

## 課題1. 「リンゴ主要病害に対する気象データ活用や遺伝子検定手法等による新たな発生予察法の開発」

### (1) 農研機構植物防疫研究部門（盛岡）

担当機関・部署	農研機構植物防疫研究部門果樹茶病害虫防除研究領域
担当者	永坂 厚・佐々木厚子・須崎浩一

#### 1. 背景および目的

リンゴの黒星病や褐斑病は春季の気温上昇を背景とした早期感染による多発生が懸念されており、その防除には予察情報の早期提供が必要である。また、これら病害の予察調査にあたっては、初期病斑の区別が難しいという課題があり、迅速かつ簡易な診断法が求められている。加えて、子う胞子飛散調査では、顕微鏡観察による胞子形状の識別への熟練が必要であり、今後人員が限られる中でより簡便に取り組める手法開発が必要である。そこで、初期病斑の識別およびトラップに捕捉された子う胞子数についてLAMP法等の遺伝子検定で調査する手法を開発する。

#### 2. 方法

昨年度新規に設計した褐斑病菌の LAMPプライマーの適応性を参画県由来のサンプルを用いて検証するとともに、黒星病について既報のものより感度の高いプライマーを設計する。  
遺伝子検定に有望な両面テープ等捕捉媒体を組み込んだトラップで子う胞子を捕捉し、検出可能か検討する。

#### 3. 結果

昨年度構築した褐斑病菌の ITS 領域を検出する LAMP プライマーについて、検出感度を Zhang et al. (2015) の ITS 領域を検出する PCR 法と比較した。LAMP 法の検出限界は DNA 量として  $10^{-4}$  ng (=1pg) であり、PCR 法より 10 倍の感度があることを確認した。また、青森、岩手、秋田、山形、福島および長野県の菌株由来の DNA と反応することを確認した（データ省略）。本法により褐斑病の病斑からの検出が可能かを確認するため、農研機構盛岡研究拠点内の圃場から罹病葉を採取し、その病斑から市販の抽出キットを用いて DNA を抽出し検出を試みたが、反応が得られなかった。しかし、簡易的な DNA 抽出法であるキレックス法で抽出すると反応が得られる場合があった（図 1）。福島および長野県で採取した罹病葉の病斑を対象とした場合にも一部のサンプルで反応が得られた（表 1）。

黒星病の LAMP プライマー設計については、プライマー ITS1F-ITS4 を用い、病斑から直接増幅した産物または分離菌株からの産物について、長野 8 菌株、秋田 4 菌株、岩手 1 菌株、山形 1 菌株のシーケンズを行った。これらに加えて、ジーンバンクサイトに

ある北海道 3 菌株、秋田 3 菌株、青森県 4 菌株のデータを追加し、アラインメントした。その結果、これらはすべて青森県で見られた 4 種の多形 (Haplotype I, II, IV and New) と変異の位置が一致したことから、この位置にアニーリングしないプライマーを設計した。また ITS1F と ITS1 の間に 400bp 程度のイントロンが存在したことから、この位置についてもプライマーを設計した (データ省略)。

LAMP 法を用いた褐斑病の子のう胞子検出について、4 月上旬より屋外で大型ポット (直径約 40cm) 内に、前年の被害落葉とともに吸引式胞子トラップ (長野県果樹試験場より情報提供) を設置し、その捕捉物を対象に実施した。捕捉のためスライドグラス大の透明プラスチックシートへ張り付けた両面テープ (NITTO PROSELF No. 539、約 40 × 20 mm) をトラップ内に設置した。同テープはこれまで顕微鏡観察による子のう胞子飛散消長調査に用いられており、また、昨年度テープ上の黒星病菌の分生胞子からキレックス法による DNA 抽出が可能なことを確認している。捕捉物はトラップのスリット状の取り入れ口により、テープの長辺方向にそって中央部に帯状に付着する (図 2)。概ね降水日毎に両面テープを交換し、半分としたもの (約 20 × 20 mm) を顕微鏡観察に供し、残りを冷凍保存 (-30℃) した。冷凍保存したテープより、切断部から 5mm 幅を切り出し、キレックス法により DNA を抽出して LAMP 法による検出を行った。その結果、陽性反応が 4 月 19 日から 5 月 11 日までの期間に採取した捕捉物の一部で確認された (表 2)。擬陽性反応は 5 月 18 日までの期間にも認められた。陽性反応が得られたサンプルには、気象データから 1st ピーク (=感染開始) 条件を満たす樹体濡れ時間と平均気温 (6h、13.8℃、猫塚ら 2023) が観測された日 (4 月 20 日、5 月 11 日) のものが含まれていた (表 2)。圃場での初発調査の結果からは感染開始日が 5 月 11 日、あるいはその前の 5 月 4 日と推定された。なお 5 月 4 日の樹体濡れ時間と平均温度は 1st ピークの条件を完全には満たしておらず、トラップ捕捉物からの検出結果は擬陽性のみであった (表 2)。顕微鏡による子のう胞子の計測数からは、胞子飛散の 1st ピーク (子のう胞子数の最大値の 5% が最初に見られたサンプル) が 4 月 17~19 日の設置期間で確認された。この期間は LAMP による反応が得られなかった (表 2)。4 月 17 日~5 月 18 日までの LAMP 検出結果は、子のう胞子の計数結果との間に相関関係が確認された (図 3)。

黒星病の子のう胞子の検出は、両面テープを入れた胞子トラップを落葉と共にインキュベーター内の容器に入れ、加湿により子のう胞子を放出させて捕捉したサンプルを対象に実施した。得られたサンプルは褐斑病菌と同様に半分を顕微鏡観察に、もう半分の一部を DNA 抽出に供して、得られた DNA 溶液から PCR による検出を試みた。なお PCR にはシトクロム b 遺伝子をターゲットとしたプライマー PS1 及び PR1 (Fontaine et al, 2008) による方法を用いた。その結果、供試した 6 サンプルのうち 2 サンプルは 1 μL の DNA 溶液で PCR を行った場合に、残りの 4 サンプルは 5 μL に増やした場合に得られた (表 3)。

褐斑病の病斑

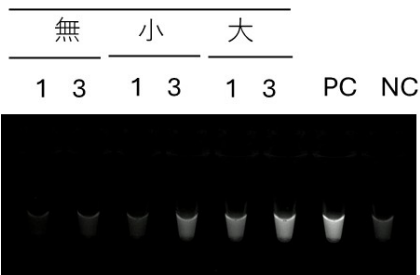


図1 褐斑病の病斑からの LAMP 検出結果

病斑小：褐変内に分生子堆が1つ、病斑大：分生子堆複数。

1=キレックス液 100 μL, 3=同 300 μL で抽出。

PC:ポジティブコントロール（褐斑病菌からの抽出 DNA）、NC:ネガティブコントロール（キレックス溶液）

DNA 抽出は 5%キレックス懸濁液中に病斑部を含む 3-5mm角の葉断片を入れて破碎後、3min 煮沸して行った。

表1 褐斑病の病斑からの LAMP 検出（福島県、長野県での採取葉）

採集地	病斑外観	LAMP検出結果
福島県		-
		-
		+
長野県		-
		-
		+

DNA 抽出は 5%キレックス懸濁液 300μL 中に病斑部を含む 3-5mm角の葉断片を入れて破碎後、3min 煮沸して行った。

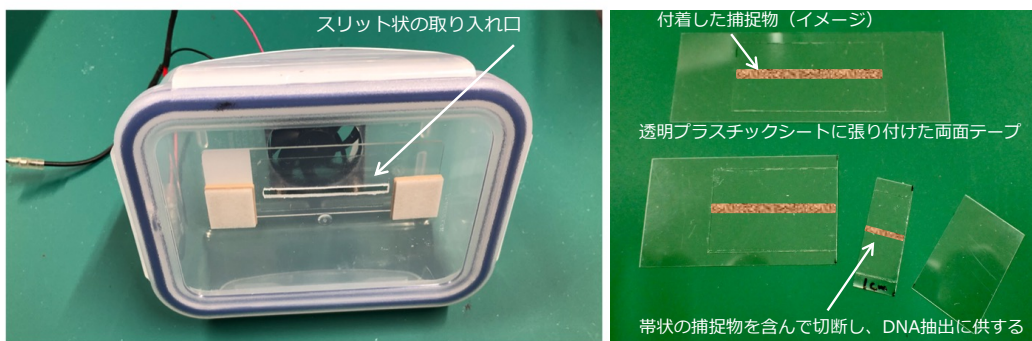


図2 左：吸引式孢子トラップ（長野県果樹試験場より情報提供）および右：トラップに組み込む捕捉用の両面テープ付き透明プラスチックシート

孢子トラップはスリット状の取り入れ口をもち、従来はその裏に両面テープ付きのライドグラスを固定して、捕捉物を顕微鏡観察に供する。ここでは、両面テープをライドグラス大の透明プラスチックシートに貼り付け、トラップに組み込んで捕捉する。捕捉物はスリット状の取り入れ口により、両面テープの長辺方向に沿った中央の帯状に捕捉される（右、上部）。DNA 抽出に供する場合、帯状の捕捉物が含まれるように 5-10mm 幅に切断したものをを用いる。

表2 トラップの捕捉物からの LAMP による褐斑病菌検出と初発推定

捕捉用テープ	LAMP検出結果 <sup>1)</sup>	子のう胞子数 <sup>3)</sup>		樹体濡れ時間と平均気温 <sup>4)</sup>		初発推定 <sup>5)</sup>			
		A-1	A-2 B-1 B-2	A-1	濡れ開始から終了まで連続 (持続時間(h)、気温(℃))	6時間移動平均 (気温(℃))	生育ス テージ	推定 日	実 測
4/7 4/9	-2) - - -								
4/9 4/12	- - - -								
4/12 4/15	- - - -		1						
4/15 4/17	- - - -		0						
4/17 4/19	- - - - *		32	4/19 (27, 13.3)	4/18 (13.9)	展葉	5/9	×	
4/19 4/21	△ ○ △ - *		227	4/20 (9, 14.5)		展葉	5/11	×	
4/21 4/24	△ ○ △ - *		66	4/23 (4, 10.4)					
4/24 4/27	- - - - *		15	4/27 (16, 6.6)					
4/27 4/30	△ ○ △ - *		116	4/29 (3, 10.1) 4/29 (13, 8.6) 4/30 (12, 8.3)					
4/30 5/3	△ ○ △ - *		91	5/2 (14, 12.6)					
5/3 5/5	○ ○ △ △ *		180	5/4 (14, 11.1)	5/4 (13.5)	開花(5/5)	5/20	○	
5/5 5/8	○ ○ ○ - *		164	5/7 (5, 12.2) 5/7 (15, 11)					
5/8 5/11	○ ○ ○ ○ *		497	5/11 (29, 14.7)			満開	5/25 ○	
5/11 5/13	△ △ - - *		51	5/12 (3, 11.8)					
5/13 5/18	△ △ △ - *		29	5/18 (20, 16.9)					
5/18 5/23	- - - - *		8	5/21 (15, 13.9) 5/22 (3, 13) 5/20 (9, 11.8)					
5/23 5/26	- - - -								
5/26 6/1	- - - -								
6/1 6/5	- - - -								
6/5 6/12	- - - -								

- 1) トラップによる捕捉は農研機構盛岡拠点内の圃場2か所 (A、B) から採取した落葉を用い、それぞれ2反復で行った。
- 2) トラップから回収した捕捉用テープのうち 5×20mm を切り出してキレックス法(500μL の 5%キレックス懸濁液+75μL の 2mg/ml プロテアーゼ K 溶液に浸漬、56℃24hr 後に 10min 煮沸) により DNA 抽出を行い、LAMP 法により検出した。◎：陽性、○：擬陽性 (増幅産物は認められるが、メルトカーブのピークがポジコンとずれ)、△：擬陽性 (増幅産物量が少なく、ピークにずれ)、-：陰性
- 3) 圃場 A-1 の落葉より胞子を捕捉したテープの一部を切り出してラクトコットンブルーで染色し、顕微鏡下で計数して、18 × 18 mm の範囲にみられた数を示した。数字の左側にあるバーは最大値(497)に対する割合。赤い背景は最大値に対して 5%以上。4/17-19 の計測数(32)は 1st ピークとみなされる。左側「\*」は LAMP 検出結果と子のう胞子数との回帰分析に使用したデータ。
- 4) 背景色を伴う白抜き文字は 1st ピーク (感染開始) 条件(6h, 13.8℃) を満たすもの。同じく黒字は同条件に近いもの。樹体濡れ時間はアメダスデータ (温度：盛岡、降水：滝沢) を用い、鈴木(2003)に基づき算出。
- 5) 推定日は感染開始を仮定した日から 159 日度 (℃、T<sub>0</sub>=4.6℃) を満たす日。実測は圃場 B で実施した無防除樹の初発調査 (13 樹、390 花そう、概ね半旬ごと) との比較結果。初発は 5/19 には認められず、5/23 に初めて確認された。

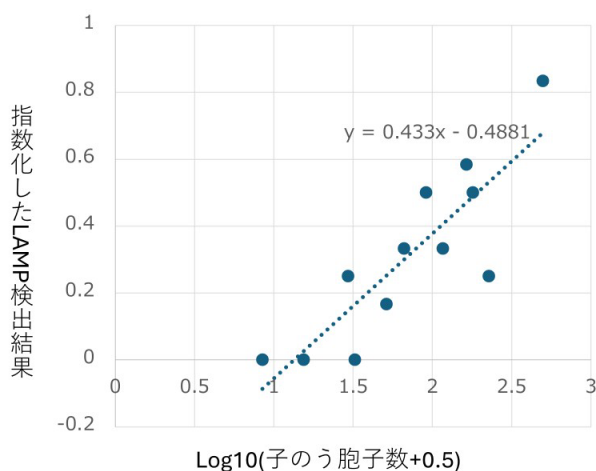


図3 LAMP 検出結果と子のう胞子数との回帰分析結果  
回帰分析は説明変数に子のう胞子数+0.5の常用対数値を、応答変数に指数化した LAMP 検出結果をとり、モデルに  $y=ax+b$  を仮定して行った。分析に供したデータは 4/17-5/18 の範囲。P 値は切片 b が 0.0112、係数 a が 0.0004。相関係数 R は 0.857 で強い相関が認められた。自由度調整済み R<sup>2</sup> は 0.709。  
・ 指数化した LAMP 検出結果 = (3×陽性◎ + 2×擬陽性○ + 1×擬陽性△) / 全サンプル数(4) × 最大指数(3)、取りうる範囲は 0-1。

表3 トラップの捕捉物からの PCR による黒星病菌検出

サンプル	子のう胞子 計測数 <sup>1)</sup>	PCRに供したDNA溶液量(μL)	
		1.0	5.0
A	2700	+	NT <sup>2)</sup>
B	809	-	+
C	551	+	NT
D	417	-	+
E	148	-	+
F	95	-	+

キレックス法(500μLの5%キレックス懸濁液+35μLの2mg/ml プロテアーゼK溶液に5×20mmに切断したテープを浸漬、56℃24hr後に10min煮沸)でDNA抽出してPCRを実施。

1)両面テープのうち18×20mmの範囲内に確認された子のう胞子数

#### 4. 考察

褐斑病を対象としたLAMP法は複数地域の病斑に対して反応を示した。ただし、病斑を対象とした検出はDNA抽出をキレックス法で行った場合であり、かつ陽性反応は供試したサンプルの一部に限られた。また、胞子トラップの捕捉物からの検出では、子のう胞子の数に応じた検出結果が得られているものと考えられたが、1stピークが生じたとみなされた4月17～19日のサンプルからは検出できなかった。いずれも検出感度の向上を必要とするものであり、対処法としてはLAMP反応液中のDNA溶液量を増やすことや、DNA抽出時のサンプル量とキレックス懸濁液量の比率、(病斑からの検出のみ)プロテアーゼKによる前処理の追加などが考えられた。胞子トラップの捕捉物からのLAMP検出結果を指数化したものは顕微鏡で計数された子のう胞子数と相関関係が確認されたことから、キレックス法で抽出したDNA溶液は胞子数の定量的解析に用いることができると考えられた。また黒星病菌の子のう胞子もキレックス法によるDNA抽出が可能と考えられた。LAMP法の結果が胞子数の定量的解析に用いることができる可能性を見出したが、現在は擬陽性としている検出結果が、比較的少ない胞子数のサンプルにより場合に生じるものか確認する必要がある。

#### 5. 今後の課題

LAMP法による病斑部およびトラップ捕捉物からの検出感度の向上。

LAMP法による胞子数の定量的解析の可能性の検討、あるいは他の定量的PCR法の適用の検討。

#### 6. 要約

褐斑病菌を対象としたLAMPが、PCR法と比較して検出限界が1/10程度低いことを確認

した。また農研機構盛岡拠点以外で採取した病斑への反応性を確認した。病斑を対象とした検出の場合、DNA抽出キットにより得たDNAでは反応が得られなかったが、キレックス法による粗抽出DNAでは反応する場合があった。黒星病菌を対象としたLAMPプライマーを新たに設計した。

LAMPを用いた褐斑病菌の子のう胞子検出について、屋外に設置した胞子トラップの捕捉物から胞子数に応じた反応が得られることを確認した。黒星病菌の子のう胞子については室内試験で胞子トラップの捕捉物からキレックス法によりPCRに適したDNAを抽出できることを確認した。

## 7. 成果の公表および特許

キレックス法を用いた黒星病菌の胞子からのDNA抽出法について論文投稿予定。

課題1. 「リンゴ主要病害に対する気象データ活用や遺伝子検定手法等による新たな発  
生予察法の開発」

(2) 青森県産業技術センターりんご研究所

担当機関・部署	青森県産業技術センターりんご研究所・病害虫管理部
担当者	平山和幸・八木橋素良・金枝怜

1. 背景および目的

褐斑病の一次感染時期の早期化は、気象データに基づく一次感染開始日推定モデルからも示唆されているがその実態は不明である。そこで、一次伝染源となる子う胞子の飛散消長を調査し、感染時期を明らかにする。また、樹上における褐斑病及び黒星病の発生消長を調査し、黒星病については気象条件に基づく感染危険度の評価も行う。

2. 方法

(1) 褐斑病の初発日推定

猫塚ら(2023)のモデルに基づき推定した。濡れ時間については、鈴木(2003)についても検討した；「濡れ」計測は降雨から開始し、日中では降雨終了2時間後まで、日没後では日の出2時間後まで継続しカウントした。また、降雨終了2時間以内又は日の出後2時間以内の降雨は、連続する濡れ時間とした。

(2) 褐斑病菌の子う胞子飛散消長

りんご研究所内の殺菌剤無散布圃に吸引式胞子採集器を地面から約10cm高で設置した。胞子採集器は回転式で粘着テープを用いて最長7日まで時間別に胞子採集が可能である。粘着テープは約1週間ごとに交換し、交換したテープは1日分の長さ(1cm×4cm)に切り、テープ上の付着胞子数を光学顕微鏡を用いて計数した。

(3) 暴露苗木及び立木における褐斑病初発調査

1/2000aワグネルポット植え‘ふじ’2樹を5月2日から5月30日まで7日間隔で所内殺菌剤無散布圃に暴露し発病の有無を調査した。また、同圃場において、5月16日から2～3日間隔で29年生の‘ふじ’/マルバカイドウ3樹を対象に、1樹あたり50個の花そうの全葉について目視で褐斑病の発病の有無を調査した。

(4) 褐斑病の新梢葉における発生消長

殺菌剤無散布圃の29年生の‘ふじ’/マルバカイドウを3樹供試し、1樹あたり10新梢の計30新梢を対象に、その全葉について発病葉率と落葉率を調査した。発病による落葉は、調査葉と発病葉に含めた。調査は6月上旬～9月下旬に、約5日おきに行った。

(5) 黒星病の子う胞子飛散消長

褐斑病の子う胞子飛散調査に準じて調査した。

## (6) 黒星病の新梢葉における発生消長と感染危険度の評価

### ア 発生消長

殺菌剤無散布圃の29年生の‘ふじ’/マルバカイドウを3樹供試し、1樹当たり10新梢として30新梢を対象に、その全葉について発病葉率を調査した。調査は5月中旬～7月上旬に、約5日おきに行った。

### イ 感染危険度の評価

小型温湿度記録計（おんどとり RTR-507SL）を供試し、温湿度センサー部分を両側の穴に農業用不織布を貼った塩化ビニル製のT字管に入れて固定した。小型温湿度記録計を所内圃場（黒石市）に設置し、1時間ごとの気温・湿度を計測した。湿度90%以上を‘葉の濡れ’として評価した。計測されたデータを感染危険度の評価システム

「Duthie(1997)によるナシ黒星病発病予測モデル」に入力し感染危険度を算出した。算出した感染危険度の値から、 $0 < \text{軽度感染(L)} < 15$ 、 $15 \leq \text{中程度感染(M)} < 40$ 、 $40 \leq \text{重度感染(S)} \leq 73.9$ と判定した。

## 3. 結果

### (1) 褐斑病の初発日推定

ア. 子のう胞子飛散の実測値に基づく1stピークは4月28日、推定初発日は5月16日であった。

イ. 猫塚ら(2023)の一次感染開始日推定モデルに基づく推定感染日は4月18日、推定初発日は5月10日であった。なお、4月18日は継続濡れ時間15時間(18日18時～19日8時)、濡れ時間中の平均気温は13.7℃であったが、18日18時～19日1時までの8時間の特別気温が14.2～17.0℃、平均15.6℃であった。2回目の推定感染日は5月17日、推定初発日は6月1日であった。

ウ. 圃場における‘ふじ’花そう葉での初発は5月30日であり、モデル条件を満たす中で一次感染開始日が5月17日、推定初発日6月1日が最も近かった。

### (2) 褐斑病菌の子のう胞子飛散消長

子のう胞子飛散の初飛散日は4月3日、最も飛散量が多い最盛日は5月25日、終息日は8月5日であった。

### (3) 暴露苗木及び立木における褐斑病初発調査

ア. 苗木の暴露試験では、5月23日から5月30日の暴露区で発病が認められた。

イ. 立木試験では、5月30日に初発を確認した。

### (4) 褐斑病の新梢葉における発生消長

褐斑病の発生量は9月の第2半旬に急増しており(図2)、これは8月下旬に連日続いた雨による影響と考えられた(図3)。過去5年の発生消長と比較すると、8月中旬まではやや多く推移し、8月中旬以降は少なく推移した。

### (5) 黒星病の子のう胞子飛散消長

子のう胞子の初飛散日は4月14日、最も飛散量が多い最盛日は4月29日、終息日は6月22日であった。

(6) 黒星病の新梢葉における発生消長と感染危険度の評価

5月第4半旬から発病葉率が20%程度に達し、以降は平年及び前年に比べて発生量が多く推移した(図5)。4月下旬から重度感染の判定が出ていたものの、5月第2半旬の重度感染の判定が、実際の発生量増加として反映されたと考えられた(図6)。その後も5月下旬まで、毎週重度感染の判定が出ており、実際にも6月第1半旬までに発生量は高く推移した。

表1 褐斑病子のう胞子飛散日におけるモデル適合性(4～5月)

調査日	子のう胞子 飛散数	総飛散数に対する 割合(%)	継続濡れ 時間(h)	濡れ時間中 平均気温(℃)	推定 初発日
4月3日	1	0.0	17	4.2	5月3日
4月14日	25	0.5	19	6.6	5月8日
4月15日	53	1.0	18	7.1	5月9日
4月16日	22	0.4	0	-	5月9日
4月18日	13	0.3	15	13.6	5月10日
4月19日	11	0.2	0	-	5月11日
4月20日	10	0.2	6	13.6	5月12日
4月21日	1	0.0	0	-	5月13日
4月23日	30	0.6	7	10	5月14日
4月25日	3	0.1	4	9.4	5月15日
4月27日	54	1.1	15	10.1	5月15日
4月28日	295	5.8 (1st)	9	9.4	5月16日
4月29日	977	19.1 (2nd)	31	7.9	5月16日
4月30日	180	3.5	0	-	5月16日
5月1日	10	0.2	0	-	5月17日
5月3日	2	0.0	8	12.8	5月18日
5月5日	8	0.2	9	9.3	5月19日
5月7日	13	0.3	5	11.2	5月21日
5月17日	160	3.1	19	18.5	6月1日
5月21日	156	3.0	10	11.6	6月5日
5月22日	46	0.9	4	13.2	6月6日
5月24日	1	0.0	13	12.6	6月7日
5月25日	1174	22.9 (3rd)	12	12.6	6月7日
5月26日	367	7.2	7	11.9	6月8日

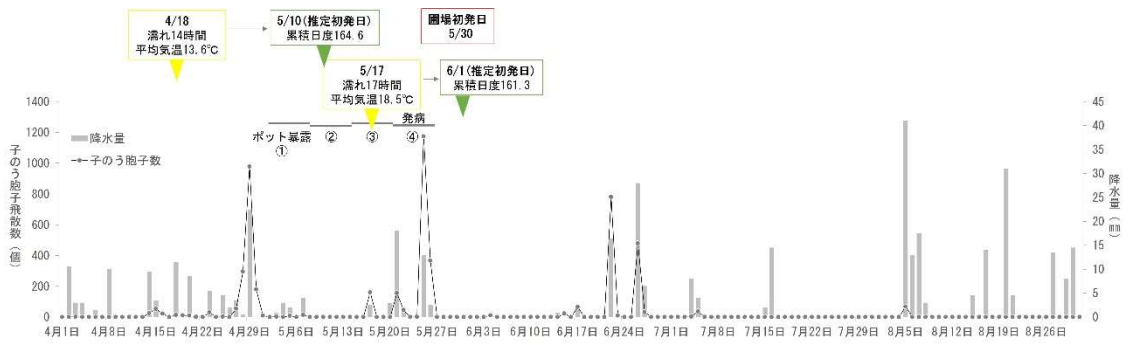


図1 褐斑病子のう胞子飛散消長 (2025)

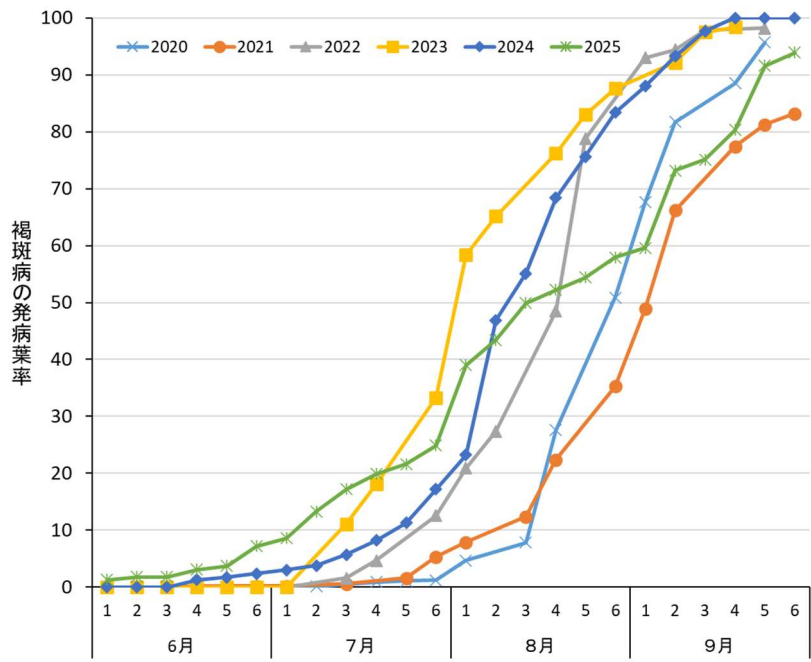


図2 褐斑病の新梢葉における発生消長 (2020~2025)

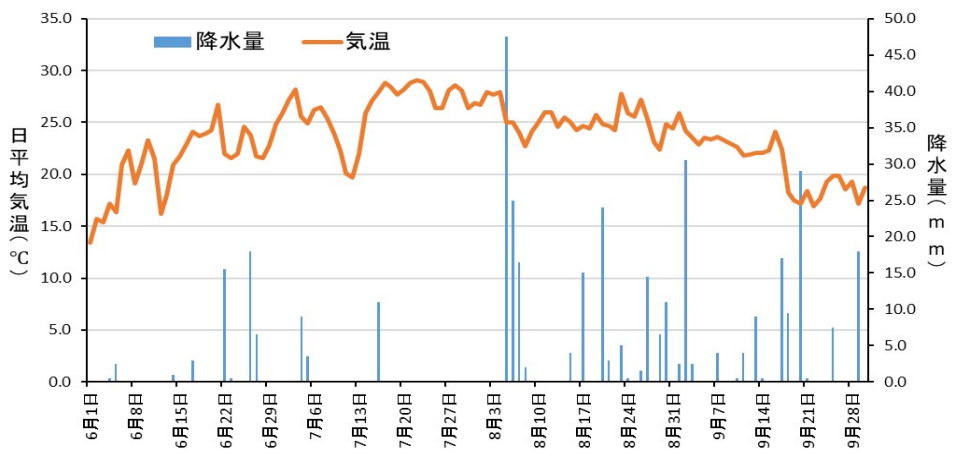


図3 気象条件 (青森県黒石市, 2025)

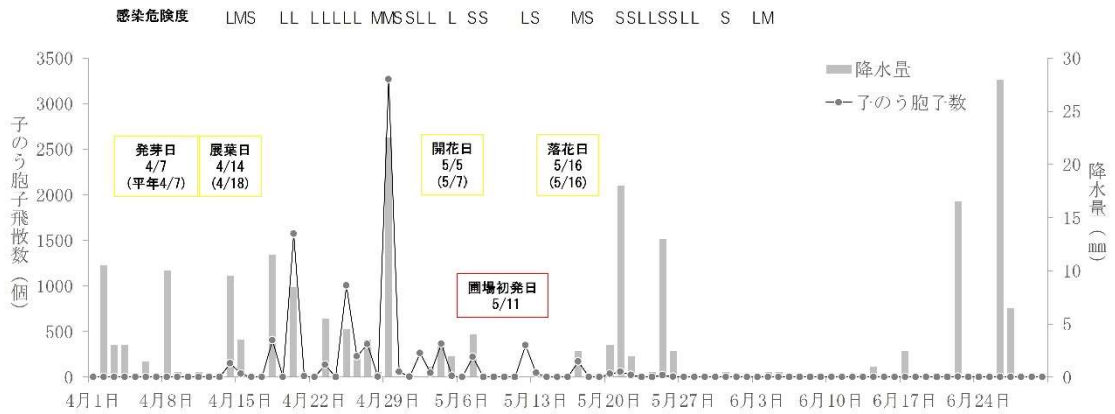


図4 黒星病子のう胞子飛散消長 (2025)

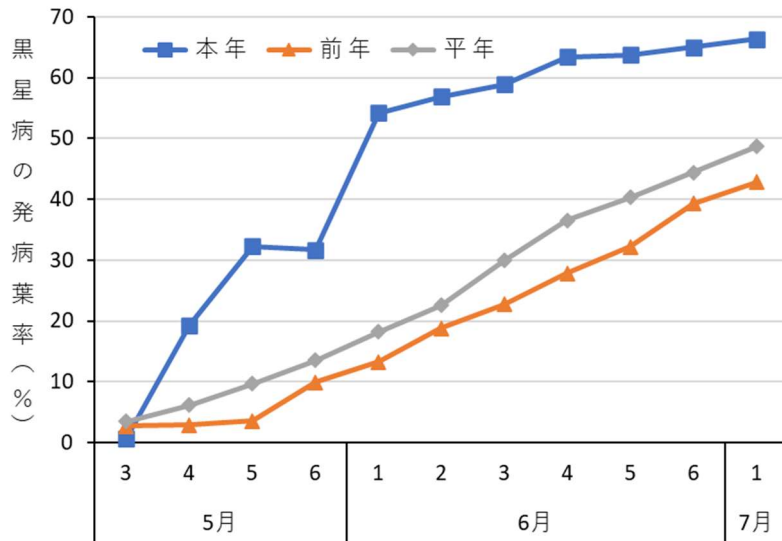


図5 黒星病の新梢葉における発生病葉率 (2025)

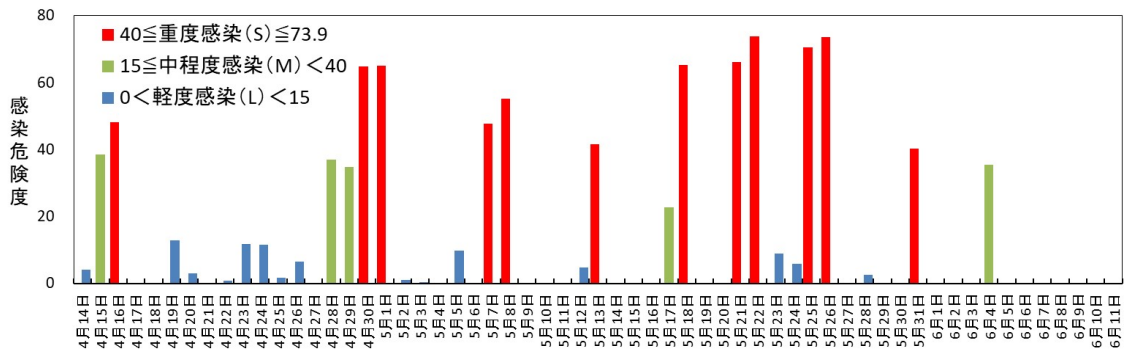


図6 黒星病の感染危険度 (2025)

## 4. 考察

### (1) 褐斑病

‘ふじ’の発芽期頃から子とう胞子の飛散が確認され、8月にかけて長期的な飛散が認められた。また、圃場における初発日は5月30日であった。子とう胞子飛散の1stピーク（総飛散数の5%飛散日）は4月28日であり、推定初発日は5月16日であった。一方、一次感染開始日推定モデルに基づく予測では2回目の条件充足日である5月17日感染/6月1日初発が圃場初発5月30日と近かった。1回目の条件充足は一次感染開始日が4月18日となり、展葉期頃となった。昨年の結果からも開花期より早い時期の条件充足日は圃場の実測値とは合致しない傾向がみられており、褐斑病の感染にはリンゴの生育ステージも条件として考慮する必要があるものと推察された。

### (2) 黒星病

青森県ではこれまでの調査から、子とう胞子飛散は発芽～展葉期が初飛散、開花期前が最盛日、落花30日以降が終息日となる傾向が明らかとなっており、本試験結果も従来傾向に合致した。

## 5. 今後の課題

褐斑病の一次感染開始日及び初発日の予測モデルは一定の精度が確認された。一方で、本モデル条件の最初の充足日は圃場の結果と合わない傾向であることから、暦日又はリンゴの生育ステージなど予測開始の時期を制限する必要があると考えられる。そのため、時期別のリンゴの褐斑病に対する感受性の評価などが必要である。

## 6. 要約

本研究では、リンゴ褐斑病および黒星病の感染時期と発生動態を明らかにするため、子とう胞子の飛散状況、発病の初発時期、新梢葉での発生消長、ならびに気象条件に基づく感染危険度の評価を行った。褐斑病では、子とう胞子の飛散は発芽期から始まり、8月まで継続し、実際の初発日は5月30日であった。推定モデルによる感染開始日のうち、5月17日感染/6月1日初発の予測が実測と最も一致したが、開花期以前の予測は実態と乖離が見られた。黒星病では、近年の飛散・発生傾向と一致し、感染危険度評価モデルの判定と実際の発病動向が概ね一致した。これらの結果から、褐斑病の予測精度向上にはリンゴの生育ステージを考慮したモデル改良が必要であることが示唆された。

## 7. 成果の公表および特許

令和7年度日本植物病理学会東北部会発表（令和7年9月18-19日、秋田県立大学）

## 課題1. 「リンゴ主要病害に対する気象データ活用や遺伝子検定手法等による新たな発生予察法の開発」

### (3) 岩手県農業研究センター

担当機関・部署	岩手県農業研究センター・生産環境研究部
担当者	佐藤優

#### 1. 背景および目的

岩手県において、気象データを用いた子とう胞子飛散ピークと初発日の推定結果と、従来法（子とう胞子飛散調査および発病状況調査）による実測結果を比較検証する。また、生育初期における果叢葉での感受性が不明であるため、接種試験により生育ステージ別の感受性を検証する。

#### 2. 方法

##### (1) 気象データを用いた褐斑病の感染開始日と初発日の推定と実測との比較検証

###### ア 気象データを用いた推定

猫塚ら(2023)に基づき、アメダス北上地点の特別値を用いて推定した。

###### イ 子とう胞子飛散調査（実測①）

前年被害落葉上に吸引式胞子採集器を設置し、降水日毎にスライドグラスを回収・交換した。調査は2反復、調査期間は令和7年4月1日～5月30日とした。

###### ウ 曝露試験（実測②）

無防除樹（ふじ/M.26（29年生））の樹冠下に、ポット植えリンゴ樹（シナノスイート/JM7、1年生）5樹を配置し、降水日毎に回収した。発病調査は回収約1ヶ月後に出現した病葉を計数し、発病葉率を算出した。曝露期間・回数は2025年4月25日～5月12日、計5回とした。

###### エ 無防除樹での発病調査（実測③）

無防除樹（ふじ/M.26（29年生））を用い、5月上旬～6月下旬まで実施した。果（葉）そう葉は目通りすべて、新梢葉は40新梢を対象に、発病の有無を計数し、発病そう率および発病葉率を算出した。

##### (2) 接種試験による生育ステージ別の感受性検証

ふじ/JM7（7年生）を供試し、病原菌の接種を行った。接種は、中心花蕾着色期、開花直前、満開期、落花期の生育ステージにおいて実施した。分生子懸濁液は濃度を $4 \times 10^4$ 個/mLに調整し、各生育ステージごとに10～15果叢に接種した。接種後は、湿度を保持するため、湿潤させたティッシュを入れたビニール袋で24時間密封した。

調査は、果叢葉では発病葉率および発病葉位割合、副梢（果台枝）では発病副梢率および発病葉位割合を算出した。

### 3. 結果

#### (1) 褐斑病の感染開始日と初発日の推定と実測との比較検証

ア 気象データを用いた推定：気象データに基づく推定では、感染開始日は5月10日（落花期）、初発日は5月24日と推定された。なお、4月18日には濡れ時間中の平均気温が13.1℃、濡れ時間が15時間、5月2日には平均気温が13.0℃、濡れ時間が13時間であった（表1）。これらの日は感染開始推定モデルの条件を満たさなかったものの、条件に近い気象状況であった。

イ 子のう胞子飛散調査（実測①）：子のう胞子飛散は4月23日に1stピークが確認され、初発日は5月16日と推定された（図1、表1）。気象データによる予測と一致しなかった。

ウ 曝露試験（実測②）：曝露樹ではいずれも発病が認められなかった（表1）。

エ 無防除樹での発病調査（実測③）：果叢葉での初発生は5月26日であった。気象データによる推定感染開始日5月10日（落花期）の初発推定日（5月24日）と一致した（表1）。

表1 気象データを用いた推定日と圃場調査（実測）の適合性の検証

気象データ（推定）		圃場調査（実測）			実測との比較			（備考） 生育 ステージ
感染開始日 （濡れ条件 <sup>1)</sup> ）	初発日 <sup>2)</sup>	実測① 胞子飛散 ピーク	実測② 曝露試験	実測③ 無防除樹	実測 ①	実測 ②	実測 ③	
4/18 (13.1℃、15h)	5/7	—	— <sup>3)</sup>	5/26	×		×	花蕾露 出期
4/23 (10.3℃、6h)	5/11	4/23	—	5/26	×	—	×	花蕾着 色期
4/29 (9.5℃、8h)	5/16	4/29	—	5/26	×	—	×	開花 直前
5/2 (13.0℃、13h)	5/18	5/2	—	5/26	○	—	×	開花始 期
5/10 (14.5℃、17h)	5/24	5/10	—	5/26	○	—	○	落花期
5/17 (16.9℃、21h)	5/30	—	—	5/26	×	—	×	落花6 日後

1) 濡れ時間中平均気温、濡れ時間、2) 感染開始日から159日℃到達日、3) —：無発生

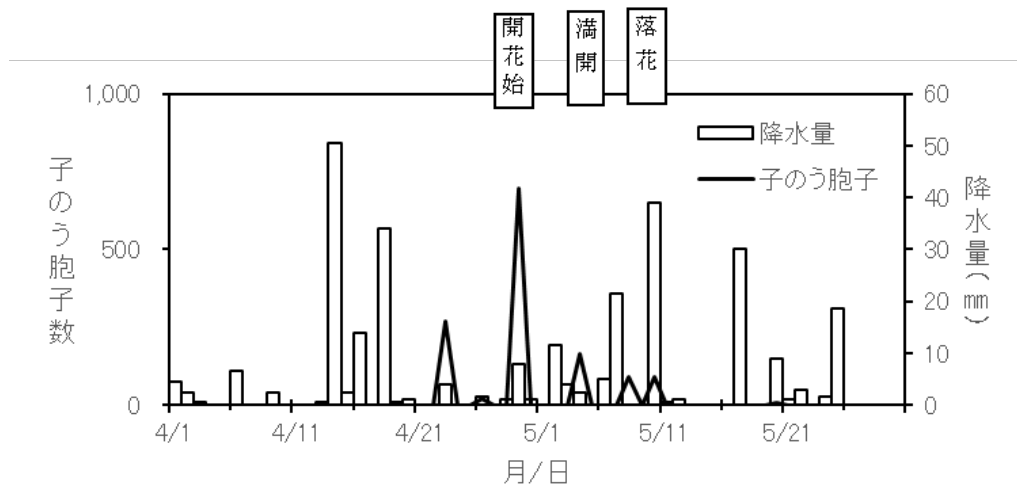


図1 褐斑病の子のう胞子飛散消長

(2) 接種試験による生育ステージ別の感受性検証

ア 果叢葉の感受性

果叢葉での発病は、中心花蕾着色期から発落花期までの各生育ステージで確認された。また、接種時の生育ステージが進むほど発病葉率は増加する傾向が認められた(図2)。

発病葉位については、接種時の生育ステージが進むにつれて、上位葉での発病割合が高まる傾向を示した(図3)。

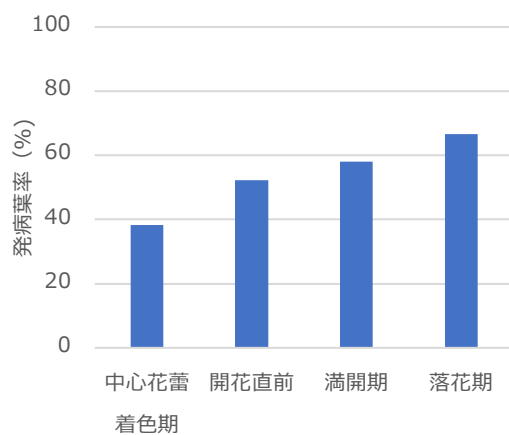


図2 果叢葉発病葉率(生育ステージ別)

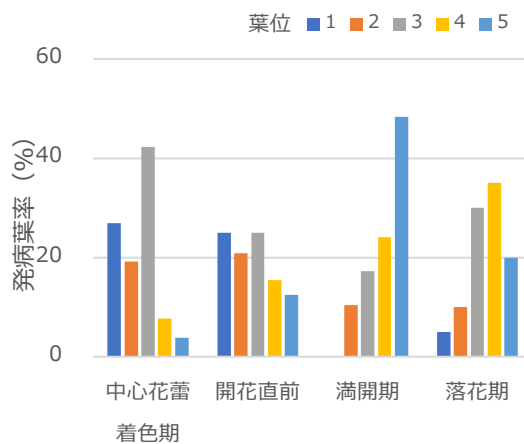


図3 果叢葉発病葉率(葉位別)

イ 副梢の発病

副梢での発病は、開花直前に接種した場合から確認され、満開期および落花期に接種した場合には発病割合が高かった。一方、中心花蕾着色期に接種した場合には発病は認められなかった(図4)。

発病葉位については、開花直前接種では副梢基部から第1葉での発病割合が最も高かった。満開期および落花期に接種した場合には、基部から第2葉および第3葉での発病割合が、開花直前接種と比較して高い傾向を示した（図5）。

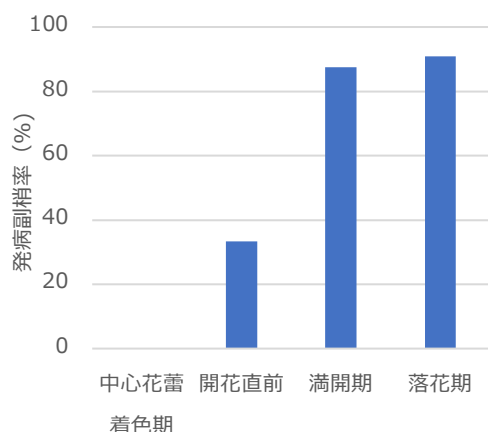


図4 発病副梢率（生育ステージ別）

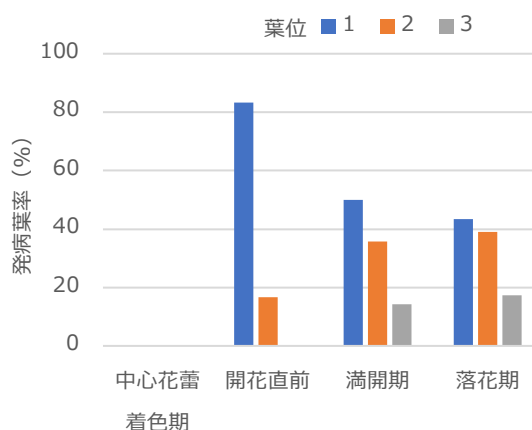


図5 発病率（副梢、葉位別）

#### 4. 考察

##### (1) 褐斑病の感染開始日と初発日の推定と実測との比較検証

気象データによる一次感染開始推定日は5月10日（落花期）であり、推定初発日は5月24日であった。無防除樹での初発日は5月26日であり、推定初発日とほぼ一致したことから、気象データによる推定モデルの有効性が示唆された。

子のう胞子飛散の1st ピーク（4月23日、花蕾着色期）から推定された初発日（5月16日）には、樹上での発病は確認されなかった。これは、濡れ期間中の平均気温が9.6℃と低く、推定モデルで示される気温に達さなかったことが原因と考えられた。

##### (2) 接種試験による生育ステージ別の感受性検証

果叢葉では、中心花蕾着色期から発病が確認され、接種時の生育ステージが進むにつれて発病葉率が増加した。また、発病葉位については、ステージが進むほど上位葉での発病割合が高くなる傾向が認められた。

副梢では、開花直前から発病が確認され、満開期および落花期において発病割合が高かった。一方、中心花蕾着色期では発病が認められなかった。これは、中心花蕾着色期には副梢が未発生であったのに対し、開花直前以降には副梢が発生しており、副梢の発生が副梢の発病に影響していると考えられた。発病葉位については、開花直前では基部から第1葉での発病割合が最も高かったのに対し、満開期および落花期では第2葉および第3葉での発病が増加する傾向を示した。

以上から、果叢葉および副梢葉における発病は、接種時の生育ステージが影響すると考えられた。

## 5. 今後の課題

接種試験では、中心花蕾着色期における接種で発病が確認された。また、前年多発ほ場では、5月13日に初発生が確認され（病害虫防除所調べ）、気象条件から4月18日（濡れ時間15h、濡れ時間中平均気温14.0℃）に一次感染が成立した可能性が示唆された。

推定モデルでは「ふじ」の開花始期以降を推定期間としているが、生育ステージを考慮し、推定モデルの精緻化を図る必要がある。

## 6. 要約

気象データによる推定初発日（5月24日）は無防除樹の初発生の実測（5月26日）と一致し、モデルの有効性が示唆された。

接種試験では、果叢葉において中心花蕾着色期から落花期までの各生育ステージで発病が確認され、生育ステージが進むほど発病率および上位葉での発病割合が増加した。副梢では開花直前から発病し、満開期や落花期において発病率が高かった。これらの結果から、接種時の生育ステージが発病程度に影響することが示唆された。

## 7. 成果の公表および特許

- (1) 猫塚修一・藤田章宏（2024）「リンゴ褐斑病の開花期感染が広域的な発生に及ぼす影響」日植病報90:14-21.
- (2) 猫塚修一（2024）「気象データを用いたリンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定」東北農業研究成果情報（研究）.
- (3) 猫塚修一（2024）「気象データを用いたリンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定」植物防疫78(8): 461-467.
- (4) 猫塚修一（2024）「春期温暖化によるリンゴ病害の発生生態の変化と今後の防除対策」果実日本79(10):72-76

## 課題1. 「リンゴ主要病害に対する気象データ活用や遺伝子検定手法等による新たな発生予察法の開発」

### (4) 長野県果樹試験場

担当機関・部署	長野県果樹試験場環境部
担当者	島袋稚子・岩岡広樹

#### 1. 背景および目的

近年、春季の気温上昇を背景として、リンゴ褐斑病の早期感染による多発生が顕在化しており、その発生予防には予察情報の早期提供が必要である。そこで、岩手県で開発された気象データを活用した本病の予察法（猫塚ら、2023）について、長野県での適合性を検討する。

また、リンゴ黒星病についても予察情報の早期提供に向けて、本県での子のう胞子飛散、初発日についての調査データを蓄積するとともに、既存の感染日および初発日予測モデルについて、適合性を検討する。

#### 2. 方法

##### 試験1：リンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定モデルの検証

##### (1) 気象データを用いた一次感染開始日および初発日の推定

果樹試験場内に設置した気象観測装置の観測データを用いて、猫塚ら（2023）の推定モデルにより一次感染開始日と初発日を推定した。

- ・一次感染開始日の推定：濡れ時間中平均気温 $13.8^{\circ}\text{C}$ 以上かつ濡れ時間6時間以上を満たす降水日を求めた。なお、濡れ時間は鈴木ら（2003）の方法に従い推定した。
- ・初発日の推定：推定された一次感染開始日を起点として、日平均気温から発病限界温度（ $4.6^{\circ}\text{C}$ ）を引いた有効積算温度が $159^{\circ}\text{C}$ に達した日を初発日とした。

##### (2) 子のう胞子飛散消長調査

2024年秋季に被害落葉を採集し、野菜ネットに入れて2025年3月11日まで野外に静置した。3月11日に直径45cmのポット内に被害落葉を敷き詰めた。3月21日～7月1日まで吸引式胞子採集器をポット内に設置し、採集器内の両面テープ（No. 539R、ニトムズ社）を貼付したスライドガラスに子のう胞子を捕捉した。スライドガラスの交換は降雨ごとに行い、落葉が乾いた後に回収した。回収したスライドガラスを検鏡し、両面テープ $18\text{mm}\times 18\text{mm}$ の範囲内に捕捉された子のう胞子数を計数して、子のう胞子の初飛散日、最多飛散日および終息日を調査した。また、最多飛散日の飛散量に対し、5%以上の飛散が認められるピーク日を求めた。

##### (3) 初発調査

表1に示す方法により、リンゴ褐斑病の初発日を調査した。

表1 リンゴ褐斑病の初発調査方法の概要

調査方法	場所	調査内容	調査日または調査間隔
調査1	場内49号ほ場	約25年生普通樹「ふじ/マルバカイドウ」が栽植された6.7aのほ場で、殺菌剤無散布とした3樹を用い、1区1/2樹～1樹、3反復として、1区当たり50花葉そうおよび10新梢の全葉を調査した。	
	場内60号ほ場	約8年生わい化樹「ふじ/M9」が栽植された5.9aのほ場で、殺菌剤無散布とした6樹を用い、1区2樹、3反復として1区当たり50花葉そうおよび10新梢の全葉を調査した。	
調査2	場内49号ほ場	「ふじ/マルバカイドウ」、約25年生普通樹が栽植された6.7aのほ場で、殺菌剤無散布とした25樹について、計800果葉そうを調査した。	4/16、25、28、30 5/2、7、12、16、20、5/26、29 6/2、6、11
	場内60号ほ場	「ふじ/M9」、約8年生わい化樹が栽植された5.9aのほ場で、殺菌剤無散布とした11樹について、計300果葉そうを調査した。	
調査3	場内49号ほ場	ほ場に植え付けた1～3年生樹「ふじ/マルバカイドウ」の殺菌剤無散布の苗木5本について、全葉を調査した。	
調査4	場内	前年の被害落葉を敷き詰めた径45cmポット内に「ふじ/マルバカイドウ」の1～2年生ポット苗木を1区1ポット設置し暴露させた。調査は2反復実施した。	降雨ごと

## 試験2：リンゴ黒星病の感染日および初発日の推定モデルの検証

### (1) 気象データを用いた感染日と初発日の推定

#### ア Mills Table による感染リスクと初発日の推定

果樹試験場内に設置した気象観測装置の観測データを用いて、Millsら(1944)の方法に従い、リンゴ黒星病の感染リスク(重度、中度、軽度)を推定した。また、感染予測日の濡れ時間中の平均気温から初発日を推定した。なお、濡れ時間は鈴木ら(2003)の方法に従い推定した。

#### イ その他のモデルによる感染日の推定

以下の多項式による感染予測モデルについて、場内の気象観測データを用いてリンゴ黒星病の感染日を推定した。①および②は観測データから濡れ時間中の平均気温を算出した後、多項式に当てはめて感染に必要な葉の濡れの最小時間を求めた。この値と気象観測データから推定した濡れ時間を比較して感染可能な濡れ時間を満たしているか否かを判定した。③は感染強度の判定を行い、発病度を算出し、値が算出された場合を感染日と判定した。なお、観測データおよび濡れ時間は上記Mills Tableによる推定に用いたものと同じ数値を使用した。

#### ① Mills/a-3モデル(MacHardyら、1989)：

$$y = 86.3749 - 18.0034x + 1.5703x^2 - 0.062x^3 + (9.198E-04)x^4$$

(y:感染に必要な葉の濡れの最小時間、x:葉の濡れ時間中の平均気温)

葉の濡れ時間は夜間降雨(18時～7時)を除いた。

#### ② 改変 mills/a-3モデル：

①と同じ多項式を用い、葉の濡れ時間は夜間降雨(18～7時)を含めた。

#### ③ ナシ黒星病の感染強度判定モデル(中央農業総合研究センター、

千葉農業総合研究センター、2001-2016)：

$$Y = A(1 - \exp\{-[g(t)(w - C)]^p\})$$

$$g(t) = E' \{ \exp[(t-F)G / (H+1)] \} / \{ 1 + \exp[(t-F)G] \}$$

$$E' = E[(H+1) / H] H^{1/(H+1)}$$

A	B	C	D	E	F	G	H	t <sub>opt</sub>
73.87	-	8.757	1.470	0.4238	19.25	0.7184	1.745	18.48

(w:葉の濡れ持続時間、t:葉の濡れ持続時間中の平均気温)

パラメーターはナン黒星病の接種試験のデータ (Umemoto, 1991) を用いた。

## (2) 子のう胞子の飛散消長調査

試験1の(2)と同様の方法により調査を行った。

## (3) 初発調査

試験1の(3)、表1で示す調査方法1、2により調査を実施した。なお、調査1の調査規模は1区30花葉そう、10新梢の全葉とし、調査は4月16日、25日、28日、30日、5月2日、7日、12日、16日、20日に実施した。

## 3. 結果

### 試験1：リンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定モデルの検証

当场における本年の「ふじ」の開花日は4月24日、落花日は5月7日であった。

- (1) 猫塚ら (2023) の推定モデルから推定される1回目の一次感染開始日は、5月9日～10日、ここから推定される初発日は5月21日であった。2回目は5月17日で、推定される初発日は5月28日、3回目は5月21日～22日で、推定される初発日は6月2日であった (表2)。
- (2) 子のう胞子の初飛散は4月11日～14日に認められ、6月28日～7月1日に終息した (表2、図1)。最多飛散は6月3日～5日で、実測による1stピークは5月16日～5月19日であった (表2、図1)。
- (3) ほ場における初発日は6月6日であった (表3)。なお、同日に初発を確認した調査法は調査2 (現行の発生予察調査方法より調査規模を大きくした調査法) および調査3 (ほ場に植えた苗木での調査) であった。また、ポット苗木の暴露による調査では、5月19日～22日に暴露した苗木で初感染が認められ、その初発日は6月1日であった (表3)。
- (4) 子のう胞子飛散調査による実測の1stピークは、推定モデルによる2回目の一次感染開始日と合致した。初発日をほ場調査での初発日とした場合、推定モデルによる3回目の一次感染開始日 (実測の2ndピーク) と誤差5日以内で合致した。

表2 推定モデルによるリンゴ褐斑病の一次感染開始日・初発日および実測値 (2025)

降雨日	実測値			降水量 (mm)	濡れ時間 (hr)	濡れ時間6時間中の平均気温 (°C)	モデル適合	子のう胞子ピーク		初発	
	子のう胞子 <sup>1)</sup> 飛散数	対Pmax比 (%)	累積飛散割合 (%)					推定 <sup>2)</sup>	実測 <sup>3)</sup>	推定初発日 <sup>4)</sup>	実測 (6/6) との誤差
4/6	0	0	0	0.5	3		×				
4/10-4/11	0	0	0	5.5	14	9.7	×				
4/13	1	1.0	0.4	1.0	6	13.7	×				
4/15	1	1.0	0.7	2.0	8	10.6	×				
4/20-4/21	0	0	0.7	3.0	27	11.6	×				
4/23	0	0	0.7	0.5	3		×				
4/28	0	0	0.7	0.5	3		×				

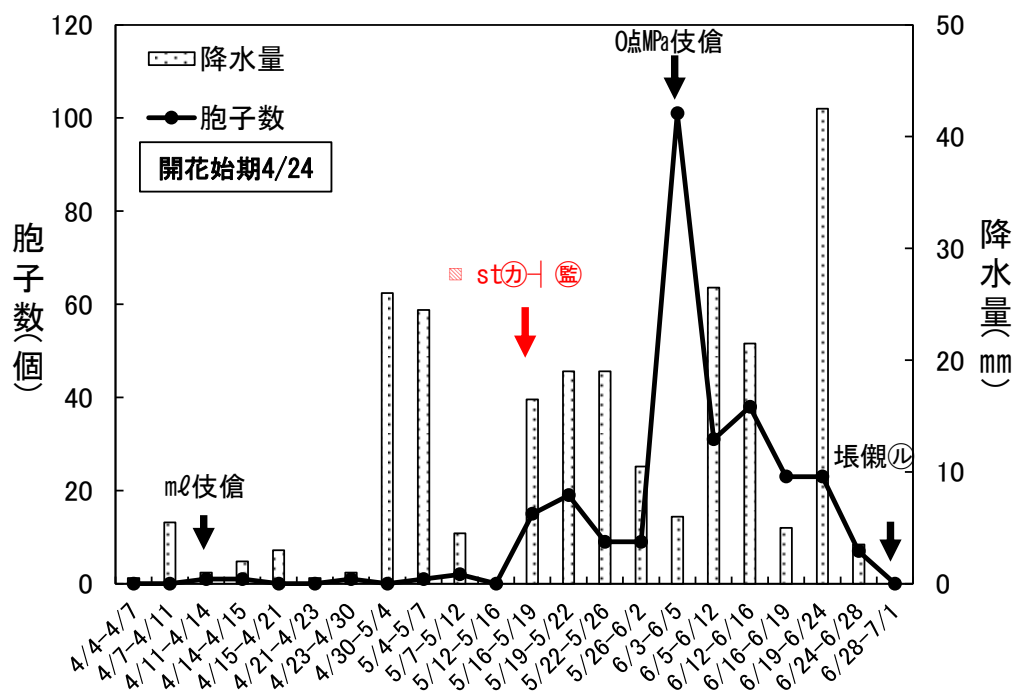


図1 リンゴ褐斑病菌子の胞子の飛散消長 (2025)

表3 各種調査方法におけるリンゴ褐斑病の初発確認日

調査方法	初発確認日	備考
調査1	6/11	
調査2	6/6	
調査3	6/6	
調査4	6/1	5/19~22に暴露したポット樹で発病

試験2：リンゴ黒星病の感染日および初発日の推定モデルの検証

(1) 気象データを用いた感染日と初発日の推定

ア Mills Table による感染リスクと初発日の推定

モデルの条件を満たす降雨日が初めて確認されたのは4月21日で、感染リスクは軽度であった。また、モデルの条件のうち濡れ時間が1時間不足する条件の降雨が4月10日~11日に認められた(表4)。

イ その他のモデルによる感染日の推定

改変 Mills/a-3 モデルおよびナシ黒星病の感染強度判定モデルにおいて、感染可能な降雨日として判定される初めての降雨日はいずれも4月10日~11日であった(表4)。また、Mills/a-3 モデルにおいて、感染可能な降雨日として判定される初めての降雨日は4月21日であった(表4)。

表4 各種モデルにより推定されるリンゴ黒星病の感染日と初発日(2025)

日付	濡れ時間中の平均気温(°C)	濡れ時間(hr)	降水量(mm)	Mills Table		Machardyら(1989)		ナシ黒星病 <sup>2)</sup> 感染強度判定モデル(発病度)
				感染レベル <sup>1)</sup>	推定初発日	Mills/a-3 <sup>2)</sup>	改変 <sup>2)</sup> Mills/a-3	
4/10~11	9.3	14	5.5	(L)	4/27~4/28	×	○	○(12.2)
4/13	13.7	6	1.0	×		×	×	×
4/15	9.8	8	2.0	×		×	×	×
4/21	9.5	15	3.0	L	5/8	○	○	○(16.8)
4/23	18.2	3	0.5	×		×	×	×
4/29	11.4	4	1.0	×		×	×	×
5/2~3	11.4	18	26.0	M	5/17~18	○	○	○(45.2)
5/6~7	12.0	23	24.5	M	5/21~22	○	○	○(65.9)
5/9~10	14.1	9	4.0	(L)		×	○	○(0.9)
5/12	12.1	4	0.5	×		×	×	×
5/17	18.0	9	16.5	L	5/26	○	○	○(2.5)
5/21~22	18.7	14	19.0	M	5/30~31	×	○	○(70.9)
5/24~25	14.4	17	17.0	M	6/5	○	○	○(67.4)
5/25	15.9	3	2.0	×		×	×	×
5/30	15.3	6	3.5	×		×	○	○(1.4)
5/31	14.8	6	7.0	×		×	×	×

1)H: 重度、M: 中度、L: 低度、(L): 濡れ時間を1時間の範囲で満たさない、×: 条件を満たさない

2)○: 感染可能と判定、×: 感染不可能と判定

(2) 子のう胞子の飛散消長調査

子のう胞子の初飛散は3月31日~4月1日に認められ、6月28日~7月1日に終了した(図2)。最多飛散は5月4日~7日であった。飛散開始は展葉前、最多飛散は落花期であった。

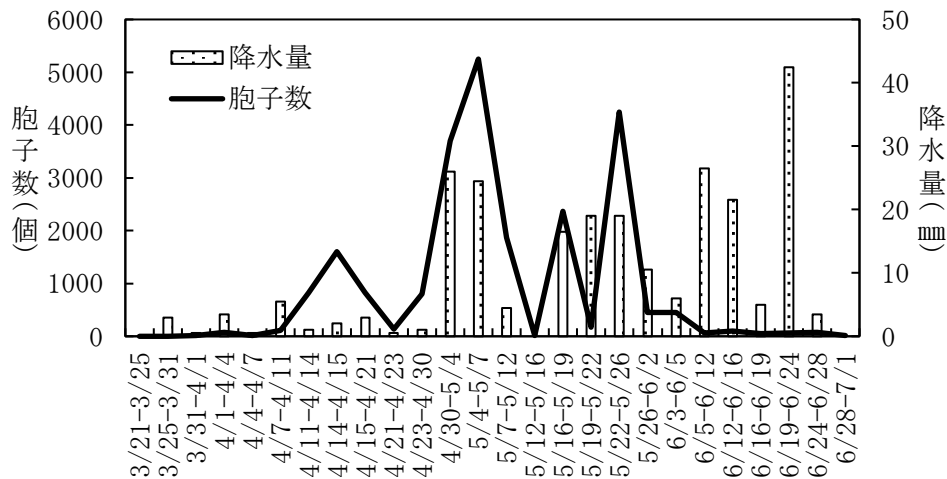


図2 リンゴ黒星病菌子のう胞子の飛散消長 (2025)  
(胞子数は2反復の合計値)

### (3) 初発

ほ場における初発は調査2（現行の発生予察調査法より調査規模を大きくした調査法）において4月30日に果そう葉で確認した。なお、現行の予察調査法である調査法1での初発確認は5月12日であった。

### (4) モデルの適合性

ほ場での初発日は4月30日であり、Mills Table では条件に近似した降雨日の4月10～11日に感染が起こったと考えられ、モデルによる推定は実測と概ね合致した。

その他のモデルにおいては、改変 Mills/a-3 およびナシ黒星病感染強度判定モデルにおいて初発に対する感染日と考えられる4月10～11日の降雨を感染可能と判定した。

## 4. 考察

### 試験1：リンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定モデルの検証

本年の調査結果では子のう胞子飛散調査に基づく実測の1stピークは、推定モデルにおいて一次感染開始日とする条件が2回目に出現した日と合致した（以下、推定モデルの条件に該当した日を推定一次感染開始日と表記）。ほ場での初発日は、ここから推定される初発日とは合致しなかったが、モデルによる推定一次感染開始日が3回目に出現した日（実測による2ndピーク）と、誤差5日以内で合致した。2024年の調査では、1stピークは推定一次感染開始日の1回目と、初発日は2回目とそれぞれ合致し、2024年と2025年とで調査結果は異なった。そこで、子のう胞子の飛散調査データおよびほ場での初発調査データを有する1999年～2001年、近年の2021年～2023年の6年間を含めて、推定モデルの適合性を比較した（表5）。その結果、子のう胞子飛散調査に基づく1stピークは、2025年を除く8年中7年において1回目の推定一次感染開始日と合致し、本県では1stピークは1回目の推定一次感染開始日となる傾向が高いと考えられた。一方、初発日は6年全てで1回目の推定一次感染開始日から推定される初発日と合致せず、2回目または3回目に合致する傾向であり、1stピークの感染への寄与度は低いと

考えられた。

引き続き調査データを蓄積し、本県におけるリンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定モデルの適合性について検証する必要がある。

表5 猫塚ら（2023）によるの推定モデルの長野県における適合性

	生態	推定						実測		
		開花始期	1stピーク			初発日			飛散開始日	1stピーク
1回目	2回目		3回目	1回目	2回目	3回目				
1999	4/25	5/4						4/22	5/4	
2000	5/4	5/12~13						4/26	5/12	
2001	4/28	5/8	5/22~23	5/23~24	5/20	6/2	6/3	4/12	5/8	6/7
2021	4/17	4/29~30	5/17~18	5/20~21	5/15	5/29	6/1	4/11~15	4/26~30	6/3
2022	4/24	4/26~27	5/13	5/13~14	5/13	5/26	5/26	4/11~15	4/26~30	5/24
2023	4/14	4/15~16	4/30	5/7~5/8	5/7	5/16	5/21	4/11~15	4/11~15	5/22
2024	4/9	4/30	5/7~8	5/13	5/14	5/20	5/25	4/6~10	4/30	5/21
2025	4/13	5/9~10	5/17	5/21~22	5/21	5/28	6/2	4/13	5/17	6/6

条件に合致するピーク

### 試験2：リンゴ黒星病の感染日および初発日の推定モデルの検証

本年の調査では、Mills Tableの条件に完全合致しないものの、近似する条件において感染リスクおよび初発日の推定は実測と合致した。2024年はMills Tableによる推定が実測と一致しており、2年間の結果からMillsらによるモデルの適合性は高いと考えられた。なお、Mills Tableを用いたモデルでは、Tableに示される濡れ時間とその間の平均気温の組合せにより判定するため、Tableに組合せがない場合には正確に判定できない点が課題である。

そこで数式により判定が可能なMacHardyら（1989）の予測モデルなどを用いて適合性を検討した。その結果、2024年、2025年の両年においてMacHardyらによる予測モデルで、18時～7時の夜間降雨を含めた場合（改変Mills/a-3）およびナシ黒星病感染強度判定モデルを用いた場合において、感染可能性の判定精度が高かった。

## 5. 今後の課題

- ・リンゴ褐斑病およびリンゴ黒星病の子のう胞子飛散、初発日のデータ蓄積
- ・リンゴ褐斑病における一次感染開始日と初発日の推定モデルの適合性の検証
- ・リンゴ黒星病における既存の感染日・初発日予測モデル（Mills）などの適合性の検証

## 6. 要約

リンゴ褐斑病について、猫塚ら（2023）によるリンゴ褐斑病の一次感染開始日と初発日の推定モデルの本県での適合性を検証した結果、子のう胞子飛散調査による1stピークは1回目の推定一次感染開始日となる傾向が高いと考えられた。一方、初発日は推定一次感染開始日の2回目または3回目に合致する傾向であり、本県では1stピークの感染への寄

与度は低いと考えられた。

リンゴ黒星病について、Mills Tableによる感染日・初発日予測モデルは概ね適合した。また、MacHardyらによる感染予測モデルにおいて、夜間降雨（18～7時）を含む条件にした場合（改変Mills/a-3）、ナシ黒星病感染強度判定モデルを用いた場合においても感染可能性の判定精度が高かった。

## 7. 成果の公表および特許

なし