



「2030年包装の未来予測について」

Let's Talk about the Future!

未来を語ろう!

～2030年包装の未来予測の概要について～

日本包装専士会
副会長 島田 道雄

1. はじめに

TOKYO PACK 2018 において「2030年包装の未来予測」と題し、報告させて頂いた。本誌をお借りし、未来包装予測の取組み、今後の当会の取組みについて情報を共有させて頂く。

(1) 目的と取組方針

本取組みに際し、未来を過去・現在の延長としてではなく、循環型社会を目指して、包装の望ましい姿をデザインすることとした。包装という小さな窓を通して世界(社会や経済、生活者)が見えるというところに、その面白さがある。ICT等の技術が著しく進歩する中、包装を取り巻く社会的背景も大きく変化してきている。

上記目的を実現させるための取組方針として、IPO(INPUT, PROCESS, OUTPUT)に分けて、情報を整理することとした(図1)。

INPUT : 「社会的課題」、「新技術 (包装技術・包装の役割)」の情報

PROCESS : INPUT 情報をクロスに評価し、「2030年のあるべき姿」と「現状とのギャップ」を見える化

OUTPUT : 包装の「進むべき方向を提案

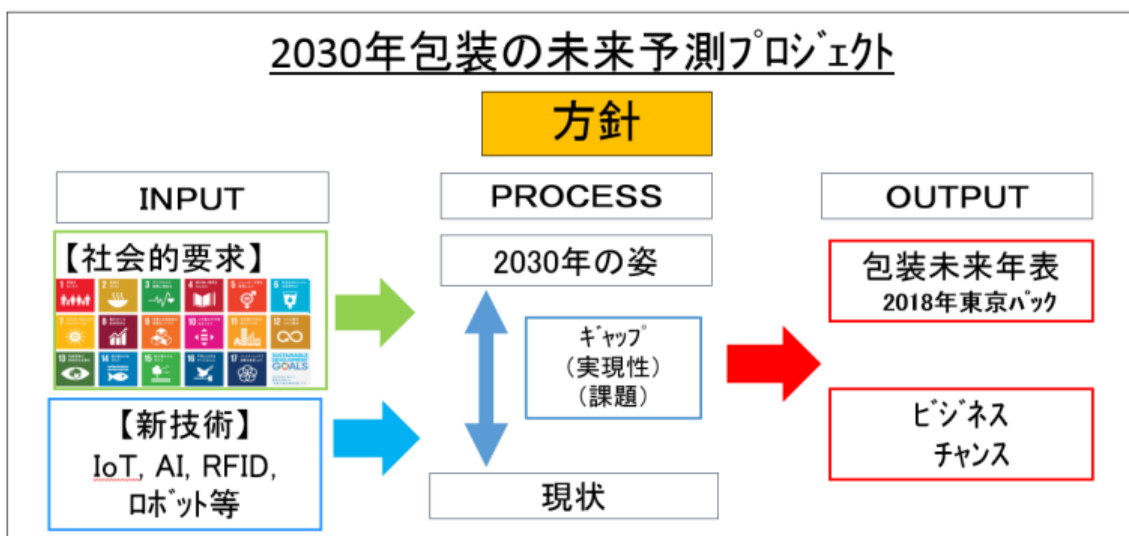


図1 2030年包装の未来予測プロジェクト



(2) 2030年包装の未来予測の全体ストーリー

社会的要求・新技術の切口で収集した公開情報を、「生活者」、「食品ロス」、「循環型社会」、「包装技術」の4分野に分け、分野ごとにキーワードを絞り込み、ストーリーを作成した。それらのストーリーを補足する情報を2030年までとそれ以降に分けて年表にまとめた。「背景と社会的課題」、「生活者」、「食品ロス」、「循環型社会」、「包装技術」についてTOKYO PACK 2018講演内容を基に順次紹介する。

2030年包装の未来予測プロジェクト

メンバー

- ・事務局：未来包装研究委員会 委員長：島田道雄(アサヒグループホールディングス社)
 未来包装研究委員会 副委員長：
 成田淳一(三井化学東セロ社)、水野公備(味の素社)
- ・メンバー：今田克己(今田包装技術企画)、及川英之(味の素AGF社)、
 北島誠之(出光エテック社)、小島諭(藤森工業社)、
 小林浩一(アイパック社)、小林義浩(味の素社)、
 島田賢一(三菱商事パッケージング社)、下村 充(王子コンテナ社)、
 竹内公生(東洋製罐グループホールディングス社)、
 白井和義(細川洋行社)、橋本香奈(大和製罐社)、
 平田達也(メイパック社)
- ・アドバイザー：有田俊雄(有田技術士事務所)

*** 東京パック・トレンドセミナー発表者
全体(背景と共通課題): 島田(道)**

生活者: 島田(賢) 食品ロス: 小林(義) 循環型社会: 橋本 包装技術: 北島

図2 2030年包装の未来予測プロジェクトメンバー

2. 2030年包装の未来予測の背景と共通課題について

パッケージを取り巻く背景と共通課題は、大きく「グローバル」、「デジタル社会」に分けられる。

(1) グローバル

国連の掲げる持続可能な開発目標としてのSDGsを欠かすことはできない。その中で、パッケージに大きな役割として期待されているのは、No.12.「責任ある生産と消費」における食品ロス削減や循環型プラスチックの取組み、No.13.「気候変動に対する行動」における温室効果ガス排出抑制の取組み、No.14.「海の豊かさを守る」におけるマイクロプラスチックによる海洋汚染防止等である(図3)。

日本包装専士会が描く「望ましい包装の未来」は、国連の「我々が望む未来」に沿って考えた。具体的な内容は、各分野、特に食品ロス、循環型社会の項に譲る。



図3 パッケージを取り巻く課題と背景（グローバル）

(2) デジタル社会

デジタル社会は Industry 4.0 によって人類を未知の世界へと導いていく。クラウド技術、もののインターネット、人工知能、巨大データの組み合わせの上に進化し、現在とは格段に違う巨大な量の情報が、高速で手軽にやり取りされる世の中になる。それを支えるインフラとしての ICT(情報通信技術)が、社会やビジネス、そして生活者のあり方を変える。

そこでのパッケージは、情報機能によってインターネットに繋がり、自ら情報を処理し、伝える媒体としての新たな機能をもつようになる。いわゆる IoP (Internet of Packaging) である(図4)。

図4 パッケージを取り巻く課題と背景（デジタル社会・IoP）



情報機能付きパッケージが開発されることで、①生産者・小売業と生活者との双方向対話が可能になる、②生産から廃棄までのトレーサビリティが可能になる、③偽造防止に活用される、④需要予測、効率的な生産計画が可能となる等が期待できる。経済産業省の取組みにより、2025年までにコンビニ・スーパーの全商品に IC タグが装着されれば、IC タグと顔認証、画像認識や各種センサーが結びつき、機械学習・深層学習の進化とともに現在では取れない情報が容易に取れるようになる。その結果、購買行動を変化させる技術開発が更に加速される。2019年までにあらゆる生活者の購入データはビッグデータとして活用されるようになり、2020年～2029年には、それらビッグデータを活用したカスタマイズ商品が登場するようになる。デジタル社会における IoP は、更に、スマートロジスティクスとも連携して物流等に大きな影響を与えることになる。サプライチェーンにおける



IoP は、繋がるパッケージとしてサプライチェーンの見張り番として機能するようになる。更に「IoP+スマートロジスティクス」によって、物流における最適化、コスト削減、労働力不足解消が期待できる（図5）。

2019年以降、以下のことが実現されると予測する。

(2019年まで)

- ・宅配ラストワンマイルが多様化(車のトランク引き取り可能等)
- ・人との協働ロボットやウェアラブルロボットの実用化
- ・ホテルのフロントでの接客ロボットが普及

(2020~2029年)

- ・ネット通販を対象とした配送センターのロボット化
- ・情報発信するパッケージを媒体にデジタルピッキングで効率化
- ・輸送手段のイノベーションが進展(隊列運転、ドローン等)

(2030年以降)

- ・自動運転・配送ロボットによるオンデマンド配送サービスが実現

図5 パッケージング・ソリューション(IoP・Smart Logistics)



3. 生活者の視点からみた包装の未来

⇒後述

4. 食品ロス視点からみた包装の未来

⇒後述

5. 循環型社会の視点からみた包装の未来

⇒後述

6. 包装技術全般としての包装の未来

⇒後述



7. 2030年包装の未来予測の振り返りと今後の取組みについて

以上がこの2年間、包装の未来予測に取組み、TOKYO PACK 2018で報告させて頂いた概要であるが、展示開催期間中、当会の展示ブースでは、講演内容のベースとなった包装未来年表を掲示するとともに、未来の包装をイメージした動画を作成し、投映させて頂いた(図6)。

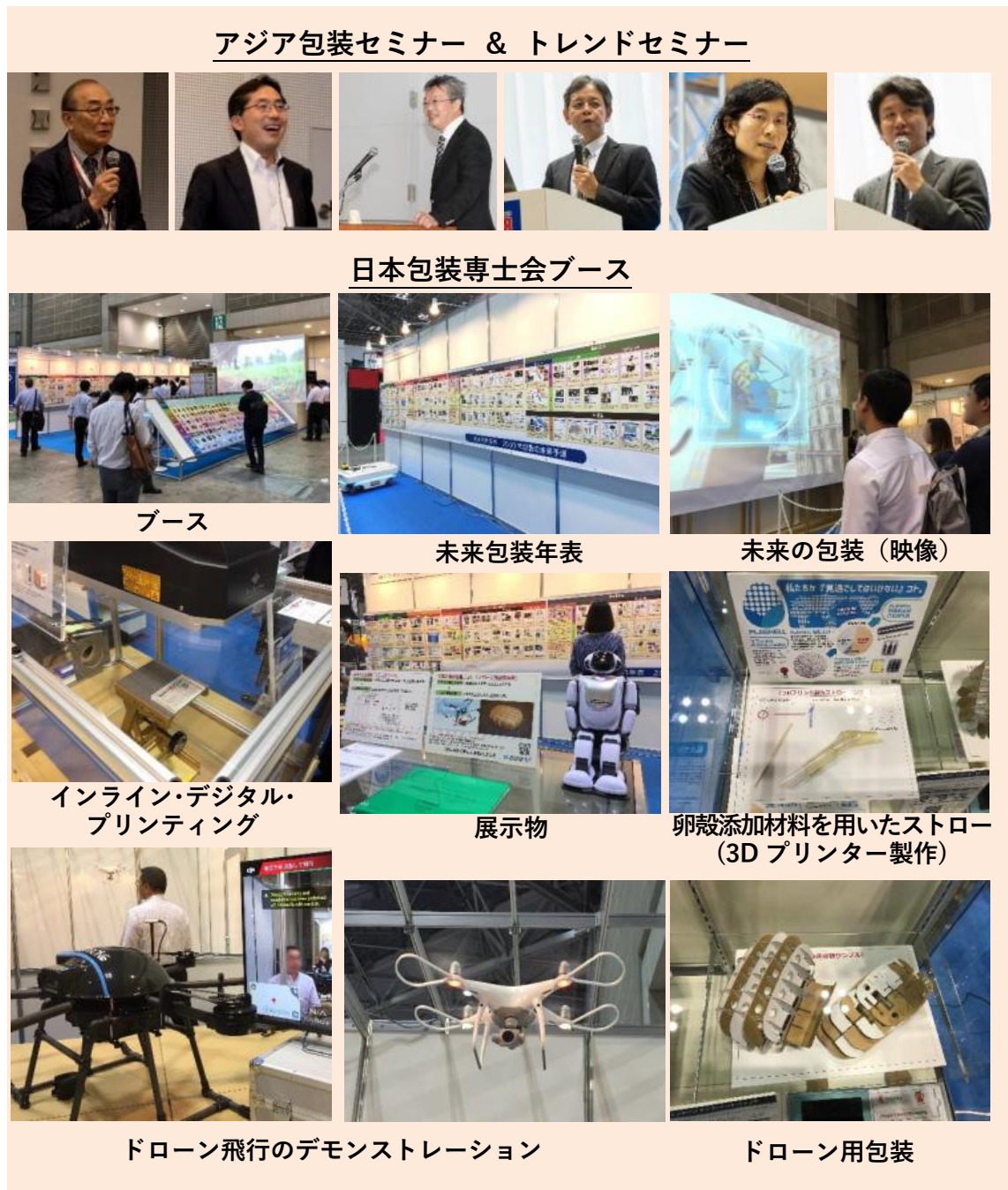


図6 TOKYO PACK 2018における活動



更に、ドローン、インラインデジタル印刷等、関連企業の皆様のご協力の下、展示させて頂くことができた。御協力頂いた皆様はこの場をお借りし改めて感謝申し上げたい。

TOKYO PACK 2018 終了後、当会会員の方はもとより、官公庁様始め会員以外の方々から、未来年表や未来予測の内容について数多くの問合せを頂くとともに、講演の依頼もあり、未来包装に対する関心度の高さを改めて感じている。

講演は、会期中に別途企画されたアジア包装セミナーでも 2030 年包装の未来予測ダイジェスト版として英語でスピーチを行い、海外からも多く資料の案内等、問合せを頂いた。これら問い合わせのひとつひとつにお答えするとともに、2030 年包装の未来予測の検証と更なる予測を行い、当会として包装の未来予測研究を引き続き進めていく予定である。本取組みに関心のある方は、是非、当会に問い合わせ頂くとともに予測のメンバーに参画頂き、新たな知見、情報等を提供頂けるよう望む次第である。

8. 謝辞

2年にも及ぶ本プロジェクトの遂行と成果には、図7に掲げる有識者の方々から貴重な情報と知見を頂いた。また、一般社団法人日本包装技術協会・越野専務理事には、終始、激励と展示に関わるご支援を、竹本顧問弁護士には著作権問題に関して適切なお助言をいただいた。さらに、ドローン(オリックス・レンテック社、プロドローン社)、インラインデジタル印刷(サトー社)、未来包装映像(TKワークス社、カネパッケージ社)等では、関連企業の皆様に出展のご協力を頂いた。この場をお借りして改めて感謝申し上げたい。

2030年包装の未来予測プロジェクト

謝辞

(有識者としてアドバイスいただいた方)

石谷孝佑 氏(一般社団法人 日本食品包装協会 理事長)
酒井和家 氏(公益社団法人 日本包装技術協会 生活者研究室長)
住本充弘 氏(住本技術士事務所 所長)
玉井哲雄 氏(元・法政大学理工学部 教授)
坂 直登 氏(坂技術士事務所 代表)

株式会社博報堂 博報堂生活総合研究所

越野滋夫 氏(公益社団法人 日本包装技術協会 専務理事)
竹本裕美 氏(公益社団法人 日本包装技術協会 顧問弁護士)

図6 有識者としてアドバイスをいただいた方

「2030年包装の未来予測について」

Let's Talk about the Future!

未来を語ろう!

～生活者の視点からみた包装の未来～

日本包装専士会

島田 賢一

1. 概要

包装の未来予測を行うには、技術や供給ソースの進歩だけを予測するだけでなく、包装を利用する生活者が、その時代にどんなライフスタイルや価値観を求めているか想定することが必要と考え、私達 日本包装専士会 未来包装委員会では今回のシリーズの一つとして「生活者」を取り上げることにした。包装に携わる者が侃々諤々議論のうえ導き出した答えが、「未来を決めるのは生活者」である（図1）。

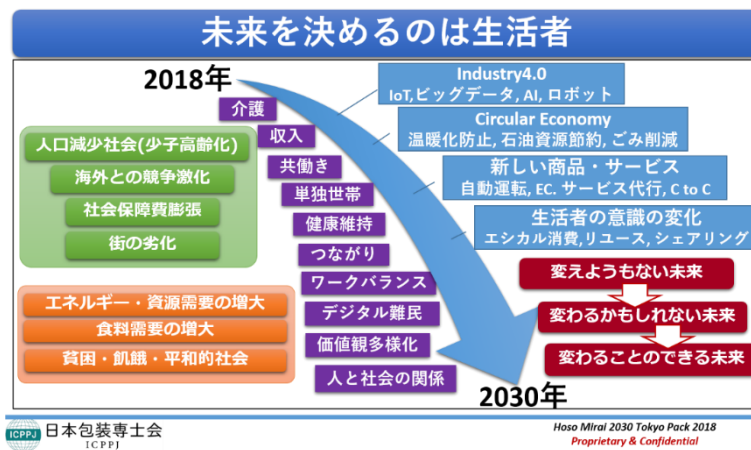


図1 未来を決めるのは生活者

2. 不安を乗り越え希望ある未来へ

私達 未来包装委員会が想定したストーリーは、日本の基礎が変わり「変えようもない不安な未来」を、生活者の自らの気持ちの変化と新しい技術・商品・サービスにより「変えることのできる希望ある未来」に導くことである。調査会社や報道機関が伝えるわが国の社会や経済の未来予測は決して明るくない。しかし生活者はしたたかに変化、生活の場である街も変化する。ライフスタイルと価値観を共有する生活者は街を変え、幾つかの新しい街が生まれるというストーリーである（図2, 図3, 図4）。

- ・ 2030年 日本型システムに崩壊の危機迫る(少子高齢化、経済停滞、国際競争)。
- ・ しかし、生活者は価値観やライフスタイルを柔軟に変化させ日常生活に活路を見出す。
- ・ Industry4.0 やデジタル情報技術に代表される新しい技術、循環型経済やエシカルに代表される新たな価値観、そこから生まれる新たな商品やサービスが生活者を支える。



- ・生活者の気持ちの変化は、街を変え、経済活動を変える。未来を決めるのは生活者。
- ・その時、必要とされる包装(以下、パッケージ)の未来像は？



図2 ストーリー



図3 変えようもない未来



図4 変えることのできる未来

3. 未来を変えるためのエンジン

一つ目のエンジンは新デジタル技術である。わが国が推進する Society5.0 では、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットに代表される新デジタル技術の活用が、買い物の方法、趣味の持ち方、医療、健康など様々な新しい商品やサービスを生みだし良質な社会の形成を描いている。ここでは、パッケージの新しい情報機能“つながる” (IoP, Internet of Packaging) —QR コード、IC タグ、電子透かし印刷、画像識別の容易さ等—が、生活者と新しい商品・サービスを結ぶ手段の1つとなる。

二つ目のエンジンは生活者の変化である。ここでは、循環型経済やエシカル消費を支持する潮流で、シェアリングやデジタル、健康、地産地消などの行動が挙げられる (LIFE SHIFT)¹⁾。長寿化や社会環境の変化に伴い、働き方もワークバランスや年齢に応じて価値や情熱を感じる仕事に入れ替える行動などが挙げられる (WORK SHIFT)²⁾。こうして危機を乗り越えた生活者は、自分のため、地域のため、絆のためにお金を使う。希少な購買力は貴重な投票権とも言える (SPEND SHIFT)³⁾ (図5)。

困難な時代に、したたかに変化する生活者の多様なライフスタイルと価値観をつかむのは、非常に膨大である。また、売り場も実店舗、e-Commerce、産地直送、個人売買 C to C など幅広くなる。生活者と売り手を結ぶ媒体も、新聞・雑誌・ダイレクトメール・TV 広告などから、SNS・画像認証・RFID など多様化する。新デジタル技術である IoP が従来のアナログ手法に加え、相互コミュニケーションツールとして活用が期待される (図6)。

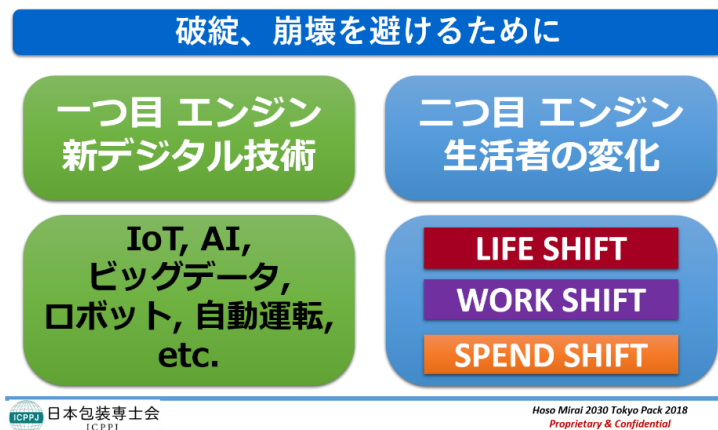


図5 未来を変えるためのエンジン

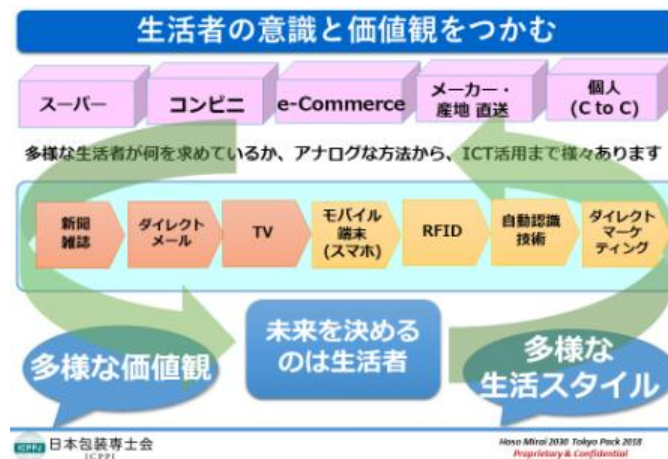


図6 アナログ手法と新デジタル手法 (IoP) が生活者をつかむ

4. 未来の街

多様なライフスタイルと価値観を持つ生活者が暮らす未来の街はどんな姿になるか。

博報堂生活総合研究所が2016年に「街の未来と4つのシナリオ」という未来予測を行った。私達 未来包装委員会は、この未来の4つの街に大きな関心を持ち、博報堂生活総合研究所のご厚意を頂き、2030年包装の未来予測シリーズにお借りした。

「街の未来と4つのシナリオ」では、「生活空間」をタテ軸に「人間関係」をヨコ軸に、それぞれ「あけるか」「しめるか」で、以下の示す4つのパターンの街が見えるとした。

- 1) 鍵のない街 : 生活空間あける×人間関係あける・・・誰もが助け合う集団生活の街
- 2) 住所のない街 : 生活空間あける×人間関係しめる・・・何事にも縛られないノマドな街
- 3) 壁のない街 : 生活空間しめる×人間関係あける・・・誰とでもつながれる街
- 4) 窓のない街 : 生活空間しめる×人間関係しめる・・・好きなように拘れる街

(図7)

詳しい説明はwebsiteに掲載されているので、是非ご覧頂きたい⁴⁾。

「みらい博 あしたのまちの100の風景 - 生活総研」

<https://seikatsusoken.jp/miraihaku2016/>

4つの新しい街で、例えばビールを飲む場合、どのようなシーンと必要となるパッケージを考えてみたい。鍵のない街では、共同ブリュワリーで各社ビールを各社レシピで製造、パッケージは共通だがインラインデジタルプリンティング技術で個別飾装。住所のない街はクラフトビールパブで地ビールを半自動巻締機で缶充填。壁のない街はドローンで好きなビールを即納。窓のない街は自分でビールを作る。など想像される。

同じように、読者皆さまが取り扱う商品が、4つの新しい街で生活者にどのように使われるか想像しては如何だろうか。

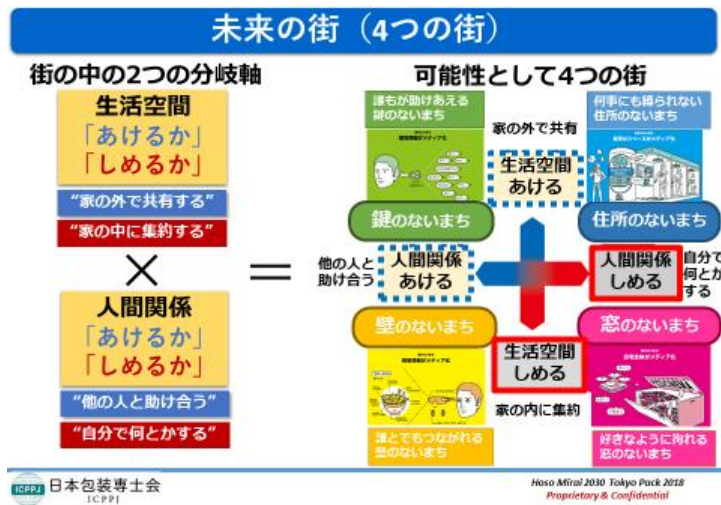


図7 博報堂生活総合研究所 街の未来と4つのシナリオ

5. 10年後、生活者が求めるパッケージ

4つの新しい街でのパッケージでは、生活者のライフスタイルや価値観が多様化しても、注文や製造・配達にIoPなど新デジタル技術やロボットなどが活躍すること間違いなさそう。では10年後、多様化した生活者はパッケージに何を求めるだろうか。

例えばマヨネーズを考えた時、従来のスクイーズボトル、びん、小袋などは変わりなく存在するだろうし、多様な要望に対応するため、量り売りやブレンディングなども発生するかも知れない。マヨネーズ製品を購入するのではなく、そのレシピをキットで購入し自分好みに仕上げるのが支持されるかも知れない。しかし、パッケージに求められる本質は、10年後も変わらず「～し易い」「～に優しい」「環境への配慮」は変わらないキーワードとして求められるだろう(図8)。現実に戻ってしまったが、やはり「未来を決めるのは生活者」である。

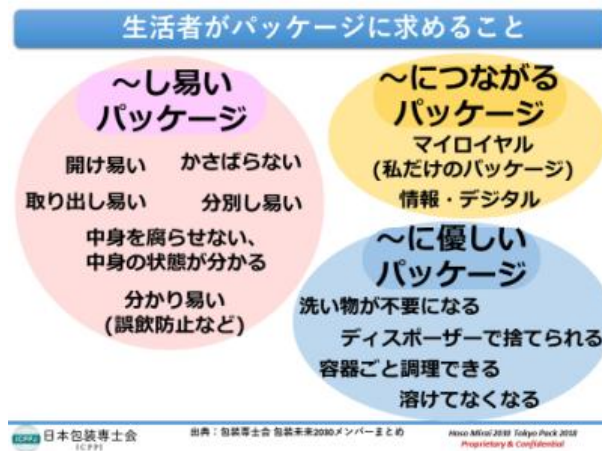


図8 生活者がパッケージに求める



「2030年包装の未来予測について」

Let's Talk about the Future!

未来を語ろう!

～食品ロスの視点からみた包装の未来～

日本包装専士会

小林 義浩

1. 食品ロスを取り巻く課題と背景

農林水産物の収穫・漁獲段階から消費段階に至るサプライチェーンの各段階で食品のロスが生じている。失われる食品については、品質劣化や加工カスなどにより不可食となる場合と、未だ食べられるにも関わらず流通の習慣などにより廃棄される場合の2通りのパターンがある。前者は発展途上国の収穫後の貯蔵や輸送などの取り扱い時すなわちサプライチェーンの早期・中間段階で顕著である。一方、後者は日本を含む先進国のサプライチェーンの後期の段階で著しい。この2つを区別するために“食品ロス”、“食品廃棄”という言葉が使われることがあるが、現在は未だ使い方が曖昧であり、ここで使う食品ロスは両者を含むこととする。

世界の食品ロスは約13億トン/年であり、これは食料生産量の1/3に相当するという膨大なものである。一方で、飢餓人口は世界人口の1/9に相当する8億人以上である。これには紛争事由等も含まれているが、必要な食品が必要な人に届かずに廃棄されているのが現状である。日本に目を向けてみると、食べられるにも関わらず廃棄されている食品ロスが646万トン/年であり、これは世界の食品援助量の2倍に相当するほどの量である。

今後アジア、アフリカを中心に急激な人口増加が続き、2030年には86億人に達すると予想されているのに対し、例えば農産物においては人口増加に追従する耕地面積の増加は見込めないことから、食糧不足問題が現在より深刻化するのとは不可避な状況である。そこで、SDGsのターゲット12.3にある「2030年までに小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食品ロスを減少させる」目標の達成は極めて重要である。

現在日本においては飢餓の心配は無いが、2017年の食料自給率はカロリーベースで38%であり、微減のトレンドであることから、将来的にも海外からの食料の輸入に頼る必要があり、食品ロス削減は重要な課題である。すなわち、これまでは自動車等の工業製品を輸出して得た外貨で食料を輸入することが出来て来たが、今後のリスクとして、輸出不振による外貨不足や発展途上国の経済発展や人口増加に伴う食料の現地消費化により、日本に海外食料品の入ってくる量が大幅に減る可能性があるため、対策として食品ロス削減が必要である。

これまで日本で可食食品ロス改善が進まなかった要因としては、例えば高温多湿で食中毒の危険性が高いといった衛生面の課題や所謂“1/3ルール”などが挙げられる。“1/3ル



ール”とは食品メーカーの納品期限と販売者の販売期限をそれぞれ食品の品質保証期間の1/3とする流通上の習慣であるが、期間が短いため生活者に渡る前に廃棄せざるを得ない食品が少なからず発生している。今後これらの改善も重要である。

2. 未来の食品ロス削減

食品ロスの未来の削減手法予測について、サプライチェーンを基軸として見ていく。表1は各段階の現在の主な食品ロスの発生要因と2030年に食品ロス削減が期待される包装及びその周辺領域の手法を一覧としてまとめたものである。詳細について以下に記す。

表1 食品ロスの発生要因と2030年の削減手法

	主な食品ロス発生要因	2030年の食品ロス削減が期待される手法
農業生産・輸送・貯蔵	(途)・貯蔵、輸送技術や設備の不備 ・豊作による生産調整 ・規格外農産物の選別、除外	・農林水産物の一貫した低温管理による劣化抑制 ・鮮度保持包材の発展による個別最適化で劣化抑制
製造・加工	(途)・包装不良 ・“1/3ルール”期限切れ ・商品切替(季節商品)、規格変更 ・加工時のトラブル ・加工時に発生するカス、形状崩れ	・IoTによる正確な需要予測に基づく無駄の無い生産 ・ダイレクトマーケティングによる個々の消費者の需要に基づく生産 ・IoT、ロボットによる工場無人化で製造ロスを極小化
流通	・“1/3ルール”又は品質保証期限切れ ・過剰な仕込み(限界陳列量確保) ・品切れ防止(顧客脱離回避)	・品質保証包材により中身食品の品質状態を表示 ・フードバンク等による余剰食品の有効活用
消費	・保管食品の経時劣化 ・買い過ぎ ・食べ残し	・品質保証包材により中身食品の品質状態を表示 ・スマート家電の食料保管状況把握による最適消費

(途)は特に発展途上国で顕著である項目を示す。

(1) サプライチェーン全体への関与

共通課題のデジタル社会のパートで述べられている情報機能付きパッケージが登場すると、商品に付随するあらゆる情報がサプライチェーンの双方向に伝達されることになり、正確な需要予測、効率的な生産計画、各段階での緻密な品質管理が可能となり、特に可食食品ロスの大幅な削減が期待される。ビジネス形態においては、ダイレクトマーケティングが普及し、2030年には生活者がスマート家電から製造者に直接発注し、受注生産品を無人トラックやドローンで配送する未来になっていると予測する。ここまで進むと、生活者の好みやその時の気分に応じてカスタマイズされた味付け、具材、量のミールキットが宅配され、生活者の食生活の満足度が上がると同時に食材の無駄が発生しなくなっていると思われる。

(2) 農業生産・輸送・貯蔵及び流通

発展途上国で農作物収穫後のロスの割合が高いのは、貯蔵・輸送技術や設備の不備のためであり、世界の収穫後ロスには実に6.3億トンに達する。青果物の場合、低温に保つことで品質劣化を抑制することが可能であり、タイでも収穫から小売店での販売に至るまで欧



米同様の低温流通システムが確立し、品質保持期限を大幅に延ばしている。現状日本でも青果物の予冷库や低温輸送車のインフラが整っていない状況である。2030年までには発展途上国や日本でも低温流通システムが確立し、青果物の品質保持期限の延長による大幅な食品ロス削減が期待される。

また、微細孔を設けることにより袋内の二酸化炭素と酸素の濃度を調整し、青果物の呼吸を抑える鮮度保持フィルムが現在実用化されているが、2030年までにはAIと画像認識技術により包装前の青果物の種類・呼吸量を瞬時に判断し、最適なガス透過量になるような穴をインラインでフィルムに加工し包装するようになっていると予測する。

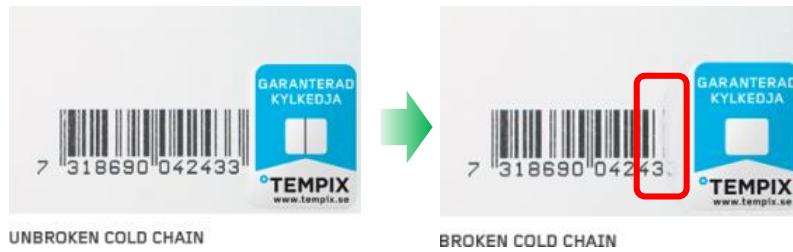
(3) 流通及び消費

現在食品流通時の品質保証は消費期限もしくは賞味期限で行っている。この方法はシンプルで合理的であり、これまで問題なく機能してきた。但し、期間設定時の温度などの環境と実流通時の暴露環境は異なるため安全サイドで設定されており、表示されている食品の真の品質保証期間を表しているわけではない。また、消費時に一度開封して外気に触れてしまうと品質保証期間は無効となり、以降の保存期間に関する指標は無くなってしまふ。この対策として、例えば写真1のような流通時の温度履歴を示すTTI(Temperature Indicator)ラベルが開発された⁵⁾。これは、温度に応じて時間の経過とともに色が変わるラベルであり、流通時のトータルの暴露温度環境を示せるため、ラベルの色により表示食品が品質保証期間内であるかがわかる。また、中身食品の品質をより直接把握する手法として、写真2のような牛乳等の腐敗を電氣的に検知するキャップ⁶⁾や写真3のように鶏肉等の品質劣化で生じる代謝物と反応して色が段階的に変化するインキを用いた鮮度表示ラベル⁷⁾が開発されている。このような技術開発の進行により、2030年までには現在の品質保証期間表示の代わりとなり、パッケージの色等で品質保証をする食品が登場すると予測する。このような仕組みが確立されれば、品質保証期間切れもしくは“1/3ルール”の期間切れで廃棄せざるを得ない可食食品ロスは大きく削減されることが期待される。また、消費時に開封済みで保存されている食品についてもリアルタイムの品質状態を把握することが出来、まだ食べられるにも関わらず安心のため廃棄している食品の大幅削減が期待される。

飲食店等での料理の売れ残りは保存が出来ないため通常廃棄せざるを得ないが、この余剰食品を生活者が探して格安で買うことが出来るサービスが登場した。例えば海外では英国を中心とするToo Good To Goというスマホアプリがあり、近所の飲食店で余剰となっている料理の情報を入手でき、注文後にお店に取りに行くというシステムである。日本でも同様のサービスが始まっている。このような余剰食品は飲食店のみならず、小売店・食品メーカー・農業関係者といったサプライチェーンに関与する全ての部門で発生しており、一部フードバンクとしてこのような余剰食品を集め、それらを必要とする人や団体に引き渡すような仕組みが動いている。2030年においては、官民一体となった大規模なフードバンクシステムが確立し、余剰食品が廃棄されることなく必要とする人に渡るようにな



っていると予測する。USA やカナダでは、困った人を助けるための良識的な善意の行為は失敗しても責任を問われない、という「善きサマリア人の法」が施行されており、日本でこのシステムを効果的にするためには必要と思われる。



温度・時間の暴露が規定値を超えるとバーコードが消える

図1 TTI ラベル(TEMPIX)

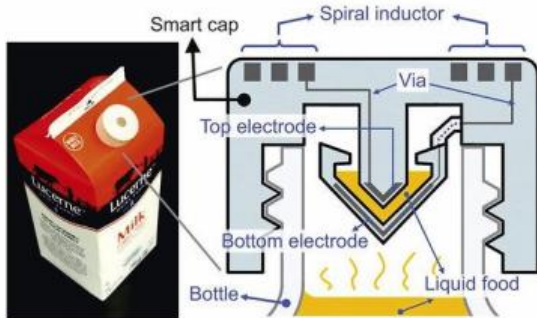


図2 腐敗検知キャップ (UC Berkeley)



図3 鮮度表示ラベル (ITENE/Kao Chimigraf)



(4) 消費

現在スマート家電の開発が盛んである。スマート冷蔵庫では庫内に保管される食品の管理が可能となっているが、事前に人が情報をインプットする必要がある。2030年までにはIoPにより食品がスマート冷蔵庫やスマホと連結される。これにより、冷蔵庫のAIは庫内にある食品の様々な情報をパッケージから自動的に読み取り一括管理し、食品ロス削減に向けて機能を発揮すると予測する。

例えば、買い物時に冷蔵庫内の保管品をスマホで確認出来るため、余分な買い物や買い忘れを防ぐことが出来る。また、保管食品の品質保証期間間近で冷蔵庫がアラームを発信し、そのような食品を使用した最適調理メニューを他の保管品も加味して提案し、更にはスマート調理器に引き継がれほとんど手間をかけずに食事が出来上がる。

3. おわりに

2030年の食品ロス削減に向けた包装の未来について見てきたが、言うまでも無く、インフラや技術だけではあるべき未来を実現することは出来ない。私たち一人ひとりが地球を共有化している生活者として意識改革を行い、食品ロス極小化への行動が無意識で当たり前となることも非常に重要である。

以 上



「2030年包装の未来予測について」

Let's Talk about the Future!

未来を語ろう!

～循環型社会の視点からみた包装の未来～

日本包装専士会

橋本 香奈

1. はじめに

容器包装を取り巻く世界的な共通課題として、サステナビリティ、温暖化ガス排出抑制（パリ協定）、食品ロス削減、包装材料ポジティブリスト化、資源循環型社会への取組み、プラスチックによる海洋汚染などがある。

なかでもプラスチックごみの海洋投棄がクローズアップされ、世界中でプラスチック製容器包装などの使用規制が始まっている。日本では第4次循環型社会形成推進基本計画において、2019年6月大阪開催のG20サミットに向けてプラスチック資源循環戦略の策定が進められている。本来、プラスチックに限らず、どの素材も流出させないことが大事であり、今後あらゆる素材の資源循環の施策が世界中で討議されることを望む。

日本包装専士会による循環型社会の視点からみた容器包装の望ましい未来は、予測を当てることが目的ではない。ありたい姿を提示し、今後、業界の皆様とディスカッションしながら、容器包装の望ましい未来を永続的に築き上げていきたいと考えている。

2. 脱石油を後押しする動き：世界の潮流は「資源の有効活用とごみゼロ」

(1) 石油系プラスチックの転機

石油系プラスチックは安価であり、日本のユーザーの要求水準を満足する高品質なものとして多く流通している。石油系プラスチックの転換期にあたり、いま、石油系プラスチック廃棄物発生量の大幅削減が求められている。世界の潮流は資源の有効活用とごみゼロである。石油需要の変化、軟包装の再生・再利用の動き、紙化、石油エネルギー代替の技術開発など、石油依存のウェイトを軽くし、別な選択肢を模索する時代に向かっている。

石油系プラスチックの転機、世界的な「プラスチック排出抑制・リサイクル」への動きは、次の3点のできごとが引き金となったと考える。

- ① 2016年の世界経済フォーラム年次総会（通称ダボス会議）での海洋ゴミに関するレポート：プラスチックリサイクルを推進し、海など自然界への流出を防ぐ対策の強化が急務とされたこと⁸⁾。
- ② マイクロプラスチック問題：魚を食べることによる食物連鎖が人類の健康阻害にも及ぶ可能性が考えられること。
- ③ 中国政府の廃棄物輸入禁止：世界の多くのごみを引き受けてきた中国が廃棄物受け入れを全面停止したこと。



マイクロプラスチックは魚の内臓に留まり、人間が食べる筋肉組織へは移動しないとみられている。しかし、ナノレベルになれば細胞膜を通過し、生体組織や臓器に侵入することも可能とされている。海洋に漂うマイクロプラスチックの人体への影響を解き明かすには、少なくとも5~10年かかるといわれ⁹⁾、その間にもプラスチックの流出が続く。

中国に廃棄物を最も多く輸出してきた日本は、輸出先を中国から東南アジアに切替えた。代替受入先が限界に達するのは目に見えている。使い捨てのプラスチック使用量を削減すると同時に、自国内でのリサイクルの仕組みを構築する時期が来ている。

(2) 代替エネルギーとCO₂回収・利用

石油輸出機構 OPEC が、2017年11月に年次報告書「世界石油見通し」を発表した¹⁰⁾。主要シナリオでは、石油需要は向こう数十年間、拡大するとの予測である。もうひとつのシナリオでは、世界の石油需要が2030年代後半に横ばい状態になるという予想を発表した。世界の自動車の25%が電池を搭載し、自動車産業以外に石油消費が多い産業分野にも脱石油の動きがあれば、このシナリオも可能性が高まるとされる。

石油石炭のエネルギー資源に頼らない代替エネルギーとして、太陽光発電、人工光合成に着目している。NEDOのシナリオでは太陽光発電は2030年を目標とし、基幹電源、火力発電並みにコストを低減し普及させる計画で進められている¹¹⁾。コスト削減のほか、安定供給化、信頼性向上などの課題を解決するべく、2050年にはモジュール変換効率40%、コストをさらに下げていく将来像を描いている。人工光合成は工場などから排出されるCO₂を原料とし、水を使用して太陽エネルギーを活用し化学品を合成する技術である¹²⁾。オレフィン原料を出発物質とするプラスチック生産、容器包装への適用が期待できる。化学品の製造プロセスにおけるCO₂排出量の大幅な削減、CO₂を炭素化合物としてとどめることにより、低炭素社会の実現に大きく貢献するだろう。人工光合成の普及は、太陽エネルギー変換効率を高めることがカギである。植物の光合成では0.2%~0.3%と言われており、日本が得意とする光触媒の技術を用いながら2021年に最終目標の10%まで上げる目標である。

CO₂回収・利用をチューリッヒ工科大学の学生2名が発案し、スピンオフして2010年にClimeworks社を設立した。2017年にCO₂回収設備の第1号を廃棄物処理事業者の施設に導入した。廃棄物の焼却時の熱をエネルギー源とし、大気中のCO₂を回収後、地元のグリーンハウス農家に販売するというスキームである。炭酸飲料にも利用する計画があるという。どこに設置してもCO₂回収能力を発揮するというふれこみである^{13) 14)}。

石油生産は採算性低下が原因で減衰する可能性がある。パリ協定では化石燃料の利用について2050年までに80%の削減を目指すとの合意した。

石油に大きく依存してきた生活から脱石油への移行に向け、新しい道を模索する動きがこれからさらに活発化するであろう。

(3) セルロース系包材への置換え

安価・実用的バリア包材が登場し、「紙でできることは紙で。」(日本製紙社)の方向で今後技術的にも発展すると考える。日本では日本製紙社がコンバータや機械メーカーなどと組み、SHIELDPLUSとして様々な形での紙製バリア素材の商品化を目指している。海外では、Mitsubishi HiTec Paper Europe社でBarricoteという紙バリア包材を展開中である。Barricoteは、水蒸気、グリース、油、鉱物油に対するバリア性能を有し、水性コーティングでフッ素系樹脂を使用しない¹⁵⁾など、環境に配慮した特徴を持つ。複数の特長を持つマルチバリア紙は、フィルム包材からの置換えで増えると予測する。

セルロース系のセルロースナノファイバー CNF、セルロースマイクロファイバー MFCのバイオマスバリア包材への利用が始まっている。ハイバリアへの研究開発が進み、2030年にはビールを始めとする炭酸飲料などにも適用されると予想する。日本では、NEDOの産学官連携プロジェクトでナノ素材の応用研究が2007年から5年間行われ、東京大学、花王社、日本製紙社、凸版印刷社が参加した。その後製紙メーカー各社で引き続きCNFのイノベーションが進められている¹⁶⁾。日本ではコーティングでのバリア付与を検討しているが、北欧ではElopak社がMFCを飲料用紙パックで実用化している。紙と混ぜて抄紙すると板紙の強度が上がり、紙の坪量ダウンにつながる。従来よりもコストダウンを実現している¹⁷⁾。

木質セルロース代替として、非可食再生可能資源の多年生草本の大すすきなど非木材セルロースを用いたパルプモールド容器を、米国のWorld Centric社が販売している¹⁸⁾。外食産業向けにコンポスト可能な丸皿・クラムシェル型容器として2015年から販売をスタートした(図1)。どんな土壌でも生育できる大すすきを自国の農地で栽培し、農業の新ビジネスを興すことに繋げられる¹⁹⁾。一年のうちに成長して枯れるものが大量生産に向くとすれば、今後一年生草本での検討も進むと考える。

紙化がゴールではなく、使い終えた紙製容器包装の資源循環の仕組み作りも、同時に検討することが求められる。



図1 World Centric社のパルプモールド容器の例¹⁹⁾

3. リサイクル・再生など：100%リサイクルする時代へ

(1) リサイクル・再生

PET ボトルならびに PEF ボトルについて述べる。

PET ボトルの BtoB リサイクルが徐々に普及し始め、新たに FtoP 技術も導入された²⁰⁾。PET ボトルのリサイクルは当たり前になる時代がくると予測する。他方で植物由来樹脂からなる PEF ボトル (図 2) も 2025 年以降に普及すると予測する。PEF は 2016 年に東洋紡社が樹脂およびフィルム製造で、オランダの Avantium 社と合意している²¹⁾。そのガスバリア性能が高く評価され、日本でも飲料用途で最初に採用されるであろう。ボトル以外の成型物やフィルムに PEF の用途が拡がり、将来的には PEF ボトル・各種パッケージが 100%リサイクル可能になると予想する。

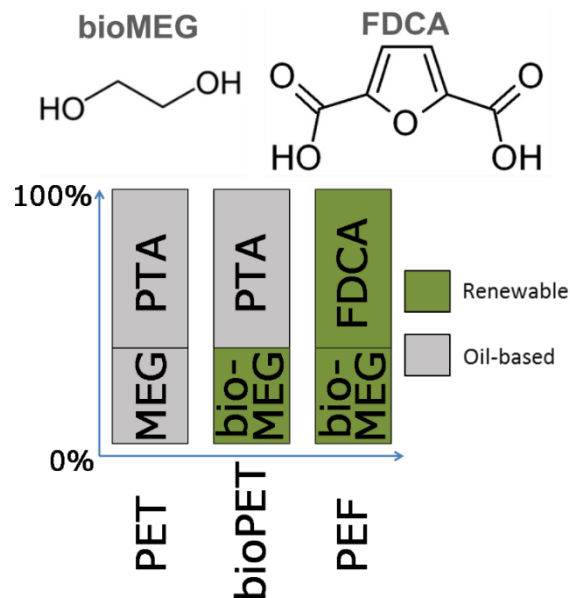


図 2 上はバイオ由来の MEG と バイオ由来の FDCA、下は PET・bioPET・PEF のバイオ率

PET、PEF 以外のプラスチック製容器包装リサイクルについては、循環型社会へ結集する欧州の軟包装業界の話題に触れたい。CEFLEX (Circular Economy for Flexible Packaging) という、循環型経済のための軟包装業界共同プロジェクトが進行中である。2025 年の目標として、使用済みの軟包装の回収や分別、再加工のインフラを整えると伝えている²²⁾。最優先は排出抑制であり、再利用、リサイクルと続き、焼却による熱回収や埋立ては下位的手段と捉える。ひとつの企業でなし得る課題ではない。非競争分野はみなで協力して正面突破という考えのもと、軟包装のバリューチェーンを代表する企業が結集して取組んでいる。

CEFLEX メンバーの Dow Chemical 社は、自社 PE 樹脂で包装の環境団体であるサステナブルパッケージング連合の認証を取得した。米国の How2Recycle ラベルの表示が可能とな

り、食料品ストアの回収箱でリサイクルできる²³⁾²⁴⁾。全ての包材をリサイクル可能とすると宣言したブランドオーナーはいち早く採用するであろう。また、Dow 社は樹脂改質剤 Retain をフィルム加工時に添加することによって、PE//EVOH//PE 構成でも EVOH が 5% 以下であれば製膜時のゲルトラブルなく再生可能としている²⁵⁾。日本企業も単一素材のパッケージの開発を進めている。マテリアルリサイクル領域の拡張化が進み、プラスチック材料全般のリサイクルや再利用を実現する技術開発が 2025 年には進展するだろう。2030 年には再生プラスチック材料・再生紙の食品衛生法上のポジティブリスト化の実現を予想する。

(2) 分離技術

剥離技術を有するドイツの Saperatec 社と接着剤メーカーの Henkel 社が PET//AL//PE 構成の複合材料の剥離・分離技術を展開している。断裁して細かくし、接触面積を多くすることがポイントである。特殊分離液により個々の材料を完全に分離し、洗浄、そして材料ごとに回収し、乾燥する手順が取られる²⁶⁾。紙アルミ複合容器・包装も同様に分離するという(図 3)。分離技術を展開する工場が 2030 年までに実用化され、2030 年以降にリサイクルが開始されると予想する。また、Starbucks 社の 2018 年のニュースとして、紙カップのリサイクルに挑戦する話題も紹介されている²⁷⁾。日本では焼却を回避し、複合材料のリサイクルシステムが確立されることを期待する。



図 3 Saperatec 社の HP より²⁶⁾

(3) リサイクル・アップサイクル

2001 年に、TerraCycle 社が米国にて設立された。「捨てるという概念を捨てよう」²⁸⁾という理念のもと、いまや世界の大手ブランドオーナー 100 社以上がパートナーシップを結び、不要物の再商品化を実施している。廃棄物を焼却や埋立てせずに回収することは、



環境負荷がはるかに低いと考えている。リサイクルやアップサイクルを実施し、回収物を新たな製品としてよみがえらせる。日本企業の取組みとして、ライオン社および花王社の例を紹介する。ライオン社は2015年から使用済みハブラシを回収してリサイクルするプログラムを開始した。登録すればだれでも参加できる。ハブラシをリサイクルして作られた、プラスチック製品との交換や、教育支援・地域支援などの寄付に換えることができる。TerraCycle社がこの運営を担当し、ライオン社はそのコストを担っている²⁹⁾。花王社は2015年から、容器・包装の新しい資源循環に向けた研究に取組み、洗剤やシャンプーなど使用済み詰替えパウチの再生樹脂から子ども用玩具ブロックを作っている³⁰⁾。リサイクルの手段は多岐にわたることが望ましいと考える。

(4) 生分解

日本では海洋での生分解性をうたうものが登場し、海外では埋立て処分していた紙カップのコンポスト化の動きがある。各家庭でのコンポスト普及を前提にすると、熱をかけずに分解するものが実用的と考える。

海水中で微生物により分解する樹脂は、すでに実証設備レベルでの生産体制を確立したカネカ社のポリエステル系生分解ポリマー PHBH がある。ベルギーに本部を置く国際的な認証機関 Vinçotte にて、海水中で生分解する認証「OK Biodegradable MARINE」を取得している (Vinçotte は2017年12月 TÜV AUSTRIA Belgium NV に認証業務を引き継いだ)³¹⁾。現在は海外向けの需要が多く見込まれ、同社では設備増強を発表している。将来的にはポリオレフィン包装代替や、ボトル・トレイへの展開も図られることを望む。

海水中で生分解する樹脂であっても、石油系プラスチック同様、海洋環境に流出させてはならない。万が一流れ出た際に、生分解能力が水面と水底で異なるのではないかと、分解の過程ではマイクロプラスチックと同等のことが考えられるのではないかと、などの懸念がある。生分解性プラスチックの普及にあたって、明らかにしなければならないことが多い。

海外では埋立て処分していた紙カップのコンポスト化の動きがある。オランダの Akzo Nobel 社では紙カップ用に再生 PET 原料の水分散系コート EvCote の開発がすすめられている³²⁾。また、米国その他で内面 PLA コートの紙カップが普及し始めている。

Starbucks 社と McDonald's 社は、2018年夏にリサイクルとコンポストが容易なカップを作る3年間のプロジェクトを発表した³³⁾。世界の潮流は「海水中」も「土壌」も生分解性がキーワードになりつつある。日本ではコンポストの普及が遅れており、コンポストよりもリサイクルの仕組みを構築する方が望ましいかもしれない。禁忌品扱いの紙製容器包装が、焼却ではなく牛乳パック同様にリサイクルされることを望む。



(5) ガス化(可燃ごみからエタノール変換)

可燃ごみをまるごとエタノールへ変換する生産技術を、2017年に積水化学工業社と米国 LanzaTech 社が世界で初めて開発に成功した³⁴⁾。ごみをガス化後、精製し LanzaTech 社の微生物触媒を用いてエタノールに変換する。エタノールから化石資源によらない資源循環が期待され、オレフィンを合成し、食品・飲料にも使えるレベルのオレフィン系容器包装の生産が実現する未来を描いている。

4. SDGs 達成度と未来の資源循環

(1) 日本の SDGs 達成度 (日本の通信簿)

独ベルテルスマン財団と持続可能な開発ソリューションネットワークから、各国の SDGs 達成状況が世界銀行や FAO、WHO などのデータを元に毎年報告される³⁵⁾。達成度状況により、目標のアイコンが色分けされ通信簿に掲載され、各国の実状を的確に表したものととらえている。日本が 2018 年に良い評価を受けたのは目標 4(質の高い教育をみんなに)であった。目標 5(ジェンダー平等を実現しよう)、12(つくる責任 つかう責任)、13(気候変動に具体的な対策を)、14(海の豊かさを守ろう)、17(パートナーシップで目標を達成しよう)は評価が低い結果を得た(図 4)。前年度からの推移では、13 の成績が落ちている。一人当たりのエネルギー起源 CO₂ 排出量削減に努力が求められており、あらゆる側面から CO₂ 排出量削減に努めていかねばならない。削減の一案として、使い捨て容器包装などごみになるものを減らし、資源を節約したうえで、適切な資源循環・リサイクルを行えば、焼却に多くを頼る場合よりも CO₂ 排出量を削減できると考える。

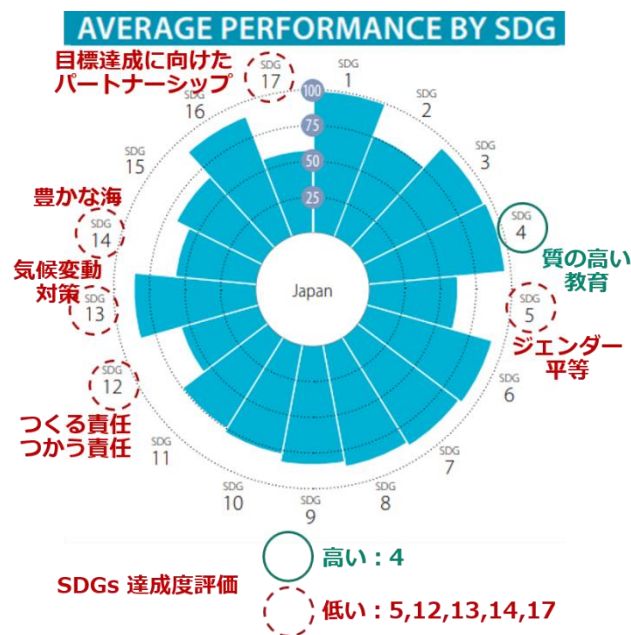


図 4 SDGs(2018年発表)の日本の達成度評価³⁵⁾

(2) 資源循環システム構築

図5にはプラスチック容器・包装、図6に紙製複合容器・包装の資源循環システム構築について表した。もちろん、図には記しきれない別の循環システムが多数交錯して存在している。

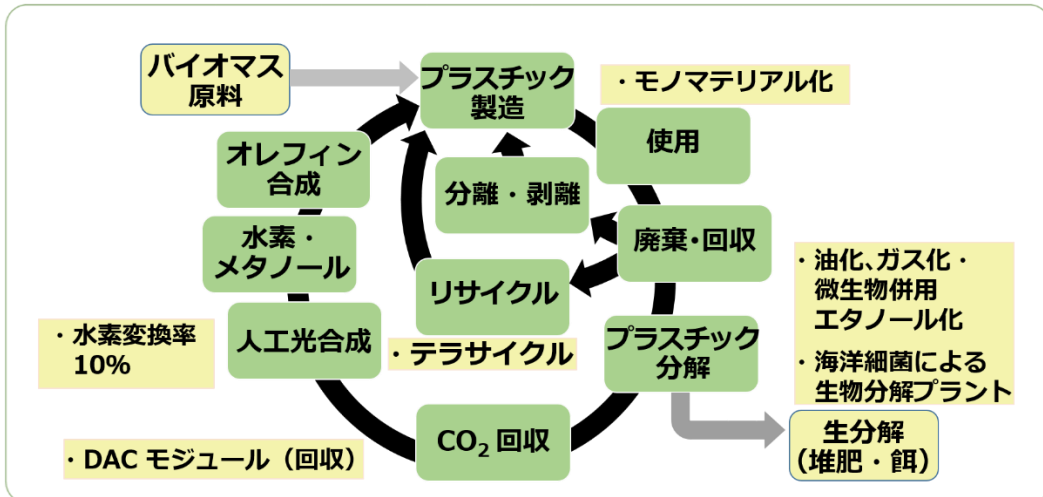


図5 未来のプラスチック容器・包装循環システム構築

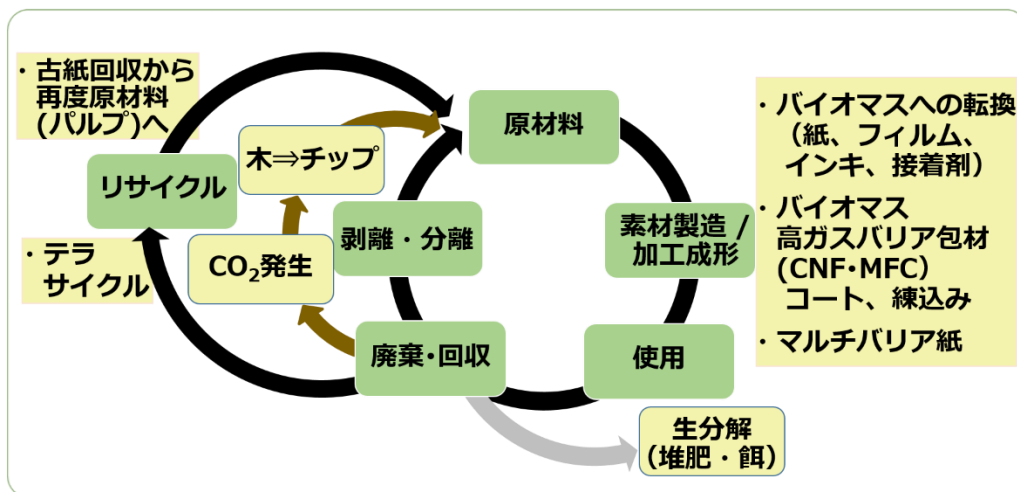


図6 未来の紙製複合容器・包装循環システム構築



5. おわりに

プラスチック資源循環戦略の策定に続き、これから先も、国レベル、世界レベルで大事な事柄を決める場面に遭遇すると考える。2030年、地球を守る技術とパッケージ、日本包装専士会は皆様と議論を重ねながら望ましい容器包装の未来の予測作業を続け、あるべき姿を築き上げていきたい。

なお、わたくしは（公社）日本包装技術協会の月刊雑誌『包装技術』の編集副委員長として、雑誌作りに2年間携わってきた。日本包装専士会の包装未来予測には共通点があると感じた。容器包装業界の現役が、組織を越え横断的に集まり、意見を出し合い協働して作り上げる点である。各方面から様々な経験と英知を持つプロが集まり、さらに周辺を巻き込みつつ完成にいたる。思いがけず同時期に両活動に携わり、かけがえのない経験をさせていただいた。

以上



「2030年包装の未来予測について」

Let's Talk about the Future!

未来を語ろう!

～包装技術全般としての包装の未来～

日本包装専士会

北島 誠之

生活者、食品ロス、循環型社会における課題、変化に対応するために、包装技術の役割は大きいと考えられる。包装の未来予測に対する取組みにおいては一口に包装技術と言っても広く、多岐に渡る。そのため包装専士会として着目すべき分野をまず選定し、未来に向けてどうなっていくのかを議論し、その中からさらに重要と考えられる項目について表1~4の通りまとめを行った。

表1. 包装未来年表 包装技術 —素材—

分野		2019年以前	2020~2029年	2030年以降
素材	プラスチック	プラスチック分解生物（豪） PET 分解微生物（大阪府堺市）	プラスチック分解細菌を用いたプラスチック分解実証プラント実現	生ごみのリサイクルが進み生分解プラスチック包材が普及
		世界のバイオプラスチック消費量は 200万トンを超える見込み（プラスチック全体の 1%未満）（2016年）	国内樹脂原料の20%（PEF含む）がバイオマス素材に転換	
		複合材料のエタール化技術が開発された（2017年）	100%植物由来のPEF製容器（飲料用ボトルなど）の普及	油化、ガス化・微生物併用エタール化技術を使用したバイオ生産開始
	紙	紙リニアパルプ、紙リニア包材の登場	マルチリニア紙系包装材料の普及	ビールをはじめとするCNF導入炭酸飲料容器が登場
		セルロスマイクロファイバーを使用した紙パックを北欧で実用化（2017年）	紙に複合容器・包装の紙部分を分解しセルロースを再利用する工場の実用化	TerraCycle社における紙複合容器・包装のアップサイクル開始
		パルプモルト材料には木質セルロース、トウモロコシ搾りかすや麦わらなどを利用	木質セルロース代替として非木材セルロースを用いたパルプモルト大量生産へ	



表 2. 包装未来年表 包装技術 —機能性包材—

分野		2019年以前	2020～2029年	2030年以降
機能性包材	鮮度保持 アクティブ包材	酸素吸収、蒸着、バリコート、有機無機ハイブリッド、ナノファイバー等によりロングライフ化	天然抗菌性成分をアボカド等の表面にコーティングする青果物鮮度技術実用化	酸素透過が0.1ml以下のバリ-包材が実用化賞味期限が10年に到達
		微細孔、部分シールによる鮮度保持フィルムを使用	ナノマトリアル+天然由来抗菌性成分による鮮度保持アクティブ包装が実用化	酸素濃度を自動検知して能動的に環境制御可能な機能性包材が登場
		穴の開いていないMA保持フィルムを使用	温度変化に対して、酸素・炭酸ガス比率を保持可能な包装が出現	
	Easy to Empty Easy to Open	ヨーグルト蓋材(超撥水性)が登場	液性技術が進み容器包装内部ではじくことが可能な物質の範囲が拡大	容器包装内部の内容物液残りは完全に過去に
		MIT がケチャップ、マヨネーズを容器内部に残さない LiquiGlide を発表	誘電接着剤技術が進み、磁気で開封する包材が出現	内容物が付着しないため容器包装のリサイクルの効率化に貢献
		開封時に複数の感覚に働きかける人間工学的な包装	バイオミメクスを活用した粘着技術が包装材料に展開	



表 3. 包装未来年表 包装技術 — コンバーティング —

分野		2019年以前	2020～2029年	2030年以降
コンバーティング技術	印刷	日本国内のフレキ印刷の市場シェアは小さい（軟包装、1%以下）が、低コスト化、納期短縮、環境対応により、フレキ印刷機の導入開始	軟包装印刷での水性化が普及し、フレキ印刷は女性職場に	食品用軟包装分野でのフレキ印刷のシェアが10%に拡大し、フレキ印刷が成長期に
		印刷方式シェアの変化商業印刷市場の縮小によりオフセット印刷シェア低下。パッケージ用途拡大により、特にフレキ印刷のシェア拡大	製品の小型化、オテマント、多言語対応、タイル販売にするため、ブランドオーナーで、容器包装の内製化が進行	
		すでにアジア・アフリカで展開中のIDP技術（2015年）	ブランドオーナーでの容器包装内製化が進み、光照射で変色するインキが登場	インテグリアル印刷（IDP）がパッケージ用途に展開（店頭での顧客データの読み込みなど）
	インキ接着剤	植物由来成分の配合割合は最大30%以上（2018年）	植物油100%のインキが開発され、食品用包材に使用が開始	インキPLが世界統一基準となり、日本も準拠
		接着層に酸素吸収・酸素バリア機能を付与	易剥離型接着剤が登場	誘電接着剤が登場し、キャップの開封、集合包装の分離に活用
		フィルムインキの脱インキ技術開発中（オンタ、スベインなど）	プラスチック包装からプラスチック原料を抽出し、新たなプラスチック包装に再利用可能	

表 4. 包装未来年表 包装技術 — 医薬包装 —

分野		2019年以前	2020～2029年	2030年以降
医薬包装	OTC 医薬品等の表示に関する多言語化対応がイグニス		高齢者を対象とした誤飲問題に有効で安全なソフトパッケージや、子供向けチャイルドレジスタンス機能を付与した新しい包装が普及	液体窒素に耐性のあるパッケージが普及
	改ざん防止としてシュリンクパッケージなど開けたらわかる包装		偽造防止技術（RFID、ホログラム機能など）が展開	医薬品の消費期限を自動表示するラベルを使用
	治療薬において、ICタグ付、ウォレット型PTPが出現		ICTタグ付きのウォレット型PTPシートが普及し、IoPを介して薬の重複が回避され、医療費が削減	

以上



参考文献

- 1) リンダ グラットン(著), アンドリュー スコット(著), 池村 千秋(翻訳),
LIFE SHIFT ～100年時代の人生戦略～, 東洋経済新報社(2016).
- 2) リンダ・グラットン(著), 池村 千秋(翻訳), WORK SHIFT ～孤独と貧困から自由になる働き方の未来図<2025>～, プレジデント社(2012).
- 3) ジョン・ガーズマ(著), マイケル・ダントニオ(著), 有賀 裕子(翻訳),
SPEND SHIFT～ <希望>をもたらす消費～, プレジデント社(2011).
- 4) 博報堂生活総合研究所(編集), みらい博 ～あしたのまちの100の風景～,
株式会社博報堂(2016).
- 5) “TEMPIX THE INDICATOR”, <<https://www.tempix.com/the-indicator>>, (参照日 2019年1月15日).
- 6) “UC Berkeley’s smart cap can detect spoiled milk”, <<https://newatlas.com/uc-berkeley-3d-printed-smart-milk-cap/38559/>>, (参照日 2019年1月15日)
- 7) 有田 俊雄, 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, 食品と容器, Vol. 59, No. 2(2018), pp100-103.
- 8) “The New Plastics Economy Rethinking the future of plastics”, <http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf>, (参照日 2019年1月14日).
- 9) エリザベス・ロイド, 人間への影響は?, ナショナル ジオグラフィック日本版, 第24巻, 第6号(2018), pp. 66-69.
- 10) Jessica Shankleman(2017): ” 石油需要は2030年代後半ピーク、EVブーム上振れならOPEC予想”, <<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2017-11-08/OZ2LRG6JTSFS01>>, (参照日 2019年1月14日).
- 11) “「太陽光発電ロードマップ (PV2030+)」概要版”,



- <<https://www.nedo.go.jp/content/100080327.pdf>>, (参照日 2019年1月14日).
- 12) “CO₂を“化学品”に変える脱炭素化技術「人工光合成」”,
<<http://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/jinkoukougousei.html>>
, (参照日 2019年1月14日).
- 13) “World-first Climeworks plant: Capturing CO₂ from air to boost growing vegetables”, <http://www.climeworks.com/wp-content/uploads/2017/05/02_PR-Climeworks-DAC-Plant-Case-Study.pdf>, (参照日 2019年1月14日).
- 14) “Climeworks starts plant in Iceland and thereby creates the world’s first carbon removal solution through direct air capture”,
<<http://www.climeworks.com/wp-content/uploads/2017/10/PR-Climeworks-CarbFix-Carbon-Removal-1.pdf>>, (参照日 2019年1月14日).
- 15) “Barrier Paper barricote”, <https://www.mitsubishi-paper.com/fileadmin/user_upload/downloads/Barricote/BARRICOTE_brochure_EN_Aug_2018.pdf>, (参照日 2019年1月14日).
- 16) 熊本 吉晃(2017): ”セルロースナノファイバーの新価値創造を目指して”, <https://sangakukan.jst.go.jp/journal/journal_contents/2017/07/articles/1707-02-3/1707-02-3_article.html>, (参照日 2019年1月14日).
- 17) “A future for MFC”, <<https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2017/2/a-future-for-mfc>>, (参照日 2019年1月14日).
- 18) “CATALOG SPRING/SUMMER 2018”, <<http://www.worldcentric.org/files/Catalog-SpringSummer2018.pdf>>, (参照日 2019年1月14日).
- 19) “Aloterra Partnership for U.S. Grown & Manufactured Miscanthus Fiber Products”, <<http://www.worldcentric.org/partnerships/aloterra>>, (参照日 2019年1月14日).
- 20) “飲料用PETプリフォーム製造における「FtoPダイレクトリサイクル技術」を開発”, <<https://www.suntory.co.jp/news/article/13135.html>>, (参照日 2019年1月14日).



- 21) “PET を超える機能性を持つ 100%バイオ樹脂の製造、オランダのバイオベンチャーと合意”, <http://www.toyobo.co.jp/news/2016/release_7008.html>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 22) “DRIVING TOWARDS CIRCULAR ECONOMY”, <<https://ceflex.eu/>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 23) 森 泰正, 2018 年世界軟包装会議, 食品と容器, Vol. 59, No. 10 (2018), pp647-648.
- 24) 有田 俊雄, “新包装” 国際化” 宣言 (2018), pp88-90, (株)クリエイト日報.
- 25) Kari Embree (2016) :” Dow’s breakthrough in barrier film technology”, <<https://www.plasticstoday.com/packaging/dows-breakthrough-barrier-film-technology/8831013446154>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 26) “The separation process”, <<https://www.saperatec.de/en/technology.html>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 27) “Starbucks recycled 25 million old paper coffee cups into new cups”, <<https://www.fastcompany.com/90270871/starbucks-recycled-25-million-old-paper-coffee-cups-into-new-cups>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 28) “捨てるという概念を捨てよう”, <<https://www.terracycle.co.jp/ja-JP/>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 29) “アジア初、使用済みハブラシで環境負荷低減に貢献 「ハブラシ・リサイクルプログラム」開始のお知らせ”, <<https://www.lion.co.jp/ja/company/press/2015/1440>>, (参照日 2019 年 1 月 16 日).
- 30) “花王、エコプロ 2017 で「リサイクリエーション®」の特設コーナーを設置”, <<https://www.kao.com/jp/corporate/sustainability/topics/sustainability-20171207-001/>>, (参照日 2019 年 1 月 16 日).
- 31) “カネカ 生分解性プラスチックの生産能力を増強”, <<http://www.kaneka.co.jp/service/news/nr201808071/>>, (参照日 2019 年 1 月



15 日).

- 32) “AkzoNobel creates the world’s first fully compostable and recyclable paper cup”, <<https://www.akzonobel.com/en/for-media/media-releases-and-features/akzonobel-creates-worlds-first-fully-compostable-and->>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 33) “Starbucks and McDonald’s Team Up to Create a New Sustainable Cup”, <<http://fortune.com/2018/07/18/starbucks-mcdonalds-sustainable-cup/>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 34) “ “ごみ” を “エタノール” に変換する世界初の革新的生産技術を確立” , <https://www.sekisui.co.jp/news/2017/1314802_29186.html>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).
- 35) “GLOBAL RESPONSIBILITIES” , <<http://sdgindex.org/assets/files/2018/01%20SDGS%20GLOBAL%20EDITION%20WEB%20V9%20180718.pdf>>, (参照日 2019 年 1 月 14 日).