

第 2 章

兵庫県におけるニホンジカの科学的モニタリング に基づく順応的管理の評価と展望

藤木 大介^{1*,2}・高木 俊^{1,2}

¹兵庫県森林動物研究センター

²兵庫県立大学自然・環境科学研究所

要 点

- ・順応的管理の構築の視点から、兵庫県のニホンジカを対象とした特定鳥獣保護管理計画（シカ特定計画）の成果と課題、今後の方向性について議論した。
- ・2000年度（最初のシカ特定計画の策定）から2009年度までの期間中に、シカの生息密度・農業被害・森林生態系被害に関するモニタリング・データの収集体制が整備された。しかし、この期間を通して推定生息頭数は過小評価であり、計画の目的とするシカの生息頭数の低減には至らなかった。
- ・2010年度に、生息密度指標–被害データの分析に基づく目標設定手法が導入された。状態空間モデルを用いた個体数推定手法とその将来予測から、目標を達成するための捕獲計画が策定されるようになった。
- ・2010年度以降は、計画的に年間30,000頭以上の捕獲を継続した結果、県本州部におけるシカの推定生息頭数は2016年度以降、減少に転じた。一方で、個体数管理の進捗は市町間で大きな格差があるという新たな課題も浮き彫りとなった。
- ・今後は、市町レベル或いは集落レベルからの積み上げによるきめ細かい管理を進める一方、近隣府県と連携した広域管理体制の構築も検討する必要がある。

Keywords: 計画的捕獲、個体数推定、特定計画、目標設定

Evaluation of adaptive management based on monitoring data analyses of local sika deer populations in Hyogo Prefecture, Japan

Daisuke Fujiki^{1*,2} and Shun Takagi^{1,2}

¹ Wildlife Management Research Center, Hyogo

² Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo

Abstract: This study discusses the deer management plan established by the Hyogo Prefectural government as a method of adaptive management. Monitoring data have

been collected since 2000, when the first management plan was established. However, from 2000 to 2009, no decreases in local deer populations were observed due to the underestimation of the initial population size. In 2010, a numerical target for population management was developed using the monitoring data collected since 2000. Moreover, a capture plan for achieving this target was devised based on population dynamics determined using fictive capture plans with a state-space model. Following this capture plan, more than 30,000 deer have been caught annually since 2000. As a result, an overall decrease in population size was observed in 2016. However, the success of the population management plan differed among municipalities within the prefecture. In the future, a management plan based on fine-scale data analysis at the municipal or community level is needed, along with a wide-scale management plan aimed at cooperation with adjacent prefectures.

Keywords: establishment of target, management plan, planned capture, population size estimation

2-1. はじめに

1999年の鳥獣保護法の改正で特定鳥獣保護管理計画（以下、特定計画）が創設された。特定計画とは、都道府県が自ら計画を立て、個体数管理、被害管理、生息地管理を通じて、科学的・計画的な野生動物管理を実施するしくみである。野生動物は、複雑な生態系の中で生きているため、その生息状況の把握や人為的な影響を予測することが困難である。このため特定計画では、順応的管理（Adaptive management）あるいはフィードバック管理と呼ばれる手法を採用している。この手法は、一般社会の経営管理で提唱されているPDCAサイクルのことである。すなわち、計画の策定（Plan）、計画の実行（Do）、計画の評価・見直し（Check）、計画の修正（Action）、そしてさらなる実行（Do）へとつなげる循環のシステムである。このような順応的管理を支えるものは、計画の策定時、あるいは計画の評価・見直し時の基盤情報となる科学的データのモニタリング体制である。野生動物の生息頭数、生息環境、被害状況など計画策定とその評価・見直しに当たっての必要な科学的データを収集するモニタリング体制をいかに適切に構築できるかは、順応的管理の“質”を左右する大きな問題といえる。日本の科学的・計画的な野生動物管理は、特定計画の創設以来、各地でその方法論に関して試行錯誤的取り組みが続いてきた。兵庫県でも2000年度にニホンジカ（以下、シカ）を対象にした初めての特定計画を策定して以来（図2-1）、個体数・生息環境・被害に関するモニタリング体制の整備に努める共に、そこで収集されたデータの分析結果に基づいて順応的管理を進めてきた。そこで本稿では、兵庫県のシカの特定計画（以下、シカ特定計画）における科学的モニタリングに基づく順応的管理の取り組みについて概観する。兵庫県のシカ特定計画における順応的管理の取り組みは、概観すると以下の4つに分けることができる：1）必要なモ

ニタリング体制の構築を進めた期間（2000年度～2009年度）、2）兵庫県独自の目標設定手法への転換期（2009年度～2010年度）、3）目標設定に基づいた個体数管理を進めた期間（2010年度～2017年度）、4）2010年度以降の管理の評価を踏まえた新たな展開の期間（2017年度以降）。そこで本稿では、それぞれの期間の総括を通して、主に順応的管理の構築の視点から、兵庫県のシカ特定計画の成果と積み残された課題を論述するとともに、今後の方向性についても議論した。

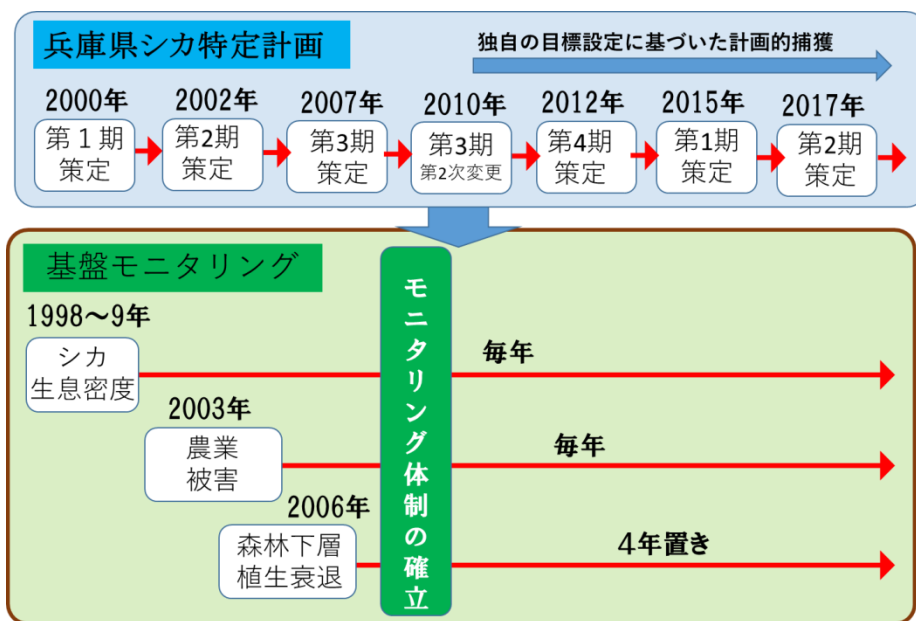


図 2-1. 兵庫県におけるシカ特定計画の変遷の概要。2014 年度までは特定鳥獣保護管理計画として、2015 年度以降は第 2 種特定鳥獣管理計画として策定。

2-2. 科学的モニタリング体制の構築期（2000 年度～2009 年度）

兵庫県ではシカの管理のための基盤となるモニタリング調査として、1）生息密度の把握に関する調査、2）農業被害の把握に関する調査、3）森林下層植生の衰退に関する調査の 3 つを実施している。これらの調査のうち、最初に収集体制が確立したのは 1）に関するモニタリングである。兵庫県のシカ特定計画では、生息密度指標として当初から現在に至るまで「目撃効率」と「糞塊密度」という 2 つの指標を主に用いている。これらのモニタリング調査はシカ特定計画の策定に先立って（1998 年度～1999 年度）導入された（図 2-1）。目撃効率とは、狩猟者から報告されるシカの見撃情報に基づいて算出される密度指標データである（藤木ほか 2007；栗山ほか 2018a）。本データを収集するために兵庫県では、毎年度、狩猟登録をした狩猟者へ猟期前に出猟カレンダーという調査票を配布し、データの収集を依頼している。調査票には、出猟日毎に出猟場所（約 5 km × 4 km の 5 倍地域メッシュ単位）、目撃したシカの頭数を記入する項目がある。猟期終了後、県は調査票を回収し、メッシュ単位で出猟日当たりのシカの平均目撃頭数（目撃効率）を算出することで、メッシュ単位でのシカの相

対密度を把握するための指標としている。一方、糞塊密度は、5 倍地域メッシュ内の森林の尾根上に 5~6 km の踏査線を設定し、毎年 10~11 月に調査員が、踏査線左右 1 m 内のシカの糞塊数をカウントする調査である（濱崎ほか 2007）。踏査距離という努力量当たりのシカの糞塊の発見数を当該メッシュにおけるシカの密度指標とするものである。この調査は導入されて以来、現在に至るまで毎年 60 メッシュ以上で継続的な調査が実施されている。

農業被害の把握に関する調査は 2003 年度に導入された。県内約 4200 の農業集落を対象に、農地・集落周辺における野生動物の生息・分布、農林業・生活被害の状況と、それに関する集落での対策について毎年アンケート（以下、鳥獣害アンケート）を実施する体制を整備した。アンケート導入初期は調査協力が得られない市町があったことから回答率が 40%程度に留まっていたが（坂田 2010）、年を追うごとに調査協力が得られる集落数が増加し、2009 年度には回答率が 68%まで上昇し、2014 年度以降は回答率が 80%以上、約 3400~3500 集落からコンスタントに回答が得られるようになっている（栗山ほか 2018b）。

森林下層植生の衰退に関する調査は 2006 年度に導入された。当時、シカの食害による落葉広葉樹林の下層植生衰退は局所的には報告されていたものの（藤木ほか 2006; 尾崎 2006）、そのような衰退がどの程度の空間的広がりをもつものかは全く把握できていなかった。この理由としては、この当時、空間的な衰退の広がりを把握する調査手法が確立していなかったことが挙げられる。そこでチェックシート方式による簡易植生調査を採用することで、比較的低労力・予算で広域かつ多地点で調査が可能となる手法を導入した（藤木 2012a; 藤木ほか 2014a）。得られた調査データを基に方法論的な検討を進めた結果、1）低木層の被度を用いた指標（下層植生衰退度、または SDR）によって、シカの採食による下層植生の衰退程度が評価できること（Kishimoto et al. 2010）、2）森林生態系の全体的な衰退も評価できること（Fujiki et al. 2010; 近藤 2017; Seki et al. 2014）、3）地理情報システム上で空間内挿処理を施すことにより、県域スケールで被害の面的な広がりも高精度で推定できることが明らかとなった（藤木 2012b）。その後、4 年間隔で調査を繰り返すことにより、被害の経年変化も定量評価できることが確認できたことから（藤木 2012b）、シカによる落葉広葉樹林の下層植生衰退の広域モニタリング手法としての有用性を示すことができた。その後、本手法は近隣府県においても相次いで導入されることになり、2019 年 1 月現在、11 府県で県域スケールでの被害マップが作成されている（藤木ほか 2014b; 福本ほか 2018; 幸田ほか 2014; 角田ほか 2017）。

2000 年度に初めてのシカ特定計画（兵庫県 2000）を策定して以降、計画は 2002 年度（第 2 期; 兵庫県 2002）と 2007 年度（第 3 期; 兵庫県 2007）の 2 回にわたって改訂された（図 2-1）。この期間における県内のシカ生息頭数は、2 通りの手法によって推定されている。第 2 期までは、糞塊密度と区画法の関係に基づいて生息頭数が推定された。第 3 期計画では、Harvest-based estimation という手法が採用された。Harvest-based estimation は、簡単にいうと、シカの捕獲数と密度指標の変動の関係を分析することで生息頭数を推定するモデルである（Matsuda et al. 2002）。これらの手法を用いて県本州部の個体数を推定した結果、前

者が 31,178 頭（1999 年時点の値、95%信頼区間を含めると 2,172～60,061 頭）となり（野生動物保護管理事務所 2000）、後者が 42,000～69,000 頭（2005 年時点の値）となった（兵庫県 2007）。この期間、これらの推定生息頭数と増加率に基づいて、自然に増加する頭数以上となるような捕獲目標頭数が設定され、計画的捕獲が進められた。その結果、シカの捕獲頭数は 2000 年度の約 10,000 頭から 2009 年度の約 20,000 頭まで概ね計画通りに増加した（図 2-2）。一方、生息密度指標をみると、目撃効率の平均値は僅かに減少傾向を示したものの、糞塊密度の平均値は増加傾向を示す結果となり、目標に掲げたようなシカの個体数の低減が認められなかった。現在から振り返ると、第 1～3 期までの期間の推定生息頭数は過小評価だったと評価せざるを得ない（高木 2019）。

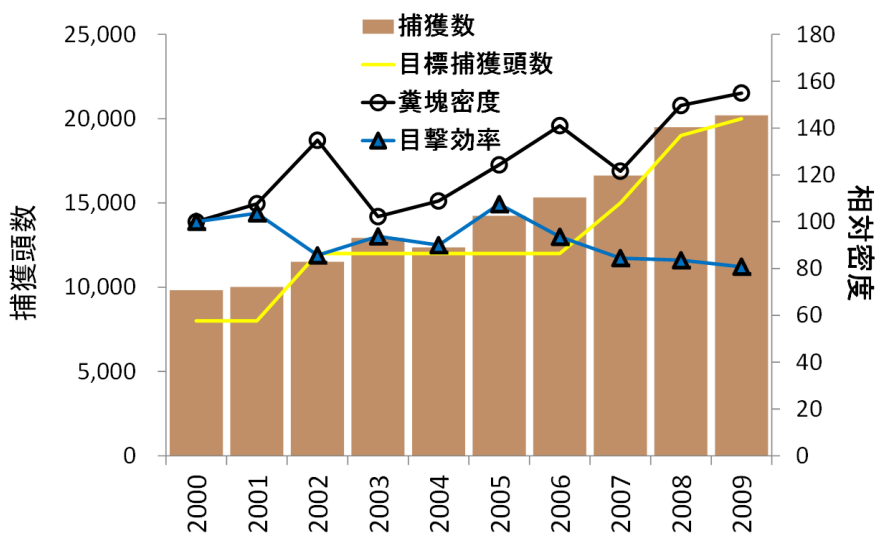


図 2-2. 兵庫県本州部におけるシカ捕獲頭数と生息密度指標の動向（2000 年度～2009 年度）。糞塊密度と目撃効率は、2000 年度の値を 100 とした場合の、相対値の変動を表す。

推定生息頭数が過小評価になった理由としては、以下の点が考えられる。まず第 2 期までのシカ特定計画で採用されていた推定手法は、収集した糞塊密度データを生息密度に換算するに当たって、区画法から得られた生息密度と糞塊密度の関係式に基づいて算出していた。しかし、区画法調査では一定の割合で個体の見落としがあることを考えると、実際の生息密度より過小評価になってしまう傾向があることが考慮されていなかったものと考えられる。第 3 期で採用された Harvest-based estimation に基づいた手法は、個体数の動態プロセスを数式化したうえで、密度指標と捕獲頭数の時系列的な変動データに基づいて、個体数を推定するものである。この手法は時系列的な生息頭数の変化を算出できるという点で前述の手法より方法論的に優れていた。しかし、生息頭数の算出に当たっての重要なパラメータとなる自然増加率については、兵庫県における実測データがなかったために、妊娠率調査からの推定や他地域のデータを参考に設定していた。その結果、自然増加率の仮定次第で推定値が変化することとなった。また、目撃効率と糞塊密度の時系列的な動向が異なっていたため、採

用する密度指標次第で推定される生息頭数やその動向が異なるという問題も生じた（横山・坂田 2007）。さらに目撃効率と糞塊密度ともに、観測期間中の積雪や気温の影響によって特有のバイアスがかかる傾向があるが（濱崎ほか 2007）、これらのバイアスを適切に処理することもできなかった。これらの要因が重なりあった結果、第3期に採用された手法においても推定生息頭数は過小評価になった。

第1～3期までの期間を通して、個体数管理で目標とすべき生息頭数は15,000頭に設定されていた。この数値は、「ニホンジカ特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル」（環境省 2000）で示された森林被害が出ないとされるシカの生息密度水準（ $< 3\text{--}5$ 頭/ km^2 ）に準拠して決定された。しかし、環境省が示したこの数値は他県の限定された地域における調査データから導き出された暫定的な数値に過ぎないことから、そこで設定された生息密度水準を兵庫県に適用することの妥当性に関する科学的根拠は乏しかった。このため兵庫県内での生息密度と被害の関係を把握できるようなモニタリング体制を整備することが、第1～3期のシカ特定計画における一貫した課題となった。これらの問題意識から、前述したように、鳥獣害アンケートと森林下層植生衰退調査という2つの基盤モニタリング調査がこの期間、整備されたが、これらの調査データを生息密度指標と関連づけて、目標とすべき生息密度水準を決定できるような段階まで計画を進展させることができなかった。この理由としては、これら2つのモニタリング調査が軌道にのったのが、この期間の終期になってからだったことが挙げられる。また、2007年度に森林動物研究センターが設置されるまでは、シカ特定計画にかかる調査分析から策定にかかる役割を集約した研究拠点が存在しなかった点も挙げられる。

2-3. 兵庫県独自の目標設定手法への転換（2010年）

2007年度に兵庫県の野生動物管理のための拠点施設である森林動物研究センター（以下、センター）が開設された。これ以降、センターが特定計画の策定に必要なモニタリング・データの収集から分析に至る工程を一元的に管理する体制が確立した。センター設立後、シカ特定計画において、まず着手したのは「目撃効率」と「農業被害」及び「森林下層植生衰退」の関係の分析である。分析の結果、目撃効率が高まるにつれ、シカによる農業被害と下層植生の衰退の双方が深刻化する傾向があることが明らかとなった（図 2-3）。森林下層植生衰退調査の分析から、被害ランクが衰退度2以上になると強度の土壌侵食の発生確率が急激に高まることが示された（藤木ほか 2014a）。また、シカの影響による森林生態系の改変の許容できない水準について検討した結果、「土壌侵食が発生するレベルの被害は許容できない」という結論となった。さらに目撃効率と下層植生衰退度及び農業被害の関係の分析から、目撃効率が1.0未満の地域では衰退度2以上の林分が存在しないのみならず、農業被害がほとんど発生していない集落が6割近くに達することが明らかとなった（図 2-3）。以上の分析結果を踏まえて、2010年10月に改訂されたシカ特定計画（第3期・第2次変更；兵庫県 2010）では、県本州部の個体数の管理目標値が、15,000頭から目撃効率1.0未満に変更された。

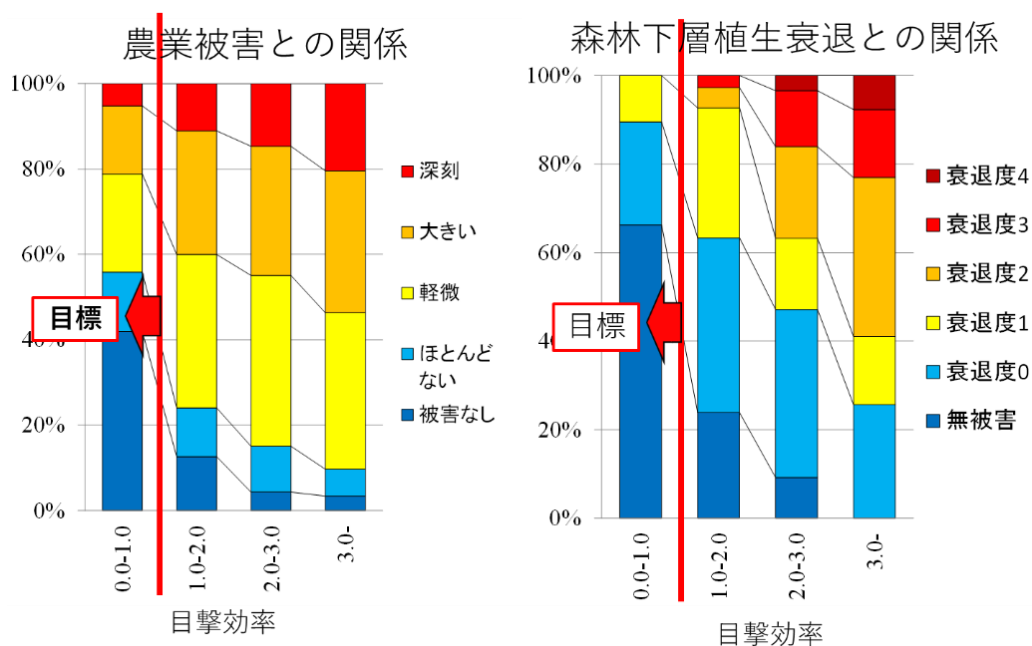


図 2-3. 目撃効率と農業被害および下層植生衰退度の関係。

続いて検討されたのは、目撃効率 1.0 を達成するための個体数管理の計画である。2009 年度まで採用されていた個体数推定手法では、推定生息頭数が常に過小評価となっており、計画通りに捕獲を進めていっても、シカの個体数の低減を達成することができなかった（横山・坂田 2007）。そこで、2000 年代の終わりに個体数推定手法の一つとして用いられるようになった状態空間モデルを用いた階層ベイズ推定法（以下、状態空間モデル）を採用することとなった（松本ほか 2014; 坂田ほか 2012）。この手法は、Harvest-based estimation の枠組みをもつものの、第 3 期計画で採用されていた手法の欠陥のいくつかを補う手法である。例えば、捕獲頭数や密度指標などの観測可能なデータを用いて、自然増加率のような、観測データの背景にある観測できない個体群動態のパラメータを推定することが可能である。また、目撃効率と糞塊密度のように挙動が異なる複数の密度指標を一つのモデルの中で扱うことが可能になることから、一つの密度指標を使う場合よりもサンプル数を増やすことができるうえ、個々の密度指標がもつバイアスの影響を緩和することも可能になる。新たに採用した状態空間モデルを用いて 2009 年時のシカの生息頭数と年間自然増加頭数を推定した結果、中央値でそれぞれ約 144,000 頭と約 22,000 頭と推定された（兵庫県 2010）。また、3 通りの捕獲シナリオ（今後、継続的に 20,000 頭捕獲、30,000 頭捕獲、40,000 頭捕獲）に基づいて生息頭数の将来予測を実施した結果、現状の 20,000 頭捕獲では増加する可能性の方が高いこと、目撃効率 1.0 未満までシカの生息頭数を減少させるためには少なくとも継続的に 30,000 頭以上の捕獲を実施していく必要であることが示された（図 2-4）。

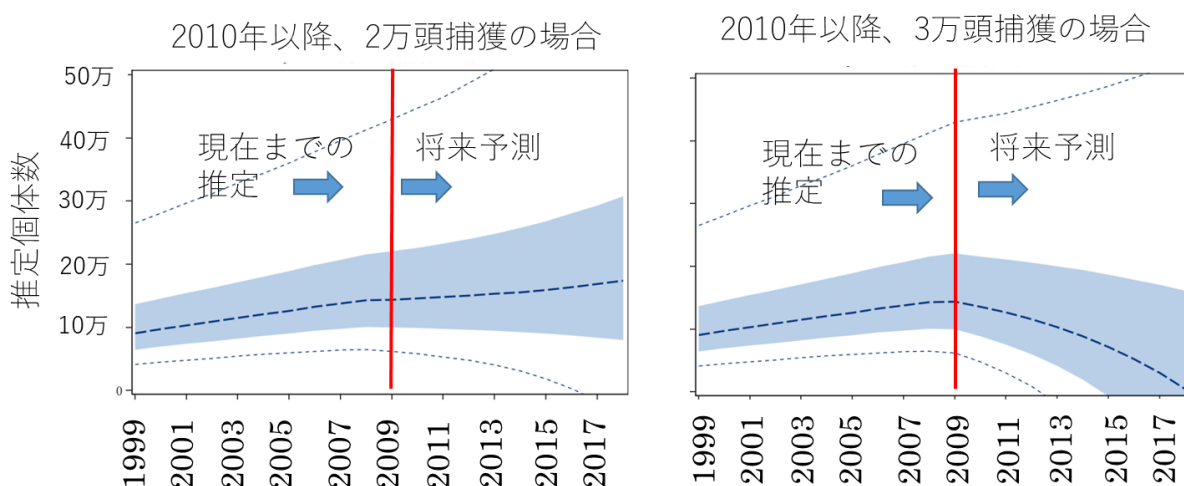


図 2-4. 兵庫県本州部におけるシカの個体数推定と将来予測。中央の太い破線は中央値、網掛け部と細い破線はそれぞれ 50%と 90%の信用区間を表す。藤木ほか (2014a) からの転載加工。

2-4. 目標設定後の個体数管理の成果と課題 (2010~2017 年度)

捕獲シナリオ毎の生息頭数の将来予測結果に基づいて、2010年10月に改訂されたシカ特定計画(第3期・第2次変更)では、兵庫県本州部のシカの年間捕獲目標頭数を、前年度までの20,000頭から30,000頭へと1.5倍に引き上げた(兵庫県2010)。さらに、引き上げられた年間捕獲目標頭数を達成するための方策として、狩猟期間中の報奨金制度の新設や、有害鳥獣捕獲報奨金単価の引き上げ、シカ捕獲専任班の編成などの施策が進められた。この結果、2010年度は兵庫県本州部で約35,000頭、2011年度は約33,000頭のシカを捕獲することができ、年間捕獲目標頭数を達成することができた。2012年度には最新のデータを追加して個体数推定を実施した結果、年間捕獲目標頭数のさらなる引き上げが必要であることが判明し、2013年度は年間捕獲目標頭数を33,500頭まで引き上げた(兵庫県2013)。さらに2016年度からは年間捕獲目標頭数を43,500頭まで引き上げて現在までに至っている(兵庫県2016)。2010年度以降、県本州部におけるシカの年間捕獲頭数は2017年度を除いて、年間捕獲目標頭数を達成することができ、2015年度には捕獲頭数が過去最多の45,569頭に達した(図2-5)。

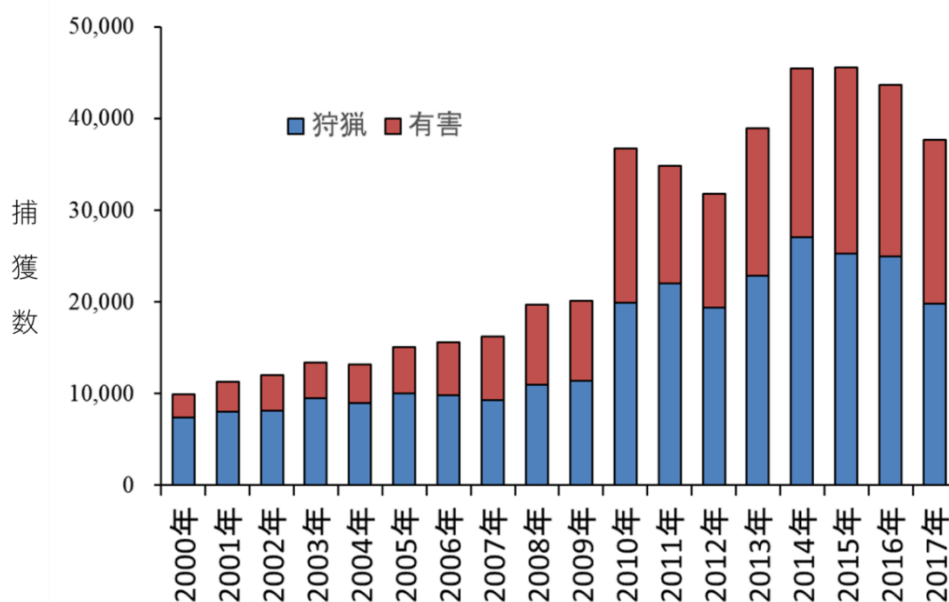


図 2-5. 兵庫県本州部におけるシカの捕獲数の推移。

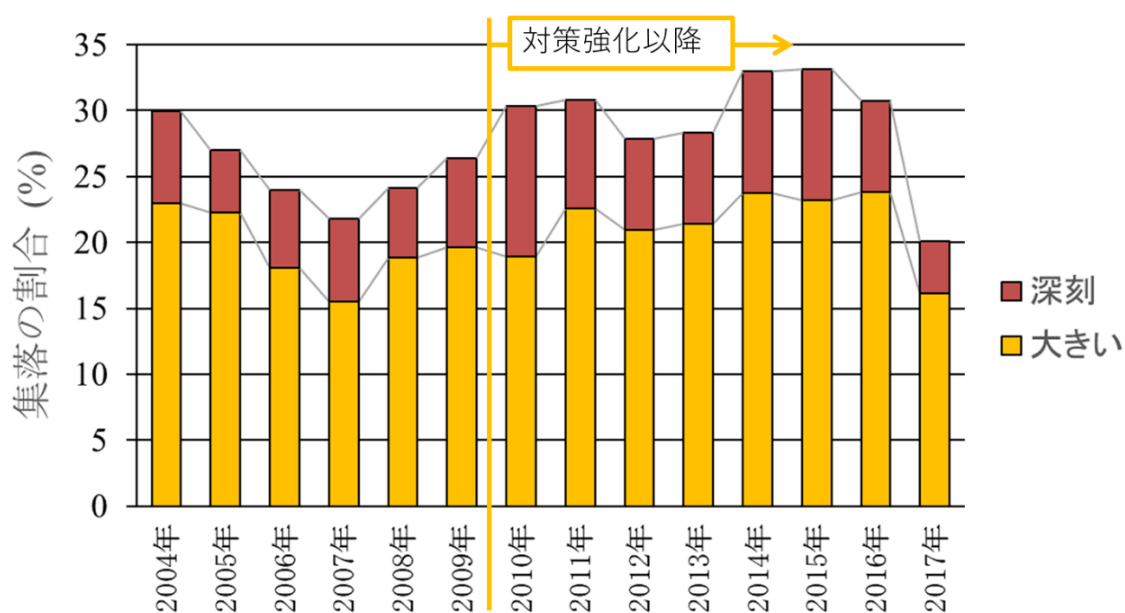


図 2-6. 鳥獣害アンケートにおいて農業被害が深刻または大きいと回答した集落割合の兵庫県本州部における推移。

このように状態空間モデルに基づいた個体数推定と捕獲シナリオ毎の将来予測結果に基づいて計画的に捕獲を進めていた結果、最新（2017年度まで）の個体数推定結果では、県本州部のシカの生息頭数は、2010年度～2014年度にかけて頭打ちに達し、2015年度から減少へと転じたものと推定されている（高木 2019）。さらに鳥獣害アンケートに基づいて、農業被害が深刻または大きいと回答した集落割合の年次変動をみると、2007年度以降、増加傾

向だった割合が、2014～2015年度にピークに達し、2016年度から減少傾向へと転じていることが見て取れる（図 2-6）。農林業被害額を見ても2010年から2017年度の間に半減したことが報告されている（井上・高木 2019）。森林の下層植生衰退の進行に着目すると、2006年度～2010年度の期間は県本州部の約4割の落葉広葉樹林で衰退度が増加していたのに対し、2010年度～2014年度の期間では約2割、2014年度～2018年度の期間には約1割と衰退度の増加面積は減少している（藤木 2012b, 2017）。以上のように、生息頭数、農業被害、森林下層植生衰退の動向から、2010年度以降の目標設定に基づいた計画的捕獲には、生息頭数の低減と被害の軽減に一定の効果があったものと評価できる。しかし、状態空間モデルの導入時（2009年時点）の将来予測結果では、30,000頭以上の捕獲を継続すれば、7年後には50%以上の確立で目撃効率1.0まで生息密度が低減されると予測された（兵庫県 2010）のに関わらず、実際が目撃効率の減少は鈍く、県本州部平均でピーク時（2010年）の2.13から1.50（2017年）へと減少したに過ぎない。

2010年度以降の計画的捕獲が、当初期待されたほどの効果が出なかった理由については、この期間の捕獲の評価を市町レベルで実施することで、理解できる。兵庫県では2010年度以降、シカ特定計画の中で策定される年度別実施計画において市町毎の最低年間捕獲目標頭数（以下、目標頭数）を提示していた。この市町毎の目標頭数は、県本州部全体の目標頭数を、各市町が目撃効率と森林面積の違いに応じて重みづけしたうえで、各市町に割り振ったものである（兵庫県 2013, 2016）。2010年度～2017年度の期間における累積目標頭数に対する実際の捕獲達成率（以下、達成率）を市町間で比較してみた結果、市町間で4%～295%と極めて大きな相違があることが判明した（図 2-7a）。達成率が75%未満の市町は、県本州部の北西部と南東部に集中して存在しており、いずれも近年になって分布拡大し（栗山ほか 2018b）、シカの生息密度が高まっている地域（高木 2019）であった。次に、2010年度～2017年度における農業被害が深刻または大きい集落割合の増減傾向を市町別にみると、達成率が75%を超える市町の大半で、上記集落の割合が減少傾向を示したのに対し、75%未満の市町の多くでは増加傾向を示した（図 2-7b, 2-8）。さらに各市町の達成率（2010～2013年度）と下層植生衰退度の平均ランク変化（2010～2014年度）の関係を見てみても、達成率が100%を大幅に下回る市町を中心に、植生の衰退が進行していることが示された（藤木 2017）。市町別にシカの生息頭数を推定した結果でも、概ね達成率に応じて、1）生息頭数の明確な減少傾向を示す市町、2）生息頭数が頭打ちを示す市町、3）生息頭数が増加傾向を示す市町の3タイプに分かれることが示された（高木 2019）。以上のことから、2010年度以降の計画的捕獲は、その達成程度において市町間で大きな格差が存在しており、その結果として1）生息頭数や被害の動向においても大きな市町格差が生じていること、2）計画通りに捕獲が進まない市町が存在するため、県本州部全体としても当初期待されたほどの捕獲効果が出なかったことが明らかとなった。

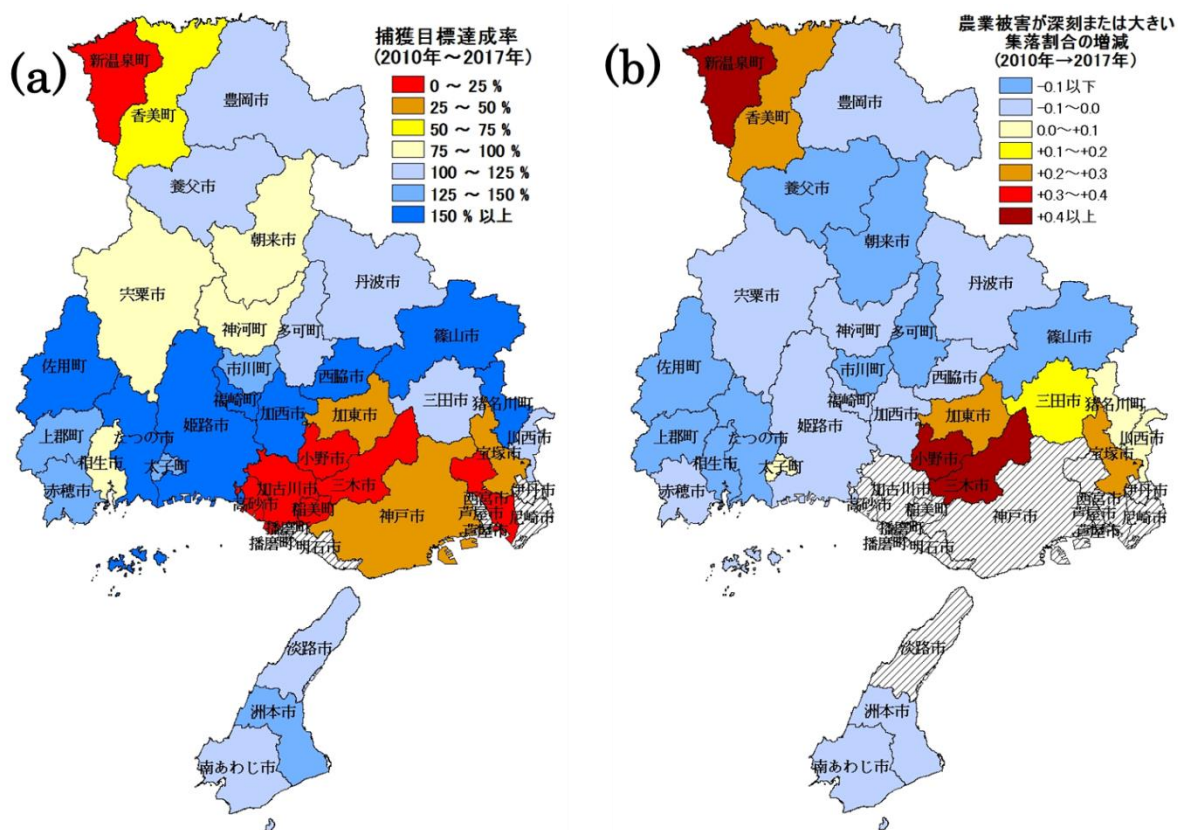


図 2-7. 各市町における 2010 年度～2017 年度の期間の (a) 捕獲目標達成率と (b) 農業被害が深刻または大きい集落割合の市町別増減。

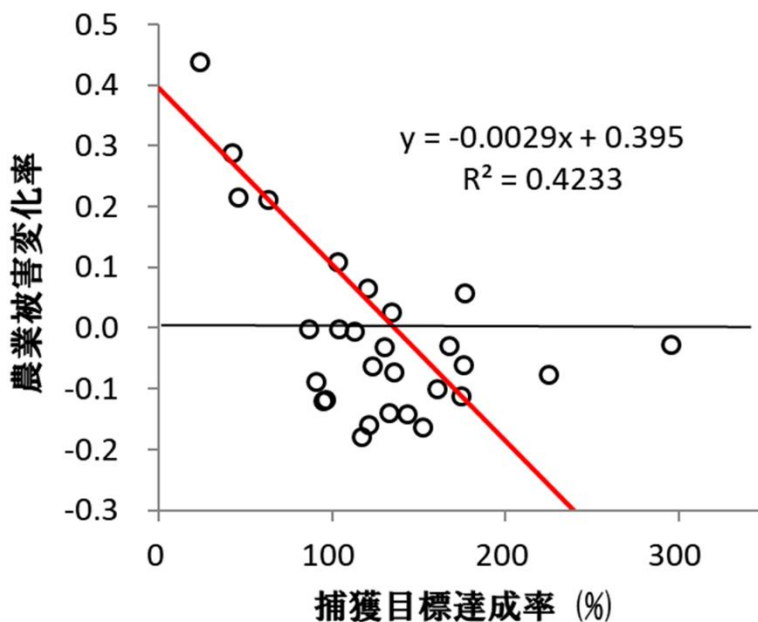


図 2-8. 2010 年度～2017 年度の期間における市町単位での捕獲目標達成率と農業被害変化率の関係。

2-5. 2017年以降の成果と今後の展望

2010年度以降のシカ特定計画の取組みを評価した結果、市町レベルや集落レベルでの目標設定とその効果検証、さらには課題の抽出と解決に向けての努力へと、ローカル・スケールからの積み上げを伴うきめ細かい管理が、全県的な管理目標を達成するために、不可欠であることが明らかとなった。今後のシカ特定計画の取組みは、このような方向性を進めることが重要となるだろう。

基盤モニタリングを中心に長期的なデータの蓄積の結果、ここ数年の間に、市町レベルや集落レベルのきめ細かな分析も進みつつある。個体数推定に関しては、前述したように市町レベルでのシカの生息頭数とその動向の推定の試みがなされてきている（高木 2019）。しかし現状では、市町間で使用できるデータ量にばらつきがあることから、その推定精度は市町間で大きな差がある。近年になってシカが分布拡大し、著しく増加している市町の正確な生息頭数の動向把握が特に重要であるが、密度指標の一つである糞塊密度調査は、1990年代後半の県内におけるシカの密度分布に基づいてモニタリング調査設計がなされているため、その当時シカが分布していなかった市町におけるデータの収集体制が手薄となっている。もうひとつの重要な密度指標である目撃効率は、県下から広くデータが収集されているが、銃猟禁止区域が大きく広がる県南東部についてはデータが不足している。今後、管理のために費やされる予算や人材が削減される中、単純にモニタリング調査を拡充することが困難であることを考えると、市町レベルでのより実用的な予測を進めて行くためには様々な創意工夫が求められるだろう。

農業被害に関しては、鳥獣害アンケートに基づく農業被害程度と目撃効率の関係性に基づいて、個体数管理の目標設定がなされてきた（図 2-3）。しかし、集落周辺の森林率を考慮して、これらの関係を再分析した結果、生息密度が同程度でも森林率が高いほど被害が高くなることが明らかとなった（高木ほか 2018）。また、目撃効率よりも、集落周辺で設置されることの多い箱わなでの捕獲効率の方が、農業被害程度との関係性が深かった。以上の分析結果からは、被害対策を効果的に進めるためには、周囲の森林率が中程度（1 km バッファで 30–60%）の場合は捕獲を、森林率が 60%以上の場合は捕獲以外にも防護柵などの対策を選択した方が望ましいことが結論付けられた。シカによる農業被害の発生は、単純にシカの生息密度だけで決定されるものではなく、集落周辺の景観構造や防護柵の設置・管理状況、捕獲の実施・協力体制など複数の要因によって決定されるものである。したがって、今後はこれら生息密度以外の要因も加味し、集落レベルでの被害リスクを評価したうえで、個々の集落の実情に応じた被害対策を進めるとともに、それに対応した個体数管理の目標を設定していく必要がある。

森林下層植生の衰退に関しては、2016年度までは、シカの目撃効率と下層植生衰退度との相関に基づいて、下層植生衰退防止のための目標とすべき生息密度水準（土壌侵食が発生しない目撃効率 1.0）が定められてきた（藤木ほか 2014a; 岸本ほか 2012）。しかし、現実の

下層植生は、単純にシカの生息密度に依存して変化するものではない。将来の下層植生の量は、シカの採食量と現在の下層植生の成長量の差分によって決定されることから、現在の下層植生の量は、将来の下層植生の量の重要な決定要素となる。2006年度以降、目撃効率と下層植生衰退度の時系列変化のデータを県本州部全域で蓄積した結果、シカの生息密度と下層植生の過去の履歴の両方を考慮した下層植生変化の予測モデルを構築することが可能になった（高木ほか 未発表）。その結果、1）従来目標値である目撃効率 1.0 を達成するだけでは下層植生の衰退の進行を止めることしかできないこと、2）下層植生の回復を促すには目撃効率を 0.5 程度まで低下させる必要があること、3）本格的な下層植生の回復を導くには目撃効率 0.5 未満の状態にシカ密度を長期的に維持する必要があることが予測された（図 2-9）。

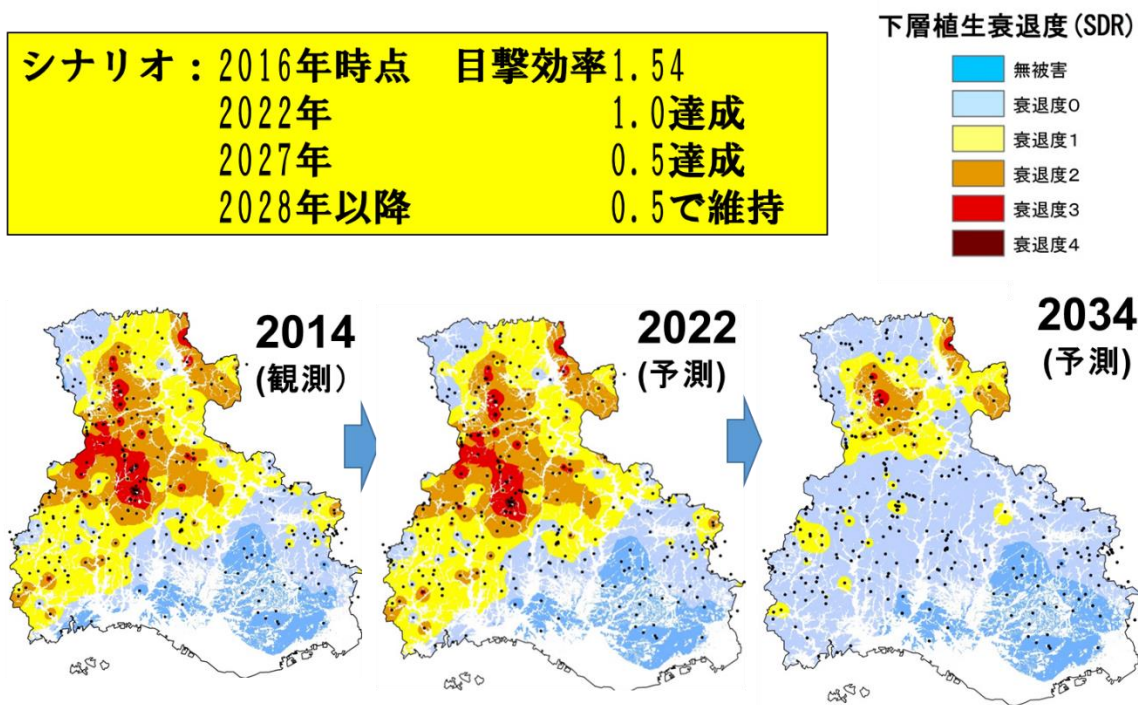


図 2-9. シナリオ分析に基づく下層植生衰退度の将来予測。2022 年度に県本州部平均で目撃効率を 1.0 まで減少、2027 年度には目撃効率を 0.5 まで減少させる。その後は目撃効率 0.5 の状態を維持した場合の変化を表す（高木ほか 未発表）。

この結果に基づいて、2017 年度に改訂されたシカ特定計画では、森林下層植生の回復を目指すためにシカの長期的な管理目標値を目撃効率 0.5 とすることが決定された（兵庫県 2017）。しかし現状では、モニタリング・データから下層植生が回復傾向の地域が明瞭に検出されていないことから、観測誤差の影響が大きい不確実性を伴うモデルとなっている。さらなるデータの蓄積を進めることで、より信頼性の高い予測モデルに改善していくことが求められる。しかし、これまで全く示すことができなかった下層植生を回復させるためのシカの管理目標値を暫定的ではあるものの、国内において初めて示すことができたことは順応的管理の観点からは大きな進展であったと評価できる。

捕獲情報のモニタリング体制も転換期を迎えている。兵庫県ではシカの捕獲頭数に占める狩猟捕獲の割合が高く 2002 年度までは 70%を超える割合を占めていたのが、徐々に有害鳥獣捕獲の割合が増加し、2017 年度には 53%と、狩猟による捕獲と有害鳥獣捕獲の割合は同程度となっている（図 2-5）。目撃効率や捕獲効率などの指標は、狩猟期の出猟カレンダー調査をもとに集計されているが、地域によっては捕獲の大半を占めることもある有害鳥獣捕獲に関しては、市町別の捕獲頭数が集計されている程度である。現在は、有害鳥獣捕獲情報についても狩猟と同様にメッシュ・集落・座標単位で情報を収集するシステムが構築されているが、捕獲形態が変化していく中で、有害鳥獣捕獲期の密度指標や捕獲位置情報を効率的に収集・蓄積し続ける運用体制が必要である。こうした捕獲事業に伴うデータの収集には市町と県の連携が不可欠であり、協力体制の維持には、県が収集したデータの分析結果を市町の被害防止計画に反映させやすい形で還元することが求められる。

最後に、シカの地域個体群は、通常、県境をまたいで複数の都府県に分布しているものであり、兵庫県においても同様である。したがって、個体数管理は一つの県で完結するものではなく、同一の地域個体群を有する都府県が足並みを揃え実施することで、より効果的な取り組みとなりうる。現在、ツキノワグマに関しては兵庫県は近隣 4 府県（鳥取・岡山・京都・大阪）と広域協議会を結成して、地域個体群全体を包括した広域モニタリングと管理計画の実施体制の構築が進みつつある。また、関東山地では国の機関と構成 5 都県（埼玉・群馬・長野・山梨・東京）で、シカを対象にした広域協議会を結成して、広域管理指針を策定し、国・各都県間の役割分担を明確にしたうえで管理を進めている（奥村・羽澄 2013）。兵庫県では、これまで捕獲の進みにくい県境域の一部地域を対象に、隣接府県（京都府と鳥取県）と合同捕獲を進めてきた。しかし、より効果的な取り組みに発展させていくためには、地域個体群全体を対象に統一的な手法で個体数推定が可能な体制を構築し、その分析に基づいてエリア毎の個体数管理計画を策定し、構成府県がそれぞれの役割分担の下に計画的な捕獲や被害対策を実施していくことが望ましいであろう。

引用文献

- 藤木大介（2012a）ニホンジカによる森林生態系被害の広域評価マニュアル。「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」，兵庫ワイルドライフモノグラフ，4: 2-16
- 藤木大介（2012b）兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる下層植生の衰退状況—2006 年から 2010 年にかけての変化。「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」，兵庫ワイルドライフモノグラフ，4: 17-31
- 藤木大介（2017）兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカの影響による下層植生衰退度の変動と捕獲の効果（2010 年～2014 年）。「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術 II」，兵庫ワイルドライフモノグラフ，9: 1-16

- 藤木大介, 鈴木牧, 後藤成子, 横山真弓, 坂田宏志 (2006) ニホンジカ (*Cervus nippon*) の採食下にある旧薪炭林の樹木群集の構造について. 保全生態学研究, 11: 21–34
- 藤木大介, 鮫島弘光, 坂田宏志 (2007) 兵庫県における大・中型野生動物の生息状況と人との軋轢の現状. 兵庫県立人と自然の博物館 自然環境モノグラフ 3号, 兵庫県立人と自然の博物館, 三田
- Fujiki D, Kishimoto Y, Sakata H (2010) Assessing decline in physical structure of deciduous hardwood forest stands under sika deer grazing using shrub-layer vegetation cover. *Journal of Forest Research*, 15: 140–144
- 藤木大介, 岸本康誉, 内田圭, 坂田宏志 (2014a) 兵庫県における森林生態系保全を目的としたニホンジカ対策: 広域モニタリング・データに基づいた状況把握と管理目標値の設定 (ニホンジカシリーズ). 水利科学, 57: 26–50
- 藤木大介, 酒田真澄美, 芝原淳, 境米造, 井上巖夫 (2014b) 関西 4 府県を対象としたニホンジカの影響による落葉広葉樹林の衰退状況の推定. 日本緑化工学会誌, 39: 374–380
- 福本浩士, 鬼頭敦史, 山端直人 (2018) 三重県の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる下層植生衰退の広域的評価. 森林防疫, 726: 3–10
- 濱崎伸一郎, 岸本真弓, 坂田宏志 (2007) ニホンジカの個体数管理にむけた密度指標 (区画法, 糞塊密度および目撃効率) の評価. 哺乳類科学, 47: 65–71
- 兵庫県 (2000) シカ保護管理計画. 兵庫県, 神戸
- 兵庫県 (2002) 第 2 期シカ保護管理計画. 兵庫県, 神戸
- 兵庫県 (2007) 第 3 期シカ保護管理計画. 兵庫県, 神戸
- 兵庫県 (2010) 第 3 期シカ保護管理計画 (第 2 次変更) 平成 22 年度事業実施計画. 兵庫県, 神戸
- 兵庫県 (2013) 第 4 期シカ管理計画 平成 25 年度事業実施計画. 兵庫県, 神戸
- 兵庫県 (2016) シカ管理計画 平成 28 年度事業実施計画. 兵庫県, 神戸
- 兵庫県 (2017) 第 2 期ニホンジカ管理計画. 兵庫県, 神戸
- 井上裕司, 高木俊 (2019) 兵庫県におけるニホンジカ管理政策の概要. 「兵庫県におけるニホンジカ管理の現状と成果」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 11: 1–13
- 環境省 (2000) ニホンジカ特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル. 環境省, 東京
- Kishimoto Y, Fujiki D, Sakata H (2010) Management approach using simple indices of deer density and status of understory vegetation for conserving deciduous hardwood forests on a regional scale. *Journal of forest research*, 15: 265–273
- 岸本康誉, 藤木大介, 坂田宏志 (2012) 森林生態系保全を目的とした広域モニタリングによるニホンジカの密度管理手法の提案. 「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 4: 92–104
- 幸田良介, 虎谷卓也, 辻野智之 (2014) ニホンジカによる森林下層植生衰退度の広域分布状況. 大阪府立環境農林水産総合研究所研究報告, 1: 15–19

- 近藤伸一 (2017) 兵庫県におけるニホンジカによる自然植生衰退がチョウ類群集に及ぼした影響. 「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術Ⅱ」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 9: 63–89
- 栗山武夫, 山端直人, 高木俊 (2018a) 兵庫県の野生動物の生息と被害の動向調査の概要. 「兵庫県の大・中型野生動物の生息状況と農業被害～鳥獣害アンケートと出猟カレンダーの分析～」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 10: 9–31
- 栗山武夫, 山端直人, 高木俊 (2018b). 兵庫県の野生動物の生息と被害の動向 (2006～2016年度). 「兵庫県の大・中型野生動物の生息状況と農業被害～鳥獣害アンケートと出猟カレンダーの分析～」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 10: 1–8
- Matsuda H, Uno H, Tamada K, Kaji K, Saitoh T, Hirakawa H, Kurumada T, Fujimoto T (2002) Harvest-based estimation of population size for sika deer on Hokkaido Island, Japan. *Wildlife Society Bulletin* 30: 1160–1171
- 松本崇, 岸本康誉, 太田海香, 坂田宏志 (2014) ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測 (兵庫県本州部 2012 年). 兵庫ワイルドライフレポート, 2: 12–36
- 奥村忠誠, 羽澄俊裕 (2013) 関東山地におけるニホンジカの広域保護管理. *哺乳類科学*, 53: 155–157
- 尾崎真也 (2006) 兵庫県大河内町砥峰の天然林におけるニホンジカが及ぼす植生被害の実態. *森林応用研究*, 15: 41–46
- 坂田宏志 (2010) 農業被害の状況把握と農業集落アンケート. 「農業集落アンケートからみるニホンジカ・イノシシの被害と対策の現状」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 2: 1–4
- 坂田宏志, 岸本康誉, 関香菜子 (2012) ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測 (兵庫県本州部 2011 年). 兵庫ワイルドライフレポート, 1: 1–16
- Seki SI, Fujiki, D, Sato S (2014) Assessing changes in bird communities along gradients of undergrowth deterioration in deer-browsed hardwood forests of western Japan. *Forest ecology and management*, 320: 6–12
- 高木俊 (2019) 兵庫県におけるニホンジカ個体群動態の推定と地域別の動向. 「兵庫県におけるニホンジカ管理の現状と成果」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 11: 30–57
- 高木俊, 栗山武夫, 山端直人 (2018) 景観構造を考慮したシカ・イノシシの農業被害と密度指標の関係分析. 「兵庫県の大・中型野生動物の生息状況と農業被害～鳥獣害アンケートと出猟カレンダーの分析～」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 10: 32–45
- 角田裕志, 和田敏, 安藤正規 (2017) 岐阜県におけるニホンジカによる落葉広葉樹林の下層植生衰退状況の把握. *野生生物と社会*, 4: 39–46
- ㈱野生動物保護管理事務所 (2000) 平成 11 年度兵庫県野生鹿生息動態調査業務報告書, ㈱野生動物保護管理事務所, 町田
- 横山真弓, 坂田宏志 (2007) 兵庫県におけるシカ保護管理計画の現状と今後の展望. *哺乳類科学*, 47: 73–79