

「海の環境問題 - マイクロプラスチック汚染とは -」

吉野輝雄・国際基督教大学元教授

講義内容

0. はじめに
1. プラスチック(合成高分子／ポリマー)と天然高分子の違い
2. プラスチックの有用性と廃プラの問題性
3. マイクロプラスチックによる環境(海洋)汚染
4. 紙オムツはマイクロプラスチック：その後始末は？
5. 私たちは今、そして未来に向けて何をすれば良いのか？

クイズ

		高分子は？	水に溶けるものは？	燃えるものは？	腐る、かびるものは？
1 米					
2 砂糖					
3 紙					
4 とうふ					
5 ダイヤモンド					

		高分子は？	水に溶けるものは？	燃えるものは？	腐る、かびるものは？
6 発砲スチロール					
7 ピニール袋					
8 紙オムツ					
9 石けん					
10 合成洗剤					

自己紹介

リタイア前

吉野輝雄



ICU理学館

ICU理学科(化学)教員
1972年から37年間勤務
2010年に定年退職

● 研究分野：糖鎖化学(Glyco-chemistry)

● 教育課題：有機化学、環境研究

一般教育「水」を通じて自然と人間について考える

<http://subsites.icu.ac.jp/people/yoshino/waterstage.html>



現在

● 「水」を通じての市民の科学リテラシー

● NPO法人 CFF(Caring for the Future Foundation) 監事
<http://www.cffjapan.org/about/about.php>

● 教会奉仕(仙川キリスト教会) <http://www.sengawaC.com>



● 趣味：写真、灯台巡り

青年との対話

● 特技：けん玉、こま



		高分子は？	水に溶けるものは？	燃えるものは？	腐る、かびるものは？
1 米		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 砂糖		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 紙		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 とうふ		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 ダイヤモンド		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 発砲スチロール		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7 ピニール袋		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8 紙オムツ		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9 石けん		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10 合成洗剤		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

- ・天然にも高分子は多種あり、地球環境をつくり、生物の体をつくり生命活動を支えている。
- ・人工的に合成した高分子は、衣食住に関わる材料を貴重な天然資源に代わって合成され、広く大量に安価に利用されてきた。
- ・天然も合成高分子も、高温で完全燃焼し、二酸化炭素(CO₂)と水になる。
- ・水に溶ける物と溶けない物がある。
- ・重要なポイントは、自然界に放出した時、水に溶け、微生物によって生分解するか否かである。

廃プラ問題は今、世界中が関心を集めている大問題

6月のG20大阪サミット:
2050年までに廃プラを
ゼロにすると合意された。

日本の廃プラ
リサイクル率は
27%

3Rの徹底が 必須

3Rとは？

高分子(ポリマー)：

- 分子が100～数千個結合した物質
 - 分子のサイズは、 $10^{-10} \sim 10^{-8}$ m(ナノメーター)
高分子のサイズは、その数千倍(マイクロメーター)

•直鎖構造



● 分岐構造

朝日新聞社説 2019/7/31

プラごみ対策

安易な焼却は許されぬ

2019年6月までに海に流れ込
むプラスチックごみをゼロにさ
る。先日の日本大循環サミットで
環境省は新たな目標を掲げた。
本日、今後の取り組みを定めた方
針を主導して実現度がある。
やめたときはあが、足をやめ
難い問題だといつてはいる。
特に急がれるのが燃費循環対策
との両立である。

日本では慣れた部分が有効利
用法だ。「うまいね」と思
が進んでしまわれる。だが、
この数字だけ、一マークシナ
クルと算せざるを得ない。も
のがなえて生み出される。その
生まれる燃えエネルギーを確
かにしないといふ。

新規や輸入などに「有効利用」して
いる、などと云ふ。
海外では通常、こうした一度
きの燃費循環サーキルとなる
なれない「スマーリサイク

ル分を除くと、日本のプラスチ
ックライサイクル率はまだよい。
つまり、大阪府立(四日市)の現状
で初めての実績は目標通り。
燃費循環にして資源をもどすため
本日、今後の取り組みを定めた方
針を主導して実現度がある。
やめたときはあが、足をやめ
難い問題だといつてはいる。
特に急がれるのが燃費循環対策
との両立である。

日本では慣れた部分が有効利
用法だ。「うまいね」と思
が進んでしまわれる。だが、
この数字だけ、一マークシナ
クルと算せざるを得ない。も
のがなえて生み出される。その
生まれる燃えエネルギーを確
かにしないといふ。

新規や輸入などに「有効利用」して
いる、などと云ふ。

海外では通常、こうした一度
きの燃費循環サーキルとなる
なれない「スマーリサイク

ルを除くべきはテュース
デー、リユース、廃棄物(リ
サイクル)(再生生活)だ。この
「3R」に賛成、それでいて残
った資源をどうすれば、開拓
するかが問題だ。世界に流れ
こじまらぬだけを燃やしても

それを除くべきはテュース
デー、リユース、廃棄物(リ
サイクル)(再生生活)だ。この
「3R」に賛成、それでいて残
った資源をどうすれば、開拓
するかが問題だ。世界に流れ
こじまらぬだけを燃やしても

雑学“大学”らしく、

基本から学び、

共に考えましょう！

キーワード：高分子(ポリマー)、生分解、持続可能な未来

天然高分子(ポリマー)

- 原料・ブドウ糖のポリマー
米・芋・とうもろこし(デンプン)、
木綿・麻・紙(セルロース)

- 原料・アミノ酸(20種) のポリマー (タンパク質)
肉・豆・豆腐・酵素タンパク・体の組織・血液
爪・髪の毛
羊毛、絹

- ◆ 天然高分子（ポリマー）の行方
自然界（川、海水中）で微生物（細菌）により
分子に分解され、微生物の栄養源となる。
微生物は小動物に摂取され、
やがて魚介類、植物の栄養源となる＝食物連鎖。

8/25に放映予定



24時間テレビ42 あと2週間 生放送SP

写真:アフロ

進め大野丸!
釣って潜って学ぶ海洋問題



ガラス製のボトル	100万年
モノフィラメントの釣り糸	600年
プラスチック製の飲料ボトル	450年
アルミ缶	80~200年
発泡プラスチック製のカップ	50年
ナイロンの生地	30~40年
ポリ袋	10~20年
ウールの靴下	1~5年
新聞紙	6週間
オレンジやバナナの皮	2~5週間

引用:アメリカ合衆国 国立公園局フロリダサラソータ州 モウト海洋研究所と
全米オーデュポン協会指収文書「ゴミの発生と行方」

自然界で分解されるのに必要な期間

釣り糸の素材:ナイロン(劣化しやすい)、
フロロカーボン、ポリエチレン

天然高分子

合成高分子(ポリマー)

● ビニルポリマー:長い炭素鎖で連なっている合成高分子



ポリエチレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル(塩ビ)
ポリアクリル酸エステル

*フィルム、発泡スチロール、塩ビ管、プラ板、
有機ガラス、繊維、接着剤



PE(ポリエチレン)

PS(ポリスチレン)

PVC(ポリ塩化ビニル)

ポリメタクリレート

● ナイロン、ポリエステル、ポリウレタン、 ポリカーボネート

アミド、エステル結合で連なっている合成高分子



PET(ポリエステル)

ナイロン

ポリウレタン

ポリエチレン

ポリカーボネート

● 热硬化性樹脂 (初期の合成高分子)

エポナイト、ベークライト *絶縁体 (板) 、容器



絶縁電気基盤

シリコンゴム

ベークライト

ポリシリコン

● その他



接着剤

シアノアクリレート



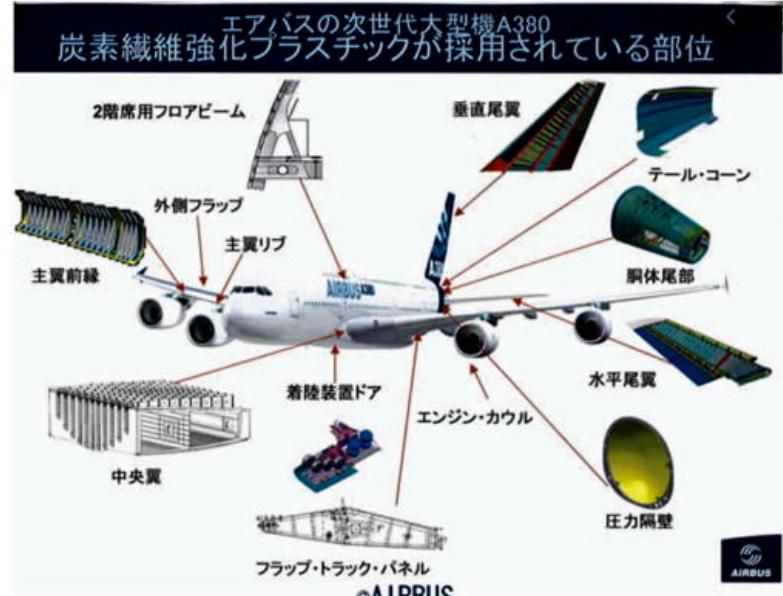
塗料

2. プラスチックの有用性と廃プラの問題性

● プラスチックの有用性?

※原料は石油

- ・天然素材品の代替。
- ・構造の違いにより様々な特性をもった材料が開発でき
人間生活、産業の多様なニーズに応えることができる。
例えば、軽くて強く、透明性があり着色も自由にほどこすことが可
- ・安価(大量生産が可能)。
- ・耐水性、耐久性、絶縁性、密閉性などに優れる。
(腐らない)
- ・発泡加工すると、保温性、吸水性をもたせることができる。
- ・機能性を付与したポリマーを合成設計することができる。
例えば、酸性、保水性、金属塩との親和性など。
- ・炭素繊維強化プラスチックは高い強度と軽さを併せ持つ
航空機、ロケット、車両などの特殊用途に応える。

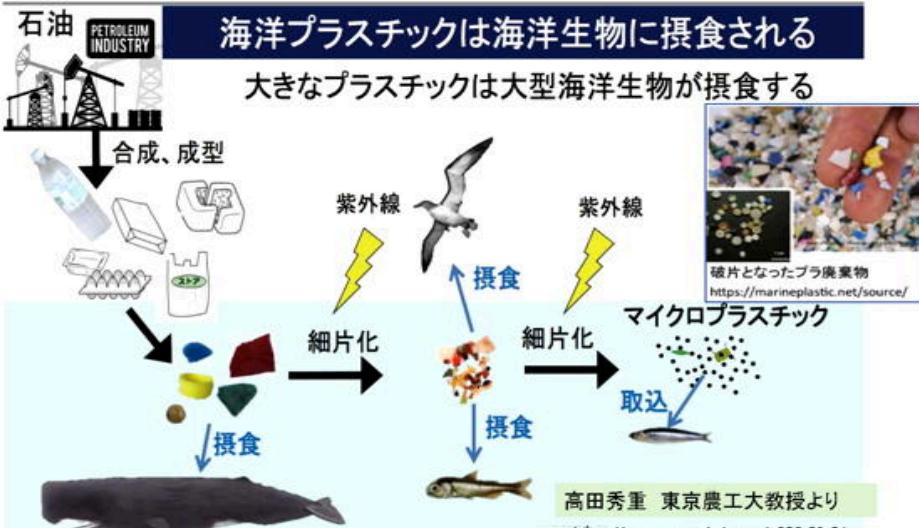


● 廃プラの問題性は？

- ・天然素材の代替であること→生分解が遅い、不可能(安定)
- ・安価(大量生産が可能) → 生活の隅々、世界中で利用され、行き渡っているので廃プラが世界中に、海洋に広がっている。
- ・耐水性、耐久性などに優れる(腐らない)→ 生分解されず、ゴミとして長期間残る。 地上では、破損し、風・紫外線で細粉碎化して蓄積する。 海洋では、波、風によってさらに碎かれて広がる。 海辺では、流れ着いた廃プラが集積する。
- ・細粉碎化(マイクロ)プラスチックは、海水中に広がり、魚介類、サンゴ、藻の中に取り込まれる → 生態系・食物連鎖の異変

◆問題の中心は、・プラスチック使用後の後始末のしかた、
・生分解性に乏しい(非天然)物質であること。

3. マイクロプラスチックによる環境(海洋)汚染



下水処理場(流域人口50万人)で一日あたり10億個(年間3,900億個)。今、50兆個のプラスチックが世界の海を漂っている。



釣り糸の素材:ナイロン(劣化しやすい)、
フロロカーボン、ポリエチレン

● 廃プラのポイ捨てが引き起こす環境問題

- a. プラは、食べ残しや草木の廃物と違って自然に棲む微生物によって分解されず、そのまま長い期間残る。
- b. プラは川から海に流されて海辺に集積し、波や風、太陽光によって小さな破片に碎かれたり、繊維状になる。
- c. プラ破片などは数センチから数ミリ以下になり、魚や海の生物の体の中に取り込まれる。それらは消化されず、胃や内蔵の中に溜まる。
- d. 小さな魚は大きな魚に食べられ、漁師が捕らえた魚を人間が食べ体に入る。つまり、自然界の水循環、食物連鎖という生命を支えるサイクルに乗り、分解されずに人の体に戻る。

今や地球レベルの対応が緊急課題

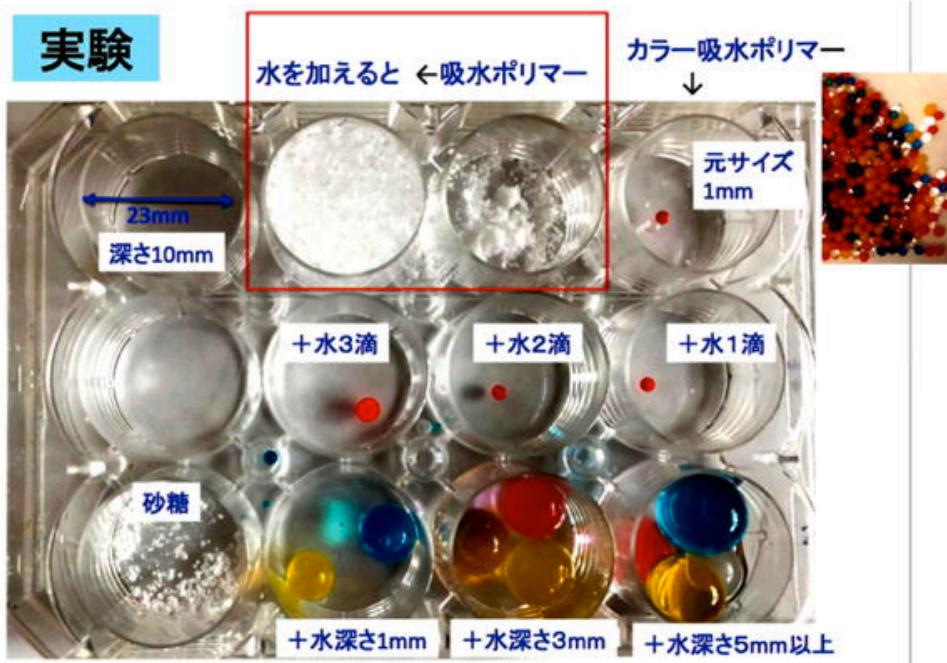
● 対応の基本は、3R

Reduce/削減 >
Reuse/再利用 >
Recycle/原料に再生
あるいは他の物質に変換

3Rに乗らないプラ廢棄物は焼却する。

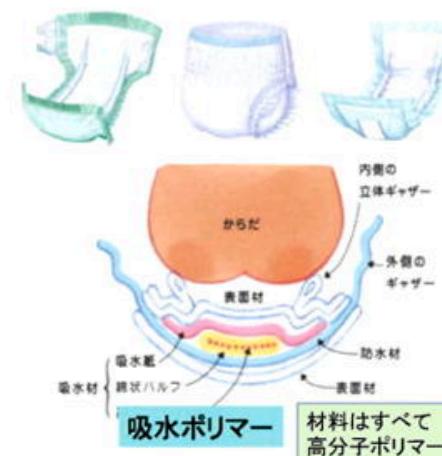
● この対応を世界共通の認識とする

実験



4. 紙オムツはマイクロプラスチック (後処理の問題)

紙オムツの後処理 (トイレに流す案を国交省が検討中)



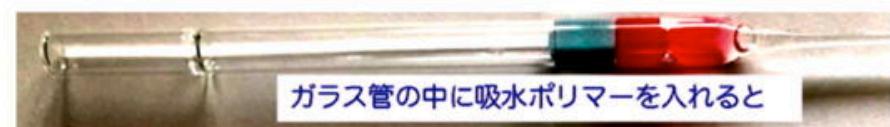
吸水力の秘密

吸水ポリマー = ポリアクリル酸塩



吸水すると50～100倍に膨張する

<https://www.sanyo-chemical.co.jp/pr/pdf/pk124.pdf>



水を吸うと膨潤し
管内を詰める

水中生物では、血管や
呼吸器に詰まる可能性
がある。

紙オムツの後処理問題

- 現在、使用済みのオムツは、ゴミとして燃焼処理されている。
- 國土交通省は、紙オムツをディスポーズ(粉碎処理)して下水道に流すか、トイレに流す後処理法を検討中。
2021年に方針を提出すると言っている。
- 国交省の方針には大きな問題があることは明らか！
Q: どこが？

- ・A法: 排泄物を分離してトイレに流し、おむつはゴミとして回収処理する方法。
 - ・B法は、集合住宅や介護施設におむつを回収・粉碎装置を設置し、一括処理する方法。
 - ・C法は、一般住宅や介護施設で粉碎した後、トイレに流す方法
- * 一般家庭でも採用できるのか疑問。この疑問に対して、いずれ破碎装置を小型化すると回答された。
- ・A, B法の実現を委託された2つの企業が並々ならぬ思いと使命感をもってプロジェクトに取り組んでいることがプレゼンと直接話す中で伝わって來たので成果を待ちたい。

下水道を活用した紙オムツの処理方式

○紙オムツの処理方式として、使用済み紙オムツの破碎の有無、下水道への受入パターンの違いによって、3タイプを設定する。
①Aタイプ（固体物分離タイプ） ②Bタイプ（破碎・回収タイプ） ③Cタイプ（破碎・受入タイプ）



	Aタイプ (固体物分離タイプ)	Bタイプ (破碎・回収タイプ)	Cタイプ (破碎・受入タイプ)
利用方法	トイレ個室内で使用済み紙オムツから汚物を分離させ、紙オムツはゴミとして回収	トイレ個室内から投入した使用済み紙オムツを破碎装置で破碎し、建物外の分離・回収装置で固体物を分離してゴミとして回収	トイレ個室内の破碎装置で使用済み紙オムツを破碎し、そのまま下水道に流す
想定されるユーザー	一般住宅・介護施設での利用	一般住宅・介護施設、特に集合住宅や規模の大きい介護施設での利用	一般住宅・介護施設での利用
メリット	紙オムツ保管時の悪臭とゴミ出し時の量が軽減	紙オムツの保管・ゴミ出しが必要	紙オムツの保管・ゴミ出し不需要
デメリット	軽量化した紙オムツの保管・ゴミ出しが必要	破碎の他に分離・回収装置の維持管理が必要	下水道施設や水環境への影響について十分に評価が必要

問題の背景

- ・未使用の紙おむつは50g程度だが、排泄物を含むと4倍の200gにもなる。
- ・100人が入所するある介護施設では1日4回おむつ替えをするが、45リットルのごみ袋が1日に25袋出る(1袋が5キロなので125キロ)。施設の職員がごみ置き場まで運ぶ労力が大きい。
- ・保育園に預けた赤ちゃんのおむつは母親が持ち帰る。処理法が悩みとなっている。
- ・排泄物の匂いが処理の気持ちを下げる。

5. 私たちは今、そして未来に向けて何をすれば良いのか？

“Think globally, Act locally”

(地球的視野をもって考え、置かれた場所で行動する／足元の課題に取り組む)！

Think globally : 先ず、今立っている所からできるだけ視野を広げ、未来を想像して考えること
(空間と時を超えて考え、現実を俯瞰する)：

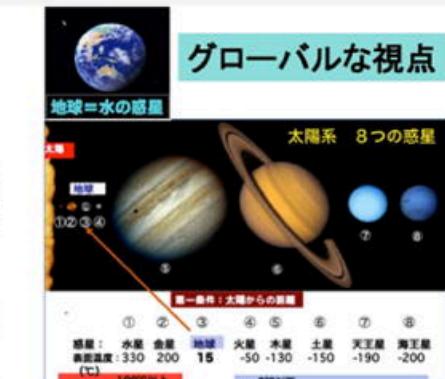
自然を造っている人間、すべての動植物、水(海・川・地下水)、空気、岩砂は互いにダイナミックな関係をもちながら存在している生命体のようなものである事をイメージしながら生活しよう。

自然界における関係性を意識し、人が自然界に排出するゴミ、汚污水の行方を考えよう。
自然の浄化・再生システムを超える生活を続ければ、人の命への脅威として戻ってくるだろう。

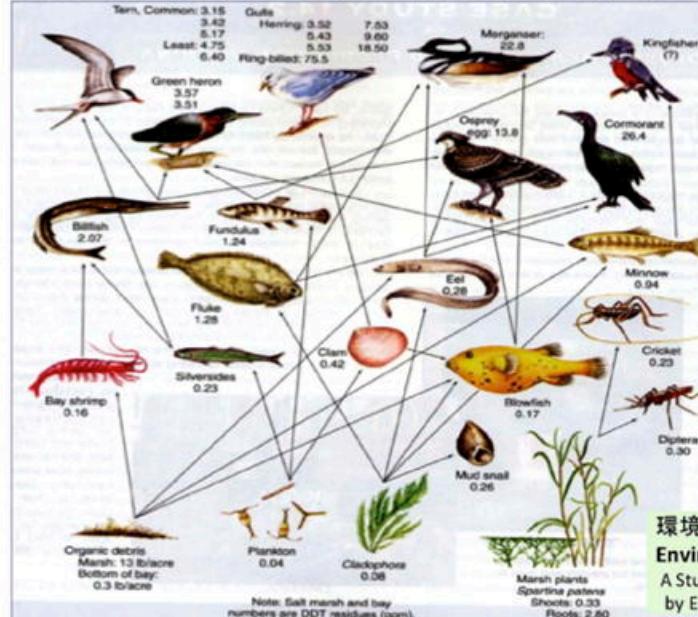
次ぎに、未来の子どもや孫の世代をイメージしよう。

廃プラスチックが海の魚貝類の命と生態系を脅かし、安全な海産資源が激減する未来を次世代に遺して良いのか？

今や、国際的に、国県市が、市民が現実問題として環境問題に取り組むことが求められている時代だ。



食物連鎖：汚染物質は、微生物→動物/植物→魚→人間に移動し濃縮される



食物連鎖
生物は互いに依存しながら生きている。

物質循環
生物は自然界の物質(水、金属塩、空気等)と関係を持ちながら生きている。

環境科学
Environmental Science:
A Study of Interrelationships
by E.D. Enger & B. F. Smith (2009)

海は、生命の源、多様な生物が棲息し、あらゆる物質が溶けている。海は地球を温存に保ち、蒸発後に真水(雨雪)となって地上に戻る。汚れても浄化し、陸の生命も支えて来た。まさに母なる海！人は、その大きさ、優しさに甘えて来た。しかし、今、海は悲鳴をあげている。そのことに気づかないのか？

人と海の未来へ
Parody by Teruo Yoshino
Kiroko 「未来へ」より

ほら 脳をあげて見てごらん
ここがあなたを育んだ海
ほら 空を仰いでごらん
ここがあなたの世界

海がくれたたくさんの優しさ
波とたわむれ 夢だけを追っていた
あの時はまだ幼くて汚れなど知らない
そんなの手をとり
一緒に歩んでくれた

夢はいつも大きく輝いていた
寝かなくて怖いだけ追いつけるの
自分の物語だからこそ読めたくない
不安になるも海辺に来て
遠くを見つめていた

その優しさを時には嫌がり
離れた海に素直になれず

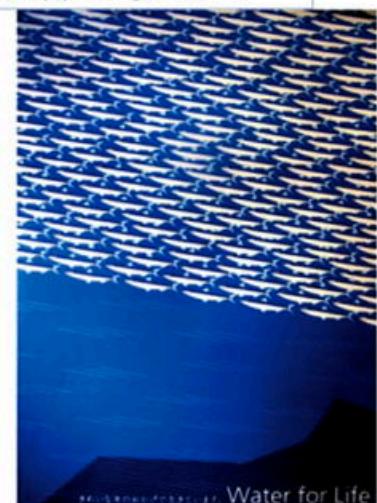
ほら 足元を見てごらん
そこが あなたが歩んだ跡
ほら 目を開いて見てごらん
人と海の未来

海の優しさにずっと甘え
備つけ 心をなくしていた

ほら 足元を見てごらん
これからあなたが歩む道
ほら 目を開いてごらん
人と海の未来

ほら 足元を見てごらん
これがあなたの歩む道
ほら 前を見てごらん
あれがあなたの未来
未来に向かって
今ここから歩んで行こう

Think globally, act locally
for achieving SDG goals.



Act locally: 一人ひとりが、今いるところで行動しなければならない。

私の行動例：ペットボトルを買わない(水道水をマイボトルに)、レジ袋はできるだけ貰わずにマイバックで買い物する。ゴミは分別廃棄する、油は紙で拭いてからゴミ箱に捨てる。石けんで洗髪し、台所洗剤は薄めて使用するなど。

フランス ワイン産地の例：化繊ではなく木綿のショーツを！



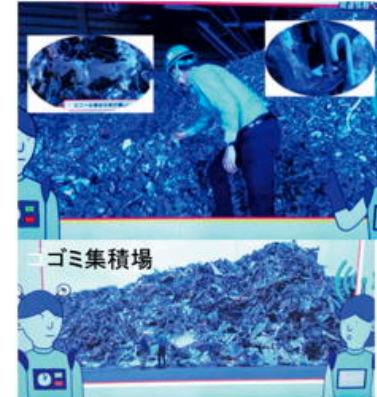
東京農工大が「プラスチック削減5Rキャンパス」活動宣言 2019年8月9日(金)



- 取り組み課題：
 - ・プラスチック削減策
(マイボトル用給水器設置によるペットボトル削減、生協購買部等の学内販売におけるレジ袋の削減、大学グッズにプラスチック代替品を導入)、
 - ・教育活動を通じた次世代の育成、
 - ・社会貢献活動を通じた普及啓発活動に、取り組む。
 - ・マイクロプラスチック分布および影響調査
 - ・海上プラスチック回収装置の開発

ビニール雨傘の問題

NHK番組より



解決案①



解決案②: ?

◆ 環境・社会・経済などの課題を解決するためにすべきことは？

- ・2015年に国連がSDGs=Sustainable Development Goals(持続可能な開発目標)を策定。
- ・2030年までに世界が達成すべき17の「未来を変える目標」を提示した

持続可能な開発目標(SDGs)



ここでは
6, 12, 14と関係するが、
他とも連関している。

国連広報センター作成

▲ 国を超えた共通課題(裏返せば、危機)に向かうための青写真