— 総 説 —

外来種対策のロードマップとチェックリスト：奄美大島のマングース対策からのフィードバック

亘 悠哉 *

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 野生動物研究領域
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1

(2018 年 8 月 10 日受付；2019 年 1 月 10 日受理)

キーワード：在来種の回復，根絶，順応的管理，インセンティブ，順応的ガバナンス。

日本鳥学会誌
*Japanese Journal of
Ornithology*
© The Ornithological Society
of Japan 2019

Yuya WATARI*. Roadmap and checklist of invasive species management: Learning from the mongoose eradication project on Amami-Oshima. *Jpn J Ornithol* 68: 263–272. (2019)

Abstract. There is growing evidence that invasive species can be eradicated from small islands. This allows us to recognize that eradication as a realistic target for invasive species management. If the findings obtained from such projects form the basis for other projects, we may raise the overall level of invasive species management. In this review, I introduce an outline of mongoose eradication on Amami-Oshima Island, a project that has reached the final phase towards eradication, and I describe the findings obtained during the course of the project. Based on these findings, I have produced a generalized roadmap for invasive species management, divided into five phases. It is necessary that tactics should be updated in the course of any such project according to the varying population status. I have shown that it is important to establish a governance design that promotes breakthroughs to proceed to the next phases. In order to realize this, a collaborative system is needed involving government, researchers, and residents. Finally, I provide a practical checklist for invasive species management. The roadmap and checklist presented in this review offer guidelines for examining the concept and direction of various ongoing invasive species management projects.

Key words: Recovery of native species, Eradication, Adaptive management, Incentive, Adaptive governance.

Department of Wildlife Biology, Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan.

はじめに

近年、外来種の根絶成功例が小面積の島や定着域に限られる外来種を中心に、世界各地から報告されるようになり、根絶が外来種対策の現実的な選択肢として認識されるようになってきた (Campbell & Donlan 2005; Genovesi 2005; Howald et al. 2007)。このことは、外来種の脅威だけが叫ばれた時代から、外来種のインパクトに打ち勝てる時代の始まりを意味している。そして、次はより

広い面積、より複雑な生態系において根絶を達成するという挑戦が始まっている。

日本においても同様の状況にある。小笠原諸島において植生の消失や土壌流亡が大きな問題となっていたヤギ *Capra hircus* は、1990 年代後半から開始された駆除事業により、媒島や鴛島、兄島など 6 島において根絶され、残るは有人島の父島だけとなっている (常田・滝口 2011; 鈴木ら 2019)。富士山周辺の湖沼を中心に生息し、在来種との交雑や農作物被害が問題となっていたカナダガン *Branta canadensis* は、2015 年 12 月に最後の個体が捕獲され、根絶が宣言された (加藤 2016)。

* E-mail: ywatari@affrc.go.jp

doi:10.3838/jjo.68.263

この事例が、「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（外来生物法）」が定める特定外来生物としての初めての根絶となった。和歌山県北部で野生化し、ニホンザル *Macaca fuscata* への交雑が問題となったタイワンザル *M. cyclopis* 対策では、2012 年 4 月に最後の個体が除去されて以降 5 年間の残存個体のモニタリングを経て 2017 年 12 月に根絶が宣言された（和歌山県 2017; 白井 2018）。そして、次の大きな成果のひとつとして期待されているのが、奄美大島のフイリマングース *Urva auropunctatus*（以下、マングース）対策である。712 km² という世界でもほとんど成功例のない規模の島において、ピーク時には年間 3,884 頭（2000 年度）のマングースが捕獲されていたが、今では当時に比べて圧倒的に高い駆除圧をかけているにも関わらず、年間 10 頭（2017 年度）しか捕獲されない状況に至っており（環境省那覇自然環境事務所・自然環境研究センター 2018）、根絶までの最後の正念場を迎えている（図 1）。

こうした成功例が報告されはじめた一方で、日本の各地で実施されている外来種対策の数に対して、実際に成果が報告されている対策はごくわずかにとどまっており、依然として対策の技術や設計に課題があると考えられる。その背景のひとつとして、個々の生態系がそれぞれ固有の特徴を備えていることにより、外来種問題が、地域ごとに個別の事象となるという特徴が挙げられる。そのため、ローカルの対策が個別に進められ、情報や技術の共有がスムーズに進まない現状がある（亙

2019）。

本総説では、これまで地域ごとの試行錯誤の中で進められてきた外来種対策に対して、制度設計や計画立案のための共通する枠組みを提供することを目的とする。そのために、大面積の島における根絶という大きな成果の目前にある奄美大島のマングース対策から得られる知見を整理し、外来種対策の基本的な考え方や根絶までのロードマップ、そして対策を進める際のチェックリストを提示する。

奄美大島のマングース対策の概要

奄美大島の森林には、アマミノクロウサギ *Pentalagus furnessi* やルリカケス *Garrulus lidithi* などの中琉球の固有種が数多く存在し、独特な生物多様性が成立する。これは、旧北区と東洋区の 2 つの生物地理区の境界に近いという奄美大島の地理的位置、大陸島としての形成過程、およびそれに伴う生物の渡来と進化によって創出され、さらにそれが世界的にも珍しい亜熱帯性常緑広葉樹林によって維持されてきたものである（米田 2016; 山田 2017）。このような特異な過程で形成された生物多様性を保全し、維持していくことの重要性はきわめて高い。

奄美大島にマングースが導入されたのは 1979 年前後のことである（図 1）。約 30 頭が毒蛇のハブ *Protobothrops flavoviridis* の駆除を目的に奄美市（旧名瀬市）に放獣され、その後分布を急速に広げ、希少種の生息地である森林域に広く定着

図 1. 奄美大島のマングース対策の概要。環境省那覇自然環境事務所・自然環境研究センター（2018）より作図。捕獲努力量は、環境省事業で記録されている 2001 年以降の値のみを示す。
Fig. 1. Outline of the mongoose eradication project on Amami-Oshima Island, designed based on data from Naha Nature Conservation Office, Ministry of the Environment, and Japan Wildlife Research Center (2018). Trapping efforts since 2001 are shown as recorded in the mongoose eradication project by Ministry of the Environment.

した。マンガースは基本的に食性の幅が広いいため、マンガースの分布拡大に伴って、アマミノクロウサギをはじめ多くの在来種が分布域を縮小させる当時としては想定外の事態に陥ってしまった (Sugimura et al. 2000; Yamada et al. 2000; Watari et al. 2008)。一方でハブに対する防除効果は明確ではなく (半田 1992)、マンガース放獣の目的が達成されることはなかった。しかし、たとえ効果があったとしても、外来種の導入に頼ることは誤りであったことは教訓とすべきである。また、ハブという食物連鎖の頂点の捕食者を島全体から排除しようとしていた考え方の是非も再考が必要であろう。

奄美大島で最初に公的な対策が始まったのは、マンガースの導入から約 14 年がたった 1993 年で、地元行政の有害鳥獣駆除から始まった。マンガースの導入からしばらくのうちは、マンガースがハブを駆除してくれる救世主というイメージが色濃く残っており、外来種問題として認識されることはほとんどなかった。そのような状況の中でも、一部の農家による農作物被害防除のための自衛的捕獲や地元有志の団体 (奄美哺乳類研究会) の調査捕獲をきっかけに、農作物被害の実態 (半田 1992) や在来種への脅威となりうるリスクが徐々に報告され (高槻ら 1990; 阿部ら 1991; 阿部 1992)、地元行政も問題を認識しはじめた。そして、ようやく有害鳥獣捕獲の開始にたどり着いた。マンガース導入から長い期間を要したが、これらの地元有志の活動や情報の蓄積がなければ、事態はさらに深刻化していたであろう。

有害鳥獣捕獲は、多くの外来種対策の初期に実施される方策である。地域行政が野生動物を捕獲するために「鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律 (鳥獣保護管理法)」に基づいて実施する行政施策であり、農作物被害などの報告があれば、その軽減のために比較的容易に実施できるからである。しかしながら、有害鳥獣捕獲は、基本的には、野生動物を減らしすぎない思想が根底にあるため、外来種対策として十分な効果を発揮することはほとんどない (亘 2011, 2015)。例えば、有害鳥獣捕獲では捕獲個体数の目標 (すなわち上限) が設定されるため、外来種個体数が多い時には、個体数に対して捕獲数がわずかな割合となり、外来種を減らせない場合が多い。また、有害鳥獣捕獲は捕獲成功に対して報奨金が支払われるシステムであることから、外来種の密度が低下し捕獲数が下がった時に、さらに捕獲を促すイン

センティブが働かず、再び外来種を増加させてしまう場合が多い。したがって、いつかは有害鳥獣捕獲の枠組みから脱する必要性が生じてくる。奄美大島のマンガース対策も、有害鳥獣捕獲によって増加率を低下させる一定の効果はあったものの、個体数の増加を防ぐことはできなかった。幸いにも奄美大島の場合は、有害鳥獣捕獲の前後から対策を評価するための基礎データが蓄積され、2000 年より環境省による外来種対策に移行した。この事業の過程において、2004 年の外来生物法の施行の時期も重なり、報奨金制度が廃止され、常勤の雇用従事者制度 (奄美マンガースバスターズ) が採用された (亘 2015; 橋本ら 2016)。つまり、マンガース密度が減っても捕獲努力量が担保されるシステムへと変わり、有害鳥獣捕獲の思想から脱却することができたのである。これにより、マンガース個体数は、増加から減少に転じることになった (図 1)。

雇用従事者制度への移行とともに奄美大島のマンガース対策に起こった大きな変化が、新しい罟の開発である (亘 2015; 橋本ら 2016)。従来の捕獲手法は、かご罟による生け捕りが基本で、在来種の混獲された場合も生きたままリリースできるように、毎日見回りを行う必要があった。これに対して、新しい罟はマンガースを捕殺するもので、毎日の見回りの制約がなくなり、作業の効率を飛躍的に向上させることにつながった。これにより、捕獲努力量の増大と、島全域への面的な罟の設置が可能となった。新罟の導入初期および在来種の回復期にはルリカケスやアマミトゲネズミ *Tokudaia osimensis*、ケナガネズミ *Dipprothrix legata* などの固有種の混獲も問題になったが、罟の混獲では個体群への影響は限定的なこと、むしろマンガースを捕獲することで救われる絶滅危惧種の数、罟で混獲される数を凌駕しているということが整理され、保全管理の考え方が共有された (亘 2015)。また並行して混獲防止の改良を進めたことで、混獲リスクを大幅に低下させることができた。これらにより、現在では年間 250 万罟日を超える捕獲努力量を維持することができ、マンガースを極低密度状態に至らせることに成功した (図 1)。

この段階まで外来種が減少すると、空間的に満遍なくみられる生息パターンから、空間的に断続的なパッチ状の生息パターンに変化してくる。その段階になると、これまで進めてきた面的な駆除努力を維持することに並行して、パッチ化した残存個体の探索と、残存地点の状況に応じた駆除戦

略が必要となる。マンガースが残存する理由は様々あるが、奄美大島の例では、地形が複雑な場所や、土地所有の関係で罠を十分設置できない場所の周辺部において残存するマンガースが確認される傾向がある (Komine et al. 2016)。そのような場所においては、マンガース探索犬を重点的に導入している (亘 2015; 橋本ら 2016)。マンガース探索犬の導入に当たっては、育成に時間がかかること、ハンドラーの確保という新たなコストがかかり、これらを担保することが重要となる。また、残存マンガースの発見からいかに短時間で捕獲を行えるかが捕獲成功に大きく影響するため、捕獲従事者内での情報共有体制構築の成否も根絶確率に大きく影響を及ぼす。さらに人間も探索犬も物理的に進入できない場所 (具体的には、落石防止ネットと地表の隙間) にマンガースが残存し、繁殖していることが判明したが、リュウキュウイノシシ *Sus scrofa riukiuanus* やリュウキュウハシブトガラス *Corvus macrorhynchos connectens* など餌の持ち去りが懸念される動物が進入できない環境であること、アマミトゲネズミなど体サイズが小型の在来種がネット下に入り込んだとしても、影響が局所的であることと、マンガース除去の効果のほうの結果的に高い保全効果があると判断されたことから、毒餌による対策が2シーズン行われ、

現在その効果の評価を行っている (環境省那覇自然環境事務所・自然環境研究センター 2018)。今後は、個体が残存する地点の対策とともに、捕獲努力を根絶確認のためのモニタリングと位置付け、根絶確率の評価を行う計画になっている。このように奄美大島のマンガース対策は根絶までの最終フェーズを迎えている。

そして、忘れてはいけないのは、マンガース対策の本来の目的である在来種の回復である。すでに述べたが、マンガースが長期間定着した地域においては、アマミノクロウサギをはじめ、多くの在来種がほとんど観察されないほど強いインパクトが生じてしまった (Watari et al. 2008)。これが、マンガースが低密度化した今、複数の在来種が個体数と生息域を大幅に回復させ始めているのである (図2)。報告されているだけで、アマミノクロウサギ、アマミイシカワガエル *Odorrana splendida*、アマミハナサキガエル *O. amamiensis*、オットンガエル *Babina subaspera* (図2) (Watari et al. 2013)、ケナガネズミ、アマミトゲネズミ (Fukasawa et al. 2013b) の分布域の回復が示されている。また、奄美大島固有鳥類のルリカケスやオオトラツグミ *Zoothera dauma major* においてみられる個体数の増加についても、マンガースの密度低下が一因であると示唆されている (Sugimura

図2. 奄美大島におけるマンガース対策による在来種の回復 (Watari et al. 2013). 値は調査区間における目撃頻度 (平均 ± 標準誤差).

Fig. 2. Recoveries of endangered native species after mongoose reduction on Amami-Oshima Island (Watari et al. 2013). The values are the numbers of four species observed per site per survey (mean ± SE).

et al. 2014; Mizuta et al. 2017). また、調査が十分になされておらず回復が示されていない種も多い。特に、Watari et al. (2008) でマングースのインパクトが示されたトカゲ類などについては、今後評価が行われるであろう。以上のような複数の在来種の回復は非常に喜ばしい成果であり、この状況を長期的に担保するためにもマングースの根絶は必要である。

外来種対策の5つのフェーズ

根絶までの最終フェーズというひとつの大きな到達点にある奄美大島のマングース対策ではあるが、対策の全体を俯瞰する上では、決して物事が理想的に進んできたわけではないという視点が重要である。外来種の侵入に対する原則として、外来種の侵入阻止、および侵入後の早期対策が一般によく知られている (Morley 2004; Simberloff et al. 2005; Finnoff et al. 2007; Russell et al. 2008)。奄美大島の場合はマングースを意図的に移入している点、対策が開始されるまでにかなりの時間を要した点において、これらの原則を満たすことができなかった。また、初期の駆除対策は、外来種の増加率を上回る駆除圧をかけるという原則 (Cromarty et al. 2012) をクリアできず、分布拡大や高密度化を許してしまった。当然ながら、外来種対策の原則を満たそうとする努力は必要であるものの、この奄美大島の事例のように、多くの場

合外来種の侵入初期において対策の実現に不可欠な住民の関心や行政の予算化が伴うことは稀であろう (Finnoff et al. 2007)。そして、定着を許した外来種に手をこまねいていたり、防戦一方だったりする現実が日本各地に存在する。このような現実を踏まえると、けっして理想的には進まなかった奄美大島のマングース対策は、むしろ各地で展開されている外来種対策の現実的なモデルになりうるのではないだろうか。

本総説では、先に述べた奄美大島におけるマングース対策の概要に即して、外来種対策を5つのフェーズに分割して外来種対策のロードマップの一般化を試みた (図3)。フェーズ1は、外来種が移入されてから定着し、低密度に至るまでの状態で、マングースの問題が一部で認識され始め、個人や地元団体による対応は始まったものの、奄美大島では公的な対策が取られてこなかった時期、フェーズ2は、外来種が低密度状態から高密度状態に増加するフェーズで、奄美大島では有害鳥獣捕獲が実施されたが、増加を食い止められなかった時期、フェーズ3は、高密度から低密度に個体数を減らせ始めたフェーズで、奄美大島では報奨金制度から雇用従事者制度に移行した時期、フェーズ4は、低密度から残存個体の生息が分断されパッチ化するフェーズで、奄美大島では開発された新型罠が島の広域に配備された時期、フェーズ5は、残存個体のパッチ化から根絶まで

図3. 外来種対策の5つのフェーズと奄美大島におけるブレイクスルーの例

Fig. 3. The five phases in invasive species management and examples of breakthroughs on Amami-Oshima Island.

のフェーズで、現時点の奄美大島のマングース対策の到達点にあたる。根絶に向けて探索犬や毒餌など罠以外の手法の導入や根絶確率の算出の作業が始められている（図3）。

一般に、外来種の侵入直後の早期対策や有害鳥獣捕獲以外の施策は困難であるため、多くの外来種問題への対応は、外来種を減らすことのできない段階であるフェーズ1と2に留まっている場合がほとんどだと考えられる（Finnoff et al. 2007; 亘 2011）。これを突破し、フェーズ3、つまり外来種を減らす段階まで至るには、既存の施策の枠を超えた大きなブレイクスルーが必要になる。ここが外来種対策の成功への大きな山場となるであろう。また、外来種を減らせて初めて、必要捕獲努力量や外来種の個体数の推定が可能になるケースもある（Fukasawa et al. 2013a）。この場合、外来種対策の計画策定に資する具体的な数値目標が得られることになり、後半のフェーズの移行を促進するための基盤ができることになる。フェーズ4に移行するためには、捕獲数が減る中で、さらに捕獲努力量を増やしていかなければならない。これは有害鳥獣捕獲とは真逆の考え方であり、あらゆる関係者が考え方を真に理解する必要がある。これに新たな技術や戦術の開発が伴うことで初めて外来種を低密度状態からさらに減らすことが可能となる。フェーズ5に移行すると、これまでかけてきた莫大な捕獲努力量をもってしても残存個体を捕獲できない段階にはいる（King et al. 2009）。残存個体の対処のためには、従来の手法に固執してはならず、残存個体を駆除することに特化した全く新しい手法も追加しなければならない（McCann & Garcelon 2008）。根絶の最終局面の原則を満たすためには、すべての個体を捕獲圧にさらす必要がある（Cromarty et al. 2012）。このためにも、積極的に残存個体を探索し、得られた個体情報を迅速に共有し、即座に捕獲を行うというシステムが不可欠である。さらにこの段階では、捕獲がほとんどない日が続く、捕獲従事者のモチベーションの維持が難しくなってくる。捕獲0を続けることの意義を継続的に伝えたとともに、在来種の回復モニタリングなど捕獲以外の作業も行うといった工夫も必要になる。そして最後は、残存個体が十分な期間にわたって検出されない状態が続いたとき、ついに根絶の宣言となる。しかし、十分な期間がどのくらいなのかは、モニタリング努力量や対象地域の規模、対象外来種の生態など、地域の事情で決まるため、共通した基準は存在しない。近年

根絶確率の算出などの研究が報告されつつあり（Ramsey et al. 2009; Russell et al. 2017）、これらの手法を応用して、現地で得られた捕獲データを用いて、根絶確率を算出することになる。対策の規模を維持したまま、モニタリングと捕獲の連携を進め、さらにこれまでのデータを総動員して根絶確率の算出を試みる。最終フェーズはまさに根絶までの最後の正念場といえる。

外来種対策を推進させるガバナンスのあり方

外来種対策のロードマップを描けたところで、次に重要なのは、あるフェーズから次のフェーズへのブレイクスルーを促進する仕掛けであろう。それが伴わなければ、ロードマップはまさに絵に描いた餅になってしまう。奄美大島のマングース対策が、初期の後手後手の対策から根絶までの最終フェーズに至れた秘訣のひとつは、次々にブレイクスルーが起きるサイクルが途中から回り始めたことにあると考えている。このようなサイクルを駆動させるための対策の設計や関係者間の連携を構築することができれば、描いたロードマップに沿って対策を推進させる大きな原動力になるであろう。

奄美大島のマングース対策の形を模式図として示したのが図4である。行政が実行する対策とそれに付随するモニタリングにより次の目標や計画の改善が促進されるという、いわゆる順応的管理のサイクル。研究者や市民団体が行う調査・研究によって対策の必要性の評価や効果的な手法が対策に還元され、さらに対策の結果やデータが研究に活用されるというサイクル。そして対策や研究で得られた成果が住民に周知されることで、あらゆるレベルでの協力的支援（マングース目撃情報の提供、私有地への罠の設置、捕獲従事者への励まし、調査協力など）が得られるサイクル。以上の3つのサイクルが、関係者の連携のもと連動して回っているのである。この形によって、フェーズを突破するための新たな課題の認識とその対策が促進され、また、フェーズの変化に常に対応できる柔軟な取り組みを実現している。関係主体の連携により、順応的ガバナンス（宮内 2013）が機能している事例といえよう。

また、予防原則の下で始まった外来種対策であっても、必ずしも必要性や実現可能性が高いわけではないものもある。こうした対策が惰性的に継続されている事例も少なくないが（亘 2011）、図4のような評価システムが取り入れられていれ

図4. 外来種対策を推進させる行政、研究者・市民団体、住民によるガバナンスのあり方。様々な主体の取り組みのサイクルが回ることによって連携が強化され、状況の変化に応じた継続的な対策につながる。

Fig. 4. The three cycles, which may promote invasive species management.

ば、対策継続の必要性の有無も適切に評価されるであろう。

奄美大島においてこれらのサイクルが回りだした重要なポイントのひとつは、調査・研究の充実が挙げられる。マングースの侵入を社会問題として提起した地元団体（奄美哺乳類研究会）の調査および積極的な情報発信は（高槻ら 1990; 阿部ら 1991; 阿部 1992; 半田 1992）、地元行政が有害鳥獣捕獲をはじめるときかけになり（フェーズ2）、また、国による本格的なマングース対策（フェーズ3以降）の実施根拠にもなった。特に、マングースによる被害（半田 1992; Yamada et al. 2000; Sugimura et al. 2003; Yamada & Sugimura 2004; Watari et al. 2008）が明確にされ、対策の必要性が評価された点も大きな効果をもたらした。これにより多くの関係者が在来種保全という共通の目標を共有することができ、その後の様々なレベルで発生する課題に対しても、共通の目標の中で位置づけ、ぶれない方針を貫くことができていた。同様に、対策の進捗に伴う在来種の回復が示された点も重要である（Fukasawa et al. 2013b; Watari et al. 2013; Sugimura et al. 2014）。これにより、対策の

正当性が示され、長期的な対策の継続につながっている。さらにマングース捕獲の実働部隊である奄美マングースバスターズが、本職である捕獲作業のみならず、普及啓発活動を自発的に行っており、住民からの理解と協力を得るための中心的な役割を果たしている点も見逃せない。行政の施策に、捕獲従事者や研究者、市民団体、住民が、それぞれ共通の目標のもと主体的に参画することで、3つのサイクルが促進されている。これが、奄美大島のマングース対策が最終フェーズまで至った原動力なのだ。

以上のように、外来種対策を設計する際には、この3つのサイクルを回すための調査・研究や普及啓発活動、対策の効果の検証を意識することが重要である。これらすべてを行政が行うのは困難であり、いかに関係者が主体的に参画するガバナンスの形を構築できるかがポイントとなるであろう。関係者の連携、3つのサイクルの促進、外来種対策におけるフェーズの認識、この3つを揃えることは、対策を成功させるうえで欠かせない条件となるであろう。

外来種対策のチェックリスト

ここまで述べたロードマップとそれを進めるガバナンスの形を踏まえると、外来種対策を効果的に進める際に最低限確認しておかなければならないポイントがいくつか浮かんでくる。ここではそれらのポイントをチェックリストとしてフェーズごとに分けて以下に整理した。

・全フェーズ共通

- ☐ 対策がどのフェーズにあるか認識しているか？
- ☐ 次のフェーズで必要となる知見の収集や技術開発を行っているか？
- ☐ 外来種のリスク、インパクトの評価を行っているか？
- ☐ 対策の成果の評価システムが事業に組み込まれているか？
- ☐ 関係者（機関）が主体的に参画する連携ができていないか？
- ☐ 問題の実態や取り組みの周知・啓発をしているか？

・フェーズ 1

- ☐ 個体数が少ないことを、対策をしない理由にしているか？
- ☐ リスクが明らかになっていないことを、対策をしない理由にしているか？

・フェーズ 2

- ☐ 捕獲数が多いことに満足していないか？
- ☐ 駆除圧が足りないことを自覚しているか？
- ☐ 捕獲数に上限や目標を設けていないか？

・フェーズ 3

- ☐ 捕獲数が減ったことを効率の低下と誤って評価していないか？
- ☐ 捕獲数が減ったので、手を緩めようとしているか？

・フェーズ 4

- ☐ 高い捕獲圧を面的にかけられているか？
- ☐ 高い捕獲圧を担保するための技術や戦術の改良がなされているか？

・フェーズ 5

- ☐ 迅速な情報共有の体制が整っているか？

- ☐ 残存個体の捕獲に特化した手法や戦術を新たに取り入れているか？
- ☐ 根絶の原則を満たしているか？
- ☐ 従事者のモチベーション維持に配慮しているか？
- ☐ 最後の正念場ということを理解しているか？

合計 20 項目からなるチェックリストとなったが、基本的に各フェーズの項目は、次のフェーズへのブレイクスルー（図 3）につながる内容となっている。全フェーズ共通においては、本総説で提案した 5 つのフェーズと 3 つのサイクルを認識して進めているかどうかの確認となっている。フェーズ 1 においては、外来種の侵入初期において行政が陥りやすい姿勢である“推定無罪”に対して、外来種対策における大原則の“予防原則”を満たしているかどうかを確認している（亘 2019）。フェーズ 2 では、有害鳥獣捕獲の“獲りすぎない思想”から脱却しているかどうかを確認している（亘 2015）。フェーズ 3 では、本来対策の成果であるはずの捕獲数の減少を、効率の低下と誤って評価してしまっていないか確認している。言い換えれば、有害鳥獣捕獲のもう一つの側面である“捕獲頭数主義”（目標頭数を達成できなかったら失敗とする見方）から脱却できているかどうかの確認となる（亘 2015）。フェーズ 4 では、低密度からさらに減らす際には、捕獲努力量をはるかに増大させるための技術開発が必要であることを確認している。フェーズ 5 では、ただがむしゃらに捕獲するだけでは捕獲ができなくなった現状を打破するためのあらゆる工夫が必要であることを確認している。

おわりに

国内外問わず外来種対策の成果が徐々に報告されるようになってきた。これまでの外来種対策は、ガイドラインがない中である意味やみくもに手を付けるしかない場合が多かったが、これらの先行事例から得られる知見を他の事業に還元する流れができれば、外来種対策全体の水準が上がるのが期待される。本総説では、失敗も成功も経験した奄美大島のマングース対策を題材に、最終フェーズまで到達してようやく得られた知見をフィードバックさせるため、できるだけ一般化した外来種対策のロードマップとチェックリストを提示した。このような一般化の試みはこれまでな

されたことはなく、それゆえ本総説の議論にも不十分な点は多々あるであろう。しかしながら、今後様々な対策の知見を統合し、本総説の内容を更新していくべきものであると考えている。ひとまず本総説が活用される中で、外来種対策に対する考え方や向かうべき方向性に何かしらヒントを与えられれば幸いである。

今回、特集を企画し執筆の機会をいただいた川上和人氏と小高信彦氏に感謝申し上げる。2名の査読者には有益なコメントをいただいた。本総説は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(4-1804)の成果である。

摘 要

近年世界各地で外来種の根絶事例が報告され始め、根絶が対策の目標の現実的な選択肢となってきた。このような先行事例で得られた知見を他の事業にフィードバックさせることができれば、外来種対策の全体の水準を上げることができるであろう。本総説では、根絶までの最終フェーズに到達している奄美大島のマングース対策の概要について紹介し、事業の過程で得られた知見について整理した。それらの知見に基づき、まず外来種対策を5つのフェーズに分割して外来種対策のロードマップの一般化を試みた。そして、フェーズごとに刻々と変化する外来種個体群の状況に応じて、対策の考え方や戦術を変化させる必要性を示した。次に、フェーズを突破するブレイクスルーを促進させる対策のガバナンスのあり方として、次々生じる問題の認識とそれに対応した対策が促進されるサイクルの重要性を示した。そして、この実現のためにも、関係者が主体的に参画する連携体制が必要であることを示した。最後に、外来種対策を進める際の実用的なチェックリストをフェーズごとに作成した。本総説で提示したロードマップとチェックリストが、各地で行われている外来種対策の考え方や方向性を検討する際のガイドラインとして活用されることが期待される。

引用文献

- 阿部慎太郎 (1992) マングースたちは奄美で何を食べているのか?。チリモス 3: 1-18.
- 阿部慎太郎・高槻義隆・半田ゆかり・和 秀雄 (1991) 奄美大島におけるマングース (*Herpestes* sp.) の定着。哺乳類科学 31: 23-36.
- Campbell K & Donlan CJ (2005) Feral goat eradication on islands. *Conserv Biol* 19: 1362-1374.
- Cromarty PL, Broome KG, Cox A, Empson RA, Hutchinson WM & McFadden I (2012) Eradication planning for invasive alien animal species on islands - the approach developed by the New Zealand Department of Conservation. In: Veitch CR & Clout MN (eds) *Turning the tide: the eradication of invasive species*: 85-91. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group, IUCN, Gland and Cambridge.
- Finnoff D, Shogren JF, Leung B & Lodge D (2007) Take a risk: Preferring prevention over control of biological invaders. *Ecol Econ* 62: 216-222.
- Fukasawa K, Hashimoto T, Tatara M & Abe S (2013a) Reconstruction and prediction of invasive mongoose population dynamics from history of introduction and management: a Bayesian state-space modelling approach. *J Appl Ecol* 50: 469-478.
- Fukasawa K, Miyashita T, Hashimoto T, Tatara M & Abe S (2013b) Differential population responses of native and alien rodents to an invasive predator, habitat alteration and plant masting. *Proc R S B* 280: 20132075.
- Genovesi P (2005) Eradication of invasive alien species in Europe: a review. *Biol Invasions* 7: 127-133.
- 半田ゆかり (1992) マングースによる被害調査—総括。チリモス 3: 28-34.
- 橋本琢磨・諸澤崇裕・深澤圭太 (2016) 奄美から世界を驚かせよう—奄美大島におけるマングース防除事業、世界最大規模の根絶へ—。水田 拓(編) 奄美群島の自然誌学—亜熱帯島嶼の生物多様性—: 290-312. 東海大学出版部, 平塚.
- Howald G, Donlan CJ, Galvan JP, Russell JC, Parkes J, Samaniego A, Wang YW, Veitch D, Genovesi P, Pascal M, Saunders A & Tershy B (2007) Invasive rodent eradication on islands. *Conserv Biol* 21: 1258-1268.
- 環境省那覇自然環境事務所・自然環境研究センター (2018) 平成 29 年度奄美大島におけるフイリマングース防除事業報告書。環境省那覇自然環境事務所, 那覇.
- 加藤ゆき (2016) 根絶なるか? 特定外来生物カナダガン。自然科学のとびら 22: 12-13.
- King CM, McDonald RM, Martin RD & Dennis T (2009) Why is eradication of invasive mustelids so difficult? *Biol Conserv* 142: 806-816.
- Komine H, Takeshita K, Abe S, Ishikawa T, Kimura M, Hashimoto T, Kitaura K, Morosawa T, Seki K & Kaji K (2016) Relationships between capture-site characteristics and capture levels of the invasive mongoose on Amami-Oshima Island, Japan. *Biol Invasions* 18: 487-495.
- McCann BE & Garcelon DK (2008) Eradication of feral pigs from Pinnacles National Monument. *J Wildl Manag* 72: 1287-1295.
- 宮内泰介 (2013) なぜ環境保全はうまくいかないのか—現場から考える「順応的ガバナンス」の可能性。新泉社, 東京.
- Mizuta T, Takashi M, Torikai H, Watanabe T & Fukasawa K (2017) Song-count surveys and population estimates reveal the recovery of the endangered Amami Thrush *Zoothera dauma major*, which is endemic to Amami-Oshima Island in south-western Japan. *Bird Conserv Int* 27: 470-482.

- Morley CG (2004) Has the invasive mongoose *Herpestes javanicus* yet reached the island of Taveuni, Fiji? *Oryx* 38: 457–460.
- Ramsey DSL, Parkes J & Morrison SA (2009) Quantifying eradication success: the removal of feral pigs from Santa Cruz Island, California. *Conserv Biol* 23: 449–459.
- Russell JC, Beaven BM, MacKay JWB, Towns DR & Clout MN (2008) Testing island biosecurity systems for invasive rats. *Wildl Res* 35: 215–221.
- Russell JC, Binnie HR, Oh J, Anderson DP & Samaniego-Herrera A (2017) Optimizing confirmation of invasive species eradication with rapid eradication assessment. *J Appl Ecol* 54: 160–169.
- Simberloff D, Parker IM & Windle PN (2005) Introduced species policy, management, and future research needs. *Fron Ecol Env* 3: 12–20.
- 白井 啓 (2018) 和歌山におけるタイワンザルの群れ根絶の達成. 霊長類研究 34 Supplement: 41–42.
- Sugimura K, Ishida K, Abe S, Nagai Y, Watari Y, Tatara M, Takashi M, Hashimoto T & Yamada F (2014) Monitoring the effects of forest clear-cutting and mongoose *Herpestes auro-punctatus* invasion on wildlife diversity on Amami Island, Japan. *Oryx* 48: 241–249.
- Sugimura K, Sato S, Yamada F, Abe S, Hirakawa H & Handa Y (2000) Distribution and abundance of the Amami rabbit *Pentalagus furnessi* in the Amami and Tokuno Islands, Japan. *Oryx* 34: 198–206.
- Sugimura K, Yamada F & Miyamoto A (2003) Population trend, habitat change and conservation of the unique wildlife species on Amami Island, Japan. *Glob Env Res* 7: 79–89.
- 鈴木 創・堀越和夫・佐々木哲朗・川上和人 (2019) 小笠原諸島・伊豆諸島におけるノヤギ排除後の海鳥営巣数の急激な増加. 日鳥学誌 68: 273–287.
- 高槻義隆・半田ゆかり・阿部慎太郎 (1990) 奄美大島におけるマングースの分布—中間報告. チリモス 1: 3–18.
- 常田邦彦・滝口正明 (2011) ノヤギ：日本の状況と島嶼における防除戦略. 山田文雄・池田 透・小倉 剛 (編) 日本の外来哺乳類—管理戦略と生態系保全：317–349. 東京大学出版会, 東京.
- 和歌山県 (2017) 「大池地域のタイワンザル及びニホンザルとの交雑ザルの群れ」の根絶について. わかやま県政ニュース, 和歌山県 (オンライン) <http://wave.pref.wakayama.lg.jp/news/kensei/shiryo.php?sid=26566>, 参照 2018–7–31.
- 亘 悠哉 (2011) 失敗の活用—外来種を減らせない場合の解決策. 山田文雄・池田 透・小倉 剛 (編) 日本の外来哺乳類—管理戦略と生態系保全：379–400. 東京大学出版会, 東京.
- 亘 悠哉 (2015) 外来生物対策と時間—マングース対策と在来種の回復. 宮下 直・西廣 淳 (編) 保全生態学の挑戦—空間と時間のとらえ方：150–169. 東京大学出版会, 東京.
- 亘 悠哉 (2019) 外来捕食者が島で引き起こす静かで大きな変化. 小池伸介・山浦悠一・滝 久智 (編) 森林と野生動物 (森林科学シリーズ 第11巻)：201–224. 共立出版社, 東京.
- Watari Y, Takatsuki S & Miyashita T (2008) Effects of exotic mongoose (*Herpestes javanicus*) on the native fauna of Amami-Oshima Island, southern Japan, estimated by distribution patterns along the historical gradient of mongoose invasion. *Biol Invasions* 10: 7–17.
- Watari Y, Nishijima S, Fukasawa M, Yamada F, Abe S & Miyashita T (2013) Evaluating the “recovery level” of endangered species without prior information before alien invasion. *Ecol Evol* 3: 4711–4721.
- Yamada F & Sugimura K (2004) Negative impact of an invasive small Indian mongoose *Herpestes javanicus* on native wildlife species and evaluation of a control project in Amami-Oshima and Okinawa islands, Japan. *Glob Env Res* 8: 117–124.
- Yamada F, Sugimura K, Abe S & Handa Y (2000) Present status and conservation of the Endangered Amami rabbit *Pentalagus furnessi*. *Tropics* 10: 87–92.
- 山田文雄 (2017) 琉球列島の中琉球における新たな二つの国立公園の誕生と世界自然遺産候補地としての課題. 哺乳類科学 57: 183–194.
- 米田 健 (2016) 薩南諸島の森林. 鹿児島大学生物多様性研究会 (編) 奄美群島の生物多様性：40–90. 南方新社, 鹿児島.