

**Bi-monthly**

**No.24**

# Fruit & Tea Times

最新の研究成果を分かりやすく解説

## 巻頭言

- 果実輸出に貢献する病害虫研究

## トピックス

- 突然襲ってくる厄介者、果樹カメムシの被害を防ぐ
- 植物と微生物の果てしなき戦い

## カチャカチャTIPS

- くだもの収穫日はどうやって決めるの？



カンキツ品種「あすみ」

詳しくは、下記をご覧ください。

<http://www.naro.affrc.go.jp/collab/breed/laboratory/fruit/039574.html>

# 井原 史雄

巻頭言

## 「果実輸出に貢献する病害虫研究」

- 政府は新しく農林水産物・食品の輸出拡大にむけた目標を設定しました。
- 農研機構でも研究の次期中長期計画で輸出促進への技術開発が大きな柱になる予定です。
- ここでは、病害虫の研究が輸出促進にどのように貢献できるかを考えてみたいと思います。

### 農産物・食品の輸出を大幅に拡大する

#### 食

料・農業・農村基本計画（令和2年3月31日閣議決定）では、令和12年までに農林水産物・食品の輸出額を5兆円とする目標が設定されています。その内、農産物は1.4兆円です。もう少し詳しく

く中身を見てみましょう。農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略（令和2年11月30日農林水産物・食品の輸出拡大のための輸入国規制への対応等に関する関係閣僚会議）資料によりすると、表1に示した

表1 果樹・茶の輸出額目標

品名	2019年実績 (億円)	2025年目標 (億円)
リンゴ	145	177
ブドウ	32	125
モモ	19	61
カンキツ	6.7	39
チャ	146	312

農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略  
([https://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e\\_action/attach/pdf/index-5.pdf](https://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e_action/attach/pdf/index-5.pdf)) から転記

ようになり、2019年ですでも14.5億円の実績があるリンゴを除いて、現在の3.6倍の目標輸出額になっています。お茶に関しても、現行の2倍を超える目標になっています。このような基本計画に基づき農

研機構におきましても第5期中長期計画（令和3～7年度）では輸出促進が目標の大きな柱になる予定です。

### 相手国の検疫条件をクリアしないと輸出できない

#### 病

害虫の研究が輸出促進にどのよう貢献できるか考えていきたいと思います。わが国でも行っていることです。が、輸入相手国で発生している有害な病害虫の侵入を防止するため必要な検疫措置をとる（WTO／SPS協定）で認められています。

表2 日本産リンゴの諸外国の検疫条件

国名	検疫条件
韓国	韓国が輸入を禁止
台湾	二国間合意による条件を満たすことが必要（主な条件：園地防除の徹底、選果こん包施設の登録、登録選果こん包施設での選果）
中国	中国が発給する輸入許可証の取得及び日本での輸出検査が必要
香港	日本での輸出検査を受けずに輸出可能
ベトナム	二国間合意による条件を満たすことが必要（主な条件：園地及び選果こん包施設の登録、園地検査、袋かけ等の園地管理）
シンガポール	日本での輸出検査を受けずに輸出可能
インド	インドが検疫条件を設定していないため輸出不可
パキスタン	パキスタンが発給する輸入許可証の取得及び日本での輸出検査が必要

諸外国に植物等を輸出する場合の検疫条件一覧（早見表）貨物編  
([https://www.maff.go.jp/pps/j/search/e\\_hayami\\_kamotu.pdf](https://www.maff.go.jp/pps/j/search/e_hayami_kamotu.pdf)) より抜粋

そのため、相手国や作物によって輸入が禁止されたり、検疫条件が定められたりしていることがあります。検疫条件は、植物防疫所のページ

(<https://www.maff.go.jp/pps/j/search/detail.html>)で、例えば生果実9品目に対する主な

国の検疫条件が確認できます。リンゴのわが国からの輸出を例にしますと（表2）、香港やシン

ガポールは生果実の輸出に条件がありませんが、台湾への輸出では二国間合意による条件を満たすことが必要になります。一方、インドのように、そもそも検疫条件を設定していないので輸出できない例や、韓国のように輸入を全面的に禁止している例もあります。検疫条件が設定されていない国へ輸出できるようにする時や、二国間合意による条件の変更が必要な時は、輸出相手国との二国間協議が行われます。二国間協議は全くの非公開ですので、その内容はわかりませんが、その二国間協議の条件設定に使うことができるように、病虫害の死滅条件など検疫上問題にならないような措置について、科

リング栽培において、全く防除しなかった場合の減収率は99%と、出荷可能な果実をほとんど収穫できないことになるというデータもあります。防除には農薬も使用しますが、国内で許可された使用基準を遵守して農薬を使用している限り残留農薬の問題はありません。しかし、残留農薬基準値は国ごとに異なります。これはその国の食習慣における食品の摂取量などを考慮して計算されているためです。また、その国で生産されていない農作物の場合には、農薬の種類にかかわらず、一律の極めて低い基準値が設定されている場合もありますし、新しい農薬の場合には、基準値が未設定の場合もあります。そのため、わが国の

学的な根拠を持って示すという重要な研究があります。もしその条件が相手国に認められれば、検疫条件を守りながらの輸出が解禁されることとなります。私たち研究機関がすべきことは、例えばある害虫の果実品質に影響しない死滅条件を統計的に示し、論文として公開するということとなります。



図1. モモシンクイガ

台湾への果実輸出における検疫対象害虫で、本種対象とした二国間同意に基づく条件をクリアする必要がある。果実表面のオレンジ色の点がモモシンクイガの卵。

## 国によって残留農薬基準が違う

**輸** 出するには、もう一つ大きな乗り越えるべき条件があります。それは輸出相手国の残留農薬基準値に引っかけられない農作物を生産すると

いうことです。温暖で多雨の気候であるわが国においては、多様な病虫害が発生するため、適切な防除を行いながら農作物を生産しています。例えば

基準に沿って適切に生産された農作物でも、輸出相手国によっては残留農薬基準値に引かかる事例があります。そこで輸出を目的として農作物を生産する場合には、輸出先で問題になるような農薬を使わない（または使用時期を考慮する）防除体系を考える必要があります。ただ単に農薬を抜くだけでは病虫害が発生し、品質や収量に影響がでたり、逆に検疫上の問題が生じる可能

性がありますから、病虫害の発生を抑えながら、輸出相手国の残留農薬基準に合致する防除体系を考える必要があります。そのため、産地と連携して輸出相手国に対応した防除体系を構築していくことが重要な研究となります。これ以外にも、海外輸送の期間に果実を腐敗させない技術開発も必要です。これからの5年間で病虫害研究がどのように輸出に貢献できるか見守っていただければと思います。



いはら・ふみお

リング研究領域長

虫害研究をしていましたので、環境保全型農業に関心があります。最近では肝臓保全型にしなければいけない状態です。

冬虫夏草に関わり、20年が過ぎました。日本冬虫夏草の会は昨年40周年を迎えており、私自身、会誌の編集に携わり10年が過ぎました。そのような節目の年が新型コロナウイルスの影響を受けてしたのは痛恨の極みです。

# トピックス

## 「突然襲ってくる厄介者、 果樹カメムシの被害を 防ぐ」

降幡 駿介

- ・ 果樹カメムシの仲間には、果樹園の外から急にやってきて果実を傷つけるため、これをいち早く察知して対処する必要があります。
- ・ そのため「発生予防」が行われます。「集合フェロモン」と呼ばれる物質を使って周囲にいる果樹カメムシの数を調べる方法や、果樹カメムシの餌となるヒノキの実の**でき具合**をヒノキ花粉の飛散量から推定する方法などがあります。

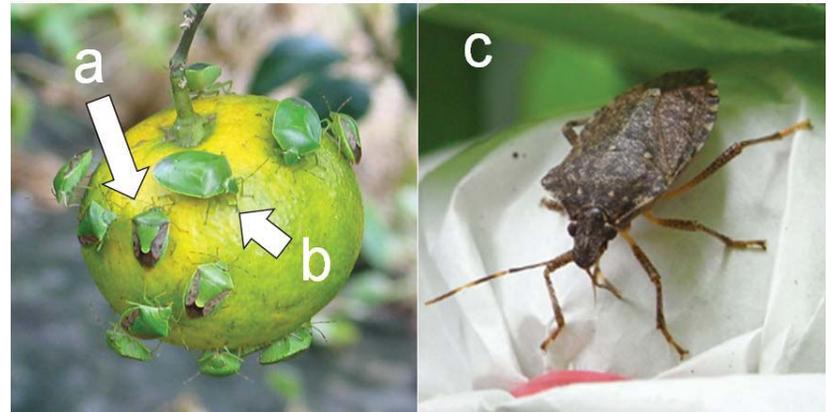


図1 果樹カメムシと呼ばれるカメムシたち。

ミカンを加害するチャバネアオカメムシ(a)とツヤアオカメムシ(b)、袋の上からリンゴを加害するクサギカメムシ(c)。※a, bは生産・流通研究領域虫害ユニット 三代ユニット長撮影

## 果樹カメムシとは？

**多**くの作物と同じように、果樹にも様々な害虫が発生します。そのひとつに「果樹カメムシ」と呼ばれるカメム

シの仲間がいます。主に、チャバネアオカメムシ、ツヤアオカメムシ、クサギカメムシの3種類を指します(図1)。

**こ**の果樹カメムシは厄介な生態を持っています。

一般的な害虫は常に多かれ少なかれ果樹園において、園内で作物を食べて徐々に増加するので生産者としても観察によりて増加している様子が見られたら農薬を散布するなどの対処が可能です。一方、果樹カメムシは果樹園の外の山林などで繁殖し、エサを探し回る中で果樹園を通りかかります。通りかかった果樹カメムシは果実に鋭い口針を刺して果汁を吸って加害し、果実が成長するにつれてこの吸汁した痕を中心として果実がへこむために、商品価値が失われます。(図2)。その



図2 果樹カメムシの被害を受けたリンゴ。

盛岡市のリンゴ研究拠点にて2020年収穫。カメムシはセミの仲間のような口を持ち、口を果実に刺して果汁を吸います。特に、実がまだ若いころにたくさん刺されると、刺された部分がへこんでぼこぼこになります。北日本でこのようにきれいな(?)被害果を見るのは珍しいです。

※リンゴ研究領域リンゴ病害虫ユニット 岸本上級研究員撮影

ロモンであるため、集合フェロモンと呼ばれます。この集合フェロモンをトラップ(ワナ)と組み合わせ、周囲の果樹カメムシをおびき寄せて捕獲し、捕獲数の増減を調べることとで、果樹カメムシが果樹園周辺にどれくらいいるか、精度良く推定することができます(図3)。

また、先に「果樹カメムシは果樹園外で繁殖する」と書きましたが、チャバネアオカメムシやツヤアオカメムシはヒノキの実(球果)が重要なエサだとわかっています。そこで、ヒノキ花粉の飛散量(花粉症

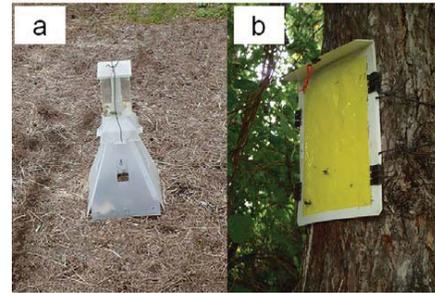


図3 発生予察用のトラップ。

(a) AUトラップ。フェロモンに集まってきたカメムシが上部の箱に入って出られなくなる箱ワナ式。(b) PSトラップ。カメムシが粘着シートにくっつくゴキブリホイホイ式。

ため、ある日突然襲つてきて果実に大ダメージ、気づいた時には後の祭り、となりかねません。

このため、果樹カメムシによる被害を防ぐためには、果樹カメムシが果樹園にやっ

てきたことをいち早く察知し、すぐに対処をしなければなりません。また、天気予報のように「いつ、どれくらい来るか」あらかじめ

## 発生予察ってどうするの？

予測できれば対処もしやすくなります。それをやるのが、「発生予察」です。

### 発生予察にもいくつか

方法があります。その中心になるのが、「集合フェロモントラップ」を使う方法です。フェロモンとは、同じ種類の昆虫同士がコミュニ

ケーションをとるのに使う匂い物質のことです。ファーブル昆虫記で、ガのメスがオスを呼ぶのに使う性フェロモンについて読んだことがある方もいるでしょう。果樹カメムシが使うフェロモンは、オスメス関係なく同じ種類の虫を呼び集めるフェ

の方には気になるデータです(ね)からその年の球果のでき具合を予想したり、ヒノキ林でのカメムシの発生状況や球果の消費状況を調

べたりすることで、いつ頃のどのくらい果樹園へ飛んで来そうか予測する方法も開発されています。

## より良い発生予察法の開発への取り組み

これまでご紹介したような発生予察により、被害が増えないうちに農薬を散布したり、あらかじめ防虫網を設置したりすることにより、チャバネアオカメムシやツヤアオカメムシによる被害を抑えることが

可能になってきています。ですが、クサギカメムシについては、現在のフェロモントラップによる方法では精度良く発生を予察することができないこと、またヒノキの実が主なエサではないことからヒノキ花粉など

トピックス

「植物と微生物の果てしなき戦い」

清水 健雄

を用いた方法が活用できないことなどから、十分な対策ができていないことが課題です。そこで、私はこうした課題を解決すべく、3年前から研究に取り組んでいます。例えば、近年、欧米でクサギカメムシの研究が進み、新しい集合フェロモンが開発されました。そこで、このフェロモンを用いたフェロモントラップによる個体数調査法がクサギカメムシをはじめとする果樹カメムシの発生予測に使えるかどうか調べています。また、クサギカ

メムシに関しては果樹園外での主なエサが何であるかが不明であったことから、クサギカメムシのおなかの中からエサ植物のDNAを検出し、どのような植物をエサとしているかを調べています。主なエサを明らかにすることによって、自然界におけるエサの増減から、他の2種と同じように精度良く発生を予測する方法を開発したいと考えています。

ふりはた・しゅんすけ

リンゴ研究領域リンゴ病害虫ユニット 研究員

本文中で、果樹カメムシは集合フェロモンを使ってコミュニケーションしていることをお話しましたが、なぜ彼らが集合フェロモンを持つのか、集合するとどんなメリットがあるのか、実はよくわかっていません。それを明らかにできれば興味深いですし、もっと賢いカメムシ被害の防止法も開発できるかも、と思っています。



- 人間と同様に、植物を取り巻く環境には様々な病原体がいるにも関わらず、**病気になるにくい植物**があります。
- 人間は免疫により身体を守っていますが、**植物はどうやって身を守っているのでしょうか？**

**私**達の周囲にある植物に目を向けてみてください。元気で美しいものもあれば、病気で弱っているものもあることに気づくと思います。実は植物にも病原体である微生物を撃退するシ

ステムが備わっていて、病気になるように守っていることがわかっていきます(図1)。植物に病気を引き起こす微生物の一種であるカビに注目すると、カビの攻撃を受

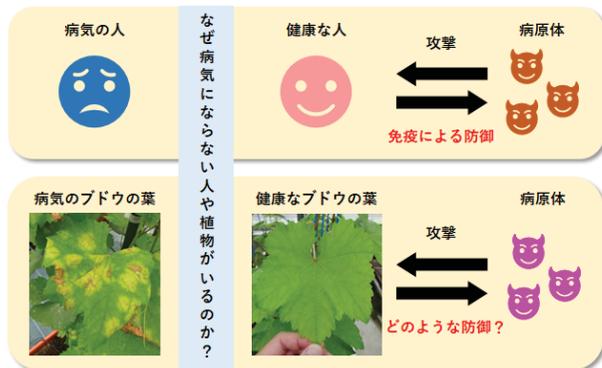


図1 植物はどうやって病原体から身を守るのか？

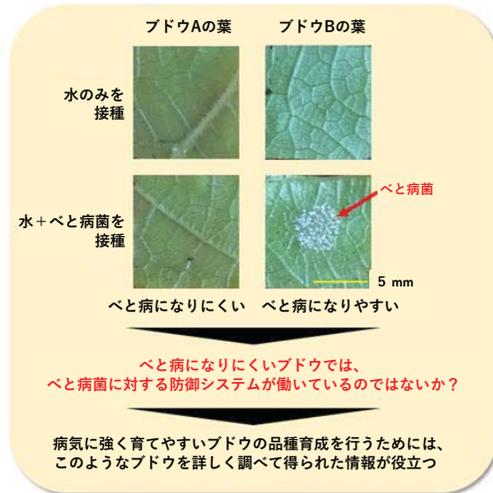


図3 べと病になりにくいブドウとなりにくいブドウがある

こ  
こからは、私が  
行っているブ  
ドウべと病の  
研究について  
紹介いたしま  
す。べと病は  
卵菌類と呼ば  
れるカビとは

異なる微生物なのですが、  
見た目はよく似ています  
(図3の右下の写真の白いも  
のや次ページ図4の赤い矢  
印の白い糸状と粒状のもの  
と糸状のもの)。べと病は、  
初夏の雨が多い時期からブ  
ドウに発生し始め、葉や果  
実にダメージを与えること

**ブドウには病気になりやすい  
品種となりやすい品種がある**

うと、これまたそうでもあ  
りません。今度は微生物が  
新たに手に入れた攻撃シス  
テムをさらに打ち破る防御  
システムを持つ植物も現れ

ました。また、植物の栄養  
状態も、病気のかかりやす  
さに影響を与えることが知  
られています。つまり「病原  
性の微生物がいる」から病

気になるのではなく、「微生  
物の攻撃システムが勝てば」  
病気になり、「植物の防御シ  
ステムが勝てば」病気になら  
ない、ということなのです。

けた植物では、カビ由来のキ  
チンという物質を認識する  
受容体と呼ばれるタンパク  
質が細胞膜上で働き、図2  
のようなシステムが働くこと  
により、カビ  
の攻撃に対抗  
する防御反応  
が誘導される  
ことがわかっ  
ています。ま  
た、カビとは  
異なる微生物  
である細菌に  
ついても、やは  
りよく似た防  
御システムを  
持つ(イベント

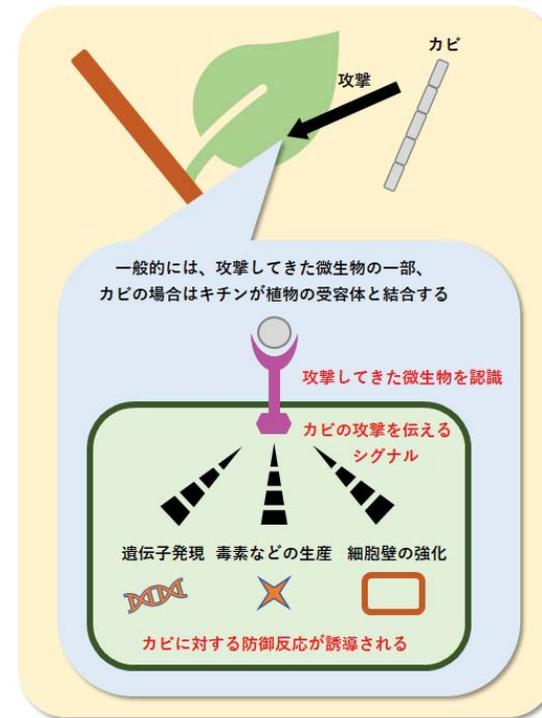


図2 カビに対する植物の防御システムの模式図

植物の細胞膜(緑枠)に存在する受容体(紫色)が微生物由来の物質(灰色)を認識し、そこからシグナル(黒三角)が細胞内へ伝達され、防御反応(茶色)を誘導することにより、植物は微生物の攻撃から身を守っている。

がわかってきました。では、  
植物はどんな微生物に対し  
ても勝てるのか? という  
そうではありません。微生  
物も生き残るのに必死で、

長い進化の過程で、植物の持  
つ防御システムを打ち破る  
攻撃システムを発達させる  
ものが現れました。では結  
局植物は負けるのか? とい

により生産者を困らせています。そこで、べと病菌がどうやってブドウに感染するのか、品種によって感染しやすさは違うのか、ということの研究しています。病原菌を扱う研究は、人工的に合成した材料でその病原菌を維持・管理し、それを人工的に植物に接種して変化を観察する、という実験が非常に重要になります。しかし、このべと病菌は絶対寄生菌と呼ばれる生物で、現在のところブドウの植物体上でしか維持・管理ができません。そのため

実験が可能な時期や手法等が大きく制限されており、このことが研究の大きなハードルとなつています。私の場合は、上記のべと病発生時期に必要な実験を集中して行つていきます。この時期はブドウ栽培上忙しいのですが、この研究の勝負所として、いろんな方の力を借りながら頑張つています。実験手法を簡単に説明すると、葉にいるべと病菌を集め、それを水に懸濁したものや様々なブドウ品種の葉に接種し、その変化を調べています。こ

れまでの研究により、ブドウにも品種によってべと病になりやすいものと、なりにくいものがあることがわかりました(図3、図4)。さらに、べと病菌を接種した時のブドウの葉の遺伝子発現の変化を調べると、図2のように、ブドウは防御反応に関連した遺伝子を利用してべと病菌と戦っていることもわかってきました。現在は、べと病になりやすいブドウを利用して、病気に強くて育てやすいブドウの品種育成を目指しています。

▶ 図3のようなブドウの葉を拡大するとどうなっているのか？

葉の裏の気孔部位で、べと病菌の糸状と粒状の構造物が発達していた

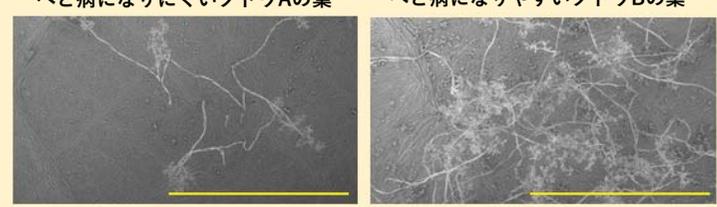


菌がない気孔      菌がある気孔

べと病菌の構造物

0.02 mm

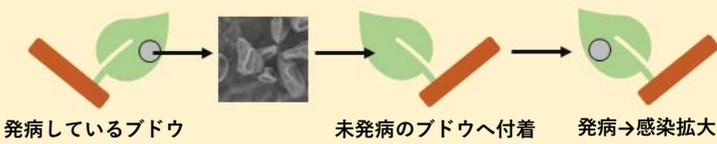
広い面積で見ると・・・



べと病になりにくいブドウAの葉      べと病になりやすいブドウBの葉

べと病菌の構造物が非常に少ない      べと病菌の構造物が非常に多い

べと病菌の粒状構造物が雨や風で飛び散り、離れた場所にあるブドウに付着し、そこで再び発病することにより、感染が拡大していく



発病しているブドウ      未発病のブドウへ付着      発病→感染拡大！

▶ べと病菌がブドウと接触すると防御システムは働くのか？

この粒状の構造物をブドウの葉へ接種すると、24時間以内に、べと病菌に対する防御反応に関連する遺伝子が発現していることが分かった！

図4 ブドウの葉でべと病が発生している状態を詳しく調べた結果

この図で使用されている写真は走査型電子顕微鏡により真空状態で撮影されたため、葉やべと病菌(粒状や糸状の構造物)は少し干からびたようになっています。

## これからも続く植物と微生物の生存競争

**微** 生物が生きたるために栄養を植物から得ようとした結果、植物が弱ったり枯れてしまったりすることを、私たち人間は「病気」と言っています。しかし、それは人間側の都合による見方でしかありません。冒頭で述べたように、その背後には植物と微生物の生存競争のための長い進化の歴史があります。両者の間でどのような駆け引きが繰り返されて現在に至ったのか、そしてこ

れから先も果てしなく駆け引きが続いていくことを想像すると、人間を取り巻く自然環境へも思いを馳せることとなります。このようにあれこれと想像することが、研究者としての原動力となっています。



しみず・たけお

ブドウ・カキ研究領域 ブドウ・カキ育種ユニット主任研究員

学位取得後は、植物-微生物相互作用という研究分野で、本文中のカビの受容体に関する研究を行っていました。当部門に来てからは、リンゴやブドウの病害研究に力を入れてきました。子供のころから漫画を読むのが好きで、名作から流行のものまでいろいろ読みます。特に印象に残っている作品は「ブラックジャック（手塚治虫作）」の「六等星」で、読むたびに、人生を歩む上で大切な示唆を与えてくれます。

# 問

## 「くだものの収穫日はどうやって決めるの？」



(回答者)

リンゴ研究領域  
リンゴ栽培生理ユニット 研究員

馬場 隆士

果樹とお茶の質問コーナー

- みなさんはくだものの**収穫日**がどのように決められているか知っていますか？
- 果実が一番美味しいときを**収穫日**にすれば好いような気がします。
- でもこれ、**意外と難しい問題**なんです。

## 食べるときに一番美味しくなる熟度で収穫するのが基本

く だものは種類や品種によって、いつ熟するか、どのくらい日持ちするかが違います。生産現場では、くだ

もの品種ごとに、収穫してから消費者の皆さんにお届けするのにかかる時間も考慮して、収穫日を決めています。

例えば、リンゴやミカンなどは、リンゴやミカンは日持ちが良いので、すぐ出荷するのか、収穫後に貯蔵してから出荷するのかが収穫する時期は違います。リンゴのなかでも特に日持ちが良い「ふじ」では、すぐに出荷するときには樹上に長く置いてみ



カチャカチャTIPS

つが十分入ったものを収穫しますが、長く貯蔵してから出荷するときは早めに収穫します。モモのように傷みやすいものは、流通の途中で傷まないように、少し固いうちに収穫することが多いです。ウメのように、青梅と完熟梅など、用途によってはっきりと収穫時期が変わるものもありますね。くだものの熟すタイミングや日持ちは、生産現場の環境やその年の気象条件でも変わります。そのため、くだものの収穫日は、その場所そのときの果実の様子をよく観て、それぞれの収穫適期を見極める必要があります。



図2 携帯型測定器による非破壊でのナシの熟度判定

着色していない部分の色のことで、成熟するにつれて濃い緑色から黄白色に変化します。の変化を把握すれば、どれだけ熟したかを判定することができます。味に関する指

だものが収穫期に入つたかどうかはいくつかの手がかりをもとに判定します。花が満開になった後の日数は、品種ごとの熟すタイミングとよく対応していて、年によってもぶれにくいので、

## 判定用のカラーチャートや測定機器も開発

大まかな指標として便利です。収穫日をより精密に決めるには、果実の色、味、硬さなどをよく観ることが大切です。例えば、図1のようなカラーチャートを使って、果皮の色づきや地色（リンゴなら赤く



図1 リンゴ「ふじ」の表面色と地色のカラーチャート

標としては、糖度がよく利用されます。近年は、非破壊で糖度や葉緑素の量を測定できる携帯型の測定器も開発され（図2）、より簡易で精密な判定も可能になってきました。

このように時期を見極めても、収穫直前の悪天候が予想されるときは、可能な範囲内で収穫日を早めることもあります。収穫日ひとつ決めるのにも、くだものの生産現場では様々な判断がなされているんですね。



## 編集後記

外出自粛で時間を持て余していた娘が、正月の台所でケーキを焼きはじめました。スポンジケーキにはラム酒のシロップをたっぷり浸み込ませ大人の味に、生クリームとパウダーシュガーでシンプルデコレーション。「スポンジが何となく味気ないし、生クリー

ムは甘いだけで物足りない」とつぶやいています。「やっぱりフルーツでしよう！」と私。スーパ―に直行、カットフルーツの盛り合わせを買ってきました。雪のように真っ白だったスポンジケーキはブドウや洋ナシ、ミカンにパイナップル、イチゴなど色とりどりのフルーツのスライスが敷き詰められ、見違えるほど華やかになりました。紅茶を淹れてみんなでティータイム。フルーツの甘さや酸味、香りが生クリームとの濃厚な風味を引き立てて、驚くほどおいしくなりました。一流ケーキ店にも引けを取らないくらいです。リンゴをたっぷり使ったタルトタタン



生クリームを添えたリンゴたっぷりのタルトタタン

にも生クリームがよく合います。フルーツと生クリームは最高のコラボです。皆さんもお試してください。

ヨッシー

## Fruit & Tea Times

2016年11月 1日 創刊  
2021年 2月 1日 24号刊行

刊行/国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門

企画・編集/研究推進部研究推進室 TEL 029-838-6447

住所/〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1

URL: <http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nifts/>