HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	リンゴの CA　貯蔵に関する研究　（第１報）　：旭、紅玉およびデリシャスに対する CA 貯蔵の効果
Author(s)	沢田, 英吉; 田村, 勉; 八鍬, 利郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 6(3), 371-381
Issue Date	1968
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11771
Type	departmental bulletin paper
File Information	6(3)_p371-381.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

リンゴのCA貯蔵に関する研究 (第1報)

旭，紅玉およびデリシャスに対するCA貯蔵の効果*

沢田英吉・田村　勉
八鍬利郎・今河　茂
(北海道大学農学部果樹・蔬菜園芸学教室)

Studies on the Controlled Atmosphere Storage of Apples. I.

Effects of CA Storage on McIntosh, Jonathan and Delicious Apples

E. SAWADA, T. TAMURA, T. YAKUWA and S. IMAKAWA
(Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan)
Received January 14, 1968

I. 緒　　言

リンゴのCA貯蔵 (Controlled Atmosphere Storage) とは周知のように従来の冷蔵法に加えて貯蔵庫内のガス組成 (主として O_2 と CO_2 の濃度) を人為的に調節し，果実の呼吸作用を抑えて長期間品質を保持しようとする方法で，その原理は古く1920年代に英国のKIDDおよびWEST両氏 (8) によって研究された。米国においては1940年に初めて営利的に旭の貯蔵に採用され，その後北部諸州に実用的に普及し，現在では米国のほとんどのリンゴ貯蔵庫がCA貯蔵方式に変わりつつある状態である。

本邦においては，小さな容器 (ドラム缶) を用いて実験的に行なわれた岡本氏等 (10, 11) の報告があるが，本邦産のリンゴをCA貯蔵庫を用いて多量に貯蔵し検討した試験成績は無かった。

たまたま1958～1961年の4年間，北海道大学と米国マサチュウセッツ大学との間の交換教授計画が実施され，著者の一人沢田 (1959年) と農業工学科堂腰純助教授 (1960年) が米国におけるCA貯蔵普及の実態を調査する機会を得，帰国後I.C.A.およびマサチュウセッツ大学の援助により，北海道大学農学部のリンゴ貯蔵用冷蔵庫の一部を改修して小型CA貯蔵庫2室を建設し，1961年以降CA貯蔵に関する研究を実施している。

本報告は1962～1964年の北海道産リンゴを用いて行なったCA貯蔵と普通冷蔵の成績をとりまとめて比較検討したものである。

本研究の実施に当たっては，特にCA貯蔵庫の建設に当たり堂腰純助教授の多大の御協力を頂いた。なお，調査ならびに庫内のガス分析については高橋義雄技官，熊谷恭仁子事務官および昭和38，39年度農業改良普及員受託研修生黒田拓，酒井正比古，西村勝義，藤本和雄，小山睦寛，北林英治，佐々木茂雄，吉本寿男の諸氏の協力を得た。記して深謝の意を表する。

II. 材料および方法

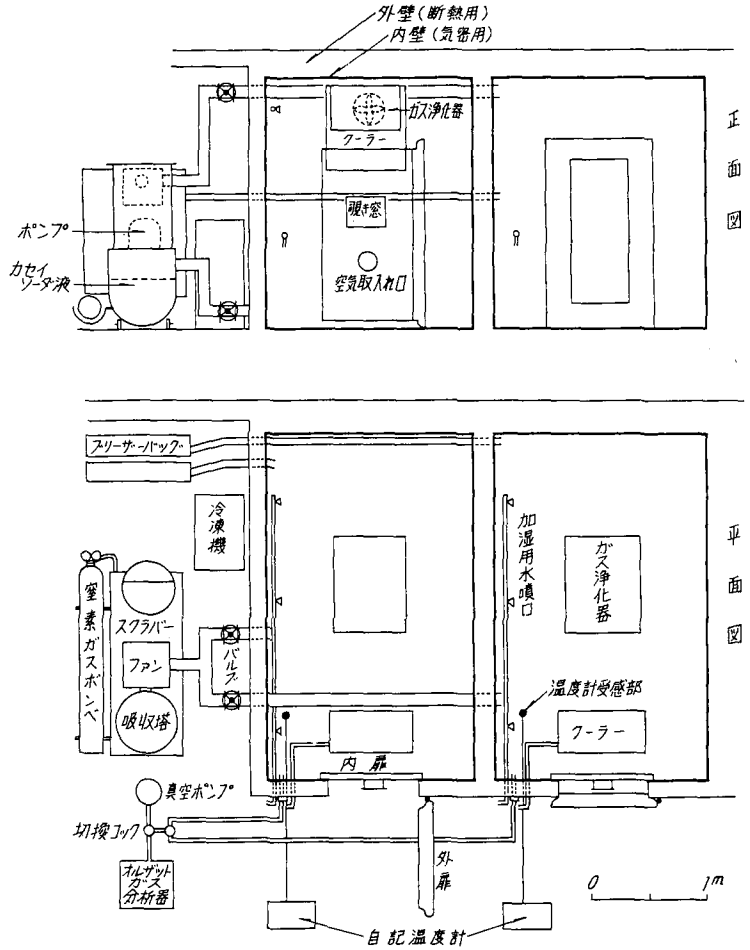
1. CA貯蔵庫の構造

CA貯蔵の原理および装置の概要については既に紹介されている (6) のでここでは省略する。本試験に用いたCA貯蔵庫の構造は図-1のとおりで，2室に別れており，それぞれ活性炭を用いたair purifier (ガス浄化器) を装備し，またNaOH液によるgas scrubber (ガス洗浄器)，breather bag (呼吸袋) を備え，各室共幅1.8 m，奥行3.0 m，高さ2.5 mで容積は約13.5 m^3 である (リンゴ透かし箱で100箱収容可)。

貯蔵庫の気密度は表-1のとおりで使用可能の結果が得られた。

貯蔵庫の中に箱を搬入する際，接触によって壁面を破損し気密性が破られることがあるので，床および壁の周囲は透かし板を張りめぐらして破損を防ぐと同時に庫内

* 本報告の一部は昭和38年10月，園芸学会秋季大会において発表



図—1　試験に用いた CA 貯蔵庫の構造略図

表—1　CA 貯蔵庫の気密係数

貯蔵庫名	年次	気密係数 (α)	漏洩係数 (λ)	適否
北海道大学 CA 貯蔵庫 No. 1	1962	111.0	0.009	適
	1963	26.3	0.038	適
同上 No. 2	1962	38.5	0.026	適
	1963	40.3	0.025	適
限界値		10	0.1	

(注)　α が 10 以上であれば利用可能

の空気の流通が良好になるようにした。

気密扉には 20×30 cm のガラス窓 (覗き窓) と直径 15 cm の空気取入れ口を設け，前者は貯蔵中における庫内の果実の状態の観察，温度，湿度の観測に用い，後者は O_2 補給のための空気の取入れおよび調査試料の取出しに利用した。

2. ガス組成の調節

貯蔵庫内のガスをパイプでガス分析室に導き，ここで毎日1回以上 Orsat 分析器により O_2 ならびに CO_2 の濃度を測定した。分析用ガス取出し口は貯蔵庫の一隅にあるが，換気扇で庫内のガスを攪拌しているので貯蔵庫内のガス濃度は均一であるものと考えた。CO_2 濃度が規定値を超えた場合は過剰の CO_2 を scrubber によって除去した。また O_2 が不足の場合は空気取入れ口より補給した。なお N_2 ガスによって庫内の気圧を調節した。

3. 供試材料および試験区

供試材料は北海道大学附属余市果樹園産の旭 (80, 100, 120, 140 玉)，紅玉 (100, 120, 140 玉) およびデリシャス (70, 80, 100, 120 玉) の3品種で，各品種とも同時期に

採取して，それぞれを2分し，CA貯蔵 (CA区) と普通冷蔵 (Air区) の2区を設けた。貯蔵条件は表-2に示すとおりとした。また年次毎の採取時，貯蔵開始期，調査日は表-3に示すとおりである。

表—2 各品種の貯蔵条件

品種	試験区	温度	湿度	ガス組成 (体積%) O_2	ガス組成 (体積%) CO_2
旭	CA	3°C	95%以上	3%	5%*
	Air	3	同上	21	0
紅玉	CA	0.5	同上	3	3
デリシャス	Air	0.5	同上	21	0

* 貯蔵開始後1箇月間は3%とし，その後5%とした

4. 調査項目および方法

各調査日に各区20果をとり，次の項目について調査した。

(1) 果実の生体重： 時計型バネばかりで測定しg単位で表示した。

(2) 果実の着色： 果面の着色の程度を0～10の指数で示した。

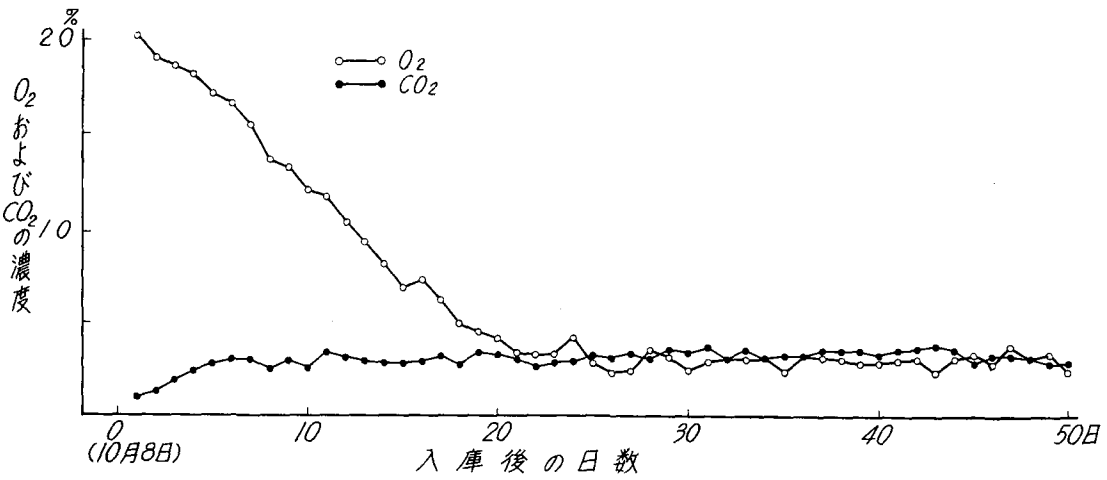
(3) 果肉含水率： 果肉約20gについて生体重および乾物重を秤量して水分含量を求め，含水率を算出して%で表示した。

(4) 果肉硬度： 着色面およびその裏面の硬度を硬度

表—3 試料の採取，CA貯蔵開始および打切り，ならびに調査の月日

品種	年次	採取日 (月日)	CA貯蔵開始日 (月日)	CA貯蔵打切り日 (月日)	調査日 入庫時 (月日)	調査日 第1回 (月日)	調査日 第2回 (月日)
旭	1962	10. 3	10.24*	3.28	10. 5	3.12	5. 6
	1963	10. 1	10. 2	5.14	10.14	4. 6	
	1964	10. 6	10. 8	4.13	10.23	4.15	
紅玉	1962	10.30	11. 2	5. 1	11. 1	3.12	5. 7
	1963	10.25	10.26	5.14	10.26	4. 7	
	1964	10.27	10.29	4.13	10.29	4.16	
デリシャス	1962	10.30	11. 2	5. 1	11. 2	3.12	5. 8
	1963	10.25	10.26	5.14	10.27	4. 9	
	1964	10.27	10.29	4.13	11. 2	4.16	

* 1962年度の旭のCA貯蔵は採取後3週間目に開始されたが，この間は普通冷蔵条件下においた



図—2 貯蔵庫内ガス組成の変化 (1964年： O_2 3%，CO_2 3%)

表—4 1962年産リンゴ果実についての調査成績

品種	玉数	調査時期(年月)	区	1果重	着色度	硬度	糖	酸	果肉含水率	保持率**		
										硬度	糖	酸
旭	120玉	1962. 10	*	151	6.8	1.0	10.0	6.2	83.4	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	153	6.6	0.9	10.4	4.1	83.5	88.4	104.0	66.1
			Air	153	6.6	0.8	10.2	3.2	83.6	82.9	102.0	51.6
	100玉	1962. 10	*	183	6.8	1.0	10.7	6.3	83.1	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	177	6.2	0.8	10.3	4.0	83.7	85.0	96.3	63.5
			Air	180	7.0	0.8	10.2	3.3	83.4	83.8	95.3	52.4
	80玉	1962. 10	*	219	6.6	1.0	10.5	6.6	83.1	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	210	4.8	0.9	10.5	4.4	83.4	92.1	100.0	66.7
			Air	217	6.0	0.7	10.1	3.4	83.4	69.8	96.2	51.5
紅玉	140玉	1962. 10	*	124	4.5	1.5	12.8	7.8	80.6	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	127	5.4	1.3	13.1	6.5	80.5	84.1	102.3	83.3
			Air	128	4.9	1.1	12.1	5.7	81.4	72.3	94.5	73.1
		1963. 5	CA	131	4.3	1.2	12.9	5.5	82.6	75.2	100.8	70.5
			Air	128	5.0	1.0	12.2	3.5	83.7	65.2	95.3	44.9
	120玉	1962. 10	*	153	4.2	1.5	12.2	7.6	81.3	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	151	5.8	1.2	13.2	6.2	80.4	80.4	108.2	81.6
			Air	152	5.1	1.0	12.6	6.0	80.7	66.8	103.3	78.9
		1963. 5	CA	149	4.3	1.1	12.9	5.5	82.4	72.8	105.7	72.4
			Air	150	5.0	1.0	12.4	4.8	83.2	66.0	101.6	63.2
	100玉	1962. 10	*	184	4.5	1.5	12.4	8.0	81.2	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	179	4.9	1.2	13.0	6.3	80.5	78.0	104.8	78.8
			Air	181	4.9	1.0	12.8	6.3	80.8	67.3	103.2	78.8
		1963. 5	CA	181	6.0	1.0	12.9	5.1	82.3	66.4	104.0	63.8
			Air	179	4.7	1.0	12.5	5.3	82.3	66.2	100.8	66.3
デリシャス	100玉	1962. 10	*	184	6.8	2.0	11.8	6.2	82.1	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	185	4.9	1.6	13.2	2.9	80.5	83.6	111.9	46.8
			Air	183	6.5	1.3	12.8	2.0	80.7	67.3	108.5	32.3
		1963. 5	CA	187	5.4	1.5	13.0	2.6	81.9	75.8	110.2	41.9
			Air	182	3.2	1.3	11.4	1.8	83.2	67.6	96.6	29.0
	80玉	1962. 10	*	224	6.6	1.8	12.5	5.9	81.2	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	230	5.8	1.6	13.0	2.9	80.5	90.3	104.0	49.2
			Air	233	5.9	1.3	12.4	2.3	81.0	72.7	99.2	39.0
		1963. 5	CA	227	6.0	1.4	13.0	2.7	81.9	81.1	104.0	45.8
			Air	226	5.4	1.2	12.0	1.5	82.4	96.0	96.0	25.4
	60玉	1962. 10	*	276	7.0	1.7	12.1	6.2	81.3	100.0	100.0	100.0
		1963. 3	CA	276	5.5	1.5	13.2	2.9	80.6	85.9	109.1	46.8
			Air	288	6.2	1.2	12.6	2.1	81.0	66.2	104.1	33.9
		1963. 5	CA	275	5.6	1.4	12.9	2.6	81.9	79.6	106.6	41.9
			Air	285	5.3	1.2	12.2	1.8	82.8	70.9	100.8	29.0

* 入庫時の調査はCA区，Air区共通

** 入庫時の値を100とした各調査時の測定値指数

表—5 1963年産リンゴ果実についての調査成績

品種	玉数	調査時期(年月)	区	1果重	着色度	硬度	糖	酸	果肉含水率	保持率**		
										硬度	糖	酸
旭	140玉	1963. 10	*	123	4.8	1.3	9.6	6.2	83.5	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	123	3.2	1.1	9.6	3.5	85.9	88.4	100.0	46.5
			Air	118	2.7	1.1	9.0	2.7	86.8	83.2	93.8	43.5
	120玉	1963. 10	*	148	4.5	1.3	9.5	6.0	87.5	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	151	4.3	1.1	9.2	3.3	86.0	80.4	96.8	55.0
			Air	142	3.8	1.0	9.1	2.7	82.1	75.8	95.8	45.0
	100玉	1963. 10	*	181	7.6	1.4	10.3	6.7	83.2	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	182	4.5	1.1	9.5	3.5	81.3	76.1	92.2	52.2
			Air	175	5.8	1.0	9.6	3.1	81.8	74.0	93.2	42.3
	80玉	1963. 10	*	210	6.4	1.2	10.2	5.6	82.8	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	218	5.5	1.0	9.6	3.8	85.8	84.4	94.1	67.9
			Air	213	4.3	0.9	9.8	2.8	86.3	72.9	96.1	50.0
紅玉	140玉	1963. 10	*	130	4.7	1.8	12.1	8.4	85.9	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	126	4.4	1.4	12.5	5.6	83.9	75.2	103.3	66.7
			Air	124	4.4	1.3	12.5	5.6	84.9	69.2	103.3	66.7
	120玉	1963. 10	*	148	4.2	1.7	12.3	8.2	79.7	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	145	5.0	1.4	12.8	6.0	85.7	79.7	104.1	73.2
			Air	141	5.9	1.2	12.3	5.0	85.5	71.7	100.0	61.0
	100玉	1963. 10	*	173	6.5	1.7	12.5	7.5	78.4	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	177	3.5	1.2	13.0	4.9	84.1	69.8	104.0	65.3
			Air	166	6.2	1.1	12.1	4.8	84.4	63.9	96.8	64.0
	80玉	1963. 10	*	210	6.5	1.8	13.3	9.1	78.2	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	203	5.6	1.1	12.7	5.8	84.9	60.8	95.5	63.7
			Air	189	5.3	1.2	12.6	4.1	84.5	64.9	94.7	45.1
デリシャス	120玉	1963. 10	*	154	5.0	2.1	12.3	3.5	74.9	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	147	3.7	1.9	13.2	2.3	84.0	91.2	107.3	65.7
			Air	147	4.1	1.4	13.2	2.1	79.2	66.2	107.3	60.0
	100玉	1963. 10	*	191	4.4	2.0	12.2	3.4	75.4	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	181	2.6	1.8	13.7	3.1	84.0	91.7	112.3	91.2
			Air	181	4.3	1.3	13.5	2.2	78.5	65.0	110.7	64.7
	80玉	1963. 10	*	219	5.3	2.0	12.6	3.4	74.7	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	219	3.8	1.7	13.9	2.8	83.4	84.7	110.3	82.4
			Air	217	4.0	1.4	13.7	2.1	78.7	66.6	108.7	61.8
	70玉	1963. 10	*	261	5.1	1.9	12.0	3.5	77.5	100.0	100.0	100.0
		1964. 4	CA	255	3.6	1.6	13.5	2.8	83.8	85.3	112.5	82.4
			Air	259	4.6	1.3	13.1	2.1	79.6	70.4	109.2	60.0

* 入庫時の調査はCA区，Air区共通

** 入庫時の値を100とした各調査時の測定値指数

計（佐藤製作所製ユニバーサルハードネスメーター A型）で測定し 0.2 cm² 当りの kg で表わした。

(5) 糖：糖用屈折計の指度が果汁の糖濃度に近似するものとみなし，この指度をもって表示した。

(6) 酸：果汁 5 mℓ を N/10 NaOH で滴定し，所要量からリンゴ酸として算出して mℓ 当りの mg 値をもって示した。

(7) 生理障害果：調査の都度，生理障害果の有無およびその程度を調査した外，貯蔵終期に各区 300～1,000 個体について調査した。

III. 試験結果

1. CA 貯蔵期間中の庫内ガス濃度

CA 貯蔵庫内のガス濃度は表-2 に示すように O_2, CO_2 共に 3% を維持するように努めた。但し，旭の CO_2 のみは諸外国で推奨されているように最初の 1 箇月を 3% とし，その後 5% に維持することにした。

図-2 は入庫密閉後のガス分析結果の一例であるが，各年次とも密閉後 4～5 日で目標の CO_2 濃度 (3%) に達したので，その後は scrubber によって CO_2 の調節を行なった。O_2 を目的の濃度まで低下させるために要する日数は，貯蔵庫の気密度，貯蔵庫の容積と収容した果実量との関係，果実の種類や温度による呼吸量の違いなどによりいくらか異なるのが普通であるが，何れにしても各年共密閉後 20～25 日の間に規定値まで低下しており，CA 貯蔵として必要な条件を満たしていた。

2. 貯蔵果実の品質の比較

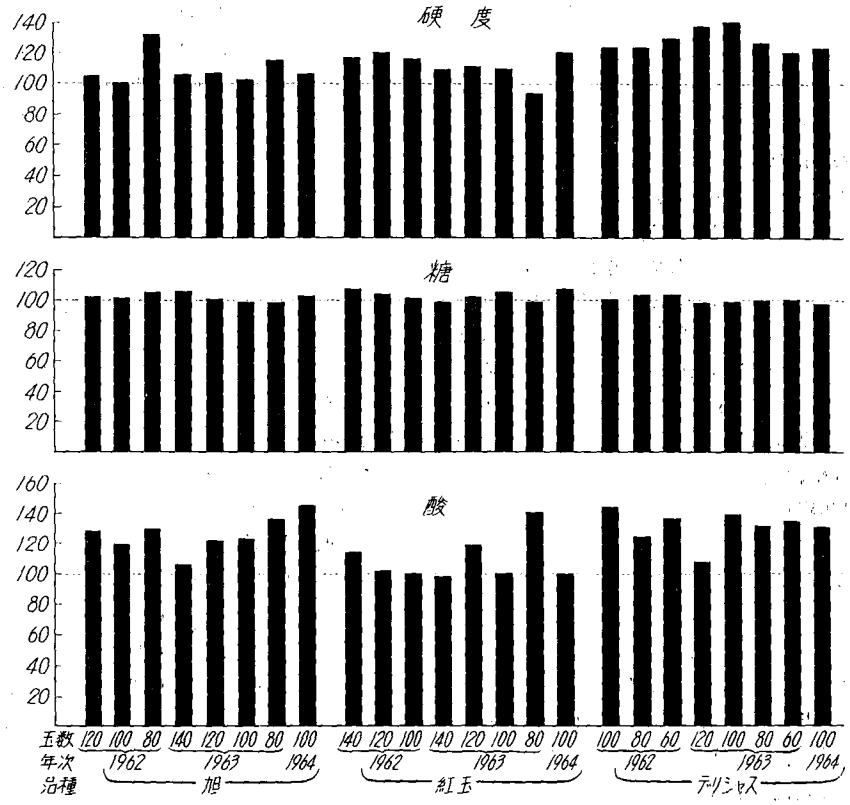
各調査時期における果実についての調査結果は表-4～6 のとおりである。これを全般的にみると，貯蔵中の 1 果重および水分含量には各区を通じて大きな変化はみられない。硬度，糖，および酸については既に多くの研究が行なわれ，貯蔵中に低下の著しいのは硬度と酸で，糖には大きな変化がみられないことが認められている。この試験においても同様のことが認められ，糖はどの区も大きな変化がみられないが，硬度と酸は 3 月または 4 月の調査でもかなり低下しており，その低下の度合は品種および区によってかなりの差を生じている。次に各項目毎に検討する。

(1) **硬度**：入庫時の硬度はデリシャスにおいて大果ではやや低い傾向が認められる外は果実の大きさによる明瞭な差は認められず，年度，玉数別を総括した平均値で示すと，旭 1.18，紅玉 1.67，デリシャス 1.92 であった。約 5～6 箇月貯蔵後の 3 月 (1962 年) および 4 月 (1963, '64 年) の調査結果では硬度の保持率は各品種ともかなり低くなっているが，品種，玉数，年次を問わず，CA 区は何れの場合も Air 区より保持率が高く，CA 貯蔵の効果が明らかに認められる。即ち，個々の区の結果は表-4～6 のとおりであるが，年次，玉数別を総括した平均値で比較すると，旭：CA 区 82.5，Air 区 75.5，紅玉：CA 区 74.7，Air 区 66.9，デリシャス：CA 区 88.3，Air 区 68.5 となる。また，この時期における Air 区の数値を 100 とした CA 区の指数は図-3 の如くで，これを品種毎に総括した平均値で示すと，旭 108.7，紅玉 111.3，デリシャス 129.0 となり，CA 貯蔵の効果を Air 区との差からみるときは，デリシャス，紅玉，旭の順となる。また表-4, 5 において硬度保持率を見ると，同品種間では小果の方が大果より CA 区，Air 区共に高く，あまり大きい果実はこの点から考えると長期貯蔵には適しないと言う

表—6　1964 年産リンゴ果実についての調査成績

品種	玉数	調査時期 (年 月)	区	1果重	着色度	硬度	糖	酸	果肉含水率	保持率 硬度	保持率 糖	保持率 酸
旭	100玉	1964. 10	*	187	6.4	1.3	10.8	6.0	87.7	100.0	100.0	100.0
		1965. 4	CA	187	5.6	0.9	10.6	3.9	91.9	65.4	98.1	65.3
		〃	Air	170	6.4	0.8	10.2	2.7	84.0	61.5	94.4	45.3
紅玉	100玉	1964. 10	*	172	5.5	1.7	12.2	8.7	78.9	100.0	100.0	100.0
		1965. 4	CA	176	4.1	1.2	13.0	4.9	84.6	70.6	106.6	56.8
		〃	Air	173	4.7	1.0	12.1	4.8	85.1	58.8	99.2	56.1
デリシャス	80玉	1964. 11	*	211	4.8	1.8	12.6	3.2	87.2	100.0	100.0	100.0
		1965. 4	CA	201	4.2	1.7	13.2	2.8	85.8	93.3	104.8	87.9
		〃	Air	205	3.3	1.3	13.2	2.1	86.0	73.9	104.8	66.4

* 入庫時の調査は CA 区，Air 区共通



図—3　3月（1962）または4月（1963, 64年）におけるAir区の測定値を100とした場合のCA区の指数

ことができるであろう。この傾向は特に1962年および1963年の紅玉ならびにデリシャスにおいて明瞭に認められる。

(2) **糖**：糖は前述の如く貯蔵中における変化が硬度や酸ほど著しくなく，また区間の差も明瞭ではない。ただ，品種別に見ると，旭と紅玉の場合は2，3の例外を除き貯蔵後（3月または4月）の糖濃度が入庫時（10月）より低くなっているのに反し，デリシャスではほとんどの場合，入庫時より5～6箇月貯蔵後の3月または4月において糖濃度が高くなっている。このことは貯蔵中における澱粉の糖化によるものと考えられる。

(3) **酸**：入庫時の酸濃度は各品種共，果実の大きさによる差は認められず，平均値では旭6.2，紅玉8.2，デリシャス4.4であった。硬度，糖，酸の中で，酸は貯蔵中の減少がもっとも著しいものであり，酸の保持率の低下は品質の劣化との関連性が高いとされている。この試験の結果でも同様のことが認められ，保持率の低下とその区間の差は硬度の場合よりさらに著しい。5～6箇月貯蔵後の3月（1962年）および4月（1963, 64年）の調査結果で比較すると，各品種共例外なくCA区の保持率がAir区より高く，CA貯蔵の効果が明らかに認められる。即ち，区毎の数値は表-4～6のとおりであるが，年次，玉数別を総括した保持率平均値を求めると，旭：CA区60.6，Air区47.7，紅玉：CA区70.5，Air区65.5，デリシャス：CA区69.1，Air区52.3となる。この時期における各Air区の測定値を100とした場合のそれぞれのCA区の指数は図-3のとおりである。品種，玉数別，年次によってかなりの変動があるが紅玉において1，2の例外がある他は常にCA区の値がAir区より高く，年次，玉数別を総括した指数平均値は旭：126.2，紅玉：109.6，デリシャス：132.8となりデリシャス，旭，紅玉の順に差が大きい。また酸では玉数別に見た場合何れの品種についても保持率には一定の傾向は認められなかった。

(4) **食味**：貯蔵中の果実は上述の調査に用いた外，適宜食味テストを行ない，CA区とAir区との比較をした。その結果，何れの品種においてもCA貯蔵の果実は普通冷蔵のものに比べ極めて新鮮な食味を有し，硬度や酸と同様CA貯蔵の効果が明らかに認められた。また

CA 貯蔵打切り後は庫内ガスを空気に入れ換えて普通冷蔵としたが，その後の品質の保持も良好で6，7月までは充分に新鮮な状態にあった。

3. 生理障害果の発生

リンゴ果実の貯蔵中に発生する生理的障害について米国はじめ多くの国々で古くから多数の研究が行なわれており，低温障害，ガスの集積による障害，蜜病，ゴム病など営利貯蔵上大きな問題とされているものも少なくない。この中には普通冷蔵ではほとんど発生しないが，CA 貯蔵の場合にのみしばしば発生するものもあり，CA 貯蔵法の営利的利用に当たっては，この面についても検討する必要がある。この試験中に発生した生理障害としてはデリシャスの果肉褐変 (internal browning と同一のものと考えられる) と紅玉のゴム病様障害がある。

表-7 は 1962 年産のデリシャスを翌年5月まで CA 貯蔵を行なった場合の果肉褐変の発生程度を示したものである。障害果については，1：果心だけが変色したもの，2：果心とその周りの果肉の一部も変色したもの，および3：果心はもちろん果肉の大部分に変色が及んだものの3段階に分けて，それぞれ1～3なる指数で表示した。表中褐変度とは障害果のみについての指数平均値であり，障害度とは健全果の指数を0として，健全果をも含めて全果実の指数の平均値を求めたものである。障害果の発生率および障害の程度は果実の大きさによって異なり，大きい果実が果肉褐変障害にかかりやすい傾向が示されている。しかし，100玉の場合も60%の発生が見られるので，小さい果実を貯蔵しても褐変障害を完全に防止することはできないであろう。したがって，CA 貯蔵の場合のデリシャスの果肉褐変防止のためには貯蔵条件について根本的に再検討する必要があるように思われる。

表-8 は紅玉のゴム病様障害果の発生率を示したものであるが，果実の大きさによる発生率の差が極めて明瞭に示されている。これらの結果から見て，生理障害果の発生の点においても大果は CA 貯蔵には不適当であり，ある程度以下の小果を用いる方が望ましいと考えられる。

表—7 CA 貯蔵におけるデリシャス果肉褐変 (1963 年 5 月)

玉 数	障害果発生率	褐 変 度	障 害 度
60	82%	2.5	2.1
80	81	1.7	1.4
100	60	1.8	1.1

表—8 CA 貯蔵における紅玉のゴム病様障害 (1963 年 6 月)

玉 数	障害果発生率	調査個体数
80	30.6%	343
100	17.3	1,001
120	6.0	1,213
140	2.0	765

IV. 考 察

1961 年 12 月，国際リンゴ協会の Special Letter に米国の CA 貯蔵に適するリンゴ8品種が記載された。これらを CA 貯蔵されている量の順にあげると，旭，デリシャス，翠玉，紅玉，Rome，君ケ袖，ゴールデン・デリシャスおよび Stayman で，1.5～5% CO_2，2.5～3.5% O_2 のガス組成下に貯蔵されている。

この試験で供試した旭，紅玉，デリシャスは何れも日本における主要品種であり，上述の如く，米国においても CA 貯蔵に適する品種として認められているものである。各品種に対する CA 貯蔵の必要条件を確定するための研究は多くの研究者によって古くから行なわれているが，この試験で採用した CA 条件は米国各州で営業用 CA 貯蔵に広く採用されている規準にならったものである。

次に品種毎に従来の報告とこの試験で得られた結果とを比較しながら考察を加えてみたい。

(1) 旭： 旭は上述の如く，米国，カナダでは CA 貯蔵にもっとも多く用いられている品種で，これに関する報告も多い。まず，カナダでの報告をみると，30～32°F (−1.1～0°C) に貯蔵した旭には core flush (brown core) が発生するが，それより高い温度ではこれを防ぐことができるので，34～40°F (1.1～4.4°C) で 5% CO_2，2.5～3% O_2 または 7% CO_2，14% O_2 が旭の CA 貯蔵に適当であるとされている (7, 13, 14)。しかし，7% CO_2，14% O_2 では scald が発生し易いので現在ではこのガス組成は用いられていない。米国の SMOCK (15) は旭の CA 貯蔵に最初 40°F，5% CO_2，2～3% O_2 のガス組成を推奨したが，1958 年 (17) に次のように改めた。即ち，CO_2 は最初の1箇月を2～3% とし，その後5% にする。このように CO_2 濃度を変化させることは貯蔵初期に時々起こる果面の CO_2 障害を防ぐ効果があるとしている。現在，米国，カナダで広く採用されている旭の CA 規準は，この SMOCK の報告に基づいたもので，この試験でもこのような CA 条件を採用したのである。

BLANPIED および DEWEY (3) は普通貯蔵と CA 貯蔵とで旭の品質の相違は約 100 日経過するまでは明らかにはならないが，その後次第に CA 貯蔵果実の優れた点が明瞭になってくるとしている。また旭の香気は温度が 0°C 近くの低温に保たれた場合失なわれることが報じられている (16, 2)。

この試験の結果では，3月または4月の調査で硬度および酸の保持率が高いこと，新鮮で食味の優れていることなどの点で CA 貯蔵の効果は明らかに認められた。また低温で発生すると言われている旭の core flush や，しばしば問題となる scald や CO_2 障害は認められず，CA 貯蔵の成績は良好であったということができる。しかし3～4月における CA 区の果実品質がすべての点で満足すべき状態だったというわけではなく，より一層新鮮さを保持するための条件を検討する余地は十分にあるように考えられる。

(2) 紅玉： 紅玉の CA 貯蔵は米国ではほとんどミシガン州に限られているが，オーストラリア，ニュージーランド，オランダなどの諸国での研究も少なくない。HALL および SYKES (18) は 5% CO_2，16% O_2 で普通冷蔵より好成績を得たとしている。MCGLASSON および JACOBSEN (9) は 5% CO_2，3% O_2，0°C がよいことを報じ，HUELIN および TINDALE (18) も同様の結果を得ている。ニュージーランドの MANDENO および PADFIELD (18) は 40～41°F，湿度 90%，7% CO_2，14% O_2 で貯蔵した紅玉は普通冷蔵より2箇月長く持たせることができたとしている。VAN HIELE (18) も紅玉には 40°F (4.5°C)，7% CO_2，13% O_2 がよいと報じている。BALLINGER (1) はミシガン州の紅玉について 0°C，5% CO_2，3% O_2 が最もよいことを見出し，その後，DEWEY, BALLINGER および PFLUG (4) らも，この条件のよいことを確認し，Jonathan spot をよく防ぎ，soft scald もほとんど発生せず，果実の品質保持についても供試した他の区より優れていたと報じている。現在でも米国においてはこの CA 条件が採用されているが，デリシャスと一緒に貯蔵する場合には 2～3% まで CO_2 濃度を下げてもよいとされている。この試験ではこの意味で 3% CO_2，3% O_2 の条件下で貯蔵した。その結果は紅玉で問題となっている Jonathan spot，soft scald などの発生はみられず，品質は普通冷蔵区に比べ極めて良効であった。ただ，ゴム病様の生理障害が発生し，多い区では 30% にも達した。これが CO_2 障害であるか否かは今後の研究にまたねばならないが，この障害の発生率が大果程大きいことは極めて興味深い現象で，今後，CA 貯蔵を行なう場合は大果は障害果発生の危険性が大きいので避けた方がよいものと思われる。

(3) デリシャス： デリシャスは主として米国，カナダで CA 貯蔵に多く利用されている。古く FISHER (7) はデリシャスの貯蔵に当たって CO_2 濃度が高いと果肉の粉状化を早めることを報じている。BUDISELICH および VAN DOREN (18) も 0～0.5% CO_2，2% O_2 のガス組成でデリシャスおよびゴールデン・デリシャスを5月まで貯蔵し，高い市場性を保たせることができたと報じている。SCHOMER および SAINSBURY (18) も CO_2 濃度は低くても，O_2 濃度を低くすれば空気貯蔵のものより外観，品質ともに優れていたことを報じている。しかしながら，この場合，デリシャス特有の香気を失なうことも付け加えている。この試験では 3% CO_2，3% O_2 のガス組成としたが，上述の如くデリシャスの場合，CO_2 濃度は低い方がよいとする報告もあり，ワシントン州では 1% 以下の CO_2 が推奨されている。試験の結果は表-4～6の通りで Air 区との間には大きな差が認められ，品質に対する CA 貯蔵の効果は十分に認められた。しかしながら長期貯蔵した場合，表-7 の如く，果肉褐変果の発生が著しかった。これは internal browning と同様のもので，ゴム類似症とも呼ばれ，冷温貯蔵により発生が多くなることが知られているが，CA 貯蔵によって更に発生が著しくなることから，冷温の外に CO_2 濃度も関係しているように考えられ，わが国におけるデリシャス系品種の CA 貯蔵普及に当たってまず解決しなければならない問題であると思われる。

V. 摘　　要

北海道産の旭，紅玉，デリシャスの3品種について，1962年から3年間，CA 貯蔵を実施し，従来の冷温貯蔵法と比較検討した。O_2 濃度は各品種とも 3%，CO_2 濃度は旭 5% (最初の1箇月のみ 3%)，その他の品種は 3% に調節した。貯蔵温度は旭 3°C，その他の品種は 0.5°C，湿度は各品種とも 95% 以上に保った。その結果は次の如くである。

1. CA 貯蔵庫の気密度は米国の規格を充分満足させ得るものであった。庫内の CO_2 は密閉後 4～5 日，O_2 は 20～25 日で規定値に達し，その後も規定通り保つことが出来た。

2. 3月または4月まで貯蔵した場合の比較では，各品種とも CA 貯蔵の果実は普通冷蔵のものに比べ，硬度および酸の含有率が高かった。

3. 食味テストの結果も，CA 貯蔵の果実が4月から

5月まで新鮮な状態で良好な品質を保持していたことを示した。

4. 以上の結果から，CA 貯蔵は普通冷蔵に比し果実の品質保持に極めて顕著な効果のあることが明らかである。

5. 紅玉，デリシャスの貯蔵末期において，果実に生理障害が見られたが，これは果実の大きいもの程著しく，ある程度以下の小果では障害果は少なかった。したがって大果は貯蔵には不適であり，CA 貯蔵にはある程度以下の小果を用いる方がよいと考えられる。

引 用 文 献

1) BALLINGER, W. E. 1955. Storage of Jonathan apples in controlled atmosphere and film crate liners. M. S. Thesis, Mich. State Univ.

2) BLANPIED, G. D. and SMOCK, R. M. 1961. Two factorial experiments on controlled atmosphere storage of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78 : 35-42.

3) ——— and DEWEY, D. H. 1960. Quality and condition changes of McIntosh apples stored in controlled atmospheres. Mich. State Quart. 42 (4) : 771-778.

4) DEWEY, D. H., BALLINGER, W. E. and PFLUG, J. J. 1957. Progress report on the controlled atmosphere storage of Jonathan apples. Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bul. 39 : 691-700.

5) ——— 1962. Factors affecting the quality of Jonathan apples stored in controlled atmospheres. Proc. XVIth International Hort. Congress, 1962.

6) 堂腰 純 1961. リンゴの貯蔵—Controlled Atmosphere Apple Storage について (1), (2). 農及園, 36. 11, 12.

7) FISHER, D. V. 1939. Storage of Delicious apples in artificial atmosphere. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37 : 459-462.

8) KIDD, F. and WEST, C. 1930. The gas storage of fruit II. Optimum temperature and atmospheres. J. Pomol. Hort. Sci. 8 : 67.

9) MCGLASSON, W. B. and JACOBSEN, J. V. 1960. Jonathans at Christmas with controlled atmosphere storage. Jour. Agr. Sci. Austral. 63 : 390-393.

10) 岡本辰夫・堀津圭佑・原田順厚 1961. リンゴ果実の Controlled Atmosphere Storage について. 農産加工技術研究会誌, 8. 4.

11) ———・———・——— 1963. リンゴ果実の Controlled Atmosphere Storage (CA 貯蔵) に関する研究 (第2報) 紅玉について. 日本食品工業学会誌, 10. 7.

12) PADFIELD, C. A. S. 1954. The storage of apples and pears. New Zeal. Dept. of Scientific and Industrial Research Bull. III.

13) PHILLIPS, W. R. and POAPST, P. A. 1952. Storage of apples. Canada Dept. Agr. Pub. 776 : 43.

14) PORRITT, S. W. and EDGE, E. D. 1960. Controlled atmosphere storage of apples. Canada Com. on Fruit and Veg. Preserv. 1960 : 15.

15) SMOCK, R. M. 1949. Controlled atmosphere storage of apples. N. Y. Agr. Col. (Cornell). Ext. Bul. 759.

16) ——— 1952. The influence of various temperatures during controlled atmosphere storage of McIntosh apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60 : 221-225.

17) ——— 1958. Controlled atmosphere storage of apples. N. Y. Agr. Col. (Cornell). Ext. Bul. 759.

18) U. S. DEPT. OF AGRICULTURE. 1965. A review of literature on harvesting, handling, storage and transportation of apples. ARS 51-4.

Summary

From 1962 to 1964 experiments were carried out on the effect of CA storage on McIntosh, Jonathan and Red Delicious apples grown in the northern part of Japan (Hokkaido). The following CA storage conditions were maintained in these experiments.

Temp. (°C)	Moist. (%)	O_2 (%)	CO_2 (%)	Variety
3	95-100	3	3-5	McInosh
0.5	95-100	3	3	Jonathan & Red Delicious

The results obtained may be summarized as follows :

1. The conditions of CA rooms remained satisfactory throughout the years and kept adequate oxygen and carbon dioxide levels.

2. Higher levels of firmness and acidity were found in fruit stored under CA conditions rather than in those under ordinary air conditioning in spring.

3. Sensory test showed that CA fruits kept their freshness until April or May.

4. It was apparent that CA treatments were more effective in keeping a high quality level than storage in air.

5. No disorders were observed in the McIntosh variety but disorders resembling "internal breakdown" and "internal browning" appeared in Jonathan and Delicious varieties. In these cases. higher percentages of disorder were found in larger fruits than in smaller ones.