

マイクロプラスチックの実態と解決策

縮小社会的生活の必然性

縮小社会研究会理事、もったいない学会理事

マテリアルライフ学会マイクロプラスチック研究会 委員長

五十嵐 敏郎

マイクロプラスチック研究会の委員長に任ぜられるまでの経緯

2017年に**WG13(生物多様性分科会)**で3回発表

4月25日: 海洋プラスチックごみが生物多様性に及ぼす影響について(第1報)

1. 地球の生物は過去5度の大量絶滅を経験
2. 6度目の大量絶滅は起こるのか?
3. 海洋プラスチックごみによる生物多様性の毀損
4. 海洋に漂うマイクロプラスチックごみを減らす対策
5. 私たち(金沢大学・新田研究室)の取り組み

7月 4日: 海洋プラスチックごみが生物多様性に及ぼす影響について(第2報)

1. プラスチック廃棄量とリサイクル量の推移(米国)
2. 海洋プラスチックごみとマイクロプラスチック
3. プラスチックごみを発生させないための対策

9月27日: 海洋プラスチックごみが生物多様性に及ぼす影響について(第3報)

1. 海洋プラスチックごみ問題, マイクロプラスチック問題のまとめ
2. 海洋プラスチックごみの生態系への影響
3. 海洋プラスチックごみを減らす方策

2017年5月: SPE/ANTECで併設のPlasticity California に参加して議論 多くの資料を入手

2017年8月: 次世代PO総合研究会で発表, 次世代PO総合研究誌に投稿

2017年11月: 成形加工学会で紹介「劣化を総合的に科学するプロジェクトの社会還元」

2018年3月：**縮小社会研究 第2号に論文投稿**

「海洋プラスチックごみが生物多様性に及ぼす影響について」

2018年7月：**WG13で追加発表**

「リサイクル産業の活性化とポリエチレン産業の構造改革」

2018年8月：**次世代PO総合研究会で発表，次世代PO総合研究誌に投稿**

「マイクロプラスチックの実態と解決策」

2019年1月：**マテリアルライフ学会，マイクロプラスチック研究会 委員長就任**

2019年2月：**マテリアルライフ学会誌に投稿**

「マイクロプラスチックの実態と解決案」

2019年5月：**成形加工学会関西支部で講演予定**

2019年10月：**日本レオロジー学会で講演予定**

マテリアルライフ学会 マイクロプラスチック研究会 設立趣意書

海洋に流出するプラスチックは、近年地球規模の環境問題として国連の持続可能な開発目標 Goal 14(海の豊かさを守ろう)に示されるなど、国内外で社会的関心が高まっている。その中で、大きさが5mm以下のマイクロプラスチック(MP)については、海洋中での生成機構やその挙動、生態系への影響など科学的に未解明な点が多く今後の研究の進展が待たれている。

マテリアルライフ学会は設立以来30年にわたり、「材料の耐久性」をテーマとする学会として各種プラスチック製品が環境中で劣化するメカニズムや寿命予測について多くの研究成果を挙げてきた。しかしながら、劣化し商品価値が失われたあとの崩壊・細片化過程についてはこれまであまり熱心な研究は行われてこなかった。

本研究会は、学会設立30周年を機会に、「劣化からその先へ」として、各種プラスチック製品が劣化後に崩壊・細片化してMPが生成するメカニズムを明らかにすることを目的とする。これにより、プラスチック製品の環境排出からMPに至るまでの環境運命が明らかになり、MPの環境中での挙動を定量的かつ時系列的に解析する上での基礎的な知見が得られる。また、将来MP生成防止のための製品設計を行うための貴重な情報が得られることも期待される。

研究会運営委員長	五十嵐敏郎	金沢大学非常勤講師、縮小社会研究会理事
幹事	香西 博明	関東学院大学 教授
同	比江嶋祐介	金沢大学 准教授
同	黒田 真一	群馬大学 教授

活動内容

研究会活動は、研究会協力会員より研究用として提供された材料について、研究会正規会員からなるワーキンググループ(WG)を設置して行う。WGは、WGリーダーと本研究会幹事が主管となって運営し、WGメンバーは以下の研究活動に積極的に参画する。

- ① マイクロプラスチックに関連する情報の収集と解析
- ② マイクロプラスチックに関連する正しい情報の発信
- ③ マイクロプラスチックの分析手法の開発
- ④ プラスチック微細化過程のモデリング試験法の開発
- ⑤ 環境中でプラスチックが微細化する機構の解明
- ⑥ 環境中で微細片まで劣化しにくい構造を持つプラスチックの開発
- ⑦ マイクロプラスチックの試験法等を検討しているISO/TG61/SC14/WG4や、
German Environment Agency等との協働
- ⑧ その他必要な事項

正規会員(研究分担)

MLSメンバー 栗山 卓 山形大学 教授
大谷 肇 名古屋工業大学 教授
徳満 勝久 滋賀県立大学 教授
鑪迫 典久 愛媛大学大学院農学研究科 教授(入会依頼中)
滝澤 俊樹 株式会社ブリヂストン イノベーション本部長付フェロー(環境推進本部長)
佐藤 哲 東北電子産業株式会社
魚住 俊也 東邦チタニウム株式会社
植松 正吾 植松技術事務所(元 静岡県立大学)(入会依頼中)

アドバイザー 府川伊三郎 旭リサーチセンター、高分子学会フェロー
兼廣 春之 東京海洋大学 名誉教授
稲若 邦文 日本化学工業協会 化学品管理部 部長
加藤 英仁 日本プラスチック工業連盟 事務局長
Claus Gerhard Bannick Federal Environment Agency (Germany), ISO/TC61/SC14/WG4 convenor
Ulrike Braun Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung, ISO/TC61/SC14/WG4 member

協力メンバー(サンプル提供等)

磯辺 篤彦 九州大学 応用力学研究所 教授

海洋プラスチックごみの実態

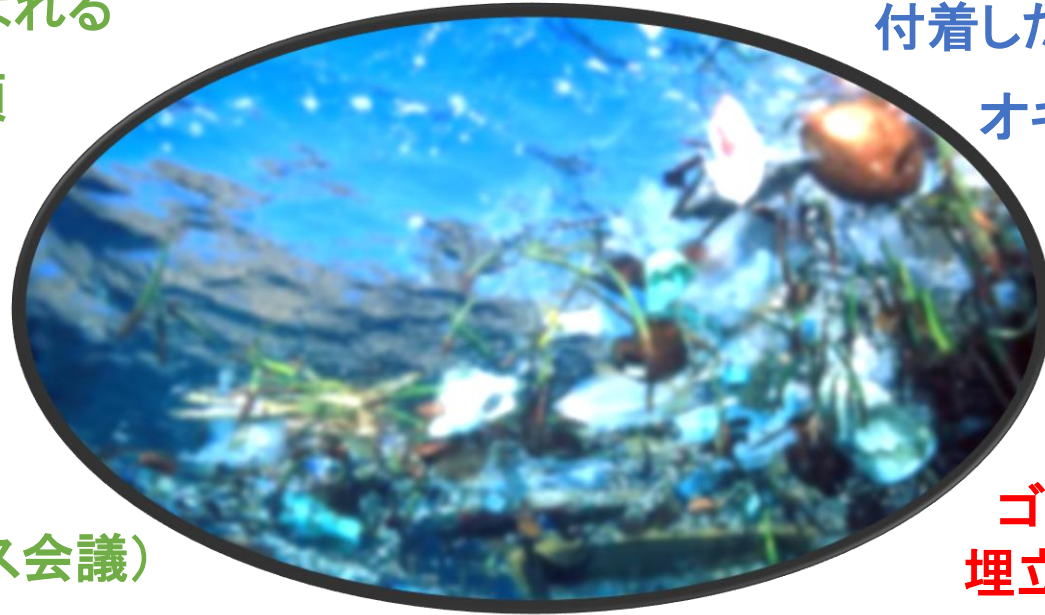
80%は陸上から運ばれる

薄いレジ袋や容器類

総量2億5千万トン

10年ごとに倍増

2014年には魚の
総量の1/5に達し、
2050年には上回ると
予測(2016年ダボス会議)



海洋に流れ着いたプラスチック製品の劣化

米粒大のマイクロプラスチックが問題

劣化原因は様々

(光劣化, 熱劣化, 波による疲労劣化,
衝撃劣化, 付着有機物による劣化,
生物劣化 等々)

付着した藻が分解してジメチルスルフィドが発生

オキアミに似た匂いのため海鳥が誤食

海洋の生態系システムを破壊

鳥類・魚類など200種以上が摂取

安易に廃棄する不適切な行動を規制

ゴミ収集システムの構築・機能化

埋立地の適切な使用

生分解性ポリマーへ代替

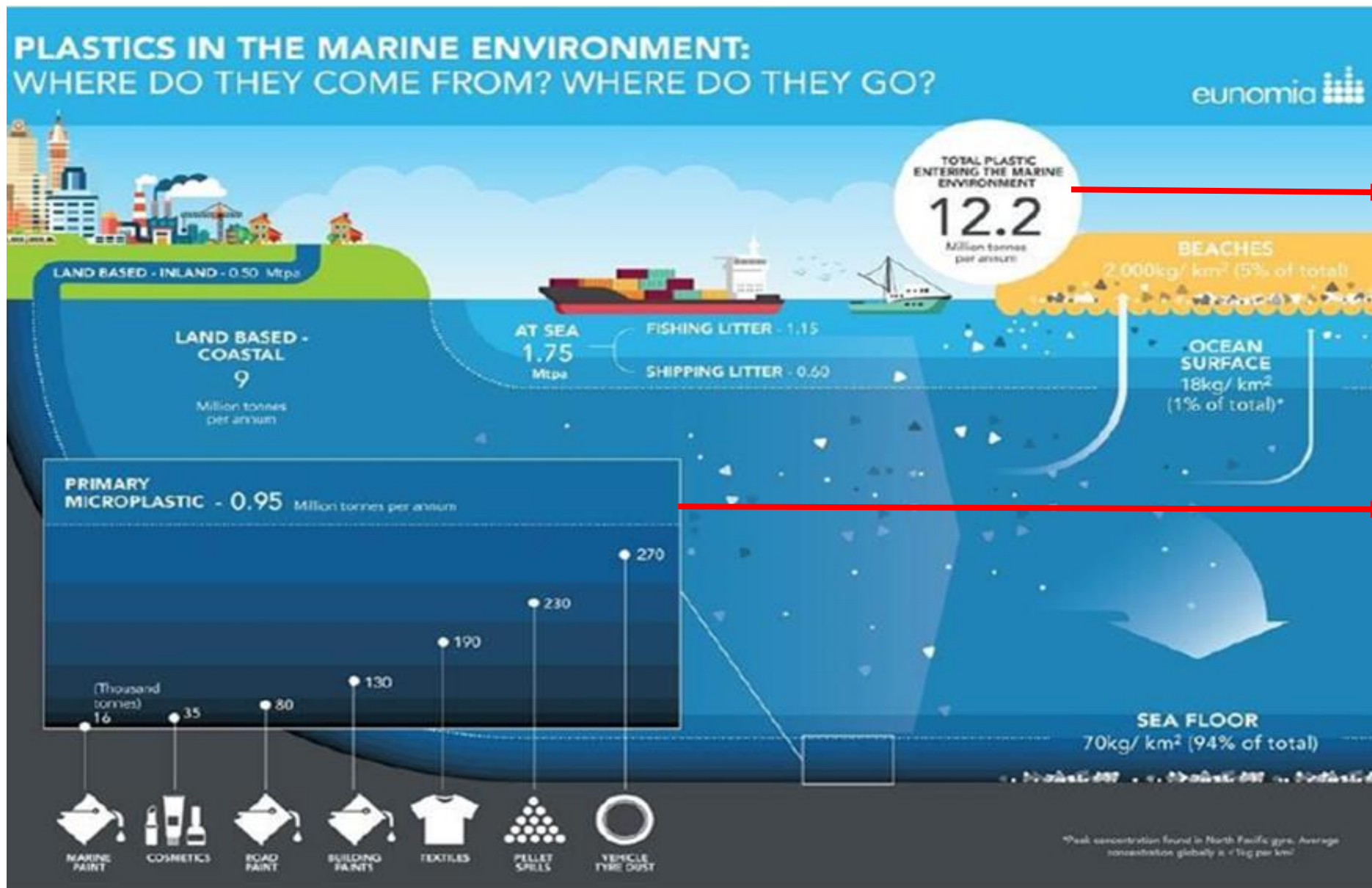
使い捨てプラスチック製品の禁止(フランス2020年1月)

非破壊劣化診断による劣化管理と寿命予測で

非管理の短期使用から管理された長期使用に

小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

海洋プラスチックごみはどこからきて、どこへ行くのか？



約100万トンが海洋中で劣化し、5mm以下の二次マイクロプラスチックを発生する

約100万トンが5mm以下のタイヤ粉、ペレット、繊維粉、塗料粉やマイクロビーズとして海洋中に流失し、一次マイクロプラスチックになる

Eunomiaの資料に
加筆

マイクロプラスチックを発生させないための対策

- 1) すべての国民がプラスチックの廃棄を適切に行う
- 2) 生分解性ポリマーへ代替する（川や海に流れ着く前に分解させる）
- 3) 使い捨てプラスチックの製造を禁止する
- 4) リサイクルしやすいプラスチック製品を開発（“意味”のデザイン）
- 5) **非破壊劣化診断による劣化管理と寿命予測で非管理の短期使用から管理された長期使用にプラスチックの需要構造を変える**
- 6) **小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発**
(海洋での回収チャンスを増やす)

1) 全世界のすべての国民がプラスチックの廃棄を適切に行う

- 安易に廃棄する不適切な行動を規制する
- ゴミ収集システムを構築し機能化させる
- 埋立地の適切な使用を行う

⇒ 言うは易く、実際の行動は難しい **しかし、根本解決には必須**



2) 生分解性ポリマーへ代替する

- 川や海に流れ着く前に分解させる
- 海洋中での分解速度は陸上での分解速度と異なる
- 生分解性ポリマーの分解過程で生じる生成物の安全性は不明
- 環境省は生分解性ポリマーへの代替を推進？

(2015年の実績値:4万トン/年を2020年に約80万トン/年、2030年には約180万トン/年に増やす計画を有す)

⇒ 物性低下が顕著で、現状は全ポリマーの1%程度

3) 使い捨てプラスチックの製造を禁止する

レジ袋の規制

- － 2014年8月：米カリフォルニア州でレジ袋禁止法案が成立
- － 2014年11月：EUが加盟国へレジ袋削減案策定を義務付け、2025年までにレジ袋の消費を1人1年40枚まで削減するのをEUの目標に設定
- － 日本では1人当たり年間300枚のレジ袋が使われている
- － 2016年：英国でレジ袋の有料化が始まる

ペットボトルの規制

- － 2014年3月：米サンフランシスコ市でペットボトルでの飲料水の販売を禁止
- － 2016年9月：フランスで「プラスチック製使い捨て容器や食器を禁止する法律」成立（施行は2020年から）
- － 人口22万規模の都市でペットボトルを収集・運搬するのに年間1億円かかる
- － 持参容器へ飲料水を販売するシステム（NYの空港）
- － 持参容器へオリーブ・オイルやメープル・シロップを販売するシステム（カナダ・トロントの市場やサンノゼのファーマーズ・マーケット）

使用禁止	有料化	課税
フランス	スウェーデン	デンマーク
イタリア	フィンランド	ベルギー
エリトリア	オランダ	ルクセンブルグ
ルワンダ	ドイツ	アイスランド
ブータン	オーストラリア	アイルランド
バングラディッシュ	スペイン	ケニヤ
カメルーン	ボツワナ	
	南アフリカ	
	韓国	
	中国	
	英国	

3R (Reduce, Reuse, Recycle) にも優先順位がある

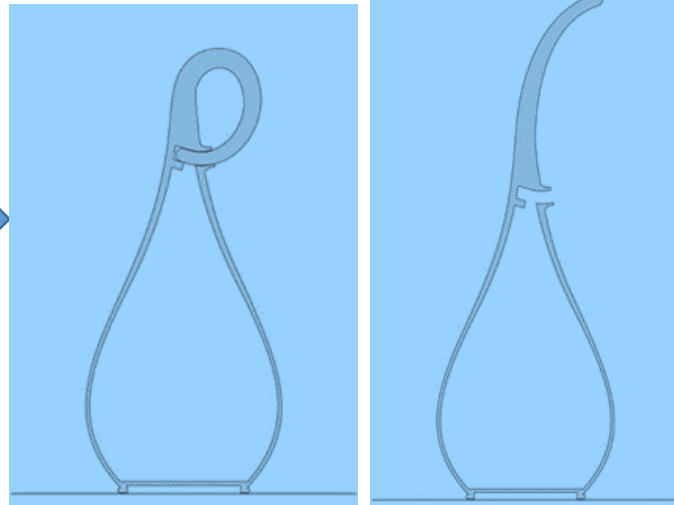
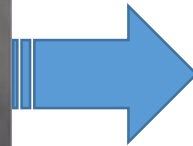
- － 削減 > 再利用 > リサイクル > (プラゴミ発電)

4) リサイクルしやすいプラスチック製品を開発 (“意味”のデザイン)

- 複数素材を組み合わせた製品から単一素材で同様な機能を持った製品へ
- シャンプー容器で蓋のない構造にすれば、一体でリサイクル可能になる。

意味のイノベーション, 意味のデザインの普及で, このような製品が開発される時代が待ち望まれる

⇒ **意味のイノベーションによる製品開発**



ウツボカズラ(食虫植物) 未来のシャンプー容器(蓋のない構造)

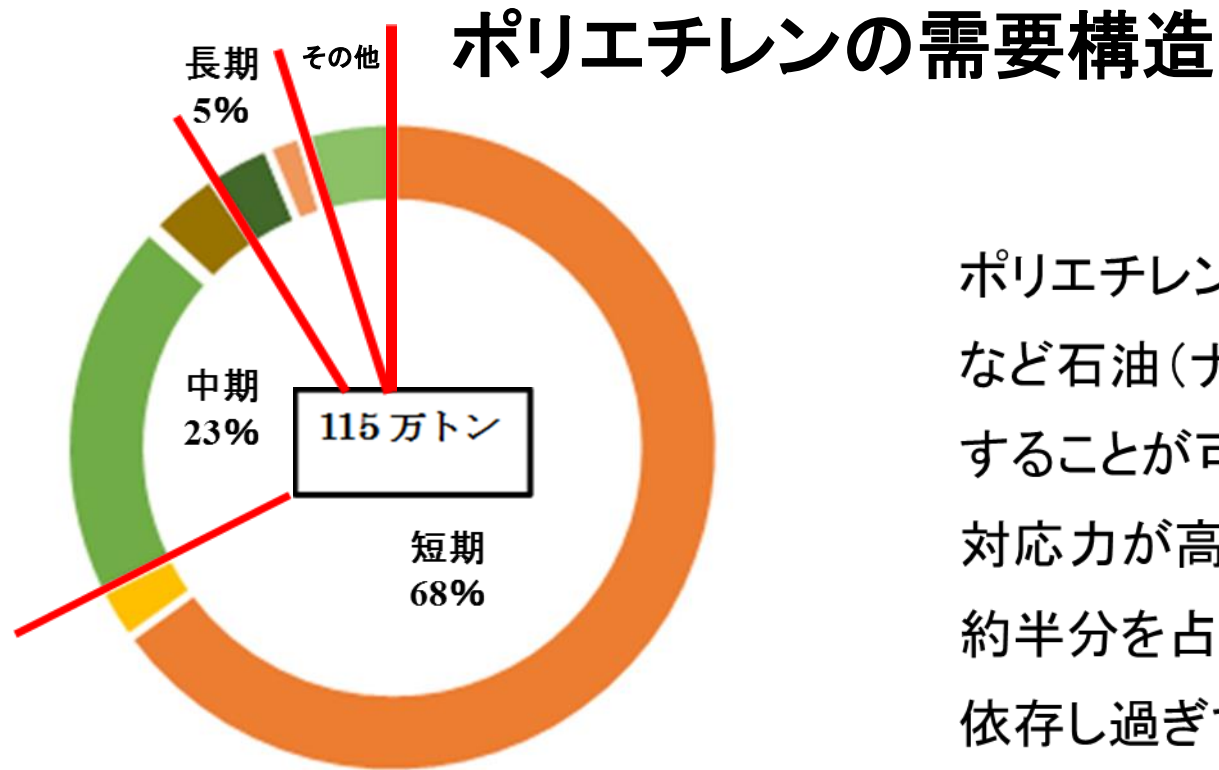
www.merged-vertices.com

プラスチックのリサイクルを困難にしている要因

- 1) プラスチックに使用する樹脂の種類が非常に増えた。2000種とも言われる
- 2) 添加剤の種類も増え, 樹脂と添加剤の組み合わせで, コンパウンドの種類は天文学的な数まで達した
- 3) プラスチックを何層も積層させた製品が開発され上市された
- 4) 樹脂/添加剤に繊維状や粒状のフィラーを配合した製品が開発され上市された

⇒ **顧客や市場の要求に合わせて高機能化を図った結果であり, Simple is best. という原則から逸脱**

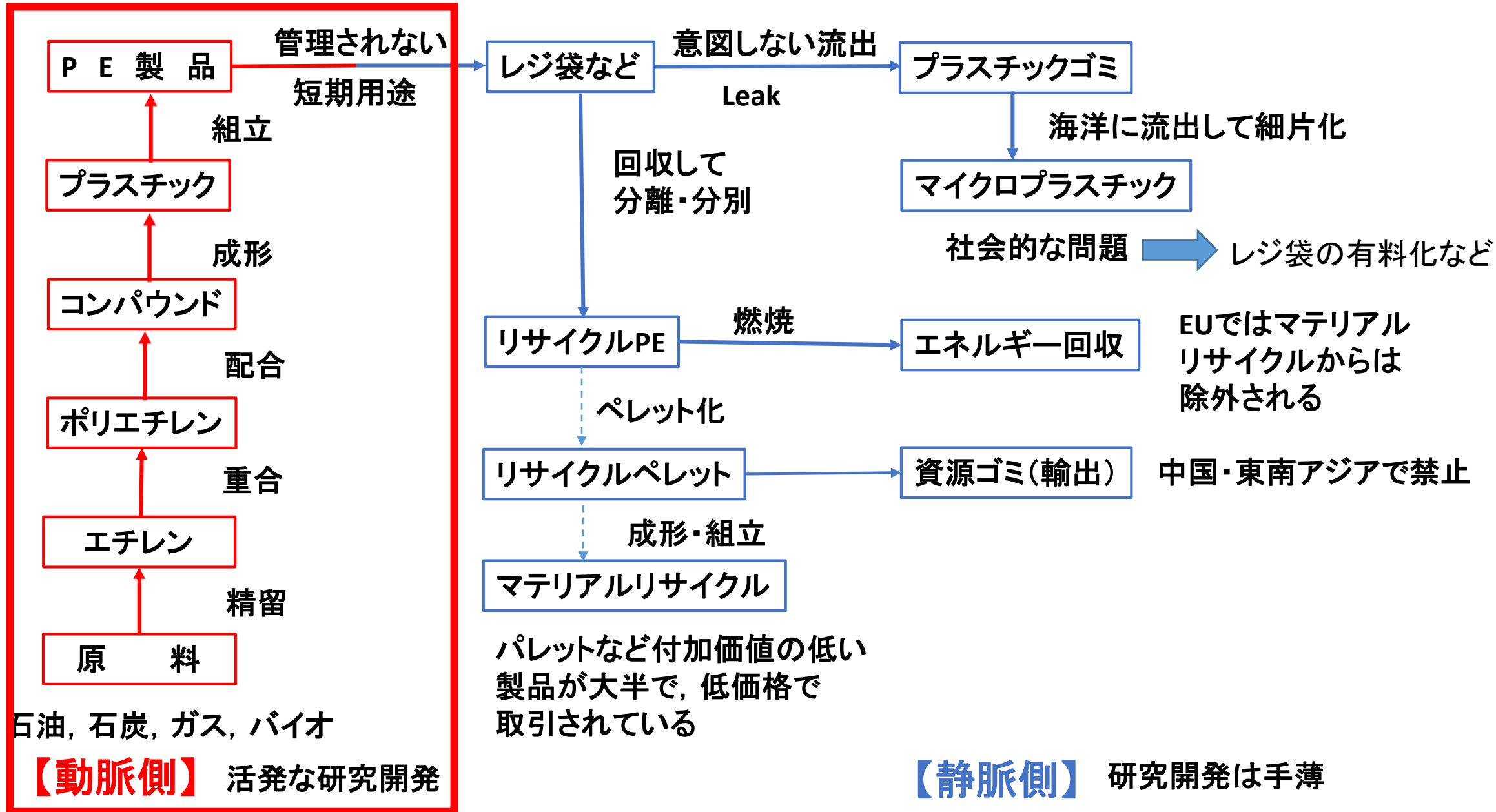
5) 使い捨てから管理された長期使用にプラスチックの需要構造を変える



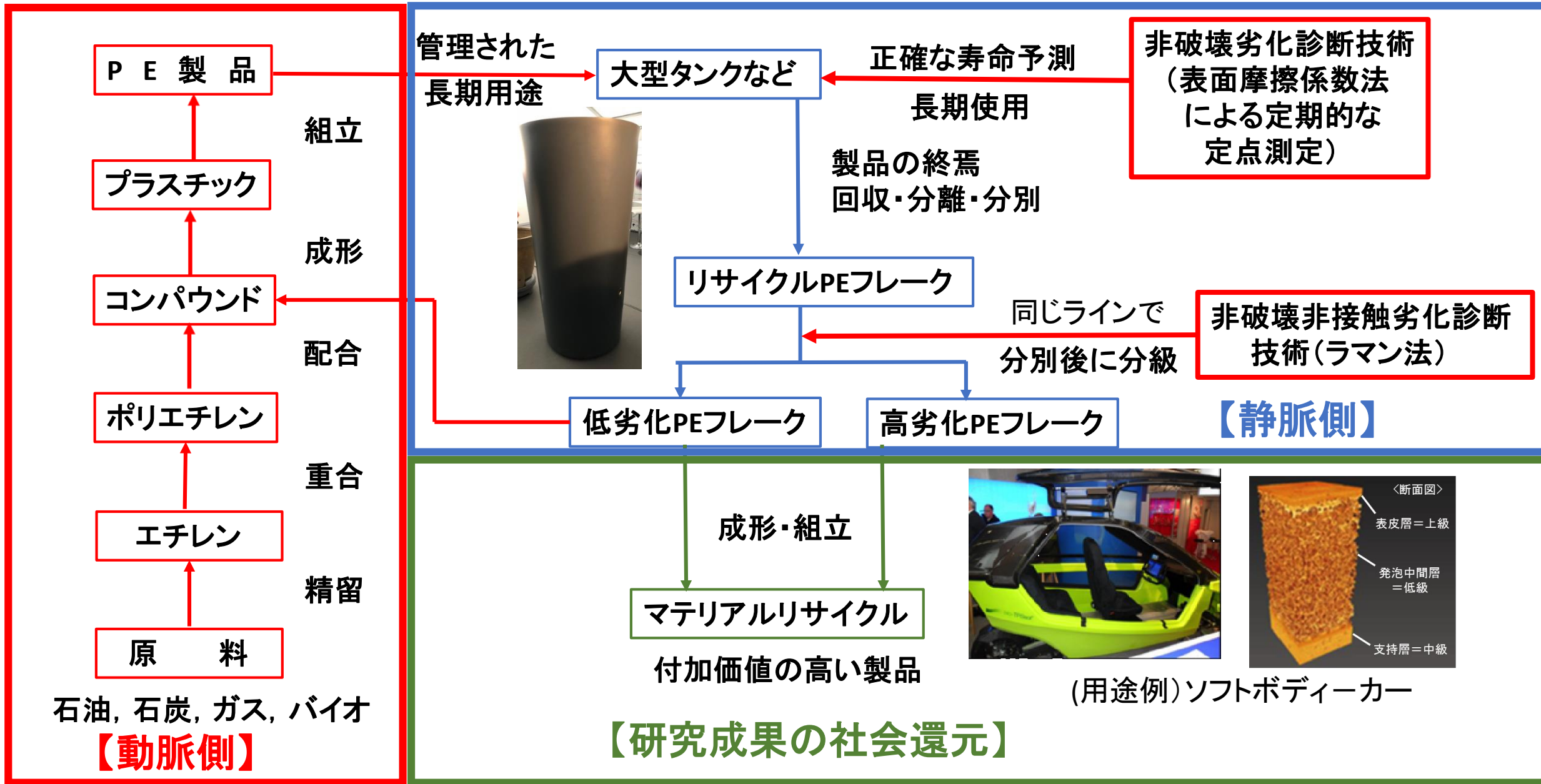
ポリエチレンはCTO, GTOやバイオ原料など石油(ナフサ)以外の原料から製造することが可能で、石油危機になった時に対応力が高い樹脂だが、ワンウェイが約半分を占めるフィルム・シート用途に依存し過ぎて産業としての多様性を失っている。この点を是正が必要

- フィルム・シート
- 日用品・雑貨
- 容器
- 合成皮革
- 発泡製品
- パイプ・継手
- 機械器具部品
- 建材
- その他 (4%)

ポリエチレンの資源循環図(現状)



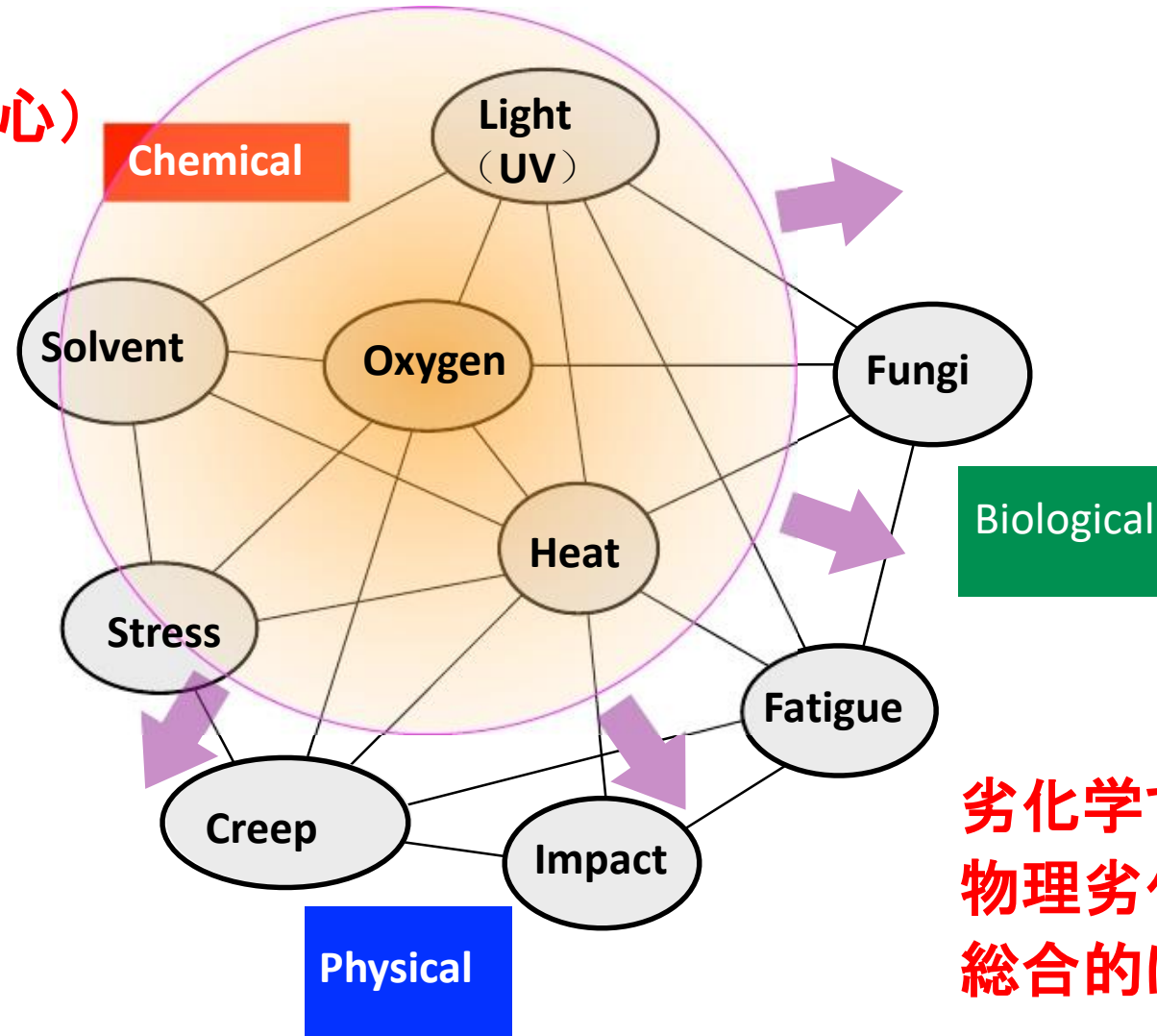
ポリエチレンの資源循環図(リサイクルPEの高付加価値用途開発)



6) 小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

これまでの研究

(個別的、化学劣化が中心)



劣化学では化学劣化に
物理劣化や生物劣化を加え
総合的に研究する

物理的劣化や生物的劣化がマイクロプラスチック生成に影響するのでは？

Repair 社会の構築

これまでは3R(Reduce , Reuse , Recycle)が重要

これからは4R(Repair , Reduce , Reuse , Recycle)が重要になる

ヨーロッパでは Repair 社会の構築を目指す動きが出始めている

日本も1970年代に出された電通PRの戦略十訓から精神的に解放され、

縮小を理念とする新しい社会規範を確立する時期に来ている

電通の戦略十訓

- 1、もっと使わせろ
- 2、捨てさせろ
- 3、無駄使いさせろ
- 4、季節を忘れさせろ
- 5、贈り物をさせろ
- 6、組み合わせで買わせろ
- 7、きっかけを投じろ
- 8、流行遅れにさせろ
- 9、気安く買わせろ
- 10、混乱をつくり出せ

ヨーロッパが目指す Repair 社会

スウェーデン政府

2017年1月に循環型経済への移行を加速させる施策として、洋服や靴、皮革製品、自転車、家庭用布製品、大型家電の修理に対する付加価値税を従来の25%から12%に引き下げてリペア産業の活性化を目指す。難民の雇用機会創出の打開策にも期待。

リペアカフェ

2009年に、「つくる→買う→壊れる→買い替える」という消費サイクルに疑問を持ったオランダの環境ジャーナリストがスタートさせた活動。ヨーロッパを中心にネットワークを広げ、2017年時点で世界中に1000を超えるコミュニティが存在。単なる修理ビジネスと異なり、「協力し合う」精神が大切にされる。互いに教え合い、協力しながら修理を楽しむのが基本。サーキュラーエコノミーとコラボティブエコノミーの両面を持つ。

ヌーディジーンズ

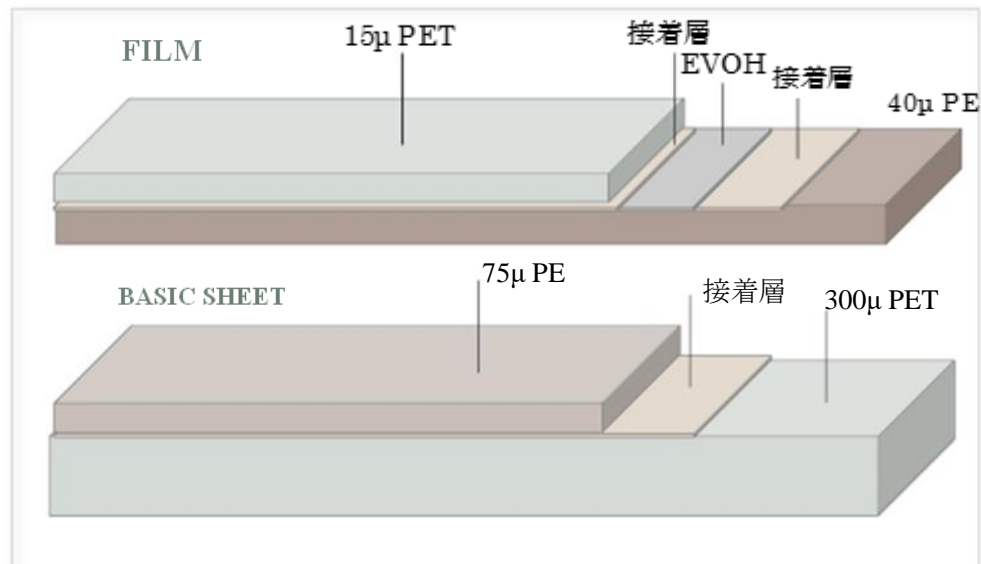
2001年にスウェーデンで設立されたデニムブランド。『「廃棄」と「ジーンズ」は相容れない言葉だ』というスローガンを掲げ、オーガニックコットンを100%使用し、破れたり褪色したジーンズを無償で修繕する「リペアステーション」を世界33カ所で展開し、希望者には自分で修繕するリペアキットを無料で配送。

ReTuma

2015年にスウェーデンで誕生した、リペアを含むアップサイクルに特化した巨大モール。販売される商品は全て、併設されたリサイクルセンターに持ち込まれた廃棄品で、まだ使えるものだけを選別し、クリーニングやリメイク、アップサイクルを施して販売される。教会やNPOが運営するチャリティショップと異なり利益を生むことを目指した事業である。

Wefood

2016年にデンマークで誕生した余剰商品だけを売るスーパーマーケット。賞味期限切れや間近の商品、形が悪かったり傷物の商品を市場価格の70%から半額で販売。従業員は全員ボランティア。キリスト教系の慈善団体とホームレスを支援するフードバンクとのジョイントベンチャー。国連の調査では、世界で生産される食料の3分の1=13億トンが廃棄される。フランスでは、大型スーパーの売れ残り商品をフードバンクなどに寄付することを義務付ける法律が成立。



4種5層の複合フィルム

分離が困難

3種3層の複合シート

分離が困難

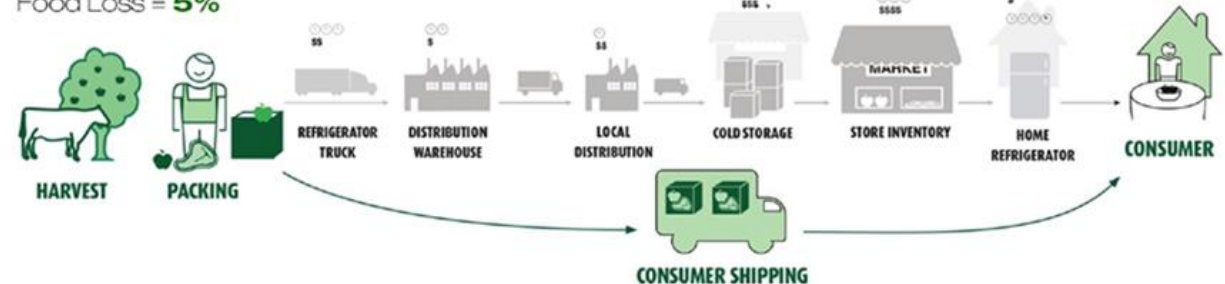
多層トレー(食品の長期保存が可能)

Field to Table = **10 DAYS**
Food Loss = **40%**



Edward Kosior, Plasticity-California
(2017.5.9) に加筆

Field to Table = **2 DAYS**
Food Loss = **5%**



食品の流通期間と
食品ロスの関係

Scott Clear, Plasticity-California
(2017.5.9)