

カンキツ果実における凍結状況とす上がり発生の品種間差異

誌名	果樹試験場報告. D, 口之津 = Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Ser. D, Kuchinotsu
ISSN	03879011
著者	内田, 誠 吉永, 勝一 河瀬, 憲次
巻/号	6号
掲載ページ	p. 85-96
発行年月	1984年3月

カンキツ果実における凍結状況と す上がり発生の品種間差異[†]

内田 誠・吉永勝一^{††}・河瀬憲次^{†††}

I 緒 言

近年、ウンシュウミカンの生産過剰による価格の低迷ならびに消費需要の拡大から、中晩生カンキツの栽培が急増している。しかしながら、これらの多くは1月～4月が採収適期になるため、不時の低温による凍結、およびその結果起るす上がりが問題である(中川ら、1967; 農林水産技術会議事務局、1977)。このため、それぞれの品種における栽培適地判定基準の策定が望まれ、一部の品種については、農林水産省農蚕園芸局から「晩生カンキツ類の気象条件の基準」(1975年7月)として示されたが、品種多様化にあつて十分なものとは言えず、また各品種のす上がりに対する抵抗性についても定かではない。これまで著者らは果実の凍結状態とす上がり発生との関係について、もっぱら福原オレンジを用いて実験してきた(内田、1983 abc, 1984)。本報ではこれらの結果が他のカンキツについてもあてはまるか否か、さらに品種によるす上がり発生の違いの要因を解明するため、採取した果実を人為的低温に遭遇させ、貯蔵中のす上がり発生について検討した。

本実験を進めるにあたり、貴重な供試材料を提供された育種研究室長奥代直巳氏に深謝の意を表す。なお、本研究は別枠研究「異常気象対応技術の確立に関する総合研究」の一部として実施したものである。

II 実験材料及び方法

実験は1978～1980年の3年間行つたが、いずれも果実の大きさが品種により著しく異なるため、設定温度に冷却する前にあらかじめ果肉温度が一定になるよう -0.3°C に保つた。また、冷却する直前には果実全面に霧を散布し、果肉の乾燥を防いだ。供試果実の一部に針状のサーミスタ測温体を3cmの深さに挿入し、果肉の温度をも測定するとともに、その果実について処理1日後、品質調査を行った。

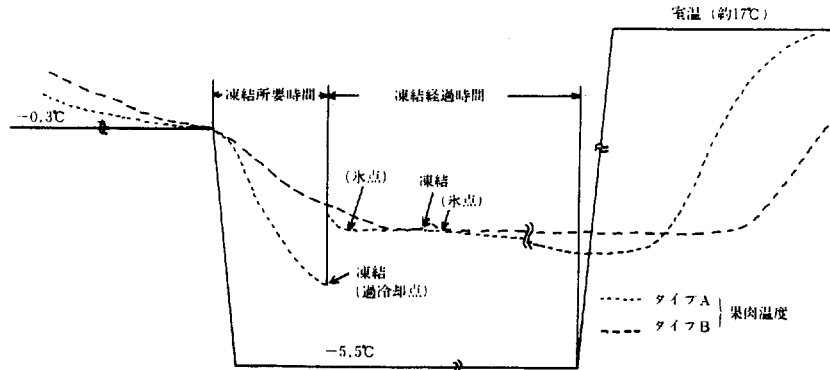
1. 1978年度

口之津支場内に栽植されている13品種のカンキツから各々13個づつの果実を採取し、直ちに供試した。温度設定は第1図のとおりである。なお、冷却装置は前報(内田、1984)と同様のものを用いた。

[†] 果樹試業績番号：D-57

^{††} 現果樹試験場安芸津支場

^{†††} 現果樹試験場興津支場

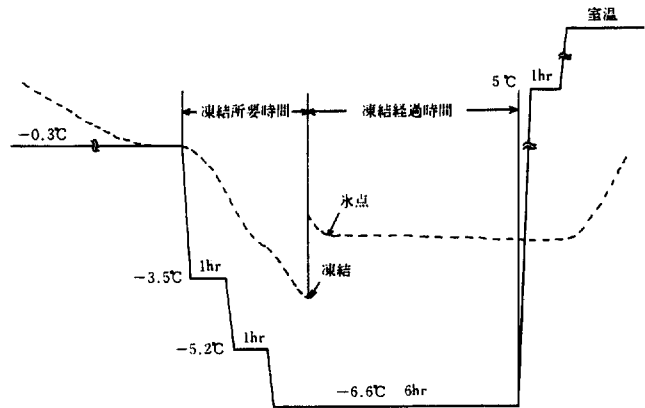


第1図 低温処理方法と果肉温度の変化(1978年)

任意の3果の果肉温度の過冷却曲線の変化から凍結点、過冷却点、氷点を求めた。この場合、過冷却点は果肉温度の最低温度とし、氷点は凍結後、安定し始めた果肉温度とした(第1図)。凍結点到達後、約5時間で定温器内から果実を取り出し、室内(室温約17℃)に1日間放置して自然融解させた。そして、10個ずつ有孔ポリエチレン袋(孔の径1mm)に入れ、室温(約15℃)で20日間貯蔵した後、温度5℃、湿度95%の低温貯蔵庫に移し、さらに30日経過後、す上がり等の調査を行った。なお、低温処理は1978年2月1日～12日まで行った。

2. 1979年度

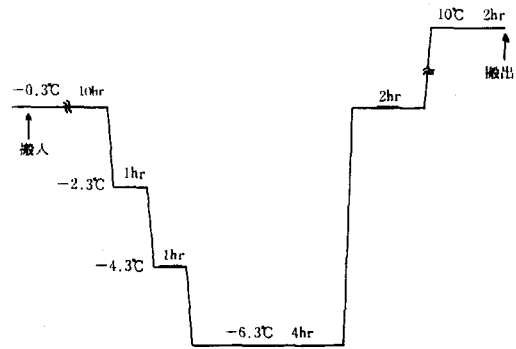
前年度と同様、果実を1月20日に採取し、直ちに-0.3℃に保った。低温処理の方法はやや異なり、-0.3℃から徐々に冷却し、-6.6℃で6時間保った(第2図)。低温処理後、前年度と同様な方法で貯蔵したが、今回は腐敗防止のためベノミル剤、5,000倍液の浸漬処理を行い、10日間常温(約15℃)で貯蔵し、その後40日間、低温貯蔵庫内(温度5℃、湿度95%)に保った。



第2図 低温処理方法と果肉温度の変化(1979年)

3. 1980年度

2月11~13日に果実を採取し、各品種6個ずつを低温処理(第3図)に、5個ずつを無処理区とした。前年と同様、ペノミル剤による腐敗防止処理を施したのち、温度10℃、湿度85%の貯蔵庫内に保った。5日毎に果実重を測定し、処理後50日目にす上がり等の調査を行った。



第3図 低温処理方法(1980年)

Ⅲ 結 果

1. 1978年度

供試した各品種ごとの果実の特性およびす上りの発生程度を第1表に示した。

す上りの発生はネーブルオレンジ (*Citrus sinensis* Osb. var. *brasiliensis*), バレンシアオレンジ (*C. sinensis* Osb.), セミノールタンゼロ (*C. grandis* × *C. tangerina*) などで軽く、バンオウカン (*C. grandis* Osb. var. *banokan* Hort. ex Tanaka), イヨ (*C. iyo* Hort. ex Tanaka), 川野なつだいだい (*C. natsudaidai* Hayata) で著しかった。

過冷却点は品種によって-2.6~-4.3℃と差が大きかった。その中で土佐ブント (*C. grandis* Osb.) やバンオウカンなどの大型果実および川野なつだいだい、ヒュウガナツ (*C. tamnana* Hort. ex Tanaka), イヨなど果汁が豊富で砂じょうの軟かい果実では過冷却点は明らかでなかった(第1図-B型)。

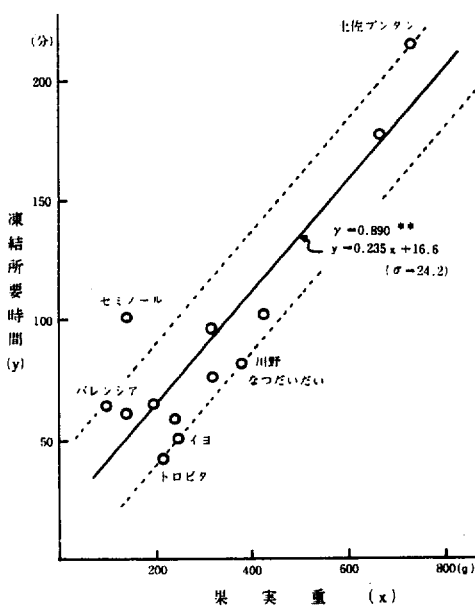
第1表 各種カンキツ果実における凍結状況とその後のす上がり発生程度 (1978年)

品 種	供試 ^a 果数	果径	果実重	Brix	クエン酸	過冷却点	氷点	凍結所要時間	凍結過剰時間	す上がり ^b (0~4)	腐敗 ^b 歩合
		cm	g		g/100ml	℃	℃	分	分		%
土佐ブント	3	12.4	722	12.2	1.30	—	-2.7	214	338	2.0	66
バンオウカン	3	12.4	661	11.1	2.06	—	-2.5	177	320	3.0	0
オクナツ	3	10.4	420	11.7	2.73	-3.7	-2.8	102	349	2.6	0
川野なつだいだい	3	10.3	380	9.5	1.76	—	-2.2	81	334	3.0	90
ハッサク	3	9.4	323	11.5	1.53	-4.0	-2.2	76	322	2.6	70
カワチバンカン	3	9.1	308	13.0	2.42	-3.7	-2.6	95	363	1.9	30
イヨ	3	8.8	253	13.2	1.96	—	-2.2	49	354	3.1	10
ネーブル	3	7.9	237	13.9	1.38	-3.7	-2.7	58	338	0.6	80
トロビタ	3	7.8	209	12.7	1.41	-2.6	-2.2	41	338	2.3	100
ヒュウガナツ	3	7.8	198	11.2	3.26	—	-2.8	64	306	2.2	10
福原オレンジ	3	6.4	139	12.9	2.02	-3.2	-3.0	60	334	1.7	100
セミノール	3	6.7	138	14.7	2.71	-4.1	-3.1	98	334	0.9	0
バレンシア	3	5.9	102	13.5	3.39	-4.3	-2.5	62	308	0.5	60

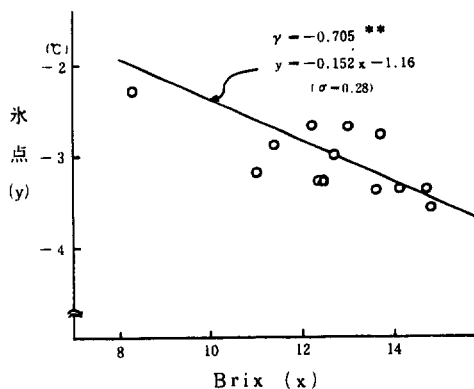
a 果実品質調査及び低温処理時の果肉温度測定果 b 10果を供試

品種によって氷点は $-2.2 \sim -3.1^{\circ}\text{C}$ の違いがあった。品種平均の果汁濃度と氷点との関係を見ると、Brixとの間には $r = -0.425$ 、クエン酸濃度との間には $r = -0.405$ の相関係数を示したが、統計的には有意ではなかった。

凍結所要時間は品種によって最短41分、最長214分と大きく異なった。品種平均の果実重との間に $r = 0.890^{**}$ 、果径との間にも $r = 0.783^{**}$ という高い正の相関が認められ、大きな果実の品種ほど凍結に長時間を要することがわかった。しかし、土佐ブントウやセミノールタンゼロは一回帰式より高い値を示し、逆に川野なつだいで、イヨ、トロビタオレンジ (*C. sinensis* Osb.) は低い値を示した(第4図)。このことは、果実の大きさだけでなく、体質的に前者は凍結しにくく、後者のカ



第4図 果実重と凍結所要時間との関係(1978年)



第5図 Brixと氷点との関係(1979年)

ンキツは凍結し易いことを示していた。なお、20日間の常温貯蔵中、品種によっては著しい腐敗が発生した(第1表)。

2. 1979年度

供試した各品種ごとの特性値およびす上がりの発生程度は第2表の通りである。

す上がりの発生は本田ブントウ (*C. grandis* Osb.) で最も軽く、これに対し、カワチバンカン (*C. kawachiensis* Hort. ex Y. Tan.), ヒュウガナツ, トロビタオレンジ, イヨ, カラマンダリン (*C. unshiu* × *C. nobilis*) などでは著しかった。

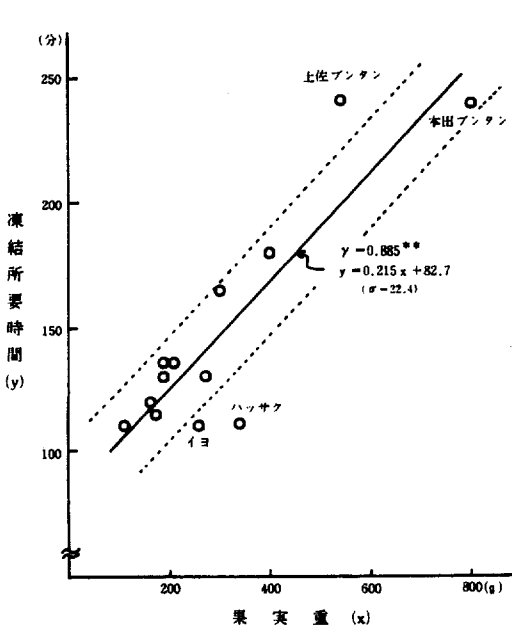
品種平均の氷点とBrixとの関係を見ると、相関係数は $r = -0.705^{**}$ と高い負の相関を示したが(第5図)、クエン酸濃度との間では $r = -0.197$ であった。すなわち、Brixの高いものほど氷点が低かった。

品種平均の凍結所要時間と、果実重および果径との間に、それぞれ $r=0.885^{**}$ 、 0.867^{**} の相関が認められた (第6, 7図)。一次回帰式からの隔りから凍結の難易を比較すると、土佐ブントンが凍結し難く、ハッサク (*C. hassaku Hort. ex Tanaka*)、イヨが凍結し易いことがわかった。なお、貯蔵前の防腐剤処理によって腐敗の発生は少なかったが、品種によって果皮に著しい焼け症状が生じた。焼け症状の著しい品種では概してす上がりの発生程度は軽かった。

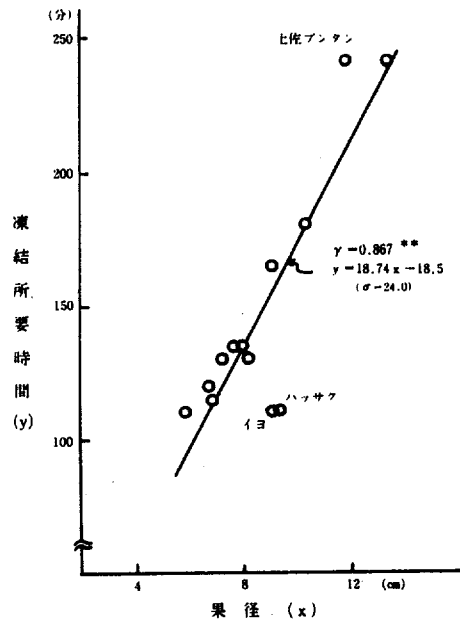
第2表 各種カンキツ果実における凍結状況とその後のす上がり発生程度 (1979年)

品 種	供試 ^a 果数	果径 cm	果実重 g	Brix	クエン酸 g/100ml	氷点 ℃	凍結所 要時間 分	凍結経 過時間 分	す上がり ^b (0~4)	果皮 ^c 焼け症 (0~4)	腐敗 ^b 歩合 %
本田 ブンタン	1	13.5	801	8.3	1.40	-2.3	240	240	0.7	4.0	0
土佐 ブンタン	1	12.0	543	12.4	1.32	-3.3	240	240	2.0	4.0	0
川野なつだいだい	2	10.5	403	11.4	1.97	-2.9	180	300	2.7	1.0	0
ハッサク	2	9.5	341	12.3	1.28	-3.3	110	370	2.9	0.1	0
カワチバンカン	2	9.1	302	13.6	2.19	-3.4	165	315	3.7	1.1	0
ネーブル	2	8.4	270	14.1	1.35	-3.4	130	350	2.5	0.1	0
イヨ	2	9.2	254	13.7	2.25	-2.8	110	370	3.2	0.0	0
カラ	2	8.1	208	14.8	1.88	-3.6	135	345	3.2	1.3	0
トロビタ	2	7.4	190	13.0	1.28	-2.7	130	350	3.3	0.4	0
ヒュウガナツ	2	7.7	189	11.0	2.65	-3.2	135	345	3.7	0.0	0
セミノール	2	7.0	165	14.7	3.11	-3.4	115	365	2.2	1.4	10
福原オレンジ	2	6.9	161	12.2	1.91	-2.7	120	360	2.1	1.3	10
バレンシア	2	6.0	109	12.7	2.83	-3.0	110	370	2.1	1.0	10

a 果実品質調査及び低温処理時の果肉温度測定果 b 本田ブントン、土佐ブントンは5果、他品種は10果を供試



第6図 果実重と凍結所要時間との関係(1979年)



第7図 果径と凍結所要時間との関係(1979年)

3. 1980年度

各品種の特性値とす上がり発生程度を第3表に示した。

本田ブントンではす上がり症は全く認められず、バンオウカン、セミノールタンゼロ、バレンシアオレンジなどは比較的軽微であった。これに対し、カラマンダリンでは著しく発生し、ヒュウガナツ、ハッサク、ピキシーマンダリン、サンボウカン (*C. sulcata* Hort. ex Takahashi)、川野なつだいだい、アンコールマンダリンなどでも発生が多かった。

第3表 各種カンキツ果実における凍結状況とその後のす上がり発生程度 (1980年)

品 種	供試 ^a 果数	果実重 g	Brix g/100ml	クエン酸	氷点 ℃	凍結所 要時間 分	凍結経 過時間 分	す上がり (0-4)	減量 ^b 歩合 %	減量差 ^c %	消 失 ^d 水分差 g
平戸ブントン	1	845	13.2	1.75	-3.6	255	105	0.0	4.8	-0.3	-2.5
土佐ブントン	1	456	12.0	1.72	-3.0	150	210	1.2	5.6	0.8	3.6
バンオウカン	1	455	11.4	2.14	-2.8	150	210	0.4	7.7	1.9	8.6
川野なつだいだい	1	333	10.2	1.77	-2.5	120	240	2.0	6.3	1.8	6.0
カワチバンカン	1	281	11.1	2.19	-3.2	150	210	1.4	9.2	1.7	4.8
ネーブル	1	242	14.5	1.64	-3.2	135	125	1.8	5.7	0.9	2.2
ハッサク	1	231	11.3	1.83	-3.2	175	185	2.4	6.8	0.9	2.1
清見	1	228	11.3	1.65	-3.2	132	228	1.8	8.7	0.8	1.8
トロビタ	1	200	12.9	1.76	-2.7	150	210	1.6	7.9	2.9	5.8
サンボウカン	1	182	11.0	2.03	-2.9	130	230	2.2	11.1	3.7	6.7
セミノール	1	155	12.1	2.88	-2.5	120	240	0.8	9.4	1.3	2.0
カラ	1	149	17.8	3.45	-3.4	123	237	3.0	13.9	4.8	7.2
ヒュウガナツ	1	148	10.6	3.60	-3.5	135	225	2.8	13.2	2.7	4.0
ポンカン	1	141	12.7	1.06	-2.5	170	190	1.6	14.7	2.5	3.5
福原オレンジ	1	126	12.2	2.64	-3.3	130	230	1.6	9.3	-0.1	-0.1
バレンシア	1	115	10.9	3.17	-2.9	240	120	0.8	10.3	2.8	3.2
アンコール	1	74	11.8	1.92	-3.0	120	240	2.0	13.3	2.7	2.0
ピキシー	1	33	17.7	2.91	-3.8	147	213	2.2	19.2	1.3	0.4

a 果実品質調査及び低温処理時の果肉温度測定果。す上がり調査等には5果を供試

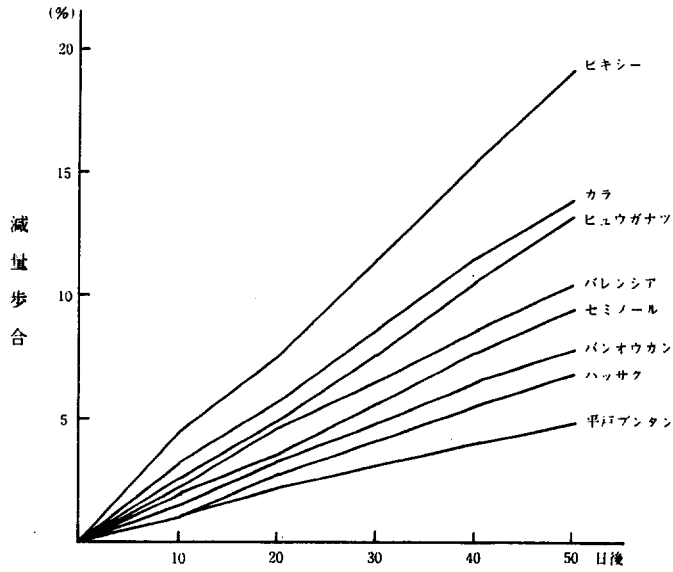
b 50日後の減量歩合 c (低温処理果-無処理果)より算出

d (減量差×果実重)より算出

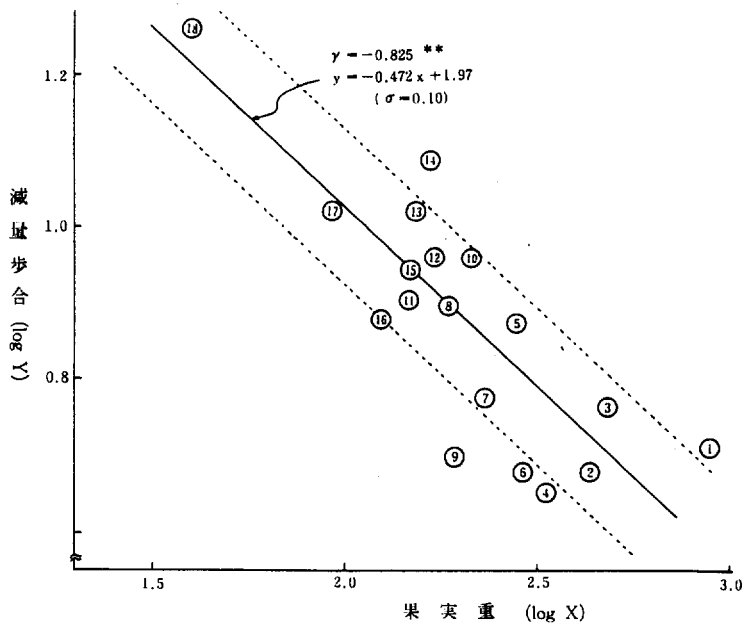
氷点とBrixとの間には $r = -0.494^*$ 、クエン酸濃度との間には $r = -0.392$ で、統計的に10%での有意性を認めた。

凍結所要時間と果実重との間には $r = 0.508^*$ の相関があり、この一次回帰式を基準とすると、相対的にバレンシアオレンジ、平戸ブントン (*C. grandis* Osb.)が凍結し難く、川野なつだいだいが凍結し易い品種と判定された。

貯蔵中の減量は各品種ともほぼ一定の割合で進むが、その程度は品種によって異なり、ピキシーマンダリン、ポンカン (*C. reticulata* Blanco)といった小型の果実やカラマンダリンで著しく、平戸ブントン、土佐ブントンといった大型の果実やネーブルオレンジで緩慢であった(第8図)。減量歩合とす上がり程度との相関は $r = 0.490^*$ であった。なお、未凍結果であっても減量し、その程度は果実重との間に負の相関が認められた(両者の対数値間の相関係数 $r = -0.825^{**}$, 第9図)。そこで、50日後の凍結処理果と未凍結果との減量歩合の差(以下、減量差という)をとってみると、す上が

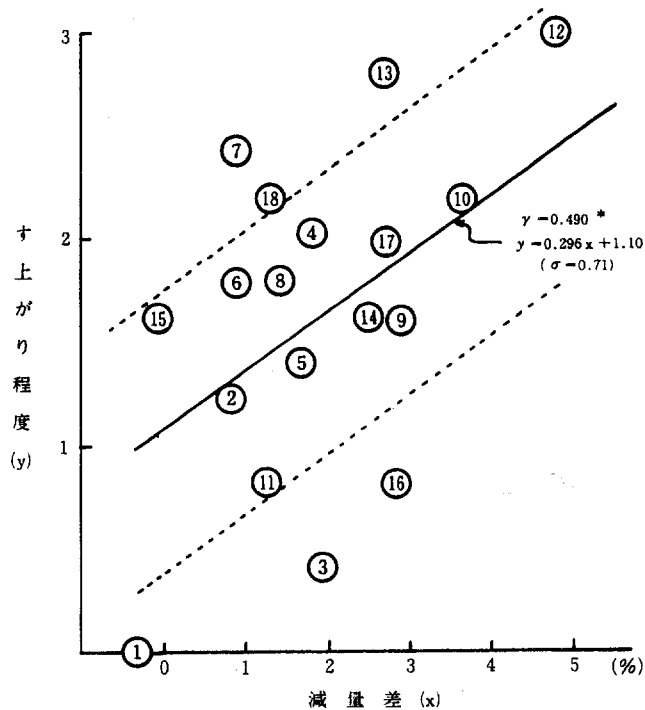


第8図 減量歩合の推移(1980年・凍結処理果)



第9図 未凍結結果の果実重と減量歩合との関係(1980年). 图中, ①~⑱の数字は品種名を示す

- | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|---------|
| ① 平戸ブタン | ⑤ カワチバンカン | ⑨ トロビタ | ⑬ ヒュウガナツ | ⑰ アンコール |
| ② 土佐ブタン | ⑥ ネーブル | ⑩ サンボウカン | ⑭ ポンカン | ⑱ ビキシー |
| ③ パンオウカン | ⑦ ハッサク | ⑪ セミノール | ⑮ 福原オレンジ | |
| ④ 川野なつだいだい | ⑧ 清見 | ⑫ カラ | ⑯ バレンシア | |



第10図 凍結処理果と未凍結果との減量歩合の差(減量差)とす上がり程度との関係。図中、①～⑯の数字は品種名を示す(第9図参照)。

り程度との間に $r=0.490^*$ の相関係数が得られた(第10図)。この減量差はカラマンダリン、サンボウカンで大きく、土佐ブントウ、清見、ネーブルオレンジ、ハッサクでは小さく、平戸ブントウ、福原オレンジ(*C. sinensis* Osb.)では逆に未凍結果の方が減量が大きかった。この一次回帰式を基準とすると、相対的にカラマンダリン、ヒュウガナツ、ハッサク、ピキシーマンダリンです上がりし易く、パレンシアオレンジ、バンオウカン、セミノールタンゼロ、平戸ブントウではす上がりし難いことが判明した。

IV 考 察

す上がりの発生は、凍結した砂じょうの表皮細胞が破壊されることにより、果汁が容易に流動し、維管束を通して消失していく現象と考えられている(Ryallら, 1950; 岩田ら, 1969)。著者らが福原オレンジについて調べた実験(内田, 1983ac, 1984)でもこのことが裏付けられた。

そこで、す上がり発生的前提条件である果肉の凍結について品種間差異を検討した。既に報告したように、福原オレンジにおいては、果肉の凍結までに要する時間は果実が重くなるほど、また果実のBrixが高くなるほど長かった(内田, 1983b)。中島ら(1974)や内田ら(1979)もヒュウガナツ

において同様な事実を報告している。本試験の場合、凍結所要時間は果実重と密接に関係しており ($r = 0.508^* \sim 0.890^*$)、果径とも関係が深かった ($r = 0.783^{**} \sim 0.867^{**}$)。中川ら (1976) は、果肉の凍結の難易は果肉の厚さによって影響されるとしている。著者が予備的に行った実験では、凍結所要時間と最も高い相関を示したのは果実容積 ($r = 0.779^*$) であり、次いで果皮の厚さ ($r = 0.745^{**}$)、果実重 ($r = 0.744^{**}$)、果径 ($r = 0.698^*$) という順であった。このことから、一般的に大果で果皮の厚い品種が凍結しにくいものと言えよう。なお、これらの一次回帰式を基準として相対的に凍結の難易の品種間差をみると、川野なつだいでい、イヨが凍結し易く、土佐ブントウ、バレンシアオレンジが凍結しにくい品種と判定された。

次に、凍結の難易を果肉の氷点からみてみると、福原オレンジの場合 (内田, 1983b)、果汁のBrixが高いほど氷点が低下することが認められている。本試験でも、Brixと氷点との相関係数は $r = -0.425 \sim -0.705^{**}$ であり、福原オレンジと同様の結果であった。なお、著者の行った1980年2月6日の寒波直後 (最低気温 -3.4°C) の凍結程度の調査においても、ピキシーマンダリンは果実重20gと極めて小型であったが、凍結していなかった。この果実のBrixは16.8と高かった。しかし、同一圃場のカラマンダリンはBrixが15.5と高いにもかかわらず凍結しており、一方、同程度の大きさのセミノールタンゼロはBrixが13.8と低いにもかかわらず凍結しなかった。従って、凍結の難易には果汁濃度以外の要因も関与しているものと思われる。以上のことから、川野なつだいでいでは果汁濃度が低いこと、イヨでは果皮が薄いことが凍結し易い主要因と考えられ、逆に土佐ブントウが凍結し難いのは、果皮が厚く、しかも果汁濃度が高いためと考えられる。バレンシアオレンジの場合、本実験に供した時点では熟度が十分進んでおらず、果汁が少なかったことが凍結を遅らせたものと考えられる。

果肉の凍結程度を同じにした場合、品種によってす上がり程度が異なるか否かを検討したのが1978年の試験である。この場合、果肉の凍結経過時間は品種によって最短306分、最長363分と比較的小さい変動であった。その結果、50日後のす上がり発生程度は品種によって著しく異なり、バレンシアオレンジ、ネーブルオレンジ、セミノールタンゼロでは軽く (発生度 $0.5 \sim 0.9$)、イヨ、川野なつだいでい、バンオウカンでは顕著に発生した ($3.0 \sim 3.1$)。また、土佐ブントウのような大型果実でもす上がりする (2.0) ことが確かめられた。1979、1980年の試験では、品種によって凍結経過時間が大きく異なるため、体質的なす上がりの難易は直接比較できないが、バレンシアオレンジ、セミノールタンゼロがす上がりし難く、カラマンダリン、ヒュウガナツ、イヨ、川野なつだいでいがす上がりし易い品種であった。これらの結果を1977年2月16日の寒波襲来 (最低気温 -5.1°C) 後28日目に行った圃場におけるす上がり発生調査 (口之津支場育種研究室、未発表) と比較すると、川野なつだいでいでの発生が軽かった以外は本試験の結果と一致していた。この調査で川野なつだいでいのす上がり軽かったのは、調査品種の中では比較的大型果実であったためと思われる。なお、最も大型の果実であるバンベイユ (*C. grandis* Osb.) ではす上がりは認められなかった。このように、凍結程度は等しくてもす上がり発生に差が生ずるのは、品種によって凍結後の果実水分の動きに差があるためと考えられる。

果実からの水分消失を減量歩合の推移から調べた結果、減量歩合は品種によって著しく異なり、

その推移はす上がり発生の程度にかかわらずほぼ直線的であった。人為的に凍結処理した川野なつだいでいとヒュウガナツの果実では、処理10日後にじょうのう膜に小さなくぼみが生じ、砂じょうの変化は認められないが、20日後には果肉に空間が生じ、30日以降徐々に拡大した(内田, 未発表)。症状的には、10~20日の間に著しく進行しているにもかかわらず、減量歩合には大きな変化は認められていない。

減量歩合はもっぱら果実重との関係が深く($r = -0.825^{**}$), 単純に品種間の違いを論じられないので凍結結果と未凍結結果との減量歩合の差(減量差)で検討した。しかし、減量差とす上がり程度の相関はそれ程高くなく($r = 0.490^{*}$), また、減量差に果実重を乗じて得た消失水分量との差(以下、消失水分差という)との間の相関はさらに低くなった($r = 0.245$)。同程度の果実重で、す上がり程度が同じ1.6であった福原オレンジ、トロビタオレンジ、ポンカンなどの果実を比較すると、消失水分差はそれぞれ-0.1, 5.8および3.5gと著しく異なっていた。従って、消失水分差は即す上がりによって消失した果汁量とはみなされない。このことは果皮水分の消失が凍結によって影響され、しかも品種間差があることを示している。すなわち、凍結によって果皮水分が消失し易くなる場合は、す上がりは減量差に比して軽く発生し、凍結によって果皮水分の消失が抑えられる場合は、す上がりは減量差以上に激しく発生することになる。一方、1979年の試験で果皮の焼け症状とす上がり発生との間に高い負の相関($r = -0.736^{**}$)が認められていること、す上がりの激しいヒュウガナツ、イヨなどでは果皮が新鮮に保たれていることなどから、す上がりし易い品種は果皮水分の減少が少ないものと考えられる。これらのことから、す上がりし易い品種では貯蔵中に果肉水分が果皮に移行し、果皮中に留っていることも考えられる。なお、平戸ブントンは1980年の試験で凍結したにもかかわらずす上がりは認められず、未凍結結果よりも減量が少ないことから、軽い凍結によって果皮および果肉水分の移行が抑制されるものと思われる。しかし、これらの点についてはさらに詳しい検討が必要であろう。

このように、凍結した果実の果皮および果肉水分の移行は、その凍結程度によって著しく異なり、さらに貯蔵方法によっても異なること(内田, 1984)から、貯蔵中のす上がりの発生は一様ではない。しかし、これまで論議してきたように、大果で果皮の厚い品種(ブントン類など)、果汁濃度の高い品種(ピキシーマンダリン、セミノールタンゼロなど)、貯蔵中に果肉水分の移動しにくい品種(バレンシアオレンジやセミノールタンゼロ)などは一般にす上がりが発生しにくい品種と言えよう。以上の結果は、樹上で凍結し、そのまま着生させた場合についても、おおむねあてはまるものと思われる。

V 摘 要

口之津支場内に栽植されている各種カンキツを用い、採取した果実を直ちに人為的な低温に遭遇させ、凍結までに要する時間、果肉の氷点および貯蔵中に発生するす上がり程度を調べ、す上がり発生の品種間差異を検討した。

1. 凍結までに要する時間は、果実重や果径に大きく影響され、大型果実で果皮の厚いブントン

類では長かった。

2. 各品種平均の果肉の氷点は、果汁のBrixと負の相関関係があった。とくにピキシーマンダリンではBrixが高く、氷点が著しく低かった。

3. す上がりの発生は、凍結程度を等しくした場合にも品種によって異なり、カラマンダリン、ヒュウガナツ、イヨはす上がりし易く、バレンシアオレンジ、セミノールタンゼロはす上がりしにくい傾向を示した。

4. 貯蔵中の減量歩合は果実重と高い負の相関関係があり、減少速度は貯蔵中ほぼ一定していた。凍結果と未凍結果との減量歩合の差とす上がり発生程度との間には $r = 0.490^*$ の相関が認められた。両者の一次回帰式を求め、これよりもす上がり程度の著しい品種は、一般にす上がりを引き起こし易い品種であった。このような果実では、果肉水分が果皮組織に移行し易いためす上がり著しいものと考えられた。

引用文献

- 1) 岩田正久・平野 暁・森岡節夫(1969). 夏ダイダイ寒害被害果におよぼす風の影響. 千葉暖地園試報 1, 1-10.
- 2) 中川行夫・角田篤義(1967). 昭和38年1・2月の果樹寒害雪害に関する調査報告書. A. カンキツ類. 農林省園芸局, 1-78.
- 3) 中川行夫・本条 均・小中原実(1976). 晩生カンキツ果実の凍結によるす上がりの発生限界温度. 農業気象31, 195-198.
- 4) 中島芳和・宮本富博・安藤良紀・新開邦男(1974). 日向夏ミカンの凍結す上がりに関する研究 [凍結す上がり果の圃場における発生状態. 高知大学学術研究報告 23 (農15), 147-153.
- 5) 農林水産技術会議事務局(1977). 昭和52年度果樹の寒害に関する緊急調査報告, 1-204.
- 6) Ryall, A.L. and Johnson, H.B. (1950). Some effects of the freeze of January 1949 on Texas citrus fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55, 247-253.
- 7) 内田 誠・吉永勝一・河瀬憲次(1979). ヒュウガナツの低温によるす上がりに関する研究(第2報) 果実の大きさとす上がり程度. 園芸学会昭和54年度春季大会研究発表要旨, 460.
- 8) 内田 誠(1983a). 福原オレンジの凍結によるす上がりに関する研究 I 果実の凍結程度とす上がりとの関係. 果樹試報 D5, 59-66.
- 9) —— (1983b). 福原オレンジの凍結によるす上がりに関する研究 II 果実の耐凍性に関する諸要因. 果樹試報 D5, 67-74.
- 10) —— (1983c). 福原オレンジの凍結によるす上がりに関する研究 III 土壌水分およびアルミはく被覆処理とす上がりとの関係. 果樹試報 D5, 75-82.
- 11) —— (1984). 福原オレンジの凍結によるす上がりに関する研究 IV 貯蔵による凍結果実のす上がり防止. 果樹試報 D6, 77-84.

Varietal Differences in Citrus Fruits Resulting from the Occurrence of Dry Juice Sacs Caused by Freezing

Makoto UCHIDA, Katsuichi YOSHINAGA and Kenji KAWASE

Summary

To clarify varietal differences arising from the occurrence of dry juice sacs, each of 5-10 fruit collected from 21 citrus varieties grown at Kuchinotsu Branch, Fruit Tree Research Station were incubated in a cold chamber. The time required to freeze and subsequent occurrence of dry juice sacs were observed. The following results were obtained.

1. The time required for freezing was closely related to fruit weight and diameter. Large size and thick peel fruit such as Buntan (*Citrus grandis* Osb.) was resistant to freezing.

2. There was a negative correlation between the temperature of fresh fruit when frozen and the Brix value of juice. The freezing point temperature of 'Pixie' mandarin which indicated a high Brix-value was lowest among the fruits studied.

3. When various citrus fruits were uniformly frozen by controlling both the freezing period and temperature, the subsequent development of dry juice sacs varied markedly with the variety. That is, 'Kara' mandarin, Hyuganatsu (*C. tamurana* Hort. ex Tanaka) and Iyo (*C. iyo* Hort. ex Tanaka) developed severe dry juice sacs and in contrast, 'Valencia' orange (*C. sinensis* Osb.) and 'Seminole' tangelo did only slightly.

4. Fruit weight decreased constantly during storage of the fruit. There was a negative correlation between percentage loss of fruit weight and fruit weight. Differences in percentage loss of fruit weight in frozen and unfrozen fruit were correlated with the degree of dry juice sac development ($r=0.490^*$). A regression line was obtained from this correlation. A consideration of the distance between the actual development of dry juice sacs in 18 citrus varieties and the estimated value from the regression line provided a basis for classifying the citrus fruits into 3 groups according to constitutional susceptibility to dry juice sac development. In most susceptible fruit, the moisture of flesh fruit seemed to move rapidly into the peel tissues after freezing.