

文部科学省プロジェクト「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」 — 日本型導入前雑草リスク評価モデルの構築 —

(独) 農業環境技術研究所 生物多様性研究領域 西田智子

はじめに

現在日本には様々な外来植物が意図的に持ち込まれている。これらの植物は、有用な農作物や人気の高い園芸品種として私たちの生活を豊かにしてくれる反面、一部のものは、人の管理を逃れ野外で大繁殖し農業生産や生態系に被害を及ぼす。この外来植物の持つ負の側面に着目し、雑草問題を引き起こす恐れのある植物を、ある地域に持ち込む前あるいは野外での定着初期に予測し、大きな被害を未然に防ぐために「雑草リスク評価」という研究分野が誕生した。

日本では、植物防疫法は戦後すぐに施行されたが、この法律の対象は植物に病気を起こす微生物や害虫、寄生植物であり植物そのものについては、2005年に外来生物法が施行されるまで、麻薬取締法の対象となる植物を除いては原則何を持ち込んでも良かった。外来生物法では、自然生態系や農林水産業あるいは人の健康に被害を及ぼす、またはその恐れのある外来種を「特定外来生物」に指定し、その輸入・販売・飼育(栽培)を規制することができる。現在、植物で特定外来生物に指定されているものは12種あるがこのうちスパルティナ・アングリカはまだ日本に存在しない。この植物は日本に持ち込まれた場合に、雑草化し生態系に大きな影響を及ぼす恐れがあるため指定されたのである。では、この「恐れ」はどのようにして予測されたのであ

ろうか？また、残りの種についても指定の基準は示されているのであろうか？特定外来植物は植物の専門家からなるグループ会合の審議により選定され、パブリックコメント手続きを経て指定される(特定外来生物被害防止基本方針 http://www.env.go.jp/nature/intro/4document/files/kihon_all.pdf)。専門家グループ会合の審議は全て公開されているため、議事録を読めば判断の根拠は知ることができる。現在のところ、文献情報等客観的な事実に基づいてはいるものの、最終的な判断は専門家の協議に任されているようである。

雑草リスク評価は、このようにこれまで専門家の判断や協議に任されていた部分をモデル化し、雑草リスク(=予想される被害の大きさ×起こりやすさ)の大きさを客観的に評価しようというものである。雑草リスク評価モデルも専門家も判断の根拠は科学的事実であるが、前者は基となるデータが同じものであれば、だれが実行しても同じ結果が得られ、また、判断の根拠も説明しやすいという利点がある。このことは、特に輸入規制をかける場合に非関税障壁との批判を招かないという点で重要となる。また、外来植物の規制では利害関係が対立する場面も想定されるが、そのような場合にも判断の根拠を端的に示すことができ、関係者間の合意形成にも役立つと考えられる。これまで日本では、雑

草リスク評価という考え方は一般的でなく、また実効性も保証されていなかったが、外来生物法ができたことを契機に予測精度の高い評価モデルが構築できれば、有効に活用できる道が開けた。本稿では、日本型雑草リスク評価モデルの構築に向けた研究を紹介したい。

なお、ここでいう「雑草」とは、「何らかの理由により防除対象となっている植物、あるいは防除が必要と考えられる植物」で木本類も含む。

雑草リスク評価とは

雑草リスク評価は、対象の違いにより大きく2つに分けられる。一つは、ある特定の場所に持ち込まれる前の植物について「人の管理から逸出し被害をもたらす恐れが高いかどうかを予測する」ものである。もう一つは、既に存在している植物を対象に「どの植物から防除するのが最も効率的か。」という問いに答える為優先順位を付けるものである (Groves et al. 2001)。前者を導入前雑草リスク評価、後者を優先順位決定モデルと呼ぶことにしよう。

1) 導入前雑草リスク評価 このリスク評価は、検疫システムの一部に組み込まれるのが一般的で、国や島など、外から植物を持ち込む行為に対して規制が可能な条件で使用される。導入前雑草リスク評価は、意志決定支援のための道具なので、評価結果をどのように輸入規制に反映させるかは実施主体によって異なるが、オーストラリアではオーストラリア式雑草リスク評価モデル (以下、AWRA モデル) (Pheloung et al. 1999) の結果のみで新たな植物の輸入規制を行っている。少し詳しく説明すると、オーストラリアに新たな植物を輸入する場合には、輸入者がオーストラリア政府の定めた様式に従って対象種についての情報を提供しなければならない

(<http://www.daff.gov.au/ba/reviews/weeds/system>)。オーストラリア政府はその情報と自ら収集した情報を基に AWRA モデルでその種のリスクを評価する。AWRA モデルではリスクは点数で表され、この点数が 0 点以下であれば輸入可、1-6 点であれば再審査が必要、7 点以上は輸入不可というカテゴリーに区分される。そしてこの結果はそのまま輸入規制に直結する。

オーストラリアの他、ニュージーランド、アメリカ合衆国、ヨーロッパ及び地中海植物防疫機構などで導入前雑草リスク評価を行っているが、使用しているモデルはそれぞれ異なる*。

2) 優先順位決定モデル この評価モデルは、先の導入前雑草リスク評価よりも狭い範囲、例えば一つの国立公園といった範囲の環境雑草を対象にする。この手法は、農業雑草にも適用できるが、農業生産では、雑草のもつリスクよりも実際に起きている雑草被害を基に防除を行うか行わないかを決めること、防除は経営者である農家個人の判断により行われるため、客観的な意志決定支援モデルの必要性は相対的に低いことから、これまでに開発されたシステムは、主に自然環境に悪影響を及ぼす雑草を対象としている。外来雑草は、侵入後の時間の経過と共に個体数や生育面積が増加するため、防除費用と自然環境等への悪影響を合わせたコストは防除開始時期が遅くなるにつれて増加する (図-1)。従って、雑草の侵入直後に防除を始めるのが効率的ではあるが、その頃は被害実績が小さいので防除の必要性を実感できない。優先順位決定モデルでは、侵入初期の状態や既存の情報から、その雑草の分布拡大の起こりやすさと予

*: ニュージーランドでは、4つのモデルを必要に応じて使い分けており (Rahman et al. 2003, Newfield, M. 私信)、AWRA モデルも含まれる。

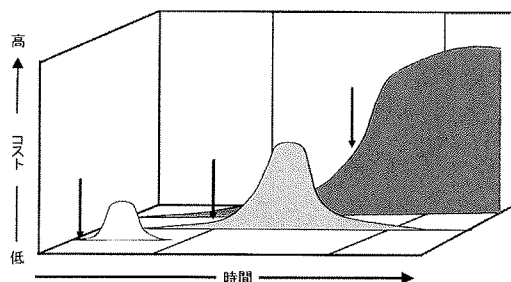


図-1 外来雑草に対する防除プログラムの開始時期とコスト（防除費用と自然環境等への悪影響）（Williams 1997 一部改）

図中矢印は防除の開始時期を表す。曲線で囲まれた面積が雑草のもたらすコストの大きさを表し、防除開始時期が遅れるほどコストが大きくなることを示す。

想される被害の大きさを予測し、防除の必要性をわかりやすく表す。この予測に、一般的には防除の実効性や防除費用を勘案して最終的な優先順位を判断する（Randall et al. 2008）。

ニュージーランドの Department of Conservation（自然保全省）では、雑草種だけに着目して優先順位を決定するモデルと、雑草が生育する場所にも着目し生育場所の生態系の重要度を比較しどの場所の雑草を防除すればよいかを決定するモデルの2種類を構築している（Timmins and Owen 2001）。前者は侵入初期の雑草種を対象に行う種主導型雑草防除プログラムを実施するときの評価方法で、雑草種のリスクと防除の実効性から優先順位が決定される。後者は、希少種の生育地や、特異的な生態系の保全を主眼とした雑草防除プログラム（立地主導型雑草防除プログラム）で使われるモデルで、通常の優先順位決定モデルに加えて、場所の価値を評価するモデルが用いられる。種主導型雑草防除プログラムは定着初期の外来雑草にしか適用できないので立地主導型雑草防除プログラムの方が汎用性は高いが、場所の価値を評価するには、動植物相や生態系に関する詳細なデー

タが必要となり評価に要する労力が大きくなる等の問題点もある。また、雑草種を対象にした優先順位決定モデルそのものについてもこれまでのところ対象とする地域毎に様々なものが構築されており、汎用性のあるモデルは存在しない。今後研究の深化が望まれる分野である。

オーストラリア式雑草リスク評価モデルの日本への適用

日本でも雑草リスク評価モデルを利用できる環境が整ったことは先に述べた。外来雑草の防除は早ければ早いほど良く、さらにはリスクが高い植物は導入しないのが最も良い。そのため、筆者らは日本型導入前雑草リスク評価モデルの構築を試みた（Nishida et al. 2008）。既存の導入前雑草リスク評価モデルのうちAWRAモデルは、オーストラリアだけでなく、ニュージーランド（Pheloung et al. 1999）、ヨーロッパ（Krivánek and Pyšek 2006）、アメリカ（Gordon et al. 2008b）、ハワイ及び太平洋諸島（Daehler and Carino 2000, Daehler et al. 2004）、小笠原諸島（Kato et al. 2006）で有効性が確かめられており地理的な制約は無いと考えて良い（Gordon et al. 2008a）。また、草本、木本を問わず適用可能で汎用性が高い。導入前雑草リスク評価は、自国にない植物を対象とするので、海外の情報が必須であるが、オーストラリアやハワイおよび太平洋諸島を対象に行ったAWRAモデルでの評価結果はインターネットで公開されており（<http://www.hear.org/Pier/wra.htm>）、情報収集の効率がよい。外来植物問題の解決には諸外国との情報の共有が必須であるがAWRAモデルを使った雑草リスク評価は上述のように多くの国や地域で実施されているため、このモデルを基に国際的なデータベース構築の可能性もある。

学名: <i>Basella rubra</i> L. var. <i>alba</i> Makino		結果:	拒否
英名: ツルムラサキ		受入れ ≤ 0 再審査 1-6 拒否 ≥ 7	
科名: ツルムラサキ科		点数	8
		評価者	TN
歴史 / 生物地理学的特性			
A C C	1 栽培特性	1.01 栽培種か? そうでない場合は2.01へ。	Y
		1.02 栽培された場所で帰化植物となった事例があるか?	Y
		1.03 種内に雑草系統があるか?	Y
C C C C	2 気候と分布	2.01 日本の気候に適しているか? (0-低; 1-中; 2-高)	2
		2.02 2.01の判断の根拠となったデータの質。(0-低; 1-中; 2-高)	2
		2.03 気候適性は広いのか?	N
		2.04 原産地あるいは帰化地域が日本と同様の気候帯にあるか?	Y
		2.05 自然分布域外で繰り返し導入が行われた経緯があるか?	Y
C E A E	3 他の地域での雑草化の歴史	3.01 帰化した事例があるか?	Y
		3.02 庭/行楽施設/攪乱地の雑草か?	Y
		3.03 農地/園芸/林地の雑草か?	N
		3.04 自然環境中の雑草か?	N
		3.05 同属に雑草があるか?	N
生物学 / 生態学的特性			
A C C A C C C E E E E E	4 望ましくない特質	4.01 針やトゲを持つか?	N
		4.02 アレロパシー作用を持つか?	
		4.03 寄生植物か?	N
		4.04 放牧家畜の嗜好性が劣るか?	
		4.05 動物にとって毒性があるか?	N
		4.06 病害虫や病原体の宿主か?	Y
		4.07 人にアレルギーを起こすかあるいは毒性を持つか?	N
		4.08 自然生態系中で火災を起こすか?	N
		4.09 生活史の中で耐陰性を有する時期があるか?	N
		4.10 様々なタイプの土壌条件で生育が可能か?	Y
		4.11 他の植物によじ登ったり、覆い尽くすような生育特性を持つか?	Y
		4.12 密生した藪を形成するか?	N
E C E C	5 形質	5.01 水生植物か?	N
		5.02 イネ科植物か?	N
		5.03 窒素固定を行う木本植物か?	N
		5.04 地中植物か?	N
C C C C C C C	6 繁殖	6.01 原産地で繁殖能力が抑制されているか? *	
		6.02 発芽力のある種子を生産するか?	Y
		6.03 自然交雑が起こるか?	
		6.04 自家受粉するか?	
		6.05 特定の花粉媒介者を必要とするか?	
		6.06 栄養繁殖を行うか?	
		6.07 種子生産開始までの最短期間。	1
A C A C E E C C	7 散布体の散布機構	7.01 散布体が人為活動により非意図的に散布されるか?	N
		7.02 散布体有意図的に散布されるか?	Y
		7.03 散布体が農(林畜園芸)産物に混入して散布されるか?	N
		7.04 散布体は風散布に適応しているか?	
		7.05 散布体が水(海流)散布されるか?	
		7.06 散布体が鳥散布されるか?	Y
		7.07 散布体が動物の体表に付着して散布されるか?	N
		7.08 散布体は動物の排泄物を通じて散布されるか?	
C A A C E	8 持続性に関する属性	8.01 種子の生産量が多いか?	
		8.02 1年以上存在するシードバンクを形成するか?	
		8.03 有効な除草剤があるか?	
		8.04 切断、耕起あるいは火入れに耐性があるか、あるいはそれらにより繁殖が促進されるか?	
		8.05 日本に有効な天敵が存在するか?	

図-2 日本用に修正されたオーストラリア式雑草リスク評価モデルでの評価例(Pheloung et al. 1999 一部改)
 雑草タイプ A = 農耕地雑草, 最低必要回答数①= 2, ②= 2, ③= 6
 E = 環境雑草(environmental weed),
 C = 両方

原則として、雑草性の特徴を持つ場合は1点が加算される。

農耕地雑草か環境雑草かを分けたいときには、AとCあるいはEとCの点数をそれぞれ計算する。

*捕食者等のために、自生地での繁殖が抑制されている場合、それらが存在しない場所では繁殖能力が増大すると考えられる。

従って筆者らは独自の雑草リスク評価モデルを構築するよりもAWRAモデルを日本仕様に修正した方が良いと考え以下の実験を行った。

まず、日本に存在する259種の植物を選定した。この植物について20名の植物の専門家に雑草性を大・中・小の三段階で判断するようお願いした。雑草性大、中、小をそれぞれ2、1、0と数値に換算し、20名の中央値をとってその植物の雑草性とした。

AWRAモデルは49の質問から成り、雑草性に結びつく性質を持つ場合原則として1点が加算され、合計点(=AWRAスコア)を算出する。図-2に日本用に若干質問を修正したAWRAモデルでの評価例を示した。ある植物について客観的な評価が得られるというというのがAWRAモデルを使う主な利点ではあるが、質問への回答は回答者の持つ知識などによって左右される。そのため5名の研究者にAWRAモデルでの評価をお願いした。評価の際は対象植物が日本に無いものと仮定し、質問への回答は原則として海外の文献を根拠に行った。5名から得られたAWRAスコアは平均を取って、その種のスコアとした。

次に専門家の判断で0となった植物を雑草でない植物、1と2を雑草としAWRAスコアの大小で雑草とそうでない植物を分けられるかをROCカーブ分析(Bewick et al. 2004)で調べた(図-3)。図-3は、雑草と雑草でない植物を分ける基準点を順に変えた場合、雑草でない植物が間違えて雑草とされる割合(=1-特異度、横軸)と雑草が正しく判別される割合(=敏感度、縦軸)がどのように変化をするかを示している。ROCカーブ分析では曲線の下面積が0.5より大きければ、判別能力が有ると判断する。図-3の曲線の下面積は0.88で0.5より有意に大きく、AWRAスコアの大小により雑

草と雑草でない植物を分けることは可能という結果が得られた。また、雑草でない植物と雑草とをバランス良く判別する基準点は縦軸の値から横軸の値を引いた値が最も大きくなる点であるが(Bewick et al. 2004)、これはAWRAスコア10であった。この基準点を使った場合、雑草とそうでない植物はそれぞれ、88と78%の割合で正しく判別できた。以上より、日本でもAWRAモデルが導入前雑草リスク評価に使用可能で、AWRAスコアが10を超えた植物を雑草として導入拒否、10以下ならば導入可と判断するのが最も良いことが明らかとなった*。

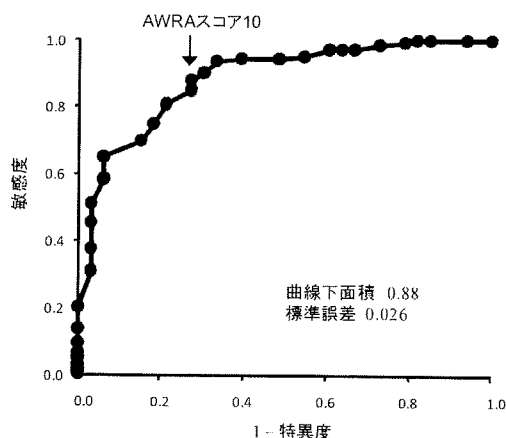


図-3 AWRAモデルと専門家の判断結果との比較
横軸は雑草ではない種のうち正しく判定された種の割合(特異度)を1からひいた値を表す。縦軸は雑草のうち正しく判定された種の割合(敏感度)を表す。

左下先端にある黒丸は、AWRAスコア30より上を雑草としたときのそれぞれの割合を示し、右上先端の黒丸はAWRAスコア-5を基準としたときのそれぞれの割合を示す。

矢印は特異度と敏感度の両方を最もバランス良く判別できる基準点を表し、その値は10である。

*: 元々のAWRAモデルでは、輸入可、再審査、輸入不可と三つのカテゴリーを設けている(図-3Pheloung et al. 1999)。しかし、本研究では、雑草とそうでない植物とに二分することに主眼を置き、「再審査」というカテゴリーは設けなかった。

さて、図-3から雑草でない植物が正しく判別される割合（特異度）が小さくなれば（つまり、1-特異度が大きくなれば）、雑草が正しく判別される割合が増えることがわかる。両方を最もバランス良く判別する基準点は10であることは先に述べたが、この基準はいつでも良いとは限らない。例えば園芸植物のように導入によって利益を得られるが、雑草化すれば雑草防除に費用が掛かるような植物を考えてみよう。この場合、雑草でないものを誤って雑草と判断し、導入不可と判断すると、利益が得られなくなる。従って特異度が高くなるように基準点を決めた方が高い利益が得られそうである。一方、雑草化すれば防除する必要が出てくる。もし防除費用が得られる利益に比較して非常に大きければ雑草を正しく判断する割合（敏感度）を高めるよう基準点を設定すべきである。このように、利益や防除にかかるコスト等外的な要因を考慮するとこれらの値の大小によって最も良い基準点は変わる (Metz 1978)。これを具体的に考察するため、Keller et al. (2007)の式を使って次のように展開した。

Keller et al. (2007)によれば、雑草リスク評価モデルを使って新たに導入する植物の導入の可否を決めた場合年間の利益 (E_R) は次のように表される。

$$E_R = (1 - \alpha) \theta A + \alpha \theta (1 - A) V_T - \alpha \theta (1 - A) V_L - D \quad (1)$$

α : 導入された植物の内雑草化するものの割合,
 θ : 1年間に導入される植物種の数, A : 雑草リスク評価モデルの精度, V_T : 1年間に得られる1種当たりの利益, V_L : 1年間に雑草種1種によって失われる費用, D : 雑草リスク評価モデルを使って、導入の可否を判断することにかかる費用 (例

えば人件費など)

Mets (1978)を参照すると、(1)式は以下のように書ける。

$$E_R = (1 - \alpha)(1 - FPF) \theta V_T + \alpha(1 - TPF) \theta (V_T - V_L) - D \quad (2)$$

FPF (False Positive Fractionの略) は雑草でない植物が誤って雑草と判別される割合を表し、これは図3の横軸の値である。 TPF (True Positive Fractionの略) は雑草が正しく判別される割合のことで、これは図-3に示すように FPF の関数 ($ROC(FPF)$) として表される。これより(2)式は以下のように変形できる。

$$E_R = (1 - \alpha)(1 - FPF) \theta V_T + \alpha(1 - ROC(FPF)) \theta (V_T - V_L) - D \quad (2')$$

E_R を最大にする基準点を見つけるために(2)' を微分する。

$$\begin{aligned} d E_R / d FPF = \\ - (1 - \alpha) \theta V_T - \alpha (d ROC(FPF) / d FPF) \theta (V_T - V_L) \end{aligned} \quad (3)$$

$d ROC(FPF) / d FPF$ は、図-3の曲線に接する直線の傾きを示し、負にはならないので植物による利益が防除にかかるコストより大きいとき ($V_T \geq V_L$) には、 FPF を0とするのが良い。つまり全ての植物を導入してしまうのが良いことがわかる。しかし、これは実際には考えられないことで、Keller et al. (2007)はオーストラリアでの実態に基づいて、 $V_T = 141,480$ オーストラリアドル (AUD), $V_L = 2,068,100$ AUD としている。このような $V_T < V_L$ の場合は、(3)式が0となるようにすれば E_R が最大となる。(3)式の右辺を0とし、変形すると次式が得られる。

$$d \text{ROC}(FPF) / d FPF = ((1 - \alpha) / \alpha)(V_T / (V_L - V_T)) \quad (4)$$

$d \text{ROC}(FPF) / d FPF$ は図-3の曲線に接する直線の傾きを表すので、(4)式から植物によって得られる利益を最大とする基準点は、植物が雑草化する割合や、植物から得られる利益と雑草防除にかかるコストによって変わることがわかる。これまで便宜上、意図的に導入する植物を前提にAWRAモデルを説明してきたが、このモデルは非意図的に入ってくる植物のリスク評価にも使える。しかし、意図的に導入される園芸植物などと輸入資材に混入して非意図的に入ってくる雑草とでは、雑草化する割合(α)は後者のほうが大きいと考えられる(Virtue et al. 2004)。この場合、(4)式より最適な $d \text{ROC}(FPF) / d FPF$ は小さくなるので、基準点を低く設定した方がよい(図-4)。また、園芸植物には利益が見込めるが、非意図的に入ってくる雑草に利益は見込めないので、後者の場合は $V_T / (V_L - V_T)$ が小さくなる。従って、やはり基準点を低く設定した方がよい(図-4)。

おわりに

本研究では、日本用に修正したオーストラリア式雑草リスク評価モデルで得られるスコアの大小によって、雑草とそうでない植物を判別できることを示した。また、両者を判別する基準点は、植物を導入することによって得られる利益など外的な要因を考慮しなければ10点が良いこと、外的要因を考慮した場合は、それに応じて変えた方がよいことも併せて解析した。導入前リスク評価モデルの実際面での使用を考えると、意図的に導入される植物に適用するのが一般的であろう。従って、植物が雑草化する割合や、見込まれる利益、雑草防除にかかる費用を考慮して雑草を判別する基準点を決めるのがよいが、日本ではこれらは明らかになっていないので、当面10点という基準点を用いるのがよいだろう。

今後の研究として、外来植物のもつ利益と損失を考慮して基準点が決められるよう必要な値を明らかにしていきたい。また、雑草がもたらす損失としては防除にかかるコストに加えて、

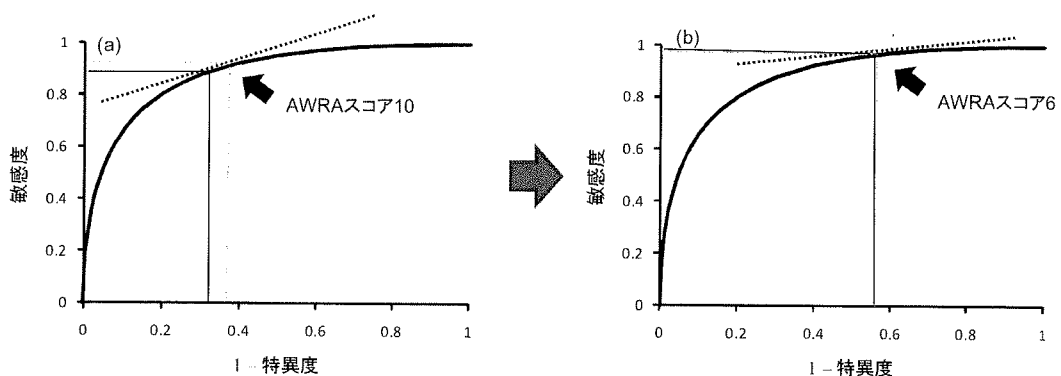


図-4 植物が雑草化する割合、植物の予想利益および損失を考慮して基準点を決める場合の模式図 (a)はAWRAスコア10となるポイントに接する直線を引いた場合、(b)はAWRAスコア6となるポイントに接する直線を引いた場合を表す。直線の傾きは $d \text{ROC}(FPF) / d FPF$ である。(4)式より、最適な規準値は α 、 V_T 、 V_L の関係によって決まる。非意図的に入ってくる雑草の場合、雑草化する割合(α)が高いので、 $d \text{ROC}(FPF) / d FPF$ が小さくなる、つまり(b)のように、寝た直線と曲線が接するポイントに対応するAWRAスコアを規準値にするのがよい。損失(V_L)が大きい場合も同様に(b)のような規準値を設定するのがよい。

農業生産であれば農作物の品質低下や作業効率の低下、自然環境であれば生物多様性に与える負の影響など、貨幣換算が困難なものもある。これらは、決して無視できるほど小さいものではない。今後、このような貨幣換算が困難な損失も考慮した上で基準点を設定できるよう研究を進めていきたい。

謝辞

植物の雑草性を判断していただいた20名の専門家の方々に心より感謝いたします。

本研究の一部は、筆者が独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構より資金を得てCSIRO Entomology 滞在中に行われた。研究の大部分は、文部科学省科学技術振興調整費によるプロジェクトの中で遂行された。

引用文献

- Bewick V, Cheek L, Ball J (2004) Statistics review 13: Receiver operating characteristic curves. *Critical Care* 8: 508-512
- Daehler C, Carino DA (2000) Predicting invasive plants: prospects for a general screening system based on current regional models. *Biological Invasions* 2, 93-102.
- Daehler CC, Denslow JL, Ansari S, Kuo H (2004) A risk assessment system for screening out harmful invasive pest plants from Hawaii's and other Pacific islands. *Conservation Biology* 18, 360-368.
- Gordon DR, Onderdonk DA, Fox AM, Stocker RK (2008a) Consistent accuracy of the Australian Weed Risk Assessment system across varied geographies. *Diversity and Distributions* 14, 234-242.
- Gordon DR, Onderdonk DA, Fox AM, Stocker RK, Gantz C (2008b) Predicting invasive plants in Florida using the Australian Weed Risk Assessment system. *Invasive Plant Science and Management* 1, 178-195.
- Groves RH, Panetta FD, Virtue JG (eds) (2001) *Weed Risk Assessment*. CSIRO Publishing, Collingwood
- Kato H, Hata K, Yamamoto H, Yoshioka T (2006) Effectiveness of the weed risk assessment system for the Bonin Islands. In 'Assessment and Control of Biological Invasion Risk' (eds Koike F, Clout MN, Kawamichi M, De Poorter M, Iwatsuki K) pp. 65-72 (Kyoto, Japan and IUCN, Gland, Switzerland: Shoukadoh Book Sellers).
- Keller RP, Lodge DM, Finnoff DC (2007) Risk Assessment for invasive species produces net bioeconomic benefits. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104, 203-207.
- Krivánek M, Pyšek P (2006) Predicting invasions by woody species in a temperate zone: a test of three risk assessment schemes in the Czech Republic (Central Europe). *Diversity and Distributions* 12, 319-327.
- Metz CE (1978) Basic principles of ROC analysis. *Semin Nucl Med* 8:283-298
- Nishida T, Yamashita N, Asai M, Kurokawa S, Enomoto T, Pheloung PC, Groves RH (2008) Developing a pre-entry weed risk assessment system for use in Japan. *Biological Invasions*. (published on line)
- Pheloung PC, Williams PA, Halloy SR (1999) A weed risk assessment model for use as a

- biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*, 57: 239-251.
- Rahman A, Popay I, James T (2003) Invasive plants in agro-ecosystems in New Zealand: environmental impact and risk assessment. *FFTC Extension Bulletin* 539 15 p.
- Randall JM, Morse LE, Benton N, Hiebert R, Lu S, Killeffer T (2008) The invasive species assessment protocol: a tool for creating regional and national lists of invasive nonnative plants that negatively impact biodiversity. *Invasive Plant and Management*, 1:36-49.
- Timmins SM, Owen S (2001) Scary Species, Superlative Sites: Assessing Weed Risk in New Zealand's Protected natural Areas. In 'Weed Risk Assessment' (eds Groves RH, Panetta FD, Virtue JG) pp. 217-227, CSIRO Publishing, Collingwood.
- Virtue JG, Bennett AJ, Randall RP (2004) Plant introductions in Australia: how can we resolve 'weedy' conflicts of interest? In *Proceedings of the 14th Australian Weeds Conference* (eds Sindel BM, Johnson SB) pp 42-48
- Williams PA (1997) *Ecology and Management of Invasive Weeds*. Conservation Science Publication No. 7. 67 p. Department of Conservation, Wellington.



きちんと。
ただしく。

農林水産省が認可している非選択性除草剤ブリグロックスL
なら、散布後、1日で効果が出る、3日間での効きが違う。
畦の崩れを防ぎ、散布15分後の
降雨でも安定した効果。土や水、
環境にも安全な除草剤です。



農林水産省登録
第16397号

作物産地のブランドを守るためにも…

**「安全な登録農薬を
正しく使いましょう。」**

「今、周辺の住民、農作物への配慮が求められています。」

**農林水産省・厚生労働省・都道府県が推進する
農薬危害防止運動協賛**

●農薬は必ずカギをかけて保管しましょう。●ラベルをよく読んで正しく使いましょう。

農薬をご使用の際は、ご購入先、または当社ホームページなどで最新の登録内容をご確認ください。
ホームページ www.syngenta.co.jp ®はシンジェンタ社の登録商標

ブリグロックスL安全対策協議会：シンジェンタ ジャパン(株)・大塚化学(株)

syngenta®