

ホトトギスとの出会い

新潟大学農学部

中野 優

私は平成5年に千葉大学大学院自然科学研究科を修了し、岩手生物工学研究センターで1年間のポスドクを経験した後、平成6年に新潟大学に着任しました。学生時代には園芸学部植物細胞工学研究室で三位正洋先生に師事していたこともあり、現在は、新潟大学農学部園芸学研究室において、バイオテクノロジーによる単子葉花き園芸植物の増殖や育種に関する教育・研究を行っています。用いているおもな材料は、ユリ類、アガパンサス、ムスカリ、ホトトギス類、グロリオサ、サンダーソニアなどです。なかでも、組織培養による増殖・保存、突然変異の誘発、胚救出、遺伝子組換えなど、多岐にわたる研究に用いているのがホトトギス属の植物（ホトトギス類）です。

ここでは、私のホトトギス類との出会いとともに、ホトトギスを研究材料に用いることになったきっかけ、そして、現在ホトトギスを用いて行っている研究について紹介したいと思います。

1. ホトトギス類との出会い

私は、栃木県の北西部、旧今市市で高校時代までを過ごしました。盆栽愛好家であった父方の祖父および野菜の栽培を趣味としていた母方の祖母の影響を受けて、物心ついた時から野生・栽培にかかわらず花が好きでした。実家は市街地にありましたが、少し歩くと田園地帯、その奥には低山が続いており、春から秋にかけてさまざまな野生の花を見ることができました。そんな植物のなかにあったのが、ヤマジノホトトギスです。渋くて味わいのある姿に惹かれ、祖母に名前を聞いたことを覚えています。これが、記憶に残っている私とホトトギス類との最初の出会いです。確か、小学6年生くらいだったと思います。

2度目の出会いは、大学1年生の時でした。当時所属していた「植物同好会」の9月の月例会で丹沢に行った際に、沢沿いの崖から下垂する植物の先に、黄色い

釣り鐘型の花が咲いているのを見ました。「植物同好会」には植物好きの先輩方が大勢おり、この植物の名前がサガミジョウロウホトトギスであることはもちろん、小学生の時に見たヤマジノホトトギスと近縁であること、乱獲により個体数が激減していることなどを教えてもらいました。地味なヤマジノホトトギスと優美なサガミジョウロウホトトギスとが、なかなか結びつかなかったことを覚えています。

その後、図鑑での調査や、さまざまな地方の山歩き、山野草店巡りを通して、ホトトギス類の多くが日本原産であること、日本で絶滅の危機に瀕している種が多いこと、観賞価値が高い野生種が多いこと、花の色・形や草姿などの形質が種間で大きく異なること、少ないながらも品種が育成されていることなどを知りました。また、山野草店で購入したいいくつかの種・品種を栽培し、栽培のしやすさが種・品種によって大きく異なることも知りました。そんなことをしているうちに、私のなかで、ホトトギス類が特別な植物のひとつになりました。

2. ホトトギス類を研究材料に用いることになったきっかけ

ご存知のように、新潟県では、ユリ類やチューリップなど、花き球根類の生産が盛んに行われています。私は、学生時代はナデシコ類を、また、岩手生物工学研究センターではリンドウを材料に用いて、バイオテクノロジーに関する研究を行ってきました。しかし、せっかく新潟に赴任したこともあり、新潟大学では、おもにユリ科の花き園芸植物を用いた研究を行うことにしました。

しかし、実際に研究を始めてみると、チューリップではバイオテクノロジーの基本である組織培養が非常に困難でした。一方、ユリ類は組織培養による増殖は容易であっても、遺伝子組換えなどの技術の応用が困

難であり、研究は遅々として進みませんでした。その後、これらの主要な花き園芸植物を用いた研究を続ける一方で、遺伝子組換えが容易な単子葉花き園芸植物の探索を開始しました。調査した植物は、アガパンサス、ムスカリ、ヘメロカリスなど、10種類以上に及びます。これらのうち、アガパンサスやムスカリでは遺伝子組換えには成功したものの、遺伝子組換え効率が低く、遺伝子の機能を解析するような研究には用いることができませんでした。また、これらの植物では、遺伝子組換え植物が得られても、それが開花するまでに数年を要し、導入した遺伝子の機能を確認できるまでに時間がかかることも問題でした。

そんな時に思い出したのがホトトギス類です。ホトトギスも、ユリ科の単子葉花き園芸植物のりっぱな一員です。さっそく、数種・品種のホトトギス類を用いて組織培養を行ってみたところ、効率は高くはないものの、葉や花卉（花被）からエンブリオジェニックカルス（不定胚を分化し、植物体を再生する能力がある細胞の塊）が誘導できることがわかりました。特に、ホトトギスとタイワンホトトギスの種間雑種品種では、増殖が旺盛で、多数の不定胚を分化するエンブリオジェニックカルスが得られました。単子葉植物では、このようなカルスが遺伝子組換えの材料として適していることが知られています。そこで、さっそくホトトギス種間雑種品種のエンブリオジェニックカルスを用いた遺伝子組換えを試みたところ、アガパンサスやムスカリとは比較にならないほど、効率的に遺伝子組換え植物を作出することができました。しかも、これらの遺伝子組換え植物は、うまく栽培すれば約1年後には開花しました。こうして、ホトトギス類を用いた研究が開始されたわけです。今から8年くらい前のことです。もしも、ホトトギス類について特別な思い入れがなければ、今でも遺伝子組換えが容易な単子葉花き園芸植物の探索が続いていたかもしれません。

3. ホトトギス類を用いた研究の現況

現在、おもに3つのテーマで、ホトトギス類を用いた研究を行っています。それらを簡単に紹介したいと思います。

3-1. 遺伝子組換えによる草型・花色・花形の改変

まずは、草型の改変です。この研究には、植物ホルモンの1種であるジベレリン（GA）を代謝する酵素の遺伝子を用いました。この遺伝子を導入して強く働かせると、植物体内の活性型GAの代謝が促進されて、



写真1 GA代謝酵素の遺伝子を導入した遺伝子組換え植物（右）と元の植物（左）

活性型GAの量が減少します。GAには植物の節間伸長を促進する作用があるので、活性型GAの量が低下した遺伝子組換え植物は草丈が低下し、矮性となりました（写真1）。

次に、花色の改変です。ご存知のように、ほとんどのホトトギス類の花弁（花被）には、特徴的な赤紫色の斑点があります。この斑点がホトトギス類の魅力でもあるわけですが、斑点がないスッキリとした花もあったらいいかと、以前から思っていました。斑点の色素を調べてみたところ、シアニン系のアントシアニン類であることが明らかとなったため、遺伝子組換えによる色素生合成の抑制を試みました。対象にした遺伝子は、フラボノイド系色素生合成経路の鍵酵素であるカルコンシンターゼ（CHS）の遺伝子です。遺伝子組換え



写真2 CHS遺伝子の機能を抑制した遺伝子組換え植物の花（右）と元の植物の花（左）

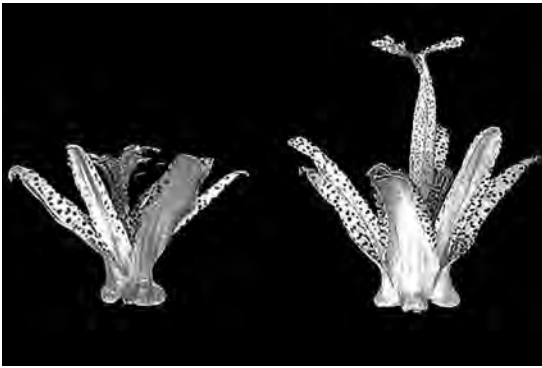


写真3 ABCモデルに関する遺伝子を操作した遺伝子組換え植物の花(右)ともとの植物の花(左)

えにより、この遺伝子の機能を抑制したところ、予想どおり、花弁に斑点がない純白の花が開花しました(写真2)。現在、色素生成に関する別の遺伝子を用いて、新たな花色の創造に取り組んでいます。

最後に、花形の改変です。通常の花は、外側から中心に向かって、がく片、花弁、雄ずい、雌ずい(心皮)で構成されています。これらの各器官が花のどの位置で分化するかは遺伝的に制御されており、それを説明するのがABCモデルです。このABCモデルに関与する遺伝子を操作することにより、例えば、通常は雄ずいが分化する位置に花弁を分化させることもできると考えられます。これまでに、雌ずいの代わりに雄ずいが分化するように操作した遺伝子組換え植物を作出しました(写真3)。遺伝子組換え植物では、雌ずいが雄ずいに完全に変化することはありませんでしたが、雌ずいと雄ずいの特徴をあわせもった、何とも奇妙な器官が形成されました。現在、すべての花器官が花弁に変化した、八重咲きの遺伝子組換え植物の作出に取り組んでいます。

以上のような、ホトトギス類の遺伝子組換えを通して得られた知見は、今後、ユリ類やチューリップを用いた研究を行う際に非常に有用であると考えています。

3-2. 培養変異(ソマクローナル変異)および

イオンビーム照射処理による有用変異個体の育成

ホトトギス類のように、育種がほとんど行われていない植物においては、新奇形質の誘導に突然変異が大きな効果を発揮することがあります。一方、組織培養を行うと、自然条件下と比較して、高頻度で突然変異が生じることが知られています(培養変異)。遺伝子組換えの材料にも用いたホトトギス種間雑種品種のエンブリオジェニックカルスを長期間(1年間以上)培養



写真4 培養変異により得られた四倍体(右)ともとの植物(左)

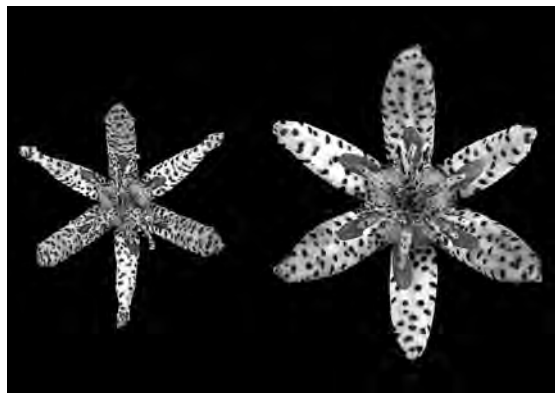


写真5 培養変異により得られた四倍体の花(右)ともとの植物の花(左)

し、その後で植物体を再生させたところ、再生個体のなかに明らかな変異個体が見いだされました(写真4、5)。この変異個体は直立性で、もとの植物と比較して、茎が太く、草丈が高く、葉が濃緑色で、花が大きいといった特徴を示しました。染色体を観察したところ、予想どおり、変異個体は染色体が倍加した四倍体でした。四倍体個体は、その特徴から、切り花として利用できるのではないかと考えています。



写真6 イオンビーム照射により得られた矮化変異体（右）と元の植物（左）

一方、培養変異よりも効率的に突然変異を誘発するために、理化学研究所の協力を得て、エンブリオジェニックカルスに炭素イオンビーム照射を行いました。イオンビームは放射線の一種で、最近、多くの植物で突然変異誘発のために利用されています。照射後のエンブリオジェニックカルスから植物体を再生させたところ、さまざまな変異個体が得られました。そのなかには、花の大きさや数は変化せずに草丈だけが短くなった個体が見いだされ、それらの形質は、3年間の栽培を経ても安定して維持されています（写真6）。この変異個体は、コンパクトな草姿から、鉢物に向いていると考えられています。

3-3. 胚珠培養による種間雑種の作出

これまで、多くの花き園芸植物において、種間交雑が形質拡大に大きな役割を演じてきました。ホトトギス類においても、ホトトギスと台湾ホトトギスの組み合わせなどで種間交雑が行われ、品種も育成されています。私の研究室には、研究用として、また個人的に栽培しているホトトギス類が多数あることから、5年前に一念発起して、さまざまな組み合わせで種間交

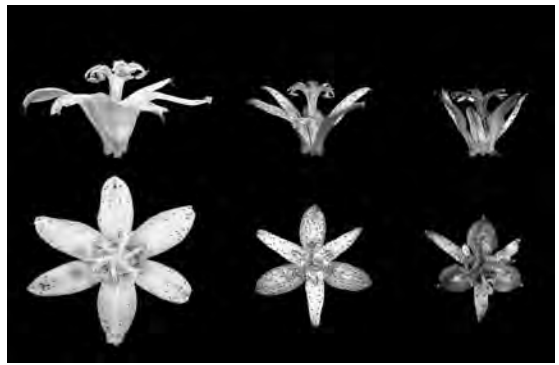


写真7 キバナノホトトギス（左）、台湾ホトトギス‘青竜’（右）およびそれらの種間雑種（中）の花



写真8 台湾ホトトギス‘藤娘’（右）、キジヨウロウホトトギス（左）およびそれらの種間雑種（中）の花

雑を行いました。交雑受粉後に胚珠培養を行ったところ、いくつかの組み合わせで種間雑種が得られました。それらのなかには、新奇な花を咲かせるものも見いだされており（写真7、8）、現在、詳細な形質調査を行っています。

以上のように、ホトトギス類を用いた研究から、いくつかの成果が得られはじめています。今後は、突然変異個体および種間雑種個体から品種を育成していきたいと考えています。