

29. 外来生物リスクの評価と管理

小池 文人

要旨

外来生物問題は比較的最近になって気付かれた環境問題である。いま分布拡大中の生物も多く、また長い世代時間を持つ生物の侵入は今後顕在化すると予想されることから、外来生物問題はこれから数百年間にわたってゆっくり拡大してゆくと考えられる。野外に放された外来生物は自ら増殖するため、土地開発や化学物質などによる生態影響と異なり、行為（放逐）をやめても被害の拡大が止まらず、特別な場合を除いて復元は困難で、いったん侵入した生物の影響は永遠に続き、あきらめや慣れによって被害を意識しなくなりやすい、などの特性がある。対策は現在の時点で技術的に未熟であり、根絶の可能な面積はおおよそ 10km×10km 程度以下でしかなく、導入前のリスク評価は、他の地域での侵入実績によるものは可能だが、これまで導入実績のない生物について生態特性から評価する事はできていない。このため新しいアイデアと強い目的指向性を持った基礎レベルの研究が必要である。

1. 何が起きるのか

伊豆諸島の南にありマリアナ諸島へと続く位置にある小笠原諸島は、一度も大陸と陸続きになったことがないため、全ての生物は海を越えて移住してきました。アジア大陸やその近くの日本列島では最も優占しているシイやカシのなかまは気候的に生育できるはずですが、海を越えることができなかったために分布していません。このような島におよそ 90 年前にアカギ（トウダイグサ科）が導入されました。アカギは沖縄から東南アジアにかけて分布し、東南アジアでは人手の入った二次林に生える高木ですが、極相林では見られません。しかし小笠原では極相林の優占種になり、森林の姿が変わってしまうだけでなく、多くの固有植物の絶滅が危惧されています。

針葉樹のマツ類は北半球の温帯や亜寒帯ではありふれた樹木ですが、南半球には分布していませんでした。南半球に持ち込まれたマツ類は半乾燥地の低木林や高山帯の自然の植生を森林化するなど、生態系に大きな影響を与えています。逆に南半球の樹木も北半球で野生化していて、オーストラリア原産

のメラロイカ（フトモモ科）がアメリカのフロリダ州エバーグレイズ国立公園に侵入して、湿性草原が高木林化しています。

日本の外来動物では、輸入アサリ（二枚貝）に混入したと思われるサキグロタマツメタ（巻貝）が在来のアサリを食害することで漁獲が減少したり、商品価値の低い外来のシジミ（二枚貝）が在来のヤマトシジミ（二枚貝）に混入するために出荷前の仕分けにこれまで以上の労働力がかかるなど漁業に被害が出ています。また外来の哺乳類であるアライグマやハクビシンの分布拡大が続いていて、被害対策に費用が必要であったり、作付け可能な作物が制限されるなど、農業が年々難しくなっています。

南半球と北半球のような大きな空間スケールの移動だけでなく、数十キロ程度の近距離の移動であっても外来生物となることがあります。神奈川県に分布する高等植物の地理的な分布域を調べたところ、100km 以内の分布域を持つ種もありました（図 1）。分布域が狭い種はサンショウバラ（バラ科）やハコネコメツツジ（ツツジ科）など火山でできた

冷温帯の荒地に生える植物で、周囲を暖温帯の低地や冷温帯の森林に囲まれて孤立していますが、ハコネコメツツジなどは林道法面に生えていることもあるので、他の火山地域に導入すれば野生化するかもしれません。樹木では 1000km 程度の分布域を持つ種が多く、これを超えるような距離の移動では外来生物となる可能性が高まります。シュロ（ヤシ科）やトウネズミモチ（モクセイ科）など中国原産と考えられる外来植物は多いのですが、これらは 1000km～5000km 程度の移動距離です。変種やそれ以下の遺伝子レベルでの外来生物問題はさらに短い距離の移動で起きると予想されます。なおアフリカの動物でもほぼ同じ分布面積であるとの論文もあります。

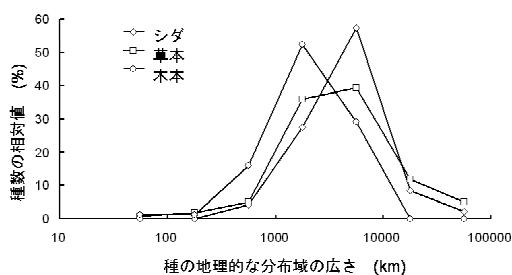


図 1 神奈川県に自生する植物の地理的分布幅

2. 他の環境問題とのちがいがい

野外に放された生物は自ら増殖するため、放出された個体数が少数であっても被害は時間と共に増加してゆきます。野外に放出された人工的な化学物質は放出をやめれば被害の拡大が止まるのが普通ですし、土地開発による生育地の減少でも、開発を停止すれば影響の拡大はおおむね停止します。しかし外来生物ではそうなりません。

また、いったん放出された化学物質は分解、沈殿、吸着などにより、影響が減少してゆくことが多いのですが、外来生物ではいったん侵入した生物の影響は永遠に続き、後述のように、その生物がいない生態系への復元は、特別な場合を除いては困難です。

一方で、復元の困難さはあきらめや慣れにもつな

がります。外来生物による農業被害は多いのですが、根絶や被害軽減が難しい場合には作付けする作物を変更することで対処され、被害も意識されなくなります。また古くからの外来生物は文化的には在来のものと区別されず、根絶事業も行われません。操業を中止した工場の周辺の土壤に含まれた有害物質を、どんなに古いものであっても除去しようとするのと対照的で、火山周辺の亜硫酸ガスなど、人間が制御できない自然による被害に近い対応かもしれません。

3. 歴史の中で、今ほどのような時期か

外来生物問題は比較的新しく気付かれた環境問題です。人間が農業を始めて地球上に広く移住してから、多くの雑草が分布を広げたと考えられますが、最近になって生態系に大きな影響を及ぼす生物が意識されるまでは問題視されてきませんでした。

日本では江戸時代の鎖国により外来生物の侵入が少ない時代が存在したため、明治時代の開国以後の新しい外来生物を明確に区別できます。そこで明治以降に野生化した特に被害の大きな外来生物を根絶などの対策の対象とする、とのコンセンサスができました。このあたりの事情は国によって異なり、韓国では朝鮮戦争後の軍事政権時代以降、民主化してからの外来生物が大変多いといわれています。なお国際的な認識では、時代や国境の制限をつくらず、自然の分散ではなく人間の影響で意図的・非意図的に持ち込まれて定着・野生化した、その地域に自然に分布しない生物、とされます。国内の移動も外来生物ですし、変種など種以下のレベルの違いであっても外来生物ですが、地球温暖化で自然に分布域を拡大した生物は含まれません。ただし温暖化で拡大した分布域に人間が導入した場合は外来生物となります。

日本の外来種を栄養段階ごとに見ると、低い栄養段階の生物が多い傾向があり、昆虫の種数が多い在

来生物とは様子が違います（図2）。緑色植物は約1500種（変種や国内移動種も含む）あり最も多いのですが、草食・肉食昆虫や魚類・小型鳥類などの動物は約50～400種程度です。アライグマを含む哺乳類などの大形の雑食・肉食動物や、ネズミ以上の大きさの大形・中形の草食動物はさらに少なく、およそ10種～30種程度です。これ以外に植物や動物の死骸から始まる腐食連鎖のデトリタス食者や水中で浮遊有機物などを食べるフィルター食者が20種程度ずついます。

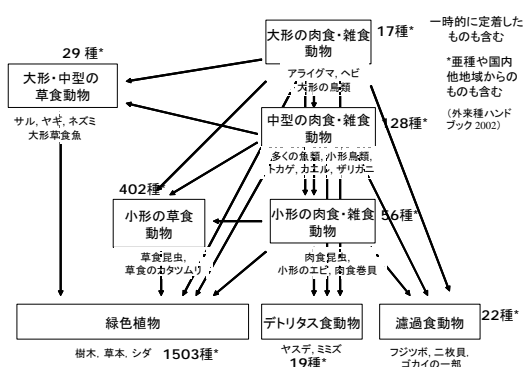


図2 栄養段階で見た日本への外来種の侵入状況

このように大形の動物の外来種数は少ないのですが、自然への影響、特に栄養段階が下位の生物を食べることによる影響は大きな場合が多いようです（図3）。ただし、全ての外来生物の自然への影響の網羅的な調査は行われていないため暫定的な結果であり、今後の研究が必要です。

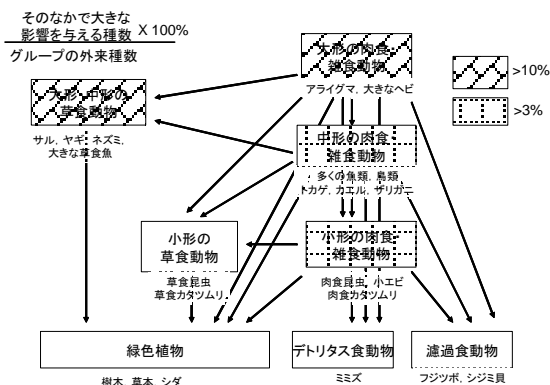


図3 捕食による影響の大きさ

イギリスの研究者グライムは植物を、競争に強い種と、乾燥・低温などのストレス耐性の高い特殊な環境に生育する種、人家近くなどのように攪乱の多い環境に生育する種の3タイプに分けましたが、これまで外来生物は雑草のように攪乱の多い場所に生育する生物が主であると言われてきました。しかし自然を大きく変え問題になった種には、南半球で自然の半乾燥低木林や高山植生を高木林に変えるマツ類、中国で泥の干潟を湿性草原に変えたスバルティナ（イネ科）、日本の貧栄養で乾燥した河川の氾濫源に生えるシナダレスズメガヤ（イネ科）など、ストレス耐性種も多いようです。

外来生物の中で攪乱に強い種が多かったのは、そもそも外国から持ち込まれる場所が人間の活動の活発な地域であることが原因のひとつかもしれません。もうひとつの原因として、安定した環境に適した生物にとっては野生化するまでの時間が不足していることも考えられます。イギリスのウェールズ地方では、公園などに植えられたヨーロッパブナ（ブナ科）の種子が周辺の森林に自然に散布されて成長し、分布域を広げています。森林の中での樹木の寿命は200年程度ですが、蒸気機関をもった船が海洋を横断してからまだ160年しかたっていません。約1200年前に春日大社に植えられたナギは種子散布能力の低い極相林の樹木ですが、現在では春日山原生林の中で約1km四方に広がっています。このことは寿命が長く散布力の低い、安定した環境に適した生物も、導入されれば長い年月の間に分布を広げることを示します。

外来生物は生態的に見て特殊なものではなく、在来生物と同じメカニズムで分布を拡大し群集を作っていると考えたて良いと思われます。かつてはセイタカアワダチソウ（キク科）など外来植物がつくる有害物質によるアレロパシーで在来植物が駆逐されるという学説がありましたが、野生化した外来植物の中でアレロパシーを持つ種の比率を在来植

物の場合と比べると同じくらいようです。また外来種は自生地のものとの生態特性がちがうことがよくあり、移住先では自生地に存在した害虫や病気がないために、これらに対応する資源を他種との競争につぎ込むように進化した、との学説もありましたが、多くの研究の結果、単純なボトルネック効果(原産地には多くの変異があるが、そのなかの少数が導入される)で説明できてしまうようです。また侵入初期は分布拡大速度が遅く、その後急速に分布速度を上げるように見えることが多いため、移住先の環境への遺伝的な適応に時間が必要であったと言われることもあったのですが、同じ現象は分断されたハビタットでの分布拡大過程としても説明できます。

これまでの生態学では、生態的に類似したニッチにある種どうしが競争を行い、外来生物が勝った場合には在来の相手を駆逐して置き換わる、という説明をなされることが多くありました。しかし、普通の群集で競争する相手はさまざまな在来種であり、特定の種との間で強い競争を行うわけではありません。最近になって、類似した種間では競争の強弱関係よりも確率的な個体の置き換わりが重要である、という群集の中立仮説が提唱されています。実際の植物群集では、類似した生態特性を持つ種が類似した優占度や出現確率を持ち、同じ群集内に同時に見られることは多くあります。ただし単純に中立的ではなく、生態特性は群集によって決まる条件を満たす必要があり、また群集への出現確率や優占度も生態特性によって変化します。群集の中立仮説では在来種がすぐに絶滅するわけではありませんが、外来種が増えた分だけ在来種の個体数が減ることになります。ただし群集の成り立ちについては今も活発な議論が続いていて、基礎的な研究の進展が必要です。

歴史的に見れば、外来生物の侵入はまだ始まったばかりなのかもしれません。外来生物法が施行され、

体が大きくて目立つ哺乳類などの動物が新たに野生化する可能性は減少してきたかもしれませんが、それほど競争に強くなく安定した環境に生育する外来生物の種数が少しずつ増え続け、それに従って在来生物の個体が少しずつ減少して確率的に絶滅し、数百年後にふと気づくと、それぞれの種は特に有害でないが外来生物ばかりになっていた、ということになる可能性があります。

4. リスク評価

化学物質のリスク評価では基礎として用量-反応曲線を使います。野外への放出量が多ければ、それに対応してヒトや野生生物への用量が多い状態になり、被害が発生することになります。しかし外来生物は野外で自己増殖するため、野外への放出量(放逐個体数)の多寡は、被害拡大の時間的な違いに影響するだけであり、長い時間スケールで見れば影響がないことになります。このため野外への放出に対する量的な規制は行われず、許可するか全く許可しないかのどちらかとなります。

ただし、外来生物が導入される経路には、種苗やペット、家畜、生きた水産物などとして意図的に導入される場合と、輸入穀物や船舶のバラスト水などに混じって非意図的に導入される場合があり、非意図的導入であって問題となる生物が混入する確率が低いときには、荷物の輸入量や荷物への混入確率が重要となります。荷物の輸入元や経路などによって問題となる生物の混入確率が異なるため、経路ごとの混入確率を見積もるタイプの、経路のリスク評価が行われます。

意図的な導入の場合は、導入を計画している生物が自然に対してどの程度の影響を及ぼすのかを見積もるタイプの、生物のリスク評価が行われます。基本的な方法として、これまで導入経験のある種群を母集団として、生態特性や他の地域で侵入問題を起こしたかどうかなどの生物の情報をもとに、野外

に侵入して被害をもたらす可能性を予測する統計モデルを作ります。現在実用化されているものではオーストラリアの Weed Risk Assessment (WRA)が有名で、生態特性や過去の侵入実績などの質問に yes や no で答えてゆき、回答ごとの配点の合計値で種のリスクを評価しています。このモデルの当てはまりの良さは、複数の専門家が主観的に判断した種の危険性と的一致で評価されています。情報が不足した状況で素早く判断することが求められるときには、定性的なデータや主観的な情報を使ってリスク評価するのは合理的なアプローチです。また様々な被害（自然への影響、有毒植物、耕地雑草など）を、評価のウェイトは小さくても、要因としてともかく組み込んである点は、政治的な合意形成を容易にする効果もあるのかもしれません。

この WRA はニュージーランドやハワイ、日本の小笠原でも有効性が確認されましたが、私たちはどのようなタイプの種特性がリスク評価に有効なのかを小笠原のデータを使って検討してみました。その結果、生態的な特性はリスク評価にはほとんど寄与せず、他の地域での侵入実績についての項目が重要であることがわかりました。また、このデータを使って線形重回帰やロジスティック回帰、決定木解析、生態特性のみの WRA などのさまざまな評価方法を比較しました。多様な統計モデルの比較は難しいのですが、自然への影響を予測した数値（ロジスティック回帰や決定木解析での有害な生物である確率や、WRA のスコアなど）を横軸に取り、その座標軸上での有害な生物と無害な生物の頻度分布を比較することで、様々なモデルを統一的に評価できます（図 4）。このグラフ上で有害な生物と無害な生物をきれいに分離できるのが良いモデルです。実際には図 5 のようなグラフで比較すると便利で、図の右上の領域に近いほど良いモデルです。このような結果から見ても、従来型の WRA は改良の余地がありそうです。

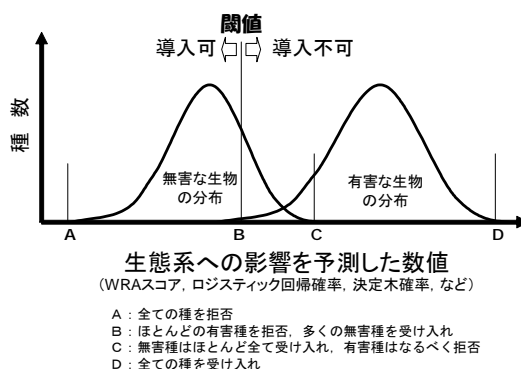


図 4 閾値の決めかた

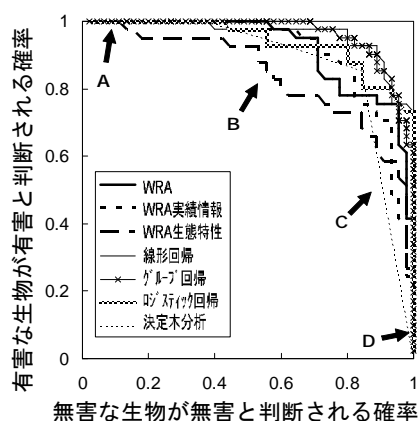


図 5 小笠原のデータによる手法の比較

導入前のリスク評価では、図 4 の横軸のどこかの値（閾値）で切って、その右側を導入不可、左側を導入可とします。無害な生物の導入をほんの少しでも制限したくない、というのであれば D 点を閾値として全ての生物を受け入れることとなります。無害な生物の導入をなるべく妨げたくないが、有害な生物にも配慮する、というのであれば C 点を採用することとなります。有害な生物をなるべく避けたいが無害な生物の導入も可としたい、という場合は B 点となります。有害な生物を全く導入しないようにしたいということであれば A 点を採用して全ての生物の導入を拒否することとなります。

これまで生態系への影響を予測する場合には、WRA のように導入した種を母集団と仮定して、その中で侵入に成功した種の生態特性を明らかにするタイプの侵入予測が多く試みられてきましたが、

この設定には問題があります。耕地雑草は寿命が短い、あるいは地下茎で栄養繁殖する生態特性が有利ですが、このような特性は極相林に侵入するには逆に妨げとなります。WRA で生態特性によるリスク評価が失敗しているのはこの理由にもよると考えられます。生態特性によるリスク評価では、ハビタット（耕地、極相林など）ごとに侵入予測モデルをつくる必要があるのかもしれない。

侵入実績のない生物の侵入予測を、生態特性をもとに行うことは、現時点では極相林などの研究実績のあるハビタットを除いて不可能です。海産の動物などでも困難とされています。したがって実用的なリスク評価としては、今のところは過去の侵入実績でリスク評価するのが現実的で、WRA の地理・歴史的な部分に相当しますが、この方法は全ての生物に使うことができます。さらに次のステップとして情報の項目や集計方法を改良したものが可能だと思われませんが、現在のような主観的・定性的な情報を基にしたものになるでしょう。既侵入先での客観的な影響評価手法の確立には時間がかかりそうであるためです。植物の一部のハビタットでは生態特性による予測ができるようになるのかもしれない。もっと先を考えると、生態特性をもとにした群集予測の技術を使って、ハビタットごとにリスク評価ができるようになると思われませんが、そのためには基礎的な生態学の進歩が不可欠です。

経済的な利用価値もあるが自然への被害もある外来生物も存在します。たとえばセイヨウマルハナバチ（昆虫）はトマトの品質を向上させますが在来ハナバチ群集に大きな影響を与えられと考えられます。生態リスクと経済的利益を天秤にかけて判断（合意形成）できるリスク評価方法の開発が求められています。

5. 根絶と被害軽減

すでに侵入して被害を及ぼしている外来生物に

対しては、全ての個体群を取り除く根絶と、個体群密度を低下させる事などで被害を軽減させるアプローチと、ふたつの方向があります。根絶事業は大変な費用がかかりますが、いったん成功すれば以後の追加費用はなくなり、長期的には最も利益/コスト比の大きな対策です（図 6）。

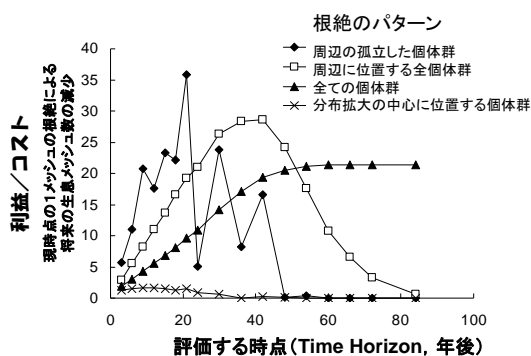


図 6 分布拡大中のアライグマの根絶パターンと利益/コスト比

それに対して被害軽減策では、当面の費用は少ないものの、永遠に費用がかかり続けます。外来哺乳類の根絶の先進国であるニュージーランドでは島での根絶事業が多く行われてきました。根絶可能な面積は技術の進歩によって拡大中ですが、これまでの成功事例は最大で 10 km×10 km 程度の範囲内で、これより広い地域からの根絶はできていないようです。イギリス東部でのヌートリア（哺乳類）の根絶も、地域の広がりには大きいのですが、ヌートリアの生息地は運河や流れの緩やかな河川沿いの帯状の地域に限られているため、生息可能地域をまとめた面積は 10 km×10 km と同じオーダーでしょう。日本の沖縄や小笠原で成功したウリミバエ（昆虫）の根絶事業も面積はほぼ同じで最大の沖縄本島は正方形に換算すると約 11 km×11 km です。

ニュージーランドでは大きな島からのネズミ類の根絶に成功していますが、ここでは薬物を使用しています。エバーグレイズ国立公園の外来樹木メラロイカは切り株から萌芽するため伐採や抜き取りでは対処できないことが明らかになり、切株の除草

剤処理などによって分布域の拡大を抑えています。日本では小笠原諸島のアカギやクマネズミ対策の場合のように、自然の生態系での毒物や除草剤の使用にたいへん慎重ですが、外来生物の被害が大きな場合には、外来生物のリスクと薬剤のリスクを天秤にかけて、最適な選択をする必要があると思われます。また日本のウリミバエや海外の哺乳類の根絶成功例では、理論生態学者が根絶計画に参画し、根絶可能性の評価や資源（費用など）の見積もりを行っていました。根絶事業は多額の費用が必要であり、合理的なプロジェクト管理の一部として理論生態学者の参画は必須といわれていますが、日本では必ずしも行われているわけではありません。日本で海外と比較して根絶事例が少ない理由には、このような原因があるのかもしれませんが。

活発に分布拡大中の生物に対する対処方法は未だ研究途上です。根絶できるのは侵入ごく初期のもので、その後は分布拡大を阻止する有効な手法は明らかではありません。ただし方針としては周辺の新しく分布拡大した地域（特に飛び火したような場所）を集中的に駆除することが有利だと考えられます（図 6）。一方で分布拡大を予測する手法はほぼ確立されつつあり、侵入初期で個体群のパラメータが得られていない状況では、ふたつの時点の 2 枚の分布地図から分断されたハビタットでの分布の変化を予測するメタ個体群モデルを使って分布拡大を予測できます（図 7）。詳細な個体群データが得られれば、パッチ内の個体数の増減とパッチ間の移住として分布拡大過程をモデル化することもできますが、現時点ではパラメータ測定に労力が必要なわりに、結果の信頼性はそれほど高くないようです。

6. 社会的なメカニズムによるリスク管理

国境を超えた外来生物の持ち込みを禁止する社会的なシステムは、ヒトの病気の拡大を阻止する目的での検疫制度から始まりました。その後経済的

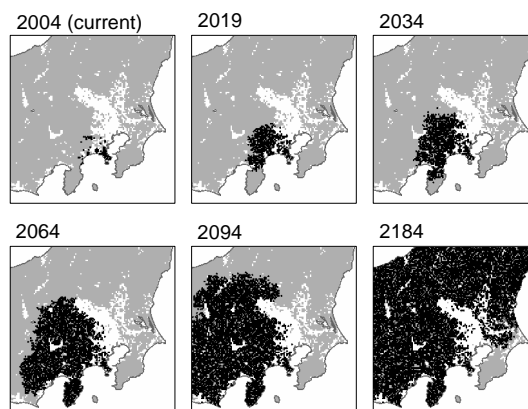


図 7 神奈川県からのアライグマの分布拡大予測

に重要な生物（作物、家畜など）に被害を与える外来生物に拡張され（動物検疫と植物検疫）、さらに 2005 年には外来生物法（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）が施行されて、入国を阻止する対象は野外の自然にとって有害な外来生物にまで拡大されました。

外来生物法は水際の侵入阻止と侵入初期の根絶、国内の分布拡大阻止をめざしたもので、特に有害な生物を特定外来生物に指定して、国内への持ち込み、飼育、野外への放出を禁止しています。また特定外来生物と同じ属や科で生態特性が似ている未導入の種を未判定外来生物に指定し、輸入する場合には政府によるリスク評価が義務づけられています。特定外来生物に指定する効果は未導入の種では特に大きいのですが、既に国内で分布拡大を終了してありふれたものになったセイタカアワダチソウなどの生物は根絶も困難であり、法律での所持などの禁止は、生態系の保全のためには実質的な効果は少ないと思われます。逆にありふれた生物を特定外来生物に指定することで法律が形骸化することも考えられます。このような理由で外来生物法では未導入の種を中心に指定することが望まれますが、これまではすでに国内に入った種の指定に関心が集中してきました。ただし 2006 年の第 2 次指定では未導入種や種を超えた属レベルでの指定も増えてきています。

すでに侵入した種が議論の中心になっている背景には閣議決定による運用方針として、未導入の種については海外で特に問題となっている種を指定する、とされたことの他に、法律の守備範囲に誤解や未整理があり、周辺の法令が未整備なことも原因かもしれません。外来生物法は防疫と侵入初期の根絶、分布拡大阻止が目的の法律であり、根絶をめざすのでなければ、すでに分布拡大を終了した外来生物の被害軽減は守備範囲外です。しかし多様な生物（哺乳類・鳥類には鳥獣保護法があるが）の多様なハビタット（国立公園外にも重要なハビタットは多い）の被害軽減と自然修復についての法令が未整備であるため、外来生物関係の多くの問題の解決を外来生物法に期待してしまっている面もあるようです。

このほかに現在の外来生物法では対応できない点として、国内の地域間の移動を制限できなかったり（日本での最も重大な外来植物の被害は沖縄から小笠原への国内導入による）、亜熱帯から亜寒帯までである国内の気候の違いを反映して熱帯魚の飼育を北海道では許可して沖縄で規制する、などの対応をとれないことなども指摘されています。もし外来生物法を改正して対応するのであれば沖縄と小笠原（気候と生物相が本州と大きく異なる）を地域指定し、それぞれの地域のみに対応した特定外来生物を指定することは可能だそうですが、法律の設計が複雑になり国会の審議もたいへんです。むしろ都道府県や市町村の条例で対応すれば比較的容易であるとのことですが（沖縄の中での島ごとの対応も可能）、現在は未整備のままです。

現実に根絶可能なのは侵入初期のみであるため、侵入初期の対応が重要です。アメリカ合衆国では新しく侵入した種に対する即応態勢が検討されていますが、日本の外来生物法では考慮されていません。根絶事業を始めるには特定外来生物に指定する必要がありますが、そのためには侵入検知から始まっ

て、調査資料の蓄積、委員会での審議、閣議決定、などの手順が必要であり、対応が遅れる間に根絶が不可能になる可能性があります。あらかじめ未侵入種の多くを特定外来生物にしておくのが望ましく、この意味では導入を可とする生物を指定しデフォルトで全ての生物を輸入禁止にするホワイト・リスト方式（ニュージーランドなどで採用されている）が望ましいと言えますが、日本はデフォルトで輸入可能で、輸入できない生物を指定するダーク・リスト方式です。ただし属や科などの大きな分類群を特定外来生物に指定し、そのなかの無害の種を指定して輸入許可すれば、現在の法律でもホワイト・リスト方式と同じような運用が可能です。

さらに特定外来生物の選定にあたっては、国内・国外を含めてすでに侵入した種の影響評価手法と、未侵入種のリスク評価手法を確立する必要がありますが、これは社会システムではなく研究者の責任です。

このような規則での導入の禁止以外に、経済的なフィードバックによるリスク制御も可能かもしれません。意図的な導入にしても非意図的な導入にしても、輸入者や流通業者、輸入した生物を利用するひとたちは利益を得ますが、外来生物が野生化して被害を受けるのはそれ以外の一般の市民（経済・健康被害、伝統的な自然の喪失など）や伝統的な農林水産業の従事者（経済被害）、政府（対策の予算が必要）などです。利益を受けるひとと不利益を負うひとが一致しないためフィードバックがかからず、無責任な輸入が続けられている面があります。経済のメカニズムとして、不利益のリスクを輸入者や利用者に環流するシステムが必要で（外部不経済の内部化）、損害賠償や損失補償はひとつの有力なメカニズムです。これは初期の公害問題と同じ図式ですが、違う点として生物は自己増殖するため、ごく少数の個体の秘密の放逐で野生化してしまい、放逐から個体数が増加して被害が発生し気づかれるまで

に数年かかるので、被害が出たあとで放逐者を特定して損害賠償を求めることは事実上困難です。輸入業者や販売業者などの受益者が取扱量に応じて資金を出して被害者の救済費用や根絶費用を補償する仕組みをつくれれば、大きな被害を及ぼすリスクのある生物を無責任に導入することは少なくなるかもしれません。

既導入種を中心に特定外来生物を指定するとの方針や未判定外来生物の内容などは法律施行時の閣議決定で示されています。法律や閣議決定は目的を達成するためのルールですが、河川敷で除草したアレチウリ（ウリ科の特定外来生物だがすでに広く分布している）の運搬に許可が必要になって駆除を行っていくなど、はじめは意図しなかったところで目的に反する副作用が起きることもあります。現在は法律、閣議決定での運用方針、環境省内の運用方針、などの段階ごとに柔軟性を確保するシステムですが、閣議決定の変更はたいへんであり、法律の変更はさらにたいへんな作業です。外来生物問題に限ったものではありませんが、迅速に目的を達成するためには法的なルールの最適化アルゴリズムや柔軟性の確保をどのようにすればよいのか、を検討してみても良いのかもしれません。

7. データベース

外来生物問題では関与する生物の分類群数が多いため、リスク評価など多くの場面でデータベースが重要となり、Global Invasive Species Programme (GISP)のものなど多くの外来生物データベースが整備されてきました。しかしどのようなフィールド（情報の項目）が必要なのかについてはまだ決まったものはありません。

生物の侵入リスク評価では世界の多様な地域での侵入実績と被害実績の情報が重要ですが、前述のように影響評価手法は標準化されていません。世界的に侵入実績がない生物のリスク評価は生態特性

をもとに行われますが、どのような生態特性をデータベースに含めるべきかについては、今後の研究が必要です。また在来種（少なくともランダムサンプリングした種）の生態特性の情報も、外来生物のリスク評価のためのデータベースには必要になります。これは樹木の種が少ない小笠原でアカギの被害が大きいことをみても、在来生物の特性によって侵入確率や外来種の影響が変わると考えられるためです。

根絶や被害軽減では生物ごとのトラップなどの有効性の情報とともに、根絶事業の方法や成功・不成功、費用などを収録した事業のデータベースも、根絶事業の実現可能性を検討する場合に有益であると思われます。

8. これから必要な研究

外来生物による野外の自然への環境リスクは新しく気付かれ始めた環境問題です。外来生物法ができたことに伴って多くの研究プロジェクトが立ち上がりましたが、全体の問題の解決のための研究テーマの緊急度の評価は十分になされてこなかったようにみえます。

まず必要なこととして外来生物の自然への影響評価手法の標準化が不可欠です。これは既に国内に野生化した外来生物の評価のみでなく、未導入の生物の海外での影響評価結果が標準化されることで、日本でのリスク評価の精度が向上します。このような標準化は海外でも行われていません。また海外では農業被害と自然環境被害を含めた経済的な被害額の推定（経済的な影響評価）が頻繁に行われ、必ずしも自然や農業・漁業に興味のない一般の人とのコミュニケーションに使われていますが、日本では情報が取りまとめられておらず、これから研究が必要です。

リスク評価に関しては、世界的に導入実績のない生物の侵入予測を生態的な特性のみから行う手法

を開発する必要があります。生態学的には群集の種組成と優占度の推定を種特性から行うこととなります。極相林や耕地雑草群集の植物ではカギとなる種特性が解明されつつありますが、その他の多様なハビタットでの、動物も含めた多様な生物についての研究が必要です。さらに経済的な利用価値もあるが自然への被害もある外来生物について、生態リスクと経済的利益を天秤にかけて判断（合意形成）できるリスク評価方法を開発する必要があります。

根絶と被害軽減に関しては、根絶可能性と費用の見積もり方法を事例に合わせて開発するとともに一般化も必要です。実現可能性、費用、将来の被害の大きさなどを勘案し、どの種を根絶すべきかを定める評価方法の研究も必要です。また毒物や除草剤などの使用に関するリスクと外来生物のリスクの比較を行って社会的な合意をめざす研究や、動物愛護に関する社会的合意の形成方法の研究も必要で

す。分布拡大を抑止する技術の開発は難しい問題ですが、重要なものです。分布拡大予測については、多様な外来生物の分布拡大予測をとりまとめて社会に提供するような研究も有益でしょう。

社会的なリスクマネジメントでは、日本の法体系になじみながらも外来生物の特殊性に対応した法律や運用方法の設計が必要です。外来生物法の周辺の法令との主義範囲・連携の整備に関する研究や、外来生物による経済的被害（農業・漁業被害、根絶費用など公共の費用）の輸入者・販売者・利用者などの受益者による損失補償を現実に可能とする方法の研究も必要です。

研究協力者

酒井暁子（2003-2006 年度、COE 客員助教授）

田中涼子（2003-2006 年度、博士課程後期）

主要な研究成果

F. Koike, M. N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter and K. Iwatsuki (eds) (2006) *Assessment and Control of Biological Invasion Risks*. Shokadoh Book Sellers, Kyoto, Japan and IUCN, Gland

三上光一、小池文人（2005）亜熱帯海洋島における木本種のニッチ幅とニッチ重複、*植生学会誌*, 22: 25-40

小池文人（2003）生態リスク評価。遺伝子組換え植物の光と陰 II、学会出版センター、pp.159-190

ABSTRACT

Assessment and Management of Biological Invasion Risk

Fumito KOIKE

Biological invasion is an irreversible process. Contaminated chemicals in the environment will be decomposed after several years, however invaded organisms reproduce themselves and persist forever. New invading organisms will change the nature of forests, rivers and lakes in the future. Biological invasion by alien organisms is an environmental issue realized recently, and standardized methods to assess and control invasion risks have not yet been established both in biologically and legislatively. New ideas and basic studies are strongly required to deal with this new environmental issue.