

# 環境ホルモンとしての マイクロプラスチック問題

高田秀重

東京農工大学 農学部 環境資源科学科

東京、荒川

# Our Stolen Future

## Chapter 8. Here, there, and everywhere

Dr. Ana Soto      ボストンタフツ大学医学部

ヒト乳癌細胞の異常増殖の  
メカニズム解明のための実験



女性ホルモンの作用により増殖が起こることを研究

コントロール区でヒト乳癌細胞が異常増殖

←実験に使ったプラスチックプレートからの  
ノニルフェノールの溶出

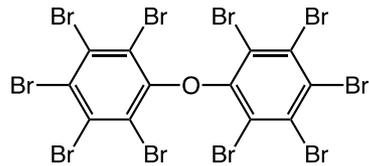
# ノニルフェノール（環境ホルモン）のプラスチック容器からの溶出

- 使い捨てプラスチックコップ
- ラップ、ラップで握ったおにぎり
- アイスクリームの容器と  
その容器に入ったアイスクリーム
- 乳児の歯固め

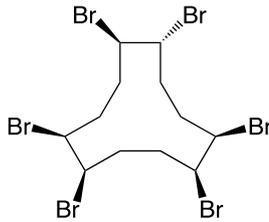
- 子宮内膜症、乳癌の増加
- 精子数の減少
- 生殖器の萎縮

- メスとオスが一緒になった魚（雌雄同体）

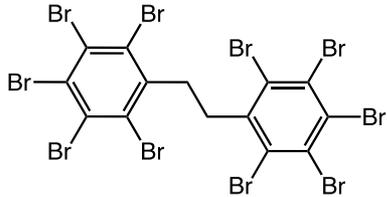
# プラスチックは環境ホルモンのカクテル



**BDE209**

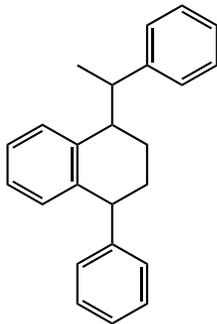


**HBCDs**

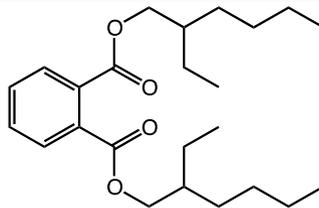


**DBDPE**

**Flame retardants**

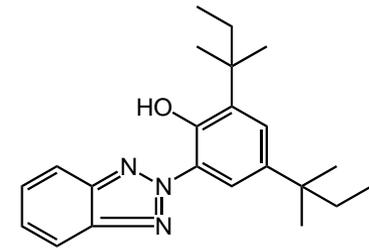


**Styrene trimer**

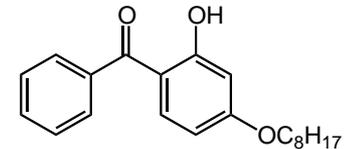


**phthalates  
(DEHP)**

**Plasticizer**



**Benzotriazoles  
(e.g., UV-328)**

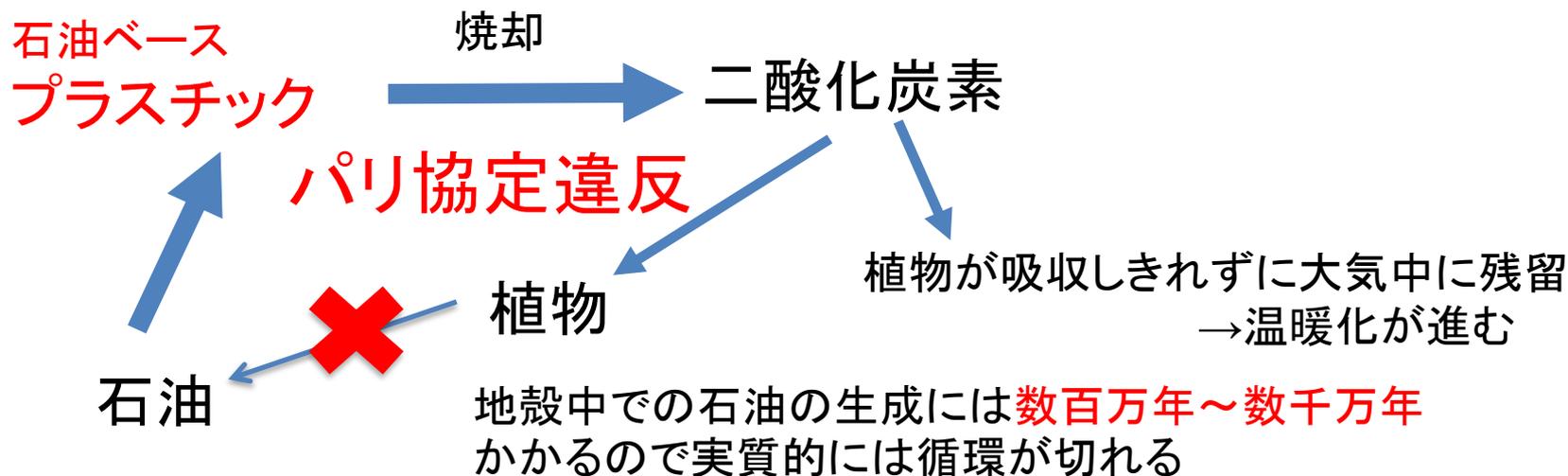


**Benzophenones  
(e.g., BP-12)**

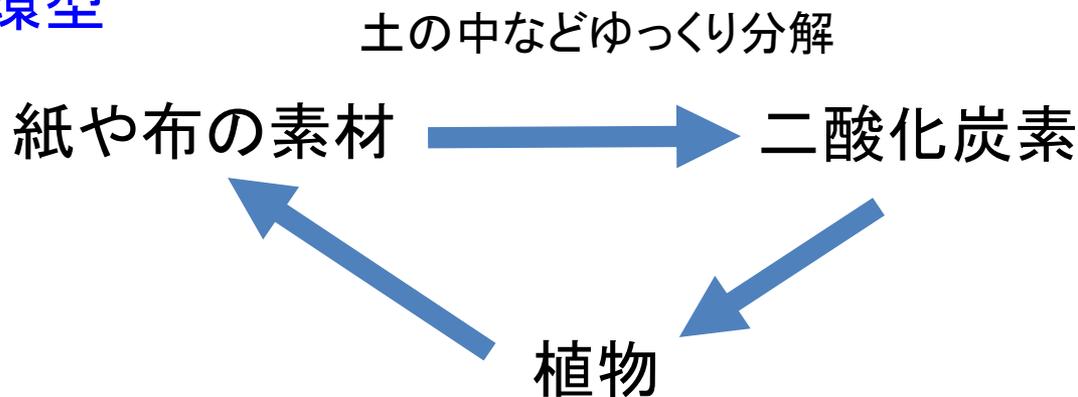
**UV absorbers**

# 石油ベースのプラスチックは脱化石燃料の世界的流れに逆行

## 一方通行、温暖化が進む



## 循環型



1990年代後半、プラスチックの大量消費社会を追い込んだが、盛り返され、今は再びプラスチック大量消費社会が再来してしまった。

しかし、マイクロプラスチック問題は再びプラスチックの大量消費社会の転換を図る好機である。

様々なセクターと連携してプラスチックの大量消費社会から真の循環型社会への移行を図るべきである。

- 問題の経緯
- マイクロプラスチック汚染の現状、動態
- マイクロプラスチックの生物影響
- 有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック
- マイクロプラスチック汚染のトレンド
- 国際的対応

- **問題の経緯**

- マイクロプラスチック汚染の現状、動態

- マイクロプラスチックの生物影響

- 有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック

- マイクロプラスチック汚染のトレンド

- 国際的対応

# 海洋プラスチック汚染への初めの警鐘は1972年

サルガッソー海の高表面のプラスチック

Carpenter and Smith (1972) サイエンス, March 17 p.1240-1241.



Fig. 1. Typical plastic particles from tow 2. White pellets are on the left.

大西洋の高表面のプラスチック汚染: 海鳥からの証拠

Rothstein (1973),  
コンドル, vol.75, p.344-345

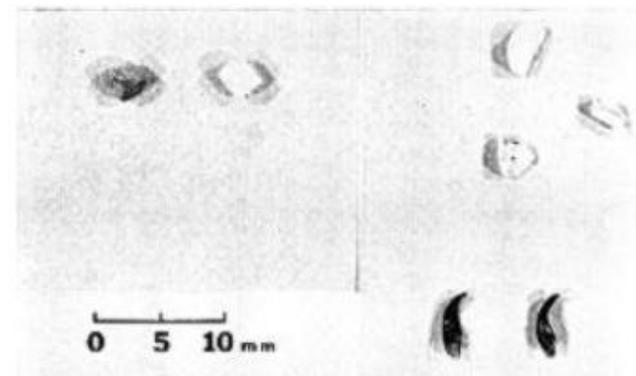


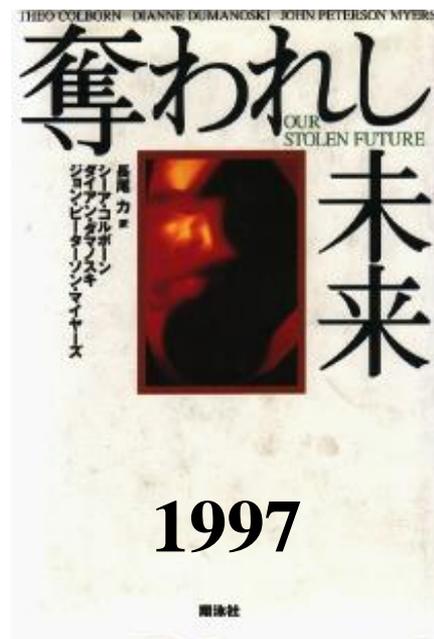
FIGURE 1. Objects found in the stomachs of two Leach's Petrels. The two pieces of plastic in the upper left corner were found in the gizzard of a petrel collected on Gull Island, Newfoundland. The three pieces of plastic as well as the two claw-like structures in the right half of the figure were all found in the gizzard of a petrel collected on Kent Island, New Brunswick. The claw-like structures have been tentatively identified as the pharyngeal teeth of a large polychaete.

チャールズモア船長が太平洋巨大渦流にプラスチックゴミだまりを発見(1997)



1 mile  
Zooplankton  
Trawl  
Cayre

# 第8章. Here, there, and everywhere



Dr. Ana Soto

ボストンタフツ大学医学部



ヒト乳癌細胞の異常増殖の  
メカニズム解明のための実験

女性ホルモンの作用により  
増殖が起こることを研究

コントロール区でヒト乳癌細胞が異常増殖

←実験に使ったプラスチックプレートからの  
ノニルフェノールの溶出

# プラスチックが海洋環境 中で有害化学物質の 運び屋になる

*Environmental Science & Technology*  
2001, vol.35, 318-324



# 顕微鏡サイズのプラスチックが海洋環境中で発見される (2004年代)

7 MAY 2004 VOL 304 SCIENCE www.sciencemag.org

## Lost at Sea: Where Is All the Plastic?

Richard C. Thompson,<sup>1\*</sup> Ylva Olsen,<sup>1</sup> Rich  
Anthony Davis,<sup>1</sup> Steven J. Rowland,<sup>1</sup> Anth  
Daniel McGonigle,<sup>3</sup> Andrea E. Ri

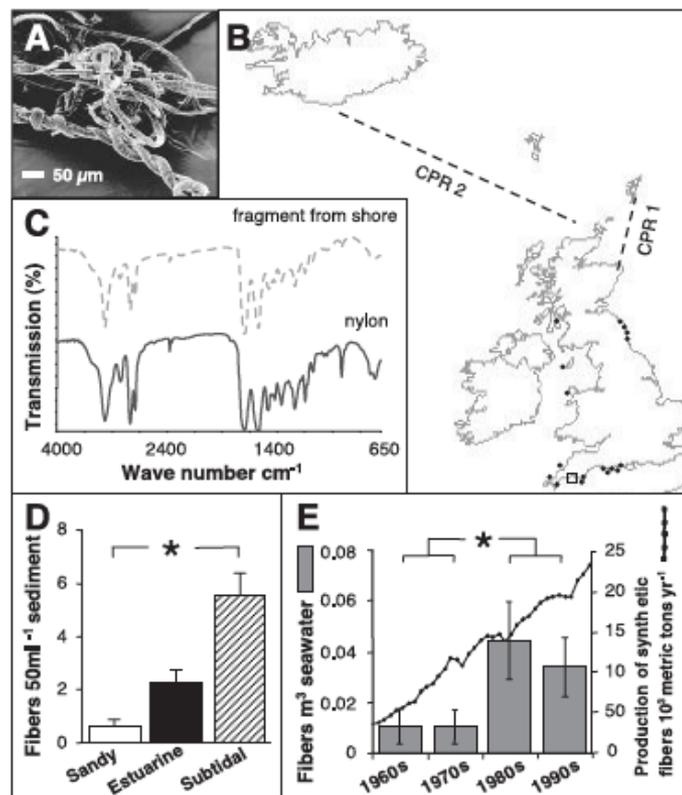


Fig. 1. (A) One of numerous fragments found among marine sediments and identified as plastic by FT-IR spectroscopy. (B) Sampling locations in the northeast Atlantic. Six sites near Plymouth ( $\square$ ) were used to compare the abundance of mi-

# 2005年、ロングビーチで海洋プラスチックの国際シンポジウムとサイエンスに「海洋プラスチック汚染の新しい展開」が掲載



## **New Directions in Plastic Debris**

Science, 2005

*... ... was also clearly recognized.*  
**RICHARD THOMPSON,<sup>1\*</sup> CHARLES MOORE,<sup>2</sup>  
ANTHONY ANDRADY,<sup>3</sup> MURRAY GREGORY,<sup>4</sup>  
HIDESHIGE TAKADA,<sup>5</sup> STEPHEN WEISBERG<sup>6</sup>**

# アメリカの行政機関 (NOAA) も国際ワークショップを開催

Definition of microplastic < 5 mm



2008, Tacoma, WA

# 2010年以降、欧米の学会での特別セッションが多数開催され、 UNEPやGESAMPなどの環境や海洋関係の国際機関も ワークショップを開催

2010 Feb. American Geological Union (AGU) meeting

2010 May Society of Ecotoxicology and Chemistry (SETAC) Europe

2010 June GESAMP Workshop, Paris

2010 Sep. International Symposium in Matsuyama

2010 Nov. SETAC North America

2010 Nov. NOAA Tacoma workshop

2011 Mar. International Marine Debris Conference, Hawaii

2011 May SETAC Europe

2012 May SETAC Europe

## 国連環境計画の年鑑

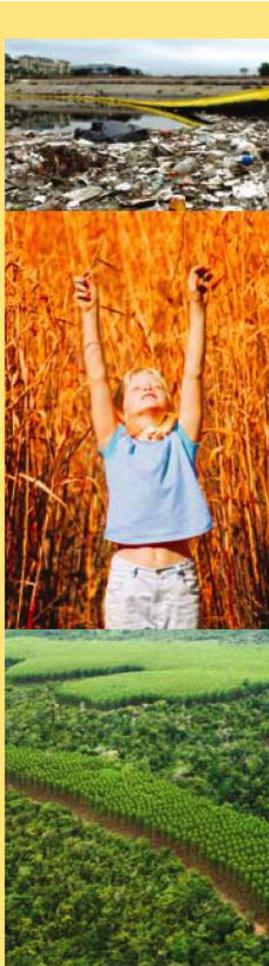
# UNEP YEAR BOOK

EMERGING ISSUES  
IN OUR GLOBAL ENVIRONMENT

# 2011



United Nations Environment Programme



## Plastic Debris in the Ocean

Every year large amounts of plastic debris enter the ocean, where it slowly fragments and accumulates in convergence zones. Scientists are concerned about the possible impacts of small plastic fragments—microplastics—in the environment. The role of plastics as a vector for transporting chemicals and species in the ocean is as yet poorly understood, but it is a potential threat to ecosystems and human health. Improved waste management is the key to preventing plastic and other types of litter from entering the ocean.

### Box 3: Plastic pellets

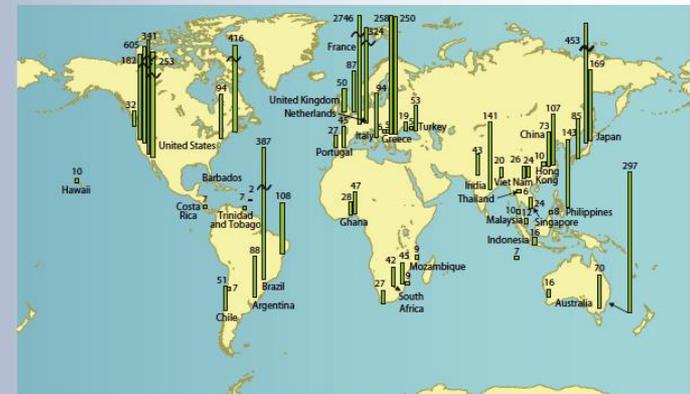
Plastic resin pellets are small granules, generally in the shape of a cylinder or disc, with a diameter of a few millimetres. These particles are an industrial raw material that is remelted and moulded into final products. They enter the ocean as a result of spills or accidental releases. Like other plastic particles, they have been shown to accumulate PBTs. In the case of thin plastic films, for example those 50 micrometres or less, it may take only a few days for this process of accumulation or release to occur (Adams et al. 2007). In the case of pellets, equilibrium between the concentration of a given compound in a pellet and in the surrounding water or sediment may take many weeks or months. Older pellets consequently tend to have higher concentrations of contaminants and have been used to map the distribution of pollution in coastal waters around the world (Ogata et al. 2009, International Pellet Watch 2011) (Figure 5). Their consistent size makes them a useful monitoring tool.

Transport by plastic particles does not represent a significant additional flux of PBTs on a global scale compared with atmospheric or water transport (Zarfl and Matthies 2010). However, the concentration of contaminants by microplastic particles presents the possibility of increasing exposure to organisms through ingestion and entrance into the food chain—with the prospect of biomagnification in top-end predators in the food chain such as swordfish and seals. Ingestion of small particles by a wide variety of organisms has been well reported. However, the basic information needed on the biochemical and physiological response of organisms to ingested plastics contaminated with PBTs in order to quantify the scale of the problem is currently unavailable (Arthur et al. 2009, GESAMP 2010). It is conceivable that PBTs in plastic particles will be less bioavailable than those from the surrounding water or food sources (Gouin et al. 2011).



Collected from beaches around the world, plastic pellets like these have been found to accumulate persistent, bio-accumulating and toxic substances. The pellets are used in the manufacture of plastic products and have been introduced into the ocean through accidental releases. They may also be released as a result of poor handling or waste management. While there is evidence that quantities entering the marine environment have been reduced as a result of improved industrial practices, pellets already released will persist for many years. Credit: International Pellet Watch

Figure 5: Concentration of PCBs in beached plastic resin pellets, in nanograms per gram of pellet. Samples of polyethylene pellets have been collected at 56 beaches in 29 countries and analyzed for concentrations of organochlorine compounds. PCB concentrations were highest in pellets collected in the United States, Western Europe and Japan. They were lowest in those collected in tropical Asia and Africa. This spatial pattern reflects regional differences in the use of PCBs. Source: Ogata et al. (2009) with additional data provided by International Pellet Watch in 2010



- 問題の経緯
- **マイクロプラスチック汚染の現状、動態**
- マイクロプラスチックの生物影響
- 有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック
- マイクロプラスチック汚染のトレンド
- 国際的対応

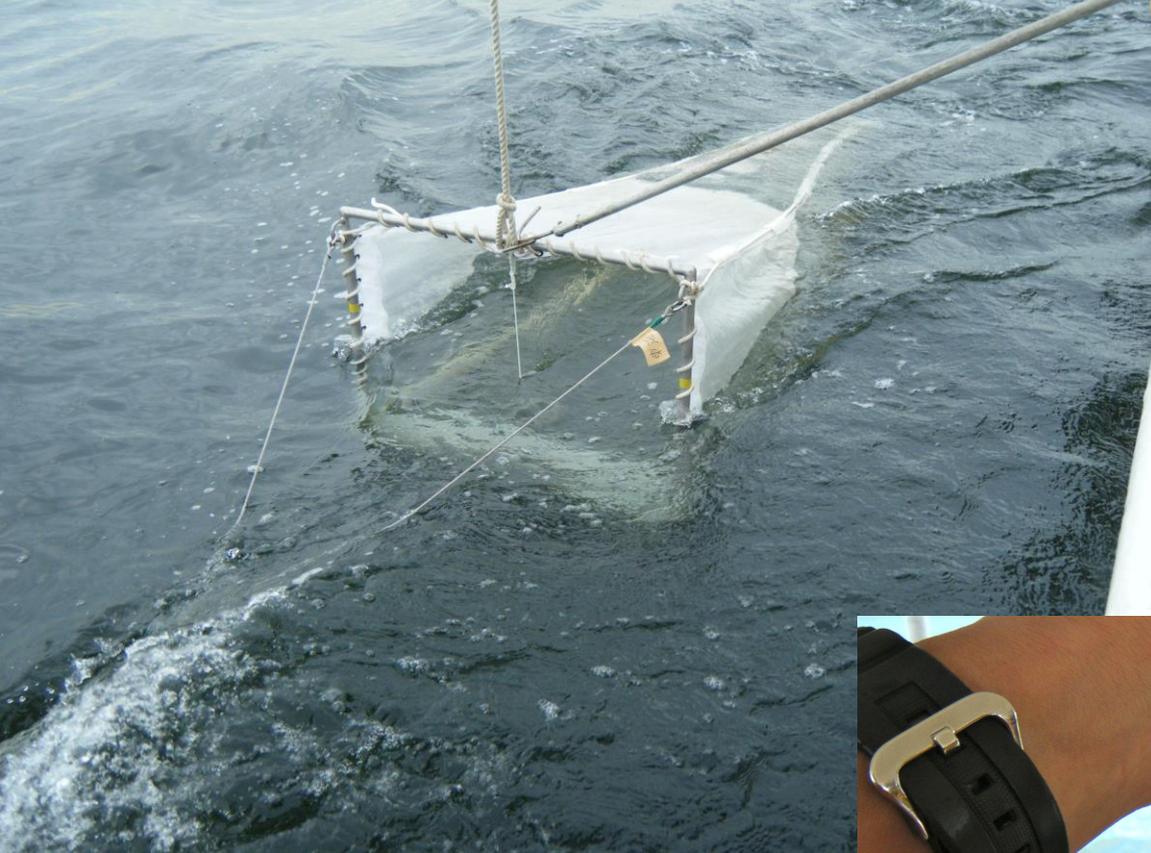


マイクロ  
プラスチック

5 mm以下の  
プラスチック

日本列島から1000km離れた太平洋上で気象庁が採取したマイクロプラスチック。  
これにも有害な化学物質が含まれています。







# マイクロプラスチックはいろいろな起源から供給される

5 mm以下のプラスチック

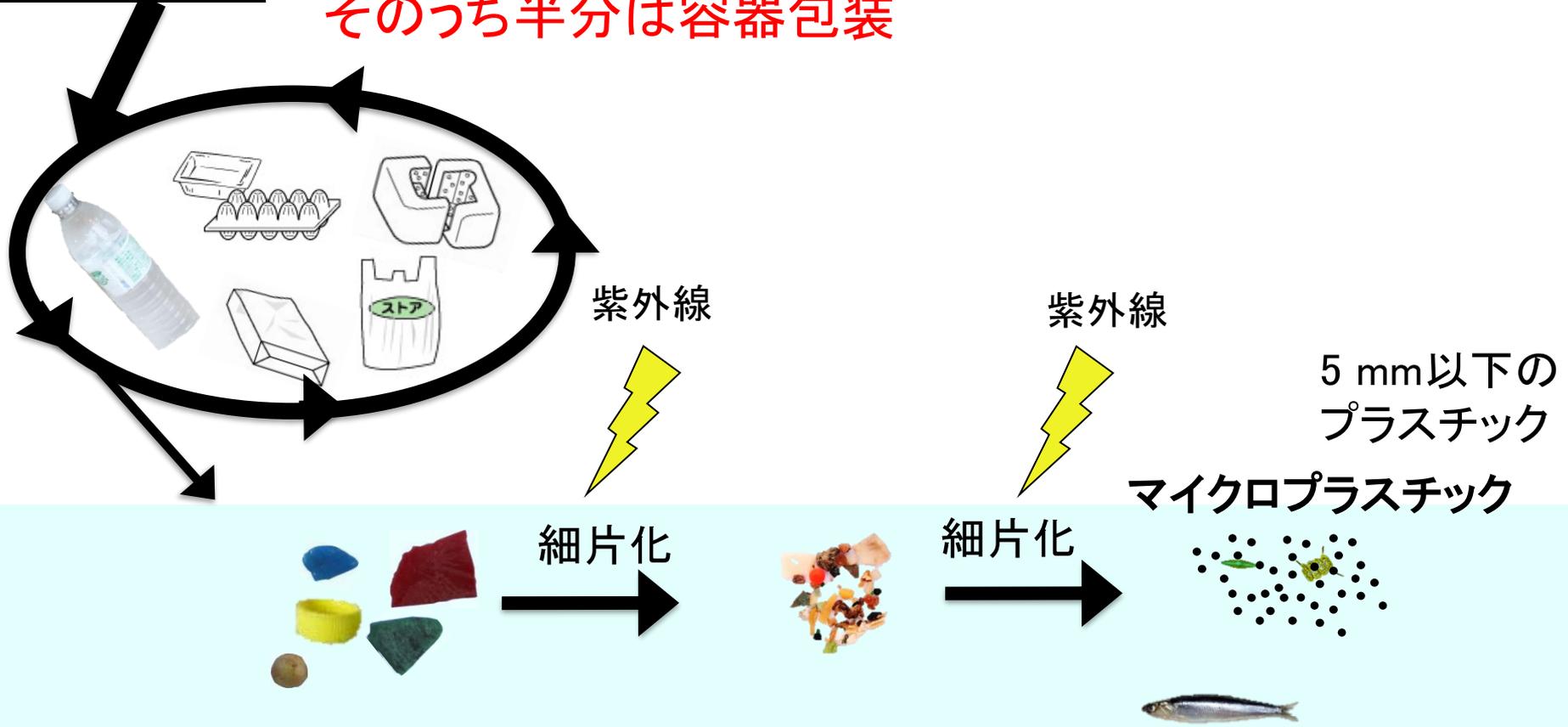
- プラスチック製品の破片
- 化学繊維
- レジンペレット
- マイクロビーズ(スクラブ)
- メラミンフォームスポンジ

- プラスチック製品の破片
- 化学繊維
- レジンペレット
- スクラブ(マイクロビーズ)
- メラミンフォームスポンジ

# 陸上の廃棄物処理からもれたプラスチックが河川を通して海へ流入



年間3億トンのプラスチックが生産されている。  
石油産出量の8%がプラスチックに  
そのうち半分は容器包装



特にことわりのない限り、本稿では「プラスチック」とは「石油から作られたプラスチック」を指す。

たくさん使えば、プラゴミもたくさん出る



東京、荒川

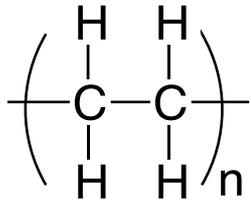
たくさん使えば、プラゴミもたくさん出る: リサイクルの幻想



東京、荒川

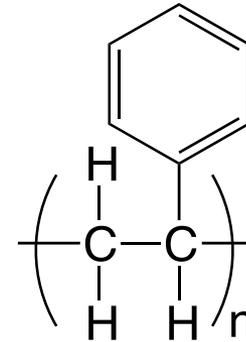
# プラスチックの多くは水に浮いて長距離運ばれる

ポリエチレン (PE) 29%



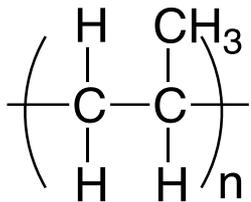
密度: 0.90~0.97 g/cm<sup>3</sup>

ポリスチレン (PS) 7%



1.04 g/cm<sup>3</sup>

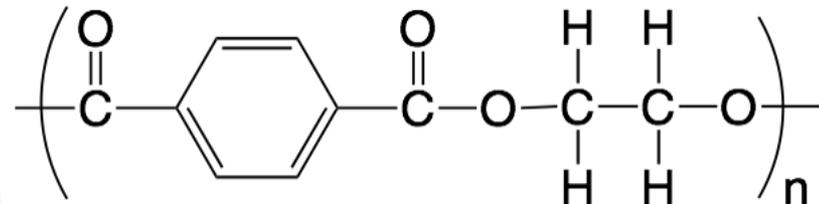
ポリプロピレン (PP)



19%

0.90 g/cm<sup>3</sup>

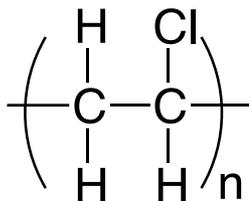
ポリエチレンテレフタレート (PET)



7%

1.34~  
1.37  
g/cm<sup>3</sup>

ポリ塩化ビニル (PVC)



13%

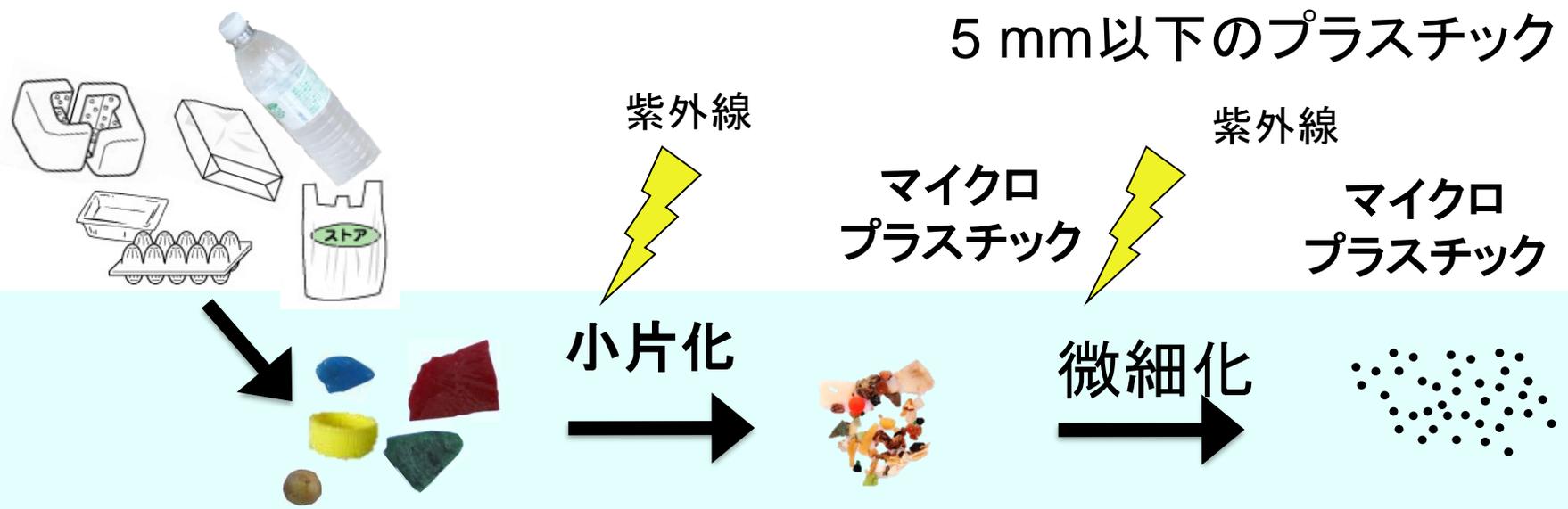
1.4 g/cm<sup>3</sup>

# プラスチックのゴミは浮いて遠くまで運ばれる

ハワイ島、  
カミロビーチ



# プラスチックは紫外線、熱、波の力などにより細かな破片になっていく

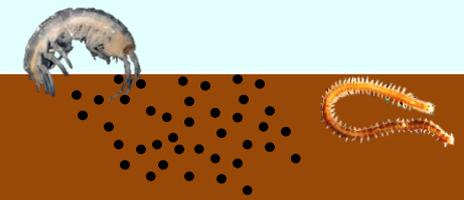


もともとは日常生活  
の中の、使い捨て  
プラスチック

紫外線や波の力で壊れて細かくなっていく。  
砂浜の上は光と熱でどんどん小片化・微細化が進む。

微細化してもプラスチックであることに変わりはありません。

海底/堆積物



- プラスチック製品の破片
- **化学繊維**
- レジンペレット
- スクラブ(マイクロビーズ)
- メラミンフォームスポンジ

# Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks

Mark Anthony Browne,<sup>\*,†,‡,§</sup> Phillip Crump,<sup>¶</sup> Stewart J. Niven,<sup>§,||</sup> Emma Teuten,<sup>§</sup> Andrew Tonkin,<sup>¶</sup> Tamara Galloway,<sup>⊥</sup> and Richard Thompson<sup>§</sup>

<sup>†</sup>School of Biology & Environmental Sciences, University College Dublin, Science Centre West, Belfield, Dublin 4, Ireland

<sup>‡</sup>Centre for Research on the Ecological Impacts of Coastal Cities, A11 School of Biological Sciences, University of Sydney, NSW 2006, Australia

<sup>§</sup>Marine Biology & Ecology Research Group, School of Marine Science & Engineering, University of Plymouth, Plymouth PL4 8AA, United Kingdom

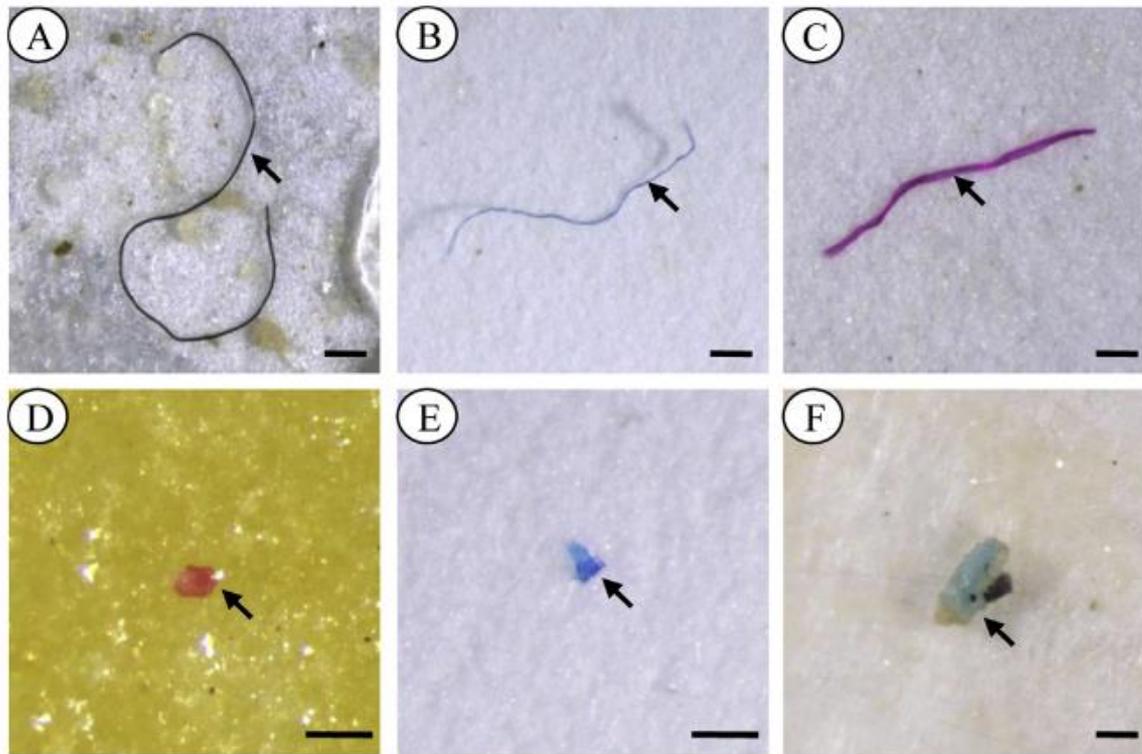
<sup>¶</sup>School of Geography, Earth & Environmental Sciences, University of Plymouth, Plymouth PL4 8AA, United Kingdom

<sup>||</sup>W:

<sup>⊥</sup>Sc **1回1着のフリースの洗濯で約2000本の細かな化学繊維が放出**

**ABSTRACT:** Plastic debris <1 mm (defined here as microplastic) is accumulating in marine habitats. Ingestion of microplastic provides a potential pathway for the transfer of pollutants, monomers, and plastic-additives to organisms with uncertain consequences for their health. Here, we show that microplastic contaminates the shorelines at 18 sites worldwide representing six continents from the poles to the equator, with more material in densely populated areas, but no clear relationship between the abundance of microplastics and the mean size-distribution of natural particulates. An important source of microplastic appears to be through sewage contaminated by fibers from washing clothes. Forensic evaluation of microplastic from sediments showed that the proportions of polyester and acrylic fibers used in clothing resembled those found in habitats that receive sewage-discharges and sewage-effluent itself. Experiments sampling wastewater from domestic washing machines demonstrated that a single garment can produce >1900 fibers per wash. This suggests that a large proportion of microplastic fibers found in the marine environment may be derived from sewage as a consequence of washing of clothes. As the human population grows and people use more synthetic textiles, contamination of habitats and animals by microplastic is likely to increase.





## Microplastics in commercial bivalves from China

Jiana Li <sup>a</sup>, Dongqi Yang <sup>a</sup>, Lan Li <sup>b</sup>, Khalida Jabeen <sup>a</sup>, Huahong Shi <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

<sup>b</sup> Research Center for Analysis and Measurement, Donghua University, Shanghai 201620, China

**Environmental Pollution 207 (2015) 190–195**

**Fig. 2.** Photographs of different types of microplastics in bivalves from a fishery market of China. The photographs were taken directly on the filter paper (A–H), and some special microplastics were transferred to a hollow glass slide for photographs (I). The arrows indicate fibers (A–C), fragments (D–F) and pellets (G–I). Scale bar = 100  $\mu\text{m}$ .

# マイクロプラスチックはいろいろな起源から供給される

- プラスチック製品の破片
- 化学繊維
- **レジンペレット**
- スクラブ(マイクロビーズ)
- メラミンフォームスポンジ

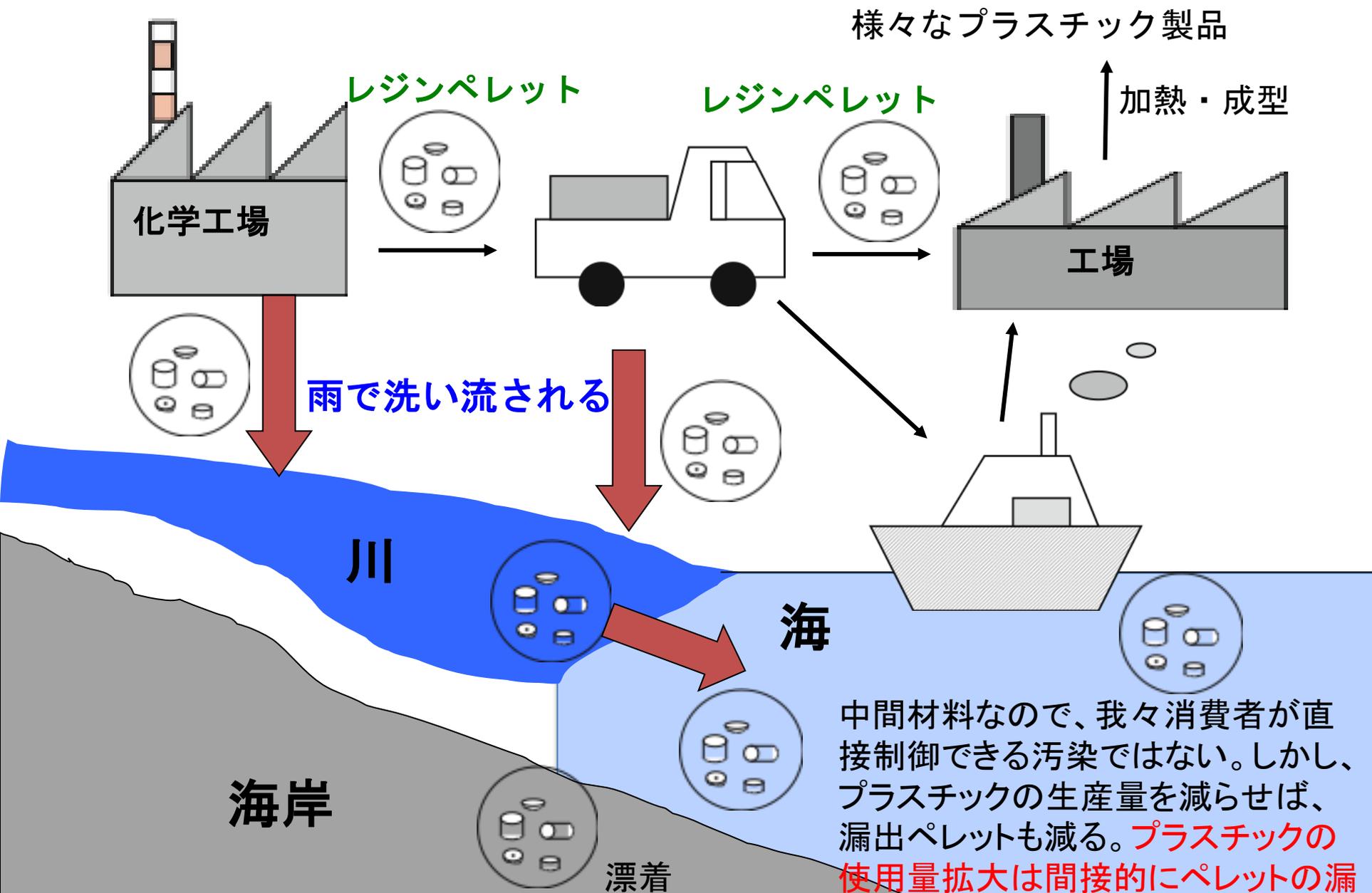
# プラスチックレジジンペレット： プラスチック製品の間接材料



レジンペレットとは？何故海岸に漂着しているのか？



# レジンペレットとは？何故海岸に漂着しているのか？



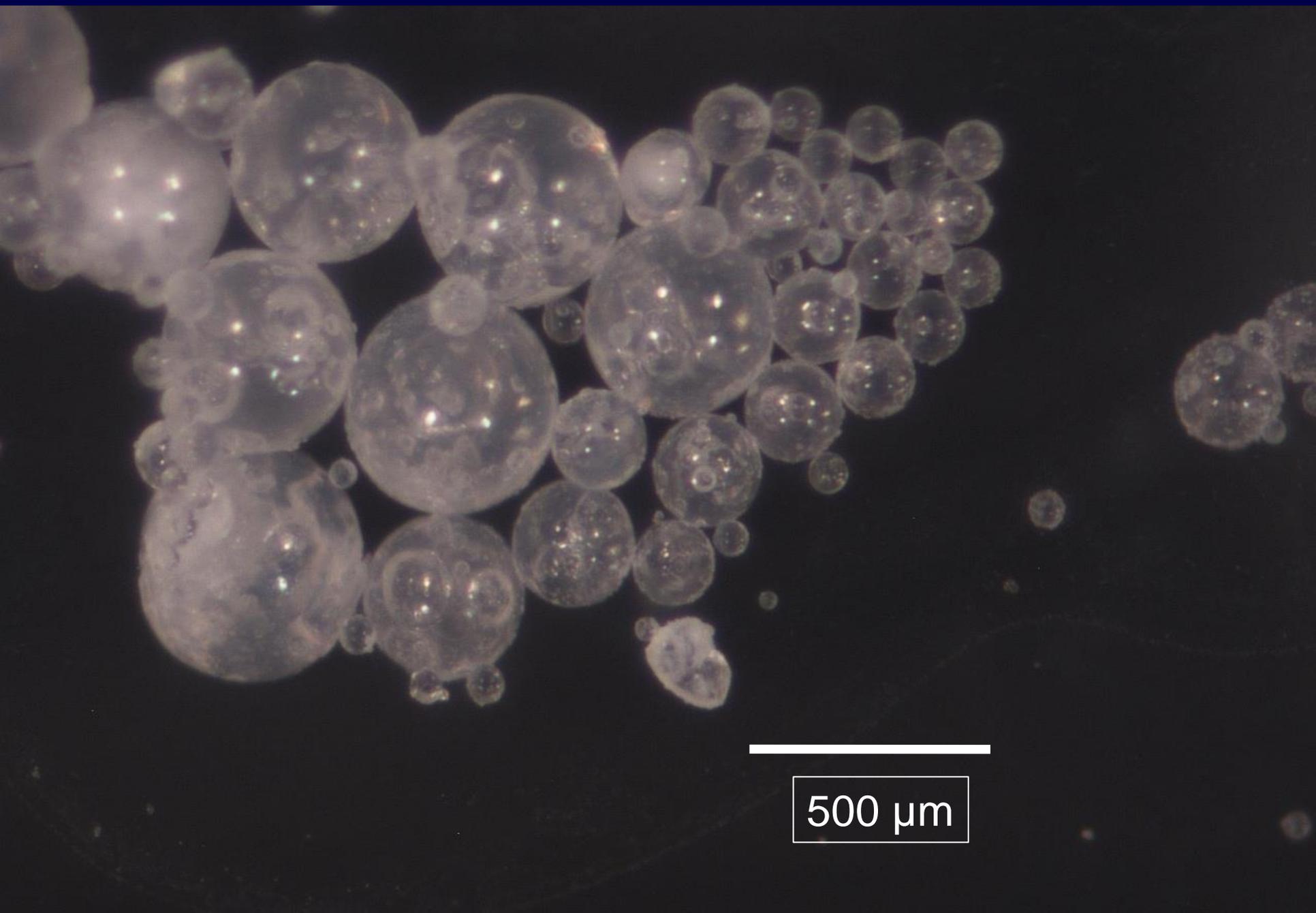
中間材料なので、我々消費者が直接制御できる汚染ではない。しかし、プラスチックの生産量を減らせば、漏出ペレットも減る。**プラスチックの使用量拡大は間接的にペレットの漏出量を増やす可能性がある。**

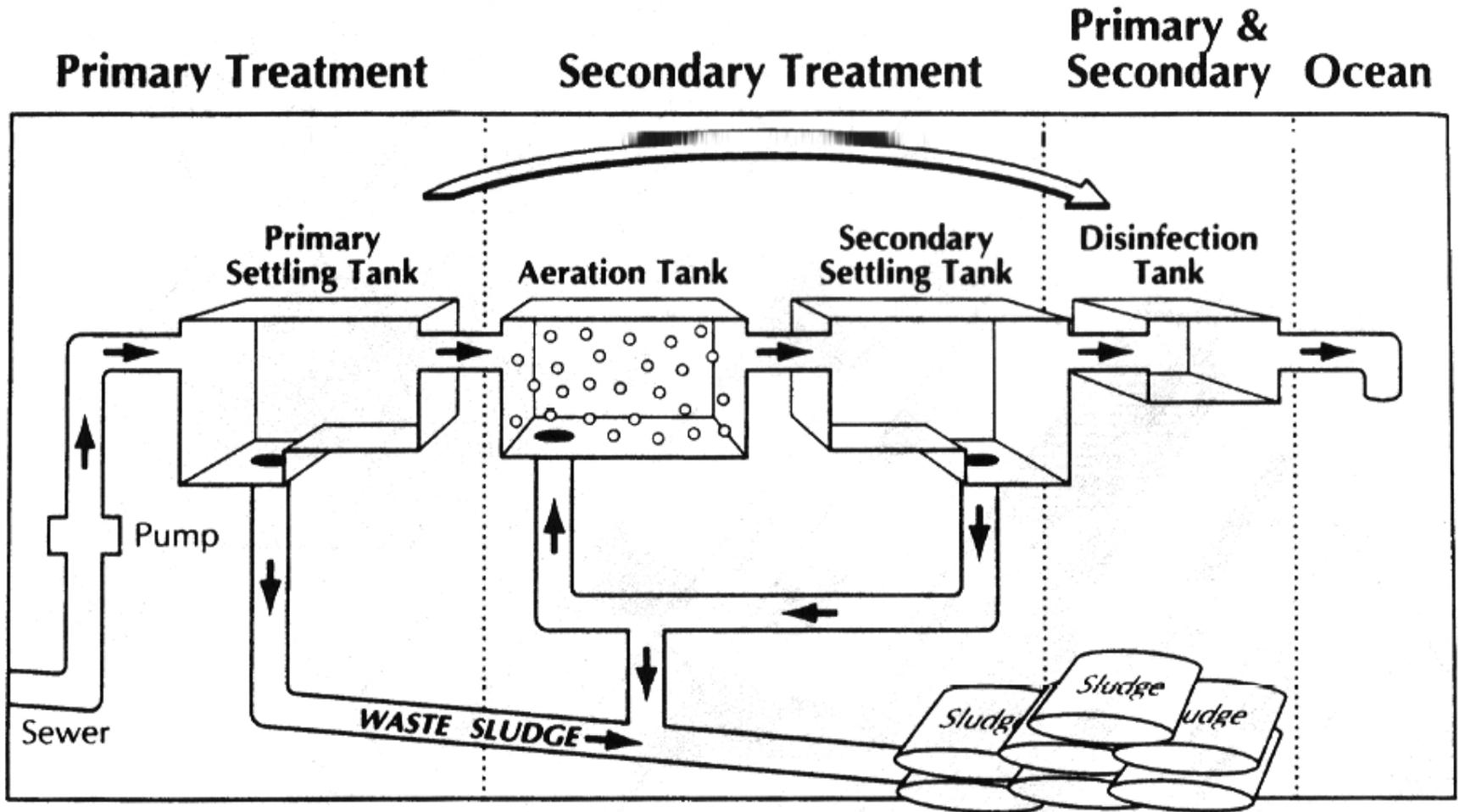
# マイクロプラスチックはいろいろな起源から供給される

5 mm以下のプラスチック

- プラスチック製品の破片
- 化学繊維
- レジンペレット
- **マイクロビーズ(スクラブ)**
- メラミンフォームスポンジ

# 洗顔料中のマイクロビーズ





After Duedall (1990)

# 通常の下水处理でマイクロプラスチックは除去される

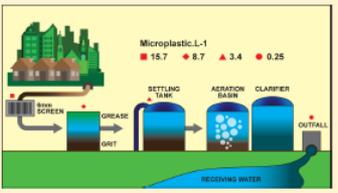
## Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment

Fionn Murphy,<sup>1,†</sup> Garan Ewins,<sup>2</sup> Frederic Carbonnier,<sup>3</sup> and Brian Quinn<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Institute of Biomedical and Environmental Health Research (IBEHR), University of the West of Scotland, Paisley PA1 2BE, Scotland  
<sup>2</sup>University of the West of Scotland, Paisley PA1 2BE, Scotland  
<sup>3</sup>Saur Glasgow, Beardmore Street, Dalmair, Glasgow G81 4SA, Scotland

Supporting Information

**ABSTRACT:** Municipal effluent discharged from wastewater treatment works (WwTW) is suspected to be a significant contributor of microplastics (MP) to the environment as many personal care products contain plastic microbeads. A secondary WwTW (population equivalent 650000) was sampled for microplastics at different stages of the treatment process to ascertain at what stage in the treatment process the MP are being removed. The influent contained on average 15.70 ( $\pm 5.23$ ) MP·L<sup>-1</sup>. This was reduced to 0.25 ( $\pm 0.04$ ) MP·L<sup>-1</sup> in the final effluent, a decrease of 98.41%. Despite this large reduction we calculate that this WwTW is releasing 65 million microplastics into the receiving water every day. A significant proportion of the microplastic accumulated in and was removed during the grease removal stage (19.67 ( $\pm 4.51$ ) MP/2.5 g), it was only in the grease that the much publicised microbeads were found. This study shows that despite the efficient removal rates of MP achieved by this modern treatment plant when dealing with such a large volume of effluent even a modest amount of microplastics being released per liter of effluent could result in significant amounts of microplastics entering the environment. This is the first study to describe in detail the fate of microplastics during the wastewater treatment process.



Water Research 91 (2016) 174–182  
 Contents lists available at ScienceDirect  
**Water Research**  
 Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)

## Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants

Steve A. Carr, Jin Liu\*, Arnold G. Tesoro

San Jose Creek Water Quality Control Laboratory, Sanitation Districts of Los Angeles County, 2865 South Workman Mill Road, Whittier, CA 90601 USA

### ARTICLE INFO

**Article history:**  
 Received 14 September 2015  
 Received in revised form 9 November 2015  
 Accepted 4 January 2016  
 Available online 7 January 2016

**Keywords:**  
 Microplastic pollutants  
 Wastewater treatment  
 Large-volume sampling  
 Effluent discharge  
 Cosmetic polyethylene  
 Surface filtering

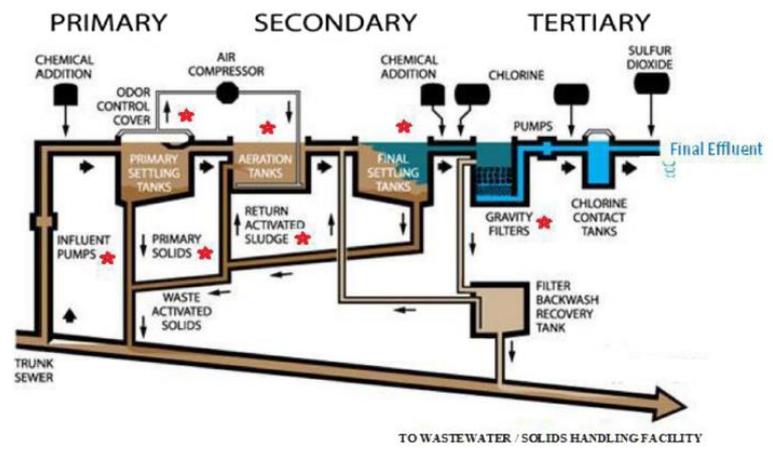
### ABSTRACT

Municipal wastewater treatment plants (WWTPs) are frequently suspected as significant point sources or conduits of microplastics to the environment. To directly investigate these suspicions, effluent discharges from seven tertiary plants and one secondary plant in Southern California were studied. The study also looked at influent loads, particle size/type, conveyance, and removal at these wastewater treatment facilities. Over 0.189 million liters of effluent at each of the seven tertiary plants were filtered using an assembled stack of sieves with mesh sizes between 400 and 45  $\mu$ m. Additionally, the surface of 28.4 million liters of final effluent at three tertiary plants was skimmed using a 125  $\mu$ m filtering assembly. The results suggest that tertiary effluent is not a significant source of microplastics and that these plastic pollutants are effectively removed during the skimming and settling treatment processes. However, at a downstream secondary plant, an average of one micro-particle in every 1.14 thousand liters of final effluent was counted. The majority of microplastics identified in this study had a profile (color, shape, and size) similar to the blue polyethylene particles present in toothpaste formulations. Existing treatment processes were determined to be very effective for removal of microplastic contaminants entering typical municipal WWTPs.

Published by Elsevier Ltd.

Removal of microplastics:  
 98.4% by secondary treatment      99.9% by secondary treatment

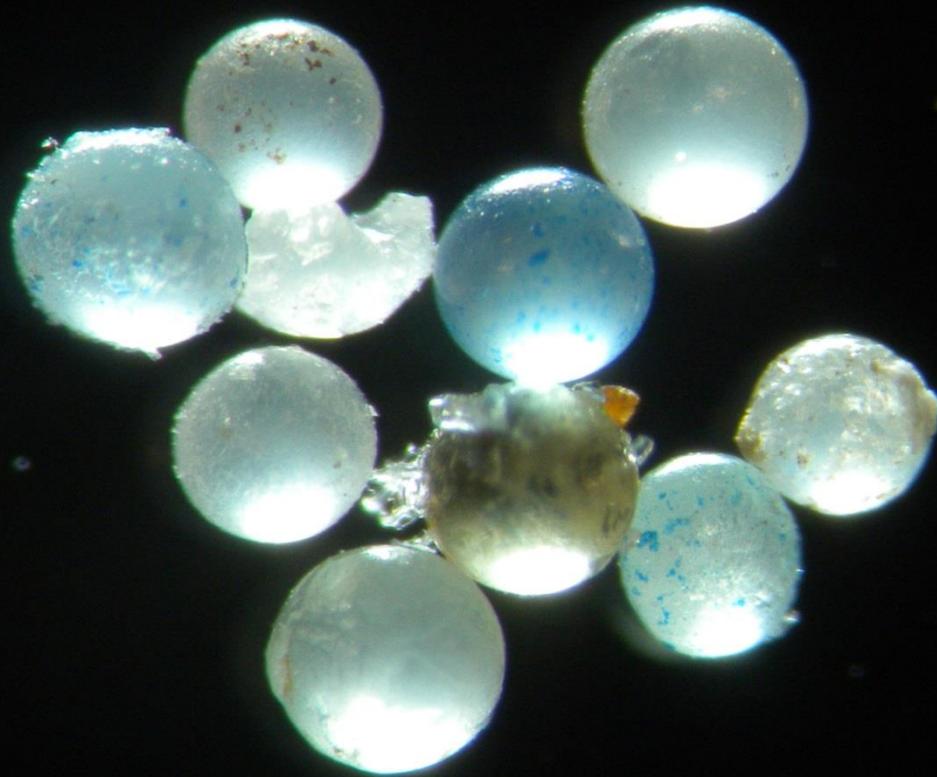
S.A. Carr et al. / Water Research 91 (2016) 174–182



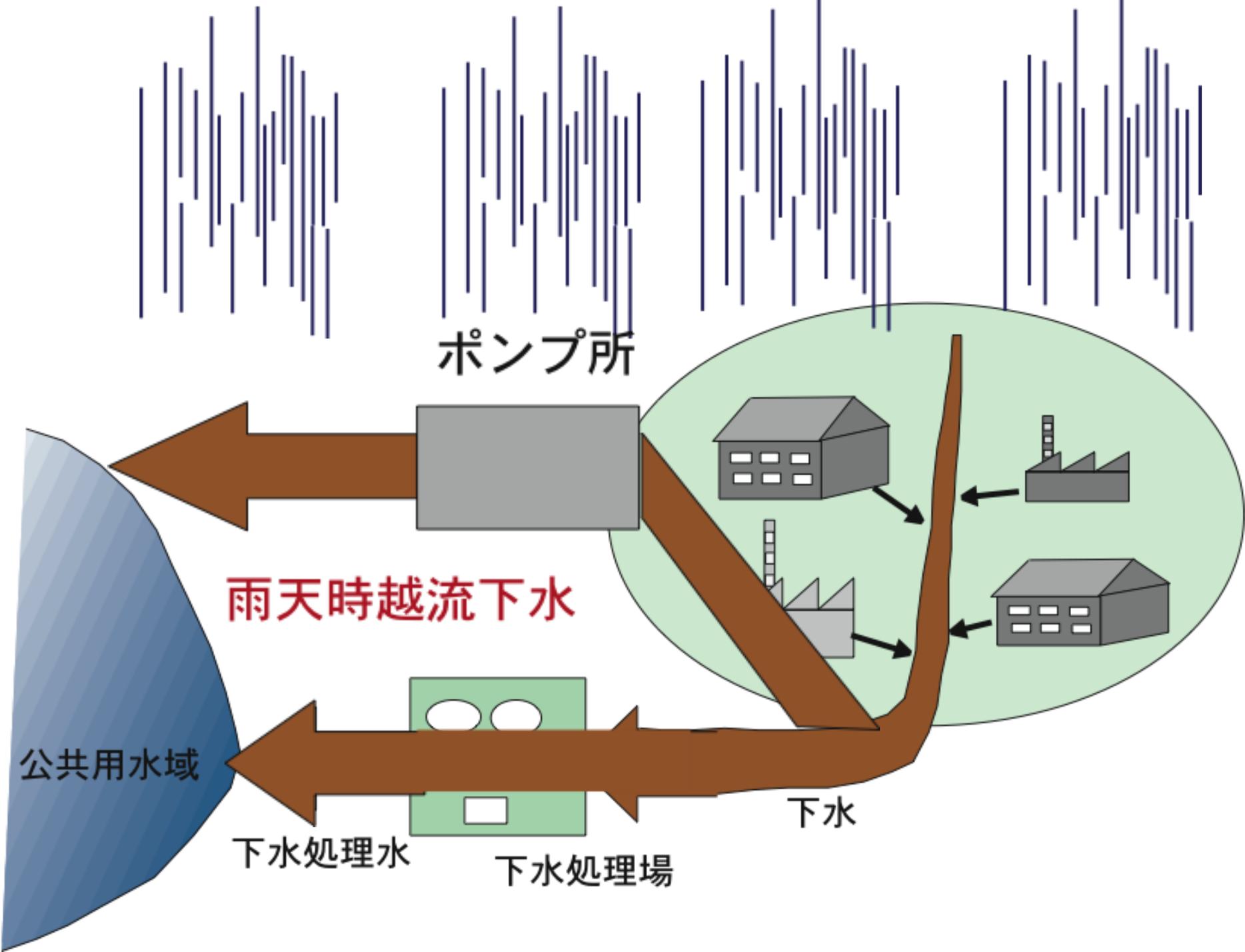
settling treatment  
 skimming

Fig. 2. Typical processes of a tertiary WRRP. Primary, Secondary, Tertiary processes are indicated. (★) sampling locations. (→) flow of wastewater. (⇄) flow of sludge and solids. (⇄) skimming.

では、何故、東京湾海水中からマイクロビーズが検出される？



1 mm



越流直前の下水処理水放流口



越流開始時の下水処理水放流口



越流開始時の下水処理水放流口



越流開始時の下水処理水放流口



# マイクロプラスチックはいろいろな起源から供給される

- プラスチック製品の破片
- 化学繊維
- レジンペレット
- スクラブ(マイクロビーズ)
- **メラミンフォームスポンジ**

削れたスポンジくずは微生物分解されずに環境に残留する



げさ お  
【激落ちくん】

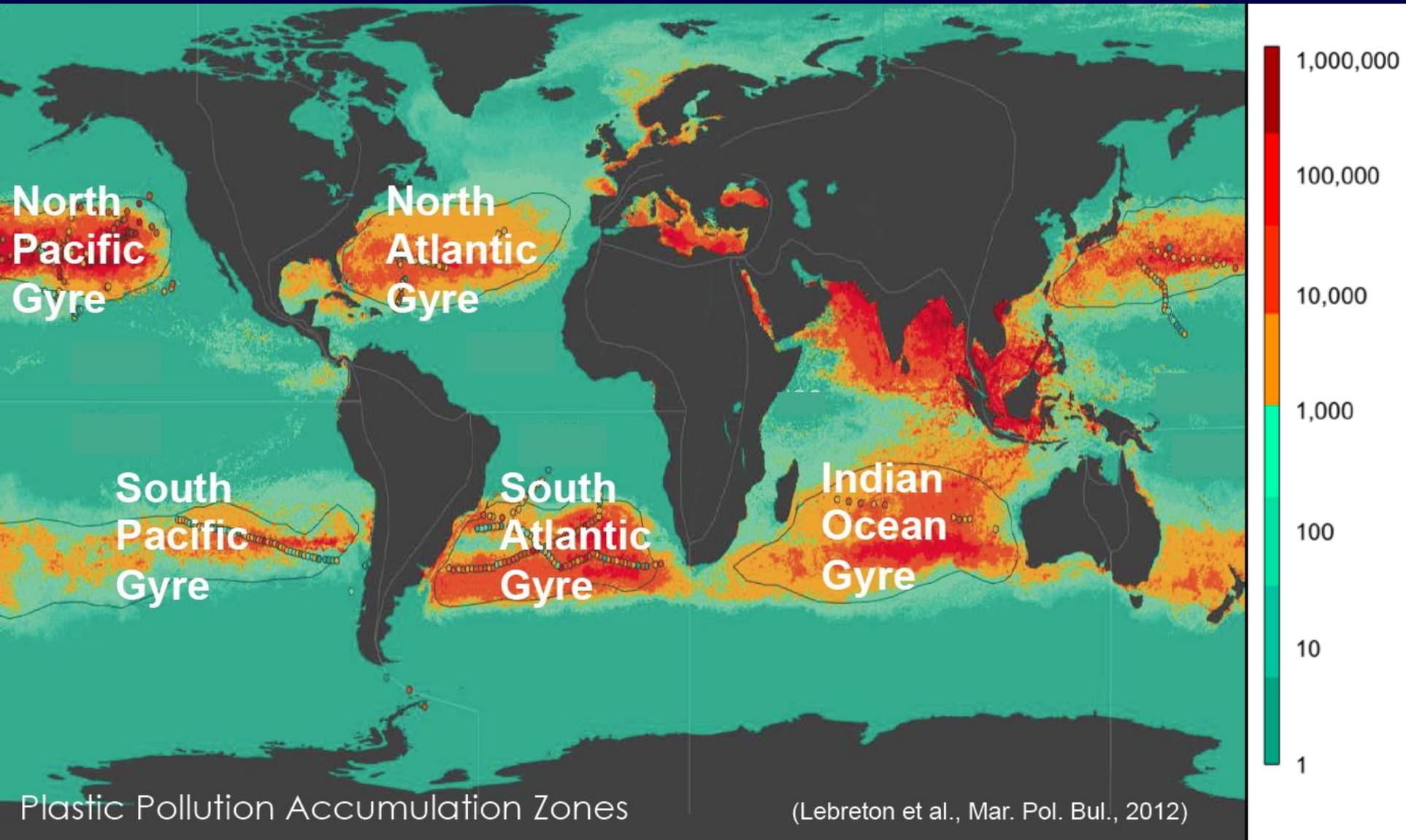
<材質>

メラミンフォーム

<本体サイズ>

約(75×32×120H)mm

# 5兆個のプラスチックが世界の海を漂っている

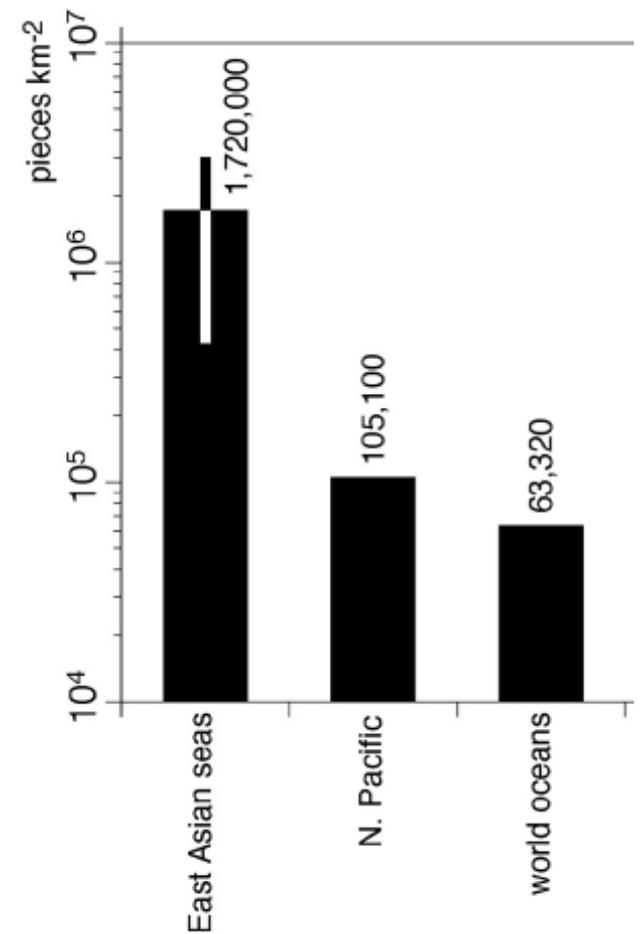
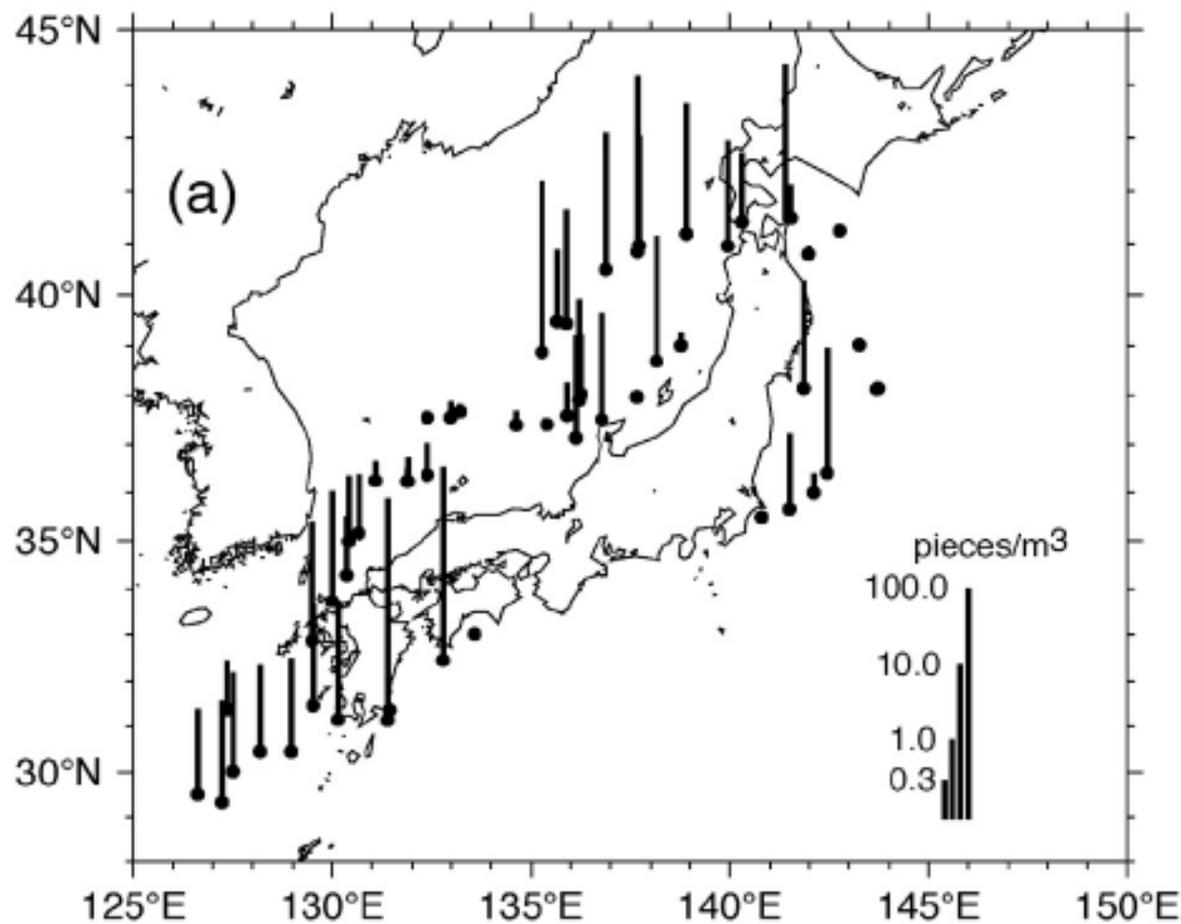


(個/km<sup>2</sup>)

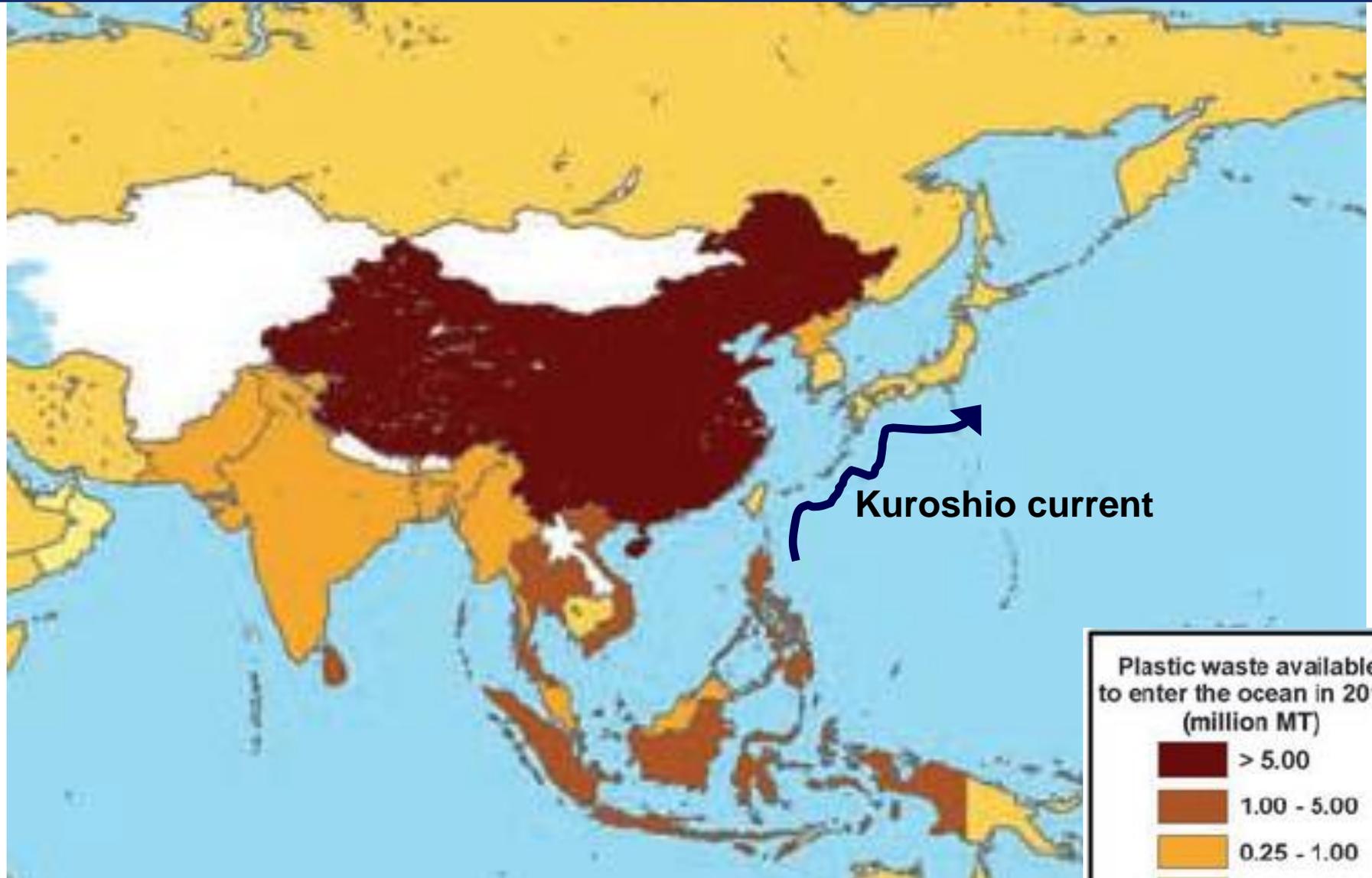
# 日本近海にも大量のプラスチックが漂流している

## East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics

Atsuhiko Isobe <sup>a,\*</sup>, Keiichi Uchida <sup>b</sup>, Tadashi Tokai <sup>b</sup>, Shinsuke Iwasaki <sup>a</sup>



Large amounts of plastics are introduced to the ocean in tropical Asia and could be transported to north Pacific by sea current



Inputs of plastic wastes to the ocean (After Jambeck et al, 2015)

たくさん使えば、プラゴミもたくさん出る

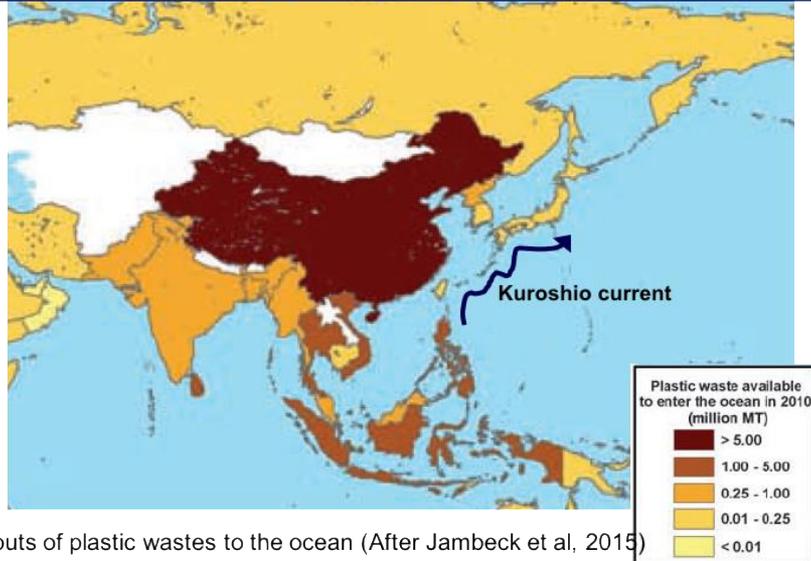


富山湾射水市六渡寺海岸

中国と熱帯アジアから排出されたプラスチックの黒潮による輸送を強調すると、日本でのプラスチック使用は関係ない、東アジアでの海洋調査だけ推進すればよい、という間違っただ方向に話が進む。

そもそも排出量の推定は、廃棄物関係の統計データにいくつもの仮定をおいたもの。仮定をおいた推定(左)よりも、事実(右)の方が強い。

Large amounts of plastics are introduced to the ocean in tropical Asia and could be transported to north Pacific by sea current



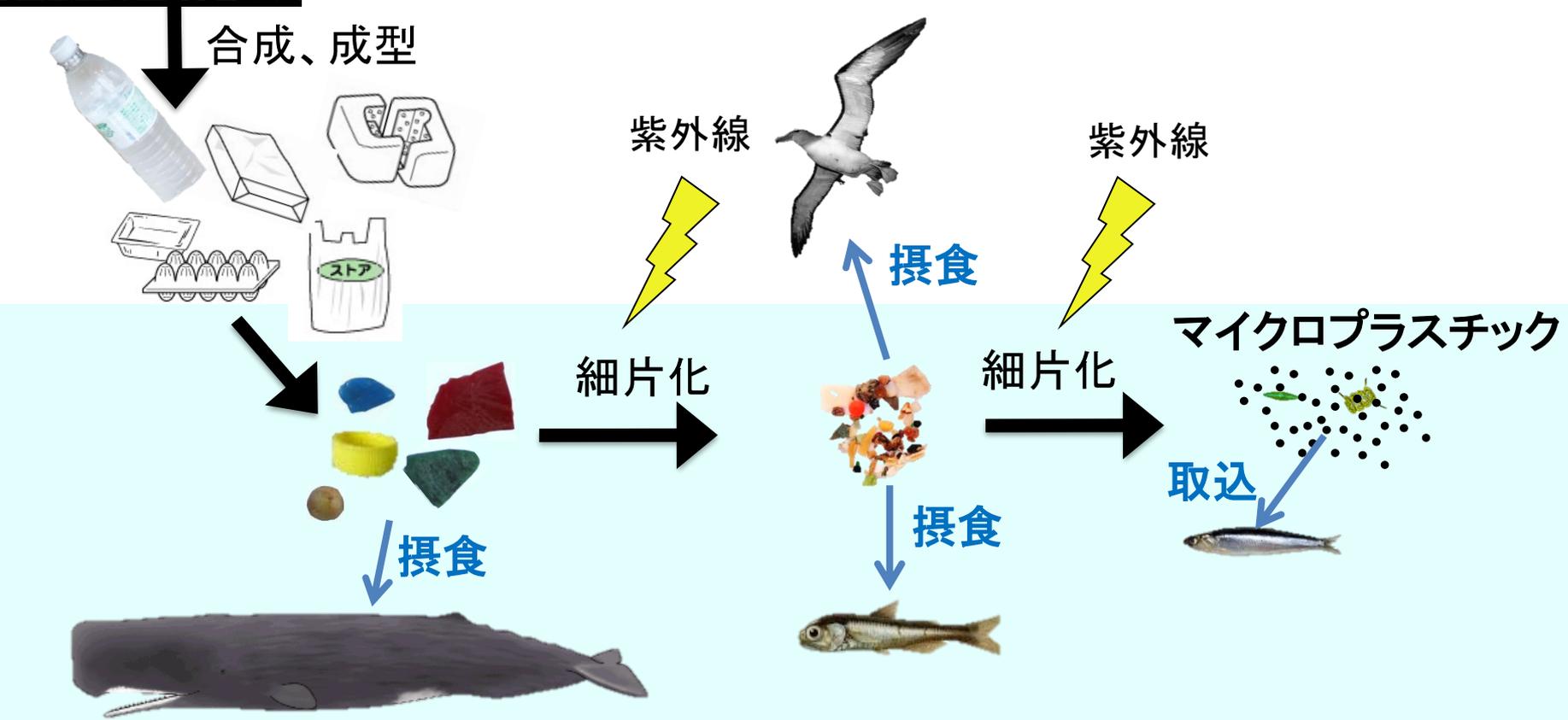
Inputs of plastic wastes to the ocean (After Jambeck et al, 2015)



- 問題の経緯
- マイクロプラスチック汚染の現状、動態
- **マイクロプラスチックの生物影響**
- 有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック
- マイクロプラスチック汚染のトレンド
- 国際的対応

# 海洋プラスチックは海洋生物に摂食される

大きなプラスチックは大型海洋生物が摂食する



# 海の生物がプラスチックを誤飲・摂食する



ミッドウエー島のアホウドリ

# ハシボソミズナギドリ



撮影: 西沢文吾氏(北海道大学)

# 全ての個体の消化管内からはプラスチックが検出された



0.1 g – 0.6 g

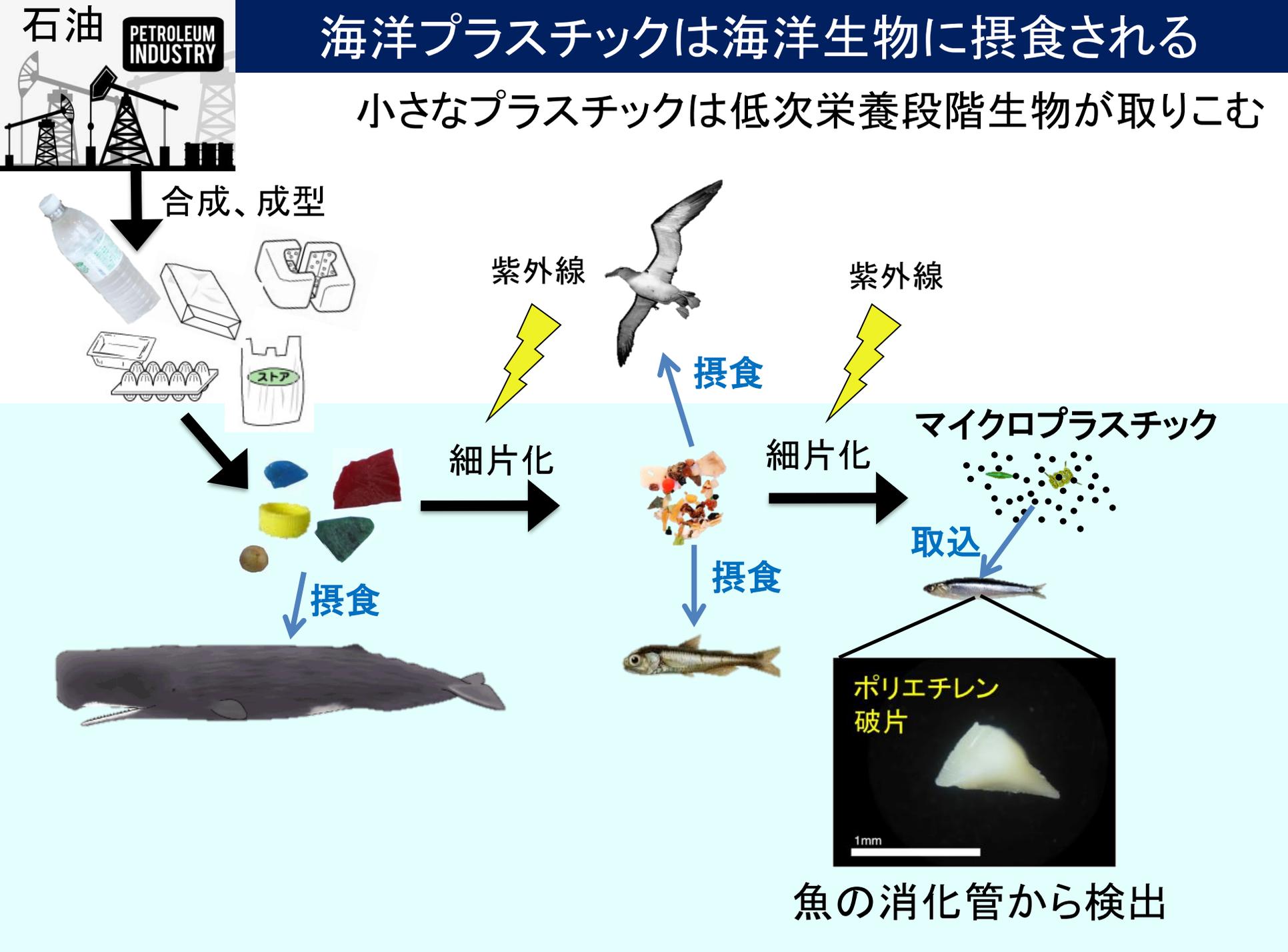
これだけのプラスチックがあなたの胃の中にあつたらと想像していきみてください。



石油 PETROLEUM INDUSTRY

# 海洋プラスチックは海洋生物に摂食される

小さなプラスチックは低次栄養段階生物が取りこむ



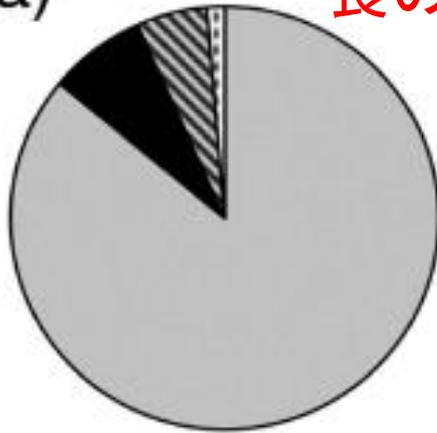
# イワシの体内から検出されるプラスチックの大部分はプラスチック破片



80 %のイワシからプラスチックが検出

食の安全性への懸念

(a)



- Fragment
- Bead
- Filament
- Foam

ポリエチレン  
破片

1mm

ポリプロピレン  
破片

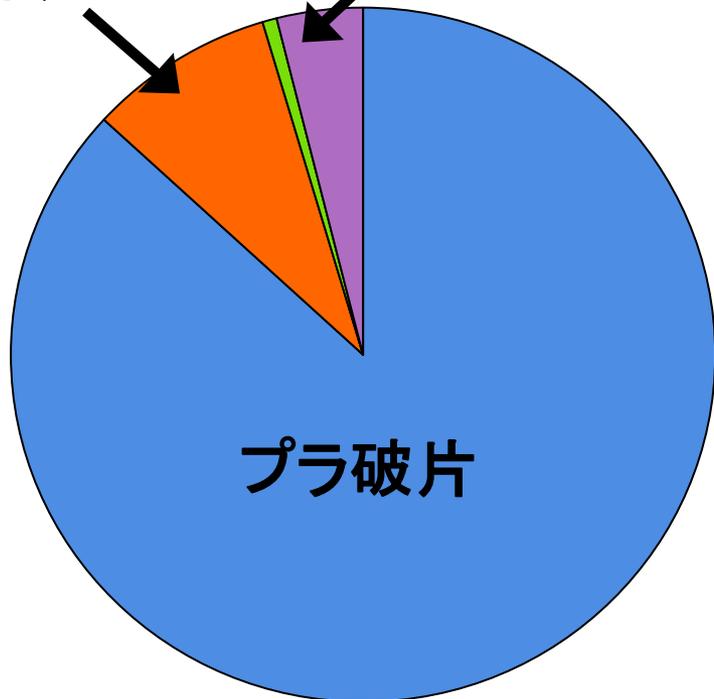
1mm

Figure 3. Types of plastics recovered from digestive  
(a) Percentage by shape. (b) Percentage by polymer.

# イワシから検出されたマイクロプラスチックの9割は破片

1割はマイクロビーズ

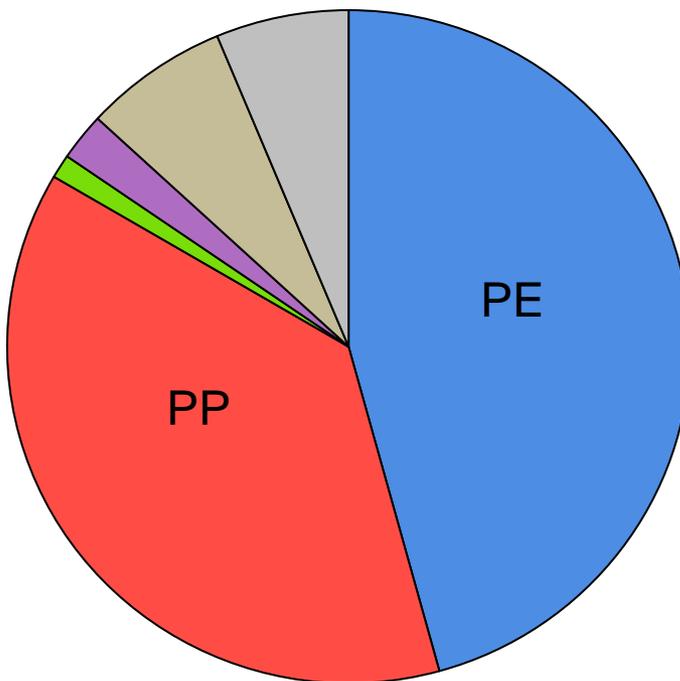
マイクロビーズ 化学繊維



Fragment  
bead  
sheet  
line

→マイクロビーズ対策だけでは問題は解決しない

→プラスチック廃棄物の管理、プラスチックの消費そのものを変える必要がある。



Polyethylene  
Polypropylene  
Polystyrene  
Other plastics  
Others  
Not identified

# トピック

- プラスチック汚染の現状
- 海洋生物によるプラスチックの摂食
- **プラスチックが運ぶ有害化学物質**
- International Pellet Watch
- 摂食したプラスチックから海洋生物への有害化学物質の移行
- マイクロプラスチックとは？
- プラスチック経由の有害化学物質の食物連鎖への侵入
- プラスチック汚染の軽減のために

# 生物への影響

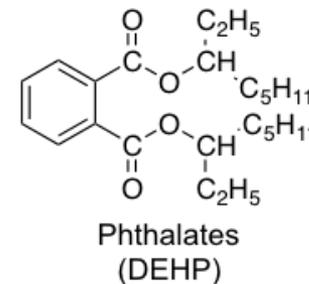
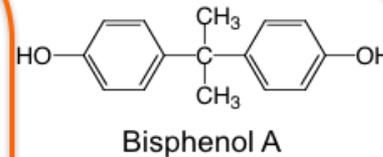
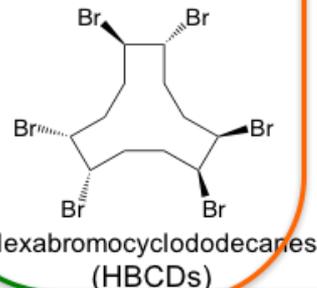
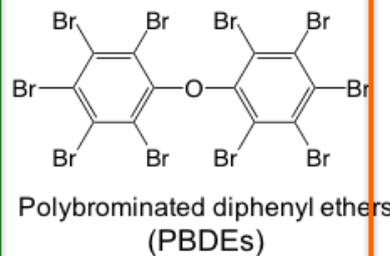
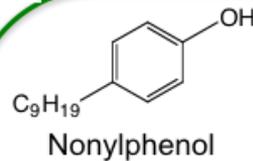
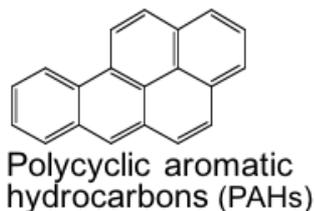
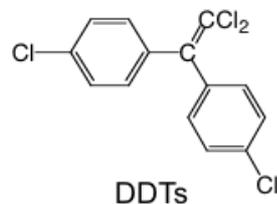
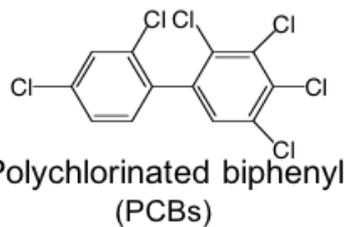
- ・物理的な作用
- ・化学的な作用

添加剤  
吸着している化学物質

## 海洋漂流プラスチックから検出される有害化学物質

周りの海水中からの吸着

添加剤



200種以上の海洋生物(海鳥、魚、貝、ウミガメ、クジラ、など)がプラスチックを摂食している。

物理的なダメージが報告されている。

(Wrightら、2013)

# Particle toxicity : 粒子毒性

## 粒子としての物理的な作用

←天然の粒子でも起こっているはず

←(二枚貝へのマイクロプラスチック曝露  
による影響の報告例は少ない?)

20 nm以下の粒子は細胞膜を透過する

→排泄されずに体組織に蓄積する?

# Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics

www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1519019113

Rossana Sussarellu<sup>a,1</sup>, Marc Suquet<sup>a</sup>, Yoann Thomas<sup>a</sup>, Christophe Lambert<sup>a</sup>, Caroline Fabioux<sup>a</sup>, Marie Eve Julie Pernet<sup>a</sup>, Nelly Le Goïc<sup>a</sup>, Virgile Quillien<sup>a</sup>, Christian Mingant<sup>a</sup>, Yanouk Epelboin<sup>a</sup>, Charlotte Corporeau<sup>a</sup>, Julien Guyomarch<sup>b</sup>, Johan Robbens<sup>c</sup>, Ika Paul-Pont<sup>a</sup>, Philippe Soudant<sup>a</sup>, and Arnaud Huvet<sup>a,2</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, UMR 6539 UBO-CNRS-Institute Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer-Institute de Recherche pour le Développement, 29280 Plouzané, France; <sup>b</sup>Centre de Documentation de Recherche d'Expérimentations, 29218 Brest, France; and <sup>c</sup>Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek, 8400 Ostend, Belgium

Edited by Marguerite A. Xenopoulos, Trent University, Durham, ON, Canada, and accepted by the Editorial Board December 22, 2015 (received for review September 25, 2015)

Plastics are persistent synthetic polymers that accumulate as waste in the marine environment. Microplastic (MP) particles are derived from the breakdown of larger debris or can enter the environment as microscopic fragments. Because filter-feeder organisms ingest MP while feeding, they are likely to be impacted by MP pollution. To assess the impact of polystyrene microspheres (micro-PS) on the physiology of the Pacific oyster, adult oysters were experimentally exposed to virgin micro-PS (2 and 6  $\mu\text{m}$  in diameter;  $0.023 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) for 2 mo during a reproductive cycle. Effects were investigated on ecophysiological parameters; cellular, transcriptomic, and proteomic responses; fecundity; and offspring development. Oysters preferentially ingested the 6- $\mu\text{m}$  micro-PS over the 2- $\mu\text{m}$ -diameter particles. Consumption of microalgae and absorption efficiency were significantly higher in exposed oysters, suggesting compensatory and physical effects on both digestive parameters. After 2 mo, exposed oysters had significant decreases in oocyte number ( $-38\%$ ), diameter ( $-5\%$ ), and sperm velocity ( $-23\%$ ). The D-larval yield and larval development of offspring derived from exposed parents decreased by 41% and 18%, respectively, compared with control offspring. Dynamic energy budget modeling, supported by transcriptomic profiles, suggested a significant shift of energy allocation from reproduction to structural growth, and elevated maintenance costs in exposed oysters, which is thought to be caused by interference with energy uptake. Molecular signatures of endocrine disruption were also revealed, but no endocrine disruptors were found in the biological samples. This study provides evidence that micro-PS cause feeding modifications and reproductive disruption in oysters, with significant impacts on offspring.

and fecundity in *Daphnia* and *Mytilus* (16). In addition, immunotoxic effects, and the onset of genotoxicity have been observed in mussels exposed to polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated polystyrene particles (17). Additional impacts may arise from harmful plastic additives and persistent organic pollutants adsorbed on MP, which are known to

粒子毒性？

スチレンダイマー、スチレンモノマー？  
添加剤？

duction, economic importance as seafood, and important role in estuarine and coastal habitats (24). A 2-mo exposure of adult oysters to microsized polystyrene spheres (micro-PS, 2 and 6  $\mu\text{m}$ ,  $0.023 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) was performed under controlled conditions suitable for germ-cell maturation. Polystyrene is one of the most commonly used plastic polymers worldwide, often found in microplastics sampled at sea (25, 26). In our study, toxic endpoints were investigated through an integrative approach, covering data from molecular and cellular parameters to ecophysiological behavior and energy budget modeling. Our results show that experimental

## Significance

Plastics are a contaminant of emerging concern accumulating in marine ecosystems. Plastics tend to break down into small particles, called microplastics, which also enter the marine environment directly as fragments from a variety of sources, including synthetic clothing and industrial processes. Given their ubiquity

- 問題の経緯
- マイクロプラスチック汚染の現状、動態
- マイクロプラスチックの生物影響
- **有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック**
- マイクロプラスチック汚染のトレンド
- 国際的対応

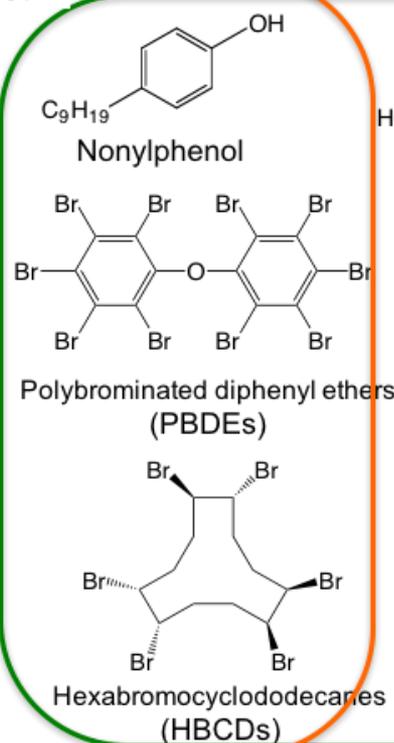
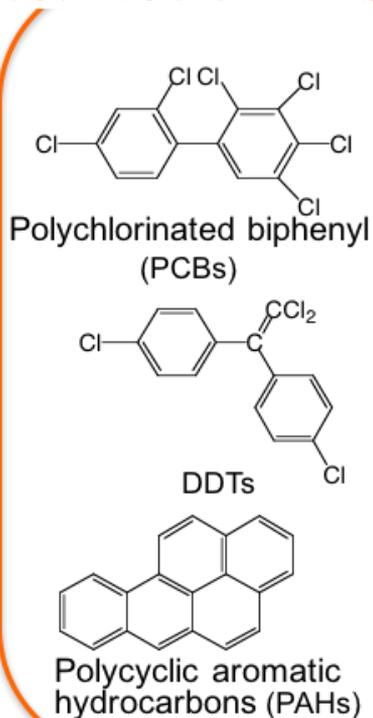
# 生物への影響

- ・物理的な作用
- ・化学的な作用

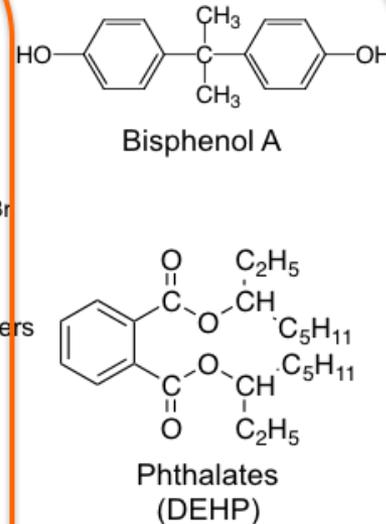
添加剤  
吸着している化学物質

## 海洋漂流プラスチックから検出される有害化学物質

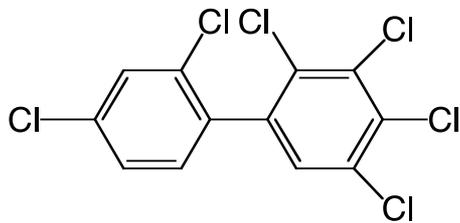
周りの海水中からの吸着



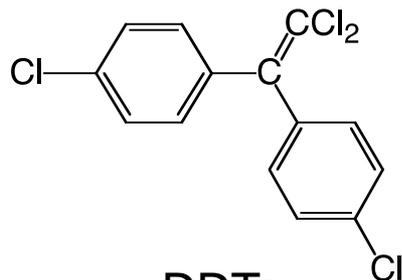
添加剤



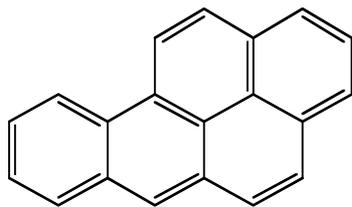
# 海洋漂流プラスチックから検出される有害化学物質



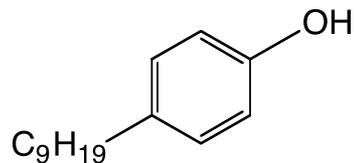
Polychlorinated biphenyl (PCBs)



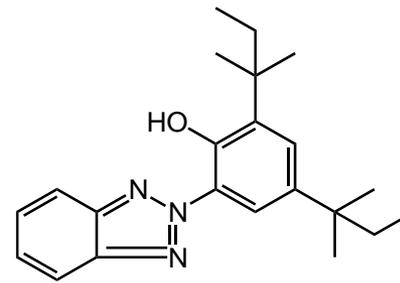
DDTs



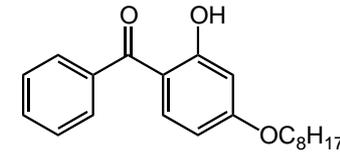
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)



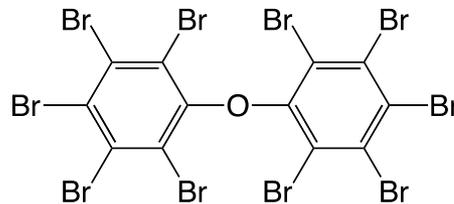
Nonylphenol



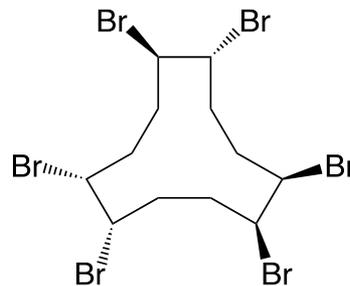
Benzotriazoles (e.g., UV-328)



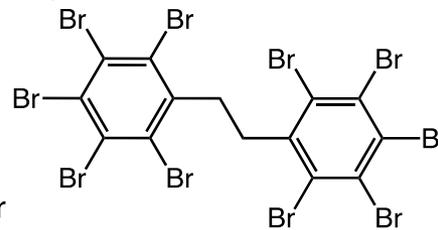
Benzophenons (e.g., BP-12)



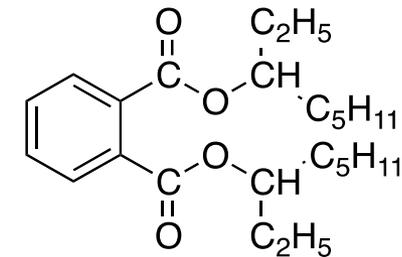
Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)



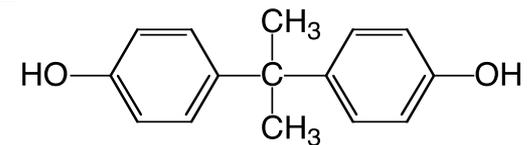
Hexabromocyclododecanes (HBCDs)



DBDPE



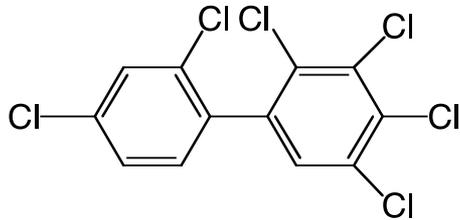
Phthalates (DEHP)



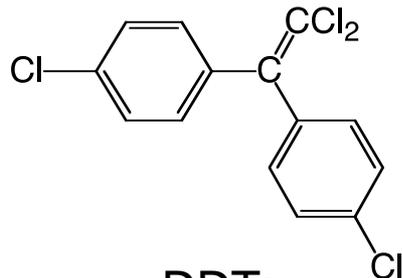
Bisphenol A

# 海洋漂流プラスチックから検出される有害化学物質

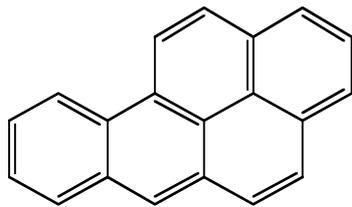
## 添加剤



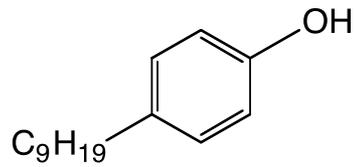
Polychlorinated biphenyls (PCBs)



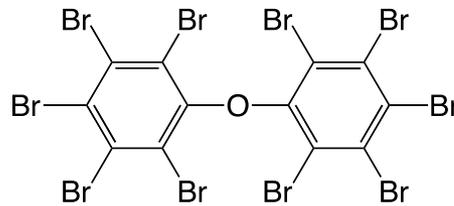
DDTs



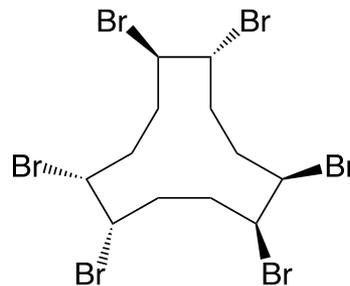
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)



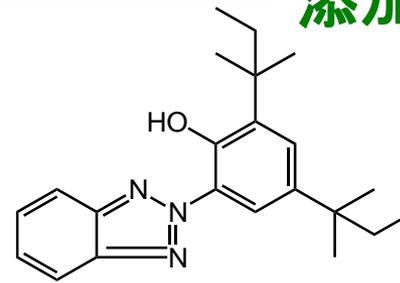
Nonylphenol



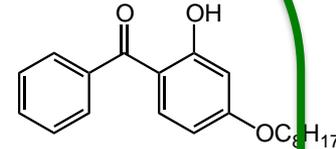
Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)



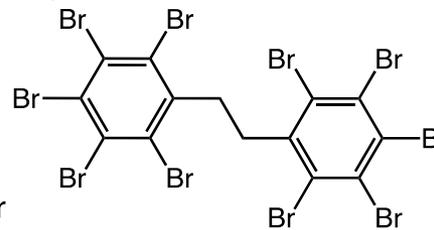
Hexabromocyclododecanes (HBCDs)



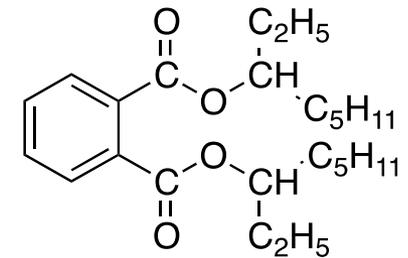
Benzotriazoles (e.g., UV-328)



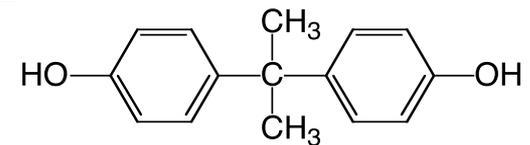
Benzophenones (e.g., BP-12)



DBDPE



Phthalates (DEHP)



Bisphenol A

# 奪われし未来

## 第8章

Dr. Ana Soto      ボストンタフツ大学医学部

ヒト乳癌細胞の異常増殖の  
メカニズム解明のための実験

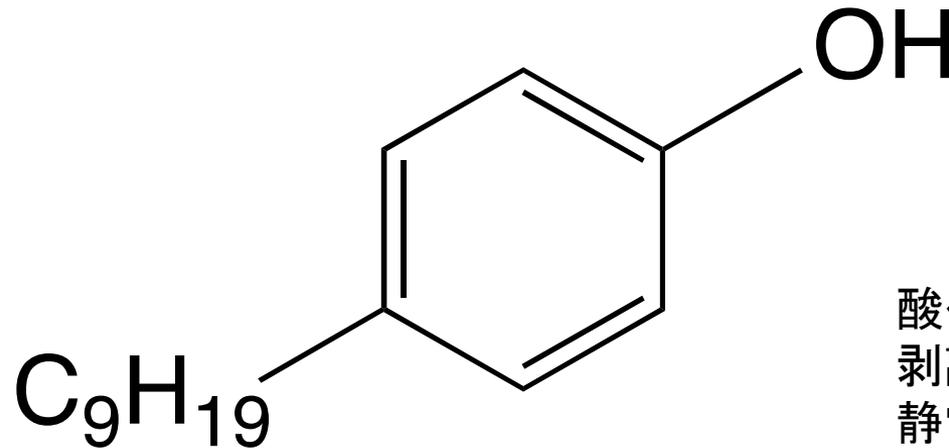


女性ホルモンの作用により増殖が起こることを研究

コントロール区でヒト乳癌細胞が異常増殖

←実験に使ったプラスチックプレートからの  
ノニルフェノールの溶出

# ノニルフェノール：環境ホルモン



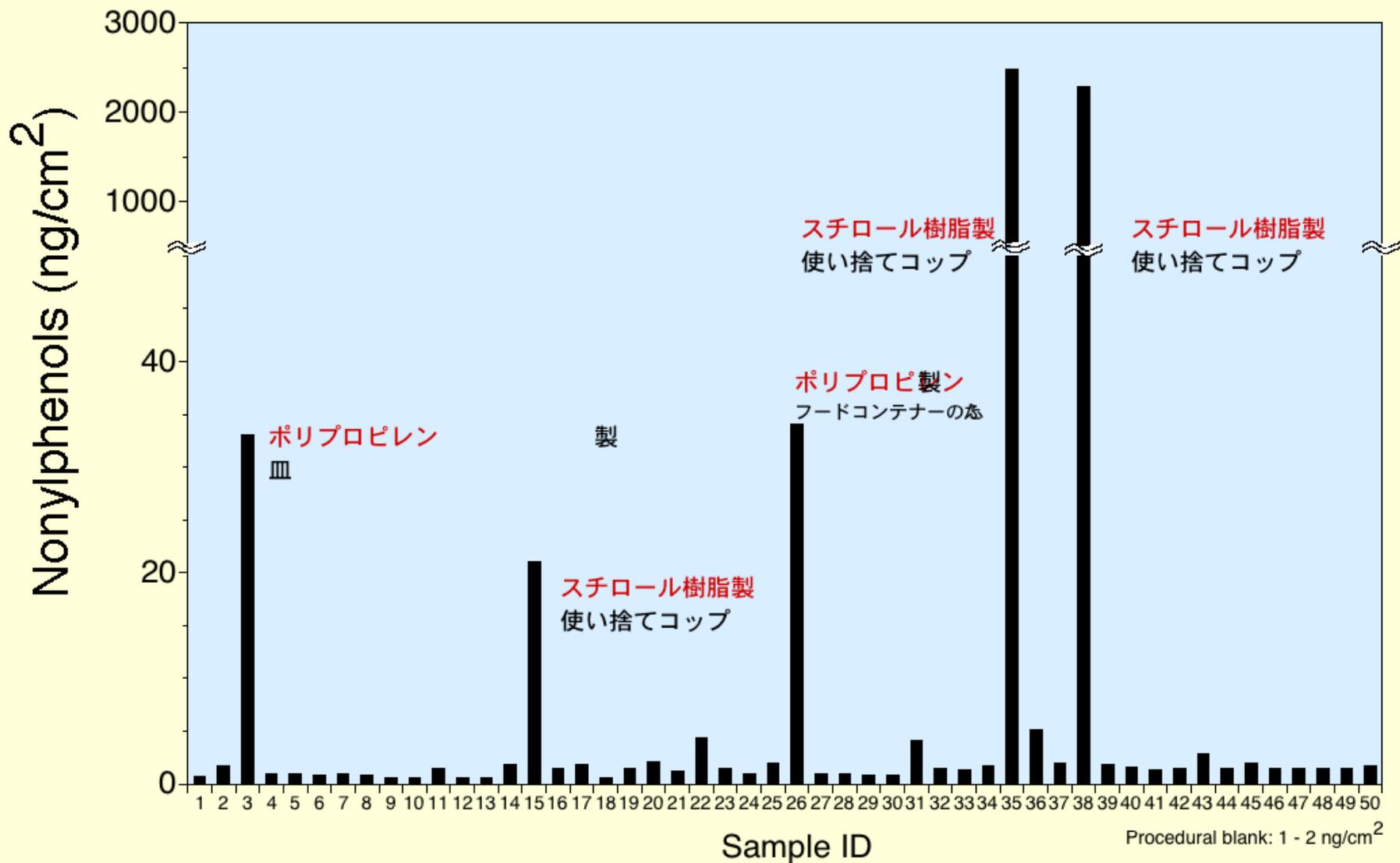
プラスチック添加剤

酸化防止剤  
剥離剤  
静電防止剤

- ・子宮内膜症、乳癌の増加
- ・メスとオスと一緒にになった魚（雌雄同体）

# プラスチック製食器、コップ等から溶けだしてくるノニルフェノール

1998年の調査



# ノニルフェノール（環境ホルモン）のプラスチック容器からの溶出

- 使い捨てプラスチックコップ
- ラップ、ラップで握ったおにぎり
- アイスクリームの容器と  
その容器に入ったアイスクリーム
- 乳児の歯固め

- 子宮内膜症、乳癌の増加
- 精子数の減少
- 生殖器の萎縮

- メスとオスが一緒になった魚（雌雄同体）

# 輸入プラスチック製品からのノニルフェノールの溶出

- 期間：2009年7月～12月



- 場所：府中市を中心とした東京都内の100円均一ショップやスーパー



- 日本製・中国製・タイ製などの計61試料を分析



食品用保存袋



使い捨て手袋



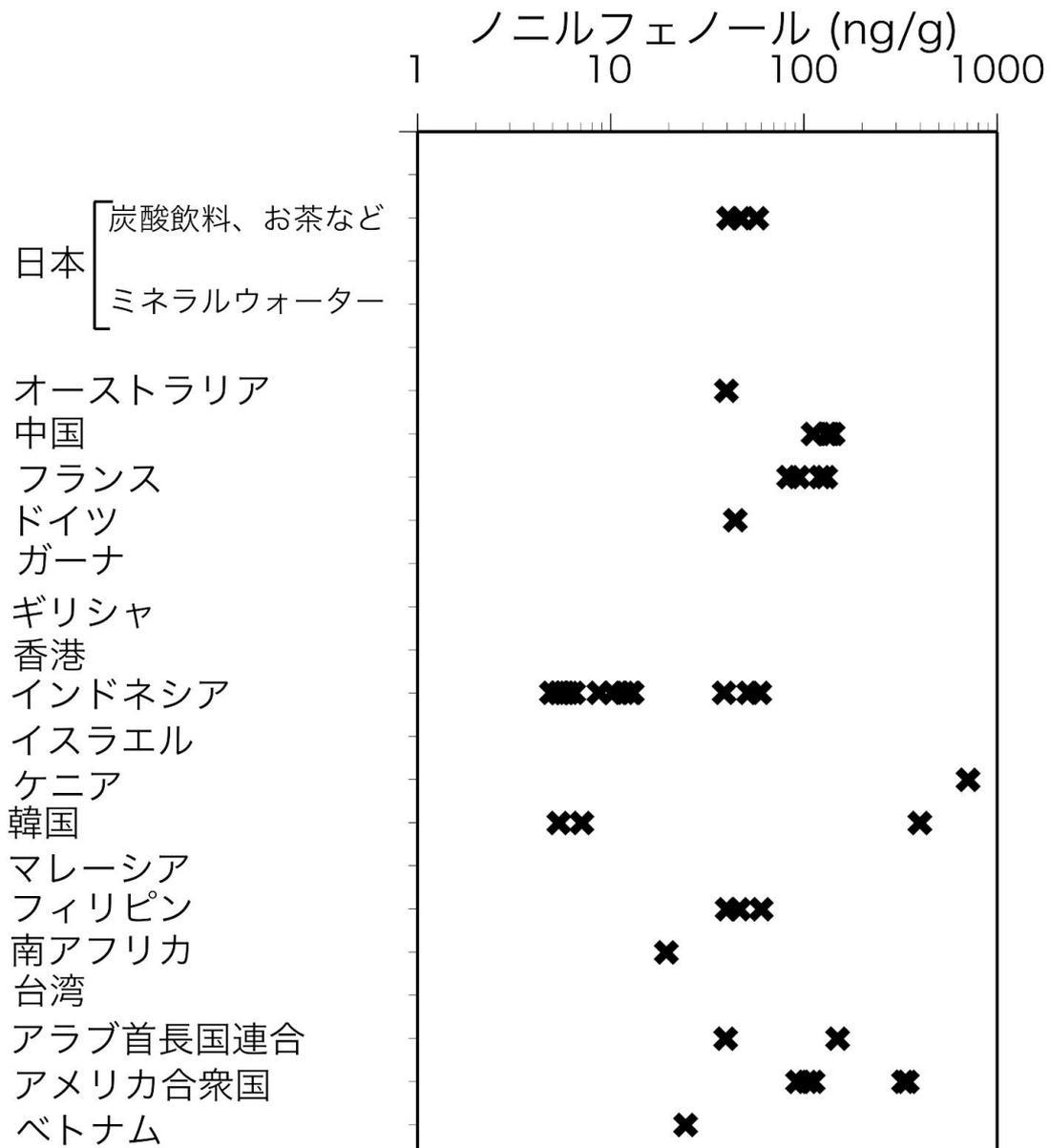
お弁当箱



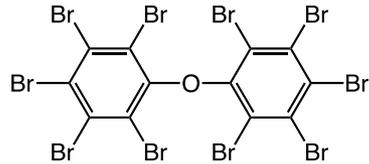
プラスチックコップ



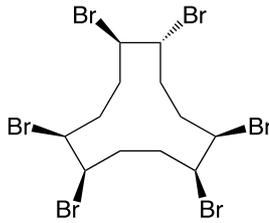
# ペットボトルの蓋中の環境ホルモン



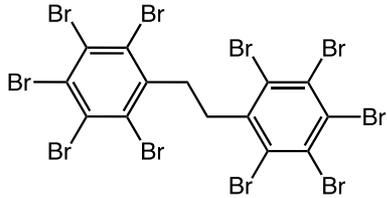
# プラスチックは環境ホルモンのカクテル ノニルフェノール、ペットボトルの蓋は氷山の一角



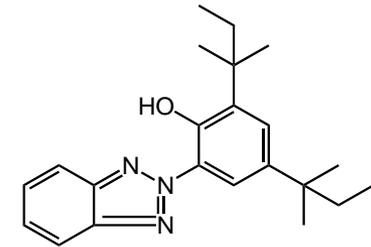
**BDE209**



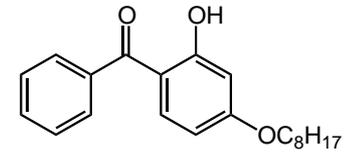
**HBCDs**



**DBDPE** **Flame retardants**

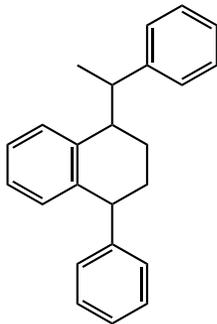


**Benzotriazoles**  
(e.g., UV-328)

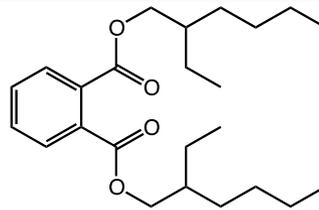


**Benzophenones**  
(e.g., BP-12)

**UV absorbers**



**Styrene trimer**

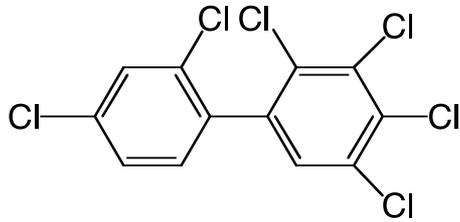


**phthalates**  
(DEHP)

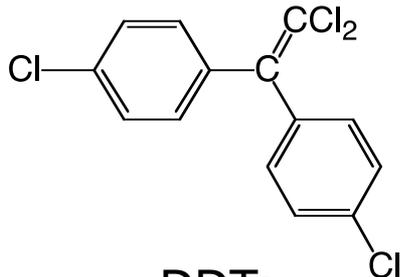
**Plasticizer**

# 海洋漂流プラスチックから検出される有害化学物質

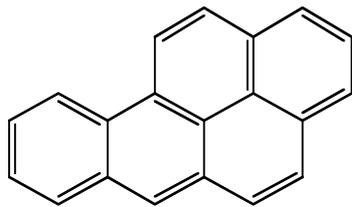
## 周りの海水中からの吸着



Polychlorinated biphenyls (PCBs)

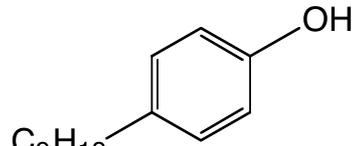


DDTs

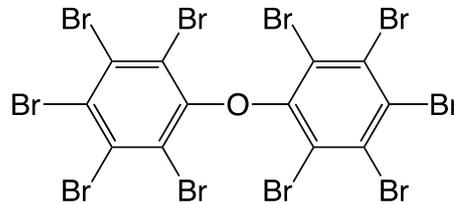


Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

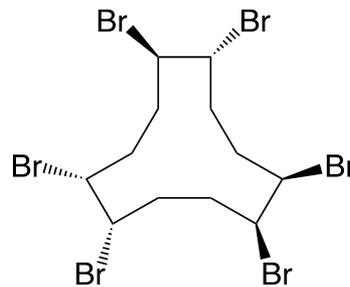
## 添加剤



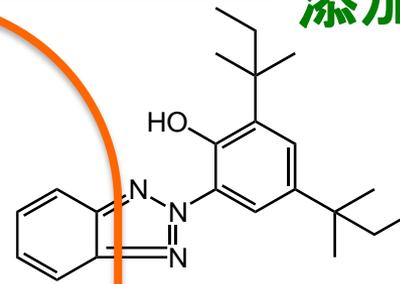
Nonylphenol



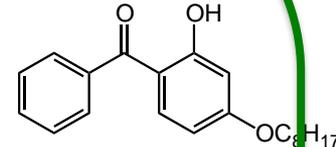
Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)



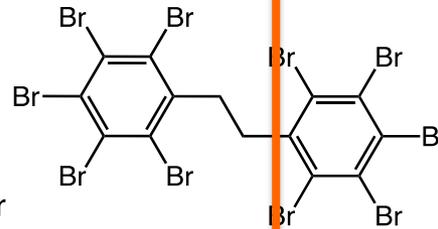
Hexabromocyclododecanes (HBCDs)



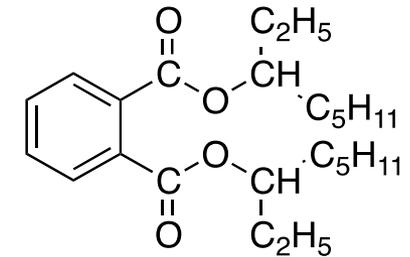
Benzotriazoles (e.g., UV-328)



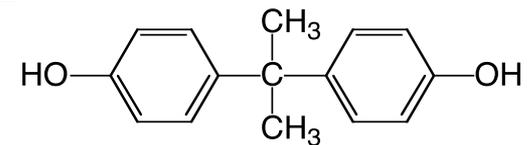
Benzophenones (e.g., BP-12)



DBDPE



Phthalates (DEHP)



Bisphenol A

# 残留性有機汚染物質(POPs)

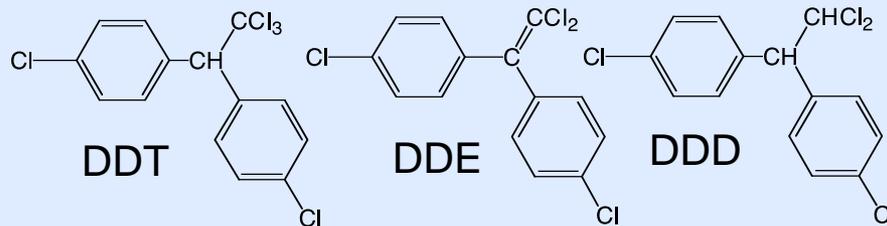
## PCBs



- ・Industrial products for a variety of uses including dielectric fluid, heat medium, and lubricants.
- ・ Endocrine disrupting chemicals

工業用の油

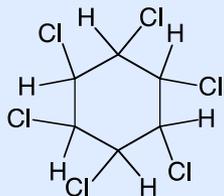
## DDTs



- ・DDT and its metabolites such as DDE and DDD.
- ・DDT was used as insecticides
- ・Endocrine disrupting chemicals

農薬

## HCH



- ・Insecticide

農薬

- ✓合成化学物質
- ✓分解しない
- ✓毒性がある
- ✓油(脂)に溶けやすい
- ✓生物濃縮される

ストックホルム条約で規制されている

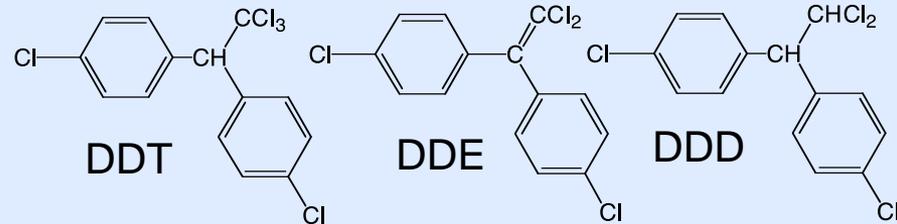
# プラスチックは周辺海水中から汚染物質を吸着する

## PCBs



- Industrial products for a variety of uses including dielectric fluid, heat medium, and lubricants.
- Endocrine disrupting chemicals

## DDTs

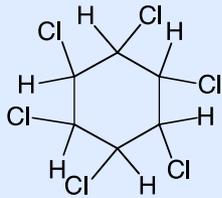


- DDT and its metabolites such as DDE and DDD.
- DDT was used as insecticides
- Endocrine disrupting chemicals

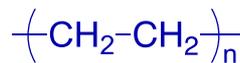
周辺海水中から吸着

プラスチック

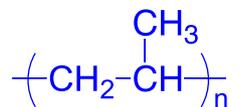
## HCH



- Insecticide

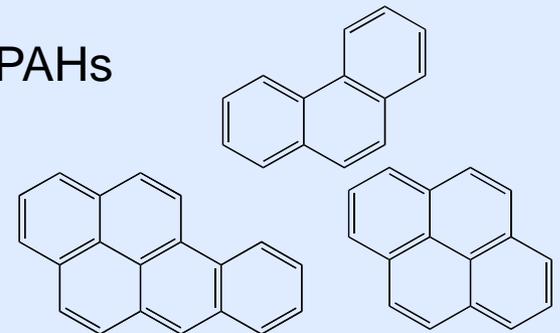


Polyethylene (PE)



Polypropylene (PP)

## PAHs



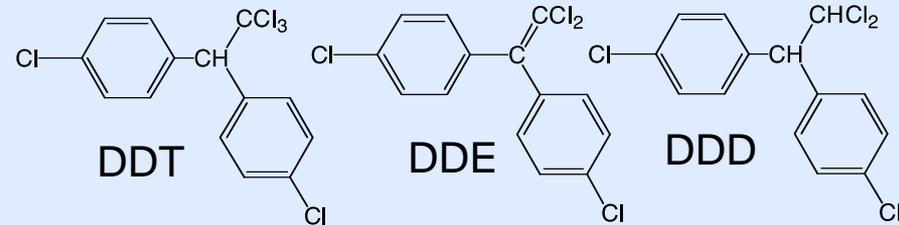
# プラスチックは周辺海水中から汚染物質を吸着する =プラスチックの有害化

## PCBs



- ・Industrial products for a variety of uses including dielectric fluid, heat medium, and lubricants.
- ・ Endocrine disrupting chemicals

## DDTs

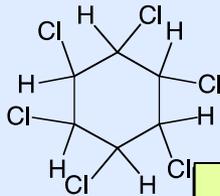


- ・DDT and its metabolites such as DDE and DDD.
- ・DDT was used as insecticides
- ・Endocrine disrupting chemicals

周辺海水中から吸着

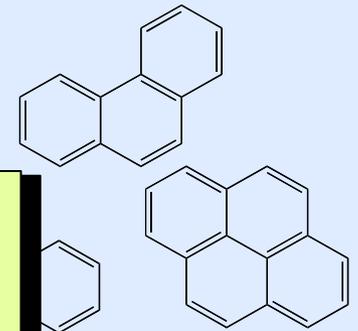
プラスチック

## HCH



- ・Insecticide

## PAHs



プラスチック中の汚染物質濃度は  
周辺海水中の十万倍～百万倍

# インターナショナルペレットウオッチ： 海岸漂着プラスチックを用いた有害化学物質モニタリング



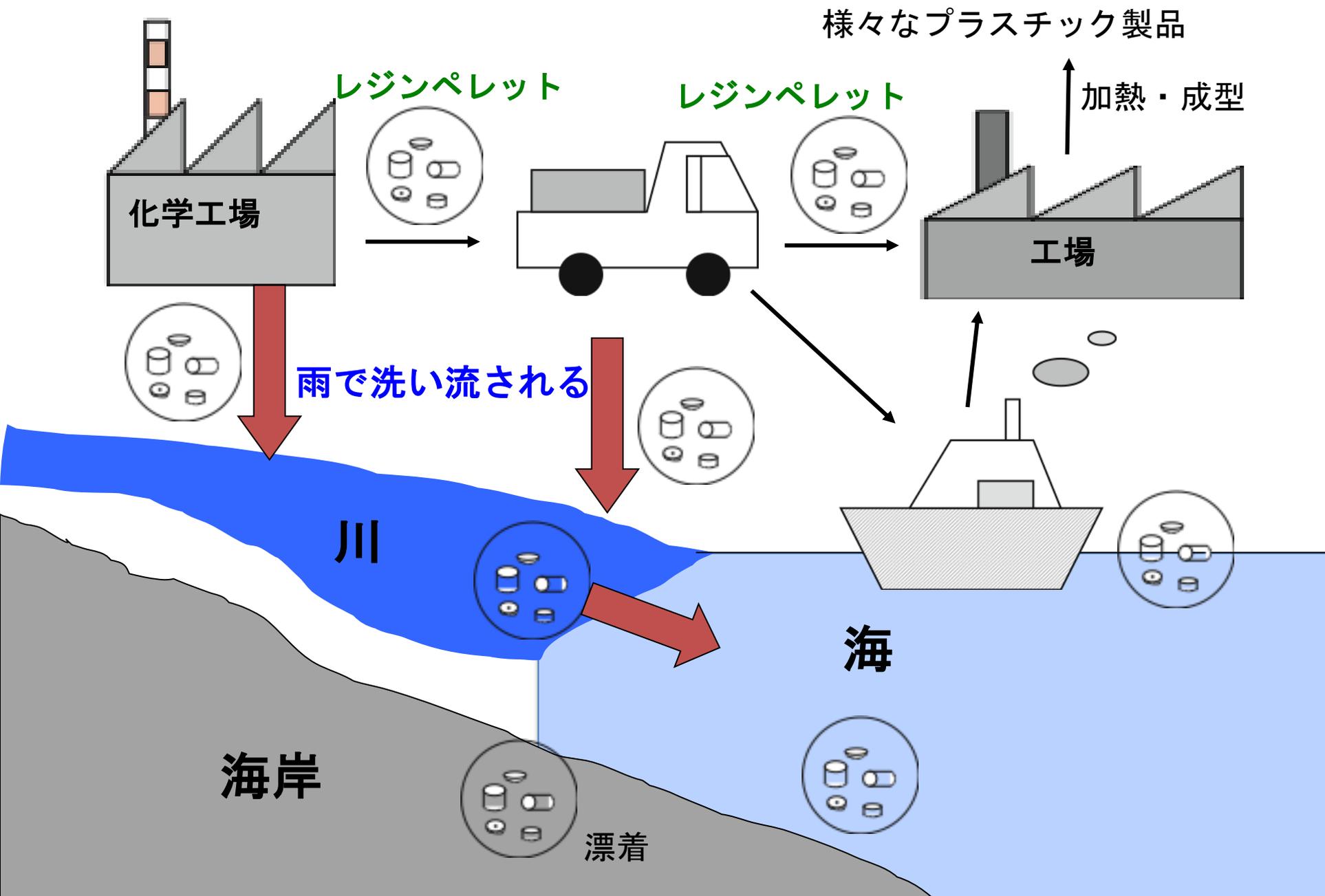
インターネットや雑誌で  
世界の人にペレットの採  
取と送付を呼びかける

東京農工大学 環境資源科学科 水環境保全学研究室

# プラスチックレジジンペレット： プラスチック製品の間接材料



# レジンペレットとは？何故海岸に漂着しているのか？



# 海岸のプラスチックゴミの中のマイクロプラスチック

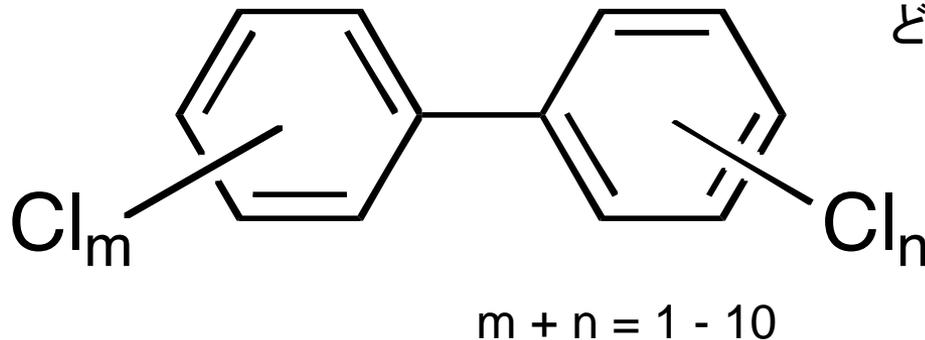


Sakumono Beach, Ghana

# 世界中からマイクロプラスチックが届く

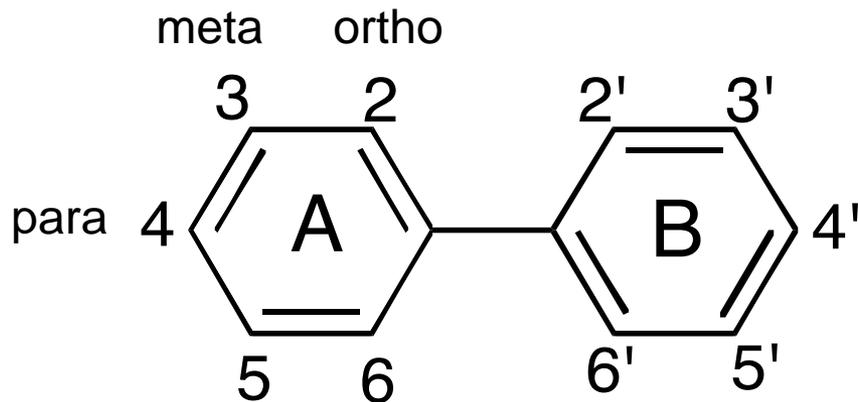


# ポリ塩化ビフェニル(PCBs)



トランス、コンデンサー、熱媒体など様々な工業用途で使用された。

1960年代に使われ、  
1970年代初頭に使用禁止



カネミ油症

奇形、発ガン

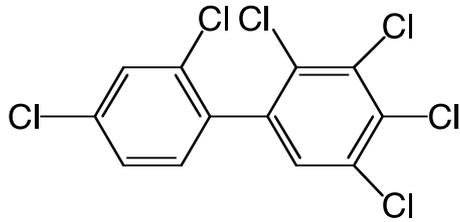
免疫力の低下

脳神経系に影響

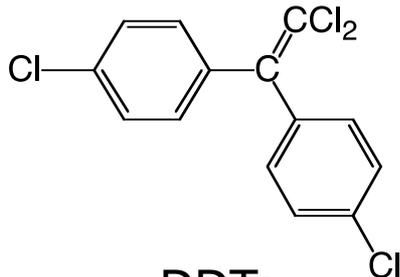


# 海洋漂流プラスチックから検出される有害化学物質

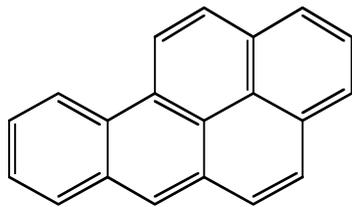
## 周りの海水中からの吸着



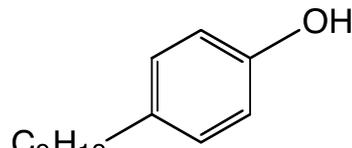
Polychlorinated biphenyls (PCBs)



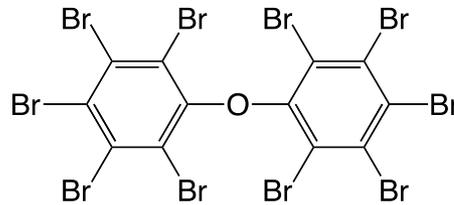
DDTs



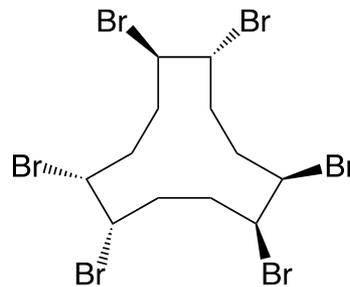
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)



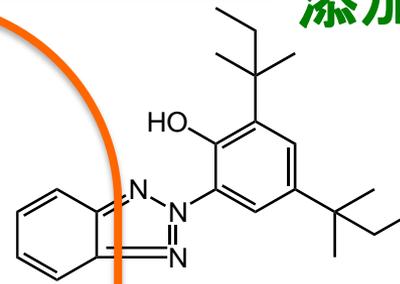
Nonylphenol



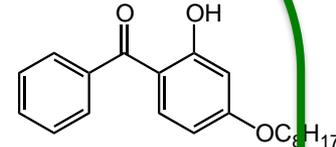
Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)



Hexabromocyclododecanes (HBCDs)

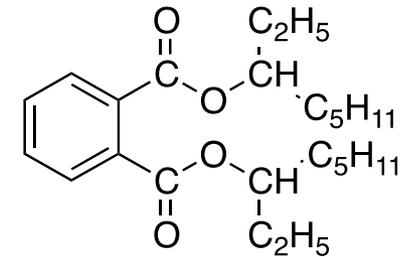


Benzotriazoles (e.g., UV-328)

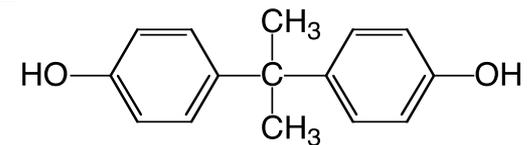


Benzophenones (e.g., BP-12)

## 添加剤

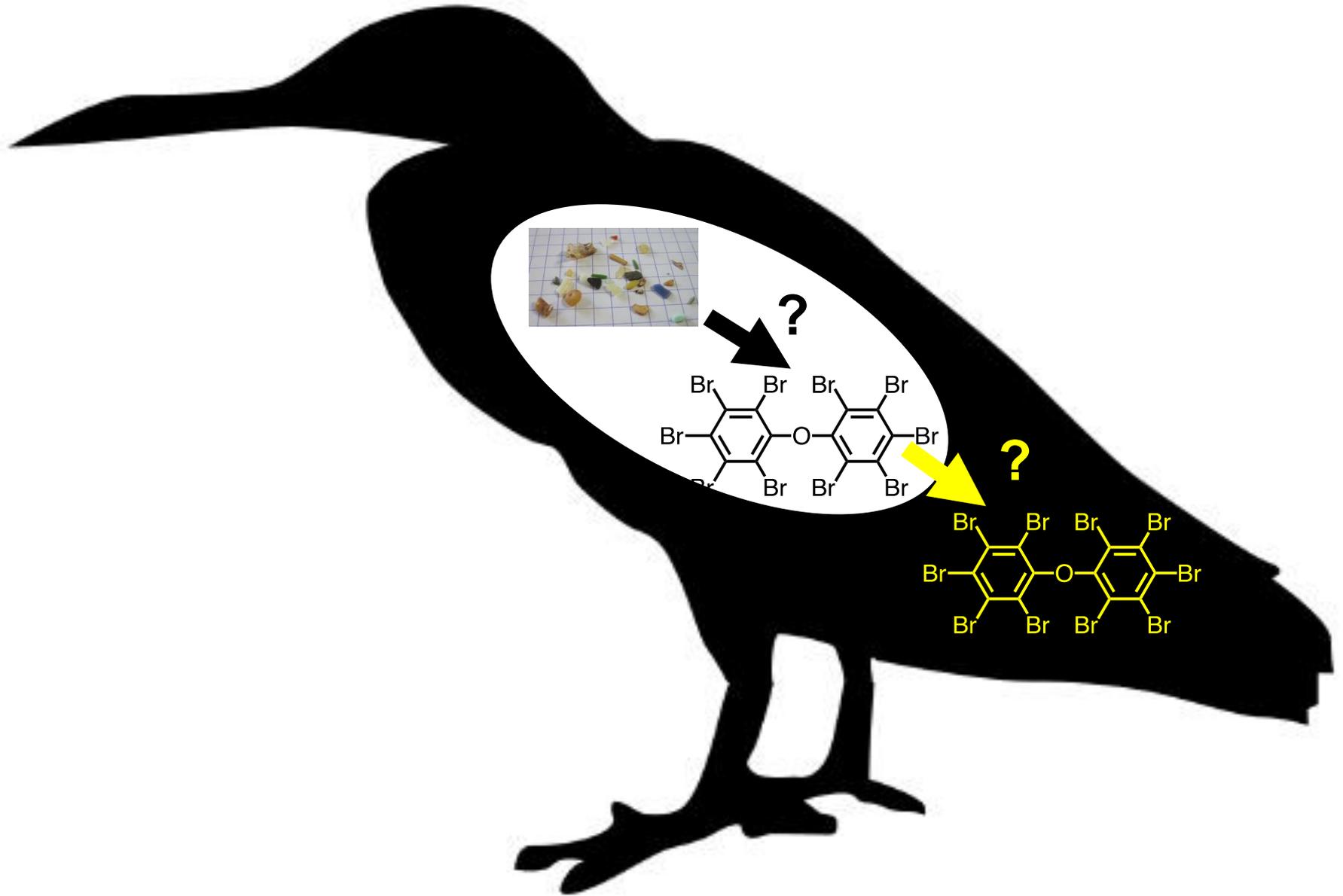


Phthalates (DEHP)



Bisphenol A

# 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？



# 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・蓄積する

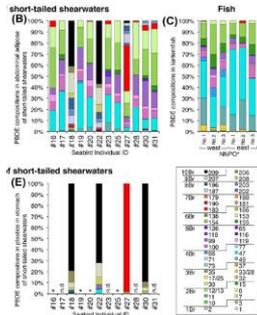
Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics

Kosuke Tanaka<sup>a</sup>, Hideshige Takada<sup>a,c\*</sup>, Rei Yamashita<sup>a</sup>, Kaoruko Mizukawa<sup>a</sup>, Masa-aki Fukuwaka<sup>b</sup>, Yutaka Watanuki<sup>c</sup>

2013; Faculty of 1000



ENVIRONMENTAL  
Science & Technology



2015

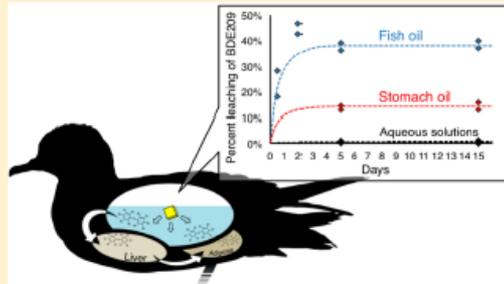
## Facilitated Leaching of Additive-Derived PBI Seabirds' Stomach Oil and Accumulation in

Kosuke Tanaka<sup>†</sup>, Hideshige Takada<sup>\*,†</sup>, Rei Yamashita<sup>†</sup>, Kaoruko M and Yutaka Watanuki<sup>§</sup>

<sup>†</sup>Laboratory of Organic Geochemistry, Tokyo University of Agriculture and Technol  
<sup>‡</sup>Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Kushiro  
<sup>§</sup>Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

Supporting Information

**ABSTRACT:** Our previous study suggested the transfer of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants from ingested plastics to seabirds' tissues. To understand how the PBDEs are transferred, we studied leaching from plastics into digestive fluids. We hypothesized that stomach oil, which is present in the digestive tract of birds in the order Procellariiformes, acts as an organic solvent, facilitating the leaching of hydrophobic chemicals. Pieces of plastic compounded with deca-BDE were soaked in several leaching solutions. Trace amounts were leached into distilled water, seawater, and acidic pepsin solution. In contrast, over 20 times as much material was leached into stomach oil, and over 50 times as much into fish oil (a major component of stomach oil). Analysis of fish chemical residues from tissue and ingested plastic



ENVIRONMENTAL  
Science & Technology

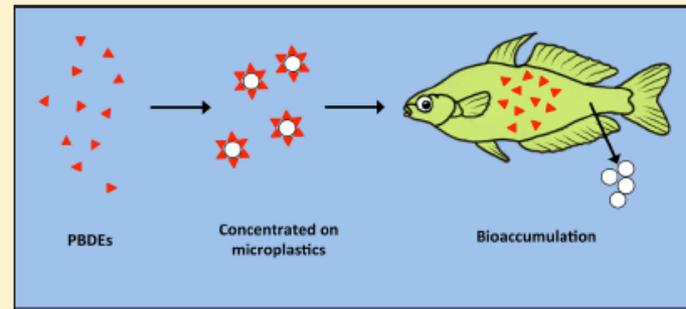
2016

## Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish

Peter Wardrop<sup>†</sup>, Jeff Shimeta<sup>†</sup>, Dayanthi Nugegoda<sup>†</sup>, Paul D. Morrison<sup>†</sup>, Ana Miranda<sup>†</sup>, Min Tang<sup>‡</sup>, and Bradley O. Clarke<sup>\*,†</sup>

<sup>†</sup>Centre for Environmental Sustainability and Remediation, RMIT University, GPO Box 2476, Melbourne, Victoria 3001, Australia  
<sup>‡</sup>Key Laboratory of Advanced Materials of Tropical Island Resources, Ministry of Education; School of Materials and Chemical Engineering, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China

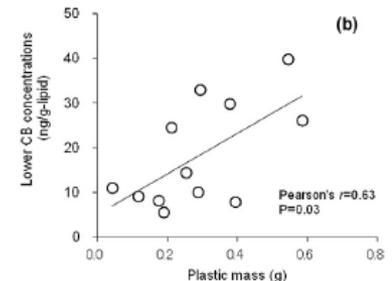
Supporting Information



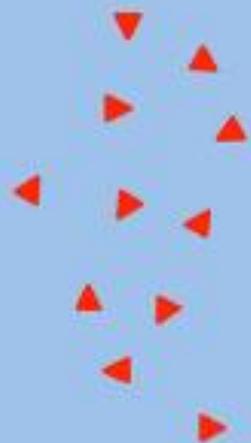
Physical and chemical effects of ingested plastic debris on short-tailed shearwaters, *Puffinus tenuirostris*, in the North Pacific Ocean

Rei Yamashita<sup>a,c\*</sup>, Hideshige Takada<sup>a</sup>, Masa-aki Fukuwaka<sup>b</sup>, Yutaka Watanuki<sup>c</sup>

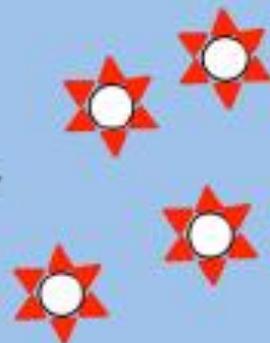
2011



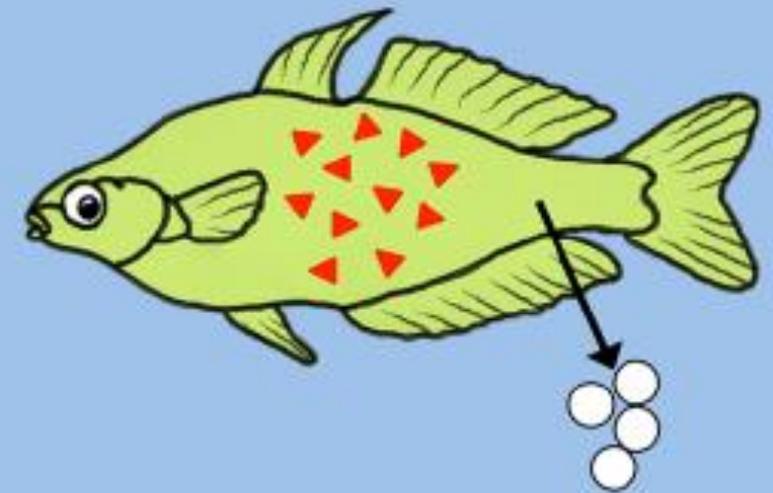
# 生物が取り込んだプラスチックから化学物質は生物組織に移行・蓄積する



PBDEs



Concentrated on  
microplastics



Bioaccumulation

# プラスチックに含まれる化学物質による生物への影響

室内実験では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生物(メダカ、ゴカイ)の肝機能の障害が観測されている。またポリスチレン微粒子の曝露により、牡蠣の再生産能力が落ちたという実験結果も報告されている。

Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress

Chelsea M. Rochman<sup>1</sup>, Eunha Hoh<sup>2</sup>, Tomofumi Kurobe<sup>1</sup> & Swee J. Teh<sup>1</sup>

しかし、野外の生物ではまだマイクロプラスチックが媒介した化学物質曝露による影響は観測されていない。プラスチック量や化学物質量が室内実験のレベルより低い。

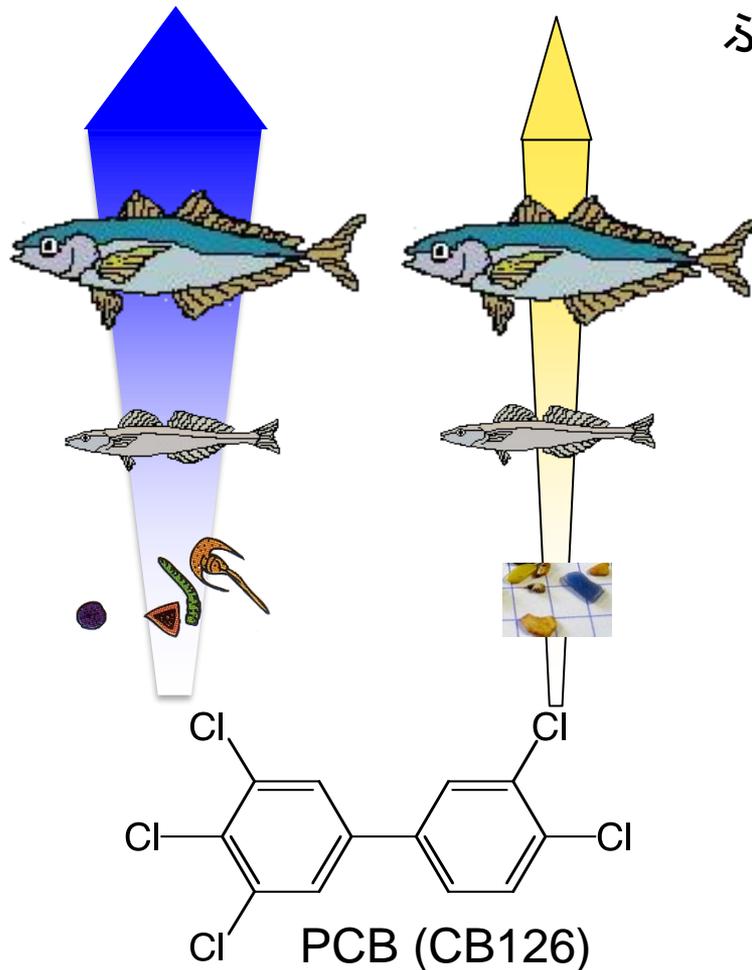


Figure 4 | Liver Histopathology in medaka sampled after 2 months. Micrographs show livers that are glycogen-rich from the control treatment (a) and glycogen-depleted from the virgin-plastic (b) and the marine-plastic treatment (c). An eosinophilic focus of cellular alteration, a precursor to a tumor, was observed in one fish from the virgin-plastic treatment (b). The circle highlights eosinophilic (pinkish coloration) hepatocytes,

# 魚貝類は餌からも汚染物質に曝露されている

ヒト

プラスチック微細片はプランクトンと同じように汚染物質を濃縮し、汚染物質を食物連鎖に運ぶ。



プラスチックに濃縮された汚染物質の量が少なければ、相対的には問題が少ない。

## Negligible Impact of Ingested Microplastics on Tissue Concentrations of Persistent Organic Pollutants in Northern Fulmars off Coastal Norway

Dorte Herzke,<sup>\*,†</sup> Tycho Anker-Nilssen,<sup>‡</sup> Therese Haugdahl Nøst,<sup>†</sup> Arntraut Götsch,<sup>†</sup> Signe Christensen-Dalsgaard,<sup>‡</sup> Magdalene Langset,<sup>‡</sup> Kirstin Fangel,<sup>⊥</sup> and Albert A. Koelmans<sup>§,||</sup>

<sup>†</sup>Norwegian Institute for Air Research, FRAM—High North Research Centre on Climate and the Environment, 9296 Tromsø, Norway

<sup>‡</sup>Norwegian Institute for Nature Research, P.O. Box 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Norway

<sup>⊥</sup>; Norway

<sup>§</sup>Environmental Sciences, Wageningen University, P.O. Box

<sup>||</sup>in UR, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands

## A Thermodynamic Approach for Assessing the Environmental Exposure of Chemicals Absorbed to Microplastic

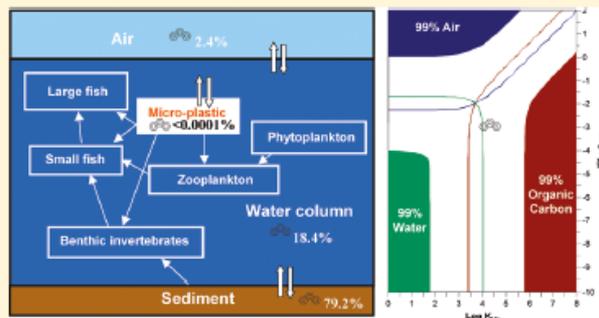
Todd Gouin,<sup>\*,†</sup> Nicola Roche,<sup>†</sup> Rainer Lohmann,<sup>†</sup> and Geoff Hodges<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Safety and Environmental Assurance Centre, Unilever, Colworth Science Park, Sharnbrook, Bedfordshire, U.K., MK44 1LQ

<sup>‡</sup>Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, South Ferry Road, Narragansett, Rhode Island, 02882 United States

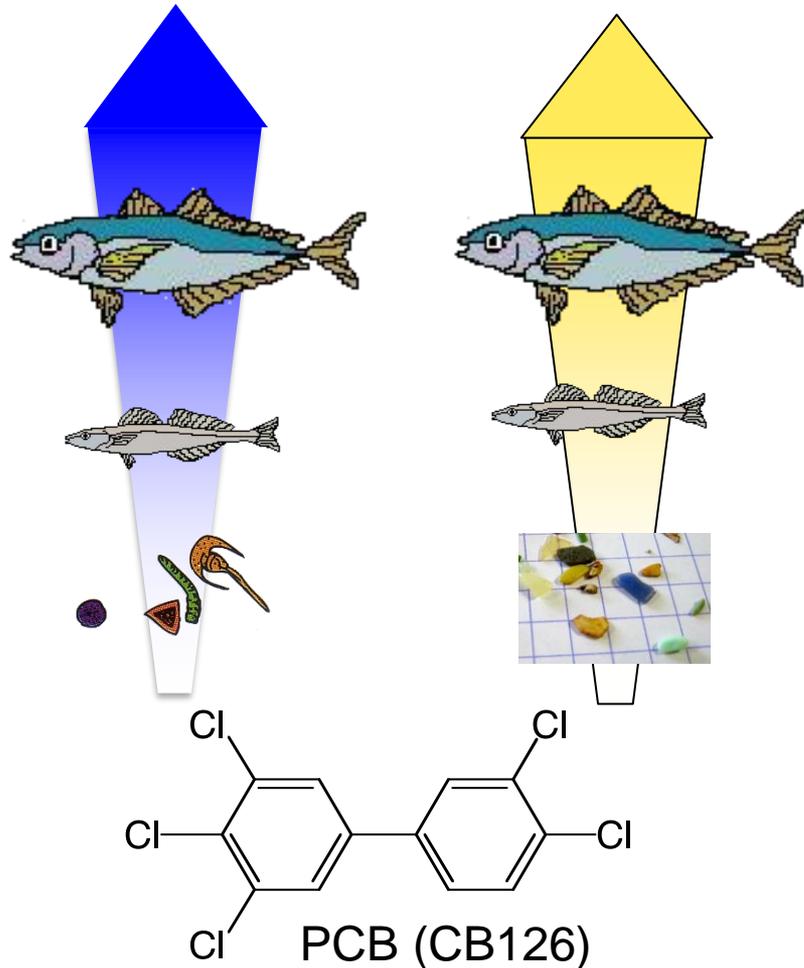
### Supporting Information

**ABSTRACT:** The environmental distribution and fate of microplastic in the marine environment represents a potential cause of concern. One aspect is the influence that microplastic may have on enhancing the transport and bioavailability of persistent, bioaccumulative, and toxic substances (PBT). In this study we assess these potential risks using a thermodynamic approach, aiming to prioritize the physicochemical properties of chemicals that are most likely absorbed by microplastic and therefore ingested by biota. Using a multimedia modeling approach, we define a chemical space aimed at improving our understanding of how chemicals partition in the marine environment with varying volume ratios of air/water/organic carbon/polyethylene, where polyethylene represents a main group of microplastic. Results suggest that chemicals with  $\log K_{OW} > 5$  have the potential to partition  $>1\%$  to polyethylene. Food-web model results suggest that reductions in body burden concentrations for nonpolar organic chemicals are likely to occur for chemicals with  $\log K_{OW}$  between 5.5 and 6.5. Thus the relative importance of microplastic as a vector of PBT substances to biological organisms is likely of limited importance, relative to other exposure pathways. Nevertheless, a number of data-gaps are identified, largely associated with improving our understanding of the physical fate of microplastic in the environment.



でも、このままの状態が続くと..  
プラスチック微細片による暴露量 > プランクトンによる暴露量になってしまう可能性がある

# ヒト



しかし、現在でもバックグラウンド汚染が軽微なリモートな海域ではプラスチック経由のPOPs暴露が大きな海域がある可能性がある。

さらに、将来プラスチックが増えると汚染水域での寄与が大きくなる可能性がある。

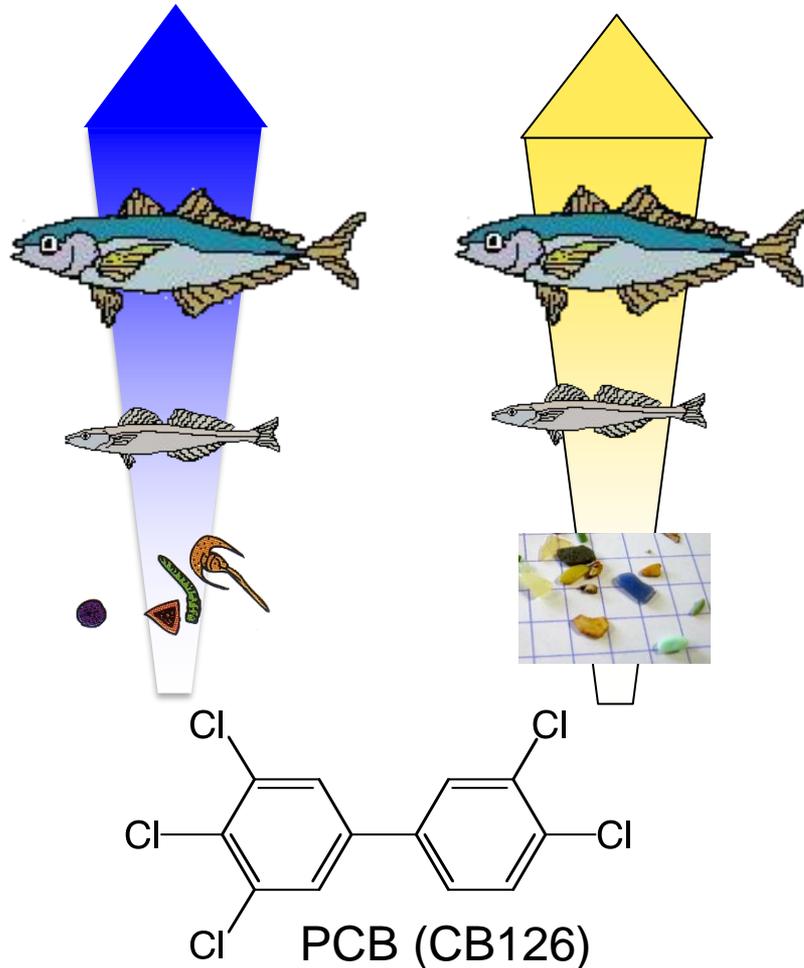






でも、このままの状態が続くと..  
プラスチック微細片による暴露量 > プランクトンによる暴露量になってしまう可能性がある

## ヒト



しかし、現在でもバックグランド汚染が軽微なリモートな海域ではプラスチック経由のPOPs暴露が大きな海域がある可能性がある。

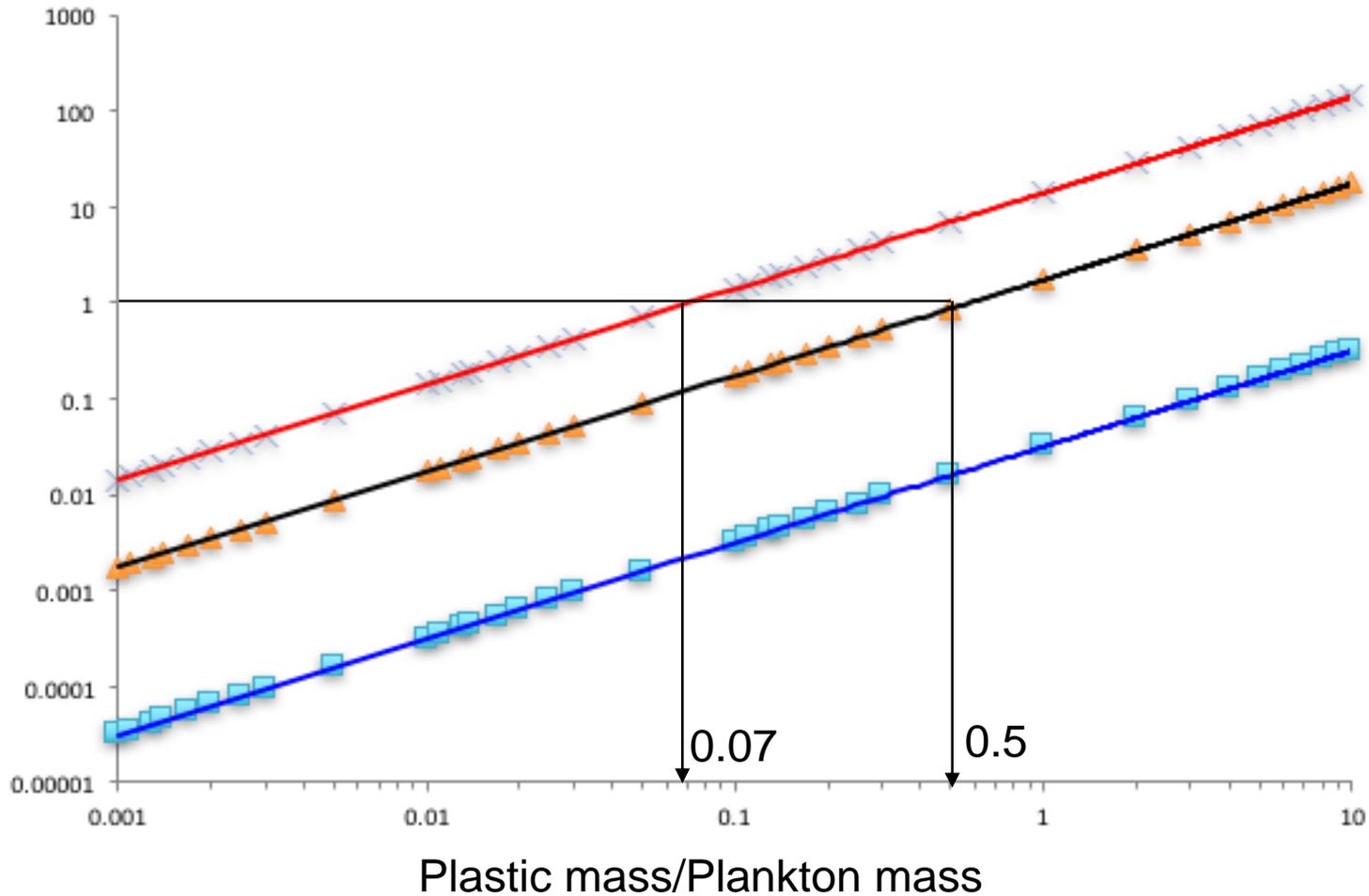
さらに、将来プラスチックが増えると汚染水域での寄与が大きくなる可能性がある。



# Microplastic/Plankton比が0.5を超えると黄色信号

Plastic-mediated PCB exposure/Plankton-mediated PCB exposure

$\Sigma 13$  PCBs



PCBs exposure ratio vs Mass ratio (Microplastic to Plankton)

# 世界の海の中にはすでに黄色信号が点灯している海域もある Microplastic/Plankton比の文献値

Lattin et al., (2004) A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the **southern California shore**, Marine

Location	Microplastic: plankton ratio	
	All debris	< 4.75mm
Santa Monica Bay	1.4	0.3
San Gabriel River	2.5	0.6
North Pacific Gyre	6.1	0.3

Collignon et al., (2012) Neustonic microplastic and zooplankton in the **North Western Mediterranean** Sea, Marine Pollution Bulletin, Vol. 64, pp 861–864

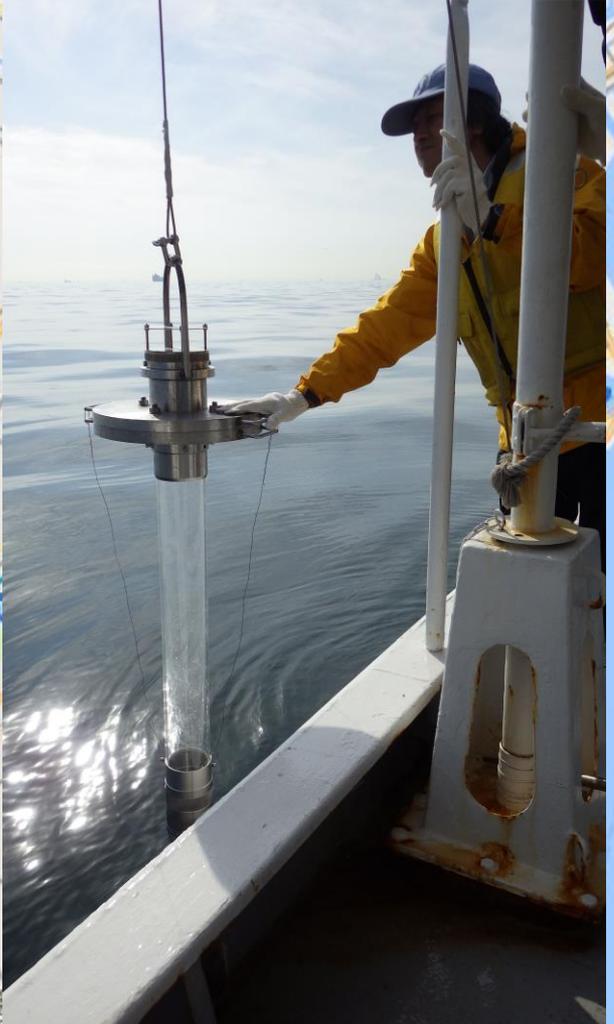
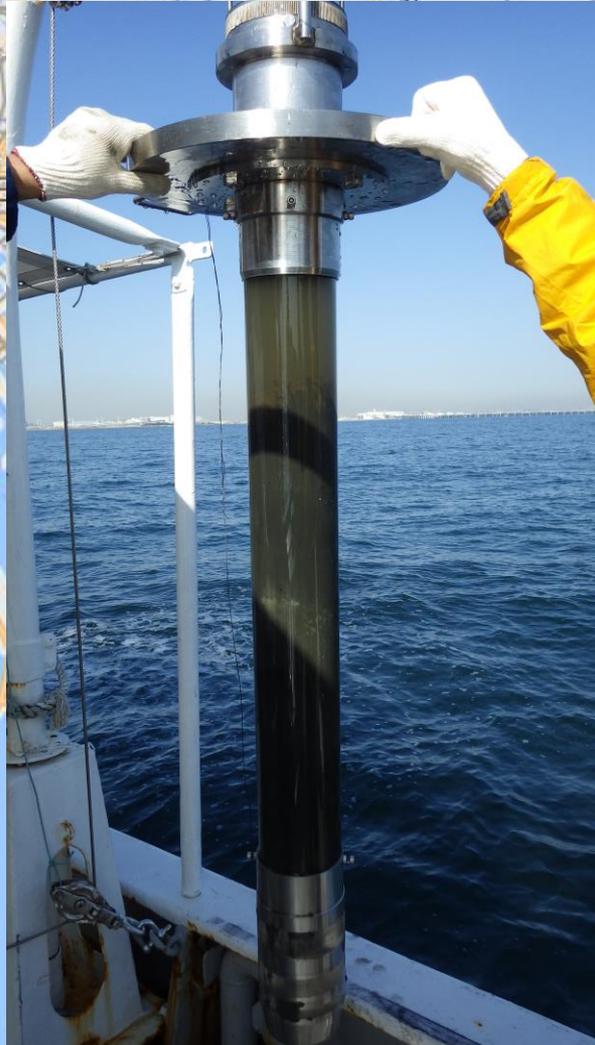
Location: North Western Mediterranean Sea	
	Microplastic:plankton ratio
Mean	0.46
Minimal value	0.00
Maximal Value	1.26
East part (mean)	0.75
*Western part (mean)	0.13

- 問題の経緯
- マイクロプラスチック汚染の現状、動態
- マイクロプラスチックの生物影響
- 有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック
- **マイクロプラスチック汚染のトレンド**
- 国際的対応

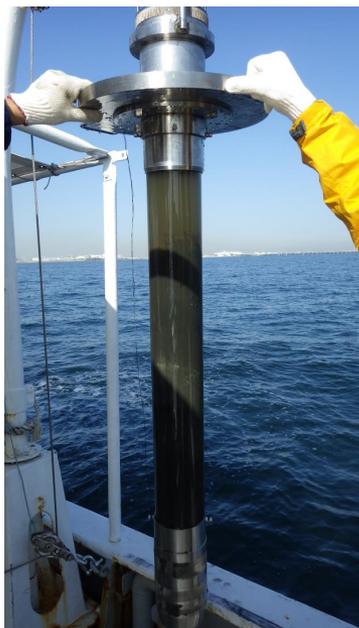
# 堆積物コアを利用して汚染のトレンドを解析：東京におけるコア採取



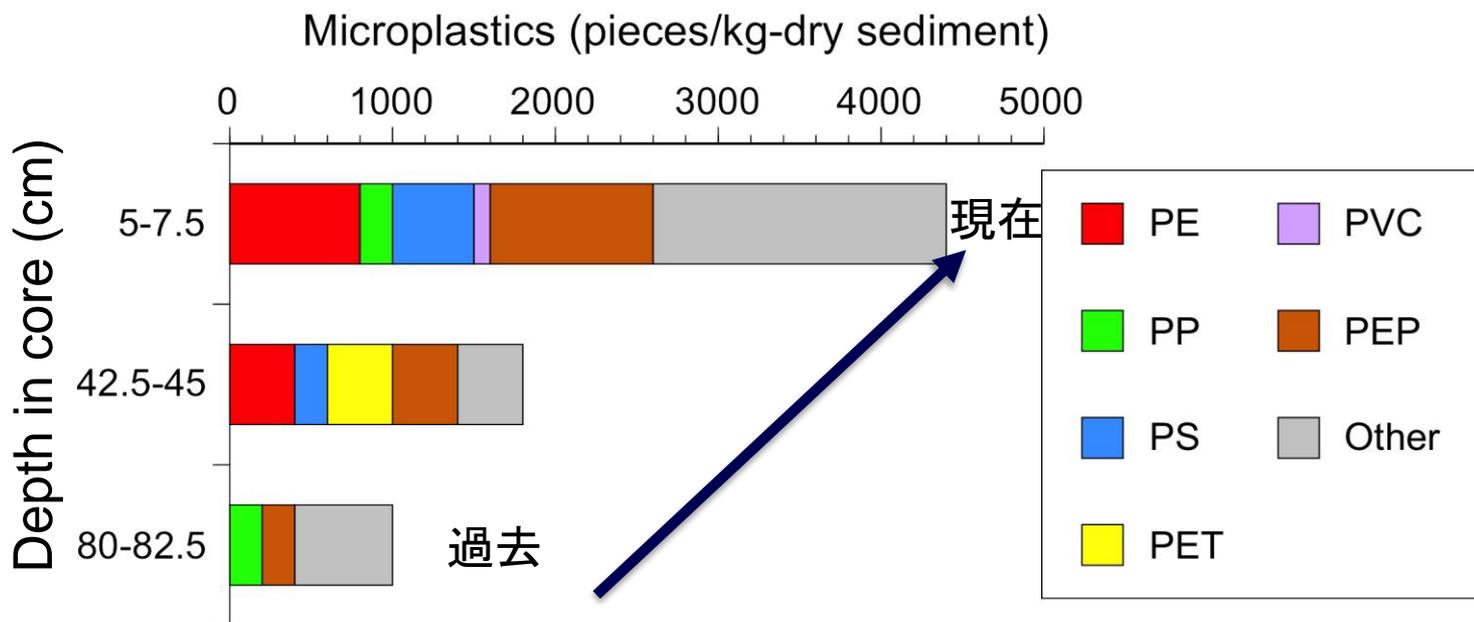
# 堆積物コアを利用して汚染のトレンドを解析：東京におけるコア採取



# マイクロプラスチック汚染の進行が示された



泥の中のマイクロプラスチックの量



# 皇居桜田壕柱状堆積物採取地点

採取日: 2001年11月/1997年

保存方法: 凍結乾燥

2001年採取 PCBsにより

1997年採取 放射性核種により年代を測定

桜田壕

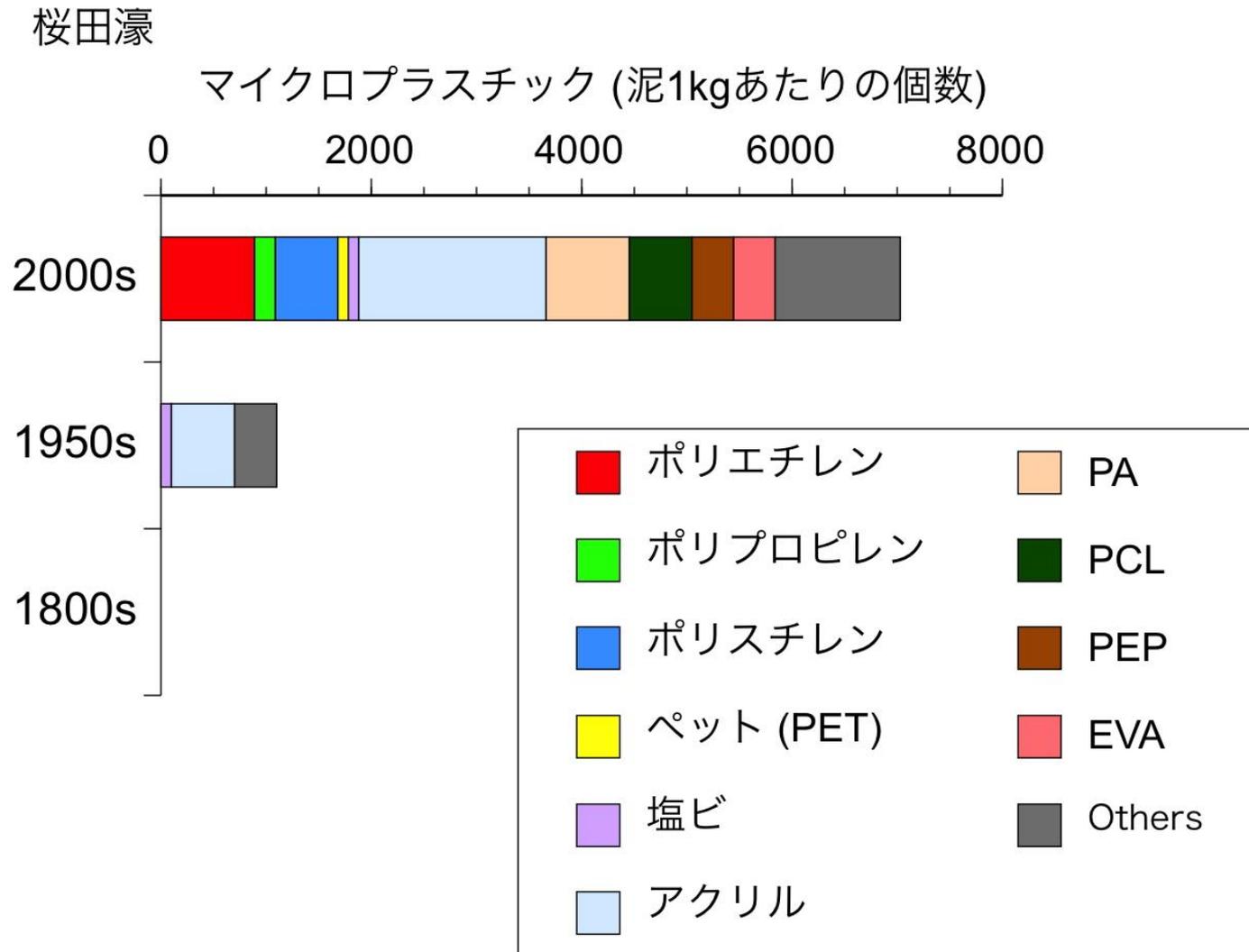
626 m

Google earth



# 皇居の桜田壕で水底の泥をボーリングして採取





表層に向けてマイクロプラスチックの個数が増加傾向

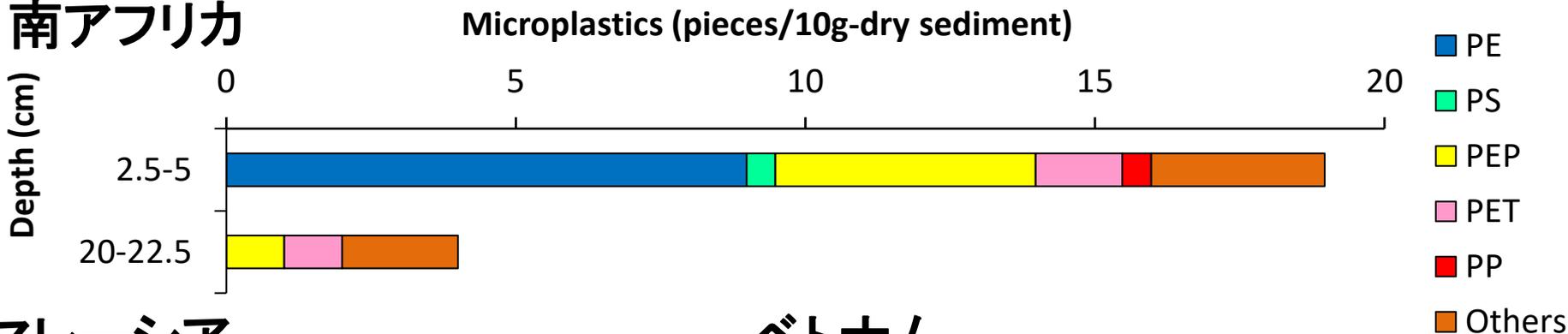
# アジア・アフリカで採取した柱状堆積物も分析

2005-2013

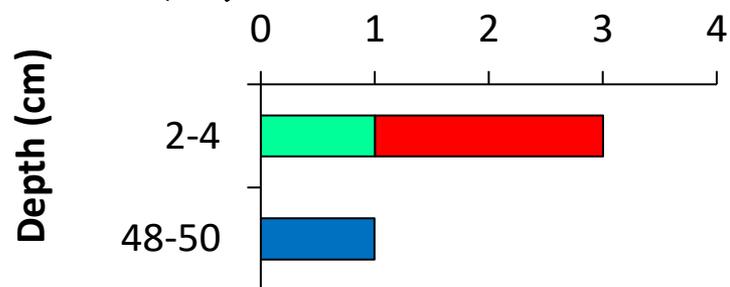


# マイクロプラスチック汚染の進行は世界的な現象

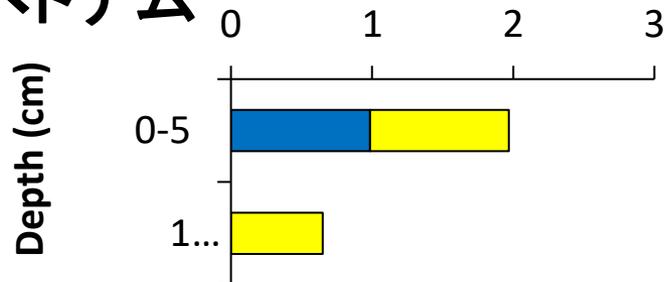
## 南アフリカ



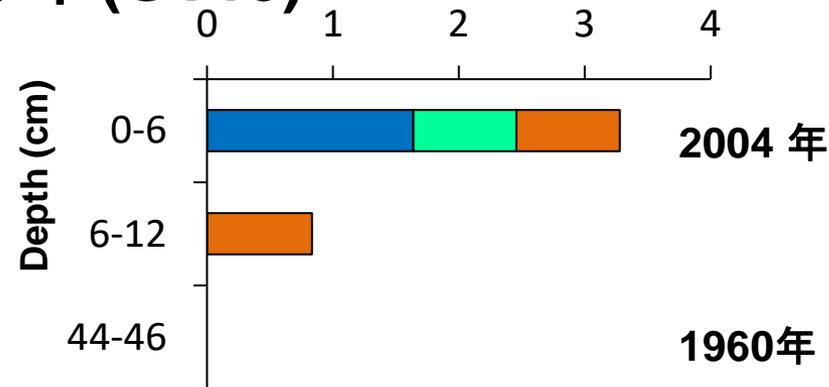
## マレーシア



## ベトナム



## タイ (GT15)

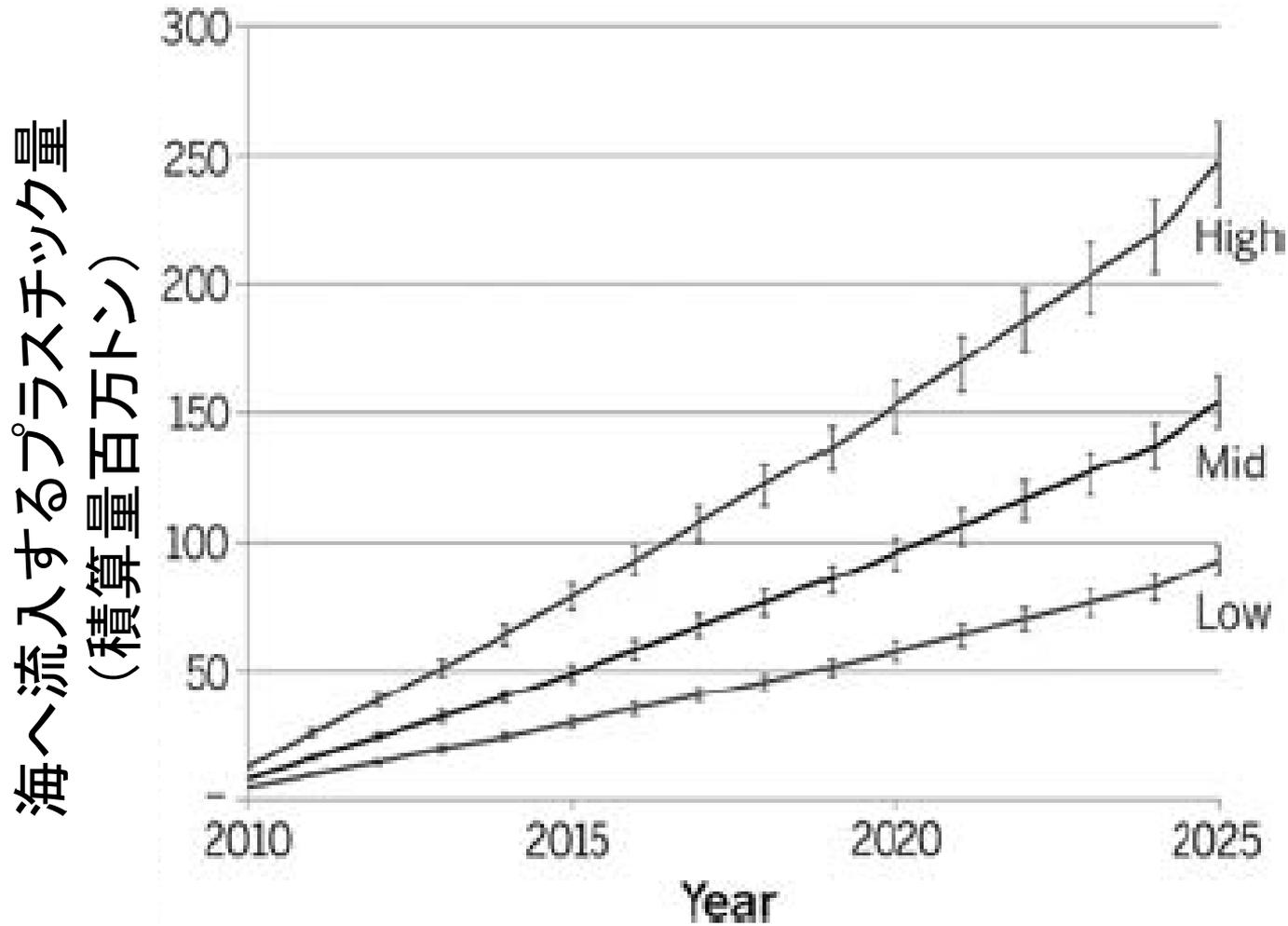


表層に向かって個数が増加傾向



世界的に汚染が進行している

# 何も手を打たなければ、海に流入するプラスチックの量は 20年後には10倍に増加する



Jamebeck et al. (2015), Science

- 問題の経緯
- マイクロプラスチック汚染の現状、動態
- マイクロプラスチックの生物影響
- 有害化学物質曝露源としてのマイクロプラスチック
- マイクロプラスチック汚染のトレンド
- 国際的対応・対策

## 国際的には予防原則に基づく対応がとられている

マイクロプラスチックのリスクについて不確かなことあるが、国際的には**予防原則の立場**から、対策は進められています。

今、野生生物や人間に目に見える影響が出ていなくても、とれる対策があれば、対策をとる

←何も手を打たなければ、  
海洋プラスチック汚染は深刻化

←海洋のマイクロプラスチックは除去できない

# 海洋プラスチック汚染低減のための具体的対策

- ・海岸、河岸、街、の**清掃**(行政、ボランティア)
- ・**リサイクル**の促進 (社会的なシステムの開発と実装)
- ・再使用・リサイクルが容易になるような商品や包装(簡易包装も含む)を生産者や流通業者がとり組むように指導、規制
- ・**使い捨てプラスチック(特に、レジ袋)の使用規制**
- ・紙や木などの**バイオマスの高度利用**の促進
- ・**バイオマスベースのプラスチック**の利用促進
- ・**生分解プラスチック**の改良と陸上での処理装置での分解促進
- ・市民の意識の**3R(削減第一)**の意識啓発

パリ協定(温暖化ガスの実質的排出ゼロ)や他の環境問題対策との整合性

# 国際的には予防原則的に動いている

2015年12月 アメリカで**マイクロビーズ**配合禁止の  
連邦法成立

---

2014年8月：米カリフォルニア州で**レジ袋**禁止の法案成立

2014年11月：EUが加盟国へレジ袋削減案策定を義務づけ

2025年までにレジ袋の消費を  
1人1年40枚まで削減がEUの目標

日本では年間300億枚以上のレジ袋が使われている。  
1人あたりでは年間300枚

2016年： イギリスで**レジ袋**に課税

世界20カ国以上で  
規制が行われている

---

# 世界20カ国以上でレジ袋規制が行われている

ポリエチレン：汚染物質を吸着しやすい

軽い → 浮いて遠くまで運ばれる

薄い → マイクロプラスチックになりやすい

Table 1. 世界各国でのレジ袋規制

使用禁止	有料化	課税
France	Sweden	Denmark
Italy	Finland	Belgium
Eritrea	The Netherlands	Luxembourg
Rwanda	Germany	Iceland
Bhutan	Australia	Ireland
Bangladesh	Spain	
Cameroon	Botswana	
Kenya	South Africa	
	Korea	
	China	
	UK	

# 国際的には予防原則的に動いている

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（2020年より）

使い捨てプラスチックの削減は温暖化対策にもつながる。  
コベネフィット

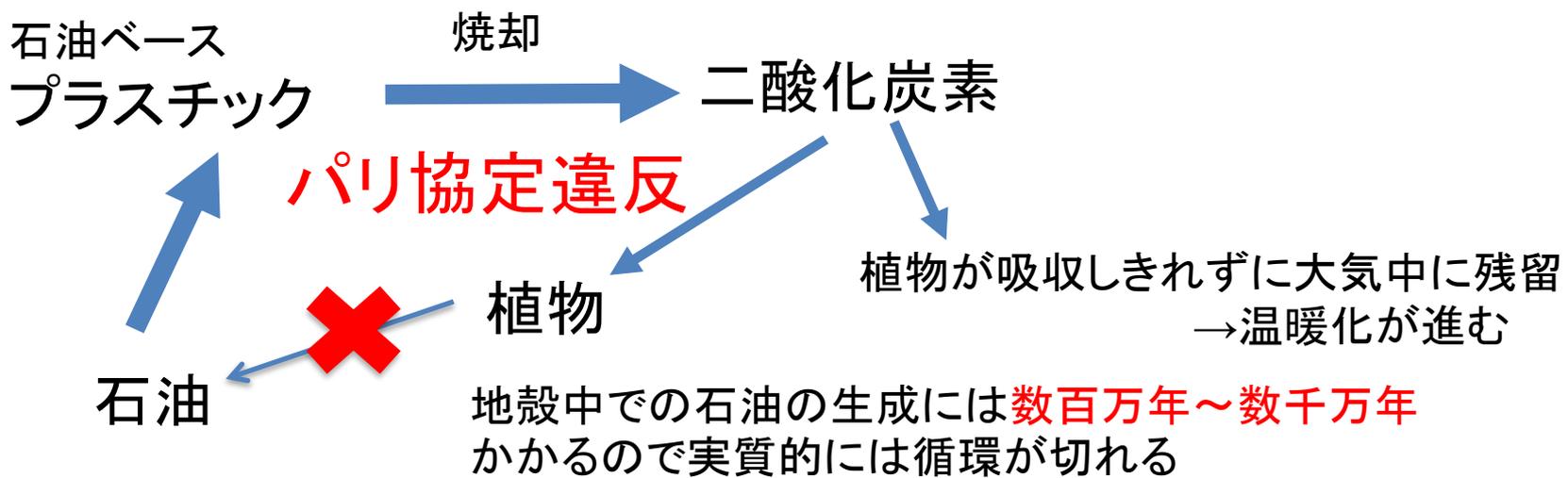
日本ではプラゴミ焼却発電が行われているが、それはパリ協定に反する。

**パリ協定**では

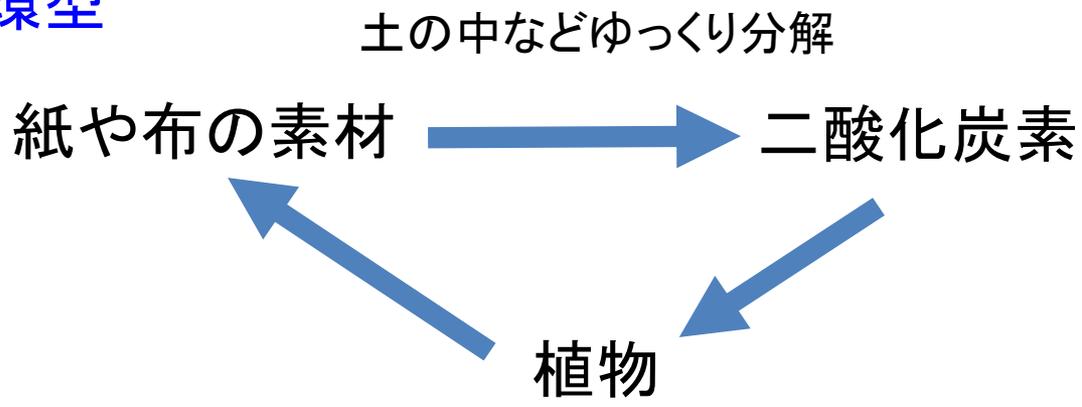
「**実質的な二酸化炭素の発生をゼロにする**」ことを目指している。

# 石油ベースのプラスチックは循環型でない→ バイオマスベースの素材は循環型である。

## 一方通行、温暖化が進む



## 循環型





## 有機物の燃焼による ダイオキシンの生成

- 低温 (330°Cでの生成が最大)
- 低酸素
- 塩素の存在

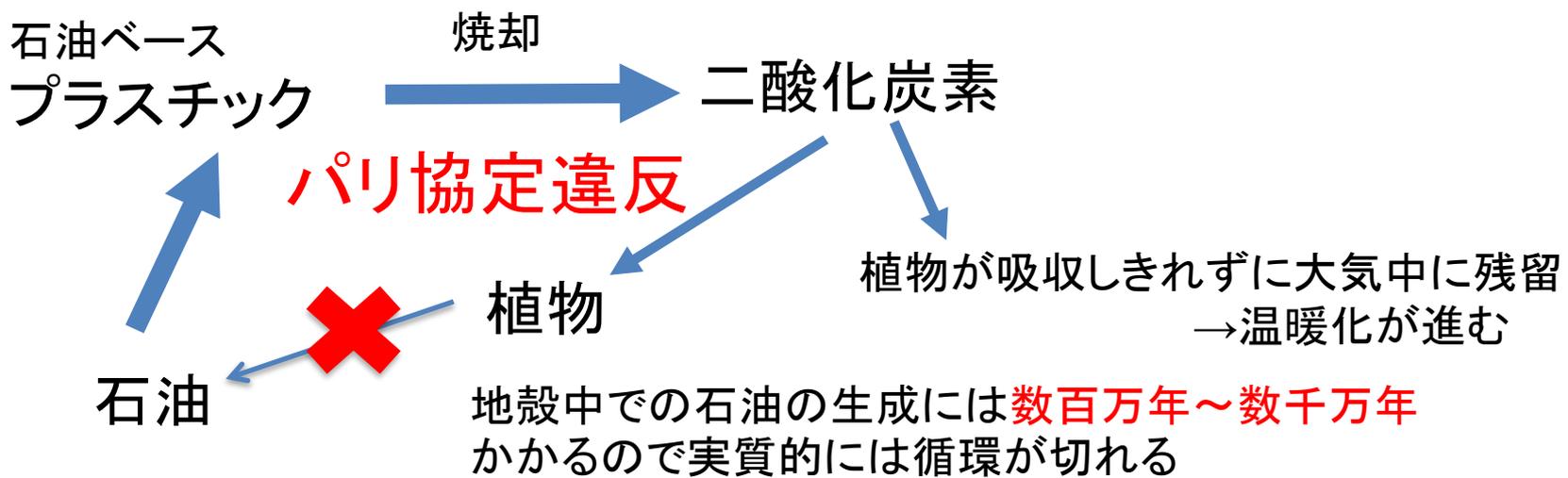


40万人の都市のゴミを焼却するためには、**焼却炉の建設に100億円**かかり、**運転には年間2億円以上**かかります。**焼却炉の寿命は30年程度**ですので、また30年後に100億円の建設費を用意しなければいけません。現在の技術力をもってすれば、有害物質を煙として排出しない焼却炉の建設は可能です。しかし、費用が膨大にかかります。海外では、バグフィルタの交換費が払えずに、停止しているゴミ焼却炉もあるということです。

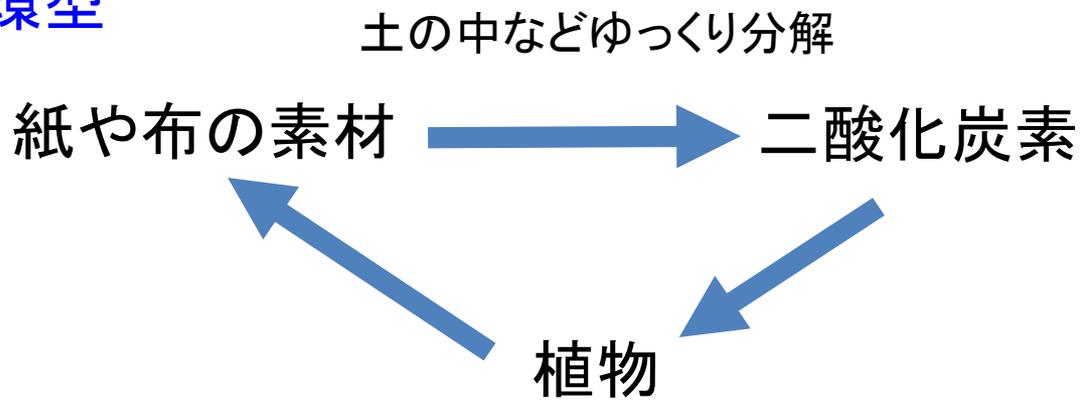
さらに、古い焼却炉の解体も必要で、**高濃度のダイオキシンや重金属が含まれ廃焼却炉の解体にはさらに莫大な費用**がかかりますし、危険性も伴います。持続可能な方法でしょうか？莫大な借金と危険物を将来の人類に押しつけてよいのでしょうか？

# 石油ベースのプラスチックは循環型でない→ バイオマスベースの素材は循環型である。

## 一方通行、温暖化が進む



## 循環型



プラゴミはリサイクル。紙や木はコンポスト。  
ゴミは燃やさず肥料にして循環。

Combustion → Compost



大量消費、大量リサイクルは持続的か？

「リサイクルのコストはリサイクルしてできた製品による利益よりも大きい」

人口22万人の市でペットボトル、プラゴミを収集・運搬する費用として、それぞれ年間1億円、2億円かかる

(6) 収集運搬費

(単位：円)

項目 \ 年度	22	23	24	25	26
可燃ごみ収集運搬委託料	491,646,860	491,646,860	491,646,858	491,646,682	505,693,730
不燃ごみ収集運搬委託料	94,547,470	94,547,470	94,547,476	94,547,438	97,200,000
ビン類収集運搬委託料	189,094,944	189,094,944	189,094,952	189,094,878	194,497,588
ペットボトル収集運搬委託料	94,547,324	94,547,324	94,547,476	94,547,438	97,248,600
カン類収集運搬委託料	189,094,944	189,094,944	189,094,952	189,094,878	194,497,588
プラスチック収集運搬委託料	189,094,944	189,094,944	189,094,952	189,094,878	194,497,588
粗大ごみ収集運搬委託料	35,872,794	35,872,794	35,872,804	35,872,778	44,818,920
牛乳パック収集運搬委託料	2,835,000	2,835,000	2,835,000	2,835,000	2,916,000
合計	1,286,734,280	1,286,734,280	1,286,734,470	1,286,733,970	1,331,370,014

# 国連でも議論され、海のプラスチック汚染が国際的に共通した懸念に



第17回「海洋及び海洋法に関する  
国連総会非公式協議プロセス  
(ICP)」

2016年6月13日～17日



ニューヨーク 国連本部

# マイクロプラスチック国際条約についても議論が始まる



## Marine Litter Advisory Group Meeting

9<sup>th</sup> - 11<sup>th</sup> May 2017, Windsor Golf Hotel & Country Club Nairobi-Kenya





THE  
**OCEAN**  
**CONFERENCE**  
UNITED NATIONS, NEW YORK, 5-9 JUNE 2017



Side event

# 3 R as the Basis for Moving Towards **Zero Plastic Waste** in Coastal and Marine Environment

“Issue of microplastics in the coastal and marine environment and 3R solutions” Hideshige Takada (Japan)



# 持続可能な開発目標



# 使い捨てプラ製品廃絶を要求 国連の「海洋会議」宣言案

東京新聞web版 2017年4月5日 08時52分

各国の閣僚らが6月に米ニューヨークの国連本部で海の持続的利用や資源保全について話し合うハイレベル会合「海洋会議」の宣言案が5日、明らかになった。深刻化するプラスチックごみによる海洋汚染を防ぐため、**レジ袋**や使い捨てプラスチックの廃絶を各国に求める。

再利用できる製品の普及や、環境中で分解されやすい生分解性プラスチックを使った代替品の開発を促す。生態系影響が懸念される微粒子状のマイクロプラスチック(マイクロビーズ)を歯磨きや洗顔料などに使わないようにすることも呼び掛ける。海のプラスチック汚染対策に国際社会が協力して取り組む姿勢を示す。

## [UNCRD Side Event at the UN Ocean Conference](#)

### 3R as the Basis for Moving Towards Zero Waste Plastics in Coastal and Marine Environment

# 海洋プラスチック汚染低減のための具体的対策

- ・海岸、河岸、街の清掃（行政、ボランティア）
- ・リサイクルの促進（社会的なシステムの開発と実装）
- ・再使用・リサイクルが容易になるような商品や包装（簡易包装も含む）を生産者や流通業者がとり組むように指導、規制
- ・使い捨てプラスチック（特に、レジ袋）の使用規制
- ・紙や木などのバイオマスの高度利用の促進
- ・バイオマスベースのプラスチックの利用促進
- ・生分解プラスチックの改良と陸上での処理装置での分解促進
- ・市民の意識の3R(削減第一)の意識啓発

プラスチック  
大量消費社  
会からの  
脱却

# プラスチックによる汚染低減のために今、市民ができること

- ・3Rの3つのRにも優先順位がある

Reduce > Reuse > Recycle

削減 > 再使用 > リサイクル > (プラゴミ発電)

- ・プラスチック、  
特に使い捨てるものの使用を極力避ける、断る。  
Refuse

レジ袋、ペットボトル飲料、ストロー、使い捨て弁当箱等

No single-use plastic!

## 参考：東京農工大学のオンライン講義

- 海のプラスチック汚染 <https://youtu.be/eIFPs42-oS4>  
生物への取り込み <https://youtu.be/c1YtVH6gfg4>  
化学物質 <https://youtu.be/xKmyP2rINsl>  
マイクロプラスチックとは [https://youtu.be/bUzIIHE\\_9NY](https://youtu.be/bUzIIHE_9NY)  
マイクロプラスチックの魚への取り込み <https://youtu.be/CnHiRrj4Tfl>  
対策 <https://youtu.be/FoqfaBMHG6o>