

# 資料編



## ＜資料編 目次＞

1. 【東京農工大学 高田秀重教授 提供】 沖縄海浜生物によるプラスチック経由の有害化学物質の吸収と代謝.....資-1
2. 【東京農工大学 渡邊泉教授 提供】 西表島の南風見田，野原崎西，座間味島の古座間味，ウハマおよびニタの砂浜（砂と森林土壌）における 33 元素濃度の分析結果 .....資-18
3. 【防衛大学校 山口晴幸名誉教授 提供】 ～令和 2（2020）年度調査報告書～＜廃プラスチック汚染で揺らぐ海の環境安全＞外来海洋ゴミの有害性のリスク評価と海洋・沿岸水域の自然環境保全システムの確立に向けて .....資-35
4. 【防衛大学校 山口晴幸名誉教授 提供】 ～令和 2（2020）年度調査報告書～海岸漂着物から溶出する有害化学物質の影響評価検討＜廃プラスチック汚染で揺らぐ海の環境安全＞外来海洋ゴミの有害性のリスク評価と海洋・沿岸水域の自然環境保全システムの確立に向けて .....資-49



# 沖縄海浜生物によるプラスチック経由の有害化学物質の吸収と代謝



東京農工大学農学部 環境資源科学科  
水川薫子 田中菜々 高田秀重

1

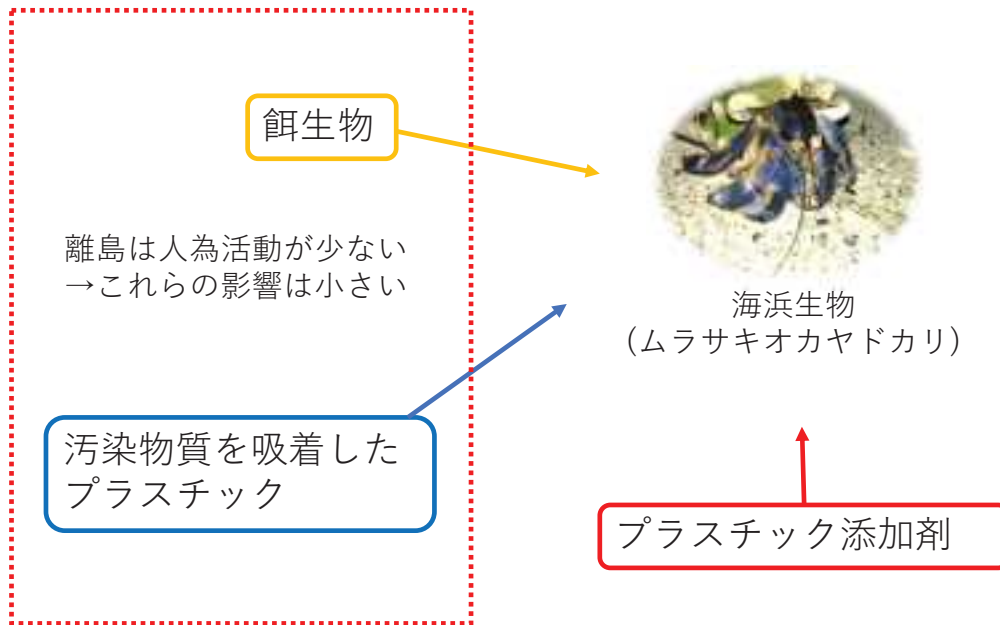
## 背景 海浜生物と漂着プラスチック



離島で高濃度の添加剤を含む漂着プラスチック(Hirai et al., 2011)(Tanaka et al., 2020)  
→海浜生物に漂着プラスチック中の添加剤が移行している可能性

2

# 汚染曝露経路



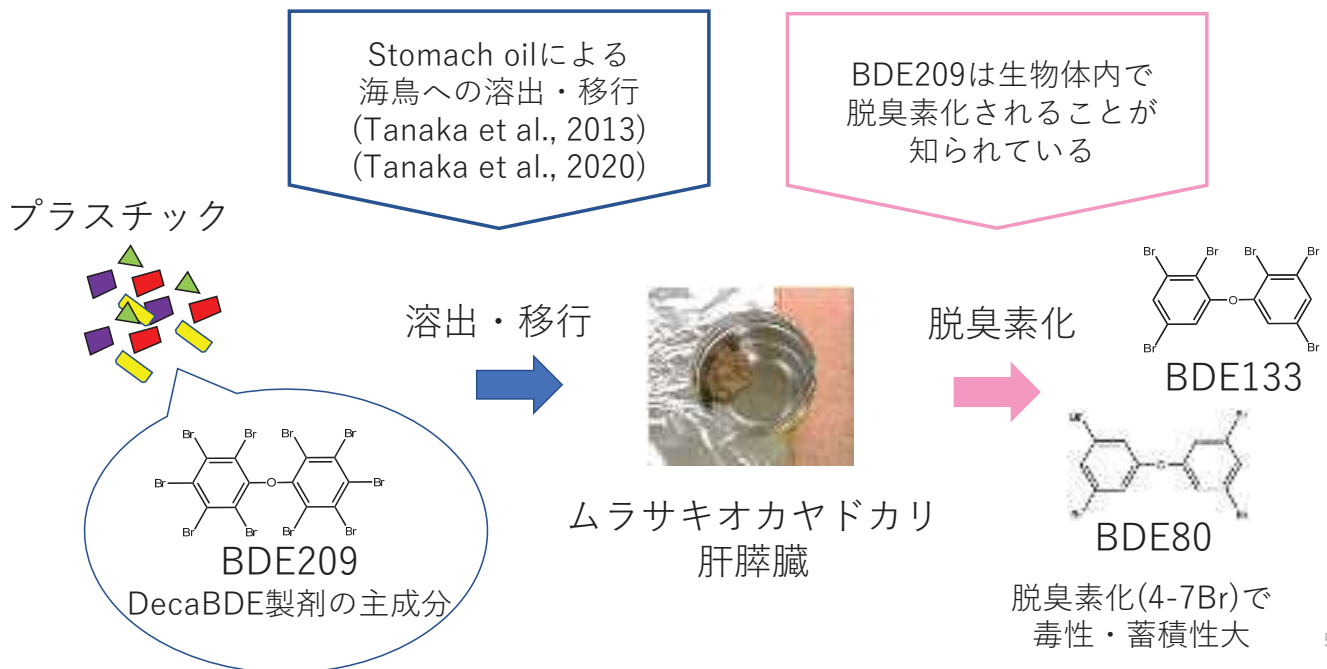
3

# PBDEsの代謝産物



4

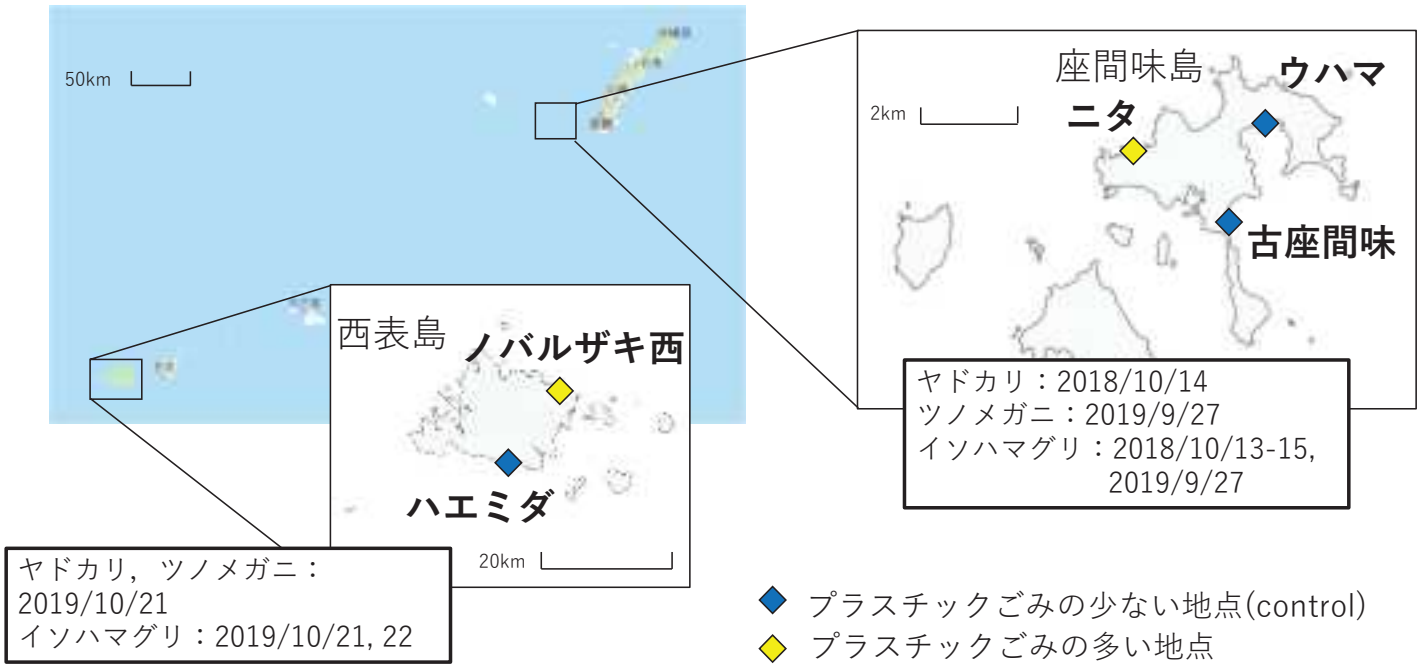
# プラスチック中添加剤の移行と代謝



## 目的

- ①BDE209(プラスチック添加剤)のフィールド生物への移行・代謝に関する観測例を増やす
- ②ヤドカリのBDE209代謝経路の解明
- ③プラスチック中BDE209のヤドカリへの移行の確認

# サンプリング地点



# 対象生物



ムラサキオカ  
ヤドカリ



オオナキオカ  
ヤドカリ



ツノメガニ



イソハマグリ



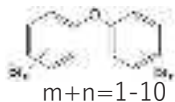
# 対象成分

添加剤由来

吸着由来

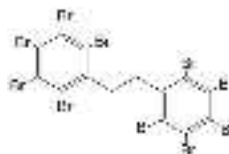
PBDEs

2009年 Penta製剤,  
Octa製剤使用禁止



2017年 Deca製剤  
使用禁止

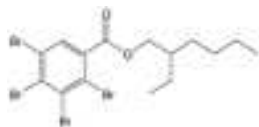
DBDPE



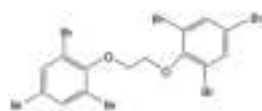
PCBs



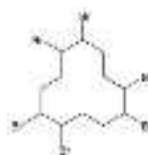
TBB



BTBPE



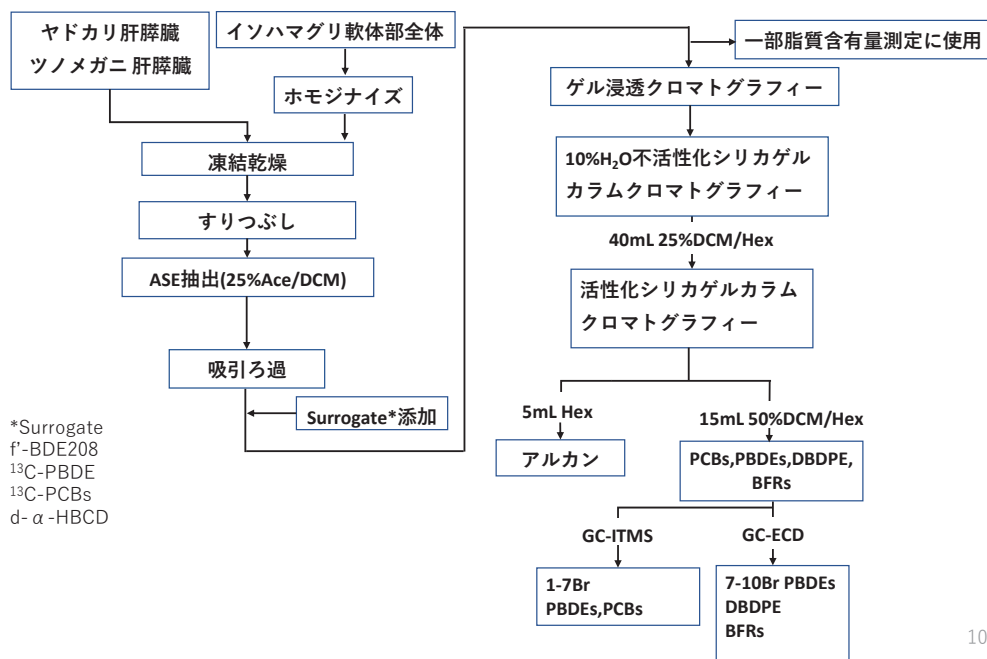
HBCDs



# 分析フロー



ヤドカリ



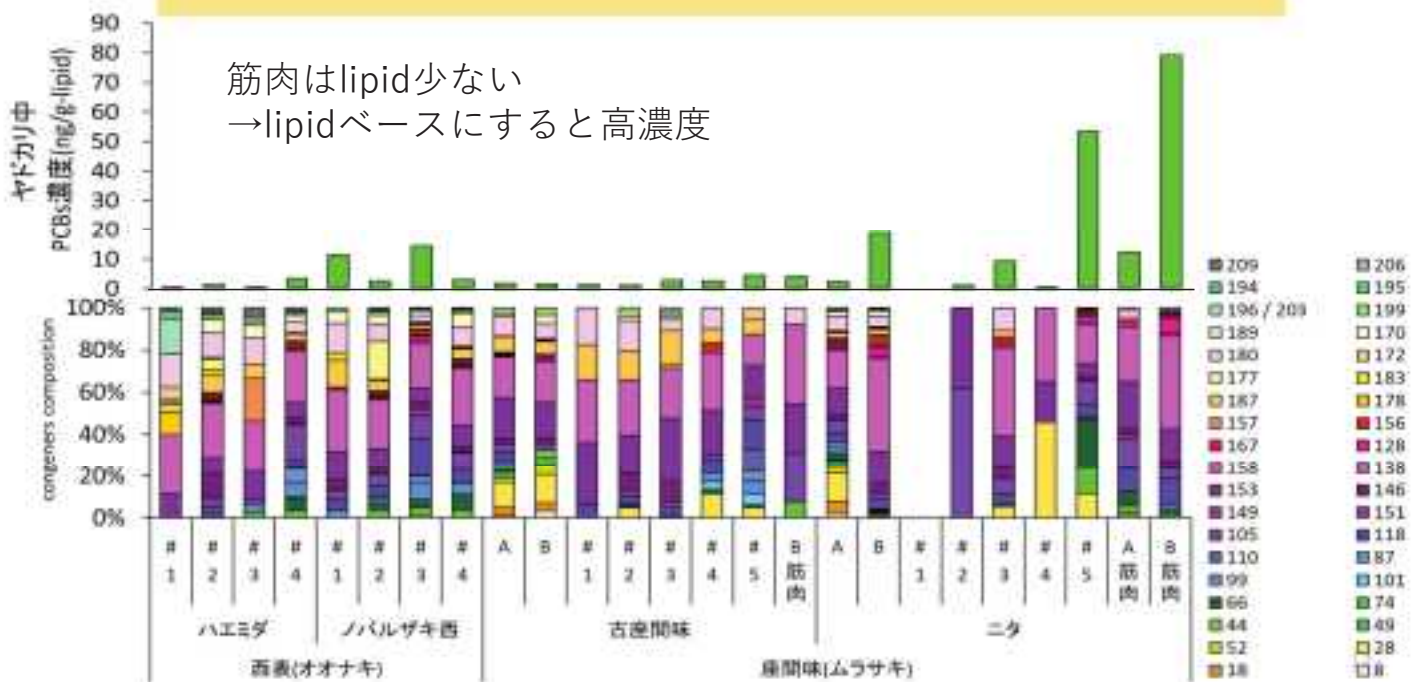
Recovery%(RSD%)  
PCBs:87-126%  
(1-173%,main congenersで0-9%)  
PBDEs:79-83%  
(4-173%,main congenersで4-11%)  
TBB:116%(5%)  
α HBCD:96%(6%)  
BTBPE:123%(9%)  
BTs:52-196%(1-44%)

\*Surrogate  
f'-BDE208  
13C-PBDE  
13C-PCBs  
d-α-HBCD

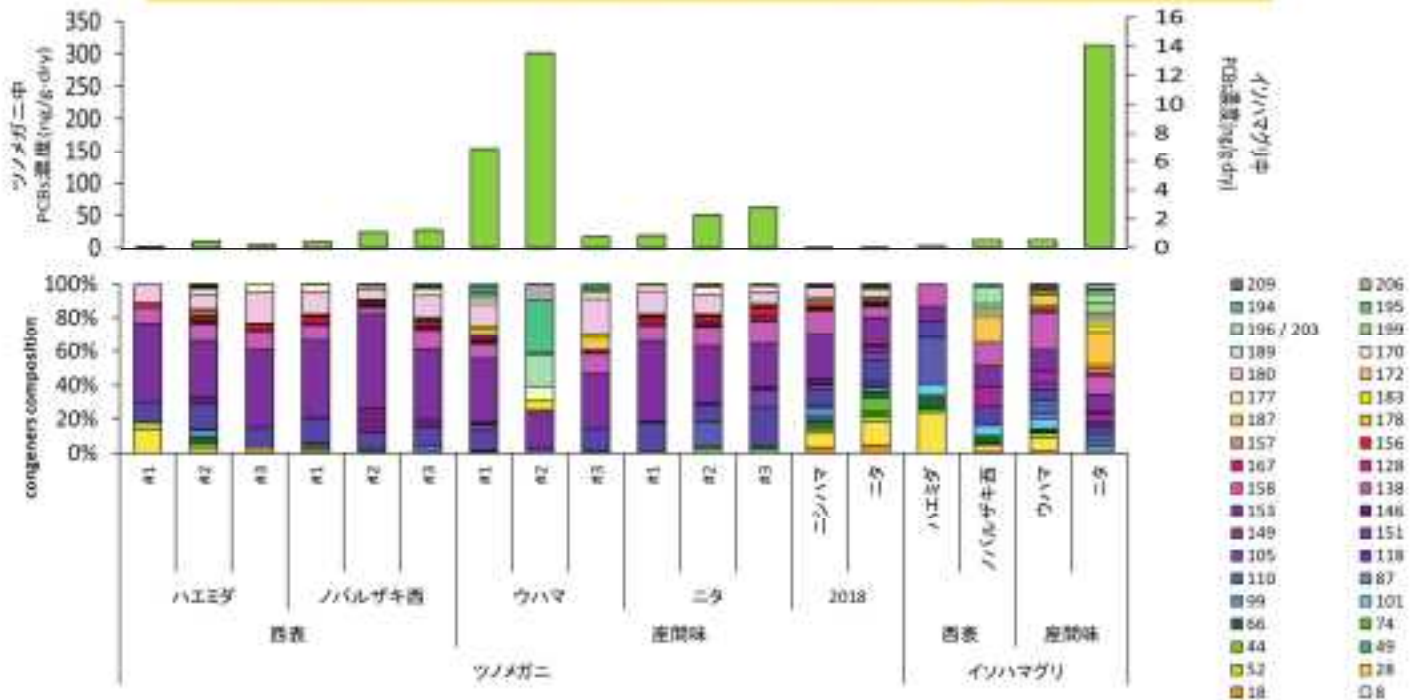
※Blankの3倍以下を定量限界以下とした。

# フィールド生物 結果

## ヤドカリ PCBs



## ツノメガニ, イソハマグリ PCBs



## 西表オオナキ BFRs

	ng/g-lipid							
	西表島							
	ハエミダ				ノバルザキ西			
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4
HBCD	-	n.d.	730	n.d.	302	295	459	27
TBB	-	n.d.	1.71	0.19	3.20	0.74	0.58	0.10
BTBPE	-	0.12	0.10	0.12	1.30	0.38	0.16	0.11
DBDPE	-	0.32	0.37	0.89	1.07	0.59	0.16	0.52

※ムラサキオカヤドカリはニタA, Bのみ分析で検出なし

- Control区であるハエミダ#3から高濃度のHBCD
- ハエミダの全サンプルからDBDPE検出

→ハエミダは近くにゴミが蓄積した場所あり  
体長 オオナキオカヤドカリ > ムラサキオカヤドカリ

## 西表オオナキ BFRs

	ng/g-lipid							
	西表島							
	ハエミダ				ノバルザキ西			
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4
HBCD	-	n.d.	730	n.d.	302	295	459	27
TBB	-	n.d.	1.71	0.19	3.20	0.74	0.58	0.10
BTBPE	-	0.12	0.10	0.12	1.30	0.38	0.16	0.11
DBDPE	-	0.32	0.37	0.89	1.07	0.59	0.16	0.52

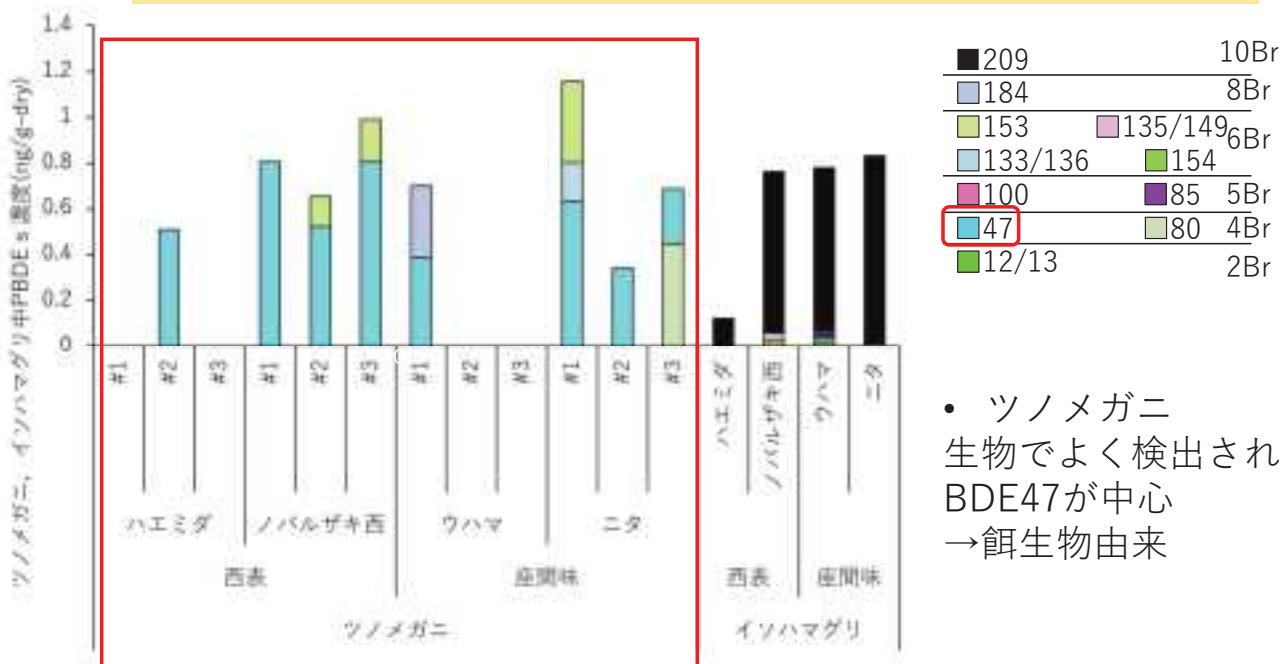
※ムラサキオカヤドカリはニタA, Bのみ分析で検出なし

座間味島のムラサキオカヤドカリからは検出しなかったHBCDsが高濃度で検出

→PBDEsの結果と一致

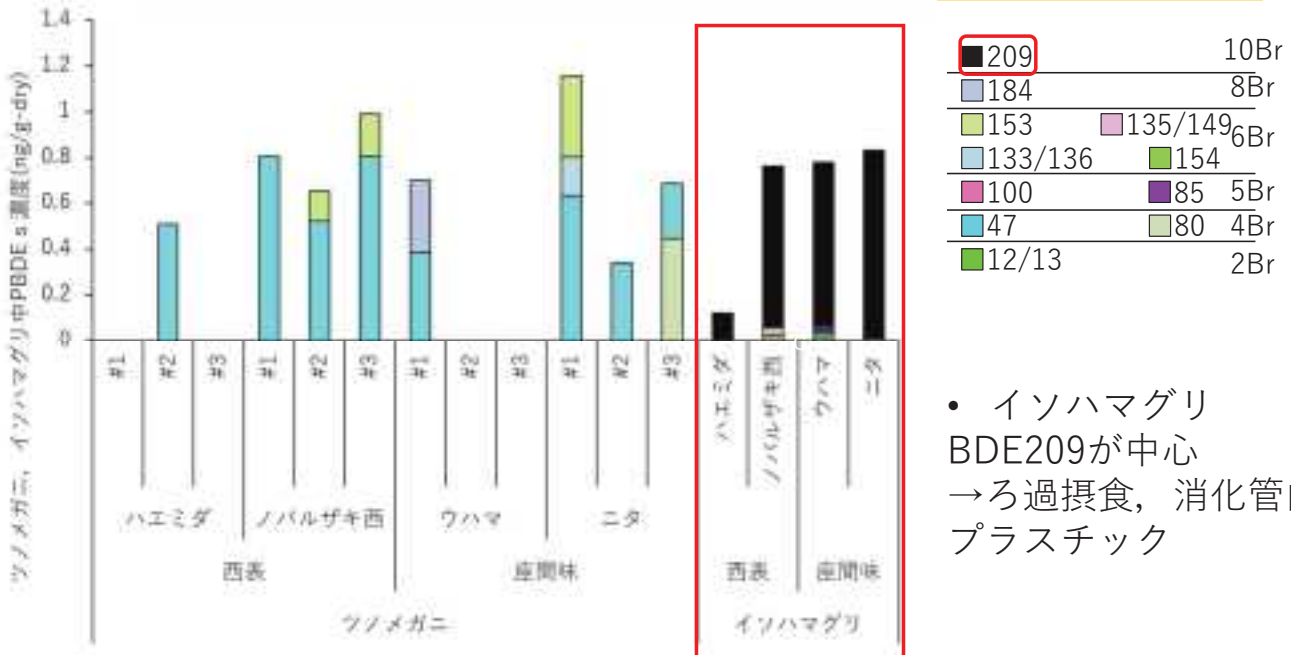
15

## ツノメガニ PBDEs



16

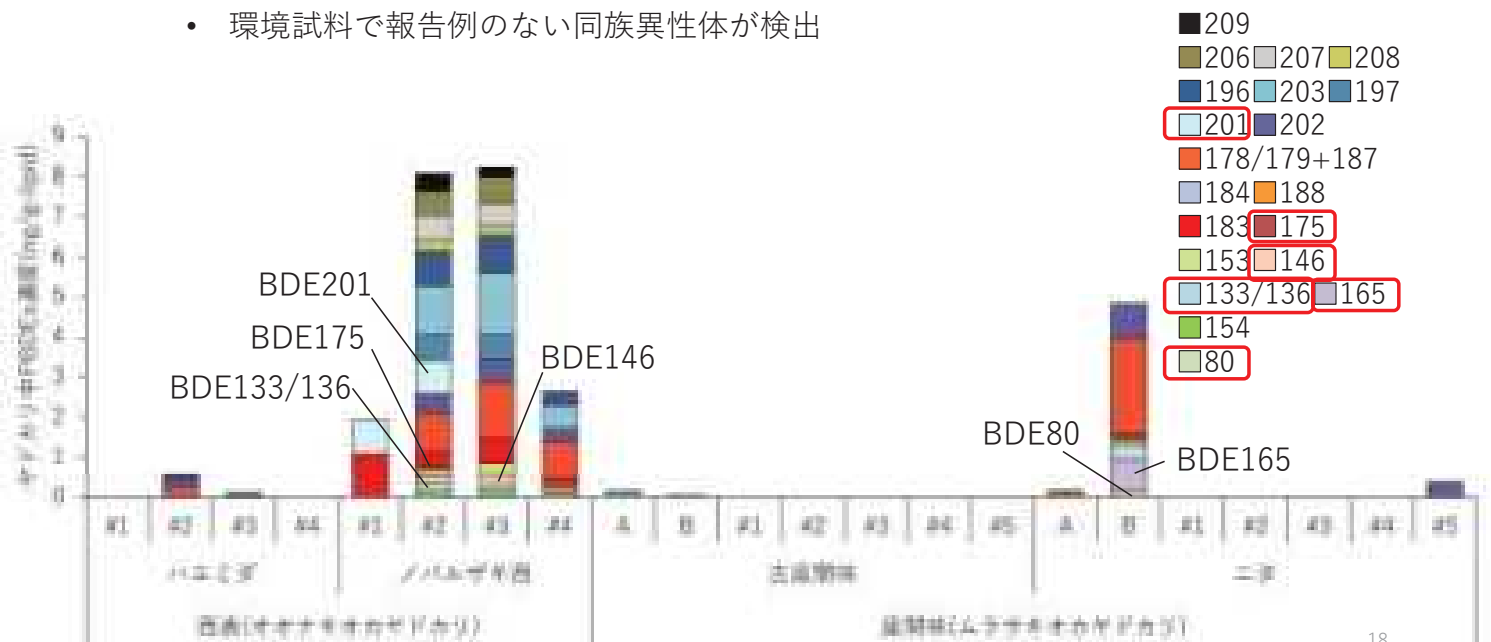
# イソハマグリ PBDEs



17

# ヤドカリ PBDEs

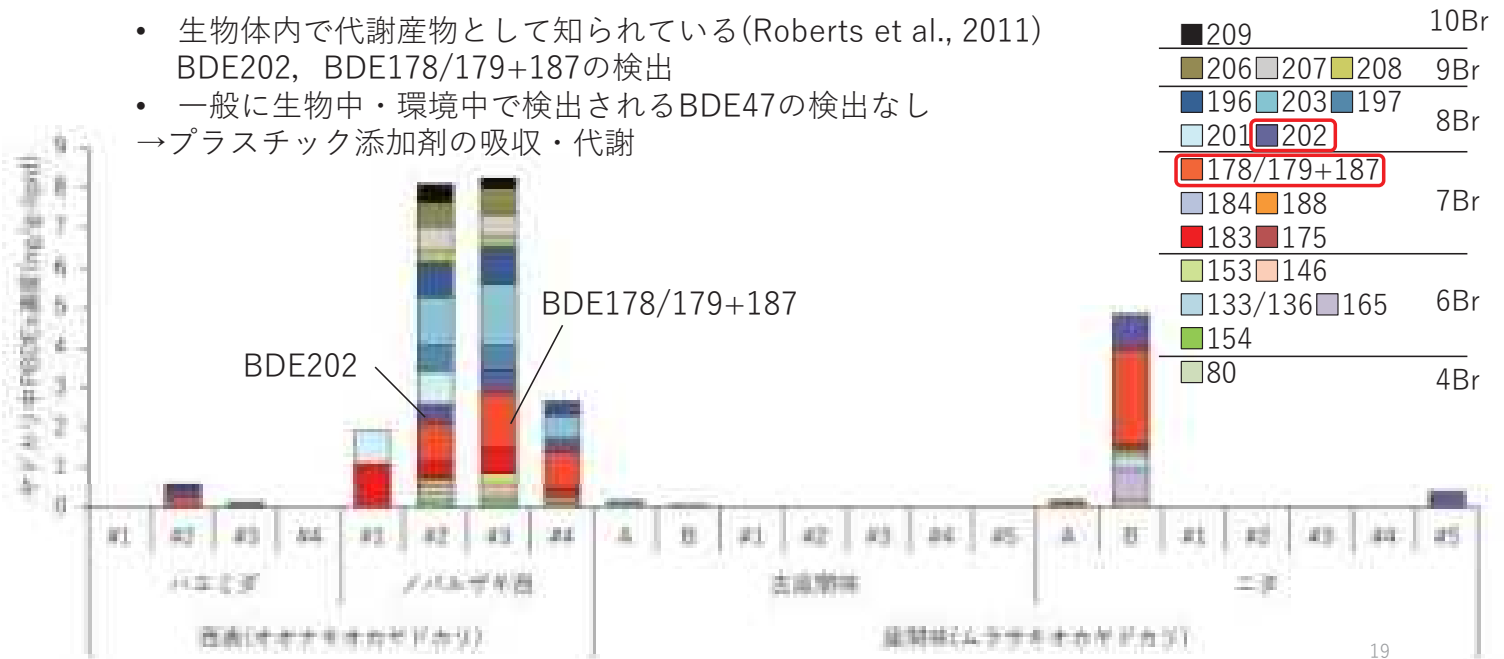
- 環境試料で報告例のない同族異性体が検出



18

# ヤドカリ PBDEs

- 生物体内で代謝産物として知られている (Roberts et al., 2011)  
BDE202, BDE178/179+187の検出
- 一般に生物中・環境中で検出されるBDE47の検出なし  
→プラスチック添加剤の吸収・代謝



## フィールド生物 まとめ

### ◆ ツノメガニ

餌生物由来の汚染の影響が大きい

### ◆ イソハマグリ

ろ過摂食・消化管内のプラスチックの影響が大きい

### ◆ ヤドカリ

- ヤドカリから環境試料で報告例のない同族異性体, 代謝産物として知られる同族異性体の検出
- 生物, 環境中からよく検出される同族異性体は検出せず

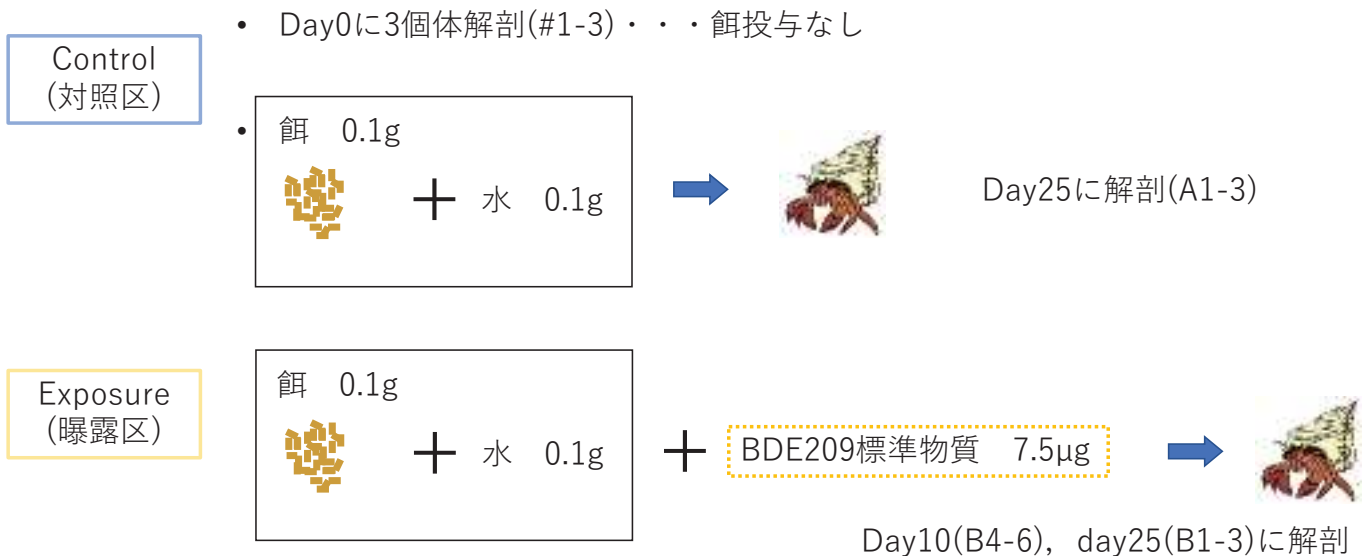
ヤドカリはプラスチックの影響を評価しやすい生物である。  
ヤドカリによるプラスチック添加剤の吸収・代謝が示唆され、  
この代謝経路に種間差はなかった。

## 曝露実験(*In vivo*)

- 標準物質曝露実験
  - ・ BDE209曝露実験(day10, 25)
  - ・ BDE209曝露実験 long(day55)
  - ・ Single congeners曝露実験  
BDE178, 179, 133
- BDE209入りプラスチック曝露実験(day10, 25)

21

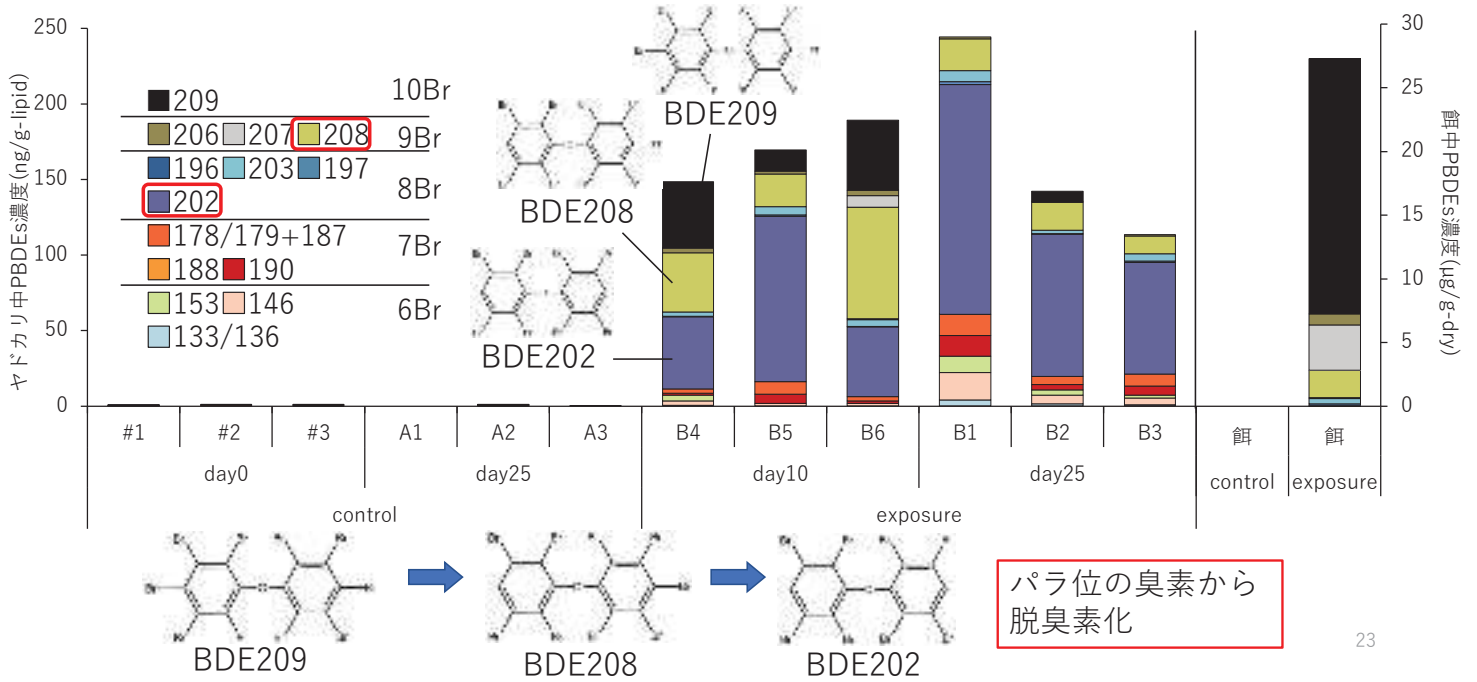
## BDE209曝露実験デザイン



曝露初日をday0とする。

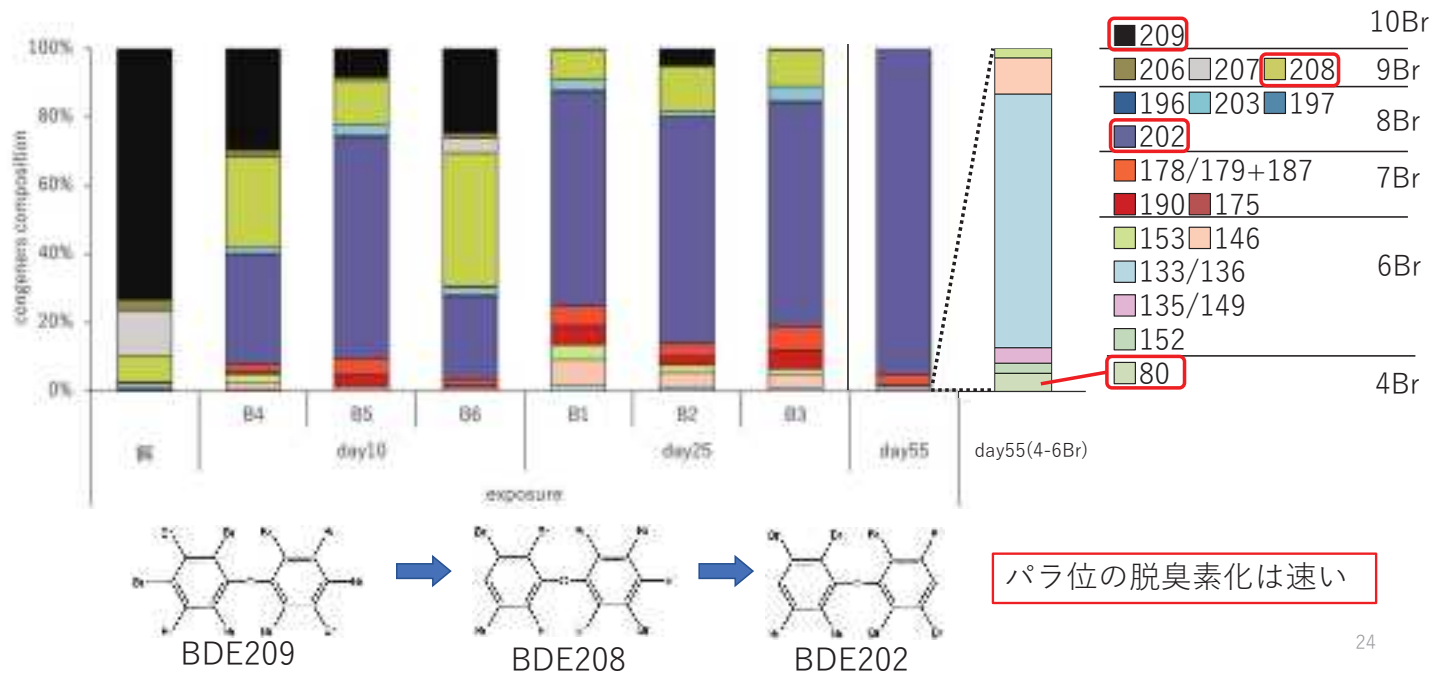
22

## BDE209曝露実験 結果



23

## BDE209曝露実験 結果



24



# Single congeners 曝露実験デザイン

餌 各0.3g



+

水 各0.3g

+

BDE178  
BDE179  
BDE133 } 各0.3μg

・・・フィールドのヤドカリ,  
BDE209曝露実験で検出

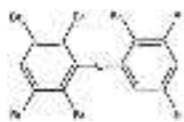


同族異性体ごとにn=1  
Day0, 1, 2の3日間に分けて曝露

25

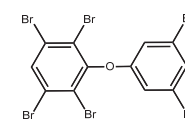
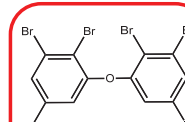
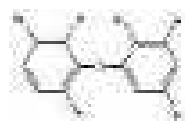
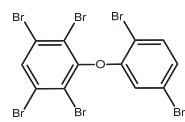
## BDE178代謝経路

\* は曝露実験のみで検出

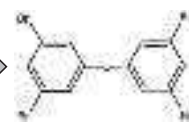
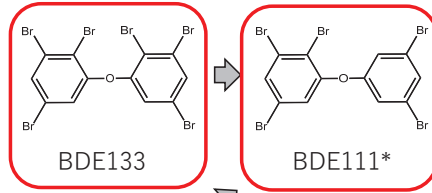
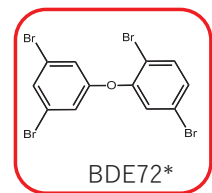


脱臭素化した臭素の位置

- ➡ パラ位
- ➡ オルト位
- ⤷ メタ位

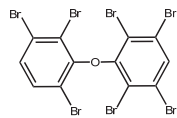


各臭素数(6Br, 5Br, 4Br)で主要な代謝産物



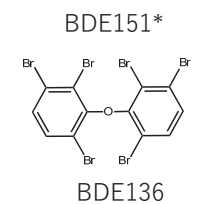
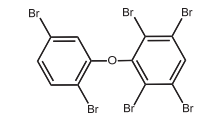
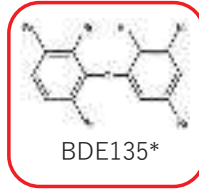
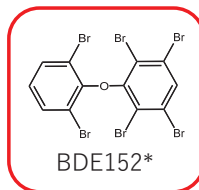
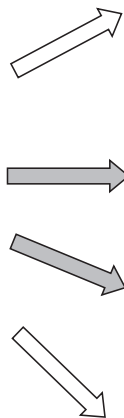
## BDE179代謝経路

\* は曝露実験のみで検出



脱臭素化した臭素の位置

- ▶ パラ位
- ◀ オルト位
- ◁ メタ位

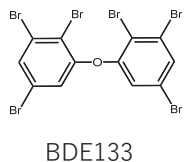


主要な代謝産物である  
BDE152, BDE135は  
フィールドのサンプルか  
らは検出せず

→BDE179はBDE209の  
主要な代謝産物ではない

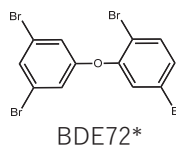
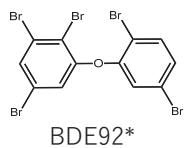
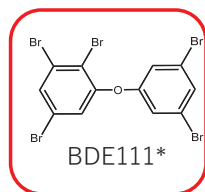
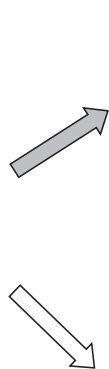
## BDE133代謝経路

\* は曝露実験のみで検出



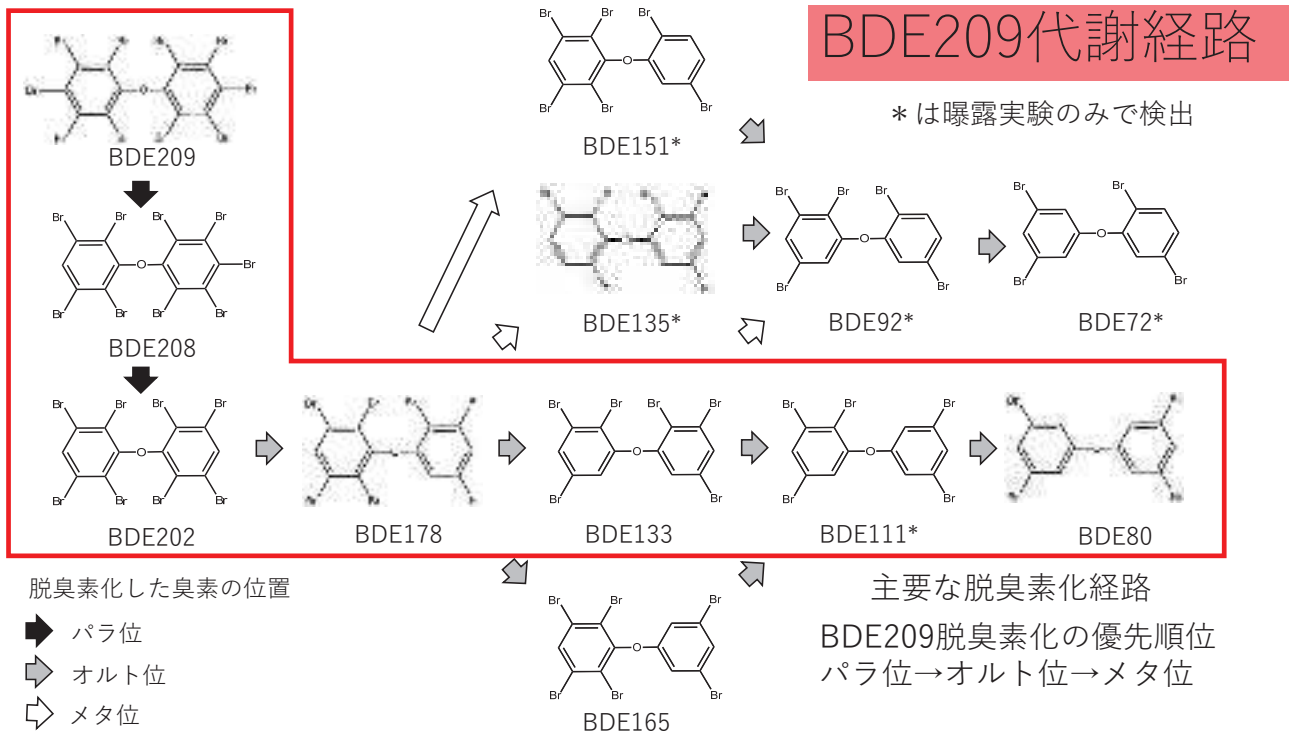
脱臭素化した臭素の位置

- ▶ パラ位
- ◀ オルト位
- ◁ メタ位



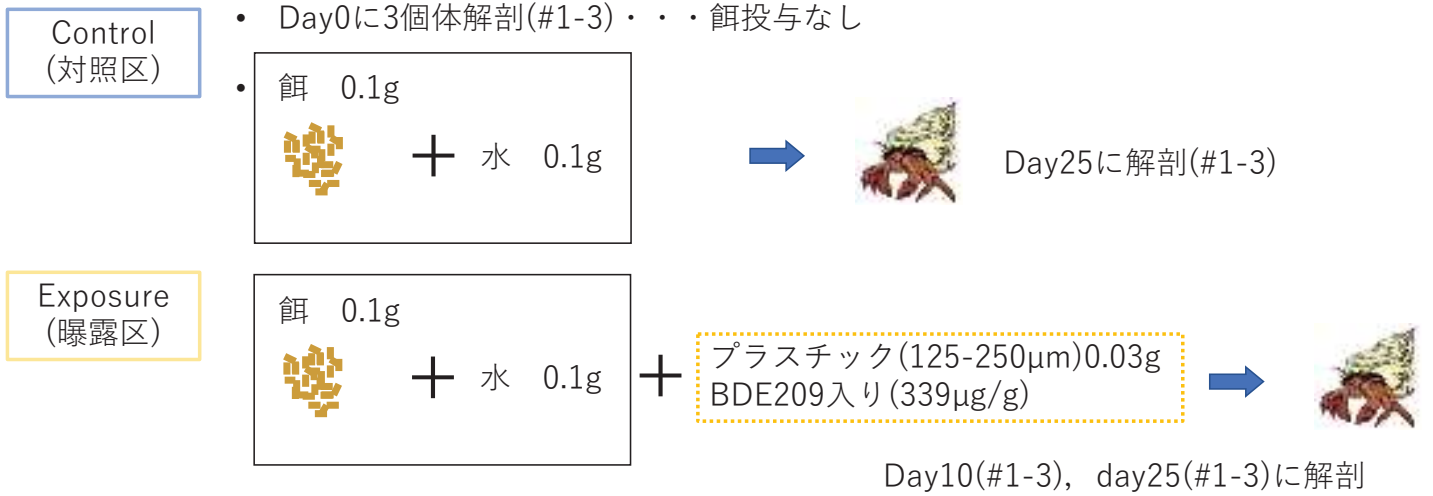
主要な代謝産物

オルト位が優先的に脱臭素化された。



# プラスチック曝露実験

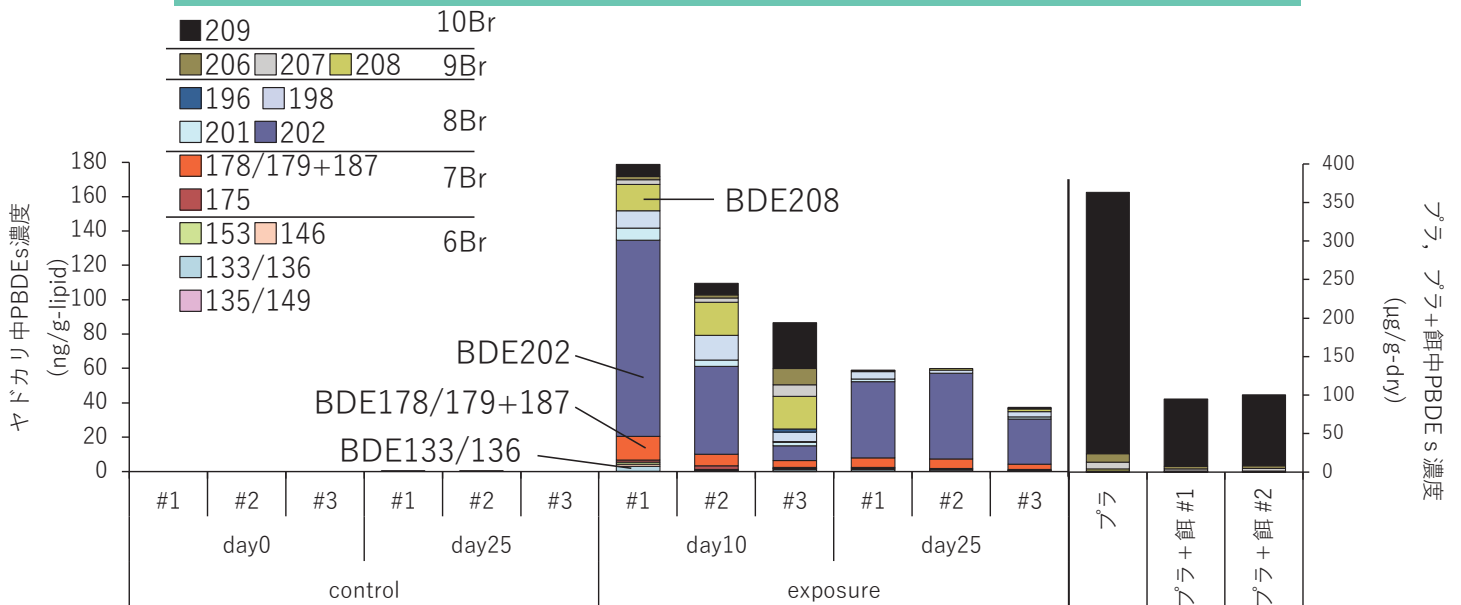
# プラ曝露実験デザイン



曝露初日をday0とする。

31

# プラ曝露実験 結果



32

# BDE209 移行経路



プラスチックからBDE209が溶出する過程を挟んでも、標準物質を直接曝露したときの約1/2の吸収割合を示した

33

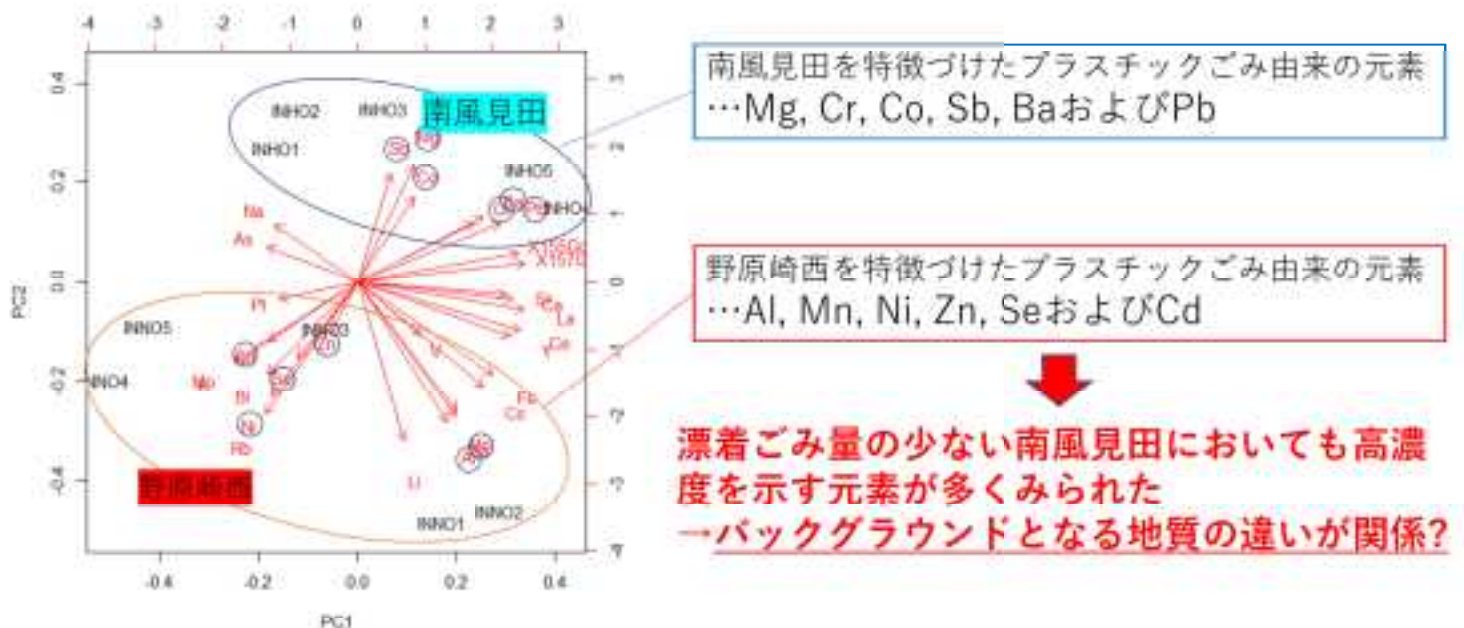
## 結論

- 離島のヤドカリがプラスチック中のPBDEsを吸収・代謝していることがフィールド観測から示唆され、曝露実験で検証された。
- BDE209はヤドカリ体内でパラ位，オルト位，メタ位の優先順位で脱臭素化されることがわかった。
- BDE209の肝臓への吸収割合は，プラスチック曝露実験において標準物質曝露実験の約1/2と高い割合が示された。

# 西表島の南風見田, 野原崎西, 座間味島の古座間味, ウハマおよびニ タの砂浜(砂と森林土壌)における 33元素濃度の分析結果

渡邊 泉, 松田 康一郎, 松井 大樹  
東京農工大学 大学院 農学研究院  
環境毒性学研究室

**背景:** 2019年10月に南風見田および野原崎西で採取された  
イソハマグリ内臓の微量元素濃度を用いた主成分分析の結果



# 分析方法

- 砂試料および土壌試料を，乾燥機で乾燥後2 mmで篩別した
- 篩別した試料をテフロン製ピーカーに量り取り，硝酸，過塩素酸，フッ酸，塩酸の4種の酸を用いる湿式灰化法にて分解した
- ICP-MSを用いて，33元素(<sup>7</sup>Li, <sup>23</sup>Na, <sup>24</sup>Mg, <sup>27</sup>Al, <sup>39</sup>K, <sup>43</sup>Ca, <sup>45</sup>Sc, <sup>51</sup>V, <sup>52</sup>Cr, <sup>55</sup>Mn, <sup>57</sup>Fe, <sup>59</sup>Co, <sup>60</sup>Ni, <sup>63</sup>Cu, <sup>66</sup>Zn, <sup>75</sup>As, <sup>82</sup>Se, <sup>85</sup>Rb, <sup>88</sup>Sr, <sup>95</sup>Mo, <sup>105</sup>Pd, <sup>111</sup>Cd, <sup>115</sup>In, <sup>118</sup>Sn, <sup>121</sup>Sb, <sup>133</sup>Cs, <sup>137</sup>Ba, <sup>139</sup>La, <sup>140</sup>Ce, <sup>157</sup>Gd, <sup>195</sup>Pt, <sup>208</sup>Pb, <sup>209</sup>Bi)の濃度分析を行った
- 内標準には<sup>103</sup>Rhを用いた
- Blankの標準偏差の3倍の値を検出限界値とした

## 西表島の南風見田と野原崎西の試料における33元素濃度分析結果

		<sup>7</sup> Li	<sup>23</sup> Na	<sup>24</sup> Mg	<sup>27</sup> Al	<sup>39</sup> K	<sup>44</sup> Ca	<sup>45</sup> Sc	<sup>51</sup> V	<sup>52</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>59</sup> Co	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>75</sup> As		
バニタマ	砂質の砂	江藤より集 得	11.8	2500	18600	1220	360	198000	0.741	1.51	5.15	21.7	1130	0.7	2.54	0.857	16.7	3.38	
		江藤より集 得	20.8	1650	7810	3320	1810	114000	0.674	2	4.49	29	1680	0.806	2.56	<0.0002	7.82	1.97	
	農耕地の土	新開	18.1	1580	7290	6040	1440	84780	0.908	4.32	6.47	48.1	3810	1.3	4.00	2.14	12.7	1.54	
		西原	98.8	5640	2420	18390	8240	2920	5.09	31.4	11.7	185	25780	6.33	16.3	8.79	64.2	3.67	
	森林土壌	新開	55.2	2400	1390	27990	4920	739	2.54	15	18	361	8760	3.85	?	4.5	36.7	1.21	
		中央	12.8	1980	8380	3390	667	114000	0.661	2.62	4.05	62.5	2200	0.699	2.97	1.84	16.6	?	
	農耕地の土	新開	46.7	2880	918	18100	4380	594	1.86	12.2	12.1	38.7	3080	1.38	6.90	3.25	23.8	<0.0002	
		西原	30.2	2300	8360	9410	2180	113000	1.3	8.5	8.19	64.2	3220	1.15	5.89	1.90	16.7	3.41	
	バニタマ ザキ西	森林土壌	新開	15.2	2120	14200	4420	480	197000	1.9	13.3	18.9	119	9220	1.84	5.38	6.45	23.8	4.56
			西原	12.8	2190	15400	8110	975	175000	1.8	9.28	8.64	79	2960	1.19	4.41	2.54	17.5	4.94
砂質の砂		新開	128	4180	8430	64930	6480	7900	18.7	17.8	33.2	991	19330	21.2	26.5	58.1	158	<0.0002	
		西原	13.8	2480	16200	3180	421	179000	1.5	10.8	8.92	67.7	3010	1.19	5.73	1.3	9.83	3.60	

		<sup>78</sup> Se	<sup>85</sup> Rb	<sup>88</sup> Sr	<sup>95</sup> Mo	<sup>105</sup> Pd	<sup>111</sup> Cd	<sup>115</sup> In	<sup>118</sup> Sn	<sup>121</sup> Sb	<sup>133</sup> Cs	<sup>137</sup> Ba	<sup>139</sup> La	<sup>140</sup> Ce	<sup>157</sup> Gd	<sup>195</sup> Pt	<sup>208</sup> Pb	<sup>209</sup> Bi		
バニタマ	砂質の砂	江藤より集 得	8.64	2.11	2640	0.8479	181	0.0523	<0.00000	0.0576	0.037	8.198	14.5	1.42	2.95	0.284	<0.00001	1.91	0.00083	
		江藤より集 得	3.88	7.18	2280	0.695	231	8.0374	0.8844	0.133	0.133	8.418	18.9	4.23	8.19	0.908	8.068	2.12	8.6282	
	農耕地の土	新開	<0.0008	10.8	1820	0.8629	247	0.031	0.008	0.132	0.1883	8.388	18.3	3.82	8.56	0.734	<0.00001	1.19	8.0208	
		西原	<0.0008	95.4	118	0.172	14.9	0.109	0.0284	0.888	0.291	2.87	280	17.4	18.2	2.28	<0.00001	12	0.116	
	森林土壌	新開	<0.0008	61.8	83.8	0.228	9.32	8.0724	0.3167	0.417	0.265	2.04	224	18	38.6	2.13	<0.00001	12.8	0.109	
		中央	<0.0008	6.95	2040	0.101	141	0.0562	0.0363	0.182	0.1807	8.247	18.4	2.48	8.17	0.462	<0.00001	3.34	8.0328	
	農耕地の土	新開	<0.0008	34.7	50.3	0.138	6.85	0.0681	0.00823	0.478	0.162	1.19	171	12.1	25.6	1.88	<0.00001	7.08	8.0007	
		西原	<0.0008	17	2420	0.109	174	8.06	0.3287	0.28	0.167	0.81	78.2	8.88	14.1	0.808	<0.00001	2.75	8.0384	
	バニタマ ザキ西	森林土壌	新開	<0.0008	3.81	3180	0.114	232	0.0549	0.00821	0.0413	0.193	8.248	18.9	2.54	5.99	0.872	<0.00001	3.54	8.0281
			西原	<0.0008	2.54	2060	0.3825	228	0.0589	0.00915	0.229	0.198	8.218	14.8	2.1	4.96	0.416	<0.00001	3.24	8.0342
砂質の砂		新開	<0.0008	81.3	101	0.8281	21.3	0.318	0.054	<0.000000 8	0.208	3.82	247	14.1	31.9	1.88	<0.00001	19.8	8.0329	
		西原	<0.0008	2.76	3270	0.8842	238	8.04	0.00368	0.183	0.189	8.180	17.8	2.21	6.18	0.818	<0.00001	3.65	8.0215	

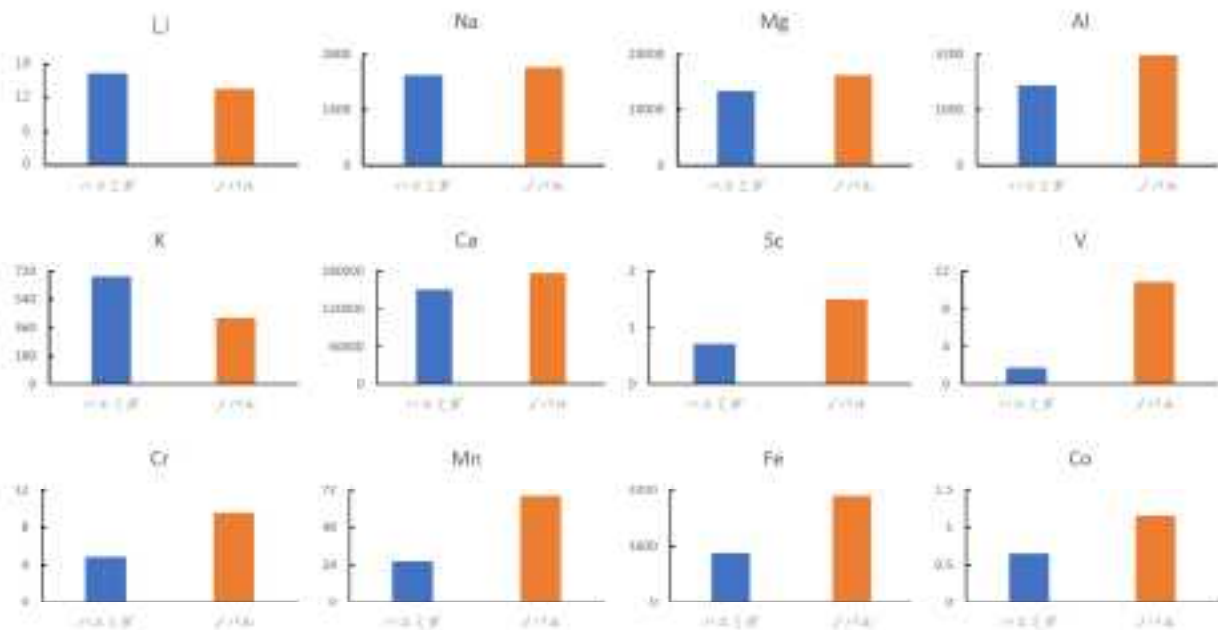
## 座間味島の古座間味, ニタおよびウハマの試料の33元素濃度分析結果

		Li	23Na	24Mg	27Al	28Si	40Ca	45Sc	51V	52Cr	55Mn	56Fe	59Co	58Ni	63Cu	65Zn	69Ga
古座間味	南風見田	131	344	1000	141	28	20200	0.004	<0.0001	0.02	0.28	0.05	0.005	0.01	1.2	0.08	0.02
	野原崎西	6.75	2114	10000	0.000	0.00	300000	0.012	0.05	0.05	0.14	0.05	0.017	0.09	0.25	0.12	0.04
	ウハマ	4.95	2330	10000	0.000	0.00	300000	0.020	0.00	0.00	0.04	0.09	0.0	0.3	0.08	0.22	0.04
ニタ	南風見田	6.11	0.04	1440	200	0.21	20000	0.004	<0.0001	0.01	0.20	0.05	0.007	0.01	<0.0001	0.04	0.04
	野原崎西	5.91	0.00	1400	200	0.01	20000	0.000	<0.0001	0.07	0.02	0.04	0.007	0.01	0.25	0.04	0.04
	ウハマ	3.23	0.00	1400	7.00	0.00	20000	0.1	0.00	0.01	0.2	0.00	0.000	0.11	0.01	0.04	0.04
ウハマ	南風見田	5.00	0.00	1000	200	0.01	20000	0.010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	野原崎西	5.00	0.00	1000	200	0.01	20000	0.010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ウハマ	5.00	0.00	1000	200	0.01	20000	0.010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		70Se	86Sr	87Sr	85Mo	101Pd	111Cd	115In	126Sn	121Pb	137Cs	137Ba	138La	140Ce	151Sm	152Eu	188Au
古座間味	南風見田	<0.0001	0	0.000	0.0000	0.0	0.000	<0.000001	0.00	0.000	0.10	0.1	0.01	0.00	<0.000001	0.00	0.0000
	野原崎西	0.04	0.11	0.00	0.0000	0.0	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.10	0.0000	0.10	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	ウハマ	<0.0001	0.0	0.00	0.0000	0.0	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.10	0.0000	0.10	0.00	<0.000001	0.00	0.0000
ニタ	南風見田	<0.0001	0.01	0.00	0.0000	0.0	<0.000001	<0.000001	0.0000	0.0000	0.10	0.01	0.01	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	野原崎西	<0.0001	0.01	0.00	0.0000	0.0	0.0000	<0.000001	0.00	0.0000	0.10	0.01	0.01	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	ウハマ	<0.0001	0.01	0.00	0.0000	0.0	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.10	0.01	0.01	0.00	0.0000	0.00	0.0000
ウハマ	南風見田	0.01	0.1	0.00	0.0000	0.0	<0.000001	0.0000	0.0000	0.0000	0.10	0.01	0.01	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	野原崎西	<0.0001	0.01	0.00	0.0000	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.10	0.01	0.01	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	ウハマ	<0.0001	0.0	0.00	0.0000	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.10	0.01	0.01	0.00	0.0000	0.00	0.0000

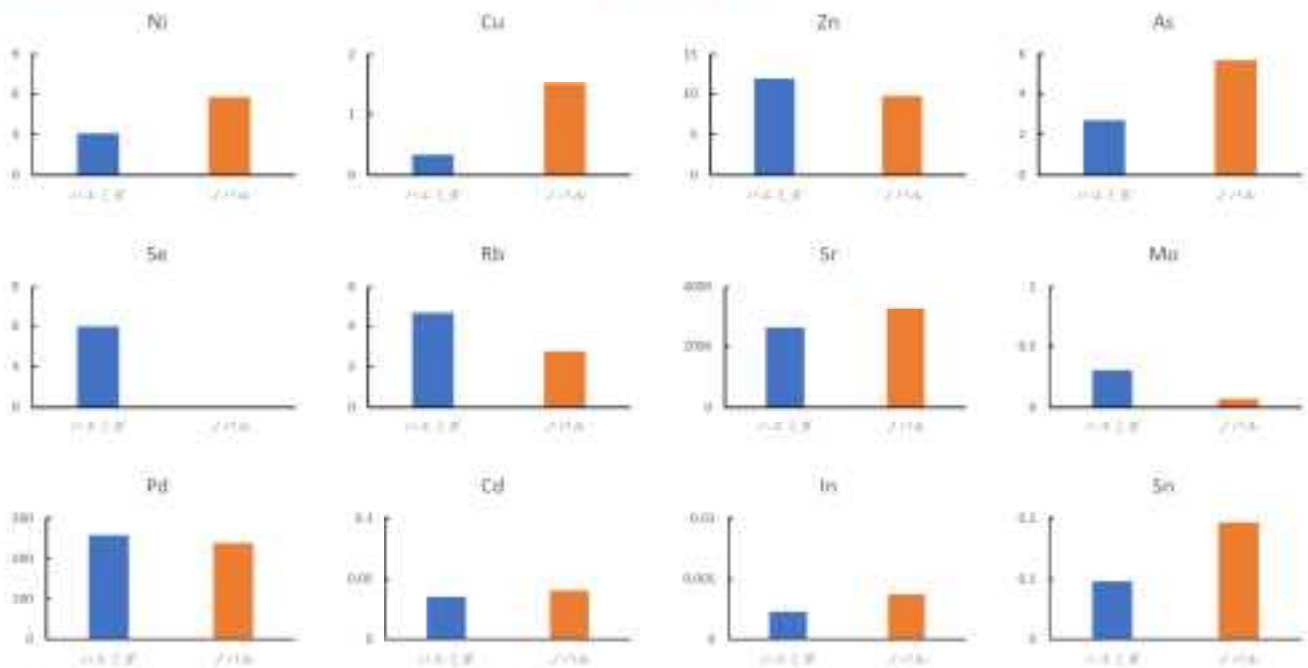
## 西表島の南風見田と野原崎西の砂試料の33元素濃度①(mg/kg d.w.)



南風見田でLiとKの濃度が高い

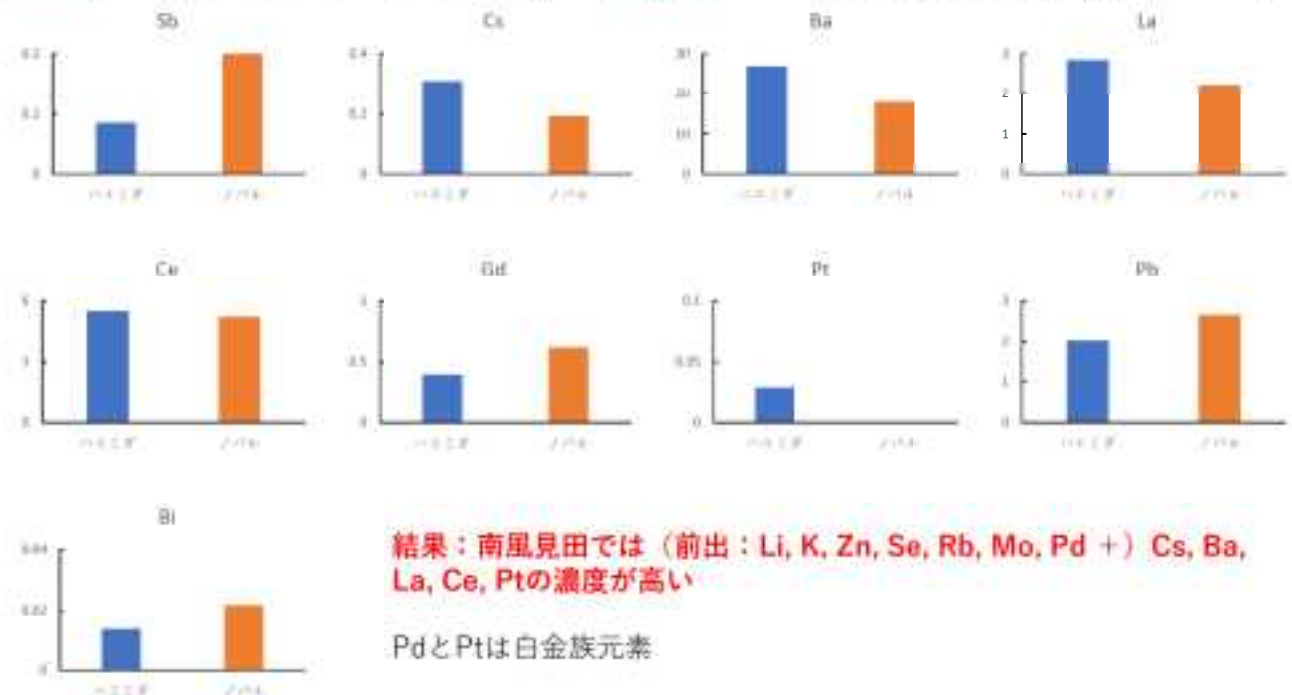


西表島の南風見田と野原崎西の砂試料の33元素濃度②(mg/kg d.w.)



南風見田でZn, Se, Rb, Mo, Pdの濃度が高い

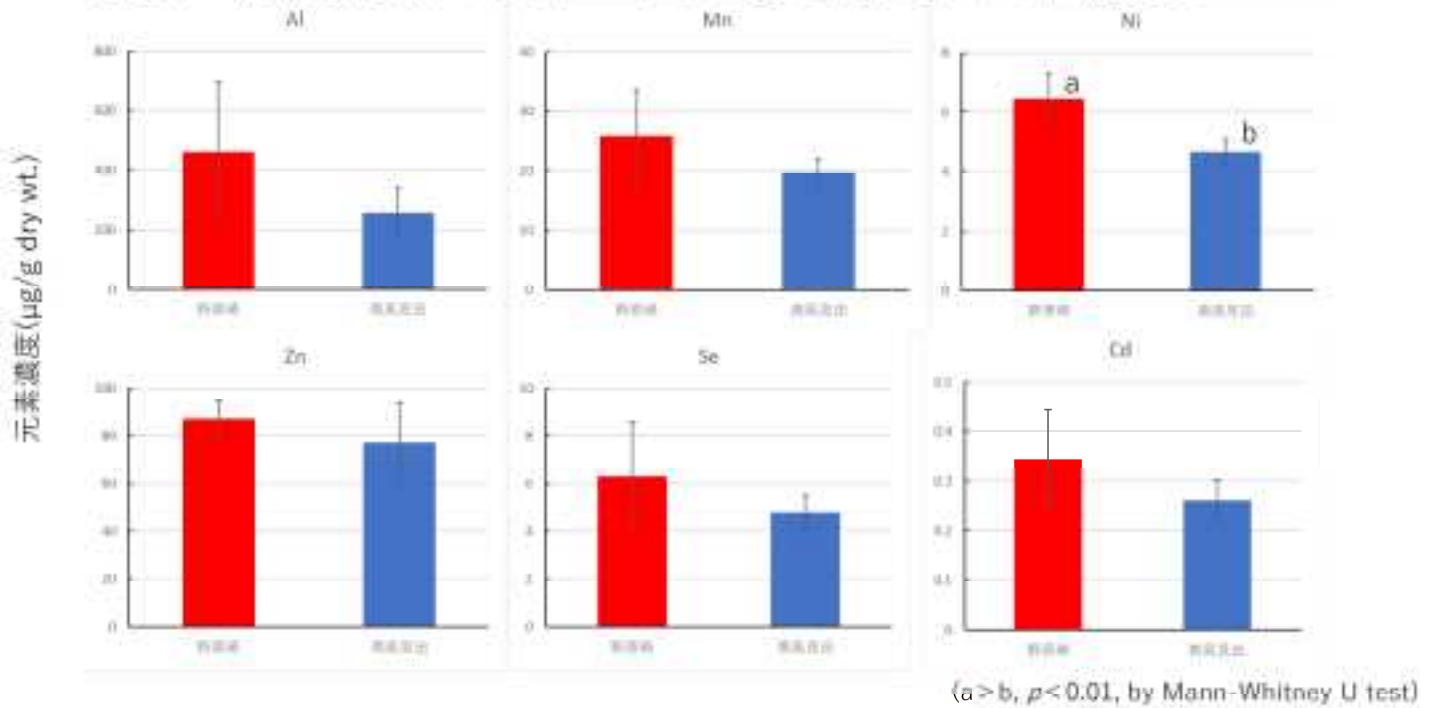
西表島の南風見田と野原崎西の砂試料の33元素濃度③(mg/kg d.w.)



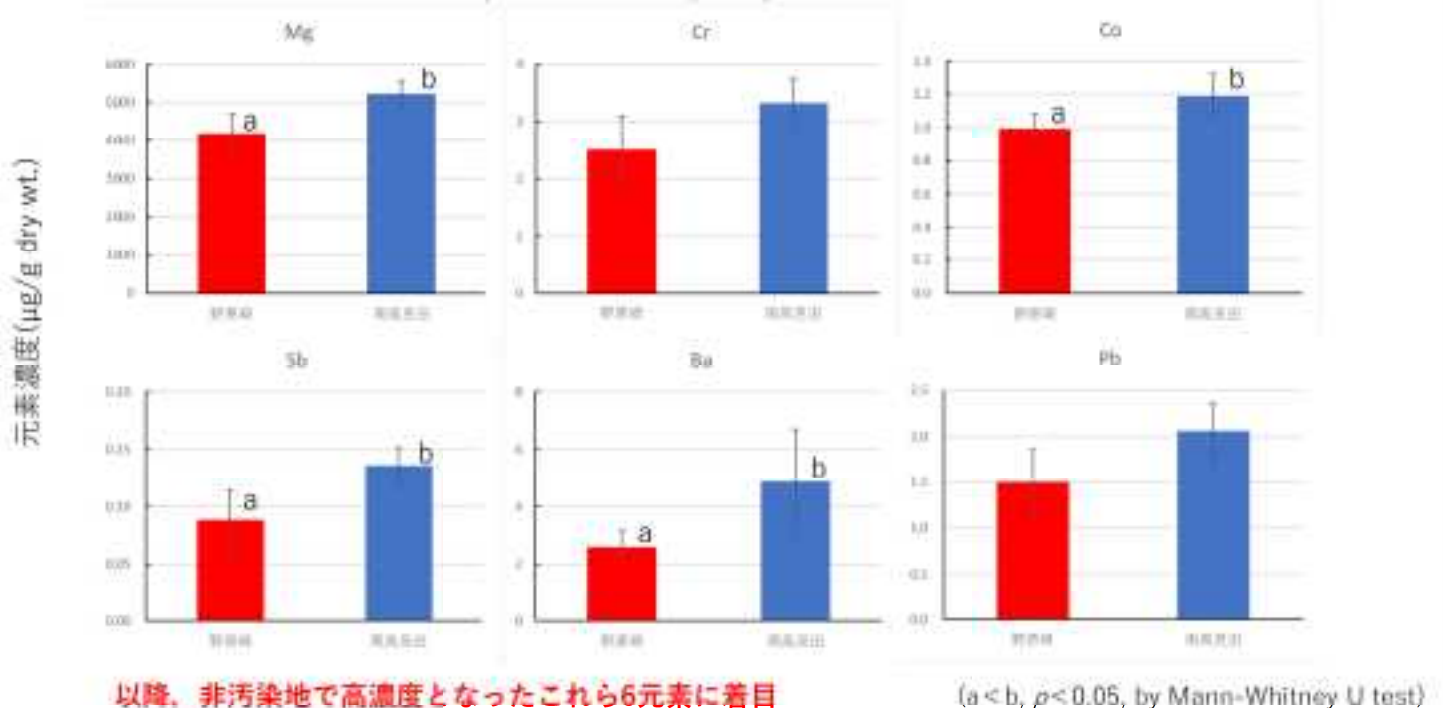
結果：南風見田では（前出：Li, K, Zn, Se, Rb, Mo, Pd +）Cs, Ba, La, Ce, Ptの濃度が高い

PdとPtは白金族元素

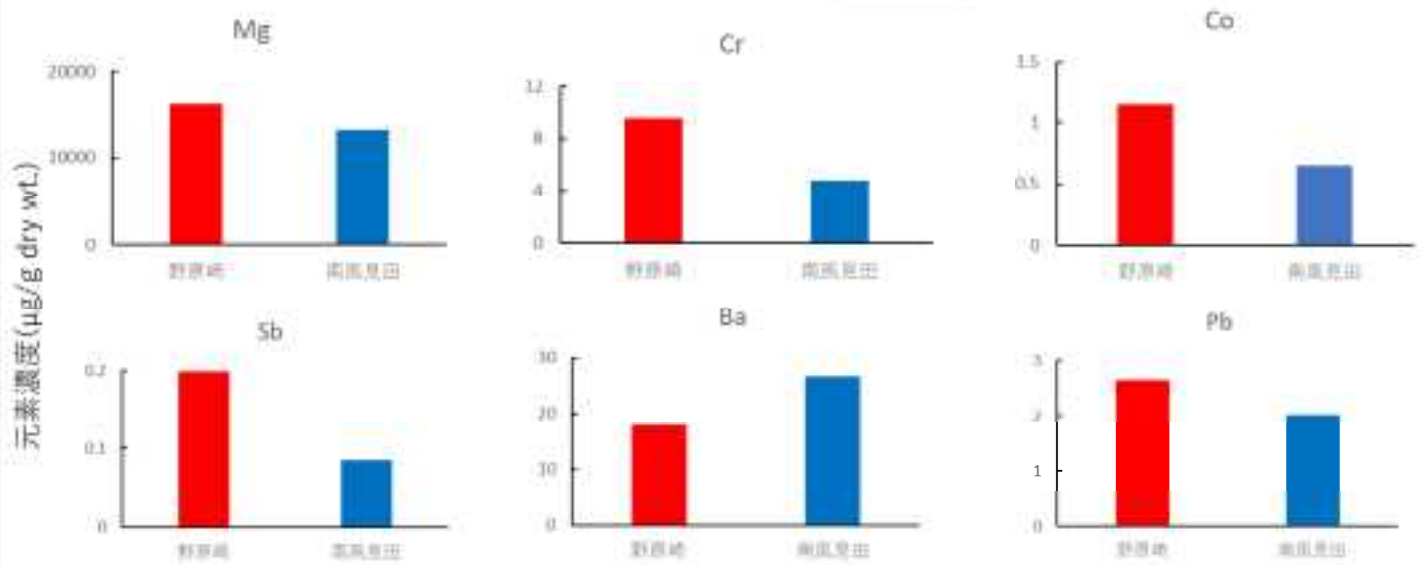
西表島のイソハマグリ内臓組織におけるプラスチック由来の元素の濃度比較（実データ）①野原崎西で高濃度



西表島のイソハマグリ内臓組織におけるプラスチック由来の元素の濃度比較（実データ）②南風見田で高い



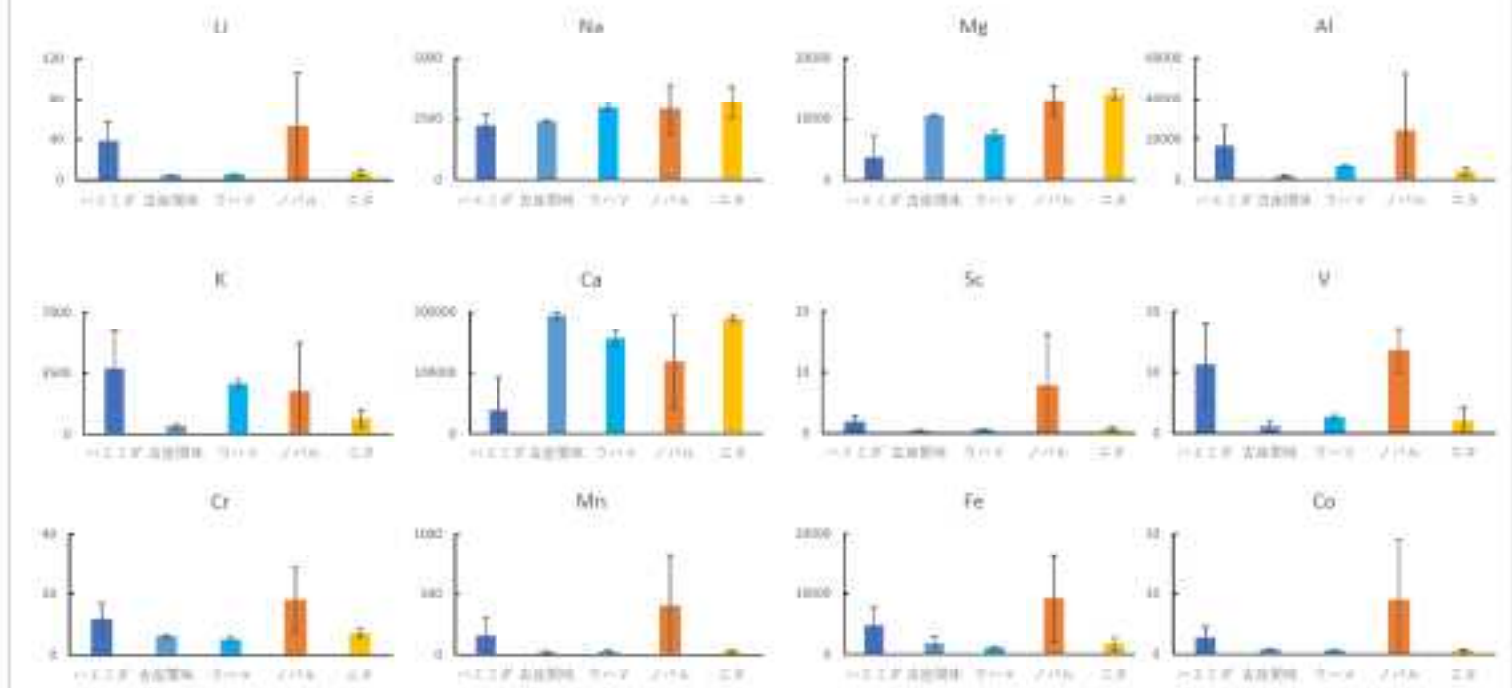
## 西表：野原崎西と南風見田の海砂における元素濃度



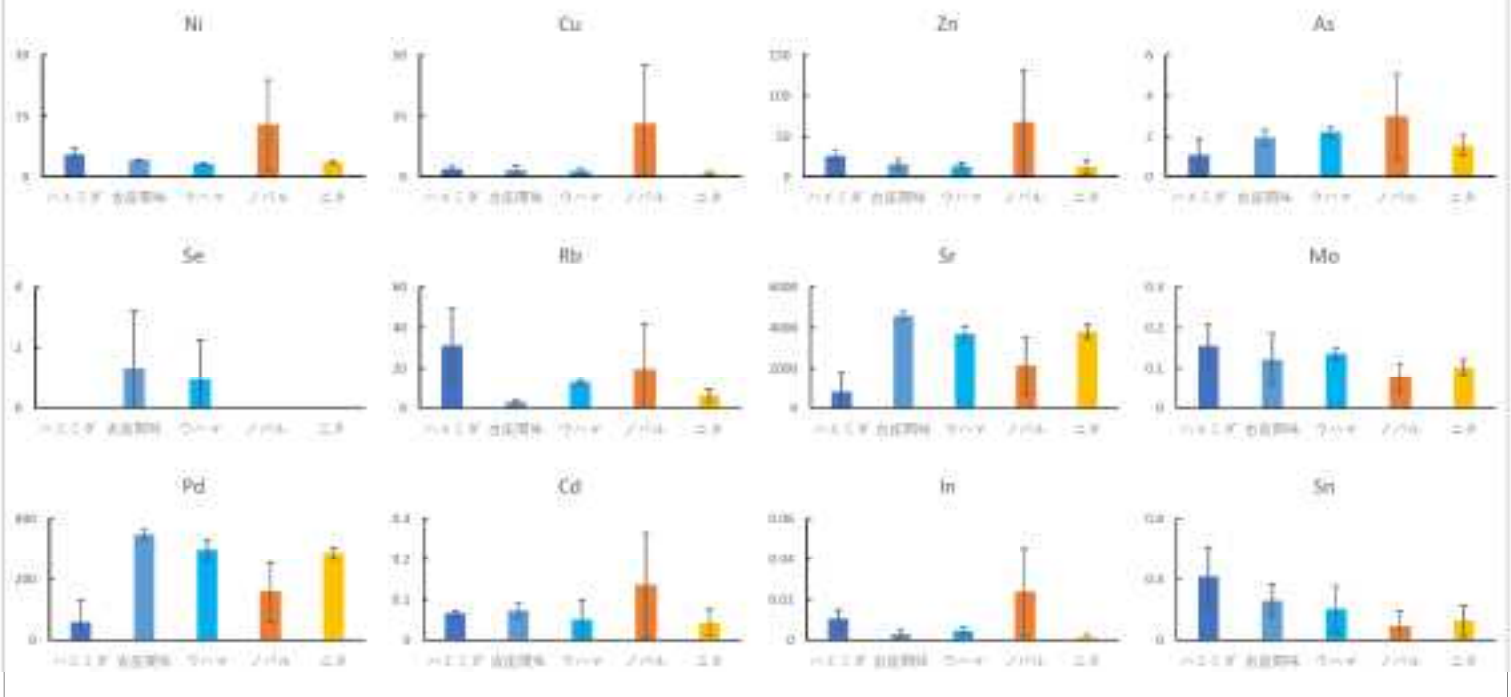
Baのみ野原崎 < 南風見田 → イソハマグリにおける結果と一致

Mg, Cr, Co, SbおよびPb：野原崎 > 南風見田 → イソハマグリにおける結果と相反

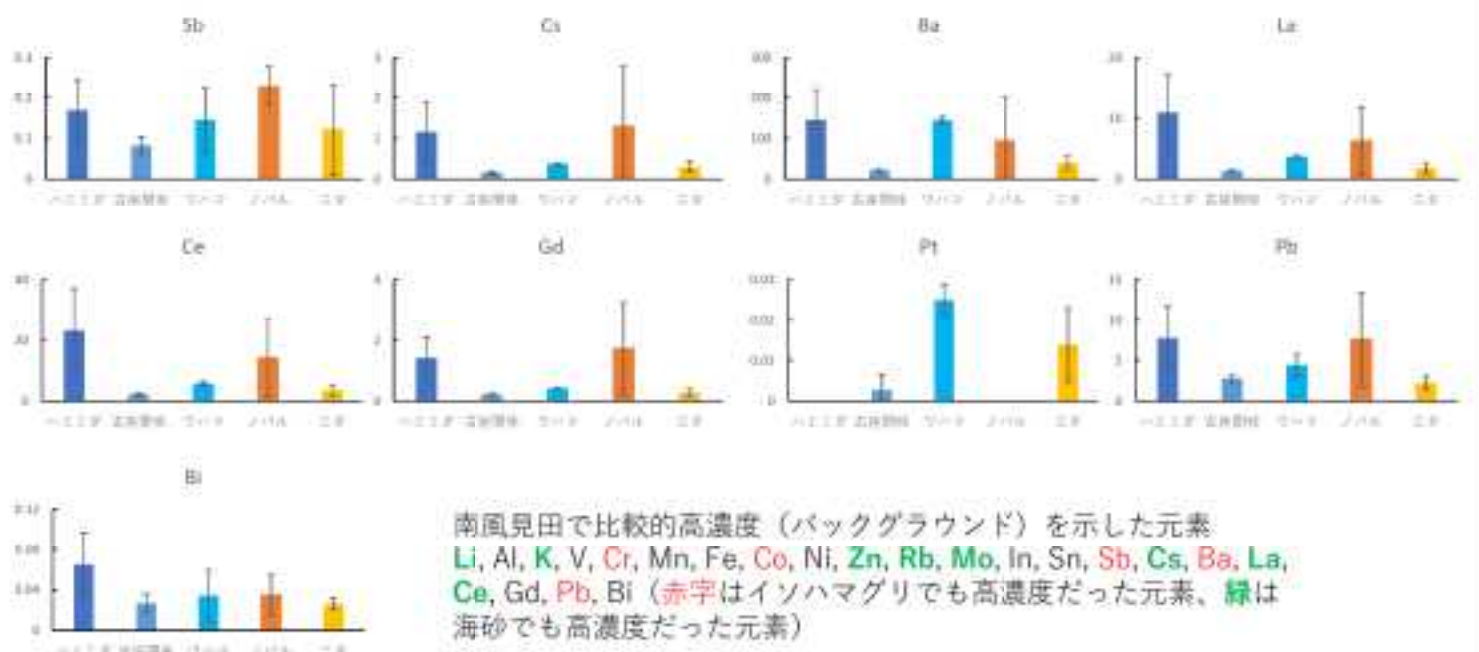
## 西表（南風見田，野原崎西）座間味（古座間味，ニタ，ウハマ）の 森林土壌試料の33元素濃度 (mg/kg d.w.) ①



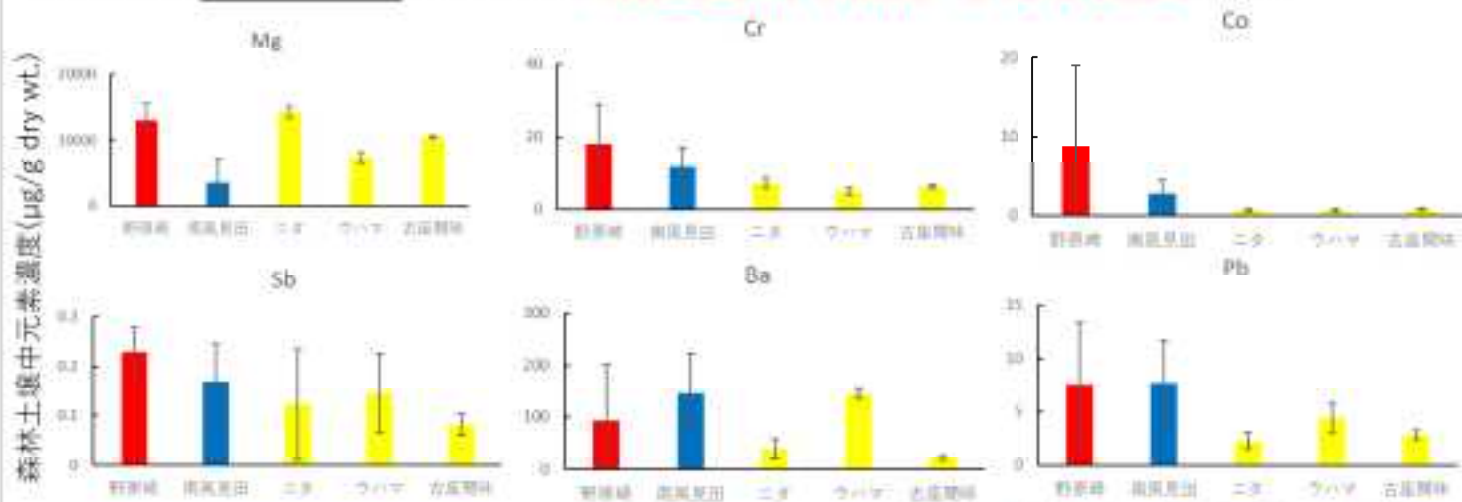
西表（南風見田，野原崎西）座間味（古座間味，ニタ，ウハマ）の  
**森林土壌試料**の33元素濃度 (mg/kg d.w.) ②



西表（南風見田，野原崎西）座間味（古座間味，ニタ，ウハマ）の  
**森林土壌試料**の33元素濃度 (mg/kg d.w.) ③



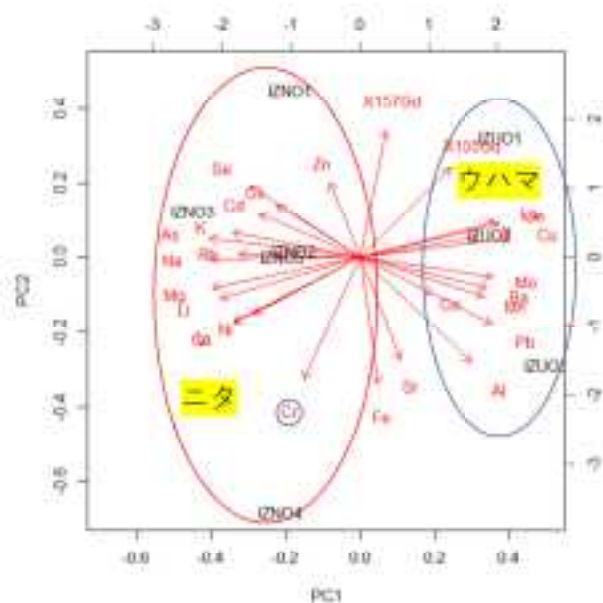
西表島(野原崎と南風見田)および座間味島(ニタ、ウハマと古座間味)の森林土壌における南風見田で高かった6元素濃度



※6元素とも野原崎・南風見田間に有意差なし

Mgを除き、**西表島** > 座間味島かつ西表島の値のばらつきが大きい傾向  
→西表島において地質の影響がプラスチックごみの影響に比べ大きい

2019年9月に座間味島(ニタおよびウハマ)で採取されたイソハマグリの内臓における微量元素濃度を用いた主成分分析の結果



西表島において非汚染地(南風見田)を特徴づけた6元素のうち、座間味島においてCrは汚染地(ニタ)を特徴づけた



座間味島の地質におけるCr濃度は十分に小さくプラスチックごみの影響を反映したと考えられる

## プラスチック由来の汚染の評価における地質の条件(Crの場合)



イソハマグリの内臓を用いた分析において...

- ・西表島では非汚染地でCrが高濃度  
(地質由来=土壌のCr濃度が高いため)  
→プラスチック由来の汚染を反映せず
- ・座間味島では汚染地でCrが高濃度  
(地質の濃度が低い場合)  
→プラスチック由来の汚染を顕著に反映

→地質におけるCr濃度は1桁ppm以下(かつ地点によるばらつきが小さい)であることが望ましい

### 試料採取地の条件

- ・比較地点間の地質の元素組成が類似していること
- ・地質におけるプラスチック由来の元素の濃度が十分に低くばらつきが小さいこと

## 参考：他の離島での検討結果

- 藤田先生より供試頂いたイソハマグリを用いた検討（おもに与那国島の結果より）

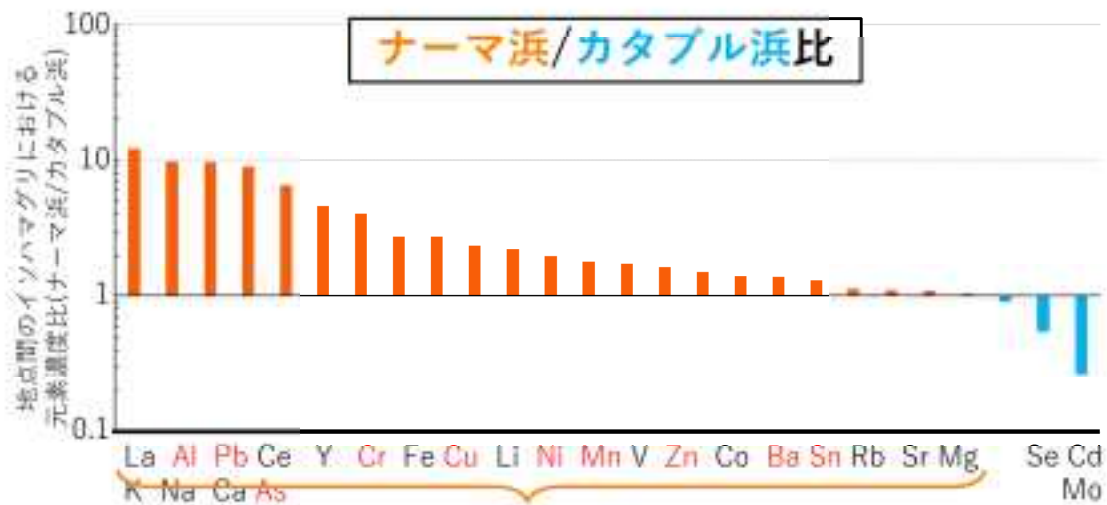
## イソハマグリ試料の採取位置



プラスチックごみの多いナーマ浜



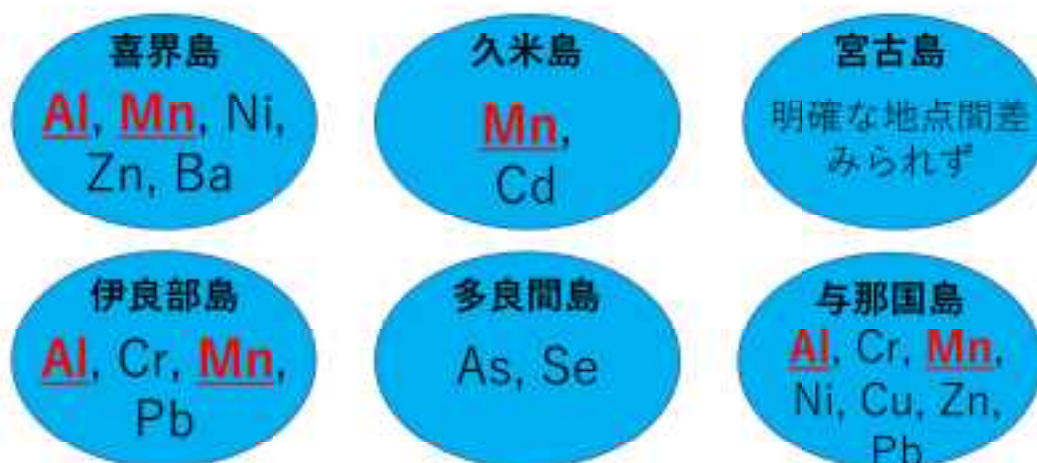
プラスチックごみの少ないカタブル浜



プラスチックごみが多い**ナーマ浜**の試料で高濃度(23元素)

→このうち、Al, Pb, Cr, Cu, Ni, Mn, Zn, Ba, SnおよびAsは  
先行研究においてプラスチックから検出 (山口, 2020)

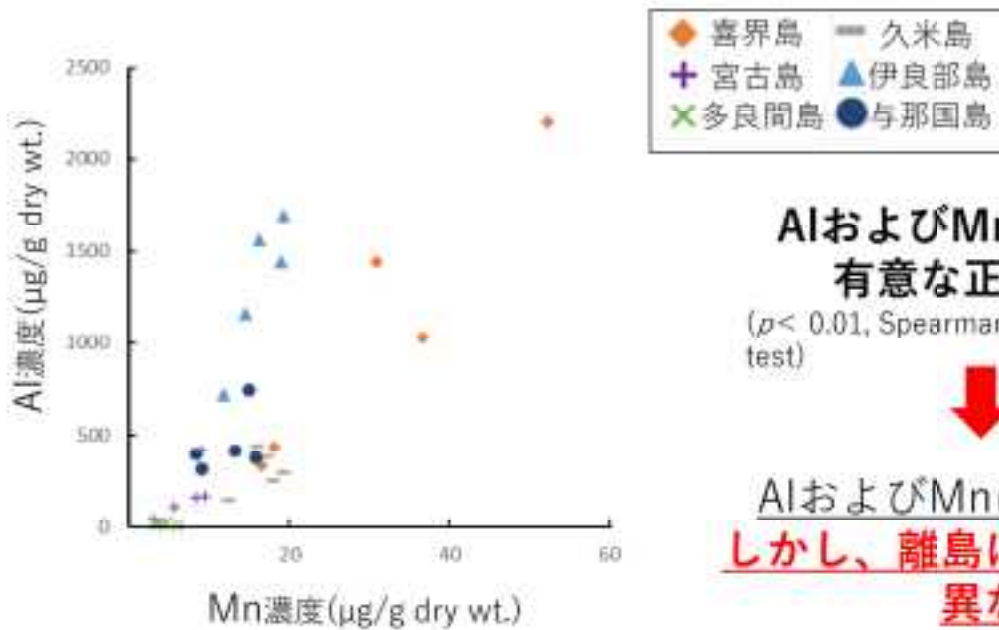
●プラスチックごみの多い海岸でイソハマグリの内臓の元素濃度が有意に高濃度である可能性



※比較地点間の地質の差異が影響したことも考えられた

→AlおよびMnはプラスチックごみからイソハマグリへと  
移行している可能性が高い





**AlおよびMn濃度間に  
有意な正の相関**

( $p < 0.01$ , Spearman rank correlation test)



AlおよびMnは起源が同じ  
**しかし、離島によって傾きが異なる**

→プラスチックごみの組成が島によって異なる可能性

季節変動 ● 北向きのナーマ浜では冬季(10月～3月)にプラスチックごみが増加

→季節変化にもとづけば、**地質の影響を受けず漂着プラスチック量の生態影響を検討できる**



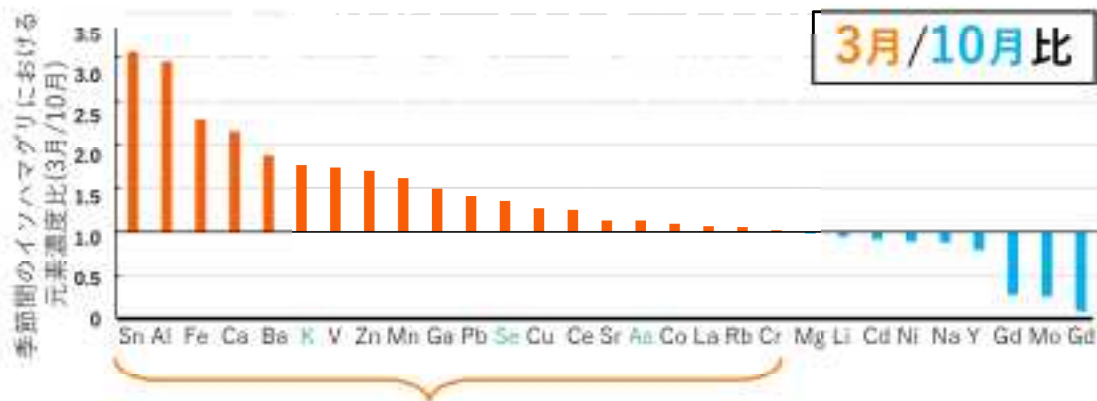
冬季(3月)の与那国島ナーマ浜



夏季(7月)の与那国島ナーマ浜

● 南向きのカタブル浜では年間を通してプラスチックごみが少ない

→漂着プラスチック量以外の季節変化の影響を検討し除外



プラスチックごみの多い3月の試料で高濃度(20元素)

→このうち、Sn, Al, Ba, Zn, Mn, Pb, CuおよびCrは  
先行研究においてプラスチックから検出 (山口, 2020)

意外に早く、汚染の影響が反映される (浄化される)

●漂着プラスチックにおける微量元素の溶出性(pH = 5.84) (山口, 2020)

**Al** > **Ba** > **Mn** > **Zn** > Cu > Ni > Ti > Cr > Pb > Sb > As > Sn > Cd

プラスチックごみ由来の生体汚染が強く示唆された元素



プラスチックごみからイソハマグリへの  
微量元素の移行に関して溶出性が重要なファクター

●プラスチックごみは漂着後、風によって陸側に移動

イソハマグリの  
生息する波打ち際  
(海側アルカリ性)

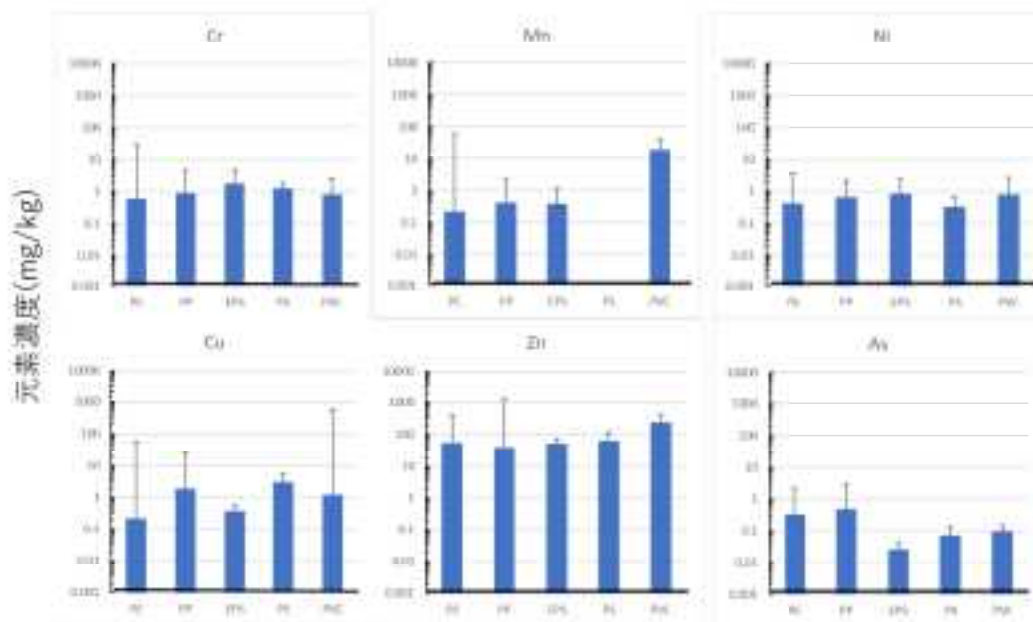


プラスチックごみの  
集積場所(酸性の降雨)

→溶出しやすい元素がプラスチックごみの集積場所から  
イソハマグリの生息域まで達している可能性

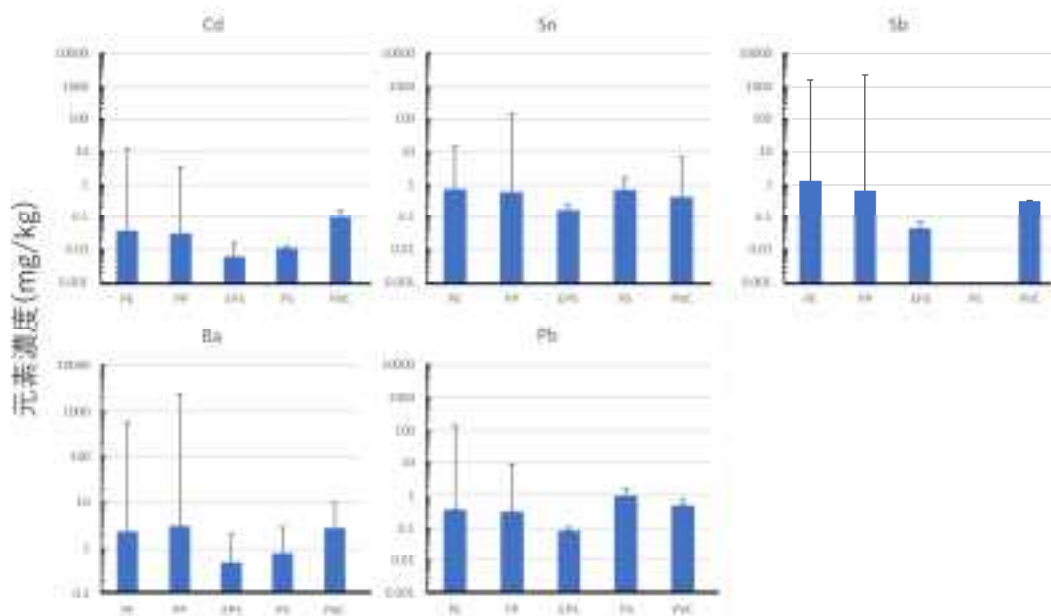
以下、補足

## プラスチック中微量元素(ポリマー別)



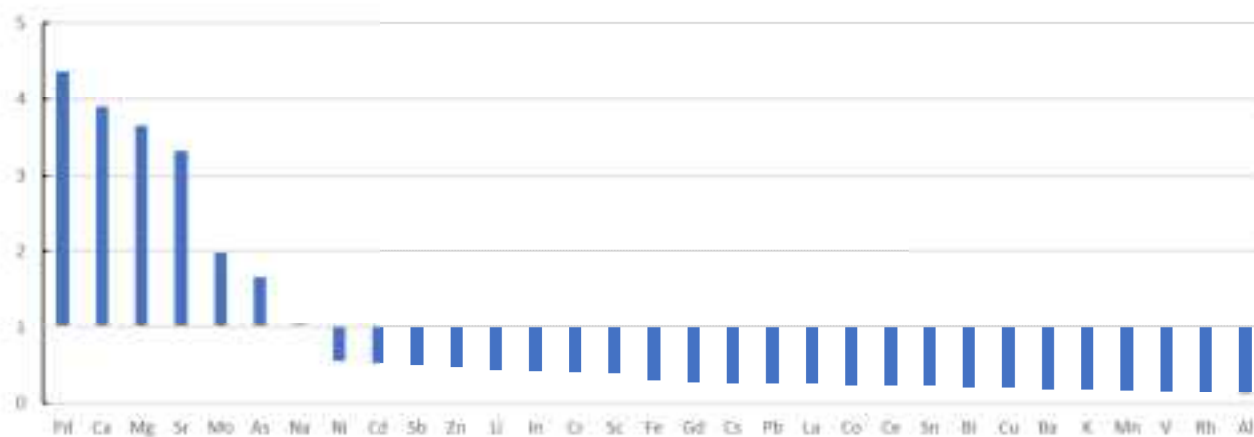
(Klöckner *et al.*, 2020)

## プラスチック中微量元素(ポリマー別)



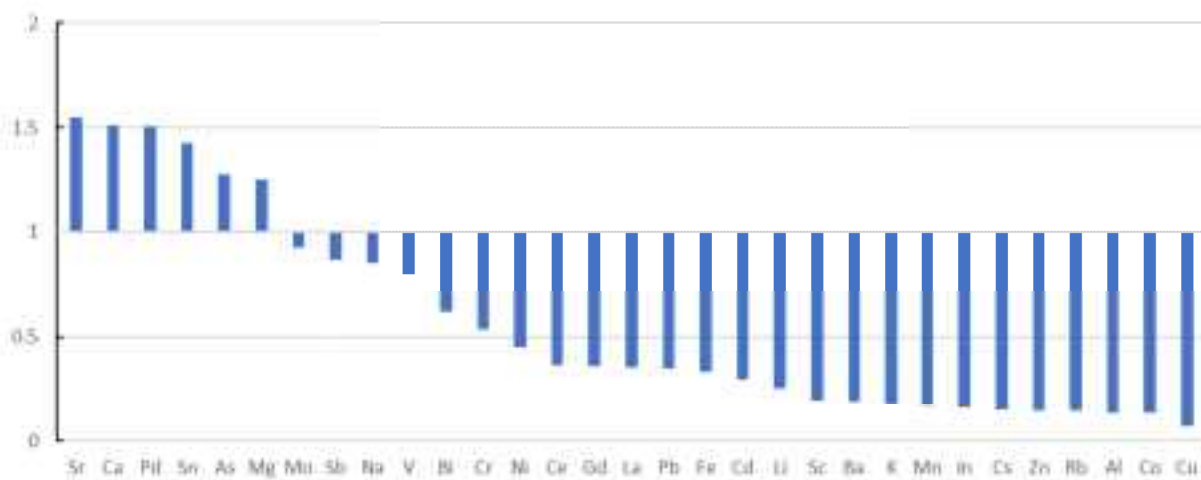
(Klöckner *et al.*, 2020)

## 南風見田における砂浜の砂/森林土壌比



SeおよびPtは森林土壌でのみN.D.

## 野原崎における砂浜の砂/森林土壌比

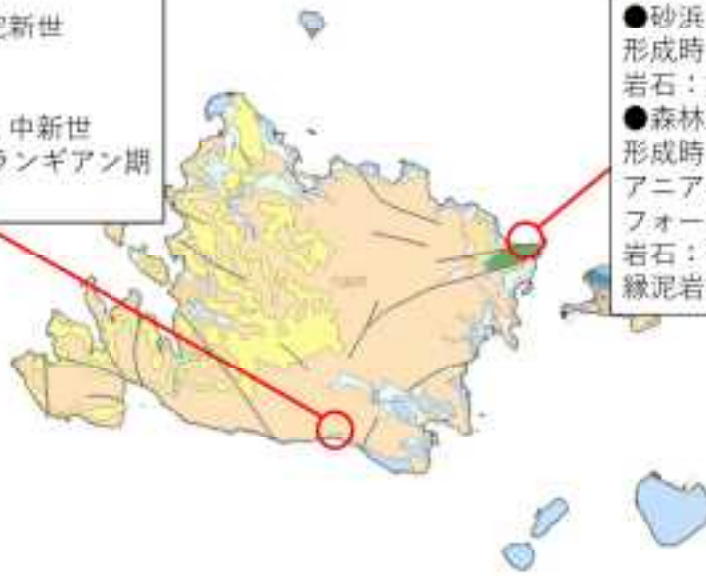


SeおよびPtは砂および森林土壌でN.D.

# 西表島の地質図

## 南風見田

- 砂浜…堆積岩  
形成時代：新生代 第四期 完新世  
岩石：海岸・砂丘堆積物
- 森林土壌…堆積岩  
形成時代：新生代 新第三紀 中新世  
パーディガリアン期～前期ランギアン期  
岩石：海成層 礫岩



- 砂浜…堆積岩  
形成時代：新生代 第四期 完新世  
岩石：海岸・砂丘堆積物
- 森林土壌…変成岩  
形成時代：中生代 後期三疊紀 ラディアニアン期～後期ジュラ紀 オックスフォーディアン期  
岩石：苦鉄質片岩 高P/T型広域変成岩 緑泥岩帯

## 野原崎西

## ニタ

# 座間味島の地質図

## ウハマ

- 砂浜および森林土壌…付加体  
形成時代：中生代 前期白亜紀 アプチアン期～後期白亜紀 チューロニアン期  
岩石：海成層 泥岩 前期白亜紀後期-後期白亜紀前期付加体



- 砂浜…堆積岩  
形成時代：新生代 第四期 完新世  
岩石：谷底平野・山間盆地・河川・海岸平野物
- 森林土壌…付加体  
形成時代：中生代 前期白亜紀 アプチアン期～後期白亜紀 チューロニアン期  
岩石：海成層 泥岩 前期白亜紀後期-後期白亜紀前期付加体

## 古座間味

- 砂浜…堆積岩  
形成時代：新生代 第四期 完新世  
岩石：谷底平野・山間盆地・河川・海岸平野物
- 森林土壌…付加体  
形成時代：中生代 前期白亜紀 アプチアン期～後期白亜紀 チューロニアン期  
岩石：海成層 泥岩 前期白亜紀後期-後期白亜紀前期付加体

令和2年度沖縄県による海岸漂着物に含まれる有害物質  
の影響と対策方針検討のための専門家会議

～令和2(2020)年度調査報告書～

<廃プラスチック汚染で揺らぐ海の環境安全>

# 外来海洋ゴミの有害性のリスク評価 と海洋・沿岸水域の自然環境保全 システムの確立に向けて

防衛大学校名誉教授 山口 晴幸  
(hareyuki@oregano.ocn.ne.jp)

那覇市沖縄県教職員共済会館八汐荘  
2021.3.31(水)13:30～16:00

## 軽減・抑制の特効薬的施策はあるのか？

海洋・漂着ゴミ問題

外来海洋越境ゴミ・河川ゴミ・水産漁場ゴミ・港湾船舶ゴミ・  
陸海不法投棄ゴミ・屋外保管放置ゴミ・ポイ捨てゴミ等

主に廃プラ生活系・漁業系ゴミ  
回収除去の限界を超える

直接的な  
汚染因子

劣化破碎

微小プラ化：マイクロプラスチック  
回収除去：絶望的

海洋沿岸水域の衰退・荒廃  
自然破壊・動植物生態系への深刻なダメージ

# 近隣国(主に中国・韓国) からの海洋越境ゴミ の脅威

我が国周辺海域の主要な海流



## <要因>

- ①黒潮海流・対馬海流
- ②偏西風・北西風  
(晩秋～早春)

## <大量漂着域>

- ①東シナ海島嶼
- ②日本海離島・沿岸域

<海洋ゴミ:主に生活・漁業系>  
典型的廃プラ漁業系ゴミ

- ①青色小型浮子類
- ②ヌタウナギ漁具
- ③大型プラビ
- ④発泡スチロール  
(ブイ・漁箱)





# 2019年春季沖縄調査 八重山・宮古諸島

池間島灯台付近海岸  
(2019.4.13)



与那国島ウブドゥマイ浜(2019.3.19)



石垣島平久保崎灯台下海岸(2019.3.17)



大量漂着海岸域

膨大な中国製越境ゴミの脅威  
万物への甚大な破壊リスク



西表島上原海岸(2019.4.2)



西表島ユツ川河口海岸西側(2019.4.3)



宮古島保良漁港北側海岸(2019.4.15)

# 海浜域の植物生態系へのリスク ～西表島マングローブ湿地水域～

西表島：ユネスコ世界自然遺産推薦審査中

2016～2018年春季沖縄調査



# ●海浜植生帯の荒廃・衰退のリスク

## 海浜植生帯

防潮風林としての  
自然防衛的役割

陸域動植物生態系を守る  
天然保全バリア

## 漂着ゴミの打撃

- 被覆・絡み付き・衝突等
- ・落下種子の発芽阻害
- ・立ち枯れ・折損・樹皮損傷

樹木等の弱体化  
植生帯の荒廃・後退・衰退



西表島ユツン川河口海岸(2016.4.8)



与那国島空港北側海岸(2016.4.3)



宮古島池間灯台付近海岸(2016.4.25)



西表島仲間川・ユツン川・船浦湾マングローブ湿地(2016.4.8~11)

# 中国製ゴミ：浙江省・福建省沿岸・海域から大量排出

■①棒型浮子類(青色) ■②樽型浮子類(青色) ■③棒型浮子類(橙色)

6年間の総計(2013~2018年)39回  
訪島延べ274海岸・調査海岸距離



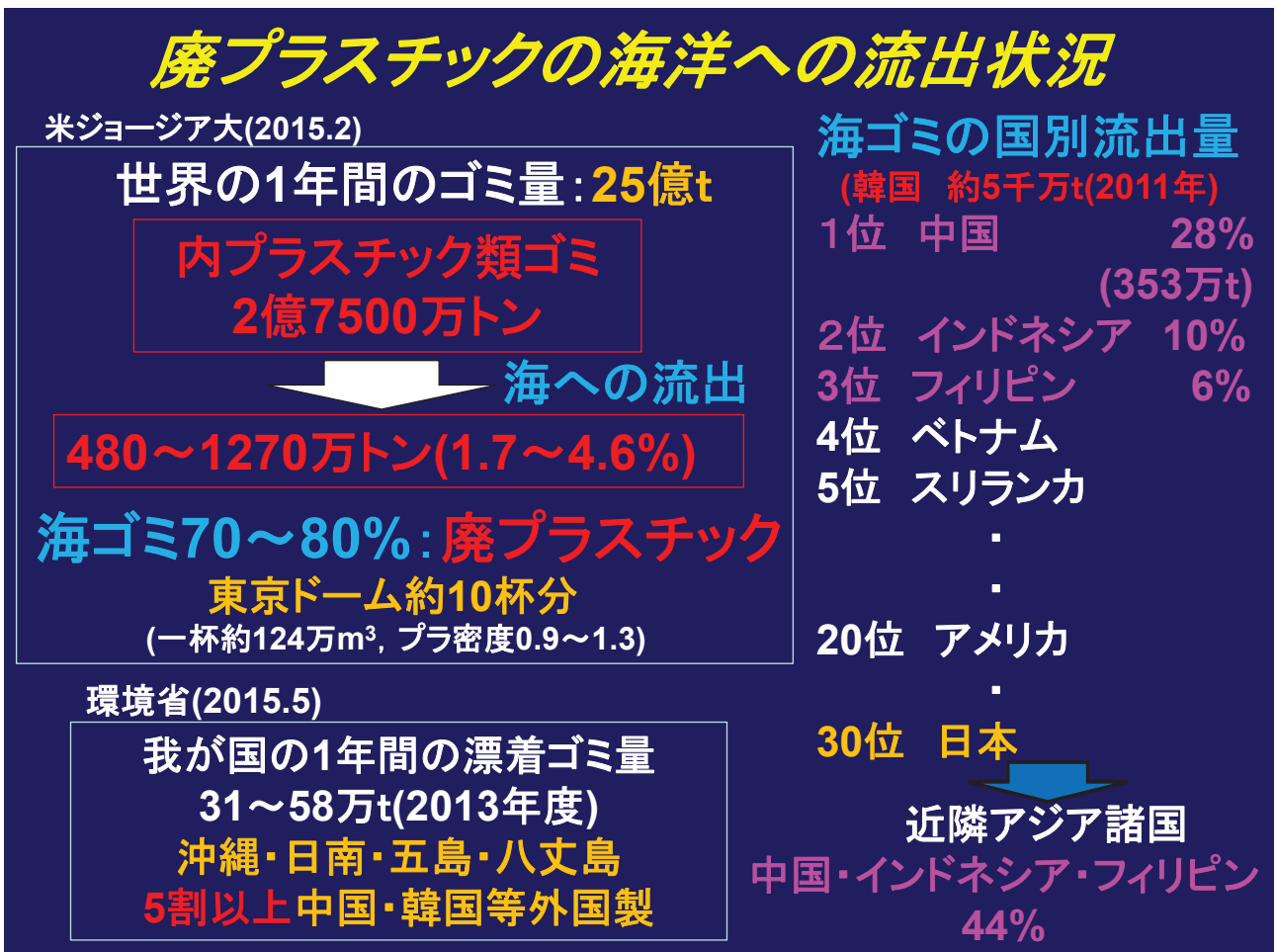
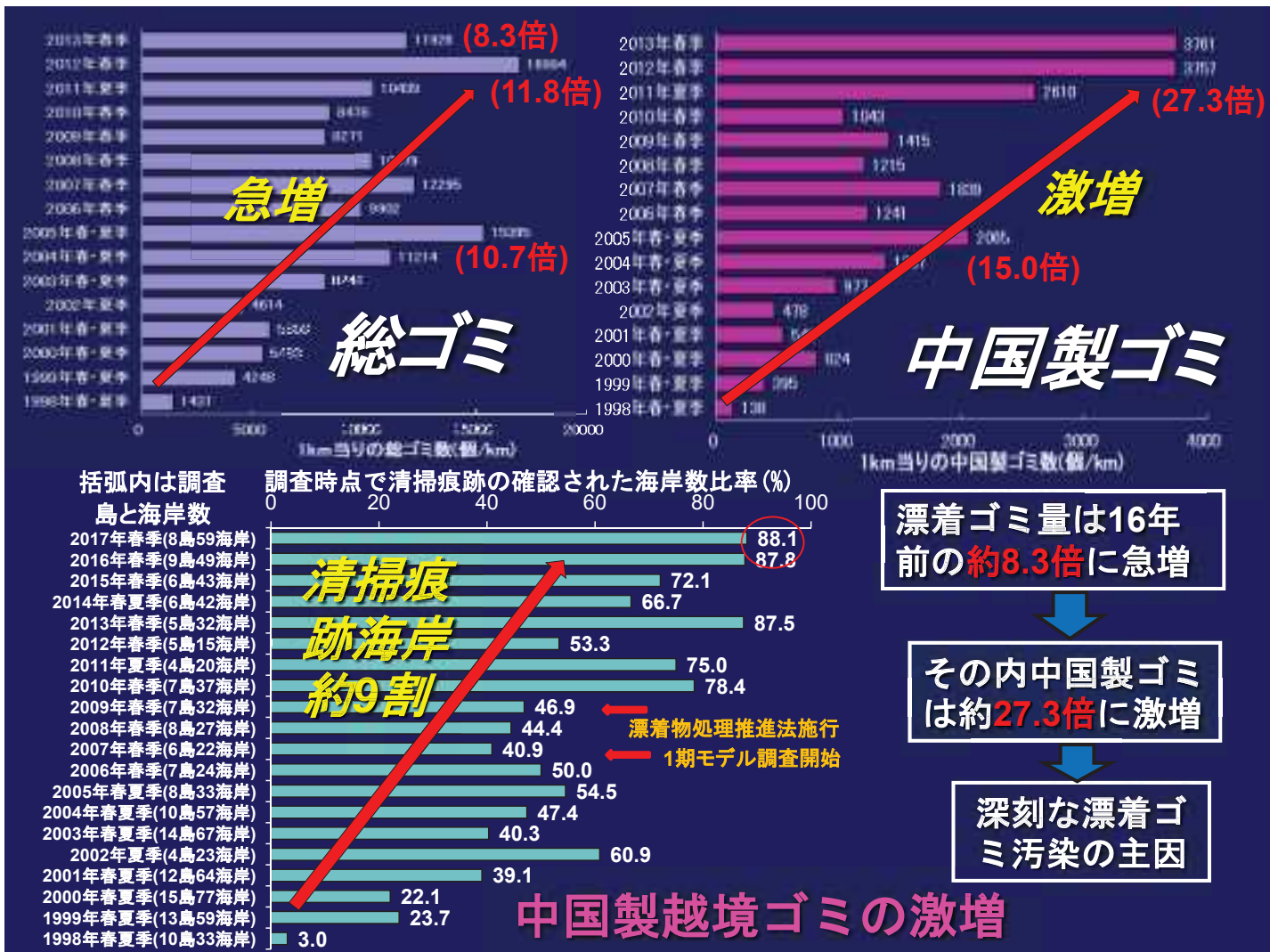
各小型浮子類の漂着確認数量(個)  
6年間  
延べ274海岸  
143,171個確認



表記名の検証(約3000個)



浜を埋め尽くす小型浮子類(青色)の大量漂着



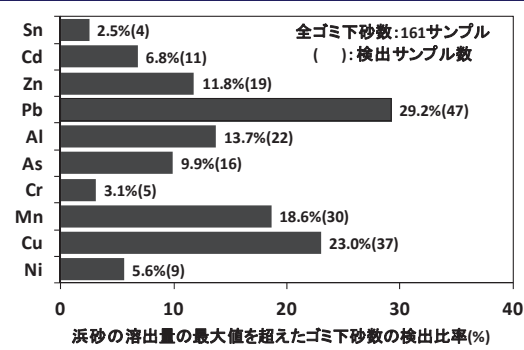
# 放置被覆リスク



浜砂  
(波打際)



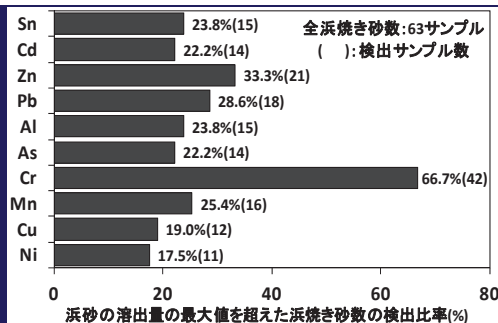
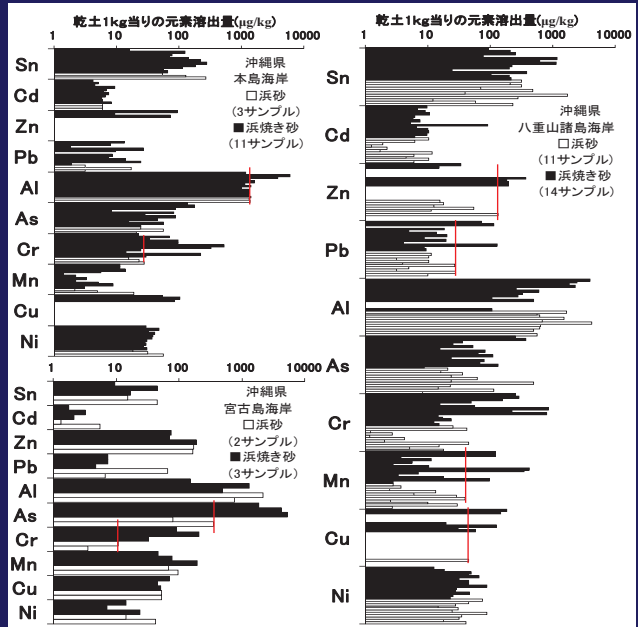
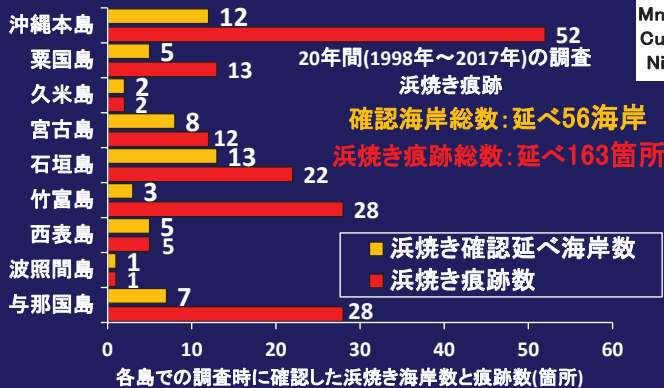
ゴミ下砂  
廃プラ等の漂着廃棄物  
に埋もれた海浜砂



# 浜焼き禁止徹底



漂着廃棄物の浜焼き跡(与那国島カタブル浜 2017.3.25)



# 関東沿岸域のマイクロプラスチックの海岸マップ ～2016年6月～2018年6月調査(54海岸)～



# 琉球列島での海岸マイクロプラスチックの検出状況 ～2016年調査(57海岸)～ 1調査枠平均2041個/m<sup>2</sup>



約3.6倍

↓  
関東沿岸  
553個/m<sup>2</sup>



観光・ホテルビーチの多い本島海岸  
マイクロプラ検出量低い

凡例

I	●	10000以上
II	●	5000～10000未満
III	●	1000～5000未満
IV	●	500～1000未満
V	●	100～500未満
VI	○	100未満

45.6%  
26海岸  
↑  
54.4%  
31海岸

# 木くず・くずゴミ・海藻類等の徹底的な回収・除去

## 関東沿岸の代表的な海岸事例



マイクロプラ検出量  
未調査

大磯町大磯海岸(2018.6.25)



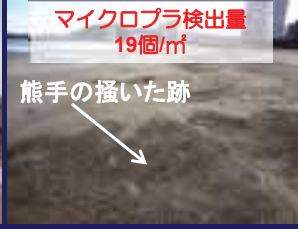
マイクロプラ検出量  
75個/m<sup>2</sup>

平塚市平塚海岸(2017.11.21)



マイクロプラ検出量  
81個/m<sup>2</sup>

藤沢市鶴沼海岸(2017.5.29)



マイクロプラ検出量  
19個/m<sup>2</sup>

熊手の掻いた跡

鴨川市前原海岸(2018.6.4)



微小プラ拡大

横須賀市伊勢町海岸(2018.10.15)  
マイクロプラ検出量  
2,745個/m<sup>2</sup>



微小プラ拡大

横浜市野島海岸南側(2016.11.14)  
マイクロプラ検出量  
12,950個/m<sup>2</sup>

## 沖縄島嶼の代表的な海岸事例



マイクロプラ検出量  
465個/m<sup>2</sup>

沖縄本島名護市部瀬名海岸  
(2016.10.26)



マイクロプラ検出量  
224個/m<sup>2</sup>

沖縄本島北谷町砂辺海岸  
(2016.10.26)



マイクロプラ検出量  
156個/m<sup>2</sup>

沖縄本島安座真サザンビーチ  
(2016.10.25)



マイクロプラ検出量  
2個/m<sup>2</sup>

久高島イシキ浜  
(2016.10.25)



マイクロプラ検出量  
15,564個/m<sup>2</sup>

与那国島ナーマ浜西側(2016.4.2)



マイクロプラ検出量  
12,123個/m<sup>2</sup>

宮古島新城海岸南側(2016.4.26)

# 全国的に深刻な海岸破壊を齎している発泡スチロール



沖縄県与那国島アリシ浜岩磯域  
(2019.3.21)



沖縄県西表島ユツ川河口海岸西側  
(2019.4.3)



沖縄県宮古島池間灯台付近海岸  
(2019.4.13)



長崎県対馬小茂田浜北側  
(2013.3.19)



長崎県三字田浜(2014.3.16撮影)



志多留海岸(2014.3.16撮影)



越高海岸(2014.3.16撮影)



新潟県佐渡島岩谷口海岸  
(2014.3.9)



新潟県出雲崎町井鼻海岸  
(2013.3.9)



千葉県富津市富津海岸大佐和側  
(2018.10.18)



神奈川県三浦市赤羽根海岸  
(2018.11.2撮影)

# 2020年春季与那国島ウブドウマイハマ



## 発泡スチロール: 高い破碎・飛散性

マイクロプラスチックの甚大な供給源

有害物質の高吸着性

多孔質な組織構造



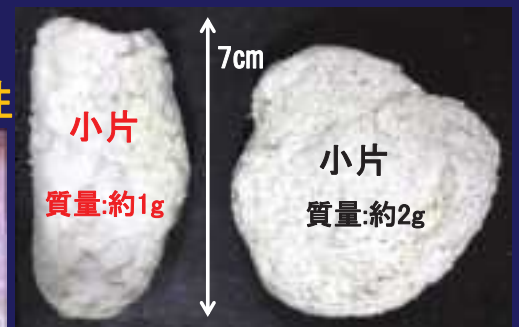
沖縄県西表島ユツン川河口海岸



沖縄県与那国島ウブドウマイ浜



千葉県富津市大佐和海岸



マイクロプラスチック化



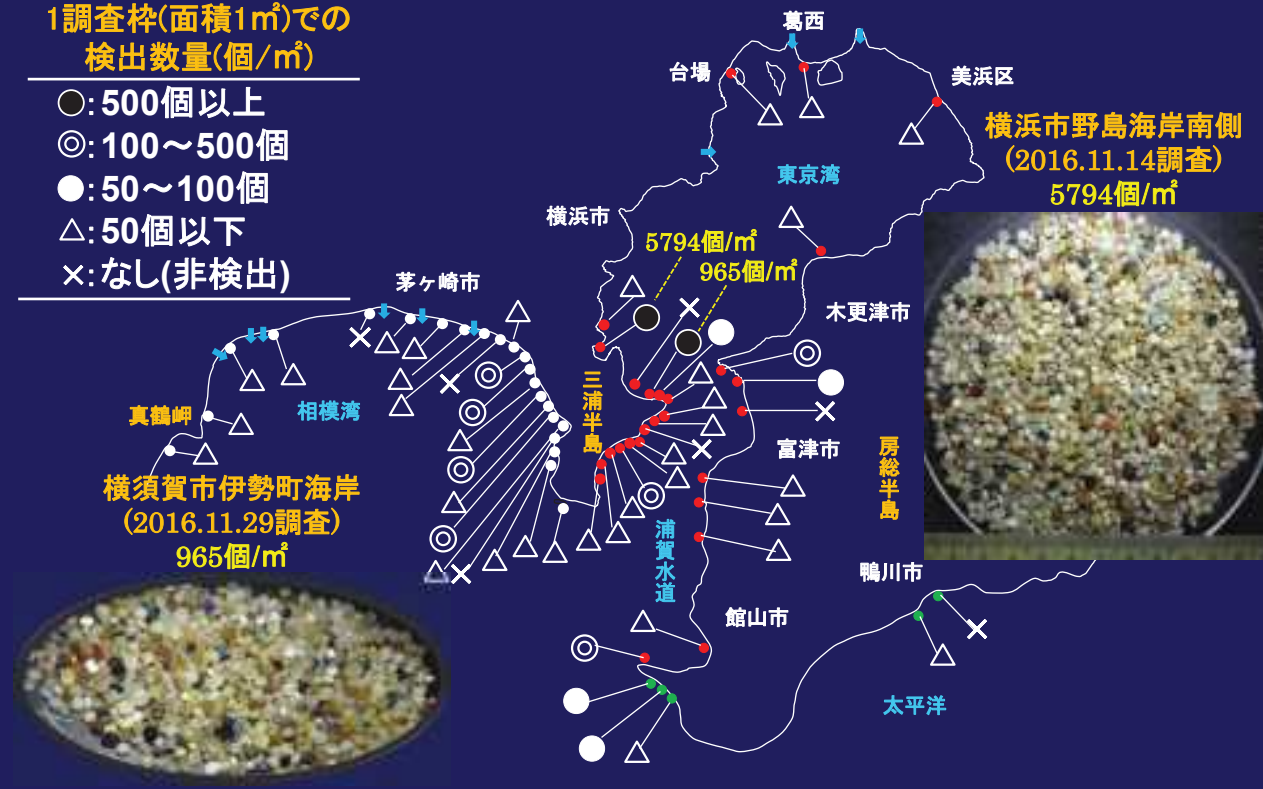
数量1,500個: 質量約1g

列島の沿岸水域では破碎した発泡スチロールの小片や微細片が海浜土壤に大量に漂着・混在している海岸が多数存在している

# 1調査枠でのレジンペレットの検出数量 ~2016~2018年調査~

1調査枠(面積1㎡)での  
検出数量(個/㎡)

- : 500個以上
- ◎: 100~500個
- : 50~100個
- △: 50個以下
- ×: なし(非検出)



## 放置・停滞頻度の高い海岸域

全国的に発泡スチロール素材とレジンペレットの漂着・混在量が非常に多い

神奈川県横浜市 野島海岸南側 沖縄県与那国島 四畳半ビーチ

マイクロプラスチック: 12,950個/㎡ マイクロプラスチック: 13,134個/㎡

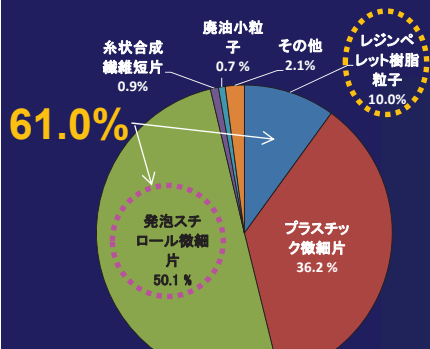




# 早急な対応: マイクロプラスチックを構成する大量素材

## 発泡スチロール微細片とレジンペレット

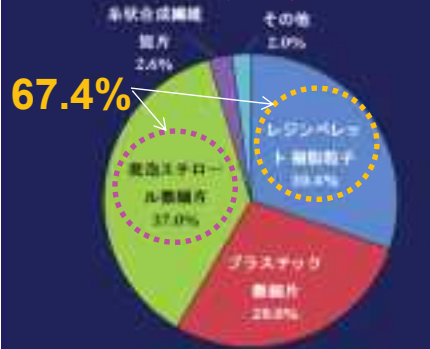
### <沖縄11島57海岸総計分析>



マイクロプラスチック  
調査岸総面積57㎡(沖縄11島57海岸)  
総検出数量: 116,364個



### <関東沿岸域54海岸総計分析>



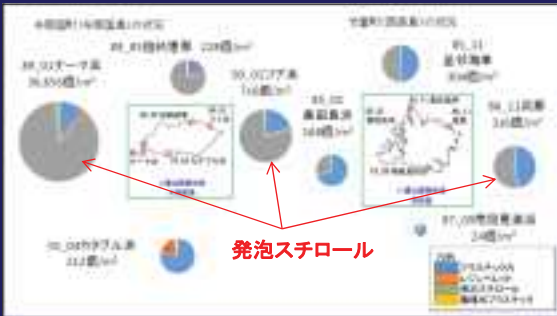
マイクロプラスチック  
調査岸総面積(関東沿岸域54海岸): 54㎡  
総検出数量: 79,857個



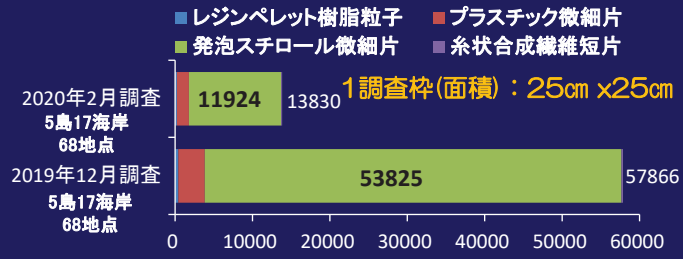
# 沖縄県によるマイクロプラスチック調査

2019年12月 & 2020年2月調査

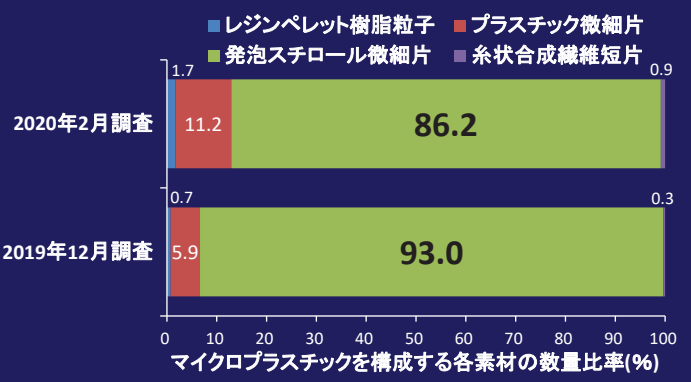
座間味島(4海岸)・宮古島(4海岸)  
石垣島(1海岸)・西表島(4海岸)・  
与那国島(4海岸)



## マイクロプラスチック海岸マップ



素材	2019年12月調査	2020年2月調査
レジンペレット樹脂粒子	419	237
プラスチック微細片	3,420	1,550
発泡スチロール微細片	53,825	11,924
糸状合成繊維短片	202	119



# 調査から浮かび上がる早急に求められる対応・規制策の強化

海洋生態系への深刻なダメージを齎す  
発泡スチロールとレジンペレット樹脂粒子

## ◎ 発泡スチロール：水産・漁業業界

主に漁業用ブイ・魚箱とその破片群

- ・剥き出し使用の見直し・禁止・規制
- ・構造的技術改善

## ◎ レジンペレット樹脂粒子：プラスチック業界

1970年代当初より警告，未だに大量漂流・漂着

- ・抑制・防止対策の抜本的な再点検

『樹脂ペレット漏出防止マニュアル』

(1993年，日本プラスチック工業連盟作成)

# 生態系に配慮した環境保全システムの検討モデルの一例

