

巻 頭 言

自然史学的研究とは

奈良女子大学名誉教授

和 田 恵 次

本誌の巻頭言には、これまで2回献言させていただいた。ひとつは「汽水域を守ろう」、もうひとつは「潮間帯上縁部の危機」であった。いずれもエコトーンとも言える環境に固有の生物がいることを注視しようという提言であった。今回はそのような環境にいる動物たちを対象にしてきた自分の研究姿勢について、おこがましくも触れさせていただくことにした。それは一言で言えば、自然史学的研究である。

そもそも自然史 *natural history* の研究とはどのようなものを指すのであろう。おそらく自然界の動植物や鉱物・地質の記載分類が主体であって、自然物の動態や機能を探るところは対象外というのが一般的な理解だろう。本誌の誌名にも「地域自然史」という言葉が使われているが、ここで言う地域自然史には、個々の地域にみられる動植物や地質の特性を解き明かす意味合いを含んでいるとみられる。自然史学的研究とは、このような地域の生物相を特徴づける研究や動植物の分類学的研究がその典型例とされる。

ところでそもそも科学は、新たな発見によって発展してきた。生物学の場合は、新種の発見にとどまらず、新たな生物現象の発見が生物の普遍的な理解を深化させてきたと言える。

自分の研究史からその一例を取り上げてみよう。

チゴガニは、日本沿岸の砂泥性干潟に普通の小型のカニ（最大甲幅 12mm くらい）である。春

から夏にかけては *waving* と称されるハサミ脚のリズミカルな運動をするので有名で、その運動に因んで「体操ガニ」と言う人もいる。このカニを対象に生態学的研究を進めていた 20 代後半の頃、奇妙な行動をこのカニが執ることを現場で知った。それは近隣個体の巣穴近くに泥の山を築くという行為である。この泥の山を築かれた個体は、築かれた後、築いた個体のいる方向を避けるようになるのである。すなわち泥の山を築いた個体は、直接闘うことなく、いやがらせによって相手の接近を回避しているのだ。いやがらせをされた方は自重して、いやがらせをした相手を避けるようになる。その結果築いた方は、相手と闘うことなく自分の縄張りを防衛できるという実に巧妙なやり方である。このような特定の相手へのいやがらせによる縄張り防衛というのは、下等とされる無脊椎動物ではそれまで知られてはいなかった。そもそもそんな気の利いた行動を小さなカニがすること自体考えにくいことであった。この行動の発見は、そんな行動を想定して見つけたものでは決してない。チゴガニを野外で観察して実に 5 年経ってから、あるとき全く何の目的もなく現地でチゴガニを見ていた時に初めて気付いたのだった。なぜ 5 年もの間チゴガニを見ていてこの行動に気づかなかったのだろう。それは、その行動の存在に気づくまでチゴガニを特定の目的で見たいためと思われる。われわれが物を見るときは目に映るものすべてを見ているわけではない。目的

とする物に必ず焦点を当てて見るものである。チゴガニに対しても、自分の目は、研究目的に合うような見方をしていたはずである。当然のことながら、研究内容と無関係な現象には目は留まらない。まったく何の目的もなくチゴガニを現場で見ていて初めて、この奇妙な行動の存在に気付いたのであった。私はこの泥の山が、間接的な縄張り防衛行動として機能していることを示す研究を進め、その成果に基づきこの山をバリケードと名付けたのだった。

チゴガニのバリケードの発見は、カニ類という生物がもっている社会行動に対する見方を大きく変えることになる。それは新たな生物現象の発見であり、まさに自然史学が担うところと言える。自然史学的研究と言えば、上述のように動植物の分類学的研究や地域の生物相の記載研究に重きが置かれているように思う。しかしチゴガニのバリケードの発見のように、新たな行動的あるいは生態的な特性を見出すのも自然史学的研究の重要な側面である。こんな種がいるとか、こんな生物相が成立しているとかとは別に、こんな生物的属性をもつ生物種がいるのだといった研究姿勢である。それは仮説を検証するために実験的に野外の現象を解き明かす手法とは逆の記載発見型の研究である。ただしその発見は発見者自身に留まらず、他者に伝えられなければ成立しないものである。科学的な説明つまり科学論文の公表が必要と

なる。単なる泥の山がバリケードとして機能しているという仮説を検証する研究論文を執筆することで初めて、バリケードの発見が生態学や行動学に貢献するところとなる。

つまるところ自然史学とは生命のもっている多様性を見出す「発見の科学」と言い換えてもいいかもしれない。ではその発見はどのようなところから生まれるのだろうか。私は、たゆまぬ努力つまり対象生物に対する限りない観察とデータの収集とともに、その対象生物を違う観点あるいは広い視野から観る姿勢が大事だと思っている。そしてそういった姿勢をつくる源は対象生物に対して限りなく強い興味をもって接するところにあるだろう。自然史学徒にとって必須なのは、自然物に対する飽くなき探求心である。

最後に自然史学が自然保護につながる点にふれておこう。多種多様な生物種の存在は、多種多様な生物的属性の存在でもある。ある生物種が地球上からいなくなることは、たとえ希少な種であっても、我々の知らない生物的属性を具え持つ母体を失うことになる。様々な生物種がいることこそが、自然史学のベースなのである。どのような種であっても、新たな知を提供してくれる可能性を持つものであればこそ保全する価値があるのだ。チゴガニという種がいなければ、バリケード構築といった高度な社会行動の存在を我々は知ることができなかったはずである。

フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

大台ヶ原の今：企画趣旨およびフィールド観察から見えてきたこと

大阪産業大学大学院人間環境学研究科

前 迫 ゆ り

Current status of the forest of Odaigahara in 2019: Issues and perspective of the symposium and field observation in Odaigahara. Maesako Yuri* (*Graduate School of Human Environment, Osaka Sangyo University*)

キーワード：大台ヶ原，フィールドシンポジウム，ニホンジカ，森林生態系，生態系保全

はじめに

過密度シカ個体群による自然生態系への影響とその保全は、日本の自然を考えるうえで重要課題のひとつであり、シカによる生態系への影響は、生物多様性の劣化、森林更新の阻害、土壌の理化学的変化など多岐にわたる（高槻，1989；梶，1993；McCullough et al., 2009；柴田・日野，2009；前迫，2013；福島ほか，2015；Higa et.al, 2020）。関西自然保護機構においては、2008年にシンポジウム「シカが森を食べ尽くすまえにー研究から保全への展開をさぐる」，また2017年にフィールドシンポジウム「芦生天然林の再生を如何に進めるか」を開催するなど（前迫，2009，2017），過密度シカ個体群による生態系への影響とその保全について注視してきた。

2018年4月～2019年9月に全国規模で行ったシカの植生への影響アンケート調査（N=962）から、日本地図の5kmメッシュの区分毎にシカによる植生への影響を5段階で評価した結果、シカの植生への影響「なし」は36.4%（N=350），「軽」は16.2%（N=156），「中」は16.5%（N=159），「強」は22.6%（N=217），「激」は8.3%（80）という

結果が得られ（前迫ほか，印刷中），2009年のアンケート調査（植生学会企画委員会，2011）と比較すると植生被害度は上昇しており，シカの影響は依然として全国規模で継続している。ただし，地域によってシカに対する植物群集の応答はさまざまであり，シカの影響を回避するための植生保護柵の効果は地域や植生によって異なる（前迫・高槻，2015）。

吉野熊野国立公園大台ヶ原では，環境省が2002年より自然再生検討委員会を設置し，樹木の幹や根のラス巻き，植生保護柵の設置，シカ駆除対策など，「大台ヶ原自然再生事業～苦むす森をふたたびー100年先をみすえてー」をスローガンに森林保護にとりくんでいるが（環境省近畿地方環境事務所：http://kinki.env.go.jp/nature/odaigahara/saisei/saisei_index.html 2020.3 参照），ブナ林やトウヒ林の再生に関する生態系の挙動は複雑であり，植生保護柵，トウヒ植栽やシカの駆除による効果を共有する機会は十分とは言えない。一方，研究者による長期的モニタリング研究から，シカと森林生態系の興味深い挙動が明らかにされつつあり，今後のシカ個体群に対する森林保護を考える上において重要な示唆を与える。そ

こで大台ヶ原で現地見学会とシンポジウムを開催し、長年、大台ヶ原で研究を行っている研究者および森林保護にとりくんでいる環境省の方に現地でご案内いただくとともに、森林生態系の挙動、過密度シカ個体群に対する植物群集の動態、シカ個体群の駆除および植生保護柵の効果などに関して情報共有する機会をもち、過去、現在、そして未来の大台ヶ原の自然について議論することを目的としてシンポジウムを企画した。

ご講演いただいたみなさまには、長年の研究に

よる大台ヶ原の森林の挙動や世界のシカと森林の動向を、また行政としてシカと森の管理に携わってこられた立場から、それぞれ貴重な記事をご寄稿いただき、本特集が実現した。本会会員で北海道から駆けつけていただいたシカ研究者の立澤氏には本シンポジウムの感想を寄せていただいた。現地観察およびシンポジウムにおけるディスカッションが今後のシカの順応的管理と大台ヶ原の森林保全を実現するうえで寄与することを期待したい。

【関西自然保護機構会員および Jeconet ML へのシンポジウム案内】

趣旨

シカ個体群による自然生態系への影響は甚大であり、自然生態系の保全は生態学の重要な課題のひとつです。吉野熊野国立公園大台ヶ原では、環境省が2002年より自然再生検討委員会を設置し、森林保護にとりくんでいます。ブナ林やトウヒ林の再生に関する生態系の挙動は複雑で、興味深いものです。

本公募集会では、下記の通り、Ⅰ．大台ヶ原における現地見学会およびⅡ．公開シンポジウムを開催し、大台ヶ原におけるシカと森林の関係性を現地でとらえるとともに、長期モニタリングの研究成果を共有し、森林保全の現状と課題について考える機会といたします。

記

Ⅰ．現地見学会：東大台と西大台の実験プロットからみえてくこと

日 時：2019年8月31日（土）～9月1日（日）

場 所：大台ヶ原（奈良県）西大台（8／31午後）及び東大台（9／1午前中）

集 合：8月31日（土）11:00 大台ヶ原駐車場（ビジターセンター前）

近鉄樫原神宮前駅からマイクロバス運行（主催者提供、無料、詳細別途）

定 員：30名

Ⅱ．フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

日 時：2019年9月1日（日）13時～15時20分

場 所：大台ヶ原ビジターセンター

講 演

○大台ヶ原ブナ林の変化を読み解く：中 静 透（総合地球環境学研究所）

○大台ヶ原におけるニホンジカ個体数調整について：澤志泰正（環境省近畿地方環境事務所）

○ニホンジカが変える森のすがた：明石信廣（北海道立総合研究機構）

○『苔むす森』は戻るのか？～大台ヶ原の自然再生の現状と課題～：横田岳人（龍谷大学）

コーディネーター 前迫ゆり（大阪産業大学）

主 催：関西自然保護機構（KONC）

共 催：日本生態学会近畿地区会

後 援：環境省、大阪産業大学

西大台と東大台の森を歩く、観る、考える

(2019年8月31日－9月1日)

8月31日、大台ヶ原到着後、12時から16時まで西大台を、9月1日は午前中(9時～11時)に東大台を歩いた。大台ヶ原の植生は西大台と東大台で森林タイプが異なる。西大台は高木層にブナ(落葉広葉樹 *Fagus crenata*) やウラジロモミ(常緑針葉樹 *Abies homolepis*)、林床にスズタケ(*Sasamorphia borealis*) が優占する針広混交林が広がっている。ブナは太平洋型の小葉ブナで、ブナが圧



図1. 種子拭き取りマットが置かれている西大台の入り口(2019.8.31).



図2. 西大台のウラジロモミ、トウヒ、ブナの針広混交林。林床にはシカに採食され、桿高が低いスズタケが生育する(2019.8.31)。

倒的に優占しているエリアもある。一方、東大台は高木層にトウヒ(常緑針葉樹 *Picea jezoensis* var. *hondoensis*) やウラジロモミ、林床にミヤコザサ(*Sasa nipponica*) が優占する常緑針葉樹林が広がっている。1970年以前のいわゆる苔むす頃の大台ヶ原の植生については菅沼・鶴田(1975)に詳しい。また、それ以降の大きく変貌した大台ヶ原の植生については菅沼・内山(1984)、横田(2009)に詳しく記載されている。

西大台の入り口では足拭きマットで種子などを森林に持ち込まないようにしている(図1)。ウラジロモミ、トウヒ、ブナ、ミズナラ、ヒノキなどが混生している森林を観察しながら(図2)、ナゴヤ谷を通り(図3)、中静氏が長期的にブナ林のモニタリング研究をされている3つのプロットを観察した。七つ池に設置されている研究プロットはその後、環境省の植生保護柵が設置されたために、植生保護柵設置前と設置後で植生が大きく変化したことを説明していただいた。

西大台南ゴヤ谷ではシカの不嗜好植物テンニンソウ群落広がっていたが(図4)、以前と大きく変化していたのは、不嗜好植物バイケイソウが減少し(図5)、カワチブシが増加していたこと



図3. 西大台南ゴヤ谷(2019.8.31)。



図4. 西大台ナゴヤ谷のテンニンソウ群落(2019.8.31).



図5. 2016年当時、ナゴヤ谷に広がるバイケイソウ (2016.5.29).



図6. ナゴヤ谷で増加していたカワチブシ(2019.8.31).

だろう (図6)。カワチブシも不嗜好植物として知られるが、個体数は数年前よりはるかに多い。

ナゴヤ谷から七つ池までのルートではミヤマシキミといった不嗜好植物は生育しているが、林床植物は乏しい (図7)。しかし数年前に比べて、やや回復している場所もあり、シカの個体数管理の効果が現れているようにも思えた。道沿いのヒノキではクマによる樹皮はぎも観察された。

七つ池に設置された柵内外で、スズタケの生育状態に著しい差があることは一目瞭然であった (図8)。柵内ではブナの稚樹をはじめ、多様な植



図7. 林床が乏しい西大台の森林 (2019.8.31).



図8. 七つ池の植生保護柵 (矢印)。中静氏の実験プロットでもある。柵内にはスズタケが再生、柵外はミヤマシキミが生育する (2019.8.31)。



図 9. 七つ池の植生保護柵内で繁茂する植物(2019.8.31).



図 11. 東大台のブナとトウヒの混交林. 林床はミヤコザサ (2019.9.1).



図 10. 七つ池の植生保護柵内のスズタケ. 桿高が柵外に比して明らかに高い (2019.8.31).



図 12. トウヒ林は姿を消し、縦横無尽にシカ道が走る東大台正木峠のミヤコザサ群落 (2019.9.1).

物が生育し (図 9, 10), 更新と多様性の両方にプラスの影響があることがうかがえた (ミヤコザサとシカと森林更新との絶妙な関係性については本誌中静氏の記事を参照されたい)。

東大台は日出ヶ岳から正木峠, 正木辻を通るルートを観察した。立ち枯れたトウヒとシカに採食された桿高の低いミヤコザサのササ原には, かつてトウヒ林が成立していた。長年のシカによる採食影響を顕著に示す群落のひとつである (図 11, 12)。

スズタケと異なり, ミヤコザサはシカの採食に

適応し, 分枝しながら, 桿高を低くして旺盛に成長している。柵内ではミヤコザサは桿高が高くなり, 他の植物が生育しない多様性が低い林床になっている。西大台のスズタケと東大台のミヤコザサ林床では, 同じ柵内でも植物の反応がまったく異なる点が興味深い。

環境省がとりくんでいるトウヒ植栽が順調に成長しているサイトを横田氏に案内いただいた (図 13, 14)。



図 13. 柵内で生育するトウヒの稚樹（矢印）
(2019.9.1).



図 14. 植生保護柵内で成長するトウヒ。ミヤコザサの桿高が柵外より高く、ほかの植物の成長がみられない (2019.9.1).

シンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのか

シンポジウムには会場定員である 30 名のみなさんが集い、4 題の講演を熱心に聴講いただいた。講演内容についてはご寄稿いただいたので、詳細は本誌をご一読いただきたい。シカをめぐる絶妙なササと森林動態の関係（中静氏）、環境省が実施されている大台ヶ原のニホンジカの適正個体数管理に関する情報（澤志氏）、世界のシカと森林の相互作用および森林保全（明石氏）、大台ヶ原の森の歴史的経緯および環境省の森林保全（横田氏）から、それぞれ話題提供いただいた。

中静氏にはシカと林冠木、稚樹、ササ類の 4 者の相互作用によって、森林のダイナミクスが大きな影響を受けたことを長期的モニタリングデータから示していただいた。1990 年代後半になって、シカの影響が顕著になり、2000 年代前半に環境省が防鹿柵を設置した。たとえば、林床植生がきわめて乏しかった七つ池のプロット内には、ブナの実生をはじめ、さまざまな植物が生長した。七つ池は林床植生が乏しいことで知られる場所であったが、その理由は、土壌条件などではなく、シカの食害が効いていたことが検証された。その

一方、3 カ所の実験区の森林ダイナミクスから、防鹿柵があらゆる森林回復に有効とは言えないことも指摘された。

環境省の澤志氏には大台ヶ原の 2019 年度のニホンジカ管理の詳細なデータを示していただいた。現在、銃による個体数管理は実施されておらず、くくり罠によるものであることなど、具体的な対策とその成果について詳細に説明がなされ、会員からは多数の質問が寄せられた。

明石氏は、シカの増えすぎによる影響は 20 世紀後半から世界で問題になっていることを指摘したうえで、欧米における事例やエゾシカと森林との事象から、日本の森林での対策において考慮すべき点について講演いただいた。稚樹の成長とシカによる採食のモデルから、シカ密度がある水準を超えると、葉の量が維持できた水準までシカを減らしても、餌不足は解消されない。すなわちシカの個体数管理は森林への影響が軽微な段階で開始しなければ森林に回復困難な影響が生じる可能性があることが指摘された。

大台ヶ原自然再生推進計画評価委員会の委員でもある横田氏には、環境省が掲げている大台ヶ原の自然再生の目標および大台ヶ原の歴史的経緯も

含めて講演いただいた。解けかけている生態系のつながりを結び直し、持続的に安定した生態系を持続させる必要があると指摘している。生態系を持続させる手伝いとして人為はどこまで可能なか。それが自然再生では問われていると問いかけ、その実現には「一部の組織や専門家が相談して考える問題ではなく、広く多くの方々の参画を得て最適解を模索すべき問題一である」と本誌に綴っている。まさに、その指摘は、本シンポジウムを企画した目的ともいえる。

森林生態学の研究者米田健氏からは、保全対策がなされてはいるが、長年のシカの採食による森林の劣化が著しく、可及的速やかにシカ対策を講じなければ、森がもたないという印象を強くしたという発言があった。シカ密度の低減と植生保護柵により、森林生態系の回復に対する期待感がある一方、植生保護柵内でのみ回復している現状や、保護柵内では再生しない種の生活史など、長い時間をかけて育んできた森林生態系の課題にも直面しており、大台ヶ原は、今、瀬戸際に立っているともいえる。

閉会にあたり石井実会長から、「現地視察とシンポジウムで大台ヶ原の森林生態系の変遷と現状、そこに関わる要因について参加者と共有でき

た。西大台のブナ林と東大台のトウヒ林では様相が異なるようだが、その衰退にはともにニホンジカの増加による林冠木の実生を含む下層植生への採食圧が関わり、そこに二種のササ群落の性質の違いが影響を及ぼすという複雑系であることまでは理解できた。この続きの議論はまたいつかこの場所でシンポジウムを開いてできるとよいと思う。」とのコメントが述べられた。

大台ヶ原の森林再生について情報共有し、ふたび議論する場を大台ヶ原の地でもつことを確認し、閉会とした（図 15）。

謝辞

本シンポジウム開催にあたって、現地での案内と講演をお引き受けいただいたスピーカーのみなさまに心より感謝申し上げます。環境省にはシンポジウム開催にあたって全面的なご協力をいただいた上北山村生涯学習センターの利用を許可いただいた上北山村教育委員会、吉野熊野国立公園大台ヶ原ビジターセンターの福嶋千草氏およびスタッフのみなさまにはたいへんお世話になった。記して各位に厚くお礼申し上げます。また、本シンポジウムに駆けつけていただいたすべての参加者のみなさまに深謝する。

なお本シンポジウムは、平成 30 年度日本生態学会近畿地区会「公募集会」に採択され、実施されたことを付記する。

引用文献

- 福島慶太郎・立岩沙知子・高柳 敦・吉岡崇仁.
2015. 京都府芦生研究林におけるニホンジカによる植生被害と森林生態系への影響. 水利科学, 345 : 65 - 83.
Higa, M., M. Kawanishi, M. Kubo & H. Sakio. 2020.



図 15. シンポジウム後の集合写真（於：大台ヶ原ビジターセンター，2019.9.1）。

- Temporal changes in browsing damage by sika deer in a natural riparian forest in Central Japan. In: Long-Term Ecosystem Changes in Riparian Forests. (ed. Sakio, H.), pp. 143-178. Ecological Research Monographs. Springer, Singapore.
- 梶 光一. 1993. シカが植生を変えるー洞爺湖中島の例. 「生態学からみた北海道」(東 正剛・阿部 永・辻井 達一編). pp. 242 - 249, 北海道大学出版, 札幌.
- 前迫ゆり. 2009. シカが森を食べ尽くす前にー研究から保全への展開をさぐるー森とシカの生態学的問題をめぐって. 関西自然保護機構会誌, 31 (1) : 39 - 48.
- (編著). 2013. 世界遺産春日山原始林ー照葉樹林とシカをめぐる生態と文化. 255pp. ナカニシヤ出版, 京都.
- . 2017. フィールドシンポジウム「芦生天然林の再生を如何に進めるか」企画趣旨およびシンポジウム報告. 地域自然史と保全, 39 (2) : 139 - 146.
- ・高槻成紀 (編著). 2015. シカの脅威と森の未来ーシカ柵の有効性と限界. 248pp. 文一総合出版, 東京.
- ・幸田良介・比嘉基紀・松村俊和・西脇亜也・川西基博・吉川正人・若松伸彦・津田 智・富士田裕子・井田秀行・永松 大. シカの影響による植生モニタリング調査と地域の生物多様性保全研究ーシカと植生に関するアンケート調査 (2018 ~ 2019) 報告ー. 自然保護助成基金助成成果報告書, vol. 28 (印刷中).
- McCullough, D. R., S. Takatsuki & K. Kaji (eds.). 2009. Sika deer. 666pp. Springer. Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York.
- 柴田叡弑・日野輝明. 2009. 大台ヶ原の自然誌 森の中のシカをめぐる生物間作用. 300pp. 東海大学出版会, 平塚.
- 植生学会企画委員会. 2011. ニホンジカによる日本の植生への影響ーシカ影響アンケート調査 (2009 ~ 2010) 結果. 植生情報, 15 : 9 - 30.
- 菅沼孝之・鶴田正人. 1975. 大台ヶ原・大杉谷の自然. 259pp. ナカニシヤ出版, 京都.
- ・内山知子. 1984. 大台ヶ原山の植生. 「大台ヶ原原生林における植生変化の実態と保護管理手法に関する調査報告書」(奈良自然環境研究会編), pp. 1 - 9. 奈良自然環境研究会, 奈良.
- 高槻成紀. 1989. 植物および群落に及ぼすシカの影響. 日本生態学会誌, 39 (1) : 67 - 80.
- 横田岳人. 2009. 大台ヶ原の植生とその現状. 「大台ヶ原の自然誌 森の中のシカをめぐる生物間作用」(柴田叡弑・日野輝明編著), pp. 2 - 14. 東海大学出版会, 平塚.

フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

大台ヶ原ブナ林の変化を読み解く

森林総合研究所

中 静 透

Forest dynamics during 35 years in Odaigahara, particularly in terms of interactions among canopy trees, tree seedlings, dwarf bamboos and deer. Tohru Nakashizuka* (*Forestry and Forest Products Research Institute*)

キーワード：シカ，長期変化，ブナ－ウラジロモミ林，防鹿柵，ササ類

はじめに

樹木は人間よりも長い寿命を持つ場合が多い。したがって、樹木の成長や森林全体の動きは緩やかな変化となり、大きな変化傾向を短期間でとらえるのは研究者にとっても難しい。加えて、長い時間のなかで稀に起こる出来事がその後の樹木や森林に大きな影響を及ぼす場合がある。ある年にたまたま起こったことの影響が100年後、200年後の森林の姿を左右することもあるだろう。その出来事（エピソード・イベント）を知らずに現在の姿だけを見ても、変化を引き起こしたメカニズムには迫れない。

大台ヶ原のブナ－ウラジロモミ林の動態に関する研究は、もともとそうした意図も含んで研究を開始した。1981年、当時大学院博士課程の1年目であった私は、指導教員であった吉良竜夫先生の助言で、それまで東北や信州でやっていたブナ林の研究を、大台ヶ原でも行うことになった。当時は、林冠ギャップや自然かく乱と森林の更新の研究が盛んになってきたところで、私もブナ林を対象として、倒木や枯死木によってつくられる林冠ギャップの時空間的ばらつきや、かく乱後の稚

樹の成長、更新に影響するササ類のなどの解析を手法として、森林の更新動態を研究していた（Nakashizuka, 1987, 1988）。

当初の興味は、広葉樹のブナと針葉樹のウラジロモミの更新や動態にどのような差があるのか、またそれにかかわる要因は何かという点であった。そのため、両種のサイズごとの死亡率、実生の生残、繁殖開始サイズといったデモグラフィの差とそれにかかわる要因（自然かく乱、ササ類など）を比較できるように調査を計画した。学位論文には、主として森林構造の解析が使われているが、学位取得後も、個体をマークして再測したデータを使って、ブナとウラジロモミのデモグラフィの違いを明らかにしている（Nakashizuka, 1991）。

1985年に職を得たり、その後職場が変わったりしたが、長い時間の変化を見ることが重要と考えていたので、以降5年ごとに筑波から、あるいは京都から、あるいは仙台から大台ヶ原に通い、再測を続けてきた。そのうち、1991年ころから樹木の樹皮剥ぎやササ類の被害など、ニホンジカ（以下、シカと表記）の影響が目立つようになり、森林の様相が一変する。そして、森林生態系の衰

退を懸念した環境省が防鹿柵を設置すると、また別の変化が起こった。この35年間（1981年ー2016年）の変化をみると、シカと林冠木、稚樹、ササ類の4者の相互作用によって、森林のダイナミクスが大きな影響を受けたことがわかる。この論文では、その概要を述べてみたい。

3つの調査地

1981年に大台ヶ原で研究を開始するにあたり、主として西大台のブナーウラジロモミ林を一通り歩いて、そのバリエーションを把握することにした（表1）。1981年当時の標高の低い場所では、林冠木にブナが多く、ウラジロモミは比較的少ない森林が多く、スズタケが林床に優先する森林が多かった。すこし標高が高くなると、ウラジロモミの割合がやや高くなり、ミヤコザサ（イトザサと呼ばれることもあるが、ここではミヤコザサで統一）の優占する森林が多くなる。この2つを主要なブナーウラジロモミ林のタイプとみなし、それぞれにベルト状のプロットを作っている（前者がBelt-1、後者がBelt-3）。もう一つ、七つ池と呼ばれる場所に、ササ類のほとんどない森林があった（Belt-2）。当時の私は、ササ類と樹木の相互作用

表1. 調査地の概要.

	Belt-1	Belt-2	Belt-3
標高 (m)	1450	1530	1600
プロット面積 (ha)	0.2	0.2	0.2
初期密度			
ブナ (ha ⁻¹)	140	155	165
ウラジロモミ (ha ⁻¹)	340	515	345
森林全体 (ha ⁻¹)	1090	1135	765
胸高断面積合計			
ブナ (m ² ha ⁻¹)	26.4	29.8	15.7
ウラジロモミ (m ² ha ⁻¹)	8.2	9.1	15.6
森林全体 (m ² ha ⁻¹)	48.4	52.0	38.5
林床タイプ	スズタケ	ササ類ほとんどなし	ミヤコザサ
プロット設定年	1981	1982	1982
シカ排除柵設定年	2003	2004	2005
シカ排除柵面積 (ha)	5.62	4.00	1.02

用が重要と考えていたので、この3つのタイプの森林に調査地を設けることにした。

なお、大台ヶ原においては1955年にミヤコザサが一斉に開花・枯死したことが知られているが、具体的な場所や規模は不明である。また、この年には台風によって、とくに針葉樹林が大きな被害を受けたこともわかっている。スズタケの開花や枯死については特に報告はない。

Belt-1は1981年、Belts-2, 3は1982年に幅10m、長さ200mで設置し（Belt-1のみは最初400m長で設置したが後年200mとした）、樹高2m以上の樹木すべてを個体識別し、その後1986年、1991年、1996年、2001年とほぼ5年ごとに再測してきた。また、林床植生の調査として、ベルト内の各5m×5m枠の中心に1m×1mの小枠を置き、その中に生育するササ類の高さ、出現した植物の種名を記録した。1981年（Belts-2, 3は1982年）、2006年（防鹿柵設置直後）、2011年には各樹木種の高さ（枠内で最大のもの）を記録した。

1990年代の前半までは初期の状態から大きな変化がなかった。1990年代後半になって、シカの影響が顕著になり、2000年代前半に環境省が防鹿柵を設置する。私のプロットはすべて、この防鹿柵の内側になって、シカの影響が排除された。なお、黒崎（2009）の区画法によるセンサスでは、大台ヶ原におけるシカ生息密度は、1982年には22頭/km²であったが、1990年代には30頭/km²に増加した。その後、個体数コントロールもあり、2005年には14.4頭/km²に減少したと推定されている。

林床植生の変化

1981年から2016年の間で、目に見えて変化の大きかったのは、ササ類をはじめとする林床植

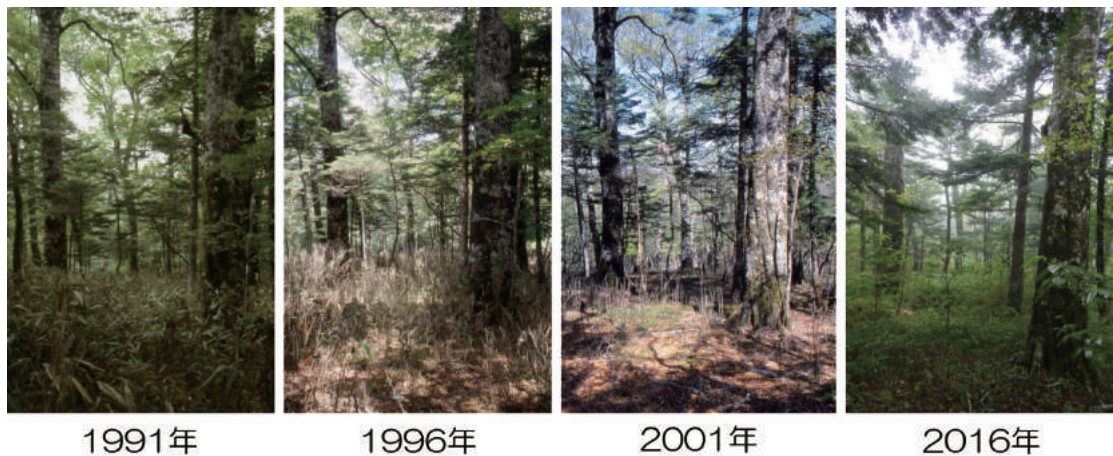


図 1. Belt-1 の森林変化. 1991 年ころまでは、林床にスズタケが繁茂していたが、その後シカの食害により大きく衰退し、2003 年に防鹿柵が設置されると、さまざまな植物が回復してきた。ただし、スズタケの回復は遅い。



図 2. Belt-2（七つ池）の森林変化. 当初からササ類や林床植生の少ない森林であったが、シカの食害でさらに植生は衰退した。2004 年に防鹿柵が設置されると、ミヤコザサを含む林床植生が急速に増加した。

物や樹木の実生・稚樹であった。Belt-1 では 1991 年まではスズタケの繁茂する状態で、林内を歩くのも一苦労であったが、その後シカの食害により衰退がはじまり、2001 年にはスズタケがほとんどなくなってしまう。その後、2003 年に防鹿柵が設置されると、植生が再生する（図 1）。その中には樹木の稚樹や実生もあるが、スズタケの再生はあまり速くない。一方、Belt-2 では、最初ほ

とんど林床植生がなかった状態で、防鹿柵が設置される 2004 年前後にはさらに植生が薄くなる。しかし、防鹿柵設置後にはササ類や林床植生が急速に復活している（図 2）。当初からミヤコザサの林床だった Belt-3 では、シカの個体数が増加するとミヤコザサはやや衰退したが、その程度は大きくなく、防鹿柵が 2005 年に設置されると顕著に回復した（図 3）。

以上の結果は数値的にも顕著であり、当初平均植物高で 160cm 程度あった Belt-1 のスズタケは、シカの食害により 20 – 30cm 程度にまで衰退し、防鹿柵設置後 10 年経過しても 50cm 程度にしか回復していない（図 4）。一方、Belt-3 では、当初



図 3. Belt-3 の植生。最初からミヤコザサが一面に優先する森林であった。シカの食害でササの高さは減少したものの植被は保たれ、2005 年に防鹿柵が設置されると、ミヤコザサの高さは 1980 年代よりも高くなった。

60cm 程度だったミヤコザサの植物高がシカの食害によって衰退するが、それでも高さ 40cm 程度と少し低くなっただけで、スズタケほどの大きなダメージは受けていない。また、防鹿柵が設置されて 10 年経過すると、むしろ当初より高い高さ 70cm 程度まで茂るようになった。当初、ササ類の被覆が薄かった（植物高 20cm 程度）Belt-2 では、シカの食害でさらに衰退するが、防鹿柵の設置によりミヤコザサは急速に高さを増加させ、もともとミヤコザサのあった Belt-3 とほぼ同じ 70cm に近い高さになっている。つまり、Belt-2 で最初から林床植生がなかった理由は、土壌条件などではなく、シカの食害が効いていた可能性が示唆される。

樹木個体群の変化

上のように、Belt-2 の動態には当初からシカの影響が考えられるが、この点はまだ推測にすぎない。樹木個体群の長期変化を見るため、ここから

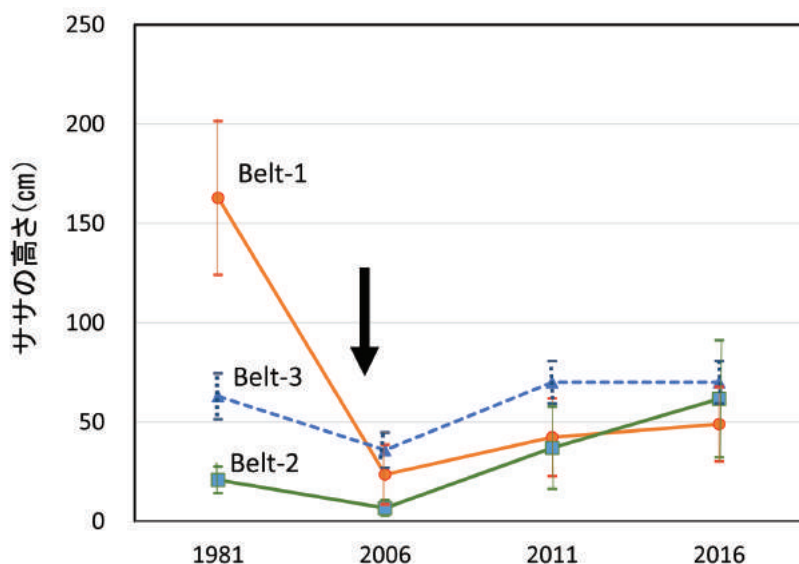


図 4. ササ類の高さの変化。平均値と標準偏差で示す。Belt-1 はスズタケ、Belts-2, 3 はミヤコザサ。Belt-2 では、最初ササの高さは小さく植被も少なかったが、防鹿柵設置約 10 年後で、Belt-3 とほぼ同様の高さに増加した。スズタケの回復は遅い。

は変化の要因がわかりやすい、Belt-1 と Belt-3 の対比で話を進める。

胸高断面積（BA）で見ると、Belt-1 では 35 年間で若干減少しているものの、大きな変化はない。一方、Belt-3 では、BA が顕著に減少していて、その減少は主としてウラジロモミの減少によるものであることがわかる（図 5）。変化を森林全体の樹木個体数で見ると、Belt-1 では 2000 年ころまで樹木個体数が減少し、防鹿柵が設置された年（矢印）以降は、急速に個体数が増加している。減少期にはウラジロモミの個体数減少がブナより大きい。ただ、森林全体の変化はこの 2 種より

りは他の樹種の減少が大きく効いている。一方、Belt-3 では、同じように 2000 年ころまで大きく個体数が減少するが、その後の急速な回復はない。この場合には、ウラジロモミの減少が森林全体にもかなり効いている。ウラジロモミは、かなり大径の個体でも樹皮剥ぎによって枯死する場合があった。そのため、Belt-2 の林内は少しずつ明るくなった。なお、個体数の減少に対して BA の減少が緩やかに見えるのは、比較的小径の樹木が食害などを受けやすいためである。

個体数の変化を新規加入と死亡に分割して見ると現象はもっと明確である。Belt-1 でも Belt-3 で

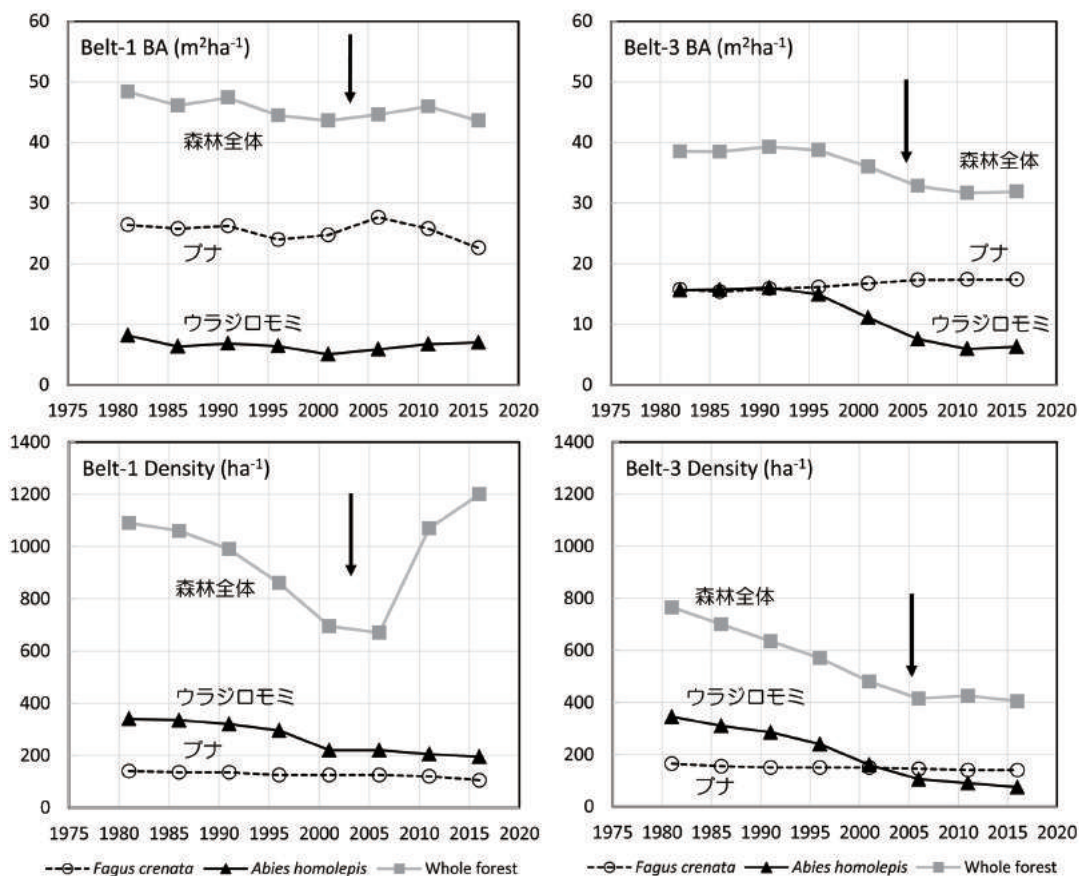


図 5. Belts-1, 3 における森林の変化。樹高 2m 以上の樹木を対象とした胸高断面積（BA，上段）と樹木密度（下段）で示す。矢印は防鹿柵の設置時期。

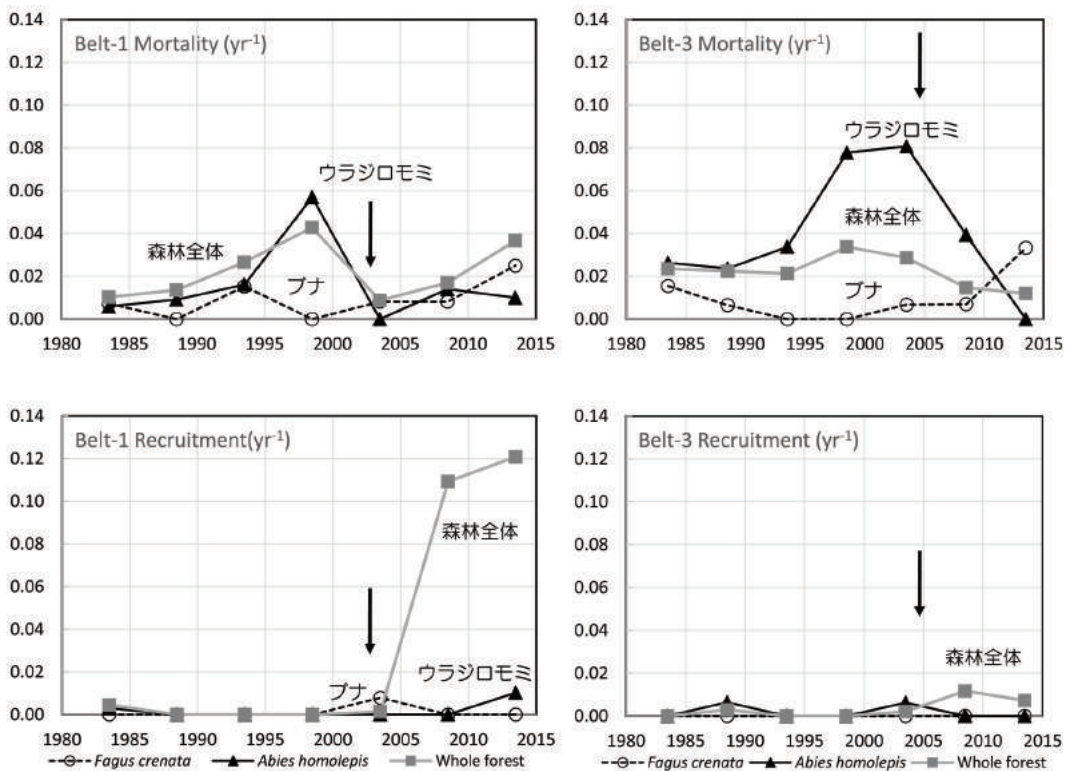


図 6. Belts-1, 3 における樹木の死亡率（上段）と新規加入率（下段）．矢印は防鹿柵の設置時期．

も、1990 年代初めまでの死亡率は年 1 – 2%と低い、1990 年代後半から 2000 年代前半に死亡率が 2 – 3 倍に増加し、防鹿柵設置後に再び死亡率が下がった（図 6）。この変化は、ウラジロモミについては顕著であるが、ブナではそれほど明確ではない。新規加入率でみると、Belt-1 では防鹿柵を設置して 5 年後以降に急速に増加するが、Belt-3 では、こうした増加は防鹿柵設置 10 年後でも顕著にみられない。また、ブナもウラジロモミも期間全体を通じて新規加入率は低いままであった。

1980 年代から 1990 年代前半の樹木個体群の変化は、台風などによる枯死やより大きな樹木の被圧による小個体の枯死に加えて、ササ類が優占することによって新規加入が抑制されていることに

よる。しかし、1996 – 2005 年は、シカの密度が最も高い時期であり、1980 年代のような自然枯死に加えて、シカの樹皮剥ぎにより死亡率が 2 – 3 倍高くなった。樹皮剥ぎの影響の受けやすさは樹種によって異なっており、ウラジロモミ、オオカメノキ、リョウブ、ナツツバキなどが特に影響を受けやすい一方、ブナはほとんど影響を受けていない（Akashi & Nakashizuka, 1999）。また、Belt-1 の防鹿柵設置後に見られた急速な新規加入は、キハダ、ミズメ、リョウブ、タラノキなど、ブナ、ウラジロモミ以外のより成長の早い樹種であり、後に述べるように、ブナ、ウラジロモミはより小さいサイズでは新規加入しているものの、10 年間で樹高 2m に達する個体がほとんどなかった（中静・阿部, 2015）。

実生・稚樹の変化

樹高 2m 未満の木本種は個体識別していないので、各ベルトに 80 個ずつ設置してある小枠 (1m × 1m) における各樹種の出現頻度で変化を見る。調査開始時 (1981 年あるいは 1982 年) と最もササが衰退した状態に近い 2006 年 (防鹿柵設置直後) とで樹種の出現頻度を比較すると、Belt-1 ではスズタケの出現頻度が 100% から 36% に減少しているのに対して、多くの樹木種の出現頻度は逆に増加している (図 7)。一方、Belt-3 では、1981 年と 2006 年とでミヤコザサの出現頻度は 100% で変化せず、逆に多くの樹木種の出現頻度が大きく減少している。つまり、Belt-1 ではスズタケの

衰退に伴って樹木の実生が増加したのに対して、Belt-3 ではミヤコザサの衰退は大きくなく、おそらくシカの食害もあって樹木の実生が減少したと考えられる。

さらに、1981 (1982) 年と防鹿柵が設置されて 10 年以上経過した 2016 年の出現頻度の関係をみると、両ベルトで関係は変化しておらず、防鹿柵を設置した直後の状態がそのまま保たれている。Belt-1 でも Belt-3 でも、防鹿柵の設置以前に定着した実生が増加しているというわけではない。しかし、Belt-1 では、樹高 2m を超える稚樹が急増していること (図 6) から、防鹿柵設置前後までに定着した実生が、防鹿柵によってシカの採食を免れ、とくに林冠ギャップのような明るい場所で

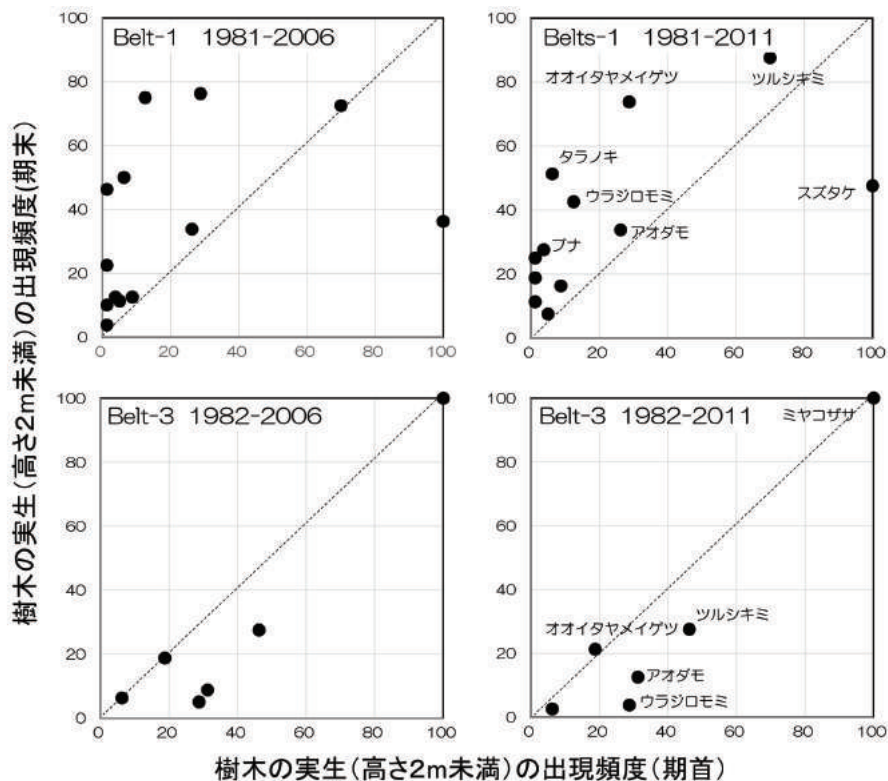


図 7. 樹高 2m 未満の樹木の稚樹・実生の出現頻度. 調査開始当初 (1981 年, あるいは 1982 年) と 2006 年 (防鹿柵設置直後), および 2016 年 (防鹿柵設置約 10 年後) の比較で示す.

成長したものと考えられる。実際に、2m以上に達した樹木は、ブナやウラジロモミではなく、もっと成長速度の高い樹種であり、その多くは林冠ギャップに集中している。

林冠木ーササーシカー実生・稚樹の相互作用

以上のような35年間の変化は、林冠木ーササーシカー実生・稚樹間の相互作用としてまとめられる。基本的には、林冠木が茂るとその庇陰によって下層の実生や稚樹の発生・成長、そしてササ類も成長も抑制される。ササ類は林冠木には大きな影響力を持たないが、優占すると樹木の実生の発生や成長を抑制する。シカは林冠木を樹皮剥ぎによって林冠木を枯死させる一方、ササ類や実生・稚樹を採食する（図8）。

Belt-1の初期の森林は、もともとスズタケが優占することで林床に実生・稚樹が少なく、新規加入も抑えられていた状態であった。その後シカの個体数が増加したが、ブナが多かったので樹皮剥ぎは多くなかった。林冠木への影響は小さかったものの、スズタケは被害を受け、壊滅的に減少した。スズタケが衰退することによって林床には樹木の実生が増えたが、シカの採食を受けていたため、成長することができなかった。その後防鹿柵

が設置されたが、スズタケの回復が遅かったために、成長の早い樹種はとくにギャップで急速に成長し、樹高2m以上のクラスへの新規加入を増加させた。ブナやウラジロモミの実生も増加したが、成長速度は遅く、まだ樹高2mには達していない。

一方、Belt-3でも、もともとミヤコザサが優占していたため、Belt-1と同じように林床に実生や稚樹は少なかった。シカの個体数が増加したとき、ウラジロモミの林冠木が樹皮剥ぎによって多数枯死し、林内が明るくなった。シカはミヤコザサも採食したが、その影響はスズタケほど顕著ではなく、ミヤコザサの高さは低くなったものの、優占状態が続いた。したがって、樹木の実生も増加せず、むしろ減少した。そのような状態で防鹿柵が設置されたため、ミヤコザサは林内が明るくなったことも影響して急速に回復し、樹木の実生の発生や成長はより抑制されることになった。

こうして、シカの食害を防ぎ森林を更新させる目的で設置された防鹿柵の効果が、Belt-1では効果的に働いたのに対して、Belt-3では更新を抑制するという逆の方向に変化を引き起こした。Belt-3では、引き続き自然状態での林冠木の枯死も続いているため、このまま推移すれば森林全体の衰退に至る可能性もある。

ここでカギとなるのは、シカの樹皮剥ぎに対す

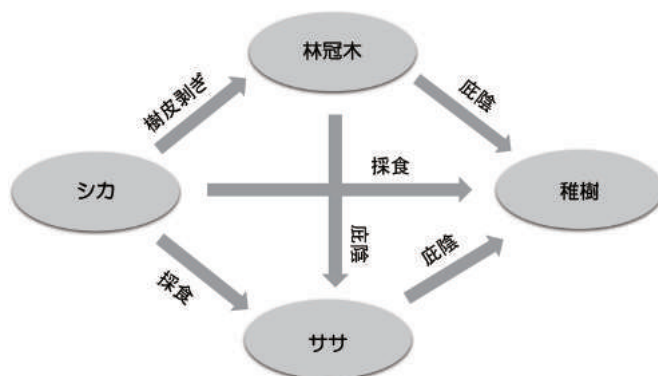


図8. 林冠木、稚樹・実生、ササ類、シカの相互作用。

る林冠木の感受性とシカの採食に対するササ類の反応の違いである。ブナが樹皮剥ぎを受けにくいのに対して、ウラジロモミは樹皮剥ぎを受けやすい。また、スズタケはシカの採食の影響を受けやすく、回復も遅いが、ミヤコザサはシカの採食の影響を受けにくく、回復も早い。スズタケとミヤコザサのこうした違いは、両者の生育型の違いによる。スズタケは高さ 2m を超すササで、ひとつの茎の寿命も長い。新しい茎が出て数年間は地上部で枝分かれをし、葉を展開する。しかし、分枝の芽を採食されると分枝できなくなる。それに対して、ミヤコザサは幹の寿命が短く、植物高が低く分枝はほとんどしない。毎年新しい茎が地表面近くにある芽から出てくる。おそらく、分枝や新しい茎を形成するための貯蔵物質も、ミヤコザサでは地下部に、スズタケは地上部により貯蔵している。したがって、食害の影響はミヤコザサで小さい。

また、余談ではあるが、当初ササ類がほとんどなかった七つ池 (Belt-2) は、防鹿柵の設置によって、ミヤコザサの優先する森林へと変化しつつある。つまり、1980 年当時、仮説的に考えられていた土壌条件などでササ類を欠くということではなく、何らかの条件、特にシカとの関係でササ類が一時的に消失していたと考えることができる。考えられるのは 1955 年のミヤコザサの一斉開花・枯死の影響で、その後の回復過程の初期にシカの採食によってササ類の回復が著しく遅れたという可能性である。局所的にシカの集中する場所があったのかもしれないが、想像の域を出ない。

おわりに

こうした 35 年間の変化は、単純に防鹿柵を設置することが森林の回復に結び付くわけではないことを示している。林冠木、実生・稚樹、ササ類

との相互作用の中でシカの影響を考える必要がある。今回は、樹皮剥ぎに弱い林冠木と採食に強いササのセットと、樹皮剥ぎに強い林冠木と採食に弱いササのセットとの比較で極端な結果に至った。他の組み合わせで起こることについては、予測が難しい。伊東・日野 (2009) は、ブナとミヤコザサのセットで、ミヤコザサが衰退し、樹木実生の生残率が向上したことを報告しているが、林冠木が生存して林床が暗いために、ミヤコザサも衰退したのかもしれない。このように、林冠木やササ類の衰退がどの程度起こった時に防鹿柵を設置するのかによっても、異なった結末に至る可能性がある。

仮に、現在の森林の姿だけを見たとき、ここまで述べたようなプロセスが想像できただろうか？ おそらく、Belt-1 のスズタケはなぜ小さいのか、なぜギャップに樹木の稚樹があふれているのか、また Belt-3 はなぜ森林が衰退しているのか、という問いに対して答えることは難しいし、Belt-2 の特殊性に気づくこともないのではないかと思う。約 200 年という樹木の更新サイクルのなかで 35 年間はごく一部に過ぎないが、それを見ていなければ、森林の成り立ちを理解することは難しいだろう、と改めて思うのである。

引用文献

- Akashi, N. & T. Nakashizuka, 1999. Effect of bark-stripping by Sika deer (*Cervus Nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. *Forest Ecology and Management*, 113 : 75-82.
- 伊東宏樹・日野輝明. 2009. シカとササは樹木の更新にどのように影響するか. 「大台ヶ原の自然—森の中のシカをめぐる生物間相互作用—」(柴田亅弑・日野輝明編), pp. 154 — 163. 東海大学出版会, 平塚.

- 黒崎敏文．2009．シカの保護管理計画．「大台ヶ原の自然－森の中のシカをめぐる生物間相互作用－」（柴田叡弐・日野輝明編），pp. 245－254．東海大学出版会，平塚．
- Nakashizuka, T. 1987. Regeneration dynamics of beech forests in Japan. *Vegetatio*, 69 : 169-175.
- , T. 1988. Regeneration of Beech (*Fagus crenata*) after the simultaneous death of undergrowing dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*). *Ecological Research*, 3 : 21-35.
- , T. 1991. Population dynamics of coniferous and broad-leaved trees in a Japanese temperate mixed forest. *Journal of Vegetation Science*, 2 : 413-418.
- 中静 透・阿部友樹．2015．大台ヶ原のブナ林の30年．「シカの脅威と森の未来 シカ柵による植生保存の有効性と限界」（前迫ゆり・高槻成紀編），pp. 137－145．文一総合出版，東京．

フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

大台ヶ原におけるニホンジカ個体数調整

近畿地方環境事務所

近畿地方環境事務所

澤 志 泰 正

竹 下 守 昭

Population adjustment of sika deer *Cervus nippon* in Odaigahara Plateau. Yasumasa Sawashi* and Moriaki Takeshita (*Kinki Regional Environment Office*)

要旨：環境省では、大台ヶ原ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画－第4期－に基づき、緊急対策地区及び重点監視地区においてニホンジカの個体数調整を実施している。2019年度は5889わな日実施し、138頭（うち成獣メス30頭）を捕獲し、当初の捕獲目標頭数106頭を大きく上回った。捕獲数増加の要因として、閉山期に効率的な捕獲が実施できたこと、正木ヶ原で足くりわなによる効率的な捕獲が実施できたこと、足くりわなの改良により空はじき率が減少したことがあげられる。

キーワード：大台ヶ原、ニホンジカ、個体数調整

はじめに

大台ヶ原は、昭和30年代までは比較的まとまった形で森林が残っていたが、1959年の伊勢湾台風や1961年の第2室戸台風等の大型台風により、正木峠を中心とした地域において森林の林冠を構成していたトウヒ等の樹木が大量に風倒した。このことにより林冠ギャップ地が生じ、その風倒木の搬出等を契機に林床を覆っていたコケ類が衰退、ミヤコザサの分布が拡大した。それに呼応して、ニホンジカは周辺地域からの侵入等も含め個体数が増加、樹木の後継樹や林冠構成種の母樹の樹皮等を採食し、森林生態系への影響も広く目立つようになった。このような状況を受け、2001年に大台ヶ原ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画（第1期）が策定され、その計画に基づいて個体群管理がなされることとなった。

また、大台ヶ原の自然再生を推進することを目

的として、2004年に大台ヶ原自然再生推進計画が策定された。最新計画である「大台ヶ原自然再生推進計画2014」（URL：https://kinki.env.go.jp/to_2014/data/1125af.pdf 2020.6参照。以下、「推進計画2014」という。）も従前の計画同様、大台ヶ原の現存する森林生態系の保全を図るとともに、天然更新により後継樹が健全に生育していた昭和30年代前半までの状況をひとつの目安として、豊かな動植物からなる質の高い森林生態系の再生を目指すとともに利用との両立を図ることを長期目標としている。

推進計画2014においては短期目標及び中期目標も定めているが、それらを達成するために、2017年に「大台ヶ原ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画－第4期－」（URL：<http://kinki.env.go.jp/honbun.pdf> 2020.6参照。以下、「第4期計画」という。）が策定され、現在、①個体群管理、②生息環境管理、③被害防除対策（植生保全対

策)の3本柱の対策を2017年度～2021年度の5カ年間の計画期間で実施している。

本報告では、第4期計画で定めた第一段階の目標生息密度(5頭/km²)の達成を目標として、2019年度に実施したニホンジカ個体群調整のための捕獲状況について紹介する。

ニホンジカ生息密度の推移

第4期計画の管理計画の対象地域は、大台ヶ原を中心とする2727haの管理計画区域とその周辺部となっており、管理計画区域は個体数調整や植生保全対策、モニタリング調査を主に実施する緊急対策地区(703ha)と、国・自治

体の連携した対策(個体数調整、生息密度調査等)が重要となる重点監視地区(2024ha)からなっている。また、大台ヶ原地域が開放系であることを考慮し、緊急対策地区の外側1kmを「有効捕獲面積を考慮した地域」(2324ha。緊急対策地域を含む)として、目標生息数や目標捕獲数の検討に活用している(図1)。ニホンジカの生息状況は、糞粒法、ライトセンサス、区画法により確認しており、2014年度からは、自動撮影カメラによるシカの利用強度の時空間変化の把握とREM法による季節ごとの生息密度の把握を行っている。

このうち、糞粒法を用いた緊急対策地区における東大台と西大台におけるニホンジカの生息密度の推移は図2のようにになっている。緊急対策地



図1. 大台ヶ原ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画－第4期－における管理計画区域及び緊急対策地区の外側1kmに設定した有効捕獲面積を考慮した地域。

区全体の生息密度の平均値を見ると、2003 年度をピークに生息密度は低下している。特に、2011 年度以降は $6 \text{ 頭}/\text{km}^2$ と大台ヶ原ニホンジカ特定鳥獣保護管理計画－第 2 期計画－までの目標生息密度である $10 \text{ 頭}/\text{km}^2$ を下回ってからは、2016 年度まで同計画－第 3 期計画－以降の目標生息密度の $5 \text{ 頭}/\text{km}^2$ を少し上回る程度の値で推移していた。

一方、地区別で見ると、2010 年度まではミヤコザサが多く生育する東大台地区の方が西大台地区と比べ高い生息密度であったが、東大台でも捕獲圧が高まった結果、2011 年度以降、両地区間の密度差は小さくなっている。しかし、2013 年度以降はやや上昇傾向にあり、今後注意が必要である。

2016 年度には、くくりわなによるニホンジカの捕獲個体をツキノワグマが捕食したと考えられる状況が確認された。そのため、くくりわなによる捕獲については、ツキノワグマの錯誤捕獲の可能性にも配慮し、歩道や登山道、利用地点から離れた場所で実施して人への安全性に配慮すること

とした。くくりわなを設置する地点や時期が制限されたことにより、2016 年度から 2018 年度までの各年度の捕獲数は 2012 年度から 2015 年度の各年度の捕獲数より減少した（図 3）。

2019 年度のニホンジカ個体数調整について

捕獲目標頭数

2018 年 10 月に実施した糞粒法による調査結果から、緊急対策地区及び有効捕獲面積を考慮した地域の推定生息数が、それぞれ 38 ～ 142 頭及び 153 ～ 376 頭となり、これらの値や、捕獲時期・性・齢区分ごとの捕獲数を基に推移行列を用いたシミュレーションを行って捕獲目標頭数の検討を行った。

その結果、単年度で目標生息密度 $5 \text{ 頭}/\text{km}^2$ （有効捕獲面積を考慮した地域の目標生息数 112 頭）以下とするためには少なくとも 211 頭の捕獲が必要となり、過年度の捕獲状況から非常に困難であると判断された。そこで、第 4 期計画の最終年度

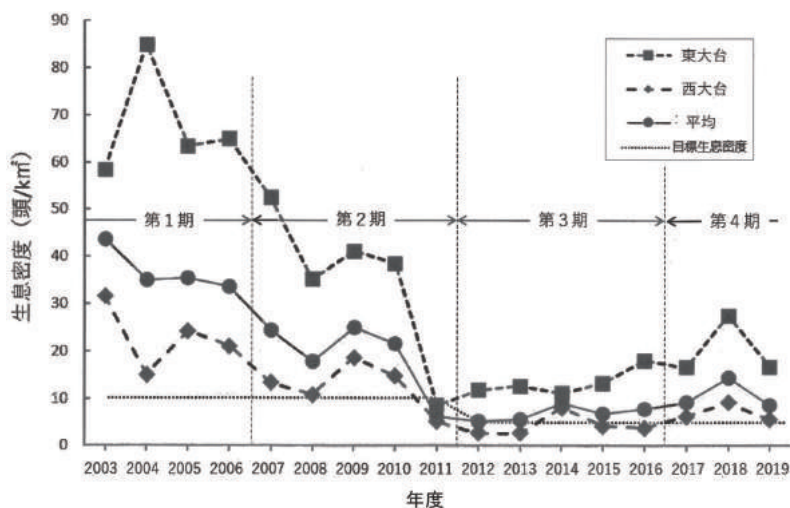


図 2. 糞粒法による緊急対策地区におけるニホンジカの生息密度の経年変化。図中の第 1 期～第 4 期は、大台ヶ原ニホンジカ特定鳥獣保護管理計画の各期期間を示す（第 4 期計画からは法律改正に伴い特定鳥獣管理計画となった）。第 2 期までの保護管理計画での目標生息密度を $10 \text{ 頭}/\text{km}^2$ とし、第 3 期計画以降は $5 \text{ 頭}/\text{km}^2$ として個体数調整を実施した。

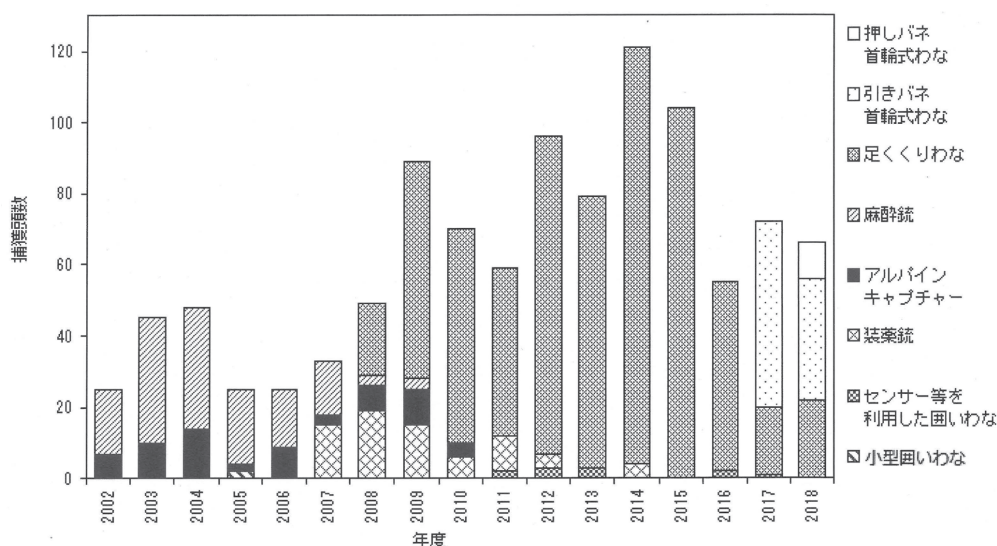


図 3. 捕獲手法別捕獲数の推移. 2016 年度まで 6 種類の捕獲方法により個体数調整を実施してきたが、近年は主な捕獲手法としてくくりわなが用いられてきた. しかし、2016 年度にニホンジカ捕獲個体をツキノワグマが捕食したと考えられる状況が確認されたため、錯誤捕獲対応の体制を整備し、新たに首輪式わな 2 種類を導入した.

である 2021 年度までの 3 年間で目標を達成するため、初年度の捕獲目標頭数を 4 パターン作成した. そのうち、2018 年 10 月現在の推定生息数が中央値であり 3 年後の中央値が目標生息数以下であると仮定したパターンにおいて、2019 年度の捕獲目標頭数が 106 頭（うち成獣メス 24 頭）となり、この目標頭数であれば過年度の捕獲状況より達成が見込まれることから、これを目標値に設定した.

捕獲実施計画

ツキノワグマの錯誤捕獲対応により近年のニホンジカ捕獲数は減少しており、従前の実施方法では目標値をクリアできないと思われた. そこで、ドライブウェイ開通前の冬季閉山中の足くくりわなによる捕獲を実施するとともに、近年ツキノワグマの目撃情報や自動撮影カメラによる撮影がない正木ヶ原地域での足くくりわなの使用制限を見

直すこととした. また、2017 年度以降、堂倉山周辺（緊急対策地区外であるが有効捕獲面積を考慮した地域には含まれる）において林野庁三重森林管理署及び北上山村と連携して実施している捕獲事業を継続した.

捕獲は図 4 に示した 7 つに区分した実施地域で行い、それぞれにおけるわな設置基数、基本実施日数、捕獲見込み数等を表 1 のように設定した. 足くくりわなによる捕獲の見込み数は暫定的な数値であり、その最大値を合計すると 107 頭となり、かろうじて捕獲目標数の 106 頭を超える計画であった.

また、2019 年度には利用者がほとんどおらずシカの警戒心が薄いと考えられる閉山期に足くくりわなによる捕獲を実施することとした. 実施地域は、搬出が困難な開拓搬出ルート及び堂倉山周辺を除く 5 地域とした.

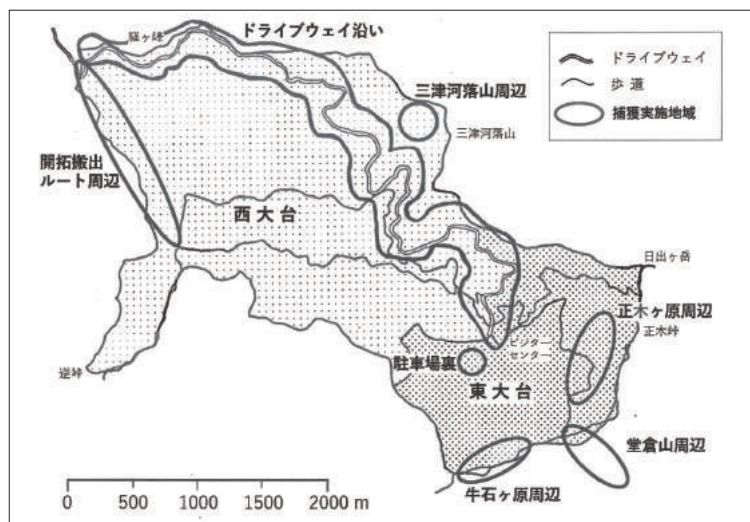


図 4. ニホンジカ個体数調整のための 7 つに区分した捕獲実施地域の位置。

表 1. 2019 年度の捕獲実施計画と捕獲実施結果。

捕獲手法	地域	実施地域	計 画					結 果		
			わな設置 基数	基本実施 日数	CPUE (基 日あたりの 捕獲数)	基日数	捕獲 見込み数	CPUE (基 日あたりの 捕獲数)	基日数	捕獲数
足くくりわな	西大台	ドライブウェイ沿い (条件を満たす地域) (一部東大台も含む)	25	85 日程度	0.008	2125	17	0.020	2244	44
	東大台	正木ヶ原周辺 (条件を満たす地域)	8	85 日程度	0.008 ～ 0.060	680	5 ～ 41	0.045	1064	48
	全城	その他実施可能な範囲	32	10 日程度	0.008 ～ 0.060	320	3 ～ 19	0.053	561	30
首輪式わな		ドライブウェイ沿い	—	—	—	—	—	0	192	0
	西大台	開拓搬出ルート周辺	6	15 日程度	0.003	90	1	0.010	102	1
		三津河落山周辺	10	80 日程度	0.013	800	10	0.014	276	4
		駐車場裏	3	80 日程度	0.031	240	7	0.006	155	1
	東大台	牛石ヶ原周辺	10	80 日程度	0.008	800	6	0.009	646	6
	連携捕獲 地域	堂倉山周辺 (緊急対策地区外)	10	80 日程度	0.008	800	6	0.006	649	4
	合 計					5855	47 (+8 ～ 60)		5889	138

捕獲実施結果

2019 年度は、全体で 5889 わな日実施し、ニホンジカ捕獲数の合計は 138 頭(うち成獣メス 30 頭)となり、当初の捕獲目標頭数を達成した。手法別の内訳としては、足くくりわなで 122 頭、首輪式

わなで 16 頭を捕獲し、足くくりわなによる捕獲が多くを占めた。

首輪式わなには、引きバネ首輪式わなの他、2018 年度から押しバネ首輪式わなも使用しているが、捕獲数及び単位努力量あたりの捕獲数(頭/カ所)(以下、

「CPUE」という。)は前者が10頭(0.007)、後者が6頭(0.010)であった。首輪式わなのCPUEは、いずれも足くりわなのCPUE(0.032)と比べると低かった。

捕獲頭数(CPUE)は、時期別では4月の閉山期に30頭(0.053)と効果的な捕獲が行われた。また、地域別では、正木ヶ原周辺が56頭(0.045)と頭数もCPUEも高く、ドライブウェイ沿い50頭(0.018)がそれに次いだ。

捕獲頭数の合計138頭は、現在の推定生息数が中央値、3年後の最大値が目標生息数以下と仮定した捕獲目標頭数127頭(うち成獣メス29頭)以上の捕獲数となった。2019年度の捕獲頭数は、過年度のいずれの年度よりも多い捕獲頭数となった。

2020年度以降のニホンジカ個体数調整について

2020年度は、前年度に閉山期の捕獲が効果的であったことから、再度同様に実施することを検討している。ただし、閉山期における捕獲効果については積雪状況やニホンジカの行動等不確定な要素も多いことに注意する必要がある。また、捕獲効率の低い地域での捕獲を見直す必要もあり、その捕獲努力量をより捕獲効率の高い地域に分配させる等の検討を行う。さらに、堂倉山周辺における連携捕獲の継続や新規に企業との連携による大型囲いわなによる捕獲を試みる。

前年度は、足くりわなを改良することによって空はじき率を減少させる等捕獲効率を高める対策が取られ、効率的な捕獲実施につながった。今後もそれぞれの手法について改良を重ねていく必要がある。

ところで、2020年度以降の最大の懸念材料としてツキノワグマ対策があげられる。大台ヶ原では2008年度以降足くりわなを設置しているが、これまで12年間で一度もツキノワグマの錯誤捕獲は発生していない。一方、人に対しての安全性

への配慮は必要不可欠であることから、足くりわなの設置箇所を限定し、ツキノワグマの錯誤捕獲の可能性が低い首輪式わなを用いて捕獲を実施してきた。しかし、首輪式わなの捕獲効率は足くりわなと比べるとかなり低い。

2019年度、捕獲効率の高かった正木ヶ原周辺において、6月及び7月にツキノワグマが目撃されたため、目撃地点周辺のわなの稼働を一定期間停止した。また、2020年度には同地域においてツキノワグマがくくりわなによるニホンジカの捕獲個体を捕食する可能性が高く、安全管理上のリスクが懸念される時期においては足くりわなによる捕獲を実施することができない状況である。2020年度の全体的な捕獲状況をみながら、ツキノワグマの錯誤捕獲等の事故発生を抑制しつつ捕獲効率が高い捕獲方法について開発するとともに、安全性の確保に係る運用基準等についても再度検討すべきかもしれない。

第4期計画に記されているように、大台ヶ原におけるニホンジカ個体群を適正な生息密度へ誘導・維持するため、個体数調整は実施されている。残り2本の柱、生息環境管理及び被害防除対策(植生保全対策)と合わせた三つの視点に基づいた取組の実施には、今後も科学的知見に基づいた順応的管理と関係者間の連携を推進していく必要がある。

謝辞

本報告は、大台ヶ原自然再生推進計画2014に資するために実施している環境省事業の一部である。関係行政機関、大台ヶ原自然再生推進委員会及び森林生態系・ニホンジカ管理ワーキンググループの委員の皆様並びに大台ヶ原で個体数調整業務等を請け負う(一財)自然環境研究センター、(株)環境総合テクノス等、関係の方々に深く感謝申し上げる。

フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

ニホンジカが変える森林のすがた

北海道立総合研究機構林業試験場道北支場

明 石 信 廣

Effects of sika deer on forests. Nobuhiro Akashi* (*Dohoku Station, Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization*)

要旨：シカの増えすぎによる影響は 20 世紀後半から世界各地で問題になっている。欧米における事例との比較から、日本の森林での対策において考慮すべきことを検討した。デンマークやドイツで猟区として先進的な森林管理をしているところでは、狩猟環境を考えた森林の整備が行われる一方、広葉樹の更新には柵や単木防除資材による保護が必要であった。猟区としてシカを維持し狩猟による収入を得ることと、シカを減らして樹木への影響を軽減することは対立するが、森林管理者は自ら選択することができるといえる。狩猟獣の数を確保するのではなく、少数でも良質の狩猟獣を確保するという考え方も生まれている。森林の更新には、下層の稚樹が成長する必要があるが、シカはその稚樹を採食する。シカが増加する過程の初期には、顕著な影響が見られないかもしれないが、影響が顕著になってからシカを減らして森林を回復させるには、シカ密度を極めて低くする必要があることが、簡単なモデルから予想される。日本のブナはニホンジカの採食によって更新を阻害されることが多いが、ヨーロッパブナはシカに採食されても盆栽状になって成長を続ける一方、ヨーロッパモミがシカの食害を強く受けて減少する。ニュージーランドなどでの研究から、低質な餌で生存できるニホンジカはアカシカやオジロジカよりも植生に著しい劣化をもたらすと考えられている。このように、樹木とシカの関係は地域によって違いがあるため、海外の情報を参考にするには注意が必要である。近年、森林への影響やシカの生息状況を把握する多くの手法が開発されている。このような情報に基づき、ニホンジカの特徴も踏まえて、早期の個体数管理など日本の森林を保全するためのニホンジカ対策を検討していく必要がある。

キーワード：ニホンジカ、森林の更新、種間比較、個体数管理

はじめに

近年、日本各地でニホンジカの増えすぎによる植生への影響や農林業被害などが問題になっている。ニホンジカはシカ科に分類されるが、シカ科動物（以下、シカ）による影響は、20 世紀後半から世界各地で問題になっている。北アメリカではシカの影響や管理に関するさまざまな研究をまとめた本が出版され (McShea et al., 1997)、ヨーロッパでは各国の対策の良いところを学ぶため、それぞれの国の管理をまとめた本が出版された (Apollonio et al., 2010 ; Putman et al., 2011)。各国の事例はシカ対策の参考となる。筆者はこれま

で、ヨーロッパの数カ国や米国において、森林におけるシカの影響やその対策を視察し、その内容もふまえて北海道の森林におけるエゾシカ対策に関する試験研究を行ってきた。本稿では、欧米における事例との比較から、ニホンジカの特徴を明らかにし、そのうえで日本の森林におけるニホンジカ対策において考慮すべきことを考えてみたい。

ヨーロッパの森林におけるシカの影響とシカ管理

ヨーロッパでも国によって森林のタイプやシカの管理に違いがあるが、ここではデンマーク、ド

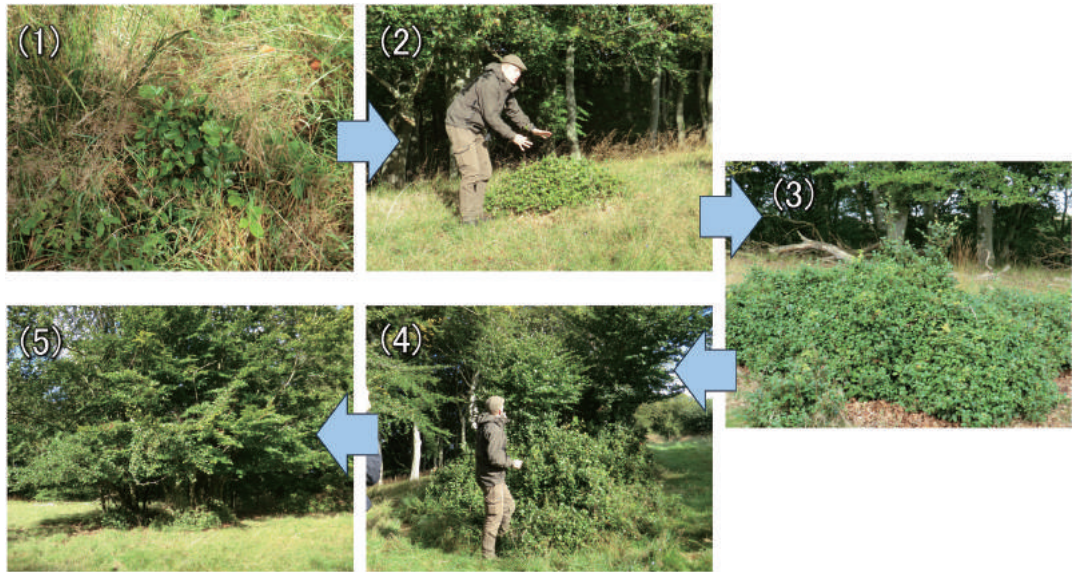


図 1. デンマーク・リル・ヴィルモーセにおけるヨーロッパブナの成長。シカに食べられたヨーロッパブナは盆栽状になり、枝が広がると中心部は食べられにくくなって伸長できる。盆栽状で数十年待機したヨーロッパブナが大きく成長していく。写真の一部は明石（2012a）より転載。

イツ、スイスの状況を報告する。デンマークからドイツ北部にかけての地域には、在来種であるノロジカ、アカシカのほか、一部に外来種としてニホンジカ、ダマジカが生息している。そのため、複数種のシカの管理を考えなければならない。これまで、ノロジカはブラウザー、アカシカはグレイザーと言われることが多かった。ブラウザーとは、樹木の枝などを採食する動物、グレイザーはイネ科などの草を食べる動物を指している。近年、食痕に残された DNA の分析から、アカシカも樹木の枝を食べていることなどが分かっている（例えば van Beeck Calkoen et al., 2019）。

デンマークにある面積約 7,600ha の自然保護区リル・ヴィルモーセ Lille Vildmose では、採食されたヨーロッパブナが盆栽状になり、枝が広がるとシカが中心部を採食しにくくなるため、数十年たって大きく成長していくという（図 1、明石、2012a）。しかし、周辺の林内にはほとんど稚樹がみられず、近くのアラの植栽地では苗木を柵で保

護していた。

スイスでは、苗畑に植栽したヨーロッパブナのシュートを切除する実験を見たことがあるが、日本のブナよりも切除後の伸長量が大きいという印象を受けた（明石、2015）。ヨーロッパでは、ヨーロッパモミがシカの食害を強く受けて減少し、ヨーロッパトウヒやヨーロッパブナが残るという（Klopcic et al., 2010）。

日本では、ブナはニホンジカの採食によって更新を阻害されることが多い。ニホンジカの生息密度の高いところでは採食を繰り返し受けて盆栽状になりながら生き残っているようなブナの稚樹は見られず、大台ヶ原でもブナの稚樹は非常に少なくなった。これには、ブナとヨーロッパブナの採食に対する反応の違いと、ニホンジカとアカシカ、ノロジカの採食生態の違いのいずれか、あるいは両方が関わっている可能性がある。いずれにせよ、ブナニホンジカの関係とヨーロッパブナアカシカ、ノロジカとの関係の違いのように、近縁の

種であっても違いがある可能性があることは、海外の情報を参考にするうえで注意が必要である。

デンマークやドイツで猟区として先進的な森林管理をしているところでは、狩猟者が隠れるためのハイシートやシェルターを設置したり、林内の一部に草地や水場を造成したり、といった狩猟環境を考えた森林の整備が行われていた（明石，2012b）。このような対策によって、シカの生息密度がコントロールされて被害がなくなっているわけではなく、広葉樹の更新には柵や単木の防除資材による保護が必要であった。この背景には、狩猟者から得られる収入がある。森林管理者が猟区としてシカの管理にも大きな権限を有することで、シカを減らして樹木への影響を軽減するか、シカを維持して狩猟による収入を得るかを自ら選択することができる。

ドイツで森林管理の関係者から聞いたところでは、狩猟による収入を目的とする森林所有者はシカやイノシシがより多く生息することを望むが、周辺で被害を受ける可能性のある農家はシカやイノシシが少なくなることを望む。狩猟者の間でも、用心深いアカシカを狙う狩猟者は、巻き狩りを行うイノシシ狩猟者による攪乱を嫌う。このように、狩猟獣の管理をめぐることは、さまざまな対立が生じている。森林では、より多くの狩猟獣を維持するのではなく、数はより少なく、良質の狩猟獣を確保するという考え方も生まれている。国によって制度の違いはあるが、多くの国で立場の違いによる意見の対立があるなかで、解決策が模索されている。

アカシカやオジロジカと比べたニホンジカの特徴

ヨーロッパではアカシカ、北アメリカではオジロジカが広く生息しており、森林への影響について多くの報告がある。そのため、ニホンジカによ

る影響の研究でも、アカシカやオジロジカについての論文を引用することが多い。そこでは、シカと森林の関係についての普遍的な結果を参考にしながら、対象種ごとの違いを認識して考察をする必要がある。日本では、房総半島などに外来種としてシカ科のキョンが定着しているが、多くの地域では生息するシカはニホンジカ1種のみである。しかし、ニホンジカはヨーロッパ、アメリカ、ニュージーランドの各地に移入され、それぞれの地域の在来種や他の移入種とともに生息していることがある。このような地域では、シカの生態の種間比較についての研究が行われている（明石，2017）。

世界各地からシカが持ち込まれたニュージーランドでは、ニホンジカはアカシカに比べて低質な餌に適応しており（Fraser, 1996）、森林の更新動態においてアカシカよりも大きな影響を及ぼすことが示唆されている（Husheer et al., 2006）。アメリカでも、ニホンジカはオジロジカよりも低質な餌で生存できることが報告されている（Feldhamer & Demarais, 2009）。



図2. アメリカ・ペンシルバニア州・ピッツバーグ近郊の森林におけるシカ柵。試験研究ではなく、シカの影響を市民に理解してもらうことを目的として、遊歩道沿いに設置されている。柵内に比べて柵外では稚樹が少ないが、完全に消失しているわけではない。

アメリカでは、シカが特定の樹種を選択的に食べるために、森林の種組成が変わることが報告されてきた（例えば Anderson & Loucks, 1979）。しかし、日本では、ニホンジカの影響によって下層植生が失われ、樹木がまったく更新できないような状況がしばしば生じている。実際にアメリカでシカの影響があるとされる森林を見ても、少ないながらも広葉樹稚樹が存在しており、下層植生がまったく失われてしまうわけではないようだ（図2）。増えすぎたシカに対して森林を保全するにあたって、ニホンジカはアカシカやオジロジカよりも扱いの難しい種であることを認識しておく必要がある。

ニホンジカがもたらす森林の変化

ニホンジカが生息していない地域にニホンジカが分布を広げる場合、最初に侵入するのはオスジカであることが多い。やがて、注意深く観察すればニホンジカの嗜好性の高い植物に食痕がみられるようになる。さらに影響が続くと、嗜好性の低い草本にも食痕がみられるようになり、多雪地では下層の植物を採食できない期間に樹皮剥ぎが発生する。下層植生が衰退、消失するのは最終段階

であり、スズタケのように比較的採食耐性の低いササ類は消失し、ミヤコザサなど採食耐性の高いササは残ってもササの高さを超えて成長する稚樹は皆無になる（図3）。

森林の更新には、林冠木が枯死した後に、下層の稚樹が成長する必要があるが、シカはその稚樹を採食する。食べ残された稚樹は次の年に再び葉を着ける。シカの過度な採食によって森林の更新が阻害されると林床が明るくなって生産力が高まったり、植物の種によってシカの嗜好性が違えば植物の種間関係が変わるなど、シカはさまざまなかたちで森林の更新に影響を及ぼしていると考えられる（Akashi, 2009）。

ここでは、シカと1種の稚樹だけの関係を簡単なモデルで考えてみよう（図4）。1頭のシカが1年間に食べる稚樹の葉の量を1として、稚樹は翌年には食べられなかった葉の2倍の量に成長するとする。現在の稚樹の葉の量が8なら、4頭のシカが半分の葉を食べても、残りが2倍に成長して、翌年には再び8になるので、シカが食べる量が4以下なら稚樹の葉の量は減少しない（図4B）。シカが6頭になれば、食べ残される葉の量は2、翌年2倍に成長しても4に減少し、6頭のシカにとっては餌不足になる（図4C）。



図3. (A) エゾシカの影響によりスズタケが衰退し、エゾシカの嗜好性が低いシダ（シラネウラボ）が目立つ（2013年10月、北海道厚岸町）。(B) エゾシカの影響により稚樹がほぼ消失し、採食ラインが認められるが、クマイザサは繁茂している（2015年5月、北海道新得町）。

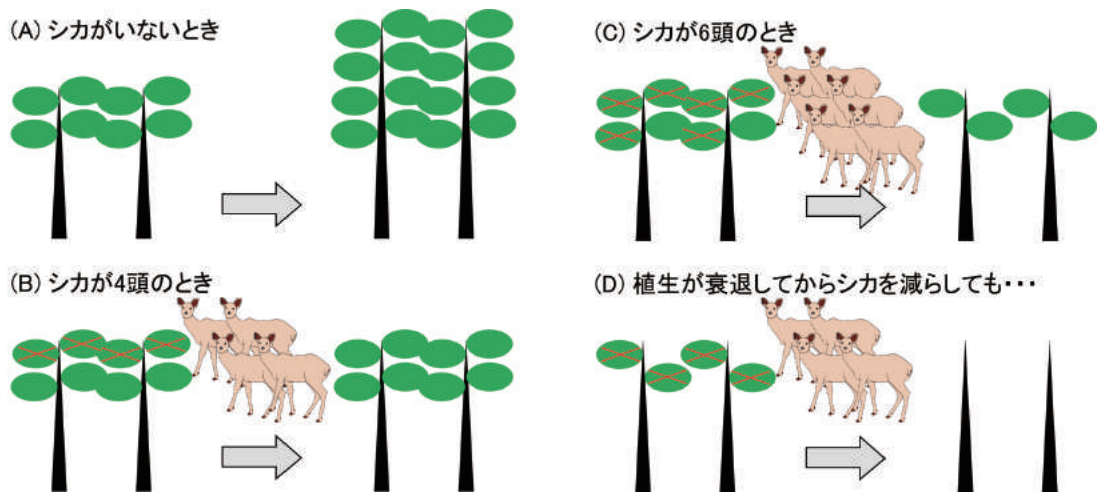


図 4. 稚樹の成長とシカによる採食のモデル. (A) シカがいないとき、翌年には葉の量が2倍になるとする. (B) 1年間に葉の半分が食べられるシカ密度のとき、葉の量は変わらずに維持される. (C) シカ密度がこの水準を超えると、翌年には餌不足になる. (D) この状態になってから、当初は葉の量が維持できた水準までシカを減らしても、餌不足は解消されない.

当初はシカが4頭生息していても稚樹が維持できる計算だったが、残る葉が4に減ってからシカを4頭に減らしても、すべて食べられてしまい、稚樹が維持できないことがわかるだろう (図 4D)。すなわち、稚樹を維持するには、シカに食べられても十分に成長できるだけの稚樹が必要である。しかし、シカが増加する過程で4頭を少し超えた時点では、森林には顕著な影響が見られず、ほとんどの人には気付かれないかもしれない。そして、影響が顕著になってからシカを減らして森林を回復させるには、極めて小さなシカ密度にする必要がある。

前述のように、ニホンジカは低質な餌でも生息できる特徴をもつ。オジロジカやアカシカなら餌資源の減少によって生息できなくなるほど下層植生が劣化しても、ニホンジカは個体数を維持できるため、早めに人為的な捕獲によって生息密度を低下させなければ、植生に著しい劣化をもたらすと予想される。

森林におけるニホンジカ対策

森林においてニホンジカの影響が問題になる場合、対策を検討するには、まず人工林や天然林における影響の現状を把握する必要がある。近年は自動撮影カメラによる調査が普及しており、適切に設置すればニホンジカの多い場所や増減の傾向などを知ることができる。糞粒法や糞塊法、区画法、ライントランセクト法 (Uno et al., 2017) など局所的な生息密度を推定する手法も示されている。

柵を設置するなど、植生を保護する対策もあるが、ニホンジカの個体数管理が実施されなければ、いつまでも保護を続けなければならないだけでなく、影響が周辺に拡大する。そのため、森林における影響への対策としてニホンジカの個体数管理を検討していくことが求められる。

ニホンジカはしばしば季節によって生息地を変えるため、影響がどの季節に生じているのかを明確にし、その時期にそこに生息しているニホンジ

カを管理の対象とする必要がある。例えば、大台ヶ原で2005年度から2011年度にかけて行われた調査では、6～11月に計17個体の成獣メスにGPS首輪が装着された。位置情報が得られた13個体のうち、10個体が春期から秋期にかけて大台ヶ原を利用し、冬期には大台ヶ原周辺の標高の低い地域を利用する季節移動を示した(岩城・荒木, 2015)。エゾシカでは、季節移動の距離は100kmを超えることもある(Igota et al., 2004)。

日本の現状では、森林を保全する立場からは、ニホンジカが多すぎるため生息数を減らしたいという意見が強いと思われる。一方、近年はジビエなど有効活用を持続的にすすめる動きが活発になっている。有効活用を続けるなら、ある程度の生息密度を維持すべき、という意見が強くなることが危惧される。ヨーロッパの事例で示したように、各国ともさまざまな対立のなかで、野生動物管理の方法が模索されている。シカの個体数管理は森林への影響が軽微な段階で開始しなければ森林に回復困難な影響が生じる可能性があり、ニホンジカは植生に特に強い影響を及ぼす特徴を持っている。このようなさまざまな状況を考慮しながら、早期の個体数管理など日本の森林を保全するためのニホンジカ対策を検討していく必要がある。

謝辞

本報告の一部はJSPS科学研究費(25450222, 16K07786)によって実施した研究の成果である。また、多くの共同研究を実施し、議論いただいた北海道立総合研究機構の研究者の皆様に感謝する。

引用文献

- Akashi, N. 2009. Simulation of the effects of deer browsing on forest dynamics. *Ecological Research*, 24 : 247-255.
- 明石信廣. 2012a. 森林と有蹄類の統合的な管理に向けて—デンマーク・ドイツ視察報告(2)—. *北方林業*, 64 : 80—83.
- . 2012b. 森林と有蹄類の統合的な管理に向けて—デンマーク・ドイツ視察報告(3)—. *北方林業*, 64 : 113—116.
- . 2015. UNGFOR2015 森林の更新と造林における有蹄類の影響に関する国際会議に参加して. *IUFRO-J News*, 116 : 4—7.
- . 2017. 森林への影響. 「日本のシカ—増えすぎた個体群の科学と管理」(梶光一・飯島勇人編), pp. 46—64. 東京大学出版会, 東京.
- Anderson, R. C. & O. L. Loucks. 1979. White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) influence on structure and composition of *Tsuga canadensis* forests. *Journal of Applied Ecology*, 16 : 855-861.
- Apollonio, M., R. Andersen & R. Putman (eds.). 2010. European ungulates and their management in the 21st century. 618pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Feldhamer, G. A. & S. Demarais. 2009. Free-ranging and confined sika deer in North America: current status, biology, and management. In: *Sika deer: Biology and management of native and introduced populations*. (eds. McCullough, D. R., S. Takatsuki & K. Kaji), pp. 615-641. Springer, Tokyo.
- Fraser, K. W. 1996. Comparative rumen morphology of sympatric sika deer (*Cervus nippon*) and red deer (*C. elaphus scoticus*) in the Ahimanawa and Kaweka Ranges, central North Island, New Zealand. *Oecologia*, 105 : 160-166.

- Husheer, S. W., R. B. Allen & A. W. Robertson. 2006. Suppression of regeneration in New Zealand mountain beech forests is dependent on species of introduced deer. *Biological Invasions*, 8 : 823-834.
- Igota, H., M. Sakuragi, H. Uno, K. Kaji, M. Kaneko, R. Akamatsu & K. Maekawa. 2004. Seasonal migration patterns of female sika deer in eastern Hokkaido, Japan. *Ecological Research*, 19 : 169-178.
- 岩城 光・荒木良太. 2015. 大台ヶ原におけるシカ管理と植生回復の現状と課題～新たな段階に向けて～. *哺乳類科学*, 55 : 102 – 103.
- Klopčič, M., K. Jerina & A. Bončina. 2010. Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric uneven-aged forests: Are red deer an important factor? *European Journal of Forest Research*, 129 : 277-288.
- McShea, W. J., H. B. Underwood & J. H. Rappole (eds.). 1997. *The science of overabundance: deer ecology and population management*. 402pp, Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Putman, R., M. Apollonio & R. Andersen (eds.). 2011. *Ungulate management in Europe: problems and practices*. 398pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Uno, H., M. Ueno, Y. Inatomi, Y. Osa & N. Akashi. 2017. Estimation of population density for sika deer (*Cervus nippon*) using distance sampling in the forested habitats of Hokkaido, Japan. *Mammal Study*, 64 : 57-64.
- van Beeck Calkoen, S. T., K. Leigh-Moy, J. P. Cromsigt, G. Spong, L. C. Lebeau & M. Heurich. 2019. The blame game: Using eDNA to identify species-specific tree browsing by red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in a temperate forest. *Forest Ecology and Management*, 451 : 117483.

フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

『苔むす森』は戻るのか？～大台ヶ原の自然再生の現状と課題～

龍谷大学先端理工学部

横 田 岳 人

Will "Moss Forest" be restored? - Current status and issues of nature restoration in Odaigahara -. Taketo Yokota* (*Ecology of Environmental Engineering Course, Faculty of Advanced Science and Technology, Ryukoku University*)

キーワード：シカ、トウヒ林伐採問題、ミヤコザサ林床、ニホンジカ対策、自然再生推進計画、実施体制

はじめに

大台ヶ原は紀伊半島南部奈良県と三重県の県境付近に位置し、台地上の山塊でその自然の美しさと地形の壮大さ、生物多様性の豊かさなどが評価され、吉野熊野国立公園に指定されている。大台ヶ原は亜高山性針葉樹トウヒのまとまった分布地としてはほぼ南限にあたり、また太平洋型のブナ林としても最大級の面積を広げるなど貴重な存在であるが、様々な変化にさらされて、天然更新が持続的に行われるのが困難な森林の状況になってきており、自然再生事業が展開されている。本稿では、大台ヶ原がさらされた近年の変化に触れ、『苔むす森をふたたび』（環境省自然環境局，2005a）と100年先を見据えた大台ヶ原の自然再生の現状と課題について扱っていきたい。西大台のブナ林は中静氏が取り扱っておられると思うので、主に東大台のトウヒ林について扱っていく。

大台ヶ原の植生の変化

大台ヶ原の植生の変化については、花粉分析調査を元に高原（2009）が「大台ヶ原の自然誌」の

中にまとめている。ここ1300年程度の植生の変化では、西大台はブナ林が東大台はトウヒ林が安定して続き、300年ほど前からスギ花粉が増加していること、東大台ではここ200年程度でイネ科花粉が増加している様子が花粉分析から明らかになっている。吉野地域の人工林の拡大が花粉分析結果に表れているが、概ね安定した植生の推移であったと考えられる。

近年の大台ヶ原の植生の変化は、横田（2009）がまとめたように1917年の四日市製紙による伐採と、1960年前後から生じた台風害、人為の影響、そしてニホンジカによる食害に代表される生物間相互作用の変化という、大きく2つの時期に分けられる。

四日市製紙による伐採

本草学の時代から大台ヶ原周辺では狩猟や薬草採集などの活動は行われており、明治初期には開拓を試みる動きも見られたが、大規模な利用は行われていない。御勢（1998）の記述によると、四日市製紙による伐採以前の大台ヶ原は、特に東大台の稜線付近では苔むしたトウヒ林が広がり、歩

くのを拒むほどびっしりとしたトウヒの実生が生育していたようである。まさに、『苔むす森』であったのだが、大台ヶ原の森林も資源として注目を浴びようになり、特に、大正年間の1915年から17年にかけて、四日市製紙によるパルプ用材確保のため、トウヒ林を中心に大台ヶ原の森林は伐採されるに至った。伐採された範囲は現在の東大台のほぼ全域であり、稜線部を除いて皆伐に近い伐採が行われている。

四日市製紙による大正時代の伐採については、2002年12月に奈良女子大で開催された紀伊半島シンポジウムでお話しした原稿の中に詳細なメモがあったので、それを再録する。根拠資料が不明確なものもあるが、川端・篠田(2001)と川端(2002)を中心に調べた内容である。

『戦前の大台ヶ原の自然荒廃に関係するものは、四日市製紙によるトウヒ林伐採である。1887年に設立された四日市製紙は、製紙会社としては後発のグループに属し、良質の木材パルプを求めて伐出コストの安い苦小牧に大工場を作った王子製紙とは異なり、伐出コストの比較的高い山奥の針葉樹林を探索しなければならなかった。当時洋紙は高級品であり、木材パルプの需要が増していたことから、より山奥に林道が次々に建設され、東熊野街道や土倉古道が1894年に着工されている。これらの林道により大台ヶ原を占めていた森林のパルプ材としての価値が上昇し、1902年～1910年にかけて、上北山村小椋と西原の大台ヶ原地域が四日市製紙に売却されている。四日市製紙は着々と伐採の準備を進め、1915年頃までに、伐木搬出路の準備を行って来た。そんなおり、奈良新聞にトウヒ林伐採計画が取り上げられた。7月10日の報道が最初の報道となった。1915年は大台と大峰が注目された年で、大阪毎日新聞と大阪朝日新聞とが、大峰縦走を計画しその様子を新聞に連載した。大和アルプスブームの到来であ

る。その中で、搬出路整備が進み伐採が近づく大台ヶ原が取り上げられている。1916年になって白井博士らが保護の重要性を講演会などで訴え、大台ヶ原を保安林指定する方向で調査が進められた。しかしながら、四日市製紙によるトウヒ林の伐採はこの年始められた。翌17年に大台ヶ原山城は保安林に指定されるが、指定されたのは日出ヶ岳から正木ヶ原にかけての稜線沿いと大蛇峠付近に限られ、ほとんどのトウヒ林は保安林指定地域から除外された。7～8月に原始林保存の調査が行われるが、シオカラ谷の惨状を嘆いた文章が残っている。川端さんからお伺いした話では、伐採されたトウヒの写真は直径80cmクラスのものとのこと。今の台ヶ原では、何処を探してもそんなトウヒは見つからない。1918年に四日市製紙が伐採した木材を効率良く搬出するため、小椋～大台ヶ原間の道路建設を発表しているが、経営不振のため未完に終わっている。シオカラ谷にはこの時の貯木場があり、搬出できなかったトウヒの残骸を見る事が出来る。土地所有権を持つ四日市製紙は、その後富士製紙、王子製紙に吸収され、戦後分割で生じた本州製紙に所有権が移った。この本州製紙が1965年に伐採問題を再燃させている。この伐採問題が契機になり、民有地買い上げ運動が生まれ、現在は環境省管轄の国有地となっている。大台ヶ原は1936年に吉野熊野国立公園が制定された時に特別地区に指定され、1988年に特別保護地域に昇格された。』

伐採後の大台ヶ原の自然

大正時代の伐採後は放置され、トウヒやウラジロモミの実生が徐々に生育していたと考えられる。その後のトウヒの更新状況から考えて、林床は伐採以前と同様のコケ林床で、今日のようなミヤコザサ林床ではなかったと思われる。ただ伐採

痕は明確で、伐採後 30 年経過した 1947 年に撮影された空中写真では黒々としたトウヒが稜線沿いに、それ以外は白っぽく見える林分が撮影されている。白っぽく見えている部分が樹高 5m 前後と判読される伐採後のトウヒ林である（環境省自然環境局，2005b）。現在は日出ヶ岳に向かう周遊道沿いにこの時のトウヒ林が見られるが、立派なトウヒ林の様相を呈しており、道行く人にはトウヒの原生林と思わせるような相観となっている。天然更新に成功したトウヒ林といえるだろうし、当たり前だが自然の力で森林再生していくポテンシャルがあったことが示されている。

その後、1959 年の伊勢湾台風を契機にミヤコザサが林床に広がりトウヒの立ち枯れが目立つようになり、ミヤコザサ草地が目立つ現在の東大台の相観が生み出されている（横田・中村，2002）。鬱蒼としていたトウヒ林は多くの枯死木が生じて林床に直射光が差し込むようになり、ミヤコザサが入り込み、ミヤコザサ草地が広がる相観となった。そこには、コケ林床のトウヒ林ではなく、ミヤコザサ草原のトウヒ林が広がる姿がある。トウヒの実生はほとんど見られず、低木層の樹木を欠くトウヒ林の姿である。

大台ヶ原ではトウヒ林保全事業が継続されてきたが、大台ヶ原での森林の問題は東大台のトウヒ林に限られた話ではないため、西大台のブナ林を含めた自然再生が進められるようになった。現在も進められている大台ヶ原自然再生推進計画では、「昭和 30 年代前半の森林生態系」の再生を目指す事業が進められている。

大台ヶ原の森林荒廃の要因

大台ヶ原の森林荒廃の要因として、今やニホンジカの影響を疑うことは出来ないが、ニホンジカ以外にも多くの要因が絡んでいる。私たちがたど

ることが出来る影響の中では、大正時代の四日市製紙の伐採という人為的な影響を欠くわけにはいかないが、この時の伐採跡は天然更新しており、森林の維持再生という点では大きな影響はなかったのかも知れない。ただし、森林の種組成や群落構造へ与えた影響については記録が残っていないため不明である。次に大きな影響を与えたと考えられるのは、1959 年の伊勢湾台風である。奈良県と三重県の県境をなす稜線付近にトウヒの立ち枯れが目立つようになり、特に南東側斜面の風倒木が多かった。この風倒木の処理（伐採と搬出）がトウヒ実生の生育床を失わせたとの指摘もあるが、トウヒ実生の天然更新を妨げたのは、ミヤコザサの繁茂と思われる。矢頭（1958）や御勢（1998）の記述にもあるように大台ヶ原のトウヒ林はコケ林床であったが、近年の植生調査ではミヤコザサ林床のトウヒ林になっている。実は伊勢湾台風前の 1955 年にミヤコザサは開花・結実して一斉枯死しており、一度林床からは失われている。この時におそらく種子がネズミ類を通じて林内各地に配布されたと考えられる。その後、伊勢湾台風による風倒木で林内が明るくなったことや種子散布されたミヤコザサが林床一面を覆うように成長することにより、トウヒが水分ストレスにもさらされ（多原，2019）、トウヒ林衰退に拍車をかけた可能性がある。水分ストレスについては後述する。1976 年の台風 17 号でもミヤコザサ草地が広がるが、1960 年代後半から 70 年代前半にかけて尾鷲火力発電所の煤煙により周辺の樹木、特に尾鷲ヒノキの枯死が問題になっている（Sato, 1979abc）。大台ヶ原の正木峠から南東方向に目をやると尾鷲の街並みが見える範囲にあり、この発電所の煤煙の問題が大台ヶ原にも及んだ可能性があるが、確かな証拠はない。ただし、稜線部に広がるトウヒ林の衰退は南東斜面側が著しい。その後、1981 年にドライブウェイが無料化されて大

台ヶ原を訪れる人の数が増加しているが、80年代からはニホンジカの個体群密度が20～30頭/km²と高密度で推移し、トウヒを中心とした樹木の樹皮剥ぎ被害が増大している。1990年頃から防鹿柵の設置が始まり、トウヒ林が衰退してミヤコザサ草地に置き換わる状態が一定程度止まってきたため、近年のトウヒ林の衰退にはニホンジカが影響しているのは間違いない。

西大台も人為による伐採の痕跡は、大正時代の伐採の際に付けられた木馬道跡や木馬道跡周辺には伐跡群落によく見られるヒメシヤラやミズメを交えたミズナラ林の形で確認することが出来るし、1961年に開通したドライブウェイ沿いで発生したヒノキの盗伐と思われる伐採根も残っている。そのような影響が見られても、一般の利用客には気づかれない程度の痕跡で、原生林と信じておられる方もいる。伐採後の森林で種組成がどのように変化したかは定かではないが、少なくとも森林が更新しており、成立した森林に応じた生態系が成立している。問題となるのは1980年代以後と思われる。1990年代前半頃までに撮影された西大台は、広くスズタケが茂る林床を示しているが、2000年頃の台ヶ原はスズタケが失われてミヤマシキミの林床が広がったり、スズタケの枯死稈が立ち並んでいたり、矮化したスズタケが残存していたりと、林床を覆っていたスズタケが大きく減少している。

大台ヶ原の自然再生

主に東大台のトウヒ林衰退を防ぐため、1986年からトウヒ林保全対策検討会が設置され、トウヒ林の保全やニホンジカの保護管理が検討され始めた。科学的な調査を元に防鹿柵の設置や歩道の整備、等を中心に様々な方策を講じてきた結果、東大台のトウヒ林の枯死に伴うミヤコザサ草地の

拡大に一定の歯止めがかかるなどの成果は見られたが、森林が自然に更新する状況には至らず、東大台のトウヒ林だけではなく西大台のブナ林にも森林の荒廃の状態が拡大した。この間の対策では、森林衰退の主な原因をニホンジカ個体数の増大に伴う下層植生の被食や樹皮剥ぎとすることになかなか同意が得られず、大台ヶ原ドライブウェイ開通に伴う人利用の影響や酸性降下物影響の可能性を疑う声があり、ニホンジカ対策が遅れた感があるのは否めない。2001年には大台ヶ原ニホンジカ保護管理計画が策定され、大台ヶ原とその周辺域のニホンジカ個体群管理が始まる。ニホンジカ保護管理計画は、以後、5年ごとに計画が更新されて現在に至っている。2002年から大台ヶ原自然再生検討会が設置され、森林生態系と利用対策の2つの領域で自然再生についての検討が始まった。同年（2002年）には自然再生推進法も成立し翌年（2003年）から施行され、全国的に自然再生の営みが繰り広げられることになる。大台ヶ原の自然再生事業が開始された。2005年に大台ヶ原自然再生推進計画が策定され、自然再生事業が推進されると共に、大台ヶ原自然再生推進計画評価委員会が、森林生態系、ニホンジカ保護管理、利用対策の3つの部会から構成され、事業推進と評価が行われるようになった。大台ヶ原の自然再生事業は、自然再生推進法が施行される前に始まっており、周辺地域住民や関連団体などが参画する自然再生協議会を構成することではなく、環境省主体で専門家のアドバイスを受ける形で事業が推進されているのが、他地域とは異なる特徴かも知れない。

大台ヶ原の自然再生では、昭和30年代の森林更新が健全に維持されていたと考えられる時代の『苔むす森』を一つの自然再生の到達目標として掲げ、自然再生の事業にいそしんできた。横田ほか（2009）が2000年に調査を行った植生調査か

らは、大台ヶ原の植生の相観上の違いは、ミヤコザサ草地が拡大したのが大きな変化であり、トウヒ林はトウヒ林、ブナ林はブナ林のままであって、森林植生には大きな変化はない。群集群落調査を行っても、トウヒ林（イトスゲ・トウヒ群集）とブナ林（ウラジロモミ・ブナ群集）の種組成には群落全体では大きな変化はない。変化しているのは低木層、草本層に出現する種組成である。その結果から、大台ヶ原の植生で失われているのは「天然更新する健全な森林生態系」であり、森林生態系を回復し、生物多様性の保全を図るのが自然再生の目標となっていることが理解出来る。

大台ヶ原自然再生推進計画では、目指すべき大台ヶ原の姿（長期目標）として『大台ヶ原の現存する森林生態系の保全を図るとともに、天然更新により後継樹が健全に生育していた昭和30年代前半までの状況をひとつの目安として、豊かな動植物からなる質の高い森林生態系の再生を目指すとともに利用との両立を図る。』を掲げ、目指す自然の姿を『天然更新が行われる健全な森林生態系の回復と生物多様性の保全を目指す』としている。ここでは天然更新が行われる森林を「健全な森林生態系」と考えているが、そもそも「健全な森林生態系」とは何だろうか？大台ヶ原のトウヒ林は現在ミヤコザサ林床になっているが、ミヤコザサ林床のトウヒ林で天然更新が出来るようになれば、それは健全な森林生態系といって良いのだろうか？また、現状ではニホンジカの生息密度が高いために実生や低木が被食され天然更新が妨げられていると考えているが、ニホンジカの生息密度が低下したら、天然更新がうまく行くようになり、「健全な森林生態系」になるのだろうか？目指すべき姿としての表現としては問題ないと思うが、ニホンジカ個体群の保護管理が進み、生息密度が一定程度の抑えられたとしてもそれだけでは「健全な森林生態系」にはならないと思われるた

め、より具体的な再生目標を掲げていく必要が出てくるであろう。

本稿で具体的な提案を行うことはないが、ミヤコザサ林床のトウヒ林の問題を中心に紹介し、大台ヶ原の自然再生事業の現状と課題を簡単にまとめたいと思う。

ミヤコザサ林床のトウヒ林

紀伊山地のトウヒ林は、イトスゲ・トウヒ群集（菅沼・内山, 1984）とされるが、宮脇（1984）は『日本植生誌・近畿』の中で大峯山系広がるコケ林床のトウヒ林を「カニコウモリ下位群落」、大台ヶ原に多いミヤコザサ林床のトウヒ林を「ミヤコザサ下位群落」と位置づけている。このミヤコザサ下位群落は、群集として安定的に成立している生態系と理解して良いのだろうか？事実、大台ヶ原のミヤコザサ林床でのトウヒ林は後継樹が生育しておらず、このままの状態が推移していけば、林冠を構成するトウヒが枯死し、トウヒ林ではなくなる時が早晚やってくるような気配である。ミヤコザサ林床のトウヒ林は、ニホンジカの影響が無くなれば、そのまま天然更新できるのだろうか？伊勢湾台風などの大型台風による風倒がなくてもトウヒの枯死は続いているし、ニホンジカの生息密度が減少し、樹皮剥ぎを防止する対策を講じていても、トウヒの枯死は続いている。大型台風やニホンジカ以外に衰退要因があるのではないかと疑わせる。トウヒが枯死しミヤコザサ草地へ推移する過程を観察する中で、トウヒが立ち枯れる場合の枯れ方は梢端部から枯死することが多く水分ストレスを強く疑わせるものであること、降雨の少なかった2016年にミヤコザサ草地に転々と残存していたシロヤシオが大量に枯死したこと、晴天時にはミヤコザサの葉が乾燥により巻くことが多く水不足の状態を示していたこと、に気づいた。

大台ヶ原は、水分保持型のコケ林床から水消費型のミヤコザサ林床に置き換わり、トウヒは強い水ストレスに晒されるようになっているのではないかと考えられた。その事を検討するため、水ポテンシャルとP-V曲線の測定から、トウヒがおかれている水分環境を明らかにすることを試みた。この研究は2018年度の龍谷大学理工学部学生多原竜馬氏の卒業研究として実施している。以下、多原氏の卒業論文（多原，2019）から内容を抜粋して紹介する。実験デザインは、ミヤコザサ林床のトウヒ林において一部区画のミヤコザサをあらかじめすべて刈り取り、ミヤコザサを除去した処理区とミヤコザサとトウヒが混在する処理区とから採取したトウヒとミヤコザサの枝葉を用いて、トウヒの水分状態を推定するものである。調査の結果、①ミヤコザサによる林床の被覆はトウヒに慢性的な水ストレスを与える、②ミヤコザサとトウヒの間に水分を巡る競争が働きトウヒへの水ストレスが生じている、③トウヒはミヤコザサが及ぼす水ストレスに対して膨圧を維持するための調節（浸透調節）を行い乾燥に耐えている、ことが明らかとなった。乾燥に適応した状態のためすぐに枯死に至るわけではないが、慢性的な水ストレスや浸透調節は、種子生産量の減少やキャビテーションの増加など森林更新に対し負の影響を与えることが予想された。すなわち、ミヤコザサによる林床の被覆は大台ヶ原におけるトウヒ林の衰退要因の一つであることが示唆され、東大台の自然再生を推進するには、ミヤコザサの処置が大きな課題となることが明らかとなった。

ミヤコザサが林床を覆っている限り、トウヒ林が成立し続けることは困難であり、自然再生にはニホンジカ対策に加えてミヤコザサ対策が不可欠である。

大台ヶ原自然再生の展望と課題

2009年春の日本生態学会で開かれた自由集会「W09：大台ヶ原の自然再生と生態学」（企画責任者：横田岳人・日比伸子・岸本年郎）の中で、筆者は「自然再生の課題と展望」の話題提供をさせていただいた。自然再生事業指針による評価を行った上で、問題点として指摘したのは次の事柄である。

- 1) 生態系の機能：自然再生事業の対象地域が環境省所管地に限られ、広域的な評価が実施しにくい。また、エネルギー収支、物質収支等、生態系全体の量的評価が出来ていない。
- 2) 将来予測：イメージではなく客観的に将来予測を示す必要がある。
- 3) 手を加える必然性：トウヒ林やミヤコザサ草地を遷移の流れで位置づけられていない。
- 4) 将来予測の不確実性：客観的に将来予測が示せないため、不確実性の範囲も示せない。
- 5) 連携：地域の多様な主体の環境改善の取り組みとの連携は十分。事業対象地域が限定されているため、行政間の連携も十分ではない。

これら5つのポイントが、10年後の2019年の時点でどのように進展したかを検討してみる。1) の対象地域は、ニホンジカの捕獲に関しては広域連携が行われるようになり、多少とも広域での個体数管理に寄与するデータが得られ始めているが、生態系そのものの広域評価に結びつく取り組みはなされていない。2) についてもデータに基づいた客観的な予測はなされていない。3) も従来から行っている樹幹保護や防鹿柵による囲い込みに加えてトウヒ実生の保護が行われた程度に止まり、積極的に自然再生のために手を加える状態にはない。5) の連携に関しては、行政間の連携は一定程度進展していると感じられるが、企業やNPO等民間との連携は十分ではない。10年程度

では自然の変化はなかなか見えてこないが、自然再生として実施している内容も大きな変化は見えない。問題点は問題点としてそのまま残っている。

自由集会のまとめとして当時掲げた課題は、

- ①長期計画を実現するのは100年先？想像の範囲を超える→長期、中期、短期計画の関連性に分かりにくさ。現在の短期計画が実現すれば、自然再生の道のりの何%進むのか？
- ②事業対象範囲は環境省所管地のみで良いのか？→隣接する国有林、県有林、村有林、民有地をどうする。事業実施できなくても、広域調査が不可欠では？
- ③地元との協力体制→地元で「自然再生」の必要性が理解されているか？地元が主体的に実施しているか？

の3点だったが、当時の指摘の多くは今もそのまま残っている。現在の大台ヶ原自然再生推進計画では、5年程度の短期目標を実現するように準備され、事業が実施される。しかし、5年の短期目標であっても実現しきれずに次の5年に持ち越してしまうこともあり、5年でしっかりと事業評価が出来ているのかは疑問が残る。着実に進んでいるのは確かだが、5年の短期計画として行われた事業の評価として十分であろうか？自然再生の全体を見渡すのが困難だという事情はあるが、その上に中期計画、長期計画と積み上がっているので、短期計画とこれら中長期の計画との関係性が問われるようになるだろう。事業対象地域については、ニホンジカの捕獲に関して近隣機関との連携捕獲が実施され、自然再生についての意見交換がなされるものの、広域調査には至っていない。地元との協力体制も、一定の進展は見られるものの、地元行政以外の積極的な協力がどの程度得られているのかは疑問が残る。すなわち、10年前の指摘の多くは現時点でもそのまま残っていると思われる。

それ以外にも、実施体制の硬直化や自然再生に必要な経費捻出の問題が残っている。大台ヶ原の自然再生事業は、自然再生協議会を立ち上げることなく、環境省主導で進められている。環境省からの潤沢とまでは言えないが継続的な予算配分で大台ヶ原は調査され、自然再生事業が行われてきたのは確かだろう。外部資金頼みで景気の浮き沈みに一喜一憂せずに安定して事業が行えたのは大きなメリットである。しかし、自然再生事業を推進する体制や予算が持続的であるとは言い難く、限られた組織や専門家が中心となる自然再生は先細りになる可能性がある。大台ヶ原に関わる多くの人の参画を得て、大台ヶ原の自然やその再生を考える時期が来ていると感じる。そのためには、自然再生協議会の立ち上げを含めた新しい体制構築が必要なのではないだろうか。

おわりに

原生的な雰囲気を漂わせていても、大台ヶ原は原生林ではない。原生林には手を入れずに自然のままに任せれば良いと言われた時期もあったが、大台ヶ原の再生には手を加えていくことが必要である。しかし、ニホンジカの個体数を調整し、ミヤコザサを刈り取り、トウヒ実生を一本一本守り育てていくのは、本当の意味での自然再生ではない。解けかけている生態系のつながりを結び直し、持続的に安定した生態系を持続させる必要がある。そのような手伝いとして人為はどこまで可能なのか。それが自然再生では問われている。それは一部の組織や専門家が相談して考える問題ではなく、広く多くの方々の参画を得て最適解を模索すべき問題と思われる。

引用文献

- 環境省自然環境局. 2005a. 大台ヶ原自然再生事業 苔むす森をふたたびー100年先をみすえてー. 9pp. 環境省自然環境局近畿地区自然保護事務所, 大阪.
- . 2005b. 大台ヶ原自然再生推進計画. 121pp. 環境省自然環境局近畿地区自然保護事務所, 大阪.
- 川端一弘. 2002. 四日市製紙による大台ヶ原トウヒ林伐採についてー補足. 日本科学史学会生物學史分科会生物學史研究, 70: 93 – 101.
- ・篠田真理子. 2001. 大正期の森林伐採と自然保護思想の嚆矢ー四日市製紙による大台ヶ原トウヒ林伐採についてー. 日本科学史学会生物學史分科会生物學史研究, 68: 15 – 30.
- 御勢久右衛門 (編). 1998. 和州吉野郡群山記ーその踏査路と生物相ー. 282pp. 東海大学出版会, 東京.
- 宮脇 昭. 1984. 日本植生誌近畿. 596pp. 至文堂, 東京.
- Sato, T. 1979a. Standing crop and increment of bole in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie. Japanese Journal of Ecology, 29: 103-109.
- . 1979b. Leaf-litter production in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie. Japanese Journal of Ecology, 29: 205-208.
- . 1979c. Production of reproductive organs in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie. Japanese Journal of Ecology, 29: 315-321.
- 菅沼孝之・内山知子. 1984. 大台ヶ原山の植生. 「大台ヶ原原生林における植生変化の実態と保護管理手法に関する調査報告書」(奈良自然環境研究会編), pp. 1 – 9. 奈良自然環境研究会, 奈良.
- 高原 光. 2009. 大台ヶ原の植生の歴史. 「大台ヶ原の自然誌ー森の中のシカをめぐる生物間相互作用ー」(柴田叡弑・日野輝明編), pp. 15 – 24. 東海大学出版部, 平塚.
- 多原竜馬. 2019. ミヤコザサによる林床の被覆がトウヒの水分生理に与える影響. 「龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科2018年度卒業研究」, pp. 42pp. 龍谷大学, 滋賀.
- 矢頭献一. 1958. 紀伊半島森林植物学研究資料II. 天然林植生. 三重大学農学部学術報告, 16: 139 – 149.
- 横田岳人. 2009. 大台ヶ原の植生とその現状. 「大台ヶ原の自然誌ー森の中のシカをめぐる生物間相互作用ー」(柴田叡弑・日野輝明編), pp. 2 – 14. 東海大学出版部, 平塚.
- ・中村沙映. 2002. 大台ヶ原山山上域のササ草地拡大の時間推移. 奈良植物研究, 24/25: 15 – 18.
- ・——・柴田叡弑・佐藤宏明. 2009. ニホンジカが高密度に生息する 奈良県大台ヶ原における1983 – 2001の植生変化. 保全生態学研究, 14: 263 – 278.

フィールドシンポジウム：大台ヶ原の森は蘇るのかー長期モニタリングから森とシカの生態系保全を考える

大台ヶ原フィールドシンポジウムに参加して

北海道大学大学院文学研究院

立 澤 史 郎

Impressions regarding Odaigahara field symposium. Shirow Tatsuzawa (Faculty of Humanities and Human Sciences, Hokkaido University)*

1988年にKONCが主催した大台ヶ原シンポジウムでは、関西唯一の“奥山”である大台ヶ原の中核部でニホンジカ（以下シカ）が増えていること、そのシカがトウヒ等の樹皮剥ぎを起こしていることが明らかになり、大台ヶ原の“原生的な自然環境”を守るためにシカを管理すべきかどうかなどが議論された。このシンポジウムは、大台ヶ原の自然と人にとって重要なターニングポイントとなり、日本の森林生態系の保全・管理の方向性にも影響を与えた。それから15年、様々な議論や試行、法制度の改定等を経て、2003年にスタートした「大台ヶ原ニホンジカ保護管理計画」で全国に先んじて国立公園中核部でのシカの個体数調整が始まった。

その後、全国でシカと自然植生の関係に関する研究やシンポジウムが盛んになったが、様々な植物研究者が口々にシカの悪行を報告する中で、ほぼ唯一、シカ屋の目から鱗を剥がしたのが「ブナ林にとっては百年に1回更新があれば問題ないんだよね」という中静さんの発言であり、その発言を受けて「(中静さんはそう言ってるけど)シカは百年に1回くらい実生を見逃してくれるもの?」という疑問でシカ屋を困らせたのが明石さんだった。そんな発言をしたばかりに、中静さんは本当にそれ(百年に1回の更新)で大丈夫なのか調べ続けるはめに、明石さんは自分でシカの採

食生態を研究することになった(と想像している)。

そして実際にシカ捕獲が始まった2004年から15年。大台ヶ原の森とシカの関係はどうなっているのか。それを保護管理計画の先頭に立つ環境省、そして中静さん・明石さん・横田さんが現地で解説・講演されると聞き、矢も楯もたまらず飛行機に飛び乗った。知りたいことは3つ、どの程度シカの捕獲と低密度化が進んでいるか、その密度ならシカは実生を見逃しそうか、そして百年後に大台の森が残って(または再生して)いそうか。

約20年ぶりに東西大台を歩きつつ多くの情報をいただき、地形や微気象の多様性に加え、ニホンカモシカやツキノワグマなどの動態、さらには気候変動など、多くの要素が絡んで一筋縄でいかないことを再認識した。3つの疑問についても、当然ながら単純な「解」は得られなかった。

しかし、例えばシカの低密度化を進めるには低標高域との個体の季節移動状況の把握が必要なこと(澤志さん)、林冠木とササの組み合わせでシカ採食下の森林更新状況が異なること(中静さん)、ニホンジカはシカ類の中で特に厄介な(低質食物条件でも消化能力が高い)こと(明石さん)など、他地域での議論に大きく貢献する知見が得られており、長期モニタリングデータをベースとした議論の重みと重要性をひしひしと感じた。そ

して何より、長期モニタリングを通じて現場で培われた行政と研究者の信頼関係(問題意識の共有)が感じ取れた。

問題意識が共有されると、次の課題も自ずと見えてくる。シカ屋の立場からすると、上記の季節移動の実態、(特に近年の再増加における)繁殖中心の所在、(特に冬期の)食性と栄養状態などを押さえれば、個体群管理の可能性も見えてくる。これは知床や屋久島はじめ、シカと森林(と人)の関係再構築に悩む各地で求められている情報でもあるが、実はシカの基礎生態(生活史)研究がこの15年停滞していることも、本シンポジウムで再認識した。

このように「わかったこと」と「わからないこと」

を現場で共有し、今後の課題を設定・調整できるのが、フィールドシンポジウムの大きなメリットだ。KONCのシンポジウムは、冒頭の1988年シカシンポにしても、外来種シンポにしても、じわじわと全国的に影響を与える。今回の成果も次第に波及し、長期モニタリングが国立公園や世界遺産地域における議論のスタンダードになることを期待している。

最後に、今回の企画・実施にご苦労いただいた事務局のみなさん、数十年の欠札を気にせず議論の相手をしてくださった横田岳人さん、米田健さん、岩本泉治さんをはじめ参加者のみなさんに御礼申し上げます。

原 著

近畿地方における砂浜性スナガニ属 4 種の 18 年間にわたる分布の変容

— 2002 年・2010 年・2019 年の比較 —

いであ株式会社大阪支社	野 元 彰 人
西宮市貝類館	渡 部 哲 也
いであ株式会社四国支店	徳 丸 直 輝
いであ株式会社大阪支社	酒 井 卓
神戸大学大学教育推進機構	石 村 理 知
大阪湾海岸生物研究会	香 田 唯
いであ株式会社大阪支社	和 田 恵 次

The changes in distribution of four ghost crabs (genus *Ocypode*) on the sandy shore along the Kinki District, western Japan, in 2002, 2010 and 2019. Akihito Nomoto* (*IDEA Consultants, Inc.*), Tetsuya Watanabe (*Nishinomiya Shell Museum*), Naoki Tokumaru, Suguru Sakai (*IDEA Consultants, Inc.*), Masachika Ishimura (*Kobe University, IPHE*), Yui Koda (*Association for the Research of Littoral Organisms in Osaka Bay*), and Keiji Wada (*IDEA Consultants, Inc.*)

The distribution of the ghost crabs (genus *Ocypode*) inhabiting sand beaches was investigated in early autumn on the entire coast of the middle to southern Kinki District in 2002, 2010 and 2019. From 2002 to 2010, the tropical species of *Ocypode ceratophthalma*, *O. sinensis* and *O. cordimanus* extended their distributions northerly, with their abundances increased, whereas the temperate species *O. stimpsoni* decreased in the abundance. This trend, however, was reversed from 2010 to 2019, i.e., the temperate species *O. stimpsoni* increased in many beaches, whereas all of the tropical species decreased in many beaches and their northern extension retreated. Comparison of the body size structure among three years revealed that relative abundance of small crabs to large crabs increased in 2019, compared with that in 2002 and 2010, not only for the temperate species but also for the tropical species of *O. ceratophthalma* and *O. sinensis*. The distributional change of *Ocypode* species from 2002 - 2010 to 2019 in the Kinki District is considered to be associated with recent increase in the distance of the Kuroshio Current to the shore caused by Kuroshio meander.

Keywords: *Ocypode*, sand beach, distribution, Kinki District, northern extension of distribution, Kuroshio meander

要旨：近畿地方中南部の砂浜海岸に生息するスナガニ属カニ類、温帯性種（スナガニ）、南方系種 3 種（ツノメガニ、ナンヨウスナガニ、ミナミスナガニ）の分布調査を、2019 年に実施し、既報の 2002 年と 2010 年との比較を行った。2002 年に比べて 2010 年の調査では南方系種の個体数増大と分布の北進、温帯性種スナガニの個体数減少が認められたが、2019 年には逆方向の変化がみられるとともに、温帯性種、南方系種の双方に体サイズの小型化が認められた。これらの変化は、2002 年、2010 年には紀伊半島に近接していた黒潮が 2019 年には蛇行・離岸したことによってたらされたものと推察された。

キーワード：スナガニ属、砂浜海岸、分布北進、分布域、近畿地方、黒潮蛇行

はじめに

近年、地球温暖化に伴う気温・海水温の上昇により温帯域の海域に熱帯・亜熱帯性の種（以下、南方系種とする）が増えつつあるという現象が、日本沿岸（Ohgaki et al., 1999 ; Yamano et al., 2011 ; 石田ほか, 2018）のみならず、北欧（Göransson, 2017）やイギリスの沿岸（Mieszkowska et al., 2006）からも知られている。砂浜海岸の高潮帯から潮上帯に造穴して生息するスナガニ属（*Ocypode*）のカニ類（以下、スナガニ類とする）についても、南方系種の北進が日本の海岸線で広く認められている（淀ほか, 2006 ; 高田・和田, 2011 ; 渡部ほか, 2012 ; 和田・和田, 2015 ; 若林, 2018 ; 渡部ほか, 2018）。

スナガニ類は、砂浜の人的利用の指標としても近年世界的に注目されている（Schlacher et al., 2016）。具体的には、人的利用が多い砂浜やオフロード車の乗り入れがある砂浜では、スナガニ類の生息数が少なくなること（Schlacher et al., 2007 ; Schlacher & Lucrezi, 2010 ; Noriega et al., 2012 ; Suci et al., 2018）、さらには地球温暖化による気候変化に伴う異常波浪の影響が人的影響の強い砂浜海岸ほどスナガニ類の生息への負の影響が大きいこと（Machado et al., 2019）が報告されている。日本沿岸の砂浜海岸でも人的利用がスナガニの生息数に影響していることが日本海沿岸で報告されている（和田, 2009 ; 宇野ほか, 2012 ; 和田ほか, 2015）。

以上のように砂浜海岸に生息するスナガニ類は、南方系種の北進の指標と、砂浜への人的影響評価の指標として注目されているが、同一地域内で実施した追跡調査によりスナガニ類南方系種の分布北進現象を捉えたのが、近畿地方の播磨灘から大阪湾、紀伊半島に及ぶ沿岸域で2002年と2010年に実施された分布調査（渡部ほか, 2012）

である。それによると、国内では北海道から種子島に分布する（五嶋, 2017 ; 渡部ほか, 2018）温帯性種のスナガニ *O. stimpsoni* は、2010年には分布域、個体数とも縮小していたのに対し、琉球列島や海外の熱帯・亜熱帯地方を中心に本州以南で記録がある（Lucrezi & Schlacher, 2014 ; 渡部ほか, 2018）南方系種のツノメガニ *O. ceratophthalma*、ナンヨウスナガニ *O. sinensis*、ミナミスナガニ *O. cordimanus* の3種には分布域の拡大や個体数の増加がみられたのである。

このような国内における南方系種優勢化の趨勢の中にありながらも、和歌山県沿岸域では、ごく近年になって南方系種の衰退も報告されている。例えば、白浜町の番所崎の岩礁海岸で貝類群集を1985年から2010年まで毎年モニタリングした石田ほか（2018）は、1997～1998年を境に南方系種が増加の一途を辿ることを明らかにしているが、その番所崎では、南方系のオハグログキ *Saccostrea mordax* の大量死とともに南方系種の棘皮動物や腹足類の極端な密度低下が2018年に観察されている（米本, 2018）。また、干潟に生息する南方系種のヒメシオマネキ *Gelasimus vocans* を田辺湾において1994年から2018年まで追跡した田名瀬・和田（2019）は、本種が2011年にはいったんみられなくなり、2018年にも著しく少なくなったことを報告している。

スナガニ類においても、田辺湾でこの数年内にみられたような南方系種の一時衰退がみられるのか、あるいは2002年と比較して2010年にみられた南方系種の分布拡大と温帯性種の分布縮小の傾向が2019年にはさらに強められているのか。これらの点を明らかにするため、本研究ではそれぞれの種の出現個体数や、越冬や繁殖の有無の判断材料となる体サイズ組成について経年的に比較した。

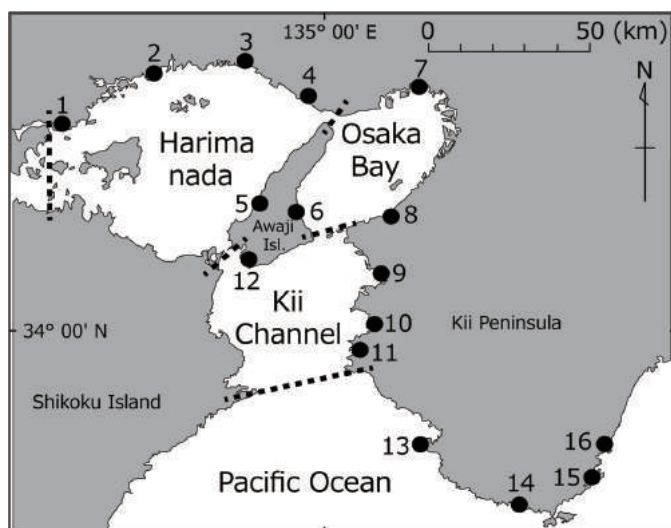


Fig. 1. Study sites. 1. Houden, 2. Karafune, 3. Himeji, 4. Hayashizaki, 5. Funase, 6. Sumoto, 7. Koushien, 8. Kaikake, 9. Nakusanohama, 10. Nishihira, 11. Koura, 12. Ama, 13. Rinkai, 14. Satono, 15. Tamanoura, 16. Nachi.

材料と方法

2019年9月24日～10月6日の期間に、播磨灘、大阪湾、紀伊水道および紀伊半島太平洋岸の4つの海域沿岸に設定した調査地点において現地調査を実施した (Fig. 1). 前報 (渡部ほか, 2012) では、2002年9月5～30日と2010年9月3日～10月24日に実施した22地点について報告したが、本研究では、2019年に実施した16地点と同一地点の両年のデータを抽出し、比較を行った。

現地調査は、砂浜の波打ち際から潮上帯までの広い範囲において巣穴を探索し、スコップで掘り返して採集する方法で行い、4名の調査者がそれぞれ1時間作業を行うことを基準とした。調査人員に変化がある場合は、上記の述べ作業時間4時間を目安に調査努力量を調整した。

探索終了後に、採集した個体の種の同定、雌雄の判定、ノギスによる甲幅測定を行った後、元の生息地に放逐した。腹節の外部形状からの雌雄判別が困難な小型個体については、ピンセットを用いて腹節を開き、腹肢の形態を観察して判定

した。さらに、現地で同定が困難であった一部の個体については5%ホルマリンで固定後に持ち帰り、双眼実体顕微鏡により種の同定を行った。種の同定に当たっては、酒井 (1976)、Huang et al. (1998) および渡部・伊藤 (2001) による形態的特徴を根拠とした。

結果

海域別出現個体数

海域別の出現個体数を、2002年、2010年、2019年に分けてまとめた (Fig. 2)。スナガニは北側の海域ほど多い傾向がみられ、最も北の播磨灘では採集個体のほとんどを占めた。一方、ツノメガニとナンヨウスナガニは南側の海域ほど多い傾向がみられ、大阪湾以南ではツノメガニが最も多くの個体を占めることが多く、最も南側に位置する太平洋岸では、ツノメガニとナンヨウスナガニがほとんどを占めた。ミナミスナガニは、大阪湾以南においてごくわずかに採集された。

経年変化についてみると、播磨灘～紀伊水道の

海域において、スナガニは2002年に比べて2010年は減少し、2019年に増加しているのに対し、ツノメガニは2002年に比べて2010年に増加し、2019年に減少するというスナガニとは逆の変化がみられた (Fig. 2)。太平洋岸では他の海域と変化の傾向が異なり、2002年から2019年にかけて、スナガニは増加傾向、ツノメガニは減少傾向がみられた。

ナンヨウスナガニは、2002年には播磨灘では1個体が採集されたのみであったものが2010年には7個体に増加し、その後2019年には播磨灘では全く採集されず、大阪湾以南でのみみられるようになった。

ミナミスナガニは、2002年には紀伊水道以南に出現していたものが、2010年には大阪湾にま

で北進したものの、2019年には最も南の太平洋岸で採集されたのみであった。

地点別個体数比率

スナガニとツノメガニ

播磨灘西部に位置する St. 1 (宝伝) と St. 2 (唐船) では、3回の調査を通じて常にスナガニのみが採集された (Fig. 3)。播磨灘東部の St. 3 (姫路) と St. 5 (船瀬) では、2002年にはスナガニのみが確認され、2010年には新たに少数のツノメガニが混在するようになっていたが、2019年には再びスナガニのみとなった。播磨灘の中で最も大阪湾に近い St. 4 (林崎) と淡路島南部の St. 12 (阿万) では、2002年に比べて2010年にスナガニの減少がみられ、2019年にはスナガニの増加とツノメガニの減少がみられた。大阪湾東部の St. 7 (甲子園) と St. 8 (貝掛) では、3回の調査を通じてツノメガニが最も多く、スナガニは2019年には、2010年に比べて減少した。大阪湾西部の St. 6 (洲本) と紀伊水道北部の St. 9 (名草の浜) では、2002年に出現していたスナガニが2010年にはみられなくなり、2019年には一転して増加するという特徴がみられた。紀伊水道南部の St. 10 (西広)、St. 11 (小浦) の2地点は、2002年、2010年にはスナガニはごくわずかの個体が確認されたのみで、ツノメガニがほとんどを占める状況であったが、2019年にはスナガニの比率が過半数を占めるまでに増加した。太平洋岸の St. 13 (臨海) と St. 14 (里野) では、3回の調査を通じてスナガニは出現せず、St. 16 (那智) では2019年にのみスナガニが2個体出現したが、これらの地点ではツノメガニが多くを占めることが多かった。この海域で3回の調査を通じてスナガニが出現した St. 15 (玉之浦) では、経年的にスナガニの増加とツノメガニの減少がみられた。

以上のように、大阪湾東部を除く、播磨灘東

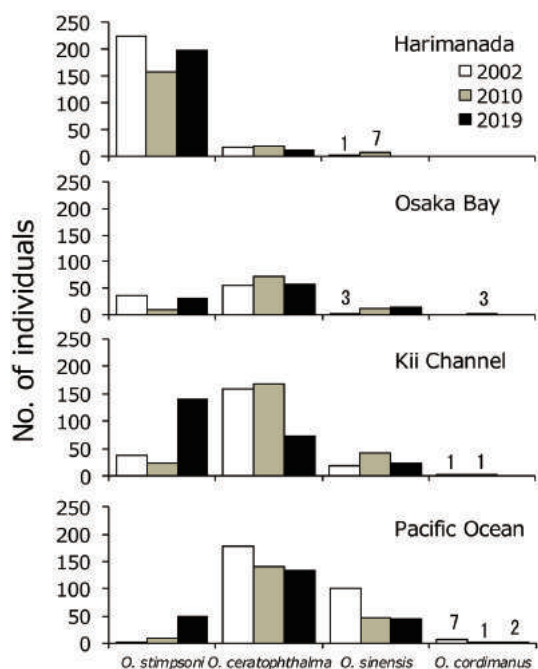


Fig. 2. The total numbers of individuals of four *Ocypode* species collected in 2002, 2010 and 2019 in each of four coastal regions of the Kinki District. The numeral on the low histogram denotes the number of individuals collected.

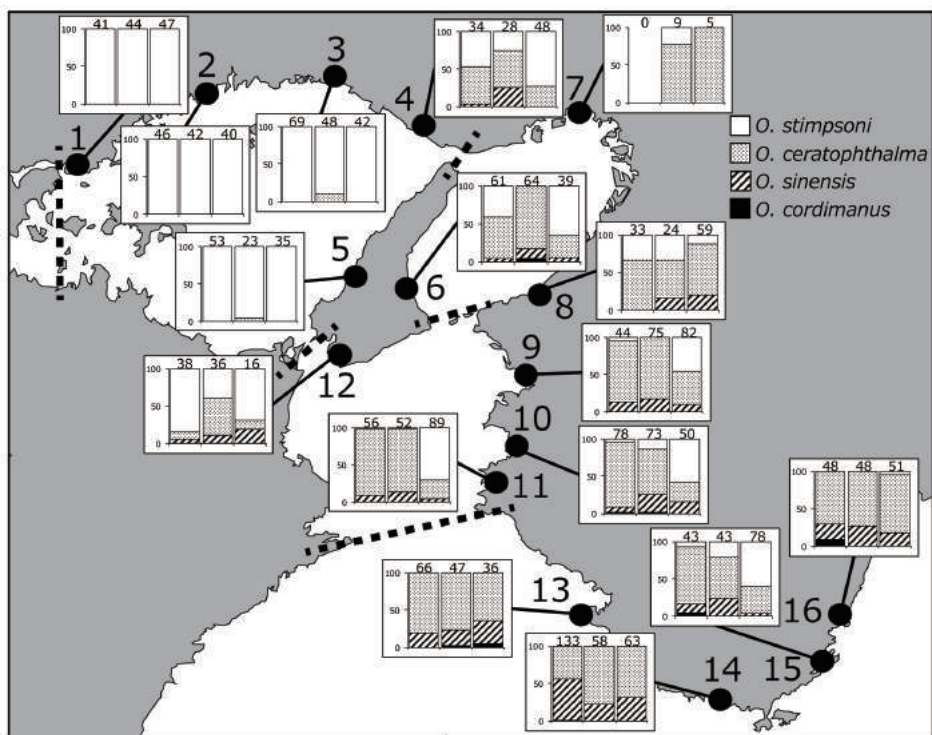


Fig. 3. Relative abundance of four *Ocypode* species in each study site in 2002 (left), 2010 (middle) and 2019 (right). The numerals on the top of each graph show the numbers of crabs collected in each site. Station numbers as in Fig.1.

部から紀伊水道にかけての多くの地点において、2002年から2010年にツノメガニの増加とスナガニの減少がみられたのちに、2019年には逆にツノメガニが減少してスナガニが増加するという共通の特徴がみられた。

ナンヨウスナガニ

播磨灘では、2002年と2010年に、最も東に位置する St. 4 (林崎) からのみ記録され、かつ増加傾向であったが、2019年にはみられなくなり、大阪湾西部の St. 6 (洲本) が分布の北限となった (Fig. 3)。淡路島南端の St. 12 (阿万) 以南の地点においては3回の調査を通じて本種が確認された。St. 4 (林崎)、St. 6 (洲本) と和歌山県沿岸の St. 9 (名草の浜)、St. 10 (西広)、St. 14 (小浦)、St. 15 (玉之浦) など、本種が出現した地点の多

くにおいて、本種の比率が2002年から2010年に増加し、2019年に減少するという共通する特徴がみられた。

ミナミスナガニ

いずれの調査年においても採集個体数は少なかったものの、2002年には紀伊水道の St. 10 (西広) にあった出現記録の北限が、2010年にはさらに北の大阪湾西部の St. 6 (洲本) に拡大した後、2019年には大阪湾や紀伊水道の地点では全くみられなくなり、太平洋岸の地点でのみ確認されるようになった (Fig. 3)。すなわち、2002年から2010年にかけて北側へ勢力を拡大したのちに2019年には南側へ後退するという、ツノメガニやナンヨウスナガニと共通した特徴を示した。

甲幅組成

スナガニのうち、雌雄の判別がほぼ可能となる甲幅 12mm 以上の個体の体サイズ組成は、播磨灘では 3 回の調査を通じて明瞭な違いは認められなかった。これに対して大阪湾と紀伊水道では、2002 年と 2010 年には 16 ~ 24mm の個体が主体であったが、2019 年には 12 ~ 16mm の個体が主体となり、小型化が認められた (Fig.4)。太平洋岸では、2002 年には 22mm 以上、2010 年には 18mm 以上の比較的大型の個体がわずかにみられるのみであったが、2019 年には 12 ~ 20mm の個体が大幅に増加した。一方、甲幅 11mm 以下の小型個体は、紀伊水道と太平洋岸では 3 回の調査を通じてほとんどみられなかったのに対し、播磨灘と大阪湾では、2002 年にはほとんどみられなかったものが 2010 年から 2019 年に増加傾向がみられた。

ツノメガニは、3 回の調査を通じて、南側の海域ほどより大型かつ多数の個体が採集される傾向がみられた。雌雄判別不可の 11mm 以下の小型個体も南側の海域ほど多く、その個体数は大阪湾以南においてはスナガニの小型個体に比べて顕著に多かった (Fig. 5)。播磨灘、大阪湾、紀伊水道においては経年的に小型化の傾向が認められ、特に、大阪湾と紀伊水道においては、2019 年に、12mm 以上の個体が顕著に減少した。太平洋岸の 4 地点をまとめたヒストグラムからは明瞭な経年変化は読み取れなかったが (Fig. 5)、太平洋岸の調査地点で唯一スナガニが毎回採集された St. 15 (玉之浦) についてみると、紀伊水道などと同様に 12mm 以上の個体についての経年的な小型化が認められた (Fig. 6)。

ナンヨウスナガニは、全海域をまとめた甲幅組成の頻度分布を示した (Fig. 7)。2002 年と 2010 年

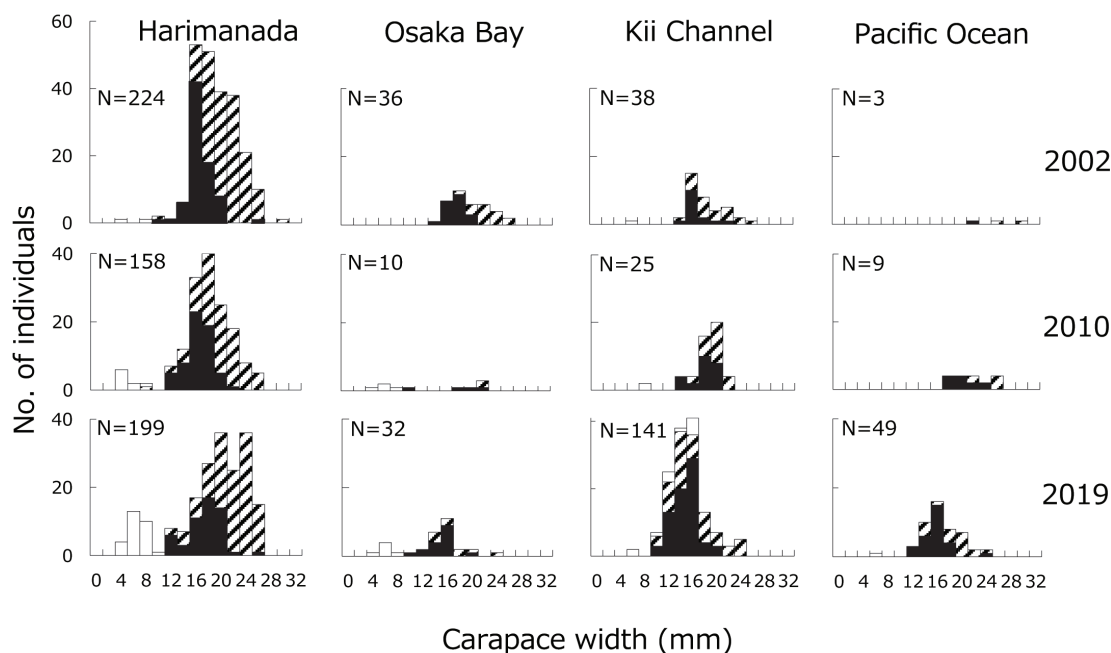


Fig. 4. Carapace width-frequency distributions of *Ocyropode stimpsoni* collected in each of four coastal regions of the Kinki District in 2002, 2010 and 2019. Open, solid, and slanted parts of the histogram represent sex-undetermined, male, and female crabs, respectively.

は比較的似た体サイズ組成を示すものの、2019 年には 12mm 以上の個体が顕著に減少した (Fig. 7)。

ミナミスナガニは、3 回の調査で 8 ～ 16mm の個体ごく少数採集されたのみであり、変化の傾向は明らかではなかった。

考察

南方系種減少をもたらしたもの

地球温暖化等に伴う気温や海水温の上昇などにより、南方系の海洋生物が勢力を拡大し、スナガニ類の南方系種も日本における分布北限を拡大しているという状況の中で、近畿地方のスナガニ類についても、2002 年から 2010 年に南方系種が勢力を拡大し、温帯性種のスナガニが衰退する現

象がみられていた (渡部ほか, 2012)。ところが、同一の調査地点において 2019 年にみられたのは、南方系種の減少および分布範囲の後退と、温帯性種スナガニの増加という、2010 年までとは逆方向の変化であった。このような変化がもたらされたのはなぜだろうか。

ツノメガニの繁殖最小サイズは雄で 27mm、雌で 29mm とされるが (Haley, 1973)、本研究のこれまでの調査では、これらのサイズを超えた、明らかに越冬・繁殖していると思われる個体は確認されていない (Fig. 5)。また、和歌山県北部の名草の浜において 2000 ～ 2003 年に実施された調査 (淀ほか, 2006) では、ツノメガニは毎年初夏以降に小型個体が出現し始めて 11 月には 24 ～ 27mm まで成長するものの、初冬の温度低下によ

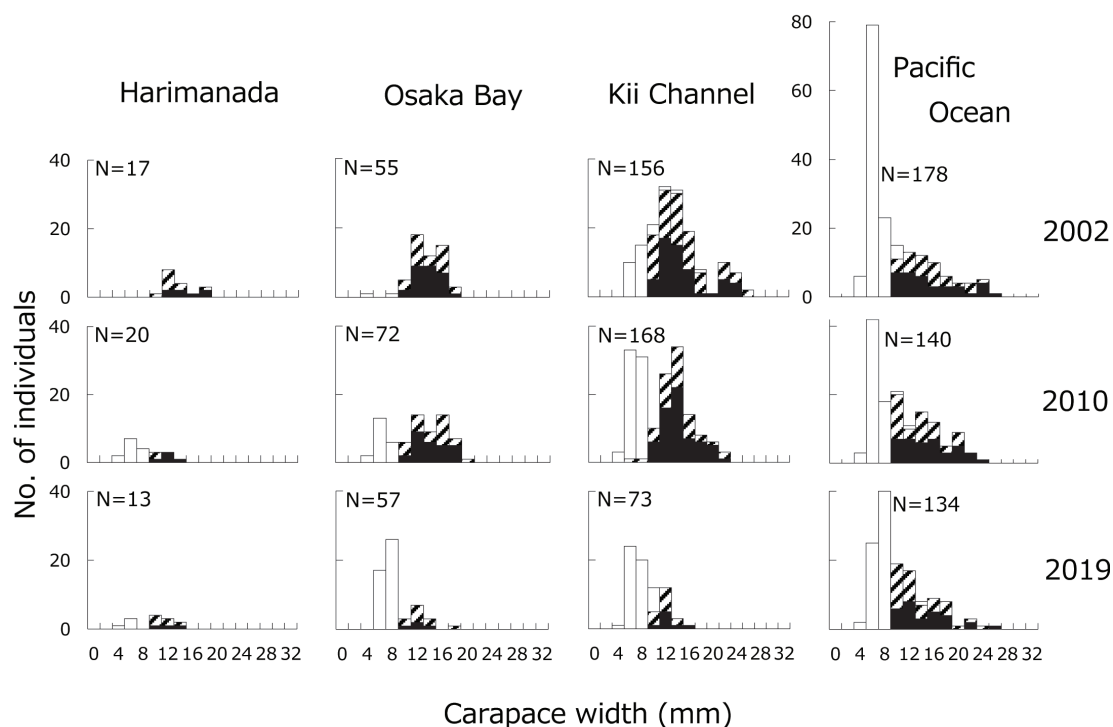


Fig. 5. Carapace width-frequency distributions of *Ocypode ceratophthalma* collected in each of four coastal regions of the Kinki District in 2002, 2010 and 2019. The histogram parts as in Fig. 4.

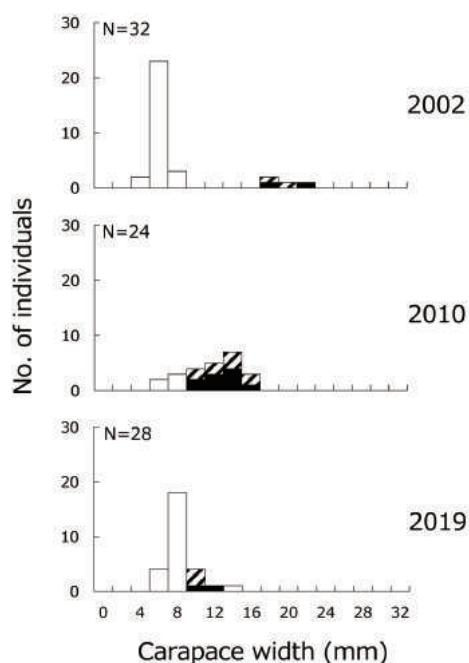


Fig. 6. Carapace width-frequency distributions of *Ocypode ceratophthalma* collected in Tamanoura beach (St. 15) in 2002, 2010 and 2019. The histogram parts as in Fig. 4.

り全て死滅し、越冬できていないことが明らかにされている。さらに、太平洋岸の広い地域で実施された調査結果（渡部ほか，2018）からも、ツノメガニは四国南岸以南の地域では繁殖している可能性が高いが、本州では繁殖していないとされている。すなわち、紀伊半島のツノメガニは、南方海域から黒潮に乗って毎年大量の幼生が来遊してくるものの、初冬の気温低下とともにそのほとんどあるいは全てが死滅しており、越冬していないものと考えられる。とすると、紀伊半島周辺のそれぞれの場所におけるツノメガニの生息個体数は、その年の幼生来遊量に依存し、その主な供給ルートになっていると予想される黒潮の状況に影響を受けているものと思われる。

そこで、海上保安庁が公開しているデータ

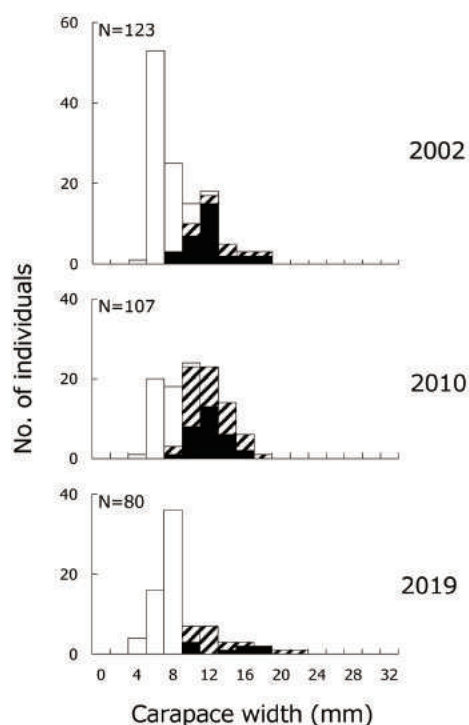


Fig. 7. Carapace width-frequency distributions of *Ocypode sinensis* collected in all four coastal regions of the Kinki District in 2002, 2010 and 2019. The histogram parts as in Fig. 4.

（URL：<https://www1.kaihom.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO?qboc/> 2019.11 参照）から、2000 年以降の紀伊半島南端の潮岬から黒潮流軸までの距離について経年的に Fig. 8 に示した（この観測に際しては黒潮幅の外縁から流軸までの距離を 40km と想定しており、図中で 40km を示す時は再接近している状況を示す）。その結果、2002 年と 2010 年は概ね 50km 前後の距離にあることが多く比較的近接しているといえるが、2017 年秋ごろから黒潮は大きく蛇行・離岸し、2018 年以降はほとんどの期間で 100 km を越えた状態になっていた。さらに、2002 年と 2010 年の違いに注目すると、2002 年以前の 2 年間ほどは 50km を越えていることが多いのに対し、2010 年では 3 年以上に渡って 50km 以下の状態にあることが多かった。

ツノメガニとともに、同じ南方系種のナンヨウスナガニ、ミナミスナガニも、2002年から2010年にかけて、個体数の増大や分布範囲の北方への拡大傾向がみられた後、2019年に個体数の減少や分布北限の後退という共通した現象がみられた。このような変化は、上記の黒潮の挙動から推察される、それぞれの調査年およびそれ以前の期間における黒潮の影響の度合いと概ね対応している。

ミナミスナガニは、南西諸島では繁殖しているが、それ以北のものはツノメガニと同様に、南方からの幼生供給に頼っているとみられている（渡部ほか，2018）。しかし、ナンヨウスナガニは伊豆半島以南では繁殖していると考えられており（渡部ほか，2018）、和歌山県北部においても越冬個体が確認されている（淀ほか，2006）。従って、ナンヨウスナガニについては、南方からの幼生供給量のみならず、越冬の成否に関わる海水温の変化等も生息個体数に影響を及ぼしていると考えられる。しかしながら、和歌山県北部で越冬したナンヨウスナガニの甲幅は19mm以上であることが分かっており（淀ほか，2006）、本研究において2019年に顕著な個体数減少がみられた12～

18mmの個体は当年生まれの個体が主体であると推察されることから（Fig. 6）、ナンヨウスナガニも黒潮蛇行による幼生供給量の変化により生息個体数等の分布勢力が大きな影響を受けているとみられる。

黒潮蛇行がみられた2019年には、ツノメガニとナンヨウスナガニにおいて、当年生まれと考えられる個体のうち、比較的大型の個体が減少していた（Fig. 5, 6）。同じスナガニ属の *O. quadrata* では、低緯度地域に生息する個体群はほぼ周年繁殖する一方で、高緯度になるほど繁殖期間が短くなり、最も高緯度地域の個体群の繁殖は夏季のみに限られることが知られている（Lucrezi & Schlacher, 2014）。日本列島周辺のツノメガニとナンヨウスナガニについても、繁殖初期には南方に位置する海域から幼生の放出が始まり、その後の海水温の上昇に伴って幼生を放出するエリアも北上することが予想される。主に黒潮による遠距離輸送に頼るしかない、繁殖初期に南方海域で放出された幼生の来遊量が黒潮離岸によって低下したことにより、早い時期に着底してより大型に成長することが出来た個体が顕著に減少する結果になった可能性が考えられる。

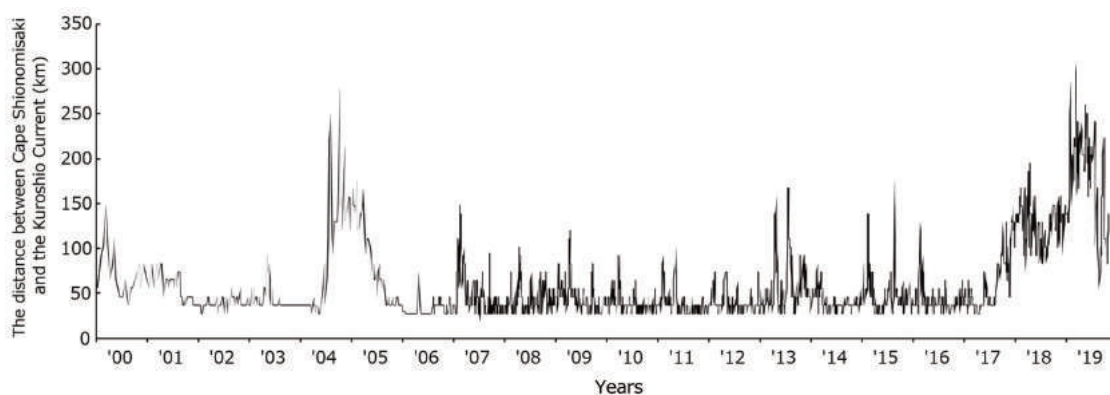


Fig. 8. Temporal change in the proximity of the Kuroshio Current to Cape Shionomisaki (Wakayama Pref.) from 2000 through 2019. (Data from Maritime Safety Agency of Japan : URL : <https://www1.kaihom.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO?qboc/> 2019.11 referred).

温帯性種スナガニ増加の原因

本研究において経年的な個体数変化を比較したところ、スナガニの減少とツノメガニの増加、あるいはその逆の組み合わせの変化が同時にみられる地点が多くみられた。両種は共に砂浜の満潮線付近に主に生息し、ナンヨウスナガニとミナミスナガニはいずれも地盤高のより高い潮上帯に主に生息する（淀ほか、2006）。従って、スナガニとツノメガニには棲み場所や餌生物などの資源を巡って強い競合関係が生じることが予想されるが、これらについての情報はほとんどない。一方、捕食－被食に関しては以下のような知見が得られている。

スナガニ類は砂浜の底生生物における上位捕食者であり（Yong & Lim, 2019）、ツノメガニによる他のスナガニ属個体の捕食行動が記録されている（Hughes, 1966）。また、高知県で5月から12月まで実施した胃内容物調査では、大型のツノメガニからカニ類の体組織の一部が毎月確認されている（真野ほか、2008）。ツノメガニの主生息域である砂浜高潮線付近に生息するカニ類は、高知県では主にツノメガニとスナガニであることから、胃内容物から確認されたこれらのカニ類はそのいずれかである可能性が高い。さらに、山形県で行われたスナガニの胃内容物調査の結果からは、スナガニ小型個体が高い頻度で捕食されていることが明らかになっている（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部、1968）。両種相互の捕食に関する直接的な証拠は得られていないが、以上の知見から、両種が共存し、小型個体も生息する環境下においては、同種か他種かにかかわらずスナガニ類小型個体が捕食されていると考えるのが自然であろう。

次に、ツノメガニとスナガニの捕食が双方向に起こりうるとして、それがお互いに及ぼす影響の度合いは相称的なものなのかについて考えてみた

い。

真野ほか（2008）によれば、高知県西部のスナガニにおいて、性成熟の目安である生殖腺指数が最大になるのは7月であり、8月から10mm程度の小型個体が出現し始める。一方で、ツノメガニの生殖腺指数はスナガニより1ヶ月遅い8月に最大になるにも拘わらず、10mm程度の小型個体はスナガニより1ヶ月早い7月には出現し始めて、10月まで新規加入が継続的に確認されるという。前述したように、他のスナガニ類と同様に、ツノメガニにおいても、低緯度に生息するものほど繁殖期が早く始まり、かつ長期に及ぶことが予想されることから、生殖腺指数が最大になる以前に出現した小型個体は、繁殖期がより早く始まる南方の生息地から黒潮によって運ばれてきたものであると考えられる。これらから推察されることは、黒潮沿岸域において、ツノメガニの新規着底は、スナガニより約1ヶ月前には始まって、かつ、その後も南方海域から長期間にわたって間断なく幼生が供給されるということである。その結果、スナガニが着底する時期には、1ヶ月かけて相対的により大きく成長した個体も含むツノメガニが、スナガニ新規着底個体の捕食者になりうる状態ですでに生息しており、かつ、その後も長い繁殖期を通じて生息数を増やし続けると推察される。ツノメガニとスナガニの、小型個体に対する捕食はおそらく双方向に行われうるものの、着底時期の違い、および繁殖期間の長さや繁殖地域の広さから予想される幼生供給量の違いにより、本州から九州の黒潮流域沿岸に生息するスナガニは、ツノメガニによる捕食の影響をより強く受ける立場であり、その捕食圧を決定するツノメガニ幼生来遊量がそれぞれの地域におけるスナガニ生息数に影響しているものと考えられる。

以上のような関係性がツノメガニとスナガニの間に成立していたとすれば、黒潮が近接していた

2002 年と 2010 年に比べて、2017 年以降には黒潮離岸によってツノメガニ幼生の来遊量および生息密度が低下し、その結果、スナガニ新規着底個体への捕食圧が相対的に低い状況が複数年にわたって継続したことによって、2019 年調査時にはスナガニ個体数が回復していたとみることができる。

ツノメガニとスナガニが混生する砂浜においては捕食圧をより強く受けるスナガニの小型個体が少ないことが指摘されているが（渡部ほか，2012），2019 年にツノメガニの減少が特に顕著であった紀伊水道や玉之浦においてスナガニの小型個体が比較的多くみられたことも、ツノメガニの捕食圧低下に伴ってスナガニ小型個体の生残率が上昇したことにより生じた可能性がある。

総括と展望

多くの南方系海洋生物とともにスナガニ類南方系種についても、その分布北進など温帯域での勢力拡大については多くの報告があり（例えば高田・和田，2011；和田・和田，2015；若林，2018 など），おそらく広域的・長期的にはこの傾向は明らかであると思われる。そのような傾向の中にあるながらも、黒潮の影響を強く受ける紀伊半島沿岸域においては、黒潮の離岸・接岸等による、より局所的・短期的な衰退・増加の変動を繰り返しており、紀伊半島では再生産を行っていない、いわゆる無効分散の状態にあるツノメガニなどの南方系種が、温帯性種であるスナガニの生息状況に影響を与え、そのような変化は播磨灘のような黒潮から遠く離れた内湾域の一部にまで及んでいることが本研究では明らかとなった。

紀伊半島南部に位置する田辺湾においても、この数十年間に気温・水温が上昇傾向にあったことが示されている（例えば Ohgaki et. al., 2018 など）。そのような状況の中で、長期的には勢力を増して

いた南方系種が一時的に衰退・消失した事例がいくつか報告されているが（大垣，2013；米本，2018；田名瀬・和田，2019），それらの主な原因は低温（特に寒波に伴う気温の低下）による大量死など、すなわち越冬の失敗であると推察されている。

それに対して、本研究で取り上げた南方系種のうちツノメガニとミナミスナガニについては、紀伊半島では越冬していないとみられるため（淀ほか，2006；渡部ほか，2018），冬季の気温・海水温低下とは関係なく、黒潮離岸に伴う幼生供給量の減少が主な原因であると推察される点が既往研究とは異なっている。ただし、南方海域から幼生が来遊し始める繁殖初期である春～初夏においては、到達場所周辺の気温や海水温が、そこに到達してからの幼生の生残率に影響を及ぼすことも考えられることから、紀伊半島沿岸域に到達する幼生の量に加えて、それぞれの生息地の気温・海水温の一時的な変動もこれらの種の生息個体数に影響を及ぼしている可能性もある。

本研究において、太平洋岸の多くの地点でスナガニが確認できていない中で、St. 15（玉之浦）においてのみ継続的なスナガニの生息が認められた。この理由は明らかでないものの、玉之浦地点の特徴として、その南西側に位置する浦神半島によって黒潮の流れに対してやや遮蔽された地形的特性を持っているということがあげられる。同じように、関東から沖縄の太平洋岸域の広い範囲でスナガニ類の分布を調べた渡部ほか（2018）の調査結果においても、スナガニが確認されたのは、伊豆半島で 6 地点中の 1 地点、四国で 7 地点中の 1 地点、種子島で 4 地点中の 1 地点のみであったが、これらはいずれも半島や湾入地形の存在によって黒潮の流れから遮蔽された地形的特性を有する場所であった。さらに、鹿児島本土の 9 地点のうち、外海に面した場所では南方系種が優勢であるのに対

し、桜島の存在によって極度に閉鎖的な地形特性となっている鹿児島湾奥部の3地点からは南方系種は確認されず、スナガニのみが採集されている。

これらの既往知見と本研究結果を併せて考えると、関東から種子島に至る黒潮流路に沿った沿岸域においては、スナガニ個体群はツノメガニによる強い捕食圧に晒されているため、ツノメガニの幼生供給源である黒潮の影響を強く受ける場所では生残が困難な状況であり、その影響がやや弱まるような遮蔽的地形特性を持った場所に主に残存しているという実態が浮かび上がってくる。

今回の調査でみられたように、黒潮の離岸などにより一時的にスナガニが勢力を回復することはあるものの、長期的には、高知県西部付近にあると思われるツノメガニ繁殖個体群の北限地が温暖化に伴って北上するなどして、さらに勢力を増し、スナガニにとってより厳しい状況になることが予想される。

一方、黒潮の影響を直接受けにくい瀬戸内海や日本海においては、近年になってツノメガニの生息が記録されるようになってきたものの（高田・和田，2011；渡部ほか，2012），現時点ではツノメガニによる影響は太平洋岸に比べればそれほど大きくない状況であると予想される。しかし、それにもかかわらず、山形県、広島県、岡山県、兵庫県、愛媛県では県が発行するレッドデータブックによって、スナガニは絶滅危惧種あるいは準絶滅危惧種に指定されており、スナガニ減少の理由として、埋め立てなどの「開発による生息域の減少」や「砂浜そのものの消失」、過度な利用による「人為的攪乱」などがあげられている（山形県希少野生生物調査検討委員会動物部会，2003；大塚，2011；渡部，2014；大森，2014；渡部，2020）。

スナガニの越冬は活動期の主な生息場所である高潮線付近よりもより陸側の砂浜で行われるため

（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部，1968），長期間に渡って安定した生息を維持するためには，ある程度の規模（高潮線付近から潮上帯までの幅）を持った砂浜が必要となる。しかし，護岸や道路建設，埋め立てなどにより，日本の砂浜部の多くはその高地盤側の一部がすでに失われた状態にあるとともに，全国で進められている防潮堤建設などによって現在もそのような場所の多くが失われつつある。また，川砂利採取やダム堆砂等によって河川からの土砂供給が減少したことにより，全国の海岸において砂浜の縮小や海岸浸食が生じていることが試算により明らかにされているほか（有働ほか，2016），地球温暖化による海面上昇により今世紀末には日本の砂浜の9割以上が失われるとの試算もある（国土交通省 HP：URL：<https://www.mlit.go.jp/common/001095553.pdf> 2020.2 参照）。

以上のように，砂浜海岸は日本の沿岸域において，環境劣化や縮小・消失が危惧される海岸地形の1つであると考えられ，今後はより積極的な保全措置が必要とされ，効果的な保全手法や評価手法が検討されることが予想される。そのような状況の中で，スナガニ類は，砂浜環境の健全性や人為的影響の度合いを評価する際の指標として，また，失われつつある砂浜海岸の象徴として，より注目されることになるであろう。

謝辞

現地調査に協力いただいた香田光男氏，NPO 法人海浜の自然環境を守る会の岸川由紀子氏，前野ちひろ氏，前野裕美子氏，松村京子氏，向山裕子氏，品川依津子氏，並びに神戸大学農学部の中嶋千晴氏，高木葵氏の諸氏に感謝いたします。本研究は関西自然保護機構の2019年研究助成金を得て行われた。記してお礼申し上げます。

引用文献

- Göransson, P. 2017. Change of benthic fauna in the Kattegat – An indication of climate change at mid-latitude? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 194 : 276-285.
- 五嶋聖治. 2017. 北限のスナガニの季節的な砂浜利用パターン：啄木はスナガニに出会えたか？日本ベントス学会誌, 71 : 83 – 89.
- Haley, S. R. 1973. On the use of morphometric data as guide to reproductive maturity in the ghost crab, *Ocypode ceratophthalmus* (Pallas) (Brachyura, Ocypodidae). *Pacific Science*, 27 : 350-362.
- Huang, J.-F., S.-L. Yang & P. K. L. Ng. 1998. Notes on the taxonomy and distribution of the closely related species of ghost crabs, *Ocypode sinensis* and *O. cordimanus* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 71 : 942-957.
- Hughes, D. A. 1966. Behavioural and ecological investigations of the crab *Ocypode ceratophthalmus* (Crustacea: Ocypodidae). *Journal of Zoology*, 150 : 129-143.
- 石田 惣・米本憲市・船山展孝. 2018. 「番所崎貝類相調査」の概要と長期継続に伴う課題. 地域自然史と保全, 40 : 143 – 152.
- 米本憲市. 2018. 和歌山県番所崎及び天神崎におけるオハグログガキの大量死. 南紀生物, 60 : 233 – 238.
- Lucrezi, S. & T. A. Schlacher. 2014. The ecology of ghost crabs. *Oceanography and Marine Biology*, 52 : 201-256.
- Machado, P. M., D. C. Tavares & I. R. Zalmon. 2019. Synergistic effect of extreme climate events and urbanization on population density of the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787). *Marine Ecology*, 40 : e12525.
- 真野 泉・堂浦 旭・大森浩二・柳沢康信. 2008. 四国太平洋岸に共存するスナガニ属3種の季節的な分布パターンおよび食性. 日本ベントス学会誌, 63 : 2 – 10.
- Mieszkowska, N., M. A. Kendal, S. J. Hawkins, R. Leaper, F. Williamson, N. J. Hardman-Mountford & A. J. Southward. 2006. Changes in the range of some common rocky shore species in Britain - a response to climate change? *Hydrobiologia*, 555 : 244-251.
- Noriega, R., T. A. Schlacher & B. Smeuninx. 2012. Reduction of ghost crab population reflect urbanization of beaches and dunes. *Journal of Coastal Research*, 28 : 123-131.
- 大垣俊一. 2013. 和歌山県みなべ町目津崎におけるオハグログガキとケガキの個体群生態 1991 年～2011 年. *Venus*, 71 : 81 – 95.
- Ohgaki, S., T. Kato, N. Kobayashi, H. Tanase, N. H. Kumagai, S. Ishida, T. Nakano, Y. Wada & Y. Yusa. 2018. Effects of temperature and red tides on sea urchin abundance and species richness over 45 years in southern Japan. *Ecological Indicators*, 96 : 684-693.
- , K. Takenouchi, T. Hashimoto & K. Nakai. 1999. Year-to-year changes in the rocky-shore malacofauna of Bansho Cape, central Japan: rising temperature and increasing abundance of southern species. *Benthos Research*, 54 : 47-58.
- 大森浩二. 2014. スナガニ. 「愛媛県レッドデータブック 2014 愛媛県の絶滅のおそれのある野生生物」(愛媛県県民環境部環境局自然保護課編), p. 286. 愛媛県県民環境部環境局自然保護課, 松山.
- 大塚 攻. 2011. スナガニ. 「広島県の絶滅のおそれのある野生生物 (第3版) レッドデータブックひろしま 2011」(広島県環境県民局自然環境課編), p. 268. 広島県, 広島.
- 酒井 恒. 1976. 日本産蟹類. 461pp. (日本語版),

- 773pp. (英語版), 251pp. (図版). 講談社, 東京.
酒田市立酒田中央高等学校第一理科部. 1968. 山形庄内海岸におけるスナガニ (*Ocypode stimpsoni* Ortmann) の生態. 山形県酒田市立酒田中央高等学校研究収録, 1 : 43 - 64.
- Schlacher, T. A. & S. Lucrezi. 2010. Comparison of home ranges in ghost crabs on sandy beaches impacted by vehicle traffic. *Marine Biology*, 157 : 2467-2474.
- , ——, R. M. Connolly, C. H. Peterson, B. L. Giby, B. Maslo, A. D. Olds, S. J. Walker, J. X. Leon, C. M. Huijbers, M. A. Weston, A. Turra, G. A. Hyndes, R. A. Holt & D. S. Schoeman. 2016. Human threats to sandy beaches: A meta-analysis of ghost crabs illustrates global anthropogenic impacts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 169 : 56-73.
- , L. Thompson & S. Price. 2007. Vehicle versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicle on ghost crabs. *Marine Ecology*, 28 : 354-367.
- Suciu, M. C., D. C. Tavares & I. R. Zalmon. 2018. Comparative evaluation of crustaceans as bioindicators of human impact on Brazilian sandy beaches. *Journal of Crustacean Biology*, 38 : 420-428.
- 高田宣武・和田恵次. 2011. ツノメガニ (スナガニ科) の日本海沿岸からの初記録. *Cancer*, 20 : 5 - 8.
- 田名瀬英朋・和田恵次. 2019. 田辺市・白浜町 (和歌山県) の沿岸で確認された南方系シオマネキ類の 25 年間の記録. *南紀生物*, 61 : 1 - 6.
- 有働恵子・武田百合子・横尾義之. 2016. 日本全国の河川から海岸への土砂供給ポテンシャルと砂浜浸食との関係. *土木学会論文集 B2*, 72 : I_799 - I_804.
- 宇野拓実・宇野政美・和田年史. 2012. 兵庫県新温泉町の砂浜海岸におけるスナガニ類の出現および生息密度に影響する要因. *人と自然*, 23 : 31 - 38.
- 和田年史. 2009. 鳥取県の砂浜海岸におけるスナガニの分布. 鳥取県立博物館研究報告, 46 : 1 - 7.
- ・宇野拓実・宇野政美. 2015. 兵庫県日本海側の砂浜海岸におけるスナガニ類 (スナガニ属) の分布と生息密度. *人と自然*, 26 : 21 - 26.
- ・和田恵次. 2015. ナンヨウスナガニ (スナガニ科) の日本海沿岸からの初記録. *Cancer*, 24 : 15 - 19.
- 若林郁夫. 2018. 茨城県および宮城県におけるスナガニ属カニ類の生息記録. *南紀生物*, 60 : 59 - 62.
- 渡部哲也. 2014. スナガニ. 「兵庫県の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック (貝類・その他無脊椎動物)」 (ひょうご環境創造協会編), p. 121. ひょうご環境創造協会, 神戸.
- . 2020. スナガニ. 「岡山県版レッドデータブック 2020 動物編」 (岡山県野生動植物調査検討会編), p. 812. 岡山県環境文化部自然環境課, 岡山.
- ・伊藤 誠. 2001. ツノメガニの大阪湾および、瀬戸内海東部における出現記録. *南紀生物*, 43 : 43 - 44.
- ・淀 真理・木邑聡美・野元彰人・和田恵次. 2012. 近畿地方中南部沿岸域におけるスナガニ属 4 種の分布 - 2002 年と 2010 年の比較 - . *地域自然史と保全*, 34 : 27 - 36.
- ・——・——・——・——. 2018. 砂浜性スナガニ類の関東以南太平洋岸における分布. *Cancer*, 27 : 7 - 16.
- 山形県希少野生生物調査検討委員会動物部会. 2003. スナガニ. 「レッドデータブックやまがた 山形県の絶滅のおそれのある野生動物」 (山形県希少野生生物調査検討委員会動物部会),

- p. 187. 山形県文化環境部環境政策推進室環境保護課, 山形.
- Yamano, H., K. Sugihara & K. Nomura. 2011. Rapid poleward range expansion of tropical corals in response to rising sea surface temperatures. *Geophysical Research Letters*, 38 : L04601.
- 淀 真理・渡部哲也・中西夕香・酒野光世・木邑聡美・野元彰人・和田恵次. 2006. 南方系種を含むスナガニ属 3 種の和歌山市における生息状況 : 2000 - 2003 年. *日本ベントス学会誌*, 61 : 2 - 7.
- Yong, A. Y. P. & S. S. L. Lim. 2019. Quantitative methods for the determination of abundance of mobile prey of ghost crabs, *Ocypode* Weber, 1795, a top predator on sandy shores. *Journal of Crustacean Biology*, 39 : 516-521.

短 報

奈良盆地におけるコガネグモ *Argiope amoena* の分布と生息状況： 2013 – 2014 年と 2019 年の比較

奈良県生駒郡三郷町

関 根 幹 夫

Distribution and inhabitation status of the orb web spider *Argiope amoena* (Araneae: Araneidae) in the Nara Basin, comparison of differences between 2013-2014 and 2019 results. Mikio Sekine* (*Sango-cho, Ikoma-gun, Nara*)

The purpose of this study is to clarify the inhabitation status of the orb web spider, *Argiope amoena*, in the Nara Basin, central Japan. The distribution and population density of *A. amoena* were surveyed in 2019, and the results were compared with those in 2013-2014, which were examined in the previous study. As a result, the habitats of this spider have declined in the Nara Basin during the 5 years from 2013-2014 to 2019. The result suggests that the population of *A. amoena* has been on the decline in the Nara Basin.

Keywords: *Argiope amoena*, the Nara Basin, distribution, population density, declining populations

要旨：本研究の目的は、奈良盆地におけるコガネグモ *Argiope amoena*（クモ目コガネグモ科）の生息状況を明らかにすることにある。コガネグモの分布と個体群密度の調査を 2019 年に行い、2013 – 2014 年に実施された先行研究の結果と比較した。その結果、奈良盆地では、2014 年から 2019 年の 5 年の間に、本種の生息地の数が減少していた。このことから、奈良盆地における本種の個体数は減少傾向にあることが示唆された。

キーワード：コガネグモ、奈良盆地、分布、個体群密度、個体数の減少

はじめに

コガネグモ *Argiope amoena*（クモ目コガネグモ科；以下、本種）は、南方系のクモであり本州中部以南で普通にみられたが（千国, 1989）、近年、日本各地で個体数の減少が報告されている（吉田, 2015）。日本のレッドデータ検索システム（URL：<http://jpnrd.db.com/> 2019.11 参照）によれば、本種は 13 都府県でそれぞれの定めるレッドデータ種に選定されており、本種の個体数の減少は各地で注目されている。草地・耕作地の種の多くが、かつては普通種であったが、現在は絶滅危惧種となっており、本種はそうした草地・耕作地に生息

する種の指標種にも選定されている（「生き物から見た東京の自然」編集検討委員会, 2015）。しかし、本種を含めクモ類の分布と生息状況は充分にはわかっておらず、分布の変化を示すデータも少ない（吉田, 2015）。

奈良県では、全市町村における生息地数と個体群密度の調査が 2013 – 2014 年に実施されており、本種は県内の広い範囲に分布していることが明らかとなっている（関根, 2014）。この研究では、本種の分布が県北部の奈良盆地に集中していること、県内における本種の個体群サイズは大きくないことが示唆された。しかし、奈良県において本種の分布と個体群密度の時間的変化を調べた研究

はなく、本種の個体数が減少しているかどうかについて検討されたことはない。そこで、本研究では、奈良盆地において、関根（2014）と同様の手法を用いた調査を2019年に行い、本種の生息状況の変化を検討した。

方法

本研究の調査区は、関根（2014）と同調査区のうち、奈良盆地内の85地点を選定した。関根（2014）と同様に、本種の成体出現期である6月から8月（新海，2017）に調査を行った。約300×300mの調査区内を目視により探索し、本種の生息が確認された場合、その地点を調査地点と設定し、そこを中心とした5×5mの範囲内で本種の個体数を記録した。本種の雌は腹部上面の斑紋と体が大きいことにより、同属の他種から見分けることができた（谷川，2009）。なお、25m²以上の広い範囲に本種が生息する場所においては、景観の広がる範囲に生息する多数の本種の中から一個体を代表として調査地点と設定し、その個体を中心とする25m²の範囲内に生息する本種の個体数を記録した。また、調査区内（約300×300m）の探索によって本種が発見されなかった場合は、景観を代表する一地点を生息が確認されなかった地点として記録した。餌量と住み場所という局所的な環境要因が、クモ類の個体数に影響するとの報告があるので（原口，2015），今回採用した調査地点の設定方法は、局所的な環境要因による個体数の変動や偶発的な変動が記録されることを避けるための妥当な方法であろう。なお、クモ類の調査については、1m 枠による定量的調査を実施しても、1m 枠の隣で水分や餌の量などから桁違いの数のクモ類が採集されることがあると報告されているため（浅間，2011），同調査区であったとしても調査年によって調査地点が変わるので、

ピンポイントで同一の場所というわけではない。

2019年調査で取得された情報と比較するために2013－2014年調査で得られた情報を関根（2014）から引用して示した。調査年間で本種の生息割合に差があるかどうかについて、 χ^2 検定を行った。また、個体群密度（生息個体数/25m²）の調査年による差について、2013－2014年と2019年の2期ともに生息が確認された28地点のうち、順位差0を除く17組について危険率を5%として Wilcoxon 符号付順位と検定を行った。

結果

2013－2014年と2019年の生息地点数の比較

本種の調査年ごとの生息確認地点を図1に、調査年ごとの生息確認地点数を表1に示した。2013－2014年に生息が確認された58地点のうち、2019年はその約52%に当たる30地点で本種個体が発見できなかった。一方、2013－2014年に生息が確認されなかった27地点のうち、2019年に6地点での生息が確認された。奈良盆地の85地点を調査した結果、2013－2014年と2019年との間で生息確認地点数の割合に有意差があり（ χ^2 検定；自由度1； $\chi^2=13.645$ ； $P<0.01$ ），2019年の方が生息確認地点数の割合が相対的に低かった。

2013－2014年と2019年の個体群密度の比較

2013－2014年と2019年の2期ともに生息が確認された地点、2013－2014年にのみ生息が確認された地点、および、2019年にのみ生息が確認された地点の3区分について、2013－2014年と2019年の個体群密度を表2に示した。調査年間で個体群密度に有意な差はなかった（Wilcoxon 符号付順位と検定； $n=17$ ； $T=62$ ； $P>0.05$ ）。

本種の生息確認地点のうち25m²の範囲内で5頭以上が記録されたのは、2013－2014年調査で



図 1. 奈良盆地におけるコガネグモの生息状況 (2013 - 2014 年と 2019 年). ○ : 2013 - 2014 年と 2019 年の 2 期ともに生息が確認された地点. △ : 2013 - 2014 年に生息が確認され 2019 年に生息が確認されなかった地点. □ : 2013 - 2014 年に生息が確認されず 2019 年に生息が確認された地点. × : 2013 - 2014 年と 2019 年の 2 期ともに生息が確認されなかった地点. 植生区分は、濃灰色 : 畑・宅地・人工地植生・裸地, 淡灰色 : 水田, 白色 : 竹林・草地帯植生・植林地・ヤブツバキクラス域代償植生を示す. この地図は、国土交通省国土政策局調査・編集の「20 万分の 1 土地保全図シームレスデータ」の一部を使用し、作成したものである.

は、58 地点のうち 9 地点 (15.5%), 2019 年調査では、34 地点のうち 5 地点 (14.7%) であった (表 1)。

調査地点のうちで 5 年の間に明らかな環境の変化が認められたのは 3 地点であり、環境変化の内容と本種の個体群密度の変化は、それぞれ、宅地化 ; 4 頭 /25m² から 0 頭 /25m², 大型スーパーマーケット建設 ; 10 頭 /25m² から 4 頭 /25m², 発掘調査 ; 10 頭 /25m² から 2 頭 /25m² であった。

表 1. 奈良盆地におけるコガネグモの生息確認地点数, 生息非確認地点数とその割合. 調査年ごとに示す.

調査年	生息確認 地点数	生息非確認 地点数	合計調査 地点数	生息確認 地点数の 割合(%)
2013-2014	58 (9)	27	85	68.2
2019	34 (5)	51	85	40.0

生息確認地点数の () 内の数値は、5 頭以上 /25m² の内数を示す.

考察

本研究では、奈良盆地において、2013－2014年と2019年の間で本種の生息地の割合に有意な差があり、その割合が2019年の方が低いという結果が得られた（表1）。よって、奈良盆地における本種の個体数は減少傾向にあると考えられる。一方、同地における本種の個体群密度については2013－2014年と2019年間で有意な差がなかったため、個体群密度については減少していないと考えられる。

2019年の調査で新たに生息が確認されたのは6地点であった。これらの地点の個体群密度は、2013－2014年と2019年の2期ともに生息が確認された地点に比べて低かった（表2）。本種はパルーニングにより分散する（Jiang et al., 2012）。したがって、本種の生息適地が既存の生息地の周囲に存在していれば、個体群密度の高い生息地から新たな生息適地へ個体がパルーニングにより分散する可能性が考えられる。2019年調査で新たに確認された生息地点では、ここ最近、本種個体がパルーニングにより移入したと考えられる。しかし、これら6地点は、個体群密度の低さゆえに、2013－2014年調査の際に分布が確認できなかった可能性がある。

2013－2014年と2019年の間で本種の確認地点を比較した結果、58地点のうち30地点で本種個体が発見できなかった（表1）。宅地化、大型店

舗の建設と発掘調査地点では個体群の衰退がみられており、人為的開発が本種の減少要因のひとつであると考えられる。本種のような造網性のクモ類は、土壌中の腐食連鎖から発生する昆虫類を餌資源としており（Shimazaki & Miyashita, 2005）、生息地周辺の景観構造の変化が餌昆虫の減少などに影響をもたらしているのかもしれない。森林や水田など、さまざまな景観要素が入り混じる里山に象徴される複雑な景観構造が本種の餌を含む昆虫類の多様性の維持に役立っていると報告されており（Miyashita et al., 2015）、本種の個体数および個体群密度を維持するためには、里山の景観を維持することが重要であると考えられる。

謝辞

2名の匿名査読者からは、本稿を改定する上で有益なコメントを多数頂いた。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 浅間 茂. 2011. クモ類. 「千葉県保護上重要な野生生物－千葉県レッドデータブック－動物編 2011年改訂版」（千葉県レッドデータブック改訂委員会編），pp. 366－367. 千葉県環境生活部自然保護課，千葉．
- 千国安之輔. 1989. コガネグモ. 「写真日本クモ類大図鑑」（千国安之輔著），pp. 213－214. 偕成社，東京．
- 原口 岳. 2015. 森林とクモ. 「クモの科学最前線」（宮下 直編），pp. 84－102. 北隆館，東京．
- 「生き物から見た東京の自然」編集検討委員会（監修）・株式会社地域環境計画（編）. 2015. 生き物から見た東京の自然－東京の環境指標種 100. 160pp. 三菱 UFJ 環境財団，東京．

表2. コガネグモの個体群密度の平均値と調査地.

調査地	2013-2014年の 個体群密度	2019年の 個体群密度
2期ともに生息確認（ <i>n</i> =28）	3.1 (2.9)	2.7 (2.1)
2013-2014年のみ生息確認（ <i>n</i> =30）	1.6 (1.2)	—
2019年のみ生息確認（ <i>n</i> =6）	—	1.0 (0.0)

個体群密度の値は、生息個体数/25m²、()内の数値は標準偏差を示す。

- Jiang, P., C.-H. Zhuo, T. -Y. Lü, Y. -H. Xiao, X. -J. Liao & C. Guo. 2012. The primary studies on the social mechanism of solitary *Argiope amoena* spiderling. *Sichuan Journal of Zoology*, 31(5) : 689-695.
- Miyashita, T., M. Yamanaka & M. H. Tsutsui. 2015. Distribution and abundance of organisms in paddy-dominated landscapes with implications for wildlife-friendly farming. In: *Social-Ecological Restoration in Paddy-Dominated Landscapes*. (eds. Usio, N. & T. Miyashita), pp. 45-65. Springer, Tokyo.
- 関根幹夫. 2014. 奈良県におけるコガネグモ *Argiope amoena* の分布と個体群サイズ. *地域自然史と保全*, 36 (2) : 115 – 124.
- Shimazaki, A. & T. Miyashita. 2005. Variable dependence on detrital and grazing food webs by generalist predators: aerial insects and web spiders. *Ecography*, 28: 485-494.
- 新海栄一. 2017. コガネグモ. 「日本のクモ 増補改訂版」(新海栄一著), p. 280. 文一総合出版, 東京.
- 谷川明男. 2009. コガネグモ. 「日本産クモ類」(小野展嗣編), p. 425. 東海大学出版会, 秦野.
- 吉田 真. 2015. 里山とクモ. 「クモの科学最前線」(宮下 直編), pp. 103 – 121. 北隆館, 東京.

令和元年度四手井綱英記念賞 選考理由

受賞対象論文

山西良平．2018．長期モニタリングから見た大阪湾の潮間帯生物相の変遷．地域自然史と保全, 40 (2): 115 – 127.

選考理由

過去 70 年間、日本の海岸環境が干拓、埋め立て、富栄養化、水質汚濁、浸食などによって大きく変貌する中で、海岸生物相も変化し、絶滅危惧種や外来種が増加してきた。海岸生態系や希少種の保全と外来種の予防的管理のためには、そういった変化の実態を空間的な広がりも含めて長期的に捉えるモニタリングと、その変化に影響を与えた要因の把握が欠かせない。

本研究は、大阪湾の生物を対象として、長期または広域にわたって行われた市民参加型の 2 つの調査の成果をまとめたものであり、著者はこの 2 つの調査を主導的に担ってきた主宰者の一人である。大阪湾南東部の岩礁性潮間帯での調査は、6 つの定点のそれぞれで、隔年の調査が 1981 年から 40 年間近く続けられており、調査頻度と調査期間の長さという点で、他に類を見ないものである。2008 年から毎年行われている大阪湾生き物一斉調査は、大阪湾のほぼ全域を対象とした調査範囲の広さと毎回 1000 人を超える参加者の多さという点で、陸上も含めた日本での長期モニタリングの中でも稀有のものである。

本研究では、そういったモニタリングによって把握された海岸生物相の長期的な変遷とその地域的な違いが報告されており、長期間におよぶ大規模なモニタリングの意義と価値が十分に示されている。特に、大阪湾にとっての希少種や外洋性種の記録が湾口部だけでなく湾奥でも増加する一方で、湾奥生息種の分布が縮小傾向にあるという、全国的に見ても極めて興味深い現象がはっきりと捉えられている。さらに、かつては湾全体で進行していた富栄養化の減衰（水質の改善）や 2000 年代以降に行われるようになった干潟や浅場の人為的な回復が生物相の変遷に影響を与えていることが示唆されており、海岸環境と生物相の保全・復元にとって大変に重要で有意義な考察が行われている。

以上の事由によって本論文を高く評価し、四手井綱英賞を授与することとした。

関西自然保護機構編集委員会
四手井綱英記念賞選考委員会

「地域自然史と保全」投稿規定

- 1 **刊行の趣旨** 関西自然保護機構は、「関西地方を中心とする自然の保護と自然環境の保全の方策を調査、研究し、必要な提言、助言を行う」（本会会則第2条）ことを目的としており、会誌として「地域自然史と保全」（以下、会誌という）を年2回刊行し、自然保護と保全に関する研究成果や基礎資料・情報を発信して、持続的な生存基盤としての良好な自然環境の保護と保全に貢献することを目指します。
- 2 **報文の類別** 自然保護および保全に資する原著論文、短報、総説、資料、報告、意見、書評（以下報文という）及び会記を会誌に掲載します。（1）原著論文は内容が独創的で、学術論文として価値ある結論を含むもの。（2）短報は内容が独創的で、学術論文として価値ある結論を含むが、まだ断片的あるいは萌芽的研究であり、速報性を重視し、刷り上がりがおおむね6ページ以内のもの。（3）総説は自然保護および保全に関する各分野の研究成果を示しながら解説し、問題点と展望などを総括したもの。（4）資料はデータそのものに公表の価値があると判断できるもの。解析や考察は必要に応じて記載してもよい。（5）報告は自然保護活動、研究活動あるいは各種会合の報告など、記録として残す価値のあるもの。
- 3 **投稿資格** 投稿者の少なくとも一人は会員とします。ただし編集委員長長の依頼原稿はこの限りではありません。
- 4 **投稿の方法** 報文原稿は、以下の方法で投稿してください。本文はワードファイルに、表および図の全ては1つのPDFファイルにまとめて、電子メールに添付して送付する。
- 5 **原稿の送付** 原稿送付や会誌に関する問い合わせは、別に定める編集事務局とします。
- 6 **原稿の受付** 別に定める執筆要領にしたがって書かれた報文原稿を受け付けます。編集事務局に届いた日をもって受付日とします。
- 7 **審査** 受け付けられた原著論文、短報、総説および資料の原稿は編集委員を含む複数の査読者によって審査されます。原稿の内容について編集委員長は、査読の結果に基づいて著者に修正を求めることができます。編集委員長が掲載不適当と判断した報文原稿については判断の理由を明記して著者に返送します。原著論文、短報、総説および資料以外の報文は、編集委員長が掲載の可否を判断し、必要と認めた場合には修正の依頼をすることがあります。
- 8 **受理** 審査に付された報文は審査結果を基に、編集委員長が掲載可と認めた日付をもって報文の受理日とします。審査に付されなかった報文は報文受付日を受理日とします。受理された報文原稿については、本文図表など全てを、指定した書式の電子ファイルとして編集事務局に送付してください。なお編集事務局が認めた場合には紙媒体の提出を可能とします。
- 9 **校正** 著者校正は原則として初校に限って行い、誤植の訂正にとどめてください。
- 10 **印刷費等の著者負担** 報文印刷は16頁までを無料とし、超過分は原則として著者負担とします。著者にはPDFファイルを無料配布するものとします。別刷りを希望する場合、著者負担（実費）とします。図及び写真のカラー印刷および英文校閲は、実費とします。

- 11 **著作権の帰属** 会誌に掲載される著作物の著作権（著作権法第 21 条から第 28 条までに規定する全ての権利を含む）は原則として、本機構に帰属します。
- 12 **著作権利用の許諾** 本機構に帰属する著作権を利用する場合は、本機構の許諾を必要とします。掲載論文中的図表等を自著の出版物に掲載する場合にも、本機構の許諾が必要です。ただし、会誌報文の著作者は、著作者個人あるいは著作者所属組織などのウェブサイトなどにおいて、自らの著作物を本学会刊行物である旨の出典を明記して自由に掲載できるものとします。また、本機構は学術目的のために、著作権の一部を第三者に行使させる権利を有します。これら、著作権の利用・行使にともない、本機構に対価の支払があった場合には、本機構会計に繰り入れるものとします。
- 13 **規程の改訂** この規程の改訂は編集委員会の議を経て、運営委員会の承認を得て行うものとします。

(2020 年 5 月 18 日改訂)

会誌編集事務局

〒 574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1

大阪産業大学大学院人間環境学研究科（前迫研究室）

電話 072-875-3001

FAX 072-871-1259

E-mail maesako@est.osaka-sandai.ac.jp（前迫ゆり）

編 集 後 記

新型コロナウイルス感染症は、わたしたちの生活や社会を大きく変えました。この機に、自然と人の関係性をあらためて考え、自然共生型の社会構造をめざす必要がありそうです。本誌は、刊行目的でもある「持続的な生存基盤としての良好な自然環境の保護と保全に貢献する」研究成果の発信を、今後も続けてまいります。

コロナ禍の影響で、今年度の現地シンポジウムは開催未定ですが、本号には、昨夏、大台ヶ原で行ったフィールドシンポジウム特集を掲載しています。長期的な生態調査からみえてくる自然の挙動、環境省のニホンジカ対策とその課題など、数百年周期で動いている森林生態系の現状について、貴重な記事を掲載することができました。

さて、すでに KONC ニュースとホームページでご案内しています通り、投稿規定の一部を 2020 年 5 月 18 日付で改訂いたしました。みなさまのご投稿をお待ちしています。

会員のみなさまのお健やかな日々を祈念いたします。

(地域自然史と保全 編集委員長 前迫ゆり)

■ 関西自然保護機構ホームページ

<http://www.omnh.net/konc/>

■ 「地域自然史と保全」投稿規定・執筆要領

http://www.omnh.net/konc/toukou_kitei.pdf

■ 送付状

http://www.omnh.net/konc/KONC_toukou_soufu.pdf

■ 四手井綱英記念賞に関する内規

http://www.omnh.net/konc/shidei_naiki.pdf

■ 「地域自然史と保全」42 巻 1 号の PDF は以下の URL にて公開しています。

ログインのための ID とパスワードは KONC ニュースをご覧ください。

http://www.omnh.net/konc/konc_member