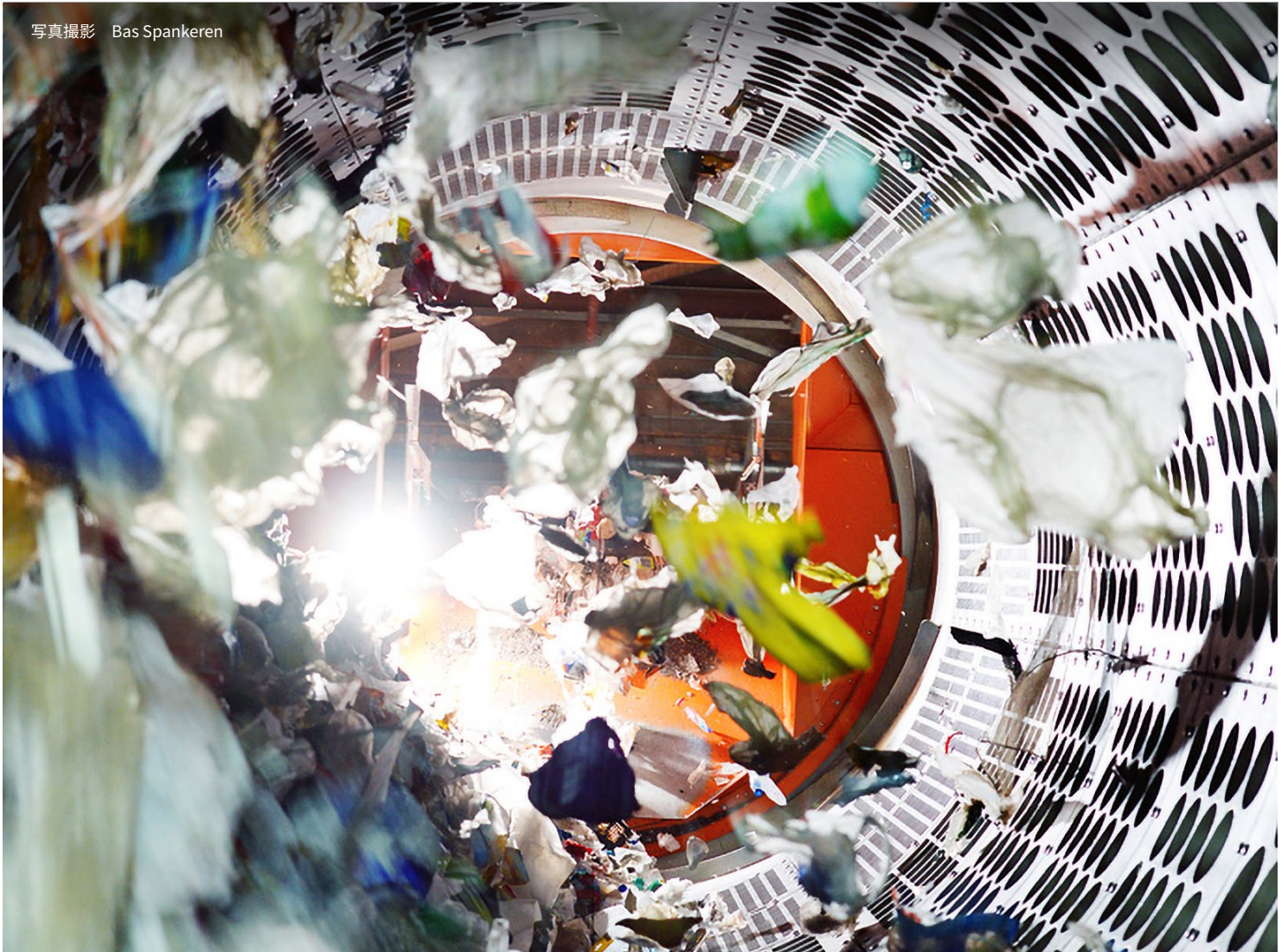


# NL

オランダ

写真撮影 Bas Spankeren



## 循環型経済 プラスチック

危機への挑戦を好機に変える



# 目次

まえがき	5
第1章	6
はじめに	6
第2章	8
今日の世界のプラスチック	8
プラスチックとは	8
プラスチックの生産量	9
プラスチックと、その行き着く先に待っているもの	10
プラスチック汚染	11
プラスチックとSDGs	12
第3章	14
プラスチックの未来と循環型のビジョン	14
循環型経済の定義	14
なぜ、プラスチックを循環型経済（CE）に移行させるのか	15
第4章	18
プラスチックのバリューチェーンに循環型経済を	18
精製、配合ー石油からプラスチックポリマーへ	21
製造	21
回収と選別	23
リサイクル	25
課題と好機	28
第5章	32
行動という視点	32
政府からの視点	32
バリューチェーンにおける規制	33
イニシアチブ、協定、アライアンス	38
プラスチックに関する将来のビジョン	42



# まえがき

プラスチックが奇跡の物質であることは誰もが知っています。プラスチックは強く、軽量で柔軟、しかも手軽に使用することができます。しかし、私たちはそのデメリットについても知っているはず。ここ欧州でも、いまだに70%以上の使用済みプラスチックが埋立てや焼却によって処理されています。世界規模で見れば、実に90%以上です。役目を終えたあまりにも多くのプラスチックが、道ばたに捨てられ、河や海で最後を迎えています。今こそ、状況を変えるべき時です。本来の貴重な原材料としてプラスチックの処理を始めましょう。廃棄物は人類が生み出すもの。なくても困ることはありません。しかも、私たちには解決の手立てがあります。今よりももっとうまくやれるはずなのです。

プラスチックによる廃棄物や汚染に伴う問題には、世界中の人々や政府、企業からますます多くの関心が寄せられており、すでにその多くが対策を始めています。国内レベルでは、例えばオランダ、フランス、英国、ポーランド、ポルトガルの国内プラスチック協定など、各国がそれぞれに独自の戦略を構築しています。欧州のレベルで言えば、循環経済行動計画によって枠組が確保されたのと並行して、欧州プラスチック協定やサーキュラー・プラスチック・アライアンス (Circular Plastics Alliance) のような法令やガイドライン、協働的なイノベーションプラットフォームが立ち上げられました。さらに、海洋ごみに関する国連グローバルパートナーシップ (UN Global Partnership on Marine litter) やバーゼル条約、欧州プラスチック協定、グローバル・プラスチック・アクション・パートナーシップ (Global Plastic Action Partnership)、廃棄プラスチックをなくす国際アライアンス (Global Alliance to End Plastic Waste)、サーキュラーエコノミー加速プラットフォーム (Platform for Accelerating the Circular Economy)、エレン・マッカーサー財団のプラスチック協定ネットワークとニュー・プラスチック・エコノミー・グローバル・コミットメント (New Plastics Economy Global Commitment) など、グローバルレベルでの主要なイニシアチブが活動を始めています。

直線型の経済ではこれ以上立ち行かないことを認識する生産者や小売企業数はますます増えており、顧客はこれらの企業に説明責任があると捉えています。企業が自ら行動して、できるだけプラスチックの使用量を減らし、繰り返し使い、できるだけ多くのプラスチックを再生利用していることを透明性のある形で示すよう求めているのです。また、政府は使い捨て社会のツケに直面しています。そして市民社会は、政府と企業が適正な廃棄物インフラをしっかりと構築することで、クリーンで健全な環境を創出すると同時にCO<sub>2</sub>排出を削減するよう声を上げています。

私たちは今、勢いを感じています。政府も企業も、そして市民社会も同様に、私たちすべてが一つになって、プラスチックの利用、すなわち生産の設計段階、消費における使用の段階、そして廃棄物処理の段階においてスマートかつ効率的でありたいと取り組んでいます。本冊子をご覧ください。

わかるように、プラスチックの使用を極めるという課題は単純ではありません。でも同時に私は、すべての人が手を取り合って、プラスチックの生産と利用が環境に及ぼす影響を最小限に抑制し、可能な限りこの物質の価値を保持するための創造的な解決策を見い出せると確信しています。私たちのすべてが、そもそも再使用と再生利用が可能なはずの高性能のリサイクルプラスチック材料につながるような、革新的な廃棄物インフラの実現に投資していかなければなりません。

オランダはこれらのうち多くのプロセスの先頭に立って取り組みを進めています。オランダ・サーキュラー・ホットスポット (Holland Circular Hotspot) とオランダ応用科学研究機構 (TNO) は互いの力を結集してそれぞれの知見とネットワークを共有し、革新的な起業家達とも協力し合うことにより、成果を本冊子に簡潔にまとめました。この冊子が世界の様々な場所で皆さん一人ひとりが行動を起こし、循環型の開発に弾みをつける刺激になることを願って止みません。詳しい情報は忌憚なく著者までお問い合わせください。

皆さんのサポートと、世界中でますます拡大する官民ネットワークの思い切った行動により、循環型で気候中立なプラスチック経済に移行することができます。一緒に実現していきましょう!

環境大臣  
Stientje van Veldhoven



# はじめに

プラスチックは驚くべき物質であり、驚異的で汎用性に優れた発明です。軽量かつ強靱で、透明性が高く、水にも強さを発揮します。同時に、プラスチックはまた、この惑星が直面している最大の環境的脅威の一つでもあります。プラスチックに関しては、これまでどおりというシナリオはもはや選択肢ではありません。本冊子では、循環型の経済戦略とビジネスモデルに実効性と持続可能性のあるプラスチック・バリューチェーンを創出できる潜在的な能力があることを明確に説明します。もちろん、この一冊でプラスチックのあらゆる側面を網羅することはできません。むしろ、最も緊急性の高い問題を強制的に取り上げ、循環型経済と連動した、グローバルに適用していくための着想とイノベーションについての洞察を提示したいと考えています。グローバルな業界について簡潔に概説し、異なる種類のプラスチックとそれぞれが抱える主要な問題を把握するとともに、今日の状況を説明し、循環型の未来の展望をさらに詳しく見ていきます。オランダおよび国際社会の多くのベストプラクティスや循環型経済を主導する活動によって、この方向性の未来がどのような姿をし、プラスチックがどのようにスマートな材料になり得るのかを例証します。私たちは、世界の他の地域に規模を拡大して実践していける可能性のあるベストプラクティスをすでに特定しており、特に、世界をよりよくする企業の推進力に訴えかけることができると考えています。企業はプラスチックのバリューチェーンにおける主役の一人であり、循環型の持続可能な未来への移行を実現できる力を持っています。もちろん、企業だけがすべてを解決できるわけではありません。循環型経済はシステムの変更であり、すべての当事者の関与が必要です。「バリューチェーンのすべての利害関係者における行動」という視点から最終章を盛り込んだのはこのためです。

オランダ・サーキュラー・ホットスポットとオランダ応用科学研究機構（TNO）は互いの力を結集し、知見とネットワーク、そして資源を共有してきました。話を聞いた多くのプラスチック専門家や起業家の皆さんは、私たちに大いに啓発してくれました。この場をお借りしてお礼を申し上げたいと思います。また、国家社会設備基盤および水管理事務局長でオランダ環境大臣を務める Stientje van Veldhoven 氏には冒頭のまえがきを書いていただき、大変光栄に感じています。同氏は循環型経済とプラスチック対策の両分野を主導する国際的な代弁者です。マイクロプラスチックおよびナノプラスチックに関するテキストボックスにご助力いただいたオランダ国立公衆衛生環境研究所（RIVM）の Anne van Bruggen 氏、客員執筆者のプラスチック・スープ・サーファー（Plastic Soup Surfer）の Merijn Tinga 氏、ユトレヒト大学の Bert Weckhuysen 教授、Brightlands Chemelot Campus の CEO である Bert Kip 氏、Alliance to End Plastic Waste の社長であり、最高経営責任者でもある Jacob Duer 氏らには、それぞれ独立した立場からプラスチックの将来像を共有していただきました。

本冊子の中で、オランダ・サーキュラー・ホットスポットと TNO はそれぞれの洞察を国際的なレベルで提示し、ベストプラクティスを共有しました。本誌によって世界中のあらゆる人が行動を起こし、循環型の開発に弾みをつける刺激となることを願って止みません。

詳しい情報は忌憚なく[こちら](#)までお問い合わせください。



# 今日の世界のプラスチック

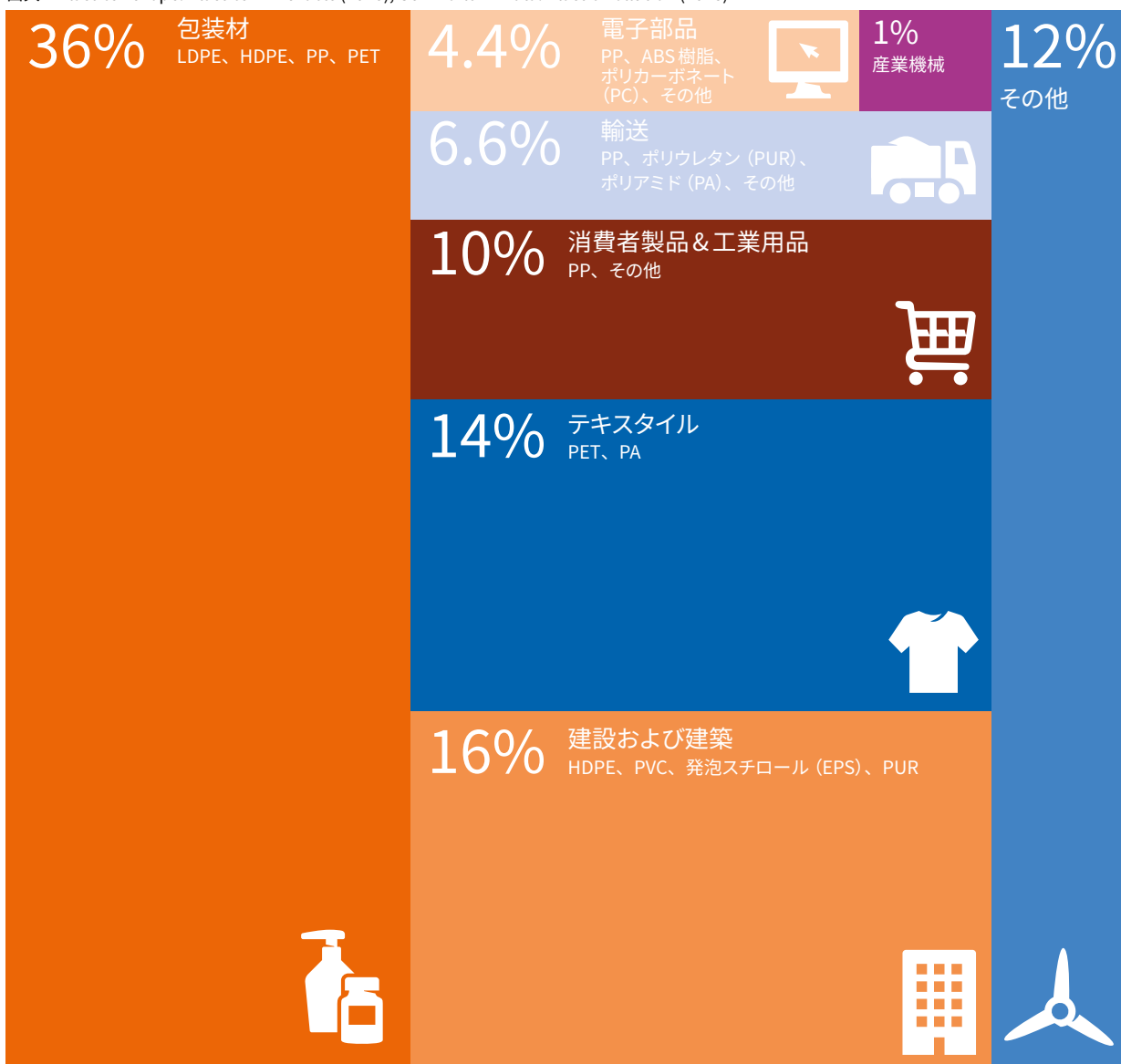
## プラスチックとは

プラスチックが現代世界を創り上げたと言っても、決して過言ではないでしょう。私たちが現在、当たり前のように手に取っている多くの物は、プラスチックがなければ存在しません。プラスチックには多くの実用上の利点があります。その優れた汎用性から、あらゆる分野の要となる構成要素の役割を果たしています。軽量でCO<sub>2</sub>排出量を削減でき、食品廃棄の防止と

食品の安全にも寄与しています。そしてもう一つ、忘れてはならない重要なポイントは安価だということです。こうした理由から、環境保護の専門家の中でも、時計を巻き戻してプラスチックができる前の時代に戻そうと真剣に主張する人はほとんどいません。ここでの課題は、その急激な発展によってもたらされた影響、プラスチック廃棄物と汚染の発生を今後私たちがどのように制御し、管理していくかという点にあります。

## 各セクターにおけるプラスチックの使用分布

出典：Plastics Europe: Plastics – The facts (2020), Our World in Data: Plastic Pollution (2018)





プラスチックは多様な形状と質で提供されています。今日の世界において、多様なプラスチック製品を生産する主原料になっているのは未精製の原油です。最も多く使用されているプラスチックはポリエチレン (PE) が51% (高密度ポリエチレン[HDPE]および低密度ポリエチレン[LDPE])、次いでポリプロピレン (PP) が21%、ポリエチレンテレフタレート (PET) が15%、ポリ塩化ビニル (PVC) が5%、ポリスチレン (PS) が4%、その他が4%です。

### プラスチックの生産量

1950年代以降、プラスチックそのものの生産量はほぼ200倍になり、現在、世界におけるプラスチックの年間生産量は3

億6000万トンに上っています<sup>1</sup>。今この瞬間にも地球上の生物圏を重大な脅威にさらしているプラスチック問題は、このわずか70年の間に形成されたこととなります。世界における人口の増加と富の増大から、例えば包装や建設、自動車産業などでの需要の高まりと複合適用によって、プラスチックへの需要は今後も加速すると考えられ、プラスチックの生産量は今後20年間で2倍になると推定されています。これはすなわち、年間の生産量がほぼ7億トンになることを意味しています<sup>2</sup>。

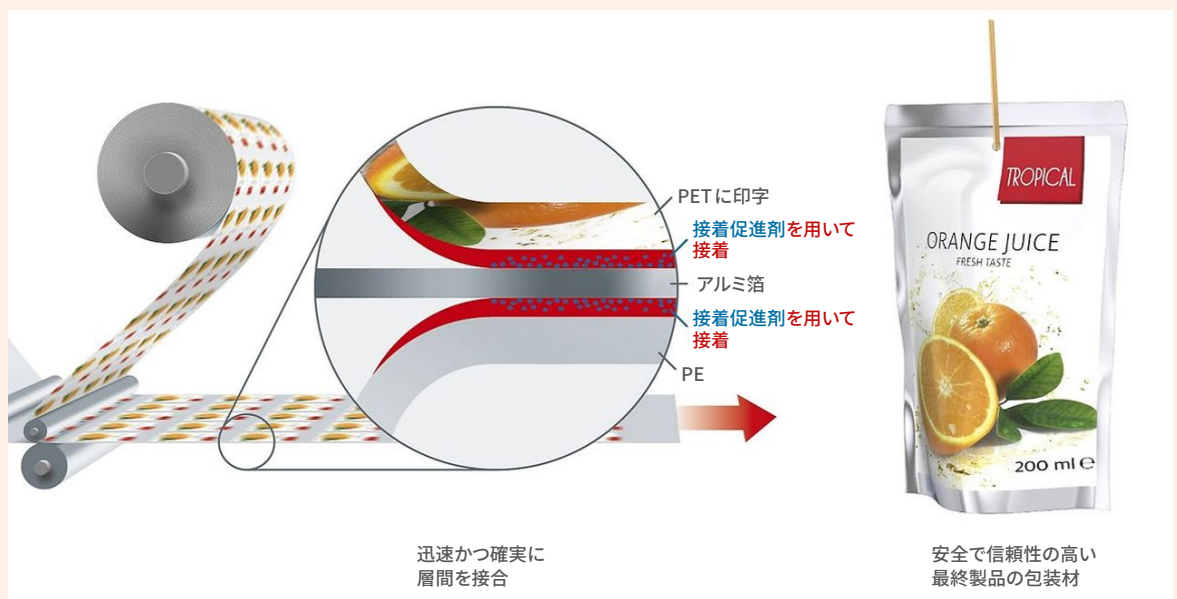
ポリマーの量の半分以上はアジアで生産されており、そのうちの30%を中国が占めています。これに北米 (18%)、欧州 (17%) が続きます。

#### 複雑を極めるプラスチック製品

プラスチック製品の設計時には、様々な使用用途や目的に応じた製品の特性を明確に定義します。製品によって極めて多様な異なるタイプの添加物をポリマーと組み合わせるため (添加物表を参照)、往々にして複雑化したプラスチック製品となってしまいます。更には、特定の性質を得るために、プラスチックポリマーは混合物として使用されることもあります。この他にも電子機器の場合のように、プラスチックを他の材料と接着することで、一層複雑化した特質が加えられるケースもあります。このようなケースではプラスチックを製品の他の部分と容易に分離できないため、製品の再製造も、また、使用された材料のリサイクルも困難を極めてしまいます。

このようにプラスチック製品は複雑であることから、リサイクルには多くの課題が付随しています。今日の回収や選別、リサイクル施設の大半は混合材料の処理には対応できません。同じ製品の中で加工されてしまうと、互いに分離できないことが多いからです。こういった製品の場合、耐用寿命が尽きた後は焼却か埋立てになってしまいます。異なるタイプのポリマーを接合して耐用寿命を延ばし、食品廃棄物を低減する多層構造設計の包装材がその一例です。また、自動車や航空分野、風車のブレードに使用されるプラスチックも、材料の軽量化やエネルギー効率の向上を目的に、鋼材ではなくガラス繊維で補強されています。

出典：[Legislation on GLYMO will shape packaging in 2020 \(henkel.com\)](http://henkel.com)



なぜ直線型のサプライチェーンが立ち行かなくなるのか  
**プラスチックと、その行き着く先に  
待っているもの**

現在のプラスチックのサプライチェーンは循環型とはかけ離れているため、私たちは膨大な量のプラスチック廃棄物を何とかしなければならないという使命に直面しています。1950年から生産されているすべてのプラスチックのうち、有効にリサイクルされた（生産に再統合された）のはわずか1.7%に過ぎません<sup>3</sup>。

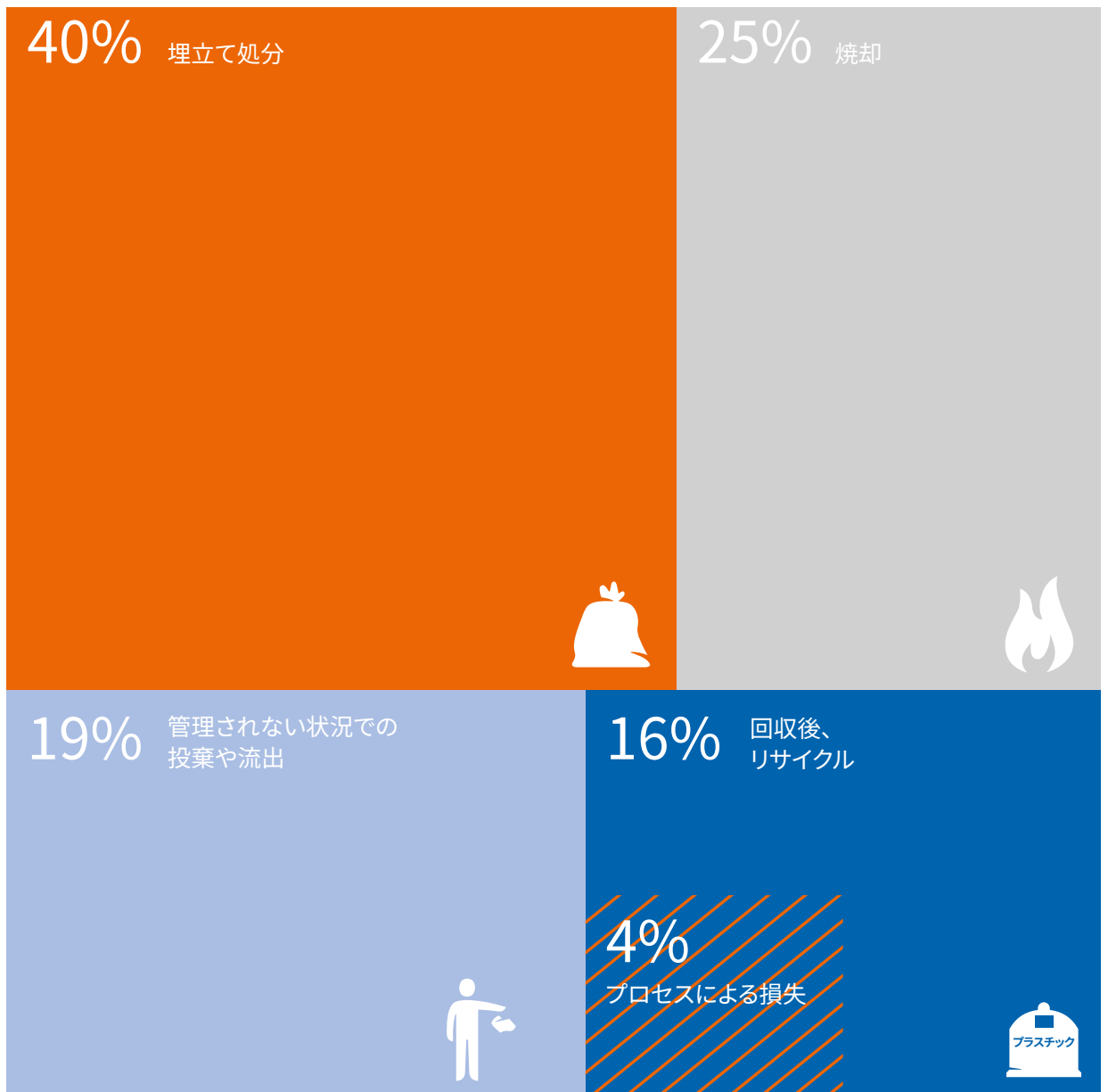
プラスチックのライフサイクルには製品に応じて大きな違いがあり、そのため、耐用寿命も様々です。

**使い捨てプラスチック**

主に家庭用品や包装に用いられる使い捨てのプラスチックはライフサイクルが非常に短く、大量に出回っています。リサイクルの機会がないことに加え、廃棄が飛躍的に加速していることによって、1100億米ドルを超える価値の材料が毎年処分されているのです。さらに、生態系の減少やインフラの破損、GHG排出量などにより、400億米ドルの追加コストが生じると推定されています。皮肉にもこれらの失費は包装業界そのものの収益を上回っているのです<sup>4</sup>。

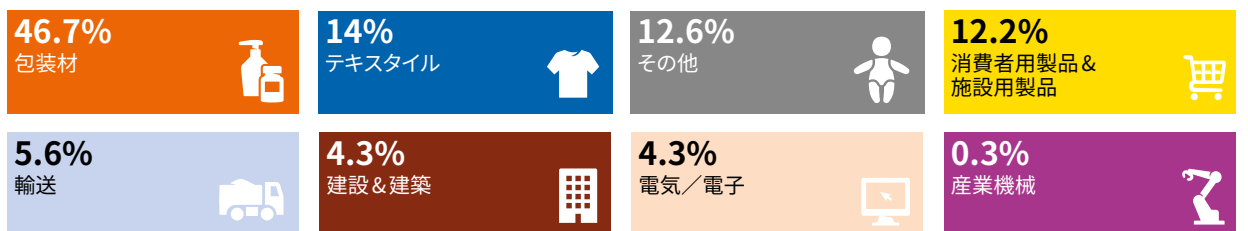
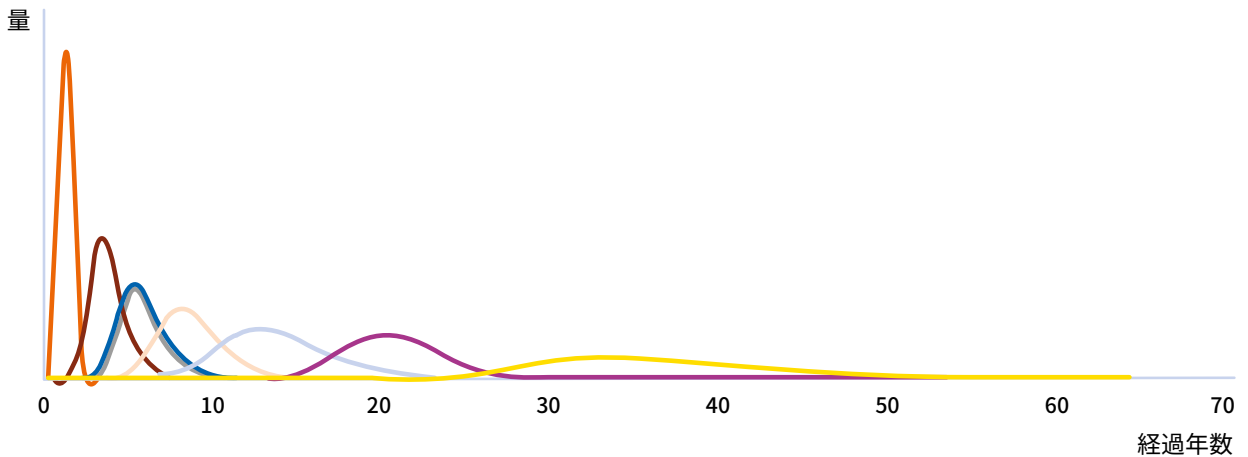
**世界の運命とプラスチック**

出典：McKinsey & Company, global polymer flows



## 製品寿命の分布と、セクター別に見た年間のプラスチック廃棄物発生量

出典：Science Advanced: Production, use, and fate of all plastics ever made (2017), Our World in Data: Plastic Pollution (2018)



それぞれのセクターは、製品耐用寿命が尽きた時に発生するプラスチック廃棄物について、異なる課題に直面しています。発生するプラスチック廃棄物の量という点から見た場合、ライフサイクルの短い包装材やテキスタイル、消費者用製品は最も汚染の激しいセクターのように見えるかもしれませんが<sup>1</sup>。しかし、問題に取り組み、循環型経済の設計チャンスが迅速に生まれるのもこのセクターです。これらと比較して、輸送、建設および建築セクターにおける年間の汚染量は顕著に低いレベルです。時間の経過とともに、プラスチックが製品中に固定されてしまうからです。反面、これは、私たちが数十年前から製品の設計に対処しなければならなかった（あるいは今後、対処しなければならない）ことを意味しています。

### プラスチック汚染

プラスチックやプラスチック製品に対する一貫した需要増は、プラスチック生産量の増大、プラスチック廃棄物の発生、そしてこれらが環境に及ぼす危害の一因になっています。これには粒子の大きなプラスチック（マクロプラスチック）と小径の分画（マイクロおよびナノプラスチック）の両方が含まれます。プラスチックは残留性があり、分解が非常に遅い不活性物質であることから、数十年にわたって環境に被害を及ぼす可能性があります。生態系サービス（ESS）の機能に影響を生じさせて河川を詰まらせたり、地下水を汚染したり、動物の食糧システムを阻害してしまうのです。発生するこれらの被害は環境上の隠れたコストと呼ばれます。真のプライシングとは、ESSの保全や被害の回復に要するコストまでを含めた場合に、プラスチックに対して設定しなければならない真の価格を計算するためのツールです。

### 循環型経済におけるマイクロプラスチック

循環型のプラスチック戦略では、プラスチックの摩耗と分解についても考慮に入れなければなりません。摩耗や分解によってマイクロプラスチックが形成され、これらが環境中に流出するおそれがあるからです。マイクロプラスチックは小径の固体プラスチック粒子（径が5mm未満）で、水に溶けにくく、生分解しません。水路や大気、土壌、あるいは食物連鎖に入り込んでしまうと、環境に直接的、間接的な負の脅威を生じさせる可能性があります。また、私たちが呼吸する空気や飲み水、摂取する食物に混入すれば、ヒトの健康にも脅威になります（欧州アカデミーによる政策への科学的助言[SAPEA]）。ヒトや生態系にもたらすリスクの大部分はわかっていませんが、研究機関などが水や大気、土壌中で起こりうるマイクロプラスチックの影響について研究しており、生態系やヒトの健康に脅威があることを示す有力な示唆が得られるようになりました。不足する知識のすべてが埋められるのを待ってから、その排出を削減するための措置を講じるような時間的余裕はないことを政策意思決定者も承知しています。まずは最大の発生源、環境中でのプラスチック廃棄物の分解、テキスタイル繊維、タイヤ、農業用プラスチック、塗料などからの摩耗が考えられるこれらの発生源で、その排出を防止することに重点を置きながら、階層ベースのアプローチを適用していくことが理想的です<sup>5</sup>。マイクロプラスチックテキスタイルのネットワークで発生しているケースのように、排出量を効果的に削減していくためには、バリューチェーン全体での協働的取り組みが必要です。RIVMはTNOと連携し、利害関係者による適切な措置の定義をサポートしています。このニュースレターには、知識や政策策定における最新情報が提示されています。

環境に負の影響を及ぼすプラスチック廃棄物を防止するための最初の課題は、いかに持続可能性を確保しながらプラスチックの使用、消費、廃棄物の発生の防止措置を講じるかという点にあります。これはすなわち、廃棄物管理のためのインフラ、循環型調達、リサイクルされたプラスチックの利用向上が必要になることを意味しています。十分な廃棄物のためのインフラを構築できる経済的資源を持たない国々をはじめ、これは簡単な課題ではありません。プラスチック廃棄物は正しい管理が行われていないことが多く、**不適切な廃棄**や**投げ捨て**などから自然界に入り込む可能性があります。**不適切な廃棄**とは、廃棄物の回収が行われているにもかかわらず、回収された廃棄物が非効率的に、あるいは危険な形で取り扱われているケースです。また、**投げ捨て**とは、持続可能な廃棄物管理のためのインフラがないために、廃棄物を直接自然界に廃棄、排出するケースや、個人または産業が無責任な形態で廃棄物を扱っているケースを指しています。今日では廃棄物の55%が管理の不適切な埋立て処分場に放棄され、世界におけるプラスチック廃棄物のほぼ40%が自然界に放出され、水や大気、土壌を汚染しているのです<sup>6</sup>。

## プラスチックとSDGs

プラスチック汚染の問題は、いくつかの持続可能な開発目標（SDGs）とつながりがあります。海洋生物や野生生物への脅威、生態系への脅威、公衆衛生への脅威など、複数のレベルで重大な影響を起こすからです。本冊子では、SDG 12「つくる責任、つかう責任」に焦点を当ててこれらの問題を直接取り上げることで、これと連動する主題であるSDG 3「すべての人に健康と福祉を」、SDG 6「安全な水とトイレを世界中に」、SDG 11「住み続けられるまちづくりを」、SDG 13「気候変動に具体的な対策を」、SDG 14「海の豊かさを守ろう（海や大洋の保護）」、SDG 15「陸の豊かさを守ろう（生態系の回復と多様性の保全）」に対処していきます<sup>7</sup>。





# プラスチックの未来と循環型のビジョン

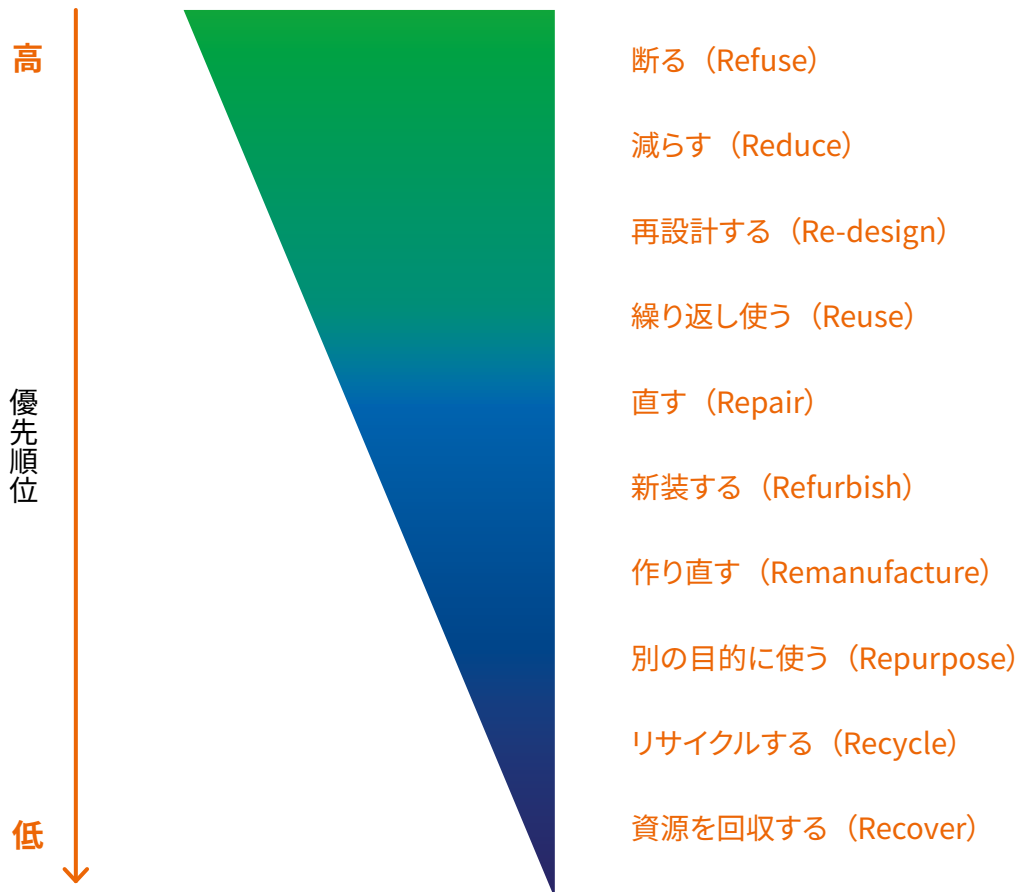
### 循環型経済の定義

21世紀における地球規模での課題に対し、持続可能性のない直線型（資源を採掘し、作って捨てる）経済に代わる選択肢として、循環型経済が台頭し始めています。直線型経済は資源の採掘と廃棄物から発生する汚染物質の排出という、二重の負荷を自然界に与えます。これに対し、循環型経済では材料や製品が廃棄を通じて破棄されたり、処分されることはありません。その価値は多様なレベルで保持され、経済体系の中で維持されるのです。そのため自然界から得なければならぬ手つかずの資源量（採取）が少なく、廃棄を通じて発生する排出量や汚染（廃棄物）を抑制することができます。循環型経済では、再生可能なエネルギーや材料の利用も鍵になります。再生可能なエネルギーや材料とは、何百万年も経たなければ補充できない非再生可能なものと異なり、人間の寿命のうちに補充が可能なエネルギーや材料のことをいいます。循環型経済の中で材料を機能させるためには、循環性の10

のR階層を適用することができます。R戦略とは、異なるレベルの保持方法を表わすものです。一般に、保持できる価値が多いほど、高い循環性が保たれ、環境への影響が軽減します。最初のR（「断る（Refuse）」と「減らす（Reduce）」）は価値のピラミッドの頂点に位置していますが、代替可能な選択肢によってそれが本当に環境や資源への影響を低減させることにつながっているのかどうかに注意しなければなりません。R戦略はピラミッドの下方に行くにつれて、循環性を考慮した製品設計に重点が置かれるようになっていきます。そして最終的に、材料や資源のリサイクルに焦点が置かれます。ただし、劣化や分解、質の低下などといった物理学的法則によって、一部は完全な循環システムから失われます。R戦略は使用後の段階に着目したものであり、直線型経済から材料や製品を継承している私たちは、その循環型経済への移行に最も注意を払わなければなりません。R戦略を実用化していくためには、新たなビジネスモデルと革新的な製品設計が必要になります。

## 循環性のレベルー10のR階層

出典：J. Cramer



### なぜ、プラスチックを循環型経済 (CE) に移行させるのか

業界の真剣な取り組み、政府による政策、一般の人々の意識向上とともに、グローバルな議論が推し進められる中で、体系化されていく共通ビジョンのもと、プラスチックに関する循環型経済は、重要な役割を担います。独特で有益な性質を持つものだからこそ、**私たちは循環型経済の中でプラスチックを利用できるようにしたいと願っているのです。**

プラスチックは様々な形で循環型経済に貢献することができます。効率的な再生可能エネルギー(風車のような)の生成や、あるいは製品になった際の重量が少ないことによる運搬車両や列車、飛行機のCO<sub>2</sub>排出削減などもその一例です。ただし、プラスチックが循環型経済に適した資材と認識されるようになるためには、抜本的な改変が必要です。私たちの仕事や生産活動、あるいは設計、指導啓発、投資、購買に

おける大規模な行動変容が循環型経済には必要だからです。次章では、出発点(供給原料)から終着点(廃棄物)に至るまで、直線型の視点から見たプラスチックライフサイクルの概要を把握し、どのような抜本的適応策が必要かについて考察していきましょう。循環型経済は循環するシステムのため、改変はライフサイクル全体における複数の現場でスタートさせることが可能です。







# プラスチックの バリューチェーンに 循環型経済を

プラスチックは様々な活動を経て最終的に市場に届けられます。これらの活動の中でプラスチックには価値が加えられていくのです。使用後のプラスチックは回収され、寿命の終わりを迎えます。これらすべてのステップが一つになって、プラスチックのバリューチェーンを構成しているのです。以下に、原材料が

ら耐用寿命の終わりまで、直線型のバリューチェーンで行われているプラスチックの最新の活動をすべて提示しました。青で示しているのが循環型戦略を可視化したものです。本章ではすべてのステップにベストプラクティスを併記し、循環型経済におけるプラスチックのバリューチェーンについて考察します。



**グレート・バブル・バリア (Great Bubble Barrier)** は、河川中のプラスチック汚染を海洋に達する前に遮断し、捕捉できる技術、バブル・バリアを開発しました。バブル・バリア

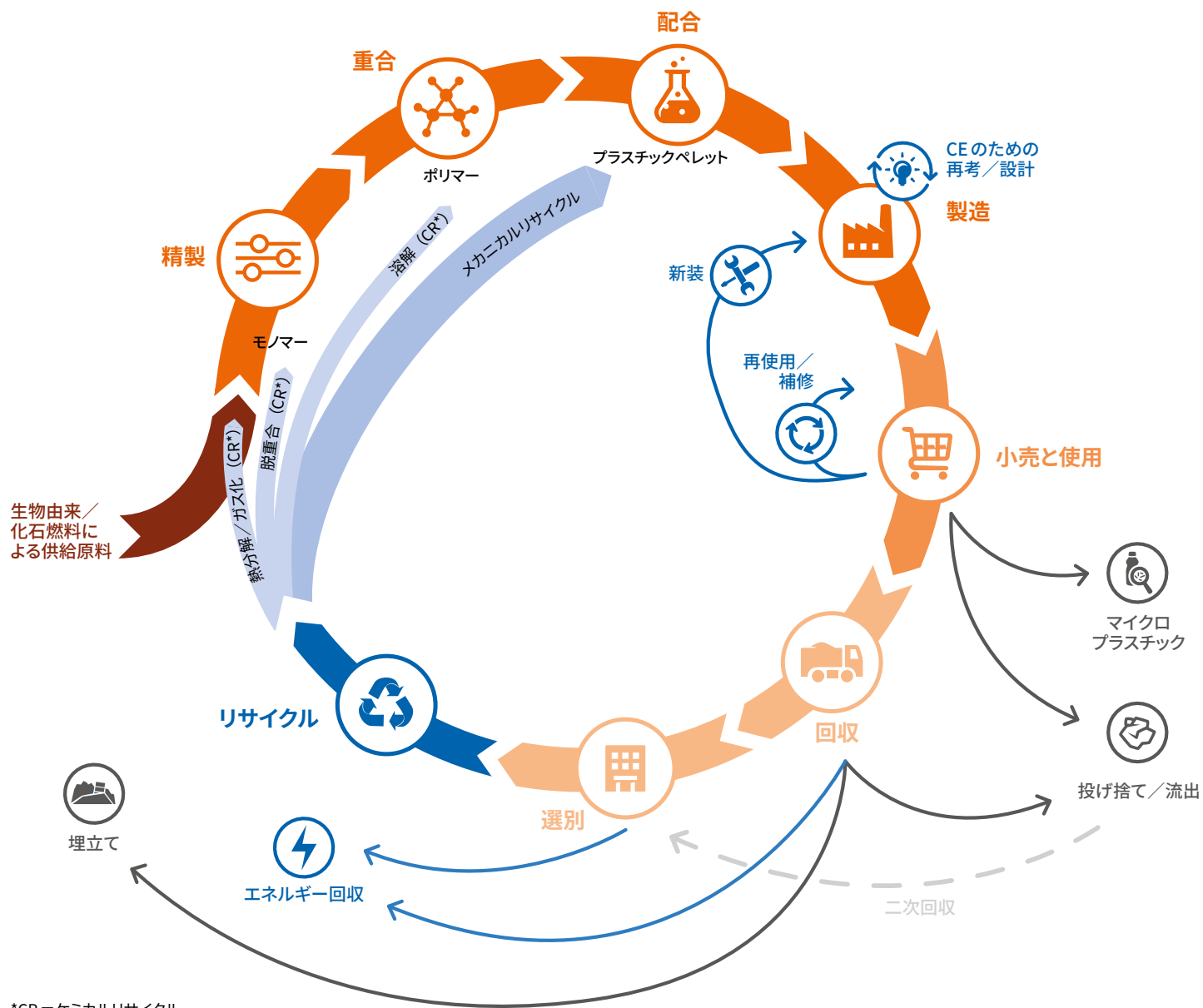
は、いわば泡のカーテンによる集水システムです。バブル・バリア方式は魚類を傷つけず、船舶の通行を妨害しないだけでなく、水路の幅と深さの全体を網羅することができます。数回の試験的運用の後、2019年11月に、世界初の長期使用型バブル・バリアがアムステルダムに設置されました。バブル・バリアは単なる技術的解決策の一つというだけではありません。プラスチック汚染という問題を解決するためには体系的な変化が必要です。バブル・バリアは河川中のプラスチック汚染に関するモニタリングデータを収集し、新たな政策の策定を助ける重要なツールになることが期待されています。新たに設置されるバブル・バリアの一つ一つが、世界のプラスチック汚染との闘いにおける重要な一歩になるのです。

二次回収

オーシャンクリーンアップ (Ocean Cleanup) は、世界で最も汚染のひどい河川から自然の力を利用してプラスチックを回収し、海洋への流入を阻止する「**The Interceptor™**」という自律型機器を開発しました。太陽電池で駆動する Interceptor™ は移動式の廃棄物回収装置として機能し、一日に水から最大で 50,000kg のごみを収集することができます。容量がいっぱいになると、システムが現地の事業者に廃棄物回収要請の信号発信します。

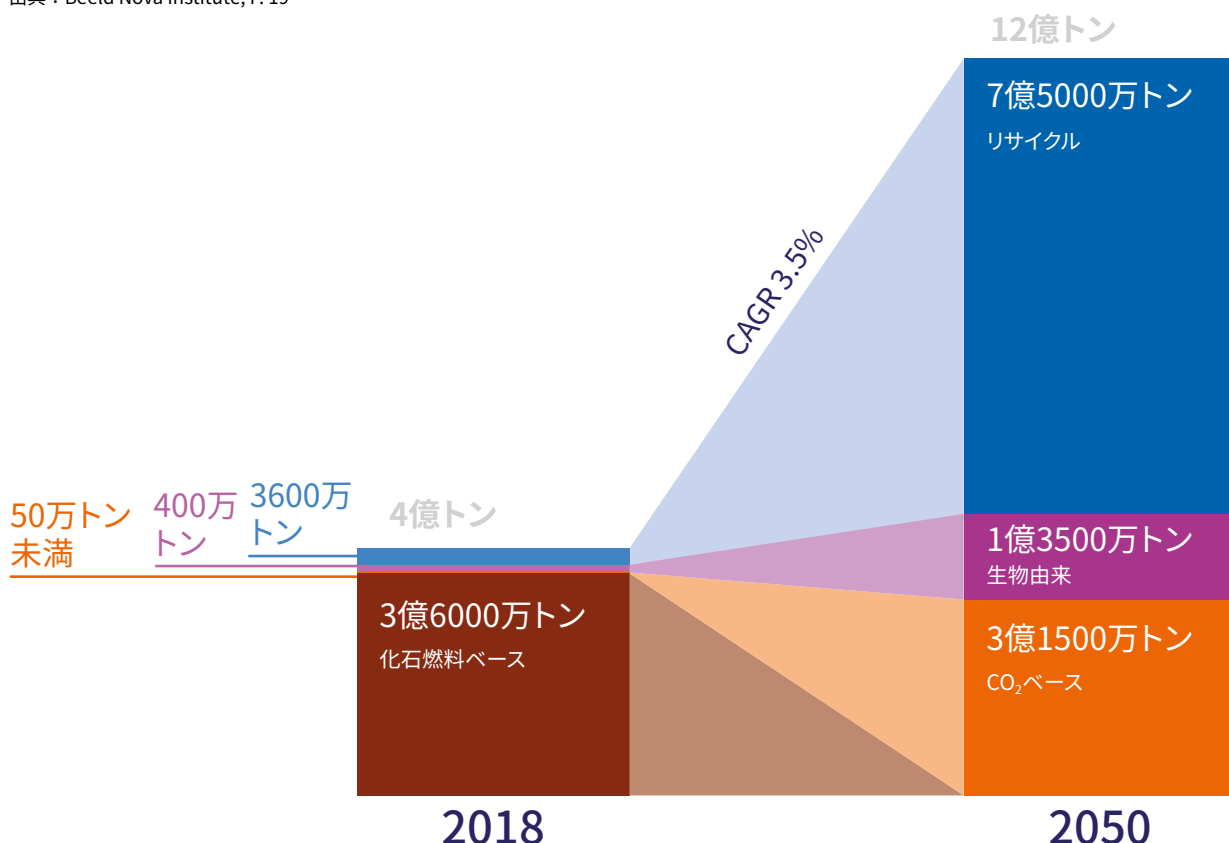
二次回収

# プラスチックのバリューチェーン



## 2018年における世界のプラスチック生産量および炭素原料と2050年のシナリオ (単位：100万トン)

出典：Beeld Nova Institute, P. 19



### 生物由来プラスチック

ほとんどの生物由来原料が、生物由来プラスチックの生産に使用されています。今日、生物由来のプラスチックは様々なセクターで用いられていますが、主な用途は包装材です。生物原料の取得源は広範囲に及んでいる可能性が高く、それに応じて環境影響も異なると考えられます。プラスチックのバリューチェーンに使用される原材料は農業から出た残渣や非可食材料によって確保することが可能です。生物由来プラスチックが食糧生産と競合したり、環境へ負の影響を及ぼしたりしてはなりません。

現時点で最も一般的に使用されている生物由来プラスチックには次のようなものがあります。

3. コーンやサトウキビが原料のポリ乳酸 (PLA)
4. ジャガイモ、コーン、キャッサバ (の廃棄物流) が原料のデンプンベースのプラスチック
5. 木材パルプが原料のセルロースベースのプラスチック
6. サトウキビや製紙産業の廃棄物流を原料とするバイオPE (生物由来のポリエチレン)

ISCC PLUSや Bonsucro、Better Biomass などの規格や監査プログラム、認証制度を利用することで生物由来プラスチックの持続可能性を保証することができます。

### 生分解性プラスチック

生物由来プラスチックは生分解性プラスチックと同じではないことに注意しなければなりません。生分解性のある材料とは、土壌中や水生環境中の微生物によって分解することが可能な材料のことです。

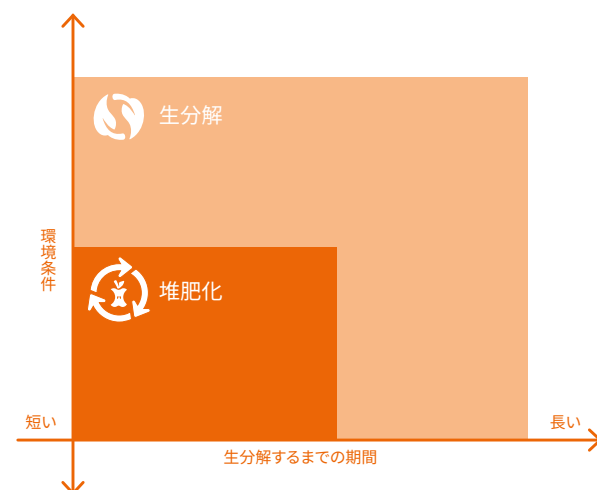
(PLAのように) 産業規模の堆肥化施設で生分解させることが

できれば、材料を堆肥化することが可能です。生物由来プラスチックの中には (バイオPEのように) 生分解も堆肥化もできないものがあります。生分解という用語を使ってしまうと混乱を生じるおそれがあるため、「産業堆肥化が可能」のような用語を用いて混乱が起こらないようにしなければなりません。

すべての生物由来プラスチックが生分解や堆肥化が可能わけではありません。また、生分解や堆肥化が可能プラスチックがすべて生物由来であるとは限りません。

### 生分解性

出典：A. Gendell (2018)



## 課題

化石燃料ベースのプラスチックから生物由来プラスチックへの移行によって実現する持続可能性へのメリットは何か、生物由来プラスチックはどのセクターに最善の形で実用化していけるのか、については現在いろいろな形で議論されています。バイオプラスチックのリサイクル力についてはまだあいまいな点があることから、既存のプラスチック選別やリサイクル経路を阻害するのではないかと懸念も慎重に検討が行われています。既存のプラスチック選別やリサイクル経路を阻害するのではないかと懸念されているからです。

## 好機

生物由来プラスチックには、循環型経済における潜在的可能性があります。例えば中国では生分解性のグリーン包装材が運送セクターで発生する包装廃棄物の解決策になるのではないかと考えられており、2017年以降のガイダンスには、2020年までに分解性のグリーン包装材を50%にするよう規定しています。世界の工場という立ち位置である中国のその移行への決断は、今後他国の廃棄物管理システムに影響を及ぼすことは間違いありません。

## 精製、配合—石油からプラスチックポリマーへ

精製のためのプロセスは、プラスチック原料（ナフサおよび天然ガス）を分解するスチームクラッカーから始まります。ナフサは中等度の分子量を持つ分画（C5～C12）の名称で、精製の際に原油から分離されるものです。クラッカーはナフサを多様な生成物に転換させます。この中には、PVCやPE、PP

など、最も多く使用されている（商品）プラスチックの基礎成分であるオレフィンガスなどが含まれています。また、クラッカーの生成する蒸気が処理され、いわゆる芳香族炭化水素が形成されます。このプロセスは触媒改質と呼ばれるものです。これらの化合物は、例えばPETやPS、PCといった、より「複雑な」プラスチックを生産する上で欠かせない基礎的な化学成分です。

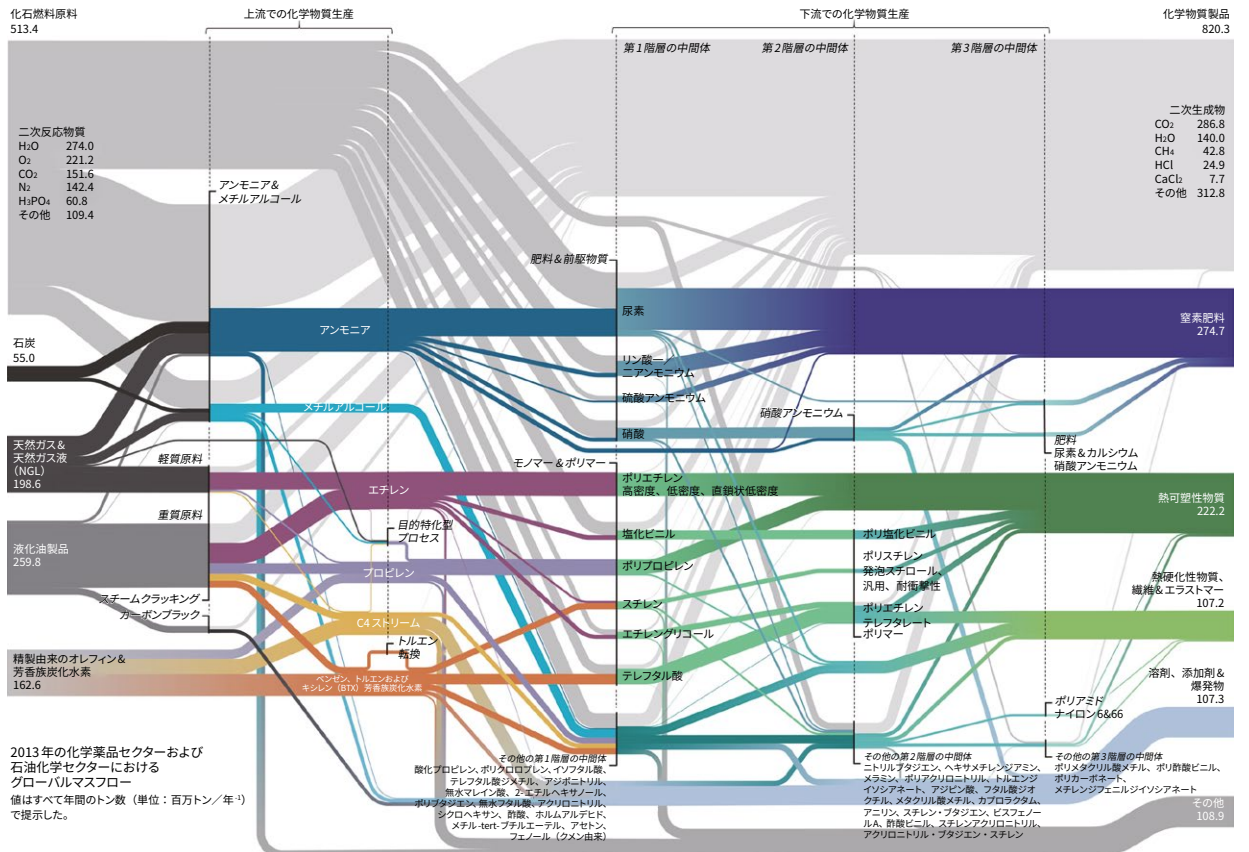
## 製造

ポリマーやプラスチックを生産する際、一般的には、これらはまず、製造前の原料ペレットという形状に整えられます。これらのペレットを用いて設計どおりのプラスチック配合剤を製造するのです。この段階で、着色剤や可塑剤、充填剤、強化剤、難燃剤といった必要な添加物が製品に添加されます。ほぼ100%のポリマーでできているプラスチック製品もあれば、風車のブレードのように、ポリマー含有量はわずか30%程度で、あとは（ガラス繊維などの）強化剤で構成されている製品もあります。製造時には、例えば射出成形やブロー成形、熱成形など、多様なプロセスを用いて製品の形状が成形されるのです。

## 循環型プラスチックにおける持続可能な化学物質

安全で持続可能な循環性への移行と汚染物質のない環境を確実に実現するためには、（生物由来）プラスチック中の危険有害な物質（添加物）の存在を最小限に抑制し、リスクを無視できるレベルに維持しなければなりません（化学物質戦略）。添加物は展性やUV防護のような多様な機能を目的として添加されるものですが、環境やヒトの健康にリスクを生じさせるおそれもあります。循環型経済ではプラスチック

出典：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b04573>



は大規模なスケールでリサイクルされ、再利用されますが、これが新たなリスクを生じさせる可能性も考えられます<sup>8</sup>。安全な循環型経済を実現するためには、サプライチェーン全体で使用される物質に関する情報を共有し、安全設計の戦略を確保することです。安全な代替選択肢が確保できない場合には、製品中の物質や材料に対して責任ある使用を徹底しなければなりません<sup>9</sup>。情報の共有が現時点における重要な課題です。循環型経済において危険有害物質の使用は、その（プラスチック）製品に代替選択肢がなく、社会が機能するためにはその使用がどうしても必要であり、なおかつリスクは制御可能で健康や環境保護ができる場合のみ使用を認めるようにしていく必要があります。

#### 設計（再考する、断る、繰り返し使う）

今日における製品の設計は、その大部分が製品の使用段階に重点を置いています。循環型経済にとって、これは致命的です。主に再利用やリサイクルを考慮して製品が設計されていないからです。すなわち、R戦略を考慮に入れることによって、設計段階で循環性を実現していくことが極めて重要なのです。

#### 課題

- ・あらゆる材料を自由に使うことができ、使用段階の機能性に主眼を置く現代の設計の自由度が、循環型経済においては大きな問題の一つになっています。使用段階を考慮した複合的な設計では、再利用やリサイクルを含めたR戦略の実現が複雑になることが多く、本来避けることができたはずの廃棄物であってもそれが結果的に生成に繋がってしまっています。
- ・また、R戦略のための設計は互いに対立することもあります。例えば製品の使用段階で耐用寿命を延ばすことを考慮したときに、いったいどのような添加剤を使用すべきか？と考えます。しかし、その特定の添加剤が耐用寿命を延ばすことはできても、再利用の際に今度は問題が生じるというようなこともあるのです。本来は、そのような添加剤の使用は避け、再利用可能となる代替選択肢を検討しなければならないのです。

#### 潜在的な好機

- ・製品の耐用寿命の全期間を考慮した設計を行うこと。
- ・寿命の延長（補修、新装、再製造）を目指す長寿命のプラスチック製品の設計戦略は理にかなっていること。
- ・包装材のような短寿命のプラスチック製品では、再利用とリサイクルを考慮した材料の選択と設計が合理的であること。特に使い捨て廃棄物を再利用することは興味深いコンセプトであり、一例として、スーパーマーケットが新たに設けている量り売りによる売場を挙げることができるでしょう。消費者が包装材代わりに何度でも繰り返し使える容器を持ち込み、自分で製品を詰めるのです。使い捨てプラスチックについて、可能な限り再考し、再設計していくことが重要です。

CIRCO は、プラスチック業界や包装業界で循環型ビジネスの創出を促すためにユニークでありながらシンプルな方法を開発しました。

この方法を活用することにより、起業家や産業界の専門家は事業上のビジネスチャンス特定し、循環型経済の戦略を用いて自社の提案や製品/包装材、サービス、ビジネスモデルを再設計することができます。多様な実例や専門家の参考情報、バリューチェーンとの対話による支援を受け、参加者は最終的に具体的な実践のためのロードマップを手にすることができます。調査した結果、参加者の66%が新たな循環型の提案を実践していることが実証されています！

CIRCO

設計

Chemelot は、欧州で初めての、大規模な循環型化学産業ハブです。

このプロジェクトの主要な要素は、

- ・ Chemelot Industrial Park (ケメロット・インダストリアル・パーク)：循環型化学薬品産業の震源地
- ・ Brightlands Chemelot Campus (ブライトランズ・ケメロット・キャンパス)：循環型経済イノベーションのホットスポット
- ・ Human Capital Agenda (人的資本アジェンダ)：あらゆるレベルの才能ある人材を魅了し、惹きつけ、教育を行う
- ・ Circular Society (循環型社会)：健全な生活環境を実現する駆動力

中でも、Chemelotは特に、エネルギー源と原材料投入の両方を、天然ガスとナフサから、グリーン電力、プラスチック廃棄物、バイオマスに移行することによって直線型から循環型に転換する投資を行っています。このように、多様な利害関係者が関与する極めて大規模な環境のため、独自のバリューケース手法が開発されています。ビジネスモデルの設計を組み入れ、物理的な生産とパートナー戦略の視点を反映したネットワーク連携のアプローチです。このような手法が業績指標と妥当性を導き出し、最終的に集団的行動を誘発するのです。



再考

## 回収と選別

プラスチックを含む廃棄物の回収は、国ごと、地域ごと、あるいは製品のタイプごとによっても大きく異なるため、あらゆる規模での変化が必要になります。適正な廃棄物管理が行われている国では、回収と選別がすでに導入されています。一般的に、これらは政府主導型の規制や施行が実践されている国々です。回収は戸別引き取り方式の場合もあれば、自治体の環境センターのような施設への持ち込みなどによって行われ、そこで異なる部分ごとに廃棄物が処分されているケースもあります。

### 非公式な回収セクターの潜在的な能力

多くの国々では、規制下での回収と並行して、街路やごみ捨て場からPETボトルのような貴重な材料を「拾い集める」大規模な非公式セクターが存在しています。これらの非公式セクターは私たちが考えているよりも往々にして効率的ですが、価値のあるものだけに重点が置かれています。ただし、衛生面や社会的条件は概して望ましいものではありません。もっと職業としての地位を確立するだけでなく、規制を策定することにより、例えば使い捨ての包装材のように、金額的な価値はないものや環境に害を及ぼす廃棄物も同様に回収されるよう図っていく必要があります。



**Modulo-Milieustraten** は、廃棄物選別のための持ち込み施設を手頃な価格で簡易に設置できるスマートな回収ソリューションを提供する企業です。これらの施設は、不法な投棄や投げ捨てを抑制することを目的とし、次のリサイクル段階のための基盤として機能しています。そのコンセプトは極めてシンプルで、ドライブスルー方式により、異なるタイプの廃棄物ごとに複数の廃棄用容器を設置するというものです。これらの施設は簡易に架設が可能のため、柔軟性（施設の拡張）や異なる場所への実用も可能です。Modulo社では、循環型経済を支援するため、基本単位要素に対し、顧客に返金保証とリユースプールを提供しています。オランダ式持ち込み施設のイノベーションはすでにベネルクス3国やドイツ、北欧諸国にも実装されています。詳細はぜひ[こちら](#)までお問い合わせください。



## 回収

回収の時点で多くの場合、プラスチック廃棄物は別のタイプのプラスチックや他の材料と混合されています。時には、プラスチックボトルやプラスチックのみの廃棄物のように、プラスチックが分別されて回収される場合もあります。選別施設に課せられている役割は、回収された多様なレベルの廃棄物を清浄な廃棄物にすることです。それは例えば、単種類のプラスチックにすることや、あるいはその施設で特化したものなどにすること（下流の処理や加工、市場に再導入されるためのその他の活動）です。手作業での選別の他、ドラム式セパレーターやバリスティックセパレーター、風力選別機、近赤外線セパレーター、塩水浴、場合によっては磁性流体を用いた密度選別などの技術事例が活用されています。選別することによって、例えば機械的リサイクル用（ポジティブソーティング）のような価値ある材料の大部分の抽出ができたり、あるいはまた、PVC（ネガティブソーティング）のような熱化学的リサイクル用に質の高い供給原料を生産するための、妨害要素処理のごく一部を抽出できたりします。

**PETCO** は、PET Recycling Company NPC South Africaの商号です。生産者責任機構（PRO）として、その構成員を代表し、PET廃棄物のバリューチェーンに沿った活動を経済的に支援しています。PET業界が任意にみずからのリサイクル活動を自主規制し、調整する拡大生産者責任（EPR）の役割を果たしています。PET製品と包装材のライフサイクル全体に説明責任を課すことで、PET製品および包装材の製造や輸入、販売を行う企業は、耐用寿命後のこれらの製品に経済的および物理的な責任を負うこととなります。PETCOの構成員には、ブランド所有者や樹脂生産者、変換器製造者、ボトル充填企業などが名を連ねています。



## 回収



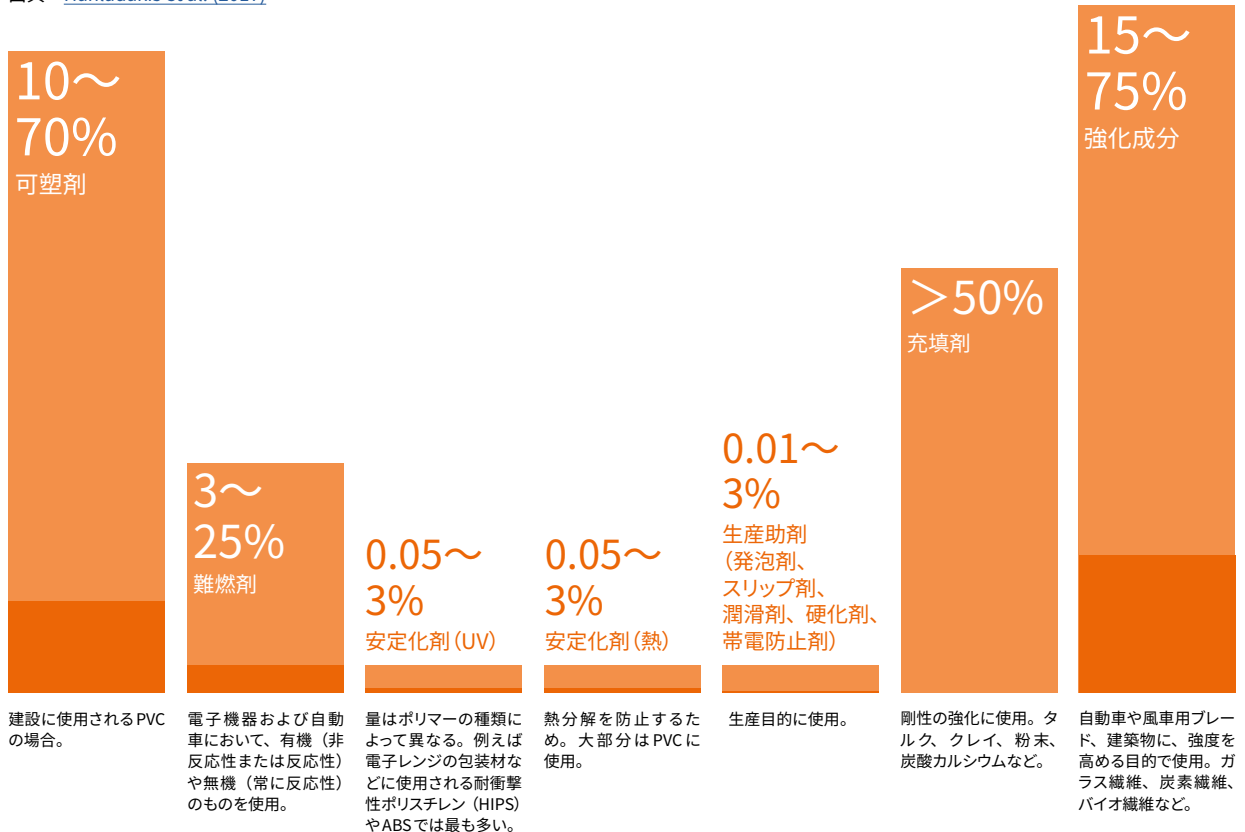
**SweepSmart** は、廃棄物管理予算の削減、物流課題、各国におけるインフォーマルセクターの組み入れなどの実情に即した欧州技術の再考をすることによ

って、来たるべき新たな経済における廃棄物の回収と選別を行うことのできる一括式のスマート廃棄物センターを提供します。これらの拠点は機器やITソリューション、教育訓練のフルパッケージによる支援を受けたコンサルティングや、設計から実装までと長期の使用に至るまで、しっかり機能を果たすことが可能であると期待されています。

## 選別

## 循環型のプラスチックに添加剤がもたらす課題

出典：Hahladakis et al. (2017)



**Van Werven Plastic Recycling** は、使用済みの硬質プラスチックから高品質の原材料を作り出す専門企業です。これらの廃プラスチックは建築資材廃棄物や産業廃棄物、自治体のリサイクルセンターなどから回収しています。入ってくる廃棄物に手作業での選別、破碎、洗浄を行い、その後ラボでの分析によって材料の試験を行うという一連の流れを経て、高品質の製品に生まれ変わらせるのです。助成金を一切利用していないVan Wervenはチェーン内の他の利害関係者との密接な連携をよりどころとして事業を運用しており、循環型の経済モデルではこのような連携が基本的な資産になります。現在、同社は、オランダ、ベルギー、アイルランド、英国、スウェーデン、ポーランドに7つの施設を構えています。チェーンを閉鎖型にし、原材料を再利用することで、Van Werven Plastic Recyclingは共同での持続可能な開発に向けた重要な第一歩を踏み出しています。

選別



**SUEZ** は、ロッテルダムにある同社の選別センター施設において、カートンや金属包装材を含むプラスチック包装材に集中的に取り組み、最高を誇る技術と**完全自動化を実現した選別作業慣習**を実証しています。この工場はオランダで排出されるすべてのプラスチック包装廃棄物の約3分の1の選別に対応しています。同センターに入ってくる廃棄物からPET製のボトルやトレイ、HDPE、LDPE、PPなどのプラスチックを選別し、立方体の形状にプレスしてリサイクル企業に送っているのです。プラスチック選別センターでは、廃棄物の管理をすぐ目の前で体験できるよう、施設内のツアーも提供しています。

写真撮影 Bas van Spankeren

選別



## リサイクル

### メカニカル（物理的）リサイクル

プラスチックをポリマーに選別したら、今度は選別されたそれぞれの部分をさらに洗浄し、破碎し、溶融させてペレットに再混合します。ペレットは製造の段階で新しい製品を製造するのに利用することができます。これがメカニカルリサイクルのプロセスです。

### ケミカルリサイクル

ケミカルリサイクルとは、新たに出現している一連の革新的技術を活用し、プラスチック廃棄物を基礎化学物質やモノマー、供給原料に転換させることを意味する用語です。

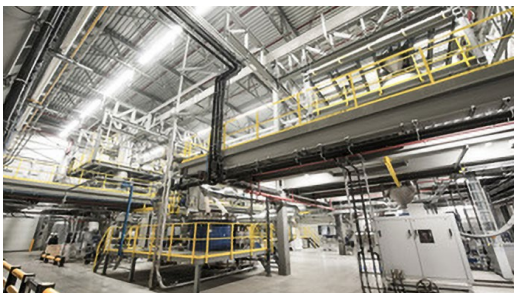
ケミカルリサイクルは付加的なオプションを提供するものであり、

メカニカルリサイクルを補足するものとしてとらえる必要があります。現在は廃棄物管理と石油化学産業というそれぞれの世界の橋渡しとして機能しており、これらが成熟した技術としての準備態勢を整えるまでには5年から10年の年月がかかるのではないかと考えられています。

マッキンゼー・アンド・カンパニーは、2016年から2030年にかけて、ケミカルリサイクルが石油化学セクターとプラスチックセクターのプロフィットプールにおいて600億米ドルの成長に寄与するものと予測しました<sup>10</sup>。

TNOの循環型プラスチック（『TNO's Circular Plastics』）という出版物（2020）は、ケミカルリサイクルが2050年にはメカニカルリサイクルをしのぎ、数倍の成長を達成するものと予想しています<sup>11</sup>。

オランダのリンブルフに拠点を構える **QCP BV** は、一般家庭から出た包装廃棄物を活用し、これらをHDPEやPP化合物に転換させています。QCPはバリューチェーンに沿った最高の協働的取り組みを実証した関連実例と言えるでしょう。SUEZ社と戦略的関係を構築して供給原料（選別済みの廃棄物）を獲得し、LyondellBasell社がQCPの製品を自社のHostalenやMoplenという商標名で販売しています。



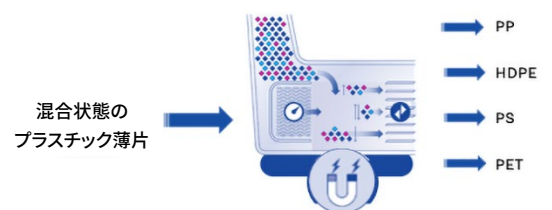
写真撮影 Ermino Amino



QUALITY  
CIRCULAR  
POLYMERS

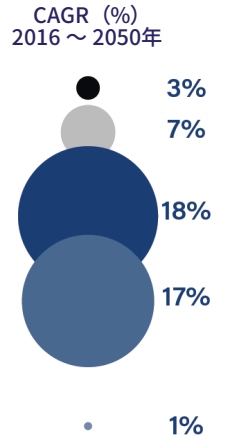
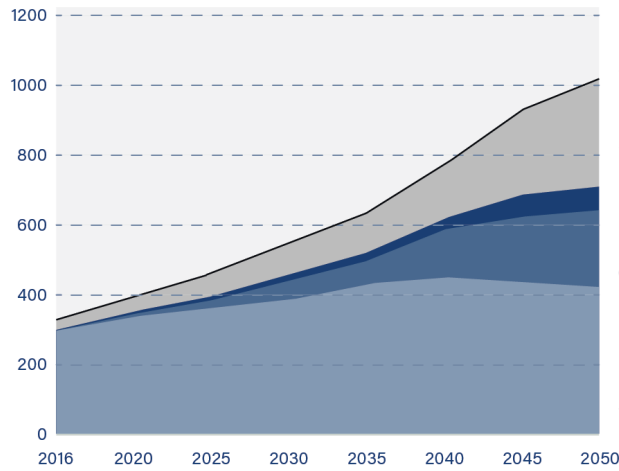
## メカニカルリサイクル

**Umincorp** は、混合硬質プラスチック包装廃棄物を高い経済効率でリサイクルし、99%純度のポリマーに戻すことのできる磁性密度選別（MDS）技術を提供しています。この **Umincorp プロセス** であれば、従来の技術よりも80%も少ないCO<sub>2</sub>排出量で循環型のプラスチック包装材から包装材のサプライチェーンまでの一連の流れを実現することができます。Umincorpと連携し、アムステルダムやロッテルダムといった都市では、すでに年間で25,000トンに及ぶ剛性プラスチック廃棄物をリサイクルしています。



## メカニカルリサイクル

## 世界におけるポリマー需要と可能な回収方法 (単位：百万トン)



### 脱重合

ケミカルリサイクル技術の一つの種類が、モノマーリサイクルとも呼ばれる脱重合です。この技術ではポリマーがそれぞれのモノマーに分解されます。結果的に、得られたモノマーを再構築して新たな「未使用品質の」ポリマーを作ることができます。このようなアプローチが実行可能なのはポリエステル（特にPET）やポリアミドです。様々な脱重合技術は

加溶媒分解が土台になっており、化学薬品を用いてポリマーを分解させます。例えば、解糖（エチレングリコールを用いてPET、PAを分解）、メタノリシス（メタノールを用いてPETを分解）、加水分解（水を用いた分解で、おそらくPCに適用が可能）、エタノリシス（エタノールを用いてPSを分解）などの技術があります。



**ioniqa** Ioniqaは脱重合を用いて着色された破碎PET材料（食品および食品以外の包装材やポリエステル繊維）を分解し、純度の高い高品質のPET用材料に再変換しています。変換された材料はボトルなどの包装用途に再利用することが可能です。これにより、同社は、材料が価値を失わず、無限に再利用が可能で、なおかつCO<sub>2</sub>排出量を75%も削減できるPETのための閉ループソリューションを確立しています。2019年にはオランダ政府から「National Icons（国を代表する象徴的企業）」賞を受賞し、10,000トンの設備容量を誇るオランダの自社工場をベースに、世界へ拡大可能な有望イノベーション企業として期待されています。

### 脱重合



CuReは、メカニカルリサイクルでは処理できないあらゆるタイプの使用済みポリエステル（包装材や織物など）を再びよみがえらせるため、色や汚染物質を取り除き、未使用グレードのポリエステルと同じ特性を持つ透明なペレットに変換しようと取り組んでいます。実現すればポリエステルを完全に循環が可能な材料にすることが可能です。



### 脱重合

**Plastic Energy** は、革新的なケミカルリサイクル技術を活用し、メカニカルリサイクルの難しい、あるいはメカニカルリサイクルを適用できない使用済みプラスチックを処理しています。プラスチック廃棄物は未使用品質の食品グレードプラスチック製品の製造に使用できるTACOILと呼ばれるリサイクル油に生まれ変わり、より循環型の経済の実現に寄与しています。このグローバル企業はロンドンに本部を置き、スペインで2つのリサイクルプラントを稼働しているほか、欧州に複数の工場を建設する計画です。その中にはオランダでサウジ基礎産業公社（SABIC）と共同で運営するものも含まれています。



## 熱分解

### 熱化学リサイクル

混合状態にある投入原料に適したもう一つの化学リサイクル技術が、熱化学リサイクルと呼ばれる方法です。熱とごく限られた量の酸素を加えるか、もしくは熱だけで酸素はまったく加えずに、ポリマー鎖を、例えばナフサに似た、いわゆる一般的な熱分解油や、エチレンまたはプロピレンなどの短鎖オレフィン、合成ガス（CO+H<sub>2</sub>）などの化学的な基礎成分に分解するのです。この技術の2つの代表的な例がガス化と熱分解です。炭化水素混合物をナフサや天然ガスといった供給原料に置き換えて、新たなプラスチックを製造したり、他の化学プロセスに利用することが可能です。熱分解油（炭化水素混合物）はまた、ディーゼルや灯油のような燃料の代わりとしても使うことができます。ただし、燃料経路については、別のライフサイクルがもう一つ新たに創出されるだけのため、あまり循環性が高いとは言えません。これに対して、化学的基礎成分として使用し、新たな材料を製造する経路は、多様なサイクルを生み出せる可能性があります。例えばオランダ政府は化学的基礎成分を製造するためのケミカルリサイクルのみをリサイクルと判定し、燃料のためのケミカルリサイクルは物価安定政策としてとらえています。

熱化学リサイクルはエネルギー集約的ではありますが、一般的に考えて、多くのケースでは焼却よりもフットプリントが小さくすみずみです。

ガス化からは合成ガス（CO+H<sub>2</sub>）が生成されます。このプロセスは、少量の酸素が存在することから、焼却と考えることができます。この技術は、循環型の視点から考えた場合、熱

**Enerkem** は混合された状態のプラスチック廃棄物を溶剤やコーティングに使用できるメタノールとエタノールに転換しています。プラスチックメーカーのNova Chemicalsとも連携し、廃棄物をエチレンやプロピレンのようなオレフィンに直接転換する試みにも取り組んでいます。Enerkemのカーボンリサイクル技術では、熱化学ガス化プロセスを通じて炭素を製品に転換し、CO<sub>2</sub>として排出させません。破碎した混合状態のプラスチック廃棄物は超清浄な合成ガスに変換され、バイオ燃料やその他の化学製品に使用することが可能です。



## ガス化

分解よりも優先度は低くなります。生成されるガスがはるかに低分子で構成されるため、価値が低いからです。一方、この技術には品質の低い混合原料に対処できるという利点があります。

### どのリサイクル法が最善なのか

今後、極めて多くの多様なリサイクルオプションが利用できるようになる可能性が高いと考えられています。多様なオプションが利用できるようになった時、現在と今後の廃棄物流と、入手するポリマーのタイプに最も合ったリサイクル技術を判断していかなければなりません。現在の廃棄物のヒエラルキーをやみくもに適用していくわけにはいかないのです。どのリサイクル技術がベストな選択肢なのかを判断する場合、ここでは次のようなその他の要素も重要な役割を果たすことになります。

- リサイクル技術のコスト
- 技術の環境影響
- プラスチック／添加剤の環境フットプリント
- 投入されるプラスチック廃棄物の量
- リサイクル技術の健康や安全に関わる側面
- 産出物の質
- 産出物の量

これらの項目の多くは、例えばプラスチックからプラスチックへのリサイクルのように、ライフサイクルの全期間を対象とするライフサイクルアセスメント（LCA）やライフサイクルコスト（LCC）を実行することで対処が可能です。

## 課題と好機

バリューチェーンの個々の段階には、相互につながりを持った形で対処しなければならないその段階独自の課題があります。しかし、課題があるところには好機も見つけることができます。下表に、解決策を考察する刺激になるよう、課題と好機を並置して書き出してみました。

	課題	好機
供給原料	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在、供給原料の大部分は、再生することができない化石ベースのナフサと天然ガスで構成されている。生物由来の材料から得られる投入原料はわずかに1%である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給原料用に生物由来の材料やプラスチック廃棄物流が増えている（熱化学リサイクルの項を参照）。</li> </ul>
精製	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチックの生産は複雑な石油化学産業の一部であり（Sankeyを参照）、重要な市場（合成肥料や溶媒、化学薬品）と密接な関わりがあることから、バリューチェーン内での適応が難しくなっている。</li> <li>精製と配合がナフサ固有の組成に合わせて最適化されているため、代替の供給原料を使用する場合、適応させるための調整が必要になる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>化石ベースのナフサ精製に使用されるクラッカー装置は、循環型経済でも多様な好機を支援し、精製工程を通じて廃棄物を供給原料に転換することができる（熱化学リサイクルの項を参照）。</li> <li>重合プロセスの際に、リサイクルした材料をバリューチェーンに再投入することができる。リサイクルプロセスを通じて得られたモノマーを原材料として再利用することが可能である（脱重合の項を参照）。</li> </ul>
製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品に含まれる大量で、しかも種類豊富な添加剤（表を参照）が、リサイクルとその先にある効果的な閉ループの実現を複雑にしている。</li> <li>使用済みの添加剤は有毒の可能性があるし、しかも種類が多様であることから、添加剤の登録と追跡が複雑化している。</li> <li>製造はエネルギー集約型であり、リサイクルされるプラスチックの新たな製造にも多くのエネルギーが必要になる。再利用、補修、新装、再製造では新規の製造工程は不要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶解は、汚染除去のほか、ポリマーからの添加剤の分離、あるいはポリマー同士の分離に使用することができる（溶解の項を参照）。</li> <li>（欧州におけるREACHのような）化学物質に関する規制が、懸念物質を含有するプラスチックの再導入を禁じている可能性がある。</li> <li>低エネルギーの製造方法によって、バリューチェーンの循環化をさらに支援できる可能性がある。</li> </ul>
小売と使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>包装材は具体的に使い捨てを念頭に設計されており、設計には再利用やリサイクルという目標は組み入れられていない。このため、大量の廃棄物が発生する。</li> <li>他のセクターから発生するプラスチックについても、使い捨てではないにもかかわらず、リサイクル率は低い。これは主として添加剤の混入や不十分な製品設計、廃棄物管理インフラの不足などによるものである。</li> <li>テキスタイルやアパレルは、主に洗浄の段階でマイクロファイバーを失いやすい傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>再利用、補修、新装、再製造には、プラスチック製品の使用段階を延ばせるような設計戦略を適用しなければならない。</li> <li>生物由来の供給原料、再利用、リサイクルは、包装材のような短寿命アイテムの設計上のオプションになりうる。</li> <li>繊維回収技術を備えた洗濯機の規格を展開していくことは、マイクロファイバーの発生という問題に取り組むための解決策になる。</li> </ul>

## 課題

## 好機

### 選別

- ・回収されるプラスチック廃棄物は他の廃棄物と混合した状態にあるか、他の廃棄物で汚染されているため、最適な選別が妨げられ、結果的に品質の問題が生じる。
- ・プラスチックを分別して回収すれば、質は高めることができる。ただし、それでも汚染のレベルは依然として高い。これはプラスチックの分別に関する意識や知見、規律の欠如の結果である。
- ・選別プロセスの際にロスが発生する。場合によっては損失量がプラスチック廃棄物流の半分を超えることもある。
- ・インフォーマルセクターの職業としての位置づけの向上と規制の構築により、使い捨ての包装材のような高価なもの以外のフローや環境に被害を及ぼすフローも回収されるように徹底を図らなければならない。

- ・返金システムなど、回収源でプラスチックを分別することで汚染を減らし、選別やリサイクルに伴う複雑さを低減するとともに、市場への再投入に関する最も確かな見通しと成功の確率を提供することができる。
- ・機能的な廃棄物選別の鍵となるのは、消費者と学校教育である。

### メカニカル (物理的) リサイクル

- ・設計上の問題から、メカニカルリサイクルに実際に適しているのはプラスチック廃棄物のごく一部である。添加剤の加えられているプラスチックや混合状態の廃棄物流、あるいは汚染のひどい材料は機械的な方法ではリサイクルできない。
- ・物理的なリサイクルにおける主要な課題は、プラスチックの性能上の質を保持するという点にある。加熱や破碎といったメカニカルリサイクルの工程を通じて質が失われる可能性があるため、これらは最小限に留めなければならない。

- ・投入する廃棄物流の純度が高い場合は、メカニカルリサイクルが良好なリサイクル上の選択肢になる。ポリマーが損傷のない状態に維持されることで、最小限の付加的な取り組み（コストとエネルギー）で材料の価値の大半を保持できるため、メカニカルリサイクルのビジネスケースを理論上最も実用的なものにすることができるからである。
- ・溶解は革新的なリサイクル技術であり、物理的に回収できるプラスチックの数を増大させることができる。添加剤やその他の汚染は、ポリマーを溶剤に溶解させることで取り除くことが可能である。現在では禁止されている難燃剤が含まれている建設業界用の発泡スチロールや、電気・電子機器廃棄物（WEEE）中のプラスチック、あるいは自動車業界向けのプラスチックのように、単一フローによるプラスチック流の場合、これにはとてつもなく大きな潜在的可能性がある。

### 脱重合

- ・脱重合には汚染がなく、単一流のプラスチック廃棄物が含まれている高品質の供給原料が必要である。包装材のような混合状態にあるプラスチック廃棄物流からは、このような原料の入手は難しい。

- ・脱重合は、崩壊の進んだプラスチックや添加剤入りのプラスチック、特定の汚染や多層構造など、機械的な方法ではリサイクルできないプラスチックを、循環型に変容させるために潜在的な可能性を提供してくれる。現在も研究が続けられ、有望な方法の開発が進んでいる。

### 熱化学的リサイクル

- ・廃棄物が投入原料として機能するためには、プロセスを精製や配合業界における組成および必要な品質と整合させなければならない。
- ・酸素が混入しているPETや塩化物（腐食）を含有するPVCなど、プロセスを阻害するポリマーは産出物の質を低下させる。
- ・多くの処理工程があることでエネルギー集約型になり、ビジネスモデルに影響を及ぼす可能性がある。

- ・熱化学的リサイクルは、メカニカルリサイクルや脱重合には適していない混合流中のプラスチック廃棄物流を収集するのに重要な役割を果たすことができる。また、熱化学的リサイクル技術に特化した事前の予選別は、非常に実行性の高いオプションになりうる可能性がある。

THANK

Have A

**Please return to a participating store**

WARNING: TO AVOID DANGER OF SUFFOCATION, KEEP THIS PLASTIC BAG AWAY FROM BABIES AND CHILDREN. DO NOT USE THIS BAG IN CRIBS, BEDS, CARS, OR PLAYPENS. THIS BAG IS NOT A TOY. NOT RECOMMENDED FOR FOOD STORAGE.



THANK YOU  
THANK YOU  
THANK YOU  
THANK YOU  
THANK YOU

Nice Day  
for recycling.

KEEP BAG AWAY FROM  
CARRIAGES OR  
TRUCKS



# 行動という視点

これまでの章で見てきたように、プラスチックのバリューチェーンは複雑であり、多くの当事者と国境を越えた市場です。第3章ではR戦略を適用する好機について紹介しました。しかしながら、その過程において、私たちはいくつかの課題にぶつかることになります。プラスチックを循環型に移行するためには、新しい方法で設計し、生産し、使用し、廃棄物に対処しなければなりません。バリューチェーンの始まりから終わりまで、生態系の中で、そしてゆくゆくは多様なセクター間での協働的な取り組みが必要です。産業界、民間セクターの当事者、消費者、廃棄物の管理者、国および地域の所轄機関だけでなく、知識研究機関まで含めたあらゆる利害関係者の行動が求められます。バリューチェーンの再設計には、詳細な青写真はまだありません。これを作成するには、多様な領域を背景とした創造性、イノベーション、応用の可能性が必要なのです。循環型への移行は、20%が技術上のイノベーション、80%が社会的イノベーションだと考えることができるでしょう<sup>12</sup>。

本章では多様な利害関係者による行動上の視点について取り上げ、変化を確固たるものにするためのツールについて探求していきます。

### 政府からの視点

危機が目前に差し迫り、市場が行動できない、あるいは行動しようとしていない時には、政府が介入しなければなりません。私たちはこれこそプラスチックのケースに当てはまると確信しています。

このケースでは、技術最適化とは別に、規制や社会的行動

が介入することによってメカニズムを構築し、現状を変える境界条件を創出していかなければなりません。プラスチックのバリューチェーンは国境を越えるため、規模の拡大が必要であることから、これには当然ながら国際的な整合性の確保が不可欠です。

政府は野心的な目標を設定し、行動において優先すべき領域を特定することができます。利害関係者が行動を起こせるクリティカルマスを蓄積するためには、政府がプラスチックに重点を置くことが不可欠です。プラスチックは「循環型経済におけるEUのプラスチック戦略（EU Strategy for Plastics in a Circular Economy）」が作成されるに至った5つの優先セクターの一つであり、この中で、プラスチックやプラスチック製品の設計、製造、使用、リサイクルの変容が目標として掲げられています。中でも、2030年までにすべてのプラスチック包装材を再使用またはリサイクル可能なものにするという目標が定められているのです。

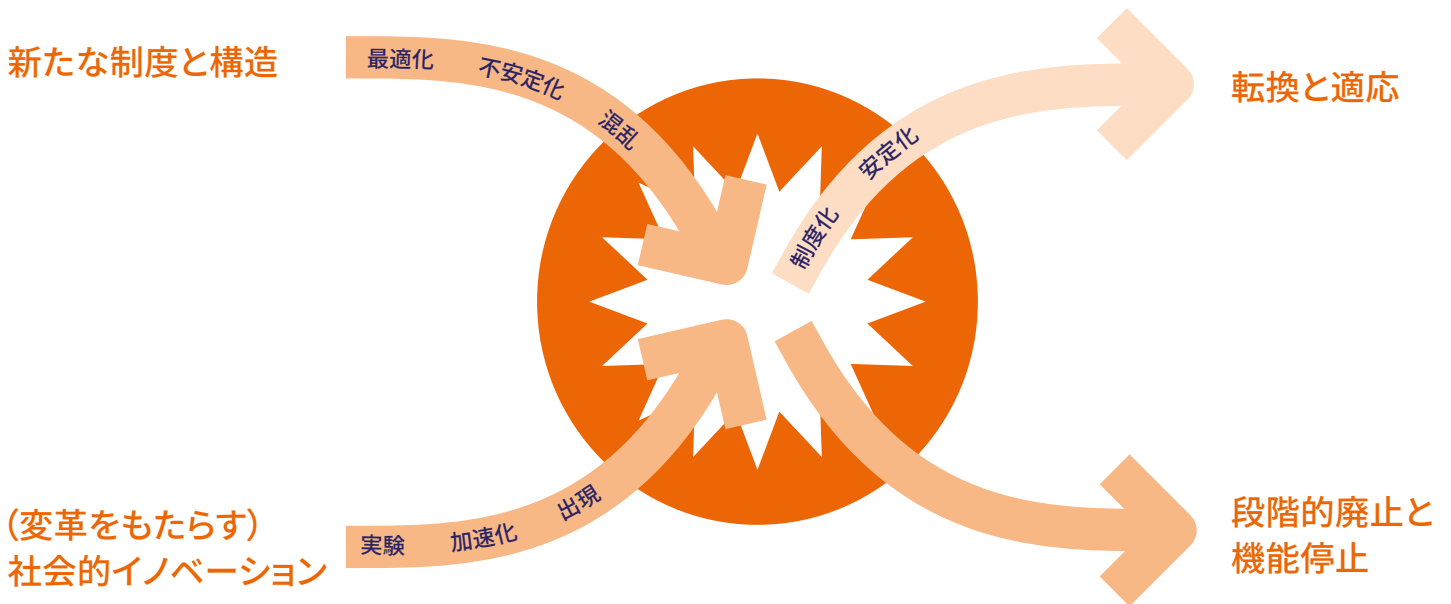
しかしながら、野心的な目標や重点化だけでは成功を保証することはできません。現在のシステムを微調整していく必要があります。政府は次の集合的な介入に取り組んでいくことができると考えられます。

- ・ 法令や規制の醸成
- ・ 高度な知識にもとづく市場奨励策（あめとムチ）
- ・ 新たな構想に対する資金提供の利用
- ・ 知見とイノベーションに関する新たなイニシアチブ
- ・ 行動の変革
- ・ 国際的な協力



## 移行のダイナミクス

出典: Drift (Erasmus University) Transition Management



### バリューチェーンにおける規制

多くの国々では、人口が増加し、経済が発展しても、廃棄物管理のためのインフラはそれらに沿った成長を遂げていません。廃棄物の管理に資金を提供し、投資することで、プラスチックの持続可能性を支援するための上流と下流の両方の対策構築を後押ししていくことができます。循環型経済ではリサイクルと回収はまさに最後のステップですが、多くのケースでは廃棄物管理のための規制の策定が循環性への道のりの第一歩になります。このため、本書ではこれまでの教訓から得た適正な廃棄物管理のための一般的な提言を提示するとともに、過去150年間にオランダが苦労を重ねながら試みてきた方法について概説していきます。

#### 適正な廃棄物管理システムを構築するための有用なヒント

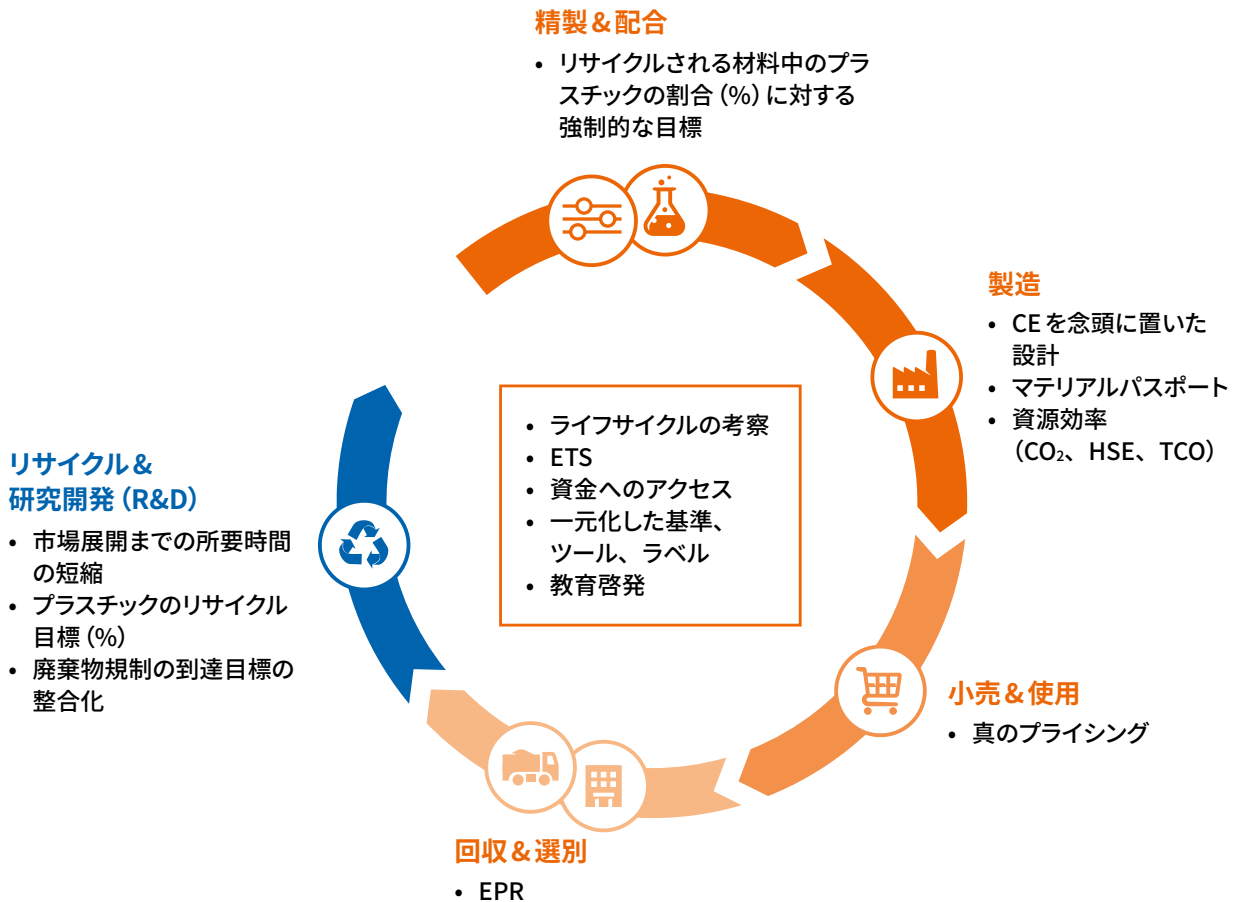
##### 重要要素

- ・廃棄物のヒエラルキー（オランダでは1979年から採択）
- ・汚染者負担原則にもとづく拡大生産者責任（EPR）
- ・処理に関する最低限の基準
- ・特定のフローに対する埋立て禁止と組み合わせた、埋立ておよび焼却税
- ・プラスチックのような高価な廃棄物流の分別回収

##### 基本的な制度に関する側面

- ・適正な廃棄物インフラの計画立案システム
- ・例えば処置後の埋立てを含むすべてのコストを網羅した（自治体による）廃棄物税
- ・政府機関間の協力
- ・各機関、知識研究機関、業界内および消費者の関与による四重のイノベーション
- ・データに関する意見一致の確立
- ・モニタリングと施行のための制度

## 循環型プラスチックを強化するためのツール



プラスチックのバリューチェーンにおいて、効果的な市場主義手段の採用は、持続可能性を進めるための変化を起こす動機付けに繋がると言われています。例えば特定の製品（または化学添加剤）やあまり望ましくない廃棄物処理慣習（すなわち埋立てや焼却）に罰則を科す目的で税金を適用するという方法が考えられます。また、適正に設計したデポジット返金制度（DRS）や拡大生産者責任（EPR）政策の対象に廃棄物管理のためのコストを組み入れ、廃棄物の発生を防止したり、再利用やリサイクルが容易な製品のための市場を創出したりすることも一助となる可能性があるでしょう。

### 拡大生産者責任 (EPR)

拡大生産者責任は廃棄物管理における重要な要素です。EPRは、環境の外部効果のように、みずからが生産したプラスチック製品から発生する公害に代価を支払うという生産者の法的義務を詳述し、廃棄物管理責任の一部を製造者に移

行するものです。このメカニズムは、製造者が持続可能な製品設計に投資することを促し、回収とリサイクルの機会を改善することに繋がります。EPRはプラスチック包装材への適用が最も顕著ですが、同時に電子・電気機器でも施行されています<sup>13</sup>。EPRへのアプローチは多様ですが、最も一般的なのは製品回収の手配、寄託／返金、前払い製の廃棄物処理料金（ADF）です。EPRの実現には、政府、地方機関だけでなく、多様な生産者や輸入業者による取り組みが必要であり、EPRの適用対象となる大部分の企業が生産者責任機構（PRO）と連携するか、もしくはその一員として参画しなければなりません<sup>14</sup>。EPR政策はEU、米国およびカナダで適用されており、他の多くの国々でも作成作業が進められています。EPRをエコ調整と複合的に組み合わせることで、責任を考慮しない製品や包装材よりも、（再利用またはリサイクルが可能な）優良商品に対して価格の差別化を図ることが可能です。

### 禁止措置と課税徴収

廃棄物の発生を抑制するため、使い捨てプラスチックアイテムの使用に関する政策を採用する国はますます増えています。すでに60を超える国々が、例えばプラスチック袋の有料化など、使い捨てのプラスチックアイテムに対する禁止措置や規制を採択しました<sup>12</sup>。

### 誘因としてのプラスチックの循環型調達

公共調達には政府予算のかなりのパーセンテージを占めています (EU: GDPの14%)<sup>15</sup>。循環型の構想に方向性を定めた場合、新たなイニシアチブに対するとてつもなく大きな誘因になると考えられます。建設、配膳、制服など、いずれも入札型の循環として機能させることが可能です。

### デポジット返金制度 (DRS)

デポジット返金制度は、ボトルや飲料用紙パック、缶の分別回収を実現する人気のあるツールです。DRSをEPRの一部にすることも可能であり、多くの西側諸国で適用されています。製品に追加料金を加算することで、消費者に廃棄物を回収地点に返却しようという動機付けを行うことができます。これは金銭的責任を最終消費者に引き渡すもので、非常に効果的であることが実証されており、欧州での返却率はほぼ90%を達成し、プラスチックの海洋や環境への漏出に取り組むための最も効果的な手段の一つに数えられています<sup>12</sup>。DRSには海洋中での飲料容器を最大で40%低減させる可能性があります。

### 国内におけるCE計画を押し上げるための廃棄物出荷制限

2016年まで、中国は世界のプラスチック廃棄物の3分の2を輸入していました。大部分は混合状態であるか、もしくは低品質で、いずれも必要とされず、他国では処理が極めて困難なものばかりでした。しかしながら、中国自身の循環型経済とリサイクル能力を押し上げ、ますます持続可能性の認識が高まるコミュニティという決定的な注目を集める新たな国内目標を策定したことで、中国は2017年7月、輸入されるプラスチック廃棄物に対する汚染基準の導入を世界貿易機関に通告しました。2018年には、中国国門利剣と呼ばれる同法が施行され、8つのタイプのプラスチックの輸入が突然禁止されました。マレーシア、ベトナム、フィリピン、タイも廃棄物輸出機会のある国として知られていますが、持続可能性目標に関するそれぞれの国内アジェンダに遅れを取らないよう、中国に倣い、輸入されるプラスチック廃棄物にさらに高い品質基準を設定し始めています。低品質のプラスチック廃棄物の取引が減少することで、輸出側の国々では自国の廃棄物への対処を余儀なくされており、廃棄物管理やリサイクルシステムの向上が大いに刺激されています。

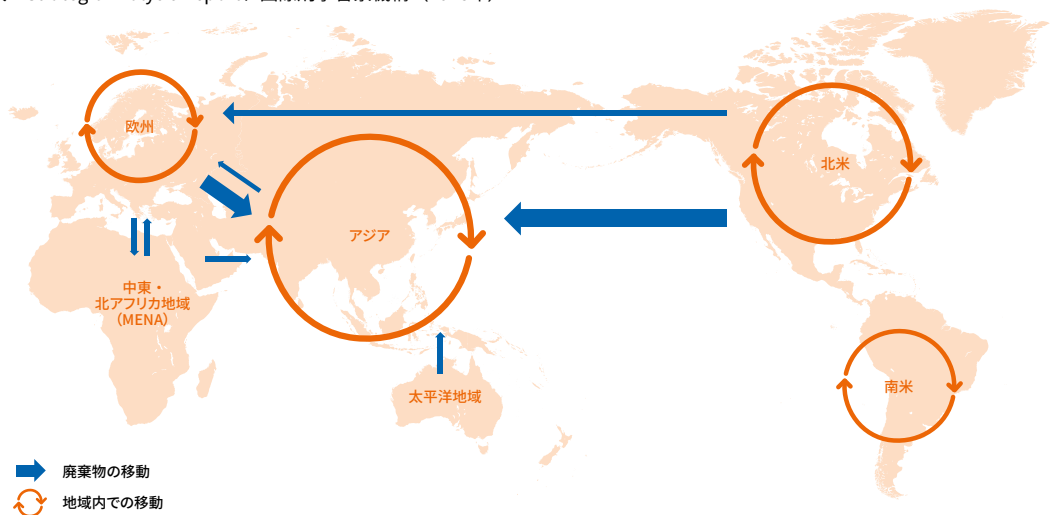
2019年からは、危険有害な廃棄物の世界規模での取引抑制を目指し、汚染されたプラスチック廃棄物の輸出を禁じているバーゼル条約により、固形のプラスチック廃棄物も認識されるようになりました。残念ながらガイダンスや施行のためのツールは提供されておらず、これが実施の上での弱点になっています<sup>12</sup>。

### プラスチック廃棄物の国家間取引

出典：国際刑事警察機構 (2018年)

#### 国際刑事警察機構のデータ収集ベースから見える39カ国の取引状況

出典：Strategic Analysis Report、国際刑事警察機構 (2018年)

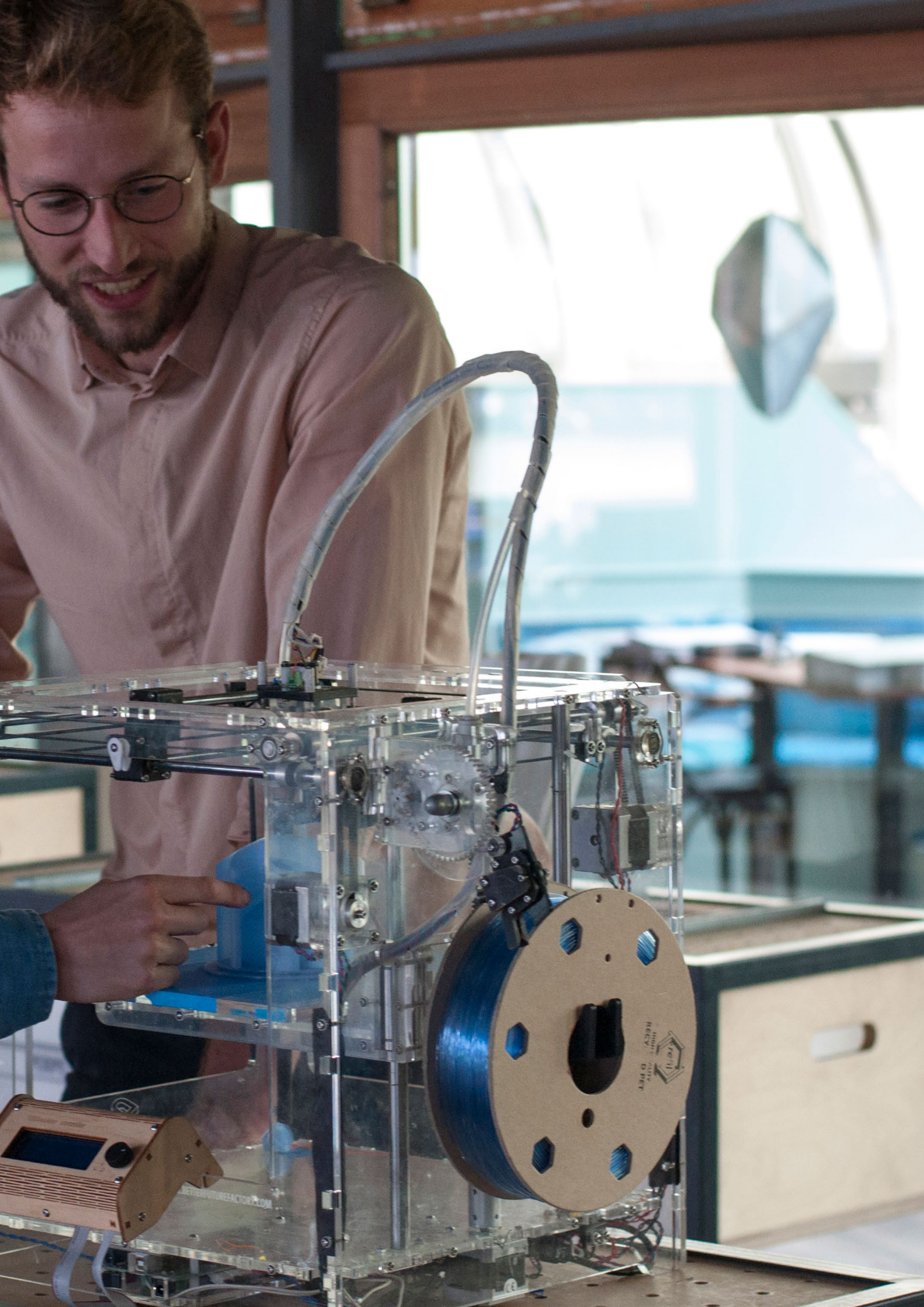


現在、廃棄物の輸出者は、事前通知・同意手続きを通じてプラスチック混合物について輸入者に告知し、同意を取得するよう義務づけられています。

しかしながら、中国の国門利剣法による影響に直面している廃棄物輸出国は、徐々にそれぞれが責任を負い始めています。2020年11月には、オーストラリア代議院が同国初となるリサイクルおよび廃棄物削減法案を可決し、オーストラリアのプラスチック、ガラス、タイヤ、紙の廃棄物の輸出を禁じるとともに、プロダクトスチュワードシップ法の近代化を図っています。



Product design & engineering studio Better Future Factory, specialised in sustainable plastic products



## イニシアチブ、協定、アライアンス

プラスチックに関わる課題は世界規模の性質のものであり、国際的な協力が必要であるという声の高まりは、国連グローバルパートナーシップやG7およびG20のアクションプランなど、国際的な海洋ごみイニシアチブに反映されています。

世界中の都市や団体もそれぞれ個々に、プラスチックの持続可能性の向上に寄与する対策を講じています。例えばサンフランシスコ国際空港は、プラスチック製のウォーターボトルの販売を禁止しました。2019年8月の時点で、同空港では乗客は洗って使えるガラス製または金属製のボトルしか購入できません<sup>16</sup>。

コカ・コーラ・カンパニーやMars、M&S、PepsiCo、ユニリーバといった主導的な多国籍企業もプラスチックに対する持続可能目標を徐々に設定しつつあります。例えば2019年の世界経済フォーラムでは、「遅くとも2025年までに100%を再使用またはリサイクル可能か、生物由来のプラスチックに転換するための取り組み」が策定されました<sup>17</sup>。

下表に、行動への弾みを例証するものとして、数多くのイニシアチブをまとめました。国際的な商品連鎖では、はるかに多くの有望なイニシアチブが立ち上げられています。ノルウェー太平洋構想（Pacific Ocean initiative Norwegian）や台湾の包括的プラスチック禁止は、そのごく一例を示すものです。

イニシアチブ	実施機関・団体	目的
欧州プラスチック協定	オランダとフランスによって立ち上げられ、立ち上げ時に15のEU加盟国と66企業が記名調印	欧州における循環型プラスチック経済に向けた移行を加速するため、バリューチェーン全体から先頭に立つ企業や政府を一同に集めた協定。彼らは、設計、責任ある使用、リサイクル能力、およびリサイクルされた内容物の使用を目的とした4つの目標に向けて協力・連携している。同協定の取り組み支援は、すべての人が従うべき新たな循環型のデフォルトを構築するために必要なアイデアを出し合い、優れた慣習を示し、課題について話し合う独自のプラットフォームを提供すること。オランダとフランスによって立ち上げられた欧州プラスチック協定イニシアチブには、スイスやノルウェー、英国など、欧州15カ国から137の団体が記名調印しており、調印者には米国の団体も含まれている。
サーキュラー・プラスチック・アライアンス (Circular Plastics Alliance)	欧州委員会	官民両セクターから245を超える利害関係者が、リサイクル量を増やし、2025年には生産への1000万トンの使用を実現することによって欧州のリサイクルプラスチック市場を拡大するという目標に向けて署名。これは現在の慣習からの150%の増加に相当する量。
グローバル・ツーリズム・プラスチック・イニシアチブ (Global Tourism Plastic Initiative)	国連環境計画および世界観光機関がエレン・マッカーサー財団と共同で立ち上げたもの	観光業界のバリューチェーン全体から関係者が結集して、知見を共有することで同セクターのプラスチックフットプリントを改善し、例えば購買慣習を醸成するなど、(地域の)官民双方の利害関係者間における連携を強化しようと取り組むもの。同イニシアチブは2025年までに不要なプラスチックアイテムや包装材を根絶し、100%再使用やリサイクルあるいは堆肥化が可能な材料に切り替えるという目標を設定している。さらに、同セクターにおける履行业績のベンチマーク確立を目指して取り組んでいる。
グローバル・プラスチック・プラットフォーム (Global Plastic Platform)	国連環境総会	加盟国、業界、第三者機関が、プラスチック削減のための誓約を掲げた国や都市を支援するため情報を提供し、アクセスするプラットフォーム。経験の共有、新たな政策の確立、新しい取り組みの着想などを促進。
ニュー・プラスチック・エコノミー・グローバル・コミットメント (The New Plastic Economy Global Commitment)	エレン・マッカーサー財団	プラスチックによる廃棄物や汚染の発生源に対処するため、共通のビジョンと目標のもとに、世界各国の企業や政府、その他の団体を結集させた取り組み。
廃棄プラスチックをなくすアライアンス (Alliance to End Plastic Waste)	Alliance to End Plastic Waste	横断的価値を持つ北米、南米、欧州、アジア、アフリカ、中東におけるグローバル企業が10億ドル以上を付託。目標は今後5年間に環境中のプラスチック廃棄物を削減する一助として15億ドルを投資すること。
英連邦クリーン・オーシャン・アライアンス (Commonwealth Clean Ocean Alliance)	イギリス連邦	英国、ガーナ、スリランカ、ニュージーランド、バヌアツが業界やNGOと連携して海洋プラスチック問題に協働的に取り組んでいる。各国は水で洗い流せる化粧品やパーソナルケア製品中のマイクロビーズを禁止するとともに、2021年までにポリ袋を削減すると誓約している。

イニシアチブ	実施機関・団体	目的
サーキュレート・キャピタル (Circulate Capital)	Circulate Capital	アジアにおける海洋プラスチック汚染と闘うために設立された、コカ・コーラやユニリーバ、P&G、ダノン、ダウといった企業が資金提供する9000万米ドルの投資ファンド。
#breakfreefromplastic	#breakfreefromplastic	未来をプラスチック汚染から守るためのグローバルな運動。2016年9月の立ち上げ以降、世界各国から1300近くの団体がこの運動に参加しており、使い捨てプラスチックの製造を削減するよう業界に要求するとともに、持続性のある解決策を強く求めている。
英国プラスチック協定	廃棄物・資源アクションプログラム (WRAP)	(フランスおよびチリの当事者ととともに) 任意ベースでプラスチック廃棄物に対処する世界初のグローバルな協定ネットワーク。WRAPは2025年を目途に循環性に対処し、問題のある、あるいは不必要な使い捨てプラスチックを解消するため4つの目標を設定している。

18

### 国際的な協働的取り組み

プラスチックのバリューチェーンは世界規模に広がっているため、国際的な協働的取り組みがなければ十分な規模の成功を達成することはできません。この点について、オランダの取り組みをもとに考えてみましょう。

### 小さな国が掲げるプラスチックの大きな野心的目標

化粧品や研磨性の洗浄製品におけるマイクロプラスチックの禁止、港湾受入施設 (PRF) 指令の改正、使い捨てプラスチック指令、新たな循環型経済パッケージへの働きかけ、欧州グリーンディールと汚染ゼロ目標など、オランダはEUの環境下でプラスチックに関連する主題に活発に取り組んでいます。

オランダは、小島嶼国における廃棄物政策というテーマについて、UNEPのラテンアメリカ・カリブ海地域事務所と積極的に協力しています。効果的な廃棄物回収と処理構造の計画立案、設計、実装備に高い優先順位を置くことで、ごみが汚染の拡散と暴風雨のいずれを通じても海洋環境に流入するのを防止するための取り組みを行っているのです。

オランダはまた、PACE、すなわち循環型経済加速プラットフォームでも活発に活動しています。プラスチックは重点領域の一つであり、これまでの取り組みはグローバル・プラスチック・アクション・パートナーシップ (Global Plastic Action Partnership, GPAP) を通じて形作られてきました。このパートナーシップは、政府や企業を助け、政治上、事業上の野心的目標を具体的な行動計画に転換していこうというものです。現在、インドネシア、ガーナ、ベトナムの3カ国でパイロット試験が進行中です。

オランダはまた、海洋ごみに関するUNEPグローバルパートナーシップも支援しています。その趣旨は研究を通じて知識の不足を特定し、埋めていくとともに、連携を通じて互いの教訓から学び、グローバルな削減目標を推進し、調整していくことにあります。

国連の枠組みの下、オランダはUNEPの作業部会 (AHOEWG) で世界的取り組みの展開を行うことを目指し、海洋プラスチック汚染 (ごみ) とマイクロプラスチックのすべての発生源との闘い中でも、特に陸上から発生するものについて助言をしています。

オランダは29の南極条約協議国の一つであり、南極環

境の保護に精力的に取り組んでいます。オランダが優先事項としているのは観光の規制です。

オランダプラスチック協定 (Plastic Pact NL) は2019年2月にオランダで立ち上げられました。同協定は使い捨てプラスチック製品や包装材をより持続可能で再利用に適したものにするための第一歩です。現在までに、生産者や小売業者、国家社会設備基盤および水管理省 (IenW) など、97の団体が同協定に署名しています。2020年3月には、デンマーク、オランダ、フランス政府が主導する政治的協議の結果として、15のEU加盟国と66の企業が欧州プラスチック協定に署名しました。

念頭に置いておかなければならないもう一つの課題は、プラスチックループを閉じた場合の経済的側面です。直線型経済では、環境への影響に関連するコストなど、プラスチックの外部要素がプラスチック製品の価格に反映されることはありません。そのため、誰も、発生する問題に直接的な責任があるとは感じていないのです。さらに、プラスチックリサイクル品は石油から作られた未使用のプラスチックと競合しなければなりません。石油価格が低ければ、リサイクル市場は影響をこうむることになります。また、特に混合状態のプラスチックをはじめ、今日におけるプラスチック廃棄物市場のかなりの部分はバリューチェーンで赤字を抱えています。回収とリサイクルにかかる費用が、市場に導入できるプラスチック片の正の値よりも高いのです。すなわち、言い換えれば、プラスチックを回収し、確実に価値化するためには、もっと多くのお金をシステムに付加しなければならないということになります。

### 資金調達へのアクセス

望ましい循環型のエコシステムを創出する一助になりうる革新的なプロセスを促進していくためには助成金が必要です。欧州だけでなく、多くの国々では助成金制度が確立されています。ホライズン2020をはじめ、2021年以降も、ホライズン・ヨーロッパ (Horizon Europe) ではプラスチックの循環性を高める活動への助成金制度を提供していく予定です。

### 企業からの視点

- 企業家には、リスクをとり、投資し、変化を加速する直感と想像力があります。世界的なCEへの移行にスケールアップという要素をもたらすのは企業です。グローバル企業や小売業者は、特にCOVID-19の状況のような後においては、このような移行は立ち直る力であり、未来の市場なのだという点を認識しておかなければなりません。DSM社の元CEOであったフェイケ・シーベスマの言葉を言い換えれば、「没落する社会にあって、果たして企業として成功していると言えるのでしょうか」。プラスチックのCEはビジネスの好機でもあるのです<sup>1</sup>。
- 共有型のサービスやプラットフォームモデルによって、市場がどのように成長していけるかについて考えてみましょう。
- 例えば使っている携帯電話に第2、第3、または第4の寿命を与えるように、寿命の延長によって資源から生み出される付加的な価値を想像してみてください。
- プラスチック製品の生産における資源やエネルギー、水の節約は、コストを直接的に低減させます。
- CEは協働的な性質を持っています。チェーンの中で連携し、相互に依存することで回復力が高まり、リスクが軽減します。

循環型経済では、私たちの仕事やものづくり、設計、啓発、投資、購入の形態に極めて大きな変容が必要です。いち早く行動する人には最大のメリットが訪れる可能性があります。多くのケースでは、出発点は廃棄物管理と資源効率の重点化でしょう。しかしながらこれは、新たな経済モデルと、最終的にはセクター全体の移行につながっていくべき道のりの

スタートなのです。

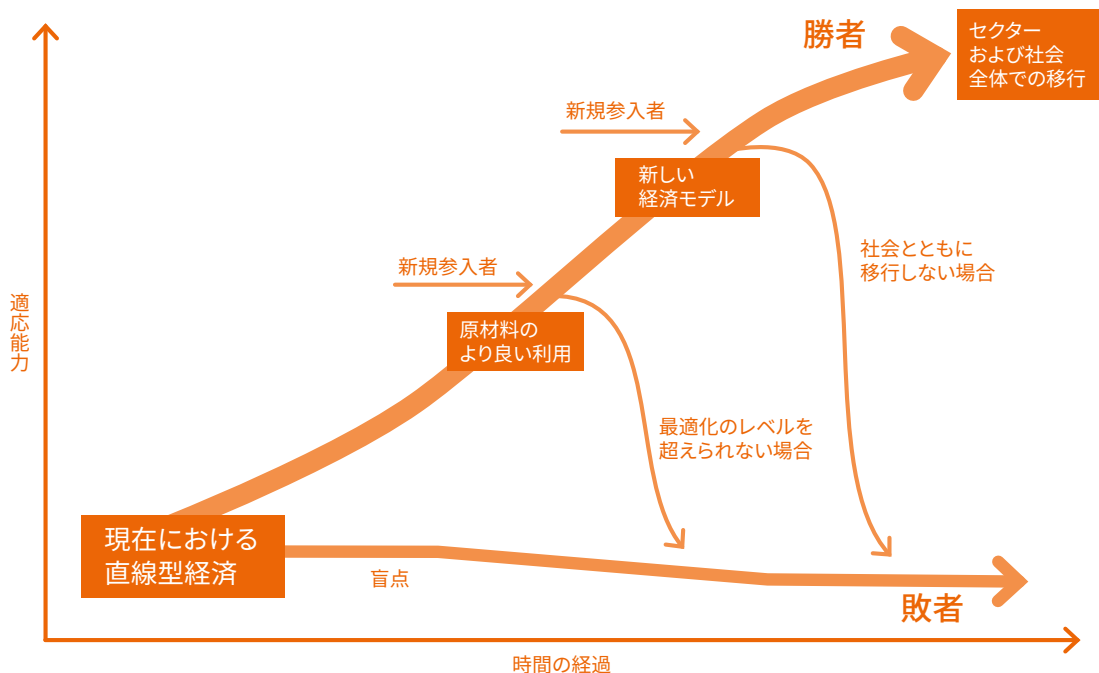
循環型イノベーションのフロントランナーと捉えられることの多いダッチ・アントレプレナーズ (Dutch Entrepreneurs) の秘訣は、行動を起こすという考え方による学びです。このような姿勢により、成功を収めたり、学びを得たりすることができるのです。国境を越えた完璧な規則条件が整うのを起業家が待っていたのでは地球という惑星にとって取り返しがつきません。しかも、最先端を走る人には最も大きな市場機会が開けているのです。

### 認識と行動からの視点

私たちは時々、冗談めかして、40歳を過ぎた人に何かを教えるのは難しいと言いますが、未来の指導者（そして消費者）である若い世代にこそプラスチックや投げ捨てについて啓発することは、（世帯/家庭を行動させるという点からも）極めて高い効果が見込めます。

循環型のプラスチックに関する技術やバリューチェーンの研究に重点的に取り組んでいる非営利機関である[国立循環型プラスチック試験センター \(National Test Centre Circular Plastics\)](#) も、若い世代における認識の創出に着目しています。「プラスチックの探求 (Plastic Quest)」という独自のプログラムを活用して、小学校に通う児童を招待し、投げ捨てを防止するだけでなく、材料を回収して焼却を避けるためにはどんな方法でのプラスチック処理が適切かについて探るための試みを提供しているのです。

プラスチックとごみに関する教育機関でのプログラムには、(Eco-Schoolsのように) 多様な実例があります。



出典：Drift (Erasmus University) の提供による説明図



### 知識研究機関からの視点

知識研究機関は新たな洞察を構築し、その知識の価値化を実現し、認識を創出します。また、社会に最大のインパクトを生じさせることのできる新たなR&D上の優先事項の設定も重要な使命です。

### TNO：オランダは循環型のプラスチック経済に向けたトレンドを作り出している

プラスチックのマイナス面、すなわちプラスチック・スープやマイクロおよびナノプラスチック、化石燃料の枯渇、CO<sub>2</sub>の排出などはすでに重大な規模になり、私たちの環境と健康に影響を及ぼしています。2018年にオランダの平均的な市民が発生させたプラスチック廃棄物の量は55.3kgでした。この中でリサイクルまたは再利用されたのはわずか3分の1に過ぎないばかりか、そのうちの半分は実質的な価値が失われました。プラスチックには独自の有用な特性があるにもかかわらず、ダウンサイクルされてしまったのです。このような状況はすでに社会が受け入れなくなってきたのは明らかであり、その結果プラスチック業界の事業運用許可を脅威にさらしています。今日のプラスチックの輝かしい側面を維持し、暗黒の側面を解決しようというのが、「むだにはしてはいけない (Don't waste it)」と題する白書に詳しく書いたTNOの結論です。

循環型プラスチックの持続可能な生産と利用を実現するためには、体系的な移行が必要なのです。

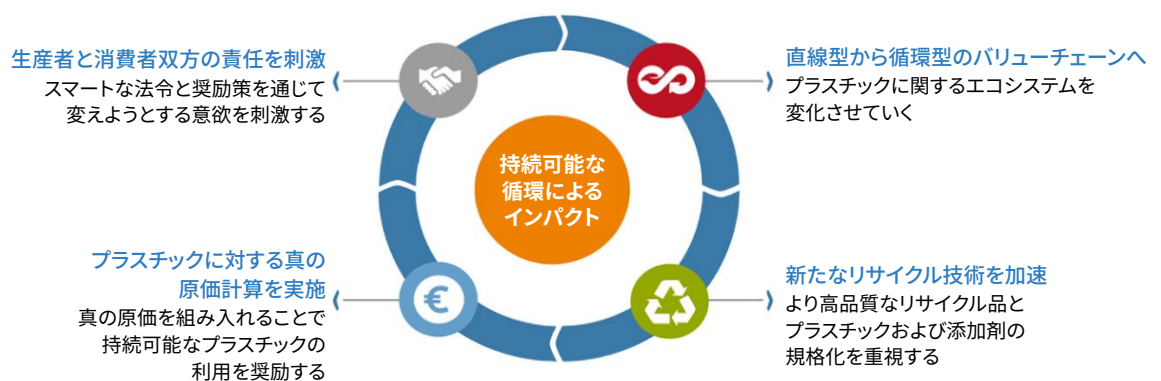
廃棄をベースとする思考の代わりに、TNOのモデルの土台になっているのが市場と市場の需要です。価値に重点を置いているのはこのためです。このようなモデルでは、結果的に、予防、再利用、再設計、多様な種類の選別やその他の物流のほか、異なるリサイクル技術の利用がさらに実用化されていくことになります。

TNOが白書に記述した解決策は、循環型の価値のネットワーク、技術的イノベーション、政策、行動にもとづいています。さらに、そのための新たな循環型ビジネスモデルは、経済も強化していくはずで

このような統合的なアプローチにより、オランダは指針を提供する国になっていくことが可能です。結果的に、2050年までにオランダで発生すると予想されるプラスチック廃棄物の87%は（73%は新しいプラスチックのためのポリマー原料として、14%は製品の一部としての既製部材として）再生できると考えられています。TNOではこれらの成果をもとに、内部で考案した新規のPRISMモデルを構築しました。

## 100%循環型のプラスチックに向けた移行形態

TNOが考える重要な提案



## プラスチックに関する将来のビジョン

まとめとして、NGO、知識、国内および国際的なレベルでのビジネスという4つの異なる視点から見たプラスチックの将来について、それぞれに独自のビジョンを共有しましょう。

# ユトレヒト大学ープラスチックのケミカルアップサイクル

循環型材料に向けた知識主導型のアプローチ

プラスチック廃棄物は近年、環境や気候に対する緊急の問題になりつつあります。ほぼすべてのプラスチックがいまだに化石炭素ベースの供給原料で生産されており、使用されたプラスチックが大量に、河川や湖、海洋などの環境中に流出しているからです。適正な法令を含む協調的な行動によって、私たちの社会をもっと持続可能なものに変えていく必要があるのは明らかです。しかしながら、プラスチック廃棄物は循環型の経済にとって素晴らしい好機をも提供してくれています。今日の外部効果を正しく説明することができ、循環型経済の価値が認識されるようになれば、プラスチックは2050年にも変わらずに重要な役割を果たしているはずで、このことは、学術界から産業界に至るまで、数多くの科学者に対し、アップサイクルと呼ばれるプロセスにおいてプラスチック廃棄物から価値の高い化学製品を生産したいという大きな刺激をもたらしました。さらに、自治体や農業から排出された廃棄物を化石燃料の代わりに活用して、プラスチックなどの循環型材料を生産するための既存あるいは新規の化学的基礎成分を生産するという傾向も高まっています。これらの傾向は、将来における気候中立な化学産業のビジョンを考えた場合に、極めて重要な要素なのです。

私たちの研究グループは、TNOや応用科学大学ユトレヒトといったユトレヒト・サイエンス・パークの提携機関だけでなく、例えばアムステルダム大学 (UMC) / ユトレヒト大学 (UU) / ワーヘニンゲン大学 (WUR) / アイントホーフェン工科大学 (TU/e) および [王立オランダ海洋研究所 \(NIOZ\) の戦略的アライアンス](#) に関する機関とも連携し、両方の研究分野に積極的に貢献しています。専門的知識や機器を共有することで、循環型材料の合成に向けた知識主導型の移行を加速できると確信しています。

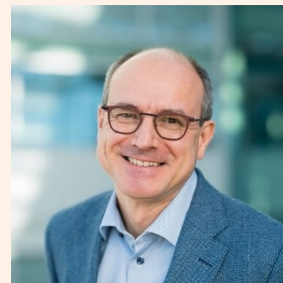
私たちはその他のパートナー機関とも連携し、(a) 例えばリグニンやキチンといった豊富に存在する生体ポリマーから得られた基礎成分を出発物質とするコーティングの合成、(b) ポリエチレンやポリプロピレンなどのプラスチックのケミカルリサイクル、(c) 海洋におけるマイクロおよびナノプラスチックの回収と検出など、業界にとって優先順位の高いもう一つの主題である新たな関連トピックも積極的に研究しています。

『アンゲヴァンテ・ケミー』誌 (Angewandte Chemie、<https://doi.org/10.1002/anie.201915651>) に発表されたTNOの研究のほか、プラスチックのリサイクルに関するレビュー論文には近年における協働的取り組みの成功事例が記載されています。これらの論文は、この重要な研究分野における今後の開発の青写真の役割を果たすものです。私たちは現時点で利用可能なケミカルリサイクルの個々のプロセスを特定のプラスチック廃棄物流に適用できることを実証しました。すなわち、異なる技術の組み合わせによって初めて、プラスチック廃棄物という問題に対処することが可能なのです。これらの科学的、技術的進展を連携させ、よりの確な政策枠組みを確立し、回収と選別のインフラを改善し、すべての重要な利害関係者を結びつけるプラットフォームを構築していかなければなりません。

私たちは、一般的に使用されているプラスチック材料に対する新規のプロセスや改良プロセスを見出そうと取り組んでいる化学者や材料科学者、化学工学の研究者にとって、未来は明るいものであり、今後数年の間にはるかに多くの進歩が期待できると確信しています。

私たちと手を携え、社会をより循環型で持続可能なものにしていきましょう！

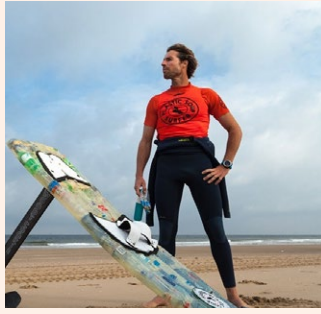
Bert Weckhuysen



[触媒、エネルギー、持続可能性で優れた業績を挙げている特別大学教授](#)

[ユトレヒト大学化学基礎成分コンソーシアム先端研究センター \(ARC CBBC\) およびマルチスケール触媒エネルギー変換 \(MCEC\) の科学ディレクター](#)

# 物の見方と設計を変えよう



私は以前、ロッテルダム港にあるプラスチック廃棄物選別施設を訪れたことがあります。暑い日で、廃棄された包装材の悪臭が腐りかけの食べ残しと混ざり合い、吐き気を催しました。施設の入口に積まれたプラスチック廃棄物の巨大な山に圧倒されてしまい、それは私の目に、使っては捨てる私たちの社会の残滓の影が揺らめいているように見えたものです。

理論上は、タイプごとに選別されれば、250の異なる種類のプラスチックをリサイクルすることが可能なはずですが、現実にはシステムはまったく無効です。材料そのもののせいではなく、原因になっているのはその使用の仕方です。

包装材の目標は、言うまでもなく、包まれる製品を守り、フレッシュな状態に保つことです。しかし、自由に成形でき、安価で軽いプラスチックは素晴らしいマーケティング

ツールとして、それまで存在もしていなかったところに需要を生み出しています。プラスチックは私たちの使い捨て社会への触媒なのです。そして、私たちの使い捨て文化は、わかりやすい投げ捨てから機能していない廃棄物管理に至るまで、プラスチック汚染の根本原因になっています。すなわち、プラスチックを受け入れるということは、私たちの社会に責任を持つということにほかなりません。そう、新たなイノベーションを通じてもっと多く「リサイクル」できるようにすればよいのです。しかし、それでは現状をさらに助長してしまうだけです。ここに倫理的な問題があります。いったいどこまで私たちは、プラスチックを使い捨て社会の触媒として利用し続けていくのでしょうか。

包装材だけを考えてみても、今よりはるかに少ない種類のプラスチックで間に合うはずですが、再利用のための選択肢に投資することもできるでしょう。引き取り方式に投資すればよいのです。これがプラスチック廃棄物の山を縮小させる手立てになります。このような移行が循環性を高めるのです。そう、材料と心の持ち方の循環性を。

Merijn Tinga

プラスチック・スーパースーファーマー

# 企業が作り出すソリューションー 民間セクターによるアプローチ

プラスチック廃棄物をなくすためのアライアンス (Alliance to End Plastic Waste) は、環境中のプラスチック廃棄物をなくすための共通のビジョンを掲げ、世界中の政策決定者、非政府組織、産業界の当事者、地域社会が集まった国際的な非営利団体です。プラスチック廃棄物という課題は世界的規模に及ぶことから、この複雑な問題を解決するためには、プラスチックのバリューチェーン全体における多様な利害関係者の集合的な行動と協働的取り組みが必要になります。

傾向は誰の目にも明らかです。—毎年1100万トンのプラスチック廃棄物が環境中に流出し、このまま何もしなければ、2040年には2900万トンに達すると予想されています。今日流出しているプラスチック廃棄物の45%は、海岸線がプラスチック廃棄物の流出に最も脆弱なアジアのホットスポットを含め、廃棄物の回収経済が機能していない農村地域や遠隔地域から発生しています。また、組織的な廃棄物管理システムへのアクセスが限られているか、まったくアクセスできない人が30億人いる現状では、政府や企業がプラスチック廃棄物を管理するための費用は数千億ドルの規模に及び、さらに増え続けていくものと予想されます。

この増大し続ける廃棄物の課題を抑止するためには、官民両セクターによる迅速な対策が必須です。2019年以降、アライアンスでは50を超える会員企業や戦略的提携団体、サポーターなどに呼びかけ、多様な資源と専門的知識のネットワークを結集しています。互いに連携して解決策を加速化し、地域社会を関与させ、投資の触媒になるよう取り組んでいるのです。私たちの取り組みは、インフラ、イノベーション、教育啓発、浄化に方向性を据えた解決策のポートフォリオの提供に主眼を置いています。

会員の支援を受け、アライアンスでは私たちのミッションに対し、5年で15億米ドルを目標に定めています。リスクにさらされている100以上の都市におけるアライアンスのプロジェクトを通じ、2025年までに、またそれ以降も複数の都市でゼロプラスチック廃棄物を実証し、何百万トンというプラスチック廃棄物の流れを変える投資型モデルとパートナーシップを提供できるものと期待しています。廃棄物の管理を自分のものとして引き受けられるようにすることで、100の地域社会に暮らす1億人以上の健全な生活をサポートしたいと考えています。プラスチック廃棄物をなくし、持続可能な都市を構築していくための対策や解決策を加速するため、私たちの投資額の少なくとも5倍以上を解放します。

2020年末までに、アライアンスはすでにアジア、アフリカ、南米の都市における20以上のプロジェクトを承認しています。私たちのプロジェクトに関する詳しい情報は、進捗報告書をこちらからダウンロードしてください。

Jacob Duer

プラスチック廃棄物をなくすためのアライアンス会長兼

最高執行責任者



# 化学のイノベーションが果たす 主要な役割

ここサウス・リンブルフで私が感嘆していることを一つ挙げるとするならば、変化する社会や経済の潮流に適応する能力でしょう。社会や経済は、農耕時代から集約的な鉱物採掘を経て、革新的な化学と材料をリードするエコシステムへと大きく変化してきました。今もまた、持続可能な循環型経済に向けた移行を加速するよう求める声が大きくなる中で、リンブルフはその実現のために大きく前進しています。循環型経済、すなわち経済的な成長と将来の繁栄のための好機に向かって。

私たちはイノベーションと現実の運用を独自の形で組み合わせた Chemelot Industrial Park や Brightlands Chemelot Campus、ならびにその周辺の企業や知識研究機関、政府との多彩な同盟を形成することにより、力強い野心的目標を設定しました。欧州で初となる循環型ハブ Chemelot Circular Hub の実現に向け、主導的に取り組んでいます。循環型経済行動計画（CEAP）という統合的な投資アジェンダにより、化学プロセスやプラスチック材料、経済、そして社会の循環性向上を支持しています。また、消費者、市場、社会のニーズと直接的に足並みを揃えていくことで、気候目標にも貢献しているのです。

Chemelot Circular Hub は単なる計画ではありません。私たちはすでに実現に向けた道のりの途上にあります。例えば QCP（メカニカルリサイクル）や Ioniq（脱重合による PET の建築用基礎資材へのリサイクル）、Plastic Energy/SABIC、Recycling Technologies、Clean Gas Company（プラスチック廃棄物のクラッカー原料への熱分解）、RWE（一般ごみの水素へのガス化）、Niaga（カーペットのリサイクル用に設計されたプロセス）、R&D 研究機関である Brightsite（持続可能な化学プロセス）、Brightlands Materials Center（循環型プラスチック材料および製品）、アーヘン・マーストリヒトバイオベース材料研究所（生物由来のプラスチック材料）などの企業とともに、すでに循環型経済にとって極めて重要な基礎的成分を開発しています。

私たちのビジョンの中心は、様々な解決策や開発に向けた背景状況の中で化学セクターや材料セクターが主要な

役割を果たしていける状況を実現することです。化石燃料から、メカニカルリサイクルやケミカルリサイクルを通じ、持続可能なエネルギー源を用いて獲得した廃棄物由来の循環型原料へと移行していくのです。ただし、化学を変容させるだけでは十分ではありません。私たちにとって、「循環型ハブ」は、化学と材料のエコシステムを廃棄物や農業—食品のエコシステムと結びつけるための経済的、社会的結晶点なのです。炭素サイクルを閉じたものにしていくためには、これらの結びつきが極めて重要です。私たちは広範囲にわたる投資と統合的な移行が循環型経済に必要なシステムの変化に影響力を及ぼせると信じています。その手段がサイクル全体での強力な連携なのです。そしてその場合の主眼を、イノベーションの規模拡大に向けた推進、循環性を持つ能力の構築、必要なインフラの実現、（地域における）循環型社会への投資に置く必要があります。

私たちが他の化学薬品企業のクラスター、廃棄物セクターや農業—食品セクター、さらには国境を越えた関連ネットワークと力を結集し続けているのは、まさにこのためです。現在も「The Hague and Brussels」での提携を模索しています。変化という使命をともに実践していくことでしか、鋭利な取り組みは実現できないと確信しています。健全な投資環境からこそ、将来も持続する循環型の経済や社会の広範囲に及ぶ開発に対して意味のある成果を達成することができるのです。

[Chemelot Circular Hub](#) — 循環性を主導



Bert Kip、Brightlands Chemelot Campus の CEO、Chemelot Circular Hub 理事会会長



The Perpetual Plastic Project an unique, interactive and on the spot plastic recycling installation for events

(photo by Better Future Factory)

# 出版社奥付

オランダ応用科学研究機構（TNO）は独立研究機関であり、人々と知識を結びつけることにより、産業や社会福祉の持つ持続可能な競争上の強みを押し上げるようなイノベーションの創造に取り組んでいます。これは、現在もそしてこれからも変わることはありません。これは私たちの使命であり、TNOに在籍する3,500名以上の専門家を日々の研究に駆り立てている動機です。私たちは提携団体と連携し、私たちが利害関係者とともに特定した9つの社会的テーマにおける移行や変化に重点を置いています。

オランダ・サーキュラー・ホットスポット（HCH）は、循環型の経済を創出していくためには、私たちの仕事や生産だけでなく、設計、指導啓発、投資、購入のやり方に大規模な変革を起こす必要があると考えています。このため、私たちは、分野を超えた協働的取り組みを促進し、知識やイノベーションの交換を刺激し、循環型の起業家精神を押し上げていくなどを通じて、グローバルな循環型コミュニティを結びつけようと日々努めているのです。

## 執筆者紹介

Anna Schwarz、オランダ応用科学研究機構

Rob de Ruiter、オランダ応用科学研究機構

Esther Zondervan、オランダ応用科学研究機構

Freek van Eijk、オランダ・サーキュラー・ホットスポット

Lia Huybrechts、オランダ・サーキュラー・ホットスポット

## ウェブサイト

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

[www.hollandcircularhotspot.nl](http://www.hollandcircularhotspot.nl)

## Eメール

[rob.deruiter@tno.nl](mailto:rob.deruiter@tno.nl)

[info@HollandCircularHotspot.nl](mailto:info@HollandCircularHotspot.nl)

この冊子は執筆者が作成した英語の原本を翻訳したものです。翻訳内容には十分注意を払っていますが、英語版が正本であり、日本語版は参考として作成されています。これら両言語の間に矛盾抵触がある場合、英語版が優先します。



# 参考文献

- 1 Ritchie H., Roser M., 2018: Our World in Data. Plastic Pollution. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution> [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 2 European Parliament, 2017: Plastics in a circular economy Opportunities and challenges. 以下のウェブアドレスから入手可能: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603940/EPRS\\_BRI\(2017\)603940\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603940/EPRS_BRI(2017)603940_EN.pdf) [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 3 (Statista: <https://www.statista.com/statistics/959995/flow-plastic-materials-worldwide/>)
- 4 World Economic Forum, 2016: The New Plastic Economy – Rethinking the Future of Plastics. 以下のウェブアドレスから入手可能: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_New\\_Plastics\\_Economy.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf) [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 5 Verschoor et al, 2014: Potential measures against microplastic emissions to water. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.rivm.nl/publicaties/potential-measures-against-microplastic-emissions-to-water> [2020年12月の時点でアクセスしたもの]
- 6 The Pew Charitable Trusts, SYSTEMIQ, 2020: Breaking the Plastic Wave- A comprehensive assessment of pathways towards stopping ocean plastic pollution.
- 7 M. Westerbos, 2019: How the Sustainable Development Goals Can Help Fight ‘Plastic Soup’- 3 Actions Key to Curbing Plastic Pollution Around the World. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://bthechange.com/how-the-sustainable-development-goals-can-help-fight-plastic-soup-3ce746fc1cba> [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 8 IPEN, 2020: Plastics’ toxic additives and the circular economy. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://ipen.org/documents/plastics-toxic-additives-and-circular-economy>
- 9 Beekman et al., 2020: coping with substances of concern in a circular economy. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.rivm.nl/publicaties/coping-with-substances-of-concern-in-circular-economy>
- 10 Ellen MacArthur, 2016: The New Plastic Economy. Rethinking the Future of Plastic. 以下のウェブアドレスから入手可能: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation\\_TheNewPlasticsEconomy\\_15-3-16.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_15-3-16.pdf) [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 11 De Ruiter R. et al., 2020: Don’t waste it! – Solving the dark side of today’s plastic. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/circular-economy/plastics/> [2020年12月の時点でアクセスしたもの]
- 12 Gibcus P. et al, 2013: Technologische en sociale innovatie in een concurrerende markt Innovatie- en concurrentie monitor topsectoren. 以下のウェブアドレスから入手可能: [https://www.scienceguide.nl/media/1665145/volledig\\_rapport\\_innovatie\\_en\\_concurrentie\\_monitor\\_topsectoren\\_panteia-rsm.pdf](https://www.scienceguide.nl/media/1665145/volledig_rapport_innovatie_en_concurrentie_monitor_topsectoren_panteia-rsm.pdf)
- 13 PRI, no date: The plastics landscape- regulation, policies and influencers. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.unpri.org/download?ac=9630> [2020年11月の時点でアクセスしたもの]
- 14 OECD, 2016: Extended Producer Responsibility – guidance for efficient waste management. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.oecd.org/environment/waste/Extended-producer-responsibility-Policy-Highlights-2016-web.pdf> [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 15 European Commission, no date: Public Procurement. 以下のウェブアドレスから入手可能: [https://ec.europa.eu/growth/single-market/public-procurement\\_en](https://ec.europa.eu/growth/single-market/public-procurement_en) [2020年11月の時点でアクセスしたもの]
- 16 FSO, no date: Plastic Free. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.flysfo.com/environment/plastic-free>
- 17 World Economic Forum, 2016: The New Plastics Economy- Rethinking the future of plastics. 以下のウェブアドレスから入手可能: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_New\\_Plastics\\_Economy.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf) [2020年10月の時点でアクセスしたもの]
- 18 G. James, PRI: THE PLASTICS LANDSCAPE: REGULATIONS, POLICIES AND INFLUENCERS. 以下のウェブアドレスから入手可能: <https://www.unpri.org/download?ac=9630> [2020年10月の時点でアクセスしたもの]





