

プラスチックごみ 3Rの今

松島先生はエネルギー資源（特に石油資源）の「もったいない」の話でした
私は、石油資源からつくられるプラスチックの「もったいない」の話をします

1. プラスチックとは
2. 海洋プラスチックごみの実態
3. 二次マイクロプラスチックの生成防止策
4. プラスチック産業の構造改革 — 完全な資源循環を目指して
5. プラスチックごみを環境中にLeakしないための方策 — 3Rから6Rへ

1. プラスチックとは

— 短期間で3大材料の一角を占めるまで成長したが、急成長に伴う歪も顕在化

3大材料とは：金属、セラミックスとプラスチック

金属 の代表として鉄鋼（粗鋼）

— 3000年前が起源（中国：鑄造技術）

— 世界の粗鋼生産量は18.1億トン、比重7.9として容量で2.3億 m^3

セラミックスの代表としてセメント（コンクリート）

— 9000年前が起源（中東）

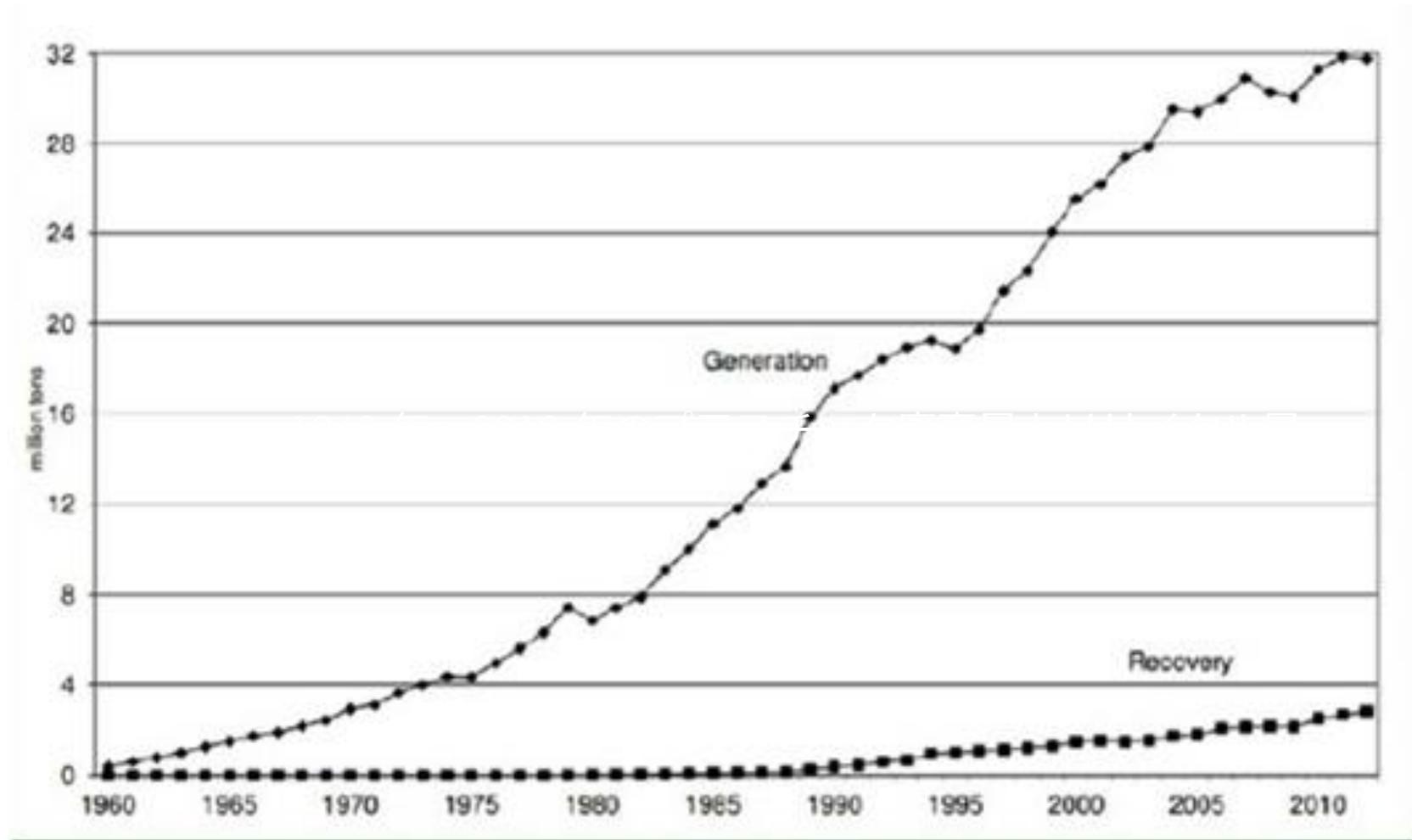
— 世界のセメント生産量は82億トン、比重3.0として容量で27.3億 m^3

プラスチック（合成プラスチック）

— 1835年が起源（フランス：塩ビ）

— 世界のプラスチック生産量は4億トン、比重1.0として容量で4億 m^3

1960年～2012年のプラスチック生産量とリサイクル量(米国)



海のプラスチックごみの 80%は陸上から運ばれる



2. 海洋プラスチックごみの実態

- 1) 海洋プラスチックごみの現状と将来
- 2) マイクロプラスチックの発生原因と発生量
- 3) マイクロプラスチックの生態系に及ぼす影響
- 4) 海洋プラスチックごみの防止策, マイクロプラスチックの生成防止策

【海洋プラスチックごみの現状と将来】

80%は陸上から運ばれる

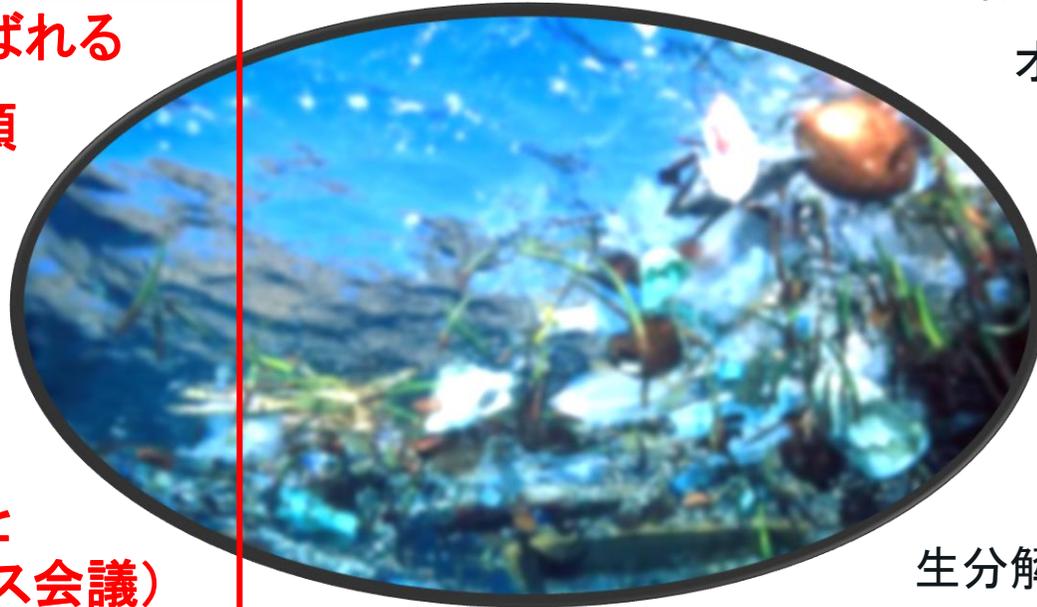
薄いレジ袋や容器類

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

すべての国民がプラスチックの廃棄を
適切に行う

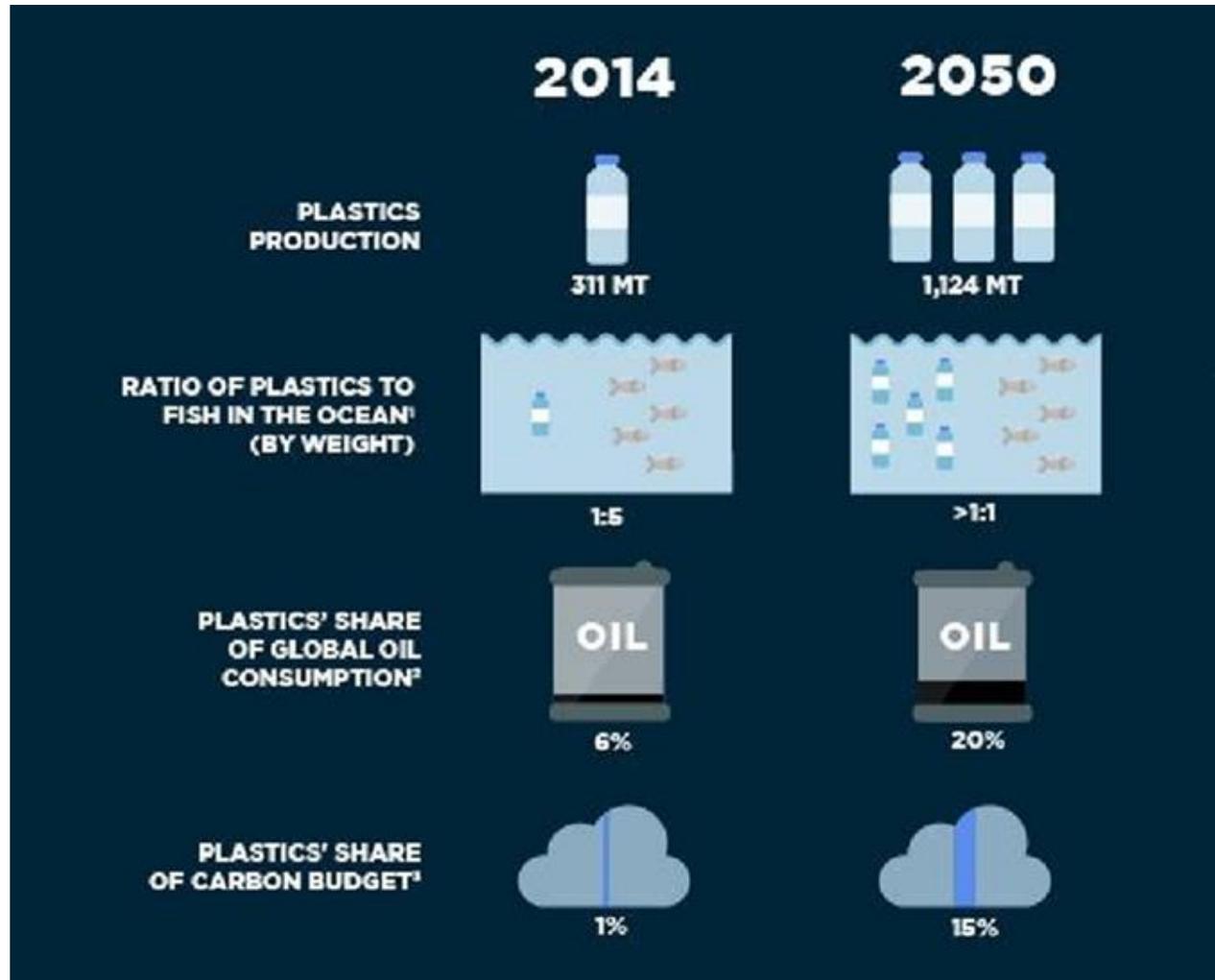
生分解性ポリマーへ代替

使い捨てプラスチック製品の禁止(フランス2020年1月)

リサイクルしやすいプラスチック製品を開発

小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

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



2016年1月のダボス会議

2014年の現実と2050年の予測

Mackerron, C., “ Challenges, Risks and Opportunities in Transition to Recyclable Multi-material Packaging “, Plasticity Anaheim, 9 May 2017.

80%は陸上から運ばれる

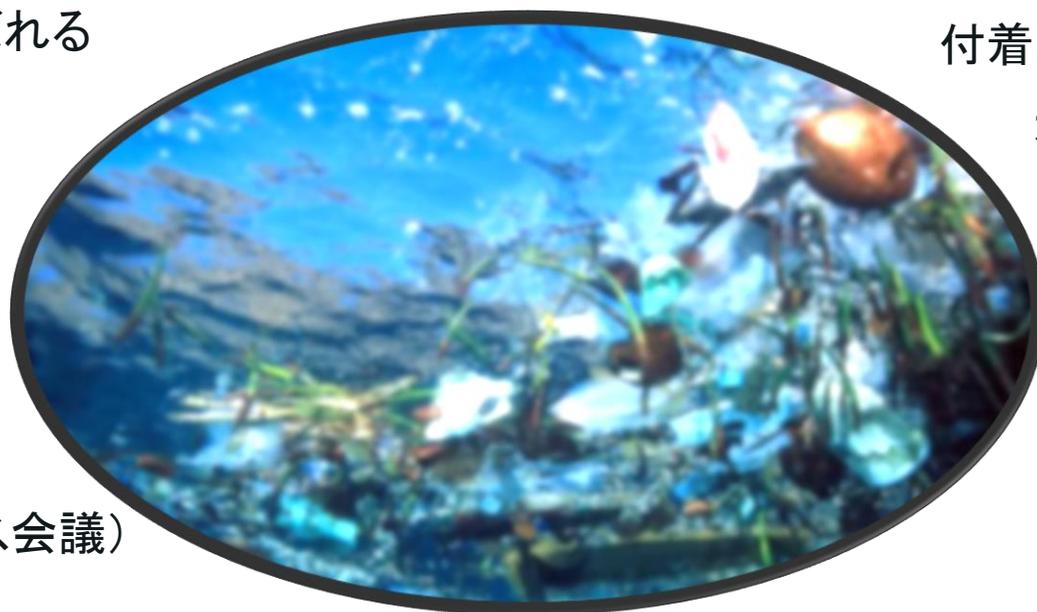
薄いレジ袋や容器類

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)



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

すべての国民がプラスチックの廃棄を
適切に行う

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)

リサイクルしやすいプラスチック製品を開発

小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

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

【マイクロプラスチックの生成原因】

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)

なぜ、プラスチックごみがマイクロプラスチックまで微細化するか？

表面から削れていく（ペットボトル）

クラックが成長し、細片化する（レジ袋）

MP=削り節



MPの発生源
= 鯉節

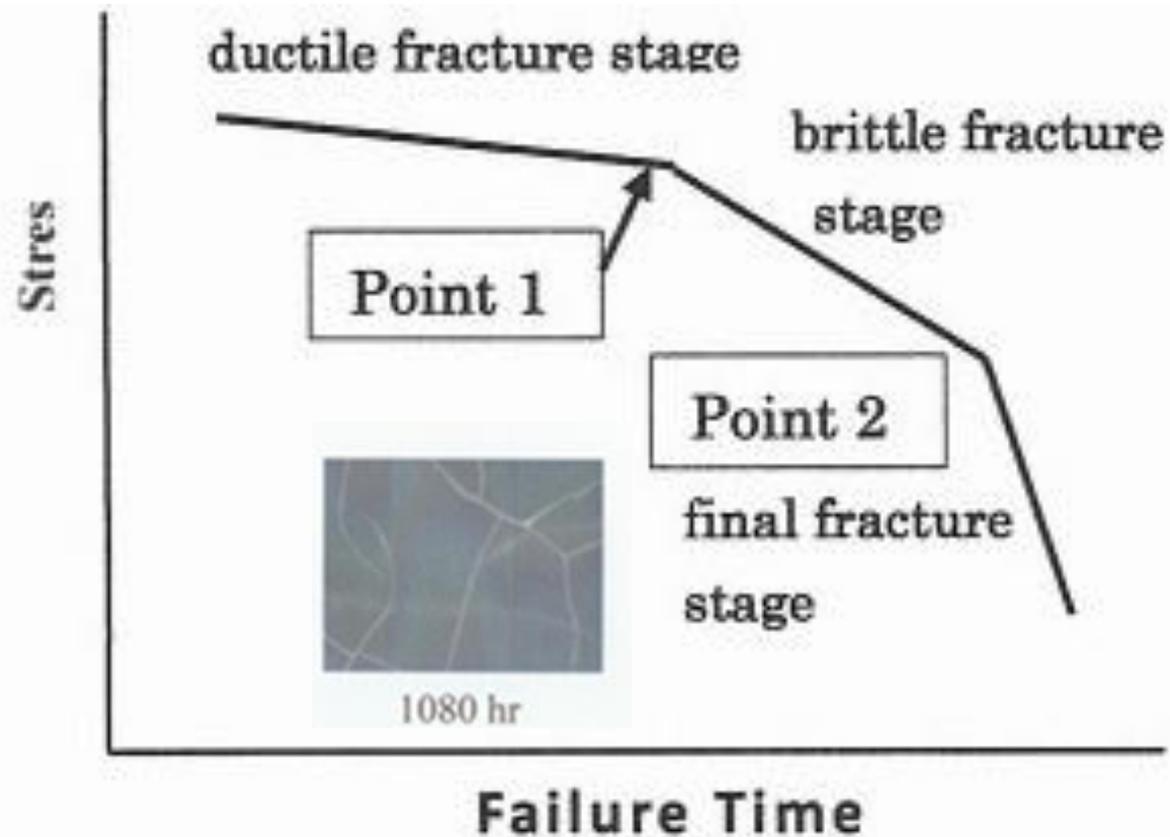


真のMPは削り節！

≠

鯉節はMPではない！

鯉節削り器



長崎大学 中谷先生の画像(第2回MPシンポジウム)

【マイクロプラスチックの生態系に及ぼす影響】

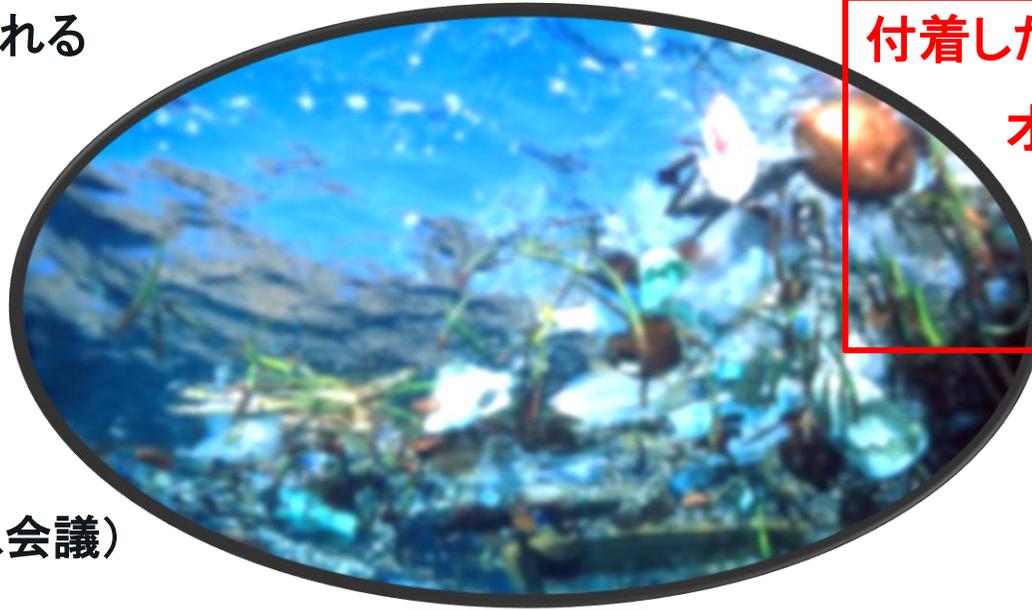
80%は陸上から運ばれる

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)



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

すべての国民がプラスチックの廃棄を
適切に行う

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)

リサイクルしやすいプラスチック製品を開発

小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

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

海洋に流れ着いたプラスチック製品の劣化

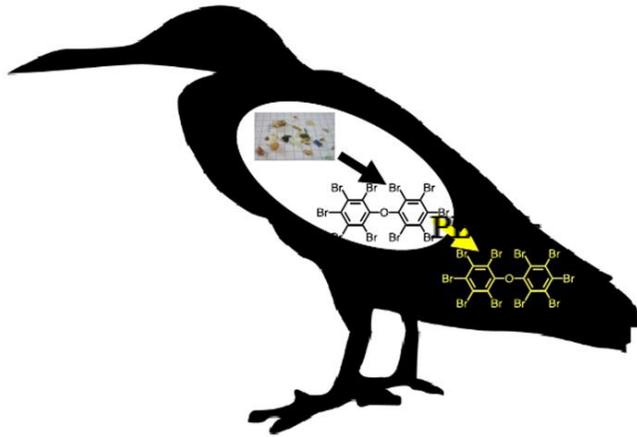
米粒大のマイクロプラスチックが問題

劣化原因は様々

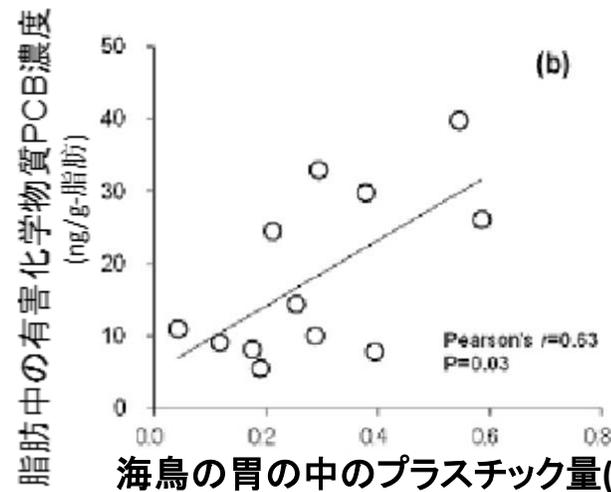
(光劣化, 熱劣化, 波による疲労劣化,
衝撃劣化, 付着有機物による劣化,
生物劣化 等々)

生物に取り込んだプラスチックから化学物質は生物組織に移行するのか？

- ここ数年の研究でプラスチックに含まれる化学物質が生物組織に移行することはわかってきたが、そのような現象がどれくらいの規模で広がっているのか、及ぼす害の実態も不明な点が多く、これらの疑問は今後の研究による。
- 高濃度に投与した室内実験段階ではあるが、プラスチックに吸着した化学物質により、プラスチックを摂食したメダカ、ゴカイの肝機能の障害が観測されている。



生物に取り込んだプラスチックから化学物質は生物組織に移行するのか？



プラスチックを摂食した海鳥の脂肪へのPCBの蓄積

Yamashita,R., H.Takada, M.Furukawa, Y.Watanuki, "Physical and Chemical effects of ingested plastic debris on short-tailed shearwaters, Puffinus tenuirostris, in the North Pacific Ocean", Marine Pollution Bulletin, 62(12),2845 (2011).

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)



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

**【海洋プラスチックごみの防止策,
マイクロプラスチックの生成防止策】**

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)

すべての国民がプラスチックの廃棄を適切に行う

生分解性ポリマーへ代替

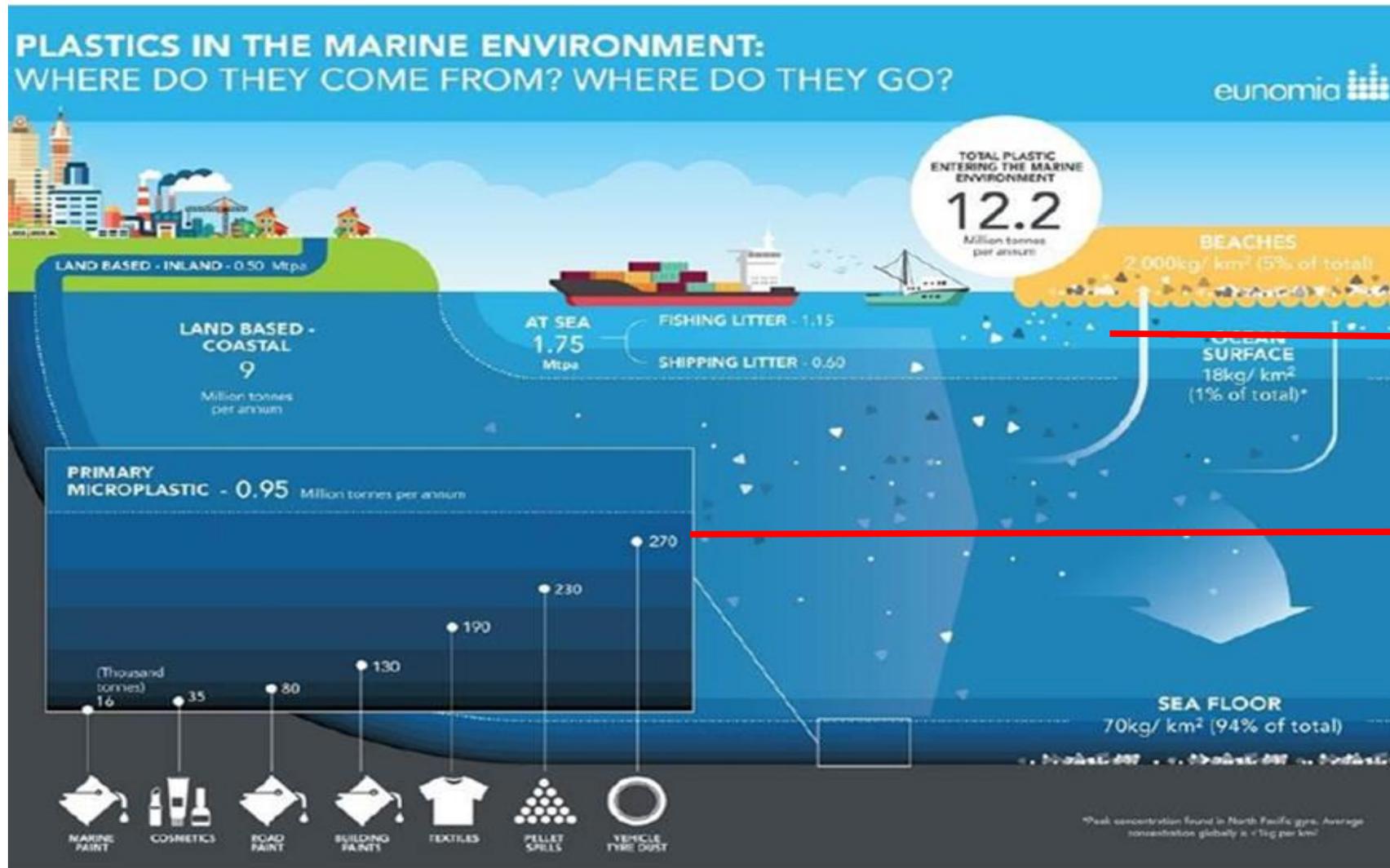
使い捨てプラスチック製品の禁止(フランス2020年1月)

リサイクルしやすいプラスチック製品を開発

小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

**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**

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

3. 二次マイクロプラスチックの生成防止策

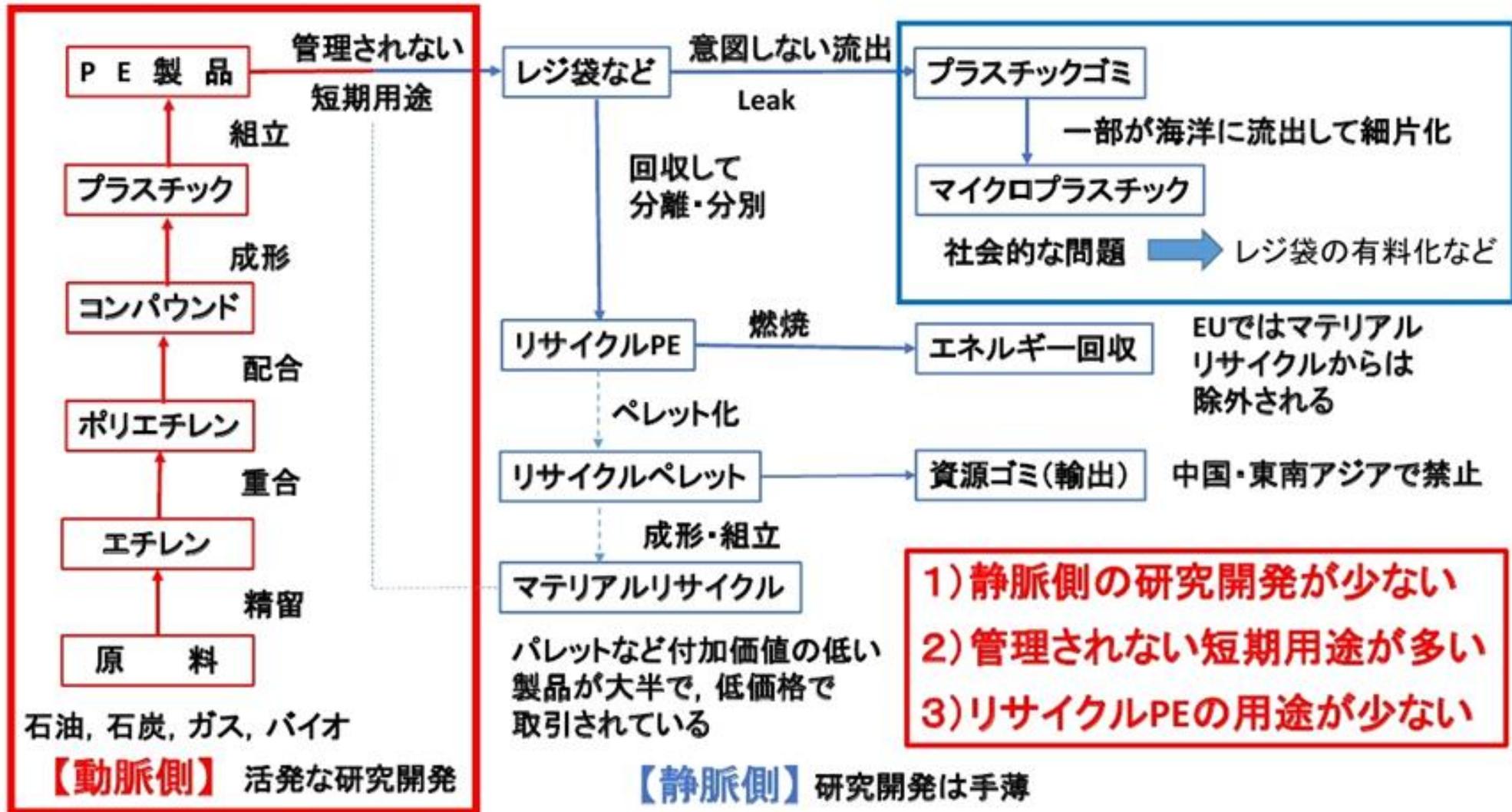
- 1) すべての国民がプラスチックの廃棄を適切に行う
- 2) 生分解性ポリマーへ代替する（川や海に流れ着く前に分解させる）
- 3) 使い捨てプラスチックの製造を禁止する
- 4) リサイクルしやすいプラスチック製品を開発（“意味”のデザイン）
- 5) 小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発
（海洋での回収チャンスを増やす）
- 6) **非破壊劣化診断による劣化管理と寿命予測で非管理の短期用途から管理された長期用途にプラスチックの需要構造を変える**



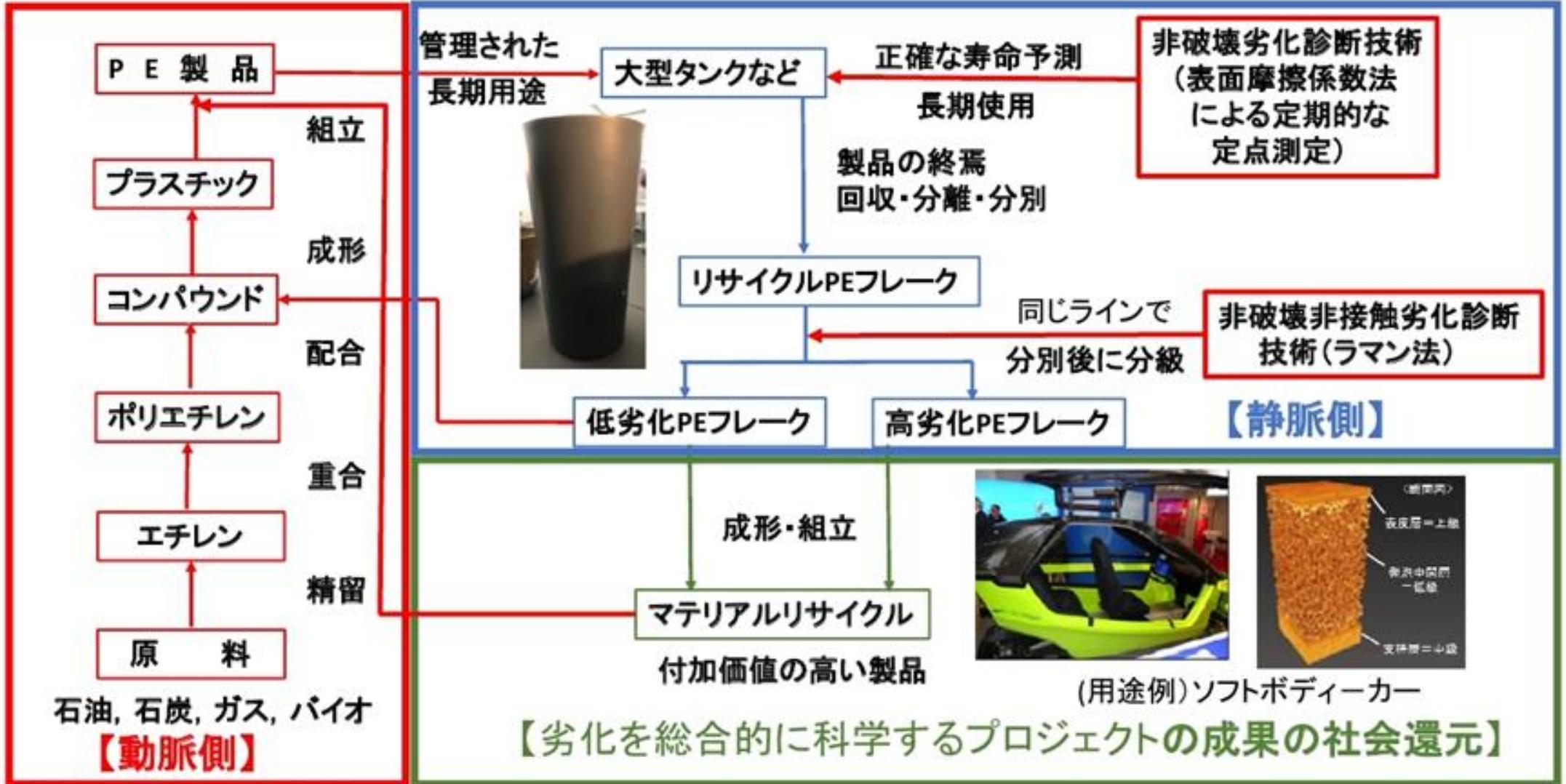
4. プラスチック産業の構造改革

— 完全な資源循環を目指して

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)





5. プラスチックごみを環境中にLeakしないための方策 — 3Rから6Rへ

ペットボトルの3R

— レジ袋(PE)と比べて、ペットボトルは環境中へのLeakを防止しやすい製品

- 見えるごみで集めやすい(20年前のペットボトルの形状を保持)
- ケミカルリサイクルしやすい (モノマーまで分解する)
- リサイクル率が94%と高い (行政やPETボトルリサイクル推進協議会の努力など)

— 3R(Reduce, Reuse, Recycle)の今

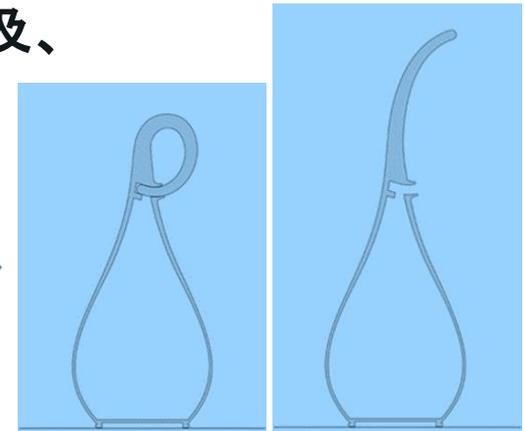
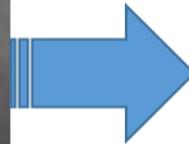
- Reduce : ボトルの薄肉化、軽量化
- Reuse : 衛生上の問題があり、困難
- Recycle : 粉碎やモノマー化で再度ボトルに成形したり繊維にする。これが現在の主流

— ペットボトルの 6R (Reduce, Reuse, Resycle, Refuse, Redesign, Repair)

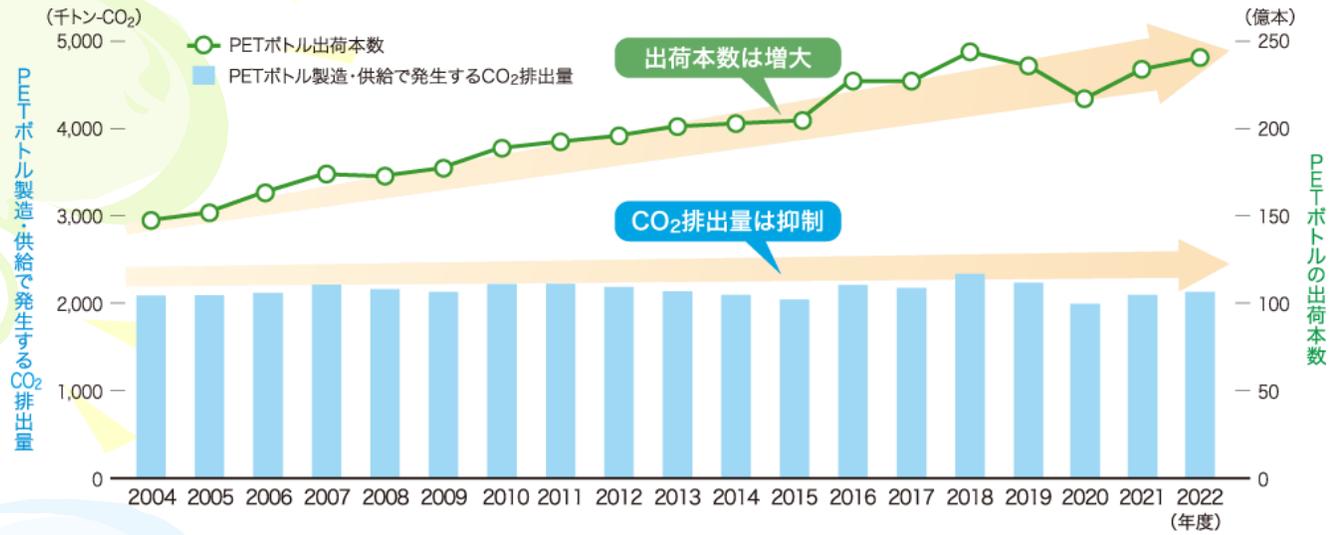
- Refuse : お茶の文化、マイボトルへ供給するシステムの普及、
自動販売機の禁止・制限
- Redesign : 蓋のないボトル、蓋と本体を
ブレンド可能な素材で成形
- Repair : ?



ウツボカズラ



未来のボトル(蓋のない構造)



PETボトルリサイクル推進協議会 調べ

ペットボトルの生産量推移



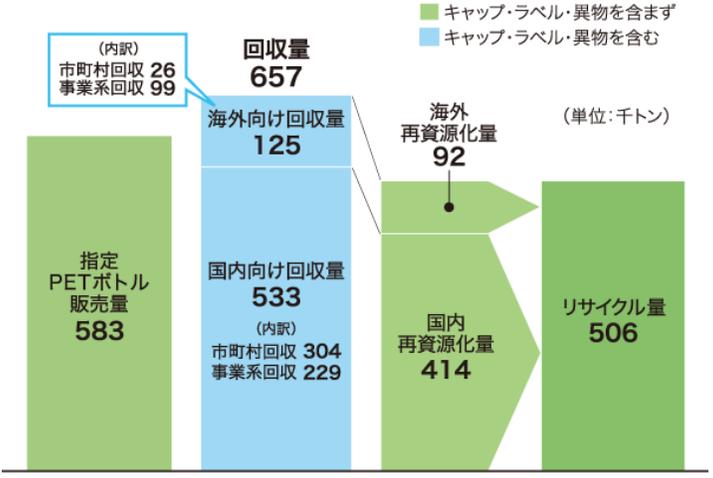
ペットボトルのリサイクル率の推移

ペットボトルのReduce (軽量化)

軽量化事例

高いレベルで軽量化の進んだPETボトルの事例

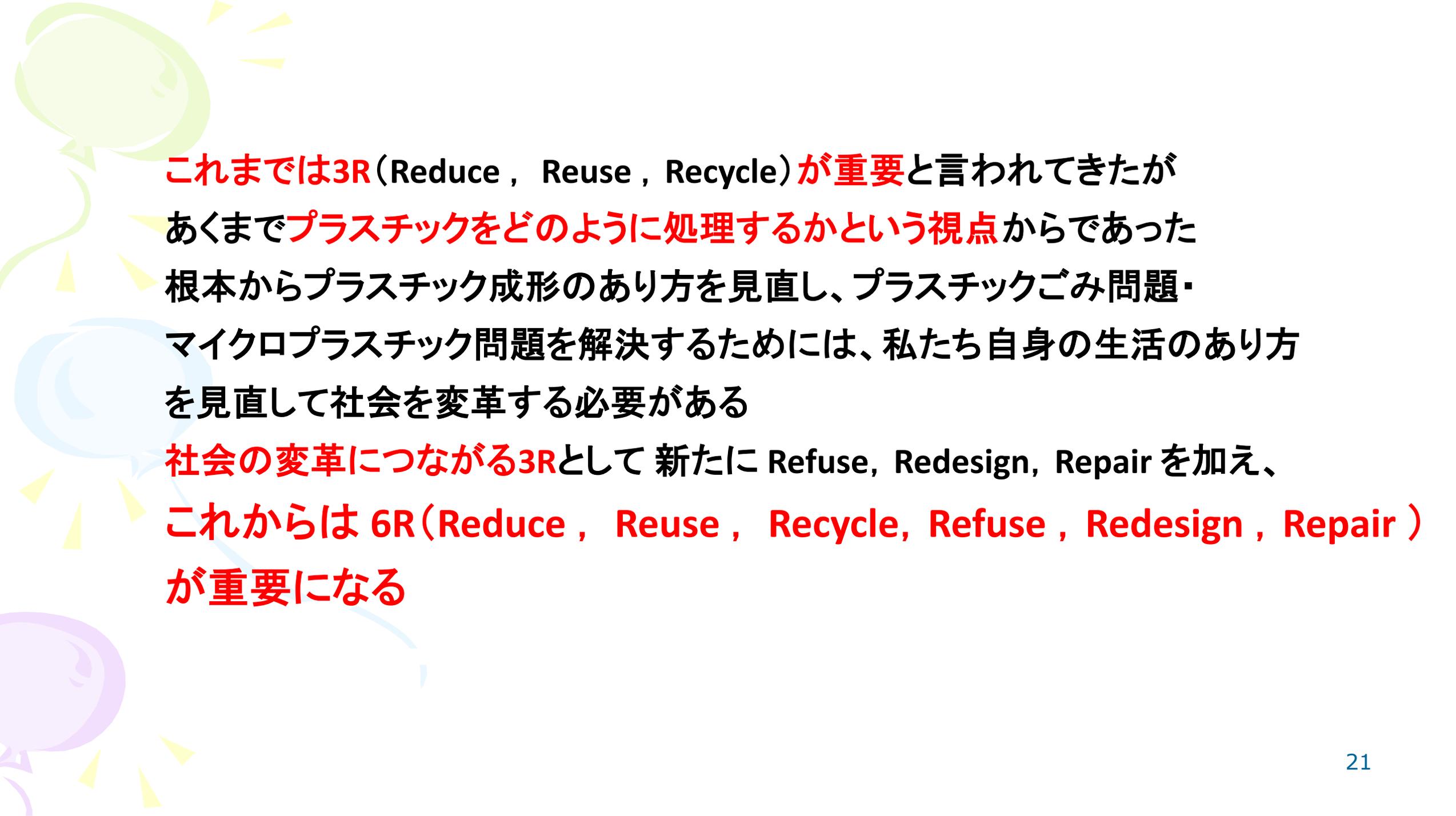
<p>サッポロビール株式会社 こくいもやわらか 4L PETボトル ボトル重量 109.5g (従来品 141.0g)</p>	<p>株式会社伊藤園 お〜いお茶 2L PETボトル ボトル重量 28.7g (従来品 39.0g)</p>
<p>ポッカサッポロフード & ビバレッジ株式会社 おおいた日田の梨ソーダ 410ml PETボトル ボトル重量 26.0g (従来品 33.0g)</p>	<p>メルシャン株式会社 メルシャン赤ワイン 720ml PETボトル ボトル重量 29.0g (従来品 約34.0g)</p>



リサイクル率: (リサイクル量) ÷ (ボトル販売量) = 86.9%

※端数処理のため、数値が合わない場合があります。

ペットボトルのリサイクル



これまでは3R (Reduce, Reuse, Recycle) が重要と言われてきたが

あくまでプラスチックをどのように処理するかという視点からであった

根本からプラスチック成形のあり方を見直し、プラスチックごみ問題・

マイクロプラスチック問題を解決するためには、私たち自身の生活のあり方を見直して社会を変革する必要がある

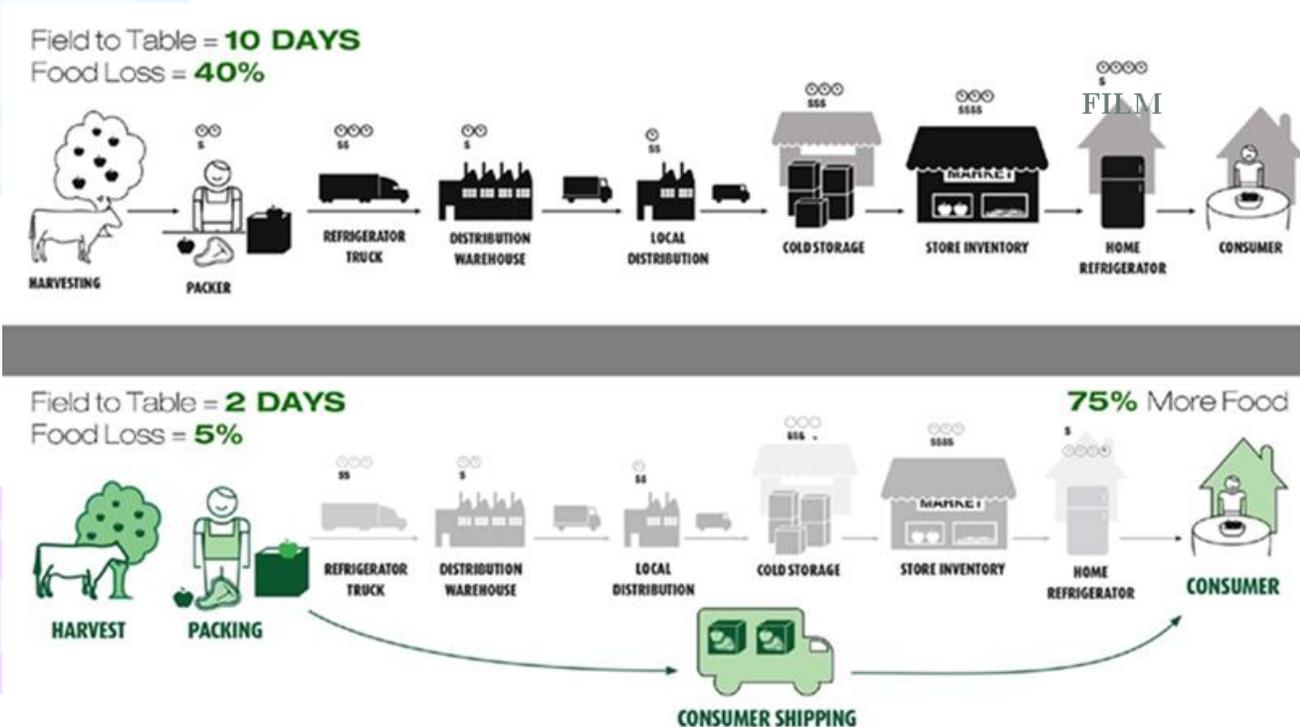
社会の変革につながる3Rとして新たに Refuse, Redesign, Repair を加え、

これからは 6R (Reduce, Reuse, Recycle, Refuse, Redesign, Repair)

が重要になる

RefuseとRedesignの具体例

過剰に包装され使い捨てられる食品包装材（バリアー性の高い食品用トレー）の削減は、農場・流通段階での食品ロス削減とプラスチックごみ削減につながる点で **Refuseの具体例** である。このためには、消費者の意識改革も含めた **食品の流通システムの Redesignが必要** であり、さらには農業の大規模化から小農・家族農業重視という **農業システムのRedesignが必要** である



食品の長期保存を可能にする多層トレーの例は、PET/接着剤/EVOH/接着剤/PEの4種5層の本体と、PE/接着剤/PETの3種3層構造のカバー材から作らる。PETとPEが混ざると物性が大幅に低下するため、分離する必要があるが、不可能である

米国の調査では、農場から消費者の口まで10日かかる場合、農場での廃棄量が40%に対し、2日で届く場合の農場での廃棄量は5%まで減少する

RepairとRedesignの具体例

北海を挟む北欧諸国やオランダは、2010年代から**Repair 社会**の構築を目指す動きが始まり、スウェーデン政府は2016年以降 付加価値税の半減で国の方針として推進。2020年にはEU全体の目標となった。

村々には鍛冶屋や建具などを修理する手間大工がいるなど**Repair 社会**は元々日本に存在していたが、使い捨てを促進した高度成長期に、いつの間にかなくなった。

大型のプラスチック製品は多くの部品が組み合わさって出来ている。それぞれの部品は材料の違いや使用環境の違いで材料破断に至る時間が異なる。これまでは一部の部品の寿命が尽きると製品全体を廃棄してきたが、今後は壊れた部品を修理して製品全体の寿命まで使い続けることが重要になり、**Repairの必要性**が生じる。

使用する材料の特性と使用環境から壊れやすい部品を予測し、そこだけ取り換え可能なように**製品をRedesign**することも重要である。