

バイオの 散歩道

第14号

Winter 2015

目次

墓園のランドスケープ・デザインをめぐって
菅野 博貢

研究のフロンティア1

野菜の生産現場と向き合う

—露地ミニトマトの新栽培法の開発と普及に向けた取り組み—
元木 悟

研究のフロンティア2

地球温暖化ガス“メタン”と微生物

村上 周一郎

研究のフロンティア3

植物ウイルスの生存戦略

桑田 茂

研究のフロンティア4

付加価値の高い製造業育成を目指す
シンガポール

大江 徹男

バイオの目

ロンドン王立協会と科学英語

樋渡 さゆり

バイオの電波塔

海外農業研修のすすめ

国際農業者交流協会のドイツ語講師の立場から
辻 朋季

連載／キャンパスを食べる 第14回

ナワシロイチゴ

荒谷 博

農学は変わった。

食料、環境、生命の「新たな知」が、新世紀を切り開く。

しかし、原点は変わらない。

人間のため、社会のため、そして地球のため。

「温故知新」のフロンティアを私達は目指している。

墓園のランドスケープ・デザインをめぐって

農学科 環境デザイン研究室 菅野 博貢



菅野 博貢

現在、日本は「多死時代」と言われる。2035年前後をピークとして、この傾向は当然続くことが予想されている。「多死」ということは当然多くの墓の需要が生まれると言うことで、今でも大都市近郊では墓地不足だが、もう一方には「少子高齢化社会」が平行してあり、無縁化する墓が大量に生じている。そして、いらなくなった家電製品のように無縁墓の墓石を山中に不法投棄するという事例がいくつも報告される事態となっている。

お墓の問題は実に難しい。日本の墓園の多くは石材業者が主体となった開発業者によって造られているが、その業者から見れば、いつまでも墓地不足で新たな需要が生まれることが望ましい。だが、無縁化等の問題から、これまでの墓石スタイルを人々が敬遠することは、望ましいことではない。研究者も開発の側にいるか、その反対にいるかで全く異なる見解であったりするため、何が正しくて何が正しくないのか、宗教の問題も絡んで何が何だか分からなくなってしまう。

さて、筆者は2010年頃から数多くの海外の墓園を訪れてきた。楽しい墓、暗い墓、怖い墓、色々あったが、日本の状況を鑑みたときに一番参考になると思われたのは、

オランダの墓園だった。その素晴らしさを一言で表現するのは難しいが、日本と同様に可住地面積が狭く、人口密度が高いこの国では、墓園についても様々な工夫がみられる。

最初に驚くのはそのバリエーションの豊かさである。他のヨーロッパ諸国で見えるような石造の墓もあるが、それらはむしろ少数派で、樹木葬の墓、散骨形式の墓、水中の墓、現代アートのような墓等々、これならどんな価値観を持った市民にも対応できるだろう。自由な造形を許すと景観的にまとまるのか、と思われるが、それが実に上手い空間構成で、けっして乱雑な感じはしない。

また、ただ単に多くのバリエーションを用意するだけではなく、その運用システムも実によくできている。最短のものは5年、次に10年、15年という契約期間があり、それが過ぎて再契約されない場合は、墓石は舗装などに再利用され、遺骨は合葬される。つまり、特別広大な墓園ではなくとも、十分に市民の要求に応えつつ、持続可能なシステムを用意しているのである。日本でも、墓石を山林に捨てる前に、やれることはたくさんあるに違いない。



写真：アムステルダムNieuwe Ooster墓地の散骨場

研究のフロンティア1

野菜の生産現場と向き合う

—露地ミニトマトの新栽培法の開発と普及に向けた取り組み—

農学科 野菜園芸学研究室 元木 悟



元木 悟

野菜は人間の生存にとって欠かせない食材であると同時に、食生活を豊かにする嗜好性の高い食材です。当研究室では、野菜生産における諸問題を解決するための技術開発を目指し、野菜の生理生態解明、成長制御、品種育成、栽培および鮮度保持技術の開発など、さまざまな角度から研究に取り組んでいます。新たに研究室がスタートしてからまだ2年と短いですが、栽培を中心とした生産現場直結型の産官学連携研究を行っています。ここでは、当研究室の取り組みの具体例として、露地ミニトマトの新栽培法「アーチ放任仕立て栽培（通称：ソバージュ栽培）」の開発と高品質安定生産技術の確立に関わる取り組みの事例をご紹介します。



写真1：全国各地で取り組まれているミニトマト栽培

ミニトマトは、大玉トマトと比べて、軽作業で収益性が高いものの労働時間が長く、1戸当たりの作付面積の規模拡大は難しいとされています。そこで、ハウス栽培に比べて、省力で低コスト化が可能な露地のソバージュ栽培に着目し、栽培の効率化を目指すとともに、高品質化および高機能性を追求し、生産地域におけるブランド品開発も視野に入れながら、研究に取り組んでいます。ソバージュ栽培は、露地でも多収化を実現できるため、全国各地で急速に普及しつつありますが、その有用性を裏付けるデータはほとんどありません。日本国内におけるソバージュ栽培の最適な栽培条件を探るため、生育環境が異なる全国各地の研究機関や生産地域と連携しながら研究

を進めています。特に東日本大震災で被災した岩手県の大槌町では、震災復興プロジェクトである農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」として、9機関と共同で復興支援も担っています。高齢化や震災による離農が進む岩手県三陸沿岸地域においても、ミニトマトのソバージュ栽培が農業復興の一つになればと期待しながら研究を続けています。

トマト新栽培法：ソバージュ栽培とは？

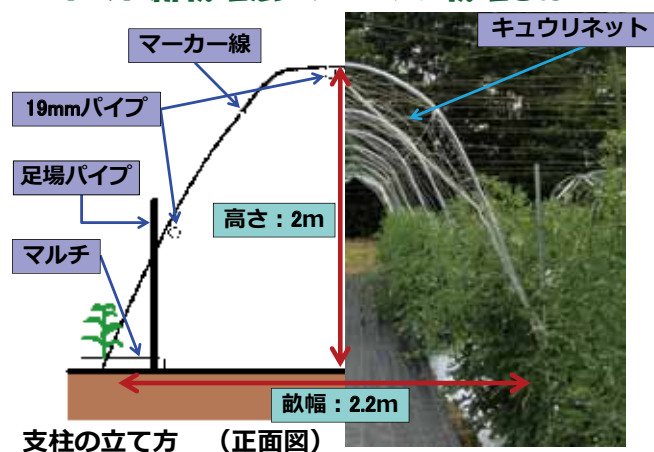


図1：ソバージュ栽培マニュアル2014年版の一部。支柱の立て方(正面図)。青木・甲村原図を一部改変。



写真2：野菜園芸学研究室では、明治大学生田キャンパスで2年続けてフィールドデーを開催している。2014年8月開催の栽培講習会「畑で徹底検証！ソバージュ栽培は本当に儲かるのか？」では、250名を超える生産者および流通関係者などが参加した。現在、全国各地でソバージュ栽培の講習会を開催し、普及に努めている。

研究のフロンティア2

地球温暖化ガス“メタン”と微生物



村上 周一郎

農芸化学科 微生物化学研究室 村上 周一郎

1990年代に顕在化してきた地球温暖化問題は、今後、我々人類が解決しなければならない大きな問題の1つになっています。この地球温暖化の原因として、産業革命以来増加し続けている温室効果ガスである二酸化炭素、次にメタン(CH₄)の大気中への放散が挙げられます。メタンは、二酸化炭素と比べてその大気中濃度が低いとはいえ、1分子あたりでは二酸化炭素の約40倍の温室効果があり、メタンの気温上昇への寄与度は無視できないレベルにあるといえます。また二酸化炭素とは異なり、メタンの主な人為的な発生源は農業分野であり、嫌氣的(酸素が存在しない)な環境である家畜の第一胃(ルーメン)や水田に生息するメタン生成菌によって、メタンは生合成され放散されています。

メタン資化性菌に関する研究

メタンの大気中濃度の増加を抑制する手段の1つとして、微生物が生産するメタンを微生物で分解・除去することは、極めて魅力的な方法です。例えば水田のような灌水している場所にメタンを増殖に利用する(資化する)微生物を散布すれば、メタンが大気中に放散する前に消失させることができるかもしれません。メタンを資化する微生物は数多く存在しますが、そのほとんどが好気条件下(酸素の存在する環境)でメタンを資化するため(図1、左)、メタンが生成する嫌気条件下ではこれらの微生物をメタンの除去には利用できません。しかし21世紀に入り、メタンを嫌気条件下で資化・利用できる微生物(Candidatus^(注) Methylomirabilis oxyfera)の存在が明らかにされました。このM. oxyferaは、脱窒経路において硝酸イオン(NO₃⁻)から酸素を生成し、それを用いてメタンを酸化し増殖に利用しています(図1、右)。これまでに、メタンを嫌氣的に利用できる微生物は、このM. oxyferaしか報告されていません。

嫌気性メタン資化性菌の分離

我々の研究室では、M. oxyferaのように嫌気条件下でメタンを除去できる微生物を分離すべくスクリーニングを進め、嫌気条件下でメタンを唯一炭素源とする培地で増殖する複数

種の培養物を得ることに成功しました。その培養物中に存在する微生物を解析したところ、M. oxyferaとはまったく類縁性が見られない様々な細菌が生息していることが明らかになりました。また見出した細菌のゲノム情報をデータベースで調べたところ、興味深いことに、いずれの菌株も好氣的にメタンを代謝する経路と脱窒経路に関連する遺伝子を有していました。この結果は、M. oxyferaで発見された脱窒経路と連動したメタンの代謝は、M. oxyfera固有の代謝経路ではなく、実は自然界に広く行われている可能性を示唆しています。そこで得られた培養物から好氣的に数種の微生物を純粋に分離し、硝酸イオンを含む培地でメタンを封入し、嫌氣的に培養してみました。その結果、いくつかの菌株で封入されたメタンの減少とそれに伴う窒素ガスの生成が確認されました。今後は、これらの微生物を水田に散布し、メタンを資化させることによって、メタンが大気中に放散する前に減少させる方法を確認することを目指し、研究を進めていきたいと思っています。

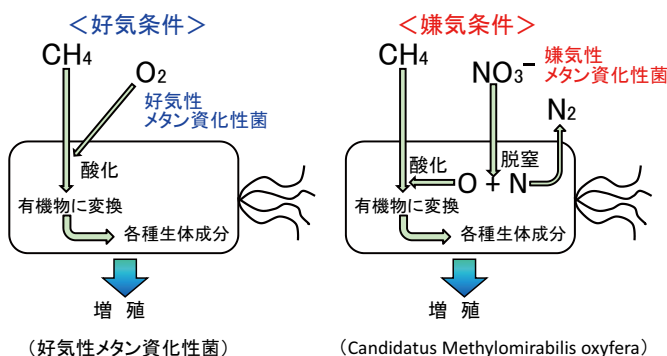


図1 好気性メタン資化性菌とCandidatus Methylomirabilis oxyferaのメタン代謝経路

好気性メタン資化性菌(図左)は、大気中の酸素を利用してメタンを酸化し、有機物を生成するのに対して、Candidatus Methylomirabilis oxyfera(図右)は、嫌気条件下で硝酸イオン(NO₃⁻)から酸素を生成し、メタンを酸化する。

注) Candidatus: 明らかに生息しているが、単離され純粋に培養されていない微生物に与えられた概念。単離・培養に成功し、その性質が明らかになれば、Candidatusの名称が除かれ、新奇な微生物として正式な分類体系に組みこまれる。

研究のフロンティア3

植物ウイルスの生存戦略



桑田 茂

生命科学科 植物細胞工学研究室 桑田 茂

植物のウイルス病

植物の病気の原因は主に菌類、細菌、ウイルスの3種類ですが、菌類と細菌が原因の病気については、農薬である殺菌剤などによって治すことができます。しかし、植物ウイルスによって引き起こされるウイルス病には有効な農薬はありません。動物はウイルスが原因の病気に罹っても、免疫を担う細胞を殺して免疫機構に打ち勝ってしまうエイズウイルスなどの例外はありますが、多くの場合はインターフェロンや免疫によって最終的にはウイルスを体内から消滅させて回復します。植物には動物が持つ免疫機構がないので、ウイルスを排除できません。つまり、植物は植物ウイルスに感染してしまうと生涯にわたり病気に罹ったままで終わってしまうのです。それでは、植物はウイルスに対する防御機構を本当に持っていないのでしょうか？

植物ウイルスに対する植物の防御機構

植物は長い進化の過程の中で、免疫によらない植物ウイルス防御のシステムを身につけています。その防御機構は「RNAサイレンシング」と呼ばれ、多くの生命現象にかかわることから生命科学の分野で非常に注目されています。

ウイルスが植物の細胞内に入ると、ウイルスの遺伝子からmRNAが大量に作られ、そこからウイルスのタンパク質が大量に作られてしまいます。つまり、細胞機能を保つために必要なタンパク質生産工場がウイルスに横取りされてしまうのです。ですが、植物は大量に増えたmRNAを感知して、植物の体内にある酵素の働きでmRNAを2重鎖RNAという特別の形にして、それをもとに細胞が必要とするmRNAなどには影響を与えずに、ウイルスの作ったRNAだけを分解してしまいます。この特定のRNA分子だけを分解する機構であるRNAサイレンシングは、遺伝子治療などの有力な医療手段として、その応用に向けた研究が進展しています。

植物ウイルスの生存戦略

植物ウイルスは、植物には感染はできても自身のゲノムがこのRNAサイレンシングによって分解されて、増殖することができなくなってしまうはずですが、植物ウイルスの多くはRNAサイレンシングに対抗する機構を持っています。つまり、ウイルスは植物のRNAサイレンシングを妨害する遺伝子(サイレンシ

ング抑制タンパク質遺伝子)を身につけていることが判明しました。多くの野菜に感染して大きな被害を与えるキュウリモザイクウイルスは2bタンパク質というサイレンシング抑制タンパク質遺伝子を持ち、RNAサイレンシングによる植物のウイルス防御から逃れています。この遺伝子を欠損した変異ウイルスは植物に感染しても防御機構により増殖が妨げられてしまい、大幅に病気の症状が軽くなってしまいます。現在、タバコ条斑ウイルスのRNAサイレンシング抑制タンパク質遺伝子に関する研究を進めています。このウイルスでは外被タンパク質(ウイルスの殻となるタンパク質)に抑制能があり(図1)、TSVに感染すると全身的RNAサイレンシングだけが抑制されてしまいます。そのため、GFP(青色光が照射されると緑色蛍光を放つタンパク質遺伝子)が全身的サイレンシング状態である植物ではTSV感染によりGFPのサイレンシングによる抑制が解除され、GFP蛍光が回復します。このようなRNAサイレンシング抑制機構は他のウイルスには見られないTSV独自の機構であることから、この機構を解明すればRNAサイレンシング抑制の新たな機構としてだけでなく、外来遺伝子などを植物に発現する際に起きるRNAサイレンシングの抑制手段として、TSV外被タンパク質が応用可能となるものと期待しています。

植物ウイルスは自身のもつ小さなゲノム内に、自己の感染・複製機構から植物の防御機構抑制までの様々な遺伝子機能を詰め込んでいる興味深い実体です。



TSV接種後2日



TSV接種後11日
図1: GFPが全身的RNAサイレンシング状態の植物にTSVを感染させるとGFP発現が回復する。

研究のフロンティア4

付加価値の高い製造業育成を目指す シンガポール

食料環境政策学科 フードシステム論研究室 大江 徹男



大江 徹男

シンガポールはすでに一人当たりGDPで日本を抜き、アジアで最も裕福な国の一つです。同国の経済では、観光業や金融等のサービス産業が中心ですが、近年高付加価値の製造業育成にも熱心です。その象徴ともいえるのがバイオ医薬品産業で、研究開発、製造、販売のアジアにおける拠点を目指しています。

バイオ医薬品産業の育成政策

シンガポールにおけるバイオ医薬品の研究開発の拠点がバイオポリスです。バイオポリスは、シンガポール政府が5億シンガポールドル(320億円)を投資して建設した研究集積地で、延べ床面積が185,000m²あり、空中回廊で接続されている7つの研究棟が2003年に完成しました。シンガポール政府は、研究者が最先端の設備、科学的インフラ、特別なサービスを利用することができるようバイオポリスを積極的に支援しています。



写真1: バイオポリス

当初はシンガポールの公的研究機関が中心でしたが、その後民間の研究機関の誘致に重点を置くようになっていきます。トランスレーショナル・クリニカル研究を強化することで、公的研究機関と民間の研究機関との協力関係の促進を図っています。現在、公益研究機関と民間企業を合わせて、40社以上の約2,000人の研究員がバイオポリスで研究開発を行っています。

4期に渡る開発計画で、最終的には4,000人にまで拡張する予定です。

大手製薬メーカーのシンガポール進出

また、シンガポール政府は、製薬および生物製剤メーカー向けに、トゥアス・バイオメディカルパーク(Tuas Biomedical Park: TBP)と呼ばれる、360haの工業団地を造成しています。道路、排水システム、電気、給水、通信ラインなどTBPのインフラは万全で、最短のリードタイムで製造設備を建設することができます。TBPには、現在、アボット、グラクソ・スミスクライン、ロンザ、メルク・シャープ・アンド・ドーム、ノバルティス、ファイザー、ロシュなどの大手製薬会社、バイオテクノロジー企業および医療技術企業が進出しています。

特に積極的に投資しているのがロシュ社です。同社は、2009年にバイオ製薬製造工場を開設し、加齢性黄斑変性症治療薬「ルセンチス」の生産を開始しました。2009年にはがん治療の血管形成阻害薬「アバスタチン」や乳がん向け抗がん剤として開発された「ハーセプチン」も製造開始しました。ちなみに、日本国内ではこのような医薬品はほとんど輸入に依存しています。

日本企業のシンガポール進出

日本企業で注目されるのが中外製薬です。中外製薬は国内の研究機関と連携しながら、シンガポールの2つの自社の研究機関において新薬候補を積極的に発掘しています。同社は、国内の製薬メーカーの中ではバイオ医薬品に最も積極的に取り組んでいる企業だけに、シンガポールのバイオ医薬品産業の水準の高さを推し量ることができます。バイオポリスが開設してから10年程度しか経過していない点を考慮すると、同国のバイオ医薬品産業の発展は驚異的ともいえます。

以上のように、シンガポールのバイオ医薬品産業は、研究開発、製造部門において急速に発展しており、バイオ関連産業育成を目指す我が国にとって大変参考になる事例であると考えられます。



ロンドン王立協会と科学英語

一般教育 英語第 I 研究室 樋渡 さゆり



樋渡 さゆり

世界で最初の自然科学の学会

ピカデリー・サーカスの喧騒を離れてテムズ川へむかうと、宮殿や公官庁のあるセント・ジェイムズ界限です。バッキンガム宮殿へまっすぐに伸びる並木道と美しい公園を眺める高台に、ロンドン王立協会の本部があります。「自然に関する知識を改良するためのロンドン王立協会」の歴史は350年を超えています。総裁となったニュートンやバンクス、そしてダーウィン、アインシュタイン、クリックなど、自然科学史に名を残す多くの科学者がフェローをつとめてきました。

「実験の再現性」と国際性

王立協会が掲げた画期的な方針は、実験の重視でした。「経験的な、プラクティカルなこと」を好むのはイギリス的ですが、自然科学が発展するには最適の土壤だったといえるでしょう。協会は自然科学の知識を多くの人に広めることをめざしていましたが、創立からまもなく外国人が入会しています。のちに事務総長として世界で最も息の長い学術雑誌を創刊するオルデンバーグです。科学的な知見は「誰にでも確かめられる」ことが重要で、今も自然科学研究の根幹にある原則、「実験の再現性」と国際性は、すでに協会の初期の活動に表れています。そして「知識を広める」というミッションに必要なのは、やはり言語でした。国際語であるラテン語か？ それとも英語か？ もし英語だとするなら、どのような文体が自然科学にふさわしいのか？ —それが問題でした。

農業委員会と英語改良委員会

1660年11月28日の記念すべき第1回会合から毎週水曜日に開かれた例会では、研究発表のほか協会運営に関するさまざまな議論がなされました。几帳面に綴られた議事録が、今は協会のライブラリーで静かに時を刻んでいます。1664/65年に立ち上げられた9つの委員会の中では「農業委員会」が活発でした。初のプロジェクトは英国農業史の編纂でしたが、実質的な現状把握からはじまったと考えられます。そして興味深いのは「英語改良委員会」です。委員のひとりでもあるトマス・スプラットがまとめた『王立協会史』(1667年)によれば、言葉の装飾性や脱線を避け、話し言葉の自然さ、母国語の気楽さ、数学的な単純さをそなえた、素朴で明晰な言語が理想でした。それは、ラテン語を意識した新しい英語のイメージでした。ロンドン王立協会は、自然科学史と同様に英文学史においても興味深い功績を残しています。

*付記。本稿は筆者自身による一次資料の分析に基づいています。



写真1：王立協会の拠点、カールトン・ハウス。南側(写真左手)にはバッキンガム宮殿へむかう並木道「ザ・マル」とセント・ジェイムズ公園が隣接する。馬も闊歩する緑豊かな落ち着いたエリア。筆者写す。



海外農業研修のすすめ

国際農業者交流協会のドイツ語講師の立場から

一般教育 ドイツ語研究室 辻 朋季



辻 朋季

留学できる語学力はないが海外で暮らしたい、農業の技術や知識を活かした海外経験がしたい、外国の農業をこの目で見たい…そんな希望を叶えるプログラムがある。公益社団法人・国際農業者交流協会が1952年から実施している海外農業研修プログラムがそれだ。

アメリカ合衆国で19か月、農業の専門学習と実習を行うアメリカコースと、デンマーク・ドイツ・スイス・オランダのいずれかで13か月の農場実習を行うヨーロッパコースがある。いずれも渡航前に合宿型の講習があり、欧州コースの場合、毎年9月の選考に合格すると、10月に水戸市の日本農業実践学園で2週間、また渡航前の翌年2月に代々木のオリンピック青少年センターで1週間、語学や海外生活の心構えを学ぶ。私はこのうち水戸で6日間と代々木で4日間、ドイツ・スイスに渡航する研修生にドイツ語を教えている。1日6時間、計60時間の集中講義の他、待機期間と呼ばれる10月から2月の間は課題の添削指導も行って、自発的かつ継続的な学習を支援している。

毎年全国各地から、欧州の農業を学ぼうという高い志を持った若者が参加しており、業種も落葉果樹、露地野菜、花卉や造園など様々だ。本学農学部の学生も、現在1名がドイツで研修中、来年度も2名がドイツに渡航予定である。

ドイツ語をかじった研修生も例年数名いるが、大半はゼロ

から語学を学ぶため、格変化や動詞の変化に戸惑う者も多く、講師も悪戦苦闘の連続である。しかし渡航を控えた彼らの意識は高く、10月には全く話せなかった研修生が、待機期間中に独力で奮闘し、2月には日常生活に支障のないドイツ語力を身に付けていることもある。

もちろん、研修先では誰しも語学の壁に直面するし失敗もするが、多くの研修生はそれを乗り越えて充実した実習を終え、1年後に大きく成長して帰ってくる。海外離れが叫ばれる今だからこそ、ぜひ多くの若者に欧州の農業の現場を肌で感じて来てほしいと願う次第である。詳しくは同協会のホームページ<http://www.jaec.org/>も参照されたい。



写真1：農業研修生を対象にしたドイツ語授業のひとつ
(2013年10月、茨城県水戸市の日本農業実践学園にて)



第14回
ナワシロイチゴ

初夏にフェンスなどに垂れ下がった茂みの中に直径1.5センチほどの小柄なキイチゴの果実を目にすることができる。ナワシロイチゴ(別名サツキイチゴ)である(写真)。このキイチゴは、苗代でイネを育苗している頃に実をつけることからその名前がついたそう。概ね大型連休中に田植えをする今日では時期が合わない。その必要がなかった時代には現在よりもかなりの大苗で梅雨時期に田植えを行ったのでナワシロイチゴが結実する時期と重なる。当時の農家は田植えの合間にこのキイチゴを口にしていたのだろう。このキイチゴは毎年同じ場所で見ることができるが多年生ではない。根株から伸びる匍匐性の地上茎は数メートルほど成長し、先端部が接地すると、その場所で新しく発根して娘株を形成する。地上茎は二年目に開花・結実して枯死する。赤く熟した果実を見ると手を伸ばしたくなるが、安易に手を伸ばしてはいけぬ。細い枝には鋭い刺があり、不用意に茂みの中に手を入れると痛い思いをする。熟した果実を口にすると強すぎない甘味、少し強い酸味、やさしいベリーの香りがする。できれば片手に山盛りになるまで貯めてから一気に口の中に放りこんで食べてほしい。味、香りすべてが強く感じられ「本当の風味」を楽しめるはずだ。野山の小粒な果実はこうして食べるのが良い。ちまちまと一粒ずつ食べたのでは風味が分からない。

効率よく果実をとれる場所をみつけたら、ジャムを作ると良い。通常ジャムを作るときには砂糖の他に味を整えるためにレモン汁を加えるがナワシロイチゴではその必要はない。ストロベリー、ラズベリーなどのジャムとは一味違った濃厚な風味を楽しめる。
(荒谷 博)

バイオの散歩道

第14号
Winter 2015

編集後記

「バイオの散歩道 第14号」をお届け致します。本誌は、農学部の広報誌として、学部所属教員の大学における特色ある教育や最新の研究内容、社会・地域貢献の情報などを、読者の皆様にご覧いただけるように心掛けております。これからも「食料、環境、生命」の3つのキーワードの幅広い分野から、それぞれの専門家が鋭意執筆して参ります。農学部の取り組みに関心を持って頂きますよう、読者の皆様からも、本誌に対するご要望やご感想をお寄せ頂ければ幸いです。
(第14号編集担当・元木 悟)