

特集：果樹病害の発生予察の現状と展望〔2〕

# 主なカンキツ病害の発生予察の現状と問題点

静岡県柑橘試験場企画調整 芹 澤 拙 夫

## はじめに

主なカンキツ病害の発生生態や発病助長要因は、おおむね明らかにされている。雨媒伝染する病害が多いので、病原菌の飛散に直接影響を及ぼす降雨や強風のほか、新梢や果実の感染期間の長短に影響する気温など、気象条件が発生を大きく左右する場合が多い。ここでは、発生生態を異にする主な黒点病、そうか病およびかいよう病の3病害について、既往の研究成果の概要をまとめ、発生予察の現状と課題を述べてみたい。

## I 黒点病 *Citrus Melanose*

枯枝に柄子殻または子のう殻を形成し、飛散する柄胞子が主な伝染源となる。柄胞子の飛散は4月ごろからみられ、展開した新葉に5月中～下旬から発病する。5月下旬～6月上旬のピークを経て、成熟に伴い葉の抵抗性が高まる7月下旬ごろに終息する。果実は幼果期～12月まで感受性が高い(佐々木, 1965)が、圃場での初発病、発病盛期、発病終期は、順に6月2半旬、7月3半旬、9月5半旬ごろに最も多くみられ、秋期に気温が比較的高く推移し降雨日が続くと終息時期は遅れる(口絵写真①, ②)。

### 1 発生予察

本病は二次伝染しないので、まず、枯枝の発生量と保菌量から伝染源密度を推定する。保菌量は、枯枝1g当たり5mlの水を加え25°C、5時間後の柄胞子数を計数する。柄胞子の数が200個/0.01ml以上あると発病に及ぼす影響度が大きい。次いで、6月上旬までの春葉の感染量から飛散菌量の多少を把握し、その後は果実の生長経過と6月以降の気象予報に基づき果実の感染時期や量の予察が行われる。発生予察を行う場合、次のような生態が基本になっている。

#### (1) 柄胞子・子のう胞子の飛散時期と飛散量

① 樹上の枯枝に降雨後常に胞子角が認められるようになるのは3月以降で、4月下旬ごろまではきわめて少

ない。平均気温が20°Cを超える5月下旬から9月下旬までは形成が良好で、20°C以下になると降雨日数や降雨量が多くても形成量はそれ以前に比べ著しく低下する。

② 2月に剪定された枝では5月ごろから柄胞子の飛散が起こり、枝が100%枯死する7月以降に急増する。カンキツ園に放置すると8～10月に子のう殻が形成される。降雨が続く潤湿条件下に子のう殻がおかれると子のう胞子が噴出しやすい。風を伴う降雨時に多く飛散し5～6月と8月下旬～9月ごろの降雨が続く時期に多く採取され柄胞子に比べやや大型の円形病斑を形成する(牛山, 1973)。

③ 柄胞子飛散量を同じ表面積および重量で比べると、3年生枝>2年生枝>1年生枝の順に年数を経た枝で多く、また、摘果後の枯死果梗枝では枯枝に比べ飛散量が少ない。

#### (2) 胞子の飛散条件と生存期間

柄胞子の飛散は降雨開始より認められ、降雨量とも関係するが3～8時間後のピークを経てその後やや減少する。果実に付着した胞子は流れにくく、また、水滴が消失しても曇天下では1日以上感染能力を持っており(倉本・山田, 1975)、発芽力は乾燥20時間後まで67～68%、45時間後に34%、7日間経過後も29%に認められる(井上・芹澤, 1965)。直射日光の下では短時間で死滅する。

#### (3) 感染と発病に必要な時間

感染と発病は濡れ時間と気温に支配される。適湿条件下の果実での感染は、10～12°Cでは2～3日間、16～20°Cでは1～2日間、25°Cでは12時間で始まり、潜伏期間は10°C(7日間)、12～14°C(6日間)、16～18°C(3～4日間)、20～22°C(3日間)、25°C(1～2日間)である。濡れ時間が15時間以下では気温が高くても発病度は低く、20時間以上になると急激に上昇する。濡れていても気温が低いと発病しないか軽微に止まるため、落弁直後と11月には感染の機会は少ない(本間・山田, 1969)。20°C付近を超えると適湿条件下の果実では感染と発病に好適となり、この気温条件は前項(1)①の胞子角の形成が良好な時期とよく符号する。なお、感染時間ももっと短いとする報告もある(倉本・山田, 1975)。

このような一連の研究成果に基づき、枯枝量、降雨

The Present Forecasting Situation on Important Citrus Diseases and few Problems to be Solved. By Setsuo SERIZAWA

(キーワード：カンキツ病害，発生予察)

量、降雨日数、濡れ時間および気温などを要因として、電子計算機による発生予察式が考案された（小泉，1980）。このモデルは広い地域で発生に適合したが、採用した産地は少数にとどまっている。その理由として、各要因の数値を随時打ち込む手数がかかること、および黒点病に卓効を示すマンネブ剤やマンゼブ剤などの残効が、散布後の累積降雨量と経過日数からの確に推定され（図-1）、1か月間当たり累積降雨量が通常200~300mm以内のわが国のカンキツ産地では、感染期間に3~4回の薬剤散布を行うことより被害が容易に回避できることなどがあげられる。一般的には、恒常的発生がみられる本病を防除の基本に据え、害虫防除剤を加えて散布を行っており、技術的には秋期に追加散布が必要かどうかの判断を求められる例が多い。

## 2 今後の課題

オレンジ果汁や生果の輸入自由化を契機に立地条件が劣る園地は整理され、また、農作業の省力化のため樹形を小さく植栽間隔を広くし、加えてマルチ栽培などにより園内湿度は低く保たれるようになった。このような栽培形態では、枯枝の発生や枯枝中の保菌量が従来に比べ格段に少なくなり、一地域内でも発病環境の園地間差が大きくなっている。伝染方法が比較的単調なうえ、薬剤

の残効と確度が高い気象予報を参考に効果的防除が可能な本病では、気象要因に基づく広域的発生予想と、個々の園地の発病環境に対応した発生予察が求められている。

## II そうか病 Citrus Scab

病斑上での分生子の形成に多湿を必要とするため、中山間地や川沿いなどの霧がかかりやすい地域で例年発生がみられる。春梢では葉長が2cm前後の展開初期から感染する。静岡県下の普通温州無防除樹での調査では、春葉での初発病、発病盛期、発病終期は、順に5月2半旬、5月6半旬、6月6半旬、果実では6月3~4半旬、7月4半旬、8月3半旬に最も多くみられ、強風を伴う低気圧が通過した年には、9月に入っても夏秋梢や果実での発病が認められる（口絵写真③）。

### 1 発生予察

二次伝染するので越冬病斑密度と4~5月の降雨が春葉での発病に大きい影響を及ぼし、その後の果実の発病を左右する。静岡県での普通温州無防除樹における1969~86年まで17年間の調査では、越冬葉の最低、最高、平均発病度は1.8、16.6、6.4で、収穫直前の同じく果実発病度は7.1、74.7、42.9であった。越冬葉の発病度が平年値より高かった8回のうち、収穫直前の果実発病度も平年値を上回った年は5回（63%）、逆に平年値より低かった9回のうち3回（33%）は、収穫直前の果実発病度が平年値を大きく上回った。

春梢感染期の累積降雨量を50.1~100mm、100.1~200mm、200.1~300mmの3段階に分け、無防除樹での越冬病葉率( $x$ )から春葉の発病率( $Y$ )を求めた例では、順に( $Y$ )= $0.3x-0.15$ 、( $r=0.47^{**}$ 、 $n=127$ )、( $Y$ )= $0.35x+5.07$ 、( $r=0.40^{**}$ 、 $n=138$ )、( $Y$ )= $0.66x+5.71$  ( $r=0.60^{**}$ 、 $n=69$ )の予察式が得られている。果実については、春葉の発病率の影響度を重視し、越冬病葉率を1/5に見積もり同様の予察式が推定されている（貞松，1977）。現状では、越冬葉での病斑密度調査を行い、気象予報を参考に上記の予察式により春葉、果実での発病予測を行っている。

#### (1) 病斑における分生子の形成と飛散

① 分生子の形成にはおおむね70%以上の高湿度条件が必要で、10~28°Cの範囲で行われ、適温は20~24°C付近にある。適温下におかれた越冬病斑では濡れてから1~3時間後に分生子の形成が認められ始め（貞松，1977；山田，1961）、降雨開始後短時間で分生子の飛散が起こる。

② 越冬葉での分生子の形成は、夏期以前にはおう盛

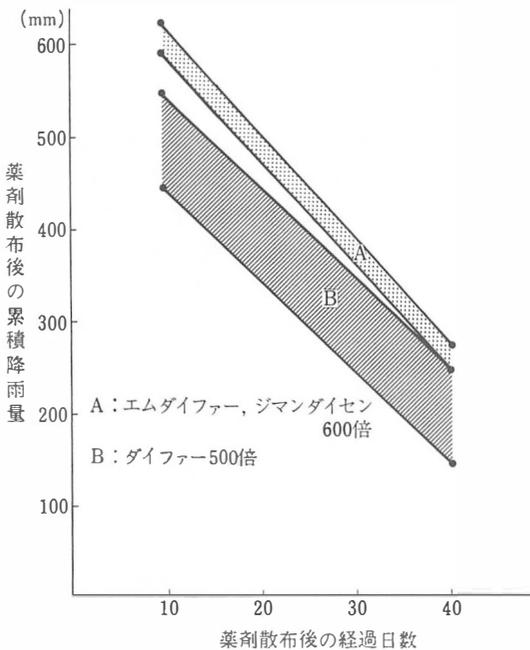


図-1 ジチオカーバメート剤の黒点病に対する散布適期  
第1回目防除は6月上、中旬、最終散布時期は9月中  
旬までと規定し、収穫前発病度は9~12として散布  
適期を求めた（井上，1976）

であるが秋期に入ると低下し、当年葉では引き続きおう盛に形成される。自然条件下では夏期に形成量の低下が認められ、この時期をはさんで6~7月と9~10月ごろに形成量が多い(貞松, 1977; 山田, 1961)。

## (2) 感染と発病

展開まもない葉では、適湿・適温条件下で8~16時間以内に胞子の発芽と菌糸の侵入開始が起こり、5日程度で病斑として認められるようになる(家城, 1974)。このため、多湿に保たれる時間が3~6時間以内では発病は低率にとどまり、9~15時間を経ると発病はそれ以前に比べ急激に増加する。初発病までの温度と日数との関係は、13°Cでは9日間、20~26°Cでは5日間、28°Cでは7日間、30°Cでは9日間である(山田, 1961)。

## 2 今後の課題

越冬病斑量と春梢伸長初期からの降雨量、降雨日数および気温のほか上記の研究成果を数量化することにより、精度が高い発生予察式が可能と考えられ、検討の必要がある。なお、静岡県下では前年9月下旬の台風の影響を受け、1997年春期に局地的ではあるが従来発生がみられない園地でそうか病の多発がみられた。本病では葉および果実が一定期間後は抵抗性になるとされているが、かいよう病の例では抵抗反応が鈍化する秋期に感染すると、比較的抵抗性が高い品種でも翌春の有力な伝染源が形成される。そうか病菌の飛散は秋期になおおう盛であり、越冬病斑量が発生予察上重要であることから、この時期の感染にかかわる生態の検討が望まれる。

## III かいよう病 Citrus Canker

本病では伝染源密度、降雨、風、宿主の生長経過およびミカンハモグリガの被害などが伝染にかかわりを持つが、自然条件下では、これらの要因のすべてが伝染に好適に合致することは少ないため、通常は一定の範囲内で発生の多少を繰り返す。しかしいくつかの好条件が重なり各要因が複合すると、それぞれの伝染に及ぼす作用は大きく増幅され、少発生から多発生に短期間で移行する恐れが常にある。このため長期間の発生予察は困難で、現状では春葉、果実および夏秋葉の発病程度を時期を追って調査し、平年値と比較して現状分析を行う短期間の発生予察が行われる(芹澤, 1992)。

### 1 発生予察

二次伝染するので、春梢での初発生時期と発生量の予察が最も重要で、そのため、まず第一次伝染源密度を的確に把握する必要がある。春梢に感染後は、新たに形成された病斑が主な伝染源となるため、春梢の発病度を基にその後の春葉、果実の感染量を予察する方法がとられ

る。

### (1) 春梢への第一次伝染源密度の把握

前年の8月までに形成された病斑では、翌年春期の菌の溢出量はきわめて少なく、溢出開始時期も遅いので、春梢への有力な伝染源にはならない。これに比べ、9月以降に形成された病斑では翌春の菌の溢出濃度が高く溢出開始時期も早い。とくに、旬平均気温が20°C付近から順次低下する時期の感染による病斑は、伝染源として有力なので、この時期の感染量を他の時期と切り離して別に調査する。目的は強風雨に伴う秋期の感染量なので、調査対象はミカンハモグリガの被害を受けない春枝や、本虫の被害がないかまたは少ない夏枝の成熟枝が望ましい。その理由は、未熟な夏秋葉の発病はミカンハモグリガの被害程度に著しく左右され、強風雨などの気象条件の影響を必ずしも反映しないからである。

① 9月始めに3~5樹からミカンハモグリガの被害がない春枝と夏枝を1樹当たり合計20本ほど選び、この時期を起点に翌年4月まで発病を継続調査する。10月に入り旬平均気温が20°Cから順次15°C前後に低下する過程では、感染しても直径0.5mm以下の微小病斑となり、また、葉や枝の組織内で潜伏越冬する比率が高まる。そのため、あらかじめ調査枝を決めておかないと病斑の確認が困難で、感染量を正確に把握できない。

② 旬平均気温が10°C以下になる12月以降に病斑内の菌密度は継続的に低下し、再び10°Cに上昇する3月下旬ごろから菌の再増殖が始まる。したがって、冬の訪れが遅く春の訪れが早い旬平均気温が10°C以下の期間が短い年には、病斑内あるいは潜伏越冬中の菌密度は高めに保たれる。越冬中に、葉が萎凋する程の低温と乾燥に遭い寒害が発生するような条件に遭うと菌密度は著しく低下し、死滅したり春期に密度の回復が著しく遅れる。冬期の旬平均気温がおおむね4°C以上で推移する年は、寒害の発生もなく春期に菌密度の回復が速い。

③ 3月下旬以降、旬平均気温が10~12°Cに順次上昇するころ、潜伏越冬した菌は病斑を形成し、微小病斑とともに急速に拡大し始め、菌の溢出が始まる。この時期には越冬葉が感染し形成された病斑は同じく急速に拡大する。微小病斑は冬期の低温に遭うと暗褐色の点となり、春期にこれを押し上げるように膨らむので、判別しやすい(口絵写真④)。潜伏越冬による病斑と早春の感染による病斑の区別は、外観の病徴からはできない(口絵写真⑤)。

3月下旬~4月の発病度と前年9月の調査開始時点の発病度との差が春梢への有力な第一次伝染源の密度で、秋期に台風の影響の有無により病斑密度に著しい差を生

表-1 ネーブルの春葉と夏葉における秋期から翌年早春の発病推移

圃場	項目	調査年月日				
		1982			1983	
		9/9	11/8	12/1	4/5	4/27
A	調査葉数	652	631	631	175	175
	発病葉率	2.0%	4.8%	15.7%	14.9%	20.6%
	発病度	0.4	1.0	5.2	2.9	3.8
B	調査葉数	485	264	246	74	74
	発病葉率	7.2%	52.5%	65.0%	46.0%	52.7%
	発病度	1.6	14.2	27.5	10.4	12.2
圃場	項目	1983			1984	
		9/9	10/27	12/1	3/22	4/27
		A	調査葉数	403	299	277
発病葉率	1.0%		1.3%	1.8%	4.9%	4.9%
発病度	0.2		0.3	0.5	0.8	0.8
B	調査葉数	260	233	217	413	413
	発病葉率	38.5%	36.9%	35.9%	39.5%	39.7%
	発病度	11.1	11.4	11.5	7.2	7.2

台風襲来：1982年 9/24(19号), 10/8(21号)…少雨強風2回

1983年 9/28(10号)…多雨弱風1回

・秋期の調査枝を剪除されたため、春期に枝を新たに無作為抽出した。

ずる(表-1)。

(2) 春葉の発病度と気象条件から二次伝染量の推定  
新梢では第1~第3葉位の葉が展開するころから感染が起り、ナツダイダイの無防除樹を例にみると、春葉ではおおむね6月上旬までに年間の発病度の最大値の53%に達し、下旬までに同80%に達する。この間は、越冬病斑の質と量、および気温による新梢の成熟期間の長短や降水量などが発病の変動要因となる。果実はおう盛に肥大し始める6月上旬から感染するが、春葉の発病が急増後の6月下旬から著しい発病の増加がみられ、7月下旬までにおおむね年間の最大値の69%に達する。この期間は、梅雨の降水量や降水日数が発病の変動要因となる。5月以降は、春梢の発病度あるいは果実の発病度と降雨条件から発病量を推定する(表-2)。

2 今後の課題

1997年には6月下旬の台風の襲来により多発したが、前年9月下旬の台風17号による有力な伝染源の形成に端を発し、春期から発病が多かったことが大きい要因となった。秋期の感染に伴う微細な病斑の確認にはかなり困難を伴うが、この時期に濃厚な菌の飛散を受け果実が

表-2 かいよう病の発生量を予測する重回帰式

予測月・旬	予測時点の月・旬	n	重回帰式	R	R <sup>2</sup>	
春葉	6月上旬	5月中旬	8	$Y = -0.0778 + 9.0046 X_1$	0.606	0.367
				$Y = -5.8555 + 13.7089 X_1 + 0.5795 X_3$	0.761*	0.580
	6月下旬	5月下旬	13	$Y = 2.1443 + 1.7306 X_1$	0.744**	0.553
				$Y = 0.0451 + 1.5378 X_1 + 0.0100 X_2$	0.877***	0.769
				$Y = 2.0155 + 1.0806 X_1 + 0.0150 X_2 - 0.2252 X_3$	0.905***	0.819
	7月下旬	6月上旬	13	$Y = 1.9044 + 0.8093 X_1$	0.874***	0.764
				$Y = 0.4697 + 0.7138 X_1 + 0.0091 X_2$	0.945***	0.892
				$Y = 2.0645 + 0.8105 X_1$	0.889**	0.791
	7月下旬	6月下旬	8	$Y = 5.4858 + 0.7884 X_1 - 0.1524 X_3$	0.949***	0.900
				$Y = 0.7630 + 0.9931 X_1$	0.944***	0.891
				$Y = 3.0173 + 0.9658 X_1 - 0.1618 X_3$	0.977***	0.955
	果実	6月下旬	5月下旬	10	$Y = 0.0083 + 1.6026 X_1$	0.912***
$Y = 1.0234 + 1.5194 X_1 - 0.0840 X_3$					0.918***	0.843
$Y = 0.0824 + 0.6218 X_1$					0.902***	0.814
7月下旬		6月下旬	12	$Y = -0.9094 + 0.6691 X_1 + 0.1110 X_3$	0.913***	0.833
				$Y = -4.3809 + 3.8579 X_1$	0.869***	0.755
				$Y = -5.9074 + 3.8089 X_1 + 0.0053 X_2$	0.872***	0.760
8月下旬		7月下旬	9	$Y = 1.1848 + 3.9489 X_1 + 0.0332 X_2 - 1.1684 X_3$	0.912***	0.831
				$Y = 3.6305 + 1.9469 X_1$	0.601	0.362
				$Y = -8.6277 + 1.4014 X_1 + 0.0656 X_2$	0.833**	0.695
9月下旬		7月下旬	9	$Y = -8.9835 + 1.6999 X_1 + 0.0272 X_2 + 1.0287 X_4$	0.932***	0.869
				$Y = 5.5329 + 2.1028 X_1$	0.631	0.398
				$Y = -16.7631 + 2.1039 X_1 + 0.0403 X_2$	0.921***	0.847
				$Y = -15.8281 + 2.0907 X_1 + 0.0254 X_2 + 0.4959 X_4$	0.957***	0.917

Y：春葉および果実発病度の推定値、X<sub>1</sub>：予測時点の春葉発病度 X<sub>2</sub>：降水量 X<sub>3</sub>：降水日数 X<sub>4</sub>：最大風速6m/s以上の降水日数、R(重回帰係数)：危険率 \*5%、\*\*1%、\*\*\*0.1%水準で有意、R<sup>2</sup>：寄与率。

気孔感染すると、形成された果面の微細な病斑は着色後も濃緑色のまま長い期間残る(口絵写真⑥)。これは秋期感染の有無および量の指標としてきわめて確度の高いもので、注意深く枝葉の観察を行うことが望ましい。

### おわりに

近年の気象は、静岡県を例にみると、1994年以降1997年現在まで夏期や秋期に1か月以上降雨がなかったり、感染期間の累積降雨量の大幅な減少、あるいは晩秋に気温が高く推移し曇雨天が続くなど、過去に比べ変化の幅が大きくなっている。これらはある種の病害の多発を招く恐れがある一方、別の病害では散布回数削減に結び付く要素をも併せ持つ。栽培方法の革新や防除機

械の導入などにより、状況に即応した防除が可能になってきた今日では、発生予察の役割は激しい病害被害を回避する目的以外に、不必要な農薬散布をやめ生産コストの低減を図る視点からも期待されている。

### 引用文献

- 1) 本間保男・山田峻一(1969): 園試報 B (9): 85~96.
- 2) 井上一男・芹澤拙夫(1965): 静岡柑橘試研報 5: 51~55.
- 3) 家城洋之(1977): 果樹試報 B 4: 99~114.
- 4) 小泉銘冊(1980): 果樹試報 D 2: 39~82.
- 5) 倉本 孟・山田峻一(1975): 果樹試報 B 2: 75~86.
- 6) 貞松光男(1977): 佐賀県果試特報 1: 1-44.
- 7) 佐々木 篤(1965): 日植病報 30: 246~252.
- 8) 芹澤拙夫(1992): 静岡柑橘試特報 5: 82~92.
- 9) 牛山欽司(1973): 神奈川園試報 21: 39~46.
- 10) 山田峻一(1961): 近畿農試園芸部特報 2: 1~56.

## 学 界 だ よ り

### ○学会大会の開催

#### ☆日本農薬学会第23回大会の開催

1. 会 場: 総会、特別講演、受賞講演—島根県民会館  
一般講演、シンポジウム —島根大学  
懇親会 —ホテル一畑
2. 会期: 日程  
平成10年3月27日(金)~29日(日)  
3月27日 午前—総会、学会賞授賞式、受賞講演  
午後—受賞講演、特別講演、懇親会  
28日 一般講演  
29日 午前—一般講演、午後—シンポジウム
3. 特別講演
  - 1) Future challenges to Pesticide Scientists  
(カリフォルニア大学デービス校) 松村文夫氏
  - 2) 農薬使用の社会的合意形成  
(関西大学) 松中昭一氏
4. シンポジウム
  - 1) 農薬の分子設計とコンピューターケミストリー  
オーガナイザー: 赤松美紀氏(京都大学), 尾添嘉久氏(島根大学)
  - 2) 農薬の動態予測とコンピューターシミュレーション  
オーガナイザー: 松尾昌季氏(住友化学)
5. 参加申し込み  
申し込み先 〒690-8504 松江市西川津町1060  
島根大学 生物資源学部  
日本農薬学会第23回大会組織委員会  
FAX 0852-32-6597  
申し込み締切 平成10年2月28日(土)(必着)  
なお、参加手続きが例年と異なりますのでご注意ください。

#### ☆第42回日本応用動物昆虫学会大会の開催

1. 会 場: 名古屋大学(名古屋千種区不老町)
2. 日 程: 1998年3月31日(火)~4月2日(木)  
3月31日: 開会あいさつ、学会賞授賞式および

記念講演、総会、特別講演、一般講演、懇親会

4月1日, 2日: 一般講演, 小集会

3. 参加申込: 1997年12月26日までに参加費を送金
4. 会 費: 大会参加費: 4,000円, 学生: 3,000円  
(12月27日以降は1,000円増)  
懇親会費: 5,000円, 学生: 4,000円  
(12月27日以降は一律6,000円)
5. 大会事務局

464-01 名古屋千種区不老町  
名古屋大学大学院生命農学研究科生物機能分  
化学講座(環境昆虫学教室)内  
応動昆第42回大会事務局  
FAX 052-789-4032 TEL 052-789-4035,  
4032  
(緊急の連絡以外はできる限りFAXで)  
郵便振替口座  
口座番号 00890-6-81168  
加入者名 応動昆第42回大会事務局

#### ☆平成10年度日本植物病理学会大会の開催

1. 大会日程および会場  
平成10年5月20日(水)~22日(金)  
5月20日: 総会、一般講演、懇親会  
21日, 22日: 一般講演  
大会会場: 北海道大学学術交流会館とクラーク記念館(札幌市北区北8条西5丁目)  
懇親会会場: 京王プラザホテル札幌
2. 大会参加等の申し込み  
申し込み締切日 平成10年2月16日(月)  
大会参加費: 3,000円(締切日以降は4,000円)  
講演要旨予稿集: 2,000円  
大会懇親会費: 7,000円
3. 申し込み先, 連絡先  
〒060-0809 札幌市北区北9条西9丁目  
北海道大学農学部 日本植物病理学会大会事務局  
電話 011-706-2473, 2483, FAX 011-706-4938