

最近の青枯病の話題と問題点

農林水産省農業生物資源研究所 **土屋 健一・堀田 光生**
 高知大学農学部植物病理工学研究室 **ひき 曳 ち 地 やす 康 ふみ 史**

はじめに

Ralstonia solanacearum によって起こされる青枯病が初記載されてから、今年は105年目である。熱帯、温帯地域を中心に世界各地に分布し、またナス科ほか200種以上の植物が影響を受け、食糧生産に多大の被害を及ぼす本病の重要性は、他の細菌病を凌駕するものと言える。病原細菌の系統および病原性、宿主植物の抵抗性機構、さらには病気の診断および防除技術など、これまで数千編を超える研究論文、実用技術ならびに薬剤の開発にもかかわらず、新たな宿主植物の発見は相次ぎ、依然として難防除病害の一つとして君臨する、古くて新しい病気である。

近年、進歩の著しい分子生物学および関連手法技術の発達により、本種細菌の分類や系統解析は新たな展開を見せており、また病原性発現や宿主植物の抵抗性機構に関与する要因が遺伝子レベルで明らかにされ、次々と新しい知見が集積されてきている。

本稿では特に、最近、我が国で新たに発生が確認された青枯病、および病原細菌の多様性、病原性または抵抗性発現に関与する遺伝子等について、筆者らの知見を含め国内外の研究成果を紹介し、参考に供したい。

I 青枯病菌による新病害

我が国ではこれまで、ナス科、キク科など14科30種の植物で青枯病が記載されているが(伊達, 1995; 西山, 1997)、近年相次いで、新たに5科(Family)の植物で発生が報告された(表-1)。以下に、それらの概要について記す。

1 クルクマ青枯病

1995年9月、高知県幡多郡の施設栽培において切り花用クルクマ(*Curcuma alismatifolia*; 通称‘クルクマ・シャローム’)で発生が確認された(森田ら, 1996)。発病株では、初め葉が水気を失い、葉縁を外側にして、筒状に巻く症状が認められ、進展すると葉およ

び茎が黄化し、重症株では地上部全体が黄化、萎凋し地際部が腐敗して倒伏、枯死する。根茎、球茎は黒変、腐敗して、発病株の茎の切断面からは白色菌泥が噴出し、水につけると細菌が糸状に流出する。分離細菌は、付傷または無傷接種により7~10日でクルクマに病徴を再現し、接種菌が再分離された。一方、対照のナス由来株はクルクマに病原性を示さなかった。病原細菌はbiovar(生理型)4と判定され(森田ら, 1996)、後述のショウガ青枯病との密接な関連性が示唆された(土屋ら, 1999)。

2 アシタバ青枯病

1989年ころから、東京都八丈島で発生が知られていた栽培アシタバの夏季における急激な萎ちよう枯死症が、本病原細菌によることが判明した(宮岸ら, 1996)。分離細菌は、接種試験によりアシタバのほかトマトなどナス科植物に病原性を示し、biovar 3と判定された。

3 デルフィニウム青枯病

1992年1月、静岡県で切花用温室栽培のデルフィニウムに萎凋病が発生し、病原菌の分離、接種試験の結果から本病であることが判明した(宮岸ら, 1996)。病原細菌は本宿主のほか、トマトなどナス科植物にも病原性を示し、biovar 3と判定された。

4 ショウガ青枯病

1997年5月、高知県中村市の施設栽培ショウガで初確認され、1998年にかけて香北町、窪川町、南国市、高知市の圃場への発生が拡大し、その後も被害地域が増加傾向にある(土屋, 口絵写真)。病徴は、初め下葉葉

表-1 新たな科(Family)で青枯病の発生が報告された植物^{a)}

科	植 物
ショウガ科 (Zingiberaceae)	クルクマ, ショウガ, (ミョウガ)
セリ科 (Umbelliferae)	アシタバ
キンボウゲ科 (Ranunculaceae)	デルフィニウム
ペンケイソウ科 (Crassulaceae)	カランコエ
ツリフネソウ科 (Balsaminaceae)	ハウセンカ (アフリカハウセンカ)

^{a)}: 最近5年間。

Recent Occurrence and Research on Bacterial Wilt. By
 Kenichi TSUCHIYA, Mitsuo HORITA and Yasufumi HIKICHI
 (キーワード: 新病害, 青枯病, 遺伝的多様性, 病原性遺伝子,
 抵抗性)

に黄化および部分的萎凋を生じ、その後、速やかに上位葉へと進展し、全身的な萎凋を経て枯死する。偽茎は水浸状を呈し、根茎から容易に離脱し、倒伏する。偽茎および根茎を切断すると、白色菌泥が漏出し、維管束部は暗褐色～黒色を呈した。偽茎を水につけると流出した細菌で液は白濁する。分離細菌はショウガのほか、ミョウガ、トマト、ナス、ジャガイモ等に病原性を示し、激しく萎凋、枯死させた。タバコには病原性を示さず、細菌の注入葉では過敏反応が誘起された。病原細菌は biovar 4 と判定された。一方、高知県産のナス科植物等に由来する菌株は、いずれもショウガに対して病原性を示さなかった。発生時期および地域の異なる分離菌株は、rep-PCR 法による DNA パターンの解析から二つのグループに大別され、一群はタイ産のショウガ、クルクマ由来株および前記の高知産クルクマ株と、また他一群は、オーストラリア、中国産のショウガ株と、それぞれ相同の DNA パターンを示すことが判明した(土屋ら, 1999)。さらにこれらは、日本産の既存レースおよび biovar の代表菌株が示すパターンとはいずれも異なっていた。これらの結果から、高知県におけるショウガ青枯病は、クルクマ由来株を含む少なくとも二つの起源を異にする系統が、それぞれ感染源となって発生し、互いに独立して被害の拡大に関与しているものと推察された。昨夏には、同県のみョウガ施設栽培において青枯病の発生が認められており(矢野, 私信)、伝染経路の解明が必要である。

本病は圃場内では土壌および雨(流)水を通じて株間で伝染すると考えられるが、今後の問題として、根茎(種ショウガ)を介した圃場間および地域間への伝搬が最も懸念される。栽培に当たっては、無病の種ショウガを用いることが重要であり、発病圃場での自家採種は、被害拡大につながり避けることが必要である。

5 カランコエ青枯病

1997年10月、香川県の施設栽培カランコエに発生が認められた(鐘江ら, 1998)。病徴は、多肉質の葉が黄化、落葉し、重症株は枯死する。罹病茎および落葉からの分離細菌は、断根接種法によりカランコエおよび近縁のコダカラベンケイソウに病徴を再現し、針接種でタバコ、ナス、トマト等を萎凋、枯死させた。病原菌は biovar 3 と判定された。本植物は通常、挿し穂により増殖されるため、採穂用親株については罹病の有無の確認が必要である。

6 ホウセンカ(アフリカホウセンカ)青枯病

1997年8月、大阪府下のアフリカホウセンカで、地上部の急性萎凋、枯死症状として発生が確認された。茎

を切断すると維管束部より菌泥が漏出し、分離細菌はトマト、ナス、ピーマンに病原性を示すが、キュウリ、コマツナには病原性を示さなかった(岡田ら, 1998)。

本種細菌の系統および感染様式における多様性から、今後も新たな病害の発生が予想されるが、昨年秋には沖縄県のニガウリ施設栽培での発生が確認され、分離菌の接種試験により病原性が確認された(西山, 私信)。ウリ科での発生は、カボチャ台接ぎ木キュウリ(伊達ら, 1992)に次ぐ報告であるが、被害解析ならびに拡大防止を図るとともに、病原菌の系統解析が急がれる。

II 青枯病菌の遺伝的多様性

本細菌は変異性に富み、多くのレースや系統に類別されている。病原性からは、基本的に分離宿主および宿主範囲に基づき、これまで世界的には、レース1(ナス科ほか多数の植物)、レース2(バナナ、ヘリコニア)、レース3(ジャガイモ)、レース4(ショウガ)およびレース5(クワ)の五つのレースに類別されている(BUDDENHAGEN et al., 1962; HE et al., 1983; PEGG and MOFFET, 1971)。

一方、本種菌は炭水化物の利用性の違いにより五つの生理型(biovar)に類別されており(HAYWARD, 1964; HE et al., 1983)、レースとの直接的な関連はないが、ジャガイモから分離される biovar 2 はレース3に相当すると考えられている。レースおよび biovar 分類は遺伝的に多様な青枯病菌を類別する有効な手段ではあるが、亜種以下または pathovar 以下の分類群にとどめられてきた。

近年、分子生物学的手法による本菌の遺伝子レベルでの解析から、本種菌はアジア由来の系統(レース1 biovar 3, 4, 5)とアメリカ由来の系統(レース1 biovar 1, レース2, レース3)の二つに大別されることが報告され(COOK et al., 1989)、レース2およびレース3が、それぞれの宿主であるバナナまたはジャガイモとともに、中南米より世界中に伝搬したとの従来の仮説を支持するものであった。しかしその後、これら2系統に必ずしも属さない菌株が相次いで報告されてきた。

1 南米産 biovar N 2 系統

ペルーおよびブラジルのアマゾン地域で分離される biovar 2 は、ジャガイモ以外にも多種の植物を犯すほか、硝酸還元などいくつかの細菌学的性質において、従来のアンデス地域産 biovar 2 とは異なっており(HAYWARD, 1994)、病原性遺伝子をプローブに用いた RFLP 解析からも同様な結果が明らかとなり(FRENCH, 1994)、新しい生理型 N 2 (new biovar 2) に類別され

た (GILLINGS and FAHY, 1993)。

2 インドネシア産 biovar 2, N 2 系統

インドネシアで、チョウジおよびジャガイモより分離された biovar 2, N 2 の 16 S rRNA 遺伝子の塩基配列を解析した結果、これらが別種である *Pseudomonas syzygii* (チョウジのスマトラ病の病原体) およびバナナの Blood disease bacterium と同じクラスターを形成し、アメリカ系統の biovar 2, N 2 とは異なることが明らかとなった (TAGHAVI et al., 1996)。上記 2 種細菌はともにインドネシアでのみ報告されており、これら biovar 2, N 2 も同国に由来する新系統である可能性が示唆された (EDEN-GREEN, 1994)。

3 アフリカ産 biovar 1 系統

東アフリカ地域 (Reunion 島ほか) で分離された biovar 1 菌株は、*hryb* 遺伝子領域の PCR-RFLP 解析結果から、アジア系統のクラスターに属したことから、これらはアフリカに由来する新しい系統であることが明らかとなった (POUSSIER et al., 1999)。

4 中米産 biovar 1 系統

中米でバナナを犯す biovar 1 (Moko disease) は二つの集落型に分かれ、RAPD 解析の結果、SFR (Small fluidal round) タイプの菌は、フィリピンや中南米で従来報告された biovar 1 とは異なる系統であることが明らかとなった (THWAITES et al., 1999)。

日本ではこれまでの報告 (岡部, 1965; 尾崎・木村, 1992; 片山・木村, 1986) から、レース 1 と 3 および biovar 1~4 の存在が明らかにされているが、外国産菌株との比較に基づく遺伝系統については不明な点が多かった。筆者らは日本産株について細菌学的性質、16 S rRNA 遺伝子の塩基配列および rep-PCR (Louws et al., 1994) について外国産株との比較を行った結果、新たな遺伝的類縁関係が明らかになってきた。(HORITA and TSUCHIYA, 1999; HORITA and TSUCHIYA, in press; TSUCHIYA and HORITA, 1998)。

5 日本産 biovar 2 (N 2) 系統

ナス、ピーマン、タバコより分離された日本産 biovar 2 は、細菌学的性質が biovar N 2 と類似し (図-1) (HORITA and TSUCHIYA, 1999), また 16 S rRNA 遺伝子の塩基配列から、これらがアジア系統の biovar 3, 4, 5 の菌株と相同であり、アメリカおよびインドネシア産の biovar 2, N 2 系統のいずれとも遺伝的に異なることが明らかとなった (図-2) (HORITA and TSUCHIYA, in press)。

6 日本産ジャガイモ系統

長崎県や静岡県で分離されたジャガイモを犯す

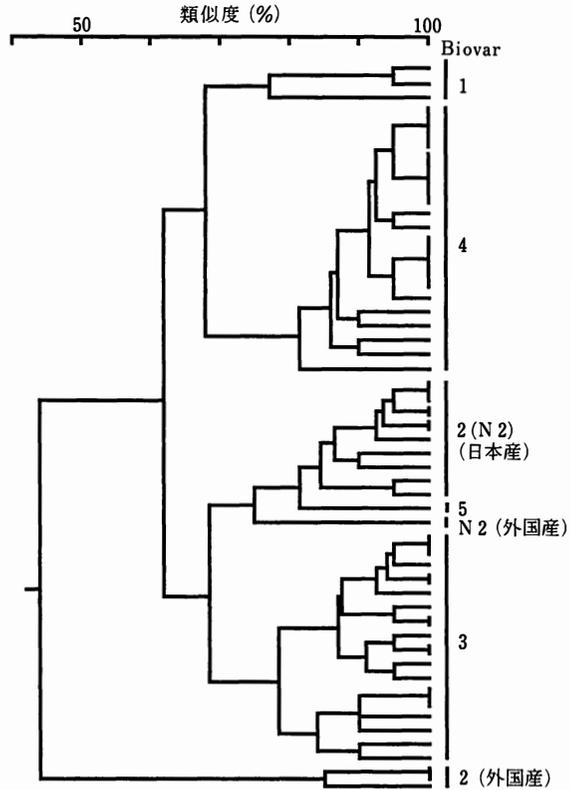


図-1 細菌学的性質に基づく日本および外国産株の類縁関係

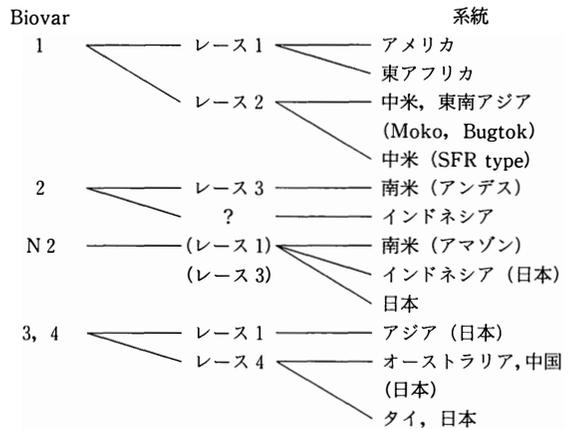


図-2 日本および各国産青枯病菌の遺伝系統

biovar 2 (N 2) 系統 (片山・木村, 1986) について、16 S rRNA 遺伝子配列を解析した結果、インドネシア産 biovar 2, N 2 株と相同な配列を有することが判明し、同系統株がインドネシアから伝搬した可能性が考えられた (HORITA and TSUCHIYA, in press)。

7 日本産ショウガ系統

前述した高知県で発生したショウガおよびクルクマ青枯病分離株は、rep-PCR解析の結果、それぞれ中国、オーストラリア産またはタイ産の同植物由来株と相同なDNAパターンを示す二つの系統に分かれた(土屋ら, 1999)。

青枯病菌はこれまで、その病原性または細菌学的性質における多様性から、一つの種にくくることが妥当であるか論議されてきた。上記の報告からも明らかなように、本菌は様々な地域ごとに分布する系統の遺伝的背景が異なることが推測され、その分類体系については、今後さらに検討されることになると考えられる。

III 病原性関連遺伝子

青枯病菌は、通常宿主植物の根の表面に定着後、根の皮層さらに維管束組織に侵入後、木部組織に進展し植物全体に広がる(HAYWARD, 1991; VASSE et al., 1995)。その後、菌体外多糖(EPS)や酵素等の病原性関連タンパク質(EXP)を産生し、木部組織の水分導管を弱め、萎凋症状を引き起こすと考えられている(BOUCHER et al., 1992; SCHELL, 1996)。

本菌を含む数多くの病原細菌は、感受性植物に対する病原性と抵抗性品種や非宿主植物に対する過敏反応(HR)の誘導に関与する*hrp* (hypersensitive reaction and pathogenicity) 遺伝子群を有している(BOUCHER et al., 1992; ALFANO and COLLMER, 1997; COLLMER, 1998; HE, 1998; LINDGREN, 1997)。*hrp* には、属、種を超えて広く保存されており、タイプIII分泌系を構成する*hrc* (HR conserved) が存在する。*hrp* 近傍の Pathogenicity islandなどにコードされている病原性関連遺伝子(*pth* gene)や非病原性遺伝子(*avr*) 翻訳産物はタイプIII分泌系を介して分泌されると考えられている(ROINE et al., 1997; HE, 1998; TAIRA et al., 1999)。青枯病菌 GMI 1000 株では、巨大プラスミド上に *hrp* がコードされており(BOUCHER et al., 1987; Van GUSEGEM et al., 1995)、七つの転写ユニットを構成し(ARLAT et al., 1992)、タイプIII分泌系をコードするユニット1から4までの発現が *hrpB* により制御されている(GENIN et al., 1992)。近年、植物からのシグナル受容体タンパク質として想定される PrhA をコードする遺伝子が単離された。PrhA により、*hrpB* の発現は制御されており、そのシグナル伝達系に関与する遺伝子として *prhJ* と *hrpG* が単離されている(BRITO et al., 1999; MARENDA et al., 1998)。また、トマト根への感染の成立のためには、それぞれ異なる感染ステージにおける *hrpB* と *hrpG* の

発現が必要であることが報告されている(VASSE et al., 2000)。

また同株は、*avr* もしくは Harpin (WEI et al., 1992; HE, et al., 1993; BAUER et al., 1995) として働くと考えられるタンパク質 PopA (ARLAT et al., 1994; ROSSIER et al., 1999) をタイプIII分泌系を介して分泌する。PopA はタバコ葉に HR 誘導能を有するが、同株の病原性には直接関与しない。タバコに病原性を示す OE 1-1 株のトランスポゾン変異株を用いた解析から、病原性を含めた青枯病菌-宿主相互作用に関連する物質の分泌に HrpB が、また感染直後の根や地際部における植物との相互作用に PopA が、それぞれ重要な要因として関与する可能性が示された(長谷川ら, 1999; 神田ら, 1999)。最近、ARLAT らと KANDA らは、それぞれ GMI 1000 株と OE 1-1 株から、*popA* 下流域に、推定アミノ酸配列にそれぞれ Nuclear Localization Sequence (NLS) と Leucine Rich Repeat (LRR) を含むタンパクをコードし、*popA* とオペロンを形成すると考えられる遺伝子(*popB*, *popC*) を単離している(GUENERON et al., 1999)。植物病原性 *Xanthomonas* 属細菌の *pth/avr* 遺伝子翻訳産物の中には、同様に NLS や LRR 配列を有するものがあり(Van den ACKERVEKEN et al., 1996)、PopB と PopC も同様に病原性発現および宿主側の抵抗性の誘導に関連している可能性が考えられている。

一方、菌体外多糖(EPS)およびペクチナーゼ(PG)やエンドグルカナーゼ(EG)などの病原性因子は、病徴発現を量的に支配する遺伝子として重要であるが、それらの産生をつかさどる遺伝子は、*hrp* とは別の誘導シグナルおよびシステムによって制御されていることが報告されている(SCHELL, 1996, HUANG and ALLEN, 1997; SAILE et al., 1997)。

IV 抵抗性関連遺伝子

青枯病抵抗性についての研究の多くは、トマトを用いて行われている。抵抗性品種 LS-89 の有する抵抗性は複数の遺伝子座が関与していること(由比ら, 1994)、量的形質遺伝子座(QTL)解析によるマッピングから、寄与率の高い遺伝子座が第6染色体上に存在し、他の染色体にも抵抗性関連領域が存在することが示されている(DANESH et al., 1994; THOQUET et al., 1996 a, b; MANGIN et al., 1999)。また *Arabidopsis thaliana* accession Nd-1 の GMI 1000 株に対する抵抗性を支配する劣性の遺伝子座 *RPS1* は、病害抵抗性に関与する多くの遺伝子座(LEE et al. 1996; HOLUB, 1997)を含む第5染色体上の RFLP (restriction fragment length polymorphism)

マーカー *mi 83* と *mi 61* の間に位置し (DESLANDES, et al., 1998), 膜受容体タンパク質リン酸化酵素遺伝子 (*At-RLK 3*) の発現を誘導する (CZERNIC et al., 1999)。

選択培地を用いた感染菌数測定や、顕微鏡観察による青枯病菌の挙動解析から、抵抗性品種の木部導管に青枯病菌が潜在感染しており (GRIMAULT and PRIOR, 1993), 茎維管束への青枯病菌侵入の制限が抵抗性の程度に関与すること (GRIMAULT et al., 1994), および青枯病菌の一次木部組織での局在化と植物体内での移行抑制が抵抗性品種では認められるが、高濃度の青枯病菌の侵入によりそれらが一部打撃されることが報告されている (NAKAHO, 1997 a, b)。また高濃度のカルシウム処理によって根の分化が促進されるとともに抵抗性が高まる (YAMAZAKI and HOSHINA, 1995; 北之園ら, 1998)。病徴発現には根と地際部における青枯病菌の顕著な増殖と、それに伴う上位部への移行および上位部での増殖が必要であり、上位部での青枯病菌の増殖量で品種の抵抗性を判定できることが報告されている (HIKICHI et al., 1998; NAKAZAWA-NASU et al., 1999)。また、接ぎ木栽培において、抵抗性台木 LS-89 の根と地際部における青枯病菌に対する増殖抑制機能が、感受性穂木 '大型福寿' における青枯病菌の増殖に影響を及ぼし、青枯病の発病を量的に調整していることが示されている (口絵; HIKICHI et al., 1999)。

青枯病菌に対する宿主の抵抗反応に関与する遺伝子として、HR 誘導時に特異的にタバコ品種 NK 326 葉で発現する *hsr203J* が単離され、非親和関係を示す植物-病原体におけるプログラム細胞死を誘導することが報告されている (BAUDOIN et al., 1997; PONTIER et al., 1998)。一方、高橋ら (1999) は、塩基配列が *hsr203J* と 90% 以上の相同性を示す遺伝子をトマトとピーマンから単離し、これら遺伝子が病原体の感染の有無にかかわらず葉と根において恒常的に発現すること、およびタバコに対する非病原性株 8107 株注入タバコ葉で全身獲得抵抗性 (SAR) の誘導に関与する *hin1* の発現 (GOPALAN et al., 1998) が、注入 9 時間後に強く認められることを報告している。

おわりに

作物の栽培体系の変化や、食糧輸入および種苗生産のグローバル化は、それぞれ本種細菌に対する新宿主の発生あるいは新系統株の不測の侵入などのリスクをはらんでいる。検疫における診断・検出技術の向上はもとより、外国に存在する菌系統に関する情報収集や国際共同研究も今後重要な課題となろう。

青枯病菌-宿主植物相互作用の分子レベルでの解明は、やっと入り口にさしかかったところである。「分子レベルでの生物機能の解明」を指向する 21 世紀に向けて、その研究速度は加速されよう。育種を含めた総合的研究の対象植物として、従来のトマト、タバコにジャガイモやバナナが加わり、研究対象が多様化している。種々の植物のゲノム解析もまた、青枯病抵抗性の解明に寄与すると期待される。これらの知見は幅広い環境適応能力を有する青枯病菌が、その遺伝的多様性をどのようにして獲得し (BOGDANOVA et al., 1998; VIVIAN and GIBBON, 1997; COLLMER, 1998; BERTOLLA et al., 1999), また発達させてきたかを探ることにつながる。

青枯病菌研究は、分子および遺伝子レベルでますます深化しつつある。これらの知見をバイオテクノロジー、拮抗微生物など様々な防除法開発に駆使し、青枯病抑止に反映させ、次世紀には本病を「最近の話題」から脱却させたいと願うものである。

引用文献

- 1) ALFANO, J. R. and A. COLLMER (1997): J. Bacteriol. 179: 5655~5662.
- 2) ARLAT, M. et al. (1992): Mol. Plant-Microbe Interact. 5: 187~193.
- 3) ——— et al. (1994): EMBO J. 13: 543~553.
- 4) BAUDOIN, E. et al. (1997): Eur. J. Biochem. 248: 700~706.
- 5) BAUER, D. W. et al. (1995): Mol. Plant-Microbe Interact. 8: 484~491.
- 6) BERTOLLA, F. et al. (1999): ibid. 12: 467~472.
- 7) BOGDANOVA, A. J. et al. (1998): Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95: 1325~1330.
- 8) BOUCHER, C. A. et al. (1987): J. Bacteriol. 169: 5626~5632.
- 9) ——— et al. (1992): Annu. Rev. Phytopathol. 30: 443~461.
- 10) BRITO, B. et al. (1999): Mol. Microbiol. 31: 237~251.
- 11) BUDDENHAGEN, I. et al. (1962): Phytopathology 52: 726.
- 12) COLLMER, A. (1998): Curr. Opin. Plant Biol. 1: 329~335.
- 13) COOK, D. et al. (1989): Mol. Plant-Microbe Interact. 2: 113~121.
- 14) CZERNIC, P. et al. (1999): Plant J. 18: 321~327.
- 15) DANESH, D. et al. (1994): Mol. Plant-Microbe Interact. 7: 464~471.
- 16) 伊達寛敬 (1992): 日植病報 58: 220~227.
- 17) ——— (1995): 植物防疫 49: 249~252.
- 18) DESLANDES, L. et al. (1998) Mol. Plant-Microbe Interact. 11: 659~667.
- 19) EDEN-GREEN, S. J. (1994): Bacterial Wilt, CABI, Wallingford, pp. 25~34.
- 20) FRENCH, E. R. (1994): ibid., pp. 199~207.
- 21) GENIN, S. et al. (1992): Mol. Microbiol. 6: 3065~3076.
- 22) GILLINGS, M. and P. FAHY (1993): Plant Pathol. 42: 744~753.
- 23) GOPALAN, S. et al. (1998). Trends Plant Science 3: 207~208.
- 24) GRIMAULT, V. and P. PRIOR (1993): Plant Pathol. 42:

- 589~594.
 25) ——— et al. (1994) : *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 44: 105~123.
 26) GUENERON, M. et al. (1999) : EMBL/GenBank/DBJ Databases AJ 245811.
 27) 長谷川久恵ら (1999) : 植物微生物研究会第9回研究交流会講演要旨集 (印刷中)
 28) HAYWARD, A. C. (1964) : *J. Appl. Bact.* 27: 265~277.
 29) ——— (1991) : *Ann. Rev. Phytopathol.* 29: 65~87.
 30) ——— (1994) : *Bacterial Wilt*, CABI, Wallingford, pp. 123~135.
 31) HE, L. Y. et al. (1983) : *Plant Dis.* 67: 1357~1361.
 32) HE, S. Y. et al. (1993) : *Cell* 73: 1255~1266.
 33) ——— (1998) : *Annu. Rev. Phytopathol.* 36: 363~392.
 34) HIKICHI, Y. et al. (1998) : *Bacterial Wilt Disease* (PRIOR, P. H. et al. eds.), Springer, Heidelberg, pp. 233~242.
 35) ——— et al. (1999) : *Ann. Phytopatol. Soc. Jpn.* 65: 597~603.
 36) HOLUB, E. B. (1997) : *The Gene-for-Gene Relationship in Plant-Parasite Interactions* (CRUTE, I. R. et al. eds.), CAB int., Wallingford, UK, pp. 5~26.
 37) HORITA, M. and K. TSUCHIYA (1999) : *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 65: 604~611.
 38) ——— : *J. Gen. Plant Pathol.* (in press).
 39) HUANG, Q. and C. ALLEN (1997) : *J. Bacteriol.* 179: 7639~7378.
 40) 神田純美ら (1999) : 日植病報 65: 687.
 41) 鐘江保忠ら (1998) : 同上 64: 374.
 42) 片山克己・木村貞夫 (1986) : 長崎総農試研報 14: 1~30.
 43) 北之園 忍ら (1998) : 日植病報 64: 381.
 44) LEE, J-M. et al. (1996) : *Mol. Plant-Microbe Interact.* 9: 729~735.
 45) LINDGREN, P. B. (1997) : *Ann. Rev. Phytopathol.* 35: 129~152.
 46) LOUWS, F. J. et al. (1994) : *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 2286~2295.
 47) MANGIN, B. et al. (1999) : *Genetics* 11: 65~72.
 48) MARENDA, M. et al. (1998) : *Mol. Microbiol.* 27: 437~453.
 49) 宮岸壮樹 (1996) : 日植病報 62: 612.
 50) 森田泰彰ら (1996) : 四国植防 31: 1~6.
 51) NAKAHO, K. (1997 a) : *Ann. Phytopatol. Soc. Jpn.* 63: 83~88.
 52) ——— (1997 b) : *ibid.* 63: 341~344.
 53) NAKAZAWA-NASU, Y. et al. (1999) : *ibid.* 65: 470~474.
 54) 西山幸司 (1997) : 日本産植物細菌病の病名と病原細菌の学名, 日本植物防疫協会, 東京, pp. 227.
 55) 岡部徳夫 (1965) : 日植病報 31: 152~158.
 56) 岡田清嗣 (1998) : 同上 64: 374~375.
 57) 尾崎克己・木村俊彦 (1992) : 中国農研報 10: 41~48.
 58) PEGG, K. and MOFFET, M. (1971) : *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 11: 696~698.
 59) PONTIER, D. et al. (1998) : *Mol. Plant-Microbe Interact.* 11: 544~554.
 60) POUSSIER, S. et al. (1999) : *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 2184~2194.
 61) ROINE, E. et al. (1997) : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94: 3459~3464.
 62) ROSSIER, O. et al. (1999) : *ibid.* 96: 9368~9373.
 63) SAILE, E. et al. (1997) : *Phytopathology* 1264~1271.
 64) SCHELL, M. A. (1996) : *Eur. J. Plant Pathol.* 102: 459~469.
 65) TAGHAVI, M. et al. (1996) : *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46: 10~15.
 66) TAIRA, S. et al. (1999) : *Mol. Microbiol.* 34: 737~744.
 67) 高橋ひな子ら (1999) : 日植病報 64: 372.
 68) THOQUET, P. et al. (1996 a) : *Mol. Plant-Microbe Interact.* 9: 826~836.
 69) ——— et al. (1996 b) : *ibid.* 9: 837~842.
 70) THWAITES, R. et al. (1999) : *Plant Pathol.* 48: 121~128.
 71) TSUCHIYA, K. and M. HORITA (1998) : *Bacterial Wilt Disease* (PRIOR, P. H. et al. eds.), Springer, Heidelberg, pp. 61~73.
 72) 土屋健一ら (1999) : 日植病報 65: 363.
 73) Van den ACKERVEKEN, G. et al. (1996) : *Cell* 87: 1307~1316.
 74) Van GIJSEGEM, F. et al. (1995) : *Mol. Microbiol.* 15: 1095~1114.
 75) VASSE, J. et al. (1995) : *Mol. Plant-Microbe Interact.* 8: 241~251.
 76) ——— et al. (2000) : *Mol. Plant-Microbe Interact.* 13: in press.
 77) VIVIAN, A. and M. J. GIBBON (1997) : *Microbiology* 143: 693~704.
 78) WEI, Z. M. et al. (1992) : *Science* 257: 85~88.
 79) YAMAZAKI, H. and T. HOSHINA (1995) : *Hortscience* 31: 91~93.
 80) 由比真美子ら (1994) : 育雑 44 (別1) : 225.

お知らせ

○報農会, 平成11年度農家子弟に奨学金

財団法人報農会 (吉田孝二理事長) は2月4日, 平成11年度農家子弟への奨学金贈呈について審査委員会を開き, 右記5名の農業大学校生に奨学金を贈ることに決めた。

この奨学金は, 植物保護に関心をもち, かつ, 農業後継者として科学的知識や技術を深めるために, 県立農業大学校等に在籍して, 優秀な研究を行った農家子弟に対して贈られるもので, 1983 (昭和58) 年度に発足して以来, 今回は17回目に当たる。受賞者は今回を含めて延べで77校, 77名に及んでいる。なお, 奨学金は各10万円で, それぞれの在籍大学校長から, 賞状とともに贈呈される。

本年度の受賞者およびその調査研究課題は次のよう

ある。

- ロックウール代替素材を用いたガーベラの養液栽培における生育・収量と病害虫の発消長について: 山形県立農業大学校園芸課程花卉専攻2年 竹田美津樹
- 植物成長調節剤「フルメット液剤」の処理時期及び処理濃度の違いがキウイの果実肥大と品質に及ぼす影響: 茨城県立農業大学校果樹園芸学科1年 古神英貴
- 天敵利用によるトマトのオンシツコナジラミの防除効果: 兵庫県立農業大学校農産園芸課程野菜専攻2年 安尾勇二
- 物理的防除薬剤を利用したミカンハダニの防除: 愛媛県立農業大学校果樹園芸課程2年 山本 明
- 12月出し電照ギク栽培における減農薬栽培の検討: 鹿児島県立農業大学校園芸学部花き園芸科1年 米満 崇