Kazumi HATTORI and Yuzo FUTSUHARA: GENETICAL STUDIES ON FLOWER COLOR MUTATIONS IN CHRYSANTHEMUM. I. Chromatographic Analyses of Pigments in Flower Color Mutations (With English summary, p. 268)

Synopsis. The pigment structure of flower color mutations in Chrysanthemum was analysed by using the paper chromatographic methods. The anthocyanin pigments in the red colored mutant line induced from Yellow Delaware was in accord with those in Delaware. Although there was no distinct difference in the flavonol pigments between Yellow Delaware and the yellow colored mutant line induced from Delaware, the latter showed the loss of one of the other yellow pigments which were present in the former.

キクの花色突然変異に関する遺伝育種学的研究

I. 花色突然変異における色素のクロマト分析

服部 一三・蓬原 雄三

(名古屋大学農学部, 464 名古屋市)

I. 緒 言

近年、イネ、ムギなどの禾穀類において放射線や化学物質を利用した突然変異育種が実際の育種法として採用され、すでにいくつかの実用品種の育成が報告されている (GUSTAFSSON, 1963, 蓬原ら, 1967)。一方、花卉類においても放射線による花色および花型などの変異誘発に関する研究が理論および実用的見地からすすめられている。とくにキクなどの栄養繁殖の花卉においては、種子繁殖植物にくらべ一般にヘテロ性が高いので出現した突然変異を処理当代に選抜育成しうることで、えられた変異体はさし芽や接木によつて増殖しうることで従来の交雑育種法にくらべ育種年限をかなり短縮しうることで、および一般には選抜の対象から外される drastic mutant でも実用価値をもちうることでなどの利点がある。これまで、花色の突然変異誘発に関する研究に用いられた花卉類として、カーネーション (MEHLQUIST et al, 1954)、キク (RANA, 1965, BROERTJES, 1966, DOWRICK and EL-BAYOUMI, 1966 b, 中島, 1967)、ダリア (BROERTJES and BALLEGRO, 1967)、バラ (NAKAJIMA, 1965) など多くの種類があげられる。しかしながら、これらの花色変異の詳細な色素分析については未だほとんど行なわれていない。

一方、花卉類の色素分析に関する研究は非常に多い。花色分析は初期にはもつぱら ROBINSON and ROBINSON (1931) の "ROBINSON test" が anthocyanin に対する同定法として用いられていた。しかし、この方法では

anthocyanin の aglycone の検出にとどまり、同一 aglycone をもち、配糖体としては異なる色素として共存する場合には明確に分別できないなどの欠点があった。その後、BATE-SMITH (1948) によつて paper chromatography 法の色素分析への応用が確立されるにいたり、この問題は解決され、花色の研究は著しく発展した。このような分析技術の発達にともない色素に関する遺伝的研究がすすみ、高等植物における遺伝生化学的研究の先導的役割を果たすことになった。anthocyanin の部分構造の変化、すなわち、hydroxylation, methylation, glycosidation, acylation などの反応がそれぞれ異なつた遺伝子に支配されていることが明らかにされ、高等植物における 1 遺伝子 1 酵素説を確立するための基礎となつた (CRANE and LAWRENCE, 1956, HALDANE, 1954)。さらに、REZNIK and URBAN (1957) は、放射性同位元素による tracer 実験により色素の生合成経路に関する詳細な知見をえ、また GEISSMAN (1962) らは anthocyanin を含めて、すべての flavonoid 化合物の生合成経路をほぼ明らかにした。

しかしながら、キクについての遺伝生化学的研究は、その多くのものがヘテロ性が高く、また交雑不和合性を示すため遺伝分析がきわめて困難であり、しかも色素構成に関する研究が少ないためほとんど実施されていない。

本実験は放射線による色素構成の変異の機構についての基礎的資料をうるため、キク品種の花色変異について生化学的手法を用いて解析を試みたものである。

1970 年 8 月 5 日受領

この研究を行なうに当り、貴重な御助言をいただいた名古屋大学農学部高野泰吉助教授および貴重な材料を心よく分譲下された農林省蚕糸試験場中島健次技官（当時、農林省放射線育種場勤務）に対し厚く感謝の意を表する。

II. 実験材料および方法

実験材料は、キクの赤色品種 Delaware およびその自然突然変異体といわれている Yellow Delaware とこれらの両品種に農林省放射線育種場においてそれぞれ半急照射を行なつて選抜育成された黄花変異系統および赤花変異系統の合計 4 品種および系統である。これら供試材料の相互関係は第 1 図に示す通りであるが、以下、記述の便宜上、Delaware を D, Yellow Delaware を YD, D の黄花変異系統を DYM, YD の赤花変異系統を YDRM と略記する。なお、中島 (1967) によれば、D と YDRM, YD と DYM の間には花色および形態において可視的変異はほとんど認められていない。

以上の材料についての色素分析は BATE-SMITH (1948), 林・阿部 (1952), HARBORNE (1958, 1959) らの方法に準拠し、主として anthocyanin と flavonol について行なつた。anthocyanin の場合には新鮮花卉を 0.1% メタノール性塩酸に 3 時間冷浸し、セライト 545 で濾過後、減圧濃縮し、酢酸エチル、エチルエーテル、石油エーテルで各 3 回以上洗滌し、その赤色水溶液を paper chromatography (P.C.) により定性分析を行なつた。さらに chromatogram より各 spot を再抽出し、アルカリおよび酸加水分解を行なつて、有機酸、糖の同定を行なつた。

一方、flavonol の場合には新鮮花卉を 60°C で 3 時間乾燥し、ソックスレーの抽出器を使用し、メタノールで 6 ないし 10 時間抽出し、ポリアミドカラムの上端にこの液を吸着させ、水、50% メタノール、99% メタノールを順次流入し、流下してくる黄色色素をとり、濃縮し、P.C. により flavonol の定性分析を行なつた。P.C. の方法は、anthocyanin, flavonol とともに同様の方法をとる、濾紙は東洋 No. 50 および No. 51 (40×40) を用い、展開液は *n*-ブタノール/酢酸/水 (BAW) の混合液を用いた。

Fig. 1. Genealogical relationship of the materials tested.

さらに、anthocyanin, flavonol の確認のために、キヤリー 15 型自記分光光度計を用い、吸収曲線を求めた。この場合、anthocyanin は、0.1% メタノール性塩酸抽出液を、flavonol は、メタノール抽出液をそれぞれ使用した。

III. 実験結果

(1) anthocyanin について

D および YDRM よりえられた 2 つの chromatogram を比較した結果、第 2 図に示すごとく、chromatogram 上の spot の行動に差は見出されなかつた。すなわち、標準試薬との比較により D, YDRM とともに aglycone として cyanidin を、また、その glycoside として chrysanthemin (cyanidin-3-monoglucoside) を含んでいることがわかつた。また、両者ともに chrysanthemin の分子中の glucose とエステル結合をしていると考えられる有機酸が検出されたが、この物質は第 2 図から caffeic acid と同定された。一方、徐々にアルカリ加水分解すると、部分的加水分解にとまらない、spot 数が 3 コ（ないし 2 コ）から一番下の *R_f* 値の一番小さな spot 1 コだけになる。このような chromatogram 上の行動は、有機酸の結合様式が異なり、あるいは、結合している有機酸の数が異なっているために有機酸と結合した anthocyanin (acylated anthocyanin) の spot が 1 コから 2 コに分離して、chromatogram 上に出現するものと考えられる。しかしながら、本実験で実施した方法では、それらの構造まで明確にすることは不可能であり、また、構造そのものを決定するのが主目標ではないので立ち入って解析は行なわなかつた。

以上、主として水溶性の anthocyanin について記載したが、時として水不溶の anthocyanin 様物質の出現が認められた。そして、この物質は吸収曲線の調査結果（第 3 図）、およびアルカリ加水分解後における chromatogram 上の spot の移動（第 4 図）から acylated anthocyanin と推定された。D および YDRM とともに 2 コの spot が出現したが、それらの *R_f* 値や chromatogram 上の行動からも同一色素、すなわち、chrysanthemin の複合体であろうと考えられた。なお、D の spot の中には、展開後の濾紙を乾燥すると上端に青色の部分を生ずる場合がある。しかし、このような場合でも酸加水分解すると aglycone として cyanidin がえられること、および分解過程の chromatogram 上の行動からみて、配糖体としては、chrysanthemin の他に考えることはできない。

以上の結果から、D と YDRM との間では、

Fig. 2. Chromatograms showing the products of anthocyanin hydrolysis in Delaware and red colored mutant line derived from Yellow Delaware.

Note ; D_a : Anthocyanin of Delaware, $YDRM_a$: Anthocyanin of red colored mutant line, D-Alk : Anthocyanin after alkaline hydrolysis in Delaware, YDRM-Alk : Anthocyanin after alkaline hydrolysis in red colored mutant line, Caf : Caffeic acid, Cya : Cyanidin, Dg : Reducing sugar from Delaware anthocyanin, $YDRM_g$: Reducing sugar from anthocyanin of red colored mutant line, Glu : Glucose. Developed with BAW/4 : 1 : 5

Fig. 3. Absorption spectra of water insoluble anthocyanin in Delaware and red colored mutant line derived from Yellow Delaware.

anthocyanin の質的差異はないものと結論できよう。

(2) flavonol について

YD および DYM の純化した試料を P.C. にかけた結

Fig. 4. Chromatograms showing the products of hydrolysis of water insoluble anthocyanin in Delaware and red colored mutant line derived from Yellow Delaware. Note ; Refer to the note in Fig. 2

果, 第5図に示すごとく, とともに3コの spot があらわれた。spot 番号を Rf 値の大きなものから, No. 1, No. 2, No. 3 と一応規定すると, この chromatogram から, No. 1 は quercitrin (quercetin-3-rhamnoside), No. 2 は quercetin, No. 3 は rutin (quercetin-3-rhamnoglucoside) と推定された。

一方, この濾紙について, $AgNO_3$ dipping 法で糖 (還元糖) の反応を調べた結果, No. 1 と No. 3 の部分には糖の反応があらわれたが, No. 2 の部分には糖の反応が

認められたなかつた。この結果からも No. 2 は quercetin であることが裏付けられる。

次に、各 spot を再抽出し、酸加水分解を行なった結果は第6図に示すごとくである。spot No. 1 は加水分解すると、糖として rhamnose, aglycone として quercetin の spot がそれぞれ認められた。spot No. 2 は加水

Fig. 5. Chromatograms of flavonols after purification in Yellow Delaware and yellow colored mutant line derived from Delaware.

Note ; YD_f : Flavonols of Yellow Delaware, $DYMF$: Flavonols of yellow colored mutant line, Q-R : Quercitrin, Q : Quercetin, Q-R, G : Rutin Developed with BAW/4 : 1 : 2

Fig. 6. Chromatograms of flavonols and their hydrolysates in Yellow Delaware and yellow colored mutant line derived from Delaware.

Note ; Developed with BAW/4 : 1 : 2

Fig. 7. Chromatograms of yellow pigments in crude extracts of Yellow Delaware and yellow colored mutant line derived from Delaware.

Note ; YD_y : Yellow pigments in Yellow Delaware, $DYMy$: Yellow pigments in yellow colored mutant line

Fig. 8. Absorption spectra of yellow pigment in yellow Delaware.

分解しても糖の反応がなく、かつ、spot の位置の変化も認められなかった。spot No. 3 は加水分解後、糖の反応を示す spot が2コあらわれ、その位置関係より、それぞれ glucose および rutinose (rhamnoglucose) と推定され、一方、aglycone として quercetin の spot があらわれた。

以上の結果より、YD と DYM との間には、flavonol に関して質的な差異は存在しないものと考えられた。

しかしながら一方、YD の純化しない試料を P.C. にかけると、第7図に示すごとく、No. 3 の下にさらに No. 4 の spot (時として No. 5, No. 6) があらわれた。この No. 4 は YD だけにあらわれ、DYM には欠如していた。そこで、No. 4 が flavonol 類の色素であるかどうかを明らかにするため、吸収曲線を調査し、他の spot と比較した結果、第8図に示すごとく、flavonol 特有の peak が No. 4 には存在しないことがわかった。この No. 4 の spot は、呈色反応の結果および chromatogram 上の位置関係から、おそらく carotenoid 系色素のうち、水溶性の高い xanthophyll ではないかと考えられる。このように、YD と DYM との間に、flavonol 系以外の黄色系色素に差異の存在することが認められたことは、育種上からみても、甚だ興味深い問題であるが、この差がどのような原因でおこったかは今後に残された問題であろう。

IV. 考 察

中島 (1967) はキクの γ 線照射実験を行ない、Delaware では赤から黄へ、また Yellow Delaware では黄から赤への花色の突然変異が誘発されること、およびこれらの突然変異体への再照射によつて、花色の突然変異が可逆的に誘発され、その他の花色への変異はほとんど見出しえないことを報告している。同様に SAGAWA and MEHLQUIST (1957) はカーネーションの White Sim, Pink Sim に放射線を照射すると、芽条変異のもとになった赤色の William Sim にもどつたことを見出し、かつその生成機構として照射後における生長円錐の形態形成を調査した結果、周縁キメラによる変異であることを明らかにした。また、DOWRICK and EL-BAYOUMI (1966 a) はキクの約 1/3 の品種が mutant に由来したものであり、かつその大部分のものが周縁キメラにより成り立っていることを報告している。したがつて、誘発された花色変異が遺伝子突然変異によるものか、あるいは周縁キメラの変異によるものかを明らかにする必要がある。

この問題に関連して、NAKAJIMA (1965) はバラの放射線実験において、連続切り戻し法を適用し、各種の花

色、花型などについての枝変りを作出した。そしてこのような場合には、一般に照射の時点において小数の細胞群から構成されている隠芽より新梢の発生が促進されるので、変異のキメラ問題を解消して固定した変異を作出する可能性が大きいことを報告している。本実験に供試した変異系統も同様に連続切り戻し法により作出されているので、周縁キメラの成立する可能性は少ないと思われる。この点をさらにはつきりさせるためには組織学的研究が必要と思われるが、ここでは一応遺伝子突然変異によるものとするのが妥当であろう。このことは前述のように、えられた突然変異体の再照射によつて、花色の突然変異体が可逆的に誘発されることから推定される。

キクの赤色系色素の分析に関して、寛ら (1965) は赤色系キク 18 品種を供試して、anthocyanin 含量と色調との関係および色素の定性分析を行なつた結果、いずれの品種についても少なくとも malvin, chrysanthemin および ensatin の合計3種類の anthocyanin を含んでいることを報告している。しかし、杉山・高野 (1968) はこれを再調査した結果、cyanidin 系以外の anthocyanin は存在しないことを明らかにした。すなわち、寛らの anthocyanin は cyanidin-3-caffeoylglucoside, cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-diglucoside であると訂正された。

本実験においても、キクの赤花品種DおよびYDの赤花変異系統 YDRM はともに主となる anthocyanin は chrysanthemin であり、malvin, ensatin は検出することができなかつた。

LOVE and MALONE (1967) は放射線によつて誘発されたコレウスの突然変異体とその復帰突然変異体およびそれらの原品種を用いて、P.C. による R_f 値および吸収曲線により色素の同定を行なつた結果、いずれも1コの anthocyanin, cyanidin-3-monoglucoside, すなわち chrysantheminのみを見出した。これらの結果から、彼らは3者における色に関する差異は色素分子そのものの構造の変化にもとづくものではなく、1つの anthocyanin 系色素の量的変化にもとづくものであろうと考えた。本実験に供試したDとYDRMはその花色に関して、外観的には全く差異は認められず、後者は前者に対して復帰突然変異の関係にあるものと推定されたが、anthocyanin の分析結果からも、両者間には、質的には差を見出すことはできなかつた。

次に、キクの黄色系花色についてみると、本実験において、自然突然変異によつてえられた YD と、人為的に放射線によつてえられた DYM との間には flavonol の

共存関係において差異は認められなかったが、一方、flavonol 以外の黄色色素の共存に差異が認められたことは育種上とくに注目に値する。

HASKELL (1965) は Orange および Yellow sector をもつた Orange fruit において、対照区では 8 コある flavonoid 化合物の chromatogram 上の spot が Orange sector では 6 コに減少し、Yellow sector では 3 コの spot が消失し、他の spot が 1 コ増加していることを確認し、この結果から質的差異が 2 つの異なつた時期に起つたことを報告している。これに対して、本実験の結果では、色素構成の差が直接花色発現の差となつてあらわれていない。このように、外観的には差の認められない系統において、質的に異なる色素の共存があることは育種学的にみても甚だ興味深い問題である。この flavonol 以外の色素に関して、一方の変異系統、すなわち、DYM では欠如という形であられたが、このような非可視的変異をある手法、たとえば生化学的分析により見出し、これを交配母本として利用することにより、これまで存在しなかつた新しい花色を積極的に作り出す可能性も考えられる。

本実験においてえられた以上の結果から、花色変異の機構について、HARBORNE (1962) らによつて作成され

た flavonoid 化合物の生合成経路にもとづき、第 9 図に示すとき作業仮説をたてた。すなわち、3-OH $\rightarrow$ cyanidin の経路が、放射線により可逆的な変異を起し、赤から黄への変異の場合には、この経路が block され、また、黄から赤への変異の場合には、この経路が連絡するものと考えれば、一連の可逆的な花色の変異を説明することができる。一般に、自然界における花の色は黄色のものが多く、また、赤色花には必ず flavonol が共存することなど、色素の進化の点からみても、この考えは妥当と考えられる。

次に、本実験においては、D および YDRM の有機酸分析により、acyl 基として存在するのは caffeic acid であることがわかつた。すなわち、caffeic acid と cyanidin の B 環においては同じ hydroxylation pattern をもつものであり、caffeic acid が cyanidin 形成の C_9 前駆物質となる場合も知られている。しかし、この caffeic acid が anthocyanin とエステル結合していることは、caffeic acid がすべて cyanidin の前駆物質としてだけ関与するものでないことを示唆しており、acylation に関与する遺伝子を想定する必要がある。さらに、YD および DYM の flavonal の構造をみると、この場合も B 環に cyanidin と同じ hydroxylation pattern をもつ

Fig. 9. A diagram demonstrating the hypothesis that the flower color mutations may govern a certain specific step in the pathway of flavonoid biosynthesis proposed by HARBORNE (1962).

Note ; $\nrightarrow$: Step which was presumed to be blocked by the mutant gene in this experiment.

$\rightarrow$: Step or steps to common pigment. $\cdots\rightarrow$: Step or steps to uncommon pigment.

$\rightarrow$: Gene mutation is known blocking this step in synthesis.

* : Structural formulae for the main anthocyanin

** : Structural formulae for the main flavonols

quercetin および quercetin の配糖体であることがわかる。GEISSMAN et al (1955, 1956) はキンギョソウおよびコレオプシスで flavonoid 化合物の定性分析を行ない、検出された化合物がすべて同じ hydroxylation pattern を B 環にもつことから、 $C_6-C_3-C_6$ 色素構成以前に hydroxylation に関する遺伝子が働き、B 環の hydroxylation pattern が決定されることを報告している。したがって、本実験の結果においても、flavonol, anthocyanin および有機酸の生成過程における B 環および有機酸の hydroxylation pattern はこれらの物質の前駆体段階で決定されていると考えられる。

最後に、配糖体についてみると、anthocyanin は 3-glucoside であるのに対して、flavonol は 3-rhamnoside, 3-rhamno-glucoside (3-rutinoside) であつて、3- の位置に糖結合をおこす点では共通であるが、糖エステル結合は異なっている。すなわち、aglycone 形成に関与する遺伝子は anthocyanin および flavonol ともに共通性があるが、配糖体形成 (glycosidation) にはそれぞれの色素により異なる遺伝子を必要としていることがわかる。このように同一 aglycone をもつ色素においても、糖のつく位置、糖の種類や数の相異は花色発現に差異をもたらす (CRANE and LAWRENCE, 1956) ので、今後、色素の遺伝生化学ないし育種学の上で考慮するに値しよう。

以上の結果から、これまで放射線によつて誘発されたキクの花色変異はすべて既存品種のわく内にあり、新しい花色変異の作成には成功していないが、生化学的手法によりこれらの変異系統のなかには共存する色素構成の異なつた系統の存在することが確かめられた。今後はキクの花色育種上、放射線による色素形成の転換により花色変異の幅を増大すること、たとえば、cyanidin 系から pelargonidin 系の劣性突然変異体の誘発が一つの主目標とされるであろう。また、これらの変異体を交配母本とした組合せ育種の検討を行なつていく必要があるものと考えられる。

V. 摘 要

放射線によつて誘発されたキクの花色突然変異系統およびそれらの原品種を用いて、花の色素分析を行なつた。えられた結果は次の通りである。

1. Delaware (D) と Yellow Delaware (YD) に放射線照射してえられた赤花変異系統 (YDRM) は anthocyanin として、ともに chrysanthemin とその acylated anthocyanin を含み、その色素構成に差は認められなかつた。

2. YD と D に放射線照射してえられた黄花変異系統

(DYM) は、flavonol として、両者ともに quercetin, quercitrin および rutin を含み、差は認められなかつた。しかし、粗抽出液の chromatogram から、flavonol 以外の黄色色素 (水溶性の高い xanthophyll と推定される) に差があることが認められ、YD には存在するが、DYM では欠如していた。

3. 花色に関して、赤から黄、黄から赤への一連の可逆的変異の機構に関して、HARBORNE らによつて作成された flavonoid 化合物の生合成経路にしたがつて考察した結果、3-OH $\rightarrow$ cyanidin の経路が可逆的変異をおこして生じたものと推定された。

引用文献

- BATE-SMITH, E. C. 1948. Paper chromatography of anthocyanin and related substances in petal extracts. *Nature*. 161 : 835~838.
- BROERTJES, C. 1966. Mutation breeding of Chrysanthemums. *Euphytica* 15 : 156~162.
- BROERTJES, C. and BALLEGRO, J. M. 1967. Mutation breeding of *Dahlia variabilis*. *Euphytica*. 16 : 171~176.
- CRANE, M. B. and LAWRENCE, W. J. C. 1956. The genetics of garden plants. London Macmillan & Co. Ltd.
- DOWRICK, G. J. and EL-BAYOUMI, A. 1966 a. The origin of new forms of the garden Chrysanthemum. *Euphytica*. 15 : 32~38.
- DOWRICK, G. J. and EL-BAYOUMI, A. 1966 b. The induction of mutations in Chrysanthemum using X- and γ -radiation. *Euphytica*. 15 : 204~210.
- 蓬原雄三, 鳥山国土, 角田公正 1967. 放射線による水稻新品種レイメイの育成, 育雑. 17 : 85~90.
- GEISSMAN, T. A. and HARBORNE, J. B. 1955. The chemistry of flower pigmentation in *Antirrhinum majus*. IV. The albino (-mm -nn) form. *Arch. Biochem. Biophys.* 55 : 447~454.
- GEISSMAN, T. A., HARBORNE, J. B. and SEIKEL, M. K. 1956. Anthochlor pigments. XI. The constituents of *Coreopsis maritima*. Reinvestigation of *Coreopsis gigantea*. *J. Amer. Chem. Soc.* 78 : 825~829.
- GEISSMAN, T. A. 1962. The chemistry of flavonoid compounds. Pergamon Press.
- GUSTAFSSON, Å. 1963. Productive mutations induced in barley by ionizing radiations and chemical mutagens. *Hereditas* 50 : 211~262.
- HALDANE, J. B. S. 1954. The biochemistry of genetics. George Allen & Unwin Ltd.
- HARBORNE, J. B. 1958. The chromatographic identification of anthocyanin pigments. *J. Chromato.* 1 : 473~488.
- HARBORNE, J. B. 1959. The chromatography of the flavonoid pigments. *J. Chromato.* 2 : 581~604.
- HARBORNE, J. B. 1962. Chemicogenetical studies of flavonoid pigments. The chemistry of flavonoid

- compounds. 593~617, Pergamon Press.
- HASKELL, G. 1965. Biochemical differences in color sectors a chimeral orange fruit. *J. Heredity*. 56: 35~37.
- 林 孝三, 阿部幸頼 1952. アントシアン色素のペーパ・クロマトグラフィー及びその天然色素への応用について, 資源研彙報. 28: 1~11.
- 寛 三男, 横田弘司, 山内弘毅 1965. 赤色系キクの色調とアントシアン色素について, 園雑. 34: 332~336.
- LOVE, J. E. and MALONE, B. B. 1967. Anthocyanin pigments in mutant and non-mutant *Coleus* plant. *Rad. Bot.* 7: 549~552.
- MEHLQUIST, G. A. L., OBER, D. and SAGAWA, Y. 1954. Somatic mutations in the carnation, *Dianthus caryophyllus* L., *Proc. Nat. Acad. Sci.* 40: 432~436.
- NAKAJIMA, K. 1965. Induction of sports in roses by γ -ray irradiation. *Gamma Field Symposia* 4: 55~70.
- 中島健次 1967. キクの人為突然変異体におよぼす γ 線再照射の影響, 園芸学会, 昭 42, 春, 研究報告要旨.
- RANA, R. S. 1965. Radiation-induced variation in ray-floret characteristics of annual *Chrysanthemum*. *Euphytica*. 14: 296~300.
- REZNIK, H. and URBAN, R. 1957. Über den Metabolismus 14-C-markierter Ferulasäure im Pflanzenversuch. II. Beiträge zur Biogenese der Flavonoide. *Naturwiss.* 44: 592~593.
- ROBINSON, G. M. and ROBINSON, R. 1931. A survey of anthocyanins, I. *Biochem. J.* 25: 1687~1705.
- SAGAWA, Y. and MEHLQUIST, G. A. L. 1957. The mechanism responsible for some X-ray induced changes in flower color of the carnation, *Dianthus caryophyllus*. *Amer. J. Bot.* 44: 397~403.
- 杉山 晃, 高野泰吉 1968. キクの花色変異に関する研究 (第1報), 園芸学会, 昭 43, 秋, 研究報告要旨: 202~203.

Summary

With the aim of elucidating the pigment structure of flower color mutations in *Chrysanthemum*, chromatographic studies were carried out using two flower color mutant lines and their original varieties, that is, Delaware and its spontaneous mutant, Yellow Delaware.

It was found that both Delaware and the red colored mutant line induced from Yellow Delaware contained chrysanthemin and its acylated derivatives as the anthocyanin pigments, suggesting that the observed reversion of flower color into Delaware would be due to the back mutation.

On the other hand, it was shown that as to the flavonol pigments, the yellow colored mutant line induced from Delaware contained quercetin, quer-

citrin and rutin, being in accordance with Yellow Delaware. However, it is worthwhile to note from the theoretical and practical points of view that, compared with the latter, the former showed the loss of one of the other yellow pigments.

From the results of this experiment, it was suggested that the reversible change of flower color either from red to yellow or from yellow to red would presumably occurred according to whether the gene mutation blocked the step from 3-OH to cyanidin or not.

K. HATTORI

Y. FUTSUHARA

Faculty of Agriculture, Nagoya University, Nagoya 464