

アサガオ～薬草から園芸植物 そしてモデル植物へ



九州大学大学院 理学研究院 生物科学部門 准教授
文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト (NBRP アサガオ) 代表
仁田坂 英二

1. はじめに

アサガオ (*Ipomoea nil*) は、日本の夏を代表する植物の一つである。小学校の理科で育てた経験をもつ人も多く、大きな種子を播き、つるが伸び、花が咲き、また種子ができるまでを身近に観察できる教材として親しまれてきた。しかし、アサガオはもともと日本に自生していた植物ではなく、原産地の熱帯アメリカから長い年月をかけて世界各地へと広まった。その後、日本では薬草として利用される植物から、花や葉の美しさを楽しむ園芸植物になり、さらに現代では遺伝や発生、生理を研究するためのモデル植物としても重要な役割を果たしている。

本稿では、アサガオがどのようにして、原産地から見て地球の反対側に位置する日本で独自の多様化を選んだのか、また、なぜ再び研究材料として注目を集めているのかについて紹介したい。

2. 薬草として日本へ渡来したアサガオ

アサガオと同じサツマイモ属の仲間は熱帯アメリカに多く分布している。コロンブス以前にどのようにして旧大陸に渡ったのかは謎であるが、アサガオは古くから、人の手によって世界各地へ運ばれたと考えられている。その理由は、種子に下剤としての作用があり、薬として利用するためである。中国では古い時代から薬草として記録され、日本にも奈良時代から平安時代にかけて、中国を経て伝わったと考えられている。当時、利用の中心だったのは花ではなく種子であり、牽牛子とよばれていた。

その後、千利休と豊臣秀吉の茶事の逸話などでも有名なように、アサガオは薬草としてだけでなく、花を観賞する植物としても栽培されるようになった。日本

では植物の変異体を鑑賞する文化が古くからあり、これらは古典園芸植物、もしくは、伝統園芸植物とよばれており、代表的なものとして、サクラやオモトが挙げられる。江戸時代にはさまざまな植物種において多数の品種が生まれ栽培ブームとなった。アサガオもその一つであったが、アサガオだけが唯一の一年草であり、出物とよばれた種子を結ばない品種も種子で維持する必要があるために特殊な栽培技術が発達した。

3. 江戸時代に起こったアサガオの大変身

江戸時代後期の文化・文政期には、アサガオの栽培が流行し最初のブームを迎えた。この時代には、花の色や模様だけでなく、葉や花の形が大きく変化した「変化アサガオ」とよばれる多くの種類のアサガオが現れた。



図1 江戸時代の図譜に見る変化アサガオ

カラー紙面を Web ページで公開中。小社 Web 理科トップページよりダウンロードできます。

これらは多色刷りの図譜に描かれており、当時の人々がどのような花を珍重していたかを、現在でも知ることができる貴重な資料である。この時期のアサガオは比較的単純な形をしており、大部分が種子をつくることができたと思われる（図1 A-C；花壇朝顔通，文化12年-1815年より）。その後，幕末に近い，嘉永・安政期になると，複数の突然変異が組み合わさった，より複雑で奇妙な形のアサガオのブームが再燃し，第二次ブームとよばれている。細く裂けた花卉，筒状になった花卉，裏返ったような葉，何重にも重なった花など，野生型のアサガオからは想像できない形態のものも多かった（図1 D-F；朝顔三十六花撰，嘉永7年-1854年より）。

興味深いことに，江戸時代には人工交配の方法が知られておらず，昆虫による自然交雑を起こした株や，栽培中に偶然現れた変異体を見つけて選び出すことで，これらの品種を作っていたと考えられる。当時出版された「牽牛花水鏡」などの書籍から，園芸家たちは，子葉や本葉の形から，どのような花が咲くかを見分けており，長年の経験によって，変異の性質や遺伝のしかたを実用的に理解していたことが分かる。そのことは当時用いられていたアサガオの命名法からも見て取れる。たとえば，図1のEとFは当時のアサガオブームを牽引していた旗本，鍋島直孝（杏葉館）の作品である。図1Eのアサガオに付けられた「芝舟チリメン雨竜交燕青貝紋車獅子牡丹二ト」という長い名前は，そのアサガオが持っている変異を順に記したものであるが，栽培を通して当時の園芸家たちは，このアサガオが単純な複数の変異が複合したものだと理解していたと考えられる。これは，メンデルが提唱した遺伝因子の考え方，すなわち後に「粒子説」と呼ばれる概念に近い。

アサガオは一年草のため，毎年種子から育てなければならぬ。ところが，江戸時代に好まれた変化アサガオの中には，花の形が大きく変化し，雄しべ，雌しべが花卉や萼片に変化するか退化して，種子をつくれないものもあった。この「出物」とよばれていた不稔株は，見た目が普通で自身の花粉で種子をつける（自殖性を備えた），親木とよばれる兄弟株から採種することで維持された。そして次の世代では，再び出物が分離する。これは遺伝学的には，潜性の変異をヘテロ接合の個体で保存する方法であり，園芸家たちは遺伝の法則性には気づいていなかったが，経験的に同じ仕組

みを利用していたことになる。

4. なぜ突然変異が次々に現れたのか

アサガオは日本に渡来してから江戸時代になるまでの長い期間，野生型の青く丸い花だけで，変異体は全く記録されていない。ところが江戸時代になると，短い期間に多数の変異体が現れた。なぜこのようなことが起こったのだろうか。

その原因と考えられているのが，「動く遺伝子」とも呼ばれるトランスポゾン（転写子）の存在である。ほとんどの生物のゲノムの中には，染色体上のある場所から別の場所へ移動できるDNA配列が存在する。このトランスポゾンが遺伝子に挿入すると，その遺伝子の働きが失われたり，弱まったりすることで，突然変異を起こす。しかし，トランスポゾンは宿主に害を及ぼすため，ほとんどの生物では，トランスポゾンのDNA配列のシトシン（C）をメチル化し不活性化化する仕組みがある。そのため，通常トランスポゾンは転移していない。



図2 松山朝顔に類似したアサガオと花色変異遺伝子

日本のアサガオの変異体を調べると，多くの突然変異の原因となった遺伝子の中に，共通した種類のトランスポゾン（*Tpn1*ファミリー）が挿入していることが分かった。また，現在トランスポゾンが入っていないか，飛び出した跡に短いDNA（痕跡）配列が見つかる例も多く，過去に挿入していたことが分かる。

トランスポゾンが動いていることが見た目でも分かりやすく現れるのが，絞り模様の花である（図2）。花の色素をつくる遺伝子の中にトランスポゾンが入ると，色素がつくられず，その部分は白くなる。ところが，花卉の一部の細胞でトランスポゾンが抜けると，その細胞から生じた部分でだけ色が戻る。そのため，白い花卉の中に着色した斑点や筋が現れる。これは，遺伝子の変化が花卉の模様として目に見える形で現れたものであり，遺伝子の働きを説明する教材としても非常に分かりやすい。

18世紀中ごろに，備中松山藩（現在の岡山県高梁市）

で「松山朝顔」と呼ばれる絞り模様のアサガオが現れ、京都の伊藤若冲の絵の背景（動植綵絵の一つ、向日葵雄鶏図）や、平賀源内による江戸の物産会（物類品騭）にも記録されている。それまで無かった珍しい花の模様のため、全国に広まったのであろう。現在保存されている、日本のアサガオ系統のゲノム情報を調べると、ほとんどの系統に、松山朝顔が持っていたと思われる、2つの花色変異、絞り花（*a3; DFR-B*）と紫花（*pr; InNHX1*）の痕跡が見つかった。このことから、現在の日本のアサガオは、松山朝顔から派生した可能性が高い（図2）。

つまり、アサガオの多様化にはいくつかの条件がそろっていた。まず、トランスポゾンの転移抑制をしている、未同定の遺伝子に変異が起こることで、トランスポゾンが活発に動くようになり、多様な突然変異を生み出したことである。次に、トランスポゾンによって生じる変異のほとんどは潜性であるが、アサガオの高い自殖性によってホモ接合となり可視化されたことである。そして、江戸時代の園芸ブームによって、優れた鑑別眼を持つ園芸家が増えたことで、珍しく美しいアサガオが見出され、丁寧に保存されたことである。これらの条件と、一年草のアサガオは世代交代が早いことも相まって、世界でも類を見ない短期間で、数千品種に及ぶ園芸植物としての発展を遂げたのである。

5. 遺伝学の研究材料となったアサガオ

変化アサガオの中から生じた、蜻蛉葉（*dragonfly*）変異や洲浜（*retracted*）変異を基本とした、大きな花を咲かせるアサガオが、明治以降、福岡（黒田）から大阪へ渡り、「大輪アサガオ」という独立したジャンルで確立した。その後、京都、名古屋、東京にも渡り、独自の発展を遂げた。これは、現在栽培されているアサガオの主流となっている。野生型の花の直径が5～7 cm 程度なのに対し、大輪アサガオの肥培した花では直径 24 cm を超える。一方、江戸時代から連綿と保存されてきた変化アサガオは、1890 年以降、各地で愛好会が結成され、第三次ブームを迎えた。人工交配も駆使してレベルの高い品種が育成されたが、栽培人口はしだいに減少していった。

20 世紀になり、メンデルの法則が再発見されると、日本でも遺伝学の研究が始まった。アサガオには花色、葉形、花形など、外見で簡単に区別できる変異が多数

あったため、遺伝学の研究材料として適していた。最初の論文は 1916 年に外山亀太郎と竹崎嘉徳によって出版されている。その後、今井義孝、萩原時雄に代表される遺伝学者によって、219 種類の変異体の特性が調査され、変異間の組換え率を利用し、15 本の染色体のうち 10 本についての連鎖地図が作られた。第二次世界大戦前の段階では、アサガオの連鎖地図は世界的に見てもトウモロコシに次いで細密なものであった。

戦後は、アサガオが日長に鋭敏に反応する性質も注目された。アサガオは典型的な短日植物であり、多くの日本の系統では、一定時間以上の暗期に 1 回だけ置くと花芽形成が始まる。このため、今村駿一郎らによって、植物が日長変化をどのように感じ取り、花を咲かせる時期を決めているのかを調べる植物生理学の研究にも広く使われるようになった。

1956 年に国際遺伝学会議（International Genetics Symposia）が日本で開催された際、カイコやキンギョなどの日本を代表する遺伝学の研究材料を展示することになった。その一つに、当然アサガオも選ばれ、国立遺伝学研究所（三島市）の竹中要が変異系統の収集に着手した。第二次世界大戦を経て、山高桂や小川信太郎など、数名の園芸家しか変化アサガオの種子を保存していなかった。しかし、幸いなことに彼らの保存系統は江戸時代に由来するほとんどの変異を網羅していたため、失われたものはごく僅かである。これ以後、国立遺伝学研究所においてアサガオ変異体の系統保存が始まり、竹中の没後も田村仁一によって 1993 年の退職まで系統が維持されていたが、その後は系統の更新は休止状態にあった。1997 年に仁田坂英二がこれらの系統を九州大学に移管し、系統の調査と種子の更新、新規の収集を再開した。タイミングに恵まれ、1998 年に発足した、文部科学省による「生物遺伝資源委員会」を経て、2002 年より発足した、モデル生物の系統保存や研究環境の整備事業である、「ナショナルバイオリソースプロジェクト（NBRP）」の整備対象生物にアサガオが指定された。それから現在まで、この NBRP の支援のもと、系統の収集・保存・提供業務や、系統のゲノム情報も含めた研究環境の整備が進められている。

6. ゲノム時代のアサガオ研究

アサガオの染色体数は $2n=30$ で、15 対の染色体をもつ。ゲノムの大きさは約 7 億 5000 万塩基対、お

よそヒトの1/4のサイズであり、各染色体に対応するDNA配列が整理され、データベースが公開されている。

前に述べたように、日本のアサガオ系統のほとんどは、1本の絞り花の松山朝顔から派生したと考えられるため、系統間のDNA配列は非常によく似ている。その一方で、花色や葉形などの違いを生み出す遺伝子には、トランスポゾンの挿入や塩基置換などが見られる。変異の原因となる遺伝子の候補が少ないため、変異体と野生型のゲノム配列を単に比較するだけで原因となる遺伝子を容易に見つけることができる。仁田坂英二らによって江戸時代に起源をもつ変異や、新しく見つかった変異の大部分の遺伝子が明らかになっている。中には、植物ではじめて見つかった遺伝子の変異体も含まれており、今後の解析が期待される(図3)。

さらに、狙った遺伝子を編集するゲノム編集も可能となっており、他の植物と比べても高い効率で変異を得ることができる。これまでは、トランスポゾン等によって偶然生じた変異を見つけて保存していたが、現在では遺伝子の情報をもとに、目的とする変異を計画的に誘発することも可能なのである。

7. 花の色と形から遺伝子の働きを学ぶ

アサガオの花色は、遺伝子と細胞の働きを学ぶうえで非常に興味深く、基本的な仕組みは基礎生物学研究所(岡崎市)のグループが明らかにしている。アサガオの花色の変異には、主要な色素、アントシアニンをつくる合成酵素の遺伝子に対応するものが多いが、他にも遺伝子の転写調節因子の遺伝子も見つかっており、変異を起こすと、白花や淡色花になる。また、アサガ

オの野生型の花色は青色を呈するが、実はバラと同様に、デルフィニジン等の青い色素は作ることができない。花が開くとき、イオンポンプである紫(PR)遺伝子の働きで、花卉の細胞内にある液胞内部のpHが上昇し弱アルカリ性になることで、アントシアニンの色が紫から青へ変化する。そして、花が萎れてくるとポンプが停止し、再び元の赤みがかかった紫色に戻るのである(図2)。それでは何故、このようにエネルギーを使ってまで青くない花を無理に青くしているのだろうか。生物の進化の過程で、ある形質が選択され、固定した理由を探すのは困難なことが多いが、原産地に紫色よりも青色の花により惹かれる昆虫がいるのだろうか。

変化アサガオとして維持されている、花や葉の形に関する変異体からは、植物の体がどのように形づくられるかを知ることができる。葉や花は向背軸(表裏)、中央側方軸(横幅)、基部先端部軸に沿って形づくられており、これらの体軸を決める遺伝子が正常に働き、正しい位置に組織・器官が配置されることで、平らな葉や花卉ができる。ところが、これらの遺伝子に変異が起こると、横幅が失われた細い葉や、裏側が失われ両面が表側の組織からなる、筒状の花卉や、強く抱え裏返ったような葉がつくられる。江戸時代の園芸家が珍重した獅子咲きや采咲きの花卉も、現代の発生生物学から見れば、器官の向きや形を決める遺伝子の働きが変化した結果によると理解できる。さらに、複数の変異が組み合わさると、単独の変異では見られない複雑で変異の程度が強まった形態が現れる。これは、複数の遺伝子が独立に働くのではなく、互いに影響し合って一つの形をつくっていることを示している。変化アサガオは、遺伝

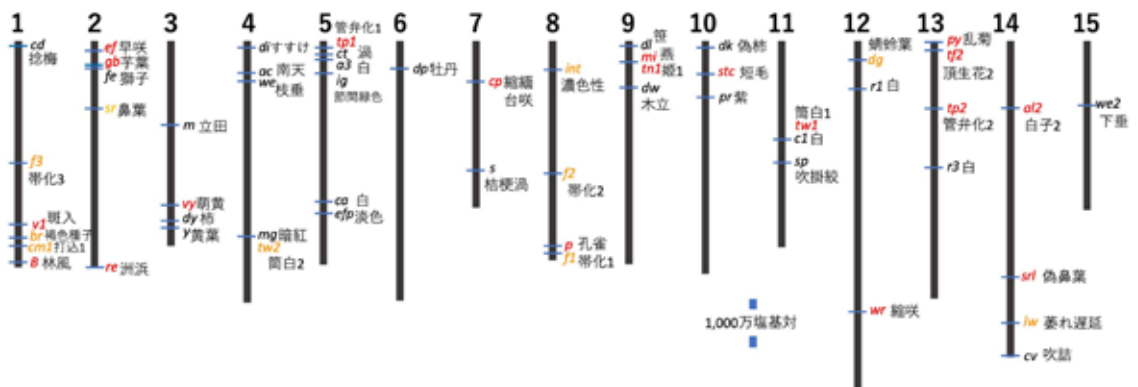


図3 ゲノム情報によって作成したアサガオの遺伝子地図

子の相互作用や発生の仕組みを、目で見える形で示してくれる貴重な材料なのである（図4）。



図4 多様な変異が集積した現代の変化アサガオ

前述したように、これらの観賞価値の高い変化アサガオの多くは、種子を結ばない不稔の潜性変異を含むため、これらの変異をヘテロ接合で保持する兄弟株（親木）から採種し、維持している。たとえば、獅子咲牡丹では「獅子」と「牡丹」、糸柳葉采咲牡丹では「柳」と「笹」と「牡丹」をヘテロ接合で維持している。そして、親木からとった種子から、前者では図4にあるような株が16本に1本、後者では、64本に1本の確率で分離する。まさに、系統維持、栽培の過程でそのままメンデルの法則を確認することができるのである。

8. 未来のアサガオ

アサガオは朝に花を開き、午前中にはしおれ始める典型的な一日花である。この短い花の寿命を利用して、花卉の老化や細胞死の研究が、農研機構・花き研究所の渋谷健一によって行われている。花卉の老化を進める遺伝子の働きを弱めたり、失わせたりすると、翌日まで花が咲いたままになる。さらに、その遺伝子産物の働きを抑える、花の寿命を延ばす化合物が見つかった。こうした研究は、切り花を長持ちさせる技術などの応用研究にもつながる可能性がある。

アサガオは朝に咲く植物だと書いたが、原産地に近い、メキシコのある系統から、夕方から夜にかけて開

花するアサガオが米田芳秋（静岡大）によって見出された。朝咲きと夜咲きの系統を比較すれば、植物が一日の時刻を知り、決まった時間に花を開く仕組みを調べることができる。将来、アサガオの開花時間をデザインすることができるようになるかもしれない。

バラに青い花がないように、一般的なアサガオには黄色の花がない。しかし、江戸時代の図譜には黄色いアサガオが描かれており、失われた品種だと考えられている。幾人もの園芸家が再現を試みてきたが淡い黄色程度のアサガオしか作り出せていない。しかし、現代では、基礎生物学研究所の星野敦らが、別の植物の黄色い色素（オーロン）をつくる遺伝子を導入することで、黄色いアサガオをつくることに成功している。

9. おわりに

アサガオは、日本原産の植物ではない。それにもかかわらず、日本の気候や文化に適合し、独自の発展を遂げ、日本の夏を代表する園芸植物となった。その背景には、トランスポゾンによって生み出された多様な突然変異と、それを見つけて保存した江戸時代の園芸家の存在があった。その後、幾度かの系統の消滅の危機も熱心な園芸家や研究者の尽力によって、乗り越え、江戸時代に生まれた変異体は失われずに保存されている。アサガオは、現代の遺伝学や植物科学を支えるモデル植物でもある。メンデル遺伝、連鎖、花成、花色、器官形成、重力応答、老化など、さまざまな生命現象の研究に利用され、現在では全ゲノム配列が整備され、ゲノム編集も可能となっている。さらに、身近な教材として遺伝子と形質の関係、人間による選抜、科学と文化との関わり等も学ぶことができ、研究と教育の両面で今後ますます重要な役割を果たすことが期待される。

筆者が運営する「アサガオホームページ」(<http://mg.biology.kyushu-u.ac.jp/>)では、アサガオに関するさまざまな情報を公開するとともに、研究用途に限らず、教育や観賞を目的とした種子の提供も行っている。また、国立歴史民俗博物館（千葉県佐倉市）や全国の植物園における変化アサガオの展示、さらに来年横浜で開催される国際園芸博覧会（GREEN×EXPO 2027）にも協力している。これらの展示を見かける機会があれば、ぜひ実物の変化アサガオに触れてみてほしい。