

# ‘青島温州’の珠心胚実生変異と品種選抜

磯部 暁・藤田賢輔

## Variation and Selection of New Cultivers in Satsuma Mandarin ‘Aosima - unshiu’ (*Citrus unshiu* Marc.) Nucellars

Akira Isobe and Kensuke Fujita

### I 緒言

‘青島温州’は、1960年に静岡市福田ヶ谷の青島平十氏が、自園に栽植する‘尾張温州’の枝変わりとして発見したが、変異枝は1963年に枯死している。この変異系は、1950年に静岡県柑橘農業協同組合連合会静岡支所の優良系統探索事業において注目を浴び、1965年から静岡県の奨励系統に指定され、‘石川温州’に代わる貯蔵用品種として増殖の担い手となってきた(岩政, 1976)。熊本県には1962年に導入、’70年に県奨励品種に決定され、在来系などに対する改植、更新用品種として普及、推進が図られた。しかし、‘青島温州’は、高品質で特有の優れた食味と風味をもつものの、大果になり易く、果実の着色が不揃いで、収穫時期が遅いために年内に十分な量の出荷ができないことや(井口, 1980)、隔年結果性の強いことなどが欠点として指摘されていた(広瀬, 1990)。折しもその当時は、珠心胚実生利用育種によって、‘宮川早生’を種子親として、‘興津早生’と‘三保早生’が育成され(岩時ら, 1966)、全国的に栽培が拡大されるとともに、普通ウンシュウでは‘長橋温州’を種子親とした‘久能温州’と、‘杉山温州’を種子親とした‘瀬戸温州’が育成された(西浦ら, 1972)時期でもあった。従って、これらの成果をもとに、着色が早く食味が良好で年内出荷の可能な‘青島温州’の珠心胚実生種の育成を目指して品種改良を行った。本報では、‘青島温州’の珠心胚実生群に表れる変異性と選抜系統の特性について報告する。

### II 材料および方法

#### 1) 珠心胚実生個体群の変異性

1974年5月に、果樹研究所内に植栽する11年生‘青島温州’に‘パイナップルオレンジ’、‘ヤラハタンゼロ’及び‘セミノールタンゼロ’の花粉を交配し、1975年4月に胚分離を行い実生の養成を行った。1977年4月に、現地の適応試験圃場46力所に対し、‘青島温州’を対照

系統として1カ所につき2~3個体あて、合わせて116個体の珠心胚実生を高接ぎして特性検定を開始した。また1978年4月には、果樹研究所内に、6年生‘興津早生’を中間台として187個体の実生を高接ぎし、棚仕立てによる誘引下垂方法により特性検定を行った。珠心胚実生群に表れる特性については、所内では1980年から毎年12月4日に、現地は’81年より毎年11月24~27日の間に採収し、実生樹ごとに果実の着色、外観および品質を調査するとともに、品種選抜を行った。

#### 2) 選抜系統の樹体及び結実特性

1984年4月には、果実の着色、形態、果汁の品質、着果性から、3系統の珠心胚実生(K-1、K-4、K-9)を選抜した。選抜系統の樹体と結実特性については、1985年にK-1、K-4、K-9、及び対照として種子親である‘青島温州’の1年生苗木を養成し、翌年2年生を定植した。その後、1995年の12年生時に、葉の形態、樹内における春梢の発生状況、果梗枝の分布状態、並びに有葉果の結実性を調査した。調査は、中庸の結果母枝の中央部分から1葉ずつ採葉した60~80枚について、春梢長、果梗枝長、並びにその葉数分布は、樹内に着生する全ての枝梢を測定した。

#### 3) 選抜系統別果実の形態及び品質特性

選抜系統の品質特性については、K-1は、’86年に、山鹿市に植栽の15aの高接ぎ4年生樹と同樹令の‘青島温州’を各々3樹ずつ供試し、樹体と果実の特性並びに結実部位別の果実の形態と果汁の品質について調査した。K-4については、’87年に不知火町に植栽の10aの高接ぎ5年生樹と隣接圃の20年生‘南柑20号’を、K-9については、’88年に山鹿市の高接ぎ11年生樹と同樹令の‘青島温州’を用い、各々、K-1と同様な供試樹数と調査方法で果実の外観、着色、品質について調査を行った。

#### 4) 選抜個体間における果汁の糖組織

系統別の糖組成については、1994年11月11日、25日、

12月15日に、土層の深さが中程度(30~50cm)の熊本市河内町に植栽のK-1、K-4、K-9と‘青島温州’の6年生高接ぎ樹から果実を採取した。分析は竹林ら(1993)の方法により、全果実の果汁を混合して供試した。糖組織については、果汁を純水で10倍に希釈して、孔径0.45umのフィルターでろ過後、直接10ulを高速液体クロマトグラフィー(HPLC,日本分光;TRI ROTARY Y)に注入し測定した。HPLCの設定は、カラム:Waters sugar Pak I、カラム温度90℃、移動相:H<sub>2</sub>O 流速0.5ml/min、検出器:Waters410(RI)、セル温度:50℃の条件で行った。

#### 5) 選抜系統別葉中PCR分析

PCRによる個体間の識別については、果樹研究所に植栽する7年生の成葉からSDS法によりDNAを抽出し、20ng/μlの濃度に調整してテンプレートとした。このテンプレートDNA 0.5ulに、プライマー10pmol/0.5μl及びDNAポリメラーゼ0.5μを加え、最終溶液量を12.5μlとした。PCR反応は、変性93℃1分、及び伸長を72℃で行ない、これを40サイクル繰り返した。増幅し

たDNAバンド、アガロースゲルで電気泳動後、エチジウムブロマイドで染色し、UV照明下でバンドの観察を行った(Williamsら,1990)。

### III 結果及び考察

#### 1. 結果

##### 1) 珠心胚実生個体群の変異性

果樹研究所内の特性検定樹は、1980年より実生個体が結実を開始した。第1表は1980年から3カ年間における結実の状況と果実の形態並びに果汁の品質結果で、実生1個体当たりの結実数は22.5個であった。珠心胚実生群の3カ年の平均屈折計示度は10.3%であり、‘青島温州’と同程度であったが、クエン酸含量は0.91%で‘青島温州’よりもやや低い傾向がみられた。また、現地適応試験地の検定樹は、1980年より結実を開始したが、調査に供しうる全体的な結実は1981年からであり、珠心胚実生群と‘青島温州’における3カ年間の果実の形態と品質についての結果を第2表に示した。その結果、‘青島温州’よりも珠心胚実生群の方が、果形指数151以上

第1表 ‘青島温州’ 珠心胚実生群における果実の形態と品質

変動値	収獲果数	一果平均重	果形指数	果皮色	屈折計示度	クエン酸	可溶性固形物	甘味比
調査個体数	100.5	109.0	95.5	109.0	97.0	97.0	97.0	97.0
平均値	22.5	187.9	144.0	7.0	10.3 (10.5)	0.71 (0.91)	11.08	16.0 (13.2)
最大値	95.5	317.6	162.3	10.0	12.3	1.10	14.20	22.6
最小値	1.5	111.2	128.2	2.0	7.9	0.49	8.93	10.1
レンジ	94.0	206.4	34.1	8.0	4.4	0.607	5.27	12.56
標準偏差	18.6	37.56	6.28	2.12	3.48	0.10	1.14	2.38
変異係数	0.85	0.20	0.04	0.31	0.32	0.14	0.10	0.12

( )は隣接畑、青島温州(7~9年生)  
果樹研究所内における特性検定試験(1980~1982年平均)

第2表 ‘青島温州’ 珠心胚実生群と‘青島温州’における果実の形態と品質(1981~'83)

系統 項目	青島温州珠心胚実生						青島温州					
	浮皮の 程度	調査果 1果平均重	屈折計 示度	クエン酸	可溶性 固形物	甘味比	浮皮の 程度	調査果 1果平均重	屈折計 示度	クエン酸	可溶性 固形物	甘味比
調査個体数	97.3	97.3	97.0	97.0	97.0	96.0	36.3	36.3	36.3	36.3	35.7	35.7
平均値	0.9	127.4	11.4	0.67	12.56	20.3	0.6	130.8	11.0	0.74	12.21	17.5
最大値	3.3	194.1	14.1	1.40	15.37	24.7	2.7	173.5	12.5	1.10	13.98	29.3
最小値	0	83.2	9.0	0.41	7.22	8.7	0	103.1	9.1	0.43	10.30	7.33
レンジ	3.30	110.9	5.1	0.99	8.16	15.0	2.67	70.4	3.4	0.67	3.68	21.98
標準偏差	0.95	18.0	1.1	0.15	1.36	8.93	0.89	15.80	0.82	0.31	0.93	4.16
変異係数	1.22	0.14	0.10	0.22	0.11	0.44	1.57	0.12	0.07	0.49	0.07	0.23

現地適応試験地における特性検定(1981~1983年平均)

の果実の割合が高く、全体的に偏平な状態を示した。浮き皮果の発生率は珠心胚実生群の方がやや高い傾向がみられ、収穫時の果皮色については‘青島温州’が7分着色果実の割合が高かったのに対し、珠心胚実生群は9分着色果実の割合が最も高く着色は良好であった。屈折計示度は、‘青島温州’よりも珠心胚実生群の方が12.1%以上の個体の割合が高く、クエン酸含量は‘青島温州’よりも珠心胚実生群の方が0.7%以下の割合が高い状態にあり、珠心胚実生群は全体的に低い傾向を示した（第1図）。これら果樹研究所と現地適応試験地における結実性、果実の着色、果形、果面、果汁等の品質調査結果から、特徴的な3系統を選抜し、K-1、K-4、K-9の系統番号を付した。その中の1系統で‘ヤラハタンゼロ’を花粉親にしたK-1は、1987年7月15日に、農林水産省告示第879号をもって‘白川’の品種名で登録（登録番号第1920号）された（磯部・藤田，1990）。

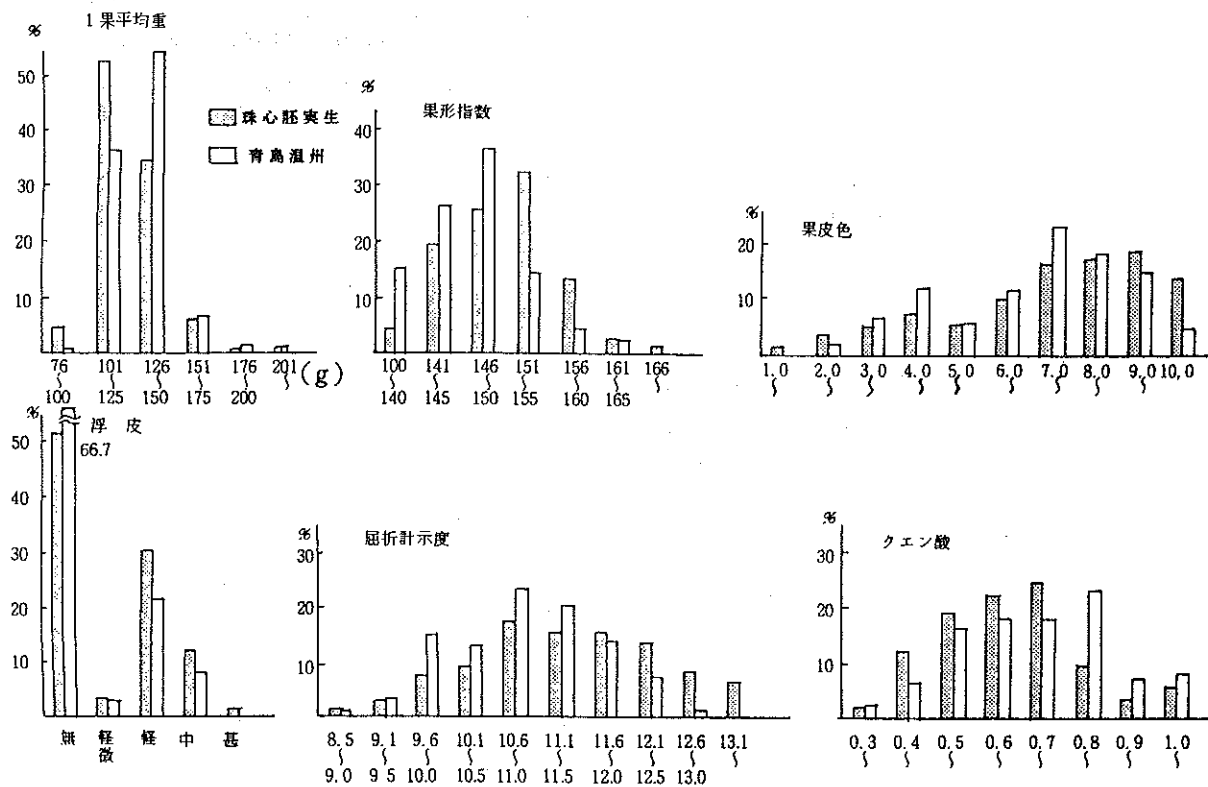
### 2) 選抜系統の樹体及び結実特性

選抜した3系統の樹体特性を第2図に示した。春梢長については、K-4では2.0~4.0cmの発生割合が最も高く、これより長くなるにつれて分布割合は小さくなった。K-9は2.0~6.0cmの春梢の割合が高く、K-1もK-9と同じく2.0~6.0cmの春梢の割合が高かったが、その程度はK-9よりもやや低い状態にあった。しかし、K

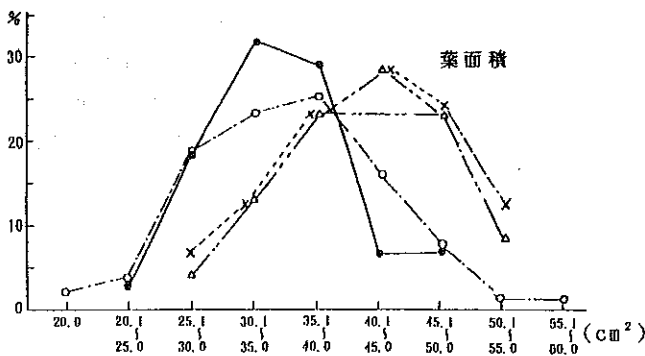
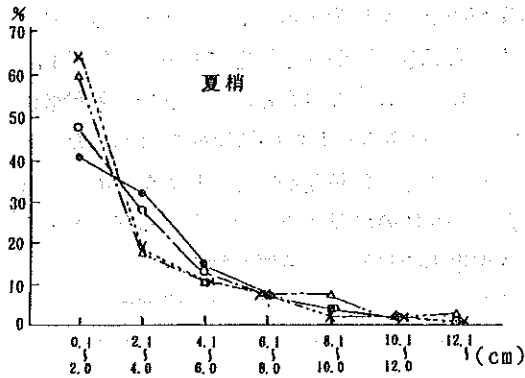
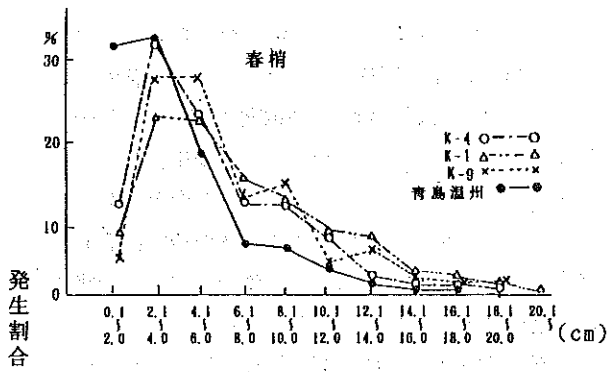
-9とK-1の6.1cmより長い春梢の発生割合は、K-4よりも全体的に高く推移した。なお、‘青島温州’は、K-4よりもさらに短い春梢の分布割合が高かったが、長い春梢の割合は低い状態を示した。葉面積はK-9が最も大きく、次いでK-1であったが、その差は明かな差ではなかった。K-4の葉は実生個体の中では最も小さい傾向にあり、総体的には大小の葉が混在した状態であった。葉形はK-9が長く、次いでK-1、K-4で、‘青島温州’よりはいずれの実生個体も長かった。樹内における果梗枝長の発生分布は、K-1とK-9、並びにK-4と‘青島温州’が同じ状態であった。結果的には、K-9とK-1は、長さが1.0~2.0cmで、着葉数が1.0枚以下で、直果を含めた短い結果枝の分布が最も多かったが、K-4と‘青島温州’は、長さが2.0~6.0cmで着葉数が3~5枚の結果枝の着果が多い状態にあった。

### 3) 個体別果実の形態及び品質特性

選抜系統の果実の形態並びに果汁の品質特性を第3~8表に示した。K-4の果実の着色は‘青島温州’よりも10~14日早く、果皮はやや柔らかく早熟傾向を示した。果形は偏円、果皮色は濃く、クエン酸は‘南柑20号’よりも低い傾向にあった（第3、4表）。K-1の果実の着色は‘青島温州’よりも10日程度早く、果面は平滑で果形は偏平であった。屈折計示度は‘青島温州’と同程



第1図 ‘青島温州’ 珠心胚実生群の果実の形質と果汁の品質分布  
現地対応試験 (1981~1983年平均)



第2図 青島温州珠心胚実生系統間の樹内における枝梢の種類別、葉の形態別分布割合

度で、クエン酸含量はやや低く、熟期はK-4とK-9の中間に位置した(第5, 6表)。K-9の果実の着色は「青島温州」よりも3~5日早く、果梗部は丸味をおびやや腰高傾向を表した。果皮はやや硬いものの、果面は比較的滑らかで、樹上に遅くまで結実させても浮き皮果の発生は少なかった。屈折計示度、クエン酸含量ともに「青島温州」と同程度で3系統の中では最も熟期が遅れた(第7, 8表)。結果的にK-4の熟期が最も早く、次いでK-1、K-9、「青島温州」の順であった。

#### 4) 系統間における果汁の糖組成

K-1、K-4、K-9である「青島温州」珠心胚実生系統間の糖組成は、第3図にみられるように11月11日、25日及び12月15日のいずれの収穫果もスクロースが最も高く、次いでフルクトース、グルコースの順であった。系統間におけるスクロースの組成はK-9が高く、次い

第3表 「青島温州」珠心胚実生系K-4の果形と果皮の形態

系統	果形 指数	果頂部水		果梗部水		油 胞		浮皮 程度
		平城の比	%	平城の比	%	大きさ mm	密度 個/cm <sup>2</sup>	
K-4	158.2	49.8	39.2	0.71	49.9		2.5	
青島温州	143.2	47.1	32.4	0.73	42.9		2.0	
南柑20号	145.4	44.6	33.1	0.92	39.8		2.5	

浮皮の程度(無0、軽1、中2、甚3)

第4表 「青島温州」珠心胚実生系K-4の果実品質特性

結実 部位	K-4				南柑20号			
	果実重 g	屈折 計示 度	クエ ン酸	浮 皮	果実重 g	屈折 計示 度	クエ ン酸	浮皮 程度
外部	104.7	12.5	0.59	0	110.6	10.3	0.82	0.3
内部	102.5	12.1	0.57	0	104.4	10.2	0.87	0
上部	108.2	12.6	0.61	0	111.7	10.7	0.82	0
中部	101.1	12.4	0.51	0	109.8	10.3	0.84	0
下部	101.6	11.9	0.63	0	101.0	9.8	0.87	0
東	105.5	12.2	0.64	0	106.1	10.3	0.87	0
西	105.6	12.6	0.58	0	110.9	10.3	0.87	0
南	100.1	12.4	0.60	0	104.0	10.2	0.80	0
北	102.9	12.3	0.55	0	107.4	10.2	0.84	0
全平均	103.7	12.3	0.56	0	107.4	10.3	0.85	0.1

採取日: 昭和63年12月13日, 分析: 12月15日.

第5表 「青島温州」珠心胚実生系K-1の果形と果皮の形態

系統	果形 指数	果頂部水		果梗部水		油 胞		浮皮 程度
		平城の比	%	平城の比	%	大きさ mm	密度 個/cm <sup>2</sup>	
K-1	155.7	47.3	49.3	0.70	56.1		2.0	
青島温州	151.8	50.4	44.1	0.70	55.4		2.0	

第6表 「青島温州」珠心胚実生系K-1の果実品質特性

結実 部位	K-1				青島温州			
	果実重 g	屈折 計示 度	クエ ン酸	色差 計の a値	果実重 g	屈折 計示 度	クエ ン酸	色差 計の a値
外部	89.5	14.0	1.02	34.8	103.2	12.7	1.23	34.2
内部	82.0	13.4	1.01	32.9	96.1	12.3	1.13	31.2
上部	93.6	14.5	1.08	36.3	107.3	12.8	1.31	35.1
中部	88.1	13.8	1.01	34.3	103.0	12.7	1.23	32.4
下部	81.6	13.3	1.00	32.6	96.4	12.3	1.13	32.5
東	84.0	13.8	1.16	33.7	102.2	12.5	1.18	33.0
西	85.6	13.3	0.98	33.4	99.1	12.5	1.14	32.4
南	85.3	14.1	1.01	34.4	99.2	12.7	1.17	34.0
北	84.7	13.6	1.23	34.1	102.0	12.4	1.20	31.4
全平均	86.0	13.7	1.02	33.9	100.9	12.5	1.18	32.7

採取日: 昭和61年11月27日, 分析: 12月11日.

第7表 '青島温州' 珠心胚実生系K-9の果形と果皮の形態

系統	果形		果頂部水		果梗部水		油		胞		浮皮程度
	指数		平域の比		平域の比		大きさ		密度		
			%		%		mm		個/cm <sup>2</sup>		
K-9	141.5	48.9	32.6	0.67	58.7	1.0					
青島温州	137.4	44.3	33.6	0.69	68.0	2.0					

第8表 '青島温州' 珠心胚実生系K-9の果実品質特性

結実部位	K-9				青島温州			
	果実重量	屈折計示度	クエン酸	浮皮	果実重量	屈折計示度	クエン酸	浮皮程度
外部	130.2	16.0	1.10	1.4	98.7	13.5	0.92	2.6
内部	111.0	15.7	1.13	0.8	91.3	13.2	0.92	2.5
上部	123.5	16.2	1.12	0.9	92.9	13.5	0.88	2.3
中部	119.3	15.6	1.10	1.0	95.7	13.3	0.94	2.8
下部	119.1	15.7	1.13	1.3	96.5	13.3	0.95	2.6
東	115.4	15.8	1.19	1.0	89.4	13.5	0.90	2.1
西	119.8	15.9	1.12	0.8	97.7	13.3	0.90	2.5
南	131.4	16.3	1.12	0.9	97.6	13.5	0.91	2.8
北	115.9	15.4	1.03	1.4	95.4	13.2	0.98	2.7
全平均	120.8	15.9	1.12	1.0	95.0	13.4	0.92	2.6

採収日：平成元年1月19日。分析：1月27日。

でK-1、K-4であり、熟期の遅い系統ほど高い状態にあった。グルコースはK-4が最も高く、次いでK-1、K-9であり熟期が早い系統ほど高かった。フルクトースも熟期の早い系統ほど高く、グルコースと同様な傾向を示した。'青島温州'の糖組成はスクロース、グルコース、フルクトースともにK-1とほぼ同じ糖組成

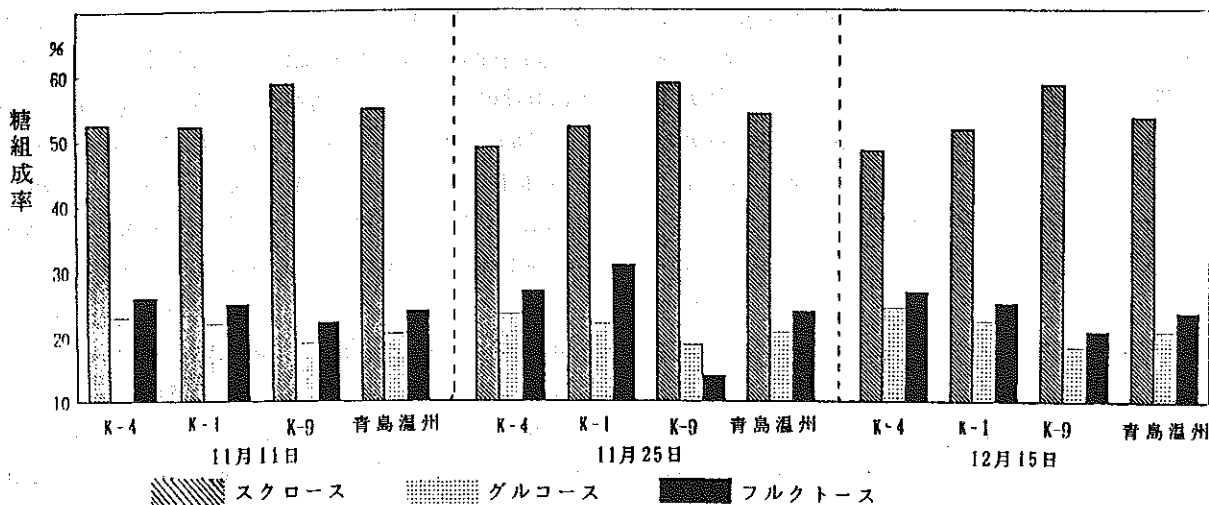
であった。なお、系統間の糖組成比の違いは、11月11日よりも熟度が進むにつれ大きい状態を表した。結局、早熟系統のK-4は、熟期の遅いK-9、'青島温州'よりはフルクトースの組成比が高く、晩熟のK-9と'青島温州'はスクロースの組成比が高く、グルコース、フルクトースは低い状態にあった。

5) 選抜系統別葉中のPCR分析

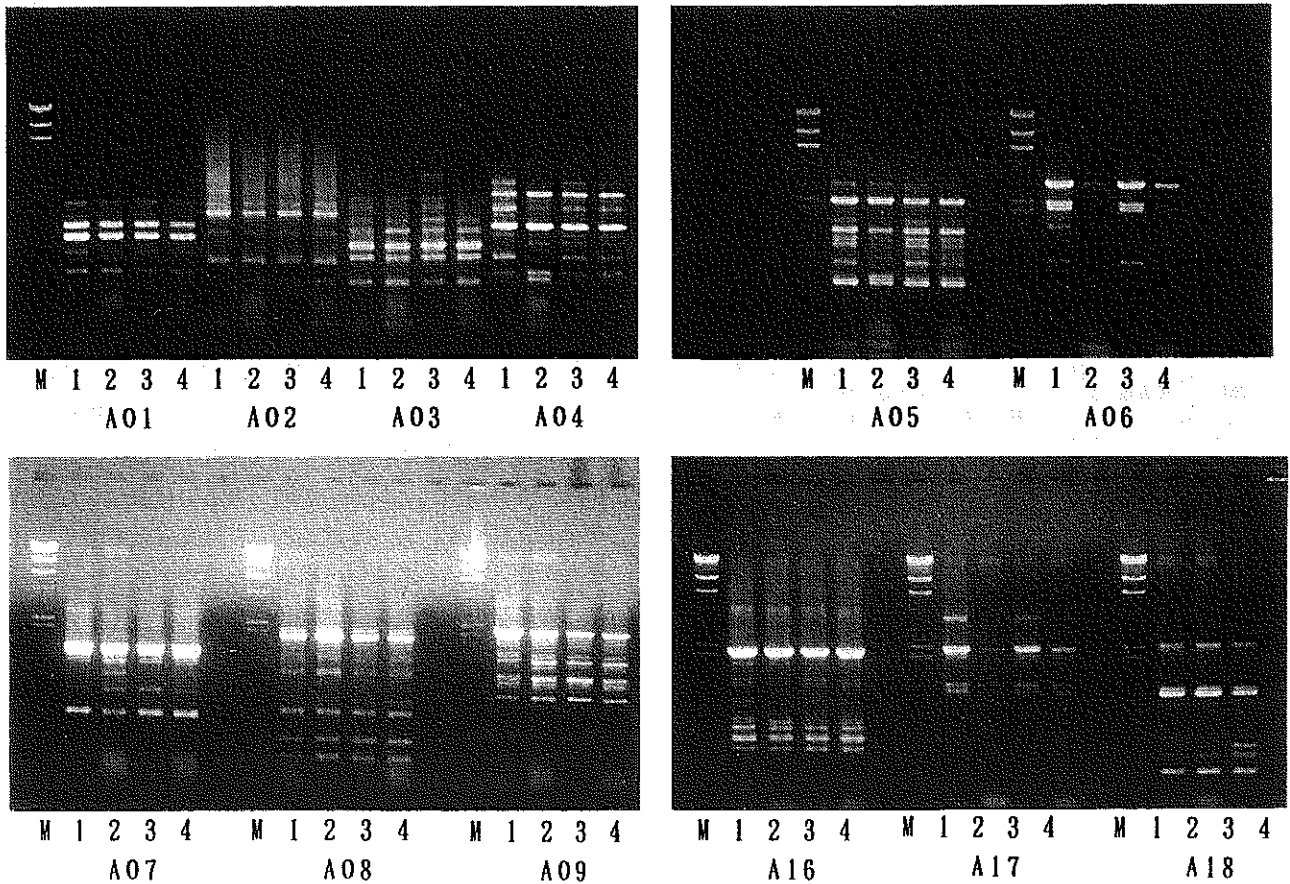
K-1、K-4、K-9並びに'青島温州'についての葉中のPCR分析の結果を第4図に示した。使用した18種類全てのプライマーで多型が検出されたが、このうちNo.3、6、9、17、20の6種のプライマーで差が見られた。多型の差を供試個体によって大別すると、3、6、17は'青島温州'とK-1が同一あるいは酷似した多型を示し、K-4、K-9はこれらとは違った多型で、しかも両個体は同一あるいは酷似した多型であった。No.4は'青島温州'とK-9が同じで、K-1とK-4の両個体は酷似するものの一部でバンドを欠いた状態がみられた。No.9はK-9のみが特異のバンドを生じ、他は同一であった。No.20は'青島温州'とK-4、K-1およびK-9について、それぞれ3種の多型を示した。K-1とK-9は'青島温州'に比べバンド数が多くみられた。

2. 考 察

カンキツ類に無性的に生じる珠心胚実生の中に遺伝的変異が認められることは、過去において'トロピタオレンジ'や'マーシュグレープフルーツ'(Robinson, 1933)あるいは、'シルバーヒル温州'(Frost, 1948 :



第3図 '青島温州' 珠心胚実生の系統間における糖組成 (月日は分析日)



第4図 PCRマーカーによる‘青島温州’珠心胚実生の系統間におけるDNA構成の比較

1 : K-4, 2 : K-1, 3 : K-9, 4 : 青島温州

A01~A08は各々のプライマーの種類

Swingle, 1931) などとその例証をみることができる。近年においては、‘興津早生’、‘三保早生’ (岩崎ら, 1966) や ‘久能温州’、‘瀬戸温州’ (西浦ら, 1972) 並びに ‘大津四号’ (真子ら, 1980)、‘富士見温州’、‘駿河紅温州’ (原ら, 1982)、さらには ‘紀の国温州’ (森本ら, 1987) 等の育成品種にみることができる。しかし、これらの報告においては、選抜した系統の特性調査が主体をなし、種子親と比較した珠心胚実生群の変異性等について述べているものはほとんどない。

珠心胚実生に表れる変異性について報告したものは、‘川野なつだいだい’ や ‘パーソンブラウン’ 及び ‘今村温州’ に対する調査にみられる (生山ら, 1981)。それによると、3品種の珠心胚実生のクエン酸含量は全体的に種子親よりも低い傾向を示し、‘川野なつだいだい’ では特に2個体に低いものがみられ、‘今村温州’ では、前述の2品種と異なり約60%の個体が種子親よりも低い傾向にあったとしており、選抜の仕方によっては酸の低い個体を選抜しうる可能性を示唆している。また、果樹

試験場興津支場においては、育成した4品種の早生、普通ウンシュウの珠心胚実生に表れる可溶性固形物や酸含量の変異幅を検討した結果、可溶性固形物は珠心胚実生群と種子親間に差異は認められなかったが、クエン酸含量は両者間に明かな差異が認められたために、珠心胚実生は育種の一手法として利用されうるとしている (山田ら, 1985)。さらに、シャムティーオレンジの珠心胚実生は種子親よりもクエン酸が低く (Hasdai・Bar-Akiba, 1986)、しかも熟期が早く、酸組成も若干異なり、種子親が持たないフマル酸の含有がみられることを報告している (Shked・Hasdai, 1985)。本試験では、‘青島温州’ 珠心胚実生群に表れる変異性について、‘青島温州’ である種子親群との比較検討をおこなったが、屈折計示度、クエン酸含量ともに大差は認められなかった。しかし、屈折計示度の範囲については、珠心胚実生群は‘青島温州’ よりも高い個体が多くみられるとともに、クエン酸含量は低い方に偏りがみられ、高糖・低酸個体の選抜の可能性を示している。また、

珠心胚実生個体群の方に浮き皮果の発生が多いことは、クエン酸含量が低いことと相まって、「青島温州」よりも熟度の早い個体が多く存在することが推測される。

これまでに珠心胚実生によって育成された個々の品種の種子親との特性の違いには、次の点が上げられている。「興津早生」、「三保早生」は種子親の「宮川早生」よりも樹勢が強く、果実の着色は5日程度早く、果形は「宮川早生」よりも偏平で、果汁中の糖含量は「興津早生」が最も多く、「三保早生」も「宮川早生」よりは多い。クエン酸含量は、3品種の中では「三保早生」が最も少なく、「興津早生」は「宮川早生」よりも多いとしている(岩崎ら, 1966)。また、「久能温州」は、種子親の「長橋温州」より、「瀬戸温州」は種子親の「杉山温州」よりもそれぞれ樹勢が強く果実の着色は早い。両品種の果形は偏平大果で、果汁中の糖含量は高いが、クエン酸含量については「久能温州」は種子親と変わらないものの、「瀬戸温州」では明かに少ない(西浦ら, 1972)。「大津四号」は、種子親の「十万温州」より幹周の肥大がよく樹冠の拡大が早い。葉の大きさは「杉山温州」と「十万温州」の中間値を示し、有葉花率が高く、果形は平型で果皮は滑らかで多糖、少酸の果汁成分を表し、早熟(中生系)であるとしている(真子ら, 1980)。「富士見温州」は「杉山温州」よりも樹勢は旺盛で果実の着色は早く、果汁中の糖含量は高くクエン酸含量は中庸であり、「駿河紅温州」は種子親の「土橋紅温州」よりも樹勢は旺盛で果汁中の糖含量はやや高く、クエン酸含量は低く成熟期が早い(原ら, 1982)。「紀の国温州」は種子親の「丹生系温州」よりも樹勢が強く、果汁中の糖含量は種子親と同程度に高く、クエン酸含量は中位で、熟期は種子親よりも2週間程度早いと報告している(森本ら, 1987)。

本試験においても、育成した187個体の珠心胚実生の中から、結実性や着色の早晚、果面の状態、果形、果汁の品質、食味などから、種子親の「青島温州」と異なる特徴的な3系統(K-1、K-4、K-9)を選抜したが、これら3系統の珠心胚実生間、並びに種子親との間には特性面で明かな違いがみられている。まず、樹体においては、春梢長はK-1が最も長く、次いでK-9で、K-4は珠心胚実生の中では最も短い傾向を示し、樹冠の広がりや樹勢の程度にも個体間の差異がみられる。中でもK-4と「青島温州」は、K-1、K-9よりも樹勢は弱く、節間も短くコンパクトな樹形を表し、両者はほぼ相似た様相を表すが、K-1、K-9は葉も大きく節間も比較的長く、樹冠の広がりが大きく樹勢も良い。特に、K-4は実生間でも、最も春梢の伸長は短い傾向がみられるが、このことがK-4の結実性の良好な

ことに影響しているものと推察される。また、樹勢の強いK-1、K-9は直果の割合が高いとともに、K-4、「青島温州」は3~5枚の有葉果割合が高く、個体間の特性の違いがみられる。

次に、カンキツ果汁の甘味を感じる強さは糖の種類で異なり、フルクトースが最も甘味度は高いとされ(緒方, 1973)、ウンシュウミカンの果汁中の糖組成はスクロースが最も多く、次いでグルコース、フルクトースであるとしているが(高木ら, 1994)、選抜系統及び「青島温州」果汁中の糖組成もこれと同様な傾向がみられる。柴田ら(1993)は、ハウス栽培と露地栽培の果汁中の糖組成について調査した結果、ハウス栽培の果実はフルクトース比率が高いことから、糖濃度が同じであれば露地栽培の果実よりも甘味が強く感じられるとしている。また、フィルムマルチ処理によって早生ウンシュウを完熟栽培することにより、スクロースの比率が下がり、グルコースとフルクトースの組成比率が高まることを指摘し、熟期の促進化と糖組成の関係を述べている(矢羽田ら, 1994)。さらに、岩垣らはウンシュウミカンの成熟過程で早生と普通ウンシュウの糖含量の比較を行った結果、還元糖、非還元糖ともに早生ウンシュウで高く、しかも糖の蓄積が早いことを明かにするとともに、成熟の後半には還元糖の増加は非還元糖の増加に比較して特に少なくなることが、早生ウンシュウの甘味発現の早い一因であるとしている(岩垣ら, 1981)。本試験での珠心胚実生系統間の糖組成の違いについても、甘さが最も強いとされるフルクトースの割合は着色と熟期の早いK-4が最も高く、次いでK-1及びK-9で、グルコースも同様な傾向を示し、熟期の早い系統ほどフルクトース、グルコースの割合が高いなど、系統間の糖組成は、これまでにおける種々の試験結果と一致した傾向があるものとみられる。

一方、近年、各種果樹においても品種識別や類縁関係の推定、遺伝子地図の作成等に、PCR法を用いたDNAマーカーによる多型の検出法が開発されており、カンキツのキメラ性の確認においても有効であるとしている(菅原, 1995)。加々美ら(1994)は、ウンシュウミカンの枝変わりや珠心胚実生14系統についてについてPCR分析を行い、いずれのプライマーを用いても系統間の識別はできなかったとしている。しかし、本試験で、K-1、K-4、K-9の3個体の珠心胚実生と種子親である「青島温州」の遺伝子分析を行った結果、18のプライマーのうち6種で違いが検出された。このことは、加々美らの結果と異なるためさらに検討を要するが、3系統の「青島温州」珠心胚実生の樹体や果実の外観、形態にはかなりの違いがみられることから、その表れとも

考えられる。実際に多型の違いを分類した結果、今回使用したプライマーでは、K-1は「青島温州」に似た遺伝子構成を持っており、K-4、K-9とは異なる点のあることが伺われる。

多胚性カンキツの珠心胚実生利用育種は、珠心組織に引き起こされる変異を導き出して種子親の優秀性をさらに増大させる方法である。このため、ウンシュウミカンにおいて、特徴的な変異個体を選抜するには、変異幅を広げることが必要であり、検定個体数はできるだけ多くすることが望まれる。しかし、検定労力や育種圃場面積などから考慮して、適正な珠心胚実生の検定個体数は、本試験の結果から1種子親当たり100個体程度は必要と考えられる。

#### IV 摘要

1974年より「青島温州」に「パイナップルオレンジ」「ヤラハタンゼロ」及び「セミノールタンゼロ」の花粉を交配して187個体の珠心胚実生を育成し、珠心胚実生群に表れる変異性と選抜個体の特性について調査を行った。

1. 「青島温州」珠心胚実生群にみられる果実の形態的な特性は、種子親よりも偏平な個体が多く、着色の早い個体が多い傾向がみられた。果汁の屈折計示度とクエン酸含量の変異幅は種子親と大差はみられなかったが、屈折計示度は種子親よりも高い方に、クエン酸含量は低い方に片寄りが見られた。
2. 選抜した3系統の樹勢は、K-1、K-4、K-9ともに「青島温州」よりも強かった。発生する春梢はK-1とK-9が長く、K-4は短く「青島温州」と類似の様相を示した。葉面積はK-9が最も大きく、次いでK-1、K-4であった。結実性については、K-9とK-1は直果の割合が高く、K-4と「青島温州」は3~5枚の有葉果割合が高かった。
3. 選抜系統の果実形質については、K-4の果実の着色は、種子親のよりも10~14日早く、クエン酸含量は低く、早熟傾向がみられた。品種登録されたK-1の着色は、種子親よりも10日程度早く、果汁の品質は良好、果形は偏円で果面は特に美麗であった。K-9の着色は種子親よりも3~5日早い程度であったが、果梗部は丸味を帯び、果形による区別が可能であった。
4. 選抜系統と「青島温州」の糖組成は、スクロースが最も高く、次いでフルクトース、グルコースであった。中でもスクロースは熟期の遅い系統が高く、フルクトースとグルコースの組成は熟期の早い系統ほど高い傾向にあった。
5. PCR分析による遺伝子解析の結果、18のプライ

マーのうち6種で違いが検出された。多型の違いから、K-1は「青島温州」に似た遺伝子構成をもち、K-4、K-9との違いが考えられたが、この点についてはさらに検討を要する。

謝辞 本研究を遂行するに当たり、ご助力を受けた熊本県農業研究センター園芸研究所の田中正美生物資源部長、熊本市食品加工研究所の工藤康文研究惨事、並びに本研究をまとめるにあたり、ご指導とご校閲を賜った農学博士・河瀬憲次先生に厚くお礼申し上げます。

#### V 引用文献

- Frost, H. B. 1948. Genetics and breeding. The Citrus Industry Vol.1. Univ. of California Press. Berkeley. 817-885.
- 原 節生・鹿野英士・植田義一. 1982. カンキツ新品種「富士見温州」と「駿河紅温州」の育成経過と特性. 静岡柑試研報. 18:1-9.
- 広瀬和栄. 1990. 高糖系ウンシュウの品種と栽培. P.97-98. 誠文堂新光社. 東京.
- 井口 功. 1980. 青島温州の生産安定に関する研究(第1報). 結果性及び着果条件と品質. 静岡柑試研報告. 16:1-11.
- 磯部 暁・藤田賢輔. 1990. カンキツの新品種育成について(第2報)温州ミカン「白川」の特性. 園学雑 59(別2). 10-11.
- 岩垣 功・泉 嘉郎・荒木忠治. 1981. ウンシュウミカンの成熟生理に関する研究. II. 果肉、果皮中の糖、有機酸及びアミノ酸の変化. 果樹試報B. 8:37-54.
- 岩政正男. 1976. 柑橘の品種. P.131. 静柑連. 清水.
- 岩崎藤助・西浦昌男・奥代直巳. 1966. カンキツ新品種「興津早生」と「三保早生」について. 園試報B. 6:83-93.
- 加々美 裕・村上ゆり・草葉新之助. 1994. PCR法によりカンキツ品種内の系統間の識別の試み. 園学要旨. 63(別1):74-75.
- 真子正史・湯川 勇・渡辺照夫. 1980. ウンシュウミカンの「大津四号」の樹及び果実の特性について. 神奈川園試報. 27:1-8.
- 森本純平・中屋英治・田中 守. 1987. カンキツの新品種に関する研究(第1報). 紀の国温州の特性について. 園学要旨. 昭62秋. 8.
- 西浦昌男・岩崎藤助・伊庭慶昭. 1972. カンキツ新品種「久能温州」「瀬戸温州」について. 園試報B. 12:1-14.



- 緒方邦安. 1973. 果樹の良品生産技術 (最新園芸技術 2 卷) 誠文堂新光社. 44-48.
- 生山 巖・奥代直巳・高原利雄. 1981. カンキツ類の珠心はい実生に現れる変異について (第 1 報). 糖及びクエン酸含量の実生樹間における変異について. 九農研. 43. 224.
- Robinson, T. R. 1993. The origin the Marsh Seedless grapefruit. *Jour. Hered.* 24, 437-439.
- Sasai, D., A. Bar-Akiba. and R. Golen. 1986. Chemical and morphological characteristics of developing fruits from old clone v. nucellar Shamouti orange tree. *Jour. Hort. Sci.* 61, 389-395.
- Shaked, A and D. Hasdai. 1985. Organic acids in the juice of developing nucellar and old-line clone Shamouti oranges. *Jour. Hort. Sci.* 60, 563-568.
- 柴田 萬・中島貞彦. 野方俊秀. 1993. ハウス栽培と露地栽培ワセウンシュウの果肉の糖組織. 九農研. 55 : 224.
- 菅原邦明・大和田 厚・森口卓哉. 1995. PCR マーカーによるカンキツキメラ品種の識別. 園学要旨. 64 (別 1) : 142-143.
- Swingle, W. T. and T. R. Robinson. 1931. The Silverhill: a promising and apparently hardy strain of Satsuma orange. U. S. Dept. Agric. Plant Indus. [Mimeo. Circ.] 2 pp.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原 実. 1994. フィルムマルチ処理を行った完熟ワセウンシュウの果実品質及び糖組織の変化. 1994. 九農研. 56 : 219.
- 高木敏彦・向井啓雄・市川珠世. 1994. ウンシュウミカンの着色に及ぼす温度と果実の糖集積の影響. 園学雑. 62. 725-731.
- 竹林晃男・片岡丈彦・行永寿二郎. 1993. カンキツ類の樹上完熟栽培果実の障害発生と品質の経時的変化. 園学雑. 62. 305-316.
- Williams, J. G., A. R. Kubelik. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research* 18. 6531-6535.
- 山田彬雄・上野 勇・七條寅之助. 1985. ウンシュウミカンの珠心胚実生における個体変異. 園学要旨. 昭 60秋 : 60.

### Summary

Satsuma mandarin 'Aoshima-unshiu' ('Aoshima') was Crossed with 'Pineapple' orange, 'Seminole' tangelo and 'Minneola' tangelo at Kumamoto Prefectural Agricultural Research Center in 1974. Variability of 187 nucellar seedlings were investigated and three nucellars were selected as candidate cultivars.

1. Fruit of nucellars was flat and colored earlier than parent 'Aoshima'. Although variability range of brix and citric acid of nucellars were similar to 'Aoshima' there was a slight tendency of inclination to higher brix and lower citric acid than 'Aoshima'.

2. The three selected nucellars, K-1, K-4 and K-9, were vigorous than 'Aoshima'. The spring cycle shoots were longer on K-1 and K-9, and K-4 shoots were shorter and not so much different from 'Aoshima'. The individual leaf area was biggest on K-9 followed by K-1 and K-4. K-9 and K-1 trees had higher ratio of the leafless inflorescence, whereas K-4 and 'Aoshima' trees had higher ratio of the leafy inflorescence with 3-5 leaves.

3. The fruit of selected nucellar K-4 colored 10-14 days before 'Aoshima' and the concentration of citric acid was lower than mid-season Satsuma 'Nankan No.20'. K-1 colored 10 days before and fruit was flat and smooth rind. K-9 colored 3-5 days before and fruit was round which could be distinguished from other two nucellars. Nucellar K-1 was registered on account of its good eating quality and appearance.

4. The sugar composition of the selected nucellars and 'Aoshima' was in the order of sucrose, fructose and glucose. It could be said that sucrose was higher on late maturing cultivars and fructose and glucose were higher on early maturing cultivars.

5. Genetic composition of K-1, K-4, K-9 and 'Aoshima' was analyzed by PCR marker and difference was detected on 6 primers among 18 primers. As a result of differentiation of polymorphisms, it was concluded that K-1 had close relationship to 'Aoshima' and K-4 and K-9 belonged to the other genetic composition group.