

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—

植物ウイルスを手なずける！

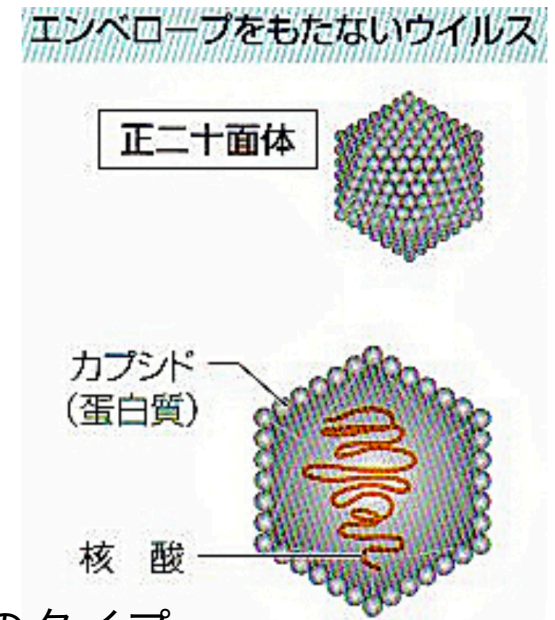
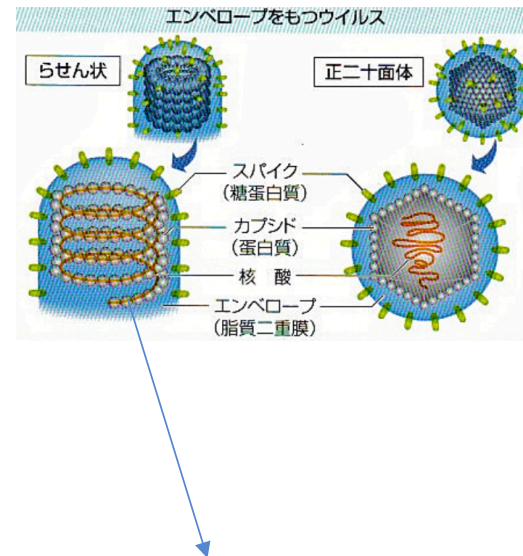
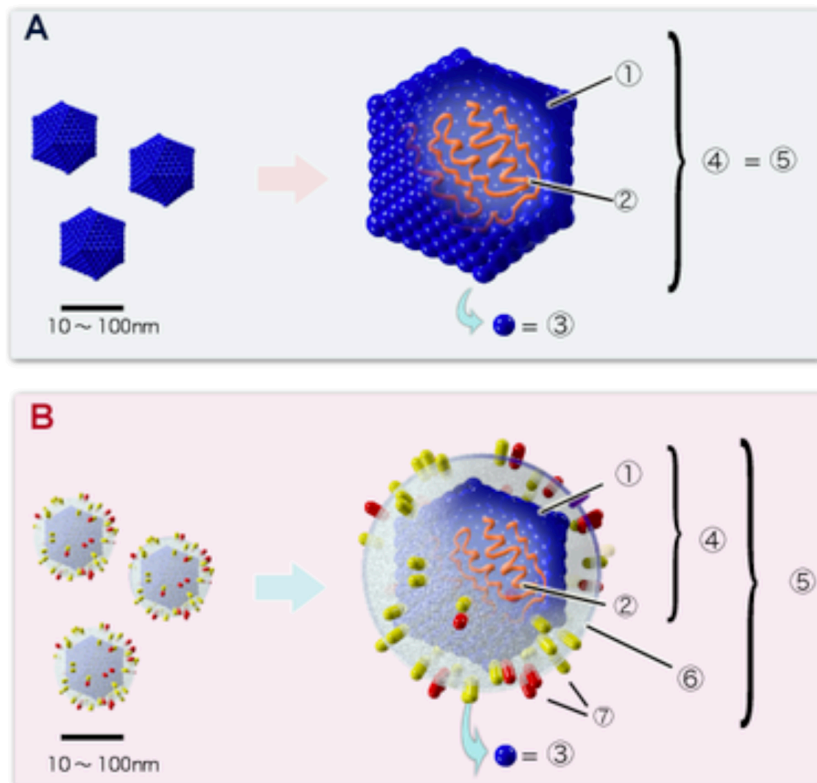
北海道大学大学院農学研究院 増田税

図はすべてオリジナルというわけではなく、ウェブページからダウンロードしたものに説明を入れたものも含まれます。
論文に掲載したものは出典を入れました。

動物ウイルスと植物ウイルスの違いについて

Simple is the best!

どっちが賢く進化したのか??



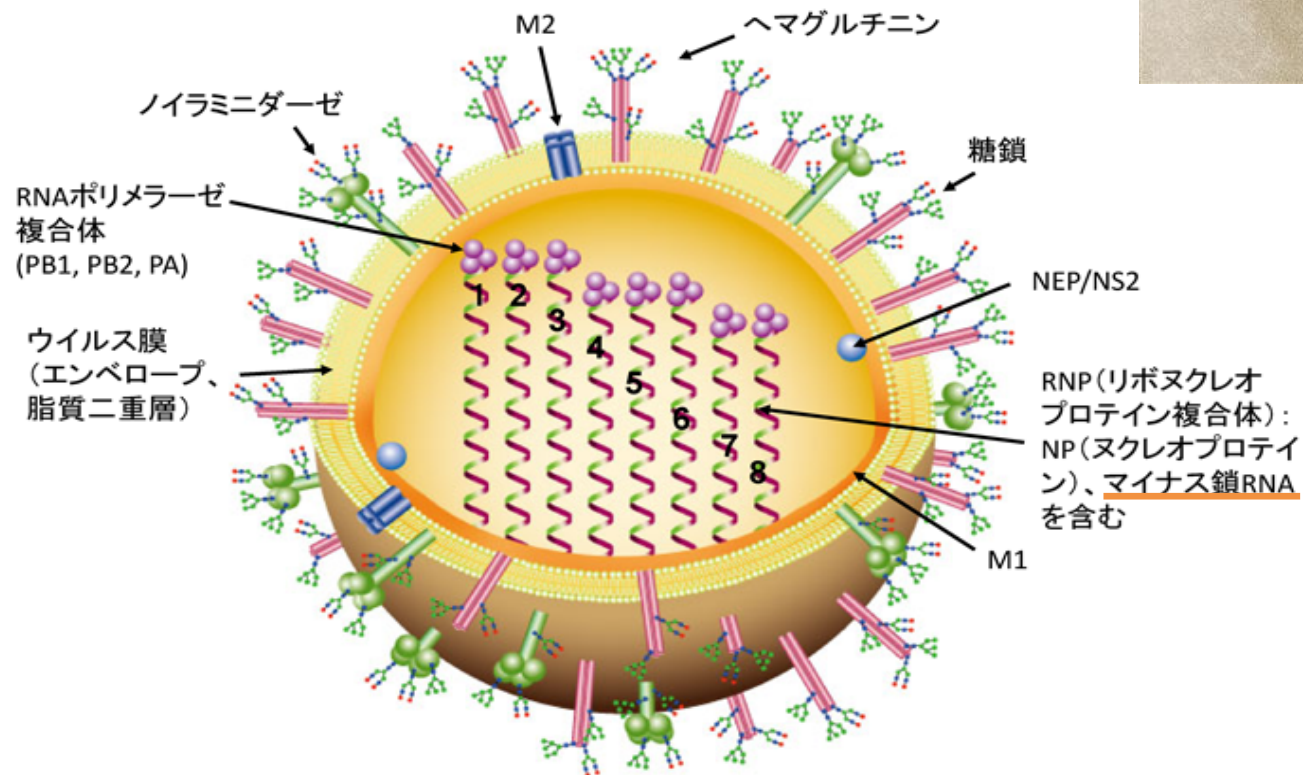
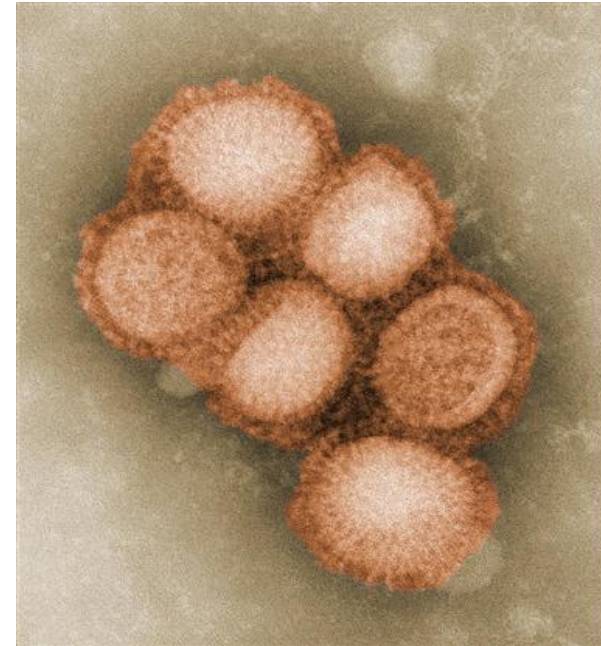
コロナウイルスはこのタイプ

ウイルスの基本構造

(A) エンベロープを持たないウイルス、(B) エンベロープを持つウイルス、1. カプシド、2. ウィルス核酸、3. カプソマー、4. ヌクレオカプシド、5. ビリオン、6. エンベロープ、7. スパイクタンパク質

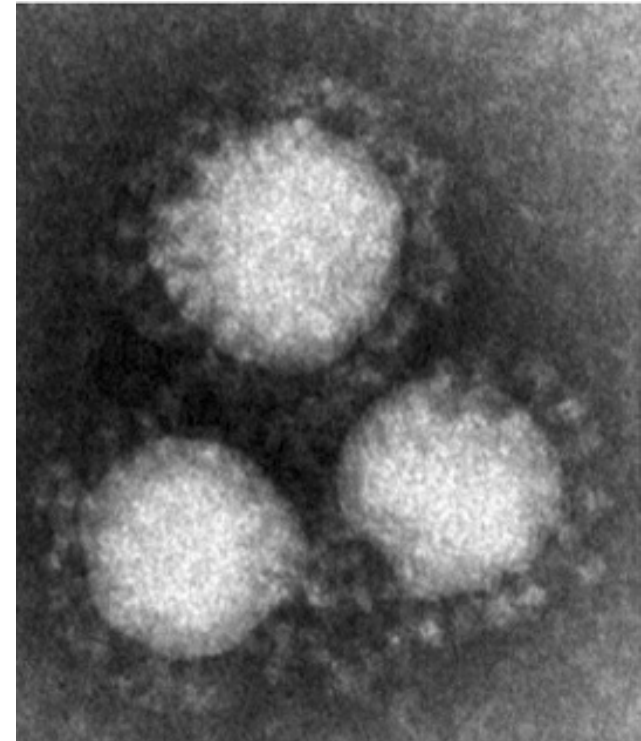
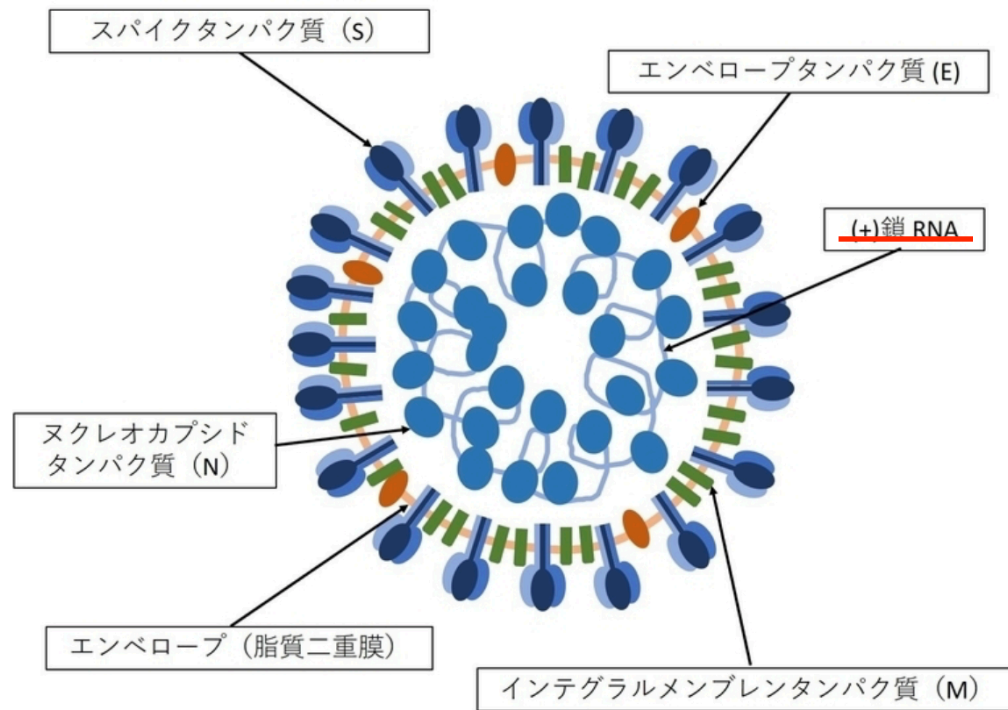
インフルエンザウイルス

マイナス鎖RNA

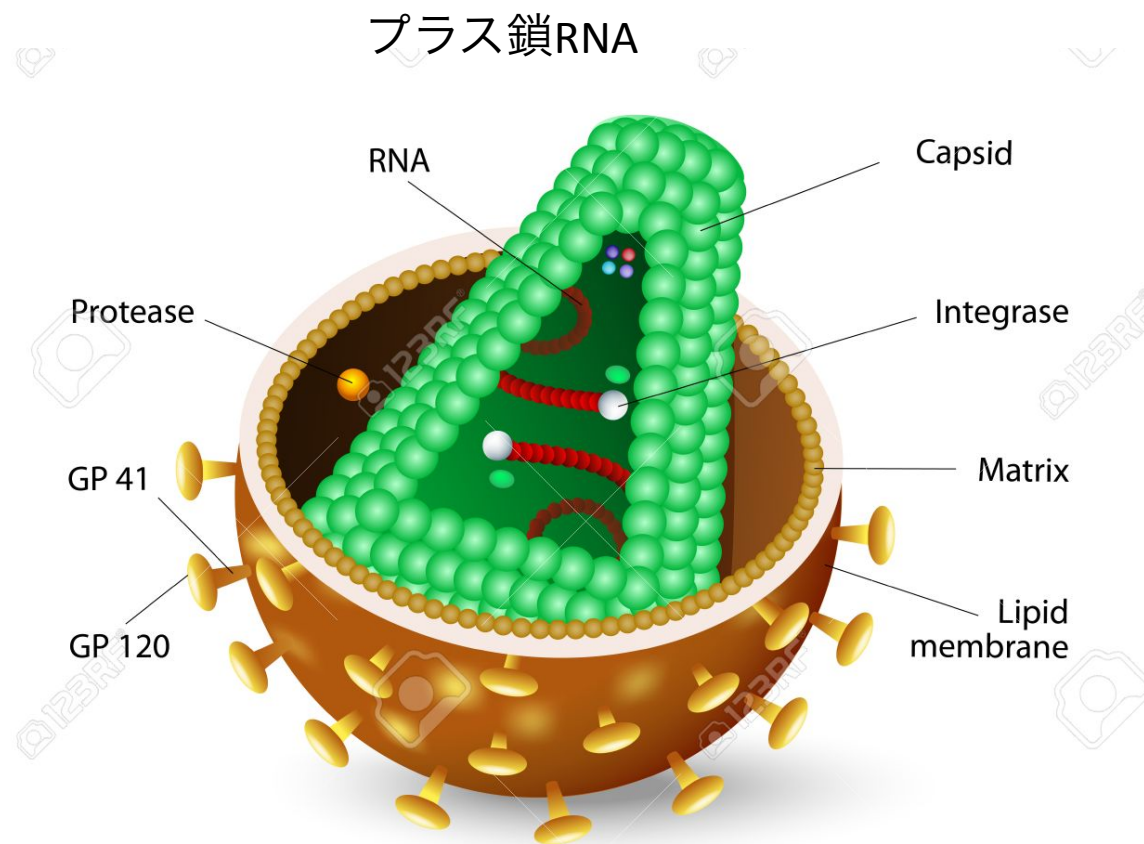


コロナウイルス

プラス鎖RNA



マトリックスタンパク質はエンベロープに組み込まれている

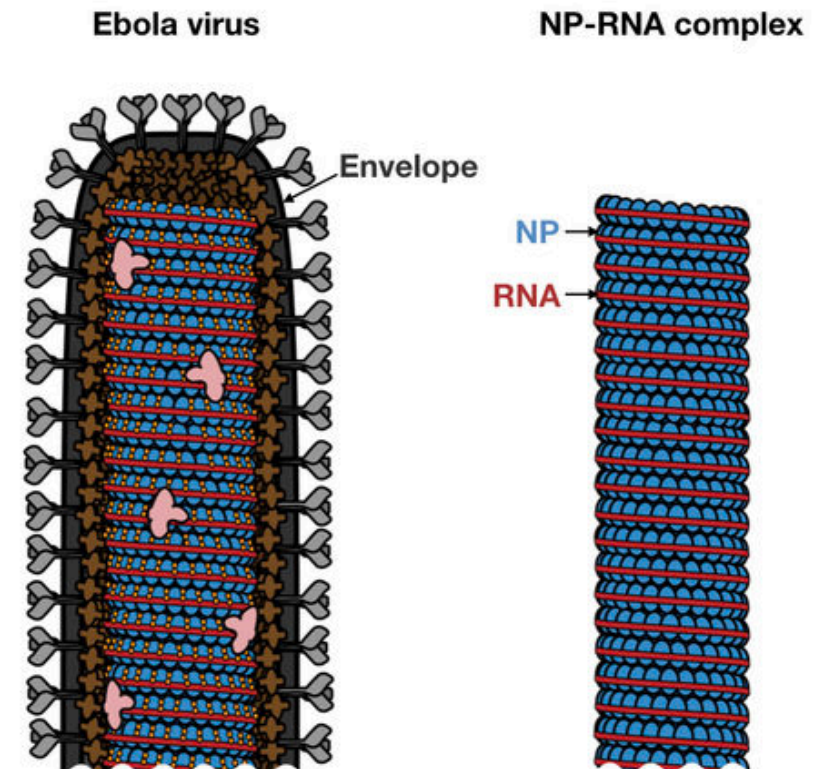
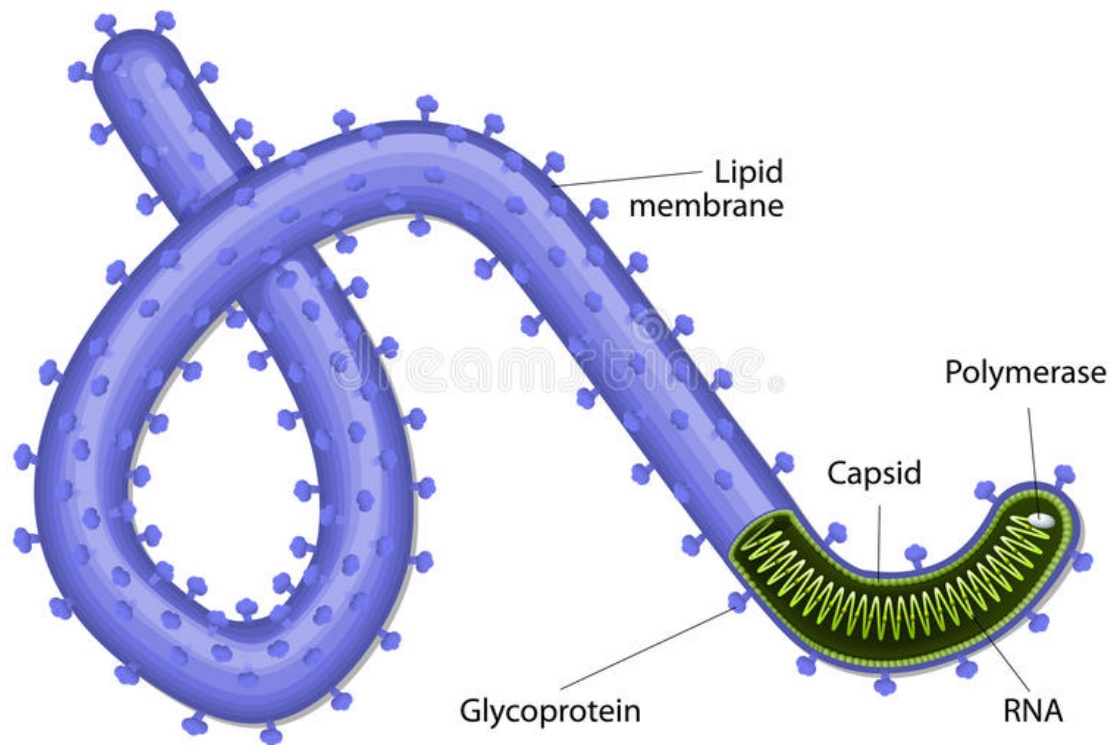


筆箱のようなコア

HIV エイズウイルス

マイナス 1 本鎖RNA

EBOLA VIRION

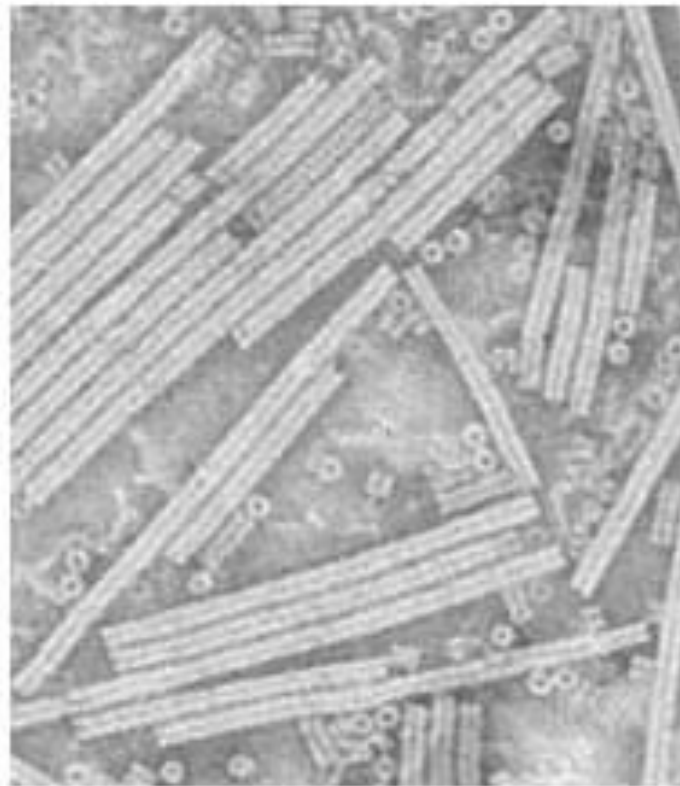


ストッキングをはいたかのようなエンベロープ

エボラウイルス

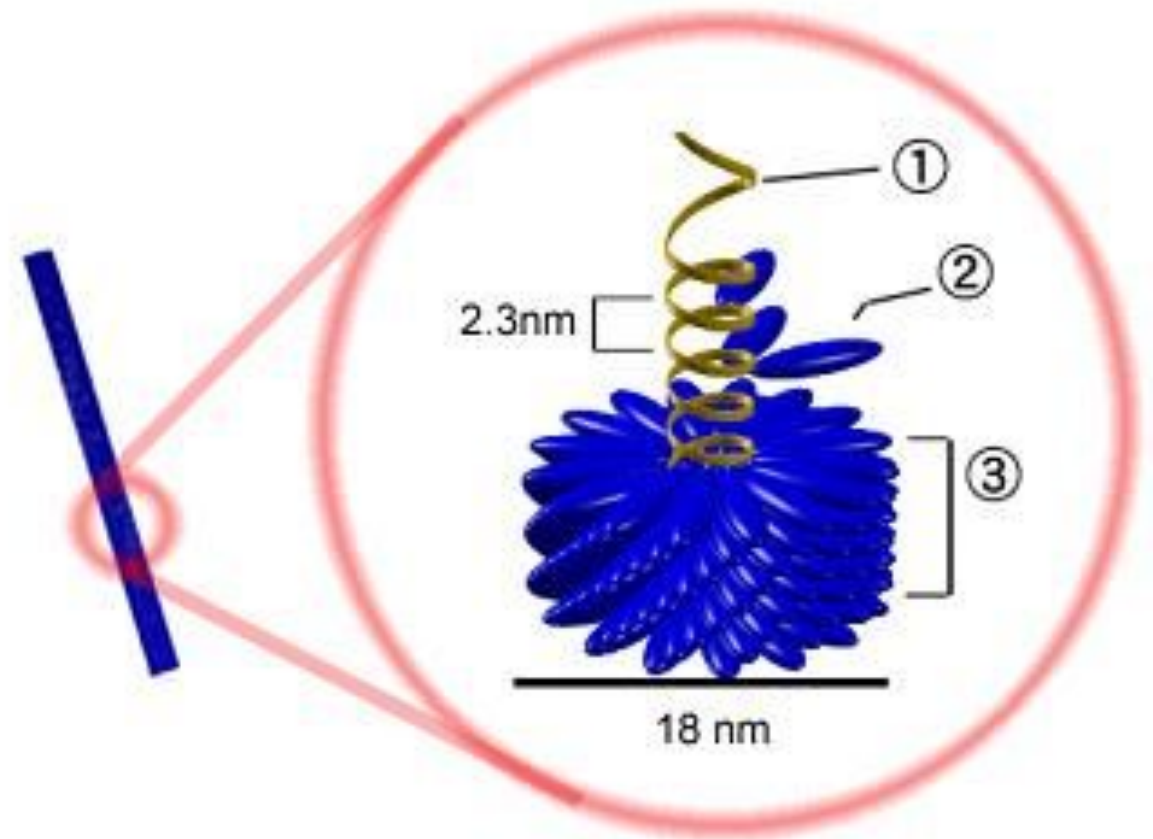
タバコモザイクウイルス

棒状ウイルス



300 nm

タバコモザイクウイルスの
電子顕微鏡写真



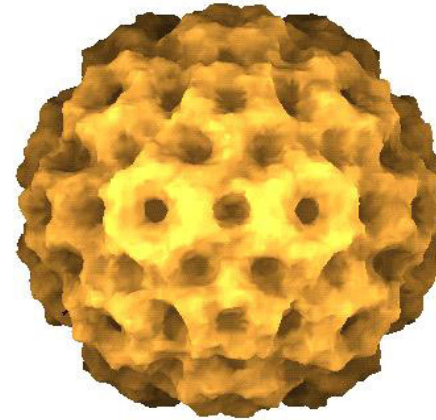
タバコモザイクウイルスの構造

1.ウイルス核酸、2.カプソマー(カプシドタンパク質)、
3.カプシド

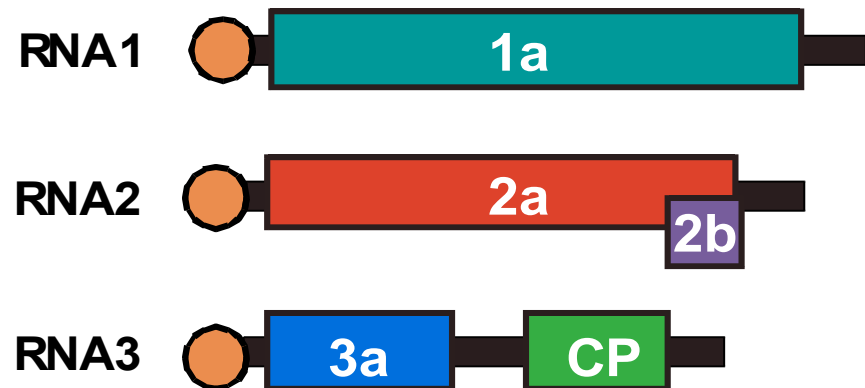
(出典: Wikipedia)

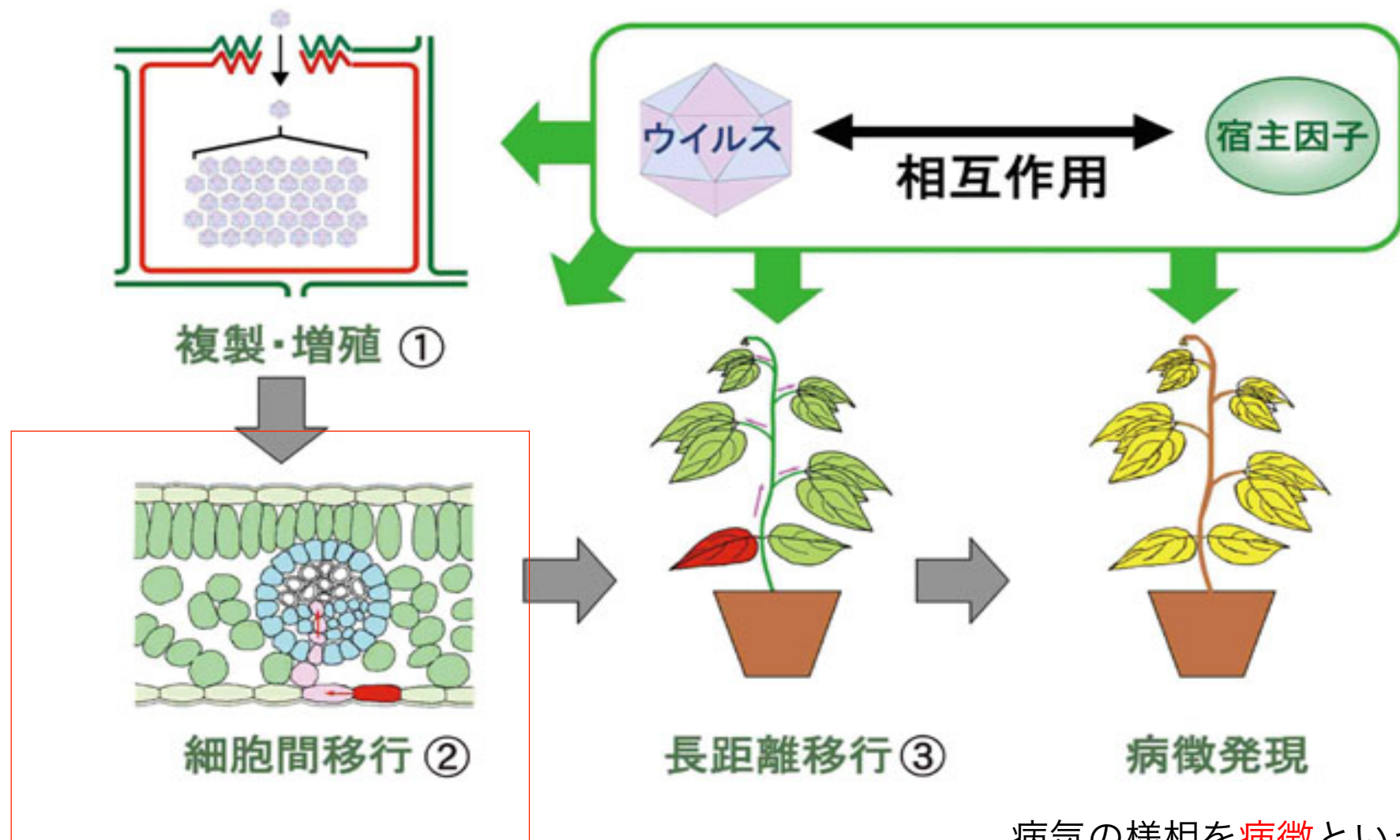
キュウリモザイクウイルス

球状ウイルス



CMV Genome





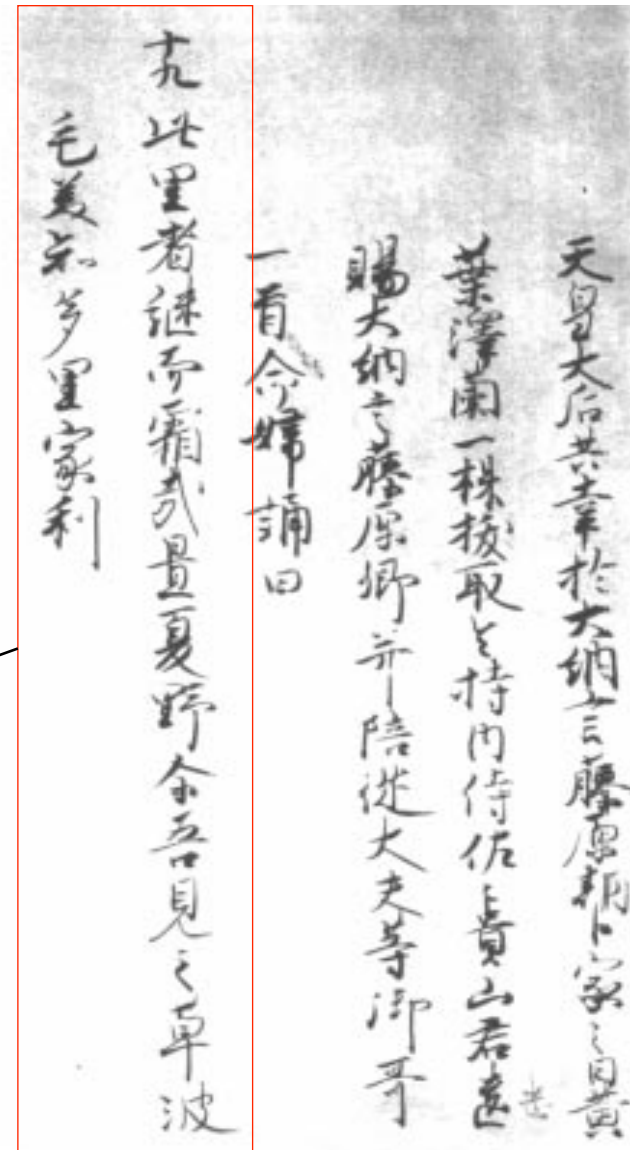
病気の様相を**病徴**という



この里は、いつも霜が降り
るのでしょうか。夏の野で
私が見た草は色づいてし
まっていました。

この里は
継ぎて霜や置く夏の
野に我が見し草は
もみちたりけり

世界一古いウイルス病の記載！

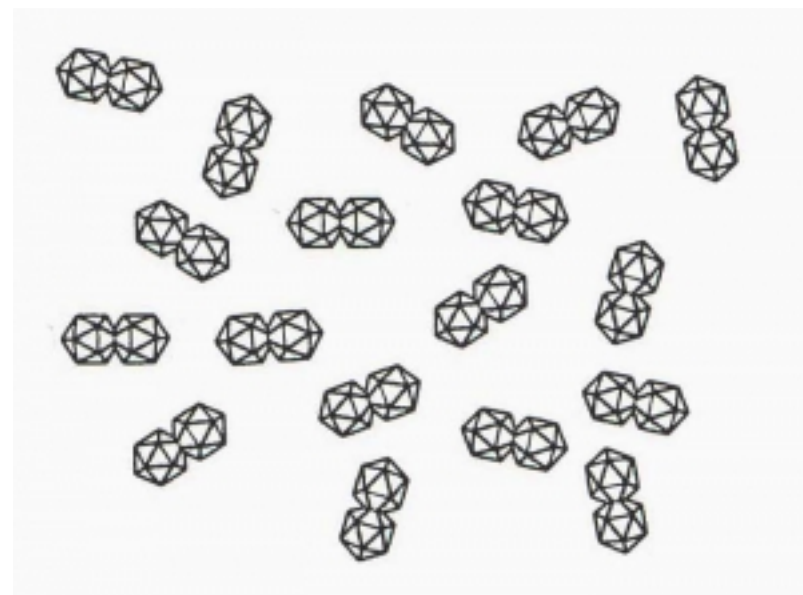


万葉集 752年頃
孝謙天皇



ヒヨドリバナの葉の黄化

Tobacco leaf curl virus (TLCV)



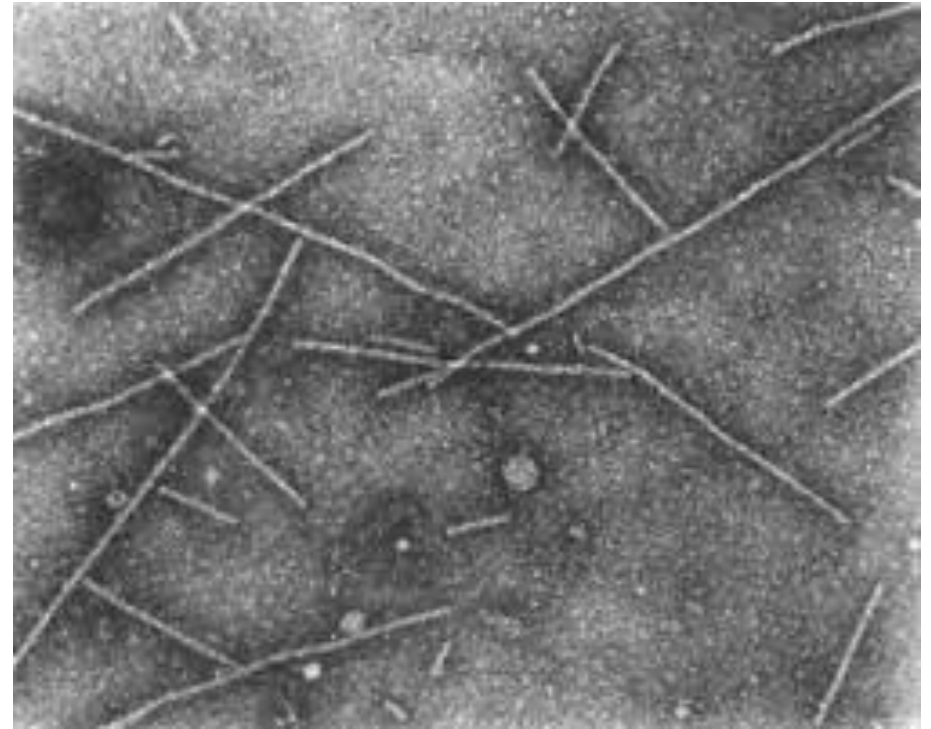


チューリップ狂時代

1635年 オランダ



tulip breaking virus



potyvirus

ひも状ウイルス
太さ：13 nm
長さ：750 nm

RNAサイレンシング：後述

突然変異によって色素遺伝子の転写産物が分解
されるようになって黄ダイズができた



ウイルス感染が色素遺伝子の発現を復活させる！



ウイルスに寄生する小さなRNAがいるとタバコが鮮黄色に変化
RNAサイレンシングとの関わり合い（後述）

鬼として扱われるウイルスだが、鬼のにおいのしない鬼もいる！

病徴出さないウイルス：弱毒ウイルス→
植物と共生することができるということか

植物を変身させる弱毒ウイルスの不思議！！

植物ワクチン

佐山春樹

日本デルモンテ(株)

トマトのキュウリモザイクウイルス病

干渉効果：弱毒ウイルスを先に接種しておくとその後、強毒ウイルスに感染しない。
動物の**ワクチン**のようなもの！！

植物ウイルスは世界中で900種あまりあると言われていたが、同じ種類のウイルスでも、植物に感染して強い症状を示すウイルスもあれば、ごく軽い症状しか示さないウイルスもある。この弱いウイルスを植物に予防接種しておくことで強いウイルスが感染しても守られることを、Salaman⁽¹⁾が1933年に発表して以来、この現象がどうして起こるのかを解明しようとする、またこの現象を利用して植物を強いウイルスから防除しようとする研究は数多くなされてきた。しかし、実際に実用化されている植物ウイルスの種類はごく少数である。

筆者らは、植物ウイルスの中でも最も寄生植物の種類が多いキュウリモザイクウイルス(CMV)を使った防除法を実用化させることができたので、本稿で紹介する。予防接種に使う弱いウイルスは「弱毒ウイルス」と呼ばれるが、この言葉は一般の人々にとってなじみが少なく、また誤解を招きやすい。そこで筆者らは、動物のワクチンとは原理が異なるが、「植物ワクチン」と呼ぶことを提唱しており、本稿でも植物ワクチンと呼ぶことにする。

CMVとは

CMVはその名が示す通り、キュウリに感染することはもちろんであるが、1,000種あまりの植物に感染することが知られており、植物ウイルスの中では寄生植物が最も多い。私たちの周囲にある花、野菜、樹木、雑草などにも多く感染している。このウイルスはアブラムシによって媒介されるが、植物に感染すると、葉に緑の濃淡が現われるモザイク症状、葉先が細くなる糸葉症状、病斑部が黒褐色になるえそ症状などを起こすことが知られている。また植物の生育が抑制され、草丈が低くなったり果実の品質が悪くなったりして、収量が減少することもある(図1, 2)。さらにCMVは、感染すると植物体内で増殖するため、その後どんな農薬を散布しても効果はない。

また、CMVは温帯から熱帯地域にわたる広い地域で生息することが知られている。日本では、トマト、キュウリ、ピーマン、メロンなどの野菜、あるいはリンドウ、ユリ、トルコギキョウ、ペチュニアなどの花類でその被害が大きい。海外でも、トマト栽培の盛んなイタリ



図1 ■ CMVに感染したトマト
葉、茎、果実にえそ症状が認められる。



図2 ■ CMVに感染したトマト果実
果実の表面が黄色になり、表面に縦裂きが生じる。

表 1 ■ CMV の発生した圃場での CMV ワクチン接種トマトと無接種トマトの収量比較

試験地	10 アール当たりの収量(トン)	
	無接種	ワクチン接種(対無接種%)
加工トマト		
飯山市	4.5	9.8 (218)
豊田村	3.5	6.9 (197)
須坂市塩野	5.5	10.0 (182)
高山村山田	6.6	10.7 (162)
木島平村木島	9.0	12.7 (141)
須坂市仁礼	6.9	9.4 (136)
高山村高井	7.3	9.3 (127)
木島平村住郷	8.0	9.5 (119)
生食トマト		
飯山市	4.4	6.8 (155)
沼田市	3.3	4.6 (139)

表 2 ■ CMV ワクチン接種がトマト果実のビタミン C 含量に及ぼす影響

トマト品種	ビタミン C 含量(mg%)	
	無接種	ワクチン接種
ハウス桃太郎	21.9	27.8
サンロード	19.9	25.4
メリーロード	23.3	26.0
S136	20.4	29.3
サターン	19.0	24.7
平均	20.9	26.6

CMV 弱毒ウイルスに感染するとビタミンCが増加

いも焼酎のはなし！

弱毒ウイルス接種

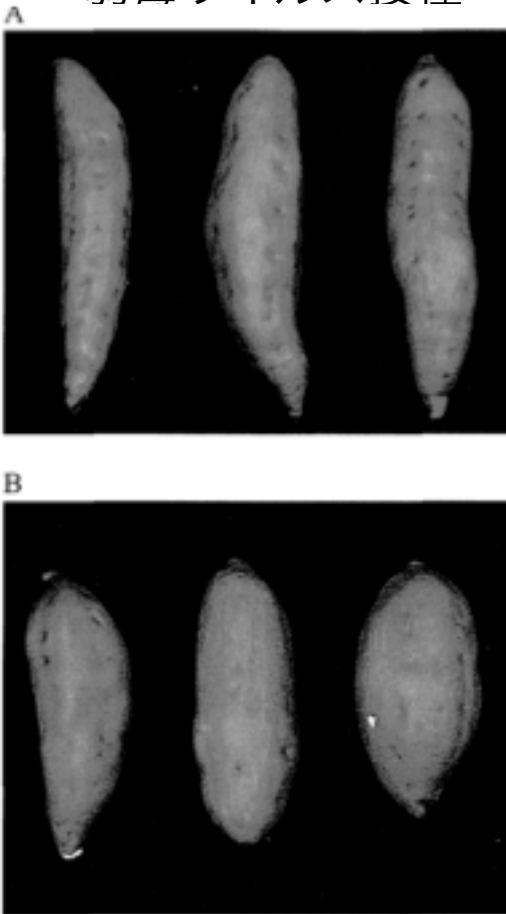


Fig. 1. Storage roots of *Ipomoea batatas* cv. Tosabeni. A, 10-O-infected root; B, uninfected root. The storage roots were harvested in a field belonging to the Vegetable and Tea Science Research Institute, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center in 2003 (shown as research center field in Table 1).

弱毒ウイルスを接種することによって先端部が細くなった。破碎の効率が上がり、加工特性がよくなった。

日植病報 75 : 323-327 (2009)
Jpn. J. Phytopathol. 75: 323-327 (2009)

SPFMV

サツマイモ斑紋モザイクウイルス弱毒株によるサツマイモの加工適性の向上

山崎 修一^{1*}・廣瀬 正純²・米元 俊一³・樋田 宜英²・上曾山 茂¹・酒井 淳一⁴・花田 薫⁵

ABSTRACT

IASAKI, S.^{1*}, HIROSE, M.², YONEMOTO, T.³, HIDA, N.², KAMISOYAMA, S.¹, SAKAI, J.⁴ and HANADA, K.⁵ (2009). Improved processing suitability of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) infected with 10-O, a protective mild isolate of Sweet potato feathery mottle virus. Jpn. J. Phytopathol. 75: 323-327.

Sweet potato feathery mottle virus (SPFMV) can cause russet cracks and reduce yields of storage roots of *Ipomoea batatas*, which are important for food and production spirit production. When *I. batatas* was pretreated with a protective mild isolate (designated as 10-O) of SPFMV, obtained from *I. batatas* in Oita Prefecture, yields were not reduced and fewer russet cracks developed after subsequent inoculation with SPFMV-S, a severe strain of SPFMV. In addition, treatment with 10-O alone did not affect either the nutritional value of storage roots or the processing suitability of sweetpotato. The nutritional components and the spirits produced by the healthy and 10-O-infected *I. batatas* did not differ. Moreover, plants that were infected with 10-O grew longer roots, resulting in an improvement in the heat conduction and the processing efficiency. Thus, 10-O is a useful agent for controlling russet crack diseases for improving the processing suitability of sweetpotato.

可能である。そこで、本研究では、10-O 感染株の品質について様々な角度から検討を行った。その結果、**塊根の内容成分や醸造適性は、無感染株とほぼ同等であり、10-O を接種しても焼酎用原料として問題なく利用可能であることを確認した。**

さらに、塊根の形状は10-O 感染株の方が細長くなった (Fig. 1)。塊根は、表皮からの距離により温度到達時間が異なり、形状が太い塊根は心部までの距離が長く、熱伝導性が低いいため、より小さく切断する必要がある。一方、細長い塊根は短径が小さいことから熱伝導性が高まり、**切断の労力が少なくなることから、加工作業性に優れると評価できる。**

これらの結果から、10-O は、醸造原料用のサツマイモでも広く利用されることが明らかとなった。加えて、醸造した焼酎の官能評価試験を行ったところ、**10-O 感染株による焼酎の味は、無感染株と遜色なく (山崎ら、未発表)。**‘甘い’、‘まるい’等の無感染株とは異なる独特の香りを感じる被験者もいた。このことから、今後詳細な検討を行うことに

ウイルスが感染したほうが焼酎が旨い？

JYMV

ヤマノイモモザイクウイルス弱毒系統の選抜とその強毒系統に対する干渉効果

藤 晋一^{1,3*}・飯田 孝則²・中前 均¹

ABSTRACT

FUJI, S.^{1,3}, IIDA, T.² and NAKAMAE, H.¹ (2000). Selection of an attenuated strain of Japanese yam mosaic virus and its use for protecting yam plants against severe strains. Jpn. J. Phytopathol. 66: 35-39.

An attenuated strain of Japanese yam mosaic virus, selected from the fields and referred to as JYMV-M, caused no symptoms on Japanese yam plants throughout the growing season. The purified virus preparation was highly infective, and the virus was easily transmitted by aphids. An RT-PCR-RFLP assay was used in cross-protection tests to discriminate JYMV-M from other severe strains. Pre-inoculation of yam plants with JYMV-M remarkably protected them from infection with severe strains. JYMV-M infection did not affect either the quality and quantity of yam production.

とろろの話！



Fig. 1. Symptom comparison of a Japanese yam plant infected with or without JYMV strain. a) yam plant infected with severe strain JYMV-J1, b) yam plant infected with attenuated strain JYMV-M, c) virus-free yam plant.

Table 3. Effects of pre-inoculation with JYMV-M for protecting Japanese yam from severe strains under field conditions

Plant	Symptom	Assay ^{a)}	Tuber growing rate ^{b, e)}	Quality of tuber		
				Brix ^{c)}	Viscosity ^{c, e)}	Color
Pre-inoculated with JYMV-M	0/16 ^{d)}	0/16 ^{d)}	14.1 a	6.3% a	540 mPs·s a	white
Virus-free	0/6	0/6	13.6 a	5.4 a	450 a	white
Infected with severe strain	6/6	6/6	3.5 b	4.8 a	300 a	white

a) RT-PCR-RFLP was performed 4 months after transplanting.

b) Figures are based on tuber weight / seed tuber weight.

c) Viscosity was measured with a type B viscosimeter (TOKIMEC Inc.) after the tuber was homogenized in three volumes of water.

d) Figures represent the number of severe strain infected plants / the number of tested plants.

e) Numbers followed by the same letter are not significant ($p=5\%$).

大差なし

有意差はなかったが平均値では弱毒ウイルス感染で甘さとねばねば増大傾向！²⁴

ビタミンCと弱毒植物ウイルスと抗ウイルス剤の関係

鬼滅のビタミンC!!

植物のウイルス病対策

- ① 媒介昆虫の防除（殺虫剤の使用）
- ② 昆虫を防ぐ隔離施設
- ③ 発病作物の伐採
- ④ 耐病性品種の利用
- ⑤ ウイルスフリー化株の利用
- ⑥ 弱毒ウイルスの利用
- ⑦ **抗ウイルス剤の開発？**



弱毒ウイルスはそう簡単にみつけないことができる！

弱毒ウイルスによるウイルス防除は広く実用化されるも・・・

1. すべてのウイルス病に弱毒ウイルスが準備できない
2. 弱毒ウイルスが作られても強毒化の心配
3. 接種の手間がかかる
4. 弱毒ウイルスの利用といえども費用対効果

弱毒ウイルスを理解するには、**宿主のRNAサイレンシングとウイルスのRNAサイレンシングサプレッサー**についての少しお話が必要です。

RNAサイレンシングとは

塩基配列特異的なRNAの分解機構であり、**内生遺伝子の発現調節**を行う一方で、**外来RNAなどの2本鎖RNA (dsRNA)**を分解する

一方、ウイルスは**RNAサイレンシングサプレッサー (RSS)**によってRNAサイレンシング経路の進行を阻害することができる

BLUE BACKS

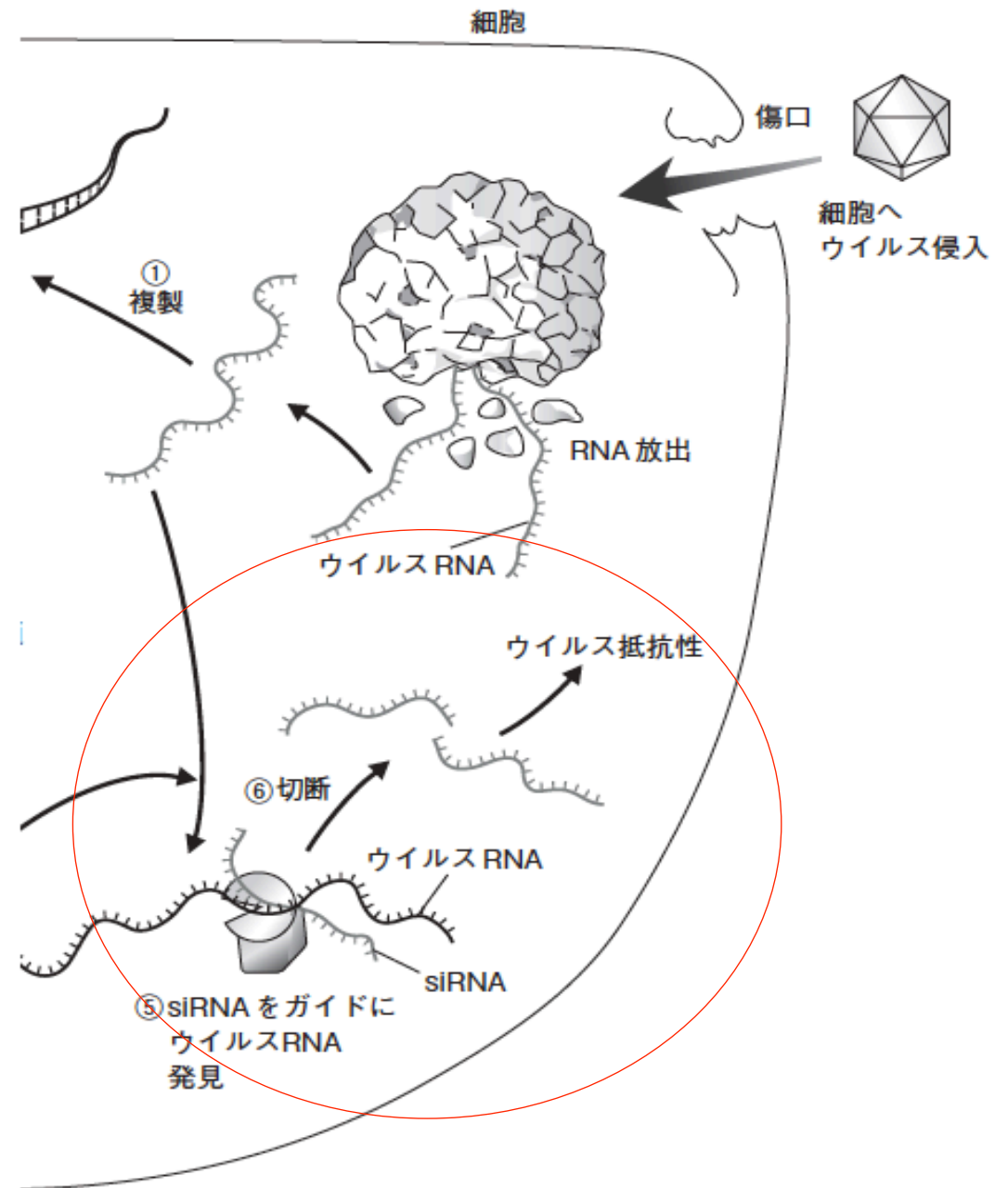
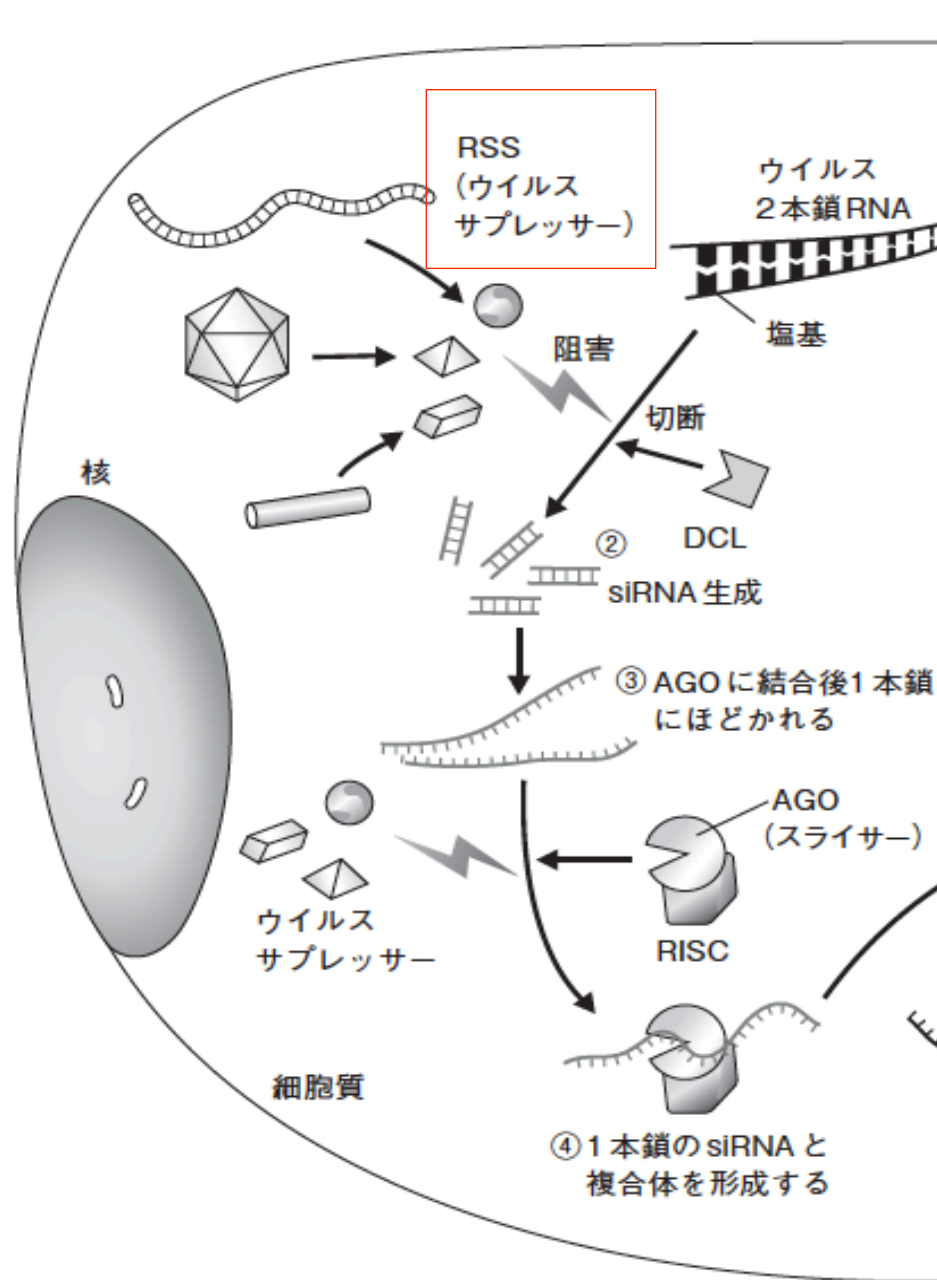
植物たちの戦争

病原体との5億年サバイバルレース

The Phytopathological Society of Japan

日本植物病理学会 編著





サイレンシングをひっくり返すRSSの力について！

ペチュニア ‘レッドスター’



キュウリモザイクウイルス
(CMV) が感染



花卉の白色部分は、RNAサイレンシングにより
アントシアニン合成酵素が発現せず、
アントシアニンが蓄積しない

(Koseki et al., 2005)

RSSの作用により、
RNAサイレンシングが抑制され、
花卉のアントシアニンが蓄積



野生ダイズ

CMV感染ダイズ

健全ダイズ

ウイルス感染ダイズ種子に発生する
果皮の着色も、ウイルスによる
RNAサイレンシングの抑制による。

そもそも弱毒ウイルスはなぜ弱毒になったのか？

RNAサイレンシングサプレッサー（RSS）の力が弱い

だったらRSSを阻害する薬を使えば、強毒をみかけ上、弱毒にできないか

CMVのRSS (2bタンパク質) の病徴への影響



健全個体

CMV感染個体

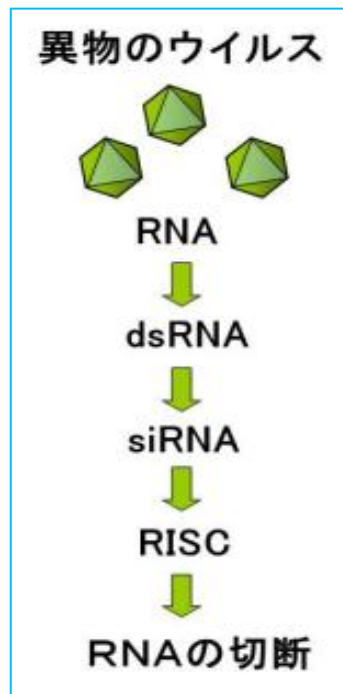
わい化
モザイク

2b欠失CMV感染個体

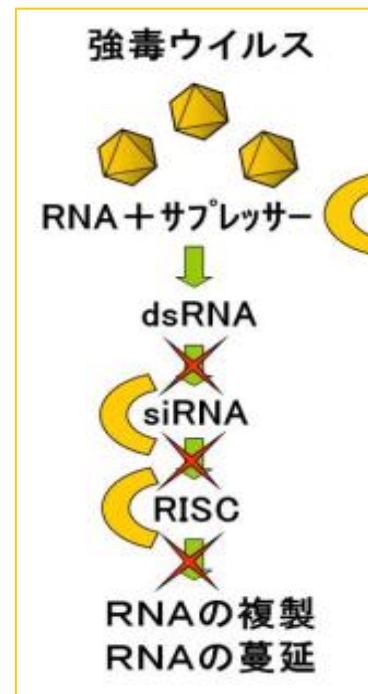
強毒ウイルスを弱毒ウイルスに変身させられるのでは！

抗植物ウイルス剤の探索

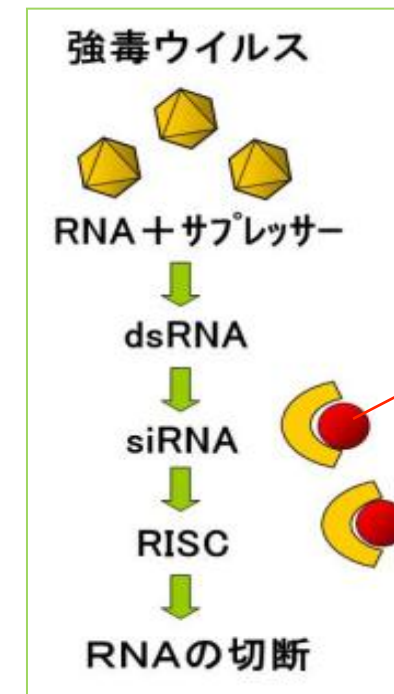
強毒ウイルスのRNAサイレンシングサプレッサーを
標的とする薬剤を探索



RNAサイレンシングによる
ウイルスの増殖抑制

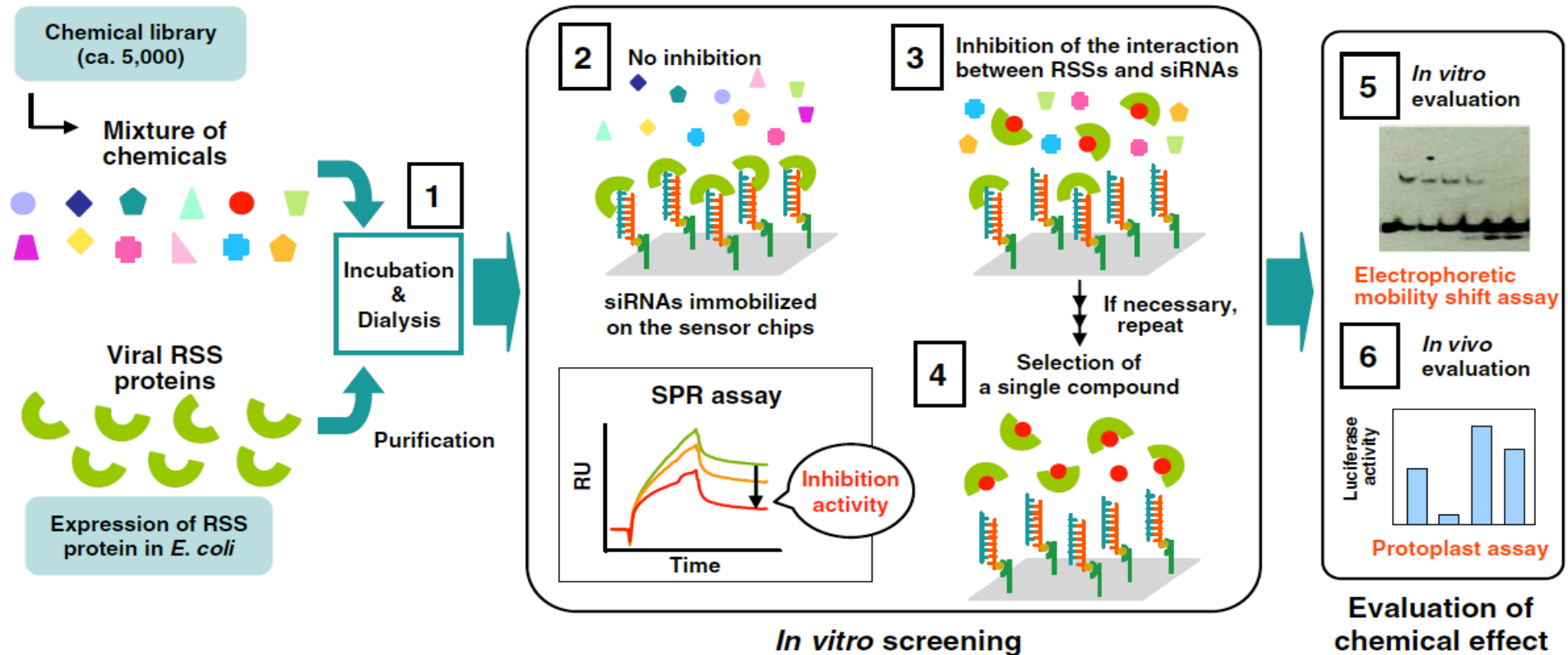


RNAサイレンシングの打破
(ウイルスの増殖)



抗ウイルス剤処理により
RNAサイレンシングを回復

<RSS阻害剤のスクリーニング系>

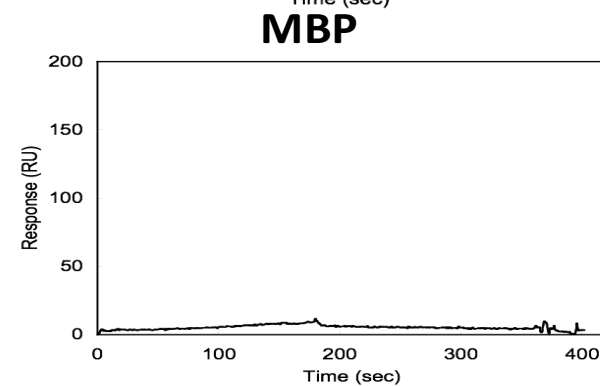
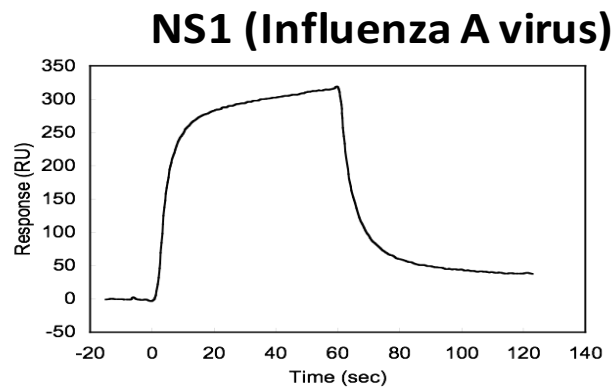
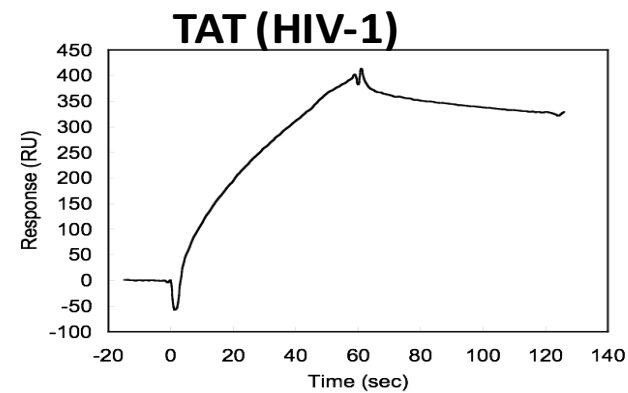
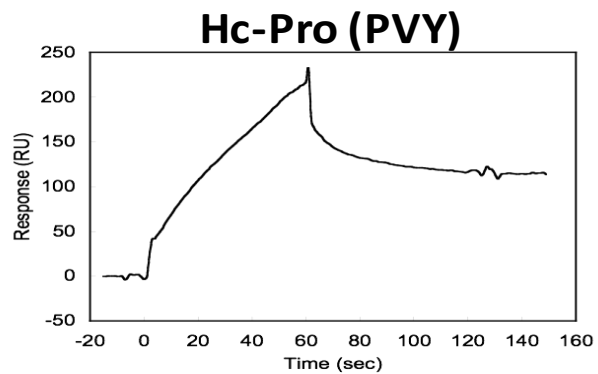
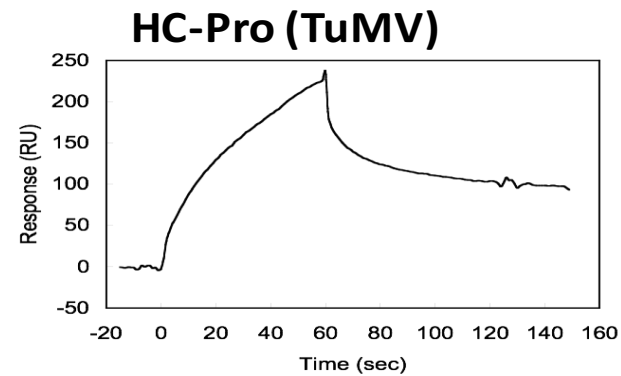
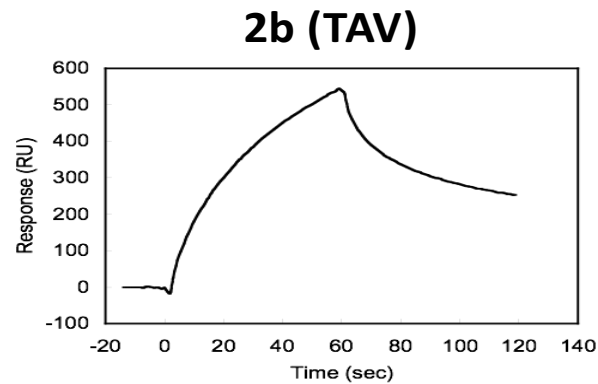


(Shimura et al., 2008)

- 1 化合物とRSSの結合
- 2～4 BiacoreシステムでRSSとsiRNAの結合を抑制する化合物5000種をスクリーニング
- 5～6 Gel shiftアッセイおよびプロトプラストアッセイを用いて、スクリーニングで得られた化合物をさらに評価して絞り込み

センサーチップにsiRNAを結合させて、色々なRSSを流し、結合するか

まずRSSは
dsRNAに結合
するか？



動物ウイルスにもRNAサイレンシングは機能しているのか？

The Nucleocapsid Protein of Coronaviruses Acts as a Viral Suppressor of RNA Silencing in Mammalian Cells

Lei Cui, Haiying Wang, Yanxi Ji, Jie Yang, Shan Xu, Xingyu Huang, Zidao Wang, Lei Qin, Po Tien, Xi Zhou, Deyin Guo, Yu Chen

State Key Laboratory of Virology, College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan, Hubei, China

ABSTRACT

RNA interference (RNAi) is a process of eukaryotic posttranscriptional gene silencing that functions in antiviral immunity in plants, nematodes, and insects. However, recent studies provided strong supports that RNAi also plays a role in antiviral mechanism in mammalian cells. To combat RNAi-mediated antiviral responses, many viruses encode viral suppressors of RNA silencing (VSR) to facilitate their replication. VSRS have been widely studied for plant and insect viruses, but only a few have been defined for mammalian viruses currently. We identified a novel VSR from coronaviruses, a group of medically important mammalian viruses including Severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV), and showed that the nucleocapsid protein (N protein) of coronaviruses suppresses RNAi triggered by either short hairpin RNAs or small interfering RNAs in mammalian cells. Mouse hepatitis virus (MHV) is closely related to SARS-CoV in the family *Coronaviridae* and was used as a coronavirus replication model. The replication of MHV increased when the N proteins were expressed *in trans*, while knockdown of Dicer1 or Ago2 transcripts facilitated the MHV replication in mammalian cells. These results support the hypothesis that RNAi is a part of the antiviral immunity responses in mammalian cells.

IMPORTANCE

RNAi has been well known to play important antiviral roles from plants to invertebrates. However, recent studies provided strong supports that RNAi is also involved in antiviral response in mammalian cells. An important indication for RNAi-mediated antiviral activity in mammals is the fact that a number of mammalian viruses encode potent suppressors of RNA silencing. Our results demonstrate that coronavirus N protein could function as a VSR through its double-stranded RNA binding activity. Mutational analysis of N protein allowed us to find out the critical residues for the VSR activity. Using the MHV-A59 as the coronavirus replication model, we showed that ectopic expression of SARS-CoV N protein could promote MHV replication in RNAi-active cells but not in RNAi-depleted cells. These results indicate that coronaviruses encode a VSR that functions in the replication cycle and provide further evidence to support that RNAi-mediated antiviral response exists in mammalian cells.

Nタンパク
があると
コロナウ
イルスが
元気にな
る

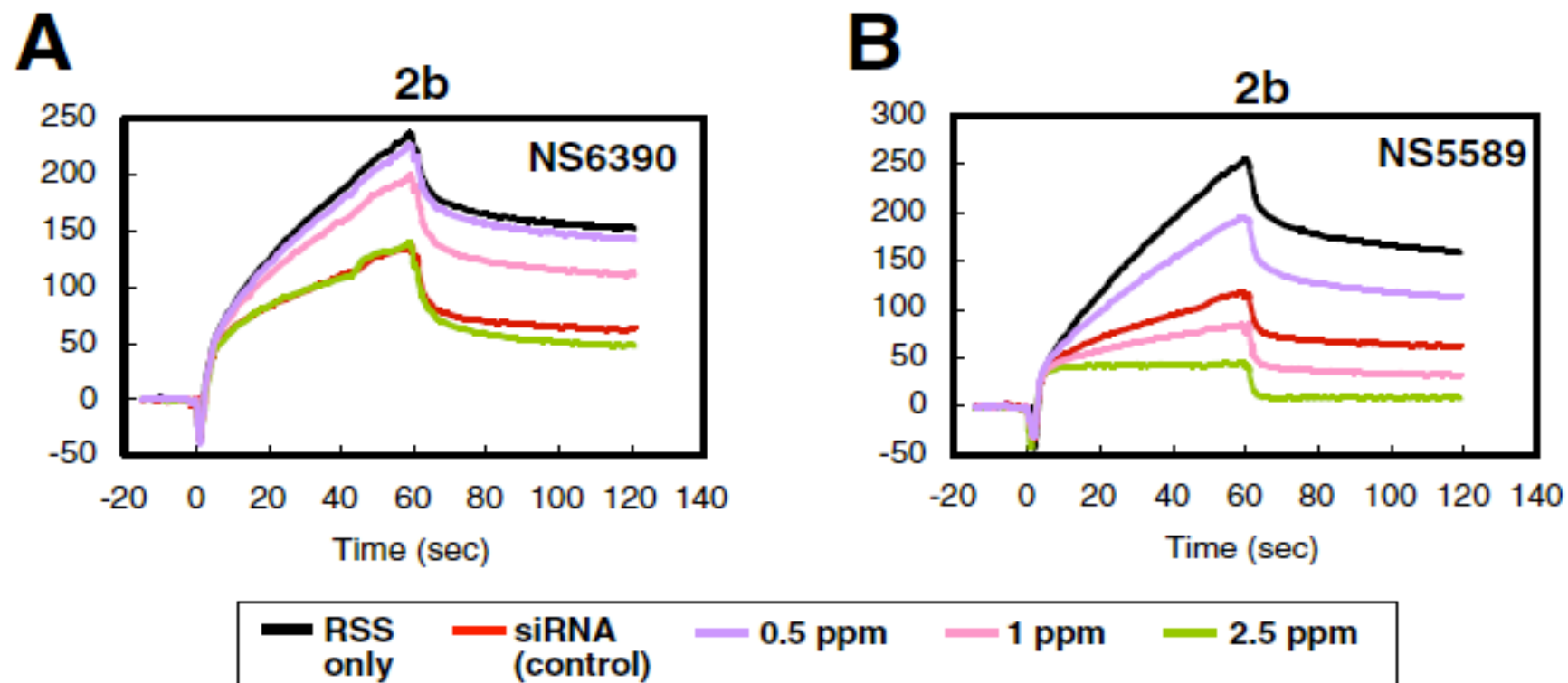
余談ですが・・・コロナウイルスのRSSもCMV2bと同じようにsiRNAに結合するのでは

ウイルスのRSSのdsRNA結合部位の類似性		
ウイルス	RNAサイレンシングサプレッサー(RSS)	dsRNA結合部位（ プラスチャージ ）
CMV	2b	KKQRRR
HIV	Tat	RKKRRQRRR
Influenza virus A	NS1	RLRRDQK
Coronavirus	N	KKPRQKR

K: **リシン**（塩基性）， R:**アルギニン**（塩基性）， Q:グルタミン（中性）， L:ロイシン（中性）

P:プロレリン（中性）， D:アスパラギン酸（酸性）

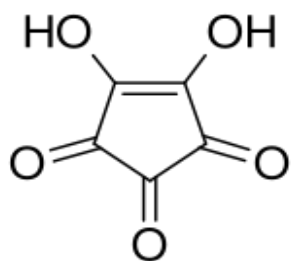
スクリーニングされた化合物（NS6390、NS5589）による RSS（CMV 2b）とsiRNAとの結合抑制



NS6390とNS5589は、濃度依存的にRSSとsiRNAの結合を抑制

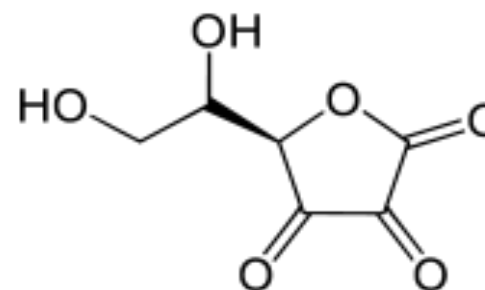
ビタミンC登場！！

抗RSS活性を指標に
スクリーニングされたRSS阻害剤



クロコン酸

黄色結晶性固体
高い分極性能をもつ



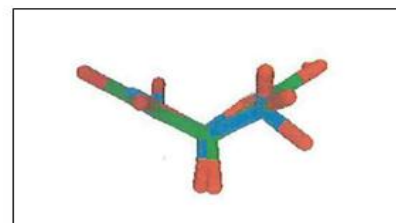
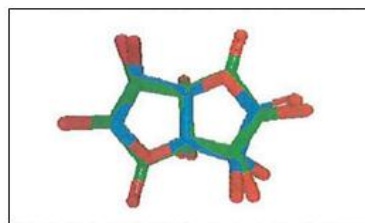
酸化型アスコルビン酸



活性本体の構造

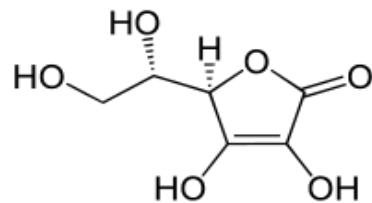


酸化型アスコルビン酸の
ヘミアセタール構造

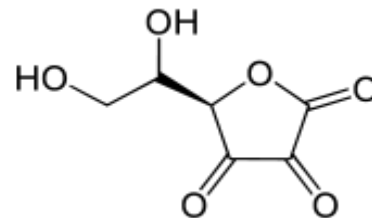


RSS阻害剤と酸化型アスコルビン酸の重ね合せ

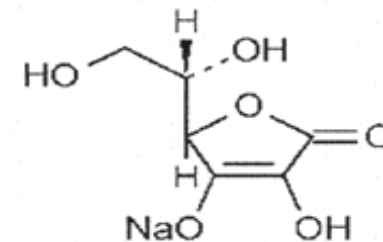
アスコルビン酸とその類縁体



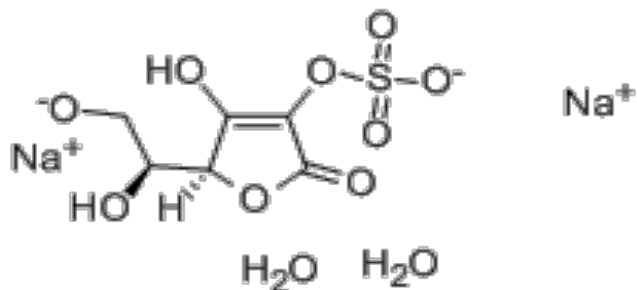
Ascorbic acid



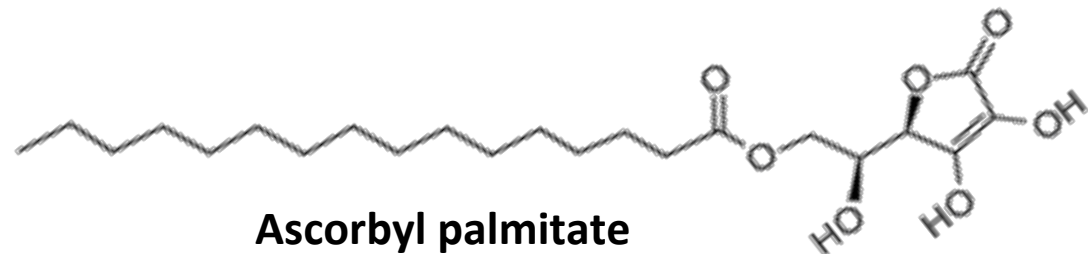
Dehydroascorbic acid (DHA)



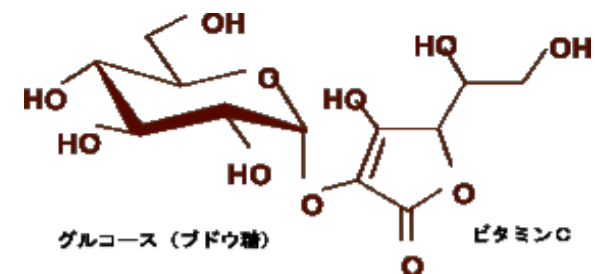
Sodium L-Ascorbate



**L(+)- Ascorbic Acid 2-Sulfate
Disodium Salt Dihydrate**



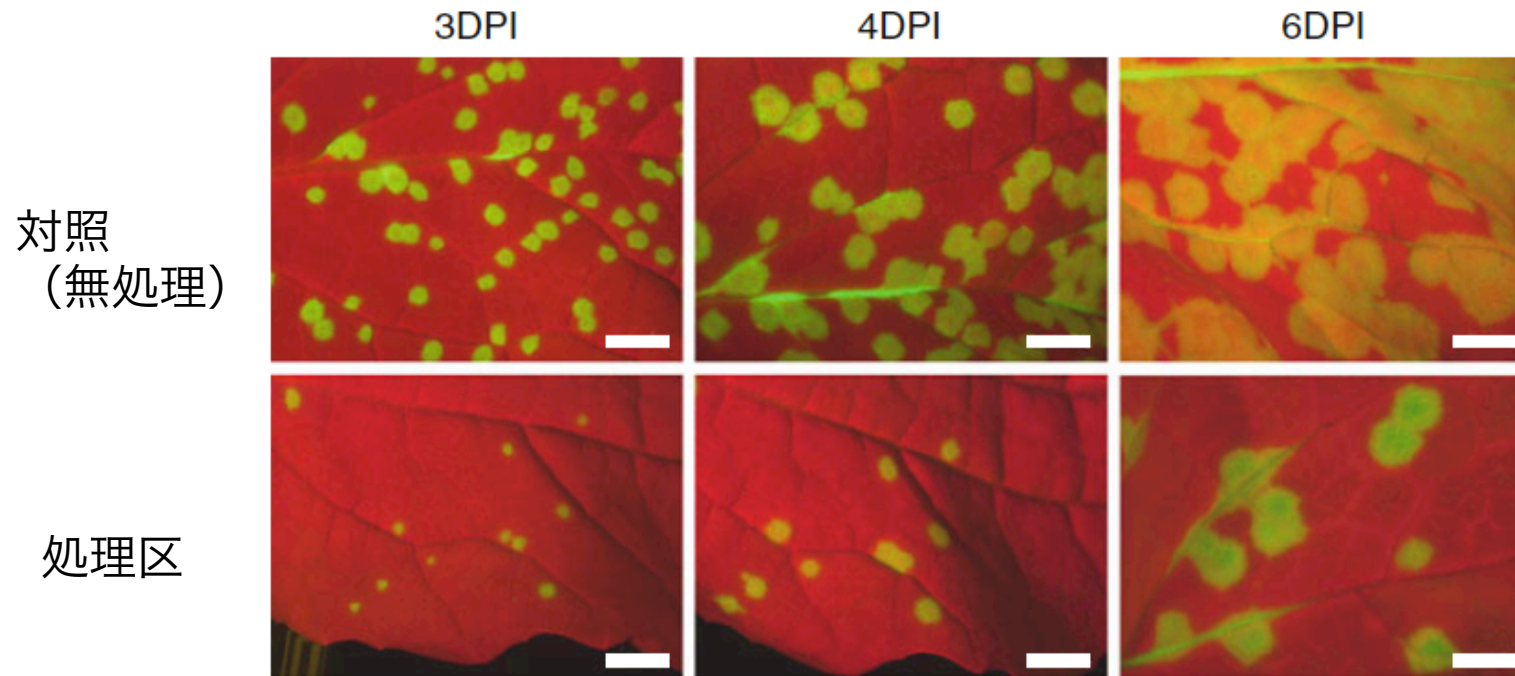
Ascorbyl palmitate



Ascorbic Acid 2-Glucoside

安全性が知られている、入手が容易であるなどの利点から、以後はビタミンC誘導体を抗ウイルス剤として利用することにした

ビタミンC処理したカブ葉におけるYFP発現TuMVの局在



(接種1時間後に葉挿し処理)

(Fujiwara et al., 2013)

ビタミンC処理によりウイルス感染点が70%減少し、感染点サイズも小さくなった

ビタミンC誘導体を利用した茎頂からのウイルス除去試験



福地ホホワイト

北海道在来
(富良野)

北海道在来
(常呂)

北海道産ニンニクに感染している主要病原ウイルス

科	属	
Potyviridae	Potyvirus	Leek yellow stripe virus (LYSV) Onion yellow dwarf virus (OYDV) Shallot yellow stripe virus (SYSV)
Alphaflexiviridae	Allexivirus	Garlic virus A,B,C,D (GarV-A,B,C,D)
Betaflexiviridae	Carlavirus	Garlic common latent virus (GCLV) Shallot latent virus (SLV)

病徴

- ・ 生育の不良
- ・ 鱗茎の未発達、わい化
- ・ モザイク病徴

ニンニクは花粉稔性が低いため栄養繁殖する
→ 親株が感染すると、子株にもウイルスが伝搬する

茎頂培養によりウイルスフリー株を作出し、
それを栽培することでウイルスの蔓延を防止



病徴の程度

+

++



ウイルス感染の組み合わせ	病徴	生育不良
LYSVのみ	+	
Allexivirusのみ	+	
LYSV+OYDV	++	+
LYSV+Allexivirus	+ or ++	+ or ++
LYSV+OYDV+Allexivirus	++	++

- LYSV、OYDV、Allexivirus属のいずれか2つに感染していると、病徴が激しくなる傾向がある。
- 一つウイルスを抜けば、病徴がかなり軽くなると予想。



切り出す茎頂の大きさとウイルスフリー化率（ニンニク）

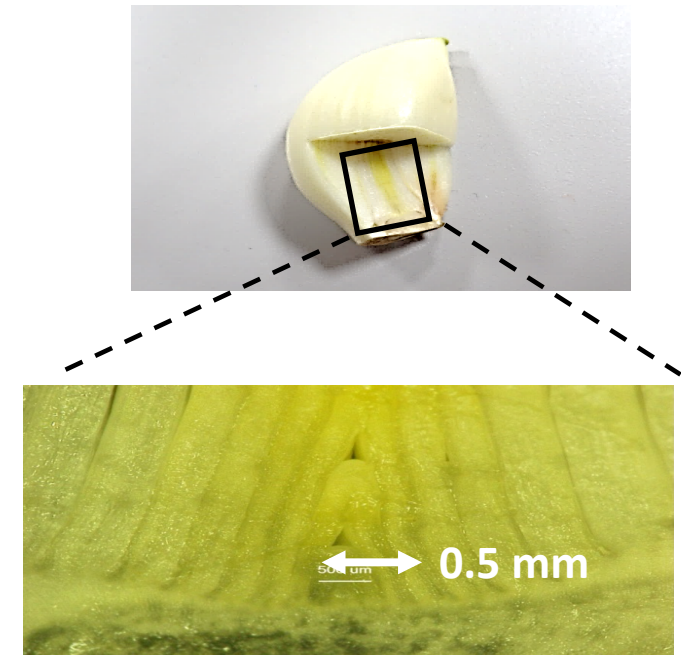
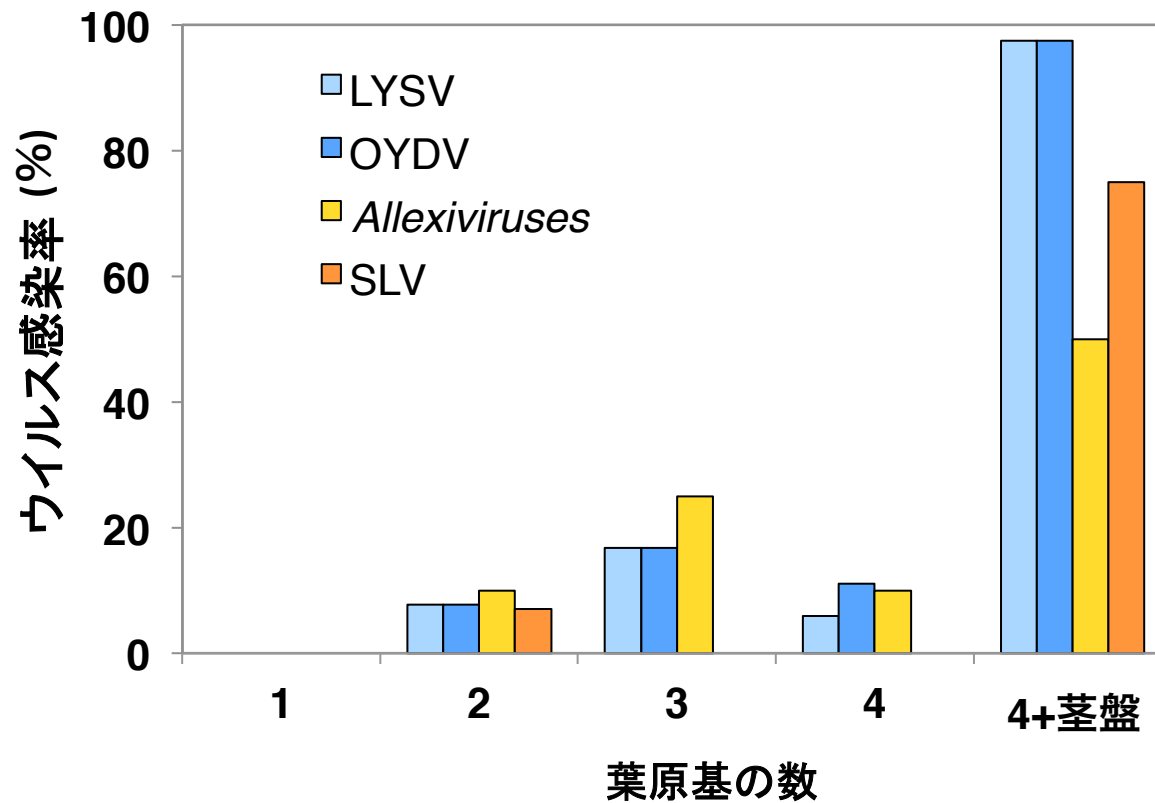
a 切り取る茎頂 の大きさ(mm)	b カルス形成 の有無	c 外観病徴 (モザイク) の有無	検定結果		f 判定
			d 接種	e 電顕	
0.2	×	—	・	—	◎
0.2	×	—	・	—	◎
0.3	×	—	—	—	◎
0.3	×	—	・	—	◎
0.3	×	—	・	—	◎
0.3	×	—	—	・	◎
0.4	×	—	—	—	◎
0.4	×	—	・	—	◎
0.4	×	—	・	—	◎
0.4	×	—	—	+	▽
0.4	×	—	—	+	▽
0.5	×	—	・	—	◎
0.5	×	—	—	・	○
0.5	×	—	・	+	▽
0.5	×	+	・	+	▽
0.6	×	+	+	・	▽
0.6	×	—	・	+	▽
0.7	×	+	+	+	▽
0.7	×	+	・	+	▽
1.0	×	+	+	+	▽
1.0	×	+	・	+	▽
1.2	×	+	+	+	▽
1.2	×	+	・	+	▽

**ウイルスフリー化するのは
約0.3mm程度の茎頂組織**

顕微鏡下での作業
熟練の技術が必要

茎頂を小さく切り出すほど、
ウイルスフリー化率が上がる。
しかし、茎頂を小さく切り出すと
植物体再生率は低下する。

切り出す茎頂組織の大きさと感染ウイルスの残存程度の関係



茎盤を残した個体は、全てのウイルスが残存する確率が非常に高い

切り出しサイズが1-5mmの茎頂断片でのビタミンc処理効果

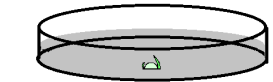
LYSV感染鱗片から
茎頂周辺組織を切り出し



茎盤は完璧に外さないでもよい
肉眼でも切り出し可（1mm程
度）
葉原基も1，2枚残すこともOK



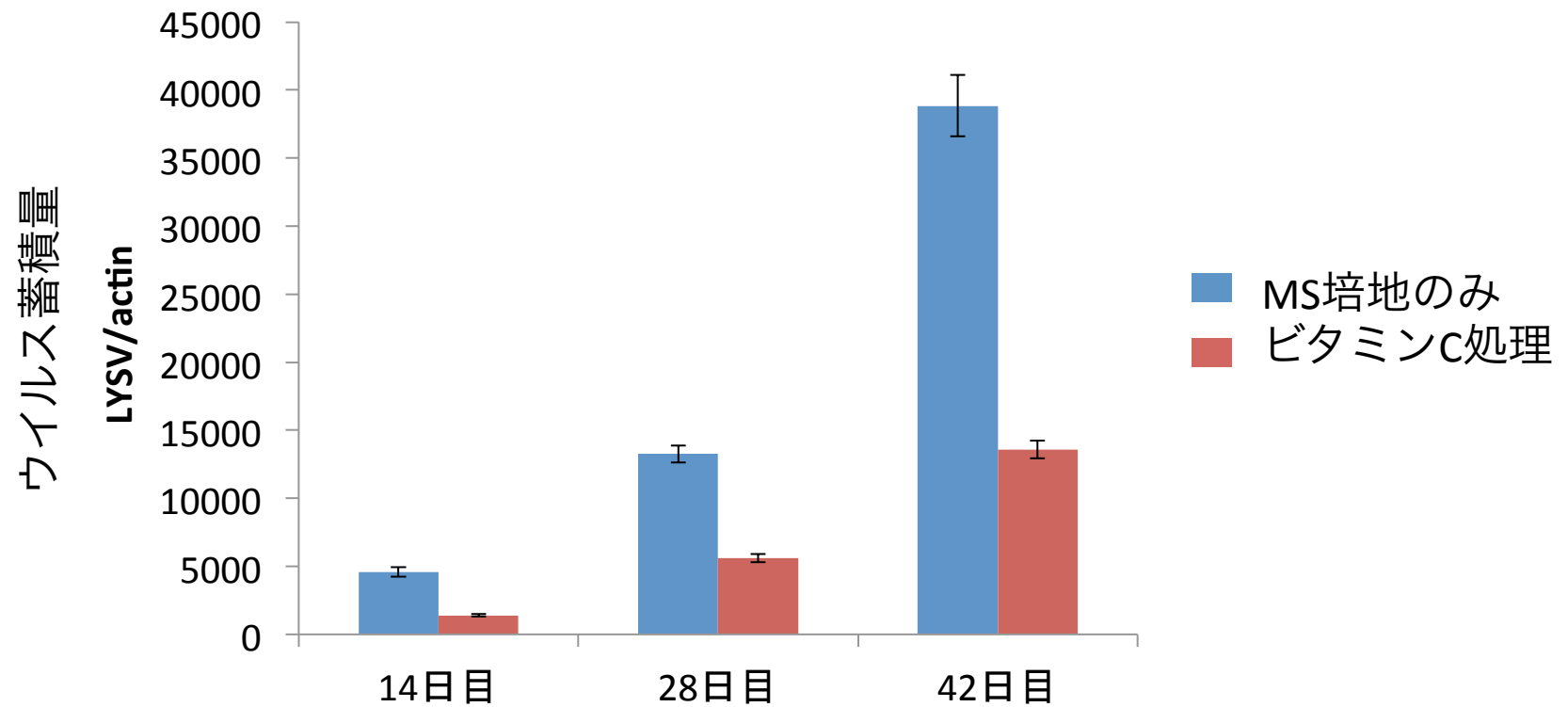
MS培地



ビタミンc添加

ビタミンc処理でウイルスフリー化
率向上が期待できるため、0.4mm
の切り出し不要

培養14日目以降LYSV蓄積量
をqRT-PCRで定量



1 mm以上の大きな茎頂組織でも、ビタミンC処理により
ウイルスの蓄積が阻害された

2. 北海道在来種のウイルスフリー化

〈一鱗茎あたりの鱗片数〉

Lサイズの鱗茎

(6.5～7cm)

横から見た鱗茎



剥いてみると・・・



鱗片



感染個体



ウイルスフリー個体

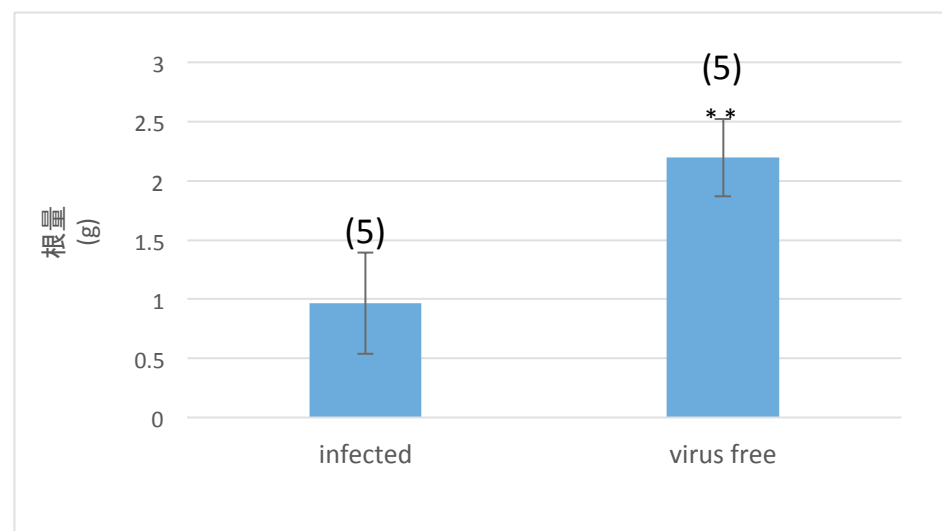
ウイルスフリー個体のニンニク球は、**均一の鱗片**を含み、分裂数も少ない

〈根量〉



感染個体

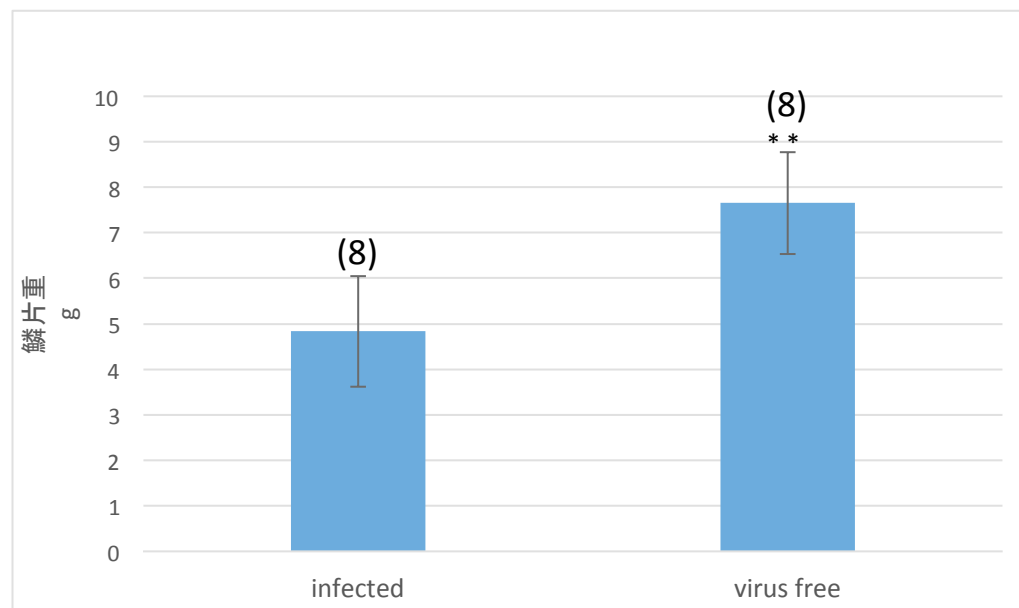
ウイルスフリー



ウイルスフリー個体の根量は、感染個体の**2.3倍**になった

2. 北海道在来種のウイルスフリー化

〈鱗片生重量〉

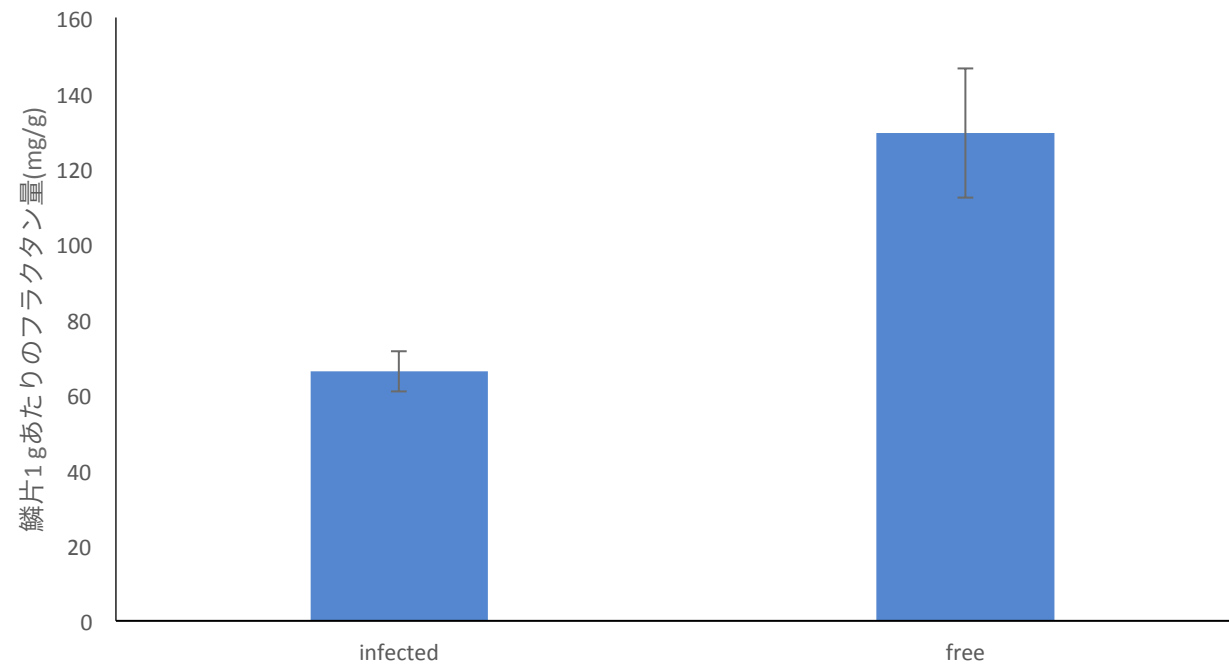


ウイルスフリー個体の鱗片重は、感染個体の鱗片重の**1.74**倍になった

フラクタンの量を測定

およそ2倍の差！

鱗片1gあたりのフラクタン量





ウイルス感染
LYSV

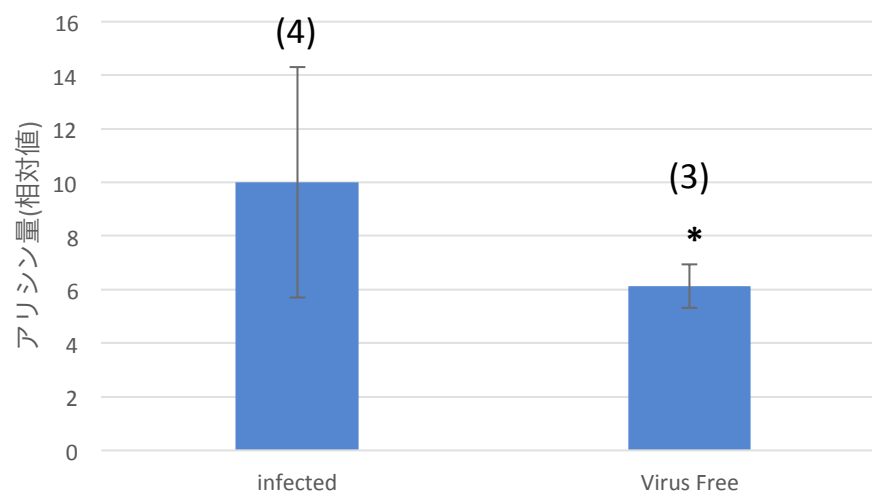
ウイルスフリー

2. 北海道在来種のウイルスフリー化

〈アリシン含量〉

アリシン：辛味、ニンニク臭、滋養強壮、殺菌作用など

方法：UPLC MS/MS



アリシン含量は、感染個体の方がウイルスフリー個体よりも1.6倍高かった

ビタミンCを農薬へ！

ビタミンC誘導体実証試験（野外試験）

トマト黄化葉巻病

病原 トマト黄化葉巻ウイルス Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)
*Geminiviridae*科*Begomovirus*属

1996年に国内初確認

タバココナジラミにより永続的に媒介
接ぎ木伝染するが、
種子伝染、土壌伝染、汁液伝染はしない

(防除策)

- ① タバココナジラミの防除
- ② 微細（0.4mm）なネットで覆う
- ③ 罹病トマトを抜取る
- ④ 抵抗性品種を育成
- ⑤ 弱毒ウイルスの利用



ビタミンC防除にはいくつかの制約がある

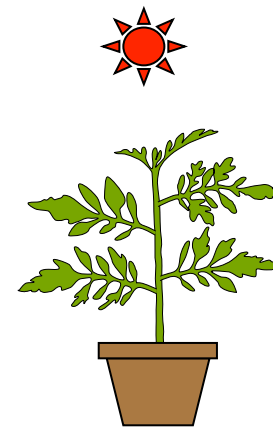
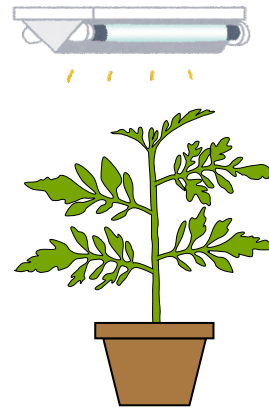
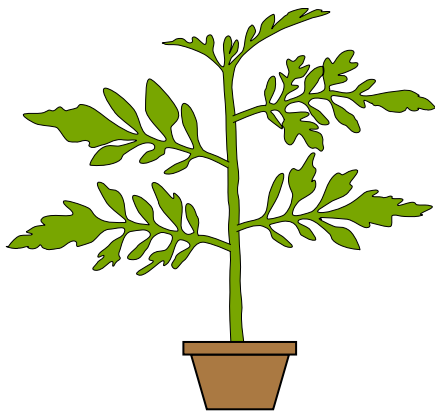
アスコルビン酸(AsA)はTYLCVの増殖を抑制できるが

- ⇒ 一定量以上のウイルスの感染を制御できない
- ⇒ 媒介昆虫の数を制御する必要がある

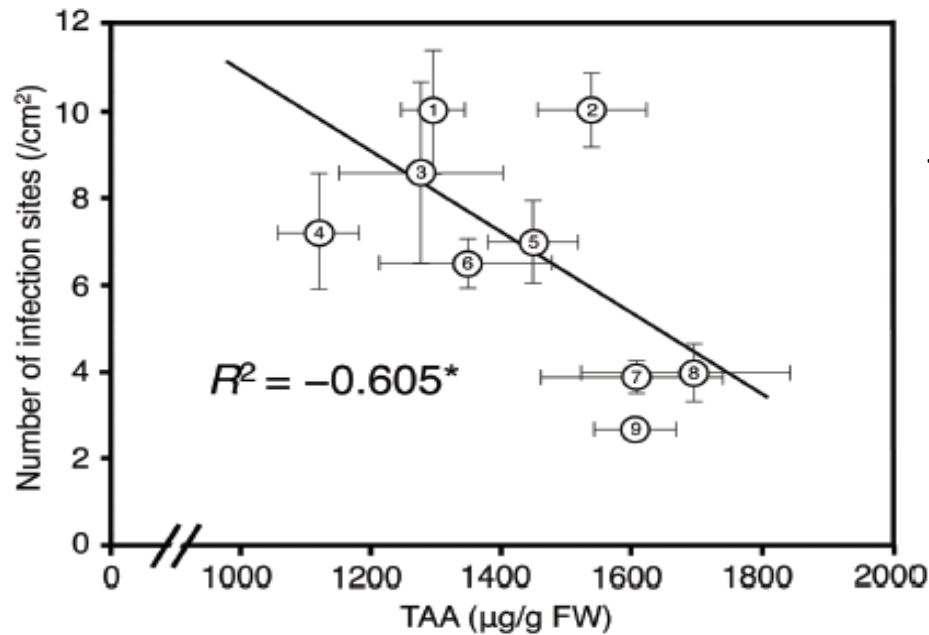
試験時期や条件によって効果の変動が大きい

- ⇒ 春夏と秋冬の試験あるいは**天候**で効果変動
- ⇒ 無処理区よりも発病が多い場合もある
- ⇒ 温室で効果がよく出ることがある
- ⇒ 薬の最適濃度は、**環境や個体差**に依存

内在AsA量が日照時間や
温度で変動することが影響？



内在性アスコルビン酸のレベルが高い品種はウイルス耐性

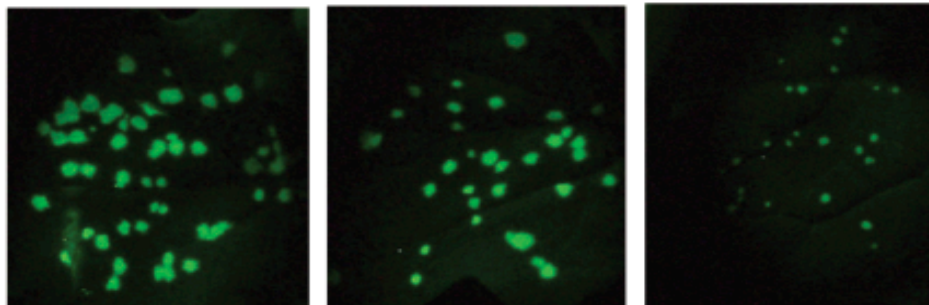


カブ9品種の内生アスコルビン酸量と
Turnip mosaic virus (TuMV)抵抗性の関連

総アスコルビン酸量が高いほど
ウイルス抵抗性が高い

内在AsA量がウイルス抵抗性に関与

(TuMV-YFPを接種)



総AsA量
(μg/gFW)

京の雪
1280

雪姫かぶ
1438

早生大蕪
1603

弱毒ウイルス感染トマト
でビタミンCが上昇したの
は、偶然ではなく宿主の
ウイルス抵抗性発動の結果だ！！

(Fujiwara et al., 2016)

ご清聴ありがとうございました