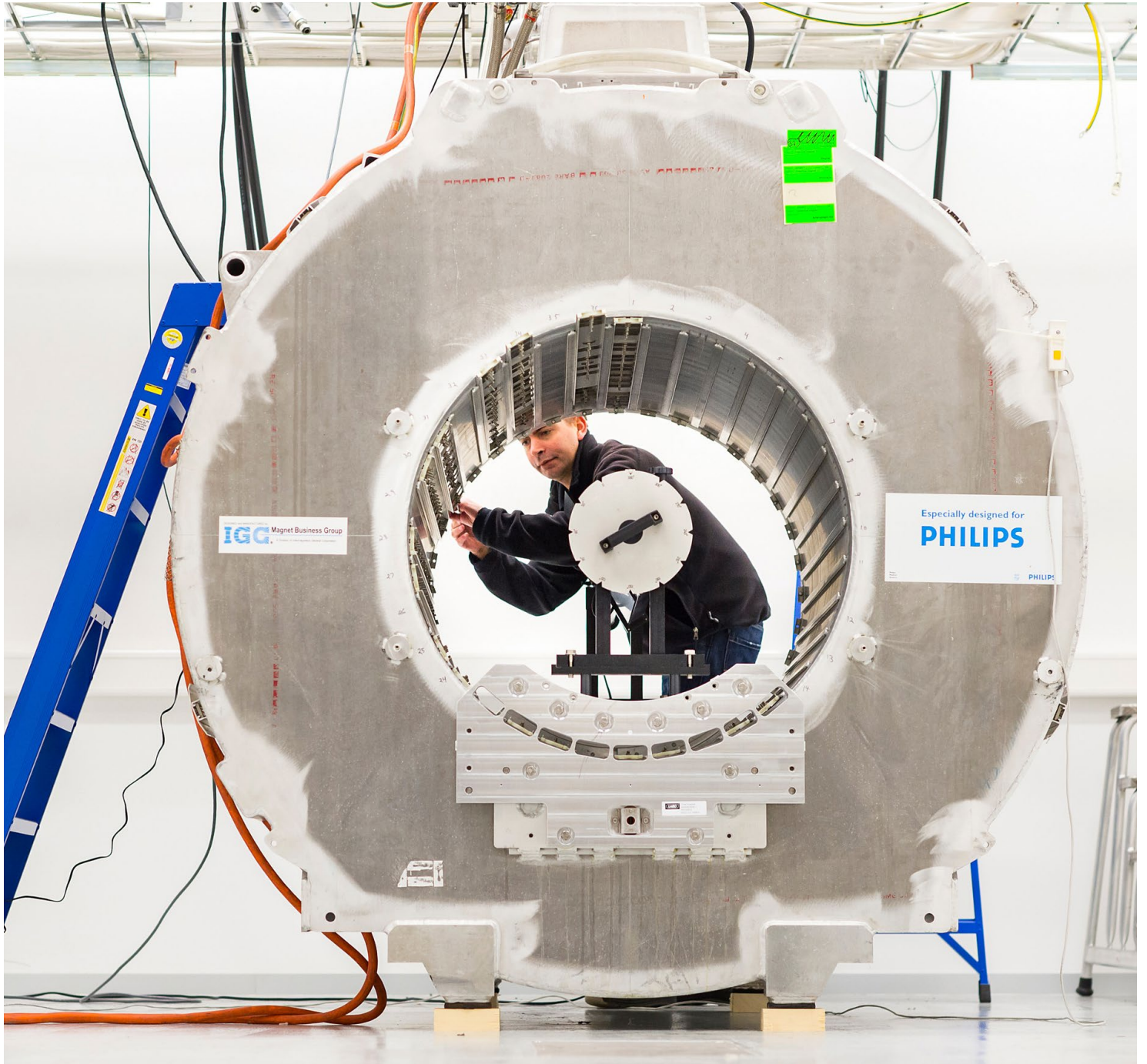


製造は 循環型の未来へ



NL

オランダ



目次

まえがき	5
第1章	
製造産業の現状	8
資源によるCO ₂ の影響	10
材料の採取に対する切迫した事情	11
重要な材料への需要	12
増加し続ける廃棄物流	12
第2章	
解決策としての循環型経済	14
循環型経済の定義とは	14
循環型経済のメリット	14
第3章	
循環型の製造産業とは	18
循環性の階層構造－10R	20
循環型の設計（R0～R2のリフューズ、リシク、リデュース）	20
長い寿命を持つ製品の実現 （R3～R7のリユース、リペア、リファービッシュ、リマニュファクチャー、リパーパス）	22
リサイクル（R8～R9のリサイクル、リカバー）	24
新たなビジネスモデルの役割	25
第4章	
循環イノベーション：ポテンシャルの高いセクター	28
循環型ウインドファーム	30
資本設備	32
スマートインダストリー	34
Eモビリティのためのバッテリー	36
循環型の太陽光システム	38
サービスとしての熱	40
第5章	
循環型製造：転換のための次のアクション	44
参照資料	52



「循環型経済に移行し、
インパクトを主導していくために、
私たちは循環型の解決策の規模を広げ、
業界、政府、研究者、
金融機関、市民団体などとの
新たな協働的取り組みを
作り上げていかなければなりません」

Frans van Houten
Philip & PACE、CEO

Frans van Houten

Philips CEO

Platform for Accelerating Circular Economy (PACE) 議長

変化が求められている実態ははっきりと目の前に突きつけられています。過去10年の間に、私たちは世界の環境フットプリントの未曾有の増加を目の当たりにしてきました。消費は今や地球が持つ資源の能力の約1.7倍のペースで進んでおり*、このまま何もしなければ、使われる資源は2050年までに2倍になると予想されています。

私たちの誰もが海を覆い尽くすプラスチックごみや、地球の空気と土壌を汚染する電子製品廃棄物、そして人の集まる都市の頭上を化石燃料の燃焼によるスモッグが毛布のように覆っているおぞましい光景の写真で見たことがあるでしょう。

このような状況を変えなければならない中で、たくさんの課題に直面していても、私は近年生まれつつある傾向に力づけられています。

それは、人々が消費の仕方を以前よりも意識するようになってきたということです。顧客の側でも、自分たちがもっと持続可能になれる具体的な解決策を求める方向に変わりつつあります。同時に、デジタル技術の急速な進歩が、資源のもっと効率的な利用と、バリューチェーン全体における効果的な連携や透明性の推進に大きく役立っています。

循環型の製造を解決策に組み入れなければならない理由

循環型経済というソリューションは、気候に関する議論の輪から抜け落ちて重要な鎖の環です。現時点で8.6%という世界の循環率を倍にすることができれば、排出率が39%、未使用の資源の使用率が28%削減されます (Circularity Gap report 2021, Circle Economy)。製品の製造や利用の仕方を変えれば、地球の温室効果ガス排出量の45%に対処することもできます。しかも、それだけではありません。循環型経済を創出することで4兆5000億ドルもの経済的機会が生まれるのです。循環型経済は廃棄物の発生を回避し、事業成長の刺激となり、雇用の機会を生み出す助けになるからです。

製造という領域の中で、資本設備は、サーバーや医療用スキャナー、船舶など、多様性に富んだ広範囲に及ぶ、ハードウェア製品群の一つです。これらの設備の製造には、毎年、世界全体で60億トンもの原材料が使われています。私たちは価値を保持し、回収できる方法を迫られており、しかもそれは決して不可能ではありません。

鍵を握るのは協働的な取り組み

循環型経済に移行し、インパクトを主導していくために、私たちは循環型の解決策の規模を広げ、事業界、政府、研究者、金融機関、市民団体などとの新たな協働的な取り組みを作り上げていかなければなりません。これこそ、2018年にPACE (循環型経済を加速させるためのプラットフォーム、Platform

for Accelerating Circular Economy) の一角を構成する Capital Equipment Coalition (資本設備への連立的取り組み) が立ち上げられ、PhilipsがASMLやCisco、Dell、KPNなどのパートナー企業とタッグを組んだ原動力です。

Philipsでは、人々に届けられるすべての医療システム機器の循環を閉じることのできる閉鎖型ループと、責任ある他目的への転用を実現しようという取り組みが進んでいます。これ以上天然資源の利用に依存せずに、生活をより豊かに変えていくことができるからです。

優先度の高いものへの取り組み

私たちは循環型の設計に高い優先順位を置き、このような移行を実現する数多く的手段を実用化していかなければなりません。これらの中には競争力のある価格のリサイクル材料の供給量を増やし、需要を充足していくという目標も含まれています。また、新たな技術に投資し、施設や設備の規模を大幅に拡大していく必要もあるでしょう。

研究機関には、科学にもとづく新規の手法やツールを開発して新たな事業モデルの設計を主導し、その影響力を測る上で重要な役割があります。政府や金融機関も企業がこういった種類の事業モデルを実践していくのを支援できる、実現のための環境を提供していかなければなりません。デポジットとバイバック (買い戻し) 制度や新装などを通じた製品の返却が定着するよう、消費者と企業間取引に従事する顧客の両方に対するインセンティブを構築する必要があります。そして、企業がそのサクセスストーリーや教訓を共有し、前に進むための最善の方法を示していくことが極めて重要なのです。

循環型経済が十分な規模に到達するためには、政府と企業が回収と選別のための施設に投資するだけでなく、これらが然るべき立ち位置を確保し、効率的に機能するよう戦略的なプランを立案しなければなりません。再利用や処理が行える場所に製品が確実に発送されるよう、バーゼル条約に準拠して、国境を越えた効率的な逆方向のサプライチェーンを実現していくことが大切です。

切迫感をもち、手を取り合って前へ

すべての人が健康で持続可能に生きられる世界を実現するためには、循環型経済への移行が不可欠です。だからこそ私たちは、切迫感をもって前に進まなければなりません。手を取り合って取り組むことでシステムの変化を主導し、循環型イノベーションの規模を拡大していけると私は確信しています。

この報告書が提示する事例や具体的な指針が、事業に循環型経済に根ざす慣習を採り入れていこうという皆さんのインスピレーションの源になることを願っています。官民間問わず、ぜひ循環型製造への移行への取り組みにご参加ください。

* Global Footprint Network (2019)

はじめに

オランダ・サーキュラー・ホットスポット（Holland Circular Hotspot）は、循環型経済を創出するためには、私たちが日々仕事をし、製品を製造し、設計し、教育し、投資し、購入するすべてのやり方を大きく変えていく必要があると確信しています。だからこそ私たちは、セクターを超えた協働的発想を促し、知識とイノベーションの交換を刺激し、循環型の起業を後押しすることにより、世界の循環型コミュニティをつなげようとしています。

2020年、私たちは、オランダが目指す移行アジェンダに触発され、循環への移行ポテンシャルの高いセクターに主眼を置いた一連の刊行物の出版に着手しました。これらの出版物により、私たちの持っている洞察を国際レベルで結集し、ベストプラクティスを共有したいと考えているからです。世界のあらゆる人の着想を促すことで、一人ひとりが実際に行動を起こし、循環型の開発に弾みをつけることができると願っています。

オランダの製造産業は循環型経済に向けた数多くのインスピレーションや画期的なイノベーションを提供しています。それでも、循環への移行を実現し、加速していくためには、国際的な協力がどうしても必要なのは明らかです。製造業界はそのバリューチェーンが全世界を網羅する国際的な産業です。

製造産業に関する本書の刊行にあたって、私たちは同セクターの循環型への移行を刺激しようというオランダのプログラム、「循環型製造実現プログラム」（「Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie-UPCM」）とタッグを組みました。このプログラムでは、経済・気候政策省、FMEやKoninklijke Metaalunieといった同セクターの団体、オランダ企業庁（RVO）、一般ならびにその他の利害関係者が連携しています。このセクターでの循環型への転換に向けて、国際的行動や協力が必要であり、私たちは機会と挑戦の中でさらなる深い洞察を提供したいと考えています。

まずは、なぜ製造が循環型に移行しなければならないのか、予想されるメリットは何なのかについて、主要な生態学上の制約と課題を考察します。続いて、オランダ国内、欧州、そして国際レベルでこれまで開発されてきた政策と計画の概要を見ていきます。多数のショーケースを例として示すことで、業界が構築してきた循環に関する主要な戦略と解決策を紹介します。さらに、オランダが今後数年間に取り組んで行く予定の重要なプロジェクトと、今後講じていきたいと考えている国際的な措置について概説し、結論として、移行をどのように組織していけるのかを行動という観点から考察していきます。

それぞれのショーケースを共有してくださったすべての企業と団体をはじめ、本書の出版に協力をいただいたすべての関係者の皆さんにお礼を申し上げます。また、意見とフィードバックをいただいたUPCMのNetherlands Strategic Platformにも感謝を述べたいと思います。

PhilipsのCEOであり、循環型起業の推奨における国際的な旗手であるFrans van Houten氏には、まえがきを書いていただき、感謝に堪えません。

詳細やご質問は、遠慮なく [Holland Circular Hotspot](#) または [UPCM](#) までお問い合わせください。

製造産業の現状

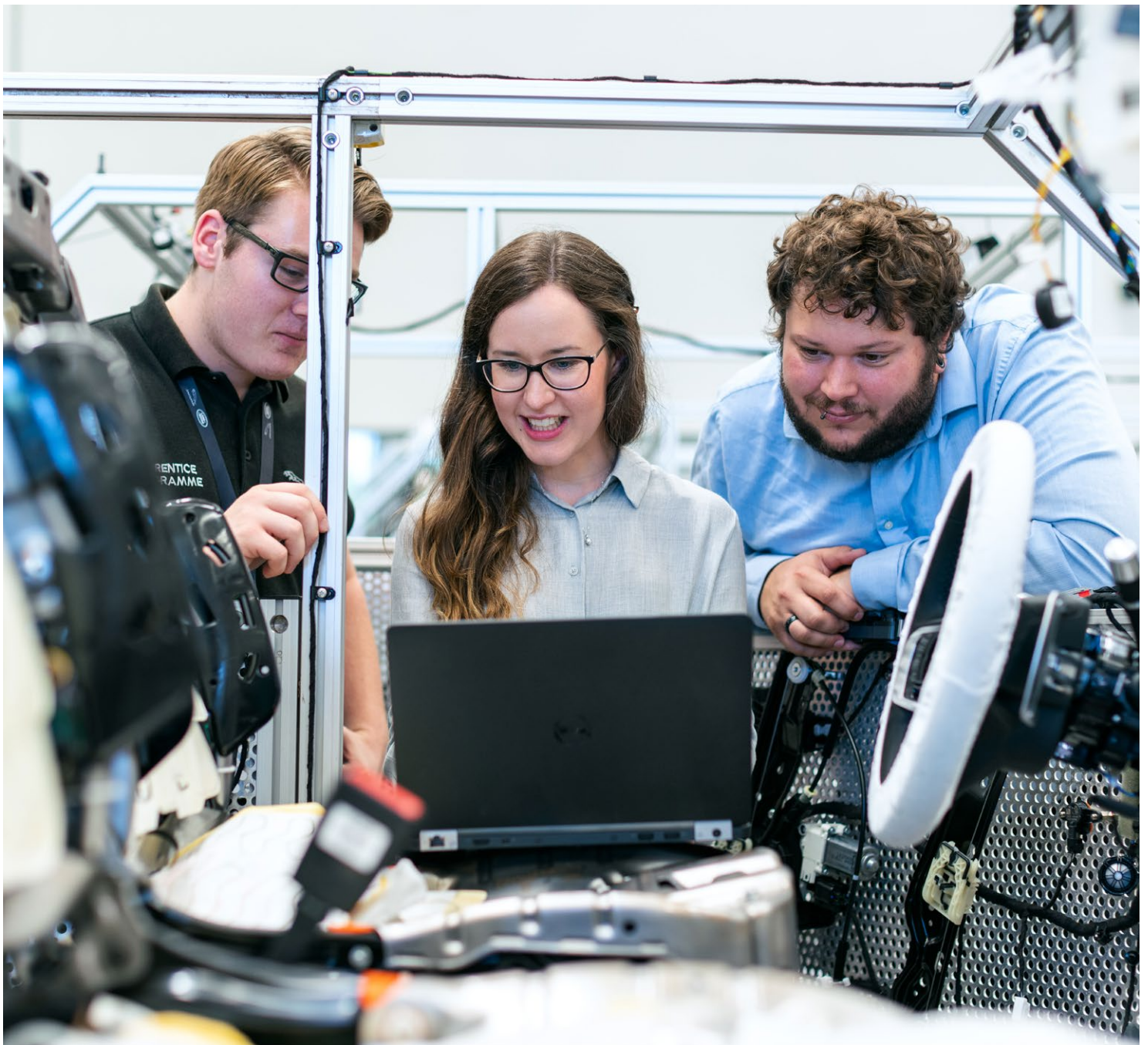
製造産業は現代の経済におけるサクセスストーリーの中心にあります。国々が発展し、その経済が繁栄を極めるにつれて、そこには鉄やアルミニウム、プラスチックなどの商品や材料の山がますます高く積み上げられていきます。これらの物質は、社会のインフラや輸送システム、建物、工場、消費者製品、そしてこれらの包装資材などを作るのに使われるのです。材料は高い生活水準を維持する核心です。健全な工業セクターはまた、経済的な競争力や社会全体の幸福に欠かすことのできないものだとも誰かが考えています¹。オランダでは、工業に関わる産業活動が経済のほぼ5分の1を占めています。この数字は工業界の付加価値だけでなく、サプライチェーンの活動から生まれる付加価値も表わしているのです²。

この10年はおそらく、製造セクターとこのセクターに関連のある世界のバリューチェーンにとって変革の10年になるだろうと予想されています。COVID-19のパンデミックは決定的に流れを大きく変えましたが、この変化を実現できる単独の要因になるものではありません。パンデミックは、新産業革命と経済ナショナリズム、そして持続可能性に対する危機から生じている課題に加えられた新たな課題の一つに過ぎないのです（表1）³。

表1 世界における生産の未来を形づくる巨大な潮流

技術／新産業革命	先進ロボット工学とAI サプライチェーンのデジタル化 積層造形 (3Dプリンティング)
政策および経済ガバナンス	国家政策における干渉主義の増大 貿易や投資における保護主義の発達 地域、二国間、特定目的での経済協力の増加
持続可能性	持続可能性に関する政策と規制 市場主導型による製品やプロセスの変化 物理的なサプライチェーンの影響

出典：Zhan, J., Bolwijn, R., Casella, B and Santos-Paulino, A., 2020. Global value chain transformation in the decade ahead | VOX, CEPR Policy Portal. [オンライン] Voxeu.org. <<http://voxeu.org/article/global-value-chain-transformation-decade-ahead>>から入手可能。[2021年3月24日にアクセスしたもの]



企業とその国際的なバリューチェーンに影響を及ぼすあらゆる社会的課題や持続可能性に関する課題のうち、最も重要な変化の駆動要因になるのは環境問題だと予想されています。各国や地域は、気候対策に以前よりも野心的に取り組むようになりました。持続可能性に関する政策やグリーンディール、通商規則が政府によって施行され、変化のための新たな政策上、経済上の勢いを生み出しています。

製造産業にとっての環境上の課題は、何よりもまず、増大し続ける資源への需要と、これに伴うCO₂排出量の増大から発生しています。このような需要を生じさせているのが、世界人口の増加と生活水準の向上、もっと具体的に言えばエネルギー転換による重要な原材料へのニーズです。さらに、消費後の電気製品や電子製品の回収とリサイクルはまだまだ望ましいレベルに達しておらず、結果的に貴重な材料の損失と環境⁴や健康への被害⁵をもたらしています。これ以降の段落では、こういった環境上の課題をさらに詳しく探求していきましょう。



写真提供 - Fairphone

資源によるCO₂の影響

国際資源パネルは2020年に、固体材料の生産から発生する温室効果ガス（GHG）排出量がCO₂換算量で1995年の5ギガトン（Gt）から2015年には11Gtに増加したと報告しました。世界の排出量に占める割合は15%から23%まで上昇しています⁶。最も影響の大きい材料は鉄および鉄鋼（32%）、セメント、石灰および石膏（25%）、プラスチック、ゴム（13%）です。

これは農業や林業、土地利用の変化から生じた合算のGHG排出量の割合とほぼ同等であるにもかかわらず、気候に関する議論では、多くのケースにおいて材料生産による排出が見過ごされています。

Global Resources Outlook 2019は、「現在の傾向が2015年から2060年にかけて持続した場合、天然資源の利用は110%増加すると予想されており、その場合、GHG排出量は43%上昇し、壊滅的な影響を及ぼすと考えられる」と指摘しています⁷。

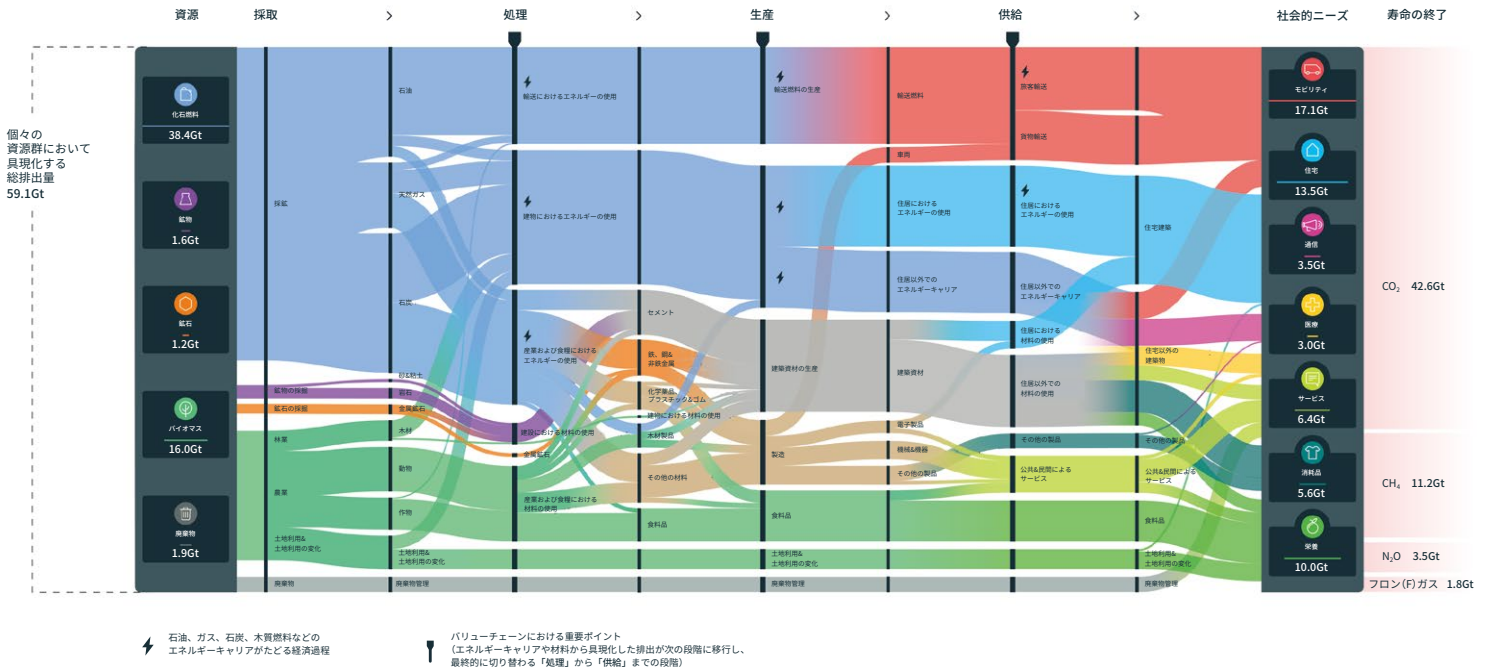
材料の生産による排出量はCO₂換算量（CO₂ eq）で1995年の5 Gtから

2015年には
11 Gt CO₂ eq
に増加

天然資源の使用は110%に増加し、GHG排出量を43%上昇させると予想されている

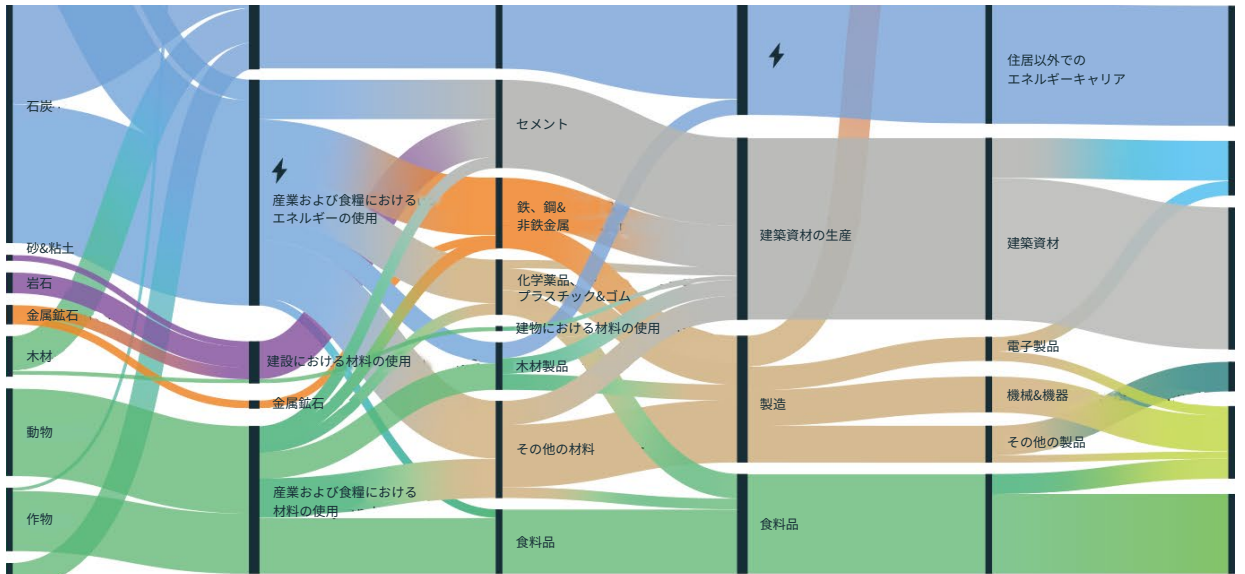
循環性に関するギャップ報告書2021（Circularity Gap Report 2021）による排出量のX線画像（図1&2）は、材料（およびエネルギー）から製品への過程でGHG排出が現実のものとして発生するのに製造業が大きな役割を果たしていることを示しています⁸。この図はまた、製造というセクターが資源からのGHG排出量削減の重要な担い手になりうることも示唆しているのです¹¹。

図1 世界の社会的ニーズを背景にした排出量のX線画像



出典：Haigh, L., de Wit, M., von Daniels, C., Collicricchio, A. Hoogzaad, J., 2021. Circularity Gap Report 2021.[オンライン] Circularity-gap.world. <http://www.circularity-gap.world/2021から入手可能。>

図2 図1の詳細：製造を通じた製品中のエネルギーキャリアの具現化



材料の採取に対する切迫した事情

電子機器や機械、自動車産業、電気輸送、航空、持続可能なエネルギー技術のための需要増は、原材料の使用が急増している一因になっています。これらの資源の採取と生産が、環境問題だけでなく、持続可能性に関するその他の問題を引き起こしているのです。

金属や鉱物への需要がますます高まっていることから、ごく近い将来、採取の規模拡大は必須です。その前に立ち塞がっているのが、新たな鉱脈を開拓するにはかなりの時間（10～20

年）がかかり、しかも膨大な資本が必要になるという課題です。さらに、鉱石の質の低下により、原材料の採取はますます複雑な作業になっています。

懸念の源は、資源の欠乏に関連するリスクや循環型経済が提供する解決策をまだ多くの企業が認識していないという点にあります。原材料への依存を減らし、環境影響を低減していくためには、意識の向上を図り、新たな収益モデルを構築していかなければなりません。原材料の確保を保証し、地政学的な対立を防止できる新たな政策の考案が求められているのです⁹。

重要な材料への需要

グローバルなレベルでエネルギーを移行するためには、再生可能エネルギーをスピーディに実装備していかなければなりません¹⁰。すなわちそれは、これらの技術に必要な特定の重要な原材料（CRMs）の採取と処理を2050年までに12倍に成長させなければならないということになります¹¹。この計算結果は、特定の重要な原材料で言えば、世界におけるその年間生産量のかかなりの割合がなければ、オランダに必要風力タービンとPVパネルすらも追加できない、ということを示しています¹²。

再生可能エネルギー技術を実現するには、2050年に向けて、特定の重要な金属の世界における生産量を少なくとも12倍にしなければならない

電動モビリティへの大規模な移行は、需要をさらに増大させるもう一つの技術的進展です。現時点で存在する消費者電子製品もこれらの材料を必要としているという事実を忘れてはいけません¹³。

さらにもう一つの課題となるのが、重要な材料の採掘と生産がごく限られた国を拠点として行なわれているという点です。貿易における依存度を低減していくためには、バリューチェーンに沿った戦略的な連携が必要になります¹⁴。

増加し続ける廃棄物流

世界全体において、年に20億トンの都市廃棄物が発生しています。残念なことに、この廃棄物の約33%は適正に管理されおらず、環境や健康上の危害を生じさせています¹⁵。製品やサービスへの需要、人口の増加、経済成長、消費者の行動などにおける傾向に従って考えた場合、都市廃棄物は2050年までにさらに70%増加し、34億トンに達すると予想されています¹⁶。

電気機器や電子機器は現代の生活に欠くことのできない一部分になっていることから、今や電子廃棄物（e廃棄物）は世界において最も速いペースで増加し続ける家庭からの廃棄物流になっています。Global E-waste Monitor 2020は2019年、世界全体で5360万トンのe廃棄物が発生したと報告しました。この廃棄物流はさらに38%増加して、7470万トンに増加すると予想されています。—しかも、これは2030年までという近い将来の話です¹⁷。

回収とリサイクルが採択され始めているものの、そのペースは遅く、廃棄物の大半はシステムまで戻ってきていません。数多くの国が電気・電子廃棄物（WEEE）システムを効率よく管理できないという現実に直面しており、回収率は17%、930万トンにとどまっています。2014年以降、このパーセンテージは年に40万トンずつ向上してはいるものの、この量では、

2014年以降の年間でほぼ200万トンに達するe廃棄物の発生と比例しているとは言えません。この事実は、リサイクル活動が世界的な規模でのe廃棄物の増加に追いついていないことを示しています。

一方、北欧は、高い回収率とリサイクル率を達成できていることを立証しています。59%という正規のリサイクル率は世界で最も高く¹⁸、これは2003年の時点でいち早くe廃棄物法令を制定していたことによるものです。

2019年に、世界では5360万メートルトン（Mt）のe廃棄物が発生した

このうち、適正に回収され、リサイクルされた量として正式に記録されているのはわずかに17.4%である

写真撮影—@Freek van Eijk

ガーナにある世界最大のe廃棄物投棄場所であるアグボグブロシー。ここには8万人が居住しており、そのうち多くの人々は主としてe廃棄物から銅線やその他の金属を拾い集め、これらを売って生計を立てている。



解決策としての 循環型経済

循環型経済の定義とは

循環型経済とは直線型経済に代わるアプローチであり、意図と設計による復元力を備えています¹⁹。気候変動や廃棄物の発生といった今世紀の世界規模での課題に対する答えとして、耐用寿命の終わりという概念を復元に置き換え、再生可能なエネルギーの利用に向けた移行を実現し、自然システムから手つかずの資源（の採取）を採取しなければならない必要性を低減させ、廃棄処分（廃棄物）から発生する排出量と公害を削減していこうというアプローチです²⁰。

すなわち、循環性とは、気候中立性と長期的な競争力に向けた、広範囲における産業の転換に不可欠な一部なのです。バリューチェーンと生産プロセスの全体にわたって、実質的な材料の節減を実現し、付加的な価値と開放型経済の好機を創出することが可能です。

「バリューヒル（価値の丘）」によって可視化されているように（図4を参照）、循環型経済では製品の付加価値が可能な限り長く保持されます。循環型の戦略によって価値が上向きに付与されていき、製品をできるだけ長く、可能な限り丘の高い位置に押し上げることが可能です。製品は長寿命を念頭に開発され、保全や補修に適した性質が確保されることで、資源の使用ループが遅くなり、使用段階を長くすることができます。そして最終的に、製品をできるだけゆっくと階層の下に移行させ、バリューヒルのサイクルに再び組み入れて、有用な資源として活かすことが可能なのです²¹。

循環型経済のメリット

コンサルタント企業であるMaterial Economicsは、パリ協定の目標に照らし、より循環性の高い経済を実現していくことでCO₂削減にどれだけ寄与できるかを調査しました。（排出

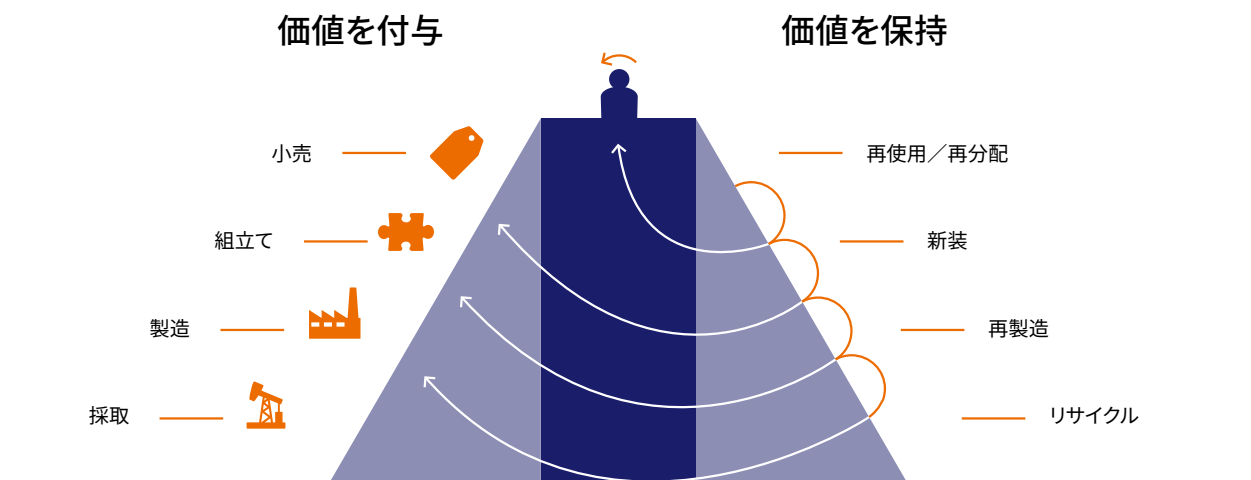


図4ーバリューヒル（Value Hill）

出典：Achterberg, E., Hinfelaar, J., and Bocken, N., 2016. Master circular business with the Value Hill. [オンライン] CIRCO. <https://www.circonl.nl/resources/uploads/2019/11/value-hill-white-paper.pdf>



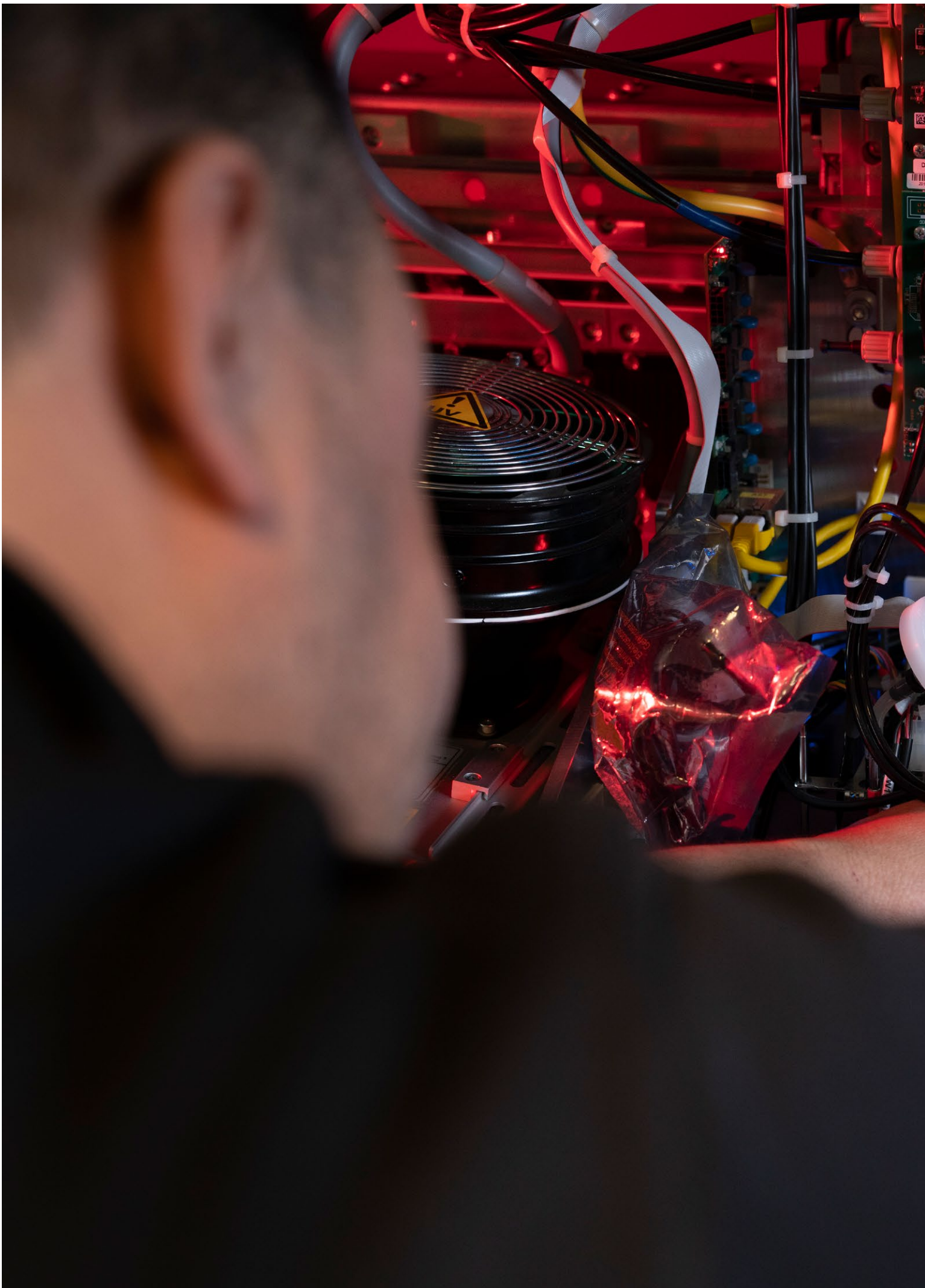
写真提供 - Circo

量という点で) 最大の4つの材料、すなわち、鉄鋼、プラスチック、アルミニウム、セメントと、これらの材料に付随して発生する2つの最大の使用セグメントに生まれる好機を対象として、循環性は実質的にかなりの役割を果たすことができるという研究結果を示しています。重工業からもかなりの排出量削減が可能であり、野心的なシナリオでは、EUにおいて2050年までに総量で年間5億3000万トンから2億9600万トン、世界全体では年に約36億トンものCO₂削減が期待されています²²。

エレン・マッカーサー財団は、2014年の「循環型経済に向けて (Towards a Circular Economy)」と題する報告書の中で、循環型の選択は単なる運用上の決定ではなく、戦略的にも有益であると主張しました。同財団は、クローージング・サイクルによって正味の原材料調達コストが19~23%削減されると計算し、大幅な純材料の節約が実現できるとしています。これにより、年間4,600~5,500億ユーロの節約につながります。TNOは特にオランダの金属産業に対し、循環性により重点を置いて取り組むことで、このセクターが年間約5億7,500万ユーロの収支を確保できると試算しました²³。

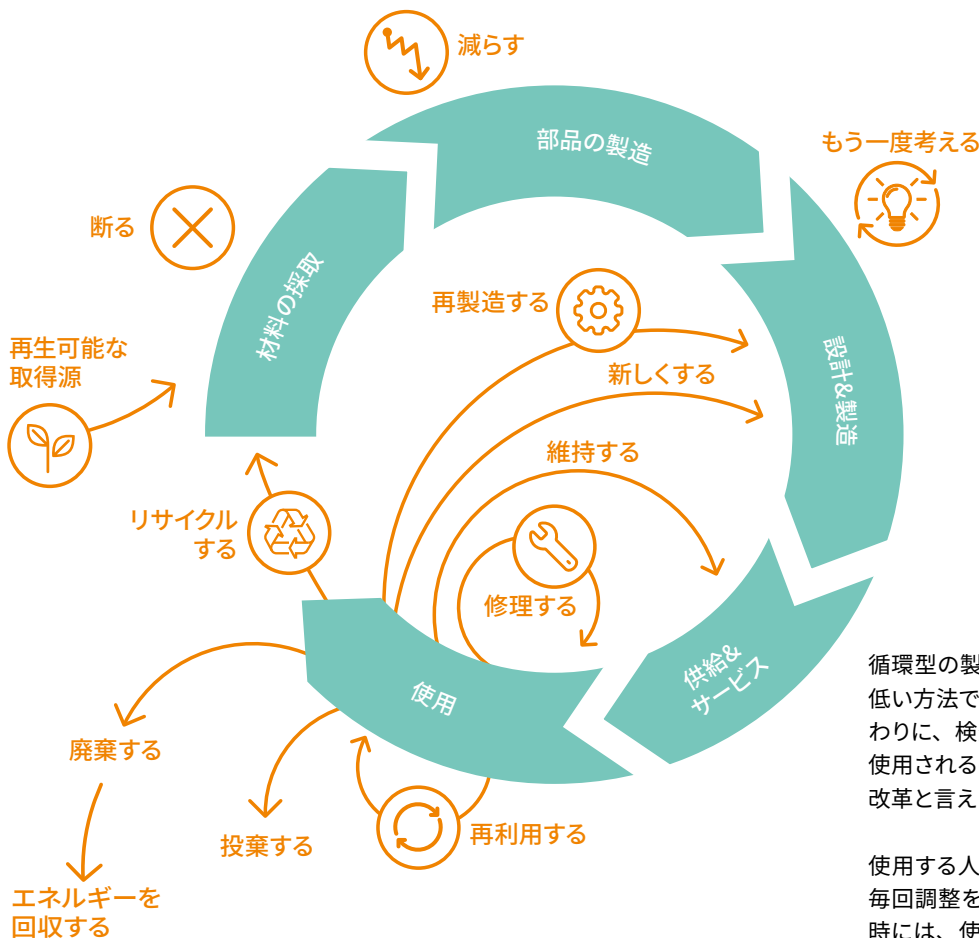
世界全体で、より循環性の高い経済を実現した場合、

2050年までに
年間3.6Gtの
CO₂発生を
回避することが
できる





循環型の製造産業とは



循環型の製造産業では製品や部品が捨てられたりグレードの低い方法でリサイクルされたりすることはありません。その代わりに、検査と処理の過程を経て、高品質の製品として再び使用されるのです。現在の生産や販売の形態からは抜本的な改革と言えます。設計で目指すのは最適な耐用寿命です。

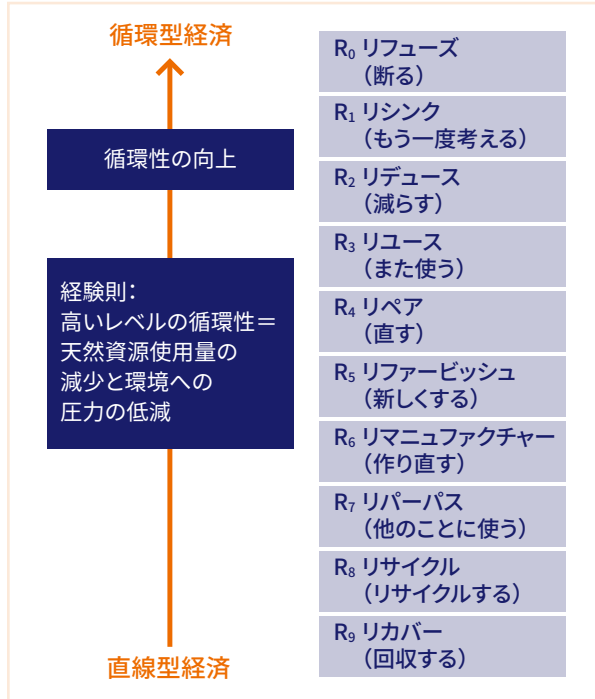
使用する人にとって妥当なものであり続けるよう、製品には毎回調整を加えることができます。また、他の選択肢がない時には、使用できる貴重な材料をできるだけ純度の高い方法で回収して、再利用できるようにすることが可能なのです²⁴。



循環性の階層構造－10R

材料を循環型経済の中で機能させるため、循環性の10Rという階層構造を適用することができます。このR戦略とは、バリューヒルに図示したように、異なるレベルで製品の価値を保持していくことをいいます²⁵。一般的に言って、より多くの価値を保持することができれば、それだけ循環性が高くなり、環境に対する切迫度も低くなります。この10の戦略は、循環型の設計、寿命の延長、リサイクルという3つのグループに分かれています²⁶。

図5 循環性のレベル

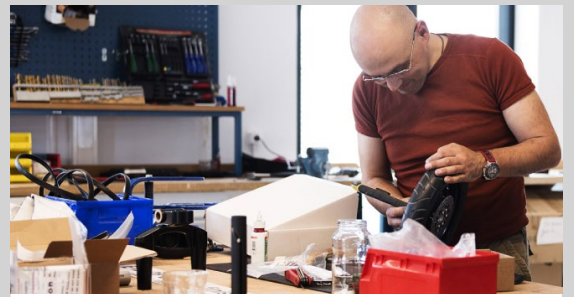


出典：Rood and Kishna (2019), Outline of Circular Economy, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. <https://www.pbl.nl/en/publications/outline-of-the-circular-economy>から入手が可能。

循環型の設計 (R0～R2のリフューズ、リシンク、リデュース)

設計は循環型経済で最も重要な核です。循環型経済では、製品、事業モデル、そしてこれまで何世紀も続いてきた直線型のシステム、これらのすべてを新たに設計し直さなければなりません。

製品の設計者は特定の材料の使用を「断る (R0)」ことで、すなわち、別の材料やもっと少ない材料で同じ機能を提供することができます。例えばこれまで音楽を聴くという価値を提供していたハードウェア製品にかわって、Spotifyのようなデジタルソリューションが同じ価値を提供できるということです。循環型戦略によって「もう一度考えれば (R1)」、例えば製品を共有する、製品を多機能化する、モジュラー設計によって変化に対応しやすくするといったアプローチを通じ、製品を集約的に使用できるようになります。設計段階では、まさに出発点において、特定の材料を排除し、製品の耐用寿命後における廃棄物流に影響力を及ぼせる可能性があります。循環型経済において「減らす (R2)」ための取り組みでは、天然資源や材料の使用量削減を共通の目標に、製品製造の効率や材料の削減に重点を置いた設計が行われます。



長く使うための設計

Bugaboo Internationalはベビーカーをはじめ、最新のベビー用製品を開発し、生産しているオランダの設計会社です。製品は、長い耐用寿命と補修のしやすさ、多機能の用途を念頭に設計されています。ホイールが壊れた?カバーが破れた?そんなときでもBugabooのベビーカーならすべてのパーツが交換できるため、すぐに買い換えなければならないということはありません。しかも、使用する人の好みに合わせて調整することも可能です。目的や予想寿命をもとに、個々のパーツに使用する最適な材料が選択されています。異なる様々な材料が分離できないという事態に陥らないよう、Bugabooでは接続部を可能な限りはめ込み式やネジ留めにしています。

bugaboo®



持続可能な仕事環境を創造

Ahrendはオフィス家具や空間ソリューションの国際的な有力企業です。過去30年間にわたって、持続可能性と循環性は同社の企業戦略の中で大きな役割を果たしてきました。Ahrendは、みずからの製品に対し、「小ささがより多くのものを生み出す」というアプローチを採用しています。このアプローチは、コンポーネントを取り除いたり、交換したりできるようにすることで再利用を簡易化し、天然資源の使用を削減するモジュラー式設計からスタートします。大規模な新装や再製造、他の活動への転用を通じ、製品の価値を保持しています。Ahrendでは「サービスとしての家具」を提供しており、製品のオーナーシップを維持して、ユーザーを多様なサービスで支援しています。

ahrend



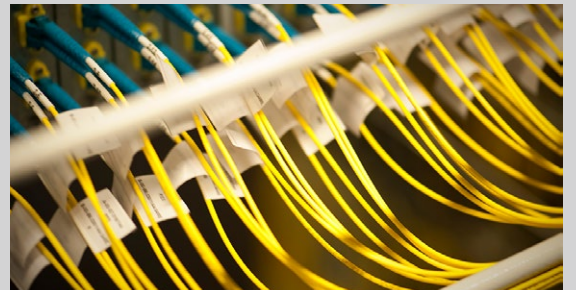
写真提供 - KPN



耐久性と倫理を兼ね備えた、長く使うためのスマートな携帯電話

Fairphoneは、サプライチェーンに紛争が関与しない鉱物資源とフェアトレード認証の金を使用した、世界にかつてない初めての倫理的な電話を開発しました。モジュール式で修理可能な設計によって大きな技術躍進を実現し、寿命の延長と、平均で2年というスマートフォンのサイクルを打ち破ることに成功したのです。スマートフォンの修理が他社製品に比べて簡易かつスピーディな上に、スペアの部品も入手やすく、ソフトウェアも将来の変化に比較的対応しやすくなっています。例えばディスプレイはほんの数分で交換でき、費用も非モジュール式スマートフォンに比べてぐくわずかしかなりません。同社は2013年の設立から現在までに、25万台を超えるFairphoneを販売しています。

FAIRPHONE



重要な原材料を高い回復力で提供できるサプライチェーンの構築

KPNは世界で5本の指に数えられる持続可能な電気通信企業の一つであり、2025年までに100%の循環型事業運営に近づきたいと希望しています。この希望が原動力となり、KPNでは、TV受信機や最新のリモートコントローラなど、同社を象徴する15の製品をはじめとして、循環型の設計と再利用、リサイクルに取り組んでいます。その目標は供給業者との間に設計の判断基準を導入し、規格を確立することです。2019年にKPNは、これらの主要製品のサプライチェーンにおいて重要な原材料が果たしている役割の評価に着手しました。現在、同社は供給業者と連携して、リスクを緩和し、重要な原材料の循環性を実現するための戦略を構築しています。今後の技術開発を見据えてサプライチェーンの回復力に影響を及ぼす変動要因をモニタリングし、常に把握するよう努めているのです。



長い寿命を持つ製品の実現 (R3～R7のリユース、リペア、リファービッシュ、 リマニュファクチャー、リパーパス)

製品の使用について考えた場合、a) 製品、b) 構造エレメント、c) 部品の耐用寿命を延ばすには、異なる多様な循環型設計戦略が存在します。製品のライフサイクルが終わっても、必ずしも構成部品の耐用寿命が尽きるわけではありません。

この場合に適用できる循環型戦略が、「また使う／売る (R3)」というアプローチです。再利用する場合、製品はほとんど調整が不要であり、別の場所で同じ目的に同じ機能を提供することができます。

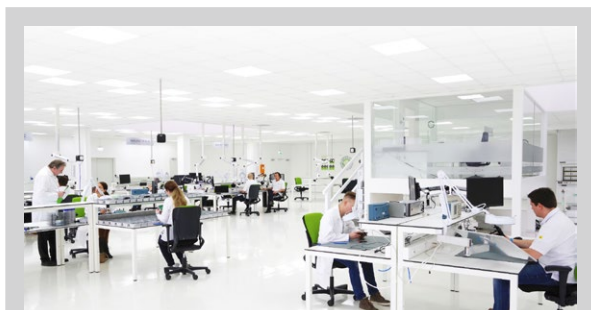
欠陥のある製品や構成部品を「直す (R4)」ことによって、元の機能に再び使用できる状態にすることが可能です。オランダの製造業界で現在行なわれている循環型活動の大半は、自転車や車など、あらゆる種類の製品の修理に関するものです。これらの会社はほとんどが、何年にもわたって経済を下支えしてきた技能型企业です。近年の議論では、これらの企業の活動が循環型経済に実際に寄与しているにもかかわらず、循環型として認識されていないか、もしくは循環型でないと認識されています²⁵。

大型で多数の部品によって構成されている製品の構造全体を使用する場合は、「新しくする (R5)」のが最も適正です。この戦略は「以前の」製品の復元に重点を置き、最新のものに生まれ変わらせるものだからです。他部品で構成されてい

る製品を「作り直す (R6)」場合は、分解して点検し、洗浄した後、必要に応じて置き換えや補修を行ない、類似した機能あるいは拡張機能を備えた新たな製品に作り直すのです。

再製造や新装は循環型経済における重要な戦略であり、資源を効率的に使用する製造産業の実現に重要な役割を果たすものと期待されています。環境上のメリットにとどまらず、再製造や新装は、付加価値や高度な技能職、経済的成長を生み出す機会を提供することができます。ERNは2015年に、欧州における再製造産業の規模が300億ユーロ弱であり、約19万人が雇用されていると推定しました。市場研究の結果も、同産業が2030年までに900億ユーロまで成長し、25万5000人もの雇用を生み出す可能性があることを示しています²⁷。

廃棄された部品を調整し、別の機能を備えようとするのが、循環型戦略における「他のことに使う (R7)」というアプローチの導入です。廃棄された部品や材料にまったく別の新たなライフサイクルを付与することが可能です。



ロボット化を実現した 初の電子機器再製造工場

Alec (Advanced Lean Electronic Components) は、過去15年間にわたって自動車から回収した電子部品を高い品質で再製造する技術を開発し、実践してきました。ドイツのミュンヘンにある施設から、欧州全土に及ぶ多国籍企業に業務を提供しています。再製造のプロセスは、技術のエキスパートによる部品の初期検査から始まります。その後、製品を完全自動の再製造工程に移送するのです。ロボットが受領した製品は関連部署に仕分けされ、そこで極めて高い精度による診断の後、再製造と試験が実施されています。



スペシャリストによるコーティングが 製品寿命を延ばし材料の節約を実現

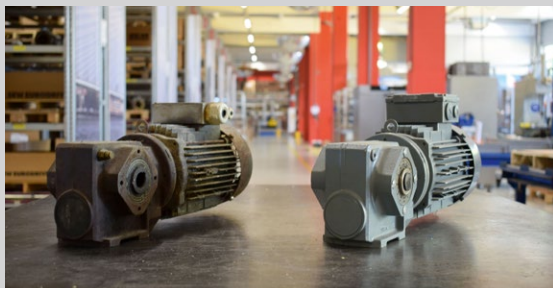
Revamoの業務は2つのグループに分かれています。一つのグループでは、目の前にある機械部品をレーザークラディングや溶射、あるいはその他の技術によって補修し、新たな規格の部品によみがえらせており、時には前よりも優れた製品が生まれることさえあります。これらの技術によるCO₂のフットプリントは、新しい部品を製造する場合の10～15%に抑えることが可能です。そしてもう一つが、新たな製品にコーティングを施すことで、より高い規格を実現し、所有に要するコストを削減する第2のグループです。ポンプメーカーの顧客向けに、化学薬品への耐久性が必要なポンプシャフトにコーティングして、シャフト全体を貴金属で製造しなければならない必要性を解消しました。他にも重要な機械部品へのコーティングによって耐用寿命を延ばし、メンテナンスの頻度を抑えるなど、多くの業績を挙げています。





ICT 機器に第2の製品寿命を

SNEWの使命は、事業用の電気通信やITに第2の寿命を与えること。価値の下がったICT機器を引き渡す企業に、すべてのデータを削除したことを示す証明書を発行して安心してもらうとともに、その古い機器に見合う公正な対価を支払います。SNEWでは、プロバイダによる最初の保証期間やカスタマーサポートが終了した後も、企業の現存の機器にメンテナンスを提供しています。SNEWは近年、NGOや大学、政府、ICT業界のいくつかの重要企業と提携を開始しました。2013年以降、すでに20万を超える製品に第2の寿命を与えており、SNEWはICTチェーンに属する欧州の企業との新たなパートナーシップを模索し続けています。



(再) 製造を新たな次元へ

SEW-EURODRIVEはモーションコントロールと産業用変速機の開発における国際的な大手企業の一つであり、同社が製造するこれらの駆動装置は再製造にまさにうってつけです。オランダ支社では、修理のための新たなアプローチを開発しました。欠陥が見つかった場合、顧客は固定価格で再製造を選択することができます。駆動装置は分解され、再利用可能な部品と新たな部品を組み合わせ使用することにより、全体が新しい製品として組み立てられます。駆動装置にはテストが実施され、新たに製造した製品の場合と同じ保証が提供されるばかりか、3営業日以内に所有者のもとに返送されます。この新しいアプローチにより、すでに年間で2000台前後の「古い」駆動装置の再製造が実現しています。



世界規模の再製造ネットワーク構築を目指して

Lelyは早期導入者市場で革新性の高い酪農場向けのソリューションを展開しています。Lelyは2011年に中央集約的な製造プログラムをスタートさせて信頼を生み出すと同時に、市場の新たな顧客を大いに刺激し、新装した機器を駆使するロボット化の実現に大きく一歩を踏み出しています。2018年には世界規模のフランチャイズネットワークであるLely Centersを関与させることで再製造戦略の分散化を図り、認証型の機器新装事業を創出するとともに、輸送量の軽減も実現しています。現在、同社が販売するロボットの約10%は中古です。集中的な取り組みと技術の採用により、この数字は近いうちに30%に届くと予想されています。再製造は、10年から14年という当初の耐用寿命をさらに5年から7年延ばした使用で実現することができます。中古製品へのアクセスを生み出す場所として、Lelyは2020年に自由に取引できるプラットフォームを立ち上げました。



リサイクル（R8～R9のリサイクル、リカバー）

「リサイクル」（R8）では、同じ質（ハイグレード）の製品や質を落とした（ローグレード）の製品を得ることを目的として材料の処理が行われます。これはすなわち、これらの材料を同じ製品中の新たな構成部品のための資源として使用できるということです。また、これらの材料は、焼却によるエネルギーの回収（R9）にも利用することが可能です。



持続可能なICTのための 実用的なソリューション

Closing the Loopは、高い次元の長期的な議論ではなく、今すぐ持続可能性の実践をスタートするための実用的なツールとして循環型経済を捉えています。同社が提案する基本的なバリュープロポジションは極めてシンプル。顧客がデバイスや携帯電話、タブレット、ノートパソコンごとに少額の手料を支払い、Closing the Loopがそれを徴収します。そしてそれを最も必要とする国から手数料と同等分の電子廃棄物をリサイクルするというものです。このアプローチは、循環性が長期的なビジョンで語られるものではなく、今すぐに循環性への取り組みを始められる方法を企業に提供するものであることを示しています。Closing the LoopはSamsungやIngram Micro、KPMG、オランダ政府、T-Mobileなどの顧客やパートナー企業と連携し、価値の創造に取り組んでいます。



金属のリサイクルにはすでに長い歴史があります。しかし、現在では、アスベストで汚染された金属など特定の廃棄物流に特化したリ、電子廃棄物から広範囲の多様な金属を回収したりする新しい革新的な技術の開発が進められています。



古い電子機器やテキスタイルを 地域から集めよう

E-waste Raceは小学校同士が古い電子機器の回収を競い合う教育的競争プロジェクトです。参加者は再利用、リサイクルのほか、電子機器に含まれている貴重な材料について初歩的なレクチャーを受けた後で、電子廃棄物の回収をスタートし、最も多く電子廃棄物を回収した学校が教育的で楽しいスクールトリップを勝ち取るというプロジェクトです。2014年にオランダで開始され、1000校が参加して100回を超えるレースが企画されました。回収された古い電子機器は160万トンにも上ります。E-waste Raceは2021年にドイツで初となる同プロジェクトを企画しています。プロジェクトが大成功したことを受けて、2020年には循環型のテキスタイルに関する同様の教育プロジェクト「テキスタイルレース」を立ち上げました。試験的な実施の際には使用済みのテキスタイルがすでに4万kgも再使用とリサイクルのために集められ、800の衣料品が子どもたちの手で手直しされて、競争のプラスポイントの獲得につながっています。



複合的な廃棄物流から 重要な原材料の抽出

Circular Industriesは、グレードの低いプリント回路基板から（重要な）原材料を抽出するアーバンマイニング工場を開発しました。広範囲で実績のある技術を新たに構成させることで99.99%という最高レベルを誇る純度の元素の転換を実現し、しかも有毒な排出や残留物流は一切発生させません。このため、この工場は、将来的に電子機器がますます小型化し、金属の収量が低くても柔軟に対応が可能です。工場の第1号はCircular Industriesが拠点を置くオランダに建設する予定になっており、その後は国際的な拡大戦略ののっとなってこの分野における主導的な立ち位置を確保したいと考えています。

新たなビジネスモデルの役割

循環型経済では製品の寿命が延び、できるだけ多くの価値が保持されます。これを実現するためには、寿命の終わりを迎えた製品の補修やアップグレード、回収といった追加のサービスが必要になります。これらが確保された後にはじめて、「所有」から「使用」への移行が魅力的になるのです。このモデルでは、使用者はもはや製品を購入するのではなく、解決策にお金を払います。ビジネスモデルはたえず変化しており、これに伴って収益のモデルにも変化が生まれます²¹。選び抜かれた収益モデルは循環型のビジネスモデルの商業的成功を助け、循環性によるインパクトを高めるのに役立ちます。レンタルやリースといった収益モデルは、それ自体は新しいものではありません。これらのモデルはどの程度、循環性を実現するかを決定づけるものとして、精巧に考え込まれた方法です。



都市をもっと住みよい場所に

Swapfietsは世界初の「サービスとしての自転車」企業です。オランダで2014年に設立され、欧州9カ国に22,000人の会員がいるにとどまらず、現在も拡大し続けています。月極めの固定料金で、他と明確に区別するため青いタイヤを装備したSwapfietsの自転車を使用でき、しかも自転車の機能性は常時保証されています。自転車が破損した場合は、代わりに自転車が指定場所まで無料で届けられます。Swapfietsは耐久性に優れ、しかも修理や再利用、リサイクルを実施しやすいよう自社独自の製品設計に着手しました。一台ごとにパスポートを作り、チェーンからサドルまで、サプライチェーンのすべての材料をモニタリングしているため、資源のむだ使いを避け、新たな構成部品を生産する必要性の解消に役立っています。

Swapfiets



必要な量を売るといふこと

Mitsubishi Elevator Europeは、M-Use[®]を使用して、エレベーターを所有するという概念の代わりに使用権を提供しています。顧客は期待されるパフォーマンス：最小の停止時間と最大の稼働、市場標準をはるかに上回るサービスレベルとそのレベルが顧客へ提供されなかった場合の罰則、に基づいて契約を締結します。追加の保険契約を提供することで、Mitsubishiは必要なサービスを提供でき、投資に対して担保が確保されます。設置のための初期費用はかかりません。M-Use[®]エレベーターは、少なくとも40年間のメンテナンス対象製品であり、イノベーション、センサー、リモートモニタリングによる寿命延長機能に支えられています。これにより、建物の所有者にとって資金調達要素はあるものの、運用コストが極めて低く抑えられ、負担するコストの上昇を招くことがありません。使用期間終了後は、付帯するマテリアルパスポートに基づいて、高品質再利用が可能であるシャフト内の部品/材料がより高い場合、それに見合う金額が顧客に提供されます。







循環イノベーション： ポテンシャルの高いセクター

効果的で迅速な移行の必要性に応えるためには、環境影響を低減できる潜在的可能性が最も大きく、なおかつ経済的なメリットを併せ持ったセクターに集中的に力を注入することが鍵になります。製造産業の中では、それぞれ異なる特性を持つ5つの製品クラスターを特定することが可能です（図5を参照）。

循環型のアプローチを考えた場合、これらのクラスターにはそれぞれに固有の機会と課題がありますが、最大の可能性が考えられるのは、なんとと言っても資本財です。エネルギー転換やデジタルトランスフォーメーションといった他の影響要因が、特定のセクターや製品群における変化の勢いを生じさせると予想されるからです。循環性の特性に従ってクラスターを分類することで、正しい循環戦略とクラスターを結びつけることが可能になります。

製品が持っている複雑さと固有の価値、耐用寿命をふまえ、互いにイノベーションシステムを形成できる可能性のある次の6つのプロジェクトが構築されています²⁸。

1. 循環型ウインドファーム
2. 資本設備
3. スマートインダストリー
4. eモビリティのためのバッテリー
5. 循環型の太陽光システム
6. サービスとしての熱

これらのプロジェクトの一つ一つに対し、オランダ循環型製造実践プログラム（Dutch Circular Manufacturing Implementation Program）は、該当の循環戦略にもとづいてこれらを実現していった場合、オランダにおけるCO₂への効果と経済的影響が潜在的にどのくらいになるのかを算出するよう知識研究機関であるTNOに要請しました。これらの効果をそのまま地球規模での効果に外挿することはできませんが、多様な戦略によって実現する相対的なインパクトについての洞察を提供するものであることは確かです。

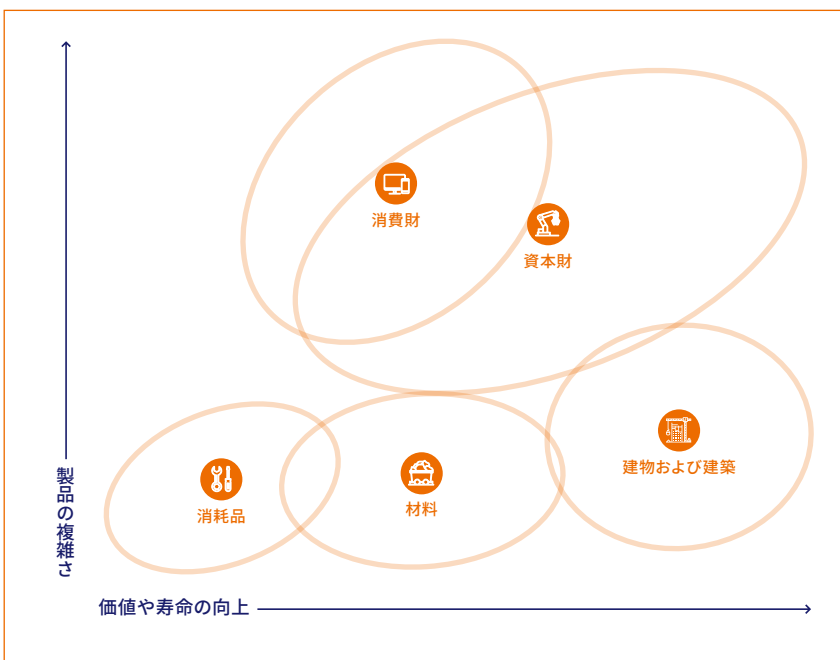


図5 製造産業における製品クラスター

出典：Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie/Minister van Economische Zaken en Klimaat, 2020. De industrie maakt het circulair: Facts & Figures about the circular transition of the manufacturing industry. https://circulairemaakindustrie.nl/app/uploads/2020/12/Feiten_Cijfers_CirculaireMaakindustrie.pdfから入手が可能。



循環型ウィンドファーム

陸上および洋上の風力エネルギーは、欧州における野心的な再生可能エネルギー目標において重要な役割を果たしています。これからの数年間は、風力産業が循環型産業に向けて移行する上で、極めて重要な時期になるはずですが、欧州の電力供給ミックスに占める風力エネルギーの割合は2018年の時点で14%でした。この数字は2050年には50%まで上昇すると予想されています²⁶。第一世代の大型風力タービン群は急速にその耐用寿命の終わりに到達しようとしており、あとに残される残留廃棄物流がすでに課題を生じさせつつあります。しかも、風力産業は、過去に前例のない風力エネルギーの設備容量を今まさに設置しているのです。

オランダにもたらされる効果

循環型戦略 / CO₂への効果 (単位: キロトン/年)

R0～R2による循環型設計	24
R3～R7による耐用寿命の延長	24
R8～R9によるリサイクル	142

このような状況は、「新しく設置する風力タービンに必要な重要な金属をどこで手に入れたらよいのか?」、「今後発生する風力タービンの部品や材料を、質の低下を最小限に抑えながら活用していくためにはどうしたらよいのか?」、「循環性を念頭に置いた新たなタービンはどんなふうに設計することができるのか?」といった新たな疑問を提起させています。

「循環型風力発電所に関するオランダのムーンショット型プロジェクト (Dutch Moonshot Project on Circular Wind Farms) (2020) では、サプライチェーンの転換実現を目的に、風力産業における循環性の統合に向けた具体的なステップが実施されました。このプロジェクトは Versnellingshuis Nederland Circulair! の委託を受け、ECHT が実施を担当したものです。このプロジェクトの第1段階では、直線型から循環型の風力産業への移行にはどんな課題があるのか、その特定に重点が置かれました。風力エネルギー産業で精力的に活動している100社以上の企業と政府機関がそれぞれの見解と知見を共有し、風力産業の循環型への移行に向けて取り組む姿勢を示しています。

利害関係者によるセッションで明らかになったのは、現在行なわれている構想が、主に風力タービンの分解後に利用可能になる材料廃棄物流に焦点を合わせたものであるという点です。従って、構造エレメントの質を保持するため、今後は循環性に関する焦点を拡大し、製品の設計と耐用寿命の延長を重視した循環型戦略を組み入れていかなければなりません。

プロジェクトの参加者らによって特定された循環性による機会は、次に挙げる9つの循環型行動アジェンダに置き換えることができます。

1. 循環性を重視した風力発電所プロジェクトに関する入札基準
2. 構造要素のモジュラー式設計
3. 設計段階における風力エネルギーセクター内外との協働的取り組み
4. 環境に固有の基礎設計と使用
5. 分解および耐用寿命終了時 (EoL) の戦略を念頭に置いたデータの保管 (例えばモジュールや構成部品、材料のレベルなど)
6. 循環性の向上を目的とした材料 (または構成部品) に対する責任
7. レアアース元素 (REE) の精製戦略
8. 港湾周辺の企業による循環型クラスター
9. 欧州全体で循環性に取り組むための協働的枠組み

欧州域内における50社以上のサプライチェーン企業と連携し、この3年計画のプログラムは、テーマごとの作業部会である「サーキュラー・ウィンド・ハブ」から活動をスタートしました。業界のパートナーによる大規模な関与を企画し、必要に応じてテーマの焦点を調整していくことで、利害関係者の精力的な活動を創出し、維持していく予定です。共通の課題に関する関連セクターとの相乗効果を企画調整した後、次なる重点事項としては、風力産業内での共同事業体の創設に取り組むことです。

風力産業では国境を越えた活動が行われており、欧州の協働的取り組みを実証する完璧な例と言えます。ドイツとデンマークには優れた製造企業が多いのに対し、オランダは輸送

と架設に秀でています。ドイツやスペイン、フランスといった国はすでに風力発電による電力の大規模な消費国であり、時間の経過とともに、やがてどの国が耐用寿命戦略に秀でいるかわかってくるでしょう。すなわち、欧州全体で、風力産業に属する企業がより循環度の高いバリューチェーンに向けた変化を実現していけるかどうかがか鍵になるのです。

私たちは、プロジェクト間の透明性を向上させるため、EU 全域に及ぶプラットフォームの立ち上げを提言しています。EU バッテリー同盟 (EU Battery Alliance) に着想を得た循環型風力エネルギー同盟 (Circular Wind Energy Alliance) は、風力産業が循環性に向かう道のりにおける答えになるかもしれません。

このような移行を加速化していくためには、循環性に向けた複雑な道のりの中で業界全体が真剣に取り組んでいくことが重要です。だからこそ、セッションを継続的に企画し、この移行における勢いと熱意を維持するとともに、業界がさらに詳細に開発し、追跡していくことのできる循環型行動上の議題に関わるプロジェクトを考案し続けていくことが望ましいのです。

また、私たちは、持続可能な循環型の開発に対するEUの法令や資金調達、協働的取り組みにより、風力産業に従事する企業を助ける拠点を構築するようEU加盟国に提言しています。



循環型事業機会の徹底した重点化

2020年11月、CIRCO が進めている「循環型ウィンドファーム (Circular Wind Farms)」コースには、製造者から海洋建設請負業者、さらにはロッテルダムやアムステルダム港の港湾当局といった風力エネルギーのバリューチェーンに関与する多彩な参加者が集まりました。この3日間のワークショップの中で、各社は互いに協力し、循環型ビジネスの提議の考案に取り組みました。直線型のビジネスモデルにおける価値の損失を特定し、失われる価値を影響力とインパクトという点でランク付けして、循環型のビジネス機会として作成したのです。様々な設計戦力について徹底的に考察が行なわれました。最もポテンシャルの高い事業例は、洋上での解体や陸上の分解インフラ、ケーブルの回収再利用などです。

CIRCO creating business through circular design



写真提供 - Philips

資本設備

資本設備とは広範囲に及ぶ物理的ハードウェア製品群を表わし、サーバーや医療用スキャナー、機械類に至るまで、その種類は極めて多様です。私たちはこれらの製品によって様々な社会的ニーズを充足できるだけでなく、接続性や医療、物流といった領域で実現可能なものをさらに拡大しています。資本設備の生産では年間に720万トン（世界における年間材料消費量の6.5%）の資源が使用され、世界全体の鉱石消費量の半分以上（56%）が使われています²⁹。

資本設備セクターでは、投資され、危機的状況に瀕した金融資本の割合が比較的高くなっています。このセクターが循環型経済への移行の多くの側面に積極的に取り組んでいるのはこのためです。例えば、大部分が企業間環境で事業に従事しているこのセクターの顧客は、他のセクターよりも循環性の向上につながる可能性のあるサービス事業モデルに慣れています。これはすなわち、資本設備が他の産業に重要な教訓を提供できる可能性があることを意味しているのです。

循環型経済では、資本設備製品は再利用を念頭に置いて設計されるため、生産に使用する資源（特に再生不可能な資源）が減ることに繋がります。新装や再利用によって活かされる構成部品やリサイクルされる材料が物理的に増えることに加え、経済的にもリサイクルできる材料を増やし、天然資源への需要や公害汚染を低減することが可能です。デジタル技術によって実現した、メンテナンス、共有アクセス、機能性に焦点を当てたサービスは、（有形財を販売して終わり、という単なる物質的商品提供状態を超えて）製品をより長く使用し、廃棄物を削減する革新的な方法を提供します。

使用に適さなくなった製品が、これまでのように埋立て処分場や際限のない焼却に送られることはありません。その代わりに、これらは刷新され、再製造され、他の目的に転用され、部品に使用されることで、その耐用寿命が回収され、まだ使える他の製品の寿命を延ばすことができるのです。

「循環型経済を加速させるためのプラットフォーム（Platform for Accelerating the Circular Economy、PACE）」は、2021年に、10の行動喚起策とともに、「資本設備に関する循環型経済の行動アジェンダ（Circular Economy Action Agenda for the Capital Equipment）」を立ち上げました（P. 48を参照）³⁰。

オランダ循環型製造実践プログラムは、ハイテク設備セクターにおいて最も高い付加価値を創出できる製品群の特定と活性化に着手しました。材料パスポートや再利用による経済的価値を確認するための新たな基準の考案もその活動の一部になるはずですが、供給業者の役割に特に注意を払いながら、機械の組立てやプロセス設置のバリューチェーンにおいて知見の実用化に取り組むことになっています。オランダ実践プログラムはPACE資本設備連合（PACE Capital Equipment Coalition）」と優先順位の足並みを揃え、緊密に連携していく予定です。



医療機器をできるだけ長く 使用できる状態に維持

Philipsは2025年までにその収益の25%を循環型の製品やサービス、ソリューションから得るという目標を設定しており、現時点ですでにその15%を達成しています。また、同社は2025年までに、すべての医療機器に対して下取り制度を提供しようと取り組んでいます。このような取り組みの土台になっているのは、大型医療機器の取引における同社の長い経験です。Philipsでは装置の新装や部品の再利用を通じて新たな使用サイクルを創出し、耐用寿命の全体に及ぶ価値を最大限に高めているのです。それ以上の利用ができなくなった際には、責任ある形で材料をリサイクルしています。



写真提供 - Lely

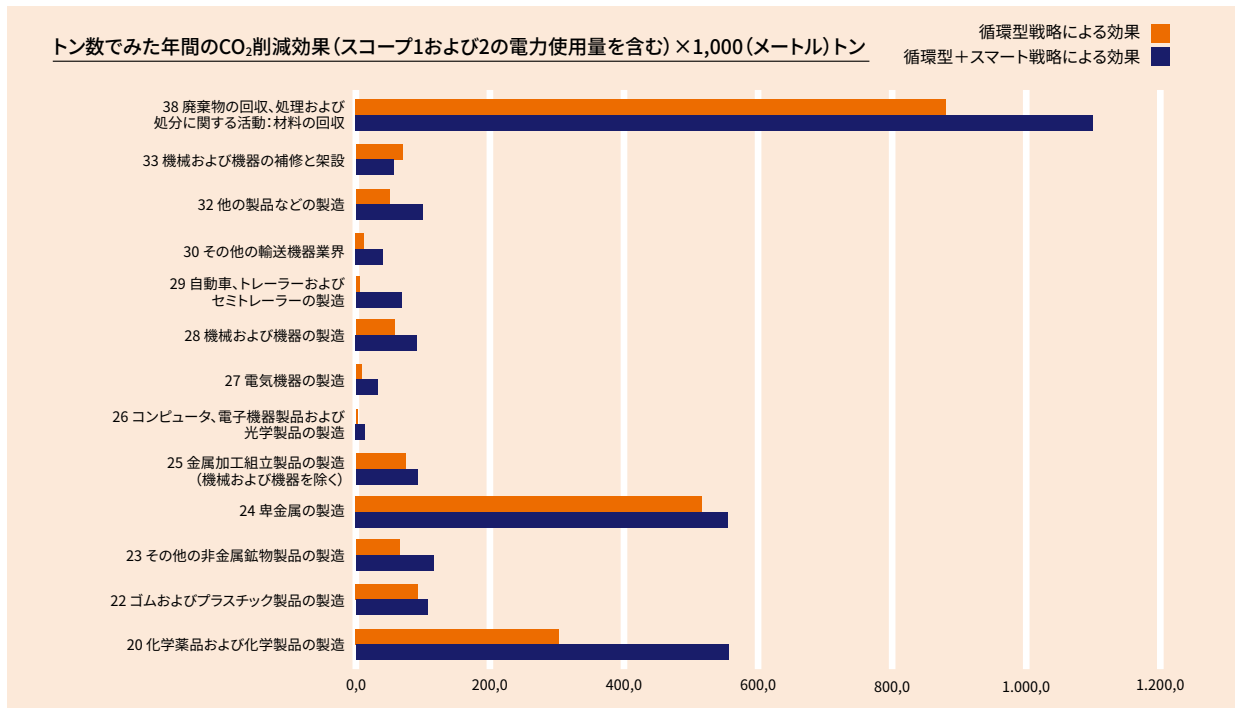


写真提供－ASML

スマートインダストリー

サービスやスマート技術を資源の効率と結びつけることによって、循環型経済は、製造産業の中で、「いつもの新たなビジネス」となれる潜在的可能性があります。製造産業におけるイノベーションは、さらに循環度の高い経済に寄与することができるのです。例えば、循環度の高い経済という成果を実現するのに不可欠なものとして、大部分のケースではセンサー技術が使用されています。こういった意味で、「スマートな技術」は企業そのものだけでなく、顧客にとっても効率的な材料の使用に力強く貢献することが可能なのです。循環型経済の実現はすなわち、CO₂排出量も削減されることを意味しています（オランダで予想される効果については図6を参照）。製造産業は他の多くのセクターや起業家にとって、インスピレーションの源となりうる存在だと言えるでしょう。

図6 循環型戦略にスマート製造戦略を付加した場合に実現できる、セクターごとの潜在的なCO₂削減効果



出典：Ton Bastein, Toon van Harmelen, Mara Hauck, Diana Godoi Bizarro, Sara Wieclawaska, TNO (2021), De impact van Slim én circulair -hoe innovaties in de maakindustrie bijdragen aan een lagere footprint-

オランダの知識研究機関であるTNOが手がけた研究プロジェクトにおいて、70を超える企業を対象に、スマート技術と循環型技術の複合的な組み合わせに関する面談調査が実施されました³¹。この研究の結果は、スマートな製造を実践する企業はすでにいろいろな面で循環性を実践していることを示すものでした。それぞれの本質的な性質から、OEM製造企業やシステム供給業者は、補修性に優れ、顧客の使用時における動作可能時間をできるだけ長く保てるような形でそれぞれの製品を設計しているからです。

この調査で目の当たりにしたイノベーションやビジネスモデルは、以下に挙げる5つの形で、材料使用量の一層の削減に寄与しています。

1. 顧客のもとでのメンテナンスの向上を実現できる循環型の製品設計（すべてのOEMとシステム供給業者に共通）
2. 生産企業によるさらなる効率的な原材料の使用（より効率性の高い生産、3Dプリンティング、生産廃棄物の利用）
3. 構成部品・製品の耐用寿命の延長（再製造、ICTセンサーによる最適化保守契約、アップグレード）
4. 資産の共有：機械を自社購入するのではなく、共有することにより、生産設備をより集中的に使用する（ICTによって資産を利用できるタイミングの把握が可能）
5. 所有権を保持することで継続的な製品（と返品フロー）の管理を行い、製品のサービスのみを提供する（ICTが資産の状態を明らかにし、事前の資金調達も円滑）。

オランダ循環型製造実践プログラムでは、製造産業の存在感が最も大きい4つの州と連携し、スマート産業と循環型経済の統合に取り組む予定です。選択したセクターの企業とともに、デジタル化や人工知能、光工学、持続可能性、エネルギー転換、資源の欠乏、事業機会といった領域との相乗作用を模索することとしています。



売るのは製品ではなく、スマートなソリューション

Aebi Schmidtは除氷や道路清掃、園地栽培用の機械や車両を開発し、生産する企業です。ただし、機械を売るというよりは、実績保証ベースで顧客にソリューションを提供し、焦点を製品から製品のもたらす成果、すなわちクリーンで安全な道路などへとシフトさせています。Aebi Schmidtは15年にわたって収集したデータを活用し、よりスマートな提案をしてきました。データ制御装置によって、耐用寿命における機械の実際の性能と性能に関する技術データを収集し、データを詳細に解析しています。しかも、多くのケースでは、顧客と一緒にこれらの解析を行なっているのです。こうした取り組みにより、購入する機械を少なくしたり、新しいものを買う代わりに機械のアップグレードを図ろうという判断につなげたりすることが可能なのです。

aebi schmidt
group



Eモビリティのための バッテリー

電気自動車は、よりクリーンで効率的な旅客輸送のための有望なソリューションです。ただし、電気輸送への大規模な移行を支えていくためには、現時点におけるリチウムやニッケル、コバルト、グラファイト、マンガンといった重要な金属の世界規模での生産量を劇的に拡大していかなければなりません。将来の展望について考えた場合、電気輸送の結果として発生する、これらのうちいくつかの金属への世界規模での需要が、2030年には世界における現在の年間生産量を3倍も上回ってしまうと予想されています。電池はおそらく、持続可能なエネルギーの備蓄に再利用できるのではないかと考えられています。それでもやはり、電池をリサイクルして原材料を回収しなければならない日は、必ずやってくるのです。


欧州連合の複数の加盟国では、企業が早くも欧州バッテリー同盟に参加し、欧州における原材料の開発とその処理の両方に対し、民間セクターやEU、あるいは国内の資金提供からメリットを得ています。いずれ施行されると予想されている電池規則案は電池の原材料の責任ある調達を扱うものと考えられており、欧州委員会はデューディリジェンスに関する横断的規制案の策定を検討しています。

オランダにおける効果

循環型戦略 / CO₂への効果 (キロトン/年)

R0～R2	循環型の設計	
R3～R7	寿命の延長	17
R8～R9	リサイクル	3

オランダでは、電池の耐用寿命を延ばし、リサイクル産業を立ち上げる事業機会を模索しています。現在、オランダで年間に販売されているすべての新品自転車製品の40%以上は電動自転車です。2020年には新品の電動自転車が42万台に上り、5年から8年のうちにはこれらのほぼすべての自転車の電池が交換されることとなります。ただし、実際に大量に発生するのは、電気自動車や路線バスに使用されている電池です。自動車業界の野心的な目標により、2030年までにすべての新しい自動車は完全に電動化される予定であり、その数はオランダだけでも42万台から44万台に上ります。それぞれの車には250kgの電池材料が搭載されており、これは言い換えれば、毎年12万トンの電池をリサイクルしなければならないということにほかなりません。ざっと計算して、長期的に、電気自動車からだけでも12万トンの電池をリサイクルしなければならないと、バスやその他の輸送でもほぼ同様の量が発生する可能性があります。



電池に新たなエネルギーを

NOWOSは企業間取引事業の顧客に対し、eモビリティで使用されるリチウムイオン電池の循環型による設計、補修、リサイクルをサポートしています。受領する電池の実に70～80%を補修しているのです。オリジナルの構成部品やその他の手段を駆使して補修した製品は、その後も継続して欧州の法令や規格への適合性を維持しています。補修できない場合には再利用できる構成部品を取り外し、本当に破損しているものだけをリサイクルに回します。Nowosは電池製造企業にも働きかけ、補修やリサイクルがもっとしやすい形態になるような設計を促しています。2019年にオランダで設立されたNOWOSは、2020年にはフランスに新たな補修拠点を設立しました。

NOWOS



写真提供 - NOWOS



循環型の太陽光システム

ソーラーパネルと設備はエネルギー転換に必要な一部であり、最も有望な技術の一つです。太陽光発電（PV）市場は急速に成長しています。世界における設置容量のほぼ80%は過去5年間に実現したものであり、2030年までには世界における持続可能なエネルギーの最大の形態になるだろうと予想されています。太陽光パネルを生産するためには、エコロジカルフットプリントの大きい原材料が必要になります。特に銀は、広く使用されているケイ素ベースのソーラーパネルに欠かせない原材料です。他にはインジウムやテルルを使用している技術もあり、これらはいずれも欠乏のリスクのある材料です。世界におけるPVモジュールの廃棄物は2030年までの累積で約170万トンから800万トン、2050年までには6000万トンから7800万トンに達すると予想されており、解決策の必要性が叫ばれています³²。

リサイクル産業は現在、まだ初期段階にあります。理論的に考えた場合、ソーラーパネルは大部分がリサイクル可能ではありませんが、実際には現在市販されているソーラーパネルは部分的にしかリサイクルできません。循環型になるためには、新たなソーラーパネルをリサイクルしやすい形態で設計するとともに、十分な備蓄が確保され、影響の少ない材料で生産しなければなりません。現時点で存在しているパネルをできるだけ長く使用し、耐用寿命が尽きた時には高い基準でリサイクルする必要があります。ソーラーパネルは大きなシステムの一部であることから、支持構造やインバーター、ケーブルなどにも注意が必要です。

オランダにおける効果

循環型戦略 / CO₂への効果 (キロトン/年)

R0～R2 循環型の設計	6
R3～R7 寿命の延長	6
R8～R9 リサイクル	142

ソーラーパネルは中国で大規模に生産されているだけでなく、米国やオランダでも製造されています。最近、PVの循環性という分野における研究は、国際エネルギー機関 (IEA) 主導のもとに、欧州やオランダのプロジェクトにおいて行なわれる機会が増えてきました。欧州連合では、エコデザイン指令においてソーラーパネルの循環性に関するガイドラインを施行する計画が話し合われています。「Kennisnotitie zonnepanelen (ソーラーパネルに関する知見文書)」の中で、オランダのザウト・ホランド州は、国際的な規模で対処していかなければならない研究上の疑問をリストしました。

- 可能な限り最善の方法でリサイクルできるようにするためには、現時点で、ソーラーパネルをどのように生産したらよいか？
- 可能な限り欠乏や毒性が危惧される材料の使用量を抑えながらソーラーパネルを生産するためには、どうしたらよいか？
- どのような方法でパネルの耐用寿命を35年から40年に延ばすことができるか？
- 「リサイクルのための優れた設計」に関するガイドラインとはどのようなものか？
- 耐用寿命と価格、耐久性を最高の形で釣り合わせたベストバランスとはどのようなものか？
- プロジェクトの開発者がパネルの持続可能性を保証できる事業ケースを構築していることをどうやって確認したらよいか？ (例えば事業ケースは再利用や質の高いリサイクルを刺激するものか、など)
- ソーラーパネルの再利用が可能であり、なおかつ確実に再利用されることをどうやって確認したらよいか？
- パネルのすべての材料が高い基準でリサイクルされるよう、どのような方法で徹底を図ったらよいか？

オランダ循環型製造実践プログラムは今後、循環型ソーラーパネルのリパワー、新装、規模拡大、さらには高品質のリサイクルに重点を置いていく予定です。太陽光に関わるバリューチェーンが成功を収められるような (国際的な) 連合体の構築が重要な使命になっていくことでしょう。



太陽光産業での循環型移行に向けた原動力

同州ではソーラーパネルの利用を刺激しながらも、同時に、使用される重要な材料や製造および耐用寿命の終了による環境影響を認識しています。ザウト・ホランド州は、先駆的な活動を探索することにより、同州がさらに循環性の高い太陽光エネルギーへの移行に貢献できるようになるためにはどうしたらよいかを見定めようという移行管理アプローチを取り入れています。2020年に同州は専門家のネットワークを構築し、自治体との学習サークルを組織するとともに、企業との循環型設計講座を立ち上げ、利用可能な知見の目録を作成しました。2021年5月に、同州は「Helpathon」を主催しています。これは、この太陽光ネットワークとともに循環型太陽光エネルギーへの移行アジェンダを共同作成しようと取り組んだイベントです。





サービスとしての熱

エネルギー転換における大きな課題の一つが、住居と建物です。石油や天然ガスのような化石燃料源を、太陽光エネルギーやグリーンガス、バイオマスによる地域熱供給に置き換えていかなければなりません。これには、建物のフットプリントを最小限に抑制するだけでなく、健康で再生可能な材料を導入し、スマート技術を活用するといった、とてつもなく大きな機会も付随しています。

建物は欧州で最も大きなエネルギー消費セクターの一つであり、その排出量は欧州における排出量の3分の1を超えています。欧州連合域内にある多くの建物はまだ暖房や冷房を化石燃料に依存しており、旧式の技術と無駄の多い電化製品を使用しています。現在、エネルギー効率を考慮したリノベーションが行なわれている建物は年間で1%に過ぎないことから、2050年までに欧州を気候中立にするためには効果的な措置が不可欠です。2020年に、欧州委員会は、リノベーションの後押しを目的に、「欧州におけるリノベーションの波—建物のグリーン化、雇用の創出、生活の改善 (A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives)」と題する新たな戦略を発表しました³³。この戦略は、今後10年間で年間のエネルギーリノベーション率を倍加するよう目指すものです。欧州連合における建築物ストックの改装と改善は、脱炭素化したクリーンなエネルギーシステムの実現に向け、道を切り開く助けになるものと予想されています。

オランダにおける効果

循環型戦略 / CO₂への効果 (キロトン/年)

R0～R2 循環型の設計	349
R3～R7 寿命の延長	349
R8～R9 リサイクル	58

2019年に、オランダの熱供給セクターは、可能な限り低いCO₂排出量を保証する「サービスとしての熱」をベストプライスで提供しようという野心的な目標を設定しました。この目標は、2050年までに完全な循環型への移行を実現し、エネルギー転換を加速するという、同セクターの大きな目標のもとに分類されるものです。従来、旧式の設備や欠陥のある設備は新しいものと交換され、古い製品は廃棄物と扱われてきました。オランダでは毎年、約37万5000台のボイラーがこのような形態で交換されています。多くの場合、廃棄された古いボイラーにはまだ適正に機能する構成部品が含まれています。新たな循環型経済ではこれらは貴重な原材料としてとらえられ、熱供給もまた、このような観点から考察されることになります。2020年に住宅供給市場で成功を収めた後、2021年にはユーティリティ架設市場まで活動の幅を広げる予定です。サービスとしての熱に関するロードマップでは、主に循環型システムの設計、循環型ビジネスモデルと耐用寿命延長のための具体的な提案、そして暖房システムの改装といったテーマに重点が置かれています。



エネルギー転換に対処する循環型戦略

ボイラー製造企業である Remeha は、今から30年後には天然ガスの燃焼によるセントラルヒーティング式ボイラーはもはや存在していないだろうと予想しています。未来の技術はサービスとしての熱であり、熱の供給がヒートポンプによって行なわれるのか、暖房ネットワークや水素で行なわれるのか、あるいはまったく異なる何かで供給されるのかはケースごとに違ってくると考えているのです。現在、Remehaではすでにガス空調ユニットや安全装置、コントロールボックスを改装し、2年間の保証をつけてこれらを販売しています。下取り特典によって整備工場に貴重なボイラー部品を返却するよう促し、Remehaが部品の修理や試験を行なって再び販売しているのです。パートナー企業との連携により、サービスとしての熱の一層の進展に取り組んでいます。

OR remeha





循環型製造： 転換のための次のアクション

本冊子でこれまで見てきたように、製造産業は、資源や、少なからず欠乏の危機にある重要な原材料への需要の増加という深刻な課題に直面しています。しかし、循環型製造産業への転換のために多くの障壁は克服されなければなりません。しかも、この産業は非常に多様であり、個々の領域はそれぞれに独自の課題と解決策を内包しています。バリューチェーンの始まりから終わりに至るまで、多様なセクター間や国境を越えた協働的な取り組みが必要です。業界、消費者、廃棄物管理業者、国や地方の管轄当局、さらには知識研究機関まで、あらゆる利害関係者による行動が求められています。

課題や解決策はセクターごと、国ごと、あるいは地域によって異なる可能性がありますが、本章では、各セクターや国、地域において現在適用できる一般的な行動的観点を提示していきます。



成功する循環型イノベーションの企画

循環型のソリューションでは、優れた機能を発揮するイノベーションシステムからメリットを得ることができます。Hekkertらの研究により、8つのプロセスが一つになってこれらのシステムイノベーションのエンジンを構成していることがわかっています（図7を参照）²⁸。この枠組を用いて、ハイテク機器セクターにおけるOEMのイノベーションシステムの分析を実施したところ、その結果は、知識研究機関であるTNOがハイテク産業の企業を対象に実施した約70回に及ぶ聞き取り調査の内容とかなりの程度において一致していました。この評価の結果から導き出された所見は、方向性（包括的なビジョン）の創造、合法性の創出、活動の調整、が克服すべき最大の障壁であることを示すものでした。その他の結論として、需要けん引型の政策の方が、供給駆動型の経路より効果的に作用する可能性が高いことも明らかになっています。また、市場の形成も重要な側面の一つです。

さらに、この評価から、多くの循環型イノベーションは他のイノベーションから期せずして生み出された副産物であることがわかりました。デジタル化は、イノベーションとともに、製造工程や顧客との関係において重要な役割を果たしています。すなわち、循環型戦略をデジタル化や来たるべきその他の開発と統合することで、強力な相乗作用を創出することが可能なのです。この研究結果はまた、異なる当事者が果たすことのできる役割についての洞察も提示しています。

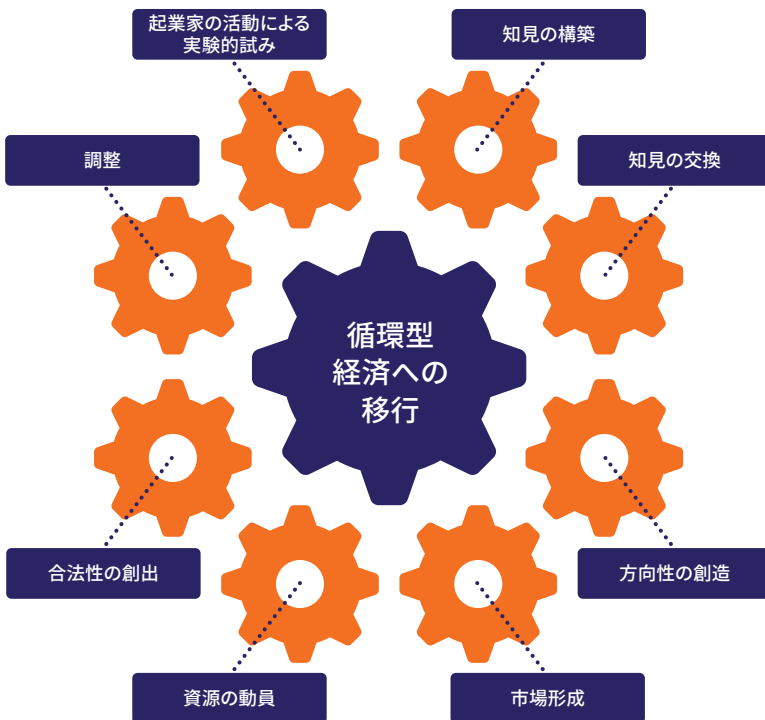


図7 イノベーションの8つのエンジン

Source: Ton Bastein, Toon van Harmelen, Mara Hauck, Diana Godoi Bizarro, Sara Wiclawaska, TNO (2021) De impact van slim en circulair-hoe innovaties in de maakindustrie bijdragen aan een lagere footprint-

政府に課せられている重要な役割

まず、政府は、方向性と野心的目標のレベル、さらにはそこに到達するための境界条件を設定することにより、強力な刺激づけの役割を果たすことができます。気候変動や重要な原材料への依存に関連する目標と政策によって、利害関係者の足並み調整を加速させ、循環型ソリューションへのしきい値を引き下げることができるのではないかと考えられます。

政府は、直線型から循環型のビジネスモデルへのシフトを可能にする持続的な規制により、市場の構築を実現することができます。R&Dの支援と資金提供により、循環型のビジネスモデルを実験し、あるいはその規模を拡大するためのイノベーションの機会を創出することができます。また、支障になっている法令（例えば再利用可能な製品の廃棄物としての分類など）に対する解決策の特定も後押しできる可能性があります。新たな法律制定による措置を検討できるのも政府です。この場合、可能であれば業界と緊密に協力し、措置の成功を目指すのが理想と言えるでしょう。「真の価格設定」を実現し、労働から資源へと課税を移行できる強力な経済的奨励策を支持する声がますます高まっています¹。

重要な点として、政府は、例えばICTハードウェアやモビリティ、機器などの分野において、循環型製品やサービスに対するローンチカスタマーの役割を担うことができます。循環型の公共調達、最低価格ではなく、むしろ総保有コスト（TCO）にもとづいて実施することが望まれています。調達とバリューチェーンとの意思疎通をサポートする上で、材料パスポートは価値の高いツールになります。

業界によるリーダーシップ

主流とは言えないまでも、本書の事例で示すように、多くの製造企業が循環型の起業という領域において活発に活動するようになりました。企業は循環型の戦略を構築し、循環型設計や新たな循環型ビジネスモデルの作成、供給企業との協働的創造などにより、実装に着手し始めています。知識研究機関と連携し、循環型の技術や手法、ツールを実践しているのです。評価のためのツールは重要な原材料の潜在的なリスクを特定し、循環型戦略の効果を算出するのに役立ちます。

障壁になっているのは、循環型設計の複雑さです。このため、主題領域の専門家（SME）に対する教育訓練を提供し、製造企業や業務提供企業、廃棄製品のリサイクル業者間の意思疎通を向上させることにより、サービスや高品質の廃棄物処理に対する最適化を強力に図っていかねばなりません。

PhilipsやKPN、Lelyといった資本設備セクターにおける国際的な主導的企業は、循環型経済を加速させるためのプラットフォーム（PACE）の中で循環性に関する連立をスタートさせ、リーダーシップを発揮しています。進捗や洞察、教訓をオープンに共有することで、資本設備連合体の構成員も互いに支援を提供し合っています。さらに、移行の必要性についての意識を高めるだけでなく、同連合体が官民セクターの他の当事者と積極的に関与し、連携を深めています。2021年、PACEは、循環型経済に向けて全体での進捗を加速していくため、資本設備セクターにおける循環型経済のアクションアジェンダを立ち上げました（P. 48を参照）²。

協働的取り組みの強化

グローバルなレベルで循環型製造産業を実現するには、国際的な強力な知識の交換が鍵になります。過去数年の間に、官民双方の領域の多くのパートナーによる研究と関与から得られた洞察を土台とする多くのイニシアチブがスタートしました。これらをはじめとする多様なイニシアチブを、完了すべき野心的目標は記載せずに行動への勢いを示す例として次ページ（P. 47）の表にリストしました。製造業界内の多様性と、様々なセクターの足並みの違いを反映しています。

Table 2: List of various initiatives within the manufacturing sector

イニシアチブ	実施団体	目的
<u>EU 循環型経済行動計画</u> (<u>EU Circular Economy Action Plan</u>)	欧州委員会	循環型経済プロセスの推進、持続可能な消費の育成、使用される資源をできるだけ長く EU 経済にとどめることを目指す取り組み
<u>重要な原材料に関する行動計画</u> (<u>Action Plan on Critical Raw Materials</u>)	欧州委員会	欧州の第三国への依存の低減、一次および二次取得源の両方から得られる供給の多様化、世界規模での責任ある調達を推進しながらの資源効率と循環性の向上
<u>欧州バッテリー同盟</u> (<u>European Batteries Alliance</u>)	欧州委員会	力強く、競争力に優れた欧州電池産業の構築を共通の目標とした、採鉱からリサイクルに至るまでの産業界およびイノベーション界の当事者の一体化
<u>欧州におけるリノベーションの波—建物のグリーン化、雇用の創出、生活の改善</u> (<u>A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives</u>)	欧州委員会	今後 10 年間で年間のエネルギー改修率を倍化
<u>資本設備に関する循環型経済行動アジェンダ</u> (<u>Circular Economy Action Agenda for the Capital Equipment</u>)	Platform for Accelerating Circular Economy (PACE)	例えばサービスの活用や製品使用率および耐用寿命の指導と支援、循環型への移行を目的としたデジタル技術の利用などにより、資本設備における循環型経済を推進していくための呼びかけ
<u>電子機器製品に関する循環型経済行動アジェンダ</u> (<u>Circular Economy Action Agenda for Electronics</u>)	Platform for Accelerating Circular Economy (PACE)	例えば循環性を考慮した製品設計に対するインセンティブの提供や有効な回収システムの設立など、電子機器製品における循環型経済を推進していくための呼びかけ
<u>オランダ循環型製造実践プログラム</u> (<u>Dutch Circular Manufacturing Implementation Program</u>)	オランダ経済・気候政策省、セクター団体の FME および Koninklijke Metaalunie、ならびにその他の官民連携団体	オランダ製造産業の循環型へ向けた転換
<u>サーキュラーウィンドハブ</u> (<u>Circular Windhub</u>)	ECHT、Versnellingshuis Nederland Ciculair	風力産業の循環性とサプライチェーン内での転換の実現を統合

Source: Compiled by the author.

欧州における循環型経済政策

欧州委員会は、気候中立性と長期的な競争力に向けた、より広義の意味での産業転換に欠かすことのできない一部として循環性をとらえています。欧州における製造の未来は、新しく、さらに高度なスキルを必要とする、より良い仕事の創出につながっていくものと予想されています。新興技術を主導的に商業に採り入れていくことで他の商取引ブロックに対する競争上の優位を獲得し、さらに多くの雇用を生み出していけるのではないかと期待されているのです。

2020年に、欧州委員会はEU循環型経済行動計画と欧州デジタル戦略を採択しました。循環型経済行動計画は、それまでに行なわれてきたEU循環型経済パッケージ（2015）の成功と、その実施報告書における結論を土台に立ち上げられたものです。同委員会は電子機器製品、ICT機器、テキスタイル、装備品、ならびに鉄鋼、セメント、化学薬品などのインパクトが大きい中間製品の7つの主要な製品に関わるサプライチェーンを特定しており、行動計画を実施していく中でこれらの製品チェーンに属する利害関係者と緊密に連携していく予定です。

行動計画は、循環型設計や製品の再利用、拡大生産者責任（EPR）を目標に、製品政策を強化していくものです。消費者の修理する権利の強化も、この政策の明確な一部になっています。エコデザイン指令に続き、2021年3月1日からは、製造者に対し、食器洗浄機や（テレビ）モニターといった電子機器製品の予備部品をこれまでよりも長期間にわたって利用できるようにしておく義務が課せられています。



オランダ循環型製造産業実践プログラム

2016年、オランダ内閣は「2050年におけるオランダの循環性」プログラムの中で、経済をどのように転換していきたいのかを概説しました。この政策は移行アジェンダにおける5つの優先セクターを対象に考案されたもので、その中の一つが製造産業です。製造産業に関する循環型経済の移行アジェンダ（2018）において目標が策定され、そのためのアイデアが練られたことから、循環型製造産業実践プログラム（2019～2023）が考案されました。2050年に向けた戦略的ビジョンとして、循環型製造産業への移行は環境フットプリントを地球の境界範囲内に削減しながら、同時に、新しく、より復元力の強い経済の重要な土台となって経済的、社会的価値をもたらすという将来像が描かれています。

この戦略的ビジョンに付随する主たる目標は、次のように定められています。

- 製造産業における価値の創造と製品／サービスの保持を向上させること。
- 製造産業の製品／サービスによる環境影響を軽減すること。

- （重要な）原材料の供給に対する保証をもっと確固たるものにする。

オランダの知識研究機関であるTNOの研究報告は、オランダの製造産業が循環型に移行した場合、オランダだけでも32億ユーロの付加価値を創出し、230万kgのCO₂削減を実現できる可能性があることを示唆しています。また、TNOによる研究では、マグネシウムやチタン、アルミニウム、リン、アンチモンといった重要な材料の採取も大幅に低減できる潜在的な可能性があることもわかっています。

同プログラムは循環型の製造産業をテーマとする多様なプロジェクトで構成されており、風力発電所やPV太陽光システム、ハイテク機器、資本設備、電池、サービスとしての熱といったプロジェクトの探求がバリューチェーンの提携企業とともに進められる予定になっています。また、同プログラムの中では、広範囲にわたってデジタル化を実用化していく取り組みも実施されます。



循環型経済を加速するためのプラットフォーム（PACE）

PACEは循環型経済の創造に取り組む業界の主導的当事者を結びつけるための国際的な官民連携プラットフォームです。PACEにより、100を超える企業、政府、市民社会団体との協力で、循環型経済行動計画が策定されています。この行動計画は2021年に立ち上げられたもので、プラスチック、テキスタイル、電子機器、食糧、資本設備の5つの刊行物で構成されています。それぞれの刊行物には10の行動喚起項目がリストされており、資本設備セクターについては以下の行動が定められています¹¹。

1. 循環性を考慮した製品設計に対するインセンティブとガイダンスの提供
2. 顧客の認識と購買モデルを変容させることにより、循環型の製品やサービスに対する市場の需要を増大させる。
3. サービス、ガイド、サポートの活用による製品使用率と使用期間の延長
4. 寿命を迎えた製品の返却率を高める
5. コンプライアンスと責任あるリバース ロジスティクスで効率性と透明性を実現
6. バリューチェーンやセクター間での協働的取り組みにより、再利用に関わる事業を戦略的に計画立案
7. 再利用技術や施設への投資に対するインセンティブを増やす
8. 製造者による二次構成部品の調達量増加を実現
9. 循環性への移行にデジタル技術の活用
10. 循環型資本設備の持続可能な開発目標に対する貢献を評価





ウェブベースのツールを活用した 供給リスクの緩和

Resources Scannerは、製品や材料に関わるサプライチェーンのリスクを評価し、改善するためのウェブベースのツールです。その活用により、企業は自分たちが依存している材料が自らの事業やサプライチェーンに属する人々、自然環境にどのくらいのリスクを及ぼす可能性があるのかを発見することができます。評価は供給の安定性、価格変動、材料が生産される際の条件をベースに実施され、サプライチェーンのリスクを緩和するための行動上の視点が提示されます。同ツールはオランダ語版と英語版が作成されており、経済部(Economic Affairs)がサポートしています。



材料パスポートが循環型調達を 後押し

オランダ政府のICT調達局(DICTU)は、2019年にみずから使用するハードウェア取得源の目録作成を開始しました。ICTセクターと整合する「最低限必要な循環情報」を記載した循環型製品パスポート(CPP)を活用し、バリューチェーンの全体にわたって、重要な原材料の使用、生産、電力消費量、耐用寿命について検討したのです。この目録により、耐用寿命の延長や最も使用量の多いICTハードウェアの再利用に関する新たなガイドラインを作成しました。



循環型の設計を通じた ビジネスの創造

設計研究機関であるCIRCOは、循環型ビジネスの創造を目的に、発想の喚起と活性化の両方をもたらす、製造産業内で活躍する専門家の創造性をサポートする、シンプルでありながら独自性にあふれた方法を考案しました。この方法はある3日間のワークショップで活用されており、起業家や業界の専門家らが事業機会を特定し、循環型の設計戦略を駆使して、それぞれの提議や製品、サービス、ビジネスモデルを再設計しています。多様な事例や専門家による参考意見、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可能です。CIRCOによるワークショップのコースはオランダ循環型製造実践プログラムで使用されており、優先度の高いバリューチェーンにおけるコミュニティと解決策の創出に活用されています。



循環型イノベーションの効果を 評価測定

知識研究機関であるTNOは、それぞれの製品をさらに持続可能なものにするための取り組みとして、多様なセクターの製造者に対するフィンガープリントの測定手法を考案しました。結果は、製造時にどのくらいの資源が節減されるか、新たな製品は人々や環境に対する有害性がどれだけ低減されているか、そして3つめの要素として経済的效果はどのくらいを示す数字で表わされます。この方法はセクターにも適用が可能であり、潜在的に実現できるCO₂削減や期待できる付加価値についての洞察を得ることが可能です。







参照資料

1. B+I戦略、2013年。経済的、社会的な幸福を維持するための野心的目標による経済発達に、なぜ健全な製造セクターが必須なのか。[オンライン] <https://www.bmasi.net/es/opinion/articulos/item/365-why-a-healthy-manufacturing-sector-is-a-must-for-any-advanced-economy-with-ambitions-to-maintain-economic-and-social-wellbeing> から入手可能。[アクセス日：2021年3月9日]
2. Hitzert, F., Langenberg, H., and Frank Notten, F., 2017年。Belang, ontwikkeling en structuur van de Nederlandse industrie。[オンライン] [cbs.nl. https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2017/40/belang-ontwikkeling-en-structuur-van-de-nederlandse-industrie](https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2017/40/belang-ontwikkeling-en-structuur-van-de-nederlandse-industrie) から入手可能。
3. Zhan, J., Bolwijn, R., Casella, B. and Santos-Paulino, A., 2020年。今後10年におけるグローバル・バリュー・チェーンの転換 | VOX、CEPR政策ポータル。[オンライン] [Voxeu.org. <https://voxeu.org/article/global-value-chain-transformation-decade-ahead>](https://voxeu.org/article/global-value-chain-transformation-decade-ahead) から入手可能。[アクセス日：2021年3月24日]
4. Knowledge for Policy Europe, 2019年。資源に対するグローバルな需要 [オンライン] https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/aggravating-resource-scarcity/global-demand-resources-materials_en から入手可能。[アクセス日：2021年3月11日]
5. Bachér, J., Dams, Y., Duhoux, T., Teittinen, T., and Fogh Mortensen, L., 2020年。循環型経済における電子製品と旧式化。[オンライン] グリーン経済における廃棄物と材料に関する欧州トピックセンター、2020年。 <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKew> から入手可能。
6. 国際資源パネル (2020年)。「気候変動に関する行動を加速化するには材料の効率が不可欠」、報道発表資料、オンライン、11月18日。オンライン：UN Environmental Programme, pp. 1-5.
7. Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S. and Hellweg, S., 2019年。国際資源パネル (2019年)。2019年版世界の資源展望：私たちが望む未来の天然資源とは。第1版。ケニア、ナイロビ：国連環境計画
8. Haigh, L., de Wit, M., von Daniels, C., Colloricchio, A. and Hoogzaad, J., 2021年。循環性に関するギャップ報告書、2021年。[オンライン] [Circularity-Gap World. https://www.circularity-gap.world/2021](https://www.circularity-gap.world/2021) から入手可能。
9. インフラ環境省及び経済部。また、外務省および内務・王室関係省も作業を委託して作成したもの、2016年。2050年までに実現するオランダの循環型経済。[オンライン] https://hollandcircularhotspot.nl/wp-content/uploads/2019/02/17037CirculaireEconomie_EN-1.pdf から入手可能。
10. 国際再生可能エネルギー機関、2021年。世界におけるエネルギー転換の展望：1.5°Cの経路、国際再生可能エネルギー機関 (IRENA)、アブダビ。[オンライン] <https://www.irena.org/publications/2021/March/World-Energy-Transitions-Outlook> から入手可能。[アクセス日：2021年3月17日]
11. 欧州環境機関、E., 2015年。「ますます激しくなる世界の資源獲得競争 (GMT 7)」、欧州環境機関、Vol. 1、pp. 1~4。
12. Van Exter, P., Bosch, S., SCHIPPER, B., Sprecher, D., de Vries, H., and KLEIJN, R., 2018年。オランダにおける再生可能電力生成のための金属需要 | 複雑なサプライチェーンの管理。[オンライン] [Copper8.com. https://www.metabolic.nl/publications/metal-demand-for-renewable-electricity-generation-in-the-netherlands-pdf/](https://www.metabolic.nl/publications/metal-demand-for-renewable-electricity-generation-in-the-netherlands-pdf/) から入手可能。
13. Bosch, S., van Exter, P., Sprecher, D., de Vries, H. and Bonenkamp, N., 2019年。電気自動車のための金属需要。公正で復元力のある循環型輸送システムに関する勧告 | オランダの視点 [オンライン] [Copper8.com. https://www.copper8.com/wp-content/uploads/2019/09/Metal-demand-of-Electric-Vehicle-ENG-1.pdf](https://www.copper8.com/wp-content/uploads/2019/09/Metal-demand-of-Electric-Vehicle-ENG-1.pdf) から入手可能。
14. HCSSによる地経学、2020年。重要なセクターのための重要材料の確保、オランダおよび欧州連合における政策オプション [オンライン] <https://hcss.nl/sites/default/files/files/reports/Securing%20Critical%20materials%20for%20critical%20sectors.pdf> から入手可能。[アクセス日：2021年3月10日]
15. Holland Circular Hotspot, 2021年。ラテンアメリカ地域における廃棄物の管理。ラテンアメリカの8つの国の廃棄物/循環型経済におけるオランダにとっての事業機会 [オンライン] https://hollandcircularhotspot.nl/wp-content/uploads/2021/03/Waste-Management-Latam-region_2021March.pdf から入手可能。
16. 世界銀行データ、2019年。廃棄物とは、第2.0版。2050年までの固形廃棄物管理における世界のスナップ写真 [オンライン] https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html から入手可能。[アクセス日：2021年3月2日]
17. Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R. and Stegmann, P., 2017年。世界のE廃棄物モニター 2017年、国連大学、ドイツ、ボン；国際電気通信連合、スイス、ジュネーブ；国際固形廃棄物協議会、オーストリア、ウィーン。
18. Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., Bel, G. 2020年世界のE廃棄物モニター：量、流れ、および循環型経済の潜在的な可能性。国連大学 (UNU) / 国連訓練調査研究所 (UNITAR) 共催の SCYCLE プログラム、国

- 際電気通信連合 (ITU) および国際固形廃棄物協議会 (ISWA)、ボン/ジュネーブ/ロッテルダム [オンライン] http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/12/GEM_2020_def_dec_2020-1.pdf から入手可能。
19. 世界経済フォーラム、2021年。直線型から循環型へ、実証されている概念の加速 [オンライン] <https://www.reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/from-linear-to-circular-accelerating-a-proven-concept/> から入手可能。[アクセス日: 2021年2月9日]
 20. MacArthur, E., 2013年。循環型経済に向かって。Journal of Industrial Ecology, 2, pp. 23-44.
 21. Achterberg, E., Hinfelaar, J. and Bocken, N., 2016年。バリューヒルによる主たる循環型ビジネス [オンライン] CIRCO. <https://www.circonl.nl/resources/uploads/2019/11/value-hill-white-paper.pdf> から入手可能。
 22. Enkvist, P.A., Klevnäs, P., Teiwik, A., Jönsson, C., Klingvall, S. and Hellberg, U., 2018年。循環型経済—気候緩和に対する強い力: 繁栄する低炭素産業を実現するための変革的なイノベーション。Material Economics Sverige 株式会社: スウェーデン、ストックホルム。
 23. Ellenmacarthurfoundation.org.2014. 循環型経済に向かって: グローバルサプライチェーンの全体における拡大の加速化 [オンライン] <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Towards-the-circular-economy-volume-3.pdf> から入手可能。
 24. Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie/ Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2020. DE INDUSTRIE MAAKT HET CIRCULAIR: 製造産業の循環型への移行についてのデータおよび図表。 https://circulair-maakindustrie.nl/app/uploads/2020/12/Feiten_Cijfers_CirculaireMaakindustrie.pdf から入手可能。
 25. Rood, T. and Kishna, M., 2019年、2019年。循環型経済の概要。オランダ環境評価庁 (PBL) [オンライン] <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-outline-of-the-circular-economy-3633.pdf> から入手可能。
 26. Lobregt, M., Kamper, S., Besselink, J. and Knol, E. & Coolen, M., 2021年。「風力産業における循環型戦略に重点を置いた観念化のプロセス」、Versnellingshuis Nederland Circulair!, pp. 1-73.
 27. Parker, D., Riley, K., Robinson, S. and Symington, H., Tewson, J., Jansson, K., Ramkumar, S., Peck, D., 2015年。再製造市場の研究、第1版。欧州: 欧州委員会 [オンライン] <https://www.manufacturing.eu/assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf> から入手可能。
 28. Elzinga, R., Bastein, T., Levels, J. and Hekkert, M., 2021年。循環型製造産業に向けた移行: ミッション指向型イノベーションシステム枠組にもとづくマッピング分析、第1版。オランダ: TNO.
 29. Haigh, L. de Wit, M., von Daniels, C., Collicchio, A., Hoogzaad, J., 2021年。サーキュラリティギャップ報告書2021 [オンライン] <https://www.circularity-gap.world/2021> から入手可能。
 30. Funke, C., (Accenture), Prunel, B., (Accenture), Veldboer, T., (Circle Economy), Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE) (2021). 循環型経済の行動アジェンダ (ワーキングペーパー)、資本設備 [オンライン] <https://pacecircular.org/sites/default/files/2021-02/circular-economy-action-agenda-capital-equipment.pdf> から入手可能。
 31. Ton Bastein, Toon van Harmelen, Mara Hauck, Diana Godoi Bizarro, Sara Wieclawaska, TNO (2021) De impact van slim en circulair-hoe innovaties in de maakindustrie bijdragen aan een lagere footprint-
 32. Delft, C., Beeftink, M. and Bergsma, G., 2021年。 Kennisnotitie Circulair Zuid-Holland Zonnepanelen circulair. [オンライン] <https://circulairmaakindustrie.nl/app/uploads/2021/02/Kennisnotitie-Zonnepanelen.pdf> から入手可能。[アクセス日: 2021年3月1日]
 33. 欧州委員会、2020年。欧州におけるリノベーションの波—建物のグリーン化、雇用の創出、生活の改善。 https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en から入手可能。[アクセス日: 2021年4月2日]
 34. Bike Europe. 2021. E-Bikes generating 70 per cent of turnover in the Netherlands. [ONLINE] Available at: https://digimagazine.bike-eu.com/market_reports/netherlands. [Accessed 15 February 2021].
 35. Ecopreneur/ECESPCoordination Group. Leadership Group on Economic incentives (2020), Orientation paper. Available at: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/leadership-group-economic.pdf> [Accessed 2 April 2021]

出版社奥付



オランダ・サーキュラー・ホットスポット (Holland Circular Hotspot、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、セクターを超えた協働的取り組みに着想を提供し、知識やイノベーションの交換を刺激し、循環型の起業取り組みを押し上げていくことにより、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取り組んでいます。

この日本語パンフレットは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。これら両言語版の間に矛盾抵触がある場合、英語版が優先します。

執筆者紹介

Diana de Graaf、オランダ・サーキュラー・ホットスポット
サポート：Claudia Yamile Espinal Pelaez (HCH)
Sandra Kolodszynski (オランダ企業局 [RVO])
Suzan van Kruchten (オランダ企業局 [RVO])

編集委員会

循環型製造産業実施プログラムのNL戦略プラットフォームの委託により、
編集作業を実施した委員
Harald Tepper (Philips)
Matthéüs van de Pol (経済・気候政策省)
John Heynen (オランダ企業局 [RVO])
Emile Elewaut (循環型製造産業実施プログラム)
Freek van Eijk (オランダ・サーキュラー・ホットスポット)

Design and lay out

Tymen Cieraad, Buro Goedwijs

