

特集：ウリ科野菜果実汚斑細菌病

ウリ科野菜果実汚斑細菌病の研究開発状況と
防除マニュアルの策定野菜茶業研究所 ^{しら}白 ^{かわ}川 ^{たかし}隆

はじめに

スイカ、メロンはイチゴとともに代表的な果実の野菜であり、2008年度はそれぞれ作付面積が9,210 haと12,300 ha、収穫量は208,500 tと401,700 tであった。このような中、1998年に山形県のスイカ産地で果実汚斑細菌病の発生が国内で初めて確認されて以来、昨年に至るまで突発的に発生している。また、2005年にはメロンでの発生も確認された。本病は、1989～95年にかけてアメリカで大発生して甚大な被害をもたらした。本病原細菌 (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, 以下 Aac) は多くのウリ科野菜などに病原性をもち、特にスイカ、メロン等には強い病原性を示す。本病は主に種子伝染することが知られ、現在では、重要な種子伝染性病害として国際的に認知されており、栽植用種子の国際流通では注意が払われている。我が国は多くのウリ科野菜種子を海外から輸入しており、その主な輸入相手国で本病が発生している。そのため、植物防疫法の施行規則において「輸入相手国に対して栽培地検査を要求する有害動植物」に指定して日本への侵入を警戒している（平田ら、1998）。

本病の発生が我が国で常態化し、スイカ、メロンだけでなく基幹的な果菜であるキュウリに被害が拡大すると甚大な被害が発生することが予想される。そのため、国外からの再侵入防止、国内での発生防止、発生した場合の定着と拡散の防止、根絶等の対応技術の整備が急がれた。筆者らは、農林水産省の競争的資金である先端技術を活用した農林水産研究高度化事業課題「ウリ科野菜果実汚斑細菌病の日本への侵入・定着防止技術の開発」（平成18年度～20年度）を実施した。本プロジェクト研究で得られた技術・知見の概要を、本稿も含めた6題の記事により紹介する。

本稿では、これまでの研究開発状況と本病の防除体系

について解説する。

I 日本における発生状況

本病は、1965年に病原不明の種子伝染性細菌病として発見され、1978年にその病原細菌が明らかにされたが、1987年のマリアナ諸島でスイカ果実に発生するまで大きな被害をもたらす病害としては認識されていなかった。ところが1989～94年にアメリカ各州の生産圃場で発生、出荷可能な果実の50～90%が被害を受けたことから、スイカ栽培における重要病害として認識されるに至った（LATIN and HOPKINS, 1995）。本病はこれまでに、スイカ、メロン類、カボチャ、キュウリでの自然発病が報告されており、アメリカ、台湾、中国、トルコ、イスラエル、タイ、オーストラリア、韓国、ブラジル、南アフリカ、イラン等の国々で発生が確認されている。

日本では、1998年に山形県のスイカで定植前の苗、定植後の茎葉と果実で最初に発病が確認された（白川ら、2000）。その後、1999、2001年にはスイカで、04、05年にはトウガンを台木としたスイカで、05年にはメロンで、09年にはスイカでそれぞれ限られた生産地において突発的に発生している（表-1）。いずれの国内発生地でも作付け後の残渣処理などの対応策が確実に実施されたこともあり、翌作での発生は認められておらず、本病は日本では定着していないと言える。1998～2005年のスイカでの発生では育苗期間中、特に接ぎ木後に発生が確認されることが多いこと、04～05年のス

表-1 日本における果実汚斑細菌病の発生動向

年	作物	発生地	品種	種子生産地
1998	スイカ	山形	2社5品種	日本
1999	スイカ	長野、鳥取、青森	1社1品種	日本
2001	スイカ	長野、鳥取、徳島	1社1品種	日本
2001	スイカ	徳島	1社1品種	日本
2004*	スイカ	長野	1社1品種	日本
2005*	スイカ	長野	1社1品種	日本
2005*	メロン	北海道	1社1品種	タイ
2005	メロン	茨城	1社1品種	タイ
2009	スイカ	山形、秋田	不明	不明

*：台木用品種の種子が、Aacに汚染されていた。

Situation of Research and Development about Bacterial Fruit Blotch of Cucurbits and Proposal of Its Control Manual. By Takashi SHIRAKAWA

（キーワード：果実汚斑細菌病、*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*、ウリ科野菜、防除、マニュアル、研究開発）

イカと 05 年の北海道のメロンでの発生は台木用の種子の病原細菌汚染が原因であったことが特徴として上げられる。これは、つる割病などの土壌伝染病対策として病害抵抗性台木を用いた接ぎ木栽培が盛んな我が国に特有な発生だったと言える。また、2005 年のメロンでの発生は、タイ国からの輸入種子の病原細菌汚染が原因であった。

II 国外での研究開発状況

アメリカでの大発生を契機に、本病について、Aac の系統分化、発生生態、種子からの Aac 検出法、種子消毒法、圃場での防除技術に関する研究開発がアメリカを中心として進められてきた。このうち、品種抵抗性、Aac の検出法、種子消毒法、発生生態、防除技術については本特集号の別稿で紹介される。ここでは、Aac の系統分化、汚染種子の基礎的知見について説明する。

1 病原細菌の分類と系統分化

本病の病原細菌は WEBB and GOTH (1965) によって最初に発見され、SCHAAD et al. (1978) はその細菌学的性質から新亜種の *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* とした。その後、DNA/DNA あるいは DNA-rDNA の相同性に基づいて *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* に再分類された (WILLENS et al., 1992)。その後、SCHAAD et al. (2008) は、新種の *Acidovorax citrulli* とすることを提案している。

一方、多くの植物病原糸状菌や植物病原細菌には、病原性、遺伝的背景等により、分化型が存在することが明らかにされている。Aac は、PFGE 解析と脂肪酸エステル解析によって二つのサブグループに類別され、このサブグループはカンタロープメロンとカボチャから分離された菌株群とスイカから分離されて菌株群と一致することが明らかにされた (WALCOTT et al., 2000)。同様な結果は、イスラエルその他の地域で分離された菌株についても報告されている。また、タイ国で分離された Aac は、スイカ、メロン、キュウリに対する病原性から四つのレースに類別できるとの報告もある。

2 病原細菌汚染種子の形成と存在位置

筆者らはスイカ種子での Aac の生存期間を調査し、4, 10, 15, 20 および 30℃ で保存した場合、それぞれ 26 か月以上の期間、生存して発芽後に発病することを報告した (白川ら, 2003)。2006 年からの保存実験では、メロン、トウガン、カボチャ、ユウガオ、キュウリの種子上でも 2 年間以上生存し、それぞれの種子上での Aac 菌数に大きな変化がないことを認めている。一方、最近、メロン種子では 40 年間以上の長期間生存することがア

表-2 汚染種子形成機構と想定される対応策

汚染ルート	予想される存在位置	必要な種子消毒	種子検査での種子洗浄法の可否
果皮 (発病, 果肉到達)	種皮表面, 種皮内部	化学的処理, 物理的処理	不十分
果皮 (無発病)	種皮表面	化学的処理	適用可能
維管束 (茎内移動)	種皮表面, 種皮内部, 胚	化学的処理+ 物理的処理	不十分
花器感染	種皮表面, 種皮内部, 胚	化学的処理+ 物理的処理	不十分

メリカ植物病理学会で発表された (SHEPHERD and BLOCK, 2009)。このことから Aac は、種子が発芽能力を維持している期間中は種子上で生残できるものと考えられる。

Aac の種子における存在位置に関して、スイカ種子では次亜塩素酸ナトリウム溶液による消毒が不十分なことと機械的に分離した種皮と胚からの分離実験の結果から、Aac は種皮と胚に存在すると報告されている (RANE and LATIN, 1992)。また、DUTTA et al. (2008) は、同様な手法によってスイカの自然汚染種子では外胚乳と内胚乳、種皮から Aac が分離されるが、子葉からは分離されないことを報告している。これらの報告はいずれも種子の解剖と分離試験のみによる結果であり、種子切片の顕微鏡観察による Aac の存在位置の解明が今後必要と考えられる。

Aac の種子への汚染ルートに関して、スイカでは花器感染によって Aac 汚染種子が形成されることが報告されている (WALCOTT et al., 2003; LESSL et al., 2007)。このとき、受粉昆虫であるミツバチが Aac の媒介者としての役割を果たしていると考えられている (FESSEHAIE et al., 2005)。その他、果実表面に Aac が存在する場合は、採種時に種皮表面に付着して汚染種子となること、茎に感染した場合に Aac が維管束系を伝って種子に到達する可能性が考えられる。

Aac の種子での存在期間、汚染種子の形成機構と種子における存在位置は、本病の防除を目的とした種子消毒法と種子の保菌検査法に用いる技術の選択に影響する。上述した知見から、現段階では種皮内部に Aac が存在することを想定して対応することが適切であると考え (表-2)。

III 日本での研究開発状況

1998 年の国内初発生以来、農林水産省横浜植物防疫

所、発生道県、野菜茶業研究所等において防除薬剤登録や第二次伝染防止策などの防除技術と病原細菌検出法に関する研究開発が行われてきた。それらの成果は、学会発表、日本植物病理学会報、植物防疫所調査研究報告、北日本病害虫研究会報等で公表されているので参照されたい。

プロジェクト研究としては、1998年のスイカでの発生を受けて野菜・茶業試験場（現：野菜茶業研究所）では農林水産省の行政対応特別研究「スイカ果実汚斑細菌病の防除技術の開発」（1999年～2001年度）を実施し、病原細菌の分離・検出・簡易診断技術、種子消毒法等を開発するとともに、育苗における発生生態を解明した。その成果は、研究成果シリーズとして公表されているので参照されたい（農林水産技術会議事務局、2002；<http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/JASI/pdf/digicon/seika/seika401.pdf>）。

ところで2004年と05年の発生は、スイカ以外のメロンとトウガンの種子、台木用品種の種子、タイ国産の種子が汚染されていることが原因であった。このことは、2001年までの発生とは異なる様相を示している。また、それまではスイカのみに対して対策がとられてきたが、ウリ科野菜全体を対象とした対応が必要であると考えられた。この緊急を要する事態を打開するために日本種苗協会では技術研究委員会の中に果実汚斑細菌病対策委員会を設置し、関係機関に本病対策の必要性を訴えとともに種子登録剤の登録に向けた運動を進め、2006年7月に野菜類種子消毒用ドイツボルドーAの登録にこぎつけた。本剤は、野菜類におけるかいよう病、斑点細菌病、黒腐病等の種子伝染性細菌病が適用病害となっている。

野菜茶業研究所では日本種苗協会および同協会の果実

汚斑細菌病対策委員会の協力を得て、農林水産省の競争的資金である先端技術を活用した農林水産研究高度化事業課題「ウリ科野菜果実汚斑細菌病の日本への侵入・定着防止技術の開発」（平成18年度～20年度）を実施した。本課題では、Aac汚染種子を「入れない!」、「作らない!」、「広めない!」、国内で本病を「出さない!」、「広めない!」、「残さない!」技術の開発を目指した。これを実現するために、①高感度な種子検査法の開発（種苗管理センター）、②非汚染種子生産技術の開発（株式会社サカタのタネ、ナント種苗株式会社、野菜茶業研究所）、③発生生態の解明と防除技術の開発（北海道立花・野菜技術センター、茨城県農業総合センター園芸研究所、長野県野菜花き試験場、カネコ種苗株式会社、タキイ種苗株式会社）の三つの中課題、合計10小課題を立てて研究開発を実施した。本課題は、横浜植物防疫所、日本種苗協会等関係機関の協力を得ながら推進した（図-1）。

本課題で得られた技術・知見をいち早く公表するために開始2年目の平成19年10月には技術移転講習会「ウリ科野菜果実汚斑細菌病の防除を目的とした種子検査法」を開催した。また、種子からのAac検出を目的とした種子検査法は、民間種苗会社のご協力を得て実証試験を行った。これら成果の概要は、野菜茶業研究課題別研究会「ウリ科野菜を取り巻く現状と技術開発」（2009年11月30日～12月1日）の果実汚斑細菌病分科会で公表した。

IV ウリ科野菜果実汚斑細菌病防除マニュアル

3年間の研究開発で得られた技術と知見を総合して「一般栽培用」と「種子生産・検査用」の2編からなる

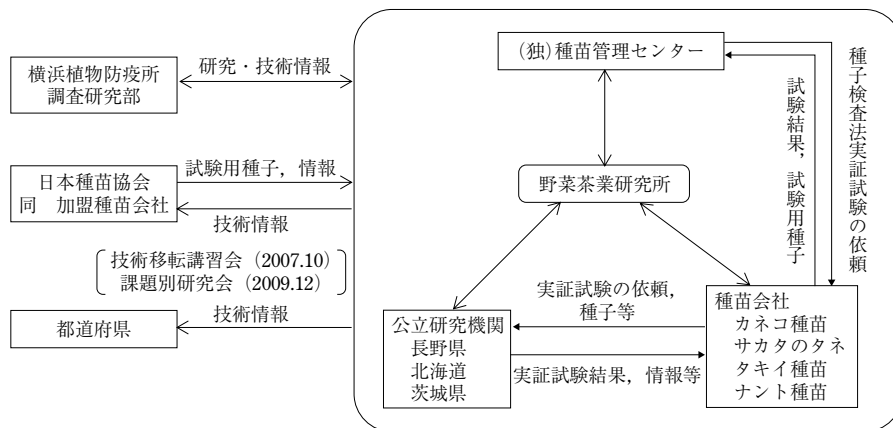


図-1 ウリ科野菜果実汚斑細菌病の試験研究体制（2005年度～09年度）

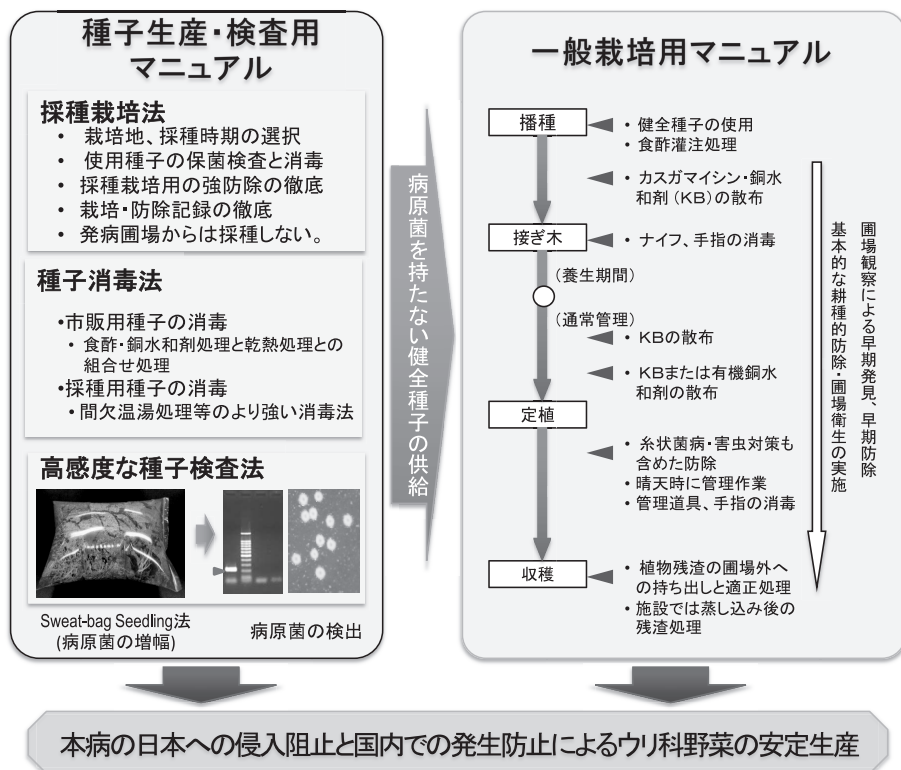


図-2 ウリ科野菜果実汚斑細菌病防除マニュアルによる防除体系

ウリ科野菜果実汚斑細菌病防除マニュアルを策定した。これらのマニュアルでは、「種子生産・検査用」マニュアルに沿って Aac をもたない健全種子を供給し、不幸にして Aac 汚染種子が供給されても「一般栽培用」マニュアルに従って栽培することで本病の発生を回避することを目的とする (図-2)。これらのマニュアルは、野菜茶業研究所のホームページ上で PDF ファイルとして公開されているので活用願いたい。以下に各マニュアルの概要を紹介する。各技術の詳細は、本特集の別稿で説明している。

1 「一般栽培用」マニュアル

本マニュアルは、平成 15 年 3 月に発表した「スイカ果実汚斑細菌病防除マニュアル」のバージョンアップ版である。本マニュアルは育苗業者や青果生産農家を対象としたマニュアルであり、育苗業者と一般栽培農家向けのマニュアル本編と普及指導員などの指導者が利用できる参考データの 2 部構成となっている。マニュアル本編では、まず、豊富な写真を用いてスイカ、メロン、トウガン、キュウリ、カボチャ、ユウガオ、カラスウリでの病徴を示しており、肉眼観察による診断の一助となるこ

とを期待している。次に我が国での発生生態を解説した後には防除方法について説明した。防除に関連して五つの重要管理ポイントを示した。つまり、① Aac をもたない種子の使用、②育苗の種子ロットごとの管理、③消毒した育苗資材の使用、④発病のない苗の定植、⑤ていねいな発病観察である。また、後の発生生態と防除に関する記事でも紹介しているように定植後の本病の防除は困難なので、育苗期に重点を置いた防除を推奨し、新しい技術として食酢灌注処理について説明した。さらに、本病の発病回避を目的とした栽培記録様式の一例を示しており、これに従って記録することで本病に対する注意を喚起するとともに不幸にして発生した場合の追跡調査を容易にする。

2 「種子生産・検査用」マニュアル

本マニュアルは、今回の研究開発課題で得られた結果をもとに新たに作成し、種苗会社などの種子生産者と種子検査従事者を対象としている。最初に汚染種子の形成機構と汚染種子での Aac の存在位置について説明し、種皮内部に存在する Aac を対象とした技術の必要性を説明した。次に採種栽培について、使用種子の選択、採

種圃場の選択と準備, 栽培管理と防除, 採種と採種後の種子調整, 発病観察方法, 発病時の対応について説明した。最近では海外での採種が多いことから海外採種での対応についても注意点を列挙している。

採種後の種子の消毒法として, 農薬登録がある野菜類種子消毒用ドイツボルドー A を用いた化学的消毒法, 乾熱処理による物理的消毒法とその組み合わせ処理を中心に説明した。この組み合わせ処理は, 乾熱処理における処理温度と処理時間がウリ科野菜の緑斑モザイク病対策として実施されている乾熱処理と近い条件であることから, 実用的な技術だと言える。本特集の別稿でも説明しているが大型のウリ科種子の完全な消毒は困難であることから, 種子の大きさ別の消毒対応策についても触れている。

採種後, 種子消毒後の種子検査法として, 別稿にある Sweat-bag seedling 法と PCR 法あるいは選択培地法を併用した方法についてそのプロトコールも含めて詳細に説明した。一部の方法で消毒した種子には適用できないなどの問題点はあるが, 本法あるいは本マニュアルで紹介した他の方法で検査することで Aac をもたない健全な種子が供給できるものと考ええる。

おわりに

災いは忘れ去ったときに再来すると言われている。上述したように 2005 年の発病を受けて高度化事業で本病に関する研究課題をスタートしてから, 国内での発病はなかった。しかし, 2009 年に東北地方の 2 県で本病が発生した。多くのウリ科野菜種子を海外から輸入し, その輸入相手国の多くが本病の常発地であることから, 今後も本病が突発的に発生する可能性が高い。本病が日本に再侵入しないよう, Aac をもたない健全種子の供給に努力することが最も重要であるが, 不幸にして再発したとしても日本に定着して, 我が国が常発国とならないよう普段から注意することも必要である。種子供給者である種苗会社, 普及指導機関, 育苗業者, 一般栽培農家のより一層の努力をお願いしたい。

1998 年の本病の初発生以来, 農林水産省植物防疫課,

横浜植物防疫所, 発生道県, 日本種苗協会, 野菜茶業研究所等の関係機関が一体となって情報交換など, 連携・協力しながら対策を考え, 技術開発を行ってきた。この連携があったからこそ, 数回の発生があったにもかかわらず本病が日本に定着しなかったとも考えられる。今回の技術開発の成果である防除マニュアルが活用されることを祈りたい。他方, 我が国への侵入を警戒している種子伝染性病害は, 本病のほか, エンドウ萎凋病菌, インゲンマメ萎凋細菌病菌, トウモロコシ萎凋細菌病菌, トウモロコシ葉枯細菌病菌, ソラマメステインウイルス, ソラマメトウルモザイクウイルスが「輸入相手国に対して栽培地検査を要求する有害動植物」に指定されている。不幸にしてこれらの検疫対象病害が日本に侵入した場合, 果実汚斑細菌病でとられた行政, 民間団体, 公設機関, 独法研究機関の連携を参考として迅速に対応されることを期待したい。

謝辞 本研究開発の推進にあたりご協力, ご助言, ご指導いただいた元農業環境技術研究所長浅賀宏一博士, 元島根大学教授駒田旦博士, 横浜植物防疫所松浦貴之博士, 横浜植物防疫所調査研究部, 日本種苗協会および同協会加盟種苗会社等, 関係各位に衷心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 1) DUTTA, B. et al. (2008): *Phytopathology* **98**: S49. (Abstract)
- 2) FESSEHAIE, A. et al. (2005): *ibid.* **95**: S29. (Abstract)
- 3) 平田賢司ら (1998): *植物防疫* **52**: 83 ~ 88.
- 4) LATIN, R. X. and D. L. HOPKINS (1995): *Plant Dis.* **79**: 761 ~ 765.
- 5) LESSL, J. T. et al. (2007): *J. Phytopathology* **155**: 114 ~ 121.
- 6) 農林水産技術会議事務局 (2002): 研究成果第 401 集: 1 ~ 82.
- 7) RANE, K. K. and R. X. LATIN (1992): *Plant Dis.* **76**: 509 ~ 512.
- 8) SCHAAD, N. W. et al. (1978): *Int. J. Syst. Bacteriol.* **28**: 117 ~ 125.
- 9) ——— et al. (2008): *Syst. Appl. Microbiol.* **31**: 434 ~ 446.
- 10) SHEPHERD, L. M. and C. C. BLOCK (2009): *Phytopathology* **99**: S199. (Abstract)
- 12) 白川 隆ら (2000): *日植病報* **66**: 223 ~ 231.
- 13) ———ら (2003): 同上 **69**: 102 ~ 106.
- 14) WALCOTT, R. R. et al. (2000): *Phytopathology* **90**: 191 ~ 196.
- 15) ——— et al. (2003): *ibid.* **93**: 528 ~ 534.
- 16) WEBB, R. E. and R. W. GOTH (1965): *Plant Dis. Report.* **49**: 818 ~ 821.
- 17) WILLEMS, A. et al. (1992): *Int. J. Syst. Bacteriol.* **42**: 107 ~ 109.