

軟包装容器の設計 応用編 No. 6 再生利用を考慮したバリア性包材

住本 充弘

(住本技術士事務所・所長)

●はじめに●

バリア性は包装材料の基盤技術であり、重要な課題である。Circular Economy に対応した包装設計が必要である。新しい発想、新しい技術開発が生じる。応用問題として対象製品を想定しアイデアを展開する。

1. 再生利用の必要性の理解

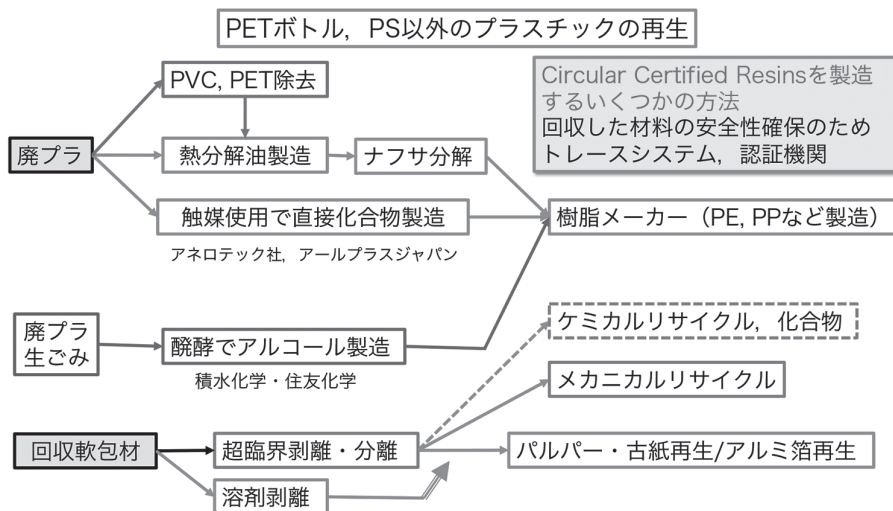
脱プラスチックあるいはプラスチック使用量削減、更には再利用性でモノマテリアル化のニュースが多い。しかしこれらは再生利用についてどのように対応しているかは詳細に説明されていない。打ち上げ花火的に華やかな場面にスポットをあてているが、SDGs および Circular Economy 対応はそう華やかで簡単なものではない。話題作りの

なニュースではなく、しっかりと腰を据えた対応をしないといけない。確かに今は、リサイクル施設が整備されてなく、対応が難しいと思うが、欧州企業は着々と手を打っている。この応用編では軟包装を取り扱うので、紙器、段ボール、ガラス瓶、金属缶、プラスチック容器については触れないが、各々再生利用に対応すべく手を打っている。

2. ケミカルリサイクル

使用済みの軟包装材料は、回収されケミカルリサイクルされることが基本になると思う。メカニカルリサイクル品は、二次包装用フィルムとして利用できる。ケミカルリサイクルとメカニカルリサイクルの再生利用の面において優劣の議論もあるが、ケミカルリサイクルは、従来のメカニカルリサイクルよりも幅広く廃プラスチックをリサイ

クルできるようになるので結論は補完関係になると思う。ここでは、両者について論議しないが、ケミカルリサイクルについて、ケミカルリサイクルのビジネスを実際に行っている欧州の企業は、自社の意見を表明している。ここでは本論から少しそれるので省略する。ケミカルリサイクルはシステムにより若干異なるので軟包装材料の再生利用には、留意が必要である(第1図)。



第1図 各種のケミカルリサイクル (カラー写真をHPに掲載 C029)

3. ケミカルリサイクル品の利用例

ケミカルリサイクルで先行している欧米の事例を挙げる。バリア性付与をどのようにするか想定しながら事例を参照ください。再生樹脂は海外では、Certified Circular Resins (CCR), Reproduced polymers, Circular polymers などと表現されている。rPE, rPP などと記載されている場合もある。

3-1. BASF の事例

プラスチック廃棄物のケミカルリサイクルに焦点をあて、2018年にChemCyclingのプロジェクトを立ち上げている。DNP、東洋紡がナイロンを使用している。ケミカルリサイクルを更に拡充すべく廃タイヤ由来の熱分解油を専門とするハンガリーのNew Energy社(ブタペスト)から年最大4000トン購入する契約を締結。廃タイヤ以外のプラスチック廃棄物にも利用すべくFeasibility Studyの契約も行った(2020年9月1日)。また統合生産拠点(Ludwigshafen)で石油の代替として2020年から市場に製品が供給されている。再生可能原料の量が「マスバランス方式」に基づき特定のマスバランス製品に割り当てられている。生産フェアブント(統合生産拠点)で化石原料の代わりに使用された再生可能原料投入量と、BASFのマスバランス製品出荷量は厳密に管理され、第三者認証機関であるTÜV SÜDによって認証されている。

認証された製品は、化石資源使用量削減や温室効果ガスの排出量低減に寄与し、持続可能性に貢献するという付加価値が加わり、これを使用した包材は、SDGsおよびCircular Economyに貢献することになる。日本はどうするかについてはここでは触れない。

3-2. Sabic の事例

Sabicもケミカルリサイクルに熱心に取り組んでいる企業である。多くの供給実績がある。ヨーロッパ最大の小売店運営会社Schwarz Groupと、昨年秋に認定されたCircular PEで作られた透明フィルムバッグを野菜のパッケージに使用するパイロットプロジェクトに着手した。具体的には、有機エンジン用の1kgバッグが、2020年10月

から12月にかけて、ドイツのLidlおよびKauflandブランドで運営されている一部の店舗に並んだ。また、DSM, Viscofan, Cepsa, Fibrantとの連携で、使用済みプラスチックのリサイクル品を使用した食肉製品用のマルチバリアパッケージを開発した。軟包装材料ではないが、molecular building blocks(分子ビルディングブロック)に分解して、同社が「バージンプラスチック」と呼ぶものを作成し、これらを使用してこれらの新しいリサイクル可能なtubsとlidsを製造している。

3-3. Borealis (ボレアリス)

2020年3月、ベルギーの施設で再生可能エネルギー源の原料をベースにしたポリプロピレンの生産を開始した。Bornewablesポートフォリオは、ISCC Plus(International Sustainability & Carbon Certification)の認証を受けている。この認証システムは、再生可能で持続可能な方法で生産された原料について、その原産地から一連の管理過程全体にわたるトレーサビリティを保証している。Südpack, Zott, BASFが関与する画期的なChemCyclingプロジェクトに携わり、2019年、100%再生プラスチックで作られたプロトタイプZott Gourmet Dairy用の軟包材を開発した。

3-4. シールドエアーの超薄型食品用フィルム

新しいCRYOVACブランドのrBDF S10フィルムは、Circular Economyの材料とプロセスを認定する独立機関であるInternational Sustainability & Carbon Certification(ISCC)によって認定され最大30%の食品グレードのCCRを使用している。更にCRYOVACブランドのrBDF S10フィルムは、21 μ mで、広く使用されているHFFSパックよりも3分の1軽量で、他の熱成形可能なフィルムよりも3倍薄くなっている。

3-5. 各社のコラボレーション

マスバランスアプローチを適用するさまざまなパートナーが関与してバリューチェーンコラボレーションを通じて製造されている事例がある。Viscofanは、認定されたcircular PEとポリアミドを組み合わせて、さまざまな肉製品用のマルチバリアフィルムを製造している。原料から追っていくと、SabicがCircularベンゼンを製造、

FibrantがCircularカプロラクタム「EcoLactam」を製造、これらを使用してDSMがCircularポリアミド（ナイロン）に仕上げる。ViscofanはSabicからcircular PEを、DSMからCircularポリアミド（ナイロン）を供給してもらいラミネートする。このように必要なCircular原料の供給コラボレーションができています。近い将来は、このような図式があたり前となるだろう。

3-6. 紙の利用

軟包装材料は紙やアルミ箔^{はく}をラミネートしたものがあつる。当然再生利用されなければならない。これらの再生処理工場の有無は未確認であるが、ヨーロッパでは飲料カートの収集とリサイクルを増やすことに専念している業界組織としてEXTR:ACTがあつる。平均リサイクル率は49%に達している。ドイツでは年間300万トンの液体紙容器がケルン近郊の再生工場で処理されている。古紙、PE、アルミ箔、キャップ(HDPE)に分離され再生利用に回されている。現在、話題となっている紙を主体とした軟包装材料は、バリア性、ヒートシール性、古紙再生可能のキーワードで利用されている。バリア材料は、天然物仕様の方向になっている。例えば、KemiraはDanimer Scientificと独占的パートナーシップを結び、2021年に環境的に持続可能な紙および板紙製品用の生分解性水性バリアコーティング(NodaxPHA、日本ではカネカが製造)を使用して開発する予定である。ポリエチレン(PE)に代わるバイオベースの代替品を狙っている。PHA(ポリヒドロキシアルカン酸)は、微生物が体内に生産するバイオプラスチックの一種で、生分解性や生体適合性などの特性を持つ。

3-7. パルプの利用

プラスチック材料に対抗して製紙メーカーのStora Ensoは、リサイクル可能なファイバーボウル製造のため、スウェーデンのHylte Mill(ヒルテミル)と中国のQian'anで成形ファイバー製造設備に投資している。HS Manufacturing GroupのPROTEAN®との共同特許出願中の技術であり、繊維ベースのパッケージに耐水性、耐グリース性、耐油性のバリア特性を与えるリサイクル可能で生

分解性であり、紙素材の弱点を補強している。

4. 欧州の新しい包装開発プロジェクト

世界は今後どのように動こうとしているかを参考にしたい。2020年4月からEUが資金提供する4年間の「FlexFunction 2 Sustain 環境にやさしいパッケージングイニシアチブ」が活動を開始した。19のヨーロッパの研究および業界パートナーをスマートプラスチックおよび紙ベースの製品であるオープンイノベーションテストベッド(OITB)に統合して活動し始めた。プロジェクトのパートナーは、フラウンホーファープロセスエンジニアリングおよびパッケージング研究所(フラウンホーファーIVV)である。FlexFunction 2 Sustainは、助成金契約番号862156の下で欧州連合のHorizon 2020研究およびイノベーションプログラムによって資金提供され、デジタル時代の食品および医薬品のパッケージングの課題を克服すべく活動する。具体的には、真空コーティングと薄膜処理、大気圧コーティングと印刷、設計によるcircularity、配合法など、いくつかのパイロットラインのアップグレードが進行中である。プラスチックや紙の表面をナノ機能化させ新しいビジネスチャンスを設定しており、Less Packageとコストを削減し、加工および充填包装機械との柔軟性を高めることを狙っている。2030年までにすべてのパッケージングを経済的に実行可能な方法で再利用またはリサイクル可能にするというEUプラスチック戦略の要件を確実にサポートするよう取り組んでいる。蒸着によるバリア性付与のPPやPEのモノマテリアルフィルムを狙っている。後1つは、バリア剤のコーティングである。以前からゾルゲルコートの研究はしていたが、その延長線上か否かは不詳である。紙の場合は、ゾルゲルコートではなく、天然物由来のバリア剤に研究の関心が移っている。スウェーデンのヘミセルロースもその1つであるが、**前章3-6紙の利用**で述べた微生物由来のPHAなどPEコート代替もある。その他も出てくるだろう。このような欧州の動きを理解した上で本題のバリア性包材の検討に入る。

5. バリア性の付与方法

ケミカルリサイクル品や紙仕様の包装材料についての状況が理解できたと思う。バリア性を付与する方法は、①アルミ箔、アルミの蒸着、②EVOH、PVDCなどのバリア性樹脂の利用、③Al₂O₃、SiO_xの蒸着フィルム、④無機物、天然物由来のバリア材料のコーティング、⑤酸化防止では脱酸素剤、吸湿剤、窒素ガスなどの利用がある。これらの技術を食品の内容物、充填処理などの加工法と組み合わせて必要なバリア性包装材料として使用している。

5-1. 再生利用できるバリア性包装材料

ケミカルリサイクルを理解した方は、再生利用は技術的にはほとんどの包装仕様で可能と思われるだろう。ただ現在設備が日本で具体的に稼働していないので適不適を正確に判断できない。システムによっては、モノマテリアルにする必要性もないと思う。PVDCも脱塩素処理を行えば、問題ないだろうか。欧州の専門企業に確認する必要がある。欧州には多くのケミカルリサイクル技術が出現している。日本はどのようになるかは不詳であるが、ある程度の規模の処理設備が北海道から九州にかけて数カ所にできるだろう。容り法も改訂されて回収システムも現在の延長線上でできるかも知れない。具体的な検討に入る前に以下の内容を把握して再生利用のバリア性包材の検討に入りたい。

- 1) 包装設計では、Less Package, Cost Performance の設計
- 2) rPET, rONY の利用は包材加工、充填包装機械適性面では問題はないだろう。
- 3) rPE, rPP の利用は経験を積んで最内層に利用するようになるだろう。
- 4) それまでは、Co-Ex フィルムで中間層からミネート面に使用するだろう。
- 5) バリア性の設計は、ケミカルリサイクルおよび剥離技術が実用化されたとすると、多くの問題はないだろう。
- 6) 今まであまり注目されなかったHDPEの利用が延伸およびCo-Exなどにどの程度

利用できるかが検討されるだろう。

- 7) Less Package の面から、OPP, HDPE への Al₂O₃, SiO_x の蒸着が検討されるだろう。国内外で進んでいる。
- 8) Save Food, Food Loss 削減でバリア性は必要であるが、賞味期限との関連でオーバースペックでない必要で最適なバリア性の包装設計がなされるようになる。これは、大量生産で全国展開する商品と地方ごとの食の好みに合った地産地消に近い加工食品とは必要なバリア性と包材の必要生産量は異なるためである。
- 9) 当然回収された包材の再生利用の処理の一部は近くで処理され、集めてどこかの再生工場へ輸送されるだろう。例えば、熱分解油は地方で処理され樹脂のプラントへ運ばれるだろう。廃熱はできれば発電や地域の冷暖房に利用できれば良いだろう。
- 10) 再生材料を使用した包装がこれからあたり前になるが、利用するバリア材料は今とそう変わらないだろう。
- 11) ただ、蒸着技術は Less Package の製造面で技術的には伸びるだろう。凸版印刷は、ボイル殺菌・ホット充填が可能なポリプロピレン基材の透明バリアフィルム「GL-X-BP」と、PE 基材の透明バリアフィルム「GL-X-LE」を開発している。
- 12) もっと機能的なバリア技術がある日突然出てくるだろう。センサー利用、酸素吸収の継続技術、湿度吸収の継続技術などがプリンタブルエレクトロニクスと化学物質を利用して安価に提案されるだろう。

5-2. 事例検討

現状理解の前置きが長くなった。本題に入る。少し難しいがCVS向けの加工調理済み食品の包装を考える。その地方限定の販売で105～115°Cの低温レトルトで、チルド流通であり、賞味期限を10日と仮定する。包装形態は透明Stand-up pouchで必要酸素透過度、水蒸気透過度を5 cc、5gとする。この前提で再生利用可能なバリア性包装仕様をどのように考えるか。凸版印刷のリサ

イクル材料比率 80% のメカニカルリサイクル PET フィルムを使用した透明バリアフィルム「GL-AR-NF」がある。130°C 110 分の長時間のレトルト殺菌に対応可能であるが、今回の用途には、ややオーバースペックであるが、耐熱 LLDPE（三井化学東セロ HZR- 2 50μm）とのノンソルラミ（Solventless Lamination）が考えられる。内層用フィルムは、その他タマポリの LL シリーズ耐熱セミレトルトフィルム、東洋紡の L6100 50μm、出光ユニテックのユニラックス LS-760C、50μm など各社が提供しているシーラントを透明性、内容物、充填機械など考慮して選定できる。回収後の再生利用を考慮すると、PET フィルムへの酸化アルミや酸化ケイ素の蒸着品は、今は受け付けないケミカルシステムもあるが、改良して受け付けてもらえるようにしたい。

PET 基材が無理な場合は、蒸着 ONY と LLDPE あるいは、HDPE あるいは MDPE フィルムのラミネートとなるか、まだ実績が乏しいので、Co-Ex フィルムを利用方法もあり、PA/EVOH/LLDPE となるが、印刷は表刷りとなる。これでは現在とあまり変わらない。もっと革新的な仕様を考えたい。

5-3. 次世代の包装仕様

セミレトルト対応で考えられるのは、

- 1) SiO_x-CPP/印刷/HDPE/LLDPE でバリア性のオレフィンモノマテリアル。
- 2) 耐水コート紙/印刷/SiO_x-CPP/LLDPE 再生の剥離分離は液体紙容器で実施されており可能性はゼロではない。
- 3) 印刷/延伸 Co-Ex (PA/EVOH/LLDPE) この仕様は今後注目されるだろう。
- 4) SiO_x-OPP/印刷/LLDPE 耐熱性 OPP の開発が進み、SiO_x-OPP が上市されたら、セミレトルトができるかも知れない。バリア性モノマテリアルでどのケミカルリサイクルにも適応できるとなるだろう。

軟包装の再生処理技術が、ケミカルリサイクルだけになるか、超臨界・亜臨界利用や溶剤利用の分離技術なども並行して実用化されるかで対応法も異なるが、今はこの3つを念頭にセミレトルト向けの再生利用可能なバリア性包装設計をするしかないと思う。

以上

次回は、易開封・再封技術の見直しを説明します。

次回応用編 No. 7 につづく