

Monilinia fructigena によるリンゴ灰星病の発生生態

青森県りんご試験場 雪田金助

はじめに

Monilinia fructigena によるリンゴ灰星病は、1993年のニュージーランド、1994年のアメリカと、相次いで解禁されたリンゴ生果実の輸出にかかわる検疫対象病害虫の一つとして、にわかにクローズアップされた果実腐敗性の病害である。しかし、本病はわが国において、落下果実や加工用果実などの障害果のほか、ごくまれに貯蔵果実（照井、1959）に発生する程度で、リンゴ園からの被害報告は全くみられていない。青森県では1918年に初めてりんご病害虫防除暦を作成し、これ以降種々な病害虫の発生動向に応じて改訂を繰り返してきたが、これをみても今日までの間に一度も本病を防除対象として取り扱ったことがない。このため、発生生態や防除法については、ほとんど未検討のままになっている。

このようなことから、リンゴ生果実の輸出指定園地では本病の防除対策のみならず、それぞれの国別に定められた「輸出りんご検査実務要領」で求められている発生調査等を円滑に遂行できないおそれも想定される。そこで、各種の接種試験を行って花腐れの症状や果実の感受性推移、伝染源、菌生菌として知られているチャイロミ菌核病菌 *Lanbertella corni-maris* (原田ら、1990) のリンゴ園内での本菌菌核への寄生などを明らかにした(雪田ら、1995 a, b, 1997)。これらの発生生態解明は、輸出指定園地での防除対策や発生調査等の参考になると思われるので、その概要を紹介する。

I 接種試験で発現した花腐れの症状

ニュージーランド向けのリンゴ輸出指定園地では、開花期における発生調査が求められているが、わが国ではこの時期に本病が発生したという報告はみられない。*Monilinia* 属菌は一般に、分生子間に分離器を有する有分離器群とこれを欠く無分離器群に大別され、*M. fructigena*, *M. fructicola* および *M. laxa* の3種が無分離器群に区分されている(原田、1985; BATHA, 1988)。有分離器群の子のう胞子では発芽後間もない稚葉が感染して葉腐れを生じるのに対し、無分離器群の子のう胞子

では花卉が感染して花腐れを生じるという特徴がある。そこで、ポット植え‘ふじ’の中心花が開花直前となったときに、花そうの全体に本菌を噴霧接種し、花腐れ発生の有無を検討した。接種源として、本菌の子のう盤を野外から採取することも、人工培養することも困難であったので、‘国光’の果実で培養した分生子(原田ら、1993)を接種に用いた。接種後のポットは20°C・湿室に1日間保持したのち、温室で2週間管理し、その後野外へ移した。

その結果、接種1~2日後に発病が認められ、花卉には淡褐色~褐色、不正形の病斑を生じた(口絵写真①)。これらの花卉は萎凋して花そうから自然に脱落したが、一部はそのまま残って花卉全体が褐変し、やがてがく片や子房、さらには花柄から果台へと病斑が拡大した。接種7~10日後になると、花そう全体が萎凋して花腐れとなった(口絵写真②)。野外に移して間もなく、果台の付近に少量の分生子堆を形成したが、これ以降は翌年の5月末まで分生子堆の形成は認められなかった。

このような発病推移から、本病の花腐れは花卉感染に起因すると考えられた。そこで、20°C・湿室の条件下で、‘ふじ’の花卉、がく片、子房および展葉直後の新梢葉それぞれに、分生子を無傷または有傷接種した。その結果、花卉に対する無傷接種では褐色の病斑が花卉全体に広がり、がく片や子房、さらには花柄へと連続的に病斑が拡大することを再現できた(表-1)。これに対して、がく片、子房および新梢葉では無傷接種、有傷接種のいずれにおいても、ほとんど発病しなかった。

北島(1989)は、北海道において1894年と1901年に本菌による病害として報告された果樹のモニリア病また

表-1 無傷接種した花卉からの各部への発病推移

調査部位	接種後の日数と発病程度 ^{a)}				
	1	3	5	7	10
花 弁 ^{a)}	+	+++	+++	+++	+++
がく弁	-	-	+	+++	+++
子 房	-	-	-	+++	+++
花 柄	-	-	-	++	+++

a) : 1枚の花弁中央部に(品種:ふじ)分生子を無傷接種し、20°C・湿室で培養。

b) : -は発病なし、+は数が多いほど発病程度が高い。

Apple Brwon Rot Caused by *Monilinia fructigena*. By Kinsuke YUKITA

(キーワード: リンゴ灰星病, *Monilinia fructigena*, 発生生態)

は花腐れ病は、リンゴモニリア病 (*M. mali*) と混同したものであろうと考察している。本接種試験で発現した花腐れも、外観的にはリンゴモニリア病の花腐れと類似していたが、以下の点で両者を明確に識別できた。すなわち、リンゴモニリア病では葉に褐色、不正形の病斑を形成して特有の臭いを発するが、本病では葉に病斑を形成せず、特有の臭いもなかった。

II 花腐れの自然発生

筆者らは、青森県のリンゴ園において、1994~96年の3年間に合計で約180か所の園地を調査したが、本病の花腐れを全く確認できなかった(未発表)。また、1994年と1995年には、殺菌剤無散布の約10年生‘ふじ’の樹冠上部に伝染源として多量の分生子を形成している被害果を吊り下げて自然感染を試みた。その結果、1995年に供試した3樹のうちの1樹に、1個の花腐れが発生した。これを詳細に観察すると、伝染源に直接接触する位置にあった花そうが発病したもので、きわめて特異な事例と判定された。

青森県のリンゴ園では5月上旬の開花直前に、黒星病、赤星病およびうどんこ病を防除するために、ピテルノールやトリフルミゾールなどのEBI剤を散布する。これらの薬剤は、本病の花弁感染に対しても高い防除効果を示すことが室内試験で明らかにされている(雪田, 未発表)。よって、輸出指定園地においても本病の防除対策上、特別な散布体系を組む必要がないと考えられる。

今後の検討課題として子のう胞子を接種源とした場合の試験が残されているが、120年間あまりのリンゴ栽培の中で花腐れの報告がないこと、殺菌剤無散布の条件下でも花腐れの発生がきわめてまれであったこと、現在使用されている薬剤のほとんどが高い防除効果を示すことから、実際のリンゴ園では本接種試験で発現したような花腐れが発生する可能性はきわめて低いと考えられた。

III 果実の感染部位と感受性の推移

台風などの強風による落下や雹害、鳥害などで果実に生じた傷から本菌が侵入しやすいことは経験的に知られているが、新たにモモシクイガ (*Carposina niponensis*) の食入やこうあ部裂果に伴う傷からも侵入することを明らかにした。これらの果実は商品価値そのものが低下していることから、感染の有無にかかわらず輸出されることはない。果実に生じた傷の感受性期間はきわめて短く、1日後には感染が難しくなる(BYRDE, 1951)。しかし、輸出指定園地では本菌の密度を高めないためにも、落下果実などの障害果を速やかに処分する必要がある。

BYRDE (1951) は、傷をつけた‘Laxton’s Superb’の果実では比較的気温の高い9月前半には高い感受性を示すが、気温の低下する9月後半には感受性が低下することを認めている。しかし、図-1に示した‘ふじ’の果実を用いた有傷での接種試験では、6月下旬~7月上旬から感受性が高くなり、その状態が10月下旬の収穫期直前まで続いた。このような感受性の高まりはヨウ素・ヨウ化カリウム液(水:100 ml, ヨウ化カリウム:5g, ヨウ素:1g)染色による果実へのデンプン蓄積のパターンとほぼ一致していた。デンプンが消失し始める9月中旬以降も感受性の高い状態で推移したので、デンプンの蓄積は感受性の変動と直接関係していないことになるが、ヨウ素・ヨウ化カリウム液によるデンプン反応は、幼果期における感受性の高まりを予測するための簡易な手法として活用できると考えられる。なお、無傷接種では全期間を通して、全く発病しなかった(図-1)。

IV 伝染源としての越冬菌核の役割

本病の発生生態を解明するためには、伝染源の所在を明確にしなければならない。そこで、表-2に示した4種類の菌核を供試して、子のう盤の発生と分生子堆の形

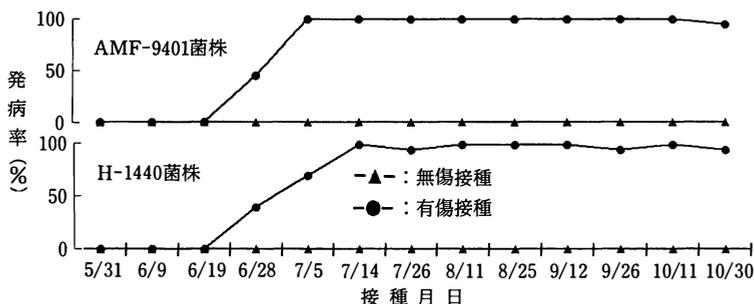


図-1 圃場条件下の‘ふじ’果実における感受性の経時的変化

表-2 供試菌核の由来と設置場所

菌核	由来	設置場所
A	1994年11~12月, りんご試B13号圃 'CG-55' の果実に自然発病したもの.	草生栽培の 'CG-55' の樹冠下.
B	1994年7月18日, 'ふじ' の幼果に本菌を接種し, 20°Cで2週間培養後, 「1日間流水に浸漬, 6日間陰干し」の処理を11月中旬まで繰り返したものの.	鹿沼土を敷き詰めた木枠内, ほぼ毎日灌水.
C	1994年10月18日, 'ふじ' の果実に本菌を接種し, 20°Cで3週間培養したもの.	草生栽培の 'ふじ' の樹冠下.
D	1994年11月7日, 'ふじ' の熟果に本菌を接種し, 20°Cで2週間培養したもの.	Bと同じ.

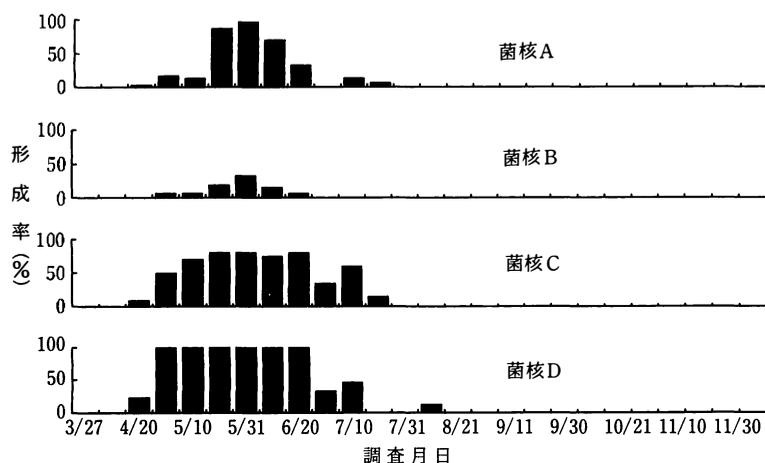


図-2 リンゴ灰星病菌の越冬菌核における分生子の形成消長

成消長を調査した。

その結果, リンゴ樹冠下に設置した菌核 A および菌核 C のみならず, ほぼ毎日灌水して湿潤な状態を保持した菌核 B および菌核 D でも, 1995年の3月から96年12月までの試験期間中, 本菌の子のう盤は全く発生しなかった。このため, 本試験では伝染源としての子のう盤の役割を明らかにすることができなかった。Batraら (1986) は, 1981年5月に青森県平賀町のリンゴ園で子のう盤を採取し, これが花腐れの伝染源となり得ることを示唆した。しかし, 本子のう盤の発見はきわめてまれなことで, Batraらの報告がドイツ, イタリア, ソビエト (当時), デンマークおよびアメリカに次いで6番目の例であった。Jones (1990) も, 子のう盤の発生はまれであると述べ, 樹上に残された被害果の果柄や短果枝腐れを翌年の主要な伝染源とみなしている。したがって, 子のう盤が伝染源となって, 花腐れが生じる地域は限られるものと推察される。なお, アメリカのメリーランド州では, 過去にナシの実験圃場で本病の発生を認め

ているが, 既に撲滅されたと報告されている (Jones, 1990)。

越冬菌核における分生子堆の形成消長を図-2に示した。分生子堆は1995年の5月上・中旬から6月上・中旬を最盛期として, 4月中・下旬から7月中旬頃まで長期間にわたって形成された。分生子堆はミイラ化した菌核の表面に生じ, 半円球~半だ円球上で灰白色~淡橙色, 大きさが2~3 mmである (口絵写真③)。分生子は発病直後の果実に形成されるものと比べて大きさ, 形, 病原性とも差がなかった。1菌核当たりの分生子堆形成量は菌核 D > 菌核 C > 菌核 A > 菌核 B の順で, 越冬時において菌核化が進んでいなかったものほど, また越冬後の環境が湿潤な状態にあったものほど, 形成量が多かった。

青森県では, 5月10日前後にリンゴが開花する。よって, 越冬菌核は花腐れの伝染源になり得るものと考えられるが, 先の花腐れの自然発生の項で述べたように, その可能性はきわめて低い。このことは, 菌核 A およ

び菌核Cを設置したリンゴ樹に花腐れが全く発生しなかったことから裏付けられる。

図-1に示した果実の感受性推移と図-2の越冬菌核における分生子堆の形成消長を重ね合わせると、6月下旬から7月中旬ころまでの約1か月間が感染時期と考えられる。しかし、この時期は本菌が感染するような傷が果実に生じることはまれで、感染の危険性は低い。にもかかわらず、菌核Aを設置した圃場において、摘果作業によって地表面に落とされた果実に本病が発生し、多量の分生子堆を形成している事例が認められた(口絵写真④)。これらの果実は感受性が高まり始める6月下旬に摘果したものであり、精査した結果、果実にはロータリー式の草刈り機による傷が生じていた。これらのことから、越冬菌核上の分生子が傷の付いた摘果果実に感染し、その被害果に形成される分生子が第二次伝染源となって、'ピスタベラ'や'つがる'など早生種の熟果の落下果実や鳥害などの被害を受けた障害果に感染し、さらにそれらが伝染源となって、'千秋'や'スターキングデリシャス'など中性種、'ふじ'など晩生種の傷ついた熟果へと順次、感染を繰り返すものとみなされる。摘果果実が伝染源となる例は、*M. fructicola*によるモモ(LANDGRAFら, 1982)やネクタリン(HONGら, 1997)の灰星病でも認められている。

V チャイロミ菌核病菌の寄生

先に述べた子のう盤の発生調査で、リンゴ園の樹冠下に設置した菌核Aおよび菌核Cに、越冬後の9月以降に多数の子のう盤が発生した(口絵写真5)。これらの子のう盤は盤径2~11mm、菌柄3~7mm、子のうは大きさ $117.0 \times 7.6 \mu\text{m}$ 、子のう胞子は大きな2個の油滴をもち、褐色~暗褐色、単胞、卵形~だ円形、大きさ $10.4 \times 5.2 \mu\text{m}$ であった(口絵写真6)。未熟な子のう胞子はほとんど無色で、これが成熟するにつれて褐色~暗褐色になるという特徴もみられた。本分離菌株はPDA

培地やリンゴ果実で培養してもモニリア型の分生子を全く形成しなかった。これらのことから、本子のう盤をTERUIら(1969)が秋田県花輪町のリンゴ園で採取したものと同一、チャイロミ菌核病菌 *L. corni-maris* と同定した。したがって、リンゴ灰星病菌 *M. fructigena* をリンゴ果実に接種して一定期間培養し、越冬させた菌核から接種菌とは異なる菌の子のう盤が発生したことになる。

この不思議な現象を解明するため、原田ら(1990)はリンゴ果実への同時接種を行っている。これによると、果実の腐敗と菌核化は最初、*M. fructigena* のほうが優勢に進行するが、接種1か月以上経過すると *L. corni-maris* の菌核形成が顕著となり、接種2か月後には果実のほとんど全体が *L. corni-maris* の菌核のみで占められ、接種10か月後には *L. corni-maris* の子のう盤が多数発生する。すなわち、リンゴ果実上で *M. fructigena* から *L. corni-maris* への菌の交代が行われたのである。本調査で *L. corni-maris* の子のう盤が発生した理由も、これによって説明できる。

リンゴ園内における *L. corni-maris* の子のう盤の発生消長を図3に示した。越冬1年目の1995年には菌核A、菌核Cとも9月上・中旬から子のう盤が発生し始め、11月下旬に終息した。越冬2年目の1996年になると、菌核Cでは前年とほぼ同じ時期に子のう盤が発生したが、菌核Aでは全く発生しなかった。この違いにはネズミやナメクジなど小動物の加害による菌核崩壊が菌核Aでより激しかったことが関係していた。したがって、条件が良ければ同じ菌核から少なくとも2年間継続して *L. corni-maris* の子のう盤が発生し得るものと言える。

図-3の発生消長から考えると、*L. corni-maris* が菌核Aおよび菌核Cに寄生した時期は、菌核を設置して間もない11月下旬ころと推察される。なお、菌核Bおよび菌核Dでは子のう盤が全く発生しなかったが、こ

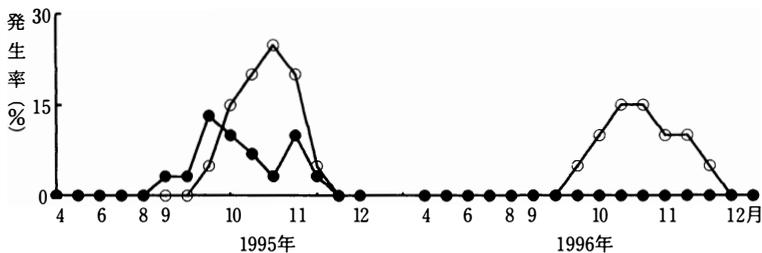


図-3 リンゴ灰星病菌の越冬菌核におけるチャイロミ菌核病菌の子のう盤発生消長
●: 菌核A, ○: 菌核C

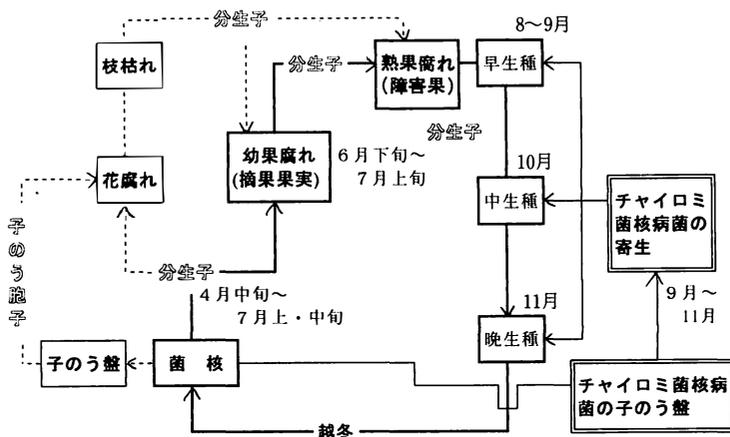


図-4 リンゴ灰星病菌の生活環
.....は未確認

これはリンゴ園から 50~100 m 離れたところに設置したことによると考えられた。

おわりに

リンゴ灰星病菌の生活環の模式図を図-4 に示した。第一次伝染源は越冬菌核上の分生子である。これが感受性の高まり始める 6 月下旬~7 月上旬の摘果果実に感染して、第二次伝染源となり、傷ついた早生種から晩生種の熟果へと感染する。これら被害果はしだいに菌核化が進み、越冬して翌年の伝染源となる。これらのことを考慮すると、輸出指定園地では被害果の処分とともに、摘果を 6 月中旬までに終えることが望ましい。

菌核由来の子のう胞子あるいは分生子による花腐れの感染経路については、不明な点も残っている。しかし、先に述べたように、今のところ本生活環では重要性が低いものと判断される。

チャイロミ菌核病菌の寄生は、本菌の生活環を考える上で軽視できないものと思われる。特に、リンゴ灰星病菌による熟果腐れの発生する時期とチャイロミ菌核病菌の子のう盤が発生する時期 (9~11 月) が一致している

ことは、寄主菌と菌生菌という両菌の立場の違いを考慮に入れると、興味ある現象といえよう。

引用文献

- 1) BATRA, L. R. and Y. HARADA (1986) : Mycologia 78 : 913~917.
- 2) ——— (1988) : ibid. 80 : 660~664.
- 3) BYRDE, R. J. W. (1951) : Ann. Rept. Long Ashton Res. Sta. for 1951, 128~131.
- 4) 原田幸雄 (1985) : 今月の農業 29(11) : 48~56.
- 5) ———・佐々木将人 (1990) : 菌草研報 28 : 275~285.
- 6) ———ら (1993) : 日植病報 59 : 293~294. (講要)
- 7) HONG, C. X. et al. (1997) : Plant Dis. 81 : 519~524.
- 8) JONES, A. L. (1990) Compendium of apple and pear diseases, APS Press, USA, p. 32.
- 9) 北島 博 (1989) 果樹病害各論, 養賢堂, 東京, p. 133~134.
- 9) LANDGRAF, F. A. et al (1982) : Phytopathology 72 : 185~190.
- 11) 照井陸奥生 (1959) : 弘大農報 5 : 58~62.
- 10) TERUI, M. et al (1969) : Trans. Mycol. Soc. Japan 9 : 131~136.
- 12) 雪田金助・藤田考二 (1995 a) : 日植病報 61 : 229~230. (講要)
- 13) ——— (1995 b) : 同上 61 : 641~642. (講要)
- 14) ——— (1997) : 同上 63 : 212~213 (講要).