

光質と花色発現

(1) 花色発現と花色素

被覆材により、ある品種の本来の花色が発現しないということをよく聞く。特に耐久性の高い紫外線カットフィルム下では、このようなことが顕著にあるようである。このことから、花色発現は光質と密接に関連していることは明らかである。

しかし、これまでどの波長の光が花色発現にどのように働いてきているか、その詳しいメカニズムはまだ明らかにされていない。ここでは、これまでの報告を紹介するとともに、考えられることについて探ってみたい。

特定の花色が発現するのは花卉中の花色素の存在による。それらを花色との関連で大まかにみると第1表のようになる。そのなかでも特に重要な色素にアントシアニンがある。このアントシアニンにより赤から青までの花色を発現する。また、その発色はアントシアニン色素の組成だけでなく、フラボン系色素や金属との共存状態により微妙に変化してくる。このような発色が環境にどのように左右されるかが問題となるわけである。

(2) 光と花色発現

ある企業で紫外線カットフィルムを花卉に利用するさいの指針にしているものを第2表に示した。この表によると、一般にどの花卉でも、紫または青系の花色のものが紫外線フィルム下での発色に問題があるようである。さらに、アルストロメリア、複色系のバラも紫外線カットフィルムが使用できないことになっている。これらの花色は、第1表の色素組成からいうと、アントシアニンにより発色しているものである。他方、黄

色のようなカロチノイド色素により発色している花では光の影響をあまり受けないようである。

ここでは、このアントシアニンを中心に述べていく。

まず、光がアントシアニンの生成に必要なかどうかという点がある。ここでいう光の関与の仕方には、光合成を介したものと、花卉での色素合成系に直接関するものが考えられる。

前者についてみると、アントシアニンのような二次代謝産物は、余剰な光合成産物があって、それがアントシアニンの生成に用いられることになる。そのため、当然、十分な光線のもとで光合成産物が蓄積されなければ、本来のアントシアニンによる発色はみられなくなる。このことは、いくつかの報告(前川ら, 1979; Biranら, 1973; Biran and Halevy, 1974a, b; 河鱈ら, 1993)から知ることができる。一般に秋の花のほうが春の花より、また、高冷地の花は平坦地の花より花色が冴えているといわれるのは、このことによる。

後者の花卉での色素合成系への直接的関与については、単離花卉を用いた前川ら(1976a, b, 1977b)の一連の研究で明らかである。

ここではこれらの報告も含め、光質にしばって花色との関連をみてゆきたい。

先にもあげたように、実際の現場で問題になっている光質に紫外線がある。

第1表 花色素の種類と代表的な植物

(上田, 1990から)

色の区分	花色素の種類	表現される花色	植物名
赤・青系	アントシアニン	青, 紫, 赤紫, 桃, 紅, 赤色など	バラ, キク, カーネーション, デルフィニウム, コスモス, アサガオ, セントポーリア
	ベタシアニン	赤, 紫, 赤紫, 桃, 紅色など	オシロイバナ, サボテン, ブーゲンビリアなどアカザ目
黄色系	カロチノイド	黄, オレンジ, 赤色	ヒマワリ, バラ, キク, マリーゴールド, キバナコスモス
	フラボン類	白, クリーム, 黄色	ほとんどの種類の花
	カルコン, オーロン	黄色	グリア, ベニバナ, キンギョソウ
	ベタキサナンチン	黄, オレンジ色	アカザ目の植物
緑色系	クロロフィル	緑, 黄緑色	シンビジウム, キク

第2表 紫外線カットフィルム*と花色との関係

(三菱化学MKV資料から)

種 類	色	
アルストロメリア		×
アスター		○
	ブルー系	×
カーネーション		○
カスミノウ		○
ガーベラ		○
キク	赤紫, 白, 黄	○
キンギョソウ	赤, 白, 黄, ピンク	△
キンセンカ	黄, オレンジ	△
グラジオラス	赤, 白, オレンジ, ピンク	△
サルビア	赤, ムラサキ, 白	○
シクラメン		○
シンビジウム		○
シャコバサボテン		△
ストック	赤, 白, 黄, ピンク	○
	紫, ブルー系	×
スターチス	ブルー系	×
スイートピー	白, ピンク	△
セキチク	白, ピンク	△
チューリップ	赤, 白, オレンジ, 黄	△
テッポウユリ	白	△
トウガラシ		○
ユーストマ	紫	×
ナデシコ		△

種 類	色		
バラ	キャラミア	赤	○
	サマンサ		○
	シーザー		○
	カールレッド		○
	ソニア		ピンク
	アールスメルG	黄	○
	スーパースター	複色	×
	ブライダルピンク		×
	マリーナ	オレンジ	○
	メルセデス		○
バンジー		○	
フリージア		△	
ペチュニア		○	
リーガースベゴニア		×	
ポインセチア	赤, 白	△	
マリーゴールド	黄, オレンジ	△	
ランタナ	オレンジ	△	
ミヤコワスレ	紫	×	
デルフィニウム	テープブルー	×	
	ライトブルー	×	
	ライラック	×	
ラナンキュラス	トールレッド	○	
	トールピンク	○	
スカシユリ	モンブラン(White)	○	
	アポロ(White)	○	
テッポウユリ	モンレー(Red)	○	
グラジオラス	ブルーバード	○	
カラジウム	ホワイトクイーン(White Queen)	○	

注 ○：使用可ですてに実績のある花
 △：実績はないが使用可と思われる花
 ×：使用不可
 *：三菱化学MKV製カットエースを使用

柏木ら(1973)は、プリムラ・マラコイデスで紫外線カットフィルムを含む数種の被覆材を用いて紫外線の花色への影響をみている。その結果、プリムラ・マラコイデスの花色の発現は被覆資材の透過光の光質により大きく異なり、近紫外線がアントシアニン生成に重要な役割を果たしていることがわかった。また、この色素生成に対する近紫外線の影響は、温度が高くなることによって低下する。

前川ら(1979, 1980)は、モモ、ボケおよび

サクラを用い、アントシアニン生成に及ぼす光の影響をみている。それぞれの植物の切り枝を種々の光線で処理したところ、モモでは暗黒下でもアントシアニンが生成され(第1図)、ボケとサクラでは紫外線だけの照射でもアントシアニンが生成される。さらにサクラでは、紫外線が可視光とともに照射されたときにアントシアニンの生成が促進される(第1図)。

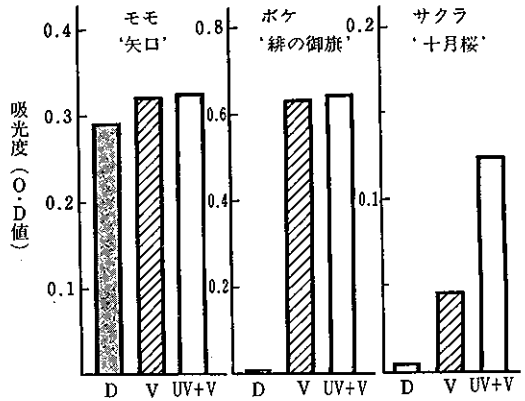
このような植物に対し、アントシアニンの生成に紫外線が関与しない植物には、カーネーシ

ヨシ (前川, 1972), キンギョソウ (土岐ら, 1987), アサガオ, ペチュニア, パンジー, ツユクサなど (三原ら, 1973) がある。また, 品質向上のため, 温室で紫外線補光の効果が多種の花弁で検討され, 供試されたすべての植物でその効果がないことが報告されている (Klein, 1990)。これらの植物には, 上記の植物以外に, ゼラニウム, フロックス, インパチェンス, ロベリア, ニチニチソウ, ストック, サルビア, ヒヤシンス, セントポーリアがある。

紫外線以外の波長の光に関しては, 各種被覆材またはランプを用いた実験がある。ボケ, サクラでは青色光のもとで最も多くのアントシアニンが生成され, ついで赤色光がよく, 緑色光のもとではその生成が少ない (第2図, 前川ら, 1980)。同じような傾向はキンギョソウ, ペチュニアでもみられる (土岐ら, 1987; Weiss and Halevy, 1991)。また, 遠赤色光については, ボケではアントシアニン生成に促進的であるが (前川ら, 1980), ペチュニアでは効果がない (Weiss and Halevy, 1991)。

(3) バラにおける光と花色発現

バラの花弁中に含まれる主なアントシアニンとしてシアニジンとペラルゴニジンの配糖体があげられる (第3図)。一般にアントシアニン骨格の3と5の位置につく糖の数により, そ



第1図 20℃でのモモ, ボケ, サクラの切り花におけるアントシアニン生成に及ぼす光の影響

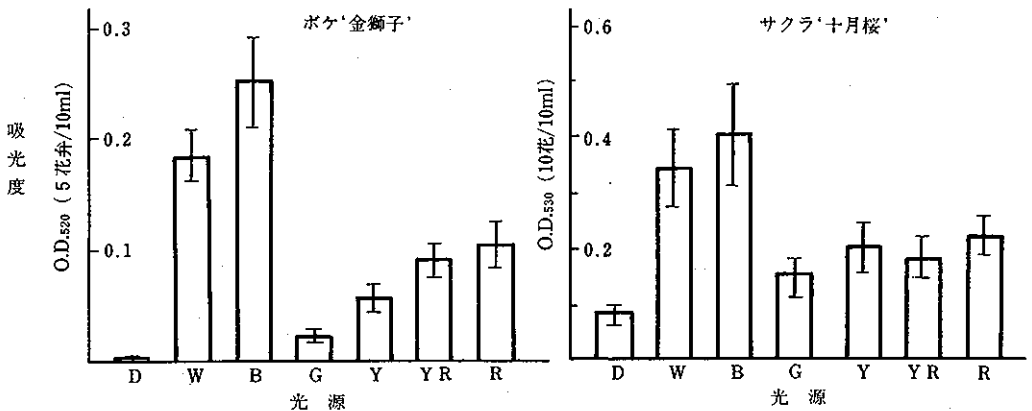
(前川ら, 1979)

D: 暗黒, V: 可視光 (白色蛍光灯FL20W下で紫外線カットフィルムを透過した1,000lxの光), UV+V: 紫外線 (健康線用FL20Eランプ下40μW/cm²) + 可視光
アントシアニン濃度 (含有率) を吸光度 (O・D値) で表わす

れぞれ2種類の色素が確認されている。基本的にはこれらの色素の組み合わせによりピンクから紅, 赤, 赤紫系の花色を現わす。

ここではこれらの色素組成への光の影響についてみていく。

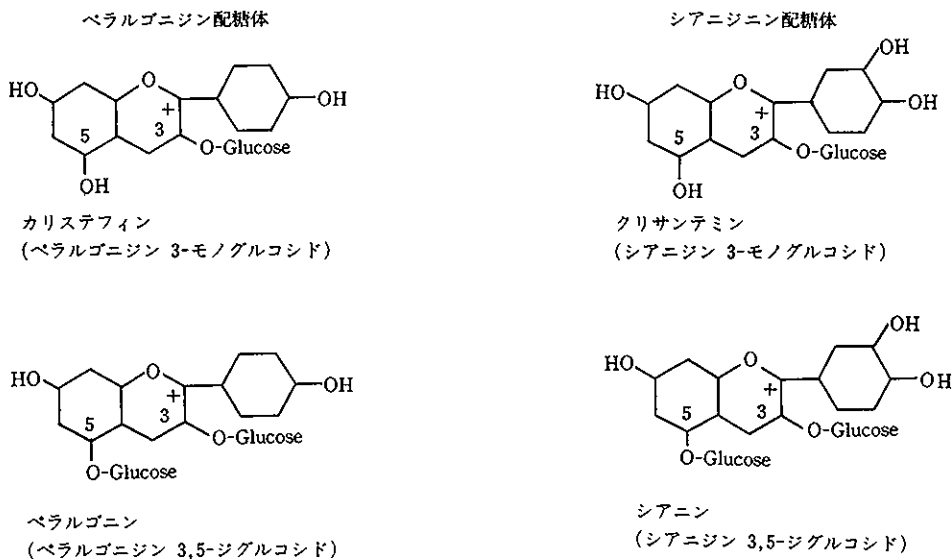
従来, バラでは色変わり品種において, 光の関与が示唆されていた。色変わり品種では開花当初は花色が黄色であるが, 開花の進行に伴い桃色, さらに紅色へ変化する。このような色調



第2図 ボケとサクラの発色に及ぼすカラーランプと白色蛍光灯からの光照射 (55μW/cm²) の影響

(前川ら, 1980)

D: 暗黒, W: 白色光FL20S・W/NL, B: 青色光FL20B・F, G: 緑色光FL20G・F, Y: 黄色光FL20Y・F, YR: 橙黄色光FL20YR・F, R: 赤色光FL20R・F



第3図 ペラルゴニンとシアニジンの配糖体の構造

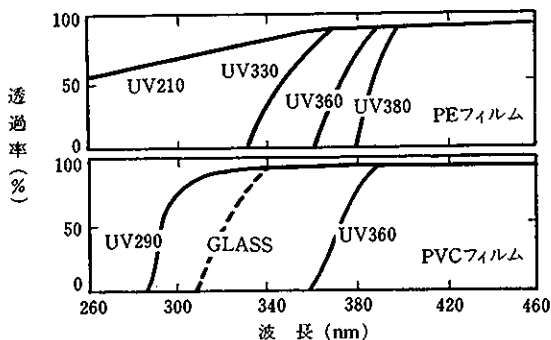
変化を示す代表的な品種‘マスケラード’で色素分析がなされている(有隅, 1964; 志佐ら, 1964)。それによると, 開花当初はシアニジンの3, 5-ジモノシド型アントシアニンのシアニンのみを含んでいるが, 開花に伴い3-モノシド型のクリサンテミンが出現し, 増加する。この変色には光が大きく関与しており, 強光の下でしか起こらない。

また, 同じく色変わり品種である‘チャールストン’と‘ふれ太鼓’を用いた実験では, クリサンテミンの生成に360nm以下の光の関与が示唆されている(志佐ら, 1974)。さらに, 詳しくは, 紫外線の330nm以下のドルノ線域の関

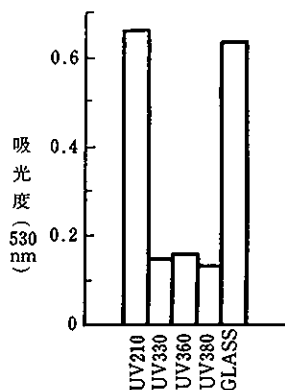
与が示されている(第4図, 第5図, 三原ら, 1973)。同じことは, 品種‘メヌエット’でも確かめられている(柏木ら, 1978)。

これらのバラの花色への紫外線の影響については前川らの一連の詳細な研究がある。色変わり品種の‘絵日傘’と‘マスケラード’を用い, 単離花卉に各種ランプとフィルムを組み合わせ花卉の発色をみている(前川ら, 1976a)。

それによると, 300nm前後の波長域がアントシアニン生成に対して有効であること, 紫外線照射によってクリサンテミンの生成が促進され,



第4図 供試フィルムの透過スペクトル (三原ら, 1973)



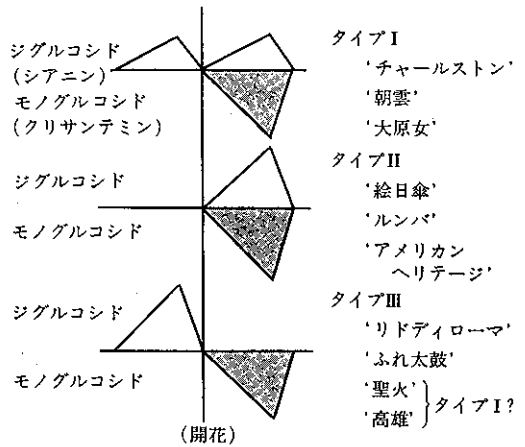
第5図 バラ‘チャールストン’の花色に及ぼす紫外線の影響 (三原ら, 1973)

可視光ではほとんどクリサンテミンをつくる能力がないことがわかった。また、品種間で光のアントシアニン生成への効果は異なり、‘マスケラード’では可視光だけでもアントシアニンは生成されるが、‘絵日傘’では可視光でほとんどアントシアニンが生成されず、紫外線下でだけアントシアニンを生成する。さらにシアニン（ジグルコシド型）とクリサンテミン（モノグルコシド型）の間で生成パターンが異なり、花の齢がすすむほど、紫外線照射時期がおくれるほど、シアニンに対してクリサンテミンの生成量が増加し、開花2日後の紫外線照射では生成されるのはほとんどクリサンテミンである（前川ら、1976b）。

前川ら（1977a）は、ここでみられた品種間差と各色素の消長を実際栽培下で調査し、色変わり品種を色素の生成パターンにより3つに分けている（第6図）。つまり、シアニンが、開花前に引き続いて開花後も生成されるもの、開花後にだけ生成されるもの、開花前にだけ生成されるものの3タイプである。ただし、いずれの品種もクリサンテミンは開花後にだけ生成される。

このようなアントシアニン生成への紫外線の効果に対して、実際の現場で紫外線カットフィルムを積極的に利用する場合がある（飯尾、1990）。赤色系のバラには、花卉が黒ずむことがよくある。この花卉の黒ずみは温度、特に夜温の影響が大きく、夜温が低く日較差が大きい場合にやすく、光合成との関連が示唆される。つまり、余分に蓄積された光合成産物がアントシアニンの合成に用いられ、その含量がふえ、花卉が黒ずんでみえるのである。これについては、アントシアニン含量の増加だけでなく、ポリフェノラーゼ活性の増加に伴うタンニン濃度の増加が確認されている（Zieslin and Halevy, 1969）。このような品種では、紫外線カットフィルムを用いることで花卉の黒ずみが軽減されるようである。

以上のアントシアニン生成にかかわる紫外線の影響については、アントシアニンが細胞中の液胞内で生成されることから、紫外線の作用



第6図 花卉の発育と色素生成の模式図

（前川ら、1977）

としてトノプラスト（液胞膜）の膜透過性への関与（中村ら、1979）、また、アントシアニン合成過程に関わる各種酵素活性の増加への関与（Wellmannら、1976；武田ら、1992）などが知られている。

〈執筆〉 上田 善弘（千葉大学）

引用文献

- 有隅健一. 1964. バラの花色に関する研究. 特に遺伝生化学的分析とその育種に対する応用について I I. 九大農学芸誌. 21, 169—184.
- Biran, I., H. Z. Enoch, N. Zieslin and A. H. Halevy. 1973. The influence of light intensity, temperature and carbon dioxide concentration on anthocyanin content and blueing of ‘Baccara’ roses. *Scientia Hort.* 1, 157—164.
- Biran, I. and A. H. Halevy. 1974a. Effects of varying light intensities and temperature treatments applied to whole plants, or locally to leaves or flower buds, on growth and pigmentation of ‘Baccara’ roses. *Physiol. Plant.* 31, 175—179.
- Biran, I. and A. H. Halevy. 1974b. Effects of short-term heat and shade treatments on petal colour of ‘Baccara’ roses. *Physiol. Plant.* 31, 180—185.
- 飯尾京子. 1990. 高知県における切り花バラ栽培で

- の紫外線カット被覆資材の利用(実態). 農耕と園芸. 45(5), 143-145.
- 柏木征夫・松川時春. 1973. 光質と花きの生育・開花に関する研究(第1報)被覆資材の光質とプリムラ・マラコイデスの花色について. 農及園. 48(5), 727-729.
- 柏木征夫・小林泰生・松川時春. 1978. バラの花色に及ぼす紫外線の影響(第1報)花色発現と紫外線の除去波長域について. 福岡園試研究報告. 16, 1-5.
- 河崎実之・楠原紀江・水内理恵・崎山亮三. 1993. 光の強さがトルコギキョウにおけるアントシアニン生成に及ぼす影響. 園学雑. 62(別2), 458-459.
- Klein, R. M. 1990. Failure of supplementary ultraviolet radiation to enhance flower color under greenhouse conditions. HortScience. 25(3), 307-308.
- 前川 進. 1972. カーネーションの花色発現に関する研究(第2報)紫外線が単離花卉のアントシアニン生成におよぼす影響. 園学要旨 昭47春. 356-357.
- 前川 進・平野由美子. 1976a. バラ単離花卉の色素生成に及ぼす紫外線の影響. 園学要旨 昭51春. 330-331.
- 前川 進・中村直彦. 1976b. バラの花色に及ぼす環境要因の影響(第1報)単離花卉の色素生成に及ぼす紫外線と可視光の効果について. 園学要旨 昭51秋. 268-269.
- 前川 進・中村直彦・有隅健一. 1977a. バラの花色に及ぼす環境要因の影響(第2報)花卉の発育にともなう色素生成の品種間差異について. 園学要旨 昭52春. 384-385.
- 前川 進・中村直彦・有隅健一. 1977b. バラの花色に及ぼす環境要因の影響(第3報)発育段階を異にする単離花卉の色素組成の変化. 園学要旨 昭52秋. 376-377.
- 前川 進・中村直彦. 1979. 促成花木の花色発現に関する研究, 第1報 モモ, ボケ, サクラ切花のアントシアニン生成に及ぼす温度と光の影響. 神大農研報. 13, 181-184.
- 前川 進・寺分元一・中村直彦. 1980. 促成花木の花色発現に関する研究, 第2報 ボケとサクラの花色素生成に及ぼす光の強さと光質の影響. 神大農研報. 14, 51-55.
- 三原義秋・坂井久純・西村博次. 1973. 太陽紫外線と植物の発育および色素形成. 園学要旨 昭48春. 202-203.
- 中村直彦・中前博子・前川 進・寺分元一. 1979. バラ・絵日傘の花卉におけるフラボノイドの生成. 園学要旨 昭54秋. 288-289.
- 志佐 誠・高野泰吉. 1964. バラの花色発現に及ぼす温度ならびに光の影響. 園学雑. 33(2), 140-146.
- 志佐 誠・鈴木省三・片岡節男・横井政人・斎藤藤夫. 1974. 花きの育種における花色の新規性に関する研究(第3報) 昭和49年農林省農林水産業特別試験研究補助事業による研究報告書.
- 武田幸作・掛川弘一・山田菜穂・高橋昭久. 1992. 培養細胞での紫外光によるアントシアニン合成の誘導. 天然色素アントシアニンの化学, 生物と応用シンポジウム講演要旨集. 13-14.
- 土岐健次郎・上本俊平・井田美紀子・土岐淳子. 1987. キンギョソウの花色素に関する研究 アントシアニン蓄積におよぼす各種被覆資材による光制限の影響. 九大農学芸誌. 42(1・2), 45-53.
- Weiss, D. and A. H. Halevy. 1991. The role of light reactions in the regulation of anthocyanin synthesis in *Petunia* corollas. Physiol. Plant. 81, 127-133.
- Wellann, E., G. Hrazdina and H. Grisebach. 1976. Induction of anthocyanin formation and of enzymes related to its biosynthesis by UV light in cell cultures of *Haploppappus gracilis*. Phytochem. 15, 913-915.
- Zieslin, N. and A. H. Halevy. 1969. Petal blackening in 'Baccara' roses. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94(6), 629-631.