

194
1-0

キクの育種に関する研究

1974

河瀬晃四郎

キクの育種に関する研究

—特に、自家交配および花色の
遺伝生化学的分析について—

1974

河瀬 晃 四郎

目 次

緒 論						1
第 1 章	ミ	ク	品	種	の	偽
	関	す	る	調	査	に
						6
1)	緒	言				6
2)	材	料	お	よ	び	方
						法
3)	結	果	お	よ	び	考
						察
	(i)	品	種	に	つ	い
						て
	(ii)	自	殖	後	代	に
						つ
						い
						て
						19
第 2 章	ミ	ク	品	種	の	不
	に	関	す	る	調	査
						性
						37
1)	緒	言				37
2)	材	料	お	よ	び	方
						法
3)	結	果	お	よ	び	考
						察
	(i)	KB	系	統	の	花
						粉
						活
						性
	(ii)	相	互	交	雑	
						43
第 3 章	自	家	交	配	後	代
	る	花	色	分	離	に
						お
						け
						51
1)	緒	言				51
2)	材	料	お	よ	び	方
						法
3)	結	果				
						55

	(i)	母本植物として品種	58
	(ii)	母本植物として自殖	
		後代を用いた場合	62
4)	考	察	69
第4章		花色構成色素の定性	
		分析	80
	1)	緒言	80
	2)	材料および方法	81
	3)	結果	82
	(i)	花卉に含まれる色素	
		の定性	82
	(ii)	アントシアニン色素	
		の定性分析	88
	(i)	塩酸抽出液の放置	
		された場合の色素	
		の変化	89
	(ii)	塩酸濃度を異にする	
		メタノール溶剤の	
		抽出した場合の	
		色素変化	91
	(iii)	エタノールによる	
		色素抽出および色	

	素变化に及ぼす展	
	用溶媒中の塩酸の	
	影響	92
(=)	色素Cの同定	95
(ホ)	色素A, Bの分析	97
(iii)	フラボノール系色素	
	の分析	107
(iv)	カロチノイド色素の	
	分析	110
(イ)	分配試験	112
(ロ)	けん化処理	112
4)	考察	116

次 5 章	花色とその構成可	
	る色素の光学的分析	120
1)	緒言	120
2)	材料および方法	122
3)	結果および考察	123

次 6 章	花色発現に対する主	
	要色素の量的効果と	
	花色の測色	140
1)	緒言	140
2)	材料および方法	144

(i)	アントシアニン色素 の抽出, 定性, 定量	144
(ii)	カロチノイド色素の 抽出, 定性, 定量	145
(iii)	花色の測色	147
3)	結果および考察	148
(i)	試料の種類 色素の種類	148
(ii)	アントシアニン色 素	148
(b)	カロチノイド色素	153
(ii)	花色による品種の 区分	153
(ii)	カロチノイド色素の 含量	155
(iii)	花色の数値的表現 および数値的に主要 色素の関係	162

第7章	花色の発現に及ぼす温 度の影響	172
1)	緒言	172

2)	材料および方法	174
3)	結果	177
(i)	生育に対する昼温、 夜温の影響	177
(ii)	花色に対する昼温、 夜温の影響	178
(iii)	色素含量に対する昼 温、夜温の影響	191
4)	考察	195

総括	200
文献	205

緒 論

今日、花卉生産におりて、キクの
 占める割合は、大きい。特に、この
 切花は、キクの花が、生理学的に
 ら、かたまたま、長年、この一花
 に、ま、と、カ、様、求、の、種、異、て、誘、新、い、雑、交、し、
 与、あ、る、と、カ、様、求、の、種、異、て、誘、新、い、雑、交、し、
 バ、ラ、の、大、生、種、の、交、芽、た、は、変、異、お、他、に、
 品、日、と、交、芽、た、は、変、異、お、他、に、
 日、と、交、芽、た、は、変、異、お、他、に、
 と、交、芽、た、は、変、異、お、他、に、
 交、芽、た、は、変、異、お、他、に、
 芽、た、は、変、異、お、他、に、
 た、は、変、異、お、他、に、
 は、変、異、お、他、に、
 変、異、お、他、に、
 異、お、他、に、
 お、他、に、
 他、に、
 に、
 態

は必須な手段であるが、栽培キクの
成立があまりにも古く、その品種育
成過程についての記載がないこと、
品種が膨大な数に及ぶこと、また、
遺伝的にヘテロ性が大きいため、
交雑育種の過程において、草率、花
型、花色などの形質には複雑な分離
が観察されること等から、キクの品
種の諸形質に關する遺伝的研究はほ
とんどみられず、花色に關するニ、
三の報告がみられるにすぎない(43,
68, 70)。

また、キクには不和合性が観察さ
れていゝ(70, 73, 74, 90)。この不和合
現象は高等植物一般に広く見られる
が、その遺伝現象がS複対立遺伝子
により説明出来ることは、East(19)
により、1928年にタバコを材
料として始めて示された。それ以來、
多くの植物について、その遺伝様式
が摸索され、キク科の植物では *Cosmos*
bipinnatus (62), *Crepis fo-*
tida (44), *guayule* (25) などの
遺伝様式が明らかになつてゐる。

しかし、栽培ギクは、過去、長年にわたる多数の交雑を経て成立した雑種型で、染色体数からみて、高次数の倍數体であると同時に、多数の異數体を含むしていることから（17, 21, 22, 90）、2倍体種に付られるような個体群に純粹の同型的なものが存在すると考えられ、不和合性遺伝子が存在しているとしても、その遺伝現象を明確にすることは、かなりの困難さをもたうと思われる。このように、ギクが遺传的にヘテロで、草率、花色とい、た諸形質の複雑な分離が生じ、それに加えて不和合現象が広く存在するため、今日之交雑による優良品種の育成過程には明確な規則性はなく、長年の経験による「カン」にたよって品種改良が行なわれていく。かかる現象にあつては、育種過程にあまりにも大きな時間的、労力的犠牲を強いることになる。もし、Cosmos (87)等にみられた偽稔性がギク品種にも観察されたならば、雑種集団の遺伝子型を

分離, 固定させたりゆく最も直接的な
操作でみる自殖を行ない, たとえ, 不全分離固定が不優
キウの諸形質の完全な分離遺伝的優種に
可能性が明らかになるは大きい。
寄与するところ, 先ず, 自家総性の有無にお
よびその程度を調査し, 自殖後代に
おいて分離する諸形質のうち, 花色の
目的をしぼって観察するこを目的
とした。それに並行して花色発現に
およぶ色素の分析, 固定, および
花色発現に及ぼす外的要因の分析
を行なった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり, 多くの方
々の御指導, 援助をいただいた。記
して心より感謝の意を表す。

京都大学 塚本洋太郎 教授
同 浅平 端 助教授

第二章 キク品種の偽稔性に 関する調査

1) 緒言

自家不知合性を示す植物でも、自家受粉によって多少の結実がみられる場合が多く、これを偽稔といているが、舊偽稔はその代表的な現象である。

キクが不知合性を示すことは、キクが高次の倍数体であり、異教体が多数存在しているという報告(17, 21, 22)から容易に推測されるが、丹羽(73)、下斗米(90)、Mulford(70)らは、自家、他家不知合性が存在することを報告している。

キクの自家不知合性は、花が雄ずり先熟であることにもよるが(74)、内的要因によるという報告もある(73)。

本章では、切花用品種を主体に種々の系統を供試し、偽稔性の有無、あるいはその程度について調査する。

した。花粉採取用の花は花弁を切り取ったのち、そのまま、袋かけを行ない、花粉が押し出されるのを待って花粉を採取し、交配に供した。

したが、ここで述べる自家交配は1花序内だけでなく、同一株上の花序同志の交配を含み、さらには同一品種の他株にある花序をも交配に用いた。

品種の自家交配は1962～1966、68年にそれぞれ行ない、1962年に得られた自殖才1代植物の自家交配は1964年に、1963年に得られた自殖才1代植物の自家交配は1965、1966年に、また、1966年に得られた自殖才2代植物の自家交配は1968年にそれぞれ行なった。

1964年には、ほ場植への状態、切花にした状態、および鉢植への状態で、自家交配を行ない、それらの穂実率を比較した。

3) 結果および考察

(1) 品種について

6年間にわたる自家交配の結果は
次1-1表に示した。

ここに供試した59品種(野生ギクも含めて)は、いずれも自家不和合性を示したが、どれも完全な不和合性ではなく、交配年次によってかなり総実率に差のみられる品種もあった。Aztec(セミダブルタイプで黄色花)は1968年に22.89%の高偽稔を示した。小ギク(♀)(小輪アネモネタイプで黄橙色花)は1965年にのみ供試して、11.38%の偽稔を示したが、交配に用いた3♂花について、1花当りの種子数をみると、2~61コの範囲のばらつきがあり、他の品種と同様、花序あたりの総実率には、かなりの差がみられた。それと同時に数年間にわたって継続して供試した品種では年次によってかなり総実率にばらつきが観察され

才一表 キク品種の自家交配における検定率

品種名	花型	花色	検定率 (%)						
			1962	1963	1964	1965	1966	1968	
Americana	D	濃桃		15	0.13				
Apricot Princess	D	橙桃			0				
Aztec	S-D	黄		2	1.15	0.13	0.31	22.89	
Barby Dark Chip	D	濃桃			0.29				
Blue Chip	D	淡紫桃		8	0.76	0.13			
Bridesmaid	D	濃桃		12					
Cherry Chip	D	濃桃紅		0					
Copperhead	D	朱橙		0	0.49	0.40			
Dark Blue Chip	D	紫桃		0					

Dark Orchid Queen	D	痕桃	0	1.92	0.14	0.07
Delaware	S-D	濃赤	21	0.04	0.01	
Detroit News	D	橙	1			
Feather Top	D	白	5		0.45	
Fred Shoemith	D	白	0			
銀 窗	D	白			0.11	
Gold Top	D	黄	7		0.38	
Golden Herald	D	黄		0.04		
Golden Princess Ann	D	濃黄	0			
Good News	D	黄		1.16	0.07	1.35
Hialeah	D	桃		0.42		
Iceberg	D	白	292	0	0.40	0.13
Improved Albatross	D	白	0	17		

Indianapolis Bronze	D	赤	0	0
Indianapolis Pink	D	濃桃	0	0
交野桜	D	桃	0.11~25	0.07 0
小ギク (A)	S-D	白		0.74
小ギク (G)	S-D	橙		11.38
小ギク (I)	S-D	赤		0
Luyona	D	黄	0.68	0.25
Maty Jo	D	白		
Mefo	D	白	0	0.08
ミヤマト	D	濃紫赤		0.13 0.11
Mrs. Roy	D	赤	0	0.08
妙心	D	紫赤		0
Olyflamme	S-D	赤		0.17 1.89

乙女櫻	D	淡桃		0.02
Peach Chip	D	淡桃橙	18	
Pimocchio	D	白		0.19 0.25
Princess Ann	D	桃	0	0.05
Rose chip	D	濃橙	0	0.83
Salmon Chip	D	橙桃		0.67
Vedova	D	桃	0	
Vulcan	D	濃赤	1	0 0
White Chip	D	淡桃	0	
Yellow Chip	D	黃	0	0.77
Yellow Delaware	S-D	濃黃	0	0.19
Yellow Leighton	D	濃黃	3	
Yellow Mefo	D	濃黃	0	0

肥後ギク

下月老人	S	蕉	0.82
散紅葉	S	赤	0
御所草	S-D	赤	0
伊勢ギク			
初稔	S-D	淡桃	0
平佳人笑	S-D	淡桃	0
玉ノ光	S-D	蕉	1.51
嵯峨ギク			
峰ノ雪	D	白	0.08
横笛	S-D	淡桃	0
紅葉狩	S-D	橙黄	0.75

野生ギク

アブラギク (<i>C. botale</i> Makino)	S	黄	0.02
エヒメノジギク (<i>C. ornatum</i> var.)	S	淡桃	0.48

ワ ※ S... シングルタイプ, S-D... セミダブルタイプ, D... ダブルタイプ。

※※ 全種子数を示す。

※※※ 稔実率 (%) = $\frac{\text{1花当りの種子数}}{\text{1花当りの全小花数}} \times 100$

表 1-2 表 市場植之、ほち植之、およ公切花とした
 状態で行った自家交配に不ける総実率の
 比較 (1964)

品 種 名	総 実 率 (%)			平 均
	市場植之	ほち植之	切 花	
Americana	0.08	0.38	0	0.13
Apricot Princess	0	0	0	0
Aztec	2.23	0.40	0.22	1.15
Barby Dark Chip	0.25	0.75	0	0.29
Blue Chip	0.61	1.69	0.31	0.76
Copperhead	0.26	0.28	1.39	0.49
Dark Orchid Queen	2.66	1.38	1.33	1.92
Delaware	0.02	0.12	0	0.04

Golden Herald	0.05	0	0.05	0.04
Good News	0.18	0.92	2.27	1.16
Hialeah	0.66	—	0.20	0.42
Indianapolis Bronze	—	—	0	0
Indianapolis Pink	—	—	0	0
Mefo	0.05	0.25	0.05	0.08
メソヤクト	0.18	0.18	0.04	0.13
Mrs. Roy	0.15	0	0	0.05
Pimocchio	0.04	0.38	0.16	0.19
Princess Ann	0	0	0.15	0.05
Rose Chip	0.99	0.61	0.58	0.83
Salmon Chip	0.43	—	1.29	0.67
Vulcam	—	—	0	0

Yellow Chip	0.83	1.06	0.62	0.77
Yellow Delaware	0.30	0	0	0.19
Yellow Mefo	0	0	0	0

$$\frac{\text{一花当りの種子数}}{\text{一花当りの総小花数}} \times 100 = \text{総更率}(\%)$$
 *

報告したが、そのような操作を行なったり、あるいは他の操作を実験的に試みることが容易となろう。

(ii) 自殖後代について

1962年の自家交配によって得られた Iceberg, Luyona および交野桜の自殖々1代はそれぞれ5, 17, 12個体で、それらの1964年における自家交配の結果は、表1-3表に示した。また、1963年の自殖によって得られた Blue Chip, Feather Top, および交野

桜の自殖父1代は、それぞれ2, 1, および9個体で、それらの1965年および1966年にそれぞれ自家交配した結果も表1-3表に示した。

さらに、1965年と1966年の自殖によつて得られた交野桜の自殖父2代の自家交配は1968年に行なひ、結果を表1-4表に示した。

1962年の自殖によつて得られた自殖父1代の花粉量はどの個体をとつてみても少く、アセトカーミンによる染色率は、染色率が非常に低かつた。交野桜のKA1はほとんど花粉の生成をみず、少数の花粒を観察したが、染色核をもつ花粒はほとんどみられなかつた(写真1-1)。

花粉量の比較的多い個体について、1964年に自家交配を行なつたが、授精率は非常に低く、KA4では5花粒を試し、ワコの種子が得られ、授精率は0.54%にすぎなかつたが、この値は1964年に供試した自殖父1代個体の中では最も高い値であつた。得られた種子を1965年には種した。

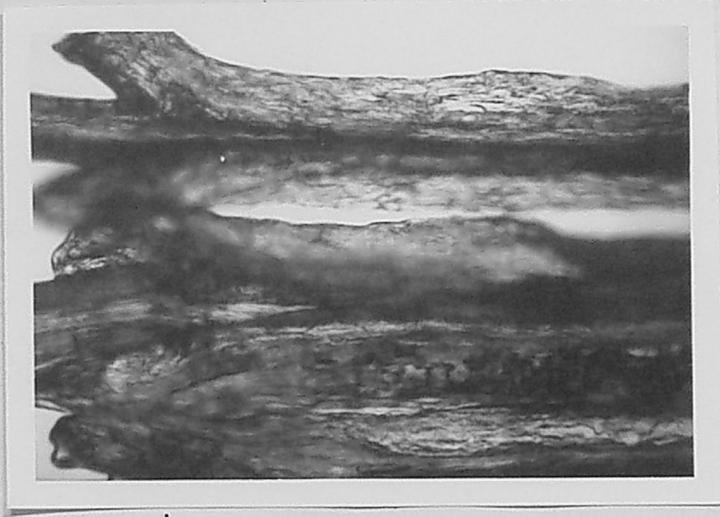


写真1-1. KAIの葯

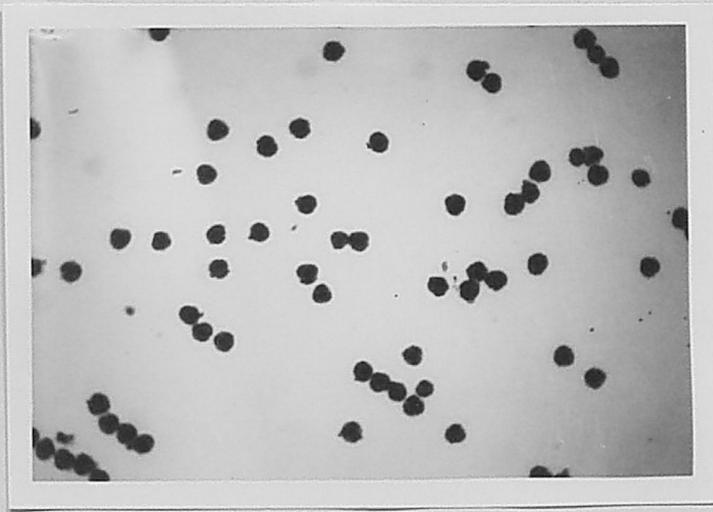


写真1-2. KB2の花粉(アセトカーミン
による染色)



写真 1-3. 交野桜



写真 1-4. KB2



写真 1-5. KB3



写真 1-6. KB4



写真 1-7.

KB5



写真 1-8.

KB6



写真 1-9. KB7



写真 1-10.

KB8



写真 1-11. KB 9



写真 1-12, KB 10

表 1-3 母本および系統名 自殖1代目の自家交配稔果率，および母本とその自殖1代目の花粉活性の比較

母本および系統名	花型*	花色	稔果率** (%)		花粉染色率 (%)
			1964	1965	
<u>1962年自殖系統</u>					
母本 交野桜	D	桃	—	—	62.3
自殖後代 KA 4	S-D	淡赤桃	0.54	—	76.7
" 5	D	白	0.03	—	51.0
母本 Iceberg	D	白	—	—	86.0
自殖後代 IA 4	D	黄	0	—	56.4
" 12	D	黄	0.30	—	12.4
" 13	D	黄	0.13	—	—

母本	D	—	—	85.9
Lwyoma		黃		
自殖後代	D	0		80.5
LA 3		黃		
" 5	S-D	0		—
" 8	D	0.11		86.9

1963年自殖系統

母本	D	—	—	75.3
Blue Chip		桃		
自殖後代	S-D	0.06	0.25	96.7
BB 1		0.73	0.03	91.6
" 2	S-D	橙黃		

母本	D	—	—	72.5
Feather Top		白		
自殖後代	D	1.10	—	69.7
F B 1		白		

母本

交野桜

白殖後代

D	桃	—	—	62.3
S-D	淡桃	45.69	58.94	94.4
S-D	淡桃	—	7.10	96.6
S-D	白	20.98	16.90	87.4
S-D	白	4.24	1.64	96.3
S-D	白	34.83	40.34	86.9
S-D	白	1.81	1.85	92.5
S-D	白	0.50	4.90	91.2
S-D	白	1.27	0.66	96.1
S-D	淡桃	0.90	1.50	95.5

* S-D -- セミダブル, D -- ダブルタイプ

** 総果率(%) = $\frac{\text{1花当りの種子数}}{\text{1花当りの総小花数}} \times 100$

*** アセトカーミンによる花粉染色率, 1965年調査

が、1本の発芽もみられなかつた。
1963年の自殖によつて得られた
Blue Chip, Feather Top および交野桜の自
殖オ1代の花粉のアセトカーミンに
よる染色率をみたところ、Feather Top
では母本と同程度の悪い染色率であ
つたが、Blue Chip と交野桜では母本
の染色率よりもよかつた(写真1-2)。
花型では、両系統とも母本がダブル
タイプであるのに対し、自殖オ1代がセミ
ダブルタイプとなつたことにもよる(写
真1-3~13)、自殖オ1代の花粉の生産量
は母本よりも非常に多かつた。これ
らの自家交配を1965年に行なつた
が、その総実率を再確認する意味で
翌1966年にも行なつた。その結果、
Blue Chip と Feather Top の自殖オ1代
はいずれも自家不和合性を示したの
に対し、交野桜の自殖オ1代のうち、
3個体は非常に高い自家総実率を示
した。この総実率は2年にわたる交
配の結果からみて環境により偶発的
に生じた総性ではなく、遺伝的に
なり実定した総性であるように推測

される。特に、KB2およびKB6が高い稔性を示し、花弁を切除したのち袋かけを行ない、人為的に受粉を行わねばなりでそのまゝ放置しておいてもかなりの数の種子が得られた。

さらに、1965年の自殖によって得られた自殖才2代であるKB5Dの55個体の中から1個体、1966年の自殖によって得られた自殖才2代（KB2Eは577、KB3E; 92、KB4E; 179、KB5E; 44、KB6E; 685、KB9E; 6、KB10E; 40）の各系統から花粉の多く生成されている個体を任意に選抜し、自家交配を行なうたが、自殖才1代で稔性の高かった系統、すなわち、KB2E、KB4EおよびKB6Eに稔性の高い個体が見られた。KB2E系統では、NO.2が22.39%の稔性を示し、他に10%以上の稔性を示す個体が3個体、KB6E系統ではNO.2が14.13%と高い稔性を示した。ここで供試した自殖才2代の観察個体数は少数であったが、自殖才1代系統に表われた高い自家稔性は明ら

表1-4 自殖才2代の花型, 花色
および花粉活性と自家交配
総実率 (品種, 交野株)

系統名	花型*	花色	総実率 ^{***}	花粉染色率 ^{***}	
			(%)	(%)	
			1968		
KB2E	1	S	黄	1.05	82.44
	2	S	淡桃赤	0	70.62
	3	S	白	0	93.68
	4	S-D	白	12.65	87.09
	5	S	淡桃赤	5.51	95.38
	6	S-D	淡桃	6.62	86.46
	7	S	淡桃	1.74	83.91
	8	S	淡桃	10.28	52.36
	10	S	白	0	93.29
	11	S	淡桃	18.64	35.64
	12	S	白	22.39	89.92
	13	S	淡桃	0	96.88
	14	S	白	6.57	84.98
	16	S	淡桃	7.84	79.27
17	S	淡黄	0	54.86	
19	S	淡桃	0.07	85.41	
20	S	白	2.01	85.00	
22	S	淡桃	1.37	82.15	
23	S	淡桃	3.48	76.95	
KB3E	2	S	黄	0	45.92

	4	S	淡桃	0.46	79.83
KB4E	1	S	白	0.61	86.57
KB5D	1	S	黄	0.12	93.97
KB5E	1	S	白	0.11	88.55
KB6E	1	S	淡橙	0.15	87.32
	2	S	黄	14.13	93.16
	3	S	淡橙	9.68	80.90
	4	S	黄	4.19	55.78
	5	S	白	0	38.02
	6	S	黄	4.73	59.19
	7	S	黄	0.05	89.30
	8	S	黄	2.18	87.83
KB9E	1	S	淡桃	0.25	87.36

* S... シング"ルタイプ, S-D... セミダブルタイプ。

$$** \text{ 総実率 (\%)} = \frac{\text{1花当りの種子数}}{\text{1花当りの総小花数}} \times 100$$

*** アセトカーミンによる花粉染色率, 1968年に調査

かに自殖オズ代に遺伝していていると思われ。

偽総について, Atwood (3) は白フローバーを用いて, その遺伝性を詳

細に調査し、偽総性が量的な特性であり、それは additive gene によって決定されるが、母本ではその遺伝子のいくつかがヘテロであると推測されている。佐俣ら(27)もコスモスの偽総に関する実験において、S 遺伝子以外に polygenic system の存在を推測しており、偽総性は環境条件の影響を強く受けるものであって、温度処理や水分、養分の不足等の影響が大きい(66, 113, 114, 115)。しかも光処理や剪枝、剪葉処理によっても総性が高められるという(42)。

他方、環境条件以外の要因により偽総性は高められる。白クローバーをおよびコスモスではその頭状花を摩擦することにより偽総性が高まることが報告され(2, 27)、ペチュニアでは完全自家不和合性系統で偽自家不和合性が完全に消失する開花3日前から繰り返し自家受粉(反復受粉)を行なうと、自家不和合性がみられるという報告もある(38)。

自家不和合性が additive gene 等の Pol-

xgemic system に より 支配 されて いる
として、 polygemic system に より 発現
される 生理的 な 面 に 対し、 これら の
操作 が どの よう に 関連 づけ られる か
は 現在、 明らか に されて いない。

キク の 場合 では、 雄 ずい 先 熟 であ
る こと、 品種 が 高度 に 発達 した ため、
管状 花 が 非常に 少 なる こと 等 の 花 器
の 構造 上 の 特異 性、 ある い は 交 雑 が
繰り 返 された ため、 異 質 倍数 体 と だ
り、 異 倍数 体 が 多数 存在 する こと (21,
22)、 高 次 倍数 体 で よく 観 察 される
よう な 受精 能力 の 低下 した 生殖 細胞
が 出現 する こと 等 が 自家 不和 合 性 を
引き 起こす 原因 と なっ て いる も の と
思 われる が、 環境 条件 に よって 偽 総
性が 大きく 左右 される こと も 明らか
であり、 polygemic system の 存在 が 推
測 される。

これ と は 別に、 最近、 数 10 種 の 植
物 に ついて apomixis 現象 が 観 察 され、
自然 界 には 偶発 的に、 ある い は 常 習
的に この 現象 が 生じて いる ことが 報
告 されて いる (104)。

本実験に用いたキクの自殖一代のうち、高い稔性を示したKB2, 4および6について10月下旬に各株花のみを供試して観察したが、いずれの系統においても、種子は形成されず、apomixis現象は認められなかった。

オ 2 章 キク科植物の不和合性に 関する調査

1) 緒 言

同型花柱花の場合、交配できるものと、交配できないうものが形態的に区別できないうため、その不和合性が先ず、現象形態としての遺伝現象から調べられた。不和合性は複対立遺伝子系によって説明され、遺伝情報としてはいきわめて単純な差異によってその生理的反応が起きることが明らかになされた(40)。自家不和合性の遺伝様式、花粉管の伸長抑制場所、花粉の中の核の数等の調査が数多くの植物について行なわれたが、それは Brewbaker (12) により、sporophytic type と gametophytic type の 2 型に分類された。

キク科植物では、Hughes (44) が *Crepis foetida* を用いて、Gerstel (25) が *quayule* (*Parthenium argentatum*) を用いて、Crow (15) が

Cosmos bipinnatus を用いて、それぞれ
の不和合性遺伝を研究し、いずれ
も sporophytic type に属し、キク科に
共通した遺伝機構の存在が明らか
にされた。

下またま、偽総性の調査を行なっ
ていた際、交野桜の自殖才一代で花
型や草姿が比較的良くそろう、しか
も、花粉量の多い系統が得られたの
で、それらの系統を用いて相互交雑
を行ない、キクにみられる不和合性
遺伝機構の解析を試みた。

2) 材料および方法

1963年、秋に自家交配を行なっ
て得られた交野桜の自殖才一代 (K
B 系統) である 9 個体を供試した。
さし芽は 1969 年 6 月に行ない、
発根した苗を 7 月にほ場に定植した。
栽培管理は慣行法にしたがって行な
い、1 株 3 本仕立てとし、1 本当り
5 ~ 6 花を残し、他は摘蕾した。

花弁が色付き始めたころ、ビル
屋根を作り、側面には白カンレイシ
ヤを張って、交配時の防虫にそなえた。
KB系統の花はセミダブルタイプで、
総小花数は平均175.7、そのうち管
状花数は平均113.2で、舌状花数は
50~60であった。9個体のうち、KB
B2、KB4、KB6は自家和合性に近
い自家総性をもつ個体であった。交
配に当っては、除雄の午間を省くた
め、花弁を切除する際に管状花をすべ
て取り除いて袋をかぶせておいた。
花粉採取用の花は舌状花を除去して
袋をかぶせておいた。自家交配の場
合には管状花のみを残す花と舌状花
のみを残す花を設けた。

ここに供試したKB系統の9個体
について、個体間の花粉活性を比較
検討するため、(i) アセトカーミン
による染色(72)、(ii) ニトロブルー
テトラゾリウム(NBT)による呼吸
酵素反応(35)、および(iii) 人工培
地上での花粉発芽力(53)を調査し
た。これら花粉活性調査のためには、

雌ずいによつて押し上げられた時点での花粉を供試し、(b)における染色は室温で行なつた。(b)のNBT反応は1969年11月には37°Cで2時間、1970年5月には30°Cで3時間、それぞれ水培養を行なつて染色率を算出した。(b)の1969年11月に行なつた発芽試験はサツカロース25%、硼酸10ppm、テストステロン100ppmから成る人工培地で行ない、30~60分間室温培養を行なつた。

3) 結果および考察

(i) KB系統の花粉活性

ここに供試したKB系統には、前章の表1-3表に示したように比較的高い自家総性を示す個体があり、2年にわたる自家交配実験の結果から、その総性が環境等の外的要因によるものではなく、遺伝的総性であることが明らかにされたが、このKB

系統の花粉活性をみるのと(表2-1表)、
1965年に行ったアセトカーミン
による花粉の染色率では、個体によ
る差異が認められず、それらの平均
値は93.0%であった。この平均値は母
本である交野梅の62.3%という染色
率に比べると非常に高い値であつた。
さらに、相互交雑を行つた196
9年の11月と翌年の1970年の5月
に別の方法で花粉の活性を調査した。
それは、NBTによる呼吸酵素反応を
みるもので、Hauserら(35)がユリ
その他の植物の花粉の活性をみるた
めに用いた方法である。このNBTに
よる花粉の染色率はアセトカーミン
による染色率より全体に低い値とな
つたが、個体間に著しい差は認めら
れなかつた。

花粉活性に関連して、人工培地上
での花粉発芽率を調査し、その結果
を表2-1表に示した。KB系統の花
粉発芽率には4.81%から23.60%まで
の中間があり、平均11.54%であつた。
この発芽率を染色率と比較検討して

*2-1表 交野桜の自殖第1代における
花粉活性

系統名	染色率 (%)				発芽率 ^{***}
	テトカミン		NBT [*]		(%)
	1965	1969	1970 ^{**}	平均	1969
KB 2	94.4	74.85	70.33	72.59	23.60
3	96.6	—	—	—	—
4	87.4	88.99	84.40	86.70	17.60
5	96.3	86.84	94.57	90.71	4.81
6	86.9	82.81	92.33	87.57	8.66
7	92.5	82.87	88.72	85.80	9.10
8	91.2	85.61	85.76	85.66	5.33
9	96.1	—	91.71	91.11	—
10	95.5	88.21	74.86	81.54	12.66
平均	93.0	84.31	85.26	84.79	11.54

* =トロブルーテトラソ"11ウムによる呼吸酵素反応

** 春(5月)に調査, 他は秋(11月)に調査.

*** 培地組成: カ、カロース, 25%, 硝酸酸, 10 ppm,
テストステロン, 100 ppm.

みると、NBTおよびアセトカーミンによる染色率の低いKB2で発芽率は最高の23.60%を示し、これとは逆に、最も染色率の比較的良いKB4とKB8で発芽率は低かった。

キクの花粉は人工培地上では発芽しにくく、発芽率から直ちに花粉の活性度を推測することはできないが、熊ら(53)は品種について、染色率の高い個体は発芽率も高いと、本実験で用いたKB系統では、染色率と発芽率の間に明確な関連性は見いだせなかった。

以上の結果から、ここに供試したKB系統の9個体はアセトカーミンおよびNBTによる染色率からみた花粉活性の点でほぼ等しいものと推測される。

(II) 相互交雑

KB系統の9個体について、自家

表2-2 交野科の自殖や1代の相互交雑における総実率

	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10
KB 2	41.2 (47.1) [*]	60.6 ^{***} 3.3	62.7	74.8	46.2	63.6	62.7	59.3	47.2
3	0 ^{**}	(12.1)	0.5	39.4	0.9	0	31.3	0.8	18.6
4	46.8	53.4	21.9 (8.3)	2.9	82.5	41.0	1.4	74.5	3.4
5	72.3	77.5	0	2.3 (6.4)	66.6	66.2	0	73.4	0.7
6	28.0	50.0	74.7	70.2	24.1 (41.8)	57.8	69.1	49.2	45.6
7	42.5	51.0	51.6	59.0	49.5	2.3 (4.7)	49.7	0	51.4
8	47.8	46.5	2.6	0	43.8	46.4	0 (2.5)	54.8	0
9	35.6 ^{***}	64.1	72.8	77.7	45.5	2.7	69.5	5.8 (17.5)	74.0
10	59.7	64.6	4.2	0.8	56.1	71.1	2.4	(67.9)	0 (4.5)

※ ()内は管状花の総実率(%)を示す。
 ※※ 1花のみを供試； ※※※ 2花を供試。

表2-3 交野稈の自殖を1代の相互交雑成績

♀ \ ♂		A	B	C	D			E		F
		KB 2	KB 3	KB 6	KB 5	KB 8	KB 10	KB 7	KB 9	KB 4
A	KB 2	F	F	F	F	F	F	F	F	F
B	KB 3	S	S	S	F	F	F	S	S	S
C	KB 6	F	F	F	F	F	F	F	F	F
D	KB 5	F	F	F	S	S	S	F	F	S
	KB 8	F	F	F	S	S	S	F	F	S
	KB 10	F	F	F	S	S	S	F	F	S
E	KB 7	F	F	F	F	F	F	S	S	F
	KB 9	F	F	F	F	F	F	S	S	F
F	KB 4	F	F	F	S	S	S	F	F	F

注. S: $0 < \text{総実率}(\%) \leq 20.0$

F: $20.0 < \text{総実率}(\%)$

である。B×Aは不和合である。自家和合性を示したCはC×Bが和合で、B×Cが不和合である。EはE×Bが和合で、B×Eが不和合である。F

も E と同様に、 $F \times B$ が和合、 $B \times F$ が
不和合であった。B は自家不和合で
あ、たが、同じ自家不和合を示した
D、E 階級のものとした場合、D を除く他
B を母植物とした場合、D を除く他
のすべてが階級の逆交雑である B を父植物
とした場合は、D 階級のものと合
ておべての組み合わせで和合となつた。

以上の結果から、不和合性遺伝子
を検討するたに、キク科植物の不和
試みた。その一は、Hughes (44)
) が同じキク科の植物である *Crepis*
foetida を供試して提唱した仮説で、
(1) 花粉の反応は花粉自身の遺伝子型
によるのではなく、むしろ父植物
の遺伝子型によつて決定される。(2)
自家ならびに交雑不和合性には 1 系
列の離反因子 $S_1, S_2, S_3,$ および
 S_4 が関与してゐる。(3) 花粉に
おいては、S 系列の遺伝子間に優劣
関係がある。(4) 雌雄間に優劣関係
はない。(3) に

ついで説明を加えると、花粉における S_1 は、他の S_2, S_3 および S_4 に対し劣性で、 $S_1 S_1$ のようなホモの時にのみ不和合性の反応を示す。 S_2 は S_1 に対し優性であるが、 S_3 および S_4 に対して劣性である。したがって、 $S_2 S_3$ あるいは $S_2 S_4$ の場合には S_3 あるいは S_4 によって反応が決定され、 $S_1 S_2$ の場合には S_2 が優位に反応する。すなわち、 $S_1 S_2 \times S_2 S_3$ においては父植物の $S_3 > S_2$ の関係から、その組み合わせは組合となり、その逆交雑である $S_2 S_3 \times S_1 S_2$ においては父植物の $S_2 > S_1$ の関係から不和合となると考えられる。なお、 S_3 と S_4 は S_1, S_2 に対し優性であるが、 S_3 と S_4 の間には優劣関係はない。

これとほぼ同じ仮説が Gerstel (25) により、キク科植物である *quayule* を用いた研究で発表された。Crepis の場合と同様に、一系列の不和合性遺伝子 R_1, R_2, R_3 および R_4 が関与しているが、花粉においては、 $R_2 > R_1, R_3 > R_4$ の優劣関係がみられるとい

う。その後、Crow (15) が *Cosmos bipinnatus* を用いて不適合性遺伝子を研究し、前二者と同じ成績を得ていることから、この遺伝様式がキク科植物に共通しているように思われる。

本実験の結果を、この仮説によって説明することはできなかつた。その主な点は、(1) 9個体の中には自家適合性を示すと思われるものがある。(2) B階級に属するKB3が特殊な反応を示している。すなわち、KB3を母植物とした場合、D階級を除いて他のすべての階級と不適合である。逆に、KB3を父植物とした場合はどの階級とも適合性である。このことは、1系列の離反因子ではとうてい説明できないことを示すものであり、それは、キクが高次の倍数体であることから推測されよう。

そして、(3) 花物の反応が gametophytic であるか、sporophytic であるかについてであるが、Bに対して、A, C, E, および F が不適合を示し、

その逆が交雑和合であることは、
sporophytic な反応を仮定した方がよ
いと思われるが、花粉の S 遺伝子間
に優劣関係が存在するとして、A、
C、E、および F の相互交雑がすべて
和合性であることを説明するため
は B と A、B と C、B と E および B
と F のそれぞれとの間の相互交雑の結
果を考慮に入れた場合、sporophytic
であってはならぬと思われる。

が劣性でも、あるいは経験的といわれ、(68) 岡田
 (76) 色素性でも、あるいは経験的といわれ、アン
 が優性でも、あるいは経験的といわれ、トシ
 観を数代にわたる観察の結果、その花の色能
 関行の本の遺
 自家交配の結果は、その花の色能
 が、それらの中から、自殖後代が比

2) 材料および方法

自家交配の結果は、その花の色能
 が、それらの中から、自殖後代が比

較的多く得られた品種、あるいは個体
数が少なくても花色の点で興味のある
品種を選んでは、後代における花色
分離を調査した。1963年、交野桜
の自家交配によって得られた自殖
1代(S₁)の個体中に、たまに、
自家総性の高いものが存在し、その
自家総性が、さらに自殖後代に遺伝
していくことが推測されたので、自
殖3代目まで交配をかさね、花色分
離を調査した。

これとは別に、同じ1963年に
Blue chip の自家交配によって得られ
た S₁ を 1966年春、フアイトトロン室
で栽培し、自然交雑によって得られ
た雑種の花色分離が白色から黄色、
赤紫色と多岐にわたっていたので、
その個体群よりの白色、黄色、橙色、
赤色、赤紫色の各花色の個体を任意
に選び出し、その自家交配を行なっ
て、後代における花色分離を調査し
た。

各品種および自殖後代とも慣行法
によって普通栽培を行なった。

て供試し、各個体とも1花序、2花
弁について測色を行なった。

3) 結果

品種として取り扱われていた個体の
の自殖後代に出現する花色の頻度を
表3-1に示し、Blue Chip (赤紫色)
の自殖後代の中から、任意に個体を
選り、自家交配して得られた自殖後
代に於ける花色分離を表3-2に
示した。また、交野桜の自殖後代、
表3-3に於ける花色分離を表3-3、
表3-4にそれぞれ示した。
母本植物としてはいくつかの花
の品種および自殖後代を供試したが、
それらを花色により、白色、黄色、
橙色、赤色および桃色の5グループ
に分け、また、自殖後代に出現する
花色も上記の5グループに分類して、
それらの出現頻度を示した。

表3-1 品種を母本とした自殖後代における花色分離

品種名	交配年次	自殖後代に分離する花色の頻度				調査 個体数
		白	黄	橙	赤	
<u>白色花グループ</u>						
Feather Top	1965	4		1		5
Iceberg	1962	10	6			16
"	1965	3	5			8
計		17	11	1		29
(%)		(58.6)	(37.9)	(3.4)		(100.0)
<u>黄色花グループ</u>						
Astec	1964	1	31	6		38
"	1965			3		3
"	1966		6	1		7
"	1968		367	274	1	642
月下老人(肥後)	1965		4	5		9
Gold Top	"	7				8

Good News	1964	5	8	13
"	1966	2	2	4
Luyona	1962	10		10
計		8	299	1
(%)		(1.1)	(40.7)	(0.1)
		(57.9)		(100.0)

橙色花グループ

小ギク (4)	1965	20	341	34	395
計		20	341	34	395
(%)		(5.1)	(86.3)	(8.6)	(100.0)

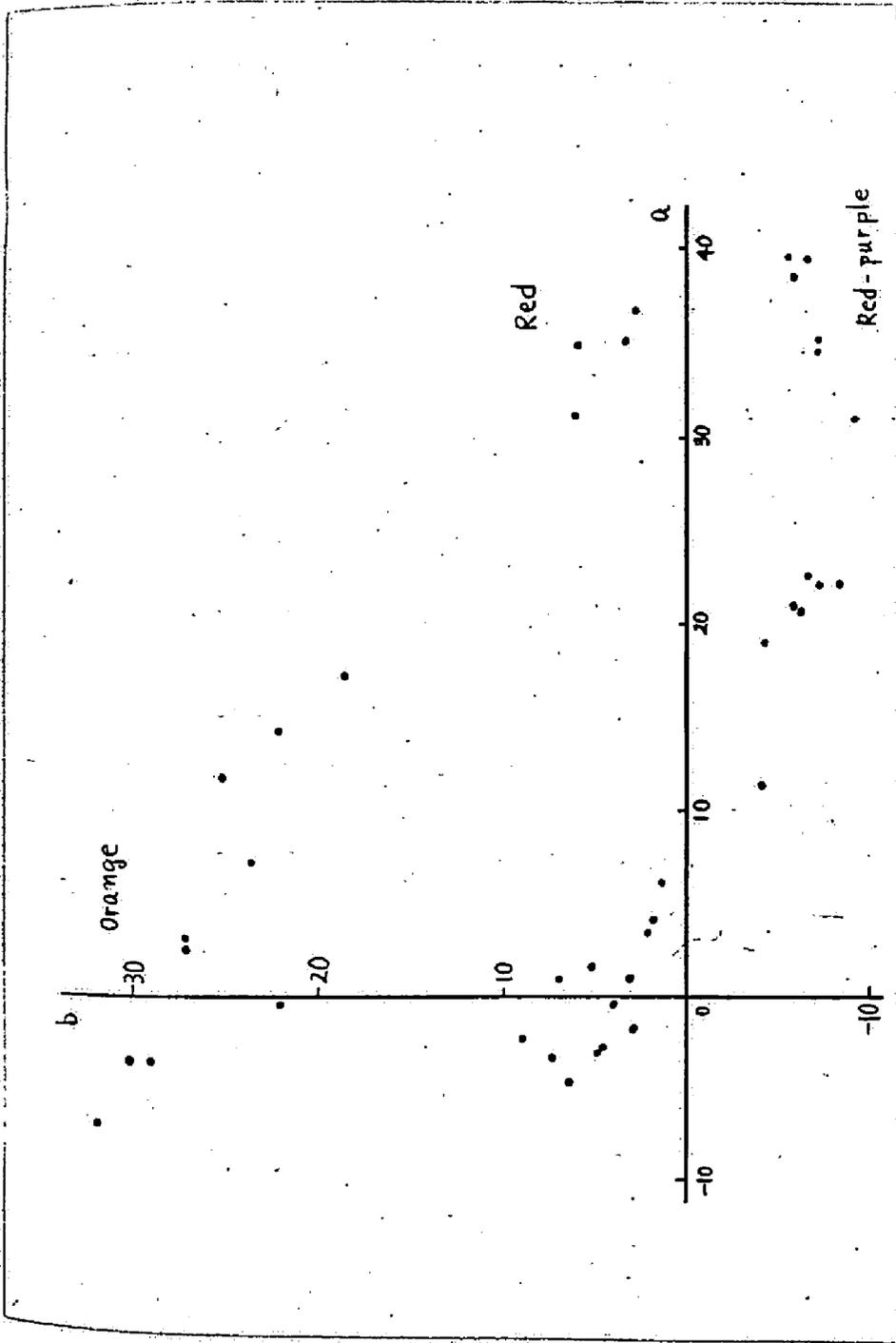
赤色花グループ

Olyflamme	1966			5	5
"	1968		2	39	2
計			2	44	2
(%)			(4.2)	(91.7)	(4.2)
					(100.0)

桃色花グループ

Blue Chip	1963		1	1	2
-----------	------	--	---	---	---

体が出現した。Gold Top では母本と
同じ黄色花の出現はみられず、白色
花と淡桃色花の分離をみた。復宜的
本実験では、母本の花色を同一グ
に5グループに分類したが、同一グ
グループとして分類した中には、花色
の明度(濃淡)、彩度の異なるもの
く当然、花型等の諸形質も異なる)が
含まれていった。その例として、桃
色花グループが上げられる。品種、
交野桜は淡桃色であるが、Blue Chip
とDark Orchid Queenは赤紫色でかなり
濃い花色である。したがって、同じ
桃色花グループであっても、交野桜
の自殖後代には濃い花色の個体の分
離はなく、いずれも淡桃色花や淡桃
赤色花で母本よりも濃い花色の分
離のみをみた。
それに対し、Dark Orchid Queenでは
全くの白色から濃赤紫色までの花色
の分離がみられ、わずかに赤味のあ
る黄色の個体(橙色花として扱う)
や、暗赤色個体の出現をみたが、純
黄色花や明るい赤色花の個体はみら



※3-1図 Hunter色度図に示した品種, Dark Orchid Queenの自道後代の分布

れがかつた (ヤ3-1 図) 。
 Blue chip の 1963 年 自殖オ1代を
 ファイトローム室で自然交雑 (ほゞ) 自
 家後粉に近しい) させ、得らぬ花色を種
 の中から任意に選らぬ花色を選
 ゐ出し、その結果、得られぬ花色を種
 はヤ3-2 表に示す花の色母本が桃色花
 本としたり、白色花および黄色花の他
 の母本から選らぬ花の色母本が黄色花
 の分離をみたが、全花色の分離を
 花から選らぬ花の色母本が黄色花
 の分離をみた。

(ii) 母本植物として自殖後代を用
 いた場合

自殖後代の花色分離をみるために
 は、先ず、自家総性のある後代が得
 られなければならぬが、後代は通
 のようになり低い。また、総性のあ
 る個

表3-2 品種 Blue Chip の自殖子1代を自然交雑させ、得られた
 雑種子1代の自殖後代における花色分離

系 統 名	自殖後代に分離する各花色の頻度 調査					
	白	黄	橙	赤	桃	個体数
<u>白色花グループ</u>						
B1D-8	27	11		11	49	
計	27	11		11	49	
(%)	(55.1)	(22.4)		(22.4)	(100.0)	
<u>黄色花グループ</u>						
B2D-20	6				6	
"	29	410	221	3	4	638
"	69	4	4		8	
計	6	414	225	3	4	652
(%)	(0.9)	(63.5)	(34.5)	(0.5)	(0.6)	(100.0)
<u>橙色花グループ</u>						
B1D-11			2		1	3

"	15	2	1	3
"	20	6	3	9
"	22	3	1	8
B2D - 36		5	10	1
計	(42)	(20.8)	(41.7)	(20.8)
(%)			(12.5)	(100.0)

桃色花 グループ

B1D - 14	1	4	15	42	62
"	17			8	9
B2D - 39	39	53	89	4	372
"	47	11	88	10	298
計	42	68	192	15	720
(%)	(4.1)	(6.6)	(18.5)	(1.4)	(69.4)
					(100.0)

3 望 桜 く が、 れ 代 母 多 認 め 橙 の ま 花 た。 家 で、 示 の 種 ば
 2 野 じ た ら 後 の が 認 は 色 目 色 っ、 自 の 表 場 品 と
 交 も り め の そ た 量 が 体 花 代 赤 め に た
 た れ て 認 そ ま 粉 性 個 2 代 目 き
 ら ず し が 色 花 花 絵 1 で、 殖 お、 れ 代、
 ら い 呈 性 け、 た は 家 が 色 自 な、 ら 2 代、
 い は を 絵 続 る し 代 自 色 紫、 た。 は 自 殖 離
 用 色 色 家 を く 討 1 代 自 色 紫、 た。 は 自 殖 離
 で 花 白 自 配 て 検 次、 花 赤、 た。 は 自 殖 離
 の 代 か、 交 し 較 殖 ら ず、 は の、 体 の が
 こ の、 自 離 比 較 殖 ら ず、 は の、 体 の が
 こ 代、 色 多 自 分 と の 自 わ た、 1 個 水 行 る 野 個 体 た。 は、 次 3-3、 4 表 場 品 と
 ら 多 し、 才 稚 が、 て 色 の 自 わ た、 1 個 水 行 る 野 個 体 た。 は、 次 3-3、 4 表 場 品 と
 得 が 多 し、 才 稚 が、 て 色 の 自 わ た、 1 個 水 行 る 野 個 体 た。 は、 次 3-3、 4 表 場 品 と
 が 色 し、 し、 才 稚 が、 て 色 の 自 わ た、 1 個 水 行 る 野 個 体 た。 は、 次 3-3、 4 表 場 品 と
 体 花 ま、 の 目 す 花 た、 に お の Blue Chip、 い ら 色、 点、 で、 総 性、 性、 そ、 こ、 し、 の、 自

表3-3 表 自殖や1代の自家交配によつて得られた後代における
花色分離

系統名	交配年度	自殖後代に分離する各花色の頻度					調査 個体数
		白	黄	橙	赤	桃	
白色花グループ							
KB4*	1965	175	100		4	4	283
"	1966	160	12		3		175
KB5	1965	15	39				54
"	1966	27	15				42
KB6	1965	81	119	29	88	19	336
"	1966	350	175	23	108	16	672
KB7	1965	9	19		2	1	31
"	1966	30	4		2		36
KB8	1965	6					6
"	1966	33	3	1	3	2	42
KB9	1965	7	7		1	4	19

"	1966	2	1	2	1	6
計	895	494	53	213	47	1702
(%)	(52.6)	(29.0)	(3.1)	(12.5)	(2.8)	(100.0)

橙色花 グループ

BBZ	1965			4	2	6
"	1966			3		3
計				7	2	9
(%)				(77.8)	(22.2)	(100.0)

桃色花 グループ

BB1	1965				2	2
"	1966			3	1	4
KB2	1965	104	89	7	138	191
"	1966	259	133	34	427	564
KB3	1966	20	15	9	15	27
KB10	1965	2	2			2
"	1966	15	11		8	5
計		400	250	50	591	792
(%)		(19.2)	(12.0)	(2.4)	(28.4)	(38.0)
						(100.0)

すの代分の花可少
 現花の種色離多
 出色種花品橙分て
 の桃白色は、目り相も
 花淡、橙度たりよ、代
 色には、頻っおにた、
 黄かてが現かて本れ、
 が、花の出後み母ら代
 が、わ色なのりをの得
 下、黄ぎそな目らが殖
 し、く、す、か代れ果自
 察高たに水、へ、そ結は
 観がみたら比もた花み、
 で度とみみに合色、色を
 ま頻離とが合場花な桃
 代る分目離場のる異分
 1色花ぞ

4) 考 察

ら、じる
 か生 Multifold
 とが配い
 こ離が、交
 い分る家た
 高色れ自代
 が花さの後
 性が測ク殖
 口い推ギ自
 テおた培の
 へに易栽花
 は代容は色
 フ後(70)桃
 キ殖と
 自こ(70)い

表3-4 表 自殖や2代の自家交配によって得られた後代における
花色分離

系 統 名	自殖後代に分離する各花色の頻度					調 査 個 体 数
	白	黄	橙	赤	桃	
<u>白色花グループ</u>						
KB2E-4	40	28			5	73
"	62	47		11	10	130
"	16	61				77
"	2	5		1	3	11
KB4E-1	2	1				3
KB5E-1	2	1				3
計	124	143		12	18	297
(%)	(41.8)	(48.1)		(4.0)	(6.1)	(100.0)
<u>黄色花グループ</u>						
KB2E-1			7			7
KB5D-1		3				3

KB6E-2	1	142	20	163
"	4	41	3	44
"	6	27	7	34
"	7	1		1
"	8	8	8	16
計		222	45	268
(%)	(0.4)	(82.8)	(16.8)	(100.0)

橙色花グループ

KB6E-3		37	81	118
計		37	81	118
(%)		(31.4)	(68.6)	(100.0)

桃色花グループ

KB2E-5		1	1	14
"	6	7	17	50
"	7			15
"	8	1	2	44
"	11	12	13	147
計		22	32	147
(%)		(31.4)	(68.6)	(100.0)

16	2	17	1	4	12	36
"					1	1
19					3	6
"		1	2		7	8
"		1			3	3
KB3E-4					6	8
KB9E-1		1			3	3
計	23	60	26	19	204	332
(%)	(6.9)	(18.1)	(7.8)	(5.7)	(61.4)	(100.0)

* KB系統... 両種、交野群の自殖後代

多離かのも花がをる。同得花代続出少らり花多のそかこれくが生も色太報。同得花代続出少らり花多のそかこれの花じれ出き告本様らのにけ現のれ、色、ぞ現リして験結、殖た結度違る分の現ぞた。別に分しれ頻こて験結、殖た結度違る分の現ぞた。別の色、ぞ現リして験結、殖た結度違る分の現ぞた。別の花じれ出き告本様らのにけ現のれ、色、ぞ現リして験結、殖た結度違る分の現ぞた。別のくが生も色太報。同得花代続出少らり花多のそかこれの多離かのも花がをる。同得花代続出少らり花多のそかこれの

Blue Chip f. 等がそのれで、各 family は
いろいろの花色の品種から構成され
ており、それぞれに異なるものがあるこ
とが報告されている(18, 97)。花色の
変異が周縁キメラとして知ら
れている(83)。

Dowrick (17) はキク品種の染色
体数を調査し、family 内の花色変異
が染色体数の変化によるとしたが、
Sampson (88) は10の family につ
いて、染色も染色体数を調査し、花
色は必ずしも染色体数に比例するも
のほ、さらに多くの品種を調査し、
と染色体数の関係が認められ、必ず
した関係の増減が必ずしも花
染色体数の増減が必ずしも花
びつくり構成した。

突然変異により生じる花色の
巾と、自殖後代に生じる花色の

巾と の 向 に 密 接 な 関 連 性 が み い だ さ
 れた わ け に だ が 接 自 家 交 配 に よ り 生 じ
 る 個 体 之 に あ っ て は 量 的 的 に 変 化 予 期 新 た だ
 組 換 異 体 此 大 作 用 結 果 に 変 化 予 期 的 予 期 的
 然 変 異 此 大 作 用 結 果 に 変 化 予 期 的 予 期 的
 よ う 相 互 関 係 を 構 成 可 色 素 は ア
 雑 な 差 え ら れ る 。 成 可 色 素 は ア
 と 差 え ら れ る 。 成 可 色 素 は ア
 キ ア ニ ン 色 素 は ア
 ト シ ア ニ ン 色 素 は ア
 系 色 素 は ア
 カ ロ ン 色 素 は ア
 品 種 に 基 づ いて 変 化 予 期 的 予 期 的
 色 素 と カ ロ ン 色 素 は ア
 の 多 少 により 連続 的 な 変 化 予 期 的 予 期 的
 多 少 により 連続 的 な 変 化 予 期 的 予 期 的
 system により 連続 的 な 変 化 予 期 的 予 期 的
 も 明 ら かに 示 されて いる こと

Miyake's (68) は キ フ の 花 色 を (1) 白
 色, (2) 紫 紅 色 (ア ン ト シ ア ニ ン 色 素 に
 よ る), (3) 黄 色 (黄 色 の カ ロ ン 色 素 に
 よ る), (4) 橙 赤 色 (ア ン ト シ ア ニ ン 色 素 と
 カ ロ ン 色 素 に よ る) に 分 け,

されるために、キウの自殖後代において分離してくる花色をより複雑なものにしていくと推測される。

しかし、Miyaakeらの2対の対立因子によるという仮説に加えて、polygenic system を考慮しても、細部に於いて説明出来ない花色の分離が存在している。すなわち、白色花から赤色花かよび桃色花、黄色花から橙色花、橙色花から赤色花、赤色花から桃色花がそれぞれ水分離している点である。前3例はアントシアニン色素が新たに形成されている場合であり、他は、カロチノイド色素が抑制されている例である。したがって、アントシアニン色素形成を支配する因子Cを補足するような別の因子(例えば、トレニア, Endo, 1962)を考える必要があるであろう。

他方、Mullford (70) は自殖後代において、赤色花が分離してこないことから、赤色花に属する遺伝子が他の花色の遺伝子により隠されているのではなからかと述べ、Howard (43)

は赤色、と報告もアに在の4
色、報告もアに在の4
花赤し、(76)高に
発色、と、色素量は、
現、い、ア遺ク量力、ア色素集
に、赤、ア遺ク量力、ア色素集
肉紫。ン伝の、ア色素集
よ、色、このト子赤比、今、ト含必
す、の、れ、シ、は、色、較、ノ、リ、シ、量、要
る、花、ら、ア、優、花、的、イ、か、ア、に、と
遠、に、の、ニ、性、は、高、ド、ら、ニ、肉、な
伝、存、結、ン、で、ア、く、色、ン、よ、う
子、在、果、色、ア、ン、素、赤、す、う
ほ、す、か、素、ト、さ、が、色、カ、ロ
赤、ら、形、テ、シ、ら、存、花、ロ

第4章 花色構成色素の定性分析

1) 緒言

す合、と色了含発は
離場を花げと色と
分ののの上花色必要
て、そのそり花、必
り、が、その、と、め、
おる、色、で、も、た、分
に、た、花、適、色、が、の、
代、わ、不、の、た、調、べ、
後、に、て、は、々、し、を、色、
殖、岐、し、と、個、係、る、色、
自、多、と、こ、る、。、関、か、
の、は、質、る、す、あ、の、ず、
ク、色、形、が、成、が、素、あ、
キ、花、伝、上、構、成、要、色、
る、遺、り、を、構、成、有、現、
つ、て、花、赤、類、の、色、素、
歴、史、は、非、常、に、古、く、
キ、ク、の、花、に、含、ま、れ、る、色、素、
も、多、く、の、研、究、者、に、よ、り、
離、色、素、に、関、し、て、は、
抽出、分、
フラボノイド
Willstätter (109),
Robinson (80), 林 (36), Kuroda
ら (60), 和田ら (107) の報告が、カ
ロチノイド色素に關しては、 Karrer

ら (51, 52) の報告がみられる。

その後、ペーパークロマトグラフ
イーの色素分析への応用が Bate-Smith
(5) によって確立されてからは、
色素分子の細部構造の分析が可能と
なり、花色および色素の研究はさら
に発展し、キクの花の色素に关して
も新しい知見が得られてゐるが、い
まだ不明な点が多い (20, 34, 48, 99)。

本実験では、このようた観点から
キクの花に含まれる個々の色素の構
造分析をクロマトグラフイーの援用
により詳細に行なつた。

2) 材料および方法

色素を抽出するたために用いられた
キクの品種は、主としてアメリカお
よび我が国で育成された切花キクで、
それらほほ場で、慣行法にしたが
つて栽培された。

色素分析には、ペーパークロマト
グラフイー (PC) および薄層クロマ

ドグラフィー (TLC) を常用した。
PC には東洋口紙 (No. 50, 51) を使用し、TLC にはシリカゲル (Silica gel-G, Merck) およびセルロースパウダー (アビセル, ファコシ葉屋) を使用した。

スペクトル、カーブの測定には、マルチパーパス自記分光光度計 (MP S-50 L 型, 島津) をはじめ、分光光度計 (QV-50 型, 島津), ダブルビーム分光光度計 (UV-200, 島津), 回折格子赤外分光光度計 (225 型, 島津) を適時, 使用した。

PC および TLC に用いられた展開溶媒は表 4-1 にまとめて示した。なお, 個々の分析手法の詳細については, 各項において述べる。

3) 結 果

(i) 花卉に含まれる色素の定性

含有色素の概略的な定性には主と

表4-1 色素類, および糖化合物の分離, 同定に
使用された展開溶媒.

略号	組成	混合比 (V/V)
BAW(612)	m-ブチルアルコール-酢酸-水	6:1:2
" (412)	"	4:1:2
" (415)	"	4:1:5
AHW(1)	酢酸-塩酸-水	15:3:82
" (2)	"	5:1:5
HW	1% 塩酸	
BH	m-ブチルアルコール-2N塩酸	1:1
Forestal	酢酸-塩酸-水	30:3:10
Am HW	イソミルアルコール-塩酸-水	5:1:1
FHW	ギ酸-塩酸-水	5:2:3
BPW	m-ブチルアルコール-ピリジン-水	8:8:4
PBW	イソプロピルアルコール- m-ブチルアルコール-水	14:2:4
AcOH	15% 酢酸	
EPW	酢酸エチル-ピリジン-水	12:5:4
Phenol(1)	水飽和フェノール	
" (2)	フェノール-水	73:27
LA	石油ベンゼン-アセトン	4:1
BM	ベンゼン-メチルアルコール	9:1
BE	ベンゼン-エチルアルコール	6:1

83

して、赤色花の品種である Delaware の花弁を用いた。この花弁の乾燥粉末（約 40℃ で乾燥）を、クロロホルムおよびニ硫化炭素に浸漬し、色素を抽出すると、黄色の抽出液が得られた。その溶液の吸収スペクトルを測定した結果、450 nm 付近にカロチノイド色素特有の三つの吸収極大（ λ_{max} ）を持つスペクトルカーブが得られた（図 4-1）。また、この抽出液を濃縮し、得られた黄色色素を TLC により精製して、クロロホルム溶液を作り、濃塩酸を加えたところ、溶液は灰色に変化した。これらの事実から、この色素をカロチノイド色素と特定した。

一方、Delaware、それに赤紫色花である精興美山、および赤色花である Jetfire の花弁の乾燥粉末を 1% 塩酸-メタノールに浸漬し、得られた赤色の色素溶液の吸収スペクトルを測定したところ、530 nm にただ一つの λ_{max} が認められた（図 4-2）。また、Delaware の花弁から得られた

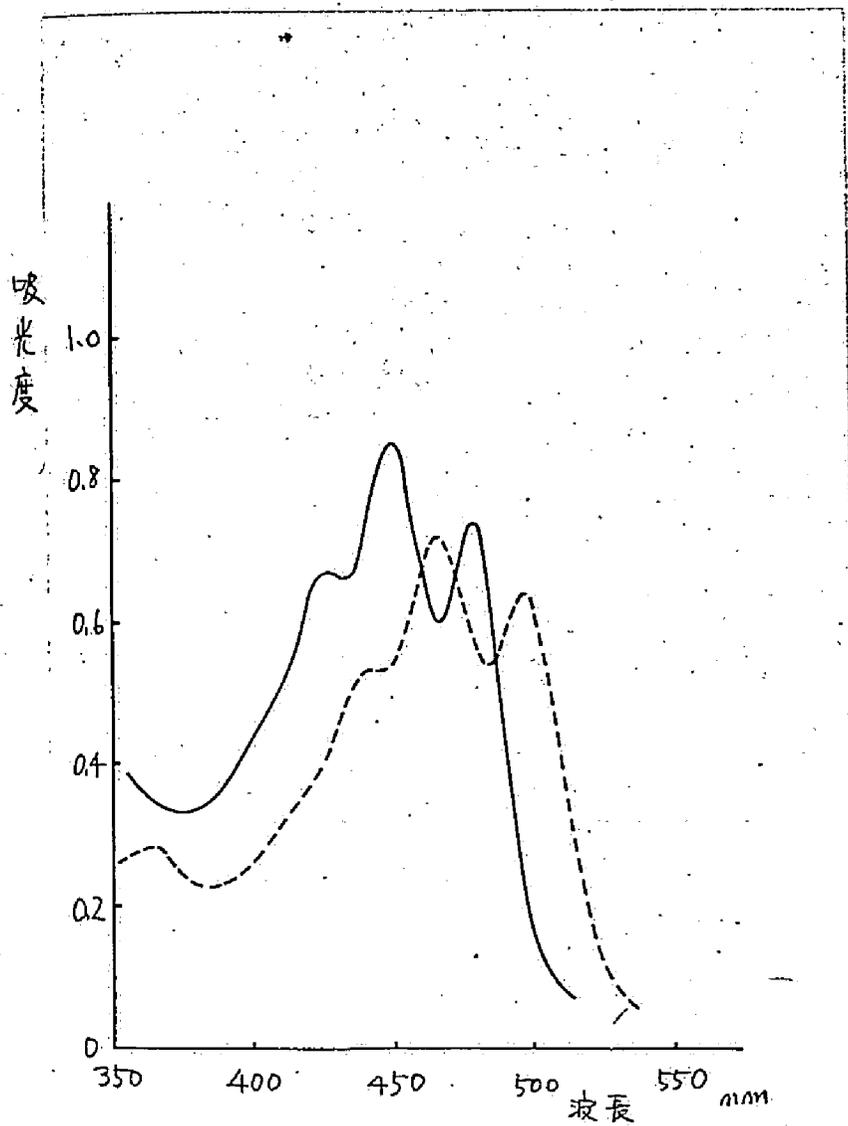


図4-1 図 ミモザの花弁から抽出された黄色色素のスペクトル・カーブ

(———— クロホルム溶液)
 (- - - - - 二硫化炭素溶液)

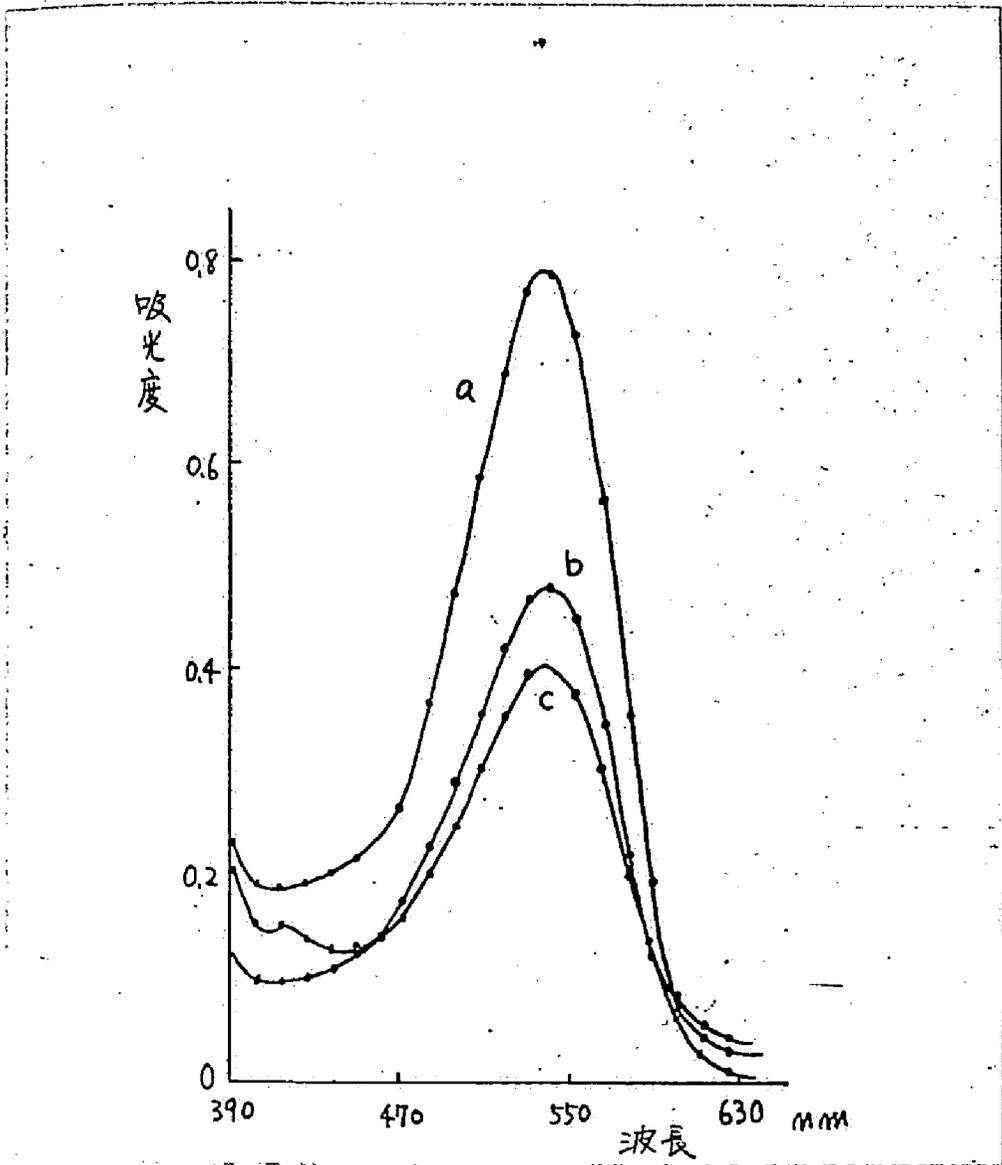


表4-2図 キクの花弁から1%塩酸-メタノール
で抽出された赤色色素のスペクトルカーブ

(a: Delaware (赤色花), b: 精興美山 (赤紫
色花), c: Jetfire (赤色花).)

色素の存在が推測された。そこで、この色素について詳細な分析を行った。

(1) 塩酸抽出液が放置された場合の色素の変化。

40°Cで乾燥した Delaware の乾燥花弁を粉末とし、その少量を1%塩酸-メタノールに浸漬して色素を抽出した。その抽出液をろ過したのち、室内(27~29°C)に静置し、その色素液のPCを行ない、クロマトグラムのスポットの変化を観察した。

その結果は表4-2に示した。クロマトグラム上に分離する主要色素スポットは2~3で、Rf値の高いスポットからA, B, Cとすれば、抽出直後にはA, Bスポットが主体で、Cスポットはこん跡程度であり、また、AスポットよりBスポットの濃度が高かった。しかし、抽出後の日数の経過につれ、A, B, Cスポットの濃度に変化が生じ、26日後には

表4-2 1%塩酸-メタノールで抽出されたアントニア
ニン色素のスポットの濃度の変化

抽出後の日数	スポットの濃度		
	A*	B	C
直後	++	+++	±
1	+	+	+
3	+		++
11	+		+
26			+++

* クロマトグラム上のスポット, 展開溶媒 BAW (612).

A, B スポットが消失し C スポットの
のみがクロマトグラム上に認められ
るようになった。その後はいくら放
置しておいても C スポットに変化は
認められなかった。

このようなクロマトグラム上での
スポットの変化は, 抽出に用いた溶
剤中の塩酸により, キアの花弁に元
来, 存在する色素の分子構造に変化
が生じたことを示すものである。

(b) 塩酸濃度を異にするメタノール溶剤で抽出した場合の色素変化。

キクのアントシアニン色素は、抽出溶剤中の塩酸により容易にその構造に变化が生じるもので、塩酸濃度を異にした抽出溶剤も調整し、Delawareの乾燥花弁から色素を抽出し、その抽出液を1日、室内に放置したのち、PCを行ない、クロマトグラム上のスポットを比較した。

結果はヤ4-3表に示した。塩酸濃度がうすいとA, Cスポットは認められず、Bスポットのみが認められた。塩酸濃度が1%の場合、Cスポットの濃度はAスポットとほぼ同程度であった。塩酸濃度が0.1%では、その濃度はかなりうすかった。なお、このCスポットは同時に展開したchrysanthemim標品と同じRf値を示した。

表4-3 塩酸濃度を異にするメタノール溶剤で抽出されたアントシアニン色素のスポットの濃度の変化

抽出溶剤	スポットの濃度 および Rf 値		
	A [*]	B	C
1% 塩酸-メタノール	+ (0.34) ^{**}	+ (0.25)	+ (0.20)
0.1% "	+ (0.34)	+ (0.25)	± (0.20)
0.01% "		+ (0.25)	
0.001% "		+ (0.25)	
<u>標品</u>			
Chrysanthemin			0.20
Cyanin			0.06

* フロマトグラムのスポット, 展開溶媒 BAW (612).

** Rf 値

(ハ) エタノールによる色素抽出および色素変化に及ぼす展開溶媒中の塩酸の影響

品種, 精興美山の乾燥花弁を80%エタノールに約30分間浸漬し, 得られた抽出液を濃縮すると, 赤紫色の

シロツブ⁷⁰状の抽出物が得られた。これを酢酸エチル、イソプロパノール、エタノール等種々の有機溶媒により可溶性物質を除去して精製すると、黒紫色の粉末状の色素が得られた。これを、展開溶媒 BAW (612) を使用して PC を行なったところ、一つのスポットのみに色素が認められた。そこで、かりにこの色素を D とした。この粉末状色素をさらにマススペーパークロマトグラフィー (MPC) により BAW (612) を用いて精製した。

これとは別に、同じ花卉より 1% 塩酸-メタノールでアントシアニン色素を抽出し、同様に MPC で精製し、A, B, C の各スポットに相当する色素を別々に得た。これら、色素 A, B, C, D を試料として、塩酸を含む展開溶媒である BAW (415) と、塩酸を含む展開溶媒である AHW (1) HW, BH とを用いて PC 分析を行なった。

その結果は表 4-4 表に示した。エタノールで抽出された色素 D は、B

表4-4 表 キクのアントシアニン色素と標品のRf値

色素	Rf 値			
	BAW(415) [*]	AHW(1)	HW	BH
<u>キクのアントシアニン色素^{**}</u>				
A	0.39	0.37	0.11	0.49
B	0.30	0.33	0.10	0.35
C	0.26	0.28	0.07	0.22
D	0.30	{ 0.37 0.34 0.28	0.10	{ 0.49 0.36 0.22
<u>- アントシアニン標品</u>				
Chrysanthemim	0.25	0.28	0.08	0.22
Cyanim	0.10	0.41	0.17	0.06

* 展肉溶媒 (表4-1表参照)

** { A, B, C --- 1% 塩酸-メタノール抽出
D --- エタノール抽出

AW (415) で展肉すると、一つのスポットのみが認められ、それは色素Bに等しいRf値を示したが、他の塩酸を含む展肉溶媒を使用したクロマトグラム上では、三つのスポットとなり、それらは塩酸で抽出された場合のA, B, Cに等しいRf値を示した。

以上の結果は、エタノールで抽出された色素Dが展南溶媒に含まれる塩酸によって三つの色素に変化することを示している。なお、色素DはBとほぼ同じが、近似の化学構造を持つと考えられる。また、標品とのRf値の比較から、色素Cは chrysanthemim であると推測される。

(二) 色素Cの同定

先の実験結果から、色素Cは chrysanthemim と推測されたが、ここで、色素Cについて、さらに詳細な分析を試みた。

先ず、色素Cのアグリコンを同定するために、Delawareの花弁から、1%塩酸-メタノールで抽出された色素の粗抽出液を20%塩酸で3分間加水分解したのち、MPCで精製し、PCによるRf値およびスペクトル特性を petunidin, malvidin, cyanidin の標品と比較検討した。

また、粗抽出液をそのまま MPC に

表4-5 色素Cのアグリコンとアグリコン標品のRf値および薄層クロマトグラムの色

色素	呈色*	Rf 値			
		Forestal**	AHW(2)	AmHW	FHW
色素Cのアグリコン	赤紫色	0.56	0.38	0.55	0.22
<u>標品</u>					
Petunidin	淡紫色	0.54	0.33	0.35	0.19
Malvidin	"	0.71	0.45	0.41	0.27
Cyanidin	赤紫色	0.56	0.38	0.55	0.22

* 可視光による紙上の色

** 展開溶媒 (表4-1参照)

より精製し、色素Cのスペクトル特性を chrysanthe-min、および cyanin のそれと比較した。

結果は表4-5, 6表に示した。これによると、アグリコンのRf値、およびスペクトル特性は、色素Cのアグリコンが cyanidin であることを示した。また、配糖体である色素Cはそのスペクトル特性から、chrysanthe-min と同定された。

(ホ) 色素 A, B の分析

これまでの結果から、色素 A, B は色素 C (chrysanthemim) の誘導体であると推測されるが、さらに、色素 A, B の化学構造を検討するため、それらのスペクトル特性を調査した。色素は Delaware の花卉から 1% 塩酸-メタノールで抽出され、色素 A, B, C は別々に MPC により精製されたのち、スペクトル測定用の試料とされた。

スペクトル測定の結果は表 4-7 表に示した。色素 A, B, C の各 λ_{max} および $E_{440}/E_{\lambda_{max}}$ の値は chrysanthemim のそれに全く等しく、さらに、 $-AlCl_3$ による λ_{max} の移動も認められることから、色素 A, B は chrysanthemim と基本的にはほとんど等しい化学構造をもつが、スペクトル特性には影響を示さず、クロマトグラム上で Rf 値を変えような未知の物質がその位置に結合していると推測される。一方、前述のように、塩酸を含む

表4-6 表 キクのアントシアニン色素 C と C のアグリコン
および標品のスペクトル特性

色 素	吸収極大(λ_{max}) [*]	$E_{440}/E_{\lambda_{max}}$ (%)	AlCl ₃ ^{**}
<u>キクのアントシアニン色素</u>			
C	531	23.6	+
C のアグリコン	541	21.0	+
<u>標品</u>			
Chrysanthemim	531	23.8	+
Cyamim	527	13.5	+
Petunidim	549	18.0	+
Malvidim	548	20.0	-
Cyamidim	541	21.0	+

* 0.01% 塩酸-メタノール溶剤

** 5.0% AlCl₃-エタノール溶液

色素抽出液中で、色素 A, B は chrysanthemim に変化して行くが、ここで、色素 A, B が chrysanthemim に変化して行く過程を PC を行なって観察した。

色素の配糖体の分析手段としてよく用いられる部分水解(1)を色素 A, B についで行なった。スペクト

※4-7表 キクのアントシアニン色素 A, B, C と
標品のスペクトル特性

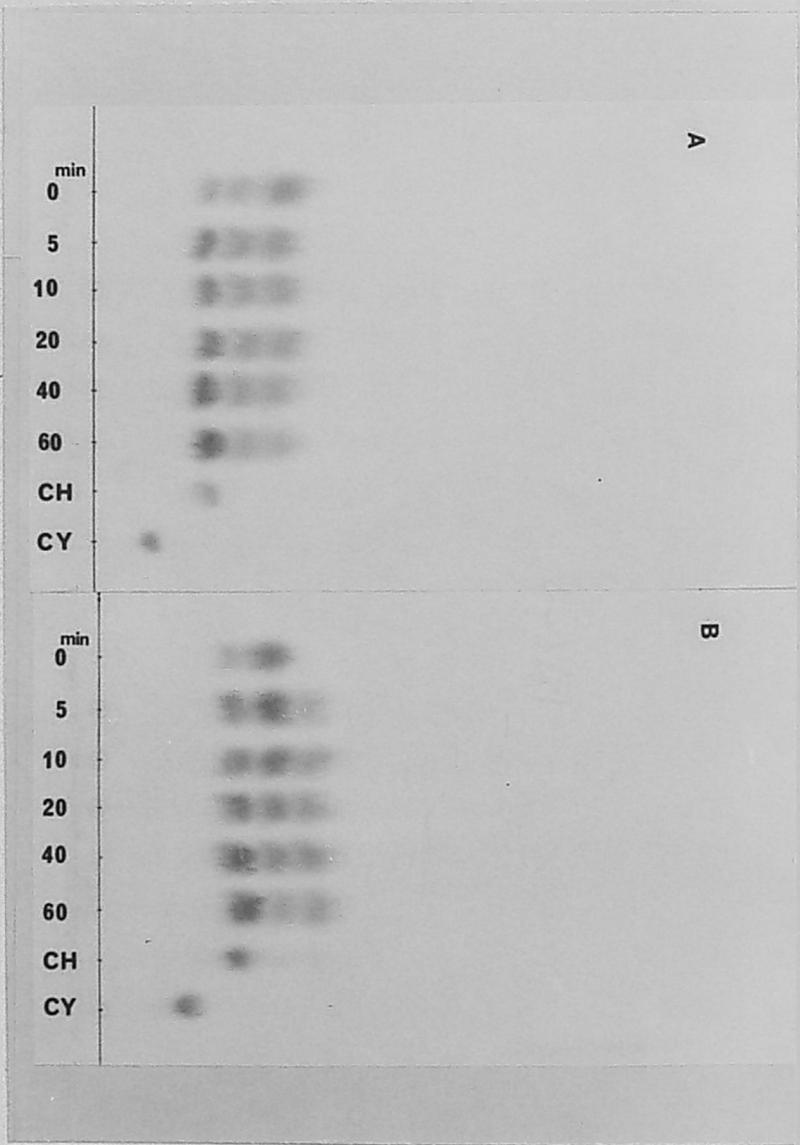
色素	吸収極大(λ_{max}) [*]	$E_{440}/E_{\lambda_{max}}$	$AlCl_3$ ^{**}
<u>キクのアントシアニン色素</u>			
A	531	22.6	+
B	531	22.4	+
C	531	23.6	+
<u>標品</u>			
Chrysanthemin	531	23.8	+
Cyamim	527	13.5	+

* 0.01% 塩酸-メタノール溶剤

** 5.0% $AlCl_3$ -エタノール溶液

測定用の試料のうち、色素 A, B, C を 5% 酢酸-メタノールに溶かし、塩酸濃度が 3% になるよう塩酸を加え、50℃ の温湯上で加水分解を行った。加水分解開始から 5, 10, 20, 40, 60 分後に、それぞれ色素溶液を取り出し、展開溶媒 BAW (415) を用いて PC を行った。

そのクロマトグラムを ※4-3 図に示した。色素 A, B は MPC によりほ



※4-3 図 部分水解によるキクウのフラボノイドシキアニン色素 A, B の

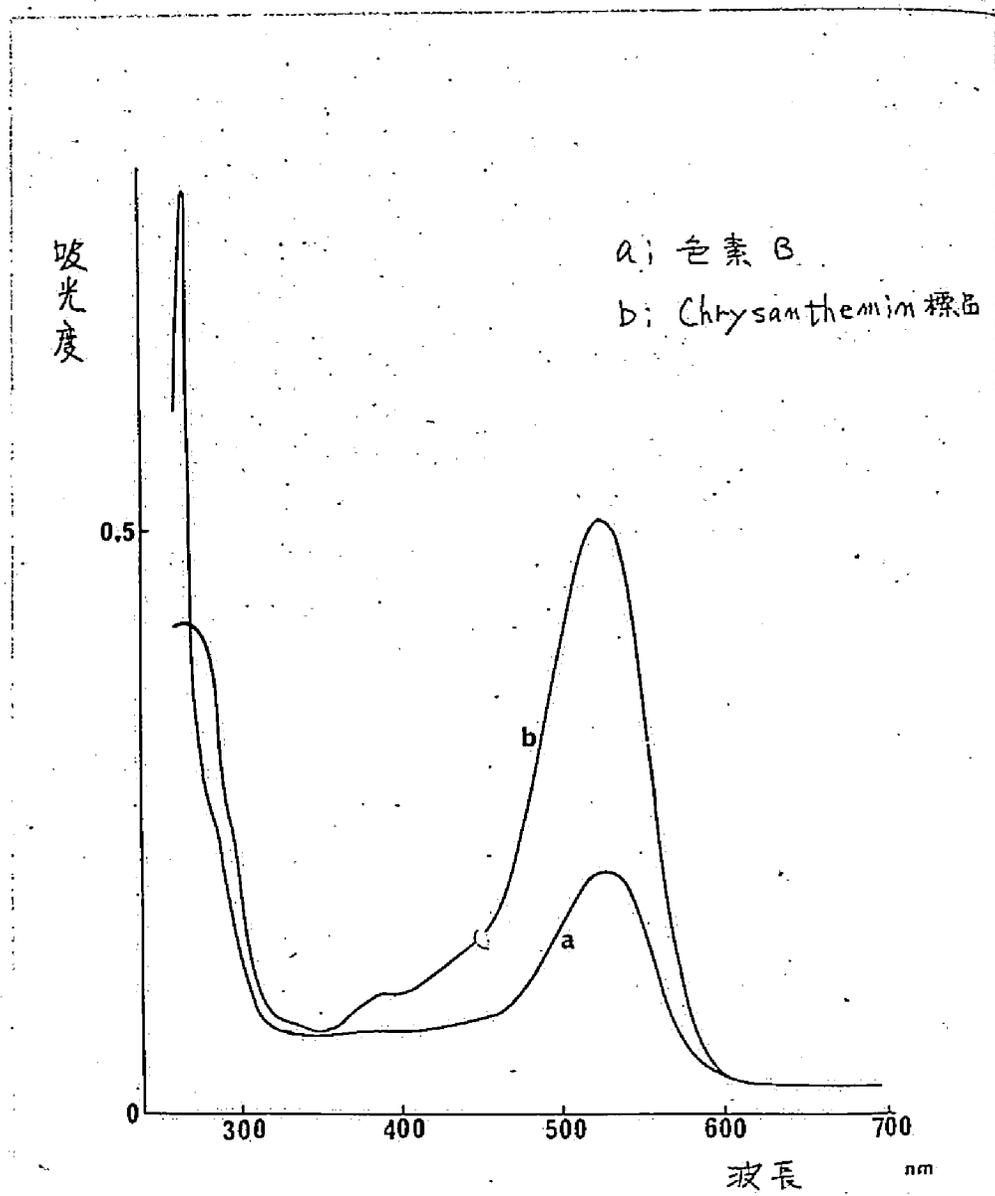
ペーパークロマトグラム

展開溶媒

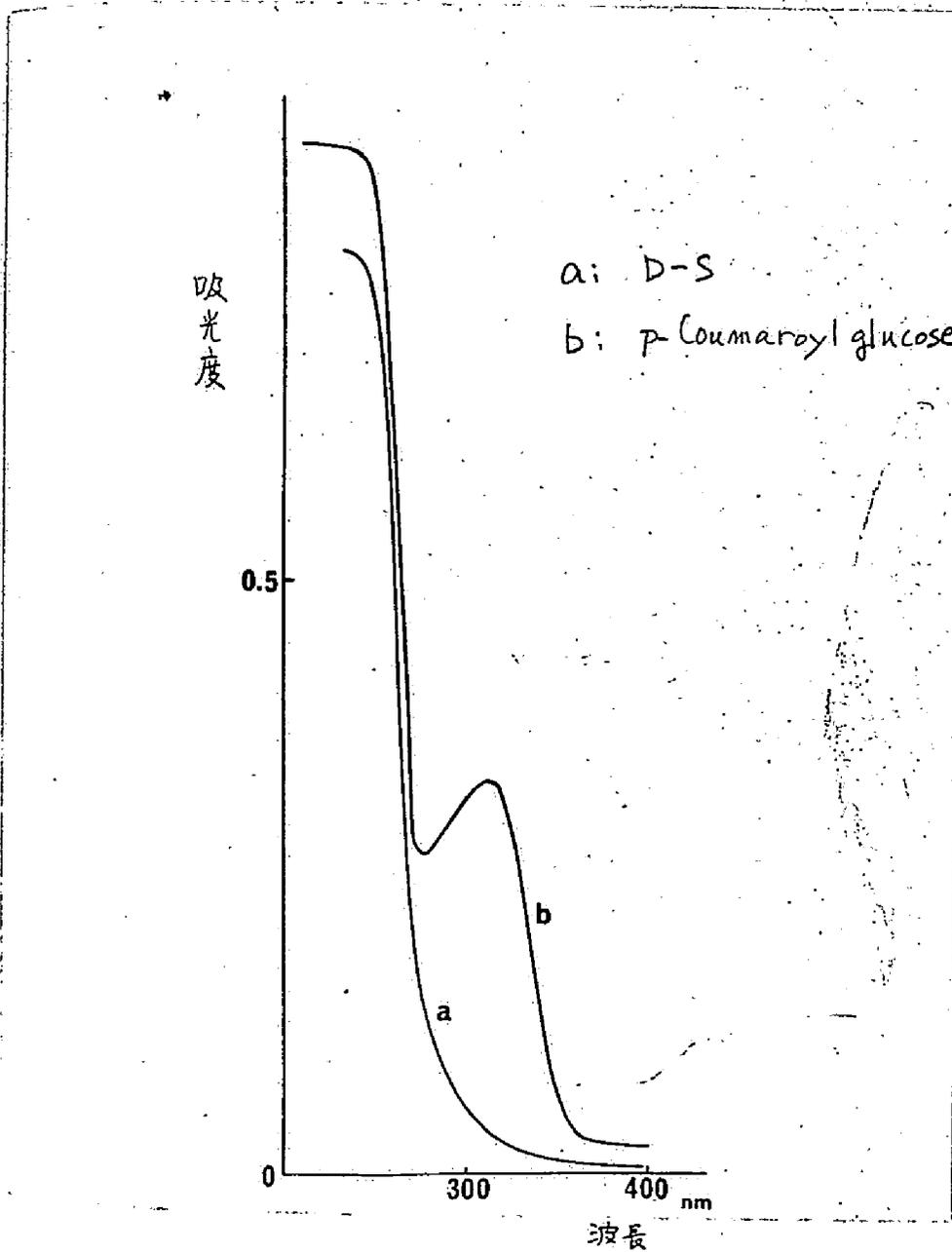
BAW (4:1:5)

CH : Chrysin
anthemim 標品

CY : Cyanin
標品



4-4 図 キクのアントシアニン色素 B と chrys-
 anthemin のスペクトル・カーブ



*4-5図 キクのアントシアニン色素Bの過酸化水素分解により得られた還元物質(D-S)のスペクトルカーブ。

表4-8 表 キクのアントシアニン色素 B から
得られた還元物質(D-S)と糖標品の
Rf値

糖と還元物質	Rf 値			
	BPW [*]	PBW	EPW	BAW(4:1:5)
D-S	0.14	0.06	0.02	0.17
Glucose	0.47	0.31	0.18	0.19
Sophorose	0.36	0.17	0.08	0.10
Cellulose	0.33	0.14	0.08	0.10
Trehalose	0.32	0.18	0.07	0.10

* 展開溶媒 (表4-1表参照)

方法で得た色素 B を、さらに MPC で精製し、そのスペクトルを測定した (表4-4図)。同様の試料を常法により過酸化水素分解 (101) し、得られた還元物質 (D-S) を MPC で精製した。その試料の UV スペクトル・カーブを表4-5図に、PC を行なった分析結果を表4-8、9 表および表4-6図に示した。

展開溶媒 (オキ4-1表)

1: BPW

2: PBW

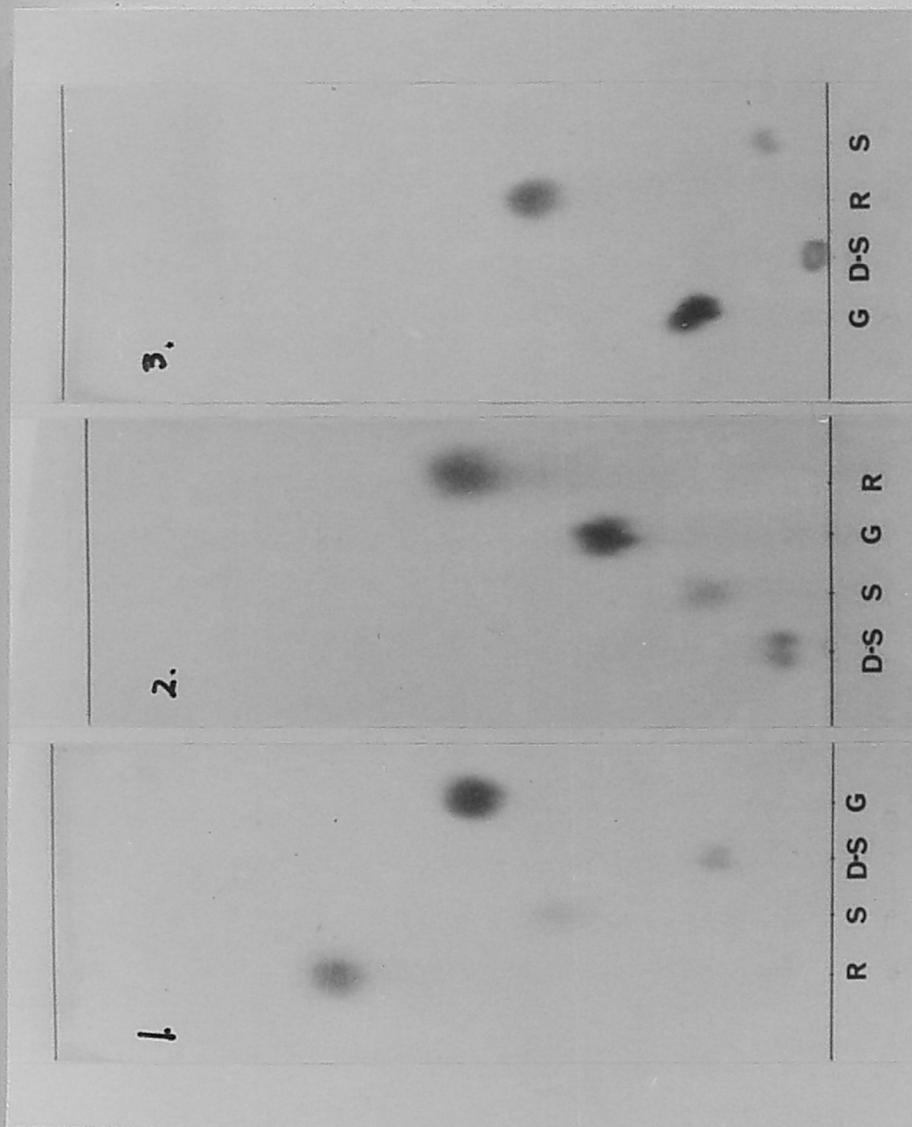
3: EPW

糖標品

R: Rhamnose

S: Sophorose

G: Glucose



オキ4-6 四 色素Bから得られた還元物質(D-S)と糖標品のクロマトグラム。

表4-9 表 キクのアントシアニン色素Bから得られた還元物質と glucosamine 類の Rf 値および呈色^{色反応}

Glucosamine類 と還元物質	Rf 値		呈 色	
	BPW*	PBW	Ninhydrin**	Elson-Morgen
D-S	0.10	0.09	±	-
Glucose	0.43	0.35	-	-
Glucosamine- HCl	0.36	0.25	Purple	Red
N-Acetyl-D- Glucosamine	0.54	0.45	Purple	Purple

* 展南溶媒 (表4-1表参照)

** 呈色試薬

P-Coumaroyl glucose のスペクトルカーブには、P-Coumaric acid による吸収が 310nm 付近に認められたが、色素BおよびD-Sのスペクトルカーブには、有機酸によると思われる吸収は認められなかった。

D-S を硫酸で加水分解した場合、糖として glucose のみが発見されたので、数種類の展南溶媒を用いて、

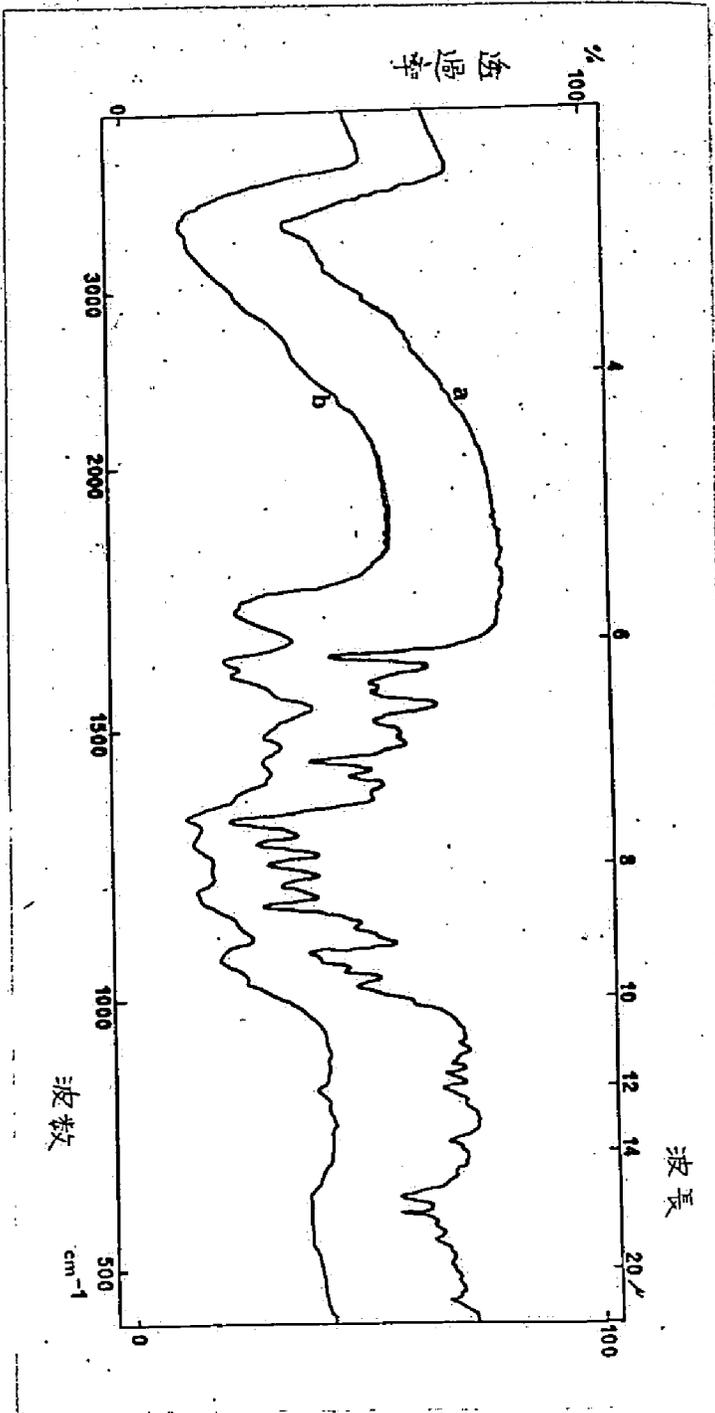
sophorose, cellobiose, trehalose, glucosamine-HCl, N-acetyl-D-glucosamine の標品と一緒に D-S の PC を行なったが、D-S の Rf 値はそれらのいずれにも一致しなかった。

さらに、色素 B の 3 の位置に結合していると思われる D-S について検討を加えるため、上述と同じ方法によって得た色素 B の IR スペクトルを測定した（オ 4-7 図）。

その結果、chrysanthemim のスペクトル・カーブとは認められないう。1720^{-cm} の吸収が D-S のスペクトル・カーブに認められた。この 1720^{-cm} の吸収は carbonyl group によるもので、色素 B に carbonyl group の存在が推測された。

(iii) フラボノール系色素の分析

キク花卉から 1% 塩酸 - メタノールで抽出した粗抽出物について、二次元の PC を行ない、そのクロマトグラムにアンモニア蒸気および紫外線



a: Chrysanthemum 標品

b: 色素 B

★4-7 図 キクの花汁の色素 B と Chrysanthemum 標品の

IR スペクトル

を当てると多数のスポットが検出され、それらがフラボノール系色素であることを、先に確認したが、キフの花のフラボノール系色素に関する研究は少なく、*acacetin*, *apigenin*, および *quercetin* が同定されているにすぎない (33, 34, 107)。本実験では量的に多いアグリコンの同定を試みるにとどめた。

乙女桜から突然変異によって生じた赤花種の花弁の乾燥粉末を1%塩酸-メタノールに浸漬し、得られた色素抽出液を濃縮して、BAW (612) を用いてMPCを行ない、4部分に分画した。それぞれの分画を10%硫酸で1時間30分、沸水上で加水分解を行なうと、アグリコンを得た。そのアグリコンと一緒に、*kaempferol*, *apigenin*, *luteolin*, *quercetin* の標品の TLC (セルロース・パウダー) を行ない、クロマトグラムはアンモニア蒸気および紫外線を当てて呈色反応および Rf 値を比較検討した。

その結果、分画(2)から *luteolin* が、

(3), (4) から apigenin がそれぞれ同定された (表4-10表)。

(IV) カロチノイド色素の分析

キクの花弁に含まれているカロチノイド色素の分析は, Karrer (51,52) によつて行なわれ, taraxanthin, chrysanthemaxanthin が抽出, 同定されているが, 最近, 篁 (48) は定性反応実験により, 赤色系品種 (桃色花品種を含む) にカロチノイド色素が存在しないと報告しているが, 先の定性実験ではカロチノイド色素の存在が確認された。

そこで, 菊色花品種である Aztec の生花弁から, 石油ベンジン, アセトン混液 (4:1, v/v) で抽出した色素溶液を濃縮し, 以後の分析の粗試料とした。この粗試料についてシリカゲルの TLC を行なうと, 主要色素として10本のスポットが検出された。そのクロマトグラムおよびおのの Rf 値は表4-8図に示した。

※4-10 表 キクのフラボノール系色素のアクリ
 コンと 標品 アグリコンの Rf 値 および 呈色反応

色 素	Rf 値		呈 色 ^{***}	
	AcoH [*]	BAW(612)	UV ^{**}	UV+NH ₃
<u>キクのフラボノール系色素</u>				
2	0.04	0.83	B	YG
3	0.07	0.96	B	YB
4	—	0.95	B	YB
<u>標品</u>				
Kaempferol	0.07	0.90	Y	Y
Apigenin	0.07	0.96	B	YB
Quercetin	0.04	0.66	Y	Y
Luteolin	0.04	0.83	B	YG

* 展開溶媒 (※4-1 表参照)

** UV --- 紫外線, NH₃ --- アンモニア蒸気

*** B --- Brown, YG --- Yellow Green,
 Y --- Yellow, YB --- Yellow Brown.

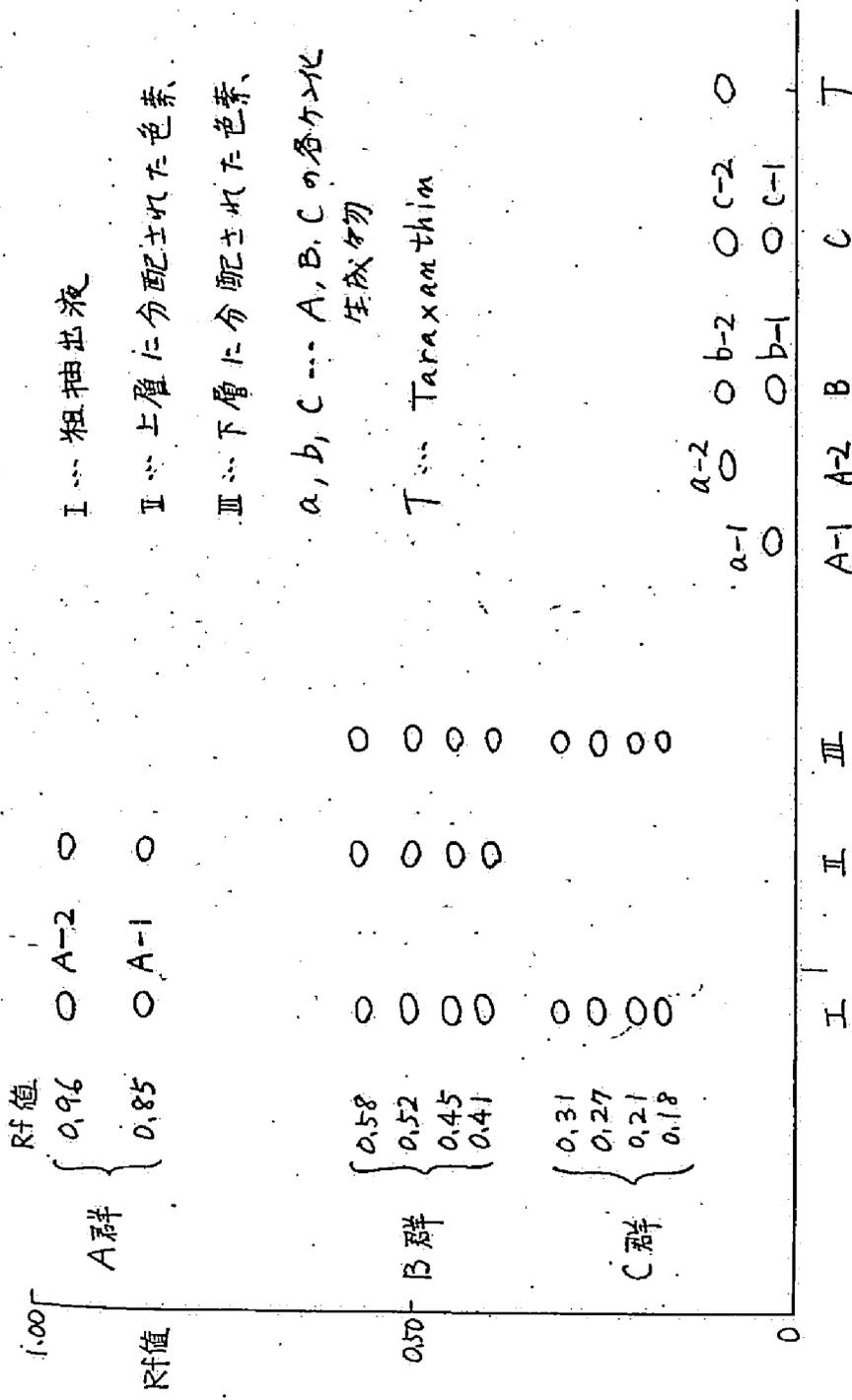
これら 10 のスポットは、Rf 値の近似性から 3 群に分けられ、Rf 値の高い群から A, B, C とした。以後、これら の色素群を単位として分析を行なった。

(1) 分配試験

濃縮された粗試料を石油エーテルに溶かし、90% メタノールを等量加えてよく振とうし、静置すると 2 層に分離し、上層と下層はともに黄色であった。両層を別々に濃縮し、下層 LC を行なった結果を 4-8 図に示した。A 群は上層に、C 群は下層に分配されたが、B 群は両層に分配されていた。

(2) けん化処理

通常、花弁等に含有されているカロチノイド色素は脂肪酸とエステル結合をしており、また、抽出に際して chlorophyll や sterol 等が混入し、



文4-8図 キクのカロチノイド色素の粗抽出液，上層，下層に分配された色素，けん化生成物および Taraxanthin のクロマトグラム [シリカゲル-TLC, 石油ベンジン, アセトン 現液 (4:1, V/V) で展開]

結晶化が困難であるため、アルカリ
によるけん化処理がよく行なわれた。

(16) 先の濃縮試料をシリカゲルのTLC
でA, B, Cの3群に分離、精製し
た。A群には2つの主要色素の存在
が認められ、Rf値の低い方をA-1,
高い方をA-2とした。それらをTLC
により、さらに分離、精製した後
少量のエタノールに溶かし、60%か
性カリを加えて一夜放置した。これ
により生じた、けん化生成物(a-1,
a-2)もエーテルで抽出し試料とし
た。同様に、B, C群についても、
けん化処理を行ない、得られた色素
のTLCを行なったところ、4-8回に
示すような結果が得られた。なお、
B, C群のけん化生成物はそれぞれ
2群に分れたので、それらを、b-1,
b-2, c-1, c-2とした。

以上のTLCには辰周溶媒として、
LAおよびBMを用いたが、a-1, b-
-1, c-1はほぼ同じRf値を示し、a-2,
b-2, c-2もそれぞれ同じRf値を示し

表4-11 キクのカロチノイド色素のケン化生成物の
スペクトル特性

色素	吸収極大 (λ _{max})					
	= 硫化炭素*			エタノール		
Rf=0.03の色素 (a-1, b-1, c-1)	439.0	465.0	496.5	415.5	438.5	468.0
Rf=0.09の色素 (a-2, b-2, c-2)	443.0	469.0	496.5	418.0	442.0	467.0
Taraxanthin**	441	469	501	416	442	471

* 溶剤

** Davies, B. H. (1965) に付す。

また、a-2, b-2, c-2 はタンポポクの花から抽出された taraxanthin と同じ Rf 値を示した。

他方、ケン化生成物の UV スペクトルを測定するため、黄色花品種である Golden Herald の生花弁から 99% エタノールでカロチノイド色素を抽出し、濃縮後、ケン化処理を行なった。ケン化生成物を、展開溶媒として LA を用いたシリカゲル TLC を行なった。

ところ、主要色素として、 $Rf=0.03$ (a-1, b-1, c-1に相当) と $Rf=0.09$ (a-2, b-2, c-2に相当) の2色素が分離、検出されたので、展開溶媒、LAおよびBEを用いたシリカゲルTLCを行って精製し、スペクトル、カーブを測定した。

その結果を表4-11表に示したが、同時に、Davies (16) による taraxanthin の λ_{max} も併記した。 $Rf=0.09$ の色素は taraxanthin に近いスペクトル特性を示すことから、taraxanthin と思われるが、厳密には、さらに、詳細な分析が必要である。

4) 考察

以上のように、キクの花にフラボノイド色素とカロチノイド色素が含有されていることが確認されたが、フラボノイド色素のうち、赤色を呈しているアントシアニン色素は、古くから分離、結晶化が試みられ、

Willstätter (109) により, chrysanthemim (cyanidin-3-glucoside) と命名され, その後, 林 (36), Kuroda (60) によりそれが確認されたが, Robinson (80) は Robinson test の結果から, cyanidin の acylated pentoside が存在することとを報告した. 最近になつて, 本実験と相前後して, 杉山 (99), 遠藤 (20), 服部 (34) はアントシアニン色素を MPC により精製して, caffeic acid の存在することを報告しているが, 本実験では, 同様に MPC により精製したアントシアニン色素 B およびその過酸化水素分解生成物 (D-S) の吸収スペクトル、カーブからは, caffeic acid の存在が認められなかった.

しかし, キクのアントシアニン色素には, 3 の位置に glucose と他の未知物質が置換されていることは明白である. IR スペクトルの分析結果から, この未知物質の一部として, carbonyl 基の存在が推測された. この点については, さらに詳細な検討

に加之なければならぬが、キクのアントシアニン色素は塩酸により容易に chrysanthemim に変化するため、その結晶化は相当困難である。したがって、これからは Bayer (6, 7), Mitsunisi (67), Saito (85) の報告にみられるように、酸を用いずに、アントシアニン色素の分離結晶化を行なう必要がある。また、ESR (77, 78), NMR (63), IR スペクトル (37) 等の機器分析の援用も今後大いに必要であると考えられる。

一方、キク花卉のフラボノイド色素の中で、白色ないし、淡黄色の色を呈するフラボノール系色素に關し、粗抽出液について二次元の PC を行なうと、10 数コのスポットが観察されるが、本実験ではその個々の色素については分析を行なわず、比較的量が多く認められたアグリコンの件について分析したところ、apigenin と luteolin が認められた。服部ら (34) が分離、同定した quercetin は本実験に用いられた品種には認められな

か

った。また、同じキク料のダリヤの花弁には、カルコンの一種である、*butein* が含有され、黄色の花色発現に関係していると報告されているが(86)、予備実験ではキクの花にその存在が認められず、キク花の黄色発現はカロチノイド色素によるものと思われる。

キクのカロチノイド色素に関して、*taraxanthin*、*chrysanthemaxanthin* 等の存在が報告されているが(51, 52)、本実験では、TLCにより精製した試料のスペクトル特性およびRf値から、*taraxanthin* の存在が認められた。他にもう一つの *xanthophyll* の存在することも認められたが、同定されるには至らなかった。

第 5 章 花色とそれを構成する色素の光学的分析

1) 緒言

最近、いろいろの面での機器分析の技術が開発されていくが、オパー・グラス透過法の開発により生体の吸収スペクトル測定も可能となり、た(89)。この物理的打撃法を花色変異の分析に応用した二、三の報告がみられる(84, 96, 116)。

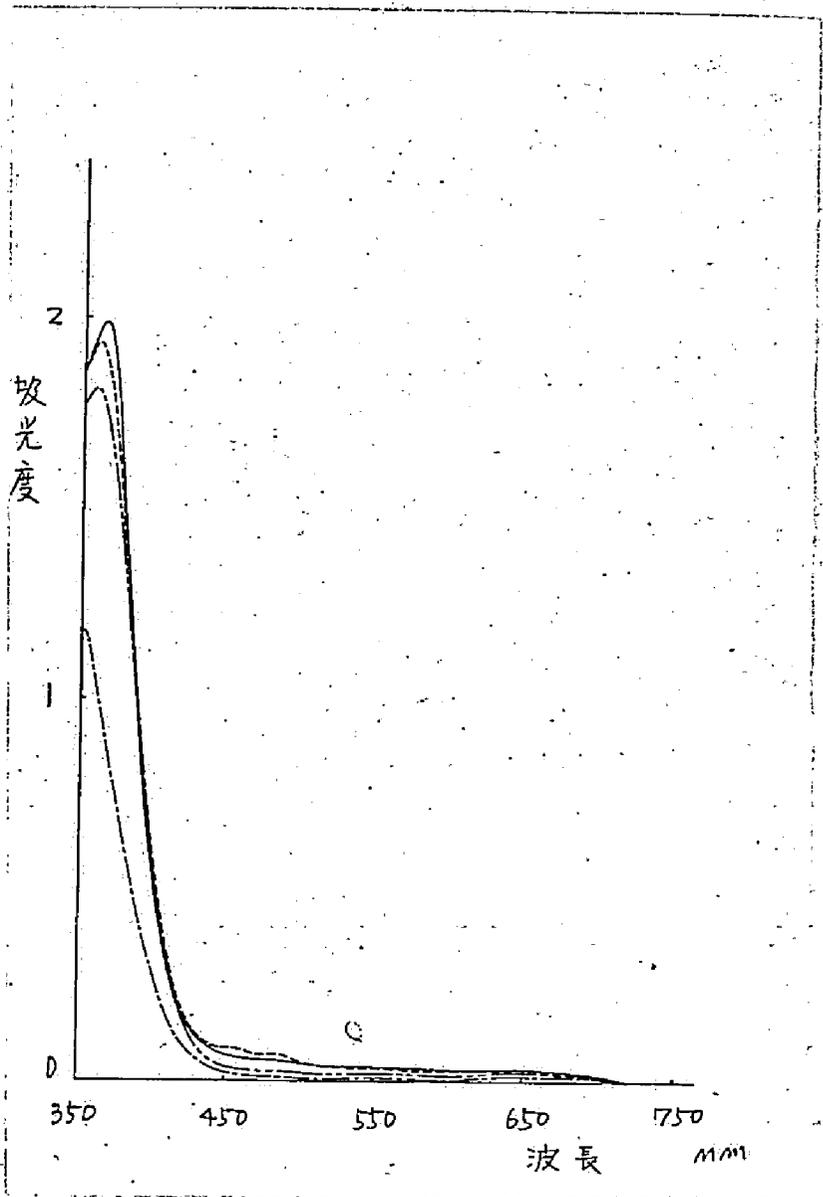
Saito(84)は種々の植物の生花弁を試験し、その吸収スペクトルを測定した。その結果、吸収スペクトルは可視部における吸収極大の数、および位置により4グループに分けられ、その生花弁から得られた吸収スペクトルの型が鉍酸を用いた抽出、結晶化された genuine anthocyanin の吸収スペクトルと一致することを、二、三の植物について明らかにした。

また、Stewart(96)は、この方法を育種後代の花色分類をすみやかに、

DK-5, 日本電色工業) を用いて行
なされた。測色にあたっては、1品種
あたり5花序につき
最外列の花心
との中間部分の小花について花弁
色を測色し、I. S. C. C. - N. B. S. 表色
にもとづいて、各品種の花色を決定
した。

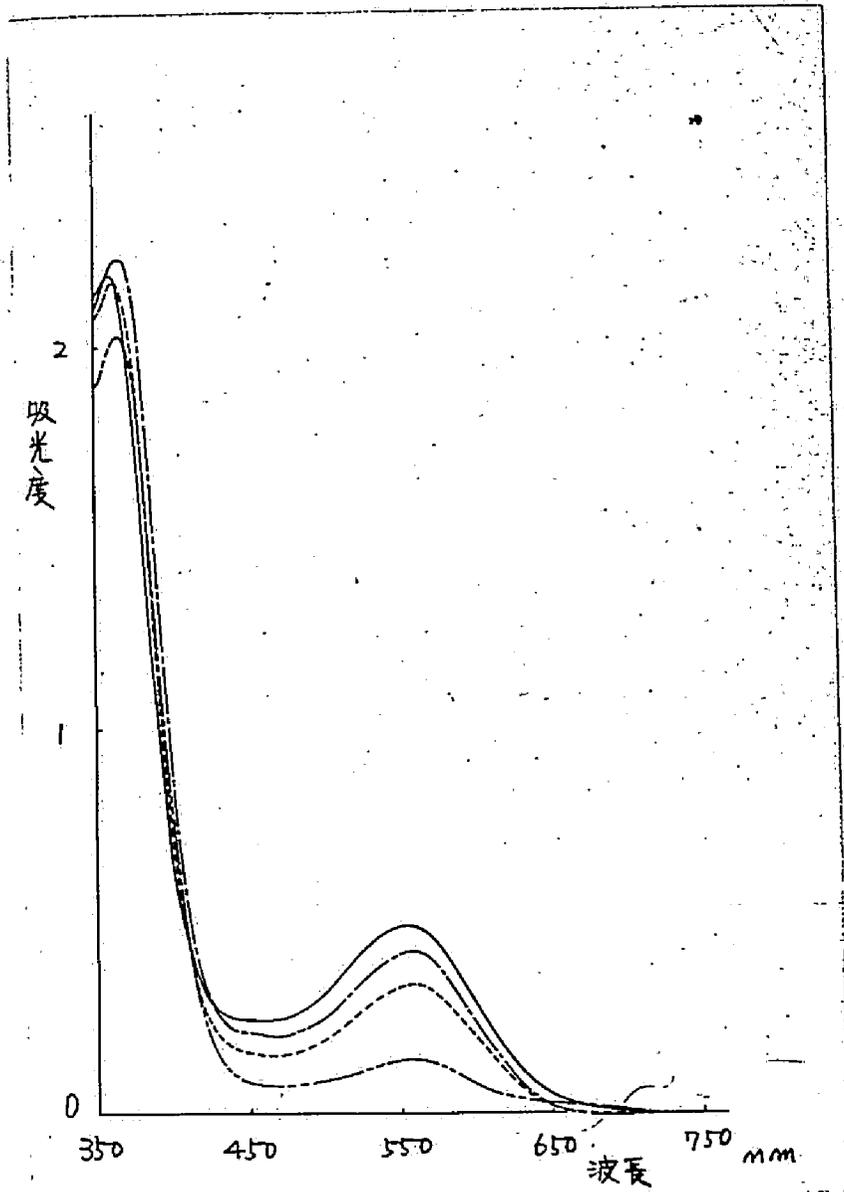
3) 結果および考察

ヤブコウソウの花には主として3つの主要
色素グループが含まれていることは、
前章で測定された吸収スペクトルから、
それら主要色素グループと花色の関
係が明確となった(ヤ5-1~6図)。
その色素グループの一つは可視部
で最も長波長側(530~560nm)に吸収
極大(入max)を持つ赤色系色素であ
るアントシアニン色素グループで、
その主要色素は chrysanthemim の誘導
体である(55)。



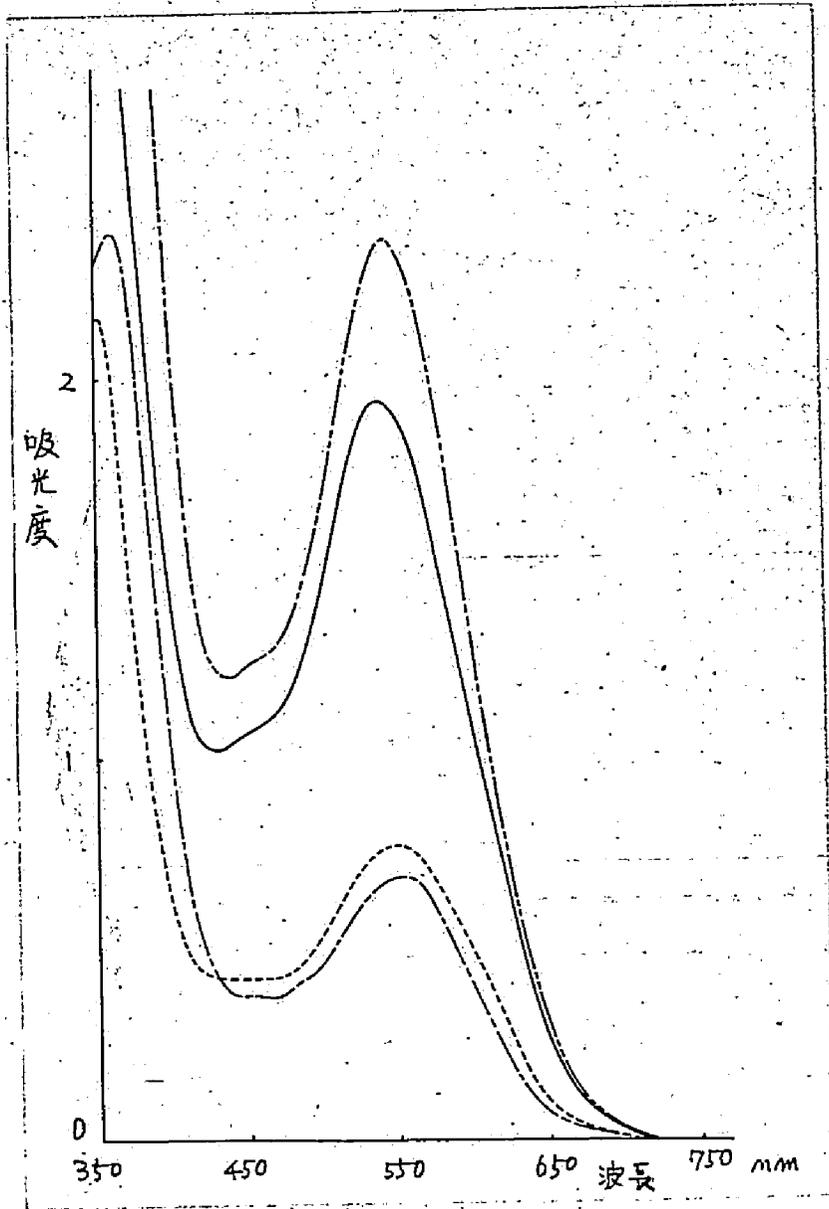
————— Iceberg, ---- 新東巨, — · — 乙女種(白),
 - - - - - Tip Top.

表5-1 図 生花弁の吸収スペクトル (ブルー・ア; W.).



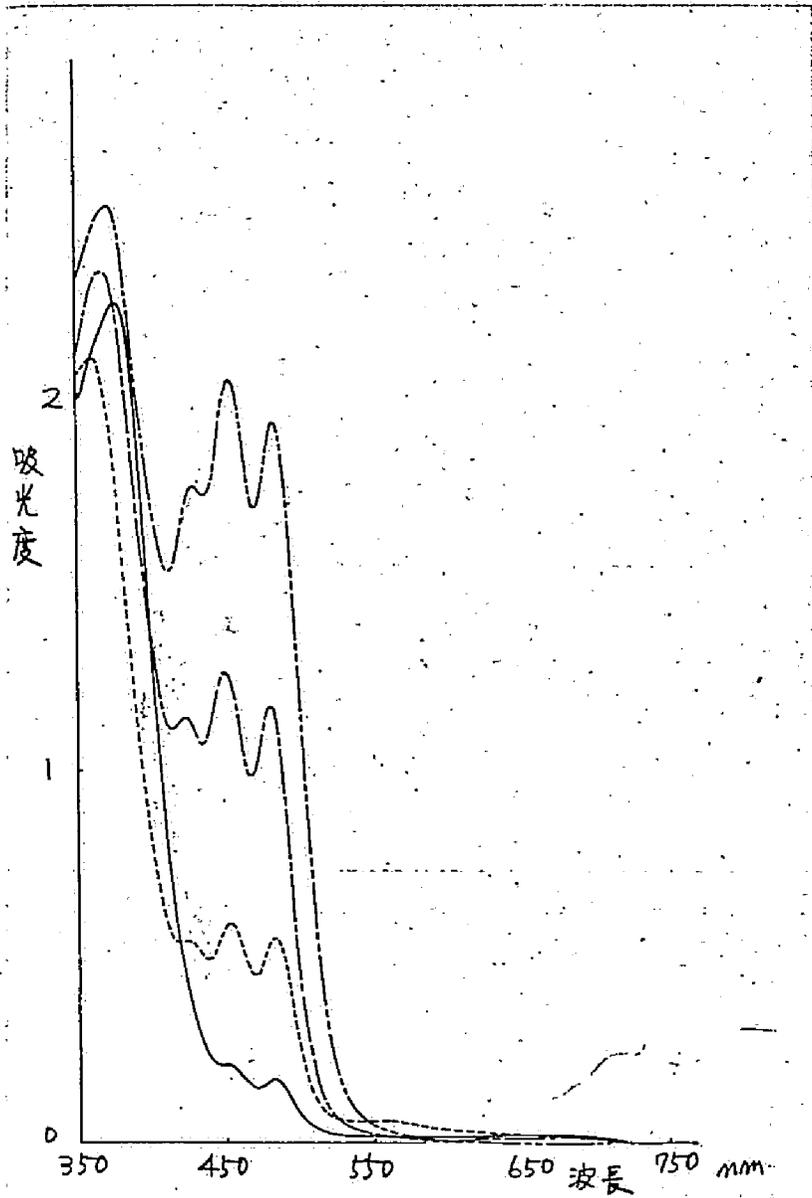
—— Indianapolis Pink, ---- Criterion,
 -·-·- Personality, ····· 清水

※5-2図 生花卉の吸収スペクトル (フィル-70; P)



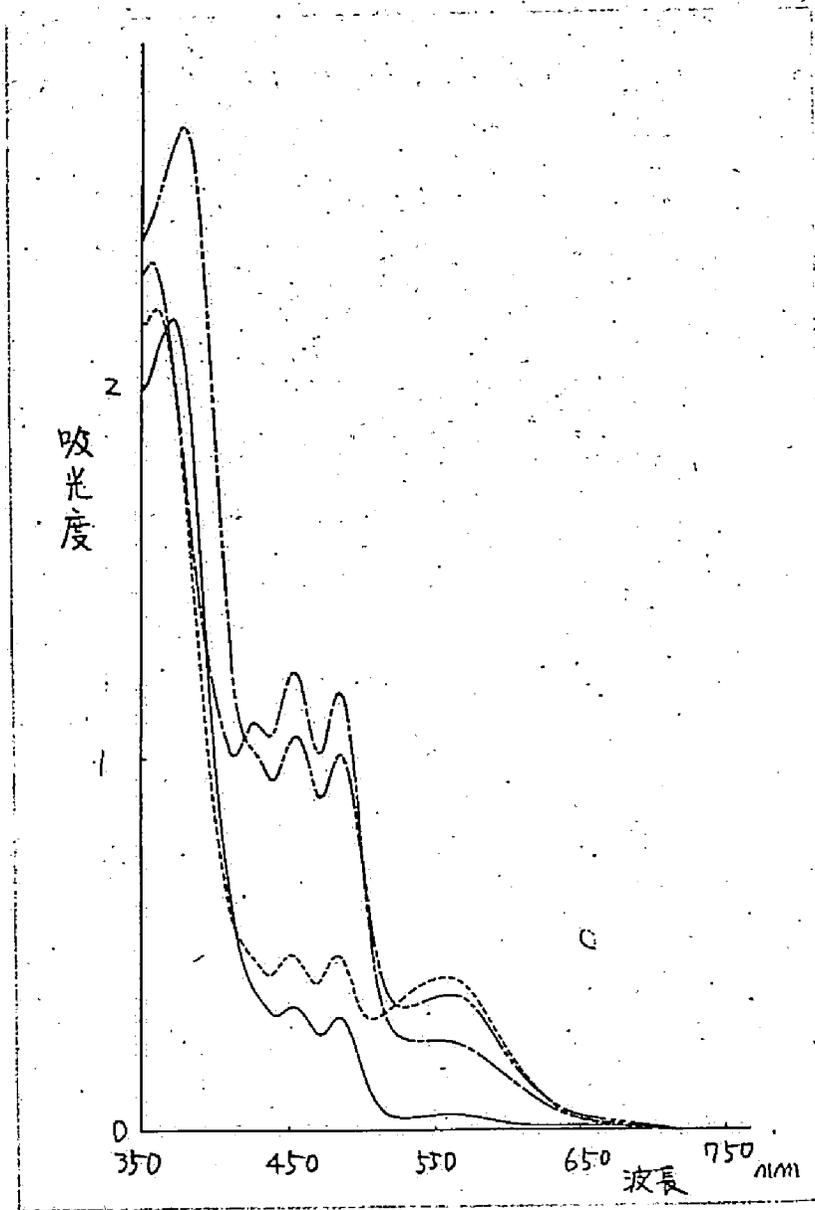
— 泉郷若紫, - - - 聖火の炎, - · - 大茅栂山,
 - - - 大清美山.

表5-3 図 生花卉の吸収スペクトル (グループ; P)



—— Nob Hill, ---- Goldberg, ——— 大清の一心,
 - - - - Golden Herald.

文5-4図 生花卉の吸収スペクトル (クルーゾ; Y)



— Princessa d'Oro, ---- Peach Chip,
 - - - - October, ····· Apricot Princess.

オ5-5図 生花卉の吸収スペクトル (7°; OR)



— Monty, - - - Fred Yule,
 - · - Oriflamme, - - - Delaware.

★5-6 図 生花卉の吸収スペクトル (7% OR)

・次のグループは黄色色素のカロチノイド色素で、これは 450_{nm} 付近に典型的な三つの λ_{max} を示しているが、前章で行なった TLC の分析から、実際には 10 数種におよび類似物質が混合した状態で花弁に含有されている。

次のグループであるフラボノール類は、 $350 \sim 370_{nm}$ 付近に強い吸収を示すのが特徴である。そして、桃色～赤紫色および赤色系の花弁でアントシアニン色素と共存して、主として Co-pigmentation を形成していると考えられる色素で、*apigenin* および *quercetin* の誘導体が主成分である ($34,107$)。

実験に供試された 68 品種のキクの花色では、これら三成分がほぼ下記のグループのように関係づけられていることが明らかとなった。

- (W) 白色花グループ … フラボノール系色素
- (P) 桃色～赤紫色花グループ … フラボノール系色素

アントシアニン
色素

(Y) 黄色花グループ --- フラボノール
系色素, カロチ
ノイド色素

(OR) 橙色 ~ 赤色花グループ --- フラ
ボノール系色素,
アントシアニン
色素, カロチ
ノイド色素

以上のように、フラボノール系色
素は、(W)、(P)、(Y)、(OR)のどのグルー
プにも含有されている。(OR)の橙色 ~
赤色花グループは、アントシアニン
色素の含有量にほぼ対応すると考え
られる吸光度(O.D.)の強度から3
段階に分けることができる。すなわ
ち、アントシアニン色素(A)では、
 $A_0: A \text{の} O.D. = 0$, $A_1: 0 < A \text{の} O.D. \leq 0.50$,
 $A_2: 0.50 < A \text{の} O.D. \leq 1.50$, $A_3: 1.50$
 $< A \text{の} O.D.$, カロチノイド色素(C)では、
 $C_0: C \text{の} O.D. = 0$, $C_1: 0 < C \text{の} O.D.$
 ≤ 0.70 , $C_2: 0.70 < C \text{の} O.D. \leq 1.50$,

C_3 ; 1.50 < C の O.D. となる。そして、この 6 グループの組み合わせによって生じるグループが (4) のグループに生じてくることが考えられる。

(W), (P), (Y), (OR) の各グループに属する花色をカーブの吸光度の強度から分類してみると、

(W) 白色花グループ ... $A_0 - C_0$

(P) 桃色 ~ 赤紫花グループ ... $A_1 - C_0$,
 $A_2 - C_0 \sim C_1$, $A_3 - C_0$

(Y) 黄色花グループ ... $A_0 - C_1$, $A_0 - C_2$,
 $A_0 - C_3$

(OR) 橙色 ~ 赤色花グループ ... $A_1 - C_1$,
 $A_1 - C_2$, $A_2 - C_2$,
 $A_2 - C_3$, $A_3 - C_3$

のように、さらに細かくグループ分けすることができ、供試した 68 品種は表 5-1 表のようになる。これらのグループ分けで、(OR) に属すると考えられる $A_1 - C_3$, $A_2 - C_1$, $A_3 - C_1$, $A_3 - C_2$ の各グループに相当する花色の品種

は、供試した68品種の中にはみいだされなかつた。

花色変異を扱う上で、最も問題点を多く含む(P), (Y), (OR)のグループを取り上げて詳述するならば、赤色化はアントシアニン色素による吸収に依存し、紫色化には、フラボノール系色素の co-pigmentation が関与しているものと考えられる。すなわち、観察されたアントシアニン色素依存の λ_{max} は 535 ~ 561 nm であるが、そのうち、フラボノール系色素とアントシアニン色素との O.D. を比較して、フラボノール系色素の多い（生花卉の吸収スペクトル中、350 ~ 370 nm 付近に強い吸収帯が観察される点などから）桃色花グループでは、そのすべこの品種が 557 ~ 560 nm にアントシアニン色素による λ_{max} を示しており、この点からも co-pigmentation の関与が考えられる。

また、これとは逆に、アントシアニン色素の O.D. が大きく、アントシアニン色素が優位であるとみられる。

グループでは、 $535 \sim 540 \text{ nm}$ の短波長側に λ_{max} が観察される。すなわち、(P) のグループでは、ほぼ λ_{max} に順じて花色は紫方向に変化する。それに O. D. の大小により花色の濃淡が決められる。

(Y) のグループでは、(P) のグループと同様に、O. D. の大小により花色の濃淡が決められるが、この黄色色素はカロチノイド色素で、吸収スペクトルにみられるものの λ_{max} の主要ピークの波長は、 $451 \sim 458 \text{ nm}$ で、ほぼ可視域の黄色色素に共通性があり、変動はあまりない。

(OR) のグループはカロチノイド色素とアントシアニン色素の含有比によつて、花色は変異する。すなわち、アントシアニン色素含量がカロチノイド色素含量より多い場合には、赤い色が濃く、アントシアニン色素含量より多い場合には黄色が濃くなる。

そこで、グループ (W), (P), (Y), (OR)

*5-1表 キク品種の生花卉におけるスペクトル特性

番号	品種名	吸収極大 (nm) [*]				吸光度 (O. D.) ^{**}				比 A/C ₂ ^{***}	花色
		C ₁	C ₂	C ₃	A	C ₁	C ₂	C ₃	A		
7°L-7° (W)											
A ₀ -C ₀											
1	新東亜		S	483				0.07			Yellow white
2	Encore										White
3	乙女桜(白)										"
4	Tip Top										"
5	白アルプス										"
6	Pristine										"
7	Improved Albatross		S	S							"
8	Iceberg			S							"
7°L-7° (P)											
A ₁ -C ₀											
9	Indianapolis Pink				557				0.49		Weak reddish purple
10	岡山平和			487	559			0.13	0.16		Weak pink
11	交野桜				559				0.24		Weak purplish pink
12	Personality				"				0.42		Weak reddish purple
13	Blue chip				"				0.43		"
14	Dark Orchid Queen				"				0.42		"
15	Pink chip				560				0.19		Weak purplish pink

16	Criterion			"		0.34			Weak reddish purple	
17	Rose Chip	S	487	"		0.24	0.39		Weak red purple	
18	Hialeah			"			0.43		Weak reddish purple	
19	清水			"			0.14		Weak purplish pink	
A ₂ -C ₀ ~C ₁										
20	聖火の炎			549				0.76		Moderate reddish purple
21	妙心	S		"				1.47		Deep reddish purple
22	葦の山	S		550				1.31		Deep red purple
23	乙女桜(赤紫)	S	454	484	552	0.67	0.70	0.83	1.2	Dusky red purple
24	" (紫)			"				1.07		Deep reddish purple
25	四季の粧			"				1.12		"
26	大茅式部			"				1.39		Deep red purple
27	大茅排山		452		554	0.38		0.68	1.8	"
28	Blue Ridge	S			555			1.05		Deep red purple
29	大茅の都				556			0.83		"
30	Dark Blue Chip				557			0.71		Moderate red purple
31	精興美山		456	S	558	0.52		0.74	1.4	Weak reddish purple
A ₃ -C ₀										
32	泉郷若紫				540			1.93		Very deep red purple
33	蟻通	S			"			2.62		Red purple
34	大清美山				546			2.35		Very dark purplish red

		71L → ° (Y)										
A ₀ -C ₁												
35	Nob Hill	451	483		0.21	0.17						Weak yellow
36	Mefo	452	"		0.14	0.11						"
37	Yellow Chip	424	"	"	558	0.53	0.58	0.54	0.06	0.1		Strong yellow
38	2 + 桜(黄)	427	453	"	S	0.35	0.41	0.38				Moderate yellow
39	Gold Top	S	"	484		0.45	0.42					Yellow
40	銀 波	454	"			0.13	0.11					Yellow white
41	Goldberg	425	"	"	560	0.54	0.58	0.55	0.06	0.1		Strong yellow
42	Yellow Mefo	S	455	485		0.67	0.62					Moderate yellow
A ₀ -C ₂												
43	Yellow Iceberg (1)	423	451	482		0.52	0.56	0.52				Weak yellow
44	" (2)	425	"	"		0.74	0.80	0.75				Strong yellow
45	大 清 の - 心	424	452	483		1.16	1.28	1.18				"
46	Golden Princess Ann	427	455	485	556	0.79	0.86	0.80	0.07	0.1		"
47	Aztec	428	"	486		1.27	1.42	1.36				Vivid yellow
A ₀ -C ₃												
48	Golden Herald	430	"	485		1.78	2.06	1.95				Deep yellow

		71L → ° (OR)										
A ₁ -C ₁												
49	Peach chip	452	483	558		0.47	0.42	0.41	0.9			Weak red
50	Salmon chip	S	450	482	559	0.55	0.55	0.28	0.5			Moderate orange pink
51	Bronze chip	"	452	483	"	0.68	0.65	0.42	0.6			Weak orange
52	Princess Ann.	453	484	560		0.62	0.60	0.40	"			Moderate orange pink

53	Princessa d'Oro	"	"	564	0.33	0.30	0.04	0.1	Pale yellowish orange		
A ₁ -C ₂											
54	October	427	"	"	557	1.12	1.25	1.20	0.24	0.2	Moderate orange
55	金 剛	426	"	"	558	0.68	0.76	0.72	0.23	0.3	Weak orange
56	Crescendo	425	454	"	559	1.06	1.19	1.15	0.32	"	Deep yellowish orange
57	Apricot Princess	S	455	485	561	1.03	1.02	0.36	0.4	Moderate orange	
A ₂ -C ₂											
58	乙女桜(赤)	424	452	484	545	0.83	0.89	0.93	1.07	1.2	Deep red
59	Indiamapolis Bronze	428	456	488	548	0.90	0.96	0.94	0.64	0.7	Moderate red
60	Thelma	431	458	489	"	1.53	1.65	1.84	0.82	0.5	Red
61	Monty	427	455	486	551	1.06	1.16	1.17	0.95	0.7	Deep red
A ₂ -C ₃											
62	Jetfire	428	454	485	537	1.77	1.99	2.00	1.15	0.6	Red
63	Fred Yule	429	456	487	558	1.66	1.98	1.93	0.73	0.4	Deep orange
A ₃ -C ₃											
64	Ori flamme	"	455	"	535	1.86	2.14	2.26	2.00	0.9	Dark red
65	千代の美	427	458	"	543	1.80	2.01		2.84	1.4	Very dusky red
66	Delaware	"	456	488	545	1.88	2.07	2.21	2.18	1.1	Dark red
67	Algone	"	455	487	546	1.47	1.64	1.73	1.72	1.1	Dusky red
68	Vulcan	423	454	485	551	1.72	1.88	1.94	1.61	0.9	Dark red

* C₁, C₂, C₃ ... カロチノイド色素の吸収極大, A ... マンチアニン色素の吸収極大, S ... shoulder.

** 720mmの吸光度を0としたスペクトルカーブの吸収極大の吸光度.

*** C₂ ... カロチノイド色素の主ピーク.

を通じて、カロチノイド色素(C)とアントシアニン色素(A)のO.D.比を、供試68品種について整理すれば、オ5-2表のようになり。

オ5-2表 生花卉のスペクトルカーブにみられる
アントシアニン色素とカロチノイド色素の吸
光度比と、花色の関係

O.D.*の比	花 色
** CのO.D.=0, AのO.D.=0	白色
CのO.D.>0, AのO.D.=0	黄色
$0 < \frac{AのO.D.}{CのO.D.} < 1$	黄色~橙色~赤色
$1 \leq \frac{AのO.D.}{CのO.D.}$	橙色~赤色~ — 赤紫色
CのO.D.=0, AのO.D.>0	桃色~赤紫色

- * O.D. ... 吸光度
- ** C ... カロチノイド色素
- *** A ... アントシアニン色素

★ 6 章 花色発現に対する主要色素の量的効果と花色の測色

1) 緒言

キクの花色を構成している色素に
関する研究は、これまでに多数報告
されてお^{20, 34, 36, 48, 50~52,}
り_(55, 60, 62, 99, 107, 109)、花に含有
されている主要色素としてはカロチ
ノイド色素とフラボノイド色素の二
種類が知られている。

前章で明らかになように、概略的に
は、主要色素として黄色の花にはカ
ロチノイド色素、白、桃色、赤紫
色花にはフラボノイド色素、青
橙など赤色の花には両色素が共存
している。

カロチノイド色素としては、これま
でに *taraxanthin*, *chrysanthema xanthin*,
xanthophyll-mono-epoxyde がキクの花
から単離、同定されている (51, 52)。
また、フラボノイド色素中、アント
シアニン色素については、すでに述

べたように、chrysanthemimの他に、2種類
のchrysanthemimの誘導体の存在が
ほぼ明らかになつてゐる(55)。

フラボノール系色素ではapigenin,
quercetinおよびacacetinの配糖体が
中心となつてゐる(33, 34, 107)。

しかし、これらの色素の存在にも
かゝらず、キクの花における花色
の出現中は比較的せまく、単調であ
る。前章で指摘したように、黄色花
は多数のカロチノイド色素も含んで
いるにもかゝらず、多数の黄色花
品種の生花弁の可視部における吸
収スペクトルの吸収極大(λ_{max})は、
ほとんど同じである。また、花色が
アントシアニン色素に依存する品種
では、若干、アントシアニン色素含
有量の少ない桃色の花でフラボノール
系色素のco-pigmentationの関与が
あると考へられ、赤色ないし、赤紫
色花のものより、長波長領域への
 λ_{max} の移動(557~560nm)がみられ
るが、しかし、一般的にはほぼ同一
の値を示してゐる(84)。そのため、

2) 材料および方法

前章で供試した68品種を用いた(ただし、NO.49のPeach Chipは含有色素の定量を行なっていない)。この品種の栽培は、京都大学農学部のほ場で、慣行法にしたがって行ない、6月に土壌を供試し、10~11月に開花した花を供試した。試料とする花弁の採取は、外側の小花が水平に展開した時点で行ない、色素の定性、定量には周縁部の小花を用い、花色の測定には周縁部の小花と、花序の周縁部と花心の中間部分の小花とを用いた。色素の抽出、定性、定量は常法に準じた(16, 33)。

(1) アントシアニン色素の抽出、定性、定量

供試品種についての定性は、セルロースパウダーの薄層フロマトグラフイー(TLC, アビセルSF, フナコシ薬品)を用いて行なった。

40°C で通風乾燥した花弁を粉末として、その少量を1%塩酸-メタノールに浸漬し、室温(約25°C)に約6時間おきた。得られた色素溶液をろ過してクロマトグラフィー用の試料とした。展開溶媒はメブタノール、酢酸、水の混液(4:1:2, v/v)を用いた。アントシアニン色素を含有する47品種すべてに、クロマトグラム上の主要色素として、3スポットが検出された。

定量は、上記の粉末50mgから1%塩酸-メタノール100mlでアントシアニン色素を抽出し、530nmでの吸光度を測定し、同じ溶媒での標準試料(chrysanthemin)から求めた検量線で、その色素の含量を算出した。含量は乾燥重1mgあたりの μg (chrysanthemin相当量)で表した。

(ii) カロチノイド色素の抽出、定性、定量

カロチノイド色素の定性、定量

には、生花弁を用いた。生花弁を TLCの展開溶媒と同じ溶剤とともに乳ばち内ですりつぶし、得られたカロチノイド色素溶液をクロマトグラフィー用の試料とした。定性分析はシリカゲル (Silica gel - G, Merck) の TLCを用い、展開溶媒として石油ベンゼン、アセトン混液 (4:1, v/v) を使用して色素を展開した。得られたクロマトグラム上には、カロチノイド色素を含有する品種、すべてに、10コのスポットが主要なものとして確認された。

定量は生花弁 500mg を、展開溶媒と同じ組成の溶剤を用いて、乳ばち内ですりつぶし、カロチノイド色素を抽出した。その抽出液を正確に 50ml の定量に上記溶剤で希釈し、440mm の O.D. を測定した。

キク花弁に存在するカロチノイド色素として、*Chrysanthemaxanthin*, *taraxanthin* 等が同定されておる (51.52)、前章でも *taraxanthin* を確認している。花弁に含まれている総カロチノイド

色素含量に対して、これら個々の色素の占める割合が明らかでないため、本実験では $E = 2500$ の値を用いて、通常使用される換算式で含量を算出し、生体重 1mg あたりの μg で表した (16)。

抽出された色素溶液の吸光度測定には、日立 101 型分光光度計を用いた。

(iii) 花色の測色

採取された花はただちに、花色の測色に供試された。測色は測色色差計 (NDK-5 型、日本電色工業) により行なわれ、測色時の花弁の裏打ちには黒色板を用い、測色窓 (集光孔) は 5mm とした。1品種あたり 5 花序を選び、1花序につき、最外列の小花および最外列と花心との中間部分の小花の花弁を試料とした。この 5 花の測定結果の平均をそれぞれの品種の花色とみなし、花色を L , a , b 値で表わした (41)。

3) 結果および考察

(i) 供試品種における色素の種類

(1) アントシアニン色素

キクの花に含有されているアントシアニン色素の分析結果は前章に示したが、今回取り扱った49品種にみられる主要色素組成は表6-1に示してあるが、ほとんど同じ色素組成であった。

これらの色素は色の発色体の本体として *Cyanidin* であるため、花色に対してはほとんど同じ色調を呈する傾向を示すので、特別に區別せず、すべて *Cyanidin-3-glucoside* (*chrysanthemim*) として取り扱い、その色素含量を花色発現に対する問題点として取り上げた。この実験では、分析はアントシアニン色素とカロチノイド色素に限定し、フラボノール系色素は取り上げなかった。

表6-1 キク品種の花色とアントシアニン色素およびカロチノイド色素含量

グループ ^a	品種名	花 色 ^b	アントシアニン色素			カロチノイド色素			含量比 (A/C)
			主要色素 ^c	吸光度 ^d	含量 ^e 含量/吸光度	主要色素 ^f	吸光度 ^d (C ₂)	含量 ^g 含量/吸光度	
(W)	1. Shintoa	Yellow white				?	S	±	
	2. Encore	White							
	3. 乙女桜(白)	"							
	4. Tip Top	"							
	5. 白アロマス	"							
	6. Pristine	"							
	7. Improved Albatross	"				?	S	0.004	
	8. Iceberg	"				?		±	
(P)	9. Indiamapolis Pink	Weak reddish purple	A, B, C	0.49	2.233	4.56			
	10. 岡山平和	Weak pink	"	0.16	0.940	5.88	?		±
	11. 交野桜	Weak purplish pink	"	0.24	0.940	3.92			
	12. Personality	Weak reddish purple	"	0.42	3.009	7.16			
	13. Blue chip	"	"	0.43	2.374	5.52			
	14. Dark Orchid Queen	"	"	0.42	3.197	7.61			
	15. Pink chip	Weak purplish pink		0.19	0.705	3.71			

16. Criterion	Weak reddish purple	A, B, C	0.34	3.197	9.40					
17. Rose chip	Weak red purple	"	0.39	3.032	2.77	?	SS	0.011		301.8
18. Hialeah	Weak reddish purple	"	0.43	2.280	5.30					
19. 清水	Weak purplish pink	"	0.14	0.494	3.53					
20. 聖火の炎	Moderate reddish purple	"	0.76	9.238	12.16	?		0.011		839.8
21. 妙心	Deep reddish purple	"	1.47	12.224		?		±		
22. 華の山	Deep red purple	"	1.31	10.719	8.18					
23. 乙女桜(赤紫)	Dusky red purple	"	0.83	9.097	10.96	?	0.67	0.025	0.04	363.9
24. " (紫)	Deep reddish purple	"	1.07	11.636	10.87					
25. 四季の粧	"	"	1.12	11.871	10.60					
26. 大茅式部	Deep red purple	"	1.39	20.592	14.81					
27. 大茅桃山	"	"	0.68	11.236	16.52	?	0.38	0.009	0.02	1248.4
28. Blue Ridge	Deep red purple	"	1.05	8.510	8.10					
29. 大茅桃山	"	"	0.83	11.330	13.65					
30. Dark Blue Chip	Moderate red purple	"	0.71	3.879	5.46					
31. 精興美山	Weak reddish purple	"	0.74	7.546	10.20	?	0.52	0.006	0.01	1257.7
32. 泉郷若紫	Very deep red purple	"	1.93	30.794	15.96					

	33. 蟻 通	Red purple	A, B, G.	2.62	29,807	11,38					
	34. 大清美山	Very dark purplish red	"	2.35	23,719	10,09					
(Y)	35. Nob Hill	Weak yellow					?	0.21	0.016	0.08	
	36. Mefo	"					?	0.14	0.013	0.09	
	37. Yellow Chip	Strong yellow	"	0.06	±		A' ~ J'	0.58	0.112	0.19	1.5
	38. 乙女様(黄)	Moderate yellow	"	S	0.470		"	0.41	0.122	0.30	3.9
	39. Gold Top	Yellow					"	0.45	0.144	0.32	
	40. 銀 波	Yellow white					?	0.13	0.004	0.03	
	41. Goldberg	Strong yellow	?	0.06	±		A' ~ J'	0.58	0.172	0.30	
	42. Yellow Mefo	Moderate yellow					"	0.67	0.194	0.29	
	43. Yellow Iceberg (1)	Weak yellow					"	0.56	0.132	0.24	
	44. " (2)	Strong yellow					"	0.80	0.154	0.19	
	45. 大清の - 心	"					"	1.28	0.153	0.12	
	46. Golden Princess Ann	"	A, B, C.	0.07	0.306	4.37	"	0.86	0.131	0.15	2.3
	47. Aztec	Vivid yellow					"	1.42	0.333	0.23	
	48. Golden Herald	Deep yellow					"	2.06	0.356	0.17	
	49. Peach Chip	Weak red	"	0.41	-		?	0.47	-		
(OR)-(I)	50. Salmon Chip	Moderate orange pink	"	0.28	2.022	7.22	?	0.55	0.026	0.05	77.8
	51. Bronze Chip	Weak orange	"	0.40	1.834	4.59	A' ~ J'	0.68	0.082	0.12	22.4

52. Princess Ann	Moderate orange pink	A, B, C.	0.40	2.186	5.47	?	0.62	0.031	0.05	70.5
53. Primcessa d'Oro	Pale yellowish orange	"	0.04	0.306	7.65	"	0.33	0.024	0.07	12.8
54. October	Moderate orange	"	0.24	1.293	5.39	A' ~ J'	1.25	0.266	0.21	5.0
55. 金 扇	Weak orange	"	0.23	1.105	4.80	?	0.76	0.164	0.22	6.7
56. Crescendo	Deep yellowish orange	"	0.32	1.222	3.82	A' ~ J'	1.19	0.256	0.21	4.8
57. Apricot Princess	Moderate orange	"	0.36	1.430	3.97	"	1.07	0.124	0.12	11.5
58. 乙女桜(赤)	Deep red	"	1.07	9.638	9.01	"	0.89	0.102	0.11	94.5
(OR)-(I) 59. Indianapolis Bronze	Moderate red	"	0.64	3.126	4.88	"	0.96	0.082	0.09	38.1
60. Theima	Red	"	0.82	7.264	8.86	"	1.65	0.364	0.22	20.0
61. Monty	Deep red	"	0.95	9.144	9.63	"	1.16	0.354	0.31	25.8
62. Jetfire	Red	"	1.15	8.392	7.30	"	1.99	0.507	0.25	16.6
63. Fred Yule	Deep orange	"	0.73	4.020	5.51	"	1.98	0.303	0.15	129.7
64. Oriflammie	Dark red	"	2.00	18.641	9.32	"	2.14	0.250	0.12	74.2
65. Chiyonobi	Very dusky red	"	2.84	45.157	15.90	"	2.01	0.136	0.07	332.0
66. Delaware	Dark red	"	2.18	19.581	8.98	"	2.07	0.158	0.08	123.9
67. Algone	Dusky red	"	1.72	27.151	15.79	"	1.64	0.185	0.11	146.8
68. Vulcan	Dark red	"	1.61	18.900	11.74	"	1.88	0.260	0.14	92.7

a --- 前章参照, b --- I. S. C. C. - N. B. S. 方式による, c --- ブチルアルコール, 酢酸, 水混液(4:1:2, 1/10)を展開溶媒とした TLC (セルロースノボグー) で認められる主要色素, d --- 生花弁の吸収スペクトルカーブから得られた吸光度, C₂H₅ は カロチノイド色素の主ピーク, e --- mg/mg D.W., f --- 石油ベンジン, アセトン混液(4:1, 1/10)を展開溶媒とした TLC (シリカゲル) で認められる主要スポット, g --- mg/mg F.W.

(ロ) カロチノイド色素

キクの黄色花に含まれるカロチン色素の分析結果は前章に述べた通りである。カロチン色素の分析結果は、表6-1に示した通りである。

これらの色素が吸収スペクトルに示すところから、カロチン色素の吸収スペクトルは、420~490nmの範囲にあり、カロチン色素の吸収スペクトルは、カロチン色素の吸収スペクトルと同様である。カロチン色素の吸収スペクトルは、カロチン色素の吸収スペクトルと同様である。

(ハ) 花色による品種の区分

前章で明らかにした通り、花色と含有率との関係が認められる。花色による品種の区分は、表6-2に示す通りである。花色による品種の区分は、表6-2に示す通りである。

表6-2 花色とそれに関与する主要色素

グループ	色素の種類*	
(W) 白色花グループ	フラボノール系色素	
(P) 桃色花グループ	フラボノール系色素, アンシアニン色素	
(Y) 黄色花グループ	フラボノール系色素, カロチノイド色素	
(OR) {	(I) 橙色花グループ	フラボノール系色素, アンシアニン色素, カロチノイド色素
	(II) 赤色花グループ	フラボノール系色素, アンシアニン色素, カロチノイド色素

* 出現する主要色素の種類

- フラボノール系色素

Apigenin, Luteolin

- アンシアニン色素 (Cellulose-TLC, BAW; 4:1:2)

A; $R_f = 0.56$.

B; $R_f = 0.46$

C; $R_f = 0.38$... Cyanidin-3-glucoside

- カロチノイド色素 (Silica gel-G-TLC, Light petroleum; Acetone = 4:1, v/v)

A'; $R_f = 0.96$, E'; $R_f = 0.45$, I'; $R_f = 0.21$,

B'; $R_f = 0.85$, F'; $R_f = 0.41$, J'; $R_f = 0.18$.

C'; $R_f = 0.58$, G'; $R_f = 0.31$,

D'; $R_f = 0.52$, H'; $R_f = 0.27$,

以下、グループ別に色素含量と花色の結果をまとめ、花色発現に及ぼす色素含量の影響について考察を行う。

(W) 白色花グループ

(P) 桃色花グループ (桃色～赤紫色花)

(Y) 黄色花グループ

(OR) (I) 橙色花グループ

(II) 赤色花グループ

(ii) カロチノイド色素およびアントシアニン色素の含量

オパール、グラス透過法 (89) により、測定された生花弁のスペクトルカーブにおいて、カロチノイド色素およびアントシアニン色素の含量を示す参考とされる。オパール系色素、カロチノイド色素、アントシアニン色素の3者が関与している。したがって、色素の正しき設定が含有している色素の正しき点に相当するとは限らないので、

った。その花の色は、他の品種と異な
 った。黒味の強い赤色を呈した。シ
 この花の色は、主に、高濃度の思
 アニリン報告表の色素(110, 112)の
 他、花弁の成分の共存物質の影響も
 ニンと鬼交験の結果から、花色素
 の本含量シロカ場合と量が、花
 素ニは、の色素含量が、花色素
 度れ。こ、で、アントシアニン色素
 と、生花のアントシアニン色素の
 みの関係も高い相関関係が認め
 たい。桃色花ブルーフで $r = 0.93$ 、
 紅色花ブルーフで $r = 0.97$ 、
 $r = 0.93$ である。このことは、
 花の吸収スペクトル、カーブに

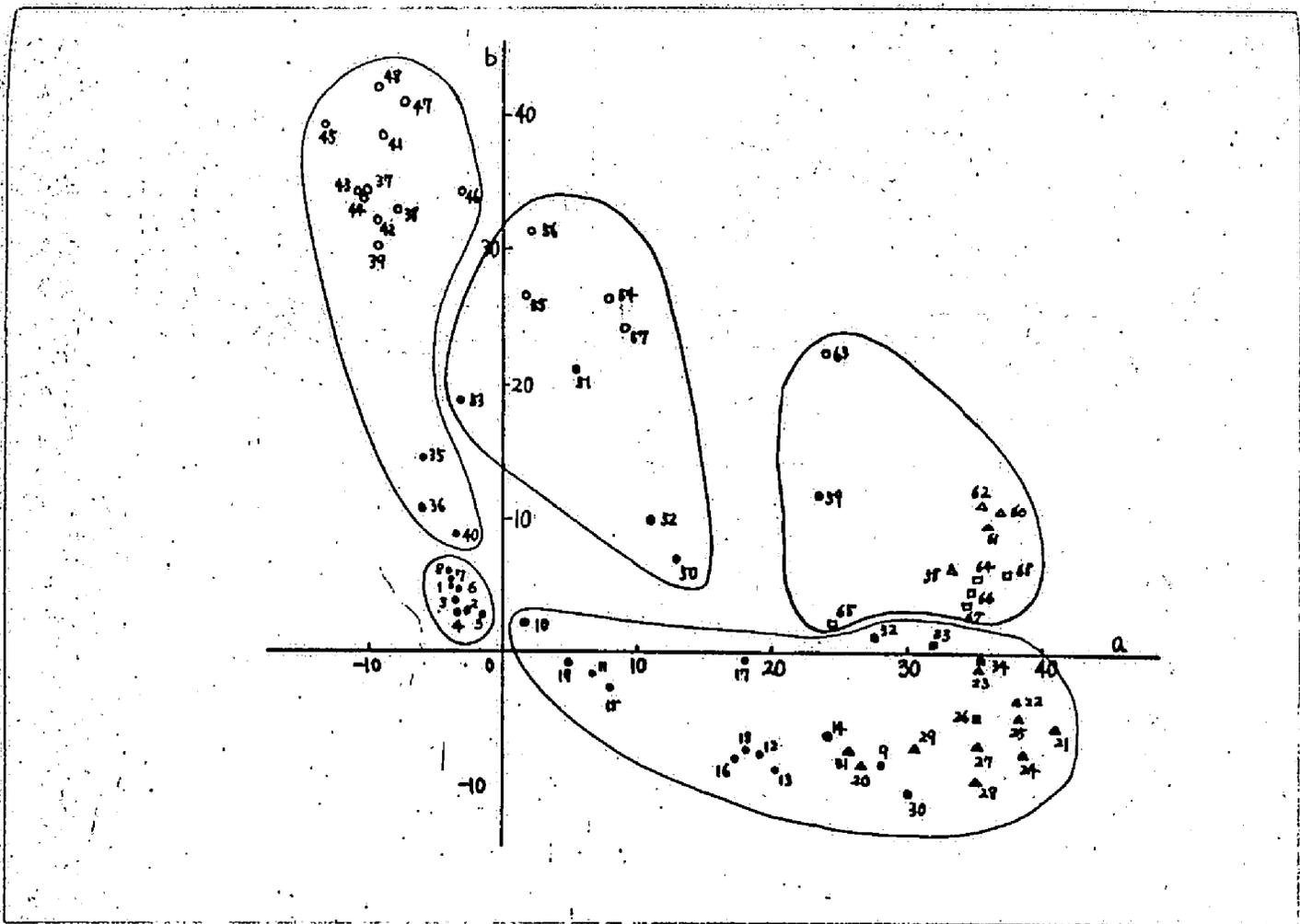
を變えるほど、花色発現に影響をも
 ってはいるが、ここに各グループ
 におけるアントシアニン色素 (A, mg
 /mg D.W.) とカロチノイド色素 (C, mg
 /mg F.W.) の含有比 (A/C) をあげると
 次のようである。

黄色花グループ	0.3 ~ 0.9
橙色花グループ	4.8 ~ 129.7
赤色花グループ	16.6 ~ 146.8
	(ただし、千代の美 は 332.0)
桃色花グループ	301.8 ~ 1257.7

(iii) 花色の数値的表現および数値 的に表現された花色と主要色素 の関係

花色とそれを支配する色素含量と
 の関係を論じようとする場合、微妙
 に異なる色調を識別し、表示する必
 要があるが、その表色法として、
 色調を数値的に表現するニとを試す

まー赤 (+) に = ノ 3 定の こ の を 色 も が と た 素 ド 認 シ ン が が
 いで (+) 色 ア ホ い の こ] は 白 最 調 た 色 し 色 イ が ニ 意 た
 違グ側 値花 シ ラ て 素 る は で 色 っ 赤 下 と ノ 係 ア 有 し
 の (+) 値ト フ れ 色 で め) は 下 し は 明 度 今 度 シ で
 色め 値び と、 アン [う の の ど 値一 は 下 し は 明 度 今 度 シ で
 花た a よ) ア 係 め こ い と し ル で は そ 度 明 ち、 カ 相 アン ベ れ
 の 3 度) 示 あ の が 回 い 測 た 度 花一 明 色、 明 ち、 カ 相 アン ベ れ
 察明) を で と 有 今 て 推 め 明 色 ル て 橙 れ、 わ て、 全 が、 ノ 認
 り、 考 (示 合 素 量 含)、 は と の 黄 グ れ ら つ す、 は た は が
 あら 値 示 度 色 含 の)、 な、 て ま 色 と 花 つ か に、 に、 係
 がかし を の い 各 素、 行 い に 花 フ 色 に 色 す、 係、 向、 間、 間、 係
 い量 に 合 色 強 の 色、 34、 を つ 表 の 一 桃 る 黄 増 (係、 向、 間、 間、 係
 違合 と 度 黄 の 素 系、 33、 析 に 3、 フ ル、 な、 が、 の と、 れ と、 相
 の 素 の で 響 色 ル (分 素、 6-キ、 グ、 く、 た、 味、 量、 素、 ら、 素、 い
 リ 色 フ 色 側 影、 ン、 一、 が、 量、 色、 ギ、 花、 高、 濃、 ま、 赤、 含、 色、 め、 色、 高



- ▲ ■ --- $0 < C \leq 0.09$
 - △ □ --- $0.09 < C$
- } カロチノイド色素 (C; $\mu\text{g}/\text{mg}$ F.W.)
- ● --- $0 < A \leq 0.50$
 - △ ▲ --- $0.50 < A \leq 15.00$
 - ■ --- $15.00 < A$
- } アントシアニン色素 (A; $\mu\text{g}/\text{mg}$ D.W.)

- no. 1-8 ... 71L-7° (W)
 - 9-34 ... " (P)
 - 35-48 ... " (Y)
 - 49-57 ... " (OR)-(I)
 - 58-68 ... " (OR)-(II)
- } 個体番号は表6-1表と関連。

(NO.49は欠, NO.63は橙色花)

表6-1図 キク属種の Hunter色度図上に示した分布

*6-3表

L, a, b, $\sqrt{a^2+b^2}$ 値とアントシアニン色素含量およびカロチノイド色素含量との関係

グループ	U.C.S.表色系	相 関 係 数	
		アントシアニン色素	カロチノイド色素
	L ^A	-0.83 ^{**}	0
桃色花	a	0.63 ^{**}	
	b		
	$\sqrt{a^2+b^2}$ ^B	0.56 ^{**}	
黄色花 ^C	a		
	b		0.82 ^{**}
	$\sqrt{a^2+b^2}$		0.92 ^{**}
橙色花	a	0.96 ^{**}	0.34
	b	-0.27	0.94 ^{**}
	$\sqrt{a^2+b^2}$	0.22	0.92 ^{**}
赤色花	a	-0.32	-0.67 ^{**}
	b	-0.89 [*]	0.45
	$\sqrt{a^2+b^2}$	-0.55	0.84 [*]

A --- 全品種のL値(明度)

B --- 彩度, C --- 白色花グループを含む

* --- 1%レベルで有意

** --- 5%レベルで有意

と、色素。一バト花章差のらの説らで測し、分
 こで、色リ、ル素。フの本、色、そ、セ、ブ、確、か、の、り、に、不、的、花
 ず、の、ン、が、れ、グ、色、。ハ、種、び、。一、度、も、色、能、に、学、
 表、も、ニ、下、ら、花、系、ら、ス、品、が、よ、ら、た、カ、出、光、る、花、可、能、科、は、
 毛、ア、ア、が、け、色、ル、れ、の、ク、た、お、か、れ、。検、吸、り、る、を、可、彩、る、法、
 合、示、シ、度、上、桃、一、わ、弁、キ、し、量、果、ら、ル、の、の、に、よ、現、を、色、あ、才、
 度、を、ト、明、が、ノ、鬼、花、類、定、結、け、ト、素、そ、能、に、表、別、の、で、の、
 の、ヒ、ン、で、と、は、ホ、と、生、ら、分、の、色、付、ク、色、。可、計、な、識、色、の、析、
 色、コ、ア、ッ、こ、に、ラ、の、カ、に、素、測、裏、へ、有、た、を、差、的、の、花、も、分、
 赤、る、て、よ、り、下、フ、も、て、型、ア、色、の、が、不、含、ま、定、色、観、異、は、る、器、
 て、た、し、に、す、低、ら、リ、の、一、章、色、性、の、量、推、容、変、計、す、機、
 っ、く、と、加、下、の、に、い、お、ブル、主、花、当、弁、微、し、の、た、の、色、差、に、の、
 よ、ほ、因、増、低、度、様、て、に、一、グ、ら、る、弁、花、に、量、ま、色、花、色、場、ら、
 に、き、原、の、も、彩、同、し、章、カ、4、け、ト、の、生、は、能、含、花、が、容、れ、
 値、で、の、量、度、の、と、よ、前、を、お、に、類、定、可、素、る、は、妙、め、と、こ、
 α、が、そ、含、彩、コ、ア、蘭、ル、色、に、計、分、に、刻、を、色、あ、色、微、た、析、

発現機構の解明に役立つものであり、
花色に關する植物化学的、遺傳育種
学的研究への広範な応用が期待され
る。

産「施く、栽培した多い、施設花と。特
 生きた多い、施設花と。特
 の大しと、施設花と。特
 らも栽培のもの、が十分で、発か場立
 りも栽培のもの、が十分で、発か場立
 れる栽培のもの、が十分で、発か場立
 そとも抑制にな、退はたりと、色明
 とを抑制にな、退はたりと、色明
 い。とを抑制にな、退はたりと、色明
 さい茶成のは、花よ、か、と係、用
 大に地促芸培し、花よ、か、と係、用
 は培立る園栽。下材料ら、外的と、花
 要栽のけ、設の、る。温材み、驗、外、成、花
 働地悉下、施、そ、い、高、覆、が、経、ら、形、成、花
 の露自にの、施、そ、い、高、覆、が、経、ら、形、成、花
 そ、下、近、層、で、は、被、現、く、れ、素、は、重、本、取、産、資、色、を、解、明
 も、は、が、設、最、一、で、培、り、の、は、こ、色、と、あ、も、重、本、取、産、資、色、を、解、明

2) 材料および方法

供試した品種は、切花用である。興味あるのは、
 ポットマ4用のキクであらう。精興種で、
 Delaware, Yellow Mefo の3品種、黄色、
 花色はそれぞれ赤紫色、赤色、黄色、
 である。これらの花の色を構成する主
 要色素は4章で記した色素、赤紫色
 色素花ではアントシアニン色素、赤
 花ではアントシアニン色素とカロチ
 ノイド色素、黄色花ではカロチノ
 色素、フラボノール系色素
 は3花色に共通してみられる。
 1970年7月8日にさし芽したものを
 7月31日には上げし、7月10日に
 1区に2はちニヤ圃花供
 に植えて3本を1区に12花の
 本植えて3本を1区に12花の
 とした。1区に12花の
 別態から区は7~12花
 試花数は7~12花と
 9月29日より10月23日まで



写真 7-1. 温度処理適期
(品種, 精興美山)

は 533nm で, Delaware は 530nm で 吸光度 (D. D.) を測定して行ない, 色素含量を D. D. で表した。カロチノイド色素の定量は, 20mg の乾燥花弁粉末から石油ベンジン, アセトン混液 (4:1, $\frac{1}{\sqrt{v}}$) 25ml で色素を抽出して行ない, Delaware, Yellow Mefo 両品種とも 43nm での D. D. を測定して, 含量を D. D. で表した。

その他, 開花期, 花径, 花重, $\frac{D}{R}$ 率 (D) 管状花, (R) 舌状花) を調査し,

生育に対する昼温，夜温の影響をみた。これら温度処理区に対して，戸外の自然温度下で栽培する区を設けた。

3) 結 果

各品種について，各区に供試された個体の草姿，花数等はオク-1表に示した。

(i) 生育に対する昼温，夜温の影響

開花期，花径，および花重に及ぼす温度の影響をオク-2表に示した。温度処理開始から開花—花色の測定を行な，その時点—までの所要日数は，昼温 10°C 区(D10)で最も多く20日前後を要した。その中でも，夜温(N)を昼温と同じ 10°C にした場合，開花までには，さらに多くの日数を要し，精興美山と Delaware で7日，Yellow

Mefoで5日、それぞれ所要日数は多くなつた。これは逆に、最も南花が早か、たのは、D20-N20区あるいはD30-N20区であつて、南花までに15~16日を要した。

次に、花径、花重、D/R率に対する昼夜温の影響についてみると、昼温に10°C、夜温に30°Cといった温度条件が、どちらか一方にでも入ると、花径、花重は減少する傾向が認められ、写真にもみられるごとく、花の中心部に近くなる花弁ほど伸長しなかつた(写真7-2~13)。昼夜の温度条件として、キクの南花—すなわち、南花所要日数、花の品質(花径、花重)—に最もよいのは、D20-N10区であつた。

(ii) 花色に対する昼温、夜温の影響

南花期に花弁色を測色し、Hunter色度図に示した(表7-1, 2, 3図)。

表7-1 温度処理実験に供試した各品種の草丈と
供試花序数および調査花序数

昼温 (D)	夜温 (N)	精興美山				Delaware				Yellow Mefo			
		草丈 cm	葉数	供試花序数	調査花序数	草丈 cm	葉数	供試花序数	調査花序数	草丈 cm	葉数	供試花序数	調査花序数
10 ^{°C}	10 ^{°C}	34.6	16.0	9	9	23.7	16.3	9	3*	40.7	13.6	8	8
	20	32.6	15.0	11	9*	23.3	15.6	10	8*	43.6	14.4	8	8
	30	32.2	14.9	9	9	24.2	16.0	6	5*	41.9	13.3	9	9
20	10	32.5	14.6	10	10	23.3	13.4	9	9	46.5	15.2	9	9
	20	34.4	15.9	9	9	23.2	12.6	9	9	40.4	12.8	10	10
	30	33.2	14.6	10	10	22.2	13.9	9	9	40.4	13.1	8	8
30	10	34.0	15.1	11	11	23.6	14.3	9	9	45.2	14.7	9	9
	20	32.0	16.3	12	12	23.6	12.1	9	9	43.8	15.1	7	7
	30	33.2	14.9	10	10	22.6	12.6	8	8	42.1	13.5	10	10
戸外**		33.6	14.3	10	10	23.5	13.9	9	9	44.3	14.6	10	10

* 南花がみられず、調査不能の花があった。

** 自然温度下で南花。

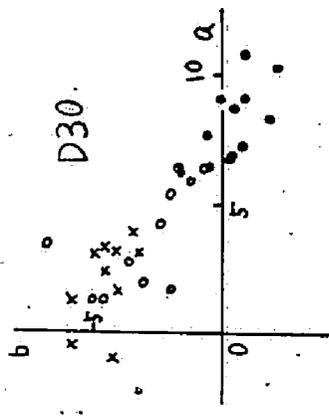
表 7-2 南花所需日数、花径、花重および
 %率に及ぼす温度処理の影響

昼温 (D)	夜温 (N)	精興美山				Delaware				Yellow Mefo			
		南花所 要日数	花径	花重	%率*	南花所 要日数	花径	花重	%率	南花所 要日数	花径	花重	%率
°C	°C	日	cm	g	%	日	cm	g	%	日	cm	g	%
10	10	27.0	5.0	1.15	26.6	26.0	8.2	3.36	127.3	22.6	7.1	2.40	18.5
	20	20.0	5.1	1.08	27.4	18.8	8.6	3.09	143.6	18.3	7.8	2.40	20.9
	30	20.0	4.6	1.03	33.8	21.0	7.0	3.84	126.6	18.8	7.5	2.16	19.1
20	10	16.9	7.6	2.11	26.9	17.7	10.2	4.43	118.4	14.6	9.1	4.26	9.5
	20	15.4	7.8	3.00	24.5	15.1	9.8	4.04	103.9	17.1	8.4	3.80	35.4
	30	16.2	5.8	1.51	31.6	15.1	8.2	3.22	125.6	17.8	7.6	3.66	36.3
30	10	16.8	7.0	1.89	32.4	17.4	9.0	4.17	113.6	15.4	8.3	2.93	8.1
	20	15.0	6.5	1.82	26.7	15.9	8.3	3.17	98.5	12.9	8.4	3.70	27.2
	30	16.4	6.3	1.72	24.8	17.4	7.6	2.92	112.0	16.9	7.2	3.21	31.7
	外**	14.2	7.8	2.76	27.9	16.9	10.3	5.55	124.9	18.6	9.8	5.15	32.1

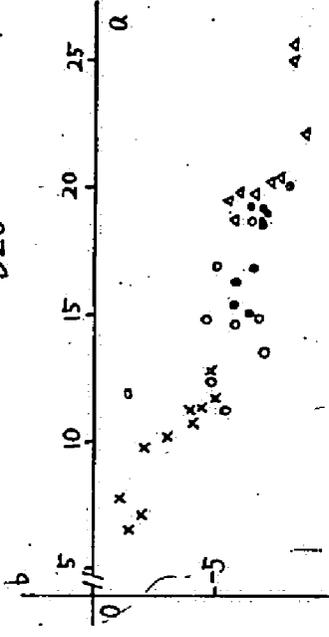
* D...管状花, R...舌状花

** 自然温度下で南花

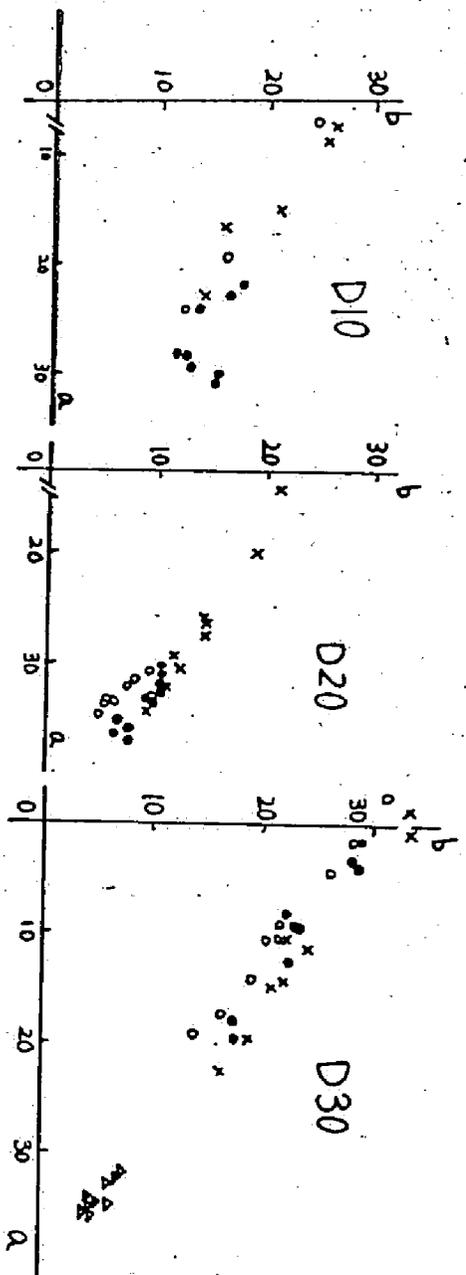
- ... N10
- ... N20
- × ... N30
- △ ... 予外



D20

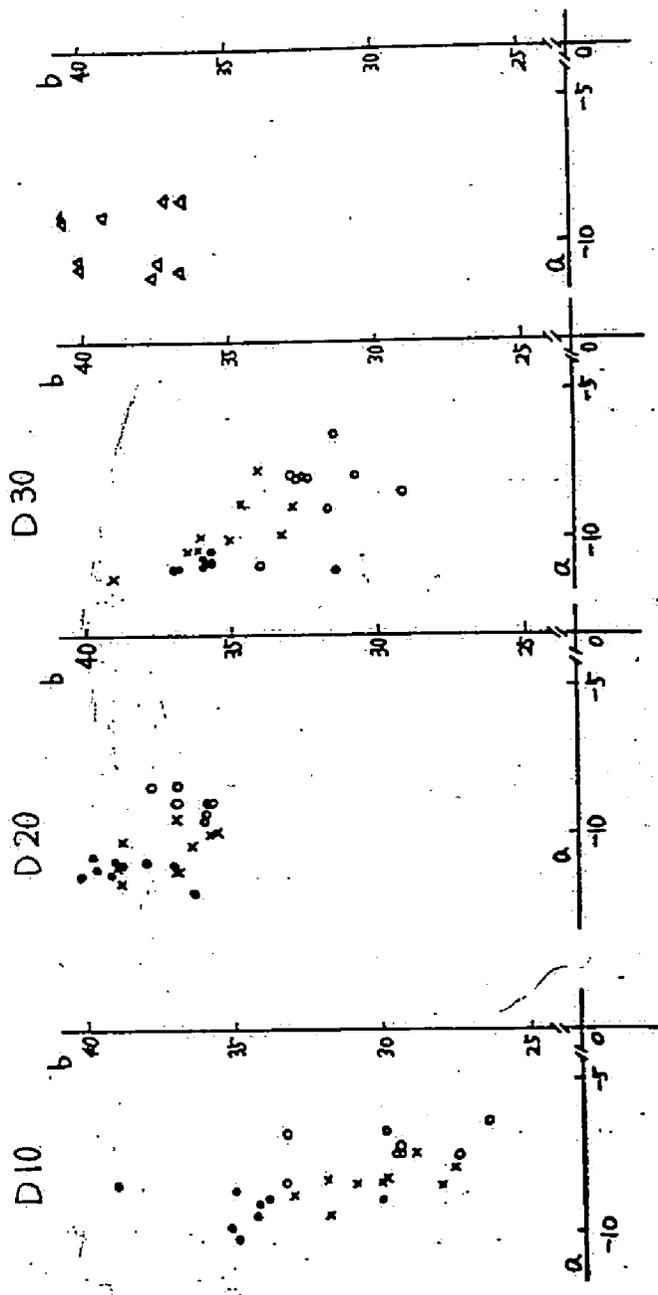


次7-1図 Hunter色度図に示した温度処理による精興美山の花色変異



○--- N10, ●--- N20,
 ×--- N30, △--- 外

文7-2図 Hunter色度図に示す温度処理によるDelawareの花色変異



○... N10, ●... N20,
 ×... N30, △... 外

★7-3図 Hunter色度図に示した温度処理によるYellow Mefoの色変異

この色度図上、精興美山の花色は、
a 値が (+) 側で"大きいほど"、赤紫色の
度合が濃く、b 値が (+) 側で"大きいほ
ど"、クリーム色が増してくる。戶外
区を精興美山の標準の花色とすれば、
昼温を 20°C とした場合、夜温を 20°C
にした D20-N20 区が最もそれに近
い色となり、夜温を 30°C にした場合
は花色が桃色となり、た。昼温が 10°C
あるいは 30°C の場合は夜温が低くても
も、花色は濃くならず、すべてクリ
ーム色からだく白色となり、た。昼温
を 10°C とした場合に花卉の同縁にア
ントシアニン色素の集積がみられた。

Delaware の花色変異を色度図に
示したが、色度図上の Delaware の花
色は a 値が (+) 側で"大きいほど"、赤色
の度合が濃く、b 値が (+) 側で"大きい
ほど"、黄色の強い色である。精興美
山と同様、昼温を 20°C にした場合、
最も戶外区の花色に近い濃赤色とな
り、昼温を 10°C あるいは 30°C とした
場合は、夜温を下げても花色は銅色
～黄色となり、た。



写真 7-2 品種, 精興美山
D10 - N10 区

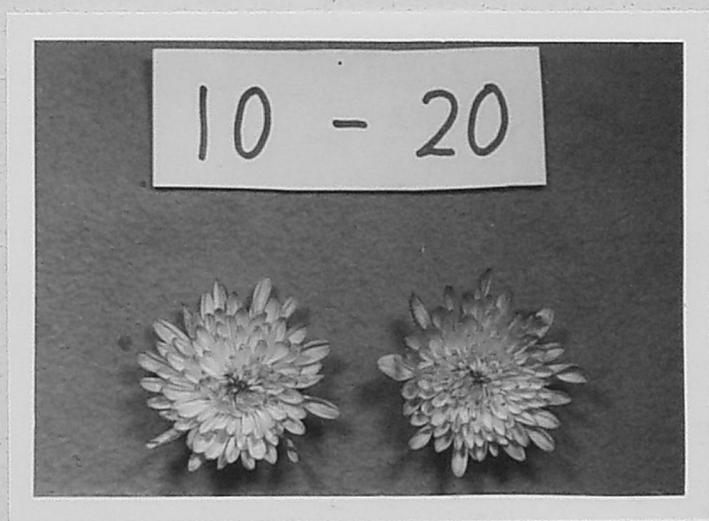


写真 7-3 品種, 精興美山
D10 - N20 区

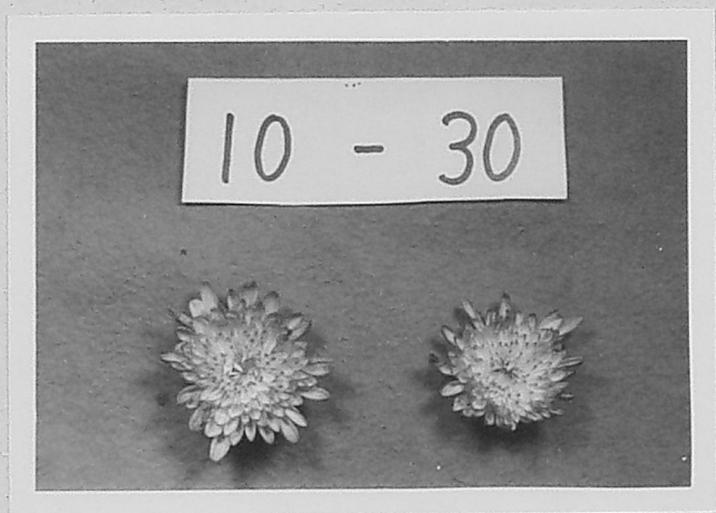


写真 7-4 品種, 精興美山
D10 - N30 区

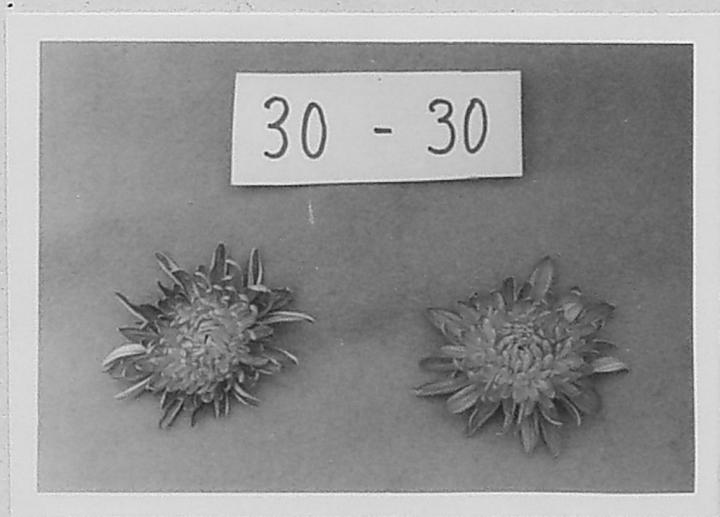


写真 7-5 品種, 精興美山
D30 - N30 区

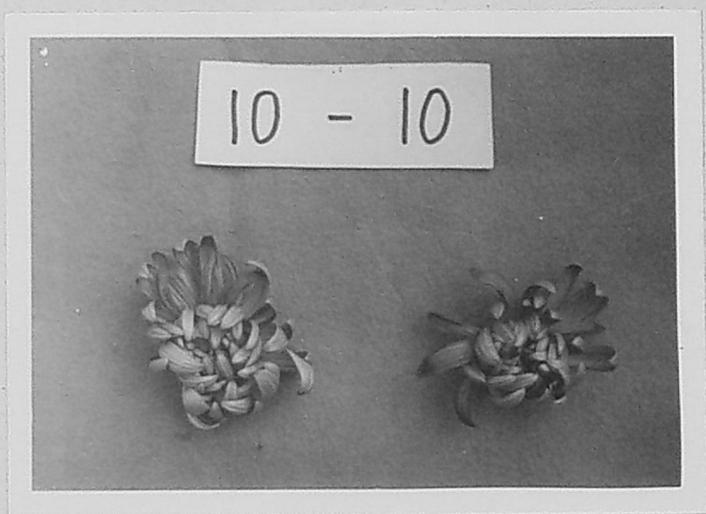


写真 7-6 品種, Delaware
D10 - N10区

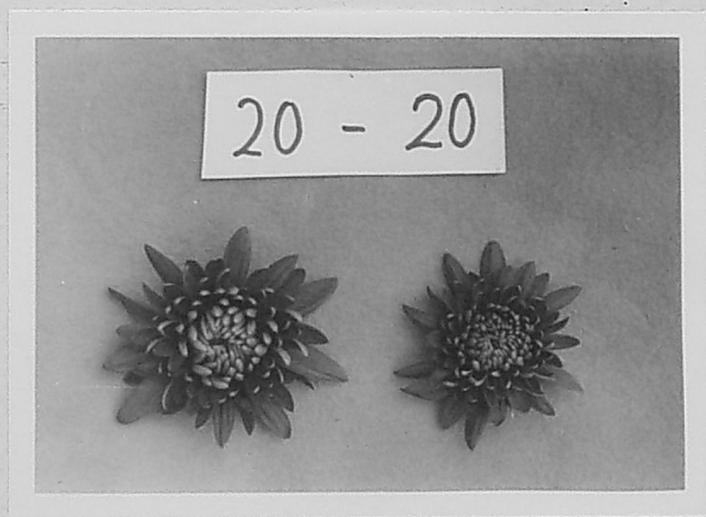


写真 7-7 品種, Delaware
D20 - N20区



写真 7-8 品种, Delaware
户外区



写真 7-9 品种, Yellow Meta
户外区

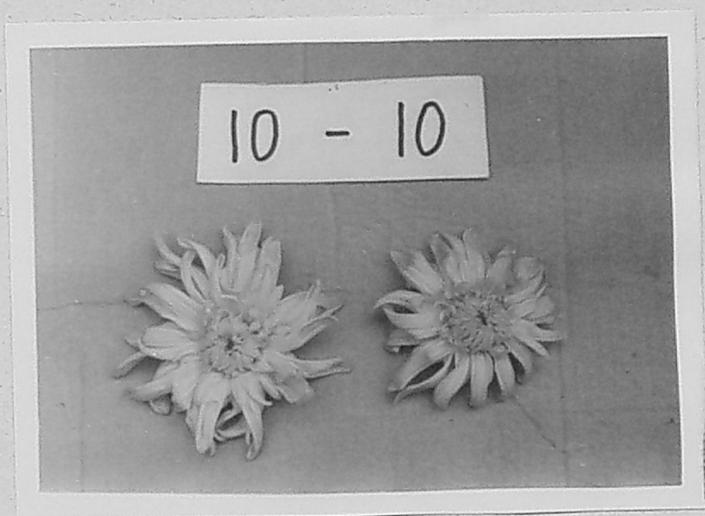


写真 7-10 品種, Yellow Mefo
D10 - N10 区

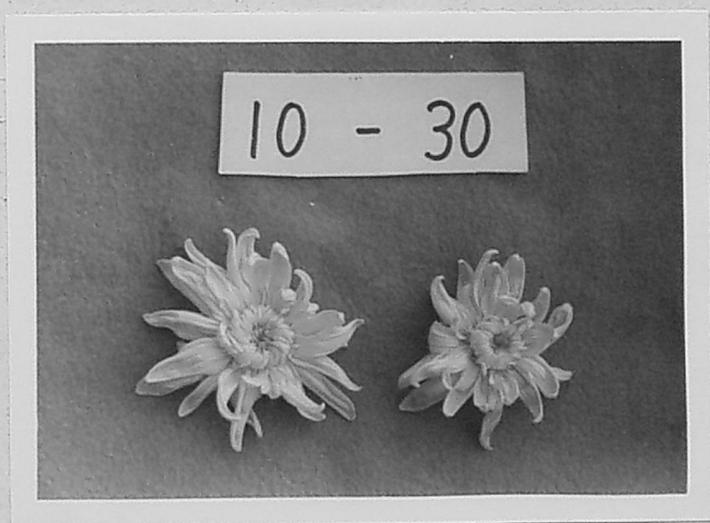


写真 7-11 品種, Yellow Mefo
D10 - N30 区



写真 7-12 品種, Yellow Mefo
D20 - N10 区

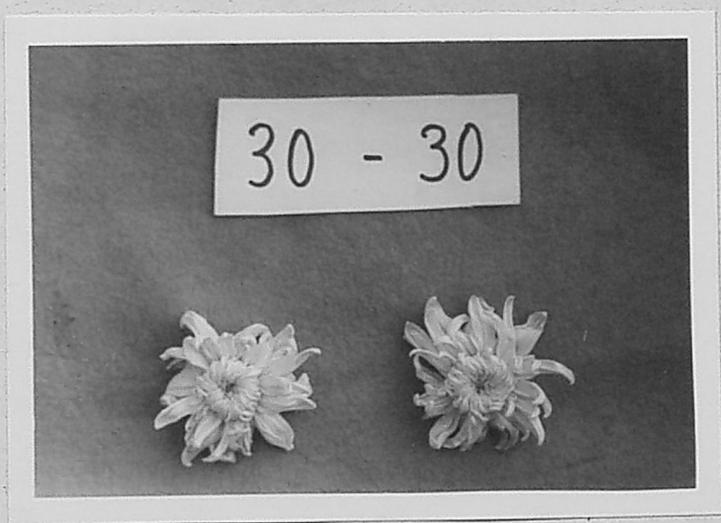


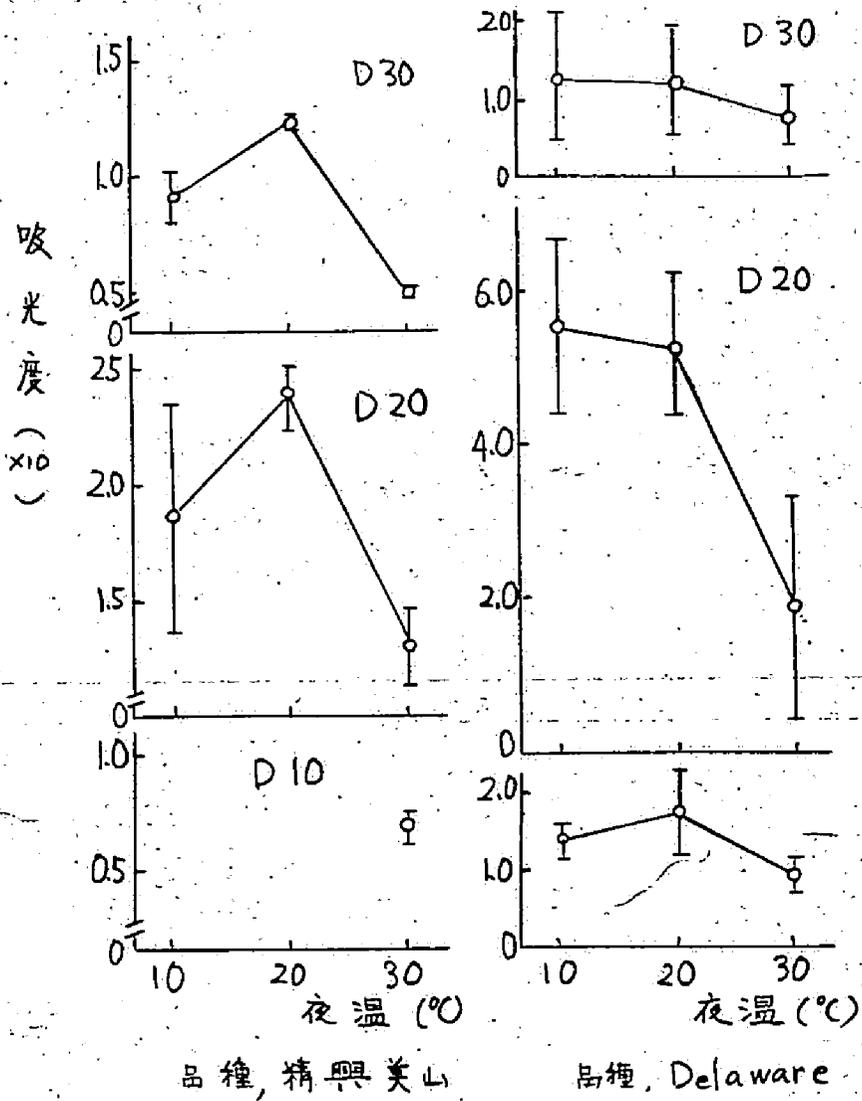
写真 7-13 品種, Yellow Mefo
D30 - N30 区

では、昼温が20°Cで夜温が20°C、すなわちD20-N20区で最もアントシアニン色素含量は高く、夜温が30°Cと高くなると(D20-N30)、色素含量は約半に減った。逆に、夜温を10°Cに下げると(D20-N10)、D20-N30区よりも色素含量は高いが、色素含量の個体間の差が大きくなった。昼温を30°Cとした場合は、夜温を低くしても色素含量は高くなりながら、昼温20°C区と同様に、色素含量は20°C > 10°C > 30°C (夜温)の順で高かった。

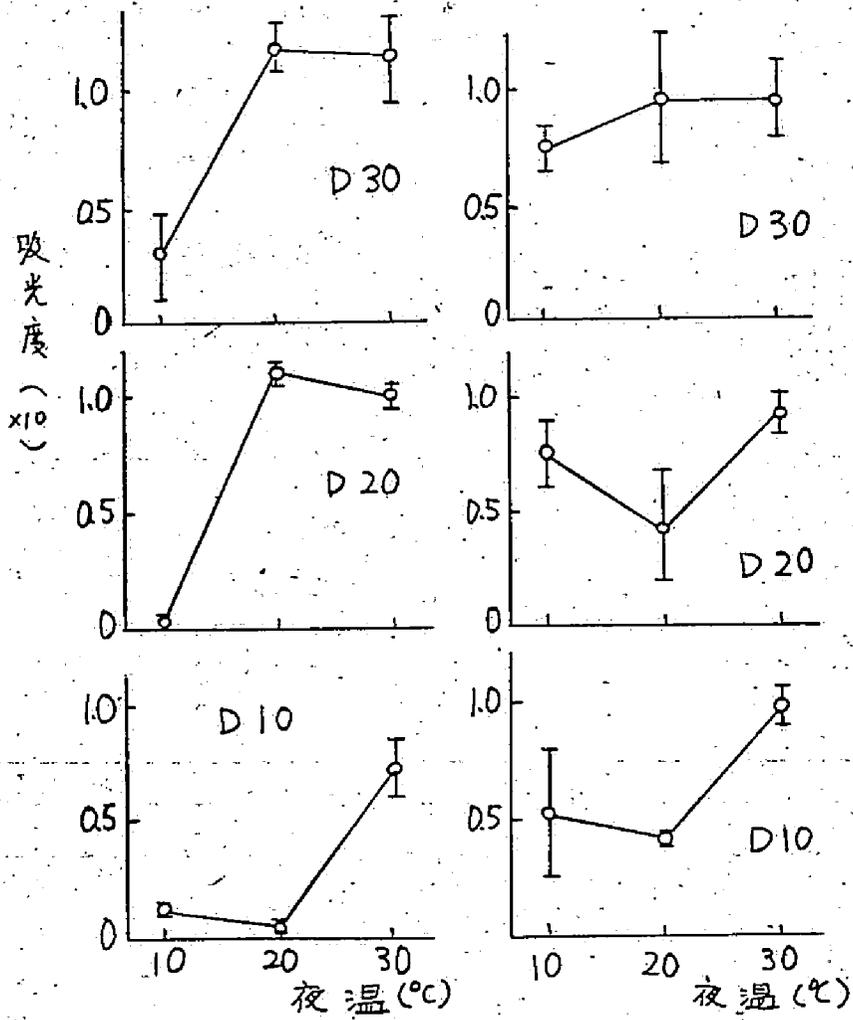
アントシアニン色素と同時にカロチノイド色素を含む Delaware でも、アントシアニン色素含量に対する温度の影響は、精興美山の場合と同様の傾向となった。

これらの結果は、色差計により測定された花色から推測された結果とよく一致していた。なお、精興美山のD10-N10、D10-N20の各区は花弁量が少なく、色素の定量はできなかった。

他方、カロチノイド色素含量を計



ヤ7-4 図 アントシアニン色素含量に及ぼす温度の影響



品種, Delaware 品種, Yellow Mefo

表7-5図 カロチノイド色素含量に及ぼす温度の影響

ると、Delaware, Yellow Mefo とともに、
温度処理による色素含量の変化はほ
ゞ同じような傾向を示したが、区間
に於ける量的な差はあまり大きくな
かった。アントシアニン色素の場合
とは異なり、高温区ほどカロチノイ
ド色素含量は高くなる傾向がみられ、
夜温が 10°C の場合には、昼温が高くても、
カロチノイド色素含量は低く、
夜温が 30°C と高い場合は昼温が 10°C
と低くても色素含量はある程度高か
った。

4) 考 察

花色発現は含有色素の種類とその
含有量、あるいは細胞液のPH等によ
って変化するだけでなく、物理的な
要因、すなわち、花弁表皮細胞の形
態的差異によっても多様に変化する
という(91, 110)。このような花色の
多様な変化を肉眼的に判断するこ
とは、主観的要素が強く、適格な

表現が困難となりがちで、花色を色
彩学的に測定する必要がある。箕
(48, 49), 水谷(69), 新田(75)
らはキフ花色の測色を行ない、花色
を数値的に表現しているが、本実験
でも、色差計により花色を測色し、
個々の花色を数値的に表現し、微妙
な花色の変異を把握することができ
た。

温度処理にともなう花色の変化を、
Hunter色度図上でみると、各品種は
特有な分布の仕方を示していること
がわかる。精興美山の花色は、 $20^{\circ} \rightarrow$

$30^{\circ} \rightarrow 10^{\circ}C$ と処理温度の変化にともな
い、赤紫色 \rightarrow 桃色 \rightarrow 白色(白く白色)
と変化するが、色度図上ではある直
線上を推移している。Delawareの花
色変化も同様の推移を示している。
精興美山の回歸直線は $b = -0.52a + 3.4$ 、
Delawareのそれは $b = -0.67a + 30.2$ と
なった。両品種とも勾配がほぼ同じ
であることから、両品種の花色変化
は、アントシアニン色素の量的な変
化によるものであり、アントシアニ

いても、ほぼ同様の結果が得られている。Rutland (81) は品種、Orchid Queen を昼温 95°F と 85°F 、夜温 70°F と 60°F で栽培し、花色の発現をみたところ、昼夜温とも低い方が色素含量は高かったと報告している。本実験では、さらに低い温度でも実験を行ったが、色素含量は昼温、夜温とも、 $20^{\circ} > 10^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ の順となり、 30°C よりも 10°C の方が多少、色素含量は高くなった。しかし、茅キヤベツでは、色素形成量は $20^{\circ} > 30^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$ の順となり (9)、リンゴでは $15^{\circ} > 25^{\circ} > 5^{\circ}\text{C}$ の順であることが報告されている。これらの結果は実験方法が異なれば、また、同一レベルで相互に比較検討することはできないけれども、アントシアニン色素形成に最適な温度は植物によって多少異なるものと考へられる。この温度に対する色素形成反応が、その植物体の生育適温とも深い関係にあるものと思われ。すなわち、光合成と呼吸の関係にない、生育

に不適當な温度条件は光合成を阻害し、高温による呼吸の増大は糖の消費を多くし、ポントースサイクル、さらにはアントシアニン色素形成に向けられる糖の量を少なくするものと考えられる。Kota (106) は糖含量と色素含量の間の関連性を認めていないが、Thimann (102, 103), Smock (94), Klein (57) は糖の色素形成促進効果も認めており、また、Ratsek (79) はバラで、炭水化物含量が不足すると色素含量が低下し、花に退色現象が認められると報告している。

本実験では、糖あるいは炭水化物含量を測定していないが、色素含量の高い区で花径、花重も大きいことを認めた。

クトルを測定し、得られたスペクトル、カーブにみられる吸収極大のうち、350~370 nmの吸収極大はフラボノール系色素によるものであり、450 nm付近の三つの吸収極大はカロチノイド色素によるものであり、550 nm付近の吸収極大はアントシアニン色素によるものであった。

このスペクトル・カーブはその型から4グループに分けられ、花色とそれを構成する色素は次のように関係づけられた。

(W) 白色花	...	フラボノール系色素
(P) 桃色花	...	フラボノール系色素
		アントシアニン色素
(Y) 黄色花	...	フラボノール系色素
		カロチノイド色素
(OR) 橙色~赤色花	...	フラボノール系色素
		アントシアニン色素
		カロチノイド色素
(b) キク属種の花	色を構成する主要色素であるアントシアニン色素の定量分析を各局	主と局

色素のド及びその度度量のへてアと、
 色色イを響高の。彩明含の度はアと、
 た花ノ響影のたもにの彩と加する
 れた千影に量つ素特よたのこかす
 得られ口は度含か色し素る果増
 得さ力に彩素高ンが、下色す結が
 色。色度、色はニたお低ン断の量
 た。測果、明が、の度アいてはニ判色含
 、で結のたそ彩シてっ度アに測素た。
 な計た色、のトし持明シ的、色素含
 行差した花か、のアンぼをと感がンな
 て色盃はなかり、ア及係るント視たニ
 い、調量いてと、ア、を関すアをア高
 つとを含てしてほ方、響い加、響か
 に量係素してほ他影深増たの影主
 種含関色ぼ及高に影深増たの影主
 ント彩度まから、ブのそ一ブ付け
 (7) キクの花に及ぼす温度の影
 響をみた

色花では、低温に於いて色調は濃くなり、アントシアニン色素含量は高かった。温度のアントシアニン色素含量に対する影響は、 $20^{\circ} > 10^{\circ} > 30^{\circ}C$ の順とた。黄色花では温度による花色の変化がなく、カロチノイド色素含量には温度の影響が認められなかった。

文 献

1. Abe, Y. and K. Hayashi. 1956. Further studies on paper chromatography of anthocyanins involving an examination of glycoside types partial hydrolysis. Studies on anthocyanins 29. Bot. Mag. Tokyo. 69: 577-585.
2. Ahuja, K. G., H. L. Mitchell, and W. J. Carpenter. 1963. Quantitative determination of anthocyanidin from petals of rose cultivars, Pink Coronet and Happiness. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83: 829-832.
3. Atwood, S. S. 1942. Oppositional alleles causing cross-incompatibility in Trifolium repens. Genetics 27: 333-338.
4. Bamberger, E. and A. M. Mayer. 1960. Effect of kintim on formation of red pigment in seedlings of Amaranthus retroflexus. Science 131: 1094-1095.
5. Bate-Smith, E. C. 1948. Paper chromatography of anthocyanins and re-

lated substances in petal extracts
Nature 161: 835-838

6. Bayer, E. 1958. Über den blauen Farbstoff der Kornblume. I. Natürliche und synthetische Anthocyan-Metall-Komplexe. Chem. Ber. 91: 1115-1122
7. ———. 1959. Über den blauen Farbstoff der Kornblume. II. Farbstoffe der roten, violetten und blauen Lupineblüten. ibid. 92: 1062-1071
8. Billerbeck, F. W., N. W. Desrosier and R. B. Tukey. 1953. The influence of 2,4,5-trichlorophenoxypropionic acid on the color of red-fruit apple varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 175-179.
9. Blank, F. 1958. Anthocyanins, flavones, xanthones. in: Handbuch der Pflanzenphysiologie X: 300-353.
10. Bowen, H. J. M., P. A. Cawse and M. J. Dick. 1962. The induction of sports in chrysanthemum by gamma radiation. Radiation Bot. 1: 297-303.
11. ———. 1964. Mutations in horticultural chrysanthemums. in: The use of

- induced mutations in plant breeding' pp. 695-700. Pergamon Press.
12. Brewbaker, J. J. 1957. Pollen cytology and self-incompatibility system in plants. *J. Hered.* 48: 271-277.
 13. Cham, A. P. 1966. Chrysanthemum and rose mutations induced by X-rays. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88: 613-620.
 14. Comstabel, F., J. P. Shyluk, and D. L. Gamborg. 1971. The effect of hormones on anthocyanin accumulation in cell cultures of Haplopappus gracilis. *Planta* 96: 306-316.
 15. Crowe, L. K. 1954. Incompatibility in Cosmos bipinnatus. *Heredity* 8: 1-11.
 16. Davies, B. H. 1965. Analysis of carotenoid pigments. In 'Chemistry and biochemistry of plant pigments' (T. W. Goodwin eds.), pp. 489-532. Academic Press, London.
 17. Downrick, G. J. 1953. The chromosomes of chrysanthemum. II. Garden varieties. *Heredity* 7: 59-72.
 18. ———, and A. El-Bayroumi. 1966

- The origin of new forms of the garden chrysanthemum. *Euphytica* 15: 32-38.
19. East, E. M. and A. J. Mangelsohn. 1925. A new interpretation of the hereditary behavior of self-sterile plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.)* 11: 166-183.
20. 遠藤元庸・山田健一. 1972. 栽培ギクの花色に関する研究. 1. 赤色系ギクのアントシアニン色素発現について. *岐阜大農研報*, 33: 51-63.
21. 遠藤伸夫. 1969. 栽培ギクの染色体研究. (第1報). 栽培ギクの染色体数について(その1). *園学雑誌*, 38: 267-274.
22. ————. 1969. 同. (第2報). 同. (その2). 同. 38: 343-349.
23. Endo, T. 1962. Inheritance of anthocyanin concentrations in flowers of *Torenia fourmieri*. *Jap. J. Genet.* 37: 284-290.
24. Fults, J. L. and L. A. Schaal. 1948. Red skin color of bliss triumph potatoes increased by the use of synthetic

- plant hormones. Science. 108:411.
25. Gerstel, D. W. 1950. Self-incompatibility studies in guayule. II. Inheritance. Genetics 35:482-506.
26. Goodwin, T. W. 1955. Carotenoids. In 'Modern methods of plant analysis' (K. Peach and M. V. Tracey eds.) vol. II. pp. 272-310, Springer; Heidelberg.
27. Gowing, D. P. and A. H. Lang. 1962. Changing the color of flowers with chloroalkyl-carboxylic acid. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80:645-649.
28. Grill, R. and D. Vince. 1964. Anthocyanin formation in turnip seedlings (Brassica rapa L.). Evidence for two light steps in the biosynthetic pathway. Planta 63:1-12.
29. Hall, I. V., F. R. Forsyth, and R. J. Newbery. 1970. Effect of temperature on flower bud and leaf anthocyanin formation in the lowbush blueberry. HortSci. 5:272-273.
30. Hamam, J. J. 1959. Influence of day temperatures on growth and flowering of

Carnations, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74:
692-703.

31. Harborne, J. B. and H. S. A. Sherratt.
1961. Plant polyphenols. 3. Flavonoids
in genotypes of Primula sinensis.
Biochem. J. 78:298-306.

32. ————. 1965. Flavonoids; Distri-
bution and contribution to plant colour.
In 'Chemistry and biochemistry of plant
pigment' (T. W. Goodwin eds.), pp. 247 -
278. Academic Press, London.

33. ————. 1967. Comparative biochemi-
stry of the flavonoids. Academic
Press, London.

34. 服部 - 三 達原 雄 三 . 1970. キフ
の花 色 突 然 変 異 に 関 する 遺 伝 育
種 学 的 研 究 . 1. 花 色 突 然 変 異 に
お け る 色 素 の フ ロ マ ト 分 析 .
Japan J. Breeding 20:261-268.

35. Hauser, E. J. P. and J. H. Morrison
1964. The cytochemical reduction of
nitro blue tetrazolium as an index
of plant viability. Amer. J. Bot.
51: 748-752.

36. 林考三, 1937. 暗赤色菊花色素の単離について, 植雜, 5:168-172.
37. Hayashi, K., N. Saito, M. Sukekawa and Y. Osawa, 1972. Infra-red spectra of anthocyanins and anthocyanidins providing additional data for their identification. Sci. Report Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. B. 14:293-312.
38. 樋口春三, 1968. Petunia hybrida の自家不和合性に関する研究. (文4報) 反復受精による偽総性誘起の生理. 園芸学会, 昭43秋. 研究要 pp. 214-215.
39. 日向康吉, 1967. 自家不和合性の制御と育種. 育種学最近の進歩 9:33-41.
40. ———, 1969. 自家不和合性のメカニズム. 化学と生物 7:196-201.
41. 日置隆一, 1966. 色彩科学ハンドブック, pp. 71-140, 南江堂, 東京.
42. 細川定治, 加藤勝信, 1963. 7

人菜の自家不稔性におよぼす遮
光処理の影響について、育雜
13: 229-234.

43. Howard, G. S. 1962. The results of breeding for red flower color in garden chrysanthemums. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 506-509.
44. Hughes, M. R. and E. B. Babcock. 1950. Self-incompatibility in Crepis foetida L. Genetics 35: 570-588.
45. Jackson, A. A. 1971. Chrysanthemum breeding at Wye College. J. Roy. Hort. Sci. 96: 23-29.
46. Jank, H. 1957. Experimentelle Mutationsauslösung durch Röntgenstrahlen bei Chrysanthemum indicum. Der Züchter. 27: 223-231.
47. Jørgensen, E. and T. A. Geissman. 1955. The chemistry of flower pigmentation in Antirrhinum majus color genotypes. III. Relative anthocyanin and aurone concentrations. Arch. Biochem. Biophys. 55: 389-402.
48. 笈三男、横田弘司、山内弘毅、

1965. 赤色系キクの色調とアントシアニン色素について. 園学雑. 34: 232-236.

49. ————, ————, ————. 1969. 赤色系キクの色調におよぼす施肥の影響. 広島農短大研報, 3: 60-63.

50. ————, ————. 1969. 赤色系キクの色調と Anthocyanin 色素について. Chrysanthemum の単離ならびに Chrysanthemum 含有量と花の色. 広島農短大研報, 3: 189-192.

51. Karrer, P. und E. Jucker. 1943. Carotinoid aus den Blüten von Winterastern, Chrysanthemamaxanthin. Helv. Chim. Acta, 26: 626-630.

52. ————, ————, J. Rutschmann und K. Steinlin. 1945. Zur Kenntnis der Carotinoid-epoxyd. Natürliches Vorkommen von Xanthophyll-epoxyd und α -Carotin-epoxyd. Helv. Chim. Acta, 28: 1146-1156.

53. 柏熊正一, 松原幸子, 塚本洋太郎. 1966. キクの育種に関する研究. 9. 種々の温度条件下に

おける花粉活性度及心発芽率。
園芸学会，昭和春，研究要，pp.
287-288.

54. 河瀬晃四郎 1968. 色差計によ
るキウ花卉色の色彩学的分析。
未発表。

55. Kawase, K., Y. Tsukamoto, N. Saito, and
Y. Osawa. 1970. studies on flower
color in Chrysanthemum morifolium
Ramat. 1. Anthocyanins. Plant
Cell Physiol. 11:349-353.

56. 河瀬晃四郎・塚本洋太郎，1974.
キウの花色に関する研究(第2報)。
生花卉の吸収スペクトルについて。
園学雑誌 43: 165-173.

57. Klein, A. D. and C. W. Hagen, JR. 1
961. Anthocyanin production in detached
petals of Impatiens balsamifera L.
Plant Physiol. 36: 1-9.

58. 黄敏展，1967. X線照射による
キウの変異，主に花色に関する
研究。京都大学位論文。

59. Kosaka, H. 1932. Über den Einfluss
des Lichtes, der Temperatur und des

Wassermangels auf die Färbung der
Chrysanthemum - Blüten. Bot. Mag. Tokyo
46: 551-560.

60. Kuroda, C. and M. Wada: 1936. The
constitution of natural coloring
matters, kuromamin, shisomin and
nasumin. Bull. Chem. Soc. Japan. 11:
272-287.
61. Ling, L., R. E. Widmer and R. Mullin
1966. Influence of temperature, nutri-
tion and combining ability on seed
production in chrysanthemum. Proc.
Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 621-626.
62. Little, T. M., J. H. Kantor and B. A.
Robinson, JR. 1940. Incompatibility
studies in Cosmos bipinnatus.
Genetics 25: 150-156.
63. Mabry, T. J., K. R. Markham and M. B.
Thomas, 1970. The systematic identi-
fication of flavonoids: Springer-
Verlag, New York.
64. Marousky, F. J. 1967. Effects of
temperature on anthocyanin content
and color of poinsettia bracts. Proc.

- Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 678-684.
65. 松原尚生、橋本貞夫、1971. ホトトマシ苗へのγ線照射と育種効果 [1]. 農業および園芸, 46: 515-519.
66. 松原幸子、1973. 園芸作物の不和合性に関する研究 (第1報). エリの自家不和合性打破について. 園芸学会、昭48秋、研究要、pp. 298-299.
67. Mitsui, S., K. Hayashi, and S. Hattori. 1959. Crystallization and properties of commelinin, a blue metallo-anthocyanin from commelinin. Studies on anthocyanins. 31. Bot. Mag. Tokyo. 72: 325-333.
68. Miyake, K. and Y. Imai. 1934. A chimerical strain with variegated flowers in Chrysanthemum sinense. Zeitschr. Abst- u. Vererbungslehre. 68: 300-302.
69. 水谷房雄 1972. キクの花色に関する研究、植物生長抑制物質がキクの花色におよぼす影響、近大農紀要、5: 15-20.

70. Mulford, F. L. 1937. Results of selfing 24 early blooming chrysanthemums. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35: 818-821.

71. 中島健次 1967. キクの人偽突然変異体におよぼすX線再照射の影響, 園芸学会, 昭42春, 研究季, pp. 302-303.

72. 西山市三 1961. 細胞遺伝学研究法, 養賢堂.

73. 丹羽鼎三 1931. 菊の授粉及自家不受胎性に就て(梗概), 日本学術協会報告 6: 479-487.

74. ————, 堤久雄 1952. 菊授精の機構と其の経過, 造園雑, 15: 26-31.

75. 新田伸三 1956. 造園植物の測色学的研究 (IV, V, VI) バラ, ハナシヨウブ, グラジオラス, キクの花色の測定, 造園雑, 19: 1-9.

76. 岡田正順 1957. キク '花と蔬菜の育種' (志佐誠, 近藤典生監修) pp. 216-224. 誠文堂新光社,

東京

77. Osawa, Y. and N. Saito, 1968.
Electron spin resonance studies on
anthocyanins. *Phytochem.* 7:1189-1195.
78. ———, ———, and K. Ishizuka. 19
69. Electron spin resonance study of
anthocyanins with special reference to
a micro-technique for non-crystal-
line specimens. *Meijigakuin Ronso.*
148:1-16.
79. Ratsek, J. C. 1944. The effect of
temperature on broom color of roses.
Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 44:549-551.
80. Robinson, G. M. and R. Robinson. 1932.
A survey of anthocyanins. *Biochem. J.*
26:1647-1663.
81. Rutland, R. B. 1968. The effect of tem-
perature on the concentration of antho-
cyanin in pink flowers of Chrysam-
themum morifolium Ram. cv. 'Orchid
Queen'. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93:
576-582.
82. Ryugo, K. 1966. Persistence and mo-
bility of Alar (B-995) and its effect

- on anthocyanin metabolism in sweet cherries, Prunus avium. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 160-166.
83. Sagawa, Y. and G. A. L. Mehlquist. 1957. The mechanism responsible for some X-ray induced changes in flower color of the carnation, Dianthus caryophyllus. Amer. J. Bot. 44: 397-403.
84. Saito, N. 1967. Light absorption of anthocyanin-containing tissue of fresh flowers by the use of the opal glass transmission method. Phytochem. 6: 1013-1018.
85. ———, K. Hirate, R. Hotta and K. Hayashi. 1964. Isolation and crystallization of genuine red anthocyanins. Studies on anthocyanins, 44. Proc. Japan Acad. 40: 516-521.
86. ———, K. Ishizuka and Y. Osawa. 1970. Paper-chromatographic identification of flavonoids from a scarlet-flowering dahlia and crystallization of pelargonin and butein. Bot. Mag.

- Tokyo, 83: 229-232.
87. 佐俣淑彦・松井孝・片倉淳, 1968. 菊科鑑賞用植物の偽総に関する研究, (1) コスモスおよびマダガスカルマユウバについて. 玉川大農研報, 7-8: 7-13.
88. Sampson, D. R., G. W. R. Walker, A. W. S. Hunter, and M. Bragdø. 1958. Investigations on the sporting process in greenhouse chrysanthemums. *Canad. J. Plant Sci.* 38: 346-356.
89. Shibata, K. 1958. Spectrophotometry of intact biological materials. *J. Biochem.* 45: 599-623.
90. 下斗米直昌, 1935. 菊の生態と細胞遺伝, 養賢堂, 東京.
91. 志佐誠・高野泰吉, 1964. バラの花色発現に及ぼす温度および光の影響, 園学雑, 33: 140-146.
92. Skulman, Y. and S. Lavee. 1971. The effect of kinetin on anthocyanin formation in green harvested olive fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 808-810.

93. Siegelman, H. W. and S. B. Hemdricks. 1958. Photocontrol of anthocyanins synthesis in apple skin. *Plant Physiol.* 33: 185-190.
94. Smock, R. M. 1966. Laboratory studies of anthocyanin development in McIntosh apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88: 80-88.
95. Sondheimer, E. and F. A. Lee. 1949. Color change of strawberry anthocyanin with D-glucose. *Science* 109: 331-332.
96. Stewart, R. W., S. Asem, K. H. Northis and D. R. Massie. 1969. Relation of flower color to optical-density spectra of intact tissue and of anthocyanin extracts. *Amer. J. Bot.* 56: 227-231.
97. Stewart, R. N. and H. Dermien. 1970. Somatic genetic analysis of the apical layers of chimeral sports in chrysanthemum by experimental production of adventitious shoots. *Amer. J. Bot.* 57: 1061-1071.
98. Straus, J. 1959. Anthocyanin synthesis in corn endosperm tissue cultures.

1. Identity of the pigments and general factors. *Plant Physiol.* 34: 536-541.
99. 杉山 晃, 高野泰吉, 1968. キノの花色変異に関する研究 (第1報). 園芸学会, 昭43秋, 研究要, pp. 202-203.
100. Swanson, C. R., S. B. Hendricks, V. K. Toole, and C. E. Hagen, 1956. Effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and other growth-regulators on the formation of a red pigment in Jerusalem artichoke tuber tissue. *Plant Physiol.* 31: 315-316.
101. Takeda, K. and K. Hayashi, 1963. Further evidence for the new structure of violamine as revealed by degradation with hydrogen peroxide. *Studies on anthocyanins*, 41. *Proc. Japan Acad.* 39: 484-488.
102. Thimamm, K. V. and Y. H. Edmondson, 1949. The biogenesis of the anthocyanins. I. General nutritional conditions leading to anthocyanin forma-

- tion. Arch. Biochem. Biophys. 22: 33-53.
103. _____, _____, and B. S. Radmer. 1951. The biogenesis of the anthocyanins. II. The role of sugars in anthocyanin formation. Arch. Biochem. Biophys. 34: 305-323.
104. 徳増智. 1968. 偽受精と育種. 育種学最近の進歩 9: 3-12.
105. Tomes, M. L., F. W. Quackenbush, and T. E. Kargl. 1959. Action of the gene B in biosynthesis of carotenes in the tomato. Bot. Gaz. 117: 248-253.
106. Uota, M. 1953. Temperature studies on the development of anthocyanin in McIntosh apples. Hort. Abst. 23: 49. (No. 279).
107. 和田水・服部恒代. 1953. アントシアニンとの Biogenesis に関する研究. Ⅱ報. 白菊の花よりアピゲニン - グルコサイドの単離. 資源研彙報, 32: 67-70.
108. White, D. G. 1953. Promotion of

- red color of apples, 2. Effects of preharvest sprays of certain chemicals in multiple combinations. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 180-184.
109. Willstätter, R. und E. K. Bolton. 1916. Über ein Anthocyan der Winteraster (*Chrysanthemum*). Ann. 412: 136-148.
110. Yasuda, H. 1964. Studies on the expression of color tone in rose petals. 1. Characteristic structure of the epidermis of petals in velvety dark red roses. J. Fac. Lib. Art. Sci. Shimshu Univ. 14: 31-37.
111. 宇田 齊, 1967.バラ花卉の色調発現の研究, (第5報) 赤色系花卉におけるアントシアンの量的効果に関する色彩科学的研究. 植 雑, 80: 357-362.
112. ———, 1973. 花色の生理, 生化学, 内田老鶴園新社, 東京.
113. 宇田 真雄, 1928. *Petunia violacea* の受精力に関する生理学的研究 V. 土壤湿度と受精力との関係.

- 植 雑, 42: 317-325.
114. _____, 1932. 同, XI. 自家不
和合性に対する温度の影響. 同,
46: 679-689.
115. _____, 1951. 種子生産学,
養賢堂, 東京.
116. Yokoi, M. and N. Saito, 1973. Light
absorption patterns of intact rose flow-
ers in relation to the flower color.
Phytochem. 12: 1783-1786.

