

## 瀬戸内海における微小プラスチックごみ Small plastic marine debris in the Seto Inland Sea

藤枝 繁\*

Shigeru FUJIEDA

**要旨:** 瀬戸内海における微小プラスチックの漂流・漂着・散乱状況を把握することを目的に、2006-2008年に瀬戸内海海岸12海域219地点、海面10海域24地点および河岸6海域9河川10地点において微小プラスチックの採取調査を行った。微小プラスチックの平均密度は、海岸48,470個/m<sup>2</sup>、海面243,473個/km<sup>2</sup>、河岸37,934個/m<sup>2</sup>であった。最も密度が高かった品目は、発泡プラスチック破片であり、その密度は海岸45,833個/m<sup>2</sup>(94.6%)、海面147,752個/km<sup>2</sup>(60.7%)、河岸15,727個/m<sup>2</sup>(41.5%)であった。海岸漂着散乱微小プラスチック主要6品目中、発泡プラスチック破片、硬質プラスチック破片、人工芝破片、レジンペレットおよび徐放性肥料カプセルの5品目は、汽水域より上流の地点でも確認されており、海洋における微小プラスチックの一部は河川起源であることがわかった。

**キーワード:** 微小プラスチック、漂着ごみ、浮遊ごみ、河川ごみ、瀬戸内海

### 1. はじめに

近年の海洋ごみの大きな問題点の一つが、プラスチックの破片化の進行である。日本における国際海岸クリーンアップの結果、1993年から2006年の間に市民が回収したごみの構成は、破片類が3割から5割へと増加した<sup>1)</sup>。そのうち、1990年から2005年までの16年間で11年で海岸から最も多く回収された品目となった「発泡スチロール破片(大,小)<sup>2)</sup>は、主に魚類養殖用生簀やカキ養殖用筏の浮力体に使用されている発泡スチロール製フロートの海岸での放置や海面での不適切な使用によって生じている<sup>2)</sup>。瀬戸内海は、発泡スチロール製フロートを使ったカキやノリ養殖漁業が盛んな海域であり、特にカキ養殖が盛んな広島湾には、この発泡プラスチック破片が大量に漂着している<sup>3-5)</sup>。

一方、海岸では、微小プラスチックとして早く

から問題とされてきたレジンペレット<sup>6)</sup>だけでなく、近年各地で漂着が確認されるようになってきた人工芝破片や徐放性肥料カプセルなど、陸域で使用される微小プラスチックも大量に漂着している<sup>2-13)</sup>。またこれらは海面にも漂流していることが確認されている<sup>14-15)</sup>。藤枝ら<sup>16)</sup>によると、毎年瀬戸内海に流入したごみの半分は、外海に流出しているとされており、瀬戸内海海岸に多く漂着散乱する微小プラスチック<sup>17)</sup>も、同様に外海に流出していることが危惧される。

そこで筆者は、瀬戸内海における微小プラスチックの漂流・漂着・散乱状況の把握を目的に、2006年に瀬戸内海海岸、海面および瀬戸内海に流入する河川の河岸において微小プラスチックの採取調査を行ったので、その結果をここに報告する。

## 2. 方法

本研究での瀬戸内海の範囲は、図1に示す瀬戸内海環境保全臨時措置法（昭和四十八年十月二日法律第十号）第二条に規定されている海面並びに、これに隣接する海面であって政令で定めるものとした。

### 2.1 海岸漂着微小プラスチックの採取

海岸に漂着散乱する微小プラスチックの採取は、2006年5月から11月までの間に、図1に示す瀬戸内海10海域219海岸において実施した。海岸漂着微小プラスチックの採取方法は、小城の方形枠法<sup>7)</sup>を用いた。この方法は、調査海岸を代表する漂着物が堆積する汀線上の任意の一点に縦40cm×横40cm×深さ7cmの正方形枠を押し当て、その枠内に含まれる漂着埋没物を表面から深さ5cmまでの砂(8L)ごと採取し、研究室に持ち帰り分類するものである。なお本方法によって採取された試料は、各海岸の一点から採取されたものであるため、本結果が調査海岸全体の汚染度を代表するものではない。

### 2.2 河岸散乱微小プラスチックの採取

河岸に漂着散乱する微小プラスチックの採取は、2006年5月から2008年8月までの間に、図1に示す瀬戸内海に流入する9河川の河口部(汽水域)河岸9地点および汽水域より上流の河岸1地点、計10地点において実施した。河岸散乱微小プラスチックの採取方法は、海岸と同じく小城の方形枠法<sup>7)</sup>を用いた。

### 2.3 海面漂流微小プラスチックの採取

海面を漂流する微小プラスチックの採取は、2006年5月31日-6月3日(豊後水道-紀伊水道, 7海域)8地点, 2007年5月31日-6月4日(伊予灘-大阪湾, 6海域)11地点, 2008年5月25日-26日(大阪湾-安芸灘, 4海域)5地点, 計24地点において、鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸を用いて行った。

海面漂流微小プラスチックの採取方法は、各海域の任意の地点において、網口40cm, 目合い1.0mmのニューストーンネット(以下ネット)<sup>14)</sup>を、航走波の影響の少ない船首部右舷側から速力2ノ

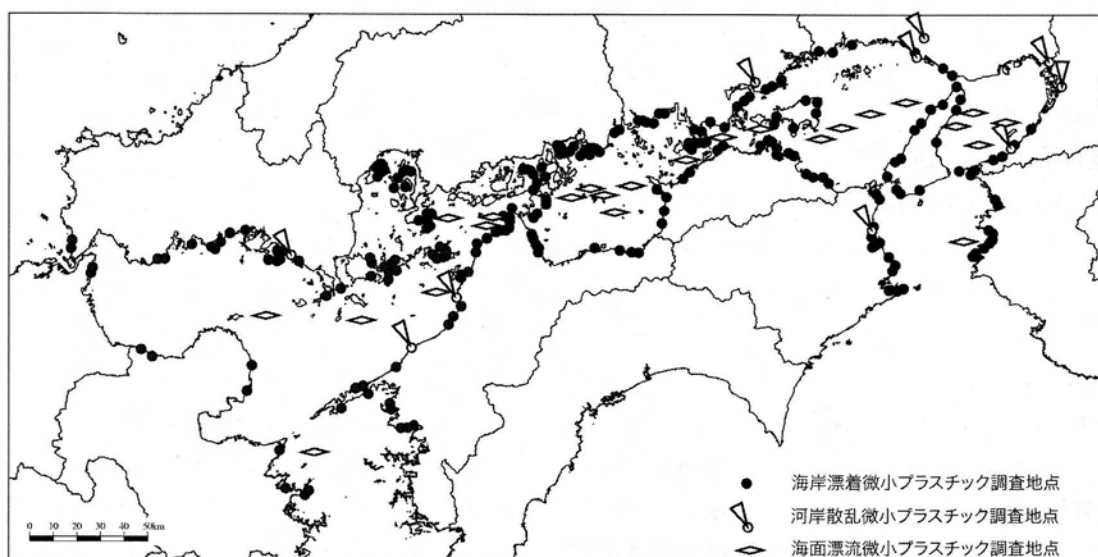


図1 海岸漂着、河岸散乱、海面漂流微小プラスチックの調査地点

ットで10分間曳網した。10分間の航走距離は、GPSより得た曳網開始地点と終了地点の位置から求めた。

## 2.4 微小プラスチックの分類

研究室に持ち帰った海岸、河岸の採取物は、まずすべてをバケツに入れ、水を注ぎながら攪拌し、浮き上がったすべての浮遊物をオープニング脚長0.3mmの試験用篩を用いて回収した。この注水・攪拌・回収の作業は、水面に浮遊物がなくなるまで繰り返し行った。これら回収した浮遊物およびネットによって海面から採取された浮遊物は、3-4日かけて自然乾燥させた後、藤枝・佐々木(3)の分類法に従って、プラスチックのみ大きさと品目別に分類し、個数を求めた。

乾燥された微小プラスチックは、オープニング脚長1.0, 2.0, 2.8, 4.0 mmの各試験用篩を用いて1.0-1.4 mm, 1.4-2.0 mm, 2.0-2.8 mm, 2.8-4.0 mmの4段階に、また4.0 mm以上については、8.0 mm四方の方眼紙を用いて4.0-8.0 mm, 8.0-16.0 mm, 16.0 mm $\leq$ の3段階、計7段階の大きさに分類した。

微小プラスチックの品目は、破片類として発泡プラスチック破片(ビーズ法によって形成された発泡スチロールの破片および発泡させたビーズをローラーで圧縮してペーパー状にした食品容器等のポリスチレンペーパーの破片)、硬質プラスチック破片(人工芝破片を除く)、人工芝破片(緑色のABS製人工芝の破片)、フィルム状プラスチック破片、スポンジ状プラスチック破片、テグス破片、ロープ破片、繊維破片、気泡をもったプラスチック粒、燃えて溶けたプラスチック破片、製品類としてレジンペレット(プラスチック製品の中間原料)、徐放性肥料カプセル(化学肥料をコーティングしたプラスチック製のカプセル)、たばこのフィルター、カキ養殖用まめ管(カキ養殖に使用される長さ約1.5 cmのプラスチック製パイプ)および

その他のプラスチック製品の13種類に分類した。

なお微小プラスチックの海岸・河岸漂着散乱密度は、1m<sup>2</sup>あたりの漂着散乱個数(個/m<sup>2</sup>)で示す。また海面浮遊密度は、10分間の採取個数、網口幅および10分間の航走距離から求めた1km<sup>2</sup>あたりの浮遊個数(個/km<sup>2</sup>)で示す。

## 3. 結果

### 3.1 海岸漂着散乱微小プラスチック

瀬戸内海の219海岸から、1,699,415個の微小プラスチックを採取した。1mm以上の微小プラスチックの品目別大きさと別平均海岸漂着密度を表1に示す。微小プラスチックの平均海岸漂着密度は48,470個/m<sup>2</sup>で、平均密度が最も高かった品目は、発泡プラスチック破片で94.6%、続いて硬質プラスチック破片1.8%、徐放性肥料カプセル1.8%、レジンペレット0.4%、フィルム状プラスチック破片0.4%、人工芝破片0.3%となり、破片類が全体の97.7%を占めた。以後、海岸に漂着散乱する微小プラスチック全体の99.3%を占めるこれら6品目を微小プラスチック主要6品目とする。

大きさ別に品目の特徴を見ると、発泡プラスチック破片では、微細になるほど密度が高くなったが、硬質プラスチック破片では1.4-2.0mmに密度のピークが見られた。また人工芝破片は、破片でありながら92.4%が1.0-2.0mmに偏在した。一方、製品類では、徐放性肥料カプセル、レジンペレット共に2.0-4.0mmがそれぞれ98.5%、93.1%を占めた。このように海岸に漂着散乱する微小プラスチックの特徴は、製品類よりも破片類で密度が高く、大きさも4mm以下の微小物に偏る傾向が見られた。そこで全体の94.6%を占める発泡プラスチック破片の大きさ別個数密度と容積密度の関係を図2に示す。これより発泡プラスチック破片の容積密度のピークは4.0-8.0mmの大きさに

あり、微細化して微小物の個数密度が増えても容積への影響は小さいことがわかる。よってプラスチックの破片化の進行は、従来の海洋ごみの処理で問題となる処分施設や運搬に係る容積の問題ではなく、微細物となって長期間海洋中に存在し続

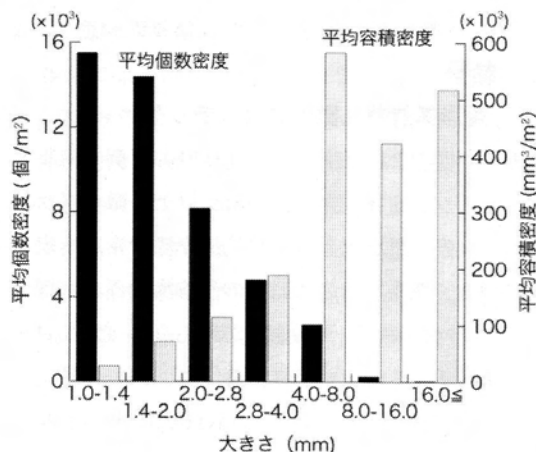


図2 発泡プラスチック破片の大きさ別平均個数密度と平均容積密度の関係

け、さらには目につかずに広域に拡散し、その回収が困難になるという問題を生むことを示す。

### 3.2 海面浮遊微小プラスチック

瀬戸内海 10 海域 24 地点から 1,302 個の浮遊微小プラスチックを採取した。航海別平均浮遊密度は、223,218-469,126 個/km<sup>2</sup>であった。1mm 以上の微小プラスチックの品目別平均海面浮遊密度を表 1 に示す。平均密度が最も高かった品目は、発泡プラスチック破片で 60.7%，続いて硬質プラスチック破片 13.4%，フィルム状破片 11.6% であり、破片類が全体の 96.3%，また微小プラスチック主要 6 品目が全体の 98.0% を占めた。海面の特徴は、密度が海岸に比べて 6 桁小さく、また海岸に比べて発泡プラスチック破片の割合が特に低いことである。一方、海岸でも発見された徐放性肥料カプセルや人工芝破片は、海面でも発見された。

### 3.3 河川散乱微小プラスチック

瀬戸内海に流入する 9 河川 10 地点の河岸から、60,694 個の微小プラスチックを採取した。1mm

表 1 微小プラスチック (1mm 以上) の平均密度

	海岸 (個/m <sup>2</sup> ) n=219							海面 (個/km <sup>2</sup> ) n=24		河岸 (個/m <sup>2</sup> ) n=10			
	サイズ (mm)							計	計	計	計		
	1.0-1.4	1.4-2.0	2.0-2.8	2.8-4.0	4.0-8.0	8.0-16.0	16.0 ≤						
<b>破片類</b>													
発泡プラスチック破片	15,500	14,393	8,180	4,786	2,693	244	37	45,833	94.6%	147,752	60.7%	15,727	41.5%
硬質プラスチック破片	205	250	165	128	111	23	9	892	1.8%	32,712	13.4%	7,704	20.3%
人工芝破片	43	77	8	1	0	0	0	129	0.3%	22,158	9.1%	5,270	13.9%
フィルム状プラスチック破片	32	44	58	36	28	8	4	209	0.4%	28,332	11.6%	5,602	14.8%
スポンジ状プラスチック破片	7	8	26	16	12	3	1	73	0.2%	0	0.0%	54	0.1%
テグス破片	8	8	6	3	2	0	0	27	0.1%	1,772	0.7%	298	0.8%
ロープ破片	1	2	2	2	3	1	1	12	0.0%	529	0.2%	77	0.2%
繊維破片	1	1	1	1	2	0	0	6	0.0%	131	0.1%	4	0.0%
気泡をもったプラスチック粒	9	4	3	2	1	0	0	19	0.0%	0	0.0%	1	0.0%
燃えて溶けたプラスチック破片	7	19	26	25	41	15	5	137	0.3%	1,074	0.4%	356	0.9%
小計	15,813	14,804	8,475	5,000	2,892	295	58	47,338	97.7%	234,461	96.3%	35,092	92.5%
<b>製品類</b>													
レジンペレット	2	6	43	154	6	0	0	211	0.4%	4,482	1.8%	1,309	3.5%
徐放性肥料カプセル	1	6	432	410	6	0	0	855	1.8%	3,409	1.4%	1,248	3.3%
たばこのフィルター	0	0	1	0	4	10	1	17	0.0%	0	0.0%	9	0.0%
カキ養殖用まめ管	0	0	0	0	0	28	6	33	0.1%	186	0.1%	1	0.0%
その他	0	0	0	0	5	5	6	16	0.0%	935	0.4%	276	0.7%
小計	3	13	477	564	21	42	12	1,132	2.3%	9,012	3.7%	2,842	7.5%
<b>計</b>	15,816	14,817	8,952	5,564	2,914	337	71	48,470		243,473		37,934	

以上の微小プラスチックの品目別平均河岸散乱密度を表1に示す。微小プラスチックの平均河岸漂着散乱密度は37,934個/m<sup>2</sup>であった。平均密度が最も高かった品目は、発泡プラスチック破片で41.5%，続いて硬質プラスチック破片20.3%，フィルム状破片14.8%，人工芝破片13.9%となり、破片類が全体の92.5%，また微小プラスチック主要6品目が全体の97.3%を占めた。河岸の特徴は、海岸に比べ微小プラスチック全体の密度では大差ないものの、海岸で9割を占めた発泡プラスチック破片の割合が41.5%と低く、一方、硬質プラスチック破片、人工芝破片、フィルム状プラスチック破片、レジンペレット、徐放性肥料カプセルの密度が海岸より一桁高かった。また汽水域より上流の加古川で採取された微小プラスチックからは、繊維破片、気泡をもったプラスチック粒、カキ養殖用まめ管以外の11品目が確認され、微小プラスチックも河川経由で海域に流入していることがわかった。なお海起源のカキ養殖用まめ管は愛媛県重信川河口以外では採集されなかった。

### 3.4 海岸漂着，海面浮遊，河川散乱微小プラスチックの分布

海岸に漂着散乱し、海面を浮遊し、さらには河川に散乱する微小プラスチック主要6品目（発泡プラスチック破片、硬質プラスチック破片、人工芝破片、フィルム状プラスチック破片、レジンペレット、徐放性肥料カプセル）の海域別密度を表

2に示す。微小プラスチックは全海域の海岸で採集された。特に発泡スチロール破片は、広島湾で最も密度が高く208,442個/m<sup>2</sup>，続いて安芸灘，周防灘となり、瀬戸内海西部で密度が高くなる傾向が見られた。一方、海面では、西部の伊予灘で最も密度が高く468,267個/km<sup>2</sup>となったが、続いて東部の大阪湾，中央部の備讃瀬戸となった。硬質プラスチック破片と人工芝破片は、海岸では広島湾，安芸灘，周防灘で、海面では大阪湾で特に密度が高くなった。レジンペレットは、海岸では安芸灘，海面では大阪湾で最も密度が高くなった。徐放性肥料カプセルは、海岸では播磨灘，備讃瀬戸，安芸灘，伊予灘で特に密度が高く、海面では備讃瀬戸で最も密度が高くなった。河岸では、いずれの品目も大阪湾で最も密度が高くなった。

このように品目間だけでなく、海岸、海面、河川でも、密度の分布は大きく異なった。そこで表2で示した海岸、海面、河川における主要6品目の海域別平均密度の相関関係を、Spearmanの順位相関係数を用いて表3に示す。海岸と河岸では、硬質プラスチック破片と人工芝破片、硬質プラスチック破片とレジンペレット、人工芝破片とレジンペレットで相関(p<0.01)が認められ、さらに河岸ではフィルム状プラスチック破片と人工芝破片にも相関(p<0.05)が認められた。一方、海面では、人工芝破片と徐放性肥料カプセル(p<0.01)、フィルム状プラスチック破片とレジンペ

表2 微小プラスチック主要6品目の海域平均密度の比較

海域	破片類																		製品類		
	発泡スチロール片			硬質プラスチック破片			人工芝破片			フィルム状プラスチック破片			レジンペレット			徐放性肥料カプセル					
	海岸 (個/m <sup>2</sup> )	海面 (個/km <sup>2</sup> )	河岸 (個/m <sup>2</sup> )	海岸 (個/m <sup>2</sup> )	海面 (個/km <sup>2</sup> )	河岸 (個/m <sup>2</sup> )	海岸 (個/m <sup>2</sup> )	海面 (個/km <sup>2</sup> )	河岸 (個/m <sup>2</sup> )	海岸 (個/m <sup>2</sup> )	海面 (個/km <sup>2</sup> )	河岸 (個/m <sup>2</sup> )	海岸 (個/m <sup>2</sup> )	海面 (個/km <sup>2</sup> )	河岸 (個/m <sup>2</sup> )	海岸 (個/m <sup>2</sup> )	海面 (個/km <sup>2</sup> )	河岸 (個/m <sup>2</sup> )			
紀伊水道	14,059	18,491	6,331	308	29,586	650	29	0	63	52	0	6	136	0	119	588	0	125			
大阪湾	6,326	265,539	48,273	656	91,252	23,440	61	77,635	16,158	128	54,631	17,648	237	15,454	4,123	267	2,353	2,296			
播磨灘	10,282	44,329	859	698	21,152	1,863	53	15,700	1,688	168	19,123	1,138	149	2,513	181	1,595	4,221	366			
備讃瀬戸	11,092	239,226	2,675	172	26,499	2,163	15	28,584	788	51	32,841	713	73	6,401	206	1,365	10,423	2,175			
備後灘	32,031	110,832	-	819	2,233	-	135	0	-	171	25,924	-	134	2,233	-	333	0	-			
播磨	14,241	72,773	-	481	41,205	-	45	9,594	-	99	49,085	-	213	2,785	-	323	1,371	-			
安芸灘	81,173	24,787	-	2,072	7,379	-	207	872	-	222	9,647	-	495	0	-	1,184	0	-			
広島湾	208,442	-	-	2,712	-	-	641	-	-	43	-	-	281	-	-	233	-	-			
伊予灘	18,180	468,267	728	229	36,657	41	13	10,997	0	558	22,168	38	47	1,833	9	1,103	7,331	150			
周防灘	100,111	39,954	269	1,701	2,854	100	265	2,854	0	64	8,562	6	564	0	13	931	0	2,256			
豊後水道	32,198	79,583	-	130	0	-	28	16,465	-	785	5,488	-	6	0	-	22	5,488	-			
曾根	14,713	-	-	340	-	-	25	-	-	48	-	-	31	-	-	125	-	-			

-データなし

表3 海域別密度の品目間の Spearman の順位相関係数

	海岸				海面				河岸						
	(H)	(L)	(F)	(R)	(H)	(L)	(F)	(R)	(H)	(L)	(F)	(R)	(C)		
発泡プラスチック破片(E)	0.448	0.483	0.049	0.252	-0.259	0.297	0.614	0.673 *	0.619	0.688 *	0.771	0.754	0.493	0.771	0.086
硬質プラスチック破片(H)		0.923 **	-0.196	0.825 **	0.105		0.304	0.576	0.600	0.219		0.928 **	0.754	1.000 **	0.543
人工芝破片(L)			-0.140	0.839 **	-0.049			0.456	0.599	0.809 **			0.868 *	0.928 **	0.406
フィルム状プラスチック破片(F)				-0.210	0.140				0.919 **	0.313				0.754	0.493
レジンペレット(R)					0.259					0.455					0.543
徐放性肥料カプセル(C)															

\*:p&lt;0.05

\*\*:p&lt;0.01

ット(p<0.01)、発泡プラスチック破片と徐放性肥料カプセル(p<0.05)、発泡プラスチック破片とフィルム状プラスチック破片(p<0.05)で相関が認められた。このように海岸と河岸では、相関関係のある品目が類似するものの、海面では全く異なり、漂流と漂着散乱では、微小プラスチックの構成が異なることが示された。これは、微小物においても品目によって漂流形態(海面上、境界、海面下)が異なること、また移動過程である漂流と長時間の堆積の結果としての漂着という形成過程と最終結果の違いによるものと推察される。また発泡プラスチック破片と徐放性肥料カプセルは、海岸、河岸とも他の微小プラスチックと分布が一致しなかった。これは両者がそれぞれ海域、陸域といった独自の発生要因を有するためと推察される。一方、硬質プラスチック破片、人工芝破片、レジンペレットは、海岸、河岸での分布に相関が見られたことから、海岸、河岸における微小プラスチックの発生要因が類似していることが推察される。

#### 4. 考察

これまで日本国内海岸における微小プラスチックの海洋における漂流と海岸への漂着については、東京都小笠原父島海岸<sup>7)</sup>、日本海沿岸<sup>8,11)</sup>、東京湾・相模湾沿岸<sup>9)</sup>、鹿児島県沿岸<sup>2,10,17)</sup>、広島湾沿岸<sup>3,4)</sup>、オホーツク海、東北太平洋沿岸、日本海沿岸<sup>5)</sup>、伊勢湾<sup>3)</sup>および北海道沿岸<sup>18)</sup>、鹿児島湾海面<sup>14)</sup>で報告されている。今回の調査から、微小

プラスチックは、瀬戸内海に流入する河川にも存在し、海面に広く浮遊するだけでなく、海岸にも広域にかつ高密度に漂着していることが明らかになった。小城・福本<sup>18)</sup>によると、海洋を漂流する微小プラスチック粒子は増加傾向にあり、1990年代に北海道沿岸海域に漂流していたプラスチック粒の平均密度は49万個/km<sup>2</sup>にまで達していると報告されている。瀬戸内海における微小プラスチックの漂流密度もこれに近い値を示しており、微小プラスチックの大量発生と広域拡散問題は海洋全体の問題になっていると言える。

これら海洋における微小プラスチックの共通点は、発泡プラスチック破片の割合が最も高く、特に瀬戸内海では9割を占めることである。瀬戸内海における発泡プラスチック破片の漂着散乱密度は、最大で1,207,506個/m<sup>2</sup>、平均で45,833個/m<sup>2</sup>であった。藤枝・佐々木<sup>4)</sup>によると、過去の広島湾における最大値は282,394個/m<sup>2</sup>(2mm以上)であった。今回の広島湾の最大値は、1mm以上では1,110,919個/m<sup>2</sup>、2mm以上では393,031個/m<sup>2</sup>であり、両者に大きな差はなかった。さらに発泡プラスチック破片の海岸および河岸における漂着密度は、他の主要4品目と相関がなく、独自の発生要因をもつことが推察された。海岸に高密度に漂着散乱する発泡プラスチック破片の主な発生源について藤枝ら<sup>2)</sup>は、漁業用資材として使用される発泡スチロール製フロートの不適切な使用と海岸での放置であると指摘している。日本フォームスチレン工業会の調べによると、瀬戸内海に



おける発泡スチロール製フロートの国内生産量は西部で多く<sup>19)</sup>、これらは主に広島湾のカキ養殖筏や愛媛県の魚類養殖生簀の浮力体として使用されている。特に海岸での漂着散乱密度が高い広島県では、カキ養殖用に11,284台(2006年)の筏が使用されており<sup>20)</sup>、平均筏1台あたり24本の発泡スチロール製フロートが使用されている<sup>21)</sup>とすると、その総量は約27万本にも達する。よって瀬戸内海を代表する微小プラスチックごみである発泡スチロール破片の削減には、微小プラスチックごみまで含めた海洋ごみの回収体制の構築と共に、発泡スチロール製フロートの使用者による適切な使用と使用後の適切な処分および微細化しない製品への転換による発生抑制についてより一層努める必要がある。

一方、発泡プラスチック破片の分布は、同じカキ養殖用資材で西部海域に偏在するプラスチック製パイプ<sup>22)</sup>とは異なり、西部海域で密度が著しく高いものの、ほぼ全域の海岸で大量に採取された。藤枝<sup>23)</sup>は、ライターのタンクに印刷された情報を使って瀬戸内海における海洋ごみの流れを推定した結果、その流出地は沿岸部だけでなく、内陸部の都市にまでおよぶと指摘している。さらには河口部にも高密度に集積していたことから、発泡プラスチック破片も河川からの流入があると推察される。また海岸、河岸では硬質プラスチック破片と人工芝破片とレジンペレット間で相関関係が認められた。これらも河口部に集積していたことから、ほぼ同じ要因により陸域から河川を経由して海洋へ流出していると考えられる。一方、徐放性肥料カプセルは、海岸、河岸とも他の微小プラスチックと分布が一致しなかった。徐放性肥料カプセルは、山口県内の水田の土中や奈良県内の水田用水路でも存在を確認している。また佐々倉<sup>24)</sup>は、海岸に漂着する徐放性肥料カプセルの流域密度と水田面積を比較し、水田面積の多い播

磨灘、備讃瀬戸で漂着密度が高いと指摘している。よって徐放性肥料カプセルの流出要因は、他の4品目と異なり、陸域が主であると推察されることから、発生抑制のためには、今後の陸域での詳細な調査が望まれる。

一方、瀬戸内海の海域内や流域で発生した微小プラスチックは、外海と接続する水道部海岸にも高密度に漂着していた。また瀬戸内海における微小プラスチックの漂着密度は、伊勢湾<sup>13)</sup>と比較して発泡プラスチック破片で14.6倍、硬質プラスチック破片で7.4倍、人工芝破片で3.7倍、レジンペレットで1.9倍、徐放性肥料カプセルで1.5倍といずれも高い。さらに微小プラスチックは、紀伊水道や豊後水道などの海面でも漂流が確認されており、これらの外海へ流出は否めない。よって瀬戸内海は、北太平洋における微小プラスチックの発生源の一つとも言え、この問題は海域内だけの問題ではないとも言える。

さらに藤枝ら<sup>16)</sup>は、瀬戸内海における海洋ごみの収支に関する研究で、海底にもごみが沈積すると指摘しており、微小プラスチックもいずれ海底に沈積することが予想される。ただし海底に堆積する微小プラスチックは、大型のごみに比べ、発見や回収が非常に困難な品目である。よって、今後新たな問題が生じてからの対応では遅く、その点からも微小プラスチックの発生抑制に努めなければならない。

以上より、今後、瀬戸内海を美しくごみのない海にし、外海への負荷を低減するためには、瀬戸内海の海域だけでなく流域を含めた大型のプラスチックごみから微小プラスチックまでの発生抑制と陸域から海域への流入抑制、さらにはそれらの回収促進について議論し、着実な実行とその継続が求められる。

## 謝辞

本研究は、環境省地球環境保全等試験研究費による「海洋ごみ対策の確立に向けた情報支援システムの構築に関する研究」にて実施した。なお海面浮遊ごみ回収は、鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸益満侃船長以下乗組員一同の労および分類は同学部環境情報科学講座 浦添智子、寺田将春、佐藤 翔、池浦美香、石井菜帆子諸君の労を多とする。ここにお礼申し上げる。

## 引用・参考文献

- 1) 藤枝 繁, 小島あずさ, 大倉よし子: 日本における国際海岸クリーンアップ (ICC) の現状とその結果, 沿岸域学会誌, Vol.20(3), pp. 33-46. 2007.
- 2) 藤枝 繁, 藤 秀人, 濱田芳暢: 鹿児島湾海岸における発泡プラスチック製漁業資材の漂着状況, 日本水産学会誌, 2000.Vol.66,pp.236-242. 2000.
- 3) 藤枝 繁, 佐々木和也: 広島湾江田島・倉橋島海岸における微小プラスチック漂着物, 漂着物学会誌, Vol.3, pp.1-6. 2005.
- 4) 藤枝 繁, 佐々木和也: 広島湾江田島・倉橋島海岸における発泡プラスチック破片の漂着状況, 日本水産学会誌, Vol.71, pp.755-761. 2005.
- 5) 藤枝 繁, 柴田剛志, 日高正康, 小島あずさ: 鳴砂の浜を含む全国 30 海岸における微小プラスチックの漂着実態, 漂着物学会誌, Vol.4, pp.9-14. 2006.
- 6) JEAN/クリーンアップ全国事務局編: クリーンアップキャンペーン' 98 レポート, JEAN/クリーンアップ全国事務局, 東京, pp.8-9. 1999.
- 7) 小城春雄: 微小プラスチックの広がり, プラスチックの海, 佐尾和子, 丹後玲子, 根本 稔編, 海洋工学研究所出版部, 東京, pp.75-88. 1995.
- 8) 安松貞夫: 二丈町姉子の浜の鳴砂保全活用調査報告書, 財団法人日本ナショナルトラスト, 東京, pp.29-40. 2000.
- 9) 栗山雄司, 小西和美, 兼広春之, 大竹千代子, 神沼二眞, 間藤ゆき枝, 高田秀重, 小島あずさ: 東京湾ならびに相模湾におけるレジンペレットによる海域汚染の実態とその起源, 日本水産学会誌, Vol.68, pp.164-171. 2002.
- 10) 藤枝 繁, 池田治郎, 牧野文洋: 鹿児島県の海岸における発泡プラスチック破片の漂着状況, 日本水産学会誌, Vol.68, pp.652-658. 2002.
- 11) Kusui, T. and Noda, M.: International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan, Marine Pollution Bulletin, Vol.47, pp.175-179. 2003.
- 12) McDermid, K. J. and McMullen, T. L.: Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago, Marine Pollution Bulletin, Vol.48, pp.790-794. 2004.
- 13) 藤枝 繁: 伊勢湾海岸に漂着散乱する微小プラスチック, 漂着物学会誌, Vol.8, pp.13-19. 2010.
- 14) 藤枝 繁: 鹿児島湾海面に浮遊するプラスチックゴミ, 自然愛護, Vol.29, pp.9-12. 2003.
- 15) Moore, C. J., Moore, S. L., Leecaster, M. K. and Weisberg, S. B.: A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre, Marine Pollution Bulletin, Vol.42, pp. 1297-1300. 2001.
- 16) 藤枝 繁, 星加 章, 橋本英資, 佐々倉 諭, 清水孝則, 奥村誠崇: 瀬戸内海における海洋ごみの収支, 沿岸域学会誌, Vol.22(4), pp. 17-29. 2010.
- 17) 藤枝 繁, 佐々木和也: 発泡スチロール破片の海面養殖のりへの混入問題, 漂着物学会誌, Vol.2, pp.9-12. 2004.
- 18) 小城春雄, 福本由利: 海洋表層浮遊, および



- 砂浜海岸漂着廃棄プラスチック微小粒子のソーティング方法, 北大水産彙報, Vol.51, pp.71-93. 2000.
- 19) 藤枝 繁: 海岸における発泡スチロール破片の漂着散乱と再利用, 月刊養殖 3 月号, pp.84-87. 2003.
- 20) 総務省統計局 e-Stat: 平成 18 年漁業・養殖業生産統計年報,  
(<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>)
- 21) 広島かき出荷振興協議会編: 筏の構造, 広島かき, 広島かき出荷振興協議会, 広島, pp.82-84. 1977.
- 22) 藤枝 繁: 瀬戸内海に漂流漂着するカキ養殖用パイプ類の実態, 日本水産学会誌, Vol.77(1), pp.22-30. 2011.
- 23) 藤枝 繁: 指標漂着物を用いた瀬戸内海における海洋ごみの流れと起源の推定, 沿岸域学会誌, Vol. 22(2), pp.27-36. 2009.
- 24) 佐々倉 論: 瀬戸内海における海洋ごみの分布要因, 瀬戸内海, Vol.58, pp.45-47. 2009.

## 著者紹介

### 藤枝 繁 (正会員)



鹿児島大学水産学部 (鹿児島市下荒田 4-50-20), 昭和 42 年生まれ, 平成 3 年 3 月鹿児島大学水産学部水産専攻科修了, 同年 4 月熊本県立水産高等学校教諭, 平成 4 年鹿児島大学水産学部勤務, 現在同大学教授, 博士 (水産学), 平成 11 年クリーンアップかごしま事務局設立, 現在同事務局長, 一般社団法人 JEAN 理事, 日本水産学会, 日本航海学会, 廃棄物資源循環学会, 漂着物学会会員。  
E-mail : [fujieda@fish.kagoshima-u.ac.jp](mailto:fujieda@fish.kagoshima-u.ac.jp)

## Small plastic marine debris in the Seto Inland Sea

Shigeru FUJIEDA

**ABSTRACT** : Distribution and composition of small plastic marine debris in the Seto Inland Sea was investigated at 219 beaches, 10 river sides and 24 sea surface between 2006 and 2008. The average densities of small plastic marine debris were 48,470 pieces per m<sup>2</sup> on the beaches, 243,473 pieces per km<sup>2</sup> on the sea surface and 37,954 pieces per m<sup>2</sup> on the riversides. Foamed plastic fragment was the highest density in this area. The densities were 45,833 pieces per m<sup>2</sup> (94.6%) on the beaches, 147,752 pieces per km<sup>2</sup> (60.7%) on the sea surface and 15,727 pieces per m<sup>2</sup> (41.5%) on the riversides. Major five items of small plastics were foamed plastic fragments, hard plastic fragments, tips of synthetic lawn, resin pellets and capsule of chemical fertilizers. They were recognized on the riversides above the brackish -water region.

**KEYWORDS** : *beach litter, drifting litter, river litter, Seto Inland Sea, small plastic*