

原著

福岡県における侵略的外来種の簡易スクリーニング法

金子洋平・中島 淳・石間妙子・須田隆一

福岡県侵略的外来種リストを作成することを目的として、県内に定着している侵略的外来種の簡易スクリーニング法を検討した。簡易スクリーニング法として、動物、植物、各13項目の二者択一式の評価基準を作成し、各種の侵略性を点数化(0-13点)した。手法の有効性を検証するために受信者動作特性曲線による解析を行ったところ、曲線下面積は動物0.892、植物0.919であり、侵略的外来種である生態系被害防止外来種リスト掲載種とそれ以外の外来種を高い精度で識別できることが示された。また、地域レベルで問題となっている外来種や重要害虫を侵略的外来種として評価することができたことから、地域の侵略的外来種リストを作成する際に活用できると考えられた。

[キーワード：侵略的外来種、スクリーニング法、リスク評価、生物多様性、福岡県]

1 はじめに

外来種による生態系などへの影響は、生物多様性にとって重大な脅威の一つに位置付けられている。生物多様性の保全を図るためには、特に対策が必要な侵略的外来種を明確にし、効果的・効率的な防除を実践していくことが必要である。このような背景のもと、福岡県では、2013年3月に策定した福岡県生物多様性戦略¹⁾において、特に優先的に実行すべき取組(重点プロジェクト)の一つとして、外来種ブラックリスト(侵略的外来種リスト)の作成が明記された。

国においては、2015年に環境省及び農林水産省によって生態系被害防止外来種リスト(以下、国リスト)²⁾が作成された。しかし、この国リストは全国的な観点から侵略的外来種を選定したものであるため、問題となっている地域が限定的である外来種などは、選定されにくい傾向がある。そのため、各都道府県がそのまま活用するには不十分であり、地域ごとに独自の侵略的外来種リストを作成することが適切である。

侵略的外来種を選別する方法の一つに、リスク評価によるスクリーニングがある。リスク評価によるスクリーニングとは、他地域での侵入実績や外来種が定着し侵略性を発揮する要因として考えられている形質などの生態的要因を点数化し、点数が高い外来種を侵略的外来種と判断する方法である。既存の方法として、外来生物の導入防止は、最も安価で最も効果的な外来種対策である³⁾との観点から、世界中で様々な手法が開発されている⁴⁾⁵⁾。

しかし、それらは、未導入の外来種が、導入された場所

で侵略的外来種となりうるかを評価するものであるため、定着している外来種の評価にそのまま活用することは適切ではない。既存の手法は、他地域における侵入実績が評価の中心となっているが⁶⁾、定着している外来種の評価には、生態的な特性や定着地域における生態系などへの影響の有無を評価することがより重要であると考えられ、これらを含めたスクリーニング法を開発する必要がある。

そこで、本研究では、福岡県侵略的外来種リストの作成を目的として、地域に定着している侵略的外来種を適正に評価できるスクリーニング法の検討を行った。なお、国際的に最も定評があるWeed Risk Assessment (WRA)⁷⁾は49項目から侵略性を評価する手法であり、多大な労力・時間を要するとされている⁸⁾。そのため、本研究では、多数の外来種を比較的短い時間で評価できるように、評価項目数が少ない簡易的な手法の検討を行った。

2 研究方法

2・1 福岡県に定着している全外来種の把握

福岡県に定着している外来種を把握するために、2014年4月から2017年3月にかけて、野外調査及び文献調査を行った。文献調査は、研究論文、福岡県植物誌⁹⁾などの書籍、国立環境研究所の侵入生物データベース¹⁰⁾、環境影響評価書、博物館の登録標本などを対象に行った。

対象とする外来種は、人為により、江戸時代末期以降(本研究では1800年以降と定義する)に県内へ導入され定着した種とし、国内由来の外来種も含めた。なお、定着とは、人の管理下外で繁殖し個体群を維持している状態を指し、植物における栄養繁殖(植物断片などによる無性生殖)や動物による単為生殖も含めることとした。一方、単発的に

捕獲されたもの、花壇の近辺に逸出したものなどは定着していないと判断した。

2・2 侵略性の評価手法

外来種の侵略性を評価するために、海外等で提唱されている動物¹¹⁻¹⁴⁾、植物¹⁵⁻¹⁸⁾のリスク評価手法や国リストの評価項目から、定着している外来種の評価に用いることができる項目を抽出した。侵略性の評価項目は、生物学的条件（競合、交雑、捕食や分布拡大・拡散に係る生態的特性など）及び自然環境・社会経済的条件（生物多様性重要地域における生態系影響や人体被害、経済・産業被害の有無など）を含める形で、動物、植物、各13項目を設定した（表1、2）。なお、本研究では生物多様性重要地域として、既存の保護制度などで指定または選定された自然公園特別保護地区・第一種特別地域、福岡県自然環境保全地区、生物多様性の観点から重要度の高い湿地（環境省重要湿地）を侵略的外来種から特に保全すべき重要地域として定義した。評価は、各項目に設けた評価基準に合致するか否かで、合致する場合には各1点を与え、各種の侵略性を点数化(0-13点)することによって行った。また、福岡県の実状を優先して評価を行うこととしたが、県内の実状が不明な場合は国内の情報をもとに評価を行った。

2・3 スクリーニング法の有効性評価

本手法の有効性を評価するために、侵略的外来種と評価されている国リスト掲載種とそれ以外の外来種をスコアによって識別可能であるか、受信者動作特性曲線(Receiver Operating Characteristic curve; ROC曲線)を用いて解析するとともに、両者を識別するための最適なスコアを算出した。ROC曲線は、手法の有効性の指標である感度(sensitivity)及び特異度(specificity)を用いて描かれる曲線であり、臨床研究の診断検査の有効性を検討する際によく用いられている手法の一つである。

本解析では、侵略性が高いと判断するスコアの閾値を変えながら、“感度”(国リスト掲載種が、侵略性が高いと評価された率)、“特異度”(国リスト非掲載種が、侵略性が低いと評価された率)、“1-特異度”(国リスト非掲載種であるが、侵略性が高いと評価された率)を計算することで、ROC曲線を作成した。国リスト掲載種とそれ以外の種を識別できているかの判断には、ROC曲線下の面積(Area Under the Curve; AUC)を指標とした。国リスト掲載種と非掲載種がより明確に区別できる場合は、感度と特異度が同時に高くなり、ROC曲線はより左上に凸な曲線となることから、AUCが大きいほど識別性能が高く、より良い手法であると判断される。AUCは0.5よりも大きい場合に有効であると評価され、完全に識別可能な場合は1となる。

AUCは一般的に0.7以上で許容できる精度(acceptable accuracy)、0.8以上で高い識別精度(excellent accuracy)、0.9以上で顕著な識別精度(outstanding accuracy)を有すると判断される¹⁹⁾。

侵略性が高いとするスコアは、感度と特異度のどちらを重視するかによって任意に設定することができるが、本研究では、感度と特異度の両方を同等に重視することとし、Youden's index(感度+特異度-1)が最大となる値を最適なカットオフ値(cut-off value)とした²⁰⁾。

なお、農業害虫は国リストの選定対象外となっており侵略性が評価されていないことから、本解析においても農業害虫は除外することとした。しかし、選定対象外となった具体的な農業害虫は記されていないことから、植物防疫法に基づく非検疫有害動物及び暫定検疫有害動物に指定された種を農業害虫と位置付けて解析から除外した。ただし、農業害虫においても、計算されたカットオフ値を適用することで侵略的外来種かどうかの評価を行うとともに、その結果の妥当性について検討を行った。統計手法はR.3.1.0を用いて実施し、pROC関数を使用した。

3 結果及び考察

3・1 福岡県に定着している外来種

県内に定着している外来種は、動物224種、植物409種の計633種(亜種・変種を含む)であった。動物における高次分類群ごとの内訳は、哺乳類2種、鳥類5種、爬虫類1種、両生類1種、魚類21種、昆虫類140種、貝類21種、甲殻類その他29種、クモ形類4種であり、農業害虫を含む昆虫類が最も多かった。

侵入の由来としては、国外由来の外来種が615種(動物211種、植物404種)、国内由来の外来種(その可能性がある種を含む)が23種(動物18種、植物5種、このうち動物5種については国外由来と重複)確認された。国内由来の外来種として、動物では琵琶湖淀川水系に由来するゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri* Temminck & Schlegel やハス *Opsariichthys uncirostris* (Temminck & Schlegel) など、植物では本州の太平洋側に自然分布するオオバヤシャブシ *Alnus sieboldiana* Matsum. などが挙げられた。

国内に定着している外来種として、国立環境研究所の侵入生物データベースには、動物が約950種、植物が約1,600種、計約2,550種が登録されている。侵入生物データベースでは江戸時代末期以前に侵入したと考えられている種や各都道府県における国内由来の外来種も含まれているため、単純な比較はできないが、動物、植物ともに国内に定着している全外来種の約4割が福岡県に定着している状況であった。

なお、これらの外来種は2017年末時点で確認できたもの

表1 動物の評価項目及び評価基準

No.	評価項目	評価基準
1	同科に侵略的外来種が存在する	侵略的外来種としてデータベースに登録されている。日本または世界の侵略的外来種ワースト100などに選ばれている。
2	競争・捕食・摂食により甚大な影響を及ぼす	競争や捕食・摂食により在来種に甚大な影響があることが報告されている。
3	在来種と交雑する	福岡県内において在来種と交雑している、またはその可能性がある。
4	移動分散能力が高い	飛翔できる、または1km以上移動することが知られている。魚類では海域を移動できる場合に該当とする。
5	食性はジェネラリスト(幅広い種類の餌を食べる生物)である	雑食性(動物質と植物質の両方を食べる)である。植物食性の場合においても、広い科の植物を摂食することが知られている。
6	環境への適応能力が高い	特定のハビタットや景観タイプに依存しない。乾燥耐性、飢餓耐性がある。水生生物においては、高温(30℃以上)及び低温(10℃以下)に対する耐性がある。または生活史において、特定の環境構造を利用(二枚貝産卵など)しない。
7	両性器を持つ、単為生殖するなど単体で増殖できる	両性器を持つことが知られている。単為生殖・無性生殖の報告がある。
8	社会性をもつ、または親が卵や子の世話をする	社会性昆虫である。親が卵や子の世話をすることが知られている。
9	捕食者が存在しない	成体には捕食者がほとんど存在しない。卵に毒を持つなど捕食から逃れる特性を有する。
10	意図的・非意図的を問わず人間活動で広がる	食品やペットとして流通している。放流魚への混入、植木や野菜、食品などへの付着、貨物への紛れ込み、船のバラスト水への混入などにより、侵入及び拡大報告がある。
11	生物多様性重要地域に生息し問題となっている	福岡県内の自然公園特別保護地区・第一種特別地域、福岡県自然環境保全地域、環境省重要湿地に生息し、在来種に影響を及ぼしている。
12	人体被害の報告がある	刺傷・咬傷などの報告がある。人に対して有毒物質を持つ。人畜共通感染症を持っているか、感染症を媒介する(可能性を含む)。
13	経済・産業被害、または生活環境被害が報告されている	農林水産物・加工食品への食害または病気の媒介が生じた事例がある。糞尿等により家屋等の建造物へ汚損被害が生じている。大量の死骸等により水質汚染が生じた事例がある。付着等により通水阻害が生じた事例がある。

表2 植物の評価項目及び評価基準

No.	評価項目	評価基準
1	同属に侵略的外来種が存在する	侵略的外来種としてデータベースに登録されている。海外で'noxious weed'(害草)としてリストされ、対策が義務付けられている。有害植物として、検疫対象となっている。
2	水生植物、または湿生植物である	水生植物は、日本水草図鑑、日本水生植物図鑑に掲載されている場合とする。湿生植物については、日本帰化植物図鑑、帰化植物写真図鑑など、少なくとも2つの図鑑に水辺、湿地、水田などの湿性環境が生育地として記載されている。
3	つる性、または大型の植物であるか、被覆力が強く物理的に在来種を抑圧する	つる植物、群生する、マット状に広がる、高さが2m以上になる大型の植物、のいずれかに該当し、物理的に在来種を抑圧する種。群生の基準は、図鑑に「群生する」や「大群落をつくる」などの記載、または福岡県内で一面に優占している事例がある場合とする。
4	アレロパシー活性を有する	アレロパシー(植物が放出する化学物質が他の生物に阻害的または促進的な何らかの作用を及ぼす現象)活性を有し、他の植物に阻害的な影響を与えることが知られている。
5	在来種と交雑する	福岡県内において在来種と交雑している、またはその可能性がある。
6	窒素固定を行う	根粒菌または窒素固定エンドファイト(内生菌)を持ち、空気中の窒素を利用することができる。
7	切断・耕耘・火入れに耐えるか、むしろ広がる	根茎、塊茎などの地下器官により栄養繁殖する。ほふく茎、倒伏茎により栄養繁殖する場合においても、切断片から増殖する可能性があるため該当とする。国内の駆除事例により、継続的な刈取りでは駆除に至らず、再生力が強いと判断された種。
8	とげや針を持つ	各種図鑑にとげや針を持つことが記載されている。果実など植物体の一部に針がある場合も含む。ただし、動物の被食防止のための形質及び人がけがをする可能性がある場合を対象とし、アメリカセンダングサの果実のように付着散布のための形質は対象に含めない。
9	在来種が生育しにくい環境に侵入する	礫河原、海浜(海岸砂浜、海岸岩礁、海岸裸地)、干潟、貧栄養湿地、蛇紋岩地、酸性土壌が生育地として図鑑に記載されている。
10	意図的・非意図的を問わず人間活動で広がる	緑化植物、園芸植物、薬用植物などとして流通や栽培が行われている。飼料・牧草への混入実績がある。土砂や貨物などに混入または付着することで運搬され拡散している。
11	生物多様性重要地域に生育し問題となっている	福岡県内の自然公園特別保護地区・第一種特別地域、福岡県自然環境保全地域、環境省重要湿地に生育し、在来種に影響を及ぼしている。
12	人や動物に有毒である、花粉症を引き起こす	人や動物に有毒である、または花粉症原因植物である。
13	経済・産業被害、または生活環境被害が報告されている	強害雑草、難防除雑草とされ、畑や水田などで防除対象種になっている。水生植物の繁茂により通水阻害が発生している。一斉枯死により悪臭の発生源となる。生産物に臭いがつくなどにより、廃棄に追い込まれた事例がある。

であり、全ての種を完全に網羅することはできていない可能性がある。特に、外来植物の逸出及び定着（野生化）を判断することは難しく、栽培個体と野生化個体の境界は明瞭ではない。このため、定着していると判断される外来種の種数は今後も増大すると考えられる。

3・2 スクリーニング法の有効性

農業害虫123種を除く動物101種と植物409種の侵略性のスコアを計算した結果、動物、植物ともに国リスト掲載種と非掲載種間で大きく異なった（図1）。動物は、国リスト掲載種におけるスコアの中央値は5点（スコアの範囲は2-11点）であり、非掲載種の2点（スコア範囲は1-8点）よりも有意に高かった（ $p < 0.001$ 、Mann-Whitney U test）。植物は、国リスト掲載種におけるスコアの中央値が6点（スコアの範囲は1-11点）であり、非掲載種の2点（スコア範囲は0-8点）よりも有意に高かった（ $p < 0.001$ 、Mann-Whitney U test）。また、AUCも動物0.892、植物0.919と高い値であったことから（図2）、侵略的外来種である国リスト掲載種とそれ以外の外来種を高い精度で識別できることが示された。

Youden's indexが最大となる値は動物3.55、植物3.58であり、侵略的外来種とする最適なスコアは、動物、植物ともに4点以上と判断された。この時の感度は動物0.941、植物0.915であり、特異度は動物0.791、植物0.787であった。これは、国リスト掲載種の9割以上が正しく侵略性の高い種として評価することができ、一方で、約2割の国リスト非掲載種が、国リスト掲載種と同等に侵略性が高いと評価されたことを示している。このように国リストと本解析による評価が異なった種については、福岡県の実状を評価した結果として、地域レベルで問題となっている外来種をスク

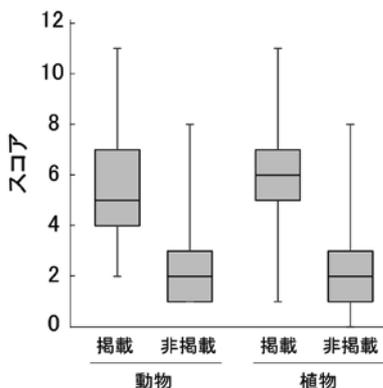


図1 福岡県に定着している生態系被害防止外来種リスト掲載種と非掲載種におけるスコアの比較

*箱ひげ図は、箱中の横線が中央値、箱の下端が第一四分位（25%）、箱の上端が第三四分位（75%）、ひげの両端が最大値及び最小値を示す。

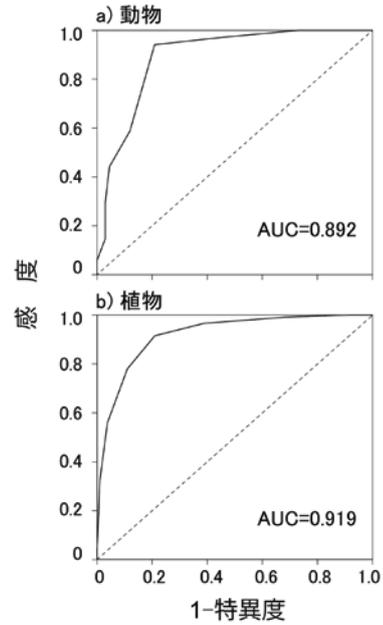


図2 ROC曲線

リーニングできたのか、あるいは侵略性を過小または過大評価した結果として、誤ってスクリーニングされたのかを十分に検討する必要がある。

3・3 侵略性が低いと評価された国リスト掲載種

国リスト掲載種であるが、侵略性が低いと評価された動物はグッピー *Poecilia reticulata* Peters とシマメノウフネガイ *Crepidula onyx* G.B.Sowerby I の2種、植物はミカヅキゼンゴケ *Lumularia cruciate* (L.) Lindb. やアツミゲシ *Papaver somniferum* L. subsp. *setigerum* (DC.) Arcang. などの10種であった。

これらの種の侵略性が低く評価された理由には、いくつか考えられる。一つ目は、福岡県では侵略性を発揮できる自然的条件が満たされていない場合である。魚類のグッピーは、耐寒性が低く本県では冬を越すことができないため、分布は温水が流れ込む下水流入地域など限定的であり、顕著な侵略性は確認されていない。また、植物のフヨウ *Hibiscus mutabilis* L. は、サキシマフヨウ *H. makinoi* Jotani et H. Ohba との交雑により生態系への不可逆的な影響を及ぼすことが深刻な問題となっているが、本県にはサキシマフヨウが分布しておらず、交雑が生じることはない。そのため、これらの種の侵略性が低い評価となったことは、本県の実状を反映した妥当な結果であるといえる。

二つ目は、突出した特定の被害だけをもたらす場合である。アツミゲシは、麻薬成分を含み深刻な人体被害を及ぼす侵略的外来種であるが、在来種を駆逐するなどの重大な生態系影響は確認されていない。このような種の侵略性を適正に評価するためには、被害の深刻度に合わせて点数の

重み付けを行うなどによって、該当する評価項目数が少なくてもスコアが高くなるように改良する必要がある。

三つ目は、生態的な情報が不足している場合である。動物のシマメノウフネガイや植物のミカツキゼニゴケなどは、繁殖力が強く分布を拡大しており、生態系影響が懸念されている。しかし、科学的知見が乏しく本手法の評価項目では適正に評価することができなかった。これらの種については、科学的知見の集積に努めるとともに、評価項目の見直しについても検討する必要があると考えられる。

3・4 侵略性が高いと評価された国リスト非掲載種

国リスト非掲載種であるが、侵略性が高いと評価された種は、動物14種、植物62種であった。

これらの種の中には、福岡県で問題となっている外来種が多く含まれていた。特に、本県の実状を反映した結果として選別されたと考えられる動物は、国内由来の外来種であるイチモンジタナゴ *Acheilognathus cyanostigma* Jordan & Fowler やビワヒガイ *Sarcocheilichthys variegatus microoculus* Mori など、生物多様性重要地域に生息し問題となっているアヒル *Anas platyrhynchos domesticus* Linnaeus やトガリアメンボ *Rhagadotarsus kraepelini* Breddin などが該当した。また、植物においては、国内由来の外来種であるオオバヤシャブシ、難防除雑草として問題になっているホソアオゲイトウ *Amaranthus hybridus* L. やヌマツルギク *Acmella oppositifolia* (Lam.) R.K.Jansen など、生物多様性重要地域に生育し問題となっているセイヨウアブラナ *Brassica napus* L. やメリケムグラ *Diodia virginiana* L. などが該当した。しかし、難防除雑草のトゲミノキツネノボタン *Ranunculus muricatus* L. やカロライナツユクサ *Commelina caroliniana* Walter などの一部の種は、侵略性が低く評価される結果となったことから、これらの種においても、被害実態にあわせた点数の重み付けを行うなどの改良が必要である。

一方、現状では深刻な被害が確認できていないが、アカザカズラ *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis やツルマンネンゲサ *Sedum sarmentosum* Bunge などは、侵略性が高い外来種として評価された。これらの種については、侵略性を過大評価している可能性があるが、侵略性に係る4つ以上の評価項目が該当していることから、潜在的な侵略性は高いと考えるのが妥当である。また、今後分布が拡大するにつれて、生物多様性重要地域に侵入することも考えられるため、分布拡大動向を注視しておく必要があるだろう。

3・5 農業害虫における侵略性の評価

解析から除外した農業害虫123種について侵略性を評価した結果、4点以上となった種は48種であった。侵略性が高いと評価された種には、アザミウマ類、コナジラミ類、

カタカイガラムシ類、ゾウムシ類などが多かった。このうち28種は福岡県の病害虫・雑草防除の手引き²¹⁾掲載種、または防除の研究が行われている種であり、農作物等に重大な被害を及ぼす重要害虫であった。

一方、3点以下となった75種には、ケシクスイ類、テントウムシ類、ゴミムシダマシ類などのコウチュウ目が多くを占めた。これらの種には、アワダチソウグンバイ *Corythucha marmorata* Uhler を除いて、重要害虫とされている種は含まれておらず、相対的に侵略性が低い農業害虫が適切に識別できていることが示唆された。そのため、本手法は、農業害虫にも十分適用可能であると考えられる。

4 まとめ

福岡県内に定着している外来種を、動物、植物、各13項目の基準によって侵略性を評価した結果、侵略性が高い国リスト掲載種とその他の外来種を高い精度で識別でき、定着している外来種の侵略性を評価する手法として有効性が高いことが示された。また、国リスト掲載種だけでなく、生物多様性重要地域で問題となっている種や難防除雑草などの地域レベルで問題となっている外来種をスクリーニングすることができた。さらには、農業害虫のスクリーニングにも適用できたことから、都道府県の侵略的外来種をリストアップする際に、十分活用できると考えられる。

一方、国リスト掲載種及び難防除雑草の一部の種は、侵略性が過小評価される結果となった。これらの種の侵略性を適正に評価するためには、評価に必要な科学的知見を集積するとともに、評価項目の見直しや被害の深刻度に応じたスコアの重み付けを行うなどの改良が必要である。

謝辞

福岡県侵略的外来種リスト策定専門委員の今坂正一氏、紙谷聡志氏、福原達人氏、逸見泰久氏、松隈明彦氏には、福岡県に定着している外来種の情報や侵略性評価について貴重なご意見をいただいた。ここに感謝申し上げる。

文献

- 1) 福岡県環境部自然環境課：福岡県生物多様性戦略，2013，（福岡県環境部自然環境課，福岡）。
- 2) 環境省，農林水産省：我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト（生態系被害防止外来種リスト），2015，（環境省，農林水産省，東京）。
- 3) IUCN (International Union for the Conservation of Nature): IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species (as approved by 51st Meeting of IUCN Council, February 2000). IUCN Information paper, 2000.

- 4) L. N. H. Verbrugge, R. S. E. W. Leuven and G. van der Velde: Evaluation of international risk assessment protocols for exotic species, 2010, (Department of Environmental Science, Faculty of Science, Institute for Water and Wetland Research, Radboud University Nijmegen, Nijmegen).
- 5) I. Stiers *et al.*: A review of methods that assess the biodiversity & socio-economic impacts of invasive alien species. Report from the Alien Alert project, 2014, (Belgian Biodiversity Platform, Brussels).
- 6) F. Koike and H. Kato: Evaluation of species properties used in weed risk assessment and improvement of systems for invasion risk assessment. In: *Assessment and Control of Biological Invasion Risk* (F. Koike *et al.* eds.), p. 65, 2006, (SHOUKADOH Book Sellers, Kyoto and the World Conservation Union (IUCN), Gland).
- 7) P. C. Pheloung, P. A. Williams and S. R. Halloy: *J. Environ. Manage.*, 57, 239-251, 1999.
- 8) 加藤英寿: 小笠原研究, 31, 1-28, 2006.
- 9) 福岡県高等学校生物研究部会: 福岡県植物誌, 1975, (博洋社, 福岡).
- 10) 国立環境研究所: 侵入生物データベース, <http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/index.html> (2016/11/29アクセス).
- 11) G. H. Copp, R. Garthwaite and R. E. Gozlan: Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: concepts and perspectives on protocols for the UK, 2005, (Cefas, Lowestoft).
- 12) M. Bomford: Risk assessment models for establishment of exotic vertebrates in Australia and New Zealand, 2008, (Invasive Animals Cooperative Research Centre, Canberra).
- 13) E. Tricarico *et al.*: *Risk Anal.*, 30, 285-292, 2010.
- 14) N. Onikura *et al.*: *Ichthyol. Res.*, 58, 382-387, 2011.
- 15) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Procedures for Weed Risk Assessment, 2005, (Plant Production and Protection Division, FAO, Rome).
- 16) 藤井義晴: 外来植物のリスクを評価し、その蔓延を防止する: 外来生物のリスク管理と有効利用, (日本農学会編), p. 19, (養賢堂, 東京).
- 17) T. Nishida *et al.*: *Biol. Invasions*, 11, 1319-1333, 2009.
- 18) B. D'hondt *et al.*: *Biol. Invasions*, 17, 1869-1883, 2015.
- 19) D. W. Hosmer, Jr. S. Lemeshow and R. X. Sturdivant: Assessing the fit of the model. In: *Applied Logistic Regression*, 3rd edition, p. 153, 2013, (John Wiley & Sons, New Jersey).
- 20) V. Bewick, L. Cheek and J. Ball: *Crit. Care*, 8, 508-512, 2004.
- 21) 福岡県農林水産部経営技術支援課: 「平成30年度版病害虫・雑草防除の手引き」を公開します, <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/30tebiki.html> (2018/1/12アクセス).

(英文要旨)

Invasiveness assessment tools for established alien species

Yohei KANEKO, Jun NAKAJIMA, Taeko ISHIMA and Ryuichi SUDA

*Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,
Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan*

We developed tools for assessment of invasiveness of alien species that have been established to clarify which should be controlled to conserve biodiversity in Fukuoka prefecture, Japan. The tools consisted of 13 alternative questions (yes/no) for each animal and plant taxa that were used to score the invasiveness of alien animals (n = 101) and plants (n = 409) from 0 to 13. A receiver operating characteristic (ROC) curve when classifying the alien species as invasive and non-invasive based on whether the species were on the list of Alien Species with Potentially Harmful Impacts on Ecosystems in Japan was plotted for each taxa. Moreover, the best cut-off level for the score using Youden's index and the area under the ROC curve (AUC) were calculated. Alien species with scores of 4 or more were regarded as invasive. The AUC values of animal and plant taxa were 0.892 and 0.919, respectively. Based on these results, the developed tools were considered to be effective for evaluating the invasiveness of alien species that have been established in Japan. The results also suggested that the tools were effective for screening of common agricultural pests and minor invasive alien species that are problems at the regional scale in Japan.

[Key words ; invasive alien species, screening tool, risk assessment, biodiversity, Fukuoka prefecture]