

清見の収穫後の果皮障害防止を中心とした品質保持

田中秀幸・佐藤 隆

I・緒 言

清見は農林省園芸試験場東海支場（現農林水産省果樹試験場興津支場）において、1949年に宮川早生にトロピタオレンジを交配して育成されたタンゴールで近年急速に生産量が増加している中晩生カンキツのひとつである。1985年には栽培面積395ha、生産量2,930tであったものが、1991年には1,021ha・8,992tとなり、栽培面積で2.6倍、生産量で3.1倍となっている。大分県でも同様の傾向で、同年比それぞれ1.9倍、3.4倍の110ha・992tとなり、全国生産量のほぼ1割を占め、県南部の冬季温暖な地帯を中心に栽培が行われている。

清見は樹自体の耐寒性が優れていたため、温州ミカンの更新品種のひとつとして不適地にも栽培が勧められた経緯があった。このため1980年代の中頃までは寒害を回避する意味から、厳冬期前に未熟果の状態で収穫・出荷されており、品質面での評価が低く、価格の低迷が続いた。その後樹上越冬完熟果で出荷が行われるようになってから評価が高まり、大分県においても3月収穫が主体となっていった。

今後は生産量の増加に伴い、販売期間を延長し、出荷の平準化と消費の拡大をはかる必要がある。そのため貯蔵方法の検討を行い、鮮度の高い高品質果を提供しなければならない。しかしながら清見は、貯蔵中や出庫後に果皮障害が発生しやすい品種であり、産地ではしばしば問題になっているので、その解決策の樹立が急務である。

本報では清見の貯蔵方法の中で、特に果皮障害防止という観点から検討し、2・3の知見を得たのでここに報告する。

本報では便宜上、果皮障害のタイプをピットィング（写真1）、ヤケ症（写真2）、虎斑症（写真3）の3種類に区別した。

研究報告の作成にあたっては、種々のご教示・ご校閲を賜った緒方俊雄場長・甲斐一平研究部長に深く感謝の意を表す。

なお、本研究の一部は園芸学会九州支部（田中・佐藤・白石1988, 田中・佐藤・白石1989, 田中・佐藤・峯1991）において発表した。

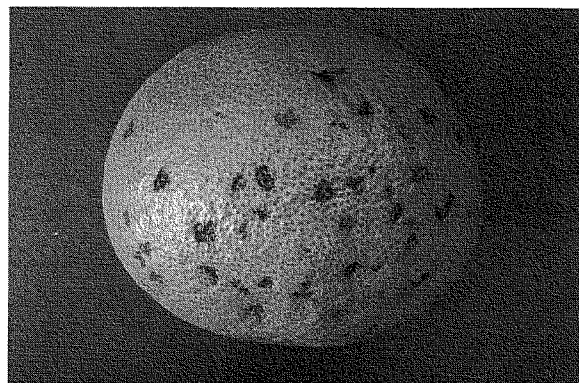


写真1 ピットィング

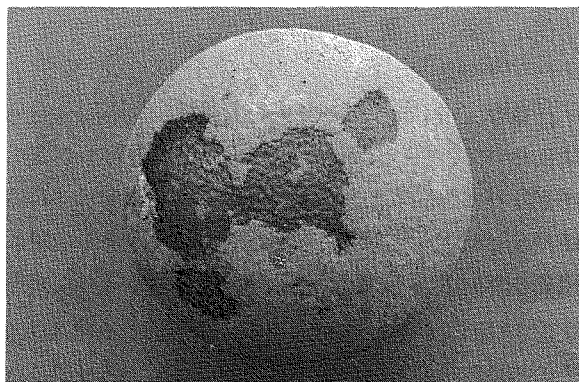


写真2 ヤケ症

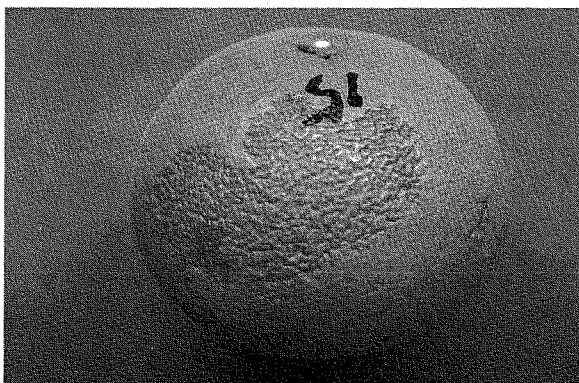


写真3 虎斑症

II・収穫時期と果実品質・貯蔵性

育成者の西浦らの報告によれば、清見の熟期は3月中旬から下旬で、早春から初夏にかけての生食向け出荷に適した品種であるとされている。しかしながら1980年代中頃までは寒害を回避するため、本来の熟期よりも早い時期の収穫が大部分であった。また、貯蔵は短期間の貯蔵が主体で、貯蔵に関する試験もあまり行われていなかった。そこで、成熟経過からみた収穫適期を把握するため、収穫時期別果実品質および貯蔵性について検討した。

1) 材料及び方法

供試果実は、1981年に津久見市福地区の温州中間台に高接された樹より、結果部位、階級をそろえて採取した。果実分析はハンドジューサーで搾汁し、常法により行った。

試験1：果実品質の年次変動

1987年から1992年までの6年間、10月から翌年2月まで、毎月1回、3樹より5果ずつ果実を採取し、直ちに分析した。また、2月下旬から3月上旬に採取した果実を、軽めに予措した後厚さ0.02mmのポリエチレン袋に個装（以下ポリ個装）し、5～8℃で貯蔵した。6月まで毎月1回果実分析を行い、品質の経時的変化を調査した。

試験2：収穫時期と果実品質・貯蔵性

1987年12月から翌年3月までの各月の下旬に採取した果実を、無予措のままポリ個装し、8℃で貯蔵した。減量、果皮障害の発生、果皮色、す上がり、果実分析等の調査を6月下旬まで、毎月1回行った。

果皮障害の発生は、程度別に-(0)・±(0.5)・+(1)・++(2)・+++ (3)の指数を与え、下記の式により発生度を算出した。発生程度の判別は農林水産省果樹試験場興津支場が1987年に発行した「カンキツの調査方法」に従った。

$$\text{発生度} = \frac{\sum (\text{発生程度別果数} \times \text{発生指数})}{3 \times \text{調査果数}} \times 100$$

果皮色は（株）スガ製カラーメーターSC-2型により測定し、a/b×100で表した。

2) 試験結果

試験1：果実品質の年次変動

清見は冬季の増糖が著しい品種で、12月はBrixの平均値が9～10度であったのに対し、それ以降は1か月に平均0.7度のペースで上昇し、3月では11～12度に達した。したがって、Brixの年次差が10・11月は1度以内であったが、3月以降には2度近くにまで広がった。調査した6年間の中では、2月下旬のBrix値は'89年が最も低く、'87年が最も高かった。貯蔵中のBrix値の上昇も年次変動が大きく'87年は貯蔵中に1度上昇したが、'89年はほとんど上昇しなかった（図1）。

クエン酸の時期別年次変動は、12月には1.1～1.7%と大きかったのに対し、3月には0.9～1.2%と小さくなった。調査した6年間の中では、'90年が最もクエン酸含量が低く、'88年が最も高かった（図2）。Brix値が高かった'87、'90、'92年は、クエン酸が低く食味が良好であった。

試験2：収穫時期と果実品質・貯蔵性

収穫時期と果実品質の関係は、3月までは樹上にお

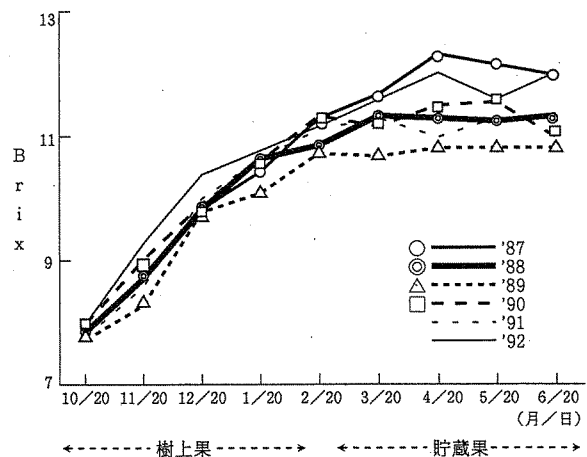


図1 Brixの年次変動

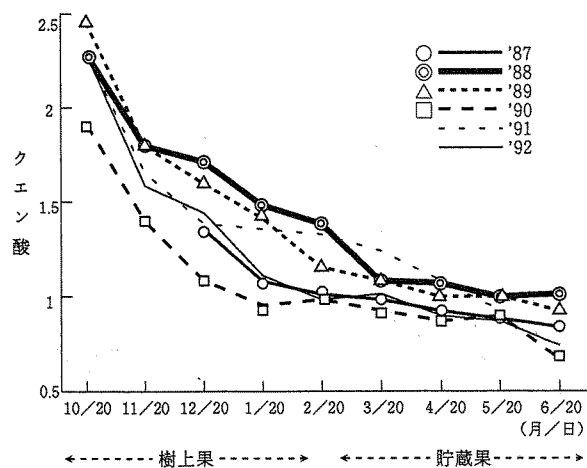


図2 クエン酸の年次変動

くほど増糖・減酸が進み、食味が向上した。貯蔵果と樹上果とのBrix値の比較では、いずれの収穫時期にお

いても、貯蔵果よりも樹上果で高くなった。収穫後2か月程度までに、Brix値の上昇がわずかにみられたが、4か月以上に及ぶとその後は急激に低下した(図3)。クエン酸の減少については、貯蔵果と樹上果との間に一定の傾向はみられなかった(図4)。

果皮障害は、12月収穫区では貯蔵後6か月間はほとんど発生しなかったのに対し、1月収穫区では貯蔵2か月後から、2・3月収穫区では1か月後から発生し始め、収穫時期が遅い区ほど貯蔵開始後早い時期から発生する傾向がみられた。貯蔵期間が長くなるほど、果皮障害の発生は増加する傾向がみられ、2・3月収穫区では貯蔵期間2か月まではわずかであったが、3か月を越えると発生が多くなった(図5)。

貯蔵が長期にわたると果汁が減少し、生理的すがりの発生がみられた。

着色は11月上・中旬から始まり、1月中旬に完着になるが、その後も3月末まではa/b値が上昇し、果皮色が向上した。樹上果と貯蔵(8℃)果の間に特に差は認められなかった(図6)。

また、収穫時期が3月中旬以降になると外成り果から二次肥大が始まり、果梗部周辺にひび割れが生じた。

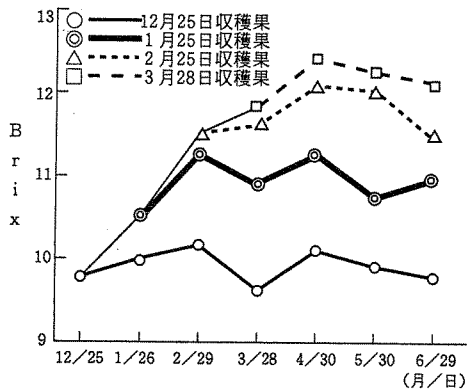


図3 収穫時期とBrix値の変化

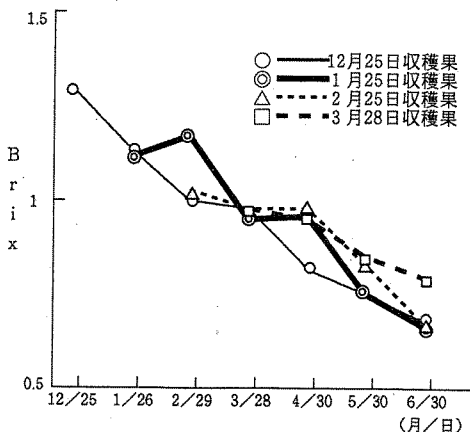


図4 収穫時期とクエン酸含量の変化

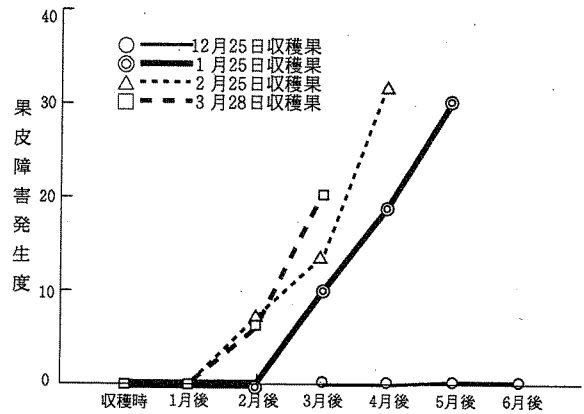


図5 収穫時期と果皮障害の発生

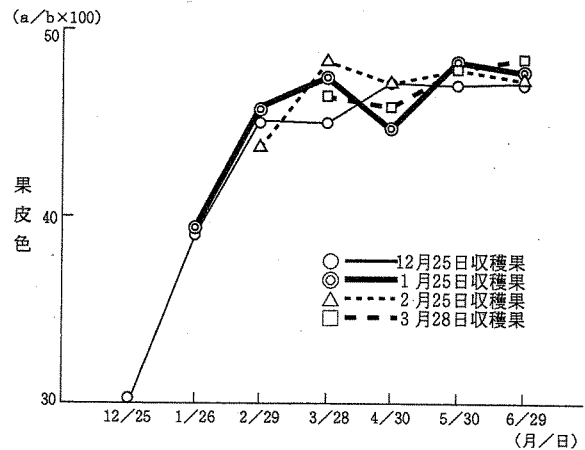


図6 収穫時期と果皮色の変化

3) 考 察

果実品質の年次変動は、糖度については収穫時期が遅くなるほど大きく、酸含量については時期が遅くなるほど小さくなった。また、糖度の高い年は酸含量が低く、食味が良好な年が多い傾向がみられた。糖度および酸含量の年次変動は気象条件による影響が大きいと思われるが、明らかにするには至らなかった。

収穫時期別の果実品質は、収穫時期が遅くなるほど糖度が上昇し、酸含量は低下した。また、同時期の樹上果と収穫・貯蔵果では、酸含量に差がみられなかったが、糖度は樹上果の方が高く、冬季の増糖が著しい品種であり、収穫時期が遅いほど品質は良好になった。

貯蔵中に発生する果皮障害は、12月収穫では6か月の貯蔵期間中ほとんど発生がみられなかったが、1月収穫では貯蔵1か月から、2~3月収穫では2か月後から発生し始めて3か月を越えると多発したことから、果皮の熟度と関係があり、熟度がある程度に達すると発生しやすくなるのではないかと考えられた。

以上のことから収穫時期は果実品質を重視すれば遅いほどよく、果皮障害防止を考えれば12月が良い。しかし、消費者が高品質な果実を求めていること、3月

中旬から二次肥大が始まり果梗部にひび割れが生じて腐敗の原因となることなどを考慮すれば、2月下旬から3月上旬が適当と思われる。

Ⅲ・貯蔵方法と果皮障害の発生・品質

清見の生産量は近年急速に増加してきているため、貯蔵して4～5月にかけて販売する果実の割合が多くなってきている。清見は果皮障害が発生しやすい品種であるため、貯蔵に際しては内容の品質保持と同時に果皮障害防止に留意する必要がある。そこで貯蔵条件と果皮障害発生との関係を明らかにするため、貯蔵温度・予措程度・貯蔵形態について検討を加えた。

1) 材料および方法

試験1：貯蔵温度

供試果実は津久見市四浦地区の9年生樹から、1989年3月上旬に階級・結果部位を揃えて採取した。1区30果あて分配後、2%予措しポリ個装した。貯蔵温度は、0℃・2℃・5℃・8℃・常温の5段階に設定し、貯蔵中は1か月毎に減量、果皮障害、へた枯れ、果皮色、す上がり、果実分析等の調査を行った。腐敗果は調査毎に取り除いた。

また、5月12日まで2℃で貯蔵した果実を1個ずつ、2℃庫内で容量5,950のプラスチック製容器に入れ密封し、0℃・2℃・5℃・8℃・常温・25℃の各温度の貯蔵庫に移したのち呼吸量を測定した。一定時間後に容器内の空気を1ml容のガスシリンジで抜き取り、果実の炭酸ガス排出量を柳本ガスクロマトグラフG-3800により測定した。カラムは、5% silicon ov-101-chromosorb w (AW)DMCS 80~100 mesh (1.5m×3mm stainsteel製)を使用した。なお、試験期間中の常温庫内の温度は15~19℃で推移した。

試験2：予措程度・貯蔵形態

供試果実は、1988年2月18日に試験1と同園の樹から、赤道面のM~L果を採取した。予措程度は慣行予措法で0%・2%・4%、貯蔵形態は裸・ワックス(5倍希釈フレッシュ液)浸漬処理・ポリ個装の各3通り、計9処理区(1区25果)を設定し、3か月間常温庫で貯蔵した。

貯蔵中は1か月毎に果皮障害、へた枯れ、果皮色、す上がり、果実分析等の調査を行った。

貯蔵3か月後に、貯蔵庫に比べ外気温の影響を受け

やすい場所に貯蔵中の形態のまま出庫し、4日後、12日後に貯蔵中と同様の品質調査を行った。

2) 試験結果

試験1：貯蔵温度

果皮障害は貯蔵温度が高くなるほど増加する傾向にあった。0℃および2℃区では3か月後も全く発生がみられず、5℃での発生も少なかった。8℃および常温区では、貯蔵が3か月以上になると多発した(図7)。

減量も、果皮障害と同様の傾向で、貯蔵温度が高くなるほど多くなり、特に常温区での減量が激しかった(図8)。

果皮色は0℃および2℃区では貯蔵中に徐々に退色した。5℃区では貯蔵中も収穫時と変わらず、8℃区では少しずつ橙色を増していった。常温区では最初の1か月で、8℃区と同様に橙色を増したものの、以後気温の上昇にともない徐々に退色した(図9)。

Brix値はいずれの区でも貯蔵2か月まではゆるやかに上昇したが、常温・8℃・5℃区では3か月後から低下した。特に常温区での低下が激しかった。一方0℃および2℃区では3か月後もやや上昇した(図10)。

クエン酸は、貯蔵2か月までは緩やかに減少したが、3か月以降は急激に減少した。貯蔵温度が高いほど減少率が高くなった(図11)。

2℃の果実を、0℃、2℃、5℃、8℃、常温の各貯蔵庫に移した後の呼吸量は、温度が高くなるに従い増加し、逆に0℃に移した時には、少なくなった(図12)。

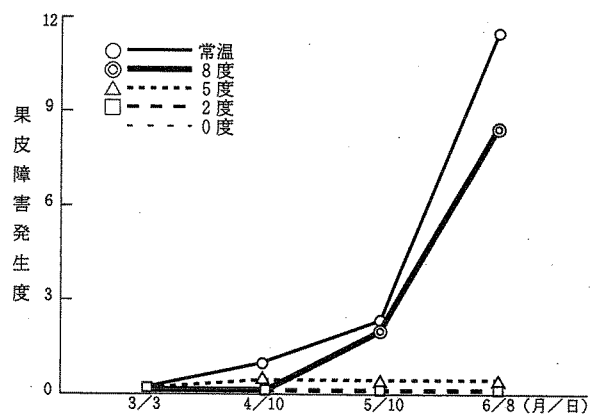


図7 貯蔵温度と果皮障害の発生

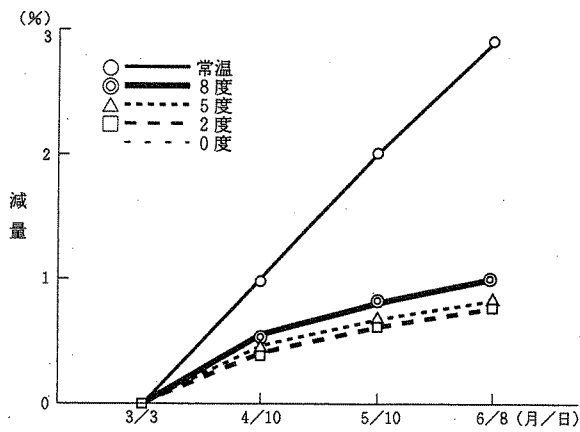


図8 貯蔵温度と減量

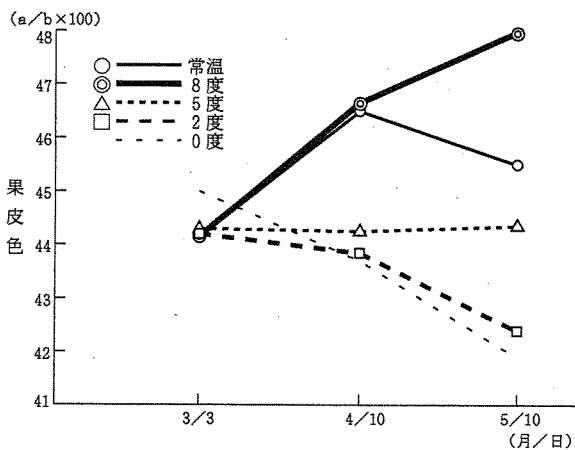


図9 貯蔵温度と果皮色

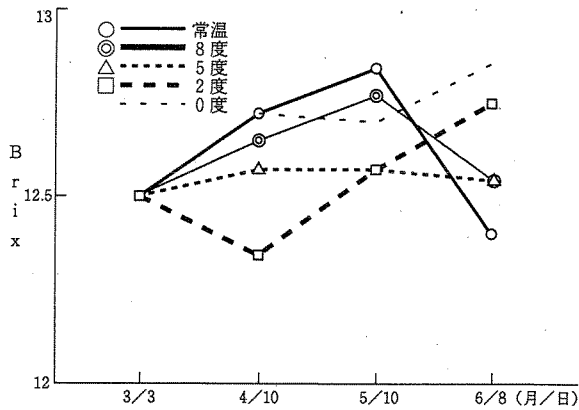


図10 貯蔵温度とBrix値の変化

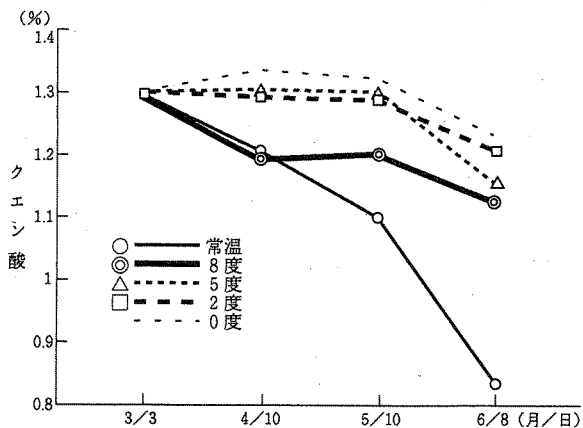


図11 貯蔵温度とクエン酸含量の変化

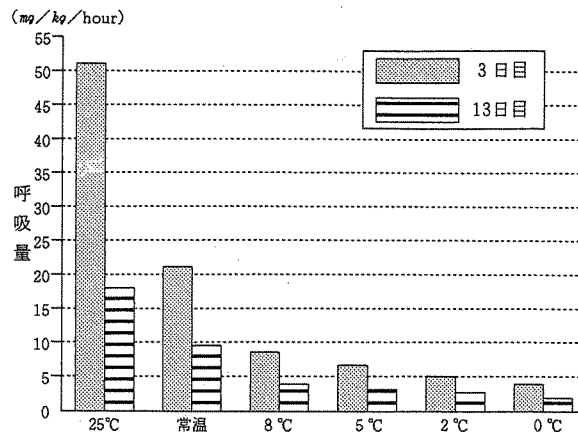


図12 貯蔵温度と呼吸量

試験2：予措程度・貯蔵形態

予措程度と果皮障害の発生は、貯蔵形態が裸およびポリ個装では2%予措が貯蔵中・出庫後ともやや少なく、ワックスでは0%予措が貯蔵中・出庫後ともやや少なかった(表1・図13)。

貯蔵形態と果皮障害の発生は、貯蔵中および出庫後ともにポリ個装が最も少なく、裸果が最も多かった。果実の減量は裸、ワックス、ポリ個装の順に多く、減量歩合の多い貯蔵形態で発生が多かった(表2)。

貯蔵中の生理的す上がりは、ポリ個装で発生しなかったが、裸果とワックス処理果に貯蔵2か月以降から発生がみられ、特にワックス処理果に発生が多かった。

果実品質は、クエン酸については一定の傾向がみられず、Brix値はポリ個装果でやや低くなった。ワック

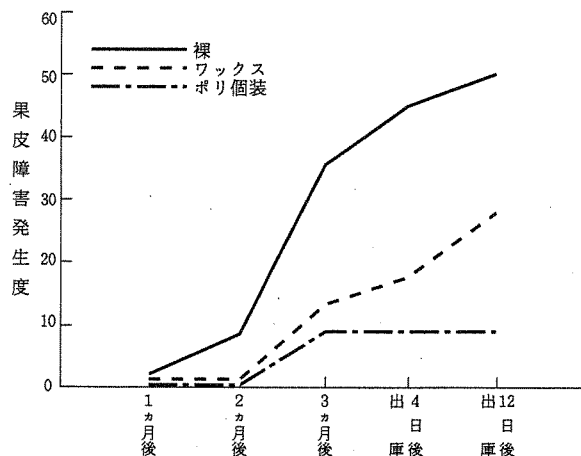


図13 貯蔵形態と果皮障害の発生

注) 2月18日収穫の清見を2%予措し、常温で貯蔵

表1 予措程度・貯蔵形態と果皮障害発生度

	貯蔵3ヶ月後			出庫10日後		
	0%	2%	4%	0%	2%	4%
裸	39.4	37.5	45.1	69.6	51.0	73.0
ワックス	11.3	14.3	10.7	22.0	28.1	45.3
ポリ個装	9.7	7.6	10.0	20.8	7.9	13.3

注) 2月28日収穫、常温貯蔵。

ス処理果では生理的す上がりがやや多くなる傾向がみられた(表3)。

表2 貯蔵形態と減量歩合(%)

	貯蔵中			出庫後		
	1ヵ月後	2ヵ月後	3ヵ月後	4日後	8日後	14日後
裸	6.2	9.6	17.9	2.4	5.4	8.0
ワックス	5.7	8.4	12.0	1.6	2.5	3.8
ポリ個装	4.8	5.4	6.4	0.5	0.8	1.2

注) 出庫後の減量は出庫時の重量を100として計算した。

表3 貯蔵形態と果実品質

	Brix	クエン酸	す上がり 発生度	じょう囊の 離れ発生度
裸	11.8	0.88	13.3	3.3
ワックス	12.3	0.78	30.0	28.1
ポリ個装	11.4	0.80	0	7.9

注) 無予措・常温で貯蔵、2ヵ月後の果実品質。

考 察

貯蔵温度と果皮障害の関係では、5℃以下で抑制効果が高く、へた枯れ・減量も5℃以下で少なくなった。呼吸量も温度が低いほど少なく、呼吸が抑えられることにより果皮障害の発生が抑制されるのではないかと推察された。邨田¹⁷⁾によるカボスを用いた報告、真子¹⁸⁾によるウンシュウミカンを用いた報告によっても、低温下で果実の呼吸が抑制され、呼吸基質としての糖・酸含量が高く保持されることが明らかにされている。

貯蔵中の果皮色は8℃で最も橙色が濃くなり、0℃および2℃では収穫時に比べ退色した。これらの結果から、果皮色の向上には8℃付近の温度帯が適すことがうかがえた。一方貯蔵が3ヵ月以上におよぶ場合は8℃以上の温度帯では、Brix値が低下し、食味が劣ってくるうえ、果皮障害の発生も多くなる。

実際の貯蔵温度は貯蔵期間により決定すべきで、果皮障害やへた枯れの発生が少ない範囲(1.5ヵ月以内)ならば、できるだけ外気温に近い温度の方が望ましい。短期貯蔵の場合は果皮障害の発生も少ないため、常温貯蔵の方が出庫後の減耗が少ないと考えられる。また3ヵ月程度の貯蔵の場合は5~8℃が、それ以上の長期貯蔵の場合は2~3℃が適当であろう。

予措程度については、貯蔵形態により貯蔵中および出庫後の果皮障害の発生が異なるため、貯蔵形態にあわせて加減することが必要である。貯蔵形態別の果皮

障害は、ポリ個装で最も抑えられ、裸果で最も多発した。果皮障害の発生条件は貯蔵中の減量との間に密接な関連があると思われ、減量の少ない貯蔵形態で発生が抑制された。このことはハッサクの貯蔵中の果皮障害の状況と類似している。

貯蔵形態としてはポリ個装が最も望ましいが、短期貯蔵であればワックスも利用可能と思われる。

IV・出庫方法と果皮障害の発生

貯蔵中の果皮障害の発生は、貯蔵方法によりある程度軽減されることが明らかになったが、低温貯蔵果では出庫後に発生する果皮障害が問題として残された。

そこで、低温貯蔵果の出庫後の果皮障害の軽減を図るため出庫の際の昇温方法(馴化処理)を検討した。

また、現在県内の産地ではポリ個装で貯蔵した果実は、果皮障害を抑えるためポリ個装のまま出荷している。しかし、近年のゴミ問題から小売店が過剰包装を嫌う傾向にあり、ポリ袋は過剰包装と見なされるケースがでてきている。ポリ袋を外して出荷することは、果実への衝撃が少ない選果機であれば使用が可能であり、労力軽減というメリットもある。しかし、通常の段ボール箱に詰めて出荷したのでは、果実の減量が進み、果皮がややしなびた状態になり商品価値が低下する。そこで、果実をポリ個装せず裸で流通させることを前提として、出荷用段ボール箱に改良を加え、密閉度を高めたうえで出庫後の品質保持について検討を行った。

1) 材料および方法

試験1: 温度馴化と果皮障害の発生

供試果実は1988年3月2日に場内12年生樹3樹から20果ずつ計60果採取した。2%予措後ポリ個装し、6月2日まで8℃で貯蔵した。出庫時に半量は直接常温(約24℃)に出庫し、半量は8~12~16~20℃~常温と1日に4℃づつ段階的に昇温して出庫(以下馴化区)した。

呼吸量は前項のⅢ. 試験1と同様の方法で測定した。

試験2: 出荷用段ボールの種類と果皮障害の発生

1991年2月20日に、津久見市中田地区の10年生樹から採取した果実を、貯蔵用コンテナに入れ、内側を新聞紙で覆い6℃で貯蔵した。各区とも30果を供試し、6月10日に下記のA~Eの各段ボール箱に詰め替えて

常温に出庫した。出庫3日・9日・18日後に果皮障害の発生、減量等の調査を行い、出庫9日後にはⅢ、試験1と同様の方法により、段ボール箱内の酸素・炭酸ガス・およびエチレン濃度を測定した。

供試験ボール箱

- A: 内側にスタyroフィルムを貼り付けた密閉式段ボール箱 (8 kg)
- B: 内側に薄い発砲スチロールを貼り付けた密閉式段ボール箱 (8 kg)
- C: ポリサンド密閉式段ボール箱 (8 kg)
- D: 内側にMCシート (吸湿資材) を貼り付けた密閉式段ボール箱 (8 kg)
- E: 取って穴の開いた通常のみかん用段ボール箱 (対照区・10kg)

2) 試験結果

試験1: 温度馴化と果皮障害の発生

貯蔵中の3か月間は果実が健全な状態に保たれていたが、出庫すると急激に果皮障害や腐敗果が発生した。段階的に昇温しながら出庫した馴化区では、8℃から直接出庫した区に比べて果皮障害の発生がやや遅延された(表4)。

表4 出庫方法と果皮障害・へた枯れの発生

	果皮障害発生度			へた枯れ発生度		
	0	4	8(日後)	0	4	8(日後)
8℃-出庫	1.2	18.1	25.0	8.1	6.7	39.2
8-12-16-20℃-出庫	0	15.4	21.8	3.8	7.7	38.5

注) ポリ個装のまま出庫した。出庫時の外気温は約24℃。

呼吸量は、馴化区では馴化中徐々に増加するものの、出庫後は直接出庫した区に比べて少ない傾向がみられた(図14)。

試験2: 出荷用段ボールの種類と果皮障害の発生

出庫後の果皮障害の発生は、A区で最も少なく、次いでC区、B区、D区、E区の順であった。

へた枯れの発生はC区、D区で最も少なく、A区、B区は対照区であるE区と同程度であった。

出庫9日後の段ボール箱内のエチレンガス濃度はA区・C区では、対照区であるE区と同等に低く保たれたが、B区・D区はE区の約3倍の濃度であった。エチレンガス濃度の高いB区・D区で果皮障害の発生も多くなる傾向がみられた。

果実の減量はA~Dの密閉式段ボールで、E区の半分以下に抑えられ、果皮の鮮度が保たれていた。E区は、箱内のガス分析の結果では炭酸ガス・エチレンガスの濃度が低く保たれたが、これは左右に取って穴が空いているためで、実際には減量が多く、果皮がややしなびた状態になり外観が損なわれた(表5)。

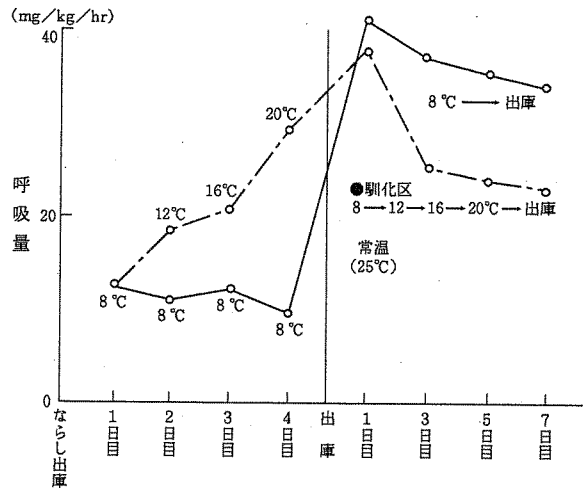


図14 出庫方法と呼吸量

表5 段ボールの種類と出庫後の果実品質

試験区	箱内ガス環境 (9日後)			果皮障害発生度			へた枯れ発生度			減量 (%)		
	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	C ₂ H ₄ (ppm)	3日後	9日後	18日後	3日後	9日後	18日後	3日後	9日後	18日後
A	18.6	1.1	0.10	7.8	13.3	16.7	3.3	11.1	14.4	0.5	1.3	1.9
B	18.6	2.1	0.28	10.6	21.1	25.6	3.9	8.9	16.7	0.5	1.3	2.0
C	18.3	1.2	0.10	7.8	15.0	22.2	1.7	4.4	5.6	0.5	1.4	2.2
D	18.5	1.6	0.26	10.0	22.2	25.0	1.1	5.0	5.6	0.5	1.1	1.7
E	18.3	0.3	0.09	11.7	26.7	30.0	3.3	13.3	15.6	0.8	2.7	4.5

3) 考 察

低温貯蔵した果実は常温貯蔵した果実に比べ、出庫後に果皮障害が多発した。このことは低温貯蔵した果実は出庫後の温度変化が大きいため、急激に呼吸量が増加することが一因と考えられる。ジャガイモの塊茎やサツマイモの塊根を一度5~0℃の低温に置き、その後温度の高い場所に移すと、初めから高い温度に置いたものに比べ呼吸が盛んであることが明らかになっている¹⁰⁾。低温貯蔵果にも同じようなことが言え、最初から常温に置いた果実に比べ出庫後に急激に呼吸量が増加するため、糖・酸含量の低下や果皮障害の発生等が助長されるものと思われる。

その対策として貯蔵前後の温度馴化が有効な手段であることが、カンキツではこれまでにスダチに対して北川ら⁹⁾、セミノールに対して佐藤ら⁶⁾により報告されている。また、長谷川ら¹⁴⁾は清見で、白石ら⁹⁾・近泉ら¹²⁾はハッサクで、低温貯蔵した果実をさまざまな温度に変温した場合、温度が高いほど果皮障害の発生が多くなることを報告している。また、佐藤ら⁶⁾はカボスの貯蔵で入庫時に10℃および8℃で馴化したあと降温して貯蔵すると、果皮障害が著しく軽減されると報告している。

今回の出庫に際しての温度馴化区においても果皮障害の発生が比較的強く抑えられたことは、これらの報告と一致している。昇温の時間配分について今回は1日に4℃ずつの昇温であったが、これ以上馴化に時間をかけることは、現実的に問題があるし、馴化期間が長すぎるとその間の腐敗や果皮障害による減耗も多くなってくる。昇温の時間配分については試験が不十分であるが、呼吸量を低く抑えながら出庫するためには、出庫時の温度格差をできるだけ小さくすることが必要である。そのためには、段階的に昇温しながら出庫する馴化处理が有効であると思われる。

出庫してから果実が小売店の店頭に着くまでには、通常1週間程度を要する。したがって最低10日間は、果皮障害の発生を低く抑える必要がある。通常のミカン用段ボール箱では果皮がしなび、果皮障害発生のおそれがあるため、果皮の水分保持を目的として出荷用段ボールの内側に資材を貼り付けた密閉式段ボール箱を数種類使用して抑制を試みた。その結果C区のポリサンド段ボール箱を使用することで果皮障害の発生、へた枯れ、腐敗ともに少なく、清見の出荷用段ボール箱として期待がもたれた。

吉松ら¹⁸⁾はハッサクの出庫試験において、出庫後の

急激な温度の上昇とともにエチレンガスの増大が認められ、呼吸量が増大することを報告し、虎斑症はその際に生じる果皮面の水分バランスの崩れから引き起こされるのではないかと推察している。密閉式段ボール箱を使用することにより、出庫後の果皮障害が抑制されたことは、果皮面からの急激な水分の発散が抑えられることによる結果とも考えられた。

しかし段ボールの種類によっては、果皮からの水分の発散を抑制したにもかかわらず、果皮障害が多発したものがあつた。段ボール箱内の酸素・炭酸ガス・エチレンの濃度を測定した結果、ガス透過性の低いBおよびD区において炭酸ガスとエチレンの濃度が高くなった。密閉式段ボール箱の中ではこの2つの区で果皮障害、特にピッチングの発生が多くなっており、高炭酸ガス・低酸素条件下でのガス障害が疑われた。

箴島ら²⁾はカボスの果皮障害について、主にアセトアルデヒドによるものとしている。また佐藤ら⁴⁾も同様の障害を、ポリエチレン袋内が極端に高炭酸ガス・低酸素化した場合に発生する障害としている。いずれの場合も果実周囲のガス環境が貯蔵性に大きく影響しており、CA度を安定的に保ちながら、極端に嫌気的な条件にならないように管理することが望まれる。カボスの貯蔵は一定量の果実をポリ袋に密封して行うため、今回の試験2の一部の試験区の条件と類似している。

果皮の水分保持という点から密閉式段ボール箱を使用したか、1個でも腐敗果等の異常な呼吸をする果実が発生した場合、箱内全体のガス環境が悪化しやすく、これが果皮障害を急激に発生させる原因になると思われる。

したがって出荷用段ボールを決定する際には、単に密閉度を高めるだけでなく、段ボールに張りつける資材のガス透過性も考慮する必要があると思われる。また、取っ手穴がないため現場での作業能率が低下するのではないかな等の新たな問題も生じた。

V・収穫前の低温・果実への衝撃・果皮への不傷と果皮障害の発生

清見の果皮障害の発生原因については、これまでウィルスによるもの、寒害によるもの、衝撃による小さな傷や油胞内オイル成分の漏出によるもの等さまざまな説が唱えられてきたが、未だに明らかにされていない。

本報では種々の貯蔵条件以外に収穫前の低温、果実の乱雑な取り扱いや選果機による衝撃、小さな傷などが果皮障害の原因になるか検討を試みた。

1) 材料および方法

試験1：収穫前の低温と果皮障害の発生

場内の45ℓ容コンテナ植え5年生樹を供試し、貯蔵庫の中で-4.5℃に9時間遭遇させる処理を行った。試験区は1989年2月26日処理の1回処理区と、26日・27日の2回処理区および無処理区を設けた。処理後は屋外に搬出し、3月16日に果実を採取、3%予措を行い、貯蔵用コンテナに入れ、上下を新聞紙で覆い5℃で貯蔵した。貯蔵後は6月まで毎月1回果皮障害の発生状況と減量歩合を調査した。

試験2：選果機処理と果皮障害の発生

供試果実は1988年3月2日に場内12年生樹3樹から、20果ずつ計60果を採取した。2%予措後ポリ個装し、6月2日まで8℃で貯蔵した。出庫時にポリ袋を外し、半量を津久見市農協の大型ドラム式選果機（全行程50m、落差30cm3回）に通し、半量を選果機に通さない対照区とした。

選果後は再びポリ個装し、1日・4日・8日後に果皮障害発生度、減量歩合を調査した。また選果1日・3日・8日後にⅢ・試験1と同様の方法で呼吸量を測定した。

試験3：衝撃を与えた時期と果皮障害の発生

供試果実は場内温州中間台8年生樹から1989年3月2日に結果部位・階級を揃えて採取した。貯蔵は2%予措後にポリ個装し、5℃で行った。処理は、入庫前（3月10日）・貯蔵中（4月7日）・出庫時（5月27日）の各時期に、果実を30cmの高さから貯蔵用コンテナの上へ10回落下させ衝撃を与えた。衝撃を与える際にはポリ個装の袋を外し、落下処理後直ちに再度ポリ個装し貯蔵庫へ戻した。なお、貯蔵中の衝撃は果実を一旦貯蔵庫から出して処理した。

貯蔵中に腐敗果が発生した場合はその都度取り除いた。5月27日出庫し、出庫6日後に果皮障害・へた枯れ・果実分析等の調査を行った。また、Ⅲ・試験1と同様の方法で出庫3日後に呼吸量の調査を行った。

試験4：果皮への付傷と果皮障害の発生

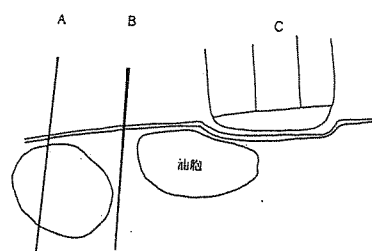
場内10年生清見の赤道面のM～L級果60果を1991年3月1日に採取し、下記の処理を行った。

A：直径0.2cmの針で深さ2mmまで油胞を貫通

B：直径0.2cmの針で深さ2mmまで油胞間隙を貫通

C：ユニ鉛筆の頭で果皮がわずかにへこむまで抑える

D：60番の研磨砂をつけたタオルで果皮を擦る



果皮への付傷処理

処理後半量はポリ個装、残りの半量は貯蔵用コンテナに入れ、上下を新聞紙で覆い7月4日まで約3か月間6℃で貯蔵した。出庫後、果皮障害の発生状況を調査し、果皮障害の発生した果実は、随時氷結マイクロームで生切片を作成し、サフランinおよびスダンⅢにより染色後検鏡した。

2) 試験結果

試験1：収穫前の低温と果皮障害の発生

処理中の果実は果皮の一部が凍結する程度で、果肉が凍結するまでには至らなかった。貯蔵中の減量は、低温処理した区でやや多くなった。1回処理と2回処理との間に差は認められなかった。

貯蔵中の果皮障害は低温処理した区でやや多くなったものの有意な差は認められなかった。1回処理と2回処理との間に発生度の差は認められなかった（表6）。

表6 低温処理と果皮障害の発生・減量

	果皮障害発生度			減量(%)		
	4/16	5/18	6/14	4/16	5/18	6/14
-4.5℃9hour 1回	0	0	4.8	1.4	2.9	4.5
-4.5℃9hour 2回	0	1.7	2.0	1.5	2.9	4.5
無処理	0	1.1	1.7	1.4	2.7	4.3

試験2：選果機処理と果皮障害の発生

選果機に通した果実は翌日には呼吸量が増加しており、徐々に低下してゆくものの、選果機を通さない対照区に比べ高い状態が続いた。果皮障害も出庫の翌日から発生し、選果機区で多発した（図15）。果実の減量歩合も選果機区で大きくなっており、8日後には対照区の3倍を越えた。

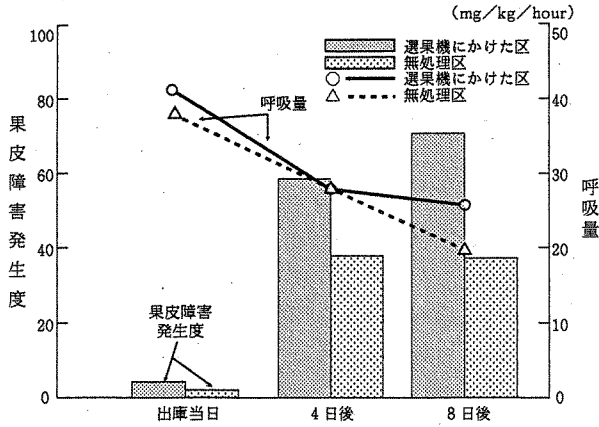


図15 選果処理と呼吸量・果皮障害の発生

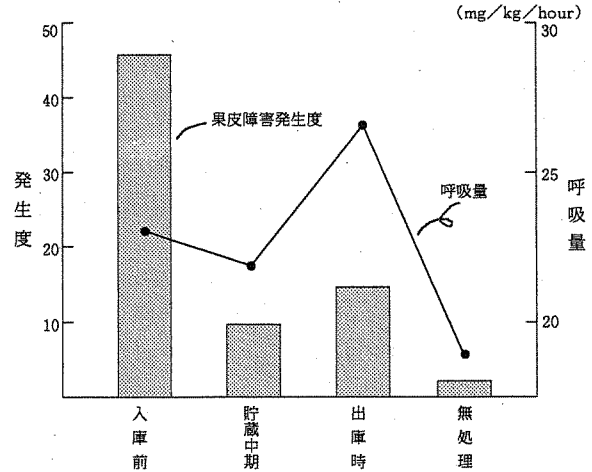


図17 衝撃を与えた時期と呼吸量・果皮障害の発生

〔衝撃は30cmの高さから10回コンテナに落下。呼吸量の測定は出庫3日目、果皮障害は6日目〕

試験3：衝撃を与えた時期と果皮障害の発生

貯蔵期間中は全ての区で果皮障害の発生がほとんど見られなかったが、出庫後に急激に多発した。

入庫後の衝撃により貯蔵中の呼吸量が高まり、果皮障害の発生が多くなった。貯蔵中の衝撃は、入庫前・出庫時の衝撃に比較して発生が少なく、また呼吸量も低かった。出庫時の衝撃は、果皮障害発生度・呼吸量ともに貯蔵中期の衝撃と入庫前の衝撃の中間程度の値となった(図16)。

果皮障害の発生と呼吸量の間には高い相関がみられ、呼吸量が多くなる処理ほど果皮障害の発生が多くなった。無処理区は呼吸量・果皮障害発生度ともに最も低かった(図17)。

落下処理によりBrixには差が見られなかったが、クエン酸は、呼吸量が増加した区で減少する傾向がみられた(表7)。

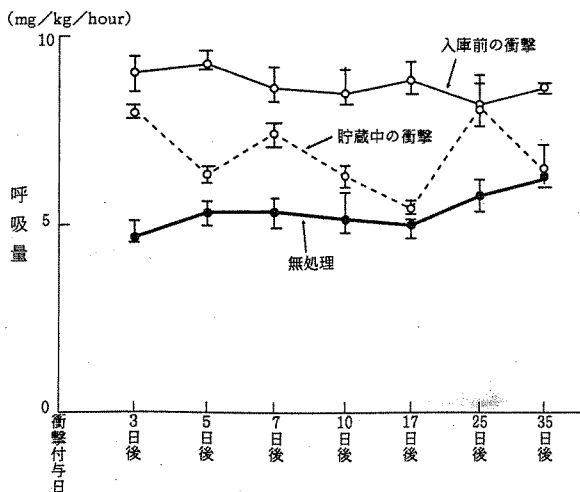


図16 衝撃を与えた時期によるその後の呼吸量の推移

表7 衝撃を与えた時期と果実品質

	Brix	クエン酸 (%)	へた枯れ発生率(%)	腐敗果率 (%)
入庫前の衝撃	12.3	1.03	25.4	16.7
貯蔵中期の衝撃	12.8	1.16	12.1	3.3
出庫時の衝撃	12.2	1.08	23.8	20.0
無処理	12.3	1.18	12.5	20.0

試験4：果皮への付傷と果皮障害の発生

貯蔵中の3か月間は、果皮障害の発生はほとんどみられなかったが、出庫後5日以内に急激に多発した。針で刺すAとBの処理では果皮障害は発生しなかったのに対し、CとDの処理では貯蔵1か月後からピittingが発生した。しかしこれらの果皮障害は貯蔵中、および出庫後もその面積が広がることなく、実際に問題になるほどの程度ではなかった(図18)。サフランによる染色では、表層より2~7層下の細胞が帯状に壊死してるのが観察された。それより下層には壊死した細胞はみられず、ごく表皮に近い部分の小さな細胞とその下層のやや大きな細胞との境界部分で最初に壊死が起こると思われた(写真4・5)。スダンⅢによる染色では、健全部の果皮に多くみられた油脂成分が、果皮障害発生部分では少ないことが明らかになった。

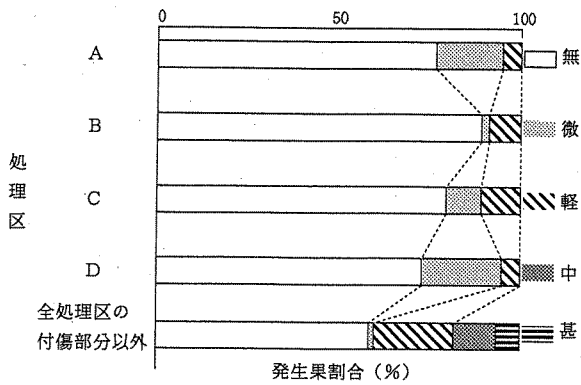


図18 果皮への付傷と果皮障害の発生

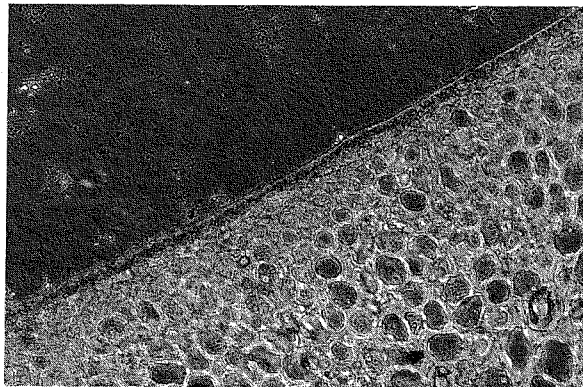


写真4 健全な果皮

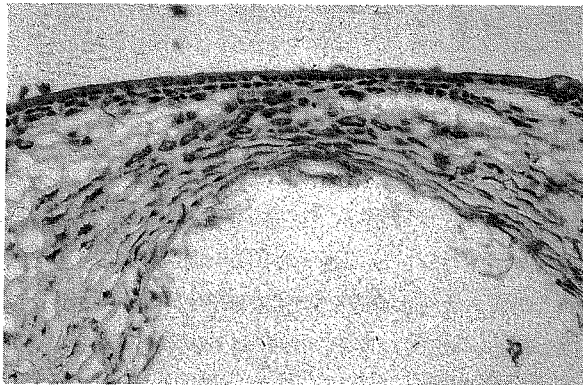


写真5 虎斑症部分の果皮

3) 考 察

収穫後の果皮障害の発生は、低温に遭遇する時期やその温度、遭遇時間、成熟期間を通じての低温の積算等も、影響を及ぼしていることが考えられる。今回の処理は収穫直前に -4.5°C に9時間遭遇させる処理であったが、それらの処理により貯蔵中の果皮障害が増加する傾向は特に認められなかった。このためその他の条件について更に検討が必要であると思われる。

ウンシュウミカンに対する選果機処理および落下処理による果実の呼吸・果汁成分・食味等の変化は、白井ら⁷⁻⁸⁾・山下ら¹⁹⁾・長谷川ら¹³⁾によって既に詳細に調査されている。山下らの報告によれば、落下衝撃の許容限界は30cm, 3回以内で、その場合の衝撃荷重値は10

kg/100g程度であった。また落下処理(50cm, 30回)により果実の呼吸量が、処理5日後までに無処理に比べ40~50%増加し、10日後でも高い値のまま推移した。酸含量も無処理に比べて0.2%程度減少し、特にクエン酸の減少が大きかったとしている。

落下処理により呼吸量が増加したこと、クエン酸が減少したこと等はこれらの報告と一致していた。

今回の選果機処理により翌日には10%程度呼吸量が増加し、その後緩やかに低下したものの8日後でも無処理に比べて約25%高い値を示した。選果機処理よりも落下処理(30cm, 10回)の方が呼吸量の増加が顕著で、入庫前に衝撃を与えた果実を3か月貯蔵し、出庫後に測定した場合でも無処理の4倍の値を示した。呼吸量と果皮障害の間には密接な関係があり、呼吸量が多くなる処理で果皮障害が増加した。

貯蔵中の衝撃は、入庫前・出庫後の衝撃に比べ呼吸量が低く果皮障害も少なかった。この試験は貯蔵温度 5°C で行ったため、貯蔵中の衝撃のみ低温下で加えられたことになる。果実に衝撃が加わる場合、品温が低いほど呼吸の増加が少ないのではないかと考えられた。

果皮への付傷処理では、ピッチングの発生がみられたものの、色が薄く、面積が広がらなかった。果皮に傷がつくことにより果皮障害が発生することはあるものの、それは貯蔵中に問題となる虎斑症とは異なるタイプのものであると考えられた。

果皮障害が発生した部位の生切片をサフランにより染色し、顕微鏡で観察した結果、虎斑症が最初に発生する場所は表層ではなく、2~7層下の細胞であることが判明した。まず最初に表層から数層下の細胞に何らかの異常が起こり、それが果皮障害のきっかけになるものと思われた。

牧田¹⁵⁾はネーブルの虎斑症発生果皮を検鏡し、主に油胞間において表層から6~9層の深さの細胞が変形して、帯状に分布しているのが観察されたと報告している。小川ら¹⁾はハッサクの虎斑症発生部位をエオシン1%水溶液で染色し検鏡したところ、表皮下層数層内に、表皮に平行して変形した細胞が観察されたとしている。今回の清見の果皮障害と、ハッサクの虎斑症は表皮内部の状況が類似しており、同様の症状ではないかと思われた。

また、スタンⅢによる染色の結果、果皮障害発生部分では健全部分に比べ、油脂成分が少ないことが明らかになった。これは細胞の壊死により細胞内の油脂成分が消失したためと思われた。

VI・総合考察

収穫後に発生する果皮障害は、12月収穫ではほとんど発生せず、1月以降の収穫、特に2月以降の収穫で発生が多くなり、遅く収穫した果実ほど貯蔵中の早い時期から果皮障害が発生する傾向がみられた。熟度がある程度に達すると、果皮障害が発生しやすくなるのではないかと考えられた。

一方、果実の食味が向上するのは2月下旬以降である。高品質な清見の出荷には、2月下旬から3月上旬に収穫した果実を、果皮障害や腐敗を発生させることなく貯蔵することが必要である。本研究は果皮障害がやや多くなるステージではあるものの、2月下旬から3月上旬に収穫した果実を供試し、果皮障害を軽減することを目的に、果実の取り扱い、貯蔵・出庫・出荷方法について検討したものである。また果実への衝撃や果皮への傷、低温等が果皮障害発生にどの程度影響を及ぼすかも検討した。

収穫時期は果皮障害防止という観点からは早いほど良いが、品質面を考慮すれば2月下旬以降となる。このため果実の取り扱い・貯蔵方法によって、いかに果皮障害を軽減できるかが本研究のねらいである。

貯蔵温度は8℃および常温では貯蔵後3か月から発生が増加したが、5℃以下の低温域では発生が少なかった。予措程度はポリ個装の場合2%、ワックス処理の場合は無予措で出庫後の発生が少なくなった。貯蔵形態は貯蔵中の減量が少ないポリ個装で発生が少なく、裸果で多発した。さらに貯蔵中に発生しない場合でも出庫後急激に発生することが多いが、それらは貯蔵果実の温度馴化処理や選果機を使用しない手選果等衝撃の少ない選果方法で発生が少なくなった。

これらのことから、清見の収穫後の果皮障害は、成熟した果実を呼吸量が上昇するような条件においた場合に発生が多く、果実の呼吸・蒸散作用との関係がきわめて高いことが示唆された。したがって果実の収穫後、貯蔵、出庫、流通過程を含めて、いかに貯蔵中の減量を少なくし、果皮からの水分の発散を抑え、呼吸量を低く保つか、果皮障害抑制のポイントとなると思われた。

実際の収穫後の果皮障害防止を中心とした品質保持方法について以下考察すると、まず収穫時期は成熟度を基準に決定する必要がある。園地や部位別に二次肥大が早くから始まるところから丁寧に収穫し、予措は

貯蔵形態に合わせて軽めに行う。貯蔵形態はポリ個装やワックス処理等果皮からの水分の発散を抑える方法で行う。貯蔵温度は貯蔵期間によって決定し、1.5か月以内であれば常温、3か月程度の場合は5～8℃、それ以上の期間に及ぶ場合はさらに低温域で貯蔵する。出庫は朝夕の涼しい時に行い、可能であれば1日に4℃程度ずつ昇温しながら外気温に近づける温度馴化処理を行う。また、選果は長期貯蔵果に対しては選果機を使用せず、できるだけ手選果を行う。輸送は高温を避けるため、幌付きのトラックや保冷車を使用することが望ましい。小売店の店頭においても、ポリ個装された果実はポリ個装のまま販売し、裸果の場合はラッピングを行う。

このように収穫後の果皮障害の防止には、生産者だけでなく、流通過程や小売店まで含めた関係者の一連の努力が必要となるため、品質保持技術の末端までの普及も大切な課題のひとつである。

果皮障害の防止法については、以上のとおり一応の成果が得られたが、その原因については不明であったため、原因究明のためのいくつかの試験を行った。収穫前の低温、選果機および落下衝撃、果皮への傷等が果皮障害発生に及ぼす影響について検討を加えたが、いずれの処理によっても、果皮障害がわずかに増加したのみで、確たる原因を明らかにするには至らなかった。

今後は労力軽減と出荷の迅速化の視点に立ち、簡易な貯蔵方法を確立することが望まれる。流通においても、出庫時の品質管理の徹底・出荷用段ボールの改良・長期貯蔵果の低温流通システムの確率など残された課題は多い。

VII・摘要

I・収穫時期と果実品質・貯蔵性

果実品質の年次変動を調査するとともに、収穫時期別の果実品質・貯蔵性について検討した。

1. 冬季の増糖が著しく、月間0.7度のペースで2月まで直線的に上昇し、2月下旬以降では食味が著しく向上した。清見の可食期をBrix値で11.5以上、クエン酸含量で1.1%以下とすれば、その時期は、年次による差はあるものの2月下旬以降となった。
2. 収穫時期が遅くなるほど、貯蔵中の果皮障害が早い時期から発生した。また1～3月収穫の果実をポ

り個装・5～8℃で貯蔵した結果、貯蔵期間が3か月を越えると果皮障害の発生が多くなった。

3. 収穫時期が3月中旬以降になると二次肥大が始まり、果梗部にひび割れが生じて、外観の品質が低下するとともに腐敗の原因となった。

以上の結果から清見の収穫時期は、食味、果皮障害、二次肥大等を考慮すると、2月下旬～3月上旬が適当と思われる。

II. 貯蔵方法と果皮障害の発生・果実品質

2月下旬から3月上旬に収穫した果実の、特に果皮障害防止を中心とした予措程度・貯蔵方法について検討した。

1. 5℃以下の貯蔵温度で果皮障害が抑制され、これよりも貯蔵温度が高くなると発生が多くなった。貯蔵温度が高いほど、果汁中クエン酸含量およびBrix値の低下が、早い時期から現れた。また、貯蔵温度が高いほど呼吸量も多くなった。
2. 果実の減量は貯蔵温度が高いほど大きく、果皮障害も多くなった。
3. 果皮色は、0℃および2℃ではa/b値が徐々に低下し、5℃では横ばい、8℃では徐々に上昇し、常温では1か月後まで上昇し、その後気温の上昇にともない低下した。
4. 予措後の減量を少なくする貯蔵形態で、果皮障害も抑制された。処理区の中ではポリ個装が最も優れ、次いでワックス処理であり、裸貯蔵で最も多発した。
5. ポリ個装する場合予措程度2%で最も果皮障害が抑制された。
6. 出庫後の果皮障害も、貯蔵中と同様に、果皮からの水分の発散を抑える貯蔵形態で少なくなった。

以上の結果から1.5か月以内の貯蔵の場合は、常温貯蔵でも十分であるが、3か月程度の貯蔵の場合は5～8℃の低温貯蔵が望ましい。貯蔵が3か月以上に及ぶ場合にはさらに低温域で貯蔵する。その場合の貯蔵形態はポリ個装で、予措は2%程度が最も貯蔵性が高い。

III・出庫方法と果皮障害の発生

低温貯蔵果の出庫の際の昇温方法、また密閉度を高めた特殊な段ボール箱を使用した出庫について検討した。

1. 貯蔵中は果皮障害や腐敗の発生はほとんどなかつ

たのに対し、出庫すると急激に発生した。

2. 1日に4℃づつ昇温しながら出庫する馴化区で、果実の呼吸量・果皮障害の発生ともに少なくなった。
3. 取っ手穴をなくし、内側に様々な資材を貼り付けた密閉式段ボール箱を使用することにより、果実を裸のまま入れても果皮のしなびを防止することができた。
4. 密閉式段ボール箱の種類では、段ボールの層の間にポリフィルムを挟んだ“ポリサンド段ボール箱”が、果皮障害・へた枯れ・腐敗等の抑制に最も効果があった。

以上の結果から低温貯蔵果の出庫時の果皮障害抑制に馴化処理が有効であることが明らかになった。果実を裸で流通させる場合の出荷用段ボール箱には、内側に改良を加えた密閉度の高い段ボール箱を使用する事が、出庫後の果皮障害抑制に有効であった。

IV・収穫前の低温・果実への衝撃・果皮への付傷と果皮障害の発生

収穫前の低温、選果機による衝撃や、人為的な衝撃、果皮への小さな傷等が果皮障害発生に及ぼす影響について検討した。

1. コンテナ植えの樹を貯蔵庫に搬入し、-4.5℃に9時間遭遇させたが、処理により貯蔵中の果皮障害が増加する傾向はみられなかった。また1回処理と2回処理の間にも果皮障害発生に差は認められなかった。
2. 選果機におした果実は呼吸量が増加しており、処理9日後まで高い状態が続いた。また果皮障害も翌日から発生し、無処理区の1.8倍程度多くなった。
3. 衝撃を与えた時期と出庫後の果皮障害の発生は、入庫前の衝撃で最も多く発生し、貯蔵中の呼吸量も高い状態が続いた。
4. 果皮障害の発生と呼吸量の間には高い相関がみられ、呼吸量が多くなる処理で果皮障害も多くなった。また、呼吸量が増加した区でクエン酸が減少する傾向がみられた。
5. 果皮への付傷試験では、付傷した部分の果皮障害は少なく、付傷部分以外に果皮障害が発生することが多かった。付傷部分に発生した果皮障害は、貯蔵中、出庫後もその面積が広がることなく、産地で問題となっている虎斑症とは異なるタイプのものであった。
6. 障害部分の検鏡では、表層より2～7の層下の細

胞が帯状に壊死しているのが観察された。

以上の結果から、収穫前の低温、果実への衝撃や果皮への傷により果皮障害を生じることがあるものの、それらは単独で一次的な原因とは成りえず、他の要因や果皮の成熟度等が複雑に相乗しあって発生する一種の生理障害ではないかと推察した。

VIII・参考文献

- 1) 小川勝利・坂井 堅・黒川泰幸(1979)
中晩生カンキツの貯蔵に関する研究(第1報)ハッサク虎斑症の発生に及ぼす各種要因の影響
広島果樹試験場研究報告 5:17~26
- 2) 箴島 豊・和田浩二・伊東裕子(1987)
ウメ及びカボスの品質保持に及ぼすエチレン・アセトアルデヒド除去剤とフィルム密封包装の効果
園学雑 55(4):524~530
- 3) 北川博敏・松井年行・川田和秀・村上英子・羽原智子・石山富紀子(1985)
スダチの貯蔵に関する研究(第4報)コンディショニングの効果について
園学要旨 昭60秋:438~439
- 4) 佐藤 隆・三股 正・佐藤瑞穂・白石利雄・秋田忠夫(1988)
カボスの貯蔵に関する研究
大分柑橘試研究報告 4:31~49
- 5) 佐藤 隆(1989)
グリーンカボスの長期貯蔵法
九州農業の新技术第2号:69~73
- 6) 佐藤瑞穂・佐藤 隆・白石利雄(1987)
セミノール果の氷温貯蔵と搬出し方
園学要旨昭62秋:636~637
- 7) 白井敏男(1980)
果実の取り扱いによる温州ミカン果実の変質とその防止(第1報)落果処理と果実の浮皮化
静岡柑橘試研究報告 16:21~28
- 8) 白井敏男・鈴木晴夫(1981)
果実の取り扱いによる温州ミカン果実の変質とその防止(第2報)落果処理と果実内部の変化及び変質とその関係
静岡柑橘試研究報告 17:51~59
- 9) 白石利雄・佐藤 隆・佐藤瑞穂・桑田邦博(1981)
中晩柑類の貯蔵に関する研究(第1報)ネーブルオレンジ・ハッサクの果皮障害
園学要旨 昭56秋:382~383
- 10) 田口亮平(1958)
作物生理学, 養賢堂
- 11) 西浦昌雄・七條寅之助・上野 勇・岩政正男・木原武士・山田 勇・吉田俊雄・岩崎藤助(1983)
カンキツ新品種‘清見’について
果樹試報B 10:1~9
- 12) 近泉惣次郎・松本和夫(1983)
カンキツ類果実のコハン症発現機構とその防止対策 ハッサク果のコハン症発現に関する温湿度条件とその感応期間
園学要旨 昭58秋:36~37
- 13) 長谷川美典・矢野昌充・伊庭慶昭・牧田好高・小中原実(1989)
ウンシュウミカンの選果工程における果実品質劣化要因とその改善
果樹試報B 16:29~40
- 14) 長谷川美典・矢野昌充(1990)
タンゴール‘清見’のこはん症発生実体と防止法の検討
園学雑, 59別:620~621
- 15) 牧田好高(1985)
こはん症発生果皮の組織学的観察と果実の温湯浸漬処理がこはん症発生に及ぼす影響
静岡柑橘試研究報告 21:45~48
- 16) 真子正史(1989)
ウンシュウミカン果実の貯蔵性の解析、貯蔵法の改善に関する研究
神奈川県園芸試研究報告 37
- 17) 邨田卓夫(1982)
カボスの貯蔵生理に及ぼす温度の影響
園学雑, 50:516~520
- 18) 吉松敬祐・内山善男(1980)
ハッサクの虎斑症に関する研究(第2報)低温貯蔵果の出庫に伴うエチレンの発生
園学要旨 昭55秋:388~389
- 19) 和歌山県果樹園芸試験場(1980)
中核共同研究 カンキツの選果荷造工程の改良による品質管理およびその周辺技術の改善に関する研究:43~47