

長期輸送に対応できるイチゴの鮮度および品質保持技術

飯村一成・大橋 隆・小林泰弘・大橋幸雄・重野 貴¹⁾・中西達郎¹⁾

摘要 : 貯蔵中のイチゴの品質保持技術の確立を目的とし、貯蔵中の温度と包装方法について検討した。貯蔵温度を0℃と5℃、Modified Atmosphere (MA) 包装の有無で、それぞれ貯蔵20日後の果実品質を調査した結果、貯蔵温度を0℃としMA包装を行うことで、イチゴの鮮度を高く維持できることが明らかとなった。また、MA包装を行った果実から不快臭の発生が認められたが、包装内の二酸化炭素濃度を低下させることによって発生を抑制できた。

キーワード : MA 包装, 貯蔵温度, ガス濃度, ゼオライト

Establishment of Freshness and Quality Maintenance Technology for Long-distance Transportation of Strawberry

Kazunari IIMURA, Takashi OOHASHI, Yasuhiro KOBAYASHI, Yukio OOHASHI,
Takashi SHIGENO and Taturou NAKANISHI

Summary: In order to establish a freshness maintenance technology for strawberry storage, we investigated storage temperature and packing method. Fruit quality was examined after 20 days of storage at a temperature of 0°C or 5°C with modified atmosphere (MA) package or no package. The combination of storage at a temperature of 0°C with MA packing resulted in a high maintenance of strawberry freshness. Moreover, the generation of unpleasant odors in the package can be reduced by decreasing the amount of carbon dioxide in the package.

Keyword: Gas Density, Modified Atmosphere Package, Storage Temperature, Zeolite

1) 現栃木県上都賀農業振興事務所

I 緒言

イチゴは、国内農作物の産出額では第 3 位の重要品目で、国内品種の果実品質は極めて高く、海外でも高い評価を受けている。2015 年の全国での輸出量は約 400 トンで主な輸出先は台湾、香港、シンガポール等である（財務省貿易統計、2015）。これは前年比で約 2 倍程度の増加となっており、今後も海外市場拡大が期待される。栃木県においても、栃木県農業振興計画 2016-2020 で、イチゴをはじめとした農産物の輸出促進を重点取り組みとして掲げている。しかし、イチゴは、輸送中や貯蔵中の傷みが起りやすく、市場拡大の大きな妨げになっている。

成熟したイチゴの日持ち性は、品種によって大きく異なる（望月ら、2001）。しかし、国内で栽培されている主要な品種は、果実が軟らかいものが多いこともあり、日持ちが短いものがほとんどである。そのため、国内の市場に流通しているイチゴは、日持ち性を確保する目的から、完熟する前に収穫し、貯蔵、流通中に果実の着色を進め、販売しているのが一般的である。イチゴは収穫後もアントシアニンの増加により着色が進行するため、完熟の果実とほぼ同様の外観になる（青柳ら、1981）。しかし、糖の蓄積と酸の減少は、収穫以前に、果実の発達とともに進行していくため、収穫後には糖の増加はほとんど見られない（青柳ら、1981；吉田ら、1992）。したがって、食味の優れる、高品質な果実を生産するためには、収穫前に果実を十分に成熟させるのが理想的である。しかし、イチゴは、果実の成熟とともに細胞壁成分であるペクチンが分解され軟化が進んでいくと考えられており（柏寄ら、2007）、完熟した果実は、特に柔らかく、収穫後の調整作業や流通過程で果実に傷みが発生しやすい。また、イチゴは果実の呼吸量も多いため（岩田ら、1969）、収穫後の果実の消耗、果実重の減少も長期貯蔵を困難にしている要因となっている。

栃木県において、2014 年に品種登録された栃木 i27 号（商標名スカイベリー、以下スカイベリーと表記）は、極めて大果で外観品質に優れ（重野ら、2015）、今後、輸出も含めた販路拡大が期待できる品種である。しかし、高級品種としての販売戦略を展開する上では、より長期間に亘って、果実の鮮度および品質を低下させることなく、消費地へと流通させる技術が必要不可欠である。

そこで、本試験ではスカイベリーを対象として、輸出などの長距離輸送や、高品質果実の流通を想定した、より長期間の安定貯蔵、流通技術確立のために、収穫後の貯蔵条件がイチゴの果実品質に与える影響について明らかにしたので報告する。

II 試験方法

1. 貯蔵温度および MA 包装の有無がイチゴ果実の品質に及ぼす影響（実験 1）

供試品種はスカイベリーを用いた。貯蔵温度は 0 °C と 5 °C の 2 水準、MA 包装として延伸ポリプロピレンフィルム（OPP フィルム（P プラス、住友ベークライト社））の包装有と包装無の 2 水準とし、これを組み合わせた 4 処理区を設け、1 処理区について 2 パックの果実を供試した。2013 年 2 月 15 日に、いちご研究所内ハウスでスカイベリー原色選果標準表（（社）とちぎ農産物マーケティング協会発行）に基づき、着色熟度が No. 2 の果実を収穫し、5 °C の予冷庫内に 2 ～ 3 時間静置した後、個々の果実について重量、外観、品質および臭気を調査し、内底面にウレタンマットを敷いた塩化ビニル製の平詰めパック（20 cm × 13 cm × 3.5 cm）に 1 パック 315 g 程度（6 ～ 7 果/パック）となるように果実を並べ、その上面をポリプロピレン（PP）フィルムラップで被覆した。包装有区は、OPP フィルムでパックを密封し、包装無区はパックの状態に貯蔵した。貯蔵はいちご研究所内の予冷庫で 20 日間行った。

貯蔵 10 日後、20 日後に、貯蔵中の 1 パックの全果実について個々の果実ごとに、処理開始時と同様に重量、外観、品質および臭気を調査した。外観のうち、ガクの鮮度は五段階評点法（1:ガク全体が褐変、2:ガクの一部が褐変、3:ガク全体が萎れ、4:ガクの一部が萎れ、5:ガクの萎れなし）で行った。果実の着色熟度は、スカイベリー原色選果標準表の着色熟度 No. とし、果皮の光沢は五段階評点法（1:光沢が全くない、2:光沢がほとんどない、3:収穫時に比べ光沢が劣る、4:収穫時に比べ光沢がやや劣る、5:収穫時の光沢と同等）で評価した。果実の損傷果率は果皮の微小な剥離や果実表面の陥没などが見られる果数を、カビの発生果率は同様にカビが発生した果数をそれぞれ目視にて計測し、これらを総果数で除した割合を損傷果率およびカビ発生果率として算出した。貯蔵に伴う果汁の浸出程度は、調査対象の 1 パック内で果汁の浸出が見られた果実数をパック内の総果数で除して果汁浸出果率として評価した。加えて、果実外観を総合的に評価し、調査対象の 1 パック内の商品性を有する果実数をパック内の総果数で除して外観可販果率とした。果実の臭気は、果実の不快臭を五段階評点法（1:無し、2:やや有り、3:有り、4:やや強い、5:強い）で評価した。果実品質については、貫入式硬度計（DPS-2、IMADA 社）を用いて果皮貫入時の硬度を調査した後、糖度計（Brixmeter RA-410、KEM 社）及び酸度計（Coulometric Acidity meter CAM-500、KEM 社）を用いて全果実を潰してガーゼで濾した果汁の糖度及び酸

度を調査した。なお、酸度及び硬度は処理開始時並びに貯蔵 10 日後のみ調査した。

2. 包装資材のガス通気量の違いがイチゴ果実の品質に及ぼす影響 (実験 2)

供試品種はスカイベリーを用いた。処理は実験 1 と同様の OPP フィルムを用いた通気量少区、OPP フィルムの通気量を 1.5 倍とした通気量多区 (いずれも P プラス、住友ベークライト社) とし、対照として OPP フィルムで包装しない無包装区の 3 処理区を設け、1 処理区について 3 パックの果実を供試した。2014 年 4 月 11 日に栃木県栃木市内のイチゴ生産ほ場にて着色熟度 No. 1 の果実 (1 果重 30~40 g) を収穫し、実験 1 と同様な手順でパック詰めした。通気量少区および通気量多区は、パックごとに各 OPP フィルムで密封し、無包装区はパックの状態にていちご研究所内の予冷庫に 0 °C で 20 日間貯蔵した。貯蔵開始当日、5 日後、10 日後、15 日後、20 日後に包装内のガス組成、果実の重量、外観、品質について調査した。

調査は、包装内のガス組成について O₂/CO₂ 分析計 (CHECKPOINT II, PBI Dansensor) を用いて酸素、二酸化炭素濃度を測定した後、パック単位で果実重を計測し、果実毎に果実外観を調査し、その後に 1 パックにつき 5 果を抽出し、果実品質を調査した。果実外観のうち、ガクの鮮度については、実験 1 と同様の方法で行い、果皮色は果実の上面部、底面部それぞれについて五段階評点法 (1: 淡い, 2: やや淡い, 3: 良好, 4: やや濃い, 5: 濃い) で評価した。品質は、実験 1 と同様の糖度、硬度調査に加え、果汁を蒸留水で 3 倍希釈し、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により糖組成を調査した。なお、HPLC システムの送液ポンプ (880-PU)、カラムオープン (865-CO)、検出機 (830-RI) は日本分光社製、カラム (SC1011) は shodex 社製を用い、カラムオープン内の温度は 80 °C、送液量は 1 ml min⁻¹ とした。果実の臭気は実験 1 と同様に調査した。

3. MA 包装における二酸化炭素吸着剤 (ゼオライト) 量が貯蔵果実の臭気に及ぼす影響 (実験 3)

供試品種はスカイベリーを用いた。MA 包装内に果実と一緒にゼオライトをそれぞれ 0 g, 1 g, 3 g, 5 g 同梱する 4 処理区を設け、1 処理区当たり 3 パックの果実を供試した。2015 年 3 月 20 日に栃木県栃木市の生産者ほ場にて、着色熟度 No. 1 の果実 (1 果重 30~40 g) を収穫し、実験 1 と同様な手順でパックに詰めた。その後、実験 2 の通気量多区と同様の OPP フィルムを用いてパックごとに包装し、包装の際に各処理ごとに合成ゼオライト (1.4 mm~2.36 mm, WAKO 社) を同梱した。なお、0 g 区は OPP フィルムの包装のみとした。

包装後、いちご研究所内の予冷庫に 0 °C で 20 日間貯蔵した。

貯蔵開始当日、貯蔵 20 日後に、包装内のガス組成、果実の重量、外観、臭気について調査した。包装内のガス濃度は実験 2 と同様の方法で測定し、外観のうち、ガクの鮮度、果皮の光沢は実験 1、果皮色は実験 2 と同様に調査した。果実の臭気は実験 1 と同様に調査した。

4. MA 包装における包装方法の違いが貯蔵果実の臭気に及ぼす影響 (実験 4)

供試品種にはスカイベリーを用いた。OPP フィルム包装をパック単位で行うパック包装区と、箱単位で行う箱包装区の 2 処理区を設け、1 処理区当たり 3 パックの果実を供試した。果実の収穫、パック詰めは実験 3 と同様に行い、その後、実験 2 で用いた OPP フィルムの通気量多区と同様のものを用いて、パック包装区は 1 パックごとに、箱包装区はスカイベリーの出荷箱 (28 cm×22 cm×6 cm, 1 箱 2 パック入り) ごとに包装した。包装後、いちご研究所内の予冷庫に 0 °C で 20 日間貯蔵した。

調査は、貯蔵開始当日、10 日後、15 日後、20 日後に、包装内のガス組成、果実の重量、外観、臭気について行った。包装内のガス濃度は実験 2 と同様の方法で測定し、果実外観のうち、ガクの鮮度、果皮の光沢は実験 1、果皮色は実験 2 と同様に調査した。果実の臭気は実験 1 と同様に調査した。

III 結果

1. 貯蔵温度および MA 包装の有無がイチゴ果実の品質に及ぼす影響 (実験 1)

果実外観の変化を第 1 表に示した。ガクの鮮度は、いずれの区も経時的に劣化が認められ、特に、貯蔵 20 日後の 5 °C-包装無区で劣化が顕著で、その他の区では軽微な劣化のみ認められた。果実表面の損傷は、いずれの処理でも貯蔵 10 日後から見られた。貯蔵 20 日後の損傷果率は 5 °C-包装有区、5 °C-包装無区の 2 区が高く、0 °C 貯蔵の 2 区では低く抑えられていた。カビの発生は、貯蔵 10 日後では 5 °C-包装無区でのみ認められ、20 日後では、5 °C-包装無区、5 °C-包装有区の 2 区で認められた。特に、貯蔵 20 日後の 5 °C-包装無区はカビの発生率が 100 % と極めて高かった。果汁の浸出は 5 °C-包装無区のみで認められ、貯蔵 10 日後の浸出果率は 33 %、20 日後には 100 % となった。果実の熟度については、貯蔵 10 日後では、5 °C-包装無区のみでやや果実の着色が進んだが、貯蔵 20 日は、いずれの区も果実の着色が進み、特に 5 °C-包装無区で大きく進行した。果実の光沢は、貯蔵 10 日後からいずれの区も劣化が進み、貯蔵 20

第1表 貯蔵温度およびMA包装の有無がイチゴの外観品質に及ぼす影響

処理	ガクの鮮度指数 ¹⁾	損傷果発生率 ²⁾		カビ果発生率 ³⁾		果汁浸出果率 ⁴⁾		果実熟度指数 ⁵⁾		果実光沢指数 ⁶⁾		外観可販果率 ⁷⁾			
		10日後	20日後												
5℃	包装有	4.0	3.8	71	67	0	33	0	0	1.5	1.4	4.7	3.2	100	67
	包装無	4.0	1.0	100	100	17	100	33	100	1.1	1.0	4.1	1.0	67	0
0℃	包装有	4.6	4.0	88	17	0	0	0	0	1.5	1.3	4.6	4.0	100	100
	包装無	4.6	4.0	100	17	0	0	0	0	1.5	1.2	4.4	3.5	75	100

注1. ガクの鮮度指数は、1:ガク全体が褐変、2:ガクの一部が褐変、3:ガク全体が萎れ、4:ガクの一部が萎れ、5:ガクの萎れなしとして評価した。
 2. 損傷果発生率は、果実表面の損傷が認められた果実数を総供試果数で除して求めた。
 3. カビ面積率は、カビの発生が認められた果実数を総供試果数で除して求めた。
 4. 果汁浸出果率は、果汁の浸出が認められた果実数を総供試果数で除して求めた。
 5. 果実熟度指数は、スカイベリー原色鮮果基準の熟度No値に準じて評価した。供試果実の収穫時の指数は1.5であった。
 6. 果実光沢指数は、収穫時点の光沢を5、光沢が全くない状態を1とし、達観にて5段階評価した。
 7. 外観可販果率は、調査時において果実外観が商品性を有する果実数を総供試果数で除して求めた。

第2表 貯蔵温度およびMA包装の有無がイチゴの果実品質に及ぼす影響

処理	果実重 ¹⁾	糖度 Brix			酸度 %		硬度 g/φ2mm		不快臭指数					
		収穫時	10日後	20日後	収穫時	10日後	収穫時	10日後	収穫時	10日後	20日後			
5℃	包装有	100.0	99.9	99.5	8.1 (100.0) ²⁾	7.5 (93.0)	6.0 (74.0)	0.38 (100.0)	0.41 (109.0)	74 (100.0)	65 (87.7)	1.0	1.0	4.0
	包装無	100.0	97.6	89.4	8.1 (100.0)	7.8 (96.1)	6.0 (74.0)	0.38 (100.0)	0.38 (100.0)	74 (100.0)	58 (77.5)	1.0	1.0	1.0
0℃	包装有	100.0	100.0	99.4	8.1 (100.0)	8.1 (100.0)	5.7 (70.7)	0.38 (100.0)	0.34 (88.7)	74 (100.0)	71 (95.6)	1.0	1.0	2.0
	包装無	100.0	97.7	95.4	8.1 (100.0)	8.4 (104.5)	7.4 (91.4)	0.38 (100.0)	0.27 (71.0)	74 (100.0)	80 (108.0)	1.0	1.0	1.0

注1. 果実重の変化は、収穫時の果実重を100として、果実重の対比値を示した。
 2. 糖度、酸度、硬度の () 内の数値は、収穫当日を100とした対比値を示した。

日後の指数は 5℃-包装無区が他の区と比較して極めて低かった。外観可販果率は、貯蔵 20 日後において、0℃-包装有区、0℃-包装無区が 100%となり、0℃貯蔵の 2 区の果実可販率が高く維持され、5℃-包装無区は可販果率が 0%となり、販売できる果実は認められなかった。

果実品質の変化を第 2 表に示した。果実重は 5℃-包装無区、0℃-包装無区の 2 区が 10 日後から大きく減少し、20 日後は 5℃-包装無区が 89.4%、0℃-包装無区が 95.4%となった。5℃-包装有区と 0℃-包装有区は貯蔵 20 日後も果実重の大きな減少は見られなかった。糖度はいずれの区も経時的に減少する傾向が見られたが、0℃-包装無区が他の区に比べてやや高く維持された。貯蔵 10 日後の酸度は、0℃-包装無区、0℃-包装有区では減少し 5℃-包装無区ではほぼ変化は見られず、5℃-包装有区ではやや増加した。貯蔵 10 日後の硬度は、0℃-包装無区は 80 g/φ2 mm で、収穫時よりやや高くなり、0℃-包装有区は 71 g/φ2 mm でほぼ変わらず、5℃-包装有区は 65 g/φ2 mm、5℃-包装有区は 58 g/φ2 mm と 5℃貯蔵の 2 区が減少した。果実の不快臭は 20 日後に 5℃-包装有区、0℃-包装有区の 2 区で発生し、特に 5℃-包装有区で強かった。

2. 包装資材のガス通気量の違いがイチゴ果実の品質に及ぼす影響 (実験 2)

果実外観の変化について第 3 表に示した。ガクの鮮度は

いずれの区も 10 日後から劣化が見られ、特に無包装区で顕著であった。果皮色の変化は果実底面部で 10 日後から、果実上面部では 15 日後から認められた。果実底面部は、通気量少区、および通気量多区で果皮色が淡くなる傾向が認められ、無包装区では淡くなる果実と濃くなる果実が混在していた。果実上面部はいずれも濃くなる傾向が認められた。

果実品質の変化について第 4 表に示した。果実重は無包装区と比較して、通気量多区、通気量少区の包装有りの 2 区で減少率が小さかった。果実の硬度の経次的変化や処理間差については、一定の傾向が認められなかった。果実の不快臭は処理 20 日後にすべての区で感じられるようになり、通気量少区、通気量多区、無包装区の順に強かった。

包装内の酸素濃度、二酸化炭素濃度の推移を第 1 図に示した。包装内の酸素濃度は経時的に低下し、二酸化炭素濃度は増加した。通気量少区は通気量多区と比較して、常に酸素濃度は低く、二酸化炭素濃度は高く推移した。通気量少区では貯蔵 15 日後から 20 日後にかけて酸素濃度の減少と、二酸化炭素濃度の増加が顕著であった。

貯蔵中の糖度および糖組成の推移を第 2 図に示した。糖度は貯蔵期間を通していずれの区も大きな変化は認められなかった。スクロースは、いずれの区も貯蔵 10 日後から 15 日後にかけて急激に減少し 20 日後には増加した。グルコースおよびフルクトースは貯蔵開始から 15 日後にかけて増加した後、減少に転じた。

第3表 包装資材のガス通気量がイチゴの外観品質に及ぼす影響

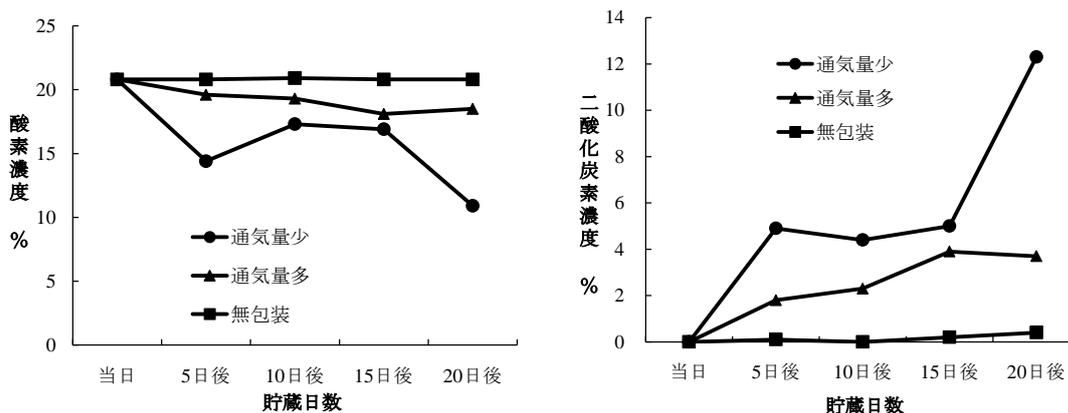
処理	ガクの鮮度指数 ¹⁾					果皮色指数 ²⁾									
	収穫時	5日後	10日後	15日後	20日後	収穫時		5日後		10日後		15日後		20日後	
						上面	底面	上面	底面	上面	底面	上面	底面	上面	底面
通気量少	5.0	5.0	4.9	4.4	3.4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	3.0	2.7	3.2	2.6
通気量多	5.0	5.0	4.9	4.4	3.4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	3.0	2.6	3.3	2.6
無包装	5.0	5.0	4.3	4.0	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2	3.0	3.4	2.8

注1. ガクの鮮度指数は、1:ガク全体が褐変、2:ガクの一部が褐変、3:ガク全体が萎れ、4:ガクの一部が萎れ、5:ガクの萎れなしとして評価した。
 2. 果皮色指数は、バック詰めした状態で上側となる果実面を上面、バックの底面と接する側の果実面を底面とし、1:淡い、2:やや淡い、3:良好、4:やや濃い、5:濃いとして評価した。

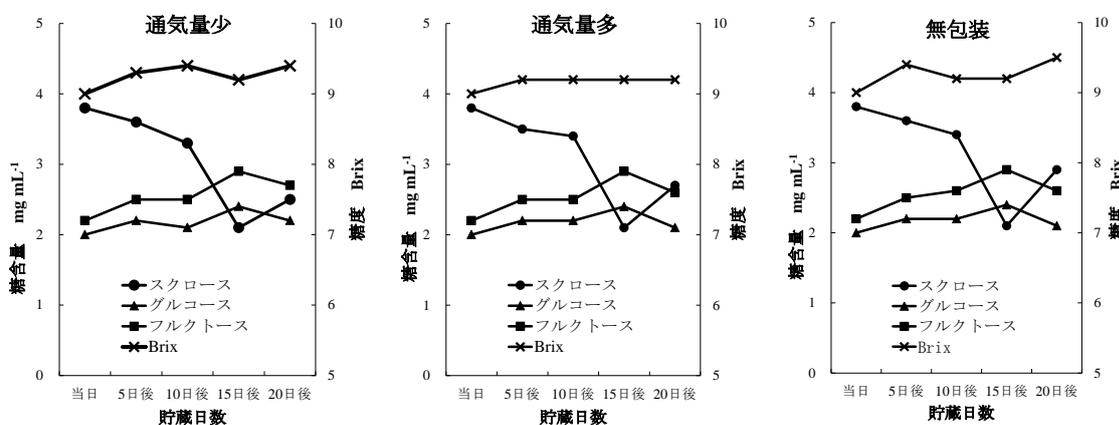
第4表 包装資材のガス通気量がイチゴの果実品質に及ぼす影響

処理	果実重 ¹⁾					硬度 g/φ2mm					不快臭指数 ²⁾				
	収穫時	5日後	10日後	15日後	20日後	収穫時	5日後	10日後	15日後	20日後	収穫時	5日後	10日後	15日後	20日後
	通気量少	100.0 ^a	99.3 ^a	99.3 ^a	99.3 ^a	99.0 ^a	61 ^a	58 ^a	62 ^a	57 ^a	68 ^a	1.0	1.0	1.0	1.0
通気量多	100.0 ^a	99.3 ^a	99.4 ^a	99.2 ^a	98.2 ^a	61 ^a	68 ^a	64 ^a	55 ^a	59 ^a	1.0	1.0	1.0	1.0	3.7
無包装	100.0 ^a	98.4 ^b	98.3 ^b	98.0 ^b	97.1 ^b	61 ^a	62 ^a	57 ^a	57 ^a	55 ^a	1.0	1.0	1.0	1.0	2.7

注1. 果実重の変化は、収穫時の果実重を100として、果実重の対比値を示した。
 2. 不快臭指数は、1:不快臭無し、2:わずかに不快臭有り、3:不快臭有り、4:やや強い不快臭有り、5:不快臭有りとして評価した。
 3. 異なるアルファベット間ではTukey法により5%水準で有意差あり(n=3)



第1図 包装資材のガス通気量が包装内の酸素、二酸化炭素濃度に及ぼす影響



第2図 包装資材のガス通気量がイチゴ果実の糖度、糖組成に及ぼす影響

3. MA包装における二酸化炭素吸着剤（ゼオライト）量が貯蔵果実の臭気に及ぼす影響（実験3）

貯蔵20日後の包装内の酸素濃度、二酸化炭素濃度を第5表に示した。いずれの区も酸素濃度は低下し、二酸化炭素濃度は増加することが認められた。ゼオライトの同梱量が多いほど酸素濃度は高く、二酸化炭素濃度は低くなる傾向が認められた。

果実外観の変化を第6表に示した。ガクの鮮度は、いずれの区も劣化が見られたが、処理による大きな差は認められなかった。果皮色、光沢はいずれの区も大きな変化がなく差は認められなかった。

果実品質の変化を第7表に示した。果実重はいずれの区も大きな変化は認められなかった。果実の不愉快臭はゼオライト同梱無し区でのみやや認められ、ゼオライト量間の差はなかった。

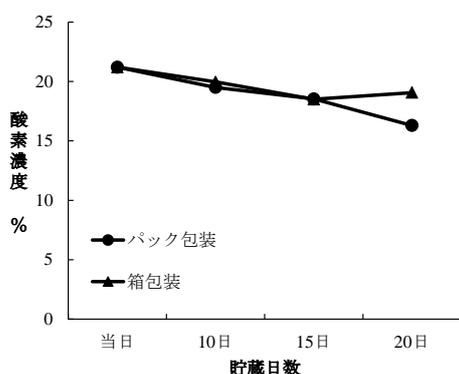
第5表 MA包装におけるゼオライト量が包装内のガス濃度に及ぼす影響

処理	酸素濃度	二酸化炭素濃度
ゼオライト量	%	%
0g	16.3	6.9
1g	17.2	4.7
3g	18.0	3.7
5g	18.2	3.3

第6表 MA包装におけるゼオライト量がイチゴの外観品質に及ぼす影響

処理 ゼオライト量	ガクの鮮度指数 ¹⁾		果皮色指数 ²⁾		果実光沢指数 ³⁾	
	収穫時	20日後	収穫時	20日後	収穫時	20日後
0g	5.0	3.3	3.0	3.1	5.0	4.7
1g	5.0	2.8	3.0	3.2	5.0	4.7
3g	5.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.8
5g	5.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.8

注1. ガクの鮮度指数は、1:ガク全体が褐変、2:ガクの一部が褐変、3:ガク全体が萎れ、4:ガクの一部が萎れ、5:ガクの萎れなしとして評価した。
 2. 果皮色指数は、果実全体を、1:淡い、2:やや淡い、3:良好、4:やや濃い、5:濃いとして評価した。
 3. 果実光沢指数は、収穫時点の光沢を5、光沢が全くない状態を1とし、遠観にて五段階評価した。



第3図 MA包装における包装方法の違いが包装内の酸素および二酸化炭素濃度に及ぼす影響

4. MA包装における包装方法の違いが貯蔵果実の臭気に及ぼす影響（実験4）

包装内の酸素濃度、二酸化炭素濃度の変化を第3図に示した。酸素濃度はいずれの区も経時的に減少し、二酸化炭素は増加した。酸素濃度は貯蔵15日後までは処理区間の大きな差は見られなかったが、貯蔵20日後には、バック包装区で低かった。二酸化炭素濃度は、貯蔵期間を通して、バック包装区で高く維持され、特に20日後に大きく増加した。

果実外観の変化を第8表に示した。ガクの鮮度は、貯蔵20日後にはいずれの区も劣化が見られ、処理間ではバック包装区で大きかった。果皮色は、貯蔵期間を通して、いずれの区も大きな変化は見られなかった。光沢は、貯蔵期間を通して、軽微な劣化しか見られず、処理による大きな差は認められなかった。

果実品質の変化を第9表に示した。果実重は箱包装区がやや減少率が大きかった。果実の不愉快臭は貯蔵20日後に、バック包装区でやや認められた。

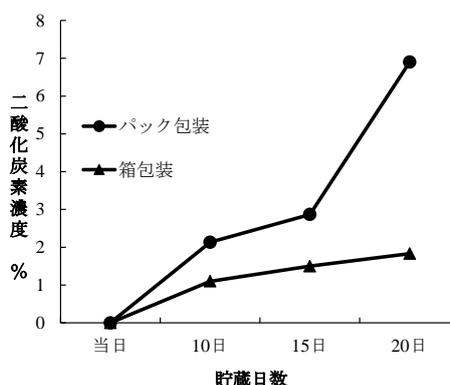
IV 考察

青果物を長期にわたり安定的に貯蔵する技術は、長距離輸送や販売時の品質向上において、極めて重要である。収穫後の品質低下の防止方法としては、温度、湿度、気相環

第7表 MA包装におけるゼオライト量がイチゴの果実品質に及ぼす影響

処理 ゼオライト量	果実重の変化 ¹⁾ %		不愉快臭指数 ²⁾	
	収穫時	20日後	収穫時	20日後
0g	100	99.9	1.0	2.0
1g	100	99.9	1.0	1.0
3g	100	99.8	1.0	1.0
5g	100	99.7	1.0	1.0

t検定³⁾ ns ns
 注1. 果実重の変化は、収穫時の果実重を100として、果実重の対比值を示した
 2. 不愉快臭指数は、1:不愉快臭無し、2:わずかに不愉快臭有り、3:不愉快臭有り、4:やや強い不愉快臭有り、5:不愉快臭有りとして評価した。
 3. 表中のnsは検定による有意差無しを表す(n=3)



第8表 MA包装における包装方法の違いがイチゴの外観品質に及ぼす影響

処理	ガクの鮮度指数 ¹⁾				果皮色指数 ²⁾				果実光沢指数 ³⁾			
	収穫時	10日後	15日後	20日後	収穫時	10日後	15日後	20日後	収穫時	10日後	15日後	20日後
パック包装	5.0	5.0	5.0	3.3	3.0	2.9	2.9	3.1	5.0	4.8	4.9	4.7
箱包装	5.0	5.0	5.0	4.2	3.0	3.0	3.1	3.0	5.0	4.9	4.7	4.9

注1. ガクの鮮度指数は、1:ガク全体が褐変、2:ガクの一部が褐変、3:ガク全体が萎れ、4:ガクの一部が萎れ、5:ガクの萎れなしとして評価した。
 2. 果皮色指数は1:淡い、2:やや淡い、3:良好、4:やや濃い、5:濃いとして評価した。
 3. 果実光沢指数は、収穫時点の光沢を5、光沢が全くない状態を1とし、達観にて五段階評価した。

第9表 MA包装における包装方法の違いがイチゴの果実品質に及ぼす影響

処理	果実重 ¹⁾ %				不快臭指数 ²⁾			
	収穫時	10日後	15日後	20日後	収穫時	10日後	15日後	20日後
パック包装	100	99.9	99.9	99.9	1.0	1.0	1.0	2.0
箱包装	100	99.2	99.1	99.0	1.0	1.0	1.0	1.0
t検定 ³⁾	ns	*	*	*				

注1. 果実重の変化は、収穫時の果実重を100として、果実重の対比值を示した。
 2. 不快臭指数は、1:不快臭無し、2:わずかに不快臭有り、3:不快臭有り、4:やや強い不快臭有り、5:不快臭有りとして評価した。
 3. 表中のnsはt検定による有意差無しを、*は5%水準で有意差有りを表す(n=3)。

境の調節が有効とされており、現在、様々な品目において、流通におけるコールドチェーンの徹底や、フィルムの種類、包装方法を工夫し、ガス濃度を調節して鮮度を保つ MA 包装の技術が開発されている (鈴木, 2007; 波部・土井 2011)。

イチゴの果実においても、低温管理は鮮度保持の効果的な方法として以前から導入されている (石井, 1984)。イチゴ果実は、収穫後も活発に呼吸を行っているが、その呼吸量は温度によって大きく変化し、低温条件下では、呼吸や消耗、生理活性が抑えられ、品質を長期間維持することができると考えられる (劉・小島 1997)。実験 1 では貯蔵温度と OPP フィルムを組み合わせることで鮮度、品質維持効果について検討した。貯蔵温度については、0℃貯蔵は 5℃貯蔵より果実の品質や、商品性が高く維持され、高い鮮度保持効果があることが明らかになった。また、鮮度が高く保たれる理由としては、果汁の浸出が抑えられたことや硬度が高く維持されたことから、低温貯蔵によって、果実の呼吸や生理活性が抑制されることによるものと考えられた。また、低温により、果実内の水分減少が抑えられ、果実重の減少や、外観品質に大きな影響を与えるガクの萎れや、光沢の劣化が軽減されたことや、低温により果実表面のカビの増殖が抑制されたことも、果実品質を維持する上で非常に有効であると考えられた。OPP フィルムの有無については、無包装に比べて、OPP フィルムで密封した処理区が果実の鮮度が高く維持され、特に 5℃貯蔵の条件下において顕著な差が見られた。OPP フィルムによる MA 包装は、フィルムに施した加工によって酸素通気量を調節することができ、包装内を低酸素、高二酸化炭素状

態に保つことが可能である。今回の試験では、包装内の二酸化炭素濃度の上昇によって、呼吸の抑制がされたことと、密封したことによって適度な湿度が保持され、果実の水分の蒸散量が低下したことで、果実品質の保持効果が見られたと考えられた。特に、5℃貯蔵では、包装有区と比較して包装無区では果実外観、品質が大きく劣化した。これは、5℃貯蔵では、果実の呼吸量がより多くなるため、包装による呼吸抑制の差が顕著に表れたためと考えられた。0℃貯蔵においては、包装の有無による品質劣化の差は 5℃貯蔵と比べて小さかったが、包装有区の方が果実の光沢や、果実重が高く維持されたことから、十分な低温条件においても、OPP フィルムを用いて MA 包装を行うことで鮮度保持の効果がより高まると考えられた。曾根 (2011) は、品種福岡 S6 号 (商標名あまおう) において、貯蔵温度 0℃で MA 包装を行うことにより、鮮度を長期間維持できたことを報告しており、スカイベリーにおいても同様に貯蔵温度 0℃で、MA 包装をすることでより高い鮮度保持効果が得られる結果となった。しかし、OPP フィルムで密封した区で、無包装では発生しなかった不快臭が確認され、OPP フィルムの利用に関しては、不快臭の防止という点において課題が残った。

次に、実験 2 では、0℃貯蔵において、通気量の異なる 2 種の OPP フィルムを用いて鮮度保持効果に関して試験を行った。本試験の結果では、2 種の OPP フィルム包装内の酸素濃度、二酸化炭素濃度は、貯蔵期間中を通して差が認められたが、ガクの劣化や果皮色、光沢等に大きな差が見られなかった。したがって、十分な低温条件の下においては、

OPP フィルムの通気量、二酸化炭素濃度は、果実の外観には大きな影響を与えず、通気量の多いOPPフィルムによる包装でも無包装と比較して、高い鮮度保持効果が期待できると考えられた。しかし、貯蔵 20 日後に確認された果実の臭気については、無包装に比べて、包装を行った二つの区で強く、処理間では通気量が少ないフィルムで包装した通気量少区で強かった。OPP フィルムを用いた MA 包装については、しばしば包装内の高二酸化炭素条件によって、青果物が嫌気呼吸を生じ、異臭が発生することが報告されている (波部ら, 2011)。本試験においても、包装内の二酸化炭素濃度が高い処理区が、より強い臭気を発していることから、二酸化炭素濃度の上昇が臭気発生 の要因になっていると考えられた。

実験 1, 実験 2 において、OPP フィルムによる MA 包装はイチゴの鮮度保持に高い効果が期待できることが明らかになったが、同時に二酸化炭素濃度の上昇による臭気 の発生が問題になると考えられた。そこで、実験 3 および実験 4 は、いずれも二酸化炭素濃度上昇による臭気発生 の抑制という目的で試験を行った。実験 3 では、包装内に二酸化炭素を吸着する特性を持つゼオライトを同梱する処理を行った結果、ゼオライトを同梱した処理区では包装内の二酸化炭素の濃度が低下し、同梱量が多くなるほど二酸化炭素濃度が低くなる傾向があった。また、果実外観品質には大きな差が見られなかったが、臭気については、同梱無し の処理区で認められたのみで、ゼオライトを同梱した処理区では臭気 の発生は見られなかった。また、実験 4 では、包装方法をパック単位からよりパック数の多い箱単位にして、1 果実当たりの包装内の容積を 2 倍程度増加させた処理を行った結果、パック単位と比べて箱単位の包装では、実験 3 と同様に、二酸化炭素の極端な上昇が抑えられ、臭気 の発生防止効果が見られた。このことから、果実の鮮度保持に MA 包装を利用する際には、フィルムの通気量の調整や、ガス吸収素材の利用、包装方法の工夫などで、包装内の二酸化炭素濃度を適正な範囲にコントロールすることが可能になり、高濃度の二酸化炭素による不快な臭気を抑制できることが明らかとなった。

本試験では、イチゴ果実の長期貯蔵技術を確認するため、貯蔵温度や MA 包装の有無及び MA 包装資材の通気量の違いが、貯蔵中のイチゴ果実の外観及び果実品質に及ぼす影響について検討し、果実の外観保持においては、貯蔵温度は 5℃よりも 0℃が優れること、果実重の減少に関しては無包装に比べ、MA 包装で優れることを明らかにした。加えて、MA 包装を施したイチゴ果実は貯蔵期間の経過に伴い果実から不快臭が発生しやすく、その要因として MA 包装内の二酸化炭素濃度の上昇が強く関わっていることを明らかとし、不快臭抑制技術としては、MA 包装資材の通気量や、

MA 包装内の空気量を増加させること、またはゼオライトなどの二酸化炭素吸着資材の同梱が極めて有効であることを明らかにした。

なお、今回は複数の年に亘って試験を行ったことから、実験ごとに異なる栽培環境、ほ場で育成された果実を供試しているが、収穫以前の栽培環境や、収穫作業の方法等も鮮度に関わる重要な要因になると考えられる。また、MA 包装を行うにあたっては、ガス濃度の他に湿度条件も十分に考慮する必要があると考えられる。今後は、本試験の成果を踏まえ、貯蔵温度や包装資材に加えて、栽培環境が収穫後の果実品質に与える影響や、貯蔵中の適切な湿度条件など、様々な条件検討を行うことによって、船便などの低コストな輸出にも対応可能な、安定した長期輸送技術の確立が可能になると考えられ、イチゴの販路拡大に大きく寄与することが期待される。

謝 辞

本試験を遂行するにあたり、宇都宮大学の柏寄勝准教授には、包装内のガス濃度の測定方法についてご助言いただいた。また、住友ベークライト社の山田毅氏には、試験に用いる OPP フィルムを提供いただいた。また栃木県農業試験場の浅川利子氏、栃木県農業試験場いちご研究所の稲葉正雄氏、堀井数己氏、鈴木和吉氏にはほ場、栽培管理にご尽力をいただいた。また、本研究をまとめるにあたり、栃木県農業試験場いちご研究所の石原次長兼所長に多大なご助言をいただいた。深く感謝の意を表する。

引用文献

- 青柳光昭・牧野朗 (1981) イチゴ果実の品質保持に対する収穫熟度と低温流通の効果, 園学雑 49: 583-591
- 石井勝 (1984) 我が国における青果物の予冷出荷の現状と研究の動向, 日食工学会誌 31:470-476
- 岩田隆・大亦郁子・緒方邦安 (1969) 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係, 園学雑 38:279-286
- 柏寄勝・永末健・五月女英平・中島教博・大森定夫 (2007) イチゴ果実硬度の非破壊測定に関する基礎的研究, 農業機械学会誌 69(6):49-56
- 望月龍也・稲川裕・船倉英一郎・野口裕司・曾根一純 (2001) 促成イチゴ果実における日持ち性の評価方法と品種間差, 野菜茶試研報 16:1-7
- 波部一平・土井香織 (2011) MA 包装貯蔵を主体としたブロッコリーの鮮度保持, 長崎農林センター研報 2: 97-118
- 劉蛟艶・小島孝則 (1997) 振動及び貯蔵温度がイチゴ

の品質変化に及ぼす影響, 農業施設 28:135-142
重野貴・直井昌彦・植木正明・家中達広・岡村昭子・須永
哲央・小林泰弘・永嶋麻美・稲葉幸雄・畠山昭嗣・癸
生川真也・豊田明奈・中西達郎 (2015) 極大果イチ
ゴ品種「栃木 i27 号」の育成, 栃木農試研報 73:
85-100
曾根一純 (2011) 八分着色イチゴ果実の MA 包装と低
温貯蔵を組み合わせた鮮度保持技術, 農業およ

び園芸 86:713-719
鈴木芳孝 (2007) パーシャルシール包装による青果物
の品質保持技術の開発, 日食保蔵誌 33(3):
135-141
吉田裕一・西田育代・中條敏明・藤目幸擴 (1992) イチ
ゴ数品種のそう果と花床の生長および糖蓄積, 園学
雑 61(別 1):366-367

