

# フードロス削減を目指す時間・温度・腐敗検知型スマートラベル

有田 俊雄  
(Toshio Arita)

(株)パッケージング・ストラテジー・ジャパン  
チーフコンサルタント (技術士・包装管理士)

## ●はじめに

昨年11月、オランダのアムステルダムで開催された AIPIA 世界会議 (Active & Intelligent Packaging Association 主催)<sup>1)</sup>には、一般社団法人日本食品包装協会理事長の石谷孝佑氏が日本におけるアクティブパッケージの現状と展望について講演され、同氏を始め、日本からもアクティブパッケージに関心のある数社が参加した。世界包装ジャーナリスト協会の Joanne Hunter 氏が以下の書き出しのもとに興味ある報告を送ってくれた。

腐敗しやすい食品の包装に記載された標準的な日付コード (期限表示) は、40年経った今、『賞味期限』に近づいたようだ。それは英国の小売業 Marks and Spencer によって40年前に初めて導入された。当時もそして現在でも、「消費期限 (used-by date)」や「賞味期間 (best-by date)」表示は、食品を安全に食べられる期限やおいしく食べられる期間を伝えるのにもっとも良い方法だと考えられてきたが、今ではそれ自体が膨大な食品ロスをもたらす要因の一つだと指摘されている。会議に集まった世界のブランドメーカー、食品流通、包装技術の専門家たちは、開封前、開封後を問わず、科学的根拠に基づく新しい期限表示の技術について真剣に議論した。

本誌連載に紹介した「21世紀における包装技術予測」(日本包装技術協会、1987年)の中には、「ガラスと同等のバリア性能を有し可撓性のあるプラスチック材料」や「ホームショッピング」のように、完全に実現を見たものもあれば、ニーズはありながらいまだに陽の目を見ない技術もある。そのうちの 하나가「食品の腐敗や劣化を検知し、色の变化で示すバイオセンサー」である。腐



第1図 Insignia 社の時間・温度スマートラベル  
左: Sainsbury's 店舗で市場テスト中、  
スライスハムに採用

敗によって発生し異臭のもととなるさまざまな揮発性成分を自動的に検知し、これを色の变化や、場合によってはバーコードを消滅させたり、読めないようにして、賞味期限を目視で認識できるようになれば良いという漠然とした発想であった。バイオセンサーという概念は今ではもっと厳密な意味で使われている。

ここでは、Hunter 氏の報告に沿いながら「時間・温度インジケータ」を含む AIPIA 世界会議で報告されたスマートラベルの開発事例を紹介する。

## ● Insignia 社の時間・温度スマートラベル

不必要なフードロスの山を切り崩すには、サプライチェーン全体に行動の変化を呼び起こすことが重要であるとして、スコットランドの Insignia Technologies 社の製品開発マネジャーの Graham Skinner 博士は、同社のスマートプラスチックラベルへの関心を求めた。このラベルは食品がもっともおいしく安全に食べられる残余期間を日にちまたは週単位で教えたり、傷みやすい冷蔵食品が輸送中に損なわれたりしたことを示すことができる<sup>2)</sup>。この技術の特徴は、MAP 包装内の炭酸ガスに反応して変色するスマート顔料にあり、これを炭酸ガスにバリア性能を有するフィルムに印刷

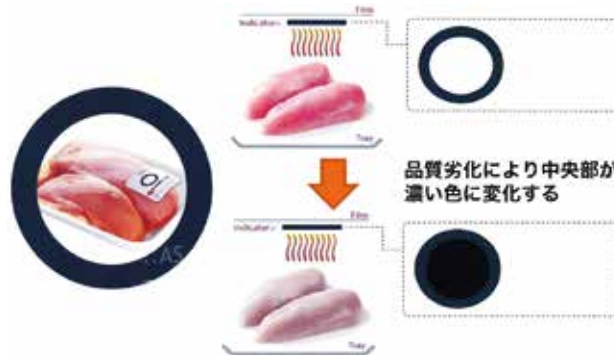
しラベルとして使用することにある（英国 Strathclyde 大学による特許：第1図）。二重丸の外周は、新鮮 (FRESH), 賞味期間 (STILL FRESH), 期限切れ (PAST BEST) の3つに区分され、それぞれに文字と色によって区別されている。製品の時間 - 温度経過によって中央部の色が変わる仕組みで、色の変化によって容易に鮮度が分かるようになっている。時間 - 温度による変色のスピードはあらかじめ設定された期限に基づきバリアフィルムの種類や厚さで調整されている。パッケージがいったん開封されると、当然のことながら発色層が雰囲気中の炭酸ガスに直接接触することになり、開封時から期限切れまでの間の色の变化は開封前よりも速くなる。

現在、英国の小売業大手である Sainsbury's の 1100 店舗で、MAP 包装されたスライスハムについて市場テストが行われている（第1図）。環境団体の WRAP は、英国では、スライスハムの約 70% がまだ食べられる状態で廃棄されていると報告している。Insignia 社では、1 日当たりの廃棄を 190 万枚だとして、このうちの 1/4 がこの方法によって救済されると、年間で金額換算 690 万ポンド（約 1000 億円）の節約になるという。

Skinner 博士は、忙しい家庭の冷蔵庫や高齢者のケアにその価値を見いだすだけでなく、包装に直接印刷することで大幅なコスト削減が可能で、その場合のラベルコストはわずか 1 ペンス（1.5 円）にすぎないと強調している。

MAP 製品でない場合でも、最初に開封した時に発色層がむき出しになることによって変色が始まり、時間 - 温度ともに色が徐々に変わることによって開封後の賞味期限を示すことができるという。このラベル製品には、片道冷蔵品用に最大 12 時間というものもあり、生産現場からクイック・サービス・レストランまでの監視システムや、ケース・パレット単位の保管にも適用が可能である。ドライバーが冷蔵庫のドアを閉じて冷たい温度を維持するよう促すものだ。

2017 年には、世界的に定評のある DuPont パッケージイノベーションコンテストで金賞を受賞している。



第2図 ITENE/Kao Chimigraf 社の鮮度表示ラベル Freshcode 包装された鶏肉の鮮度を監視する

### ● ITENE/Kao Chimigraf 社の鮮度表示ラベル Freshcode

包装された新鮮な鶏肉の状態を監視する市販のカラーコードラベルが、サプライチェーンにおける消費者の信頼を獲得し、病気を防ぎ、不要な廃棄を減らすことを目指している。スペインの産業研究センター ITENE とスマートインキが専門の Kao Chimigraf 社とは共同で、欧州委員会の SME プログラム（中小企業支援、2014～2020年、総額 23 億ユーロ）の資金提供を受けて Freshcode を開発した。実験室段階から実用化へと進み、2017 年 11 月には、MAP トレイ包装された骨なし鶏肉フィレに適用され、生産者と小売業者との間で、パレット規模での輸送試験が行われた。この技術の特徴は、品質劣化によって生成される代謝物質と反応し、劣化の程度に応じて色の変化を引き起こす特殊なスマートインキにある（第2図）。

共同発表者である ITENE 社の Mercedes Hortal 博士と Kao Chimigraf 社の Freshcode 事業開発部長の Sergio Segue 氏はともに次のように語った。消費者の 25% が表示された消費期限を信用していない。Freshcode は品質劣化の進行に応じて、ラベル中央部の丸い部分が薄い色から濃い黒色に変化することで鮮度がひと目で分かり、サプライチェーン全体にわたって、小売業者および消費者の適切な判断に役立つことが実証された。消費者に付加価値と信頼をもたらし、製品の鮮度が保証されることで販売増加が期待できる。個々の食品

の安全管理を可能にし、サプライチェーン全体を監視することができる。

この技術は、紙ラベルメーカーによって、常温の空気乾燥設備のあるフレキソ印刷で可能なことが実証されており、ラベル価格も1枚当たり1ユーロ以下だという。他のインジケータよりも20～50倍安いと、大きな利益が期待できる。食品衛生に関しては、発色成分である炭酸銅(Copper Carbonate)について、銅の移行限度値である15mg/kg(食品)を超えない範囲で、すでに欧州食品安全機関(EFSA)によって鶏肉への適用が認められているという。

### ● AIPIA 会議における PepsiCo Challenge

飲料と食品の世界トップブランドである PepsiCo は、AIPIA 会議を通じて、同社のすべてのブランドを対象に、Active & Intelligent Packaging に関する最新技術を取り入れた独自のアイデア提供を求めた。この画期的な試みは PepsiCo Challenge と名付けられ、応募に当たって次のようなガイドラインが示された。

1) 消費者との双方向の対話、2) シェルフライフ延長を可能にするアクティブパッケージ、3) 特定ガスの吸収や置換、抗菌効果、4) スマートフォンの活用、5) プリントブルエレクトロニクスや NFC・IC タグとその応用。加えて、6) プレミアム製品や特定の販促活動において、年齢を問わず、消費者受けする画期的なアイデア。

PepsiCo は、発表された提案のうち、さらにコンセプトに関心があるものについては機密保持を含めてベンダーと適切な契約締結の意思があることを公表していた。

### ● UWI 社のマイクロ流体力学応用のインジケータ

PepsiCo Challenge の一貫として、エジンバラに本拠を置く UWI Technology 社の創設者兼 CEO の Pete Higgins 氏は、PepsiCo の果汁ブランドである Tropicana のキャップ付き紙パックを対象に、マイクロ流体を使った独自の経過時間スマートラベルを紹介した(第3図)<sup>3)</sup>。この仕組み



第3図 UWI 社のマイクロ流体力学応用のインジケータ  
開封によりカウントダウン

左: 左から、未開封、品質良好、期限切れ  
右: PepsiCo Challenge, 果汁紙パックを対象に、  
品質表示スマートラベルを提案

では、時間の開始(カウントダウン)は開封によって自動的に起動され、いったん開始されると停止できない。消費者に食べ物や飲み物が最高の状態に保たれていることを示すと同時に、ブランドユーザーには、改ざん防止システムをも合わせて提供することができる。

この UWI インジケータでは、極微量の液体が多層構造のストリップ内に包み込まれている。開封によってストリップに裂け目が生じると、UWI 社独自組成の液体が、マイクロ流体力学の毛細管作用によって液だまりから狭いチャネルに浸透し、色によって表示される。液体のレシピは、必要な期間に応じて調整される。タイマーとしての精度は1年間で±10分と非常に高い。

Higgins 氏は質問に答えて次のように補足した。

1) 食品と接触しておらず、包装の外側に置かれており、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>または pH レベルといった化学的な状態を測定するものではない。ストリップの寸法、デザイン、レイアウトや裂け目等はカスタマイズされており、内容物にかかわらず、すべての包装形態に使用できる。

2) インジケータは、紙、プラスチック、接着剤の多層構成でできており、極微量の液体は食品衛生上も問題ない。

3) 特許に関しては、米国、中国および日本で成立。カナダと欧州では、2018年始めに最終承

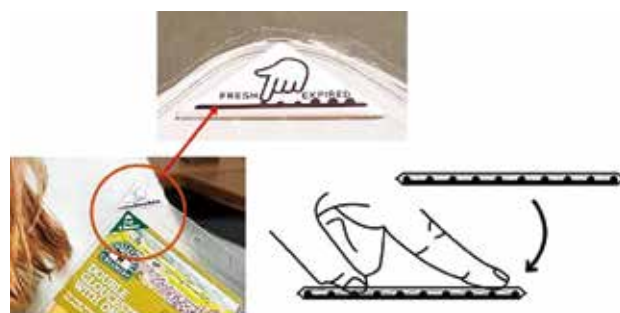
認が得られる予定。電子型に応用することも可能で、これには、起動方法、タイミングデバイスおよび表示が含まれており、現在、特許の審査過程にある。

### ●賞味期限を触覚で伝える Mimica Touch

ロンドンに本社を置く Mimica 社の創設者兼 CEO の Solveiga Pakštaite 氏は、既存の期限表示と組み合わせて使用するよう設計された生物学的に正確な期限表示のスマートラベル Mimica Touch を発表した<sup>4)</sup>。これはまだ開発段階にあるとのことであるが、身体や精神障害、言語障壁を克服し、食品が腐敗するスピードに合わせ、ラベルに触れることで賞味期限を触感的に伝えることができる(第4図)。このラベルはゼラチンから作られており、触った感覚で中の食材が新鮮かどうか判断することが可能となる。食材が新鮮な時はパッケージが膨れ上がった状態になり、賞味期限に近づくとつれて触った時に凸凹を感じるように設計されている。同社では、ラベルの主材料は食品加工の副産物から得られるので、食品衛生上も全く問題ないと強調している。

### ●おわりに

包装された食品の品質を表す期限表示(消費期限、賞味期間)が、今日では、不必要なフードロスの大きな発生要因の一つになっていることは、井出留美氏の「賞味期限のウソ」<sup>5)</sup>を引用するまでもなく、わが国のみならず、欧州および米国でも議論の対象になってきた。消費者は“<sup>つえ</sup>転ばぬ先の杖 (better safe than sorry)”<sup>つえ</sup>といった、より安全な方法をとるので、その結果、大量のフードロスの山を築き、環境に暗い影を投げかけている。一方、これまでにも、多くの経過時間-温度指示ラベルや腐敗検知型インジケーターが開発され市場テストを重ねてきたが、継続的に実用化されたものは極めて少ないといわれてきた。傷みの早い生鮮品については、サプライチェーン全体を通して一貫した温度管理がなされていなかったり、高いラベルコストなどがその理由に挙げられてき



第4図 消費期限を触覚で伝える Mimica Touch  
鮮度が低下すると、ラベル表面が凹凸になり  
触感で消費期限を知ることができる

たが、反面、不必要なフードロス削減もまた、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) に示されているように世界共通の喫緊の課題となってきた。

こうした背景のもと今回紹介した新しいスマートラベル技術は、いずれもが視覚や触覚にすぐに訴えるという分かりやすさに特徴があり、期限表示を頼りに無意識のうちにまだ食べられる食品をムダに捨てている最終消費者の習慣を変えることに狙いがある。たまたま、ここに紹介したスマートラベルが小規模のスターター企業によるものであったことにも注目したい。これらの開発を誘導・支援するものとして、EUのSMEプログラムやPepsiCo Challengeのような存在も知った。AIPIA会議では、フードロス削減という大義名分のもと、各種センサー技術やラベル表示には、GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) の熱いまなざしもあったという。近い将来、スマートラベルがIoP (Internet of Packaging) 情報発信の起点になり得るという点からも、ますます目が離せなくなった。

### ●参考資料

- 1) 有田:「食品と容器」「海外に見る容器包装最新事情」(連載第23回) 2017 Vol.58 No.6
- 2) <https://www.insigniatechnologies.com/home.php?video=1>
- 3) <http://uwitechnology.com/uwi-story/>
- 4) <https://www.mimicalab.com/>
- 5) 井出留美:「賞味期限のウソ」(幻冬舎新書)