

シンポジウム

# 病害虫と雑草による影響を考える

講演要旨

平成 19 年 9 月 6 日

於：日本教育会館一橋ホール



社団法人 日本植物防疫協会

# シンポジウム「病虫害と雑草による影響を考える」

## 開 催 要 領

1. 主 催：社団法人 日本植物防疫協会
2. 日 時：平成 19 年 9 月 6 日(木) 10:00～17:30
3. 場 所：日本教育会館一橋ホール  
東京都千代田区一ツ橋 2-6-2 Tel 03(3230)4554

### 4. 開催趣旨：

近年、農業労働力や生産意欲の低下に加え、ポジティブリスト制度施行、IPM の推進あるいは有機農業の振興など、防除をとりまく環境と意識には大きな変化がみられるようになってきている。農薬による化学的な防除手段だけでなく病虫害耐性作物等の多様な防除手法が普及した今日、病虫害や雑草による損失やそれらの防除の意義を実感する機会が減っていることも、このような変化の一因になっていると考えられる。本シンポジウムでは病虫害や雑草がどのような影響をもたらすかについて最近の調査結果や情報をひろく紹介し、防除の必要性を考える。

5. 参集範囲：国・都道府県の行政・試験研究・普及機関，独立行政法人，大学，農薬企業，防除機企業，JA，関係団体等 定員 800 名

### 6. プログラム

10:00 開 会

(座長) 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 高 橋 賢 司

10:10 病虫害による農作物の経済的損失 社団法人日本植物防疫協会 藤 田 俊 一

11:10 雑草による農作物の経済的損失 財団法人日本植物調節剤研究協会 横 山 昌 雄

12:10 (昼食休憩)

(座長) 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 吉 田 幸 二

13:10 病虫害による農作物アレルギーの増加と農薬防除による抑制

近畿大学農学部 森 山 達 哉

14:10 気候変動が果樹害虫の発生に及ぼす影響

農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 芦 原 亘

15:00 (休 憩)

(座長) 社団法人日本植物防疫協会 岩 本 毅

15:20 海外における GM 作物と防除の現状 シンジェンタシード株式会社 福 田 美 雪

16:10 コシヒカリマルチラインの普及と防除の現状

新潟県農業総合研究所作物研究センター 山 代 千加子

17:00 総合討論

17:30 閉 会

# 目 次

病虫害による農作物の経済的損失 .....	1
社団法人日本植物防疫協会 藤 田 俊 一	
雑草による農作物の経済的損失 .....	15
財団法人日本植物調節剤研究協会 横 山 昌 雄	
病虫害による農作物アレルギーの増加と農薬防除による抑制 .....	25
近畿大学農学部 森 山 達 哉	
気候変動が果樹害虫の発生に及ぼす影響 .....	33
農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 芦原 亘・足立 礎・新井 朋徳	
海外における GM 作物と防除の現状 .....	43
シンジェンタシード株式会社 福 田 美 雪	
コシヒカリマルチラインの普及と防除の現状 .....	47
新潟県農業総合研究所作物研究センター 山 代 千加子	

# 病害虫による農作物の経済的損失

社団法人 日本植物防疫協会 藤 田 俊 一

## はじめに

農薬取締法の改正、IPM の推進、ポジティブリスト制度の施行、有機農業の振興など、植物防疫をめぐる情勢は最近目まぐるしく変化しており、病害虫防除をやりにくい環境が増してきているように思われる。また、この間における病害虫の発生は全体として比較的平穏に経過しており、関係者にあっても、ともすると病害虫の被害を実感しにくい状況となっている。こうしたことが相まって、今後防除に対する関心がますます低下するのではないかと懸念される。防除に対する関心の低下が病害虫の多発時に思わぬ被害拡大を招くことは、過去にもしばしば指摘されてきたところである。

植物防疫は、地球規模でみれば今後深刻化が予想される食糧問題とも密接に関係する重要な課題であり、病害虫による潜在的な被害を理解することは植物防疫の基本でもある。しかし、こうした理解を促進するのに役立つ具体的な情報は意外に少なく、限られた貴重なデータも十分に整理されているとは言い難い。

こうしたことから、本稿では病害虫の潜在的な被害について、内外で取り組まれた調査事例を紹介する。

## 1. 農作物を加害する病害虫の概観

我が国で報告されている植物の病害は 6,000 以上にのぼり、その大部分が農作物の病害である。病原としては数千種類が知られているが、その多くは農業環境中に普遍的に存在すると考えられている。病害を誘発する要因は複雑であるが、主な要因として農作物自体の病害に対する性質と栽培環境をあげることができる。人間の病気と同様に、病害による農作物の被害の様式や程度は様々で、多少の発病が認められても生育や収穫にほとんど影響がない場合もある一方、短期間に枯死に至るものもある。

農作物を加害する害虫の種類は 2,400 種あまりが知られているが、その多くは昆虫に属し、我が国に生息する昆虫種のおよそ 1 割が害虫に相当する。これら害虫の多くは古来より我が国に生息しており、農作物の栽培とともに害虫化してきたと考えられているが、海外から侵入してきたものも 1 割ほど含まれている。害虫の被害は農作物の食害が中心であるが、吸汁等によって生育阻害や品質低下をまねくもの、ウイルス病を媒介する等の二次的な被害をもたらすものも少なくない。

我が国はアジアモンスーン気候の影響を受け、温暖でしかも年間降水量が多い環境下にある。また、中山間地帯が多く、農耕地は総じて小規模でモザイク的に多くの種類の農作物が栽培されている。こうした環境下のためか、欧米などに比べて病害虫による問題が起きやすいといわれている。さらに、全国的に点在する施設栽培では周期的に様々な農作物が栽培され、病害虫の生息に特別な環境を与えている。

## 2. 病害虫による損失の概観

農作物の栽培期間中には様々な病害虫が発生するが、その発生は個々の栽培条件によって一様ではなく、地域や年次によっても大きく異なる。また、病害虫相互が影響しあうことも少なくない。このように、農作物と数

多くの病害虫それぞれの間の関係は複雑で、特定の病害虫が農作物にどのような損失をもたらすかを定量的に明らかにするのは容易なことではない。しかも、通常、農作物の栽培では何らかの防除対策が講じられているため、これら病害虫がもたらすであろう潜在的な損失を明らかにするには特別なアプローチが必要である。こうした事情から、病害虫による潜在的な損失を明らかにしたデータは、世界的にも限られている。

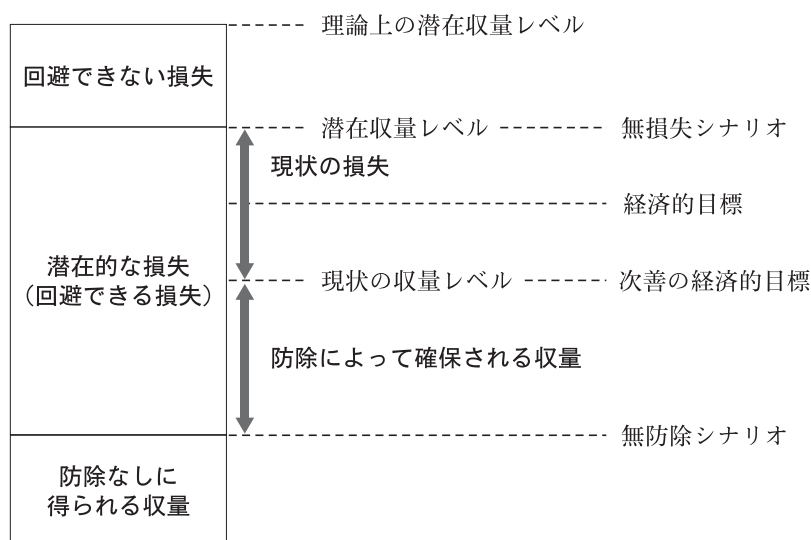


図1 病害虫による農作物の損失概念（Oerke（1994）を一部改変）

Oerke ら（1994）<sup>5)</sup> は病虫害・雑草害による農作物の損失の概念を図1のように整理している。すなわち、病虫害等による損失を「回避可能なもの」と位置づけ、それは「防除によって確保されている損失量」と「現状でなお被っている回避可能な損失量」から構成されとしている。

我が国の水稻について、統計データからみると、1955年～2004年の50年間における被害率（平年収量に対する減収率）は10%前後で推移している（図2）。これは図1で示される「現状の損失」に比較的近いと考えてよい（潜在収量は平年収量よりも多いため実際には現状の損失はもっと大きくなる）。被害の内訳は表1に示すとおり、気象被害が最も多く、ついで病害、虫害となっている。1994年までの40年間に比べその後の10年間は病虫害の占める比率が低下してきているが、その要因のひとつには優れた防除手段が普及してきたことがあげられよう。一方、被害は年次変動が大きいこともみてとれる。例えば1963年は全体の被害率は10%であったものの、病害が気象被害を大きく上回り、そのほとんどがいもち病によるものであった。また、1993年は36%という過去最大の被害率に達し、その多くは冷害によるものであったが、いもち病も大発生した年であった。

このように、水稻における被害率は、一定の防除を講じてもなお被っている損失を認識するのに有効であるが、防除によって確保された損失については分からない。しかも、水稻以外の作物では被害率の統計デー

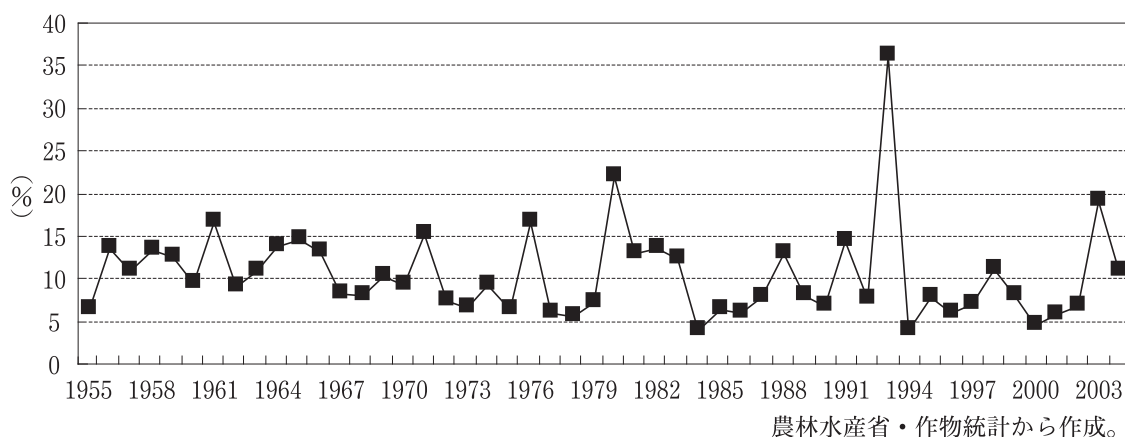


図2 水稻の被害率の推移（全国）

表1 水稻の被害と内訳

	被害率 (%)	被害の内訳（構成比，％）						
		気象被害	病 害 （うち、 いもち病）		虫 害 （うち、 ウンカ）（うち、 カメムシ）		その他	
1955～1994年の平均値	10.9	49.9	37.3	(56.9)	11.8	(42.1)	—	1.1
1995～2004年の平均値	8.7	63.2	27.7	(61.6)	7.2	(23.1)	(22.4)	2.0
※特異年における被害								
1963	10.8	23.7	<u>65.3</u>	(74.1)	10.2	(13.3)	—	—
1966	13.1	44.9	28.6	(51.6)	<u>26.0</u>	(81.3)	—	—
1993	<u>36.1</u>	<u>79.1</u>	18.9	( <u>82.4</u> )	1.7	(28.0)	—	0.3

農林水産省・作物統計から作成。単位％。

被害率は平年収量に対する被害量の割合（％）

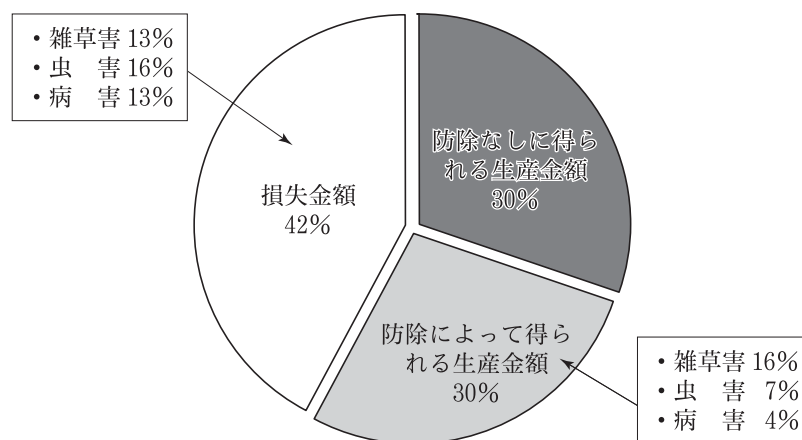
カメムシは 2002 年から統計に追加。

下線は 1955～2004 年における最大値を示す。

表2 全世界における病虫害・雑草による損失

	一定の防除が行われている場合				全く防除が行われていない場合			
	現状の収量	現状の損失			防除なしに 得られる収量	潜在的な損失		
		病害	虫害	雑草害		病害	虫害	雑草害
イネ	48.6	15.1	20.7	15.6	17.6	19.8	28.8	33.8
コムギ	66.0	12.4	9.3	12.3	48.1	16.7	11.3	23.9
オオムギ	70.6	10.1	8.8	10.6	52.9	15.2	11.0	20.9
トウモロコシ	61.6	10.9	14.5	13.1	40.4	11.7	19.1	28.8
バレイショ	58.7	16.3	16.1	8.9	26.4	24.4	26.4	22.8
ダイズ	67.6	9.0	10.4	13.0	41.4	10.5	12.7	35.3
ワタ	62.3	10.5	15.4	11.8	16.5	10.2	37.0	36.3
コーヒー	60.0	14.8	14.9	10.3	30.5	25.6	22.0	21.9
平均	61.9	12.4	13.8	12.0	34.2	16.8	21.0	28.0

Oerke (1994) から作成。数値は潜在収量に対するパーセンテージ。



Oerke (1994) による 1998～1990 における推定。

図3 全世界における病虫害・雑草による損失と防除効率

タはほとんどない。このため、病害虫による潜在的な損失を明らかにするには別のアプローチを検討する必要がある。

Oerke ら（前出）は、世界的に重要とみなされる 8 作物について、膨大な統計資料や文献情報を詳しく解析し、1988 年～1990 年における病害虫・雑草による損失を試算している。その結果、現状では潜在収量の 49～71%が収穫できているもののなお 29～51%が病害虫等により失われており、もし何ら防除対策を講じなければ潜在収量のわずか 18～58%しか収穫できず、残りは病害（10～26%）虫害（11～37%）雑草害（21～36%）による潜在的な損失であると推計している（表 2）。これらの結果を生産金額ベースでまとめると、防除対策を講じなくとも得られる生産金額割合はわずか 30%にとどまり、それと同等程度が防除によって確保されているが、なお 40%が損失を受けていると結論づけている（図 3）。

### 3. 実証試験に基づく減収程度

上記の調査は膨大な資料を解析したものであり、世界的な視点から考えるうえでは大変貴重なデータである。我が国でも全国の植物防疫研究者にアンケートを行って減収率を推定（1982 年）する等の試みがなされたが、1990 年代に入ると植物防疫関係団体が中心となって、これらとは異なる実証的なアプローチによってデータ収集が試みられるようになってきた。すなわち、農薬を中心に防除が実施されている慣行栽培において農薬防除を行わずに栽培した場合にどの程度の減収になるかを実際に調べてみようというものである。その際、生産物の品質への影響も考慮する必要があるため、収量だけでなく出荷金額ベースでの比較も行っている。

この取り組みは 1989 年に全農によって開始されたが、1991～1992 年には農薬工業会の支援を受けて当協会により全国規模で調査が行われた<sup>1)</sup>。同様の調査は 1993～1994 年も当協会によって継続された<sup>2)</sup>。その後空白期間をおき、2005 年からはふたつの調査がすすめられた。ひとつは 91 年同様の調査の再開であり<sup>3)</sup>、別のひとつは農林水産省の支援で行った外観損傷病害虫の被害実態調査である<sup>4)</sup>。

こうした実証試験データは、推計に比べて説得力がある、病害虫の相互関係を含めた現実的な被害実態が把握できる等の利点がある反面、栽培条件や発生条件に大きく左右される、影響要因解析には向かないといった性格をもつ。しかし、そもそも病害虫による被害は場所によっても年によっても大きく変動するのが常であることから、推測と実証のいずれが正しいかを論ずるよりも、マクロ的な視点から見ていくことが肝要である。以下にこれら 1990 年代以降に取り組まれた実証試験結果をまとめて概括する。

#### (1) 水 稲

調査結果を表 3 に示す。1991～1992 年に 10 例が実施されたが、ほとんどが育苗期間の防除（種子消毒と育苗期防除）を行ったうえで移植後に本田で発生する病害虫・雑草による影響を調べたものである。この期間の調査では、いもち病や雑草により 20～30%の減収、これにカメムシによる等級落ちが加わって出荷金額換算では 20～40%の減収となった事例が多かったが、一部では収穫皆無となった事例もみられた。これは、育苗期を含む初期に病害虫の被害を受けたところに雑草害が重なったものである。従って、育苗期間を含む病害虫による潜在的な損失は相当の水準になるのではないかと考えられる。本調査が行われた翌年の 1993 年は冷害にいもち病の大発生が加わり作況指数 74（被害率は 36%）を記録したが、それによって売り惜しみや外国産米の緊急輸入といった大パニックが発生したことを考えれば、これら減収がもつ社会的な意味は極め

表3 水稻における病害虫等による減収

調査年次	調査場所	作型・品種	調査目的	減収率		主たる減収要因	試験区の防除概況	文献
				収量	金額			
1991	新潟	コシヒカリ	移植後の病害虫・雑草による減収	25%	25%	雑草(多発)による。例年問題となる病害虫は極少発。別の調査地点ではいもち病で3割減収。	種子消毒, 育苗期防除のみ実施	1
1991	栃木	コシヒカリ	移植後の病害虫による減収	?	?	気象被害で倒伏し評価困難	種子消毒, 育苗期防除, 除草剤1回実施	1
1991	香川	コシヒカリ	移植後の病害虫・雑草による減収	28%	33%	穂いもち(多発)による減収, カメムシによる品質低下	種子消毒, 育苗期防除, 倒伏軽減剤1回実施	1
1991	長崎	日本晴	は種後の病害虫・雑草による減収	100%	100%	雑草, イネミズゾウムシ, ウンカ, いもち病が多発し, 収穫に至らず	種子消毒, 育苗期防除1回のみ実施	1
1991	宮崎	コシヒカリ	移植後の病害虫・雑草による減収	19%	42%	穂いもち(多発)による減収, カメムシ(多発)による品質低下	種子消毒, 育苗期防除1回のみ実施	1
1991	鹿児島	コシヒカリ	移植後の病害虫・雑草による減収	11%	—	気象被害で全体に減収, 葉いもち(少発)の影響も	種子消毒, 育苗期防除1回のみ実施	1
1992	岩手	あきたこまち	移植後の病害虫・雑草による減収	48%	43%	雑草(ヒエ等), 穂いもち(少発)の被害による。	種子消毒, 育苗期防除1回のみ実施	1
1992	新潟	コシヒカリ	移植後の病害虫・雑草による減収	36%	34%	雑草(多発), 穂いもち(多発)による。	種子消毒, 育苗期防除のみ実施	1
1992	福井	フクヒカリ	移植後の病害虫による減収	0%	5%	カメムシによる品質低下。例年問題となる病害虫は極少発生。	種子消毒, 育苗期防除, 除草剤1回実施	1
		コシヒカリ	移植後の病害虫による減収	0%	11%			
1992	宮崎	コシヒカリ	移植後の病害虫・雑草による減収	19%	45%	穂いもち(少発)による減収, カメムシ(多発)による品質低下	種子消毒, 育苗期防除1回のみ実施	1
2004	福井	コシヒカリ	は種後の病害虫・雑草による減収	4%	16%	いもち(少発), 紋枯(少発), ドロオイムシ(中発), カメムシ(少発)	種子消毒1回(対照区は種子消毒1回, 箱粒剤1回, 本田除草剤1回, 本田防除3回)	3
2005	三重	コシヒカリ	病害虫・雑草による減収	0%	5%	地域全体が斑点米で減収したため評価困難	なし(対照区は種子消毒1回, 育苗期防除2回(うち箱粒剤1回), 本田除草剤1回, 本田防除2回)	3
2005	新潟	コシヒカリ BL	は種後の病害虫・雑草の減収	18%	18%	雑草(多発)による。	温湯種子消毒1回(対照区は温湯種子消毒1回, 育苗期防除2回(うち箱粒剤1回), 本田除草剤1回, 本田防除1回)	3

て重い。

その後、育苗箱に処理するだけで長期間病害虫を抑制できる薬剤が相次いで開発され、ひろく普及するようになるにつれ、水稻の防除体系は劇的に変化してきた。こうした変化を踏まえ2004～2005年に行われた調査は、予想に反して病害虫の発生が少なくカメムシによる品質低下のみが際だつ結果となった。これは、箱施薬が地域にひろく普及すると地域全体として病害虫密度抑制が強くはたらくためではないかと考えられる。別の特徴的な調査は、いもち病抵抗性品種を県下全域に普及させるという壮大な試みを開始した新潟県下で取り組まれたもので、予想どおりいもち病による被害はなく、他の病害虫の発生もこの年極めて少な

かったことから、雑草害のみの減収にとどまった。こうした防除技術（病虫害密度抑制管理技術）の向上と普及は植物防疫の大きな成果であるが、それによって病虫害による潜在的な損失が把握しにくくなってきたのは皮肉である。

## (2) 畑作物

麦類については水稻同様、被害量についての統計がある。うち小麦について1993～2003年の被害は表4に示すとおりで、気象被害の割合が高いが、一定の防除を行っても病虫害で7%ほどの損失を被っている。

表4 小麦の被害と内訳

	被害率 (%)	被害の内訳（構成比，%）		
		気象被害	病害（うち赤かび病）	虫害
1993～2003年の平均値	25.2	91.8	7.1（47.6）	0.4
※特異年における被害				
1996	40.7	90.0	9.4（82.9）	0.2
1968	25.4	83.3	15.4（76.4）	0.7

平成15年度作物統計から作成。  
被害率は平年収量に対する被害量の割合。

表5 畑作物における病虫害等による減収

調査年次	調査場所	作型・品種	調 査 目 的	減 収 率		主 たる 減 収 要 因	試験区の防除概況	文 献
				収 量	金 額			
小 麦								
1990～91	北海道	秋まき・ ホロシリ	種子病害以外の 病害虫・雑 草による減収	18%	—	うどんこ病（少発），赤さび病（多発）による。雪腐病は少発で影響なし。	種子消毒のみ実施	1
		秋まき・ ホロシリ	種子病害以外の 病害虫・雑 草による減収	？	？	眼紋病が激発し全面倒伏したため 評価不能	種子消毒， 除草剤 1 回実施	
1991～92	北海道	秋まき・ チホクコムギ	種子病害以外の 病害虫・雑 草による減収	56%	93%	雪腐病（多発），うどんこ病（多発），雑草による減収と著しい品質低下	種子消毒のみ実施	1
		秋まき・ チホクコムギ	種子病害以外の 病害虫・雑 草による減収	34%	88%	雪腐病(多発)，うどんこ病(中発)による減収と著しい品質低下。立枯病（多発）で全体に減収。	種子消毒， 除草剤 1 回実施	
大 豆								
1991	福 井	エ ン レ イ	病害虫・雑草 による減収	38%	42%	紫斑病（多発），カメムシ（多発） による減収と品質低下	なし	1
		エ ン レ イ	病害虫・雑草 による減収	46%	46%	紫斑病（多発），カメムシ（多発） による減収と品質低下	なし	
1991	茨 城	エ ン レ イ	病害虫・雑草 による減収	？	？	台風による圃場冠水で腐敗粒多発 し評価不能	なし	1
1991	埼 玉	エ ン レ イ	病害虫・雑草 による減収	7%	—	紫斑病，カメムシによる減収。	なし	1
1992	福 井	エ ン レ イ	病害虫・雑草 による減収	20%	26%	紫斑病（多発），カメムシ（多発） による減収と品質低下	なし	1
		エ ン レ イ	病害虫・雑草 による減収	34%	34%	紫斑病（多発），カメムシ（多発） による減収と品質低下	なし	
1992	徳 島	アキシロメ	病害虫・雑草 による減収	18%	18%	ダイズサヤタマバエ，カメムシに よる減収	なし	1
1992	宮 崎	フクユタカ	病害虫による 減収	49%	63%	カメムシ，ダイズモザイクウイル ス等による減収と品質低下	除草剤 1 回のみ実施	1
ばれいしょ								
1992	北海道 (全 農)	メークイン	病害虫・雑草 による減収	44%	64%	疫病，ヤガの多発による減収	なし	1
1992	宮崎 (日植防)	農 林 1 号	病害虫・雑草 による減収	22%	—	アブラムシによるウイルス病，タ ネバエ等土壌害虫による減収。疫 病は発病しなかった。	なし	1

実証試験は1990～1992年に北海道でいずれも秋まき小麦で実施された。秋まき小麦は北海道の小麦栽培の多くを占めるが、積雪に伴う雪腐病の被害が大きいと考えられている。試験結果（表5）においても、雪腐病の発生の多寡によって収量が大きく左右され、他の病害虫及び雑草害が加わると著しく品質低下をもたらすことが示された。また、この試験には現れていないが、赤かび病は有害毒素を産生するため極めて重要な病害になっている。

大豆は1991～1992年にのべ6県で調査が行われ、紫斑病、カメムシ等により概ね30%以上の減収を生じた事例が多かった（表5）。

ばれいしょは1992年に2例だけ調査が行われた。疫病は19世紀にアイルランドに飢饉をもたらしたことで知られる重要病害である。本調査でも疫病の発生の有無によって減収の程度が異なり、多発すると収穫は半減することが示されている（表5）。

### (3) 果 樹

果樹は全体として最も病害虫の被害を受けやすい作物だと考えられている。我が国では、果実は嗜好品として高度の品質が求められることもその背景にあるが、実際に試験を行ってみると、多少の品質低下どころか、樹体の維持すら危ぶまれるほど病害虫の潜在的被害が大きい場合が多いことが示された（表6）。

最も大きな被害が示されたのはりんごで、様々な病害虫によって葉や果実に著しい被害を被り、生食用はもとよりジュース用にもならない果実しかとれない場合がほとんどであった。この被害は翌年にはより深刻になることが示されている。反対に、開花から収穫までの期間が短いうめでは、問題となる病害虫が限られているためか、壊滅的な被害は被りにくい結果が示された。

ももでは興味深い試験が行われた。1992年の調査ではシンクイムシの多発によって収穫皆無になったが、優れた交配かく乱フェロモン剤がひろく普及するようになった地域ではシンクイムシの被害はかなり減ってきている。このため2004年から取り組まれた試験では、このようなフェロモン使用地帯でどのような潜在的被害があるのかを3年間にわたり調査した。1年目は極めて病害虫が少なく、一見健全な果実が収穫されたが、数日間の保存中に腐敗性病害によって半数近くが出荷できなくなった。2年目はこれに、フェロモンで抑制していない害虫の被害が加わり、3年目には新たな病害虫が発生しだし出荷可能な果実はほとんど収穫できない結果となった。このように、防除圧が全体に低下した結果、これまで顕在化しなかった病害虫が突然多発して被害を及ぼす現象は、他の果樹でもしばしば指摘されている。

かきではカキノヘタムシガによる落果、落葉病などによる影響が大きいことが示されているが、カメムシの吸汁害なども品質低下に大きく影響している。

みかんについては後述する外観損傷病害虫に関する調査の一部として調査が行われているが、かなり大きな損害を被ることが示されている。

### (4) 野 菜

野菜も果樹と並んで病害虫の被害が大きくなりやすい作物である。調査は葉菜類3作物、果菜類4作物、根菜类等2作物について行われている。葉菜類のうちキャベツは全国規模で数多くの調査が行われたが、とりわけチョウ目害虫の被害が極めて大きいことが示されている。また、害虫密度が比較的低い低温期の栽培でもこれら被害は無視できないことも示されている。レタス及びほうれんそうではこれら病害虫のほかにアブラムシも著しい減収要因になることが示されている（表7-1）。

表6 果樹における病害虫等による減収

調査 年次	調査 場所	作型・品種	調 査 目 的	減 収 率		主 た る 減 収 要 因	試験区の防除概況	文 献
				収 量	金 額			
りんご								
1991	岩手	ふじ・普通樹	病害虫による減収	100%	100%	黒星病，斑点落葉病，褐斑病，リンゴハダニ，ハマキムシ，モモシンクイガが多発し収穫皆無	なし	1
1992	岩手	ふじ・普通樹	前年無防除区の回復	94%	95%	前年の被害による着花数の激減，モモシンクイガ（多発）により回復せず	前年無防除樹を10回防除	1
1991	秋田	ふじ・ わい化樹	病 害 虫 による 減収 （1年目）	98%	98%	斑点落葉病，褐斑病，すす斑病，すす点病，モモシンクイガ，ナミハダニ，ハマキムシが多発し販売可能品激減	除草剤1回のみ実施	1
1992	秋田	ふじ・ わい化樹	病 害 虫 による 減収 （2年目）	100%	100%	着花数の激減，樹勢の低下，病害虫の被害により収穫皆無	なし	1
1991	長野	ふじ等5品種 ・わい化樹	生育最盛期における 病害虫による減収	90%	98%	黒星病，すす斑病，すす点病が多発。7月までで樹体損傷激しいため通常防除に戻したが収穫物は加工品のみ。翌年も著しい被害が継続。	7月まで無防除（対照区は7月まで7回防除）。	1
1993	長野	ふじ・普通樹	病害虫による減収	—	100%	黒星病，すす点病，すす斑病，シンクイムシ等の被害で生食用果実の収穫は皆無	発芽前防除のみ実施	2
2004	青森	王林・普通樹	病 害 虫 による 減収 （1年目）	97%	100%	黒星病による落果・裂果，すす点病，すす斑病，モニリア病，斑点落葉病，シンクイムシ等の被害	なし	4
2005	青森	王林・普通樹	病 害 虫 による 減収 （2年目）	100%	100%	黒星病による落果・裂果，すす点病，すす斑病，モニリア病，斑点落葉病の被害	なし	4
も も								
1992	長野	川中島白桃， 都白鳳	病害虫による減収	100%	100%	シンクイムシ（多発）により販売可能品収穫皆無	発芽前防除のみ実施	1
2004	福島	あ か つ き	フェロモン普及地区 内での病害虫による 減収（1年目）	47%	48%	灰星病，ホモブシス腐敗病による収穫果の腐敗	休眠期防除は実施。地域でフェロモンによるハモグリガ，シンクイムシ，ハマキムシ抑制。	3
2005	福島	あ か つ き	フェロモン普及地区 内での病害虫による 減収（2年目）	37%	74%	灰星病，ホモブシス腐敗病による収穫果の腐敗，モモノゴダラノメイガによる果実被害	地域でフェロモンによるハモグリガ，シンクイムシ，ハマキムシ抑制。	3
2006	福島	あ か つ き	フェロモン普及地区 内での病害虫による 減収（3年目）	95%	96%	黒星病による果実被害，モモハモグリガ・縮葉病の多発による早期落葉による被害	地域でフェロモンによるハモグリガ，シンクイムシ，ハマキムシ抑制。	3
う め								
1993	福井	紅 サ シ	病害虫による減収	—	31%	黒星病による品質低下。アブラムシ，カイガラムシの発生はなし。	なし	2
2004	福井	紅 サ シ	病害虫による減収	25%	44%	黒星病の多発による品質低下	なし	4
ぶどう								
1993	長野	露地栽培 ・巨峰	病害虫による減収	66%	91%	べと病，灰色かび病による果実腐敗・汚染	発芽前防除のみ実施	2
か き								
1993	岐阜	松 本 早 生	病害虫による減収	73%	88%	カキノヘタムシガ（多発）による落果と品質低下	なし	2
2004	岐阜	富 有	病害虫による減収 （1年目）	83%	82%	カキノヘタムシガ，落葉病，炭そ病，カメムシの多発による被害	休眠期防除のみ実施	3
2005	岐阜	富 有	病害虫による減収 （2年目）	48%	54%	カキノヘタムシガ，落葉病，炭そ病，カメムシによる被害	なし	3
2006	岐阜	富 有	病害虫による減収 （3年目）	69%	71%	カキノヘタムシガ，落葉病，カイガラムシ，ハマキムシによる被害	なし	3
2004	新潟	平 核 無	病害虫による減収	82%	—	カメムシ，すす点病，炭そ病等による被害	なし	4
2005	新潟	平 核 無	病害虫による減収	93%	—	スリップス類，カメムシ，すす点病，炭そ病等による被害	なし	4
みかん								
2004	愛媛	温州みかん （愛媛中生）	病害虫による減収	57%	91%	ヤガによる落果，黒点病，ミカンサビタニ等による被害	なし	4
2005	愛媛	温州みかん （愛媛中生）	病害虫による減収	—	65%	黒点病，ミカンサビタニ等による被害	なし	4

表 7-1 葉菜類における病虫害等による減収

調査 年次	調査場所	作型・品種	調査目的	減 収 率		主 た る 減 収 要 因	試験区の防除概況	文 献
				収 量	金 額			
キャベツ								
1991	東 京	夏秋作・しずはま 2号, YR 錦秋	病害虫による 減収	30%	30%	ヨトウガ, アオムシ (多発→少発) による食害	なし	1
1991	石 川	夏秋作・若峰	病害虫・雑草 による減収	75%	—	苗立枯, アオムシによる減収	種子消毒のみ実施	1
1991	和 歌 山	冬作・金春	病害虫による 減収	25%	29%	ヨトウガ (少発) による食害	育苗期防除のみ実施	1
1991	神 奈 川 (全 農)	春作・中早生 2 号	病害虫・雑草 による減収	83%	93%	根こぶ病, コナガ, アオムシによる減収と品質 低下	なし	1
1991	茨 城 (日植防研)	春作・金系 202 号	病害虫・雑草 による減収	42%	—	アオムシ, コナガ, ウワバ, 株腐病による減収	なし	1
1992	石 川	夏秋作・若峰	定植後の病害 虫による減収	71%	—	苗立枯, 根こぶ病による欠株とウワバによる 食害	育苗期防除の一部と定 植後の殺菌殺虫剤散布 を省略して試験	1
1992	群 馬	夏秋作・南宝	病害虫・雑草 による減収	78%	80%	ヨトウガ, アオムシによる食害	なし	1
1992	東 京	春夏作・YR 錦秋, YR 藍宝	病害虫による 減収	93%	93%	後期に多発したアオムシ, コナガ, ウワバによ る食害と収穫間際に多発した株腐病で収穫激減	なし	1
		春作・ しずはま 2 号	病害虫による 減収	100%	100%	結球初期から多発したヨトウガ, アオムシ, コ ナガ, ウワバの食害により収穫皆無	なし	1
1992	和 歌 山	秋冬作・秋穂	定植後の病害 虫による減収	36%	25%	ハイマダラノメイガ, ハスモンヨトウ, アオム シ, コナガによる食害	育苗期防除のみ実施	1
1993	岩 手	夏どり・YR 青春	病害虫による 減収	99%	—	コナガ (多発), ヨトウガ, アオムシによる食害	なし	2
1993	新 潟	秋どり・やひこ	病害虫による 減収	50%	—	ヨトウガによる食害	なし	2
1993	茨 城	秋どり・秋穂	病害虫による 減収	90%	—	ヨトウガ, ウワバによる食害	なし	2
1993	東 京	秋冬どり・ 金系 201	病害虫による 減収	87%	—	ヨトウガ, アオムシ, バッタによる食害	なし	2
		秋冬どり・金春	定植後の病害 虫による減収	70%	—	ヨトウガによる食害	育苗期防除のみ実施	2
1993	山 梨	夏秋作・ 秋早生甘藍	定植後の病害 虫による減収	48%	55%	コナガ, アオムシ, ウワバによる食害	育苗期防除のみ実施	2
1994	徳 島	春作・秋徳	病害虫による 減収	100%	—	アオムシ (多発) による食害	なし	2
1994	長 崎	冬どり・湖月	定植後の病害 虫による減収	88%	96%	ヨトウガ (多発) による食害, 生育抑制による 品質低下	なし	2
1994	大 分	夏秋作・ アーリーボール	定植後の病害 虫による減収	?	?	降雨による湿害・病害により評価困難	根こぶ病防除のみ実施	2
1994	鹿 児 島	秋作・ アーリーボール	定植後の病害 虫による減収	10%	18%	ヨトウガ (多発) による食害	なし	2
レタス								
1994	香 川	トンネル栽培・ シスコ	定植後の病害 虫による減収	69%	91%	菌核病, 灰色かび病による生育不良・枯死, ア ブラムシによる品質低下	育苗期防除のみ実施	2
2005	和 歌 山	年内どり露地無被 覆栽培・しずか	病害虫による 減収	82%	—	育苗期のウワバ等の被害, 定植後のヨトウガ, ウワバ, オオタバコガ, 腐敗病による被害	なし	3
		年内どり露地マル チ栽培・しずか	病害虫による 減収	80%	—		なし	
ほうれんそう								
2005	埼 玉	露地栽培・ サンビアテン	病害虫による 減収	100%	100%	アブラムシ (甚発生) による萎縮・生育不良に より収穫皆無	なし	3

果菜類は収穫期間が長いという点で他の作物と異なるが、この特徴が病虫害の被害にも影響する。すなわち、生育の初・中期に病害による葉の損傷やアブラムシによる生育不良といった被害を受けると、収穫始めはそれほどではなくともやがて収穫ペースが落ち、収穫期間が短くなる。キュウリの場合、うどんこ病、べ

表 7-2 果菜類における病虫害等による減収

調査 年次	調査場所	作型・品種	調査目的	減 収 率		主 た る 減 収 要 因	試験区の防除概況	文 献
				収 量	金 額			
きゅうり								
1990	茨 城 (日植防研)	施設栽培・北宝 2 号	病害虫による減収	53%	—	うどんこ病、アブラムシ、オンシツコナジラミが激発し、減収と品質低下	育苗期防除のみ実施	1
1991	大 阪	露地栽培・サマーレディ	病害虫による減収	11%	—	収穫最盛期前までの調査。この期間の病害虫の発生少。南極 1 号では 4%の減収。	育苗期防除のみ実施	
1991	高 知	露地栽培・はるな	病害虫による減収	80%	77%	べと病（多発）による葉枯れ、アブラムシ（多発）による生育阻害と果実汚染	育苗期防除のみ実施	1
1991	茨 城 (日植防研)	施設栽培・ときわ 3 号 P	病害虫による減収	88%	86%	うどんこ病、べと病、アブラムシの多発により品質低下をもたらす収穫期間を大幅に短縮	育苗期防除のみ実施	1
1992	高 知	露地栽培・はるな	病害虫による減収	74%	74%	うどんこ病（激発）による生育不良	種子消毒のみ実施	1
ト マ ト								
1991	群 馬	雨よけ栽培(短期作)・桃太郎	病害虫による減収	26%	30%	無防除区の収穫が止まった時点での調査（対照区はその後にも収穫継続）。最終的な減収は桃太郎 44%、ミニキャロル 35%と推定。疫病（多発）とモザイク病が影響。葉かび病・アブラムシも多発したが影響は小。	なし	1
		雨よけ栽培(短期作)・ミニキャロル	病害虫による減収	14%	13%			1
1991	岐 阜	雨よけ栽培(長期作)・桃太郎	病害虫による減収	25%	25%	葉かび病、灰色かび病（多発）による着花不良、生理障害。後期にオンシツコナジラミ、アブラムシが多発し被害を増長。	育苗期防除と土壌消毒のみ実施	1
1991	大 阪	露地栽培・雷光	病害虫による減収	?	?	青枯病が多発し評価困難	なし	1
1991	茨 城 (日植防研)	露地栽培・強力米寿	病害虫による減収	34%	—	疫病（激発）、ウイルス病（中発）、アブラムシ（中発）による減収と品質低下	種子消毒のみ実施	1
1992	岐 阜	雨よけ栽培(長期作)・桃太郎	病害虫による減収	24%	28%	葉かび病、うどんこ病（多発）による葉枯れ、オンシツコナジラミ、アブラムシ（多発）による樹勢低下とすす病併発。果実糖度も低下。	育苗期防除と土壌消毒のみ実施	1
1992	茨 城 (日植防研)	露地栽培・おどりこ	病害虫による減収	93%	92%	疫病（甚発）により葉枯れ著しく、病果が多発。	種子消毒のみ実施	1
な す								
1990	神 奈 川 (全 農)	露地栽培・黒陽	病害虫による減収	21%	22%	うどんこ病、アブラムシ、ハスモンヨトウ、ミナミキイロアザミウマ	なし	1
2005	新 潟	露地栽培・千両 2 号	定植後の病害虫・雑草による減収	75%	77%	雑草により後期の収穫不能、アブラムシ、ハダニ、うどんこ病、ハスモンヨトウ等の被害	定植後はなし	3
い ち ご								
2004	岐 阜	施設栽培・章姫	病害虫による減収	42%	44%	育苗期に炭そ病が多発、本圃でのアブラムシ、ハダニの甚発により生育不良、三番果まで収穫に至らず	なし	3

と病、アブラムシ等により曲がり果の増加といった品質低下と収穫期間の短縮が大きな減収につながることを示された。トマトは露地、施設（雨よけ）、短期・長期どりといった栽培形態によって病虫害の被害程度も若干異なる傾向にあり、疫病の発生によって壊滅的な被害もたらされた事例がある一方、疫病の蔓延防止に有効な雨よけ栽培下では他の病虫害による被害が示されている（表 7-2）。なお、病虫害によって樹勢の低下した株では、損傷のない果実でも糖度が低い傾向がある（岐阜・トマト）との報告もある。

根菜類はだいこんで調査が行われ、キスジノミハムシによる根部表面の損傷の被害が大きくなりやすいことが示されたが、センチュウ害、アブラムシ、チョウ目害虫なども減収に大きくつながる例が示された（表 7-3）。

これら野菜においては、育苗期間における病虫害の被害も極めて重要な問題となる。種苗業界では苗自体が商品であるばかりでなく、感染苗がひろく移動することによって病虫害の蔓延が広域化することにもつながりかねない。

表 7-3 根菜類等における病害虫等による減収

調査 年次	調査場所	作 型 ・ 品 種	調 査 目 的	減 収 率		主 た る 減 収 要 因	試験区の防除概況	文 献
				収 量	金 額			
だいこん								
1991	奈 良	秋どり(早期は種)・ 夏みの早生3号	病害虫・雑草による 減収	76%	80%	ダイコンサルハムシ(多発), キスジノミ ハムシ(多発)による葉と根部の食害	なし	1
		秋どり・ 夏みの早生3号	病害虫・雑草による 減収	4%	21%	ヨトウガのみが多発。販売可能収量は維 持したが品質低下	なし	1
1991	徳 島	秋どり・新貴聖大根	病害虫・雑草による 減収	18%	31%	アブラムシ(多発)による生育不良	種子消毒のみ実施	1
1992	石 川	快進2号	病害虫・雑草による 減収	8%	36%	モザイク病, キスジノミハムシによる品 質低下	種子消毒のみ実施	1
1992	奈 良	夏みの早生3号	病害虫・雑草による 減収	13%	18%	キスジノミハムシ, ヨトウガ(少発)に よる	種子消毒のみ実施	1
2004	青 森	8月中旬は種・ 喜太一/耐病総太り	病害虫による減収	98%	98%	キスジノミハムシ(単独被害による減収 は54%と推定), ネグサレセンチュウ (単独被害による減収は98%と推定)	なし	4
2005	青 森	5月上旬は種・ 喜太一/耐病総太り	病害虫による減収	—	58%	キスジノミハムシ, 食葉性害虫	なし	4
				—	?	慣行区も減収	なし	
				—	19%	キスジノミハムシ, 食葉性害虫	なし	
		8月上旬は種・ 喜太一/耐病総太り	病害虫による減収	—	100%	キスジノミハムシ, 食葉性害虫	なし	4
				—	100%	キスジノミハムシ, ネグサレセンチュウ, 食葉性害虫	なし	
				—	96%	キスジノミハムシ, 食葉性害虫	なし	
とうもろこし								
1992	茨 城 (日植防研)	ピーターコーン	病害虫・雑草による 減収	28%	28%	アワノメイガ(少発)	種子消毒のみ実施	1

表 8 実証試験に基づく病害虫等による減収・減益

	作 物	調 査 事例数	減 収 率 (%)			出荷金額の減益率 (%)		
			最 大 値	最 小 値	平 均 値	最 大 値	最 小 値	平 均 値
稲	水 稲	14	100	0	24	100	5	30
畑作物	小 麦	4	56	18	36	93	18	66
	大 豆	8	49	7	30	63	18	34
	ばれいしょ	2	44	22	33	64	22	43
果 樹	り ん ご	8	100	90	97	100	95	99
	も も	4	100	37	70	100	48	80
	う め	2	31	25	28	44	31	38
	ぶ ど う	1			66			91
	か き	6	93	48	75	93	54	78
	み か ん	2			57	91	65	78
葉 菜 類	き ゃ べ つ	20	100	10	67	100	18	69
	レ タ ス	3	82	69	77	91	80	84
	ほうれんそう	1			100			100
果 菜 類	き ゅ う り	5	88	11	61	86	11	60
	ト マ ト	7	93	14	36	92	13	37
	な す	2	75	21	48	78	22	50
	い ち ご	1			42			44
根菜類等	だ い こ ん	12	100	4	39	100	18	60
	とうもろこし	1			28			28

注) 1990～2006年の試験結果のまとめ。試験の都合上最小限の防除を行った事例も含まれる。減収率又は減益率いずれか一方の報告しかない場合はその数値を用いて平均値を求めた。

## (5) ま と め

これまで行われた実証試験結果を表8にまとめる。病虫害の発生は極めて大きく変動するため、同じ作物でも収穫皆無の事例もあれば、反対にほとんど被害を受けなかった事例もある。しかし、全体的にみると、果樹や野菜では病虫害の被害がとくに大きくなりやすい傾向が見てとれる。これら作物はOerkeが行った世界的な試算には含まれておらず、それ以前に行われた推計に比べても格段に大きな減収となっている点で興味深い。

また、この結果は、安価で良質な食糧供給を安定的に行ううえで病虫害等による被害を適切に防止する必要があることを意味しており、我が国が目指す食糧自給率の向上という観点からも極めて重要である。

## 4. 収穫物の外観のみを加害する病虫害による被害

これまでみたとおり病虫害による被害は減収・減益をもたらすが、病虫害の中には農産物の外観を加害するだけで、基本的な品質や収量には影響を及ぼさないものがある。こうした病虫害はしばしばコスメティック・ペストとよばれる。代表的なコスメティックペストとしては、みかんの黒点病やチャノキイロアザミウマが知られており、これらは果肉には影響を及ぼさないが果皮を損傷するために、商品価値が著しく低下するという問題がある。

2004～2005年度にかけ、当協会では農林水産省の支援を受けてこうした病虫害による被害実態調査を行い、流通事情にも目を向けながら、コスメティックペスト防除の省略の可能性について検討を行った。調査に先立ち小規模なアンケートを行ったところ、コスメティックペストの認識は地域や作物によって差異があり、他の地域では減収に直結する重要病虫害であっても、少発地域では収量や品質に影響は少ないと認識されている場合があることがうかがわれた。ここでは代表的なコスメティックペストであるみかんの黒点病の調査事例を紹介する。

黒点病は果皮に小さな黒斑点を生じるもので、降雨によって助長され、一旦発生した黒点は消えることはない。黒点病の被害果は出荷規格上の等級が下がり、結果として生産者の減益につながる。調査では、年4回程度実施されている黒点病防除を全て省略した場合、半減程度に省略した場合とについて、防除の省略によって得たコスト減も考慮して利益がどこまで確保できるかを検討した。結果の一例を表9に示すが、黒点病防除を完全に省略した場合はほぼ半分が商品とはならず、防除コストの低減を考慮しても43%の減益に、また防除回数を半減した場合でも最終的に21%の減益を受けたと報告されている。他の調査事例でも経済的な損失は予想以上に大きく、現状の出荷規格の中ではコスメティックペストといえども収益確保の観点で防除が不可欠であると考えられた（表10）。

表9 みかん黒点病による減益（愛媛県，2005）

	商品率 (%)	出荷金額 (円/10a)	農薬代 (円/10a)	散布労賃 (円/10a)	差 し 引 き	
					(円/10a)	(比率)
慣行防除区*	97	262,862	30,624	30,000	202,238	(100)
黒点病のみ無防除	50	166,900	25,332	26,250	115,318	(57)
黒点病のみ半減防除	77	208,978	26,384	22,500	160,094	(79)

文献4から引用

\* 慣行防除における黒点病防除は4回

表10 コスメティックペストによるみかんの損害

調査年次	調査場所	作型・品種	調査目的	減 収 率		主たる減収要因	試験区の防除概況	文献
				収 量	金 額			
2004	神奈川	温州みかん (大津4号)	黒点病・チャノ キイロアザミウ マの影響	35%	70%	黒点病(多発), チャノキイロ アザミウマ(少発)による品質 低下	黒点病防除を1/3に減 じ, チャノキは反射シー トによる物理的防除	4
2005	神奈川	温州みかん (大津4号)	黒点病・チャノ キイロアザミウ マの影響	27%	65%	黒点病(多発), チャノキイロ アザミウマ(少発)による品質 低下		4
2004	静 岡	温州みかん (青島温州)	チャノキイロア ザミウマの影響	—	64%	チャノキイロアザミウマ(多 発)による品質低下	チャノキイロアザミウマ 防除(4回分)のみ省略	4
2005	静 岡	温州みかん (青島温州)	チャノキイロア ザミウマの影響	—	8%	チャノキイロアザミウマ(少 発)による品質低下		4
2004	和歌山	温州みかん (日南1号)	黒点病の影響	—	43%	黒点病(多発)による品質低 下。規格外比率から出荷金額 減収を推定。	黒点病防除(4回分)のみ 省略	4
2005	和歌山	温州みかん (日南2号)	黒点病の影響 (半減防除)	—	8%	黒点病(多発)による品質低 下。	黒点病防除(4回分)を半 減して実施	4
2004	愛 媛	温州みかん (愛媛中生)	黒点病の影響	6%	19%	黒点病による品質低下	黒点病防除(4回分)のみ 省略	4
2005	愛 媛	温州みかん (愛媛中生)	黒点病の影響	—	37%	黒点病による品質低下		4
2004	大 分	温州みかん (早生温州)	黒点病の影響	—	54%	黒点病による品質低下	黒点病防除(5回分)のみ 省略	4
2005	大 分	温州みかん (早生温州)	黒点病の影響	—	16%	黒点病による品質低下	黒点病防除(4回分)のみ 省略	4
2005	大 分	温州みかん (青切り早生温州)	黒点病の影響	—	10%	黒点病による品質低下		4

一方、出荷規格自体を緩やかにする考え方については、斑点米などでもしばしば議論されるところであるが、海外からの輸入も含め良質で安価な農産物が豊富に入手できる現在、大規模かつ恒常的に外観損傷農産物のマーケットを確立することは容易なことではないと考えられる。

## おわりに

以上のように、病虫害等による農作物の潜在的な被害は、一定の防除を講じている通常の栽培状況からは想像できないほど大きいものがある。その影響は、直接的な減収に結びつくだけでなく、生育に悪影響を与えたり収穫物を直接加害することで品質低下にもつながり、それらの結果、減収以上に大きな減益をもたらす。現在防除の中心となっているのは農薬であるが、生産費全体に占める農薬費の割合は小さいため、ほとんどの場合こうした減益は防除コストの節減分くらいでは全く見合わない。また病虫害は、気象被害などとは異なり、一旦多発すると翌年以降も被害が継続したり、他の地域にひろく蔓延しかねないという特徴もある。

他方、病虫害の発生は地域や気象条件、個々の栽培条件によって大きく変動し、その発生程度によっては実害につながらないこともある。このため、地域の指導機関では要防除水準を設定して一定の発生量を超えた場合に防除を行う考え方を推進しているが、個々の病虫害についてその発生量と実害とを関連づける作業

は容易ではない。

栽培や防除体系が変わると問題となる病虫害の種類や被害程度にも変化が現れることは、多くの専門家が指摘するところである。今回紹介した実証試験の一部でもそのことが示唆されており、今後も注意深く観察していく必要があろう。また、水稻の箱施薬や果樹のフェロモンの普及などによって、特定の重要病虫害については地域全体の密度が抑制できるようになっていることも示された。しかし、このことをもって地域において病虫害の潜在的なリスクが小さくなっていると判断するのは早計であろう。

1991～1994 年にかけて行った実証試験では、地域の消費者らにも圃場の被害を実際に見ていただく機会を作った。参加した消費者の多くは、病虫害による被害の大きさに大きな衝撃を受け、防除の重要性について理解いただいた。防除をとりまく環境がますます困難さを増す今日にあって、植物防疫関係者自らがその重要性について積極的に理解を得ていく努力が再び求められているのではなかろうか。

#### 引用文献

- 1) 農薬を使用しないで栽培した場合の病虫害等の被害に関する調査報告，平成 5 年 7 月，日本植物防疫協会，42 p. <http://www.sp.jppa.or.jp/information/tecinfo/data/>
- 2) 農薬を使用しないで栽培した場合の病虫害等の被害に関する実証展示事業報告書（平成 5～6 年度），平成 7 年 3 月，日本植物防疫協会，75 p.
- 3) 平成 16～17 年度農薬を使用しないで栽培した場合の病虫害等の被害実態調査報告書，日本植物防疫協会，未公表.
- 4) 平成 16～17 年度コスメティックペストの被害実態調査報告書，日本植物防疫協会，225 p. <http://www.sp.jppa.or.jp/information/tecinfo/data/KOSUME.pdf>
- 5) Oerke E-C., Dehne H-W., Schonbeck F. and Weber A., Crop Production and Crop Protection-Estimated losses in major food and cash crops-, 1994, Elsevier, 808 p.
- 6) 森田利夫 (1982)，もしも農薬がなければー不測の事態における反収水準についてのアンケート調査結果，植物防疫 36(1), 2-4.

# 雑草による農作物の経済的損失

財団法人 日本植物調節剤研究協会 横山 昌雄

## はじめに

農作物には安全性、高品質など高付加価値商品がもとめられ、特別栽培作物、有機栽培、GAPなどいろいろな認証制度の確立が推進されている。IPM もその一つである。一方、品目横断的経営安定対策により大規模な農家の育成が進むことが期待され、今後、食の安全、環境保全を兼ね備えた省力的な栽培技術が求められよう。省力技術として確立している雑草防除技術もさらに発展させるには、雑草の役割を改めて把握する必要がある。農業は土地と資本と労働で成り立ち、とくに土地集約的産業である。雑草は土地にあって、農業にとってマイナス要因である。宮崎安貞編の農業全書、農業総論の鋤芸（じょうん）には「……上の農人は草のいまだ目に見えざるに中うちし、芸（くさぎ）り、中の農人は見えて後芸る也。みえて後も芸らざるを下の農人とす。」と有名な文句が書かれているが、先人たちはそのことを承知して、農業を営んでいたようである。雑草による経済的損失を雑草害のよる収量減と除草経費・労力の両面から考えてみる。

## 1. 雑草の種類と寿命

前出の農業全書の鋤芸に「草は主人のごとし。もとより其所に有来るものなり。苗は客人のごとく、わきよりの入人（いりうど）なれば、大かたの力を用ひては悉くのぞきさがたし。其上よき物は生立ちがたく、悪き物は栄へやすきは世上よのつねの事なれば、草のさかえて五穀等を害するは甚だ速かなる物なり。」とあり、農地に自生する雑草が如何に優位であるかを説いている。

### (1) 雑草の種類

雑草の種類は極めて多く、全世界で3万種以上といわれているが、日本の雑草は笠原によれば約450余種で、水田雑草が43科191種、畑地雑草が53科302種あり、発生度合いが高く、防除が難しい強害草を水田雑草には30種、畑地雑草には63種あるとしている。

最近の雑草を植調協会の過去数年の除草剤適用性試験成績および普及適用性試験成績<sup>1)</sup>からみると、水田雑草にはノビエ、イヌホタルイ、アゼナ、コナギ、クログワイ、オモダカ、タマカヤツリ、コウキヤガラ、ミズガヤツリ、ウリカワ、シズイ、マツバイ、セリ、キカシグサ、ミゾハコベ、アブノメ、タデ類、ヤナギタデ、イボクサ、クサネム、ヘラオモダカ、ミズアオイ、タウコギ、アメリカセンダングサ、タカサブロウ、キシウスズメノヒエ、アシカキ、チョウジタデ、アゼガヤ、ヒメミゾハギなどがあり、畑地雑草にはメヒシバ、オヒシバ、イヌビエ、アキメヒシバ、エノコログサ、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、カズノコグサ、ネズミムギ、カラスムギ、ツユクサ、イヌタデ、オオイヌタデ、イヌビユ、ホソアオゲイトウ、エノキグサ、ヒメジョオン、ナズナ、ハハコグサ、ヒメムカシヨモギ、シロザ、ハコベ、オオイヌノフグリ、ツメクサ、タニソバ、ナギナタコウジュ、オオツメクサ、スカシタゴボウ、スベリヒユ、ザクロソウ、ホトケノザ、コニシキソウ、アサガオ類、イチビ、アレチウリ、マルバツユクサ、チガヤ、シバムギ、コヌカグサ（レッドトップ）、スギナ、ハルジオン、ギシギシ、オオバコ、ヨモギ、タンポポ、カラスビシャク、スイバ、ジシバリ、キレハイヌガラシ、コヒルガオ、

ムラサキカタバミ、チドメグサ、ヤブガラシ、ワルナスビ、カヤツリグサ、ハマスゲ、ショクヨウガヤツリなどがある。現在も非常に多くの種類の雑草が発生している。これらによって構成されている雑草群落は環境条件、栽培法によって構成する種類が異なる。また、北海道には本州や四国、九州にない雑草があり、北関東と南関東でも種類に差があるように、雑草の種類や群落構成は地域によって異なる。一方、最近では防除が難しい多年生雑草や畦畔や周辺農地から進入する雑草が水田に増加し、畑地には輸入飼料に混入した外来雑草や牧草の雑草化が目立つように、これまで問題にならなかった新しい雑草が増加している。雑草が新たに進入し、その環境に適応すると大発生につながることもある。

## (2) 雑草種子の生産性と寿命

耕地雑草はそれぞれ栽培ごとに防除され、たえず遷移の初期に置かれるので、比較的短期の生活環を持ち、種子の生産性が高い一年草や地下茎で増殖する再生力が強い多年草が主になる。

笠原によればタイヌビエは一株当たり 6,580 の種子を生産し、その他の一年生雑草も数千の種子を生産する（表 1）。また、畑地雑草

表 1 水田雑草の種子生産

雑 草	種子数/株
タイヌビエ	6,580
アゼガヤ	109,370
タマガヤツリ	5,100
コナギ	2,848
アゼナ	3,880
アブノメ	3,920

注) 日本雑草図説より (笠原安夫著)

表 2 主要畑雑草の種子生産量 (高林と中山, 1997)

草 種 名	播種日 (月. 日)	種子数*	千粒重** (g)	草 種 名	播種日 (月. 日)	種子数*	千粒重** (g)
メ ヒ シ バ	4. 18	14,859	0.710	オオイヌダテ	4. 18	2,777	1.811
	5. 16	14,911	0.733		5. 16	2,087	1.006
	6. 15	11,258	0.803		6. 15	1,589	1.026
	7. 17	3,891	0.663		7. 17	1,429	0.616
	8. 18	1,560	0.987		8. 18	1,149	1.393
ヒメイヌビエ	4. 18	3,949	1.780	スベリヒユ***	4. 18	59,500	0.109
	5. 16	4,805	1.257		5. 16	56,750	0.096
	6. 15	2,498	1.553		6. 15	57,300	0.096
	7. 17	2,880	1.670		7. 17	41,650	0.063
	8. 18	577	1.837		8. 18	12,150	0.154
カヤツリグサ	4. 18	111,449	0.138	イヌビエ	4. 18	4,964	0.703
	5. 16	97,656	0.128		5. 16	11,114	0.440
	6. 15	70,544	0.147		6. 15	9,807	0.517
	7. 17	69,632	0.163		7. 17	15,483	0.445
	8. 18	4,366	0.142		8. 18	4,978	0.687
ツユクサ	4. 18	1,143	6.35	エノキグサ	4. 18	66	1.364
	5. 16	861	6.56		5. 16	166	1.386
	6. 15	448	7.14		6. 15	261	1.303
	7. 17	237	9.16		7. 17	190	1.158
	8. 18	34	9.71		8. 18	13	1.169
シロザ	4. 18	19,421	0.380	クワクサ	4. 18	—	—
	5. 16	16,025	0.483		5. 16	1,744	0.344
	6. 15	11,858	0.436		6. 15	4,132	0.334
	7. 17	5,447	0.637		7. 17	3,232	0.362
	8. 18	5,562	0.667		8. 18	88	0.340

注) \* 種子数: (種子重÷千粒重)×1,000/株

\*\* 千粒重: 成熟盛期のものについて測定

\*\*\* スベリヒユの粒数: がい果数×50 (平均粒数/がい果)

表3 水稻の栽培密度と発生株数および栄養繁殖器官の形成数の年次推移（草薙，1984）

栽植 条件	試験 年次	ウ リ カ ワ		ク ロ グ ワ イ		ミ ズ ガ ヤ ツ リ		オ モ ダ カ		ヒ ル ム シ ロ	
		株数 (株)	塊茎数 (個)	株数 (株)	塊茎数 (個)	株数 (株)	塊茎数 (個)	株数 (株)	塊茎数 (個)	地上部乾物量 (g)	鱗茎数 (個)
密 植 区	1	352	1,248	188	1,048	136	684	188	168	4.1	80
	2	220	280	84	392	20	168	12	56	1.8	16
	3	36	124	24	72	8	140	0	12	0	0
標準植区	1	552	1,984	304	1,352	356	936	228	208	10.6	200
	2	748	1,112	476	1,192	88	312	32	128	7.5	24
	3	488	1,168	240	1,032	32	268	6	84	2.4	8
疎 植 区	1	752	4,408	620	1,856	732	1,288	340	240	71.1	444
	2	860	2,000	640	1,688	176	392	164	480	32.4	240
	3	620	2,164	452	1,578	68	364	36	382	5.1	176
裸 地 区	1	1,472	8,048	892	2,632	1,660	1,816	356	2,056	262.9	1,328
	2	1,284	5,256	1,064	1,912	680	1,872	176	2,952	162.1	1,000
	3	944	3,752	820	2,236	804	1,712	192	2,170	156.2	1,440

注) (1) 水稻栽植密度，密植 20×10 cm，標準植 30×20 cm，疎植 40×30 cm，田植 6 月中旬。

(2) 供試草種は試験開始前に増殖させ，その後自然発生とした。ただしミズガヤツリの 2，3 年目の立毛区のみ，代かき後発生がほとんどみられなかったので，3～4 葉のミズガヤツリを m<sup>2</sup> 当り 8 株宛植付けて比較した。

(3) 株数（ヒルムシロは地上部乾物重）は成熟期，塊茎・鱗茎数は 12 月に調査，数字はいずれも m<sup>2</sup> 当りで示し，塊茎には前年産までの古い物を含む。

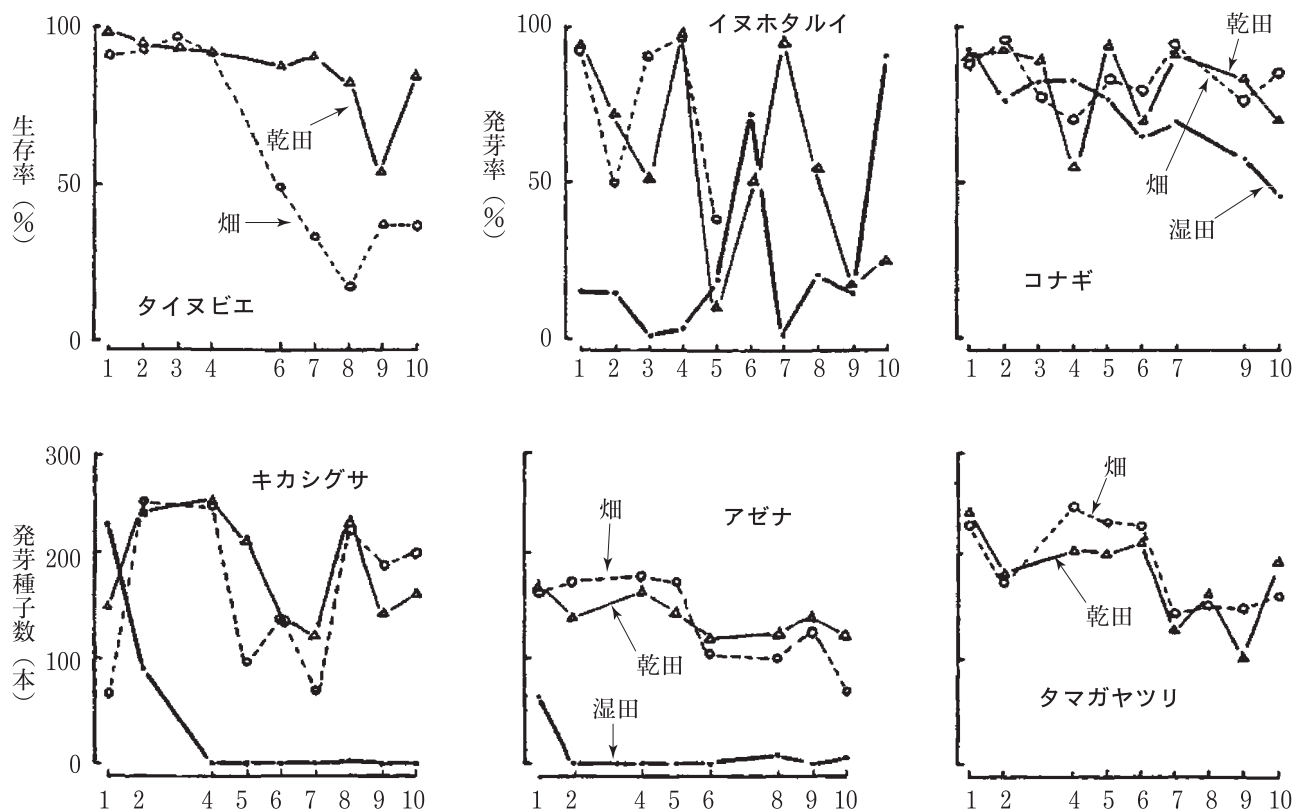


図1 水田雑草の埋土種子の寿命（千坂ら，1985）

は好条件下では、一株で 5,000 から 110,000 の種子を生産し、条件が悪くても 1,000 以上の種子を生産する (表 2)。また、水田多年生雑草も生殖器官である塊茎の生産量は少なくない (表 3)。

一方、雑草の多くは種子の寿命が長い。牛久の農家は雑草の種子の寿命が長いことを「畑を一度草で荒らすと 8 年は草取りが大変だ」と言う。千坂らは水田雑草の多くは土壌中で 10 年以上生き延びることを報告している (図 1)。また、渡辺と広川 (1971) は畑雑草種子の地中での寿命を検討し、エゾノギシギシ、オオツメクサ、シロザ、タニソバ、ハコベが 4 年半で発芽率が 40 から 70%、アキノエノコロ、イヌタデ、オオイヌタデ、ツユクサは 4 年半で 10 から 44% あること、高林と中山 (1978) はカヤツリグサ、ツユクサ、シロザの種子が土中で 4・5 年以上生存することをそれぞれ報告している。

## 2. 雑草害

雑草による経済的損失は雑草害による作物の減収や品質の低下による収入減である。ここでは雑草害についての調査例を紹介する。

雑草は作物群落の中において生産構造を変え (図 2)、光、養分、水分などの生育要因を奪い合う競合により、作物の光合成能力などの生理機能を低下、形質の変化等により、収量や品質の低下を招く。雑草の害は虫や病気の害のように急激なものとして現れないが、どのような条件下でも必ず発生し、多大な害をもたらす特徴がある。また、雑草害には直接的な収量や品質の低下だけでなく、農作業の障害、収穫物への雑草やその種子の混入による品質の低下、害虫や病原菌の宿主など、間接的に作物生産に害をもたらす影響もある。

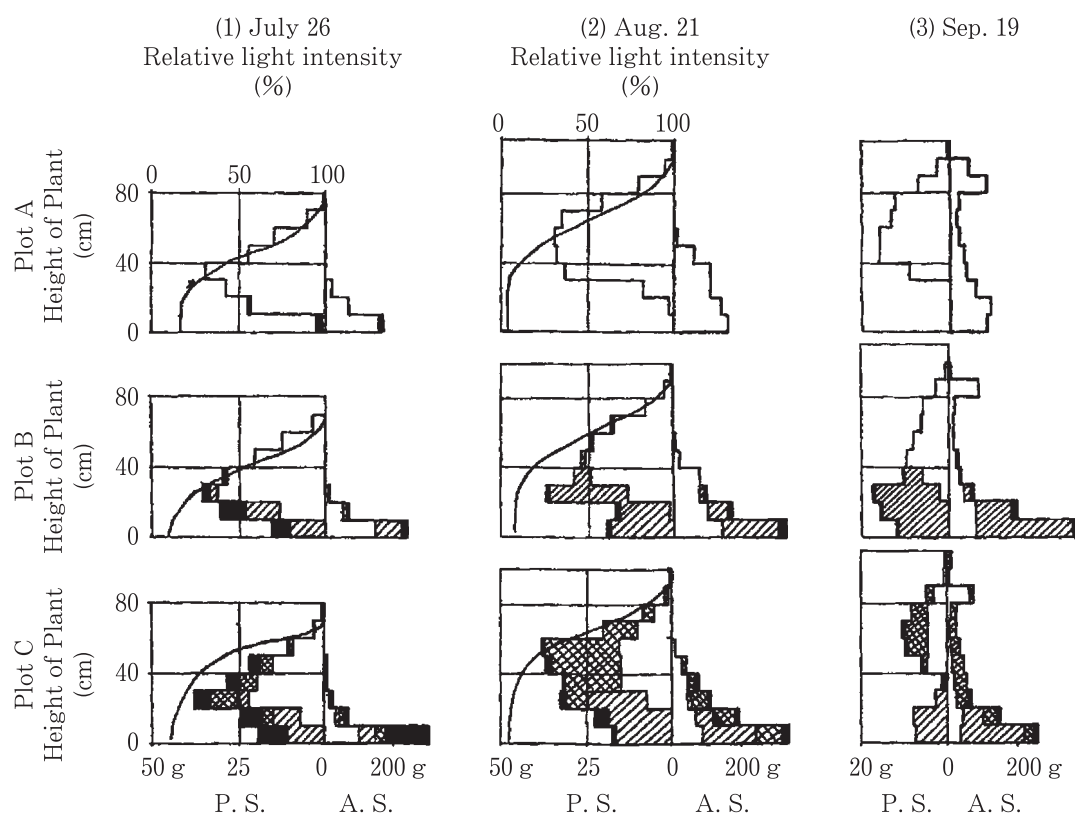


図 2 生産構造図 (荒井ら, 1956)

Plot A: 無雑草区, Plot B: コナギ・キカシグサ主体の雑草区,

Plot C: ノビエ, タマガヤツリ主体の雑草区, 白抜きが水稻, 斜線, 黒塗り等が雑草

### (1) 雑草の作物への直接的な雑草害（収量への影響）

野田ら（1968）は水稻の雑草害に関する研究を総括し、雑草による減収は 10 から 55% で、極端な場合には 70 から 80% の減収に達することを報告した。また、代表的な雑草であるノビエによる減収を調べ、 $1\text{m}^2$  あたりノビエ 40 本で 15~40% の減収があること、同一発生数でも、その被害の変動が大きいことを報告し、雑草害は栽植密度、品種、施肥法によって異なることを指摘している。施肥については、施肥量を増やせば雑草があっても収量が減らないとの報告もあるが、荒井と川島（1956）は  $1\text{m}^2$  あたり 40 本のノビエで基肥のみで 18%、追肥すると 25% 減収することを示し、千坂（1966）も同様にノビエ 40 本で、追肥の減収率は基肥だけの 18% に対して約 27% であることを確認し、施肥量を増やせば常に雑草害がなくなるということにはならないことを示した。

一方、タイヌビエが  $1\text{m}^2$  あたり 20 本発生した条件下で、その発生時期が田植え直後であれば、減収率は 16%、4 日後であれば 8%、8 日であれば 4% であり、田植え後 20 日ほどたってから発生し始めた場合には 100 本程度でも水稻に実害を与えないこと報告し、雑草は発生時期によって水稻の生育への影響が変わることを示した（千坂 1966）。渡辺ら（1963）は乾田直播栽培では中期（播種後 3 週から 10 週まで）の除草が、初期（播種後 3 週まで）や後期（播種後 10 週以降）の防除に比べ効果的であることを示した。

成苗移植栽培での雑草放任条件下では、コナギ、キカシグサなど草高の低い草種が優占した場合 18%、これに加えて草丈の高いタマカヤツリ、ノビエが多発した場合に 43% の減収率となった（荒井ら、1956）。多年生雑草による減収率は多発するとミズガヤツリで 30~50%、クログワイで 20~60%、ウリカワで 15~25%、イヌホタルイで 25~50%、ヒルムシロで 20~%、マツバイで 5~20% とされている。

植調協会の水稻除草剤適用性試験は、全国で実施され、試験には無除草区が設置されている。図 3 には 2006 年の水稻除草剤適用性試験の無除草区における雑草量と水稻の収量との関係を示した。収量は除草区比で示してあり、98% から 8% までである。雑草量が多いほど収量が低くなる傾向はあるが、相関はあまり高くない。ノビエ群落と水稻の場合は相関が高い（図 4）が、雑草の構成種が複数の場合、減収は雑草量だけで決定されているわけではなく、雑草種の構成や栽培期間など、他の要因も関与していることが考えられる。

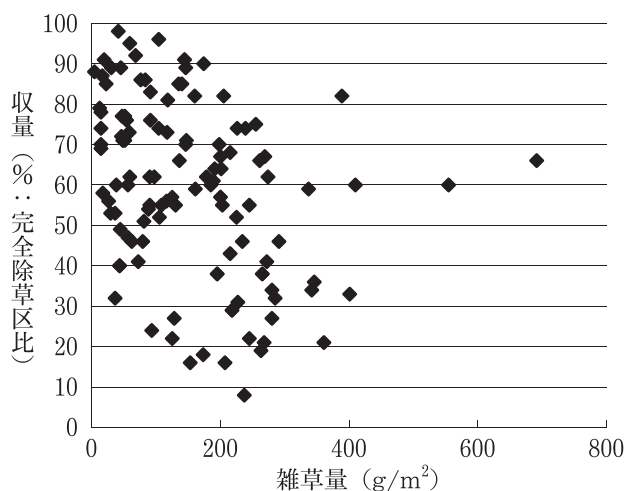


図 3 雑草量と水稻の収量との関係

注）2006 年度水稻除草剤適用性試験成績書より、無除草区の雑草量と収量（完全除草区比）、雑草量は移植後 30 から 60 日に調査

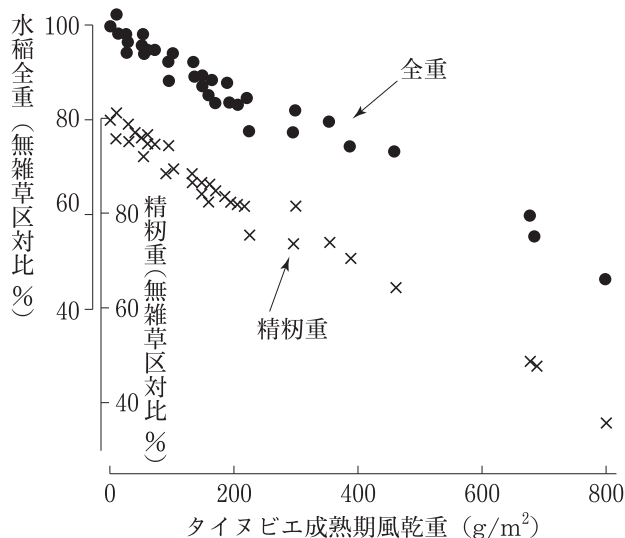


図 4 成熟期におけるタイヌビエ重量と水稻全重および水稻精粒重との関係（千坂、1966）

さて、現在の除草剤試験実施基準では、無処理区の管理を厳密に規定していないので、収穫まで防除しない場合が多い。それに対して昭和 60 年代までの試験実施基準では、原則として無除草区は除草剤区の雑草調査時に雑草を取り除き、その後一般管理でよく栽培することになっていたもので、無除草区の多くは初期防除を行わない試験区になっていた。表 4 に 1986 年と 2006 年の無処理

区の平均減収率と最高減収率を示し、初期防除を実施しない場合の雑草害と収穫時まで雑草防除しない場合の雑草害を比較した。収穫時まで雑草を防除しないと平均で 42% 減収し、最大は 92% 減収になり、初期防除を行わないだけでも 24% 減収するという結果を得た。

野口（1983）は畑作物で除草しない場合の収量を防除した場合と比べた。除草区比の収量はトウモロコシが 90%，大豆が 40%，陸稲が 30%，落花生が 3% で、雑草害は作物の種類で異なり、初期生育が速く、草丈が高くなるトウモロコシの雑草害が小さく、草丈が小さく、雑草に上部を遮蔽される落花生は雑草害が大きく、収穫が皆無となることさえあることを報告している。

加藤と春原（1966）は作物と雑草の競争の様相を次のように整理した。川延らは 5 月播種の陸稲で、雑草害が無防除で 100%，初期防除で 93%，中期防除で 56% になること、播種後 25 日に雑草が 1 m<sup>2</sup> 当たり 1.24 g 以上あると雑草害が生じることを示し、飯島は 5 月播種の大豆で、無除草では 52%，初期防除では 46% の雑草害が生じるのに対し、中期（7 月上旬）以降に防除を続けるとほとんど雑草害がないことを示した。また、川延らは 4 月植えのばれいしょにおいて無除草で 28% の雑草害が、5 月下旬植えのかんしょでは 96% の雑草害があることを報告している。

畑作物や野菜関係の除草剤適用性試験成績においても無除草区があり、雑草害を見ることができる。畑作物の除草剤試験の無除草区は原則として、雑草調査時（播種または移植後 30～50 日）に雑草を取り除き、その後は一般管理することになっている。多くの数値はその条件による値であるが、一部、収穫時まで除草しない数値が含まれている。野菜の除草剤試験では現在、無除草区がないが、1986 年までは除草剤区が雑草防除を必要とする時期（播種または定植 40～60 日後）まで防除しない無除草区が設けてあった。以上の畑作物

表 4 雑草による水稻の収量への影響

年度	平均減収率(%)	最大減収率(%)	調査数
1986年	24	66	100
2006年	41	92	114

注) 水稻除草剤適用性試験成績より、1986 年は移植後平均 40 日まで雑草を放置、その後防除した圃場が主体、2006 年は収穫時まで雑草防除しない圃場が主体

表 5 雑草による畑作物と野菜の収量への影響

作物	平均減収率(%)	最大減収率(%)	作物	平均減収率(%)	最大減収率(%)
小麦	13	41	キャベツ	18	69
大麦	12	30	はくさい	15	57
大豆	25	84	たまねぎ	31	57
かんしょ	11	58	だいこん	16	36
ともろこし	17	54	にんじん	37	88
ばれいしょ	9	63	ごぼう	19	49
			さといも	32	68

注) 植調協会除草剤適用性試験成績書より、畑作物は移植または播種 30～50 日後に、野菜は 40～60 日後に雑草防除した圃場。小麦、大麦は 2003～2005 年（64, 39 圃場）、大豆、かんしょ、ともろこし、ばれいしょは 2002～2006 年（88, 13, 70, 27 圃場）、キャベツ、ごぼう、さといも、だいこん、たまねぎ、にんじん、はくさいは 1983～1986 年（47, 18, 22, 18, 44, 50, 33 圃場）

および野菜の無除草区における減収率を表5に示した。小麦および大麦は2003～2005年、大豆、かんしょ、とうもろこし、ばれいしょは2002～2006年の数値を示した。小麦、大麦の減収率はそれぞれ13%、12%で、大豆は25%、かんしょは11%、とうもろこしは17%、ばれいしょは9%で、減収率はあまり高くなく、減収は初期の雑草防除しないことによる影響である。しかし、最大値は大豆が84%、ばれいしょが63%の減収がある。

野菜は1983年～1986年までの5カ年の数値を集計した。野菜ではにんじん、さといも、たまねぎの雑草による減収は30数%でやや大きい。にんじんの最大値は88%である。キャベツ、はくさい、たいこん、こぼうの平均減収は20%以下だが最大値はそれぞれ比較的大きい。

## (2) 品質の低下や間接的な雑草害

雑草害は収量だけでなく、品質にも大きな影響を与える。野菜の大きさや形状不良など、収穫物が規格に合わないことはもちろんであるが、見た目にはほとんど差がなくても品質に影響を与えることもある。野田ら(1971)は水稻で出穂後から登熟期にかけてのヒエの競争害は登熟不良として現れること、その原因は肥料の競争、光競合であると推測した。最近、食味を向上させるために穂肥や実肥を控えることが多い。この時期、水稻群落の受光体制はイネ科型から広葉型に移行し、下位葉の受光率が低下する。このような状態で僅かでも背が高いノビエやアメリカセンダングサ、タウコギなど背が高い広葉雑草が残っているとその移行が助長され、受光率の低下により登熟が抑えられ、品種の低下を招く危険がある。

雑草やその種子が収穫物に混入し、品質の低下を招く例としては水田雑草のクサネムがある。クサネムの種子は米とほぼ同じ大きさなので、コンバインでは篩うことができず、混入して等級をさげる原因になる。20数年前に北陸で問題になったが、最近では各地で問題になり、適切な防除や収穫時の注意が生産情報として流されている。大豆ではコンバインによる収穫作業で残草した雑草や青立ち株の混入で汚粒が問題になる。

牧草地に生えているイヌスギナ、ワラビ、ギシギシなどを食した乳牛は中毒を起こすことが知られている。雑草は害虫や病気の宿主になる。斑点米カメムシ類はイネ科雑草を好み、イタリアンライグラスなど特定の雑草では大発生する。ズズメノテッポウはヒメトビイロウンカやツマグロヨコバイの越冬する場になる。また、雑草の根はセンチュウの宿主になる。小麦のすそ腐れ病菌がシバムギに、根腐れ病菌がスベリヒユやアオゲイトウに感染する。

## 3. 雑草防除の経費と労力

### (1) 水稻の雑草防除にかかる経費

水稻栽培の除草経費を農林水産省の統計資料の作業別労働時間(図5)などの数値で計算する。1949年には506時間(1ha当たりの労働時間)×27円(1時間の労働費)×288万ha(栽培面積)=393億円の除草経費がかかっていた。2005年の除草経費は、除草剤を使用しない場合には、除草時間を1949年の506時間として計算すると、506

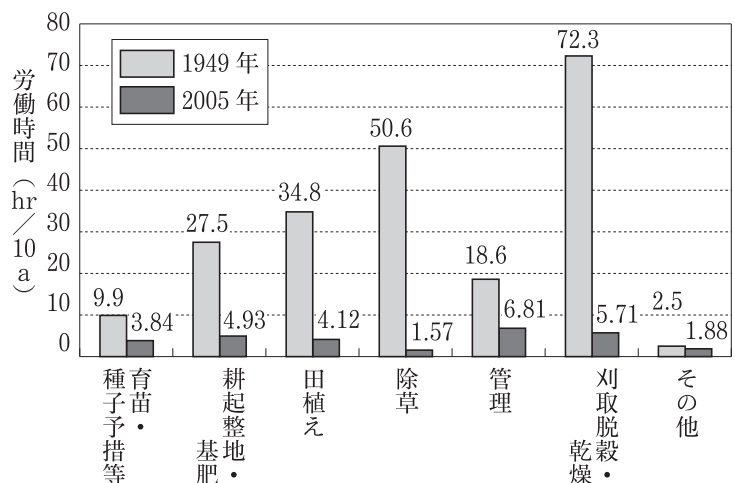


図5 水稻の直接作業労働時間(1949年と2005年の比較)

表6 作物における除草経費と労力

作物	栽培面積 (万 ha)	現状の防除 (2005)		除草剤を使用しない場合*	
		除草経費 (億円)	労力 (万人)	除草経費 (億円)	労力 (万人)
水 稲	170.2	1,004	334	13,099	10,765
小 麦	21.4	58	17	1,071	827
大 豆	13.4	97	63	445	375

注) 農水省の農業経済統計調査報告より、除草経費：除草剤費＋労働費，労力：1日8時間として計算，\*：水稻は1949年，小麦は1955年，大豆は1956年での除草労働時間から算出

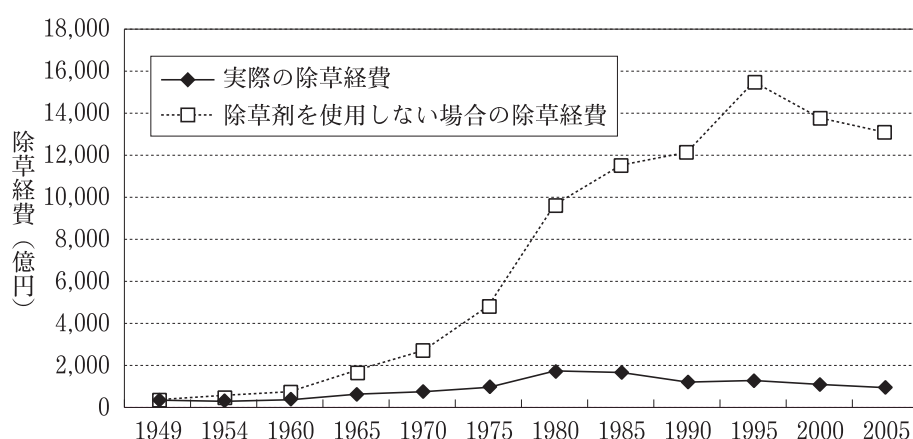


図6 水田雑草の除草経費と節減

注) 農業経営統計調査報告，農業構造動態調査報告書，作物統計等より，除草経費は除草剤費＋除草労働費（除草時間×労働費），除草剤を使用しない場合の経費は除草時間(1949年：除草剤無使用)×労働費

時間×1,521円(1時間の労働費)×170万ha(栽培面積)=1兆3,100億円である。これが雑草の持つ潜在的な水稻栽培の経済的損失である。水稻の産出額が1兆9千億円であることを考えると、農業生産においては如何に大きい数値であることが判る。実際の除草経費は、除草剤費(35,090円×170万ha)+15.7(労働時間)×1,521円×170万ha=1,004億円であり、現在の雑草防除技術は防除技術による減収がほとんどないので1兆2千億円の経済効果があると言える(表6)。図6には1949年から2005年までの除草経費の推移を示した。2005年の計算に使用した1時間の労働費が高いようだが、最近の農作業賃金における畦畔の草刈り賃金は1時間当たり1,500円から2,000円である。

そこで、除草経費を農作業賃金から試算してみよう。農作業賃金には「水田の草取り」がないので、防除畦畔雑草の草刈りの賃金で計算する。草刈りは山口県の例で見ると、1m<sup>2</sup>約36円で、集草して63円となる。水田の草取りは雑草を抜き取り土中に埋めるので集草の必要がないので1m<sup>2</sup>36円である。そこで、水田の雑草防除経費を算出すると、水稻の栽培面積は170万haは170億m<sup>2</sup>で、これに36円乗じると6,120億円になる。田の草取りは通常3回必要であるので、合計は1兆8,360億円になる。また、東京都の造園修景積算マニュアル(平成19年3月)によれば、道路除草(肩掛け式)は1m<sup>2</sup>約72円で、処分費を含めると92円である。造園関係者を雇うと3兆6,720億円になる。

## (2) 水稻の雑草防除にかかる労力

次に、除草剤を使用しないで水田雑草の防除を行うために必要な人力を計算する。1haあたり506時間

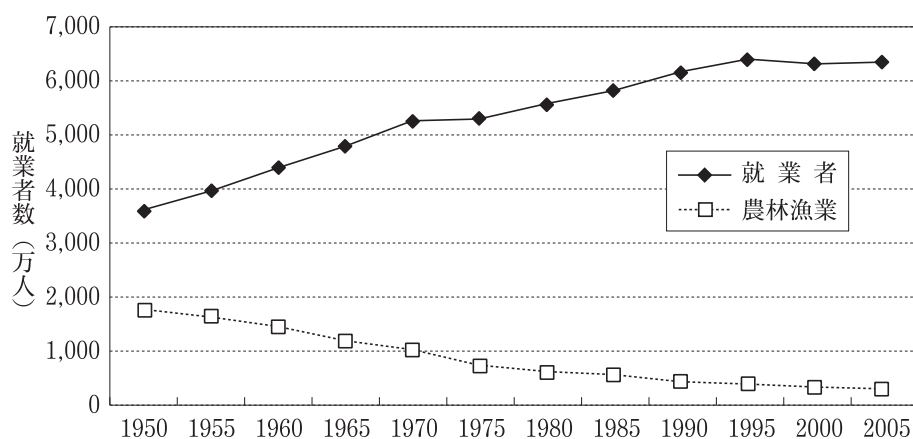


図7 産業別就業者数の推移  
注) 日本国勢図絵より

で、1日8時間労働として1haに63人必要になる。1949年は栽培面積が288万haであるので、除草には1億8千万人の人力が必要であった。当時農家人口が約370万人、農業就業者は約1,700万人であったが(図7)、水田の雑草防除はかなり過酷な作業であったといえる。現在は170万haなので1億750万人の人手が必要になる。農業就業者が282万人の現在ではとても無理である。人材の確保を農村部だけでなく都市部に求めたとしても移動にかかる経費は莫大になる。農家の収入では雇用することは難しく、とても採算が合わない。除草剤を使用した2005年の水田除草にかかる人力を計算するとは334万人になる。

### (3) 小麦、大豆の雑草防除にかかる経費と労力

小麦、大豆の除草剤を使用しない場合の除草経費を水稻の除草経費と同様に計算すると、約1,000億円、大豆は約440億円になるが、小麦や大豆の場合は中耕技術の向上による労働時間の短縮も加味する必要がある。現在の雑草防除技術では表6に示されるようになりかなり除草経費も人力も軽減されている。

### (4) 雑草防除技術の食の安全や環境への影響による経済的損失

雑草除草の方法によって、残留性や環境への影響が大きいことは経済にも影響し、場合によっては多大な損失を招くことになる。これも雑草による経済的損失の一つと言える。

かつて、PCPは水田の除草剤防除に使用されていたが、大雨で溢れ、有明海や琵琶湖の魚介類が死に、漁業に直接的な打撃を与えた。このことで、農薬取締法が改正され、PCPは使用制限された経緯がある。最近では、ポジティブリスト制により魚介類の残留基準値の設定が低かったために、農薬残留でシジミの出荷が一時期できないという問題が起きた。これは安全性には全く問題なかったが、法的には問題であったという例である。しかし、食の安全や環境への影響については雑草防除の手段の安全性が担保されていたとしても、法的には問題になることがあるので、事前に想定し、迅速な対策を講じておくことも経済的損失を軽減することになる。

環境への影響が少ない防除技術の導入も重要であるが、精査して導入する必要がある。新井らは、水稻栽培のCO<sub>2</sub>排出量とエネルギー消費量を簡易耕起栽培、紙マルチ栽培と慣行栽培とを比較した結果を雑草学会で発表した(表7)。コメ10kg生産に要するエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量は簡易耕起栽培では20.4MJ, 1,230g, 紙マルチ栽培で98.8MJ, 7,069g, 慣行栽培で24.9MJ, 1,114gで、いずれも紙マルチ栽培が最も高く、CO<sub>2</sub>排出量では慣行栽培が最も少ないという結果を報告している。有機栽培が必ずしも環境負荷を軽減

表7 コメ 10 kg 生産に要するエネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量  
(新井ら, 2007)

生 産 体 系	簡易耕起	紙マルチ	慣 行
収量 (kg/10 a)	408	450	486
エネルギー消費量 (MJ/コメ 10 kg)	20.4	98.8	24.9
CO <sub>2</sub> 排出量 (gCO <sub>2</sub> /コメ 10 g)	1,230	7,069	1,114

するとはいえないことを示した。

雑草による作物の経済的損失を軽減するためには、雑草防除技術の選択は防除能力、省力・省エネ性、環境影響、法的障害などを熟考して決定する必要がある。

#### 参 考 文 献

1. 平成 18 年度水稻関係除草剤適用性試験成績集および除草剤普及適用性試験成績集および、平成 16, 17, 18 年度畑作および冬作関係除草剤適用性試験成績集.
2. 高林 実, 中山兼徳, 雑草研究 22, 69-74, 1977.
3. 草薙得一, 雑草研究 29, 255-267, 1984.
4. 渡辺 泰, 広川文彦, 雑草研究 11, 40-43, 1971.
5. 千坂英雄ら, 雑草研究 30 別号, 133-134, 1985.
6. 高林 実, 中山兼徳, 雑草研究 23, 32-35, 1978.
7. 荒井正雄, 川島良一, 日本作物学会記事 25 巻 115-119, 1956.
8. 野田健児, 雑草研究 7, 49-53, 1968.
9. 千坂英雄, 雑草研究 5, 16-22, 1966.
10. 渡部忠世ら, 雑草研究 2, 81-90, 1963.
11. 野口勝可, 中山兼徳, 雑草研究 28, 129-134, 1983.
12. 加藤富造, 春原 亘, 雑草研究 5, 23-3, 1966.
13. 野田健児ら, 雑草研究 12, 28-31, 1971.
14. 新井愛希ら, 雑草研究 52 別号, 222-223, 2007.

# 病虫害による農作物アレルゲンの増加と農薬防除による抑制

近畿大学 農学部 応用生命化学科 森 山 達 哉

## はじめに

食物アレルギーや喘息、花粉症、アトピー性皮膚炎などに代表される、いわゆるアレルギー症は近年増加しつつあり、その実態や原因の究明などは治療法や予防法の確立のためにも重要である。最近の調査では国民の約3分の1が何らかのアレルギー症を発症した経験があるとされている。このようなアレルギー症の増加の理由や、その詳しい発症機構など、まだまだ未知の点が多く、抜本的な治療法は確立されていない。ここでは、アレルギー、特に食や農業に関連の深い食物アレルギーを中心に、その概略を述べ、病虫害によりアレルゲンが増大すること、さらに農薬防除によって野菜・果物アレルゲンの発現を抑制しうる可能性についてデータを含めて紹介したい。

## 1. アレルギーと食物アレルギー

私たちの身体には、自己とは異なるもの（異物：抗原）が体内に入ったとき、それに対抗する物質（抗体）を作って、抗原を排除・処理する免疫システムが存在する。このシステムが正常に働くことにより、さまざまな生体異物の侵入を防ぐことが可能となる。この反応を抗原抗体反応または免疫反応という。しかし、この免疫反応が過剰に反応し、生体防御の範囲を逸脱した場合はアレルギーとなる。つまり、生体にとって不都合な免疫反応を総称してアレルギーと言うわけである。このうち、食物がおもな原因物質（抗原）となってアレルギー反応を引き起こす場合を食物アレルギーと呼ぶ（図1）。従って、食物が免疫反応を介することなく引き起こす生体傷害反応（不耐症、食中毒など）は厳密には食物アレルギーとは言えないが、一般的には混乱されて使用される例があるので注意が必要である。

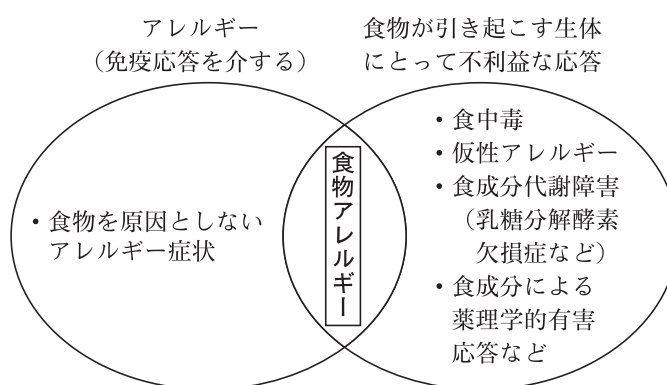


図1 食物アレルギーの領域と関連する病態

とって不都合な免疫反応を総称してアレルギーと言うわけである。このうち、食物がおもな原因物質（抗原）となってアレルギー反応を引き起こす場合を食物アレルギーと呼ぶ（図1）。従って、食物が免疫反応を介することなく引き起こす生体傷害反応（不耐症、食中毒など）は厳密には食物アレルギーとは言えないが、一般的には混乱されて使用される例があるので注意が必要である。

## 2. 食物アレルギーの分類と発症メカニズム

クームスとゲル（Coombs & Gell）の2人が、アレルギーをその症状・機構によってI～IV型の4つの型に分類した。このうち、現在一般的に用いられる「アレルギー」という言葉では、多くの場合、I型のアレルギー反応を示すことが多い。

I型アレルギーは即時型アレルギーで、一般に体内で抗原抗体反応が発動してから約15分～12時間程度の短時間で症状が引き起こされる。食物アレルギーの多くは、このI型アレルギーにあたる反応で、初めのアレルゲンの侵入によって多量に作り出されたIgE抗体が、再度のアレルゲン侵入時に反応し、その結果、

表1 食物アレルギーの2タイプ（感作経路からの分類）

	クラス1 食物アレルギー	クラス2 食物アレルギー
感 作 経 路	経腸管感作 食物抗原による感作	経気道感作 花粉抗原による感作後、抗原の構造が似ている野菜果実の抗原が交差反応を起こす
発 症 年 齢	乳幼児	花粉症に罹っている成人
アレルゲン	熱や消化酵素に耐性 卵、乳、小麦、大豆、米など	熱や消化酵素に不安定 野菜、果物
症 状	OAS の他にも全身症状	主に OAS
対 処 法	原因食品除去など	加熱で摂取可能 花粉抗原による減感作療法

マスト細胞からヒスタミンやロイコトリエンなどの化学伝達物質が放出されることで発症する。このように、食物アレルギーは、事前に産生されたアレルゲンに反応する IgE 抗体が、再侵入したアレルゲンと抗原抗体反応を起こすことで惹起される。このようにアレルギーの発症には IgE 抗体の産生が深く関与し、この IgE 産生を誘発させる原因抗原のことをアレルゲンといい、特定の物質に対する (IgE) 抗体が産生されることを「感作される」という。

このような I 型アレルギーに分類される大部分の食物アレルギーは、さらに、その感作経路の違いから 2 つのクラスに分類する考え方がある (表 1)。食物が腸管において未消化のまま吸収され、その結果 IgE 抗体が産生され、のちに同じ食物抗原が侵入した際にアレルギーを発症するタイプをクラス 1 食物アレルギーという。それに対して、はじめに気道粘膜、皮膚粘膜などを介して、花粉やラテックスゴムなどによって感作され、それらの抗原に対する IgE 抗体が産生されたあと、その花粉等の抗原と構造的に類似した食物 (植物性) 抗原を摂取した際にアレルギー反応が発生する場合もある。このタイプの食物アレルギーをクラス 2 食物アレルギーという。この場合の食物アレルゲンとしては花粉アレルゲンとの交差反応を示すため、野菜や果物、穀類などの植物性の食品素材に限定される。クラス 1 はいわゆる“古典的な”食物アレルギーであり、乳幼児に発症し、成人までに改善する場合が多い。一方、クラス 2 は、新しいタイプの食物アレルギーであり、花粉症の増加とともに今後ますます増加することが懸念される。

### 3. 野菜・果物アレルギー

花粉症と関連し、おもにクラス 2 食物アレルギーに分類される野菜・果実アレルギーは、近年増加傾向を見せている。その理由としては、今や国民病とも言える花粉症の増加が考えられる。従って、花粉症を発症している人が将来的に野菜・果物アレルギーを発症するリスクは高い。主な症状は口腔内違和感 (口腔アレルギー症候群: oral allergy syndrome (OAS)) であるが、そのほかにも咽頭炎、喉頭炎、呼吸困難、ショック (特にアナフィラキシーショック) などの重篤な症状を引き起こすこともある。このクラス 2 食物アレルギーに分類される野菜・果実アレルギーは、成人において発症する場合が多く、改善しにくいことも特徴である。また、野菜・果物アレルギーでもクラス 2 ではなくクラス 1 の例もあり、その場合は野菜や果物に含まれる熱や消化酵素に耐性のあるアレルゲンによって感作され、同じアレルゲンを再摂取した際に発症する。

#### 4. 野菜・果物アレルギーの原因物質（アレルゲン）

一般に食物アレルギーを引き起こす原因物質を総称して食物アレルゲンというが、その同定やエピトープの解析などが精力的に進められており、多くの情報が集積しつつある。先に述べたように、アレルゲンとしては、2 とおりあり、1 つはクラス 1 アレルギーを引き起こすアレルゲン（クラス 1 抗原）である。この場合はこの抗原自身が感作能を有しており、熱や消化酵素に耐性である。もうひとつはクラス 2 アレルギーを引き起こすアレルゲン（クラス 2 抗原）である。その場合は、それ自身には感作能がなく、花粉抗原などの吸入性・経皮感作を起こす抗原との交差性を示すことによって発症する。

果実や野菜のアレルゲンは、クラス 1 抗原の場合とクラス 2 抗原の場合に分けられるが、いずれにしても主要な原因アレルゲンとしては、量的に多い貯蔵タンパク質や、植物が害虫などによって被害を受けたり、感染微生物によって病害を受けた際に発現が亢進される一群のタンパク質グループである感染特異的タンパク質（pathogenesis-related proteins: PR-Ps）（表 2）や、植物界で普遍的に存在し、相同性の高いプロフィリン（アクチン調節タンパク質の一種）、イソフラボン還元酵素、植物に広く存在する共通糖鎖（CCD）などが知られている。これらの多くのアレルゲンは花粉や野菜、果物に共通して存在し、それゆえ交差反応性を示しやすい。

私たちは、これまでに多くの植物性食品素材のアレルゲンの探索を行ってきたが、それらのほとんどがこのようなストレス関連タンパク質であった。野菜・果物などの農作物のアレルゲンの多くが、このような病害を受けた際に発現が亢進される感染特異的タンパク質（PR-P）であるという事実は、農作物へのストレス負荷の大小によってその作物のアレルゲン性に変化するというを示唆している。

表 2 感染特異的タンパク質\*とアレルゲン（Pathogenesis-related protein: PR-P）

分 類	分子量(k)	性 質 ・ 帰 属 ・ 分 布
PR-1	15~17	未 知
PR-2	25~35	抗カビ性/ $\beta$ 1,3-グルカナーゼ（バナナ, ゴム: Hev b1）
PR-3	25~35	抗カビ性/クラス I・II・III キチナーゼ（アボガド, バナナ, クリ）
PR-4	13~15	抗カビ性/クラス I・II キチナーゼ（ゴム: Hev b6）
PR-5	22~24	抗カビ性/タウマチン様タンパク質（チェリー, ピーマン）
PR-6	16	プロテアーゼインヒビター/アミラーゼインヒビター
PR-7	69	エンドプロテイナーゼ
PR-8	28	クラス III キチナーゼ（ゴム, ヘバミン）
PR-9	39~40	ペルオキシダーゼイソ酵素
PR-10	17~18	未知/RNase 様酵素: Bet v 1 相同性（リンゴ, パセリなど）
PR-11	41~43	クラス I キチナーゼ
PR-12	5	デイフェンシン
PR-13	14	チオニン
PR-14	9~12	非特異的脂質輸送タンパク質（nsLTP: リンゴ, モモなど）
PR-15, 16		ペルオキシダーゼ（シュウ酸酸化酵素）類

\* 感染, 食害, 低温, 乾燥などのストレス負荷で産生が誘導される防御タンパク質

#### 5. 農薬防除によるリンゴアレルゲンの抑制

野菜・果物アレルゲンを始め、多くの植物のアレルゲンタンパク質の多くが、感染特異的タンパク質（PR-P）と呼ばれる一群のタンパク質群に分類されることが多いことが明らかになりつつある。作物に病害感染や食害を負荷するとその作物がアレルゲンとなりうる PR-P の発現を誘導させることから、結果として

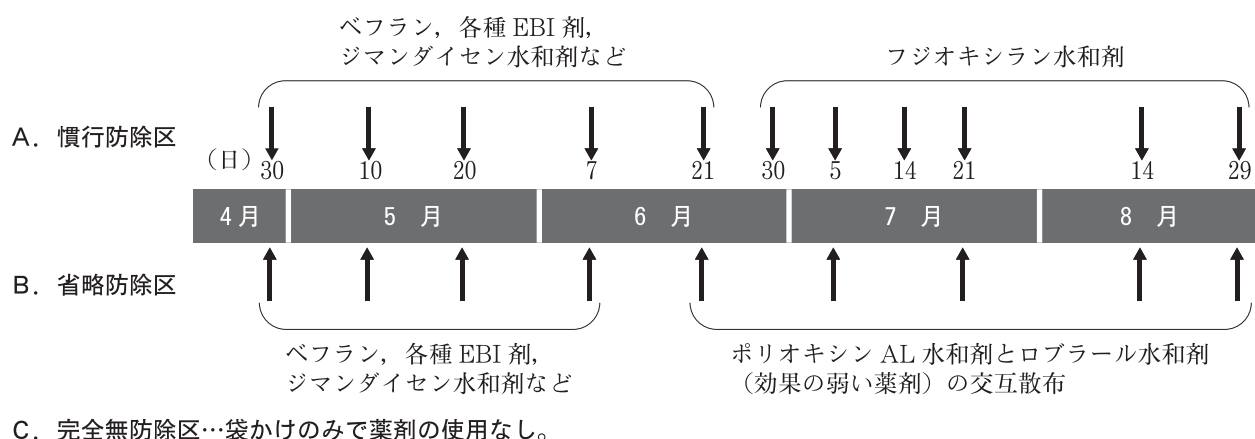
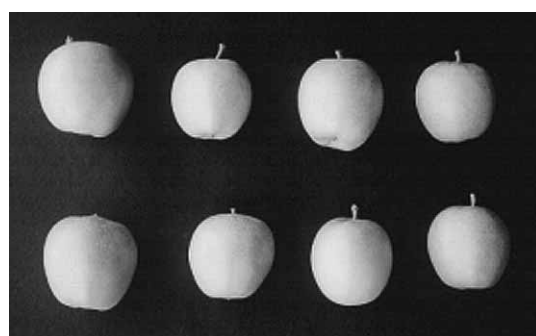


図2 りんごの栽培条件（薬剤散布状況）

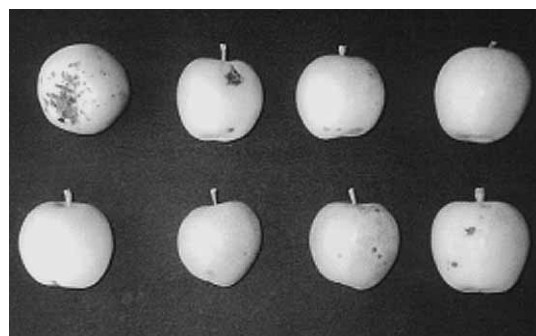
アレルギー性が増大すると考えられる。反対に、農薬の適正使用などの方法によって、病害虫による被害から作物を守ってやることにより、その作物のアレルギー性の増大を妨げることができるのではないかという仮説が成り立つ。そこで、私たちは、この仮説を実証するために、次のような実験を行った。

リンゴ（王林）を3通りの栽培方法にて栽培し、得られたリンゴのアレルギー性を、3名のリンゴアレルギー患者血清を用いて調べた。リンゴの栽培条件としては、①慣行防除、②一部省略防除、③防除無し（無農薬栽培）を設定した。これらの栽培条件に関しては、図2に示した。

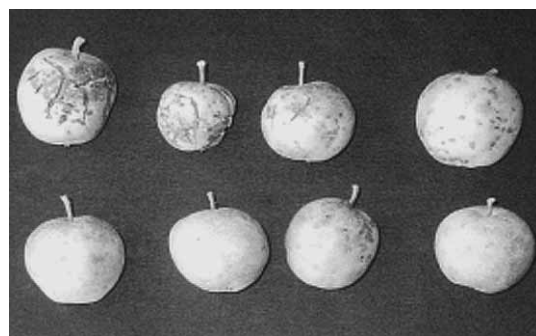
このようにして栽培されたリンゴの果実の様子を図3に示す。①の慣行防除群では、感染等被害は全く見られず、きれいなリンゴが収穫できた。一方、防除の一部を省略した場合は一部に少量の感染被害を認めたが、概ね良好な状態のリンゴを収穫できた。③の防除なしでは、黒星病やすす斑病などの病害被害を強く受けた。こうして得られたリンゴをよく洗浄し、芯を除く可食部から総タンパク質を抽出し、ウェスタンブロッティングという方法によって患者血清IgEが結合するタンパク質（アレルギーの候補となる）を検出し、バンドの濃さをもとにして、その変動を定量した。その結果、農薬によって適正な防除を行ったものに比べて、農薬を使用せず栽培した③防除無し（無農薬栽培）では、いずれの患者血清を用いた場合でも、アレルギー性が増大していた（イムノプロットのデータの一部を図4に示す。定量的なデータを図5に示す。なお、ウェスタン



A. 慣行防除区  
被害なし



B. 省略防除区  
被害小(黒星病)



C. 完全無防除区(無農薬栽培)  
被害大(黒星病, すず斑病, すず点病)

図3 りんご（品種：王林）の状況

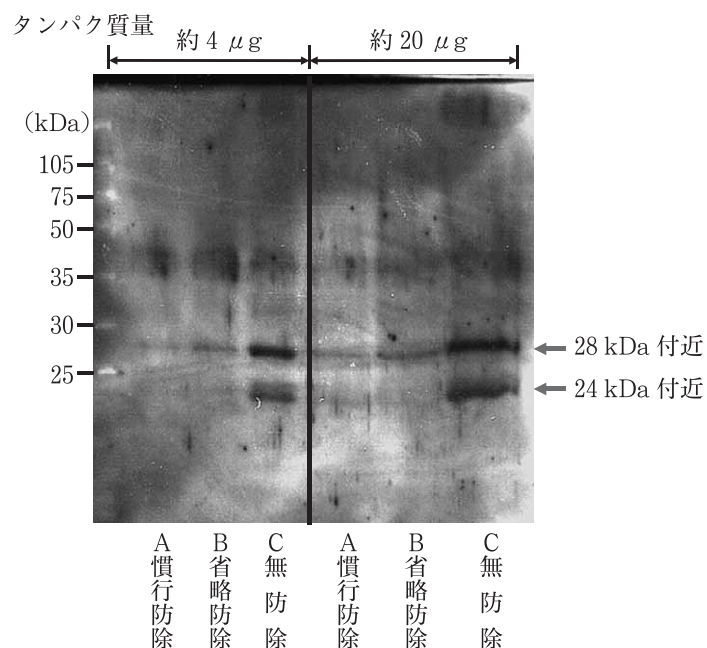


図4 患者血清を用いたイムノブロット

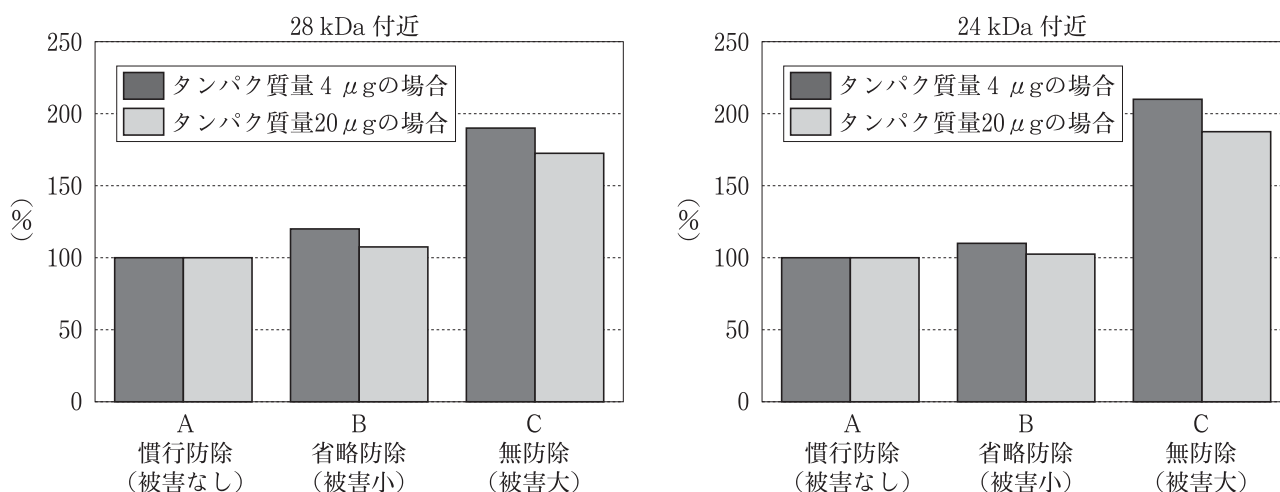


図5 アレルゲン量の測定結果

※A（被害なし）の値を 100 とした場合の増加率

ブロッティングではアプライするタンパク質量によって見え方が異なる場合があるので、本実験では再現性の確認も含めてアプライタンパク質量を  $4\mu\text{g}$  と  $20\mu\text{g}$  の 2 通りに設定した)。このことは、無農薬栽培により無防除の状態では、多くの病害による被害を受け、その結果、植物が病害に抵抗する目的で、多くの感染特異的タンパク質（PR-P）を発現させていることを示している。そして、発現が増大した PR-P 類が、野菜・果物アレルゲンとなっているので、患者血清による反応が増加したものと考えられる。今回は、実際に花粉症を併発し、リンゴに反応する患者血清を用いているので、今回の現象は、実際の臨床的な現象を反映しうると思われる。もちろん、患者によって臨床症状が発生する閾値がそれぞれに異なるため、単純に判断することはできないが、少なくとも確率的には農薬防除したリンゴの方が無農薬栽培され被害を受けたリンゴよりもアレルギー発症のリスクは低いと考えられる。

植物が感染を受けた際に発現が増大する PR-P がヒトに対してアレルゲンとなる理由は不明であるが、長

い進化の過程で、ヒトを含む動物と、植物の間において獲得された相関関係を反映しているのかもしれない。また、PR-P は植物間で構造が保存されており、分子量も比較的小さなものが多く、構造的にコンパクトで種々の分解酵素による耐性が強いという側面もあり、そのような構造的な特性がアレルギー性の獲得と関連している可能性も考えられている。

## 6. コスメティック・ペストによる被害とアレルギーの増大

病害虫による被害がアレルギー性を増大させることをより直接的に証明するため、また、果皮に軽微な被害を及ぼすコスメティック・ペストによる被害においても影響が出るかどうかを調べるために、リングにすす斑病菌を接種し、人工的に軽微な被害を与えた（図 6）。その結果、この場合もアレルギーの増大が観察された（図 7）。従って、すす斑病菌などのコスメティック・ペストによる軽微な病害被害でもアレルギー性が増大することが示され、改めて防除の重要性が認識された。

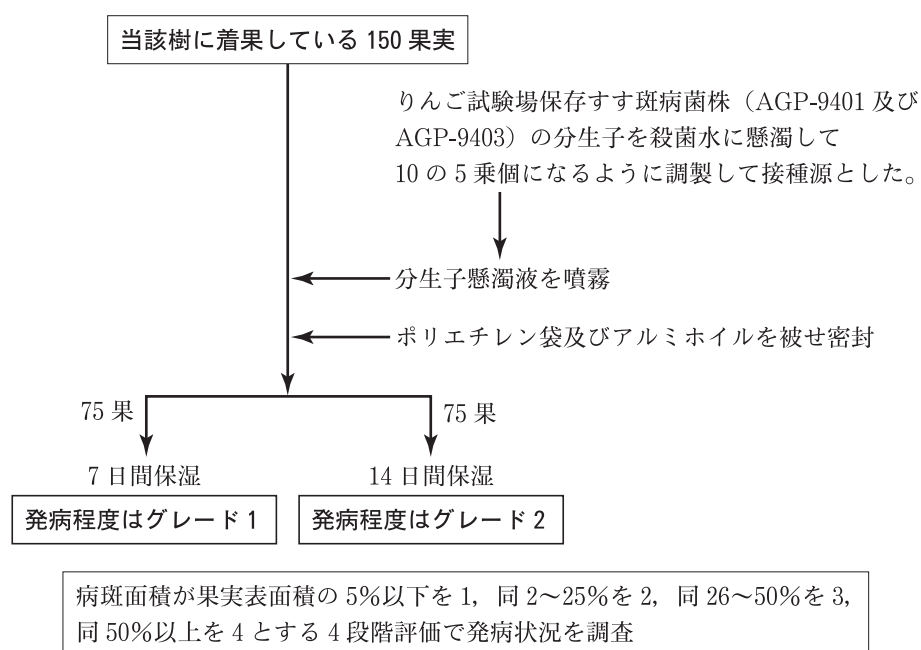


図 6 すず斑病菌接種方法

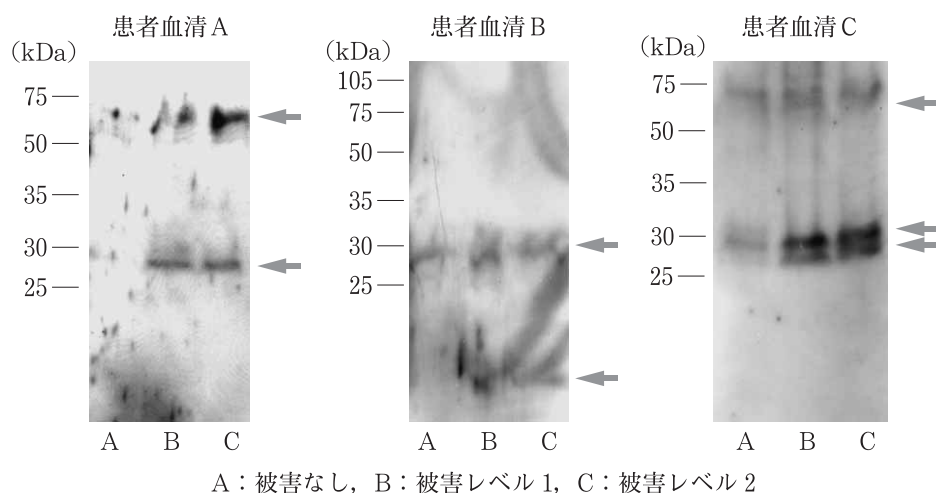


図 7 患者血清を用いたイムノブロット（すす斑病菌を負荷したリングを用いた実験）

## おわりに

植物が感染などのストレスを受けたときに抵抗するために発現が増大する PR-P が野菜・果実アレルギーの原因アレルゲンとなるというのは確立された事実である。従って、野菜や果物のアレルゲン性の制御という観点からいえば、これら農作物に感染・病害などのストレスを与えないで栽培した方がアレルゲン性を抑制しうることは明らかなである。そのためにはさまざまな方法が考えられるが、農薬の適正使用による防除が最も実際的であると思われる。

なお、これまでの本研究成果は、2005 年度日本農芸化学会大会（2005 年 3 月，札幌市），2006 年度日本農芸化学会大会（2006 年 3 月，京都市），及び IUPAC 2006 KOBE（2006 年 8 月，神戸市）にて発表した。

謝辞：本研究は筆者が京都大学大学院農学研究科に在職中に小川 正 教授（京都大学名誉教授：現在，関西福祉科学大学教授）の指導のもとで始めたものであり，その後，河田照雄 京都大学大学院農学研究科教授のもとで研究を続けた成果である。なお，本研究は現在も河村幸雄 近畿大学農学部教授のもとで継続中である。ご指導いただきました諸先生方に感謝いたします。また，試験栽培リングをご提供いただきました共同研究者の(株)青森県植物防疫協会の松中謙次郎先生に厚く御礼申し上げます。

# 気候変動が果樹害虫の発生に及ぼす影響

農業・食品産業技術研究機構 果樹研究所 芦原 亘・足立 礎・新井朋徳

## はじめに

1979年に第1回世界気候会議が開かれ、大気中の二酸化炭素濃度の上昇によって気候温暖化が一層進行すると予想され、気候変化の解明・影響評価と対策のための国際協力の必要性が指摘されて以降、温室効果ガスの排出と温暖化問題に関心が集まるようになった。地球の平均気温は過去100年間で $0.74^{\circ}\text{C}$ 上昇し（IPCC第4次評価報告書，気象庁（2007）の和訳による），日本では $1.06^{\circ}\text{C}$ 高くなった（気象庁，2005a）といわれている。図1には全国平均の偏差と水戸，呉市，愛媛県における年平均気温の変化を示した。全国平均，水戸，呉，松山では1940年代までの気温は比較的低温で経過していたが，その後上昇と下降を繰り返しながら温暖化傾向にあることがうかがわれる。全国平均とその他の地点で共通しているのは1980年以降から気温が急上昇していることである。この傾向には都市部ではヒートアイランド現象も関係しているが，世界的な温暖化の影響を反映していると考えられている。

本年（2007年）に提出されたIPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）の第4次評価報告書では「気候システムの温暖化には疑う余地がない」「人為起源の温室効果ガスの増加によって，世界平均気温の上昇のほとんどがもたらされた可能性がかなり高い」とし，地球の温暖化現象とその原因が温室効果ガスであることを断定に近い表現で報告している（気象庁，2007の和訳によ

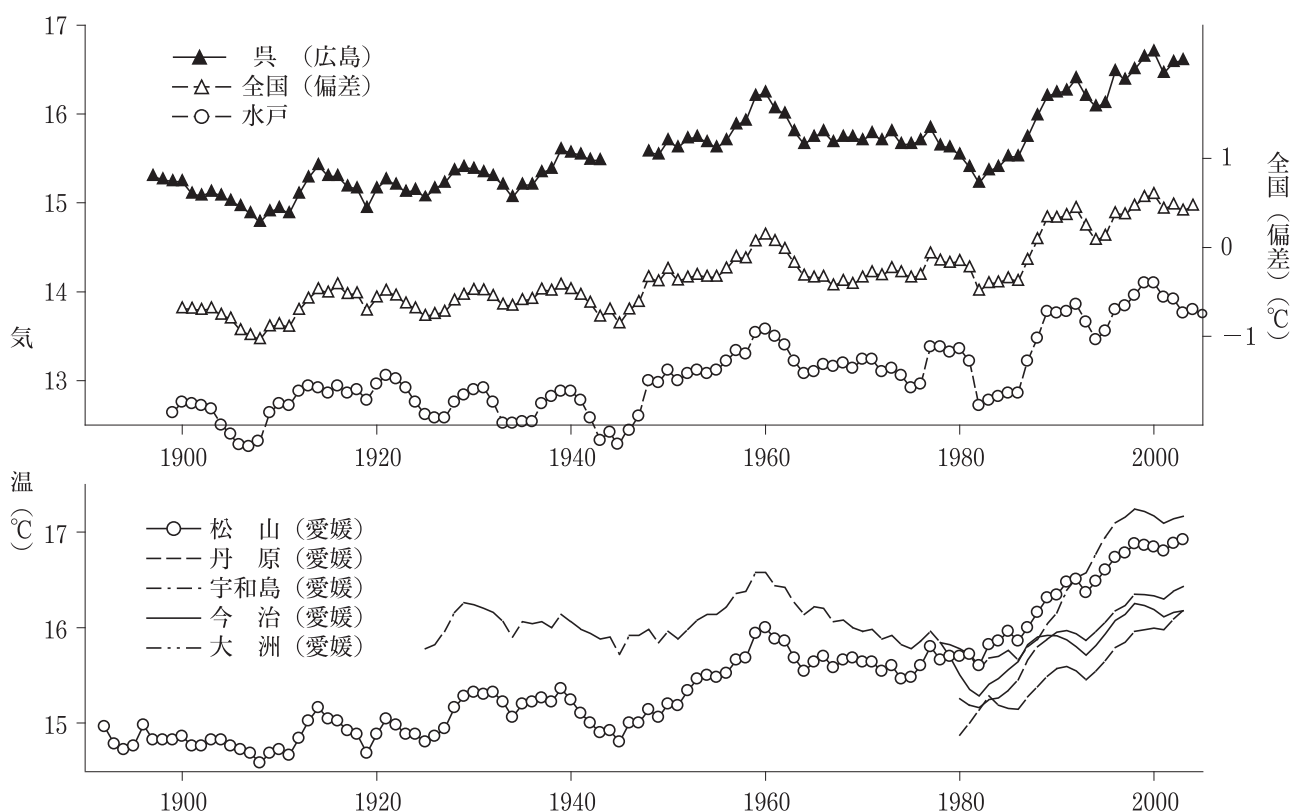


図1 全国，水戸，呉及び愛媛県における年平均気温の変化（気象庁の観測データによる）

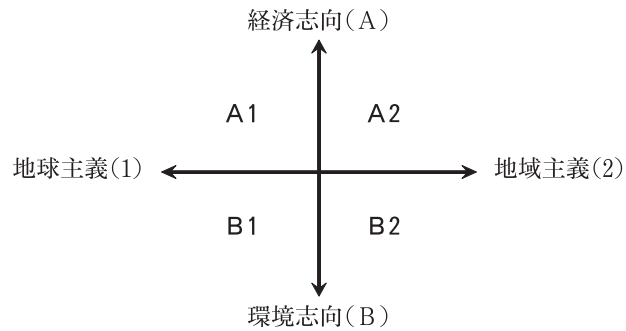


図2 温室効果ガスの排出に関する予測条件（IPCC 第3次評価報告書）

表1 さまざまなモデルケースに対する、21世紀末における世界平均昇温予測および海面水位上昇予測（IPCC 第4次評価報告書：気象庁、2007の和訳による）

シナリオ	気 温 変 化 (1980～1999 を基準とした 2090～2099 の差 (°C))		海 面 水 位 上 昇 (1980～1999 と 2090～2099 の差 (m))
	最良の見積り	可能性が高い予測幅	モデルによる予測幅 (急速な氷の流れの力学的な変化を除く)
2000年の濃度で一定	0.6	0.3～0.9	資料なし
B1(持続発展型シナリオ)	1.8	1.1～2.9	0.18～0.38
B2(地域共存型シナリオ)	2.4	1.4～3.8	0.20～0.43
A1T(非化石エネルギー源重視)	2.4	1.4～3.8	0.20～0.45
A1B(各エネルギー源のバランス重視)	2.8	1.7～4.4	0.21～0.48
A2(多元化社会シナリオ)	3.4	2.0～5.4	0.23～0.51
A1FI(化石エネルギー源重視)	4.0	2.4～6.4	0.26～0.59

る）。

また、排出シナリオに関する特別報告では、シナリオをA1「高成長社会シナリオ」（A1FI、A1T、A1Bの3グループに分けられる）、A2「多元化社会シナリオ」、B1「持続発展型社会シナリオ」、B2「地域共存型社会シナリオ」に分類し、21世紀末の気温と海面水位を予測している（図2、表1；気象庁、2007による）。

この報告書の第2作業部会報告書では、気候変動が自然環境および人間環境において、すでに生じている主要な影響として、氷河湖の増加と拡大、永久凍土地域における地盤の不安定化、山岳における岩なだれの増加、春季現象（発芽、鳥の渡り、産卵行動など）の早期化、動植物の生息域の高緯度・高地方向への移動、北極および南極の生態系（海水生物群系を含む）および食物連鎖上位捕食者における変化、多くの地域の湖沼や河川における水温上昇、熱波による死亡、媒介生物による感染症リスク、をあげている（環境省、2007和訳による）。この中の、「春季現象の早期化」、「動植物の生息域の高緯度化」、「媒介生物による感染症リスク増大」は、農業害虫についてもすでに論じられてきたところである（桐谷、2001；農林水産省、2004；内嶋、2005）。ここでは、これらの論議と重複するところがあるが、温暖化によって予測される果樹害虫の発生様相の変化について述べる。改めて指摘するまでもないが、害虫の発生は気象条件のほかに、天敵、寄主植物等の生物的環境の複雑な影響を受ける。また、気候変動の推定では、構築したモデルを過去の変動に当てはめて検証し、その不確実性の低減をはかっているが、害虫の発生状況については気象情報のようなデータが整備されていない。このため、推測の域で留まっていることをおことわりする。

## 1. わが国における温暖化予測

気象庁（2005 b）の「地球温暖化予測情報 第6巻」の地域気候モデル（経済重視で地域志向が強まると仮定した IPCC の A2 シナリオを想定）による気候予測では、わが国の 100 年後における気温と降水の変化は以下のように推定されている。

気温の変化：① 気温は一年を通して全国的に上昇し、特に北日本の冬から春にかけての上昇量が大きい。② 年平均気温は 2～3℃（北海道の一部で 4℃）程度上昇する。③ 年間の冬日々数および真冬日々数は全国的に減少する。特に北日本での減少が大きい。④ 年間の熱帯夜日数および真夏日々数は全国的に増加する。特に南西諸島付近での増加が大きい。

降水の変化：① 降水量は多くの地域で冬から春にかけては減少し、梅雨期から秋雨期にかけては増加する。② 年降水量はほとんどの地域で増加する。特に西日本での増加が大きく、多いところで 20％程度の増加が見込まれる。③ 夏は、西日本を中心に降水量が増加するとともに、降水量の年々変動や降水強度が大きくなる。④ 大雨の発生頻度はほとんどの地域で増加し、西日本日本海側では日降水量 50 mm 以上の日数が現在よりも 30％程度増加する。

## 2. 温暖化の果樹栽培への影響

杉浦・横沢（2004）はリンゴおよびウンシュウミカンの栽培環境に対する地球温暖化の影響を年平均気温の変動から推定した（上昇率は全国平均で 0.37℃/10 年とする）。果樹栽培に有利な年平均気温として解析対象とした温度域はリンゴでは 6～14℃およびこれよりやや狭い 7～13℃、ウンシュウミカンでは 15～18℃である。気候の予測データとしては「気候変化メッシュデータ（日本）」を用いて解析した。その結果、両樹種とも栽培に有利な温度帯は年次を追うごとに北上することが予想された。リンゴでは、2060 年代には東北中部の平野部までが現在よりも栽培しにくい気候となる可能性が示唆され、東北北部の平野部など現在のリンゴ主力産地の多くが、暖地リンゴの産地と同等の気温になる一方、北海道はほとんどの地域で栽培しやすくなる可能性が示唆された。ウンシュウミカンでも 2060 年代には現在の主力産地の多くが現在よりも栽培しにくい気候となる可能性が示唆されるとともに西南暖地の内陸部、日本海および南東北の沿岸部など現在、栽培に不向きな地域で栽培が可能になることが予想された。

## 3. 害虫の発生と温暖化

変温動物である害虫（昆虫やダニ類）の発育期間（ $D$ ）と温度（ $T$ ）との間には、一定の温度範囲内では、 $(T - T_0)D = K$  の関係が成立する。 $T_0$  と  $D$  はそれぞれ、発育限界温度と有効積算温度で、地球温暖化が害虫の発生に及ぼす影響予測にしばしば利用される。この式から、温暖化によって、発生時期の早期化と終期の遅延、発生回数の増大が予想される。ただし、光周期によって休眠が誘導される害虫では、気温が上昇しても日長は変わらないので、上昇の程度が臨界日長に影響しない範囲内であれば、活動停止時期はさほど変化しない。発育限界温度と耐寒（凍）性は害虫の分布と深い関係があるが、わが国の温暖化予測によると（気象庁、2005 b）、北日本では冬から春にかけての気温の上昇量が他の季節よりも大きいとされている。このことは、北日本では温暖化によって害虫の冬期の死亡率が低下するようになり、分布の北上を促しやすい状況をもたらすと考えられる。

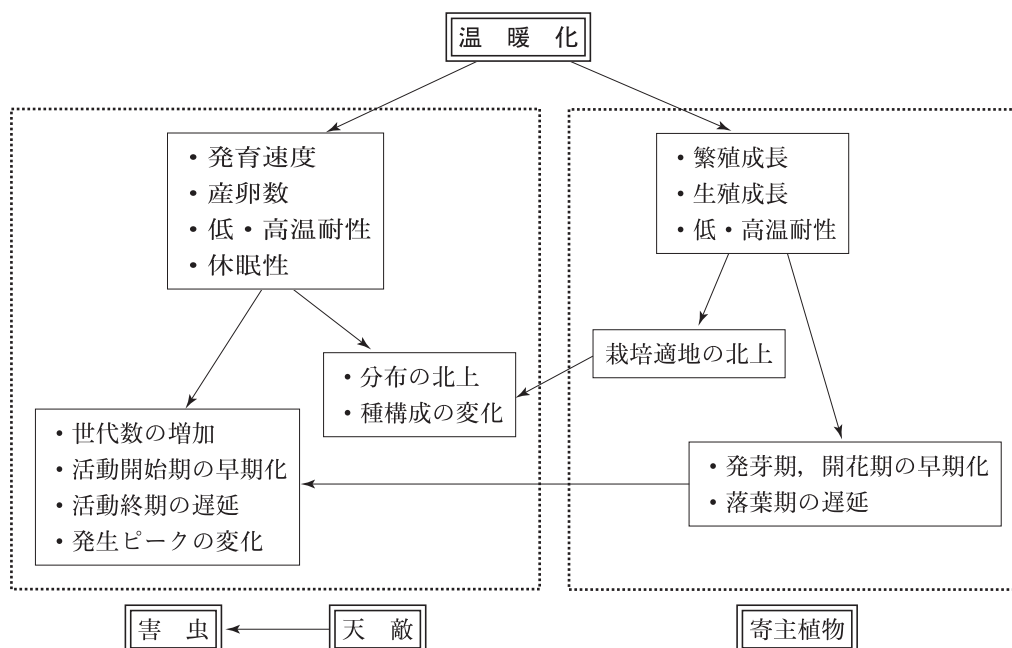


図3 温暖化が害虫の発生に及ぼす影響の模式図

先に述べたように、温暖化は果樹の栽培環境を大きく変化させる規模のもので、主要樹種であるカンキツやリンゴの主力産地が北上すると予測されている（杉浦・横沢，2004）。果樹を主要な寄主としているので害虫の分布も当然これにしたがって移動すると思われる。スギやヒノキの造林地では気温上昇により競争樹種が常緑樹に変わると予想されており、これらを増殖源としているクサギカメムシやチャバネアオカメムシの発生にも影響を及ぼすと考えられる。また、発芽期の早期化も予想されることから、新梢加害害虫の発生時期も早くなると思われる（図3）。

気温の上昇によって発育期間が短縮すれば、発生量も多くなると予想されるが、天敵も影響を受けるため、発生量の予測は困難である。ただ、害虫が非休眠性で天敵が休眠性を持っていた場合、温暖化しても天敵の発生終期はあまり変わらないが、害虫は遅くまで増殖するようになるため、このような組み合わせでは秋以降の害虫発生が多くなると予想される。

#### 4. 果樹カメムシ類

果樹カメムシ類として40種以上が知られるが、主要種はチャバネアオカメムシ、クサギカメムシおよびツヤアオカメムシである。チャバネアオカメムシは全国的に、クサギカメムシは東北地方や日本海側の比較的冷涼な地域に、ツヤアオカメムシは西南暖地などの比較的温暖な地域に多い。卵から羽化までの発育零点はこの分布域を反映してクサギカメムシ、チャバネアオカメムシ、ツヤアオカメムシの順に高くなる傾向がある（表2）。温暖化が進行すればこれらのカメムシの北方への分布拡大が容易になると考えられ、特に日本国内ではツヤアオカメムシの北上が顕著に観測されると予想される。一方、ツヤアオカメムシでは30℃を超えると幼虫の発育遅延や成虫の早期死亡などの高温障害が生じるため、南方地域での生息が困難となり、分布域そのものが北にシフトする可能性もある。こうした分布域のシフトはカメムシの種ごとに異なった様相で起こり得るため、各地域におけるカメムシの種構成が変化することも予想される。

上記3種のカメムシはいずれも成虫で越冬する。冬季の低温は越冬成虫の主要な死亡要因であることか

表2 果樹カメムシ類の発育零点と有効積算温量

種 名	期 間	発育零点 (℃)	有効積算温量 (日度)	出 典
チャバネアオカメムシ	卵～羽化	14.0	411	梅谷ら(1977)
	卵～羽化	13.8	385	田中(1979)
	卵～羽化	12.7	430	藤家(1985)
クサギカメムシ	卵～羽化	12.1	598	梅谷ら(1976)
	卵～ふ化	12.7	68	柳・萩原(1980)
	ふ化～羽化	13.9	403	〃
ツヤアオカメムシ	卵～ふ化	16.1	68	高橋(1985)
	ふ化～羽化	13.6	326	〃

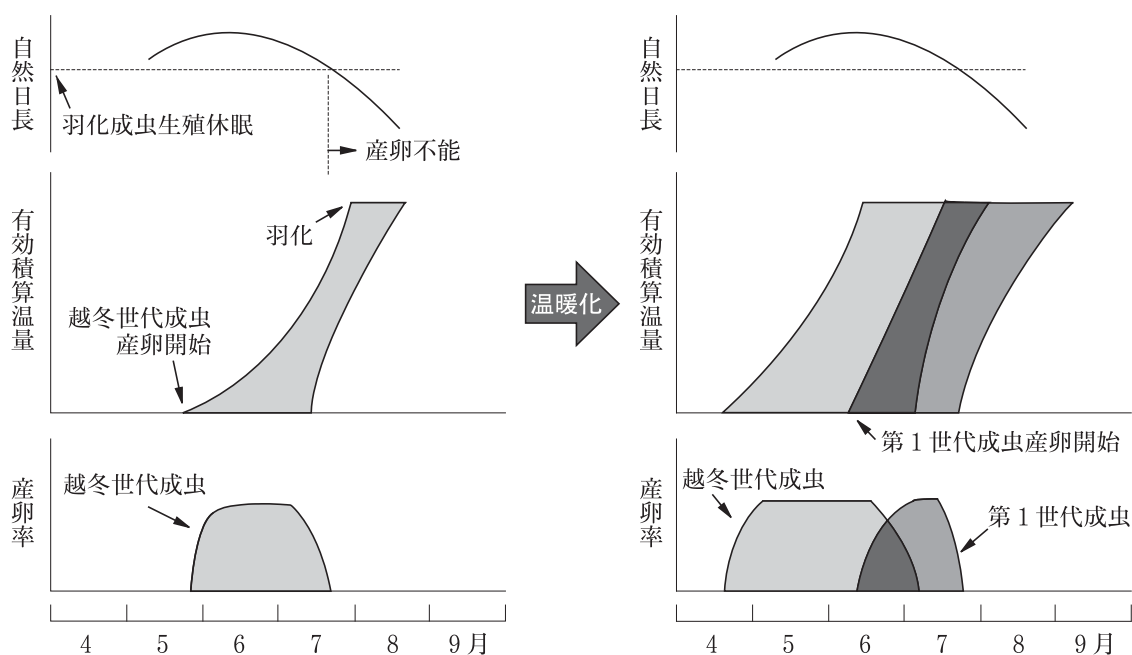


図4 温暖化に伴うカメムシ年間発生回数の変化に関する模式図

ら、暖冬化は翌春の生存個体数の増大をもたらす。また、越冬後の成虫は気温が10℃前後になると吸水行動を示し、10数℃で飛行行動を起こすため、温暖化は加害開始の早期化につながる。さらに、越冬世代の雌成虫の卵巣発育限界温度は10数℃であることから、温暖化は繁殖活動の早期化、ならびに繁殖シーズンの拡大を導く。

新しく羽化した成虫は14～15時間の日長で生殖休眠に入るため9月上～中旬頃に産卵を停止するが、繁殖シーズンが早期に始まれば第1世代やそれ以降の世代も産卵が可能となるため、世代数が増加すると考えられる(図4)。

果樹カメムシの主要な繁殖場所は針葉樹林帯である。ヒノキやスギ等は前年の夏に花芽分化するため、高温で乾燥した気象条件で翌年の球果の結実量が多くなる傾向にある。また、カメムシの幼虫が成長するためには球果内の種子を吸汁する必要があるが、温度上昇により球果の成熟が促進されて裂開が早まるため、種子への到達が容易になる。このように温暖化は有効な餌の供給量を増すことになり、カメムシの増殖率が增大すると推測される。

## 5. カイガラムシ類

### (1) コナカイガラムシ類

国内のカンキツで重要なコナカイガラムシ類はミカンヒメコナカイガラムシ、フジコナカイガラムシ、ミカンコナカイガラムシの3種である。このうちミカンコナカイガラムシは他2種に比べ低温に対し弱いと考えられ、露地では沖縄などの南部諸島を除きほとんど認められず、主に施設内で発生する。

ミカンヒメコナカイガラムシとその寄生蜂 *Allotropa* sp. と *Anagyrus subalbipes* ならびにフジコナカイガラムシの1世代に要する有効積算温度はそれぞれ 636, 518, 234, 759 日度である。年平均気温が 1℃、2℃上昇した場合に得られる積算温度は最大で 365, 730 日度と考えられ、1℃の上昇ではコナカイガラムシ2種と *Allotropa* sp. では1世代の発育に必要な温量に達しないが、*A. subalbipes* では達する。また、2度上昇したときに得られる温量はフジコナカイガラムシでは1世代の発育に必要な温量に達しないが、ミカンヒメコナカイガラムシと *Allotropa* sp. では1世代、*A. subalbipes* では2~3世代の発育に必要な温量以上である。一方、露地におけるコナカイガラムシ類の防除適期である第1世代幼虫の発生時期は1℃上昇ではほとんど変化はなく、2℃上昇で10日ほど早くなると考えられた。以上から、露地で発生している2種コナカイガラムシ類については、平均気温が2℃上昇した場合に発生時期が早まり、現状より最大で1世代多く発生できるようになるが、天敵の発生回数もそれ以上に増加すると予測されることなどから、温暖化がこれらコナカイガラムシ類の発生に及ぼす影響は小さいと考えられた。ただし、露地で発生例がほとんどないミカンコナカイガラムシが温暖化により露地で越冬できるようになった場合、他2種よりも1世代多く発生できると考えられることや、本種に対する土着寄生蜂類の寄生性が劣ること、またミカンコナカイガラムシは果実に寄生する傾向があることなどから、露地においてその問題が発生する可能性がある。ミカンコナカイガラムシが露地で発生ようになった場合、薬剤防除や海外から天敵の導入などの対策が必要になる可能性がある。

施設栽培では露地よりもコナカイガラムシ類の発生が問題となるが、これは虫が降雨による洗い流しから免れること、外部と隔離されているため施設内への天敵類の移入が極めて少ないこと、冬季に加温する栽培体系であるため増殖が栽培期間中を通じて可能なことなどの要因が重なっているためと考えられる。このため、温暖化が施設におけるコナカイガラムシ類の発生に与える影響は小さいと考えられる。

### (2) マルカイガラムシ類

ナシマルカイガラムシのふ化から産卵までに必要な有効積算温度は 583 日度である。西日本（和歌山）におけるナシマルカイガラムシの気温から予測される発生世代数は4世代であるが、実際には休眠するため発生回数は3世代となっている。温暖地では年平均気温が2℃上昇した場合、発生時期が最大10日早くなると予測される。発生が早まることで、第3世代で休眠が起こらなくなり、年発生回数が1世代多くなる可能性がある。本種には密度を低く抑える天敵が国内に存在しないため、発生地域では温暖化による年間発生回数の増加でその加害が問題となる可能性がある。ただし、寒冷地である東北地方北部で平均気温が2℃上昇したと仮定して発生時期、発生世代数を算出したところ、発生時期は約2週間早くなるが1世代に必要な積算温度が温暖化によっても得られないことから、発生世代数は変化しないと予測された。このことから、東北地方北部では温暖化によるナシマルカイガラムシの問題は大きくならないと考えられた。

アカマルカイガラムシのふ化から産卵までに必要な有効積算温度は 639 日度で、年平均気温が2℃上昇し

た場合、発生回数が1世代多くなる可能性がある。本種についても密度を低く抑える天敵が国内に存在しないため、発生地域では温暖化による年間発生回数の増加でその加害が問題となる可能性がある。

## 6. ハダニ類とサビダニ類

ハダニやサビダニのようなダニ類は昆虫類に比べて発育期間が短いため、気温の上昇によって発生回数が多くなりやすい害虫といえる。ハダニ類が薬剤抵抗性を獲得しやすい原因として、発生回数が多いことがあげられていることから、温暖化は抵抗性を獲得しやすい環境にシフトしていくことになる。

ミカンハダニについて、全発育ステージの発育限界温度を 8.96℃、有効積算温度を 210.53 日度とし（内田, 1982）、千葉市、松山市の気温が 2℃上昇したときの世代数を推定すると、いずれも現在よりも3世代増加すると予測された（村井ら, 2004）。本種は休眠せず、冬でも 10℃以上であれば活動する。これに対して、ミカンハダニの主要な天敵であるニセラーゴカブリダニは 12L:12D (20℃) より短日で成虫休眠が誘起され、久留米市では 10 月上旬から休眠雌が出現する（Kashio and Tanaka, 1980）。捕食性昆虫もほとんどが休眠性を持っていると考えられることから、秋以降はハダニの増殖率が従来よりも高くなり、果実加害にこれまで以上に注意が必要となる。

ナミハダニについて、発育零点を 10℃、卵から産卵始めまでの有効積算温度を 179.8 日度として（内田, 1982）、光温図を用いて温暖化の影響を検討した。盛岡市の気温ではナミハダニは4月の第6半旬から活動を始める。この地域のナミハダニの休眠臨界日長は 12 時間 50 分程度なので（後藤・真梶, 1981）、6 世代目（越冬雌成虫を加えれば 7 世代目）の成虫が出現し始める 9 月の第一半旬には日長がこれより短くなり、休眠が誘起されるため、盛岡市におけるナミハダニの平均的な世代数は 6 世代程度と推定される。平均気温が 2℃上昇した場合には、春の活動開始時期は 4 月の第 5 半旬と推定されるが、日長には変化がないため、7 世代目の後半には臨界日長に達する。したがって、盛岡市では 2℃の気温上昇でナミハダニの世代数は 1~2 世代増加すると推定された。ナミハダニなどが属する *Tetranychus* 属のハダニの代表的な土着天敵であるケナガカブリダニの発育零点を 12.2℃、有効積算温度を 103.8 日度、休眠を誘起する臨界日長（成虫休眠）を 13 時間として（浜村, 1986）光温図による解析を行った。この結果、盛岡市で年間 7~8 世代、長野市で 11 世代、千葉市で 12 世代、松山市で 13 世代が経過すると計算された。これらの地域で平均気温が 2℃上昇した場合、盛岡市で 2~3 世代の増加、その他の地域ではいずれも 3 世代の増加が予想された（村井ら, 2004）。

リングハダニについて、発育零点を 6.92℃とし、最高気温から計算された有効積算温度（244.5 日度）を用いて（津川, 1972）、冬から春の気温の上昇が休眠卵のふ化に及ぼす影響を検討した。その結果、盛岡市では休眠卵のふ化開始時期は 2℃の気温の上昇によってほぼ 10 日程度早まり、4 月下旬になると推定された（村井ら, 2004）。リングハダニは短日によって誘起される卵休眠を行うが（Lees, 1953）、わが国に発生しているものの休眠誘起条件が明らかではないため、年間世代数への影響は不明である。

昆虫やダニ類の休眠誘起条件には地域個体群によって変異があることや、臨界日長が温度によって変化することが知られている（ダニレフスキー, 1966; Veerman, 1985; Overmeer, 1985; 後藤, 1996）。休眠性を持った害虫や天敵の季節的発生消長に及ぼす温暖化の影響解析を行うにはこれらのデータの蓄積が必要である。果樹に発生するハダニ類のうち、リングハダニ、ナミハダニ、クワオオハダニは北方種と考えられており、温暖化によって分布の南限が北上すると推定されるが、比較的冷涼な地域に分布している原因の解析

がほとんどなされていないため、考察できなかった。今後の分布状況に注意するとともに、これらハダニ類の分布に関する要因についても検討の必要があると思われる。

ミカンサビダニはジマンダイセンなどに対する抵抗性を発達させたため、各地で被害が発生して問題になっている。冬の低温は死亡要因として重要なので（関，1979），温暖化によって越冬量が増加し，翌年の被害も増大すると予想される。発生終期も遅延すると推定され，多発時にしか必要でなかった秋の防除も今後は必須になると思われる。

## 7. カンキツグリーニング病と媒介昆虫 ミカンキジラミの分布拡大

ミカンキジラミはカンキツグリーニング病（HLB）のアジア型病原体を媒介するカンキツ類の重要害虫である。本種はわが国では奄美大島以南に分布しているが，近年，屋久島や鹿児島県指宿市（井上，2007）でも発生が確認された（図5）。一方，HLBは1988年に西表島で罹病樹が確認されて以来，奄美大島を除く奄美群島にまで分布を拡大している（橋本ら，2006）。本種は熱帯・亜熱帯のカンキツ栽培地帯に分布しており，冬期の低温が分布の限定要因として重要な役割を果たしていると考えられている。ミカン科のカンキツ属やゲッキツ属を寄主とするが，芽や展葉初期の新梢でしか増殖できな

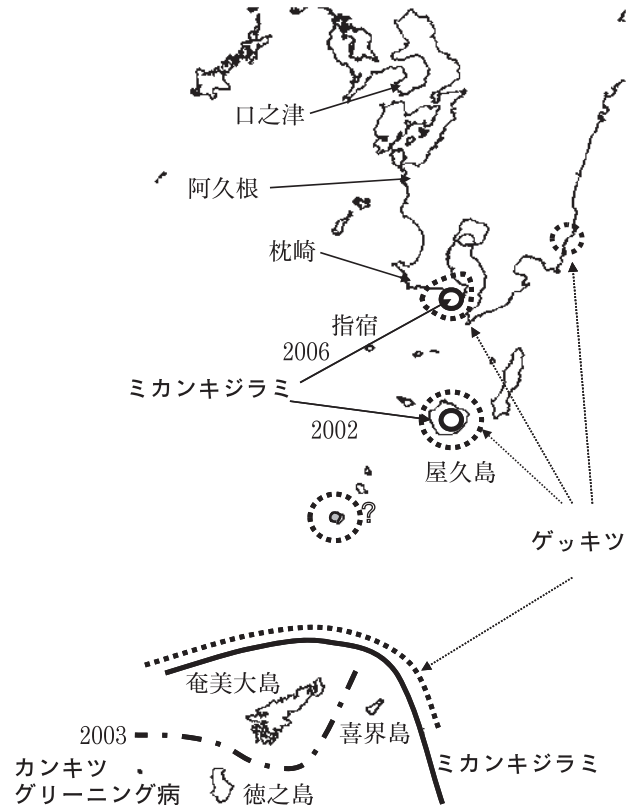


図5 カンキツグリーニング病，ミカンキジラミ，ゲッキツの分布

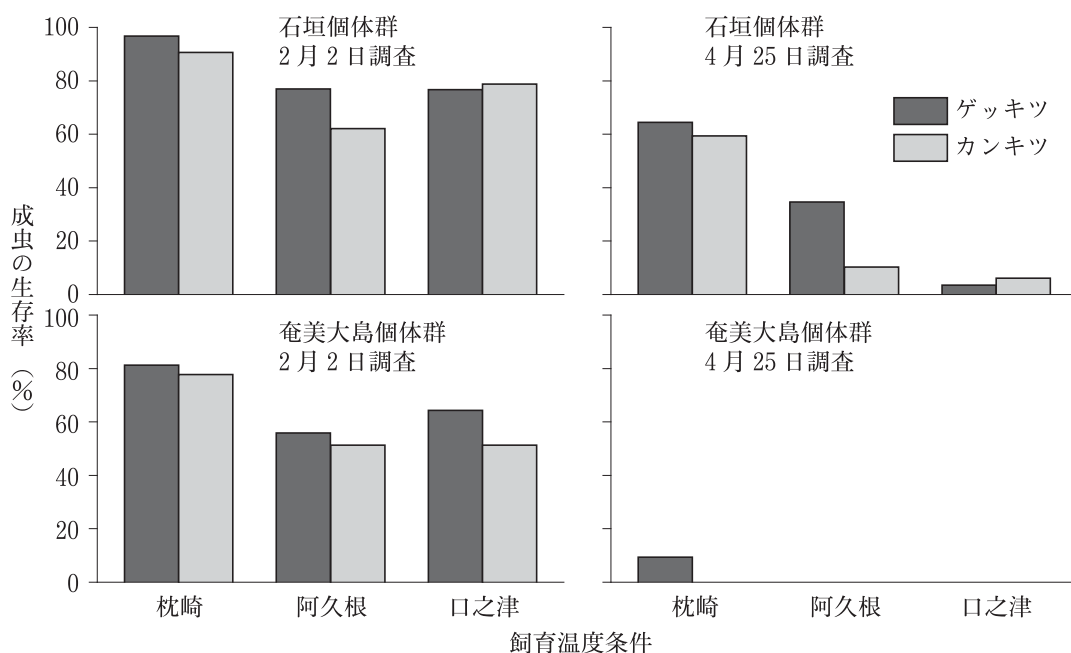


図6 ミカンキジラミ成虫を石垣，奄美大島個体群を枕崎，阿久根，口之津の温度条件で飼育したときの生存率（芦原，2004）

い。また、終齢幼虫は15℃以下では発育できない(Nakata, 2006)。これらから、分布北限での主な越冬ステージは成虫と考えられる。芦原(2004)は本種の九州本土での分布の可能性を推定するため、成虫を九州本土中南部の冬期の気温条件下で飼育し、鹿児島県枕崎市のような温度条件では越冬し、翌春に産卵できる可能性を示唆した(図6)。成虫を-6℃に3, 4, 5時間保持した場合の生存率はそれぞれ76, 50, 20%であり、わが国のカンキツ栽培地帯では凍結による直接死はほとんどないと考えられる。成虫は15℃と12.5℃の恒温条件では50日以上生存し、12.5℃においては水給餌と無給餌区でも1ヶ月以上生存した。10℃以下では低温ほど生存期間が短縮した。5℃(12hr)/12.5℃(12hr)の変温条件では成虫が50日以上生存したことから、最寒月の最低気温が5℃以上、最高気温が12.5℃以上の地域はミカンキジラミの越冬可能範囲に含まれると推定される。

## 8. その他の果樹害虫

### (1) クリシギゾウムシ

クリシギゾウムシは成虫がクリ果実の渋皮下に産卵し、幼虫が果肉を食害する。越冬幼虫は翌年～3年後の夏に蛹化して羽化し、地上に出現する。本種はクリの中生種と晩生種で発生が多く、関西地方以北では被害が多いが、九州地方では少ないといわれてる(高橋, 1930; 福田, 1961)。さらに、同一地域では標高の高いところのほうが被害が大きい(図7, 8; 黒木, 1985; 行徳・戸田, 2003)。このような分布の特徴が気温によるならば、温暖化によってクリシギゾウムシの分布の南限が北上する可能性が高いと思われる。

### (2) ブドウトラカミキリ

ブドウトラカミキリは年1化性で成虫は8～9月に発生するが、寒冷地ほど初発・終息時期が早い傾向がある(図9)。成虫は結果母枝の芽の間隙に産卵し若齢幼虫が越冬するが、寒冷地での越冬齢期は暖地よりも若い傾向が認められる。これらは1化性の生活環を維持するための適応の結果と考えられる。殺虫剤による防除時期は①成虫発生期, ②収穫直後～落葉期, ③せん定後～萌芽前のブドウの休眠期, である。東北地方では③の時期でも防除効果があるが、西日本では効果が低いため、②の収穫後防除に重点が置かれている。これは、暖地では主に3～5齢幼虫が越冬するが4齢以降では薬剤が到達しにくい木質部に食入し

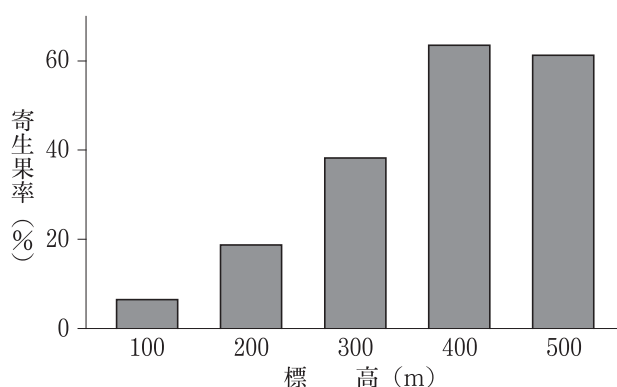


図7 クリシギゾウムシによる寄生果率の標高差  
(「岸根」; 山口県本郷村; 黒木(1985)より作図)

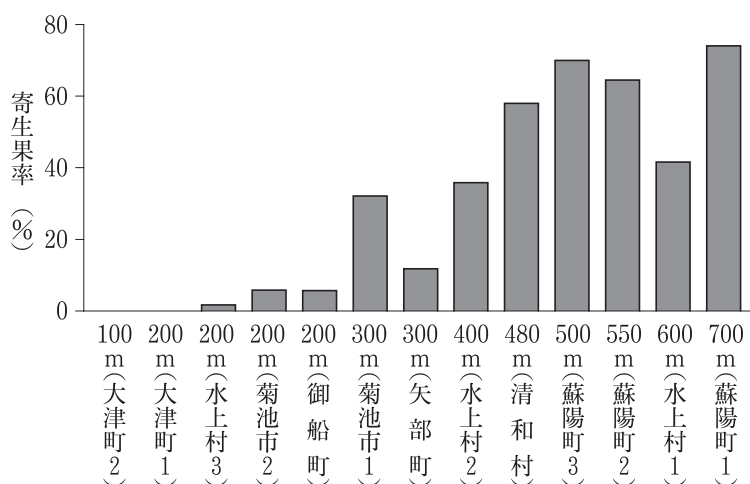


図8 クリシギゾウムシによる寄生果率の標高差  
(「筑波」; 熊本県; 行徳・戸田(2003)より作図)

始めていることや、冬期でも徐々に発育することによる（芦原，1991）。温暖化によって，東北地方では現在よりも齢期が進んだ幼虫が越冬するようになる可能性が高く，現在の防除時期では次第に効果が低下する可能性があり，注意が必要である。

### (3) ミバエ類

熱帯・亜熱帯に生息するミバエ類は温暖化によって分布の北上が最も警戒される害虫である。小泉・柴田（1964）によれば，冬期の気温の平均が 16℃付近の沖縄はミカンコミバエ，ウリミバエがほぼ周年活動できる北限で，冬期に月平均気温が 16℃以下 12, 13℃以上となる奄美大島は冬は活動と産卵を停止するが世代の継続は可能な地域としている。2℃の気温上昇では，名瀬の気温が那覇の気温に，種子島が名瀬の気温になることになり，侵入警戒調査の重要性が高まると考えられる。

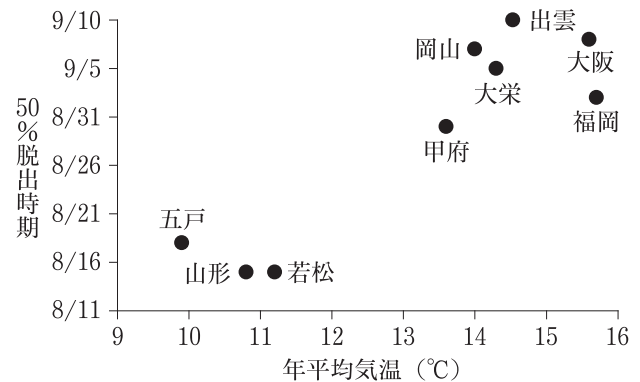


図9 ブドウトラカミキリ成虫の発生時期と年平均気温の関係（芦原，1991）

### 主要参考文献

- 芦原 亘（1991）：平成3年度果樹病害虫防除研究会シンポジウム講演要旨 pp. 18-26.
- ダニレフスキー・ア・エス.（1966）：昆虫の光周性 東大出版会.
- 福田仁郎（1961）：最新防除果樹害虫編 養賢堂.
- 後藤哲雄（1996）：植物ダニ学 pp. 96-105.
- 行徳・戸田（2003）：九病虫研会報 49:116-118.
- 浜村徹三（1982）：果樹試報 E 4:77-89.
- 橋本祥一・濱島朗子・林川修二・末永 博・篠原和孝・湯田達也・時村金愛（2006）：植物防疫 60:298-301.
- 環境省（2007）：「気候変化2007：影響，適応及び脆弱性」政策決定者向け要約【環境省仮訳】.
- Kashio, T and M. Tanaka (1980): *Bull. Fruit Tree Res. Stn. D2*:83-90.
- 桐谷圭二（2001）：昆虫と気象 成山堂書店.
- 気象庁（2005a）：気候変動監視レポート2005.
- 気象庁（2005b）：地球温暖化予測情報 第6巻.
- 気象庁（2007）：「IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書」政策決定者向け要約.
- 小泉清明・柴田喜久夫（1964）：応動昆 8:11-19.
- 黒木（1985）：植物防疫 39:103-107.
- 村井 保・今田 準・吉田幸二・足立 礎・新井朋徳・刑部正博（2004）：平成15年度 果樹農業生産に関する調査報告書 pp. 33-48.
- Nakata, T. (2006): *Appl. Entomol. Zool.* 41:383-387.
- 農林水産省（2004）：近年の気候変動の状況と気候変動が農作物の生育等に及ぼす影響に関する資料集
- Overmeer (1985): *Spider mites. Their Biology, natural enemies and control*, 1 B Elsevier, Amsterdam. pp. 95-102.
- 杉浦・横沢（2004）：園学雑 73:72-78.
- 内嶋善兵衛（2005）：〈新〉地球温暖化とその影響 裳華房.

# 海外における GM 作物と防除の現状

シンジェンタシード株式会社 福田 美 雪

## はじめに

1996 年に遺伝子組換え（GM）作物の商業化が開始されてから、10 年以上が経過した。日本では GM 作物の商業化は行われていないものの、海外に目を向けると栽培面積、栽培国共に急速に拡大しつつある。現在までに普及している GM 作物は、特定の除草剤をかけても枯れない除草剤耐性作物、生物農薬としても使用される Bt を有する害虫抵抗性作物であり、これらの使用により、防除の体系も変化している。そこで、本シンポジウムでは、海外における GM 作物の普及状況とその利点、また、GM 作物の導入による防除の変化について簡単に紹介する。

## 1. 海外における GM 作物の現状

### (1) GM 作物の栽培面積と主な栽培作物

ISAAA（国際アグリバイオ事業団）によれば、2006 年、世界における GM 作物は 22 カ国、1,030 万人の生産者によって栽培されたという。総栽培面積は 1 億 200 万ヘクタールに達し、初めて 1 億ヘクタールを超えた（図 1）。当初は米国・カナダ等の先進国で多く栽培されていたが、近年では中国・インド・南米等の開発途上国、ヨーロッパでの栽培が始まり、特に開発途上国では急激に栽培が広がっている。

栽培されている主な GM 作物は、ダイズ・ナタネ・トウモロコシ・ワタであり、特にダイズでは現在、世界の総栽培面積の 64% を GM が占める（ISAAA, 2006）（図 2）。

また、GM 作物の先進国である米国では、2007 年の農作物作付調査結果が、USDA（米国農務省）・NASS（全米農業統計局）により発表され、米国における作付面積のうち、トウモロコシの 73%、ダイズの 91%、ワタの 87% が GM 作物であることが公表された。

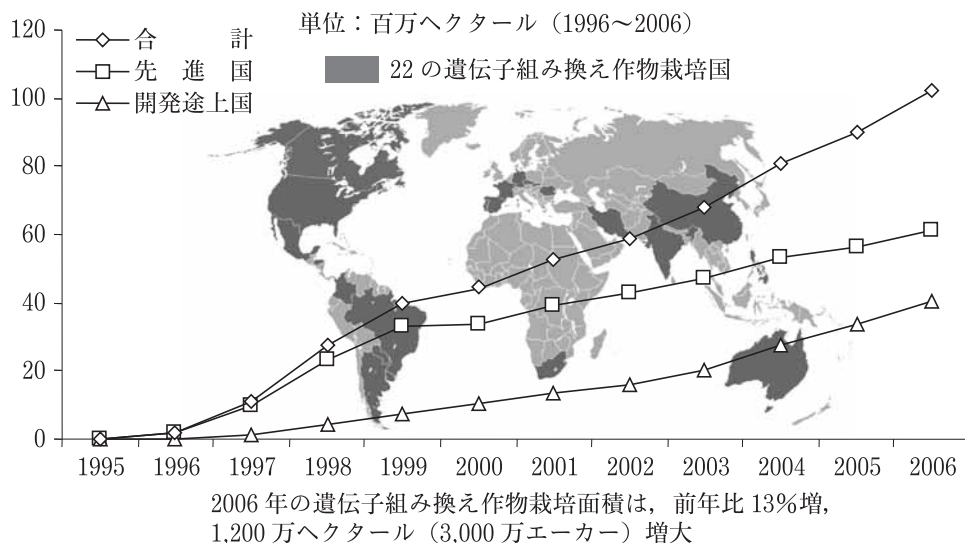


図 1 世界の遺伝子組換え作物栽培面積の推移（ISAAA, 2006）

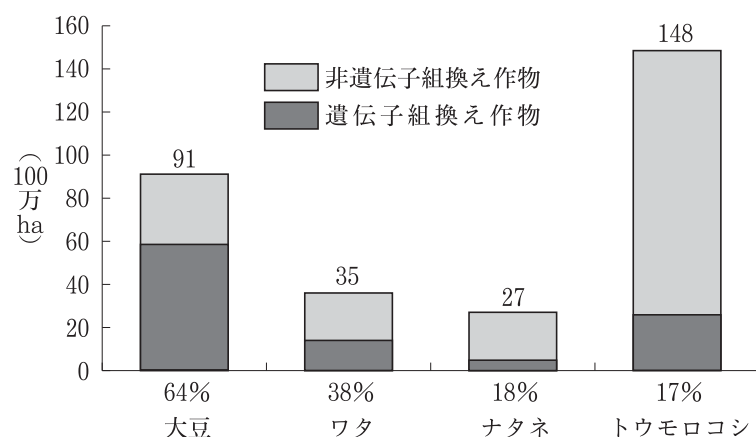


図2 2006年における世界の主要な遺伝子組換え作物の導入率 (%)

## (2) GM作物の形質

現在、主流として栽培されているGM作物は、除草剤耐性・害虫抵抗性、さらにこれら複数の形質を有するスタック（異なる形質を持つGM植物同士を交配して、複数の形質を持つようにした系統）である。これらは、農業の生産性を高めるための形質であり、インプットトレイト、あるいは遺伝子組換え作物の第1世代とよばれる。その他、近年では飼料効率を高めるために成分改変を行ったトウモロコシなどのアウトプットトレイト、あるいは第2世代、第3世代とよばれる新たな機能を導入したGM作物についても、開発や商業化が進んでいる。

## 2. GM作物の利点

これほどGM作物が普及した背景には、GM作物の経済面及び環境面での利点がある。

GM作物の世界における経済効果は2005年に50億ドル、1996年から2005年の10年間では計270億ドルと推定される（Brookes and Barfoot, 2006）。また、1996年から2005年の10年間で、農薬の使用量は22万4,300トン（有効成分）減少したと推定されており（Brookes and Barfoot, 2006）、GM作物がその減少に大きな役割を果たしたといえる。これらGM作物の利点をまとめると、以下のようになる（ISAAA, 2006）。

- ① 農業の生産性と所得の向上：収量の増加，所得の向上。
- ② 生物多様性の保護：面積当たりの収量を増加させることで，開発途上国の森林を保護。
- ③ 環境への影響：農薬使用量を減少。また，農薬散布に伴うCO<sub>2</sub>排出量の減少，さらに，除草剤耐性作物による不耕起栽培による土壌からのCO<sub>2</sub>排出量の減少。
- ④ 社会的利益：小規模農業生産者の貧困の軽減，労働時間の短縮，食糧・飼料・繊維・燃料の安定確保。

## 3. GM作物による防除の変化

### (1) GM作物と防除

GM作物の導入により，防除体系にも変化が見られる。

除草剤耐性作物の場合，これまで複数の選択性除草剤を数回にわたり散布していたものが，非選択性の除草剤除草剤1～2回の散布で済むようになり，除草剤の費用や労力を削減できるようになった。

害虫抵抗性作物の場合，害虫の食害による被害を防ぐことで収穫量が増加し，また，殺虫剤の使用量を大

幅に減少させる。その他、Bt トウモロコシではアワノメイガによる被害が抑えられるために、マイコトキシンの被害が減少するという報告もある (Wu, 2006)。ただし、Bt を有する害虫抵抗性 GM 作物の場合、ターゲットとなる標的害虫が限られていることから、従来通りの農薬による防除も必要とされる場合がある。

## (2) 害虫抵抗性 GM 作物：米国における対策

Bt を持つ害虫抵抗性作物を栽培することは防除に有効である半面、無制限に栽培が行われると、耐性を有する標的害虫が増加する懸念がある。そこで、EPA (米国環境保護庁) は、Insect Resistance Management (IRM) プログラムを義務付けている。このプログラムでは、高レベルの Bt を発現 (high dose) させ、また、Bt 作物栽培区に隣接して一定面積以上の非 Bt 栽培区を設ける「high dose/refuge strategy (高発現/保護区戦略)」がとられている。ここでは、可能な限りの標的害虫を駆除する一方、保護区 (refuge) で Bt 非耐

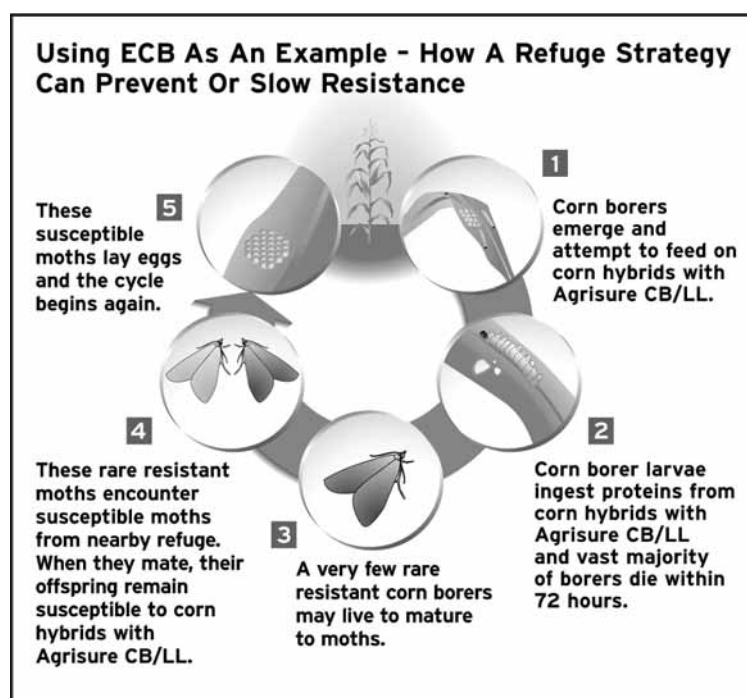


図3 Refuge strategy (保護区戦略) がどのように耐性個体の出現頻度を低下させるかについて (Agrisure HP より)  
図中の Agrisure CB/LL は、ECB (アワノメイガ) に抵抗性を持つ Bt トウモロコシ。

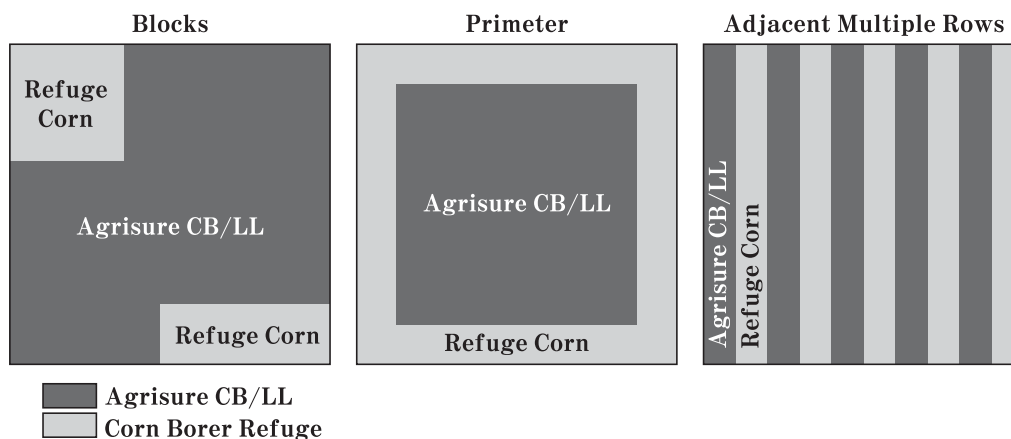


図4 保護区 (refuge) の配置例 (Agrisure HP より)

図中の Agrisure CB/LL は Bt トウモロコシ、Refuge Corn は非 Bt トウモロコシを示す。

性の個体が生存できるようにして耐性個体との交配を促すことで、耐性個体の出現頻度を低下させる（図3）。また、図4にBt トウモロコシ栽培圃場の保護区（refuge）の実施例を挙げた。

#### 4. 今後の展望

ISAAA によれば、2006 年から 2015 年の見通しとして、2015 年までに世界の GM 作物の栽培面積が継続的に増加して 2 億ヘクタールまで達し、40 カ国以上で 2,000 万人以上の農業生産者が GM 作物を栽培すると見込まれている。

また、今後は複数の特性を組み合わせたスタックのさらなる増加が見込まれるほか、新たな機能を導入した GM 作物（アウトプットトレイト）の増加が見込まれる。農業の生産性を高めるための形質（インプットトレイト）としては、開発途上国で特に重要となる干ばつ耐性を有する GM 作物が 5 年以内に登場すると予測されている。

以上のように、今後はアウトプットトレイトが増加すると考えられるが、現在までに商業化されている除草剤耐性、害虫抵抗性等のインプットトレイトは基幹の技術であることから、今後も GM 作物には欠かせない重要な形質であり、将来的にもさらに開発・利用が進んでいくであろう。

#### 引用文献

Agrisure HP, <http://www.agrisuretraits.com/Agrisure/AgrisureServlet/PsAgrisureLogin>.

Brookes, G. and Barfoot, P. (2006): Global impact of biotech crops: Socio-economic and environmental effects in the first ten years of commercial use. *AgBioForum*, 9, 139-151.

ISAAA (2006): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006, <http://www.isaaa.org/>.

Wu, F. (2006): Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Research* 15, 277-289.

# コシヒカリマルチラインの普及と防除の現状

新潟県農業総合研究所作物研究センター 山代 千加子

## はじめに

コシヒカリマルチライン（以下コシヒカリ ML）が新潟県に普及して3年目に入った。普及後のいもち病の発生は、関係者の期待どおりに極めて少ない状況が続いている。いもち病の防除が大幅に削減されたことに伴って、全体的な防除対応も大きく変化し、他の病害虫の発生にも少しずつ変化がみられてきている。ここでは、コシヒカリ ML 普及後の病害虫発生状況の変化と防除対応の変化を追いながら、新潟県の水稲病害虫防除における課題について紹介する。

## 1. コシヒカリ ML の概要と普及状況

### (1) コシヒカリ ML の育成と栽培

新潟県で育成されたコシヒカリ ML の各系統を表1に示した。

マルチラインの栽培法には、育成した全系統を混植栽培する方法と一部の系統を混植栽培する方法がある。新潟県は後者の栽培法を採用しているが、これは抵抗性系統を侵害する新しいいもち病菌レースの出現に備えたものである。また、混植の構成系統は、現在分布するレースに対して抵抗性の系統のみを用いるク

リーンクロップ法ではなく、感受性系統を少量含めるダーティクロップ法を採用している。現在、普及しているコシヒカリ ML は、これらの中から BL1 号、BL2 号、BL3 号、BL4 号の4系統を用い、抵抗性系統を70%、感受性系統を30%にして栽培している。

種子生産では、原々種及び原種はコシヒカリ ML の各系統ごとに増殖し、採種圃に配布する段階で所定の比率で混合され、栽培される。なお、種子生産圃場におけるいもち病防除は、プロベナゾール粒剤による葉いもち防除と粉・液剤による2回の穂いもち防除を徹底し、保菌防止に努めている。

### (2) 普及状況

2006 年の新潟県の水稲栽培面積は約 120,300 ha で、うち 93,100 ha がコシヒカリであった（農林水産省）。さらに、種子出荷量から、コシヒカリのうち 98%がコシヒカリ ML と推定される。

表1 新潟県で育成したコシヒカリ ML 品種

品 種 系 統 名	交配1回親	抵抗性遺伝子	品種登録年
コシヒカリ新潟 BL1号	ササニシキ	<i>Pia</i>	2000
コシヒカリ新潟 BL2号	トドロキワセ	<i>Pii</i>	2000
コシヒカリ新潟 BL3号	Pi No.4	<i>Pita-2</i>	2000
コシヒカリ新潟 BL4号	新潟早生	<i>Piz</i>	2002
コシヒカリ新潟 BL5号	越みのり	<i>Pik</i>	2002
コシヒカリ新潟 BL6号	ツユアケ	<i>Pik-m</i>	2003
コシヒカリ新潟 BL7号	とりで1号	<i>Piz-t</i>	注1)
コシヒカリ新潟 BL8号	BL1	<i>Pib</i>	注1)
コシヒカリ新潟 BL9号	1号/8号 注2)	<i>Pia, b</i>	2007
コシヒカリ新潟 BL10号	2号/8号 注2)	<i>Pii, b</i>	2007

注1) 同じ抵抗性遺伝子を持つ富山県の育成系統が登録

注2) コシヒカリ新潟 BL の各号の交配による

## 2. 普及後の病害虫防除に対する考え方

コシヒカリ ML の普及に当たって、生産現場に示した防除の考え方は次のとおりである。

### (1) いもち病防除の考え方

新潟県における従来のいもち病防除は、葉いもち 1 回、穂いもち 2 回を基本としてきた。これに対してコシヒカリ ML の普及に当たってのいもち病防除は、「少発生地域では無防除、多発生地域では葉いもちまたは穂いもちのいずれか 1 回防除」を提案した。この提案に当たっては、多発生地における多発生年の試験データ等を基本としながら、県内の全普及指導センターが設置した実証圃等で、発生実態を確認してきた結果を根拠とした。

なお、発生予察情報の注意報や警報が発表されるような多発生条件では、必要に応じて追加防除も想定している。また、葉いもちの多発生事例は感染苗の本田持ち込みに起因しているケースが多いことから、種子消毒の徹底等、全域での育苗期感染の防止を呼びかけた。

### (2) その他の病害虫防除

これまでの新潟県における水稻病害虫防除は、コシヒカリのいもち病防除を中心に組み立てられてきたことから、コシヒカリ ML の普及により、大幅な見直しが必要となった。そこで各地域では、NOSAI、JA、市町村及び普及指導センター等が中心になって、地域ごとの病害虫発生状況や品種構成等を踏まえた防除体系の再検討が行われた。

## 3. コシヒカリ ML 普及後のいもち病発生状況の変化

### (1) いもち病の発生程度

新潟県病害虫防除所の巡回調査によるいもち病の発生程度を表 2 に示した。葉いもち、穂いもちのいずれも、コシヒカリ ML 普及後 2 か年の発生程度は、普及前に比べて著しく減少している。本年（2007 年）の葉いもちの発生程度は、7 月下旬調査値で 0.66 となって

表 2 コシヒカリ ML 普及後のいもち病発生程度の変化

	最 多 発 病 度				
	2006年	2005年	2004年	2003年	普及前の10年間
葉いもち	0.38	0.01	2.44	0.92	3.59
穂いもち	0.22	0.03	1.20	4.13	3.42

注）普及前の 10 年間は、2004～1995 年の平均

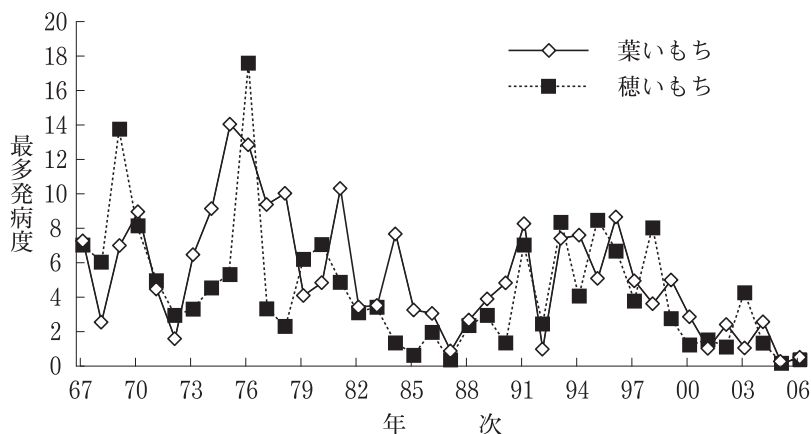


図 1 新潟県におけるいもち病発生程度の年次推移

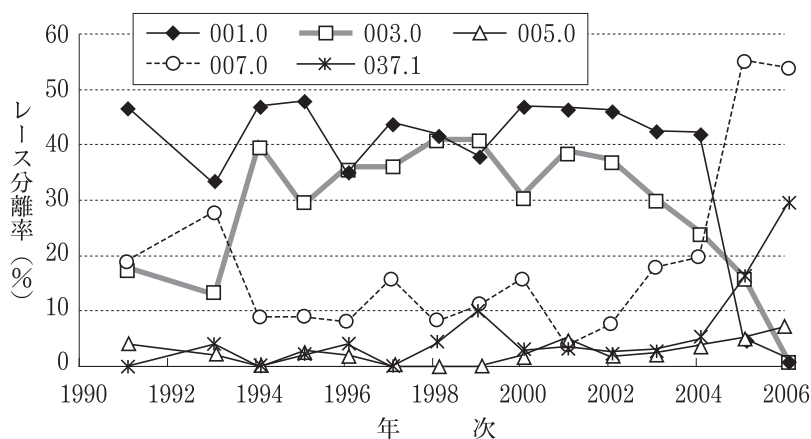


図2 近年のいもち病菌レース分布の推移

おり、過去2か年よりやや高い値を示しているものの、普及前より極めて少ない状況に変わりはない。

さらに、図1に示した過去40年間のいもち病の発生推移の中でも、2005年は最も低い値であった。また2006年は北関東・東北地域で相次いで注意報が発表された年である。防除の実施状況は後述するが、防除圧が大幅に減少した中で、この発生程度に抑えられたことは、コシヒカリ ML の発病抑制効果が十分に発揮された結果と考えられる。

## (2) いもち病菌のレース分布

いもち病菌のレース分布の推移を図2に示したが、コシヒカリ ML 普及後、これまで新潟県に広く分布していた001が急激に減少した。これに対し、007の分布比率が高まり、主要レースとなってきている。これは、感受性系統として *Pia* 及び *Pii* 系統を採用していることによる。なお、現在に至るまで抵抗性系統を侵害するレースは確認されていない。

## 4. いもち病以外の病害虫発生状況の変化

コシヒカリ ML の普及後、いもち病以外の病害虫の発生にも少しずつ変化がみられている。次項で防除対応の変化について述べるが、それらの変化といもち病以外の病害虫発生の変化との関連性については、明言できる状況にない。ここではコシヒカリ ML 普及との関連性の有無に関わらず、発生推移に变化のみられる

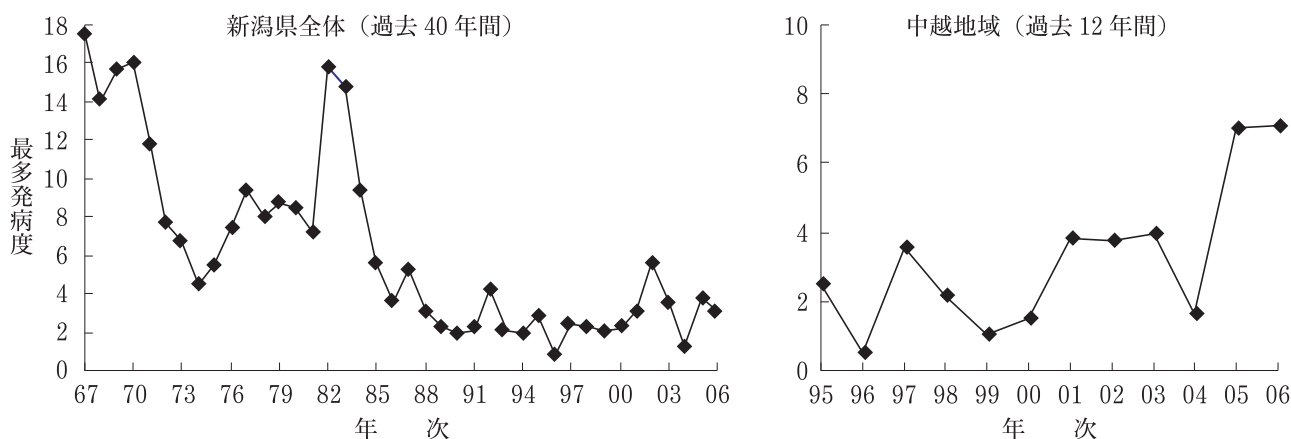


図3 紋枯病の発生推移（県全体及び中越地域）  
新潟県病害虫防除所巡回調査データ

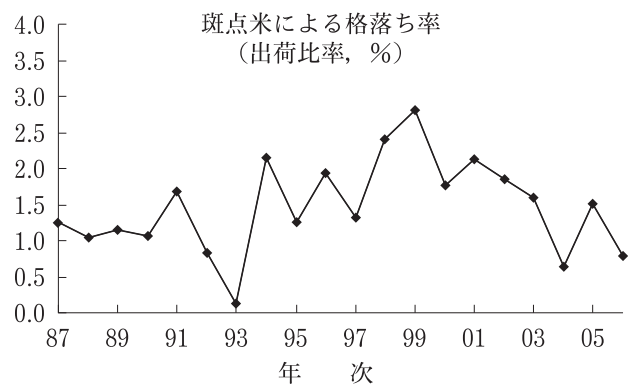
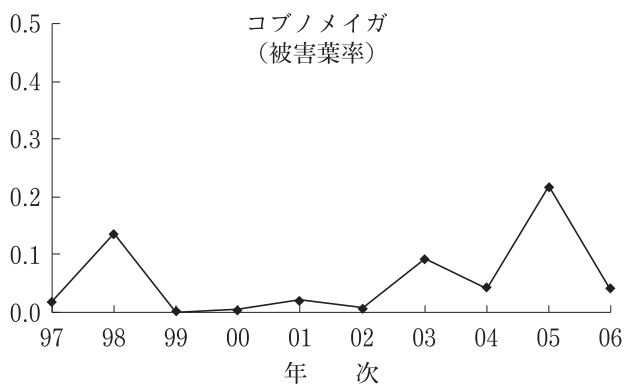
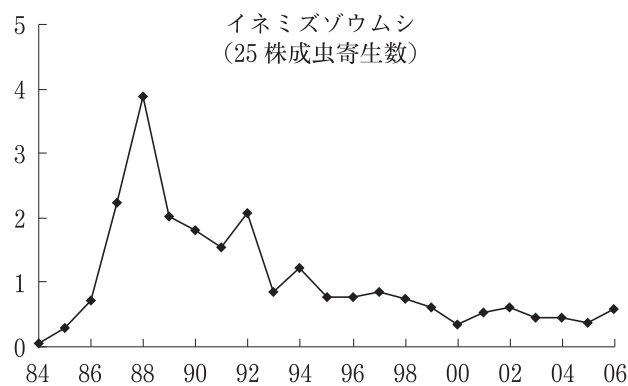
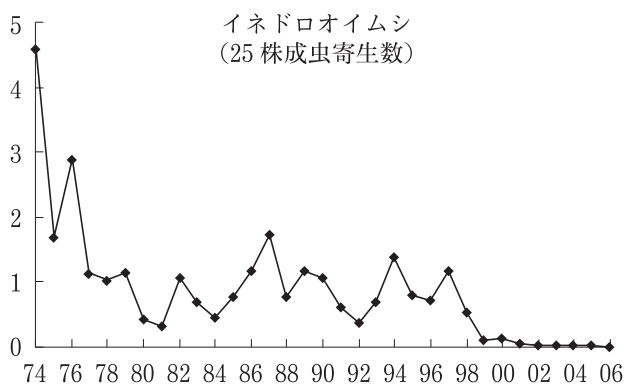
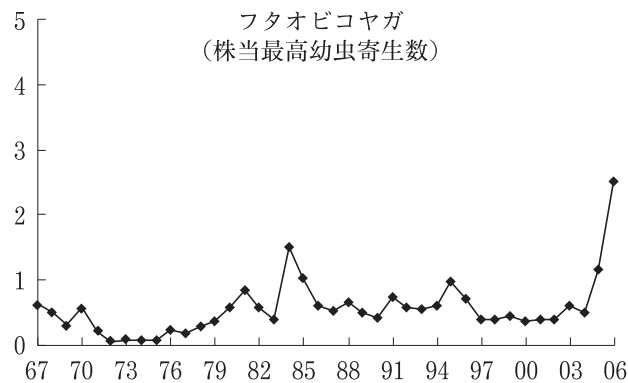
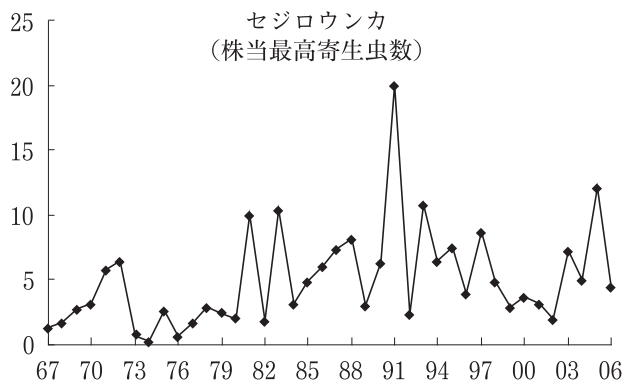
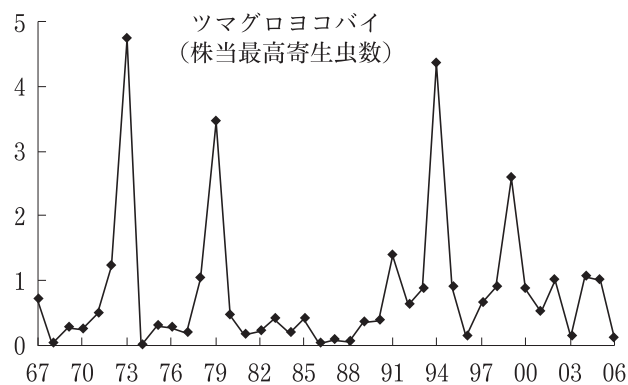
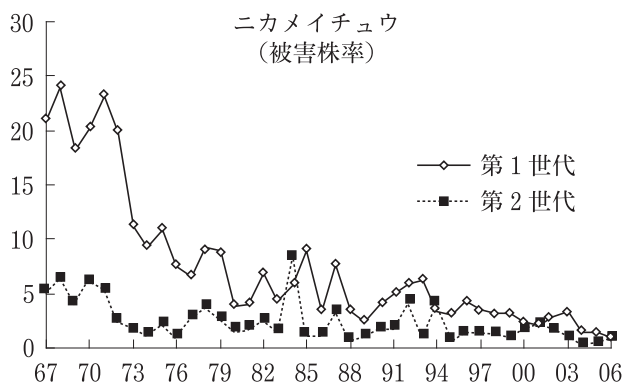


図4 新潟県における主な水稻害虫の発生推移  
新潟県病害虫防除所巡回調査データ

病害虫を中心にして、新潟県における主要病害虫の発生推移を紹介する。なお、病害虫防除所の巡回調査データによる発生推移を図3・4に示した。

#### (1) 紋枯病

新潟県全体では発生程度に大きな変化はみられないが、平坦部の一部の地域ではやや増加傾向にある（図3）。コシヒカリ ML 普及後の2年間は気象的にも比較的発生を助長しやすい条件でもあった。しかし、後述するように紋枯病対象の防除はコシヒカリ ML 普及前に比べて5～6割に減少している（図6）。特に平坦部では穂いもち防除が不要になったため、かつて穂いもち防除と同時に入っていた紋枯病防除剤も削減されており、このことが増加要因の1つと思われる。

#### (2) 斑点米カメムシ類

斑点米による格落ち率は、この2年間は平年並～やや少なく抑えられた（図4）。コシヒカリ ML 普及によって最も顕著に変わった防除体系は、斑点米カメムシ類である。特に、過去が多発生から斑点米対策に力を入れている地域では、コシヒカリ ML 普及を契機に、穂いもち対象に合せていた出穂前の防除を、カメムシ防除の適期に移動させている。その結果、2006年にはこれまで比較的斑点米発生率が高く推移していた地域で、格落ち率の明らかな低下が認められ、適期防除の効果が顕著に現れたものと考えている。しかしながら、斑点米の発生には稈の成熟条件など、関与する条件が複雑なので、もうしばらく推移に注目したい。

#### (3) その他の病害虫

コシヒカリ ML 普及後、この2年間で、発生がやや目立つ傾向のある病害としては、ごま葉枯病と穂枯れ症状があげられる。穂枯れ症状の要因は、主にごま葉枯病と小粒菌核病と考えられている。これらの病害は、これまでいもち病防除で併殺的に抑制されていたと思われるが、薬剤散布の減少で目立ってきた可能性がある。しかしながら、紋枯病と同様にこの2年間は両病害とも多発生しやすい気象条件であったことから、直ちに防除対応を考えるのではなく、今後の推移に注視する必要がある。

害虫では、フタオビコヤガがこの2年間に顕著に上昇した（図4）。増加要因は気象だけでは説明しにくい。コシヒカリ ML との関連性はみえない。また、従来のような第3世代の多発生ではなく、第2世代に多発生している事例が多くみられる。フタオビコヤガは他県でも上昇傾向が伝えられており、近年の多発生が県を超えた動向である可能性も考えられる。その他の害虫には、現在のところ目立った変化はみられない。初期害虫であるイネドロオイムシとイネミズゾウムシは、近年少発生傾向が続いており、特にイネドロオイムシは極めて少ない状況である。長距離飛来性害虫であるセジロウンカやコブノメイガは、従来から単独防除はほとんど実施されていない。また、ニカメイチュウも近年少発生傾向が続いており、ツマグロヨコバイは従来から数年または十数年に1回多発生する程度の害虫であった。さらに、主要とは言えない害虫が、局地的に多発生して問題化することはあるが、従来からそのような現象はしばしばみられることであり、コシヒカリ ML 普及との因果関係が推定される病害虫はこれまでのところはない。

### 5. 農薬使用量の変化

JA 全農新潟県本部の集計による、農薬出荷量から推定したいもち病、紋枯病、及び害虫防除について、防除方法別の面積を図5～7に示した。

それによると、いもち病の防除面積は、コシヒカリ ML 普及前の2004年に対し、普及初年目の2005年に

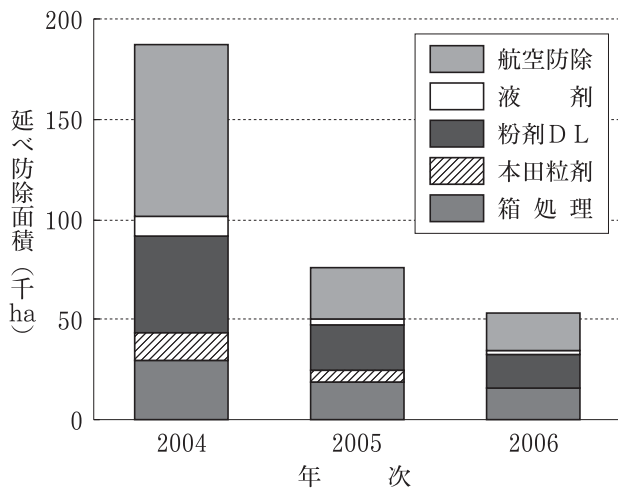


図5 いもち病防除面積の変化  
J A 全農新潟県本部：農薬出荷量から面積を推定

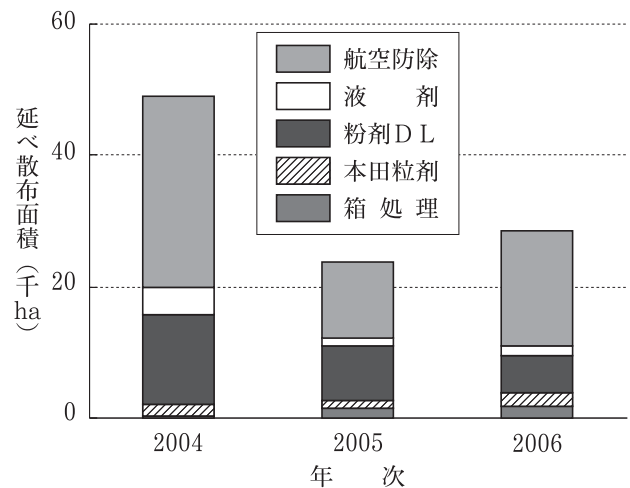


図6 紋枯病防除面積の変化  
J A 全農新潟県本部：農薬出荷量から面積を推定

は40%，2年目の2006年には30%と，大幅に減少している。防除方法別では，航空防除と本田散布剤の実施面積が大幅に減少した一方で，箱施用剤の減少率は低い。これは，いもち病の発生が比較的少ない平坦地域でいもち病の無防除がほぼ定着し，多発生しやすい山間・山沿い地域で箱施用が定着しつつあることを示している。しかし，山間・山沿いの常発地であってもコシヒカリ ML の普及とともに，穂いもち防除の削減が進んでいる。

紋枯病の防除面積は，コシヒカリ ML 普及前の2004 年に対し，2005 年には49%，2006 年には58%と減少した。これは，いもち病防除の削減に伴い，同時防除で施用されていた薬剤の削減が大きな動きとなったと思われる。

害虫防除全般でも，コシヒカリ ML 普及前の2004 年に対し，2005 年は81%，2006 年は70%と減少傾向を示している。ここで特徴的なことは，全体の減少傾向とは逆に，本田粒剤が2005 年2.6 倍（対2004 年），2006 年3.3 倍（同）に伸びていることと，箱施用剤はほぼ横ばいである点である。このことは，後に述べる防除体制の変化の問題と密接に関連していると考えている。

農薬使用量が全般に減少しているこれらの動きは，防除体系及び防除体制の変化に加えて，減農薬栽培等の急激な進展が大きく影響している。コシヒカリ ML の普及によって減農薬栽培へのハードルが低くなり，いもち病の防除が不要になった地域では，「もはや防除が必要な病害虫はカメムシだけ」という意識が生じてきている。この結果，地域単位やJA 単位などといった大きな組織での取り組みに拍車がかかり，減農薬栽培面積の急増を招いている。

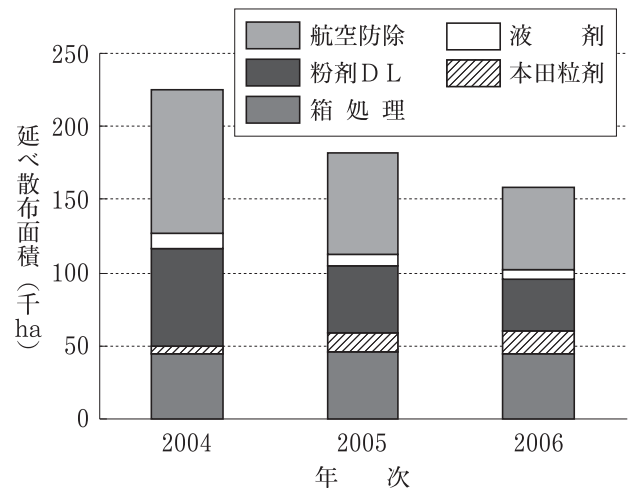


図7 害虫の防除面積の変化  
J A 全農新潟県本部：農薬出荷量から面積を推定

## 6. 防除体系及び防除体制の変化と問題点

### (1) 防除体系の変化

表3に、コシヒカリ ML 普及前に主に防除対象となっていた病害虫と防除方法について、ごく概略を示した。これまで新潟県では、ほとんどの地域でコシヒカリのいもち病対策を中心に据えた防除体系が組まれており、葉いもち防除と1～2回の穂いもち防除を基本とする、2～3回程度の薬剤散布が実施されていた。他の病害虫に対する防除は、これらの防除時期に同時防除をねらって適宜薬剤が混合される場合が多かった。

コシヒカリ ML の普及後は、前述したように、本田防除の割合が減少した一方で、箱施用の占める割合が増加した。また、いもち病の本田防除を実施しなくなった多くの地域で、出穂期頃の防除を、斑点米カメムシ類を中心とする害虫対象に移行させており、使用薬剤では粉・液剤に替って粒剤が大幅に増えている。これらの動きは、ポジティブリスト制度の施行など農薬行政の動きと密接に連動しているが、次の防除体制の変化の影響も大きい。すなわち、かつての航空防除地域では粉・液剤の防除器具を持たない生産者が多く、個人防除に移行した多くの地域で殺虫剤の施用率が高い。大規模農家や生産組織などでは乗用の液剤散布機の所持が増加しているものの、個人では箱施用と本田粒剤に頼らざるを得ないのが実情である。

粒剤による防除面積の増加は、これまで早生品種を対象に2回実施されていた薬剤防除を1回にする動きを活発化させている。このような事情を背景にして、これまで2回程度であった共同防除の防除回数は、新潟県農業共済組合連合会の調査で2006年には1.1回まで減少した。

### (2) 防除体制の変化

新潟県では従来、航空防除、地上共同防除、個人防除がそれぞれ概ね同率の3割程度で推移していたが、航空防除面積は近年大幅に減少を続け、2006年を最後にゼロになった。航空防除を実施していた地域では、無人ヘリ等の共同防除に移行している地域もみられるが、個人対応に移行した地域が多く、新潟県農業共済組合連合会の調査では2006年時点で、51.3%が個人対応となっている（図8）。

表3 新潟県で防除対象とされる主な病害虫とコシヒカリ ML 普及前の防除対応

主な対象病害虫	主な処理時期と防除方法		必要に応じて追加防除
	粒剤等の箱施用 または本田粒剤(6月)	出穂期頃の粒剤 または粉・液剤	
いもち病	○	◎	(△)
紋枯病		◎	(△)
イネミズブウムシ イネドロオイムシ	○(箱処理)		
ニカメイチュウ	△(箱処理)		
斑点米カメムシ類		◎	
セジロウンカ		△	(△)
ツマグロヨコバイ		△	(△)

注) コシヒカリ ML 普及前の概要を記号で示した。(種子消毒を省いた。)

- ◎ ほぼ全面的に実施されていた
- かなりの面積で実施されていた
- △ 他の病害虫との同時防除が多く、単独防除はほとんどない。
- (△) ほとんど実施されていない。

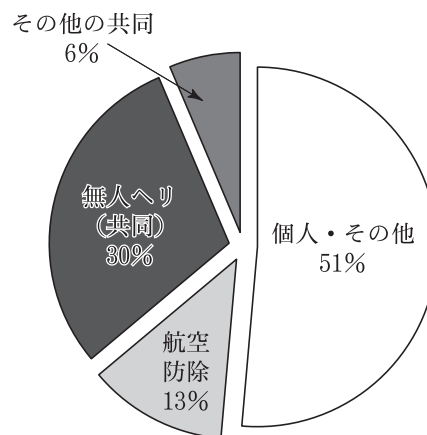


図8 新潟県における水稻病虫害防除の形態（2006年実績）  
新潟県農業共済組合連合会の調査資料より作図

航空防除の減少に伴って、無人ヘリによる共同防除が増加を続け、現在、共同防除の主体となっている。航空防除から無人ヘリへの移行では、地域によっては、航空防除の廃止を視野に入れて、10年以上前から計画的にオペレーターを養成、自前の無人ヘリを確保しながら段階的に移行してきている。このような地域では、比較的強固な共同防除体制が確保されている。しかし、生産者の要望で共同防除を維持するため、体制整備が不十分なままに航空防除から無人ヘリに移行した地域では、機体やオペレーターのほとんどを外部委託に頼らざるを得ないのが実情である。

このように自前の防除手段をもたない地域では、病虫害が突発的に多発生して緊急の追加防除が必要になった場合に、地域によっては十分に対応できない危険性がある。特に外部委託への依存度が高い無人ヘリ地域の場合には、臨機応変の緊急対応は難しいと言わざるを得ない。コシヒカリ ML であっても、多発生条件においては追加防除が必要となるが、冷害年のような異常多発生年には、隣県も含め防除委託の需要が殺到することが十分に予想される。また個人防除の場合、箱施用と本田粒剤で対応している生産者は、粉・液剤の散布器具を持たない人が多くなっており、緊急の場合には、防除効果の高低は問わずに粒剤で対応するしかない、ということにもなる。

## 7. 今後の課題と展望

「食の安全・安心」に対する消費者の関心の高まりを背景として、減農薬・無農薬栽培の普及率は急激に増加している。新潟県におけるコシヒカリ ML の普及は、重要病害であるいもち病防除の大幅な削減を可能にしたことから、生産者が減農薬栽培に取り組みやすくなったと言えよう。これに、ポジティブリスト制度の施行など農薬行政の変化が連動して、これまで述べてきた防除体系の変化や共同防除体制の崩壊とも言える現象を引き起こした。

このような動きを背景に、新潟県ではいわゆる基幹防除という概念が大きく変わりつつある。これまでいもち病を中心に組み立てられてきた基幹防除は、いもち病防除の大幅な削減に伴って、地域ごと、あるいは生産者ごとに防除に対する考えが一層多様化する方向に進んでいる。

### (1) 防除体制の再編

地域差・個人差は大きいものの、新潟県全体としては、共同防除に対する生産者の期待度は依然として大きいにもかかわらず、個人防除が増えざるを得ない現状がある。これは「適期適正防除の推進」という基本的な観点からみた場合、必ずしも十分な体制とは言い難い。完全な個人対応では、防除漏れが生じて多発生の原因となったり、兼業農家などでは適期防除をしにくい問題がある。このような弱点をカバーするためには、担い手農家や生産組織を基幹として、これまでより小規模な共同防除体制の整備や、請負防除システムの構築などがあげられよう。かつての共同防除に替わる、新しい防除体制の再構築が急務となっており、現在、県・NOSAI などを含めた関係機関によって検討が進められている。

### (2) 緊急防除手段整備の重要性

病虫害は言うまでもなく発生量に変動があり、その程度は病虫害ごとに異なる特徴を持っている。新潟県でも、発生量や発生時期の変動如何によっては追加防除が必要になる病虫害は多く、最近ではセジロウンカやコブノメイガなどの例があった。

個人防除の増加は、このような突発的な多発生の場合に、一斉防除が徹底されにくい問題を含んでいる。

表 4 地域ごとの病虫害発生実態調査の結果により、防除計画を変更した実績<sup>注)</sup>

	2005 年		2006 年	
	対象病虫害	地域数・合計面積	対象病虫害	地域数・合計面積
防除の中止	穂 い も ち	5 地域 計 3,864 ha	—	
薬剤の変更	コブノメイガ	1 地域 42 ha	—	
緊急防除	セジロウンカ	2 地域 計 655 ha	穂 い も ち	1 地域 7 ha
	コブノメイガ	1 地域 2 ha	フタオビコヤガ	1 地域 5 ha

注) 新潟県農業共済組合連合会「病虫害地域予察強化事業実施成績書」より抜粋

また共同防除であっても、外部委託に依存する無人ヘリでは、臨機応変に対応しにくい。

以上のことから、防除体制の再編に当たっては、緊急防除を含めた体制の強化が極めて重要であるとともに、局所的な多発生に対応するため、個々の生産者が発生情報と自前の防除手段を確保することが望まれる。

### (3) 生産者自らが判断し、実行する病虫害防除へ

新潟県では、航空防除を含めた共同防除のほとんどは、かつて、地域の NOSAI が担ってきた。このことから、生産者は NOSAI への依存度が強く、共同防除地域では、「防除は人任せ」的意識が生じていることも否めない。防除体制の再編が進む中で、病虫害防除への生産者の関わり方にも、地域間差・個人差が生じてきている。

また新潟県では、市町村ごとの病虫害発生実態調査を推進して、地域ごとの防除の有無の判断に利用してきた。これらの発生予察活動が、これまで適正防除の推進と被害の未然防止に果たしてきた役割は大きい。コシヒカリ ML 普及後の 2005・2006 年にも、地域ごとの発生実態調査の結果に基づいて、計画した防除の中止や緊急防除の対応がなされ、適正防除の推進に役立っている（表 4）。

この活動を支援するために、新潟県では十分な試験データに基づいた要防除水準はもちろんであるが、やや不十分なデータであっても、防除要否判断の参考となる数値を「防除のめやす」として提示してきた。今後は、これらの「防除要否判断基準」の充実と併せ、簡易な予察手法の開発などにより、生産者自らが行う防除要否の判断を一層支援していくことが重要である。こうした活動から、生産者が病虫害防除の重要性を認識し、防除体制整備の土台になっていくことを期待している。

新潟県における水稻病虫害防除は、コシヒカリ ML の普及も関わりながら、現在大きな転換点にあると言える。多様化する生産者の意識を尊重しながらも、基本を忘れない病虫害防除を今後も進めていきたい。