

# 生物侵入リスクの評価

小池文人  
 横浜国立大学・大学院環境情報学府  
 環境生命学専攻(助教授)  
 koikef@ynu.ac.jp

## 分類群専門家グループの任務は？

たぶんこちら？

< 仮説1 >

- 選定のポリシーを議論する(分類群ごとに事情が違う)
- 分類群ごとのポリシーで特定外来生物を選ぶ
- (分類群ごとのポリシーを全体のポリシーにフィードバック)

< 仮説2 >

- 全体のポリシーが存在する
- それにもとづいて分類群特有の選定手順を決める
- 特定外来生物を選ぶ

➡ 特定外来生物の選定手順のひとつの案を考え  
 その中でのWRAを位置づけてみた

## 海外から見た外来生物法

公式な訳語

**特定外来生物 = Invasive Alien Species**  
 (取締り対象の生物) (影響のある外来生物全て)

< 海外の印象(事前) >

- 外国原産の生物をすべて未判定外来生物とする
- 日本に入ったときInvasive Alien Species になる種は全て「特定外来生物」になる

ずいぶんイメージが違う

「取締り対象の生物 = 影響のある外来生物全て」とすればよいのだが

## どんな影響があるのか整理

自然のレベル	問題となる現象	メカニズム	
生態系レベル(広義)	遺伝子レベル	雑種形成	交雑
	個体群レベル	在来種の絶滅 在来種の個体数減少	繁殖干渉 競争・被食
	群集レベル	種組成が変化(雰囲気が変わる)	競争・被食
生態系レベル(狭義) (エネルギーと物質の流れ)	相観が変化(草原が高木林へ) 食物網が変化、湖の水質が変化	競争・被食 環境形成作用	

それぞれについて軽度なもから重度なものまで

法律の上での「絶滅」や「生態系への影響」を、  
 実際の自然での出来事に読み替える必要がある

## どの程度の影響まで許容するのか

1. 野外に定着
2. 普通の群集(広義の生態系)に安定して出現
3. 普通の群集で種の優占度に大きく影響
4. 重要な群集に安定して出現  
(高層湿原, 極相林, etc.)
5. 在来種の絶滅
6. 生態系の物質とエネルギーの流れを改変  
(高山のお花畑が森林に)

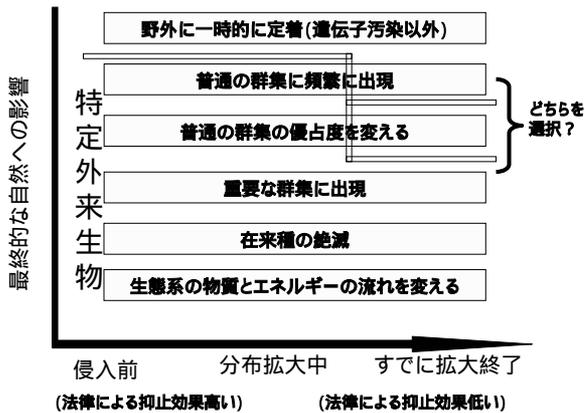
↑ 灰色領域  
 ↓ 特定外来生物

## どんなポリシーで特定外来生物を指定するのか

1. 大きな影響をもたらす外来生物を全て指定する
2. 法律による抑止効果の大きな種を対象にして厳しく取り締まる
  - 分布拡大中の種
  - 人間が意図的に持ち運ぶ種

- 植物の第1回の指定は、とりあえず思いつく「抑止効果の大きな種」
- 情報不足のなかでの緊急の対応として合理的
- しかし今後は情報集めが必要

## 特定外来生物の範囲



## 「分布拡大中」の生物

### A. 地理的に分布を広げている

例: アライグマ

### B. 大きな空間スケールでは分布しているが、地域内には分布していないハビタットがあつてローカルに分布拡大中

例: 東北地方のブラックバス(交通の便の良い池に多いようだ)

### C. 種子供給は全体に行われているが、

外来生物の優占度が十分に高まるのは将来  
例: 母島の緑線付近のアカギ

## どんな手順で選定するのか

- すでに日本に入っている生物について
  - 現状の把握
  - 分布拡大状況を把握するアンケート
  - 影響の大きさを把握するアンケート
- まだ日本に入っていない生物について
  - 他国で大きな影響が知られている生物のリスト作り (IUCNワースト100, USGSのIASリスト, など)
  - 気候マッチングからの侵入予測
- 他国での、侵入による被害情報が少ない生物
  - 生態特性からの影響予測

## すでに日本に入っている生物の判定

## すでに日本に入っている生物の判定

### < 植物の事情 >

- 外来植物は種数が多い(1500種)
- 現状に関する情報不足  
(日本中のハビタットで、どの種が現在分布拡大中なのか、問題を起こしそうなのか、日本全体を把握している個人は存在しない)
- 生態影響に関する文献情報が偏っている  
(全ての種が満遍なく研究されていない)

- 各地の専門家へのアンケート調査が必要
- 体系的な評価手順が必要
- 侵入初期の事例を常時収集して、調査員(専門家委員)を現地に派遣して判断する必要

## アンケートの例

### •影響の大きさはハビタットごとに評価する

- 森林
- 海岸・河川敷・崩壊地(砂礫の貧栄養・乾燥地)
- 水草・水辺の植物
- 岩地・石灰岩・蛇紋岩地・高山
- 貧栄養湿地(高層湿原や食虫植物の生える湿地)
- ススキ草原・安定した二次草地
- 路傍・耕地
- その他

### •様々な地域のひとにアンケートする

- 知られていない情報の場合は、分類群専門家グループの現地視察も必要かもしれない
- 数年おきの継続的な調査が必要

アンケートの例 (赤字は記入例)

種名	分布拡大中	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
アカギ	拡大中C	小笠原の極相林		沖縄に自生	1
モクマオウ	拡大中C	小笠原の乾燥低木林			1
トウネズミモチ	拡大中B	都市近郊林			3 園芸種
シュロ類	拡大中B	都市近郊林		九州に自生?	3 園芸種

海岸・河川敷・崩壊地(砂礫の貧栄養・乾燥地)

種名	分布拡大中	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
オニハマダイコン	拡大中A	東北地方の海岸			2
ハマダイコン	拡大中A	沖縄の砂浜海岸		本州などに史前帰化	1
ニセアカシア	拡大中B	長野県の河川敷			2

路傍・耕地

種名	分布拡大中	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
アレチヌスビトハギ	拡大中A		強烈な「ひっつきむし」		1
イネ科の緑化植物 カモガヤ、ホソムギ、オオアワガエリ、ハルガヤなど			花粉症の原因		1
雑草カランサシ類			人工遺伝子の宿主		1

複数のひとの「対策の優先順位」を使って多変量解析で全体のランキングも可能

アンケートを超えて、さらに影響の大きさを客観的に評価したいのなら

< 必要な情報 >

全外来生物のリスト

全外来生物の種ごとの経済被害の金額・健康リスク

× 全外来生物の種ごとの自然への影響の大きさの評価

1. 生態特性に基づいた群集への影響評価を利用
2. 十分に侵入した群集内での優占度で評価
3. 除去実験(寿命の長い生物では不可能)
4. シミュレーション(パラメータ測定の手力が膨大、全種は無理)
5. その他

まだ日本に入っていない生物の判定

まだ日本に入っていない生物の判定

侵入予測の比較

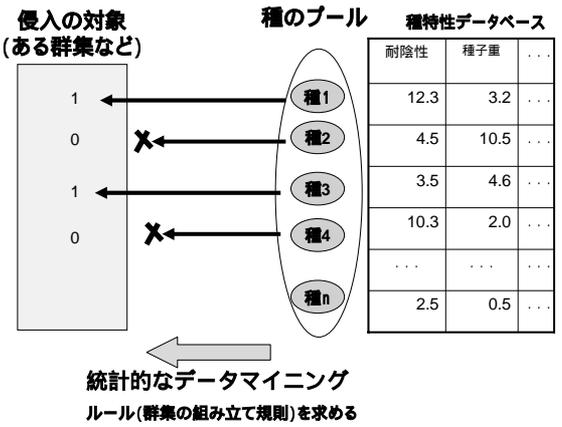
Williamson, M. (University of York)

- 予測能力が高い ↑
1. これまでの侵入実績
    - ・侵入種のワーストランキングをつくって警戒するのは妥当
    - ・森林性の種などのように、これまで人間活動で持ち運ばれる機会が少なかった種が持ち込まれた場合の挙動は予測できない。
    - ・GMOの予測は不可
    - ・自生地で地理分布の広い種は、地域外で侵入種になる確率が高い
    - ・日本での地理分布と北アメリカでの地理分布は比較できない。
    - ・同じ地域を母集団にした場合は当たる。
    - ・GMOの予測は不可
  2. 生態形質などによる予測(生態特性分析)
 

(研究例は、Lockwood et al. (1999)の鳥類, Koike (2001)の極相林の植物, Grotkopp et al. (2002)のマツ属, など)
  3. 個体群や群集のシミュレーションモデル
 

(あまり当たらないという)

生態特性分析



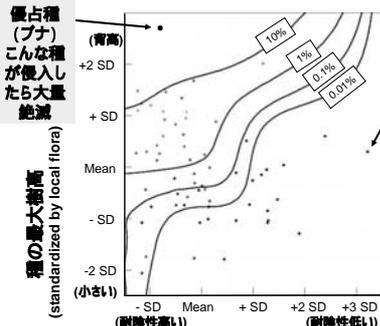
< 侵入対象と種プールの設定 >

侵入の対象 (成否を判定する場所)	種のプール	侵入を決定する要因	研究例
個々の群集	地域の植物相全体	1. 群集の組み立て規則	Koike 2001 当たる
多様な群集のあつまり (広い地域や一つの島など)	外来の同属の種群 (生活型が近い、実質的に侵入対象が決まっている)	1. 導入の頻度と量 2. 導入地周辺の景観 3. 群集の組み立て規則	Rejmanek & Richardson 1996; Grtokopp et al 2002; Lockwood et al. 1999 当たる
多様な群集のあつまり (広い地域や一つの島など)	導入された記録のある外来種すべて	1. 導入の頻度と量 2. 導入地周辺の景観 3. 群集の組み立て規則	Weed Risk Assessmentの生態特性の部分 当たらないことが多い (木本の侵入種と雑草の共通の生態特性は無い)

侵入対象のハビタットを決めれば予測可能 →

単純な結果が多い

極相林の樹木の優占度 (Koike 2001)  
(北方林, プナ林, 照葉樹林, 亜熱帯林を並べている)



この種は  
極相林内には  
存在できない

1. 単純な競争排除はみられないで、似た特性の種が似た優占度を持っている
2. 種が存在できる領域 (エンベロープ) がある
3. エンベロープの形は在来種の特性分布から相対的に決まる
4. 小笠原のように種が少ない地域は外来種が最強の種になる確率も高い(アカギ)

いわゆる雑草だけが危ないわけではない

極相植生の種が外来生物として問題になった外国の例

種名	侵入先	原産地	研究内容
ヨーロッパブナ	イギリス中部	イギリス南東部	最終的な優占度を更新モデル(ロツテリ・コンペティション)で予測
<i>Rhododendron ponticum</i> シャクナゲ亜属, ハクサシヤクナゲ列	イギリス北部	スペイン高山	林業被害, 在来群集に影響, 観光・園芸関係者は歓迎

なぜこれまで外来種は  
いわゆる雑草が多かったのか

景観のなかでの分布拡大

(いわゆる)雑草 森林植物

都市近郊の景観	容易	難しい
山地の景観	難しい	容易

- これまでは(いわゆる)雑草の分布拡大に向いているところに持ち込まれることが多かったから
- 森林植物を森林に持ち込んだら, 山地では容易に分布拡大

いわゆる雑草ではない, 困った植物の意, 極相林の優占樹木も含む

Weed Risk Assessment の  
データ解析方法の検討

小池文人 & 加藤英寿

目的: Weed Risk Assessment の判定方法の改良の可能性を調べる

- チェック項目の設問の合理的なウェイト付け
- 単純に合計する以上に良い判定ルールはないか

データ: 小笠原weed risk assessment (加藤ほか)

方法: 線形回帰でのウェイト推定, 回帰木

- 目的変数: 専門家の主観的判断
- 説明変数: チェック項目

Weed Risk Assessmentとは

<由来>

- ニュージーランド, オーストラリア, ハワイなどで実用化
- 検疫対象の生物を選ぶ方法に近い

<内容>

- 種の特性のチェックリストに, 専門家が答える
- チェックリストのポイントの合計点(総合スコア)の高い生物を警戒
- チェック項目は, 気候のマッチング, 侵入実績, 生態特性など

<利点>

- 主観的な判断でも使えるので, 比較的すばやく評価できる

線形回帰でのウェイト推定

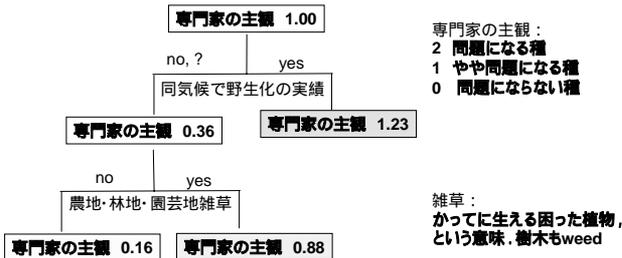
ステップワイズ法の変数選択

WRAの総合スコア  
重相関 0.652

1変数モデル 重相関 0.498	2変数モデル 重相関 0.582	3変数モデル 重相関 0.641	4変数モデル 重相関 0.687
野生化の実績 0.498	野生化の実績 0.466	野生化の実績 0.464	野生化の実績 0.402
	在来天敵 -0.304	在来天敵 -0.296	在来天敵 -0.279
		特殊な花粉媒介者 -0.269	特殊な花粉媒介者 -0.262
			栽培種 -0.256

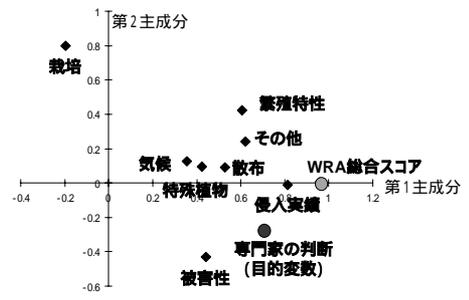
1. '野生化の実績 × 気候マッチング' がいちばん重要
2. '総合スコア' はどの単独の変数よりもよい WRAの合計のしかたは悪くない
3. ただし, ウェイトには改良の余地がありそうだ

## 回帰木を使ってみたら C&RT (Answer Tree, SPSS社)



1. やっぱり野生化の実績が重要
2. 回帰木を使うにはトレーニング用の大量のデータが欲しい

## チェック項目の間の相互関係



相関係数

	専門家判断	総合スコア	栽培種	気候	散布	被害性	特殊な植物	繁殖特性	散布特性	その他
専門家判断	1.0	0.556**	-0.200*	0.216*	0.450**	0.225**	0.230**	0.280*	0.229*	0.204*
総合スコア	0.556**	1.0	-0.159	0.318**	0.886**	0.368**	0.324**	0.501**	0.548**	0.528**

### 1. WRAの総合スコアを決めるのは主に侵入実績

## Weed Risk Assessment 解析検討のまとめ

< WRAとはどんなものか >

1. 侵入予測に重要なのは「侵入実績 × 気候マッチング」  
WRAは「侵入実績」を総合的に評価する手段に近い
2. WRAの「総合スコア」は非常に良くできているが、  
ウェイト付けでは改良の余地がありそう
3. 専門家の心の中を分析しているような気がする...

< 今後のこと >

1. 「侵入実績」を総合的に評価する手段とみなして、  
生物特性を省略しても良いかもしれない (労力が必要)
2. 一般性の高いウェイト決定や、C&RTの回帰木構築には  
もっと大量のデータがほしい。  
・種プールの種のデータの取り方が重要 (野生化しない種, 影響のない種)  
・ニュージーランドやハワイなどのデータと  
混ぜて解析すると一般性のある結果が  
得られるかもしれない (在来種の特徴が同じ地域)

## 生態特性分析のまとめ

地域全体の多様なハビタットをターゲットに想定した場合

- ・過去の侵入実績と気候マッチングによる予測が有効
- ・生態特性による予測は不可能  
(極相高木種と1年生雑草の共通の特性はない)
- ・侵入実績と気候マッチングは、いまずく行うことができる。  
植物だけでなく(水生の小型の動物なども同じ方法で対応できる  
<例>  
小笠原WRAの侵入実績に関する部分 (この発表)  
バラスト水の生物種のハザード評価も同様 (Gollasch 未発表)

個々のハビタットごとに、別の予測モデルを構築した場合

- ・生態特性による予測が可能
- ・情報の収集が必要 (実用までに時間が必要)
- ・日本への侵入確率 = 少なくともひとつのハビタットに侵入する確率  
<例>  
水草の侵入予測 (Chapman & Clayton 2001)  
雑草群落への侵入予測 (Pheloung et al. 1999)  
極相林への侵入予測 (Koike 2001)

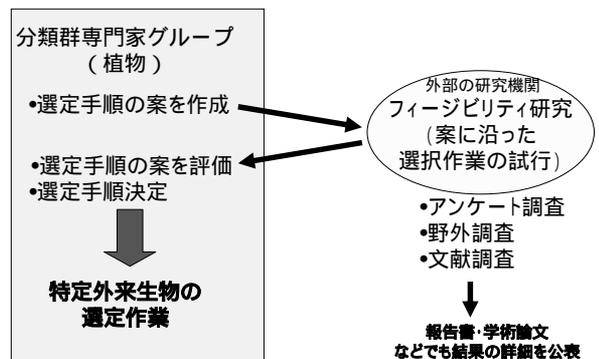
## 生態特性によるハビタットごとの侵入予測手順

1. ハビタット (植生) の抽出  
・日本植生誌などからリストアップ
2. 種特性を調べる在来種を抽出。全数調査は不要  
・植生に出現する種 (植生の区分種, すでに侵入した外来種などから確率的に抽出)  
・植生に出現しない種 (フロラの種から確率的に抽出)
3. 種特性データの野外や実験室での調査  
・どんな特性を調べるか試行錯誤も必要。WRA的な主観情報も可
4. 海外の未侵入種の種特性情報の収集・実験室等での調査
5. ハビタットごとに侵入予測モデルを構築

### 注重点

- ・外来種データベースは、予測モデルのための種特性データを集積したもの
- ・外来種だけでなく「在来種」の生態特性情報が必要
- ・外国の評価モデルをそのまま持ち込めない (在来フロラの差異など)

## 特定外来生物選定のためのプロジェクトの進行 (植物の場合)



# 今後のスケジュールの可能性

2005年      2006      2007      2008      2009      2010

主なハビタット全てで生態特性に基づいた判定

**水軍 いわゆる雑草 種相林など**

一部のハビタットで生態特性に基づいた判定

植物の生態特性データベースの整備開始

新規侵入情報に対応する態勢の整備

より客観的な情報に基づく選定

国外の生態情報収集と気候マッチング作業  
国内の外来生物の状況把握（アンケート等）

得られる情報で最も効果のある種を選定

# Assessment of the Survival Potential of Aquatic Species in New Environments

**Running title:** Survival assessment of aquatic invaders

Stephan Gollasch

GoConsult, Bahrenfelder Str. 73a, 22765 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 390 54 60

Fax +49 40 360 309 47 67

Email: sgollasch@aol.com

## **Abstract**

Biological invasions of non-indigenous aquatic species are increasing on a global scale. The most prominent introduction vectors are shipping (ballast water, tank sediment and hull fouling) and aquaculture activities. Many aspects of biological invasions remain unclear - among them are the most wanted answers: Which species will invade, when and where will it arrive and what kind of impact may be caused by the invader? Matching salinity and climate conditions in donor and recipient region enable a very first estimation of the species' potential to survive in new habitats. Another important component is the voyage duration of a ship (longer voyage durations, in general, cause a drop in species abundance in ballast tanks). The need for an advanced risk assessment becomes clear as each single introduced species has the potential to cause an enormous impact in the receiving region.

**Key words:** transport vector, ballast water, hull fouling, environmental match, survival potential

# 特定外来生物候補（維管束植物）選定アンケート（例）

1. 公的な予算を用いて分布拡大防止措置や根絶・駆除事業を行うべき維管束植物をご記入ください。
2. 「分布拡大初期で緊急に対処すべきもの」、「すでに普遍種だが特定のハビタットでは根絶すべきもの」、「経済被害や人間への健康被害があるもの」をリストアップします。
3. 各ハビタットに5種分の枠がありますが、重要な種を思いつかなければ記入する必要はありません。
4. 異なったハビタットに同一の種を複数回記入してもかまいません。
5. 今後の都道府県の条例制定も視野に入れて、国内の移動も含めてご記入ください。
6. 個人の回答内容は公表いたしません。集計したもののみを公表します。

氏名： 某氏

所属・専門： 某大学，植物生態学

調査地・観察地： 神奈川県，千葉県，長野県，小笠原，屋久島など

## 森 林

種名	分布拡大中（みこみ）か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
アカギ	拡大中C	小笠原の極相林		沖縄に自生	1
モクマオウ	拡大中C	小笠原の乾燥低木林			1
トウネズミモチ	拡大中B	都市近郊林			3 園芸種
シュロ類	拡大中B	都市近郊林		九州に自生？	3 園芸種

## 海岸・河川敷・崩壊地（砂礫の貧栄養・乾燥地）

種名	分布拡大中（みこみ）か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
オニハマダイコン	拡大中A	東北地方の海岸			2
ハマダイコン	拡大中A	沖縄本島の砂浜海岸		本州に史前帰化	1
ニセアカシア	拡大中B	長野県の河川敷			2

## 水草・水辺の植物

種名	分布拡大中（みこみ）か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
（水草は環境省の委員会に任せたい）					

岩地・石灰岩・蛇紋岩地・高山

種名	分布拡大中(みこみ)か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
ビワ(古い品種)		西日本の石灰岩地			2 果樹
セイロンベンケイソウ		小笠原			2 園芸種
ギンネム		小笠原			2
ハウライシダ	拡大中A	神奈川県岩場		伊豆諸島に自生するが、違う感じ	1 園芸種

貧栄養湿地(高層湿原や食虫植物の生える湿地)

種名	分布拡大中(みこみ)か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
キバナノマツバニンジン		暖地の貧栄養湿地			1

ススキ草原・安定した二次草地

種名	分布拡大中(みこみ)か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
タカサゴユリ	蒔いただけ?	ススキ草地			不明 園芸種

路傍・耕地

種名	分布拡大中(みこみ)か	自然への影響を排除すべき	人への経済的・健康的な影響	国内の地域間移動か	対策の優先順位
アレチヌスビトハギ	拡大中A		強烈な「ひっつきむし」		1
イネ科の緑化植物 カモガヤ, ホソムギ, オオアワガエリ, ハルガヤなど			花粉症の原因		1
雑草カラシナ類			組換え遺伝子のホスト		1