

長崎県におけるジャガイモ疫病発生予察モデル (FLABS) の改変と 防除への利用

難波信行, 小川哲治, 平田憲二, 吉田満明, 松尾和敏

キーワード：バレイシヨ, ジャガイモ, 疫病, 初発, 発生予察

Modification of Forecast Model (FLABS) for potato late blight and use to control in Nagasaki prefecture.

Nobuyuki NAMBA, Tetsuji Ogawa, Kenji HIRATA, Mitsuaki Yoshida, Kazutoshi Matsuo

目次

1. 緒言	80
2. 疫病の初発期データ等の収集と FLABS による試測および FLABS の改変	80
1) 出芽期, 疫病の初発期の収集	80
2) FLABS による予測とモデルの改変	82
3) 考察	86
3. FLABS (長崎モデル) を用いた初発期の予測と薬剤防除	87
1) FLABS (長崎モデル) による初発期の予測	87
2) FLABS (長崎モデル) の予測に基づいた薬剤防除	89
3) メタラキシル・TPN 水和剤を基軸とした防除体系と FLABS (長崎モデル) の予測による効率的な薬剤防除	91
4) 考察	93
4. 摘要	96
5. 引用文献	96
Summary	96

1. 緒言

ジャガイモ疫病は、*Phytophthora infestans* (Montagne) de Baryによる病害で、西南暖地における春作バレイショの最重要病害である。疫病は、4月上旬から5月中旬にかけて防除が行われるが、好適条件下で急激に発生が拡大するため、栽培現場では、発生前の早い時期から予防的にスケジュール散布が行われ、病害虫防除の中で疫病に対する薬剤防除の回数が最も多くなっている。しかし、疫病の発生状況は年により大きく異なるため、発生時期が遅い年には必要のない防除が行われている場合もある。そのため、疫病の発生状況に応じた効率的な防除が望まれており、この防除技術による生産コストの低減や環境への負荷軽減にも期待が持たれる。

効率的に疫病の防除を行うためには、初発時期の予測が不可欠である。欧米では、Hyer³⁾やWallin¹⁰⁾が予察モデルを開発し、Krauseら⁴⁾はHyreとWallinの2つのモデルを結合し、予測に加え薬剤散布日を指示するシステム(BLITECAST)を開発している。国

内では、北海道においてBLITECASTの適応性が検討され、実用性は低かったもののBLITECASTの仕組みを参考にジャガイモ疫病発生予察モデル(FLABS¹⁾(Forecasting Late-Blite System)を開発し実用化²⁾されている。

そこで、本研究では気象、品種、土壌、管理方法等の栽培環境が異なる長崎県におけるFLABSの適合性の検討と本県への適合性を高めるための改変を実施し、改変したFLABS(長崎モデル)の予測に基づいた防除を行い、本モデルの実用性を評価した。また、本モデルと小川ら⁸⁾⁹⁾が示したジャガイモ疫病に対する散布回数を減らした効率的な防除体系を組合わせた技術の効果についても検討した。

なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「諫早湾干拓地における環境保全型大規模生産技術体系の構築」(2007~2009年)の中の1研究課題を中心に実施したものである。関係機関に対し感謝の意を表す。

2. 疫病の初発期、気象データ等の収集とFLABSによる試測およびFLABSの改変

FLABS¹⁾²⁾は、気象データ(最高気温、最低気温、平均気温、降水量)を発病好適基準(表1)に従って感染好適指数に換算し、出芽日からの好適指数の累積が21に達した日を「基準月日(発病危険期到達日)」、その2週間後を「予測初発日」、その前後5~10日間を「予測期間」とするジャガイモ疫病の発生予測モデルである(図1)。そこで、このモデルが本県で活用可能か検証するため、2007年と2008年にバレイショを作付けして、FLABSで必要な出芽期、疫病の初発期を収集した。

1) 出芽期、疫病の初発期の収集

材料および方法

(1) 試験場所

2007年は、当センター内圃場(赤黄色土および黒ボク土;諫早市貝津町:以下「所内圃場」)、当センター馬鈴薯研究室圃場(淡色黒ボク土;雲仙市愛野町:以下「愛野圃場」)、2008年は、所内圃場(赤黄色土)、愛野圃場(淡色黒ボク土)、当センター干拓営農研究部門(灰色低地土;諫早市中央干拓:以下「干拓圃場」)で実施した。

(2) 耕種概要

作型は春作(無マルチ)、品種はニシユタカ、植付日は2007年が場内圃場3月9日、愛野圃場4月5日、2008年が場内圃場3月3日、愛野圃場3月21日、干拓圃場3月3日であった。なお、2007年の愛野圃場は、出芽したばかりのポット植えのジャガイモ苗を植え付けた。

(3) 区制・面積

2007年は、所内圃場1区90m²(600株)、愛野圃場1区9m²(60株)、2008年は、所内圃場1区90m²(600株)、愛野圃場1区9m²(60株)、干拓圃場1区150m²(960株)で、すべて反復なしで実施した。

(4) 調査項目・時期・方法

ア) 出芽期調査:植付け後2~7日間隔で、出芽期(全体の4~5割が出芽)を調査した。

イ) 発病調査:2~3日間隔で、初発期を調査した。

(5) 気象データ(温度、降水量):所内圃場、干拓圃場は、当センター本所観測データ(干拓圃場の気温は、本所観測データを中央干拓地と本場の気温を月別相関表⁵⁾で補正)、愛野圃場は、当センター馬鈴薯研究

室観測データを利用した。

結果

2007年は平年に比べ5月の平均気温が高めに推移し、4～5月の降水量は少なく(表2, 3), 出芽期は所内圃場が4月10日(赤黄色土, 黒ボク土), 愛野圃場が4月5日(表4), 疫病の初発日は, 所内圃場が5月29日(赤黄色土)と5月31日(黒ボク土), 愛野圃場が5月25日と平年に比べ遅かった(表4)。

2008年は平年に比べ4～5月の平均気温はやや高めに推移したが, 4月の降水量は少なかった(表2, 3)。出芽期は, 所内圃場が4月1日, 愛野圃場が4月22日, 干拓圃場が4月20日(表4), 疫病の初発日は, 干拓圃場が6月10日, 愛野圃場が6月3日と平年に比べ非常に遅く, 所内圃場は発生が認められなかった(表4)。

表1 FLABSの発病好適基準(北海道病害虫防除所ホームページより)

- ① 1日の平均気温が26.6℃以下でかつ最低気温が7.2℃より高い場合、以下の区分に従って感染好適指数を割り当てる。

その日の平均気温	前5日間の降水量の合計 (mm)				
	～5.0	5.5～10.0	10.5～20.0	20.5～25.0	25.5～
15.1～26.5℃	0	1	2	2	3
11.7～15.0℃	0	0	1	2	2
7.2～11.6℃	0	0	0	2	2

- ② 上記の表で感染好適指数が0であっても、当日0.5mm以上の降水があり、平均気温が7.2℃以上の場合、感染好適指数を1とする。
- ③ 最低気温が7.2℃以下であっても、前5日間の降水量が合計で30mm以上で、平均気温が7.2℃以上なら感染好適指数を2とする。
- ④ 感染好適指数の累積値が5以下の場合で、前10日間の降水量の合計が0なら、それまでの累積値を0とする。
- ⑤ 平均気温が26.6℃以上の日は感染好適指数のそれまでの累積値を0に戻す。

表2 降水量と気温(農林技術開発センター本所観測データ)

		降水量 (mm)			平均気温 (°C)			最高気温 (°C)			最低気温 (°C)		
		2007	2008	平年	2007	2008	平年	2007	2008	平年	2007	2008	平年
4月	上旬	5.5	14.0	63.7	12.6	13.3	12.8	18.1	20.1	18.2	7.0	7.0	7.1
	中旬	37.0	71.0	69.1	14.4	18.0	14.4	20.2	24.9	19.8	8.8	11.9	8.7
	下旬	101.5	55.5	61.0	17.0	15.3	16.4	22.7	21.3	22.1	11.5	8.9	10.5
5月	上旬	119.5	25.0	83.8	18.2	18.3	17.7	22.8	25.5	23.0	13.2	11.5	12.2
	中旬	28.5	21.0	78.3	18.8	20.9	18.8	24.7	27.6	24.2	12.6	14.2	13.1
	下旬	35.0	82.0	55.5	22.0	20.4	20.0	28.6	25.0	25.5	15.7	15.6	14.3

※平年値：1971～2000年の平均 平均気温：日平均気温

表3 降水量と気温(農林技術開発センター馬鈴薯研究室観測データ)

		降水量 (mm)				平均気温 (°C)				最高気温 (°C)				最低気温 (°C)			
		2007	平年	2008	平年	2007	平年	2008	平年	2007	平年	2008	平年	2007	平年	2008	平年
4月	上旬	4.5	80.3	77.5	67.8	14.5	14.1	14.6	14.0	20.0	18.9	20.0	18.9	9.0	9.2	9.3	9.0
	中旬	34.5	62.6	21.5	47.5	15.4	15.7	16.8	15.8	20.8	20.5	21.6	20.9	10.0	10.9	11.9	10.8
	下旬	99.5	47.7	33.5	57.5	18.2	16.8	17.2	16.7	22.8	21.7	23.0	21.7	13.7	11.9	11.4	11.8
5月	上旬	136.0	101.3	83.0	105.2	19.1	19.4	19.3	19.2	23.0	23.6	24.7	23.5	15.2	15.1	13.9	14.7
	中旬	24.0	111.9	16.5	101.9	20.0	19.3	18.8	19.4	25.1	23.4	24.6	23.6	14.9	15.3	13.0	15.2
	下旬	18.5	23.2	158.0	25.8	22.7	20.8	21.8	21.1	28.0	25.5	26.1	25.9	17.3	15.6	17.4	16.0

※平年値(2007)：過去5年間の平均 平均気温：最高・最低の平均値
平年値(2008)：過去5年間の平均

表4 バレイショの出芽期とジャガイモ疫病初発日

調査年	試験圃場	出芽期	疫病初発日
2007年	所内(赤黄色土)	4月10日	5月29日
	所内(黒ボク土)	4月10日	5月31日
	愛野(淡色黒ボク土)	4月5日	5月25日
2008年	所内(赤黄色土)	4月1日	未発生
	愛野(淡色黒ボク土)	4月22日	6月3日
	干拓(灰色低地土)	4月20日	6月10日

2) FLABSによる予測とモデルの改変

材料および方法

検証に用いたデータは2007年、2008年に作付して得られたデータと1993～2003年(1996年は未発生のため検討から除外)に当センター馬鈴薯研究室(当時は総合農林試験場愛野馬鈴薯支場育種栽培科)で蓄積されたデータ(表5)を使用した。なお、本研究では、北海道で初発予測の目安として示されている予測初発日を基準月日から2週間後、初発の範囲を予測初発日の前後5日間として予測した(図1)。さらに、その結果に基づき発病好適基準を改変し、適合性を高める検討を行った。

結果

2007、2008年の春作5圃場におけるデータでは、初発の実測日は予測日より8～22日遅かった(表6)。蓄積データでは、1993、1997、1998、2001および2003年は予測日の前後5日間に、2002年は予測日の9日後の初発であった。1994、1995、1999および2000年は予測日から16日以上の間隔があいた(表6)。初発の予測期間には5例(1993年、1997年、1998年、2001年、2003年)が適合し、いずれの例も初発

期が4月28日から5月17日と発病時期が早い年であった。また、その期間内の初発が他に1例あり、予測期間の4日後(2002年)で比較的実測日に近かった。なお、すべてのデータで基準月日以前の初発は認められなかった(図2)。基準月日と初発日の相関は、全データ(15例)では $R^2=0.35$ (図3)であったが、4月28日～5月17日に初発した6例では $R^2=0.64$ (図4)と高かった。

そこで、4月28日～5月17日に初発が認められた6例の内、予測期間に該当しない1例が予測期間に近づくように感染好適基準を改変した。本県では、「前5日間の降水量の合計」が20.5mm～25.5mmに当てはまる場合が少なく、20.5mm以上の降雨の場合、25.5mmを超える事が多いため「前5日間の降水量の合計」から「25.5mm以上」の区分をなくし「20.5mm以上」とし、指数は「0～2」とし、気温が7.2～11.6℃と低い場合は指数を小さく変更した(表7)。

その結果、初発日が4月28日から5月17日の6例のうち、改変前には予測期間から4日後であった2002年の予測日が、予測期間から1日後となり適合性が高まった(図5)。

表5 バレイショの出芽期とジャガイモ疫病初発日

調査年	出芽期	疫病初発日
1993年	4月13日	5月17日
1994年	4月12日	5月31日
1995年	4月9日	6月6日
1996年	—	—
1997年	4月4日	5月5日
1998年	4月1日	4月28日
1999年	4月5日	5月20日
2000年	4月9日	5月31日
2001年	4月14日	5月14日
2002年	3月31日	5月9日
2003年	4月1日	4月30日

※ 当センター馬鈴薯研究室データ(品種:ニシユタカ), —:未発生のため除外

月日	感染好適指数	備 考
4月 2日	0 (累積値)	出芽期
4月 3日	1	
4月 4日	2	
↓	↓	
4月19日	21	基準月日 (発病危険期到達日)
↓		
4月27日		
4月28日		
4月29日		
4月30日		
5月 1日		
5月 2日		
5月 3日		予測初発日 (基準月日の2週間後)
5月 4日		
5月 5日		
5月 6日		
5月 7日		
5月 8日		

予測期間：この期間内に「初発日」があれば適合

図1 FLABS の計算例

表6 ジャガイモ疫病初発のFLABSによる予測初発日と予測期間

調査年	試験圃場	基準月日	予測初発日	予測期間	実測日との差 ¹⁾
1993年	愛野 (淡色黒ボク土)	5月1日	5月15日	5月10日～20日	+2
1994年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月22日	5月6日	5月1日～11日	+25
1995年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月21日	5月5日	4月30日～5月10日	+32
1997年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月23日	5月7日	5月2日～12日	-2
1998年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月13日	4月27日	4月22日～5月2日	+1
1999年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月20日	5月4日	4月29日～5月9日	+16
2000年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月29日	5月13日	5月8日～18日	+18
2001年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月30日	5月14日	5月9日～19日	0
2002年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月16日	4月30日	4月25日～5月5日	+9
2003年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月20日	5月4日	4月29日～5月9日	-4
2007年	所内 (赤黄色土)	4月25日	5月9日	5月4日～14日	+20
2007年	所内 (黒ボク土)	4月25日	5月9日	5月4日～14日	+22
2007年	愛野 (淡色黒ボク土)	4月25日	5月9日	5月4日～14日	+16
2008年	愛野 (淡色黒ボク土)	5月12日	5月26日	5月21日～31日	+8
2008年	干拓 (灰色低地土)	5月7日	5月21日	5月16日～26日	+20

1) 実測日との差=実測日-予測日

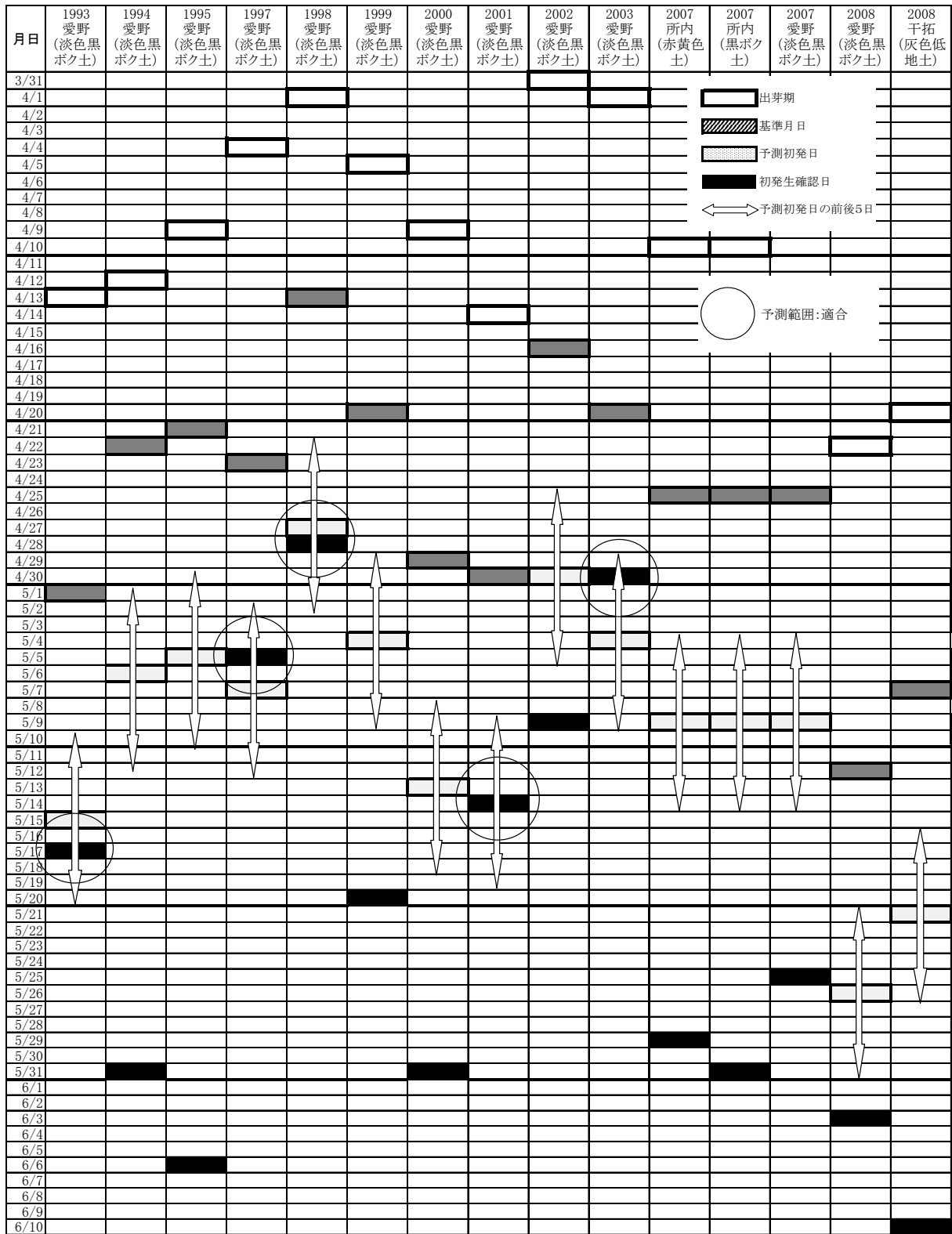
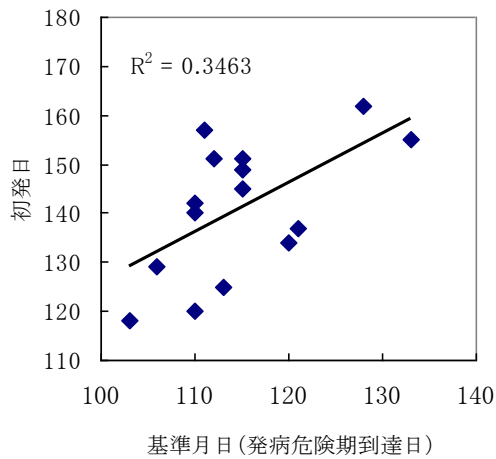
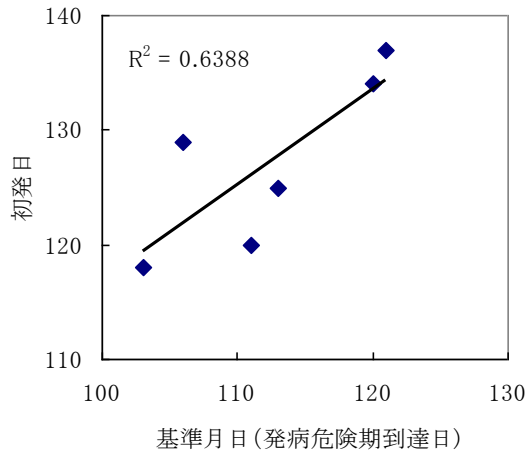


図2 FLABSによる年次別ジャガイモ疫病初発予測と実測日



※ X軸, Y軸の数字は1月1日以降の日数

図3 基準月日と初発日の相関
(全データ : 15 例)



※ X軸, Y軸の数字は1月1日以降の日数

図4 基準月日と初発日の相関
(4月28日～5月17日 : 6 例)

表7 発病好適基準

- ① 1日の平均気温が26.6℃以下でかつ最低気温が7.2℃より高い場合、以下の区分に従って感染好適指数を割り当てる。

その日の平均気温	前5日間の降水量の合計 (mm)				
	～5.0	5.5～10.0	10.5～20.0	20.5～25.0	25.5～
15.1～26.5℃	0	1	2	2	3
11.7～15.0℃	0	0	1	2	2
7.2～11.6℃	0	0	0	2	2

変更

その日の平均気温	前5日間の降水量の合計 (mm)			
	～5.0	5.5～10.0	10.5～20.0	20.5～
15.1～26.5℃	0	1	2	2
11.7～15.0℃	0	1	1	2
7.2～11.6℃	0	0	0	1

- ② 上記の表で感染好適指数が0であっても、当日0.5mm以上の降水があり、平均気温が7.2℃以上の場合、感染好適指数を1とする。

- ③ 最低気温が7.2℃以下であっても、前5日間の降水量が合計で30mm以上で、平均気温が7.2℃以上なら感染好適指数を2とする。

変更

最低気温が7.2℃以下であっても、前5日間の降水量が合計で30mm以上の場合、平均気温が7.2℃～11.6℃なら感染好適指数を1、11.7℃以上なら2とする

- ④ 感染好適指数の累積値が5以下の場合で、前10日間の降水量の合計が0なら、それまでの累積値を0とする。

- ⑤ 平均気温が26.6℃以上の日は感染好適指数のそれまでの累積値を0に戻す。

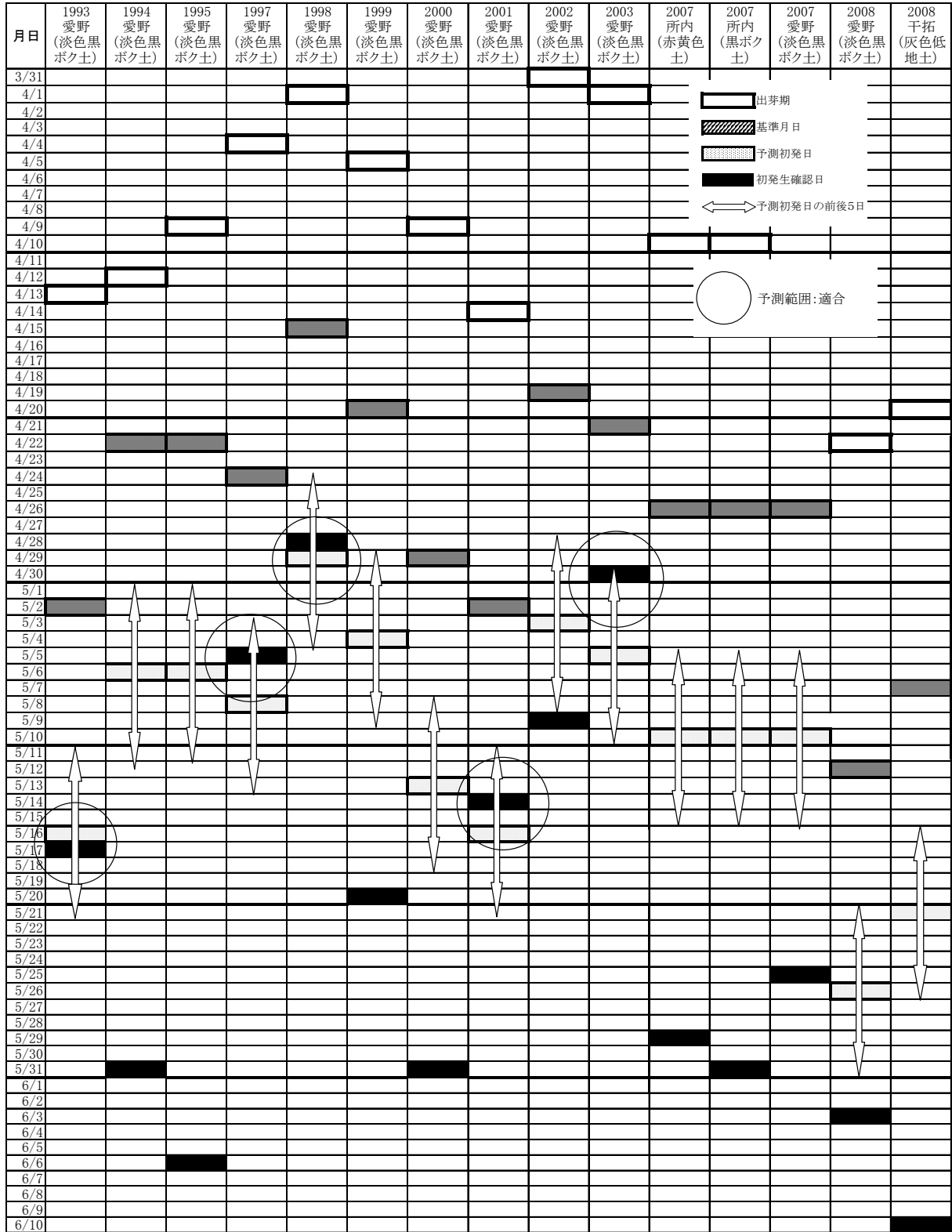


図5 FLABS (長崎モデル) による年次別ジャガイモ疫病初発予測と実測日

3) 考察

北海道で開発された疫病発生子察モデル (以下 FLABS (北海道モデル))^{1) 2)} は、欧米³⁾¹⁰⁾⁴⁾ の疫病発

生子察モデルが圃場内の温度や湿度のデータを必要とするのに比べ、圃場に近しいアメダスデータ (降水量, 平均気温, 最高気温, 最低気温) を使用する実

用的なシステムである。そこで、長崎県のデータ 15 例で検証し、FLABS（北海道モデル）の適合性を検討した。その結果、4月28日～5月17日に初発を確認した6例に予測期間内の初発（予測日の前後5日間）あるいは予測期間に近い初発（予測日の9日後）が多かった。これより遅く初発した例では、予測日から16日以上離れたものが多く、初発が平年に比べ早い年は適合性が高かった。基準月日以降の気温は、15例とも疫病の発生に好適であった。更に早期に初発した6例は、基準月日から予測初発日までの降雨条件（前5日間の降水量の合計）も5.5mm以上の日が多く疫病の発生に好適に推移していた。ジャガイモ疫病は、着蕾～開花期頃から発生するとされており、4月28日～5月17日は春作の着蕾～開花期にあたると思われる、その時期に気象条件が好適であったため早期に発生したものと考えられる。また、その他のデータは、基準月日から予測初発日までに5.5mm以上の日が少ない傾向が認められ、初発が遅れた要因の1つとして降雨条件が影響したと思われる。本県のデータで適合性が認められたのは、早期に初発した場合に限られたが、春作のバレイショの収穫

は、5月下旬頃がピークとなるため、FLABSによる5月中旬までの初発の予測は、実用性が高いと思われる。また、すべてのデータで、基準月日（発病危険期到達日）以前の初発は認められず、基準月日から発病までの間隔は、最も短い場合でも10日（2003年）であった。このことは、基準月日を防除開始時期の目安とした予防散布が可能であることを示している。

早期に初発した6例（1993, 1997, 1998, 2001, 2002 および2003年）の適合性を更に高めるために、FLABS（北海道モデル）で使用する発病好適基準の降水量の区分と指数を一部改変した結果、実測日が予測日の9日後とやや離れていた2002年の予測日が6日後となり、他の5ヵ年の実測日も予測日の前後5日間と変わらず適合性が高まった。改変した発病好適基準においても、すべてのデータで基準月日（発病危険期到達日）以前の初発は認められなかった。

FLABS（長崎モデル）を用いて疫病防除開始時期を決定することにより、初発日が早い場合は迅速な初期防除、遅い場合は適期防除による散布回数の低減が可能となると考えられる。

3. FLABS（長崎モデル）を用いた初発期の予測と防除

FLABS（北海道モデル）の発病好適基準を一部改変したFLABS（長崎モデル）の適合性を2009年と2010年に検証した。

1) FLABS（長崎モデル）による初発期の予測

材料および方法

(1) 試験場所

2009年は、所内圃場、愛野圃場および干拓圃場で実施した。2010年は、所内圃場と干拓圃場で実施した。

(2) 耕種概要

作型は春作マルチ栽培、品種はニシユタカ、植付日は2009年が所内圃場2月18日、愛野圃場2月9日、干拓圃場3月2日、2010年が所内圃場2月23日、干拓圃場2月8日であった。

(3) 区制・面積

2009年は、所内圃場が1区12㎡(80株)、2反復、愛野圃場が1区3㎡(20株)、3反復、干拓圃場が1区24㎡(160株)、3反復、2010年は、所内圃場が1区12㎡80株、3反復、干拓圃場が1区600㎡(3600

株)、反復なしで実施した。

(4) 調査項目・時期・方法

ア) 出芽期調査：植付け後2～7日間隔で、出芽期（全体の4～5割が出芽）を調査した。

イ) 発病調査：2～3日間隔で、初発期を調査した。

ウ) FLABSによる疫病初発期の試測

長崎モデル（表6）と北海道モデル（表3）により初発期を試測した。

(5) 気象データ（温度、降水量）：所内圃場、干拓圃場は、当センター本所観測データ（干拓圃場の気温は、本所観測データを中央干拓地と本場の気温を月別相関表⁵⁾で補正）、愛野圃場は、当センター馬鈴薯研究室観測データを利用した。

結果

2009年の気象状況は、平均気温が4月中旬、5月中旬は平年値より高く、その他はやや低いか平年並み、降水量が4月上旬、5月上中旬は平年より少なく、その他は平年並かやや多かった（表8, 9）。2010年の気象状況は、平均気温が4月上旬、5月上中旬

は平年値より高く、4月中下旬は低かった。降水量は4月上旬、5月中旬は平年並、4月中下旬は多く、5月下旬は少なかった(表8)。

出芽期は、2009年が所内圃場3月24日、愛野圃場3月15日、干拓圃場4月5日、2010年が本所圃場4月5日、干拓圃場4月2日、疫病の初発の実測日は、2009年が所内圃場未発生、愛野圃場4月20日、干拓圃場5月15日、2010年が所内圃場、干拓圃場ともに5月7日であった(表10)。

一方、モデルによる基準月日(発病危険期到達日)、

初発予測日ならびに予測期間は表11のとおりであった。初発の実測日と予測期間(初発予測日の前後5日間)の差は、2009年の愛野圃場では長崎モデルが2日早く、北海道モデルの予測期間内、2010年は所内圃場、干拓圃場とも長崎モデル、北海道モデルの予測期間内であったが、2009年の干拓圃場では、長崎モデルが4日、北海道モデルが7日遅く、変更された長崎モデルの方が予測期間に近い発病であった(表11)。

表8 降水量と気温(農林技術開発センター本所観測データ)

		降水量(mm)			平均気温(°C)			最高気温(°C)			最低気温(°C)		
		2009	2010	平年	2009	2010	平年	2009	2010	平年	2009	2010	平年
4月	上旬	14.0	65.5	63.7	13.3	14.6	12.8	20.1	20.6	18.2	7.0	8.7	7.1
	中旬	71.0	98.5	69.1	18.0	13.4	14.4	24.9	18.3	19.8	11.9	8.8	8.7
	下旬	55.5	90.5	61.0	15.3	14.2	16.4	21.3	20.3	22.1	8.9	8.0	10.5
5月	上旬	25.0	32.5	83.8	18.3	19.1	17.7	25.5	25.2	23.0	11.5	13.2	12.2
	中旬	21.0	73.5	78.3	20.9	19.0	18.8	27.6	25.1	24.2	14.2	13.0	13.1
	下旬	82.0	176.0	55.5	20.4	19.5	20.0	25.0	24.9	25.5	15.6	14.8	14.3

※平年値：1971～2000年の平均

平均気温：日平均気温

表9 降水量と気温(農林技術開発センター馬鈴薯研究室観測データ)

		降水量(mm)		平均気温(°C)		最高気温(°C)		最低気温(°C)	
		2009	平年	2009	平年	2009	平年	2009	平年
4月	上旬	20.0	74.4	14.2	14.2	20.4	19.4	8.1	9.1
	中旬	50.5	46.3	18.6	15.8	23.9	21.0	13.3	10.7
	下旬	55.5	47.4	16.1	16.8	22.4	22.0	10.2	11.5
5月	上旬	14.0	116.8	18.9	19.3	24.7	23.7	13.4	14.8
	中旬	20.5	96.1	21.0	19.2	27.1	23.8	15.3	14.6
	下旬	52.5	50.8	20.6	21.1	26.0	25.9	16.3	16.3

※平年値(2009)：過去5年間の平均

平均気温：最高・最低の平均値

表10 バレイショの出芽期とジャガイモ疫病初発日

試験年	試験圃場	出芽期	疫病初発日
2009年	所内(赤黄色土)	3月24日	未発生
	愛野(淡色黒ボク土)	3月15日	4月20日
	干拓(灰色低地土)	4月5日	5月15日
2010年	所内(赤黄色土)	4月5日	5月7日
	干拓(灰色低地土)	4月2日	5月7日

表 11 ジャガイモ疫病初発の FLABS による予測期間

試験年	試験圃場	長崎モデル		北海道モデル	
		基準月日	初発予測日 (予測期間)	基準月日	初発予測日 (予測期間)
2009 年	所内(赤黄色土)	4月18日	5月2日 (4月27日～5月7日)	4月16日	4月30日 (4月25日～5月5日)
	愛野(淡色黒ボク土)	4月13日	4月27日 (4月22日～5月2日)	4月8日	4月22日 (4月17日～27日)
	干拓(灰色低地土)	4月22日	5月6日 (5月1日～11日)	4月19日	5月3日 (4月28日～5月8日)
2010 年	所内(赤黄色土)	4月26日	5月10日 (5月5日～15日)	4月23日	5月7日 (5月2日～12日)
	干拓(灰色低地土)	4月24日	5月8日 (5月3日～13日)	4月21日	5月5日 (4月30日～5月10日)

2) FLABS (長崎モデル) の予測に基づいた薬剤防除

2009 年の愛野圃場と干拓圃場において前項「FLABS (長崎モデル) による初発期の予測」で得られた FLABS (長崎モデル) 予測結果に基づいた防除を実施し、その防除効果により FLABS (長崎モデル) の防除開始時期決定ツールとしての実用性を評価した。なお、所内圃場は疫病未発生のため検討から除外した。

材料および方法

(1) 試験場所

愛野圃場 (以下「試験 I-①」) と干拓圃場 (以下「試験 I-②」) で実施した。

(2) 耕種概要

作型は春作マルチ栽培、品種はニシユタカ、植付日は、試験 I-①が 2 月 9 日、試験 I-②が 3 月 2 日であった。

(3) 区制・面積

試験 I-①が 1 区 3 m² (20 株)、3 反復、試験 I-②が 1 区 24 m² (160 株)、3 反復で実施した。

(4) 処理時期・方法

FLABS 区は、試験 I-①が基準月日 1 日後の 4 月 14 日、試験 I-②が基準月日 2 日後の 4 月 24 日からともに 7 日間隔の散布を実施した。慣行区 (長崎県病害虫防除基準⁶⁾ より着蓄期から 7 日間隔の散布を慣行とした) は、試験 I-①が 4 月 9 日、試験 I-②が 4 月 21 日から散布した。薬剤はマンゼブ水和剤 600 倍液を使用し、10a 当り 250l 相当量を試験 I-①では肩掛式電動噴霧器、試験 I-②では背負式

動力噴霧器を用いて散布した。

(5) 調査月日・方法

試験 I-①では 4 月 16 日、23 日、30 日、5 月 7 日および 14 日の計 5 回、試験 I-②では 5 月 12 日、15 日、19 日および 25 日の計 4 回、それぞれ調査した。疫病の調査は、試験 I-①が各区 20 株、試験 I-②が各区 60 株について下記調査基準で調査し、発病株率、発病度、防除価を算出した。

<調査基準>

1: 全体の 1/4 程度の葉が発病

2: ほぼ 1/2 程度の葉が発病、時には一部の葉が枯死する

3: ほとんどの葉 (3/4 程度) が発病、枯死葉がかなり多く (1/2 程度) みられる

4: 葉はほとんど (3/4 以上) が枯死、時には茎部も枯死する

発病度 = { Σ (各発病指数 × 発病程度別株数) / 4 × 調査株数 } × 100

防除価 = 100 - { (試験区 / 無処理区) × 100 }

(オ) 疫病菌の伝染源の設置

試験 I-①は、試験圃場内に疫病伝染源としてポット植えのバレイショ発病株を 4 月 9 日に設置し、5 月 4 日および 7 日に疫病菌胞子懸濁液をジョロにより全株に散布した。試験 I-②は、自然発生条件下で試験を行った。

結果

薬剤散布回数はいずれの試験も FLABS 区が 4 回、慣行区が 5 回 (表 12, 13) となり、FLABS 区の散布

回数が1回少なくなった。FLABSの予測により散布開始時期が遅くなったため、散布回数が低減された。

一方、防除効果は、試験Ⅰ-①の慣行区は無処理区と比較し、発病は低く推移し、防除効果は高かった。これに対し、FLABS区では5月7日頃までは無処理区の発病が少なかったため防除効果は低かったが、疫病菌の直接接種後は無処理区と比較して発病

を低く抑え、慣行区と同等の防除効果が認められた(表14)。試験Ⅰ-②では、少発生条件ではあるが、FLABS区および慣行区ともに発生がなく高い防除効果が認められた(表15)。

いずれの試験もFLABS区、慣行区とも疫病発生前からの散布が開始されたため、疫病の発生を抑え、高い防除効果を示した。

表12 試験Ⅰ-①の薬剤散布日と散布回数

試験区名	4月9日	4月14日	4月16日	4月21日	4月23日	4月28日	4月30日	5月6日	5月7日	散布回数
FLABS区	—	○	—	○	—	○	—	○	—	4
慣行区	○	—	○	—	○	—	○	—	○	5
無処理区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

※ ○ マンゼブ水和剤 600倍液

表13 試験Ⅰ-②の薬剤散布日と散布回数

試験区名	4月21日	4月24日	4月28日	5月1日	5月5日	5月8日	5月12日	5月15日	5月19日	散布回数
FLABS区	—	○	—	○	—	○	—	○	—	4
慣行区	○	—	○	—	○	—	○	—	○	5
無処理区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

※ ○ マンゼブ水和剤 600倍液

表14 試験Ⅰ-①におけるジャガイモ疫病の発病株率、発病度の推移

試験区名	反復	調査株数	調 査 月 日										防除価	
			4月16日		4月23日		4月30日		5月7日		5月14日		5月7日	5月14日
			発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度		
FLABS区	I	20	0.0	0.0	10.0	2.5	15.0	3.8	15.0	3.8	5.0	1.3		
	II	20	0.0	0.0	15.0	3.8	15.0	3.8	20.0	5.0	5.0	1.3		
	III	20	0.0	0.0	25.0	6.3	30.0	7.5	25.0	6.3	5.0	1.3		
	AV.		0.0	0.0	16.7	4.2	20.0	5.0	20.0	5.0	5.0	1.3	7.7	98.2
慣行区	I	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	II	20	0.0	0.0	5.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	III	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	AV.		0.0	0.0	1.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	100
無処理区	I	20	0.0	0.0	10.0	2.5	10.0	2.5	5.0	1.3	100	66.3		
	II	20	0.0	0.0	10.0	2.5	5.0	1.3	25.0	6.3	100	75.0		
	III	20	0.0	0.0	10.0	2.5	25.0	6.3	35.0	8.8	100	67.5		
	AV.		0.0	0.0	10.0	2.5	13.3	3.3	21.7	5.4	100	69.6		

※1 防除価：発病度より算出

2 菌接種：発病株を4月9日に設置、5月4日および7日に疫病菌胞子懸濁液をジョロにより全株に散布

表 15 試験Ⅰ－②におけるジャガイモ疫病の発病株率, 発病度の推移

試験区分名	反復	調査株数	調査月日								防除価 5月25日
			5月12日		5月15日		5月19日		5月25日		
			発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	
FLABS区	I	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	II	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	III	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	AV.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
慣行区	I	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	II	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	III	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	AV.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
無処理区	I	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.8	
	II	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	III	60	0.0	0.0	1.7	0.4	5.0	1.3	10.0	3.8	
	AV.		0.0	0.0	0.6	0.1	1.7	0.4	3.9	1.5	

※ 防除価：発病度より算出

3) メタラキシル・TPN 水和剤を基軸とした防除体系と FLABS (長崎モデル) の予測による効率的な薬剤防除

小川ら⁷⁾⁸⁾⁹⁾は、ジャガイモ疫病防除薬剤の耐雨性、浸透性の有無等を評価し、剤の耐雨性、浸透性とバレイショの生育状況を考慮して出芽揃い期（全体の8割程度が出芽）を基点として2週間間隔で計3回散布を行うことで収穫時まで安定した防除効果が得られることを報告している（表 16）。そこで、小川ら⁷⁾⁸⁾⁹⁾が確立した防除体系に FLABS（長崎モデル）を組合わせて安定した効果が得られるか、加えて更に散布回数が減らせるかを 2010 年の所内圃場と干拓圃場において前々項「FLABS（長崎モデル）による初発期の予測」で得られた FLABS（長崎モデル）予測結果に基づき検討した。

材料および方法

(1) 試験場所

所内圃場（以下「試験Ⅱ－①」）と干拓圃場（以下「試験Ⅱ－②」）で実施した。

(2) 耕種概要

作型は春作マルチ栽培、品種はニシユタカ、植付日は試験Ⅱ－①が2月23日、試験Ⅱ－②が2月8日であった。

(3) 区制・面積

試験Ⅱ－①が1区12㎡80株、3反復、試験Ⅱ－②が1区600㎡（3600株）、反復なしで実施した。

(4) 処理時期・方法

FLABS 区は、試験Ⅱ－①が基準月日4日後の4月30日、試験Ⅱ－②が基準月日4日後の4月28日からともに約14日間隔の散布を実施した。対照区は、出芽揃い期（全体の8割程度が出芽）14日後（試験Ⅱ－①が4月21日、試験Ⅱ－②が4月15日）から約14日間隔で散布した。薬剤はメタラキシル・TPN 水和剤 500 倍液、ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN 水和剤 750 倍液、シアゾファミド水和剤 1000 倍液を使用し、10a 当り 250ℓ相当量を試験Ⅱ－①は背負式動力噴霧器、試験Ⅱ－②は1回目背負式動力噴霧器、2, 3回目はブームスプレーヤーを用いて散布した。

(5) 調査月日・方法

試験Ⅱ－①では4月30日、5月7日、13日、20日および27日の計5回、試験Ⅱ－②では4月28日、5月7日、13日、21日および26日の計5回、それぞれ調査した。疫病の調査は、試験Ⅱ－①が各区42株、試験Ⅱ－②が300株×3箇所について同項と同様の調査基準で調査し、発病株率、発病度、防除価を算出した。

結果

散布回数は、いずれの試験も FLABS（長崎モデル）区が2回、対照区が3回（表 17, 18）となり、FLABS（長崎モデル）区の散布回数が1回少なくなった。FLABS の予測により散布開始時期が遅くなったため、

散布回数が低減された。

防除効果は、試験Ⅱ－①ではFLABS（長崎モデル）区、対照区ともに発生がなく高い防除効果が認められた（表19）。試験Ⅱ－②でもFLABS（長崎モデル）区、対照区ともに発生が少なく、無処理区と比較し

て発病を低く抑え、高い防除効果が認められた（表20）。

いずれの試験もFLABS（長崎モデル）区、対照区とも疫病発生前から散布が開始されたことにより、疫病の発生を抑え、高い防除効果を示した。

表16 バレイシヨの生育ステージと薬剤の特性を考慮したジャガイモ疫病防除体系

生育ステージ	茎葉伸長旺盛期	茎葉伸長期	茎葉伸長完成期
散布時期	第1回	第2回	第3回
	出芽揃い14日後	出芽揃い28日後	出芽揃い42日後
薬剤名	メタラキシル・TPN水和剤	ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤 シモキサニル・ファモキサドン水和剤	シアゾファミド水和剤
各散布時期に必要なとされる薬剤の特性	茎葉伸長旺盛期：散布後に伸長した部位へ成分が浸透・移行する薬剤	茎葉伸長期＋疫病の初発時期：感染直後にも効果が期待できる浸透性を有する薬剤	長期残効性：耐雨性が高い薬剤 塊茎感染防止：遊走子形成阻害効果のある薬剤

※ 長崎農技セ成果情報(2010)より

表17 試験Ⅱ－①の薬剤散布日と散布回数

試験区名	4月21日	4月30日	5月7日	5月13日	5月20日	散布回数
FLABS区	—	○	—	●	—	2
対照区	○	—	◎	—	●	3
無処理区	—	—	—	—	—	

※ ○メタラキシル・TPN水和剤 500倍液
◎ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤 750倍液
●シアゾファミド水和剤 1000倍液

表18 試験Ⅱ－②の薬剤散布日と散布回数

試験区名	4月15日	4月28日	5月13日	回数
FLABS区	—	○	●	2
対照区	○	◎	●	3
無処理区	—	—	—	

※ ○メタラキシル・TPN水和剤 500倍液
◎ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤 750倍液
●シアゾファミド水和剤 1000倍液

表 19 試験Ⅱ-①におけるジャガイモ疫病の発病株率, 発病度の推移

試験区名	反復	調査株数	調 査 月 日										防除価
			4月30日		5月7日		5月13日		5月20日		5月27日		5月27日
			発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	
FLABS区	I	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	II	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	III	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	AV.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
対照区	I	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	II	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	III	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	AV.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
無処理区	I	42	0.0	0.0	2.4	0.6	19.0	4.8	83.3	25.6	100	58.7	
	II	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	1.8	40.5	10.7	
	III	42	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.6	42.9	11.9	97.6	29.8	
	AV.		0.0	0.0	0.8	0.2	7.1	1.8	44.4	13.1	79.4	33.1	

※ 防除価：発病度より算出

表 20 試験Ⅱ-②におけるジャガイモ疫病の発病株率, 発病度の推移

試験区名	反復	調査株数	調 査 月 日										防除価
			4月28日		5月7日		5月13日		5月21日		5月26日		5月26日
			発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	発病株率	発病度	
FLABS区	I	300	0.0	0.0	0.3	0.1	0.3	0.1	3.0	0.8	3.3	0.9	
	II	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.9	4.3	1.2	
	III	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.6	3.0	0.8	
	AV.		0.0	0.0	0.1	0.03	0.1	0.03	3.0	0.8	3.6	0.9	99
対照区	I	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	1.2	3.3	0.8	
	II	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	1.6	5.7	1.4	
	III	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.9	2.0	0.5	
	AV.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	1.2	3.7	0.9	99
無処理区	I	300	0.0	0.0	0.7	0.2	57.3	14.5	100	60.9	100	67.8	
	II	300	0.0	0.0	0.0	0.0	54.7	14.0	100	52.8	100	65.6	
	III	300	0.0	0.0	0.3	0.1	46.0	11.6	100	51.0	100	68.3	
	AV.		0.0	0.0	0.3	0.1	52.7	13.4	100	54.9	100	67.3	

※ 防除価：発病度より算出

4) 考察

FLABS (北海道モデル) を一部改変し, 本県への適合性を高めた FLABS (長崎モデル) の適合性を 2009, 2010 年の 2 カ年間, 5 圃場で検証した. 2 カ年とも初発日は, FLABS (長崎モデル) で適合性が高いと判断した 5 月中旬までの初発であった (図 6). 2009 年は予測期間 (初発予測日の前後 5 日間) 外であった

が, 予測期間の前後 2~4 日で大きなずれはなく, 2010 年は予測期間内に初発があった. 2 カ年とも基準月日 (発病危険期到達日) 以前の初発は認められず, 基準月日以降の防除開始の目安として使用可能であることが確認できた. しかし, 2009 年の愛野圃場では, 基準月日から 7 日後という短期間で疫病の初発が認められ, 同圃場で実施された試験 I-①の薬剤

散布時に既に感染が起こっている可能性が示唆された。2009年以外にも2003年に基準月日から9日後に初発を認めており、原因として2003、2009年とも基準月日に到達した翌日に20mm以上の降雨がっており、好適な条件が継続していたため発病が早まったと考えられる。FLABSによる初発の予測日には、基準月日以降の気象条件は考慮されていないので、防除開始時期については、基準月日以降の気象条件を考慮して決定する必要がある。特に基準月日直後にまとまった降雨が予想される時は注意が必要である。

FLABS（長崎モデル）の防除開始時期決定ツールとしての実用性を評価するために、FLABS（長崎モデル）の予測に基づいた防除と慣行防除との比較を行った。試験Ⅰ－①、②とも慣行防除（出蕾期）より遅い防除開始となり、防除回数が1回少なかったが十分な防除効果が得られ、実用性が確認できた。

現地での疫病に対する薬剤散布は、4月上旬から5月中旬にかけて7～10日間隔で行なわれており、防除回数を低減するためには、防除開始時期を的確に判断することと防除間隔を長くする必要がある。そこで、FLABS（長崎モデル）と小川ら⁸⁹⁾が示したメタラキシル・TPN水和剤を基軸とした防除体系（表16）を組合わせた技術の効果について検討した。試験Ⅱ－①、②ともにFLABS（長崎モデル）区と対照区は、中～多発条件下（無処理区）で防除価99以上の高い防除効果を示した。FLABS（長崎モデル）区の防除開始時期は、対照区よりも遅くなったため、対照区の2回目散布剤であるベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤を省略し、メタラキシル・TPN水和剤とシアゾファミド水和剤の2回の散布となったが十分な効果を示し、散布回数を減らせることが確認できた。なお、今回の試験ではFLABS（長崎モデル）区の1回目散布剤としてメタラキシル・TPN

水和剤を使用した。浸透移行性を有するメタラキシル・TPN水和剤は、茎葉伸長旺盛期だけでなく茎葉伸長期にも有効である。ただし、本県のバレイショ産地ではメタラキシル耐性菌の発生が報告されているため、メタラキシル・TPN水和剤の連用はしない。また、茎葉伸長期の場合は、浸透性を有するベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤とシモキサニル・ファモキサドン水和剤の使用も可能である。

本報告で使用した19例の疫病発生データにFLABS（長崎モデル）の情報を活用した場合の防除回数を試算（表21）した結果、散布間隔7日の場合、平均3.4回（慣行：5回）、散布間隔14日の場合、平均1.9回（体系防除：3回）となり、初発が早かった1998、2009年（愛野）を除いて散布回数が減り効率的な防除が可能と考えられた。

栽培現場では疫病の発生状況に応じた効率的な防除による生産コストの低減や環境への負荷軽減が望まれており、FLABS（長崎モデル）を使用することにより気象状況に応じた散布開始時期の決定が可能となり、防除開始時期（疫病初発）が慣行防除より遅い場合は散布回数減、早い場合は被害の大きい早期の発生に対して的確な対応が可能と考えられる。FLABS（長崎モデル）は、気象データを指数に換算して出芽日から累積するシステムであり、難しい計算式は必要としない。現場で使用する際には、表計算ソフトに気象データを入力することで指数に変換するマクロを組むことで簡易に活用できる。

FLABS（長崎モデル）は、防除開始時期を決定するツールとして有効であるが、適応性の検討に用いたデータは、ニシユタカの19例のみであり、今後は現場で検証し、得られたデータをさらに蓄積していく必要がある。また、秋作における適応性についても今後、検討が必要である。

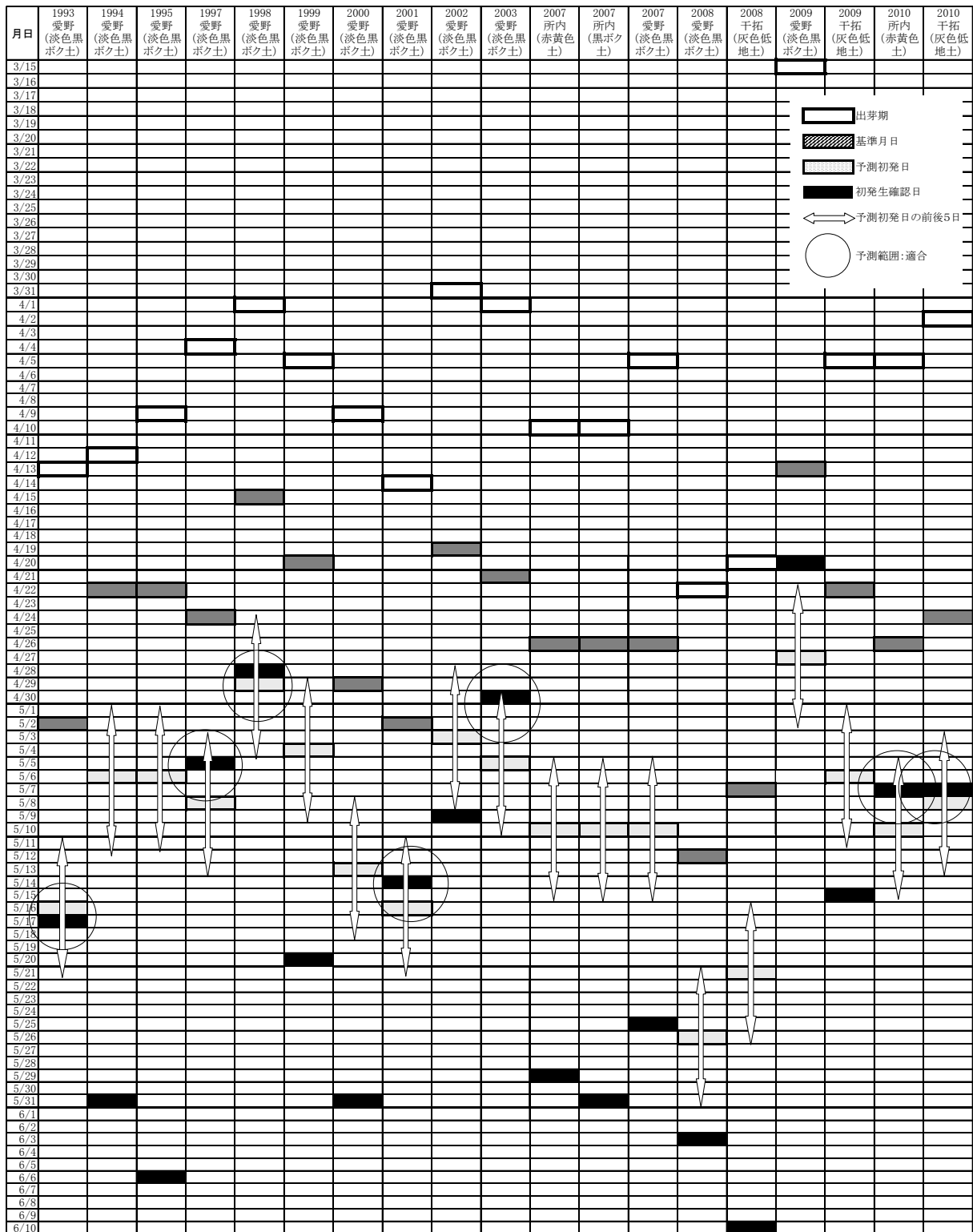


図6 FLABS (長崎モデル) による年次別ジャガイモ疫病初発予測と実測日

表21 FLABS (長崎モデル) を活用した場合の防除回数

	1993 愛野 (淡色黒 ボク土)	1994 愛野 (淡色黒 ボク土)	1995 愛野 (淡色黒 ボク土)	1997 愛野 (淡色黒 ボク土)	1998 愛野 (淡色黒 ボク土)	1999 愛野 (淡色黒 ボク土)	2000 愛野 (淡色黒 ボク土)	2001 愛野 (淡色黒 ボク土)	2002 愛野 (淡色黒 ボク土)	2003 愛野 (淡色黒 ボク土)	2007 所内 (赤黄色 土)	2007 所内 (黒ボク 土)	2007 愛野 (淡色黒 ボク土)	2008 愛野 (淡色黒 ボク土)	2008 干拓 (灰色低 地土)	2009 愛野 (淡色黒 ボク土)	2009 干拓 (灰色低 地土)	2010 所内 (赤黄色 土)	2010 干拓 (灰色低 地土)	平均
慣行防除 (7日間隔)	2	4	4	4	5	4	3	2	4	4	3	3	3	1	2	5	4	3	4	3.4
体系防除 (14日間隔)	1	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	3	2	2	2	1.9

4. 摘 要

1) 北海道で開発されたジャガイモ疫病発生予察モデル (FLABS) を一部改変し、長崎県における適合性を高めた FLABS (長崎モデル) を作成した。

2) FLABS (長崎モデル) の利用により、薬剤散布回数を低減した効率的なジャガイモ疫病の防除が可能となる。

5. 引用文献

1) 北海道立中央農業試験場病虫部：アメダスを利用したジャガイモ疫病の高精度発生予察システムの確立，北海道農政部，69-74 (1991)

2) 北海道病害虫防除所：FLABS によるばれいしょ疫病初発予測 <http://www.agri.hro.or.jp/boujoshou/> (2010年10月24日アクセス確認)

3) Hyre, R.A.: Progress in forecasting late blight of potato and tomato, Plant Dis. Rep., 38:245-253 (1954).

4) Krause, R. A., Massie, L. B., Hyre, R.A.: BLITECAST, a computerized forecast of potato late blight, Plant Dis. Rep., 59:95-98 (1975).

5) 長崎県：諫早湾干拓営農技術対策の指針，13 (2008)。

6) 長崎県：病害虫防除基準，35 (2009)。

7) 小川哲治，佐山充，迎田幸博：ジャガイモ疫病防除薬剤の耐雨性と評価，九病虫研会報，54，13-17 (2008)。

8) 小川哲治，西八束，田布尾尚子，平田憲二，迎田幸博：複数の薬剤を組み合わせた防除体系による効率的なジャガイモ疫病防除 (講要)，日植病報，76:30 (2010)。

9) 小川哲治，平田憲二，西八束：バレイショの成育と薬剤の性質を考慮したジャガイモ疫病の効率的な防除体系，長崎農技セ成果情報 (2010)。

10) Wallin, J.R.: Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada, Am. Potato J., 39:306-312 (1962).

Summary

1) A part of forecast model (FLABS) for potato late blight developed in Hokkaido was modified, and FLABS (Nagasaki model) that improved adaptability in Nagasaki prefecture was made.

2) The control of an effective potato late blight that application number of times decreased becomes possible by using FLABS (Nagasaki model).