

隔月刊

No.10

最新の研究成果をわかりやすく楽しく解説

Fruit & Tea Times

農研機構 果樹茶業研究部門ニュース

10



■ 巻頭言

- ・ ブドウと風土

ブドウ・カキ研究領域長 塩谷 浩

■ 特集記事

果樹の花成制御研究の最前線

- ・ 落葉果樹が開花を決める仕組み

生産・流通研究領域 上級研究員 伊東 明子

- ・ ミカンの花芽形成を制御している遺伝子について

カンキツ研究領域 上級研究員 遠藤 朋子

■ カチャカチャ TIPS

- ・ 果樹の花ってどんな花？

オレンジの花

巻頭言

「ブドウと風土」

塩谷 浩

樹木は環境に適応して
生き延びてきた

果樹は文字通り樹木であつて、いったん根を下ろせば永くその場に留まって齢を重ねるさだめです。植物の進化を探ると、もともと植物は樹木のように多年生だったようです。恐竜の時代、年中温暖な環境のなか、地上は巨大な森林で覆われていました。このち地球は徐々に寒冷化して、季節の変化も著しくなります。

すると極寒の冬など厳しい季節を種子の形でやり過ごせる一年生植物が現れました。ところが多年生の樹木は堪えていくほかに、生き残れたもののみが適応を重ねて現在に至りました。

ブドウも世界各地に適応して進化してきた

恐竜の時代に現れたとみられるブドウは、ワインで知ら

塩谷 浩

ブドウ・カキ研究領域長

カンキツの病害、特にカンキツかきよう病菌の生態や宿主との相互作用などについて研究してきました。現在はブドウ・カキに係る研究の調整・推進に携わっています。いずれの生物も周囲との関係の中で不断变化しながら生き続けてきた様子を知るにつけ、奥の深さに感心するばかりです。今後も、生物を手本としながら一層スマートな技術の開発を目指したいと思うところです。



れるように、ヨーロッパで大きく発展したほか、世界各地でそれぞれ独自に進化してきました。そのひとつがアメリカブドウです。大航海時代、北アメリカ大陸東部に入植したヨーロッパの人々は、故国同様ワインを得るためにヨーロッパからブドウを持ち込んで栽培に取り組みました。ところが、当地は故国とは異なって雨が多く、病害虫が多発してヨーロッパブドウの栽培は失敗に終わりました。それでもなお諦めることなく、北アメリカ東部に自生していたアメリカブドウを元に多くの品種（例えば「デラウェア」や「キャンベルアーリー」）を生み出し、私たちの生活に大きな恵みをもたらしました。



キャンベル・アーリー（アメリカブドウ）の葉裏（毛が多い）



マスカットオブアレキサンドリア（ヨーロッパブドウ）の葉裏（毛が少ない）

写真1 アメリカブドウとヨーロッパブドウの葉の裏

アメリカブドウはヨーロッパブドウよりも毛が密生している。

アメリカブドウはヨーロッパブドウよりも毛深い！

アメリカブドウが成功した理由はいまでもなく、北アメリカ東部の湿潤な環境によく適応していたからです。植物の病原菌の多くは雨が多く、湿った環境を好みますが、アメリカブドウはヨーロッパブドウよりも病気に強くなっています。興味深いことに、アメリカブドウの枝や葉裏には細かな毛が密生しており、雨滴をはじいて濡れることはありません（写真1）。雨で拡がる病原菌の胞子も取り付けないため、アメリカブドウは病気に罹りにくくなっているようです。一方のヨーロッパブドウには毛がありません。容易に病原菌の胞子がくっついて感染してしまいます。

日本でのヨーロッパブドウの栽培は簡単でない

雨の多い日本でもヨーロッパブドウの栽培は簡単ではなく、明治からアメリカブドウの栽培が拡がりました。同じブドウながらアメリカブドウとヨーロッパブドウでは食味が異なり、マスカットに代表されるヨーロッパブドウの味

「シャインマスカット」の枝



「シャインマスカット」の葉裏 (毛が多い)

写真2 「シャインマスカット」の葉裏は毛に覆われ、病気に強い。

ヨーロッパブドウとアメリカブドウの両方の血を引いている。

や香りに魅せられる人も多くいます。そこで、是が非でも日本の気候風土の中でヨーロッパ風のブドウを栽培できるようにしたいと考えた私たちの先輩が、双方のブドウを掛け合わせる品種改良を続け、ようやく「シャインマスカット」にまでたどり着きました。皆さんが実際に目にする機会は少ないと思いますが、

や葉裏もまた毛に覆われており（写真2）、ヨーロッパブドウよりも強い耐病性があります。ご賞味の際は、どうかブドウと

風土との深い関わりにも思いを巡らせていただきたいなと願うところです。

写真3 ブドウの棚栽培。（ブドウ・カキ研究拠点の研究圃場、2018年8月27日撮影）



わが国はブドウの生育期に雨が多く、雨水が地面から跳ね返ることによってカビなどの病原菌が感染しやすい条件にあります。その対策として蔓を地面から高い位置に固定する棚栽培が江戸時代から行われてきました。これも環境への適応技術。

特集記事

果樹の花成制御研究の最前線

■ 落葉果樹が開花を決める仕組み

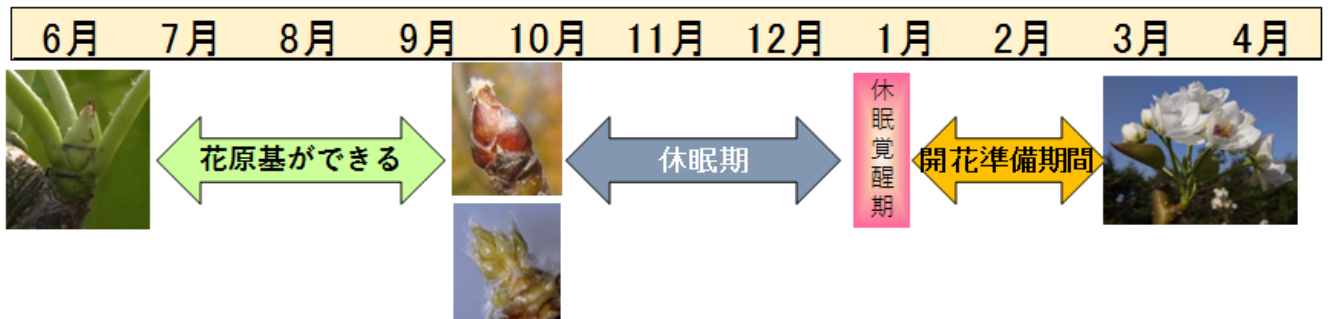
伊東 明子

ウメやモモ、サクラの開花は日本人にとって万葉の昔から春の訪れを告げる心浮き立つできごとです。そんな春の話題がどうして秋のこの季節の記事に？ と不審に思われた方もいらっしゃるかもしれませんが、実は今の季節も果樹などの樹木の開花にとって非常に大切な季節なのです。

ナシの花

果樹の開花はいつ決まる？

季節の移り変わりがはっきりしている温帯において、夏から秋に花の咲く植物では、花の基（もと）となる器官（花原基）が形成されてから、それが咲くまでの変化が連続して起こります。一方、春に花を咲かせる植物では様相が異なり、私が研究対象にしているナシを例にとると、花原基は前年の夏から秋にかけて形成された後、冬季の「休眠」という成長休止期間を挟んでから開花します（図1）。つまりナシやリンゴなどの落葉果樹では、休眠から醒める時期で開花時期が決まります。今の季節は花原基の形成がそろそろ終わり、休眠に入ろうとする切り替わりの時期に当たります。



(鱗片を剥いだ姿)

図1 ナシの開花に関する年間イベント

花原基の形成期はどうして決まる？

植物は日の長さ（正確には夜の長さ）を感知するセンサーを備えており、それを使って生育に好適な季節を認識し、花原基を作る時期を決めることができます。このほか、低温や乾燥などを季節の移り変わりの指標とする植物もあります。ただし、温帯地域の落葉樹では6月から7月の最も気温が高く日も長い時期に花原基がではじめることが多いのですが、真冬に人工的な夏を再現しても花原基は形成されません。落葉樹は短期的な環境の変化に影響されることなく一年の移り変わりを継続的に計測する自律性の高い【体内カレンダ―】を備えており、それに基づいて花原基形成に最適な時期を決定しているようです。

とはいっても、樹木は外界から全く情報を受け取らないわけではありません。太陽の光は様々な色が混合されて白色に見えますが、大気圏を通過する間に短い波長の光ほど多く散乱し、地上に到達するときには長い波長の光がより多く残ります（**図2**）。夏に比べて冬は、また昼間に比べて夕方は、太陽の位置が低いため光が大気圏を通過する距離が長くなり、長波長の光の割合が高まります。私たちの研究で、植物が感知できる波長のうち最も長い遠赤色の光（730nm付近の光・**図2**参照）をナシの樹に連続照射すると、花原基形成期が早まることを確認しました（次ページ**図3**）。もしかするとナシなどの樹木では、「光の色が変わった、ぐずぐずしていると冬が来るぞ」と

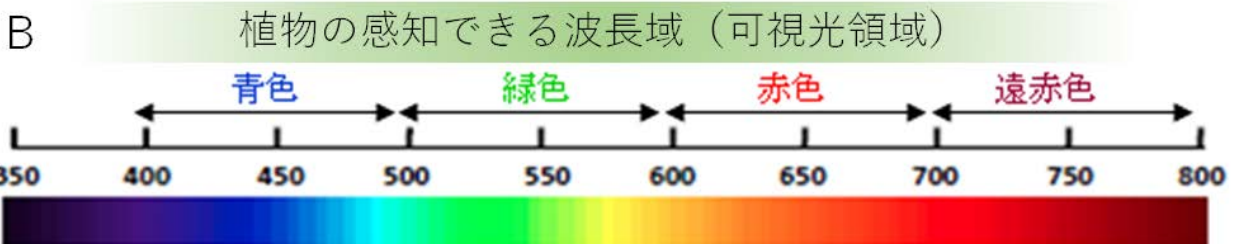
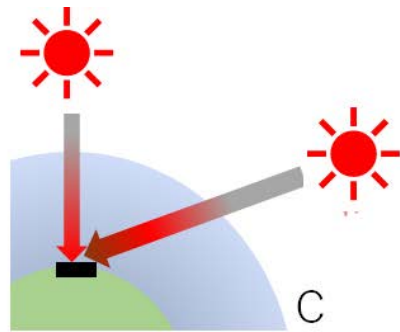
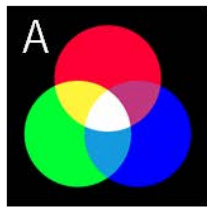


図2 植物と光

(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/flower-pamph/052739.html、および<http://www.sharots.com/sozai/iro.html>より)

- A: 光の3原色、
- B: 植物の感知できる光波長域、
- C: 太陽の高さが地上に到達する光の質に及ぼす影響。



図3 2010年4月5日～8月6日までの夜間の遠赤色光照射がナシ樹の花原基形成に及ぼす影響（撮影：2010年8月20日）

無照射樹では葉が伸びるが、遠赤色光照射樹では花ができており開花が進む。

認識し、花を作り始めるのかも
しれません。

下さい。

休眠から醒める時期はどうして決まる？

落葉樹にとって、休眠は環境の厳しい冬に開花や受精を行わないようにするための安全装置です。では落葉樹はどうやって冬の終わりを感知するのでしょう？ 暖かくなってきたとき？ いえいえ、一定時間以上の低温が経過した時を冬の終わりとは判断するのです。植物の種類や品種により、休眠覚醒に必要な低温の経過時間は異なります。休眠の詳しい仕組みについては本誌第6号に特集記事が掲載されていますので興味のある方はご覧

この仕組みがあるため、冬が暖かいと落葉樹は春にすっきり目覚めることができせん。エルニーニョの影響で記録的な暖冬の翌春（2016年）には、各地でナシの花の形態異常や枯死が認められました。その冬の間、鹿児島から茨城県までの4県・5地点でナシの花の形態を調べたところ、2種類の障害が1月時点から生じていることがわかりました。ナシでは一つの花芽から数個の花が咲き、個々の花を小花といいます。小花全体が黒ずむ障害（次ページ図4A・B）は植物が寒さに耐え切れずに起きた凍害です。一方、先端側に位置する小花のしおれ（図4C）は低温時間が足りずに途中で花が

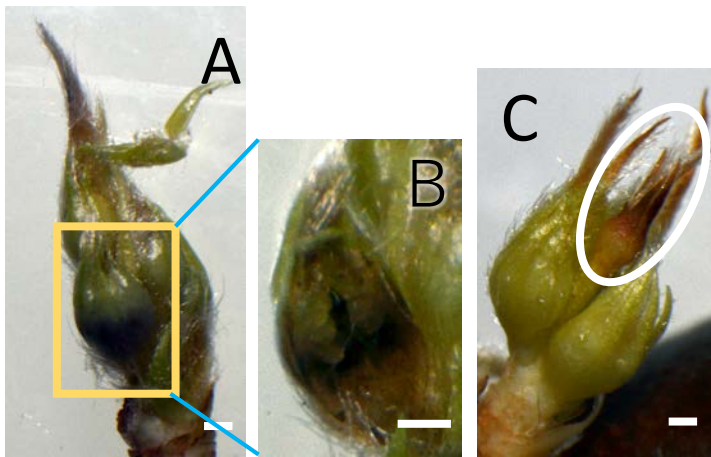


図4 冬期に発生した小花の傷害の症状。

- A: 「新高」 熊本県宇城市 (3月)
- B: Aの黄色四角囲み部分の拡大 (断面)
- C: 「幸水」 熊本県宇城市 (2月)
- A~Cのバーは1mm

生育を停止してしまったことによる生理障害です。いずれの障害も調査地点の中で最も気温の高い鹿児島で多く発生しており、暖かい地域での危険性が強く指摘されます。

ただし、私たちの経年調査により、同じ地域の同じ品種の樹であっても障害の起き方に差が考えられています。

あることも明らかになっていません。このことは低温が不足してもある程度は栽培技術で障害を回避できることを意味します。このような技術や条件を明らかにすることで、暖冬化が進んでも果樹生産を持続できるものと考えています。

伊東 明子

生産・流通研究領域 栽培生理ユニット 上級研究員

地球温暖化と休眠の関係の仕事始めて約10年になりますが、この間にも気候が大きく変わってきていることをひしひしと感じています。地球がこの先も人類だけではなく、すべての生物にとっての生活の場であり続けられるように、今何ができるだろうと考えます。

仕事に関連していろいろな産地にお邪魔することが増えていますが、行き先にゆかりのある文庫本数冊を帯同するのが楽しみです(電子書籍は苦手)。最近磨きがかかった「ぼんやり力」のせいで、せっかくの本が閉じられたままのことも増えていますが・・・。



特集記事

果樹の花成制御研究の最前線

■ ミカンの花芽形成を制御している遺伝子の研究について

遠藤 朋子

多くの植物が日照時間の長さ（日長）を感知して開花時期を調節するのに対し、ミカンでは、日長よりも気温が25°C以下に低下することが重要です。その仕組みが花芽形成遺伝子の研究でわかってきました。

ミカンの花

春に咲くミカンの花は
前年の秋から準備が始
まる

毎年5月に咲く、白いミカンの花ーその始まりは、半年以上前の秋に遡ります。落葉樹では6月から7月に翌年に咲く花の準備が始まりますが（「落葉果樹が開花を決める仕組み」4〜7ページ参照）、常緑樹のミカンでは、果実が美味しそうに色づき収穫期を迎える頃に、翌年の開花に向けた準備がひっそりと始まるのです（**図1**）。近年の研究により、このような開花に向けた準備、すなわち花芽形成を制御している遺伝子が明らかになってきました。

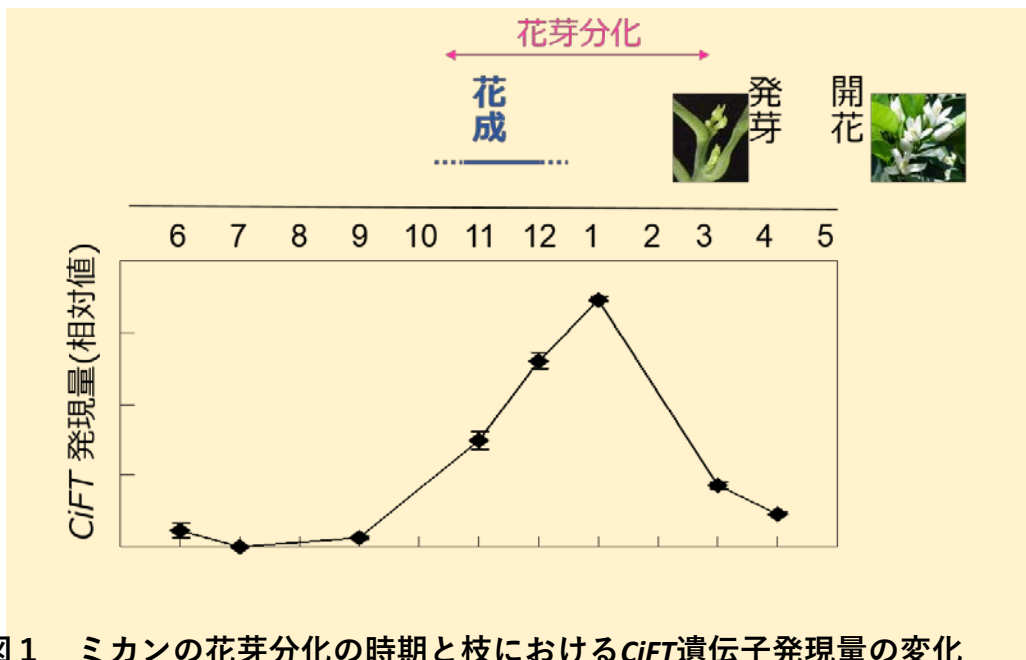


図1 ミカンの花芽分化の時期と枝におけるCiFT遺伝子発現量の変化

フロリゲンをコードする FT 遺伝子の発見

多くの植物は季節によって変化する日の長さ(日長)を感じとって花芽を形成します。その仕組みは長い間謎でしたが、1930年代に、葉が日長を感知して作る何らかの物質(「フロリゲン」と呼びます)が芽の先端に移動して花芽形成の最初の段階(これを花成と呼びます)を引き起こすという説が提唱されました。その後フロリゲンを探す研究が続けられ、1990年代以降に行われた研究用のモデル植物であるシロイヌナズナを用いた研究により、FTという遺伝子(FTはFLOWERING LOCUS Tの略)から作られるタンパク質がフロリゲンではないかと考えられるようになりま

した。他の植物でも同様なタンパク質が見つかり、現在では、このタンパク質がフロリゲンの主成分であると確信されています。

ミカンの FT 遺伝子

ミカンも FT 遺伝子と同様の遺伝子を持っており、CiFT 遺伝子(CiはCitrus(カンキツ)の略)と名付けられました。そこで、CiFT 遺伝子の働きを調べてみると、ミカンの花芽形成に深く関わっていました。ミカンの花成が起こる10月下旬から12月ごろにかけて、芽には外見上何の変化も認められませんが、枝における CiFT 遺伝子の発現量は急激に増加します(前ページ図1)。また、遺伝子組換え技



図2 CiFT遺伝子組換え体の開花の様子

(左)種を播いてから20日後に開花している
(右)成長すると、次々と伸びる枝に花が着くため、年に何度も開花する

術を使って CiFT 遺伝子を常時大量に発現させると、芽生える直後から年に何度も開花するようになります(図2)。「桃栗三年柿八年」などと言いますが、ミカンなどのカンキツは種を播いてから5〜20年ほど経たないと花が着きませんので、CiFT 遺伝子の花成を引き起こす働きがいかに強力かご理解いただけると思います。



図3 秋冬の気温低下がミカンの開花を引き起こす

ミカンのFT遺伝子は気温が下がると働き出す

さらに最近の研究により、CiFT遺伝子の発現を調節する仕組みも分かってきました。多くの植物では日長の変化によりFT遺伝子の発現が誘導されますが、ミカンでは気温が25度C以下に低下することがCiFT遺伝子発現の引き金と

なります。私たちは、秋冬季に気温が低下すると、ミカンの枝に含まれるアブシジン酸という植物ホルモンの量が増加することでCiFT遺伝子が発現し、花成を引き起こすものと考えています(図3)。このような仕組みを上手く利用すれば、花の着きや開花時期を自由にコントロールできるかもしれません。

果樹の潜在能力を引き出す遺伝子研究を推進

果実の生産や、新しい品種を開発する現場では、思い通りに花を咲かせることは大変重要ですが、そう簡単ではありません。例えば、豊作だった翌年には花が少なくなるなど、花成には様々な要因が影響しています。私たちは花成に関与する遺伝子の存在や機能を明らかにすることによって、これまでに知られていない花芽形成の仕組みを明らかにしたいと考えています。まだまだ謎は大きいですが、私たちの研究がもっとミカンのポテンシャルを引き出し、農業を元気にする技術開発につながるよう努力したいと思えます。

遠藤 朋子

カンキツ研究領域 カンキツゲノムユニット 上級研究員

カンキツがもつ様々な性質が遺伝子によって決まる仕組みを解明して利用するため、遺伝子組換え技術を使って、花芽形成の機構解明や新しい育種技術を開発しています。

食えることや音楽が好きです。最近の楽しみは身体を動かすことと食材探しです。



カチャカチャTIPS

(果物とお茶の質問コーナー)

【質問】 果樹の花ってどんな花？

【回答】 企画管理部 企画連携室 果樹連携調整役 和田 雅人



写真1 サクラとバラ科果樹の花

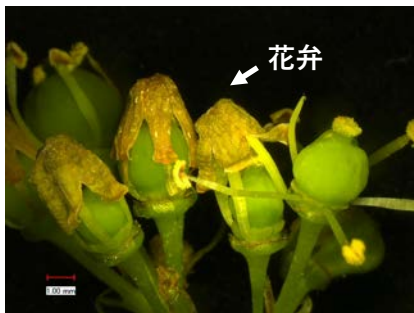


写真3 ブドウの花
花弁が脱げて開花する

果物が美味しい秋です、猛暑の夏をくぐり抜けたからこそ、一層おいしさが増すように感じられます。さて、色々な果物がお店に並んでいます。ブドウやクリ、カキなど見慣れた果物ですが、ご質問いただいた方だけでなく、意外にその花を知っている人は少ないのではないのでしょうか。リ

ンゴやナシ、もも、ウメ、スモモなどのバラ科の果樹は同じバラ科のサクラに似た綺麗な花を咲かせます(写真1)。オレンジやミカンなどのカンキツは白い可憐な花を咲かせます(写真2)。ブドウの花は特殊な花弁を持っていて、花弁が通常の花のように先端から開かず、まるで帽子を脱ぐように基部から開いて開花します(写真3)。



写真2 オレンジの花

なか目にとまらないかもしれません。花弁が取れた花は、雄しべが力一杯背伸びをしているような姿で、雌しべの周りを囲んでいます。

【回答】

雌花



雄花



写真4 カキの雌花（上）と雄花（下）

雌花は雄しべが退化、雄花はめしべが退化している

まき、葉の付け根を探してみ

カキの花は雌花、雄花、雄制御については、最近の遺伝子科学によって詳しいメカニズムが明らかにされてきています。ヒトの性が決定する前の胚はすべて女性で、男性はそこから作られます。カキの場合はヒトのメカニズムとは異なり、両生花から雄花、雌花が作られます。このよう

な進化はどうして起きたのかを考えると、とても面白いと感じます。クリは、日本に古くからある果物です。開花時の独特の香りでもクリの花が咲いたことを知る方もいらっしゃると思います。クリの花も雄花、雌花に分かれています（写真5）。雄花は成熟すると長い穂のようになり、とても目立つため、これが花だと思っ



帯雌花穂（基部に雌花が1花着生した花穂）
雄花穂（雄花のみで雌花が着生していない花穂）

下さい。可愛い花を見つけられるかも知れません。

写真5 クリの雄花と雌花

編集後記

梅雨明けの7月中旬の昼下がり、妻と2人で長野県の善光寺界限を散策していました。何となく身体の火照りと妙な倦怠感に襲われ、暑いのに汗をかいていないことにも気づきました。「熱中症かも」との妻のアドバイスにしたがって、近くのドラッグストアで買った経口補水液を飲み休憩したところ、やっと人心地を回復しました。「命に関わる暑さ」とはこのことかと身をもって実感しました。

それで翌日から予定していた北アルプス大雪渓経由・白馬岳テント泊登山は中止して、ロープウェイ利用・八方尾根経由・唐松岳への軽装・日帰り登山に変更し、翌々は某有名高級ホテルのケーキセット付き・上高地散策ツアーに変更しました（その方が妻は喜んでいたかも）。それでも満開の「お花畑」や梓川の清流、穂高連峰の雄姿など、大自然は光り輝き大満足の2日間でした。

高山植物は、雪解け後のほんの短期間に花を咲かせて種子を結ぶなど、高山の厳しい環境下で生育しています。そのため環境変化の影響を受けやすいといわれています。「お花畑」の縮小や植物相の変化など、温暖化の影響と思われる事例がすでに報告されています。美しい景観に感激しつつも、一方で地球温暖化の脅威を考えた夏休みでした。

ヨッシー



Fruit & Tea Times No.10 果樹茶業研究部門ニュース第10号 (平成30年10月 発行)

編集・発行：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

事務局：企画管理部 企画連携室 TEL 029-838-6447

住所：〒305-8605 茨城県つくば市藤本 2-1 <http://www.naro.affrc.go.jp/nifts/index.html>

