殖期）。

種名	全ての地域	北海道	東北	東北以南の本州	四国・九州	奄美・沖縄
ウグイス	●					
オオアカゲラ	●					
キジバト	●					
キビタキ	●					
コゲラ	●					
シジュウカラ	●					
ハシブトガラス	●					
ヒヨドリ	●					
ヤマガラ	●					
ギンザンマシコ		●				
クマゲラ		●				
ハシブトガラ		●				
ヤマゲラ		●				
アカゲラ		●	●	●		
アオゲラ			●	●	●	
イワツバメ			●			
オシドリ			●			
カワガラス			●			
カワセミ			●			
キセキレイ			●			
ホオアカ			●			
コサメビタキ				●		
ホシガラス				●		
マミジロ				●		
ヤマドリ					●	
アカヒゲ						●
オオトラツグミ						●
ズアカアオバト						●
ノグチゲラ						●

表 5-1-2　分布が特徴的な種（越冬期）。

種名	全ての地域	北海道	東北	東北以南の本州	四国・九州	奄美・沖縄
コゲラ	●					
シジュウカラ	●					
シロハラ	●					
ハシブトガラス	●					
ヒヨドリ	●					
ヤマガラ	●					
ギンザンマシコ		●				
ハシブトガラ		●				
アカゲラ		●	●	●		
アオゲラ			●	●	●	
キクイタダキ			●			
オオアカゲラ				●		
キセキレイ				●		
コガラ				●		
コジュケイ				●		
トラツグミ				●		
フクロウ				●		
モズ				●		
アカハラ				●		
アトリ				●		
シメ				●		
ノスリ				●		
ミヤマホオジロ					●	
ヤブサメ					●	
サンショウクイ					●	●
アカヒゲ						●
オオコノハズク						●
カラスバト						●
ノグチゲラ						●

引用文献

Chao, A., Chazdon, R.L., Colwell, R.K., & Shen, T.J. 2006. Abundance-based similarity indices and their estimation when there are unseen species in samples. Biometrics **62**: 361-371.

堀繁久 2008. 日本産オサムシ科リスト. http://www7b.biglobe.ne.jp/~ptero/List/Subfamily%20List.htm

Ikeda, H., Homma, K., & Kubota, K. 2005. Biotic and abiotic factors affecting the structures of ground invertebrate communities in Japanese cedar dominant forests. Eurasian Journal of Forest Research **8**: 1-13.

環境省 2002. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブック－，2 鳥類. 財団法人 自然環境研究センター，東京.

環境省 2007. 維管束植物レッドリスト. http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html

吉良竜夫 1949. 日本の森林帯. 林業解説シリーズ **17**: 42.

Koivula, M., Kukkonen, J., & Niemera, J. 2002. Boreal carabid-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along the clear-cut originated succession gradient. Biodiversity Conservation **11**: 1269-1288.

今博計・野田隆史 2008. ブナにおけるマスティングとその適応的意義 - 受粉効率仮説と捕食者飽食仮説の検証 - . 寺澤和彦・小山浩正・編, ブナ林再生の応用生態学. 文一総合出版, 東京.

Matsui, T., Yagihashi, T., Nakaya, T., Taoda, H., Yoshinaga, S., Daimaru, H., & Tanaka, N. 2004. Probability distributions, vulnerability and sensitivity in *Fagus crenata* forests following predicted climate changes in Japan. Journal of Vegetation Science **15**: 605-614.

日本林業技術協会・倉田 悟・林野庁 1968, 1971. 原色日本林業図鑑, 第一巻・第三巻. 地球社, 東京.

日本分類学会連合 2003. 第 1 回日本産生物種数調査,http://research2.kahaku.go.jp/ujssb/

日本鳥学会 2000. 日本鳥類目録, 改訂第 6 版. 日本鳥学会, 帯広.

大場秀明 2003. 生物多様性への影響. 遺伝 **17**（別冊）.

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, 京都.

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, 大阪.

Vanbergen, A.J., Woodcock, B.A., Watt, A.D., & Niemela, J. 2005. Effect of land-use heterogeneity on carabid communities at the landscape scale. Ecography **28**: 3-16.

ウェザーニューズ 2008. “地球温暖化”の影響で『クマゼミ』の北限が北上し生息地拡大. http://weathernews.com/jp/c/press/2008/080903.html

５.２森林の炭素蓄積・吸収機能とその変化

森林生態系が陸上の炭素循環に果たす役割は大きい。炭素循環の変化を今後捉えるためのベースライン値として、森林の炭素蓄積量、樹木による正味の炭素吸収量、堆積落葉層の分解速度、樹木の炭素蓄積量の変化量を求め、これらの値を年平均気温、構成樹種や人為撹乱の程度の異なる森林間で比較した。森林に蓄積している炭素量は 100～500 $MgC \cdot ha^{-1}$ であり、南と北の森林では差が見られなかった。南方の気候が温暖な森林では、植物体に多くの炭素が蓄積しており、北方の気候が寒冷な森林では土壌中に多く蓄積していた。気温が上昇すると、炭素の蓄積場所（植物体と土壌）が変わる可能性がある。林床に堆積している落葉の分解速度は、南の温暖な森林で高かった。また地上部純一次生産量も、温暖な森林で高い傾向が見られた。分解速度や吸収速度の気温に対する反応性は異なると考えられ、気温の上昇により分解と吸収のバランスが変化し、蓄積量が変わる可能性がある。炭素循環は、気温以外にも樹種や分解者群集、撹乱履歴などが関係しており、生物多様性の変化や自然・人為撹乱を介した変化にも注意し長期間モニタリングを継続することが必要である。

森林生態系には多量の炭素が蓄積している。本章では、樹木、堆積落葉層、土壌の炭素蓄積量を求めた。森林生態系の炭素収支量（生態系純生産量 NEP[1]）は、植物による正味の炭素吸収量（純一次生産量 NPP）と、動物の呼吸や微生物による土壌有機物の分解にともなう炭素放出量（従属栄養生物の呼吸量）のバランスで決まる。樹木の地上部純一次生産量（NPP）を求め、堆積落葉層の分解速度を推定し、分解速度に影響を与える堆積落葉層と土壌の炭素・窒素濃度を求めた。さらに 2004～2007 年における樹木の炭素蓄積量の変化量を求めた。気温上昇、多様性の変化、人為撹乱や森林管理によって炭素循環は変化する可能性があるため、年平均気温や構成樹種の異なる森林間、あるいは成熟林と二次林で、上記の指標値を比較した。蓄積量に対する台風の影響は５章５節、病害虫の発生の影響は５章６節で紹介する。

（１） 森林の炭素蓄積量

森林に蓄積している炭素の総量[2]は、森林タイプ間で異なっており、常緑針葉樹林・針広

[1] 生態系純生産量（Net Ecosystem Production）は生態系からの正味の炭素の吸収あるいは放出量で、純一次生産量（Net Primary Production）から従属栄養生物の呼吸量を引いたものである。NPP は、植物の炭素吸収量である総一次生産量（Gross Primary Production）から植物の呼吸量を引いた、植物の正味の炭素吸収量である。したがって、NEP は、GPP から植物や従属栄養生物の呼吸量を引いたものでもある。

[2] 樹木地上部（幹、枝、葉）および地下部（根）の炭素量は、表 5-2-1 の複数のアロメトリー式から求めた現存量の最新年の値に、炭素濃度を 50%として求めた。根には細根が含まれないため過少評価の可能性がある。堆積落葉層の炭素量は、サイト毎の堆積落葉量に炭素濃度をかけて求めた。土壌炭素量は、深さ０～５cm の炭素濃度が深さ 10cm まで続いており、土壌の密度が 2.5g / cm^3、固相の割合 30%として求めた。実際は土壌の深さ 10cm 以上にも炭素は存在するため、過小評価の可能性がある。１MgC は炭素量１ton と等しい。

混交林[3]で、常緑広葉樹林・落葉広葉樹林より大きかった（図 5-2-1a、ANOVA、$P < 0.001$）。広葉樹林では、年平均気温[4]とは関係が見られず（ANCOVA、$P < 0.54$）、成熟林のほうが二次林より多くなった（$P < 0.03$）。

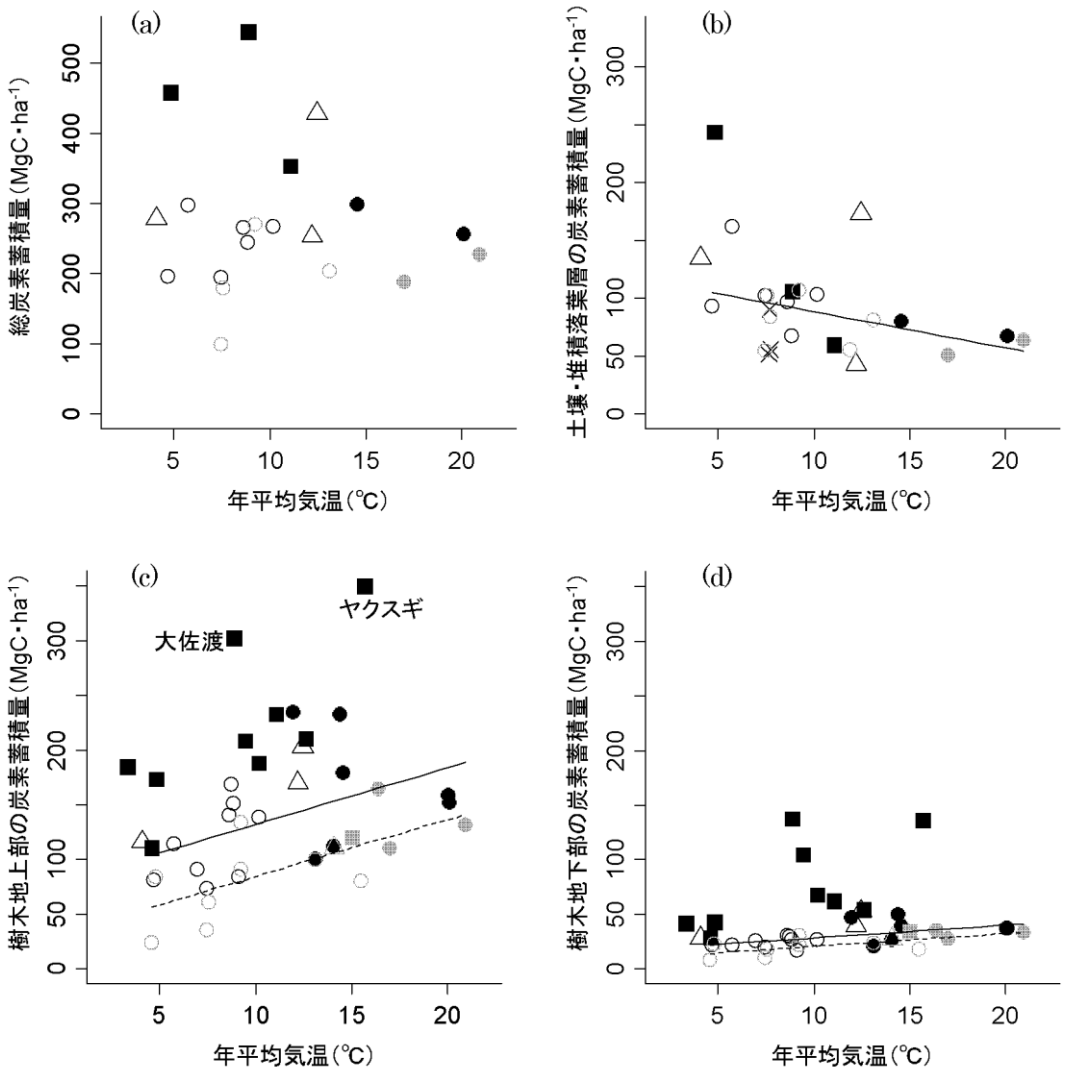


図 5-2-1　各サイトの森林の（a）生態系全体、（ｂ）土壌・堆積落葉層、（ｃ）樹木地上部、（ｄ）樹木地下部、に蓄積している炭素量。 成熟林（黒）、二次林（灰色）、■常緑針葉樹林、△針広混交林、○落葉広葉樹林、●常緑広葉樹林、×針葉樹人工林。直線は年平均気温に対する広葉樹成熟林の回帰直線（実線）、広葉樹二次林の回帰直線（破線）を示す。ただし土壌、堆積落葉層では成熟林と二次林で差がなかったため、広葉樹林（成熟林、二次林）における回帰を示す。

[3] 針葉樹の胸高断面積合計が全樹種の胸高断面積合計の 40%以上、60%未満の森林を針広混交林とした。

[4] 年平均気温は 2004 年から 2007 年の 4 年間の平均値を用いた。各サイトが計測している気象データを用い、利用可能な気象データがない場合は最寄りのアメダス・気象台・測候所のデータを用いた（http://www.data.jma.go.jp/）。これらの気象データを、調査区の標高で補正した。標高が 100m 上昇すると 0.55℃低下するとした。

このうち、土壌中および堆積落葉層に蓄積している炭素量は、常緑針葉樹林・針広混交林で、常緑広葉樹林・落葉広葉樹林よりも多い傾向が見られた（図 5-2-1b、$P < 0.07$）。常緑広葉樹林・針広混交林の炭素量の値は、IPCC 第三次報告書（2001）の北方林の値よりも低かった。また、本調査における落葉広葉樹林の炭素量は片桐（2002）の温帯落葉広葉樹林より小さく、常緑広葉樹林の炭素量も片桐（2002）の温帯常緑広葉樹林より小さい値であった。今後、調査手法の違いなどを考慮し、炭素量の評価を行っていく必要がある。広葉樹林では年平均気温が高いと小さく（$P < 0.05$）、成熟林と二次林では差がなかった（$P > 0.18$）。

樹木の地上部に蓄積している炭素量は、常緑針葉樹林・針広混交林で、常緑広葉樹林・落葉広葉樹林に比べ大きかった（図 5-2-1c、$P < 0.001$）。特に、ヤクスギと大佐渡は大きな値を示した。これは熱帯林の平均値 143～222MgC・ha^{-1} よりも大きな値であった（齋藤 2002 ; Luyssaert *et al.* 2007）。広葉樹林では、年平均気温が高いほど大きく（$P < 0.002$）、成熟林は二次林よりも大きかった（$P < 0.007$）。いずれの森林タイプにおいても、IPCC 第三次報告書（2001）の値と比べ、今回得られた値は大きい傾向にあった。これは、IPCC 第三次報告書では二次林を含んでいるのに対し、本調査ではほとんどが成熟林であるためと考えられる。

樹木の地下部の炭素量は、広葉樹林では年平均気温が高いほど大きく（図 5-2-1d、$P < 0.02$）、成熟林は二次林よりも大きかった（$P < 0.001$）。

森林に蓄積している炭素は、南方の気候がより温暖な森林では植物体により多く蓄積し、北の気候がより寒冷な森林では土壌系（土壌や堆積落葉層）に多く蓄積していた（図 5-2-2、$r^2 = 0.39$、$P < 0.004$）。土壌炭素量は 10cm の深さまでと仮定しているが、寒冷な森林ほど実際は深さ 10cm 以上にも炭素は存在するため、寒冷な森林では土壌系への蓄積割合はもっと高い可能性がある。

（２） 樹木による炭素吸収量

植物は光合成で炭素を吸収すると同時に、呼吸によって炭素を放出している。光合成で吸収した量（総一次生産量 GPP）から呼吸で失われた量を引いたものが、植物の正味の炭素吸収量（純一次生産量 NPP）となる。樹木の地上部純一次生産量[5]は、二次林である小佐渡豊岡や秩父二次林で高かった（図 5-2-3）。常緑広葉樹の値は、Luyssaert *et al.*（2007）の温帯常緑広葉樹林と同程度であった。落葉広葉樹林の値は、IPCC 第三次報告書（2001）

[5] 地上部純一次生産量（Net Primary Production）は、生存木の非同化部の生長量＋リター量（葉＋繁殖器官）として求めた。本来、地上部純一次生産量に加えるべき、被食量、当年に作られて枯死した枝量、Biogenetic volatile organic compounds は、測定が難しいため加えていない。地上部純一次生産量は過少

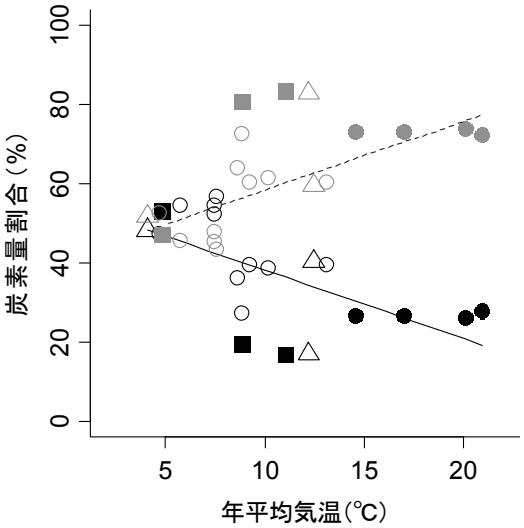


図 5-2-2 年平均気温と、森林に蓄積している炭素量のうち、植物体の炭素の割合（灰色）、土壌・堆積落葉層の炭素の割合（黒）の関係。凡例は図 5-2-1 参照。

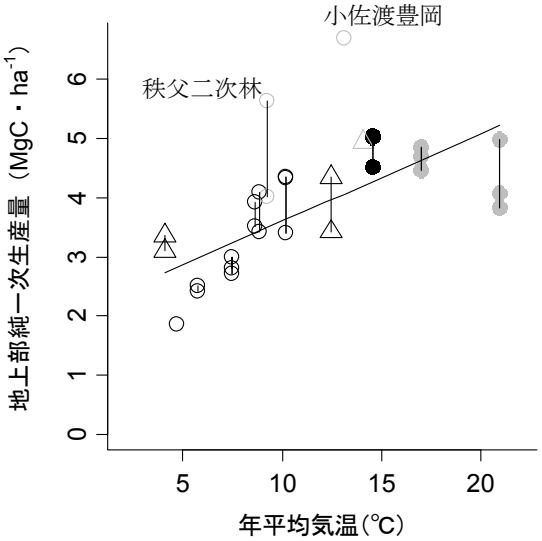


図 5-2-3 各サイトの地上部純一次生産量（一年間の正味の炭素吸収量）と年平均気温の関係。凡例は図 5-2-1 参照。同一の調査区の異なる年の値は直線で結んである。回帰直線は、二次林（小佐渡豊岡と秩父二次林）を除く。

の温帯林や Luyssaert *et al.*（2007）の温帯落葉広葉樹林と比べ小さな値となった。これらの調査は二次林を含むのに対し、本調査が成熟林を主としているためと考えられる。小佐渡豊岡や秩父二次林を除いた場合、気候がより温暖なサイトで大きい傾向が見られた（$r^2 = 0.60$、$P < 0.002$）。

（３） 土壌・堆積落葉層の分解とそれを左右する要因

土壌、堆積落葉層の炭素蓄積量を左右する要因としては、リター供給量、有機物分解速度がある。リター供給量は年平均気温の高い調査区で多かった（図 5-2-4a、$r^2 = 0.55$、$P < 0.001$）。堆積落葉量は、苫小牧を除くと、年平均気温が高いサイトでは少なかった（図 5-2-4b、$r^2 = 0.34$、$P < 0.008$）。綾ではリター供給量、堆積落葉量が 2004 年に大きくなった。これは台風による増加であった（５章５節参照）。

水分条件、養分条件が律速条件でない場合、有機物の分解速度は温度に依存する。そのため気温が上昇すると、分解が速くなると予想されている。堆積落葉層分解速度[6]は年平均気温が高いほど大きくなった（図 5-2-4c、$r^2 = 0.46$、$P < 0.003$）。回帰直線の傾きは、0.058

評価の可能性がある。また地下部純一次生産量も測定が困難なため求めていない。

6 堆積落葉量が平衡状態にあると仮定し、年平均リター供給量を年平均堆積落葉量で割って求めた。堆積落葉層の回転率に等しい。リター供給量には大枝が含まれるが、堆積落葉量には大枝が含まないため、堆積落葉層分解速度はやや過大評価の可能性がある。

年$^{-1}$℃$^{-1}$ (標準偏差 0.016 年$^{-1}$℃$^{-1}$)となり、熱帯雨林では 0.12 年$^{-1}$℃$^{-1}$（95%信頼区間 0.06、0.18 年$^{-1}$℃$^{-1}$）と報告されている（Raich *et al.* 2006）。

堆積落葉層の炭素濃度と気温との関係は見られず（図 5-2-5a、$P > 0.09$）、土壌の炭素濃度は気温と負の関係が見られ、気候がより寒冷な森林で高かった（図 5-2-5b、$r^2 = 0.16$、$P < 0.03$）。これは寒冷な森林で、低温のため分解速度が遅いためと考えられる。

分解速度は温度以外に、有機物の質にも影響を受ける。堆積落葉層よりも分解されやすいセルロースフィルターの分解率[7]は年平均気温との関係は見られなかった（図 5-2-4d、$P >$

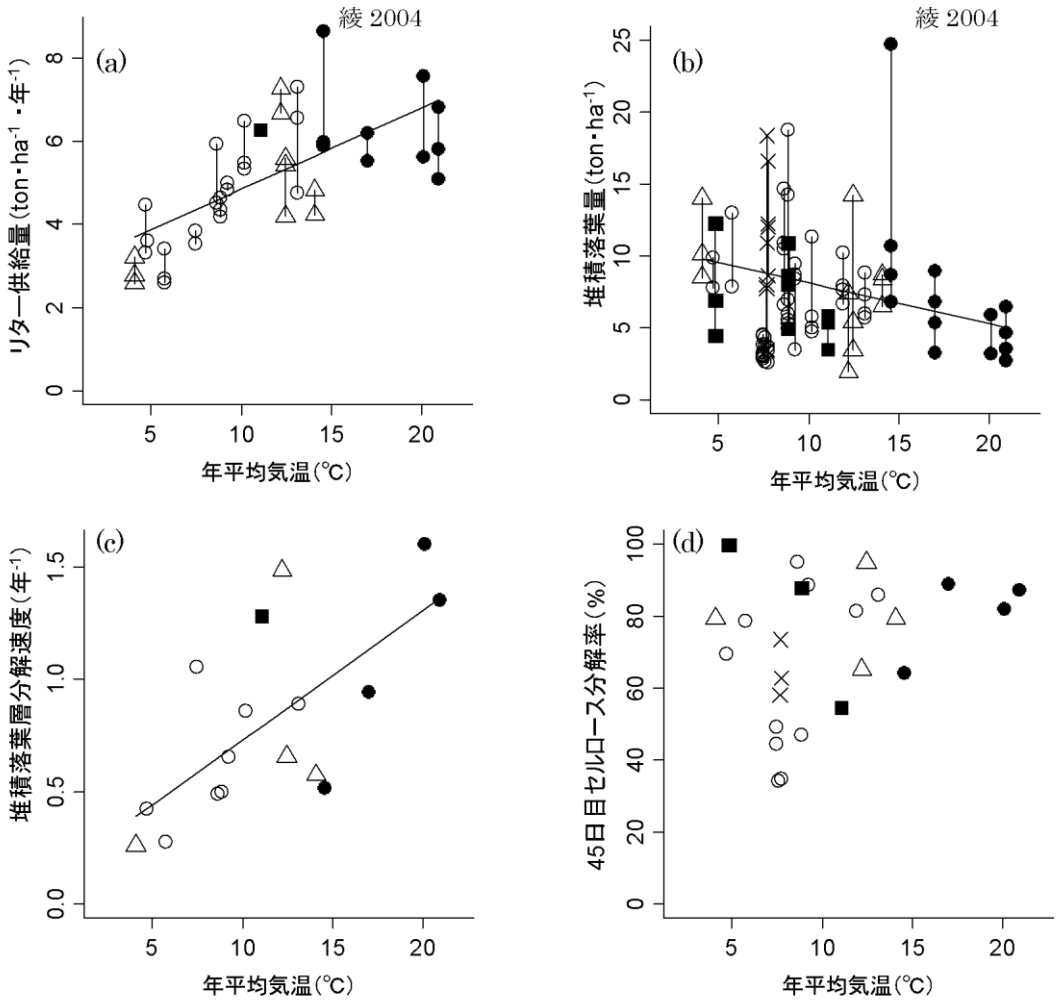


図 5-2-4　年平均気温と、(a) 年間リター供給量、(b) 堆積落葉量、(c) 堆積落葉層分解速度、(d) セルロースフィルター分解率の関係。　同一の調査区の異なる年の値は直線で結んである。凡例は図 5-2-1 参照。堆積落葉量では苫小牧を除く森林での年平均気温への回帰直線を示す。

[7] 2007 年に落葉堆積層の直下にセルロースフィルター（ベンチコート 2300-916、ワットマン社）を設置し、設置から 45 日目に回収した後、重量減少率を測定。設置時期は 5 月下旬または 6 月上旬から 7 月までの期間。

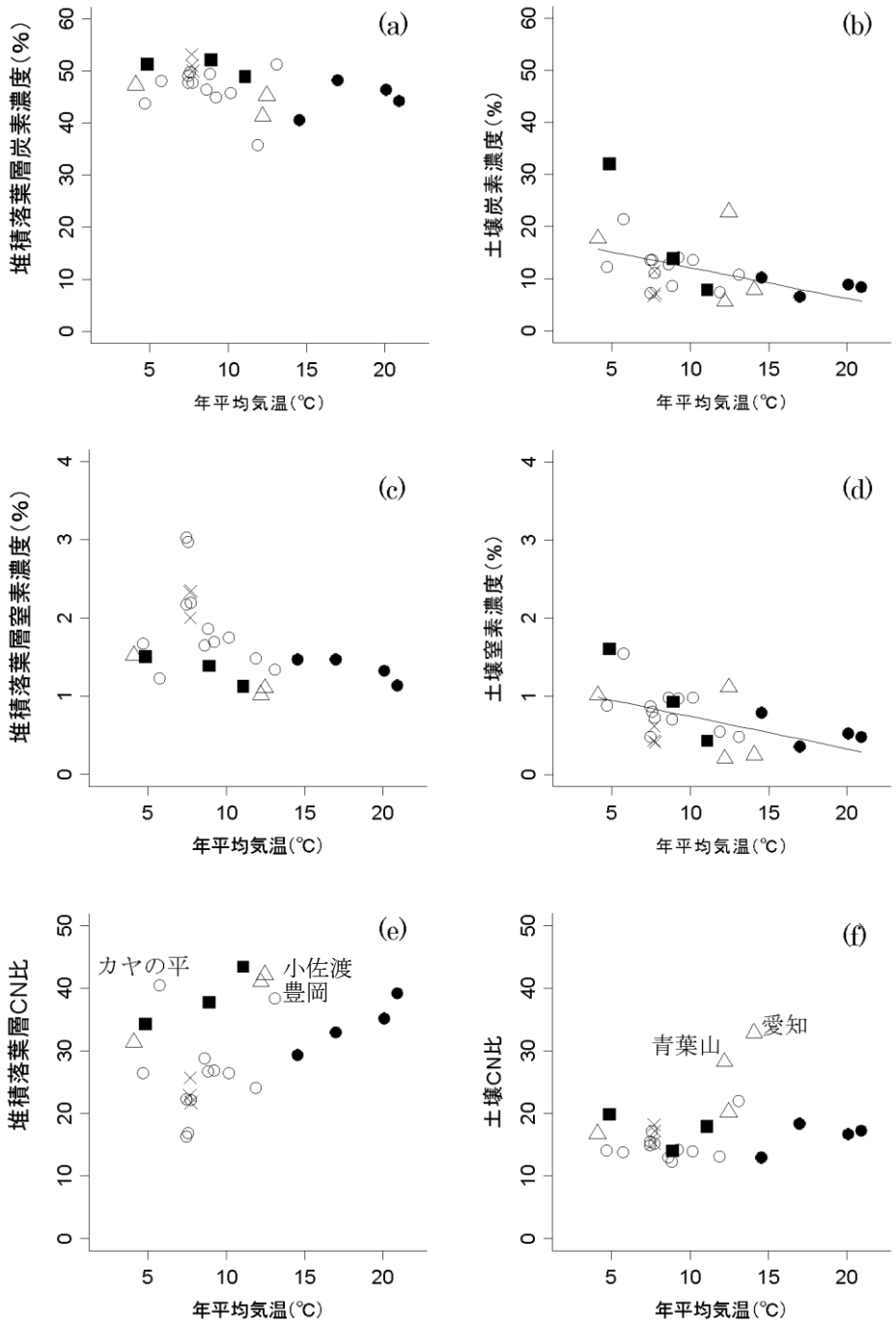


図 5-2-5　堆積落葉層と土壌の(a)、(b)炭素濃度、(c)、(d) 窒素濃度、(e)、(f) CN 比と年平均気温の関係。凡例は図 5-2-1 参照。主に 2005 年の値を示す。

0.17)。堆積落葉層とセルロースフィルターとで、分解速度と気温との関係が異なったのは、両者の質の違いが影響していた可能性がある。

有機物の質の１つの指標である窒素濃度は、堆積落葉層では、苫小牧で高かったが、こ

れらを除くと年平均気温との関係は見られなかった（図 5-2-5c、$P > 0.09$）。土壌の窒素濃度は、寒冷な森林ほど高かった（図 5-2-5d、$r^2 = 0.24$、$P < 0.007$）。

堆積落葉層の CN 比は、落葉広葉樹林は、常緑針葉樹林、針広混交林および常緑広葉樹林より低い傾向がみられた（図 5-2-5e、 $P < 0.001$）。落葉広葉樹林ではカヤの平と小佐渡豊岡で高かった。土壌の CN 比は愛知と青葉山で高かったが、これらを除くと森林タイプ間の差は見られなかった（図 5-2-5f、$P > 0.27$）。

これらのことから、有機物の分解速度は、気温や地温上昇の影響だけでなく、リターの質、樹種や土壌分解者群集の変化によっても変わると考えられる。

（４） 樹木の炭素蓄積量の変化

樹木の炭素蓄積量は、幹、枝の成長による増加と、個体の枯死による減少のバランスで決まる。地上部現存量の成長量[8]は、現存量の大きな針葉樹林や二次林で大きな傾向が見られた（図 5-2-6a）。サイトによっては成長量に大きな年変化が見られた。その原因は不明であるが、今後注意深くモニタリングを継続する必要がある。現存量が大きい場合は、その成長量も大きくなる。そこで、生産性の指標として、地上部現存量の回転率[9]を求めた（図 5-2-6b）。年平均気温との関係は見られず（ANCOVA、$P > 0.57$）、二次林が成熟林よりも高かった（$P < 0.02$）

樹木の炭素蓄積量の変化量が、林分純成長量[10]である。成長量から枯死木による減少量を差し引いたものである。林分純生産量と年平均気温の間には関係が見られなかった（$P > 0.57$）。第一期においては、概ねどの森林も０～２ $MgC \cdot ha^{-1} \cdot$増加していた。中には-２ $MgC \cdot ha^{-1} \cdot 年^{-1}$ と減少する場合（苫小牧、和歌山、愛知など）も見られ（図 5-2-6c）、同一サイトでも年によって大きく異なる場合もあった。大径木は森林の炭素蓄積量への寄与が大きいため、数本が枯死しても森林の炭素蓄積量は減少することがある。蓄積量が減少した年があった苫小牧と愛知については、それぞれ５章５節と５章６節で報告する。

（５） 最後に

植物や土壌系の炭素蓄積量は気温との関係が見られた。気温が上昇すると森林に蓄積している炭素の総量は変化しなくても、炭素の貯蔵場所（植物体と土壌系）が変わる可能性

---

[8] 地上部現存量の成長量（Aboveground biomass increment）は生存木・新規加入木の幹・枝の肥大成長量である。

[9] 回転率とは、地上部現存量の入れ替わりの速度を示す指標である。地上部現存量の年平均成長量（Aboveground biomass increment）を最新年の地上部現存量で割って求めた。

[10] 一年間の林分純成長量（Net biomass increment）は、t年の生存木の地上部現存量－(t －1)年の生存木の地上部現存量として求めた。地上部現存量の成長量から死亡木の地上部現存量をひいた値と同じである。

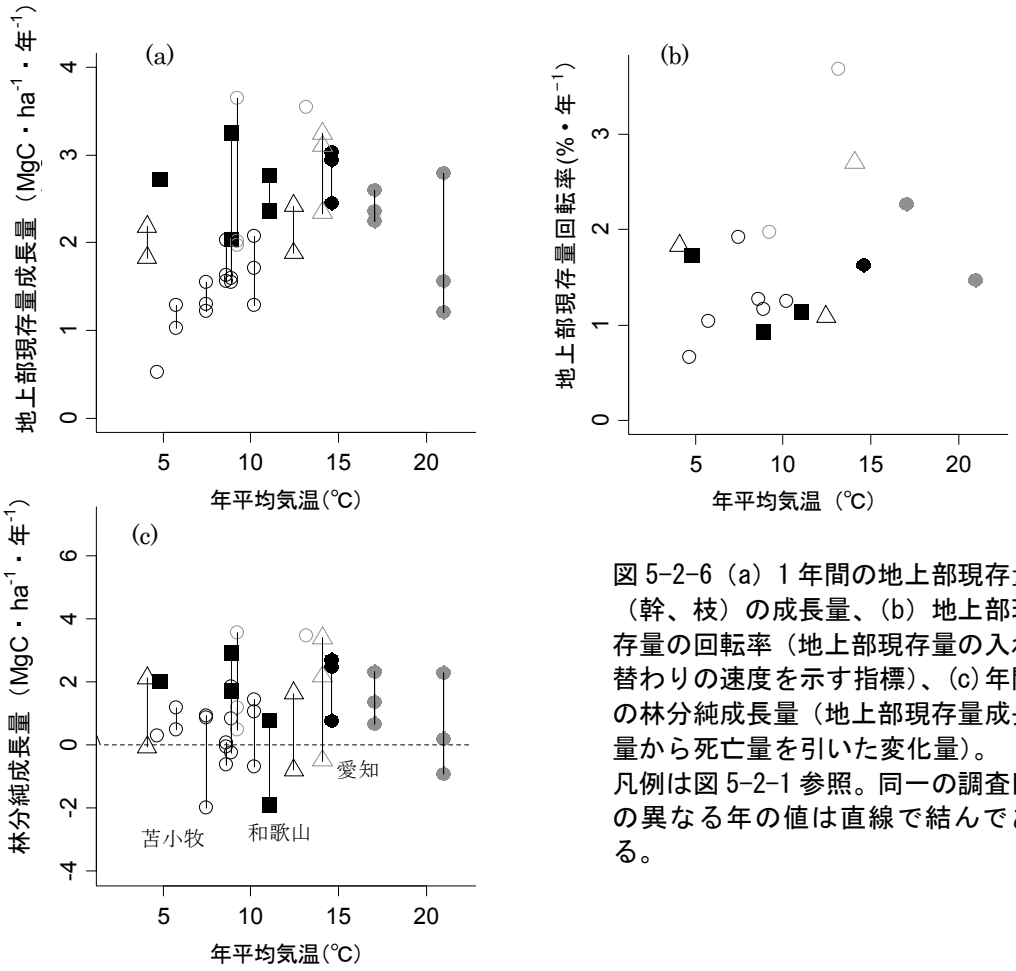


図 5-2-6（a）1 年間の地上部現存量（幹、枝）の成長量、(b) 地上部現存量の回転率（地上部現存量の入れ替わりの速度を示す指標）、(c)年間の林分純成長量（地上部現存量成長量から死亡量を引いた変化量）。凡例は図 5-2-1 参照。同一の調査区の異なる年の値は直線で結んである。

がある。森林の蓄積量は、有機物の分解速度と植物による炭素吸収量のバランスで決まる。これらはともに南方の温暖な森林で高かったが、気温が上昇した場合、分解速度と吸収速度のバランスが変化し、森林に蓄積している炭素の総量が変わる可能性がある。

また、構成樹種の異なる森林間においても違いが見られた。植物体の炭素蓄積量は、常緑針葉樹林・針広混交林で、落葉広葉樹林・常緑広葉樹林に比べ大きかった。堆積落葉層の CN 比は、落葉広葉樹林で、常緑針葉樹林・針広混交林・常緑広葉樹林より低い傾向がみられた。このことは森林の構成樹種が変わると、温度との関係からは予測できない変化が生じる可能性を示唆している。

また第一期において炭素蓄積量が減少する森林や、そのほかの炭素循環の指標においても撹乱履歴の異なる森林間で違いが見られた。撹乱との関係は、さらに５章５節と５章６節で解析する。樹種、分解者群集など生物多様性の変化を介した長期的な影響にも着目し、モニタリングを多地点で継続することが重要である。

引用文献

Ando, T., Chiba, K., Nishimura, T. and Tanimoto, T. 1977. Temperate fir and hemlock forests in Shikoku. - In: Shidei, T. and Kira, T. (eds.), Primary productivity of Japanese forests -Productivity of terrestrial communities- Japanese Committee for the International Biological Program, University of Tokyo Press, pp. 213-245.

生島功. 1964. 木本性群落の生産構造. 国立公園協会編　丹沢/大山学術調査報告書 神奈川県、pp. 106-125.

IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

片桐成夫 2002.　物質の集積・分解の場としての土壌. 堤利夫 編、森林生態学.朝倉書店、東京. 106、109p.

Kawanabe, S. 1977. A subtropical broad-leaved forest at Yona, Okinawa. - In: Shidei, T. and Kira, T. (eds.), Primary productivity of Japanese forests -Productivity of terrestrial communities- Japanese Committee for the International Biological Program, University of Tokyo Press, pp. 268-279.

Kimura, M. 1960. Primary production of the warm-temperate laurel forest in the southern part of Oosumi Peninsula, Kyushu, Japan. - Miscellaneous reports of Research Institute for Natural Resources **52**-53: 36-47.

Kohyama T. 1989. Simulation of the Structural Development of Warm-Temperate Rain-Forest Stands. Annals of Botany **63**: 625-634.

小塚力、野村睦、高木健太郎、上浦達哉、北條元、高橋廣行、坂井励、林業技術補佐員 2006. 天塩研究林におけるバイオマス調査について. 北方森林保全技術 **24**:1-11.

Luyssaert, S., Inglima, I., Jung, M., Richardson, A.D., Reichsteins, M., Papale, D., Piao, S.L., Schulzes, E.D., Wingate, L., Matteucci, G., Aragao, L., Aubinet, M., Beers, C., Bernhoffer, C., Black, K.G., Bonal, D., Bonnefond, J.M., Chambers, J., Ciais, P., Cook, B., Davis, K.J., Dolman, A.J., Gielen, B., Goulden, M., Grace, J., Granier, A., Grelle, A., Griffis, T., Grunwald, T., Guidolotti, G., Hanson, P.J., Harding, R., Hollinger, D.Y., Hutyra, L.R., Kolar, P., Kruijt, B., Kutsch, W., Lagergren, F., Laurila, T., Law, B. E., Le Maire, G., Lindroth, A., Loustau, D., Malhi, Y., Mateus, J., Migliavacca, M., Misson, L., Montagnani, L., Moncrieff,,J., Moors, E., Munger, J. W., Nikinmaa, E., Ollinger, S.V., Pita, G., Rebmann, C., Roupsard, O., Saigusa, N., Sanz, M.J., Seufert, G., Sierra, C., Smith, M.L., Tang, J., Valentini, R., Vesala, T. and Janssens, I.A. 2007. CO2 balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. Global Change Biology **13**:2509-2537.

Ogino, K. 1977. A beech forest at Ashiu - biomass, its increment and net production. - In: Shidei, T. and Kira, T. (eds.), Primary productivity of Japanese forests -Productivity of terrestrial communities- Japanese Committee for the International Biological Program, University of Tokyo Press, pp. 172-186.

Raich J.W., Russell A.E., Kitayama K., Parton W.J.. and Vitousek P.M. 2006. Temperature influences carbon accumulation in moist tropical forests. Ecology **87**: 76-87.

斉藤昌宏 1981. 佐渡演習林天然スギ林の現存量推定. 新潟大学農学部演習林研究報告. **1**4: 107-114.

齋藤秀樹 2002. 森林の現存量. 堤利夫 編、森林生態学.朝倉書店、東京.

Takahashi, K., Yoshida, K., Suzuki, M., Seino, T., Tani, T., Tashiro, N., Ishii, T., Sugata, S., Fujito, E., A., N., Kudo, G., Hiura, T. and Kohyama, T. 1999. Stand biomass, net production and canopy structure in a secondary deciduous broad-leaved forest, northern Japan. - Research bulletin of the Hokkaido University Forests **56**: 70-85.

Takyu, M., Kubota, Y., Aiba, S., Seino, T. and Nishimura, T. 2005. Pattern of changes in species diversity, structure and dynamics of forest ecosystems along latitudinal gradients in East Asia. Ecological Research **20**:287-296.

四大学（北大、東大、京大、大阪市大）合同調査班. 1960. 森林の生産力に関する研究　第一報　北海道主要針葉樹について. 国策パルプ工業株式会社、東京.

表5-2-1　現存量推定にもちいた相対生長式（ln*W*=*a*+*b*ln*DBH*）。*W*：絶乾重（kg）、*DBH*：胸高直径（cm）。

出典	地域	森林	サンプル木 n	胸高直径(cm) 最小	最大	最大樹高(m)	樹種	幹 *a*	*b*	R^2	枝 *a*	*b*	R^2	葉 *a*	*b*	R^2	根 *a*	*b*	R^2
サイト																			
常緑広葉樹林（亜熱帯、暖温帯）																			
佐田山、綾、田野、対馬、屋久島照葉樹、奄美、与那　（地上部は、式1～3の平均。根は、ツガは式4c、モミとその他針葉樹は式4a、4b、広葉樹は式6と式10aの平均。）																			
1 Kawanabe 1977	沖縄・与那	二次林	13	5.2	43.6	13.6	常緑広葉樹	−2.111	2.215		−4.269	2.490		−4.688	2.000				
2 Kimura 1960	鹿児島	成熟林	10	−	−	−	常緑広葉樹	−2.003	2.340***		幹枝			−3.638	1.890				
3 Kohyama 1989	鹿児島	二次林	16-19	−	−	−	常緑広葉樹	−2.129	2.390†	0.99	地上部			−3.747	1.930	0.96			
函南、春日山、粕屋陣場（地上部は式1～4の平均。根は、ツガは式4c、モミとその他針葉樹は式4a、4b、広葉樹は式6と式10aの平均。）																			
針広混交林、針葉樹林（暖温帯や北海道以外の冷温帯、スギ林を除く）																			
愛知、青葉山、奈良、和歌山、上賀茂、市ノ又（地上部は、ツガは式4b、モミとその他針葉樹は式4a、4b、広葉樹は式4cを使用。根は、ツガは式4c、モミとその他針葉樹は式4a、4b、広葉樹は式6と式10aの平均。）																			
4a Ando et al. 1977	高知	成熟林	3	10	30	−	モミ	−2.584	2.475		−4.729	2.531		−6.181	2.704		−1.370	1.746	
4b			9	30	90	−	モミ	−0.119	1.807		−4.483	2.459		−2.726	1.708		−3.813	2.464	
4c			7	4.5	50	−	ツガ	−1.665	2.185		−6.587	3.090		−6.332	2.406		−2.481	2.155	
4d			29	10	80	−	広葉樹	−2.825	2.586		−4.270	2.656		−3.853	1.743				
落葉広葉林（北海道以外の冷温帯）																			
金目川、カヌマ沢1、小佐渡豊岡、カヤの平、小川、秩父成熟林、秩父二次林、秩父二次林2、大山、岡山（根は、ツガは式4c、モミとその他針葉樹は式4a、4b、広葉樹は式6と式10aの平均。）																			
5 生島　1964	丹沢	成熟林	29	0.5	83.5	−	落葉広葉樹	−2.104	2.380***		幹枝			−3.497	1.720				
6 Ogino 1977	京都	成熟林	8	0.5≦	≦70		落葉広葉樹										−2.501	2.000	
スギ林																			
仁鮒水沢、大佐渡、芦生枡上、ヤクスギ（地上部は、スギ・ヒバは式7、広葉樹は式5で求めた場合と、式4dで求めた場合の平均。根は、スギ・ヒバは式4a、4b、広葉樹は式6と式10aの平均。）																			
7 斉藤 1981	新潟	成熟林	5	22	68	18.7	スギ	−1.324	1.858	0.92	−6.215	2.725	0.82	−2.339	1.674	0.76			
針葉樹林、落葉広葉樹林、針広混交林（亜高山帯、北海道の冷温帯）																			
苫小牧二次林4（落葉樹は式8、針葉樹は式9で求めた場合と、式10で求めた場合の平均。）																			
8 Takahashi et al. 1999	北海道・苫小牧	二次林	23	3	25.8	16.7	落葉広葉樹	−2.505	2.424	0.99	−4.453	2.572	0.87	−6.288	2.500	0.89	−3.424	2.247	0.94
9 四大学合同調査班　1960	北海道	二次林	36	0.6	31.7	−	アカエゾマツ、エゾマツ、トドマツ	−3.068	2.550		−5.041	2.570		−4.642	2.356		−1.206	2.532	
雨龍、足寄成熟林、足寄二次林美盛、足寄二次林花輪、苫小牧成熟林、苫小牧二次林2、野幌、早池峰山、濁河、おたの申す平（広葉樹は式10a、10b、針葉樹は式10a、10cを使用。）																			
10a 小塚ほか 2006**	北海道・天塩	成熟林	29	6.5	55	21.4	ミズナラ、ダケカンバ、トドマツ	−2.493	2.338	0.99	−4.374	2.681	0.98				−2.870	2.209	0.96
10b			14	6.5	55	20.8	ミズナラ、ダケカンバ							−4.350	1.973	0.96			
10c			5	10.5	50.2	21.4	トドマツ							−3.487	2.147	0.99			

備考：Takyu *et al*.（2005）を元に作成。*表のデータより算出；　**提供データを元に算出；　***幹・枝現存量；　†.地上部現存量；　††標高700mの相対成長式.

５．３　森林の生物季節性の地理的パタンと将来予想される変化

日本各地の落葉時期と気温との関係を調べ、気温傾度による落葉時期の違いを検討した。針葉樹林や落葉広葉樹林では秋に落葉し、その時期は森林間で２ヶ月程度異なり、平均気温が１℃高くなるごとに５日遅かった。常緑広葉樹林では春の開葉と同時に落葉し、その時期は森林間で２ヶ月ほど異なり、平均気温が１℃高くなるごとに６日早かった。このことから、地球温暖化に伴い、気温１℃の上昇に対し、落葉時期が５～６日変わる可能性が示唆された。

世界各地や日本の一部の動植物では、気温が上昇し生物季節性（季節にあわせた生物の活動）が変化したことが報告されている(気象庁 2005; Rosenzweig *et al.* 2007)。ある種の生物季節性と気温との関係から導かれる予測は、群集構成の変化をともなう長期的な生物季節性の変化とは異なる可能性がある。本章では、日本各地の構成樹種の異なる森林の落葉時期を比較し、気温との関係を調べ、地球温暖化に伴う落葉時期の変化について検討した。

（１）　日本の森林の落葉時期の地理的パタン

針葉樹林、落葉広葉樹林、針広混交林では秋に落葉量のピークが見られ、そのピークは森林によって異なっていた（図 5-3-1 上)。落葉量がもっとも増える時期は、気候が寒冷な森林では９月下旬から１０月下旬であり、気候が温暖な森林では１１月上旬～下旬と遅かった(図 5-3-2 上)。全国の傾向を見ると、９～１１月の平均気温が１℃高くなるごとに、落葉のピークが約５日遅かった[1]（$P < 0.001$、$r^2 = 0.67$)。

一方、常緑広葉樹林では春と夏もしくは秋の年２回の落葉のピークが見られた（図 5-3-1 下)。スダジイ、アカガシなど多くの常緑広葉樹では春の開葉とともに旧年の葉を落とす(Nitta and Ohsawa 1997)。そのため常緑広葉樹林では、春の落葉量が増加した時期は、その森林の多くの樹木が開葉した時期と対応している。春の落葉量は、温暖な森林では３月に多くなるが、比較的涼しい森林では 5 月にピークが見られた（図 5-3-2 下)。２～５月の平均気温が１℃高くなるごとに、新葉の開葉にともなう旧葉の落葉が約６日早かった[2]（$P < 0.001$、 $r^2 = 0.78$)。秋の落葉量のピークは年により時期が異なり、2005 年と 2007 年は台風の襲来と対応していた。大きな台風が襲来しなかった 2006 年には、与那と奄美では秋の落葉のピークが明瞭でなかった。田野、綾、市ノ又では 2006 年にも秋のピークが見られ、これは常緑樹の中でも秋に落葉するイスノキや落葉樹や針葉樹の葉であったと考えられる

[1]もっとも落葉量の多かった期間の真中の日を９～11 月の平均気温で直線回帰した。その傾きは５日・℃$^{-1}$であった。イチョウやイロハモミジでは、落葉の起こる月とその前の２ヶ月の気温と落葉時期の相関が高いため（Doi and Takahashi 2008）ここでは９～11 月の平均気温との相関をみた。また年平均気温で回帰した場合、１℃高くなるごとに約５日落葉が遅かった（$P < 0.001$、 $r^2 = 0.68$)。

[2] 年平均気温が１℃高くなるごとに約７日落葉が早かった（$P < 0.001$、 $r^2 = 0.78$)。

（佐藤 2006）。

本調査では、気温や構成樹種が大きく異なる日本全国の森林を比較し、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、針葉樹林では落葉時期が異なること、気温が１℃異なる森林では、開葉・落葉時期が５～６日異なることがわかった。したがって、気候変動により落葉広葉樹や針葉樹を中心とする森林から常緑広葉樹を中心としたものに変わるとすれば、落葉時期が秋から春へ変化すると予想される。

日本のイチョウでは、1953～2000 年の間に開葉が４日早く、落葉が８日遅くなり、日本の年平均気温は、1961～2000 年で 1.3℃上昇していたため、気温１℃の上昇で開葉が 2.9 日、落葉が 4.4 日遅くなったと報告されている(Matsumoto *et al.* 2003)。イロハカエデでは、1953～2005 年で、気温１℃の上昇に対し落葉は 4.4 日遅くなった（Doi and Takahashi 2008）。森林性の樹木では気温が１℃上昇すると、開葉が平均 3.4 日早く、落葉が平均 6.2 日遅れると予測されている(藤本 2008)。また、海外の研究をまとめた結果からも、春の気温が１℃上昇すると平均 2.5～６日、春が早くなると予測されている(Rosenzweig *et al.* 2007)。

森林の落葉、開葉時期には、気温以外にも様々な要因が影響を与えることに留意する必要がある。樹木が順応、適応できる気温変化には限界がある。樹種によって、開葉、落葉フェノロジーも異なるほか、気温上昇に対する開葉、落葉時期の反応性は異なる(Menzel *et al.* 2008)。さらに、同一樹種でも緯度によって、気温上昇に対する反応性が異なる場合が報告されている（Doi and Takahashi 2008）。第１期の調査では、常緑広葉樹林で台風による強制落葉が見られた。乾燥・植食性昆虫などによっても落葉時期は変わる(Nitta and Ohsawa 1997, Menzel *et al.* 2008)。

森林の開葉・落葉時期の変化は、林床植物や植食性昆虫など他の生物の活動へ影響を与える。さらに、開葉時期が早まり、かつ落葉時期が遅くなり、結果的に展葉している期間が長くなることで、森林の炭素吸収量が増加する可能性がある。このように落葉時期の変化は、森林の物質循環や他の生物の動態など、森林の生態系機能等に大きな影響を与える可能性がある。このため、継続的に落葉時期をモニタリングするとともに、気温上昇やその他の要因が落葉時期に及ぼす影響に注目していく必要がある。

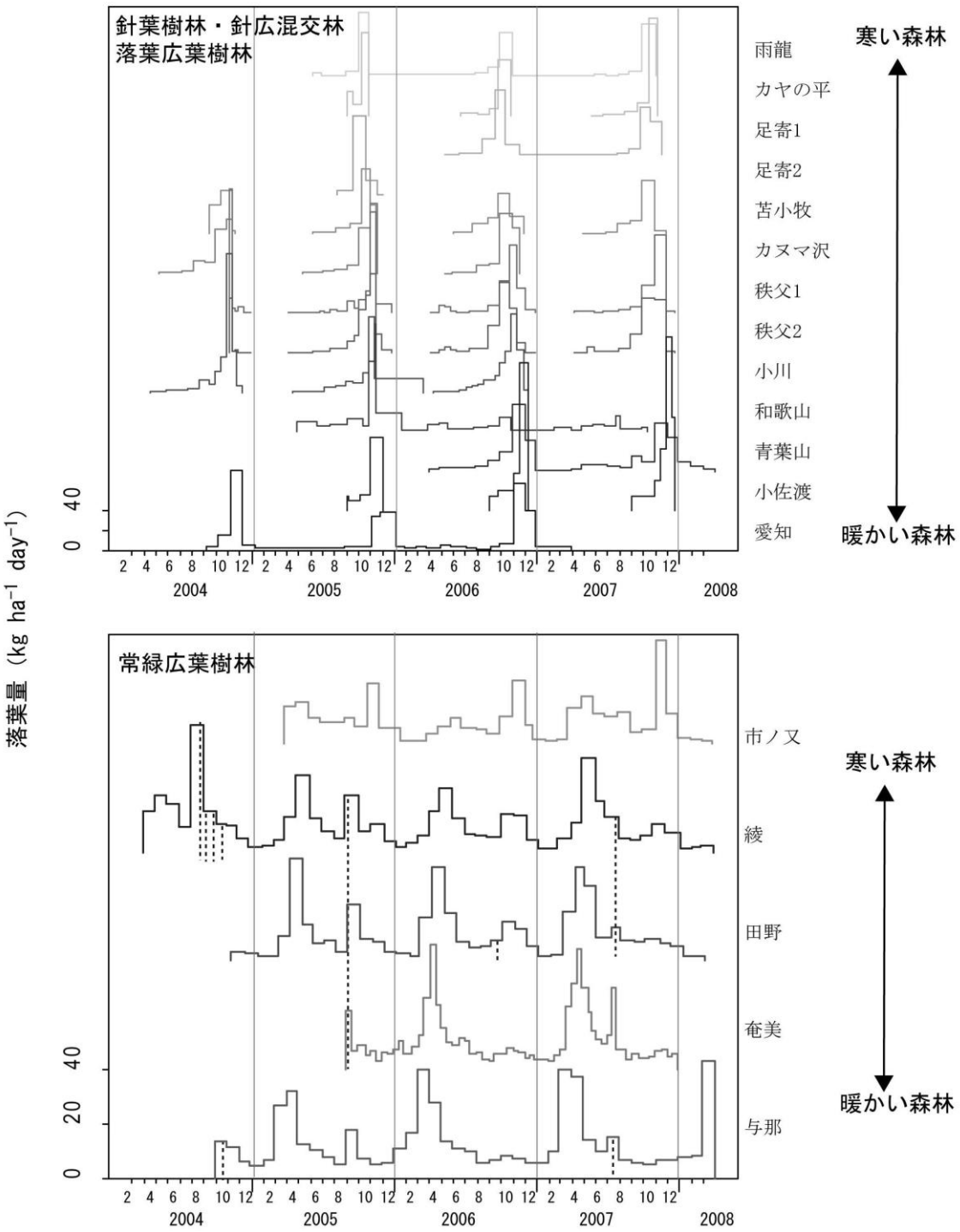
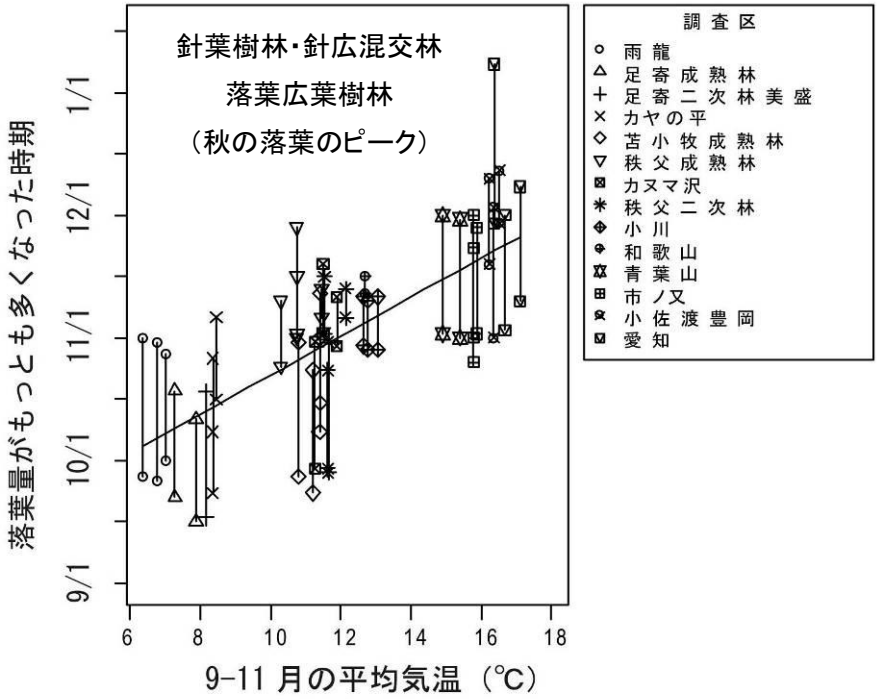


図 5-3-1　2004 年３月から 2008 年３月までの落葉量の季節変化。各サイトの重なりを防ぐため、ずらして表示してある。（上）落葉広葉樹林、針葉樹林、針広混交林では秋に落葉量が多い。（下）常緑広葉樹林では春と秋に落葉量が多く、秋の落葉量には台風の影響がみられた。各サイトの最寄気象台にて、強い台風（200km 圏内を台風が通過し日最大風速 15m・秒$^{-1}$ 以上の強風が観測された）が通過した日を破線で示す。2007 年７月には、綾、田野、与那以外に、奄美でも台風が通過し、14m・秒$^{-1}$ の日最大風速を記録し、落葉量が増えた。常緑広葉樹林には常緑広葉樹が多く混在する針広混交林の市ノ又も含めた。



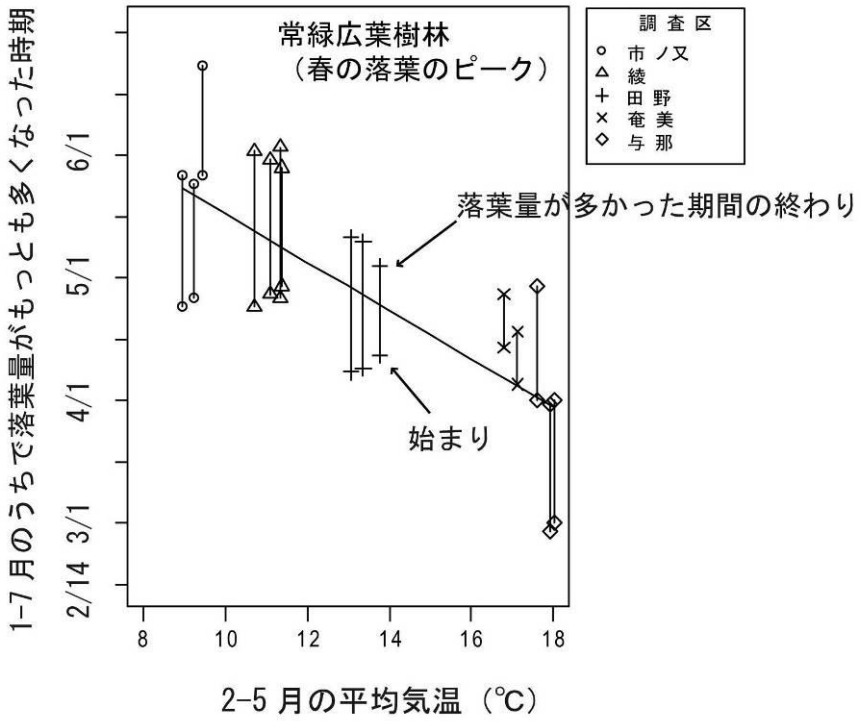


図 5-3-2　2004～2007 年の各年の落葉量のもっとも多かった期間と平均気温の関係。落葉広葉樹林、針葉樹林、針広混交林では９～11 月の平均気温の高いサイトほど秋の落葉時期が遅い。常緑広葉樹林では春の開葉と同時に古い葉が落葉し、２～５月の平均気温の高いサイトほど春の落葉時期が早い。直線は、落葉量のもっとも多かった期間の中間日の平均気温に対する回帰直線を示す。常緑広葉樹林には、常緑広葉樹が多く混在する針広混交林の市ノ又も含めた。

引用文献

Doi, H., & Takahashi, M. 2008. Latitudinal patterns in the phenological responses of leaf colouring and leaf fall to climate change in Japan. Global Ecology and Biogeography **17**:556-561.

藤本征司. 2008. 気候変動が暖温帯域の樹木の葉フェノロジーに与える影響の予測. 保全生態学研究 **13**:75-87.

気象庁. 2005. 異常気象レポート 2005 近年における世界の異常気象と気候変動 ～その実態と見通し～（Ⅶ）.

Matsumoto, K., Ohta, T., Irasawa, M., & Nakamura, T. 2003. Climate change and extension of the Ginkgo biloba L. growing season in Japan. Global Change Biology **9**:1634-1642.

Menzel, A., Estrella, N., Heitland, W., Susnik, A., Schleip, C., & Dose, V. 2008. Bayesian analysis of the species-specific lengthening of the growing season in two European countries and the influence of an insect pest. International Journal of Biometeorology **52**:209-218.

Nitta, I., & Ohsawa, M. 1997. Leaf dynamics and shoot phenology of eleven warm-temperate evergreen broad-leaved trees near their northern limit in central Japan. Plant Ecology **130**:71-88.

Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T.L., Seguin, B., & Tryjanowski, P. 2007. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., & Hanson, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 79-131.

佐藤保. 2006. 南九州における照葉樹林の群落構造と林冠撹乱が森林動態に及ぼす影響－特に純一次生産量についてー. 博士論文, 東京農工大学, 府中.

５．４　種子生産とリター量の年変動

気候変動により種子生産が変わると予想されている。多くの樹種の種子生産には豊作と凶作という年変動が見られた。種子生産の年変動は、日本各地で同調している種や年がある一方、地域によって異なる場合もあった。ブナの健全種子の割合は、種子数が多くなるほど高くなる傾向があったが、種子数が比較的多くても、ほとんどの種子が不健全なサイトもあった。イヌブナ林では、豊作年に、リターのうち繁殖器官量が増え、落葉量が減少し、総リター量は 1.2～1.3 倍になった。豊凶による総リター量やリターの質の変化は、物質循環へ影響を与えると考えられた。変化をとらえるためには、年変動と地域間差があるため、10 年以上の長期にわたって多地点で調査する必要があり、第１期ではそのための体制が整った。

気候変動や森林の分断化などの環境変化により、樹木の種子生産量が変化すると予測されている。種子生産が変化すると、森林の更新、樹木群集の多様性だけでなく、種子、果実をはじめとして食物網でつながっている様々な生物に影響が波及する。森林調査では、2004 年より 17 サイトでリター・シードトラップを設置して、種子生産量を調査してきた（図 5-4-1）。本章では、４年間の調査結果を概説し、次に広域分布種であるシデ類やブナの種子生産を日本各地の森林で比較した。さらに調査例の少ない常緑広葉樹のシイ類の種子生産を報告した。最後に、種子生産の年変動がリター量やその質へ与える影響について検討した。

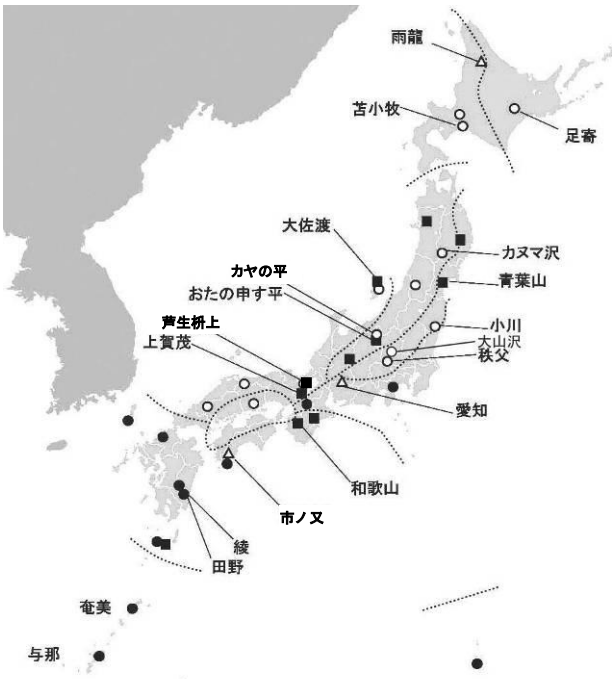


図 5-4-1　リター・シードトラップ調査実施サイト（名前記載のサイト）。名前のないサイトは毎木調査のみ実施。2008 年より実施のサイトも含む。

（１）　種子生産の年変動

４年間で種子は 138 属 224 種（変種含む）、果実を含めると 139 属 229 種が記録された。これらの中には、毎木調査では出現しない種もみられた。種子生産量は多くの樹種で年変動がみられた（図 5-4-2）。したがって、種子生産量や健全種子の割合、年変動の周期などのベースライン値を定めるには長期調査が不可欠である。

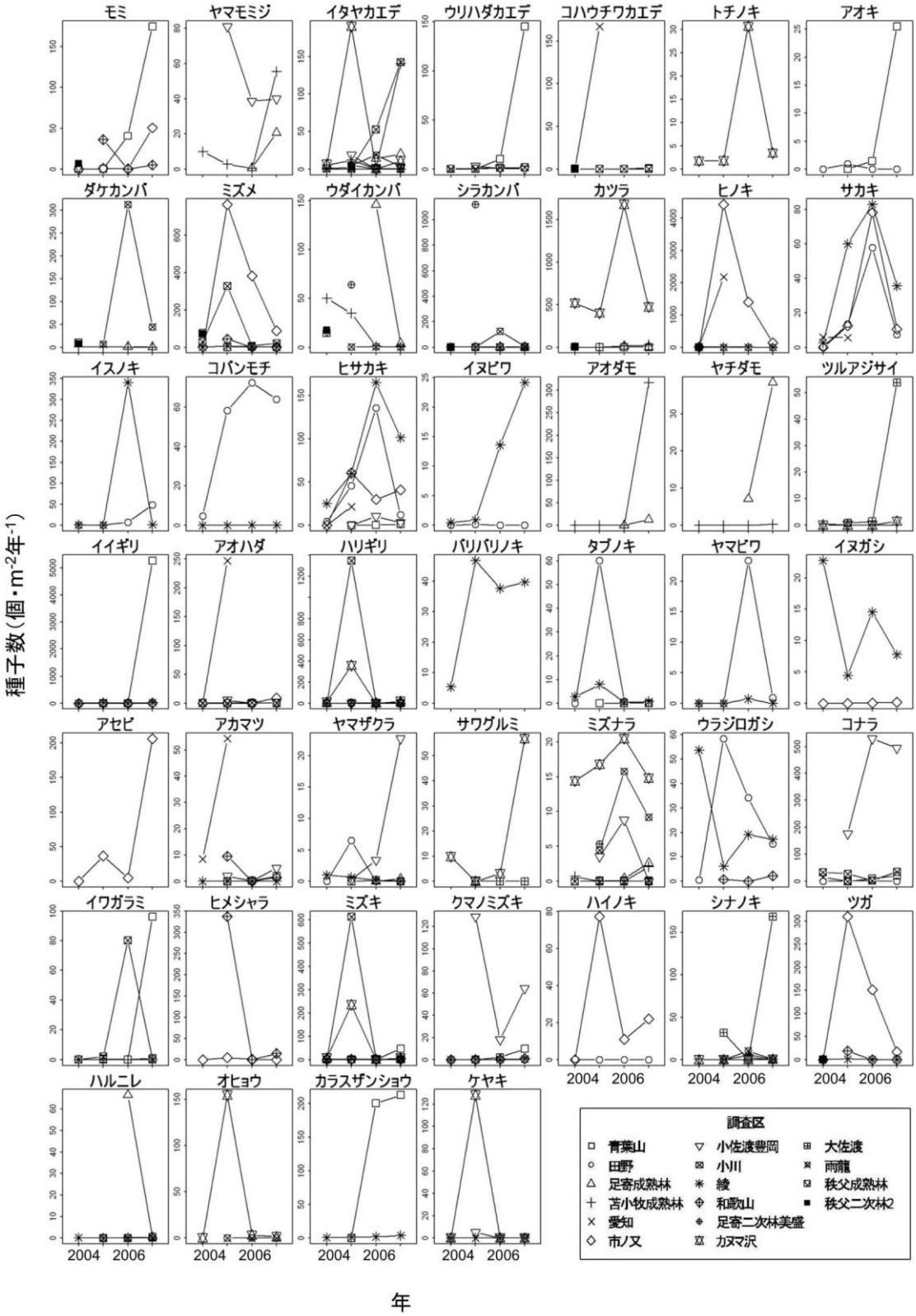


図 5-4-2　2004～2007 年の落下種子数の年変動。４月１日から３月３１日までの落下種子数(健全種子数＋不健全種子数）を１年間の落下種子数とした。ただし、積雪地で冬期にリタートラップを撤去しているサイトでは、秋もしくは冬の最終回収日まで、積雪地で通年リタートラップを設置しているサイトは、翌年度の最初の回収日までを、１年間とした。

（２） シデ類の種子生産量の年変動と地域間の同調性

広域分布種について、現在の環境が異なる地域間で種子生産を比較し、種子生産に影響を与えている環境要因を絞りこむことは、将来の環境変化に対して種子生産がどのように変化するのか予測するために必要である。本調査では、従来研究されてきたブナ（ナットワーク、Homma *et al.* 1999）以外の多様な樹種で、広域で種子生産量を比較できると期待される。本節では、その一例としてシデ類を紹介する。

シデ類[1]（アカシデ、イヌシデ、クマシデ、サワシバ）は、南西諸島をのぞき北海道から九州まで広く分布している（図 5-4-3）。小川ではこれら４種が生育している。2004 年から

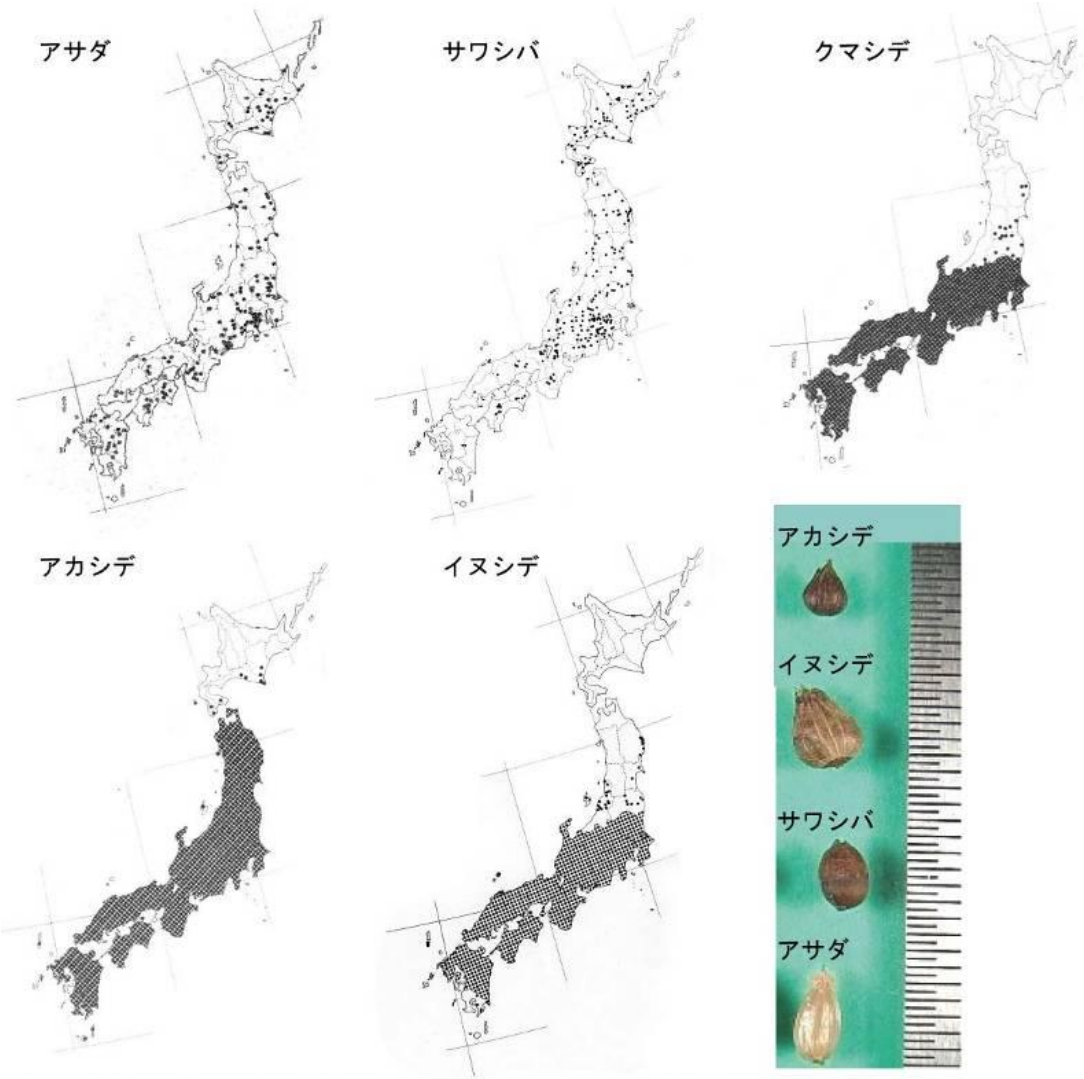


図 5-4-3　アサダとシデ類（サワシバ、クマシデ、アカシデ、イヌシデ）の分布（出版社から転載許可を得て日本林業技術協会 1964、1968 を転載）。ドット若しくは濃色が分布域を示す。写真は小川のアカシデおよびイヌシデ、苫小牧のサワシバおよびアサダの種子。スケールの最小目盛りは 0.5㎜。

[1] カバノキ科クマシデ属 *Carpinus* の樹木

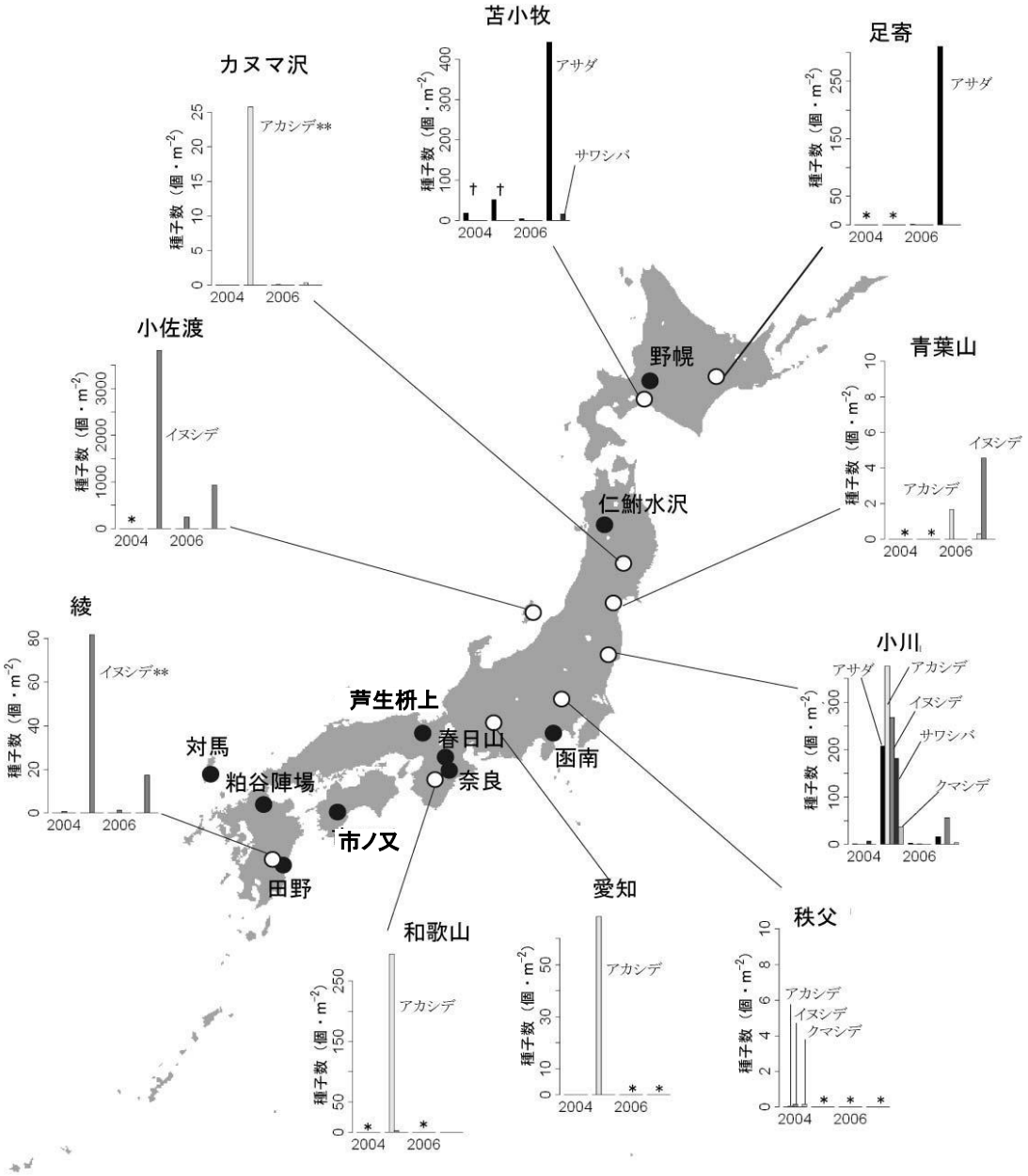


図 5-4-4　モニタリングサイト 1000 森林調査の各サイトにおけるアサダとシデ類（アカシデ、イヌシデ、クマシデ、サワシバ）の種子数の年変動。2004 年と 2006 年は種子数が少なく、2005 年は多かったサイトが多い。2007 年は 2006 年に比べ北海道でアサダの種子数が多くなった。●：シデ類が調査区内に出現し、リタートラップ調査を実施していないサイトもしくは調査区内の個体数が少なく種子が見つかっていないサイト。*：調査開始前もしくは台風等により調査ができなかった年、**：リタートラップを設置している調査区内には親木がなく調査区外から種子が供給されている、†:調査基準が変更になったため、2005 年以前と 2006 年以後の比較ができない。

2007 年にかけて 4 種とも 2005 年にもっとも種子数が多くなった（図 5-4-4）。さらに同じカバノキ科でシデ類と同様の堅果をつくるアサダ（図 5-4-3）も、2005 年に種子数が多くなった（図 5-4-4）。種子生産の年変動が種内だけでなく種間でも同調していることは過去

にも報告されている(Shibata *et al.* 1998)[2]。

2005 年は、シデ類の種子生産数が増えていたサイトが多かった。カヌマ沢ではアカシデが、綾、小佐渡ではイヌシデが、調査期間中で最も多くなっていた（図 5-4-4）[3]。愛知では、アカシデが 2004 年に比べ 2005 年に増えていた。苫小牧でもアサダの種子数が 2004 年に比べ 2005 年に多かった[4]。

今後、モニタリング調査を継続することで、シデ類の豊凶現象がどのくらい樹種間で広域に同調するのかが明らかになり、気象要因等との関係性を検証できると期待される。

（３） ブナの種子生産量と健全種子率の地域間差

ブナは北海道渡島半島から九州まで分布しており、種子生産の年変動がもっとも良く調べられてきた樹種のひとつである。目視による種子生産量の調査が、独立行政法人森林総合研究所により東北から近畿、四国にかけて行われている（http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/tanedas/index.html）。また都道府県の林業試験場等でも目視による調査が行われている。目視調査は簡便であるため、広域の傾向を把握するには適しているが、実際に森林に落下した量や虫害率などは分からない。こうした量を把握するため、リター・シードトラップ調査が不可欠となる。

10 年以上の長期にわたってブナのシードトラップ調査が行われてきた森林は、カヌマ沢、小川、秩父を含め東日本に偏っていた(5 章 1 節図 5-1-13、今・野田 2008)。モニタリング

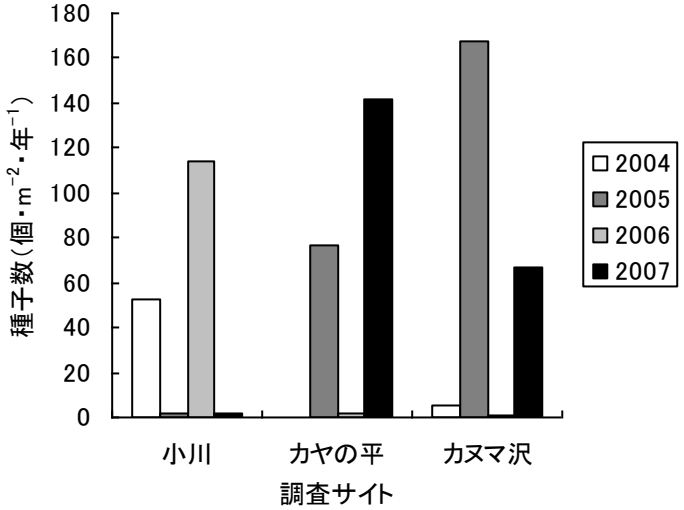


図 5-4-5 2004-2007 年のブナの年間落下種子数の年変動。
和歌山は種子数が少なかったため示していない。

[2] その理由として、種子が同じ種子食者に食べられるため、種間で同調して種子数が多くなると種子食者が食べきれず、死亡を免れる種子が増えるという捕食者飽食仮説が提案されている(Shibata *et al.* 1998)。
[3] 和歌山ではイヌシデは調査区内に 4 個体しか生育していないため、2005 年の種子数が少ないと考えられる。
[4] ただしサワシバは、57 個体・ha^{-1} と個体数は少なくないが、どの年も種子数が少なかった。2006 年より調査方法を変更したため、2005 年以前と 2006 年以降を比較できない。

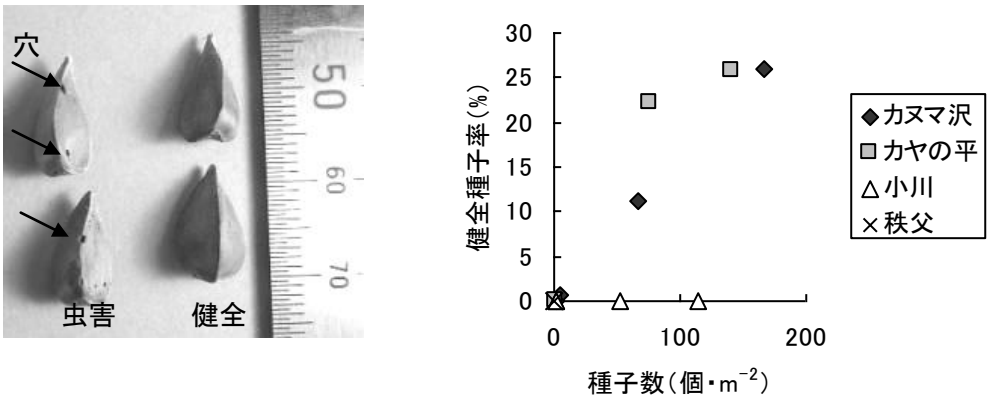


図 5-4-6　左：ブナの健全種子と虫害種子（矢印部に虫が開けた穴がある）。右：2004～2007 年のブナの健全種子率（健全種子の全種子に占める割合）と年間落下種子数の関係。

サイト 1000 ではカヤの平、芦生枡上、和歌山が加わり、より広域の変化を捉えられる。

2004 年から 2007 年の種子生産量の年変動は、サイト間で異なっていた（図 5-4-5）。2004 年から 2007 年の間で、小川では 2006 年に、カヤの平では 2007 年に、カヌマ沢では 2005 年に、最も種子数が多くなった。2005 年は東北各地で豊作となった（http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/tanedas/index.html）。1993 年に日本のブナ林で種子生産量を調べた結果、日本全国で豊作であったことが報告されている(Homma *et al.* 1999)。東北地方の多くの地域で同調して豊作となる年もあれば、一部の地域でのみ豊作となった年もあることが報告されている(Suzuki *et al.* 2005)。このように年によって、同調の地理的範囲は異なる。

たとえ多くの種子が生産されたとしても、健全種子とは限らない。多くの種子は胚がない「しいな」であったり、虫害などにより成熟前に落下してしまう。こうした種子は発芽できなかったり、発芽しても実生の成長が悪い。ブナの健全種子が全種子に占める割合は、どのサイトでも 30%以下であった（図 5-4-6）。健全種子の割合は、落下種子数が多いほど高くなることが報告されている（Suzuki *et al.* 2005）。カヤの平やカヌマ沢では種子数が多いほど健全種子率が高くなる傾向が見られた。しかし、小川では健全種子の割合が 4 年とも低く、ほとんどの種子が虫害か未熟種子であった。1 m^2 あたり 100 粒という比較的多くの種子が作られても、そのほとんどが更新に寄与しないことになる。小川は健全種子率が常に低い可能性がある。豊作年に日本のブナ林で調査した Homma *et al.* (1999)によると、積雪が少ない地域のブナ林では、多雪地域のブナ林にくらべ、虫害率が高いため、健全種子率が低かった[5]。小川は積雪の少ない太平洋側に位置し、カヤの平やカヌマ沢は積雪量が多い。ただし、小川では 1993 年に 800 粒・m^{-2} と豊作になり、健全種子の割合は約 30％であった(Homma *et al.*

[5] 積雪量とブナを食害する昆虫との直接的な関係はないといわれている。積雪量が少ない地域はイヌブナが混在し、イヌブナはブナと種子生産の年変動が異なり、ブナが不作でも昆虫の個体数が低下しにくいため、食害率が高いと言われている(梶・大久保 1995)。

1999)。

本調査で明らかになる落下種子数や虫害率を、研究機関等で実施されている目視調査による広域の種子生産量と組み合わせることで、結実、散布、更新という各過程の変化が把握できると期待される。

（４） 暖温帯林・亜熱帯林での種子生産

日本のみならず世界的にみても、種子生産の研究は亜寒帯林、亜高山帯林や冷温帯林のものが多く、暖温帯林、亜熱帯林では少ない(Kelly and Sork 2002)。さらに暖温帯林、亜熱帯林における広域の比較研究は少ない。上述のように、シデ類や一部のカシ類(Hirayama *et al.* 2008)では種間で同調が見られるが、一般には同属内の種間で種子生産の年変動パターンが異なる（Kelly and Sork 2002)。したがって、樹種ごとに種子生産を調べる必要がある。暖温帯林、亜熱帯林は、亜寒帯林、亜高山帯林や冷温帯林に比べ、構成樹種が多い。なかには、そのサイトでしか記録されていない樹種の種子もあり、貴重なデータとなる。例えば綾では４年間で 44 属 55 種の種子、果実が記録されている。毎木調査では 29 種しか出現せず、約 47%の種子は、低木種や調査区外の樹種の種子である。

暖温帯林、亜熱帯林の構成種であるシイ類（スダジイ、ツブラジイ）では、田野で 2006 年に種子数が多くなった（図 5-4-7)。市ノ又、綾では、2005 年と 2006 年の種子生産量に大きな差がみられなかった。奄美では 2007 年が多くなっており、石田ら（2008）によると 2007 年は豊作であり、2006 年は並作であった。４年間のデータでは地域間の同調性については検討できず、長期間継続することが必要である。

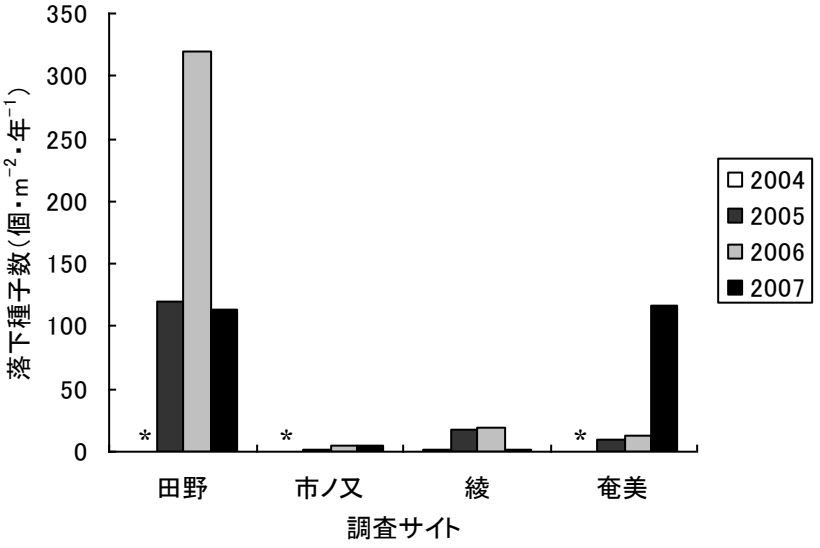


図 5-4-7 シイ類（スダジイ、ツブラジイ）の種子数の年変動。落下種子数は４月１日から３月３１日分を１年とした。シイ類は春に開花し、翌年秋に種子が落下する。＊：年度途中から調査開始のためデータを示していない。

（５） 豊凶現象によるリター供給の年変動

豊凶現象は森林生態系の物質循環にも変動をもたらすことがある。樹木は豊作年には繁殖器官を作る。その一部は樹上で動物の食害を受け、残りはリターとなって土壌分解系に入る。

小川では 2004 年に 0.4 ton･ha^{-1}･年$^{-1}$ であった落下繁殖器官量が、翌年には 1.5 ton･ha^{-1}･年$^{-1}$ と約４倍にも増えた（図 5-4-8）。落葉・落枝量も変動を示したが、それ以上に繁殖器官量が増加したため、総リター量も 1 ton･ha^{-1}･年$^{-1}$ 増加し、約 1.2 倍に増えた。これは 2005 年にイヌブナが豊作だったためと考えられる。

また秩父でも同様の繁殖器官量の変動が見られている。2005 年には 1.7 ton･ha^{-1}･年$^{-1}$ と多量の繁殖器官が生産されたが、翌年は 0.7 ton･ha^{-1}･年$^{-1}$ に減少した。総リター量では、2005 年は 2006 年の約 1.3 倍であった[6]。秩父では、2005 年にイヌブナが豊作であった(澤田ら 2008)。

このように大量結実にともなってリター量が変動する現象は、山形県のブナ天然林で豊作年に凶作年の 1.5 倍 (Kawada and Maruyama 1986)、岩手県八甲田山のブナ天然林で凶作年の 1.2～1.5 倍(Yasumura *et al.* 2006)と報告されている。

また総リターの量だけでなく質にも変化が生じる可能性がある。小川と秩父両サイトでは、イヌブナが豊作だった 2005 年には落葉量が凶作年に比べ少なかった。ブナでは豊作年に落葉量が減少することが報告されている(Kawada and Maruyama 1986、澤田ら 2008)[7]。アカガシ、ウラジロガシ、ツクバネガシなど一部の常緑カシ類でも豊凶にともなって落葉量が変動することが報告されている(Hirayama *et al.* 2008, 倉本 2008)。葉と繁殖器官では成分が異なり、ブナでは、花やドングリは葉に比べ、脂肪の濃度が高く、また窒素、リン、カリウムの濃度も高い(Kawada and Maruyama 1986)。たとえリター量が同じでも、どのようなリターが

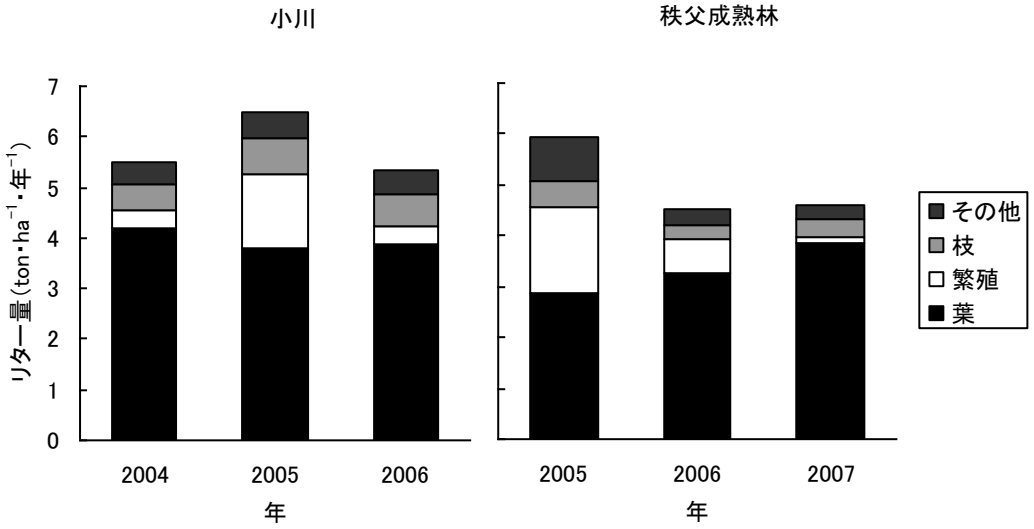


図 5-4-8　小川と秩父におけるイヌブナの豊凶現象とリター量の年変動。

[6] その他落下物の量も 2005 年は 0.8　t･ha^{-1}･年$^{-1}$ と 2006 年の 0.3 t･ha^{-1}･年$^{-1}$ にくらべ多かった。しかし、繁殖器官量の変動の方が、総リター量の変動に影響していた。

[7] ただし Yasumura *et al.* (2006)では減少は見られなかった。

生産されるかによって土壌分解系に与える影響は異なる。したがって環境変化によって樹木の種子生産が変わると、その影響は物質循環へも波及すると考えられる。

引用文献

Hirayama, D., Nanami, S., Itoh, A., and Yamakura, T. 2008. Individual resource allocation to vegetative growth and reproduction in subgenus Cyclobalanopsis (Quercus, Fagaceae) trees. Ecological Research **23**: 451-458.

Homma, K.,Akashi, N., Abe, T., Hasegawa, M., Harada, K., Hirabuki, Y., Irie, K., Kaji, M., Miguchi, H., Mizoguchi, N., Mizunaga, H., Nakashizuka, T., Natume, S., Niiyama, K., Ohkubo, T., Sawada, S., Sugita, H., Takatsuki, S., and Yamanaka, N. 1999. Geographical variation in the early regeneration process of Siebold's Beech (*Fagus crenata* BLUME) in Japan. Plant Ecology **140**: 129-138.

石田健, 川口秀美, 鳥飼久裕, 高美喜男, 川口和範. 2008, 奄美大島金作原国有林の森林調査結果とスダジイの結実動態から生態系管理を考える 日本森林学会大会発表データベース **119**: 4

梶幹男, 大久保達弘. 1995. ブナ類堅果生産と実生の発生にかかわる要因とその影響-太平洋側のブナ型林分と日本海型ブナ林との比較-. 沼田真編. 現代生態学とその周辺. 東海大学出版、秦野市. p.128-134.

Kawada, H., and Maruyama, K. 1986. Effect of seed bearing of a natural beech (*Fagus crenata* Blume) forest on amount of litter fall and its nutrients. Japanese Journal of Ecology **36**: 3-10.

Kelly, D. and Sork, V.L. 2002. Mast seeding in perennial plants: Why, how, where? Annual Review of Ecological Systematist **33**:427-447.

今博計, 野田隆史. 2008. ブナにおけるマスティングとその適応的意義-受粉効率仮説と捕食者飽食仮説の検証-. 寺澤和彦, 小山浩正ら編. ブナ林再生の応用生態学. 文一総合出版, 東京. p. 15-33.

倉本惠. 2008. 暖温帯性コナラ属樹種の結実豊凶-葉と果実のフェノロジーとの関連-. 日本森林学会大会発表データベース **119**: 305.

日本林業技術協会 1964. 原色日本林業樹木図鑑第一巻 地球社, 東京.

日本林業技術協会 1968. 原色日本林業樹木図鑑第二巻 地球社, 東京.

澤田晴雄, 梶幹男, 大村和也, 五十嵐勇治. 2008.ブナ２種（*Fagus crenata* Blume and *F. japonica* Maxim）の豊凶現象が樹体の成長に与える影響. 日本森林学会誌 **90**: 129-135.

Shibata, M., Tanaka, H. and Nakashizuka T. 1998. Causes and consequences of mast seed production of four co-occuring *Carpinus* species in Japan. Ecology **79**: 54-64.

Suzuki, W., Osumi, K. and Masaki, T. 2005. Mast seeding and its spatial scale in *Fagus*

crenata in northern Japan. Forest Ecology and Management **205**: 105-116.

Yasumura, Y., Hikosaka, K. and Hirose, T. 2006. Resource allocation to vegetative and reproductive growth in relation to mast seeding in *Fagus crenata.* Forest Ecology and Management **229**: 228-233.

５．５ 台風などの撹乱に対する森林生態系の応答

日本において地域により台風の襲来数や強度は一様でない。気候変動により、台風の襲来数、強度、経路などが変化する可能性が示唆されている。そのため台風などの撹乱に対する森林生態系の応答を明らかにすることは、将来の予測と対策に重要である。2004 年の台風により、苫小牧では、樹木が死亡し、樹木の炭素蓄積量が減少した。また綾、奄美や与那では、台風によって落葉、落枝量が短期的に増加した。台風は炭素循環だけでなく、生物多様性にも影響を与える可能性がある。綾では台風の翌年に、甲虫の個体数が増加した。また数十～百年に１回という大規模な台風撹乱は、生態系へ長期的な影響を与えることもある。 森林生態系の炭素蓄積量は、台風や人為撹乱後 50 年が経過しても回復しなかった。生物多様性への影響は不明な点が多く、モニタリングを継続することが重要である。

台風や温帯低気圧は強い風雨により、森林生態系に撹乱を与える。日本にはほぼ毎年、台風が上陸している（図 5-5-1）が、台風の接近数や強さは日本の中でも一様ではない。1971 年～2000 年間の台風の年平均接近数は、最少が北海道の 1.5 個で、最も多い沖縄は７個である（http://www.data.jma. go. jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/average/average.html）。また、台風や温帯低気圧にともなう強風の吹く頻度も異なっている。南西諸島、九州、紀伊半島、四国、小笠原では、最大瞬間風速 40m・秒$^{-1}$ 以上の強風が頻繁に吹いている（図 5-5-2）[1]。特に南西諸島と小笠原では、５年以内に強風が吹いていることになる。

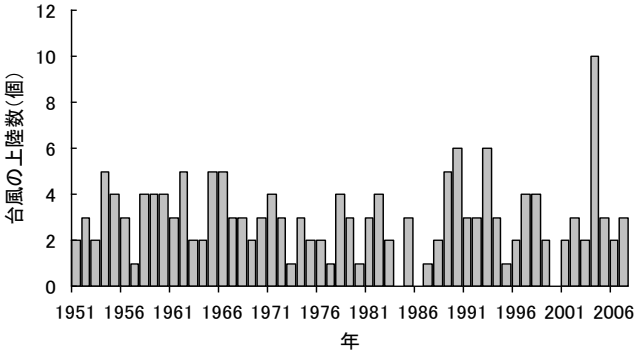


図 5-5-1 日本の台風の上陸数（気象庁 http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/landing/landing.html から作成）。

このように日本の森林は、頻繁に台風が襲来している森林と、稀にしか台風が襲来しない森林とがある。稀にしか台風が襲来しない森林は、台風が頻繁に襲来している森林にくらべ、台風が襲来した場合に大きな影響を受ける可能性がある。本章では、まず、2004～2007 年の台風が森林調査区の炭素蓄積量、落葉・落枝量、そして炭素吸収量に与えた短期的影響を報告する。また、台風は植物だけでなく、土壌環境の変化を介して甲虫群集へ影響を与える可能性がある。そのため、樹木群集と甲虫群集への影響を検討した。また、台風撹乱や人為撹乱が森林生態系に与える長期的な影響も検討した。

[1] 斉藤・小南（2004）の手法を用いて再現周期を求めた。各サイトの最寄気象台の 1967 年～2003 年の年最大瞬間風速の頻度分布に対数正規分布をあてはめ、最大瞬間風速 40m・秒$^{-1}$ 以上の強風が吹く確率を求めた。確率の逆数が再現周期となる。

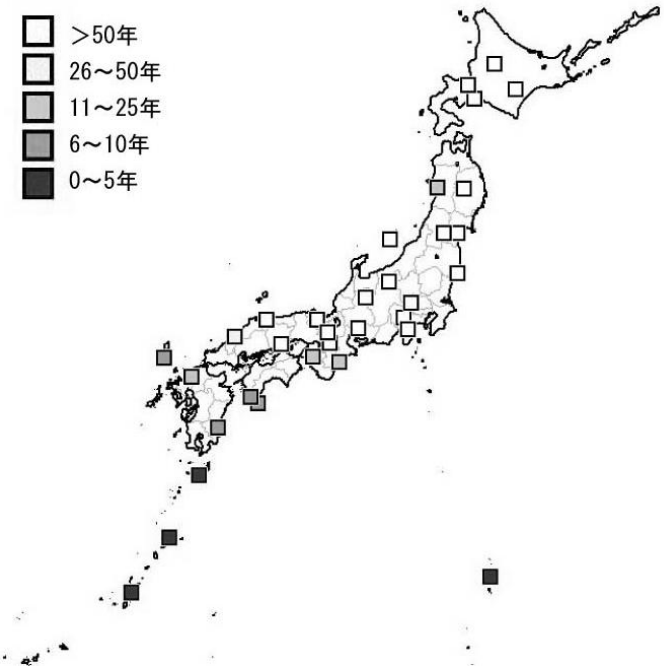


図 5-5-2　最大瞬間風速毎秒 40m 以上の強風の再現周期。

（１）　台風による短期的影響

ⅰ.　樹木の炭素蓄積量の変化

強い台風の直接的・短期的な影響としては、樹木の葉や枝の折れや、根元から倒れるなど個体そのものの死亡などが挙げられる。その結果、樹木の幹や枝に蓄積されていた炭素は、材リターになり分解されるようになる。

2004 年は、日本に上陸した台風の数が 10 個と、1951 年以降最も多くなった（図 5-5-1）。台風 18 号（2004 年９月４日～８日）では、沖縄、九州、中国、北海道で記録的な強風が吹き、北海道大学苫小牧研究林全体では林冠ギャップ（森林内の樹木の枯死によってできた空き地）の占める割合が約４%から約 20%に増えた(Hirao *et al.* 2008)。

モニタリングサイト 1000 調査区でも、大きな変化が見られた。まず、樹木の死亡率が高くなった。台風前から森林の成熟にともなって樹木本数は減少傾向にあり、死亡率は 1.8%と推定された[2]。しかし、台風により、台風直後の 10 月までに 31 本[3]が死亡した。さらに翌年秋までに 35 本が死亡し[4]、樹木本数は減少して（図 5-5-3 左）、死亡率は約４％と高くなった。苫小牧を除いた全国の死亡率が約１±0.9 %（平均±標準偏差）であったのと比べて、

[2]苫小牧成熟林調査区ではモニタリングサイト 1000 以前の 2001 年に調査しており、そのデータを利用して求めた（日浦勉・未発表データ）。2001 年調査時点から 2004 年 10 月調査時点（台風後）にかけて死亡した樹木のうち、幹折れ、根返り、倒木、倒木巻き込まれ以外で死亡したものは、台風前にすでに死亡していたとみなし、台風前の本数・死亡率・炭素蓄積量を求めた。

[3] 2001 年調査時点から 2004 年 10 月調査時点（台風後）にかけて死亡した樹木のうち、幹折れ、根返り、倒木、倒木巻き込まれで死亡したものを台風によって死亡した樹木とした。

[4] このうち、台風で直接的に死亡したと考えられたものは７本であった。

大きな値であったことが分かる。

樹木の炭素蓄積量も減少した。台風前の 2001 年から 2004 年にかけては、樹木の地上部の炭素蓄積量は増加傾向にあったと推定された（図 5-5-3 左)。その炭素蓄積量の約５％にあたる４MgC・ha^{-1}の樹木が台風によって倒伏し、材リターとなった（図 5-5-3 右）[5]。その量は、台風以外の要因で生じた材リターの炭素量よりも 1.8～2.8 倍も多かった。枯死木の根に含まれる炭素も土壌分解系に供給されるため、実際に材リターとなった炭素量はさらに多かったと考えられる。2006 年には死亡率が約 2.3%年$^{-1}$と低下し、生存木が成長して樹木の炭素蓄積量は増加してきているものの、台風から３年経った 2007 年でも台風前に比べて少ない（図 5-5-3 左)。ただし、材リターはゆっくりと分解されるため、これらに蓄積している炭素はすぐに大気中に放出されるわけではない。

樹木の死亡率の変化は、台風の強さ、立地、林分構造、樹種によって異なる。より一般的な台風の影響としては、落葉、落枝量の増加が挙げられる。

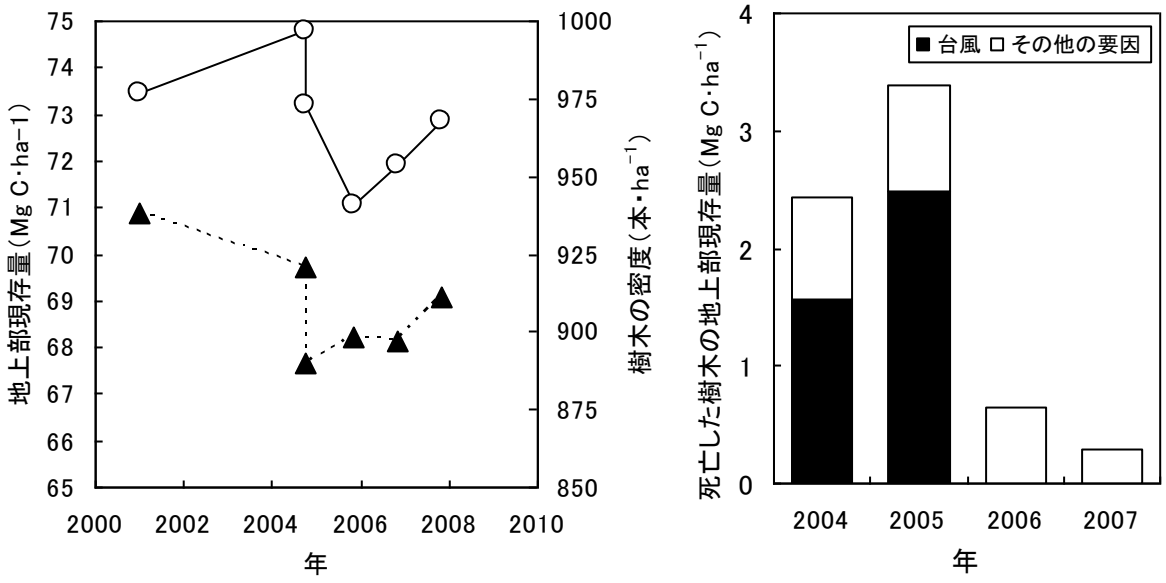


図 5-5-3　2004 年 9 月の台風 18 号による苫小牧成熟林への影響。（左）樹木の地上部の炭素蓄積量（現存量）（○）と樹木密度（▲）の変化。（右）台風とそれ以外の要因で死亡した樹木の炭素蓄積量。台風以外の要因で死亡した樹木の蓄積量の 2004 年の値は、2001 年から 2004 年に台風以外の要因で死亡した樹木の蓄積量を３年で割って求めた。

[5] １MgC とは炭素量１ ton と等しい。

ii.　落葉・落枝の量と季節性の変化

一般的に台風のもたらす強い風は、葉を強制的に落とし、枝を折るため、一時的に落葉・落枝量を増加させる(Herbert *et al.* 1999, McNulty 2002)。綾では 2004 年８月末に通過した台風 16 号のため、８月の落葉量は 1.5 ton・ha^{-1}、落枝量は 1.8 ton・ha^{-1} と増えた。平年に１年間に落下する葉量の約 40%、枝量の約 230%に相当する量が８月に落下したことになる。2004 年は８月以降も複数の台風が九州を通過し、年間総リター量[6]は 2005～2007 年と比べて約 1.5 倍多かった（図 5-5-4 左)。また、2007 年７月には台風４号により、奄美と与那で、落枝量が台風の影響が少なかった前年の２倍に増加し、総リター量が増加した。このように、大型台風が通過すると、リター量が大幅に増加することがある。

また台風により一時的に落葉、落枝量は増えるものの、枝や幹が折れて、翌年以降は着葉、落葉量が減ることがある。綾では 1993 年に強い台風 13 号が通過し、1993 年は 1992 年にくらべ落葉量が 1.5 倍に増えたが、翌 1994 年は 0.7 倍に減少していた（佐藤 2006)。落葉量は台風後４年目に回復した。苫小牧では、着葉及び落葉量が 2004 年の台風後に台風前の約 60%に減少した（図 5-5-5)。

さらに、台風は落葉供給の季節性を変える。与那や奄美では、台風が通過しなかった 2006 年は、秋の落葉のピークが明瞭でなかった。2005 年は９月上旬に、2007 年は７月に台風が通過し、それぞれ９月と７月に落葉量が多くなった（5 章 3 節 図 5-3-1)。これらの葉は、台風がなければ翌年の春先以降に落葉していたと考えられる。

落葉、落枝の量やその季節性が変化すると、土壌の物質循環が変わる可能性がある。有

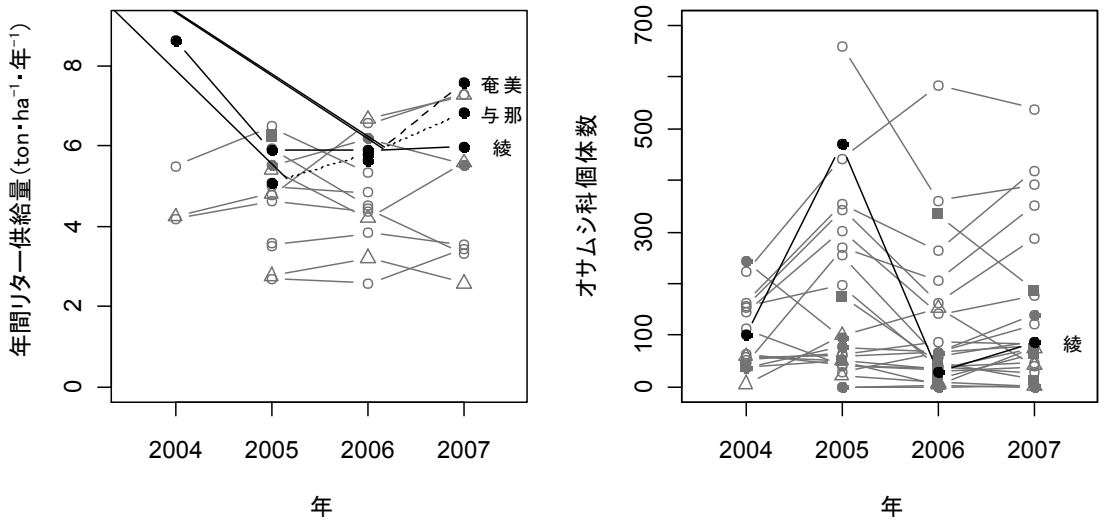


図 5-5-4　各調査区における（左）年間リター供給量、（右）オサムシ科甲虫の個体数の年次変動。

[6] 落葉落枝量に落下繁殖器官、昆虫の糞、樹皮等を加えた総落下物量。

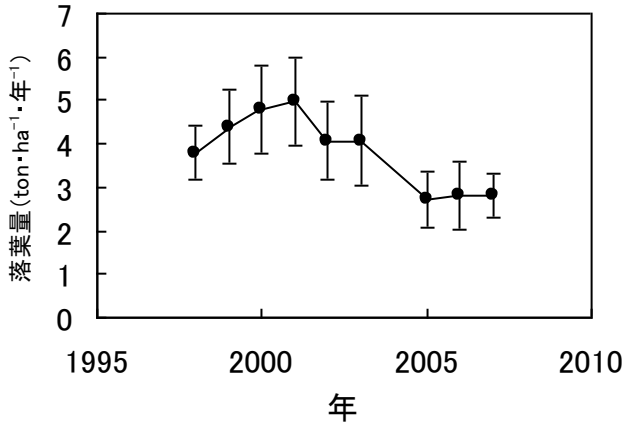


図 5-5-5 苫小牧の成熟林における落葉量の経年変化。2004 年に台風があったため、着葉及び落葉量が台風前の 60%に減少した（2003 年以前のデータは日浦勉・未発表データ）。

機物の分解速度は、分解系に供給される有機物の質、量によって変わる。自然落葉と比べ強制的に落葉した葉は窒素やリンなどの養分が多い(Herbert *et al.* 1999)。一方、落枝や材リターは葉に比べ CN 比が高く分解されにくい。また、林冠ギャップの形成による林床の温度や水分条件の変化も、微生物の活性を変える。このように台風は分解速度や物質循環にも影響し、さらには樹木の生産性にも間接的に影響する可能性がある。

iii. 炭素吸収量の変化

台風による樹木の死亡や強制落葉は、短期的に森林の二酸化炭素の吸収量を減少させることがある。ハワイでは台風により葉面積が 3～59%減少し、樹木の正味の炭素吸収量である純一次生産量（NPP）[7]が減少した(Herbert *et al.* 1999)。苫小牧成熟林調査区でも台風により葉量が減少し（図 5-5-5)、葉面積も 36%減少し（日浦勉　未発表データ)、純一次生産量（NPP）が減少した可能性がある。

純一次生産量（NPP）の減少は、生存木や新たに更新した木の成長によって、数年で回復する場合もある(Herbert *et al.* 1999, Li *et al.* 2007)。そうした場合、数年おきの調査では、純一次生産量（NPP）が変化しなかったと見えてしまうこともある。しかし、モニタリングサイト 1000 のコアサイトでは毎年調査を行うため、より詳細な変化を捉えることができると期待される。

また、森林生態系の炭素収支量（生態系純生産量 NEP[8]）も影響を受ける可能性がある。生態系純生産量（NEP）[9]は、植物が光合成で吸収した量（総一次生産量 GPP）と、生態系呼吸量（植物の地上部の呼吸量や土壌呼吸量）のバランスで決まる。土壌呼吸量には、植

---

7 純一次生産量（Net Primary Production）は、植物の炭素吸収量である総一次生産量（Gross Primary Production）から植物の呼吸量を引いた、植物の正味の炭素吸収量である。

8 生態系純生産量（Net Ecosystem Production）は、生態系からの正味の炭素の吸収あるいは放出量である。NPP から従属栄養生物の呼吸量を引いたものであり、GPP から生態系呼吸量（植物の地上部や根の呼吸量や従属栄養生物の呼吸量）を引いて求めることもできる。植物の根の呼吸量は、従属栄養生物の呼吸量とともに、土壌呼吸量として測られることが多い。

9 純一次生産量から動物の呼吸や土壌有機物の分解に伴い発生する炭素量を引いても求められる。

物の根の呼吸と従属栄養生物による有機物の分解に伴う二酸化炭素の放出が含まれる。樹木が枯死したり葉や根が損傷を受けると、根の呼吸量が減少し、土壌呼吸量に影響する可能性がある。有機物の分解速度も、上述したように様々な要因によって変わる可能性がある。例えば、北海道における 2004 年の台風 18 号による風倒被害が大きかった森林では、土壌呼吸量が減少した(阪田ら 2008)。アメリカ合衆国・フロリダの低木林では、ハリケーンにより葉量が 22%減少して、その結果、総一次生産量（GPP）が 22%減少し、生態系呼吸量も 25%減少した。これらが相殺しあい、生態系純生産量（NEP）は変化しなかった(Li *et al.* 2007)。実際に、台風により生態系の炭素収支がどのように変化するかは、研究例が少なくよく分かっていない。本事業がフラックス研究（例えば JapanFlux など）などと連携することで、台風が生態系の炭素循環に及ぼす影響が明らかになると期待される。

（２） 台風による生物多様性と生物間相互作用の変化

台風撹乱による森林の構造や植物量、質の変化は、様々な生物群の多様性に影響を与える可能性があるが、十分には分かっていない。北海道大学苫小牧研究林の 2004 年の台風による風倒被害の大きかった林分と少なかった林分を比べると、鳥類や昆虫群集組成に違いが見られ(Hirao *et al.* 2008)、台風前後でこれらの群集が変わった可能性がある。

台風撹乱は落葉供給量の変化などを通して地表徘徊性甲虫の個体数に影響を与える可能性がある。綾では 2004 年に 101 個体であったオサムシ科個体数が 2005 年に約 4.6 倍の 469 個体に増加した（図 5-5-4 右）。この 2004 年から翌 2005 年にかけての個体数増加率は、2004 年~2007 年まで継続して調査を行っている 14 調査区の中で最大であり、増加率が次いで高かった苫小牧成熟林（2.2 倍）、田野（2.1 倍）よりも増加率が 2 倍以上大きな値を示した。綾のオサムシ科種数は、2004 年に比べて 2005 年に 1.2 倍に増加したが、他のサイトの変動幅と比較して大きな増加ではなかった。したがって、量、種類、季節性の点で通常とは異なるリター供給パターンが、甲虫の繁殖、個体数に正の影響を及ぼしたと考えられる。

台風によって損傷をうけた樹木は、昆虫や菌の感染リスクが高くなり、枯死率が高くなる可能性がある(McNulty 2002)。また大規模風倒は、キクイムシなどの昆虫の大発生をもたらすこともある。ヤツバキクイムシは通常、エゾマツ、アカエゾマツ、カラマツなどの枯死材を利用し繁殖しているが、台風によって材リター量が増えると個体数が増える。その後、利用できる材リター量が減少すると、生存木を加害し枯死させると言われている。2004 年の台風 18 号後、千歳と苫小牧のエゾマツ、カラマツ林ではヤツバキクイムシの加害による生存木の枯死が確認されている(上田・井口 2008)。

（３） 台風撹乱と人為撹乱による長期的な影響

台風による撹乱や森林施業は、森林の炭素蓄積量に長期的な影響を与えることがある。綾では、1993 年の台風 13 号により、樹木密度と地上部の炭素蓄積量が減少した（佐藤 2006、図 5-5-6）。 ４年後には死亡率は約１％と低い値に戻り、新規加入率は高くなった。その結

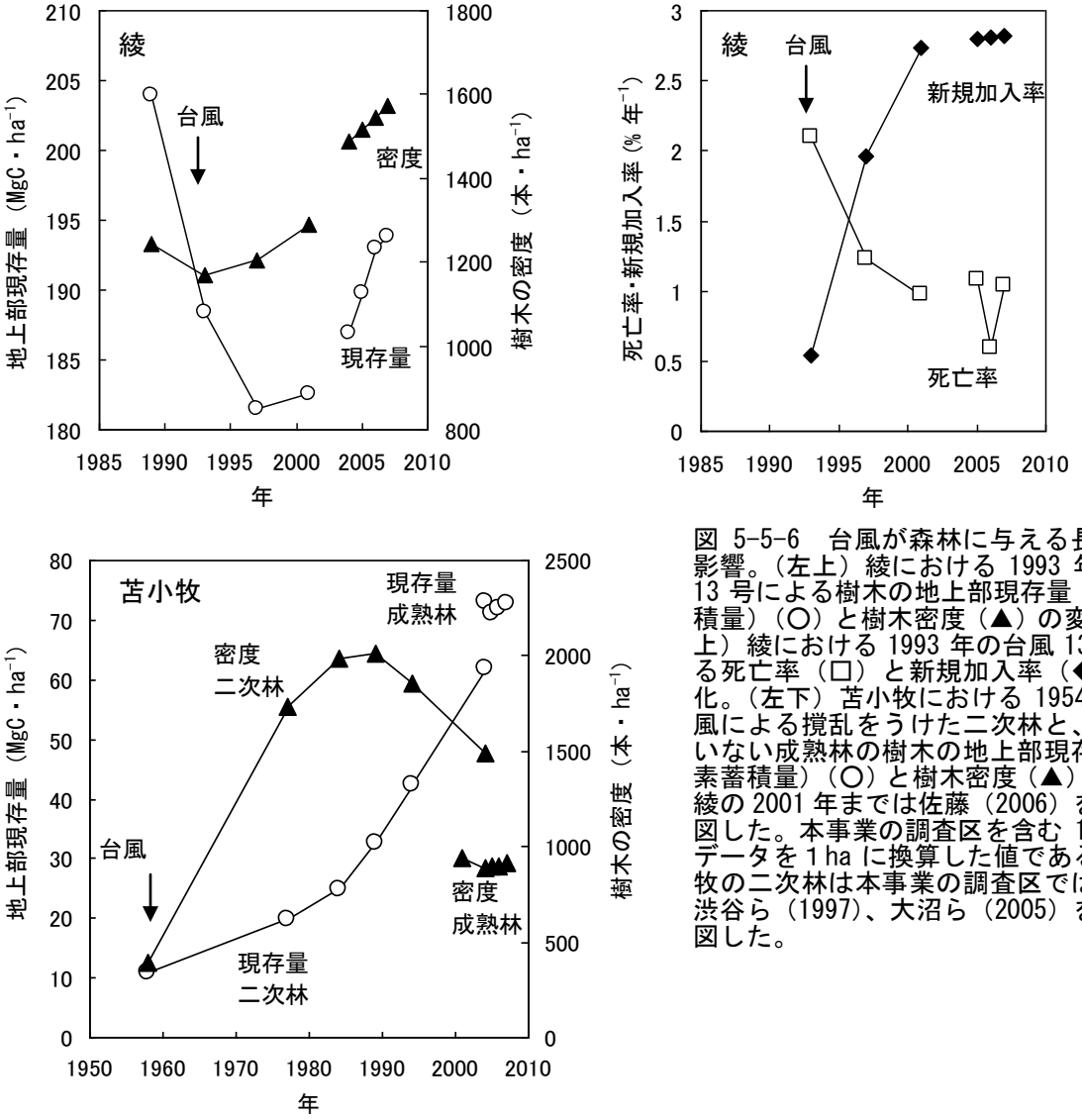


図 5-5-6　台風が森林に与える長期的な影響。（左上）綾における 1993 年の台風 13 号による樹木の地上部現存量（炭素蓄積量）（○）と樹木密度（▲）の変化。（右上）綾における 1993 年の台風 13 号による死亡率（□）と新規加入率（◆）の変化。（左下）苫小牧における 1954 年の台風による撹乱をうけた二次林と、受けていない成熟林の樹木の地上部現存量（炭素蓄積量）（○）と樹木密度（▲）の変化。綾の 2001 年までは佐藤（2006）を元に作図した。本事業の調査区を含む 1.2ha のデータを 1 ha に換算した値である。苫小牧の二次林は本事業の調査区ではなく、渋谷ら（1997）、大沼ら（2005）を元に作図した。

果、８年後には幹密度は回復し、2007 年現在は台風前よりも高くなっている。一方、蓄積量は台風から 4 年後の 1997 年まで減少し、その後増加傾向にあるが、14 年後の 2007 年でも台風以前には回復していないと考えられる[10]。

苫小牧は 1954 年の洞爺丸台風により大きな撹乱を受けた。胸高断面積合計が台風前の約 20%まで減少した森林では、23 年後の 1977 年には成熟林よりも幹密度は高くなっていた（渋谷ら 1997）。しかし 50 年経っても蓄積量は成熟林よりも少なかった（図 5-5-6）[11]。こ

[10] その後も台風は頻繁に九州に上陸しているが、いずれもこの台風に比べると風が弱い。

[11] 大沼ら（2005）で示された材積をもとに、Fang *et al.*（2005）が求めた広葉樹林における材積（$m^3 \cdot ha^{-1}$）と現存量（$Mg \cdot ha^{-1}$）の関係式（材積＝1.6575×現存量＋7.2693）を用いて現存量を推定し、その 50%が炭素として換算した。この関係式を用いた場合、材密度（重さ/材積）は 0.73～0.75 となった。

の例のように、成長の遅い成熟林が生産性の高い若い二次林に置き換わる場合は、炭素吸収量が増加すると考えられている(McNulty 2002)。

また、土壌中の炭素蓄積量も台風や伐採などの撹乱によって長期間の影響を受けることがある。苫小牧では履歴および経過年数の異なる森林で調査を行っている。それらは、成熟林、洞爺丸台風（1954 年）による被害があり人工ギャップを作った二次林、薪炭用の伐採が行われたと考えられる無立木地に成立した 50 年生二次林、1981 年の台風による一斉風倒後にカラマツ風倒木を搬出しその後に成立した 26 年生二次林である。これらを比較すると、台風撹乱および人為撹乱を受けた 50 年生二次林や 26 年生二次林では、成熟林と比べ植物体に蓄積している炭素量が少ないだけでなくだけでなく、土壌中の炭素量も少ない（図 5-5-7)。このことから、森林が強い撹乱を受けた場合、炭素蓄積量の回復には数十年以上の長い時間がかかることが分かる。

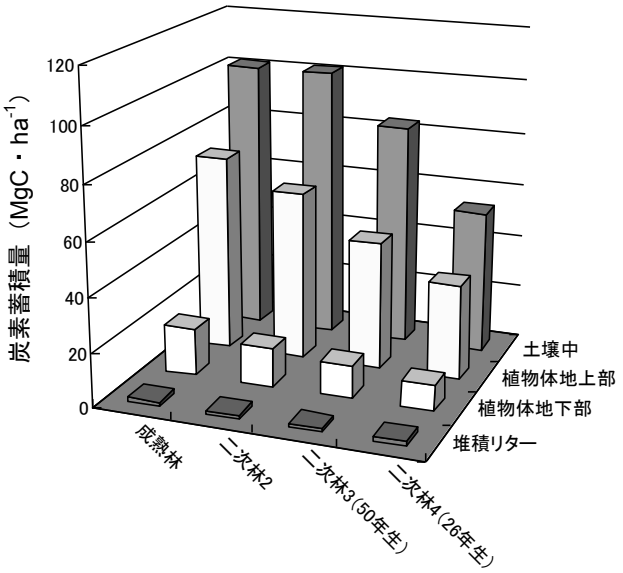


図 5-5-7　苫小牧における台風などの撹乱履歴の異なる森林での炭素蓄積量。

（４）　最後に

台風撹乱は森林の炭素蓄積・吸収量、炭素・物質循環、生物多様性に影響を与える。撹乱の強さによって、その影響は短期間の場合もあれば、数十年という長期にわたる場合もある。また撹乱の頻度、生物種、森林構造、立地、養分条件などによっても影響は異なり、一般化が難しい。したがって、影響の評価には、台風の撹乱前を含め長期間かつ様々な森林でモニタリングを行うことが必要である。多地点の結果を比較することは、メカニズム解明や将来予測に役立つと期待される。

土地利用や森林施業などの人為撹乱も短期・長期のさまざまな影響を与えており、台風撹乱の影響を変えることもある。例えば、台風後の風倒木の林地からの搬出は、病害虫の大発生を抑える(上田・井口 2008)と同時に、土壌撹乱や土壌炭素蓄積量の減少をもたらす場合がある。

撹乱に対する森林生態系の応答が、今後変化する可能性もある。二酸化炭素濃度の上昇や、地球温暖化にともなう養分供給量の変化は、樹木の回復速度を変える可能性が指摘されている(Herbert *et al.* 1999。ただし、Li *et al.* 2007 では二酸化炭素濃度を変えても台風後の回復速度に差が見られなかった)。また、シカなどによる被食圧が高い場合は、森林の

更新が阻害されることも懸念される。

モニタリングサイト 1000 で明らかになる炭素吸収・蓄積や生物多様性の変動を、フラックス測定や衛星を用いた広域スケールの結果につなげることで、台風などの撹乱が森林生態系に及ぼす影響がより詳細に明らかになり、広域の変化を予測するモデルの開発が促進されると期待される。

引用文献

Fang, J.Y., Oikawa, T., Kato, T., Mo, W.H., and Wang Z.H. 2005. Biomass carbon accumulation by Japan's forests from 1947 to 1995. Global Biogeochemical Cycles **19**: 1-10

Herbert, D.A., Fownes, J.H., and Vitousek, P.M. 1999. Hurricane damage to a hawaiian forest: nutrient supply rate affects resistance and resilience. Ecology **80**:908-920.

Hirao, T., Murakami, M., Iwamoto, J., Takafumi, H., and Oguma, H. 2008. Scale-dependent effects of windthrow disturbance on forest arthropod communities. Ecological Research **23**:189-196.

Li, J.H., Powell, T.L., Seiler, T.J., Johnson, D.P., Anderson, H.P., Bracho, R., Hungate, B.A., Hinkle, C.R., and Drake, B.G. 2007. Impacts of Hurricane Frances on Florida scrub-oak ecosystem processes: defoliation, net CO2 exchange and interactions with elevated CO2. Global Change Biology **13**:1101-1113.

McNulty, S.G. 2002. Hurricane impacts on US forest carbon sequestration. Environmental Pollution **116**:S17-S24.

大沼直樹、渋谷正人、矢島崇、斎藤秀之、高橋邦秀．2005．風害後 50 年間の落葉広葉樹林の林分回復過程．日本森林学会大会発表データベース **116**:PA04.

阪田匡司、 酒井寿夫、 相澤州平、 宇都木玄、石塚成宏、 酒井佳美、 田中永晴. 2008. 台風による風倒被害が土壌呼吸に与える影響-2004 年 9 月の台風 18 号による森林被害-. 森林総合研究所北海道支所　研究レポート **100**:1-4.

佐藤保．2006．南九州における照葉樹林の群落構造と林冠撹乱が森林動態に及ぼす影響－特に純一次生産量について－　東京大学博士論文、東京.

斉藤哲、小南陽亮．2004．西南日本における強風の再現周期の広域的特長. 日本林学会誌 **86**：105−111.

渋谷正人、矢島 崇、川合 由香、渡辺 訓男、西川 功．1997．風害後 40 年間の落葉広葉樹林の林分回復過程と主要樹種の幹数動態．日本林学会誌 **79**:195−201.

上田明良、井口和信. 2008. 千歳・苫小牧風景林における 2004 年 18 号台風後のヤツバキクイムシ類による樹木枯死. 森林保護 **311**:15-19.

５．６ 病害虫の発生が森林生態系に与える影響

地球温暖化にともなう気候変動は、病害虫の大発生による撹乱の強度、頻度、発生地域を変えると予想されている。病害虫による樹木の枯損は森林の炭素循環を変化させるが、樹木以外の多様性への影響は明らかでない。愛知では、2006～2007 年にマツ材線虫病によりアカマツが枯死し、樹木への炭素蓄積量が減少した。これには前年の少雨との関係が考えられる。2006 年には甲虫の種数や個体数に変動が見られた。前年の少雨やマツ枯れの発生により林床環境が変化し、甲虫群集が鋭敏に反応した可能性がある。ナラ枯れは、小佐渡では 2000 年に、芦生枡上では 2002 年に、愛知で 2006 年に調査区外で発生がみられた。これらのサイトでモニタリングを継続することで、病害虫の大発生が生物多様性や炭素循環に与える影響を明らかにできると期待される。

地球温暖化にともなう気温・降水量などの環境変化は、植食性昆虫並びにセンチュウ、菌類、ウィルス等およびこれらを植物体に媒介・導入する昆虫（以降、「病害虫」という）の数や分布域を変え、また病害虫に対する樹木の抵抗性を変えると考えられる。樹木の枯死は樹木以外の生物群の多様性にも影響を与える可能性がある。本章では、各サイトにおけるマツ材線虫病によるマツ枯れとナラ枯れの発生状況および森林生態系への影響を、樹木死亡率、地上部炭素蓄積量、地表徘徊性甲虫群集の変動との関連性から解析、報告した。

（１） マツ材線虫病が森林生態系に与える影響

マツ材線虫病は、マツノマダラカミキリが伝播するマツノザイセンチュウという線虫によってマツが枯死する現象である。マツノザイセンチュウは北米原産の外来生物である。

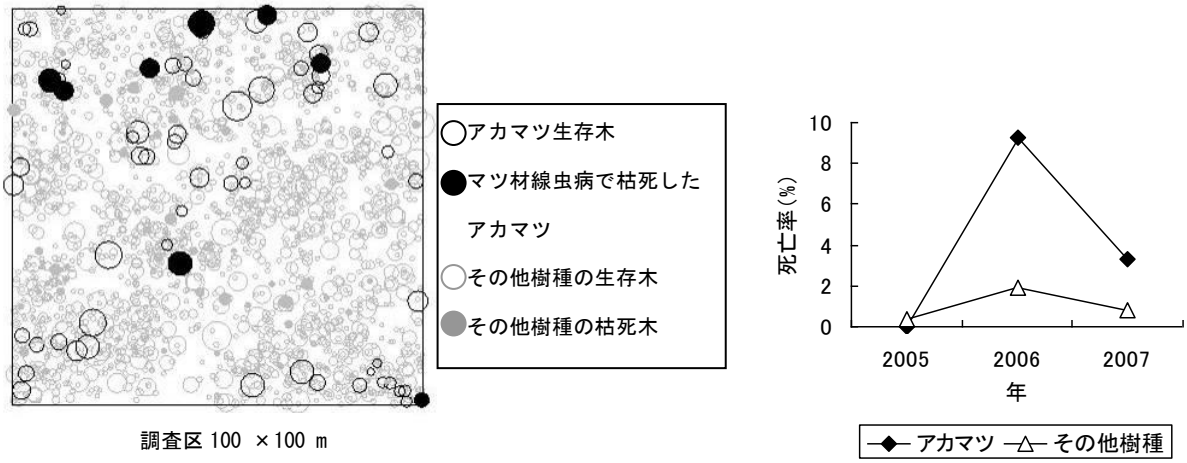


図 5-6-1　愛知におけるマツ枯れの発生状況。(左)マツ材線虫病で枯死したアカマツの調査区内の分布。円の大きさは樹木の直径の大きさに比例している。枯死したアカマツは、全樹木のうちでも比較的大きな個体であった。(右)樹木の死亡率の変化。2006 年はアカマツ以外の樹木の死亡率も高くなった。

日本では戦後に被害が拡大し、1950 年代に被害が減少するが、1970 年代に再び被害が拡大した。現在、北海道、青森県を除く都府県で被害が報告されている。被害は減少したものの、高緯度、高標高への拡大が危惧されている。また東アジアやヨーロッパなど海外でも被害が確認されている（二井・佐橋 2006)。

愛知では、1982 年からマツ材線虫病によるマツ枯れが見られるようになり、1999 年までにアカマツの本数、胸高断面積ともに半減した（芝野 2000)。森林の優占樹種も、アカマツからコナラに変化した。調査を開始した 2004 年以降、2005 年までアカマツの枯死は見られなかったが、 2006 年から 2007 年 11 月にかけて、1ha の調査区内のアカマツ 68 本中８本がマツ材線虫病によって枯死した（図 5-6-1)。これらの枯死木の幹、枝に蓄積していた炭素量は 2.9MgC と推定され、これはマツ枯れ発生前に蓄積していた炭素量 105.7MgC の約 2.7%に相当した(図 5-6-2)。マツ材線虫病による枯死木の本数は少なかったものの、調査区内では枯死木のサイズが大きかったため、炭素蓄積量に対しては比較的大きな影響を与えた（アカマツ枯死木：胸高直径＝24.6～49.2cm；調査区の平均胸高直径 12.1cm、最大

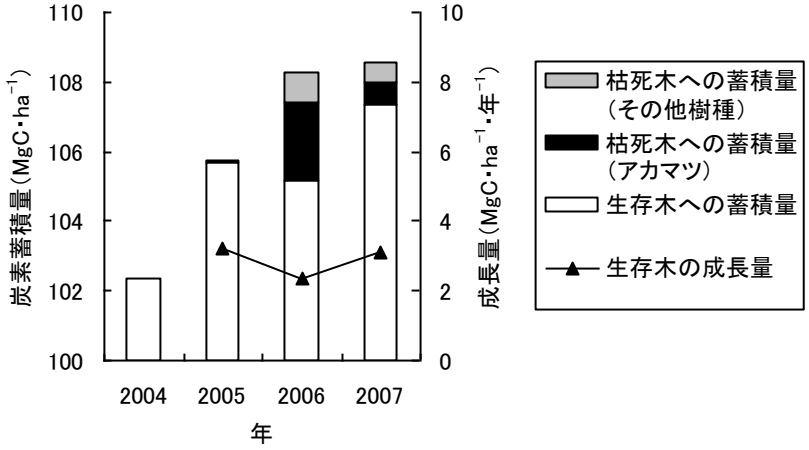


図 5-6-2　愛知におけるマツ枯れにともなう地上部炭素蓄積量の変化。成長量は期間中に生存していた樹木の成長量。減少量と成長量の和で生存木の蓄積量が変化する。

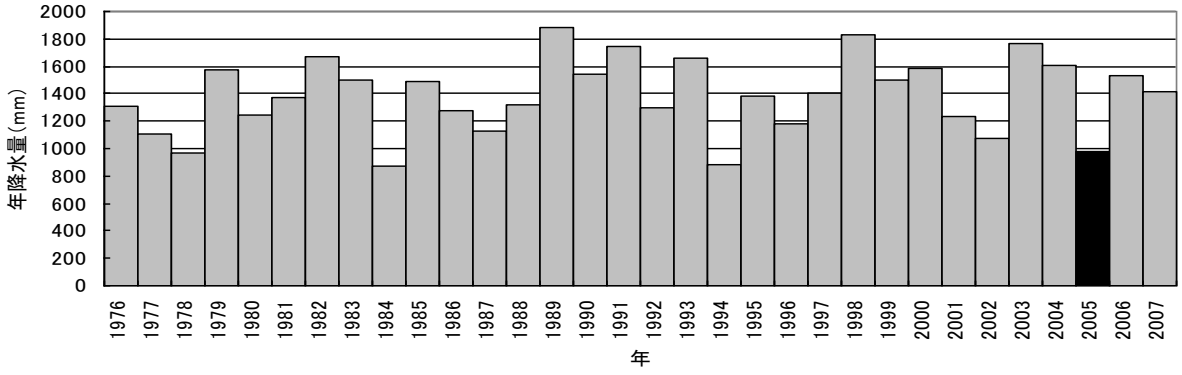


図 5-6-3　愛知に近いアメダス観測所（豊田）における降水量の年変化。2005 年は春から夏にかけて少雨で、過去 30 年間（1976 年以降）で４番目に降水量が少ない年であった。

値 54.9cm)。さらに、生存木の成長量も 2005 年に比べ 2006 年は減少したため、樹木の地上部に蓄積している炭素量がやや減少した(図 5-6-2)。2007 年には蓄積量は増加に転じた。ただし、枯死したアカマツは材リターとなり徐々に分解されるため、分解速度と生存木の生長速度によっては生態系の炭素蓄積量は必ずしも減少しない。

愛知県では、マツ材線虫病による被害は昭和 55 年度から減少傾向であった。しかし、近年やや増加傾向にあり、夏季の高温少雨との関連が指摘されている（愛知県農林水産部農林基盤担当局森林保全課 http://www.pref.aichi.jp/0000005726.html)。東海地方では、2005 年は春から夏にかけて少雨で、名古屋では年降水量の最小値を更新するほどであった。愛知に最も近いアメダス観測所（豊田）でも、過去 31 年間で 4 番目に年降水量が少なかった（図 5-6-3)。マツ材線虫病による枯死木が 2006 年に増えた理由も、前年の降水量の減少と関係がある可能性が示唆される。さらに前年の少雨は、2006 年のアカマツ以外の樹木の死亡率の上昇（図 5-6-1、$\chi^2 = 25.71$、 $P < 0.001$）や成長量の減少（図 5-6-2）に影響を与えた可能性がある。

マツ材線虫病によるマツ枯れが、樹木以外の生物の多様性にどのような影響を与えるかについては研究例が少なく、詳細は不明である。愛知のアカマツが枯死した 2006 年に、オサムシ科甲虫の個体数および種数が減少した（図 5-6-4)。種数は翌年の 2007 年にも回復せず、2004 年、2005 年に優占していた小型のゴミムシ類であるクロツヤヒラタゴミムシが 2006 年、2007 年には採取されなかった。また 2005 年に採取されたオオクロツヤヒラタゴミムシ、マルガタツヤヒラタゴミムシも 2006 年以降に採取されなかった。2007 年には、比較的大型のオサムシ科甲虫であるミカワオサムシ、ヤマトオサムシの個体数が増加した

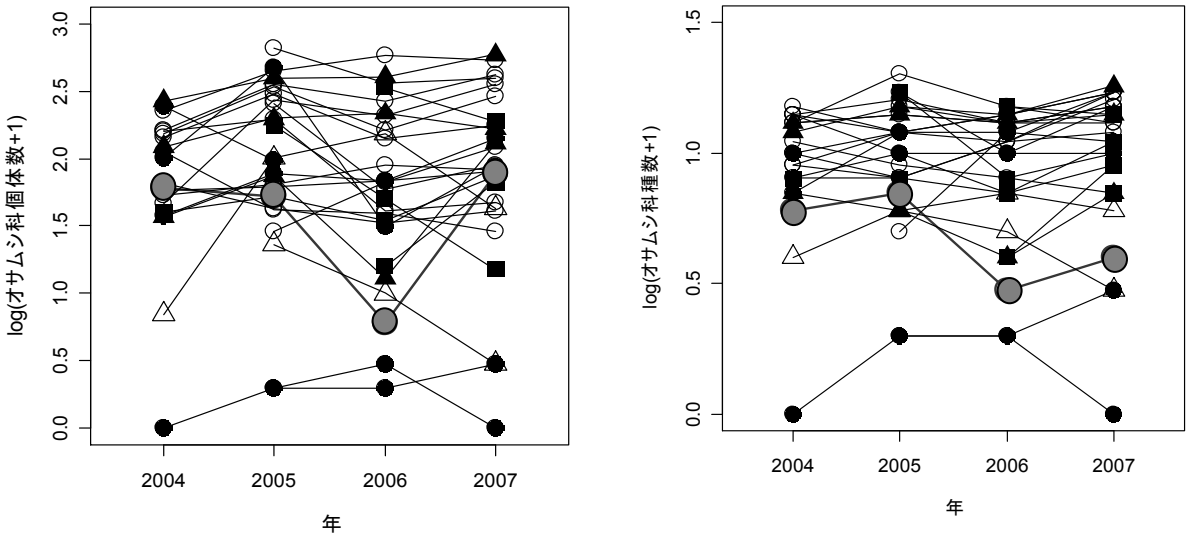


図 5-6-4　愛知におけるオサムシ科甲虫（◉）とそれ以外のサイトのオサムシ科甲虫の個体数と種数の年変化。常緑針葉樹林（■），常緑広葉樹林（●），針広混交林（△），落葉広葉樹林（○），人工林（▲）。

ため、全体の個体数はマツ枯れ以前と同じレベルに回復した。一方、種数の回復はみられなかった。したがって、マツ枯れを境に地表徘徊性甲虫群集の種組成が変化したと考えられる。マツ枯れとの因果関係は明らかではないが、アカマツ枯死木によって生じた林冠ギャップが堆積落葉層の乾燥を引き起こし、この変化は大型のオサムシ類よりも小型のゴミムシに負の影響を与えた可能性がある。なぜなら、大型のオサムシ科甲虫は小型のものよりも移動範囲が広く、空間的に狭い林床環境の変化であれば、影響を回避または軽減できるであろうと考えられるからである。またマツ枯れを引き起こしたと考えられる 2005 年の少雨が、直接的あるいは林床環境の変化を介し間接的に小型のオサムシ科甲虫の幼虫の生存率に負の影響を与えた可能性もある。林床の堆積落葉量は 2004 年から 2007 年に全体の平均値でみると変化しておらず、各地点でみると５地点の調査地点のうち、２つの地点では 2004 年と比較して 2006 年に４割～６割減少し、その他の１地点では、ほとんど変化がみられず、他の２地点では 2006 年～2007 年にかけて４割～５割、堆積量が増加した。2007 年の甲虫個体数は、前年の落葉堆積量と正の相関があった（$P < 0.01$, 図 5-6-5)。

林床の落葉堆積の状態は、地表を徘徊する甲虫個体数および種組成の変化を引き起こすひとつの要因である可能性が示唆される。

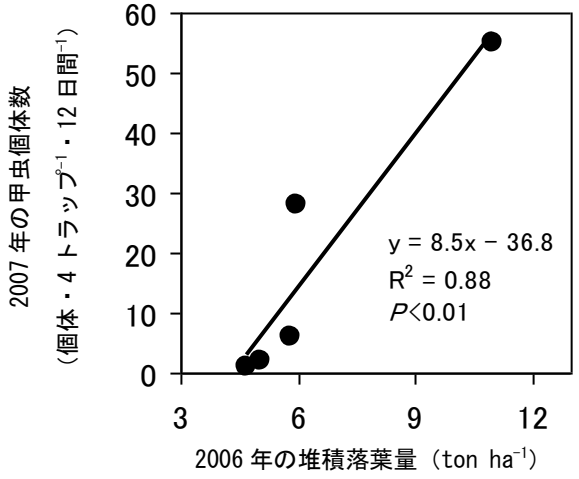


図5-6-5　愛知における2006年の堆積落葉量と2007年の甲虫個体数の関係。

（２） ナラ枯れの発生状況

日本では、1980 年代よりミズナラなどブナ科樹木の大量枯死、いわゆる「ナラ枯れ」が拡大するようになった。1930 年代には被害が報告されていたが、限られた地域で、発生も数年と短期間だった。しかし、近年では今まで記録されていなかった地域にも被害が拡大し、また十数年間発生が継続する。枯死の原因は、カシノナガキクイムシが運ぶカビ *Raffaelea quercivora* が感染することによる。

「ナラ枯れの被害をどう減らすかー里山林を守るためにー」（森林総合研究所 2007）によると、2005 年までにナラ枯れ、もしくカシノナガキクイムシの穿孔が報告されている都道府県は、岩手、山形、福島、新潟、富山、石川、福井、長野、愛知、岐阜、三重、京都、奈良、和歌山、兵庫、鳥取、島根、広島、高知、宮崎、鹿児島の 21 府県である。2006 年には、新たに岩手県と愛知県でナラ枯れが確認され、広島県で穿孔が確認されている。このように、被害は拡大傾向にある。

森林・草原調査のコアサイトでも、小佐渡豊岡ナラ枯れ激害地調査区では、2000 年にナラ枯れが発生している。芦生枡上では、調査区外で 2002 年にナラ枯れが報告され（http://fserc.kais.kyoto-u.ac.jp/asiu/kasinaga/）、2008 年よりモニタリングサイト 1000 のサイトとなったモンドリ谷調査区[1]内のミズナラが 2006 年に３本、2007 年に１本がナラ枯れによって枯死した（山崎理正ら 未発表データ）。また、愛知では 2007 年度に調査区の傍で被害が確認され、今後、調査区内のコナラが枯死する可能性がある（図 5-6-6）。東京大学愛知演習林では、2007 年よりモニタリングサイト 1000 調査区を含む広域で、毎木調査とカシノナガキクイムシの被害の進行の観測を開始した（芝野博文 私信）。また、兵庫県と広島県にはさまれた岡山県にも拡大すると、岡山サイトのコナラが枯死することも考えられる。このように被害前から継続調査を行うことにより、ナラ枯れの進行を捉えることができる。

今後、調査を継続することで、樹木以外の生物や生態系の機能への影響が明らかになると期待される。

[1] 2008 年度より調査実施予定。

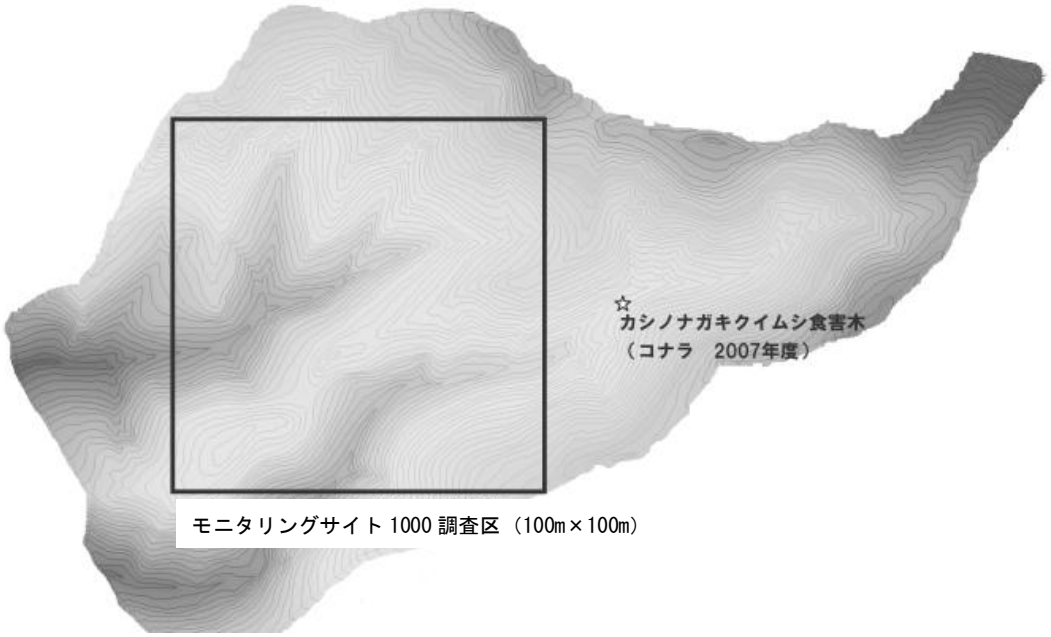


図5-6-6　愛知の調査区とカシノナガキクイムシ食害発生地点（芝野博文氏提供）。

引用文献

独立行政法人森林総合研究所関西支所. 2007. ナラ枯れの被害をどう減らすかー里山林を守るためにー

二井一禎, 佐橋憲生. 2006. 21 世紀の “マツ枯れ” 研究の展望 . 日本林学会誌 88: 363-363.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

芝野博文. 2000. 愛知演習林白坂南北谷小流域長期生態系プロットにおける林分構造. 平成 10-平成 11 年度科学研究費補助金（基盤研究（B）(2))研究成果報告書（代表：梶幹男）「長期生体系プロットによる森林生態系の解明」、64-82.

６．一般サイト解析結果および考察

６．１森林の鳥類の生物多様性の地理的パタンとその変動

繁殖期には 146 種の鳥類が、越冬期には 125 種が記録された。繁殖期の鳥類群集は４つに、越冬期は３つに区分され、その区分は気候帯や環境により説明できた。それらの区分を説明付ける種として、寒冷な森林に生息するセンダイムシクイ、ゴジュウカラ、ヒガラ、比較的温暖な森林に生息するヤマガラ、メジロ、シロハラなどが挙げられ、今後、地球温暖化等による環境変化で、これらの分布や個体数が変化する可能性があるので、注目してモニタリングしていく必要がある。

本章では、一般サイトにおける鳥類調査により得られた結果をまとめ、今後のモニタリングのベースラインおよび自然環境の変化を捉える上で注目すべき種等についてとりまとめる。

（１） 種の多様性の地理的パタン

日本の国土全体のさまざまな森林に配置したサイトにおいて、鳥類の生息状況を把握した。その結果、繁殖期には 146 種、越冬期には 125 種の鳥類が記録された。島嶼は種数が少ないので除外して、記録された鳥類の種数と平均気温との関係を見てみると、繁殖期では関係がみられなかったのに対し、越冬期は温度が高いほど種数が多くなった（P＜0.05、図 6-1-1)。おそらく、冬は積雪等で北の生息条件が厳しくなるため、北の種数が減る可能性が考えられる。

バイオマス（調査１km あたりの鳥の体重の総和：水鳥を除く）と気温の関係を見てみると、いずれの季節共に温度が高い方が多かった（P＜0.05、図 6-1-1)。温度の高い地域は鳥の食物の生産性が高い可能性があり、それがバイオマスに影響しているのかもしれない。

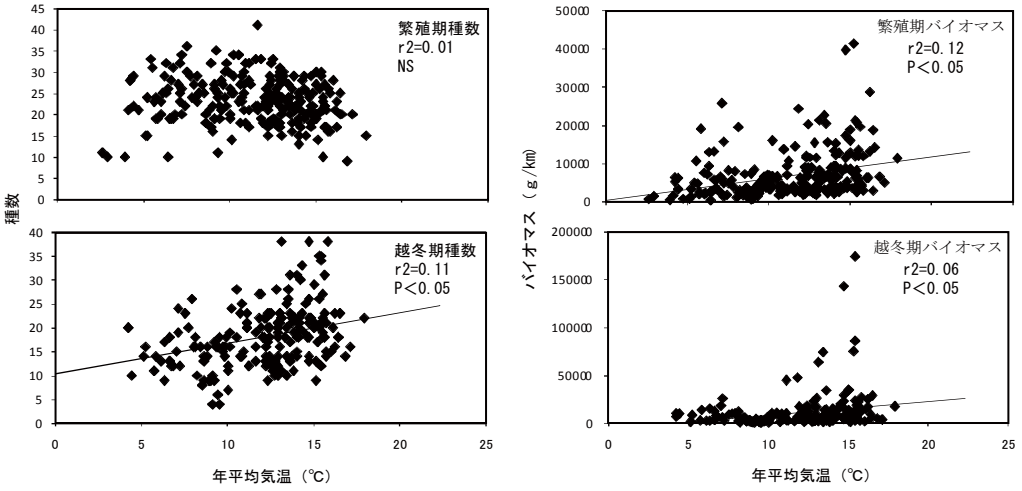


図 6-1-1　繁殖期と越冬期の鳥類の種数およびバイオマスと平均気温との関係. バイオマスは水鳥を除く鳥類の生息数と体重の積の総和で示した。

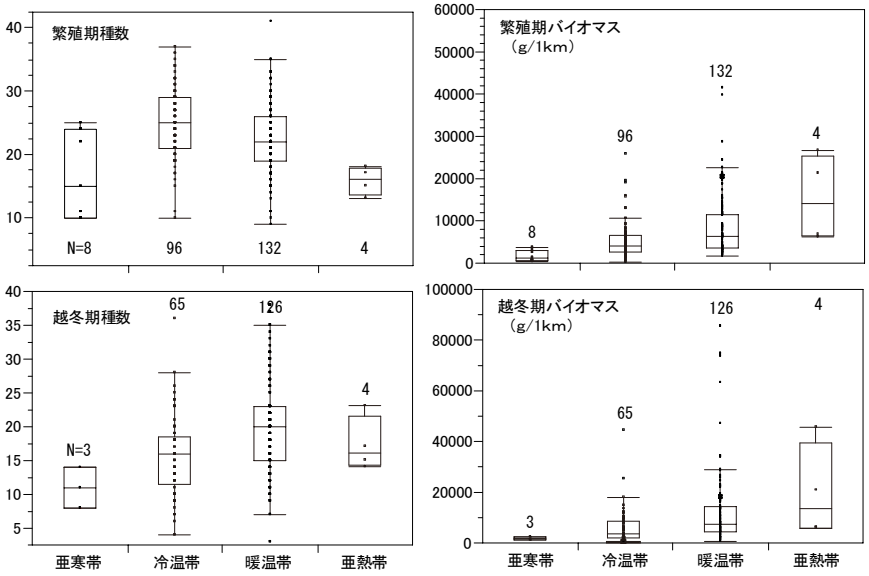


図 6-1-2　繁殖期と越冬期の鳥類の種数およびバイオマスと気候帯との関係。

次に、気候帯によるパタンを見るために、暖かさの指数に基づく気候帯、種数およびバイオマスの関係を示す（図 6-1-2)。暖かさの指数 50 未満を亜寒帯、50～85 を冷温帯、85～180 を暖温帯、180 以上を亜熱帯として集計すると、種数は繁殖期には冷温帯で多く、越冬期には暖温帯で多かった（Kruskal-Wallis の検定 P＜0.001)。それに対して、バイオマスは、繁殖期及び越冬期ともに亜寒帯から亜熱帯にかけて増加した（Kruskal-Wallis の検定 P＜0.001)。平均気温と同様に、亜熱帯ほど鳥の食物の生産性が高い可能性があり、それがバイオマスに影響しているのかもしれない。

（２） 鳥類群集のサイト間の類似度

繁殖期と越冬期について、10 種以上が観察されたサイトについて、10 サイト以上で観察された鳥種の在・不在情報をもちいてサイト間の類似度を算出した。群集の種構成の類似度は Pearson のφ係数を計算し、群平均法（UPGMA 法）をもちいてクラスタリングした。クラスタリングにより分けられたクラスターに特徴的な種を抽出するために、Indicator Species Analysis を行なった。この分析において指標値*が 25 以上かつ５％水準で有意なものを、そのクラスターを指標する種とした（Dufrene and Legendre 1997)。

(2)-1 繁殖期の鳥類群集

クラスター分析で得られた繁殖期の鳥類群集のデンドログラムを図 6-1-3 に示した。非類似度 0.8 で区切ると、４つのクラスターに分かれた。各クラスターに含まれるサイト数は、クラスター１が 25 サイト、クラスター２が 16 サイト、クラスター３が 167 サイト、クラスター４が 19 サイトであった。

*(ある種のそのクラスターでの記録サイト数÷ある種の全クラスターでの記録サイト数)×(ある種のそのクラスターでの記録サイト数÷そのクラスターに含まれる全サイト数)×100
たとえば、ハシブトガラのクラスター１での値を求める場合、ハシブトガラがクラスター１の 25 サイト中 16 サイト、クラスター２の 16 サイト中 0 サイト、クラスター３の 167 サイト中 0 サイト、クラスター４の 19 サイト中 0 サイトで記録されていたため、指標値は　[16÷(16＋0＋0＋0)]×[16÷25]×100＝64　となる

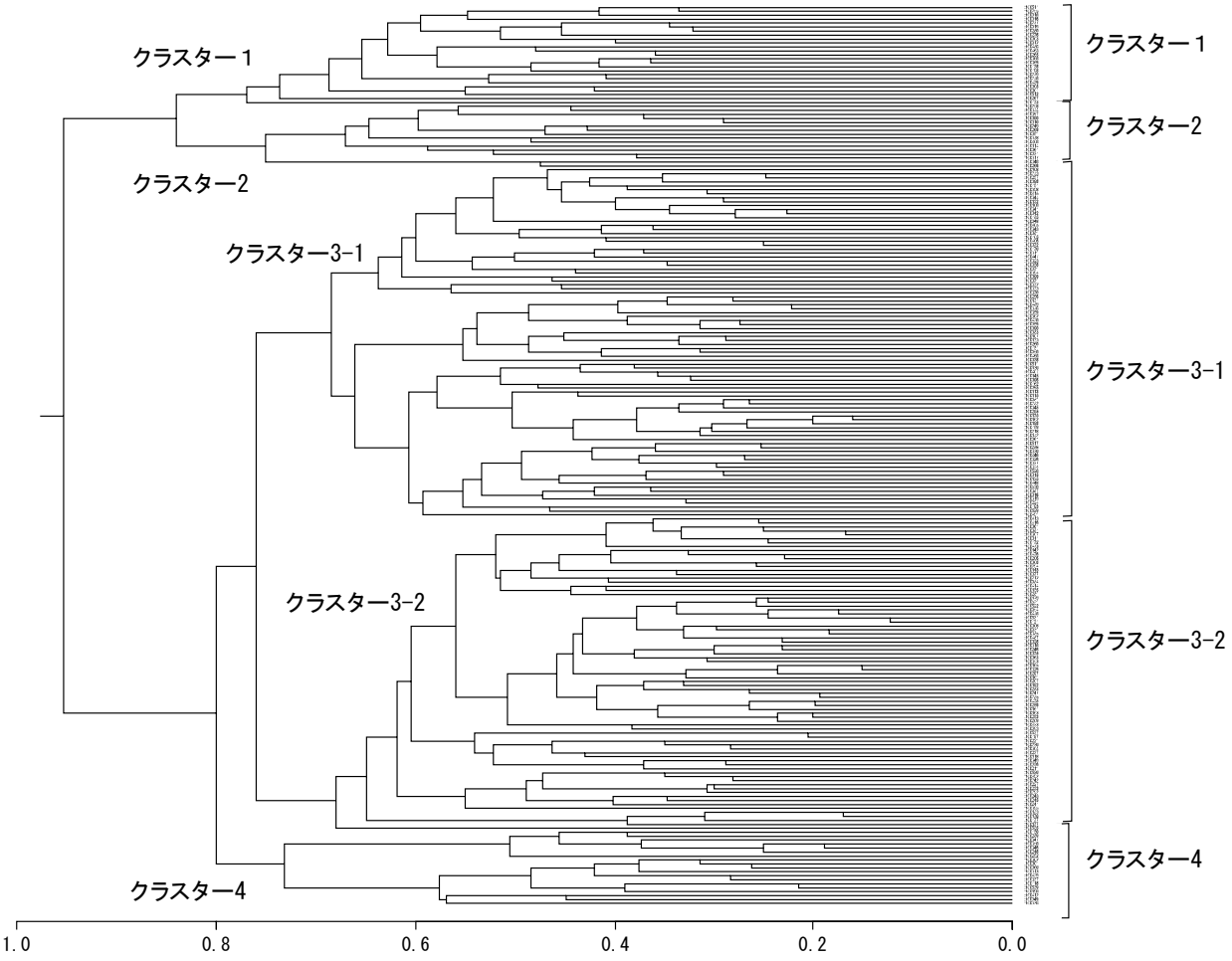


図 6-1-3　繁殖期の森林性鳥類群集の在・不在情報に基づくクラスター分析の結果。（詳細は参考資料 2）

多様性の地理的パタンで見た場合と同様に、暖かさの指数に基づく気候帯別の各クラスターの出現率を図 6-1-4 にまとめた。クラスター１および２に区分されたサイトの鳥類相は亜寒帯および冷温帯で記録され、北の鳥類相であることがわかる。また、クラスター１は２サイトを除く全てが北海道のサイトであり、寒さの指数が最大値を示した。クラスター２の地理的分布は広かったが、標高が高いという共通点がみられた。クラスター３は大きく２つ（クラスター3-1、3-2）に分かれていた。クラスター3-1 は冷温帯のサイトの多くを占め、暖温帯にも分布していた。クラスター3-2 は暖温帯および亜熱帯のサイトの多くを占めていた。クラスター４は暖温帯で記録され、標高が低く、里地里山やマツ林等の開けた林が多かった。

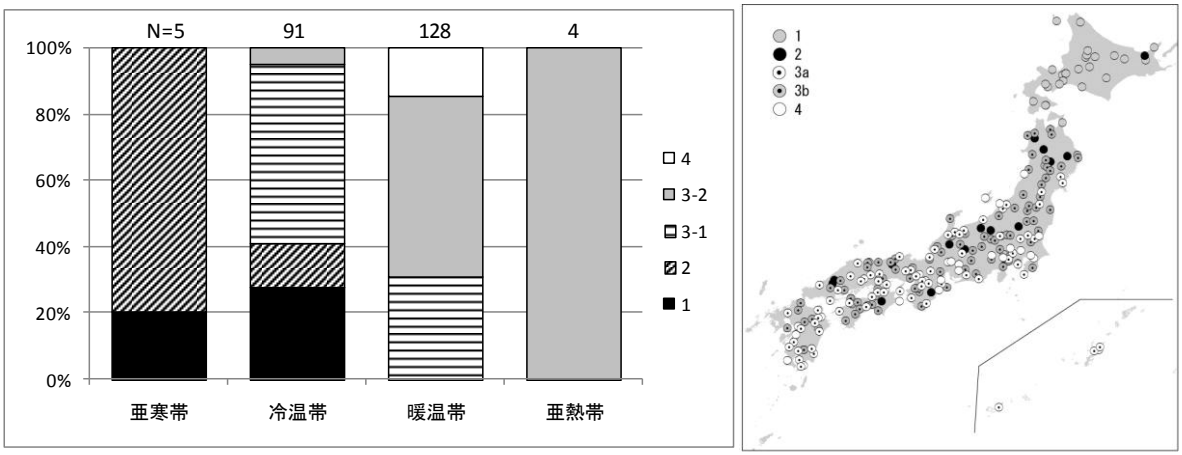


図 6-1-4　繁殖期の各クラスターと気候帯との関係。

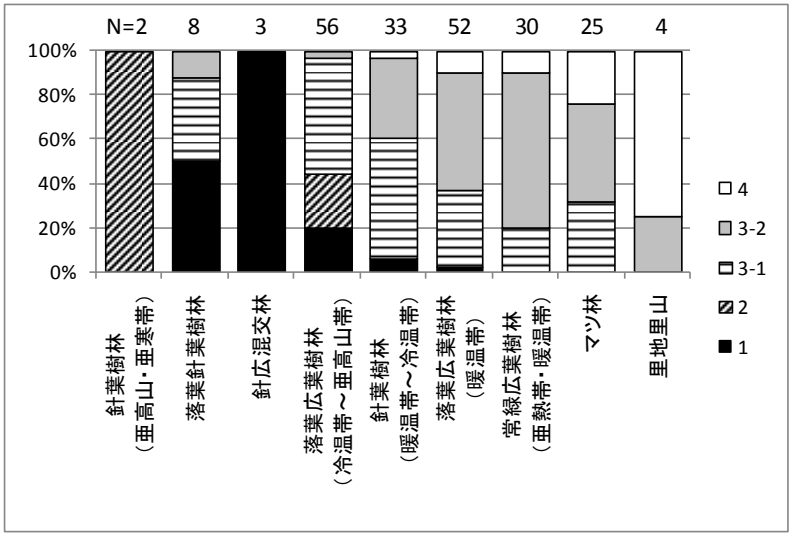


図 6-1-5　繁殖期のクラスターと植生との関係。里地里山は水田、竹林などを含むモザイク的環境の調査サイト

次に、高頻度で出現し、各クラスターを特徴付ける鳥種をまとめた（表 6-1-1）。クラスター１を特徴付ける出現種は、ハシブトガラ、アオジ、ニュウナイスズメ、アオバトであった。また、全体の高出現種であるヤマガラ、メジロ、ホトトギス、カケス、アオゲラが、クラスター１にはあまり出現しないことも特徴的であった。クラスター２ではミソサザイ、ジュウイチ、ゴジュウカラをはじめとする比較的高標高に分布するとされてきた種が高頻度に記録された。

クラスター３は調査地点数が多いため、全体との違いが見えにくかったが、カケス、ヤマガラ、メジロ、サンコウチョウといった種が特徴的な種としてあげられた。クラスター４には、スズメ、キジ、ツバメ、ハシボソガラスといった開けた環境を好む種が高頻度に出現した。

表 6-1-1. 繁殖期における鳥類群集の指標種

	クラスター					
	1	2	3a	3b	4	*P*
ハシブトガラ	64	0	0	0	0	0.001
アオジ	56	0	0	1	9	0.001
ニュウナイスズメ	40	0	0	0	0	0.001
アオバト	34	2	8	3	1	0.001
センダイムシクイ	34	3	13	1	5	0.001
シメ	30	0	0	0	0	0.001
ヒガラ	23	31	19	1	1	0.001
ゴジュウカラ	20	37	6	0	0	0.001
クロジ	2	31	0	0	0	0.001
ジュウイチ	1	40	7	0	0	0.001
ミソサザイ	3	44	14	0	0	0.001
コガラ	2	25	21	0	0	0.003
カケス	2	24	27	8	1	0.005
ヤマガラ	2	8	27	26	12	0.001
アオゲラ	0	7	23	26	1	0.004
ホオジロ	3	2	19	26	21	0.005
サンコウチョウ	0	1	4	30	0	0.001
メジロ	1	1	15	30	26	0.002
ヒヨドリ	15	0	24	26	27	0.001
ツバメ	0	0	1	19	44	0.001
ハシボソガラス	13	0	3	14	38	0.001
スズメ	2	0	0	9	47	0.001
キジ	0	0	1	3	47	0.001

数値は指標値を示し、25以上を網掛けで表示した。

(2)-2 越冬期の鳥類群集

クラスター分析で得られた越冬期の鳥類群集のデンドログラムを図 6-1-6 に示した。非類似度 0.8 で区切ると、３つのクラスターに分かれた。クラスターA が 147 サイト、クラスター B が 23 サイト、クラスターC が 19 サイトで、クラスターA に偏って分布していた。北方や高標高以外のほとんどのサイトはクラスターA に含まれており、温暖な地域の鳥類相といえるだろう。クラスター B の地理的分布も広いが、里地里山やマツ林に多く、繁殖期のクラスター４に区分されたサイトの鳥類群集と同様に開けた林の鳥類群集と考えられた。クラスター C のサイトは５サイトを除き北海道に分布しており、北海道のサイトは全てこのクラスターに含まれた。このサイトの温量指数は最低で、北海道以外のサイトは高標高の場所で亜高山帯針葉樹林、冷温帯針葉樹林、冷温帯落葉樹林に多く、寒冷な環境であった。

次に高頻度で出現する各クラスターを特徴付ける鳥種をまとめた。クラスターA は、ヤマガラ、シロハラ、メジロが特徴付ける種であった。クラスターB はスズメ、ホオジロ、トビ、カワラヒワなど森林性というよりも開けた場所の鳥が特徴付ける種だった。クラスターC は、ハシブトガラ、ゴジュウカラ、ウソ、アカゲラが特徴付ける種だった。これらの構成種もクラスターB が開けた樹林で、クラスターC が寒冷な森林であることを支持している。

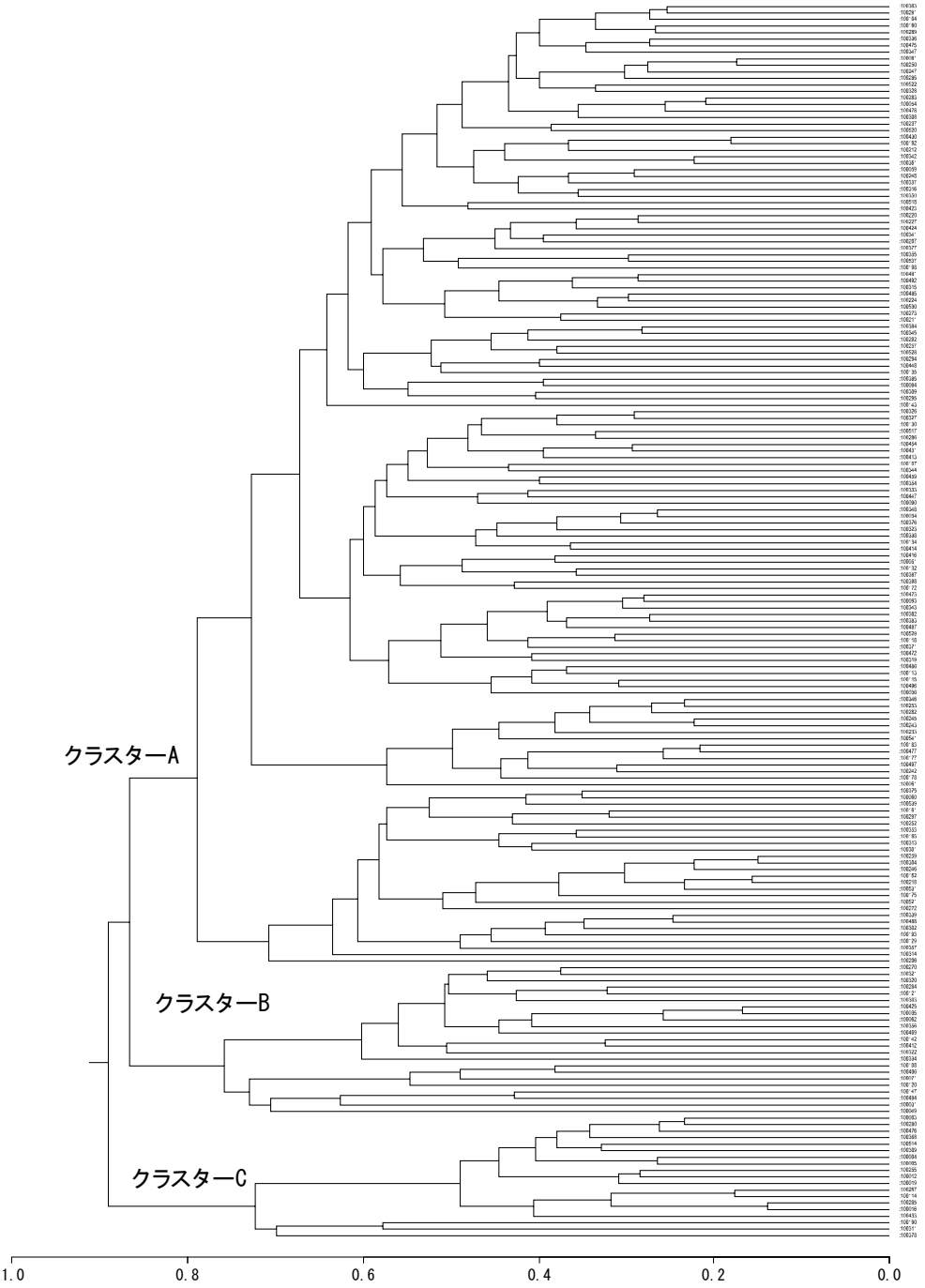


図 6-1-6　越冬期の森林性鳥類群集の在・不在情報に基づくクラスター分析の結果。
（詳細は参考資料 2）

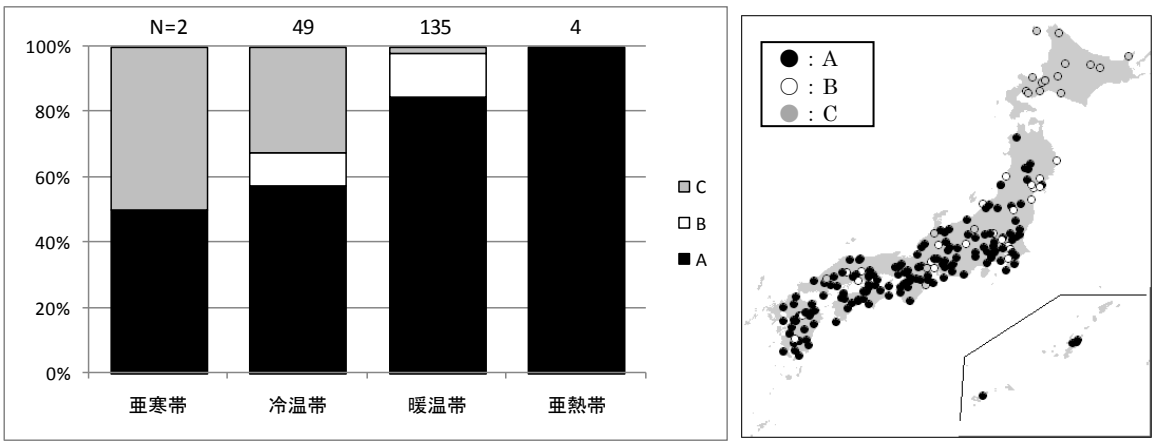


図 6-1-7　越冬期の各クラスターと気候帯との関係。

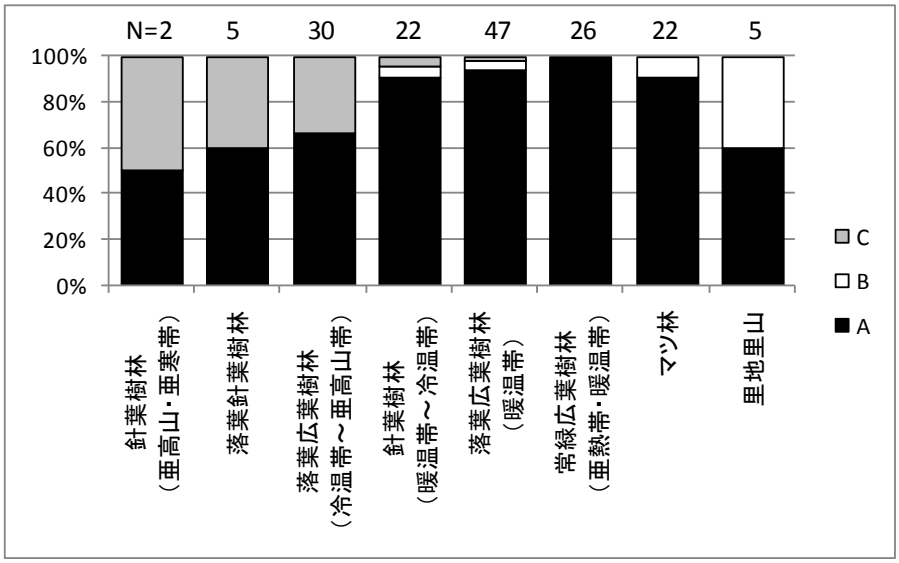


図 6-1-8　越冬期の各クラスターと植生との関係。

表 6-1-2. 越冬期における鳥類群集の指標種

	クラスター					クラスター			
	A	B	C	*P*		A	B	C	*P*
ヤマガラ	55	2	9	0.001	スズメ	3	57	1	0.001
シロハラ	54	2	0	0.001	トビ	5	50	13	0.001
メジロ	50	4	1	0.001	ムクドリ	1	35	0	0.001
エナガ	45	4	20	0.001	ハクセキレイ	1	37	0	0.001
コゲラ	45	6	27	0.001	キジ	0	54	0	0.001
ルリビタキ	38	1	0	0.006	ハシボソガラス	12	39	13	0.004
アオジ	36	10	0	0.008	ツグミ	10	41	15	0.001
ウグイス	37	27	0	0.017	ヒガラ	15	1	34	0.006
キジバト	24	39	0	0.003	カケス	20	6	37	0.011
ホオジロ	23	52	0	0.001	キバシリ	0	0	35	0.001
ジョウビタキ	21	37	0	0.003	アカゲラ	6	5	51	0.001
カワラヒワ	17	49	0	0.001	ウソ	8	0	55	0.001
モズ	4	47	0	0.001	ゴジュウカラ	4	0	65	0.001
カシラダカ	6	33	0	0.004	ハシブトガラ	0	0	68	0.001
ノスリ	4	35	3	0.001					

数値は指標値を示し、25以上を網掛けで表示した。

（３） 指標となる鳥種の分布状況

前節の繁殖期と越冬期の群集の解析により、モニタリングする上で注目すべき種を抽出した。そこで、ここではそれらの指標種について分布および生息状況についてまとめる。

(3)-1 繁殖期の鳥類群集を指標する種の分布状況

クラスター１を特徴付ける鳥種としてあげられたハシブトガラ、アオジ、ニュウナイスズメ、アオバト、センダイムシクイ、シメの分布図を示した（図 6-1-9～14）。アオジの記録には南日本に、越冬地から繁殖地へ渡り遅れた個体と思われるものが含まれているが、これらの種は、北海道を中心とした北方や高標高に偏った分布をしているのがわかる。また、クラスター２を特徴付ける鳥種としてあげられたミソサザイ、ジュウイチ、ゴジュウカラ、クロジ、ヒガラ、コガラ（図 6-1-15～20）は、比較的標高の高い山間部を中心に分布しているのがわかる。

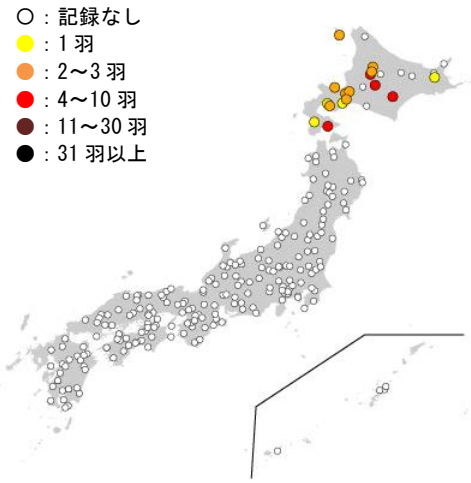


図 6-1-9　繁殖期のハシブトガラの分布状況。

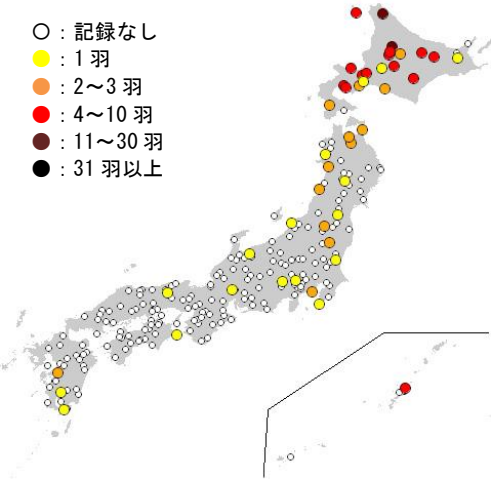


図 6-1-10　繁殖期のアオジの分布状況。

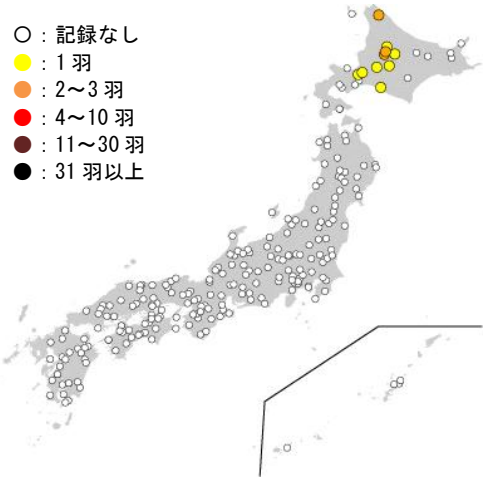


図 6-1-11　繁殖期のニュウナイスズメの分布状況。

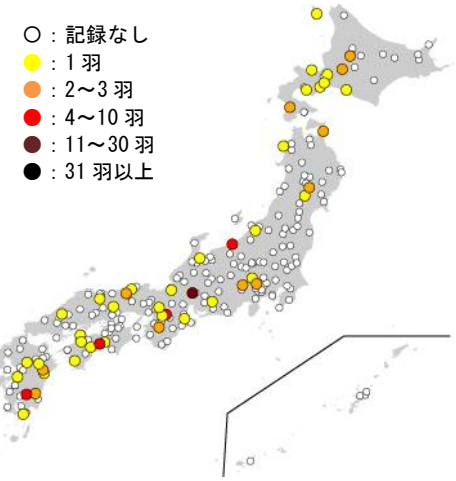


図 6-1-12　繁殖期のアオバトの分布状況。

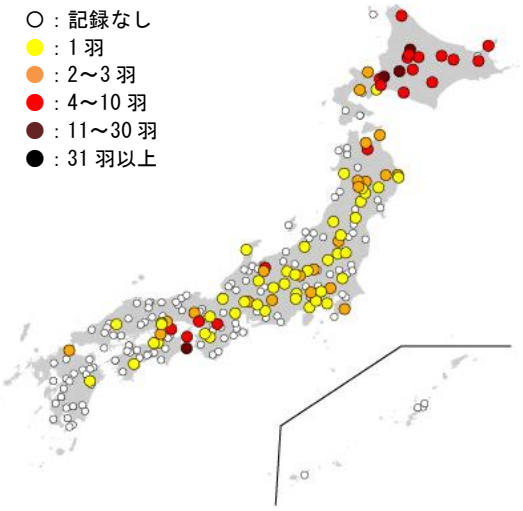


図 6-1-13　繁殖期のセンダイムシクイの分布状況。

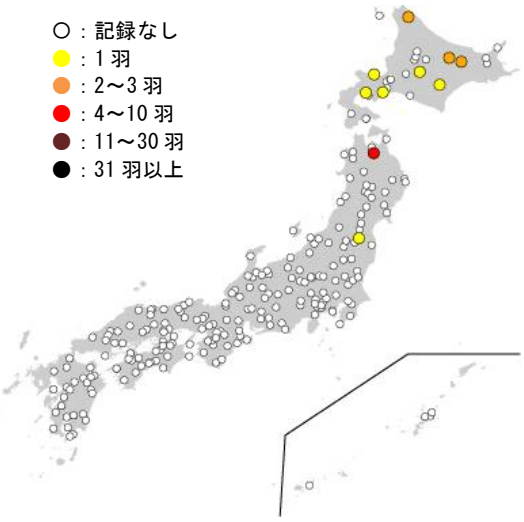


図 6-1-14　繁殖期のシメの分布状況。

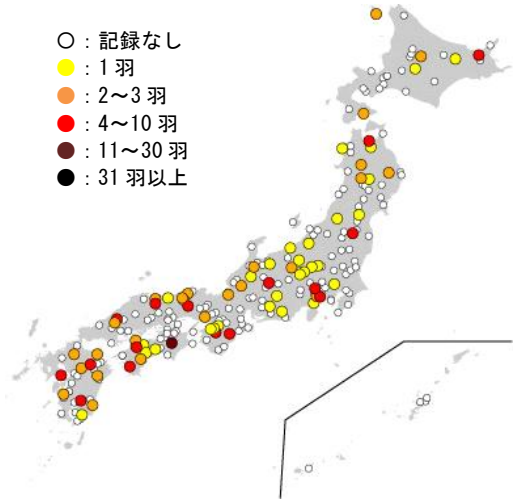


図 6-1-15　繁殖期のミソサザイの分布状況。

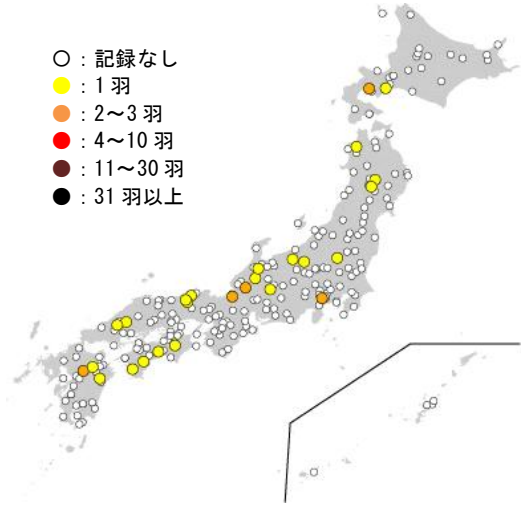


図 6-1-16　繁殖期のジュウイチの分布状況。

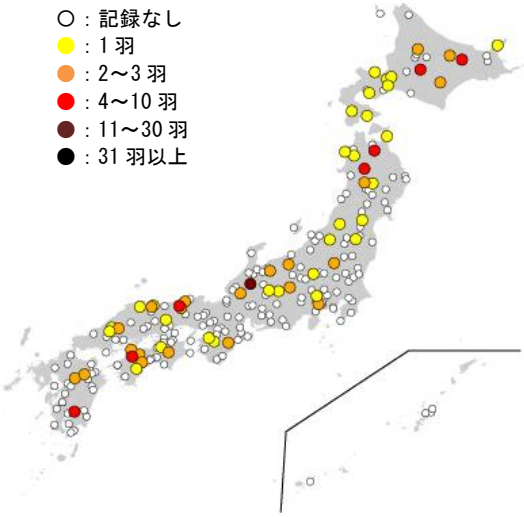


図 6-1-17　繁殖期のゴジュウカラの分布状況。

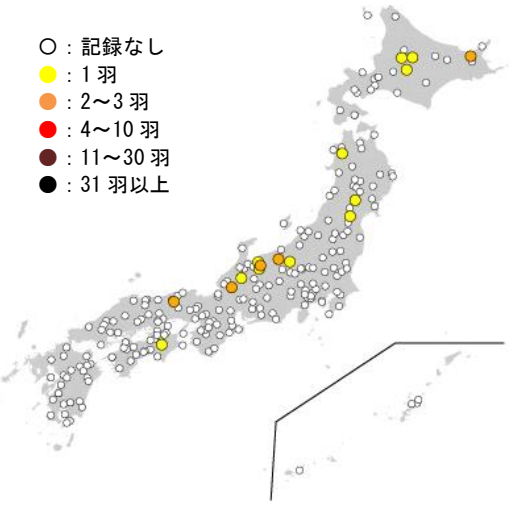


図 6-1-18　繁殖期のクロジの分布状況。

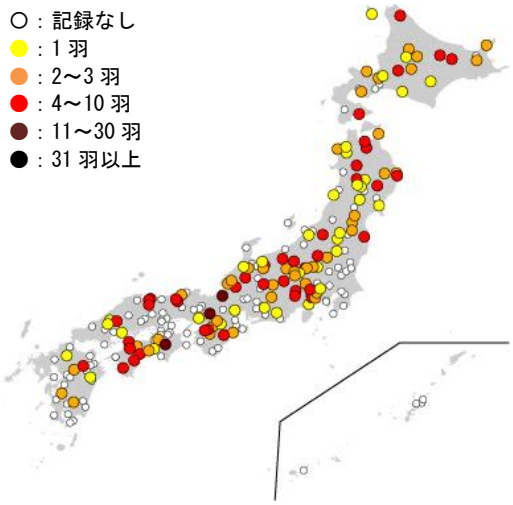


図 6-1-19　繁殖期のヒガラの分布状況。

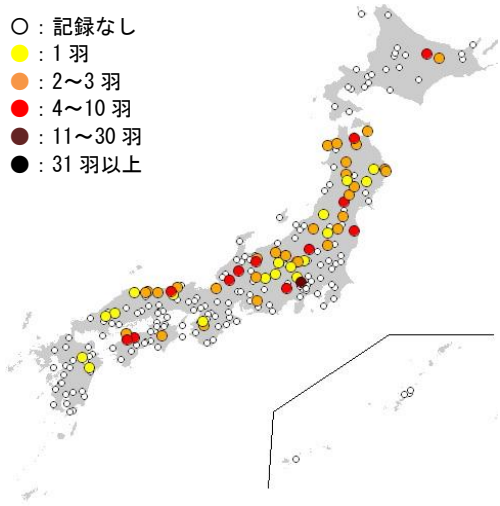


図 6-1-20　繁殖期のコガラの分布状況。

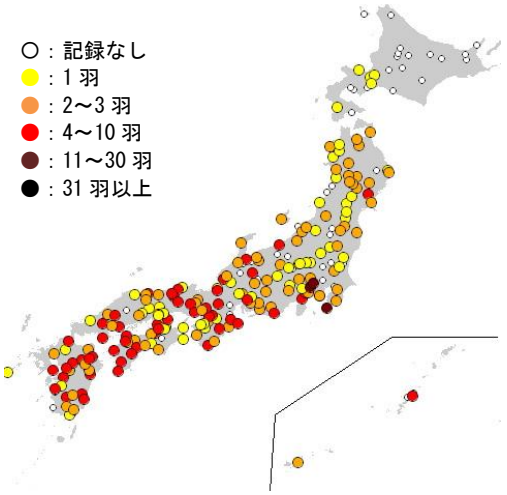


図 6-1-21　繁殖期のヤマガラの分布状況。

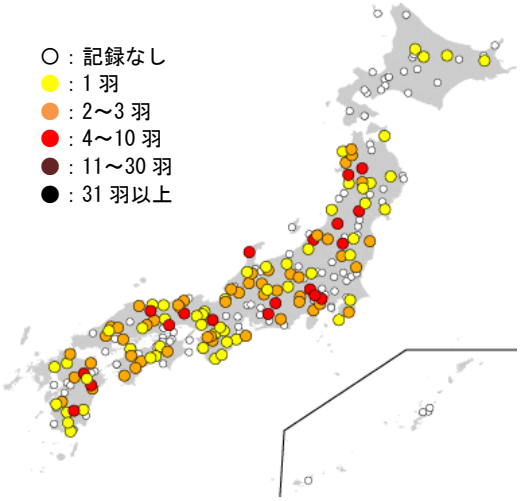


図 6-1-22　繁殖期のカケスの分布状況。

一方、クラスター３－１を特徴付ける鳥種としてあげられたヤマガラとカケス（図 6-1-21、22）、クラスター３－２を特徴付ける鳥種としてあげられたメジロ、サンコウチョウ、ヒヨドリ、アオゲラ、ホオジロ（図 6-1-23～27）およびクラスター３－１でもあげられたヤマガラ（図 6-1-21）、は南に偏った分布していた。以上の鳥類のうち指標性の上位種について記録率と植生の関係をみてみると、分布と植生帯別の記録率は対応していた（図 6-1-28）。

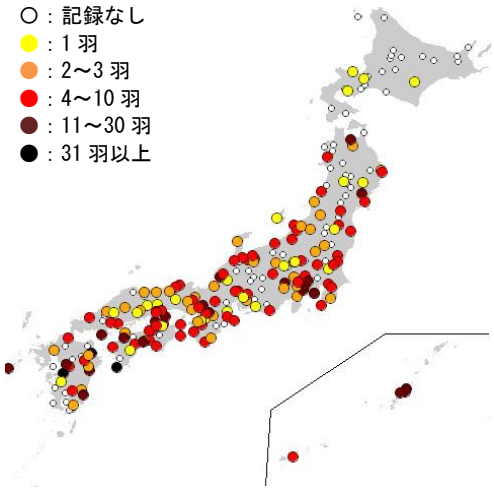


図 6-1-23　繁殖期のメジロの分布状況

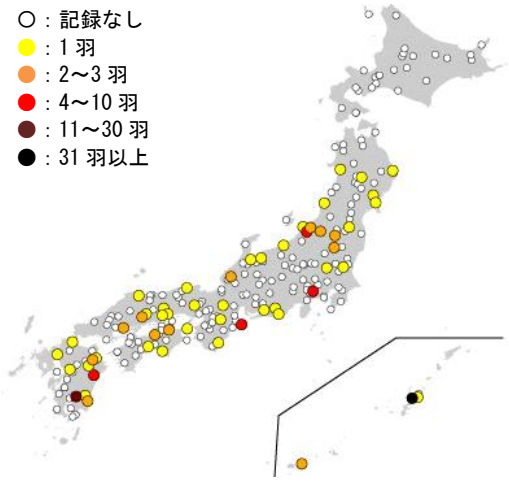


図 6-1-24　繁殖期のサンコウチョウの分布状況

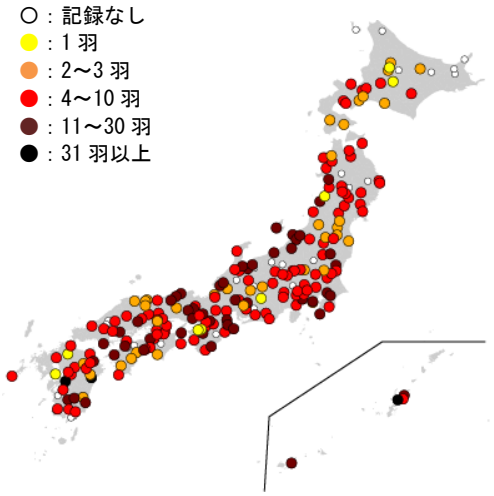


図 6-1-25　繁殖期のヒヨドリの分布状況

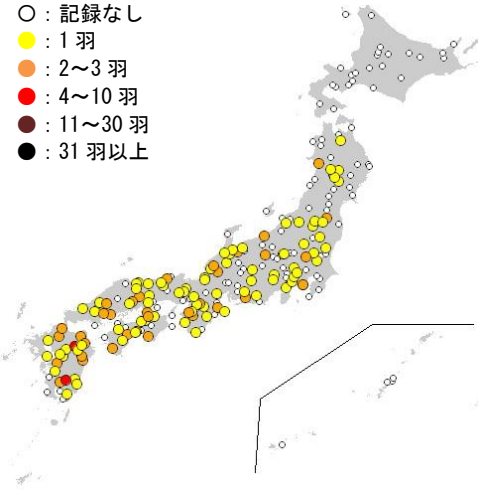


図 6-1-26　繁殖期のアオゲラの分布状況

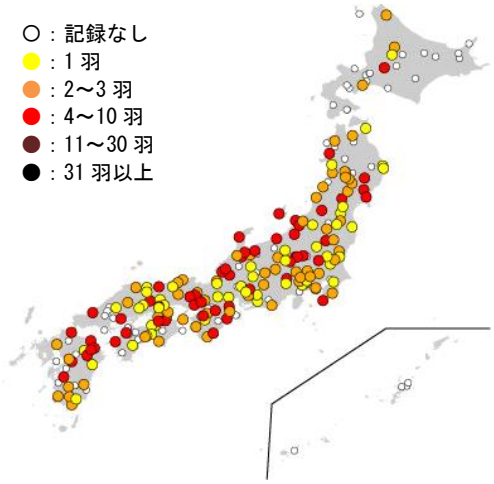


図 6-1-27　繁殖期のホオジロの分布状況

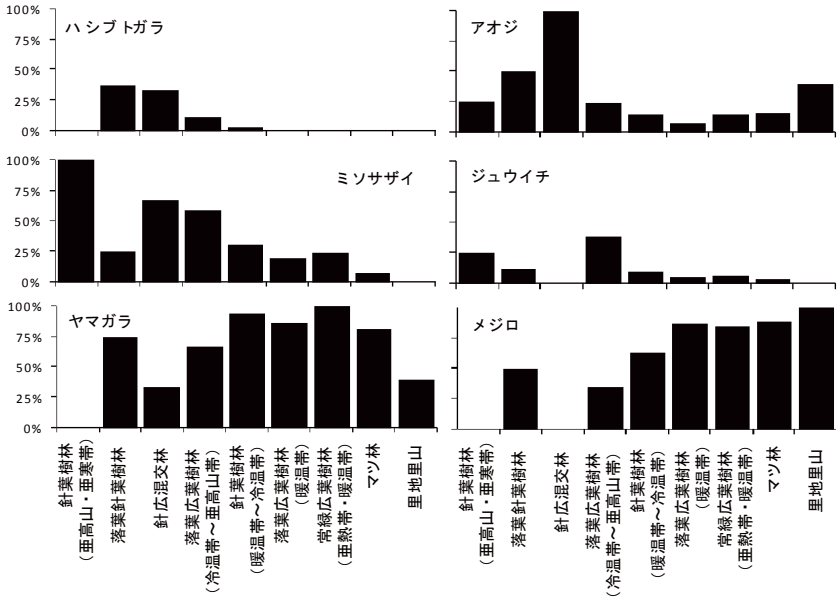


図 6-1-28　各種鳥類の記録率と植生との関係。

(3)-2 越冬期の鳥類群集を指標する種の分布状況

クラスターA を特徴付ける鳥種としてあげられたヤマガラ、シロハラ、メジロ、エナガ、コゲラ、ルリビタキ、アオジ、ウグイス（図 6-1-29～36）の分布状況を示した。エナガおよびコゲラはクラスターC でも指標性が高いのでそれほどでもないが、それ以外の種は南に偏って分布していた。前述の２種を除くと木の実を主な食物としているか、地表で採食するため積雪の影響を受ける種のため、このような分布をしていると考えられる。他方、クラスターC を特徴付ける鳥種としてあげられたハシブトガラ、ゴジュウカラ、ウソ、アカゲラ、カケス、キバシリ、ヒガラ（図 6-1-37～43）は北寄りあるいは高標高の場所で多く記録された。一般に、越冬期の方が繁殖期よりも食物等の状況に応じて分布が変化する傾向にあるため、積雪や冬期の気温等が変化した場合、これらの種の分布に影響する可能性がある。

以上の結果から、「記録サイト数がある程度の数になること」、「留鳥においては繁殖期と越冬期ともに指標種となっていること」を基準に今後モニタリングをしていく上での注目種をあげる。地球温暖化等で環境の変化が生じた場合に、南に偏った種は分布を広げ、北に偏った種は分布を縮小するなどといった変化が見られる可能性があり、その分布や生息数の状況をモニタリングしていくことが重要と考えられる。北方に偏っている種としては、アオジ（繁殖期）、センダイムシクイ（夏鳥）、ゴジュウカラ、ヒガラ、南に偏って分布している種としてはアオジ（越冬期）、ヤマガラ、メジロ、シロハラ（冬鳥）などがあげられた。

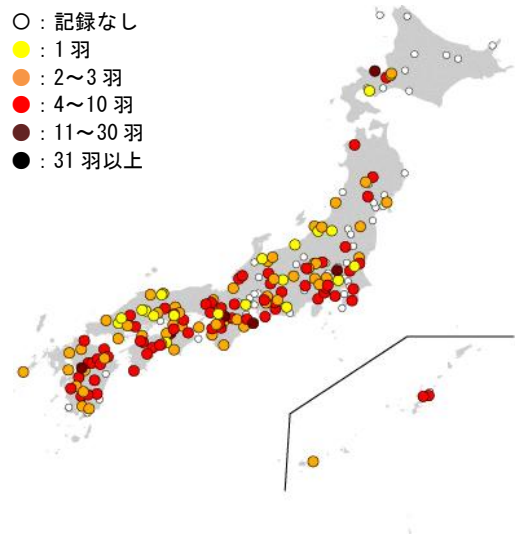


図 6-1-29　越冬期のヤマガラの分布状況。

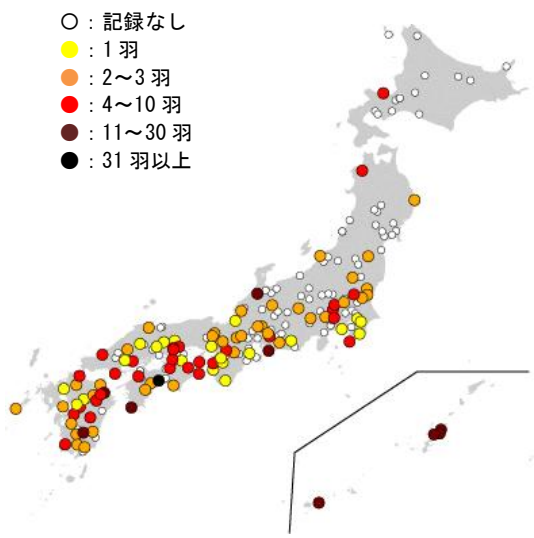


図 6-1-30　越冬期のシロハラの分布状況。

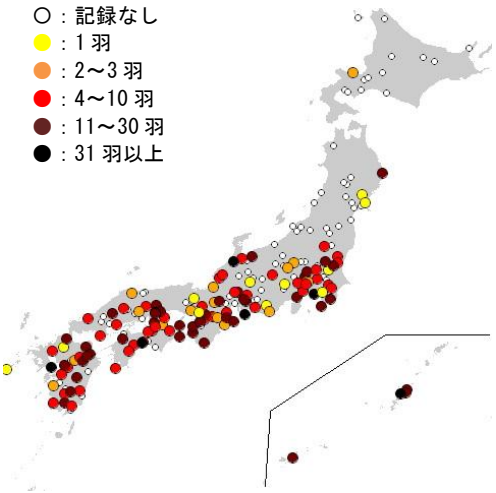


図 6-1-31　越冬期のメジロの分布状況。

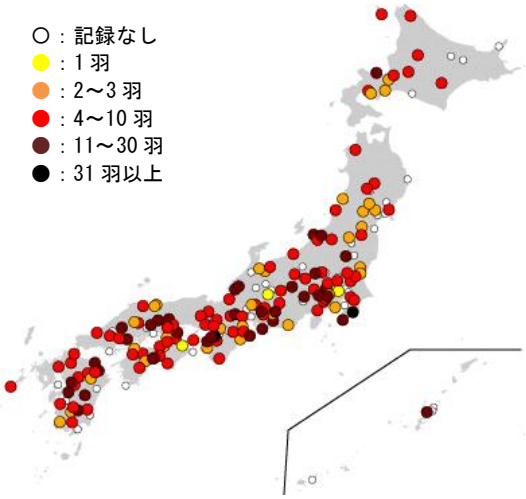


図 6-1-32　越冬期のエナガの分布状況。

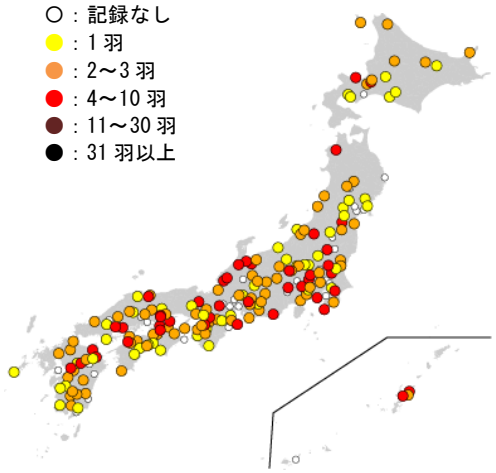


図 6-1-33　越冬期のコゲラの分布状況。

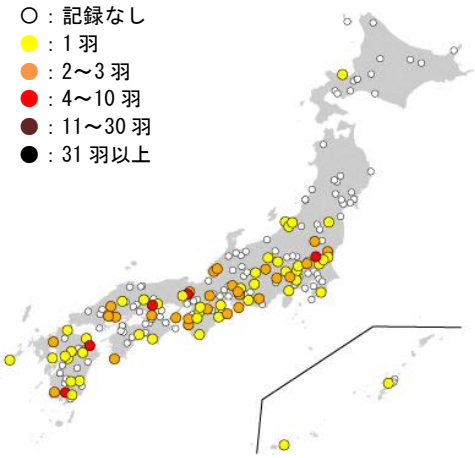


図 6-1-34　越冬期のルリビタキの分布状況。

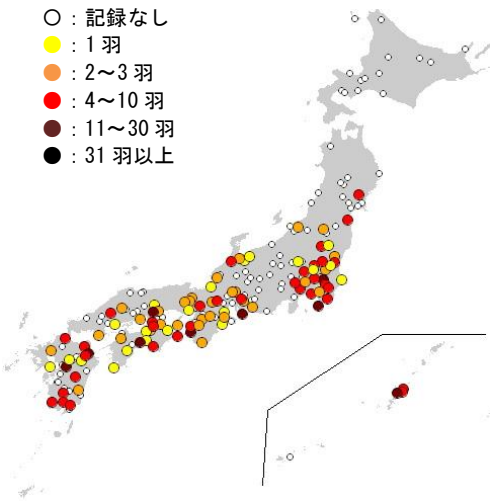


図 6-1-35　越冬期のアオジの分布状況。

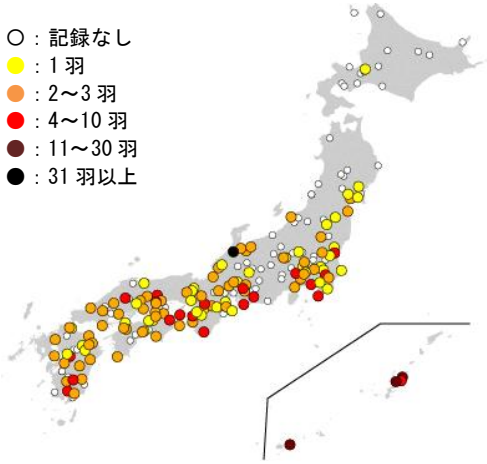


図 6-1-36　越冬期のウグイスの分布状況。

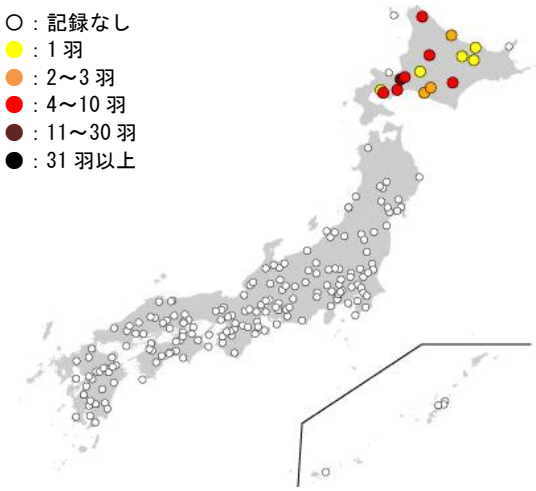


図 6-1-37　越冬期のハシブトガラの分布状況。

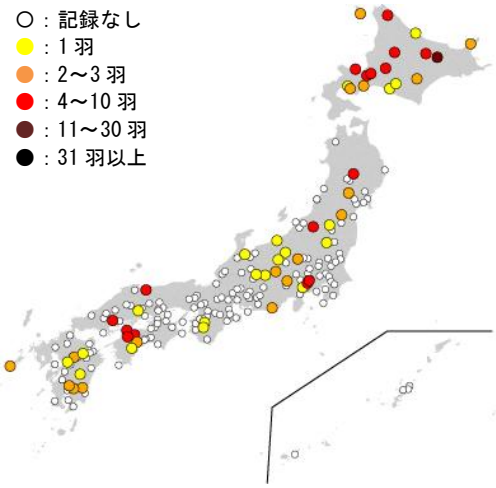


図 6-1-38　越冬期のゴジュウカラの分布状況。

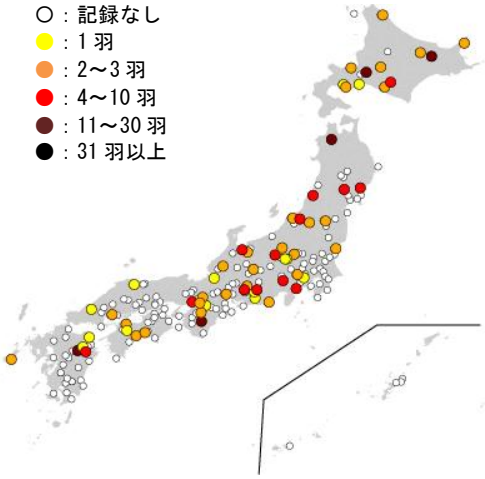


図 6-1-39　越冬期のウソの分布状況。

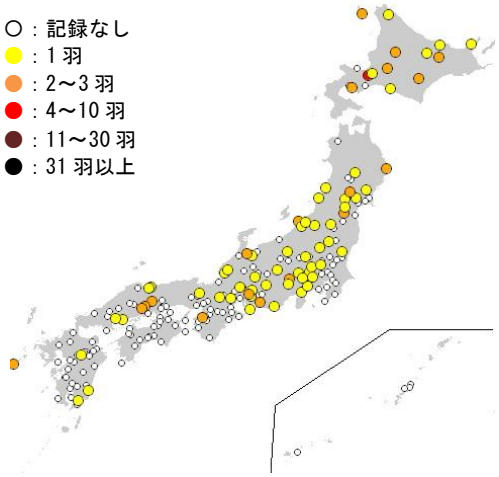


図 6-1-40　越冬期のアカゲラの分布状況。

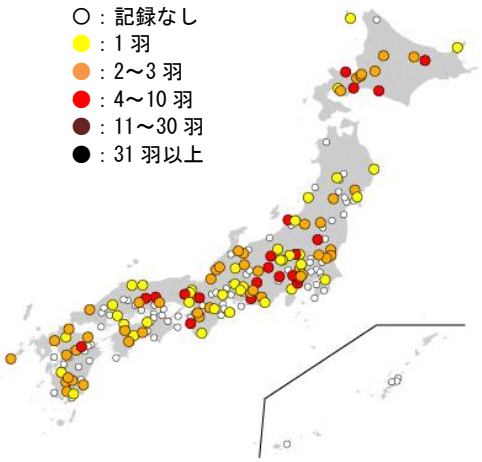


図 6-1-41　越冬期のカケスの分布状況。

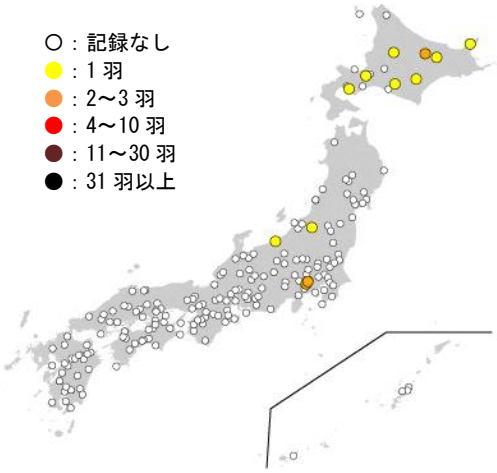


図 6-1-42　越冬期のキバシリの分布状況。

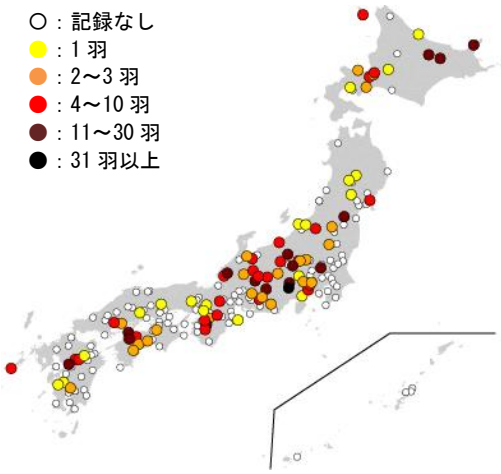


図 6-1-43　越冬期のヒガラの分布状況。

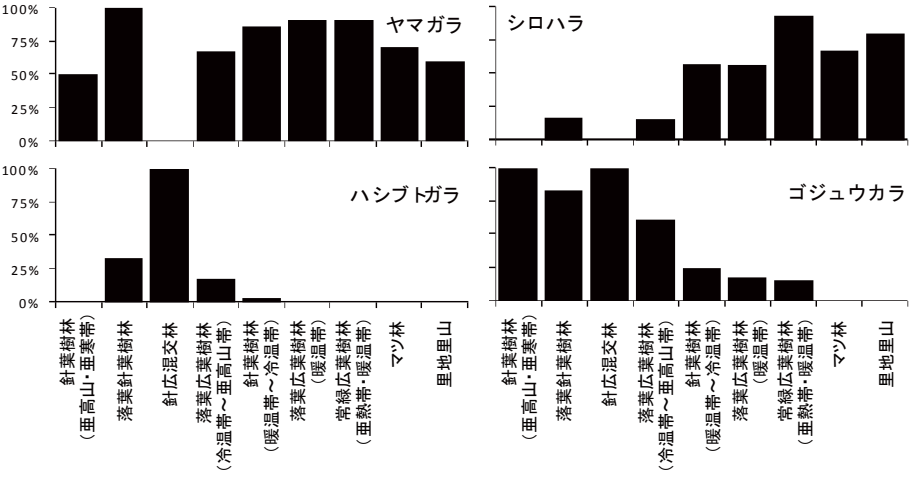


図 6-1-44　各種鳥類の記録率と植生との関係。

（４） 食物やギルド別の鳥類の生息状況

食性と気候帯との関係をまとめた。前述したように、種数やバイオマスについては気候帯によって顕著な差が認められた。繁殖期と越冬期を比べると、越冬期で昆虫食が減り、果実食、種子食が増えているものの、気候帯との関係は、概ね同様の傾向を示していた。南方で果実食、種子食の鳥類が多く、反対に北方は昆虫食の鳥類の種数が多かった。また、亜寒帯では肉食/魚食性の鳥が記録されなかった（図 6-1-45、6-1-46）。

次に採食場所別の構成比について比較を行なった。繁殖期の鳥類群集をみると、種数では、空中採食型やとびつき型の採食をする種が南ほど多い傾向があり、藪や地上など下層を利用する鳥が北ほど多い傾向があった。バイオマスで見ると、下層を利用する鳥が北ほど多いことは種数と共通していたが、空中採食型やとびつき型に南北の傾向は見られず、南ほど樹上採食性の種が多かった（図 6-1-47）。

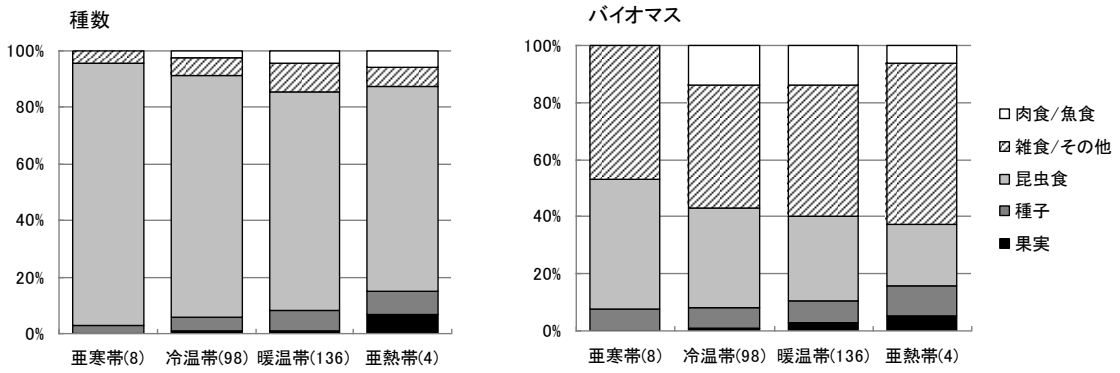


図 6-1-45　繁殖期の鳥類の食物別の種数およびバイオマスの構成比と気候帯との関係。水鳥は除外して集計を行なった。

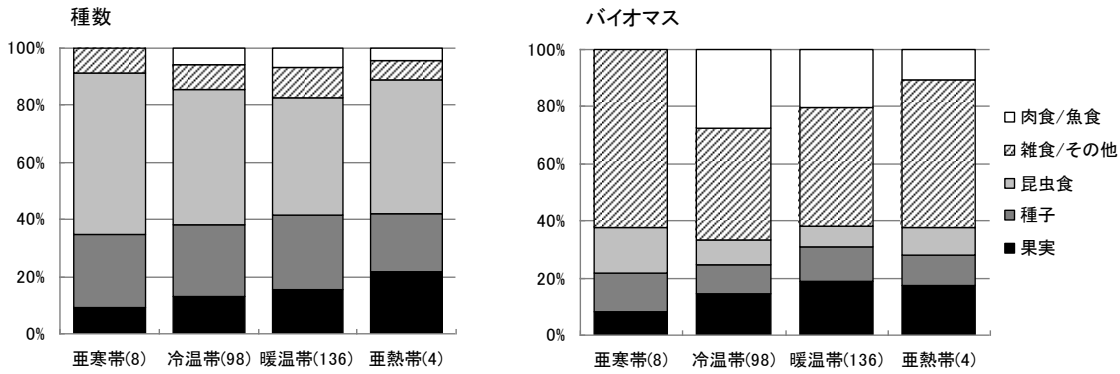


図 6-1-46　越冬期の鳥類の食物別の種数およびバイオマスの構成比と気候帯との関係。水鳥は除外して集計を行なった。

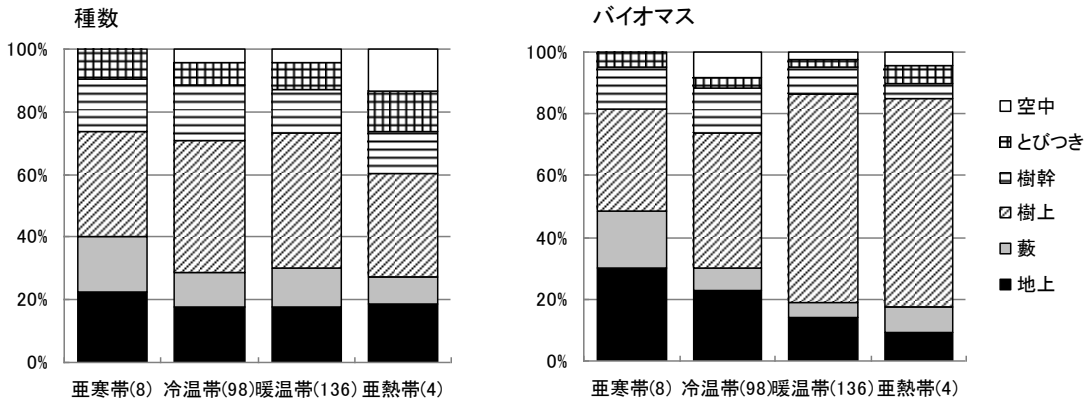


図 6-1-47　繁殖期の鳥類の採食場所別の種数およびバイオマスの構成比と気候帯との関係。水鳥は除外して集計を行なった。空中：飛びながら採食するもの、とびつき：短距離の飛翔でとびついて採食するもの、樹幹：幹で採食するもの、樹上：樹上の枝葉部で採食するもの：藪：低木や藪で採食するもの、地上：地上部で採食するもの。

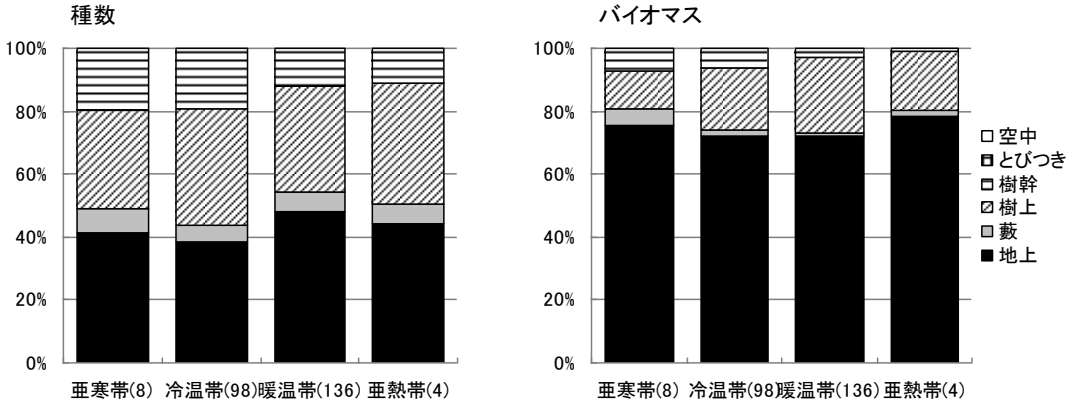


図 6-1-48　越冬期の鳥類の採食場所別の種数およびバイオマスの構成比と気候帯との関係。水鳥は除外して集計を行なった。

越冬期の鳥類群集についてみると、樹幹を利用する種の割合が北ほど高い傾向にあったが、それ以外は明確な傾向は認められなかった（図 6-1-48）。これは、北の地域では積雪や低温で食物が得にくくなる中で、樹幹は比較的安定して食物が得られるためではないかと考えられる。そこで、越冬期の積雪量と種数について関係を示す（図 6-1-49）。積雪の影響が顕著に現れると考えられる地上性の種と影響が少ないと考えられる樹上を利用する種のそれぞれについて相関を見てみると、樹上採食性の鳥類については積雪量と種数に有意な相関は認められなかったが、地上採食性の鳥類については有意な負の相関が認められた（Kendall の順位相関係数 $\tau = 0.31$、$P < 0.01$）。このことも、積雪が地上採食性の鳥類の生息を制限していることを示唆している。今後、地球温暖化等により積雪量が変化すると、鳥類の分布に影響する可能性がある。

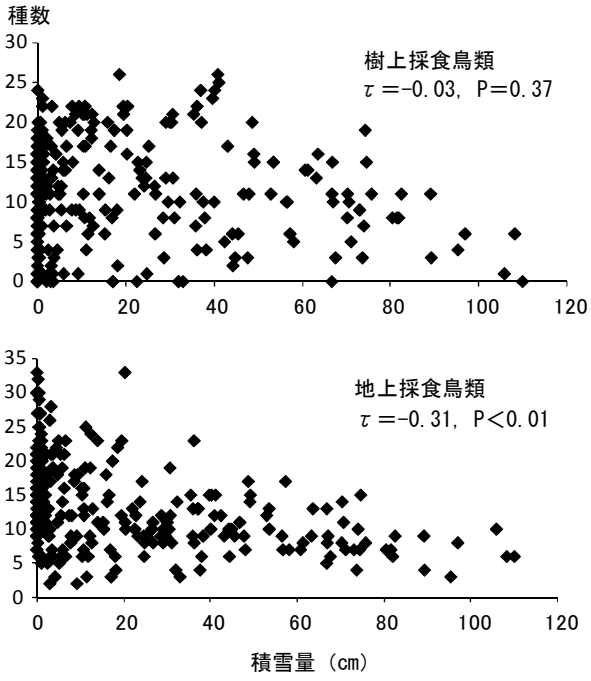


図 6-1-49　越冬期の樹上採食鳥類と地上採食鳥類の種数およびバイオマスと積雪との関係。

６．２草原の鳥類の生物多様性の地理的パタンとその変動

繁殖期に全国 50 サイト、越冬期に全国 36 サイトで行なった草原の鳥のセンサス結果をまとめた。繁殖期、越冬期の鳥類群集はともに４つに区分された。繁殖期の区分は地理的な違いにより説明することができたが、越冬期については生息種数で区分された。繁殖期の区分を説明付ける種として、センニュウ類、オオヨシキリ、オオセッカ、コジュリンなどが挙げられた。また森林性や林縁性の鳥も多く記録されており、今後、草原の変化により鳥類群集の組成が変化する可能性もあることから、上記の指標種や組成などに注目してモニタリングしていく必要がある。

草原は開発により減少したり、また逆に人に使われなくなって森林化するなど、全国的に減少、質が変化している。今後も変化していく可能性があり、そのモニタリングの必要性は大きい。この章では、全国の草原にサイトを設定し、鳥類の生息状況を調査した結果をまとめ、今後のモニタリングのベースラインおよび注目すべき種等についてとりまとめる。

（１） 種の多様性の地理的パタン

日本の様々な草原において鳥類の生息状況を把握した。繁殖期には 50 サイト（ヨシ原 26 サイト、ススキ草原４サイト、ササ原８サイト、その他 12 サイト)、越冬期には 36 サイト（ヨシ原 22 サイト、ススキ草原１サイト、ササ原５サイト、その他８サイト）で調査を行い、繁殖期には 126 種、越冬期には 103 種の鳥類を記録した。記録された鳥類の種数と緯度との関係は、全体で見ると、繁殖期は高緯度地域ほど種数が多かったが（r^2＝0.18、P＝0.002)、越冬期は緯度と種数に関係はみられなかった（r^2＝0.04、P＝0.22)。ただし、サイト数の多いヨシ原だけでみると、繁殖期は反対に相関がなく（r^2＝0.01、P＝0.59)、越冬期には高緯度地域ほど少ない負の相関が認められた（r^2＝0.47、P＜0.001)。

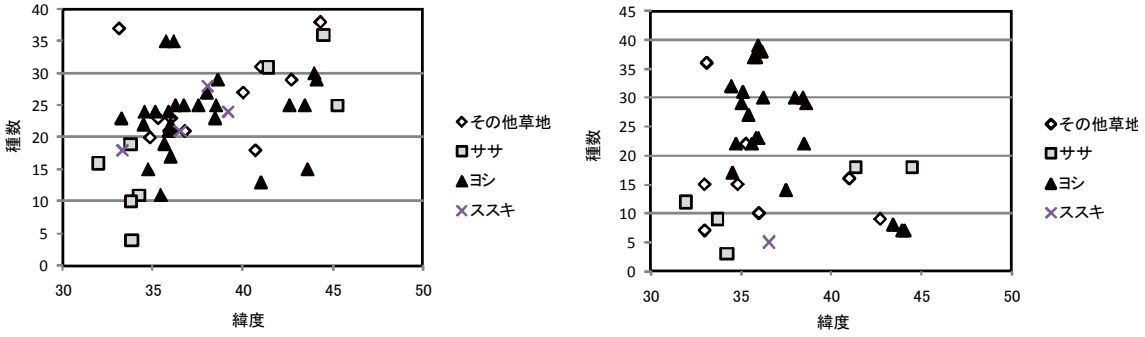


図 6-2-1　繁殖期（左）と越冬期（右）の草原の鳥類の種数と緯度との関係。

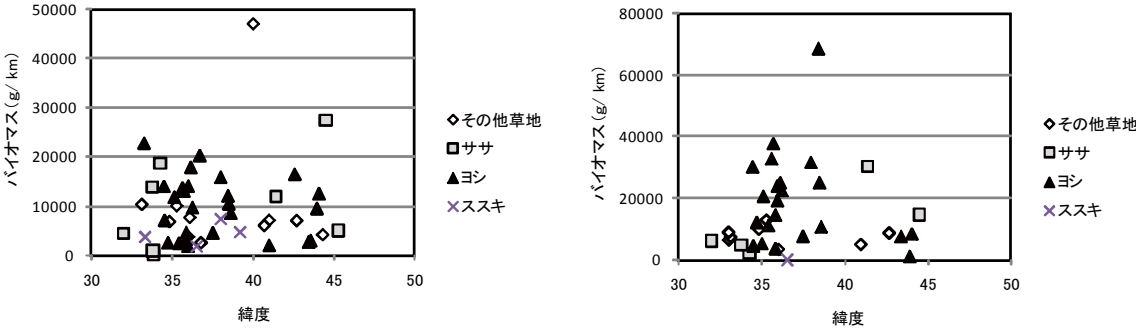


図 6-2-2　繁殖期（左）と越冬期（右）の草原の鳥類のバイオマスと緯度との関係。

次に記録された鳥類のバイオマスと緯度との関係を見た。バイオマスは個体数だけでなく、その大きさも加味できるので、その場所の食物等の生産性との関係をみることができることが期待できる。しかし、いずれも関係はみられなかった。

（２） 鳥類群集のサイト間の類似度

繁殖期と越冬期について、鳥種の在・不在情報をもちいてサイト間の類似度を算出した。サイトによっては水鳥も観察されたが、本調査は草原性の鳥類を対象としているため、水鳥を除いて解析を行なった。ただし、ヨシゴイ、オオジシギは水鳥だが、草原の主要な生息種であるため、解析に含めた。クラスタリングには群平均法（UPGMA 法）がもちいられるのが一般的だが、群平均法では明確なクラスターが描けなかったため、Ward 法をもちいてクラスタリングした。

(2)-1 繁殖期の鳥類群集

クラスター分析で得られた繁殖期の鳥類群集のデンドログラムを図 6-2-3 に示した。大きく４つのクラスターに分けられた。

１つめのクラスターには９サイトが含まれた。秋田県のサイトが１つ含まれていたが、それ以外は北海道のサイトであることが特徴だった。生息鳥類としては、センニュウ類、オオジシギ、ノゴマ、ベニマシコ、オオジュリン等の北海道の草原で多い鳥が高頻度で記録されることが特徴だった。２つめのクラスターには、11 サイトが含まれた。これらのサイトの特徴としては、本州以南の高標高の草原であることが特徴だった。１つめのクラスターと同様、オオジシギやアオジが高頻度で記録されると共に、ノビタキやカッコウが高頻度で記録されるのが特徴だった。また後述するクラスター３との違いとして、セッカやオオヨシキリが記録されないのが特徴であった。３つめのクラスターには 27 サイトが含まれた。これらはおもに本州以南の低標高のヨシ原で、セッカやオオヨシキリ、スズメやツバメが記録されるのが特徴であった。そして、４つめのクラスターはオオセッカやコジュリンが記録されるような草原であった。

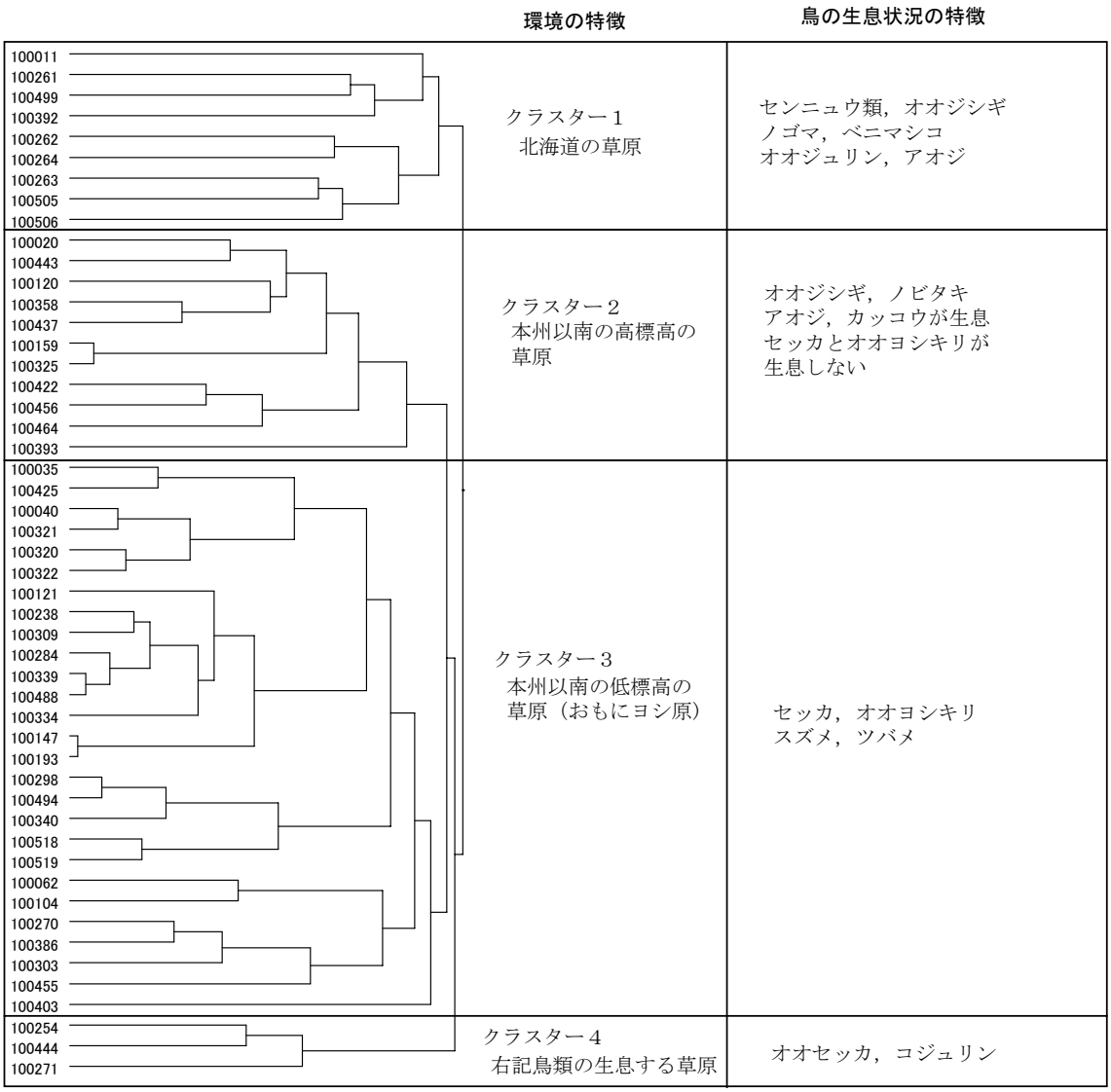


図 6-2-3　繁殖期の草原性鳥類群集の在・不在情報に基づくクラスター分析の結果。

(2)-2 越冬期の鳥類群集

クラスター分析で得られた越冬期の鳥類群集のデンドログラムを図 6-2-4 に示した。大きく４つのクラスターに分けられた。

越冬期のクラスターは主に生息鳥類の種数の多少で分けられていた。クラスターＡには９サイトが含まれた。ハシブトガラスやハシボソガラスに加えて数種の鳥が記録される程度のきわめて鳥の少ない草原であり、主に北海道等の厳寒地の草原であった。クラスターＢには、16 サイトが含まれた。クラスターＡで記録される種に加え、ツグミ、ホオジロ、カワラヒワ、スズメ、モズなどが記録される草原であった。クラスターＣには 10 サイトが含まれ、２つめのクラスターで記録される種に加え、カシラダカ、ヒバリ、オオジュリンなどが記録された。クラスターＤは、これらの種に加え猛禽類も記録される草原であった。

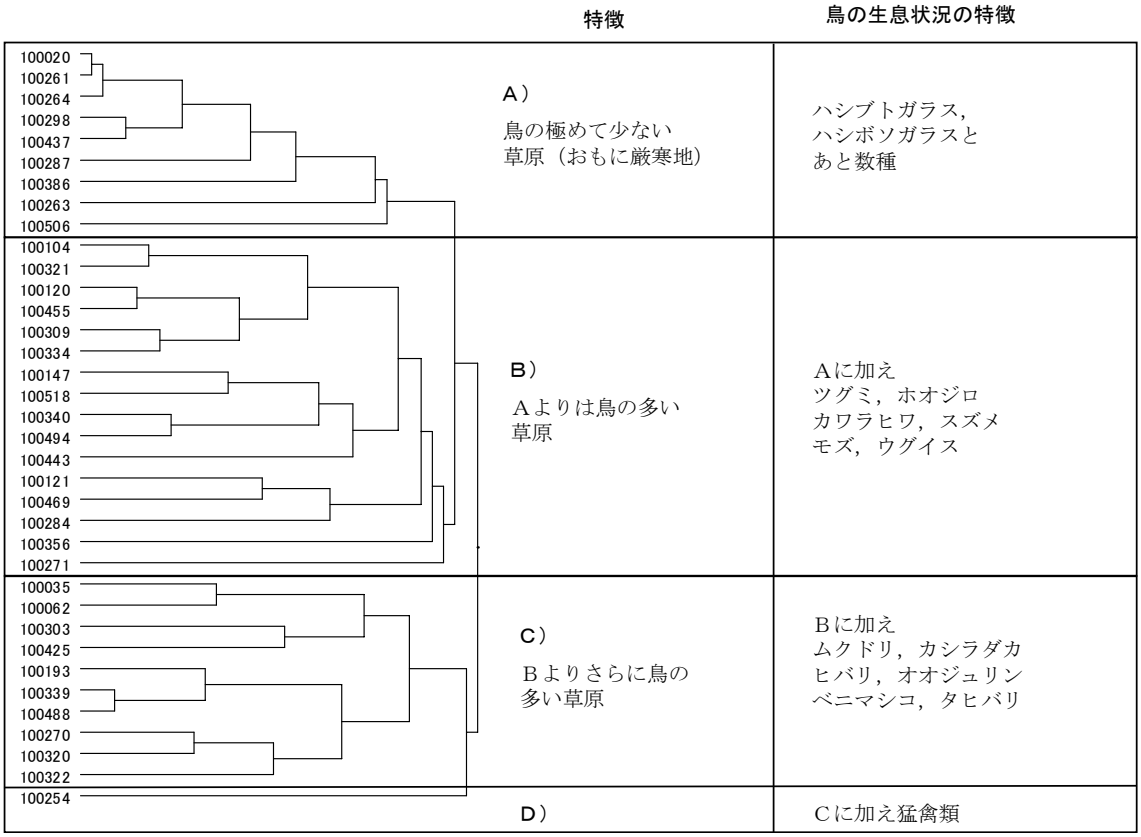


図 6-2-4　越冬期の草原性鳥類群集の在不在情報に基づくクラスター分析の結果。

越冬期に記録される鳥は、草原のみに依存している鳥類だけでなく、それ以外の環境を利用している鳥類が多い。そのため、繁殖期のように種構成によるクラスター区分ではなく、種数によるクラスター区分になった可能性がある。

（３） 草原性の鳥類の割合

日本の草原は小規模のものが多いため、記録される鳥類は、草原性鳥類だけではなく、林縁性鳥類、森林性鳥類、そして水鳥も記録される。そこで、繁殖期と越冬期に分けて、これらの比率を図 6-2-5 にまとめた。繁殖期も越冬期ともに、純粋な草原性鳥類よりも、キジバト、モズ、カワラヒワ、ハシボソガラスなどの林縁や藪を利用する鳥類の種数の割合が高いのがわかる。また、越冬期には草原性の種の割合が小さくなった。これは森林性や林縁性の鳥が冬には草原を利用するようになるためと思われる。

今回の集計で、現状の全国的な草原性の鳥類の比率が示せた。草原では潅木が増えたり樹林化したりするなどの環境変化が生じているところが多くあり、草原の変化に伴い鳥類群集の組成が変化する可能性がある。このため、今後も草原に生息する草原性、林縁性、森林性の鳥類の比率に注目していくことが必要である。

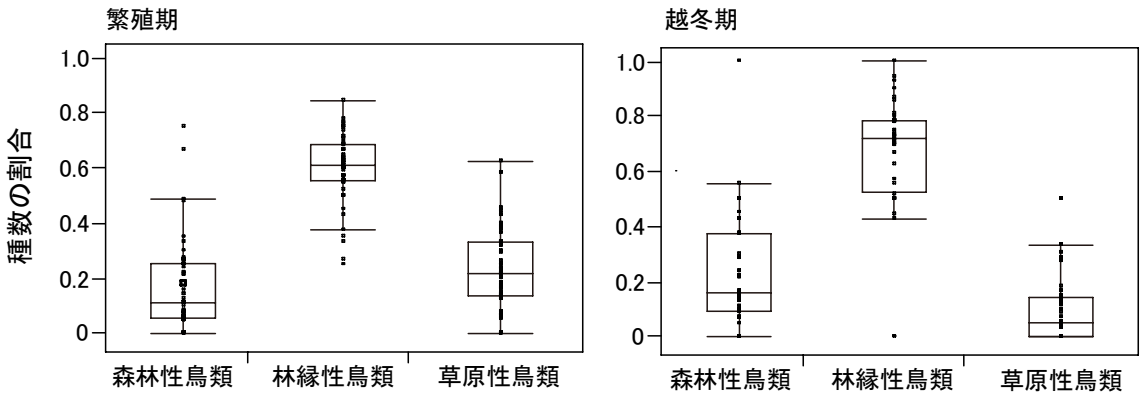


図 6-2-5　繁殖期（左）と越冬期（右）の草原の鳥類相に占める森林性、林縁性、草原性鳥類の割合。

６．３外来種および希少種の生息状況

一般サイトの鳥類調査では、４種の外来種と 40 種のレッドリスト掲載種が記録された。記録サイト数や個体数、分布の変化状況等から、外来種では、コジュケイ、ガビチョウ、ソウシチョウが、希少種では、オオジシギ、サンショウクイ、アカヒゲ、オオセッカ、コジュリンが、今後、分布や個体数の変化をモニタリング可能な種と考えられた。

外来種は生態系に悪影響を与える可能性があり、その生息数や分布をモニタリングしていく必要がある。また、希少種は普通種と比べて環境の変化を強く受けると考えられ、環境のモニタリングには適しているともいえる。その半面、希少種は分布が限られており、また個体数が少ないため記録されにくいことから、確認される個体数は偶然に左右されてしまうことが多く、今回の調査で採用されているラインセンサスのような汎用的な手法によるモニタリングは適していない種も多いと考えられる。そこで、この節では、外来種および希少種の記録状況についてまとめ、本調査においてモニタリングに適した種について検討する。

（１） 外来種および希少種の記録状況

外来種については、コジュケイとソウシチョウの記録サイト数が多く、ガビチョウは現時点では少ないながら、分布を拡げていることから、これらの３種に注目してモニタリングしておく必要があると考えられた。

レッドリスト掲載種は森林および草原合わせ 40 種が、外来種は４種が記録された（表 6-3-1）．森林の希少種で、記録サイト数が 20 サイト以上と多い種としては、サシバ（21 サイト）とサンショウクイ（50 サイト）があげられた。また、１サイトあたりの平均個体数が多いものとしてはアカヒゲ（7.0 羽）、オシドリ（25.8 羽）があげられた。草原ではチュウヒ（11 サイト）とオオジシギ（14 サイト）が多く、またオオセッカ（11.3 羽）、コジュリン（12.5 羽）、ヒシクイ（9.0 羽）、マガン（44.0 羽）の個体数が多かった。オシドリ、ガン類といった水鳥は群れで記録されるものであり、個体数が大きく変動する可能性が高く、本事業のモニタリングにおける指標種にはなりにくい。しかし、それ以外の、記録サイト数や記録個体数の多い種については、モニタリング対象種としてよい可能性がある。中でも、サシバは里地里山的な森林環境の指標になると思われ、チュウヒは広いアシ原の指標、オオセッカやコジュリンは下層にスゲなどが茂った湿地の指標になると考えられる。

表 6-3-1. 外来種およびRDB種の記録状況

		森林				草原			
		繁殖期		越冬期		繁殖期		越冬期	
		地点数	羽数	地点数	羽数	地点数	羽数	地点数	羽数
外来種	コジュケイ	53	1.7	16	2.7	4	2.0	2	2.0
	ドバト	3	5.0	2	4.5	5	6.2	3	11.7
	ガビチョウ	11	2.3	6	3.2	5	2.0	2	1.0
	ソウシチョウ	22	6.1	13	5.1	2	2.0	1	1.0
絶滅危惧IA類(CR)	カンムリワシ			1	1.0				
	ノグチゲラ	1	1.0	2	1.5				
	チゴモズ	1	1.0						
絶滅危惧IB類(EN)	ヒメウ							2	
	サンカノゴイ					1			
	ミゾゴイ	1	2.0						
	オジロワシ			8	1.3	5	1.0	3	1.3
	クマタカ	3		5	1.0				
	イヌワシ			1					
	チュウヒ					5	1.3	11	3.9
	キンバト	1	2.0						
	ヤイロチョウ	3	2.0						
	アカモズ			1	1.0				
	オオセッカ					3	11.3		
絶滅危惧II類(VU)	ヒシクイ							1	9.0
	オオワシ			4	1.0			4	1.0
	サシバ	21	1.5	2	4.0				
	ハヤブサ	1		3	1.5	1	1.0	3	
	タンチョウ					2	1.0		
	アカアシシギ					1	4.0		
	セイタカシギ							1	
	コアジサシ					2	3.0		
	ヨタカ	2	2.0						
	クマゲラ	7	1.0	3	1.0				
	サンショウクイ	50	2.6	10	2.5	5	1.0		
	アカヒゲ	2	7.0	3	5.3				
	コジュリン					4	12.5	1	18.0
準絶滅危惧(NT)	ヨシゴイ					3	1.3		
	チュウサギ	3	1.0			4	1.7		
	マガン							2	44.0
	ミサゴ	8	1.2	10	2.1	4	1.0	10	1.2
	ハチクマ	7	1.0			1	1.0		
	オオタカ	6	1.0	17	1.0	6	1.0	8	1.4
	ハイタカ	2	1.0	9	1.0			3	1.0
	オオジシギ	3	1.0			14	2.5		
	エリグロアジサシ	1							
	カラスバト	4	4.0	4	4.5				
	ノジコ	13	2.0			2	1.0		
情報不足(DD)	オシドリ	6	4.2	8	25.8	1	8.0		
	エゾライチョウ	3	2.0	2	1.0				

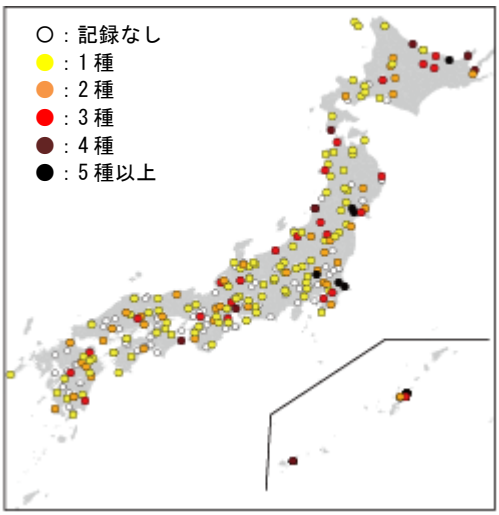


図 6-3-1　RDB 種の分布状況。

（２） 特徴的な種の分布状況

(2)-1 外来種の分布状況

外来種のコジュケイ、ガビチョウ、ソウシチョウの分布状況を示した。コジュケイは太平洋側の地域に広く分布していた(図 6-3-2)。分布域は積雪の少ない地域と一致しており、地上採食性のコジュケイは積雪の多い地域では生息できないものと思われる。このため、地球温暖化等により積雪量が変化すれば、分布域が変化する可能性がある。ガビチョウ（図 6-3-3）とソウシチョウ（図 6-3-4）については、九州のソウシチョウを除き、分布は局所的であった。外来種の分布域の変化は、生態系に悪影響を与える可能性があることから、今後も分布域の変化に注目していく必要がある。

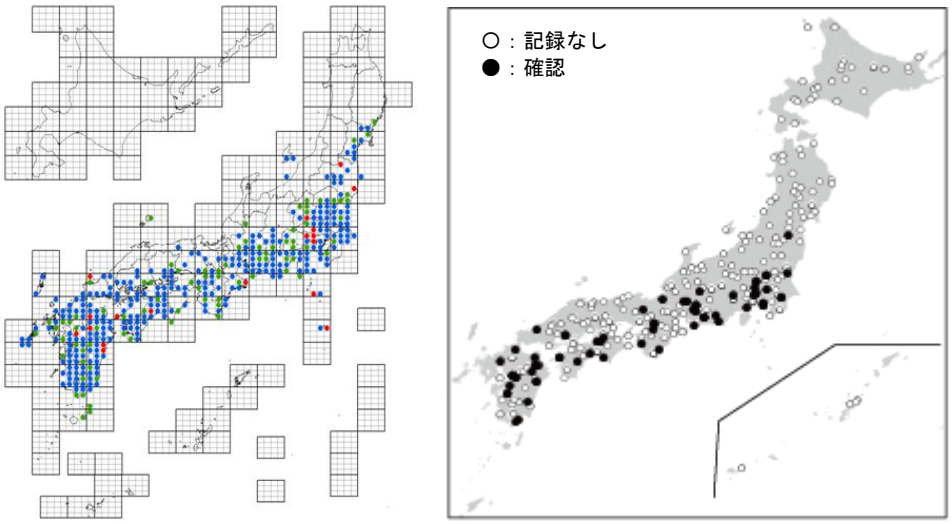


図 6-3-2 コジュケイの記録されたサイト(左は第６回自然環境保全基礎調査 1997-2002 年､右が本調査)。左図の赤は繁殖を確認したメッシュ、青は繁殖の可能性のあるメッシュ、緑は生息が確認されたメッシュ

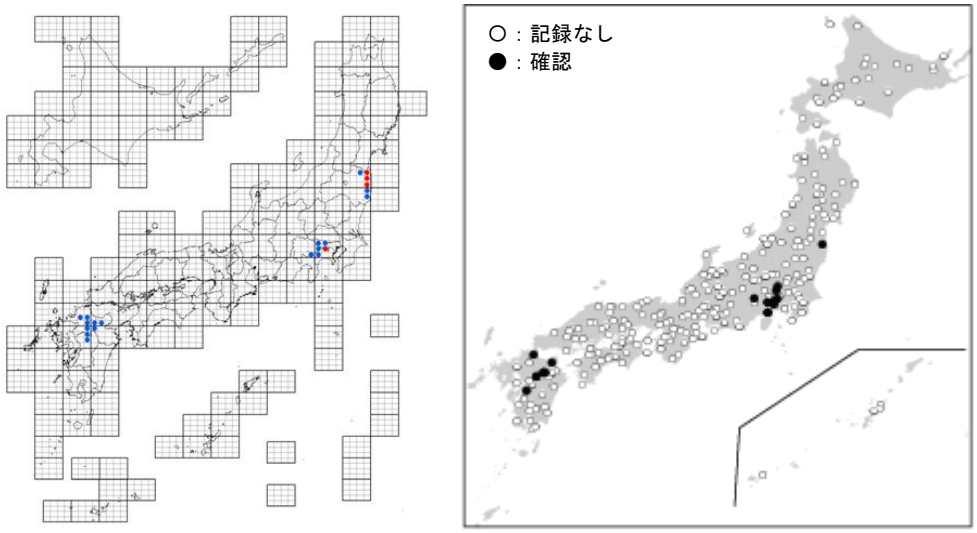


図 6-3-3. ガビチョウの記録されたサイト（左は第６回自然環境保全基礎調査 1997-2002 年、右が本調査）左図の赤は繁殖を確認したメッシュ、青は繁殖の可能性のあるメッシュ、緑は生息が確認されたメッシュ

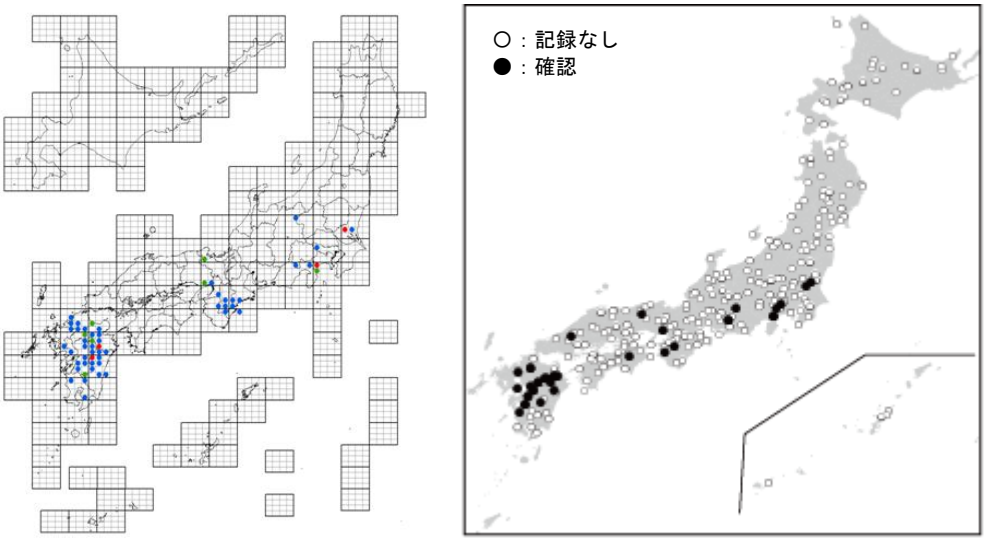


図 6-3-4　ソウシチョウの記録されたサイト（左は第６回自然環境保全基礎調査 1997-2002 年、右が本調査）左図の赤は繁殖を確認したメッシュ、青は繁殖の可能性のあるメッシュ、緑は生息が確認されたメッシュ。

(2)-2 希少種の分布状況

記録状況からモニタリングに適していると考えられた種の分布状況を図に示した。サンショウクイは九州南部、本州の日本海側や中部山岳地帯では比較的高頻度に出現しており（図 6-3-5)、オオジシギも分布している地域では高頻度で出現しているので（図 6-3-6)、分布の変化が把握しやすくモニタリングに適していると考えられる。反面、サシバ（図 6-3-7）やチュウヒ（図 6-3-8）は離散的に分布しているため、分布の変化を把握するのは

図 6-3-5　サンショウクイの記録されたサイト。

図 6-3-6　オオジシギの記録されたサイト。

比較的難しいのではないかと思われる。アカヒゲ（図 6-3-9）、オオセッカ（図 6-3-10）、コジュリン（図 6-3-11）は、分布は局地的であるが、記録されている場所では個体数も多く、なわばりを持ってさえずるために個体数の把握もしやすいため、それぞれの場所の環境の変化のモニタリングの上では、有効な種と考えられる。

第２期以降では、これらの種に注目してモニタリングを実施していくことで、その有効性を確認していくとことが必要である。

図 6-3-7　サシバの記録されたサイト。

図 6-3-8　チュウヒの記録されたサイト。

図 6-3-9　アカヒゲの記録されたサイト。

図 6-3-10　オオセッカの記録されたサイト。

図 6-3-11　コジュリンの記録されたサイト。

７．総括

モニタリングサイト 1000 は、平成 14 年 3 月に決定された「新（第二次）生物多様性国家戦略」に依拠して平成 15 年度から開始された。また、平成 19 年（2007 年）11 月に策定された「第三次生物多様性国家戦略」においては、「国土の自然環境データの充実」のため、重点的に取り組む施策として位置付けられている。

モニタリングサイト 1000 プロジェクトは、離陸期と位置付けられた 19 年度までの第１期を終えた。この間、関係する調査主体（大学、研究機関、市民団体など）との間にネットワークを構築し、第１期に 1016 サイトを設置した。この第１期の終期にあたり、第１期総括・第２期への課題検討のためのワークショップが平成 20 年（2008 年）２～３月に実施され、以下の５点の課題が示された。この課題は、平成 20 年度（2008 年度）に作成したモニタリングサイト 1000 第２期行動計画の下位目標として設定された。

①調査・分析および評価手法
②持続可能な調査体制
③情報の共有・管理および発信
④調査結果の保全施策への活用
⑤国際的な枠組みとの連携

森林・草原調査において、現状（これまでの取り組み）と今後の進め方について、これら 5 つの下位目標に沿って、成果、課題・展望として整理して述べる。

７．１ 調査・分析および評価手法

森林・草原調査においては、
①毎木調査
②リター・シードトラップ調査
③ピットフォールトラップ調査
④鳥類調査
の４分野について調査を実施している。

これら調査項目は、既に森林総合研究所、各大学研究林などにおいて、あるいは国際学術連合（SCOPE)下の生物多様性科学国際共同計画（DIVERSITAS）に基づく DIVERSITAS in West Pacifics and Asia（DIWPA）による国際生物多様性観測年（International Biodiversity Obsavation Year，IBOY）において、また、環境省の第 6 回自然環境保全基礎調査、鳥類繁殖分布調査などで採用されている。このように、標準的なマニュアル（あるいは標準的なプロトコル）が既に確立していたため、調査手法の採用、普及を円滑に行うことができた。本調査に関して、一定のマニュアル（あるいはそれに準ずるもの）があったという点は、大きな利点と考えられる。

（１）成果

これら調査の実施・運営にあたって、調査のための専任のネットワークセンターを設置していることが、森林分野の特徴としてあげられる。そのため、各サイトでの現場での調

査手法伝達（現地指導など）が有効に実施できた。それとともに、調査資機材の有効な配置、適切な情報の伝達・連絡の確保がなされた。また、必ずしも全サイトには確保できない、甲虫の分類能力資源（同定能力を持った人的資源、参照標本など）を集中して配置することにより、ピットフォールトラップ調査の全国展開を可能にすることができた。これらは、第２期以降においても有効な体制と考えられる。

鳥類については、1978 年（昭和 53 年）～2004 年（平成 16 年）に実施した環境省の自然環境保全基礎調査による「動物分布調査」および「動植物分布調査」とそれを引き継いだ「種の多様性調査」において、日本野鳥の会の会員を中心とした全国的な調査員のネットワークができていた。そのため、このネットワークを強化することで全国多地点での調査を実施できた。本ネットワークにより、第２期以降も調査を継続可能な体制を構築することが可能である。

また調査結果の解析については、専任のネットワークセンターと日本野鳥の会の協力により、データ収集・分析・解析までを一貫して行うことができた。調査目的に沿った解析は、調査設計に携わった主体が担うことが望ましい。

（２）課題と展望

第１期の調査では、いくつかの課題が生じた。例えば、様々な自然災害により、調査が計画通りに進まないことがあった。

コアサイトの一つである佐渡サイトでは、2004 年に台風などの強風によりトラップが 2 度も破損し、その年はデータが欠損値となった。そのため、2005 年以降はネットワークセンターに十分な資材をストックし、サイトから連絡を受けた場合に早急に復旧できるような体制を整えた。

また、2008 年には岩手・宮城内陸地震で調査地へアクセスする林道が崩れたために調査地に行くことができず、予定の調査回数を達成できなかった。そのため、今後もネットワークセンターによる調査支援体制を確保することが必要と考えられる。

調査手法に関しては、100 年以上を目標として調査することを考え、調査主体にとって過大な負担にならない手法を選ぶとともに、生態系の変化を評価ができる精度を確保する必要がある。第２期以降では、調査手法やデータの誤差の再評価、省力化あるいは追加調査項目の検討を行うことが求められる。

鳥類の調査においては、既に構築された調査体制により当面は調査を続けることが可能と思われるが、100 年という調査期間を考えた場合には、調査員の後継者育成が重要な課題となる。現在の調査員のネットワーク強化に加えて調査員のリクルートのための新たな仕組みの構築が早急に必要と考えられる。また、調査員が必ずしも「ラインセンサス法」の経験が豊富とは限らなかったため、マニュアル通りに調査を行うことができなかった場合もあった。例えば、指定の 1 km の調査コース長より長い距離を調査してしまったケースや、1 回のセンサスを 30 分で行なうべきところをより長い時間をかけてしまうケースがあった。そこで、これらの課題を解決し、調査の個人差を少なくするために、第２期からは、ラインセンサス法からスポットセンサス法へ変更することにした。この手法の採用により、調査精度の向上とともに、同手法で調査を行なっている国土交通省の河川水辺の国勢調査との比較も可能になる。

解析については、第１期の調査期間では、樹木の成長量の変化傾向を把握するには短かった。樹木の成長量や死亡率について、その変動や地域間差を把握し、気象との関係を解析することで、将来変化の予測に寄与するものと期待される。そのため、第２期では第１期の結果を含め成長量や死亡率の解析を進めていきたい。

森林・草原生態系に対するシカなど大型植食者の影響、大気降下物の影響等の個別課題については、第１期取りまとめでは対象としていない。シカなどの大型植食者による植生衰退は、近年全国的に問題となっており、大山沢、秩父、芦生サイトではすでに植生衰退が進行している。また、西丹沢サイトでも今後植生衰退が進行する可能性がある。草本層の被度が低下すると土壌の流亡が引き起こされ、表層土壌への有機物堆積様式が変化する可能性が高い。林床の植被率、堆積落葉層や土壌の炭素、窒素濃度、甲虫群集や下層植生を利用する鳥類の変化を、今後も現在の調査の枠組みで注意深くモニタリングすることが重要である。更に、第２期以降、重点としてシカなどの個別課題を対象とする場合には、調査項目等を追加する必要がある。

日本や海外では、既に多くのモニタリングスキームが実施されている（参考資料 1)。これらのモニタリングスキームとの連携強化は、モニタリングサイト 1000 にとって重要な課題である。モニタリングサイト 1000 のサイトの一部は日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER: Japan Long-Term Ecological Research Network）サイトであり、データを JaLTER データベースと共有することで、モニタリングサイト 1000 の調査結果を、様々なモニタリングスキームのデータと組み合わせ、変化の要因や他の生物への影響をより詳細かつ多面的に検討できる。

＊例えば、開葉・落葉時期の変化については、PEN（Phenological Eyes Network）や樹木フェノロジー観察ネットワークなどで得られる時間解像度の高いデータを活用することで、モニタリングサイト 1000 で明らかになる樹木の成長量の年変化や地表徘徊性甲虫や鳥類の変化への波及効果を検討できる。

＊モニタリングサイト 1000 の詳細なデータを、リモートセンシングと生態系モデルの地上検証データとして提供することで、広域の変化を予測するモデルの開発に寄与できる。

こうした取り組みの一環として、2007 年 11 月に開始された「長期生態系モニタリングの現状と課題－温暖化影響と生態系応答」（国立環境研究所 主催、JaLTER・JapanFlux 共催）において、モニタリングサイト 1000、JaLTER および JapanFlux（国内のフラックス観測ネットワーク）の情報交換と今後の連携促進が合意された。モニタリングサイト 1000 全体および森林分野の紹介や、モニタリングサイト 1000 の粕屋陣場、足寄、大山沢、雨龍、苫小牧、和歌山および綾サイトの調査結果に関する発表が行われた。

７．２ 持続可能な調査体制

継続可能な調査体制確保のため、森林調査における体制に関しては、「コアサイト：土地所有・管理を含め毎年の調査が可能であること」「準コアサイト：樹木へのラベリングなど、了解が得られること」などの条件を設定した。

（１）成果

現在まで、大学研究林、森林総合研究所の試験地など、継続的に観測しているサイトがコアサイトとして参加している。モニタリングの継続に関しては、少なくともこれらのサイトに関して問題が少ない。準コアサイトについては、サイト維持のための予算担保も含めて、当該サイトにおける調査継続への支援となった効果はあると考えられる。

鳥類の一般サイトにおいては、北海道、東北、関東、中部、近畿、中四国、九州で調査講習会を実施し、年 2 回の結果速報を作成して、調査員に配布した。「種の多様性調査」で全国の調査員のネットワークは構築されていたが、調査員間および事務局が交流する場はなかったため、今回行なった調査講習会や結果速報の送付は、調査員同士の情報交換や意欲の向上につながり、持続可能な調査体制を強化することができたと考えられる。

また、リファレンス標本の作成は、経時的な成果の蓄積としてあげられる。捕獲された地表徘徊性甲虫類、採取された種子の標本などは、今後のモニタリングサイト 1000 の基礎資料となると考えられる。

（２）課題と展望

今後の調査の持続を考慮すると、長期間比較可能なデータの取得のための人員確保が、森林・草原調査に限らずモニタリングサイト 1000 の大きな課題と考えられる。

大学研究林、森林総合研究所では、定期的に職員の異動等があるため、調査マニュアルの充実、普及、問い合わせおよび回答体制の整備が必要となると考えられる。また、調査への参画主体を増やしていく努力も必要である。

鳥類の一般サイトにおいても、ラインセンサスからスポットセンサスに調査方法が変わったことに伴う再度の調査講習会を行うとともに、結果報告会などを実施することで、モニタリングサイト 1000 に興味を持つ調査員の参加を促し、更なる調査体制の強化と新たな調査員のリクルートに努める必要がある。

７．３ 情報の共有・管理および発信

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。そのため、得られた調査結果は、行政機関や研究機関が利用するだけでなく、幅広い主体により成果を共有することが重要である。

（１）成果

モニタリングサイト 1000 は、多くの研究者や市民ボランティアとの連携により、効率的にデータを収集する体制を構築している。このため、データの取り扱いや利用については、環境省、調査者等の関係者間で混乱が生じないよう、ルール作りが課題となっていた。モニタリングサイト 1000 森林・草原調査では、2008 年（平成 20 年）に、同事業においていち早くルールを合意したところである。この際、秘匿すべき希少種等のデータを除き、得られたデータを広く公開していくことが重要であるとの意見が多く出された。

多くの主体とデータを共有する手段としては、公開されたデータベースが有効である。環境省生物多様性センターでは、生物多様性に関する調査研究、データ等に関するメタデータのデータベースである生物多様性情報クリアリングハウスメカニズム（CHM）を構築

しており、モニタリングサイト 1000 森林・草原調査の結果を単年度毎の報告書単位で登録している。また、一部のサイトの情報は、JaLTER のデータベースに登録している。

（２）課題と展望

森林・草原調査は、樹木の位置情報や種ごとの種子量など、非常にきめ細かいデータを取得しており、第１期ではその一元的な管理が課題の１つであることが明らかとなった。第２期では、モニタリングサイト 1000 全体として、より体系的で一元的な管理のためガイドライン作成や体制構築を行っていく必要がある。

また、情報の管理および発信の上では、地理情報システム（GIS）が有効である。森林・草原調査では、サイトの位置情報と一部の結果の GIS 化が終了したところである。今後は、膨大な調査結果のうち、どのような結果を GIS 化していくかについて、効率性および有効性を考慮して検討していきたい。

データの幅広い利用の促進のためには、国際的な生物多様性情報のデータベースネットワークである地球規模生物多様性情報機構（GBIF: Global Biodiversity Information Facility）など、公開されたデータベースへのデータ登録に向けた検討が必要である。

最も注意が必要な課題は、希少種等の保護情報の取り扱いである。希少種の情報は、公開することにより捕獲、採取圧を高める可能性が懸念されることから、公開に際して注意が必要である。ただし、単にレッドリスト掲載種を保護すればよいというものではなく、生息地が周知の事実であり、むしろ公開した方が保全の観点から好ましい場合もある。また、レッドリスト掲載種に該当しない種であっても、愛好家により捕獲、採取される場合がある。さらに、確認位置情報の精度を厳密に示さないことでデータを公開することが可能な場合もある。このように、対象種や現状によって、その取り扱いが変わってくる。そのため、現在は個別に検討している状況である。第２期では、これらの個別の検討結果を踏まえた公開範囲の検討等が必要となってくる。

７．４ 結果の保全施策への活用

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、適切な自然環境保全施策に資することを目的としている。第１期では長期のモニタリングのためのベースラインデータの整備を行ったが、第２期以降は、具体的な自然環境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必要がある。

（１）成果

第１期では、全国の代表的で様々な森林タイプに 36 のコアサイト・準コアサイトと 306 の一般サイトを配置した。これらの調査結果から、樹木、地表徘徊性甲虫および鳥類の多様性の地理的パターンや、日本列島における温度勾配に対する分布等の傾向を把握することができた。これらの成果は、今後のモニタリング結果を解析して行く際の重要な手がかりとなると同時に、日本における生態系・生物多様性の構成の把握と保全のための基礎的な情報となる。

この他、第１期では、奄美群島国定公園の国立公園化に向けた検討にデータを提供するなど、環境省の地方環境事務所等の施策に貢献した。また、本調査結果を研究者に提供し、

生態学の研究等に寄与した。例えば、2008 年度にはハリギリの分布情報を研究者へ提供し、過去、現在、将来の分布地の推定が行われた（阪口ら 2009）。

（２）課題と展望

調査結果を確実に生物多様性の保全施策に生かすためには、調査結果を国や地方自治体の関係機関に有効に提供すること、検知した生態系の変化のリスク評価を行う仕組みを構築することが必要である。

第１期のとりまとめにおいて、ベースラインデータの整備や、モニタリングしていくべき鳥類の種を選定した。第２期以降では行動計画に基づき、調査結果をより確実に保全施策に活用していくことが求められる。具体的には、炭素循環の変化、地球温暖化により分布の縮小が懸念されているブナ等の成長量の変化、落葉、種子の落下等の生物季節性の変化、外来種、希少種など指標種の分布域の変化等に着目してモニタリングし、異変があった場合には、リスク評価を含めて速やかに情報発信と提供を行い、自然環境保全施策への活用を図っていくことが重要である。

また、国立公園や自然環境保全地域等の保護地域のモニタリング、管理および指定に資するよう、調査結果の提供を実施していく予定である。このため、サイトが少ない自然環境保全地域におけるサイトの設置を検討していきたい。

７．５ 国際的枠組みとの連携

生物多様性の保全は、その地域のみならず国際的課題であり、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り組みがはじまっている。2010 年に名古屋において生物多様性条約第 10 回締約国会議（COP10） が開催されるのを契機に、環境省は平成 21 年度から地球規模生物多様性モニタリング推進事業を開始する。この事業はアジア太平洋地域の生物多様性観測のネットワーク化とデータの統合化を推進するものである。モニタリングサイト 1000 は、日本国内において実施している事業であるが、そのデータや知見をこれらの国際的枠組みに提供するなどの連携が求められている。

（１）成果

前述の通り、森林調査での調査手法は DIWPA－IBOY での手法を用いるなど、国際的に比較可能なものとなっている。また、連携を進めている研究者ネットワークについて、JaLTER は国際長期生態学研究ネットワーク（ILTER: International Long-Term Ecological Research Network）、JapanFlux（日本国内のフラックス観測ネットワーク）は AsiaFlux（アジア地域のフラックス観測ネットワーク）や FLUXNET（国際的なフラックス観測ネットワーク）という国際的な研究者ネットワークに参加しており、今後の国内のみならず、国際的な研究成果との比較や連携が期待される。現在は、JaLTER のデータベースに登録するメタデータのひな型を作成する、JapanFlux 等と打ち合わせを行うなどの作業を進めているところである。

（２）課題と展望

地球規模生物多様性モニタリングの推進のため、既存の国際的な枠組みと連携するとと

もに、生物多様性モニタリングの協力体制を構築することが必須である。

森林分野では、地表徘徊性甲虫の標本データを、GBIF に登録するべくデータの整理をしてきたところであるが、第２期では具体的に登録を開始し、標本データの国際的利用を図っていくことが必要である。また、JaLTER へ登録するメタデータのひな型を各サイト代表者に配布し、登録を進め、これにより ILTER とメタデータを共有し、データの国際的利用を進めるとともに、本事業の認知度向上を図っていきたいと考えている。

COP10 では、各生態系調査毎の第１期取りまとめ報告書を基本に、モニタリングサイト 1000 の成果について国際的に広報を行い、その知見を提供するとともに、国際的枠組みとの連携を一層強化、発展させていくことが求められる。

引用文献

阪口翔太・櫻井聖悟・竹内やよい・山崎理正・井鷺裕司 2009. 気候変動はハリギリの分布・遺伝的多様性にどのように影響するか -最終氷期・現在・地球温暖化後-. 日本生態学会第 56 回全国大会 (2009 年 3 月，盛岡) 講演要旨

８. 調査体制

８．１　コアサイト・準コアサイト

平成 16 年度

＜ワーキング・グループ委員＞
金井 裕（財団法人　日本野鳥の会）
幸丸 政明（岩手県立大学）
中静 透（総合地球環境学研究所：当時，東北大学：現在）
新山 馨（森林総合研究所）
本間 航介（新潟大学、佐渡島 LTER）
（敬称略・五十音順）

＜コアサイト＞

北海道大学苫小牧研究林
日浦 勉（北海道大学）
調査協力者：苫小牧研究林スタッフ一同、鍋島 絵里、日野 貴文、岩本 二郎、日名 哲嗣（北海道大学）、豊田 鮎（自然環境研究センター）

カヌマ沢試験地
星野 大介（森林総合研究所東北支所）
調査協力者：金指 達郎（森林総合研究所）

新潟大学佐渡
本間 航介（新潟大学）
調査協力者：金子 洋平、工藤、西、大塚 瑠美（新潟大学）

小川試験地
新山 馨（森林総合研究所）
調査協力者：河原 崎里子、柴田 銃江、田中 浩（森林総合研究所）、中静 透（総合地球環境学研究所：当時，東北大学：現在）、丑丸 敦史（総合地球環境学研究所：当時、神戸大学：現在）、井上 祐人、今井 伸夫、伊與部 卓也、澤田 佳美、高橋 克明、富塚 千夏（東京農業大学）

東京大学秩父
藤原 章雄（東京大学）
調査協力者：大村 和也、澤田 晴雄（東京大学）

東京大学愛知赤津
芝野 博文（東京大学）
調査協力者：塚本 威彦、簗瀬 憲次、原 孝秀（東京大学）

綾リサーチサイト
齊藤 哲（森林総合研究所九州支所：当時、森林総合研究所：現在）

宮崎大学田野フィールド
高木 正博（宮崎大学）
調査協力者：久保田 要、押川 さやか（宮崎大学）

琉球大学与那
榎木 勉（琉球大学：当時、九州大学：現在）
調査協力者：田場 和雄、外間 聡、西端 統宏（琉球大学）

＜準コアサイト＞
該当なし

＜鳥類調査＞
加藤 和明（財団法人日本野鳥の会）

＜環境省 生物多様性センター＞
谷川 潔（総括企画官）
長山 聡枝子（調査科員）
今井 仁（技術専門員）

＜財団法人 自然環境研究センター＞
小林 光
茨城 康弘
鋤柄 直純※
平本 成彦
岸本 年郎
畠瀬 頼子※
豊田 鮎※（地表徘徊性甲虫調査担当）
※報告書取りまとめ担当
（敬称略・順不同）

平成 17 年度

＜ワーキング・グループ委員＞
金井 裕（財団法人　日本野鳥の会）
幸丸 政明（岩手県立大学）
中静 透（総合地球環境学研究所）
新山 馨（森林総合研究所）
本間 航介（新潟大学、佐渡島 LTER）
（敬称略・五十音順）

＜コアサイト＞
北海道大学雨龍研究林
吉田 俊也（北海道大学）
調査協力者：柴田 英昭（北海道大学）

九州大学足寄
田代 直明（九州大学）
調査協力者：古賀 信也、大崎 繁、扇 大輔、壁村 勇二、山内 康平(九州大学)、山田 勝四郎、森 文雄、山内 登、新妻 喜代志 (新妻組)、豊田 鮎（自然環境研究センター）

北海道大学苫小牧研究林
日浦 勉（北海道大学）
調査協力者：苫小牧研究林スタッフ一同、鍋島 絵里、日野 貴文、岩本 二郎、日名 哲嗣（北海道大学）、豊田 鮎（自然環境研究センター）

カヌマ沢試験地
星野 大介（森林総合研究所東北支所）
調査協力者：金指 達郎（森林総合研究所）

新潟大学佐渡
本間 航介（新潟大学）
調査協力者：金子 洋平、工藤、西、大塚 瑠美（新潟大学）

小川試験地
調査代表者：正木 隆
調査協力者：阿部 哲人、佐藤 保、柴田 銃江、田中 浩、田中 憲蔵、新山 馨（森林総合研究所）、久保 満佐子、長池 卓夫（山梨県森林総合研究所）、澤田 佳美（東京農業大学）、坂本 奈緒（筑波大学）、中静 透（東北大学）

東京大学秩父
藤原 章雄（東京大学）
調査協力者：大村 和也、澤田 晴雄（東京大学）

東京大学愛知赤津
芝野 博文（東京大学）
調査協力者：塚本 威彦、簗瀬 憲次、原 孝秀（東京大学）

信州大学カヤの平
井田 秀行（信州大学）

信州大学おたの申す平
井田 秀行（信州大学）

京都大学和歌山
徳地 直子（京都大学）
調査協力者：和歌山研究林環境測定チーム（京都大学）

市の又森林動態観測試験地
倉本恵生（森林総合研究所四国支所）
調査協力者：酒井 武（森林総合研究所四国支所）、奥田 史郎、佐藤 重穂、門田 春夫、松本 剛史（森林総合研究所四国支所）、酒井 敦（森林総合研究所四国支所）

綾リサーチサイト
齊藤 哲（森林総合研究所九州支所）

宮崎大学田野フィールド
高木 正博（宮崎大学）
調査協力者：久保田 要（宮崎大学）、黒木 真知子（宮崎大学）

琉球大学与那
榎木 勉（琉球大学：当時、九州大学：現在）
調査協力者：田場 和雄、外間 聡、西端 統宏（琉球大学）

＜準コアサイト＞
野幌自然休養林
並川 寛司（北海道教育大学教育学部）

早池峰山小田越試験地

杉田 久志（森林総合研究所東北支所）

函南原生林 600
武生 雅明（東京農業大学）

東北大植物園青葉山 1
鈴木 三男（東北大学植物園）
調査協力者：大山 幹成、米倉 浩司(東北大学植物園)

小国町金目川在所平ブナ林
大久保 達弘（宇都宮大学農学部）

小笠原母島石門長期モニタリング区
田中 信行（森林総合研究所）

御岳濁河亜高山帯常緑針葉樹林
西村 尚之（名古屋産業大学）
戸丸 信弘（名古屋大学）
調査協力者：原 登志彦（北海道大学）、鳥丸、松下、玉木、川谷、板谷、成瀬（名古屋大学大学院生）

奄美大島金作原国有林
石田 健（東京大学農学生命科学研究科）
調査協力者：鳥飼 久裕、高 美喜男、川口 秀美、川口 和範（奄美生態系研究会）

＜鳥類調査＞
加藤 和明（財団法人日本野鳥の会）

＜環境省 生物多様性センター＞
谷川潔（総括企画官）
長山 聡枝子（調査科員）
黒川武雄（技術専門員）

（敬称略・順不同）

＜財団法人 自然環境研究センター＞
小林 光
茨城 康弘
鋤柄 直純※
平本 成彦
岸本 年郎
畠瀬 頼子※
豊田 鮎※（地表徘徊性甲虫調査担当）
中村 誠宏※（ネットワークセンター）
※報告書取りまとめ担当

平成 18 年度

＜ワーキング・グループ委員＞
金井 裕（財団法人 日本野鳥の会）
幸丸 政明（岩手県立大学）
中静 透（東北大学）
新山 馨（森林総合研究所）
本間 航介（新潟大学、佐渡島 LTER）
（敬称略・五十音順）

＜コアサイト＞
北海道大学雨龍研究林
吉田 俊也（北海道大学）
調査協力者：柴田 英昭（北海道大学）

九州大学足寄
田代 直明（九州大学）
調査協力者：古賀 信也、大崎 繁、扇 大輔、壁村 勇二、山内 康平(九州大学)、山田 勝四郎、森 文雄、山内 登、新妻 喜代志(新妻組)、豊田 鮎（自然環境研究センター）

北海道大学苫小牧研究林
日浦 勉（北海道大学）
調査協力者：苫小牧研究林スタッフ一同、日野貴文（北海道大学）、豊田 鮎（自然環境研究センター）

カヌマ沢試験地
星野 大介（森林総合研究所東北支所）
調査協力者：星崎 和彦（秋田県立大学）、柴田銃江（森林総合研究所東北支所）、正木 隆（森林総合研究所）

小川試験地
正木 隆（森林総合研究所）
調査協力者：田中 浩、新山 馨、斉藤 哲、小川みふゆ、阿部真（森林総合研究所）、中静 透（東北大学）、直江 将司（京都大学）、澤 綾子（筑波大学）

新潟大学佐渡
本間 航介（新潟大学）
調査協力者：中山、谷口、山口（新潟大学）

東京大学秩父
藤原 章雄（東京大学）
調査協力者：大村 和也、西山 教雄（東京大学）

東京大学愛知赤津
芝野 博文（東京大学）
調査協力者：塚本 威彦、簗瀬 憲次、原 孝秀（東京大学）

信州大学カヤの平
井田 秀行（信州大学）

信州大学おたの申す平
井田 秀行（信州大学）

京都大学和歌山
徳地 直子（京都大学）
調査協力者：和歌山研究林環境測定チーム（京都大学）

市の又森林動態観測試験地
酒井 武（森林総合研究所四国支所：当時、現在：森林総合研究所）
調査協力者：倉本 恵生（森林総合研究所北海道支所）、佐藤 重穂、門田 春夫、奥田 史郎、伊藤 武治、松本 剛史（森林総合研究所四国支所）

綾リサーチサイト
野宮 治人（森林総合研究所九州支所）
調査協力者：齊藤 哲（森林総合研究所）

宮崎大学田野フィールド
高木 正博（宮崎大学）
調査協力者：久保田 要（宮崎大学）、野田 亜紀江（宮崎大学）

琉球大学与那
高嶋 敦史（琉球大学）
調査協力者：榎木 勉（九州大学）、田場 和雄、外間 聡、西端 統宏（琉球大学）

＜準コアサイト＞
仁鮒水沢スギ植物群落保護林
蒔田 明史（秋田県立大学）

東北大植物園青葉山 1
鈴木 三男（東北大学植物園）
調査協力者：大山 幹成、米倉 浩司(東北大学植物園)

春日山原始林
伊東 明（大阪市立大学理学研究科）
調査協力者：前迫 ゆり（奈良佐保短期大学）、山倉 拓夫、名波 哲 （大阪市立大学）、神崎 護（京都大学）

大山冷温帯落葉広葉樹林
西村 尚之（名古屋産業大学）
戸丸 信弘（名古屋大学）
調査協力者：原 登志彦（北海道大学）、永松 大（鳥取大学）、松井 淳（奈良教育大学）、鳥丸、武田、今井、長田、松下、玉木、竹内、夏目（名古屋大学大学院生・学生）、坂田（鳥取大学生）、千川、堀井（奈良教育大学生）、吉田、田口（名古屋産業大学生）

粕屋陣場
榎木 勉（九州大学農学研究院）

屋久島照葉樹林試験地
新山 馨（森林総合研究所）
調査協力者：柴田銃江（森林総合研究所東北支所）、香山雅純（森林総合研究所九州支所）、齊藤哲・太田敬之・島田和則・勝木俊雄（森林総合研究所）、屋久島森林環境保全センター

奄美大島金作原国有林
石田 健（東京大学農学生命科学研究科）
調査協力者：鳥飼 久裕、高 美喜男、川口 秀美、川口 和範（奄美生態系研究会）指村 奈穂子(東京大学)

＜鳥類調査＞
加藤 和明（財団法人日本野鳥の会）

＜環境省 生物多様性センター＞
中島 尚子（総括企画官）
阪口 法明（専門調査官）
岸田 宗範（生態系監視科員）
黒川 武雄（技術専門員）
（敬称略・順不同）

＜財団法人 自然環境研究センター＞
小林 光
茨城 康弘
鋤柄 直純※
平本 成彦
岸本 年郎
畠瀬 頼子※
豊田 鮎※（地表徘徊性甲虫調査担当）
中村 誠宏※（ネットワークセンター）
※報告書取りまとめ担当

平成 19 年度

＜ワーキング・グループ委員＞
金井 裕（財団法人　日本野鳥の会）
幸丸 政明（岩手県立大学）
中静 透（東北大学）
新山 馨（森林総合研究所）
本間 航介（新潟大学、佐渡島 LTER）
（敬称略・五十音順）

＜コアサイト＞
北海道大学雨龍
吉田 俊也（北海道大学）
調査協力者：柴田 英昭（北海道大学）

足寄サイト（九州大学北海道演習林）
田代 直明（九州大学）
調査協力者：山内 康平、古賀 信也、馬渕哲也、扇 大輔、長慶一郎(九州大学)、山田 勝四郎、森 文雄、新妻 喜代志、山田勝美(新妻組)

北海道大学苫小牧研究林
日浦 勉（北海道大学）
調査協力者：苫小牧研究林スタッフ一同（北海道大学）、豊田 鮎（自然環境研究センター）

森林総合研究所カヌマ沢渓畔林試験地
星野 大介（森林総合研究所東北支所）
調査協力者：星崎 和彦（秋田県立大学）、柴田 銃江（森林総合研究所東北支所）、正木　隆（森林総合研究所）

森林総合研究所小川試験地
正木　隆（森林総合研究所）
調査協力者：田中 浩、新山 馨、柴田銃江、小川 みふゆ、阿部真、佐藤 保（森林総合研究所）、直江 将司（京都大学）、澤 綾子（筑波大学）、小山美奈（東京農大）、奥村みほ子（新潟大）、山崎良啓（京大）

佐渡島ＬＴＥＲ（大佐渡・小佐渡）
本間 航介（新潟大学）
調査協力者：中山、谷口、山口（新潟大学）

東京大学秩父演習林
藤原 章雄（東京大学）
調査協力者：大村 和也、才木道雄、西山 教雄（東京大学）

東京大学愛知赤津
芝野 博文（東京大学）
調査協力者：塚本 威彦、簗瀬 憲次、原 孝秀（東京大学）

信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設
カヤの平研究林
井田 秀行（信州大学）

信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設
おたの申す平研究林
井田 秀行（信州大学）

和歌山研究林
徳地 直子（京都大学）
調査協力者：和歌山研究林環境測定チーム（京都大学）

京都大学上賀茂試験地
吉岡 崇仁（京都大学）
調査協力者：嵜元道徳、境慎二朗、柴田泰征、大橋健太、荒井亮、古田卓 （京都大学）

京都大学芦生研究林・枡上谷
　嵜元 道徳（京都大学）
　調査協力者：柳本順、大牧治夫、藤井弘明、太田健 一、長谷川敦史、小嶋宏和、伊藤雅敏、浅野善和（京都大学）

京都大学芦生研究林・モンドリ谷
　金子 隆之（京都大学）
　調査協力者：安藤 信、高柳 敦、山崎 理正（京都大学）

市ノ又森林動態観測試験地
　野口麻穂子（森林総合研究所四国支所）
　調査協力者：倉本 恵生（森林総合研究所北海道支所）、酒井 武（森林総合研究所）、佐藤 重穂、門田 春夫、奥田 史郎、松本 剛史（森林総合研究所四国支所）

森林総合研究所綾リサーチサイト
　野宮 治人（森林総合研究所九州支所）
　調査協力者：田中 浩（森林総合研究所九州支所）、齊藤 哲（森林総合研究所）

宮崎大学田野フィールド
　高木 正博（宮崎大学）
　調査協力者：久保田 要、黒木 眞知子（宮崎大学）

琉球大学与那
　高嶋 敦史（琉球大学）
　調査協力者：榎木 勉（九州大学）、田場 和雄、外間 聡、西端 統宏（琉球大学）

＜準コアサイト＞

東北大植物園（青葉山）
　鈴木 三男（東北大学植物園）
　調査協力者：大山 幹成、米倉 浩司(東北大学植物園)

奈良県川上村三之公温帯針葉樹林
　西村 尚之（名古屋産業大学）
　調査協力者：松井　淳（奈良教育大）、星野大介（森林総合研究所東北支所）、中森由美子（和歌山県林業試験場）

岡山半田山コナラ林
　西村 尚之（名古屋産業大学）
　調査協力者：坂本圭児、三木 直子、廣部　宗、吉川　賢（岡山大学）

対馬龍良山照葉樹林
　西村 尚之（名古屋産業大学）
　調査協力者： 真鍋　徹（北九州自然歴史博）、戸丸信弘、中川弥智子（名古屋大学生命農学研究科）、原 登志彦（北海道大学低温科学研究所）、吉丸博志、齊藤 哲、河原崎里子（森林総合研究所）、中西敦史（現在：愛知県森林・林業技術センター、当時：名古屋大学）

臥龍山ブナ林
　井田 秀行（信州大学）

佐田山常緑広葉樹林
　倉本 恵生(森林総合研究所北海道支所)
　調査協力者：奥田 史郎、野口 麻穂子、佐藤 重穂（森林総合研究所四国支所）

屋久島ヤクスギ林
　高嶋 敦史（琉球大学）
　調査協力者：新山 馨（森林総合研究所）、西村 尚之（名古屋産業大学）、南木 大祐、塚元 智大、宮城 好二、中島 野々子、藤田 ルツ（琉球大学）、手塚 賢至（屋久島ヤクタネゴヨウ調査隊）、石原 正恵（ネットワークセンター）

奄美大島金作原国有林
　石田 健（東京大学農学生命科学研究科）
　調査協力者：鳥飼 久裕、高 美喜男、川口 秀美、川口 和範（奄美生態系研究会）指村 奈穂子(東京大学)

＜鳥類調査＞
　加藤 和明（財団法人日本野鳥の会）

＜環境省 生物多様性センター＞
　中島 尚子（総括企画官）
　阪口 法明（専門調査官）
　岸田 宗範（生態系監視科員）

黒川 武雄（技術専門員）

（敬称略・順不同）

＜財団法人 自然環境研究センター＞

小林 光
茨城 康弘
鋤柄 直純※
平本 成彦
岸本 年郎
畠瀬 頼子※
豊田 鮎※（地表徘徊性甲虫調査担当）
石原 正恵※（ネットワークセンター）

※報告書取りまとめ担当

８．２　一般サイト

阿部嗣、阿部誠一、阿部篁子、安永修、伊賀文計、伊藤恭博、伊藤孝夫、依田正直、井上かよ子、井上幹男、井上史子、井上伸之、稲田菊雄、引田正之、羽田収、遠藤裕久、奥村和弘、奥野俊博、奥野敏博、横山大八、横道哲士、横堀武、岡垣大志、岡本良平、下土居知子、加賀谷幸男、加藤一彦、加藤倫教、河藤昌子、梶本恭子、樺沢修司、樺沢柊司、鴨井環、関根一広、関宰、関川尚子、関川實、関野祥子、舘懌二、岩井清隆、岩崎健二、岩崎弘典、岩切久、岩田悟、岩田篤志、岩尾さゆり、岩尾建、岩尾淳子、岩本孝、岩本富雄菊地奈七子、吉居瑞穂、吉田悦子、吉田捷三、吉田良平、吉田和人、吉田仟治、吉郵隆資、久高将和、久保文子、宮岡速実、宮原喜八郎、宮森和浩、宮本健市、宮本誠一郎、宮野啓子、宮野夫、牛島義博、橋本正弘、橋本清澄、橋本富三、玉腰亮、近藤義孝、金澤一恵、金澤智、金澤裕司、櫛田一夫、君島昌夫、原口研治、原田恵子、原田太郎、古川弘、五百蔵聡、後藤康夫、後藤修三、後藤聡、後藤明、光本正伯、工藤芳郎、工藤和彦、幸徳行、江口初男、江島浩紀、荒井浩、荒木田義隆、香西宏明、高井正明、高橋知明、高橋賢政、高橋知里、高橋徹、高田みちよ、高田勝、高田尚子、高畑晃、高木和夫、高野橋登志子、高野橋豊、高野正、高野茂樹、黒田伸一、今兼四郎、今西庸雄、今野怜、佐久間博文、佐々木あさ子、佐々木久代、佐々木均、佐々木伸宏、佐々木仁、佐藤重穂、佐藤勝彦、佐藤正生、佐藤武視、佐藤里恵、佐野清貴、斎勝美、斎木秀二、細谷賢明、皿井信、三ツ井政夫、三浦悦子、三浦憲悦、三浦隆、三原学、三重野暁詔、山岸千賀子、山宮克彦、山形達哉、山口敦司、山崎浩司、山崎智子、山室文雄、山田三夫、山田昭子、山田洋治郎、山本貴仁、山本明、山本和紀、市原公子、市原眞一、市田豊子、似内功孝、児山章二、寺島光、篠原喜運、篠原盛雄、篠原由紀子、篠崎知明、柴知子、柴田憲一、柴茂、若本啓二、手塚理一郎、酒井義弘、酒井敬治、酒井初江、酒井昌則、酒井泰和、酒井博子、酒井陽子、首藤直美、秋田美穂、秋畑裕子、舟木曄子、住岡昭彦、住友順子、十一正雄、重政慶三、出口敏也、緒方清人、小園卓馬、小荷田行男、小粥秀治、小見山節夫、小坂里香、小山均、小山駿、小山信行、小山朋子、小室智幸、小川次郎、小沢勝美、小谷俊一、小池重人、小島規嗣、小島敏雄、小島良武、小堀英憲、小堀脩男、小野沢満、小野島学、小林広喜、小林繁樹、松原秀幸、松山佳則、松重和太、松田久司、沼野正博、上沖正欣、上山義之、上谷川則男、上明戸正一、植田吉純、植木正勝、新井武夫、新堂雅彦、新野聡、森夏樹、森山宏一、森山春樹、森本ひろみ、森本浩司、森本秀樹、森本章男、森本陽子、森眞、真鍋啓二、真鍋哲也、秦野英徳、水口玲子、水本孝志、水本比登美、杉山啓二、杉内慶夫、瀬川強、瀬川陽子、成田冨美子、成田脩三、成末雅恵、西浦克征、西出隆、西村公志、西村泉、青山輝久、青木雄司、斉藤栄司、斉藤信、斉藤茂樹、斉木秀二、石井省三、石井正二、石川喜春、石川壽一、折田一実、川崎康弘、川崎里実、川瀬浩、川田裕美、川島、川内桂子、川内博、浅川久子、船橋桂子、船橋功、船木曄子、前田幹雄、前田伸一、前田聡、前田和浩、前澤昭彦、組頭五十夫、早川貞夫、村井敏郎、村上賢治、村上修、村中政文、村田安

正、村田恵美子、村田章、村田芳雄、村濱史郎、村濱千栄子、太田達夫、太田知子、太田智子、大羽康利、大河原彰、大岩憲治、大吉五夫、大吉信子、大沼隆夫、大沢八州男、大島順子、大畑孝二、大平茂勝、滝沢和彦、丹野弥生、池上武比古、池野進、竹丸勝朗、竹林康、中井節二、中原真由美、中原聡、中山正則、中西正和、中西和夫、中村みつ子、中村栄、中村圭輔、中村司、中村洋子、中島正秋、中尾禎志、中野紀男、中林喜悦、猪股照榮、町田喜彦、津田浩、塚越徹、辻村正勝、坪内健次、田村元春、田村満、田村友樹、田中義和、田中均、田中剛一、田中忠、田中妙実、田中葉子、田中利彦、渡部通、渡辺央、渡辺喜美恵、渡辺貴美恵、渡辺健三、渡辺博光、渡辺靖夫、渡辺裕幸、土屋義道、嶋孝弘、嶋崎太郎、東定司、東條秀徳、藤原美菜、藤崎省三、藤島光俊、藤島牧子、藤本修、徳田初江、南川弥生、楠木憲一、日比野晃祥、日比野政彦、梅津節雄、萩原哲也、畑俊一、畠山髙、飯塚博文、飛鳥和弘、疋田英子、浜谷武雄、浜谷まり子、富安卓也、富樫悦夫、富樫快夫、福田稲子、福田佳弘、福田正淑、福田正明、平井正志、平田英治、平田聡子、平野賢次、平野敏明、米倉静、別所邦博、片山一、片山章、片山卓、片山繁子、宝田延彦、北川和則、堀田昌伸、本田行男、妹尾映児、又野淳子、又野芳徳、満田信也、明日香治彦、木原直人、木庭記代子、門村徳男、野村昭英、野中純、矢本賢、柳町邦光、柳田弘子、柳田和美、有川スミエ、有川明宏、有馬宏幸、有本智、頼ウメ子、落合幸治、林吉彦、林克之、林俊男、林淳子、林正敏、鈴川文夫、鈴木晃、鈴木次子、和田祥司、和田和夫、脇田信雄、鷲田善幸、廣田博厚、揉井千代子、澤岡潤治、澤岡節子、濱田哲暁、齋藤修

８．３　解析ワーキング・グループ

＜平成 20 年度解析ワーキング・グループ委員＞
金子 信博　（横浜国立大学 大学院環境情報研究院）
永田 尚志　（国立環境研究所 生物圏環境研究領域）
清野 達之　（筑波大学 大学院生命環境科学研究科）
久保田 康裕　（琉球大学 理学部）
村上 正志　（千葉大学 理学部）
石田 健　（東京大学 大学院農学生命科学研究科）
日浦 勉　（北海道大学 苫小牧研究林）
正木 隆　（森林総合研究所 森林植生研究領域）
武生 雅明　（東京農業大学 地域環境科学部）

＜財団法人自然環境研究センター　ネットワークセンター
：コアサイト・準コアサイト樹木・甲虫解析担当＞
豊田 鮎
石原 正恵

＜財団法人 日本野鳥の会：コアサイト・準コアサイト鳥類解析担当＞
金井 裕
古南 幸弘
山本 裕
浦 達也

＜NPO 法人 バードリサーチ：一般サイト解析担当＞
植田 睦之

＜財団法人 自然環境研究センター：とりまとめ担当＞
永津 雅人
鋤柄 直純
畠瀬 頼子
岸本 年郎

＜環境省 生物多様性センター＞
阪口 法明
藤田 道男（生態系監視科）
久保井 喬（生態系監視科）
脇山 成二（生態系監視科）

参考資料1 日本における主な陸域自然環境モニタリング関連事業

対象	枠組み	名称	事業主体	目的	内容	地理的範囲	開始年	連携	取得されるデータ
地形、地質、植生、野生動物、自然環境	事業	自然環境保全基礎調査	環境省	我が国における自然環境の現況および改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備する。調査結果は自然環境行政の他、環境アセスメント等の各方面において活用されている。	陸域（植物、動物、地形地質、優れた自然環境）、陸水域（河川湖沼）、沿岸域（藻場、干潟、サンゴ礁ほか）、生態系（環境寄与度、生態系総合モニタリング）、生物多様性の各々の領域について国土全体の状況を調査している。	日本	1973年（昭和48年）～	―	陸域（植物、動物、地形地質、優れた自然環境）、陸水域（河川湖沼）、沿岸域（藻場、干潟、サンゴ礁ほか）、生態系（環境寄与度、生態系総合モニタリング）、生物多様性
ダム湖	事業	河川水辺の国勢調査（ダム湖版）	国土交通省・水資源機構	河川事業、河川管理を適切に推進するため、ダム湖およびダム周辺を環境という観点からとらえた定期的、継続的、統一的なダムに関する基礎情報の収集整備を図る	ダム湖およびその周辺地域における生物の生息・生育実態の把握。	日本の国土交通省直轄・水資源機構ダム	1990年（平成2年度）～	―	「魚介類調査」「底生動物調査」「動植物プランクトン調査」「植物調査」「鳥類調査」「両生類・爬虫類・哺乳類調査」「陸上昆虫類等調査」
河川	事業	河川水辺の国勢調査（河川版）	国土交通省・自治体	河川を“環境”という観点からとらえた基礎情報の収集整備	河川に生息する生物や河川の利用実態の調査	日本国内109の一級水系河川および主要な二級河川	1993年度（平成5年度）～	―	「魚介類調査」「底生動物調査」「植物調査」「鳥類調査」「両生類・爬虫類・哺乳類調査」「陸上昆虫類等調査」「河川調査」「河川空間利用実態調査」
植生	事業	国土環境モニタリング事業	国土地理院	国土の環境を継続的に把握、監視し、国土の環境と開発に関する有用な情報を提供する	気象観測衛星NOAAのデータから植生指標（植物の量と活力を表す）を作成・提供	日本	1995年～	―	1km・250m解像度の植生指標データ
炭素	事業	森林資源モニタリング調査	林野庁	全国の森林を対象に、モントリオールプロセスの基準・指標を考慮した森林資源の量・質に関するデータを収集する。調査結果を森林計画等へ反映させる。	全国の森林を対象に、標本となる箇所を定め、その観測点の樹木の量・質（樹種、健全かどうか）に関する状況を5年ごとに調査	日本全国4km間隔の格子点（約15700点）	1999年～	―	樹種名，胸高直径，樹高，健全かどうか、標高，傾斜，表層地質，土壌分類
水文	事業	酸性雨長期モニタリング	環境省（財）日本環境衛生センター酸性雨研究センター	S.58年からの酸性雨対策調査を引き継ぐ．酸性雨原因物質の長距離越境輸送、長期トレンド等を把握し、また、将来の酸性雨の影響を早期発見・予測する。	湿性・乾性沈着モニタリングと、森林への生態影響モニタリング（土壌・植生・水）。	日本	2001年（平成13年度）～	東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）	酸性雨、樹木の状態、土壌水分含量・酸性度、交換性塩基など
生物多様性	事業	重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト1000）	環境省生物多様性センター	長期生態系モニタリングによって生態系の異変をいち早く捉え、生物多様性保全施策に貢献する	生態系タイプごとに指標生物群を選定し、その定量的な把握評価により生物多様性及び生態系機能の状態を把握する	日本国内1000箇所程度	2003年度（平成15年度）～	GEOSS、JaLTER、ILTER等	生物中心(哺乳類、鳥類、ウミガメ、昆虫、サンゴ、植物等)
炭素	事業	森林吸収源インベントリ情報整備事業	林野庁	京都議定書に基づく森林吸収量の算定・報告・検証のため、土壌系の炭素蓄積・吸収量のデータを収集する	土壌、リター、枯死木への炭素蓄積量を評価	日本全国4km間隔の格子点（約15700点）	2006年度（平成18年度）～	森林資源モニタリング調査	土壌、リター、枯死木の炭素量

対象	枠組み	名称	事業主体	目的	内容	地理的範囲	開始年	連携	取得されるデータ
森林	事業	保護林モニタリング調査	林野庁	設定後の保護林の状況を客観的なデータ等で的確に把握し、保全管理に活かす	保護林の調査	日本の国有林の保護林	2007年度（平成19年度）～	―	平成19年度より
水文	研究機関プロジェクト	全国演習林協議会酸性降下物データベース	全国大学演習林協議会	酸性雨データの公開	酸性雨のデータベース整備	日本国内の演習林	1998年～	JaLTER、ILTER	渓流水および林外雨，林内雨，樹幹流のpH，EC，イオン濃度データ
フェノロジー	研究機関プロジェクト	樹木フェノロジー観察ネットワーク	全国大学演習林協議会	樹木の開葉・落葉時期を調べ、間接的に環境の変動を捉える	演習林ごとにさだめた10種程度の標本木の開葉・落葉時期を調査	日本の22の演習林	1999年～	―	開葉・落葉時期
水文	研究機関プロジェクト	全国森林域水質データベース（Long-Term Forest Hydrological Research ）	全国大学演習林協議会	全国演習林において観測さている水文・水質データの公開に向け、観測データの整理や公開システムの構築を行う	渓流水、降雨、土壌水のデータベース整備	日本の演習林	2006年～	JaLTER、ILTER	湿性沈着，バルク沈着，河川水の水質データ
大気	政府研究機関のプロジェクト	地上ステーションモニタリング	国立環境研究センター地球環境研究センター	温室効果ガスのベースライン濃度(人為的な影響を無視できる清浄な大気濃度)の高精度・自動無人観測		落石岬、波照間	1992年～	―	温室効果ガス、気汚染ガスやラドン・気象因子
炭素	政府研究機関のプロジェクト	陸域生態系炭素収支モニタリング	国立環境研究センター地球環境研究センター	森林生態系の炭素循環を総合的に観測し、森林生態系の炭素収支機能の特性評価とともに観測手法の検証・評価を行う	森林の温室効果ガスフラックス観測など	北海道の2地点と富士	1999年～	AsiaFlux・FLUXNET	カラマツ林の気象、フラックス、土壌温度・水分、植物の生理パラメータ、リター量、土壌呼吸速度・生態系外への炭素・窒素などのリーチング(溶脱)量
植生	政府研究機関のプロジェクト	リモートセンシングによる東アジア地域の植生状況モニタリング	国立環境研究センター地球環境研究センター	東アジア地域の植生・土地被覆状況を監視	米国海洋大気庁(NOAA)の人工衛星に搭載されているAVHRRセンサによる画像観測データを、東アジア全域を対象地域として、画像データを集成し、広域合成モザイク画像と1km解像度の植生指数分布図を作成	東アジア	2001年終了	―	植生指数分布図、海面水温
森林	研究者ネットワーク	PlotNet	研究者	東アジアの森林調査区のデータをデータベース化し、炭素関連の研究や森林の多様性の維持機構の研究を行う	データベースの維持、共同研究	東アジア	2001年～	IGBP; DIVERSITAS DIWPA	毎木調査データ

対象	枠組み	名称	事業主体	目的	内容	地理的範囲	開始年	連携	取得されるデータ
フェノロジー	研究者ネットワーク	陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網（PEN；Phenological Eyes Network）	研究者	衛星リモートセンシングデータの精度を検討するために必要な地上データを収集し、陸上生態系の気候変動への応答をモニタリングする。	植生状態（開葉落葉、植物量）・分光特性・大気状態（エアロゾル等）の変動を定性的・定量的に長期自動観測。	日本6地点	2003年～	AsiaFlux	フェノロジー、LAI、入射PAR・透過PAR、個葉の特性（光合成生理、分光特性）、樹冠構造
様々な生態系	研究者ネットワーク	日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER；Japan Long Term Ecological Research Network）	研究者	変動環境下における大規模長期の観測や野外実験の実施、広域研究の推進	長期・広域野外研究の実施、データベース整備	日本	2006年～	ILTER	生態学全般（生物、環境）
炭素	研究者ネットワーク	JapanFlux	研究者	CO_2フラックス研究の成果を収集・統合し，発信し、共同研究の促進する。	複数サイトの連携した観測体制やデータベースの整備、統合解析、リモートセンシングと融合した広域評価，生態系炭素循環モデルの検証	日本23箇所	2006年～	AsiaFlux	CO2フラックスデータのデータベース化
水	国際的ネットワーク	GEMS/Water支援事業	国立環境研究センター地球環境研究センター	環境汚染のひとつである陸水（淡水）汚濁を対象とした陸水監視計画。WHOとUNEPが主体となっているGEMS(地球環境監視システム)の一部。	人間−水域生態系の現状、世界の淡水水質の評価、水質汚濁物質の主要河川から陸地/海洋への流出情報の提供、開発途上国における水質監視ネットワークの強化。	日本国内23の監視拠点(河川；14、湖沼；7、浄水場；2)	1977年～	GEMS	淡水水質データ
生物多様性	国際的ネットワーク	生物多様性科学国際協同プログラム（DIVERSITAS；DIVERSITAS Programme）	政府・NPO・研究者	生物多様性の起源、構成、機能、維持および保全に関する研究調査を進める政府間機関および非政府組織のパートナー。西太平洋・アジアではDIWPAが設立された。	生物多様性の状況や、地球上の生物資源の持続的利用に関する正確な情報および予測モデルを提供し、また世界規模での生物多様性科学を確立	地球	1991年（平成3年）～	−	IBOYデータ

対象	枠組み	名称	事業主体	目的	内容	地理的範囲	開始年	連携	取得されるデータ
サンゴ礁	国際的ネットワーク	地球規模サンゴ礁モニタリングネットワーク(GCRMN；Global Coral Reef Monitoring Network)	非政府・国際機関(オーストラリアReef and Rainforest Research Center内に独自の事務所有り)	サンゴ礁の現状とその変化、人間の利用を把握し、管理者に分かりやすく取りまとめ、サンゴ礁の管理を改善し持続的な保全を推進する。	世界のサンゴ礁を17の地域にわけ、各地域のコーディネーターがサンゴ礁の現状および撹乱の状況を把握。2年に一度、それらの情報を取りまとめて「世界のサンゴ礁現状報告書」として発行。	地球	1995年～	国際サンゴ礁 イニシアティブ(ICRI)のもとで活動。	サンゴ礁の分布などの生態データと社会経済学的データ

参考資料2　森林の一般サイト鳥類調査のクラスター解析の結果　*解析にもちいなかったもの

			クラスター解析区分		確認種数			
コース番号	都道府県	調査コース名	繁殖期	越冬期	繁殖期	越冬期	緯度	経度
100003	北海道	桂沢湖	1	C	25	17	43.2	142.0
100004	北海道	貫気別川	1	C	27	15	42.6	140.7
100005	北海道	白老町森野	1	C	30	12	42.6	141.3
100012	北海道	上猿払	1	C	29	10	45.1	142.1
100016	北海道	岩尾別台地	1	C	15	16	44.1	145.1
100018	北海道	売買川	1	*	31	9	42.9	143.2
100019	北海道	門別町豊郷	1	C	17	12	42.5	142.2
100031	岩手県	高野	3b	B	20	21	38.9	141.3
100034	岩手県	豊沢	2	A	20	12	39.5	140.9
100036	宮城県	物見石山林道	3b	A	20	14	38.6	141.4
100038	宮城県	蔵王硯石	3a	*	19	16	38.0	140.5
100048	山形県	大規模林道入り口	3a		28		38.1	139.8
100049	山形県	酒田北部	4	B	23	18	39.0	139.8
100050	山形県	上ノ畑	3a	*	19	7	38.6	140.5
100051	山形県	温海	*	A	26	19	38.6	139.6
100054	福島県	信夫山	3b	A	24	18	37.8	140.5
100059	茨城県	田野平山道	3a	A	19	22	36.7	140.4
100060	茨城県	茨城県民の森	4	A	17	23	36.5	140.4
100061	茨城県	北筑波登山道	3a	A	18	13	36.2	140.1
100064	栃木県	栗山村大笹青柳路	2	*	20	8	36.8	139.6
100071	群馬県	黒保根町水沼	3a	B	16	12	36.5	139.3
100081	千葉県	麻綿原	3a	A	19	18	35.2	140.2
100084	神奈川県	津久井町鳥屋	3b	A	22	20	35.5	139.2
100090	新潟県	上川月山	3a	A	23	22	37.6	139.5
100093	富山県	八尾(猿倉山)	3b	A	13	16	36.6	137.2
100095	富山県	美女平探鳥コース	3a		27		36.6	137.5
100098	石川県	別所岳	3a		25		37.2	136.8
100107	長野県	林道水晶線	3a	A	21	16	36.4	138.2
100108	長野県	尾玉小鳥と緑化の散策路	3a	B	33	24	36.0	138.1
100113	長野県	伊那駒場	3a	A	20	16	35.5	137.7
100114	長野県	志賀高原　自然観察路	2	C	24	11	36.7	138.5
100115	長野県	木曽野上	3a	A	20	16	35.9	137.8
100118	岐阜県	下呂市御厩野	3b	A	16	14	35.8	137.3
100125	静岡県	中山川流域	3a	*	20	9	34.9	137.9
100129	愛知県	新城市庭野	3b	A	30	35	34.9	137.5
100130	愛知県	裏谷	3a	A	28	18	35.1	137.5
100132	鳥取県	船上山	3a	A	18	10	35.4	133.6
100133	鳥取県	波関･俵原線	3a		19		35.4	134.0
100134	鳥取県	大山寺	3a	A	27	14	35.4	133.5
100135	島根県	星上山	3b	A	20	11	35.4	133.1
100142	岡山県	有漢市場	3b	B	26	28	34.9	133.6
100143	岡山県	芋原ｺｰｽ	3b	A	20	20	34.7	133.4
100145	岡山県	毛無山	3a		21		35.2	133.5
100160	徳島県	箸蔵寺参道	3a	A	27	19	34.0	133.8
100161	香川県	雨滝山	3b	A	11	18	34.3	134.2
100162	香川県	白峰寺遍路道	3a	A	17	18	34.3	133.9
100163	香川県	鹿庭	3b		18		34.2	134.2
100164	香川県	讃岐豊浜(大野原、五郷、有木)	3b	A	16	15	34.0	133.7
100165	香川県	高鉢山	3b	A	20	19	34.2	133.9
100172	高知県	角茂谷	3a	A	15	11	33.7	133.7
100175	高知県	旭ヶ丘	3a	A	17	19	33.5	134.0
100177	沖縄県	辺戸～奥	3b	A	17	23	26.8	128.3
100178	沖縄県	於茂登岳登山道	3b	A	13	17	24.4	124.2
100183	沖縄県	大国林道	3b	A	14	14	26.7	128.2
100190	三重県	大平川流域	4	C	13	14	34.3	136.4
100192	滋賀県	県立希望ヶ丘公園	3b	A	23	18	35.1	136.1
100198	京都府	京丹波町坂井	3a	A	17	20	35.2	135.3
100206	兵庫県	鍔市ダム	3b	A	17	17	35.1	135.3
100207	兵庫県	山田	3b	A	25	20	35.1	135.1
100209	兵庫県	阿金谷	3b		15		35.7	134.8
100211	奈良県	葛城山	3b	A	18	13	34.5	135.7
100212	奈良県	竜王渕	3b	A	22	23	34.6	136.0
100218	和歌山県	古座川町下露	3a	A	14	18	33.6	135.7
100220	和歌山県	高津尾川	3b	A	23	21	34.0	135.3
100221	和歌山県	新宮市高田農道	3b		23		33.8	135.9
100224	福岡県	古処山	3a	A	18	14	33.5	130.7
100227	佐賀県	大小野－大楮間林道	3b	A	19	22	33.3	130.3
100233	熊本県	天君ダム上流コース	3b	A	20	20	32.7	130.8
100237	大分県	妙善坊	3b	A	23	28	33.5	131.5
100242	宮崎県	高房台登山道	3b	A	20	16	31.9	131.3
100243	鹿児島県	姶良郡隼人町中福良	3b	A	15	18	31.8	130.7

コース番号	都道府県	調査コース名	クラスター解析区分		確認種数		緯度	経度
			繁殖期	越冬期	繁殖期	越冬期		
100244	鹿児島県	原沢ノ後林道	3b		16		31.2	130.8
100245	鹿児島県	猿ヶ城渓谷	3b	A	15	21	31.5	130.8
100246	神奈川県	横浜自然観察の森	3b	A	19	21	35.3	139.6
100247	香川県	寒霞渓	3b	A	19	11	34.5	134.3
100248	愛知県	豊田市自然観察の森Bコース	4	A	18	21	35.1	137.2
100249	徳島県	剣山	2	A	21	15	33.9	134.1
100252	徳島県	伊島	4	A	15	16	33.8	134.8
100253	茨城県	佐白城趾	3b	A	12	13	36.4	140.3
100255	北海道	有珠善光寺	1	C	29	18	42.5	140.8
100256	兵庫県	三川山	3a		33		35.6	134.6
100257	兵庫県	六甲山周辺	3a	A	28	20	34.8	135.2
100258	兵庫県	氷ノ山坂ノ谷	2		26		35.3	134.5
100259	兵庫県	諭鶴羽山上田谷	3b	A	15	19	34.2	134.8
100260	兵庫県	峰山高原	3a		20		35.1	134.7
100265	北海道	十八号沢川	1	C	27	20	43.8	143.5
100266	北海道	斜里岳	2		11		43.8	144.7
100267	北海道	チミケップ	1	C	25	20	43.6	143.9
100269	長野県	黒姫山	2		20		36.8	138.1
100272	和歌山県	孟子		A		35	34.2	135.3
100273	和歌山県	和歌山県高野山	3a	A	31	20	34.2	135.6
100274	和歌山県	護摩壇山		*		9	34.1	135.6
100275	北海道	姿見の池	*		10		43.7	142.8
100276	北海道	南丘貯水池	1		30		44.0	142.4
100277	北海道	雨紛	1		29		43.7	142.3
100278	北海道	21世紀の森	1		19		43.7	142.7
100279	北海道	布部	1		28		43.3	142.5
100280	北海道	春光台	1	C	18	14	43.8	142.4
100281	岡山県	本山寺	3b	A	24	23	34.9	134.0
100282	岡山県	備前市屏風岩(仮)	3a	A	18	17	34.7	134.1
100283	岡山県	龍ノ口山	3b	A	21	22	34.7	134.0
100285	岡山県	岡山南部	3b	A	14	13	34.7	134.0
100286	熊本県	菊池渓谷	3a	A	24	23	33.0	131.0
100289	熊本県	八代市民野鳥の森	4	A	24	18	32.5	130.6
100292	熊本県	大関山	3b	A	17	13	32.2	130.6
100294	山口県	熊田溜池	3b	A	19	22	34.5	131.6
100295	山口県	宇佐郷	3a	A	14	14	34.4	132.0
100297	山口県	牛島	3b	A	17	23	33.9	132.0
100301	千葉県	花見川(柏井橋～花島橋)	4	A	17	26	35.7	140.1
100302	千葉県	泉自然公園	4	A	29	38	35.6	140.2
100304	千葉県	館山野鳥の森	3b	A	22	23	34.9	139.8
100306	群馬県	榛名湖	3b	*	23	20	36.5	138.9
100307	奈良県	春日山原始林	3b		24		34.7	135.9
100308	奈良県	矢田丘陵	3b	A	21	19	34.6	135.7
100310	奈良県	大台ケ原	2		14		34.2	136.1
100311	三重県	朝明渓谷	3a	C	17	12	35.0	136.5
100313	三重県	神戸里山	4	A	21	20	34.7	136.5
100314	三重県	松阪ちとせの森	3b	A	23	21	34.5	136.5
100315	三重県	大床谷	3a	A	18	13	34.4	136.7
100316	神奈川県	箱根町(湖尻)樹木園	3a	A	21	25	35.2	139.0
100317	神奈川県	桧洞丸稜線部	2	*	19	6	35.5	139.1
100318	神奈川県	円海山・瀬上沢	3b		30		35.4	139.6
100319	神奈川県	丹沢札掛	3a	A	22	16	35.5	139.2
100323	宮城県	荒雄岳観光道路	3a	A	23	16	38.8	140.7
100324	愛媛県	石鎚山	3a	*	14	9	33.8	133.1
100326	愛媛県	高縄山	3a	A	24	23	33.9	132.9
100327	愛媛県	皿ヶ峰	3a	A	20	18	33.7	132.9
100328	愛媛県	愛媛県総合運動公園	3b	A	21	21	33.8	132.8
100329	愛媛県	諏訪崎自然休養林	3b		18		33.4	132.4
100330	愛媛県	篠山	3a		22		33.0	132.7
100332	福島県	背あぶり山	3a		27		37.5	140.0
100333	福島県	細野野鳥の森	3a	A	28	18	37.7	140.0
100336	埼玉県	見沼代用水東縁斜面林	4	A	22	18	35.9	139.7
100337	埼玉県	埼玉県越生	4	A	22	21	36.0	139.3
100338	埼玉県	大滝･栃本広場	3a	A	21	16	35.9	138.9
100341	福岡県	道原	3a	A	28	33	33.8	130.8
100342	広島県	灰ヶ峰　栃原線	3a	A	25	31	34.3	132.6
100343	群馬県	赤城山	3a	A	19	16	36.5	139.1
100344	群馬県	伊香保森林公園	3a	A	28	17	36.5	138.9
100345	岐阜県	高山市城山公園	3a	A	18	15	36.1	137.3
100346	岐阜県	須衛	4	A	18	14	35.4	136.9
100347	岐阜県	金華山	4	A	26	17	35.4	136.8
100348	岐阜県	濁河温泉	2	A	13	14	35.9	137.4
100349	宮城県	二口林道	3b	*	23	4	38.3	140.6
100350	岐阜県	陶史の森	4	A	21	20	35.3	137.2

コース番号	都道府県	調査コース名	クラスター解析区分		確認種数		緯度	経度
			繁殖期	越冬期	繁殖期	越冬期		
100351	岐阜県	白山・白川自然休養林	2		15		36.1	136.8
100353	広島県	藤兼（神之瀬川）	3b	A	28	38	34.9	132.8
100354	愛知県	面の木		A		14	35.2	137.6
100355	愛知県	海上の森		A		22	35.2	137.1
100357	愛知県	大山　渥美半島		A		31	34.6	137.1
100359	福井県	平家平	3a		29		35.8	136.5
100361	福井県	三里山	3b	A	24	30	35.9	136.2
100362	福井県	永平寺大仏線	3a	A	24	18	36.0	136.3
100363	福井県	野坂山	3b	A	24	23	35.6	136.0
100368	北海道	西岡水源池	1	C	29	24	43.0	141.4
100369	北海道	野幌森林公園エゾユズリハコース	1	C	25	19	43.1	141.5
100370	岩手県	尿前渓谷つぶ沼コース	3a		25		39.1	140.9
100371	岩手県	陸中川尻・湯川	3a	A	19	10	39.3	140.8
100372	岩手県	野手崎	3a		21		39.3	141.3
100374	広島県	臥龍山	2		22		34.7	132.2
100375	広島県	（宮島）巌島	3b	A	22	34	34.3	132.3
100376	広島県	豊平龍頭山	3a	A	25	20	34.7	132.4
100377	広島県	川井谷(藤尾川)	3b	A	18	27	34.7	133.3
100378	広島県	十方林道	2	C	17	13	34.6	132.1
100381	群馬県	八風平	3a	*	17	4	36.3	138.7
100382	群馬県	三平峠	*		9		36.9	139.3
100383	大阪府	岩湧山	3a	A	26	11	34.4	135.6
100384	大阪府	本山寺自然環境保全地域	3b	A	26	20	34.9	135.6
100385	大阪府	箕面鳥獣保護区	3b	A	19	23	34.9	135.5
100387	大阪府	和泉葛城山ブナ林	3a	A	24	10	34.3	135.4
100398	秋田県	横手市山内大松川大倉沢		A		15	39.3	140.7
100390	秋田県	奥森吉ノロ川上谷地	2		17		40.0	140.6
100391	秋田県	老人福祉エリア散策路	*		21		40.2	140.1
100394	秋田県	中島台レクリエーションの森	3a		11		39.2	140.0
100395	秋田県	八塩山	3b		17		39.5	140.2
100396	秋田県	大神成	3a		20		39.5	140.6
100397	秋田県	岳岱自然観察教育林	2		19		40.4	140.3
100398	秋田県	横手市山内大松川大倉沢	3a		24		39.3	140.7
100399	秋田県	大滝山自然公園	3a		23		39.8	140.2
100405	岩手県	田老	3a		26		39.7	142.0
100406	岩手県	閉伊崎	3a	B	22	18	39.6	142.0
100408	岩手県	害鷹森	2		14		39.7	141.6
100412	新潟県	角田山	4	B	21	25	37.8	138.9
100413	新潟県	月岡林道	3b	A	28	21	37.6	139.0
100414	新潟県	矢代田	3b	A	24	10	37.7	139.1
100415	新潟県	山本山	3a		25		37.3	138.8
100416	新潟県	正善寺ダム奥	3b	A	30	23	37.1	138.2
100418	新潟県	沢根五十里	4		19		38.0	138.3
100420	栃木県	板室	3a	*	24	11	37.1	140.0
100423	栃木県	井頭公園	3b	A	17	26	36.5	140.0
100424	栃木県	太平山	3b	A	16	22	36.4	139.7
100429	山梨県	猿橋町藤崎	4		22		35.6	139.0
100430	山梨県	武田の杜内健康の森	4	A	28	21	35.7	138.5
100431	山梨県	四尾連湖	3a	A	24	22	35.5	138.5
100433	北海道	沓形・神居林道	1	C	18	13	45.2	141.2
100438	北海道	土橋自然観察教育林	1		18		41.9	140.2
100439	北海道	函館山	1		14		41.8	140.7
100446	青森県	十二湖	3a		25		40.6	140.0
100447	青森県	岩木山岳登山道	3a	A	18	13	40.6	140.3
100448	長崎県	雲仙あざみ谷コース	3a	A	17	12	32.7	130.3
100451	長崎県	七ッ岳（五島列島）	*	*	10	12	32.7	128.7
100454	長野県	1000m林道	3a	A	26	26	36.3	138.5
100457	長野県	蓼科	*		10		36.2	138.5
100459	福島県	白河市表郷大字内松	3a	A	16	23	37.1	140.2
100462	青森県	蔦野鳥の森	3a		32		40.6	141.0
100463	青森県	陸奥横浜（泊林道）	1		27		41.1	141.4
100465	青森県	下折紙沢	3a		21		40.8	140.9
100467	福島県	湯川登山道	3a		24		37.6	140.3
100468	福島県	昼曽根－小畑林道	3a		14		37.5	140.9
100470	富山県	縄ヶ池	3a		25		36.5	136.9
100471	富山県	有峰湖	*		8		36.5	137.4
100472	富山県	頼成の森	3b	A	21	18	36.6	137.0
100473	富山県	片地の池	3b	A	28	22	36.7	137.4
100475	静岡県	小笠山	3b	A	18	12	34.7	138.0
100476	石川県	医王山	3b	C	21	13	36.5	136.8
100477	沖縄県	古宇利島	3b	A	16	15	26.7	128.0
100478	熊本県	立田山	3b	A	21	20	32.8	130.7
100485	東京都	高尾山	3a	A	26	22	35.6	139.3
100486	東京都	三頭山	1	A	28	18	35.7	139.0

コース番号	都道府県	調査コース名	クラスター解析区分		確認種数		緯度	経度
			繁殖期	越冬期	繁殖期	越冬期		
100487	埼玉県	狭山丘陵	3b	A	21	22	35.8	139.4
100489	鳥取県	扇ノ山 沢川	3a		30		35.4	134.5
100491	宮崎県	御池野鳥の森	3a	A	27	27	31.9	131.0
100492	宮崎県	行縢山	3b	A	22	21	32.6	131.6
100493	宮崎県	大崩山林道	3a		22		32.7	131.5
100496	宮崎県	日向大河内		A		13	32.4	131.2
100497	宮崎県	猪八重渓谷	3b	A	22	22	31.7	131.4
100498	北海道	支笏湖野鳥の森	1		23		42.8	141.4
100511	滋賀県	黒河林道～三国山方面	3a		30		35.5	136.0
100512	北海道	養老牛温泉	1		20		43.6	144.7
100514	北海道	長橋なえぼ公園	1	C	36	23	43.2	141.0
100517	大分県	黒岳	3a	A	29	28	33.1	131.3
100520	大分県	竹田市岡城跡	3b	A	25	25	33.0	131.4
100521	大分県	高尾山自然公園	3b	A	22	38	33.2	131.7
100522	大分県	野津原 県民の森	3b	A	27	26	33.2	131.5
100528	高知県	横倉山	3a	A	22	14	33.5	133.2
100529	高知県	工石山	3a	A	13	16	33.6	133.5
100530	高知県	春分峠	3a	A	25	14	33.3	133.0
100531	高知県	鏡ダム	3b	A	22	20	33.6	133.5
100535	鹿児島県	紫尾山	3b	*	14	12	32.1	130.4
100537	鹿児島県	二股トンネル北	3b	A	23	15	31.4	131.0
100539	鹿児島県	吹上浜海浜公園	4	A	15	22	31.5	130.4
100541	高知県	高知県沖の島	*	A	9	14	32.7	132.6

参考資料３　解析の対象にした鳥類の種と体重，食性，採食場所

		繁殖期		越冬期	
種名	体重(g)	食性	採食場所	食性	採食場所
サンカノゴイ	969				
ヨシゴイ	116				
ミゾゴイ	470	昆虫食	地上		
ミサゴ	1775	肉食/魚食		肉食/魚食	
ハチクマ	1040	肉食/魚食			
トビ	1126	肉食/魚食		肉食/魚食	
オジロワシ	3898	肉食/魚食		肉食/魚食	
オオワシ	5480			肉食/魚食	
オオタカ	801	肉食/魚食		肉食/魚食	
ツミ	113	肉食/魚食		肉食/魚食	
ハイタカ	118	肉食/魚食		肉食/魚食	
ケアシノスリ	917			肉食/魚食	
ノスリ	917	肉食/魚食		肉食/魚食	
サシバ	744	肉食/魚食		肉食/魚食	
クマタカ	2258	肉食/魚食		肉食/魚食	
イヌワシ	4237	肉食/魚食		肉食/魚食	
カンムリワシ	1000	肉食/魚食		肉食/魚食	
ハイイロチュウヒ	371			肉食/魚食	
チュウヒ	671			肉食/魚食	
ハヤブサ	814	肉食/魚食		肉食/魚食	
チゴハヤブサ	220	肉食/魚食		肉食/魚食	
コチョウゲンボウ	203			肉食/魚食	
チョウゲンボウ	245	肉食/魚食		肉食/魚食	
ライチョウ	515	雑食/その他	地上	雑食/その他	地上
エゾライチョウ	375	雑食/その他	地上	雑食/その他	
エゾライチョウ	375	雑食/その他	地上	雑食/その他	
ウズラ	112	果実/種子食	地上		
ヤマドリ	1062	雑食/その他	地上	雑食/その他	地上
キジ	996	雑食/その他	地上	雑食/その他	
ミフウズラ	100	種子食		種子	林外
タマシギ	165				
アカアシシギ	132				
ヤマシギ	313			昆虫食	地上
オオジシギ	180				
カラスバト	402	果実食	樹上	果実	地上
シラコバト	195	種子食	地上	種子	林外
キジバト	248	種子食	地上	種子	地上
キンバト	220	果実食	地上	果実	地上
アオバト	245	果実食	樹上	果実	樹上
ズアカアオバト	260	果実食	樹上	果実	樹上
ジュウイチ	123	昆虫食	樹上		
セグロカッコウ	119				
カッコウ	119	昆虫食	樹上		
ツツドリ	101	昆虫食	樹上		
ホトトギス	49	昆虫食	樹上		
シマフクロウ	1000	肉食/魚食		肉食/魚食	
トラフズク	287			肉食/魚食	
コミミズク	308			肉食/魚食	
コノハズク	90	昆虫食	とびつき		
オオコノハズク	138	肉食/魚食		肉食/魚食	
アオバズク	192	昆虫食	とびつき		
フクロウ	604	肉食/魚食		肉食/魚食	
ヨタカ	102	昆虫食	空中		
ハリオアマツバメ	125	昆虫食	空中		
ヒメアマツバメ	30	昆虫食	空中		
アマツバメ	48	昆虫食	空中		
ヤマセミ	194	肉食/魚食		肉食/魚食	
アカショウビン	85	肉食/魚食	地上		
カワセミ	30	肉食/魚食		肉食/魚食	
ブッポウソウ	138	昆虫食	空中		
アリスイ	30	昆虫食	林外	昆虫食	林外
アオゲラ	123	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
ヤマゲラ	143	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
ノグチゲラ	120	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
クマゲラ	350	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
アカゲラ	70	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
オオアカゲラ	119	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
コアカゲラ	25	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
コゲラ	20	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
ミユビゲラ		昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
ヤイロチョウ	100	昆虫食	地上		

種名	体重(g)	繁殖期		越冬期	
		食性	採食場所	食性	採食場所
ヒバリ	33	昆虫食	林外	種子	林外
ショウドウツバメ	12	昆虫食	空中		
ツバメ	19	昆虫食	空中	昆虫食	林外
リュウキュウツバメ	20	昆虫食	空中	昆虫食	林外
コシアカツバメ	23	昆虫食	空中		
イワツバメ	18	昆虫食	空中		
ツメナガセキレイ	21	昆虫食	林外		
キセキレイ	21	昆虫食	地上	昆虫食	地上
ハクセキレイ	30	昆虫食	林外	昆虫食	林外
セグロセキレイ	31	昆虫食	林外	昆虫食	林外
ビンズイ	23	昆虫食	地上	種子	地上
タヒバリ	23			種子	林外
サンショウクイ	23	昆虫食	とびつき	昆虫食	樹上
リュウキュウサンショウクイ(亜種)	23	昆虫食	とびつき	昆虫食	樹上
シロガシラ	75	昆虫食	樹上		
ヒヨドリ	86	昆虫食	樹上	果実	樹上
ヒヨドリ(亜種)	86	昆虫食	樹上	果実	樹上
チゴモズ	29	昆虫食	地上		
モズ	38	昆虫食	林外	昆虫食	地上
アカモズ	38	昆虫食	樹上		
オオモズ	56			肉食/魚食	
オオカラモズ	60			肉食/魚食	
キレンジャク	75			果実	樹上
ヒレンジャク	53			果実	樹上
カワガラス	80	昆虫食	林外	昆虫食	林外
ミソサザイ	9	昆虫食	地上	昆虫食	地上
イワヒバリ	39	昆虫食	地上	種子	地上
カヤクグリ	17	昆虫食	地上	昆虫食	地上
コマドリ	17	昆虫食	地上		
アカヒゲ	23	昆虫食	地上	昆虫食	地上
ノゴマ	19	昆虫食	地上		
コルリ	17	昆虫食	藪		
ルリビタキ	16	昆虫食	藪	昆虫食	地上
ジョウビタキ	17			昆虫食	地上
ノビタキ	14	昆虫食	林外		
イソヒヨドリ	75	昆虫食	林外	昆虫食	地上
トラツグミ	139	昆虫食	地上	昆虫食	地上
マミジロ	75	昆虫食	地上		
クロツグミ	63	昆虫食	地上		
アカハラ	75	昆虫食	地上	昆虫食	地上
アカコッコ	75	昆虫食	地上	昆虫食	地上
シロハラ	78			昆虫食	地上
マミチャジナイ	75			昆虫食	地上
ツグミ	78			果実	地上
ヤブサメ	10	昆虫食	藪		
ウグイス	18	昆虫食	藪	昆虫食	藪
オオセッカ	23	昆虫食	林外	昆虫食	林外
エゾセンニュウ	27	昆虫食	林外		
シマセンニュウ	21	昆虫食	林外		
ウチヤマセンニュウ	20	昆虫食	林外		
マキノセンニュウ	20	昆虫食	林外		
コヨシキリ	13	昆虫食	林外		
オオヨシキリ	31	昆虫食	林外		
メボソムシクイ	11	昆虫食	樹上		
コメボソムシクイ(亜種)	11	昆虫食	樹上		
エゾムシクイ	10	昆虫食	樹上		
センダイムシクイ	11	昆虫食	樹上		
イイジマムシクイ	10	昆虫食	樹上		
キクイタダキ	6	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上
セッカ	10	昆虫食	林外	昆虫食	林外
キビタキ	14	昆虫食	とびつき		
ムギマキ	13				
オオルリ	24	昆虫食	とびつき		
サメビタキ	15	昆虫食	とびつき		
エゾビタキ	22				
コサメビタキ	12	昆虫食	とびつき		
サンコウチョウ	24	昆虫食	とびつき		
エナガ	8	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上
シマエナガ(亜種)	8	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上
ハシブトガラ	11	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上
コガラ	9	昆虫食	樹上	種子	樹上
ヒガラ	9	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上
ヤマガラ	17	昆虫食	樹上	種子	樹上
シジュウカラ	16	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上

種名	体重(g)	繁殖期		越冬期	
		食性	採食場所	食性	採食場所
ゴジュウカラ	20	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
キバシリ	9	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
メジロ	11	昆虫食	樹上	果実	樹上
メグロ		昆虫食	樹上	果実	地上
ホオジロ	23	昆虫食	地上	種子	地上
コジュリン	17	昆虫食	林外	種子	林外
ホオアカ	23	昆虫食	林外	種子	林外
コホオアカ	20			種子	地上
キマユホオジロ	20			種子	地上
カシラダカ	21			種子	地上
ミヤマホオジロ	20			種子	地上
シマアオジ	20	昆虫食	林外		
ノジコ	18	昆虫食	地上		
アオジ	21	昆虫食	地上	種子	地上
クロジ	26	昆虫食	地上	種子	地上
オオジュリン	23	昆虫食	林外	昆虫食	林外
ツメナガホオジロ	20			種子	地上
ユキホオジロ	20			種子	地上
アトリ	24			種子	地上
カワラヒワ	20	種子食	地上	種子	地上
マヒワ	14	種子食	樹上	種子	樹上
ベニヒワ	24			種子	樹上
ハギマシコ	24			種子	地上
オオマシコ	29			種子	樹上
ギンザンマシコ	60	種子食	樹上	種子	地上
イスカ	39			種子	樹上
ナキイスカ	39			種子	樹上
ベニマシコ	18			種子	樹上
ウソ	25	昆虫食	藪	種子	地上
アカウソ(亜種)	25			種子	地上
イカル	71	昆虫食	樹上	種子	地上
シメ	53	昆虫食	樹上	種子	地上
ニュウナイスズメ	21	昆虫食	樹上	種子	林外
スズメ	23	昆虫食	林外	種子	地上
コムクドリ	53	昆虫食	樹上		
ムクドリ	86	雑食/その他	地上	雑食/その他	地上
カケス	135	昆虫食	地上	果実	地上
ミヤマカケス(亜種)	135	昆虫食	地上	果実	地上
ルリカケス	135	昆虫食	樹上	果実	地上
オナガ	71	昆虫食	樹上	雑食/その他	
カササギ	221	昆虫食	樹上		
ホシガラス	189	昆虫食	地上	種子	地上
コクマルガラス	400			雑食/その他	地上
ミヤマガラス	467			種子	林外
ハシボソガラス	563	雑食/その他	地上	雑食/その他	地上
ハシブトガラス	668	雑食/その他	地上	雑食/その他	地上
ワタリガラス	800			肉食/魚食	
コジュケイ	275	雑食/その他	地上	雑食/その他	地上
ドバト	240	種子食	地上	種子	地上
ガビチョウ	70	昆虫食	藪	昆虫食	藪
ソウシチョウ	22	昆虫食	藪	昆虫食	藪
ハト科	200			種子	地上
キツツキ科	70	昆虫食	樹幹	昆虫食	樹幹
セキレイ科	21	昆虫食	林外		
ヒヨドリ科	85			果実	樹上
レンジャク科	53			果実	樹上
ツグミ科	75			昆虫食	地上
ウグイス科	18				
シジュウカラ科	9	昆虫食	樹上		
ホオジロ科	22			種子	地上
カラス科	563	雑食/その他	地上	雑食/その他	
ワシタカ類				肉食/魚食	
カラ類	9	昆虫食	樹上	昆虫食	樹上
ムシクイ類	15	昆虫食	樹上		
カラス類	563	雑食/その他	地上	雑食/その他	

参考資料4 一般サイト調査地一覧

	コースID	調査地名	都道府県	潜在植生	種数 繁殖期	越冬期	通年	緯度	経度
森林	100003	桂沢湖	北海道	冷温帯	25	17	35	43.2	142.0
	100004	貫気別川	北海道	冷温帯	27	15	36	42.6	140.7
	100005	白老町森野	北海道	冷温帯	31	12	39	42.6	141.3
	100010	旭野	北海道	冷温帯	19		19	43.5	142.6
	100012	上猿払	北海道	冷温帯	29	10	35	45.1	142.1
	100016	岩尾別台地	北海道	冷温帯	15	16	27	44.1	145.1
	100018	売買川	北海道	冷温帯	32	9	34	42.9	143.2
	100019	門別町豊郷	北海道	冷温帯	20	12	28	42.5	142.2
	100031	高野	岩手県	冷温帯	21	21	33	38.9	141.3
	100034	豊沢	岩手県	冷温帯	20	12	26	39.5	140.9
	100036	物見石山林道	宮城県	冷温帯	29	14	34	38.6	141.4
	100038	蔵王硯石	宮城県	冷温帯	24	16	33	38.0	140.5
	100048	大規模林道入り口	山形県	冷温帯	30	16	38	38.1	139.8
	100049	酒田北部	山形県	暖温帯	23	18	31	39.0	139.8
	100050	上ノ畑	山形県	冷温帯	19	7	21	38.6	140.5
	100051	温海	山形県	暖温帯	41	19	50	38.6	139.6
	100054	信夫山	福島県	暖温帯	24	18	29	37.8	140.5
	100059	田野平山道	茨城県	暖温帯	21	22	31	36.7	140.4
	100060	茨城県民の森	茨城県	暖温帯	18	23	27	36.5	140.4
	100061	北筑波登山道	茨城県	暖温帯	18	13	26	36.2	140.1
	100064	栗山村大笹青柳路	栃木県	冷温帯	25	8	29	36.8	139.6
	100071	黒保根町水沼	群馬県	暖温帯	19	12	25	36.5	139.3
	100081	麻綿原	千葉県	暖温帯	24	18	30	35.2	140.2
	100084	津久井町鳥屋	神奈川県	暖温帯	22	20	28	35.5	139.2
	100090	上川月山	新潟県	暖温帯	33	22	40	37.6	139.5
	100093	八尾(猿倉山)	富山県	暖温帯	15	16	26	36.6	137.2
	100095	美女平探鳥コース	富山県	冷温帯	27		27	36.6	137.5
	100098	別所岳	石川県	冷温帯	27	12	32	37.2	136.9
	100106	精進山登山道入口	山梨県	暖温帯	12	4	12	35.5	138.8
	100107	林道水晶線	長野県	冷温帯	24	16	30	36.4	138.2
	100108	尾玉小鳥と緑化の散策路	長野県	冷温帯	34	24	40	36.0	138.1
	100113	伊那駒場	長野県	冷温帯	22	16	30	35.5	137.7
	100114	志賀高原　自然観察路	長野県	亜寒帯	24	11	28	36.7	138.5
	100115	木曽野上	長野県	冷温帯	22	16	28	35.9	137.8
	100118	下呂市御厩野	岐阜県	暖温帯	18	14	24	35.8	137.3
	100125	中山川流域	静岡県	暖温帯	20	9	23	34.9	137.9
	100129	新城市庭野	愛知県	暖温帯	30	35	43	34.9	137.5
	100130	裏谷	愛知県	冷温帯	30	18	35	35.1	137.5
	100132	船上山	鳥取県	暖温帯	27	10	29	35.4	133.6
	100133	波関・俵原線	鳥取県	暖温帯	27		27	35.4	134.0
	100134	大山寺	鳥取県	冷温帯	32	14	36	35.4	133.5
	100135	星上山	島根県	暖温帯	22	11	27	35.4	133.1
	100142	有漢市場	岡山県	暖温帯	29	28	39	34.9	133.7
	100143	芋原ｺｰｽ	岡山県	暖温帯	22	20	32	34.7	133.4
	100144	岡山県立森林公園	岡山県	暖温帯	18	9	24	35.3	133.9
	100145	毛無山	岡山県	冷温帯	21		21	35.2	133.5
	100160	箸蔵寺参道	徳島県	暖温帯	31	19	34	34.0	133.8
	100161	雨滝山	香川県	暖温帯	17	18	27	34.3	134.2
	100162	白峰寺遍路道	香川県	暖温帯	17	18	23	34.3	133.9
	100163	鹿庭	香川県	暖温帯	19		19	34.2	134.2
	100164	讃岐豊浜(大野原、五郷、有木)	香川県	暖温帯	19	15	25	34.0	133.7
	100165	高鉢山	香川県	暖温帯	20	19	28	34.2	133.9
	100172	角茂谷	高知県	暖温帯	17	11	22	33.7	133.7
	100175	旭ヶ丘	高知県	暖温帯	17	19	27	33.5	134.0
	100177	辺戸～奥	沖縄県	亜熱帯	17	23	24	26.8	128.3
	100178	於茂登岳登山道	沖縄県	亜熱帯	13	17	22	24.4	124.2
	100183	大国林道	沖縄県	亜熱帯	15	14	18	26.7	128.2
	100190	大平川流域	三重県	暖温帯	13	14	23	34.3	136.4
	100192	県立希望ヶ丘公園	滋賀県	暖温帯	24	18	32	35.1	136.1
	100198	京丹波町坂井	京都府	暖温帯	18	20	30	35.2	135.3
	100206	鍔市ダム	兵庫県	暖温帯	18	17	26	35.1	135.3
	100207	山田	兵庫県	暖温帯	27	20	35	35.1	135.1
	100209	阿金谷	兵庫県	暖温帯	15		15	35.6	134.8
	100211	葛城山	奈良県	暖温帯	25	13	28	34.5	135.7
	100212	竜王渕	奈良県	暖温帯	29	23	40	34.6	136.0
	100218	古座川町下露	和歌山県	暖温帯	17	18	22	33.6	135.7
	100220	高津尾川	和歌山県	暖温帯	23	21	32	34.0	135.3
	100221	新宮市高田農道	和歌山県	暖温帯	23		23	33.7	135.9
	100224	古処山	福岡県	暖温帯	18	14	23	33.5	130.7
	100227	大小野－大楮間林道	佐賀県	暖温帯	21	22	32	33.3	130.3
	100233	天君ダム上流コース	熊本県	暖温帯	20	20	30	32.7	130.8
	100237	妙善坊	大分県	暖温帯	24	28	39	33.5	131.5
	100242	高房台登山道	宮崎県	暖温帯	20	16	27	31.9	131.3

コースID	調査地名	都道府県	潜在植生	種数			緯度	経度
				繁殖期	越冬期	通年		
100243	姶良郡隼人町中福良	鹿児島県	暖温帯	20	18	25	31.8	130.7
100244	原沢ノ後林道	鹿児島県	暖温帯	16		16	31.2	130.8
100245	猿ヶ城渓谷	鹿児島県	暖温帯	16	21	28	31.5	130.8
100246	横浜自然観察の森	神奈川県	暖温帯	19	21	28	35.3	139.6
100247	寒霞渓	香川県	暖温帯	19	11	20	34.5	134.3
100248	豊田市自然観察の森Bコース	愛知県	暖温帯	21	21	33	35.1	137.2
100249	剣山	徳島県	亜寒帯	24		24	33.9	134.1
100250	野鳥の森	徳島県	暖温帯		15	15	34.1	134.5
100252	伊島	徳島県	暖温帯	17	16	24	33.8	134.8
100253	佐白城趾	茨城県	暖温帯	16	13	22	36.4	140.3
100255	有珠善光寺	北海道	冷温帯	29	18	39	42.5	140.8
100256	三川山	兵庫県	暖温帯	33		33	35.6	134.6
100257	六甲山周辺	兵庫県	暖温帯	28	20	36	34.8	135.2
100258	氷ノ山坂ノ谷	兵庫県	冷温帯	26		26	35.3	134.5
100259	諭鶴羽山上田谷	兵庫県	暖温帯	15	19	25	34.2	134.8
100260	峰山高原	兵庫県	冷温帯	23		23	35.1	134.7
100265	十八号沢川	北海道	冷温帯	28	20	36	43.8	143.5
100266	斜里岳	北海道	亜寒帯	11		11	43.8	144.7
100267	チミケップ	北海道	冷温帯	28	20	36	43.6	143.9
100268	烏帽子岳ブナ立尾根	長野県	冷温帯	21		21	36.5	137.7
100269	黒姫山	長野県	冷温帯	24		24	36.8	138.1
100272	孟子	和歌山県	暖温帯		35	35	34.2	135.3
100273	和歌山県高野山	和歌山県	暖温帯	32	20	37	34.2	135.6
100274	護摩壇山	和歌山県	冷温帯		9	9	34.1	135.6
100275	姿見の池	北海道	亜寒帯	10		10	43.7	142.8
100276	南丘貯水池	北海道	冷温帯	31		31	44.0	142.4
100277	雨紛	北海道	冷温帯	29		29	43.7	142.3
100278	21世紀の森	北海道	冷温帯	21		21	43.7	142.7
100279	布部	北海道	冷温帯	33		33	43.3	142.5
100280	春光台	北海道	冷温帯	19	14	25	43.8	142.4
100281	本山寺	岡山県	暖温帯	24	23	33	34.9	134.0
100282	備前市屏風岩(仮)	岡山県	暖温帯	22	17	29	34.7	134.1
100283	龍ノ口山	岡山県	暖温帯	22	22	31	34.7	134.0
100285	岡山南部	岡山県	暖温帯	14	13	18	34.7	134.0
100286	菊池渓谷	熊本県	冷温帯	24	23	34	33.0	131.0
100289	八代市民野鳥の森	熊本県	暖温帯	25	18	29	32.5	130.6
100291	市房山	熊本県	暖温帯	23	13	25	32.3	131.1
100292	大関山	熊本県	暖温帯	17	13	20	32.2	130.6
100294	熊田溜池	山口県	暖温帯	21	22	33	34.5	131.6
100295	宇佐郷	山口県	暖温帯	15	14	21	34.4	132.0
100297	牛島	山口県	暖温帯	21	23	31	33.9	132.0
100301	花見川(柏井橋～花島橋)	千葉県	暖温帯	17	26	28	35.7	140.1
100302	泉自然公園	千葉県	暖温帯	29	38	45	35.6	140.2
100304	館山野鳥の森	千葉県	暖温帯	23	23	31	34.9	139.8
100306	榛名湖	群馬県	冷温帯	29	20	39	36.5	138.9
100307	春日山原始林	奈良県	暖温帯	24	14	26	34.7	135.9
100308	矢田丘陵	奈良県	暖温帯	22	19	29	34.6	135.7
100310	大台ケ原	奈良県	冷温帯	22		22	34.2	136.1
100311	朝明渓谷	三重県	暖温帯	17	12	25	35.0	136.5
100312	法花奥山	三重県	暖温帯		14	14	34.7	136.1
100313	神戸里山	三重県	暖温帯	21	20	32	34.7	136.5
100314	松阪ちとせの森	三重県	暖温帯	24	21	32	34.5	136.5
100315	大床谷	三重県	暖温帯	20	13	24	34.4	136.7
100316	箱根町(湖尻)樹木園	神奈川県	冷温帯	21	25	32	35.2	139.0
100317	桧洞丸稜線部	神奈川県	冷温帯	19	6	23	35.5	139.1
100318	円海山・瀬上沢	神奈川県	暖温帯	30	29	43	35.4	139.6
100319	丹沢札掛	神奈川県	暖温帯	24	16	29	35.5	139.2
100323	荒雄岳観光道路	宮城県	冷温帯	27	16	32	38.8	140.7
100324	石鎚山	愛媛県	冷温帯	17	9	21	33.8	133.1
100326	高縄山	愛媛県	冷温帯	24	23	33	33.9	132.9
100327	皿ヶ峰	愛媛県	冷温帯	23	18	31	33.7	132.9
100328	愛媛県総合運動公園	愛媛県	暖温帯	22	21	30	33.8	132.8
100329	諏訪崎自然休養林	愛媛県	暖温帯	20	23	29	33.4	132.4
100330	篠山	愛媛県	暖温帯	22		22	33.0	132.7
100332	背あぶり山	福島県	冷温帯	29		29	37.5	140.0
100333	細野野鳥の森	福島県	冷温帯	28	18	38	37.7	140.0
100336	見沼代用水東縁斜面林	埼玉県	暖温帯	22	18	27	35.9	139.7
100337	埼玉県越生	埼玉県	暖温帯	23	21	32	36.0	139.3
100338	大滝･栃本広場	埼玉県	冷温帯	21	16	30	35.9	138.9
100341	道原	福岡県	暖温帯	29	33	43	33.8	130.8
100342	灰ヶ峰　栃原線	広島県	暖温帯	26	31	41	34.3	132.6
100343	赤城山	群馬県	冷温帯	23	16	29	36.5	139.1
100344	伊香保森林公園	群馬県	冷温帯	35	17	41	36.5	138.9
100345	高山市城山公園	岐阜県	暖温帯	18	15	25	36.1	137.3
100346	須衛	岐阜県	暖温帯	18	14	24	35.4	136.9

コースID	調査地名	都道府県	潜在植生	種数			緯度	経度
				繁殖期	越冬期	通年		
100347	金華山	岐阜県	暖温帯	26	17	31	35.4	136.8
100348	濁河温泉	岐阜県	亜寒帯	15	14	22	35.9	137.5
100349	二口林道	宮城県	冷温帯	27	4	28	38.3	140.5
100350	陶史の森	岐阜県	暖温帯	21	20	29	35.3	137.2
100351	白山・白川自然休養林	岐阜県	冷温帯	19		19	36.1	136.8
100353	藤兼(神之瀬川)	広島県	暖温帯	30	38	48	34.9	132.8
100354	面の木	愛知県	冷温帯		14	14	35.2	137.6
100355	海上の森	愛知県	暖温帯		22	22	35.2	137.1
100357	大山　渥美半島	愛知県	暖温帯		31	31	34.6	137.2
100359	平家平	福井県	冷温帯	32		32	35.8	136.5
100360	三里浜ハマナス公園防風林	福井県	暖温帯	25	22	35	36.1	136.1
100361	三里山	福井県	暖温帯	28	30	41	35.9	136.2
100362	永平寺大仏線	福井県	暖温帯	24	18	31	36.0	136.3
100363	野坂山	福井県	暖温帯	26	23	33	35.6	136.0
100368	西岡水源池	北海道	冷温帯	32	24	44	43.0	141.4
100369	野幌森林公園エゾユズリハコース	北海道	冷温帯	25	19	34	43.1	141.5
100370	尿前渓谷つぶ沼コース	岩手県	冷温帯	26		26	39.1	140.9
100371	陸中川尻・湯川	岩手県	冷温帯	19	10	25	39.3	140.8
100372	野手崎	岩手県	冷温帯	26		26	39.3	141.3
100374	臥龍山	広島県	冷温帯	22		22	34.7	132.2
100375	(宮島)巌島	広島県	暖温帯	23	34	38	34.3	132.3
100376	豊平龍頭山	広島県	冷温帯	28	20	37	34.7	132.4
100377	川井谷(藤尾川)	広島県	暖温帯	18	27	36	34.7	133.3
100378	十方林道	広島県	冷温帯	20	13	26	34.6	132.1
100381	八風平	群馬県	冷温帯	21	4	23	36.3	138.7
100382	三平峠	群馬県	亜寒帯	10		10	36.9	139.3
100383	岩湧山	大阪府	暖温帯	28	11	29	34.4	135.6
100384	本山寺自然環境保全地域	大阪府	暖温帯	27	20	32	34.9	135.6
100385	箕面鳥獣保護区	大阪府	暖温帯	20	23	30	34.9	135.5
100387	和泉葛城山ブナ林	大阪府	暖温帯	24	10	25	34.3	135.4
100390	奥森吉ノロ川上谷地	秋田県	冷温帯	19		19	40.0	140.6
100391	老人福祉エリア散策路(小友沼東エリア)	秋田県	暖温帯	32		32	40.2	140.1
100394	中島台レクリエーションの森	秋田県	冷温帯	11		11	39.2	140.0
100395	八塩山	秋田県	冷温帯	21		21	39.2	140.2
100396	大神成	秋田県	冷温帯	23		23	39.5	140.7
100397	岳岱自然観察教育林	秋田県	冷温帯	23		23	40.4	140.3
100398	横手市山内大松川大倉沢	秋田県	冷温帯	24	15	30	39.3	140.7
100399	大滝山自然公園	秋田県	冷温帯	25		25	39.8	140.2
100405	田老	岩手県	冷温帯	30	14	33	39.7	142.0
100406	閉伊崎	岩手県	冷温帯	23	18	30	39.6	142.0
100408	害鷹森	岩手県	冷温帯	19		19	39.7	141.6
100412	角田山	新潟県	暖温帯	22	25	34	37.8	138.9
100413	月岡林道	新潟県	暖温帯	30	21	40	37.6	139.0
100414	矢代田	新潟県	暖温帯	26	10	30	37.7	139.1
100415	山本山	新潟県	暖温帯	25	9	29	37.3	138.8
100416	正善寺ダム奥	新潟県	暖温帯	32	23	46	37.1	138.2
100418	沢根五十里	新潟県	暖温帯	19	27	34	38.0	138.3
100420	板室	栃木県	冷温帯	26	11	30	37.1	140.0
100423	井頭公園	栃木県	暖温帯	20	26	36	36.5	140.0
100424	太平山	栃木県	暖温帯	18	22	28	36.4	139.7
100429	猿橋町藤崎	山梨県	暖温帯	25	31	40	35.6	139.0
100430	武田の杜内健康の森	山梨県	暖温帯	29	21	34	35.7	138.5
100431	四尾連湖	山梨県	暖温帯	26	22	36	35.5	138.5
100432	宇遠内山道/礼文林道	北海道	冷温帯	20		20	45.4	141.0
100433	沓形・神居林道	北海道	冷温帯	19	13	28	45.2	141.2
100434	曲淵	北海道	冷温帯	18		18	45.3	142.0
100438	土橋自然観察教育林	北海道	冷温帯	21	16	28	41.9	140.2
100439	函館山	北海道	冷温帯	16	9	20	41.8	140.7
100446	十二湖	青森県	冷温帯	25	19	32	40.6	140.0
100447	岩木山岳登山道	青森県	冷温帯	25	13	31	40.6	140.3
100448	雲仙あざみ谷コース	長崎県	冷温帯	20	12	25	32.8	130.3
100451	七ッ岳(五島列島)	長崎県	暖温帯	10	12	15	32.7	128.7
100454	1000m林道	長野県	冷温帯	27	26	40	36.3	138.5
100457	蓼科	長野県	亜寒帯	10		10	36.1	138.4
100459	白河市表郷大字内松	福島県	冷温帯	17	23	28	37.0	140.3
100462	蔦野鳥の森	青森県	冷温帯	34		34	40.6	141.0
100463	陸奥横浜(泊林道)	青森県	冷温帯	27		27	41.1	141.4
100465	下折紙沢	青森県	冷温帯	25		25	40.8	140.9
100466	薬研温泉	青森県	冷温帯	26		26	41.4	141.0
100467	湯川登山道	福島県	冷温帯	25	10	27	37.6	140.3
100468	昼曽根－小畑林道	福島県	冷温帯	18		18	37.5	140.9
100470	縄ヶ池	富山県	冷温帯	25		25	36.5	136.9
100471	有峰湖	富山県	冷温帯	10		10	36.5	137.4
100472	頼成の森	富山県	暖温帯	23	18	34	36.6	137.0
100473	片地の池	富山県	暖温帯	29	22	37	36.7	137.4

	コースID	調査地名	都道府県	潜在植生	種数 繁殖期	越冬期	通年	緯度	経度
	100475	小笠山	静岡県	暖温帯	21	12	24	34.7	138.0
	100476	医王山	石川県	暖温帯	22	13	27	36.5	136.8
	100477	古宇利島	沖縄県	亜熱帯	18	15	22	26.7	128.0
	100478	立田山	熊本県	暖温帯	21	20	28	32.8	130.7
	100485	高尾山	東京都	暖温帯	29	22	37	35.6	139.3
	100486	三頭山	東京都	冷温帯	28	18	36	35.7	139.0
	100487	狭山丘陵	埼玉県	暖温帯	23	22	32	35.8	139.4
	100489	扇ノ山 沢川	鳥取県	冷温帯	30		30	35.4	134.5
	100491	御池野鳥の森	宮崎県	暖温帯	27	27	38	31.9	131.0
	100492	行縢山	宮崎県	暖温帯	24	21	29	32.6	131.6
	100493	大崩山林道	宮崎県	暖温帯	22		22	32.7	131.5
	100496	日向大河内	宮崎県	冷温帯		13	13	32.4	131.2
	100497	猪八重渓谷	宮崎県	暖温帯	22	22	31	31.7	131.4
	100498	支笏湖野鳥の森	北海道	冷温帯	23		23	42.8	141.4
	100509	比良山	滋賀県	冷温帯		9	9	35.2	135.9
	100511	黒河林道～三国山方面	滋賀県	暖温帯	33		33	35.5	136.0
	100512	養老牛温泉	北海道	亜寒帯	22		22	43.6	144.7
	100514	長橋なえぼ公園	北海道	冷温帯	36	23	45	43.2	141.0
	100517	黒岳	大分県	冷温帯	34	28	47	33.1	131.3
	100520	竹田市岡城跡	大分県	暖温帯	25	25	40	33.0	131.4
	100521	高尾山自然公園	大分県	暖温帯	25	38	45	33.2	131.7
	100522	野津原 県民の森	大分県	暖温帯	29	26	37	33.1	131.5
	100528	横倉山	高知県	暖温帯	26	14	30	33.5	133.2
	100529	工石山	高知県	暖温帯	14	16	22	33.7	133.5
	100530	春分峠	高知県	暖温帯	28	14	32	33.3	133.0
	100531	鏡ダム	高知県	暖温帯	27	20	35	33.6	133.5
	100535	紫尾山	鹿児島県	暖温帯	18	12	23	32.0	130.4
	100537	二股トンネル北	鹿児島県	暖温帯	28	15	32	31.2	131.0
	100539	吹上浜海浜公園	鹿児島県	暖温帯	15	22	28	31.4	130.3
	100541	高知県沖の島	高知県	暖温帯	9	14	16	32.7	132.6
草原	100011	夕来	北海道	冷温帯	25		25	45.2	141.6
	100020	平取町芽生	北海道	冷温帯	29	9	34	42.7	142.4
	100035	吉田川	宮城県	暖温帯	23	30	42	38.4	141.0
	100062	飯沼川左岸堤防	茨城県	暖温帯	22	23	33	36.0	139.9
	100104	笛吹川支流濁川	山梨県	暖温帯	19	22	30	35.6	138.6
	100120	蛭ケ野高原板橋地区	岐阜県	冷温帯	23	10	27	36.0	136.9
	100121	揖斐川舟付保護区	岐阜県	暖温帯	23	22	36	35.3	136.6
	100147	七塚原	広島県	暖温帯	20	15	27	34.8	133.0
	100159	三嶺	徳島県	暖温帯	4		4	33.8	134.0
	100193	愛知川河川敷	滋賀県	暖温帯	24	31	40	35.1	136.2
	100238	乙津川河口	大分県	暖温帯	23		23	33.2	131.7
	100254	浮島草原	茨城県	暖温帯	17	39	47	36.0	140.5
	100261	興部	北海道	冷温帯	36	18	50	44.5	143.1
	100262	コムケ原生花園	北海道	冷温帯	38		38	44.3	143.5
	100263	佐呂間別川	北海道	冷温帯	29	7	35	44.1	143.9
	100264	小清水原生花園	北海道	冷温帯	30	7	34	43.9	144.4
	100270	手賀沼(岩井)	千葉県	暖温帯	24	37	43	35.9	140.0
	100271	笹川	千葉県	暖温帯	21	23	35	35.8	140.7
	100284	笠岡湾干拓地	岡山県	暖温帯	22	32	41	34.5	133.5
	100287	一の宮(阿蘇)	熊本県	暖温帯		7	7	33.0	131.2
	100298	秋吉台	山口県	暖温帯	11	3	12	34.2	131.3
	100303	木更津小櫃川河口三角州	千葉県	暖温帯	11	27	30	35.4	139.9
	100309	曽爾高原	奈良県	暖温帯	24	17	31	34.5	136.2
	100320	山元町牛橋開拓地	宮城県	暖温帯	27	30	42	38.0	140.9
	100321	旧北上川下流	宮城県	暖温帯	25	22	36	38.5	141.3
	100322	荒谷	宮城県	暖温帯	29	29	46	38.6	140.9
	100325	瓶ヶ森	愛媛県	暖温帯	10		10	33.8	133.2
	100334	猪苗代湖北岸	福島県	冷温帯	25	14	34	37.5	140.1
	100339	熊谷・大麻生野鳥の森	埼玉県	暖温帯	35	38	49	36.1	139.4
	100340	平尾台	福岡県	暖温帯	19	9	21	33.8	130.9
	100356	木曽岬干拓地	愛知県	暖温帯		29	29	35.0	136.8
	100358	部子山	福井県	暖温帯	21		21	35.9	136.4
	100386	淀川中津	大阪府	暖温帯	15	22	30	34.7	135.5
	100392	県立短大農場牧草地	秋田県	冷温帯	27		27	40.0	140.0
	100393	冬師湿原	秋田県	冷温帯	24		24	39.2	140.0
	100403	河北潟干拓地	石川県	暖温帯	25		25	36.7	136.7
	100422	戦場ヶ原赤沼～三本松	栃木県	暖温帯	21		21	36.8	139.5
	100425	渡良瀬遊水地第1調節池	栃木県	暖温帯	25	30	42	36.2	139.7
	100437	菅平	長野県	冷温帯	21	5	24	36.5	138.4
	100443	白神岬	北海道	冷温帯	31	18	42	41.4	140.2
	100444	岩木川下流右岸	青森県	冷温帯	13		13	41.0	140.4
	100455	発地	長野県	冷温帯	31	16	37	36.3	138.6
	100456	霧ヶ峰池のくるみ遊歩道	長野県	冷温帯	21		21	36.1	138.2
	100464	田代平	青森県	冷温帯	18		18	40.7	140.9

コースID	調査地名	都道府県	潜在植生	種数			緯度	経度
				繁殖期	越冬期	通年		
100469	木落牧場(阿蘇)	熊本県	暖温帯		15	15	33.0	131.1
100488	多摩川高月町	東京都	暖温帯	35	37	50	35.7	139.3
100494	陸上自衛隊霧島演習場	宮崎県	暖温帯	16	12	21	32.0	130.8
100499	鵡川河口	北海道	冷温帯	25		25	42.6	141.9
100505	野付崎	北海道	冷温帯	15		15	43.6	145.3
100506	バラサン沼	北海道	亜寒帯	25	8	31	43.4	145.3
100518	九重町長者原	大分県	冷温帯	37	36	50	33.1	131.2
100519	日出生台	大分県	暖温帯	18		18	33.3	131.3

調査マニュアル

モニタリングサイト1000森林コアサイト設定、調査マニュアル

Ver.1 更新日2004年7月13日

新山馨・柴田銃江
郵便番号　305-8687　茨城県つくば市松の里１
独立行政法人　森林総合研究所
森林植生研究領域　群落動態研究室
Tel: 029-873-3211, 内線355、 Fax:029-874-3720,
E-mail, niiya@ffpri.affrc.go.jp

はじめに

この文章は、生態系モニタリングサイト1000の中の森林モニタリングのためのマニュアルです。特に新規にコアプロットを作る際のマニュアルです。すでに試験地を設定している方は、このマニュアルを参考にして、試験地の設定や調査方法を再検討ください。ここに書かれたやり方がすべて最善ではありません。追加すべき事項もまだあります。皆さんの意見を採り入れてよりよいものにしたいと思います。しかし、長期のモニタリングのためには、個々の試験地の都合や個人の好みを超えて統一的にやる必要があることもご理解ください。皆様のご協力をお願いします。

目次

1.調査の目的と意義
2.基本設計
3.測量
　3.1　面積と形状
　3.2　測量方法
4.毎木調査
　4.1　初回の毎木調査方法
　4.2　初回の毎木調査の入力形式の例
　4.3　２回目以降の再測定の毎木調査の方法
　4.4　調査道具
　4.5　ファイル形式

5.リタートラップ
　5.1　配置
　5.2　設置
　5.3　回収方法
　5.4　分別・乾燥・秤量方法

6.メタデータの記載

6.1　試験地情報
6.2　調査記録

1.調査の目的と意義

毎木調査によって、その森林の**種組成**や**構造**、**バイオマス**がわかります。これらのデータは、炭素蓄積量の把握だけでなく、森林の状態と水源かん養力との関係や、森林に依存する生物との関係などを科学的に明らかにする上でとても重要です。調査を継続することによって、それらの経年変動も明らかになります。さらに、個々の樹種について、幹や株の生死や成長を追跡することで、**構成樹種の個体群動態**を推測する重要なデータが得られます。

リタートラップによって、**落葉落枝量や種子生産量**が推定できます。落葉落枝量は、森林の一次生産力の推定には必須です。また、樹種別に種子生産の量や数を測定することで、様々な樹種の豊凶特性などがわかります。これらのデータは、樹木の更新特性を明らかにする上で興味深いものとなります。さらに、種子を餌資源にしている動物の動態や生活史特性を説明するバックグラウンドデータとしても期待できます。

2.基本設計

・コアプロットの面積は原則的に１ヘクタール（100 m × 100 m）として下さい（図１）。

・コアプロット全域で測量し、水平距離で１０ｍごとに杭を打ってください。

・この１ヘクタールの中に 25 個のリタートラップを設置してください（図１）。20m 方形区にトラップ１個の密度です。

・胸高直径５ｃｍ以上のすべての樹木にアルミタグをつけ、毎年、胸高周囲長を測定してください（図２）。

・無雪期間はできるだけリタートラップを設置し、最低毎月１回は、リターを回収してください。

3.測量

3.1 面積と形状

他のコアプロットと比較しやすくするため、面積や形状は、１ヘクタール（100 m × 100 m）としてください。

3.2 測量方法

測量は簡易コンパス（牛方トランジットコンパス）以上の精度のもので測量し、必ず水平距離で 10m ごとに杭を打ってください。起点を（0,0）とし、杭には（10,30）のようにメートル単位の X,Y 座標を黒マジックか黒ペンキで描いてください（図１）。

4. 毎木調査

毎木調査は、最初の毎木調査と２回目以降の毎木調査に分けて記述しています。使う台帳の様式に一部、違いがあるので注意ください。毎木に使用するアルミタグ（図 3）とスチールメジャー（図 4）、ステンレス釘（図 5）、ステンレス針金は自然研がまとめて購入し、各サイトに配ります。その他の必要な消耗品は各サイトで購入するか、既存のものをお使いください。

4.1　初回の毎木調査方法

・毎木調査は 10m×10m の方形区を単位として行います。

・胸高周囲長が 15cm 以上のすべての幹を対象に測定を行います。胸高直径５ｃｍを下限とすると胸高周囲長では 15.7cm が下限になりますが、測定誤差と簡便さを考え**胸高周囲長 15cm** を下限とします。

・まずステンレスの釘をうち、アルミのタグをステンレスの針金でステンレスの釘からつり下げます。このときアルミタグの下端が、幹の山側から見て、胸高（1.3m）になることが重要です（図 6）。ただし、高積雪地などではステンレス針金でアルミタグをつり下げる方法は不適です。その場所の環境条件にあった方法で樹木番号付けをすることをおすすめします。

・このアルミタグの下端（胸高　1.3m）の周囲長をスチールメジャー（タジマ、エンジニヤポケット　10m）で mm 単位まで測定し、記録します。**直径巻き尺や林尺は決して使わないでください。**このスチールメジャーは始点の 0 が先端から約 10cm の位置から始まるので、木に巻きつけたときに０ラインの上で胸高周囲長の値を正確に読むことができます（図 7）。ただし、０ラインの下では正確に値が読めないので、メジャーを交差させたときの２本のメジャーの上下関係に注意してください（図 8）。誤差の原因になるはげ落ちやすい樹皮やこけなどは簡単に手や金槌でこそげ落としてから、周囲長を測定してください。測定後、必ず測定位置に赤スプレーで半周ほど、細いラインを吹き付けてください（図 7）。太い木（周囲長 100ｃｍ）や変形した幹、こぶや枝分かれで 1.3mよりずれて測定した場合は特に赤スプレーを忘れずに測定位置に吹き付けてください。

・樹種の同定をして、胸高周囲長とともに調査台帳に記入します。樹種の同定が難しいときは必ず標本を採って同定し、標本は保存してください。

・次回以降の毎木調査のために、おおよその幹の根元位置の 10m 方形区内でのＸ、Ｙ座標を、(3m, 2.5m)のように目測で読み、台帳に記入しておきます。地形が複雑な場合は、普通の５０m巻き尺を X 軸方向に 10m 分引いておくと、幹の位置の確認が容易になります。

・毎木調査の現地での測定単位は個体ではなく幹です。したがって、株立個体のように、同じ個体に胸高周囲長が 15cm 以上の幹が複数ある場合は、それらすべてにアルミタグをつけ胸高周囲長を測定します。そして、それらの幹が同一の個体由来であることを示すため、「個体のタグ番号」欄に、その株を代表する番号を記入します。例えば、下記の初回毎木用台帳の A3、A4、A5 のコシアブラの場合、それぞれの幹の「個体のタグ番号」欄に、A3、A3、A3 というように記入します。念のため、調査台帳の備考欄に“A145 と同株”のように、必ず同株であることのコメントを記入するとよいでしょ

う。
　ツルが巻き付いていて、ツル込みでしか胸高周囲長が測定できないときは、備考に必ず“ツル込み”と、コメントを書いてください。

・斜めになった幹、倒れた幹でも生きている場合は、根元位置から 1.3ｍで同じように測定して、タグを付けてください。その際は備考欄に“斜め”とか“倒れ”とかのコメントを忘れずに記入してください

4.2　初回の毎木調査の入力形式の例

初回毎木用台帳

日付　　調査者

10ｍ方形区 X 座標	10ｍ方形区 Y 座標	幹タグ番号	個体タグ番号	幹の X	幹の Y	種名	胸高周囲長(cm)	備考	調査日
0	0	A1		3	2	ブナ	130.7	ツル込み	20040514
10	10	A2		8	7	ミズナラ	89.3		20040514
10	10	A3	A3	0	8.5	コシアブラ	19.2	A3 と同株	20040514
10	10	A4	A3	0	8.5	コシアブラ	25	A3 と同株	20040514
10	10	A5	A3	0	8.5	コシアブラ	33.6	A3 と同株	20040514
10	20	A6		3	5.5	イタヤカエデ	48.9		20040514
10	20	A7		4	4	ブナ	189	幹半がれ	20040514
10	20	A8	A8	8	1	イヌブナ	45.3	A8 と同株	20040514
10	20	A9	A8	3	2	イヌブナ	56.2	A8 と同株	20040514

ここでいう 10m 方形区の XY 座標は、10m 方形区の左下（起点に近い角）の XY 座標で各 10m 方形区を表しています。したがって（0,0）から（90,90）まで 100 個の 10m 方形区を調査することになります。同株の場合は例にあるように A3 の幹にも”A3 と同株“と記入します。これがないと後で個体数の集計が難しくなるので注意してください。備考欄には、虫食いとか、先オレとか、気がついたことは何でも記入しておいてください。特に測定値に影響を与えるツルに関するコメント（ツルぬきで測定したのかツルこみでしたのか等）と幹の空洞や樹皮の枯れ落ちの情報を書いておいてください。

4.3　２回目以降の再測定の毎木調査の方法

　２回目以降はすでにアルミタグが付いているはずなので、初回と同様に 10m 方形区ごとに胸高周囲長をスチールメジャーで mm 単位まで測定します。このときは前回つけた赤スプレーのラインを目印にします。用紙は前回の測定値が入った再測定用の用紙を使います。新しく胸高周囲長が 15cm 以上になった幹にのみ新規にアルミタグをつけます。新規加入個体は、初回毎木と同じ用紙を使います。用紙が２種類になるので注意ください。新規加入個体の確認は必ず 10m 方形区単位で行い、確認後、

次の 10m 方形区に移動してください。

新規加入個体の出現した 10m 方形区の XY 座標と新規個体の XY 座標記載がないと次回の毎木調査で個体位置がわからなくなるので、記載漏れのないように注意ください。

アルミタグが紛失したときは、新しいタグを付け、必ずタグの欄と備考欄に記入しておきます。

台帳記入者は常に前回の周囲長測定値と新しい測定値を比較し、異常値がでないよう、その場でチェックしてください。

備考には、幹半枯れ、幹５ｍで折れ、のように測定値に影響する事象のコメントも書いてください。

再測定用毎木台帳

日付　　調査者

10 m 方形区 X 座標	10 m 方形区 Y 座標	幹タグ番号	個体タグ番号	幹の X	幹の Y	種名	胸高周囲長 (cm)	備考	前回の胸高周囲長 (cm)	前回の備考	調査日
0	0	A1		3	2	ブナ	131.0		130.7	ツル込み	
10	10	A2		8	7	ミズナラ	90.8		89.3		
10	10	A3	A3	0	8.5	コシアブラ	20.4		19.2	A3 と同株	
10	10	A4	A3	0	8.5	コシアブラ			25	A3 と同株	
10	10	A5	A3	0	8.5	コシアブラ			33.6	A3 と同株	
10	20	A6		3	5.5	イタヤカエデ			48.9		
10	20	A7		4	4	ブナ			189	幹半がれ	
10	20	A8	A8	8	1	イヌブナ			45.3	A8 と同株	
10	20	A9	A8	3	2	イヌブナ			56.2	A8 と同株	

新規加入は胸高周囲長で 15cm 以上の幹を対象とします。新規加入幹には初回毎木と同様に、アルミタグをステンレス釘とステンレス針金でつり下げ、胸高 1.3m で周囲長をスチールメジャーで測定します。測定位置には忘れず、赤スプレーでラインを引いておいてください。タグが落ちた場合はこのラインだけが調査位置の確認に使えます。

4.4　調査道具

台帳(A4)、台帳台、鉛筆（必ず鉛筆かシャープペンでＢより濃い芯を使用、ボールペン、マジック、その他は不可）、金槌、ステンレス釘、ステンレス針金、アルミタグ、大工袋、スチールメジャー（タジマ、エンジニヤポケット 10m）、赤スプレー、巻き尺（20m−50m）

推奨する製品・仕様

・スチールメジャー：タジマ、エンジニヤポケット 10m(EPK-10)。**必ずこれを使ってください！図 4**

・台帳台：PLUS　A 用箋挟　A4 蓋付き　同等品可

・ステンレス釘：ステンレス　スクリング　平　＃12 × 50mm（図）　同等品可　-----自然研が発注
・ステンレス針金：直径　0.56ｍｍ　前後　アルミタグ一枚に約24ｃｍの長さが必用（図3）-----自然研が発注？
・アルミタグ：Racetrack Aluminum Tags, Numbered Tags 1-1000, ForestrySupplies Inc. 図3　同等品可　注：刻印機で数字の前にアルファベットを入れる

4.5　ファイル形式

Excel、ACCESSファイルなどの、基本的にカンマ区切りのｃｓｖ形式に変換できるファイルで管理ください。

5.リタートラップ

リタートラップは種子生産と落葉落枝量の推定に必須の道具です。森林の一次生産力の測定には落葉落枝量は重要な値です。円形のリタートラップ（受け取り面積：0.5平方メートル）は、一式を自然研が発注し、各サイトに配ります。すでに同様のリタートラップを設置しているところは、そのまま既存のものを使ってください。ただし、形状、面積が全く違うリタートラップを使用しているところは、自然研から送られるトラップに交換ください。

5.1　配置

図1のように1haの試験地内に、20m置きに25個設置します。20 m方形区に1個のトラップが基本の密度です。すでに25個以上のリタートラップを設置している試験地は、その中の25個分をモニタリング1000用にしてください。

5.2　設置

写真にあるように（図9）、３本の塩ビパイプを土に土壌に挿し、銅線を使ってトラップを固定します。トラップには表と裏があります。縫い代がめくれている方が裏ですのでこれが外側（塩ビパイプ側）に来るようにしてください。塩ビパイプには高さの違う２カ所の穴があります（図10）。斜面ではどちらかの穴を利用してトラップの受け取り面が水平になるよう調整して設置ください（図11）。

以下の止め方の指示を守ってください。まず塩ビパイプの穴に銅線を通し、塩ビパイプを中心に左右、同じ長さの銅線にします。トラップの縁の網の部分に、銅線の２つの先端を塩ビパイプの幅だけ離して、２カ所に、**必ず上から**突き刺し、網の下に出します。下から出た２本の銅線を塩ビパイプの外側で2-3回ひねって止めておきます。このとき厳重に何度もねじると銅線が切れやすくなるので注意ください。壊れて交換する場合や、冬季に撤収することを考えて、手ではずしやすいように銅線を使っています。けっしてペンチの必要な太い針金などで固定しないでください。

設置したら、トラップ中に中古のゴルフボールを入れ、風でトラップの網の部分が反転するのを防ぎます。風の強いところでは２個、ゴルフボールを入れてもかまいません。

トラップには大型のビニール製ナンバーテープ（スズキ商店K型）を1-25番までつけます（図11）。ナンバーテープは、トラップの縁のポリエチレンチューブの外枠の部分の網目をつまんで、普通のステープラーで２回止めます。トラップの交換の際はこのナンバーテープを取り外して、もう一度使います。

5.3　回収方法

トラップの内容物は、最低でも月に１回、回収します。花や種子の落下時期を押さえるために月２回ないし、２週間おきに回収してもかまいません。積雪期間はトラップが壊れますので、トラップの設置日と最終の回収日（トラップの撤収日）は各試験地の判断に任せます。いずれにせよトラップの設置日、回収日、最終の回収日（トラップの撤収日）は忘れずに記録しておいてください。

内容物の回収は、紙袋（大昭和製紙サミットバッグ No.14 を使います）。紙袋に試験地名、**日付、トラップ番号**を必ず**黒マジック**で（赤や青のマジックは耐候性がないので不可）書いて、内容物を回収します。風よけに入れたゴルフボール以外、すべて回収します。ミズメの種子など細かな種子があるので、できるだけきれいに回収します。枝も基本的に回収します。トラップにまたがった大枝はトラップの面積にかかるぶんだけ回収します。のこぎりが必要な大枝、持ち帰れないような大枝は回収の対象としません。回収した紙袋は大きなビニール袋に入れて持ち運びます。持ち帰った紙袋はすぐに廊下や棚に広げて風乾しておくとサンプルの腐敗を防ぐことができます。サンプルが雨で濡れている場合は、紙袋のふたをあけるか中身を棚などに広げ、ある程度水分が蒸発した時点で、送風乾燥機（30ー40 度Ｃ以下、一昼夜くらい）で乾燥するとよいでしょう。

5.4　分別・乾燥・秤量方法

乾燥した内容物の風乾重を、一袋分（１トラップ分）ずつ測定します（面倒ですが、作業中サンプルが紛失した場合の保険となります）。その後、白い紙の上に広げ、手で分別します。必ず葉を一枚一枚チェックしながら分別します。分別項目は最低でも葉、枝、繁殖器官（花や種子とその付随器官）、その他（樹皮やこけ、昆虫の糞など）の４項目に分けます。まずこの４項目の乾燥重量を測定します。分別した４分画は、試験地名、**日付、トラップ番号**を必ず鉛筆か**黒マジック**で書いた茶封筒や回収用紙袋に入れ、送風乾燥機で乾燥（70℃、72 時間）し、乾燥重量を量ります。

試験地名	トラップ No.	回収日	全体風乾重（g）	葉絶乾重（ｇ）	枝絶乾重（ｇ）	繁殖器官絶乾重（ｇ）	その他　絶乾重（ｇ）
小川	1	20041015		5.3	10	0.3	1.1
小川	2	20041015					
小川	3	20041015					
小川	4	20041015					
小川	5	20041015					
小川	6	20041015					
小川	7	20041015					
小川	8	20041015					
小川	9	20041015					

繁殖器官のうち種子は、さらに樹種別に分けます。花や種子をさらに細かな項目(充実、虫害の状態など)に分けるかどうかは各試験地にお任せします。データシートの例は以下のものです。その他とは、虫食い、しいな、未熟など、健全種子以外を指しています。

表　トラップ別樹種別の健全種子数と乾燥重量

試験地名	トラップ No.	回収日	樹種名	健全種子数	健全種子 乾燥重量（g）	その他種子数	その他 種子乾燥重量（g）
小川	1	20041014	ブナ	12	5.2	38	4.6
小川	1	20041014	イヌブナ	38	12.3	125	15.6
小川	1	20041014	イタヤカエデ	4	0.6	18	0.9
小川	3	20041014	ブナ	4	2.1	4	1.1
小川	4	20041014	コナラ	5	3.3	18	4.6
小川	5	20041014					
小川	5	20041014					
小川	5	20041014					
小川	6	20041014					
小川	7	20041014					

6.メタデータの記載

調査記録を確実に残すためにデータの元情報の記載をお願いします。

6.1　試験地情報

以下のような試験地情報の記載をお願いします。必要なときに自然研に集約します。

試験地名：　小川試験地

略称（試験地コード）：　OFR

緯度経度：　36° 56´N、140° 35´E

標高：　610ー660 m

面積：　6 ha

形状：　200 m x 300 m

試験地設定年：　1987

試験地管理主体：　森林総合研究所 森林植生研究領域 群落動態研究室

管理者所属：　森林総合研究所 森林植生研究領域 群落動態研究室

管理者氏名：　新山　馨

管理者住所・連絡先：　〒305-8687 茨城県つくば市松の里１　独立行政法人 森林総合研究所 森林植生研究領域 群落動態研究室

Tel：029-873-3211、内線 355

Fax：029-874-3720

E-mail: OFR-ogawa-m@ffpri.affrc.go.jp
成木データ： 1987、1989、1991、1993、1995、1997、2001
稚樹データ： 1987、1988、1989、1990、1992、1994、1996、2000
実生データ： 1988 年より毎年継続調査中
当年実生データ： 1988 年より毎年継続調査中
種子データ： 1987 年より毎年継続調査中
落葉落枝データ： 1987 年より毎年継続調査中
林床植生データ： 1989、1990、2001、2002
地形データ：1986 年測量
GIS 画像データ：あり
環境データ：気温、湿度、降水量、光量子密度（1994- ）、全天写真

6.2　調査記録

　形式は指定しませんが、いつ、どこで、誰が、何の目的で、どのような方法で、何を測定したか（回収したか）を確実に記録しておいてください。関係者ではなく、全くの他人に 50 年後に記録を残すつもりで、誰にでもわかる記述にしてください。

例
2004 年 4 月 15 日　小川試験地　新山・柴田・田中、他２名　モニタリング１０００用　リタートラップ２５個設置

2004 年 5 月 15 日　小川試験地　新山・柴田・田中、他２名　リタートラップの内容物の回収

2004 年 5 月 12 日-16 日　小川試験地　新山・柴田・田中、他Ｎ大学生４名　モニタリング１０００用 1ha プロットの毎木調査終了

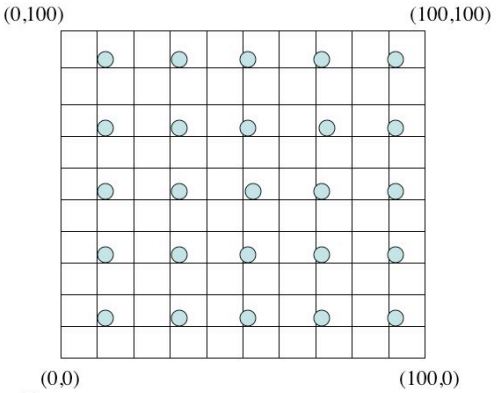


図1

図2

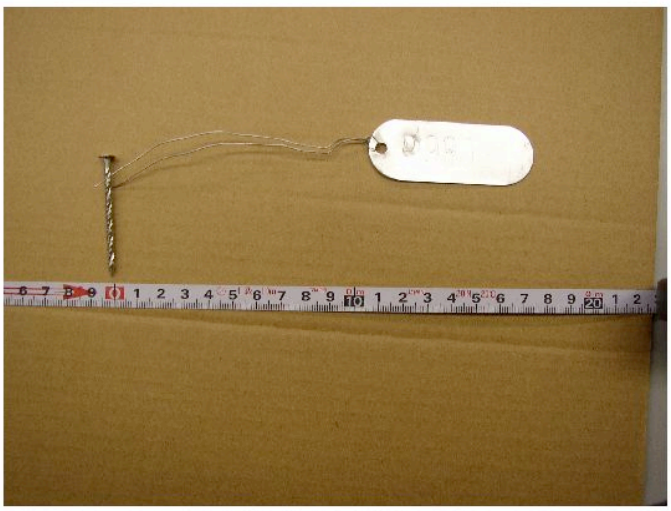


図3

図4

釘
ステンレススクリュー 半
12 X 50
ステンレススクリュー 半

図5

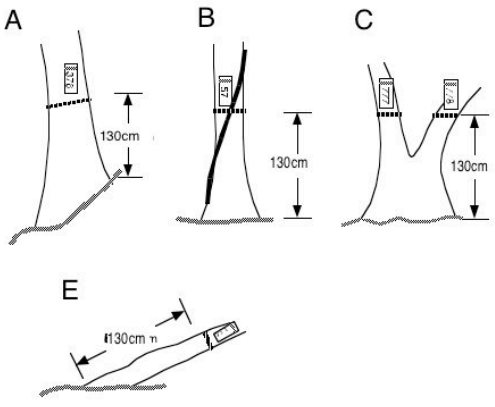

A
130cm
B
130cm
C
130cm
E
130cm

図6

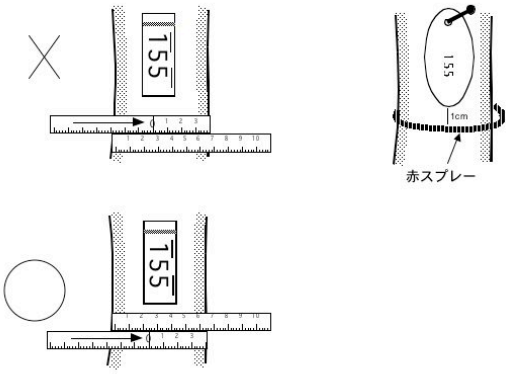


図7

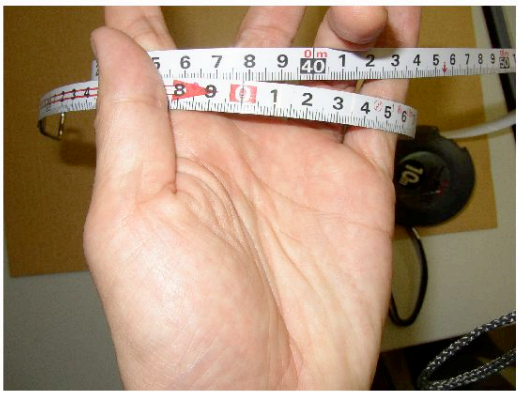


図8

写真　種子生産調査用トラップ

図9

・　受け口0.5m², 高さ約1.3m
・　寒冷紗および塩ビパイプ製

塩ビ支柱の裁断と穴開け

・長さ1.5m　VP16(内径16mm　外径22mm)
・片端を地面に差し込みやすいように先端は斜めにカット
・もう一方の片端から5cmと25cmのところの、２カ所に直径約0.5cmの穴を開け、銅線を通せるようにする。
・2箇所の穴は直交させるようにする。

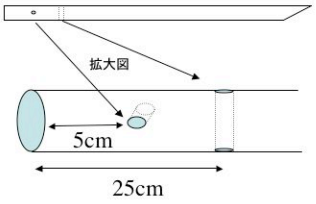


図10

図11

種子トラップ材料と規格

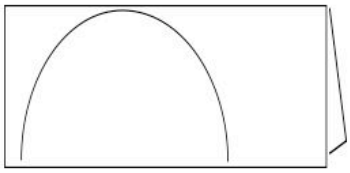
品名	メーカー	規格	品番	トラップ1個に必要な量	購入単位
寒冷紗	ユニチカ	幅1.8m、1mmメッシュ白色	500-K	1m	100m
ミシン糸（トラップネット縫製用）	アイピーダイワ	ビニロン製ミシン糸	#30	適量	1000m
ポリエチレンパイプ （太）	ヤマイチケミカルor池田理化	内径12mm外径16mm		2.5m	100m
ポリエチレンパイプ （細）	ヤマイチケミカルor池田理化	内径9mm外径12mm		0.15m	100m
塩ビパイプ（加工済）	任意	長さ1.5m、内径16mm外径22mm	VP16	1.5m×3本	2本
銅線（支柱とトラップを固定する）	任意	太さ1mm		0.4m×3本	

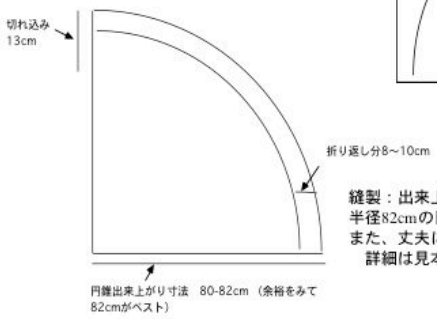
納入業者リスト
（有）エノモト 東京都目黒区下目黒2-16-1　tel03-3492-4343
（株）アイシーエム つくば市大字稲岡字迎山709-16 tel029-837-1897

種子トラップネットの裁断と縫製

受け口0.5平方メートルの種子トラップの完成寸法
　円直径=79.8cm
　円周≒250cm

裁断：幅180cm の寒冷紗を縦半分におり、直径180cmの半円型に裁断。
半円の底部が布端になるようにする。





縫製：出来上がり寸法を漏斗を折りたたんだ時、
半径82cmの円4分の1になるようにする。
また、丈夫にするため、二重縫いする。
　詳細は見本を参照のこと！

モニタリング 1000 森林部門 リター処理簡易マニュアル

Ver.1 更新日　2006 年 08 月 11 日

目次

1. 内容物回収方法
2. 持ち帰った直後の処理
3. 分析方法
   3-1. 内容物の４項目分別
   3-2. 繁殖器官の分別

2006 年 8 月までに集めた修正情報を含め、作ったマニュアルです。このマニュアルを参考に、リターの処理を行なって下さい。**努力目標として、できるだけレベル２（P6 の図１を参照）**までの処理をお願いします。

1. 内容物回収方法

【必要な物】紙袋、ビニール袋、マジック、剪定バサミ

1）最低でも**月に１回は回収**する。花や種子の落下時期を押さえるために月２回、回収してもかまわない。

2）内容物の回収は紙袋（大昭和製紙サミットバック No. 14）で行なう。紙袋には**サイト名、採集西暦年月日、トラップ番号**を必ず黒マジックで記入。

3）トラップ内の内容物はゴルフボール以外すべて回収する（昆虫の糞や微小種子なども）。枝も基本的に回収する（剪定バサミで伐る）。持ち帰れないような大枝は回収の対象としない。

4）回収した紙袋はまとめて一つの大きなビニール袋に入れる。ビニール袋には見やすい場所に**サイト名、採集西暦年月日、実施者名**を黒マジックで記入。

2. 持ち帰った直後の処理

1）持ち帰ったサンプルは、腐敗を防ぐためすぐに廊下や棚に広げて乾かす（約１ヶ月）。

2）サンプルが雨で濡れている場合は、ある程度水分が蒸発した時点で、送風乾燥機（30ー40℃以下、一昼夜くらい）で乾燥させると後の処理が行ないやすい。

3. 分析方法
3-1. 内容物の４項目分別

【必要な物】電子ばかり、バット、封筒、マジック、ピンセット、記録用紙

１）分別項目は、**①葉、②枝、③繁殖器官（花や種子とその付随器官）、④その他（樹皮やこけ、昆虫の糞など）**の４項目に分ける。必ず葉を一枚一枚チェックしながら分別する。トラップ毎に**分別項目、採集西暦年月日、サイト名、トラップ番号**を必ず黒マジックで記入して封筒に入れる。

２）各分別項目の風乾重を測定する（**0.01g 単位**）。風乾重は一袋分（１トラップ分）ずつ測定する。面倒だが、作業サンプルが紛失した場合の保険となる。

３）絶乾重への換算式を作るため、トラップ全てのサンプルを混ぜたのち、一部をサンプリングして送風乾燥機（70℃、72 時間）で乾燥させて絶乾重を測る（**0.01g 単位**）。換算式への努力は各サイトで負担にならない程度（補足１）。季節によって植物の持っている水分含量が違うので、換算式の作成はリター回収日ごとに行なう。**ただし、繁殖器官はすぐには絶乾せず次項（3-2. 繁殖器官の分別）へ**（補足２）。

４）全体風乾重と換算式で計算した各分別項目の絶乾重は表１のように記入する。

補足１）ちなみに小川では、10g から 20g を数セット作りオーブンで乾燥させて、換算式を作っている。

補足２）風乾で作業をするのは、絶乾だと花や未熟種子が著しく変色したり、くっついたり、変形したりで、ソーティング作業が大変になるからである。

表１　トラップ別・内容物の４項目分別

試験地名	トラップ No.	回収日	全体風乾重 (g)	葉絶乾重 (g)	枝絶乾重 (g)	繁殖期間絶乾重 (g)	その他 絶乾重 (g)
苫小牧	1	20060710	26.02	15.05	6.03	2.14	2.8
苫小牧	2	20060710	24.09	13.07	9.08	0.6	1.34
苫小牧	3	20060710					
苫小牧	4	20060710					
苫小牧	5	20060710					
苫小牧	6	20060710					
苫小牧	7	20060710					

3-2. 繁殖器官の分別

【必要な物】電子ばかり、バット、封筒、マジック、ピンセット、カウンター、記録用紙

1）繁殖器官のうち種子に関しては、**できるだけレベル２**（努力目標：図１）まで処理する。主要樹種または毎木出現樹種を対象に樹種別に種子を分ける。

2）種子をさらに細かな項目（充実、虫害の状態など）に分けるかは各試験地に任せる。最低限、健全種子とそれ以外種子に分けるだけでもよい。

3）各樹種の種子数をカウント、送風乾燥機（70℃、72 時間）で乾燥させて絶乾重を測り（**0.01g 単位**）、表２のように記入。

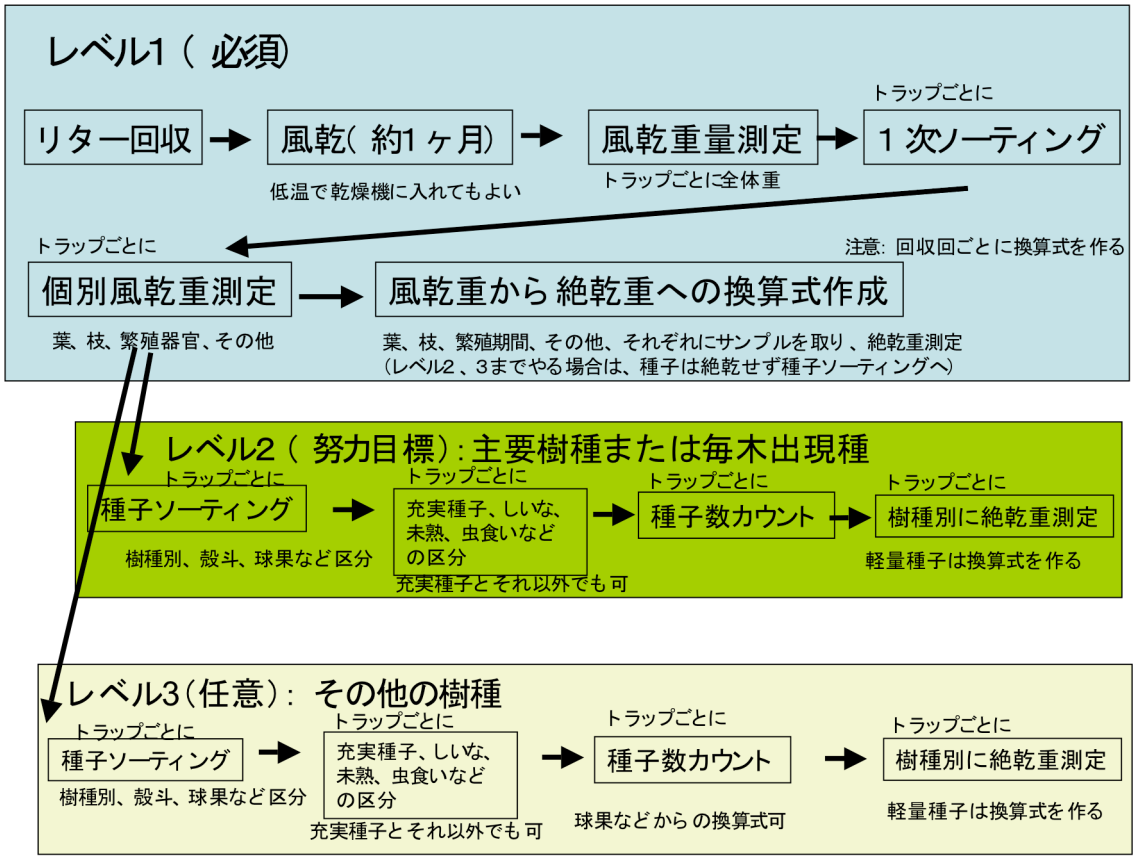
4）繁殖器官の換算式を作るため、一部をサンプリングして送風乾燥機（70℃、72 時間）で乾燥させ絶乾重を測る。換算式を用いて各トラップの繁殖器官の絶乾重を算出し、表１に記入。

5）すでに種子情報の蓄積のあるサイトでは、レベル３（任意：図１）まで種子を分別してもらい、種子数と絶乾重を測る。

表２　トラップ別・樹木別の健全種子とその他種子

試験地名	トラップ No.	回収日	樹種名	健全種子数	健全種子 乾燥重量 (g)	その他種子数	その他 種子乾燥重量 (g)
苫小牧	1	20060710	ブナ	12	5.2	38	4.6
苫小牧	2	20060710	イヌブナ	38	12.3	125	15.6
苫小牧	3	20060710	イタヤカエデ	4	0.6	18	0.9
苫小牧	4	20060710	ブナ	4	2.1	4	1.1
苫小牧	5	20060710	コナラ	5	3.3	18	4.6
苫小牧	6	20060710					
苫小牧	7	20060710					
苫小牧	8	20060710					
苫小牧	9	20060710					
苫小牧	10	20060710					
苫小牧	11	20060710					

図1　リター処理の流れ


レベル1（ 必須）
リター回収
風乾（ 約1ヶ月）
低温で乾燥機に入れてもよい
風乾重量測定
トラップごとに全体重
トラップごとに
１次ソーティング
注意: 回収回ごとに換算式を作る
トラップごとに
個別風乾重測定
葉、枝、繁殖器官、その他
風乾重から絶乾重への換算式作成
葉、枝、繁殖期間、その他、それぞれにサンプルを取り、絶乾重測定
（レベル2、3までやる場合は、種子は絶乾せず種子ソーティングへ）
レベル2（ 努力目標）: 主要樹種または毎木出現種
トラップごとに
種子ソーティング
樹種別、殻斗、球果など区分
トラップごとに
充実種子、しいな、未熟、虫食いなどの区分
充実種子とそれ以外でも可
トラップごとに
種子数カウント
トラップごとに
樹種別に絶乾重測定
軽量種子は換算式を作る
レベル3（任意）: その他の樹種
トラップごとに
種子ソーティング
樹種別、殻斗、球果など区分
トラップごとに
充実種子、しいな、未熟、虫食いなどの区分
充実種子とそれ以外でも可
トラップごとに
種子数カウント
球果などからの換算式可
トラップごとに
樹種別に絶乾重測定
軽量種子は換算式を作る

モニタリング 1000 森林分野

ピットフォール調査マニュアル 〔第 1 版〕

更新日；2006 年 7 月 5 日

作成；豊田鮎（atoyota@fsc.hokudai.ac.jp）
北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
苫小牧研究林
〒053-0035　北海道苫小牧市字高丘
Tel: 0144-33-2171，Fax: 0144-33-2173

1. はじめに

昆虫類は地球上の生物多様性の主要な構成要素であり、生態系において重要な機能を担っている。しかしながら、種数が膨大であり、また個体サイズが小さいため、種レベルでの調査には困難が伴う。森林生態系の長期動態を検討するために植物のみでなく昆虫類の調査はモニタリング 1000 プロジェクトにおいて不可欠であるが、調査実施には分類群レベルでの検討が可能であると同時に重要な生態機能を有するグループを対象とする必要がある。そこで、本プロジェクトでは、このようなグループとして地表徘徊性甲虫類を選出し、ピットフォールトラップ法による調査を実施している。ピットフォールトラップでは多様な地表徘徊性の無脊椎動物が採集され、そのうち甲虫類では、オサムシ科，シデムシ科，およびハネカクシ科が優占している。これらの科に属する甲虫類の多くは、飛翔性を失っており移動範囲が狭く、生息域の林床環境に敏感に応答するので環境指標生物として注目されている。

地表徘徊性甲虫類は落葉が堆積した森林の林床を生息場所とし、多様な種が生息している。このような多種がどのように共存して、多様性が決まっているのかを明らかにすることは、生物の保全や生態系の管理を行う上で不可欠である。本調査では、甲虫類の生息が落葉および土壌環境と、落葉の消失過程に制限されると考え、落葉層や土壌の質および分解のプロセスを測定している。地表徘徊性甲虫類は季節によって出現種が異なるので、調査は各季節にわたり年間を通して 4 回行っている。

補足）このマニュアルは、モニタリング 1000 森林サイト甲虫調査のためのマニュアルです。ただし，ここにある方法が最善ではなく，皆様のご意見を取り入れ，簡便かつ長期的に実施できるものにする予定です。さらに意義のあるデータの蓄積のために，甲虫群集動態ならびに環境要因との相互関係の解明によって，将来の甲虫類の多様性の長期動態予測を目指しています。

2. 調査方法

2. 1. ピットフォールの設置

ピットフォールトラップ法とは、林床に落とし穴状のトラップを設置し、
そこに落ちた動物を採取する方法である。捕獲個体数は動物の活動性に依存する。
トラップには苫小牧研究林から送付されるポリプロピレン容器（口径 90mm）を用いる。
1 プロットにつき 20 個のトラップ容器を送付する。

以下に調査手順を示す。

（1）各サイトで定めた森林プロット枠内に 15m～20m間隔で無作為に 5 地点選ぶ。

（2）1 地点に 4 個のトラップを設置する（図 1）。
1 プロット内のトラップ総数は 20 個となる。

（3）トラップの埋設は、まず地表の落葉層を 100cm^2 ほどの範囲で除き、
小型スコップを用いて地面に深さ 15cm ほどの穴を掘る（図 2）。

（4） 地表面に水平の凹凸があると小型の甲虫の歩行に障害となりよって落下しにくくなるので、トラップの上端が地面から突き出ないように充分に留意して埋める。

（5）トラップ周囲の環境は、林床環境と大きく異ならないようにトラップを埋設した後に地表面を落葉落枝層で覆う（図 3）。

（6）降雨時には昆虫類の活動性が低下するので、なるべく雨天日の調査を避ける。

（7）調査時間は 72 時間行う。

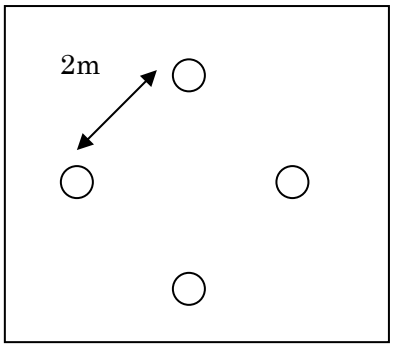


図 1. 各地点のトラップの配置図

図 2.トラップを埋設するための穴.

図 3. トラップ容器を埋設した林床の状態.

2. 2. サンプルの採取

【1】甲虫類の採取

ピットフォールで得られた甲虫類および、その他の動物の採取および作業手順を以下に示す。

（1）ピットフォールトラップの蓋を開け、72 時間放置する（ピットフォールトラップには蓋がついており、調査を行わない期間中は蓋をすることができる）。

（2）72 時間後にトラップ内に落下している甲虫類、クモ類およびその他の動物を回収する。

（3）回収は、1 地点に埋設した 4 個のトラップの中身をまとめて一つの回収容器に入れる（1 プロットにつき 5 地点あるので、回収には 5 つの回収容器が必要となる）。
回収容器は、酢酸エチルを封入しており、薬品が揮発する恐れがあるので回収時以外は蓋を開放けないようにする。酢酸エチルには、回収した甲虫類を死体とし防腐する効果があるので、回収後にも回収容器の蓋をしっかりと閉める。また、酢酸エチルは加水分解されるので、降雨によってトラップに水が溜まった場合、回収容器内に水を入れないように注意する。

（4）トラップ内容物のうち、落葉や石などの異物は、取り除く。
（5） 回収容器に貼ってあるラベルに、回収した日時を記入する。
（6）調査票（Excel ファイル）に調査概要、地点ごとの植被率および落葉堆積量の厚さ、天候を記入する（2.3 参照）。
（7）調査終了後、速やかに採取したサンプルを苫小牧研究林に郵送する。
（8）郵送時に、必要事項を入力した調査票（Excel ファイル）を作業報告（何日にサンプルを郵送したか、備考など）と併せてメールにて苫小牧研究林の豊田宛に添付する。
（9）気温などの気象データの抽出に時間がかかる場合は、調査票の該当部分は空欄とし、年度末までに、すべての項目が入力されたファイルをプロットごとに豊田宛に添付する。

【2】甲虫以外のサンプルの採取

原則として毎年 9 月に林床環境の動態を把握するために、トラップ埋設の地点ごとに、落葉層と土壌を採取する。以下にその手順を示す。

（1）25cm×25cm の落葉落枝層を採取する（1 プロットにつき 5 地点あるので 5 サンプル採取する）。
（2）落葉落枝層の採取の際、土壌粒子や礫が混入しないように留意し、封筒に入れる。
（3）採取した落葉落枝層の直下の土壌を 100cc 採土円筒を用いて採取する（落葉落枝層のサンプルと同じく 1 プロットにつき 5 サンプル）。
（4）採土円筒で採取した土壌は、ビニール袋に入れて持ち帰った後、それぞれ封筒に移す。
（5）封筒には、採取日、調査プロット名、地点番号（1～5）を必ず明記する。
（6）落葉落枝、土壌を入れた封筒をそれぞれ 80℃以下の送風乾燥機に入れ、48 時間以上、乾燥させる。乾燥した落葉落枝および土壌を苫小牧研究林の豊田宛に郵送する。

2. 3. 調査票の記入方法

調査票の Excel ファイルは、豊田よりメールにて送付する。サイト情報を冒頭のシートに入力し、プロットごとに、その年の調査回数分のシートを作成して、必要事項を入力する。
甲虫の調査を行うごとに、以下の項目を記入する。

（1） 調査プロット名（サイト名）
（2） 調査を行った期間
（3） 実施期間中の天候
（4） 調査者

（5）　積算降水量（ピットフォールトラップ開放時間（72 時間）内の積算値を記す)。
（6）　最高・最低気温（ピットフォール開放時間（72 時間）内の最高および最低気温を記す。）
（7）　各プロットの草本層の植被率（地上高 60cm 以下のものを草本層とする。低木類や高木性木本類の実生・稚樹およびササ類を含む。）
（8）　落葉落枝層（A_0層）の厚さ（土壌層（A 層）から落葉落枝層の表面までの垂直高を 1mm 刻みで測定する。プロットの各地点（計 5 地点）のトラップ埋設場所の周囲 5m 四方の範囲で、5 箇所の測定を行う。

草本層の植被率は、トラップ埋設場所の周囲 5m 四方の範囲で、概観によって調査者が判断する。植被率の測定例を図 4 に示す。

a)

b)

図 4. 林床の草本層の植被率．a) 65%,　b) 10%.

2. 4. 調査時期およびサンプルの所蔵

調査は、甲虫の活動性の高い 5 月～10 月に年 4 回行う。調査は、最低 1 ヶ月の間隔をおいて実施する。送付したトラップ容器は各サイトで保管し、甲虫類の回収容器はサンプリング時に苫小牧研究林から郵送する。採取した甲虫や採取した土壌および落葉落枝は苫小牧研究林に送付する。苫小牧研究林ではサンプルが到着後、甲虫標本については展足した後、科レベルに分けてピンニングし、標本箱に収蔵する。全ての標本は科レベルで同定し、個体数とバイオマス量を算出する。その後、可能な限り種レベルの同定を行う。土壌および落葉落枝層については全炭素、全窒素量の分析を行う。苫小牧研究林で同定が終了し、最終的に採取地域、採取者、種名のラベルとともにピンニングされた甲虫標本については、データベースを作成後に原則として生物多様性センターに所蔵し、一部を苫小牧研究林および北大総合博物館に所蔵する。また、希望に応じて各サイトが所蔵することも可能である。

2. 5. 調査記録

いつ、どこで、誰が、何の目的で、どのような方法で、何を測定したかを長期にわたり明らかにするために調査記録の作成を行う。

調査記録は、Excel ファイルに次の 5 点を各列に区分して記入する。
（1）調査日
（2）調査場所（サイト名）
（3）調査者
（4）調査内容

調査記録は次の作業を行うたびに、随時記入する。
（1）ピットフォール開始（甲虫の調査の開始）
（2）ピットフォール終了（甲虫の回収）
（3）落葉落枝層の採取（９月のみ）
（4）土壌の採取（９月のみ）
（5）フィルターの埋設
（6）フィルターの回収

一年分の調査記録を 12 月に豊田までファイルを送付する。

セルロースフィルター埋設および回収マニュアル

更新日；2007 年 4 月 26 日

原案作成者；豊田鮎（atoyota@fsc.hokudai.ac.jp）
北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
苫小牧研究林
〒053-0035　北海道苫小牧市字高丘
Tel: 0144-33-2171，Fax: 0144-33-2173

はじめに

森林生態系は、1997 年に採択された京都議定書において二酸化炭素の主要な吸収源として地球温暖化抑制への貢献が高く評価されている。森林の樹木は二酸化炭素（CO_2）を吸収し、ここから得られる炭素を使って、葉を作り出す。虫などに食べられてしまう葉もあるが、多くの葉は枯れて、林床へ供給される。この落ち葉は、微生物、ミミズやダンゴムシなどの土壌に生息する動物が様々な形で消費することで、分解されていく。この分解が進む過程で、大量の二酸化炭素が大気中に放出される。このように森林生態系では、二酸化炭素が吸収される一方で、放出も行われている。

つまり、いったいどれくらいの量の葉が生産され、落葉として林床に落ちて分解されているのか、また、どれくらいのスピードで分解が進んでいくのか、を捉えることで、二酸化炭素が森林生態系の中に保持される量を認識することが可能となる。

このような森林の分解という働きは、地域によって分解される量やスピードが大きく異なる。これは、気温や土壌の状態、分解を促す生物の種類が異なるためであると考えられる。そのため、分解されていく過程を各地域で調査し、長期的なデータを集めることで、温暖化などの環境変化によって、どのような変化が生じているのかを把握することができる。さらに、各地域から集められたデータは、将来の環境予測にも役に立つ。

そこで、林床の有機物の分解過程を全国のコアサイトで一律に測定するために分解試験を行う。樹種の違いは、落葉の堅さや含まれる成分の変化をもたらすため、分解の進行具合にも影響を及ぼす。そこで、全国での試験の条件を統一するために、葉の主成分であるセルロースの紙（セルロースフィルター）を用いる。調査は、活発な分解が行われる落ち葉が堆積している落葉層とそのすぐ下の土壌層で、それぞれ行う。

調査方法

予め、ラベルをつけて重量を測定したフィルターを送付するので、このフィルターを一定期間、土壌に埋める。決められた時間が経過したら、埋設したフィルターを取り出し、担当者（豊田）へ送付する。担当者は送られてきたフィルターの重量を測定し、土壌中に埋設されていた期間中の重量減少量を測定する。初期のフィルターの重量と減少した分の重量から、有機物の分解率を算出する。

セルロースフィルターは、埋設を年２回行い、回収を年６回行う。以下に、それぞれの作業の手順を示す。

1. フィルターの埋設

1. 1. 実施期間

5 月下旬と 7 月下旬ごろの年 2 回

1. 2. 必要な道具

【苫小牧から送付するもの】

- セルロースフィルター（120 枚）
- 針金
- 金網

【各サイトで準備していただくもの】

- 根掘り（シャベルなどでも可）
- ピンクテープ
- マジック

1. 3. 事前準備

（１） フィルターはセルロース面（紙の面）と樹脂面（ビニールの面）がある。
樹脂面にサイト記号、落葉層（L ; Litter）と土壌層（S ; Soil）を示す記号 **L** と **S**、地点番号（1～5）および回収順序（1～6）があらかじめ書いてある。

例）

AY
L 1 -1-2

AY→サイト記号
L→層別記号（落葉層）、１→埋設番号、1→地点番号、2→回収順序

（２） 落葉（L）と土壌（S）のフィルターは、同じ地点番号と回収番号のものを 1 セットとし、2 セット（例えば L2-1、S2-1 と L2-2、S2-2 の計 4 枚）を 1 箇所分とする。つまり、1 箇所分は L が 2 枚、S が 2 枚の計 4 枚である。

（３） 同じ地点番号の 3 箇所分を（①回収順序 1～2、②回収順序 3～4、③回収順序 5～6）を 1 組とし、5 地点分の 5 組に区分する（図 1）。
地点番号によって、それぞれの 5 組に区分される。

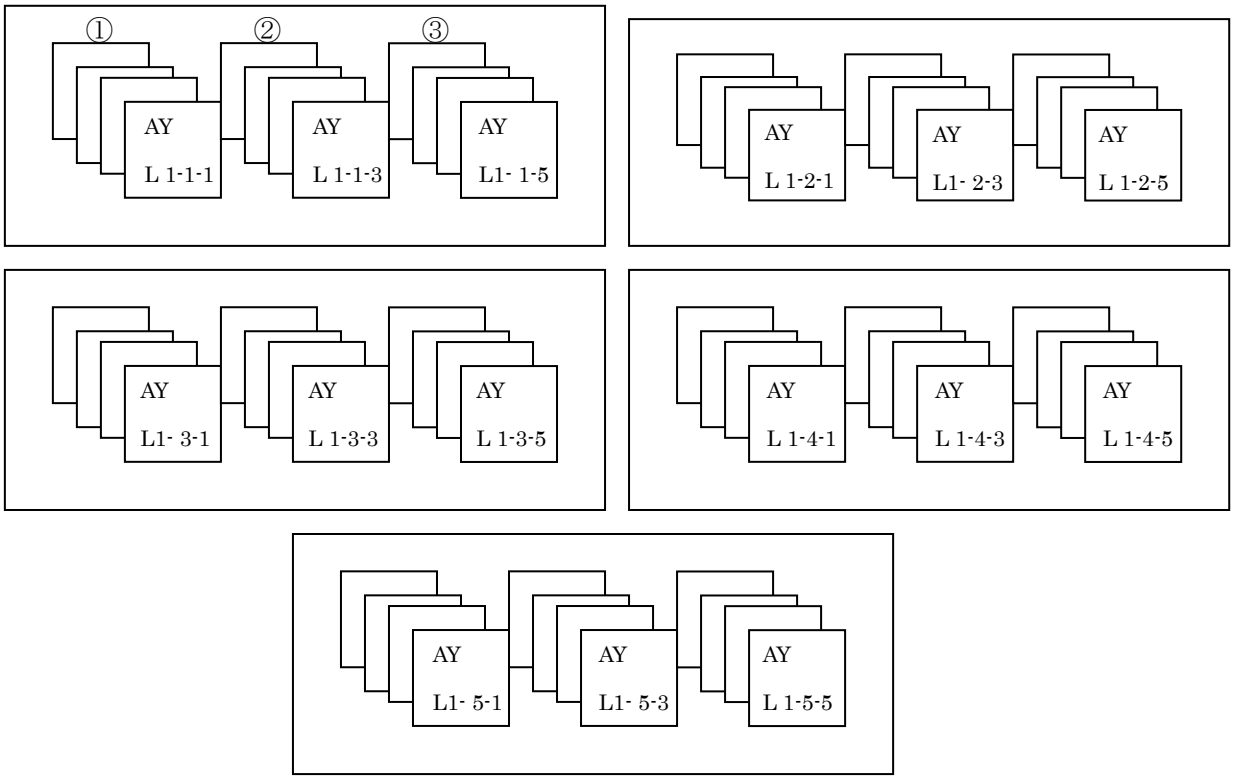


図 1. 設置する地点ごとのフィルターの区分（L と S の各 2 枚）

1. 4. 野外での作業

（1） ピットフォールトラップの埋設した地点の周囲で、土壌の安定している平坦な地形の林床を埋設地点として選定する。

（2） 落葉のフィルターは、同じ地点番号と回収番号のものを 1 セットとして、2 セット（セットの組み合わせは、回収番号 1 と 2，3 と 4，5 と 6）を 1 箇所に設置する（図 2）。

（3） 層別記号が S（Soil）と書いてあるフィルターは、土壌層での分解速度を測定するために用いる。特に、土壌における微生物による分解量の測定を目的とする。
埋設時に林床表面の落葉を取り除き、土が露出した状態にする。根堀り等を用いて、垂直に深さ 5cm 程度の切り込みを作成する。作成した切り込みの隙間にフィルターを差し込む。この時、フィルターが土壌表面から突出しないように、フィルターの上端が土壌表面と同じ高さになるように差し込む。差し込んだ後に土壌とフィルターの間の隙間がなくなるように、両手で土壌を切り込みの両サイドから押し付ける。こうすることで、土壌とフィルターの間に隙間がなくなる。できるだけ切り込みの幅を薄くする（フィルターが入る程度）ことで、隙間を埋めるのが簡単になる。

（4） 層別記号が L（Litter）と書いてあるフィルターは、落葉層での分解速度を測定するために用いる。特に、地上を徘徊する昆虫類による分解量の測定が目的である。先ほどと同様に、林床表面の落葉を取り除き、土を露出させる。サイト記号や、層別番号が書いてある樹脂面（ビニール面：分解されない面）を下にして、露出した土壌の上に水平に置く。上面がセルロース面（紙の面：分解される部分）になっていることを確認したら、最初に取り除いた落葉をセルロースフィルターの上に被せる。この落葉層に設置するフィルター（L）は、土壌のフィルターを差し込んだ切り込みの近くに置く。ただし、切り込みを塞いでしまわないように注意する（図２）。

（5） 土壌と落葉のフィルターは、同じ地点番号と回収番号のものを 1 セットとして、2 セット（例えば 1-1-1 と 1-1-2）を 1 箇所に設置します（図 1）。2 セットのフィルター（計 4 枚）を 15cm 四方の範囲で設置した後、フィルターの上部に落葉層をのせて、金網を用いて落葉層の上部を覆う（図 2）。

（6） 4 本の針金を U 字型に曲げ、金網の 4 隅に土壌に垂直に突き挿す。ここで、金網が固定されるように土壌の安定した部分に針金を挿すようにする。林床から落葉およびフィルターが流亡しないようにする。

（7） それぞれの 1～5 のトラップ地点に、2 セットのフィルターを 3 箇所（①1-2、②3-4、③5-6）埋設し、網の上に回収番号（①～③）をピンクテープ等で、回収時に区別できるように示しておく。

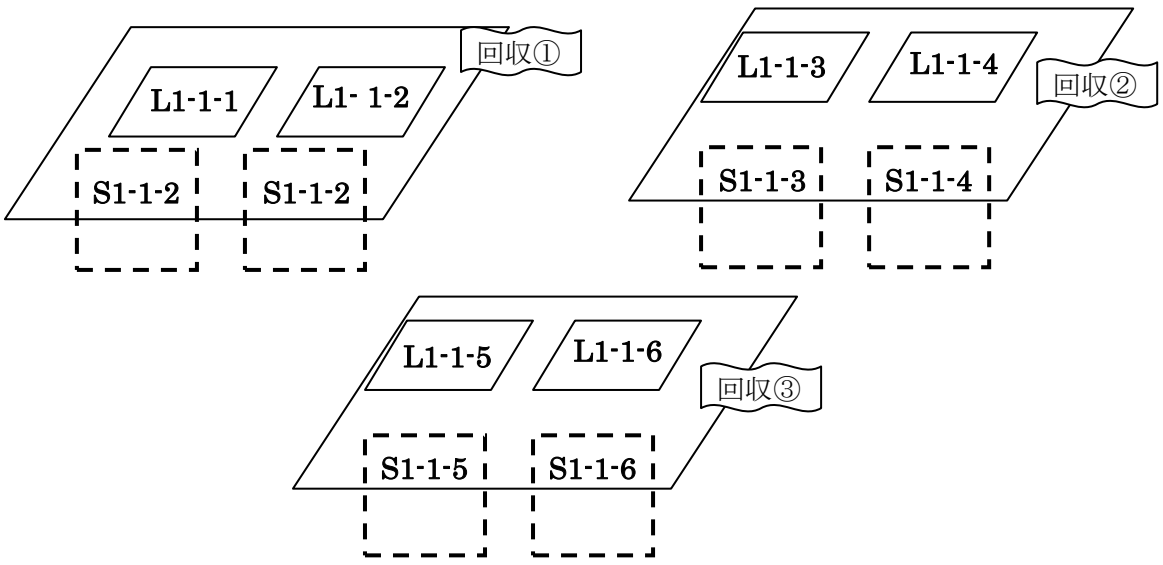


図 2. 地点１の林床にフィルターを埋設した状態.

２．回収手順

2. 1. 実施期間

6 月～10 月の年 6 回(下記、3. **調査時期のスケジュール**を参照)

2. 2. 必要な道具

【各サイトで準備していただくもの】

- 回収用のビニール袋
- 回収後の乾燥用の封筒

2. 3. 野外作業

（1）埋設した日から 30 日後に、網の番号①の下にあるフィルター4 枚を、それぞれ 5 つの地点から回収します（計 20 枚)。1 回目の回収では、回収番号 1 と 2 を同時に回収します。45 日後には網番号②の回収番号 3 と 4 を、60 日後には網番号③の回収番号 5 と 6 のフィルターを回収する。

（2）一回に 1 地点で回収するフィルターは、一枚の網の下に埋設した落葉層（L）の 2 枚、土壌層（S）の 2 枚の計 4 枚であり、地点ごとに分けて、ビニール袋に入れる。

（3）フィルターは、回収後、直ちに送風乾燥機を用いて 60℃で 48 時間、乾燥させる。湿ったままで長時間、放置しないように留意する。乾燥させたフィルターは紙封筒に入れて苫小牧に郵送する。乾燥を行っていれば、すぐに次の処理を行わなくても構わないので苫小牧への郵送は、30 日後、45 日後、60 日後に回収した分を併せて郵送する。

※ 送風乾燥機を所持していないサイトは豊田までご相談ください。

３．調査時期と作業内容のスケジュール

フィルターの埋設と回収の時期を以下に示します。

調査時期	埋設日	30 日後	45 日後	60 日後, 埋設日	30 日後	45 日後	60 日後
設置(埋設)	●			●			
回収		①	②	③	①	②	③

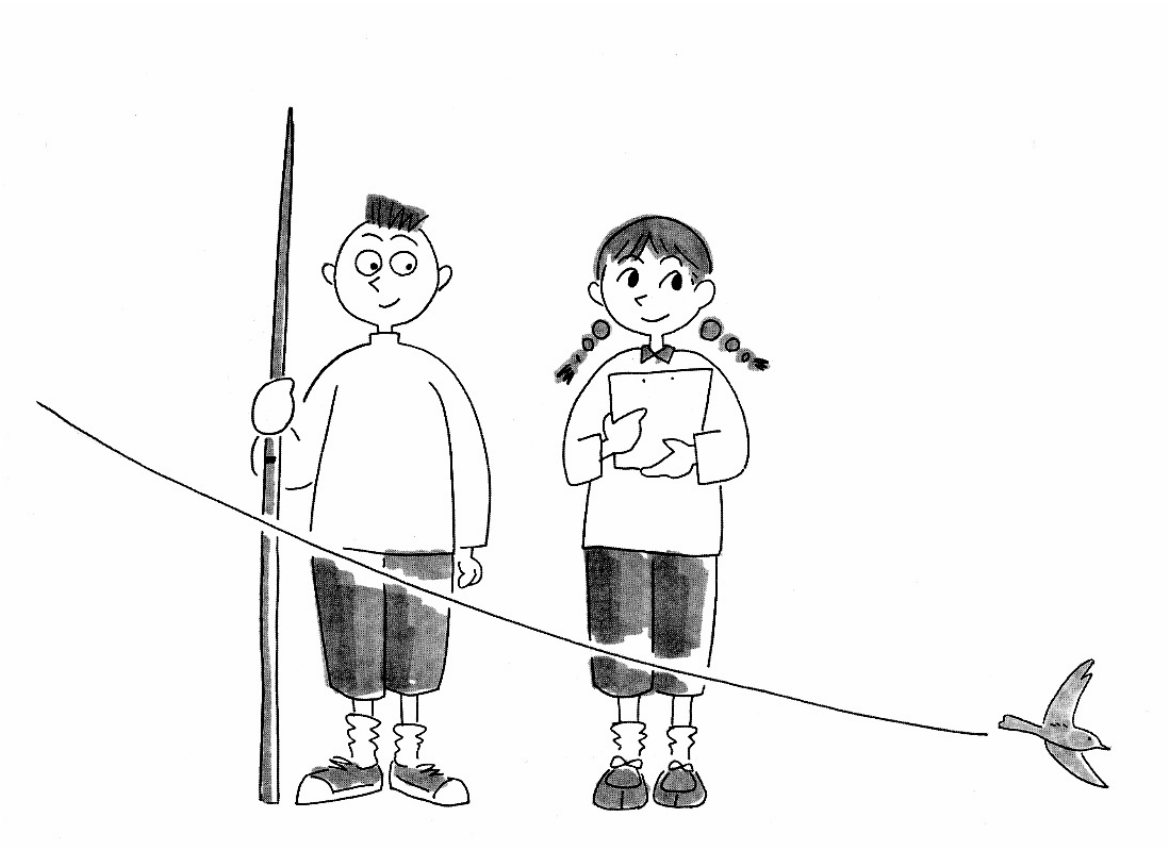
回収したフィルター（60 枚）を苫小牧に送付

回収したフィルター(60 枚)を苫小牧に送付

モニタリングサイト1000

森林・草原の
鳥類調査ガイドブック

（2006年3月改訂版）



環境省自然環境局生物多様性センター
（財）日本野鳥の会

もくじ

1
調査を始める前に
調査の流れ・・・2
調査のための準備・・・3
調査がおわったら・・・5

2
調査のおこないかた
環境全体のしらべかた・・・8
鳥の種と数のしらべかた・・・10

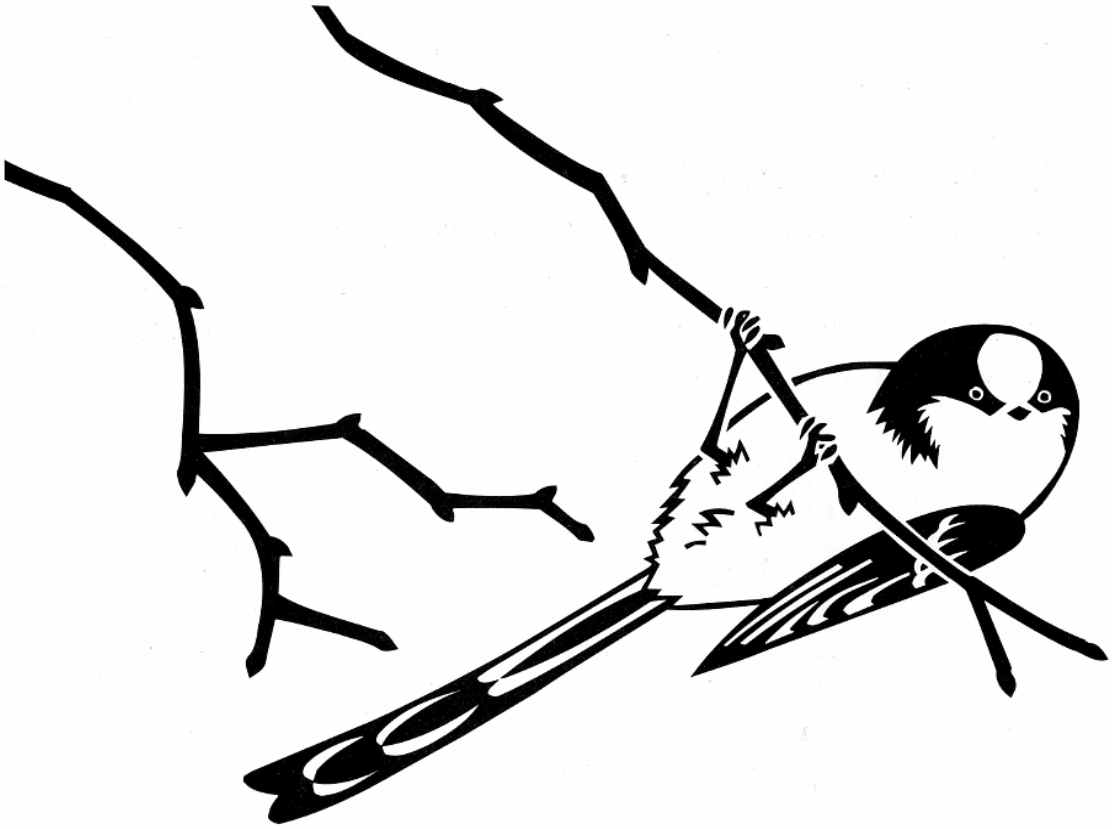
調査方法をよくお読み下さい

この調査では、鳥類の個体数密度を調べるために適した調査方法を使用しています。その場所にいる鳥類をすべて記録するための調査方法ではありませんので、普段いるはずの種を観察できなくても、分析に影響はありません。しかしコース距離や調査回数などが異なってしまうと、他のコースとの比較ができなくなりますので、このガイドブックの調査方法に沿って調査をして下さるようお願いいたします。もし積雪などにより、６回の踏査や１ｋｍ区間の歩行が難しい場合には、調査を次年度に延期して下さい。

1

調査をはじめる前に

調査用紙等が届いてからのモニタリングサイト1000・森林と草原の鳥類調査の流れを説明します。調査を行なうためにはいくつかの準備が必要です。調査が終わった後には、調査用紙の返送をお願いします。



調査の流れ

森林・草原の鳥類調査は以下のような流れで行ないます。

調査用紙、地図、調査ガイドが届く

↓

調査のための準備をする

↓

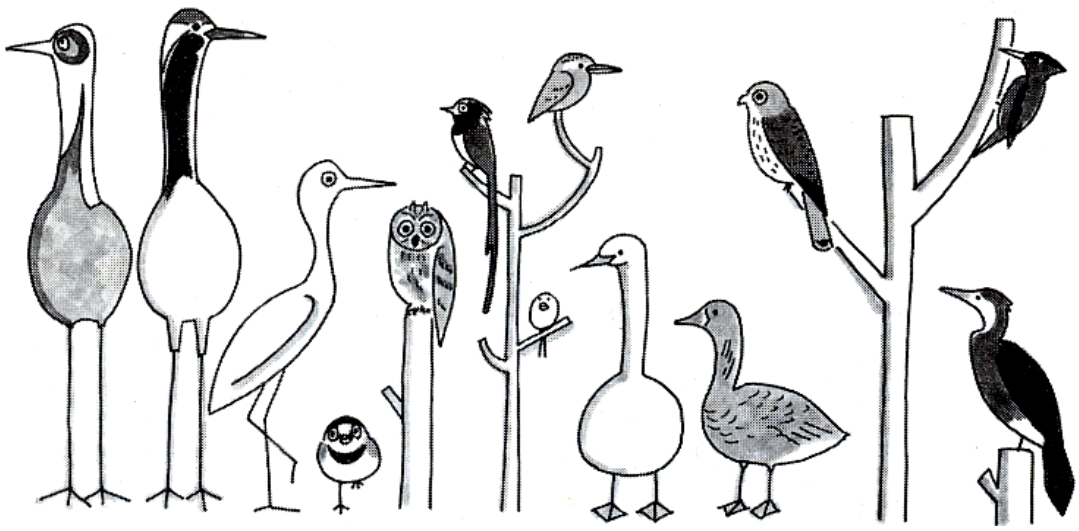
調査を行なう

↓

調査用紙を返送する

↓

結果の検討・公開



調査のための準備

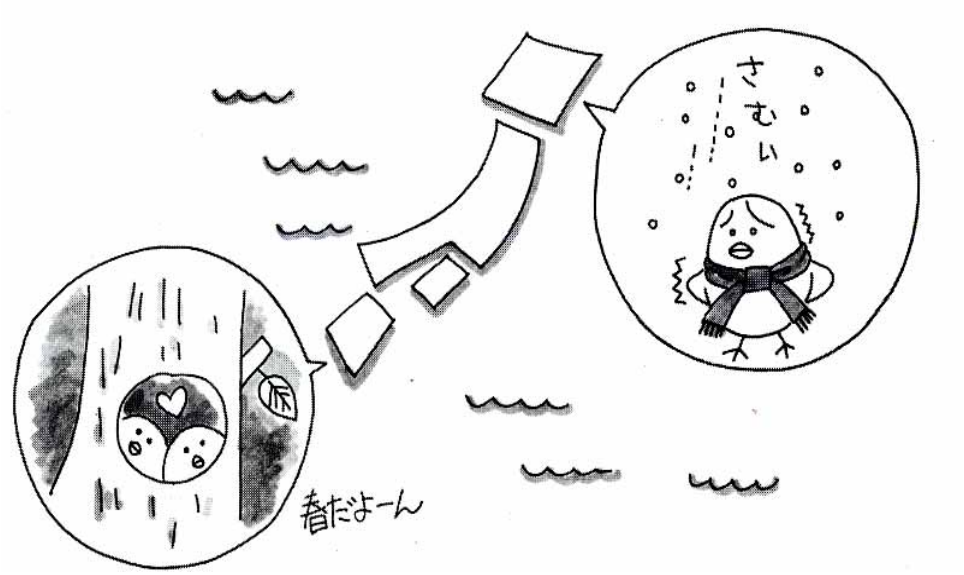
▼調査日時の設定

調査は、さえずりがさかんな繁殖の前期と最盛期に１日ずつ計2日、越冬期には冬鳥が揃ってから２週間以上の間隔を開けて２日行ないます。日本は南北にも東西にも細長いので、地域によって調査に適した日時が違ってきます。特に繁殖期はさえずりの盛んな時間帯が限られますので、下記の日時設定を参考にしながら各地の実情にあわせた調査日時を設定してください。越冬期は、全国で12月中旬から２月中旬までの午前11時までに実施すればよいでしょう。なお、この調査は調査地で繁殖している鳥の個体数密度を調べることを目的にしていますので、留鳥が繁殖している時期であっても、渡り鳥の通過個体が多い時期は避けて調査を行って下さい。

■各地の調査時期の目安

あくまで目安ですので、調査地の事情に合わせて時期や時刻を変更していただいて構いません。（例．エゾハルゼミが鳴く地域は調査時刻を早めるなど。）

地域	繁殖期		越冬期	
	時期	時刻	時期	時刻
南西	4〜5月	6：00〜9：00	12月中旬〜2月中旬	8：00〜11：00
近畿以西	5月下旬〜6月	5：00〜8：30	12月中旬〜2月中旬	8：00〜11：00
本州中部〜東北	5月下旬〜6月	4：00〜8：00	12月中旬〜2月中旬	8：00〜11：00
北海道	6〜7月上旬	4：00〜8：00	12月中旬〜2月中旬	8：00〜11：00



▼調査用紙とガイド、地図の準備

■調査用紙

専用の調査用紙と地図を用意しています。調査コースの情報、調査地の地図、鳥の種と数の調査の記録用紙、調査地の写真、調査に関する備考と連絡事項の５種類の用紙をお送りします。調査に必要な枚数は下の表を目安にしてください。また、調査員１人につき調査ガイドを（この冊子）を１冊ずつ用意しています。

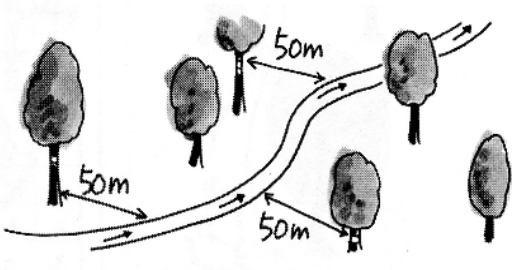
■１コースの調査に必要な調査用紙の枚数（下表は繁殖期の調査の目安）

調査用紙	枚数
調査コースの情報	1枚
調査地の地図	1枚
鳥の種と数の調査　記録用紙	8～12枚
調査地の写真　貼付用紙	4枚
調査に関する備考と連絡事項	1枚

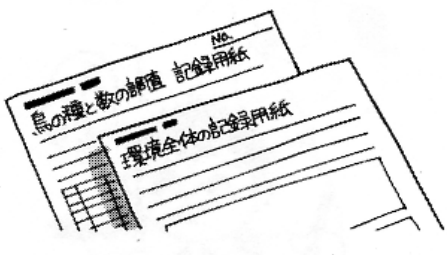
▼調査地での準備

１．調査するコースの下見をする（道をまちがえないように）
２．スタート地点とゴール地点をはっきりさせる（できればテープ等で目印をつける）

３．調査コースから両側それぞれ50m幅（調査範囲）の距離感を身につける（ところどころに目印をつけておくなど）



４．２人以上で実施する場合は、記録係を決める



５．時速２kmで歩く練習をする

調査がおわったら

調査が終わったら、調査用紙を日本野鳥の会自然保護室に返送してください。

■返送する調査用紙

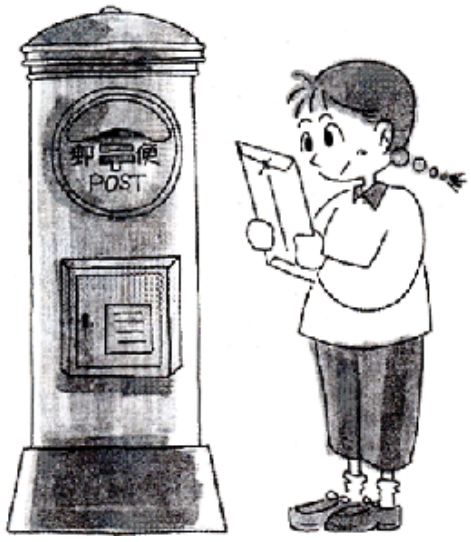
調査用紙	返送の必要
調査コースの情報	有
調査地の地図	※1
鳥の種と数の調査　記録用紙	有
調査地の写真　貼付用紙	有
調査に関する備考と連絡事項	※2

※１「調査地の地図」は、コースを決めるときに一度お送りいただければそれ以降は返送する必要はありません。ただし、コースの修正があった際にはお送り下さい。

※２「調査に関する備考と連絡事項」は、特に記載事項がなければ返送の必要はありません。

■返送先

〒191-0041　東京都日野市南平2-35-2　日本野鳥の会自然保護室　モニタリング担当



2

調査のおこないかた

モニタリングサイト1000・森林と草原の鳥類調査では、環境の調査と鳥の種と数の調査をおこないます。それぞれの調査方法や調査用紙への記入例などについて説明します。

環境全体のしらべかた

調査地の地形や植生など、環境全体の特徴を記録します。

■調査に必要な物
地図、調査用紙の「1.調査コースの情報」と「３.調査地の写真貼付用紙」、カメラ、筆記用具

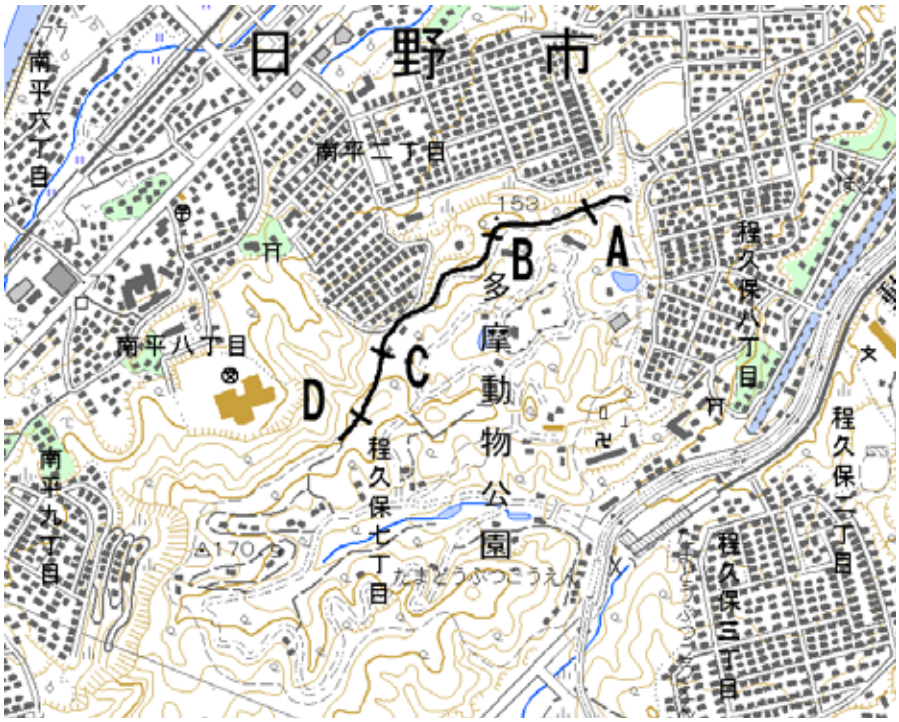
▼調査の要領

１．調査用紙「1.調査コースの情報」への記入
毎回記録する項目と、繁殖期・越冬期のいずれかに1回記録する項目があり、詳細は調査用紙「1.調査コースの情報」に書かれています（次ページの記入例を参照）。

２．調査コースの写真撮影
・繁殖期と越冬期の両方に、調査コースの植生を代表するような４地点（A、B、C、D）で写真を撮影する。

・毎回同じ地点で撮影する。

・初回調査時とコース修正時は、写真撮影した4地点を地図に記入する。（下図を参照）



▼調査用紙の記入例

1.調査コースの情報　※は毎回、それ以外は初回調査時に記入して下さい。

※ 調査コース名　多摩動物公園裏手
（送付した地図に書いていない場合は名前をつけて下さい。）

※ 調査コース番号　999
（送付した地図にある番号を記入。）

※ 調査代表者　野原つぐみ

※ 調査参加者　森野かけす、畑野スズメ

調査コースの住所　東京　(都)道府県　日野　(市)町村郡　南平

コース情報（繁殖期または越冬期のいずれかに1回記入。変更があった際にも記入。）

環　境（一方を選択）	(森林)，草原
地　勢（１つ選択）	山岳 ，盆地 ，(丘陵)，平野
地　形（複数選択可）	尾根 ，(斜面)，谷 ，河川 ，湖沼 ，海岸
面　積（孤立した森林または草原の場合のみ記入）	ヘクタール
保護区の指定	国立公園，鳥獣保護区，休猟区，銃猟禁止区，指定なし， (不明) その他（　　）

コース概要（コースの環境によって森林コースあるいは草原コースのいずれかに記入。）

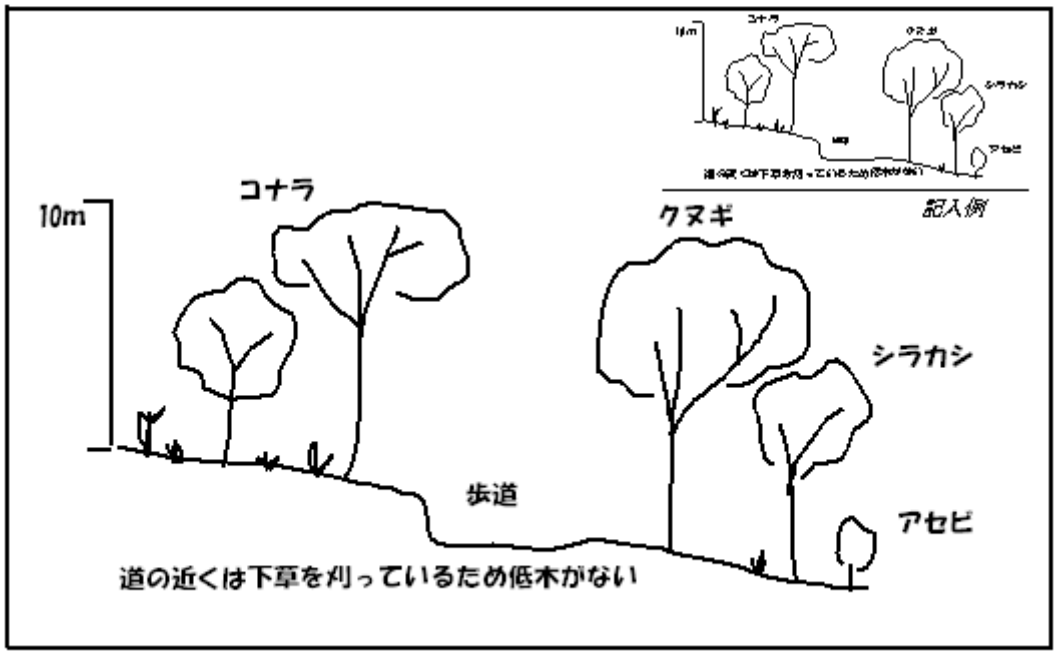
◆森林コース（繁殖期または越冬期のいずれかに1回記入。ただし積雪は越冬期に記入。）

植　物	1　コナラ	2　クヌギ	3　シラカシ
樹　高	0.5m以下 ，0.5-2m ，2-5m ，(5-10m) ，10-15m ，15m以上		
積　雪	全面積雪（ 10cm ，10-30cm ，30cm以上） ，部分積雪 ，積雪なし		

※ ◆草原コース（毎回記入。ただし積雪は越冬期に記入。）

植　物	1	2	3
草　丈	0.5m以下 ，0.5-2m ，2-5m ，不明		
積　雪	全面積雪（ 10cm ，10-30cm ，30cm以上） ，部分積雪 ，積雪なし		

環境断面の模式図（繁殖期または越冬期のいずれかに1回記入。）



鳥の種と数のしらべかた

■調査に必要な物
調査用紙「2.鳥の種と数の調査記録用紙」、画板、筆記用具、双眼鏡

▼調査の要領

1日だけの調査では、渡りの時期の違いによって記録できない種が出てくるため、下記のように調査を2日に分けて行ないます。なお、雨天と強風の日は調査しないでください。

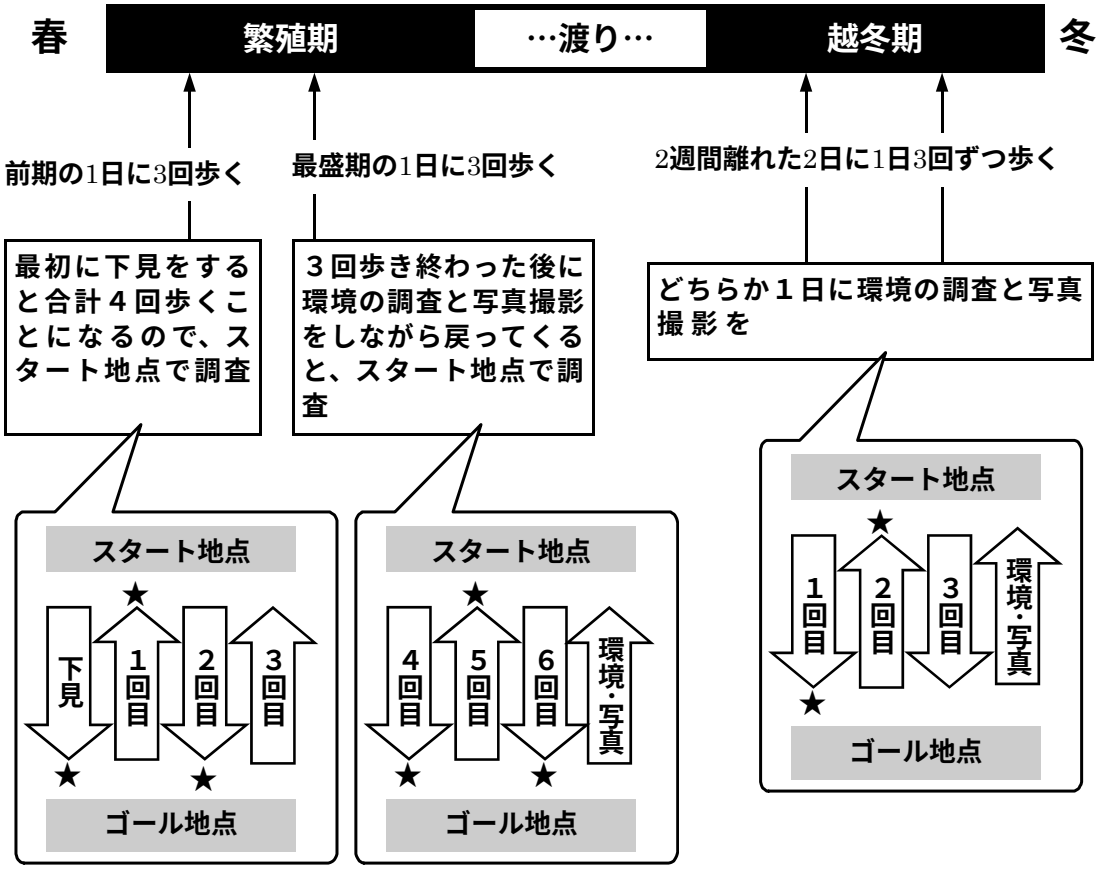
繁殖期…さえずりがさかんな繁殖の前期に1日と最盛期に１日の計2日
越冬期…冬鳥が揃ってから1日、２週間以上経ってからもう1日の計２日

・１日あたり３回コースを歩く。（下図参照）

・遠方などで２日に分けて行くのが困難な場合には１日で行なってもよい。
（その場合は１日で６回コースを歩く）

・調査は鳥が活発に活動している時間帯に行なう。（3ページの表を参照）

■調査のスケジュール



★1回歩き終わるごとに、10～15分の間隔をあけて調査を再開しましょう。

▼調査の方法

・時速約２kmで調査コースを歩く（＝1kmの調査コースを約30分で歩く）。

・コースから片側50m、両側あわせて100mの範囲に鳥を見つけたら、その種名と数、行動を記録する。

・1回目を歩き終えたら、2回目をスタートさせる前に10～15分の間隔をあける。

▼調査用紙の記入例

No.（　　）

2. 鳥の種と数の調査　記録用紙

調査コース名：**多摩動物公園裏手**　　調査コース番号：（ **99** ）

調査代表者：**野原つぐみ**　　天候：　**晴れ**　　調査地訪問　（ **1** ）日目

調査日時：西暦　**2005**年　**5**月　**29**日　**5**　時　**00**分～　**5**　時　**34**分

踏査回数（1）２　３　４　５　６
（コースを歩いた回数に○.）

No.	種名	数	観察事項(該当するものがある場合はチェックしてください)	備考
1	シジュウカラ	1	（成鳥） 幼鳥 さえずり 闘争 餌運び （巣材運び） 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
2	コゲラ	1	（成鳥） 幼鳥 さえずり 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
3	シジュウカラ	1	（成鳥） 幼鳥 さえずり 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
4	シジュウカラ	2	成鳥 （幼鳥） さえずり 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
5	ヒヨドリ	2	（成鳥） 幼鳥 さえずり 闘争 （餌運び） 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
6	ヤマガラ	1	（成鳥） 幼鳥 さえずり 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
7	ウグイス	1	成鳥 幼鳥 （さえずり） 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
8	トビ	2	成鳥 幼鳥 さえずり 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 （コース外）	上空通過
9	ウグイス	1	（成鳥） 幼鳥 （さえずり） 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	
10	ヤマガラ	1	成鳥 （幼鳥） さえずり 闘争 餌運び 巣材運び 求愛給餌 交尾 巣 コース外	

・どこの調査コースを誰がいつ行なった何回目の調査の何枚目の調査用紙なのかがわかるように記入する。

・コース外にいる鳥や、高空を通過しているまだ記録していない種を見つけた場合、種名と数を記録し、「コース外」に○を付ける。

・成鳥の個体数を調べるため、成鳥・幼鳥を同時に観察したときは、成鳥と幼鳥を別々の行に記入する。（１行にまとめて成鳥・幼鳥を書き込むことはしない。）

モニタリング・サイト１０００
森林・草原の鳥類調査ガイドブック
平成18年（2006年）3月　改訂版発行

財団法人日本野鳥の会　自然保護室
〒191-0041　東京都日野市南平2-35-2　鳥と緑の国際センター（WING）
電話：042-593-6871　FAX：042-593-6873

イラスト　重原美智子

©財団法人　日本野鳥の会

重要生態系監視地域モニタリング推進事業
（モニタリングサイト 1000）森林・草原調査
第１期取りまとめ報告書

平成 21（2009）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　平成 20 年度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　財団法人 自然環境研究センター
〒110-8676 東京都台東区下谷 3-10-10

本報告書は、古紙パルプ配合率 100%、白色度 70%の再生紙を使用しています。