

特集：植物ウイルス病最近の話題

植物ウイルスサテライト RNA の多様性と そのウイルス病防除への利用

中央農業総合研究センター ^{はな}花 ^だ田 ^{かおる}薫

はじめに

植物ウイルスには世界中で 900 種以上の存在が知られており、それらの多くは 1 本鎖 RNA を遺伝子としてもっている。植物ウイルスには、ウイルス粒子が 1 成分のみから構成されており、1 成分だけで感染・増殖・伝搬が成立する単成分性のものと、大きさの異なる複数の成分を必要とする多成分性ウイルスとがある。

多成分性のウイルスには実は 2 種類あって、実際に多成分のウイルスと見かけだけのものがある。本当に多成分のウイルスでは、異なる大きさの粒子や RNA 成分にウイルスの遺伝子が別れて存在している。一方、見かけだけのものでは大きい成分（大粒子）だけで、感染増殖伝搬というウイルスの存続にとって必要なすべてのサイクルの達成が可能で、大粒子にとって小粒子は全く必要ではない。ところが、小粒子にとっては大粒子は必須であり、大粒子がないと小粒子は感染増殖伝搬の必須サイクルのどこかでとぎれてしまい存続できない。小粒子は大粒子とは別種のウイルスであり、大粒子に寄生しており、自分の増殖伝搬に必要なものを大粒子から勝手に借りて使う。このような小粒子はサテライトウイルスと呼ばれ、タバコネクロシスウイルスで最初に発見され、その後、タバコモザイクウイルスなどでも報告された。大粒子はサテライトウイルスの増殖を助けることから、ヘルパーウイルスと呼ばれている。

ところが、その後の研究でサテライトウイルスよりさらに寄生度の高いサテライト性を示すものが存在していることがわかった。サテライトウイルスは寄生しているといっても、その外被タンパク質（CP）は自分でコードしているが、CP までヘルパーのものを利用しているのを見つけたのである。これらはサテライト RNA と命名され、自分独自の外被タンパク質すら有しておらず、ヘルパーの CP をかぶっているために、外面的にはヘルパーウイルスと区別できない。中身の RNA はヘル

パーとは全く似ても似つかないものであり、ヘルパーの RNA と一緒に、そのウイルス粒子の中に巧みに入っているのである。サテライト RNA (SATR) は、最初にネポウイルス属のタバコ輪点ウイルスで発見され、その後、表-1 に示したように多くの植物ウイルスで見つかり、その存在の確認は広がっている。また、植物ウイルスばかりではなく、ヒトの肝炎ウイルスや昆虫ウイルスの中にも SATR を含むものが見つかり、

SATR は寄生性の RNA であるために、ヘルパーウイルスと SATR の組み合わせによって、ヘルパーウイルスの増殖を妨げるために病徴を軽くする場合と、ほとんど病徴には影響を与えない場合とがある。我が国では、両者の病徴を特に軽減する組み合わせをトマト苗に接種して、キュウリモザイクウイルス (CMV) に感染しにくいワクチン苗として広く国内で市販されている (佐山ら, 2003)。

しかし、場合によっては、SATR の寄生によってヘルパーの病徴が激化することもある。例えば CMV の SATR には塩基配列を異にする多くの種類が知られており、その中には、特にナス科植物において CMV と一緒に感染した場合、病徴を質的に変えてしまう種類のものが存在している。具体的には CMV 黄斑系から検出された SATR は、CMV と共に感染するとタバコに黄化を生じ、トマトには激しい全身えそを生じることが明らかにされている (MASUTA et al., 1989)。また、アラビシモザイクウイルスでは、SATR の共存によってホップの頂葉が奇形となることが報告されている (DAVIES and CLARK, 1983)。

したがって SATR を利用した防除のためには、事前にその安定性や他の植物への影響を確認しておくことが極めて重要である。その有効性や安定性が確認できれば、弱毒ウイルスと同様に利用可能であり、現在用いられている CMV 以外のウイルスでの利用の可能性もある。本稿では、初めに SATR 全般についての現在までの研究を紹介し、どのようなウイルスでその防除への利用の可能性があるかを検討する。

Variability of Satellite RNA of Plant Virus and Its Application for Control of Plant Virus. By Kaoru HANADA

(キーワード：サテライト RNA, 弱毒ウイルス, 植物ウイルス病)

表-1 塩基配列が決定されている植物ウイルスの SATR の一覧

ウイルス名	配列決定 SATR 数	塩基数	病徴影響 ^{a)}
<i>Arabis mosaic virus large</i>	2	1,104	
<i>Arabis mosaic virus small</i>	2	300	○
<i>Bamboo mosaic virus</i>	81	532 ~ 837	○
<i>Blackcurrant reversion virus</i>	2	1,432	○
<i>Cereal yellow dwarf virus - RPV</i>	2	322	○
<i>Chickory yellow mottle virus</i>	4	1,145 ~ 1,165	○
<i>Chickory yellow mottle virus</i>	4	457	
<i>Cucumber mosaic virus</i>	127	307 ~ 405	○
<i>Cymbidium ringspot virus</i>	2	619	
<i>Grapevine fanleaf virus</i>	2	1,114	○
<i>Groundnut rosette virus</i>	20	893 ~ 902	○
<i>Lucerne transient streak virus</i>	3	322 ~ 324	
<i>Pea enation mosaic virus</i>	2	717	
<i>Peanut stunt virus</i>	6	393	○
<i>Rice yellow mottle virus</i>	2	220	
<i>Solanum nodiflorum mottle virus</i>	2	377	○
<i>Strawberry latent ringspot virus</i>	3	1,117 ~ 1,118	
<i>Subterranean clover mottle virus</i>	3	332 ~ 388	
<i>Tobacco bushy top virus</i>	8	600 ~ 781	
<i>Tobacco ringspot virus</i>	3	359 ~ 360	
<i>Tomato black ring virus</i>	8	1,372 ~ 1,376	
<i>Tomato bushy stunt virus</i>	4	612 ~ 822	○
<i>Turnip crinkle virus</i>	4	230 ~ 355	○
<i>Velvet tobacco mottle virus</i>	2	366	

a) ヘルパーウイルスの病徴に影響する SATR が報告されているものに○をつけた。

I サテライト RNA の多様性

SATR の大きさは、これまでに塩基配列が決定されたものの中では、最も小さいものが 220 塩基であり、最大のもは 1,376 塩基である。小さい SATR は、植物特有の病原で裸の小さな RNA であるウイロイドと大きさなどが類似している。SATR には重要な特性の異なるものがあり、一般に大きさが 1,000 塩基を超えるものはある種のタンパク質をコードしているのに対し、小さな 300 塩基程度のものはタンパク質をコードしていないことから、その大きさによって二つに大別されている。

小さなほうの SATR は、さらに 2 種類に分類されている。一方はウイロイドと類似の自己切断活性をもつものとそうでないものに分けられ、前者は特にウイロイドに近いものとしてウイロイドと呼ばれており、SATR でも多数報告されている。

一般的には大きな SATR はヘルパーの病徴に影響を与えないが、後述するように例外もある。小さな SATR では病徴に影響を与えるものと与えないものがある。また、これらの中間的なサイズの SATR として 600 ~ 800

塩基程度の大きさの SATR あるが、これについては病徴軽減作用のあるものは見つかっていない。

これまでに、塩基配列が決定されている SATR のみについて見ても、それらを有している植物ウイルスとして、24 種があり、相互に分類学的に大きく異なるウイルスを含んでいる (表-1)。

これらの SATR の中でも最も多様性に富むと思われるものは CMV の SATR であり、一部重複するものがあるが、世界中でこれまでに 127 の SATR について塩基配列が決定されている。日本で分離された CMV5 株からの SATR の電気泳動パターンを図-1 に示す。これらの中にも泳動度の異なるものが認められる。CMV-SATR が CMV の病徴に与える影響も多様で、トマトに全身えそまたは白化症状を誘発するもの、ピーマンやタバコに黄化症状を出すものがあるかと思えば、逆に同じ CMV と組み合わせても、これらの植物での病徴を軽減するものもある。その軽減の程度も SATR によって異なっている。

II サテライト RNA の探索と作出

植物での病徴が激しく防除が困難なトンプースウイルス

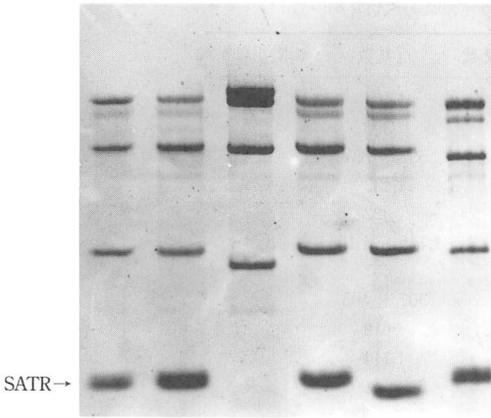


図-1 CMV-SATRの多様性

CMV6分離株のRNAの電気泳動パターンで、左から3番目のCMVはSATRを含まない分離株。バンドは上からCMVのRNA1, RNA2, RNA3, RNA4で一番下がSATR。

ス属のタイプウイルスであるトマトブッシースタントウイルス (TBSV) でも、野外からのウイルス株を *Nicotiana clevelandii* で継代したところ、2種のSATRが検出されるようになり、その一方は *N. clevelandii* でのTBSVの病徴を軽減した (CELIX et al., 1997)。このように、トンプスウイルス属のウイルスでも特定の植物で継代することによって、病徴を軽減する防除に利用できる可能性をもつSATRを得ることができる。

また、GALLITELLI and HULL (1985) によると、TBSVを *N. benthamiana* で継代するとSATRが出現したが、*N. clevelandii* ではSATRが検出されることはなかった。また、同様に継代した他のウイルスの *Artichoke mottled crinkle virus*, *Cymbidium ringspot virus*, *Petunia asteroid mosaic virus*, *Pelargonium leaf curl virus* でも、SATRが検出されるようになったという。さらにこのSATRが他のトンプスウイルスである *Eggplant mottled crinkle virus* と一緒に接種されても増殖することを報告した。一方、同様に継代した *Carnation Italian ringspot virus*, *Glycine mottle virus*, *Eggplant mottled crinkle virus* の場合には、SATRは検出されなかったという。このような特異性が何に起因するのかわからないが、これらのSATRはSATRフリーのTBSVと一緒に接種した場合、その局所感染植物での感染性を低下させる場合が多かったことから、ウイルスの弱毒化に利用できる可能性があると思われる。その後、CELLIX et al. (1997) は、野外から集めたTBSV57株中の4株からSATRを検出した。それらは大きさの異なる2種のB1とB10に分類され、

B1は822塩基からなっており、*N. clevelandii* の病徴に影響しなかったが、612塩基のB10は病徴を軽減した。また、RUBINO et al. (1990) も *Cymbidium ringspot virus* から621塩基のSATRを検出した。

ネポウイルス属に属するウイルスでは古くからSATRの存在が報告されているが、それは本植物を自然界の宿主としているネポウイルスの特性決定のために、早くから草本植物、特に *N. clevelandii* や *Chenopodium quinoa* などへの接種継代が行われてきていたことも一因だと思われる。大きいほうのSATRが野外の植物から検出されることはまれで、ダニで媒介される唯一のネポウイルスである *Blackcurrant revision virus* でのみ報告されている。ネポウイルス属のウイルスには、大小2種のSATRをもつウイルスが多い。一般に小さいほうのSATR (約350塩基程度) はヘルパーネポウイルスの植物での病徴に影響を与えるものが多く、大きいほうのSATRは独自のORFを一つは有しており、いくつかのものでは実際にタンパク質をコードすることが確認されている。例外的に *Grapevine fanleaf virus* のSATRは1,114塩基からなるが、*C. quinoa* での病徴を激化させることが報告されている (FUCVHS et al., 1989)。小さいほうのSATRは他の別属のウイルスのSATRと同じく、タンパク質はコードしておらず、メッセンジャー活性もない。

ルテオウイルス属のウイルスである *Cereal yellow dwarf virus-PRV* (以前にはRPV serotype of Barley yellow dwarf virusと呼ばれていた; SONG et al., 1999) にもSATRの存在が知られており、その共存はヘルパーウイルスのエン麦での病徴を軽減した。

ソベモウイルス属の *Rice yellow mottle virus* は、最近になってアフリカのイネで発生を急速に拡大し大問題となっているウイルスであるが、このウイルスにはSATRとしては最小の大きさ220塩基のものが見出されている (COLLINS et al., 1998; PINEL et al., 2003)。残念ながら現在までにみつかったものにイネでの病徴に影響を与えるものはないが、今後の検討や探索によっては病徴を軽減できるものが見つかる可能性はあると思われる。

ひも状ウイルスではSATRが検出されることはまれである。これは、球形粒子の方が粒子内に入って安定的に存在しうるRNAの大きさや配列の自由度が高いことが大きな理由ではないかと思われる。ひも状ウイルスでは、テックスウイルス属の *Bamboo mosaic virus* で報告されているだけである。このウイルスの数株で見つかった中のあるSATR (BSL6) のみはヘルパーウイルスの病徴に影響し、*N. benthamiana* と *C. quinoa* の病徴を軽減した (Hsu et al., 1998)。興味深いことに、このウイル

スの SATR は大きいほうであるが、それがコードする 20K タンパク質は SATR の増殖に必須ではないという。

III サテライト RNA とヘルパーと宿主植物の相互作用

SATR の植物への影響でわすれてはならないのが、植物反応の特異性である。SATR を含まない CMV 分離株に Y-SATR を加えて接種すると、トマトには激しい全身えそが生じ、タバコでは黄化を誘発する。しかし、他の植物では全身感染しても通常のコモザイクのみの症状か、それよりも軽微な症状のみを示すこととなる。このように、SATR の影響は感染する植物の種によって大きく異なる場合があることを肝に銘じておく必要がある。

SATR と植物の相互作用の解析に関して、研究がよく進んでいる CMV の SATR の場合、質的な病徴の変化を伴うトマトやタバコにおける解析はさかに行われており、例えば CMV 粒子に取り込まれているプラスセンスの SATR ではなく、マイナスセンスの SATR がえそを誘発に必須であることが判明している。しかし、病徴が軽減される植物種においては、CMV の濃度が低下するためということしかわかっていない。今後、SATR による弱毒化の機構解明のために、RNAi や CMV の 2b タンパク質をはじめとした CMV タンパク質と SATR との相互作用についても研究する必要があると思われる。

また同じクモウイルスに属するラッカセイわい化ウイルス (PSV) の二つの SATR (V-satRNA と G-satRNA) は、互いに 5 塩基の配列のみ異なっているだけだが、ヘルパーウイルス PSV のタバコでの病徴への影響は大きく異なっていた。V は影響しないのに対し、G は強い軽減作用を有して全身的なコモザイク症状を完全に抑えてしまった。塩基置換を行って検討した結果、5 塩基の中の 2 塩基の変異が病徴抑制作用を決定していることがわかった (NAIDU et al., 1992)。この実験系は、SATR の弱毒作用の解析に利用しやすいと思われる。

佐山らの報告 (2003) によると SATR を含む CMV 弱毒株に感染したトマト果実では、健全なトマトよりビタミン C の含量が 30% 高くなった。このような消費者にとって好ましい現象は他の弱毒株でも起きることが報告されており、弱毒ウイルスの普及を助けている。なぜ弱毒株に感染するとビタミン C が増えるのかは不明であるが、ウイルス感染に対する植物側の反応の一つである。

IV サテライト RNA の防除への利用例

これまでに SATR を実際の植物の栽培現場で防除に利用したという報告は少ない。トマトの全身えそ症状を防

除するための n1-SATR が最初である (吉田ら) が、試験的な利用のみであり広く用いられることはなかった。その後、佐山らがトマトでの CMV の被害防止のために SATR を含む CMV の接種苗の販売を開始し、この利用は広く全国的に行われている。また、栄養繁殖性であるリンドウの CMV による被害軽減にも SATR を含む CMV が利用されている (佐山ら)。中国でもタバコでの CMV の被害回避に SATR を含む CMV が利用されている。これまでに、CMV の SATR がウイルスの防除に具体的に実用化を考えて利用されたのはこれら 3 例のみであると思われる。

このように SATR の利用が限定されている大きな理由は、CMV の SATR では、えそや黄化を起こす SATR と病徴軽減作用をもつ SATR の塩基配列があまり異なっていないため、弱毒化のために用いた SATR がいつのまにか強毒化する危険性があると心配されるためであり、事実そのようになったので CMV 防除には SATR は使うべきではないという報告が出されている (PALUKAITIS and ROOSSINCK, 1996)。しかし、外国での心配に反して、我が国のトマトにおける CMV での利用は安定している。SATR の利用は危険性を含むことを踏まえて安全性を確認しながら慎重にその利用を進めていったために、ここまで利用が拡大できたものと思われる。特に SATR の変異系統の出現については、いったんよい SATR が得られれば、その後は継代接種をさせるなどの細かい配慮の故に安定したワクチン苗が供給され続けているものと考えられる。したがって、CMV 以外のウイルスでは、SATR の実用レベルでの防除への利用例はないと思われるが、同様に十分な注意や配慮をしていくなら、さらにいろいろなウイルスと SATR の組み合わせを用いたウイルス病防除への利用ができるのではないと思われる。その対象となりうるウイルスや具体的方法については以下の V 章で説明する。

V 防除への新しい利用の可能性

SATR の新しい利用としては、これまでに防除に利用されていないウイルスで SATR を探索作出して利用することのほかに、既知の SATR を使って新しい形で利用することが考えられる。

前章までに述べたとおり、トンプース属のウイルスで SATR を誘発できたという報告が既があり、接触や土壌によって伝染するために防除が困難となっている、我が国のトルコキキョウなどで発生している Tomato bushy stunt virus や類似ウイルス、メロンで重要なメロンえそ斑点ウイルスについても、ある植物で継代することによ

って SATR を誘発できる可能性があるため、ためしみる必要がある。また、ポテックスウイルスについても病徴を軽減する SATR の探索を行ってみてもよいと思われる。日本では現在はあまり問題となっていないが、ネポウイルスについても、問題となれば SATR の利用の可能性はある。

SATR の新しい利用法としては、SATR のみを事前に接種しておくという方法が考えられる。CMV の SATR は、極めて安定な高次構造をもっているために、単独で植物体に接種しておく、かなりの日数にわたって感染性を保持している可能性のあることが 30 年近く前に報告されている。例えば Mossop and Francki (1979) は、SATR は単独で接種しておき、その 10 日後にヘルパー CMV を接種しても一緒に増殖してきたことから、この間 SATR が感染性を保持していたと報告している。これを利用して、CMV 感染の可能性が高い時期の少し前に、SATR を葉に接種しておき、CMV が感染して広がってきたときに SATR も増殖を始めて CMV を抑えこもうという防除法も有効となる可能性がある。もちろん、どの SATR が安定性が高いか、最適の接種法はどういう方法かなどを事前に検討する必要がある。CMV 以外の SATR についても *in vivo* で安定性の高いものについては同様な方法で利用できる可能性がある。

臭化メチル全廃問題で、特に今後の発生が懸念されるトバモウイルスや抵抗性品種がまだ作出されていないキュウリ緑斑モザイクウイルスおよびスイカ緑斑モザイクウイルスについては、対策の確立が急がれるところである。トバモウイルスでは SATR の報告例はまだない。しかし、タバコモザイクウイルス (TMV) のある系統では SATR ではないが、サテライトウイルスの存在が知られている。これまでに見つかったサテライトウイルスは TMV の病徴には影響しないとされているが、トバモウイルスについても、ある種の植物での継代接種による SATR の誘発は検討してみる価値のあることと思われる。用いる植物としては、他のウイルスでの報告例から考えて、まずナス科植物が適当ではないかと思われるため、現在、我々は検討を開始したところである。

最近になって、モデル植物としてその全塩基配列が決定されているアラビドプシスの配列から、ウイルソイド配列をもつと思われる遺伝子の探索が行われて二つの候補が見出された (Przybelski et al., 2005)。他の植物においても類似のものがあることが予想される。これらの遺伝子の機能については今後の研究の進展を待つしかないが、このような遺伝子の中に、他の植物から見出されるものも含めて、何か病害防除に役立つものが見つかるか

もしれない。

おわりに

SATR のウイルス病防除への利用が世界中で最も進んでいるのは、日本におけるトマトの CMV ワクチンへの利用である。佐山らはその後、リンドウでも CMV の防除に有効な CMV ワクチンを作成して現地で利用を進めている。特にトマトのように SATR の利用が今後もさらに拡大していくことが見込まれるものでは、これからは、SATR の変異系統の出現、あるいは SATR 増殖を支持しない系統の出現に常に注意を払っておく必要があると思われる。一方、打破系統の出現については、CMV の SATR の増殖をサポートするかどうかは CMV の RNA1 がコードする 1 アミノ酸が決定しているという Roossinck et al. (1997) の報告から、その打破系統の野外での出現は可能性が特に低いものとは思われない。いずれにしても、佐山らの SATR を用いた防除法は世界的にみてもパイオニア的なものとなっており、今後もその発展を期待したい。

我が国だけを見ても CMV の被害はトマトやリンドウばかりではなく、他の作物においても大きなものがある。特に露地野菜や花き類で発生すると被害は大きいため、今後、作物の種ごとに適切な SATR をもつ CMV の、他の作物における防除への利用拡大も進められるものと思われる。

SATR の植物ウイルス防除への利用が、具体的に現場で用いられている事例は極めて少ないのが現状であり、その探索が行われたのも最近ではなく、少し以前の研究となってしまっている。現在のモレキュラーな技法を使って、SATR の探索や作出、その利用法の検討を行えば、新しい SATR や新規利用法が開発されることが大いに期待できる。SATR の起源や、植物側の遺伝子との相互作用、RNAi との関連についてもあまりよくわかっていない。当然、SATR も植物側の RNAi による分解に直面すると思われ、それに耐えられるものだけが残っていくと思われる。今後の SATR の研究の発展に大いに期待したい。

最近、世界中で多発して被害を拡大しているトスポウイルスについては、ウイルス RNA の一部が欠失した DI-RNA を含むトマト黄化えそウイルスの弱毒株のウイルス防除への利用の可能性が検討されている。トスポウイルスについては SATR の報告はないが、これからその作出や探索を行っていけば、その防除への利用の可能性はあると思われる。また、同様にエマージング植物ウイルスとなって、熱帯・亜熱帯・温帯地域のトマトに大きな被害を与え、今なお発生面積および被害植物種の拡

大を続けているジェミニウイルスは、遺伝子として DNA をもつ DNA ウイルスであるが、一部のウイルスではサテライト DNA の存在が既に知られており、その防除への利用は、今後の重要な検討課題である。

引用文献

- 1) CELIX, A. et al. (1997): Virology 239: 277 ~ 284.
- 2) COLLINS, R. F. et al. (1998): ibid. 241: 269 ~ 275.
- 3) FUCHS, M. et al. (1989): J. Gen. Virol. 70: 955 ~ 962.
- 4) GALLITELLI, D. and R. HULL (1985): ibid. 66: 1533 ~ 1543.
- 5) Hsu, Y. et al. (1998): MPMI 11: 1207 ~ 1213.
- 6) KAFER, J. M. et al. (1988): Biochem. and Biophys. Res. Commun. 154: 318 ~ 325.
- 7) MASUTA, C. et al. (1989): Plant Cell 1: 1165 ~ 1173.
- 8) MOSSOP, D. W. and R. I. B. FRANCKI (1978): Virology 86: 562 ~ 566.
- 9) NAIDU, R. A. et al. (1992): ibid. 189: 668 ~ 677.
- 10) PALUKAITIS, P. and M. J. ROOSSINCK (1996): Nature Biotechnology 14: 1264 ~ 1268.
- 11) PRZYBILSKI, R. et al. (2005): Plant Cell 17: 1877 ~ 1885.
- 12) RASOCHOVA, L. and W. A. MILLER (1996): MPMI 7: 646 ~ 650.
- 13) ROOSSINCK, M. J. et al. (1997): J. of Virology 71: 608 ~ 612.
- 14) RUBINO, L. et al. (1990): J. Gen. Virol. 71: 1655 ~ 1660.
- 15) SONG, S. I. and W. A. MILLER (1999): J. Mol. Biol. 293: 781 ~ 793.
- 16) 佐山春樹 (2003): 化学と生物 41: 454 ~ 459.

！発売中！

「農薬概説 (2008)」

監修 農林水産省消費・安全局 農産安全管理課, 植物防疫課

独立行政法人 農林水産消費安全技術センター

B5判 280頁 定価1,890円 (本体1,800円) 送料340円

農薬取扱者が知っておかなければならない農薬に関する法令とその解説, 基礎知識についての詳細を掲載。

第1章 作物保護と農薬

- 1 作物保護の目的
- 2 病害虫と雑草による被害
- 3 病害虫・雑草による農作物の経済的損失
- 4 作物保護における農薬の位置づけ

第2章 植物防疫行政

- 1 農業と植物防疫
- 2 植物防疫行政の組織体制
- 3 病害虫発生予察事業
- 4 防除事業
- 5 農林水産航空事業
- 6 植物検疫

第3章 農薬行政

- 1 農薬行政の歴史
- 2 農薬行政の概況
- 3 農薬の登録
- 4 農薬の果たす役割
- 5 指導者の認定等

第4章 関係法令 解説

- 1 農薬に関わる法体系
- 2 農薬取締法解説
- 3 関係法令と動向
 - (1) 毒薬及び劇物取締法
 - (2) 食品安全基本法
 - (3) 食品衛生法
 - (4) 環境基本法
 - (5) 水質汚濁防止法
 - (6) 水道法
 - (7) 消防法
 - (8) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律

第5章 農薬の一般知識

- 1 農薬の種類
- 2 農薬の特性
- 3 農薬の開発
- 4 農薬の生産と流通

第6章 施用技術

- 1 散布技術の基礎
- 2 施用 (散布) 方法

第7章 農薬のリスクと安全性評価

- 1 農薬のリスク
- 2 安全性評価
- 3 農薬リスクの実態

第8章 農薬の安全・適正使用

- 1 農薬使用者の責務
- 2 安全使用の基本事項
- 3 安全使用のための知識
- 4 使用上の諸注意
- 5 農薬散布時の飛散防止対策

第9章 病害虫・雑草とその防除

- 1 病害
- 2 害虫
- 3 雑草
- 4 植物の生育調節

資料

農薬取締法および関連する法令通知等