

## 果実に及ぼすガス濃度の影響(第9報)

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	梶浦, 一郎
巻/号	43巻1号
掲載ページ	p. 97-106
発行年月	1974年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 果実に及ぼすガス濃度の影響(第9報)

リンゴの国光, 紅玉果実に及ぼす酸素濃度と炭酸ガス濃度の影響

梶 浦 一 郎\*

(東京大学農学部)

### Effects of Gas Concentrations on Fruits

#### IX. Effects of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> levels on Jonathan and Ralls Apples in CA Storage

Ichiro KAJIURA

Laboratory of Horticulture, Faculty of Agriculture,  
University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo

#### Summary

To clarify the effects of low O<sub>2</sub> level with and without CO<sub>2</sub> in CA storage of apples, Jonathan and Ralls fruits were stored at both 20°C and 4°C for one and two months, respectively. A factorial design of 0, 5, and 10% (Ralls-20%) CO<sub>2</sub>, and 3, and 19-21% (Ralls-16-21%) O<sub>2</sub> was used.

At the higher CO<sub>2</sub> levels combined with the high O<sub>2</sub> level, the more slowly the ground color yellowed, and, but for the occurrence of the flesh brownings, the firmer fruits with higher acidity were found. At low O<sub>2</sub> level without CO<sub>2</sub>, the ground color yellowed slowly at both temperatures and the softening was reduced at 20°C.

At the low O<sub>2</sub> level, no marked difference was found in the yellowing among CO<sub>2</sub> levels. But for the occurrence of flesh brownings, the firmest fruits with the highest acidity seemed to be obtained in atmosphere with the highest CO<sub>2</sub> and the low O<sub>2</sub> levels.

The effects of increased CO<sub>2</sub> and reduced O<sub>2</sub> levels were additive as regards rate of O<sub>2</sub> absorption at 20°C in Ralls.

Jonathan spots were reduced at the low O<sub>2</sub> level. The more flesh brownings were found in atmospheres with the higher CO<sub>2</sub> and the low O<sub>2</sub> level. The browned tissues had low acidity and firmness.

The optimum CO<sub>2</sub> level for CA storage at the low O<sub>2</sub> level seemed to be lower than that at the high O<sub>2</sub> level. Discussions were made about the browning types in relation to fruit maturities.

#### 緒 言

リンゴのCA貯蔵はわが国でも一部で実用化されているが、かつ変の発生が問題になっている。しかし、かつ変発生についてだけでなく、ガス条件を変えたために生じる貯蔵上の利点についても、系統的に研究した例は少なく、特に、低酸素条件と高炭酸ガス条件とを組み合わせたときの効果を、低酸素、高炭酸ガスそれぞれ単独の効果と詳しく比較した例は少ない。

両ガス条件を組み合わせたときの貯蔵効果について

は、結果がまちまちである。これには高炭酸ガス下で生じやすいかつ変果の検討が不十分であったことも関係があると思われる。かつ変果では酸含量や硬度の低下が著しく、かつ変果が混じっている場合には、ガス条件のこれら要因は及ぼす影響を誤って判断しやすい。

そこで、本報では、両ガス条件を組み合わせたときの貯蔵効果をそれぞれ単独のガス条件下の結果と比較し、かつ変果について詳細な観察を行なった。

#### 材料および方法

実験は2回行ない、第1回目は1971年1月21日に、青森県産M級秀の国光を神田市場から求め、4°C下と20

48年10月2日受理

\* 現在、農林省果樹試験場育種部

℃下で、それぞれ 64 日と 22 日間、前報(12)と同様な方法で混合ガス処理を行なった。混合ガスの組成は第 1 表のように、酸素濃度を 3% (低酸素条件) と 16~21% (高酸素条件) とし、0, 5, 20% の炭酸ガス濃度と組み合わせた。第 2 回目は、1971 年 10 月 8 日に長野県産 M 級秀の紅玉を神田市場より求め、4℃ 下と 20℃ 下とで、それぞれ 50 日と 26 日間、混合ガス処理を行なった。混合ガスの組成は、第 4 表のように、酸素濃度を 3% (低酸素条件) と 19~21% (高酸素条件) とし、0, 5, 10% の炭酸ガス濃度と組み合わせた。

果実の調査は処理前のはかに、第 1 回目では 4℃ 下で 4 回、20℃ 下で 3 回、第 2 回目では両温度下とも 2 回ずつ行なった。各調査日、各ガス条件区とも、第 1 回目では 18 個、第 2 回目では 31~36 個の果実を用い、前報(11)の方法で硬度を測定し、果皮地色の黄色化程度、果皮と果肉の障害を観察後、搾汁液の滴定酸度、可溶性固形物含量を測定した。なお、第 2 回目では、5~6 個体ずつまとめて搾汁し、6 反復として果汁分析を行なった。このほかに、第 1 回目の 20℃ 下では、前報(11)の方法により、果実の酸素吸収量を測定した。

なお、果肉のかつ変障害については様々な形態が報告されているが、それらの名称は統一されておらず、正確な記載方法も確立していない。そこで、本報では、正確な描写を行なうように努めるいつぼう、あえてかつ変に名称をつけず、かつ変の発生場所を果実内の維管束の位置(11)との関連から記載した。

結 果

国 光

材料の果実は平均硬度が 15.1 lbs. で、一部にやや軟化した果実が見られた。また、材料果実中には果皮地色が緑黄色のものが 38%、黄緑色果が 44%、緑色果が 18% 含まれ、熟度が進んだ果実が多く、一部にやや未熟な果実も含まれていると思われた。

(1) 熟度変化に及ぼすガス条件の影響

(CO<sub>2</sub> 0%-O<sub>2</sub> 21%) 区、(5%-20%) 区、(20%-16%) 区により、高酸素条件下の炭酸ガス濃度の影響を見ると、20℃ 下では、第 1 表のように、地色の黄色化が 20% 区で抑制された。さらに、20% 区では 14 日目には空气中より果肉が硬く、22 日目では 5, 20% 区で酸含量が多かった。いつぼう、4℃ 下では、第 2 表のように、地色の黄色化が 5% 以上で抑制されたが、果肉の硬度は 5% 区の場合には空气中と有意差がなく、20% 区では空气中より軟化が著しかった。さらに、20% 区の果実の場合、健全部とかつ変部とを比較すると、後者で軟化が著しかった。また、滴定酸度は 35 日目に 20% 区で

Table 1. The effects of oxygen and carbon dioxide concentrations on 'Ralls' apple fruits at 20°C.

Gas combinations CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Before treat- ment	Storage periods		
		7 days	14 days	22 days
Ground color yellowing index				
High O <sub>2</sub> levels				
0%-21%	1.2	1.6	2.0	2.2
5%-20%		1.6	1.8	2.1
20%-16%		1.3	1.7	1.3
Low O <sub>2</sub> levels				
0%-3%		1.3	1.3	1.6
5%-3%		1.4	1.2	1.5
20%-3%		1.4	1.5	1.5
Firmness (pounds)				
High O <sub>2</sub> levels				
0%-21%	15.1a	13.1 cdefg	12.9 fg	12.7 g
5%-20%		13.7 bc	13.2 cdefg	13.1 defg
20%-16%		13.3 cdef	13.7 bcd	13.3 cdefg
Low O <sub>2</sub> levels				
0%-3%		13.2 cdefg	13.5 bcde	13.1 cdefg
5%-3%		13.6 bcde	14.3 b	13.2 cdefg
20%-3%		13.6 bcde	14.0 b	13.0 efg
Statistical analysis				
CO <sub>2</sub> level		NS	**	NS
O <sub>2</sub> level		NS	**	NS
CO <sub>2</sub> ×O <sub>2</sub>		NS	NS	NS
Titratable acidity (mL. 0.1N NaOH/100 ml juice)				
High O <sub>2</sub> levels				
0%-21%	68a	65 abcd	56 e	51 f
5%-20%		62 bcde	57 e	60 cde
20%-16%		67 ab	57 e	57 e
Low O <sub>2</sub> levels				
0%-3%		61 bcde	60 cde	64 abcd
5%-3%		62 bcde	64 abcd	59 de
20%-3%		66 abc	63 abcd	60 cde
Statistical analysis				
CO <sub>2</sub> level		NS	NS	NS
O <sub>2</sub> level		NS	**	*
CO <sub>2</sub> ×O <sub>2</sub>		NS	NS	**

$$\text{Ground color yellowing index} = (0 \cdot \text{G I} + 1 \cdot \text{G II} + 2 \cdot \text{G III} + 3 \cdot \text{G IV}) / 100$$

G I = % green fruit. G II = % yellowish green fruit.

G III = % greenish yellow fruit. G IV = % yellow fruit.

\*\* : Significantly different at the 1% level.

\* : Significantly different at the 5% level.

NS : Non significant.

a-h : Means followed by the same small letters are not significantly different at the 5% level by Duncan multiple range grouping test.

少なかつた。

(0%-21%) 区と (0%-3%) 区により、炭酸ガスを組み合わせないときの低酸素濃度の影響を見ると、両温度下とも地色の黄色化が低酸素区で抑制された。20℃

Table 2. The effects of oxygen and carbon dioxide concentrations on 'Ralls' apple fruits at 4°C.

Gas combinations CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Before trea- tment	Storage periods			
		16 days	35 days	44 days	64 days
Groud color yellowing index					
High O <sub>2</sub> levels	1.2				
0%—21%		1.8	2.0	1.7	2.8
5%—20%		1.2	1.4	1.6	1.5
20%—16%		1.2	1.6	1.2	1.5
Low O <sub>2</sub> levels					
0%—3%		1.5	1.4	1.3	1.4
5%—3%		1.1	1.3	1.5	1.6
20%—3%		0.9	1.3	0.9	1.4
Firmness (pounds)					
High O <sub>2</sub> levels	15.1a				
0%—21%		14.0 bcde	14.3 bcd	13.9 bcde	13.7 cde
5%—20%		14.3 bcd	14.0 bcde	14.3 bcd	14.3 bcd
20%—16%		13.5 de	12.6 f	— x	—
(Healthy tissue)			(14.2)		
(Injured tissue)			(11.0)		
Low O <sub>2</sub> levels					
0%—3%		14.1 bcde	13.5 de	14.1 bcde	14.0 bcde
5%—3%		14.6 ab	14.7 ab	14.4 bcde	14.2 bcde
20%—3%		13.4 e	11.3 f	—	—
(Healthy tissue)			(14.0)		
(Injured tissue)			(9.8)		
Statistical analysis					
CO <sub>2</sub> level		**	**	NS	NS
O <sub>2</sub> level		NS	NS	NS	NS
CO <sub>2</sub> ×O <sub>2</sub>		NS	*	NS	NS
Titratable acidity (ml. 0.1 N NaOH/100 ml juice)					
High O <sub>2</sub> levels	68 bcd				
0%—21%		65 bcd	66 bcd	63 cd	62 d
5%—20%		71 ab	69 abc	67 bcd	63 cd
20%—16%		65 bcd	62 d	—	—
Low O <sub>2</sub> levels					
0%—3%		71 ab	67 bcd	71 ab	62 d
5%—3%		70 ab	76 a	71 ab	65 bcd
20%—3%		69 bcd	55 e	—	—
Statistical analysis					
CO <sub>2</sub> level		NS	**	NS	NS
O <sub>2</sub> level		*	NS	*	NS
CO <sub>2</sub> ×O <sub>2</sub>		NS	*	NS	NS

Note: See in Table 1.  
x: Not examined.

下では、硬度が14日目で、酸含量が22日目で、それぞれ空気中より低酸素区のほうが大きかった。また、4°C下では硬度に両区間で有意差が見られず、酸含量は44日目で低酸素区のほうが多かつた。

両ガス条件を組み合わせたときの影響を、それぞれ単独条件下の場合と比較すると、両温度下とも、炭酸ガス

による地色の黄色化抑制効果が、低酸素条件と組み合わせると不明確になつた。さらに20°C下の場合、硬度には両ガス条件間に交互作用は見られないが、(5%—3%)区と(5%—20%)区の比較から分るように、14日目では組み合わせたほうが単独ガス条件下より硬かつた。酸含量については、22日目に交互作用が見られ、高酸素条件下では高炭酸ガス下で酸含量が多く、高炭酸ガスに低酸素条件と組み合わせると、低酸素単独条件下より含量がいく分少なくなつた。いつぼう4°C下の場合には、35日目に硬度と酸含量について交互作用が見られ、低酸素条件との組み合わせにより、炭酸ガス5%区では単独条件下より酸含量と硬度が大きく、20%区では両者とも小さかつた。なお、可溶性固形物含量の変化は表示しなかつたが、ガス条件間、調査日間とも有意差は見られなかつた。

かつ変果ではフレーバーが抜け、4°C下でかつ変発生の見られなかつた(0%—21%)区、(5%—20%)区、(0%—3%)区間では食味に明確な差はなかつた。

20°C下、6日目の酸素吸収量を見ると、第1図のように、低酸素条件下で吸収量が抑えられたが、高炭酸ガス条件下では低酸素条件下ほど抑制されなかつた。また、両ガス条件を組み合わせても交互作用は見られなかつた。

(2) 障害に及ぼすガス条件の影響

20°C下では、低酸素条件下で果皮赤色部が紫かつ色化する果実が見られ、炭酸ガスと組み合わせても明確な差は見られなかつた。いつぼう、4°C下では、64日目に20%炭酸ガス区で果皮のかつ変が見られ、低酸素条件と組み合わせると発生が少ない傾向が見られた。

20°C下では、炭酸ガス20%区で果肉に空どうを伴つたかつ変が発生したが、酸素条件による差は見られなかつた。また、(5%—3%)区でも1個体発生した。本かつ変は、濃淡が入り混じり、境界が明りようで、心皮組織内の背管束、壁管束付近から生じる例が多く、花床の皮層内にも拡大した。

4°C下、20%炭酸ガス下では、第2図のような果肉のかつ変が見られ、酸素条件の違いによる差は見られなかつた。

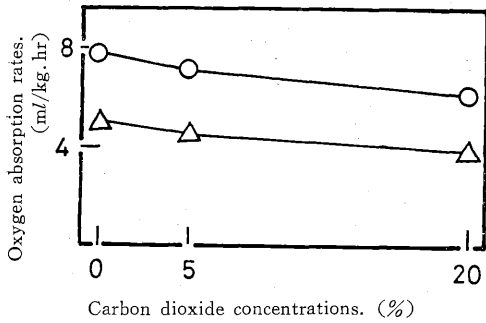


Fig. 1. The oxygen absorption rates of 'Ralls' apple fruits in relation to carbon dioxide concentrations under two oxygen levels after 6 days at 20°C.  
 ○ : Under high oxygen level (16.0-21.0%)  
 △ : Under low oxygen level (3%)

つた。しかし、5%炭酸ガス下では、低酸素条件と組み合わせると、35日目に3個体、64日目にさらに2個体に発生が見られた。20%炭酸ガス区では35日目に全個体がかつ変し、約半数はかつ変が花床の皮層内に拡大し、果皮直下と心皮組織内腹管束付近に健全部が残つた。

かつ変初期の果実では、かつ変形態に差が見られ、かつ変発生場所により第2図のように4種に分けられた。

- (1) 心皮組織中央部がかつ変する (Ct)。(2) 花弁管束の中央部と心皮組織内がかつ変する (Pb)。(3) 花床の皮層がかつ変し、花弁、かく管束はかつ変しない (R)。(4) 花弁管束とそれに隣接したほう線付近の組織がかつ変し、心皮組織内と花床の皮層内に拡大する。さらに、背管束とがく管束から外側に向かって放射状にかつ変が拡大する (Pb+Sb+Dcb)。

これらのかつ変形式と発生時期との関係を第3表で見ると、Pb+Sb+Dcb型のかつ変は貯蔵後期に発生した。

Table 3. Browning types and storage periods (Ralls).

Browning type <sup>a</sup>	Storage Periods			
	16 days	35 days	44 days	64 days
I (Ct, Pb, R)	100% <sup>d</sup>	27	3(100%) <sup>e</sup>	3(100)
I + II (Multiple type <sup>b</sup> )	0	9	19	17( 83)
II (Sb)	0	11	19	25( 22)
Severely browned fruit <sup>c</sup>	0	53	59	55

Fruits were stored in (CO<sub>2</sub> 20%-O<sub>2</sub> 16%) and (CO<sub>2</sub> 20%-O<sub>2</sub> 3%) at 4°C, and were classified by browning types.

36 fruits were examined at each sampling.

a : See Fig. 2, and its foot note.

b : Several types occurred together in the same fruit.

c : Browned tissue spread severely into the receptacle.

d : % of browned fruits.

e : % of fruit with cavities in each browning type.

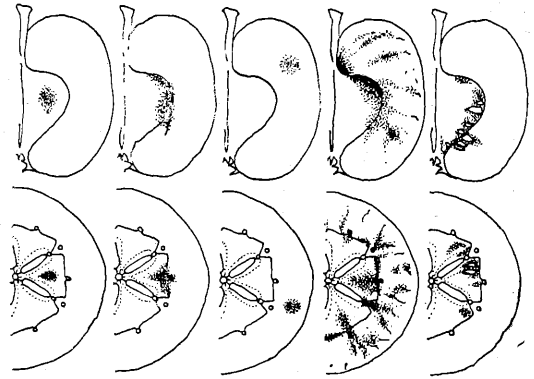


Fig. 2. Browning types of 'Ralls' apple fruits.  
 Ct Pb R Pb+Sb+Dcb Cav

Browning types were distinguished according to the positions of browned tissues to vascular bundles and the core line.

Except the case of Cav, all types were found in the fruits stored under 20% CO<sub>2</sub> at 4°C.

Ct : Browned tissues were found at the center of the carpellary tissues.

Pb : Browned tissues were found at petal bundles and their adjacent carpellary tissues.

R : Browned tissues were found in the receptacle.

Sb+Dcb : Browned tissues spread radially and outward in the receptacle from sepal and dorsal carpel bundles.

Pb+Sb+Dcb : Multiple type.

Cav : Browned tissues were found in the carpellary tissue near dorsal carpel bundles, and in most cases, large cavities developed. This type was found in fruits held under 20% CO<sub>2</sub> at 20°C.

また、Ct, Pb型のかつ変のうち、後期に発生したものでは、ほとんどの果実に空どうが併発していた。また、他の形式のかつ変でも、前期に発生したものでは空どうが生じなかつた。

紅玉

材料の果実は平均硬度が12.3 lbs.で、やや軟化が進んだ果実と思われ、一部に14 lbs.の果実も含まれていた。地色が緑黄色の果実が全体の23%、黄緑色果が60%、緑色果が17%含まれていた。

(1) 熟度変化に及ぼすガス条件の影響

(CO<sub>2</sub> 0%-O<sub>2</sub> 21%)区、(5%-20%)区、(10%-19%)区により、高酸素条件下での炭酸ガス濃度の影響を調べると、20°C下では第4表のように、炭酸ガスにより地色黄色化と果肉の軟化が抑制され、酸含量の場合は、13日目では高炭酸ガス下ほど含量が多かつた。

Table 4. The effects of oxygen and carbon dioxide concentrations on 'Jonathan' apple fruits at 20°C.

Gas combinations CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Before treatment	Storage periods		Before treatment	Storage periods		Before treatment	Storage periods	
		13days	26days		13days	26days		13 days	26 days
Ground color yellowing index				Firmness (pounds)			Titratable acidity (ml. 0.1N. NaOH/100ml juice)		
High O <sub>2</sub> levels	1.1			12.3a			127a		
0%—21%		2.1	2.8		5.9ef	5.4 g		105 e	87 h
5%—20%		2.1	2.2		6.8 c	5.6fg		106 de	89 h
10%—19%		1.4	2.2		6.5cd	6.0ef		107 cd	87 h
Low O <sub>2</sub> levels									
0%—3%		1.3	1.3		6.8 c	5.6fg		105 de	94 g
5%—3%		1.2	1.2		6.7 c	5.9ef		109 c	94 g
10%—3%		1.2	1.0		7.1 b	6.2de		114 b	98 f
Statistical analysis									
CO <sub>2</sub> level					**	**		**	NS
O <sub>2</sub> level					**	**		**	**
CO <sub>2</sub> ×O <sub>2</sub>					**	NS		NS	NS

Note: See in Table 1.

Table 5. The effects of oxygen and carbon dioxide concentrations on 'Jonathan' apple fruits at 4°C.

Gas combinations CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Before treatment	Storage periods		Before treatment	Storage periods		Before treatment	Storage periods	
		29days	50days		29days	50days		29days	50days
Ground color yellowing index				Firmness (pounds)			Titratable acidity (ml. 0.1N. NaON/100ml juice)		
High O <sub>2</sub> levels	1.1			12.3a			127a		
0%—21%		1.4	1.6		6.3cdef	6.4 gh		117 bc	108 e
5%—20%		1.4	1.8		7.1 bcd	6.9 bcde		114 cd	107 e
10%—19%		1.2	1.3		7.3 b	7.0 bcde		111 de	109 e
(Healthy tissue)						(7.0)			
(Injured tissue)						(6.3)			
Low O <sub>2</sub> levels									
0%—3%		1.2	1.2		6.7 efg	6.5 fgh		121 b	108 e
5%—3%		1.2	1.2		6.8 def	6.3 h		118 bc	108 e
(Healthy tissue)						(6.5)			
(Injured tissue)						(5.8)			
10%—3%		1.2	1.1		7.1 bcd	7.2 bc		114 cd	107 e
(Healthy tissue)						(7.4)			
(Injured tissue)						(6.2)			
Statistical analysis									
CO <sub>2</sub> level					**	**		*	NS
O <sub>2</sub> level					**	NS		*	NS
CO <sub>2</sub> ×O <sub>2</sub>					NS	**		NS	NS

Note: See in Table 1.

た。いつぼう、4°C 下では、第5表のように軟化は高炭酸ガス下ほど抑制されたが、黄色化は10%区でのみ抑制され、酸含量は29日目では高炭酸ガス下ほど少なかった。

(0%—21%)区と(0%—3%)区により、炭酸ガスと組み合わせないときの低酸素条件の影響を見ると、20°C下では、低酸素条件下で黄色化が抑制され、13日目では、空气中に比べ、硬度が大きく、26日目では酸含量も多かった。いつぼう、4°C下では低酸素条件下で黄色

化が抑制されたが、硬度と酸含量には有意差が見られなかった。

ガス条件を組み合わせたときの効果を単独条件下での場合と比較すると、20°C下では第4表のように、低酸素との組み合わせにより、炭酸ガスの黄色化抑制効果は不明確になった。しかし、硬度と酸含量については、組み合わせると単独の場合より値が大きくなるものの、硬度では13日目に交互作用が見られ、炭酸ガス区間に硬度差が少なくなった。4°C下では第5表のように、低酸

素と組み合わせると黄色化に対する炭酸ガスの抑制効果が消失した。また軟化についても、組み合わせると炭酸ガスの抑制効果がやや弱くなる傾向が見られ、特に 50 日目では交互作用があり、(5%—3%)区の硬度が小さかった。また、酸含量は 29 日目で、交互作用は見られないものの、炭酸ガスがあると低酸素単独条件下より含量が少なかった。また、可溶性固形物含量には両温度下とも、各処理区間、期間中で有意差が見られなかった。

4°C 下でかつ変が見られなかった空気中と (5%—20%) 区間には食味に明確な差がなかった。

(2) 障害に及ぼすガス条件の影響

20°C 下では、低酸素条件下で 26 日目に果皮赤色部の軽い紫色化が見られ、10% 炭酸ガスと組み合わせると多くなる傾向があつた。また第 6 表のように、ジョナサン・スポットの発生が低酸素条件下で抑制されたが、炭酸ガスを組み合わせても抑制効果は増大しなかった。また、4°C 下では両障害とも発生が少なく、処理間の差も不明確だつた。

20°C 下では、炭酸ガスを含まない (0%—21%) 区と (0%—3%) 区とで、それぞれ 5 個体と 3 個体に果肉のかつ変が見られた。本かつ変は果皮直下の維管束や、その周辺の皮層組織に発生した。

4°C 下では第 7 表のように高炭酸ガス下でかつ変が見られ、低酸素条件と組み合わせたほうが発生が著しかった。また、炭酸ガスを含まない (0%—3%) 区では、50 日目にかつ変が生じたが、本かつ変は、ほう線と花弁管束間に発達した空げき部分と、それに隣接する花弁管束に生じた。

高炭酸ガス下で見られるかつ変の場合、かつ変の初期形態が発生時期やガス条件により異なつた。そこでかつ

Table 6. The effects of oxygen and carbon dioxide concentrations on the Jonathan spot of 'Jonathan' apple fruits at 20°C.

Gas combinations CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Before treatment	Storage periods	
		13 days	26 days
High O <sub>2</sub> levels	0.1*		
0%—21%		1.3	1.6
5%—20%		1.1	1.6
10%—19%		1.1	1.6
Low O <sub>2</sub> levels			
0%—3%		0.4	1.0
5%—3%		0.4	0.9
10%—3%		0.4	1.0

x : Jonathan spot index = (0 · G I + 1 · G II + 2 · G III) / 100  
 G I : % of healthy fruit.  
 G II : % of fruit with a few Jonathan spots.  
 G III : % of fruit with many severe Jonathan spots.

Table 7. Effects of gas combinations on the development of the flesh browning in 'Jonathan' apples at 4°C.

Gas combinations CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Storage periods	
	29 days	50 days
High O <sub>2</sub> levels		
0%—21%	0(%) <sup>a</sup>	0
5%—20%	0	0
10%—19%	9	16
Low O <sub>2</sub> levels		
0%—3%	0	48 <sup>b</sup>
5%—3%	9	97
10%—3%	69	76

31~35 fruits were examined at each sampling.

a : % of browned fruit.

b : Large cavities were found between the core line and the petal bundles in some fruits.

In CO<sub>2</sub> 0%-O<sub>2</sub> 3% at 4°C, most of brownings developed from the inner surface of these cavities and from their adjacent petal bundles.

變の初期形態を維管束系の位置と関連させて分けると、第 3 図のように四つの形式に分けられ、それぞれが 1 個の果実に同時に見られる場合もあつた。(1) 心皮組織の中央がかつ変し、花床の皮層に拡大する。本実験では、かつ変が拡大して花弁管束がかつ変した場合は第 3 の形態に含めた (Ct)。(2) 心皮組織内の背管束と壁管束付近からかつ変する (Dcb)。(3) 花弁管束付近からかつ変し、心皮組織内に拡大する例と、隣接するほう線付近もかつ変する例とが見られた (Pb)。(4) がく管束がかつ変し、放射状に拡大する。また、花弁管束、背管束もかつ変する例が多く、第 3 図には同時にかつ変す

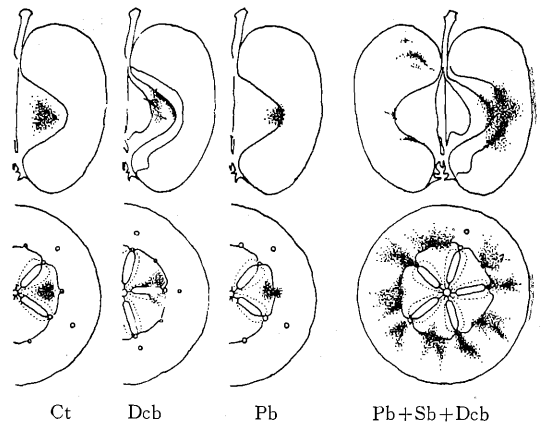


Fig. 3. Browning types of 'Jonathan' apple fruits. All types were found in fruits stored under 5, 10% CO<sub>2</sub> at 4°C.

Ct, Pb, Pb+Sb+Dcb : See the foot note in Fig. 2.  
 Dcb : Browned tissues were found in the carpellary tissue near dorsal carpel bundles.

Table 8. Relations among browning types, storage periods and gas conditions in 'Jonathan' apples at 4°C.

Browning type <sup>a</sup>	CO <sub>2</sub> 10%-O <sub>2</sub> 3%		CO <sub>2</sub> 5%-O <sub>2</sub> 3%
	Storage periods 29 days	50 days	Storage periods 50 days
Ct <sup>b</sup>	12(%) <sup>d</sup>	0	0
Dcb <sup>b</sup>	23	15	3 <sup>e</sup>
Pb	23	19	10
Pb+Dcb <sup>c</sup>	19	31	10 <sup>e</sup>
Pb+Sb <sup>c</sup>	12	0	52
Pb+Sb+Dcb <sup>c</sup>	8	8	13 <sup>e</sup>
Sb	0	4	0
Sb+Dcb <sup>c</sup>	0	15	0
Severely browned fruit	4	8	10

- a : See Fig. 3, and its foot note.
- b : Brownings were found in the core, and in the severe case, spread in the receptacle.
- c : Two or three types occurred together in the same fruit.
- d : % of browned fruits.
- e : Most of these Dcb-type brownings spread outward and radially in the receptacle.

る例を示した (Pb+Sb).

第8表により、かつ変形態とガス条件、発生時期との関係を見ると、(10%—3%) 区の場合、29 日目では、がく管束だけがかつ変する例はなく、心皮組織内がかつ変する例 (Ct, Dcb, Pb) が多かつた。しかし、50 日目になると、心皮組織中央からかつ変する例は見られず、がく管束付近からかつ変する例が見られるようになり (Sb)、背管束付近のかつ変を伴う場合 (Sb+Dcb) が増加する。また、(5%—3%) 区では Pb+Sb 型のかつ変が多かつた。

### 考 察

#### 熟度変化に及ぼすガス条件の影響

(1) 炭酸ガス濃度の影響 本実験の場合、高炭酸ガス条件下で地色の黄色化が抑制され、かつ変発生の少ない 20°C 下の実験や、4°C 下の 5% 炭酸ガス区などでは減酸や軟化も抑制された。しかし、4°C 下 20% 炭酸ガス区では、これらの抑制効果が不明確であつたり、かえつて促進される例も見られた。この 20% 区ではかつ変発生が著しく、かつ変果では軟化 (11, 20), 減酸 (5, 10, 15) しやすい。一般に低温下でも高炭酸ガス下ほど軟化や減酸が抑制されるが、かつ変が生じるとこれらの抑制効果が消失すると推定される。

(2) 低酸素濃度の影響 本実験の 3% 酸素濃度区では、両温度下とも地色の黄色化は抑制された。減酸と軟化は 20°C 下でのみ抑制され、4°C 下では不明確だつた。著者 (13) は本実験の材料よりも未熟で熟度がそ

つた材料を用い、低温、3% 酸素濃度下で軟化と減酸が抑制されることを観察している。このように、低温下で低酸素濃度による抑制効果を得るためには、より未熟で熟度のそろつた材料を用いる必要があると思われる。

(3) 低酸素条件と高炭酸ガス条件を組み合わせたときの影響 両ガス条件を組み合わせたときの貯蔵効果については研究者により結果が一致していない。地色の黄色化に対する影響について、Kidd ら (15, 16) は低酸素条件による黄色化抑制効果が炭酸ガスと組み合わせたときに生じることを報告している。本実験では、低酸素条件のみでも抑制され、炭酸ガスを組み合わせても炭酸ガスによる抑制効果が付加されなかつた。Roberts ら (21) も同様な結果を得ている。本実験の材料は黄色化が進んでおり、より未熟な緑色果を材料にした場合も検討する必要があるらう。

軟化への影響については (1) 両ガス条件とも軟化を抑制するが、組み合わせても交互作用はない (23), (2) 低酸素条件による抑制効果は炭酸ガスと組み合わせると初めて生じる (2, 17), (3) 低酸素条件による抑制効果は炭酸ガスと組み合わせると不明確になる (21), (4) 低酸素条件下では高炭酸ガス下ほど軟化が促進される (20) 等の報告がある。従来の研究では果肉のかつ変果での硬度低下を十分に考慮しているとはいえず、軟化に対する影響はかつ変発生との関係を考へて整理しなおす必要があると思われる。本実験の結果を見ると、4°C 下、国光の場合、かつ変発生の少ない 5% 炭酸ガス条件は低酸素条件と組み合わせると交互作用が見られ、抑制効果が大きくなり、かつ変の著しい 20% 炭酸ガス条件は低酸素条件と組み合わせると軟化が促進される傾向にある。また、紅玉の場合には、(5%—3%) 区でもかつ変が多く、炭酸ガスによる抑制効果が小さくなつた。いつばう、かつ変による影響が少ない 20°C 下では、組み合わせたほうが、単独ガス条件下より硬かつた。以上より、両ガス条件を組み合わせると、単独条件下より軟化抑制効果が大きくなるが、かつ変が発生すると抑制効果が消失すると推定される。軟化に対する影響は交互作用の有無の問題も含め、かつ変の生じにくい材料でさらに検討を加える必要があるらう。

減酸に対するガス条件の影響についても、酸素条件による減酸抑制効果が炭酸ガスと組み合わせると、より明確になるという報告もあるが (2), 低酸素条件では、高炭酸ガス下ほど減酸が促進されるという報告も見られる (20, 21)。かつ変果では減酸が著しいので、軟化への影響の場合と同様、かつ変発生との関係を考慮する必要があると思われる。本実験でも、かつ変発生の多いガス条



件区ほど減酸している傾向があり、かつ変発生の少ない20°C下では、組み合わせたほうが、単独ガス条件下より抑制効果が大きくなっている。Fidler (5) も Kidd ら (18) の1°C下の実験結果について検討し、かつ変発生の少ない貯蔵初期には、組み合わせたほうが単独ガス条件下より抑制効果が大きくなっていることを指摘している。以上のように、組み合わせたほうが減酸抑制効果が大きくなるが、かつ変が発生すると抑制効果が消失すると推定される。

以上のような貯蔵中の変化は、呼吸やエチレン生成との関係が深い。Fidler らは、両ガス条件を組み合わせると、それぞれのガス条件による呼吸の抑制効果が相加的に増すこと(4)、低酸素条件下ではRQ値が空気中より大きくなり、高炭酸ガスと組み合わせると、空気中より小さくなること(8)を観察している。さらに、本実験でも、酸素吸収量の抑制効果は低酸素条件下のほうが大きく、両ガス条件を組み合わせると相加的に抑制効果が増している。このため、酸素吸収量は低酸素条件下で、炭酸ガス呼出量は高炭酸ガス条件下で抑制されやすく、両ガス条件を組み合わせると相加的に呼吸抑制効果が増すと推定される。

さらに、エチレン生成への影響について、Fidler ら (6, 7) は両ガス条件を組み合わせると、低酸素条件下よりさらに生成量が低下したり、生成時期が遅れたりすることを報告している。以上のように、組み合わせにより貯蔵効果が大きくなる一因として、呼吸やエチレンの抑制作用が関係していると思われる。

#### 障害発生に及ぼすガス条件の影響

(1) ジョナサン・スポット 紅玉のジョナサンスポットはCA貯蔵すると普通冷蔵より発生が少ないとされている(9)。本実験結果より、この発生抑制効果は低酸素条件と関連があるように思われた。

(2) 果肉のかつ変障害 本実験では、かつ変部位が異なる数種のかつ変が同一ガス条件下で観察されたが、この一因として、材料に用いた果実の熟度がばらついていたことを考慮する必要がある。かつ変が心皮組織中央部より始まるタイプ(Ct)は、一般に低温障害、Brown coreと呼ばれているかつ変に似ており、この障害は未熟果を用いると生じやすい(3, 22)。また、本実験より未熟な材料を用いた前報(11)でも、高炭酸ガス条件下で同様なかつ変が見られた。いつぼう、かつ変部の空どうはCtタイプのかつ変に比べ、貯蔵後期に発生が多く、一般に高炭酸ガス障害の特徴の一つとされ(3)、熟度が進んだ材料で発生が多い(3)。そこで、本実験では、材料に用いた果実のうち、より未熟な状態にあつた

果実ではCtタイプのかつ変が貯蔵初期に発生し、より熟度が進んでいた果実では、空どうを伴ったかつ変が貯蔵後期に発生したと推定される。

材料熟度等によりかつ変部位が異なる理由は明らかにされていない。しかし、原田ら(10)はCA貯蔵した果実でゴム類似症の発生が多く、この場合、冷蔵果よりクロロゲン酸生成に関与する酵素活性が高いことを報告している。そこでかつ変部位の差についても、熟度との関連において、かつ変に関与する物質や酵素の果実内分布を検討する必要があると思われる。いつぼう、かつ変の一因である炭酸ガスの果実内部への移行について、Chace (1)は果実に $^{14}\text{CO}_2$ を処理し、炭酸ガスによるかつ変の生じやすい大果では、小果に比べ、果心部や皮層に $^{14}\text{C}$ 活性が多く見られることを報告している。そこで、熟度等によるかつ変部位の差についても、果実組織構造の差とそれに伴う果実内ガス条件の差などとの関連も今後、検討する必要がある。

かつ変の発生とガス条件の関係をみると、かつ変果の発生率で比較した場合、本実験と同様、他品種でも、一般に高炭酸ガス下ほど発生が多く、低酸素条件と組み合わせるとさらに発生しやすくなるとされている。このため、CA貯蔵において、低酸素条件と組み合わせる場合には、高酸素条件下での最適炭酸ガス濃度より、炭酸ガス条件を低濃度にする必要があると思われる。

しかしながら、各かつ変タイプ別の発生率に対する両ガス条件の影響を調べると、それぞれ異なることが知られている(15, 16, 17)。本実験の紅玉の場合でも、低酸素条件下でCtタイプは5%炭酸ガス区には発生せず、Dcbタイプは10%炭酸ガス区には見られなかつた。各かつ変タイプごとにガス条件の影響を明確にするには、本実験だけでは不十分であり、分類しやすいかつ変初期形態に注目し、さらに検討を加える必要がある。

炭酸ガス条件と低酸素条件を組み合わせたときの貯蔵効果や貯蔵に最適な両ガス条件の組み合わせについては、本実験ではかつ変発生が著しかつたので明確にできなかった。そこで、かつ変発生を抑えて調べる必要があるが、一般にリンゴのかつ変は未熟果ほど少ないとされており(19, 22)、本実験より未熟な材料を用いた前報(11)では発生が少なかつた。このため、より未熟な材料を用いて、最適ガス条件を再検討するとともに、収穫適期の問題も検討する必要がある。

#### 摘 要

リンゴ紅玉と国光果実に及ぼすガス濃度の影響を調べるため、4°C下と20°C下において、低酸素条件と高炭酸ガス条件を組み合わせたときの効果を、それぞれ単独

ガス条件下の場合と比較した。酸素濃度を 19~21% (国光の実験では 16~21%) と 3%, 炭酸ガス濃度を 0, 5, 10% (国光の実験では 20%) として組み合わせた 6 種類の混合ガスを果実に常時通気し, 各区とも各調査日ごとに紅玉では 31~36 個, 国光では 18 個ずつ調査した。

1. 高酸素条件下では, 高炭酸ガス下ほど地色の黄色化が抑制され, かつ変発生の少ない 20°C 下の炭酸ガス区や 4°C 下の 5% 炭酸ガス区では減酸の程度や果肉の軟化も抑制された。しかし, かつ変果では減酸と軟化が著しく, かつ変発生の多い 20% 炭酸ガス区ではこれらの抑制効果は見られなかつた。

3. 炭酸ガスと組み合わせない場合, 3% 酸素濃度下では, 両温度下とも地色黄色化が抑制されたが, 減酸と軟化の抑制効果は 20°C 下でのみ見られた。

3. 低酸素条件と高炭酸ガス条件とを組み合わせたときの効果をそれぞれ単独ガス条件下の場合と比較すると, 高炭酸ガスによる地色黄色化の抑制効果は低酸素条件と組み合わせると不明確になつた。かつ変発生の少ない 20°C 下と国光の 5°C 下 5% 炭酸ガス区では, 両ガス条件を組み合わせたほうが, 単独ガス条件下より硬度が大きく, 酸含量も多かつたが, かつ変発生の著しい国光の 4°C 下 20% 炭酸ガス区や, 紅玉 4°C 下の場合では, 両ガス条件を組み合わせても軟化や減酸の抑制効果に変化が見られず, かえつて促進される例も見られた。

さらに, 20°C 下における酸素吸収量に対しては, 低酸素条件下のほうが高炭酸ガス条件下より抑制効果が大きく, 両ガス条件を組み合わせると相加的に抑制効果が増大した。

4. 紅玉のジョナサン・スポットは低酸素条件下で発生が少なかつた。また, 高炭酸ガス下ほど果肉のかつ変の発生が多く, 低酸素条件と組み合わせると発生が多かつた。かつ変の発生場所と維管束との位置関係によりかつ変形態を分類すると, 4°C 下では, 貯蔵後期に生じるかつ変は維管束付近から始まり, 空どうを伴う例が多かつた。

5. 低酸素条件下ではかつ変が生じやすいので, 低酸素条件と組み合わせたときの最適貯蔵炭酸ガス濃度は, 高酸素条件下での最適濃度より低くなると思われた。材料熟度とかつ変形態の差, かつ変発生と貯蔵効果との関係について考察した。

謝辞 本実験を行なうにあたり, 適切な御指導, 御助言をいただいた本学農学部杉山直儀名誉教授, 岩田正利教授に深く感謝の意を表する。

## 引用文献

1. CHACE, W. G. Jr. 1959. Same factors affecting controlled atmosphere storage disorders of Jonathan apples. Ph. D. Thesis, Mich. State Univ., 161 p. Abst. in Diss. Abst. 22: 4137.
2. EAVES, A. C., F. R. FORSYTH, J. S. LEEFE, and C. 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.
3. FAUST, M., C. B. SHEAR, and M. W. WILLIAMS. 1969. Disorders of carbohydrate metabolism of apples. Bot. Rev. 35: 168-194.
4. FIDLER, J. C., and C. J. NORTH. 1967. The effect of conditions of storage on the respiration of apples. I. The effects of temperature and concentrations of carbon dioxide and oxygen on the production of carbon dioxide and uptake of oxygen. J. Hort. Sci. 42: 189-206.
5. ————. 1967. ————. II. The effect on the relationship between loss of respirable substrates and the formation of end products. Ibid. 42: 207-221.
6. ————. 1969. Production of volatile organic compounds by apples. J. Sci. Food Agr. 20: 521-526.
7. ————. 1971. The effect of conditions of storage on the respiration of apples. VI. The effects of temperature and controlled atmosphere storage on the relationship between rates of production of ethylene and carbon dioxide. J. Hort. Sci. 46: 237-243.
8. ————. 1971. The effect of periods of anaerobiosis on the storage of apples. Ibid. 46: 213-221.
9. HALL, E. G., and S. M. SYKES. 1955. Effects of skin coatings on the behavior of apples in storage. IV. Comparisons of skin coatings and gas (controlled atmosphere) storage. Aust. J. Agr. Res. 5: 626-649.
10. 原田順厚・小山内たか・岡本辰夫. 1972. リンゴ果実「スターキング・デリシヤス」の貯蔵に関する研究. 弘前大農報. 18: 134-138.
11. 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.
12. ————. 1973. ————. (第7報) 異なる湿度条件下におけるナツミカン果実に及ぼす酸素濃度と炭酸ガス濃度の影響. 同誌. 42: 49-55.
13. ————. 1973. ————. (第11報) リンゴ紅玉果実に及ぼす酸素濃度と炭酸ガス濃度, ならびに収穫時期の影響. 昭和48年度園芸学会秋季大会研究発表要旨 pp. 404-405.
14. ————. 岩田正利. 1971. ————. (第1報)

- リンゴ紅玉果実に及ぼす酸素濃度の影響. 園学雑. 40: 272-279.
15. KIDD, F., and C. WEST. 1930. The gas storage of fruit. II. Optimum temperatures and atmospheres. *J. Pom. Hort. Sci.* 8: 67-77.
  16. ————. 1933. ————. III. Lane's Prince Albert apples. *Ibid.* 11: 149-170.
  17. ————. 1936. ————. IV. Cox Orange Pippin apples. *Ibid.* 14: 276-294.
  18. ————. 1939. The controlling influence of carbon dioxide. VI. The effect of the tension of oxygen and of carbon dioxide in the atmosphere upon the course of chemical change in stored apples. *New Phytol.* 38: 105-122.
  19. 森 健・伊坂 孝・村岡信雄. 1972. リンゴ '紅玉' の収穫時期と貯蔵性について. 昭和 47 年度園芸学会秋季大会研究発表要旨 pp. 368-369.
  20. PORRITT, 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.
  21. ROBERTS, E. A., R. B. H. WILLS, and K. J. SCOTT. 1965. The effects of change in concentration of carbon dioxide and oxygen on storage behaviour of Jonathan apples. *Aust. J. Exp. Agr. & Anim. Husb.* 5: 161-165.
  22. SMOCK, R. M., and A. M. NEUBERT. 1950. Apple and apple products. Interscience Publ. Inc., N. Y. 486 p.
  23. VAN DOREN, A. 1939. Physiological studies with McIntosh apples in modified atmosphere cold storage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 37: 453-458.