

# キャベツピシウム腐敗病菌 *Pythium ultimum* var. *ultimum* による結球期の茎腐敗症状

群馬県農業技術センター 池田 健太郎・三木 静恵・柴田 聡・小林 逸郎  
 東洋大学植物機能研究センター 坂野 真平・藤村 真  
 (独)農研機構 野菜茶業研究所 窪 田 昌 春  
 群馬県吾妻農業事務所 漆 原 寿 彦\*

## はじめに

キャベツ (*Brassica oleracea* L.) は国内外を問わず、葉物野菜として経済的に重要な品目である。特に群馬県では嬭恋村を中心として6～10月に出荷される夏秋キャベツの生産が盛んであり、国内のキャベツ生産量の約17%を占めている(群馬県農政部, 2010)。

2004年ごろから、群馬県嬭恋村のキャベツ栽培圃場で収穫期に茎が腐敗し、結球部のキャベツの切り口に褐変が認められる症状が発生し、問題となっていた。そのような茎の腐敗病斑からは、*Pythium* 属菌と思われる糸状菌が高率に分離された。国内のキャベツの *Pythium* 属菌による病害は、これまで *Pythium ultimum* Trow var. *ultimum* および *P. aphanidermatum* (Edson) Fitzpatrick によるピシウム腐敗病(森, 1996; KUBOTA et al., 2006) と *P. megalacanthum* de Bary および *P. zingiberis* Takahashi による苗立枯病(窪田・我孫子, 1998; 2000) が報告されている。しかし、このような結球期のキャベツに発生する症状はこれまで報告されていなかった。

筆者らはこの症状がキャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* によって引き起こされる新病徴であることを報告した(池田ら, 2011)。そこで本稿では、この病徴を呈する発病株から分離した菌株の同定と結球期のキャベツの茎に対する病原性を確認した結果を紹介したい。さらに、分離菌株と既報の *Pythium* 属菌のキャベツの茎や幼苗に対する病原性および本病害の第一次伝染源についての検討結果も併せて紹介する。

Stem Rot of Heading Cabbage, a New Symptom of Cabbage *Pythium* Rot, Caused by *Pythium ultimum* var. *ultimum*. By Kentaro IKEDA, Shizue MIKI, Satoshi SHIBATA, Itsuro KOBAYASHI, Shinpei BANNO, Makoto FUJIMURA, Masaharu KUBOTA, Toshihiko URUSHIBARA  
 (キーワード: キャベツ, *Pythium ultimum* var. *ultimum*, ピシウム腐敗病)

\* 現所属: 群馬県農政部技術支援課

## I 病徴および病原菌の分離

収穫期の結球したキャベツの茎に、直径約3cmの腐敗病斑が形成された(口絵①)。茎に腐敗病斑があるキャベツを収穫すると、結球部の切り口に褐変が確認された(口絵②)。褐変は導管を含む維管束ではなく、表皮のわずかに内側で認められ、茎に形成した腐敗病斑から上部に進展し、結球部に至っていた。発病株における腐敗病斑部の外葉は脱落するが、出荷される結球部は外観上全く健全であるため、収穫するまで発病を確認できないことが多かった。定植直後から生育期にはこれらの症状は発生していないようであった。また、発病株の根に異常は見られなかった。本症状は夏秋キャベツの収穫時期に当たる7～9月に多く認められ、発病率は圃場あたり1%程度であるが、多い年には10%程度になる場合もあった。出荷基準では結球部の切り口が褐変していると出荷できないため、本病害における経済的被害は大きい。茎の腐敗病斑を生物顕微鏡で検鏡すると、無隔壁の菌糸および *Pythium* 属菌のものと思われる卵孢子が観察された。茎の腐敗病斑から病原菌と思われる糸状菌が高率で分離され、得られた分離株を、CaPy1-1およびCaPy2-2株とした。

## II 分離菌株の同定

分離した2菌株(CaPy1-1株およびCaPy2-2株)の造卵器はともに頂生で球形、表面は平滑であった(図-1)。造卵器の直径の平均はそれぞれ、24.8 $\mu$ m, 22.8 $\mu$ mであった。造精器は嚢状、その多くが同菌糸性(84～85%)であり、同菌糸性の場合には、造卵器直下の造卵器柄から形成されていた。また、造精器柄を形成せずに、直接に造精器が造卵器に付着する場合もあった。卵孢子は球形、平滑で非充満であった。CaPy1-1およびCaPy2-2株の卵孢子の直径の平均はそれぞれ、20.1 $\mu$ m, 18.1 $\mu$ mであった。遊走子の形成は確認されなかった。

Hyphal swellings は供試菌株をコーンミール寒天 (CMA) 平板培地で1週間培養した後に確認された。CaPy1-1 および CaPy2-2 株の Hyphal swellings は球形で、直径の平均はそれぞれ、22.9 $\mu$ m, 18.2 $\mu$ m であった。

ジャガイモデキストロース寒天 (PDA) 平板培地における分離2菌株の菌糸伸長の最適温度は25~30 $^{\circ}$ C であった。25 $^{\circ}$ C における24時間の菌糸伸長速度は CaPy1-1 および CaPy2-2 株でそれぞれ27 mm と26 mm であった。

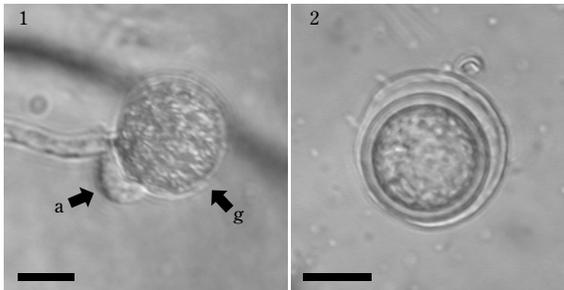


図-1 1: 分離菌株の造精器 (a) および造卵器 (g), 2: 非充滿の卵胞子  
バーは10 $\mu$ m (池田ら, 2011).

これらの形態的、培養的性質は *P. ultimum* var. *ultimum* とよく一致していた (van der PLAÄTS-NITERINK, 1981; 一谷, 1992; KUBOTA et al., 2006) (表-1)。

次に、分離菌株の rDNA-ITS 領域の塩基配列を決定した。その結果、CaPy2-2 株由来の rDNA-ITS 領域の塩基配列はキャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF725023 およびチンゲンサイピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF239199 (Tojo et al., 2005) との相同性がそれぞれ、100% および 99% と高い値を示した。また CLUSTALW を用いて作成した系統樹においても、CaPy2-2 株は *P. ultimum* と同一のクレードを形成した (図-2)。

これらの形態的、培養的性質および rDNA-ITS 領域の塩基配列の相同性の結果から、供試した2菌株を *P. ultimum* var. *ultimum* であると同定した。

### III キャベツに対する病原性

次に分離菌株 (CaPy1-1 および CaPy2-2 株) のキャベツの茎に対する病原性を、含菌寒天ディスクを用いた有傷の接種試験で確認した (表-2)。供試菌株は、分離2菌株に加え、キャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum*

表-1 キャベツ茎腐敗病菌および *Pythium ultimum* var. *ultimum* の形態的および培養的特徴の比較 (池田ら, 2011)

	群馬分離株		<i>Pythium ultimum</i> var. <i>ultimum</i>	
	CaPy1-1	CaPy2-2	MAFF725023 <sup>a)</sup>	CBS398.51 <sup>b)</sup>
胞子嚢の形成	なし	なし	なし	ほとんど形成しない
遊走子のう	なし	なし	なし	ごくまれに形成
<b>Hyphal swelling</b>				
形状	球形	球形		球形
直径 ( $\mu$ m) <sup>c)</sup>	15 ~ 27 (22.9)	15 ~ 22 (18.2)		20 ~ 29
<b>造卵器</b>				
形成	頂生	頂生	頂生	頂生
形態	球形・平滑	球形・平滑	球形・平滑	球形・平滑
直径 ( $\mu$ m) <sup>c)</sup>	19 ~ 30 (24.8)	19 ~ 27 (22.8)	19 ~ 25 (22.9)	14 ~ 24 (21.5)
<b>造精器</b>				
付着数	1 (90%)	1 (96%)	1 (98%)	1 ~ 3
付着状態	側着	側着	側着	
同異菌糸性	同菌糸 (84%)	同菌糸 (85%)	同菌糸 (92%)	同菌糸性
形態	嚢状	嚢状	嚢状	嚢状
<b>卵胞子</b>				
形態	球形・平滑・非充滿	球形・平滑・非充滿	球形・非充滿	球形・非充滿
直径 ( $\mu$ m) <sup>c)</sup>	14 ~ 24 (20.1)	15 ~ 21 (18.1)	14 ~ 24 (20.4)	12 ~ 24 (18.0)
<b>菌叢</b>				
生育適温 ( $^{\circ}$ C)	25 ~ 30	25 ~ 30	25	25 ~ 30
25 $^{\circ}$ C 菌糸伸長 (mm/日)	27	26	26 ~ 27	30

<sup>a)</sup> KUBOTA et al. (2006).

<sup>b)</sup> van der PLAÄTS-NITERINK (1981).

<sup>c)</sup> 括弧内は平均値.

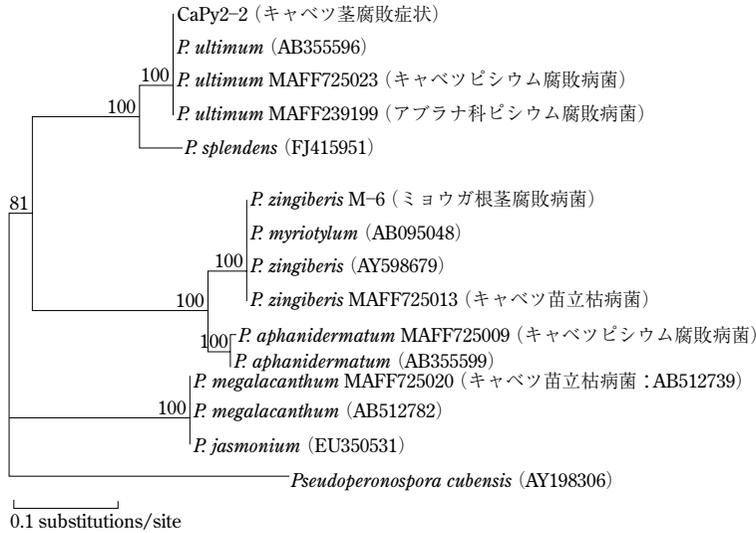


図-2 分離菌株 CaPy2-2 株およびその他の *Pythium* 属菌の rDNA-ITS 領域塩基配列より得られた系統樹

表-2 キャベツピシウム腐敗病菌および苗立枯病菌の結球期の茎および幼苗に対する病原性

	茎腐敗	苗立枯
群馬分離株		
CaPy1-1	+	+
CaPy2-2	+	+
キャベツピシウム腐敗病菌		
<i>Pythium ultimum</i> var. <i>ultimum</i> MAFF725023	+	+
<i>P. aphanidermatum</i> MAFF725009	±	NT
キャベツ苗立枯病		
<i>P. zingiberis</i> MAFF725013	+	NT
<i>P. megalacanthum</i> MAFF725020	±	NT
Control (無接種 PDA 培地)	-	-

+ : 接種部が腐敗, 黒い筋が入る. ± : 接種部が若干変色. - : 変化なし. NT : 実施せず

var. *ultimum* MAFF725023 と *P. aphanidermatum* MAFF725009, キャベツ苗立枯病菌 *P. zingiberis* MAFF725013 と *P. megalacanthum* MAFF725020 の 4 菌株を用いた。CaPy1-1 および CaPy2-2 を接種した約 1 週間後, 接種部位から上部に進展する褐変が確認された。分離菌株を接種して約 30 日後の結球期のキャベツ茎には, 原病徴と同様の腐敗病斑が確認された。また, 結球下部の切り口には原病徴と同様な褐変が確認された。この褐変は, 自然発病株で観察されたものと同様,

茎の腐敗病斑部から進展していた。結球葉および根には異常は見られなかった。茎の腐敗病斑部を生物顕微鏡で観察すると, 無隔壁の菌糸および接種菌株のものと思われる卵胞子が確認された。これらの腐敗病斑部からは接種菌と同様の *Pythium* 属菌が再分離された。分離菌株のほか, キャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF725023 および苗立枯病菌 *P. zingiberis* MAFF725013 も原病徴と同様の腐敗病斑を茎に形成した。これらの菌株では結球下部の切り口では褐変が認められなかったものの, 腐敗部から茎内部への褐変の進展が確認された。これらの腐敗病斑部からは CaPy1-1 および CaPy2-2 株の場合と同様に, 接種菌と同様の *Pythium* 属菌が分離された。*P. aphanidermatum* MAFF725009 および *P. megalacanthum* MAFF725020 は接種部が若干変色したが, 腐敗病斑や茎の褐変は見られなかった。これらの変色部には, 無隔壁の菌糸や卵胞子は見られず, *Pythium* 属菌は分離されなかった。

無傷の接種試験では, 分離 2 菌株 (CaPy1-1 および CaPy2-2) と, キャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF725023 を用いた。その結果, 分離 2 菌株と *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF725023 はいずれも, 接種したすべての株において, 接種部の表面がわずかに変色した程度で, 腐敗病斑の形成や, 茎内部の褐変の進展等の原病徴は再現されなかった。無傷のキャベツ茎には発病しなかったことから, 葉の脱落痕などの傷口の存在が本病原菌のキャベツへの感染を助長しているこ

とが考えられる。

元来、*P. ultimum* var. *ultimum* による病害は、キャベツのセル成形苗に発生することが知られていた (KUBOTA et al., 2006)。そこで、茎腐敗症状から分離した菌株のキャベツの幼苗に対する病原性を検討した (表-2)。供試菌株は、分離2菌株 (CaPy1-1 および CaPy2-2) と、キャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF725023 の計3菌株を用いた。その結果、キャベツ茎からの分離株 CaPy1-1 および CaPy2-2 株を接種した幼苗は、子葉から胚軸にかけて水浸状になり、苗立ち枯れを引き起こした。キャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* MAFF725023 を接種した幼苗も、CaPy1-1 および CaPy2-2 株を接種した場合と同様の病徴となり、キャベツ幼苗に苗立ち枯症状を引き起こした。発病株の病変組織からは、接種菌株と同様の *Pythium* 属菌が再分離された。

#### IV キャベツピシウム腐敗病の病徴追加

これらの結果から、本圃において、結球期のキャベツの茎腐敗症状を引き起こしているのは *P. ultimum* var. *ultimum* であることが明らかになった。これまで、*P. ultimum* var. *ultimum* は KUBOTA et al. (2006) によってセル成形苗に苗立ち枯症状を引き起こすことが報告されているが、*P. ultimum* var. *ultimum* の結球期のキャベツ栽培圃場での発生確認は、国内初であった。

同一の病原菌種による病害でも、異なる病徴を現す場合にはそれぞれの発生生態を明らかにすることが、防除対策を講じるうえで非常に重要である。そこで筆者らは、結球期のキャベツ茎の腐敗症状を *P. ultimum* var. *ultimum* によるキャベツピシウム腐敗病の新たな病徴として追加することを報告した (池田ら, 2011)。*Pythium* 属菌は分子系統によって12のクレードに分類されているが、各クレードは病原性状や遊走子のうの形態、環境への適応度に対応している (LÉVESQUE and DE COCK, 2004; UZUHASHI et al., 2009; 東條, 2011)。今回キャベツの茎腐敗症状の原因となった *P. ultimum* var. *ultimum* は、栽培植物に強い病原性を示すクレード I に属しており、このクレードの共通する特徴として、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 を形成する。今回の形態的、分子系統による同定の結果は、これらの報告とよく一致していた。

また、キャベツ茎の腐敗病斑から分離した *P. ultimum* var. *ultimum* はキャベツ幼苗に対しても苗立ち枯症状を引き起こした。また、KUBOTA et al. (2006) の分離した苗立ち枯症状を引き起こす菌株も、茎に腐敗症状を示

した。これらのことから、キャベツに病原性を有する *P. ultimum* var. *ultimum* はキャベツに対して幼苗期の苗立ち枯症状および結球期の茎に腐敗症状の両方を引き起こすことが明らかとなった。

#### V 第一次伝染源について

*P. ultimum* var. *ultimum* は土壌伝染性であり、土壌中においても卵胞子や Hyphal swellings で耐久することができ、本病害も土壌が第一次伝染源となっていると思われる。そこで、本病害の第一次伝染源を確認する予備的な試験として、キャベツピシウム腐敗病菌 *P. ultimum* var. *ultimum* を定量的に検出する遺伝子診断系を構築し、Real-time PCR (SYBR Green 法) により土壌中から本菌の検出を試みた。その結果、発病土壌からは、*P. ultimum* var. *ultimum* の DNA が検出された (図-3)。一方、無発病土からはほとんど検出されなかった。これらのことから、土壌が第一次伝染源となっている可能性が高いと思われる。しかし、今回検出された *P. ultimum* var. *ultimum* の DNA が病原菌由来かどうかまでは断定できないため、今後は、土壌からの直接分離による本病原菌の確認が、第一次伝染源の解明のための課題である。

#### おわりに

本病害の防除手段としては、すでにキャベツピシウム腐敗病に登録のある薬剤の適用が考えられる。しかし、これら薬剤の防除効果は苗立ち枯れ症状を対象として検討されている。そのため、今回のような本圃で発生する結球期の症状をどのように防除するかは、登録拡大や適切な散布時期等再検討を要する。

今後は温暖化による気温の上昇により、孳恋村のよう

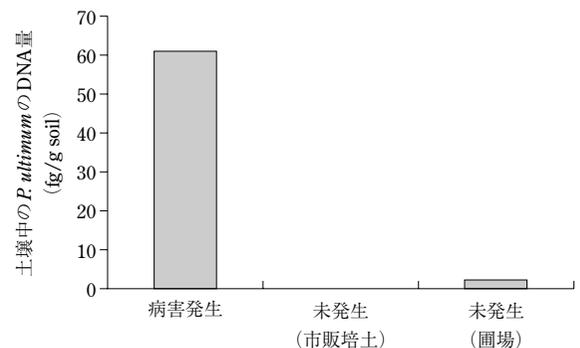


図-3 病害発生圃場および未発生圃場の土壌中の *P. ultimum* の DNA 量

な冷涼な気候の地域でも、ピシウム病害の被害が増加することが予想される。現在、この症状は群馬県嬬恋村でしか確認されていないが、ほかのキャベツ生産地での発生動向にも注意が必要である。

なお本稿に関する研究の一部は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「植物の健全育成モニタリングシステムの応用開発に関する研究」によって実施した。

引用文献

1) 群馬県農政部 (2010) : 平成 22 年度群馬の農業, 群馬県農政部

農政課, 前橋, p. 2.  
 2) 一谷多喜郎 (1992) : 防菌防黴 20 : 107 ~ 116.  
 3) 池田健太郎ら (2011) : 日植病報 77 : 28 ~ 32.  
 4) 窪田昌春・我孫子和雄 (1998) : 関西病虫研報 40 : 55 ~ 63.  
 5) ——— (2000) : 同上 42 : 51 ~ 52.  
 6) KUBOTA, M. et al. (2006) : J. Gen. Plant Pathol. 72 : 123 ~ 125.  
 7) LÉVESQUE, C. A. and A. W. A. M. DE COCK (2004) : Mycol. Res. 108 : 1363 ~ 1383.  
 8) 森 充隆 (1996) : 関東病虫研報 43 : 63 ~ 66.  
 9) Tojo, M. et al. (2005) : J. Gen. Plant Pathol. 71 : 384 ~ 386.  
 10) 東條元昭 (2011) : 植物防疫 65 : 71 ~ 76.  
 11) UZUHASHI, S. et al. (2009) : Mycoscience 50 : 281 ~ 290.  
 12) van der PLÄATS-NITERINK A. J. (1981) : Stud. Mycol. 21 : 1 ~ 242.

植物防疫特別増刊号 No.11 **アブラムシ類の見分け方**

社団法人 日本植物防疫協会 編 B5判 103ページ 口絵カラー  
 価格 2,520円 (本体 2,400円 + 税) 送料 100円

◆ 農作物を加害するアブラムシ類の見分け方を詳しく解説。薬剤感受性の検定法も掲載。



- § 1. 農作物のアブラムシの見分け方<総説> (宗林 正人)
- § 2. 水稻・畑作物のアブラムシ類 (鳥倉 英徳)
- § 3. 野菜のアブラムシ類 (高橋 滋)
- § 4. 果樹のアブラムシ類 (宗林 正人)
- § 5. 花きのアブラムシ類 (木村 裕)
- § 6. 緑化樹木のアブラムシ類 (宗林 正人)
- § 7. 主要アブラムシの有翅虫による見分け方 (杉本俊一郎)

付録

- 1. 果樹のアブラムシの見分け方 (宮崎 昌久)
- 2. 「果樹のアブラムシの見分け方」への補足 (宮崎 昌久)
- 3. 薬剤感受性検定法 (西東 力)

お問い合わせとご注文は  
 社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 〒114-0015 東京都北区中里 2-28-10  
 郵便振替口座 00110-7-177867 TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753  
 ホームページ <http://www.jpapa.or.jp/> メール : [order@jpapa.or.jp](mailto:order@jpapa.or.jp)