ペラルゴニウム (*Pelargonium* × *domesticum* Bailey) 花卉の色素構成

藤岡みどり・加藤正弘・柿原文香・徳増 智

愛媛大学農学部 790 松山市樽味 3-5-7

Anthocyanidin Composition of Petals in *Pelargonium* × *domesticum* Bailey

Midori Fujioka, Masahiro Kato, Fumika Kakiyama and Satoru Tokumasu

College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama 790

Summary

Pelargonium (*Pelargonium* × *domesticum* Bailey) cultivars are usually propagated by cuttings because they root easily and many of them do not produce viable seeds. To obtain seed-propagation type with diverse flower colors, seed fertility was improved by transferring genes from other sources such as the scented-leaved geraniums. Consequently, many hybrids between various cultivars of pelargoniums and scented-leaved geraniums were produced (7). The present investigation was conducted to categorize flower colors and determine their pigment composition, using 27 pelargonium cultivars, interspecific hybrids and their progenies.

Analysis of floral pigments revealed the presence of six kinds of anthocyanidins: Pelargonidin (Pg), cyanidin (Cy), peonidin (Pn), delphinidin (Dp), petunidin (Pt), and malvidin (Mv). However, pigments of blotches are mainly Dp, Pt, and Mv. Moreover, amount of pigments is 5~10 times to that of non-blotch parts. Based on their composition, cultivars and hybrids were classified into nine types: (1) Those having mostly Pg (more than 80%); (2) Pg-Cy-Pn-Mv (small amount); (3) Pg-Pn-Mv (less than 40%); (4) Pg-Pn-Mv (more than 40%); (5) Pg-Cy-Pn-Dp-Pt-Mv (all anthocyanidin existing type); (6) Cy(trace)-Pn(trace)-Dp-Pt-Mv; (7) Dp-Pt-Mv; (8) mostly Mv; and (9) acyanic.

In pelargonium, the pigment Pg is the most prevalent and abundant one in the expression of flower color. A high correlation ($r=0.900^{***}$) was obtained between the content of Pg and the hue value of flower color. The content of Dp was also positively correlated with the hue value ($r=0.858^{***}$).

However, if 'Dark Venus' color type containing all six kinds of anthocyanidins was added to data for the calculation of correlation coefficients, the correlations between each anthocyanidin and hue value became weaker or non-significant (Pg: $r=0.541^{***}$, Dp: $r=0.028$). On the other hand, a highly negative correlation ($r=-0.883^{***}$) was found between the content of Mv and the hue value, even when 'Dark Venus' color type was added to data.

There was a negative correlation between the content of total anthocyanidins and the lightness of flower color. The regression equation was:

$$L^* = 70.38 - 7.40 \log A,$$

in which L^* is the lightness and A is the anthocyanidin content. The correlation coefficient, r , of -0.912^{***} was obtained.

緒 言

Pelargonium 属植物はフウロソウ科に属し、その野生種は南アフリカに最も多く自生している。一季咲き

で、ペラルゴニウムと呼ばれている *Pelargonium* × *domesticum* Bailey は、19世紀初頭にイギリスの園芸家の手により数種の野生種の種間交配によって育成された園芸種であり(3, 11, 18, 19)、その後、ドイツ、フランス、アメリカで改良が進み Regal pelargonium,

Edelpelargonie, Show geranium, Fancy geranium, *P. grandiflorum* hybride 等と呼ばれ変化に富んだ数多くの品種が生まれている。しかしながら、現在市販されている観賞用品種は栄養繁殖を必要とするうえ、ほとんどが種子不稔で、育種をすすめるうえでも大きな障害となっている。Kato・Tokumasu(7)は、*Pelargonium* における胚珠培養法を確立し、高い種子稔性を持つ同属のニオイゼラニウム系統の *Pelargonium crispum* L' Her. ex Ait. 'Prince Rupert 4 x' との交配胚珠の培養から種子稔性の高い交配母本を育成し、これに一季咲きペラルゴニウム各品種を戻し交配することで、種子繁殖系の観賞用品種の開発に着手している。この育種操作で、交配種子が容易に得られるようになり育種効率も高まったが、作出された系統内の花色、花型、草姿等の変異は大きく、種子繁殖系のペラルゴニウムとして確立するためには、これらの形質のなかでも、とりわけ花色の固定が必須条件となる。

従来、ペラルゴニウムは栄養繁殖であり、かつ、同質四倍体 ($2n=44$) であるために(16, 17)、形質の遺伝に関する研究はほとんど見あたらない。なかでも、桃、赤、紫、橙、白等の豊富な花色が存在するにもかかわらず、その花色素 (anthocyanin) の研究は、西尾・福井(14)の栽培品種数種における anthocyanidin の調査にとどまっている。そこで、今回、栽培品種および種子繁殖系雑種の花色素の分析を行い、その分析結果より含有色素と花色との関係を考察した。

材料および方法

1. ペラルゴニウム花卉の色素同定

Anthocyanin 色素は、生体内においては色素本体の aglycone (anthocyanidin) に、糖が結合した配糖体として存在する。主な anthocyanidin は 6 種類あり、B 環における水酸基 (-OH) とメチル基 (-CH₃) の数によって色調が変化する。分析においては、まず、この anthocyanidin の種類を同定し、クロマトグラムのチャートの面積から色素量を推定した。

ペラルゴニウム (*Pelargonium × domesticum*) の栽培品種および種子繁殖系の雑種約 500 個体を用い、anthocyanidin の種類およびその含有量を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により調査した。試料の作成方法は次のとおりである。新鮮花卉をブロッチ、非ブロッチ部分に分け、50℃、10 時間の通風乾燥を行った。乾燥花卉 100 mg を 1% 塩酸 1 ml に、25℃ で約 10 時間浸漬し、その抽出液 0.2 ml に 6 N 塩酸 0.4 ml を加え、沸騰水浴上 100℃ で 15 分間加水分解を行った。冷却

後、メタノール 0.5 ml を加え、遠心分離 (5500×g, 5 min) し、ミリポアフィルター (0.45 μ) で濾過したものを分析試料とした。

分析は Wilkinson ら (20) の方法に従い、Waters 社の HPLC 装置を用いた。分析カラムは、色素同定においては、まず μBondasphere (3.9×150 mm) を用いたが、その後の分析には μBondapak C₁₈ (3.9×300 mm) を用いた。μBondasphere カラム使用の場合の展開溶媒は、水-メタノール-酢酸 (75:15:10, v/v) で、流速を 0.8 ml/min とし、μBondapak C₁₈ 使用の場合は、水-メタノール-酢酸 (70:20:10, v/v) で、流速を 1.3 ml/min とした。Detector は、Gilson 社の HOLOCHROME モデル HM UV-VIS を用い、波長 530 nm で測定した。色素同定の標準試料としては、pelargonidin (Pg) はゼラニウム (*Pelargonium zonale* Ait.), cyanidin (Cy) はバラ (*Rosa* spp.), peonidin (Pn) はコスモス (*Cosmos bipinnatus* Cav.), delphinidin (Dp) はヒエンソウ (*Delphinium elatum* L.), petunidin (Pt) はペチュニア (*Petunia × hybrida* Vilm.), malvidin (Mv) はゼニアオイ (*Malva sylvestris* L.) より調整した。

2. ペラルゴニウムの花色と色素構成

ペラルゴニウム栽培品種および種子繁殖系雑種の非ブロッチ部分 (下位花卉) の花色を日本園芸植物標準色票 (農林水産省編) で測色し、また Hunter 式全自動色差計 (東京電色, TC-6 FD 型) を用いて CIE (国際照明委員会, 1976) 表色系 L*a*b* 値を調査し、それらと HPLC により分析した anthocyanidin の構成割合との関係をみた。

結果および考察

1. ペラルゴニウム花卉の色素同定

栽培品種 27 品種に含まれる anthocyanidin を HPLC で調査したところ、6 種類の anthocyanidin の存在が確認された。特に 'Dark Venus' では 6 種類の共存が見られ、第 1 図に示すように標準色素の retention time から、それらは、Dp, Cy, Pt, Pg, Pn, Mv と同定された。第 1 表は、栽培品種の日本園芸植物標準色票のカラーコードナンバーと構成 anthocyanidin の含有量を指数化して示したものである。

最近、高等植物の花色素分析に HPLC が使用されてきた (1, 10, 15)。この分析法は、少量のサンプルで迅速、簡易に色素分離が可能であるうえに、微量な色素も分析できる。また、チャートにえがかれたピーク面積から、各色素の含有率や、色素量を数値化して表すことができ、ペラルゴニウムのような複雑な anthocyanidin

構成をもつ花の分析にとって有効な手段である。たとえば、西尾・福井(14)によるペーパークロマトグラフ (PPC) の分析では、'Grand Slam' では Pg と Mv, 'Strawberry Sundae' では Pg が検出されただけで、今回の HPLC による分析結果と異なり、Pn は検出されていない。このように、PPC の分析は、主色素を知るには有効であるが、少量の色素を確認することは難しい。

下位花卉の色素構成は第 1 表に示すとおりであるが、ブロッチ部分の色素は、Dp, Pt, Mv が主体で、これに非ブロッチ部分の色素が重なっている様相を示した。ブロッチ部分の色素含有量は多量で、非ブロッチ花卉の 5 ~ 10 倍量を含んでおり、視覚に与える効果は大き

く、ブロッチの存在の有無、ブロッチの大きさが花のニュアンスに大きな影響を与えている。

2. ペラルゴニウムの花色と色素構成

ペラルゴニウムが持つ anthocyanidin 色素は、前述のとおり、Pg, Cy, Pn, Dp, Pt, Mv の 6 種類で、これら色素の有無やその蓄積割合の差によって生ずる花色は多彩である (第 1 表)。雑種系統 500 個体の色素構成のタイプをわけると、白色花をも含めて 9 タイプに大別されることが分かった。そこで、それらのタイプ内での花色は均一であるかどうか、また、花色の表現型から anthocyanidin 構成が推測できるかどうかについて、Hunter 式色差計で測定した $L^*a^*b^*$ 値と、日本園

Table 1. Color and anthocyanidin composition of *Pelargonium* × *domesticum* cultivars.

Cultivars	Color code ^z No.	Lower petals						Type ^w	Blotches					
		Pg	Cy	Pn	Dp	Pt	Mv ^y		Pg	Cy	Pn	Dp	Pt	Mv
Sunrise	7R 0705	++		+			+ ^x	I	+++	++	+	+++	++	+++
Granada	7R 0705	++		+			+	I	+++	+	+	+	+	+
Gaiety	7R 0705	+		+				I	++	+	+	+	+	+
Joy	7R 0706	++	+	+	+	+	+	II			No blotches			
Valenciana	4R 0404	+						I	+++	+	+	++	+	++
Gypsy	4R 0406	+++	+	+	+	+	++	III	+++	+	+	++	+	++
Lowell	4R 0406	+++	+	+	+	+	++	III	+++	+	++	+++	+++	+++
Grand Slam	1R 0106	+++		++			++	III	+	+	+	++	+	++
Strawberry Sundae	1R 0106	+		+			+	III	+	+	+	+++	+++	+++
Cha Cha	1R 0106	+		+			+	III	++	++	++	+++	++	++
Flower Basket	1R 0106	++	+	+	+	+	++	IV	++	+	+	+++	+++	+++
Nigra	1R 0110	+++	++	+	+++	+++	+++	V	+++	+++	++	+++	+++	+++
Pink Chiffon	7RP0705	+		+			+	III	+	+	+	++	+	++
Dark Venus	7RP0706	+++	++	++	+++	+++	+++	V	+	+	+	+++	+++	+++
Hula	5RP9505	++		+			+	III	+	+	+	+++	+	++
Easter Greeting	5RP9506	+	+	+	+	+	++	IV	++	+	+	+++	+++	+++
Brazil	5RP9506	++		+			+	IV	+++	+	++	+++	+++	+++
Sierra Top	2RP9205		+	+	+	+	+	VI		+	+	++	+	+
Morning Glory	2RP9207			+	+	+	++	VII				+++	++	+++
Mme. Loyal	2RP9207				+	+	+	VII				+++	+++	+++
Lavender Grand S.	2RP9205						++	VIII			+	+++	+++	+++
Prince Rupert 4x	9P 8903						+	VIII				+	+	+
Giant Butterfly	9P 8904						+	VIII				+++	++	+++
Aztec	WGB2505							IX	++	+	+	+++	++	++
Pale Pink Aztec	WGB2505							IX		+		+	+	+
Capri Ice	5R96501							IX						+
Fleecy Cloud	WGB2505							IX			No blotches			

^z The Japan color standard for horticultural plants.

^y Pg; pelargonidin, Cy; cyanidin, Pn; peonidin, Dp; delphinidin, Pt; petunidin, Mv; malvidin.

^x +; small amount, ++; medium amount, +++; large amount. These amounts are calculated from the pigment areas of chromatograms analyzed by HPLC.

^w The types are shown in Fig. 2.

芸植物標準色票で表示した花色を、HPLC の分析データをもとに検討した。

1) anthocyanidin の色素構成と花色：第2図は各タイプのクロマトグラムを示したものである。タイプIはPg主体のもので、タイプIIはPgに加えてCy, Pn および少量のMvが含まれるものである。タイプIIIはPg, Pn, Mv よりなり、Mvは40%以下のもので、タイプIVは逆にMvが40%以上で、Pg, Mvを主体とするものである。またタイプVは、6種類のanthocyanidinが存在するものである。タイプVIはPg以外の5種類が共存するものでDp, Pt, Mvを主体とし、Cy, Pnが微量に存在するもので、タイプVIIはDp, Pt, Mvのdelphinidin系色素のみで構成されるものである。さらにタイプVIIIはMvのみのもので、タイプIXはanthocyanidinが検出されないものである。

各タイプにみられる代表的な花色は、Iがyellowish red, IIがbright red, IIIがpurplish red, IVがdark red, Vがbright red purple, VIがred purple, VIIがpurplish pink, VIIIは白色である。しかしながら、各タイプ内では色素の量的変異も大きく色彩のニュアンスもさまざまで、視覚的な調査だけで色素を推定するのは困難である。Pgの有無の程度なら判定も可能であるが、その含有率となるととうてい不可能となる。

第3図は、色素構成のタイプ別の花色をHunterの $L^*a^*b^*$ 方式による a^*b^* 値で示したものである。タイプ間に差が見られたのは b^* 値の動きであった。Pgの割合が増すにつれその値は正の方向へ動き、Mvの割合が増すにつれ負の方向へ動いた。また、タイプVIIとVIIIを比較した場合、タイプVIIの方が a^* 値が高く、Dpの影響が認められた。

次に各タイプ別の花色と日本園芸植物標準色票をもとにしたマンセル式色環における位置との関係を見た。その結果、各タイプ内ではばつきはみられるものの、そのタイプが占める中心的な花色が推察できた。すなわち、高いPg(80%以上)含有型のタイプIは、7Rから4Rを中心に、またタイプIIIは1R, 7RP, タイプIVは5RP, 2RPに位置する。またタイプVは1Rから5RP, タイプVIIは、5RPから2RP, タイプVIIIは2RPから9Pにかけて多く分布していた。これらより、Pgの割合が減少し、Mvの割合が増すにしたがってマンセル式色環の時計回りの方向(7R→1R→2RP)へ動いてくることが分かった。

Anthocyanidinのヒドロキシル化に伴う花色の変化はHarborne(4)等の報告に集約されるとおり、B環に

Fig. 1. High pressure liquid chromatographic tracings depicting separations of authentic anthocyanidins and those in extracts of 'Dark Venus'.

Fig. 2. HPLC tracings of different types of pelargoniums classified by the kinds of anthocyanidins found in their lower petals.

Fig. 3. Distribution of flower colors based on the Hunter chromaticity diagram (CIE(1976)L*a*b*) for each type of anthocyanidin composition shown in Fig. 2.

水酸基を1個しか持たないPgは橙色系、水酸基を2個持つCyは深紅色、3個持っているDpは青色系の色調を呈している。今回の実験で、ペラルゴニウムでは6種類のanthocyanidinを同一花に持つものの存在が明らかになり、色素の組合せ次第で実際の花色が複雑に変化しうることが推察された。色素構成と花色の関係を調査するにあたっては、花色を数値化して表すことが必要で、キク(9)、オダマキ、アスター(5,6)ではCIE表色系(Lab方式)で表示した花色と色素との関係が報告されている。ペラルゴニウムの、L*a*b*座標の花色は、オダマキ、アスター等で見られるように、Pgの含有がb値の正の方向、すなわち、橙、赤色化への変異を拡げており、Pgは、ペラルゴニウムの花色決定にとって最も重要な色素と考えられた。またMv、Dpの含有割合が花色に強く影響していることも観察された。これらの結果から、a*b*値、カラーコードNo.で、ある程度までのPg、Mv、Dpの含有割合が推定できると考えられる。

横井ら(22)は、色相Hue($\tan \theta = b/a$)の値により、栽培バラの全anthocyanin含量に対するPg含有率を計算式により求め、Pg含有率と色相との間に高い正の相関を得ている。この手法を用いて、ペラルゴニウムにおけるHue値とPg、Mv、Dpの各色素含有率との関

係を第4～6図に示した。第4図ではPg-Pn-Mv型のタイプIII、IVの系統(○)のうち、Pgの含有率が異なる個体を選び、そのHue値との関係を見た。その結果、相関係数 $r=0.900^{***}$ 、回帰式

$$H = 1.32 \times \frac{P}{100} - 0.61$$

が得られた。しかし、6種類の色素を含むタイプVの系統(×)をプロットすると、この系統は回帰式から大きくはずれており、この系統を上記のPg-Pn-Mv型の系統とともに計算すると、 $r=0.541^{***}$ と、相関がかなり低くなる。第5図は同様にして、Dp含有率とHue値との関係をDp-Pt-Mv型のタイプVI、VIIの系統(○)を用いて調べた結果で、 $r=0.858^{***}$ という比較的高い正の相関が得られた。この場合もまた、タイプVの系統(×)を含めたHue値との関係を見ると、 $r=0.028$ となりまったく相関を失った。これらのことから、タイプVの6種類共存型の系統においては、Pgの効果とDpの効果とがともに働くために、Hue値との関係がくずれてしまうこと、また、色素量が相当に多いため色相の判別ができにくいことなどが推察された。

Mv含有率とHue値の関係については、第6図に示した。Pg-Pn-Mv型のタイプIII、IVの系統(○)で $r=-0.891^{***}$ の高い負の相関が得られたが、この場合

は、タイプVの系統(×)を含めても $r = -0.865^{***}$ の高い負の相関が得られた。また、Dp-Pt-Mv 型の系統(●)においても $r = -0.842^{***}$ で、その回帰係数は、タイプVの系統を含む Pg-Pn-Mv 型の系統の回帰係数 -1.23 とまったく同じであった。そこで、3 系統すべてを含めて計算し、相関係数 $r = -0.883^{***}$ 、

$$H = -1.38 \times \frac{M}{100} + 0.62$$

の回帰式を得た。したがってこのことは、Mv 含有率を

求める場合は、その色素構成に関係なく計算が可能であることを示している。

以上のように Pg, Dp 含有率と色相(H)との間に高い正の相関が(第4, 5図), また Mv との間に負の相関が認められた(第6図)。しかしながら, Pg, Dp の両方をふくむものは、その色相(H)の推定は困難であった。

アントシアンにおいてはメチル化された色素ほど赤味を増すといわれている(2)。しかしながら、ペラルゴニウムにおいては Mv より Dp の含有率が高いほど色相

Fig. 4. Relationship between hue values, H, and the ratio of pelargonidin to total anthocyanins, P, expressed as a percentage.

Fig. 5. Relationship between hue values, H, and the ratio of delphinidin to total anthocyanins, D, expressed as a percentage.

は赤味を増しており、*Rhododendron* (1) においてみられる結果と同様、一般的現象とは逆の結果が得られた。この原因としては、高度にメチル化された Mv が anthocyanin 以外の色素と共存することによって最大吸収波長が長波長側へ移動する copigment の作用が生じていることが予想されるが (13)、今後の研究を待って、結論を出したい。

2) 色素含量と明度：第 7 図は全 anthocyanidin 含量と色差計により測定した明度 (L^*) との関係を見た

ものである。 L^* 値と色素量の関係においては、バラ (21, 22) では明度とシアニン含量との間には、明度が高ければ含量は減るという反比例の関係が成り立つという報告があるが、ペラルゴニウムも同様の傾向をみせ、回帰式 $L^* = 70.38 - 7.40 \log A$ の半対数式で $r = -0.912^{***}$ の高い相関指数が得られた。

以上のように、ペラルゴニウムの花色を決定する主要因は、anthocyanidin の種類と量であることが分かったが、それだけで花色発現のすべてをいい尽くすこと

Fig. 6. Relationship between hue values, H , and the ratio of malvidin to total anthocyanidins, M , expressed as a percentage.

Fig. 7. Relationship between lightness of flower color, L^* , and anthocyanidin content, A .

はできない。とくに色素の作用性発現のバックグラウンドである細胞内要因、あるいは栽培における環境要因等に、ペラルゴニウム特有の性質を示すことも考えられ、今後一般の花弁と比較しながら検討していく必要もあろう。

摘 要

香料用ゼラニウムから種子稔性を導入し、種子繁殖系のペラルゴニウムの開発を試みているが、花色の変異が大きく、花色の安定化を目標に、花色発現に関する基礎的調査が必要とされる。本論文では栽培品種ならびに雑種個体を用い、それらの構成色素を決定するとともに、色素と花色(色相、明度)との関係を明らかにした。

1. Anthocyanidin 色素の分析の結果, pelargonidin(Pg), cyanidin(Cy), peonidin(Pn), delphinidin(Dp), petunidin(Pt), malvidin(Mv)の6種類が認められ、栽培品種および雑種個体の色素構成は、以下のような9タイプに分類できた。

- (I) Pg 主体(80%以上)
- (II) Pg+Cy+Pn+Mv
- (III) Pg+Pn+Mv(Mv 40%以下)
- (IV) Pg+Pn+Mv(Mv 40%以上)
- (V) Pg+Cy+Pn+Dp+Pt+Mv(6種類共存型)
- (VI) Cy(微量)+Pn(微量)+Dp+Pt+Mv
- (VII) Dp+Pt+Mv
- (VIII) Mv 主体(90%以上)
- (IX) anthocyanidin 未検出(白色)

2. Anthocyanidin 色素構成と花色の関係において、花色に影響を及ぼす最も重要な色素は Pg であり、Pg 含有率と色相との関係において $r=0.900^{***}$ の高い正の相関を得た。Dp 含有率と色相においても $r=0.858$ の正の相関を得た。しかしながら、両含有率のいずれも6種類共存型の系統を含めて計算すると、色相との相関はくずれた。これに対し、Mv 含有率と色相とでは、6種類共存型の系統を含めても $r=-0.883^{***}$ の高い負の相関を得ることができた。

3. 色素量(A)と明度(L*)において、 $L^*=70.38-7.40 \log A$ の半対数式で $r=-0.912^{***}$ の相関指数を得た。

引用文献

1. Arisumi, K., Y. Sakata and I. Miyajima 1985. Study on the flower colours in *Rhododendron*. I. Pigment constitutions of the lepidote and some lepidote rhododendrons. Mem. Fac. Agr. Kago-shima Univ. 21: 133-147.
2. ボナー, J. 1954. 植物生理化学(山田登・丸尾治訳). p. 434-435. 朝倉書店. 東京.
3. Dobay, I. 1978. Notes of the ancestry of cultivated pelargoniums. p. 81-84. In: Proc. of the Australian national pelargonium/geranium convention. Sydney.
4. Harborne, J. B. 1965. Flavonoids: Distribution and contribution to plant colour. p. 247-278. In: T. W. Goodwin(ed). Chemistry and biochemistry of plant pigments. Academic Press, London.
5. 稲津厚生・佐俣淑彦・赤木弘之. 1979. オダマキ (*Aquilegia flabellata*) と *Aquilegia canadensis* の種間雑種における花のアントシアニン色素の遺伝. 玉川大農研報. 19: 43-58.
6. 稲津厚生・小野寺 孝. 1980. アスター (*Callistephus chinensis* Ness.) の花色と花色素構成からみた花色の進化. 玉川大農研報. 20: 56-70.
7. Kato, M. and S. Tokumasu. 1983. Characteristics of F_1 hybrids produced by ovule-culture in ornamental pelargonium. Acta Hort. 131: 247-252.
8. Kato, M., M. Fujioka, F. Kakihara and S. Tokumasu. 1989. Improvement of flower color of regal geranium (*Pelargonium* $\times$ *domesticum*) by means of interspecific hybridization. p. 455-458. In: Proc. of the 6th International Congress of SABRAO.
9. 河瀬晃四郎・塚本洋太郎. 1976. キクの花色に関する研究. (第3報). 花色に対する主要色素の量的効果と花色の測色. 園学雑. 45: 65-75.
10. Miyajima, I., S. Uemoto, Y. Sakata, K. Arisumi and K. Toki. 1985. Yellow pigment of *Camellia chrysantha* flowers. J. Fac. Agr. Kyusyu Univ. 29: 257-266.
11. 村上陸朗. 1980. ペラルゴニウムの品種と栽培. 新花卉. 107: 30-35.
12. 中村直彦. 1971. Phlox の花色に関する研究. (第1報). 神大農研報. 9: 43-48.
13. 中村直彦. 1978. 花卉における花色の遺伝と育種. 農および園. 53: 489-793.
14. 西尾康三・福井利枝. 1975. ペラルゴニウム・ゼラニウムの花弁色素. 農および園. 50: 49-50.
15. Sakata, Y. and K. Arisumi. 1986. Cyanidin 3-galactoside, a new anthocyanin from *Camellia japonica* subsp. *rusticana* (Honda) Kitamura and its occurrence in the garden forms of *Camellia* of Japanese origin. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 55: 82-88.
16. 徳増 智. 1978. *Pelargonium* 属植物の染色体数について. 育学雑. 28別冊1: 118-119.
17. 徳増 智・加藤正弘・矢野文香. 1974. 蛍光顕微鏡による *Pelargonium* 植物の花粉管行動の観察と

- その交雑親と関係の推定. 育学雑. 24 : 9-16.
18. 塚本 洋太郎. 1989. *Pelargonium* 属 p.362-371. 相賀徹夫編著. 園芸植物大事典 4. 小学館. 東京.
19. 鶴島久男. 1980. 園芸学上からみた *Pelargonium* (テンジクアオイ属)の概観. 新花卉 107 : 18-23.
20. Wilkinson, M., J. G. Sweeny and G. A. Iacobucci. 1977. High pressure liquid chromatography of anthocyanidins. J. Chromatog. 132 : 349-351.
21. 安田 齊. 1967. バラ花卉の色調発現の研究. (第5報). 赤色花卉におけるアントシアニンの量的効果に関する色彩科学的研究. 植雑. 80 : 357-362.
22. 横井政人・斉藤則夫・川畑優子・鈴木省三・平林 浩. 1979. バラの花色の定量的な分析と花色との関係. 千葉大園学報. 26 : 1-8.