

特集：ピシウム病害

総論：ピシウム菌の病原菌としての特徴

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 東 條 元 昭

はじめに

近年、ピシウム菌による農作物などの被害が国内外に広がるとともに多様化している。これは、高密度栽培の普及や異常気象（温暖化や集中豪雨）がこの菌の発生に好適な環境を広げていることや、植物苗の国際的な取引が活発になったことが主な原因と考えられる。

ピシウム菌は、他の土壤病原菌に比べて宿主や発生環境が多岐にわたっている。国内で毎年大きな経済損失を出しているピシウム病害のみに限っても、本特集で取り上げられている各種病害（水耕野菜、ショウガ、園芸植物等）をはじめ、コムギの褐色雪腐病（TAKAMATSU and TAKENAKA, 2001）やノリの赤腐病（東條, 2009）等バラエティーに富んでいる。このような多様性は、ピシウム菌全体としての病原性をイメージするのが難しくしている。一方で、ピシウム菌を分子系統に分け、それぞれの系統の病原性状を見てみると、系統によって病原性やそれにかかわる発生生態が明らかに違っていることがわかる。系統と病原性の関係を知ることは、ピシウム菌による病害の効率的防除にもつながる。

ここでは、ピシウム菌を構成する個々の分子系統の病原性状について、それらの違いや相互の関係を考察したい。また、病害防除との関係についても考えてみたい。

I ピシウム菌を構成する分子系統

ピシウム菌はストラメノパイル生物の卵菌綱の1属であり（DICK, 2001）、土壌や水域環境に広く分布し、これまでに少なくとも世界で150種（KIRK et al., 2008）、日本国内では約50種が報告されている。一般には農作物の根や地表面付近の茎葉の病原として知られている。

ピシウム菌の種の同定は、遊走子のうや有性器官の形態的特徴に基づいて行われる。遊走子の放出が確認されない場合には、無性繁殖体である hyphal swellings の形態を遊走子のうの代わりに観察する。また、rDNA-ITS 領域やミトコンドリアの *coxII* 遺伝子などの塩基配列で形態による同定を確認するのが一般的である。近年の分

子系統学的研究により（MATSUMOTO et al., 1999 ; MARTIN, 2000）、ピシウム菌は糸状の遊走子のうを作る種群と球状の遊走子のうを作る種群の2つに大別されることがわかった。LÉVESQUE and DE COCK (2004) は、ピシウム菌の同定で最も良く参照される van der PLAATS-NITERINK (1981) に掲載されている菌株を中心に、数多くのピシウム菌種の rDNA 領域を解析した。そして、それらの系統関係に基づいてピシウム菌を11の単系統（＝クレード A～K）に整理した。A～D が糸状の遊走子のうを、E～K が球状の遊走子のうを形成する。UZUHASHI et al. (2009) は、これらに12番目の単系統を追加した。さらに、ピシウム属内の各分類群が系統分類学的に互いに属レベルで異なることから、ピシウム属を四つの新属を含む5属（*Pythium* 属、*Globisporangium* 属、*Elongisporangium* 属、*Ovatisporangium* 属、および *Pilasporangium* 属）に再編することを提案している（UZUHASHI et al., 2010）。

このようにピシウム菌は少なくとも12の分子系統（クレード）から成る多様な生物の集合体であり、クレードの違いが形態（主に遊走子のう）に関係していることがわかってきた。

II 分子系統と病原性状の関係

LÉVESQUE and DE COCK (2004) に UZUHASHI et al. (2009) の新クレードを加えた12のクレードの構成種を見ると、クレードによって病原性状が違っていることがわかる（表-1）。これは、クレードの違いと遊走子のう（あるいは hyphal swellings）の形態が密接に関係していることによると考えられる。遊走子のうの形態の違いは、その菌種の発生生態、特に湿潤（または水中）環境への適応度の違いに現れる。このようなピシウム菌の系統と発生生態の関係を知ると、一見複雑で多様なこの菌の病原性が理解しやすくなる。以下に、ピシウム菌の12のクレードのそれぞれの病原性と発生生態の特徴をまとめた。

1 クレード A

このクレードは三つの小クレードに分けられる。小クレードの一つは *P. aphanidermatum* と *P. deliense* の2種から構成される。両種は43℃まで生育が可能で、宿主範囲が広く、温暖な地域で様々な畑作物の重要病原にな

Characterization of *Pythium* spp. as Pathogens. By Motoaki Tojo

（キーワード：ピシウム菌，病原性，分子系統）

表-1 ピシウム菌の分子系統と病原性状との関係

分子系統 (クレード ^{a)})	病原性状の概要	遊走子のうの形態	湿潤 (または水中) 環境への適応度 ^{b)}	主な <i>Pythium</i> 種
A	農作物や海藻類の重要病原種を含む。海水中、または海水塩の添加で病原性が高くなる種が多い	糸状 (膨潤または非膨潤) ^{c)}	中～高 ^{d)}	<i>P. aphanidermatum</i> <i>P. porphyrae</i>
B1	栽培植物 (特に单子葉類) の重要病原が多い	糸状 (膨潤)	高	<i>P. myriotylum</i> <i>P. graminicola</i>
B2	植物病原性は通常弱く、水耕作物でのみ被害報告がある。 <i>P. flevoense</i> は養殖アユ稚魚の内臓腐敗の原因	糸状 (非膨潤)	高	<i>P. dissotocum</i> <i>P. flevoense</i>
C	植物に非病原性または病原性不明。 <i>P. insidiosum</i> は温暖地域の哺乳類の皮膚病害の原因	洋ナシ状 または糸状 (非膨潤) ^{e)}	高	<i>P. grandisporangium</i> <i>P. insidiosum</i>
D	植物に非病原性または弱病原性。菌寄生性を示す	糸状 (膨潤)	中	<i>P. oligandrum</i> <i>P. acanthicum</i>
E	植物病原性は弱または不明。耕地や非耕地の土壌、泥、水中に生息	球状	中	<i>P. rostratum</i> <i>P. echinulatum</i>
F	植物に中～強病原性。野菜などの苗立枯病菌が多い	球状	中	<i>P. spinosum</i> <i>P. irregulare</i> <i>P. sylvaticum</i>
G	積雪下でイネ科植物に病害を起こすものが多い	球状	中	<i>P. iwayamai</i> <i>P. paddicum</i>
H	植物病原性はほとんど知られていない	球状	中	<i>P. anandrum</i> <i>P. undulatum</i>
I	栽培植物 (双子葉類が中心) に強病原性 (<i>P. heterothallicum</i> を除く)	球状	低	<i>P. ultimum</i> var. <i>ultimum</i> <i>P. splendens</i>
J	植物病原菌を含まれるが、宿主を選ぶ場合が多い。菌寄生性を示す種もある	球状	中	<i>P. nunn</i> <i>P. uncinulatum</i> <i>P. megalacanthum</i>
K	多様な栽培植物 (野菜類の幼植物、花木類等) に根腐れや地際部の茎腐敗を起こす	球状	低	<i>P. helicoides</i> <i>P. vexans</i>
— ^{e)}	植物 (キュウリなど) に感染性を示すが、病原性はほとんどない	球状	中	<i>P. apinaefurcum</i>

^{a)} LÉVESQUE and DE COCK (2004) によるクレード (Clade)。

^{b)} van der PLAATS-NITERINK (1981) や各菌種の最近の報告を参考に、ピシウム菌の各系統間で相対的に評価。

^{c)} *P. aphanidermatum* と *P. deliense* は糸状 (膨潤)。その他のクレード A に含まれる種 (*P. porphyrae* など) は糸状 (非膨潤)。

^{d)} *P. aphanidermatum* と *P. deliense* は「中」。その他のクレード A の種 (*P. porphyrae* など) は「高」。

^{e)} UZUHASHI et al. (2009) による新クレード。

っている。二つ目の小クレードには *P. porphyrae*, *P. adhaerens*, *P. chondricola* の 3 種が含まれる。これらはいずれも海産藻類に由来し、形態や生理性状のわずかな違いで互いに区別される。*P. porphyrae* は日本国内のほぼすべてのノリ養殖場で発生が見られ、アサクサノリなどの最重要病原として知られる (東條, 2009)。*P. adhaerens* はアオサ類などの藻類のほか、テンサイなどの畑作物にも病原性をもつ (van der PLAATS-NITERINK,

1981)。*P. chondricola* は rDNA-ITS 領域の塩基配列が *P. porphyrae* と 100% 一致するが、*P. porphyrae* よりも生育温度が低いこと、造卵器が大きいこと、さらに卵孢子が非充満性であること等の特徴から *P. porphyrae* とは別種とされている。三つ目の小クレードは、*Pythium* 属の基準種である *P. monospermum* のみから構成される。本種の植物への病原性は低いと考えられている (van der PLAATS-NITERINK, 1981)。

クレード A のピシウム菌の中で最もよく知られている *P. aphanidermatum* と *P. porphyrae* は、互いに形態や生理的性状が明確に異なる一方で、糸状の遊走子のうを形成することや一定の塩耐性をもつ等、類似点も見られる。また、最近、筆者らは *P. aphanidermatum* や *P. deliense* に近縁の新種と考えられる *Pythium* 属菌種を分離したが (KUROKAWA and TOJO, 未発表)、この種も *P. aphanidermatum* などと同じクレードに属し、海産で海水塩を高濃度 (9%) に含む培地で生育することができる。さらに、海水を含む土壤で育てたアシなどに根の腐敗性病害を起こす。これらのことからクレード A には、海水水中での生息や海生植物に病原性を起こす種が含まれることがわかる。これまでに知られているピシウム菌の 12 の単系統群 (LÉVESQUE and DE COCK, 2004; UZUHASHI et al., 2009) の中で、海産種が知られているのはクレード A のみである。このことから、海水や海生植物への適応がこのクレードの特徴の一つであることがわかる。

2 クレード B

このクレードはピシウム菌を構成する最も大きな系統群であり、約 30 種が含まれる。二つの小クレード (B1 と B2) に分かれる。B1 の大部分の種は、菌糸が膨らんだような形の糸状遊走子のうを作る。これに対し B2 のすべての種は菌糸と外見では区別できない糸状遊走子のうを作る。

B1 には、弱～強病原性の様々な植物病原菌が含まれる。B1 の代表的な病原種の *P. myriotylum* は多くの作物に強い病原性を示すことで知られる。そのほかにも、この小クレードには重要な植物病原菌が多数含まれる。*P. graminicola*, *P. arrhenomanes*, *P. vanterpoolii*, *P. torulosum*, *P. catenulatum*, *P. aristosporum*, *P. volutum* はイネ科植物にほぼ特化した病原菌である。*P. sclero-teichum*, *P. sulcatum*, *P. tracheiphilum* はそれぞれサツマイモ、ニンジン、レタスでのみ報告されている。これら以外に B1 に含まれる種には *P. angustatum*, *P. dissimile*, *P. inflatum* 等があり、野菜の幼植物への接種実験で弱～中程度の病原性が確認されている。このように、B1 に含まれるピシウム菌には農作物の病原が多く、さらになんらかの宿主選択性を示す種が多いことがわかる。

一方、B2 には *P. dissotocum*, *P. aquatile*, *P. flevoense* 等、植物に対しての病原性がほとんどないあるいは不明なピシウム菌種が含まれる。*P. dissotocum* や *P. aquatile* は養液栽培や直播水稻など湛水条件下のみ軽度の病害を起こす。*P. flevoense* は植物への病原性は知られていないが、養殖槽に沈殿した本種に汚染された餌を食べたアユ幼魚の内臓で増殖して腐敗を起こす (MIURA et al., 2010)。

B2 に属するピシウム菌は、いずれも外見では菌糸と区別できない糸状遊走子のうを作る。このような糸状遊走子のうは乾燥すると死滅することから、これらの菌種は、普段、水中で生活していると推察される。これらのことから、B2 は水中生活に適応したピシウム菌種から構成されており、水耕栽培など特別な環境でない限り、陸上生物へ病原性を示すことはないと考えられる。B1 と B2 との中間に位置する *P. pyrlobum* の植物病原性も弱い。しかし、*P. flevoense* のように水中の餌を通して魚類の内臓に感染する場合も見られることから、今後、様々な観点からの研究が必要である。

3 クレード C

Pythium grandisporangium と *P. insidiosum* の 2 種のみが知られている。この系統群の特徴は、これら 2 種が rDNA-ITS 領域の塩基配列の相同性が高く、単系統を形成するにもかかわらず、形態的な類似点がほとんど見られないことである。病原性についても *P. grandisporangium* が汽水域で腐生的に生活し植物や動物への病原性が知られていないのに対し (KUROKAWA and TOJO, 2010), *P. insidiosum* は熱帯地域で哺乳類の皮膚に炎症を起こす (MENDOZA et al., 1993; VANITTANAKOM et al., 2004)。このクレードのピシウム菌の病原性特徴づけするには、さらに多くの供試株を使った研究が必要である。

4 クレード D

Pythium oligandrum, *P. acanthicum*, *P. periplocum* 等が含まれる。ほとんどの種が非病原性で、接種試験で病原性が示した場合でも、その程度は低い。他の糸状菌に菌糸を巻きつけたり貫入させる等の菌寄生性を示すことがこのクレードの菌種に共通の特性である。ただし、*P. nunn* のようにこのクレード以外でも菌寄生性を示す種が見られる。

遊走子のうの形態は、膨潤した糸状で、球状に近い状態にまで膨らむ。すべての種の造卵器で、先が鋭敏な円錐型の突起が見られる。他のクレードに属する突起を有する菌種とは、造精器がはっきりと見えないことや、造精器の細胞全体が造卵器に付着する (造精器細胞の先端が付着するのではなく) ことで区別できる。

5 クレード E

このクレードは E1 と E2 の二つに分けられる。E1 では *P. rostratum* と *P. echinulatum* が、E2 では *P. middletoni* がそれぞれ主要な種となっている。耕地や非耕地の土壌、泥、水等から分離されることが多く、罹病植物から分離された例も多いが、作物への病原性は高くないとされる (van der PLAATS-NITERINK, 1981)。そのため、このクレードに属する種は、現在のところ病原菌として重要

視されていない。

遊走子のう（あるいは hyphal swellings）の形態は球形あるいは卵形で、貫生（proliferation）しない。培地上での菌糸生育可能温度は中温性（5～35℃）を示す。球状の遊走子のうを形成する他のクレードの菌種との最も大きな違いは、中温（25℃）での菌糸生育が遅い（8～17 mm/day）ことである。

6 クレード F

このクレードには世界的に重要な植物病原菌が数多く含まれる。中でも *P. spinosum*, *P. irregulare*, *P. mamillatum*, *P. paroecandrum*, *P. sylvaticum*, *P. debaryanum*, *P. macrosporum* および *P. intermedium* は世界各地に分布し、野菜などの苗立枯れの重要病原として知られる。一方、このクレードと重要病原種を含む他のクレード（A, B1, I, K）を比べると、クレード F は病原性が少し弱く、植物の被害ステージも幼植物の時期に限られている場合が多いことがわかる。

このクレードの形態的な特徴は、遊走子のう（あるいは hyphal swellings）が球形あるいは卵形のどちらかであることと（ただし *P. irregulare* だけは両方を形成）、遊走子のうが貫生（proliferation）しないことである。培地上での菌糸生育可能温度は中温性（5～35℃）である。球状の遊走子のうを形成するクレードの中では、クレード I（ただし *P. heterothallicum* を除く）について菌糸生育が速い（25 mm/day 前後が多い）。

7 クレード G

このクレードでは *P. iwayamai*, *P. paddicum*, *P. okanoganense*, *P. nagaii* 等が知られている。主として麦類褐色雪腐病の原因となるピシウム菌が含まれる。BRIDGE et al. (2008) は南極のイネ科植物でも、このクレードに属するピシウム菌未知種（*Pythium* sp.）による雪腐病が発生していることを報告している。これらの菌はいずれも、野外環境では 0℃前後の低温環境でのみ病害を起こし、それよりも高い温度では病原性をほとんど示さない。このような低温条件に特化した病原性状は G 以外のクレードでは見られない。

このクレードの形態的な特徴は、遊走子のう（あるいは hyphal swellings）が球形あるいは卵形で、遊走子のうが貫生する種（*P. iwayamai*）と貫生しない種（*P. paddicum* など）が見られることである。

8 クレード H

Pythium anandrum, *P. prolatum*, *P. helicandrum*, *P. dimorphum*, *P. undulatum* 等が知られている。これらのうち、*P. anandrum* と *P. undulatum* では世界的な分布が知られている。病原性は *P. anandrum* でキュウリの

幼植物や果実への接種による立枯れや腐敗が知られているが（DRECHSLER, 1943）、それ以外の知見はほとんどない。このクレードは形態的な特徴が明瞭で、遊走子のうが楕円形あるいは長楕円形で貫生することと、造卵器表面に先が鋭敏な円錐型の突起が見られることで他のクレードと区別される。

9 クレード I

Pythium heterothallicum, *P. splendens*, *P. ultimum* var. *ultimum*, *P. ultimum* var. *sporangiferum* が含まれる。*P. heterothallicum* 以外は、様々な植物（双子葉植物が主）の重要病原として知られる。*P. ultimum* var. *sporangiferum* は分布域が欧米の一部地域のみに限られているが、他の種は世界中での分布が報告されている。球状で、卵胞子と同程度の耐久性を示す遊走子のう（あるいは hyphal swellings）を多数形成することが、このクレードに共通する特性である。

10 クレード J

Pythium nunn, *P. orthogonon*, *P. acanthophoron*, *P. perplexum*, *P. buismaniae*, *P. polymastum*, *P. uncinulatum*, *P. mastophorum* および *P. megalacanthum* が含まれる。いずれも発生報告が限られており、病原性や生態についての情報は少ない。日本国内では *P. nunn* (KOBAYASHI et al., 2010), *P. uncinulatum* (MATSUURA et al., 2010), *P. megalacanthum* (窪田ら, 1998) の発生が報告されている。*P. uncinulatum* はレタスの幼植物や成植物に、*P. megalacanthum* はキャベツの幼植物に被害を及ぼすが、いずれも分布や被害規模は限られている。*P. nunn* は非病原性で、菌寄生性や、土壌混和による発病抑制性が知られている。遊走子のう（あるいは hyphal swellings）が球状であること以外に、このクレードに共通の形態は見られない。

11 クレード K

Pythium boreale, *P. ostracodes*, *P. oedochilum*, *P. chamaeophyon*, *P. helicoides*, *P. curcubitacearum*, *P. vexans* および *P. indigoferae* が含まれる。近年、*P. helicoides* が国内のミニバラ栽培などで猛威を振るっていることはよく知られている（例：KAGEYAMA et al., 2002）。現在ピシウム菌で知られているクレードの中では分子系統的に最も疫病菌（*Phytophthora* 属）に近い。このことは、このクレードに属する種の遊走子のう（あるいは hyphal swellings）が卵形で、しばしばバピラ状構造をもつことから裏づけられる。

12 新クレード (UZUHASHI et al., 2009)

Pythium apinafurcum のみで構成される。単子葉、双子葉の両植物に感染性を示すが、病原性はほとんど示さ

ない (UZUHASHI et al., 2009)。 *P. ultimum* var. *ultimum* への菌寄生性を示すが、 *P. oligandrum* や *P. nunn* で見られるような発病抑制性は見られない (東條ら, 未発表)。

III 系統識別の病害防除への応用

1 クレードと伝染源の性状との関係

ピシウム菌の被害は環境条件に左右されやすく、また登録農薬の少ないマイナー作物での発生も多い。そのため、病原の生態特性を理解し、病原に不利な環境を作ることが対策の基本になる。病原がどのクレードに属するかを知ることは、生態特性の理解を助ける。STANGHELLINI (1974) は、ピシウム菌を防除するために知っておく必要がある生態特性として、①土壤中の1次伝染源の種類と行動様式、②それらの分布範囲、および③植物への感染にどれくらいの数の1次伝染源が必要か、を挙げている。これらの生態特性はクレードの違いと関係しており、さらにクレードの違いは、遊走子のう (hyphal swellings を含む) の形態と密接に関係している (表-1)。一般に、遊走子のうは卵胞子に比べて細胞壁構造が単純で薄いために耐久性が低く、1次伝染源として重要ではないと考えられやすい。しかし、遊走子のうは卵胞子よりも発芽しやすく、発芽管を伸長させて菌糸を形成して植物に直接感染したり、遊走子を放出して感染を広範囲に拡大させる能力が高い。球状の遊走子のうは糸状のものに比べて耐久性が高いことが知られている (STANGHELLINI and HANCOCK, 1971)。そのため、ピシウム菌のクレードは伝染源の性状と関連していると言える。

2 クレードと湿潤環境への適応度との関係

ピシウム菌のクレードの違いは、湿潤環境への適応度とも関係している (表-1)。水中生活への依存度は、湿潤環境への依存度、あるいは乾燥条件への適応力と言い換えることもできる。このような特徴を知ることは、例えば、水耕栽培環境で病害を起こす可能性を推定したり、高畝で排水性をよくして病害を予防しようとする場合に、その効果を予測することに役立つ。

湿潤環境への適応度の違いは、ピシウム菌の進化や分化の過程と関係していると考えられる。ピシウム菌は、陸上生活への適応力がより高い疫病菌やべと病菌の祖先生物とされるが (BEAKES, 1987; PETERSEN and ROSENDAHL, 2000)、これらへと進化する過程で多様に分化したと推定される (UZUHASHI et al., 2010)。湿潤環境への適応度が、おおむねクレード A から K に向かって低くなり、さらにクレード K が分子系統学的に疫病菌と近縁であることは、このようなピシウム菌の分化の結果とも解釈できる。

3 診断・防除への応用

ピシウム菌は、罹病植物から他の病原菌と一緒に分離されることが多い。そのため、菌が分離されても、それがどの程度被害に関与しているかを判断することが難しい。分離菌がどのクレードに属しているかがわかれば、分離された植物の病害への関与をある程度まで推定することができる。このことは例えば、接種による病原性検定を行う場合に、接種の方法 (土壌混和か、地際部への接種か、遊走子接種か等) を選んだり、接種菌量をどの程度にすればよいかなどを考えるための参考になる。

クレードによる病原性状の推定は、未知のピシウム菌種の防除を考えるうえでも役立つ。例えば、有性器官を形成しないなどで菌種が特定できない場合に、その菌株がどのクレードに属しているかがわかれば、発生特性を推定しながら実験を進めることができる。また、同じクレードに属する既知種で防除対策の先行研究があれば、参考にしながら対策を考えることができる。

4 問題点

クレード間で病原性に違いが見られる一方で、同じクレードに属するピシウム菌種でも病原性に大きな違いが見られる場合がある。特にクレード B1, I, J, K では、強病原性種と弱あるいは非病原種が混在している。個々のクレード内では種が違っても互いに形態が似ているため、同じクレード内での病原性の差異は、形態的な違いに起因するよりもむしろ、栽培植物に適応した結果と考えられる。あるいは、野生植物や自然土壌に存在している多様なピシウム種群の中から特定の植物に適応する病原性ピシウム菌が選択的に増加したためと考えることもできる。 *P. scleroteichum* (Tojo et al., 2007) や *P. uncinulatum* (MATSUURA et al., 2010) のように特定の作物にのみ発生する菌種が存在することは、ピシウム菌でも、栽培植物の発達にともなって、宿主に応じた病原性の発達や病原性をもつ種の選抜が起こっていることを示している。

おわりに

ピシウム菌は遺伝的多様性が高い生物群であり、様々な病原種を含んでいる。異常気象が頻発し栽培環境が日々変化する現代、潜在的なものも含めて多様な病原菌を内在するピシウム菌は、今後も新たな植物や環境で発生すると予想される。環境調和型の防除手段が今後発展・普及する中で、病原の発生生態の弱点をついた効果的な防除対策が求められている。ピシウム菌の発生生態は分子系統と関係しており、それを理解することはこの菌の効果的な防除につながる。

引用文献

- 1) BEAKES, G. W. (1987): Evolutionary Biology of the Fungi, Cambridge University press, Cambridge, UK, p. 405 ~ 421.
- 2) BRIDGE, P. D. et al. (2008): Plant Pathol. **57**: 1066 ~ 1072.
- 3) DICK, M. W. (2001): The Mycota VII Part A, Systematics and evolution, Springer, Berlin Heidelberg, Germany, p. 39 ~ 72.
- 4) DRECHSLER, C. (1943): Phytopathology **33**: 261 ~ 299.
- 5) KAGEYAMA, K. et al. (2002): J. Gen. Plant Pathol. **68**: 15 ~ 20.
- 6) KIRK, P. M. et al. (2008): Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi, 10th edn, CAB International, Wallingford, UK, 771 pp.
- 7) KOBAYASHI, S. et al. (2010): J. Gen. Plant Pathol. **76**: 278 ~ 283.
- 8) 窪田昌春ら (1998): 日植病報 **64**: 323 ~ 327.
- 9) KUROKAWA, K. and M. Tojo (2010): Mycoscience **51**: 321 ~ 324.
- 10) LÉVESQUE, C. A. and A. W. A. M. DE COCK (2004): Mycol. Res. **108**: 1363 ~ 1383.
- 11) MARTIN, F. N. (2000): Mycologia **92**: 711 ~ 727.
- 12) MATSUMOTO, C. et al. (1999): Mycoscience **40**: 321 ~ 331.
- 13) MATSUURA, K. et al. (2010): J. Gen. Plant Pathol. **78**: 320 ~ 323.
- 14) MENDOZA, L. et al. (1993): J. Clin. Microbiol. **31**: 2967 ~ 2973.
- 15) MIURA, M. et al. (2010): Fish Pathol. **45**: 24 ~ 30.
- 16) PETERSEN, A. B. and S. ROSENDAHL (2000): Mycol. Res. **104**: 1295 ~ 1303.
- 17) STANGHELLINI, M. E. (1974): Proc. Am. Phytopathol. Soc. **1**: 211 ~ 214.
- 18) ————— and J. G. HANCOCK (1971): Phytopathology **61**: 165 ~ 168.
- 19) TAKAMATSU, S. and S. TAKENAKA (2001): Low temperature plant microbe interactions under snow, Hokkaido National Agricultural Experiment Station, p. 87 ~ 100.
- 20) Tojo, M. et al. (2007): J. Gen. Plant Pathol. **73**: 121 ~ 124.
- 21) 東條元昭 (2009): 海洋と生物 **31**: 611 ~ 613.
- 22) UZUHASHI, S. et al. (2009): Mycoscience **50**: 281 ~ 290.
- 23) ————— et al. (2010): ibid. **51**: 337 ~ 365.
- 24) van der PLAATS-NITERINK, A. J. (1981): Stud. Mycol. **21**: 1 ~ 242.
- 25) VANITTANAKOM, N. et al. (2004): J. Clin. Microbiol. **42**: 3970 ~ 3974.

新しく登録された農薬 (22.12.1 ~ 12.31)

掲載は、**種類名**、登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録年月日、有効成分：含有量、**対象作物**：対象病害虫：使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、**適用作物**、適用雑草等を記載。（登録番号：22832 ~ 22866）種類名に下線付きは新規成分。※は新規登録の内容。

「殺虫剤」

- 炭酸カルシウム水和剤 ※新製剤
22852：ホワイトコート（白石カルシウム）10/12/22
炭酸カルシウム：95.0%
みかん：チャノキイロアザミウマ：発生初期
- フルベンジアミド水和剤 ※新製剤
22853：フェニックスフロアブル（日本農薬）10/12/22
22854：日曹フェニックスフロアブル（日本曹達）10/12/22
フルベンジアミド：18.0%
りんご：ハマキムシ類、ギンモンハモグリガ、キンモンホソガ、シンクイムシ類：収穫前日まで
なし：ハマキムシ類：収穫前日まで
もも：ハマキムシ類、モモハモグリガ：収穫前日まで
ネクタリン：ハマキムシ類、モモハモグリガ：収穫前日まで
おうとう：ハマキムシ類：収穫前日まで
ぶどう：ハスモンヨトウ：収穫14日前まで
だいず：ハスモンヨトウ：収穫7日前まで
茶：チャハマキ、チャノホソガ：摘採7日前まで
- フルベンジアミド水和剤 ※新製剤
22855：ペガサスフロアブル（ニチノサービス）10/12/22
フルベンジアミド：18.0%
だいず：ハスモンヨトウ：収穫7日前まで
- メトキシフェノジド水和剤 ※新規参入
22864：グレモ SC（ダウケミカル）10/12/22
メトキシフェノジド：20.0%
芝：スジキリヨトウ、シバツトガ：発生初期

「殺虫殺菌剤」

- クロチアニジン・トリシクラゾール・バリダマイシン・フェリムゾン粉剤 ※新混合剤
22832：ノンプラスバリダントツ H 粉剤 DL（協友アグリ）

10/12/08

クロチアニジン：0.50%，トリシクラゾール：0.50%，バリダマイシン A：0.30%，フェリムゾン：2.0%

稲：いもち病、紋枯病、穂枯れ（ごま葉枯病菌）、ウンカ類、ツマグロヨコバイ、カメムシ類、フタオビコヤガ：収穫21日前まで

- クロラントラニリプロール・ピメトロジン・ピロキロン粒剤 ※新混合剤

22856：デジタルパウアー箱粒剤（シンジェンタジャパン）10/12/22

クロラントラニリプロール：0.75%，ピメトロジン：3.0%，ピロキロン：8.0%

稲（箱育苗）：イネミズズウムシ、イネドロオイムシ、ウンカ類、ツマグロヨコバイ、フタオビコヤガ、コブノメイガ、ニカメイチュウ、いもち病：移植3日前～移植当日

「殺菌剤」

- アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤 ※新混合剤
22833：ユニフォーム粒剤（シンジェンタジャパン）10/12/13

アゾキシストロビン：2.0%，メタラキシル M：1.0%

みょうが（茎葉）：根茎腐敗病：みょうが（花穂）の収穫30日前まで、但し、花穂を収穫しない場合にあつては開花期終了まで

みょうが（花穂）：根茎腐敗病：収穫30日前まで

しょうが：根茎腐敗病：収穫30日前まで

(36 ページに続く)