

# トマト葉かび病菌の新たな病原性系統の収集

飯田 祐一郎

農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所

[〒514-2392 三重県津市安濃町]

## Collection of the new races of tomato leaf mold in Japan

Yuichiro IIDA

National Institute of Vegetable and Tea Science,  
National Agriculture and Food Research Organization

### 1. 目的

トマト葉かび病菌 *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous [syn. *Fulvia fulva* (Cooke) Ciferri, *Cladosporium fulvum* Cooke] (Crous and Braun, 2003) は、ハウス栽培などの多湿な環境で葉に斑点性の病徴を起し、生育不良・着果不良などを引き起こす糸状菌である。近年、トマトの施設栽培の大型化や周年化によって伝染環が遮断しにくくなったことや、特異性の高い薬剤の普及に伴って、これまで潜在的に抑制されていた葉かび病が顕在化し、重要病害となっている。本菌には、宿主植物がもつそれぞれの抵抗性遺伝子に対応した病原性系統（レース）が数多く存在し、また本病害は空気伝染性であることから、新レースが発生すると急速に被害が拡大するという問題をはらんでいる。

トマト葉かび病抵抗性遺伝子のうち *Cf-9* をもつ品種は、国内で発生している全てのレースに対して抵抗性を保持していたが、2007年にこれを打破する親和性レース 4.9 および 4.9.11 の発生が確認された (Enya et al., 2009)。これら新たなレースの出現は、トマトの減農薬栽培の大きな障害となっている。本病害の防除法の開発や生態学的な研究を行う上で、新レース菌株を遺伝資源として保存することは不可欠であるが、これまでに分離された *Cf-9* 親和性レースは採集地が限られているなど、本病原菌の多様性を評価するには菌株数が乏しい。また近年、全国的なレースの分布調査が行われていないことから、本研究では、日本各地より収集した菌株について、判別品種を用いた病原性検定によりレースを決定し、葉かび病菌株のカタログ化を図った。本菌は植物-微生物間相互作用の研究分野において世界的に最も研究されている植物病原菌のひとつであり (Thomma et al., 2005)、本成果は国内外の研究基盤として貢献することが期待される。

## 2. 探索概要

2008年4月より、日本国内で発生したトマト葉かび病の罹病葉または菌株を収集した。各道府県から罹病葉の送付を受け、2009年4月より葉かび病菌を分離・同定した。21道府県より232試料を収集した(図1)。

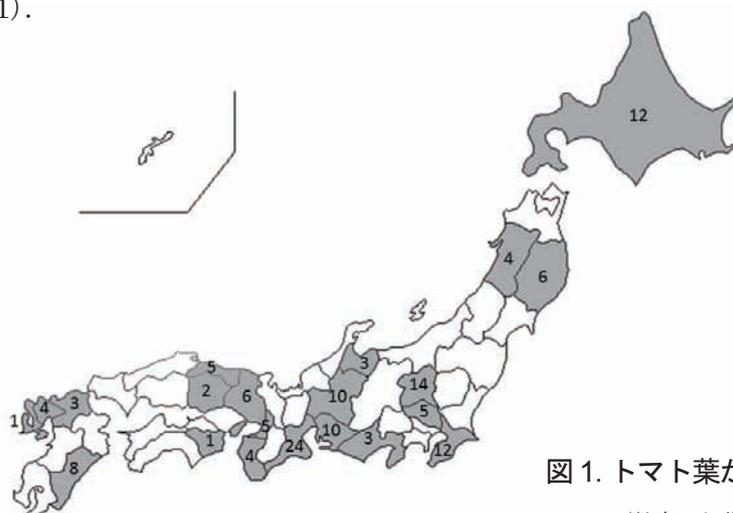


図1. トマト葉かび病菌の収集地域。

(数字は収集菌株数)

## 3. 収集成果

### 1) トマト葉かび病菌の分離・同定とレース判別

収集した罹病トマト葉の病斑上に形成された分生子を素寒天培地上に置床し、25℃、2~3日間培養した。次に、実体顕微鏡下でグルコース添加ジャガイモ煎汁(PDA)培地に単分生子を移植し、培養した。10~14日後に、培地上に形成された分生子の形態を光学顕微鏡下で観察し、トマト葉かび病菌を同定した。

判別品種として広く用いられているトマト7系統への接種検定により、レースを決定した(Lindhout et al., 1989)(表1)。本菌は栄養培地上で分生子は形成するものの、ほとんど菌糸生長しない。分生子をPDA培地上に塗布するように植菌し、14日間培養した後、培地上に形成された

表1. トマト葉かび病抵抗性遺伝子とレースとの関係

検定品種	抵抗性遺伝子	抵抗性 <sup>a)</sup>								
		0	2	2.4	2.4.11	4	4.11	4.9	4.9.11	2.9 <sup>b)</sup>
Potentate	—	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Vetomold	<i>Cf-2</i>	R	S	S	S	R	R	R	R	S
Purdue 135	<i>Cf-4</i>	R	R	S	S	S	S	S	S	R
Moneymaker-Cf-5	<i>Cf-5</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Ontario 7818	<i>Cf-6</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Moneymaker-Cf-9	<i>Cf-9</i>	R	R	R	R	R	R	S	S	S
Ontario 7716	<i>Cf-4, Cf-11</i>	R	R	R	S	R	S	R	S	R

a) S, 感受性; R, 抵抗性.

b) 本研究で新たに同定されたレース.

大量の分生子を滅菌蒸留水で回収し、ガーゼで濾過した。それぞれ懸濁液 ( $10^4$  分生子/ml) を調整し、播種後 3 週間目のそれぞれの判別品種 3 個体ずつの葉裏に噴霧接種した。25°C, 日照 16 時間に設定した人工気象室内で、高湿度を保つように密閉したプラスチックボックス内で培養し、2~3 週間後に親和性を判定した。

## 2) 結果

収集した罹病トマト葉には、葉の表裏に黄~褐色の円形または不定形の病斑が形成され、茶褐~黄土色の菌叢が認められた (図 2B)。単孢子分離により PDA 培地で培養した分生子の形成様式は、鎖性または頂側生で、分生子形態は円筒形または楕円形で淡褐色、多くは 0~1 個の隔壁、大きさは  $9\text{-}29 \times 4\text{-}8 \mu\text{m}$  であった (図 2C)。以上の結果から、209 株をトマト葉かび病菌と同定した (Holiday and Mulder, 1976)。その他にはトマトすすかび病菌 *Pseudocercospora fuligena* (Roldan) Deighton が同様の病斑から多く検出され、一部に *Alternaria* 属菌も見いだされた。

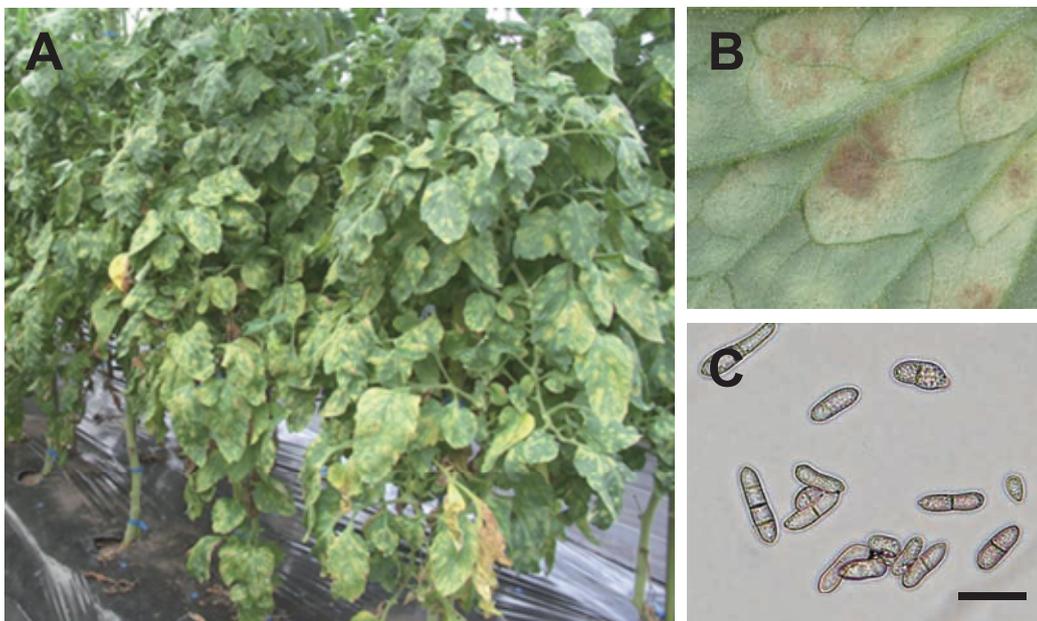


図 2. トマト葉かび病の病徴 (A, B) および病原菌 (C)。

(A, 下位葉から進行する病徴; B, 葉裏面の病斑; C, 分生子. Bar, 20  $\mu\text{m}$ .)

分離した 209 菌株のうち、同一施設内から同じ日に採集された罹病葉に由来する菌株を除いた 142 菌株について、それぞれ判別品種への接種検定を行った。その結果、これまでに国内で報告されていた 8 つのレースが全て検出され、さらに岩手県からは新たなレース 2.9 が見出された (Iida et al., 2010) (表 2)。レース 4.9 および 4.9.11 については、2007 年に福島県、群馬県、千葉県の間東地方において分離されていたが、今回の調査で愛知県、三重県、佐賀県の東海・九州地域からも発生が確認された。レース 4.9, 4.9.11 および 2.9 は海外でも報告のない日本特有のレースである。今後、これら菌株を用いて遺伝的多様性の比較解析を行う予定である。

表2. 本研究で収集したトマト葉かび病菌のレース

	菌株名	分離地域	MAFF 番号	レース		菌株名	分離地域	MAFF 番号	レース
1	CF247	和歌山	242502	0	34	CF293	静岡	242523	0
2	CF248	和歌山	242503	4	35	CF294	静岡		0
3	CF249	和歌山	242504	0	36	CF296	静岡	242524	4.11
4	CF250	和歌山	242505	4	37	CF298	福岡	242525	4.11
5	CF251	長崎	242506	2	38	CF299	福岡	242526	2
6	CF254	大阪	242507	4	39	CF300	福岡	242527	0
7	CF255	大阪		4	40	CF301	岡山	242528	0
8	CF256	大阪	242508	4.11	41	CF303	岡山	242529	4
9	CF257	大阪	242509	0	42	AP22	秋田	242498	2
10	CF258	大阪		4.11	43	AP26	秋田		2
11	CF259	佐賀		4.11	44	AP29	秋田		2
12	CF260	佐賀		4.11	45	AP31	秋田		2
13	CF261	佐賀		4.9	46	C1	千葉	242499	4.9.11
14	CF262	佐賀		4.11	47	C2	千葉	242500	4.9.11
15	CF263	兵庫	242510	4	48	C3	千葉	242501	4.9.11
16	CF264	兵庫		4	49	P1	千葉	242568	4.9.11
17	CF265	兵庫	242511	4.11	50	P2	千葉	242569	4.9.11
18	CF266	兵庫		4	51	P3	千葉	242570	4.9.11
19	CF267	愛知	242512	4	52	A1	千葉	242495	4.9.11
20	CF269	愛知	242513	4.9	53	A2	千葉	242496	4.9.11
21	CF270	愛知	242514	4	54	A3	千葉	242497	4.9.11
22	CF271	愛知	242515	4	55	HM1	千葉	242558	4.11
23	CF273	愛知	242516	4	56	HM2	千葉	242559	4.11
24	CF274	愛知	242517	4	57	HM3	千葉	242560	4.11
25	CF275	愛知	242518	4	58	M3-6	宮崎		4.11
26	CF277	愛知	242519	4	59	M4-1	宮崎		4.11
27	CF278	愛知	242520	4.11	60	M4-2	宮崎		4.11
28	CF280	愛知		4.11	61	C3	宮崎		4.11
29	CF281	埼玉	242521	4.11	62	C8	宮崎		2
30	CF282	埼玉		4.11	63	C9	宮崎		4.11
31	CF285	埼玉		4.11	64	MN1	宮崎		2
32	CF289	埼玉		4.11	65	T1	宮崎		0
33	CF290	埼玉	242522	0	66	KO-1	鳥取	242562	4

表2. (つづき)

菌株名	分離地域	MAFF 番号	レース	菌株名	分離地域	MAFF 番号	レース		
67	KO-2	鳥取	242563	4.11	100	CF337	富山	242541	2.4.11
68	KO-3	鳥取		4.11	101	CF338	三重	242542	4.11
69	KO-4	鳥取		4.11	102	CF340	三重	242543	2
70	KO-5	鳥取		4.11	103	CF342	三重		4.11
71	GF922	岐阜	242547	4.11	104	CF344	三重		4.11
72	GF925	岐阜		4.11	105	CF348	三重		4.11
73	GF926	岐阜		4.11	106	CF349	三重		4.11
74	GF927	岐阜		4.11	107	CF351	三重		4.11
75	GF929	岐阜		4.11	108	CF353	三重		4.11
76	GF932	岐阜	242548	4.11	109	CF355	三重		4.11
77	GF936	岐阜	242549	0	110	CF357	三重		4.11
78	GF938	岐阜		0	111	CF359	三重		4.11
79	GF940	岐阜	242550	2	112	CF361	三重		2
80	GF941	岐阜		4.11	113	CF363	三重		4.11
81	CF304	群馬	242530	4.11	114	CF365	三重		4.11
82	CF305	群馬	242531	4.9.11	115	CF367	三重	242544	4
83	CF307	群馬	242532	4.11	116	CF369	三重		2
84	CF308	群馬		4.9.11	117	CF371	三重		4.11
85	CF309	群馬		4.9.11	118	CF373	三重		4.11
86	CF310	群馬		4.11	119	CF375	三重		4.11
87	CF311	群馬		4.9.11	120	CF377	三重		4.11
88	CF315	群馬		4.11	121	CF378	三重	242545	0
89	CF318	群馬	242533	4.9.11	122	CF380	三重		0
90	CF319	群馬	242534	4	123	CF381	三重		4
91	CF323	群馬	242535	4.9	124	CF383	三重		0
92	CF324	群馬		4.9	125	CF385	三重	242546	4.9.11
93	CF325	群馬	242536	4.9.11	126	hb1	北海道	242556	4
94	CF326	群馬		4.9.11	127	hb2	北海道	242557	4.11
95	CF328	徳島	242537	0	128	sy1	北海道	242574	4.11
96	CF330	兵庫	242538	4	129	sy2	北海道	242575	4
97	CF333	兵庫	242539	4.11	130	ktm1	北海道	242565	2.4
98	CF334	富山	242540	4.11	131	ktm2	北海道	242566	2
99	CF335	富山		4.11	132	ktk1	北海道	242564	0

表 2. (つづき)

菌株名	分離地域	MAFF 番号	レース	菌株名	分離地域	MAFF 番号	レース		
133	ss1	北海道	242573	4	138	H-7	岩手	242551	2.9
134	sni1	北海道	242572	2.4.11	139	H-9	岩手	242552	2.9
135	sng1	北海道	242571	2.4.11	140	H-28	岩手	242553	2.9
136	it1	北海道	242561	4	141	H-29	岩手	242554	2.9
137	oh2	北海道	242567	4.11	142	H-41	岩手	242555	2.9

#### 4. 所感

我が国では、トマト葉かび病抵抗性遺伝子 *Cf-4* または *Cf-9* を持つ市販品種がほとんどの栽培地域で使用されている。今回の調査で *Cf-4* 抵抗性に親和性を示す 6 レース (2.4, 2.4.11, 4, 4.11, 4.9, 4.9.11) が全国から分離され、*Cf-4* 抵抗性遺伝子が国内ではほぼ無力化していることが示唆された。レース 4.9 および 4.9.11 は 2007 年に関東で発見されていたが、本研究で東海、九州でも発生が確認され、また新レース 2.9 が東北で見いだされたことから、*Cf-9* 抵抗性の親和性レースも徐々に国内に蔓延しつつあることが明らかになった (Iida et al., 2010)。レース 4.9, 4.9.11 および 2.9 は海外での報告がないことから、本菌は日本国内で独自に寄生性を分化させ新たなレースを生じた可能性が示唆された。本研究ではレース 4.9, 4.9.11 の収集だけでなく新レース 2.9 も発見・分離し、今後のトマト葉かび病研究に大きく貢献する微生物遺伝資源を整備した。

抵抗性遺伝子 *Cf-5* および *Cf-6* に感受性を示すレースは見いだされず、今後の栽培品種への導入が期待されている。しかしながら、隣接遺伝子群による栽培形質や食味形質に及ぼす影響が少なくなく、*Cf-5* に関しては欧州で既に感受性レースの発生が報告されている (Lindhout et al., 1989)。新たな抵抗性遺伝子をもつ品種の市販後、2~3 年後にはその親和性レースが検出されていることから (Enya et al., 2010)、単一の優性遺伝子による抵抗性品種に依存した防除系では、多様化する病原の寄生性系統を根本的に抑制することはできない。今後は、新たな抵抗性を有する植物遺伝資源の探索も考慮しなければならない。

本研究ではトマト葉かび病菌の分離・培養時に、同様の病徴を示すトマトすすかび病菌が多く観察された。トマトすすかび病はトマト葉かび病と発生条件が酷似しており、分生子の検鏡なしに見分けることは困難である。またトマト葉かび病抵抗性品種に関係なく発病するため (黒田ら, 2005)、栽培現場では混同されている可能性が高く、発生・被害調査や防除を行う上で注意が必要である。

#### 5. 謝辞

本研究では、野菜茶業研究所の寺見文宏氏、窪田昌春氏、大西純氏、篠原信氏にご助言をいただいた。罹病葉および菌株の収集には、以下の方々にご支援およびご協力をいただいた。野津あゆみ氏 (北海道立花野菜技術センター)、染谷信孝氏 (北海道農業研究センター)、古屋廣光氏、藤晋一氏、戸田武氏 (以上、秋田県立大学)、岩館康哉氏 (岩手県農業研究センター)、池田健太郎氏 (群

馬県農業技術センター), 庄司俊彦氏 (埼玉県病害虫防除所), 小塚玲子氏 (千葉県農業総合研究センター), 西畑秀次氏 (富山県広域普及指導センター), 渡辺秀樹氏 (岐阜県農業技術センター), 鈴木幹彦氏 (静岡県農林技術研究所), 松崎聖史氏, 藤田智美氏, 加藤陽一氏 (以上, 愛知県農業総合試験場), 鈴木啓史氏, 黒田克利氏 (以上, 三重県科学技術振興センター), 岡田清嗣氏 (大阪府環境農林水産総合研究所), 松浦克成氏 (兵庫県農林水産技術総合センター), 小山昌志氏 (和歌山県植物防疫協会), 大谷洋子氏 (和歌山県農林水産総合技術センター 農業試験場), 岡山裕志氏 (鳥取県農林総合研究所), 桐野奈美子氏 (岡山県病害虫防除所), 広田恵介氏 (徳島県立農林水産総合技術支援センター), 石井貴明氏 (福岡県農業総合試験場), 稲田稔氏 (佐賀県農業試験研究センター), 内川敬介氏 (長崎県総合農林試験場), 久野公子氏, 今村幸久氏 (以上, 宮崎県総合農業試験場). 記して深く謝意を表する.

## 6. 参考文献

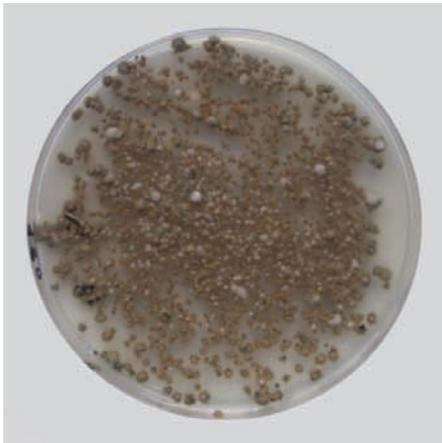
- 1) Crous, P.W. and Braun, U. (2003). *Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in *Cercospora* and *Passalora*. CBS Biodiversity Ser. 1: 1-571.
- 2) Enya, J., Ikeda, K., Takeuchi, T., Horikoshi, N., Higashi, T., Sakai, T., Iida, Y., Nishi, K., Kubota, M. (2009). The first occurrence of leaf mold of tomato caused by races 4.9 and 4.9.11 of *Passalora fulva* (syn. *Fulvia fulva*) in Japan. *J. Gen. Plant Pathol.* 75: 76-79.
- 3) Holiday, P. and Mulder, J.L. (1976). *Fulvia fulva*. In: CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No. 487. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey.
- 4) Iida, Y., Iwadate, Y., Terami, F., Kubota, M. (2010). Occurrence of a new race 2.9 of leaf mold of tomato in Japan. *J. Gen. Plant Pathol.* 76: 84-86.
- 5) Lindhout, P., Korta, W., Cislík, M., Vos, I., Gerlagh, T. (1989). Further identification of races of *Cladosporium fulvum* (*Fulvia fulva*) on tomato originating from the Netherlands, France and Poland. *Neth. J. Plant Path.* 95: 143-148.
- 6) Thomma, B.P.H.J., van Esse, H.P., Crous, P.W., de Wit, P.J.G.M. (2005). *Cladosporium fulvum* (syn. *Passalora fulva*), a highly specialized plant pathogen as a model for functional studies on plant pathogenic Mycosphaerellaceae. *Mol. Plant Pathol.* 6: 379-393.
- 7) 黒田克利, 鈴木啓史 (2006). トマトすすかび病は葉かび病抵抗性に関係なく発病する. 平成 18 年度「関東東海北陸農業」研究成果情報. [http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryuu/kankou/seika/kanto18/12/18\\_12\\_19.html](http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryuu/kankou/seika/kanto18/12/18_12_19.html).

## Summary

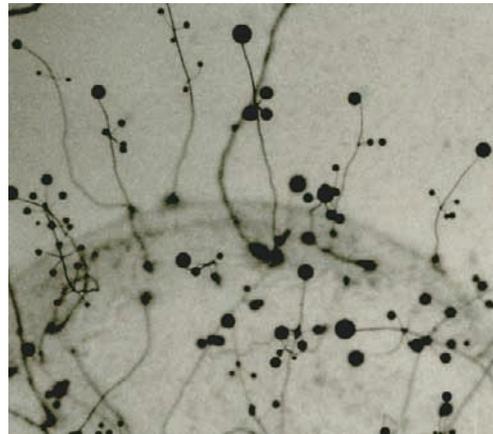
Leaf mold symptoms were found on tomato cultivars carrying a cognate *Cf* resistance gene in various regions of Japan. It is important for tomato growers to document the pathogen's

compatibility on resistant cultivars. In this study, we collected diseased tomato leaves from throughout the country and tested the isolates on a set of differential genotypes that contained either one or two resistance genes. The disease symptoms and the morphological characteristics of the isolates were similar to those of *Passalora fulva*, the causal agent of leaf mold. A total of 142 isolates were identified as *P. fulva*, and the race composition of these isolates was determined. All eight of the known races and a new race (designated 2.9), which has not been reported previously, were identified among the isolates. Of the nine races of *P. fulva* in Japan, six have already appeared in Europe, but races 4.9, 4.9.11, and 2.9 are unique to Japan. These results reveal that six races compatible with *Cf-4*-containing resistant cultivars are being propagated around the country, and that *Cf-9*-compatible races are spreading gradually throughout Japan.

## 微生物遺伝資源の調査プロフィール



トマト葉かび病菌 (*Passalora fulva*) の  
コロニー (飯田)



細胞性粘菌 *Polysphondylium*  
*pallidum* の子実体 (川上)



*Corynespora cassiicola* の分生子 (下元)



キクラゲ栽培菌床用木片から分離された  
*Trichoderma* sp. 5 (奥田・五十嵐)



褐色 *Trichoderma* cf. *pleuroticola*  
MAFF 242460 のコロニー (奥田・五十嵐)