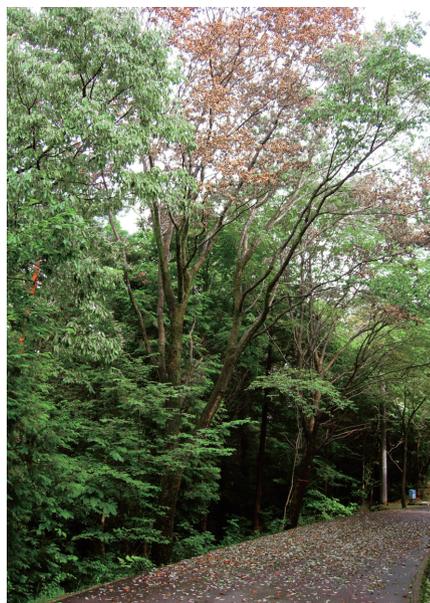


森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

年頭所感 林野庁長官 牧元幸司・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

論文

三重県のスギ,ヒノキ人工林帯におけるメスジカの行動圏の季節変化
[福本浩士]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

短報

PCR-RFLP法によるカシノナガキクイムシの国内系統の識別
[濱口京子・後藤秀章]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

解説

複数のブナ科堅果の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測モデルの構築
[藤木大介]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21

都道府県だより：山梨県・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33

協会だより・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35

森林病虫獣害発生情報：平成30年11月・12月受理分・・・・・・・・・・・・ 38



A



B



C



D

[表紙写真] カシノナガキクイムシのマスアタックによる異常落葉

写真A, B：コナラの異常落葉（2009年7月22日撮影，岐阜県各務原市）
萎凋が始まって間もない被害木。地面には大量の緑葉が確認できる。

写真C：コナラの異常落葉（2009年7月22日撮影，岐阜県関市）
路面には緑葉がみられるが，萎凋が進んでおり葉はすでに褐変している。

写真D：アベマキの新葉の展開（2010年8月25日撮影，岐阜県関市）
異常落葉後に新葉が展開する例もみられた。この個体は枯死をまぬがれた。

カシノナガキクイムシのマスアタックを受けた木では，緑色の葉を大量に落葉させる事例が多くみられる。こうした知見は今まで報告されていないが，これは落葉直後のタイミングでないとすぐに葉が褐変し目立たなくなること，山中に生えている個体ではその変化に気づきにくいことによると考えられる。写真に示したように，道路沿いの木ではよく目立つ。異常落葉は，葉からの蒸散量を減らし，萎凋枯死を免れようとする植物側の防衛反応ではないかと考えられるが，詳細はわかっていない。今までコナラ *Quercus serrata*，ミズナラ *Q. crispula*，フモトミズナラ *Q. crispula* var. *mongolicoides*，アベマキ *Q. variabilis* で異常落葉を観察しているが，その後ほとんどの個体は枯死している。枯死を免れたのはアベマキでの1例のみで，その効果は不明であるが，非常に興味深い現象である。

（岐阜県森林研究所 大橋章博）

平成31年年頭所感

林野庁長官 牧元幸司¹



平成31年の新春を迎え、謹んで年頭の御挨拶を申し上げます。

昨年は、平成30年7月豪雨や台風21号、北海道胆振東部地震等による山崩れなどにより、日本各地で甚大な被害が生じました。亡くなられた方々の御冥福をお祈りするとともに、被災された全ての方々に御見舞い申し上げます。近年頻発する自然災害を鑑みますと、荒廃山地の復旧整備をはじめとした森林の整備や治山対策の重要性がますます高まっております。林野庁といたしましては、災害に強い森林づくりを推進するとともに、山地災害の予防など事前防災・減災対策に引き続き取り組むことにより、国民の安全・安心の一層の確保に努めてまいります。

さて、我が国の森林・林業については、戦後造成された人工林の多くが本格的な利用期を迎えております。この豊富な森林資源を「伐って、使って、植える」という形で循環利用していくことで、先人たちが守ってきた豊かな森林を次世代へ継承していくことが大きな課題となっております。

このような状況の中、適切な経営管理が行われていない森林について、市町村が仲介役となり意欲と能力のある林業経営者への集積・集約化や市町村による公的管理を進める森林経営管理法が昨年5月に成立しました。また市町村が実施する森林整備及びその促進に資する取組の財源として、森林環境税（仮称）及び森林環境譲与税（仮称）が導入されることとなっています。新制度や新税がスタートする本年は、林業の成長産業化と森林資源の適切な管理の実現に資する新制度等の着実な運用に向け、地方公共団体を含む関係者の方々との連携を強化してまいります。

また、昨年12月30日にはTPP11が発効し、さらに今後日EU・EPAの発効も控える中、川上に加えて、川中・川下、そして流通全体での改革を進め、木材製品の国際競争力を強化することが喫緊の課題です。引き続き、川上における意欲と能力のある林業経営者の育成や路網整備、高性能林業機械の導入とあわせ、加工施設の効率化や競争力のある製品への転換支援等により、木材産業の体質強化を推進していくとともに、川上から川下までの事業者間での需給等の情報を適時に共有する取組を推進し、効率

¹ MAKIMOTO, Kouji

的なサプライチェーンの構築に取り組んでまいります。

木材の需要拡大・利用促進も大きな課題です。まず、木材の主要な需要先である建築分野について、梁や桁などで外材が多く使われている低層住宅と、鉄やコンクリートが多く使われているマンションや商業施設などの中高層建築及び低層非住宅の大きく2つの分野にターゲットを定め、CLT等の新たな製品・技術の開発普及やJAS構造材の普及支援等による代替需要の獲得に取り組めます。これらの取組の推進に当たっては、経済界等の協力などによる環境整備も併せて進めてまいります。加えて、木質バイオマスの活用や、セルロースナノファイバー等の先端技術の開発、付加価値の高い木材製品の輸出等も積極的に支援してまいります。

環境問題への取組も重要です。森林の整備は、国土保全や水源涵養のみならず、大気中の二酸化炭素の吸収にも大いに役立ちます。林野庁といたしましては、森林環境譲与税（仮称）の創設も契機として、森林の公益的機能の発揮に向けた森林整備が一層進むよう取り組んでまいります。また、2030年までの国際社会共通の目標である持続可能な開発目標SDGsでは、持続可能な森林経営などが施策に掲げられており、現在、SDGsの理念に基づき環境問題に取り組んでいるところです。

国有林については、一般会計化から5年間の成果等を踏まえ、昨年12月に策定した新たな国有林野の管理経営に関する基本計画に基づき、公益重視の管理経営を推進するとともに、林業の成長産業化に向け、民有林における新たな森林管理システム（森林経営管理制度）が円滑に機能するよう、意欲と能力のある林業経営者の育成支援等に積極的に取り組んでまいります。特に本年は、意欲と能力のある林業経営者の育成のため、国有林野の一定の区域で、公益的機能を確保しつつ、長期・安定的に立木の伐採を行うことができる新たな仕組みの導入に向け、検討を進めてまいります。

結びに、全国各地の森林・林業・木材産業の発展と、読者の皆様のますますの御健勝と御発展を祈念申し上げます。年頭の御挨拶とさせていただきます。

論文

三重県のスギ，ヒノキ人工林地帯におけるメスジカの行動圏の季節変化

福本浩士¹

1. はじめに

近年，ニホンジカ（以下 シカ）の分布拡大と個体数増加により，成木の樹皮剥ぎ被害や植栽した苗木の食害などの林業被害が増加している（小泉 2012）。シカ被害の増加に対する対策として，環境省と農林水産省は平成25年にシカ・イノシシの生息頭数を10年後までに半減させることを目指す「抜本的な鳥獣捕獲強化対策」を策定してシカの捕獲数を大幅に引き上げることとし，林野庁は平成28年に森林法を改正して，森林経営計画の認定において市町村が定める鳥獣被害防止区域内では鳥獣被害対策の記載を必須とした（稲本 2018）。また，平成29年からは広域的・計画的な捕獲等をモデル的に実施する緊急捕獲対策等を実施している（稲本 2018）。

三重県では再造林地におけるシカ被害防止対策として，従来から再造林地の周囲に侵入防止柵を設置する被害管理が行われてきた。県内の一部の地域では，防除効果の高い金属柵が設置されているが，その他の地域では，柵の設置費用がかからず，運搬が容易なポリエチレンネット柵の設置が主流となっている。しかしながら，林業採算性の悪化により，定期的な巡視・維持管理が十分に行われておらず，度重なる侵入を受けて成林に至らないことがある（福本 2012）。防護柵の侵入防止効果を補完するため，三重県では平成29年からシカによる森林被害緊急対策事業を活用して，再造林地の周囲で箱罾，くくり罾によるシカの管理捕獲を開始している。

行動圏の安定性やなわばり性が強い動物種では，特定の地域で加害しているものは特定の個体，特定の集団であるため，加害個体あるいは集団を特定してその個体数や行動を制御することで効果的な被害防止が可能となる（大井 2012）。今後，シカ管理を

組み込んだ持続的な林業経営を行っていくため，再造林地が含まれるスギ，ヒノキ人工林地帯においてシカの行動圏や日周活動を明らかにし，シカ生息密度や防護柵の機能を考慮しつつ，効果的な捕獲を行っていくことがシカによる食害リスクを低下させる上で重要である。そこで本研究は，スギ，ヒノキ人工林率が高く，主伐・再造林が継続的に行われている地域において，シカにGPS首輪を装着して行動圏の季節変化や日周活動を明らかにするとともに，森林施業を行っていく上で効果的なシカ管理の空間スケールについて検討を行った。

2. 調査地と調査方法

2.1. 調査地の概要

調査地は，櫛田川上流域に位置する松阪市内のスギ，ヒノキ人工林地帯である。当該地域の標高は490～1,120mで，谷地形の底部に集落が存在している。年に数回，冬期の降雪はあるが，長期間にわたる積雪はほとんどない。調査地域では明治時代に集落背後から後背山林の尾根付近まで林業事業体による大規模な拡大造林が行われ，主伐・再造林が繰り返し実施されている。間伐も頻繁に行われており，管理不足人工林の割合は比較的小さい。また，集落では水稻栽培が行われており，集落と森林の境界部分にはシカの侵入を防ぐための防護柵が設置されている。

2.2. 対象動物の捕獲および追跡

調査地域において，2013年3月28日，同年5月8日に麻酔銃を用いて2頭のシカを生体捕獲した（表-1）。捕獲した2頭はすべてメスであり，推定年齢は4～5歳，うち1頭は妊娠中であった。不動化にあたり，1頭あたり塩酸ケタミン200mgとドミト

表-1 GPS首輪を装着したニホンジカの概要

個体No.	装着日	性別	推定年齢	外部計測値			妊娠の有無	
				体重(kg)	全長(mm)	体長(mm)		体高(mm)
1	2013/3/28	メス	4~5	42	1435	815	804	無
2	2013/5/8	メス	4~5	45	1425	827	756	有

表-2 抽出条件ごとのGPS首輪の測位数および測位成功率

個体No.	測位パターン	測位実施	受信成功	2D	3D	3DかつDOP≤4	3DかつDOP≤4 かつΔH<±30m
		回数	回数(%)	回数(%)	回数(%)	回数(%)	回数(%)
1	3時間+15分間隔	2,998	1,998(66.6)	259(8.6)	1,739(58.0)	-	-
	3時間間隔のみ	1,678	915(54.5)	216(12.9)	699(41.7)	688(41.0)	427(25.4)
	15分間隔(春期)	481	443(92.1)	14(2.9)	429(89.2)	428(89.0)	273(56.8)
	15分間隔(秋期)	961	737(76.7)	33(3.4)	704(73.3)	692(72.0)	387(40.3)
2	1時間間隔	4,912	3,283(66.8)	96(2.0)	3,187(64.9)	3,104(63.2)	1,839(37.4)

ール3mgの混合液を使用した。捕獲個体は体重、体長を測定した後、GPS受信機付首輪(Follow it社, Tellus 1D, 以下GPS首輪)を装着した。作業終了後、塩酸アチパメゾール15mgを投与して覚醒を促し放獣した。GPSによる測位間隔は、No.1のシカは3時間、No.2のシカは1時間に設定した。さらに、No.1については詳細な土地利用パターンを明らかにするために、2013年5月10日午前9時から5月15日午前9時までの期間(春期)、同年8月24日午前9時から9月3日午前9時までの期間(秋期)は、測位間隔を15分に設定した。

2013年5月8日、6月17日、9月27日、12月14日、2014年3月17日に遠隔操作によりデータをダウンロードするとともに、2014年3月20日に回収したGPS首輪から直接データをダウンロードした。No.1のシカは2013年12月8日に調査地域内において死んだ状態で発見され、死亡個体からGPS首輪を回収した。No.2のシカは調査終了時まで生存し、遠隔操作により脱落させてGPS首輪を回収した。No.1のシカの有効位置情報は2013年3月28日から同年10月24日までの期間、No.2のシカの有効位置情報は2013年5月9日から同年9月27日、同年10月12日から同年12月14

日までの期間であった。

2.3. 行動圏の解析

得られた位置データは、静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター(2011)が開発した手法に従い、Fix status(測位の状態)、DOP(位置精度低下率)、GPSが測位した標高値と測位した水平座標における実際の標高値(2011年三重県共有デジタル地図(数値地形図2,500))の差分(以下ΔH)を基準として高精度データを抽出した(表-2)。抽出した高精度データを用いて固定カーネル法によりシカの行動圏(存在確率95%)およびコアエリア(存在確率50%)を推定した。行動圏およびコアエリアの算出にはRのadehabitatパッケージを使用し、smoothing parameterの算出には2変量正規分布を仮定した。

シカの日周活動を評価するため、日の出および日の入時刻をもとに1日を朝方、昼間、夕方、夜間に4区分した。日の出時刻から2時間を朝方、日の入時刻までの2時間を夕方とし、朝方の終了時刻から夕方の開始時刻までを昼間、日の入り時刻から翌日の日の出時刻までを夜間とした。

なお、数値地形図および写真地図は、三重県市町

総合事務管理組合管理者の承認を得て、同組合所管の「2011三重県共有デジタル地図（数値地形図2,500（道路縁1,000）」および「2011三重県共有デジタル地図（写真データ 地上解像度20cm）」を使用した（承認番号三総号地341号）。

3. 結果

3.1. 抽出条件ごとのGPS測位回数とその割合

メスジカ2頭に装着したGPS首輪について、条件ごとに抽出した測位回数、測位成功率を表-2に示す。なお、No.1のシカは3時間を基本的な測位間隔と設定しているが、一定期間15分間隔で設定したため、3時間間隔のみ、15分間隔のみ（春期）、15分間隔のみ（秋期）に分けて解析した。受信成功率（受信成功測位数/測位実施回数）は54.5～92.1%で、2Dデータ取得率（2D測位数/測位実施回数）は20

～12.9%、3Dデータ取得率（3D測位数/測位実施回数）は41.7～89.2%であった。3Dデータのうち、DOPが4.0以下の測位情報のみを抽出したデータ取得率（3D, DOP \leq 4測位数/測位実施回数）は41.0～89.0%となり、3Dデータのみを抽出した場合とデータの抽出率は同程度であった。さらに、 $\Delta H < \pm 30$ m以内の条件を加えるとデータ取得率（3D, DOP \leq 4, $\Delta H < \pm 30$ m測位数/測位実施回数）は25.4～56.8%となり、データ抽出率が大きく低下した。受信成功率, 3Dデータ取得率, 3DかつDOPが4.0以下の取得率, 3DかつDOP値4.0以下かつ $\Delta H \pm 30$ m以内の取得率は、測位間隔が長くなるほど値が小さくなる傾向があった。

3.2. メスジカの行動圏およびコアエリアの季節変化

2頭のメスジカに装着したGPSが測位した位置情報のうち、前述の方法で抽出した高精度データから

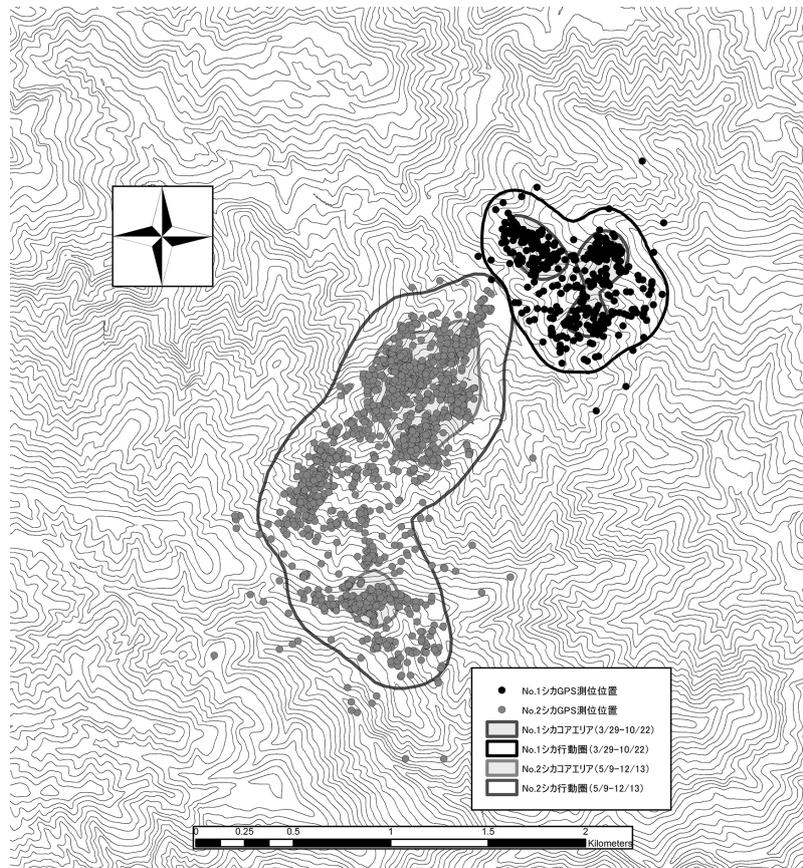


図-1 2頭のメスジカに装着したGPS首輪が測位したポイント、行動圏（存在確率95%）とコアエリア（存在確率50%）

表-3 GPSを装着したシカの行動圏およびコアエリア面積

測位期間	No.1			No.2		
	測位数 (個)	行動圏 (ha)	コアエリア (ha)	測位数 (個)	行動圏 (ha)	コアエリア (ha)
4月	79	55.7	13.8	-	-	-
5月	81	56.4	14.2	228	135.2	27.1
6月	44	67.3	19.9	271	80.0	21.1
7月	48	70.1	19.0	234	54.0	14.7
8月	50	80.7	20.0	200	73.4	14.0
9月	62	72.0	17.7	234	231.5	68.7
10月	53	58.7	16.4	179	215.7	57.4
11月	-	-	-	359	169.9	39.9
12月	-	-	-	134	164.1	32.0
全期間*	427	62.0	17.0	1,839	166.6	39.6

* No.1シカの全期間測位数は、3月の測位数10個を含む。

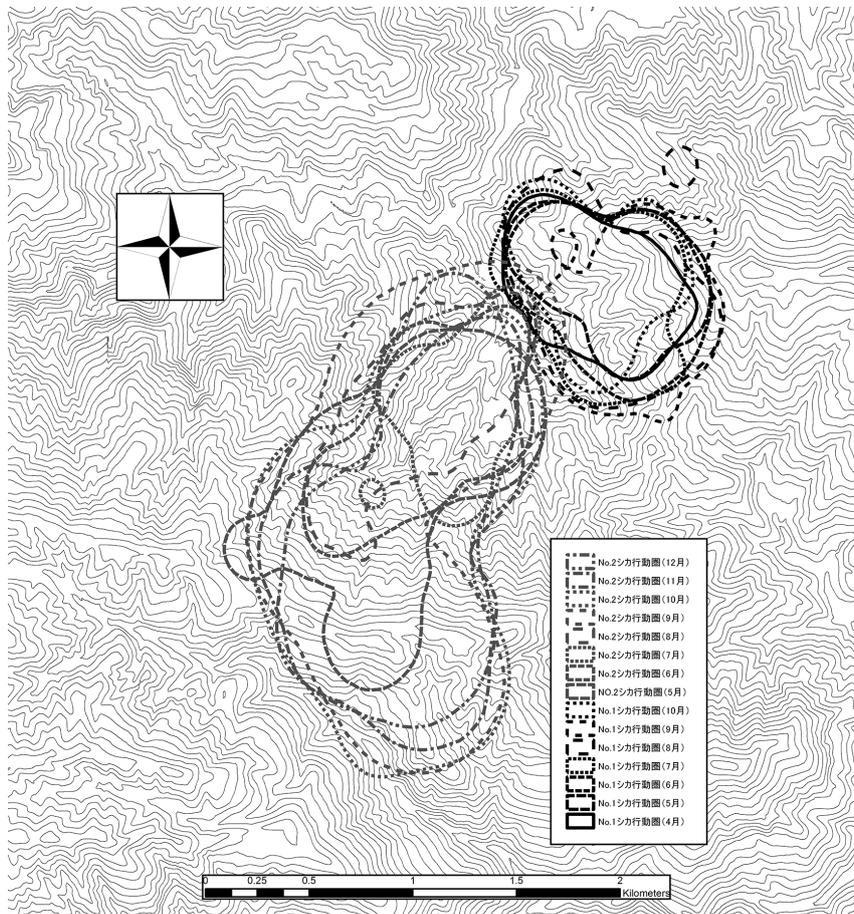


図-2 2頭のメスジカの行動圏の月変化

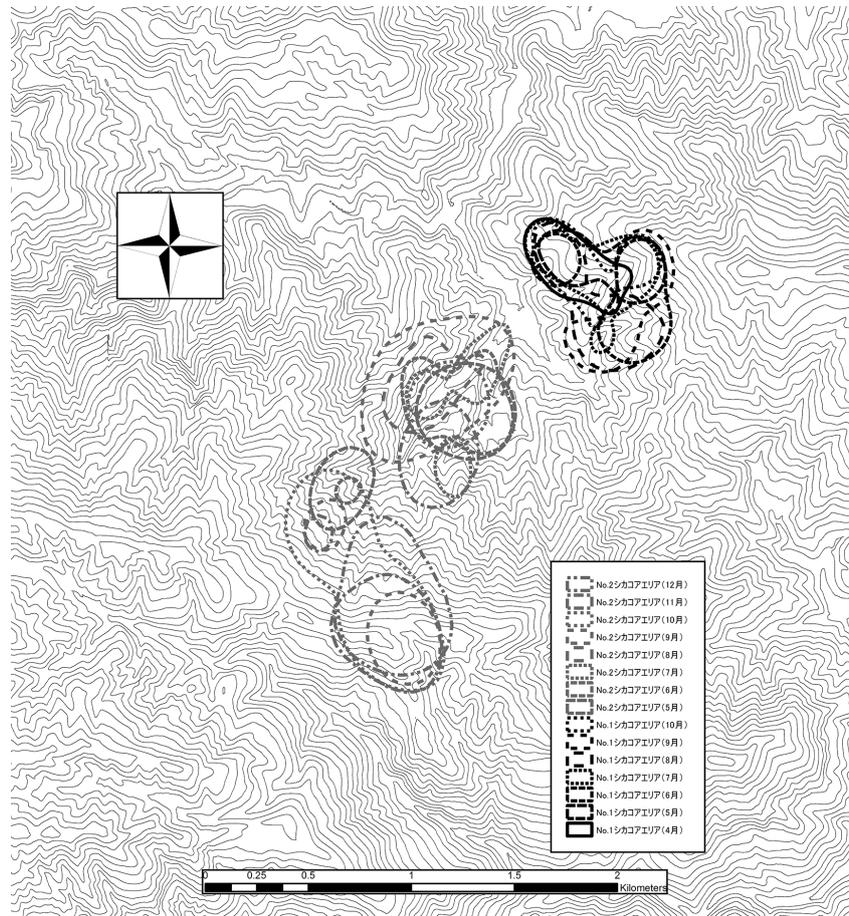


図-3 2頭のメスジカのコアエリアの月変化

算出した行動圏，コアエリアを図-1に示す。No.1のシカとNo.2のシカの行動圏は重複せず，河川および平行して走行する道路により分離していた。2頭のシカは最も標高の低い集落・農地からその後背山林の尾根部までを利用していた。2頭のシカの行動圏面積は，それぞれ62.0ha，166.6haであった（表-3）。コアエリアは，No.1のシカでは2カ所，No.2のシカでは3カ所に分離しており，その合計面積は17.0haと39.6haであった。

2頭のシカの月ごとの行動圏およびコアエリアを図-2および図-3，その面積を表-3に示す。No.1のシカの4月から10月にかけての行動圏に大きな季節的差異はみられず，その面積は56.4～80.7haであった（表-3）。同期間のコアエリアも大きな季節的差異はなく，13.8～20.0haであった。No.2のシカは，5月と9月から12月にかけては標高の高い

尾根部まで利用し，行動圏面積は135.2～231.5haであったが，6月から8月の期間は集落の後背山林の中腹域までを利用し，その面積は54.0～73.4haであった。コアエリアは大きく3つに分離し，その面積は14.0～68.7haであった。

3.3. メスジカの日周活動

春期（2013年5月10日午前9時～5月15日午前9時）と秋期（同年8月24日午前9時～9月3日午前9時）におけるNo.1のシカの位置情報を，朝方，昼間，夕方，夜間に区分して図-4および5に示す。No.1のシカは，夕方，夜間，朝方に人工林伐採跡地の林縁部分や森林内を貫く道路周辺などに出没し，昼間は森林内に滞在する傾向があった。とくに，夜間の出没場所は限定されていた。また，集落・農地と森林の境界部分に金網製の集落防護柵が設置されているため，夜間に集落・農地への出没は確認され

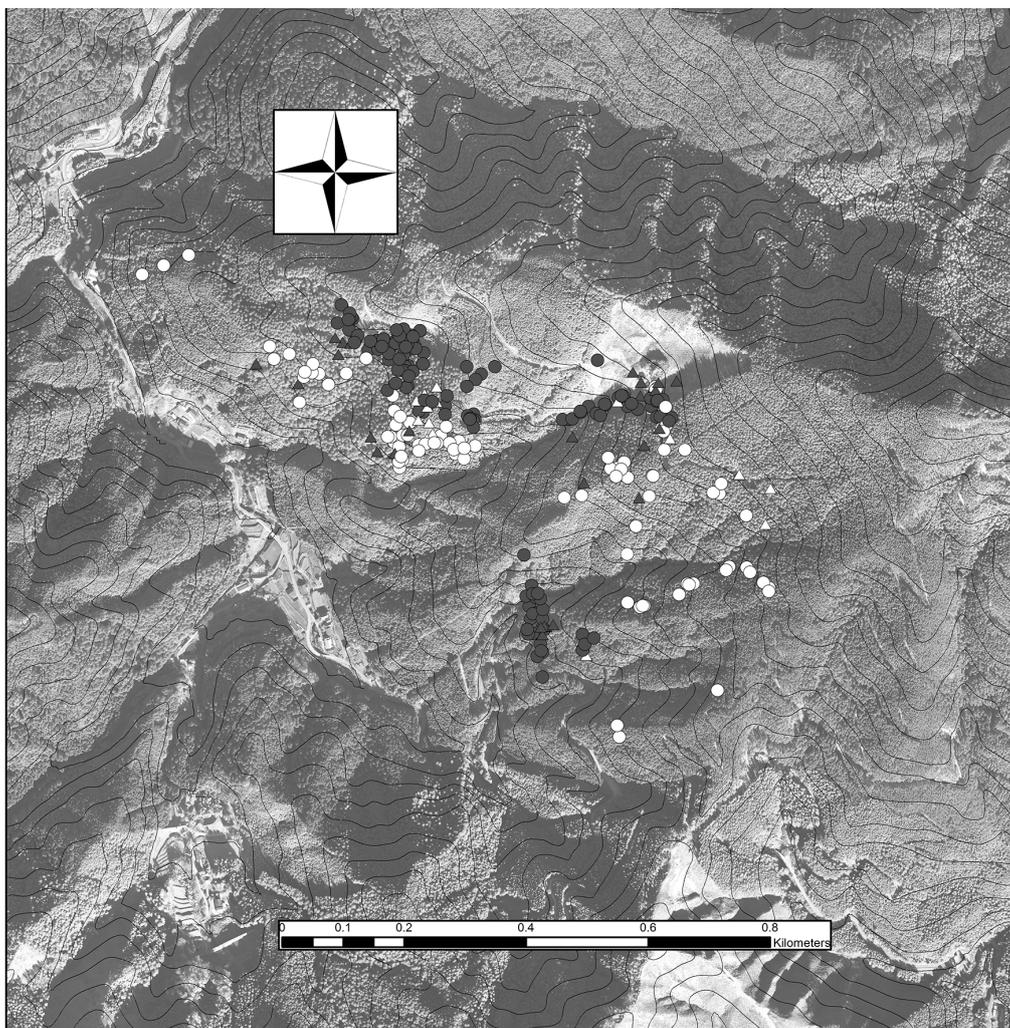


図-4 春期におけるNo.1メスジカの時間帯別の測位点
 △：朝方，○：昼間，▲：夕方，●：夜間。

なかった。No.2のシカは、夕方、夜間、朝方に林道沿いに出没し、さらに道路を利用して農地に出没する事例も確認された（図-6）。

4 考察

4.1. 高精度データの抽出と行動圏の推定

誤差の少ない測位点の抽出方法については、これまでにfix status（2Dまたは3D）を指標とした抽出法（宇野ら 2002）、DOP（位置精度低下率）を指標とした抽出法（D'eon and Delparte 2005；大谷ら 2005）、fix status とDOP（位置精度低下率）の両方を考慮した抽出法（Bjørneraas *et al.* 2010; Lewis

et al. 2007; Stache *et al.* 2012; 鈴木ら 2000）が検討されている。近年、静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（2011）はfix status、DOPに加えて標高誤差を考慮することで、有効な測位点数が減少するものの、誤差の大きな測位点を取り除くことに成功した。本研究においても3Dデータに対してDOPと標高誤差の両方を考慮して抽出したところ、データ取得率は25.4～56.8%と低くなったものの、3時間測位間隔のNo.1シカで1ヶ月あたり44～81個、1時間測位間隔のNo.2シカで134～359個の測位点を得ることができた。

尾崎・工藤（2002）によると、行動圏面積の推定

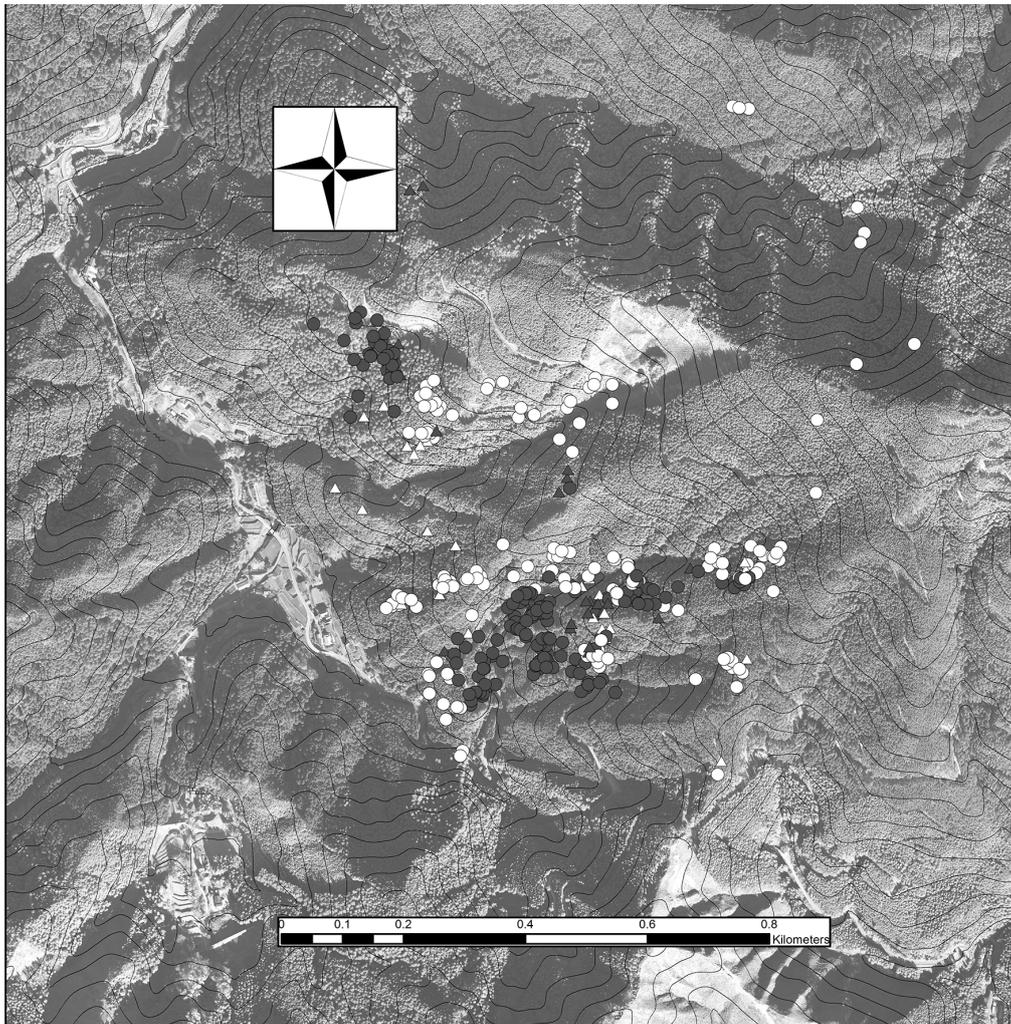


図-5 秋期におけるNo.1メスジカの時間帯別の測位点

△：朝方，○：昼間，▲：夕方，●：夜間。

には最小二乗クロスバリデーション (LSCV) を用いた固定カーネル法を使用し、必要な観察点数は30個以上、可能であれば50個以上が望ましいとされている。スギ、ヒノキ人工林で調査した本研究において、3時間間隔測位の場合、抽出した1ヶ月あたりの測位点数は最小で41個であった。したがって、本調査地のようなスギ、ヒノキ人工林地帯において1ヶ月単位でシカの行動圏を推定するためには、少なくとも2時間間隔以下での測位が望ましいと考えられる。また、本研究ではsmoothing parameterの算出に2変量正規分布を仮定した固定カーネル法を使用した。誤差を小さくするためには、尾崎・工藤

(2002) が推奨するLSCVを用いた固定カーネル法の使用が望ましいであろう。

4.2. 三重県のスギ、ヒノキ人工林におけるメスジカの行動様式

本研究は、スギやヒノキの人工林率が高い地域において、2頭のメスジカにGPS首輪を装着して行動圏およびコアエリアの推定を行った。2頭の行動圏は62.0haと166.6haであり、大きな季節変化がなく、定住性が高いことが明らかとなった。これまで三重県内の他の地域で調査されたシカの行動圏は、北牟婁郡紀北町の低標高地域 (おもにスギ、ヒノキ人工林と常緑広葉樹林) で $0.2 \pm 0.26 \text{ km}^2$ (メス3頭) (Soga

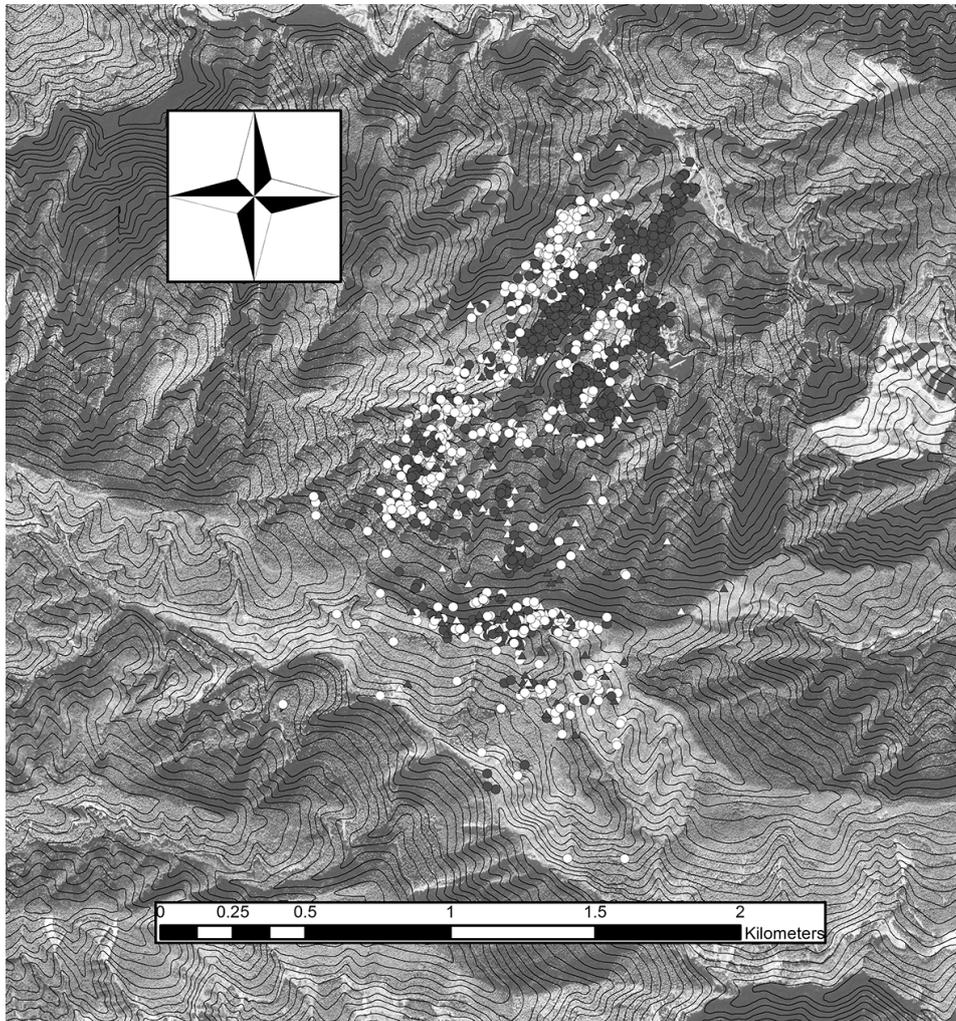


図-6 No.2メスジカの時間帯別の測位点
 △：朝方, ○：昼間, ▲：夕方, ●：夜間.

et al. 2015), 伊賀市および亀山市の低標高地域 (おもにスギ, ヒノキ人工林と落葉広葉樹林) で約 1 ~ 2 km² (メス 6 頭) (山端・鬼頭 私信), 多気郡大台町の大杉谷国有林 (おもにスギ, ヒノキ人工林と落葉広葉樹林) で 0.27 ~ 1.41 km² (オス 1 頭, メス 3 頭) (株式会社野生動物保護管理事務所 2014) であり, いずれの結果も強い定住性を示すものであった。一方, 三重県と奈良県の県境に位置する標高約 1500 ~ 1600m の大台ヶ原地域 (おもに針葉樹林と針広混交林) に生息するシカの一部の個体は, 積雪期 (1 ~ 2 月) に三重県や奈良県の低標高地域へ移動する傾向がある (環境省近畿地方環境事務所 2017)。一

般的に, 関東以西のシカは季節移動の行動を示さず, 定住性の傾向が強いとされている (小泉 2012) ことから, 大台ヶ原など冬期に積雪のある高標高地域を除き, 三重県におけるシカの行動圏は約 1 ~ 2 km² で, 定住性の高い個体の割合が大きいと考えられる。

2 頭のメスジカの行動圏は農地周辺からその後背山林の大きな尾根部までで, その尾根を越えることはほとんどなかった。また, 行動圏は河川と道路を境に分離しており, 重複していなかった。伊賀市で実施した GPS による行動圏調査においても, シカの行動圏は谷が境界となっていた (山端・鬼頭 私信)。大場ら (2016) は静岡県において 45 頭のメスジカに

GPS首輪を装着して行動圏を調査した結果、季節移動する個体（群れ）としない個体（群れ）が存在し、それぞれの行動圏、季節行動圏は固定的であることを明らかにしている。また、行動圏の近接を7例確認しているが、いずれも行動圏の重複は認められず、谷等で境界が形成されていたことを報告している（大場ら 2016）。したがって、シカの行動圏はその最外郭部分がおおよそ地形によって決定され、谷、大きな尾根、道路等が境界になっていると考えられる。

No.1のシカについて春期と秋期に15分間隔で測位したところ、詳細なシカの行動を読み取ることができた。この個体は、昼間は森林内で滞在していたが、夕方、夜間、朝方は林冠が空いている人工林伐採跡地や道路周辺に出没し、コアエリアとほぼ一致していた。1時間間隔で測位したNo.2のシカも昼間は森林内で滞在していたが、夕方、夜間、朝方はおもに林道沿いや農地周辺に出没し、コアエリアと推定される場所であった。石田ら（2016）も愛知県内においてGPS首輪を装着してシカの行動圏や日周活動を調査したところ、昼間は森林内に滞在し、夜間は集落や道路付近、牧草地に出没することを確認している。シカが夜間に出没するこのような場所は、林冠が空いているため植物の生産性が高く、シカにとって好適な採餌場所であると考えられる。静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（2016）は、森林整備地において6頭のメスジカにGPS首輪を装着してシカの土地利用様式を調査したところ、行動圏の大きさは平均50haほどで、餌場として空き地、送電線下の草地、作業道沿い、列状の間伐地を集中的に利用していることを明らかにしている。したがって、スギ、ヒノキ人工林地帯のシカの行動圏内には植物の生産性の高い場所（例えば、伐採跡地、道路法面、新植地）が存在し、夜間にそのような場所に出没して採食を行っているものと考えられる。

4.3. 主伐・再生林の推進に向けて

近年、戦後に拡大造林したスギ、ヒノキ人工林が成熟期を迎え、三重県でも主伐・再生林を推進する取り組みが行われている。一方で、シカによる食害

のため、植栽苗の生長が阻害され、成林が困難な状況となっている。食害防止のため植栽地の周囲に侵入防止柵（ネット柵や金属柵）を設置しているが、適切な維持管理が行われていないのが現状である。本研究から、三重県におけるシカ（おもにメスジカ）の行動圏は固定的であり、その面積は1～2 km²であることが明らかとなった。また、行動圏の最外郭は谷や大きな尾根など地形条件で決定されることが示唆された。このことから、主伐後の再生林を確実なものとするために、三重県のように定住性の高いシカが生息している地域では、再生林地を含んだ100～300ha程度の集水域単位でシカの管理を行っていくことが重要であると思われる。

森林管理者は、再生林地へのシカの侵入を防止するため、シカの生息密度に応じて侵入防止柵の素材変更、支柱およびアンカー間隔の狭小化、張りおよび押さえロープの素材変更、スカートネットの追加設置などの対策を実施していく必要がある。また、急傾斜地における飛び越え防止のために柵の嵩上げを行うとともに、シカの潜り込みを防止するために地形の起伏に応じて支柱を設置しなければならない。倒木や斜面崩壊による柵の破壊はシカの侵入経路となるため、定期的に現場巡視を実施することが必要である。さらに、テレメトリー法により得られた行動圏の情報を活用しつつ、再生林地を採食場所とするシカの集団を確実に捕獲していくことが必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、岐阜大学応用生物科学部の安藤正規准教授にはシカの行動圏解析について多くのご助言をいただいた。また、シカの生体捕獲とGPS首輪装着は株式会社野生動物保護管理事務所、GPS首輪の脱落回収はNPO法人サルどこネットが実施した。ここに記して、厚く御礼申し上げる。

引用文献

Bjørneraas K, Moorter BV, Rolandsen CM, Herfindal I (2010) Screening global positioning system

- location data for errors using animal movement characteristics. *J Wildl Manage* 74: 1361 ~ 1366
- D'eon RG, Delparte D (2005) Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implications of PDOP in data screening. *J Appl Ecol* 42: 383 ~ 388
- 福本浩士 (2012) 三重県における造林地のシカ食害 - 現状とその対策について. *森林技術* 847: 8 ~ 13
- 稲本龍生 (2018) シカによる森林被害の現状と対策. *林経協季報 柚径* 48: 7 ~ 13
- 石田 朗・江口則和・山下 昇 (2016) ニホンジカ等による森林被害の軽減化技術の確立. *愛知県森林・林業技セ報告* 53: 6 ~ 14
- 株式会社野生動物保護管理事務所 (2014) 平成24年度大杉谷国有林におけるニホンジカの生息状況及び森林被害の現況把握調査等業務報告書
- 環境省近畿地方環境事務所 (2017) 大台ヶ原ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画 - 第4期 -.
- 小泉 透 (2012) シカの個体群と生息地の管理技術. (野生動物管理 - 理論と技術 -. 羽山伸一・三浦慎吾・梶 光一・鈴木正嗣編, 文英堂出版株式会社)
- Lewis JS, Rachlow JL, Garton EO, Vierling LA (2007) Effects of habitat on GPS collar performance: using data screening to reduce location error. *J Appl Eco* 44: 663 ~ 671
- 大井 徹 (2012) 農林業被害と野生動物管理. (野生動物管理 - 理論と技術 -. 羽山伸一・三浦慎吾・梶 光一・鈴木正嗣編, 文英堂出版株式会社)
- 大場孝裕・大橋正孝・山田晋也・石川圭介・片井祐介 (2016) まず減らすべき「メスジカ」. その群れの行動圏は固定的で非重複的. 第127回日本森林学会大会学術講演要旨集 94
- 大谷新太郎・川井裕史・石塚 讓・石井 亘・八丈幸太郎・片山敦司・松下美郎 (2005) 大阪の温帯林における首輪型GPS受信装置の有効性. *哺乳類科学* 45: 35 ~ 42
- 尾崎研一・工藤琢磨 (2002) 哺乳類の行動圏研究の現状と将来及びテレメトリー法データ行動圏解析法 行動圏: その推定法, 及び観察点間の自己相関の影響. *日生態誌* 52: 233 ~ 242
- 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター (2011) ニホンジカ低密度化のための管理技術の開発 - 各地域に生息するシカ個体群の生態と地域特性: GPS首輪の測位誤差と精度の高い位置データの抽出. 平成22年度 (2010) 静岡県農林技術研究所成績概要集 (森林・林業編) 91 ~ 92
- 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター (2016) 森林整備地でシカを追跡し捕獲にも役立つ行動を把握しました. 静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター情報「わかりやすい森林・林業研究シリーズ23」
- Soga A, Hamasaki S, Yokoyama N, Sakai T, Kaji K (2015) Relationship between spatial distribution of sika deer-train collisions and sika deer movement in Japan. *Human-Wildlife interactions* 9: 198 ~ 210
- Stache A, Löttker P, Heurich M (2012) Red deer telemetry: Dependency of the position acquisition rate and accuracy of GPS collars on the structure of a temperate forest dominated by European beech and Norway spruce. *Silva Gabreta* 18: 35 ~ 48
- 鈴木健次郎・恒川篤史・高槻成紀・東 英生 (2000) 野生動物の生態研究におけるGPSの利用可能性 - 金華山島のニホンジカ (*Cervus nippon*) を事例として -. *GIS - 理論と応用* 8: 69 ~ 75
- 宇野裕之・玉田克巳・平川浩文・赤星里香 (2002) GPSテレメトリーの測位成功率及び測位精度の評価. *哺乳類科学* 42: 129 ~ 137
- (2018.8.2受付, 2018.8.22掲載決定)

PCR-RFLP 法によるカシノナガキクイムシの国内系統の識別

濱口京子¹・後藤秀章²

1. はじめに

カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* (以下カシナガ) は, 病原菌である *Raffaelea quercivora* (通称ナラ菌) を媒介することによってシイ・カシ・ナラ類の集団枯損 (ナラ枯れ) を引き起こす養菌性キクイムシの一種である (Kubono and Ito 2002; Kinuura and Kobayashi 2006)。著者らは先行研究において, カシナガの28S リボソームDNA (rDNA) のD1-D2領域の塩基配列を解析し, 国内のカシナガは大きく二つの遺伝的グループ, グループA (通称“日本海型”) とグループB (通称“太平洋型”) に分かれること, さらに, グループAはタイプ1とタイプ2に, グループBはタイプ3, タイプ4a, タイプ4b, タイプ4c, タイプ4dに分かれることを明らかにした (Hamaguchi and Goto 2010)。このうちタイプ4a, タイプ4b, タイプ4c, タイプ4dは互いに塩基配列がほとんど変わらないため, タイプ4a-dとして一括りのタイプと見なせる。各タイプの分布は異所的で, Hamaguchi and Goto (2010) で解析した範囲では, グループAのタイプ1は九州南部, 本州広域, 三宅島, 佐渡島に, タイプ2は奄美大島, 徳之島, 沖縄本島 (中琉球) に, グループBのタイプ3は石垣島に, タイプ4a-dは屋久島, 九州南端, 紀伊半島南部に分布する。以上については濱口 (2013) も参照されたい。なお, 「グループ」や「タイプ」ではイメージが掴みにくい, 将来的には種あるいは亜種として適切に命名される予定である (後藤 未発表)。

1980年代に本州日本海側を中心にナラ枯れが広がりだした当初は, 被害に関与していたのは日本海側に分布域を持つタイプ1が殆どであったと考えられ

るが, 近年では太平洋側や島嶼部にも被害が広がり, タイプ1以外のタイプが被害に関与するケースも珍しくなくなった (後藤ら 2008)。これまでに枯損への関与が報告されていないのは石垣島に分布するタイプ3だけである。

このような状況の中で被害の動向を把握するためには, 被害地ごとのカシナガの遺伝的系統 (グループやタイプ) の特定が必須である。また, 適切な被害対策やモニタリングを実施するためにも遺伝的系統の識別が重要である。なぜなら, グループAとグループBでは集合フェロモンが異なることが報告されており (Tokoro *et al.* 2007; 所ら 2013), 系統間では他にも未知の生態的差異が存在するかもしれず, 系統の違いに留意した対応が必要だからである。

しかし, 形態情報からグループAとグループBを識別するにはある程度の習熟が必要であり, タイプレベルでの識別に至っては分類の専門家でなければ難しい。また, その都度塩基配列から識別するのはランニングコストや設備の点から現実的ではない。そこで本研究では, カシナガの遺伝的系統の, 安価かつ簡便な識別法として, 28S rDNAのD1-D2領域の配列情報 (Hamaguchi and Goto 2010) をもとに, PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism) 法による識別法を検討したので報告する。

本文に先立ち, 国内各地のサンプル収集にご協力くださった各府県および各省庁のご担当者, 森林組合, 山林所有者の皆様には厚く御礼申し上げます。本研究は, JSPS科研費 JP23580219の助成および森林総合研究所の「家族責任がある研究者のための支援制度」による研究支援を受けて実施した。

2. 材料と方法

(1) 供試虫

Hamaguchi and Goto (2010) で国内各地のカシナガから抽出済みのDNAサンプルを材料として用いた。供試虫の採集地と塩基配列にもとづく遺伝的タイプを表-1に示す。DNAサンプルは、採集後99.9%エタノール中に保存しておいた供試虫から、次のようにDNeasy Blood and Tissue kit (Qiagen)あるいはChelex法により抽出したものである。DNeasy Blood and Tissue kit (Qiagen)による抽出については、まず、カシナガ1個体全体、あるいは実体顕微鏡下で採取した胸筋肉か脚1本を1.5mlチューブ内に入れ、5 μ lの滅菌水を加えてホモジナイザーベッスルで粉碎した。次にキットのプロトコールに沿って抽出を行い、100 μ lの溶出バッファーで溶出した。Chelex法による抽出は、Walsh *et al.* (1991) をもとにして次のように行った。実体顕微鏡下でカシナガを解剖し、ピンセットで脚1本または胸筋を採取した。0.5mlのチューブ内で5 μ lの滅

菌水を加え、ホモジナイザーベッスルで粉碎した。200 μ lの6% Chelex 100溶液 (Bio-Rad) と4 μ lの20 mg/mlプロテアーゼK液を加え、56 $^{\circ}$ Cで一晩消化した。激しく攪拌してから95 $^{\circ}$ Cで10分インキュベートし、再度激しく攪拌した。13500rpmで3分間遠心し、上清を得た。

(2) PCR-RFLP法

Hamaguchi and Goto (2010) では、28S rDNAのD1-D2領域を、プライマーペア28S-01と28SR-01 (Kim *et al.* 2000) を用いて増幅した。得られる増幅産物は、タイプ1は1035bp、タイプ2は1036bp、タイプ3は1020bp、タイプ4 a-dは1018bpである。これらにはプライマー領域、DDBJ (DNA Data Bank of Japan; 国際塩基配列データベースの一つ) に登録した領域、および配列に不明瞭な部分があるためDDBJへの登録から除外した28SR-01側増幅開始領域35bpが含まれる。これら全領域の配列を対象に、各グループあるいは各タイプに特異的な認識部位を持つ制限酵素をNEBcutter V2.0 (Vincze *et al.* 2003)

表-1 DNAサンプルの遺伝的タイプと由来

	個体番号	採集地	DDBJ アクセション番号
グループA (日本海型)			
タイプ1	KgsKG-1645	鹿児島県鹿児島市	AB478199
	SadoSD-1640	新潟県佐渡市 (佐渡島)	AB478212
	MykMY-2911	東京都三宅村 (三宅島)	AB478238
	YmgaTO-1656	山形県鶴岡市	AB478243
タイプ2	OknKG-2692	沖縄県国頭村 (沖縄島)	AB478187
	OknKG-2691	沖縄県国頭村 (沖縄島)	AB478186
	TknTNS-2307	鹿児島県天城町 (徳之島)	AB478189
	TknTNS-2311	鹿児島県天城町 (徳之島)	AB478191
グループB (太平洋型)			
タイプ3	IsgIG-2312	沖縄県石垣市 (石垣島)	AB478164
	IsgIG-2314	沖縄県石垣市 (石垣島)	AB478166
	IsgIG-2315	沖縄県石垣市 (石垣島)	AB478167
タイプ4 a	KgsYK-2525	鹿児島県指宿市	AB478180
タイプ4 b	KgsYK-2523	鹿児島県指宿市	AB478183
タイプ4 c	WkyNK-2929	和歌山県那智勝浦町	AB478175
タイプ4 d	KgsTS-2923	鹿児島県錦江町	AB478172

表-2 候補とした制限酵素により推定される切断断片長

制限酵素	断片長 (bp)			
	グループA		グループB	
	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4 a-d
グループの識別				
FokI	544, 491	544, 492	切断部位なし	切断部位なし
HphI	切断部位なし	切断部位なし	458, 562	458, 560
Cac8I	73, 962	73, 963	73, 249, 698	73, 250, 695
AseI	115, 920	115, 921	115, 184, 313, 408	115, 184, 311, 408
BccI	186, 317, 532	187, 317, 532	317, 703	317, 701
タイプの識別				
RsaI	38, 47, 352, 598	38, 47, 93, 352, 506	38, 47, 352, 583	38, 47, 352, 581
Fnu4HI	69, 217, 749	69, 217, 750	69, 217, 253, 481	69, 217, 732

で検索した。検索のための配列には、DDBJアクセッション番号 AB478192 (タイプ1), AB478184 (タイプ2), AB478164 (タイプ3), AB478179 (タイプ4 a), AB478183 (タイプ4 b), AB478173 (タイプ4 c), AB478168 (タイプ4 d) を用い、DDBJへの登録から除外した35bpについては、Hamaguchi and Goto (2010) のシーケンス解析において得られた波形データを参照した。検索された制限酵素の中から、識別しやすいバンドパターンが得られると期待でき、ランニングコストも抑えられるなどの観点で、グループレベルでの識別に有効な制限酵素の候補としてFokI, HphI, Cac8I, AseI, BccIを、タイプレベルでの識別に有効な候補として、RsaIとFnu4HIを選出した(表-2)。

これら7種の酵素について、以下の方法でPCR-RFLPを行い、グループおよびタイプの識別における実用性を確認した。PCR反応液は全量15 μ lとし、その組成は、0.5 μ lのDNA, 1 μ Mずつのプライマー28S-01とプライマー28SR-01, 200 μ MのdNTPs, 1 \times PCRバッファー, 0.75UのTaKaRa Ex Taq DNAポリメラーゼ(タカラバイオ)とした。PCR反応にはGeneAmp 9700 thermal cycler (Applied Biosystems)を行い、温度サイクルは、(1) 最初の熱変性として94 $^{\circ}$ Cで2分, (2) 94 $^{\circ}$ Cで1分, 58 $^{\circ}$ Cで1分, 72 $^{\circ}$ Cで2分を1サイクルとして35サイクル, (3) 最後の熱変性は72 $^{\circ}$ Cで2分行った。

制限酵素処理は、1 μ lのPCR産物に、1 μ lの10 \times バッファー, 0.5 μ lの各制限酵素(New England Biolabs)と滅菌水を加えて全量10 μ lとし、37 $^{\circ}$ Cで3時間消化した。消化産物の全量を、100bp DNAラダー(タカラバイオ)および未消化PCR産物とともに2%のアガロースゲルTakara03(タカラバイオ)で100V 30分間電気泳動し、GelRed (Biotium)で染色してバンドパターンを観察した。

3. 結果と考察

グループの識別を目的とした制限酵素, FokI, Cac8I, HphI, AseI, BccIによるPCR-RFLPの泳動像を写真-1に示す。切断パターンの差異はいずれも明瞭で、全ての酵素においてグループAとグループBの識別が可能であった。ただし、FokIによるグループBの消化産物と、HphIによるグループAの消化産物は、認識部位がなく断片化しないので、未消化PCR産物との区別ができない(写真-1 a, b)。よって、認識部位を持たないグループなのか、酵素反応に失敗して未消化のままなのか、未知のサンプルの解析では判断に困るケースが生じると思われる。Cac8IあるいはAseIによってグループAを処理した場合についても、長い切断断片と未消化PCR産物との長さの差異がわずかで区別がつきにくいいため、同様の問題が生じうる(写真-1 c, d)。この点から言えば、グループ間の差異も未消化PCR産物との差

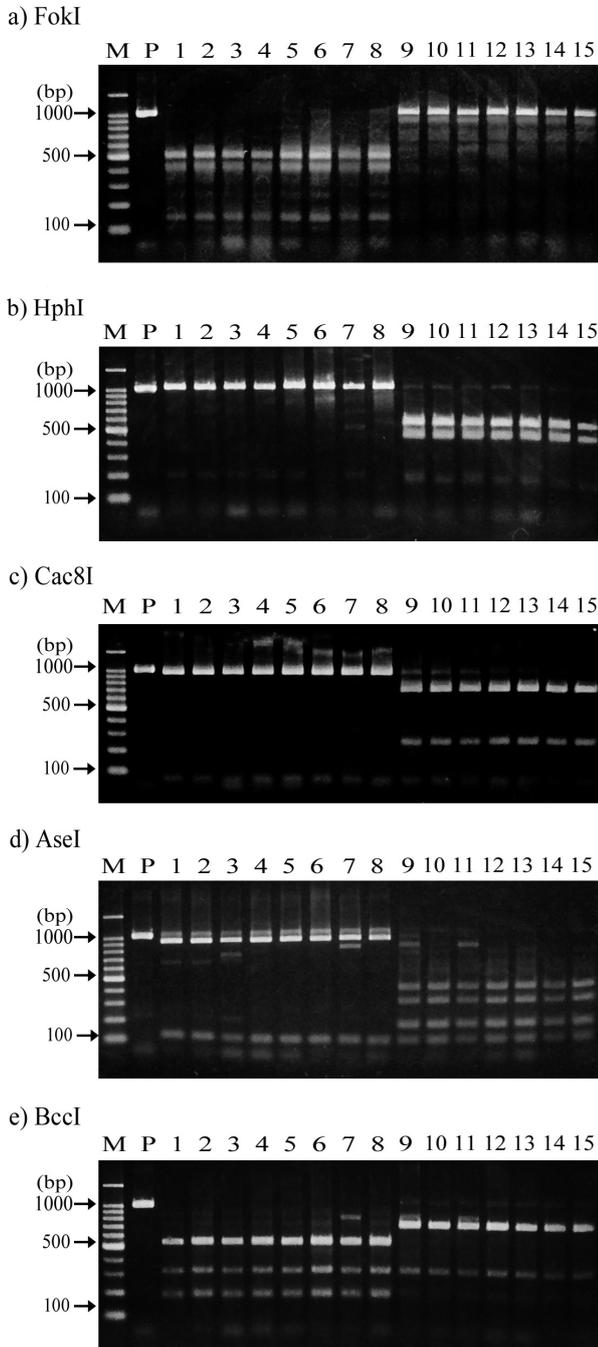


写真-1 グループ識別の候補とした制限酵素によるPCR-RFLPの電気泳動像

M: 100bpラダーサイズマーカー, P: タイプ1を鋳型としたPCR産物, 1~4: タイプ1 (KgsKG1645, SadoSD1640, MykMY2911, YmgaTO1656), 5~8: タイプ2 (OknKG2692, OknKG2691, TknTNS2307, TknTNS2311), 9~11: タイプ3 (IsglG2312, IsglG2314, IsglG2315), 12~15: タイプ4a-d (KgsYK2525, KgsYK2523, WkyNK2929, KgsTS2923).

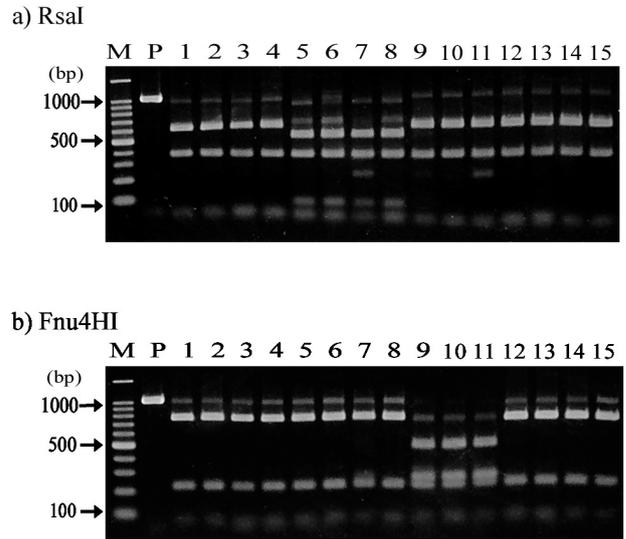


写真-2 2タイプ識別の候補とした制限酵素によるPCR-RFLPの電気泳動像

M: 100bpラダーサイズマーカー, P: タイプ1を鋳型としたPCR産物, 1~4: タイプ1 (KgsKG1645, SadoSD1640, MykMY2911, YmgaTO1656), 5~8: タイプ2 (OknKG2692, OknKG2691, TknTNS2307, TknTNS2311), 9~11: タイプ3 (IsglG2312, IsglG2314, IsglG2315), 12~15: タイプ4a-d (KgsYK2525, KgsYK2523, WkyNK2929, KgsTS2923).

異も明瞭なBccIが、最も利用しやすいと思われる(写真-1e)。

タイプの識別を目的とした制限酵素, RsaIとFnu4HIによるPCR-RFLPの泳動像を写真-2に示す。切断パターンはいずれも明瞭で, RsaIはタイプ2を, Fnu4HIはタイプ3を他のタイプから識別することが可能であった。なお, 全てのタイプを1ステップで識別できる制限酵素が存在しないため, タイプの識別については, 図-1に示すように, まずグループをBccIなどを用いて識別した上で, グループAであった場合はRsaIでタイプ1かタイプ2かを, グループBであった場合はFnu4HIでタイプ3かタイプ4a-dかを識別する必要がある。ただし, タイプ2とタイプ3の分布が南西諸島に限られている現時点においては, タイプまで識別しなければならないケースはあまりないと考えられる。タイプの識別がどうしても必要となるのは, 既知のカシナガ分布地から明らかに隔たった新規分布地が見つかった場

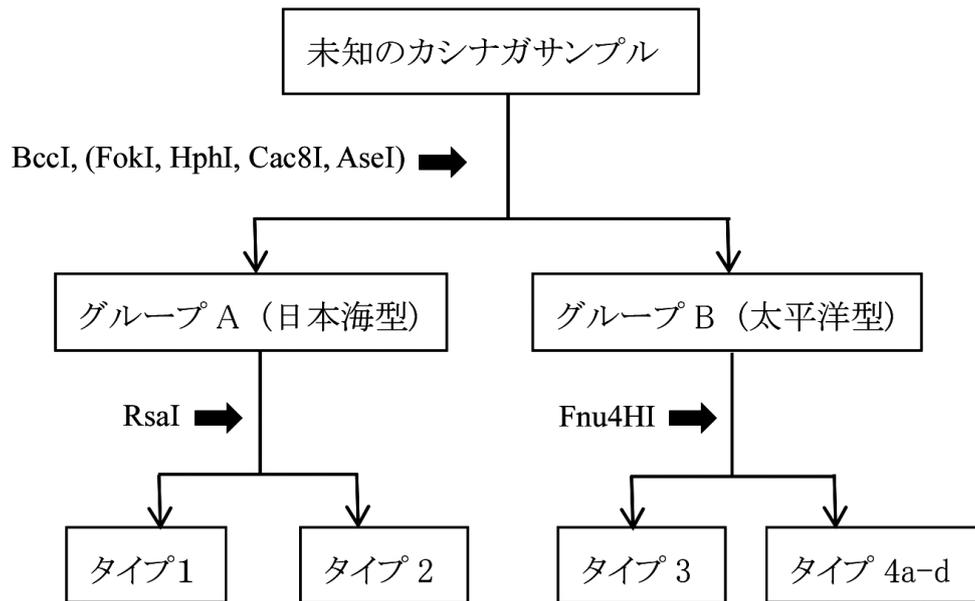


図-1 タイプレベルでの識別方法

合や、将来的に各タイプの分布域が大きく異なってきた場合であろう。

本研究で用いた28S rDNAのD1-D2領域は、Hamaguchi and Goto (2010) およびそれ以降に解析した日本各地のカシナガの配列データから (濱口 未発表), タイプ内の塩基配列の相同性が非常に高いことが確かめられている。また、タイプによっては3~5座位で変異が見られるものの、それらの座位は今回検討したいずれの制限酵素の認識部位とも重複しない。よって、国内個体群については本研究で得られたバンドパターンの安定性は確保されていると考えられる。

PCR-RFLP法は従来の方法ではあるが、汎用機器と汎用試薬で容易に系統識別を行うことができるため、ナラ枯れの被害対策や調査研究に伴うルーチンワークとしてのカシナガの系統識別に有効である。なお、筆者らは別の簡易識別手法として、mtDNA領域を対象としたマルチプレックスPCR法による識別法も開発中であり、近いうちに報告したいと考えている。グループAとグループBが交雑して次世代を残す可能性は低いと考えられるが (梶村ら 2005), 同じグループに属するタイプ間の交雑可能性につい

ては未知である。本研究の核rDNAを対象としたPCR-RFLPと、mtDNAを対象としたマルチプレックスPCR法を併用すれば、浸透交雑の有無のチェックにも有効なツールになると考えられる。

引用文献

- 後藤秀章・住吉博和・穂山浩平・図師朋弘 (2008) 奄美大島におけるカシノナガキクイムシによるスダジイの集団枯損の記録. 九州森林研究 61: 96~98
- 濱口京子 (2013) 日本産カシノナガキクイムシの地域変異について. 森林防疫 62: 109~116
- Hamaguchi K, Goto H (2010) Genetic variation among Japanese populations of *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae), an insect vector of Japanese oak wilt disease, based on partial sequence of the nuclear 28S rDNA. Appl Entomol Zool 45: 319~328
- 梶村 恒・加藤 将・小林正秀・法眼利幸・伊藤進一郎 (2005) カシノナガキクイムシの紀伊および京都個体群間における交配実験. 中部森林研究 53: 113~116

- Kim CG, Zhou HZ, Imura Y, Tominaga O, Su ZH, Osawa S (2000) Pattern of morphological diversification in the *Leptocarabus* ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as deduced from mitochondrial ND5 gene and nuclear 28S rDNA sequences. *Mol Biol Evol* 17: 137 ~ 145
- Kinuura H, Kobayashi M (2006) Death of *Quercus crispula* by inoculation with adult *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Appl Entomol Zool* 41: 123 ~ 128
- Kubono T, Ito S (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43: 255 ~ 260
- Tokoro M, Kobayashi M, Saito S, Kinuura H, Nakashima T, Shoda-Kagaya E, Kashiwagi T, Tebayashi S, Kim C, Mori K (2007) Novel aggregation pheromone, (1*S*,4*R*)-p-menth-2-en-1-ol, of the ambrosia beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Bulletin of FFPRI* 6: 49 ~ 57
- 所 雅彦・大谷英児・後藤秀章・衣浦晴生・濱口京子・栗生 剛・竹内 純 (2013) カシノナガキクイムシ太平洋型と日本海型の化学生態学的な面からの比較. 第124回日本森林学会大会講演要旨集 127
- Vincze T, Posfai J, Roberts RJ (2003) NEBcutter: a program to cleave DNA with restriction enzymes. *Nucleic Acids Res* 31: 3688-3691
- Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R (1991) Chelex100 as a medium for simple extraction of DNA for PCRbased typing from forensic material. *BioTechniques* 10: 506-513
- (2018.11.30受付, 2018.12.10掲載決定)

解説

複数のブナ科堅果の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測モデルの構築

藤木大介¹

1. はじめに

近年、西日本の多くの地域でツキノワグマ（以下クマ）の個体数の回復や分布の拡大が認められるようになってきた（坂田ほか 2014；広島県 2017；京都府 2017；岡山県 2017）。それに伴いクマの人里への出没が頻繁に生じるようになり、農業被害や人身被害など人との軋轢が各地で深刻化してきている（山崎 2017）。

これまでの研究から、日本のクマは秋季にブナ科（Fagaceae）樹種が優占している広葉樹林を選択的に利用しており（Izumiyama and Shiraiishi 2004；Kozakai *et al.* 2011；根本ほか 2016）、ブナ科樹種の堅果を秋の主要な食物として集中的に利用していることが示されている（溝口ほか 1996；Hashimoto *et al.* 2003；Koike 2010）。ブナ科樹木は、森林中にまとも存在し、その堅果にはクマの体脂肪の原料となる脂肪や炭水化物が多く含まれている（橋本・高槻 1997）。秋は冬眠前のクマにとって脂肪を蓄える重要な季節であることから、これらの堅果はクマにとって短期間に効率的に採取できる秋の重要な食物となっていると考えられている（大井 2009）。

一方、クマの有害捕獲数には大きな年変動があることが報告されており（Oka *et al.* 2004；Oka 2006）、その変動にはブナ科堅果の豊凶が関係していることが示されている（谷口・尾崎 2003；Oka *et al.* 2004；水谷ほか 2013）。例えば、東北地方の7地域のうち、ブナ（*Fagus crenata*）林が卓越して分布している5地域（主に奥羽山脈）では、ブナの凶作指数とクマの有害捕獲数の変動が関連していることが報告されている（Oka *et al.* 2004）。Oka *et al.* (2004) ではクマの捕獲数にブナの堅果の影響のみを検討したが、東北地方を含む多くの地域ではブナに加えて他

のブナ科樹種も豊富に存在している。岐阜県白川村や秩父山地においては、ブナだけでなくミズナラ（*Quercus clispula*）の堅果もよく採食されており、この両者が凶作の年には、クリ（*Castanea crenata*）の堅果をクマが主に採食していたことが報告されている（溝口ほか 1996；Hashimoto *et al.* 2003）。北陸地方や兵庫県では、ブナとミズナラの両方が凶作の年にクマの目撃頭数或いは有害捕獲数がとくに多くなったことが報告されている（谷口・尾崎 2003；水谷ほか 2013）。これらの報告は、クマの出没は単一のブナ科樹種よりも地域の中で優占している複数のブナ科樹種の豊凶との関係を見ることでよりよく説明される可能性を示している。

日本では2004年に全国的にクマの大量出没が生じた大きな社会問題となった（Oi *et al.* 2009；山崎 2017）。この事件を契機に、多くの府県では、クマの出没を事前に予測するためのブナ科の堅果の豊凶観測を開始した（水谷ほか 2013）。しかし、現状ではほとんど全ての府県において過去の豊凶と出没の間の相関に基づいて（谷口・尾崎 2003；Oka *et al.* 2004；水谷ほか 2013）、大雑把で定性的な出没予測に留まっており、出没レベルを高い精度で具体的数値を示すような予測は実施されていない。この理由としては、各府県において、とくに複数のブナ科樹種が優占する西日本において、出没に影響する「鍵植物」とその相対的な重要性の相違が必ずしも明確でないことが挙げられる（Oka 2006）。上記の問題に加えて、予算と労力の関係から定量的解析に耐えうる規模の観測体制を確立できていない地域が多いことが挙げられる。さらに、これらの課題を一定程度クリアできている地域においても、観測開始からの年数が浅いため、信頼性のあるデータ解析ができるだけのデ

ータの蓄積がこれまでなかったことが挙げられる。

兵庫県では2003年度にクマの特定鳥獣保護管理計画を策定し、科学的分析に基づいた管理計画を推進するための体制を整備してきた（兵庫県 2017）。その取り組みの一環として、住民によるクマの出没情報を一元的に収集する体制を整備し、データの蓄積を図ってきた。さらにブナ科堅果の豊凶観測に関しては、域内でとくに資源量の多いブナ科3樹種（ブナ、ミズナラ、コナラ（*Quercus serrata*））の堅果の豊凶を広域多地点で収集する体制を2005年に整備し、データを蓄積してきた。現在では、これらの長期観測データを統計解析することで、クマの出没レベルを高い精度で数量的に予測することが可能になってきている。そこで本稿では、観測データの解析結果から見えてきたクマと堅果の豊凶の関係について解説するとともに、構築した統計モデルを用いて、

野生動物管理の現場で、どのように出没予測を活用しているかを概説する。なお、本稿はFujiki (2018)の紹介依頼を受け、その内容に関連する情報を追加して新たに執筆したものである。

2. 材料と方法

(1) 調査地域

調査地域は、兵庫県の本州部（面積約7,800km²）である（図-1）。調査地域の人口は5376千人であり、約7割が森林域である。森林域のうち、約40%が針葉樹人工林、約20%がアカマツ二次林である（兵庫県 2014）。残りの大半の約40%が広葉樹の天然林または二次林となっている。広葉樹林のうち、人里に近い標高300～600m未満の暖温帯ではコナラが優占する落葉二次林が多い。それより上部ではブナあるいはミズナラが優占する天然林あるいは二次林が

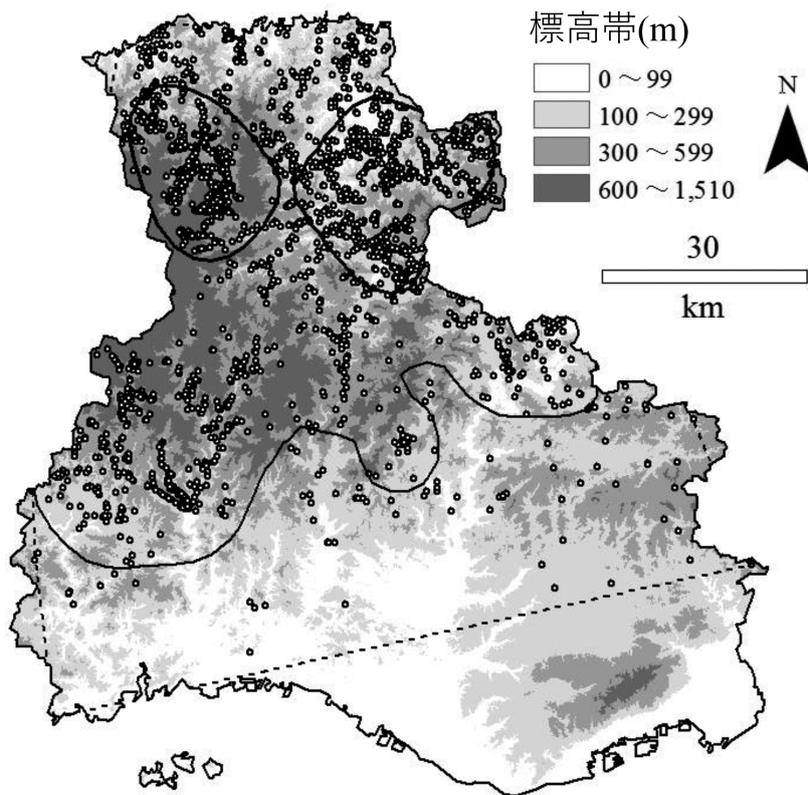


図-1 調査地域における2005年～2016年の秋季（9～11月）にツキノワグマの出没情報が得られた地点
破線は出没情報の最外郭を囲んだ範囲、細い実線と太い実線はそれぞれカーネル法による95%出没圏と50%出没圏を示す。標高帯の違いを、色の濃淡で示した。Fujiki (2018)を改変。

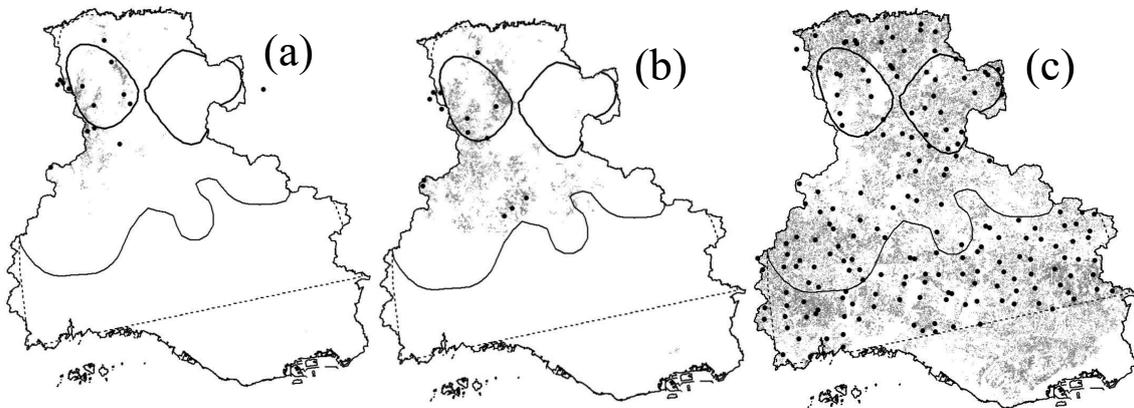


図-2 ブナ (a) ,ミズナラ (b) ,コナラ (c) の堅果の豊凶の定点観測地点
黒点が各観測地点、灰色部はそれぞれの樹種が優占している林の分布を示す。破線は出沒情報の最外郭を囲んだ範囲、細い実線と太い実線はそれぞれカーネル法による95%出沒圏と50%出沒圏を示す。Fujiki (2018) を改変。

主体となっている。

調査地域におけるクマの生息状況は、1990年代前半までは生息頭数が100頭以下と推定され、絶滅が危惧されていた（兵庫県生活部自然課 1973；東中国山地自然環境調査団 1974；坂田ほか 2011）。しかし、1996年に狩猟による捕獲を全面的に禁止し保護政策を進めた結果、2000年代に入ってから生息頭数が増加し、分布拡大も顕著に認められるようになった（坂田ほか 2011；兵庫県 2017）。調査地域における2016年時点でのクマの生息頭数は中央値で900頭前後まで増加していると推定されている（兵庫県 2017）。それに伴い集落内におけるクマの徘徊、果樹や農作物の被害、人身被害の発生など人との軋轢が増加してきた（稲葉 2011）。2004年、2006年、2010年には秋季におけるクマの人里への出沒が前年度の20倍以上に達する大量出沒年となった。

(2) 出沒情報

兵庫県では、住民から市町に通報された集落周辺におけるクマの出沒情報を、2001年以来、一元的に収集する体制を整備し蓄積している。出沒情報は、クマを目撃、あるいはクマ棚や糞、食痕などの痕跡が集落周辺で確認された場合に住民から通報されるもので、クマが人里近くに出沒した際に、行政が現場での対応をするための基盤情報として利用されている。また、2004年に最初のクマの大量出沒が生じ

て以来、出沒情報に基づいた行政による現場での対応が地域住民にも周知されるようになってきている。それゆえ2004年以降は各市町から情報が安定的に収集できている。そこで兵庫県で蓄積されているクマの出沒情報データベースから、2005年～2016年の12年間のデータのうち、ブナ科堅果の結実期にあたる9月～11月期の出沒情報を収集し、集落あるいは農耕地から200m以内の地点で得られた記録（n=3,781）を抽出した。

(3) 堅果の豊凶観測

兵庫県では2005年より、成熟堅果が落下する前の9月上中旬の期間にブナ、ミズナラ、コナラの堅果の豊凶調査を広域多地点で実施している。調査は、各定点観測地点において、10本の成木の樹冠を双眼鏡で目視し、堅果の結実量に応じて単木毎にその豊凶度を以下の4段階で判定している。

- 0：前方投影面積で樹冠1㎡当たりの平均結実数1個未満
- 1：前方投影面積で樹冠1㎡当たりの平均結実数1-4個
- 2：前方投影面積で樹冠1㎡当たりの平均結実数5-9個
- 3：前方投影面積で樹冠1㎡当たりの平均結実数10個以上

このようにして判定された10本の観察木の豊凶度の平均値が、その地点の豊凶度として用いられている。本解析ではクマの出沒情報が得られた地点の最外郭で囲まれた範囲をクマの分布域とし、この範囲内にある地点の豊凶データを原則として用いた。そ

の結果、本解析でデータとして使用した地点数は、コナラ193地点、ブナ15地点、ミズナラ14地点となる(図-2)。各樹種においてその年の全ての観測地点の豊凶度の平均値を求めることによって、調査地域全体における各樹種のその年の堅果の豊凶のレベルを表す指標(以下 豊凶指数)とした。

(4) クマの出没圏内の森林構成

調査地域内におけるクマの出没の中心となる地域を特定するために、解析で用いた全ての出沒情報データを地理情報システム上に取り込み、調査期間を通して秋季に出沒情報が得られた地点の地図化を図った(図-1)。そのうえで、固定カーネル法(Worton 1989)を用いて95%出沒圏と50%出沒圏を推定した。さらに、1)調査地域全体、2)95%出沒圏、3)50%出沒圏、4)50%出沒圏のうちクマの恒常的な生息域と考えられる山間部(標高300m以上)の地域、以上の4地域における森林の構成を明らかにするために、ブナ林、コナラ林、ミズナラ林、アカマツ林、その他の自然林、人工林、非森林域という7つの植生区分に基づいて各地域内の植生区分別面積を集計した。集計のための植生図の作成にあたっては、環境省の自然環境情報GISの1/25,000現存植生図を利用した。

(5) 解析方法

調査地域におけるクマの秋季の出沒数の年変動に対するブナ、ミズナラ、コナラの堅果の豊凶の影響を定量化することを目的とした一般化線形モデル(GLM)を構築した。応答変数として各年の9月~11月における集落あるいは農耕地から200m以内で得られたクマの出沒情報数(以下 出沒数)を、説明変数として各年のブナ Fc ・ミズナラ Qc ・コナラ Qs それぞれの豊凶指数と2005年からの経過年数(以下 年数 $YEAR$)の4つを用いた。説明変数に年数を含めた理由としては、堅果の豊凶では説明されないクマの出沒数の長期的な変化傾向を定量化するためである。なお、このような長期的変化に影響をおよぼす要因としては、個体数の増加や住民からの出沒情報の報告努力の向上などが考えられる。以上の変数のセットを用いて、ポアソン分布とlogリンク

関数を仮定し、全ての説明変数の組み合わせをもつGLM群を構築した。そのうえで、赤池情報量基準(AIC)による総当たり法でモデル選択を実施した。なお、GLM群の構築に先立ち、VIF(Variance Inflation Factor)を算出し、説明変数間に多重共線性の問題がないことを確認した。

次に、説明変数に含まれる樹種の数異なるモデル間の比較を、以下の6つのモデルを対象に実施した: 1)豊凶の影響を一切考慮せず、前年度の出沒数を当年の出沒数の期待値としたモデル(Pre-year-M)、2)3種全てが含まれたモデルの中でAICの値が最も低かったモデル(3sp-BM)、3)3種のうち2種が含まれたモデルの中でAICの値が最も低かったモデル(2sp-BM)、4)~6)ブナ、ミズナラ、コナラのそれぞれ1種のみが含まれたモデルの中でAICの値が最も低かったモデル(Fc -BM, Qc -BM, Qs -BM)。比較のための評価統計値の算出には、それぞれのモデルにおいて2005年~2016年の各年の出沒数の予測値を求め、求めた予測値と実際に報告されたクマの出沒数(観測値)との間の決定係数(R^2)、平均誤差、平均絶対誤差、二乗平均平方根誤差を算出した(Moriasi *et al.* 2007)。

統計モデルの構築や固定カーネル法の計算には統計解析ソフトR3.1.2(R Core Team 2014)、地図の作成、植生区分別面積などの集計に当たってはEsri社のArcGIS10.2を用いた。

3. 結果

(1) 観測データ

豊凶指数の平均値は、3樹種間でほぼ同様の値(図-3、ブナ=0.69、ミズナラ=0.64、コナラ=0.68)を示したものの、その変動幅はミズナラ(0.1~1.7)とコナラ(0.2~1.5)に比べて、ブナでは大きい傾向(0.0~2.6)があった。3樹種とも隔年で豊凶を繰り返す傾向があり、とりわけブナでその傾向が顕著であった。2006年と2010年は3樹種が同調して非常に低い豊凶指数を示した。

出沒数の平均値は315.1であったが、その変動幅は、19~1,198件と非常に大きかった。出沒数は隔

年で増減を繰り返す傾向があった。2006年と2010年は前年度に比べて出沒数がそれぞれ28.1倍と38.6倍と顕著に多かった。

(2) モデル選択

ベストモデルとして選択されたのは、4変数全てを含むモデル(3sp-BM)であった(表-1)。2位のモデルとしてはブナとコナラ、年数を含んだ3変数のモデル(2sp-BM)が選択されたが、ベストモデルとのAICの差は13.9と大きかった。単一の樹種が選択されたモデルで最もAICが低かったのは、いずれも各樹種と年数の2変数を含むモデルであった。これら単一樹種のモデルの中では、ミズナラを含むモデル(Qc-BM)、コナラを含むモデル(Qs-BM)、

ブナを含むモデル(Fc-BM)の順でAICが高くなった。Qc-BM, Qs-BM, Fc-BMのそれぞれとベストモデルとのAICの差は443.1, 768.9, 1601.6と非常に大きかった。上位4位までのモデルとQc-BM, Qs-BM, Fc-BMの7つのモデルを対象に、樹種間で係数の大きさを比較すると、コナラはブナより一貫して大きな絶対値をもつことが示された(表-2)。一方、ミズナラは、ブナ、コナラとの間に係数の大きで一貫した傾向を示さなかった。対象とした全てのモデルにおいてブナ、コナラ、ミズナラの豊凶指数はクマの出沒数に対していずれも有意な負の効果(Pr(>|z|)<0.001)を示し、年数は出沒数に対して有意な正の効果(Pr(>|z|)<0.001)を示した。

表-1 モデル選択によって選ばれた上位5位モデルと、個々の樹種のみが含まれたモデルでAICが最も低かったモデル、nullモデルのAIC。

順位	モデル名	説明変数のセット	AIC	ΔAIC
1	3sp-BM	<i>Fc, Qc, Qs, YEAR</i>	284.6	0.0
2	2sp-BM	<i>Fc, Qs, YEAR</i>	298.6	13.9
3	2sp-SM	<i>Fc, Qc, YEAR</i>	500.3	215.7
4	2sp-TM	<i>Qc, Qs, YEAR</i>	670.2	385.6
5	Qc-BM	<i>Qc, YEAR</i>	727.7	443.1
11	Qs-BM	<i>Qs, YEAR</i>	1053.5	768.9
13	Fc-BM	<i>Fc, YEA</i>	1886.2	1601.6
16	Null	切片	3613.6	3329.0

Fc: ブナ豊凶指数; *Qc*: ミズナラ豊凶指数; *Qs*: コナラ豊凶指数.
YEAR: 2005年からの経過年数. Fujiki (2018) を改変。

表-2 説明変数に含まれる樹種の数と種類が異なる7つのモデルにおける説明変数の係数値.

説明変数	各モデルにおける係数						
	3sp-BM	2sp-BM	2sp-SM	2sp-TM	Qc-BM	Qs-BM	Fc-BM
<i>Fc</i>	-0.77	-0.87	-0.55				-1.18
<i>Qc</i>	-0.48		-2.02	-1.86	-2.50		
<i>Qs</i>	-2.04	-2.51		-1.01		-3.17	
<i>YEAR</i>	0.13	0.14	0.08	0.11	0.08	0.15	0.06

Fc: ブナ豊凶指数; *Qc*: ミズナラ豊凶指数; *Qs*: コナラ豊凶指数. *YEAR*: 2005年からの経過年数.
 全ての係数値は有意(Pr(>|z|)<0.001). Fujiki (2018) を改変。

表-3 説明変数に含まれる樹種の数異なる6つのモデル間の評価統計値の比較.

モデル	R^2	平均誤差	平均絶対誤差	二乗平均平方
3sp-BM	0.96**	0.0	50.4	68.0
2sp-BM	0.95**	0.0	54.5	74.0
Qc-BM	0.81**	0.0	109.2	143.5
Qs-BM	0.80**	0.0	120.9	162.2
Fc-BM	0.43*	0.0	179.1	264.3
pre-year-M	0.19n.s.	56.2	422.9	557.2

** : $P < 0.01$; * : $P < 0.05$; n.s.: not significant. Fujiki (2018) を改変.

表-4 調査地域全体, ツキノワグマの95%出沒圏, 50%出沒圏, 50%出沒圏のうち標高300m以上のエリアにおける森林タイプ別の構成割合

	調査地域全体		95%出沒圏		50%出沒圏		50%出沒圏内で 標高300m以上	
自然林								
ブナ林	0.8	(1.9)	1.7	(4.5)	3.3	(7.4)	6.8	(13.4)
ミズナラ林	2.0	(5.0)	4.5	(11.9)	5.2	(11.6)	10.6	(21.0)
コナラ林	18.7	(45.6)	19.9	(52.5)	20.0	(45.0)	17.8	(35.4)
アカマツ林	13.7	(33.6)	9.2	(24.2)	11.8	(26.6)	9.0	(17.8)
その他	5.7	(14.0)	2.6	(6.8)	4.2	(9.5)	6.2	(12.3)
小計	40.9	(100.0)	37.9	(100.0)	44.4	(100.0)	50.2	(100.0)
人工林	26.6		44.1		34.6		40.3	
非森林地	32.5		18.0		21.0		9.5	
総計	100.0		100.0		100.0		100.0	

Fujiki (2018) を改変.

(3) モデル間の統計値の比較

説明変数に含まれる樹種の数異なる6モデル(3sp-BM, 2sp-BM, Fc-BM, Qc-BM, Qs-BM, Pre-year-M)の間でモデル評価統計値の比較を実施した。その結果, R^2 の値は3sp-BMが最も高く(表-3: $R^2=0.96$, $p<0.01$), 次いで2sp-BM ($R^2=0.95$, $p<0.01$), Qc-BM ($R^2=0.81$, $p<0.01$), Qs-BM ($R^2=0.80$, $p<0.01$), Fc-BM ($R^2=0.43$, $p<0.05$), Pre-year-M ($R^2=0.19$, $p>0.05$)の順で低くなった。平均誤差についてはPre-year-Mが56.2と大きな正の値を示したが, 残りのモデルは0.0を示した。平均絶対誤差と二乗平均平方根誤差はともに3sp-BM, 2sp-BM, Qc-BM, Qs-BM, Fc-BM, Pre-year-Mの順で大きくなった。3sp-BMによる各年の予測値と実際の観

測値の変動を図-4aに示した。

(4) クマ出沒圏内の森林構成

調査地域全体, 95%出沒圏, 50%出沒圏, 50%出沒圏における標高300m以上の地域において, 自然林中に占めるブナ林・ミズナラ林・コナラ林の合計面積の割合は, それぞれ52.5%, 69.0%, 63.9%, 69.8%と高かった(表-4)。これら3つの森林タイプのうち, 調査地域全体では自然林中にコナラ林が占める面積割合が圧倒的に高く(45.6%), ミズナラ林(5.0%)とブナ林(1.9%)が占める割合は低かった。しかし, 95%出沒圏, 50%出沒圏, 50%出沒圏における標高300m以上の地域とクマの出沒の中心となる地域に向かうにつれ, ブナ林(1.9%→4.5%→7.4%→13.4%)とミズナラ林(5.0%→11.9%→11.6

%→21.0%)の面積割合はコナラ林に対して相対的に高くなった。

4. 考察

(1) クマの出没におよぼすブナ科堅果の影響

これまでの研究では、クマの出没におよぼす複数の樹種の豊凶の効果を総合的に評価することができていなかった(谷口・尾崎 2003; Oka *et al.* 2004; 水谷ほか 2013)。このため、ある地域の中で複数の樹種の堅果の豊凶とクマの出没数に相関があったとしても、それが本当に複数の樹種が影響しているのか、それとも実際は特定の樹種のみが影響しており残りは偽相関であるのかが明確ではなかった。しかし、本解析では12年間という長期データを収集することで樹種間で様々な豊凶の組み合わせの年を観測できた結果、調査地域におけるクマの出没数にはブナ、ミズナラ、コナラの堅果の豊凶がそれぞれに影響している可能性が高いことが示された(表-1, 表-2)。

ブナ林、ミズナラ林、コナラ林のうち、調査地域全体ではコナラ林の資源量が圧倒的に高かったが、95%出沒圏、50%出沒圏、50%出沒圏のうち標高300m以上の地域とクマの生息の中心域に近づくにつれブナとミズナラの資源量も相対的に高くなっていくことが示された(表-4)。これまでの研究から、クマは地域の中で優占しているブナ科樹種の堅果を秋の主要な食物として利用しており、この堅果が利用できないときは2番目のブナ科堅果や代替植物を利用するものと推測されている(溝口ほか 1996; Hashimoto *et al.* 2003; Koike 2010; Arimoto *et al.* 2011; Kozakai *et al.* 2011)。そして山中に利用できる餌資源が少ない年には行動圏が拡大し(Arimoto *et al.* 2011; Kozakai *et al.* 2011)、人里にある果樹を求めてクマの出没が多発するものと推測されてきた(Arimoto *et al.* 2011; 大井ほか 2012)。自然林中にブナ林、ミズナラ林、コナラ林の3タイプの森林が卓越して分布している本調査地域において(表-4)、ブナ、ミズナラ、コナラの3種の堅果の豊凶によって秋季のクマの出没数が強く説明できたことは、ク

マは地域の中で優占しているブナ科樹種の堅果を秋季の食物として優先的に利用しており、その結果として、それらの樹種の堅果の全体的な利用可能性に応じて、代替資源を求めて人里への出没が決定されるという上記の仮説を支持している。

本解析で構築したモデル群では、ブナに比べてコナラの係数が一貫して大きい絶対値を示したうえ(表-2)、Qs-BMはFc-BMより予測性が高かったことから(表-1, 表-3)、クマの出没に対する堅果の豊凶の影響力はブナよりもコナラの方が大きいものと推測された。このようなブナとコナラの影響力の相違も、それぞれが優占する林の資源量の相違に起因している可能性が高いだろう。一方で、ミズナラに関しては、Qc-BMがQs-BMとほぼ同等の予測性を示したものの(表-3)、ベストモデルでは係数がブナやコナラより小さな絶対値を示したことなどから(表-2)、3種の中での影響力の強さの位置づけを結論付けることは困難であった。しかし、2sp-SM内、Fc-BMとQc-BM間では、ブナよりもミズナラの方が係数の絶対値が大きかったこと(表-2)、Qc-BMの予測性がFc-BMに比べて明確に勝っていること(表-3)、調査地域におけるその分布資源量がブナよりも顕著に多いこと(表-4)を考えると、ブナよりはその影響力は高いものと推測される。

(2) 観測樹種数の違いが予測におよぼす影響

クマの人里への出没は農作物被害のみならず人身被害を引き起こす恐れがあることから、事前に出没レベルを予測し、必要な対策を講じることが被害の予防につながる(Oka *et al.* 2004)。調査地域におけるクマの出没数は調査期間を通して19~1198もの幅で激しい年変動を示した(図-3)。このように激しい年変動を示す場合は、事前の出没レベルの予測が対策を講ずるうえでとりわけ重要になる。本研究では、Pre-year-M, 3sp-BM, 2sp-BM, Fc-BM, Qc-BM, Qs-BMの6つのモデル間で評価統計値の比較を実施した(表-3)。その結果、豊凶の影響を一切考慮せずに前年度の経験に基づいて出没を予測するPre-year-Mに比べて、ブナ科堅果の豊凶を考

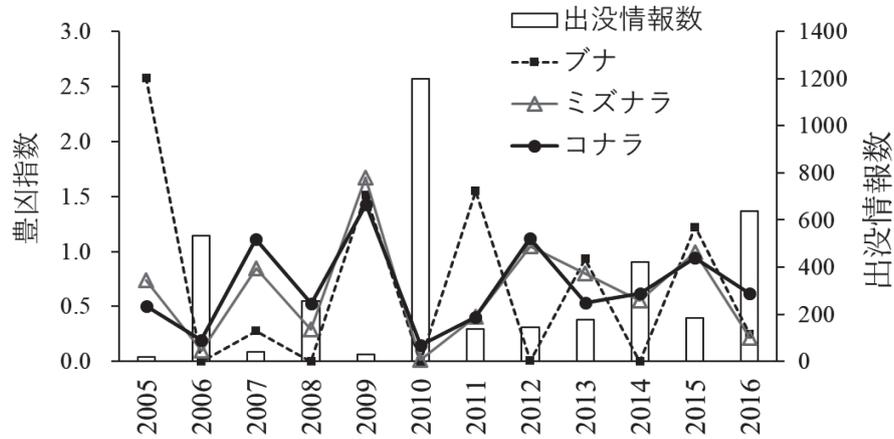


図-3 ブナ、ミズナラ、コナラの豊凶指数とツキノワグマの出没情報の経年変化
Fujiki (2018) を改変.

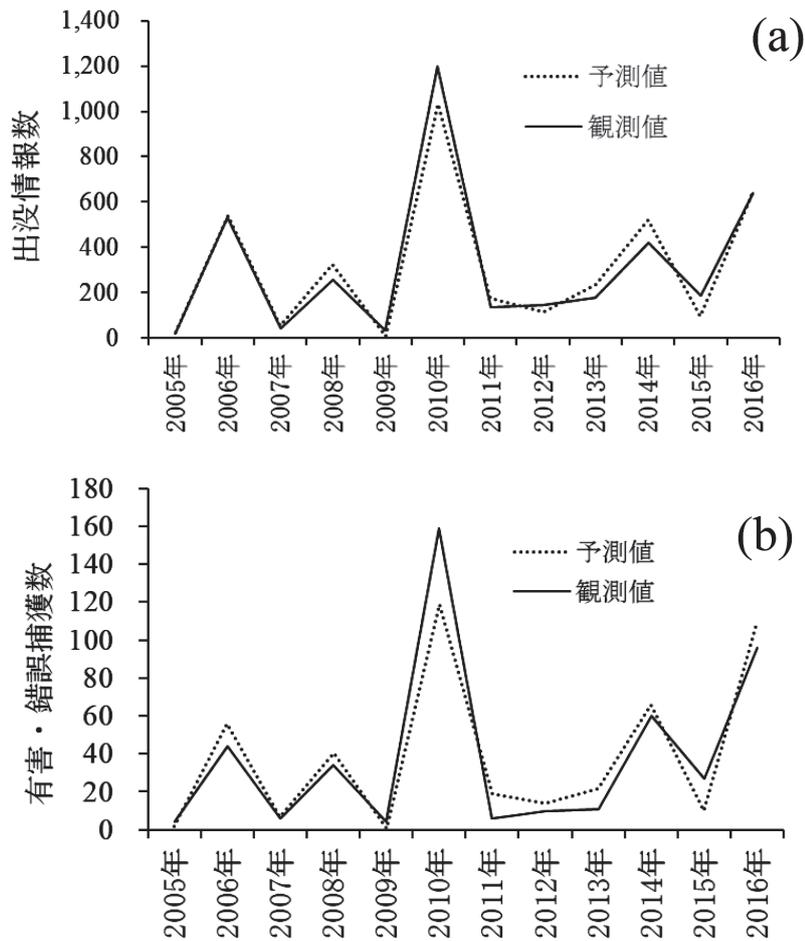


図-4 秋季の出没数の観測値とベストモデル (3sp-BM) による予測値の経年変化
(a): 出没情報数ベース (Fujiki (2018) を改変), (b): 有害・錯誤捕獲数ベース (藤木 未発表).

慮した他のモデルは圧倒的に予測誤差が小さいことが示された（表-3）。ブナ科堅果の豊凶を考慮したモデル間では、3sp-BMが最も予測誤差が小さく、2sp-BM, Qc-BM, Qs-BM, Fc-BMの順で予測誤差が大きくなることが示された。これらの結果は、ブナ科堅果の豊凶観測に基づいたクマの出没予測の有効性を示しているとともに、精度の高い予測をするためには、対象となるクマの地域個体群の分布域の中のブナ科樹種の構成に応じて、観測対象種を複数選択した方がよいことを示唆している。3sp-BMと2sp-BMの平均絶対誤差はそれぞれ50.4, 54.5であり、これは出没数の平均値（315.1）のそれぞれ16.0%, 17.3%に過ぎなかった。一方で、Qc-BM, Qs-BM, Fc-BMの平均絶対誤差は、出没数の平均値のそれぞれ34.7%, 38.4%, 56.8%と前者に比べると大きかった。大量出没年であった2006年と2010年の出没数がそれぞれ前年より515件（前年度比2810%）と1167件（前年度比3860%）も多かったことを考えると（図-3）、3sp-BM, 2sp-BMは、必要な対策を講じるうえで十分に実用的な精度をもった予測といえる。Qc-BM, Qs-BM, Fc-BMについても、3sp-BMと2sp-BMに比べ精度は劣るものの、おおまかな出没レベルは予測できるため事前対策を講ずる上での有用性はあるものと考えられる。しかし、単一樹種みのモデルは、他の鍵植物の挙動を全く考慮していないため、他の鍵植物と動向が大きく異なる年には、予測が大きく外れることになる。一例を挙げると、2012年の豊凶指数はブナが0であったのに対し、コナラとミズナラは平均以上を示した（図-3）。その結果、実際の観測値が144だったのに対し、Fc-BMによる予測値は538.6と大きな誤差が生じた。過去の経験から、この誤差は行政が有害・錯誤捕獲に対応する件数に換算すると、概ね30～40件分に値する。予測の安定性を重視するならば、観測対象種は単一樹種ではなく複数樹種にするべきであろう。

(3) 野生動物管理への現場への活用

本稿では、目的変数に出没情報数を用いた統計モデルの解析結果について紹介した。しかし、クマの人里への出没指標として、出没情報より一般的に取

集されているうえ、行政にとって出没対応上より必要な情報となるのは、有害・錯誤捕獲数であろう。著者は有害・錯誤捕獲数（ $n=461$ ）を目的変数に用いて、本稿と同様の解析を実施しているが、その結果は本解析とほぼ同様で、ベストモデルは3樹種と年数を含むモデルであり、考慮する樹種数が多いほど予測精度は高まるという結果であった（藤木 未発表）。ただし、予測精度に関して言えば、出没情報を目的変数に使用する場合（ $R^2=0.96$ ）に比べて、若干劣るという結果（ $R^2=0.90$ ）であったものの（図-4）、行政機関が、その年の秋の有害・錯誤捕獲対応のために準備を講ずる上では十分有用な予測精度にはなっていた。ただし、出没情報にしても、有害・錯誤捕獲数にしても、有効な精度で予測を実施するためには、収集されるデータのサンプル数が十分にある必要がある。得られたデータ数が少なすぎる場合は、本解析と同様の手法を用いても有効な精度での予測ができない可能性がある。本稿の解析結果を基準として考えるならば、少なくとも年平均数十件以上、できれば数百件程度の出没に関するデータを十年程度は継続して収集する必要がある。

兵庫県における現場への活用としては、本解析手法により構築されたモデルを用いて、著者は2016年度からクマの出没予測に関するレポートを、毎年9月中旬に県本庁鳥獣対策課に情報提供している。レポートでは、ブナ、ミズナラ、コナラの豊凶観測の結果と共に、出没情報と有害・錯誤捕獲数を目的変数に用いた3sp-BMによる出没レベルの予測（過去5年平均比）を示している。また、県内を11の地域に分けた地域別の出没予測の結果も試行的に示している。情報提供したレポートは、本庁から、地方出先機関の鳥獣対策部局を通して、各市町の鳥獣担当者まで伝達されることで、現場対応準備のための資料として活用されている。さらに、ブナ科堅果の豊凶観測の結果については、本庁から9月中旬に「ドングリ類の豊凶調査結果とツキノワグマの出没注意喚起について」というタイトルで記者発表されているが、こちらの方では、出没予測モデルに基づいた具体的な出没予測の数値までは現状では公表されて

いない。

(4) 今後の展望

本稿では、堅果の豊凶観測により定量的なクマの出没予測が兵庫県スケールで可能になったことを示したが、今後より実用的な出没予測へと発展させるための課題を3点指摘しておきたい。一つは県域内部の地域性を考慮した出没予測手法へ発展させることである。本稿では兵庫県本州部を一つの単位とした出没予測について解説したが、実際は兵庫県内においてクマの出没の年変動パターンに地域間変異があることが報告されている（藤木ほか 2011）。通常、一つの県域の内部において、鍵植物となるブナ科樹種の資源構成は一定でなく、地域間変異が存在する（図-2、表-4）。加えて、鍵植物となるブナ科樹種の豊凶の年変動パターン自体も地域変異が存在することがある（Suzuki *et al.* 2005）。以上のことを考えると、より現場の実態にあった出没予測を出すためには、県域内部の地域性も考慮した出没予測を検討していく必要があるだろう。著者の方では市町別の出没予測モデルの構築に既に着手しており、試行的な出没予測も県行政に情報提供している。しかし、現状では一部の市町の予測精度が著しく低く、これらの市町の予測精度の改善が課題となっている。

二つ目は、堅果の結実期よりも早い段階での出没予測への発展である。現在の堅果の豊凶観測に基づいた手法では、成熟堅果が結実する8~9月以前に出没予測をすることは不可能である。しかし、事前に出没に向けた人員配置や予算措置などの対策を講ずるうえで、春の段階、できれば前年度の段階で出没予測できる方が望ましい。現在のところ、ブナに関しては北海道や東北地方などの一部において開花数や花芽数の観測により、春の時点や前年度秋の段階で堅果の豊凶を予測できることが実証されている（八坂ほか 2001；松井ほか 2009；中島・小谷 2013）。しかし、ミズナラとコナラに関してはこのような開花数の観測に基づいた豊凶の事前予測が困難なことが示されている（Sork *et al.* 1993；小谷 2013）。コナラに関しては近年、航空機や衛星から取得されるマルチスペクトル画像を用いて、初夏の

樹冠の反射輝度データからその年の堅果の豊凶レベルを予測する手法などが検討されている（Akita *et al.* 2008; Yao *et al.* 2008; Yao and Sakai 2010）。また、スギに関しては前年度と前々年度の夏季の最高気温の格差から翌年の結実量が高い精度で予測できることが示されている（Kon and Saito 2015）。したがって、今後はこのようなアプローチから、より早い段階での結実予測を広域的に可能にする技術開発も進めていく必要があるだろう。

最後に、兵庫県の過去のクマの大量出没年（2006年と2010年）では、ブナ、ミズナラ、コナラの3種の堅果の結実が揃って大凶作であった。秋季の大量出没はこのようなクマの主要な餌植物が同調して凶作になる年に発生している可能性が高い。このように複数の樹種が広域的に同調して凶作になる理由としては、何らかの気象合図が関与していると考えられる（Sork *et al.* 1993）。大量出没に備えるためには、出没に影響する樹種間での凶作の同調性をもたらす気象合図の特定も必要になるだろう。

引用文献

- Akita T, Sakai K, Iwabuchi Y, Hoshino Y, Ye X (2008) Spatial autocorrelation in masting phenomena of *Quercus serrata* detected by multi-spectral imaging. *Ecol Modell*, 215 (1-3), 217 ~ 224
- Arimoto I, Goto Y, Nagai C, Furubayashi K (2011) Autumn food habits and home-range elevations of Japanese black bears in relation to hard mast production in the beech family in Toyama Prefecture. *Mammal Study* 36: 199 ~ 208
- 藤木大介・横山真弓・坂田宏志 (2011) 兵庫県内におけるツキノワグマの出没変動パターンの地域変異とブナ科堅果の豊凶の影響. *兵庫ワイルドライフモノグラフ* 3: 50 ~ 58
- Fujiki D (2018) Can frequent occurrence of Asiatic black bears around residential areas be predicted by a model-based mast production in multiple Fagaceae species?. *Journal of Forest Research* 23(5): 260 ~ 269

- Hashimoto Y, Kaji M, Sawada H, Takatsuki S (2003) Five-year study on the autumn food habits of the Asiatic black bear in relation to nut production. *Ecol Res* 18: 485 ~ 492
- 橋本幸彦・高槻成紀 (1997) ツキノワグマの食性：総説. *哺乳類科学* 37: 1 ~ 19
- 東中国山地自然環境調査団編 (1974) 東中国山地自然環境調査報告. 氷ノ山・後山・那岐山国定公園三県 (兵庫県・岡山県・鳥取県) 協議会.
- 広島県 (2017) 第一種特定鳥獣 (ツキノワグマ) 保護計画 - 西中国地域ツキノワグマ個体群 -. 広島県, 広島.
- 兵庫県生活部自然課 (1973) 兵庫の自然の現況 - 自然保護対策の基本資料報告. 兵庫県, 神戸.
- 兵庫県 (2014) 平成26年度兵庫県林業統計書. 兵庫県, 神戸.
- 兵庫県 (2017) ツキノワグマ管理計画. 兵庫県, 神戸.
- 稲葉一明 (2011) 兵庫県のツキノワグマの出没状況と対策. *兵庫ワイルドライフモノグラフ* 3: 1 ~ 17.
- Izumiyama S, Shiraishi T (2004) Seasonal changes in elevation and habitat use of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) in the Northern Japan Alps. *Mammal Study* 29: 1 ~ 8
- 小谷二郎 (2013) ブナ科3種の雄花序の落下数による堅果の豊凶予測. *日本森林学会誌*, 95: 45 ~ 50
- Koike S (2010) Long-term trends in food habits of Asiatic black bears in the Misaka Mountains on the Pacific coast of central Japan. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*. 75: 17 ~ 28
- Kon H, Saito H (2015) Test of the temperature difference model predicting masting behavior. *Can J For Res*. 45: 1835 ~ 1844
- Kozakai C, Yamazaki K, Nemoto Y, Nakajima A, Koike S, Abe S, Masaki T, Kaji K (2011) Effect of mast production on home range use of Japanese black bears. *J Wildl Manag* 75: 867 ~ 875
- 京都府 (2017) 第一種特定鳥獣保護計画 - ツキノワグマ -. 京都府, 京都.
- 松井太郎・小山浩正・伊藤 聡・高橋教夫 (2009) 山形県のブナ林における豊凶予測手法の適用と改良の可能性. *森林立地* 51: 49 ~ 55
- 溝口紀泰・片山敦司・坪田敏男・小宮山章 (1996) ブナの豊凶がツキノワグマの食性に与える影響 - ブナとミズナラの種子落下量の年次変動に関連して -. *哺乳類科学* 36: 33 ~ 44
- 水谷瑞希・中島春樹・小谷二郎・野上達也・多田雅充 (2013) 北陸地域におけるブナ科樹木の豊凶とクマ大量出没との関係. *日本森林学会誌* 95: 76 ~ 82
- Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL (2007) Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans Asabe*. 50: 885 ~ 900
- 中島春樹・小谷二郎 (2013) 北陸地方における雄花序落下数によるブナの結実予測. *日本森林学会誌* 95: 51 ~ 59
- 根本 唯・小坂井千夏・山崎晃司・小池伸介・中島亜美・郡 麻里・正木 隆・梶 光一 (2016) ブナ科堅果結実量の年次変動にともなうツキノワグマの秋期生息地選択の変化. *哺乳類科学* 56: 105 ~ 115
- 大井 徹 (2009) ツキノワグマ クマと森の生物学. 東海大学出版会. 秦野.
- 大井 徹・中下留美子・藤田昌弘・菅井強司・藤井猛 (2012) 西中国山地のツキノワグマの食性の特徴について. *哺乳類科学* 52: 1 ~ 13
- Oi T, Ohnishi N, Koizumi T, Okochi I (2009) FFPRI Scientific Meeting Report 4 "Biology of Bear Intrusions". Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki
- Oka T, Miura S, Masaki T, Suzuki W, Osumi K, Saitoh S (2004) Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. *J Wildl Manag* 68: 979 ~ 986

- Oka T (2006) Regional concurrence in the number of culled Asiatic black bears, *Ursus thibetanus*. *Mammal Study* 31: 79 ~ 85
- 岡山県 (2017) ツキノワグマ保護計画書. 岡山県, 岡山.
- R Core Team (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- 坂田宏志・岸本康誉・太田海香・松本 崇 (2014) ツキノワグマの個体群動態の推定 (兵庫県2012年). 兵庫ワイルドライフレポート 2: 93 ~ 109
- 坂田宏志・岸本康誉・関香奈子 (2011) ツキノワグマの生息動向と個体数の推定. (兵庫ワイルドライフモノグラフ 4号「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫県森林動物研究センター研究部編集. 兵庫県森林動物研究センター) 26 ~ 38.
- Sork VL, Bramble J, Sexton O (1993) Ecology of mast-fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology* 74: 528 ~ 541
- Suzuki W, Osumi K, Masaki T (2005) Mast seeding and its spatial scale in *Fagus crenata* in northern Japan. *Forest Ecology and Management* 205: 105 ~ 116
- 谷口真吾・尾崎真也 (2003) 兵庫県氷ノ山山系におけるブナ・ミズナラの結実とツキノワグマの目撃頭数の関係. *森林立地* 45: 1 ~ 6
- 山崎晃司 (2017) ツキノワグマ すぐそこにいる野生動物. 東京大学出版会. 東京.
- 八坂通泰・小山浩正・寺澤和彦・今 博計 (2001) 冬芽調査によるブナの結実予測手法. *日林誌* 83: 322 ~ 327
- Yao Z, Sakai K (2010) Mapping spatial variation in acorn production from airborne hyperspectral imagery. *Forestry Studies in China* 12: 49 ~ 54
- Yao Z, Sakai K, Ye X, Akita T, Iwabuchi Y, Hoshino Y (2008) Airborne hyperspectral imaging for estimating acorn yield based on the PLS B-matrix calibration technique. *Ecological Informatics* 3: 237 ~ 244
- Worton BJ (1989) Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164 ~ 168
- (2018.10.30受付, 2018.11.14掲載決定)

都道府県だより

山梨県で近年問題となった森林病害虫

○はじめに

山梨県では、松くい虫が1978年に発生して以来その被害が継続しており、最大の森林病害虫となっています。また、ナラ枯れの被害は未発生なもの、カシノナガキクイムシは県内に侵入しており、その分布は拡大しています。当県では、その他にも複数の害虫による被害が発生してきました。ここでは、近年問題となった病害虫についてその状況を報告します。

○松くい虫（マツ材線虫病）

松くい虫の発生が比較的遅かった本県でも、最初の発生から40年が経過しています。県南部では本病によりアカマツがかなり減少したために被害も減っていますが、県中部、北部では本病の被害が継続しています。一方、富士山麓の標高800m～1100mの地域では本病の被害が散見されていましたが、伐倒駆除による対策を徹底することで被害を減少させ、被害拡大を防ぐことに成功しています。

○ナラ枯れ（ブナ科樹木萎凋病）

本病を媒介するカシノナガキクイムシは、2015年に静岡県境で捕獲されて以来、富士川沿いを北上し、現在、県中部の富士川町まで分布を広げています。生息密度も年々高まり、いつ被害が発生しても不思議ではない状況となっています。

このため、県の本庁・出先・研究所の担当者を構成員とした「ナラ枯れ対策連絡会議」を設置し、対策の協議や情報の共有を図っています。これまで、毎年秋にナラ枯れ被害の集中調査を実施していますが、本病による被害は本年度も発見されておりません。

しかし、この調査等で4本のコナラが、ナラ枯れに類似した症状を呈して枯死しているのが見つかりました。詳細な調査の結果、これらの枯死木に穿孔していたのはヨシブエナガキクイムシというカシノ

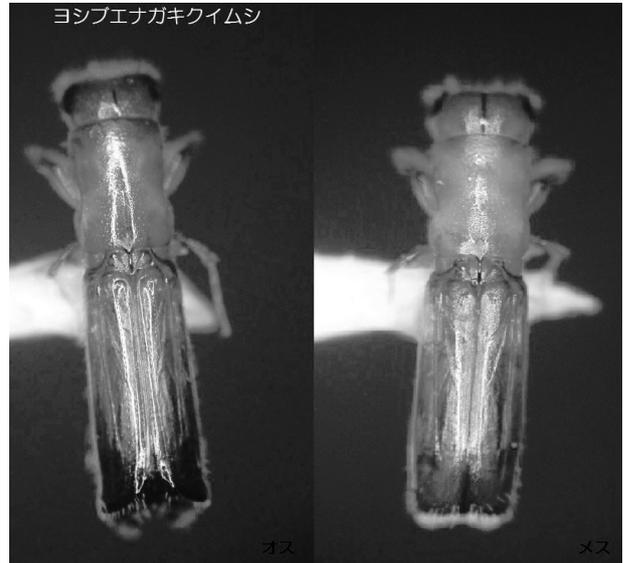


写真-1 コナラの枯死に関与したヨシブエナガキクイムシ（左♂、右♀）

ナガキクイムシより一回り小さなクイムシでした（写真-1）。被害状況から、これらの木は4本ともヨシブエナガキクイムシが穿孔する前にすでに衰弱しており、それに本クイムシの穿孔被害が加わり、木が枯死に至ったと考えられました。

○ヤノナミガタチビタマムシ

本害虫によるケヤキの被害は、県内では毎年見られていますが、ここ数年は被害が多い状況が続いています。春には越冬した成虫およびその後孵化した幼虫が食害し、夏には幼虫の食害葉が早期落葉、そして、夏から秋にかけては新成虫が、残存した葉、あるいは新たに発生した葉を食害します（写真-2）。

今年とはくに被害が目立ち、激害地では、ケヤキがほぼ全ての葉を失い丸坊主になるほどの状態となり、被害が激しくないところでもケヤキの葉が赤茶色になり、山のどこにケヤキがあるのか遠くからはっきりわかる状態となりました。早期落葉に本害虫の幼虫が入っている（潜葉）ため、この時期に落葉を2～3回取り除くと被害を軽減できることが分



写真-2 今年被害が多かったヤノナミガタチビタマムシ

かっています。

○トウヒツヅリヒメハマキ

モミ類、トウヒ類、カラマツ等の葉を食害する害虫で、本県では、2001年に富士山麓のシラビソ人工林で大発生があり、その時の被害面積は104haに及び、枯死木も大量に発生しました(写真-3)。これまでの調査から、この害虫は8年～12年の周期で大発生を繰り返すものと考えています。県では、激害地跡に広葉樹を植栽、またシラビソの広範囲な一斉林を解消するため、列状に伐採し広葉樹を植栽しました。本害虫の生息密度調査を継続したところ、2012年に生息密度は再びピークとなりましたが、被害が発生するまでには至りませんでした。現在、生息密度は低い状態で推移しています。

○マイマイガ

各種の広葉樹やカラマツの食養性害虫であるマイマイガが2009年～2015年にかけて本州各地で大発生し、本県でも2013年が発生のピークとなりました(写真-4)。当時は家の灯りに集まる成虫への苦情が保健所に寄せられ、また、道路沿いや公園の多くの樹木が幼虫の食害を受けました。しかし、その後本害虫は急速に個体数を減少させ、2015年には苦情等の報告はほぼなくなり、現在もその状態が続いています。



写真-3 トウヒツヅリヒメハマキの被害(葉を綴る)

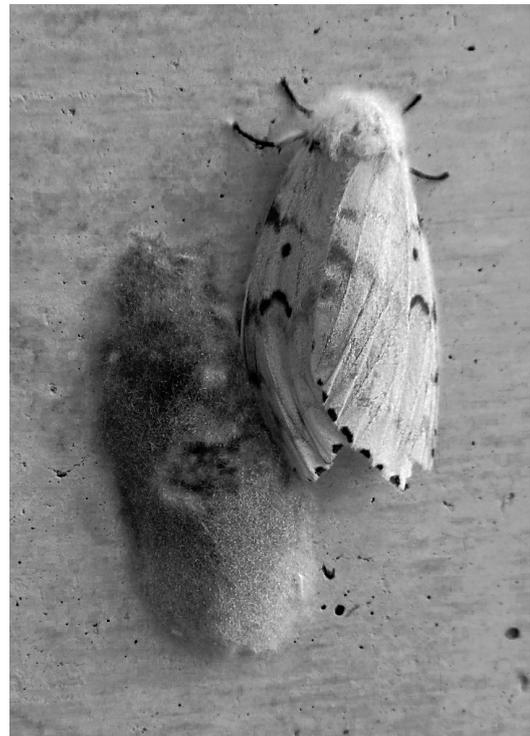


写真-4 被害が減少したマイマイガ(♀成虫と卵塊)

〇おわりに

このように様々な害虫被害が発生していますが、現在本県ではナラ枯れ被害発生が懸念されることか

ら、被害発生時に備えて、関係機関が連携して早期発見・早期駆除を確保できる体制を構築することが急務となっています。

(山梨県森林総合研究所)

協会だより

本誌「森林防疫」は、各都道府県の森林病虫獣害防除協会を中心に、山林所有者をはじめ林業・林産・木材産業関係者・林業技術の指導・研究関係者・学校教職員・学生、行政機関の関係者等、各層の会員を対象として、森林・林業の維持・発展に資するため、森林病虫獣害の防除および森林における生物多様性の保全に関する総合誌となるよう編集に努めています。本誌には、どなたでも投稿できますので、この目標にふさわしい本文記事、表紙写真とその解説の投稿をお待ちしております。

森林防疫投稿規定 (2015.3改訂)

本文記事

1. 原稿の種類

本誌記事の原稿の種類には、論文（速報、短報を含む）、総説、解説、学会報告、記録、新刊紹介、読者の広場、技術情報、病虫獣害発生情報、林野庁だより、および都道府県だより等があります。

2. 審査委員会

各分野8名の専門家よりなる審査委員会を設け、1件の原稿につき原則として2名の審査委員（主1、副1）が審査にあたります。審査委員会の意見により、著者に原稿の変更をお願いする場合があります。

3. 著作権

本誌記事の著作権は、全国森林病虫獣害防除協会に属します。本誌記事の電子ファイルを転載、公開、商用利用、二次情報の作成（データベース化など）などを行う場合には、利用許諾の申請をお願いします。

4. 印刷

本文の印刷は原則として白黒ですが、ご希望の場合は割増料金にてカラー印刷も可能です。別刷をご希望の方は、実費にて100部単位で受け付けます。別刷を御購入の方には、論文のPDFファイルを無償で差し上げますが、PDFファイル単体での分譲はいたしません。

5. 執筆要領

皆様からの投稿を歓迎いたします。執筆に当たっては、幅広い読者に対し、わかりやすく、読みやすく、見やすく記述していただきますようお願いいたします。

1) 原稿はできるだけ汎用性のあるソフトを用いて作成した電子ファイルによる投稿をお願いします。本文と図表、写真は原則として別ファイルとして下さい。

2) 本文はできるだけMicrosoft Wordで作成してください。本文の最初の1枚目は、原稿の種類、表題（和文と英文）、連絡先住所・所属・氏名（ローマ字つづり）、E-mailアドレス（非公開、著者との連絡用）、別刷希望部数および写真・図表等資料の返送の要・不要、カラー印刷希望の有無について書き、実際の内容は2枚目から書き始めて下さい。1ページ46字×39行にすると、本誌の1ページと同じ字数になります。本文ファイルには、図表の貼り付けはせず、説明文のみを本文末尾に付けて下さい。なお、本誌誌面は2段組みですが、原稿は段組みなしに設定して下さい。記事1件の長さは、通常刷り上り10ページ以内としますが、短編の記事も歓迎します。

3) 写真・図表もできるだけ電子ファイルで作成して下さい。それぞれ本文とは別ファイルで、望ましいファイル形式は、表はMicrosoft Excel (.xlsx)、写真はJPEG、図はイラストであればJPEGまたはPDF、グラフであればMicrosoft Excelのグラフ (.xlsx) です。

4) 用語等については、次の点に留意をお願いします。

①常用漢字、現代仮名遣いを用いてわかりやすく記述して下さい（ただし専門用語はこの限りではありません）。

②生物の標準和名はカタカナで、学名はイタリック体で表記します。

③樹齢の表わし方は満年齢です（当年生、1年生、2年生、40年生等）。

④単位は記号を用いて下さい（例：m, cm, mm, ha, %等）。

⑤年の表記は原則として西暦ですが、行政上の文書や施行に言及するような場合は、元号で構いません。

5) 本文の構成にはとくに既定しませんが、例えば論文であれば1. はじめに、2. 材料と方法、3. 結果、4. 考察、等の見出しを付けることをお勧めします。また、必要に応じてその下に中見出し(1), (2), …, 小見出し①, ②, …を付けて下さい。

6) 図表の見出しは、表-1, 図-1, 写真-1…とします。図表の説明文は、原稿本文の最後（引用文献の後）にページを改めて付けて下さい。

7) 文献は引用個所に「(著者姓 年号)」あるいは複数の場合は「(著者姓 年号; 著者姓 年号; …)」のように記し、本文末に引用文献リストを付けて下さい。本文中の引用文献の著者名は、2人までは全員の、また3人以上は筆頭著者の後を「ら」あるいは「*et al.*」として省略します。引用文献リストでは著者名は全員の

名前を書きます。引用文献リストの文献の順番は、著者名のアルファベット順、同一著者については年代順とします。同一著者で同一年の場合は、2004a, 2004b, …のように記して下さい。アルファベットの著者名では、イニシャルのピリオドは省略します。また、誌名の略し方はNLM方式で、分からない場合は <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>でお調べ下さい。文献リストは、次の記載例を参考にしてお書き下さい。

論文引用

清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林誌 53 : 210 ~ 218

Sepideh MA, Clement KM, Colette B (2009) Multigene phylogeny of filamentous ambrosia fungi associated with ambrosia and bark beetles. Mycol Res 113: 822 ~ 835

単行本部分引用

吉田成章 (1993) ヤツバキクイムシ. (森林昆虫 総論・各論. 小林富士雄・竹谷昭彦編, 養賢堂). 171 ~ 178

Shimazu M (2008) Biological control of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus*. In: Pine wilt disease. Zhao BG, Futai K, Sutherland JR, Takeuchi Y (eds) Springer, 351 ~ 370

単行本全体引用

岸 洋一 (1988) マツ材線虫病－松くい虫－精説. トーマス・カンパニー, 東京 (ページ数記載不要)

ウェブサイト引用

内閣府 (2004) 森林と生活に関する世論調査. <http://www.cao.go.jp>..., 2004.10.1参照

表紙写真

1. 表紙写真の種類

森の生物と被害に関係し、表紙を飾るにふさわしい写真を募集いたします。カラー写真で、単写真でも組写真でも結構です。内容は、本文記事との関連の有無はどちらでも構いません。写真の原画は出来るだけ高解像度・低圧縮率の方が高画質できれいな表紙にできます。写真はJPEG形式のファイルとして下さい。

2. 表紙写真説明文

表紙写真には300～500字の説明文が必要です。説明文の最後には、投稿者の所属と氏名をカッコ内に入れて記して下さい。

原稿の送付

本文記事、表紙とも原稿はなるべくE-mail添付で、boujo@zenmori.org 宛てにお送り下さい。なお、大きなファイルをメール添付した場合、稀にトラブルがありますので、添付ファイル送信時には、原稿を送付したことを、別便のメールにてご連絡下さいますようお願いいたします。

ファイルサイズが大きく、添付が難しい場合は、ファイルをCDあるいはDVDに保存し、郵便などで次の宛先にお送り下さい。

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-1-12 (全森連内)

全国森林病虫獣害防除協会 森林防疫編集担当宛

森林病虫獣害発生情報：平成30年11～12月受理分

病 害

なし

虫 害

なし

獣 害

なし

(森林総合研究所 服部 力/佐藤大樹/岡 輝樹)

森林防疫 第68巻第1号(通巻第730号)
平成31年1月25日 発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 村松二郎
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都豊島区東池袋5-45-5
ASビル

☎ (03) 5944-9853

定価 1,339円(送料込, 消費税込)
年間購読料 6,696円(送料込, 消費税込)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会
National Federation of Forest Pests Management
Association, Japan

〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)

☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726

振替 00180-9-89156

<http://bojyokyokai.main.jp/>