



自動化技術で
プラスチックの
資源循環を完結



EMERSON™

プラスチックのリサイクルは、世界全体で持続可能性に対する取り組みの上で必要なことですが、技術的な問題から実施には限界があり、プラスチック全体のうちリサイクルされているものは、わずか9%程度です。幸いなことに、現行の使い捨てと対照的に、この問題に対処するために、ループを閉じて循環型プラスチックのパラダイムを構築しようという、さまざまな取り組みが進行しています。

広く使用されているプラスチックは主に6種類あり、それらを循環型リサイクルに組み込むにはそれぞれ異なる課題があります。幸いにも、最もよく使われている3種類のプラスチック（ポリエチレンテレフタレート、高密度ポリエチレン、ポリプロピレン）のリサイクルは、非常に容易かつ頻繁に行われています。



プラスチックに使用される主なリサイクル方法は、再溶融による機械的リサイクル、ならびに溶解、解重合、熱分解による転換という3つの異なる高度なリサイクル技術です。それぞれの方法には利点と課題がありますが、共通している点は、オペレーションを最適化し、エネルギー使用を最小限に抑え、安全性を確保するために自動化が必要であることです。

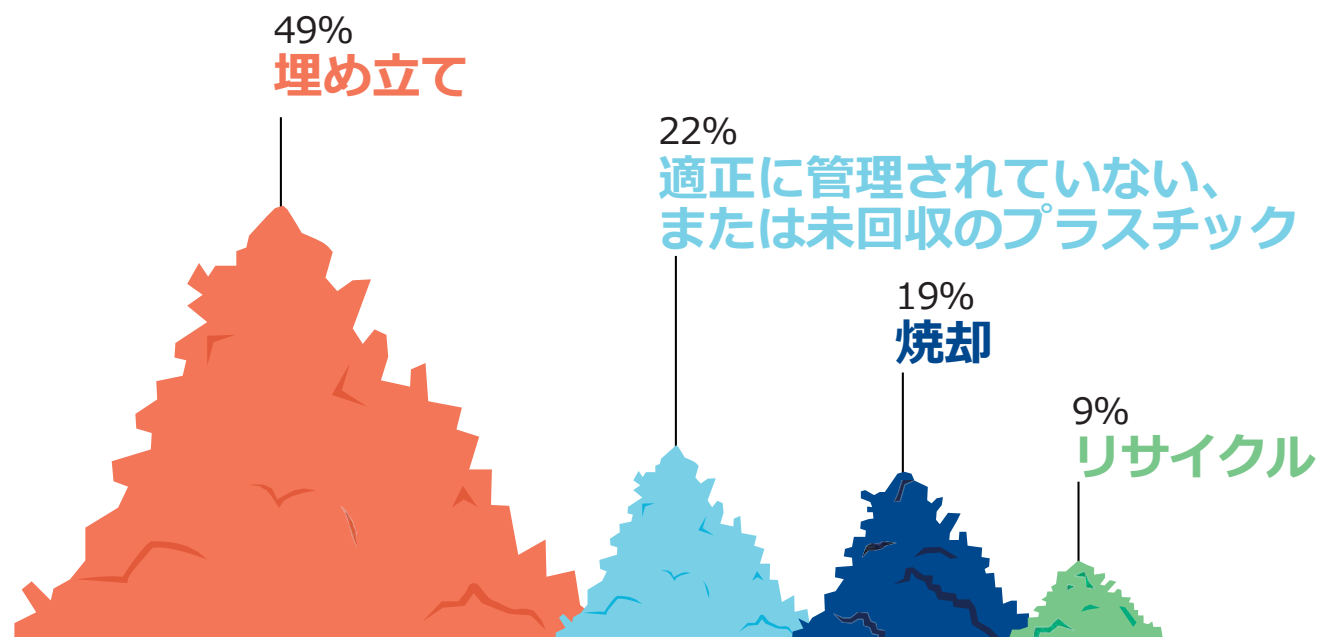
これらの新しいプロセスでは、依然としてエマソンが数十年にわたって顧客に提供してきた従来の自動化手法およびツールを使用しています。こうしたソリューションと豊富な専門知識により、エマソンは、プラスチックリサイクルのループを閉じるための最適なパートナーの役割を果たします。



リサイクルの取り組みは効果を上げてきているのか？

住宅、企業、そして街角のゴミ収集箱に至るまで、さまざまな色のゴミ箱が多数配置されていることを考えると、大多数の人は、ほとんどのプラスチックはすでにリサイクルされていると考えることでしょう。残念ながらそうではありません。全世界でリサイクルされているプラスチック廃棄物は、わずか9%です。プラスチックの種類によっては、リサイクル率が高いものもあります。たとえば、ポリエチレンテレフタレート（PET）製のボトルやジャーのリサイクル率は、高密度ポリエチレン（HDPE）と同様に30%近くに達しています。

世界のプラスチック廃棄物の管理



多くの善意の消費者が努力しているにもかかわらず、プラスチックのリサイクルはほとんど行われておらず、しかも消費量は増えています。

もちろん、全体のリサイクル率がわずか9%ということは、他のプラスチックのリサイクル率ははるかに低く、事実上ゼロというものもあります。これを、通常75%を上回るアルミ缶のリサイクル率と比べてみましょう。すると、なぜプラスチックのリサイクル率がはるかに少ないのかという疑問がすぐに浮かびます。循環型経済とは現実的なのでしょうか？



アルミニウムの例

アルミゴミのリサイクル率は高く、ブラジルでは95%に達します。どうしてそんなに高いのでしょうか？

- ほとんどの金属スクラップは、アルミニウムまたは磁気的に分離できる鉄合金なので、混合スクラップからアルミニウムを分離するのは容易です。
- 原料（ボーキサイト）から新しいアルミニウムを生産するのは、リサイクルよりもかなり費用がかかります。
- アルミニウムは、再溶解して再利用しても劣化しません。

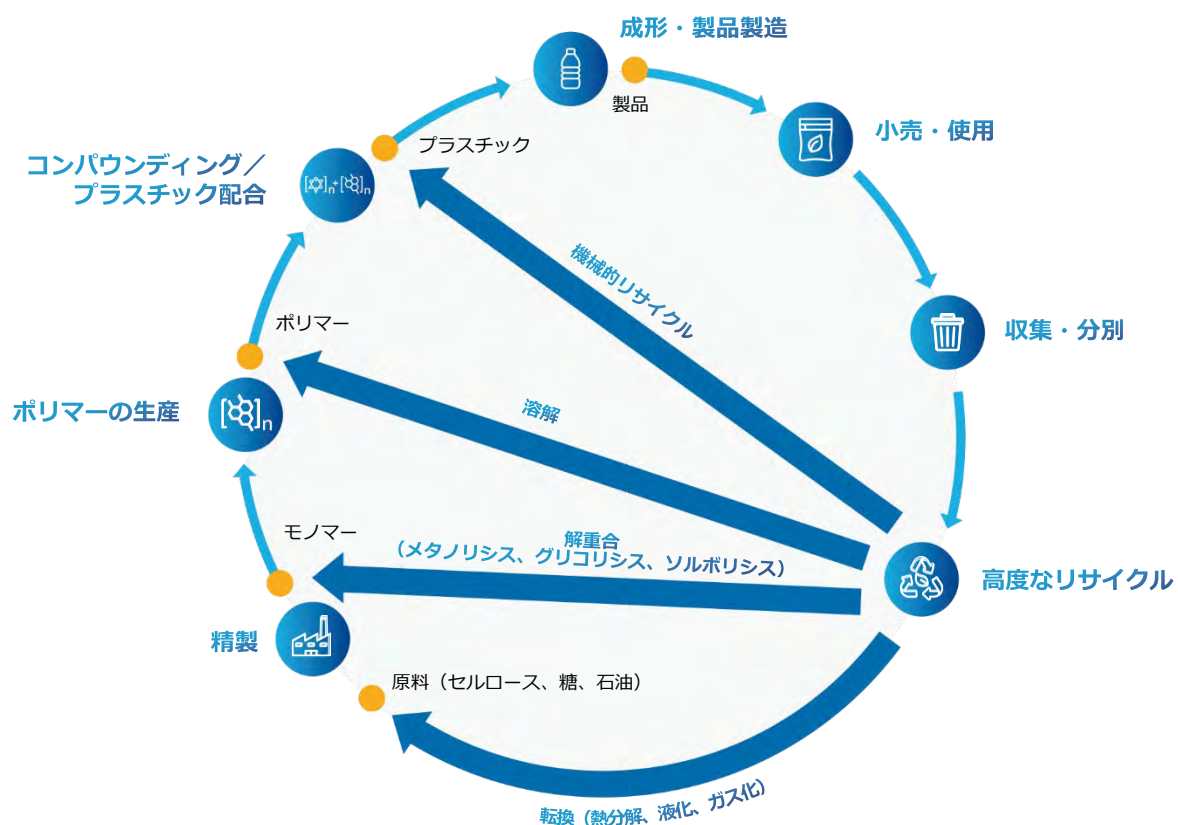
プラスチックは、上記の点でアルミニウムとほぼ反対です。つまり、

- プラスチックごみは、種類ごとの分別が困難です。
- ほとんどのプラスチックは、ゼロから製造する方がリサイクルより安上がりである一方、製造には化石燃料が消費されます。
- ほとんどのプラスチックは、再溶解すると品質劣化を起こし、その度合いは種類により異なります。

混合プラスチックゴミは、種類や色ごとに分別するのが困難です。

プラスチックのバリューチェーン

プラスチックのバリューチェーンは、どのタイプのポリマーでもほぼ同じです。石油、天然ガス、セルロースなど、基本的な原料はすべて同じです。これらは、精製されてモノマーへ、そしてポリマーへと変化します。そして、プラスチックは最終製品に加工成形され、消費者の元に届いた後、最終的にはゴミとして捨てられます。循環型経済を実施する場合は、回収・分別という最終段階から手をつけ、チェーンの初期段階に戻します。チェーンの最初である精製プロセスに戻る必要はありません。つまり、化学リサイクル業者にとっては、目標を達成するためにチェーンのどこまでさかのぼる必要があるのかが問題となります。



プラスチックのバリューチェーンは、最近ほとんどのケースで使い捨て方式を用いています。プラスチックを循環させるには、プロセスのどのポイントでもう一度サイクルを始めるかを決める必要があります。リサイクルの方法により、どのポイントでチェーンに戻るかはさまざまです。

すべてのポリマーが同じではありません

包装やその他の用途によく使われるポリマーは、少なくとも6種類あります。リサイクル番号で示されるように、最も一般的なものは、1-PET（またはPETE）、2-HDPE、5-PP（ポリプロピレン）です。これらは最もリサイクル率が高いものでもあります。その他、3-PVC（ポリ塩化ビニル）、4-LDPE（低密度ポリエチレン）、6-PS（ポリスチレン）などはそれほど多く使われておらず、リサイクルが困難です。多くの場合、それぞれの特性に基づいて、異なるタイプのプラスチックを組み合わせられて使われます。

プラスチック樹脂の識別コード

1	2	3	4	5	6	7
PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	その他
ポリエチレン テレフタレート	高密度ポリエチレン	ポリ塩化ビニル	低密度ポリエチレン	ポリプロピレン	ポリスチレン	その他
リサイクル可能	リサイクル可能	専門的な場所で リサイクル可能	専門的な場所で リサイクル可能	リサイクル可能	専門的な場所で リサイクル可能	簡単にはリサイクル できない

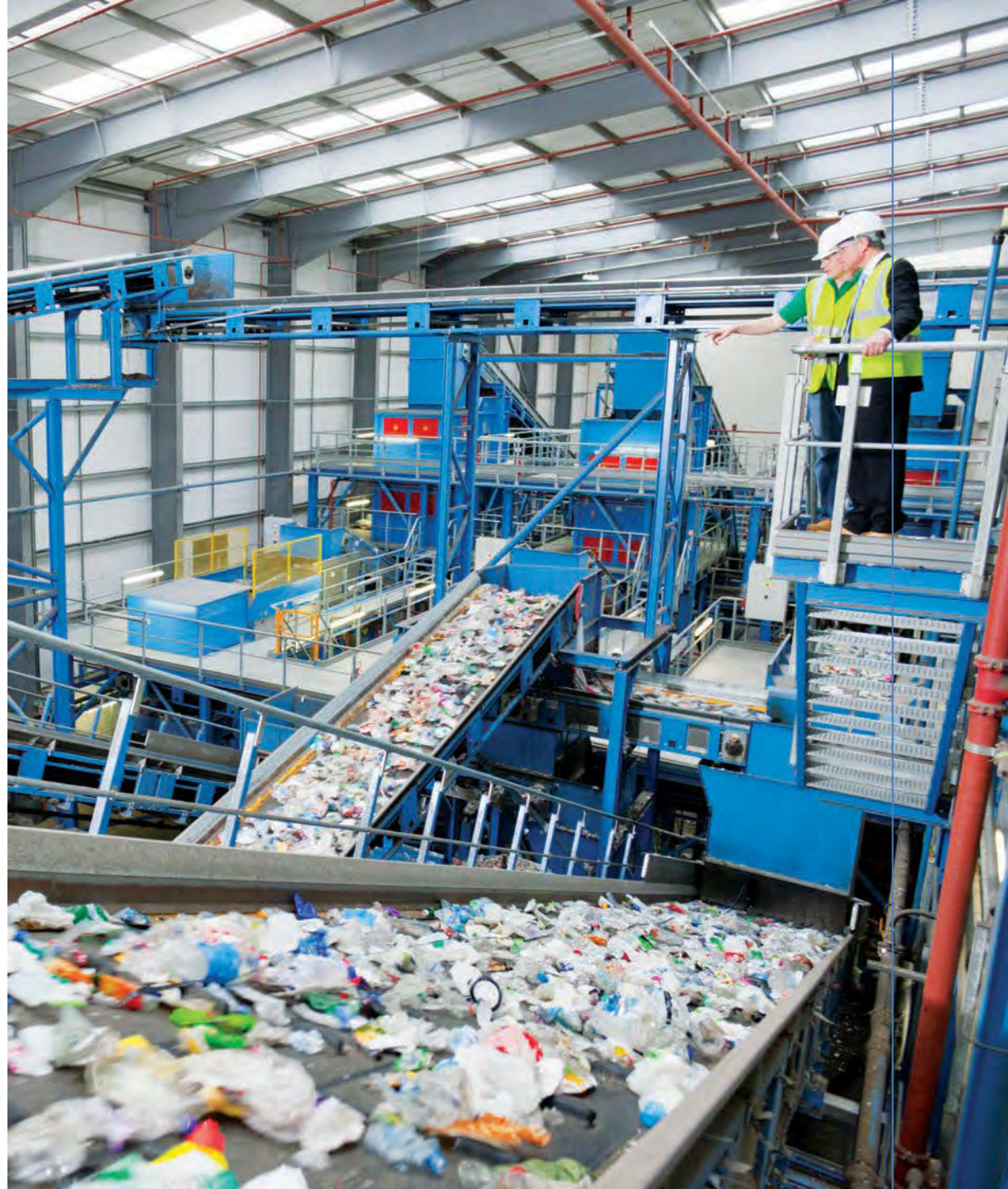
• リサイクル用のゴミ箱に入れられる材料や、特別な回収または収集プログラムで受け入れられる材料については、お住まいの地域のリサイクルプログラムでご確認ください。

現在一般的に使用されているプラスチックは6種類あり、それぞれに識別コードが付けられています。緑色の欄は最もリサイクルしやすいものです。

機械的リサイクル： 再溶融

最も短時間かつ簡易的なリサイクル方法は、アルミニウムの例に最も近い機械的リサイクルです。色と材質で選別されたある種類のプラスチックごみを薄片状に細断し、汚染物質を除去し、再溶融して、古い容器から新たな容器を作ります。再溶融によって品質が低下するポリマーもあるので、この方法がすべての種類のプラスチックに適しているわけではありませんが、PETは何度もの溶融サイクルに耐えられるため、よく用いられます。

用途によっては、バージン材料がリサイクル材料と混合されることもあります。機械的リサイクルでは、プラスチックの種類によって融点が異なり、液状では混ざらない可能性があるため、非常に慎重な選別が必要になります。これは最も一般的なリサイクル方法であり、PETの高いリサイクル率の土台となっています。





高度なリサイクル： 溶解

状況により、しかるべきリサイクル目標を達成するために、さらにバリューチェーンをさかのぼる必要があります。ケミカルリサイクルは、分別されたゴミを同じ種類のバージン品質のプラスチックに戻すために、主に溶解と解重合という2つの方法を用います。

溶解：溶剤を用いて、分別されたプラスチック廃棄物を液体にします。これは、ポリマーを分解せずに、液体にしておくものです。溶剤は、プラスチックの種類によって、パラフィン系（ヘキサン、オクタンなど）、芳香族系（トルエン、キシレンなど）が使われます。実際の用途では、この方法で加工されるプラスチックは、PVC、PS、PE、およびPPです。溶剤は特定のプラスチックだけに作用するよう設計されているので、混合物中の他の材料は固体のままであり、濾し取ることができます。

PureCycle Technologiesは、PPプラスチック廃棄物を再生可能な資源に継続的に変換するよう設計された、唯一の特許取得済みの溶剤主導型精製リサイクル技術に関する世界ライセンスを保有しています。この精製プロセスにより、PP廃棄物から色、臭い、その他の不純物が取り除かれ、何度も再利用できるバージン品質の再生プラスチックが生まれます。

高度なリサイクル： 解重合

解重合は、バリューチェーンをもう一段階さかのぼります。長いポリマー分子を分解し、プラスチックをモノマーに戻します。つまり、プラスチックの製造工程の最終段階を事実上逆行します。なお、これは複雑な反応を伴うため、一種類のプラスチック、すなわちPETにしか使えません。

Eastman Chemicalのプロセスでは、ポリエステルをモノマーに戻し、汚染物質を除去してバージン品質のプラスチックに再重合することができます。同社のポリエステル再生技術は、グリコリシス（解糖）またはメタノリシス（加メタノール分解）作用を用いてポリエステルを基本モノマーに分解します。つまり、あらゆる種類のPETボトルやフィルム、さらにはポリエステル繊維でさえリサイクルできます。いったん液体モノマーの状態になれば、精製工程で染料や顔料を抽出できるので、着色された原料でも問題ありません。汚染物質が取り除かれた後、モノマーは再重合され、あらゆる用途に適したバージン品質のペレットが作られます。



高度なリサイクル： 熱分解による転換

さらにバリューチェーンをさかのぼり、化学構造をより基本的な分子成分に分解することが望ましい場合もあります。この方法の大きな利点は、混合ゴミやほとんど分別されていないゴミにも機能するという点です。どこまで分解が進むかは、プロセスの設計によって決まります。ゴミを熱分解炉に投入し、無酸素状態で加熱すると、混合プラスチックはガス化・液化され、精製工場で使用できるオイルなど、さまざまな有用な製品が得られます。

ReNew ELPは、熱と蒸気を組み合わせることにより、ポリマーを炭化水素に分解します。同社のプロセスは非常に洗練されており、混合プラスチックや、紙などの非プラスチック材料などの原料を用いる場合でも、特定の種類の石油製品やガスを製造するために使用されます。実際の加熱プロセスは、超臨界水と水蒸気を使用し、触媒と分離ステップを組み合わせ、厳密に制御する必要があります。同社によると、「水は、『分子はさみ』の役割を果たし、重合体の結合を分解し、水素を供与して有用な短鎖で安定した炭化水素を生成し、それを分離して貯蔵します」。

循環型経済構築のための自動化

プラスチック廃棄物は世界的規模の問題であり、この成長産業セグメントで地位を確立する上で、多くの企業が革新的なプロセス開発の発展を加速しています。そのような化学企業は、自動化のメリットを最大限に活かし、サプライ・バリュー・チェーン全体にわたる意思決定のスピードと精度を向上させています。これにはは、あらゆる階層の人々や、適切な専門家が適切なタイミングで適切な情報を入手し、行動することが不可欠です。

世界の基幹産業では、施設や企業全体の安全で信頼できるオペレーションを支えるために、堅牢かつ境界を越えた自動化がますます求められています。企業がデジタル技術を活用して膨大な量の製造データを作成できるようにするデジタルトランスフォーメーションを、イノベーションが先導しています。これは、これまで以上に製造の専門知識をサポートするものですが、適切で拡張可能な技術戦略が事業目標に適合している場合に限られます。

老舗の化学メーカーも新興企業も含め、多くの企業が、リサイクルと循環経済のより大きな全体像におけるさまざまな分野に対応する新しいソリューションを開発しています。





適切な技術とパートナーの選択

これらは新しいプロセスかもしれませんが、従来の手法やツールも重要です。そこで、エマソンの出番です。エマソンは、管理戦略、計装、そして必要とされるすべてのプロセスに関するノウハウを提供することができます。

エマソンは、数十年にわたるデジタル技術の革新と、あらゆる自動化分野でのリーダーシップを活用し、資産最適化ソフトウェアのAspenTechの関連製品を組み入れてポートフォリオを拡大してきました。これらのプラットフォームは、産業用人工知能（AI）を搭載しており、業界で最も包括的なデジタル・トランスフォーメーション・ポートフォリオを構築しています。

エマソンのソリューションは、各プラントのオペレーションによって生み出される膨大なデータを生成、管理、利用するために、これまでになく柔軟性を企業に提供します。オペレーターが日々の業務をサポートするために革新的な方法で新しい種類のデータやソフトウェアを使用する際、エマソンは、場所を問わず、より多くの担当者がそれぞれの役割に応じたデータを活用できるよう支援します。

技術が変化を加速

感知と測定



計装技術は、プロセスを可視化し、意思決定を促進するために整合性の高いデータを作成します。この製品ポートフォリオは、お客様がこれまで手が回らなかった場所やアプリケーションの死角をなくすのに役立ちます。

代表例：

- 腐食の検知
- タンク漏れの検知
- 安全計装システム
- 設備モニタリング

自動化システムとソフトウェア



デジタル自動化システムは、直感的な分析と可視性の向上により、意思決定の機動性を改善します。高度なソフトウェアで必要に応じて専門知識にアクセスできるようになり、自動化されたワークフローにより、人員は低付加価値の日常作業ではなく高付加価値の活動に集中できるようになります。

代表例：

- 分散型制御システム
- プログラマブル・ロジック・コントローラー
- 安全システム
- 警報管理
- 資産モニタリング
- デジタルツイン

管理と行動



効果的なプロセス管理能力は、オペレーションを改善し、最適化に向けて行動する自信をオペレーターに与えます。

代表例：

- デジタルバルブ制御
- プロセスの隔離
- 機能の分離
- エッジコントローラー

高度なソフトウェア



モジュール式のAIベースのソフトウェアは、世界最高峰の施設を作るための高性能のエンジニアリング・アプリケーションを提供します。

代表例：

- サプライチェーン管理とスケジューリング
- 資本プロジェクトの見積もりと経済分析
- プロセスおよびエネルギー分析
- 資産パフォーマンス管理

リサイクル製品への関心と需要が高まる中、リーダーは、高度な自動化が、持続可能性の目標を達成しながら、営業成績を向上させ、安全性を改善するために利用できる最大の戦略的手段であることを理解しています。

プラスチック循環のループを完結するには、適切なパートナーが必要です。エマソンは、ソリューションプロバイダーとして、これらの要求をすべて満たす製品とサービスを提供します。

[Emerson.com/AdvancedRecycling](https://emerson.com/AdvancedRecycling)

