

日本農学アカデミー・(公財) 農学会共同主催
公開シンポジウム

ウイルスとたたかう農畜水産

とき：2020年11月7日(土) 13:00～17:15

後援：東京大学大学院農学生命科学研究科

ワールドウォッチジャパン

プログラム

総合司会 日本農学アカデミー副会長 佐々木昭博

13:00～13:05 開会挨拶 日本農学アカデミー会長 大政謙次

13:05～13:45 〈基調講演〉 新型ウイルスは動物からヒトに感染する —農学への影響—

東京大学生産技術研究所特任教授 甲斐知恵子

13:45～14:25 〈家畜・家禽〉 家畜・家禽におけるウイルス病

農研機構動物衛生研究部門ウイルス疫学研究領域長 真瀬昌司

———— 休憩 15分 ————

14:40～15:10 〈水産〉 水産養殖におけるウイルス病とのたたかい

東京海洋大学海洋生物資源学部門教授 佐野元彦

15:10～15:40 〈昆虫〉 昆虫ウイルスの制御と利用

東京大学大学院農学生命科学研究科准教授 勝間 進

15:40～16:10 〈植物〉 植物ウイルスを知れば利用してみたいくなる！

—知られていない植物ウイルスの世界—

北海道大学農学部教授 増田 税

———— 休憩 10分 ————

16:20～17:10 総合討論 司会 日本農学アカデミー副会長 鳥居邦夫

17:10～17:15 閉会挨拶 公益財団法人農学会会長 古谷 研

講演要旨

講演内容や要旨に関して、記事等で公表する場合は、必ず事前に
日本農学アカデミー事務局にご相談の上、許可を得てください。

☎ 03-5410-0242 ✉ jssf2@ab.auone-net.jp

新型コロナウイルスは動物からヒトに感染する —農学への影響—

氏名： 甲斐知恵子（かい ちえこ）

現職： 東京大学生産技術研究所特任教授

職歴： 1983年 東京大学医科学研究所助手

1985年 スウェーデンカロリンスカ研究所客員研究員

1990年 東京大学農学生命科学研究科助教授

1999年 東京大学医科学研究所教授

2000年 東京大学医科学研究所附属実験動物研究施設長併任

2001年 東京大学医科学研究所奄美病害動物研究施設長併任

2002年 東京大学医科学研究所ヒト疾患研究センター長併任

2002年 東京大学医科学研究所副所長併任

2005年 東京大学医科学研究所感染症国際研究センター教授併任

2019年 東京大学医科学定年退職

2019年 東京大学名誉教授

研究分野： ウイルス学

【講演要旨】

新型コロナウイルス感染症が世界的な大流行を引き起こし、10月末時点で既に累計感染者数は4500万人、死亡者数は118万人を超えたが、未だに収束への道筋がみえていない。このような人間社会に新たに現れて国際的にも問題となった感染症をエマージング感染症（新興感染症）と呼ぶ。エマージング感染症は、20世紀後半以降次々と出現しており、出現場所も遠いアフリカや南米の奥地のみではなく、世界各地で起こっている。エマージングウイルス感染症はそのほとんどが動物由来であり、もともと野生動物の体内で共生していたものが人間社会に入り込んだものである。なぜ野生動物のウイルスがヒトに移って流行したのだろうか。その大きな要因は、人類の文明の急速な発展である。人口の急激な増加が起こり、それに伴う開墾や都市化のために地球環境を破壊して野生動物の生態系を変えてきた。そうして出会うことのなかった野生動物とヒトとが出会い、未知のウイルスがヒトに感染したのである。また、ヒトの移動手段や物流の格段の発達によって、ウイルスがあつという間に世界に広がる環境を整えてしまったこともパンデミックを起こす大きな要因になっている。

エマージング感染症はヒトと野生動物との間の問題ばかりではない。ブタインフルエンザやトリインフルエンザは家畜やトリおよびヒトで感染しあう間に遺伝子変異を起こし、幸いなことに未だ新型コロナウイルスの大流行とまではなっていないものの、ヒトへの感染は起こしている。このように畜産動物もこの輪に巻き込まれる。実は、家畜を介して出現し、実際にヒトに大きな影響を及ぼしたエマージング感染症の事例もある。1998年、日本に近いマレーシアでブタの激し

い呼吸器症状を起こす伝染病が蔓延し、養豚業者に感染して 105 人が死亡し、致死率 40%を示した未知の感染症が出現した。原因としてそれまで未知だった新たなウイルスが同定され、ニパウイルスと命名された。まさにエマージングウイルス感染症の出現であった。ブタでの致死率は低かったが、マレーシア政府はその地域の半数以上のブタを屠殺するという手段をとり、その結果としてこの感染症流行の制圧に成功した。しかし、その経済的損失はブタの屠殺等の直接的被害だけでも 500 億円以上に上り、国家経済の回復に 6 年を要した。すなわち、農業にも国家経済にも大被害を及ぼす結果となった。人類はヒトへの致死性感染症の流行を最も恐れるのである。マレーシアではその流行制圧後、再出現は起こっていないが、アジアの他の地域でこの流行は毎年のように起きている。その現在の致死率は 70~90%と高く、ヒトからヒトへの感染伝播も起こっており、エボラウイルス感染症に匹敵する危険性を示している。このウイルスを通常持っている自然宿主はフルーツや花の蜜のみを食するオオコウモリと同定された。オオコウモリは世界に広く生息し、いずれの地域のオオコウモリもニパ様ウイルスを保有することもわかってきた。このような重要なウイルス感染症に対して、根本から対処するための基礎的研究や防御法の開発研究の必要性が高まった。本シンポジウムでは、ウイルスとは何かから、エマージングウイルスとは何かについてニパウイルス感染症を中心に概説し、このような感染症に対する最先端研究と国際的な取り組みを紹介する。

家畜・家禽におけるウイルス病

氏名： 真瀬昌司（ませ まさじ）

現職： 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
動物衛生研究部門ウイルス・疫学研究領域 領域長

職歴： 1990年 農林水産省家畜衛生試験場研究員

2001年 動物衛生研究所主任研究員（家畜衛生試験場が独法化）

2016年 農研機構・動物衛生研究部門ウイルス・疫学研究領域疾病防除基盤ユニット長

2018年 現職

研究分野： 家畜衛生学（ウイルス学）

備考： 2003年 後藤養鶏学術奨励賞受賞

2007年 日本獣医学会賞受賞

【講演要旨】

家畜・家禽におけるウイルス病

「家畜伝染病予防法」では、家畜の伝染性疾病のうち、その病性、発生状況、予防・治療法の有無、畜産情勢等を勘案し、発生による蔓延を防止するため、殺処分等の強力な措置を講ずる必要があるものを家畜伝染病（法定伝染病）として28疾病が指定されている（図1）。その中には2010年に宮崎県で流行した口蹄疫、未だに収まらない豚熱や渡り鳥が関与する鳥インフルエンザといった重要感染症などが含まれる。

それ以外にも同法では、家畜伝染病（法定伝染病）のように強力な措置を講ずる必要はないものの、家畜伝染病（法定伝染病）との類症鑑別上問題となりやすい疾病や行政機関が早期に疾病の発生を把握し、その被害を防止することが必要な家畜伝染病（法定伝染病）に準じる重要な伝染性疾病を届出伝染病として71疾病が指定されている（図2）。

このように数多くのウイルス病が家畜・家禽には存在し、その発生によって畜産業に経済的損失をもたらす。

家畜伝染病		
01 牛疫	11 結核病	21 ASF（アフリカ豚熱）
02 牛肺疫	12 ヨーネ病	22 豚水泡病
03 口蹄疫	13 ビロプラズマ病	23 家きんコレラ
04 流行性脳炎	14 アナプラズマ病	24 高病原性鳥インフルエンザ
05 狂犬病	15 伝達性海綿状脳症	25 低病原性鳥インフルエンザ
06 水泡性口炎	16 鼻疽	26 ニューカッスル病
07 リフトバレー熱	17 馬伝染性貧血	27 家きんサルモネラ感染症
08 炭疽	18 アフリカ馬疫	28 腐蛆病
09 出血性敗血症	19 小反芻獣疫	
10 プルセラ病	20 CSF（豚熱）	

図1 わが国における家畜伝染病（法定）

届出伝染病		
01 ブルータンク	26 馬鼻肺炎	51 豚丹毒
02 アカバネ病	27 馬モルビリウイルス肺炎	52 豚赤痢
03 悪性カタル熱	28 馬痘	53 鳥インフルエンザ
04 チュウガン病	29 野兔病	54 低病原性ニューカッスル病
05 ランビースキン病	30 馬伝染性子宮炎	55 鶏痘
06 牛ウイルス性下痢・粘膜病	31 馬バラチフス	56 マレック病
07 牛伝染性鼻気管炎	32 仮性皮疽	57 伝染性気管支炎
08 牛白血病	33 伝染性膿疱性皮膚炎	58 伝染性喉頭気管炎
09 アイノウイルス感染症	34 ナイロビ羊病	59 伝染性ファブリキウス嚢病
10 イバラキ病	35 羊痘	60 鶏白血病
11 牛丘疹性口炎	36 マエディ・ビスナ	61 鶏結核病
12 牛流行熱	37 伝染性無乳症	62 鶏マイコプラズマ病
13 類鼻疽	38 流行性羊流産	63 ロイコトゾーン病
14 破傷風	39 トキソプラズマ病	64 あひる肝炎
15 気腫疽	40 疥癬	65 あひるウイルス性腸炎
16 レプトスピラ症	41 山羊痘	66 兎ウイルス性出血病
17 サルモネラ症	42 山羊関節炎・脳脊髄炎	67 兎粘液腫
18 牛カンピロバクター症	43 山羊伝染性胸膜肺炎	68 バロア病
19 トリパノソーマ病	44 オーエスキー病	69 チョーク病
20 トリコモナス病	45 伝染性胃腸炎	70 アカリダニ症
21 ネオスポラ症	46 豚エンテロウイルス性脳脊髄炎	71 ノゼマ病
22 牛バエ幼虫症	47 豚繁殖・呼吸障害症候群	
23 ニパウイルス感染症	48 豚水泡疹	
24 馬インフルエンザ	49 豚流行性下痢	
25 馬ウイルス性動脈炎	50 萎縮性鼻炎	

図2 わが国における届出伝染病

研究開発の動向

わが国の畜産生産性を向上させるためにはこのような家畜・家禽のウイルス病に対する迅速かつ高精度な検査技術や有効な予防法の確立が重要となる。

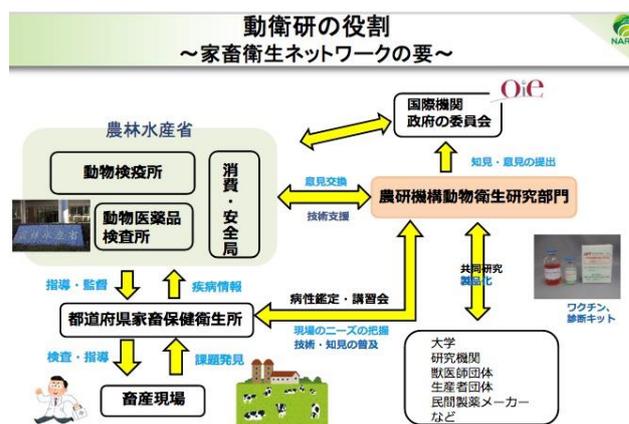
鳥インフルエンザの原因となる A 型インフルエンザウイルスは家畜衛生及び公衆衛生の観点からも重要な病原体であり、これまで赤血球凝集素 (HA) が 18 亜型、ノイラミニダーゼ (NA) が 9 亜型知られている。H5 及び H7 亜型のウイルスは、2003 年以降世界各地の家禽で高病原性鳥インフルエンザを引き起こし、世界的な食料の安定供給に影響を及ぼしている。前述した家畜伝染病予防法では H5 及び H7 亜型のウイルスは、家禽への症状の有無に関係なく、摘発淘汰の対象としており、家禽から分離されるウイルスの亜型を正確かつ迅速に決定することは家畜防疫上非常に重要となっている。そこで次世代シーケンサーを活用した迅速な正確かつ迅速に型・亜型の同定や、遺伝子分節別塩基配列ファイルの作成を自動的に行えるソフトウェア (インフルエンザウイルスゲノム自動解析ソフトウェア「FluGAS」) が開発された。本ソフトにより次世代シーケンサーによって解読された検体の塩基配列情報からインフルエンザウイルスの各遺伝子分節の塩基配列を自動的に抽出して A/B 型別を行い、A 型については HA 遺伝子、NA 遺伝子の亜型同定が自動的に行うことが可能となっている。

また、重要な家畜伝染病の一つである口蹄疫も、我が国の周辺国では流行が続いている。感染力が非常に強く、速やかな初動対応が必要であること、互いにワクチンの効かない 7 種類の血清型があり、ワクチンの準備等のために早期の血清型別が重要となっている。そこで簡易・迅速かつ高感度に口蹄疫ウイルス全 7 血清型の検出および血清型別を行うためのイムノクロマトキットを開発しその実用化にも成功している。

今後の展望

農研機構・動物衛生研究部門は以上のような診断技術の向上以外にもわが国の家畜衛生のネットワークの要として、各種家畜伝染病の診断を行い、このように開発した技術等を普及するために各種講習会や研修を通じて技術の普及に努めている。

また、最新技術を用いた有効遺伝子組み換えワクチンの研究開発も行い、カイコを使った牛乳頭腫に対するワクチン候補株の作成にも成功している。この技術を他のウイルス感染症にも応用し、有効なワクチン開発につながる研究も実施している。



水産養殖におけるウイルス病とのたたかい

氏名： 佐野元彦（さの もとひこ）

現職： 東京海洋大学海洋生物資源学部門教授

職歴： 1990年 明治製菓株式会社薬品総合研究所研究員

1995年 水産庁西海区水産研究所研究員

(同石垣支所主任研究員→水産総合研究センター養殖研究所ウイルス研究室長

→魚病診断研修センター長→同本部研究開発官→同養殖研究所魚病診断研修センター長

→同病害防除部長→同中央水産研究所遺伝子解析センター長)

2013年 現職

研究分野：水族病理学

【講演要旨】

金魚すくいを取ってきたキンギョを家の水槽に入れたら、もともといたキンギョも含めてみんな死んでしまった、といった経験はないだろうか？ 今日、そんな話を中心に養殖における感染症、特にウイルス病とのたたかいの一部をお話したい。

スーパーでなじみのブリやマダイのほかにも、クロマグロ、ハタ、ヒラメ、ニジマス、ウナギ、アユ、コイ（食用ゴイ・ニシキゴイ）などの魚類やクルマエビ、ホタテガイ、カキ類、ノリなど非常に多くの種類が養殖されている。このような養殖では、図のような網生簀や池などの限られた空間の中に多くの個体を収容する関係で、一旦感染症が発生すると、群全体に簡単に拡がり、大きな被害を与える。

養殖魚介類それぞれに、ウイルス、細菌、真菌や寄生虫による感染症が多く知られている。細菌病では抗生物質などの水産用医薬品で治療可能なものもあるが、ウイルス病に対する薬はない。治療できるといっても、薬はそれなりに高価で、また、消費者から薬を使っていない食品が求められてもいる。そこで、感染症は出さない、予防が肝心ということになる。それには、①「魚を健康に保つ」、②「魚自身を強くする」、③「そもそも病原体を持ち込まない」といったことがポイントになる。

①「魚を健康に保つ」という点では、適切な飼育環境（水槽の大きさ・飼育密度・水質・水温など）や栄養など飼育の基本が大切である。

②「魚自身を強くする」では、ワクチンの利用と病気に強い魚を作る育種が挙げられる。いくつかの細菌病・ウイルス病に対してワクチンが販売されている。これらは病原体をホルマリンなどで殺してある不活化ワクチンで、投与方法によって、魚を漬ける、餌に混ぜる、注射するものに分けられる。日本で実用化されたワクチンの多くは、注射投与のものである。現在、養殖ブリのほぼすべてがワクチンを接種され、これによってかつてに比べ被害が激減している。注射投与はコストもかかり、小さな魚にはできない。医学・獣医学で多く使われる（弱毒）生ワクチンは、水産用にはまだないが、小さな魚に投与可能で、ウイルス病に対して強い免疫を付与できるため、今後開発していく必要がある。また、体表や鰓などの粘膜を通じたワクチンの投与方法の研究も進められている。育種は近年研究が進み、ヒラメのウイルス病に抵抗性を示す系統が実用化されており、さらに他の感染症においても研究が進んできている。

③「そもそも病原体を持ち込まない」という点について、少し詳しく紹介したい。病原体を侵

入させない対象エリアは、国であったり、県、地域・流域・海域であったり、一つの養殖場あるいは場内のふ化施設、家のキンギョの水槽であったりする。人為的な病原体の持ち込みの中で一番危険なのは、魚の輸入や導入である。一旦病気の魚が入ってしまえば、拡がることは容易に想像できる。そこで、輸出あるいは出荷元で検査を行い、陰性の群だけ受け入れることが行われる。サケ科魚の受精卵は移動可能で、卵表面の消毒が行われる。日本においても過去に多くの病原体が持ち込まれた。日本にも持ち込まれたクルマエビのウイルス病は、いまでは世界中のエビ生産地に拡がってしまい、東南アジアでは被害の大きな在来種のブラックタイガーからアメリカ大陸原産のバナメイエビに切り替えるなど、地域経済や我々の食生活にも大きな影響を与えている。日本では、外国から新しい感染症が侵入しないよう、また、万一侵入した場合、国内で感染拡大しないよう法律が定められている。これらの法律で指定されたコイのウイルス病（コイヘルペスウイルス病）が日本に侵入し、2003年に霞ヶ浦の養殖食用ゴイが大量に死亡した。さらに、原因が特定される前に多くの感染魚がすでに日本中に販売されてしまったため、翌年には、多くの流域・養殖場などでコイが死亡し、特に琵琶湖ではコイ資源の約70%が死亡したと推測されている。養殖場から排泄されたウイルスで河川湖沼の天然コイにも感染が拡がったことは大変な驚きであった。法律に従って、病魚を処分するというやり方を中心に対策していき、現在では発生数は少なくなっている。しかし、輸出用のニシキゴイでは、輸入国から非感染の検査証明が求められるため、日ごろの飼育管理やウイルス検査など業者は対応が非常に大変である。こういった病気を国内に侵入させないことが大切で、2016年には農水省により対象の病気を増やすなど水産生物の輸入防疫が強化された。

今後も海外の感染症が日本に入らないように努力しながら、すでにある感染症とのたたかいに勝てるよう研究開発を進め、養殖業を振興させていくことが必要である。養殖業が安定した魅力ある産業として次世代に引き継がれていくことを願っている。



図 養殖施設：海水養殖用網生簀（左：マダイ）、淡水養殖池（右：ニジマス）

昆虫ウイルスの制御と利用

氏名： 勝間 進 (かつま すすむ)

現職： 東京大学大学院農学生命科学研究科准教授

職歴： 1997年 日本新薬株式会社研究員

2003年 東京大学大学院農学生命科学研究科リサーチフェロー

2003年 京都大学化学研究所特任助手

2005年 東京大学大学院農学生命科学研究科助教授

(2007年に准教授に職名変更)

研究分野： 昆虫遺伝学・昆虫病理学・昆虫利用学

備考： 2011年 第10回日本農学進歩賞

2014年 日本蚕糸学会進歩賞(奨励賞)

2017年 第13回日本学術振興会賞

2018年 日本蚕糸学会賞

【講演要旨】

昆虫に感染するウイルス

地球上の動物種の7割以上は昆虫であり、地球はしばしば昆虫の星と言われる。当然ながら昆虫にも私たちと同様に、様々なウイルスが存在する。バキュロウイルスは昆虫病原細菌である *Bacillus thuringiensis* (BT菌) と並び昆虫病理学の主役である。このウイルスの一番の特徴は、ウイルスであるにもかかわらず、光学顕微鏡で観察できることである(図1左)。これは、このウイルスが感染細胞内で数百のウイルス粒子を包み込む多角体と呼ばれる巨大なタンパク質の結晶を作り出すからである(図1右)。この結晶は非常に安定で、自然環境下では数十年間ウイルス粒子の感染力を保持することができる。バキュロウイルスに感染した昆虫は、感染末期になると行動が活発になり、寄主植物の上方に移動する(図2)。これは、100年以上前から知られている「*Wipfelkrankheit* (梢頭病)」と呼ばれる現象であり、ウイルスが宿主を寄主植物の上方に移動させ、そこで致死させることにより、自身の伝播範囲を広げる利己的な行動制御であると考えられている。さらに、宿主の死後、ウイルスは自身が作り出すタンパク質によって、速やかに死体を崩壊させ、子孫ウイルスを効率よく飛散させることも知られている(図2)。

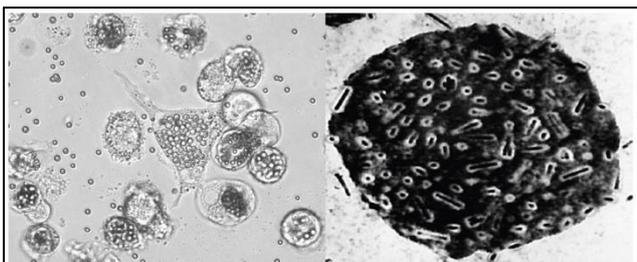
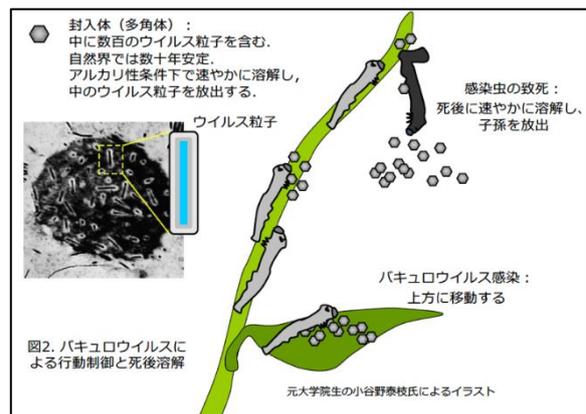


図1. 培養細胞の核内に形成された多角体(左)と多角体の電子顕微鏡写真(右)。多角体の一部は細胞から放出されている。多角体の中には数百のウイルス粒子が包埋されている。



昆虫ウイルスの制御

昆虫ウイルスに関する研究の側面の一つとして、カイコやミツバチなど人間にとって有用な家畜昆虫をウイルスから護ることが挙げられる。私の主な研究材料であるカイコには、昔から核多角体病、細胞質多角体病、伝染性軟化病、および濃核病と呼ばれる4種類のウイルス病が知られている。時代によって流行するウイルスは異なるが、全て致死性のウイルスであり、養蚕農家を苦しめてきた。核多角体病の原因であるバキュロウイルスは現在でも世界中で問題となっている昆虫ウイルスであるが、強い抵抗性を持つカイコの品種は発見されていない。このため、養蚕業が盛んなインドや中国では、RNA干渉やCRISPR/Cas9など利用してバキュロウイルスの複製を抑制するような遺伝子組換えカイコの開発を行い、実用的なレベルでウイルス抵抗性を付与することに成功している。一方、濃核病ウイルスについては、カイコに完全抵抗性系統が存在することが知られている。実際、抵抗性の責任遺伝子がポジショナルクローニングによって単離されているが、それらはウイルスが中腸の細胞に侵入する際の受容体ではないかと考えられている。

昆虫ウイルスの利用

昆虫ウイルスは、1970年代から害虫を防除する微生物農薬として利用されてきた。現在、化学農薬に比して出荷額はかなり低いですが、今後、環境負荷が低い持続性のある農薬として見直される可能性がある。ウイルス農薬の欠点として即効性がない点が挙げられるが、1980年代後半から遺伝子組換えバキュロウイルスのフィールド試験が行われ、サソリ毒等の節足動物由来毒を発現する組換えウイルスが即効性が付与されていることが示された。しかし、ウイルスに導入した外来遺伝子の他生物への伝播等を考慮し、ウイルス農薬として市販されてこなかったが、近年、中国では農薬認可され、実際に使用されている。

バキュロウイルスに感染した宿主昆虫の細胞では、全タンパク質の半分以上がウイルス由来のたった一種類のタンパク質で占められてしまう。その性質を利用し、ウイルスタンパク質の代わりに作らせたいタンパク質の遺伝子をウイルスに導入した「バキュロウイルスベクター」の開発が行われた。この画期的なアイデアは、1980年代半ばに米国のマックス・サマーズ博士と鳥取大学の前田進博士によって実現した。開発当初は、ネコやイヌ用の獣医薬の製造に使われていたが、安全性が認められた近年では、インフルエンザウイルスやパピロマーウイルスなどの私たち人間の病原体に対するワクチンの開発に広く用いられるようになった。今年には新型コロナウイルスが蔓延し、全世界が生活様式を変えざるを得ない状況になっている。最も期待されているのが新型コロナウイルスに対するワクチンであり、その生産にもバキュロウイルスが大きく関わっている。

植物ウイルスを知れば利用してみたくなる！

氏名： 増田 税（ますた ちから）

現職： 北海道大学大学院農学研究院教授

職歴： 1981年 日本専売公社（現日本たばこ産業株式会社）入社

1996年 北海道大学農学部助教授

2000年 北海道大学農学部教授

専門分野：植物ウイルス学

備考： 2014年 日本植物病理学会賞受賞

【講演要旨】

植物ウイルスの粒子には動物ウイルスのような派手さや複雑さがなく、ほとんどが単純な棒状（ひも状）か球状である。ゲノム構造も極めてコンパクトで、ウイルス核酸には最小限の遺伝子のみ搭載している。演者は、この点、植物ウイルスがより原始的だとは考えておらず、植物に適応するために余計なものを捨てた究極の進化と捉えている。インフルエンザウイルスやコロナウイルスが世の中を騒がせている反面、植物ウイルスの存在には誰も気づくことはない。実は、我々が毎日食べる食料の中に植物ウイルスは常に潜んでいる。農業上、ウイルス病が大きな被害を出す場合もあるので、植物ウイルスは研究機関では診断と防除の対象であり、悪者として扱われる。しかし、「植物ウイルスは植物と共生しようとしており、そういうウイルスは植物にとっても迷惑な存在ではない」という事実を知ったら皆さんはどう思われるか。この講演では、「弱毒ウイルス」について紹介し、これに感染した植物とそれを食する人間は、多くのメリットを享受しているという「知られざる真実」をお話しする。

そもそも弱毒ウイルスは、いわゆる「弱いウイルス」ではなく、病気をほとんど出さずに植物に感染するもので、感染植物体中で相当量増殖する。干渉効果という人間のワクチンによる免疫誘導のような現象によって、強毒ウイルスの感染を防ぐ目的で農業上実際に利用されている。これをわざわざ苗に「植物ワクチン」として接種して野菜を生産するケースもあり、例えば、買って来たトマトやピーマンに含まれていることも珍しくない。また、このようなウイルス病防除の目的で実用化されなくても、「病気をほとんど出さずに感染する」という観点で弱毒ウイルスの概念を拡大解釈するならば、数え切れない植物（例えば、ニンニク、アスパラガス、ブドウ……）に弱毒ウイルスが存在している。

弱毒ウイルスが病気を出さないといえども植物体内で増殖する以上は、植物に何かデメリットがあるだろうと普通は想像する。しかし、現実には植物が耐冷性などのストレス耐性を獲得することも多く、さらには植物に含まれる栄養素や機能性成分の向上がしばしば観察される。つまり、その植物を食べる人間にもメリットがある。例えば、弱毒ウイルスに感染したトマトはビタミンC含量が2倍になる。ナガイモにいる弱毒ウイルスは、ねばねば成分をあげて「とろろ」をおいしくしてくれる。では、弱毒ウイルスはなぜ弱毒なのか。実は、弱毒ウイルスではRNA

サイレンシングサプレッサー（RSS）が壊れているのだ。植物のウイルス抵抗性の主役である RNA サイレncing に対抗するために、多くのウイルスは RSS を生産する。しかし弱毒ウイルスは、欠陥 RSS を持つために感染植物で強い病気をださないまま増殖する生き残り戦略を見つけ出したのだ。

演者は、植物ウイルスの抗ウイルス剤を開発しようとして、RSS に目をつけた。RSS に結合する化合物をみつけて植物に与えれば、強毒ウイルスは弱毒ウイルスに変身するのではないかと考えた。数千種の化合物をスクリーニングした結果、多くのウイルスの RSS に結合する化合物をいくつか見出した。その中にあったのが、ビタミン C にそっくりな化合物で、いっそのことビタミン C そのものが抗ウイルス剤にならないかと考え、それを検証する研究を行った（図 1）。ビタミン C は昔から風邪に効くという話があり、抗ウイルス剤として農薬にできるかもしれないと期待をかけた。その後、圃場に散布する抗ウイルス剤として開発できないか研究を積み重ねたが、野外での散布には降雨や気温などの影響が大きく、効力に限界があり、農薬としての実用化までには至らなかった（安全なビタミン C をわざわざ農薬にする必要もないのだが）。しかし、ウイルス感染植物からウイルスを除去する常套手段の茎頂培養という技術に、ビタミン C 添加のステップを加えたところ、ウイルスフリー化の効率が格段に向上することが判明した。また、ビタミン C は茎頂組織の成長そのものにもプラスに働くことがわかり、現在は、茎頂培養によるウイルスフリー化に実用化されている。ここで、弱毒ウイルスが感染したトマトでビタミン C が上昇する理由は、植物がビタミン C を使って、ウイルスに抵抗するためかもしれないとはたと気づいた。

茎頂培養によってウイルスフリーになった植物の成長は旺盛で、ニンニクなどでは収量が著しく向上し（図 2）、糖度が上がる。一方、ウイルスに感染したニンニクは小球になり、糖度は下がるもののアリシンという機能性成分が驚くほど上昇する。アリシン含量が高いニンニクは、辛く、食べた後に強いニンニク臭を放つ原因になる。生産者の収益や消費者が美味しく食すことを考えれば、ウイルスフリーにメリットがある。一方、滋養強壮のための機能性成分をニンニクから摂取するならば、ウイルス感染のものがよいということなる。ならば、人間は、植物ウイルスの性質を知りつくし、それをうまく利用することこそ食生活を豊かにできる道だと気づけばよい。

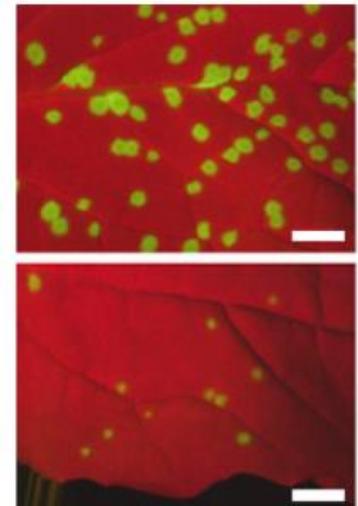


図 1 カブモザイクウイルスに対するビタミン C 処理効果
無処理のカブの葉（上）と処理した葉（下）。緑色の斑点がウイルスの感染点。



図 2 ウイルスフリーニンニク（右）とウイルス感染ニンニク（左）