

原著論文

トルコギキョウの基部着色型覆輪花色の温度反応と  
基部着色型覆輪に由来する純白品種の発見

福田 直子

(平成 23 年 7 月 15 日受付 平成 23 年 9 月 6 日受理)

Temperature Response of Basal Colored Picotee Pattern in *Eustoma grandiflorum* and Discovery of a Pure White Variety Derived from Basal Colored Picotee

Naoko FUKUTA

Summary

To investigate the characteristics of the basal colored picotee variety ‘Topic-blue’, this study analyzed the temperature response of the colored patterns and pigment content of the petals. The proportion of petal colored area of ‘Topic-blue’ was 20% at 35°C, 32% at 25°C and 100% at 20°C. Six  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$  of flavonoids were contained in the white area, and 28  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$  of flavonoids and anthocyanins were contained in the colored area of the picotee petals at 35°C. At 20°C, the pigment content increased to 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$  in all colored petals. The increase of colored area at 20°C and difference of pigment composition and quantity between the white and colored areas of petals in the white marginal picotee variety were similar to the rim colored (popular in *Eustoma*) picotee varieties. Thus, the mechanism of suppression of pigment biosynthesis in the white area of both picotee patterns would be similar. Meanwhile, when petals were subjected to UV light to reveal the distribution of flavonoids, a flavonoidless pure white variety ‘Bride-bell’ was found among 60 white varieties. At 25°C and 35°C, the pure white ‘Bride-bell’ petals contained less than 3  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$  flavonoids. At 20°C, some pink colored flowers opened and they contained 40  $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$  flavonoids and anthocyanins. It is assumed that the pure white variety ‘Bride-bell’ were bred from the white marginal picotee variety, because the pigment content and temperature response were the same.

**Key Words:** *Eustoma*, picotee pattern, anthocyanin, temperature

## 緒 言

着色部と白色部からなる複色花のうち、花の周縁部が中心側と異なる色彩で彩られる覆輪は多くの花きで育成されている。ペチュニアにおいては花弁基部着色型覆輪（ピコティ型）と、花弁先端着色型覆輪（モーン型）があり、ピコティ型の白色部は有機酸が、モーン型の白色部には有機酸とフラボノイドが蓄積しており、それぞれ異なるアントシアニン生合成色素遺伝子の発現が抑制されていることが明らかになっている（Saito et al., 2006）。

トルコギキョウでは花弁の先端側がアントシアニンを主成分とする紫色やピンク色で、基部側が白色の覆輪（以下「先端着色型覆輪」）が一般的である（第 1 図 A）。覆輪花弁の白色部にはアントシアニンが含まれないだけでなく、その前駆体の代謝物であるフラボノイドの濃度もわずかであることなどから、カルコン合成酵素遺伝子（CHS）の発現が抑制されていると考えられる（福田・中山, 2008）。この花弁先端着色型覆輪の着色面積は、気温や施肥、土壤水分などの栽培環境によって大きく変化する特徴を有することが明らかになっている（福田・中山, 2008；福田・柴田, 2009；福田ら, 2010）。

一方、トルコギキョウの一般的な覆輪と逆の着色パターンである、花弁の先端側が白色で基部側が有色となる「基部着色型覆輪」品種も少数が販売されている（第 1 図 B）。このタイプの品種も覆輪花色が安定的に発現する時期が限られることが、種苗会社の品種カタログに記載されている。しかしながら、具体的な時期や気温や施肥等の個別の環境要因に対する定量的な反応や花弁色素量の解析は行われていない。そこで本研究では、花弁基部着色型覆輪品種の花弁色素量および着色面積の栽培温度による変化を調査して、花弁先端着色型覆輪品種との

関係を明らかにしようとした。

次に冠婚葬祭の業務需要が多い白色花については、季節や個体による変異が少なく、安定的に純白であることが求められている。可視光領域に吸光特性を持つ色素が花弁表皮細胞にごく少量しか含まれず、花弁から反射する光の波長域の偏りが無い場合に白色花として認識されることから（斉藤, 1990）、純白であるためにはアントシアニンのみならず、花弁のフラボノイド濃度も低い必要がある。ところで、トルコギキョウの花弁先端着色型覆輪花の白色部分はアントシアニンが含まれないだけではなく、フラボノイドの濃度もごく低く純白色である（福田ら, 2005）。また、白色品種においても純白色に見える花弁の先端に覆輪状にフラボノイドが分布し、いわゆるフラボノイド覆輪が存在することが明らかになっている。我が国におけるトルコギキョウの品種育成の歴史の上で、花弁先端着色型覆輪が出現した後に純白花色が出現したと言われている（中曽根, 1997；羽田野, 私信）ことから、トルコギキョウの純白花色は、フラボノイドの生合成が抑制される覆輪白色部の発現機構に由来していると考えられる。

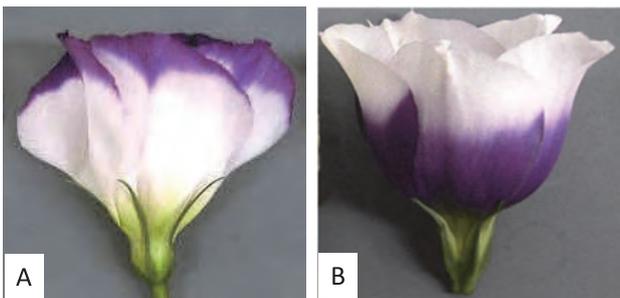
前述したようにトルコギキョウには花弁の先端側が純白の花弁基部着色型覆輪が存在することから、基部着色型覆輪に由来する純白品種の存在も想定できる。そこで、2005 年 7 月に福岡県で開催されたトルコギキョウフェア 2005 in 若宮・宮田の展示圃場で開花した白色花について、花弁上のフラボノイドの多寡と分布が判然とする波長 365nm の紫外光下で観察を行い（福田ら, 2005）、見出した花弁先端にフラボノイドを蓄積しない品種について、花弁色素濃度及び温度反応を調査して品種特性を明らかにした。

## 材料および方法

### 1. 基部着色型覆輪品種の栽培温度に対する反応

#### (1) 植物材料

住化農業資材（株）から提供されたトルコギキョウ（*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn）の基部着色型覆輪品種「トピックブルー」（第 1 図 B）のセル成型苗を、2005 年 10 月 4 日に、粒状育苗培養土（クレハ園芸培養土）とパーミキュライトを容量比 3 対 1 の割合で混合し充填した直径 10.5 cm のビニルポットに定植した。花き研究所内のガラス温室（加温設定 15℃、換気設定 28℃）において、不織布を介した底面給水条件で栽培を行った。個体あたり元肥 N:P<sub>2</sub>O:K<sub>2</sub>O=122:577:182 mg とし、



第 1 図 着色部位が異なるトルコギキョウの覆輪品種  
A: 花弁先端着色型覆輪品種「キャンディマリン」、B: 花弁基部着色型覆輪品種「トピックブルー」

N:P<sub>2</sub>O:K<sub>2</sub>O=15:8:17 mg 相当の液肥を週 1 回施与した。

## (2) 温度処理

本葉 6.5 対となった 10 月 31 日に人工気象器（日本医化器械製作所 LPH-350SP）に搬入して昼夜とも 20℃、25℃、35℃一定温度条件とした。光条件はいずれも 6 時から 18 時を明期とする 12 時間日長、光合成光量子束密度 200 μmol・m<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup> とした。1 区 10 個体として各個体の頂花を花卉形質の調査に用いた。さらに 35℃区は 12 月 6 日、25℃区は 12 月 27 日、20℃区は 2006 年 2 月 3 日に全ての個体の節数、草丈、地上部重、花蕾数等の生育量を調査した。

## (3) 覆輪着色面積率

各個体の頂花の花弁 1 枚を供試し、花弁の表面の像をスキャナー（EPSON GT9400UF、出力設定：イメージタイプ 24 bit カラー、解像度 240 dpi）を用いて BMP 形式でパソコンに取り込んだ。画像解析ソフト Image J (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) を用いて画像の RGB 値をもとに花卉面積および着色面積を算出し、花卉における着色部の割合を求めた。統計解析については各個体の覆輪着色面積率をアークサイン変換後、対数変換した値を用いて栽培温度の差異を検定するために分散分析を行うとともに、Tukey-Kramer の多重比較検定を行った。

## (4) 花卉色素の分析

20℃、25℃、35℃一定温度条件で栽培した‘トピックブルー’の主茎頂花の花弁を着色部と白色部とに切り分けて色素分析を行った。なお 20℃区では花卉全体が着色したため他の温度区の着色部に相当する花卉基部側と、白色部に相当する花卉先端側に切り分けて用いた。

花卉 0.1 g 当たり 1 mL の 50%酢酸水を添加し、ガラス棒で花卉を磨砕して一晩静置し、上清を回収した。残渣に 1 回目の 2 分の 1 量の抽出溶媒を添加して上清を回収する操作を 2 回行い、脱脂綿で濾過した抽出液 10 μL を分析に用いた。分析条件は ODS カラム（Inertsil ODS-2 5 μm 2.1×250 mm 9CI41010 GL Sciences Inc.）を装着した高速液体クロマトグラフ（Hewlett Packard Series1100）を用いて、溶媒は A を 1.5%リン酸溶液、B 液を 1.5%リン酸 50%アセトニトリル、40%酢酸溶液とし、A 液と B 液の比が 90:10 から 40 分後に 50:50 になるようグラジエントをかけて 1 分当たり 0.8 mL の流速で溶出した。360 nm における吸光でフラボノイド、530 nm の吸光でアントシアニンを検出し、それぞれ

チンおよびシアニジンルチノシド当量として定量した。1 輪を 1 反復とし、3 反復の平均値を用いた。

## 2. 基部着色型覆輪由来と推測される純白品種の探索と特性調査

### (1) 紫外光下の明暗像による白色花のフラボノイドの分布状況の観察

福岡県鞍手郡若宮町（現在宮若市）において開催された、トルコギキョウフェア 2005in 若宮・宮田の品種展示圃場において、作付けされた約 500 品種のうち、2005 年 7 月 6 日に開花していた白色の一重 40 品種と八重 25 品種を用いた。各品種 4～3 花を異なる個体から採取し、波長 365nm の紫外光下で観察した。フラボノイドは 365nm 付近の光を吸収することから（福田ら、2005）、花卉の明暗像を基にフラボノイドの分布状況を観察して花卉先端側のフラボノイド分布量が少ない品種を探索するとともに、デジタルカメラで画像を記録した。

### (2) 花卉先端側にフラボノイドの分布が見られない純白品種の栽培温度反応特性の解析

(1) によって見出した、花卉の先端側にフラボノイドの分布が見られない純白品種‘ブライドベル’のセル成型苗を住化農業資材（株）から提供を受け、実験 1 と同様の条件で植物材料を育成した。本葉 6.5 対となった 2005 年 10 月 31 日に人工気象器に搬入して昼夜とも 20℃、25℃、35℃一定温度条件で開花まで栽培した。1 区 10 個体として各個体の頂花を花卉形質と生育調査を行った。また、実験 1 の (4) と同様の方法で各温度処理区頂花の花弁色素の分析を行った。さらに花卉の成長過程における色素組成および濃度の変化を明らかにする目的で、生育調査後の 25℃区の蕾について、花卉長約 11, 17, 21, 28mm および開花の 5 ステージに分けて色素の分析を行った。

## 結 果

### 1. 基部着色型覆輪品種‘トピックブルー’の栽培温度に対する反応

‘トピックブルー’の開花までの日数は栽培温度が高いほど少なく、35℃区は温度処理開始後 36 日後、25℃区は 56 日後、20℃区は 95 日後に開花 3 輪以上となった。節数は 10.5 前後で温度処理による差は認められなかった（第 1 表）。草丈は温度処理によって有意差が認められ、35℃区が最も高く 20℃区が最も低くなった。逆に茎葉

重や分枝数は35℃区が最も少なく20℃区が最も多くなった。

花弁重、花弁面積はともに35℃区が最も小さくて61 mgと294 mm<sup>2</sup>なのに対して20℃区が最も大きく143 mgと456 mm<sup>2</sup>となり温度によって有意な差が認められた(第1表)。しかし、25℃区の花弁重は20℃区と35℃区の間であったのに対して、花弁面積は20℃区との間に有意差は認められなかった。着色面積は20℃区が449 mm<sup>2</sup>ではほぼ100%の着色面積率であったのに対して、25℃区は143 mm<sup>2</sup>で32%、35℃区は63 mm<sup>2</sup>で21%と低く花弁の半分以上が白色となった(第1表、

第2図A, B, C)。

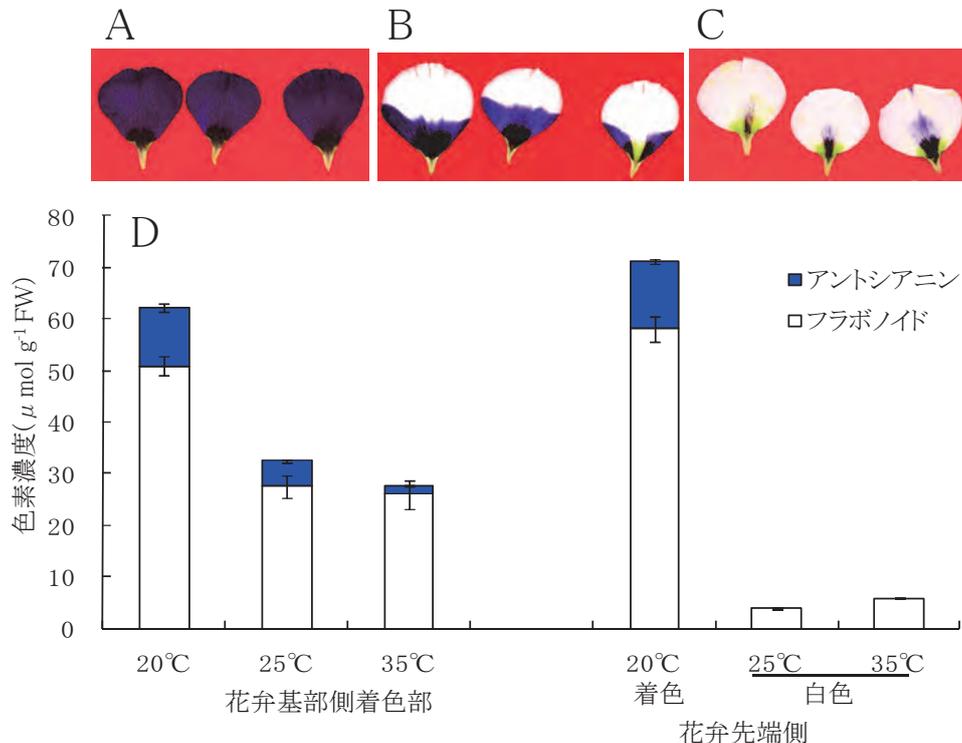
花弁基部側の紫色の着色部にはフラボノイドおよび、デルフィニジンとシアニジンの基本骨格としたアントシアニンが含まれていた。生花弁1g当たりのフラボノイドおよびアントシアニン濃度は20℃が51と11 μmol・g<sup>-1</sup>FWであるのに対して、25℃は28と5 μmol・g<sup>-1</sup>FW、35℃では26と1.6 μmol・g<sup>-1</sup>FWで明らかな差が認められた(第2図D)。一方、25℃と35℃区の花弁先端側の白色部ではアントシアニンは検出されず、フラボノイドも4および6 μmol・g<sup>-1</sup>FWと顕著に少なかった。しかし、全ての個体において花弁の全面着色となった

第1表 栽培温度が基部着色型覆輪品種‘トピックブルー’の生育量と花弁形質に及ぼす影響

処理区	節数	草丈(cm)	茎葉重(g)	分枝数	花弁重(mg)	花弁面積(mm <sup>2</sup> )	着色面積率(%)
20℃	10.3	27.0b	86.7a	7.0a	143a	456a	99a
25℃	11.0	28.6b	39.3b	3.0b	105b	435a	32b
35℃	10.8	36.0a	28.2b	2.0b	61c	294b	21c
分散分析	ns	**	***	**	**	***	***

2005年10月4日定植ガラス温室栽培後10月31日から人工光型人工気象器にて温度処理、35℃区は12月6日、25℃区は12月27日、20℃区は2月3日に開花3輪以上となり生育量調査

\*\*、\*\*\*はそれぞれ1%、0.1%水準で有意差あり、ns有意差なし、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり



第2図 基部着色型覆輪品種‘トピックブルー’の花弁と色素濃度の栽培温度による違い  
A:20℃, B:25℃, C:35℃条件の花弁画像, D:異なる栽培温度における‘トピックブルー’の花弁部位別色素濃度, 垂直線は標準誤差を示す。

20℃区では、フラボノイドが  $58 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 、アントシアニンが  $13 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$  と、花弁生重当たりの含有量は基部側よりも多い傾向であった。

## 2. 基部着色型覆輪由来と推測される純白品種の探索と特性調査

調査した一重の白色系 40 品種の紫外光下像は多様であったが、フラボノイドが多く分布することを示す暗色部の花弁上の位置を基準に判別すると、花弁全体 (第 3 図 d, f) が 10 品種、花弁先端側 (第 3 図 a, b, e, g, h) が 29 品種、花弁先端に暗色部が認められず花弁先端全体が明るいものが 1 品種 ‘ブライドベル’ (第 3 図 c) であった。観察した八重 25 品種については、暗色部の分布が花弁全体であるのが 6 品種、花弁先端側が 19 品種であった。唯一花弁先端に暗色部が認められない ‘ブライドベル’ は小輪で花弁の厚い純白品種であった。

花弁先端側にフラボノイドの分布が認められない ‘ブライドベル’ は、花弁基部着色型覆輪との関連が想定されたので、その温度反応特性を明らかにする目的で 20℃、25℃および 35℃一定条件で栽培した。開花時の茎葉重、花弁重ともに 20℃区が最も重く、35℃区が最も軽くなった。また、25℃区と 35℃区は全個体白色花

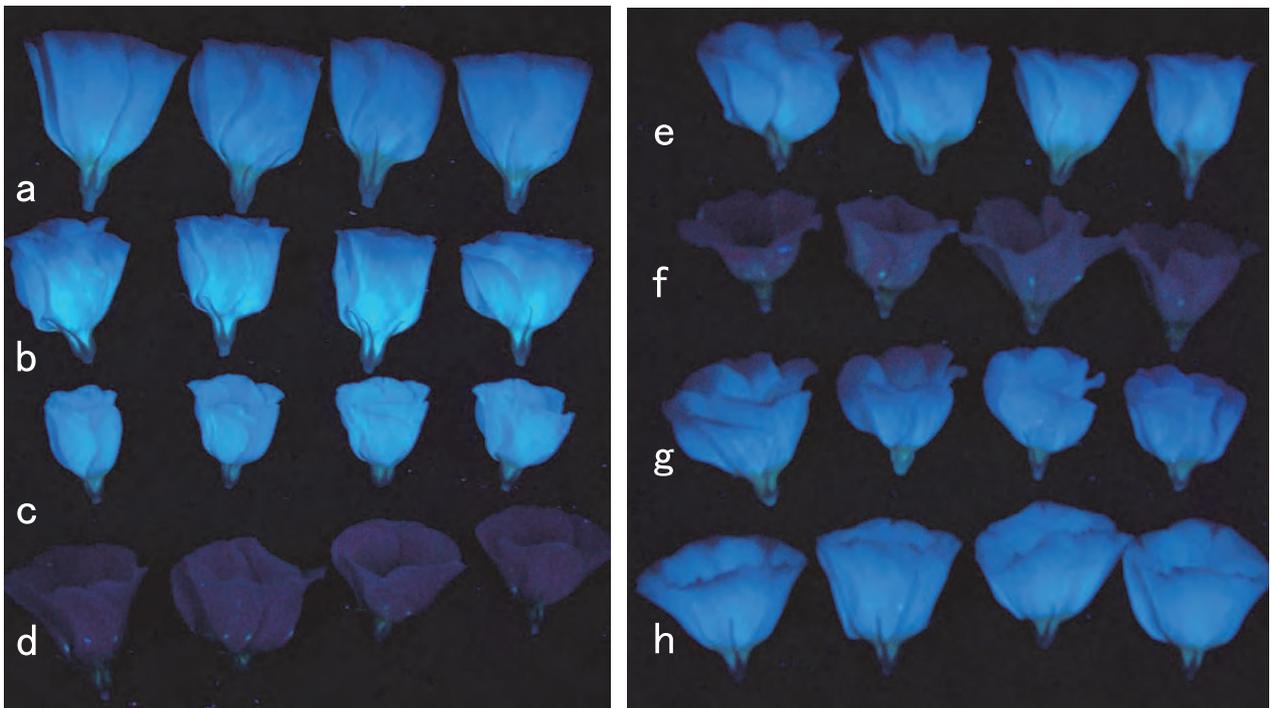
だったのに対して、20℃区では 6 個体が白色花であったが、4 個体に淡桃色の着色が生じ、そのうちの 1 個体が花弁の全面、2 個体に花弁先端側に白色を残して基部側から着色する花が開花した (第 4 図 A)。

‘ブライドベル’ の白色花弁にはいずれの温度においてもフラボノイドだけが  $1.6 \sim 2.3 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$  含まれており、処理間に有意な差は認められなかった (第 4 図 B)。20℃区において淡桃色に着色した花弁には  $41 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$  のフラボノイドと、ペラルゴニジンを基本骨格とするアントシアニンが  $0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$  含まれていた。

‘ブライドベル’ の花弁の成長過程における色素組成および濃度の変化については、主茎頂花が全て白色花となった 25℃区の花弁長約 11, 17, 21, 28mm および開花のいずれのステージにおいても、フラボノイドのみが  $2.6 \sim 3.4 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$  含まれており、ステージ間に有意差は認められなかった (第 4 図 C)。

## 考 察

花の周辺部と中心部の色彩がアントシアニン系色素による有色部と白色部からなる覆輪花色は、アントシアニ



第 3 図 多様な白色品種の紫外光 (365nm) 下像

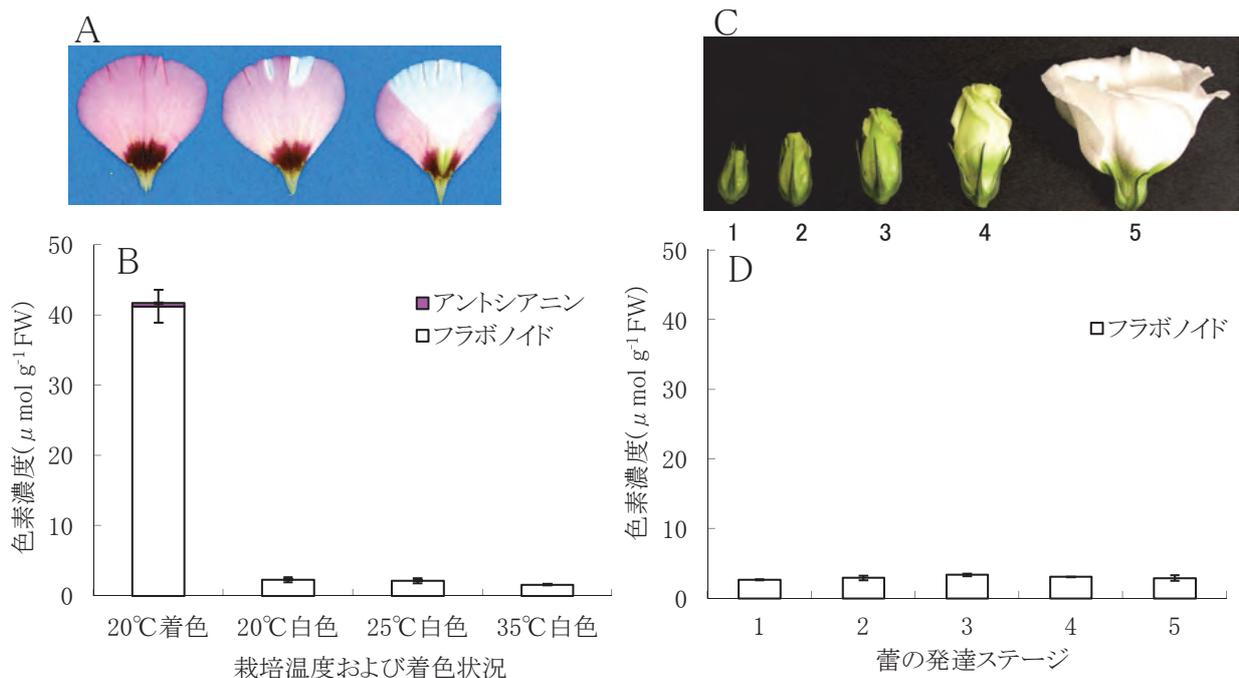
a ‘サマースノー’ (花色表記: 純白), b ‘リップルクリアホワイト 4’ (純白), c ‘ブライドベル’ (純白), d ‘ロココアイボリー’ (白), e ‘Tu-457’ (白), f ‘アポールクリーム’ (淡黄), g ‘ニューアルプス’ (白), h ‘アロハスノー’ (純白), トルコギキョウフェア 2005in 若宮園場にて 2005 年 7 月 6 日撮影。

ン色素生合の代謝抑制機構と、色素生合成抑制が発現する花弁上の位置を決定する機構によって成り立つ形質であると考えることができる。ペチュニアの花弁基部着色型覆輪（ピコティ型）の白色部は CHS 遺伝子、花弁先端着色型覆輪（モーン型）の白色部は DFR 遺伝子の発現がそれぞれ抑制されていることが明らかになっている (Saito et al., 2006)。トルコギキョウの一般的な花色である先端着色型覆輪花弁について、着色部にはフラボノイドとアントシアニンが蓄積しているのに対して、白色部には少量のフラボノイドのみを含むことが明らかになっている (福田・中山, 2008)。本実験の結果、トルコギキョウの基部着色型覆輪花弁の白色部も少量のフラボノイドのみを含んでおり、先端着色型覆輪花弁の白色部と同様の色素組成と濃度であることが明らかになった。このことから、トルコギキョウでは両覆輪パターンともに、有機酸からフラボノイドを経てアントシアニンに至る色素生合成経路のうち、カルコン合成酵素遺伝子 (CHS) の発現が抑制されていると考えられる (福田・中山, 2008)。さらに、基部着色型、先端着色型ともに覆輪着色面積率が温度条件で大きく変動するうえ、莖葉重で代表される植物体の生育量が大きいほど着色面積率が高くなる相関が認められることから、いずれの覆輪も栽培温度や生育量の影響を受けやすい点で共通している

ことが示された。

供試した‘トピックブルー’は F<sub>1</sub> 品種であるが、その育成元となった基部着色型覆輪系統を作出した個人育種家によると、花弁先端着色型覆輪系統に由来する集団の中に、紫色花弁先端側に小半円状の白色部が生じた個体を見出し、その個体の自殖と選抜を繰り返して白色部の面積を拡大して基部着色型覆輪の花色をほぼ固定したとのことである (笹岡, 私信)。これらのことから基部着色、先端着色の両覆輪花色の白色部で色素生合成を抑制する基本的なメカニズムは共通で、位置を決める機構のみが異なる可能性が示唆された。

一方、白色 60 品種をフラボノイドの偏在が明瞭となる 365nm の紫外光下で観察した結果、フラボノイドが花弁基部に少なく先端側に多く分布する品種が 74% で、カタログ表記が白色または純白色の品種であった。このことは、トルコギキョウの純白品種のほとんどは花弁先端にフラボノイドが分布する覆輪花であるとみなすことができる。フラボノイド覆輪の覆輪面積率も栽培環境の影響を受け、高温乾燥条件では覆輪面積率は最も低く、20°C 底面給水条件で高くなる (福田ら, 2010)。本研究材料を採取した 7 月開花の作型は覆輪面積率が低くなる環境であるが、蕾の発達が 20°C 前後の相対的な低温となる冬春季開花の作型では純白の品種が黄白色化する問



第 4 図 基部着色型覆輪由来と推定される純白品種‘ブライドベル’の花弁色素濃度の栽培温度による違いと蕾の発達過程における花弁色素組成と濃度の推移

A: 20°C 条件で生じた着色個体の花弁画像, B: 異なる栽培温度における‘ブライドベル’花弁の色素濃度, C: D で用いた蕾の発達ステージ, D: 蕾の発達過程における花弁の色素濃度, 垂直線は標準誤差を示す。

題が生じる。これは多くの純白品種が、フラボノイド覆輪であることが原因と考えられる。

花卉先端側にフラボノイドを蓄積しない基部着色型品種由来の白色花の目安として、紫外光下像から先端側にフラボノイドの分布が確認できない白色花を、紫外光下像を基に探索したところ、品種‘ブライドベル’が見出された。この品種は基部側にもフラボノイドの分布が認められず、花卉の色素組成と含有量は、基部着色型覆輪品種の先端側白色部と同様に微量のフラボノイドのみが含まれていた。また、覆輪面積率が増加しやすい20℃一定条件で、花卉の基部側から淡桃色に着色し、花卉先端に白色部を残す基部着色型覆輪品種と同様の着色パターンが生じた。覆輪面積は栽培環境による選抜効果が認められる形質であることから(福田ら, 2010)、『ブライドベル’は通常の栽培環境で着色部が縮小して発現しない基部着色型覆輪系統から育成されたと推察される。この結果はトルコギキョウの純白色花の作出方法の多様性を示すとともに、本品種は色素合成が抑制される花卉面積が最も大きい基部着色型覆輪として、色素合成や遺伝子発現解析の材料として用いることができると考えられた。

‘ブライドベル’は花卉長10mm程度の発達初期から開花まで一貫して花卉のフラボノイドの濃度が低いことから、基部着色型覆輪の白色部も同様に色素合成が抑制されていると考えられた。また、前述したように純白品種が冬春季に黄白色化する問題は、ほとんどの純白品種が花卉先端にフラボノイドが分布しており、分布面積が環境によって変動することが原因である。しかし、『ブライドベル’のような基部着色型覆輪由来の白色花は、低温条件ではフラボノイドのみならず、アントシアニンによる着色が花卉基部側から発現するため黄白色化の問題は生じない。むしろ着色部の発生が判別しやすいことから、覆輪着色面積が増加しやすい環境下で着色が生じない個体の選抜を徹底することによって、栽培時期によらず純白の品種を効率良く育成できると考えられた。

## 摘要

トルコギキョウの花卉基部着色型覆輪品種‘トピックブルー’の覆輪花色の温度に対する反応を調査した。‘トピックブルー’の着色面積率は35℃一定条件では約20%、20℃一定条件ではほぼ100%に増加した。花卉の色素濃度は、35℃の白色部はフラボノイドのみが6 $\mu\text{mol}$   $\text{g}^{-1}\text{FW}$ 、着色部はフラボノイドとアントシアニンが約

28 $\mu\text{mol}$   $\cdot$   $\text{g}^{-1}\text{FW}$ であったが20℃ではフラボノイドとアントシアニンが約60 $\mu\text{mol}$   $\cdot$   $\text{g}^{-1}\text{FW}$ と大幅に増加した。着色部と白色部の色素組成と濃度の違いと、覆輪着色面積が20℃一定条件で増加する温度反応がトルコギキョウで一般的な花卉先端着色型覆輪と同様であることから、基部着色型覆輪の白色部も先端着色型覆輪と同様の機構で色素合成が制御されていると考えられた。一方、フラボノイドの多寡や花卉上の分布を反映する紫外光下における花卉の明暗像を指標として、白色の60品種の中から花卉にフラボノイドが確認できない品種‘ブライドベル’を見出した。‘ブライドベル’は、25℃と35℃一定での栽培条件では全個体白色花でフラボノイドの濃度は3 $\mu\text{mol}$   $\cdot$   $\text{g}^{-1}\text{FW}$ 以下であったが、20℃では半数の個体で花卉の基部側または全体が淡桃色に着色し、着色部のフラボノイドの濃度は40 $\mu\text{mol}$   $\cdot$   $\text{g}^{-1}\text{FW}$ に増加した。純白色の花弁色素組成と濃度が基部着色型覆輪の白色部と同様であること、20℃で基部側に着色が生じることから、『ブライドベル’は通常の栽培環境では着色部が縮小して発現しない基部着色型覆輪系統から作出されたと考えられた。

## 謝辞

多数の白色花品種を調査する機会を与えてくださったトルコギキョウフェア2005 in 若宮・宮田実行委員会に感謝いたします。また、研究材料をご提供くださった住化農業資材(株)、とりまとめに有効なご助言を下された柴田道夫博士、色素分析をご教授くださった中山真義博士、栽培管理をお手伝いいただいた花き研究所研究支援チーム、落合久子氏、腰塚和子氏に感謝の意を表します。

## 引用文献

- 福田直子・中山真義. 2008. 温度条件がトルコギキョウ覆輪花卉の着色面積率に及ぼす影響. 園学研. 7: 531-536.
- 福田直子・柴田道夫. 2009. 施肥量がトルコギキョウの覆輪着色面積率に及ぼす影響. 園学研. 8: 187-192.
- 福田直子・羽田野昌二・秋元徹・大澤良. 2010. トルコギキョウ花卉における覆輪着色面積率の環境変異と選抜効果. 園学研. 9:255-261.
- 中曾根尚次郎. 1997. トルコギキョウ(ユーストマ)パステル系, 覆輪系, 小輪系など多彩な花色. 花形品種の作出. p. 227-223. 農業技術体系花卉編第5巻. 農文協編. 東京.

斉藤規夫. 1990. 白色花に含まれる色素—特にフラボノイド色素と関連化合物. P49-55. 農耕と園芸 9月号別冊バイオホルティ 4. 誠文堂新光社. 東京.

Saito,R., N. Fukuta, A. Ohmiya, Y. Itoh, Y. Ozeki, K. Kuchitsu, and M.Nakayama. 2006. Regulation of anthocyanin biosynthesis involved in the formation of marginal picotee petals in *Petunia*. *Plant Sci.* 170: 828-834.