MATERIAL ECONOMICS

EU産業資材の価値維持

鋼材、プラスチック、アルミニウムの使用に関する価値観

Climate-KIC

RE: SOURCE

VINNOVA FORMAS

MATERIAL ECONOMICS

EU産業資材の価値維持

鋼材、プラスチック、アルミニウムの使用に関する価値観

発行内容

著作権・・・2020マテリアル・エコノミクス・スヴァリゲAB. 一部の権利は留保されている。本書で取り上げる資料は、クリエイティブ・コモンズ属性-非コマーシャルシェアリク・ライセンシーのもとでライセンスされている。このライセンスの詳細は、https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/で参照できます。

本報告書は、使用済み金属(鋼およびアルミニウム)の異なる発生源からの値を計算するための精緻化された方法論を反映するために、2021年11月に更新された。

マテリアルエコノミクス(2020)として本報告書をご覧ください。EU産業資材の価値保全-鋼材、プラスチック、アルミニウムの使用に関する価値観。

序文

ヨーロッパでは、何十年にもわたって材料の使用とマテリアルリサイクルが議論されてきた。そして正当な理由から、材料の使用に関連して、どのような材料をリサイクルすべきか、またどのような方法でリサイクルすべきか、多くの重要な質問がある。リサイクルの増加による環境上のメリットは何か？廃棄物・リサイクルに関する方針はどのようなものか？ここ数年、特に気候変動の緩和と「循環型」経済の確立に焦点が当てられるようになったため、この議論は激化し、我々の物質利用をより持続可能なものにするために、政策分野でも産業界でも激しい努力が行われている。

これまでの議論は、主にトン、立方メートル、環境影響の観点から行われてきた。公的統計、大半の学術研究や業界報告書は、数量ベースで議論しており、「マテリアルフロー分析」は、最も一般的に使用されるツールの1つである。もちろん、これは非常に関連性が高いが、ボリュームとフローに焦点を当てることで、重要な問題も未解決のままになる。例えば、異なるマテリアルフローにおける品質低下効果はどのくらい大きいのだろうか。現在のリサイクル材の品質で、実際にどのくらいの原料を再生材に置き換えることができますか？ヨーロッパは「閉ループ」材料システムと実際にはどれくらい近いところにあるのだろうか？原材料の量のどれくらいの割合が戻ってくるかを調べるだけで、そのような統計の利用者は、実際よりも、当社の原材料の使用がより循環的であると信じるようになるかもしれない。

本報告書では、より全体像を描くための一歩を踏み出す。このレポートは、材料の流れに関する経済的価値の観点を取り入れており、ヨーロッパでの鉄鋼、プラスチック、アルミニウムの使用をトンではなくユーロで評価している。

我々が自問する「試験問題」は、原材料100ユーロがヨーロッパ経済に参入した場合、1回の使用サイクル後にどれだけの経済的価値が維持されるかということである。原材料の価値が失われる主な理由は何か？それ以上の価値を維持するにはどうすればよいのだろうか。結果1として、どのようなビジネスチャンスが生まれるのだろうか？

これらは野心的な研究問題であり、我々が知る限り、これは材料価値保持に関するヨーロッパでの最初の広範な研究である。したがって、本報告書は、最初の研究の一部として読まれるべきであり、その後さらに調査を重ねる必要がある。精緻化するための方法論的、統計的な問題は数多くあり、価値維持の推定値を変える可能性もある。しかし、本報告書は、価値に基づく視点が、ヨーロッパの将来の材料システムがどのように見えるべきか、また、より循環的で環境的に持続可能なものにするにはどうすればよいかを議論する際に、重要な新たな洞察を与えることを示していると信じている。

本研究は、EIT Climate-KICおよびRE:Sourceに代わって、2019年3月から2020年6月にかけてMaterial Economicsが実施した。これは、RE:Sourceおよびスウェーデンリサイクル産業協会の支援を得て2018年に発表されたスウェーデンの材料システムに関する以前の同様の研究に基づいている。材料経済学プロジェクトチームには、Peder Folke、Axel Elmqvist、Anders Falk、Stina Klingvall、Gustav Hedengrenが含まれていた。本報告書に意見をいただいた多くの専門家の皆様に感謝する。

ロバート・ウェスターダール
パートナー

クレブナー一人当たり
パートナー

アンダース・エンクビスト1人当たり
創業者およびマネジング・パートナー

このことは、報告書がサーキュラーエコノミーの一部分、すなわち物質循環性を検討し、物質的価値を維持していることを意味している。報告書では、製品循環の機会を評価していない。たとえば、自動車を例にとれば、報告書では、自動車の個々の部品、あるいは車全体を再利用または再製造する機会については触れていない。その代わり、本報告書では、自動車が作られている鉄鋼、プラスチック、アルミニウムに何が起こるかに焦点を当て、原理的に何度もリサイクルできる材料が、なぜ次のユーザーにとって価値がないのかについて問う。

目次

要旨 6

第1章

導入と方法論 14

第2章

スチール—完全なサーキュラーヨーロッパ鋼板の流れに向かって 16

第3章

廃棄物から有価物までのプラスチック 36

第4章

ALUMINIUM – 完全なサーキュラリティに向かって 52

TAKRAF

要旨

毎年1億5,000万トンの鉄鋼、プラスチック、アルミニウム2が、当初の価値である1,300~1,400億ユーロで、自動車、建築物、製品、包装に不可欠な役割を果たした後、EU経済での使用を終了する。これら3つのカテゴリーに属する材料は、ほぼすべて技術的にリサイクル可能であり(プラスチック熱硬化性樹脂などの一部のカテゴリーを除き)、これらの材料がすべてリサイクルされれば、リサイクル工程で避けられない損失を計上しても、同じカテゴリーに属するEUの総需要の64%もの供給が可能である。言い換えれば、EUは、原則として、これら3つの材料カテゴリーのうち、リサイクル材料から必要とされるものの3分の2近くを満たすことができる。また、2050年までには86%に達する。これらのリサイクル材の品質がバージン材と同等であれば、元の価値も維持される3。金額的には、元の値はおよそに相当する。

EU住民1人当たり320ユーロ、または別の比較としてsi-

欧州の自動車産業全体の輸出収入(2019年には1,360億ユーロ)に匹敵する規模

今日では、この原材料の約43%しか使用サイクル後に残っていない。合計では、年間780億ユーロの損失となる。実際に、これらの材料が再生材料として再販売される場合、その市場価値は約430億ユーロである。さらに、当初の価値の20億ユーロが廃棄物-エネルギー焼却プラントで回収され、避けられない再処理費用(再融解など)は約140億ユーロが損失として計上されている。

この差額は、欧州全体で年間780億ユーロであり、使用とリサイクルのサイクルに沿った価値の損失である。これは、技術的にリサイクルが可能な材料について、品質に大きな損失を与えることなく、元の材料価値の半分以上が失われるのはなぜか、ということを誘発するものと考えられている。それはヨーロッパの循環性について何を言っているのだろうか。

価値の損失は、大まかに2つのカテゴリーに分けることができる。すなわち、量的損失と価格(または品質)損失である。第一に、使用済み材料の大部分はリサイクルされず、埋め立てや燃料(プラスチック)として利用され、また、リサイクルの過程で失われるものもあれば、廃棄物収集システムに入ることさえないものもある。これらの数量損失は、総価値損失の610億ユーロ(78%)に相当する。第2に、一部の再生材料は主要な再生材料よりも品質が低いため、180億ユーロの価値が失われる(22%)。これらの価格および品質の損失の主な理由は、異なる種類のプラスチックまたは金属の合金、金属の合金、および種々の形態の汚染を含む、異なる画分の混合を含む。これは特にプラスチックに当てはまり、リサイクル率が比較的低く(鋼材85%、アルミニウム78%に対し、10%5)、リサイクルポリマーの価格が低くなっている主な理由の一つである。しかしながら、価格と品質の損失は、これらの数字が示唆するよりもはるかに重要である。なぜなら、価格が安いために、材料の一部を回収して再処理することが経済的でなくなり、結果として量的損失につながるからである。

これら3つの材料は、技術的に何度もリサイクル可能なヨーロッパにおける3大産業資材フローであるため、2つの材料を選択した。

スチールおよびアルミニウムについては、それぞれ、原価をバージンスラブおよびアルミニウムインゴット1トン当たりの値、プラスチックについてはバージンプラスチック樹脂1トン当たりの値と定義した。

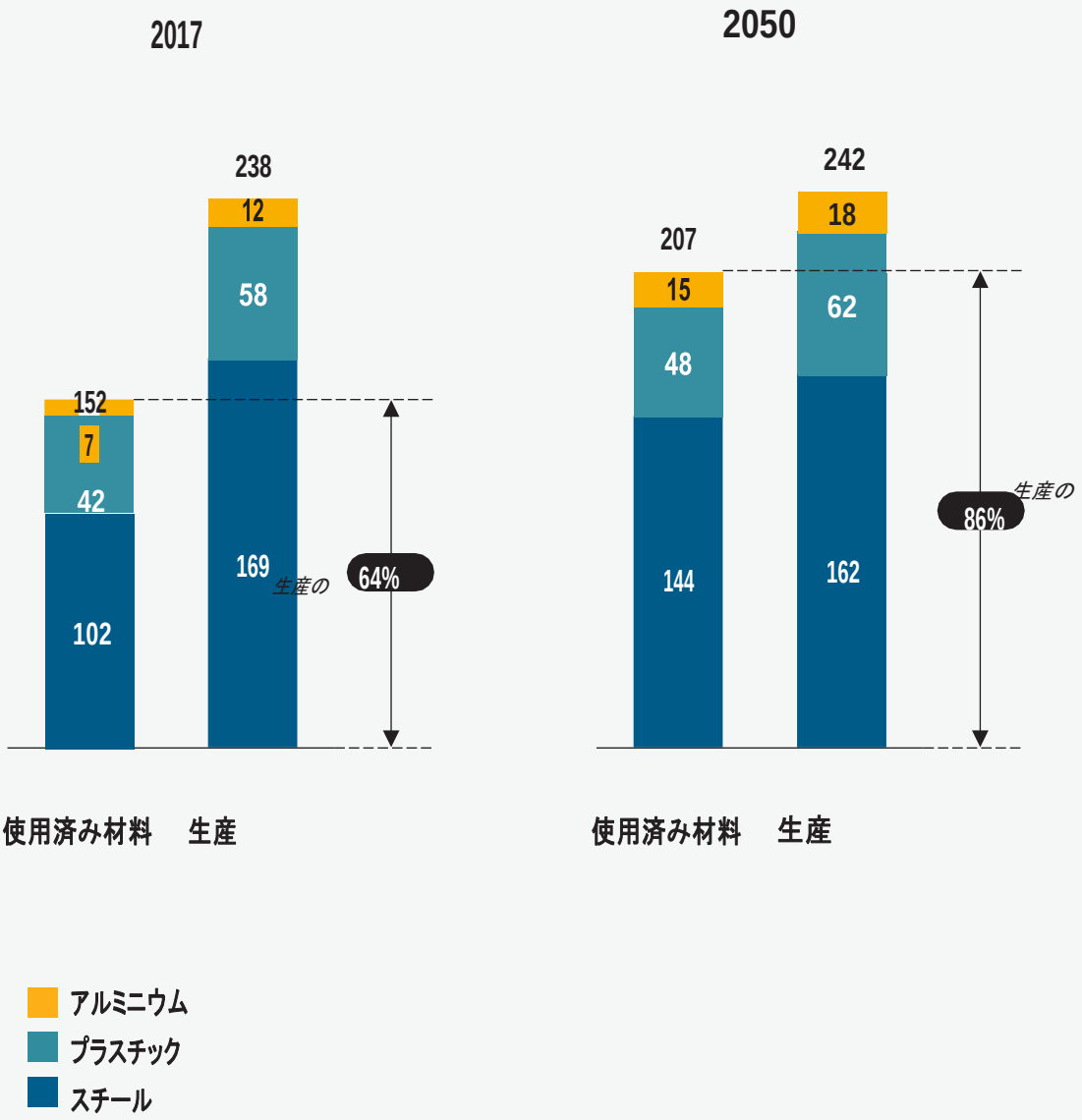
もし4人が最初に価格損失を計算したとすると、これらは年間450億ユーロ(57%)となり、数量損失は年間330億ユーロ(43%)となる。本報告書の残りの部分では、まず取引高の減少と価格の減少を見ていくことにする。なぜなら、われわれの話すパートナーの多くは、価値の損失を説明するより直感的な方法であることを発見しているからである。

5プラスチックのリサイクル率には、プラスチックが廃棄物の流れの1つと考えられる一方で、アルミニウムおよび鋼鉄スクラップが本質的に国際的に取引される商品であるため、アルミニウムおよび鋼鉄の速度では行われなかったプラスチック廃棄物の輸出を除去することが含まれる。

別紙1

使用済み鋼材、アルミニウム、プラスチックはEUの生産量の64%に達し、2050年までに86%に増加する。

EUの生産・使用済み資材
年間百万トン



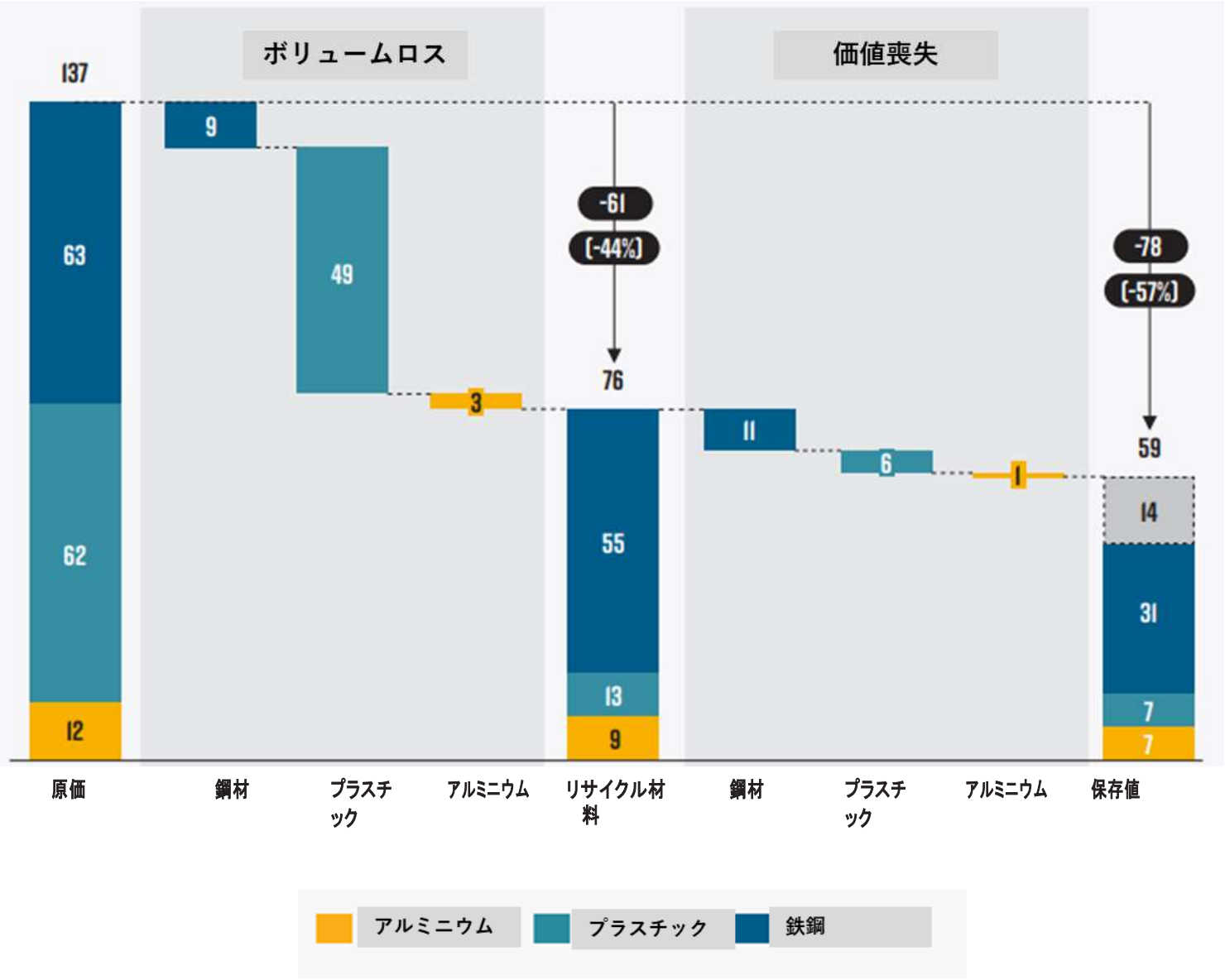
注:EOL(使用済み製品の総量)の流れを示している。推計値には、消費後スクラップ、消費前加工スクラップ、回収されないスクラップが含まれているが、鉄鋼生産に起因する速やかなスクラップは含まれていない。アルミニウムEOL量は、International Aluminium Instiuteのマテリアルフローモデルに基づいており、将来の生産量はヨーロッパアルミニウム(2020)-サーキュラーアルミニウムアクションプランに従う。2050年のアルミニウム回収率は、現在(78%)とほぼ同じと想定されている。プラスチックについては、使用済み製品量は、部門別のプラスチック需要および異なるプラスチック製品グループの経済的滞留時間に関する歴史的および予測データを用いて、材料経済学の動的材料フローモデルから導き出される。2005年から2019年までの過去の需要量は、プラスチック・ヨーロッパ(プラスチック-各年の事実)から算出されている。2050年における生産量と使用済み材料の予測は、材料経済学(2019)-産業変革2050に記載されているシナリオに従う。使用済み鋼も同様に、Pauliuk et al.に記載されたフレームワークに基づいて開発されたモデルを用いて、動的材料流動モデルに基づいている。(2013)、鉄鋼スクラップ時代;詳細については、材料経済学(2018)-サーキュラーエコノミー、GHG緩和の強力な力を参照。生産予測は、「物質経済学(2019)-産業変革2050」のシナリオに従う。

出典:セクターの章で説明されている物質経済モデリング

別紙2

毎年、鋼材、プラスチック、アルミニウムの使用により、780億ユーロの材料価値が失われている。

資材システムの価値損失
2016年10億ユーロ



(注)四捨五入の関係上、合計しないこと
出典:セクターの章で説明されている物質経済モデリング

異なる材料間では、非常に異なる価値の損失パターンが観察され得る。鋼やアルミニウムでは、体積のほとんどがリサイクルされるが、合金化や汚染によって、バージン材とは異なるリサイクル材(「オープンループ」サーキュラーと呼ばれることもある)の使用が可能になる。一方、プラスチックでは、体積のごく一部が新しいプラスチック製品に転換される。

3つのマテリアルフローの中で最も大きく、最もリサイクルされている鉄鋼については、1回の使用サイクルで69%の価値が維持されている。ほとんどの鋼材(85%)はリサイクルされており、多くの場合、再生鋼材も非常に高品質な生産が可能なところまで精製できる。しかし、それにもかかわらず、品質の低下が起こる。スチールは、しばしば、少量の他の金属(しばしば高価な金属)と合金化され、特定の性質を付与する。これらの合金金属が初めて添加されると、それらは、所望の材料特性を生成するために「テーラーメイド」される。しかしながら、その後の使用サイクルでは、それらはしばしば資産ではなく問題となる。せいぜい、元の付加価値が失われるだけである。最悪の場合、合金または不純物元素は、スクラップ鋼の価値を減少させる問題となる。銅は特に懸念されている。スクラップ工程で、鉄鋼と意図せずに混合されることが多く(例えば、廃車のために送られた自動車や家電製品に残された電線から)、鉄鋼の強度に悪影響を与える。銅はまた、いったん鋼材が混入されると、鋼材から分離することも非常に困難である。これは、二次鋼が、例えば、建設鋼のようなバージン鋼よりも低価な用途にしばしば使用される理由の一つである。

アルミニウムの場合、1回の使用サイクル後に70%の値が保持される。実効平均リサイクル率は78%となっている。これは、回収ロス(梱包・施工時など)やリサイクル工程でのロスなどによるものである。アルミニウムは純粋な形ではめったに使用されないが、適切な材料特性を与えるために他の物質と合金化されている。しかしながら、いったん異なる品質が一緒に混合されると、これらの合金材料はしばしば同じ製品に再使用できない。その代わり、1回の使用サイクルの後、体積の大部分は鋳造アルミニウムとなり、これは自動車のモータブロックを主な用途とするより価値の低い製品である。これは格下げ効果であり、鋳造アルミニウムの潜在的用途は明らかに異なり、バージンアルミニウムとリサイクルアルミニウムの価格差にも反映されている。

・プラスチック、コンタミネーション、混合ポリマーグレードおよびカラー、およびメカニカルリサイクルプロセス自体は、すべてリサイクルにおける品質および体積の損失に寄与し、その値はわずか11%しか維持されない[6]。

公式の統計や、おそらくは一般の信念とは異なり、プラスチックの大部分は、二度と材料にならないが、埋め立てられたり、燃料として燃やされたりする。

これらの価値の損失に対処することは、欧州にとって、経済的、環境的、地政学的に大きな機会となる可能性が高い。物質価値維持の増加の方向への動きは、EUサーキュラーエコノミー行動計画と、よりサーキュラーエコノミーに移行する多くの加盟国の野心と非常に整合的であるように思われる。もちろん、それぞれの潜在的政策は、利点と欠点の両方を分析しながら、それ自体を慎重に評価すべきであるが、材料価値の維持の増加がヨーロッパにとって魅力的な機会であることを示唆する全体的な議論はいくつかある。

原材料の価値維持の増加は、欧州産業の強みに沿って、主要なビジネスチャンスとなり、産業チャンスとなる可能性がある。クローズド・ループ・システムは、リサイクル業者、産業資材使用者、リサイクル装置提供者、その他の利害関係者にとって重要なビジネスチャンスである。市場に毎年数十億個の材料が投入され、腐食などのプロセスに起因する自然損失を考えると、780億ユーロの価値の損失をすべて排除することは不可能であるが、部分的な回復でさえ重要な価値[7]である。例えば、回収スキームやサブスクリプションベースのビジネスモデルのような循環型ビジネスモデルは、リサイクルのための設計と共に、より高い価値の回収とより厳しいマテリアル・ループを可能にすることができる。バリューチェーンに沿ったパートナーシップと廃棄物管理・リサイクル技術の改善は、リサイクル材料の品質を高めることができる。これらの機会はすべて、新しい選別技術、材料のタグ付けおよび追跡など、デジタル化との強力な相乗効果を有し、コストを低減しつつ、量および品質を増加させることを可能にする。この方向への動きはまた、輸入された一次材料が欧州のリサイクルおよび再処理に置き換えられることから、ヨーロッパ全体で大きなグリーン雇用の創出をもたらすであろう。これは、COVID-19を考えると、今日特に重要である。

鋼材、プラスチック、アルミニウムの循環性を高めることは、EUが気候目標を達成する上で大きな助けとなる。今日のこれらの材料の生産EUのCO総量の10%を占める。再資源化率は原料に比べて79~93%低減されている。再資源化によってCO排出量も削減されている。鉱業、石油・ガス抽出、高炉、蒸気クラッカーなどの難分解性の発生源から、電気や低温中温熱生産などの発生源へ脱炭素しやすしなる。

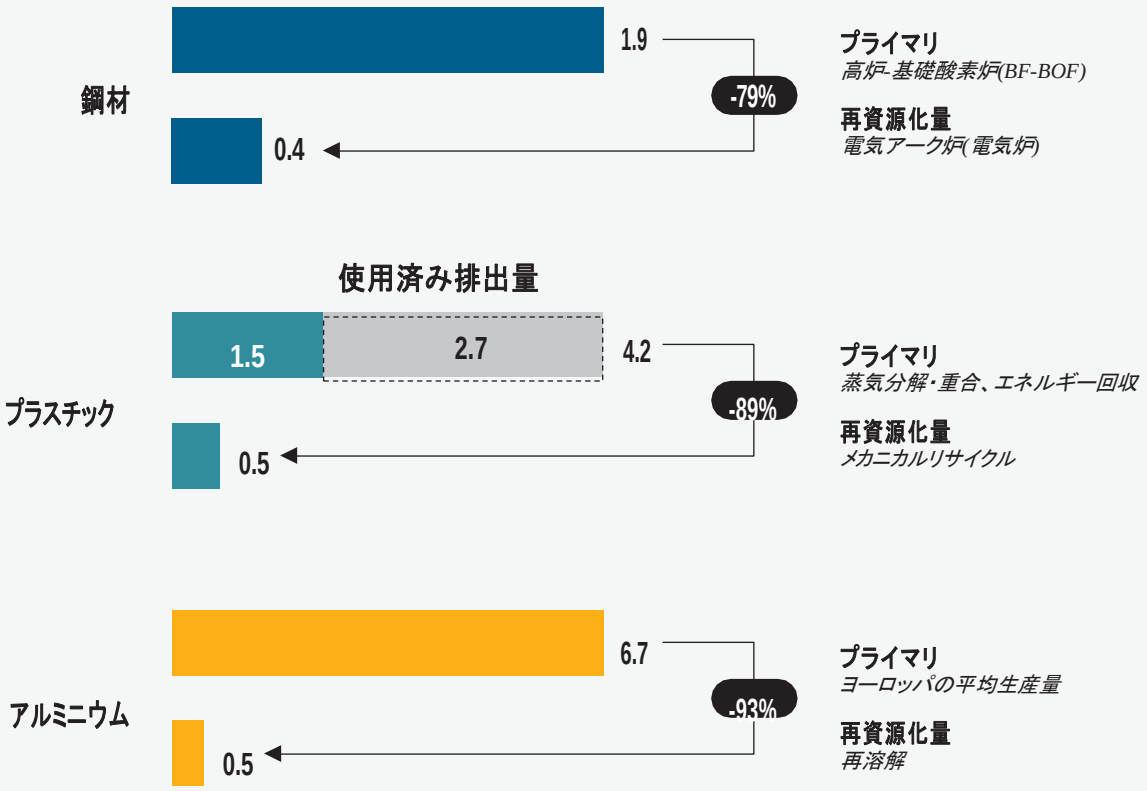
6 種類のプラスチックについては、24億ユーロが廃エネルギー焼却プラントの熱価として回収されるため、リサイクル率(10%)よりもわずかに高い価値保持率となっている。

7. 780億ユーロの価値の損失は、総収益機会とみなされるべきであることに留意されたい。これらの材料のより良い回収と再処理にもコストがかかり、多くの部分で今日のコストは収益を上回っている。しかし、新しいビジネスモデル、より良い製品設計、新しいリサイクル技術、そして新しい政策によって、780億ユーロのより大きなシェアが利益を生むように対処することが可能になるだろう。

別紙3

再生材は一次生産に比べてCO2集約度が約79~95%低減されている。

一次・再生材料生産におけるCO2原単位
tCO2/t物質



出典:産業変革2050における材料経済モデリングとサーキュラーエコノミー報告、世界アルミニウム

産業資材のためにより強力で循環的な経済を構築することは、より汚染の可能性のある一次生産の輸入への依存度が低い、より強靭なEU産業を可能にする。今日、ヨーロッパは、かなりの量の中古材料を輸出し、代わりに一次材料を海外から輸入している。これを変えることで、欧州の一次生産者が直面する困難な経済環境の苦境を改善し、新たな地元原材料の供給源を開発するとともに、輸入への依存度を減らすことで、産業の長期的な回復力を強化する可能性がある。例えば、鉄鋼生産における電気炉の増加傾向は、鉄スクラップへの十分なアクセスを有することがヨーロッパの鉄鋼生産者にとって戦略的に重要な側面となることを意味する。同様に、使用済みアルミニウムの増大する量を再処理する大きな産業的機会があり、輸入の増加と環境上優れたEU生産の締め出しという現在の傾向を逆転させている。実際、高品質のリサイクルは、著しい成長があっても、今後数十年間に必要とされるアルミニウムの量の半分以上を供給することができる。

考えられる欠点としては、逆方向の物流フローの増加、仕分けの複雑さとコストの増加、および移行コストが挙げられる。このスケールの変更は、いかなる挑戦もなしには不可能である。この場合、取り組むべき主な質問は、トラフィックの増加と物流の逆流、および高品質なリサイクルのコストの増加である。

欧州がより多くの物質的価値を獲得したい場合、政策は主要な役割を果たす必要がある。本報告書では、欧州が物質価値の維持を大幅に増加させるためにどのような政策介入が必要かについて詳細に分析していない。しかし、政策が重要な役割を果たさなければならないことは明らかである。

必要とされる変更は、単一の企業が自社で捉えるにはあまりにも体系的であることが多い。例えば、改良された製品設計の選択の効果は、しばしば何年も後に見られ、全く異なる業界セクターにおいて、改良されたスクラップ選別は、業界全体の基準に基づく必要があり、プラスチックリサイクルを悩ませる毒性問題は、業界全体の答えなどを必要とする。今後は、材料の価値の観点から、次回の欧州でこれらの材料またはそれらが使用される主要製品に関する政策を検討する際に、明確に考慮することが可能であろう。サーキュラーエコノミー行動計画の一環として開始されたイニシアティブは、生産者責任強化(「EPR」)政策の改訂、より広範な製品政策枠組み、主要製品カテゴリーに対する新たな規制アプローチなど、ここで使用できる多くの枠組みをまとめ始めた。もちろん、すべての材料が外部性コストを支払わなければならないならば、リサイクル材料の競争力も高まるであろう。

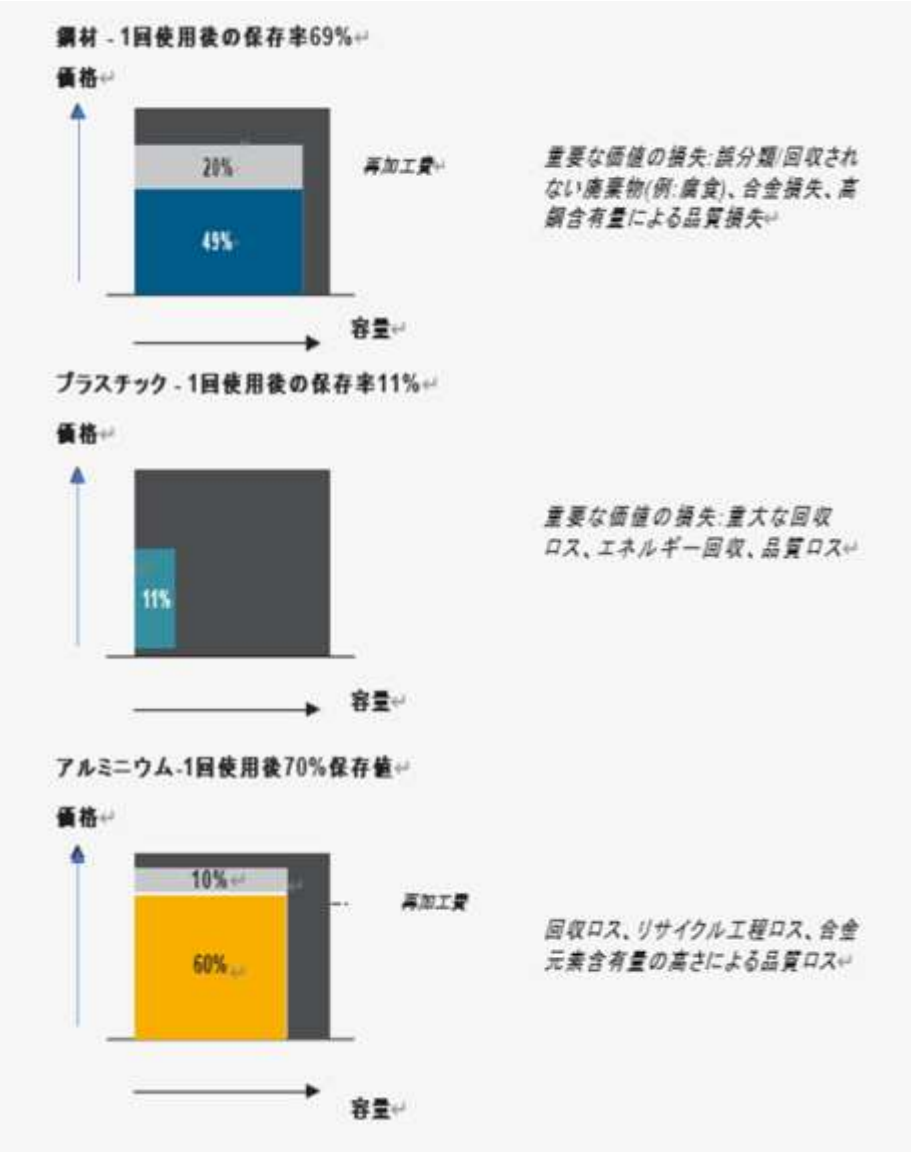
材料価値の保持を測定することは、量に基づく測定基準を補完する重要な要素である。本報告書は、従来の数量ベースの統計的指標に加えて、経済的価値ベースのアプローチの重要性も示していると思われる。リサイクル材料の保存価値は、品質、価格、リサイクル材料によるバージン材料の生産の実際の代替機会に関する情報を保持する。また、民間セクターの新たな収益機会も浮き彫りにしており、イノベーションを促進する可能性が高い。ヨーロッパの公的統計はすでに改善されており、リサイクルのために分別されている材料の割合から、実際に生産・販売されているリサイクル材料の量を示す指標へと、測定基準がシフトしている。価格と品質のデータは、優れた補完となる。

別紙4

鋼材、プラスチック、アルミニウムの保存材料価値

鋼材 - 1回使用後の保存率69%

価格



出典:セクターの章で説明されている物質経済モデリング

導入と方法論

材料を有効に利用することは、経済的、工業的、環境的、地政学的な考慮を必要とする何十年も前の課題である。一方で、産業資材は、多くの必需品やサービスを提供する上で重要な役割を果たしており、多くの国では、素材関連産業は大規模な雇用主である。例えば、欧州のプラスチック産業だけでも160万人以上が雇用されている。

しかし、材料の生産と使用にはあまり望ましくない側面もある。材料の生産は、温室効果ガス(GHG)の10~15%を占めている。

EUからの排出量 水の使用と散布(例えば、海洋におけるプラスチック)は、他の懸念事項である。

「サーキュラーエコノミー」という概念は、製品や材料のより良い使用における経済的・環境的機会の両方を強調する潜在的解決策として浮上してきた。サーキュラーエコノミーアジェンダは、政策、ビジネス、市民社会において過去5~10年間で大きな牽引力を獲得してきた。2020年サーキュラーエコノミー行動計画とそれに対応する国家戦略は、今や野心的な行動計画を構成している。

100ユーロの原材料の場合
ヨーロッパ経済に参入すると、
1回の使用サイクル後にどれだけの
経済的価値が維持される
か。

なぜ、経済的価値は、原材料の使用に影響を与えるのか?

循環型経済・低炭素経済の大きな特徴は、マテリアルリサイクルである。リサイクルは、今日、主に量的に測定・分析されており、例えば、リサイクルのために回収された鉄鋼、アルミニウム、プラスチックの割合を調べるか、あるいは、経済を通して1トンの異なる材料をトレースし、それに何が起こるかを評価するために、マテリアルフロー分析(「MFA」)を使用する。その結果、我々は、ヨーロッパの材料使用の量的側面は、今日、比較的よく理解され、よく知られていると主張するであろう。

しかし、このような量に重点を置いた評価は、リサイクル材料の品質に関する情報を把握するものではない。また、品質は、リサイクル材料が実際にどのような用途に利用できるか、また、それがどの程度一次需要に取って代わることができるかを決定する。これは、真に循環的な物質フローの前提条件である。もし、返却された材料が大幅にダウングレードされ、一次材料よりも限られた用途にしか使用できないならば、材料の用途が循環的であると主張するのは困難である。

本報告書では、経済的価値に基づくアプローチが、ヨーロッパの物質的利用に関する追加的な洞察をもたらすかどうかを検討する。我々が自問する「試験問題」は、100ユーロの原材料が欧州経済に入った場合、1回の使用サイクル後にどれだけの経済的価値が維持されるかということである。原材料の価値が失われる主な理由は何か?それ以上の価値を維持するにはどうすればよいのだろうか。結果8として、どのようなビジネスチャンスが生まれるのだろうか?

本研究では、このようなアプローチの重要な利点を明らかにした:1)再生材料の市場価格を品質の代用として用いることにより、上記の重要な品質側面を捉え始めた。もし品質が類似していれば、価格も同様であると仮定するのは妥当である。2)物質的流れを経済的な言葉で記述することは透明性を高め、より循環的な物質的利用に内在するあらゆる産業的・経済的機会を強調し、機会間の比較と優先順位付けを容易にする。もちろん、欠点もある。1)二次材料の市場価格は、ヨーロッパの材料使用およびリサイクルシステムの品質を反映するだけでなく、バージンおよびリサイクル材料が少なくともいくつかの用途で競合することが多いため、バージン材料の価格にも影響を受ける。原材料価格はしばしば不安定であり、これは我々の分析において「ノイズ」を生み出す。2)価格データはボリュームデータよりも保持が困難であり、しばしば集計レベルでのみ利用可能である。このような理由から、我々は、経済的価値に基づくアプローチが、量に基づくアプローチに取って代わることができる、あるいは取って代わるべきであるとは、決して示唆していない。その代わり、われわれはそれらを互いに補完するものと見なす。

上記の研究質問は野心的である。本報告書は、最初の研究の一部として読まれるべきであり、その後さらに研究を重ねる必要がある。精緻化するための方法論的、統計的な問題は数多くあり、価値維持の推定値を変える可能性もある。しかし、本報告書は、価値に基づく視点が、ヨーロッパの将来の材料システムがどのように見えるべきか、また、より循環的で環境的に持続可能なものにするにはどうすればよいかを議論する際に、重要な新たな洞察を与えることを示していると信じている。

これは、報告書がサーキュラーエコノミーの一部、すなわち、物質循環性と物質的価値の維持にのみ目を向けていることを意味する。報告書では、製品循環の機会を評価していない。たとえば、自動車を例にとれば、報告書では、自動車の個々の部品、あるいは車全体を再利用または再製造する機会については触れていない。その代わり、本報告書では、自動車が作られている鉄鋼、プラスチック、アルミニウムに何が起こるかに焦点を当て、原理的に何度もリサイクルできる材料が、なぜ次のユーザーにとって価値がないのかについて問いかける。

使用方法

われわれが用いた方法は、別紙5のステップバイステップで説明されている。ここでは、なぜこの方法論が選ばれたのか、データソース、利点と欠点について、より高いレベルでいくつかの言及をする。

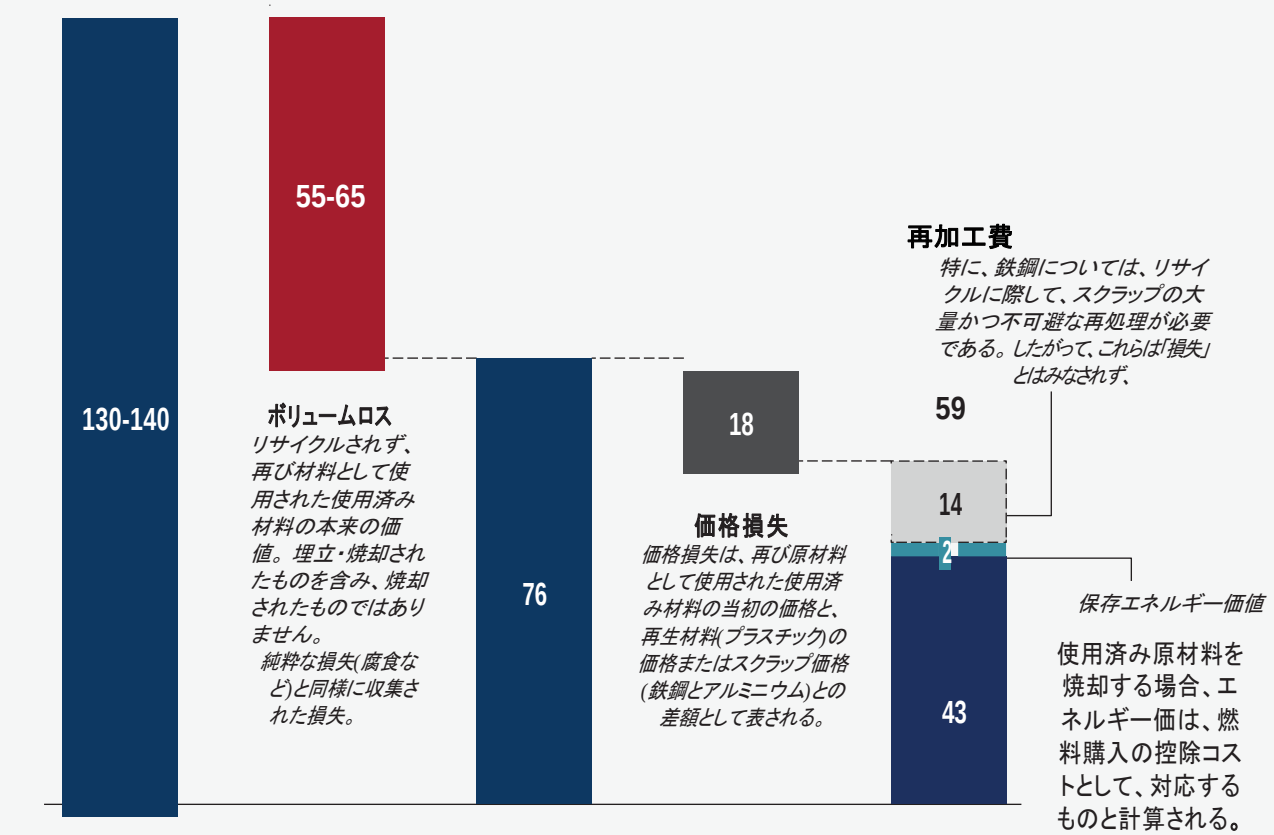
第一に、我々が分析の出発点として定義したもの、すなわち図表5の「元の値」が重要である。3つの素材は、鉄鋼用バージンスラブ、アルミニウム用バージンインゴット、プラスチック用バージン樹脂の価値からスタートしている。原理的には、スラブに再溶解し、アルミくずを地金に、プラスチックを樹脂に再生するなど、リサイクル材が戻ってくると、この独自の価値が生まれ変わる。実際には、以下の章で示すように、リサイクル版の価値は低い。時には、これは、材料の特定の所望の特性を与えるために意図的に合金化または添加剤を行ったことによるものであるが、これらの場合においても、この合金化および添加剤がリサイクル可能性および次のユーザにとってどのような意味を持つかを理解することは興味深い。多くの場合、価値の損失は意図的ではなく、使用サイクルに沿った混合効果、格下げ、情報の損失によってもたらされる。この元の値は、公的な統計資料および市場価格データから非常に正確に推定することが可能である。我々は分析全体を通して輸出入を調整する。

次に、スラブ、インゴット、樹脂のリサイクル品の価値について見てみよう。ボリュームデータが入手可能であり、金属スクラップと再生プラスチックの品質別の価格指数もあり、「保存材料価格」も妥当な精度で算出することができる。これにより、「元の値」と「保存された値」の差として、総価値の損失を計算することができる。

第三に、価値の喪失がどこで、なぜ起こるのかを説明するために、細分化してみよう。価値の減少を、物量効果(原材料のどれくらいの割合が戻ってくるのか)と価値効果(1トンあたりのリサイクル原材料の価値はどれくらい下がるのか)に分類することは、非常に自然な第一歩である。しかし、出来高と価格は相互に依存するため、出来高と価格効果を差し引く順序が重要である。我々は、まず出来高効果と価格効果を差し引くことを選んだ。なぜなら、単にこのアプローチを説明するのが容易であり、話すパートナーの多くにとってより自然であると感じているからである。しかし、このリスクは品質低下の重要性を軽視するものであり、多くの場合、リサイクル材料の市場価格が低く、それをリサイクルすることが経済的に価値がないことを引き起こすのは低品質である。この基本的な価格-数量のスプリットアップを超えて、われわれの細分化分析は、なぜ異なるタイプの混合効果と合金化効果が生じるのか、それらのどの部分が任意であるのか、そしてそれぞれの価値効果はどのようなものであるのかを理解することを含んでいるので、定量的な分析と同じくらい定性的な分析になる。

別紙5

物量損失の推計方法



(注)四捨五入の関係上、合計しないこと

出典:セクターの章で説明されている物質経済モデリング

方法論は、以下に説明するように、6つのステップで要約することができる。

1. この分析では、鋼材、プラスチック、アルミニウムの3つの材料に焦点を当てているが、原則として紙・板紙、繊維、セメントなどの材料にも適用される。この分析の焦点は、材料の価値に置かれており、製品価値や製品循環の機会を見ていないことに留意することが重要である。たとえば、自動車を例にとれば、報告書では、自動車の個々の部品、あるいは車全体を再利用または再製造する機会については触れていない。その代わりに、自動車が作られている鉄鋼、プラスチック、アルミニウムに何が起きているかに焦点を当て、原理的に何度もリサイクルできる材料が、次のユーザーにはなぜ価値がないのかについて質問する。

2. 使用されない材料の分析:本研究で考慮される材料の流れは、EUにおける鋼材、プラスチック、およびアルミニウムの使用済みフローである。これらの材料は、製品、部品、建物、パッケージなどから供給される。毎年耐用年数を超えている。例えば、廃車に含まれるアルミニウムや鋼材、廃棄される包装材に含まれるプラスチック、解体された建物から出る鋼材などである。使用しなくなったものは、原則として、再資源化その他の再利用が可能となる。

3. 使用済み原材料の当初の価値(1,300~1,400億ユーロ)を推定する:現在の原材料の使用から生じる価値の損失を理解するために、分析の出発点は対応する量の原材料の価格である。これは、これらの材料が、使用中に体積損失や品質劣化が生じなければ有していたであろう価値と、今日の価格で同量の材料を交換するコストを反映している。スチールとアルミニウムについては、それぞれバージンスラブとアルミニウムインゴット1トン当たりの値、プラスチックについてはバージンプラスチック樹脂1トン当たりの値と定義している。ほとんどの材料については、最も完全なデータが入手できる年であるため、価格の基準年として2017年を使用した。

4. 保存価値(450億ユーロ)を計算する:分析の次のステップは、使用済み材料が再び利用可能になった後に何が起こるかを調査することである。使用済み鋼鉄、プラスチック、アルミニウムには、リサイクル、焼却、埋め立てなど、さまざまな運命の可能性がある。また、処理方法が異なれば、材料として、または燃料として、材料の次の用途における市場価値として定義される保存価値の量が大きく異なることになる。

a. 保存材料の価値(430億ユーロ):保存材料の価値を、二次材料またはリサイクル材料の価値と定義する。例えば、再生プラスチックの保存価値は、回収・分別・再処理された使用済みプラスチックから再生プラスチックに再生されたポリマーの市場価値である。EU域外へのリサイクルのために輸出されるプラスチック廃棄物については、プラスチックの輸出額を保存価額としている。鉄鋼とアルミニウムの場合、保存価値は回収されたスクラップの価値である。これは世界的に取引されているものであり、明確な市場価格を持っているからである。回避できない再加工費用は、手順6で説明したように、別途会計処理される。

b. 保存されたエネルギー価値(20億ユーロ):材料の残りの価値を保存する最終処分場は、エネルギー回収(埋め立て、エネルギー回収を伴わない焼却、腐食およびその他の損失は、いかなる価値も回収しない)である。保存されたエネルギー値は、対応するエネルギー値をもつ燃料を購入する反事実コストとして定義される。本研究で調査した3種類の材料のうち、エネルギー回収に使用されるのはプラスチックのみである。

5. 価値の損失(780億ユーロ)を分析する:当初の原材料価格と保存価値との差額は、価値の損失または価値の漏洩である。私たちは、この価値の損失の原因を分析し、材料システムにおけるより多くの価値を維持する機会を特定する。価値の損失は大きく2つのカテゴリーに分けることができる。

a. ボリュームロス(550億-650億ユーロ):新素材にリサイクルされない使用済み素材は、他の、しばしば価値の低い用途に使用されるため、ボリュームロスとみなされる。ボリュームロスの事例はプラスチックであり、そのかなりの部分が使用可能なプラスチックにリサイクルされるのではなく、焼却される。その他の例としては、回収されない、または失われる鋼材、および焼却前に他の廃棄物(例えば、電気・電子機器)から分別されないアルミニウムが挙げられる。

b. 価格ロス(180億ユーロ):原材料の品質が、製品の設計・製造、廃棄物収集、リサイクルプロセスなど、使用サイクルのさまざまな段階で低下すると、価格ロスが発生する。価格が安いことは、リサイクル材の使用が制限されていることを示している。

6. 再加工費(140億ユーロ):材料によっては、廃棄物を新しい材料に再加工するために多額のコストがかかる。鋼材については、電気炉(EAF)におけるスクラップの再溶解コストが発生する。これらの費用は、やむを得ない場合に近いため、別途表示している。

鋼材

ヨーロッパの完全なサーキュラー鋼流に向かって

要約

鉄鋼は現代経済の主要な構成要素であり、建築物、インフラストラクチャー、車両、その他の多くの用途において極めて重要な役割を果たしている。 世界では年間約19億トンが生産されており、欧州での年間生産量は160~1億7,000万トンと比較的安定している。 鉄鋼もスクラップも世界的に取引されている。

スチールはすでに最も循環的なマテリアルフローの一つであり、ヨーロッパでは、使用済みスチールの約85%がリサイクルのために回収され、スチールのリサイクルはすでにEUの鉄鋼生産の39%を占めている。 これをより高く押し上げることはできるが、品質ロスを減らす機会に目を向けることも重要である。 品質面では、鋼材が少量の他の金属と混ざり合って使用されることが大きな課題となっている。 これのいくつかは、望ましい材料特性を作り出すための任意合金化であるが、そのいくつかは、鋼の取り扱い方法の副作用でもある。 異なる鋼種の混合は、より高い結果をもたらす鋼材のロス、有価合金のロス 汚染物質を除去できない場合、その影響は深刻である。 特に、銅汚染は、低濃度で鋼強度に著しく影響し、鋼材が混入した後は鋼材から分離することが困難であるため、長期的な問題となる可能性がある。

これらの量的・質的損失の累積的影響は、1回の使用サイクル後、元の材料価値の約69%が回収されることを意味する(閉鎖が避けられない再加工コストを調整した後でさえも)。 これらの損失のうち、約45%は、誤分類または未回収の廃棄物および歩留まり損失の形での体積損失であり、残りの55%は、失われた合金による価格損失、高い取扱コスト、および低い鋼品質である。 これらのロスを減らすためには、解体設計の改善、回収・選別の改善、銅汚染の低減など、ヨーロッパができることはたくさんある。

69%
鋼材価格の
使用サイクル後に残る

2.1 はじめに

鉄鋼は現代経済の主要な構成要素である。 車やビルなどの日用品のベースとして、量・金額ともに欧州で最も重要な素材の一つである。ヨーロッパには、1人あたり約12トン、または合計で約12トンの鋼材が蓄積されている。
EU全体で55億トン EUの新鉄鋼製品の年間需要は約1億6,000万トンであるが、廃業も1,000万トン強である。

3年目には、鋼材への正味の添加量は約60である。

年間100万トン、1人当たり約140kg。この需要は、2050年までに約15%増加すると予測されている。経済における鉄鋼の平均寿命は、最終用途部門によって異なり、家庭用製品の15年から建設の75年までである(図表6)。

ヨーロッパの主な鉄鋼生産国はドイツとイタリアで、EUの粗鋼生産の40%以上を占めている。ヨーロッパへの鉄鋼製品の純輸入量は年間300万トンである。この純輸入は、ヨーロッパで生産される鉄鋼の15%が輸出され、消費される鉄鋼の17%が輸入されるという、はるかに大きな貿易量を隠している。世界の鉄鋼市場は競争が激しく、過剰生産能力と薄い利幅を持っている。欧州で生産される鉄鋼の61%は高炉と塩基性酸素炉(BF-BOF)で生産され、残りの39%は電気アーク炉(EAF)で生産される。

主にスクラップ鋼を使用する 石炭は高炉の主要な還元剤であり、BF-BOFの一貫生産により、製鋼トン当たり平均1.9トンのCOが放出される。EAFはCO濃度が低く、排出係数は次のとおりである。
鋼1トン当たり0.4トンのCO_2。ヨーロッパにおける電気炉鋼の高いシェアのため、鋼1トン当たりのEUの平均排出量は1.3トンCO_2であるのに対し、世界平均は1.4トンである。しかし、ヨーロッパの鉄鋼生産の方が排出量が多い。
200Mt以上のCO_2 年率5%

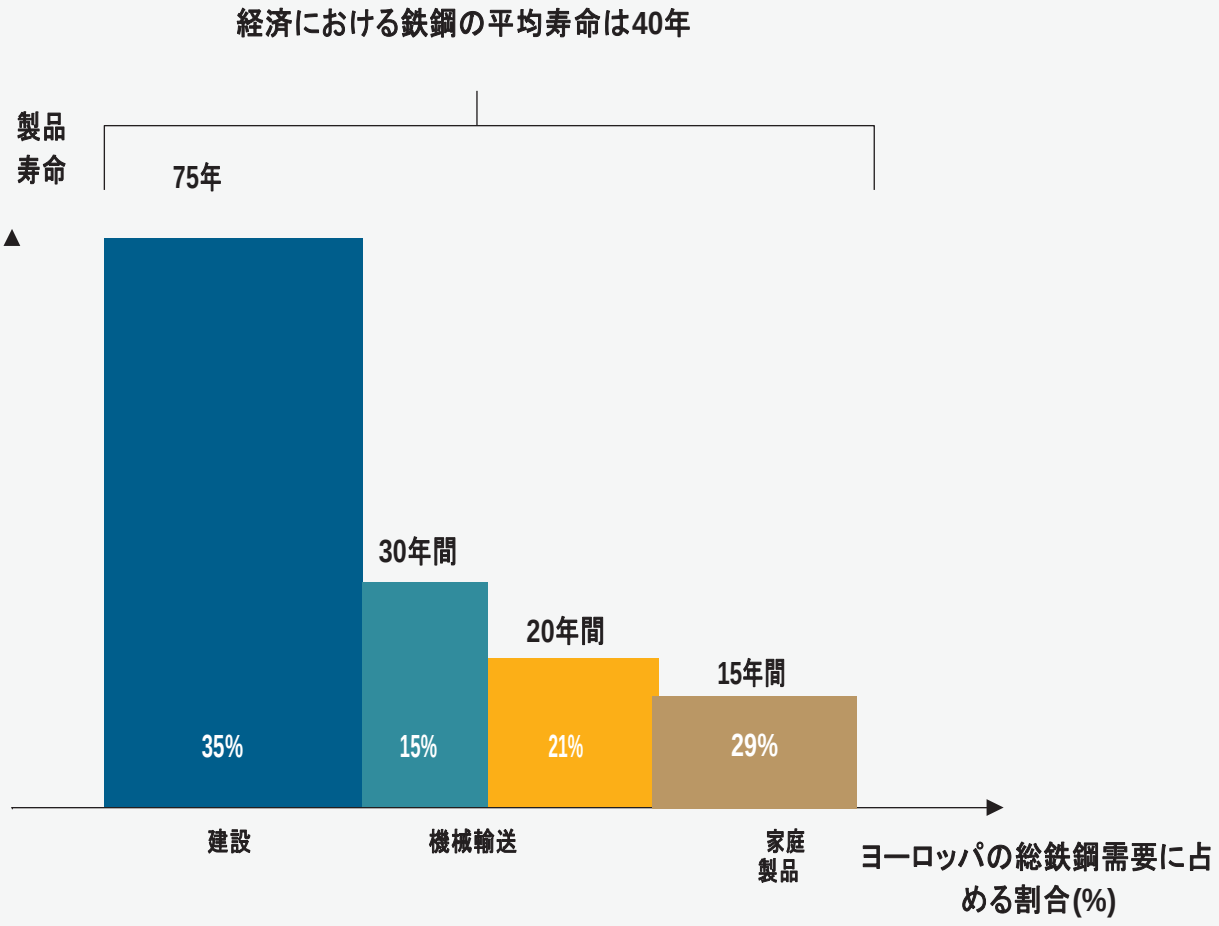
欧州のGHG排出量

本報告書で研究されているすべての材料の中で、鋼ははるかにサーキュラーである。EUにおける使用済み鋼材の平均85%は、新しい鋼材の製造に使用するために回収される。世界全体では、再生鋼材が生産の3分の1を占めており、2050年までに純正生産を上回ると予測されている。また、スチールは、リサイクルプロセスを通じて高い品質を維持している。簡単な磁気プロセスを用いて、他の多くの材料よりも仕分けが容易である。 重要なこととして、使用済み鋼材は、非常に高品質に再処理することができ、幅広い用途に使用することができる。EUでは、リサイクルは主に「ロング」製品を作るが、米国では鉄スクラップから平鋼を作ることも一般的である。最後に、鉄スクラップの国際市場は十分に開発され、標準化されている。

別紙6

経済における鋼材需要と寿命は最終用途セグメントによって異なる

経済におけるEU鋼材寿命
年数(鉄鋼総生産に占める割合(%)、2017年)



出所:EUROFER(2018年)およびPAULIUK ET AL. (2013).8

2.2 鋼材使用サイクルによる価値保全

鉄鋼の価値開発の評価を図表7に示す。これによると、1回の使用サイクル後に、我々の最善の推定値は、当初の630億ユーロの鉄鋼価値のうち、毎年使用済みに達するもののうち、約440億ユーロ(再加工コストを含む)、すなわち69%が次の使用サイクルにおいて維持されることを示している。このセクションでは、まず分析を説明し、次にこの推定値の結果と不確実性について説明する。

毎年欧州経済から外れている630億ユーロの元来の鋼の価値は、異なるグレード(非合金、ステンレス、およびその他の合金)の鋼スラブの価値として定義される。これは、いくつかの理由から、分析の自然な出発点である:第一に、スラブ段階では、鋼に下流加工(例えば、熱間圧延、冷間圧延)からの製品価値がまだ付加されていない。第二に、スクラップを主体とした鋼材も下流工程の前にスラブ化されるため、スラブからスラブへの鋼材サイクル全体を見ることができます。最後に、スラブは取引されるので、それらの市場価格を見つけることができる。具体的には、年間のスクラップ発生量(EUROFERより)から逆算し、欧州では古くなったスクラップ85%、新規スクラップ95%以上、早期スクラップの回収率を試算した。

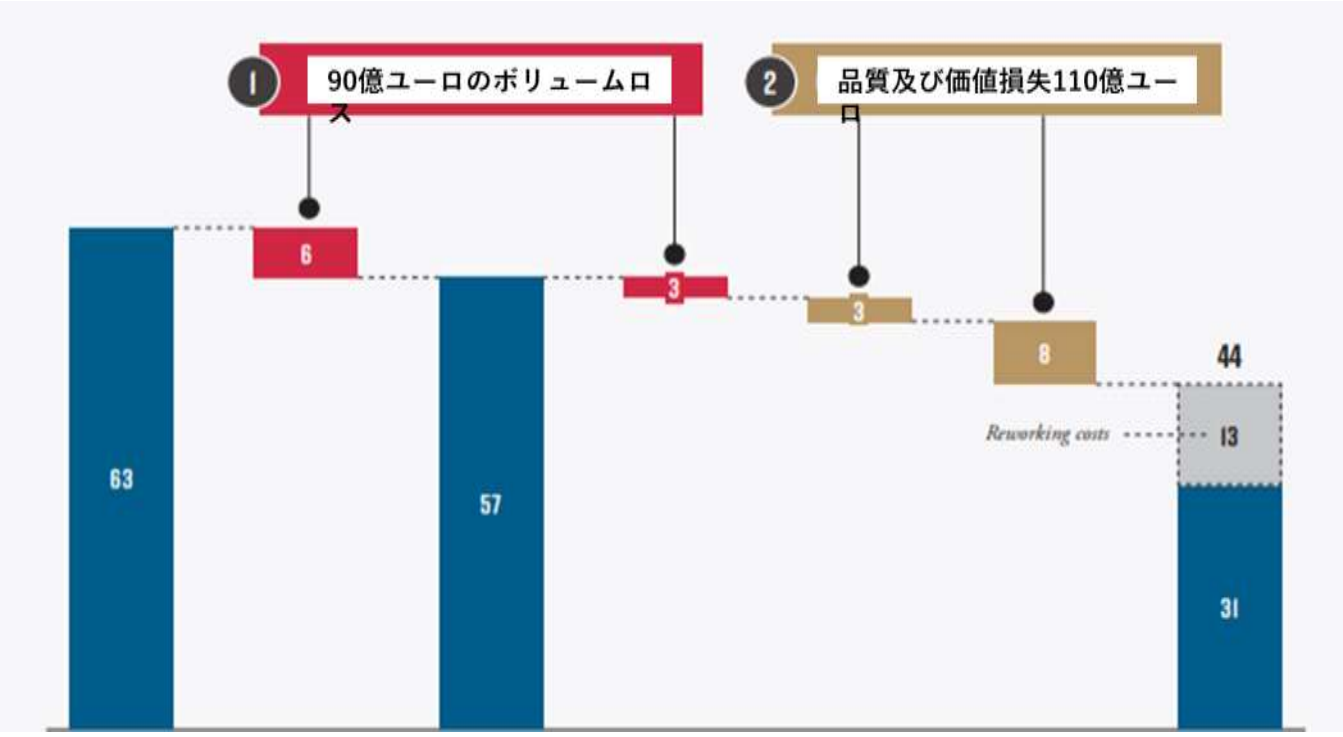
従来の製鋼プロセスで直接再資源化(Pauliukら) 2013年および専門家インタビュー。元のスラブの価格は、430~1,800ユーロの異なるタイプの一次スラブのEurostatからの輸出入データに基づいている。
t/スラブ(非合金、ステンレスおよびその他の合金) なお、回収率は、金属の種類によって異なり、例えば、ステンレス鋼は、非合金鋼よりも比較的高い値で回収される。

残りの推定値310億ユーロは、分析の次のステップである。この推定値は、Eurostat社の輸出入データ(合金によっては250-1,050ユーロ/t)および年間鉄スクラップ生産量のEUROFERデータ(歩留まりロス後1億500万トン)からの鉄スクラップ価格に基づいている。さらに、鉄鋼スラブの元の価値とリンゴ同士を比較するために、新たなスラブに再加工するコスト(130億ユーロ)を追加した。この数字は、電気炉における鉄スクラップの再加工コスト(資本コスト、エネルギー、物流、メンテナンスなどを含む)の平均生産コスト(鋼スラブ当たり120ユーロ)を推定する。これらの再加工コストはほぼ避けられないものであるが、処理効率の向上、スクラップ品質の改善、および電力価格の低下によって削減することができる。

別紙7

毎年、190億ユーロの鋼材価格が失われる。

欧州経済の下落による年間鉄鋼価格
2017年10億ユーロ



原材料価格
毎年EU経済から脱出する鉄鋼の「スラブ価値」

回収ロス・老朽スクラップ

鉄スクラップの回収・分別

工程歩留まりロス

失われた合金

品質低下

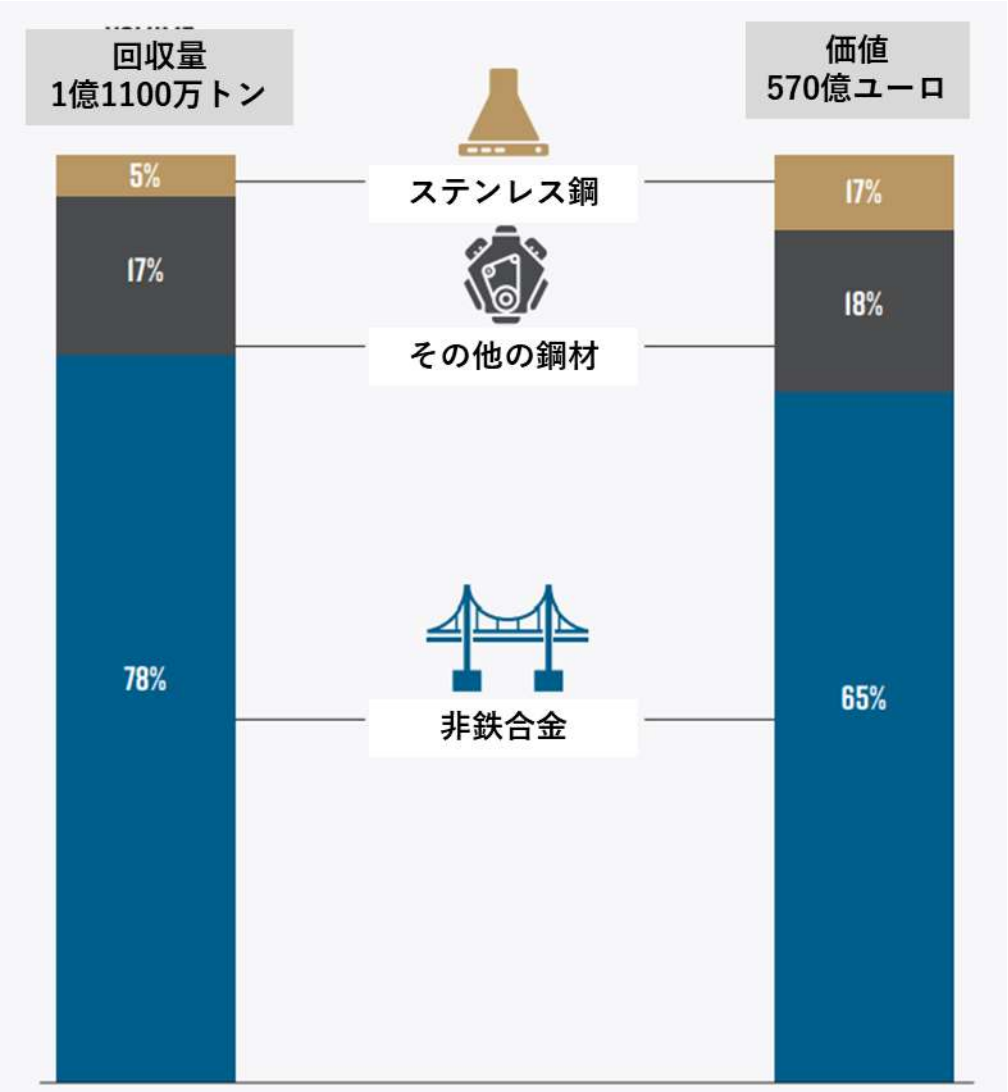
残存価 額
次の使用サイクルの「スラブ値」

(注)四捨五入の関係上、合計しないこと

出典:複数の出典に基づく材料経済分析、ENDNOTE9を参照

別紙8

鉄鋼のリサイクル回収量と原材料価格



出典:複数の出典に基づく材料経済分析、ENDNOTE10を参照

回収損失は年間約60億ユーロに達する。 約1億2,400万トンの使用済み鋼材(従来の製鋼における内部スクラップを含む)のうち、1億1,100万トンがリサイクルのために回収され、1,300万トン(60億ユーロの価値)はリサイクルされない。この大量の非回収鋼は、産業界の多くの人に驚かされるかもしれないが、広く使用されている材料に対して100%のサーキュラー性に到達することは困難であることを示している。損失の重要な原因には、放棄されたが所定の位置に残された鋼構造物(例えば、地下);腐食による損失;不完全な分離(例えば、建設廃棄物)により埋め立てられる少数の割合;回収されない製造からのスクラップの少数の割合;収集されたが間違って分別された一部の流れ(例えば、建設用の充填剤中のスクラップ)が含まれる。図表8は、回収されたスクラップをさまざまなグレードに分類し、グレード間の主な価値差を示している。

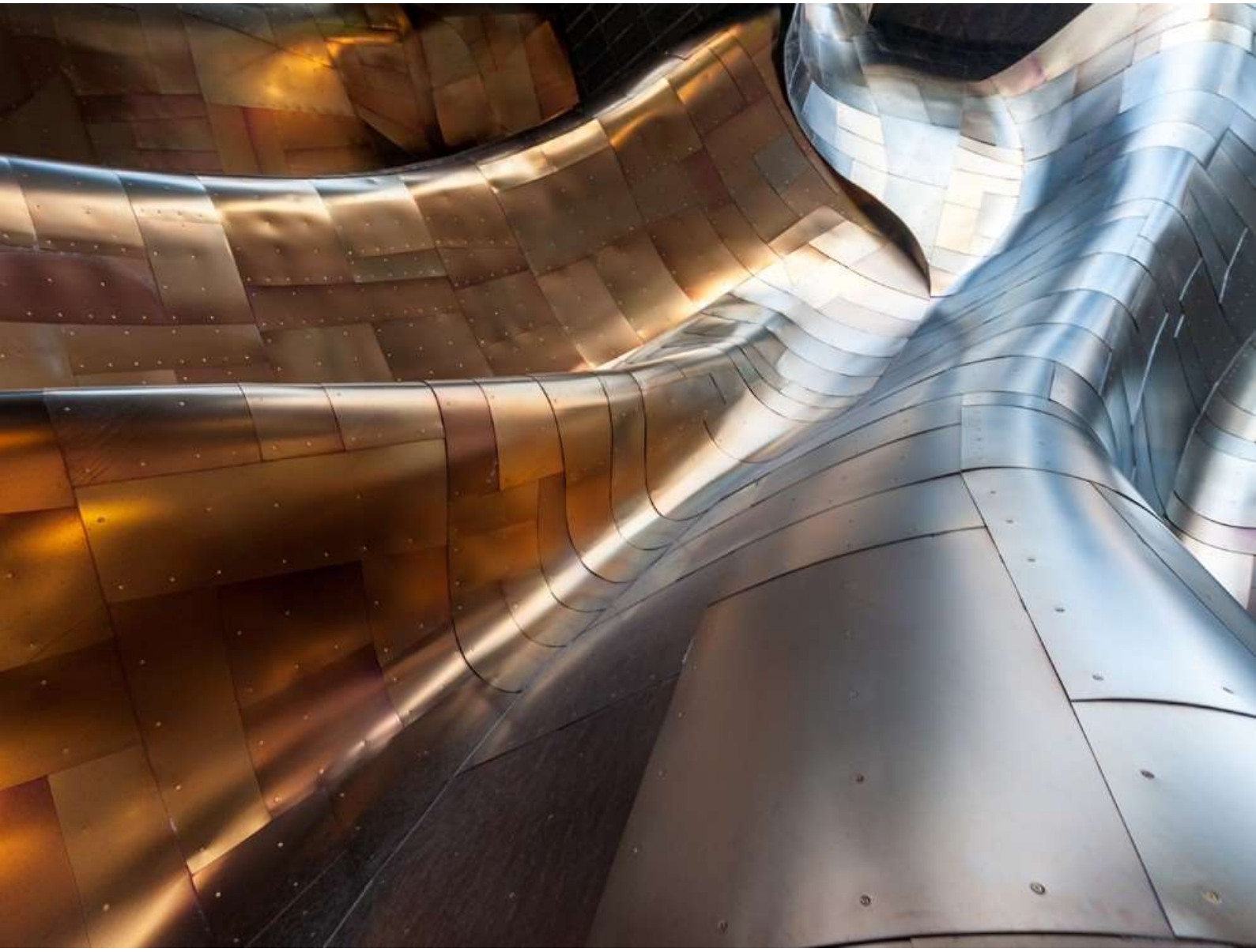
回収されたスクラップを新しい粗鋼に再処理すると、工程歩留まりロスが発生する。これはすべてのスクラップベースの製鋼の重要なプロセスパラメータであり、それを最小化するためにかなりの努力が必要である。しかし、金属の約4~5%は蒸発と鉄酸化によって失われる。その理由の1つは、スクラップ鋼の「洗浄」(不要な合金金属の除去、またはコーティングのような他の汚染)のプロセスが非常に侵襲的であり、それゆえ、いくつかの望ましくない金属損失の代償となることであり、11の損失は年間約500万トン、すなわち30億ユーロの損失価値となる。

合金含有量の異なるスクラップを混合した後、新しい鋼に再加工すると合金値は失われる。一歩後退すると、合金金属は鋼に添加され、その材料特性を調整する。一般的な合金金属には、マンガン、バナジウム、およびモリブデンがあるが、他にも多くの金属がある。それらはしばしば少量添加されるが、一般的には鋼よりもはるかに高価であり、したがって価値の大きな割合を占める。しかしながら、スクラップを新しい鋼に再加工すると、合金は大きく失われる。材料特性を改善する代わりに、それらは、しばしば、中性であり、または、鋼の次の使用者に有害でさえあり、したがって、除去される。これもまた、さまざまなスクラップの大量精製のために支払われた代価であり、「中性」鉄原料に流れ込んでいる。失われた金額は、最初に生産された合金鋼とスクラップとして返却された合金鋼との価格差に基づいて、年間30億ユーロである。これの多くは、再溶解時に形成されるスラグへの重要金属の喪失によって単純に説明できる。しかしながら、いくつかのシェアは、所与の用途に対して正確に適切な合金混合物を有するという複合特性にも起因する可能性が高い。

ステンレス鋼はこの重要な例外である。ステンレス鋼では、上記のように非合金鋼よりもはるかに価値があるため、ニッケルとクロムは体積の25%にすぎないが、材料価の70%以上を占める。12ステンレス鋼は認識・分離が容易であり、主に自らの鋼製ループ内を循環している。これは、ほとんどの合金値がステンレス鋼について維持されていることを意味するが、専門家のインタビューによると、合金値の約20%はステンレス鋼についても失われている。

年間80億ユーロと推定される品質損失も発生する。上記の考察から、鉄スクラップと鉄鋼スラブの価値の間には、依然として80億ユーロの差異が残っている。これはいくつかの要因によって説明される。一つは、スチールスクラップのいくつかのカテゴリーは、例えば、それらの再溶解が重い加工を必要とするため、またはそれらが除去困難な望ましくない要素を含むため、取り扱いが困難であることである。もう1つは、電気炉で充電する前に追加処理を必要とするフォーマット(例えば、非常に大きな部品)のスクラップがあることである。スクラップの使用を複雑にし、平均値を引き下げる他の多くの考慮事項がある。この値は、われわれの計算では最も不確実である。バージンスラブとスクラップの価値は比較的確実である。

結論として、価値の損失総額は年間約190億ユーロである。これらの推定値にはかなりの不確実性がある。例えば、回収ロスに関する基礎研究では、多少異なる推定値が得られている。また、3つの鋼材等級の統計的分類では、多くのニュアンスが残されている。 品質ロスの計算は、他の推定値に大きく依存するため、特定することは特に困難である。例えば、我々がここで使用する120ユーロ/tの代わりに、再加工コストが150ユーロ/tである場合、我々が品質損失と表示する「残差」は、以下より小さくなる。
80億ユーロ(40%減)ではなく、50億ユーロ。それでも、この分析は多くの興味深い改善機会を特定し、定量化するものであり、過剰生産能力と過小利益率に悩まされている業界では、この規模の価値機会は非常に重要であるべきであると我々は考えている。これらの機会のいくつかはすでに取り組まれており、
例えば、電気炉の効率を改善する一方で、他のもの(例えば、新しいスクラップの発生源でのスクラップの分別)は、あまり注目されていない。



2.3 銅 - 2次鉄鋼をベースとした欧州鉄鋼市場への道路ブロック

上述したように、鋼材は品質面でも異常にサーキュラーである。 過去の用途の「記憶」の多くは、鉄および合金金属の両方の損失の代償として、再溶解において消すことができる。 従って、二次鋼はバージン鋼と同じものの多くに使用することができ、低品質の損失、従って価値の低下に寄与する。

しかし、これには大きな課題がある。 特に、銅による汚染は鋼の品質を著しく低下させる可能性がある。 他の多くの合金または不純物元素とは異なり、銅は再融解中に鋼スラグから分離することが非常に困難であり、鋼の強度および品質に深く影響する。 スクラップには、耐錆鋼に使用されているため銅が含まれており、また、一般的には、葉の選別が不十分であるため銅が含まれている。

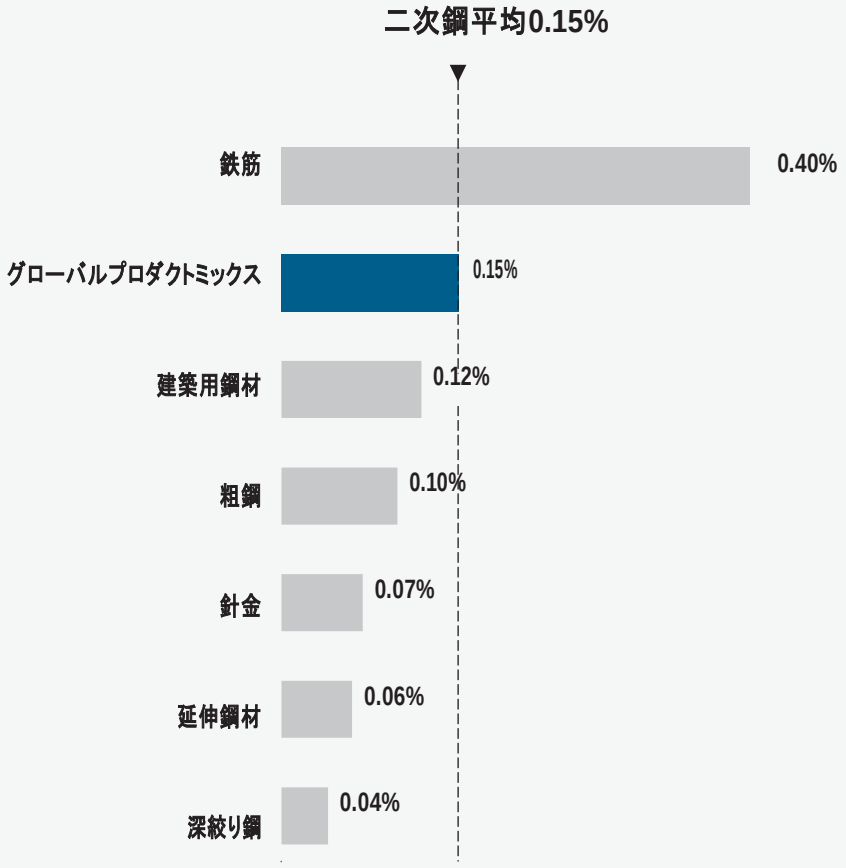
スクラップミックス中の小型電動機やケーブルなどの銅製品

構造用鋼は銅を0.40%まで含むことができるが、その他の鋼材ははるかに感度が高く、製品カテゴリー間で銅濃度を0.15%以上にすることはできない(例外もある。例えば、一部のローラベアリングメーカーはスクラップベースのプロセスで高強度製品を製造することを管理している)。 ヨーロッパの鋼材にはすでに大量の銅が添加されており(例えば、スウェーデンでは平均銅含有率0.22%)、使用サイクルごとにさらに多くの銅が添加されている。 現在、世界の平均スクラップの銅含有率は0.15%であり、既に高級鋼材の高いシェアの上限を超えている(図表9)。

別紙9

銅汚染はすでに非常に高く、リサイクル鋼材はいくつかの製品カテゴリーに適合できるように一次鋼で希釈する必要がある。

鋼材別最高銅濃度
重量%銅



出典:DAEHN ET ALに基づく材料経済分析(材料経済学2018)。2017

これは、鋼材が飽和するにつれて問題となる。すでに述べたように、ヨーロッパの鉄鋼需要は、主に耐用年数の終わりに製品や構造物を交換する必要性によって駆動されている。将来的には、使用済み鋼材は、将来の鉄鋼需要の成長の大部分を満たすのに十分である。一次生産は依然として必要とされているが、鉄鋼原料の純増に限られており、これは主に急速に成長している開発途上国で拡大している。ヨーロッパでは、理論的には2050年までに鉄鋼需要の90%がスクラップで供給されることになる(図表10)。したがって、良好に維持されたサーキュラー鋼流は、非常に魅力的な産業的機会である。

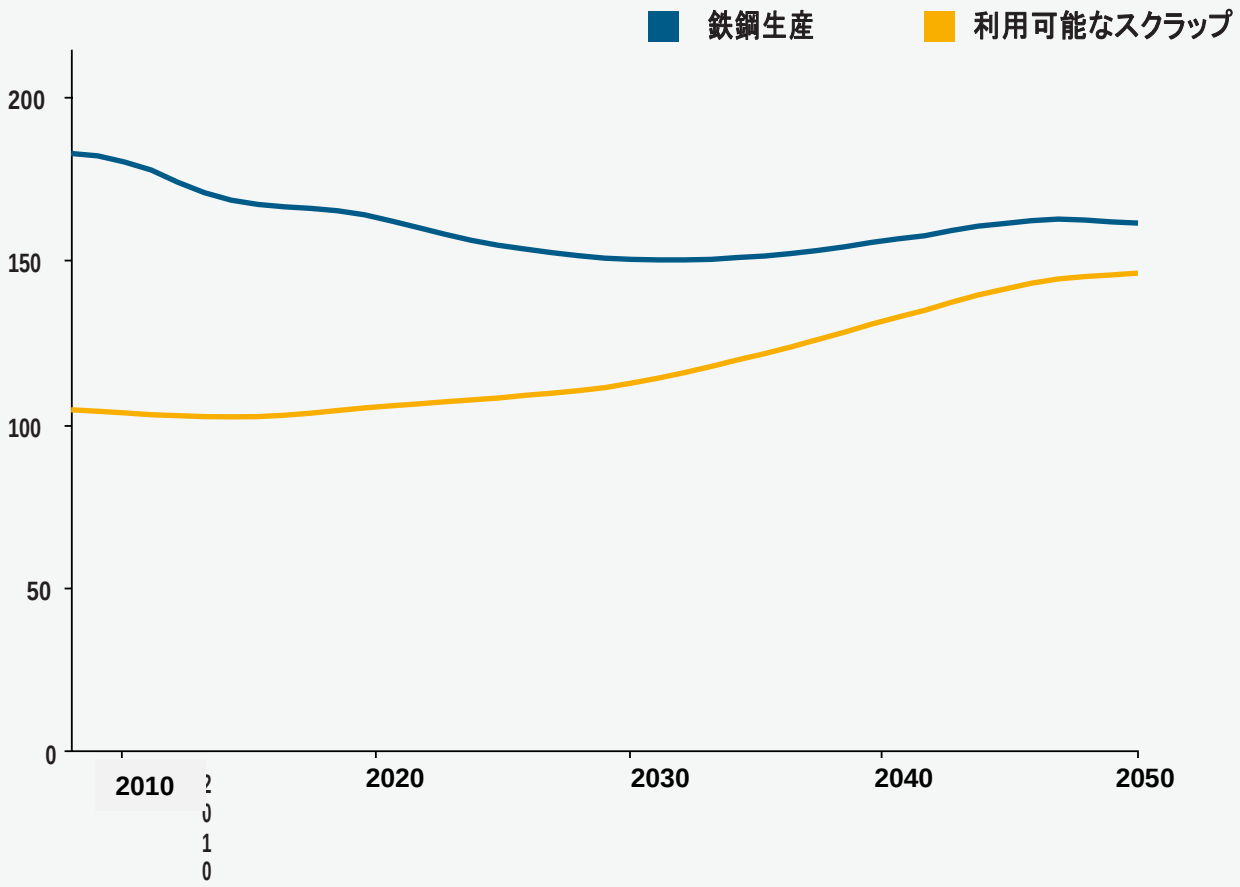
しかし、スクラップの生産シェアを拡大することは、銅汚染の問題を増加させる。現在までに、銅問題は主に一次鋼による希釈によって処理されてきた。これで十分であり、前述のヨーロッパの分析では、銅汚染による品質損失が大きな影響を及ぼさないことを意味している。しかし、希釈は長期的な解決策ではなく、銅含有量を希釈するためのバージン材料への依存性は、鋼を無限に使用することができる閉じたサーキュラーシステムを妨げるであろう。実際、このシナリオを回避するために銅の汚染を制限することは、経済的価値を維持するだけでなく、鉄鋼生産からの将来の温室効果ガス排出も削減するであろう。

別紙10

ヨーロッパは、スクラップベースの生産を使って、鋼材需要の大半を長期的に満たすことができる。

ヨーロッパにおける鉄スクラップの入手可能性と鉄鋼生産

年間百万トン



注:従来の製鋼プロセスで直接リサイクルされた即席SCRAPを含まない利用可能なSCRAP

出典: 材料経済モデル化、ENDNOTE13参照

40年間

鋼材の平均寿命

欧州経済に

2.4 可能なパスフォワード

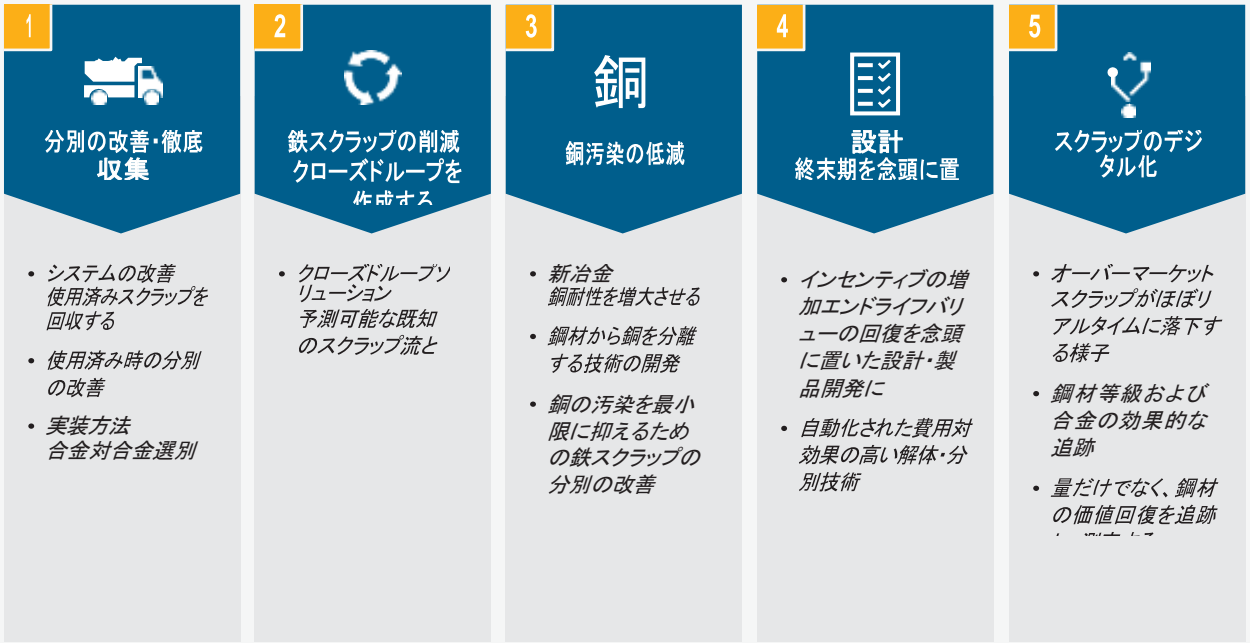
世界的にもヨーロッパにおいても、鉄鋼は今日よりもサーキュラーになる可能性がある。このセクションでは、上記で特定された価値の損失に一緒に対処し、鉄鋼をよりサーキュラーにする5つの行動分野を概説する。図表11を参照。

ヨーロッパは、(i)新しい鉄鋼製品の需要にほぼ匹敵するスクラップ量がある成熟した市場であること、(ii)巨大鉄鋼からのスクラップの割合が非常に高いこと、という循環型鉄鋼産業を発展させる上で特に有利な立場にある。

ヨーロッパの製造産業は、異なるスクラップ等級の標準化され差別化された流れを可能にするために、このスクラップ源はより良く配置されており、(ii)他の世界地域と比較して比較的洗練された確立されたスクラップ市場を既に有しており、(iv)多くの主要製造業者は、低炭素鋼の製造(例えば、水素ベースの製造経路を使用することによる)の推進の一環として電気炉生産のより多くの利用を検討しており、従って、それらの製品においてより多くのスクラップを

別紙
11

ヨーロッパの完全循環型鉄鋼産業に対



アクションエリア1:スチールスクラップの選別・回収の改善

マテリアルバリューを高めていくためには、鉄スクラップの生産・回収ロスを削減する必要がある。使用済み製品を回収するシステムは、鉄スクラップの量が増えるにつれて容量と精度が拡大し、より広く構築する必要がある。消費者が製品をリサイクルし、鉄鋼製品が次の時点で分離されるようにするためには、新たなイニシアチブとインセンティブが必要である。

建物は解体される。より多くの鋼材を回収できるかどうかを測定することは困難である。すでに述べたように、より高い回収率に達した材料はごくわずかである。それにもかかわらず、価値の一部は回復することが可能であるはずである。

異なる廃棄物カテゴリーを分類することは、わずか数十年前よりもすでにはるかに良好であるが、改善の機会はまだ多く残っている。異なる鋼種を同定するために用いられる技術は、過去3年間で非常に大きく発展し、いまだに急速に成長している。また、市場は、より優れたキャパシティを持つより大きなプレーヤーに向けて動いている。

多数の鋼材グレードを区別するための性能 例えば、いくつかの企業は、現在、異なる等級の鋼材を供給源で分離するための社内システムを顧客に積極的に支援している。同時に、より高度な分別・物流は、金属廃棄物を発生させる製造業のプロセスと、自動車のスクラップ、建築物の解体、都市廃棄物などの主要な使用済みフローの両方のプロセスの変化を必要とするであろう。廃車は、銅汚染の重要な原因であるため、特に重要である。

合金から合金への選別は、再生鋼の格下げと価格損失を回避するためのもう一つの重要な要素である。二次生産に使用される鋼材の含有量が分かっている場合は、最終製品に近いように鋼屑を混合することができる。日本の調査によると、スクラップの分別が進むにつれて、新しい鉄鋼製品にリサイクル・使用できるクロムやニッケルの量は、分別が不十分なシステム(回収率30%未満から70%以上)に比べて250%増加することが分かり、そのために必要な技術開発が急速に進んでいる。例えば、レーザ誘起ブレークダウン分光技術は、改良されており、コストが急速に減少しており、合金の含有量を迅速に決定することを可能にしている。これが知られ、より詳細なスクラップ基準が開発されれば、より差別化された市場が創出され、鉄鋼メーカーは高級品にも要求されるスクラップを特定し、入手することができる。

アクションエリア2:発生した新しいスチールスクラップの量を減らし、CLOSED-LOOPソリューションを作成する。

必然的に、スチールのリサイクルには価値の損失がある。なぜなら、常にプロセスロスと再加工のコストがあり、それはスチールスクラップの正味価値を低下させるからである。そのため、経済活動に伴って発生する鉄スクラップの削減が重要な課題となっている。スチールスクラップが発生するが、大幅に削減できる例がいくつかある。

合金含有量が知られており、炭素鋼のよりクリーンな流れを提供するのであるクラップ流を製造することは多くの可能性を有する。スクラップ重工業はスクラップ流を用いた閉ループソリューションを創出する可能性が非常に高く、コンテンツは慣れ親しみやすく、予測可能である。クローズド・ループ・ソリューションによって、業界は埋め込み材料の価値のより大きな部分を保持することができ、これは大きなビジネス機会を提供する。クローズド・ループ・ソリューションが利益を生む可能性のある例は、自動車業界である。自動車業界では、製造スクラップはクリーンであり、材料価値をあまり損なうことなく、閉ループ・システムで同様の製品にリサイクルすることが可能である。既に、本質的に閉鎖的なシステムを確立した主要な消費者や生産者の例があるが、これをバリューチェーン全体のより多くの関係者や生産者に拡大する大きな可能性がある。

アクションエリア3:鋼材汚染の低減(特にCOPPER)

本章で前述したように、銅が鋼に与える影響は長い間知られてきた。これまでのところ、一次鉄鋼生産がスクラップベースの生産を大幅に上回っているため、問題は比較的扱いが容易であった。銅汚染は、二次鋼が低濃度を必要とする最も要求される用途を含め、より幅広い用途に使用されるため、はるかに大きな懸念事項となる。すでに述べたように、汚染問題を解決しなければ、世界は汚染された鋼材を希釈するだけで、追加の一次鋼を生産する必要があるだろう。実際、銅の問題が解決されない限り、回収量の増加やロスの減少といった他の循環手段の影響は限定的である。銅問題に対処するための5つの主要戦略がある。

- 使用済み自動車の分離の改善: 第一段階は、高銅スクラップをクリーンな流れに加えないようにすることである。これは、使用済み自動車のスクラップなど、今日ではしばしば行われていることである。その上で、リサイクルプロセスにおける銅と鋼材の分離を増加させることが必要である。これはすでにある程度は起こっているが、実践方法は大きく異なっている。選別の程度は、銅を除去するコストの高い手作業のため、銅価格に伴って変動する。手作業のコストを避けるために、自動仕分け技術が開発されている。特定のスクラップ流を純粋に保ち、特に銅に敏感な用途であるクラップの使用を可能にするためには、よりクローズド・ループ・リサイクルが必要であろう。

- 汚染を低減するための製品設計:製品の設計も仕分け工程を改善することができる。リサイクルおよび分解のための設計原則は、銅成分の識別、アクセス、および除去を容易にすることにより、銅成分の除去を容易にすることができる。材料の代替は、時には、取り扱いが容易な光ファイバまたはアルミニウム等価物で銅ケーブルおよびワイヤを置き換えるなどの選択肢である。

- 銅耐性を高める冶金学:銅が問題を引き起こす温度間隔を回避することによって、銅に対してより耐性のある生産プロセスを設計することができる。それ自体は長期的な解決策ではないが、問題を緩和する。

- 鋼からの銅の分離:鋼から銅を除去するための商業的に実行可能な方法は、いったん追加されると、現在は存在せず、いくつかの評価は、これが可能であるという悲観的である。それにもかかわらず、硫化物スラグ法、減圧蒸留法、酸素または塩素ガスの使用などの可能性のある方法の研究が進行中である。

- 自動車部門における表示と強制分別:破砕車は銅汚染の重要な原因であるため、欧州はこの汚染源を削減するために目標を定めた規制を設計することが可能かどうかを検討することができる。これには、例えば、自動車製造業者に、特定の部品に高い銅含有量を明確に表示し、これらの部品の選別を義務付けることを要求することが含まれる。もちろん、このような規制の費用と便益は、そのような措置が講じられる前に、慎重に評価される必要がある。

アクションエリア4:材料の設計と選択によるダウンサイクリングの防止

他の材料カテゴリーと同様に、製品がどのように組み立てられているかは、材料がリサイクルされたときにどのように分別され、回収されるかに大きな影響を与える。ほとんどの場合、製品製造業者がこのことを考慮するインセンティブはほとんどなく、製品設計を二次鋼の製造に対する重大な障壁とする。特に重要なのは、従来、リサイクル(再利用)が困難で経済的でないように設計されてきた車両や建物である。自動車産業のケースを改善するためには、自動車を破砕する際に現在発生する破砕よりも、はるかに自動化された車両の解体が必要とされる可能性が高い。解体性の向上は、すでにヨーロッパよりも日本ではるかに大きく進んでおり、新しい自動化技術は、将来、はるかに経済的に実現可能になるはずである。

製品中の鋼材等級の選択は、コスト、特性、および機能に基づいて最適化されることが多いが、使用済み時の価値の回復に与える影響には基づいていない。自動車の排気システムのような比較的単純な製品でさえ、幅広い鋼材等級を含むことができ、限界コスト節減は生産の観点から合理的であるが、回復に大きな障害をもたらす。より良い解決策を見つけるためには、協力と製品開発への新たな焦点が必要である。すでに自動車メーカーはリサイクル材の使用に努めているが、近年はその優先順位が高まっている。使用済み製品を考慮に入れた設計アプローチの優先順位付けには大きな機会がある。今日では、多くの企業の製品開発にはほとんど欠けている。

行動領域5:デジタル化とSCRAP市場の近代化

鋼材のグレード、スクラップの供給、および新鋼材の需要を効果的に追跡することにより、鉄スクラップの洗練された市場では、格下げやその他の価値の損失を大幅に回避することができる。EUレベルでは、欧州鉄スクラップ仕様を通じて、すでに十分に開発された分類と標準化が行われている。合金元素をより多く利用することはスクラップ市場に追加的な要件を設定することになる。これはデジタル化が鍵となり、スクラップ生成の詳細な概要をリアルタイムに近い状態で把握し、現在の生産に対応できるようにすることを意味する。これには、より狭い製品カテゴリーの供給を強化するために、より大きな地理的市場が必要となるであろう。今日のスクラップ市場はまだこの現実とはかけ離れているが、デジタル化は取引コストを削減し、可能にすることができる。

一次鉄鋼の品質に到達するためには、二次鉄鋼生産も改善が必要である。二次生産が、より要求の厳しい製品群に対応するためには、二次鋼の品質損失を緩和する必要があり、スクラップ投入と二次製鋼のニーズと高品質鋼生産の許容度をマッチングさせる、より発展した市場が必要である。これは、スクラップ供給の良好な管理と高度な冶金技術を組み合わせて、世界で最高品質の鋼材を作ることに頼っている数人の生産者によって実証されているように、完全にスクラップからである。また、鉄スクラップのより高度な市場において、新たな価値の源泉とビジネスチャンスを創出することにもなる。

プラスチック

廃棄物から有価物へ

要約

プラスチックは、包装、自動車、建築物、および無数の消費者製品に使用される重要で汎用性のある材料である。EUでは、年間5,000万トンのプラスチックが使用されており、1人あたり100kgである。

これらの材料の大部分は、原則として、新しい材料にリサイクルすることができる。しかし、プラスチックの材料価値のほとんどは、1回の使用サイクルで失われてしまいる。EUでのリサイクル、廃プラスチックの輸出、およびプラスチックを燃料として使用することによって、当初の価値のわずか11%が維持されている。失われた価値は、プラスチックと同様に年間550億ユーロに達する。

埋立、焼却、または価値の低い材料への転換

この問題に対処するには、まず、EUではプラスチックの量が10%に過ぎないのに、なぜそれほど少ないプラスチックが実際に新しい材料にリサイクルされているのかを尋ねることから始めなければならない。 その答えは、製品設計、回収システム、市場規制、投資の不足など、バリューチェーン全体に及ぶ。リサイクル率を高めるためには、政策立案者や企業は、材料の価値、特に高品質で高価値な材料の前提条件に焦点を当てる必要がある。

11%

プラスチックの材料価値を

使用サイクル後に残る

3.1 導入 - 我々の経済にとって重要であるが、環境的に問題がある、汎用性があり、低コストの材料。

プラスチックは、汎用性があり、耐久性があり、現代の経済全体に広く使用されている低コストの材料である。30種類以上のプラスチックが一般的に使用されており、自動車から建物、無数の消費者製品、包装など、さまざまな分野で特性や用途が異なる。EUでは、年間約5,000万トン(1人当たり100kg)のプラスチックが使用されているが、EUにおけるプラスチックの需要は、包装材の軽量化の継続、自動車用プラスチックの使用量の増加などにより、年率2~3%の伸びを続けている。

建物の断熱改修需要の増加

エネルギー効率

プラスチックは、重要な点で他の材料と異なる。1つは、製品の寿命が短いことである。プラスチックの40%以上が、使用済みになるまでの1年未満の包装や消費者製品に使用されている。その結果、経済利用から撤退する量(年間42Mt)は、毎年使用される総量(50Mt)とほぼ同じくらい多い。これらの42Mtは元々600億ユーロを超える物質価値を有し、大部分は原則としてリサイクル可能である。しかし、後述するように、ほとんどのプラスチックはリサイクルされておらず、また、リサイクルによって生産された材料の価値が低いため、この価値のほとんどは、実際には捕捉されていない。

プラスチックの環境への影響も議論の的となっている。耐久性、軽量性など、経済的にプラスチックを魅力的にする特性。プラスチックが自然界に漏れると問題となる。最終的に海洋に到達するプラスチック、特にマイクロプラスチックの完全な影響はまだ理解されていないが、現在の傾向が大きな環境被害を引き起こす可能性があることは明らかである。EU、インドなどでは、海洋におけるプラスチック危機への対応として、一部のプラスチック単品製品の使用を禁止しているほか、プラスチック製品には以下のものがある。 2

主要な心拍 設置面積、1つの部分では主要な 排出
出量 CO

原料の抽出・精製、プラスチックポリマーの製造などに使用される。また、プラスチックは文字通り化石炭素からつくられ、使用済みのプラスチックが燃焼すると放出される。ここでは、年間使用されるプラスチックのカーボン・フットプリントは、実際、航空機から排出されるすべてのCO排出量よりも大きい。 2

本章では、プラスチックの使用サイクルにおいて、材料価値のあるレンズを適用する。なぜこれほど多くの価値が失われるのか、また、どこに改善の可能性があるのかを解明することを目的としている。私たちは今日、遠く離れた循環システムを見出し、システムで現在失われている価値をより多く獲得するために、いくつかのイノベーションとビジネスの機会を特定する。

550億ユーロ

原材料の価値が毎年失われる

欧州におけるプラスチックの使用

3.2 価値保全-プラスチックの原材料価格の11%しか使用サイクル後に残らない。

プラスチックの評価を図表12に示す。毎年、使用サイクルを終了するプラスチックは、620億ユーロの原材料価値を有していました。しかし、そのうち67億ユーロ(11%)だけがリサイクル原料の価値と組み合わせて維持され、使用済みプラスチックとして得られたエネルギーの価値は燃料として燃焼される。このように、プラスチックは圧倒的に「一度使用する」材料であり、製品、パッケージ、建築物が最初の使用サイクルの終わりに達するにつれて、生産で最初に創出された材料価値が経済に失われる。このセクションでは、この発見につながる分析と、政策とビジネスへの影響について説明する。

プラスチックの本来の材料価値はプラスチック樹脂の価値と定義される。価格はプラスチックの種類によって大きく異なり、価格はこれを説明する。

部門間のプラスチックの使用パターンを調整することによって 樹脂は自然な出発点である。プラスチックが(「材料」ではなく)「製品」の価値を獲得し始める前に、バリューチェーンのポイントとなる。例えば、包装に使用される転換材料は、添加物、物理的形状、さまざまな性能保証からも価値を引き出する。また、樹脂はリサイクル製品の関連比較であり、透明な価格比較のための標準契約を通じて取引されている。

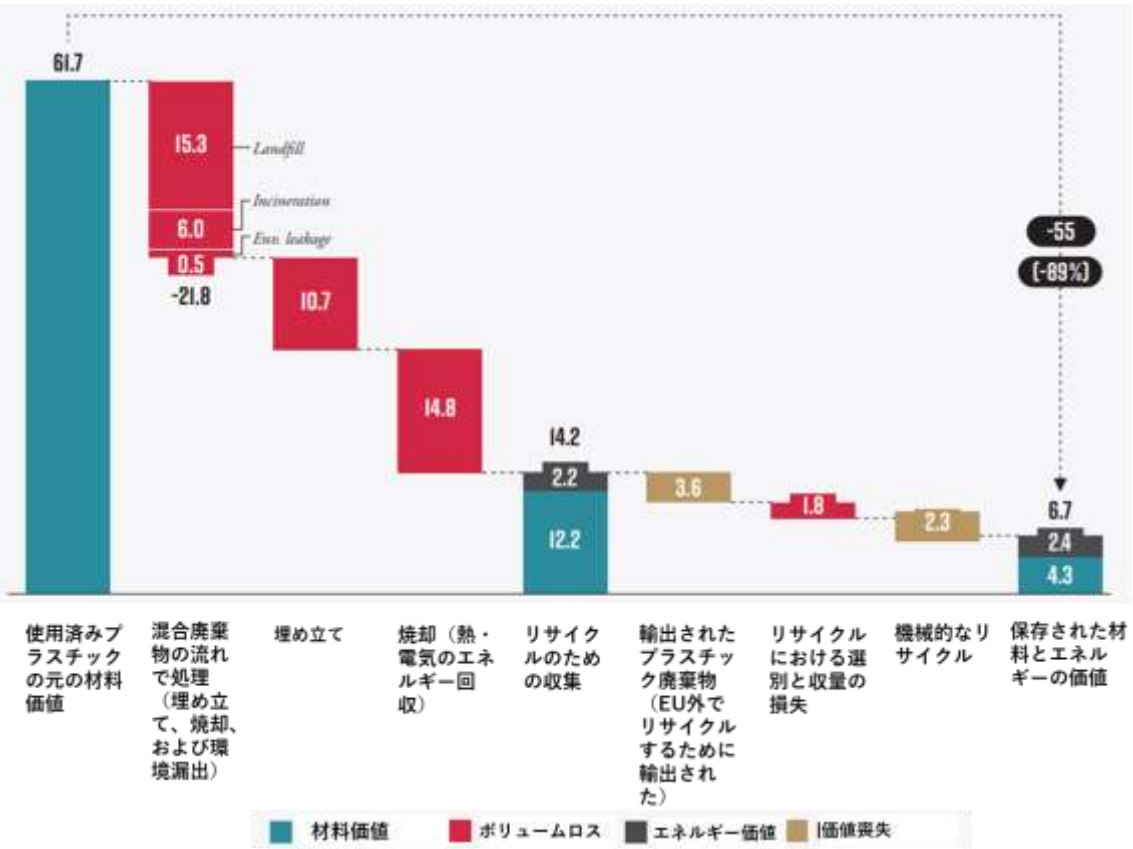
残存価額67億ユーロは、使用済みプラスチックがさまざまな用途で使用されている金額の合計である。再生樹脂の価格から、輸出されたプラスチック廃棄物の価格、埋立処分されたプラスチックのゼロ値まで幅がある。これについては、以下でより詳細に説明する。

別紙12

毎年、プラスチックの使用により550億ユーロの材料価値が失われている。

使用済みプラスチックの原価に対する実際の使用済み価値と価値の損失

年間10億ユーロ



出典:複数の出典に基づく材料経済分析、注記18を参照。

3.2.1 ボリュームロス

EUにおけるプラスチックの使用サイクルの終わりに達する量は、4,200万トンである(図表13)。これは、上述の年間5,000万トンの使用と比較することができる。EUでは、経済におけるプラスチックの総在庫量が年間約8Mt増加しているが、使用されるプラスチックの大部分は、使用されていない材料の置き換えである。

リサイクル量ははるかに少ない。 その結果、EUにおけるリサイクルポリマーの生産量は、リサイクル梱包廃棄物を中心に4Mtとなり、そのうちプラスチックのリサイクル率は10%にとどまっている。19. この結果、リサイクル率は10%にとどまっている。残りの90%のうち11Mtは焼却される。残高は3分の2近くを占めている。

total - 輸出または埋立処分されるか、または一般混合廃棄物として処理される。

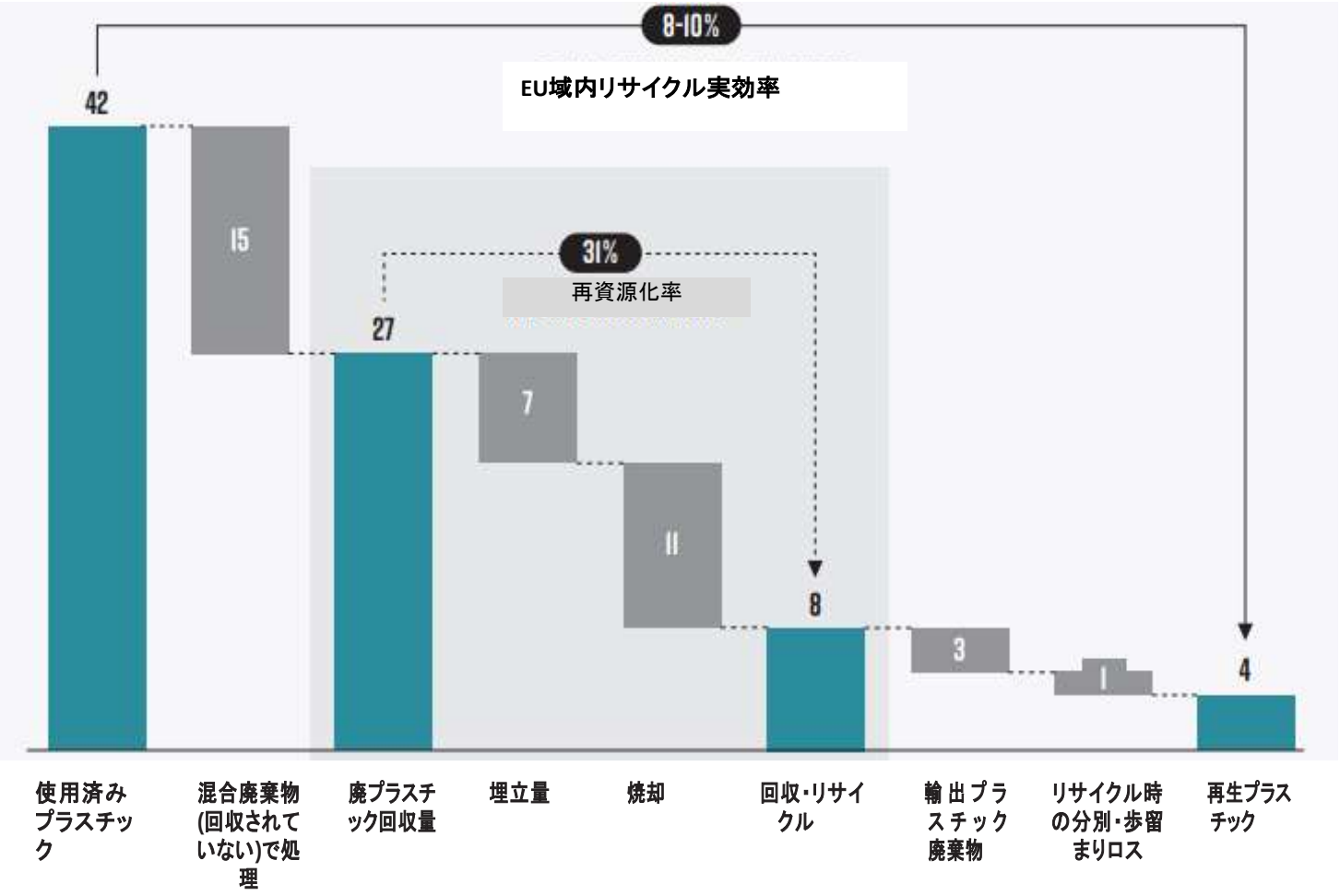
この数字は驚くべきことかもしれない。 結局のところ、EUにおけるプラスチックリサイクルの最も多く引用されているのは、プラスチックのほぼ3分の1(31%)がリサイクルされていることである。2つの要因が推定値の大きな差を説明する。簡単に言えば、公定歩合は、リサイクルに送られる別々に識別されたプラスチック廃棄物の割合に基づいている。一方、EUでは、使用済みプラスチックのうち、実際に再生プラスチックとなったものの割合を試算しており、20点については、後述するとおり、EUでは、現行の対策は有効な対策ではないと認識しており、公式な見積もりも改訂される予定である。

別紙13

EUにおけるプラスチックのリサイクル実効率は8~10%に過ぎない。

使用済みプラスチックの処理

EU, 2016, 百万トン



(注)四捨五入の関係上、合計しないこと

出典:複数の出典に基づく材料経済分析22

100kg

1人あたりのプラスチックの量

欧州では毎年使用されている

第一に、この測定はすべてのプラスチックを捕捉するものではない。

混合廃棄物ストリーム中のプラスチック。 廃棄物統計では、年間約27Mtのプラスチック廃棄物が報告されている。しかしながら、廃棄物分画のボトムアップ会計は、不完全な測定をもたらすことが知られている。使用済み製品の流れを推定する標準的な方法は、使用される材料の総量の推定値と、使用される製品、包装、構造の多様なグループの典型的な寿命を組み合わせることである。このようなストック型モデルは、鉄鋼、アルミニウムなどのリサイクル率を推定する標準的な方法である。これをプラスチックで行うと、前述したように、使用済みの量は4,200万トンであることがわかる。これはまた、廃棄物統計が約15Mtの使用済みプラスチックを回収できないことを意味する。これらの流れは混合廃棄物流の一部となり、従って、埋立(10.5Mt)と焼却(4.5Mt)の組み合わせを通して、これらの流れも同様に扱われる。

埋立処分量は、これらの混合廃棄物に加えて、7.4Mtのプラスチックが直接埋立処分され、17.9Mtとなる。これらのフローの物質的価値は完全に失われ、残存価値はゼロである。実際、埋立処分されたプラスチックは、廃棄物管理への総支出に加えて、価値を獲得するのではなく、コストを課す。

焼却によるエネルギー回収 回収されたプラスチック廃棄物のうち、約1,100万トンが焼却処分されている。混合廃棄物ストリームで焼却されるプラスチックと共に、焼却は、従って、年間17.2Mtの使用済みプラスチックの2番目に一般的な目的地である。これは、さらに多くの異なる形態をとる。プラスチックは、セメント部門の主要なエネルギー源となっている廃棄物由来燃料の主要な構成要素である。また、熱と電力の生産にも利用されており、EUの廃棄物エネルギー容量の3分の1を占める電力のみのプラントとは対照的に、熱と発電の組み合わせプラントで使用された場合には、より多くの価値が得られる。このように、これらの用途はある程度の価値を獲得するが、すべての用途において、エネルギーの値は、その材料の値よりもはるかに低い。実際、後述するように、プラスチックを焼却すると、当初の価値の90%も失われてしまう。

プラスチック廃棄物の輸出 このため、約8Mtのプラスチックが何らかのリサイクルプロセスに入っている。2018年には3Mtが輸出された。輸出されたプラスチックの運命は、大きな論争点となっている。例えば、プラスチック樹脂の最も一般的な形態である輸出ポリエチレンの最大7%が、海洋に漏れ出していることが、ある研究で明らかにされている。純粋な意味では、プラスチック混合廃棄物の輸出は低価格であり、豊富な供給であるが、貴重な用途はほとんどない。

EUにおけるリサイクル EUに残ったプラスチックはリサイクル工場で取り扱われ、さらなるロスが発生する。EUにおけるLDPE、HDPE、PP、PETリサイクルの設備容量は、2018/2019年には6.1Mtであり、使用済みプラスチック(42Mt)のわずか15%に相当し、これらの25プラントは大きな課題に直面している。プラスチックには数十種類あり、他の材料と組み合わせて使用されることが多い。このため、今日の技術では、高品質な出力にリサイクルすることが難しくなっている。廃プラスチックは、アルミニウムや紙などの他の材料と混ざり合ったり、異種ポリマーの積層材や熱硬化性樹脂などで、リサイクルで分別されるものである。また、少量ポリマー流などの二次的な市場がないプラスチック類も分別して焼却・埋立処分している。そのため、処理されたプラスチックの26%が分別やリサイクル工程で失われている。これらの「収量の減少」は、焼却または埋め立てされる。この後に残るのは、前述の4Mtの再生プラスチックである。

3.2.2 価格損失

上記の説明では、プラスチックについて説明している。– しかし、その理由は説明されていない。このことを理解するためには、価値観を採用する必要がある。結局のところ、プラスチックのリサイクル実効率が非常に低いのは、現在のシステムが要求される品質と価格で材料を生産することを管理していないからである。したがって、価値の喪失は、しばしば量的損失の根本原因である。すなわち、プラスチックは埋め立て、焼却、輸出される。

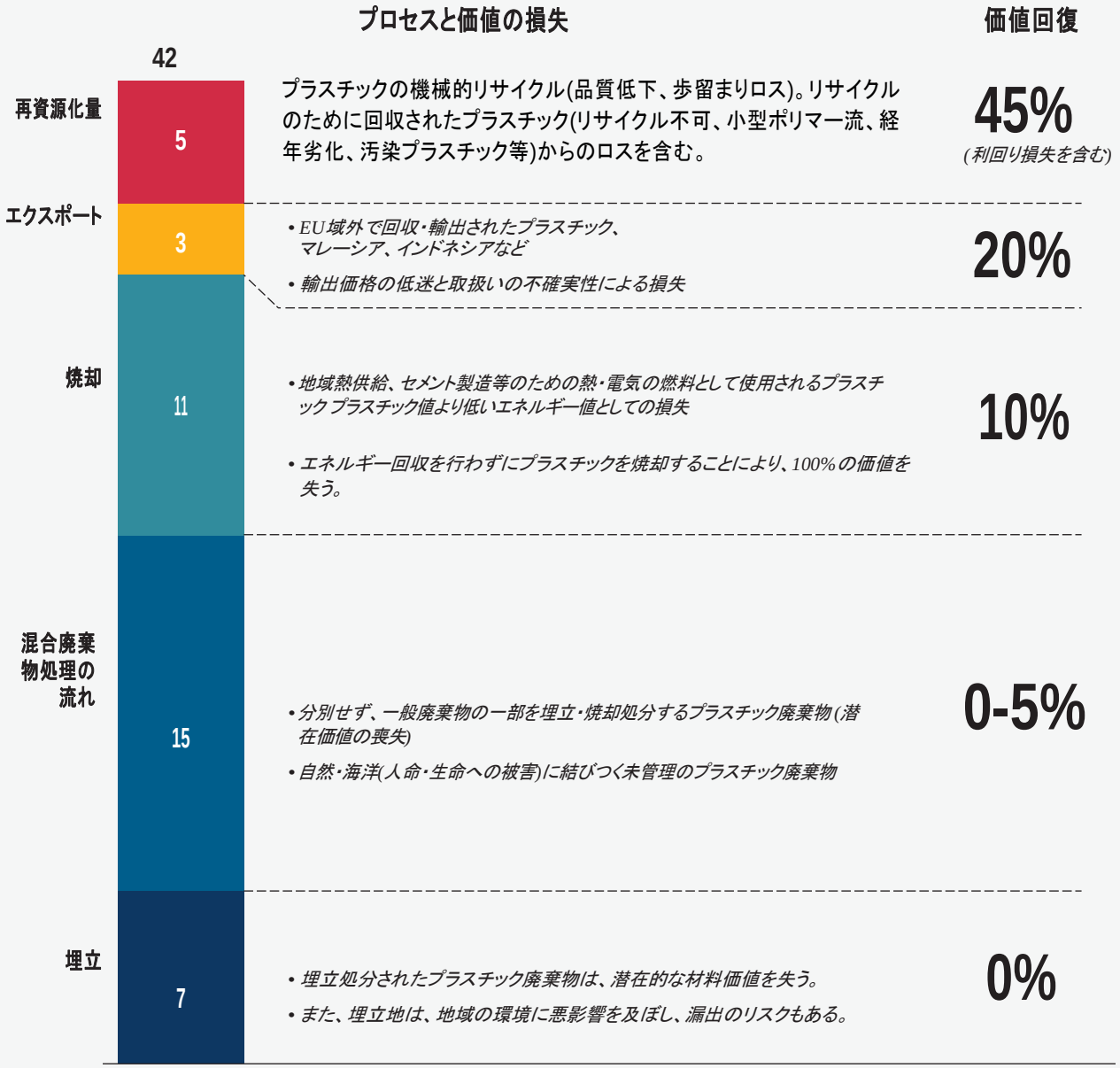
上記のボリューム・フローを値で表すことは、非常に明るいことである。プラスチックの既存用途の当初の価値は620億ユーロである。このうち、120億ユーロの元々の価値を持つ物質は、リサイクル・システムになる。しかしながら、輸出されたプラスチック廃棄物は低価格であること、加工された材料の多くがいかなる価値のある材料にも変換できないこと、および機械的にリサイクルされたプラスチックのために得られる価格がバージン同等物の価格よりもはるかに低いことから、さらなる損失が蓄積される。これらすべてを考慮すると、輸出またはリサイクルされたポリマーの価値は約43億ユーロであり、エネルギー回収の価値は24億ユーロである。これにより、上記の総回収額は6.7ユーロとなる。

プラスチックの価値回収のより詳細な概要を図表14に示す。このように、原材料の価値のほとんどは、使用済みプラスチックの最も一般的な目的地で失われている。埋め立てられたプラスチックは、価値はないが、コストがかかる。おそらく驚くべきことに、焼却(「エネルギー回収」)もまたほとんど価値を保持せず、これはプラスチックが樹脂として持っていた当初の価値のわずか10%に相当する。最後に、輸出やヨーロッパ内でのリサイクルによっても、価値の大部分が失われる。

別紙14

プラスチックの使用済み処理では、元の値の半分以下が保存されている。

処理プラスチック
EU, 2017, 百万トン



出典:複数の出典に基づく材料経済分析、注記26を参照。

平均すると、異なる再生ポリマー流の加重平均に基づいて、メカニカルリサイクルによって回収された総値は45%と推定される。歩留まりロスを含んでおり、リサイクルに回されたプラスチックをもとに算出されている。低価格化の理由は、再生プラスチックが2回目の使用サイクルで同じ用途に使用できることはめったにないが、より要求の少ない用途に「格下げ」されなければならないことである。その理由は様々であるが、性能を保証することが難しい、またはその用途が限られている、またはそれらの物理的特性が(色、嗅覚、強度の点で)悪い、または予測不可能である、などが挙げられる。その結果、少量の高品質流通でさえ、通常、対応するバージンポリマーの50～75%の価格で取引される27。

この平均値は有意な変動を隠している。ある極端な例では、食品グレードの再生PETプラスチック(「r-PET」)は、実際にはバージンPET(「v-PET」)よりも価値がある。これは、閉ループが確立でき、非常に大きな需要信号がある数少ないポリマーの1つであり、大手ボトル飲料会社はその使用を大幅に増やすことを約束したからである。ポリシーはまた、単一用途プラスチック指令の下で義務付けられたプラスチックボトルに含まれるリサイクル量を最小限に抑えて、これを推進する。その結果、食品用rPETはv-PETとほぼ同等の取引から、40~60%ものプレミアムを占めるまでになった。しかし、これはまだ小さな市場である。ペットボトルの約80%は、衣料用、カーペット用、ストラップ用などの非包装用途でポリエステル繊維になるが、PETは他のポリマーに比べて価値の低下が小さくなっている。

反対に、リサイクルプラントから得られる原理的に他の多くの画分は、実際には無価値またはほとんど無価値である。これらは、付加価値を与えるのではなく、リサイクル業者が取り扱わなければならない好ましくない側面の流れとなる可能性がある。値を持たない分数は、上述の「利回り損失」となるが、

また、燃料として低価格でしか販売できない画分もある。それらはまた、しばしば消費者ばく露から離れて、バルク用途に使用することができるいくつかの低品位材料を含んでいる。これらの流れはまた、いくらかの疑わしい副作用を危険にさらす。定義上、低品質で低価値の材料は、バージン材料を1:1で置き換えることができない。したがって、生産を強制することは、材料の総使用量が実際に増加し、環境価値を損なう「リバウンド」効果をもたらすリスクがある。

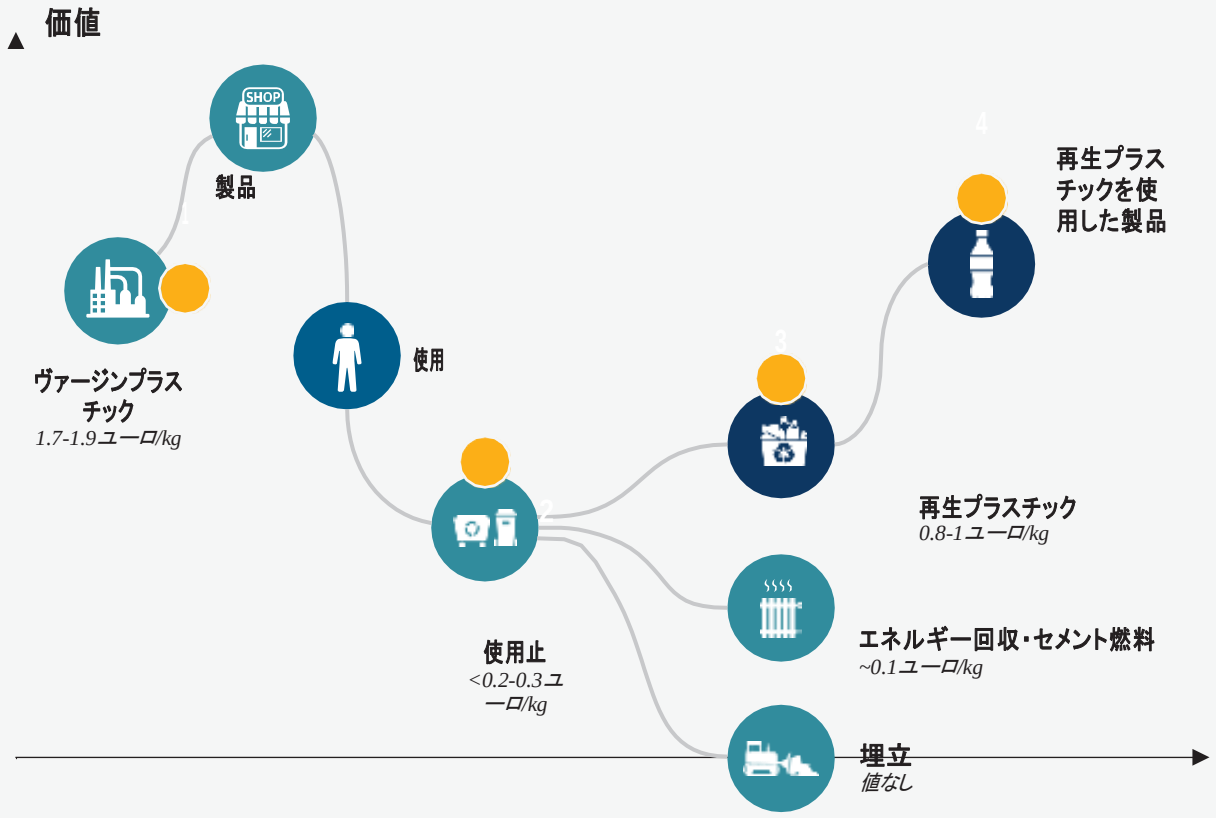
輸出されたプラスチック廃棄物の価値は、このダイナミックな動きを示している。年間約3Mtのプラスチックが輸出されている。これらは、1トン当たり約180-250ユーロで販売されている。
主要なポリマータイプの一次プラスチックについては950-1950ユーロとなり、中国や他のアジア諸国が禁止令を導入し、輸入意欲のあるプラスチック廃棄物の量を大幅に削減したことから、この損失は80%の価値損失を意味する。これは価格を下げ、EUの輸出が減少し、流入が他の国(主に東南アジア30)に移ることを意味する。

これらの低価回収率は、サーキュラープラスチックの取扱いのビジネスケースを非常に困難にしている。これらは、プラスチック廃棄物の収集、選別、およびリサイクルのコスト、ならびにバージンポリマーの現在の市場価格の低さに対して設定されなければならない。価値の損失が大きい限り、真のリサイクル率を上げることも非常に困難である。

結論として、現在の慣行は、1回の使用サイクルにおいて、元の材料価値のわずか11%を保持することができる。もちろん、これらの推定値には不確実性があるが、大まかにはっきりしている。プラスチックの場合、リサイクル原料がバージン製品の役割を担うことができる環状システムはずっと離れている。これを解決するためには、まず材料の価値と品質の重要な役割を認識しなければならない。

別紙15

使用済みプラスチックは、使用済みプラスチックの価値がマイナスから100ユーロ/トンと劇的に異なる可能性がある。



1 ヴァージンプラスチック

- *金額:1.7-1.9ユーロ/kg*
- *プラスチック画分間のばらつきが大きく、特殊プラスチックは最大4ユーロ/kg*

2 廃プラスチック(使用済み)

- *清浄なプラスチック画分は、0.2～0.3ユーロ/kgの値を有することができる。*
- *着色画分及び混合画分 <0.1ユーロ/kg*
- *リサイクルできないプラスチックは、ほとんど価値がなく、取り扱いコストにもなる。*

3 再生プラスチック

- *マテリアルリサイクル:バージンプラスチック(値の50~60%)に比べて品質が低く、~0.8~1ユーロ/kg*
- *エネルギー回収量:代替燃料のコスト対比~0.1ユーロ/kg*
- *埋立処分量:無価値、スウェーデンの埋立税はマイナス値*

4 再生プラスチックを使用した製品

- *同一製品ではほとんど使用されていない再生プラスチック(クローズドループ)*
- *再生プラスチックがバッグ、フラワーポットなどの価値の低い製品に最もよく使用される場合には、格下げが頻繁に発生する。*

出所:プラスチック欧州2018、デロイト・プラスチックリサイクル事業欧州2015、GEYER ET AL 201731

3.3 可能なパスフォワード

EUは、現在実施されている数百万トンの容量よりもはるかに大きなリサイクル産業を維持することができる。しかし、それを達成するためには、過去の慣行を大きく変える必要がある。今日のリサイクルは、廃棄物管理に根ざしている。すなわち、包装材中のプラスチックや使用済み自動車の処理量を特定し、それをリサイクルに送らなければならないということである。プッシュは「al-」だった。もっとも重要なのは、需要や生産された原材料の価値にあまり注意を払わずに、供給サイドである。潜在的可能性はある。物質的価値は、多くの経済活動の基礎となる可能性がある。しかし、そのためには、図表16に要約されているように、プラスチック・バリュー・チェーン全体にわたって、大きな変化が必要となるだろう。

別紙16

プラスチックリサイクルの改善には、バリューチェーン全体の変革が必要である。

	From	TO
1. 原材料	**ヴァージンプラスチック** *外部性コストを伴わない*	**ヴァージンプラスチック** *埋め込みカーボンおよびその他の外部物のキャリーコスト*
2. 設計・生産	**製品設計** *下流の外部性とコストを負担しない*	**材料の選択** *リユース・リサイクルを目的とした設計・ビジネスモデル*
3. 使用・廃棄	**分別・廃棄の適正化** *消費者や企業にとってしばしば不都合*	**分別・廃棄の容易化** *回収率の高い消費者・事業者向け廃棄物に対して*
4. 回収	**方針・体制** *他の「廃棄物」フローと同様に収集量に焦点を当てる*	**可能にすることに重点を置く** *二次原料生産のための原材料フローに対して*
5. 終末期	**終末期治療** *材料の価値を維持することに焦点を当てずに解体する。*	**製品設計** *解体・リサイクルを行い、二次原料の価値を維持するために*
6. 副資材製造	**低品質** *インプットと投資の不確実性は、低利回りと小規模で細分化された産業をもたらす*	**大規模産業** *高品質、高保存性、一次プラスチックのワン・トゥ・ワン*
7. 再生材市場	**インセンティブ** *リサイクルプロセスへの供給に注力する*	**信頼される製品** *需要サイドのインセンティブは市場の確実性を生み出し、能力への投資を刺激する*

アクションエリア1:デザインサーキュラー製品

プラスチックのリサイクル率を大幅に向上させるためには、バリューチェーン全体の変化が必要となる。とりわけ、主要製品群の設計には、高品質なリサイクルの可能性が組み込まれていなければならない。より良い設計は、異なるタイプのプラスチックへの分離を簡単にすることができ、例えば、使用済みプラスチックを洗浄しやすくすることができる。これは、プラスチックのリサイクルが「上流」への適応がほとんどまたは全くない、廃棄物処理ロジックから発生する、今日の慣行からの大きな変化を表している。

多くのプラスチック製品は、リサイクルを難しくしたり、不可能にしたりするように設計されている。異なるプラスチックを使用し、溶融させることができ、プラスチックを染色することができ(黒色プラスチックはリサイクルが困難であり、色は再生プラスチックの品質および商業的価値を低下させる)、また、除去が困難な添加剤および接着剤が存在することもある。これらの要因はすべて回収可能価額を減少させるが、生産者は費用を負担しない。

これは、認識されていない大きな市場の失敗である。副資材産業がバリューチェーンの上流部門と協調して、より多くの物質的価値を維持するような変化を誘発する現実的なメカニズムは存在しない。したがって、規制は、EUサーキュラーエコノミー行動計画や製品政策に焦点を当てる際に予見されているように、役割を果たすことができる。また、これは政策の新たな課題であり、製品規制、自主協定、基準、業界設計プロトコル、金銭的インセンティブなどの段階的導入の有無に関わらず、それに対処するための様々な選択肢のコストと便益を評価することが緊急に必要である。

アクションエリア2:要求パルスを作成し、投資を有効にする。

現在の政策枠組みは、再生プラスチックの需要にはほとんど注意を払わずに、フローの処理方法と供給促進の目標に焦点を当てて開発されてきた。しかし、今日のリサイクルレベルを超えていくためには、需給両面での対応が不可欠である。

そのための条件が整いつつある。今回の調査では、さまざまな企業との話し合いから、二次原料の利用が増えている企業からの潜在的な需要が大きいことが示唆されている。実際、企業は現在、時にはプレミアムをつけても、再生プラスチックを使用することを公に約束しているが、必要な量と品質が入手できないことがしばしば見出されている。一方、リサイクル業者は、必要な再生プラスチックの種類を生産するために、大規模な投資を行う必要があると感じている。したがって、ニワトリと卵のダイナミックな動きが働いており、細分化された小規模なリサイクル産業では、需要の不足がそのような生産を可能にする投資を妨げているにもかかわらず、大規模な利用に必要な一貫した品質と量を生み出すことができない。

本プロジェクトのためにインタビューを受けた技術サプライヤーは、はるかに大きな需要プールに対応できる高品質のリサイクルがすでに技術的に実行可能であることを確信しており、今日ではしばしば問題のある混合廃棄物流を出発点としている。しかし、大きな投資が必要になるだろう。これは、歴史的にほとんど収益をあげていない部門では、実証されていないことである。

このような状況では、需要信号が大きな変化をもたらす可能性がある。EUは、プラスチックボトルの場合、2030年までに現行の慣行を段階的に変更する必要があるリサイクルされた含有量と回収要件を備えた第一歩を踏み出した。これにより、飲料メーカーなどのプラスチック包装のユーザーは、自らの取り組みを支援する方針を知りながら、自らの目標を設定することが可能となる。

他の分野で同じダイナミックを利用することは、より高いリサイクル率、より高い品質に到達することの主要な部分であり、その結果、現在失われている原材料価値プールを利用することになる。

アクションエリア3:原材料価格を適正に取得する。

リサイクルはまた、材料価格の競争条件を平準化する政策環境において、より魅力的である。今日の純粋なプラスチック価格は、主に原材料価格、特に化石原料価格によって駆動されている。COVID-19のパンデミック以前には、世界的な投資の波とその結果としての供給過剰が、今後長年にわたって主要なプラスチック樹脂の低価格を固定化しようとしていた。原油価格の低迷や、パンデミック後の不確実な需要を背景に、価格は依然として下落する可能性が高い。

一方、バージンプラスチックの価格は、生産と使用の負の外部性を反映していない。一例として、CO_2の場合、EU排出量取引制度と同様の炭素価格は、主要ポリマーの価格を20%も上昇させるが、世界市場で価格が設定されているため、EU域内のCO_2価格は現在の政策にほとんど影響を及ぼさない。

このように、バージンプラスチックと再生プラスチックとの間のコストギャップは、その使用による環境への悪影響を考慮すると、ある程度縮小することになる。より広い意味では、資源や汚染に対する税金は、リサイクル(特に労働力や輸送燃料)へのインプットに対する税金よりも低く、リサイクルへのインセンティブを減らす。EUは現在、2021年から導入されるリサイクルされていない包装廃棄物に対する新しい税を含め、この方向へのいくつかの措置を講じている。プラスチック戦略における「プレッジング」メカニズムも、この問題に取り組むことを求めた。

政策立案者が、より広範な介入が必要であることを発見した場合、評価の選択肢には、特定の製品カテゴリーにおける再生プラスチックの割当量、二次材料の使用に関連する金融商品、および公共調達による市場創出が含まれる可能性がある。

9 焼却時に放出される生産排出量と「埋め込み」排出量の両方の算定

プラスチックリサイクルの改善
バリューチェーン全体
の変革が必要となる。

アクションエリア4:再生飼料原料の供給におけるスケールと品質を達成する。

現在、本当のボトルネックは需要にあるが、プラスチックリサイクル産業が依存する原料の供給を改善するために取ることができる重要な措置もある。

一つの分野は、現在、二次材料市場の発展を制限している規制の分野である。 収集のためのレガシーシステムは小さく、分断されており、しばしば一般廃棄物管理から飛び出している。 さらに、これらのフローを集約する努力は、国境を越えた廃棄物の取引を制限するものや、将来の物質的所有権に関する曖昧さを生み出す制度的な取り決めなど、管理上または規制上の障壁に直面することが多い。 原材料産業を育成するためには、エンドフライフプラスチックの取扱いが、機械的または化学的リサイクルのための原料の一貫した大規模供給につながる場合には、異なる考え方が必要である。

また、バリューチェーンの初期段階で材料の格下げを避けるためにも、多くのことができる。 使用済み製品の解体は、しばしば二次材料の生産に与える影響をほとんど考慮していない。 例えば、シュレッダーカーは、プラスチックが混ざりすぎてリサイクルできない(場合によっては、安全に焼却することさえできない)結果となる。 同様に、建物が解体されると、プラスチックはしばしばリサイクルされない(一部のEU諸国では塩ビのリサイクルを除いて)。

したがって、高価値リサイクルへの影響を考慮するために、使用済み製品を取り扱う廃棄物収集システムと慣行を再検討する必要がある。 今日の回収システムは細分化されており、プラスチックの流れと最終用途のセグメントがパッチ状にカバーされている。 多くのインフラは、必ずしも高品質の二次材料の実際の生産に資するとは限らない政策目標を達成するために最適化されている。 そのため、建物の解体、使用済み自動車の破砕・混合など、使用済み製品の解体性の向上が検討課題となっている。

アクションエリア5:選別・自動化・ケミカルリサイクリングの技術開発

前述したように、現在よりもはるかに高いリサイクル率を達成できる技術はすでに利用可能である。 一方、プラスチックのリサイクルは、静かな技術革命の時代を迎えている。 表示、分別、分別等の技術 すでに急速に改善されており、最近の植物は数年前にしか入手できなかった植物よりもはるかに多くの能力を有している。 デジタル化は、マーキング、リモートセンサー、リアルタームトラッキング、および自動化にまたがるアプリケーションを活用する主要な力である。 同時に、エンジニアリングプラスチックや熱硬化性樹脂など、リサイクルしにくいプラスチックの長期的なソリューションを見つけるなど、材料開発が求められている。

政策は、基礎的な研究、開発、実証を通じて、また、再生可能エネルギー技術や気候緩和の他の長期的な重要な解決策と同様に、新しい技術の展開を支援することによって、この開発を支援することができる。

3.3.6 アクション領域6: RIGHTメトリックの使用

正しいメトリックを使用せずに、ポリシーがこのシステムを操作することは難しいでしょう。 プラスチックの管理方針は今日、高品質の二次材料の実際の生産ではなく、回収率を目標にしている。 このため、回収システムが立ち上がったところでは、プラスチックを高価な材料にリサイクルするのに最適なものとは程遠く、リサイクルコストが高くなり、生産量が少なく、業界全体の収益も低くなっている。 これまで見てきたように、リサイクル率が低く、原材料の価値が大きく損なわれている。

EUは、上述のとおり、現在、この見直し作業を進めている。 将来の目標が価値維持に焦点を当てることができるほど、高回収率、最小限の材料ロス、および一次プラスチック使用に代わる高品質のアウトプットを促進するという目標を達成する可能性が高くなる。

アルミニウム

循環型社会の実現に向けて

要約

アルミニウムは、包装、建築物、車両、およびその他の分野において、多くの異なる用途を有する汎用性のある材料である。一次アルミニウム生産は非常にエネルギー集約的であるが、いったん生産されると、アルミニウムは無数のリサイクルが可能となり、再溶解は一次生産のエネルギーの5%しか必要としない。ヨーロッパでは、アルミニウムのほぼ80%がすでにリサイクルされているため、体積換算では、アルミニウムはすでに高度にサーキュラーである。リサイクル金属は、使用済み金属の量が大幅に増加することから、将来的には産業界に刺激的な機会を提供する。

しかし、価値分析と品質分析は重要な視点を加える。アルミニウムは、典型的には、必要とされる多くの特定の材料特性を作り出すために合金化される。このことは、これらの合金材料の最初の使用者に価値を追加するが、これらの材料が最終的にリサイクルされると、異なる合金が一緒に混合されると、格下げ効果がある。その結果、リサイクルアルミニウムの用途は一次アルミニウムの用途とは明らかに異なり、ほとんどのリサイクルアルミニウムは鋳物製品にのみ使用でき、最大の用途は車両エンジンブロックである。リサイクルアルミニウムは、用途が限られているため、一次製品に比べて割安な価格で販売されている。飲料缶は一種格下げの重要な例外であり、ほとんどの国では、はるかに閉鎖的なループ・システムで循環している。

欧州では、電気自動車がアルミブロックを使用していないため、鋳造アルミニウムの最大の需要源が減少することから、格下げ効果がますます問題になると思われる。第二に、長寿命のアルミニウム製品も経済から下がり始めているため、再生アルミニウムの供給は増加している。第三に、いったん合金がアルミニウムに混合されると、それらを分離することは技術的にも経済的にも非常に困難である。これまでのところ、一次アルミニウムによる希釈は格下げ問題の解決に役立ってきたが、これは長期的に持続可能な解決策ではない。

もしヨーロッパが長期的に持続可能なアルミニウムの使用に向けて動きたいのであれば、回収率を向上させ、製品設計の改善とスクラップの分別による格下げ効果に対処する方法を見つけるべきである。EU企業はすでに、格下げを止め、より多くの材料価値を維持できるような仕分けに投資している。これをさらに推し進めることは、産業と環境の両方の機会である。

70

アルミニウム中の物質価を

1回の使用サイクル後に保存される。

4.1 はじめに

例えば、アルミ缶の回収スキームが確立されており、リサイクルはアルミニウム・バリューチェーンの一部として古くから行われてきた。アルミニウムの生産はエネルギー集約的であり、ホール・フェルールト法を用いた生産では、アルミニウム1トン当たり約15MWhの電力を必要とする。しかし、アルミニウムを作ると、元のエネルギーのわずか5%で再溶解することができ、何度も再利用できる可能性がある。

EUのアルミニウム産業は、一次生産から豊富なプロ・セットまで、あらゆる生産をカバーしている。ダクト、使用済み製品のリサイクル しかし、中国が世界のアルミニウムの大部分を占めると見られるかなりの市場地位を築いた時期に、アルミニウムの輸入は増加している。近年、欧州の一次生産が市場の16%、再生アルミニウムが34%、輸入アルミニウムが市場全体の48%を占めており、再資源化率は32%となっているが、使用済み金属の量が増えるにつれて増加することになる。今世紀半ばまでに、EU経済は、アルミニウムの使用量が大幅に増加しても、自国の需要の50%をカバーすることができるように、リサイクルに十分な金属を生み出すであろう。

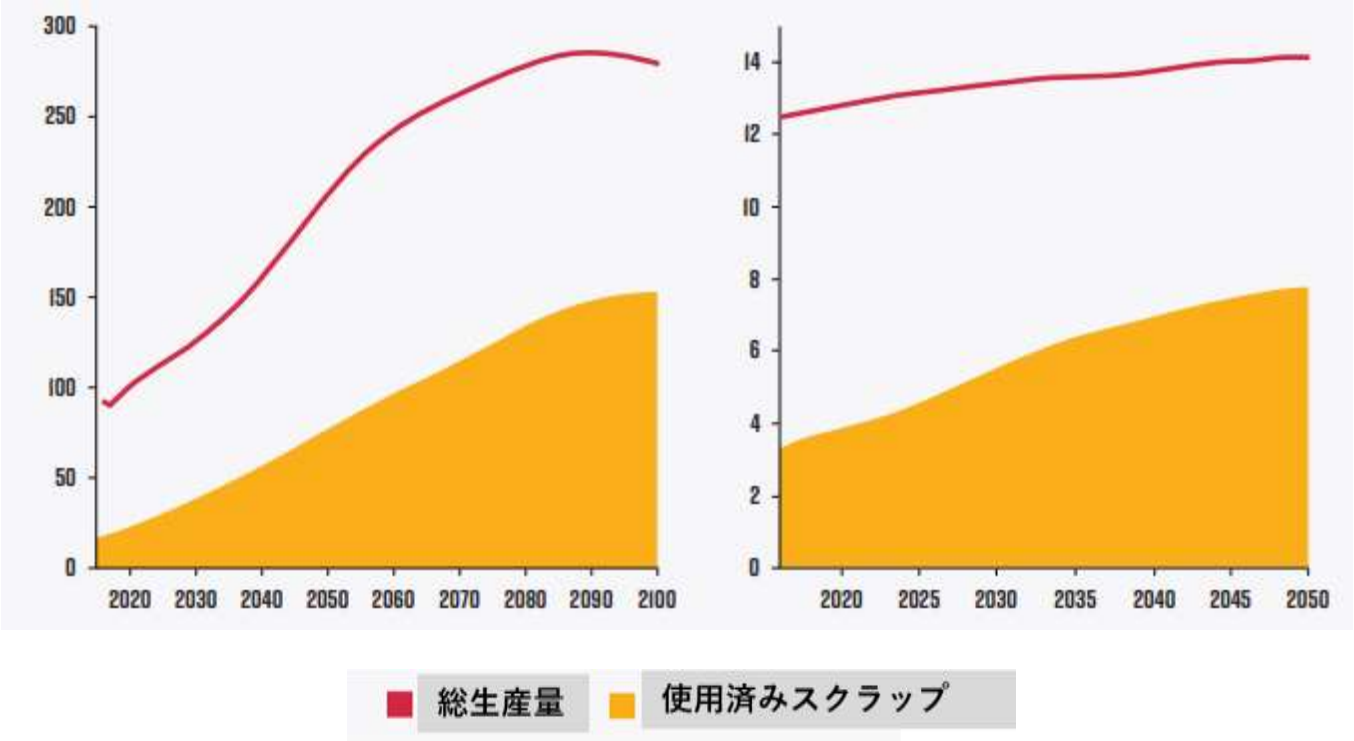
別紙17

アルミニウムおよび利用可能な使用済みアルミニウムスクラップの世界およびEUの需要

使用済みアルミニウムスクラップの総生産量に対する比率

グローバル
年間アルミニウムMton、2016-2100年

EU
2016-2050年の年間アルミニウムMton

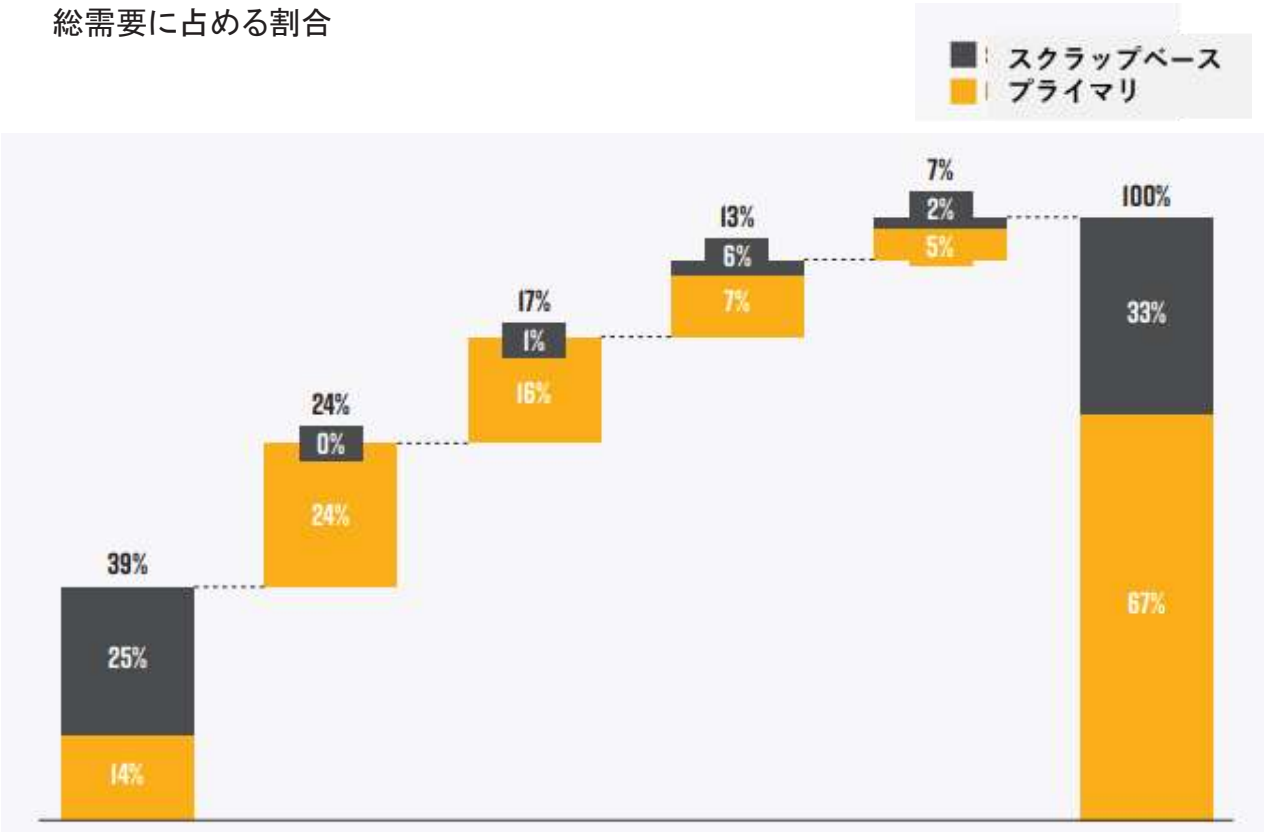


出典:材料経済分析(2018年)-サーキュラーエコノミー学:気候緩和のための強力な力

別紙18

アルミニウム需要の80%を占める自動車、建物、包装

欧州でのアルミニウム使用量の品目別内訳
総需要に占める割合



輸送・車両	ビル	パッケージングG	技術	その他	合計
平均的な車には、二次的なアルミニウムが150kg含まれている。クーラー、パワートレインなどに使用され、主に構造部品に使用されている。	*アルミニウムは、換気、ケーブル、窓などに多く含まれている。*	*包装中のアルミニウムは、通常、箔の形態である。*			

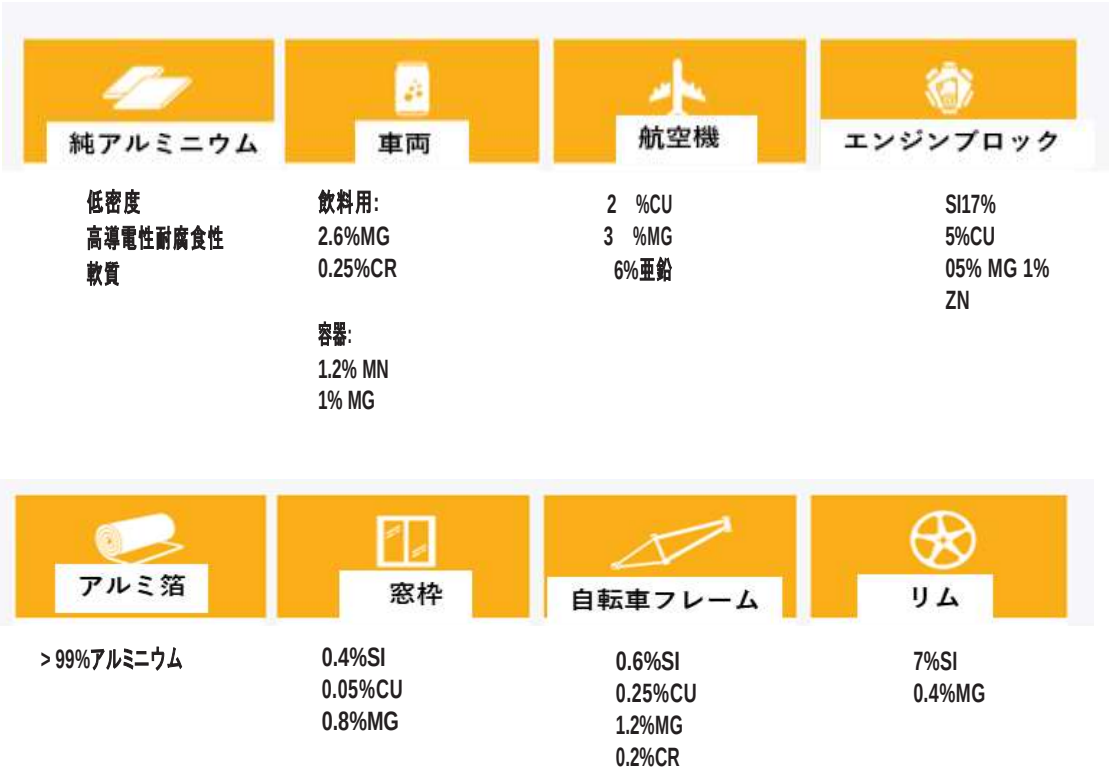
出典: M. CULLEN, M. ALLWOOD (2013)、世界のアルミニウム流量のマッピング: LIQUID ALUMINUMからEND-USE商品へ

ヨーロッパでは、アルミニウムの80%が建物、輸送、包装に使用されている。しかし、生産技術と要件は輸送/車両部門間で大きく異なっている。建物や包装材は、ほぼ一次アルミニウムしか使用していない。

二次アルミニウムは、鋳造アルミニウム部品が重要な特徴である自動車やセクターで主に使用されている。

別紙19

アルミニウムの用途は合金含有量に大きく依存する。



出典:MHULLER(2017)に基づく材料経済分析(33)

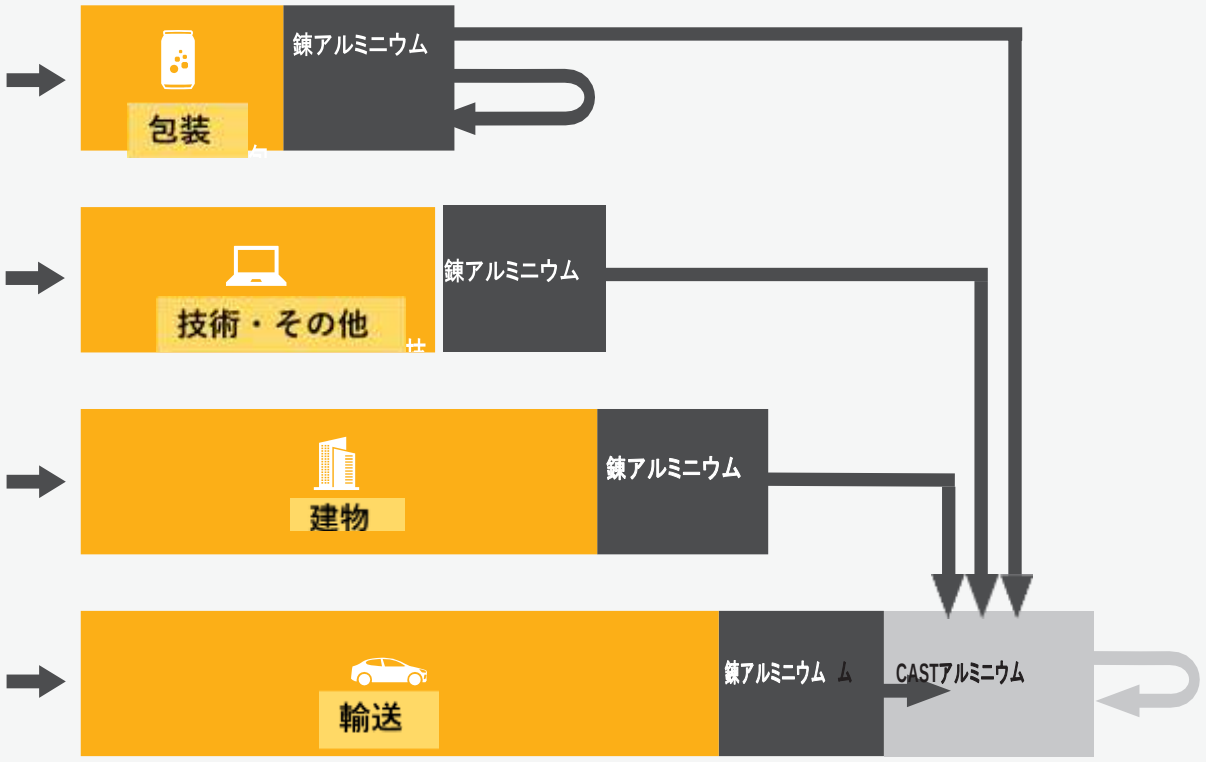
アルミニウムは純粋な形ではめったに使用されないが、他の金属や物質と組み合わされて、非常に異なる特性を持つ一連のアルミニウム合金を製造する(図表)。

19). 缶、飛行機、エンジンブロックなどに使用される金属

したがって、ウィンドウ・フレームは互いに実質的に異なる。 鋳造アルミニウム製品は、しばしば、高合金金属を必要とし、また取り扱うことができる。

別紙20

一次アルミニウムは、合金含有量の増加により、しばしば鋳造アルミニウムとして最終的になる。



ソース:グローバル・アルミニウム・サイクル:チャレンジとソリューション・オプション、ダニエル・B・ムーラー(2017年)

鋼の場合と異なり、リサイクルプロセスではアルミニウムから合金元素を除去することはできない。一旦、異なる種類の金属が収集に組み合わされると、代わりに、異なる画分を組み合わせ、新しい純粋な金属で希釈し、欠けている合金元素をすべて加えることが課題となる。この精製プロセスは、一般に、鋳造に適した高合金二次金属を製造することを可能にするが、他の製造プロセスには適さない。したがって、アルミニウムのリサイクルには2つの課題がある。それは、一次金属による希釈に依存するものであり、一般に、製造プロセスにおいて鋳造に依存する市場の少数派にしか対応できないということである。

これらすべての結果は、回覧式ではあるが、資格を持つシステムである。使用パターンは、図表20に示すとおりである。主にアルミニウムは、包装、技術、建築物、およびある種の自動車用途において鍛造および押出された用途に使用されるが、1回の使用サイクルの後、それは鋳造アルミニウムとして使用され、そこで何度も循環するが、それ以前の用途に戻すことはできない。これまでのところ、このシステムは経済的に合理的である。選別は高価で、鋳造アルミニウムは価値がある。一方、鋳造アルミニウム製品の需要は、特に自動車において十分であった。

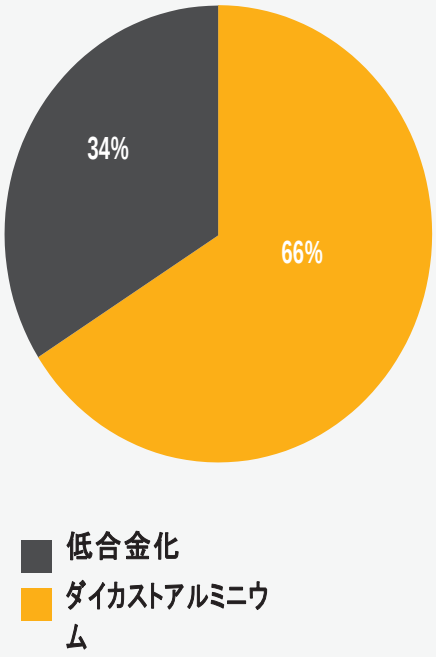
しかし、このシステムは現在、ひずみの兆候を示している。自動車業界は今日、鋳造アルミニウム需要の最大のユーザーであるが、電化により鋳造アルミニウム需要は変化している。電気自動車は、ガソリンやディーゼル車に大部分の鋳造アルミニウムを使用する部品のいくつかを含んでおらず(図表21)、これらの部品は、ガソリンやディーゼル車に含まれる鋳造アルミニウムの約50%を使用している。電気自動車の普及率は、販売台数に占める割合は様々であるが、2030年までに、とりわけ次第に大きく増加すると予測されている。

2040年には、アルミニウムストックの増加により、アルミニウムスクラップの供給量が大幅に増加すると見込まれている。需要の減少と供給の増加の組み合わせは、すでにスクラップから製造された一次金属と二次鋳造合金の価格差を生み出している。すでに、一次アルミニウムと二次アルミニウムの価格デルタは、トン当たり250ユーロ以上で、成長している。従って、消費後のアルミニウムを高価な用途に使用する方法を見つけることは、業界にとって大きな機会である。

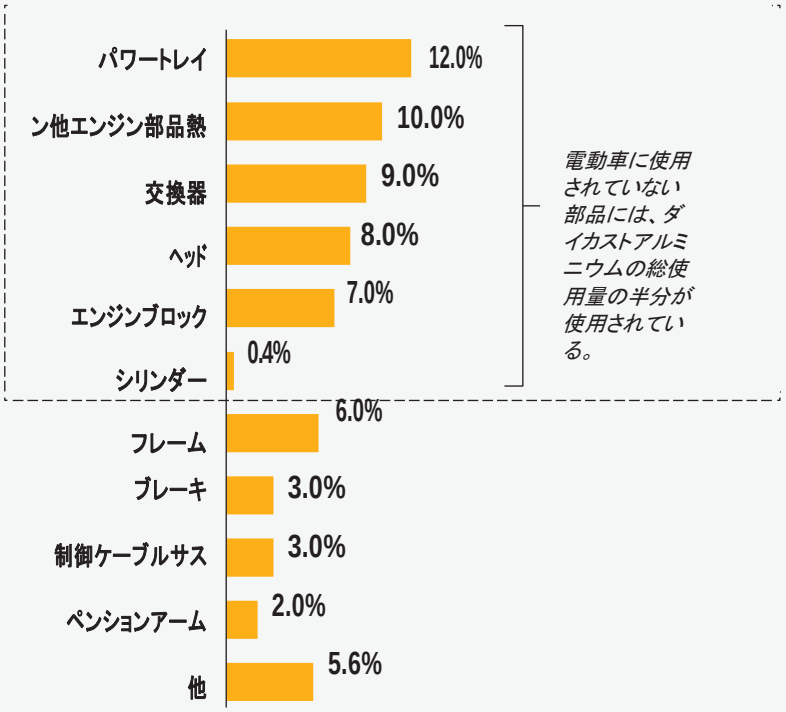
別紙21

鋳造アルミニウムは現在の自動車用アルミニウムの66%を占めており、その50%は電気自動車では不要である。

金型鋳造は、現代の自動車で最大のアルミニウム量を占める。
アルミニウム含有量に基づくスプリット



ダイカストの有用性に挑戦する電気自動車
総アルミニウムに占めるダイカストアルミニウムの割合(%)



出典:マテリアルエコノミクス(2019) - 産業変革2050

アルミニウムは、一次生産に必要なエネルギーの5%しか使えず、数回再利用できる可能性がある。

4.2 アルミニウムの使用サイクル全体にわたる価値の保存

アルミニウムの価値保存分析を図22に示す。全体では、アルミニウムの元の値の約3分の2が、1回の使用サイクル後に残されている。本節では、まず、当社の試算・計算結果を説明し、次に、総合的な結果について説明する。

原材料価格 元々120億ユーロのアルミニウムは、毎年EUで使用されていない。アルミニウムについては、インゴットの値として「元の材料値」を定義した。これは、明確な市場価格を持つ、取引されているアルミニウムの標準化された形式である。また、製品の価値がまだ付加されていないため、価値がすべて材料とその特性に起因している点でもある。国際アルミニウム協会のデータに基づくと、アルミニウムの年間使用量は690万トンである。このうち110万トンは回収されていない。残りの部分
580万トンは、65%の古くなったスクラップ(製品の使用済みスクラップ)と35%の新しいスクラップ(製造時のスクラップ)34で構成されている。この株式のうち、プライマリー(67%)とセカンダリー(33%)の株式に、以下の価格を乗じたもの。
120億ユーロの見積もりを得るために、インゴットトン当たりそれぞれ1,816ユーロと1,568ユーロ。

残りの値。ヨーロッパでは580万トンのアルミスクラップがリサイクルされている。再融解工程での歩留まりロスを考慮すると、このスクラップは540万トンのインゴットに再融解される。再生アルミニウムインゴットの平均価格と再加工コストの調整を掛け合わせると、約70億ユーロの残りの価値が得られます。当初の価値と残りの価値の差額、約40億ユーロは、1回の使用サイクルにおける価値の総損失の我々の推定値である。

回収ロス:現在、エンドフライフアルミニウムの約78%が回収され、残りの22%は一般廃棄物の一部として処理され、最終的に埋立処分されている。新旧スクラップを見ると、アルミスクラップ全体で15%となっている。金額換算すると、回収損失は約20億ユーロとなる。これらの損失は、主に都市廃棄物からのアルミニウムの分別がなされていないことによるものである。廃水からアルミニウムを分離・回収することが難しい理由はいくつかある。第一に、鋼と違って、アルミニウムは磁気的に選別できないからである。第二に、アルミニウムは、多くの異なる製品において、小片にしばしば使用される。第三に、焼却実績酸化損失が大きい。最後に、焼却灰から残ったアルミニウムを抽出するにはコストがかかりすぎることが多い。さらなる体積損失は、使用中に生じるアルミニウムの表面の酸化から生じ、小さな片は、表面-バリア-重量比が高いために、金属の比較的大きなシェアを失う可能性がある。

工程歩留まりロス。アルミニウムを含む廃棄物であるドロスは、アルミニウム再溶解プロセスの副産物として生産される。約1.1トンのアルミニウムスクラップが、1トンの二次アルミニウムを製造するために必要であり、約8%の損失を発生させ、金額ベースでは、これらの損失は10億ユーロをわずかに下回ると推定される。

品質ロス。品質損失は、体積損失と残存価値の間の残差として推定される。これらの金額は、当初の価値の10%をわずかに下回る、すなわち、約10億ユーロの絶対額に相当する。上述したように、主要な理由は二次アルミニウムの合金含有量であり、これはその用途を制限する。

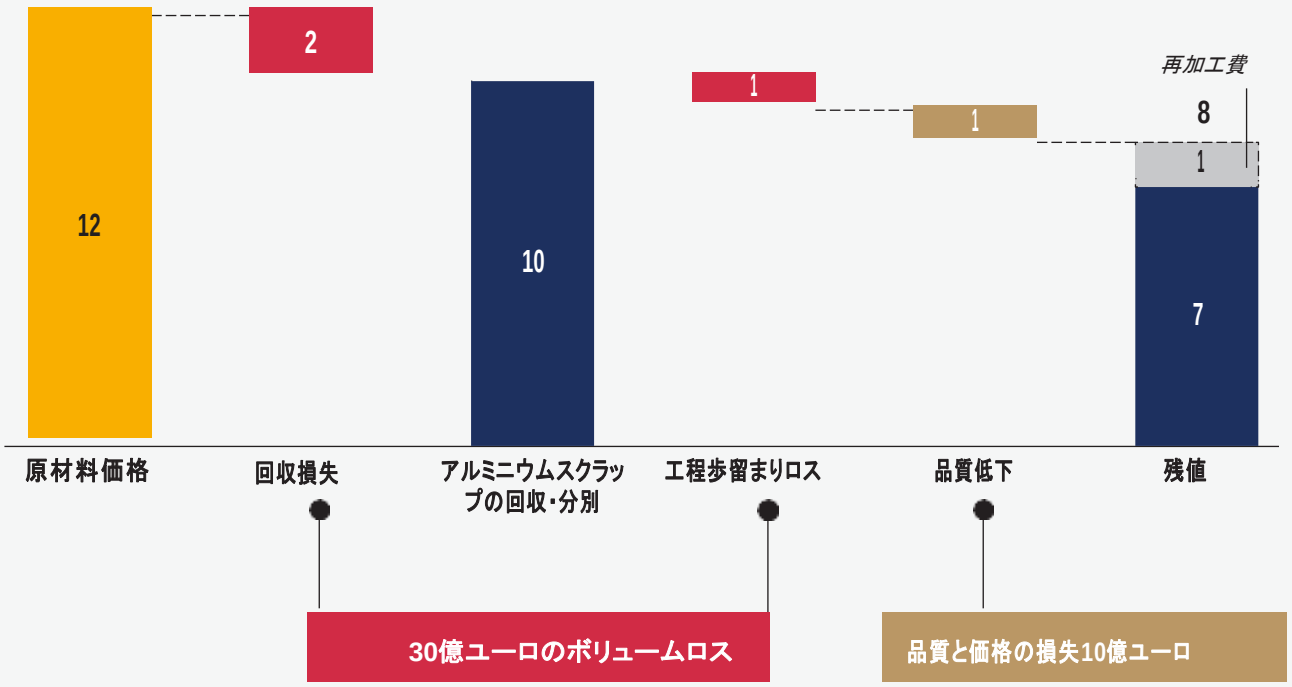
再就職費用は約10億ユーロである。スクラップ(新しいスクラップと缶)の「クリーンな」流れのための再加工コストは、アルミニウムスクラップをインゴットに再溶解するコストに基づいて推定され、そこでは、アルミニウムスクラップを再溶解するために一次アルミニウムを製造するのに必要なエネルギーの約5%が必要である。他の古くなったスクラップの再加工コストは、アルミスクラップと二次アルミインゴットの価格差に基づいている。

考察 現在のアルミニウム使用サイクルは、次のように見える。これまでのところ、鋳造アルミニウム製品に対する高い需要と一次アルミニウムによる希釈を通して、格下げの問題を管理することが可能であった。二つの実用的な戦略である。しかし、今後、前述したように、再生アルミニウムの供給は、総需要に比べてますます大きくなり、また、鋳造アルミニウム製品の需要も大幅に減少する可能性がある。これにより、現在の戦略は不十分となり、価値の損失がさらに増大する可能性がある。アルミニウム産業の主な持続可能性の議論は常に、アルミニウムはほとんど無限にリサイクルできるので、エネルギー集約度の高い一次アルミニウムの生産を動機づけることであった。格下げがあまりにも顕著になると、消費者や政策立案者はこの議論の妥当性に疑問を持ち始めるかもしれない。

別紙22

アルミニウムは年間40億ユーロの実質価値を失う

ヨーロッパ経済から毎年失われるアルミニウムの価値
10億ユーロ



出典:複数の出典に基づく材料経済分析、ENDNOTE35参照

4.3 パスフォワード

我々は、アルミニウム・バリュー・チェーンが上記の問題に積極的に取り組むためには、いくつかの優れた議論があると信じている。それは、そうするための強い環境上の主張、それは興味深い産業的・経済的機会を提供するものであり、地政学的な議論がますます強くなっている(ボーキサイトは現在EUの重要な原材料

本報告書では、今後の道筋について詳しくは触れていない。その代わり、本節では、よりサーキュラーのアルミニウムの使用に向けて動くために重要な行動分野のいくつかを強調する。

アクション領域1: SORTINGの改善など、より閉じたALUMINIUMループを探索する。

より閉じたアルミニウムループを導入することにより、合金関連のダウングレード効果を低減できるかどうかを調べる明白な領域がある。飲料缶は興味深い例であり、ほとんどの国では別々の回収・再溶解システムで循環しており、価値の損失ははるかに小さい。他の領域でも同様のループを作成することができます。例えば、窓などの建築部材から発生する鍛造アルミプロファイルを同じカテゴリーの製品にリサイクルし、リサイクル率75%以上を達成した企業もある。

他の分野で同様のループを作成することは技術的にも経済的にも実行可能か? それらは飲料缶のように「閉ループ」ではないかもしれないが、合金金属を負債ではなく、次のユーザーのための資産にするために、より多くの分別画と合金標準化が導入されるだろうか?

これには、アルミニウムスクラップ市場における新製品の定義が必要となるであろう。スクラップの複数のカテゴリーを需要に対応させるには、地理的に大きな市場と、利用可能なスクラップ画分に関するより良いリアルタイム情報の両方が必要となる。デジタル化は、このような市場の鍵となり、今日のシステムから大きな発展を遂げるであろう。

また、材料設計の標準化を促進することも可能であろう。今日の合金の急増は、機能ではなく組成による仕様の産物である。こうして合金品種の総数を減らすことが可能であり、より閉ループを容易にするであろう。もちろん、これは、材料特性またはテーラーメイド材料の利点を犠牲にして行うことはできない。

アクションエリア2:先進的なENDOF-LIFE SORTING & PROCESSINGへの投資

混合アルミニウム流の高度な選別は、別の方法を提供する。この10年間で技術は大きく進歩し、LIBS(レーザー誘起破壊分光法)のような技術は、アルミニウム部品の組成を迅速かつ確実に決定することを可能にしている。混合流を多くの別々の画分に分類することは依然として高価であるが(1トンあたり最大500ユーロ)、このプロセスの自動化は急速に進んでいる。高い学習率と投資によって、アルミニウムをより多くの画分に分離することができ、その結果、現在混合金属に付随する価格ペナルティを免れることができるかもしれない。もちろん、この条件は、再生金属が一次金属の輸入に比べて収益性が高いということである。これは、世界的な貿易環境が非常に厳しく、しかも一次アルミニウムの高いカーボン・フットプリントに価格をかけていないために達成が困難であったことである。

アクションエリア3:アルミニウム精製技術の開発

アルミニウムから合金を分離するために、例えば塩素ガスとの反応、電気分解、結晶化、濾過などのいくつかの技術が提案されている。しかしながら、これらは現在のところ経済的に成り立つものではなく、それらが大規模な解決策となるまでには、相当の技術開発が必要である。これらの技術の1つが学習曲線を下げることができれば、将来のアルミニウムの使用のためのゲームチェンジャーになるだろう。これは、業界にとって興味深い技術課題である。

アクションエリア4:ボリュームロスの低減

ボリュームロスの削減は、EUと加盟国の双方のレベルで目標が設定されている、よく知られた改善分野である。欧州では使用済みアルミニウムの20%以上がまだ回収されていないため、完全性のためにここにリストアップしている。

唱

夕暮れ時、人気のない工場の煙突。

ぐ、ぐ、ぐ、

文字一文字

ckキャ

巻末注

はじめに

1 Eurostatデータと、鋼材、アルミニウム、プラスチック、セメントからの排出量の材料経済分析に基づく。材料経済学(2018)参照。サーキュラーエコノミー気候緩和のための強力な力。*ストックホルム* https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economicy-a-powerforce-force-for-c

「サーキュラーエコノミー」という2つの現代的な言葉にはさまざまな起源があるが、この話題で最もよく知られている本の1つは、McDonogh, W. and Braungart, M. (2002)である。クレードル:モノづくりのあり方を見直す。*North Point Press, New York.*

鋼材

使用されなくなった3本の鋼材は、材料経済学(2018)、サーキュラーエコノミーで開発されたストックベースのモデリングを用いて推定される。使用期限切れ鋼材の使用量は、輸送、20年、機械、30年、建設、75年、製品、15年の各最終用途部門で想定される寿命に基づいている。提示した数字には、BF-BOF製造における内部ランアラウンドスクラップは含まれていない。モデルアプローチおよび推定寿命は、Pauliuk、Rachel L. Milford、Daniel B. MullerおよびJulian M. Allwood(2013)に基づく。鉄スクラップ時代 環境科学技術47(7) 3448–54. DOI:10.1021/es303149z

4 Material Economics (2019)参照。産業変革2050 - EU重工業からの純ゼロエミッションへの道筋 *ストックホルム* https://materialeconomics.com/publications/industrial-transformation-2050

物量は、EUROFER(2018)の報告値をもとに算出している。2018年の欧州鉄鋼 *欧州鉄鋼協会* http://www.eurofer.org/News%26Events/PublicationsLinksList/201806-SteeelFigures.pdf スラブおよびスチールスクラップの価格は、Eurostatのステンレス鋼、その他の合金鋼および非合金鋼の輸出入データに基づき、https://appsso.eurostat.ec.europa.euで設定されている。価格は、ステンレス、その他の合金および非合金それぞれ1,812ユーロ/t、556ユーロ/t、および429ユーロ/tについて、スラブレベルで計算される。

5ユーロ(2018年) European Steel in Figures 2018およびPauliukら (2013)鉄スクラップ時代

欧州のGHG総排出量の6%は、Eurostatデータに基づいて、材料経済学(2019)、産業変革2050、および欧州のGHG総排出量報告に基づいて算定された。https://ec.europa.europa/ユーロスタット/統計-説明/index.php/Greenhouse_gas_

World Steel Association(2020)も参照。低炭素社会・気候変動に強い社会への貢献 ワールドスチールのポジションペーパー。ブリュッセル https://www.worldsteel.org/publications/public-policy-pares.html.

ボストン・コンサルティング・グループ(2013年) スチールの低炭素ヨーロッパ2050への貢献 *科学報告* https://www.bcg.com/publications/2013/metals-mining-environmental-steels-consupportion-low-carbon-

7マテリアルエコノミクス(2019年) 産業変革2050

EUROFER(2018年)、欧州鉄鋼(2018年)

9物質の値はEUROFER(2018)、European Steel in Figures 2018の報告量に基づき、スラブおよびスチールスクラップの価格はEurostatのステンレス鋼、他の合金鋼および非合金鋼の輸出入データに基づき、https://appsso.eurostat.ec.europa.euで計算されている 価格は、ステンレス鋼、その他の合金鋼、非合金鋼についてはそれぞれ1,812ユーロ/t、556ユーロ/t、429ユーロ/t、鉄スクラップについてはそれぞれ1,056ユーロ/t、289ユーロ/t、247ユーロである。

回収ロスは、材料経済学(2018)で開発されたストックベースのモデリングを用いて推定される。ここでは、鋼材の使用停止は、輸送、20年、機械、30年、建設、75年、製品、15年の各最終用途部門での寿命を想定している。モデルアプローチおよび推定寿命は、Pauliukらに基づいている。(2013)鉄スクラップ時代

Price, D.(2009) 鉄鋼産業における歩留まり改善に基づく、電気炉で生産される鋼の4～5%のプロセス歩留り損失。製鉄、ロンドン、36(7) 482-86. および Pauliukら (2013). 鉄スクラップ時代

合金/ステンレス鋼と非合金(合金の反射値)とのスラブレベルでの価格プレミアムの差に基づいて失われた合金の値(鋼との比較)
スクラップ・レベルの結果、合金の価値は非合金スクラップで85ユーロ/t、ステンレススチールスクラップで277ユーロ/tの損失となった。

製造された鋼材1トン当たり120ユーロの電気炉コストに基づく再加工コスト(人件費、エネルギー、資本コスト等を含む鉄スクラップのコストを除く)。https://www.steelonthenet.com/cost-eaf.htmlを参照。

回収した鉄スクラップの残存価額、残存価額、その他の価額損失のうち、以下の要因による付加価値損失を反映した残存価額として算定された品質低下による価額損失スクラップ鋼材平均値下げ

10物質値はEUROFER(2018)、European Steel in Figures 2018、スラブおよびスチールスクラップの価格はEurostatのステンレス鋼、その他の合金鋼および非合金鋼の輸出入データに基づく。https://appsso.eurotat.ec.europa.eu 価格は、ステンレス、その他の合金および非合金それぞれ1,812ユーロ/t、556ユーロ/tおよび429ユーロ/t、ならびに鉄スクラップについては、それぞれ1,056ユーロ/t、289ユーロ/tおよび247ユーロについて、スラブレベルで計算される。

11 Serikovら (2015). 電気アーク炉での溶融物中の金属損および電荷加熱。

12物質経済学(2018年) エット・ヴェルデンディグット・スベンスクト・マテリアル・システム[価値安定スウェーデン・マテリアル・システム] ストックホルム http://resource-sip.se/content/uploads/2018/01/vardebestmtrlsystemrapport180118.pdf。

13 Pauliuk et al.に記載されているモデリング設定を使用して、動的材料流動モデルに基づく。(2013)、鉄スクラップ時代;材料経済学(2018)-サーキュラーを参照
詳細は、経済、GHG緩和の強力な力。

14 Material Economics (2019) 産業変革2050

中村15名(S.、近藤、Y.、中島、K.、大野、H.、Pauliuk、S.(2017))。MaTrace-Alloyを用いた複数の使用サイクルにわたる鋼中のCrとNiのリサイクルと損失の定量化 環境科学技術 51(17) 9469–76. DOI:10.1021/acs.est.7b01683

プラスチック

欧州プラスチック16社(2018年) プラスチック - Facts 2018: 欧州プラスチック生産、需要、廃棄物データの分析 *ブリュッセル* https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/619-plastics-facts-2018

また、プラスチック製品やプラスチック包装製品の貿易も盛んである。これらの取引量の信頼できる推定値は存在しないが、結果は純額である。公的需要に加えてプラスチックの輸入

17の欧州委員会(2019年) サーキュラーエコノミー委員会は、海洋性プラスチックのごみを減らすための単一用途プラスチックに関する新しい規則の理事会最終採択を歓迎する。プレス
5月21日付リリース。https://europa.eu/rapid/press-release_IP-19-2631_en.htm.

BrightVibes (2019) インドは、ガンジーの誕生日に6種類のプラスチックの使い捨てを禁止した。エコウォッチ、9月5日。https://www.ecowatch.com/india-ban-single-use-plastics-2640207733 html

18原材料価格は、使用済みプラスチックの市場セグメント当たりの重合体分割を用いて毎年計算される1,453ユーロ/tのバージンポリマーの加重平均価格を用いて計算され、ポリマー分割は、プラスチック欧州(2018)、プラスチック-Facts 2018、および市場量は、Deloitte and Plastics Recyclers Europe(2015)、EUプラスチックリサイクル目標:環境、経済および社会的影響評価、http://www.plasticsrecyclers.eu/sites/default/files/BIO_Deloitte_

海洋に流入する0.2~0.5Mtのプラスチック廃棄物のうち、誤って分類された廃棄物または管理されていない廃棄物の残存量は、約7Mtのプラスチック廃棄物の埋立処分量に対してゼロであった。欧州委員会(2018)参照。サーキュラーエコノミーにおけるプラスチックの欧州戦略 *ブリュッセル* http://www.europarc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf.

残りの誤分類廃棄物のうち、30%は焼却されたもの(うち86%はエネルギー回収に関するもの)に分類され、2016年に焼却されたEUの都市固形廃棄物全体に占める割合(Eurostatデータ:https://ec.europa.europa/ユーロタット/web/products-datasets/ 混合都市固形廃棄物中のプラスチックの他の回収率は分析されなかった。Eurostat(2019a)によれば、焼却処分されるプラスチック廃棄物の98%がエネルギー回収の対象と推定された。以下に基づいて、CHPのプラント変換効率をそれぞれ85%、電気のみを44%に設定した。

IEAバイオエネルギー(2014年) Waste to Energy:IEA Bioenergy ExCo71ワークショップのまとめと結論。*2013年5月21日に南アフリカのケープタウンで開催されたIEAバイオエネルギー実行委員会と合同で開催されたワークショップについて報告する。* https

Di Maria、F.、Contini、S.、Bidini、G.、Boncompagni、A.、Lasagni、M.およびSisani、F.(2016)。既設廃棄物のエネルギー効率エナジー・プロセディア、101。1175–82. DOI:10.1016/j.egypro.2016.11.159

種類別の廃棄物/エネルギー容量の割合は、CHPおよび電力のみを含め、Scarlat, N., Fahl, F. and Dallemand, J.-F. (2019)による。欧州における都市固形廃棄物からのエネルギー回収の現状と機会 廃棄物およびバイオマスの評価、10(9) 2425–44. DOI:10.1007/s12649-018-0297-7

Energimhyngedigeten(2017)に基づき、プラスチック廃棄物のエネルギー含有量を6MWh/トンに設定した。Vhermevarden och emissionsfaktorer [熱量値と排出係数] スウェーデン語
エネルギー庁、ストックホルム、6月19日。http://www.energimyndigheten.se/statistik/branslen/varmevarden-och-emissionsfaktorer1/

天然ガスからの対応するエネルギーの値を用いて、プラスチック燃焼からの熱と電気が天然ガスに置き換わると仮定して、プラスチック燃焼からの回収値を推定した。天然ガスを動力源とするCHPプラントの変換効率は、廃棄物燃焼CHPプラントと同じに設定され、天然ガス火力発電プラントについては、以下に示す範囲を用いて55%に設定された:Andrews,D.,Vatopoulos,K.,Carlsson,J.,Pa熱・電気生産技術のエネルギー効率の再生状況に関する研究 *欧州委員会、合同研究センター、エネルギー輸送研究所* ルクセンブルグ https://ec.europa.eur/jrc/publication/eur-science-and-technical-research-reports/study-state-play-energy

天然ガス価格7米ドル/MBtuはIEA(2019)による。ガス2019 - 分析と2024年までの予測 パリ国際エネルギー機関 https://www.iea.org/gas2019/.
セメント製造におけるプラスチック焼却の捕捉値の分離分析は分析に含まれていないが、総合的なエネルギー回収計算に含まれている。2016年の(EU外への)輸出されたプラスチック廃棄物の金額は、Eurostat:https://ec.europa.europaEurostat/web/waste/data/databaseからのものでリサイクルプラスチックの金額は、デロイト・プラスチックリサイクル業者欧州(2015年)のリサイクルポリマーの平均価格を用いて算出している(EUプラスチックリサイクル目標の引き上げ)。

最も一般的な19種類のリサイクルポリマーの種類および市場セグメントは、OECD(2018)のものである。再生プラスチックの市場改善:動向、展望、政策対応
パリ経済協力開発機構 http://dx.doi.org/10.1787/9789264301016-en

20欧州委員会(2019b) サーキュラーエコノミー戦略 8月7日。https://ec.europa.eu/環境/circular-economic/index_en.htm Plastics Europe (2018) プラスチック - 2018年の事実。

これは、例えば、EU Commission Implementing Decision (EU) 2019/1004(2019年6月7日)において、欧州議会および理事会の指令2008/98/ECおよび廃止委員会実施決定C(2012) 2384に従った廃棄物に関するデータの計算、検証、報告の規則を定めている https://eur-lex を参照してください。Europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:32019D1004。

Plastics Europe "Plastics the Facts 2018"から得られた22の生産、需要、リサイクルおよび廃棄物データ。欧州のDeloitte&PlasticsRecyclersEuropeからのリサイクル収率は、「EUプラスチックリサイクル目標の増加:環境、経済、社会的影響評価」と報告されており、欧州のPlasticsRecyclersからの各国のリサイクル収率を示している。Eurostatからの輸出量。

23 Scarlatら (2019). 欧州における都市固形廃棄物からのエネルギー回収の現状と機会

24 Bishop et al. (2020). ヨーロッパのプラスチックのリサイクルは、海洋中のプラスチック破片のための経路である。
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020031848 1#s0125を参照してください。

出所:プラスチックリサイクル事業者ヨーロッパ(2018a) PETリサイクル業界の設備能力を見直した。7月3日のプレスリリース。 https://plastics-recyclers-europe.prezly.com/pet-recyclery-industry-install-pacity-review

プラスチックリサイクル事業欧州(2018b) 欧州ではプラスチックのリサイクルが進んでいる。2月13日プレスリリース。https://plastics-recyclers-europe.prezly.com/plastics-recycle-growes-in-europe。

プラスチックリサイクル事業欧州(2019年) 欧州における硬質ポリオレフィンのリサイクル能力は170万トンである。5月6日プレスリリース https

26値保存は、別紙2の数値を用いて計算する。

r-HDPEおよびr-PETの27の価格変動は、以下のものからとる。Borkey, P. (2019) 使い捨て社会におけるプラスチックリサイクルの再考*1月23日、ウエビナー*。OECD理事会https://www.oecd.org/env/waste/improvement-markets for-recipled-plastics-9789264301016-en.htm. 一次プラスチックと比較した価値のシェアは、再生ポリマーと一次ポリマーの平均価格の差を用いて算出され、その結果、スパンは53~71%となる。リサイクルおよび一次ポリマーの価格は、OECD(2018)「再生プラスチックの市場の改善」による。

28 Hahladakis, J. N. and Iacovidou, E. (2018) プラスチック製包装材のループを閉じる:品質とは何か、また、それが包装材のサーキュラー性にどのような影響を与えるか? 総合環境科学、630. 1394–1400. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.02.330

29のヴァージンポリマー価格はOECD(2018)の「再生プラスチックの市場の改善」から、リサイクル可能なプラスチック廃棄物の輸出額はEurostat, https://ec.europaから取得されている。ユーロ/ユーロtat/web/waste/data/data/database価値の損失は、一次ポリマーの平均価格と、2016年から2018年の間のプラスチック廃棄物輸出の最低価格対最高価格(ユーロトン)の差を用いて計算され、8387%のスパンとなっている。

30 Eurostat, http://appsso.eurostat.ec.europa.eu参照

EU31のプラスチック生産・コンバーター需要(プラスチックス・ヨーロッパ、2018年)、プラスチックス-Facts 2018、および純輸出は、生産と需要の差として計算されている。蓄積量は、コンバーター需要と推定使用済み量との差として計算される。使用済みプラスチックの量は、プラスチックの需要と経済の平均寿命のストックベースモデルを開発することによって推定されている。2005年から2017年の需要量は、プラスチック欧州(プラスチック-各年の事実)のものである。

1981~2004年の純輸出の一定割合を19%と仮定した1976年、1989年、2002年、2005年の生産量の内挿に基づく1981~2004年の需要量(生産と需要の差として算出された2005~2017年の純輸出の平均と同じ)。資料:欧州プラスチックス(2013年) プラスチック - 2013年の事実。*ブリュッセル* https://www.plasticseurope.org/application/files/7815/1689/9295/2013plastics_the_facts_PubOct2013.pdf

市場セグメントごとの経済におけるプラスチックの平均寿命は、以下のものから引用した:Geyer, R., Jambeck, J. R. and Law, K. L これまでに製造されたすべてのプラスチックの生産、使用、運命。科学振興3(7) e1700782. DOI:10.1126/sciadv.1700782

ミス分類されたまたは管理されていない廃棄物は、使用済みプラスチックと回収されたプラスチック廃棄物の量との差として計算される。プラスチック廃棄物の埋立処分量、焼却処分量、リサイクル回収量、リサイクル用に回収されたプラスチック廃棄物のうち、欧州プラスチック(2018年)、プラスチック(2018年)、プラスチック(2018年)からEU内外でリサイクルに回されたものの割合。EU域内でリサイクルに回されるプラスチックの選別と収量のロスは、Deloitte and Plastics Recyclers Europe(2015)、EUプラスチックリサイクル目標の増加に伴い、2012年の6つの廃棄物ストリーム(包装、WEEE、ELV、B&C、農業およびその他のプラスチック廃棄物)の平均リサイクル収率に基づいて26%と仮定

アルミニウム

欧州アルミニウム32基(2016年) EUアルミニウム輸入依存度 https://www.european-aluminium.eu/data/economic-data/eu-aluminium-imports-dependency/

33 Daniel B. Mulller (2017) 世界的なアルミニウム・サイクル:課題と解決策の選択肢

国際アルミニウム(2021) - IAIマテリアルフローモデルからのデータに基づく34

London Metals Exchangeのウェブサイトからアルミニウム価格35(1次および2次インゴット)を入手。Eurostatからの輸出入量 国際アルミニウムの生産データとリサイクル率 Cullen et al.(2013) Mapping the Global Flow of Aluminum: Liquid Aluminum to End-Use Goodsからの一次生産と二次生産の分離 *材料経済学(2018) サーキュラーエコノミー: 気候緩和のための強力な力から得られた産業専門家へのインタビュー、およびその他のリサイクルデータからの利回り損失。*

業界専門家へのインタビューによる36件。

EU産業資材の価値維持

鋼材、プラスチック、アルミニウムの使用に関する価値観

この報告書では、物質フローに関する経済的価値の観点を取り入れ、ヨーロッパにおける鋼材、プラスチック、アルミニウムの使用量をトンではなくユーロで評価している。

我々が自問する「試験問題」は、原材料100ユーロがヨーロッパ経済に参入した場合、1回の使用サイクル後にどれだけの経済的価値が維持されるかということである。原材料の価値が失われる主な理由は何か? それ以上の価値を維持するにはどうすればよいのだろうか。その結果、どのようなビジネスチャンスが生まれるのだろうか。

免責事項
本報告書の分析と結論は、材料経済学のものである。物質経済学は、本報告書の内容にのみ責任を負い、著者の見解である。

MATERIAL ECONOMICS

材料経済学Sverige AB ww.materialeconomics.com info@materialeconomics.com