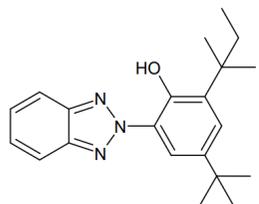
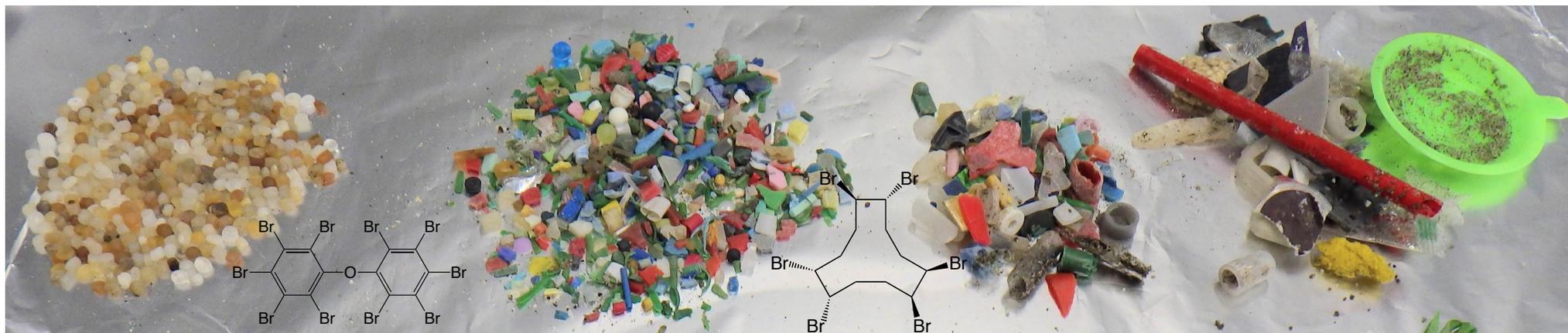


国際プラスチック条約に向けて マイクロプラスチック汚染、プラスチック中の 有害化学物質規制



高田秀重

東京農工大学 農学部



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



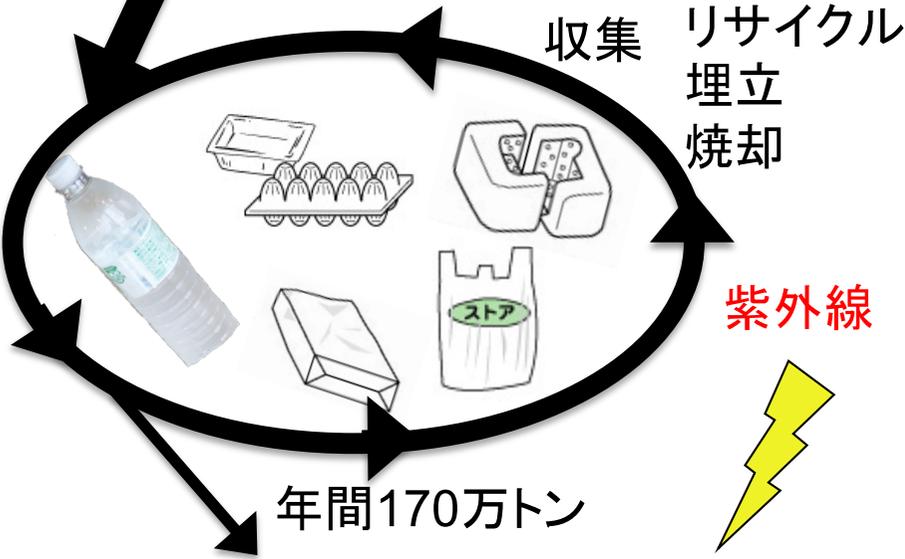
年間4億トンのプラスチックが生産されている。

石油産出量の8% - 10%がプラスチックに

そのうち半分は容器包装

2050年には20%に

海洋プラスチック汚染：
汚染の問題であると同時に、
温暖化の問題である。



紫外線

5 mm以下の
プラスチック

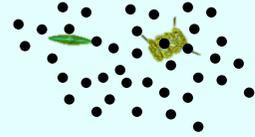
マイクロプラスチック



細片化



細片化



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



荒川河口

世界中でプラごみ汚染は問題に



ジャカルタ湾（インドネシア）

世界中でプラごみ汚染は問題に



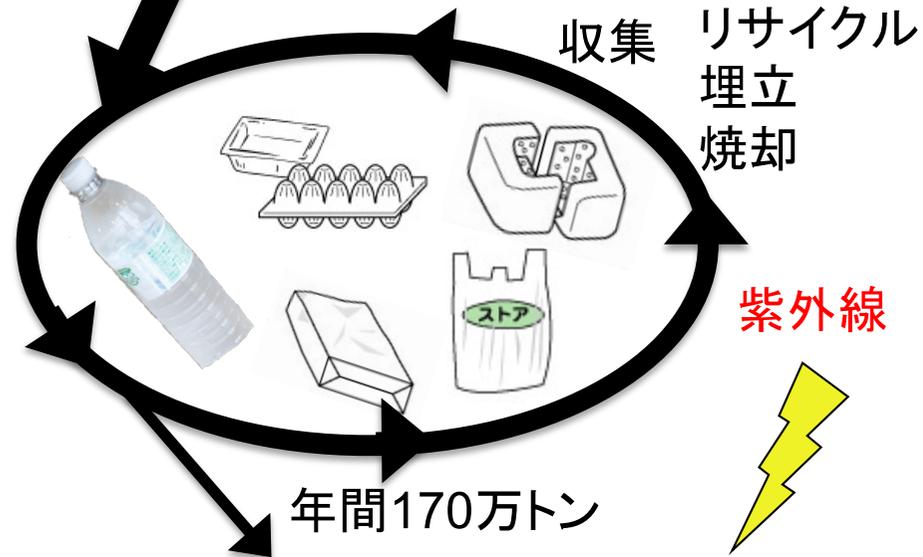
レバノン
ベイルート近郊の海岸



プラスチックは紫外線や物理的衝撃で劣化、破砕し、微細化する



プラスチックは紫外線や物理的衝撃で劣化、破砕し、微細化し、
マイクロプラスチックが生成する。



紫外線



紫外線



5 mm以下の
プラスチック

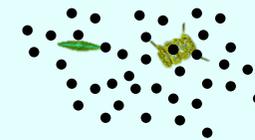
マイクロプラスチック



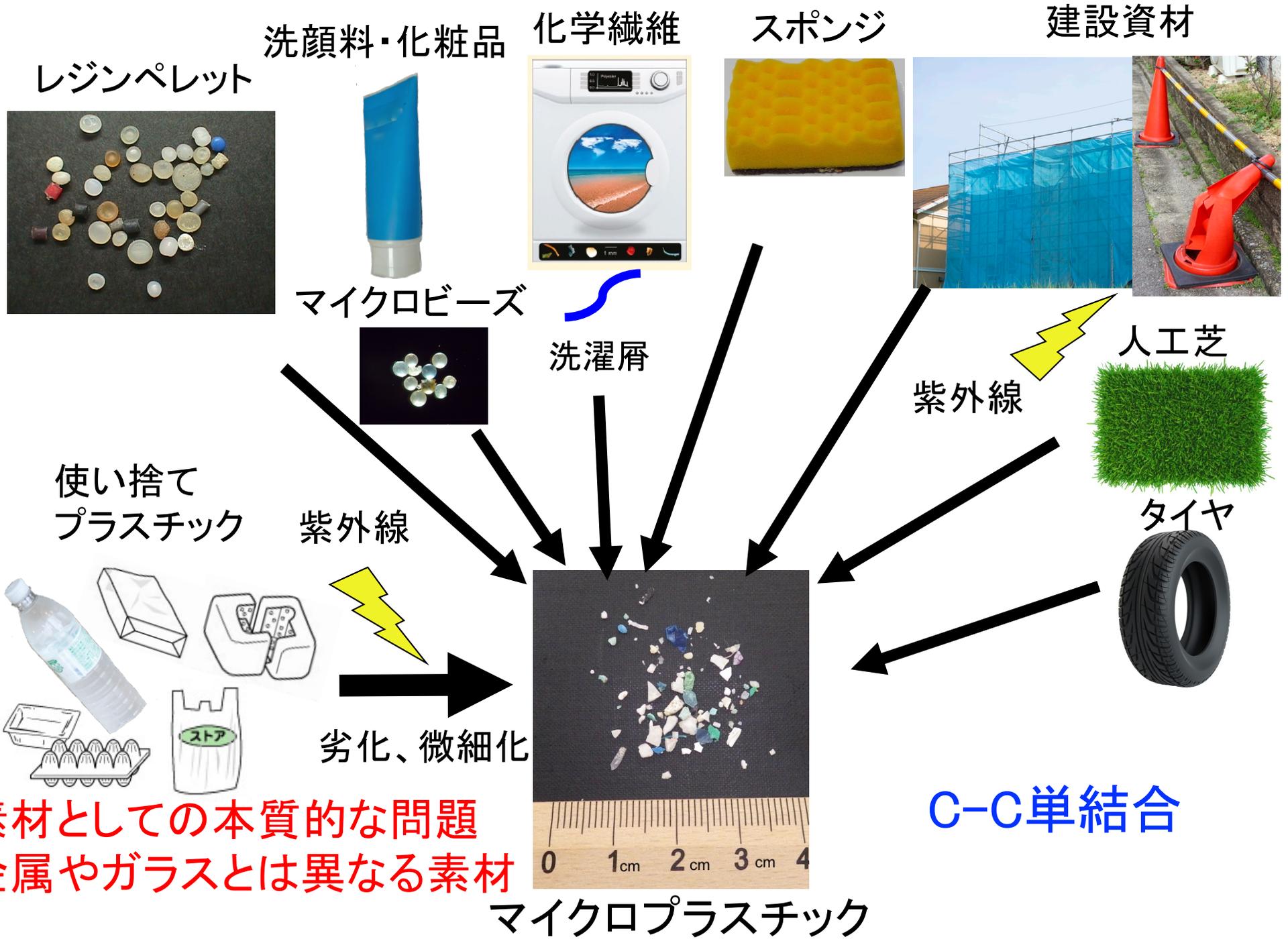
細片化



細片化



プラスチックの劣化、マイクロ/ナノプラスチックの生成は生産直後から始まる

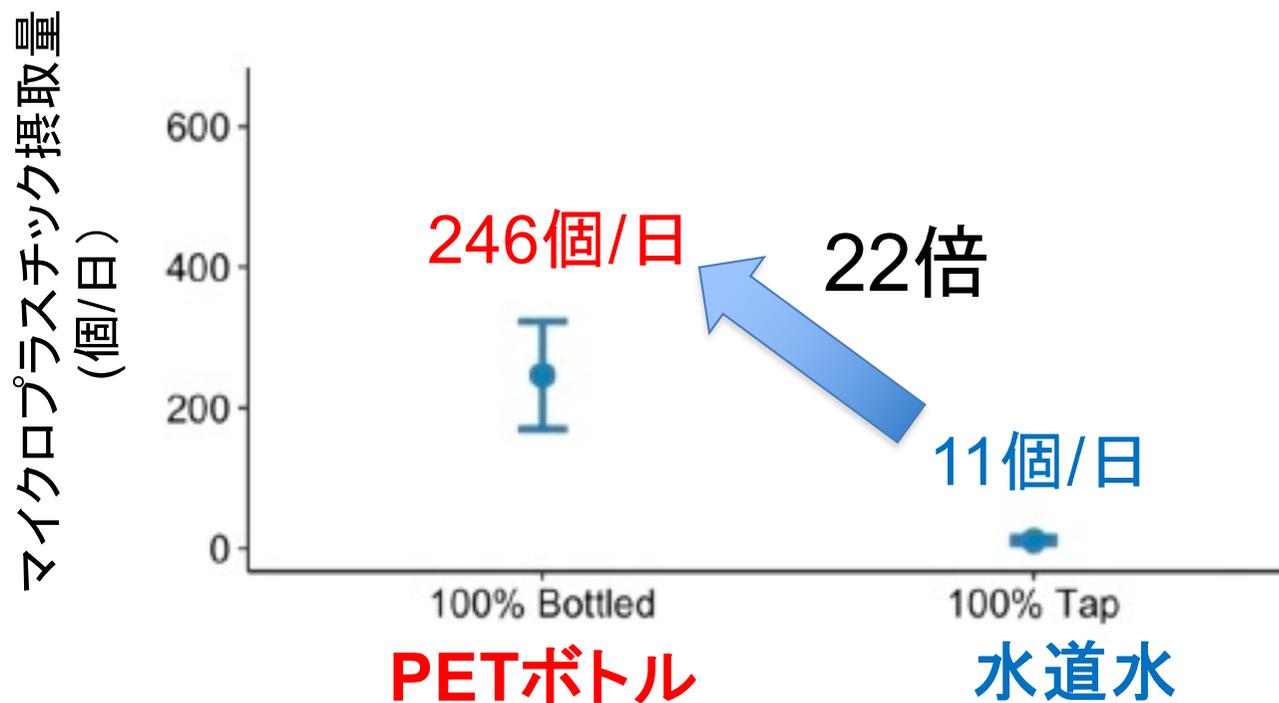


素材としての本質的な問題
金属やガラスとは異なる素材

ペットボトル1本に約50個のマイクロプラスチック含まれる

Human Consumption of Microplastics

Kieran D. Cox,^{*,†,‡,§} Garth A. Covernton,[†] Hailey L. Davies,[†] John F. Dower,[†] Francis Juanes,[†] and Sarah E. Dudas^{†,‡,§}



individuals who meet their recommended water intake through only bottled sources may be ingesting an additional 90000 microplastics annually, compared to 4000 microplastics for those who consume only tap water. These estimates are subject to



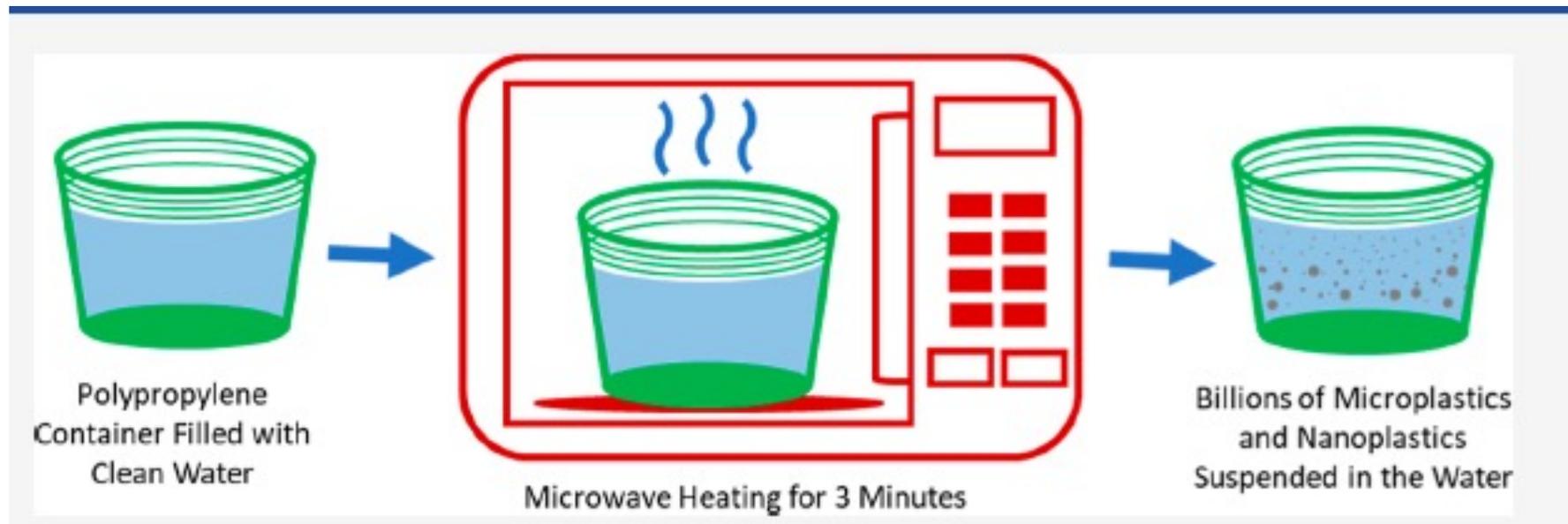
Rapid single-particle chemical imaging of nanoplastics by SRS microscopy

Naixin Qian^a , Xin Gao^a , Xiaoqi Lang^a, Huiping Deng^b, Teodora Maria Bratu^b, Qixuan Chen^c, Phoebe Stapleton^d , Beizhan Yan^{b,1} 

Plastics are now omnipresent in our daily lives. The existence of microplastics (1 μm to 5 mm in length) and possibly even nanoplastics ($<1 \mu\text{m}$) has recently raised health concerns. In particular, nanoplastics are believed to be more toxic since their smaller size renders them much more amenable, compared to microplastics, to enter the human body. However, detecting nanoplastics imposes tremendous analytical challenges on both the nano-level sensitivity and the plastic-identifying specificity, leading to a knowledge gap in this mysterious nanoworld surrounding us. To address these challenges, we developed a hyperspectral stimulated Raman scattering (SRS) imaging platform with an automated plastic identification algorithm that allows micro-nano plastic analysis at the single-particle level with high chemical specificity and throughput. We first validated the sensitivity enhancement of the narrow band of SRS to enable high-speed single nanoplastic detection below 100 nm. We then devised a data-driven spectral matching algorithm to address spectral identification challenges imposed by sensitive narrow-band hyperspectral imaging and achieve robust determination of common plastic polymers. With the established technique, we studied the micro-nano plastics from bottled water as a model system. We successfully detected and identified nanoplastics from major plastic types. Micro-nano plastics concentrations were estimated to be about $2.4 \pm 1.3 \times 10^5$ particles per liter of bottled water, about 90% of which are nanoplastics. This is orders of magnitude more than the microplastic abundance reported previously in bottled water. High-throughput single-particle counting revealed extraordinary particle heterogeneity and nonorthogonality between plastic composition and morphologies; the resulting multidimensional profiling sheds light on the science of nanoplastics.

ペットボトル1本に
12万個の
ナノプラスチックが

プラスチック製食品保存容器を電子レンジにかけると
1cm²から420万個のマイクロプラスチックが放出される



Assessing the Release of Microplastics and Nanoplastics from Plastic Containers and Reusable Food Pouches: Implications for Human Health

Kazi Albab Hussain, Svetlana Romanova, Ilhami Okur, Dong Zhang, Jesse Kuebler, Xi Huang, Bing Wang, Lucia Fernandez-Ballester, Yongfeng Lu, Mathias Schubert, and Yusong Li*

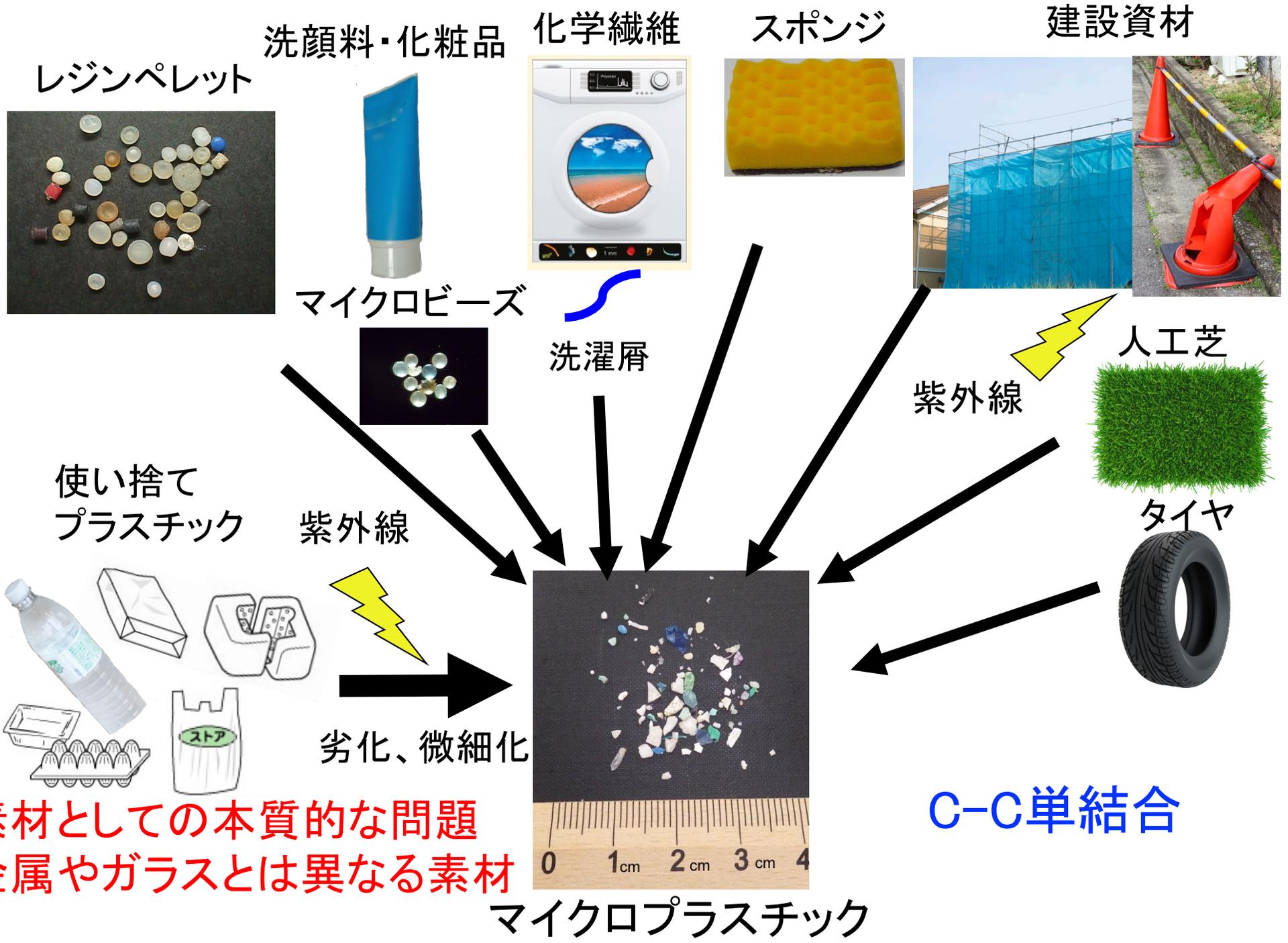


Cite This: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c01942>



Read Online

プラスチックの劣化、マイクロ/ナノプラスチックの生成は生産直後から始まる

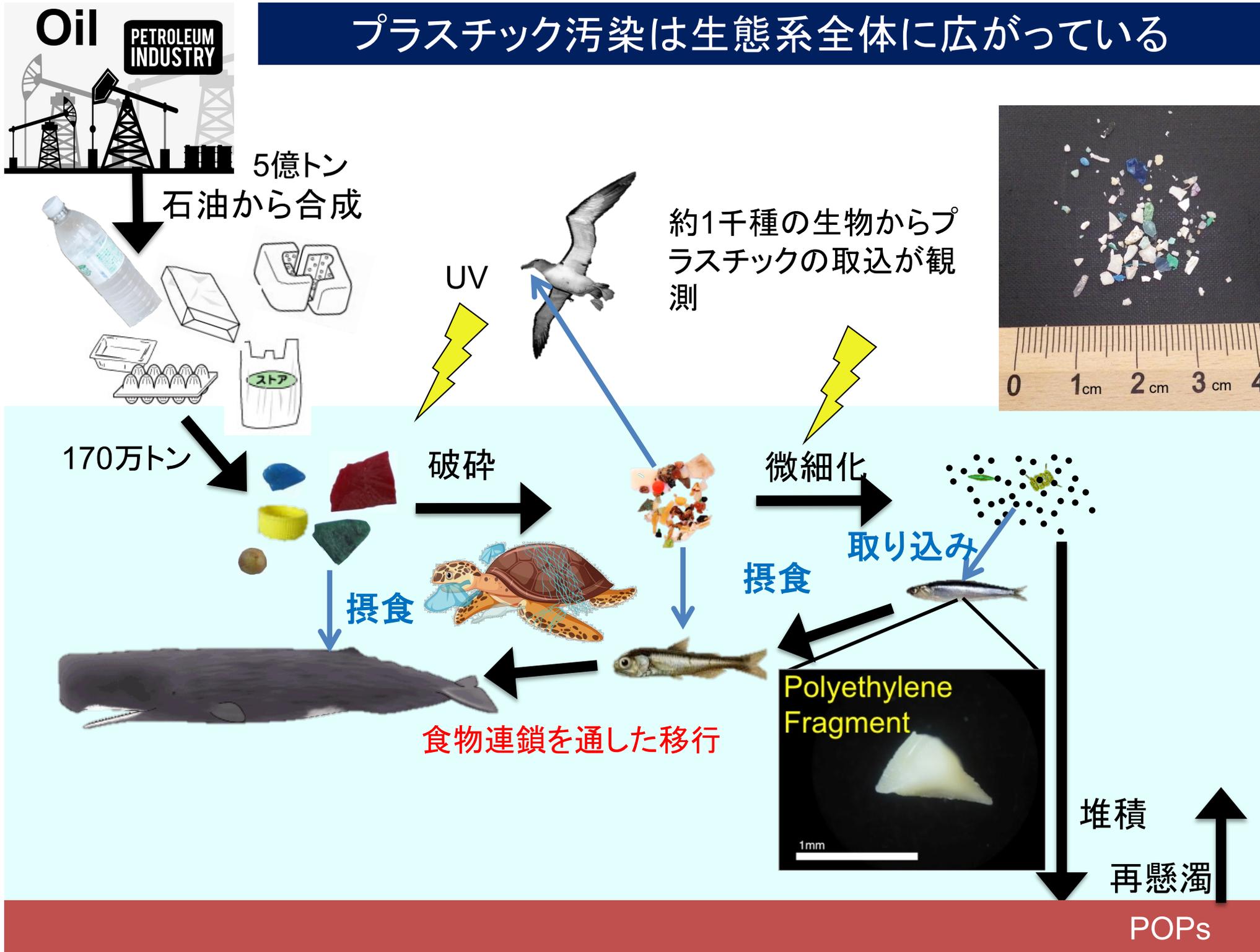


素材としての本質的な問題
金属やガラスとは異なる素材

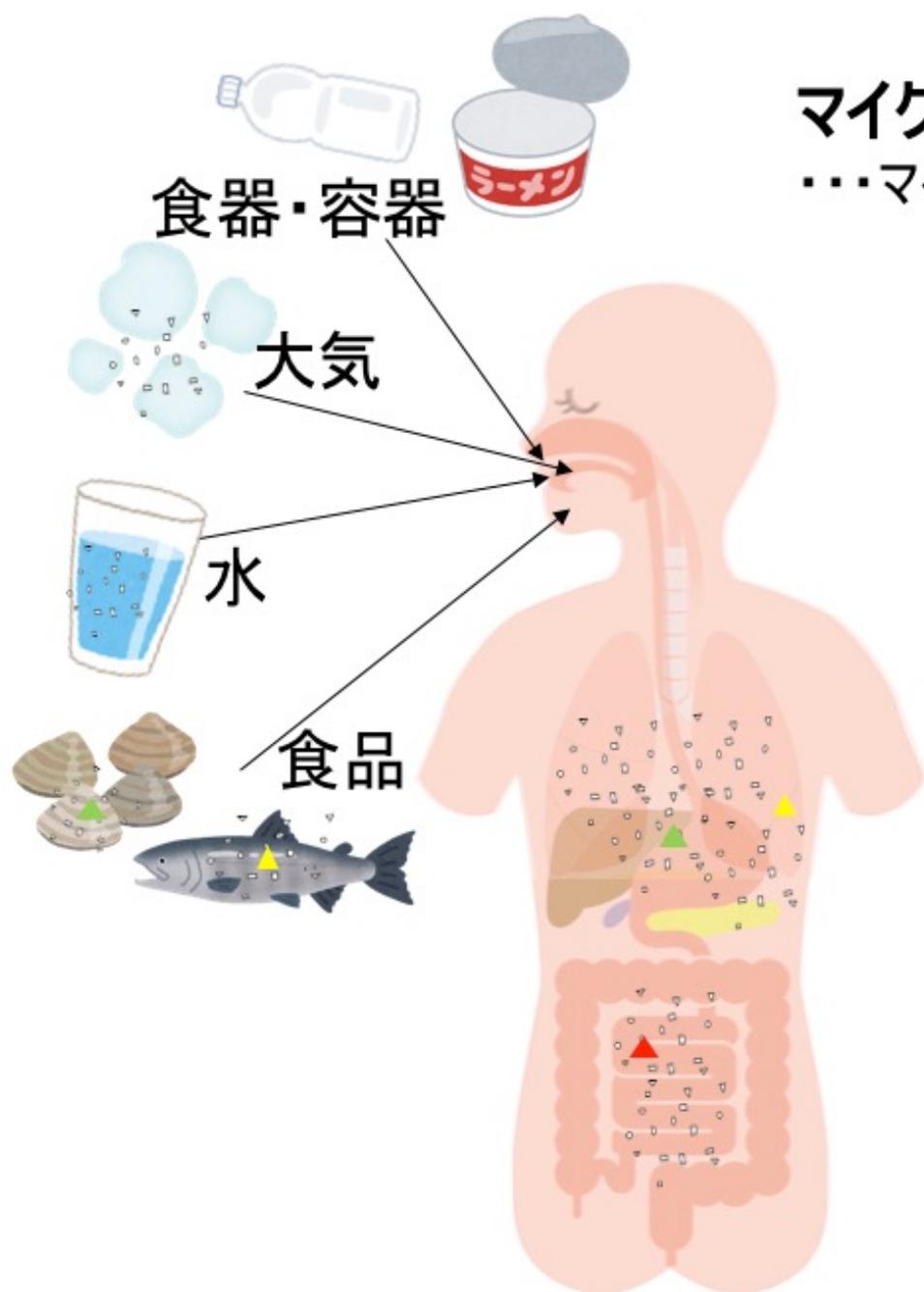
Oil

PETROLEUM INDUSTRY

プラスチック汚染は生態系全体に広がっている



ヒトへのMNPの曝露

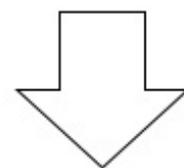


マイクロ/ナノプラスチック(MNP)

…マイクロプラスチックおよびナノプラスチック

環境中でのMNP検出例

- 大気 (*Sheng et al., 2023*)
- 飲料水 (*Li et al., 2022*)
- 魚介類 (*Ribeiro et al., 2020*)



ヒト試料でのMNP検出例

- 肺 (*Jenner et al., 2022*)
- 胎盤 (*Ragusa et al., 2021*)
- 心臓 (*Yang et al., 2023*)
- 血液 (*Leslie et al., 2022*)

→同定法やブランクの取り方などに不確かさがある。

人の血液や様々な組織からマイクロ/ナノプラスチックは検出される

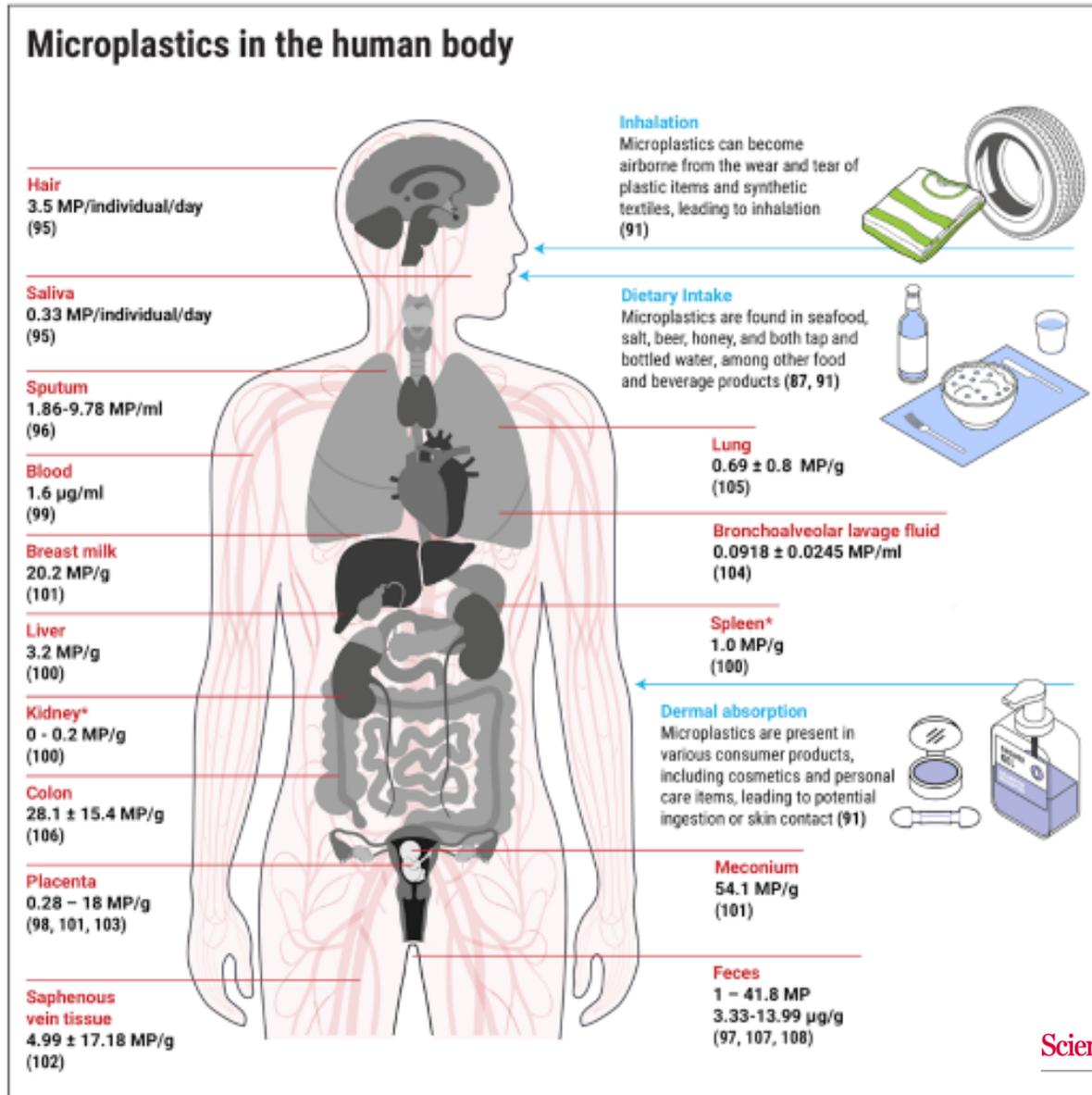


Fig. 4. Locations in the human body where microplastics have been reported. Exposure pathways (turquoise labels) and reported quantities (red labels) are shown. Quantities are as reported in each study and have not been further QA/QC screened for this review. Inter-comparisons should be made with caution due to variation in methods and units of reporting between studies. Since some methods do not characterise individual particles it is likely that quantities reported by mass relate to both micro and/or nano particles (see section Methodological advances for discussion). *Quantities reported as being around the limit of detection.

Downloaded from <https://www.science.org> on October 16, 2024

Science



Cite as: R. C. Thompson *et al.*, *Science* 10.1126/science.ad2746 (2024).

Twenty years of microplastics pollution research—what have we learned?

Richard C. Thompson^{1*}, Winnie Courtene-Jones¹, Julien Boucher², Sabine Pahl³, Karen Raubenheimer⁴, Albert A. Koelmans⁵

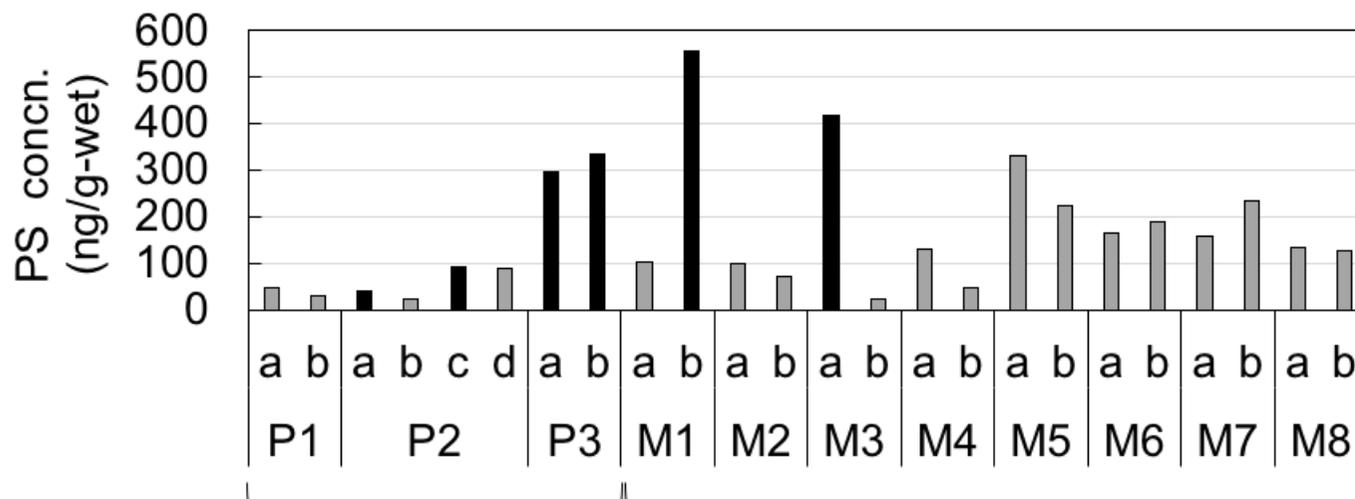
日本人の血液中からも検出

PS 2連の分析結果: a,b(c,d)

□ : < LOQ (3 x Blank)

■ : significant

PS: ポリスチレン

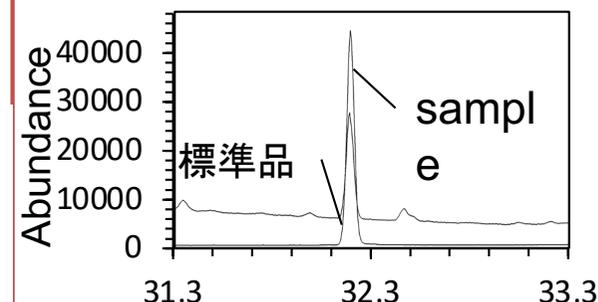


病理解剖試料
(剖検試料)

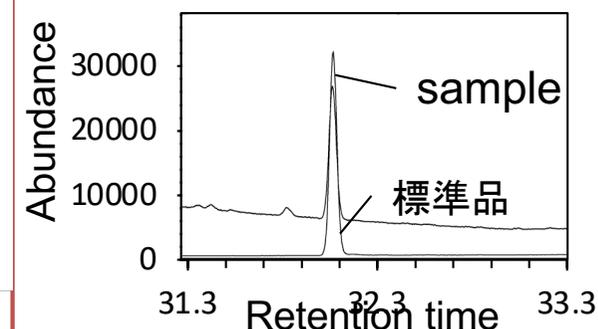
人間ドック試料

PSを検出したサンプルの
クロマトグラム例 (P3b)
(PS標準品と重ねて表示)

PSの定量イオン:



サロゲートの定量イオン: m/z=96



- 11試料中4試料から空白値の3倍を超える有意なPSを検出
- 濃度範囲: 40-555 ng/g →オランダの先行研究より1桁低い(Leslie et al.,2022)
- 同じ検体でも2連の分析で検出濃度が大きく異なる
→疎水性のプラスチック粒子が親水溶液である血液中不均質に存在する可能性
→先行研究(Leslie et al.,2022)でも議論されている。

プラスチックの生物影響

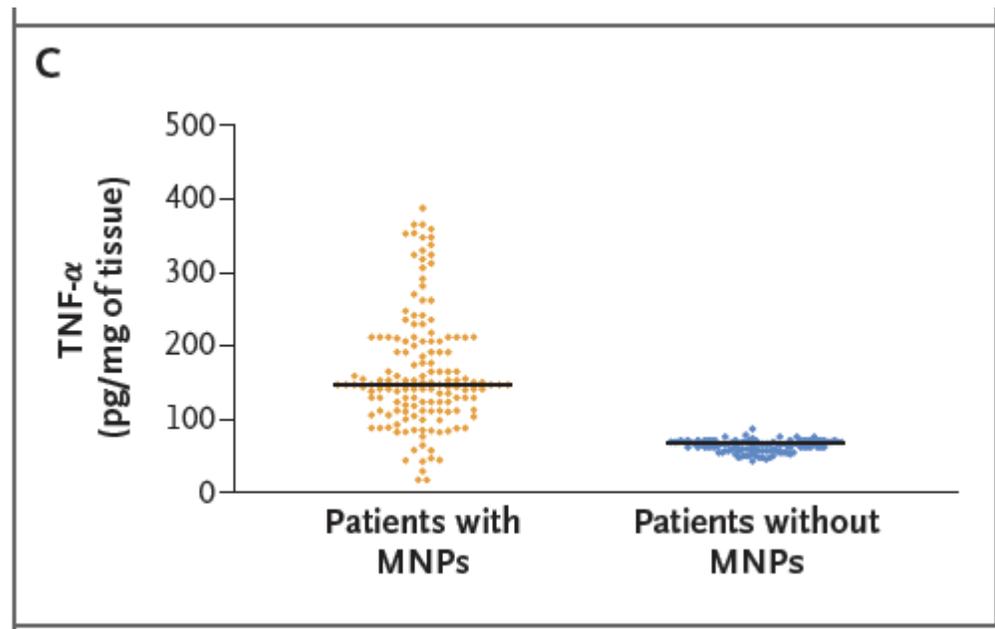
- **物理的なダメージ**: 絡まる、詰まる、塞ぐ、損傷
 - ✓ タイのクジラの胃の中から80枚のレジ袋
 - ✓ コスタリカのウミガメの鼻に刺さったストロー
 - ✓ 栄養失調で死亡したとみられる海鳥
- マイクロプラスチックは生物にとっては異物なので、粒子毒性が多くの実験で確認されている。生物組織に炎症が起こる。免疫系への影響が懸念されている。
nmサイズになると、生体膜を透過して循環系に侵入している。免疫毒性が懸念される。

Shen et al. (2022). Accumulation of polystyrene microplastics induces liver fibrosis by activating cGAS/STING pathway. Environ. Pollut. 300, 118986.
- **添加剤、吸着性化学物質による化学的な影響**

ORIGINAL ARTICLE

Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events

R. Marfella, F. Prattichizzo, C. Sardu, G. Fulgenzi, L. Graciotti, T. Spadoni, N. D'Onofrio, L. Scisciola, R. La Grotta, C. Frigé, V. Pellegrini, M. Municinò, M. Siniscalchi, F. Spinetti, G. Vigliotti, C. Vecchione, A. Carrizzo, G. Accarino, A. Squillante, G. Spaziano, D. Mirra, R. Esposito, S. Altieri, G. Falco, A. Fenti, S. Galoppo, S. Canzano, F.C. Sasso, G. Maticchione, F. Olivieri, F. Ferraraccio, I. Panarese, P. Paolisso, E. Barbato, C. Lubritto, M.L. Balestrieri, C. Mauro, A.E. Caballero, S. Rajagopalan, A. Ceriello, B. D'Agostino, P. Iovino, and G. Paolisso



血液中へMP, NPの侵入

異物としての認識

炎症

血管が詰まる

心筋梗塞、脳卒中

心筋梗塞、脳卒中との
関連を疫学調査で確認

一方で、人体中のマイクロプラスチックは生体分子の誤認では？
という指摘もある。精密な測定が必要

プラスチック条約の交渉で人体中ポリマーだけで攻めると合意はできない可能性

Are microplastics bad for your health? More rigorous science is needed

Jun-Li Xu, Stephanie Wright, Cassandra Rauert & Kevin V. Thomas

Tiny plastic particles are being found everywhere, including in the human brain. But it is not yet clear which findings can be trusted and what they might mean.

In March last year, researchers found that among a group of nearly 300 participants, people who had higher concentrations of plastics in deposits of fat in their arteries (arterial plaques) were more likely to experience heart attacks or strokes, and more likely to die as a result, than those in whom plastics were not detected¹. Since it was published, the *New England Journal of Medicine* study has been mentioned more than 6,600 times on social media and more than 800 times in news articles and blogs.

The issue of whether plastics are entering human tissues and what impacts they might have on health is understandably of great interest to scientists, industry and society. Indeed, for the past few years there have

been news stories almost every month about peer-reviewed articles that have reported findings of plastic particles in all sorts of human tissues and bodily fluids – including the lungs, heart, penis, placenta and breast milk. And in multiple countries, policymakers are being urged to implement measures to limit people's exposure to nanoplastics and microplastics.

Many of the studies conducted so far, however, rely on small sample sizes (typically 20–50 samples) and lack appropriate controls. Modern laboratories are themselves hotspots of nanoplastic and microplastic pollution, and the approaches that are being used to detect plastics make it hard to rule out the possibility of contamination, or prove definitively that plastics are in a sample. Also, many findings

プラスチックの生物影響

- **物理的なダメージ**: 絡まる、詰まる、塞ぐ、損傷

- ✓ タイのクジラの胃の中から80枚のレジ袋
- ✓ コスタリカのウミガメの鼻に刺さったストロー
- ✓ 栄養失調で死亡したとみられる海鳥

- マイクロプラスチックは**生物にとっては異物**なので、粒子毒性が多くの実験で確認されている。生物組織に炎症が起こる。**免疫系への影響**が懸念されている。

nmサイズになると、生体膜を透過して循環系に侵入している。**免疫毒性が懸念される。**

Shen et al. (2022). Accumulation of polystyrene microplastics induces liver fibrosis by activating cGAS/STING pathway. Environ. Pollut. 300, 118986.

- **添加剤、吸着性化学物質による化学的な影響**

プラスチック生産量の7%が添加剤 (Plastic Chemicals-1)

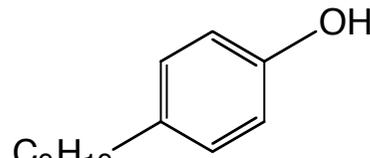
年間4億トンのプラスチックが生産される

→2800万トンの添加剤が生産されている。

可塑剤、難燃剤が75%

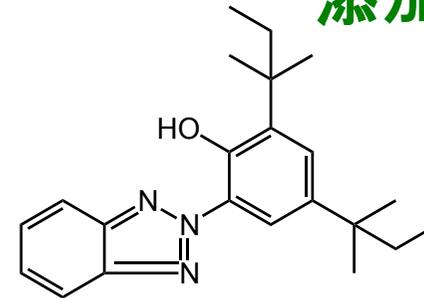
Geyer et al., 2017

添加剤

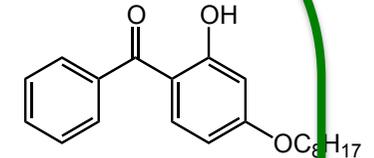


Nonylphenol

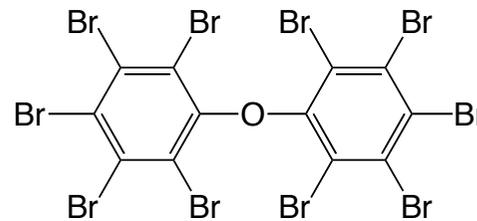
酸化防止剤



Benzotriazoles
(e.g., UV-328)

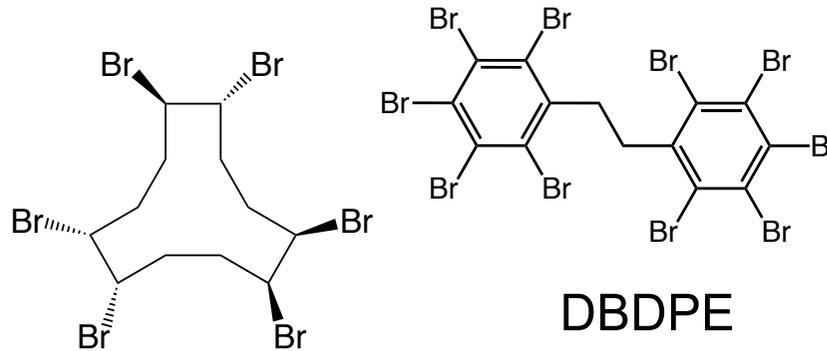


Benzophenons
(e.g., BP-12)

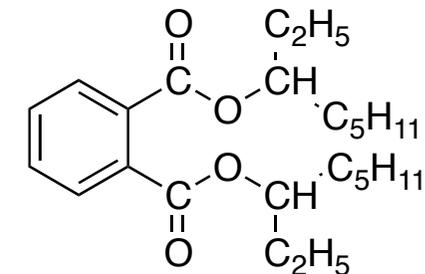


Polybrominated diphenyl ethers
(PBDEs)

紫外線吸収剤



DBDPE

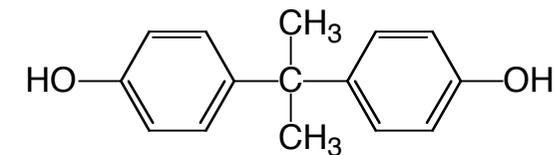


Phthalates
(DEHP)

可塑剤

Hexabromocyclododecanes
(HBCDs)

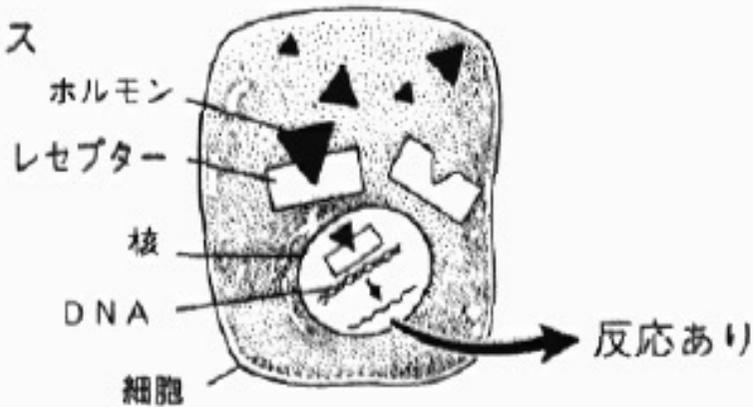
難燃剤



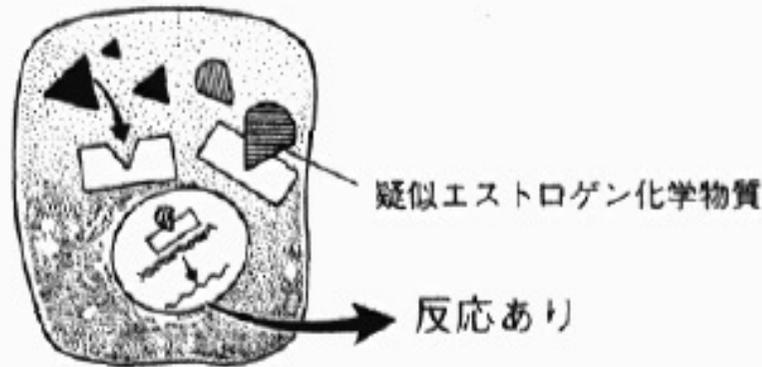
Bisphenol A

合成化学物質のレセプター効果

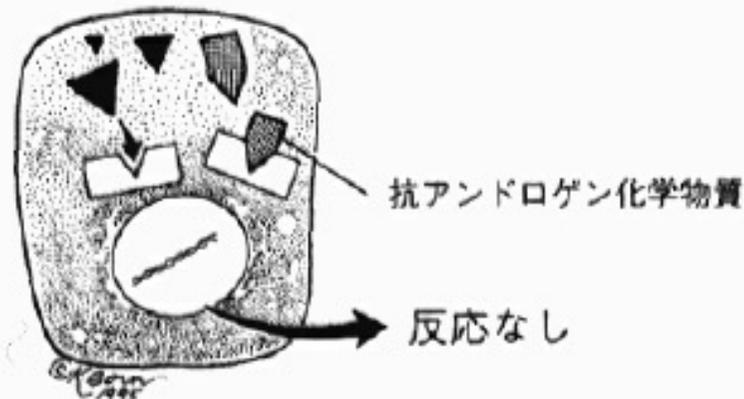
正常なプロセス



ホルモン類似物質



ホルモン遮断物質

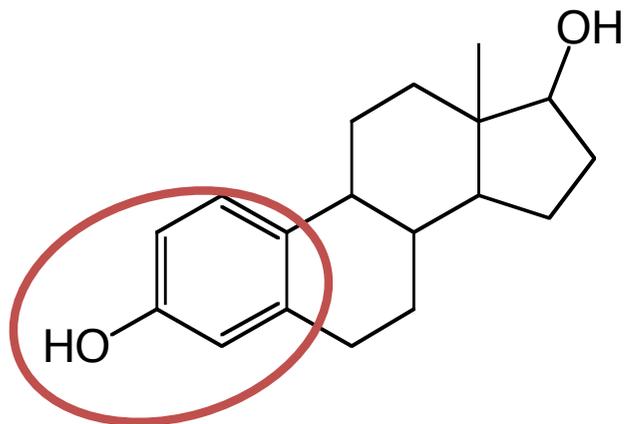


環境ホルモン 外因性内分泌攪乱 化学物質

環境中に存在する化学物質で生体内に入り、**ホルモンの作用を攪乱**し、**性、生殖、成長、脳の発達、甲状腺機能**、等に関する異常を引き起こす物質。特に、体内で女性ホルモンの受容体と結合し、女性ホルモンと同じように働くものを狭義の環境ホルモンと呼ぶ。

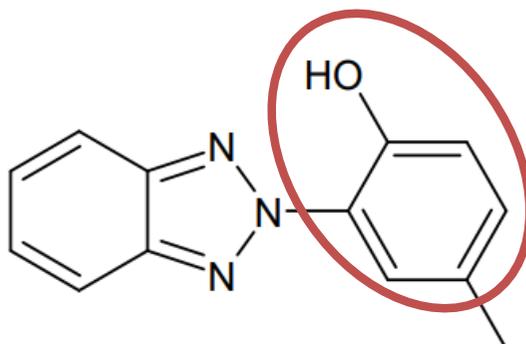
(狭義の)環境ホルモン

女性ホルモンレセプターの基質特異性が低い

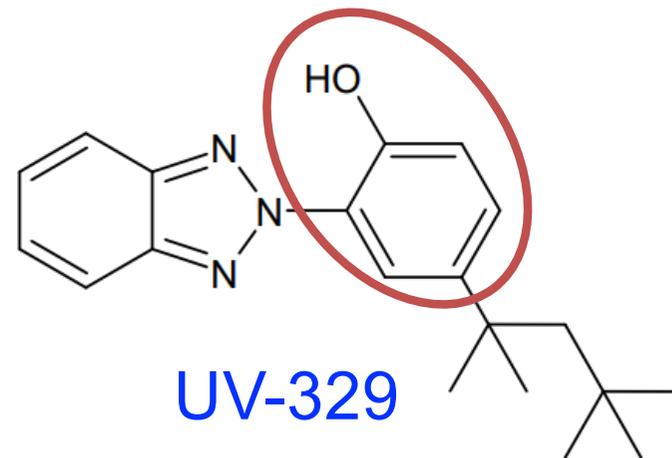


女性ホルモン

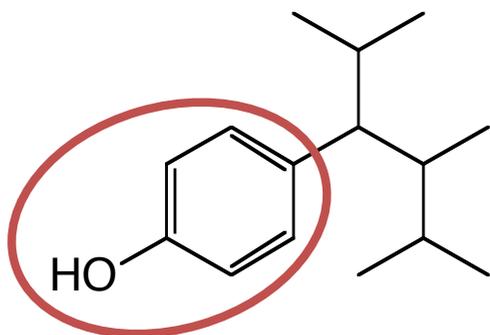
17β-Estradiol (E2)



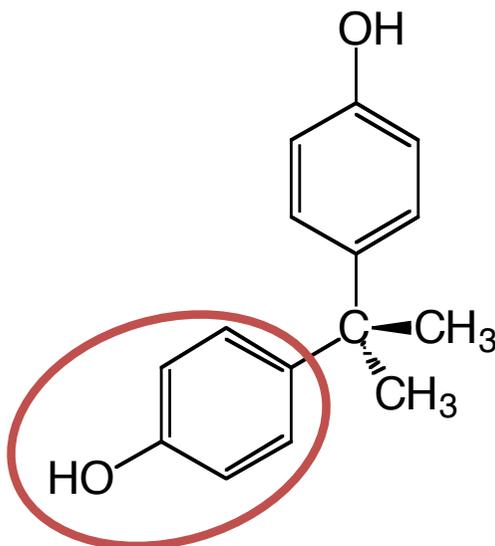
UV-P



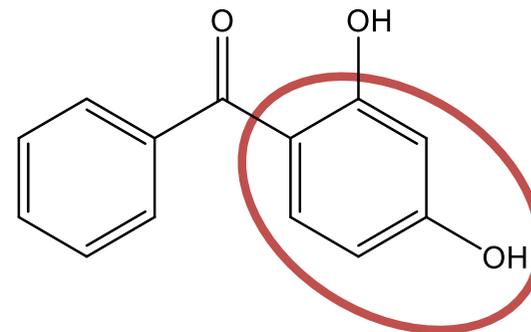
UV-329



Nonylphenol



Bisphenol A



BP-1

調べた36品目中32品目から環境ホルモンが検出

製品	材質	内分泌攪乱化学物質	製品	材質	内分泌攪乱化学物質
ジッパー付き密閉用ポリ袋	PE	UV-9, UV-PS, NP	マスク1	PP, PET, PVDF	BP-3, UV-9, UV-320
ポリ袋1	PE	NP	マスク2	PP, PVDF	NP
ポリ袋2	PE	BP-1, BPF, BPB, UV-P, UV-PS	マスク3	PP, PE	NP, UV-PS
スポンジ	PE	BPAP, NP, UV-PS, UV-329	マスク4	PP	NP
ポリ手袋	PE	BPZ, NP	マスク5	PP	UV-329, UV-PS, NP
プラスチック椀	PS	BP-3, BPB, NP, UV-9	洗濯ばさみ	PP	BP-3, NP
お弁当容器	PS, PP	BP-1, BPF, NP, UV-P, UV329	人工芝	PE	UV-328, UV-P, UV-9, NP
お弁当カップ	PET	-	三角コーン	PE	UV-P, NP, UV-328, UV-329
カップ麺容器1	PS, PP	UV-350, BPA, NP	ブルーシート	PE	NP
カップ麺容器2	PE	BP-1, NP	園芸マルチ	PE	BP-3, NP, BPZ
ストロー1	PP	NP	土嚢袋	PE	UV-329, UV-328, NP
ストロー2	PP	UV-9	苗ポット	PE	BPA, BPZ, BPF, BP-1, NP
ストロー3	PP	-	防風ネット	PE	-
ストロー4	PP, PE	NP, BPZ	釣り糸1	PE	BPZ, UVP, NP
PETボトル	PET	-	釣り糸2	ナイロン	NP
PETボトルのフタ	PE	BP-3, UV-P, NP, BPZ	ウキ	EVA	UV-328, UVP, NP
保冷箱	PS	BP-1, BP-3, UVP, NP	ルアー	ABS	UV-329, UVP
ランニング用給水ボトル	PUR	UV-P, UV-9, UV-329, NP	餌籠	PP	BPF

*坂根ら(2022:環境化学物質3学会合同大会要旨集p.555-556)のデータを基に作成

**PE: ポリエチレン、PP:ポリプロピレン、PET: ポリエチレンテレフタレート、PS: ポリスチレン、PVDF:ポリフッ化ビニリデン、EVA: エチレン酢酸ビニルコポリマー、ABS: アクロニトリル・ブタジエン・スチレンコポリマー、PUR:ポリウレタン

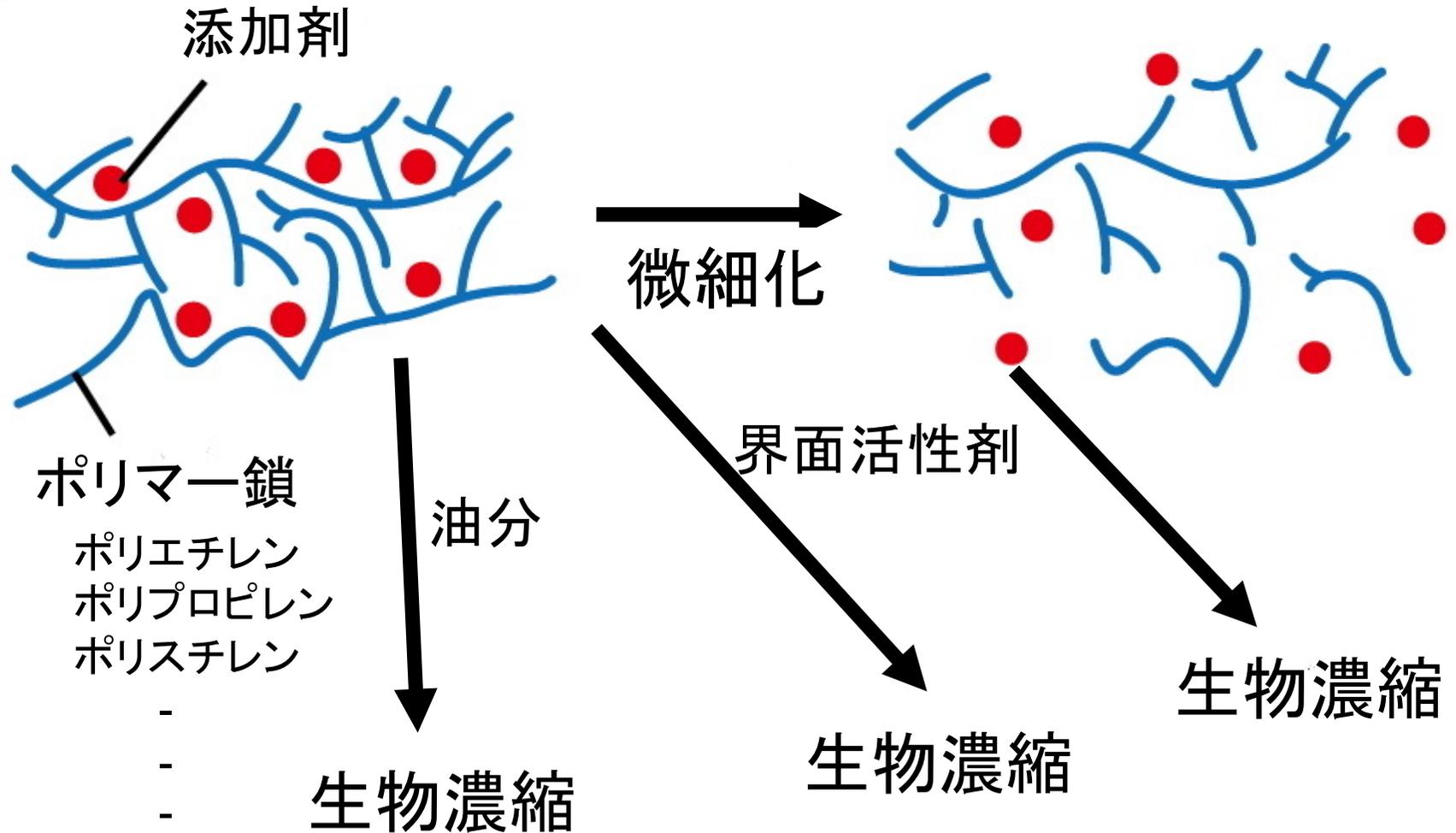
***NP: ノニルフェノール、BPF: ビスフェノールF、BPB: ビスフェノールB、BPAP: ビスフェノールAP、BPZ: ビスフェノールZ

調べた36品目中32品目から環境ホルモンが検出



プラスチックの微細化により添加剤の生物濃縮が促進される

マイクロプラスチックになることにより溶け出し易くなるのが、
ここ10年ほどの研究でわかった



プラスチックを摂食した生物に添加剤が生物濃縮されることが実証

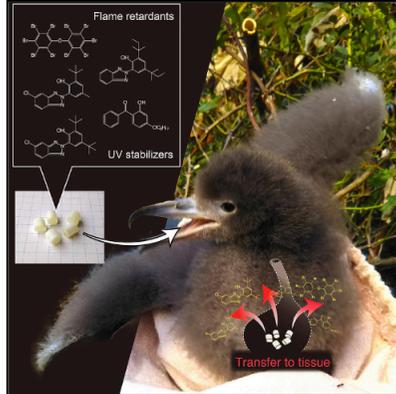
プラスチック添加剤を海鳥が吸収することが確認された

プラスチックごみの多い浜の生物への難燃剤の蓄積が確認された

Current Biology

In Vivo Accumulation of Plastic-Derived Chemicals into Seabird Tissues

Graphical Abstract



Authors

Kosuke Tanaka, Yutaka Watanuki, Hideshige Takada, ..., Michelle Hester, Yoshinori Ikenaka, Shouta M.M. Nakayama

Correspondence

shige@cc.tuat.ac.jp

In Brief

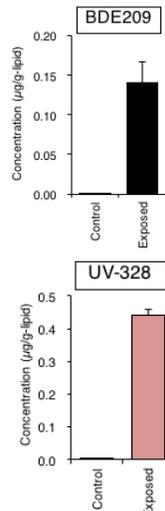
Tanaka et al. show that feeding additive-laced plastic pellets to seabirds results in the accumulation of chemical additives in liver and adipose tissue at 10^1 – 10^5 times above baseline. These findings demonstrate seabird exposure to plastic additives and additives' importance as emerging pollution sources.

Tanaka et al., 2020, Current Biology 30, 1–6

February 24, 2020 © 2019 Elsevier Ltd.

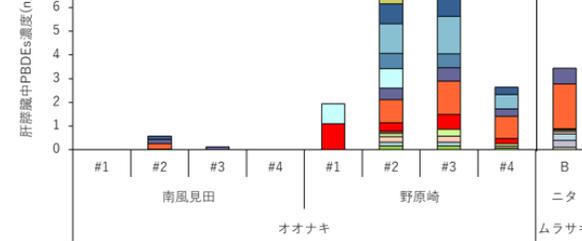
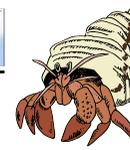
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.12.037>

Report



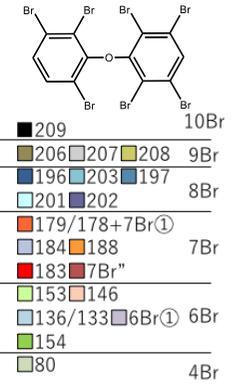
Bioaccumulation and metabolism of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in coenobitid hermit crabs from marine litter-polluted beaches in remote islands

Nana Tanaka^a, Naohiko Takada^a, Mami Takahashi^a, Bee Geok Yeo^b, Yuki Oya^a, Izumi Watanabe^a, Yoshihisa Fujita^a, Hideshige Takada^a, Kaoruko Mizukawa^{a,c}



コントロール(きれいな)浜

プラごみの多い浜

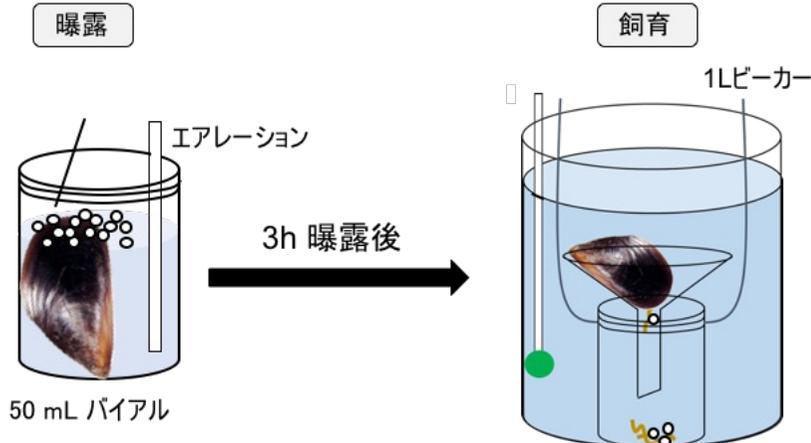


←腎臓に影響がある
→腎臓の重量が減少

ムール貝に添加剤入りマイクロビーズを曝露

Dietary exposure experiments on the migration of chemical pollutants from microplastics to bivalves

Taichi Takano^a, Rei Sakurai^a, Mone Ota^b, Masahiro Nakaoka^b, Azusa Kinjo^c, Koji Inoue^c, Hideshige Takada^a, Kaoruko Mizukawa^{a,c}

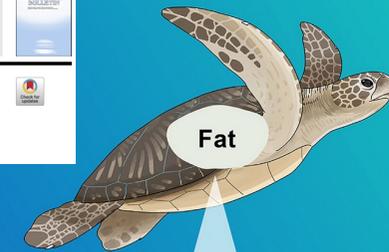


ウミガメの脂肪にもプラスチック添加剤が蓄積

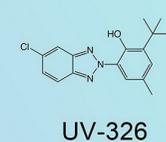
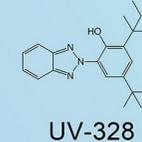
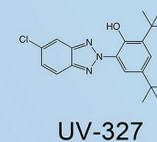


Detection of benzotriazole-type ultraviolet stabilizers in sea turtles breeding in the Northwest Pacific Ocean

Takuya Fukuoka^{a,b}, Kaoruko Mizukawa^{a,c}, Satomi Kondo^d, Chiyo Kitayama^{d,e}, Shohei Kobayashi^{a,c}, Gen Watanabe^{a,c}, Hideshige Takada^{a,c}



Benzotriazole-type ultraviolet stabilizers



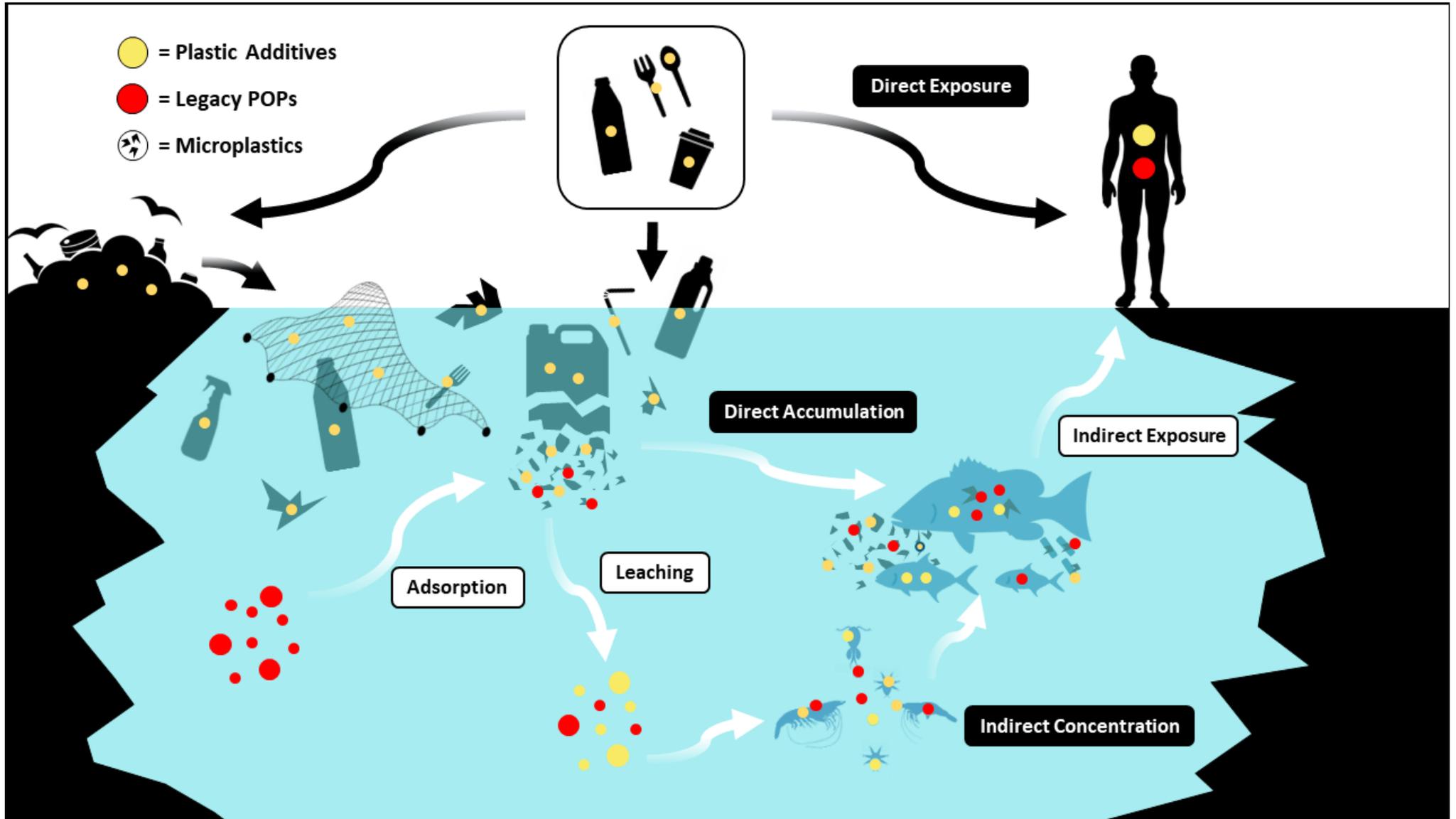
illustr: Chihiro Kinoshita

亜南極海のズグロミズナギドリは約200のプラスチック片を摂食



photo : Peter G. Ryan

人間には**直接的**および**間接的**に環境ホルモンが 曝露されることがわかった



ヒト組織・血液中の添加剤の検出は20年以上前から

脂肪

Shi, X., et al., 2022. Associations between polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) levels in adipose tissues and female menstrual cycle and menstrual bleeding duration in Shantou, China. Environ. Pollut. 301, 119025.

尿中

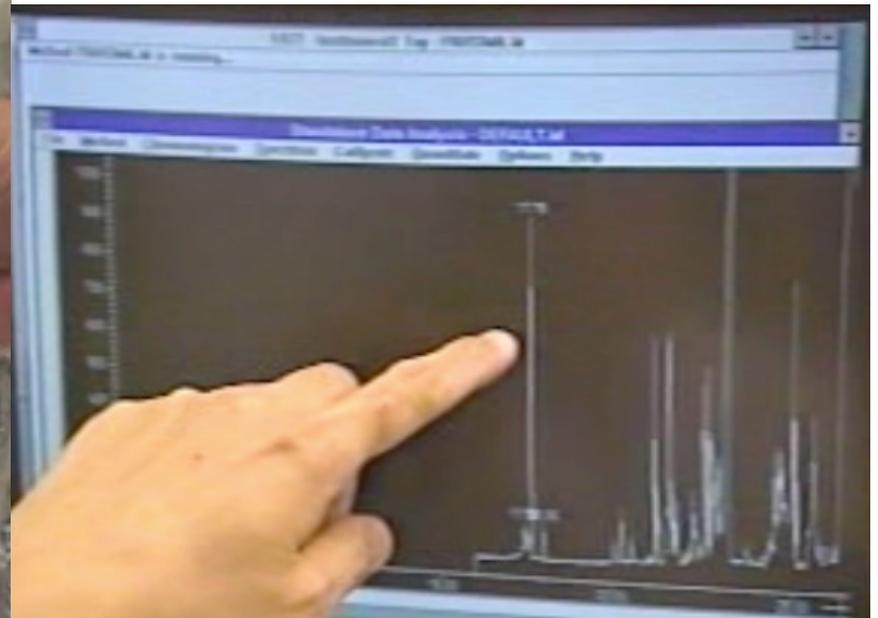
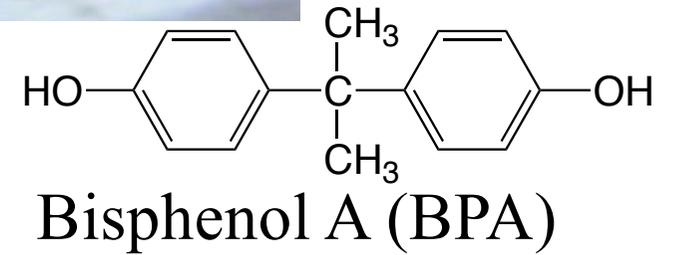
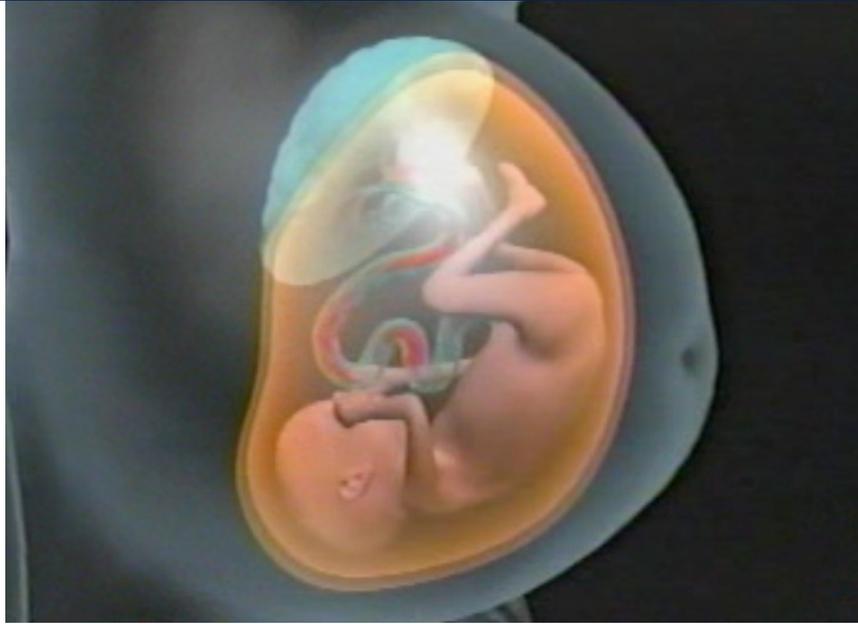
Choi, J.Y., et al., 2022. Urinary bisphenol concentrations and its association with metabolic disorders in the US and Korean populations. Environ. Pollut. 295, 118679.

Dong, J., et al., 2020. Associations of urinary di-(2-ethylhexyl) phthalate metabolites with the residential characteristics of pregnant women. Science of The Total Environment 707, 135671.

血液

Cobellis, L., et al., 2009. Measurement of bisphenol A and bisphenol B levels in human blood sera from healthy and endometriotic women. Biomedical Chromatography 23, 1186-1190.

臍の緒からのビスフェノールAの検出(2003年)



ヒト血液中 ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤濃度

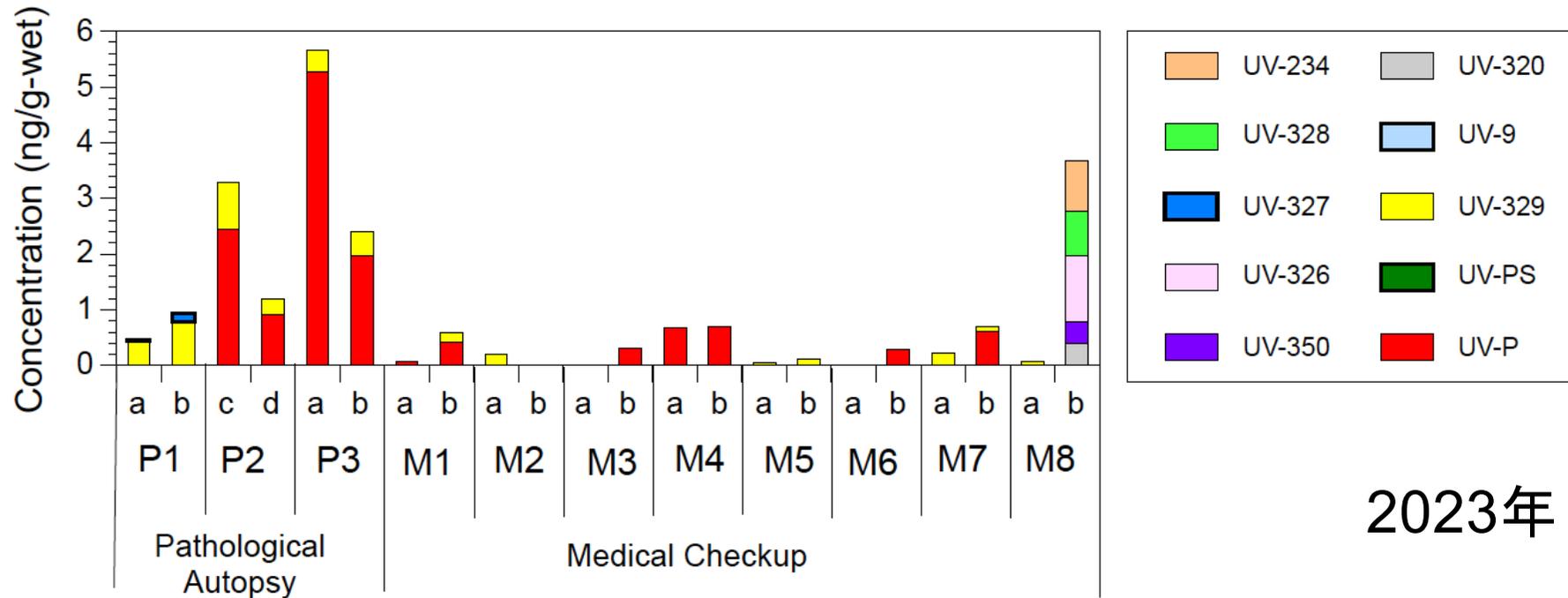


Fig. ヒト血液中ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤濃度

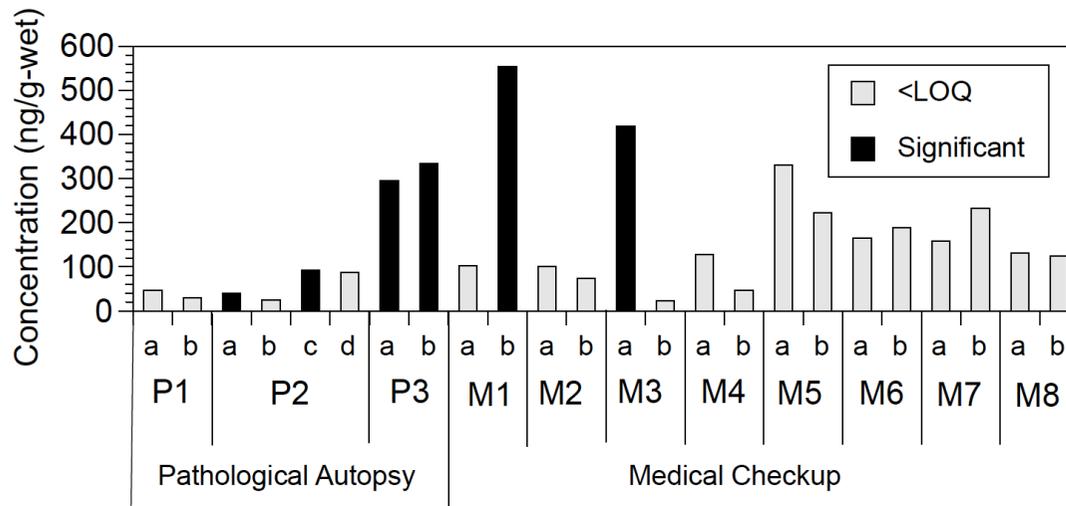


Fig. ヒト血液中PS濃度

ヒト組織・血液中の添加剤の検出

脂肪

Shi, X., et al., 2022. Associations between polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) levels in adipose tissues and female menstrual cycle and menstrual bleeding duration in Shantou, China. Environ. Pollut. 301, 119025.

尿中

Choi, J.Y., et al., 2022. Urinary bisphenol concentrations and its association with metabolic disorders in the US and Korean populations. Environ. Pollut. 295, 118679.

Dong, J., et al., 2020. Associations of urinary di-(2-ethylhexyl) phthalate metabolites with the residential characteristics of pregnant women. Science of The Total Environment 707, 135671.

血液

Cobellis, L., et al., 2009. Measurement of bisphenol A and bisphenol B levels in human blood sera from healthy and endometriotic women. Biomedical Chromatography 23, 1186-1190.

疫学調査での添加剤と異常の関連

生殖関係の機能の異常

Shi, X., et al., 2022. Associations between polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) levels in adipose tissues and female menstrual cycle and menstrual bleeding duration in Shantou, China. Environ. Pollut. 301, 119025.

Cobellis, L., et al., 2009. Measurement of bisphenol A and bisphenol B levels in human blood sera from healthy and endometriotic women. Biomedical Chromatography 23, 1186-1190.

肥満

Choi, J.Y., et al., 2022. Urinary bisphenol concentrations and its association with metabolic disorders in the US and Korean populations. Environ. Pollut. 295, 118679.

環境ホルモンのヒトへの影響の疫学調査例

ビスフェノールAやノニルフェノールはそれぞれ、**子宮内膜症** (Covellis et al., 2009)や**乳癌** (Soto et al., 1991)の原因になっていることが示唆されている。

妊娠している方が**ビスフェノールA**を取り込むと、生まれてきた子どもの**注意力が落ちたり、自閉症**になる子どもが多くなることが疫学調査から明らかにされている (Hansen et al., 2021)。また、**ノニルフェノール**の曝露が多いと、**喘息**になる子どもも多くなる (Kuraoka et al., 2024)。

プラスチックの使用と影響の関連を示唆する疫学調査例も

さらに、**使い捨てのプラスチック容器に入った弁当や冷凍食品**を週1回以上食べた妊婦は**死産の割合が約3倍増加**するというエコチル調査の結果 (Tamada et al., 2022)も報告されている。何らかのプラスチック添加剤が環境ホルモンとして働いたと考えられる。

使い捨てのプラスチック食品容器を多く利用する人に**うっ血性心不全**が多い (Wu et al., 2024)。一方、プラスチックの**酸化防止剤Irgafos 168の分解産物 (TDTBPP)**がゼブラフィッシュ幼魚の**心機能**に影響を与えることが明らかにされている (Zhang et al., 2024)。

An Umbrella Review of Meta-Analyses Evaluating Associations between Human Health and Exposure to Major Classes of Plastic-Associated Chemicals



Annals of
Global Health

ORIGINAL RESEARCH

]u[**ubiquity press**

CHRISTOS SYMEONIDES** 

EDOARDO AROMATARIS** 

YANNICK MULDER** 

JANINE DIZON 

CINDY STERN 

TIMOTHY HUGH BARKER 

ASHLEY WHITEHORN 

DANIELLE POLLOCK 

TANIA MARIN 

SARAH DUNLOP 

*Author affiliations can be found in the back matter of this article

**Christos Symeonides, Edoardo Aromataris and Yannick Mulders contributed equally to this work

CORRESPONDING AUTHOR:
Sarah Dunlop

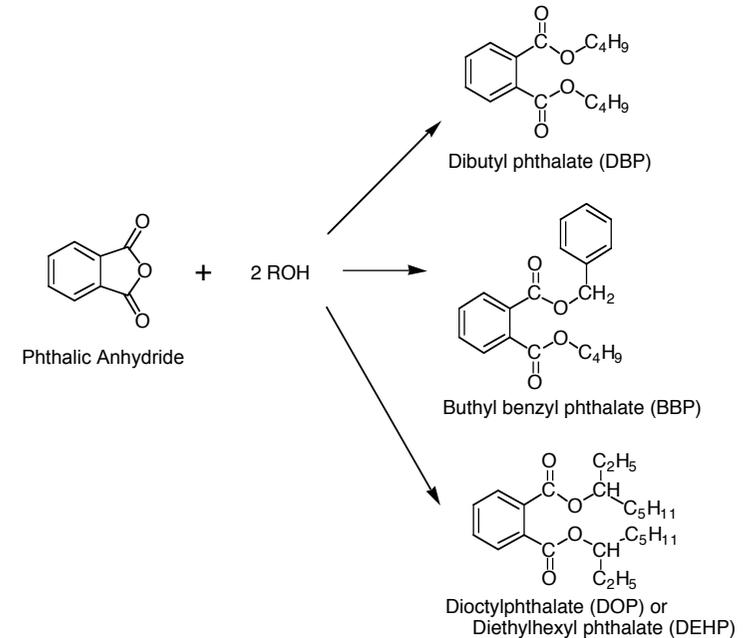
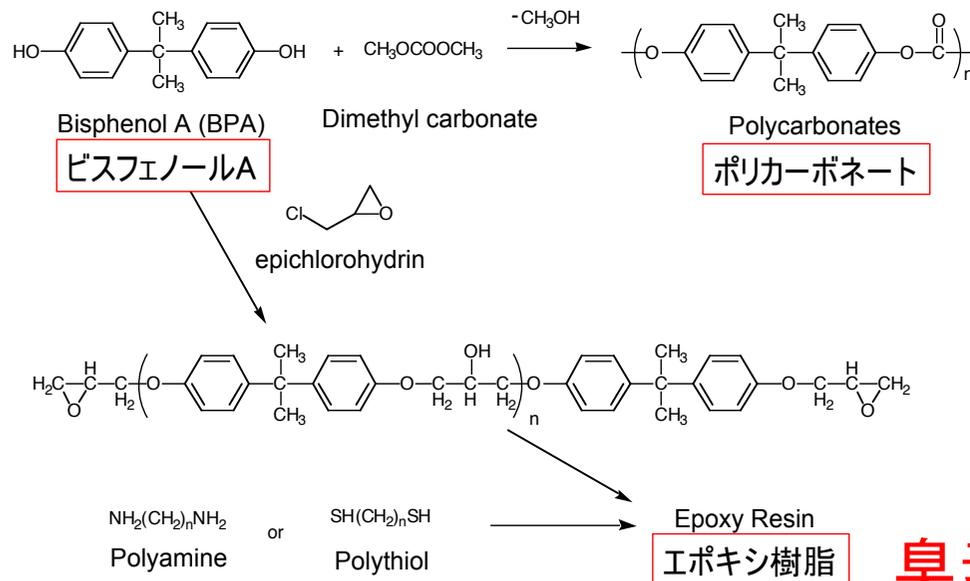
添加剤等のプラスチック関連化学物質が人の健康に影響を与えている。
 プラスチック条約でプラスチック関連化学物質の規制が必要である。

子供の性的成熟の遅延、早熟
 乳癌や子宮内膜症の増加
 精子数の減少

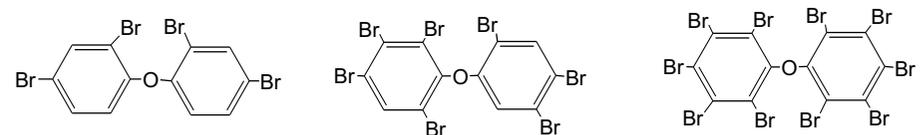
糖尿病
 肥満
 免疫力の低下

フタル酸エステル類 (DEHP等)

ビスフェノールA (BPA)



臭素化ジフェニルエーテル類 (PBDEs)



環境ホルモンのヒトへの影響の疫学調査例

ビスフェノールAやノニルフェノールはそれぞれ、**子宮内膜症** (Covellis et al., 2009)や**乳癌** (Soto et al., 1991)の原因になっていることが示唆されている。

妊娠している方が**ビスフェノールA**を取り込むと、生まれてきた子どもの**注意力が落ちたり、自閉症**になる子どもが多くなることが疫学調査から明らかにされている (Hansen et al., 2021)。また、**ノニルフェノール**の曝露が多いと、**喘息**になる子どもも多くなる (Kuraoka et al., 2024)。

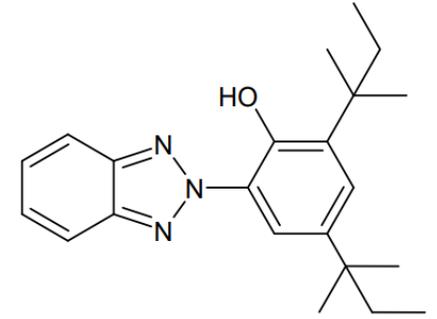
プラスチックの使用と影響の関連を示唆する疫学調査例も

さらに、**使い捨てのプラスチック容器に入った弁当や冷凍食品**を週1回以上食べた妊婦は**死産の割合が約3倍増加**するというエコチル調査の結果 (Tamada et al., 2022)も報告されている。何らかのプラスチック添加剤が環境ホルモンとして働いたと考えられる。

使い捨てのプラスチック食品容器を多く利用する人に**うっ血性心不全**が多い (Wu et al., 2024)。一方、プラスチックの**酸化防止剤Irgafos 168**の分解産物 (TDTBPP)がゼブラフィッシュ幼魚の**心機能**に影響を与えることが明らかにされている (Zhang et al., 2024)。

プラスチック添加剤・モノマーの規制が必要

プラスチック添加剤の国際的規制は始まっている



UV-328

紫外線吸収剤

プラ添加剤2物質禁止

国際条約会議 自動車製造など使用

有害化学物質を国際的に

規制するストックホルム条

約の締約国会議は、ジュネ

ーブで開催中の会合で五

日、自動車製造などで使わ

れるプラスチック添加剤二

物質について、使用と製

造、輸出入を禁止すること

で合意した。自然環境で分

解されにくく生物に蓄積す

ることを踏まえた。ラット

への投与で肝臓や腎臓に悪

影響が生じたとの研究結果

などが報告されている。

プラスチック添加剤は製

造から使用、廃棄の各段階

で環境中に放出されるとみ

られるほか、微小なマイク

ロプラスチックの摂取によ

っても生物に蓄積する。

規制が決まったのは、プ

ラスチックが劣化したり変

色したりするのを抑える紫

外線吸収剤「UV328」

と、電線やケーブルの被覆

材などを燃えにくくする難

燃剤「デクロランプラ

ス」。自動車部品や医療機

器など、用途を限って一定

期間の適用除外が設けられ

た。

UV328は自動車向け

が大きな用途。プラスチック

製の部品や塗料などに使

われてきた。厚生労働省に

よると二〇二〇年六月時点

で、国内で食品容器や包装

に使っていた実績があっ

た。

プラスチック添加剤の汚

染は世界規模で広がってい

る。東京農工大や北海道大

などの研究チームによる

と、米ハワイや南アフリカ

など世界十六カ所で調べた

海鳥百四十五羽のうち52%

から、UV328を含む紫

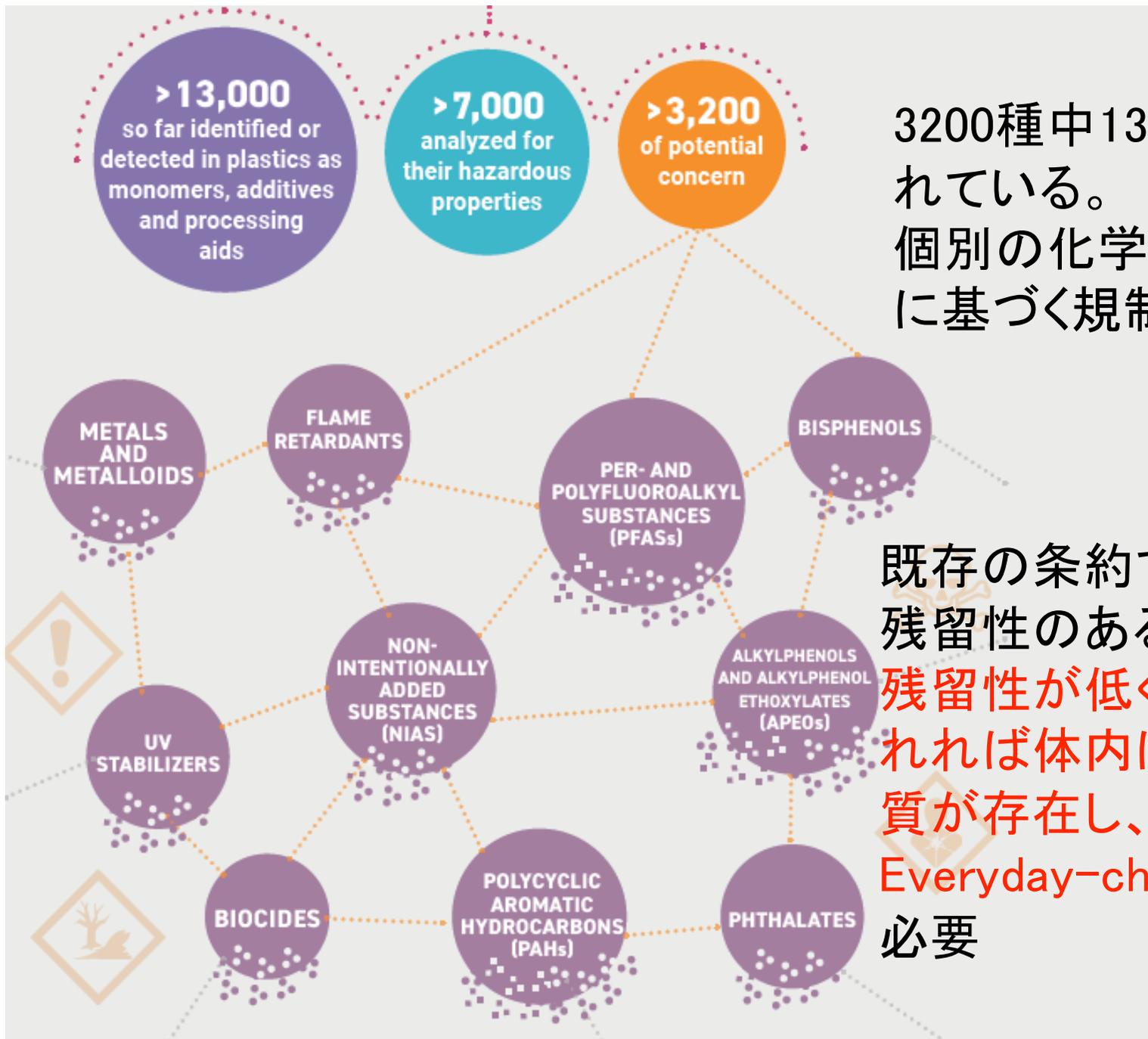
外線吸収剤や難燃剤といっ

た添加剤が検出された。

2023年5月

プラスチックには数千種以上の有害性が懸念される化学物質が含まれる





3200種中130種だけが規制されている。
個別の化学物質の毒性評価に基づく規制では不十分

既存の条約で規制されるのは
残留性のある化学物質・
残留性が低くても毎日曝露されれば体内にはいつも化学物質が存在し、影響を及ぼす。
Everyday-chemicalsの規制が必要

添加剤等のプラスチック関連化学物質が人の健康に影響を与えている。
プラスチック条約でプラスチック関連化学物質の規制が必要である。

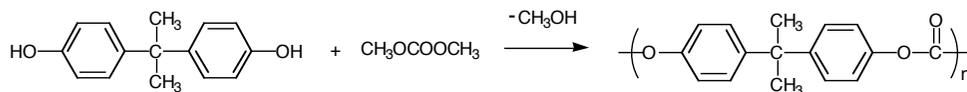
子供の性的成熟の遅延、早熟
乳癌や子宮内膜症の増加
精子数の減少

糖尿病
肥満
免疫力の低下

残留性低い フタル酸エステル類 (DEHP等)

ビスフェノールA (BPA)

プラ条約で規制すべき

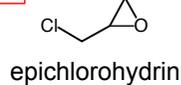


Bisphenol A (BPA)
ビスフェノールA

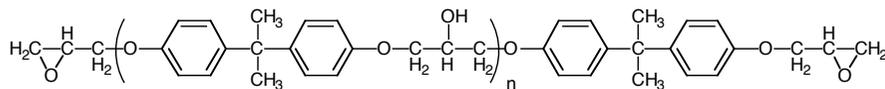
Dimethyl carbonate

Polycarbonates

ポリカーボネート



epichlorohydrin

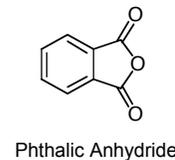


$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_n\text{NH}_2$
Polyamine

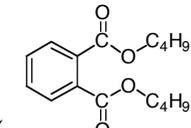
or

$\text{SH}(\text{CH}_2)_n\text{SH}$
Polythiol

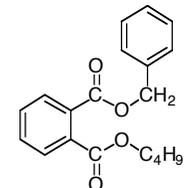
Epoxy Resin
エポキシ樹脂



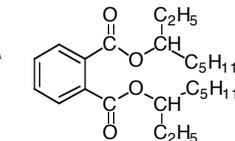
Phthalic Anhydride



Dibutyl phthalate (DBP)



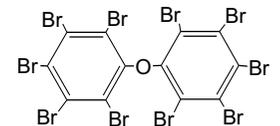
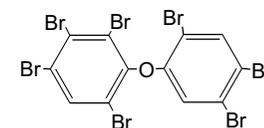
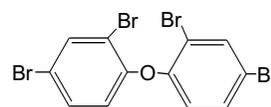
Butyl benzyl phthalate (BBP)

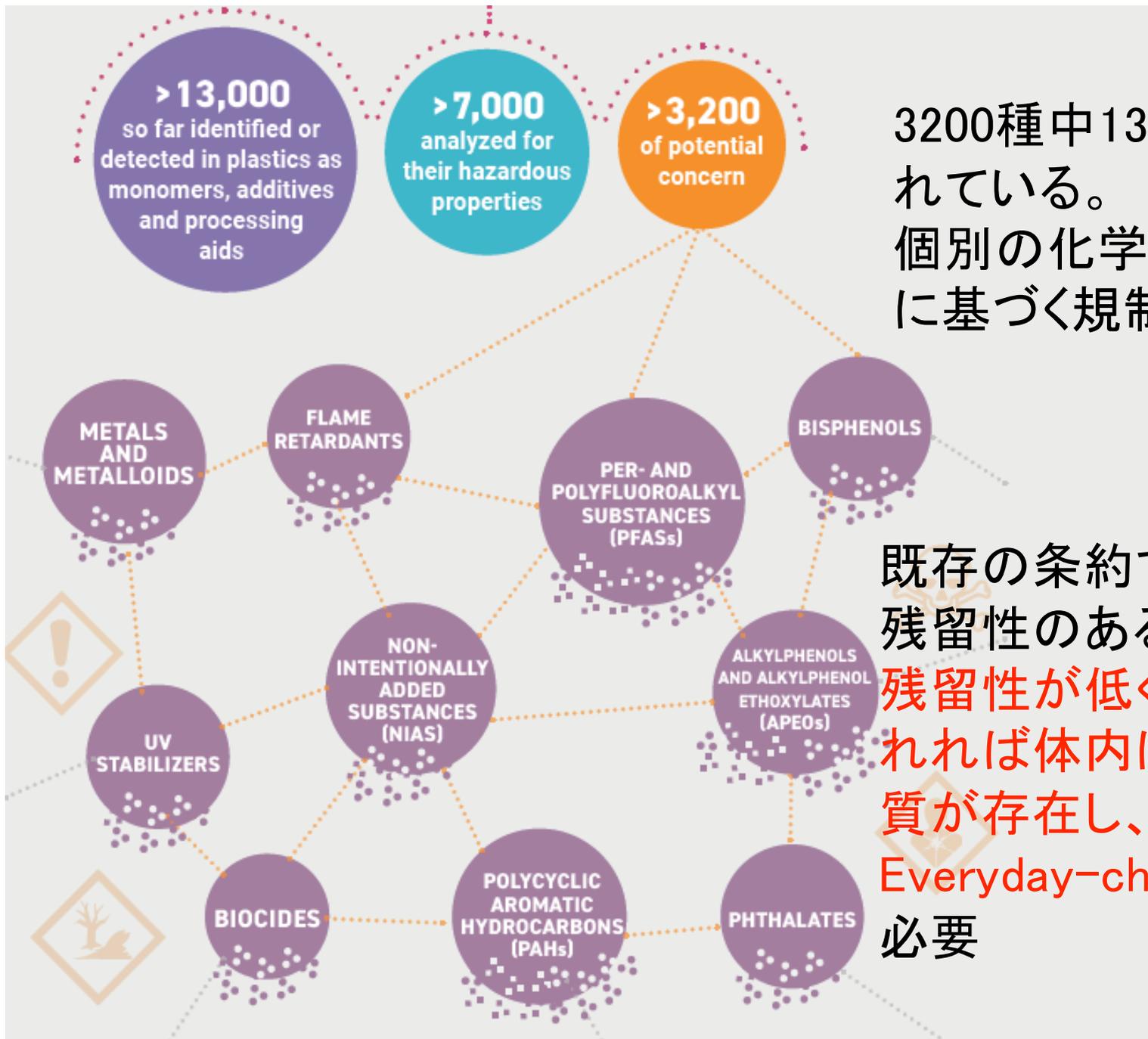


Diocetylphthalate (DOP) or Diethylhexyl phthalate (DEHP)

臭素化ジフェニルエーテル類 (PBDEs)

ストックホルム条約で規制





3200種中130種だけが規制されている。
個別の化学物質の毒性評価に基づく規制では不十分

既存の条約で規制されるのは
残留性のある化学物質・
残留性が低くても毎日曝露されれば体内にはいつも化学物質が存在し、影響を及ぼす。
Everyday-chemicalsの規制が必要

化審法等の国内法で規制されているのでは？

調べた36品目中32品目から環境ホルモンが検出

製品	材質	内分泌攪乱化学物質	製品	材質	内分泌攪乱化学物質
ジッパー付き密閉用ポリ袋	PE	UV-9, UV-PS, NP	マスク1	PP, PET, PVDF	BP-3, UV-9, UV-320
ポリ袋1	PE	NP	マスク2	PP, PVDF	NP
ポリ袋2	PE	BP-1, BPF, BPB, UV-P, UV-PS	マスク3	PP, PE	NP, UV-PS
スポンジ	PE	BPAP, NP, UV-PS, UV-329	マスク4	PP	NP
ポリ手袋	PE	BPZ, NP	マスク5	PP	UV-329, UV-PS, NP
プラスチック椀	PS	BP-3, BPB, NP, UV-9	洗濯ばさみ	PP	BP-3, NP
お弁当容器	PS, PP	BP-1, BPF, NP, UV-P, UV329	人工芝	PE	UV-328, UV-P, UV-9, NP
お弁当カップ	PET	-	三角コーン	PE	UV-P, NP, UV-328, UV-329
カップ麺容器1	PS, PP	UV-350, BPA, NP	ブルーシート	PE	NP
カップ麺容器2	PE	BP-1, NP	園芸マルチ	PE	BP-3, NP, BPZ
ストロー1	PP	NP	土嚢袋	PE	UV-329, UV-328, NP
ストロー2	PP	UV-9	苗ポット	PE	BPA, BPZ, BPF, BP-1, NP
ストロー3	PP	-	防風ネット	PE	-
ストロー4	PP, PE	NP, BPZ	釣り糸1	PE	BPZ, UVP, NP
PETボトル	PET	-	釣り糸2	ナイロン	NP
PETボトルのフタ	PE	BP-3, UV-P, NP, BPZ	ウキ	EVA	UV-328, UVP, NP
保冷箱	PS	BP-1, BP-3, UVP, NP	ルアー	ABS	UV-329, UVP
ランニング用給水ボトル	PUR	UV-P, UV-9, UV-329, NP	餌籠	PP	BPF

*坂根ら(2022:環境化学物質3学会合同大会要旨集p.555-556)のデータを基に作成

**PE: ポリエチレン、PP:ポリプロピレン、PET: ポリエチレンテレフタレート、PS: ポリスチレン、PVDF:ポリフッ化ビニリデン、EVA: エチレン酢酸ビニルコポリマー、ABS: アクロニトリル・ブタジエン・スチレンコポリマー、PUR:ポリウレタン

***NP: ノニルフェノール、BPF: ビスフェノールF、BPB: ビスフェノールB、BPAP: ビスフェノールAP、BPZ: ビスフェノールZ

日本では規制→輸入品から検出→国際条約の必要性

製品	材質	内分泌攪乱化学物質	製品	材質	内分泌攪乱化学物質
ジッパー付き密閉用ポリ袋	PE	UV-9, UV-PS, NP	マスク1	PP, PET, PVDF	BP-3, UV-9, UV-320
ポリ袋1	PE	NP	マスク2	PP, PVDF	NP
ポリ袋2	PE	BP-1, BPF, BPB, UV-P, UV-PS	マスク3	PP, PE	NP, UV-PS
スポンジ	PE	BPAP, NP, UV-PS, UV-329	マスク4	PP	NP
ポリ手袋	PE	BPZ, NP	マスク5	PP	UV-329, UV-PS, NP
プラスチック椀	PS	BP-3, BPB, NP, UV-9	洗濯ばさみ	PP	BP-3, NP
お弁当容器	PS, PP	BP-1, BPF, NP, UV-P, UV329	人工芝	PE	UV-328, UV-P, UV-9, NP
お弁当カップ	PET	-	三角コーン	PE	UV-P, NP, UV-328, UV-329
カップ麺容器1	PS, PP	UV-350, BPA, NP	ブルーシート	PE	NP
カップ麺容器2	PE	BP-1, NP	園芸マルチ	PE	BP-3, NP, BPZ
ストロー1	PP	NP	土嚢袋	PE	UV-329, UV-328, NP
ストロー2	PP	UV-9	苗ポット	PE	BPA, BPZ, BPF, BP-1, NP
ストロー3	PP	-	防風ネット	PE	-
ストロー4	PP, PE	NP, BPZ	釣り糸1	PE	BPZ, UVP, NP
PETボトル	PET	-	釣り糸2	ナイロン	NP
PETボトルのフタ	PE	BP-3, UV-P, NP, BPZ	ウキ	EVA	UV-328, UVP, NP
保冷箱	PS	BP-1, BP-3, UVP, NP	ルアー	ABS	UV-329, UVP
ランニング用給水ボトル	PUR	UV-P, UV-9, UV-329, NP	餌籠	PP	BPF

*坂根ら(2022:環境化学物質3学会合同大会要旨集p.555-556)のデータを基に作成

**PE: ポリエチレン、PP:ポリプロピレン、PET: ポリエチレンテレフタレート、PS: ポリスチレン、PVDF:ポリフッ化ビニリデン、EVA: エチレン酢酸ビニルコポリマー、ABS: アクロニトリル・ブタジエン・スチレンコポリマー、PUR:ポリウレタン

***NP: ノニルフェノール、BPF: ビスフェノールF、BPB: ビスフェノールB、BPAP: ビスフェノールAP、BPZ: ビスフェノールZ

プラスチック条約

2022年3月の国連環境総会でan international legally binding instrument on plastic pollution, including in the marine environment (Plastic Treaty)を2024年末までに制定することが決議された。

Intergovernmental Negotiation Committee (INC)が4回開催されてきた。

Uruguay, Nairobi, Paris, Ottawa

5回目のINCが11月25日～12月1日の日程で韓国釜山に170カ国以上が集まり、開催された。

条約制定には至らず、制定は先送りとなった。

規制するプラスチック(ポリマー、化学物質、用途)を特定し、産油国との合意を目指す。

プラスチック条約

第1条: OBJECTIVE

第2条: DEFINITIONS

第3条: PLASTIC PRODUCTS

第4条: EXEMPTIONS

第5条: PLASTIC PRODUCT DESIGN

第6条: SUPPLY

第7条: RELEASES AND LEAKAGES

第8条: PLASTIC WASTE MANAGEMENT

第9条: EXISTING PLASTIC POLLUTION

第10条: JUST TRANSITION

第11条: FINANCIAL [RESOURCES AND] MECHANISM

第12条: CAPACITY BUILDING, TECHNICAL
ASSISTANCE AND TECHNOLOGY TRANSFER,
INCLUDING INTERNATIONAL COOPERATION

第13条: IMPLEMENTATION AND COMPLIANCE

第14条: NATIONAL PLANS

第15条: REPORTING

第16条: EFFECTIVENESS EVALUATION

第17条 : INFORMATION EXCHANGE

第18条 : PUBLIC INFORMATION, AWARENESS, EDUCATION
AND RESEARCH

第19条 : HEALTH

第20条 : CONFERENCE OF THE PARTIES SECRETARIA

第21条 : SECRETARIA

第22条 : SETTLEMENT OF DISPUTES

第23条 : AMENDMENTS TO THE CONVENTION

第24条 : ADOPTION AND AMENDMENT OF ANNEXES

第25条 : RIGHT TO VOTE

第26条 : SIGNATURE

第27条 : RATIFICATION, ACCEPTANCE, APPROVAL OR
ACCESSION

第28条 : ENTRY INTO FORCE

第29条 : RESERVATIONS

第30条 : WITHDRAWAL

第31条 : DEPOSITARY

第32条 : AUTHENTIC TEXTS

第3条：プラスチック製品

Review committeeをCOPの下に作り、有害性の懸念のある化学物質や製品をreview committeeで検討し、その提案をCOPで承認して、規制すべき物質として**付属リスト**に載せる。**規制は生産、輸出、輸入の禁止**である。

プラスチック条約による化学物質のヒトへの曝露の低減を！

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策（給水器設置、ペットボトル削減）

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー（劣化し易い and/or モノマーが有害）の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、

ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入



子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>

プラスチック条約による化学物質のヒトへの曝露の低減を！

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策（給水器設置、ペットボトル削減）

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー（劣化し易い and/or モノマーが有害）の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、
ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入



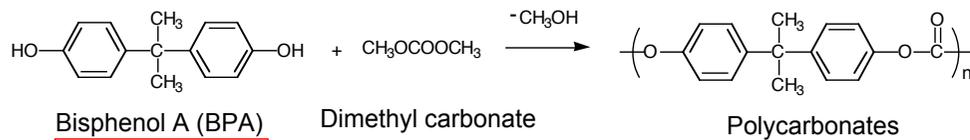
子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>

残留性低い フタル酸エステル類 (DEHP等)

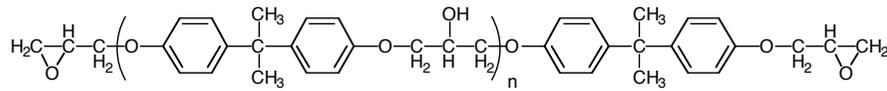
ビスフェノールA (BPA)

プラ条約で規制すべき



ビスフェノールA

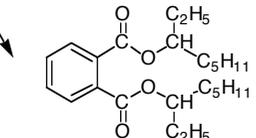
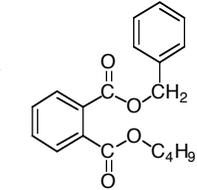
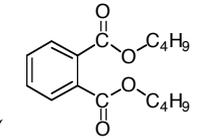
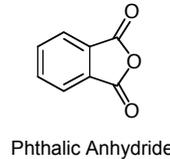
ポリカーボネート



NH2(CH2)nNH2
Polyamine

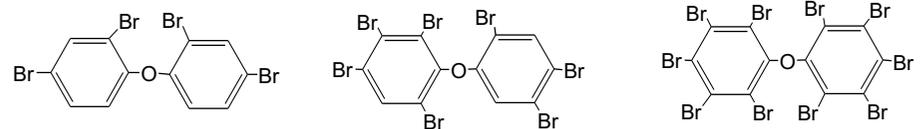
or SH(CH2)nSH
Polythiol

Epoxy Resin
エポキシ樹脂



臭素化ジフェニルエーテル類 (PBDEs)

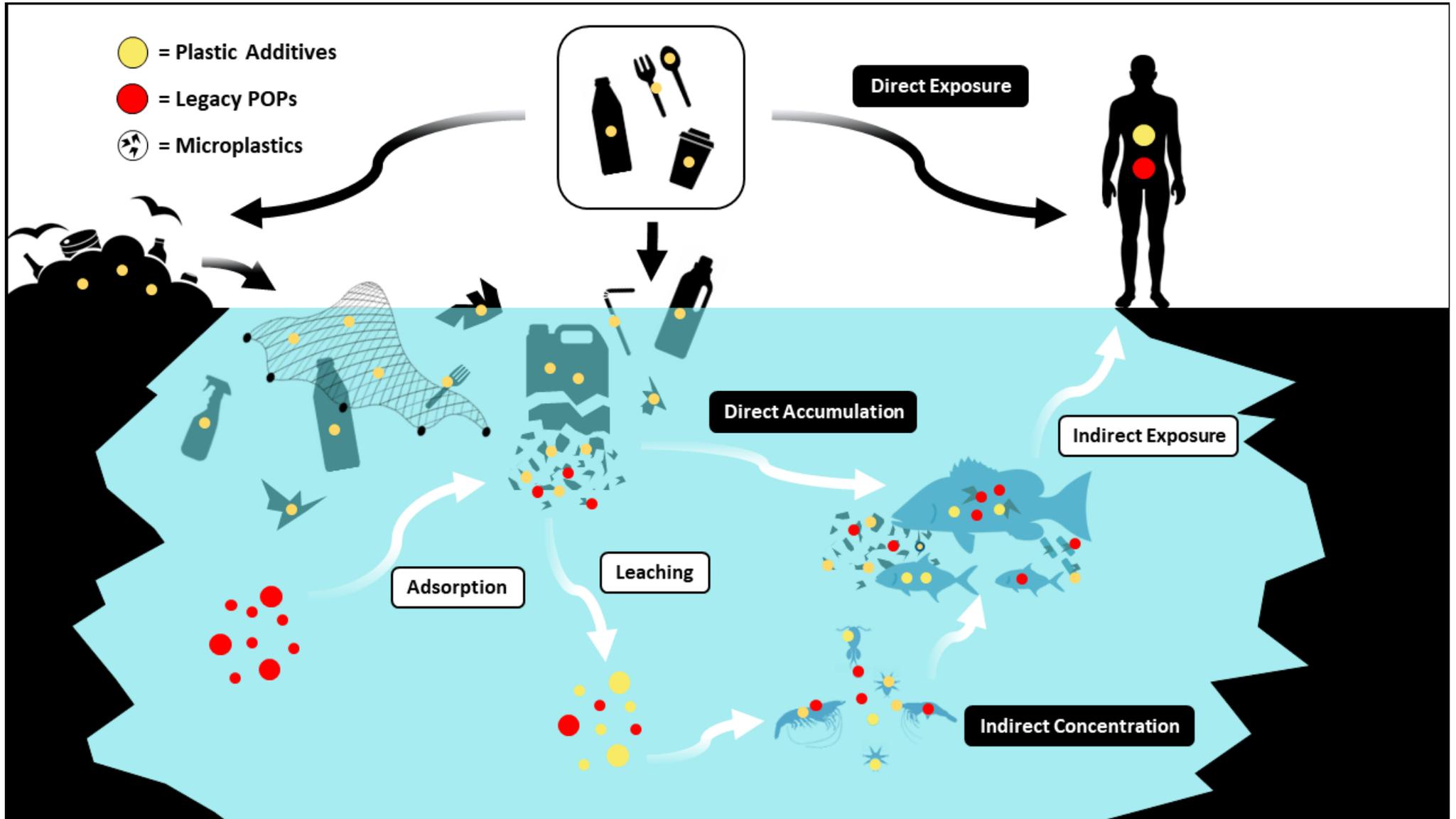
ストックホルム条約で規制



フタル酸エステル類 (DEHP等) については玩具に限定されている
ビスフェノールA (BPA) については食器に限定されている

→ 野外での使用も含めて全用途を規制へ

人間には**直接的**および**間接的**に環境ホルモンが 曝露されることがわかった



>13,000
so far identified or
detected in plastics as
monomers, additives
and processing
aids

>7,000
analyzed for
their hazardous
properties

>3,200
of potential
concern

3200種の影響が懸念
されている

METALS
AND
METALLOIDS

FLAME
RETARDANTS

PER- AND
POLYFLUOROALKYL
SUBSTANCES
(PFASs)

BISPHENOLS

NON-
INTENTIONALLY
ADDED
SUBSTANCES
(NIAS)

ALKYLPHENOLS
AND ALKYLPHENOL
ETHOXYLATES
(APEOs)

UV
STABILIZERS

BIOCIDES

POLYCYCLIC
AROMATIC
HYDROCARBONS
(PAHs)

PHTHALATES

既存の条約で規制されるのは
残留性のある化学物質・
残留性が低くても毎日曝露さ
れば体内にはいつも化学物
質が存在し、影響を及ぼす。
Everyday-chemicalsの規制が
必要

プラスチック条約による化学物質のヒトへの曝露の低減を！

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策（給水器設置、ペットボトル削減）

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー（劣化し易い and/or モノマーが有害）の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、

ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入



子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>

プラスチック条約による化学物質のヒトへの曝露の低減を！

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策（給水器設置、ペットボトル削減）

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー（劣化し易い and/or モノマーが有害）の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、
ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入

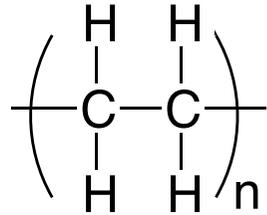


子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>

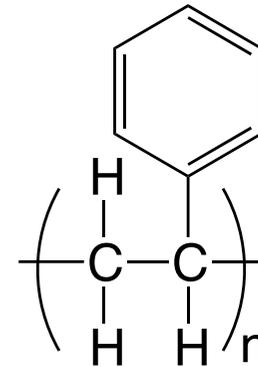
5つの主要なポリマー

ポリエチレン (PE)



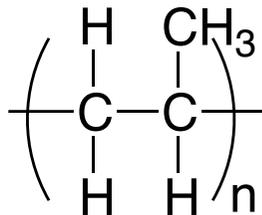
レジ袋
ペットボトルの蓋

ポリスチレン (PS)



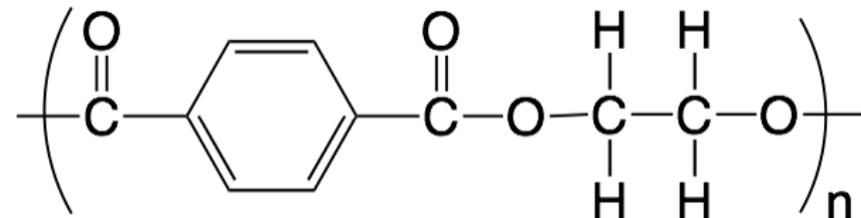
発泡スチロール
使い捨て弁当箱

ポリプロピレン (PP)



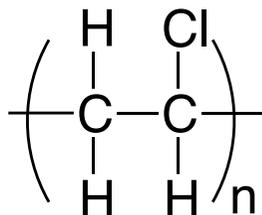
家電製品

ポリエチレンテレフタレート (PET)



ペットボトル本体
ポリエステル

ポリ塩化ビニル (PVC)

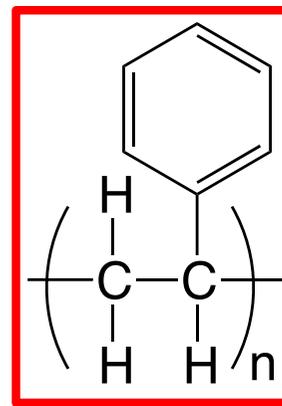


パイプ、建材

劣化により有害なモノマー生成するポリマー(Plastic Chemicals-2)

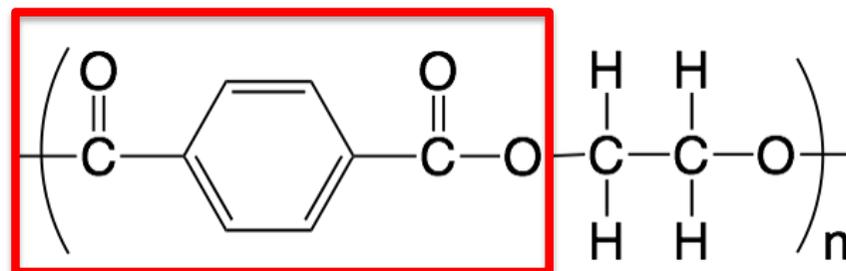
Plastic Chemicals (プラスチック関連化学物質-2:モノマー)

ポリスチレン (PS)



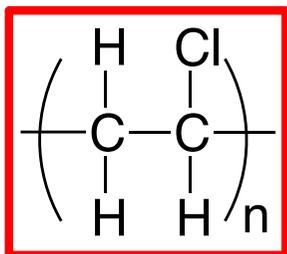
発泡スチロール
使い捨て弁当箱

ポリエチレンテレフタレート(PET)



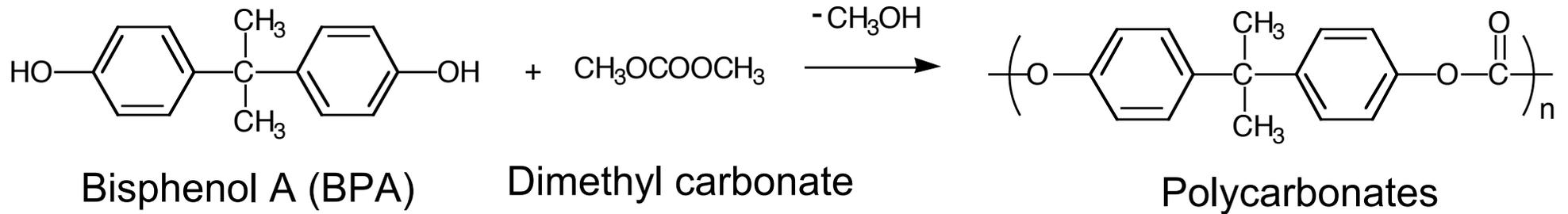
ペットボトル本体
ポリエステル

ポリ塩化ビニル (PVC)



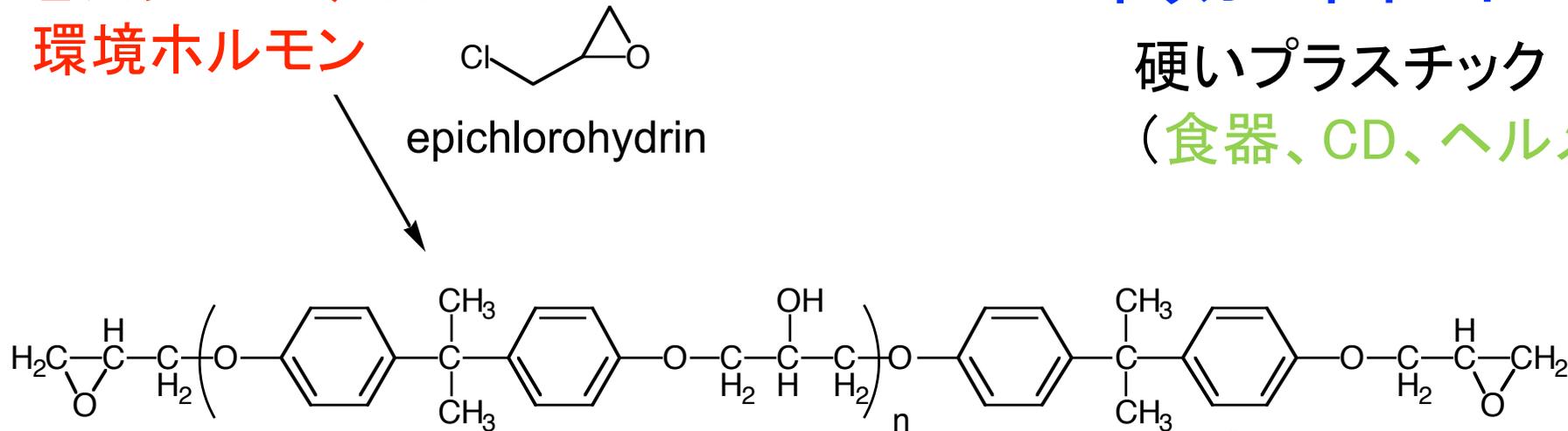
パイプ、建材

ポリマーの分解により環境ホルモンが生成 (Plastic Chemicals-2)



ビスフェノールA
環境ホルモン

ポリカーボネート
硬いプラスチック
(食器、CD、ヘルメット)



エポキシ樹脂
(塗料、接着剤)

$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_n\text{NH}_2$
Polyamine

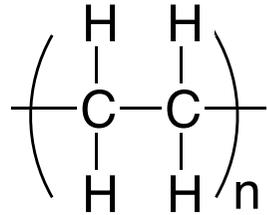
or $\text{SH}(\text{CH}_2)_n\text{SH}$
Polythiol

Epoxy Resin

酸性、アルカリ性条件下で加熱されるとポリマーが分解し、モノマー(BPA)が溶け出してくる。

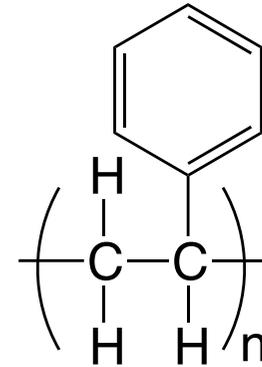
5つの主要なポリマー

ポリエチレン (PE)



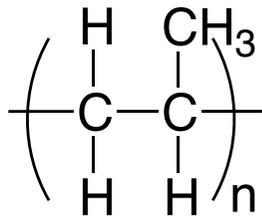
レジ袋
ペットボトルの蓋

ポリスチレン (PS)



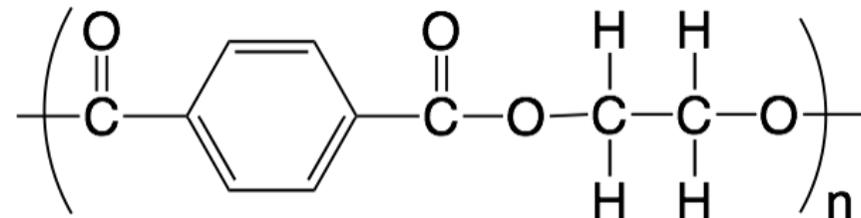
発泡スチロール
使い捨て弁当箱

ポリプロピレン (PP)



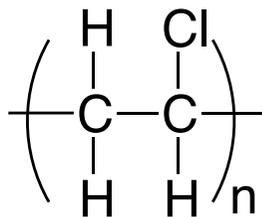
家電製品

ポリエチレンテレフタレート (PET)



ペットボトル本体
ポリエステル

ポリ塩化ビニル (PVC)

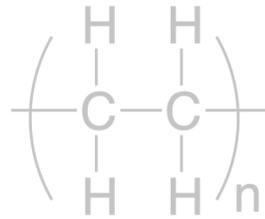


パイプ、建材

劣化し易いポリマー

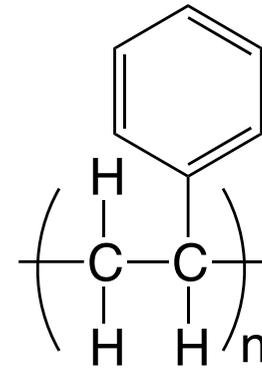
食品包装としての用途が禁止されている国もある

ポリエチレン (PE)



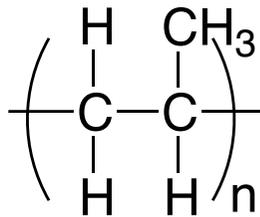
レジ袋
ペットボトルの蓋

ポリスチレン (PS)



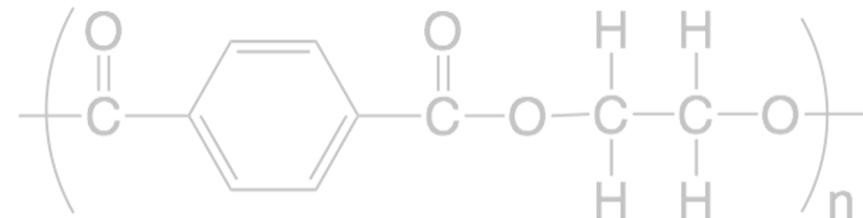
発泡スチロール
使い捨て弁当箱

ポリプロピレン (PP)



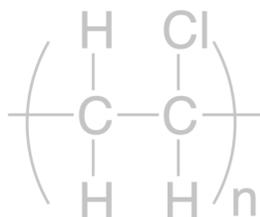
家電製品

ポリエチレンテレフタレート (PET)



ペットボトル本体
ポリエステル

ポリ塩化ビニル (PVC)



パイプ、建材

プラスチック条約による化学物質のヒトへの曝露の低減を！

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策（給水器設置、ペットボトル削減）

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー（劣化し易い and/or モノマーが有害）の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、

ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入



子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>

プラスチック条約による化学物質のヒトへの曝露の低減を！

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策（給水器設置、ペットボトル削減）

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー（劣化し易い and/or モノマーが有害）の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、

ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入



子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>

調べた36品目中32品目から環境ホルモンが検出



プラスチック条約制定に向けて

高懸念ポリマー、化学物質、用途を優先し、
産油国との合意を目指す

消費量の削減

Single-use plastic分に相当する50%削減

→削減に向けた対策(給水器設置、ペットボトル削減)

高懸念化学物質の規制

規制対象物質選定委員会の創設

フタル酸エステル類、ビスフェノール類、

高懸念ポリマー(劣化し易い and/or モノマーが有害)の規制

塩ビ、発泡スチロール、ポリプロピレン、

ポリカーボネート、エポキシ樹脂

製品の造り方・デザイン

マイクロビーズ、マイクロカプセル

人工芝規制、

複合素材→単一素材

拡大生産者責任制度の導入



子どもケミネットの署名

<https://c.kokumin-kaigi.org/#shomei>