

病害虫リスクアナリシス (Pest Risk Analysis) について

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 検疫対策室 ^{さい}齋 ^{まさ}正 ^{ひろ}弘

はじめに

交通機関、流通手段の発達に伴い、物や人の流れがグローバル化し、我が国への植物および植物生産物の輸出国および輸入量が増加するとともに、植物の種類も多様化している（図-1）。同様に海外に出かける日本人や日本を訪れる外国人の数も増加している（図-2）。このような、植物および植物生産物や人の国際的な移動の増加や多様化に伴い、我が国未発生の病害虫が我が国に侵入する危険性も増えてきていると言える。

また、地球温暖化のような気候変動の影響により、農産物の生産適地が移動したり、病害虫が生息できる環境が変動したりしていることや、これまで日本で生産されていなかった、または一部地域でしか生産されていなかった植物種（例えば、熱帯性の果実や作物）の生産地が、栽培技術の発達により拡大しており、我が国未発生の病害虫が万が一侵入した場合、これまで以上に病害虫が定着・まん延する可能性が高まっている。

このような状況の中、その侵入を許すと我が国農林業に甚大な被害を及ぼすおそれのある病害虫の侵入を水際で防ぐ植物防疫所の役割は年々増している。

病害虫は、世界全体で約 10 万種いるといわれているが、これらすべてが植物検疫の規制対象にされているわけではない。現行の国際植物防疫条約（International Plant Protection Convention, 以下「IPPC」）では、「病害虫」は、「植物、動物又は病原体のあらゆる種、ストレイン又はバイオタイプであって、植物又は植物生産物に有害なもの」と定義され、「検疫対象の病害虫」は、「これにより危険にさらされている地域の経済に重大な影響を及ぼすおそれのある病害虫であって、まだその地域に存在しないか、又は存在するが広く分布しておらず、かつ、公的防除が行われているもの」と定義されている。

IPPC では、このような国際的な定義で示されている検疫対象の病害虫について、締約国は、病害虫リスクアナリシス（Pest Risk Analysis, 以下「PRA」）などを通じて、これを決定し、その最新の一覧表について学名を用いて作成し、公表することを締約国に求めている。な

お、これら検疫対象の病害虫に対してとられる植物検疫措置は、「技術的に正当なもの（technically justified）」であることが必要とされるが、「技術的正当性」を担保するために、PRA などに基づいて決定される必要があるとしている。

このように、PRA とは生物学的証拠、科学的証拠および経済的証拠に基づいて、ある病害虫が植物検疫対象となるかどうかを評価し、当該病害虫に対してとられる適切な植物検疫措置を選択するプロセスのことをいう。ここでは、PRA について概説する。

I PRA に関する国際的な背景

IPPC は、国連食糧農業機関（以下「FAO」）の枠組みの下、植物に有害な病害虫の侵入・まん延を防止するために、加盟国が講じる植物検疫措置の調和を図ることを目的として 1952 年に発効した。1979 年に改正（第 1 次改正）され、「検疫対象の病害虫」の定義が決められたが、この時点では「技術的正当性」、「病害虫リスクアナリシス」、「国際基準」等についての概念は、まだ IPPC の中に含まれていなかった。

1986 年から始まった、GATT ウルグアイ・ラウンドの交渉の結果、WTO 協定の一部として「衛生植物検疫措置の適用に関する協定」（以下「SPS 協定」）が 1994 年に成立し、各国の衛生植物検疫措置（動物検疫、植物検疫、食品衛生）が農産物貿易への偽装された制限および差別待遇とならないよう、国際基準に準拠すること、科学的根拠およびリスクアナリシスに基づくこと、内外無差別であること、透明性を確保すること等が規定された。

話は前後するが、GATT ウルグアイ・ラウンドの交渉の結論が出る前に、IPPC 加盟国や FAO から、IPPC は SPS 協定の内容を踏まえたものとするべきとの指摘を受け、1993 年ごろから内容の改正が議論され、1997 年に再び IPPC が改正された（第 2 次改正。現行の IPPC）。この改正では、国際基準に基づいた、または PRA などに基づいた措置の透明性や技術的正当性の確保、検疫対象の病害虫リストの公表等の原則が明確にされた。IPPC の改正に合わせ、IPPC 事務局は、植物検疫措置における国際基準（International Standards for Phytosanitary Measures, 以下「ISPM」）の策定を開始し、

輸入植物および植物 生産物の分類	輸入検査数 量の単位	1971 年	1991 年			2011 年		
		輸入検査数量	輸入検査数量	植物種類数	輸出国数	輸入検査数量	植物種類数	輸出国数
栽植用植物およびその部分 (切花など)、球根類、種子	千個	30,372	812,419 (26.7)	2,425	82	3,095,854 (101.9)	3,454	102
果実、野菜	千トン	1,257	2,119 (1.7)	829	90	2,764 (2.2)	721	93
こく類、まめ類	千トン	19,368	33,542 (1.7)	141	72	28,597 (1.5)	145	83
雑品	千トン	2,171	8,079 (3.7)	1,499	135	9,290 (4.3)	2,044	152
計	—	—	—	4,894	379	—	6,364	430

図-1 輸入植物および植物生産物の植物検疫検査量等の推移
資料 農林水産省植物防疫所植物検疫統計データより抜粋。
輸入検査数量内の () の数字は 1971 年を 1 とした場合。
1988 年以前の植物種類数および輸出国数のデータはなし。

	1971 年	1991 年	2011 年
日本人海外旅行者数	961	10,634	16,994
訪日外国人旅行者数	661	3,533	6,219

図-2 海外旅行客数の推移
単位：千人。
資料 日本政府観光局 (JNTO)。

1996 年に旧 ISPM No. 2 「Guideline for Pest Risk Analysis」(現 ISPM No. 2 (2007) 「Framework for pest risk analysis」) を制定し、加盟国各国の PRA 実施のためのガイドラインとした。

IPPC による PRA のガイドライン策定が 1996 年であるため、PRA という考え方は比較的新しい概念と思われるが、これより前に、PRA の概念やプロセスについて豪州、米国、EU 等で活発に研究が行われていた。米国の KAHN (1979) や英国の BAKER (1981) は PRA の概念を示し、欧州地中海地域植物防疫機関 (EPPO) の SMITH (1989) は、検疫対象の病害虫を決めるための病害虫リスク評価に関する研究を報告し、豪州の PHILLIPS et al. (1992 a; 1992 b) は、PRA のプロセスについての概念や、それを利用した精米の輸入における PRA 結果を報告している。

しかし、各国において PRA の実施が一般化するの、2000 年以降である。2004 年に ISPM No. 11 「Pest risk analysis for quarantine pests, including analysis of environmental risks and living modified organisms」が策定され、各国の PRA 手順書作成の手引きとなる PRA のプロセスや各評価項目の解説がなされた。その後、IPPC 事務局や地域植物防疫機関がワークショップを開催したり、2007 年に IPPC 事務局が PRA トレーニングマテリアルを作成して、PRA の普及に努めてきた。

II 我が国におけるこれまでの取り組み

我が国においては、1996 年 4 月、横浜植物防疫所調査研究部に病害虫リスク評価を専門に行う部署として、病害虫危険度評価担当 (2012 年 4 月より病害虫リスク評価担当および病害虫リスク管理措置担当へ組織替え) が新設された。同年の植物防疫法一部改正に関連して検疫措置の見直しを行うため、同担当は国内研究者の協力を得て、国際基準に準拠した病害虫を開始点とした PRA 手順書を策定し、117 種類の病害虫の PRA を実施した。この結果に基づき、輸出国における栽培地検査を検疫措置の一つとして導入するに至った。

その後も、我が国は輸入禁止およびその解禁措置の検討 (例えば米国産およびニュージーランド産リンゴ・サクランボ関係) や新たな規制措置の検討 (例えば木材こん包材の措置導入) にあたり、国際基準に基づく PRA を実施した。

検疫対象の病害虫については、これまでの検疫対象としない病害虫 169 種を明示しそれ以外の病害虫すべてを検疫対象とする「ネガティブリスト」方式から、検疫の規制対象とする病害虫種を「検疫対象の病害虫リスト」として明示する「ポジティブリスト」方式へ変更し、このために 2011 年 3 月 7 日付けで省令の改正を行った (詳しくは坂田 (2011) を参照)。

この改正に先立ち、我が国への侵入経路となる輸入植物の品目ごとに関連病害虫について包括的に PRA を実施するため、病害虫危険度評価担当は ISPM No. 2 および No.11 に基づき手順書を新たに作成した。これに従い新たに侵入する恐れがある病害虫について PRA を実施し、その結果を基に検疫対象の病害虫を明確化するとともに、それら病害虫の効果的な侵入防止策を検討したうえで適切な検疫措置を実施するため省令改正へ反映した。

現在、PRAの結果によって、有用な植物に損害を与えるおそれがあることが明らかである検疫対象の病害虫として、省令の別表1、いわゆる検疫対象の病害虫リストに778種が掲載されている。また、PRAが未了のため有用な植物に損害を与えるおそれがないことが確認されていない病害虫については、暫定的に検疫対象とし、もし輸入検査で発見された場合はくん蒸などの検疫措置を実施している。暫定的に検疫対象としている病害虫についてもPRAの結果、病害虫被害が我が国農林業に及ぼす影響が無視できないと評価された場合は、省令の別表1に追加したうえで、必要があればさらに適切な検疫措置が適用されることになる。一方、影響が無視できると評価された病害虫については、非検疫対象の病害虫として検疫の規制対象外として扱われる。

III PRAの手順

PRAは、生物学的証拠、科学的証拠および経済的証拠に基づき、ある病害虫が検疫対象の病害虫か否かを判断し、当該病害虫が検疫対象の病害虫であれば、これに対する侵入リスクを軽減する管理措置（植物検疫措置）を決定するための手順である。

PRAには、病害虫の侵入経路（pathway）（例えば病害虫の寄主・宿主植物となる農産物）を開始点としたPRAと病害虫を開始点としたPRAがある。侵入経路を開始点としたPRAとは、例えば、タイ産のポメロ生果実が日本に輸入される場合、ポメロ生果実を通じてタイから日本へ侵入する可能性のあるすべての病害虫を対象とし、1種ずつ日本への侵入・まん延のリスク、経済的影響を分析していく方法である。一方、病害虫を開始点としたPRAは、例えば、Potato spindle tuber viroid（ポテトスピンドルチューバーウイルス）などの特定の病害虫について、日本への侵入・まん延のリスク、経済的影響を分析していく方法である。

図-3にISPM No11の内容に基づくPRAの手順を示したが、これに沿ってPRAの手順を説明する。

1 ステージ1：開始（Initiation）

開始ステージの目的は、植物検疫上懸念のある病害虫やその侵入経路を特定し、「どうしてPRAをする必要があるのか」を明らかにすることである。

PRA開始のきっかけとなるのは通常大きく分けて三つある。まず一つ目は、病害虫の「侵入経路」が新たに特定された場合である。これには、新たな品目が輸入される場合やこれまで輸入されていた品目が、新たな輸出国から輸入されることになった場合などが含まれる。また、輸入農産物以外の侵入経路が特定された場合、例え

ばこん包資材（例：輸入木材こん包材の例）や輸送機器（例：米国などが実施しているアジア型マイマイガの侵入防止のための船舶への規制の例）の場合もこれに該当する。二つ目は、「潜在的なリスクを持つ病害虫」が特定される場合である。これは、これまで知られていなかった病害虫が国内で突発的に発生した場合、植物検疫の輸入検査で新たな病害虫が頻繁に発見される場合、原産地以外の地域や国でより大きな被害報告されている場合等である。三つ目は、植物検疫行政の政策が変更される場合などであり、法律の見直し、植物検疫上の紛争が発生した場合等が該当する。

ステージ1における次のポイントは、PRA地域（PRAの実施対象となる地域）の特定である。PRA実施のために必要な情報を特定するためには、可能な限り正確にPRA地域を限定しなければならない。例えば、タイ産のポメロ生果実が日本へ輸出されるのに先立ってPRAを実施する場合、どのような病害虫がポメロ生果実を経路として日本に侵入・まん延のリスクがあるか、また、日本の農林業へのどのような影響があるのかについてリスク評価するのならば、この場合PRA地域は日本全体となる。

さらに、病害虫に関する文献情報（分布、寄主植物、生態）をはじめ、気象、地理、農林産物生産、病害虫防除、植物検疫検査、貿易、以前実施されたPRA結果等の幅広く関連する各種情報がPRAには必要となる。情報収集がPRAの中で最も時間を要する部分でもある。

得られた情報の精査・整理を行い、この時点でPRA対象の生物が病害虫ではない、対象の輸入農産物には寄生しない等が判明すれば、PRAを中止し、他方、検疫の対象になる可能性があることがこの時点で判明すれば、次のステージへ進むことになる。

2 ステージ2：病害虫リスク評価（Pest Risk Assessment）

このステージでは、侵入・まん延等のリスク、経済的影響などの評価を行ってその病害虫を検疫対象の病害虫と位置付けることができるかどうかを結論づける過程である。経路を開始点とするPRAでも、このステージからは個々の病害虫ごとに評価を実施していく必要がある。

（1）ステップ1：病害虫の類別

病害虫の類別は、病害虫リスク評価ステージの最初のステップで、評価対象の病害虫が検疫対象の病害虫としての特性（IPPCによる「検疫対象の病害虫」の定義）を有しているかどうかを判定する手順である。病害虫の素性（分類、形態の情報）、PRA地域に発生しているか否か、植物検疫上の規制のステータス（国による病害虫

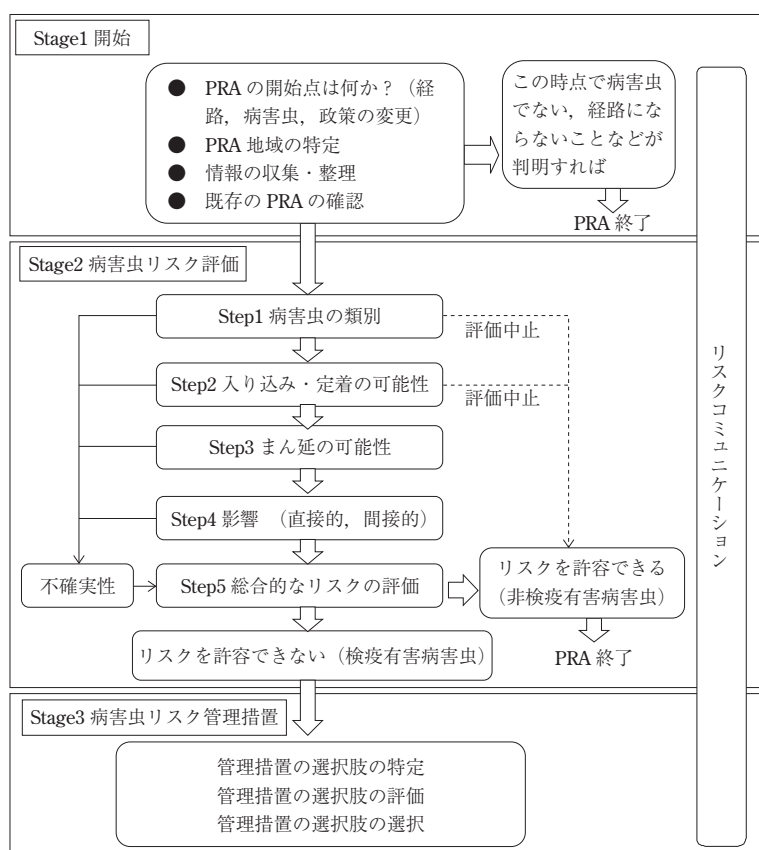


図-3 病害虫リスクアナリシス (PRA) の手順

防除である公的防除が実施されているか), 潜在的な定着・まん延の可能性 (輸入国の気候が適しているか, 寄主・宿主植物は存在するか, ベクターが必要か等), 潜在的な経済的影響 (農林業へ被害があるか) について検討を行い, 基準を満たしていれば潜在的検疫対象の病害虫として次のステップへ進める。

(2) ステップ2: 侵入 (入り込みおよび定着) の可能性

ここでは, 農作物などの品目に付着して病害虫が日本に入り込み, 日本に存在する寄主・宿主植物へ到達し定着する可能性について評価を行う。なお, 入り込みと定着のプロセスを合わせて侵入という。このステップでは, 各項目において, 以下の要素の検討を行う。なお, 各評価項目の結果については, 定性的 (例えば高い, 中程度, 低い, 無視できる等) に示す場合, 定量的 (点数化) に示す場合の方法がある。

「入り込み」の可能性の評価

- 侵入経路の特定: 関連する全経路について特定
- 原産地での評価対象病害虫の状況: 原産地での発生

密度, 季節変異, 病害虫管理, 寄主・宿主植物の栽培方法

- 輸送中または貯蔵中の生存可能性 (輸入植物が経路となる場合): 病害虫の生活環と植物の保管環境・期間の関係
- 好適寄主・宿主植物への移動可能性: 用途 (栽培用, 消費用), 到着地点 (農地, 市街地), 季節性「定着」の可能性の評価
- PRA 地域における寄主・宿主植物の利用可能性: 寄主・宿主植物の分布や数量, 中間寄主や代替寄主の存在
- 環境の好適性: 気候と生活環, 栽培環境での生存
- 栽培慣行と防除: 原産地と PRA 地域の比較
- 病害虫のその他の性質: 繁殖・生存戦略, 遺伝的適応性, 定着に必要な最小個体群

(3) ステップ3: まん延の可能性

「まん延の可能性」では, 商業栽培または自然繁殖している寄主・宿主植物へ到達した病害虫がさらに PRA 地域内に広がってしまう過程について評価を行う。この

ステップでは、次の要素の検討を行う。

- 自然分散の可能性：分散様式（長距離飛翔，歩行，孢子や花粉による伝搬，土壌伝搬），移動距離，ベクターの有無や移動能力等

- 人為分散の可能性：輸送機材による移動，寄生部位の流過程等

（4）ステップ4：潜在的経済影響の評価

評価対象の病害虫が，PRA 地域にまん延した場合に想定される農林産物への経済的な影響を評価する。病害虫による農産物への被害などの直接的影響と，国内・輸出市場への影響などの間接的影響に分けて評価する。

- 直接的影響：宿主植物の価値，被害量やタイプ，生産損失

- 間接的影響：国内・輸出市場への影響，防除コスト，社会的影響，環境への影響

（5）ステップ5：総合的なリスク評価の結果

この段階では，これまでのステップで評価した結果を総合的に判断して，評価対象の病害虫のリスクを決める。総合的なリスク評価の結果を判断する一般的な方法として，侵入およびまん延の可能性と潜在的経済影響の大きさの組合せで判断する定性的評価（図-4），各ステップの結果を点数で積み上げていく定量的評価，点数を格付け（高，中，低，無）に変換する定性・定量的評価を組合せた方法がある。

総合的に判断してリスクを無視できる（許容できるリスク：acceptable risk）のであればその病害虫は検疫対象として規制する必要はないが，リスクを無視できない（許容できないリスク：unacceptable risk）のであれば当該病害虫は検疫対象として規制する必要がある。

（6）不確実性

PRA の結果は，その根拠とともに文書にまとめることになっている。先に述べたように，PRA は，集められた各種情報に基づき評価を実施するが，必ずしも評価対象とする病害虫の情報が十分に得られるわけではない。これらの評価には予測を含む不確実な情報もあるため，これらを不確実性として明記しておき，将来新たな情報が得られた場合には，改めて PRA を実施し，内容を更新する場合もある。

3 ステージ3：病害虫リスク管理（Pest Risk Management）

PRA プロセスの最後のステージは，その前のステージ「病害虫リスク評価」で特定されたリスクを許容可能なレベルまで減らすための適切な管理オプション（検疫措置）を提示する過程である。

検疫措置には，輸出国や輸入国（日本）で実施される

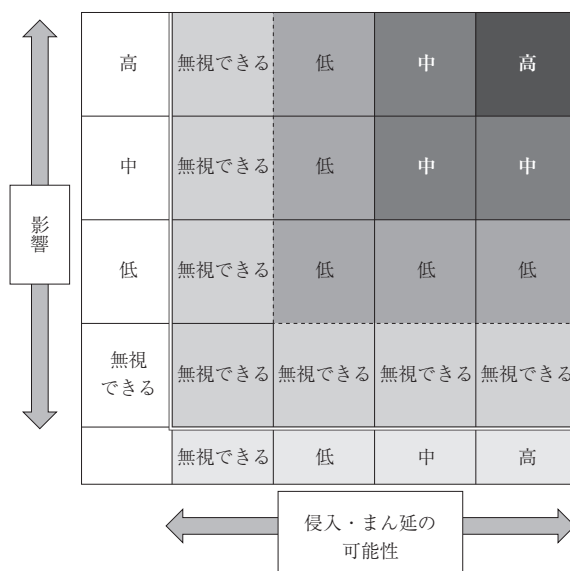


図-4 リスクマトリクス（Risk matrix）

輸出または輸入植物などに対する検査，検定，処理等が含まれる。具体的には，日本で実施する検疫措置は，植物防疫所職員が空港や港で行う目視検査，顕微鏡や遺伝子診断による判定，植物の輸入後に一定期間の栽培・観察を行う隔離検疫等がある。一方，輸出国で実施する措置は，輸入時の検査と同様に目視検査，顕微鏡や遺伝子診断による判定に加え，病害虫無発生地域の設定，栽培地における検査（病徴観察，遺伝子診断等による），蒸熱処理等の輸出前処理の実施などがある。

実際の検疫現場で適用していくため，

- 費用対効果と実行可能性
- 最小限度の貿易に対する影響（必要以上に貿易制限的ではない）
- 既存措置の有効性（有効であれば追加措置を求めない）
- 「同等性」の原則

の観点を考慮し，どのような措置をとればどのくらいリスクを減らすことができるかについて検討を行う必要がある。

4 リスクコミュニケーション

すべてのステージにおいて，関係者と意見交換を行うリスクコミュニケーションを実施することも重要とされている。

5 PRA の結果

PRA の結果は報告書としてまとめられ，植物検疫当局が植物検疫対象の病害虫を決定する場合，およびこれら病害虫に対してとられる植物検疫措置を決定する場合

の根拠として活用される。

IV これからのPRAの展開

1 経路リスクアナリシス (Pathway risk analysis)

前項でPRAには病害虫を開始点とするPRAと経路を開始点とするPRAがあると述べたが、経路リスクアナリシスも経路を開始点とするPRAの一種である。しかし、各国が実際に行っている経路を開始点とするPRAは、特定の寄主・宿主植物（例えば、タイ産ポメロ生果実）を侵入経路としたPRAで、厳密に言えば商品（commodity）に限定した経路を開始点とするPRAと言える。商品ベースのPRAでは、対象の寄主・宿主植物とその容器包装だけしか評価対象にならない場合があり、これ以外の現時点では知られていない経路は評価の対象から外れてしまう場合がある。しかし、病害虫の侵入経路は寄主・宿主植物となる商品以外にも、航空・海上コンテナの中や外面に付着し侵入する場合もあり、植物や植物生産物の国際貿易とは直接関連のない経路（こん包材、輸入中古車、輸送機器）で侵入する場合もある。そこで、最近、寄主・宿主植物となる商品に加え幅広く侵入の可能性のある経路についてリスクアナリシスを行う必要があるという考え方がクローズアップされてきている（NAPPO, 2012）。

2 Modeling and Mapping

対象病害虫の生物学的情報、気象情報、地理的情報、寄主・宿主植物等の植生分布情報などを基に、統計学的手法を利用し、対象病害虫が万が一侵入した場合、どのように分散し、どのような被害を与えるかについて予想モデルを構築し、これを利用した予想結果をPRAへ反映させたり、地図等へ視覚的に示したりするシステム（例えば、米国のNAPFAST <http://www.nappfast.org/>

presentations.htm）が開発され、一部は実用化されつつある。

おわりに

農林水産省レギュラトリーサイエンス新技術開発事業により、PRAの手法の高度化のために、平成22年度から24年度まで、独立行政法人農業食品産業技術総合研究機構および農業環境技術研究所において、「国内未発生の植物病害虫が侵入した場合の経済的影響の予測・評価および的確な管理措置の実施のために必要な要因の分析」を実施している。この中で、①経路リスクアナリシスにも対応できる、より高度化した病害虫を開始点とするPRA手順を新たに策定するとともに、②Maximum-entropy approachという理論を基に計算を行うソフト「Maxent」を用いて、気象・植生・標高等のGISデータと病害虫の生態的データから各害虫の潜在的な生息適地を推定するモデルを作成している。

これら新たなPRA手法についても、今後その詳細について紹介できればと考える。

引用文献

- 1) BAKER, C. R. B. (1981): Assessing Risks from Exotic Pests. EPPO Bull. 11(3): 145 ~ 150.
- 2) KAHN, R. P. (1979): A Concept of Pest Risk Analysis. EPPO Bull. 9(1): 119 ~ 130.
- 3) NAPPO (2012): NAPPO/RSPM No. 31 「General Guidelines for Pathway Risk Analysis.」
- 4) PHILLIPS, D. et al. (1992 a): Scientific issues arising from the use of the International Plant Protection Convention definition of a quarantine pest. OEPP/EPPO Bull. 22: 597 ~ 606.
- 5) ——— et al. (1992 b): Evaluation of potential disease and pest risks associated with paddy as a contaminant of milled rice imported into Australia. FAO Plant Protection Bulletin 40: 4 ~ 20.
- 6) 坂田尚史 (2011): 植物防疫 65: 546 ~ 550.
- 7) SMITH, I. M. (1989): Assessment of quarantine pests. OEPP/EPPO Bull. 37: 50 ~ 57.

発生予察情報・特殊報 (24.12.1 ~ 12.31)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生作物：発生病害虫（発表都道府県）発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたはJPP-NET (<http://www.jpnpn.ne.jp/>) でご確認下さい。

- ネギ：ネギ葉枯病菌による黄色斑紋症状（埼玉県：初）12/6
- スイカ：スイカ果実汚斑細菌病（愛知県）12/17
- スイカ：スイカ果実汚斑細菌病（新潟県）12/17

- キウイフルーツ：キクビスカシバ（長崎県：初）12/17
- スイカ：スイカ果実汚斑細菌病（千葉県）12/19