

Pectobacterium carotovorum subsp. *brasiliense* による トウガン軟腐病(新称)の発生および銅水和剤の防除効果

澤嶋 哲也^{1)†}・安次富 厚²⁾・河野 伸二¹⁾・川武恵梨子¹⁾
(¹⁾ 沖縄県農業研究センター・²⁾ 沖縄県農業研究センター石垣支所)

First report of soft rot of wax gourd caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* in Japan and control effect of copper bactericides.

Tetsuya Takushi^{1)†}, Atsushi Ajitomi²⁾, Shinji Kawano¹⁾, Eriko Kawatake¹⁾ (¹⁾Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, 820 Makabe, Itoman, Okinawa 901-0336, Japan, ²⁾Okinawa Prefectural Agricultural Research Center Ishigaki Branch, 1178-6 Chisokobaru, Hirae, Ishigaki, Okinawa 907-0003, Japan)

A severe postharvest rot of wax gourd fruit shipped from Miyakojima, Okinawa Prefecture was reported in 2006. Although the fruit was healthy at the time of harvest, the disease caused its insides to liquefy during storage, and subsequently, the fruit softened and rotted. Entire colonies of white circular hygrophilous bacteria were isolated from nutrient agar containing the rotten section of the fruit. The rotting symptoms could be reproduced on wounding the fruit prior to inoculation of the isolated bacteria, and their pathogenicity was observed against sixteen plants across four families, including squash, eggplant and cabbage. Based on bacteriological characteristics and result of PCR analysis using specific primer pairs, all bacterial isolates were identified as *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*. This is the first report of wax gourd soft rot disease in Japan. Seedling inoculation of the isolated bacteria was assessed and preventive effects of copper bactericide against this disease were analyzed. The results of these analyses showed that copper (II) hydroxide wettable powders exerted a greater preventive effect than basic copper sulfate wettable powders. Further, inoculation test in the field showed that two rounds of spraying of the former during the fruit enlargement period resulted in significant preventive effects against post-harvest outbreak.

Keywords : *Benincasa hispida*, Copper hydroxide, *Erwinia carotovora*, PCR

緒 言

トウガン (*Benincasa hispida*) は、ウリ科トウガン属に分類されるつる性の一年草であり、沖縄県では主要産地の宮古島市を中心に、主にビニールハウス内の地這い栽培で生産されており、1～5月の冬春期にかけて出荷されている(新里, 2010)。2006年に宮古島市で出荷されたトウガン果実において、収穫時は健全であったが、出荷後の貯蔵中に果実が外果皮を残し

て内部から液化しながら軟化・腐敗する病害が発生した。これまでにトウガンの果実病害では、*Rhizoctonia solani* による褐色あざ病(川口ら, 2007)や *Colletotrichum orbiculare* による炭疽病(折原ら, 2008)が報告されているが、これらは褐色円形やカサブタ状の病斑を形成する点で、本病とは明らかに病徴が異なる。そこで、著者らは罹病部位から同一性状の細菌株を複数分離し、これら分離株の病原性、細菌学的性質および寄主範囲を確認するとともに、種特異的プライマーを用いたPCRで検定を行った結果、国内外で未記録の果実病害であることを明らかにした。

[†] takushtt@pref.okinawa.lg.jp

また、本病の圃場での防除対策として、野菜類で登録のある数種銅水和剤の防除効果についても検討したので併せて報告する。なお、本報告の一部は平成21年度日本植物病理学会大会において報告した（澤舩ら、2009）。また、本文に先立ち、PCR 検定の参照菌株を提供して頂いた農研機構北海道農業研究センターの藤本岳人博士およびPCR 検定の実施にご協力下さった前沖縄県農業研究センターの稲田拓郎氏に厚く御礼申し上げます。

材料および方法

1. 細菌の分離

2006年10月に沖縄県宮古島市上野から出荷されたトウガン腐敗果（3果）の果肉組織から3～5mm 角の組織切片を切り出し、80%エタノールで表面殺菌後、滅菌水で洗浄し、適量の滅菌水中で磨砕した。磨砕液をポテト・ペプトン・グルコース培地（PPGA 培地：田部井ら、1991）上で画線し、その後25℃で培養した。形成した単コロニーを釣菌し、単コロニー分離を2～3回繰り返した後、コロニー形態が一様になった段階で、MUE-1、MUE-2およびMUE-3の3菌株を分離・保存した。

2. 病原性試験

1) 発病に及ぼす有傷の影響

分離3菌株を肉エキス・ペプトン寒天培地（NA 培地：田部井ら、1991）上において25℃、暗条件下で48時間培養後、滅菌水に懸濁して 1×10^8 CFU/mLの濃度に調製したものを接種源とした。収穫当日のトウガン2品種「ヘルシーボール」と「露地系統」の各果実に、上記の細菌懸濁液を1果につき5ml 果実全体に噴霧接種し、その後剪定ハサミを用いて果実表面に長さ5cm、深さ5mm 程度のキズを付け、ビニールで覆い常温下で保存した。また、無傷の果実を対照区とした。なお、接種は各品種ともに5果ずつ使用した。保存10日後の発病果数を調査した。

2) 圃場接種試験

2008年2月に農研センター内のビニールハウス内に定植したトウガン「ヘルシーボール」を用いて、5月3日の開花期に雌花と雄花を交配し、次の3処理区を設けて分離菌の接種を行った。①交配当日接種：雌花に上記の細菌懸濁液（MUE-1株）を1花につき0.2ml 噴霧接種し、ビニール袋で12時間覆う。②交配6日後接種：幼果に柄付き針で有傷後、上記の細菌懸濁液（MUE-1株）を1果につき1ml 全体に噴霧接種し、ビニール袋で12時間覆う。③交配23日後接種：収穫2日

前の成熟果実に柄付き針で有傷後、細菌懸濁液（MUE-1株）を1果につき6ml 果実全体に噴霧接種し、ビニール袋で12時間覆う。各処理区ともに滅菌水のみ噴霧した対照区も設定した。全処理区の果実を5月31日に一斉に収穫し、常温下で保存10日後の腐敗果数を調査した。なお、各処理区ともに1区につき5個体ずつ噴霧接種した。

3) 宿主範囲試験

あらかじめ培養土を充填した10.5cm ビニールポットに5科17植物（第2表）を播種・育苗し、4～5葉期の各植物に着生する葉の表側に、上記の細菌懸濁液（MUE-1株）を用いて単針付傷接種を行った。その後、接种植物は27℃下にてプラスチック製ケース内で保湿しながら保存し、48時間後に腐敗の有無を確認した。なお、接種は各植物ともに3～6株を用いた。

3. 分離菌の同定

分離3菌株を用いて、西山（1997）の方法に従いAPI20NEによる簡易同定を行うとともに、後藤・瀧川（1984）の方法に準じて、細菌学的性質の調査を行った。また、Duarte et al.（2004）の方法に従い、*Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*（Duarte, De Boer, Ward & de Oliveira 2004）Nabhan, De Boer, Maiss & Wydra 2012（Pcb）を特異的に検出するプライマーペア（BR1f/L1r）を用いて、PCR法による検出を行った。すなわち、分離3菌株をNA平板培地で2日培養したコロニーから滅菌済みのデイスループで少量をかきとり、DNeasy Plant Mini Kit（Qiagen）を用いてDNAの抽出・精製を行った。抽出したDNA 1μlを鋳型としてPCRを行い、アガロース電気泳動により322bpで増幅したDNA断片の有無を確認した。なお、上記の調査では分離菌株に加えて、参照菌株としてサトイモ立枯細菌病菌の*Dickeya* sp. (= *Erwinia chrysanthemi* Burkholder, McFadden & Dimock 1953) MAFF311171とラッキョウ軟腐病菌の*Pectobacterium carotovorum*（Jones 1901）Waldee 1945 emend. Gardan, Gouy, Christen & Samson 2003（Pc）(=*E. carotovora* subsp. *carotovora*（Jones 1901）Bergey, Harrison, Breed, Hammer & Huntton 1923）Oki-Ecc（沖縄県農業研究センター保存株）、Pcbの菌株としてジャガイモ黒あし病菌（Fujimoto et al., 2017）のkbs-1株およびpcbm-1株（農研機構北海道農業研究センター保存株）を併せて供試した。

4. 銅水和剤の防除効果

1) 幼苗接種による評価

トウガンの4～5葉期の購入苗「ヘルシーボール」を用いて、接種前日に野菜類で登録のある塩基性硫酸銅水和剤（商品名：Zボルドー500倍）および水酸化第2銅水和剤（コサイドボルドー1000倍）の2剤をそれぞれ苗全体に1株につき40ml 散布し、その翌日に分離菌を接種した。なお、試験は1薬剤につき苗7株の3反復で行った。接種は、幼苗の全葉に柄付き針で3カ所に付傷し、上記の細菌懸濁液（MUE-1株）を苗1ポットにつき3ml 噴霧接種した。その後、薬剤処理した苗はビニール袋に入れて27℃下で24時間保存した後、ガラス室に移動して接種5日後に次の発病指数に準じて、発病葉率と発病度を算出した。0：発病なし、1：葉の一部が腐敗、2：葉・葉柄の枯死・萎れ、3：株全体の枯死、発病度： $\{ \sum (\text{指数別発病株数} \times \text{指数}) \div (3 \times \text{調査株数}) \} \times 100$ 。

2) 圃場接種による評価

2008年2月に農業研究センター内のビニールハウス内に定植したトウガン「ヘルシーボール」を用いて、分離菌の接種による銅水和剤の防除効果を検討した。2008年6月19日に開花中の雌花と雄花を交配し、その後7月9日、15日に計2回、幼苗での評価で防除効果が高かった水酸化第2銅水和剤（コサイドボルドー1000倍）を肩掛け噴霧器で200L/10aの割合でトウガン株全体に散布した。薬液の2回目散布の翌日に、上記の細菌懸濁液（MUE-1株）を着生する幼果に柄付き針で付傷後、1果につき6ml 噴霧接種した。なお、接種は1区につき15果ずつ行った。各処理区の果実は7月17日に一斉に収穫し、常温下で保存した。調査は収穫当日（7月17日）、保存10日後（7月27日）および保存15日後（8月1日）の計3回、発病果数を計測し、発病果率を算出した。

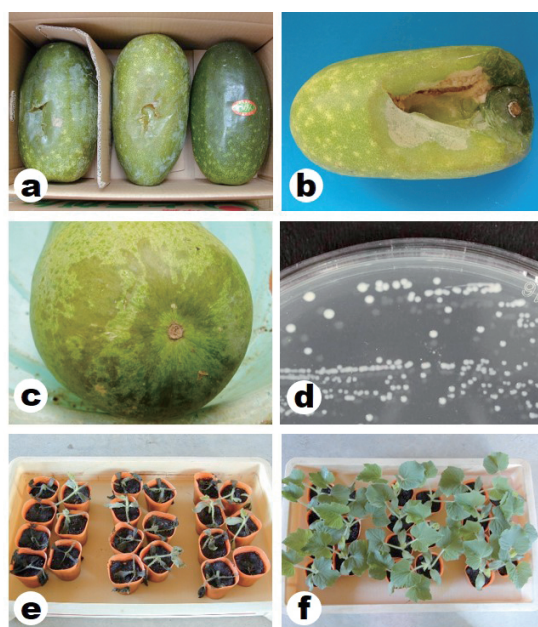
結果および考察

果実の病徴

本病は主に出荷後の集荷場で出荷調整のために数日間保存している間に発生し、症状は初め果皮に水浸状の病斑が現れ、後に果実内部が溶解し果皮が破れて、腐敗した果肉汁が漏れ出し、独特の悪臭を放った（第1図a, b, c）。常温では発病開始から3～5日程度で全体が腐敗した。

菌の分離と果実への病原性

腐敗部位からはNA培地上で白色、円形、全縁、



第1図 トウガン軟腐病の病徴と分離菌の培養コロニーならびに幼苗接種による銅水和剤の防除効果。
a：出荷箱内での果実腐敗，b：果実の病徴，
c：発病初期の水浸状病斑，d：NA培地上の分離菌（MUE-1株）の培養コロニー，e：幼苗接種による評価（無処理），f：幼苗接種による評価（水酸化第2銅水和剤）。

湿光を帯びたコロニーを形成する細菌が高率に分離され（第1図d）、分離菌の有傷接種により、供試植物に用いた「ヘルシーボール」と「露地系統」の2品種の全ての接種果実で3～5日後に原病徴が再現された。また、腐敗部位からは接種菌と同一の細菌が再分離された。発病圃場の出荷果実では、果皮表面に線状の切り傷が多数観察され、両品種ともに無傷接種の果実では全く発病しなかったことから、収穫作業時の果実への傷が感染・発病を助長している可能性が示唆された。

圃場接種による病徴再現

圃場接種試験の結果、病原細菌の交配当日接種では雌花が全て腐敗して着果には至らなかった。また、交配6日後の幼果接種では収穫には至ったが、保存10日後の果実の腐敗はみられなかった。しかし、交配23日後の成熟果接種では、収穫後の保存10日目に5果中4果で腐敗が認められた（第1表）。一方、滅菌水のみを噴霧した対照区では、すべての処理区で腐敗はみられなかった。以上の結果から、圃場接種により収穫後の果実で病徴が再現できることが確認された。これまでに接種したハクサイ軟腐病菌が播種後、50～60日頃

第1表 トウガン栽培における分離菌の接種時期の違いが発病に及ぼす影響

	接種時期 (部位)	収穫当日	保存10日後
接種区	交配当日 (雌花)	— ^{a)}	—
	交配6日後 (幼果)	0/3 ^{b)}	0/3
	交配23日後 (成熟果)	0/5 ^{c)}	4/5
対照区	交配当日 (雌花)	0/5	0/5
	交配6日後 (幼果)	0/5	0/5
	交配23日後 (成熟果)	0/5	0/5

a) 雌花の腐敗により着果に至らなかった。

b) 腐敗により2果は落果した。

c) 発病個数/接種個数。

の結球後期に発病することから、病原細菌はハクサイの生育初期から葉上で腐敗を引き起こすことなく腐生的に生存でき、感染源としての役割を持つことが明らかになっている (Alam et al., 1998)。このことから、トウガンにおいても現時点で栽培中の果実で本病の発生は確認されていないが、上記の結果より、収穫前の果実の成熟期が病原細菌の最も感染に寄与する時期であり、病原細菌は栽培期間を通じて果実表面や植物体上に存在しながら感染リスクが高い状態を保ち、収穫後に傷をきっかけに感染が成立し、果実の腐敗が発生するものと考えられた。しかし、本研究では有傷接種した無病徴果実の内部組織から分離培養やPCR等による病原細菌の検出を行っていないことから、トウガンにおける病原細菌の潜在感染の実態は完全には明らかにされていない。今後は潜在感染を立証するためにも、無病徴果実を接種源とした接種試験による病徴発現の確認を行う必要がある。

分離菌の寄主範囲

分離菌を接種した5科17植物中、ダイズのみ発病が認められなかったが、それ以外のハクサイ、レタス、カボチャ、スイカおよびナスなど4科16植物の広い範囲で病原性が認められた (第2表)。また、Togashi et al. (1995) は外観上健全なキャベツ、ナス、ジャガイモ、ダイコンおよびハクサイ等の葉の中肋、根部、塊茎等から軟腐病菌が検出されることを確認しており、野外のトウガン圃場周辺において、これら植物が病原菌の宿主として感染源になり得る可能性が示唆された。

分離菌の同定

分離3菌株の簡易同定キット (API20NE) によるプロフィールインデックスは7477541であり、西山 (1997) による簡易同定法によりこれら菌株は *Dickeya* spp. または *Pc* のいずれかであることが推定

第2表 各種植物に対する分離菌の病原性

科	植物	品種	発病数 /接種数	病原性
ウリ科	トウガン	ヘルシーボール	5/5	+ ^{a)}
	トウガン	露地系統	5/5	+
	カボチャ	えびす	5/5	+
	キュウリ	翠星節成	3/5	+
	ニガウリ	あばし	5/5	+
	メロン	アールスメイ夏Ⅱ	5/5	+
	スイカ	富士光	3/5	+
ナス科	トマト	桃太郎	4/5	+
	ナス	長者	5/5	+
	ナス	清黒中長	5/6	+
	ピーマン	ニューエース	5/5	+
	タバコ	グルチノーザ	2/3	+
	ジャガイモ	ニシユタカ	6/6	+
マメ科	ダイズ	星ダイズ	0/5	—
アブラナ科	ダイコン	春大根	5/5	+
	ハクサイ	豊秋60日	5/5	+
	キャベツ	はやどりキャベツ	5/5	+
キク科	ゴボウ	—	2/6	+
	レタス	プレジデント	3/4	+

a) + : 腐敗有り, — : 腐敗なし。

された。そのため、*Dickeya* sp. (MAFF311171) と *Pc* (Oki-Ecc) を参照菌株として細菌学的性質を調査した結果、主な性質は以下の通りであった (第3表)。分離菌株はNA平板培地上で全縁、円形、扁平、平滑でバター質な白色集落を形成した (第1図d)。また、グラム陰性の通性嫌気性桿菌で、ジャガイモ塊茎腐敗、インドール産生、5%NaCl下での生育、37℃下での生育、ゼラチンの液化は陽性で、39℃下での生育、オキシダーゼ活性、フォスファターゼ活性、エリスロマイシン感受性、スクロースからの還元物質の生成はそれぞれ陰性であった。単一炭素源および有機酸の利用性ではトレハロース、ラクトース、ラムノース、イノシトール、エスクリン、グルコース、マンノース、マンニトール、リンゴ酸およびクエン酸を利用するが、アラビノース、マルトース、マロン酸および酒石酸の利用は認められなかった。以上の性質は、参照として供試した *Dickeya* sp. (MAFF311171) および *Pc* (Oki-Ecc) のいずれとも完全には一致せず、藤本ら (2016) の報告した *Pcb* の全項目の記載と一致した。そこで、Duarte et al. (2004) の *Pcb* 特異的プライマーを用いたPCR検定を行ったところ、分離3菌株および *Pcb* であるジャガイモ黒あし病菌 (kbs-1株および pcbm-1株) で、予想される322bpに特異的なDNA増幅断片が確認された (第2図)。一方、上記の参照2菌株についてはDNAの増幅断片は認められなかった。以上の細菌学的性質と *Pcb* 特異的プライマーによるPCR検定の結果から、分離3菌株を *Pcb* と同定した。

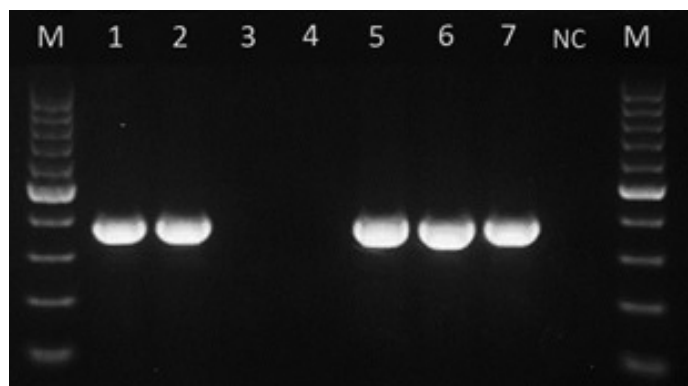
第3表 分離菌, *Pectobacterium* 属菌および *Dickeya* 属菌の細菌学的性質の比較

	分離菌 ^{a)} n=3	Pcb ^{b)} n=2	Pcc ^{b)} n=1	Pco ^{b)} n=1	Pa ^{b)} n=1	Pw ^{b)} n=1	D.sp ^{c)} n=1	Pc ^{c)} n=1
ジャガイモ腐敗性	+ ^{d)}	+	+	+	+	+	+	+
39℃生育	-	nd	nd	-	-	-	+	-
37℃生育	+	+	+	-	-	-	+	+
グラム反応	-	-	-	-	-	-	-	-
OFテスト	F	F	F	F	F	F	F	F
オキシターゼ活性	-	-	-	-	-	-	-	-
5%NaCl生育	+	+	+	+	+	+	-	+
インドール産生	+	+	-	-	-	-	+	-
フォスファターゼ活性	-	-	-	-	-	-	+	-
エリスロマイシン感受性	-	nd	nd	nd	nd	nd	+	-
ゼラチン液化	+	+	+	+	+	+	+	+
スクロースからの還元物質の生成	-	-	-	+	-	-	-	-
炭水化物・有機酸の利用								
アラビノース	-	-	-	-	-	-	+	-
トレハロース	+	+	+	+	+	+	-	+
ラクトース	+	+	+	+	+	+	-	+
ラムノース	+	+	+	+	+	+	-	+
マルトース	-	-	-	-	-	-	-	-
イノシトール	+	+	+	+	+	+	+	+
エスクリン	+	+	+	+	+	+	+	+
グルコース	+	+	+	+	+	+	+	+
マンノース	+	+	+	+	+	+	+	+
マンニトール	+	+	+	+	+	+	+	+
リンゴ酸	+	+	+	+	+	+	+	+
クエン酸	+	+	+	+	+	+	+	+
マロン酸	-	-	-	-	-	-	+	-
酒石酸	-	-	-	+	-	-	+	-

a) MUE-1, MUE-2および MUE-3.

b) 藤本ら (2016) の結果を引用した. Pcb : *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (kbs-1株および pcbm-1株), Pcc : *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (MAFF730222), Pco : *P. carotovorum* subsp. *odoriferum* (MAFF301629), Pa : *P. atrosepticum* (P-14), Pw : *P. wasabiae* (SUPP1422).c) D.sp : *Dickeya* sp.=*Erwinia chrysanthemi* (サトイモ立枯細菌病菌 : MAFF311171), Pc : *P. carotovorum*=*E. carotovora* subsp. *carotovora* (ラッキョウ軟腐病菌 : Oki-Ecc).

d) + : 陽性, - : 陰性, F : 発酵型, nd : データなし.

第2図 *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (Pcb) の特異的プライマー (BR1f/L1r) を用いた PCR 法による検出結果.

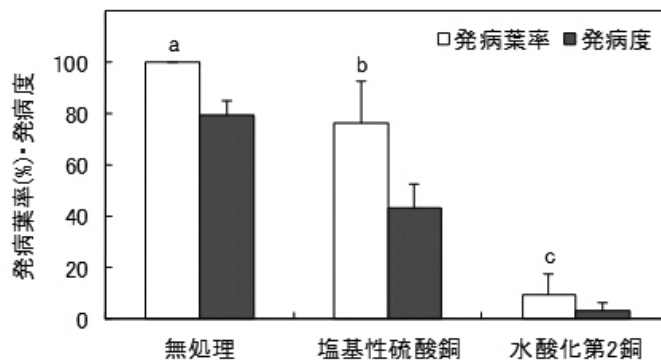
レーン 1 : Pcb(pcbm-1), レーン 2 : Pcb(kbs-1), レーン 3 : Pc (*P. carotovorum*=*E. carotovora* subsp. *carotovora* : Oki-Ecc), レーン 4 : D.sp(*Dickeya* sp.=*E. chrysanthemi* : MAFF 311171), レーン 5 : 分離菌(MUE-1), レーン 6 : 分離菌 (MUE-2), レーン 7 : 分離菌(MUE-3), NC : ネガティブコントロール(水), M : DNA 分子量マーカー(100bp).

銅水和剤の防除効果

圃場接種試験による病徴再現の結果から、本病原細菌に対する予防的防除が有効である可能性が示唆されたため、その対策として圃場での薬剤散布による防除の実現が期待できる。現在、国内では野菜類で発生する斑点細菌病や軟腐病に対して銅水和剤の使用が可能であることから、本病に対する数種銅水和剤の防除効果について検討した。幼苗接種による銅水和剤の防除試験では、塩基性硫酸銅水和剤および水酸化第2銅水和剤ともに防除効果が認められ、無処理の発病率100%、発病度79.4と比べて、特に水酸化第2銅水和剤で発病率9.5、発病度3.2と高い防除効果が認められた（第1図e, f, 第3図）。また、圃場接種による評価試験においても、保存15日後の無処理の発病率が53.3%に対し、水酸化第2銅の2回散布で6.7%と高い防除効果が認められ（第4表）、果実での被害も認められなかったことから、本剤の実用性は高いと判断した。以上より、果実肥大期における水酸化第2銅水和剤の圃場散布は、本病の予防対策として有効と考えられた。一般に銅剤は、銅イオンあるいはキレート化合物として細胞に導入された銅イオンの酸化力あるいは

は不溶化に基づくSH酵素の不活性化により殺菌力を発揮するもので、FRACコードはM1である（高橋, 1997; 日本植物防疫協会, 2013）。これまでにPcbと同種でバナナに根腐れや萎凋を引き起こすTip over diseaseの病原細菌であるPccに対する*in vitro*での銅剤の抗菌活性評価において、硫酸銅や塩化銅と比べて水酸化銅が病原菌に対し最も大きい阻止円帯を形成することから、本銅剤が有効であることが明らかになっており、これは本研究の結果を支持するものであった（Pradnyarani et al., 2018）。しかし、今回同定されたPcbに対する銅剤の効果については、国内外での報告はなく、本研究の結果が初めての知見となる。

以上の結果から、出荷後のトウガン果実に発生する腐敗症状はPcbによる病害であることが明らかになった。本細菌は国内ではジャガイモ黒あし病の病原としてのみ報告があり（藤本ら, 2016; Fujimoto et al., 2017）、野菜類での病原としての確認は本研究が初めてである。また、本細菌によるトウガンの病害は海外においても未記録であることから、新病害としてトウガン軟腐病（英名: Soft Rot）と命名することを提案



第3図 幼苗接種によるトウガン軟腐病に対する数種銅水和剤の防除効果。異なるアルファベットはアークサイン変換後の Tukey-Kramer 法の多重比較検定による有意差を示す ($p < 0.01$)。バーは標準偏差 (SD) を示す。

第4表 圃場におけるトウガン軟腐病に対する水酸化第2銅水和剤の防除効果

試験区	総果数 (個)	発病果数 (個)				発病率 (%)
		収穫当日	保存10日後	保存15日後	計	
無処理	15	0	4	4	8	53.3
水酸化第2銅水和剤	15	0	0	1	1	6.7 ^{a)}

a) アスタリスクは Fisher's exact test による有意差を示す ($p < 0.01$)。

する。さらに、本病に対して水酸化第2銅水和剤の高い防除効果が明らかになったことから、本剤は圃場での実用性の高い予防散布剤として有効である。病原性試験の結果から、果実表面の傷が発病を助長する可能性が高いため、生産現場においては上記の銅水和剤による薬剤防除と併せて、収穫時の果実の取り扱いを丁寧に行うように総合的に防除管理を実施することが重要と考えられる。

引用文献

- Alam, S. M. K., J. Togashi, T. Namai and K. Ueda (1998) Role of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* sprayed on leaves of Chinese cabbage as a source of inoculum for soft rot. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 546-551.
- Duarte, V., S. H. De Boer, L. J. Ward and A. M. R. De Oliveira (2004) Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. J. Appl. Microbiol. 96: 535-545.
- 藤本岳人・安岡眞二・青野桂之・佐山 充・中山尊登・大木健広・眞岡哲夫 (2016) *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* によるジャガイモ黒あし病の発生 (病原追加). 日植病報 82: 277. (講要)
- Fujimoto, T., S. Yasuoka, Y. Aono, T. Nakayama, T. Ohki, M. Sayama and T. Maoka (2017) First report of potato blackleg caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* in Japan. Plant Dis. 101: 241.
- 後藤正夫・瀧川雄一 (1984) 植物病原細菌同定のための細菌学的性質の調べ方 (1) ~ (4). 植物防疫 38: 339-484.
- 川口 章・井上幸次・久保田真弓・百町満朗・那須英夫 (2007) *Rhizoctonia solani* AG-4 HG-I によるトウガン褐色あざ病 (新称). 日植病報 73: 114-116.
- 日本植物防疫協会編 (2013) 農薬作用機構分類一覧. 一般社団法人 日本植物防疫協会 (東京). pp.117.
- 西山幸司 (1997) アビ20NE キットおよび追加した11項の細菌学的性状に基づく植物病原細菌の鑑別表の作成. 農環研報 14: 1-35.
- 折原紀子・竹内 純・鍵和田聡・難波成任・堀江博道・植草秀敏 (2008) トウガンに発生した炭疽病 (新称). 関東病虫研究会報 55: 35-38.
- Pradnyarani, N., M. S. Kulkarni, K. C. Kirankumar, R. K. Mesta and K. Chethankumar (2018) Evaluation of different agrochemicals/antibiotics under in vitro against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Erwinia carotovora*) causing tip over disease of banana. IJCS. 6: 75-78.
- 新里良章 (2010) 沖縄県産青果物の首都圏での販売状況と市況情報の入手. 沖縄農業 44: 83-91.
- 田部井英夫・高梨和雄・高橋幸吉・西山幸司 (1991) 作物の細菌病 - 診断と防除 -. 日本植物防疫協会 (東京). pp.18-19.
- 高橋信孝 (1997) 基礎農薬学. 養賢堂 (東京). pp.279.
- 澤岬哲也・河野伸二・亀川 藍・宮平奈央・土屋健一 (2009) 沖縄県のトウガンで発生した *Erwinia carotovora* による果実軟腐症について. 日植病報 75: 271. (講要)
- Togashi, J., H. Kuroda and T. Namai (1995) Detection of soft rot *Erwinia* in apparently healthy tissue of vegetables left in fields. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 61: 141-143.

(2020年3月19日受領, 7月6日受理)