

# 青果物包装にみる技術開発の歩みと今後の課題

農林水産省中国農業試験場

太田 英明

青果物に対して消費者の高級化、多様化の志向は益々高まり、高品質青果物が強く求められている。特に、生鮮食品である青果物についても、高品質化のための生産技術のみならず、収穫後いかに鮮度良く、安全に流通させるかという鮮度保持・流通技術が重要な関心事となってきた。この青果物の流通においても、低温流通（コールドチェーン）の重要性が認識されて久しい。今日においても温度・湿度管理が青果物の鮮度保持技術の基本であることには変わらない。農林水産省の施策、農協等の流通団体の努力により、予冷・保冷技術はかなり定着してきた。しかし、わが国の青果物流通全体からするとなおコールドチェーンが確立しているとは言い難い。また、従来の低温に加え、蒸散による青果物の目減り防止と合わせ、青果物の鮮度低下の最大の原因である呼吸を抑制するために、青果物の置かれた周辺のガス組成を調節する方法として積極的に包装を活用することも検討されてきた。

ここでは、青果物の生理特性を踏まえながら、近年における主に内包装資材の動向を述べた後、機能性フィルムの評価、ならびに食品と包装材の相互作用などを通じて、青果物包装に係わる今後の課題に言及したい。

## 1. 収穫後の青果物の鮮度に影響する生理作用

青果物の生理特性は流通の基本となるため、再度復習しておきたい。

### (1) 青果物の呼吸作用と呼吸熱

青果物は呼吸作用を営み、体内成分（糖・酸）を酸化して生理化学反応を行ない、生体維持に必要なエネルギーを得ている（図1）。

多くの青果物の呼吸速度では、20℃の常温付近における呼吸量に比べ、5℃という低温では呼吸速度が1/2～1/5に減少し、0℃ではさらに低下し、低温が最も有効かつ基本的な鮮度保持法であることを示している（表1）。

好氣的条件下では呼吸の代表的基質であるグルコースが水と二酸化炭素になる過程で(1)式のように1モルのグルコースから686 Kcalの熱エネルギーが生成する。

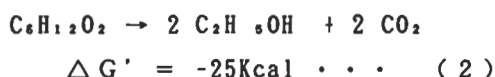


この生成したエネルギーのうち、44%はトリカルボン酸（TCA）回路によ

って、アデノシンジリン酸とリン酸からより高エネルギーのアデノシントリリン酸(ATP)の形で304 Kcalが保存され、残りの382Kcalが呼吸熱として放出される。この呼吸熱による温度上昇により水分蒸散が促進され、さらに鮮度低下が進むことになる。青果物の種類によって呼吸熱量が異なるが、一般に呼吸熱量の大きいものほど貯蔵性が劣り流通中の品質保持も困難なものが多い(図2)。

ところで、酸素と二酸化炭素濃度も青果物の鮮度に大きな影響を与える。ガス組成を低酸素、高二酸化炭素にすると青果物の呼吸は抑制される。これは、低酸素、高二酸化炭素の条件で、グルコース-6-リン酸デヒドロゲナーゼ、ホスホフルクトキナーゼ等、呼吸関連酵素の活性が抑制されるためと報告されている。また、後述するように成熟、老化を促進する植物ホルモンであるエチレン生成も抑制することができる。

しかしながら、適度な低酸素と高二酸化炭素濃度の条件では、青果物は正常な呼吸が妨げられ、呼吸の代表的な基質であるグルコースは、解糖系のみでの代謝によって、ピルビン酸が蓄積し、アセトアルデヒドさらにエチルアルコールに変化する無機呼吸となる。



この生理作用で青果物から異臭が生成し、腐敗へとつながる。また、青果物の種類によっては、蓄積した二酸化炭素や代謝産物(特にアセトアルデヒド)で傷害(ガス障害)を受ける場合がある。

このため、呼吸を抑制しガス障害の発生を防止するためには、適度な温度管理に加え、個々の青果物に最適な酸素と二酸化炭素濃度を維持する必要がある。

## (2) エチレンの作用と抑止法

エチレンは一般に植物の生長にしろ抑制にしろ広範囲に関与し、気体で存在する。洋ナシなど果実の追熟促進、均質化やカンキツの黄色化(クロロフィル分解)に利用されている。エチレンはその類似物質と比較して生理活性濃度が極めて低くppbレベルといわれている。しかしながら、特に青果物の流通分野においてエチレンは葉菜類の緑色分解(クロロフィル分解)、果菜類の軟化など老化を促進するホルモンとしてのマイナス効果の方が大きい。

青果物体内におけるエチレンの合成は高エネルギーリン酸、アデノシントリリン酸(ATP)の関与するメチオニンサイクルから生成する。メチオニンがATPの関与を受け、S-アデノシルメチオニン(SAM)を経て、1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸(ACC)となり、酸素の関与によってエチレンが生成する。メチオニンからACCを経てエチレンに至る生合成系とその調節につい

て図3に記した。青果物の取り扱い上最も注目すべきエチレン生合成の段階は、ACC合成酵素とエチレン生成酵素(EFE)が作用する段階である。青果物細胞内の可溶性画分に存在しピリドキサルリン酸を補酵素とするACC合成酵素は誘導酵素であり、老化の過程、傷害、種々のストレスによって顕著に阻害される。この段階はエチレン生成の律速段階とされる。他方、EFEは膜結合型酵素とされ、酸素との親和性が高い特性をもち、嫌気的条件、Coイオンなどによって阻害される。

このエチレン作用を抑制する方法を、現在の青果物流通から考えると、上述したように低温処理、環境ガス組成の変更、積極的なエチレン除去が考えられる。すなわち青果物の成熟過程で自らエチレンを放出するものに、エチレンを吸着したり、分解する物質を封入することにより、青果物の成熟を抑制し、緑色や硬度を保持させより長時間鮮度を維持できる場合が多い。

### (3) 蒸散作用による鮮度低下

青果物は一般に90%程度の水分を含んでおり、表面からの蒸散や呼吸に伴う蒸発により水分を失うと鮮度低下をもたらす。通常、5%の重量減少があれば外観上鮮度の低下が明らかになり、細胞の緊張(膨圧)が失われ、肉質・歯ざわりが悪くなる。ただし青梅では10%位の重量減少でも変わらず、反対にイチゴでは1%でも外観上に変化が現われるといわれている。蒸散作用の大小は青果物の種類、形態、大きさにより異なるが、重量に比べて露出面積の大きい葉菜類が蒸散量も最も多い。ナス、キュウリなどの未熟果、イチゴなどの果菜類の水分蒸散も大きい。

このような青果物は低温下でも水分蒸散が著しいことからプラスチックフィルム等の内包装資材で蒸散を防止する必要がある。しかしながら、青果物のフィルム包装では呼吸作用、蒸散作用によって内部に結露が発生しやすい。これが細菌、カビ等の微生物の増殖の原因となり腐敗を生じやすい。

### (4) 微生物作用による鮮度低下

微生物による鮮度低下は、呼吸作用、蒸散作用および機械的損傷等に付随して起こることが多い。青果物の多くは呼吸作用や蒸散作用の増進によって生体の損耗や組織の軟弱化が進み、微生物に対する抵抗力を失ってシュードモナス(Pseudomonas)属等の腐敗菌や病原菌に侵され急激に品質が低下する。したがって、微生物による腐敗は鮮度低下の末期的症状といえよう。青果物に害を与える微生物の最適増殖条件は25~35℃であるので、低温保管あるいは薬剤処理による殺菌等は有効である。

## 2. 鮮度保持と包装

呼吸、蒸散、微生物作用など主要な鮮度低下を抑制する方法として、①低温処理と低温貯蔵（低温障害を起こさない範囲）、②環境ガスの調節、が最も基本的な鮮度・品質低下の防止法であり、この方向に沿って、包装資材および副資材の開発が行われてきた。特に、包装材は衝撃、湿度保持などのほか環境ガスの調節をめざした資材の開発まで幅広く展開されてきた（表2）。

### （1）MA効果

周知のように、酸素および二酸化炭素を人工的かつ機械的に制御して青果物を貯蔵する方法をCA（Controlled Atmosphere）貯蔵という。

これに対して、プラスチックフィルムで青果物を包装すると、呼吸によって酸素が消費し二酸化炭素が蓄積するが、そのプラスチックフィルムの有するガス透過性の違いによって、上記のCA貯蔵類似の低酸素・高二酸化炭素濃度の条件を作り出すことができる。この方法は極めて簡便であり、簡易CA貯蔵とも呼ばれることがある。しかしながら、青果物の呼吸を積極的に利用して環境ガス濃度を変更する本方法は、主に欧米でMA包装（Modified Atmosphere

Packaging :MAP）と呼ばれ上記のCA貯蔵とは区別されており、農林水産省でもCA貯蔵との混同をさけるためにもMA包装貯蔵と呼んでいる。このMA包装は、実際には低温と併用することでより貯蔵効果を増すことができるが、わが国においては青果物のためのコールドチェーンが充分確立していないため、これを補う次善の策としてMA包装の利用が検討されている経過がある。これを補完する方法に、蓄冷剤を始めガス吸着剤・発生剤の開発利用も進められている。

### （2）青果物鮮度保持用プラスチックフィルムの最近の歩み

青果物の鮮度保持に用いられフィルムは一般にガス透過性の高い低密度ポリエチレン（LDPE）、ポリプロピレン、ポリスチレン、エチレン・酢酸ビニル共重合、ポリ塩化ビニルなどが用いられている。これら包装材料の選択にあたっては、青果物の種類、流通期間、温湿度等の流通条件を十分に考慮する必要がある。

最近のプラスチックフィルムは、水分蒸散防止およびMA効果を期待するのみならず、他の機能を積極的に付与し青果物の鮮度保持を一層高めることをうたった包装材料および資材が市販されている。その製品数はかなりの数に上ると思われるが、①無機多孔質混入フィルム、②有機物混入の防曇および抗菌性フィルム、③青果物の呼吸量に合わせたガス透過性の高い単体フィルム、④ガ

ス透過性の低い単体および積層フィルム、などである。

#### ①無機物等混入フィルム

最も多いのが青果物の老化を積極的に抑止することを目的に、追熟・老化促進ホルモンであるエチレンを吸着、分解、あるいは排出することをねらったフィルムである。これらの多くはプラスチックフィルム（特に低密度ポリエチレン）にゼオライトなどの無機多孔質、粘土鉱物を練り込んでいる。その大部分はエチレンの吸着・透過あるいは遠赤外線放射をうたっている。エチレン吸着の機構は多孔質の無機物表面の穴にエチレンを補足するというものである。中には高水分条件下でもその穴にある水分子とエチレンが置換すると説明するものもある。しかしながら、鮮度保持効果に関しては客観的なデータの示されものは少ない。無機多孔質等のフィルムへの混入量が少なく、呼吸している青果物という高水分条件下で使用することから、多量のエチレンを吸着、除去することは期待できないと考えられる。特に、無機多孔質を混入したものは元のフィルムよりガス透過性が高くなっていることが多く、本当にエチレンを吸着して鮮度保持できたのか、フィルムを透過して排出しただけなのかの疑問が残る。

#### ②防曇フィルム

流通途上のプラスチックフィルム内面では青果物の呼吸作用によって結露が生じ、腐敗の原因になる。このため内面を界面活性剤で表面処理した防曇フィルムの効果は目で簡単に判定することができ、青果物の見栄えも良くなり鮮度保持期間も伸びることになる。材料としてはポリプロピレン、ポリエチレン、ポリブタジエンなどが用いられている。この防曇フィルムは青果物の個装化、POS化の進む中で消費量が伸びるものと予想されている。また結露防止対策として過剰の水分を吸収し包装内を適度の湿度に維持する水分調整剤の適用によって鮮度保持が図られている。この水分調整剤にヒノキチオールのような抗菌剤を含ませ、品質低下を防止する方法も開発されている。

#### ③抗菌性フィルム

プラスチックフィルムに抗菌性を持つ銀ゼオライトの混入したものも開発されている。これは抗菌性のある銀イオンの作用を利用するもので、食品に移行せず安全性が高いと言われている。不織布の表面にコーティングしたものは水分調整と微生物の繁殖を抑える効果が期待されている。この抗菌作用についてはさらにデータの蓄積が行なわれている。

#### ④その他

ガス透過性の高い単体フィルムは、厚さのことなるLDPE、延伸ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリブタジエン、シリコンなどがある。最近では、ガス透過性を増すために、機械的に小さな孔（目に見える）を開けたフィルム、

さらにレーザー光線で孔を開けた微細孔（目に見えない）フィルムが開発されている。反対に、ガス透過性の低い単体あるいは積層フィルムとしては、ポリアクリルニトリル、ナイロンなどがあり、青果物への利用は開封利用などに限定される。

### （3）鮮度保持用「機能性」包材の評価

無機多孔質混入フィルムを主な対象として、機能性フィルムのガス透過性と鮮度保持効果との関連を検討した。

簡易法およびLyssy法による代表的な「機能性」フィルムを含むプラスチックフィルムのエチレン透過性を他のガス透過性と比較した結果からは（表3、4）、エチレン透過性は各フィルムともに窒素・酸素透過性より高く、二酸化炭素透過性より低い値が得られている。中にはエチレン透過性に関しては無機物混入フィルムより通常の低密度ポリエチレンより小さいものも認められた。エチレン透過性を、フィルム内に注入したエチレン濃度の減少速度から求めた簡易測定法の結果とフィルムを透過してきたエチレンを測定する方式のLyssy法による結果がほぼ一致することから、フィルムに混入された無機多孔質で吸着・除去されたエチレンは無視できる値と判断された。さらにエチレン吸着のみを測定した山下らの最近の結果でも、無機多孔質混入フィルム（大谷石とサンゴ混入）にエチレン吸着能はみとめられず、相対湿度75%と100%の条件では、乾燥活性炭のみエチレン吸着能が観察されている。

一方、広範囲な鮮度保持フィルムについて厚さを一定として計算した水蒸気透過量および酸素透過性を比較した結果からは、水蒸気および酸素透過性ともに無機多孔質混入フィルムの方が当該の厚さを有するプラスチックフィルムよりやや高い値を示すことが明らかになった。すなわち、無機多孔質混入フィルムは、酸素、水蒸気の透過性がある程度増加していることが特徴といえよう。

## 4. 内容成分と包装との相互作用

近年、各種プラスチックフィルム等の軟包装資材と食品との相互作用に注目が集まっている。カンキツ果汁香気成分（特に精油成分）が容器最内層のポリエチレン層に吸着・吸収される現象は、無極性成分である精油成分（炭化水素）がやはり無極性のポリエチレン層に溶け込むことに起因することが解明された。温州ミカン果汁の香気成分のポリエチレンフィルムに対する分配比を表5に示した。低密度ポリエチレンに対する同族列の化合物では分子サイズが大きいほど（炭素数12個まで）溶解度係数は対数的に増大する。液状食品の香気成分のポリエチレンに対する吸着は、アルコール類<アルデヒド類<エチルエステ

ル類く炭化水素類の順となり、短時間に収着平衡に達することが判明している。この対策として、他の果汁成分の調整などのほかに、最内層にポリエチレンテレフタレート、ポリアクリルニトリル、エチレンビニルアルコール共重合体などの微極性ライナーを用いて収着を防ぐことが可能となっている。

一方、リンゴのような個体食品をポリエチレンフィルムに個別包装した経験ある方はご理解頂けると思うが、開封後、リンゴに香りがせず、フィルムに香りが残っている現象がある。リンゴの重要な香り成分は、アルデヒド類とエステル類と報告されている。気相系では香氣成分のポリエチレンの収着は、炭化水素くエチルエステル類くアルデヒド類くアルコール類の順であり、上述の液状食品とは反転するものの、収着平衡に達するまで長時間を要することが報告されている。これらを両系とも、収着の程度が分子の極性を基本とし化合物の化学ポテンシャルに依存することが明らかになっている。

香氣を大事にする青果物にあっては、鮮度保持とともに食品と包装材との相互作用に注意を払う必要がある。

## 5. 青果物包装の今後の課題

### (1) 低温流通の促進を

周知のように、現在、ブロッコリー、アスパラガスなど呼吸量が多く鮮度保持が困難な青果物でも、米国から日本へ輸出される状況になった。その流通には、砕氷が用いられている（アイシング）。常温で2-3日しかもたないブロッコリーも2週間はかかる船舶輸送にも耐え、十分に高品質のものが低価格で供給されており、0℃流通の効果を物語っている。一方、わが国は産地予冷は定着したものの、市場で常温になるせいもあり、10-20℃の流通となっている。このため、次善の策として、包装に蒸散防止機能のみならず、より良い鮮度保持の機能をもたせる資材の開発が行われてきた。しかし、国内の農業にとって、国際競争を乗り切るには、高品質青果物を鮮度良く消費者に供給する基本は変わらない。このために市場を含め低温流通の徹底を図る必要がある。予冷-冷蔵車-保冷コンテナなどを用い、市場の低温化（再予冷を含む）や荷扱いの時の注意などのきめ細かい対応で、消費されるまでせめて10℃以下の流通にしたい。この流通温度を管理する器材の開発も進んでおり、温度・時間管理ラベル、データログなどがあり、その有効利用も求められる。

青果物の生理特性でも述べたように、低温流通の補完的役割として蒸散防止とMA効果として包装を位置づける流通技術システムの開発が基調にあるべきであろう。

## (2) 青果物の生理特性のデータベース化を

青果物は種類も多く、種類によって鮮度の評価も相違する、さらに品種、産地、収穫時期等によっても特性が異なる。また流通条件も温度、湿度、その変動幅、流通期間など一定していない。個々の事例研究が進む中、青果物の流通特性を把握することがは不可欠である。しかしながら、温度別の呼吸量を始めエチレン生成量、低温障害、ガス障害等の基礎データの系統的蓄積は遅々として進んでおらず、標準的な試験方法の設定とそれに基づくデータベースの作成が強く要望される。総合的アプローチを関係する官産学のプロジェクトで進めるべきであろう。

## (3) 資材特性の把握

上述したように、機能性資材としてフィルムを始め、段ボール、シートなど多くの資材が開発されている。機能性段ボールは、①水分・ガス透過性の制御、②エチレン除去などの効果をもたせたもの。エチレン除去剤は、①エチレンを吸着除去するもの、②分解除去するもの、③エチレン生成抑制剤としてヒノキチオール、アリルイソシアネートなどの生理活性物質の一部が利用されている。腐敗防止などのための抗菌剤としては、銀置換ゼオライト、シュガーエステルなどの界面活性剤、次亜塩素酸等を利用したものである。

これらを利用するには、資材の各特性を把握して適切に利用するソフト技術の開発が今後の大きな課題となっている。例えば、フィルムでは青果物の鮮度保持に要求される透明度、各ガス透過性（酸素、二酸化炭素、水分、揮発性成分）などの理化学的特性を整理しておく必要がある。

特に、いわゆる「機能性」フィルムについて各メーカーは基本的特性を科学的に測定、明示するとともに、実用にあたっての注意を明記すべきであった。注意すべき点をまとめると次の通りである。

- ① 鮮度保持効果の原理解明が十分なされているか
- ② 鮮度保持効果の再現性が確認されているか
- ③ 鮮度保持効果を示す温湿度範囲、ガス濃度範囲、青果物の呼吸量などの生理特性の範囲などが明確になっているか
- ④ ③と関連して品質が急速に低下する危険な条件範囲と事故防止策が明確になっているか
- ⑤ 野菜の鮮度保持に利用された場合、価格としてどの程度評価されるか

## (4) 選択的ガス透過性の高い包材の開発



呼吸量の多い野菜を対象にしたガス透過性の高いフィルム、選択的透過性の高いフィルムの開発が期待されている。

一般に、プラスチックフィルムのガス透過性は、ガスの種類によって異なる。ガス透過性が比較的大きく、青果物のMA包装に利用できるプラスチックフィルムにおける二酸化炭素の透過性と酸素の透過性の比率（二酸化炭素の透過性／酸素の透過性：選択比）は3-5、条件によってはそれ以上の範囲が必要とされている。

#### （5）環境問題に配慮した包装材料の利用・開発

国内で消費されているプラスチック素材は年間1,000万トン以上であり、その廃棄物は約622万トンに達すると報告されている。その処理は、焼却が51%、埋立が37%、再利用が12%となっている。家庭から排出されるゴミの半分近くは包装関連物であり大きな環境問題になり、自治体の財政をも圧迫している。

現在、土壌微生物の分解可能な生分解性プラスチックの開発が進行している。その素材は、化学合成型（脂肪酸ポリエステルなど）、植物生産型（澱粉）、微生物合成型などに大別できる。国際競争に晒されている中、青果物流通資材は基本的に低価格でなければならず、現時点での利用は無理な面が多いが将来は、低温流通の徹底とともに、これら素材を利用できることが可能となろう。

ただ、断念容器として重宝にもかかわらず、環境問題でやり玉に上がっている発泡スチロールに関しては、迅速、有効な回収法が急がれる。現在、発泡スチロールも燃焼できる焼却炉も開発されているが、容量を収縮できない発泡スチロールは、市場、量販店でも悩みの種となっている。無極性のスチロールは同じく無極性溶媒に溶解する。これら回収する場合に、植物生産物である上述の無極性成分の精油成分（カンキツ香気成分）のリモネンを利用し、発泡スチロールを溶解させ、容積を減少させることができる。これらを利用するシステムの活用も考えられる。

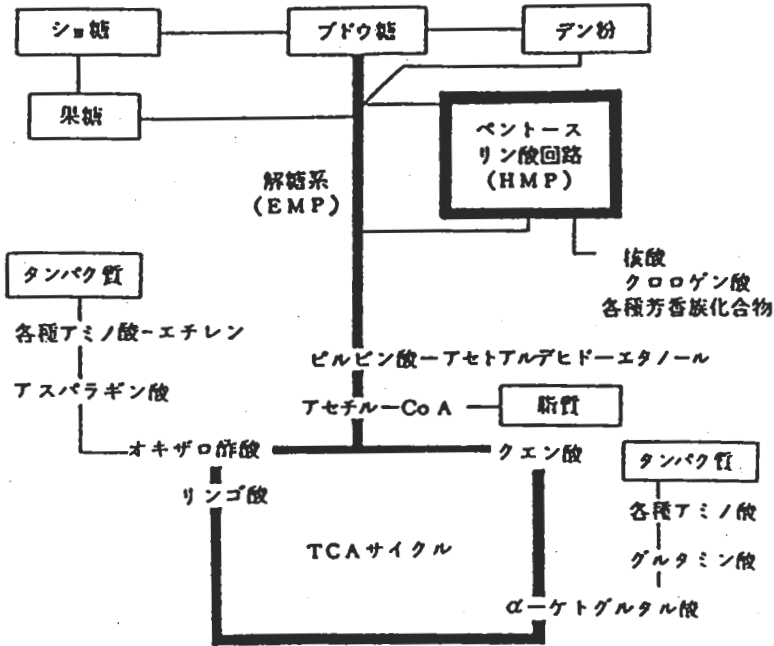


図1 呼吸経路の主要部と各種物質代謝の関係

表1 各種野菜の温度別の二酸化炭素排出量(ASHRAE, 1971)

品名	CO <sub>2</sub> 排出量 mg/kg/hr		
	0℃	4.5℃	21℃
アスパラガス	44	82	222
ブロッコリー	20	97	310
キャベツ	6	10	38
セルリ	7	11	64
スイート・コーン	30	43	228
レタス	11	17	55
タマネギ(乾燥)	3	4	17
(緑)	16	25	117
ジャガイモ	3	6	13
ホウレンソウ	21	46	230
カボチャ	12	16	91

表 2 機能性包装資材 (河野)

商品名	メーカー	主な材質	特徴	効果	事例
FHフィルム	サーム	○ポリエチレン大谷石、ゼオライト クリスタラライト など	○エチレンの吸着 ○ガス透過性・透湿性 ○ポリアエチレンよりやや大 ヒートシールド可 ○ガス透過性ポリエチレン よりやや小	○過熱抑制 ○簡易CA効果 ○曇り、結露防止	ホウレンソウ ニラ アロココリー 生シイタケ など
F&Uフィルム	東洋紡	○二軸延伸ポリプロピレン (OPP)	○ヒートシールド可 ○柔軟、透明度、良好 ○引張、衝撃、突き刺し強度 大 ○ガス透過性、多少不可 ○ヒートシールド可	○曇り、結露防止 ○商品性の向上 (外觀良)	ホウレンソウ アスパラガス アロココリー ブドウ、キヌワリなど
サンオリエント AFフィルム	日合フィルム社	○二軸延伸ポリビニールアルコール (PVA)	○ガス透過性ポリエチレンより大 ○光沢、透明度、良好 ○引張、衝撃、突き刺し強度 大 ○ガス透過性、多少不可 ○ヒートシールド可	○曇り、結露防止 ○商品性の向上 (外觀良)	生シイタケ ミツバ オオバ など
サンテックSフィルム	旭化成工業社	○ポリエチレン系ストレッチフィルム	○ガス透過性ポリエチレンより大 ○光沢、透明度、良好 ○引張、衝撃、突き刺し強度 大 ○ガス透過性、多少不可 ○ヒートシールド可	○曇り、結露防止 ○商品性の向上 (外觀良)	生シイタケ ミツバ オオバ など
トリスバーンフィルム	日鉄鉱業社	○シリカ系多孔質鉱物+ポリエチレンフィルム	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○除湿 ○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○蓄冷材	プロフコリー トマト など
ユニエース	出光石油化学社	○ゼオライト系多孔質鉱物+ポリエチレンフィルム	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○除湿 ○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○蓄冷材	プロフコリー トマト など
デシコ	日本合成化学工業社	○高吸水性樹脂+塩化カルシウム	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○除湿 ○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○蓄冷材	プロフコリー トマト など
クローファイNS	花王石鹼社	○高吸水性ポリマー	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○除湿 ○結露、過湿防止 ○しおれ防止 ○蓄冷材	ネーブルオレレンジ 浜ガキ ハクサイの幼苗 きゅうり
ハイロン	積水樹脂社	○高吸水性ポリマー+活性炭	○エチレンなどを吸着 ○S/m <sup>2</sup> を吸収可能 ○遮断性 大 ○高湿度下で吸湿 ○低湿度下で放湿 ○固体-液体の潜熱50~70cal/g ○繰り返し使用可能 ○プリン状	○結露防止 ○過熱の抑制 ○水分調整 ○湿度の防止	カキ モモ プロフコリー
テル・フアスト アデカ・エバクル	日本軽金属社 旭電化工業社	○ポリアクリル酸+アクリルアミド	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露防止 ○過熱の抑制 ○水分調整 ○湿度の防止	チルド食品
アクア・Uチル アクア・Uエース チルド・マフト	エスレニ化工社 ユニシーポリマー トーモク社	○ポリアクリル酸+アクリルアミド	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露防止 ○過熱の抑制 ○水分調整 ○湿度の防止	チルド食品 洋菓子、生肉、鮮魚 など
ザンフレッシュ クールダン	積水化成工業社 石崎薬業社	○段ボール+発泡PE (内面) ○段ボール+PSP (狭み込み) ○段ボール+ポプロロン (片面) ○段ボール+PETフィルム (片面) ○段ボール+PPフィルム (片面) ○段ボール+発泡PE (内面) ○段ボール+アルミ蒸着フィルム(外側)+樹脂 発泡体(内側)	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露防止 ○過熱の抑制 ○水分調整 ○湿度の防止	チルド食品 洋菓子、生肉、鮮魚 など
クールダン	積水化成工業社 石崎薬業社	○段ボール+発泡PE (内面) ○段ボール+PSP (狭み込み) ○段ボール+ポプロロン (片面) ○段ボール+PETフィルム (片面) ○段ボール+PPフィルム (片面) ○段ボール+発泡PE (内面) ○段ボール+アルミ蒸着フィルム(外側)+樹脂 発泡体(内側)	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露防止 ○過熱の抑制 ○水分調整 ○湿度の防止	チルド食品 洋菓子、生肉、鮮魚 など
断熱容器	(発泡スチロール箱) グリーンボックス ネオコル エア・アイ・カパー	○発泡スチロール ○発泡ポリエチレン+アルミニウムなど	○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○再生可能 大 ○高湿度で吸湿 ○低湿度で放湿 ○自重の数百倍以上の水を吸収	○結露防止 ○過熱の抑制 ○水分調整 ○湿度の防止	チルド食品 洋菓子、生肉、鮮魚 など

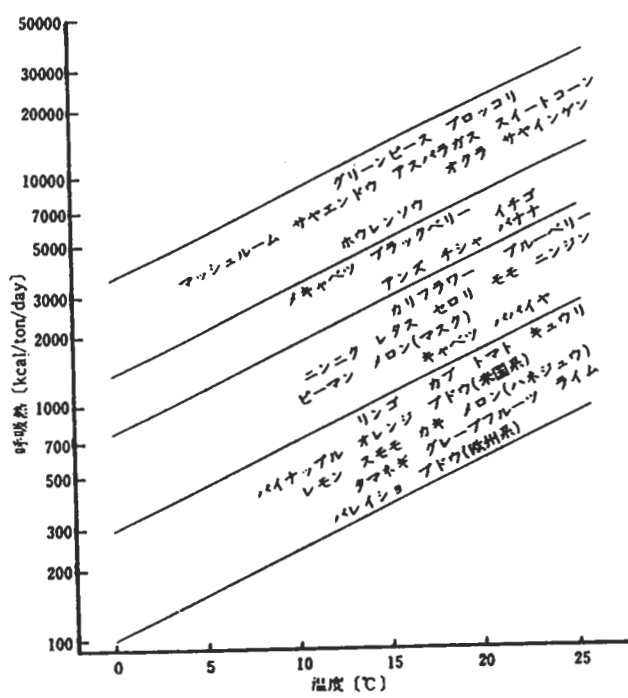


図 2 青果物の呼吸熱と温度の関係

表 3 市販「機能性」プラスチックフィルムのエチレン透過性

No.	素材特性	厚さ ( $\mu\text{m}$ )	エチレン透過性[ $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{日} \cdot \text{atm}$ ]			
			簡易法		Lyssy法	
			20°C	30°C	20°C	30°C
1	LDPE+無機物	41	7,000	12,400	6,600	12,500
2	LDPE+無機物	37	9,000	16,000	10,600	17,700
3	LDPE+無機物	30	11,000	20,000	11,900	21,000
4	PS +無機物	30	4,000	5,500	3,500	6,000
5	EVA	29	16,800	27,600	11,600	20,900
6	無延伸多層	81	55	88	19	27
	PE30 LDPE(30 $\mu\text{m}$ )	26	9,000	18,700	10,700	18,900
	PE50 LDPE(50 $\mu\text{m}$ )	43	7,000	12,000	5,300	9,500

PE:ポリエチレン, LDPE:低密度ポリエチレン, PS:ポリスチレン, EVA:エチレン・酢酸ビニル共重合体。

表 4 厚さ30 $\mu$ mに換算した市販「機能性」プラスチックフィルムのガス透過性(20℃)

No. 素材特性	ガス透過性[ml/m <sup>2</sup> ・日・atm]			
	窒素	酸素	二酸化炭素	エチレン
1 LDPE+無機物	2,200	6,800	25,300	8,400
2 LDPE+無機物	2,200	7,500	30,600	12,200
3 LDPE+無機物	2,000	6,400	27,200	11,900
4 PS +無機物	800	3,900	18,700	3,500
5 EVA	2,200	6,800	34,200	11,600
6 無延伸多層	16	73	250	51
PE30 LDPE(30 $\mu$ m)	1,900	6,600	24,900	11,000
PE50 LDPE(50 $\mu$ m)	1,500	5,400	21,600	8,000

表 5 温州ミカン主要香気，異臭成分の分配比  
 $\left( \frac{\text{フィルム中濃度}}{\text{果汁中濃度}} \right)$

化 合 物	果 皮 油 (%)			
	0.01	0.03	0.07	0.1
$\beta$ -ピネン	1.5	1.7	1.5	1.5
ミルセン	1.4	1.3	1.2	1.6
d-リモネン	1.5	1.5	1.3	1.5
$\gamma$ -テルピネン	1.7	1.6	1.3	1.6
リナロール	0.19	0.18	0.19	0.22
シトロネラル	0.49	0.63	0.67	0.65
$\beta$ -テルピネオール	0.29	0.31	0.37	0.34
$\alpha$ -テルピネオール	0.24	0.21	0.20	0.21

フィルム：高密度ポリエチレン パルプ含量：2.2%