

# 1 *Gladiolus liliaceus* の花色の可逆的変化について

## Abstract

Tepal structure, the location of chromoplasts in the mesophyll cells and the distribution of anthocyanins were studied in relation to the mechanism of the reversible change of flower colour in *Gladiolus liliaceus*. Almost all tepal mesophyll cells had yellow-green chromoplasts and their location within the cell seemed to be different between day and night. Since the mesophyll was covered with the papillate epidermis, it could be believed that plenty of light passed through into the mesophyll. Anthocyanins were confined to the first layer of the cells under the epidermis of both adaxial and abaxial sides. Several cells which had anthocyanins in the vacuole made up a purple spot and the spots were scattered on the tepal. We suggest that when the two lights reflected respectively from the yellow-green chromoplasts and the purple vacuoles are mixed in the daytime, the tepals show brown colour.

**Key words:** *Gladiolus liliaceus*, reversible change, flower colour, papillate epidermis, chromoplast relocation, anthocyanin

### 1 目的

*Gladiolus liliaceus* (アヤメ科、南アフリカ原産：図 1) は、花色が日中は茶色に、夕方から朝にかけては紫色に可逆的に変化する。

この注目すべき特徴は、1798 年にヘンリー・アンドリュースにより報告されて以来、植物学者達の興味を引いてきており、この種の花蜜や香りの組成、訪花昆虫は解明されているが (Goldblatt & Manning 2002)、色の変化のメカニズムについては、未だに何の研究報告もなされていない。そこで私たちは、このメカニズムを解明するための研究に取り組んだ。

### 2 材料と方法

材料は、南アフリカから取り寄せた種子から育てられて開花するに至った株を用いた。本研究において材料が開花していた期間は、平成 22 年 3 月 1 日から同年 4 月 9 日までであった。

まず花被の生きた切片の内部構造を光学顕微鏡で観察した。次に認められた色素を分析するために、薄層クロマトグラフィーにより脂溶性色素類を、顕微分光分析により水溶性色素を調べた。顕微分光分析は名古屋大学大学院情報科学研究科の吉田久美教授に依頼した。顕微分光分析のため、また色素をもつ葉肉状組織の細胞組成を調べるため、花被からプロトプラストをつくった。酵素液は、甲南大学・バイオテクノロジー教材開発チーム考案によるキットを利用した。

花被の表面構造及び断面の内部構造を、走査型電子顕微鏡により観察した。電子顕微鏡観察は、静岡県総合教育センターで行った。最後に、葉肉状組織の細胞内の有色体の位置を調べるため、昼と夜それぞれで酢酸固定の花被切片をつくり、再度光学顕微鏡で観察した。

### 3 結果と考察

花被切片の光学顕微鏡観察により、葉肉状組織では、向軸側と背軸側のいずれにおいても最外層にアントシアニンを持つ細胞が (図 2)、その層を除く内部のほとんど全ての細胞に黄緑色の粒が有ることがわかった (図 3)。

薄層クロマトグラフィーにより、花被からはクロロフィル b とキサントフィル類が単離されたため、黄緑色の粒は有色体であると判断した。



図 1 *Gladiolus liliaceus*

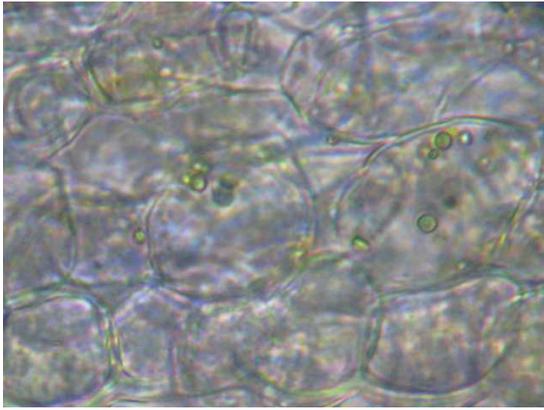


図2 花被の横断面  
色の濃い細胞がアントシアニンを持つ。



図3 葉肉状組織の細胞内の黄緑色の粒

花被切片でプロトプラストをつくってみても、最も多く見られるのは黄緑色の有色体を含む細胞で、紅紫色や青色のアントシアニン類を含むものもしばしば観察され(図4)、花被切片の観察結果と一致した。

また実体顕微鏡で花被表面を観察してみると、アントシアニン類をもつ複数の細胞が集まって紅紫色の斑点を形成し、その斑点が花被の表面に散在していた。

葉肉状組織の最外層に見られるアントシアニン類の色によく似た紅紫色の絵の具と、それより内側の葉肉状組織に広く分布する有色体の色によく似た黄緑色の絵の具を混合してみたら、このグラジオラスが昼間呈する海老茶色によく似た色となった。このことから私たちは、有色体が葉緑体のように光の強さの変化を受けて運動し、細胞内での位置を変えるため、2つの色の混じり具合が変わるのではないかと考え、有色体の位置を確認するための固定切片の光学顕微鏡観察を行った。また、花被内部への光の入射に大きな影響を与える花被表皮の表面構造を調べるために、走査型電子顕微鏡による観察を行った。

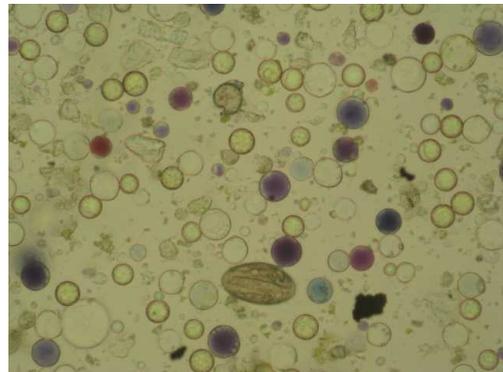


図4 花被から調製したプロトプラスト

その結果、細胞内の有色体の位置は昼と夜とで異なる傾向が認められ、昼は細胞底面に板状に集まっており(図5)、夜は細胞内に散在していた(図6)。

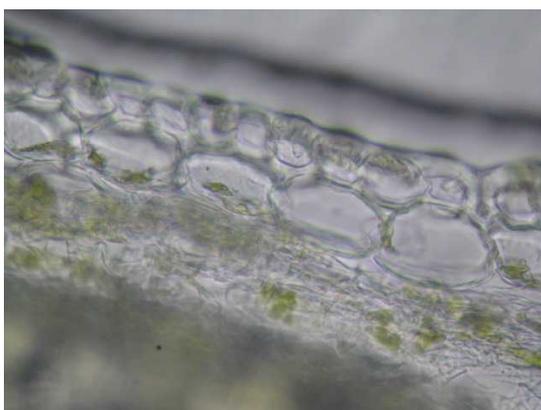


図5 花色が茶色の時：細胞の底面に有色体が板状に集まっている。

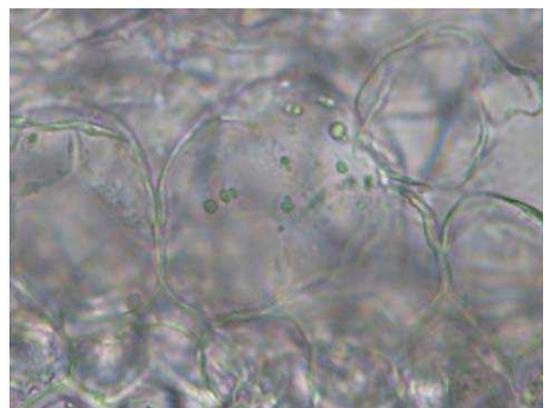


図6 花色が紫色の時：細胞の側面に有色体が散在している。

走査型電子顕微鏡の観察によると、花色の変化がはっきりしている花被の部分は、乳頭状突起のよく発達した表皮に覆われていた(図7～図10)。Kayら(1981)によれば、この突起により多くの光が葉肉状組織に入射すると推察できる。一方、透明で夕闇の中でよく目立つ花被部分は比較的平らな表皮で覆われており(図11及び図12)、光を表面でよく反射すると考えられる。

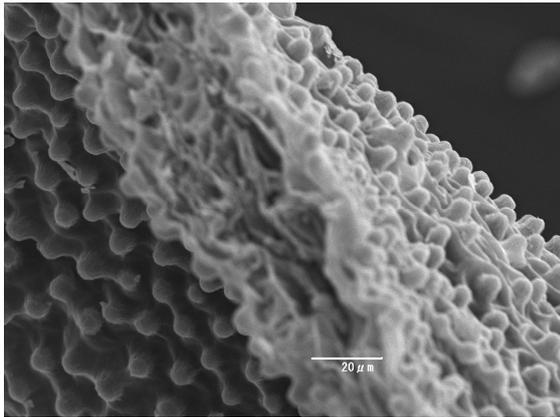


図7 花色変化が明瞭な部分の両面

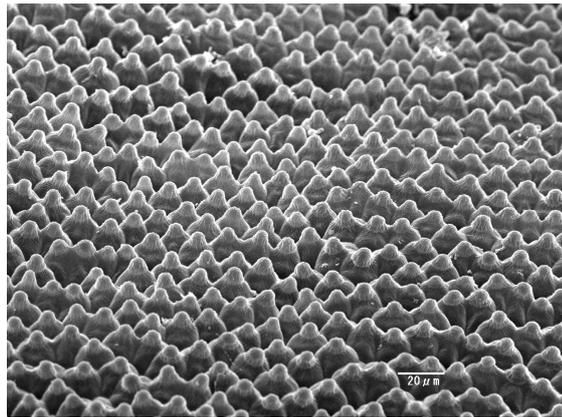


図8 図7の向軸側

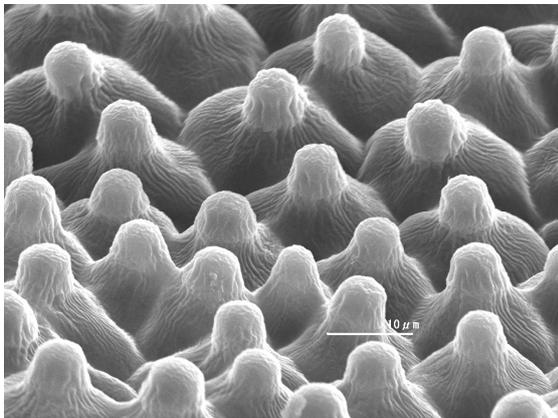


図9 図8の突起上の溝

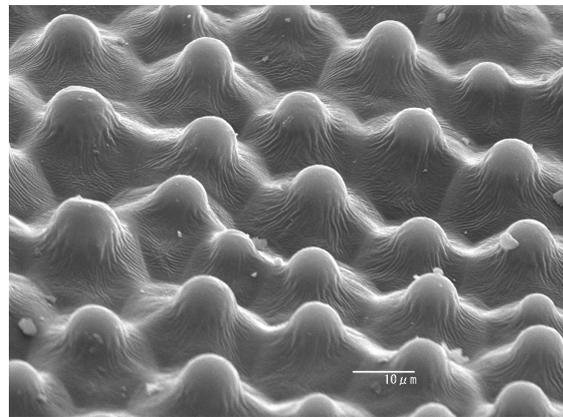


図10 図7の背軸側

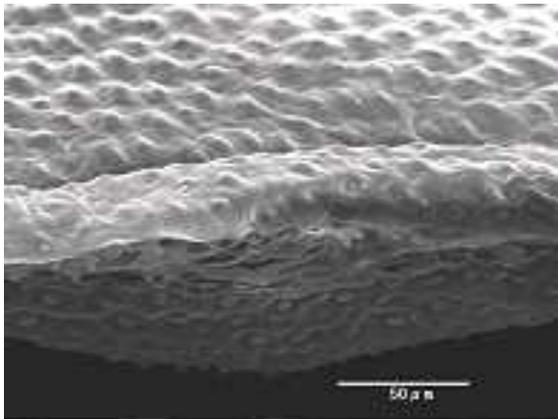


図11 透明部分の両面

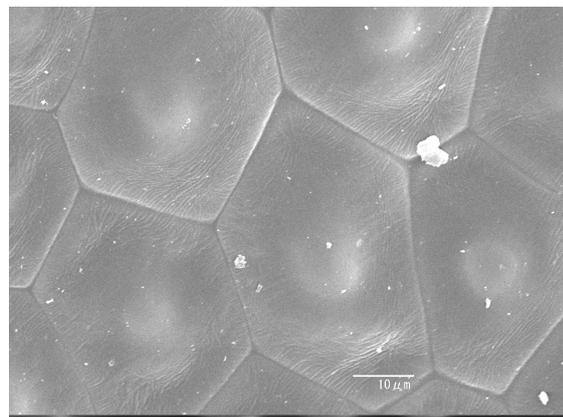


図12 透明部分の向軸側

また、花被断面（図13）を観察してみると、細胞中に多数の球状構造が観察された（図14）。直径が2～3 μmであることから、葉肉状組織中の有色体であると判断できる。

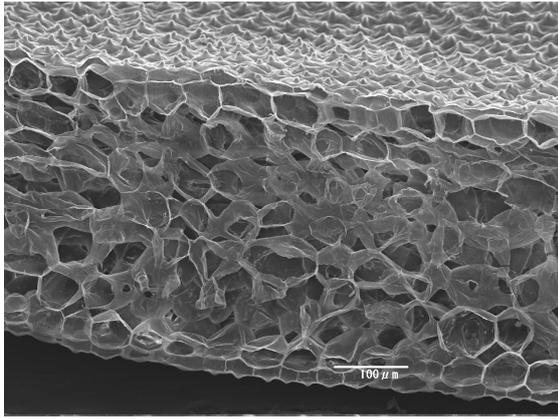


図 13 花被断面

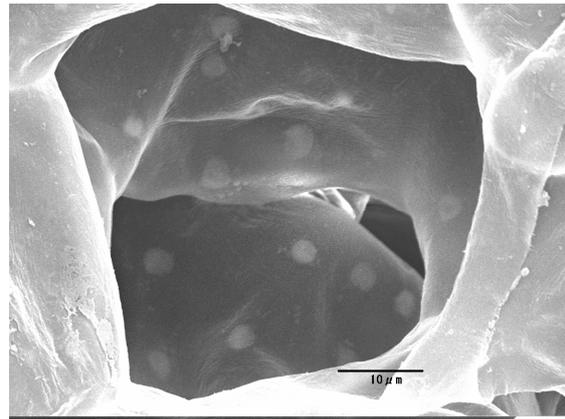


図 14 葉肉状組織の有色体

昼と夜とで有色体の位置が変化すれば、花被内部からの黄緑色の光の反射量が変わるだろう。特に乳頭状突起に覆われた部分では昼間その量が多くなり、表面近くからのアントシアニン類の紅紫色の光と重なって花色は茶色になる。一方、黄緑色の光の反射量が少なくなる夕方と朝は、主にアントシアニン類からの光により紫色に見えるのだと考えられる（図 15）。

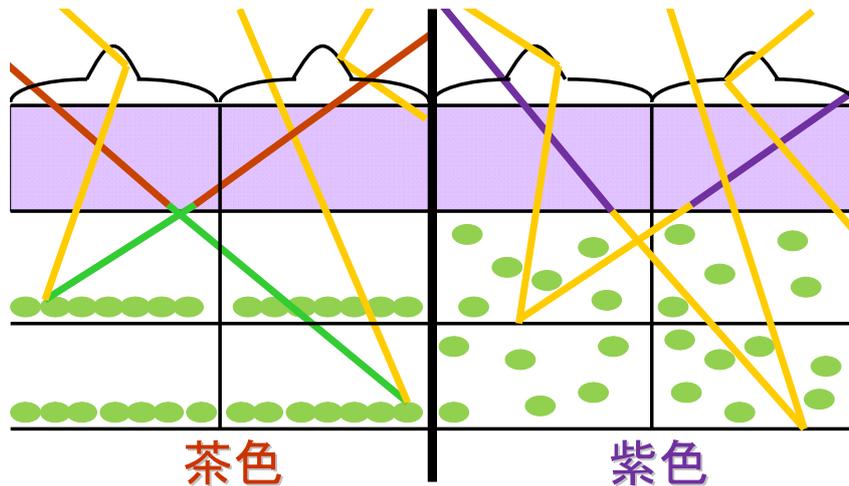


図 15 花色の可逆的変化の仕組み（模式図）

## 謝 辞

名古屋大学大学院情報科学研究科教授 吉田久美先生、同特任研究員（元名古屋大学農学部教授）近藤忠雄先生には、顕微分光のデータを取っていただいた上、研究室の機器を利用させていただき、植物色素について御教示をいただきました。

南アフリカの Kirstenbosch National Botanical Garden の Chief Horticulturist である Graham Duncan 氏は *Gladiolus liliaceus* の栽培に関して援助してくださいました。

南アフリカの University of KwaZulu-Natal の James Rodger 博士には、*Gladiolus liliaceus* に関する文献について御教示いただきました。

静岡県総合教育センター指導主事の井上靖先生と実習助手の増田典子先生には、走査電子顕微鏡の試料作成及び操作に際して御指導いただきました。

以上のみなさまに心から御礼申し上げます。ありがとうございました。

## 参考文献

- Peter Goldblatt & John Manning. “*Gladiolus liliaceus*.” GLADIOLUS in Southern Africa. Peter Goldblatt & John Manning. Fernwood Press. 1998, p.292-293.
- Peter Goldblatt & John C.Manning. EVIDENCE FOR MOTH AND BUTTERFLY POLLINATION IN GLADIOLUS (IRIDACEAE-CROCOIDEAE). ANNALS OF THE MISSOURI BOTANICAL GARDEN 2002, vol.89,no.1, p.110-124.
- Q.O.N. Kay ,H.S. Daoud & C.H.Stirton. Pigment distribution, light reflection and cell structure in petals. Botanical Journal of Linnean Society 1981.vol.83. p.57-84.
- Takatoshi Kagawa & Masamitsu Wada. Blue Light-Induced Chloroplast Relocation in *Arabidopsis thaliana* as Analyzed by Microbeam Irradiation. Plant Cell Physiol. 2000, vol.41,no.1,p.84-93.
- Takatoshi Kagawa. et al. Arabidopsis NPL1: A Phototropin Homolog Controlling the Chloroplast High-Light Avoidance Response. Science. 2001, vol.291,p.2138-2141.
- 吉田久美. “プロトプラストを用いた色素研究法.” 植物色素研究法. 植物色素研究会編. 大阪公立大学共同出版会, 2004, p.105-116
- 林 孝三. 増訂 植物色素. 養賢堂. 1988. p.224.
- ポーラ・ルダル著. 鈴木三男・田川裕美訳. 植物解剖入門. 八坂書房. 1997. p. 99-100.
- 箸本春樹. a. “葉緑体運動”. 光合成の科学. 東京大学光合成研究会編. 東京大学出版会. 2007. p.149-151.
- 箸本春樹. b. “さまざまなタイプの色素体とその相互変換”. 光合成の科学. 東京大学光合成研究会編. 東京大学出版会. 2007. p.51-54.
- 園池公毅. “カロテノイドの役割”. 光合成の科学. 東京大学光合成研究会編. 東京大学出版会. 2007. p.211-213.
- 長田武正. 検索入門 野草図鑑② ゆりの巻. 保育社. 1984. p.193-197.
- 清水健美. 図説 植物用語事典. 八坂書房. 2001. p.25-40.
- 静岡県総合教育センター 理科研修課. “電子顕微鏡研修テキスト”. 1996.
- 吉里勝利監修. “探求8 緑葉に含まれる色素の分離”. 二訂版スクエア最新生物図説. 第一学習社. p.141.
- 井上 勤監修. 植物の顕微鏡観察. 地人書館. 1984