

石垣島 伊野田地区

平成30年8月31日
LRI研究報告会シンポジウム

Marine Plastic Pollution

～海洋プラスチック汚染に対する学界の取り組み～

磯辺篤彦 (九州大学・応用力学研究所)



本日の話題

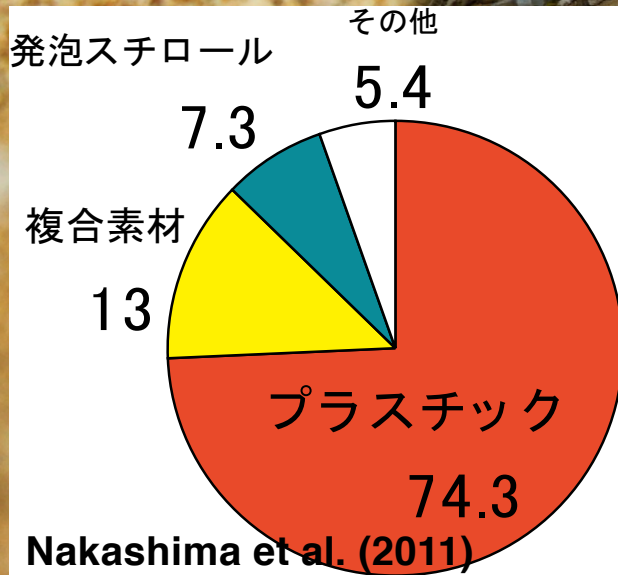
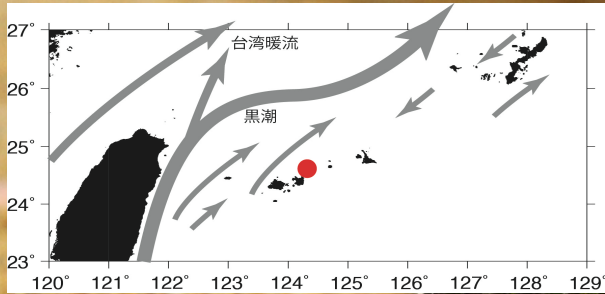
- (1) マイクロプラスチックとは何か
- (2) 何が問題か
- (3) 研究の現状と今後

本講演で紹介する私たちの研究は

H19-H21 環境省推進費D-071(代表：磯辺)、H22-H24 環境省推進費B-1004(代表：磯辺)、
H27-H29 環境省推進費4-1502(代表：磯辺)で行われました。

(1) マイクロプラスチックとは何か

海岸漂着ごみの約70%は廃プラスチック
(Derraik, 2002)



沖縄県・石垣島・平久保地区 (2012年撮影)

Plastic waste inputs from land into the ocean

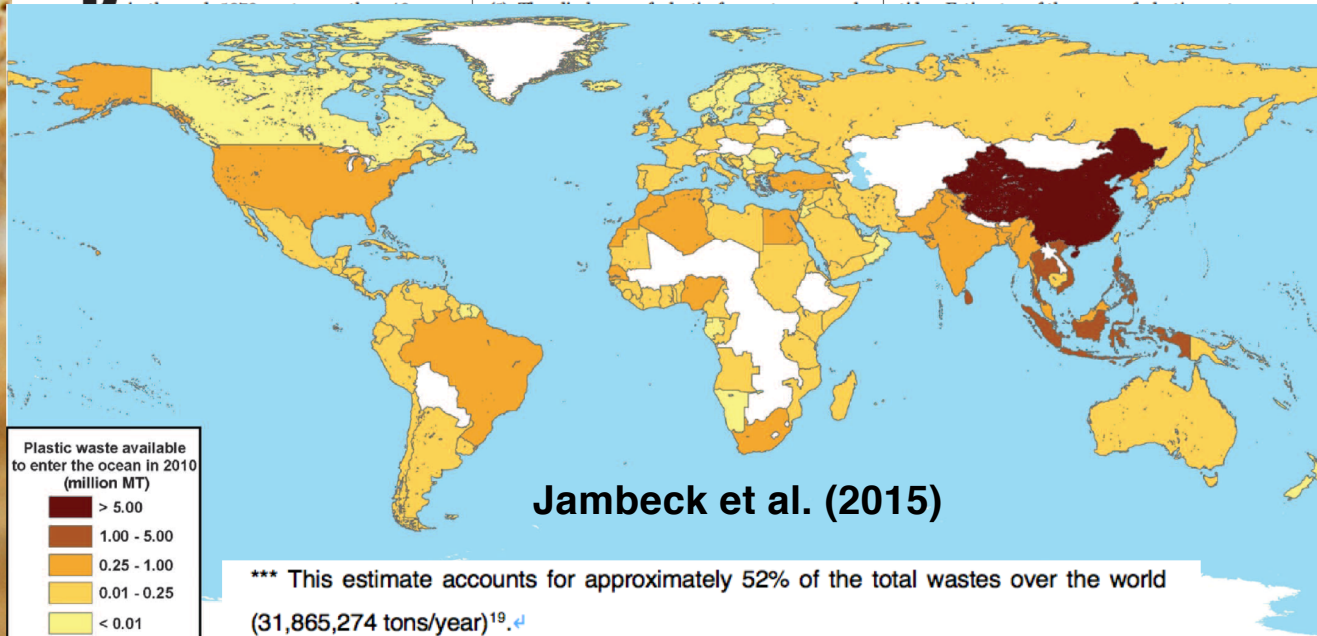
Jenna R. Jambeck,^{1*} Roland Geyer,² Chris Wilcox,³ Theodore R. Siegler,⁴ Miriam Perryman,¹ Anthony Andrady,⁵ Ramani Narayan,⁶ Kara Lavender Law⁷

Plastic debris in the marine environment is widely documented, but the quantity of plastic entering the ocean from waste generated on land is unknown. By linking worldwide data on solid waste, population density, and economic status, we estimated the mass of land-based plastic waste entering the ocean. We calculate that 275 million metric tons (MT) of plastic waste was generated in 192 coastal countries in 2010, with 4.8 to 12.7 million MT entering the ocean. Population size and the quality of waste management systems largely determine which countries contribute the greatest mass of uncaptured waste available to become plastic marine debris. Without waste management infrastructure improvements, the cumulative quantity of plastic waste available to enter the ocean from land is predicted to increase by an order of magnitude by 2025.

Reports of plastic pollution in the ocean first appeared in the scientific literature (1), based only on discharges from ocean vessels, military operations, and ship casualties

Plastics in the marine environment are of increasing concern because of their persistence and effects on the oceans, wildlife, and, potentially, humans (6). Plastic debris occurs on coastlines, in Arctic sea ice, at the sea surface, and on the sea floor (7, 8). Weathering of plastic debris causes fragmentation into particles that even small marine invertebrates may ingest (9). Its small size also renders this debris untraceable to its source and extremely difficult to remove from open ocean environments, suggesting that the most effective mitigation strategies must reduce inputs.

We estimated the annual input of plastic to the ocean from waste generated by coastal populations worldwide. We defined mismanaged waste as material that is either littered or inadequately disposed. Inadequately disposed waste is not formally managed and includes disposal in dumps or open, uncontrolled landfills, where it is not fully contained. Mismanaged waste could eventually enter the ocean via inland waterways, wastewater outflows, and transport by wind or



~マクロプラスチック
元の製品が判別できる程度の大きさ

投棄プラスチック重量
31,865,274 MT/year

東アジア+東南アジア
~18,000,000 MT/year (~55%)

表1 国別の海洋投棄プラスチック重量 (10位まで; Jambeck et al., 2015)

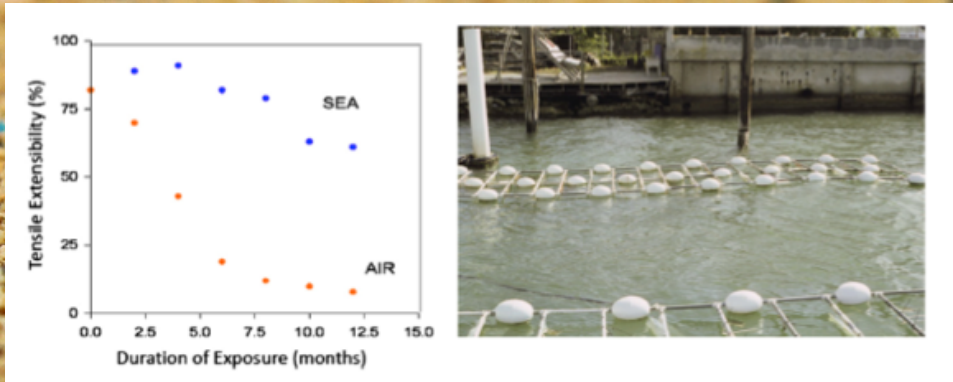
順位	国名	2010年の廃棄プラスチック重量(トン/年)
1	中国	8,819,717
2	インドネシア	3,216,856
3	フィリッピン	1,883,659
4	ベトナム	1,833,819
5	スリランカ	1,591,179
6	タイ	1,027,739
7	エジプト	967,012
8	マレーシア	936,818
9	ナイジェリア	851,493
10	バングラデッシュ	787,327

(1) マイクロプラスチックとは何か

プラスチックゴミは海岸での紫外線や温度差、物理的な摩耗によって微細片化する

～マクロプラスチック

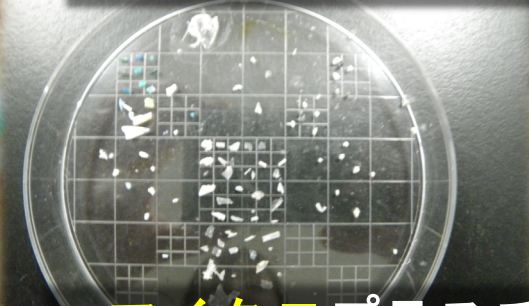
元の製品が判別できる程度の大きさ(撮影：石垣島・平野海岸)



海水中と大気中に放置したプラスチックの引張強度の時間変化 Andrady (2011)

～メソプラスチック

5mm<大きさ程度の微細片(撮影：石垣島・伊野田海岸)



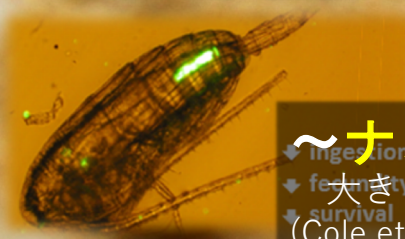
～マイクロプラスチック

数μm<大きさ<5mm程度の微細片(採取：瀬戸内海・伊予灘)

ただし、マクロプラスチックからマイクロプラスチックに至る生成速度や微細片化の限界は不明

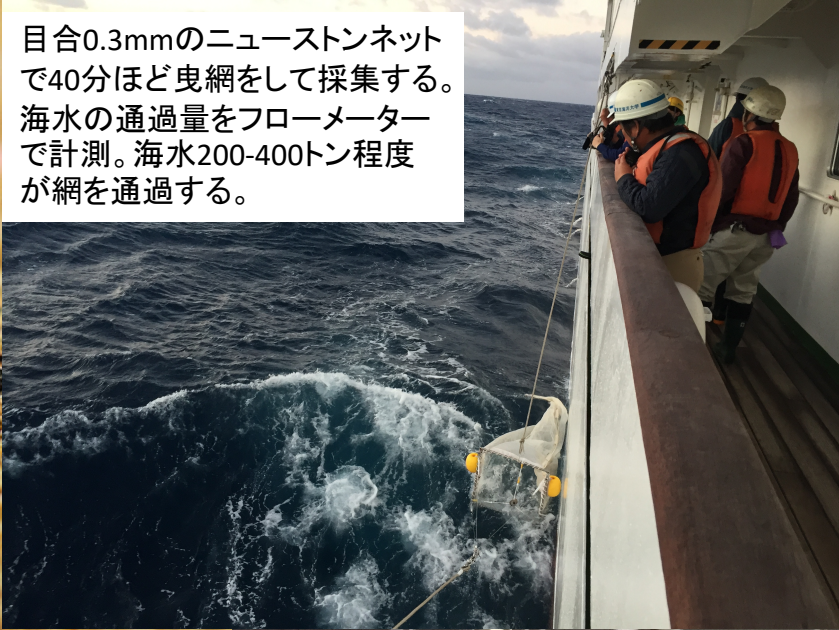
～ナノプラスチック

大きさ<数μm程度の微細片 (Cole et al., 2015)



(1) マイクロプラスチックとは何か

目合0.3mmのニューストーンネットで40分ほど曳網をして採集する。海水の通過量をフローメーターで計測。海水200-400トン程度が網を通過する。



~メソプラスチック

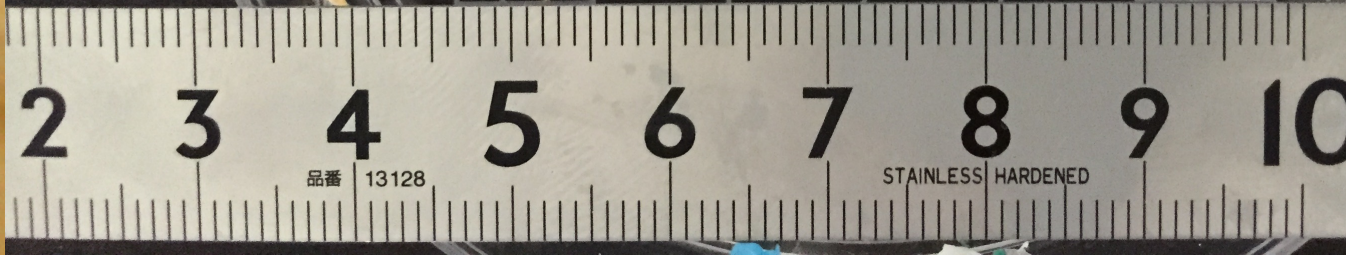
5mm < 大きさ程度の微細片

~マイクロプラスチック

数 μm < 大きさ < 5mm 程度の微細片

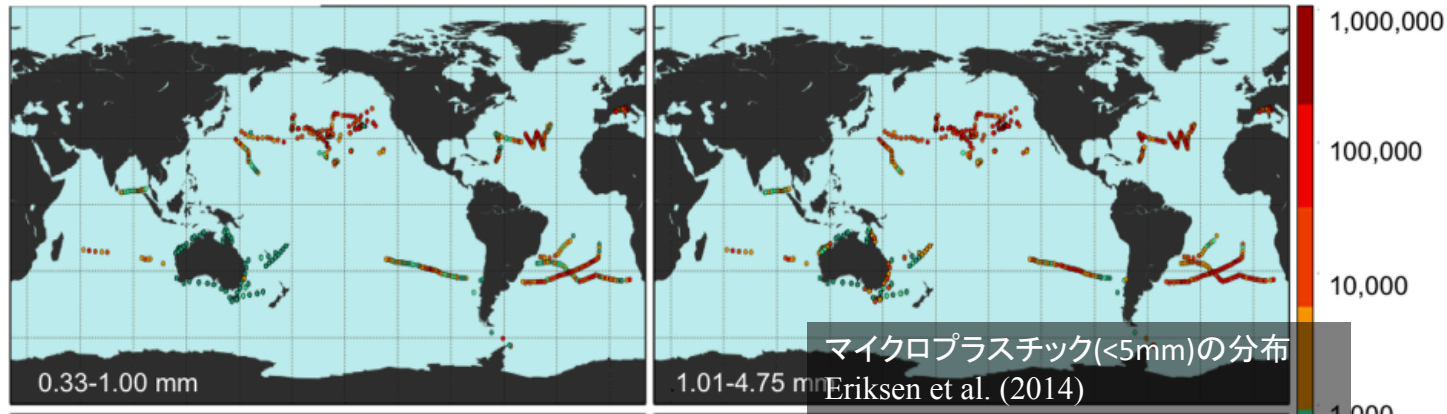


Secondary microplastics

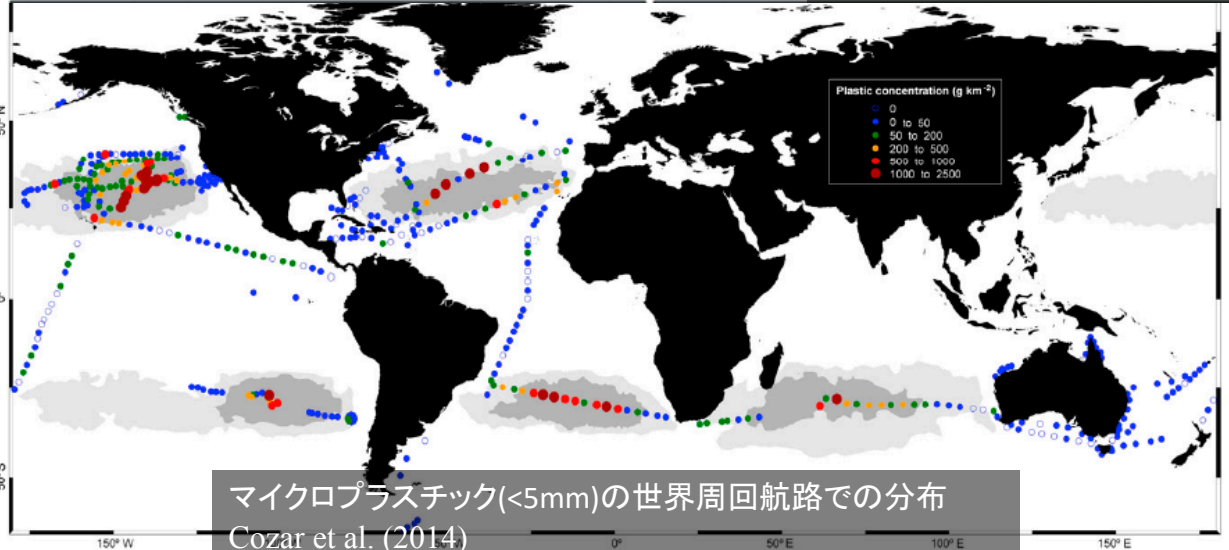


Primary microplastics



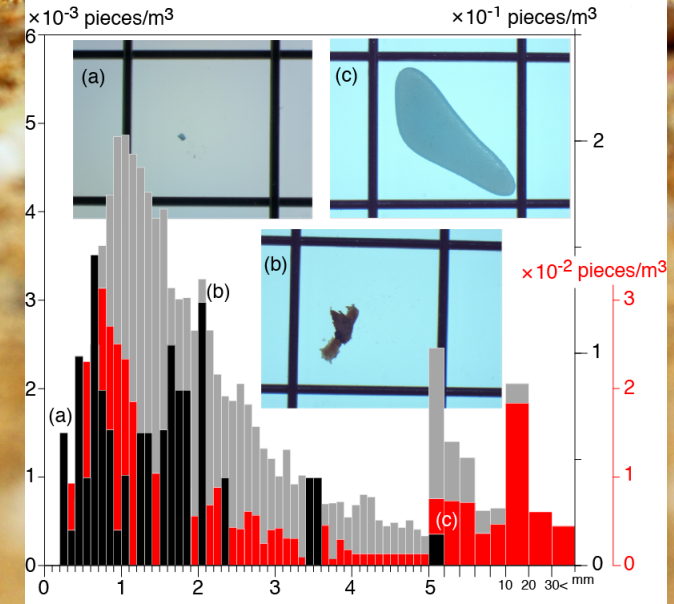
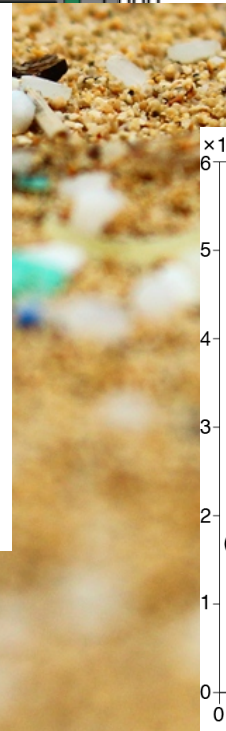
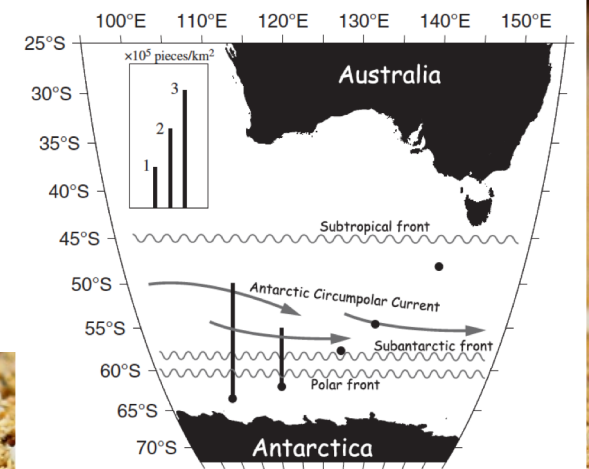


マイクロプラスチック(<5mm)の分布
Eriksen et al. (2014)



マイクロプラスチック(<5mm)の世界周回航路での分布
Cozar et al. (2014)

(2) 何が問題か



マイクロプラスチックは、世界の海に浮遊する

マイクロプラスチック南極海調査(2016年1-2月: Isobe et al. (2017))



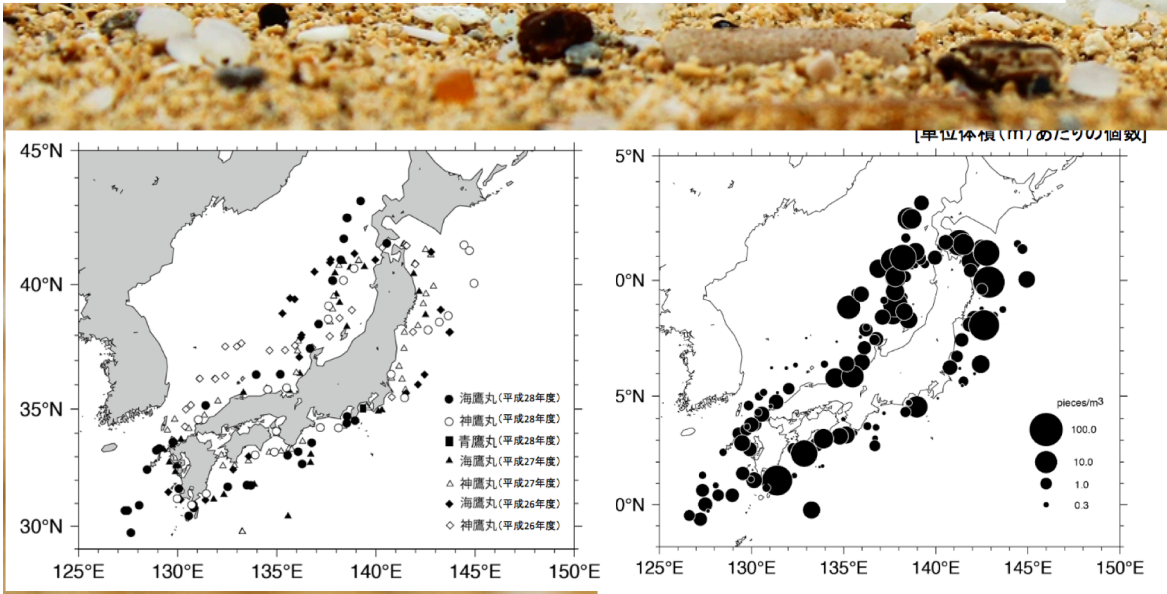
日本周辺のマイクロプラスチック浮遊濃度

East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics

Atsuhiko Isobe ^{a,*}, Keiichi Uchida ^b, Tadashi Tokai ^b, Shinsuke Iwasaki ^a

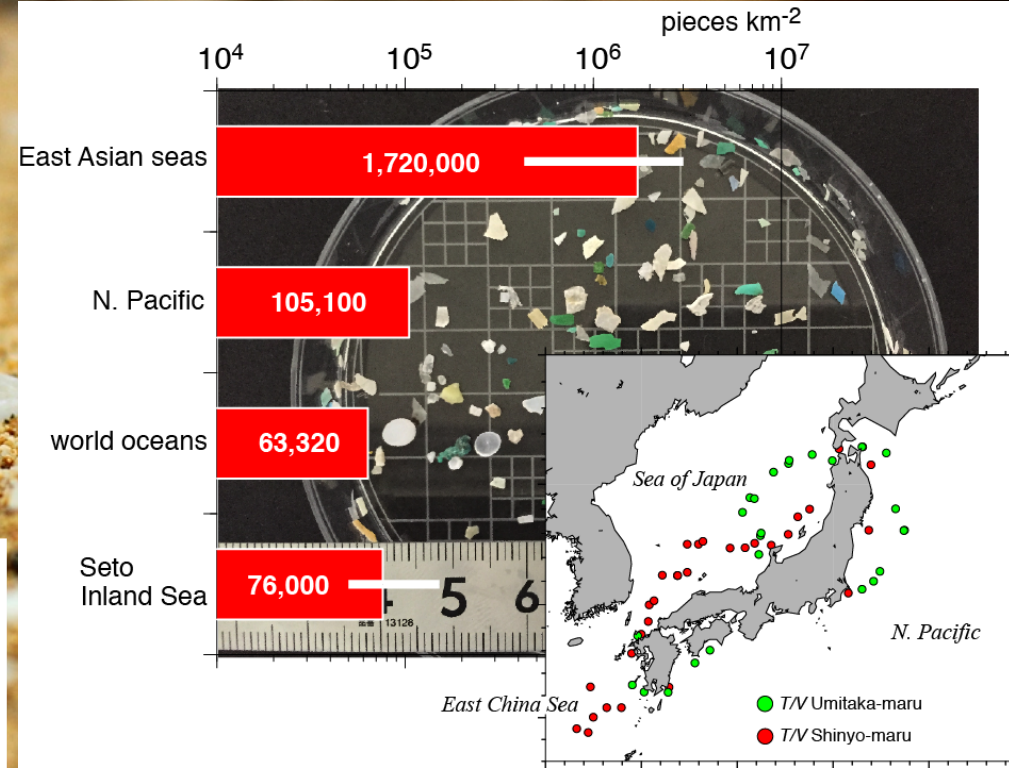
^a Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasuga-koen, Kasuga, Fukuoka 81-8580, Japan

^b Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan



環境省ウェブサイトで公開されている日本周辺のマイクロプラスチック浮遊濃度

(2) 何が問題か



観測した有義波高と海上風速を用いて、鉛直方向への分布を推定し、海面近くでの浮遊数(個/m³)を、鉛直積分値(個/km²)に換算。日本周辺の東アジア縁辺海は世界平均の**27倍の浮遊量(水柱浮遊数)**で、マイクロプラスチックの**hotspot**かもしれない

microplastics

eggs

zooplankton

zooplankton

zooplankton

1 mm

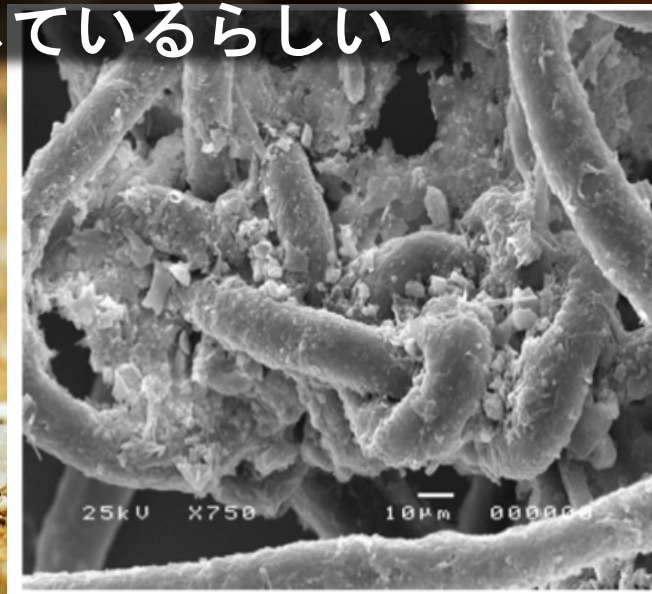
マイクロプラスチックは容易に海洋生態系に侵入する

Photo by Isobe Labo, RIAM, Kyushu Univ., JPN: <http://mep11.riam.kyushu-u.ac.jp>

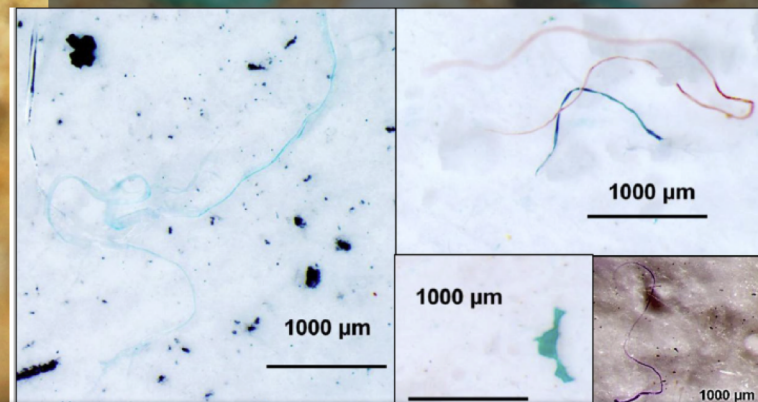
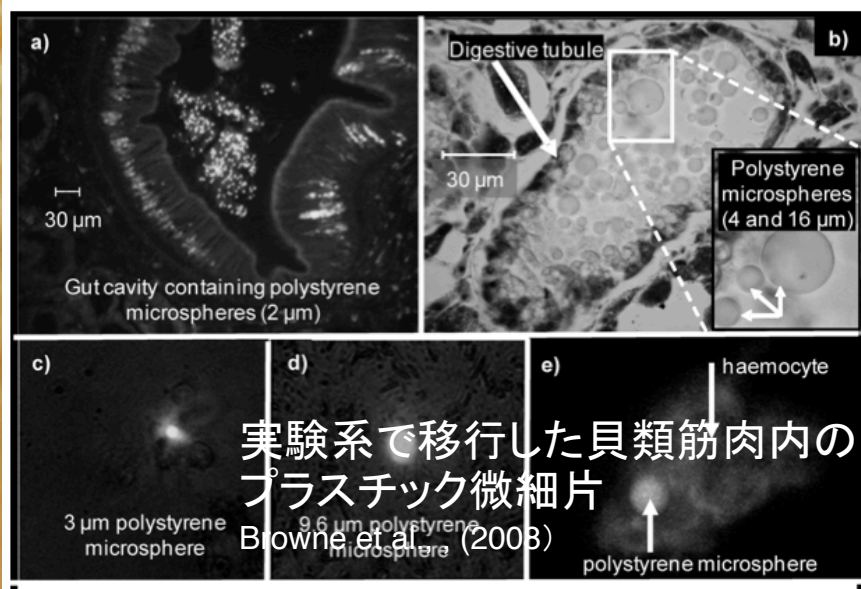


海洋生態系への侵入は、かなり進行しているらしい

(2) 何が問題か



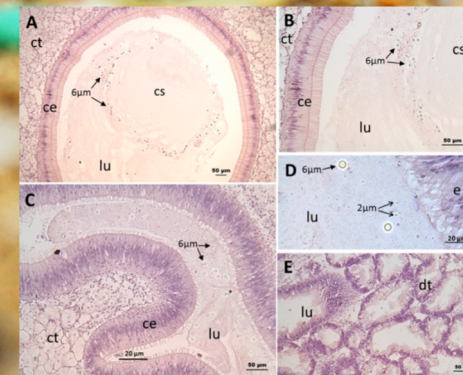
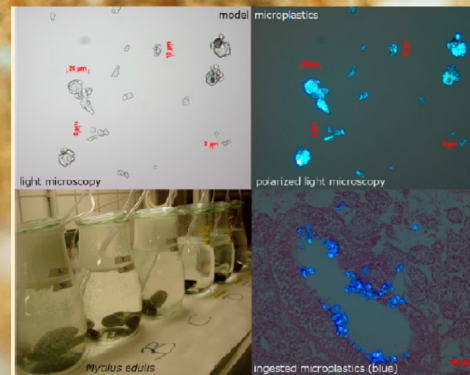
Clyde Sea (スコットランド西海岸)で採取した甲殻類の胃内
Murray & Cowie., (2011)



アイルランドに漂着した鯨の胃から採取したマイクロプラスチック
Lusher et al., (2015)

室内実験による海洋生物への毒性評価試験

Authors	species	Poly-mer	Size (μm)	additives	period	Concentration (mg/m^3)	damage
Sussarella et al. (2016)	Pacific Oyster	PS	8, 6		8 weeks	23	feeding modification/ reproductive disruption
Cole et al (2015)	Copepod s <i>Calanus</i>	PS	20	free	9 days	330	Impeding feeding
Moos (2012)	Blue mussels	HDPE	0~80	free	96 hours	2,500	Inflammatory response
Cauwenberghe et al. (2015)	Blue mussels	PS	10, 30, 90		14 days	4,800	ND
Avios et al. (2015)	mussels	PE,PS	<100		7 days	20,000	Inflammatory res.
Lee et al. (2013)	copepods	PS	0.05, 0.5, 6		<14 days	100~1000	death

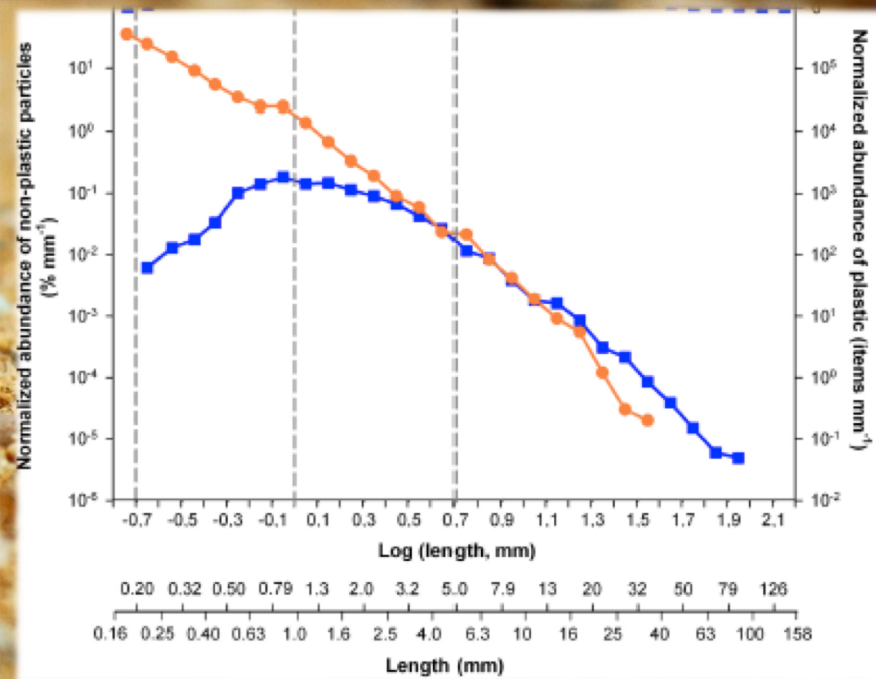
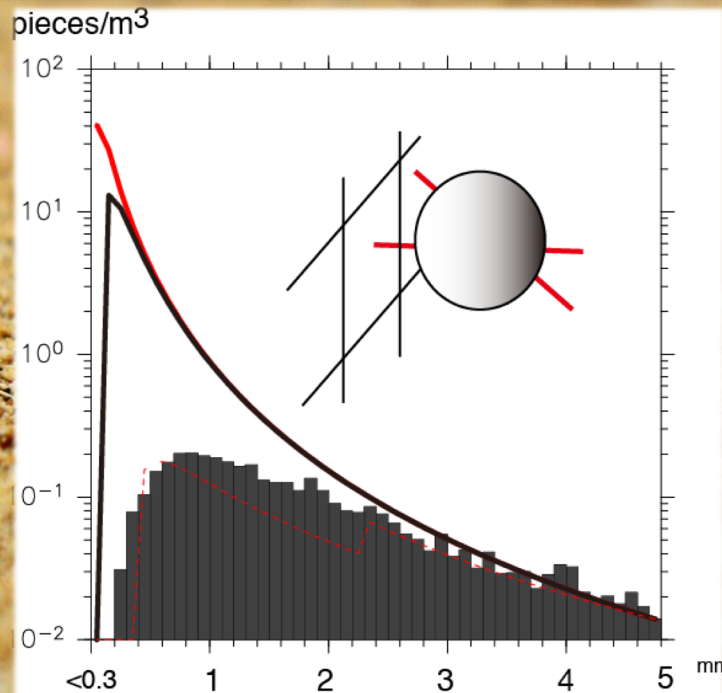


室内実験の結果を実海洋に敷衍するには、現状の浮遊濃度の監視や将来の見通しが必要である。加えて、微細片化の程度を正しく認識する必要がある。

- **マイクロプラスチックの浮遊は世界中の海で確認される** (世界横断航路、南北太平洋の縦断航路、縁辺海や沿岸海洋に多数の研究報告あり)。 → どの程度 というのは、続けての話題提供で。
- **マイクロプラスチックの海洋生物への進入は、すでに進行している** (鯨から動物プランクトンに至る海洋生物の体内から、さらには市販されている魚からマイクロプラスチックの採取を報告した多数の研究例がある)。
- **マイクロプラスチックを介して、化学汚染物質は生態系へ移行する**。(プラスチック表面に吸着した汚染物質の検出には、高田教授のグループなど、数多くの研究報告がある)。
- **マイクロプラスチックを誤食した海洋生物(あるいは誤食した海洋生物を、さらに摂食した生物)には、ダメージが現れる?** (まだ研究例が少ない。幾つかの実験報告があるが、否定的な研究(Gouin et al., 2011; Koleman et al., 2013)もある。実海域での報告もない。ただ、実海洋でダメージが顕在化していれば、そもそもマイクロプラスチックは回収不可能であって、すでに手遅れと言える)。
- **ダメージを定量する実験を信頼できるものにするためには、実海洋でのマイクロプラスチックの浮遊現存量(観測)と、将来の浮遊量の推定(数値シミュレーション)が重要である。**

“海洋プラスチック循環”が未知

(3) 研究の現状と今後



日本周辺航路で表層採取されたマイクロプラスチックのサイズ別密度をみると、1mm以下のtiny microplasticsが急速に減少していることがわかる(瀬戸内海も同様)。同様の指摘はCozar et al. (2014)でもなされている。同じ大きさの動物プランクトンは採取できることより、ニューストーンネットの網目から抜けたわけではない？

小さなマイクロプラスチックは海面近くから姿を消す。海に流出した廃プラスチックは、最終的に行方しれずとなってしまう。

投棄される廃プラスチック量は3000万トン/年(うち、海洋へは最大40%程度が流出) >> 海洋ゴミの総量(数十万トンと言われている, Eriksen et al, 2014)

“海洋プラスチック循環”が未知

(3) 研究の現状と今後

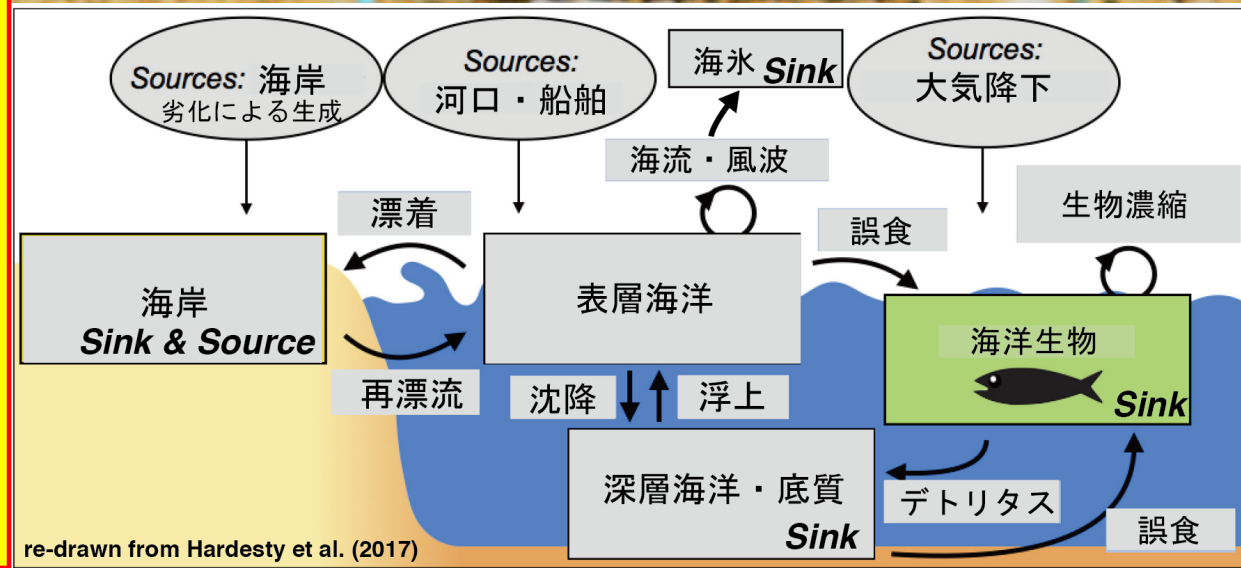
プラスチックは分解しないが、海洋表層の「保存物質」でもない

生物付着による表層海洋からの沈降、海洋生物への誤食による吸収、海岸との交換過程、海水への取り込みなど、まだまだ未知のmissing sinkが多い。

海洋物理だけとってみても、海流とストークスドリフトによる複合輸送、海洋表層での乱流過程など、チャレンジングなテーマ

マイクロプラスチックのエミッション(発生)過程の探求とモデルへの組み込み

- プラスチックごみは、どのような環境下で微細片化するのか？
- プラスチックごみは、どの程度の期間で、マイクロプラスチックになるのか？(地球環境において<60年であることは確か)
- どの程度の大きさまで微細片化するのか。数 μm やナノサイズのプラスチック片は、本当に海洋に浮遊しているのか？(10 μm 程度までのマイクロプラスチックは、指数関数的に数を増やして浮遊)



現在、海洋プラスチック汚染研究に参画している研究コミュニティは、世界を見渡しても、海洋学(物理・化学・生物)・環境化学・環境毒性学分野であって、これらの問題には対応できない。
プラスチック工業界の貢献に期待します。

海洋プラスチックごみに係る動態・環境影響の体系的解明と計測手法の高度化に係る研究

～1億/年×3年

プロジェクトリーダー・テーマ1リーダー 磯辺篤彦（九州大学応用力学研究所大気海洋環境研究センター教授）
テーマ2リーダー 高田秀重（東京農工大学農学部環境資源科学科教授）
テーマ3リーダー 東海 正（東京海洋大学副学長/教授）

海洋プラスチック循環の解明と生態系への影響予測

1. 海洋プラスチック循環の解明

海洋表層を浮遊するマイクロプラスチックは、想定される量より少なく、どこかに消失していると考えられる（missing sinkの存在）。海中や海底での分布実態は明らかではない。

2. 海洋生態系への影響評価

吸着する汚染物質の実態は明らかになりつつあるが、添加物に関する知見や、何より生態系への影響評価は十分ではない。

3. マクロ/マイクロプラスチック観測の効率化・高度化

現在の計測方法が手作業中心で効率が悪い。採集に用いるネットの網目のサイズに制限されて、より微細なマイクロプラスチックの浮遊実態がわからない。海岸でのマクロプラスチックの定量手法の開発が遅れている。

Biodegradable plastics are not the answer to reducing marine litter, says UN



Plastic bottles and garbage waste from a village in Timor-Leste wash on the shores of a river and then spill into the sea. UN Photo/Martine Perret

17 November 2015 – Widespread adoption of products labelled “biodegradable” will not significantly decrease the volume of plastic entering the ocean or the physical and chemical risks that plastics pose to marine environment, accord to a United Nations report released today.

The report, entitled [Biodegradable Plastics and Marine Litter. Misconceptions, Concerns and Impacts on Marine Environments](#), finds that complete biodegradation of plastics occurs in conditions that are rarely, if ever, met in marine environments, with some polymers requiring industrial composters and prolonged temperatures of above 50°C to disintegrate. There is also limited evidence suggesting that labelling products as “biodegradable” increases the public’s inclination to litter.

Its launch marks the 20th anniversary of the [Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities \(GPA\)](#), an intergovernmental mechanism hosted by the UN Environment Programme (UNEP).

“Recent estimates from UNEP have shown as much as 20 million tonnes of plastic end up

 Tweet

1.4K

 Like

10

331

 Share

 Print

(参考)

2015年11月の国連環境計画のレポートでは、生分解性プラスチックに否定的な見解

1. 一定の温度や湿度で管理された状態で分解するよう設計された生分解性プラスチックは、多様な自然環境下では分解しにくい。
2. 分解性プラスチックといえど微細片となって海洋を漂えば、環境負荷はマイクロプラスチックと同じ。
3. 捨てるのも良いというモラルの低下

それでも、上記項目をクリアする製品開発には期待したい。