

彩り・潤い・安らぎ、そして健康を、果物・お茶とともに

Fruit &

Bi-monthly

No.36

隔月刊

Tea Times



「太秋」

巻頭言

カキに望まれる技術や特性について

特集:カキ

- ・ゲノム情報を使ってカキの近親交配を避ける
- ・カキの海外輸出体験

イチジク

カチャカチャTIPS
知ってるようで
知らない果物

最新の研究成果を分かりやすく解説

Fruit & Tea Times No.36 March 2023



カキに望まれる 技術や特性について

安芸津調整役
薬師寺 博

カキは、「古事記」(712年)

や「日本書紀」(720年)に

「柿」の文字が使用されている

ように古来より我が国で長く利

用されてきた果樹です。これま

でも多くの新品種や栽培技術が

開発されてきました。ここでは、

カキの安定生産や果実品質に望

まれる技術や品種の特性につい

て述べます。

大きな果実を作るには

果実の大きさを決める要因と

して、細胞の数と細胞の大きさ

があります。細胞の大きさには

限界があることから、細胞数を

増やすことが重要になります。

細胞数を増やすためには、1樹

当たりの果実数を調整する必要

があります。カキの場合、細胞

数を効果的に増やすためには、

開花前の**つぼみ**を間引く作業が

重要です。基本的には、春に出

た枝に着いた複数の**つぼみ**の一

つを残します(写真1)。「摘

らい」と呼ばれる作業ですが、

手作業で一つ一つ摘み取る必要

があることから(写真2)、省

力化が強く望まれています。既

存の品種に対しては、花芽の数

を抑制する技術と着いた**つぼみ**

を適度に落とす技術が考えられ

ます。この場合、**摘らい**効果な



写真1 カキのつぼみ
赤丸は取り除くつぼみ、黄丸は残すつぼみ

どの生理作用をもつ農薬の利用も想定されますが、実用化していません。これからの新品种には、枝につく**つぼみ**が**元々少ない特性**が望まれます。

結実の安定と多収には

カキの**つぼみ**は、春に発芽して伸びた枝に着きます（**写真1**）。前年に果実をつけすぎると**つぼみ**の数が極端に少なくなったり、**つぼみ**がつかない枝が多くなったりして、その年は不作となります。強く望まれている多収の安定栽培の実現には、前年にたくさん果実が取れても、翌年の枝に**つぼみ**が1つまたは2つ程度、確実に着き、さらに果実が落果しない特性が必要で、す。一般に**甘ガキ**は**渋ガキ**より収量が少ないため、**甘ガキ**の多

収栽培の実現において特に重要になります。

種の少ない果実をつくるには

カキの結実は、二つの能力で説明されます。一つは、種をたくさん作る能力（**種子形成力**）もう一つは、種がなくても実が着く能力（**単為結果力**）です。これらの能力は品種ごとに決まっています。種子形成力と単為結果力が共に弱い品種は、落果しやすいため安定生産が困難です。最も望まれる特性は、**種子形成力が弱く、単為結果力が強いこと**になります。このような品種は、天候が悪くても落果しづらく、種が少ない果実を生産できます。農研機構では、「**太豊**」のような単為結果力の強い品種を育成しています（**写**



写真2 カキの摘らい



真3)。種子形成力は中程度のため、種なし果実の生産には、周囲に受粉樹がない条件が必要です。今後、両方の性質を兼ね備えた品種育成が望まれます。

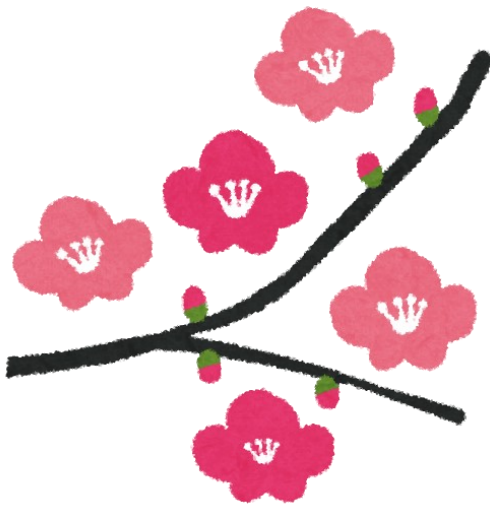
写真3 カキ「太豊」

(<https://www.naro.go.jp/collab/breed/0400/0404/054572.html>)

やくしじ ひろし

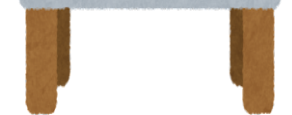
専門はブドウとカキなどの栽培生理です。高木になりやすいカキを小さくするわい性台木の早期育苗技術やイチジクの土壌病害に強い抵抗性台木の開発に取り組みました。昼休みに体に無理ない程度にテニスを楽しんでいます。

著者のポートレートは本誌25号に掲載されています。





ゲノム情報を使ってカキの 近親交配を避ける



果樹品種育成領域 落葉果樹品種育成グループ

尾上 典之

作物の品種改良では、望ましい特性を持つ親を選んで交配します。ところが、遺伝的に近い親同士をかけ合せると、生じた子どもの収量性が低下しやすいことが知られています。このような**近親交配による悪影響**はカキの品種改良でも長らく問題視されてきました(写真1)。最近、**ゲノム情報を利用して近親交配を避ける**ことで、カキの収量性低下を避けられる道筋が見えてきましたので、その概要を紹介いたします。

甘ガキの課題は収量
「渋ガキ並みにたくさん採れる甘ガキができればなあ」世界中のカキ育種家が口を揃えて言います。



写真1 カキの近親交配による悪影響
上段：果実重の低下。「甘秋」(左、230g)と、「甘秋」×「甘秋」の自家受粉で生まれた実生の果実(右、80g)
下段：樹勢の低下。通常のカキ(左)と、近親交配により衰弱したカキ(右)(接木後4年目)

収穫後にそのまま食べられる甘ガキは、渋ガキと違って脱渋の手間が省けることから世界各地で品種改良が行われています。最近、日本では美味しく見えた目の良い甘ガキ品種が増えました。しかし、実がたくさん採れるものは限られており、「**うまい、きれいな、多い**」の**三拍子揃った甘ガキ**が求められています。

近親交配の宿命
ではなぜ、甘ガキは渋ガキと違って収量が少なくなりやすいのでしょうか。それは新しい甘ガキ品種を生み出すには、元々遺伝的に近い甘ガキ同士を交配せざるを得ず、**近親交配の悪影響**が出るためと考えられています。

甘渋性	甘ガキ 	渋ガキ 
甘渋性遺伝子型 ^z	aaaaaa	Aaaaaa AAaaaa : AAAAAA

表1 カキの甘渋性と甘渋性遺伝子型^z 甘ガキ性(劣性(潜性)形質)の対立遺伝子が **a**、渋ガキ性(優勢(顕性)形質)の対立遺伝子が **A**

そのため、甘ガキ同士の交配がどうしても中心となってしまいます。

見分けて広がるカキの品種開発 参照。

(本誌11号「甘ガキを

す。甘ガキ性は渋ガキ性に対して遺伝的に**劣性(潜性)**で、さらにカキは遺伝子セットを6つ持つ**六倍体**です。これが二倍体であれば2つ揃えるだけでよいのですが、六倍体では甘ガキ遺伝子を6つ揃えないと甘ガキになつてくれないのです(表1)

ゲノムから近交度を推定

交配に用いる甘ガキの親を選ぶ際、できるだけ**近親交配の程度(近交度)**が低くなる組合せを選ぶため、これまで**家系図**が利用されてきました。しかし、カキでは祖先情報が限られるため、近交度を正確に捉えられない課題がありました。そこで、今回ゲノム全体に渡る**約一萬箇所**の**遺伝子型**を調べて、そのパターンが品種間で似ているかどうかを調べることで(図1)、様々な組合せの近交度を捉えました。すると、従来は近交度が一律にゼロとされていた在来品種間の組合せにも、近交度に違いがあることが分かってきました(図2)。

近親交配の悪影響

こうして推定した近交度と、同じ交配組合せから生じた子供

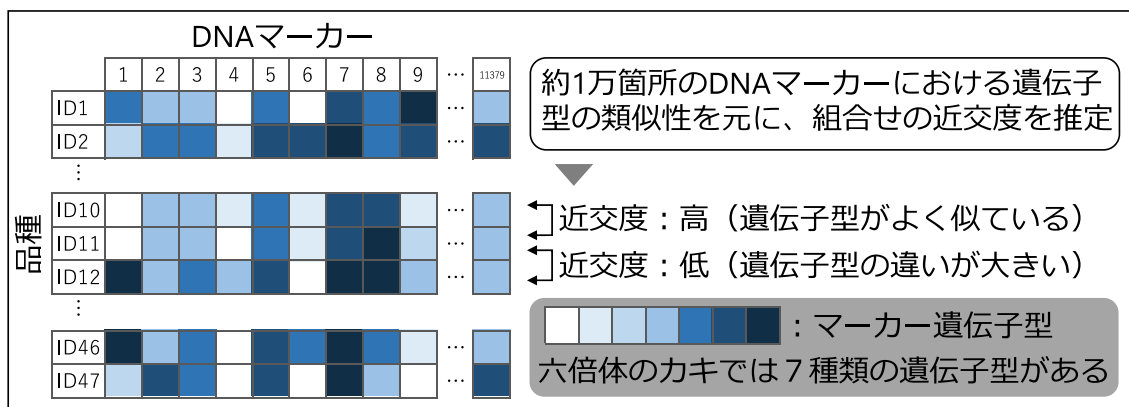


図1 ゲノム情報を利用した交配組み合わせの近親交配程度(=近交度)の推定

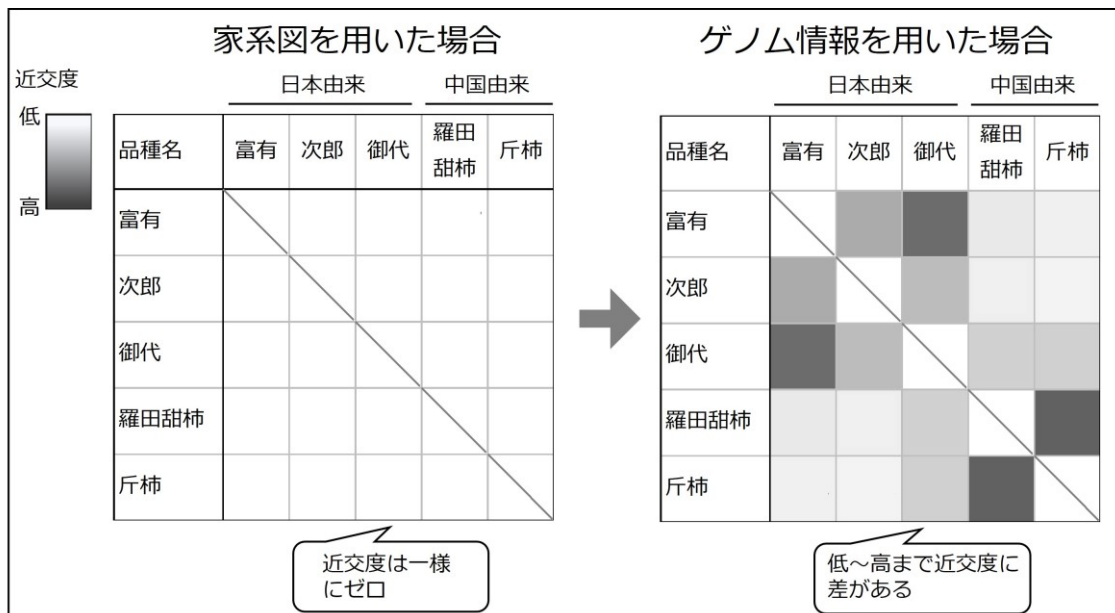


図2 **家系図とゲノム情報**を用いて推定した、**在来品種の組合せの近交度**
 在来品種は祖先が分からないため、家系図を用いた従来の推定法では、品種間の組合せの近交度は一律にゼロとなる。一方で、ゲノム情報を用いた推定法では、近交度の違いが認められた。

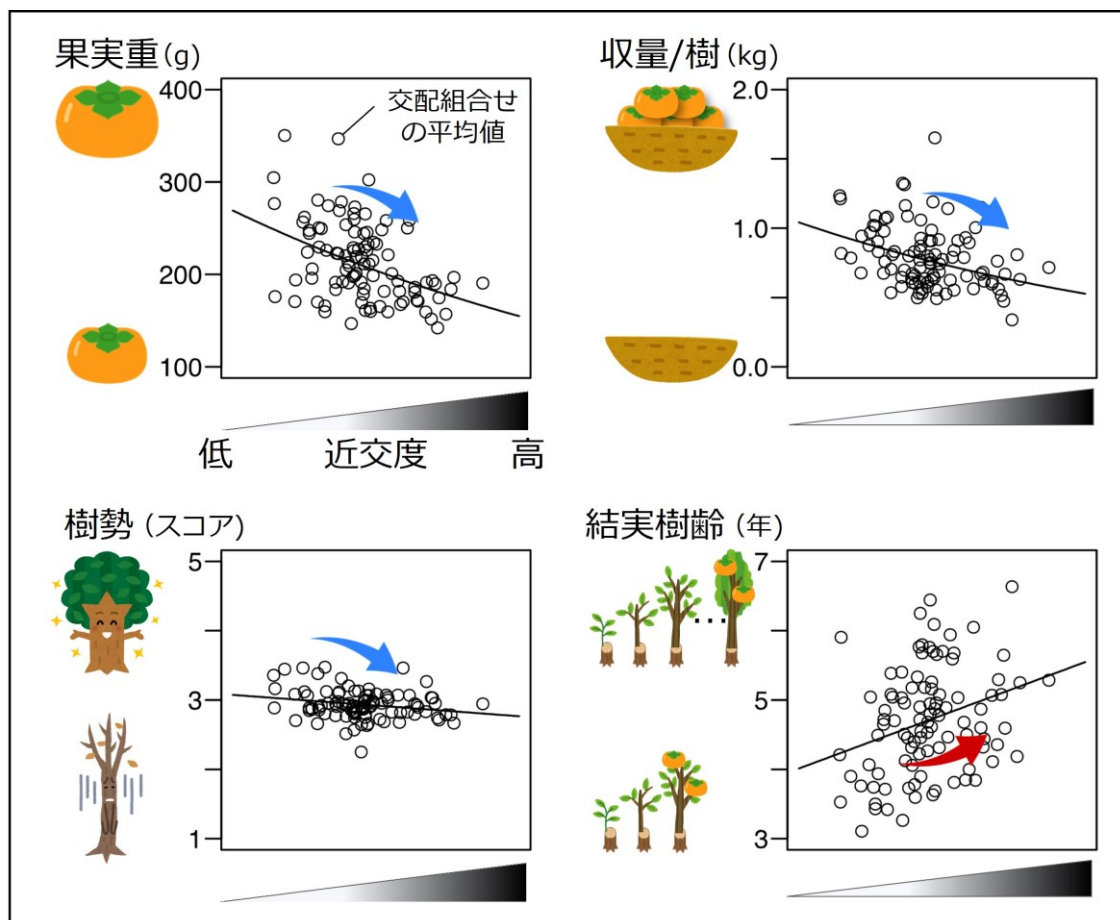


図3 **近交度の高い交配組み合わせ**が、**悪影響を受ける形質**
 交配組合せの近交度が高まるにつれて、初結実時の**果実重**、**収量**、**樹勢**が低下し、また**結実樹齢の遅延**が認められた。
 樹勢は、新梢の長さや太さなどを観察して、スコアで判定している。

の形質平均値との関係を見ると、近交度が高まるにつれて、**初結実時の果実重、収量、樹勢の低下**、および**結実樹齢の遅延**が認められ、カキの**収量性が低下**していることが分かりました(図3)。これまで分かっていた果実重以外にも、樹勢や結実樹齢が近親交配によって悪影響を受けると分かったことで、収量性を改良する際に**近親交配を回避する重要性**がより鮮明になりました。

今後の予定

近交度が低くなる親品種の組合せを多数の候補から選ぶためより多くの品種について今後ゲノム情報の取得を進める予定です。取得したゲノム情報を基に近親交配を避けて、たくさん採れる甘ガキの開発を効率的に進めていきます。

本記事に関する研究内容の詳細は下記のURLでもご覧頂けます。農研機構プレスリリース…(研究成果)
ゲノム情報を基にカキの近親交配の程度を推定



おのうえのりゆき

先日、ヒロシマMIKANAマラソンに参加しました。瀬戸内海の穏やかな潮風を感じられる気持ちの良いコースで、走り終えるともらえる広島県産みかんはいつも以上に甘く感じました。
著者のポートレートは本誌11号に掲載されています。

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nifts/155471.html



カキの海外輸出実証

農林水産物・食品のさらなる

輸出拡大に向けて、「**食料・農業・農村基本計画**」（令和2年

3月31日閣議決定）では、2025

年までに2兆円、2030年までに

5兆円とする輸出額目標が設定

されています。アジア諸国にお

ける富裕層の拡大や日本食の

ブーム、安心・安全な食品への

関心などから、**カキ**も高品質な

日本産果実として高く評価され

ており、**輸出額は増加傾向**で推

移しています。2022年のカキの

輸出実績は、香港向けの輸出が

増加したことなどから、前年比

数量で55%増加し、輸出量998

トン、金額で6.6億円でした。主

な輸出先はタイや香港、シンガ

ポールで、2017年には日本から

米国への輸出が可能となり、

米国や豪州などの遠方諸外国へ

の販路拡大も進められています。

農研機構育成の甘ガキ「太秋」

は、大果でサクサクとした食感を持つのが特徴で、米国でも

「美味しい」と評判です。私は、

この「**太秋**」をアジア諸国に輸

出するための試験を行ってきました。

2019年度に航空便でシン

ガポールへ、2020年度には船便

でシンガポール、タイへ、2022

年度には船便で香港へ輸出しま

した。輸出果実の品質調査では、

2019年は新型コロナウイルス発

生前であり現地ですら実施しま

したが（**写真1**）、2020年以降

は感染拡大に伴って現地に行く

ことが困難となったため、マ

ニユアルを作成して現地の協力

スタッフに調査していただきま

* 「太秋」 (<https://www.naro.go.jp/collab/breed/0400/0404/001321.html>)



写真1 シンガポールでの果実品質調査風景

果樹生産研究領域
果樹スマート生産グループ

山崎 安津

した。

航空輸送と海上輸送を比べると、輸送時間は航空輸送が優れますが、輸送力、コスト面では海上輸送が優れます。輸送時間に関して、実際にシンガポールの航空輸送では荷物の発送から輸出相手国のオフィス到着まで5日を要したのに対して、海上輸送では24日でした。またタイ、香港への海上輸送では、それぞれ20日、16日を要しました。このように海上輸送では長期間を要し、果実の鮮度を保つために、貯蔵に適した温度や湿度を維持し、最適な貯蔵条件に配慮する必要があります。 「**太秋**」は、常温で9日後には軟化します。そこで、食感を長期間維持できる**MA包装資材**や**貯蔵温度**等(本誌7号:「**果実のおいしさを保つ鮮度保持技術**」参照)の条件

を検討したところ、**個包装**し

た**80%**以上の果実が**常温**で出庫**3**日後でもサクサク感を保持することができました。また、果実の熟度も貯蔵に重要であることが分かりました。

また、海外へ**カキ**を輸出する際の**植物検疫**による検査で問題になりやすいのが、果実のへたの下に付着している**フジコナカイガラムシ**です(写真2)。特にタイや米国向けの輸出では、**フジコナカイガラムシの除去作業**が必須です。多くの産地では、輸出の際にエアガンで**フジコナカイガラムシ**を除去する措置が取られています(写真3)、この方法は果実の軟化を誘発しやすいため、今後、果実軟化に影響を与えずに効率的に除去できる技術が望まれます。



写真2 タイでの植物検疫検査果実
フジコナカイガラムシの検査のため、
果実のへたの部分がくり抜かれている



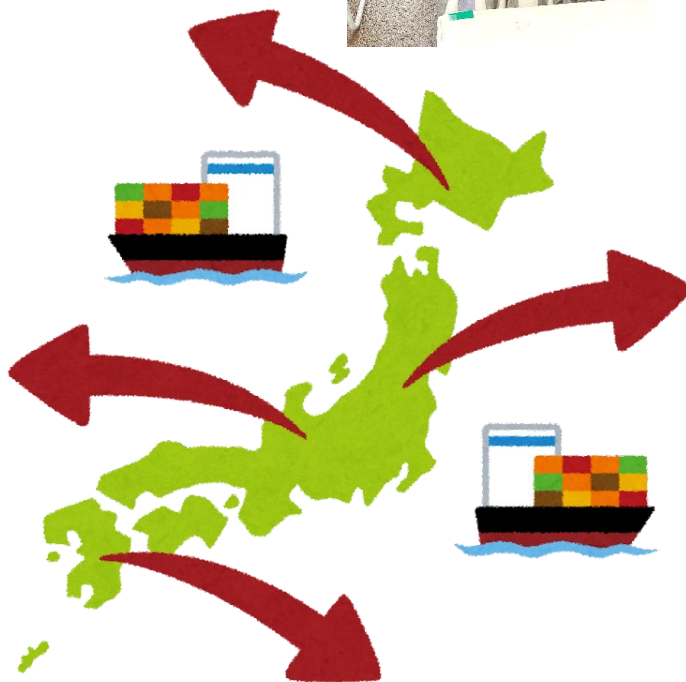
写真3 エアガンによるフジコナカイガラムシの除去作業

海外輸出においては、高品質果実を品質保持したまま輸送することが求められます。輸出相手国の消費者にも日本産の甘くて美味しい果実を食べてもらうために、これからも**最適な貯蔵技術や輸送技術の開発**を行っていきます。



カキやブドウの長期鮮度保持技術や輸出試験に取り組んでいます。最近ではコマ集めとコマ回しに夢中です！

やまざき あつ





研究推進部研究推進室

今井 剛

イチジクとイチジクコバチの 不思議な関係

イチジクはお好きでしょうか？ねっとり、プチプチした独特の食感と、口の中に広がる甘味は何とも言えず、はじめて口にしたときは恐る恐るだったという方も多いのではないのでしょうか。**イチジク**は「**無花果**」と書きますが、花は葉の付け根にできた果実の赤ちゃんに相当するもの「**花のう**」の中にあります。

す。**イチジク**の花は花びらに相当するものがなく種子の入れ物とそれにつながる管のような構造が密集しています。他の果物類とあまりに違うので、花に見えませんが、生物学的には**雄しべ**と**雌しべ**に相当するものがあって、**雄しべ**からは花粉がでるのです。

イチジクの仲間は世界中に800種くらいあるようですが、一部を除いて**雌雄異株**、つまり**雄しべ**の花の樹と**雌しべ**の花の樹があります。では、花粉はどうやって**雌しべ**にたどり着くのでしょうか。花粉の運び手は、「**イチジクコバチ**」という小さな昆虫です。このコバチは、**イチジク**の実の中で育ち、翅がないオスは「**花のう**」の中でメスと交尾をすると、そこで一生を

終えます。メスだけがちようど花粉のある時期に花粉を身にまとい、「**花のう**」のおしりに相当する小さな孔から外へ出たあと、他の「**花のう**」の中へ入り込みます。入った「**花のう**」が雌花であれば花粉が**雌しべ**に付着し、**イチジク**は種子を作ることができます。ところがコバチは産卵管が届かず、次世代を残すことなく雌花の「**花のう**」で死んでしまいます。一方雄花の「**花のう**」に入った場合は、**雌しべ**がないので、**イチジク**は種を作れません。コバチは虫えい花という偽の雌花のような器官に産卵することができ、幼虫は虫えい花の中で虫こぶという自分の住み家を作って成長していきます（[図参照](#)）。

イチジクの「**花のう**」は雄花

でも雌花でも外見上は同じなので、メスのコバチが子孫を残せるか、それとも花粉の運び屋で終わるかは入っていく「**花のう**」次第ということになります。

よくもこんな仕組みができた
と、思いませんか？ **イチジク**は、花粉を運んでくれるコバチをどうやってリクルートできたのでしょうか。 **イチジク**と**イチジクコバチ**は相手がいないと互いに子孫を残すことができません。このような生物同士の関係を「**絶対共生**」と言います。

最後に、日本のマーケットで売られている国産**イチジク**は、**単為結果性品種**なので、花粉がなくても実が育ち、なかにコバチが入っていることはありません。海外産の場合は、入っている可能性があるのですが、**イチ**

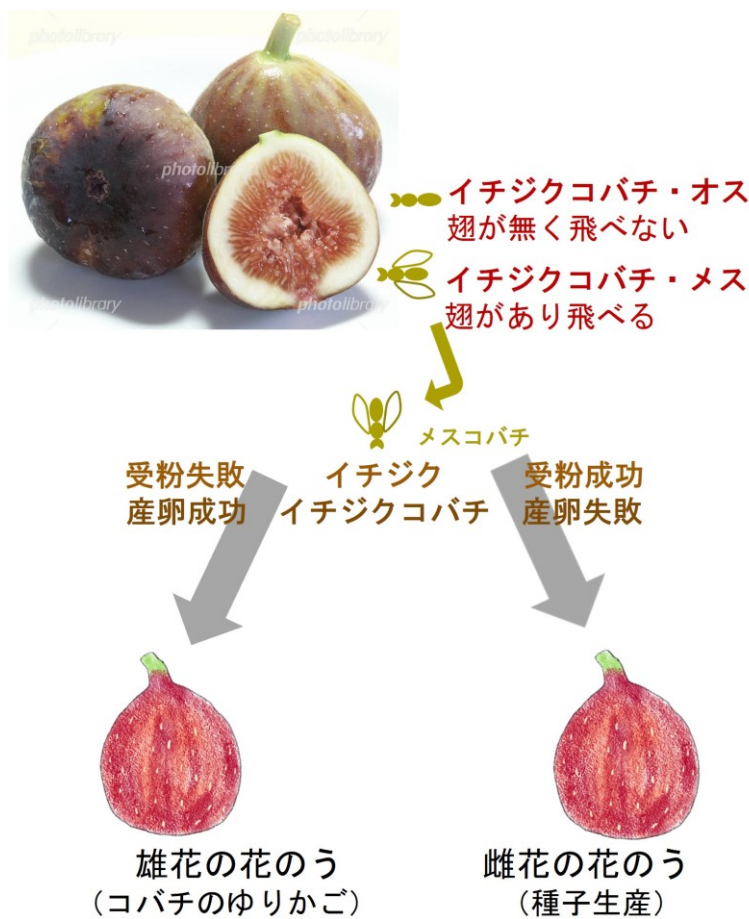


図 イチジクとイチジクコバチの関係

ジクの果実の中は、タンパク質を分解する酵素の活性が高く、果実が熟すまでにコバチは溶けてしまいますので、安心して食べていただけます。

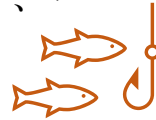
もっと詳しく知りたい方は、

「**イチジクコバチ**」で検索してみてください。たくさん画像を見つけれられると思います。

編集後記

寒くてどんよりと曇った冬の一日、炬燵に入って「ミカン」を食べるのが楽しみでした。「ミカン」は冷たい部屋に貯蔵されていたので、盛られて出てくるとそのひんやりした肌触りが、炬燵に炙られた体には、なんとも嬉しいものでした。

「リンゴ」は「ゴールドンデリシャス」、「スターキング」、「ふじ」、「王林」という名前です。それぞれでまず覚えましたが、それぞれの味の特徴が思い出されます。ブルーストの小説で紅茶の香りが記憶を呼び起こすように、子供時代の情景が時として鮮やかに蘇ります。住んでいた小さな公営住宅の間取り、天井から下がる裸電球のまぶしい輝き、庭に面した窓のスリガラスのヒビに貼られ変色したセロテープ。



アゲハの幼虫のサナギがついた家の茶色の板壁。父親が一人で庭を掘って作った池で泳ぐ鯉。春の光で溶け始める生垣の雪と椿の真っ赤な花。祖母と並んで窓越しに眺めた雷雨、雨にかすんで見える公園の遊具など。

そのなかで「カキ」はちょっと痛い体験として思い出されます。母方の実家は農家で大きな家と広い庭がありました。夏休みは、その家の近くの川でフナ釣りをするのが楽しみでした。川面はキラキラとしていて、竿のあたりを待つ手の感触は今でも覚えていきます。実家の庭には何本か大きな柿の木がありました。ある夏の日釣りにも飽きた私は、庭をぶらぶらしていました。他の人達はテレビの高校野球に夢中です。ふとカキの木を見上げると、枝先に大きなカブトムシ

がいます。私は一瞬躊躇してから木に登り始めます。年上の従兄弟達に「柿の木から落ちると3年後？に死ぬ！」と脅かされていたので、その言葉が脳裏をよぎったのです。しかし、カブトムシの誘惑には勝てません。

私は、木の股に体を持ち上げて、カブトムシのいる大枝にぶら下がったと思ったら、大枝は根元からポツキリと折れて、次の瞬間、私は背中から地面に落ちました。手に枝を持ったまま少し硬直しましたが、ちよつと痛い思いをしただけで、怪我はありませんでした。その柿の木は子供の目の高さから見て大きい





アダムU2

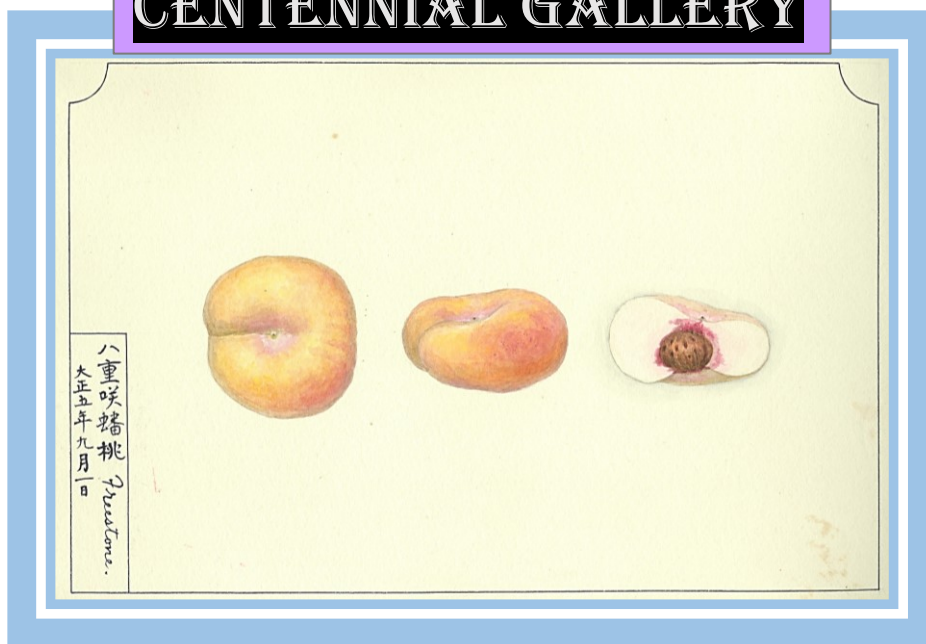
石川啄木

と感じましたが、それ程高いところから落ちたわけではなかったのでしょうか。都市伝説(田舎伝説?)のような脅しではなく、カキの枝は折れやすいと注意してくればと後日思いましたが、果たして当時の私が素直に従ったかどうか？

仰向けで見た青空はとても明るくて鮮やかでした。

「不來方のお城の草に寝ころびて空に吸われし十五の心」

CENTENNIAL GALLERY



茨城県つくば市
果樹茶研究部門
図書室に
眠っていた
果物図
大正5年
八重咲蟠桃

Fruit & Tea Times

2016年 11月 1日 創刊
2023年 3月 1日 36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.go.jp/laboratory/nifts/>