

Tomato mottle mosaic virus に関する
病害虫リスクアナリシス報告書

令和3年2月3日

農林水産省

横浜植物防疫所

目次

はじめに.....	1
I リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報（有害植物）.....	1
1. 学名及び分類.....	1
2. 地理的分布.....	2
3. 宿主植物及びその日本国内での分布.....	2
4. 感染部位及びその症状.....	2
5. 移動分散方法.....	3
6. 生態.....	3
7. 媒介性又は被媒介性.....	4
8. 被害の程度.....	4
9. 防除.....	4
10. 診断、検出及び同定.....	5
11. 日本における輸入検疫措置.....	5
12. 諸外国における輸入検疫措置.....	5
II 病害虫リスクアナリシスの結果.....	7
第1 開始（ステージ1）.....	7
1. 開始.....	7
2. 対象となる有害動植物.....	7
3. 対象となる経路.....	7
4. 対象となる地域.....	7
5. 開始の結論.....	7
第2 病害虫リスク評価（ステージ2）.....	8
1. 有害動植物の類別.....	8
2. 農業生産等への影響の評価.....	8
3. 入り込みの可能性の評価.....	11
4. ToMMV の病害虫リスク評価の結論.....	13
第3 病害虫リスク管理（ステージ3）.....	14
1. ToMMV に対するリスク管理措置の選択肢の検討.....	14
2. 経路ごとの ToMMV に対するリスク管理措置の選択肢の特定.....	16
3. ToMMV の病害虫リスク管理の結論.....	18
別紙1 <i>Tomato mottle mosaic virus</i> の発生国等の根拠.....	20
別紙2 <i>Tomato mottle mosaic virus</i> の宿主植物の根拠.....	21
別紙3 <i>Tomato mottle mosaic virus</i> の宿主植物に関連する経路の年間輸入検査量 （貨物、郵便物及び携帯品）.....	22
参考 種子の検定を実施する場合の粒数の考え方について.....	27
引用文献.....	29

はじめに

トマトに感染する *Tobamovirus* 属としては、古くから世界的に *Tomato mosaic virus* (ToMV : 日本既発生) が発生しているが、近年は、トマト等のナス科作物において ToMV 以外の *Tobamovirus* 属の新種の発見と短期間での各地への発生拡大が報告されている (久保田, 2016)。

Tomato mottle mosaic virus (ToMMV) は、2009 年にメキシコで初めて発見された *Tobamovirus* 属のウイルスであり、その後数年でアメリカ合衆国、中華人民共和国、イスラエル等に発生が拡大している。ToMMV は、トマトでは葉の壊死、モザイク等の症状を示し、品種によっては果実で壊死が見られ、収量が減少したとの報告がある (Sui *et al.*, 2017; Turina *et al.*, 2016)。

ToMMV 未発生国であるオーストラリアでは、2019 年 11 月 19 日から ToMMV に対する緊急措置として、発生国に対しトマト及びトウガラシ属の栽植用種子について PCR 検定を求めている (BICON, 2019; DA, 2019) ことから、諸外国においても ToMMV の侵入を懸念する動きが高まっている。

日本においては、ToMMV の宿主植物であるトマト、トウガラシ (ピーマンを含む。) 等は全国で栽培されていることから、ToMMV が侵入した場合、甚大な被害をもたらす可能性がある。なお、ToMMV は、現在、「まん延した場合に有用な植物に損害を与えるおそれがないことが確認されていない有害植物」に該当し、輸入検査で発見された場合、廃棄となる (農林省, 1950a; 農林省, 1950b; 農林水産省, 2011)。

このため、ToMMV のリスク評価を実施し、植物検疫上の位置づけを明らかにするとともに、適切なリスク管理措置を検討するため、病害虫リスクアナリシスを実施した。

I リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報 (有害植物)

1. 学名及び分類

(1) 学名 (ICTV, 2018)

Tomato mottle mosaic virus (ToMMV)

(2) 英名、和名等

情報なし。

(3) 分類 (ICTV, 2018)

種類 : ウイルス

科 : *Virgaviridae*

属 : *Tobamovirus*

(4) シノニム

情報なし。

(5) その他

ToMMV は、2009 年にメキシコの温室栽培のトマトから分離され、2013 年に初めて報告されたウイルスである (Li *et al.*, 2013)。アメリカ合衆国では、2010 年、2012 年及び 2014 年にフロリダ州で発見されており、メキシコ株との相同性は外皮タンパク質部分 (CP) のヌクレオチド配列で 99%、アミノ酸の配列においては 100% の相同性があった (Webster *et al.*, 2014)。

さらに、ToMV 以外の CP ヌクレオチド及びアミノ酸配列に基づく近縁種として、近年、海外のトマト生産現場で問題視されている *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) (日本未発生 : 日本植物病理学会, 2019) も知られている (DA, 2019; Sui *et al.*, 2017)。

2. 地理的分布

(1) 国又は地域（詳細は別紙1参照）

アジア：中華人民共和国

中東：イスラエル、イラン

欧州：スペイン、チェコ

北米：アメリカ合衆国

中南米：ブラジル、メキシコ

(2) 生物地理区

ToMMV は、旧北区、新北区、東洋区及び新熱帯区の4区に分布する。

3. 宿主植物及びその日本国内での分布

(1) 宿主植物（詳細は別紙2参照）

ナス科：トウガラシ (*Capsicum annuum*)、キダチトウガラシ (*C. frutescens*)、トマト (*Solanum lycopersicum* (= *Lycopersicon esculentum*))、ナス (*S. melongena*)

※ 接種試験により、*Nicotiana tabacum*、*Petunia × hybrida* 等の複数のナス科植物や、*Chenopodium quinoa* 等でも感染が確認されている。なお、RT-PCR 法で陽性となった植物でも、症状が現れるものもあれば、症状が現れない植物もあった (Sui *et al.*, 2017)。また、ほ場から採取されたナス生果実に ToMMV と *Tobacco mild green mosaic virus* (TMGMV：日本既発生) が複合感染していた報告があり、その感染率は20~40%であったが (Chai *et al.*, 2018)、現在のところ、ナスへの ToMMV の単独感染の報告はない。

ヒヨコマメ (*Cicer arietinum*) を宿主植物とする報告もあるが (DA, 2019; Pirovano *et al.*, 2015)、DA (2019) では根拠文献が示されていないこと、Pirovano (2015) では、シーケンスの結果、ヒヨコマメから ToMMV の配列が確認されたものの、十分な接種試験や感染したウイルス粒子の確認等が行われていなかったことから、今回は宿主植物とせず調査継続とした。

現在のところ、種子から ToMMV が検出されたとの報告があるのはトウガラシ及びトマトのみである (Lovelock *et al.*, 2020)。

(2) 日本国内における宿主植物の分布及び栽培状況

ToMMV の宿主植物であるトマト及びトウガラシ属は47都道府県で栽培されている。なお、国内におけるトマト栽培の時期は、一般的に、露地栽培の場合は3月は種、5月植付け、7~10月初旬収穫となり、施設栽培の場合は8月は種、10月植付け、12~6月収穫となる。

4. 感染部位及びその症状

感染部位は、葉、果実及び植物全体である。

トマトでは、葉に壊死、緑色の濃淡となるモザイク、モットル、奇形等の症状を示し、発病株には全身に萎ちよう等の症状が現れる (Li *et al.*, 2013; Webster *et al.*, 2014; Chitambar, 2015; Turina *et al.*, 2016; Ambros *et al.*, 2017)。トマトの品種によっては、果実にえそ斑を生じ、壊死が見られるものもあり、収量が減少したとする報告もある (Sui *et al.*, 2017; Turina *et al.*, 2016)。トウガラシでは、葉の斑点、萎縮、壊死等の症状が確認されている (Li *et al.*, 2014)。

5. 移動分散方法

(1) 自然分散

ToMMV の自然分散について詳細な報告は無い。ただし、*Tobamovirus* 属の他のウイルスの自然分散の方法としては、土壌伝搬（植物残さを含む。）^{※1}及び水媒伝搬^{※2}が知られている。

また、ToMMV に近縁の ToBRFV では、近接植物間の接触伝染及び昆虫伝搬（花粉の収集行為）^{※3}が知られている。

※1 イスラエルにおいて、ToBRFV の感染トマトを栽培していたほ場に作付けされたトウガラシが、ToBRFV が残っていた土壌によって感染した報告がある（Chitambar, 2018）。ToMV の場合、発病株の根から土壌へウイルスが溢出しており、栽培終了後も土壌中の感染した植物残さから溢出が続くとの報告がある（CABI, 2019b）。

※2 *Tobamovirus* 属は、施設栽培における循環水により分散するとの報告があることから、ToBRFV ではその可能性が示唆されている。ToMMV についても同様に、汚染された水による伝搬の可能性が示唆されている（Chitambar, 2015; Chitambar, 2018; Salem *et al.*, 2016）。

※3 イスラエルのトマト栽培において、セイヨウオオマルハナバチの振動しながら行う花粉収集行動により、傷つけた植物の部位から ToBRFV が機械的に伝搬すると考えられる旨の報告がある（Levitzky *et al.*, 2019; EPPO, 2019）。ただし、手作業による授粉又は噴霧等による授粉作業では、花粉伝搬するとの情報は得られていない。

(2) 人為分散

ToMMV の人為分散については、まだ具体的な報告がないものの、近縁の ToMV と同様に機械的伝搬（栽培作業、農業器具、作業者の手や衣類）、感染した苗、植物残さ、種子等を介した人為的な分散の可能性があると考えられる（Chitambar, 2015）。

イスラエルでは、ToMV 及び *Tobacco mosaic virus* (TMV : 日本既発生) の抗血清を用いた ELISA 法で陽性となったトマト種子から ToMMV が検出された（Turina *et al.*, 2016; 日本植物病理学会, 2019）。また、オーストラリアにおける輸入検査の結果、オランダからのトウガラシ属種子 1 件、スペインからのトウガラシ属種子 1 件及びアメリカ合衆国からのトマト種子 2 件で ToMMV が陽性となったことが報告されている（DA, 2019）。オーストラリア等の輸入事例からトマト及びトウガラシの種子伝染が示唆され、汚染種子を介した新天地への侵入リスクが懸念されている（Lovelock *et al.*, 2020）。

よって、現在のところ、ToMMV の宿主植物であることが明らかな植物のうち種子に感染することが明らかな植物種は、トウガラシ及びトマトである。

6. 生態

(1) 中間宿主及びその必要性
情報なし。

(2) 伝染環
情報なし。

ただし、*Tobamovirus* 属では接触伝染、水媒伝搬等の複数の感染経路が報告されている（Chitambar, 2015）ことから、ToMMV についても同様の経路が存在する可能性がある。

(3) 植物残さ中での生存

情報なし。

ただし、*Tobamovirus* 属の他のウイルスは何箇所も植物残さや土壌に残存する報告があり、ToMMV も同様の特徴を持つ可能性がある。

(4) 耐久生存態

情報なし。

7. 媒介性又は被媒介性

イスラエルにおいて、トマトの授粉に利用されているセイヨウオオマルハナバチの授粉行動により近縁の ToBRFV の伝搬が確認された報告がある (Levitzky *et al.*, 2019; EPPO, 2019) ことから、ToMMV においても同様にマルハナバチによって媒介される可能性がある。

8. 被害の程度

イスラエルの温室トマトでは、激しいモザイク症状等を示したトマトから ToMMV が検出されており、20%の減収が確認されている (Turina *et al.*, 2015)。

9. 防除

ToMMV に対する防除情報は得られなかったが、*Tobamovirus* 属の一般的な防除及び日本国内のトマト生産地で発生した ToMV の新系統に対する防除は下記(1)及び(2)のとおりであり、ToMMV に適用可能と考える。

(1) 耕種的防除

Tobamovirus 属の防除で重要なことは植物に感染させないことであるため、健全種子又は抵抗性品種を使用する。健全種子が入手できない場合は、次亜塩素酸ナトリウム溶液で、は種前に種子を消毒する。ただし、同溶液で処理した種子は発芽率が低下する可能性がある (Smith and Dombrovsky, 2019; Baker and Adkins, 2000)。なお、*Tobamovirus* 属の抵抗性品種の利用について、ToMMV の抵抗性品種の育成は確立していないが、トマトの ToMV 抵抗性品種3品種 (B : cocktail tomato、E : cluster tomato 及び I : mini San Marzano tomato) のうち、品種 E (cluster tomato) は ToMMV に抵抗性があるとの報告がある (Sui *et al.*, 2017)。

Tobamovirus 属は接触伝染し、わずかな発病でもその後の管理作業で容易にほ場全体にまん延する (津田, 2006)。このため、栽培で用いる資材及び器具を消毒し、定植やその他の管理作業で植物に損傷を与えないようにし (Smith and Dombrovsky, 2019; Baker and Adkins, 2000)、発病株に触れた手指は石鹸でよく洗う (高知県, 2012)。健全株への伝染を防ぐため、発病株を見つけたら直ちに抜き取り処分し、植物残さは残さない (栃木県, 2011; 高知県, 2012; 久保田, 2016)。

保有宿主植物 (reservoirs : ほ場周辺の植物が感染源となる。) となる雑草の除去及びトマト栽培での新しいマルハナバチの巣箱の使用は一次感染源を防ぐ (Smith and Dombrovsky, 2019; Levitzky *et al.*, 2019)。

発生ほ場では次作での再発を防ぐため、可能であれば1作はトマトを栽培しない (久保田, 2016)。湛水を行うとウイルスが不活化しにくくなるため、発病がみられた作期の終了後は湛水を控える (高知県, 2012)。

(2) 化学的防除

Tobamovirus 属には土壌伝搬を防ぐ目的で、臭化メチル剤による移植前の土壌くん蒸が有効であるが、同剤に代わるくん蒸剤は知られていない (津田, 2006; 竹内, 2000)。

日本国内では、*Tobamovirus* 属 5 種[※]に対する接触及び感染阻止剤として、シイタケ菌糸体抽出物(移植、摘芽、誘引等の作業時直前散布)が農薬登録されている(津田, 2006; FAMIC, 2019)。

※ ToMV、TMV、*Pepper mild mottle virus* (PMMoV : 日本既発生)、*Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV : 日本既発生) 及び *Odontoglossum ringspot virus* (ORSV : 日本既発生) (日本植物病理学会, 2019)。

10. 診断、検出及び同定

(1) 生物検定法

検定植物としてタバコ (*Nicotiana tabacum* (cv. White Burley)) が知られる (Turina *et al.*, 2016)。

(2) 抗原抗体反応による検定方法 (ELISA 法)

TMV 及び ToMV 検出用の市販の ELISA キット又は TMV 検出用の市販のイムノストリップを利用し、ToMMV の検出が可能であるが、日本既発生である TMV 及び ToMV と識別できない。このため、ToMMV を識別するためには種特異的プライマーを用いた RT-PCR 法又は属特異的ユニバーサルプライマーを用いた RT-PCR 法により得られた増幅産物のシーケンス解析により同定を行う必要がある。なお、ELISA 法による、検出感度は粗汁液 1,280 倍希釈液まで検出可能であった (Menzel *et al.*, 2019; Sui *et al.*, 2017)。

ToMMV のみを対象とした ELISA キットは販売されていない。

(3) 遺伝子診断法

ToMV との遺伝子配列の相同性は高い (Ambros *et al.*, 2017) ことから、TMV、ToMV 及び ToMMV の保存領域から設計したプライマーを用いて RT-PCR 法により得られた増副産物をシーケンス解析することで検出可能との報告がある (Sui *et al.*, 2017)。

トマト及びトウガラシの種子については、*Tobamovirus* 属 (TMV、ToMV、ToMMV、ToBRFV 及び PMMoV) を対象とした International Seed Federation (ISF) による検出プロトコルが存在する (ISF, 2019a; ISF, 2019b)。

また、マルチプレックス RT-PCR 法でトマトに感染する *Tobamovirus* 属 (ToMMV、TMV、ToMV、ToBRFV 及び Tomato mosaic Ohio virus (日本未発生)) から ToMMV、TMV、ToMV の 3 種を特異的に検出した報告がある。このことから、ToMMV を識別する特異的プライマーを用いた RT-PCR 法により検出可能である。*Pepino mosaic virus* (日本未発生)、*Tomato spotted wilt tospovirus* (日本未発生)、*Tomato chlorotic spot virus* (日本未発生)、*Tomato yellow leaf curl virus* (日本既発生)、CGMMV、PMMoV、*Potato spindle tuber viroid* (日本未発生) 及び ToBRFV との非特異的反応は認められず、検出感度はマルチプレックス RT-PCR 法で粗汁液 1,000 倍希釈まで検出可能であった (日本植物病理学会, 2019; Sui *et al.*, 2017)。

11. 日本における輸入検疫措置

輸入時に植物体に現れる ToMMV 等による症状の有無について目視検査を実施している。なお、ToMMV は「まん延した場合に有用な植物に損害を与えるおそれがないことが確認されていない有害植物」であり、輸入検査で発見された場合、廃棄となる (農林省, 1950a; 農林省, 1950b; 農林水産省, 2011)。

12. 諸外国における輸入検疫措置

(1) オーストラリア

2019 年 11 月 19 日からの緊急措置として、トマト及びトウガラシ属 (*Capsicum annuum*

species complex(=*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*) の栽植用種子について、ToMMV に対する PCR 検定の結果、ToMMV が検出されないことを要求している。詳細は以下のとおり (BICON, 2019; DA, 2019)。

- ・ 輸出前又は輸入時に ToMMV に対する PCR 検定を受ける必要がある。
- ・ 検定結果報告書又は／及び植物検疫証明書の追記には、オーストラリア連邦政府農業省 (Australian Government Department of Agriculture) によって承認されたプライマー及びプロトコルを用いて ToMMV 及び ToBRFV に対する検定が実施された旨を記載しなければならない。
- ・ サンプルサイズは通常ロットでは 20,000 粒 (小ロットの場合 20%)、サブサンプル 400 粒を 50 回検定する。
- ・ 現在承認されているプロトコルは、Levitzky *et al.* (2019) による RT-PCR 法である。当該プロトコルは、ToBRFV のために開発されたものであるが、同一のプライマー及びプロトコルで ToMMV が検出できることが検証済みである。陽性結果から得られた PCR 増副産物は、ToMMV の検出を確認するためにシーケンス解析することが必要であり、同定されたシーケンス解析結果は農業省に提出する。

Ⅱ 病害虫リスクアナリシスの結果

第1 開始（ステージ1）

1. 開始

Tomato mottle mosaic virus (ToMMV) に対するリスク評価を行い、植物検疫上の位置づけを明らかにするとともに、適切なリスク管理措置を検討するため、病害虫リスクアナリシスを実施する。

2. 対象となる有害動植物

ToMMV を対象とする。

3. 対象となる経路

リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報の「2. 地理的分布」に示す「国又は地域」からの「3. 宿主植物及び国内分布」に示す「宿主植物」であって、「4. 感染部位及びその症状」に示す「感染部位」を含む植物を対象とする。

4. 対象となる地域

日本全域を対象とする。

5. 開始の結論

ToMMV を開始点とし、その発生地域から輸入される植物を経路とした日本全域を対象とする病害虫リスクアナリシスを開始する。

第2 病害虫リスク評価（ステージ2）

1. 有害動植物の類別

ステージ1で特定された有害動植物について、国内における発生及び公的防除の有無、定着及びまん延の可能性並びに経済的影響を及ぼす可能性について調査し、検疫有害動植物の定義の要件を満たしているかどうかを検討する。なお、検疫有害動植物の要件を満たしていない場合は、それが判明した時点で評価を中止し病害虫のリスクは「無視できる」とする。

(1) 有害動植物の国内での発生の有無及び公的防除の有無等

Tomato mottle mosaic virus (ToMMV) は国内未発生である。

(2) 定着及びまん延の可能性の評価

ToMMV の宿主植物であるトマト及びトウガラシは47都道府県で栽培されていることから、定着及びまん延する可能性があるとは判断する。

(3) 経済的影響を及ぼす可能性

ToMMV は、イスラエルのトマトで20%減収したとの被害報告がある。現在、ToMMV は国内未発生であるが、もし、ToMMV が国内に入り込み、定着及びまん延した場合、経済的影響を及ぼす可能性がある。

(4) 評価にあたっての不確実性

特にない。

(5) 有害動植物の類別の結論

ToMMV は国内未発生であるが、宿主植物であるトマト及びトウガラシは国内で広く栽培されていることから、ToMMV が国内に入り込み、定着及びまん延する可能性がある。また、ToMMV は、イスラエルのトマトで20%減収したとの被害報告があることから、国内においても経済的影響を及ぼす可能性は否定できない。

したがって、植物検疫措置に関する国際基準（以下「国際基準」という。）No. 11「検疫有害動植物に関する病害虫リスクアナリシス」に規定された検疫有害動植物の要件を満たすことから、ToMMV に対するリスクアナリシスを実施するため、引き続き「2. 農業生産等への影響の評価」で評価を行う。

2. 農業生産等への影響の評価

(1) 定着の可能性

ア リスクアナリシスを実施する地域における潜在的検疫有害動植物の生存の可能性

(ア) 潜在的検疫有害動植物の生存の可能性

ToMMV の自然分散の方法としては、詳細な報告は無いものの、*Tobamovirus* 属では土壌伝染（植物残さを含む。）及び水媒伝搬が知られ、さらに近縁の ToBRFV では昆虫伝搬（花粉の収集行為）が知られていることから、ToMMV も類似の伝搬方式が想定される。よって、いったん侵入すれば、生活環を維持できると考える。

(イ) リスクアナリシスを実施する地域における中間宿主の利用可能性

中間宿主が必須との情報は得られていない。

(ウ) 潜在的検疫有害動植物の繁殖戦略

ToMMV は有害植物であるため、評価基準に基づき5点と評価した。

イ リスクアナリシスを実施する地域における寄主又は宿主植物の利用可能性及び環境の好適性

(ア) 寄主又は宿主植物の利用可能性及び環境の好適性

ToMMV の宿主植物であるトマト及びトウガラシは 47 都道府県で栽培されていることから、評価基準に基づき 5 点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の寄主又は宿主範囲の広さ

ToMMV が宿主とする植物の科は、ナス科のみが知られている。

(ウ) 有害動植物の侵入歴

ToMMV は旧北区、新北区、東洋区及び新熱帯区の 4 区に分布する。よって、評価基準に基づき 4 点と評価した。

ウ 定着の可能性の評価結果

評価した項目の平均から、定着の可能性の評価点は 5 点満点中の 4.7 点となった。

(2) まん延の可能性の評価

ア 自然分散（自然条件における潜在的検疫有害動植物の分散）

(ア) ベクター以外による伝搬

a 移動距離

ToMMV の自然分散について詳細な報告は無いが、*Tobamovirus* 属では、土壌伝染（植物残さを含む。）及び水媒伝搬が知られている。

また、近縁の ToBRFV では近接植物間の接触伝染が知られていることから、ToMMV も同様の分散様式をとる可能性が示唆される。よって、評価基準に基づき 1 点と評価した。

b 伝染環数

近縁の ToBRFV は、近接植物間の接触伝染が知られている。また、*Tobamovirus* 属の他のウイルスは、土壌伝染（植物残さを含む。）、種子伝染及び移植や管理作業による汁液伝染の複数の伝染経路が存在することから、ToMMV も同様に複数の伝染経路が存在する可能性が示唆されている。よって、評価基準に基づき 5 点と評価した。

(イ) ベクターによる伝搬

a ベクターの移動距離

近縁の ToBRFV 及び TMV は、花粉媒介昆虫として利用されていたセイヨウオオマルハナバチによる花粉収集行動により伝搬する旨の報告があることから、ToMMV も同様に伝搬する可能性がある。また、セイヨウオオマルハナバチは長距離飛翔が知られている。よって、評価基準に基づき 5 点と評価した。

b 伝搬様式

近縁の ToBRFV 及び TMV は、セイヨウオオマルハナバチが振動しながら行う花粉収集行動により、機械的に伝搬すると考えられている。セイヨウオオマルハナバチの ToMMV に関する伝搬様式の情報はないが、近縁の TMV の場合、感染植物から集められた花粉団子及び巣にウイルスが濃縮又は蓄積され、これらが宿主植物に感染する。よって、ToMMV も ToBRFV 及び TMV と同様の伝搬様式をとる可能性が示唆されている。よって、評価基準に基づき 2 点と評価した。

イ 人為分散

(ア) 農作物を介した分散

ToMMV の宿主植物であるトマト及びトウガラシは 47 都道府県で栽培されていることから、評価基準に基づき 5 点と評価した。

(イ) 非農作物を介した分散

近縁の ToBRFV では農作業用の道具や器具、作業員の手や衣服に付着した ToBRFV が機械的に伝搬することが知られていることから、ToMMV も同様の分散様式をとる可能性が示唆されている。よって、評価基準に基づき 5 点と評価した。

ウ 定着の可能性の評価結果

評価した項目の平均から、定着の可能性の評価点は 5 点満点中の 4.3 点となった。

(3) 経済的重要性の評価

ア 直接的影響

(ア) 影響を受ける農作物又は森林資源

ToMMV の宿主植物であるトマト、トウガラシ及びナスの農産物産出額は、3263.8 億円となる。よって、評価基準に基づき 4 点と評価した。

(イ) 生産への影響

ToMMV の宿主植物であるトマト、トウガラシ及びナスは、手順書の付録 2 に記載されており、ToMMV の発生国であるイスラエルのトマトで 20% 減収した被害報告がある。よって、評価基準に基づき 4 点と評価した。

(ウ) 防除の困難さ

ToMMV に対する公的防除の情報は得られなかった。

(エ) 直接的影響の評価結果

上記 2 項目の評価点の積は 16 点となり、評価基準に基づき直接的影響の評価点は 4 点となった。

イ 間接的影響

(ア) 農作物の政策上の重要性

ToMMV の宿主植物であるトマト、ナス及びピーマンは、「野菜生産出荷安定法施行令」で定める指定野菜に該当することから、評価基準に基づき 1 点と評価した。

(イ) 輸出への影響

オーストラリアは、2019 年 11 月 19 日からの緊急措置としてトマト及びトウガラシ (*Capsicum* spp.) の栽植用種子について、ToMMV に対する精密検定を要求しているが、輸入禁止等の措置までとられていない。

ウ 経済的重要性の評価結果

直接的影響の評価結果の得点と間接的影響の得点の和から、経済的重要性の評価点は 5 点となった。

(4) 評価における不確実性

ToMMV は、新しい種のため情報は限られている。自然分散及び人為分散については、*Tobamovirus* 属の他のウイルスの情報を参考に評価しているため、不確実性が高い。

(5) 農業生産等への影響評価の結論（病害虫固有のリスク）

3項目の評価点の積は99.2点となり、ToMMVの農業生産等への影響の評価を「高い」と結論付けた。

3. 入り込みの可能性の評価

項目	評価における判断の根拠等		
(1) 感染部位	植物全体、種子（トウガラシ及びトマト）		
(2) 国内に入り込む可能性のある経路	入り込む可能性のある経路は〔栽植用植物〕、〔栽植用種子〕、〔消費用生植物〕及び〔消費用乾燥植物類〕が考えられる。なお、花粉については、ToMMVが含まれる <i>Tobamovirus</i> 属の伝搬メカニズムにおいて、授粉により直接種子が感染する報告はないため、経路から除外した。		
	用途	部位	経路となる可能性
	ア 栽植用植物	植物全体	○
	イ 栽植用種子	種子	○
	ウ 消費用生植物	植物全体	○
エ 消費用乾燥植物類	植物全体	○	
(3) 宿主植物の輸入検査量	別紙3参照		

(4) 入り込みの可能性の評価

ア 栽植用植物

(ア) 輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

ウイルス等の有害植物に感染している栽植用植物は、当該有害植物が通常輸送中問題なく生き残りの可能性が高い。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

ウイルス等の有害植物は目視では確認できない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

(ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

栽植用植物は、直接栽培施設、ほ場等へ持ち込まれる。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

栽植用植物は、評価基準に基づき一律5点のため、5点と評価した。

(オ) 評価における不確実性

特になし。

栽植用植物の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は5であり、ToMMVの栽植用植物を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「高い」と結論付けた。

イ 栽植用種子（種子への感染が確認されているトウガラシ及びトマトのみ）

（ア）輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

原産地で ToMMV の生存率に影響を与える加工処理等は実施されていない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

（イ）潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

ウイルス等の有害植物は目視では確認できない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

（ウ）輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

栽植用種子は、直接栽培施設、ほ場等へ持ち込まれる。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

（エ）輸入品目からの自然分散の可能性

栽植用種子は、評価基準に基づき一律5点のため、5点と評価した。

（オ）評価における不確実性

トウガラシ及びトマト種子から ToMMV の検出事例があるものの、ToMMV の種子伝染については確かな報告はなく、*Tobamovirus* 属の他のウイルスが種子伝染をすることを参考に評価しているため、評価には不確実性を伴う。

栽植用種子の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は5であり、ToMMV の栽植用種子を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「高い」と結論付けた。

ウ 消費生植物

（ア）輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

原産地で ToMMV の生存率に影響を与える加工処理等は実施されていない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

（イ）潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

ウイルス等の有害植物は目視では確認できない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

（ウ）輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

ToMMV の宿主植物であるトマト及びトウガラシは47都道府県で栽培されている。よって、評価基準に基づき4点と評価した。

（エ）輸入品目からの自然分散の可能性

ToMMV に感染した宿主植物が輸入された場合、消費生植物は通常栽培地ではなく、消費地へ運ばれるため、ToMMV が消費生植物から自然分散する可能性は無視できる。よって、評価基準に基づき「評価中止」となる。

（オ）評価における不確実性

消費生植物のうち生果実を経路とした場合、果実に含まれる種子が本来の用途ではない栽培目的で使用される可能性があるため、評価には不確実性を伴う。

消費生植物の入り込みの可能性の評価の結論

ToMMV の消費生植物を経路とした場合の入り込みの可能性は、「無視できる」と結論付けた。

エ 消費乾燥植物類

(ア) 輸送中の生き残りの可能性 (加工処理に耐えて生き残る可能性)

原産地で ToMMV の生存率に影響を与える加工処理等は実施されていない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

ウイルス等の有害植物は目視では確認できない。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

(ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

ToMMV の宿主植物であるトマト及びトウガラシは47 都道府県で栽培されている。よって、評価基準に基づき4点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

ToMMV が消費乾燥植物類から自然分散する可能性は無視できる。よって、評価基準に基づき「評価中止」となる。

(オ) 評価における不確実性

消費乾燥植物類のうち、培養資材は直接栽培地に持ち込まれるため、評価には不確実性を伴う。

消費乾燥植物類の入り込みの可能性の評価の結論

ToMMV の消費乾燥植物類を経路とした場合の入り込みの可能性は、「無視できる」と結論付けた。

4. ToMMV の病害虫リスク評価の結論

ToMMV は検疫有害植物であり、栽植用植物及び栽植用種子を経路として入り込む可能性がある」と評価した。

農業生産等への影響の評価の結論 (病害虫固有のリスク)	入り込みのリスク		病害虫リスク評価の結論
	用途	入り込みの可能性の評価の結論	
高い	ア 栽植用植物	高い	高い
	イ 栽植用種子	高い	高い
	ウ 消費生植物	無視できる	無視できる
	エ 消費乾燥植物類	無視できる	無視できる

第3 病害虫リスク管理（ステージ3）

病害虫リスク評価の結果、*Tomato mottle mosaic virus* (ToMMV) はリスク管理措置が必要な検疫有害植物であると判断されたことから、ステージ3において、発生国からの宿主植物の輸入に伴う ToMMV の入り込みのリスクを低減するための適切な管理措置について検討する。

1. ToMMV に対するリスク管理措置の選択肢の検討

選択肢	方法	有効性及び実行可能性の検討	実施主体 (時期)	有効性	実行 可能性
①病害虫無発生 の地域、 生産地又は 生産用地の 設定及び維持	国際基準 No. 4 又は No. 10 の 規定に基づき 設定及び維持 する。	〔有効性〕 ●国際基準に基づき輸出国植 物防疫機関が設定、管理及 び維持する病害虫無発生 の地域、生産地又は生産用地 であって、ToMMV の感染が ないことを確認した種子を 利用すること及びベクター の管理ができれば、有効で ある。 〔実行可能性〕 ●輸出国において適切に管理 (ベクターの管理を含む) されることが必要である が、実行可能と考えられる。	輸出国 (輸出前)	○	○
②システムズ アプローチ	複数の管理措 置を組み合わ せる。	有効性及び実行可能性につ いては、具体的に提案される 管理措置の内容を検討する必 要がある。	輸出国 (輸出前)	—	—
③栽培地検査	栽培期間中に 生育場所にお いて植物の症 状等を観察す る。	〔有効性〕 ●ToMMV の宿主植物である トマト及びトウガラシは、 栽培期間中に症状を現すた め、有効である。 ●しかし、症状を現す場合 でも、他の病原体等による症 状及び複合感染を区別でき ない場合がある。また、品 種及び環境により発症に長 期間を要する場合は、潜伏 状態のものを見逃すおそれ がある。 〔実行可能性〕	輸出国 (栽培中)	▽	○

		<ul style="list-style-type: none"> ●輸出国においてベクターの適切な防除が実施されるとともに、適切な検査が行われる必要があるが、実行可能と考えられる。 			
④精密検定	血清学的診断法、遺伝子診断法等を実施する。	<p>[有効性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ELISA 法及びイムノストリップ法により、植物体及び種子から検出可能であるが、ToMMV、TMV 及び ToMV の識別はできない。 ●Tobamovirus 属のユニバーサルプライマーを用いた RT-PCR 法により得られた増副産物をシーケンス解析又は ToMMV に特異的なプライマーにより検出が可能である。 <p>[実行可能性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●輸出入国において検定施設を有するとともに、ELISA キット、イムノストリップキット、特異的なプライマー及びポジティブコントロールが必要であるが、実行可能と考えられる。 	<p>輸出国 (輸出前)</p> <p>輸入国 (輸入時)</p>	○	○
⑤検査証明書への追記	輸出国での目視検査の結果、ToMMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。	<p>[有効性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●輸出検査時に症状を明瞭に現す場合は有効である。 ●潜在感染している場合があり、見逃すおそれがあるため、効果は限定的である。 ●種子は症状が報告されていないため、有効でない。 <p>[実行可能性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●輸出国において適切な検査が行われる必要があるが、実行可能と考えられる。 	輸出国 (輸出時)	▽ (栽植用種子×)	○
⑥輸出入検査 (目視検査)	植物の症状等を確認する。	<p>[有効性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●輸出入検査時に症状を明瞭に現す場合は有効である。 ●潜在感染している場合があ 	輸出国 (輸出時)	▽ (栽植用種子)	○

		<p>り、見逃すおそれがあるため、効果は限定的である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●種子は症状が報告されていないため、有効でない。 <p>[実行可能性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●輸出国及び輸入国において通常実施されている検査であり、実行可能である。 	<p>輸入国 (輸入時)</p>	<p>×)</p> <p>▽ (栽植用種子 ×)</p>	<p>○</p>
⑦隔離栽培中の検査	<p>輸入後、国内の施設等において一定期間栽培し、生物検定や精密検定を実施する。</p>	<p>[有効性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●症状発現まで時間を要する場合でも、栽培施設で適切に管理することにより検査が可能である。 ●症状が現れない場合でも、隔離期間中に特異的な抗原抗体反応による検定やプライマーを用いた精密検定により検出が可能である。 ●しかし、ToMMV の自然分散の方法は知られていないが、Tobamovirus 属の他のウイルスは、土壌伝染及び水媒伝搬が知られており、ほ場内にまん延する可能性があるため、有効ではない。 <p>[実行可能性]</p> <ul style="list-style-type: none"> ●多年生植物は、隔離栽培中の検査が実行可能である。 	<p>輸入国 (輸入時)</p>	<p>×</p>	<p>○</p>

- 有効性 ○：効果が高い
▽：限定条件下で効果がある
×：効果なし
－：検討しない
- 実行可能性 ○：実行可能
▽：限定条件下で実行可能
×：実行困難
－：検討しない

2. 経路ごとの ToMMV に対するリスク管理措置の選択肢の検討

(1) 栽植用植物

ア 検討結果

病害虫無発生の地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）は、ToMMV の入り込みのリスクに対して有効な管理措置である。しかしながら、ベクターであるセイヨウオオ

マルハナバチに対する管理が必要である。また、病害虫無発生地域等の設定及び維持は、宿主植物の栽培環境、病害虫管理等を含む各種要因に影響を受けるため、個別案件ごとに具体的な内容を輸出国植物防疫機関が示し、日本がその許諾を判断する必要がある。

精密検定（選択肢④）は、疑似症状を示した葉を中心に抽出した葉について ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法により ToMMV を検出できるため、輸出前又は輸入時の精密検定は有効であり、実行可能であると考えられる。また、ToMMV は ELISA 法又はイムノストリップ法により検出可能であるが、日本既発生である TMV 及び ToMV と識別できないため、ToMMV を識別するためには種特異的プライマーを用いた RT-PCR 法又は属特異的ユニバーサルプライマーを用いた RT-PCR 法により得られた増幅産物のシーケンス解析により同定を行う必要がある。なお、ToMMV を対象とした ELISA キットは販売されていない。

イ リスク管理措置の特定

栽植用植物に対する管理措置として、ToMMV の入り込みの可能性を低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下を特定した。なお、以下のいずれかの管理措置を実施する必要がある。

- 輸出国（輸出前）において、荷口全体（同一の荷口単位）の植物を対象に輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 6 項 2 号の規定に基づく検査量相当について、目視検査及び ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。
- 輸入国（輸入時）において、輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 6 項 2 号の規定に基づく検査量について、目視検査及び ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認する。

輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 6 項 2 号

検査荷口の大きさ		検査する数量
1,000 本未満		30%以上
1,000 本以上	1,841 本未満	300 本以上
1,841 本以上	4,601 本未満	400 本以上
4,601 本以上	9,201 本未満	500 本以上
9,201 本以上	24,001 本未満	600 本以上
24,001 本以上		800 本以上

(2) 栽植用種子

ア 検討結果

病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）は、ToMMV の入り込みのリスクに対して有効な管理措置である。しかしながら、ベクターであるセイヨウオオマルハナバチに対する管理が必要である。また、病害虫無発生地域等における宿主植物の栽培環境、病害虫管理等を含む各種要因に影響を受けるためすべての地域等で一律の状況ではなく、個別案件ごとに具体的な内容を輸出国植物防疫機関が示し、日本がその許諾を判断する必要がある。

精密検定（選択肢④）は、採種用親植物又は当該植物から採種された種子について ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法により ToMMV を検出できるため、輸出前又は輸

入時の精密検定は有効であり、実行可能であると考え。また、ToMMV は ELISA 法又は免疫ストリップ法により検出可能であるが、日本既発生である TMV 及び ToMV と識別できないため、ToMMV を識別するためには種特異的プライマーを用いた RT-PCR 法又は属特異的ユニバーサルプライマーを用いた RT-PCR 法により得られた増幅産物のシーケンス解析により同定を行う必要がある。なお、ToMMV を対象とした ELISA キットは販売されていない。

イ リスク管理措置の特定

栽植用種子に対する管理措置として、ToMMV の入り込みの可能性を低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下の選択肢を特定した。なお、以下のいずれかを実施する必要がある。

- 輸出国（輸出前）において、採種用親植物又は種子について ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。
- 輸入国（輸入時）において、種子について ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認する。

なお、種子の検定を行う場合は、国際種子検査協会（ISTA）が定める国際種子検査規程（International Rules for Seed Testing）の抽出方法（ISTA, 2019）に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に抽出した規定の種子数について検定を行う。規定の種子数については、ToMMV に関し、検定粒数や感染種子率に係る情報を記載した文献はないことから、現時点では、99%の検出確率で 0.1%の感染種子を検出可能なサンプルサイズとして、通常ロットの場合（同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒以上）は、ロット当たり一律 4,600 粒（検定実施においてはサブサンプル 400 粒以下）となる。なお、小ロットの場合（同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒未満）は、その種子数の 10%（検定実施におけるサブサンプルは 400 粒以下）とする（種子検定に係る詳細は参考参照）。

3. ToMMV の病害虫リスク管理の結論

経路ごとにリスク管理措置の選択肢を検討した結果、ToMMV の入り込みのリスクを低減させる効果があり、かつ必要以上に貿易制限的でないと判断した各経路の管理措置を以下にとりまとめた。

経路	対象植物	リスク管理措置
栽植用植物（種子及び果実を除く。）	ナス科：トウガラシ（ <i>Capsicum annuum</i> ）、キダチトウガラシ（ <i>C. frutescens</i> ）、トマト（ <i>Solanum lycopersicum</i> （= <i>Lycopersicon esculentum</i> ））、ナス（ <i>S. melongena</i> ）	以下のいずれかの管理措置を実施。 ○ 輸出国（輸出前）において、目視検査及び ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。 ○ 輸入国（輸入時）において、目視検査及び ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染

		していないことを確認する。
栽植用種子	ナス科：トウガラシ (<i>Capsicum annuum</i>)、トマト (<i>Solanum lycopersicum = Lycopersicon esculentum</i>)	<p>以下のいずれかの管理措置を実施。</p> <p>○ 輸出国（輸出前）において、採種用親植物又は種子について ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。</p> <p>○ 輸入国（輸入時）において、種子について ToMMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法による検定を行い、ToMMV に感染していないことを確認する。</p> <p>※ 検定は、ISTA が定める国際種子検査規程の抽出方法に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に抽出した規定の種子数について行うこと。通常ロットの場合（同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒以上）は、ロット当たり一律 4,600 粒について、最大 400 粒ずつ検定を行い、小ロットの場合（同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒未満）は、その種子数の 10% を規定数とし、最大 400 粒ずつ検定を行う。</p>

なお、輸出国から、上記に示す管理措置以外の提案があった場合は、その内容を検討し、上記に示す管理措置と同等のものであるかを判断する必要がある。

Tomato mottle mosaic virus の発生国等の根拠

国又は地域	ステータス	根拠文献	備考
アジア			
中華人民共和国	発生	Li <i>et al.</i> , 2014; CABI, 2019a	
中東			
イスラエル	発生	Turina <i>et al.</i> , 2016; CABI, 2019a	
イラン	発生	Padmanabhan <i>et al.</i> , 2015; Turina <i>et al.</i> , 2016	
欧州			
スペイン	発生	Ambros <i>et al.</i> , 2017	
チェコ	発生	EPPO, 2020	
北米			
アメリカ合衆国			
カリフォルニア州	発生	Sui <i>et al.</i> , 2017	
サウスカロライナ州	発生	Sui <i>et al.</i> , 2017	
ニューヨーク州	発生	Padmanabhan <i>et al.</i> , 2015; CABI, 2019a	
フロリダ州	発生	Webster <i>et al.</i> , 2014; CABI, 2019a	
中南米			
ブラジル	発生	Nagai <i>et al.</i> , 2018	
メキシコ	発生	Li <i>et al.</i> , 2013; CABI, 2019a	

Tomato mottle mosaic virus の宿主植物の根拠

学名	科名	属名	和名	英名	根拠文献	備考
<i>Capsicum annuum</i>	ナス科	トウガラシ属	トウガラシ	chilli, chili pepper	Lovelock <i>et al.</i> , 2020	
<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>	ナス科	トウガラシ属	ピーマン	bell pepper	Li <i>et al.</i> , 2014	
<i>Capsicum frutescens</i>	ナス科	トウガラシ属	キダチトウガラシ		Li <i>et al.</i> , 2014	
<i>Solanum lycopersicum</i> (= <i>Lycopersicon esculentum</i>)	ナス科	ナス属	トマト	tomato	Li <i>et al.</i> , 2013; Nagai <i>et al.</i> , 2018	
<i>Solanum melongena</i>	ナス科	ナス属	ナス	eggplant	Chai <i>et al.</i> , 2018	

※以下の植物については、宿主植物としての根拠が不明のため、継続調査とする。

学名	科名	属名	和名	英名	根拠文献	備考
<i>Cicer arietinum</i>	マメ科	ヒヨコマメ属	ヒヨコマメ	chick pea	DA, 2019; Pirovano <i>et al.</i> , 2015	

**Tomato mottle mosaic virus の宿主植物に関連する経路の年間輸入検査量
(貨物、郵便物及び携帯品)**

(1) 栽植用植物

単位 (数量) : 本

植物名	生産国	対象国	2017		2018		2019	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
Capsicum annuum var. grossum (PIMENTO)(ピーマン)	韓国	×	33	156,525	27	132,405	27	133,665
Capsicum annuum var. grossum (SISITO)(シトウ)	韓国	×	3	4,620	1	420		
Capsicum annuum(トウガラシ (地上部))	インドネシア	×					1	4
Capsicum annuum(トウガラシ)	ベトナム	×			1	3		
	韓国	×	6	1,783	8	26,075	5	65
Solanum lycopersicum(トマト (地上部))	フィリピン	×	1	120	4	2,270	12	17,820
	ベトナム	×			1	200	3	16,420
Solanum lycopersicum(トマト)	韓国	×	114	781,134	107	725,899	106	675,091
	台湾	×	4	1,303	2	2,176	2	2,584
Solanum melongena(ナス)	韓国	×	66	984,060	62	738,560	68	844,055

(2) 栽植用種子

単位 (数量) : kg

植物名	生産国	対象国	2017		2018		2019	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
Capsicum annuum var. grossum (PIMENTO)(ピーマン)	イスラエル	○					1	1
	インド	×					1	1
	インドネシア	×	1	1				
	オランダ	×	3	3				
	ジャマイカ	×					1	1
	スイス	×			1	1	1	1
	スペイン	○					7	7

	スロバキア	×					3	3
	チリ	×			2	2	12	17
	バングラデシュ	×			1	1		
	フィンランド	×	1	1				
	ベトナム	×	6	85	1	18		
	ペルー	×	3	3	4	4		
	韓国	×					7	7
	台湾	×	6	6	7	7	5	5
	中国	○	1	1	3	18	2	7
	日本	×					1	15
	米国	○					4	4
Capsicum annuum var. grossum (SISITO)(シトウ)	スリランカ	×					1	1
	台湾	×			1	18		
Capsicum annuum var. longum(パプリカ)	アイルランド	×			1	1		
	スペイン	○	1	1			1	1
	ハンガリー	×	1	1				
	ブラジル	○			2	2		
	韓国	×			1	1		
	台湾	×					4	4
Capsicum annuum(トウガラシ コーティング種子)	イスラエル	○					1	1
	インド	×			1	1	1	1
	チリ	×	1	1				
	ペルー	×					1	1
	モロッコ	×					1	1
	韓国	×			2	2		
Capsicum annuum(トウガラシ)	アイルランド	×	1	1	2	2	2	2
	イスラエル	○	2	2	5	5	2	2
	イタリア	×	1	1				
	インド	×	22	370	19	398	22	171
	インドネシア	×	16	40	4	4	2	2
	オランダ	×	41	41	41	41	42	42
	ガーナ	×			1	1		
	カザフスタン	×			1	1		
	カンボジア	×	2	2	2	2	14	14
	キプロス	×			1	1		
	グアテマラ	×	1	1	2	2	10	10
	グアム	×			1	1		
	ケニア	×					1	1
	コンゴ共和国	×					1	1
	ジャマイカ	×			1	1	2	2
	スイス	×	2	2	2	2	3	3

	スペイン	○	46	46	31	31	13	13
	スリランカ	×	8	9	11	14	9	19
	スロバキア	×					3	3
	セルビア	×			1	1		
	タイ	×	27	1,343	14	945	11	484
	チリ	×	15	15	37	37	41	41
	デンマーク	×	33	34	36	37	23	26
	トリニダード・トバゴ	×	1	1				
	トルコ	×	1	1				
	ネパール	×			2	2	2	2
	ハワイ	×			1	1	2	2
	ハンガリー	×	3	3	3	3	5	5
	ハンクワदेश	×	2	2	5	8	3	3
	フィリピン	×	2	2	9	9	5	5
	ブラジル	○	20	39	22	72	19	19
	ブルガリア	×	2	2	13	13		
	ベトナム	×	97	247	150	273	80	160
	ペルー	×	20	22	52	73	51	51
	ポルトガル	×	2	2	1	1		
	マレーシア	×	1	1	1	1		
	ミャンマー	×	9	9	1	1	16	16
	メキシコ	○	13	13	11	11	6	6
	モロッコ	×			1	1	3	3
	ヨルダン	×					1	1
	ラオス	×					1	1
	英国	×	4	4			2	2
	韓国	×	30	39	42	43	89	94
	香港	×			1	1		
	台湾	×	19	46	34	42	63	84
	中国	○	32	526	54	2763	48	570
	日本	×					1	1
	米国	○	111	113	51	56	11	112
Capsicum frutescens(キタチトウガラシ)	イタリア	×	1	1			7	7
	インド	×					1	1
	カンボジア	×			1	1	1	1
	タイ	×	4	4	3	3	5	5
	ブラジル	○	3	3			1	1
	ベトナム	×					2	2
	ポルトガル	×			2	2		
	マレーシア	×					1	1
	ミャンマー	×					17	17
	英国	×	1	1			1	1
	中国	○	1	1			1	1

	米国	○	2	2	1	1	1	1
Solanum lycopersicum(トマトコーティング種子)	イスラエル	○			1	1		
	オランダ	×					1	1
	タイ	×	2	2				
Solanum lycopersicum(トマト)	イスラエル	○	43	50	49	54	63	63
	イタリア	×	6	6	25	25		
	インド	×	46	747	113	947	229	609
	ウズベキスタン	×			1	1		
	オランダ	×	147	147	203	261	85	85
	ガーナ	×			1	1		
	カンボジア	×			2	2		
	キルギス	×					9	9
	グアテマラ	×	16	16	19	26	16	16
	ケニア	×	13	13	22	24	36	51
	ジャマイカ	×					1	1
	シンガポール	×	1	1	12	12	1	1
	スイス	×	6	6				
	スペイン	○	4	4	6	6	29	29
	スロバキア	×					4	4
	セルビア	×			4	4		
	ソロモン	×			1	1		
	タイ	×	716	2,040	459	2,140	433	1,898
	タンザニア	×	1	1	3	3	10	17
	チリ	×	92	228	33	161	15	15
	トルコ	×	6	6	14	14		
	ニューカレドニア	×			1	1		
	パキスタン	×			1	1		
	ハワイ	×					1	1
	バングラデシュ	×			1	1		
	フィリピン	×	1	1	1	1	5	5
	ブラジル	○	164	647	64	353	64	263
	フランス	×	17	17	102	103	102	103
	ベトナム	×	167	267	105	161	330	543
	ペルー	×	36	67	23	36	53	56
	ポリビア	×			1	1		
	ポルトガル	×	2	2	1	1		
マレーシア	×					5	5	
ミャンマー	×					3	3	
メキシコ	○	32	32	40	44	33	33	
モルドバ	×	1	1	2	2	1	1	
モロッコ	×	49	49	61	61	98	98	
ラオス	×	5	52					
英国	×	3	3			2	2	
韓国	×	11	11	31	41	36	39	

	香港	×	1	1	1	1		
	台湾	×	180	180	137	137	73	84
	中国	○	45	279	38	339	669	958
	日本	×	6	6			8	8
	米国	○	5	5	8	8	10	10
Solanum melongena(ナス)	アイルランド ^o	×			1	1	1	1
	イスラエル	○	1	1				
	イタリア	×	13	13	8	8	7	7
	インド ^o	×	8	34	19	164	14	30
	インドネシア	×	1	1	3	3	2	2
	ウクライナ	×					2	2
	ウズベキスタン	×			1	1		
	オーストラリア	×	1	1	2	2	1	1
	オランダ ^o	×	6	6	12	12	7	7
	カナダ ^o	×					1	1
	カンボジア	×	2	2	2	2	1	1
	クロアチア	×			2	2		
	ジンバブエ	×			1	1		
	スペイン	○			5	5	3	3
	スリランカ	×	1	1	7	7		
	タイ	×	99	1,728	108	1,335	87	678
	チェコ	○			1	1		
	ドイツ	×	2	2	1	1	1	1
	トルコ	×	1	1			2	2
	ニュージール ランド ^o	×	1	1			1	1
	ハンガリー	×			3	3		
	フィリピン	×	2	2	2	2	1	1
	ブラジル	○	2	2			5	9
	フランス	×	3	3	3	3		
	ベトナム	×	41	55	39	73	41	59
	ペルー	×	1	1	6	6	6	6
	マルタ	×	2	2				
	マレーシア	×					2	2
	ミャンマー	×	3	3	3	3		
	メキシコ	○					2	2
	ラオス	×					4	4
	英国	×	5	5	7	7	4	4
台湾	×	12	21	9	9	29	39	
中国	○	55	356	60	247	85	572	
日本	×	6	6					
米国	○	20	20	9	9	17	17	

種子の検定を実施する場合の粒数の考え方について

1 検査用主試料の抽出方法（1次抽出）

ISTA が定める国際種子検査規程の抽出方法（ISTA Rules 2019 Chapter 2: Sampling）（ISTA, 2019）に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に検査用の主試料を抽出し、その中から、以下の検定用試料として規定の数量を抽出する。

2 検定用試料の抽出方法（2次抽出）

検定用試料については、ISTA の抽出方法に準拠した方法で、国際基準 No. 31 「Methodologies for sampling of consignments」（FAO, 2016）を根拠とした、以下のポアソン分布に基づく抽出量の計算式（山村, 2011）に基づいた抽出理論による検定数量について抽出する（小ロットについては下記（2）参照。）。

$$n = -\frac{\log_e(1-\beta)}{p}$$

n : 抽出量

β : 検出確率（信頼度）

p : 限界不良植物率（不良率の上限）

本式では、病害虫の付いた植物を不良植物とし、不良植物率が p 以上の荷口が国内へ入ってくるリスクを、 n 個検査することにより、 $1-\beta$ 以下に制御する。

（1）通常ロットの種子検定対象の2次抽出量(n)の基本的な考え方

個々の病原体の具体的な種子検定粒数の根拠とできる技術的情報がない場合は、国際種子連盟（International Seed Federation（ISF））（ISF, 2019c）等の検定プロトコル等の国内外の検定方法の諸情報等を総合的に考慮し、種子検定のための2次抽出量(n)は、ウイルス・ウイロイドについては、限界不良植物率（＝ロットにおいて検出しようとする最低感染種子率）(p)の暫定値として0.001（＝0.1%＝荷口1000粒/ロット中、感染種子1粒）、検出確率(β)は99%を採用し、上記ポアソン分布の式を用いて4,606粒/ロット要することとする。

なお、検出確率99%は、オーストラリアも採用している（Australian Government, 2017）。

	検出確率 (β)	限界不良植物率 (p) (暫定値)	2次抽出量(n)→検定用の 主試料/ロット当たり
ウイルス・ ウイロイド	99%	0.001	約4,600粒

<Tomato mottle mosaic virus (ToMMV) についての検定用抽出量の検討詳細>

ToMMV の検定粒数や種子感染率(p)に係る情報を記載した文献はないことから、現時点では、上記で算出した検定粒数の約4,600粒/ロットは妥当と考える。

よって、ToMMV の場合の検定のための数量は、下記（2）で示す同一の荷口当た

りの種子数が少ない場合（小ロット）以外は、その同一の荷口当たりの種子数に関わりなく一律に約 4,600 粒／ロットとする。

(2) 小ロットの種子検定対象の抽出量の基本的な考え方

小ロット（同一の荷口当たりの種子数が少量の場合。例えば、規定の検定数量を確保する場合は困難な場合）の 2 次抽出量については、次の考え方に基づくこととする。

なお、小ロットの範囲とは、上記（1）で計算した 2 次抽出量の値が、検出対象の同一の荷口当たりの種子の数量（検査荷口の大きさ（母集団））の 10%となるまでの値の範囲とする。

限界不良植物率 (p) (暫定値)	小ロットの範囲
ウイルス・ウイロイド (0.001)	約 46,000 粒未満

よって、ToMMV の宿主植物の種子については、小ロットの場合、ロット当たりの数量が約 46,000 粒未満の場合、10%抽出することとする。

引用文献

- Ambros, S., F. Martinez, P. Ivars, C. Hernandez, F. de la Iglesia and S. F. Elena (2017) Molecular and biological characterization of an isolate of *Tomato mottle mosaic virus* (ToMMV) infecting tomato and other experimental hosts in eastern Spain. *European journal of plant pathology* 149: 261-268.
- Australian Government (2017) Final pest risk analysis for *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV). (online), available from <<https://www.agriculture.gov.au/biosecurity/risk-analysis/plant/cucumber-green-mottle-mosaic-virus/final-report>>, (Last accessed 2019-12-27).
- Baker, C. and S. Adkins (2000) Peppers, Tomatoes, and Tobamoviruses. *Plant Pathology Circular 400*. Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Gainesville.
- BICON (2019) Alerts, Emergency measures: Tomato mottle mosaic virus, Australian Biosecurity Import Conditions. (online), available from <<https://bicon.agriculture.gov.au/BiconWeb4.0/ViewElement/Element/Alert?elementPk=1163223>>, (accessed 2019-12-27).
- CABI (2019a) *Tomato mottle mosaic virus*. *Crop protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/>>, (Last modified 2019-11-19).
- CABI (2019b) *Tomato mosaic virus*. *Crop protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/>>, (Last modified 2019-11-20).
- Chai, A. L., L. D. Chen, B. J. Li, X. W. Xie and Y. X. Shi (2018) First Report of a Mixed Infection of *Tomato mottle mosaic virus* and *Tobacco mild green mosaic virus* on Eggplants in China. *Plant Disease* 102: 2668.
- Chitambar, J. (2015) California pest rating for Tomato Mottle Mosaic Virus (ToMMV). (online), available from <<https://blogs.cdфа.ca.gov/Section3162/?tag=tomato-mottle-mosaic-virus>>, (Last updated 2015-10-12).
- Chitambar, J. (2018) California pest rating for *Tomato brown rugose fruit virus*. (online), available from <<https://blogs.cdфа.ca.gov/Section3162/?p=5843>>, (Last updated 2018-11-7).
- DA (2019) Emergency measures for tomato and capsicum seed: *Tomato mottle mosaic virus* (ToMMV) Questions and Answers, Australian Government Department of Agriculture. (online), available from <<https://www.agriculture.gov.au/import/goods/plant-products/seeds-for-sowing/emergency-measures-tommmv-qa#what-are-the-details-of-the-department-approved-pcr-testing-protocols>>, (accessed 2019-12-27).
- EPPO (2019) EPPO Alert List – *Tomato brown rugose fruit virus* (Tobamovirus - ToBRFV), (online), available from <https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_viruses/tomato_brown_rugose_fruit_virus>.
- EPPO (2020) First report of tomato mottle mosaic virus in the Czech Republic. EPPO Reporting Service no.11-2020 (2020/252).
- FAMIC (2019) 農薬登録情報提供システム. (online), available from <https://www.acis.famic.go.jp/index_kensaku.htm>, (Last accessed, 2019-12-26).
- FAO (2016) ISPM 31 Methodologies for sampling of consignments. (online), available from <https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/01/ISPM_31_2008_En_2015-12-22_PostCPM10_InkAmReformatted.pdf>, (Accessed 2019-12-27).
- ICTV (2018) *Tomato mottle mosaic virus*. International Committee on Taxonomy. (online), available from <<https://talk.ictvonline.org/>>, (Last accessed 2019-12-25).
- ISF (2019a) Detection of Infectious Tobamoviruses in Tomato Seed. International Seed Federation. (online), available from <https://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2019/09/Tomato-Tobamo_2019.07.pdf>, (Last updated 2019-9-2).

- ISF (2019b) Detection of Infectious Tobamoviruses in Pepper Seed. International Seed Federation. (online), available from <https://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2019/09/Pepper-Tobamo_2019.09.pdf>, (Last updated 2019-9-3).
- ISF (2019c) ISHI-Veg Protocols. (online), available from <<http://www.worldseed.org/our-work/phytosanitary-matters/seed-health/ishi-veg-protocols/>>, (Last accessed 2019-12-27).
- ISTA (2019) ISTA Rules 2019 Chapter 2: Sampling. (online), available from <<https://www.seedtest.org/upload/cms/user/Rules2019Chapter2.pdf>>, (Accessed 2019-12-27).
- 高知県 (2012) トマト モザイク病 (TMV、ToMV) . 高知県農業振興部こうち農業ネット. (online), available from <<http://www.nogyo.tosa.pref.kochi.lg.jp/info/dtl.php?ID=3270>>.
- 久保田健嗣 (2016) 抵抗性打破能を有するトマトモザイクウイルスの近年の発生. 植物防疫, 70: 797-800.
- Levitzky, N., E. Smith, O. Lachman, N. Luria, Y. Mizrahi, H. Bakelman, N. Sela, O. Laskar, E. Milrot, A. Dombravsky. (2019) The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of *Tomato brown rugose fruit virus* contributing to disease spread in tomatoes. PLoS ONE 14(1): e0210871. (online), available from <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210871>>.
- Li, R., S. Gao, Z. Fei and K. S. Ling (2013) Complete genome sequence of a new tobamovirus naturally infecting tomatoes in Mexico. Genome Announc 1: e00794-13.
- Li, Y. Y., C. L. Wang, D. Xiang, R. H. Li, Y. Liu and F. Li (2014) First report of *Tomato mottle mosaic virus* infection of pepper in China. Plant Disease 98: 1447-1447.
- Lovelock, D. A., W. M. Kinoti, C. Bottcher, O. Wildman, D. Dall, B. C. Rodoni and F. E. Constable (2020) *Tomato mottle mosaic virus* intercepted by Australian biosecurity in *Capsicum annuum* seed. Australasian Plant Disease Notes 15: 8.
- Menzel, W., D. Knierim, S. Winter, J. Hamacher M. Heupel (2019) First report of tomato brown rugose fruit virus infecting tomato in Germany. New Disease Reports 39(1): 2044-0588.
- Nagai, A., L. M. Duarte, A. L. Chaves, M. A. Alexandre, P. L. Ramos-González, C. Chabi-Jesu., R. Garakava and dos Santos, D. Y. (2018) First Complete Genome Sequence of an Isolate of *Tomato Mottle Mosaic Virus* Infecting Plants of *Solanum lycopersicum* in South America. Genome Announc 6: e00427-18.
- 日本植物病理学会 (2019) 日本に発生する植物ウイルス・ウイロイド. (online), available from <https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku-viroid_2019.pdf?0802>, (accessed 2019-12-27).
- 農林省 (1950a) 植物防疫法 (昭和 25 年法律第 151 号) .
- 農林省 (1950b) 植物防疫法施行規則 (昭和 25 年農林省令第 73 号) .
- 農林省 (1950c) 輸入植物検疫規程 (昭和 25 年農林省告示第 206 号) .
- 農林水産省 (2011) 植物防疫法施行規則別表一の第一の二の項及び第二の二の項の規定に基づき、農林水産大臣が指定する有害動物及び有害植物を指定する件(平成 23 年農林水産省告示第 542 号).
- Padmanabhan, C., Y. Zheng, R. Li., G. B. Martin, Z. Fei and K. S. Ling (2015) Complete Genome Sequence of a Tomato-infecting *Tomato mottle mosaic virus* in New York. Genome Announc 3: e01523-15.
- Pirovano, W., L. Miozzi, M. Boetzer and V. Pantaleo (2015) Bioinformatics approaches for viral metagenomics in plants using short RNAs: model case of study and application to a *Cicer arietinum* population. Frontiers in microbiology 5: 790.
- Salem, N., A. Mansour, M. Ciuffo, B. W. Falk, and M. Turina (2016) A new *tobamovirus* infecting tomato crops in Jordan. Archives of Virology 161: 503-506.

- Smith, E. and A. Dombrovsky (2019) Aspects in *Tobamovirus* Management in Intensive Agriculture. *In: Plant Pathology and Management of Plant Diseases*. IntechOpen. (online), available from <<https://www.intechopen.com/online-first/aspects-in-tobamovirus-management-in-intensive-agriculture>>, (Last accessed, 2019-12-25).
- Sui, X., Y. Zheng, R. Li, C. Padmanabhan, T. Tian, D. Groth-Helms, A. P. Keinath, Z. Fei, Z. Wu and K. S. Ling (2017) Molecular and Biological Characterization of *Tomato mottle mosaic virus* and Development of RT-PCR Detection. *Plant Disease* 101: 704-711.
- 竹内繁治 (2000) Capsicum 属植物におけるトバモウイルス病の発生生態とその防除に関する研究. 高知県農業技術センター特別研究報告 3: 1-52.
- 栃木県 (2011) ToMV 新系統によるトマトの病害について. 平成 23 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号. 栃木県農業環境指導センター.
- 津田新哉 (2006) 土壌伝染性ウイルス病対策技術開発への取り組み. 野菜茶業研究集報 3: 29-34.
- Turina, M., B. P. J. Geraats and M. Ciuffo (2016) First report of *Tomato mottle mosaic virus* in tomato crops in Israel. *New Dis Rep* 33: 2044-0588.
- Webster, C. G., E. N. Roskopf, L. Lucas, H. C. Mellinger and S. Adkins (2014) First report of tomato mottle mosaic virus infecting tomato in the United States. *Plant health progress* 15: 151-152.
- 山村光司 (2011) 農学と統計学. 計量生物学. 32, Special Issue: S 19–S 34. (online), available from <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjb/32/Special_Issue/32_Special_Issue_S19/_pdf-char/ja>, (accessed 2019-12-27).