

ナシ萎縮病の担子胞子による感染拡大について

千葉県農林総合研究センター 病理昆虫研究室 ^{かね}金 ^こ子 ^{よう}洋 ^{へい}平

はじめに

ナシ萎縮病は、春先の展葉直後の葉に波打ちや小型化・奇形化を引き起こし、病徴が激しくなると、主枝、樹全体が枯死する（図-1、口絵①）。このような病徴は古くから知られており（関本，1978），当初はウイルス病ではないかと考えられるなど，長い間，原因は不明であった。しかし近年になって病原菌が明らかになり，現在では日本植物病名目録でナシ萎縮病の病原としては *Fomitiporia torreyae*（和名：チャアナタケモドキ）と *Fomitiporia punctata*（和名なし）の2種類が報告されている。これらの病原性や形態的特徴等は昨年の本誌5月号にて述べたが，この2種のうち，千葉県では前者が萎縮病の原因となっていた（以下，特に断らない限り本稿ではナシ萎縮病菌を *F. torreyae* とする）。

病原菌が明らかになったものの，未だ有効な防除対策を講じることができない状況にある。防除対策を考えるうえでは，まず発生生態を明らかにする必要がある。そこで，基礎的知見となる交配系，MCGの分布，胞子飛散消長を調査することで，本病の感染拡大について考察した。

本研究を行うにあたり，元徳島県農林水産総合技術センター果樹研究所の辻 雅人氏および元鳥取県農林総合

研究所園芸試験場の安田文俊氏には供試菌株を快く分譲いただいた。また，国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹・茶業研究部門の中村 仁氏には供試菌株および子実体を快くご提供いただくとともに，菌の同定・分類に関する貴重なご助言・ご指導をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

I *Fomitiporia torreyae* の交配系

一般的に，いわゆる“きのこ”を形成する担子菌においては担子胞子が発芽すると一次菌糸という単相（n）の菌糸になる。そして，交配因子の異なる一次菌糸同士が出会うと交配が起こり，二次菌糸（n + n）を生じる。子実体は二次菌糸より形成され，ここで核の融合，減数分裂が起き，担子胞子が形成される。このような遺伝的に異なる一次菌糸の融合が二次菌糸の形成に必要な性質をヘテロリズムと呼ぶ。一方，一次菌糸が交配を経ることなく，そのまま二次菌糸として機能するホモリズムと呼ばれる性質の担子菌も存在する。このような交配様式は交配系と呼ばれ，生態の解明においては重要な性質であり，感染過程を推定するうえで不可欠な情報である。

Fomitiporia torreyae については，菌糸にクランプ結合が見られないことから，交配系の調査では一次菌糸同士の対峙培養により新たに生長してくる二次菌糸の菌叢



図-1 ナシ萎縮病の病徴

About Infectious Spread by Basidiospore of Causal Fungus of Japanese Pear Dwarf, *Fomitiporia torreyae*. By Youhei KANEKO
（キーワード：ナシ萎縮病，*Fomitiporia torreyae*，交配系，MCG，胞子飛散消長）

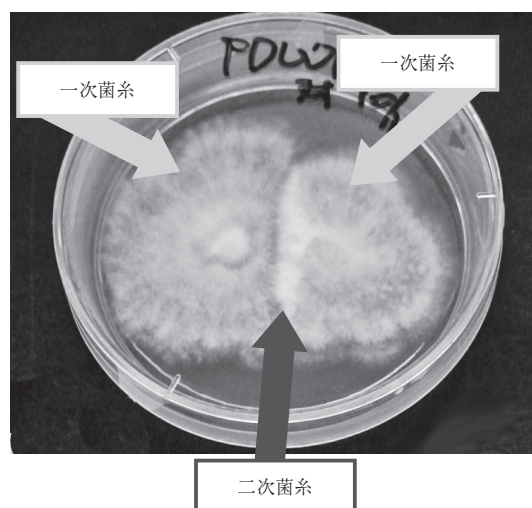


図-2 単胞子分離菌株（一次菌糸）同士の対峙培養における二次菌糸（タフト）形成の様子

(タフト)の形成の有無を調査した。その結果、タフト形成が見られたことから(図-2)、本菌はヘテロタリックな交配系を有していることが明らかとなった(金子ら, 2012)。一般的に自然界において見られるサルノコシカケのような硬質担子菌類の栄養菌糸は二次菌糸であることから、材質部の腐朽伸展は二次菌糸によるところが大きいと考えられている。このことからヘテロタリックな菌が樹体内で伸展するためには交配を必要とすると推測されており、本菌も同様と推察される。(なお、*F. punctata* はホモタリックな交配系を有することが既に知られている。)

II *Fomitiporia torreyae* の MCG の分布状況

既知の *Fomitiporia* 属菌と同様に、ナシ萎縮病菌の生活環については、以下のように推定される。すなわち、子実体から飛散した担子胞子がナシ樹の組織に感染し、樹体内部に菌糸をまん延させ、萎縮病を引き起こす。その後、樹体の衰弱あるいは枯死に伴って樹皮表面に子実体を形成し、そこから担子胞子を再び飛散させる。また、前述したように、*F. torreyae* がヘテロタリックな交配系を有することを踏まえると、担子胞子がナシ樹に到達した後、樹体内で菌糸が伸展するためには交配を必要とするものと推察される。さらに、本病菌も有性胞子である担子胞子が宿主間を移動し、その後、新たな宿主上で交配が起こるたびに新たな個体の二次菌糸として拡大していくものと考えられる。しかし、そのような実態を確認した報告はなく、その感染拡大の結果、本病菌の個体群がどのような分布構造をとっているかは調査されていない。このことから、以下に述べる本病菌の栄養菌糸和合性群 (mycelial compatibility group : 以下、MCG とする) を調査し、その分布構造から感染拡大の方法を推定した

(金子ら, 2015)。

体細胞不和合性 (somatic incompatibility) とは体細胞が自他を認識し、自己とは異なるものを拒絶する性質であり、担子菌類の二次菌糸同士では、極めて近いクローンであれば自己と認識されるが、異なるクローン同士では不和合反応を起こす (Worrall, 1997)。また、MCG は菌を対峙培養した際に肉眼的にコロニー間に帯線 (demarcation line) が観察されない集団であり、便宜上クローンあるいは近縁だと考えられる (図-3A)。一方、MCG の異なる二次菌糸同士を対峙培養した場合、その菌叢の境界には体細胞の不和合反応によって帯線が形成される (図-3B)。このことから、MCG は菌類の個体群分布構造を把握する判断材料となる。具体的には、多数の小さな MCG が分布する菌では胞子感染していることが示唆され、少数の大きな MCG が広範囲に分布する場合、根状菌糸束や樹木の根等を介しての無性的な感染が示唆される。

本菌においても二次菌糸同士を対峙培養して帯線を形成しない場合は同一 MCG と判断されることから、千葉県内の現地ナシ園において分離した *F. torreyae* 菌株について、1～3 の各規模で MCG の分布状況を調査した。

1 同一樹体内の調査

県内の罹病樹 11 樹からそれぞれ 2～4 菌株、計 40 菌株について MCG を調査した結果の一部を図-4 に示した。このうち 10 樹では、同一樹から得た菌株はすべて同じ MCG に所属した (図-4A～D)。このことから多くの罹病樹では、それぞれが一度の交配で生じた単一の二次菌糸によって腐朽が伸展、まん延しているものと思われた。一方、残る 1 樹では、同一樹から四つの MCG が検出されたが (図-4E)、これらは異なる主枝から分離されたものであり、それぞれ腐朽部位はつながってい

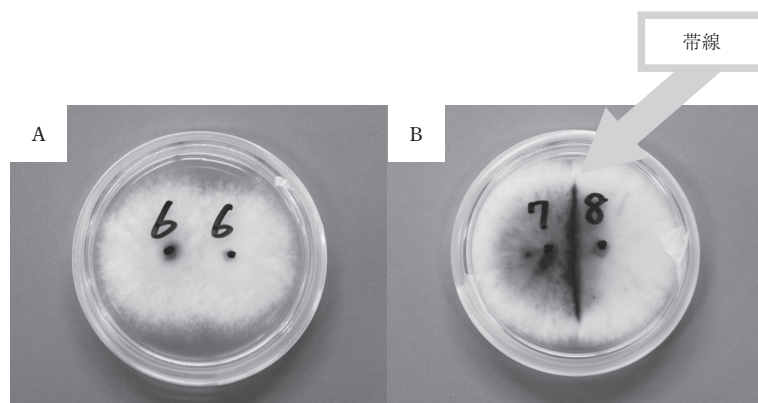


図-3 A: 同一 MCG 同士の対峙培養
B: 異なる MCG 同士の対峙培養

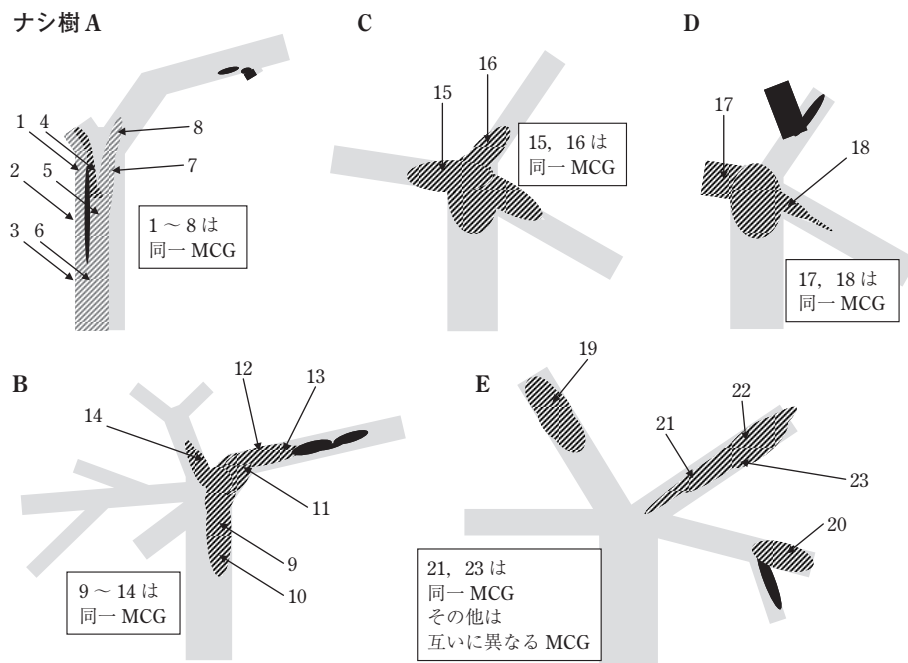


図-4 同一樹体内における MCG の分布調査

各番号は矢印の箇所から分離した菌株番号を示す。斜線で示した箇所は *F. torreyae* による、黒色で示した箇所は他種によると思われる材質腐朽組織をそれぞれ示す。

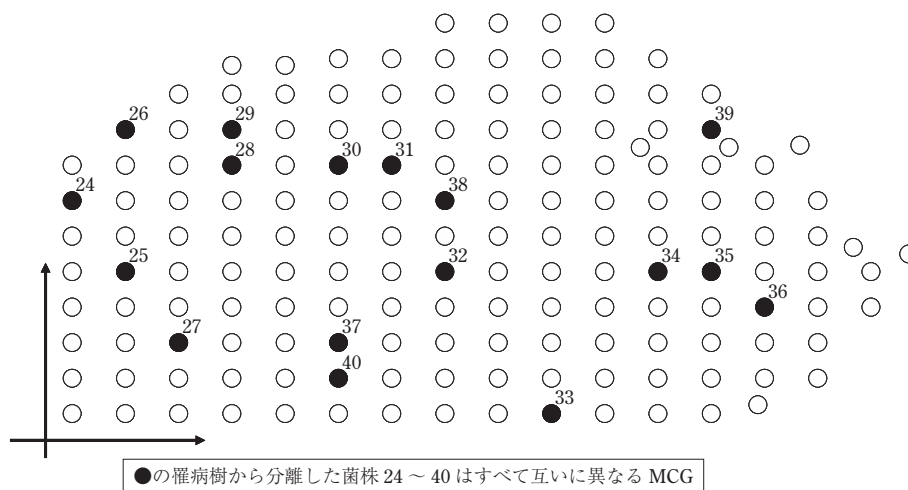


図-5 同一圃場内における MCG の分布調査

各番号は各罹病樹から分離した菌株番号を示す。

なかった。よって、これら四つの MCG は異なる時期、部位で感染したことが推察される。今後、調査事例数を重ねることや、継続調査を行うことで、一度感染した MCG がそこに長く存在するのか、あるいはダイモン交配（一次菌糸と二次菌糸の交配）や、胞子による感染が頻繁に起きて MCG が変化していくのかを議論できると

思われる。

2 同一園内の異なる樹の調査

同一園内の異なる樹から得た菌株（5 圃場 26 樹から各 1 菌株、計 26 菌株）はすべて異なる MCG に所属した。この調査のうち、S 市内の圃場の様子を図-5 に示した。園内で供試した 17 菌株の総当たりの組合せのうち、隣

接するナシ樹分離菌の組合せは 6 通りあったが、その場合でもすべて異なる MCG であった。このことから、根状菌糸束等土壤中を菌糸が伸展することによる無性的な伝染、腐朽した根の接触による感染や剪定時の鋏、鋸を介しての伝染は起きていないと考えられる。これら菌株については、今後 SSR マーカーなどを用いて調査を行い、親子関係などを調べることで、現地圃場ではナシ園内に存在する同一あるいは少数の子実体を伝染源として本病がまん延しているのか、あるいはナシ園内外の多数の子実体から飛来する担子胞子が伝染源となって、多様な MCG が園内に存在しているのかを議論できるものと思われる。

3 異なるナシ園間の調査

県内の異なる圃場から得た菌株 (12 圃場から各 1 菌株、計 12 菌株) はすべて異なる MCG に所属した (データ略)。ナラタケ病菌では同一の MCG が国内から広く検出されたとする報告がある (Ota et al., 2000)。今回は調査規模が小さいものの、感染樹の穂木などによる接ぎ木伝染や、汚染土の移動による伝染といったことを示唆する事例は確認されなかった。

以上から、本病菌がほぼ有性生殖による感染拡大、すなわち担子胞子の飛散により感染拡大していることが示唆された。一方で、無性的な感染拡大、すなわち感染根、接ぎ木、剪定道具等を通じての感染を示唆する結果は見られなかった。本病の防除法として子実体を除去することの重要性が再確認された。今後はナシ樹における感染経路を明らかにするとともに、本病菌の胞子による接種

方法を確立する必要がある。

III *Fomitiporia torreyae* の担子胞子の飛散消長

これまで述べてきたように、本病菌は主に担子胞子の飛散によって感染拡大していることが示唆され、本病の防除法としては担子胞子の飛散を阻害することが有効であると考えられる。この対策を効果的に行うためには防除時期の特定が必要である。そこで、本病菌の飛散消長を調査した (金子ら, 2014)。

1 野外試験

2008～11 年に野外において、延べ 8 個の子実体を供試し、それらの直下にグリセリンゼリーを塗抹したスライドガラスを設置して担子胞子を採取した (図-6, 口絵②)。その結果、この 4 年間における胞子飛散は断続的であったものの、その開始時期は 5 月 31 日～7 月 7 日、



図-6 ナシ萎縮病菌 *F. torreyae* の子実体およびその胞子の捕捉の様子

表-1 ナシ萎縮病菌の各子実体における担子胞子の飛散開始日と終了日 (金子ら, 2014 改変)

調査年	子実体名	調査期間	胞子飛散期間 ^{a)}		梅雨時期 (頃) ^{b)}	
			開始月日	終了月日	梅雨入り	梅雨明け
2008	市原 A	6 月 12 日～12 月 26 日	6 月 19 日	11 月 21 日	5 月 29 日	7 月 19 日
2009	市原 A	1 月 1 日～12 月 25 日	6 月 27 日	11 月 10 日	6 月 3 日	7 月 14 日
	市原 B	1 月 19 日～12 月 25 日	7 月 7 日	11 月 10 日		
2010	市原 A	1 月 9 日～12 月 24 日	6 月 29 日	11 月 9 日	6 月 13 日	7 月 17 日
	市原 B	1 月 9 日～12 月 24 日	6 月 29 日	11 月 15 日		
2011 ^{d)}	市原 A	1 月 3 日～12 月 26 日	5 月 31 日	11 月 21 日	5 月 27 日	7 月 9 日
	市原 B	1 月 3 日～12 月 26 日	5 月 31 日	11 月 21 日		
	一宮 A ^{c)}	3 月 9 日～12 月 26 日	5 月 31 日	11 月 21 日		

a) 担子胞子が捕捉された年月日をもって担子胞子が飛散した年月日とみなした。

b) 気象庁発表。

c) 調査期間中は子実体を寒冷紗で被覆した。

d) 夏季中はスプリンクラーあるいはホースを用いて散水した。

表-2 温度がナシ萎縮病菌の担子胞子の飛散に与える影響^{a)}

温度 (℃)		設定温度下での経過日数 (日後) ^{b)}								設定温度解除後の 胞子飛散の再開 ^{c)}
設定	実測	1	2	3	4	5	6	7	8	
10	12.3	8	3	2	0	0	0	0	0	+
15	14.0	117	10	4	2	2	1	0	0 ^{d)}	+
20	19.8	444	269	1,084	824	125	864	804		/
25	24.5	49	77	159	228	414	74	702		/
30	29.5	85	142	32	24	20	29	12		/
35	34.9	2	0	0	0					-

^{a)} 金子ら (2014) を改変.

検鏡時における捕捉用スライドグラス上の 3 視野に観察された担子胞子の個数の合計 (1 反復).

^{b)} 各温度に設定後の経過日数を示す. ただし, 直前までは 25℃ で飛散の再開を確認した. 空欄は調査せず.

^{c)} 各温度の調査後, 25℃ に戻して 3 ~ 6 日間胞子の飛散の再開の有無を調査した.

+ ; 飛散が再開した, - ; 飛散が再開しなかった, / ; 飛散は停止せず, 継続を確認した.

^{d)} 13 日後まで 0 であった.

表-3 乾湿がナシ萎縮病菌の担子胞子の飛散に与える影響 (金子ら, 2014 改変)^{a)}

乾湿	子実体名	設定乾湿条件下での経過日数 ^{b)}							設定条件解除後の 胞子飛散の再開 ^{c)}
		1	2	3	4	5	6	7	
乾燥	市川 A	3	4	0	0	0	0	0	+
乾燥	市川 B	164	203	0					+
湿潤	市川 A	1,301	1,345	1,139					/
湿潤	市川 B	49	77	159	228	414	74	702	/

^{a)} 検鏡時における捕捉用スライドグラス上の 3 視野に観察された担子胞子の個数 (1 反復).

^{b)} 25℃ 設定の室内で乾燥条件下と湿潤条件下に置いた後の経過日数を示す.

ただし, 直前までは 25℃ の湿潤条件において胞子飛散を確認した. 空欄は調査せず.

^{c)} 各乾燥条件下での調査後, 湿潤条件下に戻して飛散の再開の有無を調査した.

+ ; 飛散が再開した, - ; 飛散が再開しなかった, / ; 飛散は停止せず, 継続を確認した.

終了時期は 11 月 10 日 ~ 11 月 21 日の間であった (表-1)。一方で, 12 月から翌年の 5 月までは担子胞子の飛散はほとんど認められなかったことから, 飛散期間はおおむね 6 ~ 11 月であると考えられた。また, この期間中における飛散の中断時期は, 降雨のない日が継続した時期 (主に夏季) とおおむね一致した。そこで, 2011 年の夏季に供試子実体に散水を適宜行ったところ, 胞子の飛散はほとんど中断しなかった。

2 室内試験

室内試験において, 気温と水分条件が本病菌の胞子飛散に与える影響を調査した。その結果, 本菌の胞子の飛散は 20 ~ 30℃ で起こったが, 10, 15 および 35℃ では胞子の飛散は停止した (表-2)。なお, 10, 15℃ において胞子飛散が停止した子実体を 25℃ 条件下に戻すと胞

子飛散は再開したが, 35℃ において胞子飛散が停止した場合は 25℃ 条件下に戻しても, 胞子飛散は再開しなかった。また, 乾燥条件が継続することでも, 胞子の飛散は停止することが明らかとなった (表-3)。乾燥条件後, 湿潤条件下に戻すことで胞子飛散は再開した。このように, 気温と水分条件は胞子形成およびそれに続く飛散に影響を与えていることが明らかとなった。

お わ り に

近年, ナシ萎縮病の病原菌が明らかになり, 本稿で述べたように, 本病は主に担子胞子で感染拡大していることが推定された。このことから, ナシ萎縮病の耕種の対策として, 圃場およびその周囲も含め, 伝染源である子実体の除去や, 子実体が形成される可能性のある枯死枝

や切り株の処分が重要と考えられる。この耕種的防除は随時行うべきであるが、担子胞子は1年間のうち6～11月という長い期間にわたって飛散していたことから、特に、この期間中(6～11月)は見つけ次第、子実体を削り取る、あるいは形成している枝ごと処分する必要がある。

引 用 文 献

- 1) 金子洋平ら (2012): 日植病報 **78**: 159～168.
- 2) ———ら (2014): 同上 **80**: 3～10.
- 3) ———ら (2015): 関東東山病害虫研報 **62**: 55～59.
- 4) Ota, Y. et al. (2000): Mycol. Res. **104**: 1046～1054.
- 5) 関本美知 (1978): 農業および園芸 **53**: 1265～1266.
- 6) Worrall, J. J. (1997): Mycologia **89**: 24～36.

新しく登録された農薬 (28.5.1～5.31)

掲載は、**種類名**、登録番号:**商品名**(製造者又は輸入者)登録年月日、有効成分:含有量、**対象作物**:対象病害虫:使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、**適用作物**、**適用雑草**等を記載。

「殺虫剤」

●メタアルデヒド粒剤

23799:住友化学ジャンボたにくん(住友化学)16/5/11
メタアルデヒド:5.0%

稲:スクミリンゴガイ:収穫60日前まで

●アセタミプリド液剤

23801:イマージ液剤(日本曹達)16/5/25

かき:カキノヘタムシガ:収穫前日まで

うめ:アブラムシ類:収穫前日まで

かんきつ:アブラムシ類:収穫14日前まで

トマト、きゅうり、なす:アブラムシ類:収穫前日まで

はくさい:アオムシ:収穫14日前まで

キャベツ:アオムシ:収穫7日前まで

まつ(生立木):マツカレハ:幼虫発生前から幼虫発生期

まつ(生立木):マツノマダラカミキリ成虫:成虫発生直前から発生初期

樹木類(つつじ類、とちのき、プラタナス、さんごじゅ、ひいらぎもくせい、いぬまき、あじさいを除く):アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類:発生初期

つつじ類:カイガラムシ類、ケムシ類、ツツジゲンバイ、アブラムシ類、チュウレンジハバチ:発生初期

あじさい:コガネムシ類、アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類:発生初期

とちのき:アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類、トチノキヒメヨコバイ:発生初期

プラタナス:アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類、プラタナスゲンバイ:発生初期

さんごじゅ:サンゴジュハムシ、アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類:発生初期

ひいらぎもくせい:ヘリグロテントウノミハムシ、アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類:発生初期

いぬまき:キオビエダシャク、アブラムシ類、カイガラムシ類、ケムシ類:発生初期

ばら:チュウレンジハバチ、アブラムシ類:発生初期

花き類・観葉植物(ばらを除く):アブラムシ類:発生初期

「植物成長調整剤」

●トリオレイン酸ソルビタン乳剤

23800:パルカット(日油)16/5/25

トリオレイン酸ソルビタン:66.5%

すぎ:雄花の成長抑制