

青森県りんご試験場報告  
 第19号：41～55 (1981)  
 The Bull. of the Aomori  
 Apple Exp. Sta.,  
 No. 19 : 41—55 (1981)

## リンゴのCA貯蔵に関する研究

### 第1報 スターキングデリシャスに及ぼす 炭酸ガス，酸素濃度の影響

工藤 亜義・斎藤 貞昭・三上 敏弘

Studies on the Controlled Atmosphere (CA) Storage of Apples

I, Effects of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> Levels on 'Starking Delicious' Apples in CA Storage

Tsuguyoshi KUDO, Sadaaki SAITO and Toshihiro MIKAMI

Aomori Apple Experiment Station

Kuroishi, Aomori, 036-03, Japan

#### 目 次

I 緒 言	43
II CO <sub>2</sub> 濃度が果実品質及び貯蔵障害に及ぼす影響	43
1. 材料及び方法	43
2. 結 果	44
III O <sub>2</sub> 濃度が果実品質及び貯蔵障害に及ぼす影響	49
1. 材料及び方法	49
2. 結 果	49
IV 考 察	51
V 摘 要	53
引用文献	54
Summary	55

## 1 緒 言

近年、県内リンゴのCA貯蔵施設の増加が著しくリンゴ冷蔵施設収容能2200万箱(1980年)の約9%にあたる200万箱の収容能に達し、更に増設が続いている。

今後のリンゴ販売はよりすぐれた品質、鮮度の高い果実を供給することにより消費拡大を図ろうとする表われである。

しかし、CA貯蔵に関しての経験が浅くCA貯蔵の利点が必ずしも最大限に活用されておらず、時には普通冷蔵より損失を多くするなど安全性においても品質管理においてもしばしば問題を生じている。

リンゴはCA貯蔵により、リンゴの貯蔵性を高め、店持ちを良くすることはすでに多数の研究報告が諸外国から出されているが、先進国においても実際のCA管理法は数年の経験から求められるという報告があるように、最適条件は国、地域によって一定していない。

CA貯蔵における最適CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>濃度に関して、研究者の報告は一致しておらず論争があるが、このことはリンゴ生産国の気象条件、栽培条件、品種の違いからくる素質の相違に起因しているものと考えられる。

O<sub>2</sub>濃度に関しては、低濃度で鮮度が保持されヤケ病などの貯蔵障害を少なくすることは大体一致している。しかし、O<sub>2</sub>濃度だけを下げても障害発生を抑えられない<sup>1)</sup>。又、O<sub>2</sub>濃度を下げすぎて0%、あるいはそれに近い濃度では果皮の赤色面が赤紫色又は褐色に変色し、時には低温障害の軟性ヤケ症状を呈する場合がある<sup>(1, 17)</sup>。又果肉内部にも果皮から果心部に暗褐色の水浸状態のひろがりを示す'alcoholic poisoning'の報告もあるが<sup>(1)</sup>、果心部の複変(soggy browning)が0%区にみられた唯一の障害タイプであるという報告もある<sup>(1)</sup>。

CO<sub>2</sub>濃度に関しては最も論争が多く、イギリスでは比較的高CO<sub>2</sub>濃度で維持してきたし、CO<sub>2</sub>濃度を含んだ大気はヤケ病を防ぎ鮮度をも保持出来るとしているが<sup>(4, 5, 13)</sup>、大勢はCO<sub>2</sub>濃度は低い方が良いとしている。最初に報告したのはFisher<sup>(7)</sup>で、デリシャスではO<sub>2</sub>2.5%、CO<sub>2</sub>0%が最も良好であったと報告している。CO<sub>2</sub>が多過ぎるとCO<sub>2</sub>障害を起し、ブラウンハート、ブラウンコア'コアフラッシュ、コアブラウンなどの発生が多くなると報告されているが、これら障害の相違点は明らかでない。

リンゴに及ぼすCO<sub>2</sub>濃度の影響は複雑であり、CO<sub>2</sub>濃度が単一要因となるのではなく、O<sub>2</sub>濃度との関連で影響を相違してくると考えられる。

結局、その国において品種の特性に応じた適正ガス濃度を見出すことが必要で、外国文献に基づく理論的ガス組成のみでは安全性に欠けるものと考えられる。

本報では、我が国で最も生産量の多いデリシャス系のうちスターキングデリシャスを供試してCA貯蔵におけるCO<sub>2</sub>及びO<sub>2</sub>濃度の影響についての調査結果を報告する。

本研究にあたっては、弘前大奥瀬助教、青森県りんご試験場栽培科職員の方々の協力をいただき、又成績のとりまとめに当たっては青森県りんご試験場長津川力博士に御配慮をわずらわした。これら各位に対し深甚の謝意を表する次第である。

最後に共同研究者の元青森県りんご試験場栽培科長高橋正治氏は病を得て、1977年11月他界された。ここに謹んで御冥福をお祈りする。

## II CO<sub>2</sub>濃度が果実品質及び貯蔵障害に及ぼす影響(1965~1969年)

### 1. 材料及び方法

#### (1) 供試品種及び供試果

りんご試験場は場産のスターキングデリシャスを供試した。

1965年は3樹から10月20日(満開後152日)に収穫した果実の中から一果重250~350gの範囲で着良良好果を選別し、各試験区にはほぼ同一の形質のリンゴが供試されるよう配慮した。一区30果ずつ供試した。

1966年は前年供試の一樹から10月14日(満開後152日)に収穫し、同じ要領で一区25果ずつ供試した。

1967年は前年と近接は場から10月7日(満開後147日)に有袋果を収穫し、前年と同一樹からは10月17日(満開

後157日)に無袋果を収穫した。10月7日収穫果は食用にはやや未熟で、後者は適熟であった。各区に前者は一果重平均354gのものを10果、後者は平均293gのものを20果供試した。

1968年は前年の無袋果と同一樹から、10月14日(満開後153日)及び10月25日(満開後164日)に収穫し、一果重300gを中心に着色良好果を一区30果ずつ供試した。

1969年は前年と同一樹から、10月9日(満開後152日)と10月18日(満開後161日)に収穫し前年と同様の方法で供試した。

#### (2) CO<sub>2</sub>濃度の調整

CO<sub>2</sub>濃度の調査は予め所定割合の混合ガスをガスボンベに充填しておき、1日2度容器内に注入するガス交

換法で行った。リンゴの貯蔵容器は大型真空デシケーターを使用した。容器の底には吸水させた口紙を2〜3枚入れ湿度を保った。

容器内のガス分析はガス注入前後に注射器によりガスを採取し、オルザットガス分析器で行った。

### (3) 試験区の設定

各年度とも O<sub>2</sub> 濃度を3%に設定したが、平均して±0.5%の変動があった。

1965, 1966年は CO<sub>2</sub> 濃度を0.5, 3, 9%とし対照として大気区を設けた。貯蔵温度は0℃と4℃とした。なお、CO<sub>2</sub> 濃度は調整後から翌日までに0℃貯蔵で約1%, 4℃で約1〜2%変動した。

1967年は CO<sub>2</sub> 濃度を0.5, 3, 5, 7, 9%とし対照として大気区を設けた。CO<sub>2</sub> 濃度の変動は約1%であった。

1968, 1969年は CO<sub>2</sub> 濃度を0〜1, 1.5〜2.5, 3〜4%とし対照として大気区を設けた。

### (4) 貯蔵期間

貯蔵はリンゴ専用の冷蔵庫内で行った。

1965年は10月30日から1966年4月18日まで行い、出庫直後と室温(18±2℃)5日放置後に調査した。

1966年は10月20日から1967年4月27日, 1967年は10月27日から1968年4月23日, 1968年は10月25日から1969年3月31日, 1969年は10月21日から1970年4月13日まで貯蔵し出庫直後に調査した。

### (5) 果実の調査

#### 1) 果梗の鮮度

次の基準で評価した。

- 5: もぎたての鮮度。
- 4: ほとんど損なわれていない。
- 3: かなり残っている。
- 2: 少し保持されている。
- 1: 甚だしく損なわれている。

#### 2) 果肉の硬度

赤道部の相対する2か所の果皮を円〜楕円形に薄く切り取り硬度計を差し込んで測定した。1965, 1966年度は佐藤式果実硬度計, 1967年以降はマグネスティラー型果実硬度計を使用した。プランジャーは1968年は  $\frac{3}{16}$  インチ, 1968年以降は  $\frac{7}{16}$  インチを使用した。

#### 3) 酸 度

相対する2カ所から半円形に果肉をとり、果皮を除いてジュースで搾汁し、ガーゼを2枚重ねて口過し数分放置、澄んだ液を5mlとり、フェノールフタレイレを指示薬とし  $\frac{1}{10}$ N-NaOH で滴定した。滴定値は果汁100ml中のリンゴ酸含量に換算して表示した。

#### 4) 糖 度

上記搾汁液を屈折糖度計で可溶性固形物含量として求めた。

#### 5) 内部褐変障害

症状を次の基準で区別した。

兆候: 果肉が極く軽微に褐変し始めたもの。

初期: 果肉が少し褐変したもの。しばしば苦味を感じさせる。

中期: 果肉の大半が褐変したもの。

蜜の褐変: 蜜が褐変症状を呈するもの。蜜の周辺も褐変している場合が多い。内部褐変に含めた。

#### 6) ヤケ病

明らかに果皮が褐変している果実の発生率で表わした。

#### (6) 呼 吸 量

内径9mmのコルクポラで果肉の切片をとり、 $\frac{1}{10}$ M 磷酸緩衝液と混ぜワールブルグ検圧計で求めた。25℃で CO<sub>2</sub> 排出量と O<sub>2</sub> 吸収量を測定した。

## 2. 結 果

### (1) 果実品質

#### 1) 重量変化

各 CO<sub>2</sub> 濃度とも大気貯蔵区に比べ重量保持率が高かったが、各 CO<sub>2</sub> 濃度区の減量が極めて少なかったので区間の差は認められなかった。

第1表 CO<sub>2</sub> 濃度と重量保持率 (1) (%)

年度	貯蔵 温度	CO <sub>2</sub> 濃 度 (%)		
		1	3	9
1965	0	99.3	99.8	99.4
	4	99.4	99.2	99.3

第2表 CO<sub>2</sub> 濃度と重量保持率 (2) (%)

年度	収穫日	CO <sub>2</sub> 濃 度 (%)				
		0.5	3	5	7	9 (大気)
1967	月 日					
	10 7	99.7	99.8	99.8	99.9	99.9
	10 17	99.0	99.2	99.3	99.6	99.2

第3表 CO<sub>2</sub> 濃度と重量保持率 (3) (%)

年度	収穫日	CO <sub>2</sub> 濃 度 (%)			
		0〜1	1.5〜2.5	3〜4	0(大気)
1967	月 日				
	10 14	98.4	98.8	99.0	95.9
	10 25	99.8	99.5	99.3	90.4
1969	10 9	98.6	98.9	98.9	
	10 18	99.2	99.3	99.9	

2) 果梗の鮮度

各 CO<sub>2</sub> 濃度とも大気貯蔵区に比べ果梗の鮮度保持が高かったが、CO<sub>2</sub> 濃度区間の差はなかった。

第1表 CO<sub>2</sub> 濃度と果梗の新鮮度(1) (1967)

年度	収穫日	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)						
		0.5	2	3	5	7	9	0(air)
1967	10/7	2.4	—	2.6	3.3	2.9	2.7	1.0
	10/10	2.7	—	2.8	2.9	2.7	2.8	1.7

第5表 CO<sub>2</sub> 濃度と果梗の鮮度(2) (1968)

収穫日	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
	0~1	1.5~2.5	3~4	0(大気)
10/14	3.3	2.5	3.3	1.4
10/15	2.1	2.4	2.5	1.9

3) 果肉硬度

各 CO<sub>2</sub> 濃度とも大気貯蔵区より果肉硬度が高く保持されたが、0℃貯蔵では9%の高濃度になるとやや硬度の低下を示した。CO<sub>2</sub> 濃度が3%以下では濃度間の差は少なかった。

第6表 CO<sub>2</sub> 濃度と果肉硬度 (1)

年度	貯蔵温度	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
		0.5	3	9	0(大気)
1965	0℃	2.1	2.1	1.6	1.5
	4	1.5	1.3	1.6	1.3
1966	0	2.8	2.9	2.6	2.3
	4	1.8	2.0	2.4	1.8

注. 佐藤式硬度計 (kg)

第7表 CO<sub>2</sub> 濃度と果肉硬度 (2)

年度	収穫日	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)					
		0.5	3	5	7	9	0(大気)
1967	月日	ポンド					
	10/7	7.5	7.2	7.5	6.9	7.2	6.7
	10/17	7.0	7.3	7.0	7.2	6.6	6.3

注. マグネステイラー型硬度計 5<sub>16</sub>インチプランジャー使用

第8表 CO<sub>2</sub> 濃度と果肉硬度 (3) (ポンド)

年度	収穫日	入庫時	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)		
			0~1	1.5~2.5	3~4
1968	月日				
	10/14	15.5	13.1	13.4	13.2
1969	10/25	14.9	13.0	13.3	13.0
	10/9	14.5	12.0	12.1	12.1
	10/18	15.0	12.1	12.1	12.1

注. マグネステイラー型硬度計 5<sub>16</sub>インチプランジャー使用

貯蔵温度が4℃の場合は、CO<sub>2</sub> 濃度が高まると硬度も高くなった。しかし、CO<sub>2</sub> 濃度の影響より貯蔵温度の影響が強く、CA貯蔵であっても0℃貯蔵の大気区並みが、それ以下の硬度であった。

4) 酸度

各 CO<sub>2</sub> 濃度区は大気貯蔵区より酸度がかなり高かった。CO<sub>2</sub> 濃度の影響は温度により異なり、0℃貯蔵では高CO<sub>2</sub> 濃度の酸度が低かったのに対し、4℃貯蔵ではCO<sub>2</sub> 濃度が高いほど酸度も高くなった。

第9表 CO<sub>2</sub> 濃度と酸度(1) (1966) (g/100ml)

貯蔵温度	入庫時	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
		0.5	3	9	0(大気)
0℃		0.295	0.282	0.275	0.230
	0.365	0.268	0.279	0.288	0.233

第10表 CO<sub>2</sub> 濃度と酸度(2) (1967) (g/100ml)

収穫日	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)					
	0.5	3	5	7	9	0(大気)
月日						
10/7	0.297	0.293	0.294	0.297	0.296	0.256
10/17	0.278	0.282	0.292	0.275	0.270	0.223

第11表 CO<sub>2</sub> 濃度と酸度(3) (g/100ml)

年度	収穫日	入庫時	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
			0~1	1.5~2.5	3~4	0(大気)
1968	月日					
	10/14	0.426	0.354	0.346	0.344	0.274
1969	10/25	0.398	0.312	0.330	0.307	0.238
	10/9	0.436	0.318	0.333	0.329	
	10/18	0.409	0.306	0.313	0.311	

CO<sub>2</sub> 濃度が0~4%区間では大差なかったが、1.5~2.5%区が高いように思われた。

酸度を各区とも健全果と内部褐変発生果と比較したと

ころ、各 CO<sub>2</sub> 濃度及び貯蔵温度区とも障害果の酸度が低下していた。

第12表 各 CO<sub>2</sub> 濃度における健全果と障害果の酸度 (1965) (g/100ml)

貯蔵温度	調査果	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
		1	3	9	0(大気)
0℃	健全果	0.323	0.340	0.292	0.274
	障害果	0.296	0.270	0.244	0.248
4	健全果	0.281	0.294	0.303	0.254
	障害果	0.256	0.284	0.285	0.217

貯蔵温度の比較では、低 CO<sub>2</sub> 濃度条件では 0℃、高 CO<sub>2</sub> 濃度条件では 4℃区が高かった。

4℃貯蔵での CO<sub>2</sub> の存在は 0℃の大気貯蔵区より高く、温度条件よりガス濃度の影響が強くと表れるものと考えられた。

5) 糖 度

各 CO<sub>2</sub> 濃度、貯蔵温度区間には一定した傾向が認められず、直接リンゴの貯蔵性には関与していないものと考えられる。

第13表 CO<sub>2</sub> 濃度と糖度 (%) (1)

年度	貯蔵温度	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
		0.5	3	9	0(大気)
1965	0℃	14.2	14.0	14.3	13.2
	4	14.2	14.5	14.0	13.3

第16表 CO<sub>2</sub> 濃度と出庫時の呼吸量

年度	取 穫	CO <sub>2</sub>	切 片 生 体 重	乾 物 重	CO <sub>2</sub> 放 出	指 数	O <sub>2</sub> 吸 取	指 数	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	指 数
1967	10/17	0.5	411.4	67.4	25.5	73.1	19.5	78.6	1.31	92.9
		3	403.9	67.9	26.0	74.5	23.2	93.5	1.12	79.4
		5	410.1	68.0	29.3	84.0	26.0	104.8	1.13	80.1
		7	405.3	68.0	52.8	151.0	27.7	111.7	1.91	135.5
		9	415.7	77.4	42.8	122.6	31.7	127.8	1.35	95.0
1968	10/14	0 (大気)	405.9	66.4	49.8	100.0	32.9	100.0	1.5	100.0
		0~1	375.7	62.2	36.5		21.5		1.7	
		1.5~2.5	377.0	65.4	41.6		28.5		1.5	
		3~4	385.0	62.7	41.5		28.5		1.5	
	10/25	0 (大気)	407.0	—	44.0		37.1		1.2	
		0~1	365.2	—	26.8		17.0		1.6	
		1.5~2.5	405.2	—	12.8		9.2		1.3	
		3~4	401.7	—	39.1		32.7		1.2	

1966	0	11.8	12.1	12.2	—
	4	11.7	11.9	12.1	—

第14表 CO<sub>2</sub> 濃度と糖度 (%) (2)

年度	収穫日	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)					
		0.5	3	5	7	9	0(大気)
1967	10/7	13.9	14.6	14.2	15.0	14.0	14.6
	10/17	14.6	14.5	14.8	14.3	14.3	14.0

第15表 CO<sub>2</sub> 濃度と糖度 (%) (3)

年度	収穫日	入庫時	CO <sub>2</sub> 濃度 (%)			
			0~1	1.5~2.5	3~4	0(大気)
1968	10/14	12.1	14.2	14.4	14.1	14.2
	10/25	12.4	14.3	14.6	14.1	14.6
1969	10/9	11.3	13.4	13.7	13.6	—
	10/18	12.5	14.2	13.9	14.1	—

6) 食 味

1967年度は CO<sub>2</sub> 濃度が 9% では食味が落ち、3% 以下で良好であった。1968、1969年度の調査では、低 CO<sub>2</sub> 濃度、特に 1.5~2.5% 区最も良好であった。収穫期による差はなかった。

7) 出庫時の呼吸量

1967年の調査では、大気区に比べ CO<sub>2</sub> 0.5、3% 区は CO<sub>2</sub> 排出量、O<sub>2</sub> 呼吸量とも少かったが、高 CO<sub>2</sub> 濃度の 7、9% 区では吸収量が多かった。

1968年の調査では、大気区に比べ各CO<sub>2</sub>濃度区ともCO<sub>2</sub>排出量、O<sub>2</sub>の吸収量とも少なく特に10月25日収穫の1.5~2.5%区の呼吸量が少なかった。

(3) 貯蔵障害

1) 内部褐変発生率

スターキングデリシャスの内部褐変は1971年まではゴム類似症と称されていた障害である。症状は果肉の褐変であるが、被害部と健全部の境界がやや不明瞭である。症状の兆候は赤道部上方の皮層近くの果肉が淡褐色となって発現し、被害部位は拡大して果実全体に及ぶ、しばしば蜜入り果は蜜の褐変及び蜜周辺の褐変症状を呈する。ゴム病のような弾性がなく比較的堅さを維持しているので外見からの判別は困難である。普通貯蔵では0℃より4℃の貯蔵温度の高い方で発生が少ない。

高CO<sub>2</sub>濃度で発生する internal CO<sub>2</sub> injury とは相違していると考えられる。

第17表 貯蔵温度と内部褐変発生率(%)

貯蔵温度	1964	1965	1966	1967	1968
0℃	65.3	66.7	66.1	11.1	58.5
4	22.7	34.6	25.0	4.8	16.9
貯蔵期間	10/19 ~4/27	10/20 ~4/20	10/14 ~5/10	10/7 ~4/20	10/26 ~5/6

1965、1966年度は0℃貯蔵温度の場合、高CO<sub>2</sub>濃度の9%区が最も発生率が高く被害程度も激しかった。CO<sub>2</sub> 0.5、3%区はほぼ同程度の発生率を示した。

第18表 CO<sub>2</sub>濃度と障害発生率(1)

年度	貯蔵温度	CO <sub>2</sub> 濃度	内部褐変発生率				蜜入り	蜜入り果の褐変率	ヤケ病
			兆候	初期	中期	計			
1965	0℃	0.5%	7.1%	0%	14.3%	21.3%	57.1%	37.5%	0%
		3	13.3	6.7	0	20.0	53.3	37.5	0
		9	52.3	13.3	6.7	72.3	60.0	77.8	0
		0(大気)	25.0	25.0	17.5	67.5	22.5	100.0	0
	室温放置	0.5	64.3	21.4	0	85.7	46.7	85.7	0
		3	38.4	7.7	0	46.1	53.8	71.4	0
		9	6.7	73.3	13.3	93.3	60.0	66.7	0
		0(大気)	26.7	14.4	26.7	67.8	33.3	100.0	0
	4℃	0.5	33.3	6.7	0	40.0	26.7	7.5	0
		3	33.3	6.7	0	40.0	46.7	28.6	0
		9	20.0	26.7	0	46.7	46.7	71.4	0
		0(大気)	19.2	13.5	1.9	34.6	44.8	76.9	0
室温放置	0.5	26.7	33.3	6.7	66.7	33.3	100.0	40.7	
	3	35.7	57.1	0	92.8	50.0	100.0	6.7	
	9	35.7	7.1	35.7	78.5	42.9	83.3	0	
	0(大気)	6.7	13.3	6.7	26.7	1.5	100.0	6.7	
1966	0℃	0.5	42.0	4.0	0	52.0	4.0	0	0
		3	44.4	0	0	44.7	32.0	37.5	0
		9	60.0	8.0	0	68.0	56.0	85.7	0
		0(大気)	24.4	25.4	0	51.3	19.2	53.3	1.3
	4℃	0.5	0	0	0	0	4.0	0	48.0
		3	44.0	8.0	0	52.0	16.0	75.0	24.0
		9	30.0	50.0	0	80.0	16.0	75.0	44.0
		0(大気)	21.0	3.7	0	28.4	2.5	0	22.0

低 CO<sub>2</sub> 濃度の存在は、1965年度では大気貯蔵区より障害発生を抑制したが、1966年度では差がなかった。

障害は室温に放置すると各区とも発生が増し、特に CO<sub>2</sub> 高濃度区で多かった。

4℃貯蔵温度においても高 CO<sub>2</sub> 濃度区で発生が多かった。1966年度では CO<sub>2</sub> 1%区はほとんど障害発生が抑えられていた。

0℃と4℃貯蔵温度での各 CO<sub>2</sub> 濃度区間の障害発生率を比較すると、4℃の1%区を除き4℃貯蔵温度で発生が多く、大気貯蔵の場合と様相を異にした。

1967年における CO<sub>2</sub> 0.5～9%区間の発生率をみるに収穫時期によってやや異なることを示した。

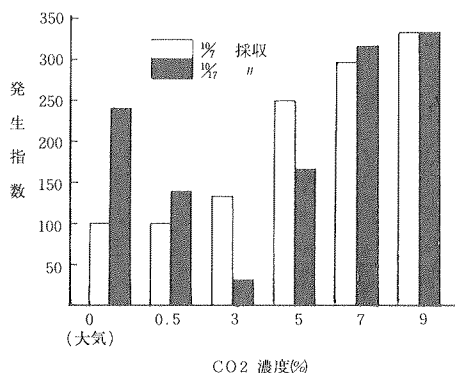
第19表 CO<sub>2</sub> 濃度と障害発生率(%)

年度	CO <sub>2</sub> 濃度	内部褐変			蜜入り	蜜入り果の褐変率
		兆候	初期	中期計		
1967	0.5	20.0	10.0	0	30.0	0
	3	30.0	0	10.0	40.0	0
	5	50.0	25.0	0	75.0	33.3
	7	33.3	22.2	33.3	88.8	33.3
	9	30.0	50.0	20.0	100	1.0
	0(大気)	10.0	20.0	0	30.0	1.0
1967	0.5	42.1	0	0	42.1	36.8
	3	9.5	0	0	9.5	100
	5	20.0	30.0	0	50.0	70.0
	7	25.0	30.0	40.0	95.0	85.0
	9	0	40.0	60.0	100	75.0
	0(大気)	5.6	33.3	33.0	72.2	44.4
1968	0～1	3.3	16.7	0	20.0	13.3
	1.5～2.5	13.3	3.3	0	16.7	40.0
	3～4	23.3	33.3	0	63.3	23.3
	0(大気)	10.3	37.9	6.7	55.2	3.4
1968	0～1	30.0	10.0	0	40.0	83.3
	1.5～2.5	23.3	10.0	3.3	36.7	76.7
	3～4	20.0	53.3	6.7	80.0	73.3
	0(大気)	10.0	36.7	16.7	63.3	76.7
1969	0～1	28.6	21.4	0	50.0	0
	1.5～2.5	44.5	18.5	0	63.3	3.3
	3～4	39.3	28.6	0	67.9	3.3
1969	0～1	50.0	10.7	0	60.7	56.7
	1.5～2.5	39.3	25.0	0	64.3	46.7
	3～4	53.6	10.7	0	64.3	53.4

10月7日収穫果は CO<sub>2</sub> 濃度の増加が障害発生の増加につながり、被害程度も激しかった。すなわち、CO<sub>2</sub> の存在は障害発生を多くする傾向を示し、0.5%区はほぼ

大気貯蔵区と同程度の発生率であったが、他の CO<sub>2</sub> 濃度区は大気貯蔵より多かった。特に CO<sub>2</sub> 濃度が5%以上で発生が多くなった。

一方、10月17日収穫果においても CO<sub>2</sub> 濃度の増加は同様に障害が増加し、特に高 CO<sub>2</sub> 濃度の被害程度も激しかった。ただ、CO<sub>2</sub> 3%区は0.5%区より発生率が低く、又大気貯蔵より低 CO<sub>2</sub> 濃度は障害発生が少なくなった。



第1図 CO<sub>2</sub> 濃度と内部褐変発生率(10/7収穫の大気区を100とした指数)

CO<sub>2</sub> 濃度の障害に及ぼす影響は果実の熟度により表われ方が異ってくるものと思われるが適度の低 CO<sub>2</sub> 濃度は低 O<sub>2</sub> 濃度との組合せで障害発生を抑制する可能性を示した。

1968, 1969年度は CO<sub>2</sub> 濃度が4%以下と低濃度で検討したが、各収穫期とも3～4%区で最も発生率が高かった。CO<sub>2</sub> 濃度が0～1, 1.5～2.5%区間の差は少なく、いずれも大気貯蔵より発生が抑えられた。

蜜入り果は内部褐変を発生しやすい性質を有するが、1965, 1966年の結果では CA 貯蔵区は大気貯蔵区より貯蔵後の蜜入り果が多く、又高 CO<sub>2</sub> 濃度区ほど多く、かつ蜜入り果の内部褐変率も高い傾向を示した。室温に放置すると蜜入り果はほとんど褐変した。

CA 貯蔵において4℃貯蔵区は0℃貯蔵区に比べ蜜入り果はやや少なかったが、障害発生率はやや多かった。

1967年における調査では10月17日収穫果は100%蜜入り果であり、貯蔵後の蜜入り状況は大気貯蔵区、CO<sub>2</sub> 0.5%か約40%で最も少なく、高 CO<sub>2</sub> 濃度の5, 7, 9%は70%以上の高い発生率で内部褐変発生率も高かった。しかし、CO<sub>2</sub> 3%区は100%の蜜発生率であるにもかかわらず障害発生は最も少なく、蜜が残っても必ずしも褐変にはつながらないことを示した。

1968, 1969年度の低 CO<sub>2</sub> 濃度区間の調査では蜜の発生率に大差なかった。しかし、採取期の遅い区は貯蔵後も蜜の発生率が高く内部褐変も多かった。

蜜の貯蔵中の消失度合と障害発生には何らかの関係を有していることが推察される。

## 2) ヤケ病

今回の試験では全体にヤケ病の発生が少なくCO<sub>2</sub>濃

度の影響は明らかでなかった。1965, 1966年の調査では0℃貯蔵区に比べ4℃貯蔵区で多く、4℃貯蔵においては大気貯蔵区よりCA貯蔵区で発生が多かった。

# Ⅲ O<sub>2</sub> 濃度が果実品質及び貯蔵障害に及ぼす影響 (1970~1972)

## 1. 材料及び方法

### (1) 供試品種及び供試果

CO<sub>2</sub>濃度試験に供試した同一樹のスターキングデリシヤスを用いた。

収穫は1970年は10月18日(満開後158日)1971年は10月21日(満開後155日)1972年は10月14日(満開後156日)に行った。

供試果は1果重271~300g, 301~330gに重量選別し更に表面色の良好なものを各区30個用いた。

### (2) O<sub>2</sub> 濃度の調整

CO<sub>2</sub>濃度試験と同一方法で予め所定割合の混合ガスを作製しておき、デシーケーター内の容器に注入するガス交換方法を採用した。

### (3) 試験区の設定

各年ともN<sub>2</sub>をベースとしCO<sub>2</sub>濃度を1.5~2.5%に一定しO<sub>2</sub>濃度を変化させた。

1970年は、O<sub>2</sub>濃度を0.5~1.5, 2~3, 3~4, 4~5%としたが、2~3%区においては2℃, 4℃貯蔵区を設けた。

1971年はO<sub>2</sub>濃度を1~2, 2~3, 3~4, 4~5%とし貯蔵温度は0℃としたが、2~3%区は4℃貯蔵区を設けた。

1972年は、O<sub>2</sub>濃度を1.5~2.5, 2.5~3.5, 4~5%とし、貯蔵温度は0℃とした。

### (4) 貯蔵期間

貯蔵はリンゴ専用の冷蔵庫で行った。

1970年は10月18日から1971年4月2日とし出庫後室温(20±3℃)で3日放置して調査した。

1971年は10月26日から1972年4月17日とし出庫後室温で2日放置して調査した。

1972年は10月16日から1973年3月12日及び4月9日に

### (5) 果実の調査

ほぼCO<sub>2</sub>濃度試験の調査に準ずるが、果肉硬度に関して1972年度に硬度計とテクスチェロメーターによる肉質調査を実施した。

又、1970年度においてエタノール、アセトアルデヒドの測定は、果肉をミキサーで破碎して水蒸気蒸留し得られた揮発成分をガスクロマトグラフィーF1Dで検出し

た。

## 2. 結 果

### (1) 果実品質

#### 1) 重量変化

各濃度区とも極めて重量保持率が高く、O<sub>2</sub>濃度区間及び貯蔵温度区間の差は認め難かった。

第20表 O<sub>2</sub>濃度と重量保持率及び果梗の鮮度(1971)

O <sub>2</sub>	貯蔵温度	平均重量	重量保持率	果梗の鮮度
1~2	0℃	293.6g	99.5%	2.7
2~3	"	291.3	99.4	2.6
3~4	"	290.4	99.5	2.2
4~5	"	289.9	99.4	2.4
2~3	4	287.9	99.3	1.6

#### 2) 果梗の鮮度

O<sub>2</sub>濃度が3%以下の低濃度で鮮度が高く、0℃に比べ、4℃貯蔵は著しく鮮度が失われていた。

#### 3) 果肉硬度

O<sub>2</sub>濃度が高いと硬度が低下する傾向を示しO<sub>2</sub>4%以下では各濃度間の差は少ないが、1~2, 1.5~2.5%が高かった。

テクスチェロメーターによる肉質も1~2%のO<sub>2</sub>濃度が高く、低濃度ほど有利と考えられた。

貯蔵温度による比較では、O<sub>2</sub>濃度より貯蔵温度の影響が強いと思われ、温度が高いと硬度も低下し、4℃では特に劣った。したがって、CA貯蔵における温度として4℃は不適と考えられた。

第21表 O<sub>2</sub>濃度と果肉硬度(1970)(ポンド)

年度	調査時	O <sub>2</sub> 濃度(%)				O <sub>2</sub> 濃度(%)	O <sub>2</sub> 濃度(%)
		0.5~1.5	2~3	3~4	4~5	2~3	2~3
1970	入庫時	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	4月12日	11.2	11.1	11.0	10.8	10.3	9.1



第22表 O<sub>2</sub> 濃度と果肉硬度及び肉質 (1971)

	0℃				4℃	
	O <sub>2</sub> 濃度(%)				O <sub>2</sub> 濃度	
	1~2	2~3	3~4	4~5	2~3	
硬度計 (ポンド)	13.2	11.5	11.7	11.2	10.3	
指数	100	87	89	85	78	
硬さ (kg)	6.26	5.28	5.86	5.16	4.80	
テックス指数	100	84	94	82	77	
チユロ メーター 凝集性 指数	A <sub>1</sub>	17.1	13.4	15.7	16.4	11.4
	A <sub>2</sub>	6.1	4.0	5.3	4.7	3.1
	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	0.36	0.30	0.34	0.29	0.27
指数	100	83	94	81	75	

第23表 O<sub>2</sub> 濃度と果肉硬度(ポンド) (1972)

調査時	O <sub>2</sub> 濃度(%)		
	1.5~2.5	2.5~3.5	4~5
入庫時	15.5	15.5	15.5
3月14日	12.2	11.9	11.9
4月9日	11.5	11.3	11.0

## 4) 酸 度

O<sub>2</sub> 濃度が高いと酸度が低い傾向があり、1~2%の低 O<sub>2</sub> 濃度が最も高かった。

第24表 O<sub>2</sub> 濃度と酸度 (1) (mg/100ml)

年度 入庫時	0℃		2℃		4℃
	O <sub>2</sub> 濃度(%)		O <sub>2</sub> 濃度		O <sub>2</sub> 濃度
	1~2*	2~3	3~4	4~5	2~3
1970	0.362	0.321	0.303	0.297	0.276
1971	—	0.290	0.261	0.239	0.266

\* 1970年は0.5~1.5%

第25表 CO<sub>2</sub> 濃度と酸度 (2) (mg/100ml)

調査時	O <sub>2</sub> 濃度(%)		
	1.5~2.5	2.5~3.5	4~5
入庫時	0.342	0.342	0.342
3月14日	0.304	0.310	0.303
4月9日	0.303	0.295	0.280

貯蔵温度の比較では、1970年では貯蔵温度が高いと酸度も低かったが、1971年の4℃区は0℃区と差がなかった。

障害発生率とも関連してくると思われるが、貯蔵温度が果肉硬度に強く影響するのに対しガス濃度は酸度に強

く影響することが考えられる。

## 5) 糖 度

各区とも入庫時より上昇したが、各 O<sub>2</sub> 濃度区間の差は明らかでなかった。貯蔵性には直接関与しないものと考えられる。

第26表 O<sub>2</sub> 濃度と糖度 (1) (%)

年度 入庫時	0℃		2℃		4℃
	O <sub>2</sub> 濃度(%)		O <sub>2</sub> 濃度		O <sub>2</sub> 濃度
	1~2	2~3	3~4	4~5	2~3
1970	13.7	14.9	14.6	14.6	15.1
1971	—	12.7	12.4	12.5	12.4

第27表 O<sub>2</sub> 濃度と糖度 (2) (%)

調査時	O <sub>2</sub> 濃度(%)		
	1.5~2.5	2.5~3.5	4~5
入庫時	12.9	12.9	12.9
3月14日	13.4	13.5	13.5
4月9日	14.0	14.0	13.0

## 6) エタノール, アセトアルデヒド

各区ともエタノール, アセトアルデヒドの蓄積がみられた。O<sub>2</sub> 濃度が4~5%区でエタノールがやや多くなり、貯蔵温度が高い区ほどエタノール, アセトアルデヒドの蓄積が多かった。

第28表 O<sub>2</sub> 濃度とエタノール, アセトアルデヒド (197.)

	0℃		2℃		4℃
	O <sub>2</sub> 濃度(%)		O <sub>2</sub> 濃度		O <sub>2</sub> 濃度
	0.5~1.5	2~3	3~4	4~5	2~3
エタノール	38.6	16.1	16.1	20.2	39.3
アセトアルデヒド	53.0	3.8	6.4	3.2	9.8

mg/100g fresh weight

特異的なのは、O<sub>2</sub> 0.5~1.5%区が異常に多いエタノール, アセトアルデヒドが検出されたが、醗酵作用を刺激していたものと考えられる。

## 7) 食 味

場内職員のパネルメンバーによる食味テストでは、各区とも良好で各濃度区間の差は小さかったが、低 O<sub>2</sub> 濃度区で良好であった。ただ出庫時低 O<sub>2</sub> 濃度区はアルコール臭を感じさせた。

## (2) 貯蔵障害

## 1) 内部褐変発生率

O<sub>2</sub> 濃度が高まると内部褐変の発生が多くなる傾向を示し、被害程度も激しくなった。

調査年により内部褐変の発生に大きな差がみられたが、果実の熟度との関連で検討する必要がある。

第29表 O<sub>2</sub>濃度と貯蔵障害及び蜜発生率(1)(%) (1970)

	0℃				2℃	4℃
	O <sub>2</sub> 濃度(%)				O <sub>2</sub> 濃度	O <sub>2</sub> 濃度
	0.5~1.5	2~3	3~4	4~5	2~3	2~3
内部褐変	30.0	3.3	10.0	10.0	3.3	16.7
ヤケ病	0	0	16.7	3.3	3.3	0
蜜	0	0	3.3	6.7	0	3.3

第30表 O<sub>2</sub>濃度と内部褐変及び蜜発生率(%) (2) (1971)

O <sub>2</sub> 濃度(%)	内部褐変				蜜	
	兆候	初期	中期	計		
0℃	1~2	20.0	40.0	10.0	70.0	1
"	2~3	6.7	33.3	50.0	90.0	10.0
"	3~4	3.3	36.7	40.0	86.7	10.0
"	4~5	23.3	30.0	46.7	10.0	0
4℃	2~3	15.0	26.7	6.7	50.0	0

第31表 O<sub>2</sub>濃度と内部褐変及び蜜(2)発生率(%) (1972)

調査時	O <sub>2</sub> 濃度(%)	内部褐変				蜜
		兆候	初期	中期	計	
入庫時						85
3月14日	1.5~2.5	0	0	0	0	27
	2.5~3.5	0.3	0	0	0.3	37
	4~5	50	0	0	50	20
4月9日	1.5~2.5	30	3	0	33	60
	2.5~3.5	37	40	0	77	13
	4~5	23	57	3	83	13

1970年の0.5~1.5%区の内部褐変がやや多いが、この症状は従来観察されている症状と異なり、果肉部に淡褐色で乾いたスポット状のものであった。この原因は明らかに出来なかった。

貯蔵温度については調査年で異なり、障害との関連は明らかでなかった。

3) ヤケ病

O<sub>2</sub>濃度が低いと発生が抑制される傾向を示したが、全区とも発生率が少なく明らかにも出来なかった。

IV 考 察

1 果実品質に及ぼす影響

(1) 酸 度

CA貯蔵は大気貯蔵に比べて特にリンゴ酸含量が高い

ことが認められている。

N<sub>2</sub>をベースとしO<sub>2</sub>濃度を3%に一定し、CO<sub>2</sub>濃度の影響をみると4℃貯蔵の場合、高CO<sub>2</sub>濃度ほど酸含量が高くなることを示した。0℃貯蔵の場合、9%の高濃度区が低かったがCO<sub>2</sub>%以下ではほとんど差がなかった。

CO<sub>2</sub>の酸度に対する影響について、CO<sub>2</sub>からリンゴ酸への固定、リンゴ酸脱水素及びリンゴ酸酵素活性などの面からの考察があり(9)、CO<sub>2</sub>濃度は高い方が減酸が少ないと報告されている(10)。又障害発生果は酸が少なく、高CO<sub>2</sub>濃度で酸が少ないのは褐変を生ずるためではないかとの考えもある(9, 10)。本試験でも健全果と褐変果を区別して調査したところ、大気区及び各CO<sub>2</sub>濃度区とも褐変果の酸含量が少ないことを認めた。0℃及び4℃の貯蔵温度でも同様であった。しかし、健全果及び褐変果であっても、0℃貯蔵ではCO<sub>2</sub>9%の高濃度区は酸含量は少なく、必ずしも障害発生のためとは断定出来ない。

N<sub>2</sub>ベースでCO<sub>2</sub>濃度1.5~2.5%でO<sub>2</sub>濃度の影響をみた場合、O<sub>2</sub>濃度が低いほど酸含量は高かった。Anderson (1)はデリシャスについてO<sub>2</sub>濃度が増加するに従って酸含量は低下し、0%区が最も高かったと同様の結果を報告している。

CA貯蔵において酸含量に及ぼすガス濃度の影響はCO<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>の組合せによって相違し、報告者の結果が必ずしも一致しないが、酸含量に及ぼすガス濃度の影響はCO<sub>2</sub>濃度よりO<sub>2</sub>濃度の方が強く影響し、そして低O<sub>2</sub>、低CO<sub>2</sub>濃度が最も保持効果が高いと考えられる。

2) 果肉硬度

O<sub>2</sub>3%下での各CO<sub>2</sub>濃度区は大気貯蔵区より果肉の硬度が保持された。0℃貯蔵では高CO<sub>2</sub>濃度は硬度が低く低CO<sub>2</sub>濃度区で堅かった。CO<sub>2</sub>3%以下の濃度では大差がなかった。4℃貯蔵では0℃貯蔵の場合と異なり高CO<sub>2</sub>濃度が高かった。

CO<sub>2</sub>濃度が硬度に及ぼす影響としてFisher (8)はデリシャスについてCO<sub>2</sub>の存在は、むしろ果実の粉質化を早めると報告している。Fidler ら(8)はイギリスの品種ではO<sub>2</sub>2.5%、CO<sub>2</sub>0%区が、O<sub>2</sub>3%CO<sub>2</sub>5%区より果肉硬度が低く、CO<sub>2</sub>濃度の高い方が硬度が高いことを報告している。

Eaves ら(5)は旭においてO<sub>2</sub>濃度2.5%のときCO<sub>2</sub>5%がCO<sub>2</sub>0%より堅く保持されるとしBlanpied (4)やSmock (10)も同様なことを示し、CO<sub>2</sub>濃度の高い方で硬度が高いとしている。

Anderson (1)はデリシャスについてO<sub>2</sub>濃度が1%、3%、21%ではCO<sub>2</sub>濃度0、5、10%と高くなるにつれ硬度が低下することを報告し、筆者らと同様の傾向を示した。しかしO<sub>2</sub>が0%では逆の結果となり、又15%

の CO<sub>2</sub> 濃度になるとむしろ硬度が高くなった。

CO<sub>2</sub> 1.5~2.5%下で O<sub>2</sub> 濃度の影響をみると、低 O<sub>2</sub> 濃度区ほど硬度が高く、又貯蔵温度が高いと硬度は低下した。果肉の堅さを硬度計及びテクスチャロメーターにより測定したが、O<sub>2</sub> 1~2%区が最も堅く肉質がすぐれていた。Anderson (1)もデリシャスにおいて各 CO<sub>2</sub> 濃度区とも O<sub>2</sub> 濃度が低いほど果肉硬度が高いことを報告している。

硬度に及ぼすガス条件の影響は、酸含量同様に CO<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> 濃度の組み合わせで影響の仕方が異なるが、Porritt (3)はニュートン、スパータンの品種を供試して O<sub>2</sub> を3%に下げ CO<sub>2</sub> を2.5あるいは5%に上げた方が、単に O<sub>2</sub> を下げた場合より果肉硬度が高いとし、Schower (4)はスターキングデリシャスのCA貯蔵の効果は低 O<sub>2</sub> 濃度によるものと考え、低 O<sub>2</sub> 濃度下で0~3%の範囲の CO<sub>2</sub> ではほとんどリンゴに影響しないと、又、Anderson (1)によるとデリシャスについて O<sub>2</sub> 濃度の存在下では CO<sub>2</sub> 濃度を15%と非常に高濃度にしない限りむしろ硬度を低下させた。

筆者は、スターキングデリシャスの硬度に及ぼす影響は、CO<sub>2</sub> の3%以上の増加はマイナスに作用し、O<sub>2</sub> の減少はプラスに作用する。従って、低 CO<sub>2</sub>、低 O<sub>2</sub> 濃度の組み合わせが望ましいと考える。

### 3) その他

CO<sub>2</sub> 濃度の低い区ほど呼吸が抑制されていた。果梗は貯蔵中萎凋し緑色を失なうが、CA貯蔵により緑色の保持効果が高い。CO<sub>2</sub> 濃度による差はなく O<sub>2</sub> 濃度は低いほど良好であった。

食味調査では低 CO<sub>2</sub>、低 O<sub>2</sub> 濃度の1.5~2.5%区が良好と評価されたが、3%以下の濃度ではその差は小さかった。

## 2 貯蔵障害に及ぼす影響

### (1) 内部褐変

O<sub>2</sub> 濃度3%下では CO<sub>2</sub> 濃度が高まると内部褐変の発生が多くなり、症状も激しくなった。収穫時期の早晚にかかわらずこの傾向が強くとくに CO<sub>2</sub> 5%以上では発生が多くなった。

CO<sub>2</sub> 濃度が3%以下の低濃度の場合、大気区より発生が少なく、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>の組み合わせによっては内部褐変発生を抑制することがうかがわれた。

高 CO<sub>2</sub> 濃度下の褐変障害についての報告は多く、Faust (6)によると高 CO<sub>2</sub> 濃度による症状は褐変部が乾燥して空洞を生ずる。Anderson (1)のデリシャスにおける調査では O<sub>2</sub> が3%、21%のとき CO<sub>2</sub> 濃度が高くなると障害発生率も高くなるが、O<sub>2</sub> 1%では CO<sub>2</sub> の影響が小さかった。CO<sub>2</sub> 障害としての症状は果肉の健全部と被害部の境界が明瞭であり、O<sub>2</sub> 0%で各 CO<sub>2</sub> 濃度区では果心部の湿っぽい褐変 (Soggy browning) としてあ

らわれる。罷浦 (9, 10) は国光、紅玉の障害の種々症状について詳細に図説している。又諸外国の報告では core browning, flesh browning, internal CO<sub>2</sub> injury, brownheart について述べられているが、これらの障害の明確な区別が出来ず、又 CO<sub>2</sub> 濃度の単独要因なのか他の要因で発生するのを助長させているのか明らかでない。

本調査における内部褐変は、Faust ら (6)による低温障害の internal browning に類似するものと考えられる。健全部と被害部の境界がやや不明瞭であり乾いていない。空洞も生じておらず、やや senescent タイプに近い。

この障害は0℃と4℃の大気下で貯蔵した場合、0℃で発生が多く、低温条件で発生が多くなる障害とみなされる。高 CO<sub>2</sub> 濃度下でこの内部褐変が増長されたと考えられる。

原田ら(8)によるとスターキングデリシャスについて、O<sub>2</sub> 3~5%下では CO<sub>2</sub> 2.5~3.0%が0~0.5%区より発生率が高く、また両区とも大気区よりも高い。減圧処理により CO<sub>2</sub> を除くと障害発生が減少したが、このことはオキザル酢酸を減少させる方向に働くリンゴ酸脱水素酵素、リンゴ酸酵素の活性が高いためであることを示唆している。

Smock (5)によれば低温障害は CO<sub>2</sub> 濃度が高まると激しくなり、40°Fでは旭で O<sub>2</sub> 濃度が高いとき CO<sub>2</sub> の増加により障害を発生させたが、32°F、36°Fでは明確でなかったと貯蔵温度により相違することを報告している。

本調査でも各ガス濃度区は0℃より4℃で発生が多い傾向があり、CO<sub>2</sub> 濃度が高まると内部褐変も増加した。ただ、1966年の試験で4℃の CO<sub>2</sub> 0.5%区に全く内部褐変発生をみなかったが原因は明らかでなかった。

この内部褐変の発生には果実の蜜の影響が考えられる。一般に蜜は貯蔵中に減少するが、蜜及び消滅後の果肉にはしばしば貯蔵中に internal breakdown に進展することが認められており(6)、又蜜部分はエタノール、アセトアルデヒドを多量に含んでおり、醗酵作用が刺激されているものと考えられる。これらの物質は障害発生に何らかの影響を与えていると考えられるが因果関係は明らかでない。高 CO<sub>2</sub> 区は概して蜜が多く残り、障害発生となんらかの関係を有しているものと考えられる。

O<sub>2</sub> 濃度に関しては CO<sub>2</sub> 濃度1.5~2.5%下では O<sub>2</sub> 濃度が高い区で発生が多い傾向を示した。各報告とも O<sub>2</sub> 濃度は低い方で発生が少ないが、しかし O<sub>2</sub> 濃度の欠乏障害が報告されている。O<sub>2</sub> が欠乏状態ではエタノールが蓄積し表皮から果心の方向に褐変する invasive alcohol poisoning の報告がある(8)。

筆者らの実験において、出庫時に O<sub>2</sub> 0.5~1.5%区が

著しくエタノール及びアセトアルデヒド含量が多くなっていたが、果肉部に淡褐色の乾いたスポット状の症状がわずかに見られたが、invasive alcohol poisoningの症状は認められなかった。Anderson (1)もO<sub>2</sub>濃度0%区でのみ果皮が褐変して凹む軟性ヤケ症状と、Soggy browningの発生を認めており、O<sub>2</sub>欠乏症は少なくとも1%以下の低O<sub>2</sub>濃度で生ずるものと考えられた。

## 2) ヤケ病

本試験ではヤケ病の発生が少なかったのでガス濃度との関係は明らかでなかった。ただO<sub>2</sub>濃度は低い方で発生が少ない傾向を示し、低O<sub>2</sub>濃度でヤケ病を少なくすることは各報告とはほぼ一致している。

CO<sub>2</sub>濃度の影響はO<sub>2</sub>濃度との組み合わせで論議すべきだが本試験からは各区のヤケ病の発生が少ないため考察できなかった。

## 3 適正ガス濃度

CA貯蔵におけるスターキングデリシャスの適正ガス

濃度とは鮮度保持と障害発生を抑制する条件を満たすことである。

CO<sub>2</sub>濃度の存在は濃度が高まると大気貯蔵より内部褐変の発生が多くなる危険性がある。

果実品質についてみると低CO<sub>2</sub>濃度区が良く特にCO<sub>2</sub> 1.5~2.5%の食味が良好であったが、CO<sub>2</sub> 1~3%区間の品質差は小さかった。

O<sub>2</sub>濃度は低いほど障害発生が少なく、果実品質も良好であった。しかし、O<sub>2</sub>濃度が0.5~1.5%では醗酵現象も生じていると思われたので1.5~2.5%が適当と考えられた。

貯蔵温度は、0℃に対し、2℃、4℃は特に果肉硬度保持の点で不利であった。

以上のことから、スターキングデリシャスのCA貯蔵は貯蔵温度は0℃でガス条件はCO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>濃度とも2%を基準に管理すべきであると考えられた。

## V 摘 要

CA貯蔵においてCO<sub>2</sub>濃度及びO<sub>2</sub>濃度がスターキングデリシャスの果実品質及び貯蔵障害に及ぼす影響を調査し、CA管理上の適正ガス条件を見出すことを目的とした。

CO<sub>2</sub>濃度の影響を知るため、1965~1969年においてN<sub>2</sub>をベースとしO<sub>2</sub>濃度を3%に一定し、CO<sub>2</sub>濃度を0.5~3%の範囲で検討した。対照として大気貯蔵区を設けた。貯蔵温度は0℃を基準とし、一部4℃貯蔵区を設けた。

O<sub>2</sub>濃度の影響を知るため、1970~1973年においてN<sub>2</sub>をベースとしCO<sub>2</sub>濃度を2%に一定し、O<sub>2</sub>濃度を0.5~5%の範囲で検討した。貯蔵温度は0℃を基準としたが一部2℃、4℃貯蔵区を設けた。

ガスの調整は予め所定割合の混合ガスをガスポンペに充填しておき、1日2度注入して行った。

貯蔵期間は各年度とも約6か月であった。

### 1. CO<sub>2</sub>濃度が果実品質に及ぼす影響

各CO<sub>2</sub>濃度区とも大気区に比べ鮮度が良く保たれていた。4℃においてCO<sub>2</sub>濃度の増加は酸度及び硬度を高くしたが、0℃において高CO<sub>2</sub>濃度は最も低かった。CO<sub>2</sub> 0.5~3%間には有意差がなかった。

### 2. CO<sub>2</sub>濃度が貯蔵障害に及ぼす影響

内部褐変はCO<sub>2</sub>濃度が高まると発生が多くなる傾向にあり、特にCO<sub>2</sub>濃度が5%以上で激しくなった。この内部褐変は大気貯蔵においては4℃より0℃で発生が

多く、CA貯蔵ではCO<sub>2</sub>濃度が高くなると更に助長されると考えられた。

又、高CO<sub>2</sub>濃度区は貯蔵後の蜜の発生果が多く、これらの果実は内部褐変を多くした。

ヤケ病は各区とも発生が少なかったので影響は明らかでなかった。

### 3. O<sub>2</sub>濃度が果実品質に及ぼす影響

O<sub>2</sub>濃度が増加すると酸度及び硬度が減少する傾向を示した。O<sub>2</sub>濃度は低いほど食味は良好であったが、0.5 1.0~%区は異常なエタノール、アセトアルデヒド含量が検出され、この酸素濃度は醗酵作用を刺激していたものと考えられた。

### 4. O<sub>2</sub>濃度が貯蔵障害に及ぼす影響

内部褐変はO<sub>2</sub>濃度が高まると発生が多くなった。

ヤケ病は低O<sub>2</sub>濃度で発生がおさえられた。

### 5. CA貯蔵における適正ガス条件

低O<sub>2</sub>濃度と低CO<sub>2</sub>濃度の組み合わせが最も鮮度が保持され食味も良好であった。又障害発生も少なく、CA貯蔵におけるスターキングデリシャスの適正ガス条件はCO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>濃度とも2%を基準にし、貯蔵温度は0℃が適当と考えられた。

## 引 用 文 献

1. ANDERSON, R. E. 1967. Experimental storage of eastern-grown 'Delicious' apples in various controlled atmosphere. Proc. Amer. Soc. Hort. sci, **91** : 810-820.
2. ALLEN, F. W. and L. R. MCKINNON. 1934. storage of Yellow Newtown apples in chambers supplied with artificial atmospheres. Ibid. **32** : 146-152.
3. ——— and R. M. SMOCK. 1937. Carbon dioxide storage of apples, pears, plums, and peaches. Ibid **35** : 193-199.
4. BLANPIED, G. D. and R. M. SMOCK, 1961. Two factorial experiments on controlled atmosphere storage of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **78** : 35-42.
5. EAVES, C. A., F. R. FORSYTH, J. S. LEECE, and C. L. L. LOCKHART. 1964. Effect of varying concentrations of oxygen with and without CO<sub>2</sub> on senescent changes in stored McIntosh apples grown under two levels of nitrogen fertilization. Can. J. Plant Sci. **44** : 458-465.
6. FAUST, M., C. B. SHEAR and M. W. WILLIAMS, 1969. Disorders of carbohydrate metabolism of apples. Bot. Rev **35** : 168-194.
7. FISHER, D. V. 1939. Storage of Delicious apples in artificial atmospheres. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **37** : 459-462.
8. 原田順厚・小山内たか・岡本辰夫(1967) リンゴ果実の Controlled Atmosphere (CA) 貯蔵に関する研究(第6報) スターキングデリシャスのゴム類似病におよぼす CO<sub>2</sub> の影響. 弘前大農報 **13** : 7-11.
9. 梶浦一郎(1972) 果実に及ぼすガス濃度の影響(第6報) リンゴ紅玉, 国光果実に及ぼす炭酸ガス濃度の影響. 園学雑 **41** : 301-311.
10. ——— (1977) ——— (第9報) 国光, 紅玉果実に及ぼす酸素濃度と炭酸ガス濃度の影響. 園学雑 **43** : 97-106.
11. ——— (1974) ——— (第10報) リンゴ「紅玉」のCA貯蔵における酸素濃度と炭酸ガス濃度並びに収穫時期の影響. 園学雑 **43** : 181-188.
12. 岡本辰夫(1961) 貯蔵リンゴの生化学的研究(第3報) リンゴ酸の代謝. 日農化誌**35** : 1355-1360.
13. PORRIT, S. W. 1966. The effect of oxygen and low concentrations of carbon dioxide on the quality of apples stored in controlled atmosphere. Can. J. Plant Sci. **46** : 317-321.
14. SCNOMER, H. A., and G. F. SAINSBURY. 1957. Controlled-atmosphere storage of starking Delicious apples in the Pacific Northwest. U. S., Dept. Agr., A. M. S. **178**.
15. SMOCK, R. M. 1946. Some factors affecting the brown core disease of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **47** : 67-74.
16. ——— 1947. Some factors affecting the brown core disease of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **50** : 109-114.
17. ——— 1958. Controlled-atmosphere storage of apples. N. Y. (cornell) Ext. Bul. **759**.
18. WILKINSON B. G. and J. C. FIDLER 1973. Physiological disorder The biology of apple and pear storage. **67-116**.

## Summary

## Studies on the Controlled Atmosphere (CA) Storage of Apples

I, Effects of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> Levels on 'Starking Delicious' Apples in CA Storage

Tsubuguyoshi KUDO, Sadaaki SAITO and Toshhiro MIKAMI

Aomori Apple Experiment Station

Kuroishi, Aomori, 036-03, Japan

Controlled atmosphere storage increases the storage life and shelf life of many apple varieties. Climate and growing conditions affect fruit quality and storage behavior. As a result, the optimum CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> levels, or the particular combination of the two, have not yet been clearly identified.

This report describes the effects of various concentrations of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> on changes in the fruit quality and in the occurrence of internal fruit disorders in the important commercial apple variety, 'Starking Delicious' grown in Aomori Prefecture.

In 1965-69, in order to study the influence of CO<sub>2</sub> on quality and disorders, fruits were stored for approximately 6 months, at 0 °C and 4 °C in the atmospheres of nitrogen with combination of 3% O<sub>2</sub> and 0.5% to 5% CO<sub>2</sub>. Also, fruits were stored in air as a control.

Later, in 1970-73, in order to again study the influence of O<sub>2</sub> on quality and disorders, fruits were stored for 6 months at 0 °C, 2 °C and 4 °C in nitrogen combined with 1.5-2.5% CO<sub>2</sub> and 0.5% to 5% O<sub>2</sub>. The atmospheres were adjusted twice a day by adding various gasses as needed.

1. Effect of CO<sub>2</sub> level on fruit quality

The fruits from controlled atmosphere storage were fresher than those from air storage. Malic acid and firmness tended to increase with increasing CO<sub>2</sub> levels when stored at 4 °C, but the fruits from 9% CO<sub>2</sub> atmosphere at 0 °C were lowest in malic acid content and firmness. The fruits from 0.5% to 3% CO<sub>2</sub> atmospheres did not differ in firmness and malic acid content.

2. Effect of CO<sub>2</sub> level, on fruit disorders

Internal disorders tended to increase with increasing CO<sub>2</sub> levels; particularly, the fruits from above 5% CO<sub>2</sub> developed more severe disorders. Apples stored in air at 0 °C had more severe internal disorders than those from 4 °C and the disorder seemed to be intensified by high CO<sub>2</sub> levels. Fruits with watercore are highly susceptible to internal disorders. Watercore occurred more at high CO<sub>2</sub> levels. The effect of CO<sub>2</sub> level on scald was not clear since it occurred slightly in all atmospheres.

3. Effect of O<sub>2</sub> level on fruit quality

Malic acid and firmness tended to decrease with increasing O<sub>2</sub> levels. The fruits from low O<sub>2</sub> levels were good in texture and taste. But, the fruits from 0.5-1.0% O<sub>2</sub> contained considerably higher ethylalcohol and acetaldehyde than the fruits from higher CO<sub>2</sub> levels. It was thought that the fruits had undergone fermentation.

4. Effect of O<sub>2</sub> level, on fruit disorders

Internal disorders tended to increase with increasing O<sub>2</sub> levels. Scald was inhibited by decreasing the O<sub>2</sub> level.

## 5. The optimum gas condition for CA storage

Fruits from controlled atmosphere storage having a combination of low CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> levels were best in quality and lowest in disorders. The optimum gas combination for CA storage of "starking Delicious" apples seems to be 2% O<sub>2</sub> and 2% CO<sub>2</sub> and the optimum storage temperature is 0 °C.