



Title	病虫害発生予察システムによる情報の経済効果
Author(s)	紺屋, 直樹; KON-YA, Naoki
Citation	北海道大学農経論叢, 56, 39-49
Issue Date	2000-03
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11190">https://hdl.handle.net/2115/11190</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	56_p39-49.pdf



# 病虫害発生予察システムによる情報の経済効果

紺 屋 直 樹

## The Economic Effects of Information of the Pest Forecasting Information System

Naoki KON-YA

### Summary

This paper surveys the representative papers of economic analysis concerning pest management and explains the role of risk-reducing public information. By evaluating the pesticide reducing program using FLABS at Bihoro, present problems of FLABS are pointed out.

This paper concluded that FLABS could be a more effective information system. First, the information about the effects of pesticides on environment and health is shown. Second, a more accurate method for forecasting information is presented to account for data such as humidity and temperature. Third, information about the relation between frequency of a pest's presence and the damage done is provided.

### 第 1 節 はじめに

最近の地球規模の環境問題に対する関心の増加や地力維持の必要性の認識が高まったことなどにより、これまでの化学投入財に依存した農業が見直されつつある。そのため、肥料・農薬などの化学投入財の使用を適切な水準まで減らすことで環境に対する負荷を減らし、地力の維持を目指した持続的農業の取り組みが全国的に行われている。

いわゆる生物化学的技術(BC技術)は品種改良と化学肥料・農薬使用による増収技術であるが、増収にともなう単収変動のリスクを減少させる技術でもあった。農薬のうち、除草剤は増収に貢献し、殺虫剤・殺菌剤は害虫・疾病対策としてリスクを減少させるのに有効な手段であった。しかしながら、このリスクを軽減させる農薬の経済分析はこれまでほとんどなされていない。

病虫害の場合、気象条件や土地条件、栽培条件によって発生の時期や被害の程度が異なり、肥料投入の効果と違って農薬の病虫害による被害の軽減効果の評価が難しい。この結果、防除歴の利用によるルー

チン化が進んだ。いわゆる計画防除である。また、天候などの環境の変化などによる病虫害の発生率・発生時期が不確実であるため、発生前になるべく必要量以上の量を散布するといったように、農薬を保険として多投する傾向がみられる。除草作業は農薬散布を機械作業に代替させることも可能であるが、他の防除法とはかなり性格が異なる。殺虫剤・殺菌剤を減らすためには保険として多投するのではなく、種々の情報収集による診断や発生予測のための観測体制の整備が重要になる。

北海道では平成3年度から環境調和型農業推進事業として、自然条件や土地条件など本道が備えている有利な条件を最大限に生かした「グリーン農業」の試験研究を行っている。これまでの化学投入財の利用に偏っていた農業を見直し、化学投入財の投入を減らした環境に配慮した農業、それを支える新技術の開発が行われている。このうち、アメダスデータを用いた病虫害発生情報を用いることで、これまで保険として必要量以上に多投される傾向にある農薬の投入量をなるべく減らし、病虫害による被害を最小限に食い止め、安全な農産物をつくるという取

り組みは注目すべきものである。

本研究では、これまでの主要な農薬散布に関する研究をサーベイし、リスクを減少させる公的情報の役割を明らかにし、美幌町のばれいしょ疾病発生予察システムを用いた減農薬の取り組みを事例として、予察システム情報の課題について考察する。

## 第2節 農薬投入の意思決定モデルと情報の役割

### 1) 不確実性下の情報の役割：Feder モデル

Feder [11] は Pest-Pesticide-Crop モデルを用いて、一匹当たりの被害、害虫の発生率、農薬の効果が確率的であるときの農家の意思決定を分析した。

害虫が  $N$  匹発生し、害虫一匹当たりの被害を  $\delta$  とすると、害虫  $N$  匹当たりの損害は  $\delta N$  となる。農家は農薬を  $X$  散布するとする。費用を農薬の費用と農薬以外の費用の二つに分け、農薬一単位当たりの費用を  $c$  とすると、農薬を  $X$  散布した時の農薬の費用は  $cX$  となる。

農薬がどれだけ害虫に影響を及ぼしたか、すなわち農薬の効果は殺傷関数 (kill function),  $K = K(X)$  で表す(註1)。農薬の効果は天候などに影響を受けるため殺傷関数は確率的要素を含んでいる。

病虫害による被害が全くなかった場合 ( $N=0$ ) の利潤を  $\pi_0$  とする(註2)と、農家の利潤  $\pi$  は次のように表される。

$$\pi = \pi_0 - \delta N[1 - K(X)] - cX \quad (1)$$

いま、一匹当たりの被害、害虫の発生率、農薬の効果が確率変数である不確実な環境のもとで農家が農薬散布の意思決定を行うとする。農家はリスク回避的であると仮定し、農家の期待効用は上に凸である。農家の目的は利潤の期待効用最大化であり、期待効用を最大化するように農薬の水準を決定する。農家の直面する問題は次式のようになる。

$$\text{Max}_X EU\{\pi_0 - \delta N[1 - K(X)] - cX\} \quad (2)$$

最適化の一階条件は次のようになる。

$$\partial E(U)/\partial X \equiv E\{U'(\delta NK' = c)\} \leq 0 \quad (3)$$

$$X\{\partial E(U)/\partial X\} = 0 \quad (4)$$

害虫が発生していない時は農薬を散布する必要が

ないため、 $N=0$  のとき  $X=0$  となる。すると農家が農薬散布を行うのと農薬散布を行わない間で無差別になる  $N^*$  が存在する。この  $N^*$  を経済的被害許容水準と呼ぶ。農家は害虫が発生しても  $N^*$  以下では農薬を散布せず、 $N^*$  匹になって初めて農薬を散布する。この値は最適化問題の一階条件で  $X=0$  としたときの  $N$  の値である。

まず一匹当たりの損害  $\delta$  が不確実な場合を考える。平均は同じであるが分散が異なる二種類の確率密度関数を仮定する。一匹当たりの損害がこれらの確率密度関数で与えられる場合、最適な農薬の散布量と発生率の関係を比較すると、一匹当たりの損害の分散が大きいと経済的被害許容水準  $N^*$  の水準は下がる。これは一匹当たりの損害の分散が大きくなると、一匹当たりの損害が小さくても農薬を散布するということになり、実質的に農薬散布量の増加を意味する。害虫の発生率  $N$  が不確実な場合も、一匹当たりの損害が不確実であるときと同じ結論になる。経済的被害許容水準  $N^*$  は一匹当たりの損害  $\delta$  や農薬の効果  $K(X)$  が増加すると低下し、一匹当たりの損害  $\delta$ 、害虫の数  $N$ 、農薬の効果  $K(X)$  の分散が大きくなると上昇する。確率変数の分散が増大すると、リスク回避的な農家の場合、経済的被害許容水準の低下につながり、結果的に農薬投入量の増加に結びつく。

経済的被害許容水準を上げ農薬の散布量を削減するためには、一匹当たりの損害率  $\delta$  の値を下げるような栽培技術によって農薬の散布量を減少させればよい。害虫による損害の情報を農家に提供したり、害虫の発生を抑える栽培技術を用いて発生率を下げたり、害虫の発生前に圃場でサンプリングを行い発生率を予測し発生率に関する不確実性を減少させることによって農薬の散布量を抑えることができる。

農薬の病虫害に対する影響  $K(X)$  が不確実な場合は、農薬の適切な使用法などの農薬に関する正確な知識を農家に伝達することによって農薬の散布量を減らすことが可能となる。農薬に関する知識の情報源としては農協など農薬の販売元や普及所などが考えられる。

### 2) 農薬散布と公的情報機関の役割：Moffitt et al. モデル

Moffitt et al. [20] は、農家自身が圃場を観察することで手に入れる私的情報と公的機関による公的

情報の二種類の情報を用いて農薬散布の意思決定を行うモデルを構築し分析を行った。その結果、予測が完全に正確である場合は農家自身の観察行動が公的情報によって代替され、農薬散布の量も減少することを明らかにした。

Moffitt et al. のモデルでは、①農家の目的は期待効用の最大化である、②農家が決定する変数は農薬を散布するかしらないかという行動と、観察の度合いを表すサンプルのサイズである、③疾病発生確率は確率密度関数によって表され、これは離散的に表される自然の状態に依存している、④農家は疾病の発生水準の予測を、農薬の処置と観察の程度について決定する前に行うことができる、⑤農薬の価格は意思決定に影響しない、という状況を仮定し農家の農薬散布行動について分析を行っている。

農家の最適な農薬処置の行動、公的情報の役割は次式で表される。

$$\text{Max}_{A_i, n} E[U(\pi)] = \text{Max}_n \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^M \left\{ \text{Max}_{A_i} \sum_{j=1}^M U[\pi(A_i, n | \Theta_j)] \right\} \cdot \text{Pr}(\Theta_j | F_i, S_k) \cdot \text{Pr}(F_i, S_k) \quad (5)$$

$$\text{Pr}(\Theta_j | F_i, S_k) = \text{Pr}(\Theta_j | S_k) \quad (6)$$

$A_i$  は農家が行う農薬処置行動であり、 $n$  は観察サンプルのサイズ、 $\pi$  は利潤、 $\Theta_j$  は病害虫の発生、 $S_k$  は観察による疾病発生水準の指標、 $F_i$  は公的疾病予測による疾病発生水準の指標である。

(5)式は農家が行う農薬処置行動と、気象などの自然の状態、圃場の観察行動の間の関係を表したものである。(6)式は私的情報と公的情報が与えられた時に病害虫が発生する条件付確率と私的情報のみの場合の病害虫が発生する条件付確率が同じである、すなわち公的情報が意味を持たないことを表している。(6)式による制約は私的情報のみが利用可能である場合であり、制約がない場合は公的情報に意味があり公的情報を私的情報に優先させて利用することを意味している。

ある同じ地域に複数の農家がいたとする。ある農家が自分の圃場に向いて病害虫の発生予察を行い、情報を得たとする。その予察情報に従ってその農家は適切な時期に農薬を散布することで、なにも情報を得ることがない状況よりも適切な農薬の散布量、散布回数を決定することができる。しかし、この農家は自ら圃場に赴きある程度の広さの圃場を観

察しなければならない。観察を行うと、観察の行動に付随する費用が生じる。この地域での気象条件は同質であり、またどの農家の圃場を観察しても同じ質の情報を得ることができるとする。すると自ら圃場に向いて観察を行った農家が得た病害虫の発生に関する情報は他の農家にとっても有用な情報である。

その予察情報を、例えば電話などで他の農家に知らせることができれば、その情報を手に入れた農家は電話代という低い費用で同じ情報を手に入れることができる。そのため、タダ同然で情報を手に入れた農家では、他の条件が同じであれば費用の分だけ多い利潤を得ることが出来る。

全ての農家が観察を行った場合は、それぞれの農家が予測を行うことができる。ある農家のみが観察する場合は、一農家分の観察するための費用とその情報を他の農家に伝えるためのわずかな費用がかかるだけである。しかし、複数の農家が観察を行った場合は、全体で二農家分以上の観察費用がかかり、一農家のみが観察を行った場合よりも全体として多く費用がかかってしまう。ここで、観察した農家はその情報を秘匿する誘因はなく伝達の費用が十分に低ければ、一戸の農家だけが情報を集めその情報を他の農家に伝達すれば社会的観察の費用を低く抑えることができる。個々の農家にとっては自ら観察の費用を支払うよりも他の農家から予察情報を手に入れた方が費用を低く抑えることができる。しかし、このようなことをどの農家も考えると、どの農家も観察をおこなわなくなり情報を手に入れることが出来なくなる。

この予察情報を取り引きする市場が発生した場合を考える。情報は費用をかけずに伝達することができるとする。商業的に情報を生産する企業は地域内のいくつかの圃場に向いて観察を行い、情報を提供する対価として料金を徴収する。しかし、情報伝達の費用を下げることににより、その業者から情報を買取ったものから情報の料金を払わずに情報を手に入れることができる。すなわち、商業的に予察情報市場は成り立たないことになる。

Moffitt et al. [20] の研究では、意思決定者である農家自身が私的費用をかけて情報を手に入れる一方でタダで公的情報も手にいれることができる。公的情報に関しては公的機関によって提供されれば情報の受け手は低い料金を負担すればよい。この公的

情報に関する仮定は情報の「ゼロの社会的費用」という性質に起因する。すなわち、「いったん得られた情報は、その複製と伝達に必要な費用を除けば、社会全体としてはゼロの費用で無限に利用者を増加させることができる。複製と伝達に要する費用は情報の価値に比べきわめて小さいことが多いので、これらを見れば、いったん得られた情報について利用者を増加させるために社会全体として必要な限界費用はゼロ」(野口[23])だからである。この場合、情報の公共財的性質から農家は費用をゼロまたは低い費用で手に入れたと考えられるが、そもそも情報の提供者が公的機関であるという必要はない。例えば、ある農家が行った予察情報でもタダで手に入れることができるのである。Moffitt et al. [20] の分析における本質的な点は、費用がかかる私的情報と費用がかからない公的情報が補完的であるという点にあるのではなく、情報が私的・公的に提供されるかに関わらず予察情報がどれだけ正確であるかを明らかにしたことにある。

### 3) 病害虫管理の方法と逐次的意思決定：Antle モデル

新古典派による農薬散布の意思決定の研究に Antle による一連の研究がある (Antle [2], [3])。Antle は農業生産活動が常に気象の変動などの不確実な環境の下での多時点にわたる意思決定問題であることから、確率的要因を動学モデルに加えた逐次的意思決定 (sequential decision making) モデルを開発した。

Antle [3] のモデルでは、農薬を散布することで病害虫による被害を抑えることができ、収量の変動の分散を小さくできると仮定されている。まず農家は害虫管理の方法を選択し、その方法を処置する。農家がどの方法を選択したのかによって収量が変化する。しかし、農家を選択した方法のみが収量に影響するわけではない。気象条件や病害虫の発生などの不確実な要因によって、病害虫の被害を正確に予測することができなかつたり管理できなかった結果、収量が変動すると考えられる。つまり、農家はある確実な収量を手に入れることができるのではなく、どの害虫管理の方法を選択したかによって収量が変化する、すなわち、収量の確率分布を選択していると考えられることができる。

## 第3節 予察情報を用いた減農薬ばれいしょ生産

### 1) 農家の減農薬への取り組み (註3)

北海道の気候は地理的な特徴により、気温も低く無霜期間も短く寒冷である。しかし、夏季の作物栽培期間中の日照時間とは大差がない。このため、府県と比べて害虫の個体数が多く、病害は広い地域に発生する例が多い。

1970年代に水稻の減反政策により高い転作率が課せられ、小麦、豆類などの畑作物の作付けが増加した。転換畑は一般的に輪作期間が短いため、病害が生じやすく新しい病害も発生している。病害虫はその年その年の気象条件、栽培条件などによって発生時期、発生率が変動するので、農家は主に経験によって農薬を散布することになる。病害虫は一度発生すると手がつけれなくなる場合もあるので、病害虫の発生を抑えるためには複数回にわけ必要量以上の量を散布するのがよいとされている。

ばれいしょ疫病はばれいしょの生産性を阻害する病害虫の中で最も重要な病害である(註4)。かつて、アイルランドでの大飢饉はこの病気が原因であった。北海道では1901年に発生が認められ、翌年に害虫駆除予防法施行規則に基づいた重要病害に指定され、ボルドウ液の散布等の数項目にわたる防除対策が迅速に指導されてきている。現在では薬剤防除を中心とした防除対策が指導されており、保護剤を中心とした予防的薬剤散布が行われている。

北海道の北東部では、ばれいしょ疫病防除のタイミングを失うことで壊滅的な被害を招くことが度々あった。ばれいしょの育成状況や気象条件等によって数日にしてほ場一面に蔓延することもあることから、指導機関は過去の最も早い初発日を考慮して指導に当たり、生産者は安全性を付加してさらに早い時期から防除を開始することが多い。

美幌町では例年約2,200 ha前後のばれいしょが栽培される。農業部門生産額の約22%を占め、収量・品質の維持向上と生産費用の低下は永遠の課題でもある。わが国のばれいしょの需要は伸びているが、その伸びの分は安価な海外からの輸入によって占められており、国内産の需要は伸び悩んでいる。

美幌町では平成4年から「美幌町食用馬鈴しょ振興会」で減農薬食用ばれいしょの生産を行っている。減農薬農産物が話題になり始めたのがきっかけであ

表1 美幌町のばれいしょ生産の概要(平成7年)

	販売農家数(戸)		収穫面積(ha)	
	北海道	美幌町	北海道	美幌町
全農産物	73,588	639	984,191	10,319
ばれいしょ	17,408	398	63,236	2,139

出所) 農林水産省『農業センサス』1995年版より作成。

表2 北海道におけるばれいしょ疫病の発生面積の推移

年	作付面積(ha)	発生面積(ha)	割合(%)
平成元年	72,700	26,169	36.0
2	68,900	33,623	48.8
3	67,500	35,275	52.3
4	65,900	36,166	54.9
5	67,300	35,052	52.1
6	67,200	30,803	45.8
7	65,100	12,847	19.7
8	64,600	38,849	60.1
9	65,000	33,873	52.1

出所) 日本植物防疫協会『農薬要覧』, 農林水産省『野菜生産出荷統計』より作成。

る。6戸の農家で総作付面積4ha, 出荷量120tで始めた。その後全農に出荷先を見つけてもらい, 全農をとおして平成6年から東京都・神奈川県のスパーへ出荷するようになった。

その後は参加農家, 出荷量ともに増え, 平成10年には20戸の農家が参加し総作付面積は22ha, 出荷量は700tにのぼり, 一般市場価格の1割増で減化学肥料・減農薬ばれいしょとして販売されている。

## 2) 病害虫予察情報システムと情報の流れ

北海道では平成3年度から環境調和型農業推進事業として, 自然条件や土地条件など地域の有利な条件を最大限に生かした「クリーン農業」の試験研究, 技術の普及を行っている。これは, これまでの化学投入財の利用に偏っていた農業を見直し, 化学投入財の投入を減らした環境に配慮した農業を目指すものである。

美幌町における疫病発生予察システム(以下, 予察システム)の情報をういた減農薬ばれいしょ生産の取り組みは平成4年から環境調和型農業推進事業の一環として行われた。「クリーン農業新技術現地普及推進事業」として「ばれいしょ疫病的確な防除技術確立」をめざし, 展示園設計・設置管理運営指導, データ収集, 現地検討会・講習などが行われた。予察情報はファックスによって全農家に送られてい

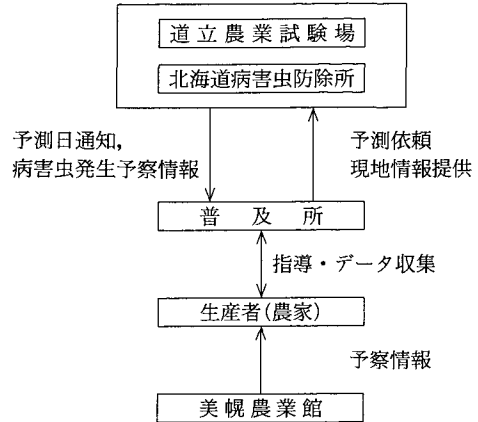


図1 美幌における病害虫予察情報の取り組みの体制(出所) 全国農業改良普及協会『環境保全型農業技術の普及』, 1993より作成。  
註) 筆者が一部を書き加えた。

る。

図1は予察情報の流れを示したものである。ばれいしょ疫病発生予察システム(FLABS)自体は, 平成3年に「アメダスを利用したばれいしょ疫病の高精度発生予察システムの確立」に関する研究成果として, 北海道農業試験場で開発された。

このシステムはアメダスの気象データを利用して疫病の初発日を予測するもので, 予防的な薬剤散布を行うのに有効なシステムである。北海道病害虫防除所では平成3年から平成6年まで, 全道の主要なばれいしょ栽培地帯を対象にシステムの利用及び適合性の検証に取り組んだ。美幌町はこの対象地域の一つである。

FLABSは, 疫病発生の重要な要因である降水量と気温の数値をもとにして, 発病好適基準を設け, その日当たりの指数を算出し, その累積値が21に達した日を危険期到達日と考え, その後一定期間内に初発が予想されるとして薬剤散布を勧める(表3)。発病好適指数の計算はばれいしょの萌芽日から行う。

発病好適基準はその発生生態などの知識から0~3の指数が設定され, アメダスデータを解析し, その日当たりの指数が自動的に計算される。累積値が21に達した日と初発日との間には $y=0.761x+58.185$ ( $y$ :初発日,  $x$ :危険期到達日)の相関がある。

このシステムの特徴は「負の発生予察」の考え方に基づいていることである。すなわち初発日を予測

表3 発病好適判断基準

1) 1日の平均気温が26.6°C以下で、かつ1日の最低気温が7.2°Cより高い場合、以下の区分に従って発病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			
	5 mm ≤, ≥10 mm	11~20 mm	21~25 mm	>26 mm
15.1~26.5°C	1	2	2	3
11.7~15 °C	0	1	2	
7.2~11.6°C	0	0	1	

以上の原則に加えて、

- 2) 感染好適指数が0であっても、当日1mm以上の降水があり、平均気温が7.2°C以上の場合、感染好適指数を1とする。
- 3) 最低気温が7.2°C以下であっても、前5日間の降水量の合計が30mm以上で、平均気温が7.2°C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日間の降水量合計が0なら、それまでの累積値を0に戻す。
- 5) 平均気温が26.6°C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。

出所) 北海道病害虫防除所『発生子察地域活用技術確立事業検討会資料』より作成。

し防除の開始を勧めるということは、危険期に達しない間は防除が不要であるということの意味している。不確かな病害虫の発生時期を的確に予測することができれば確実な防除が可能である。現時点では予測日の情報は絶対的なものとしてではなく、70%の信頼区間で、ある程度幅を持たせた情報の提供を行っている(註5)。

美幌町では中央農試の気象ロボットとは別に独自に気象ロボットを3カ所に設置し、FLABSと同じ方法で予察を行っている。農家はその情報をパソコン通信によって簡単に手に入れることができる。中央農試の気象ロボットは降水を1mmからしかカウントできないが、美幌町の気象ロボットは0.5mmからカウントできるため中央農試よりも精度の高い予測が可能である。実際、平成7年には精度の違いにより両者の予測初発日は2週間も違った。そのため平成8年からはより正確な予測を行うために、これらの気象ロボット情報を統合したデータを用いて予察を行っている。

平成7年に普及所が行った予察情報に関するアンケートによると、調査農家の約60%が予察情報を参考にしてしている。特に、20、30代の若い農家は予察情報を重視し、40、50代のベテラン農家は予察情報よりもむしろ自分の経験を主な判断基準にしているという。

### 3) 予察情報利用の効果と栽培管理記録の分析

平成4年から8年に予察システムの評価のために

農家の圃場レベルで適合性の検討が行われた。試験圃場としての現地試験区(有機減肥農薬区、化成減肥区、慣行区)を設置する協力農家を募集し委託された。協力農家では試験区と慣行区の二種類の圃場が設定された。慣行区では農家がそれまで行ってきた農家自身の経験による方法で栽培が行われた。これに対して試験区では予察システムによる情報を参考にして化学投入剤の投入量と回数を普及所が指導した方法で栽培が行われた。

試験区では20km平方に1カ所の割合で、計4地点に気象ロボットが設置され、そのアメダス情報をもとにした予察情報と、あらかじめ定められた7、8カ所の地点を直接観察することで農薬散布の時期を指導する。農家にはファックスで、70%の信頼区間である期間と危険期到達日、予測初発日が通知される。

農薬散布の方法は普及員によって、①農薬散布回数をなるべく対象農家の慣行の50%くらいに減らす、②殺虫剤はなるべく使用しないようにする、という指導が行われた。ただし農薬の量、濃度については特に指導は行われず、農家の判断に委ねられた。

まず平成5年、6年の協力農家の記録から農薬投入の実態の把握を試みよう(註6)。利用されている農薬のうちのほとんどが殺菌剤である(表4)。普及所からは農薬散布の回数は試験区ではなるべく慣行区の半分くらいにするように指導があったが、守られているのは平成5年で5戸のうち2戸、平成6年では4戸のうち1戸であった(表5)。他の生産者は

表4 使用農薬の毒性とその適用病害

品名	毒性	主な適用病害
殺菌剤		
アグリマイシン100	普通物	葉しょう褐変病, ばれいしょの軟腐病
グリーンMダイファ	普通物	ばれいしょの疫病
グリーンダイセン	普通物	ばれいしょの疫病
KBW	普通物	ばれいしょの疫病, 豆のかさ枯病
ダコニール1,000	普通物	べと病, 黒星病, ばれいしょの疫病
フロンサイド水和剤	劇物	豆の菌核病, 灰色かび病, 芋の菌核病, 麦の雪腐病
バリダシン	普通物	ばれいしょの黒あざ病
リドミルMZ	普通物	ばれいしょの疫病, べと病
殺虫剤		
エンセダン乳剤	普通物	ばれいしょのアブラムシ
除草剤		
レグロックス	劇物	ばれいしょの茎葉処理, 雑草
その他		
石灰窒素	普通物	動物に対する忌避剤

出所) JAびほろ『平成6年度 各種営農資材共計購買のご案内』より作成。

表5 試験区・慣行区で使用された農薬とその散布回数

平成5年

単位:回

	A		B		C		D		E	
	試験区	慣行区	試験区	慣行区	試験区	慣行区	試験区	慣行区	試験区	慣行区
アグリマイシン100			1	1	1	1	1	1		
グリーンMダイファ	1	3	2	5					2	4
グリーンダイセン		1			1	2	2	3		
KBW	1	1	1	1			1	1		
ダコニール1,000	1	1	1	1			1	1	1	2
フロンサイド水和剤	1	1	1	1		2	1	1		
エンセダン乳剤				1						
レグロックス			1	1			1	1		
バリダシン										
リドミルMZ				1	1	1	1	1		
石灰窒素					1	1				
計	4	7	7	12	4	7	8	9	3	6

平成6年

単位:回

	A		B		D		E	
	試験区	慣行区	試験区	慣行区	試験区	慣行区	試験区	慣行区
アグリマイシン100			1	1			1	1
グリーンMダイファ	2	3	1	1	3	3		
グリーンダイセン	1	1	1	1	1	1	1	2
KBW			1	1				2
ダコニール1,000	1	1	2	2				
フロンサイド水和剤		1						
エンセダン乳剤		1		1		1		
レグロックス								
バリダシン	1	1		1			1	
リドミルMZ					1	1		
石灰窒素	1		1	1	1	1		
計	6	8	7	8	6	7	3	5

出所) 北海道斜網西部地区農業改良普及所, 減農薬・減化学肥料栽培馬鈴薯栽培管理記録より作成。  
 註) 農家Cは平成6年には参加していない。

1, 2回, 回数を減らしたただけであった。また, 試験区では殺虫剤についてもなるべく使わないよう指導がされたが, 試験区では殺虫剤は使われておらず, 慣行区では平成5年では1戸が, 平成6年では3戸で使用されている。また, 複数回利用されている農薬として, 殺菌剤のグリーンMダイファ, ダコニール1000, フロンサイド水和剤がある。

散布回数の平均を年ごとに試験区と慣行区で比較すると, 平成5年, 6年ともに農薬散布の回数は慣行区の方が多くなっている(表6)。各農家については, 慣行区の回数が試験区の回数よりも1回だけ多いものから倍の回数散布しているものまでばらつきがあるが, 全ての農家で慣行区の方が試験区よりも回数が多くなっている。

収量については, 平均を見ると試験区は慣行区の平成5年では96%, 平成6年では88%の収量であっ

た。各農家については, 平成5年で慣行区の方が収量が多かったのは5戸のうち2戸, 試験区の方が多かったのは5戸のうち2戸であり, あと1戸は同じであった。平成6年で慣行区の方が多かったのは4戸のうち1戸, 慣行区では1戸で発生が確認された。また, 試験区・慣行区のいずれでも発生が確認されたのは1戸のみであった。

費用の平均を比較すると, いずれも慣行区の方が試験区よりも高くなっている。個々の農家別に農薬の費用について見てみると, 平成5年ではいずれの農家も試験区では慣行区を上回っている。2戸の農家で慣行区が試験区の倍であった。平成6年では1戸の農家以外は慣行区が試験区を上回っている。そのうち, 3倍も多い農家が1戸ある。平成6年は湿害の年で, 収量はきわめて低かった。

予察システムを利用して農薬散布の回数を減らし

表6 農薬の散布回数, 費用, 単収と病虫害の発生状況

平成5年

生産者		農薬の散布回数(回)	農薬の費用(円/10 a)	単収(kg/10 a)	病虫害の発生状況
A	試験区	4	1,099	3,127	アブラムシ
	慣行区	7	1,643	3,200	アブラムシ
B	試験区	7	2,017	4,417	疫病少
	慣行区	12	2,566	4,140	アブラムシ, 黒あざ病
C	試験区	4	2,194	3,500	
	慣行区	7	4,183	3,500	
D	試験区	8	1,732	3,432	そうか病少々, アブラムシ多い
	慣行区	9	1,913	3,300	黒あざ病多い, アブラムシ多い
E	試験区	3	782	3,000	多少疫病発生
	慣行区	6	1,565	4,000	
平均	試験区	5.2	1,565	3,495	
	慣行区	8.2	2,374	3,628	

平成6年

生産者		農薬の散布回数(回)	農薬の費用(円/10 a)	単収(kg/10 a)	病虫害の発生状況
A	試験区	6	2,634	2,300	疫病少, アブラムシ中
	慣行区	9	2,377	2,200	疫病少々
B	試験区	7	1,426	1,600	特になし。小雨のため土壌が乾いて生育が悪かった
	慣行区	8	1,537	2,200	なし
D	試験区	7	591	2,400	雨が少なく高温が続いたため生育が悪かった
	慣行区	8	791	2,500	なし
E	試験区	2	411	2,000	なし
	慣行区	5	1,477	2,500	なし
平均	試験区	5.5	1,266	2,075	
	慣行区	7.5	1,546	2,350	

出所) 北海道斜網西部地区農業改良普及所『減農薬・減化学栽培馬鈴薯管理記録』より作成。

註1) 試験区では慣行区の2割り増しの価格で計算した。

2) 農薬の価格はJAびほろの平成6年度の共計購買価格である。

3) 農家Cは平成6年には参加していない。

表7 平成7～9年の試験区と慣行区の単収、初発日と初発確認日

年	試験区(kg/10 a)	慣行区(kg/10 a)	初発日(70%信頼区間)	初発確認
平成7	3,072	2,962	7/13～7/23	7/8
8	4,187	4,081	7/9～7/19	7/9
9	3,446	4,451	6/28～7/20	7/9
平均	3,568	3,831	—	—

出所)『クリーン農業新技術普及促進事業地区別実証展示成績書』より作成。

た試験区と慣行区を平均で比較すると、農薬の使用回数で2回、農薬費が20～30%減少した結果、単収が5～12%減少した。

平成7年から9年にかけて、普及所は一農家(A生産者)を対象に継続調査を行った。単位面積あたりの収量は予察区では慣行区に対して平成7年、8年では3、4%ほど上回ったが、平成9年では20%ほど下回った。また、平成7年、8年には危険期到達日の前後に初発生が確認されているが、平成9年では初発日が予測初発日よりはやかった。普及所の報告書によると、平成9年は降雨日・降雨量ともに多かったため、予測初発日が初発日よりはやくなり、さらに単収も減少する結果になったということである。

予察システムは平年の天候の場合は有効であるが、平年よりも降雨量が多くなると著しく精度が下がるいえる。すなわち、天候が平年並みであると減農薬による単収の減少を抑えることが可能であるが、天候が平年と大きく異なるようだと、単収が大きく減少する可能性があるといえる。

#### 第4節 公的情報供給の問題点

これまでの成果を第2節でサーベイした理論的な面から考察すると、以下の点について予察システムの改善が望まれる。

一つは、情報自体の不確実性に関してである。美幌の事例では70%の信頼区間で疫病の発生情報が与えられており、情報自体にリスクを含める工夫がなされている。また年々システムの精度を向上させる努力がなされており、情報の正確さ、信頼度の改善がなされている。

もう一つは生産者の異質性についてである。現実の生産者は経験も違い、またそれぞれ所有する圃場についても土壌条件をはじめとする性質が異なっ

ている。そのため最適な農薬の量と散布に用いられる技術は各農家で異なっており、さらに農家自身の知識や経験も異なっている。

以上の点を考慮すると、Moffitt et al. [20]の研究から示唆されるように、情報が公共財の性質をもつという理由で公的機関によって提供されるのが望ましいのではなく、農家の意思決定を支援できるような有用な情報を提供できるかが今後の重要な課題である。すなわち、以下の点についての改善が必要である。

①不確実性の減少：農薬散布の意思決定ということを中心とすれば、予察情報だけではなく、農薬の正しい利用法、環境や健康に関する農薬の残留性などの情報の提供や、病害虫に関する知識などの情報を提供する必要がある。

②情報源の選択と情報の精度：情報源が私的・公的に関わらず、より正確な情報の提供が重要である。すなわち今後の課題とされる圃場の周辺の地形・作付体系・発生前歴・気象観測地点との位置関係、降水量、作物体周辺等のデータをシステムに加えることにより予測情報の精度を高める必要がある。

③病害虫管理方法の選択：病害虫の発生頻度やそれによる被害などの情報は農家の病害虫管理方法を選択する際に大いに役立つと考えられる。その情報によって農家自身が農薬の投入量と収量の関係を理解した上で、より効率的な農薬散布を行うことが可能となる。

以上、予察情報も含む農薬散布に関する情報の提供、意思決定支援システムの改善により、公的情報の有用性は高まると考えられる。

#### 第5節 おわりに

ベテランの農家が予察情報よりも自分の経験によって農薬散布の意思決定を行っているのは、予察

情報がその年の湿度と気温のみの限られた情報によっているためであり、ベテラン農家にとっては不十分な情報であるといえる。そのため、ベテラン農家は自分の圃場の状態やこれまでの経験も加味したよりひろい情報を考慮して、農薬散布の意志決定をできるからであろう。しかし、さらに予察情報の精度を高めることにより、ベテラン農家には予察情報よりも意志決定を支援する有用な情報を提供する余地はあると考えられる。

今後、それぞれの農家の圃場ごとに観測地点をおくようなことが可能になれば、各農家にとってかなり高い精度の情報を提供することが可能になる。現在では、観測地点が限られた数しかないために、同じ地域内でも個々の圃場は、立地条件や土壌条件、栽培方法が異なっているため、病虫害の発生確率も異なってくる。そのため、その観測地点から離れるに従って、予測の精度が落ちてしまう。さらに降水量の測定にもより少ない量の降水量を観測できれば、より正確な予測が可能になるとと思われる。

予察情報がかもしもはずれた時に被害が最小限になるように栽培技術の組立や、経済的な補償も含めて農薬散布の問題を考える必要がある。また、農薬の環境や健康に対するリスクに関する適切な情報を提供することにより、最適な農薬散布を実現することが可能になると考えられる。

#### 註

(註1) 殺傷関数の一階微分係数は正、二階の微分係数は負である。また、 $K(0)=0$ 、 $K(\infty)=1$ である。

(註2)  $\pi_0$  は病虫害による被害がゼロであったときの潜在的生産量を得たときの利潤を表している。潜在的生産量は農薬には影響を受けないため  $\pi_0$  は農薬とは無関係である (Lichtenberg and Zilberman [19])。

(註3) 北海道 [15] を参照。

(註4) 「疫病」とはヒトフトラ属菌でおこる病気の総称である (岩崎 [17])。

(註5) 北海道 [15] を参照。

(註6) 労働や機械などの、農薬の散布にかかる費用は考慮していない。

#### 引用・参考文献

- [1] 網走支庁美幌地区農業改良普及センター『クリーン農業新技術普及促進事業地区別実証展示成績書』, 1997.
- [2] Antle, J.M. "Incorporating Risk in Production Analysis," *American Journal of Economics*, Vol. 65, 1983, pp.1099-1106.
- [3] Antle, J.M. "Econometric Estimation Analysis," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.65, 1987, pp.509-522.
- [4] Babcock, Bruce A., Eric Lichtenberg and Zilberman. "Impact of damage Control and Quality of Output; Estimating Pest Control Effectiveness," *American Journal of Economics*, Vol.74, 1992, pp. 163-172.
- [5] Bardsley, P., and Harris, M. "An Approach to the Econometric Estimation of Attitudes to Risk in Agriculture," *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol.31, 1987, pp.112-126.
- [6] Binswanger, H.P. "Attitudes toward Risk: Experimental Measurement in Rural India," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 62, 1980, pp.395-407.
- [7] Bkacjwell, Melanie. And Angelos Pagoulatos. "The Econometrics of Damage Control," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.74, 1992, pp.1040-1044.
- [8] Burrows, T.M., "Pesticide Demand and Integrated Pest Management: A Limited Dependent Variable Analysis," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.65, 1983, pp.806-810.
- [9] Carlson, G.A. "A Decision Theoretic Approach to Crop Disease Prediction and Control," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol, 52, 1970, 216-223.
- [10] Carrasco-Tauber, C. and Joe Moffitt. "Damage Control Econometrics: Functional Specification and Pesticide Productivity," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.74, 1992, pp.158-161.
- [11] Feder, G. "The Impact of Uncertainty in a Class of Objective Functions," *Journal of Economic Theory*, Vol.16, 1977, pp.504-512.
- [12] Fox, Glenn. and Alfons Weersink. "Damage Control and Increasing Returns," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.77, 1995, pp. 33-39.
- [13] Gerald A. Carlson, David Zilberman and John A. Miranowski, *Agricultural and Environmental Resource Economics*, Oxford University Press, 1993.
- [14] Headley, J.C. "Estimating the Productivity of Agricultural Pesticide," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.50, 1968, pp.13-25.
- [15] 北海道『発生予察地域活用技術確立事業検討会資

- 料], 1995.
- [16] 北海道植物防疫協会『北海道病虫害防除提要』, 1986.
- [17] 岩崎力夫『新版 ピシャットと効かせる農薬選び便利帳』, 1995
- [18] JA びほろ『平成6年度 各種営農資財共計購買のご案内』, 1993.
- [19] Lichtenberg, Erik. And David Zilberman, “The Econometrics of Damage Control: Why Specification Matters,” *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.62, 1986, pp.261-273.
- [20] Moffitt, L.J., Farnsworth, R.L., Zavaleta, L.R. and Kogan, M., “Economic Impact of Public Pest Information: Soybean Insect Forecasts in Illinois,” *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 68, 1986, pp.274-279.
- [21] Mumford, J.D. “Pest Control Decision Making: Sugar Beet in England,” *Journal of Agricultural Economics*, Vol.32, 1981, pp.31-41.
- [22] 日本植物防疫協会『農薬要覧』, 各年版.
- [23] 野口悠紀雄『情報の経済理論』, 東洋経済新報社, 1974.
- [24] Norgaard, Richard B. “The Economics of Improving Pesticide Use,” *Annual Review of Entomologist*, Vol.21, 1976, pp.45-60.
- [25] 農林水産省『農業センサス』, 1995年版.
- [26] 農林水産省『農村物価賃金統計』, 各年度版.
- [27] 農林水産省『野菜生産出荷統計』各年版.
- [28] Pannell, D.J. “Response to Risk in Weed Control Decisions under Expected Profit Maximization,” *Journal of Agricultural Economics*, Vol.41, 1990, pp.391-403.
- [29] Pingali, P. L., and Carlson, G.A. “Human Capital, Adjustments in Subjective Probabilities, and the Demand for Pest Controls,” *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.57, 1985, pp.853-861.
- [30] Reichelderfer, K.H. “Economics of Integrated Pest Management: Discussion,” *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.62, 1980, pp.1012-1013.
- [31] Stefanou, S.E., Mangel, M. and Wilen, J.E., “Information in Agricultural Pest Control,” *Journal of Agricultural Economics*, Vol.37, 1986, pp. 77-88.
- [32] Talpaz, H. and I. Borosh, “Strategy for Pesticide Use: Frequency and Applications,” *American Journal of Economics*, Vol.56, 1974, pp.769-775.
- [33] Thornton, P.K., “Treatment of Risk in a Crop Protection Information System,” *Journal of Agricultural Economics*, Vol.36, pp.201-161.
- [34] Tisdell, C., “Levels of Pest Control and Uncertainty of Benefits,” *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol.30, 1986, pp.157-161.
- [35] Webster, J.P.G., “The Analysis of Risky Farm Management Decision: Advising Farmers about Use of Pesticides,” *Journal of Agricultural Economics*, Vol.28, 1977, pp.243-259.