

三重県英虞湾・五ヶ所湾海岸に漂着散乱する微小プラスチック

藤枝 繁¹

Micro and Meso plastic debris on the beaches of Ago Bay and Gokasho Bay in Mie Prefecture

Shigeru FUJIEDA¹

Abstract

Distribution and composition of micro (1.0-4.0mm) and meso (4.0-25.0mm) plastic debris were investigated on 20 beaches of Ago Bay and Gokasho Bay, Mie Prefecture, in September 2014. The total of collected plastic debris were 111,080 items and the plastic fragments accounted for 98.1% of the total number. Micro plastic debris accounted for 89.9% of total number and the average densities were 34,713 pieces per m². Micro and meso plastic debris of average densities over 50 pieces per m² were seven items and these were consisted by foamed plastic fragments (96.5%), capsule of chemical fertilizers (1.6%), hard plastic fragments (0.7%), line fragments (0.3%), plastic film fragments (0.2%), resin pellets (0.2%) and tips of synthetic lawn (0.1%). The maximum density of foamed plastic fragments was at Yadoura (158,602 pieces per m²) and the average density (33,499 pieces per m²) was about ten times for the beaches of Ise Bay.

Key words: beach litter, foamed plastic fragment, marine debris, meso plastic, micro plastics

はじめに

藤枝 (2009) によると、伊勢湾海岸に漂着散乱する海洋ごみの分布について調査した結果、三重県鳥羽市海岸や愛知県渥美半島先端部の西之浜といった伊勢湾湾口部の海岸に高密度に漂着・堆積していると指摘している。また指標漂着物を用いてその流れについて調査した結果、これら漂着散乱ごみは、伊勢湾流域圏から湾内に流入したものが、湾口部に向かって流れ、漂着した結果であるとしている。藤枝ら (2010) は、瀬戸内海において海洋ごみの収支を試算した結果、流域圏から海域に流入するごみの1/2が水道部を通じて外洋に流出しているとしている。瀬戸内海や伊勢湾で大量に使用されているカキ養殖用プラスチック製パイプは、北太平洋中央部で漁獲されたマグロ類の胃袋から発見されており (Fujieda et al. 2014)、また同地を流出地とする指標漂流物が北太平洋中央部に位置するミッドウェー環礁、ハワイ諸島さらには北米西海岸でも見ついている (藤枝ら 2015b)。よって内湾域も外洋域の海洋汚染源の一つになっていると言える。

一方、内湾外洋を問わず日本の海岸や北太平洋沿岸には、微小なプラスチックが漂着漂流しているこ

とが知られている (栗山ら 2002, 藤枝ら 2002, Kusui & Noda 2003, Moore et al. 2001, McDermid & McMullen 2004, 藤枝・佐々木 2005a, 藤枝ら 2006, 藤枝 2010, 藤枝 2011, Lee et al. 2013, 藤枝ら 2015a)。微小プラスチックのうち、プラスチックの中間原料であるレジンペレットは比較的早くから問題視されてきたが (栗山ら 2002)、微小プラスチックに関する調査が進むにつれ、人工芝破片 (藤枝ら 2002) や徐放性肥料カプセル (藤枝・佐々木 2005a) など、日常生活や農業等で使用される微小プラスチックも大量に漂着していることが報告されるようになってきた。さらにこれらは河川を通じて海域に流入していることも明らかにされてきた (藤枝 2011)。

一方、海域で主に発生している微小プラスチックの一つに発泡プラスチック破片がある。これは主に海面養殖生簀や筏の浮力体として使用される発泡スチロール製フロートが破片化したもので (藤枝ら 2000)、カキ養殖が盛んな瀬戸内海の広島湾 (藤枝・佐々木 2005b) や伊勢湾鳥羽地区 (藤枝 2010)、魚類養殖の盛んな鹿児島湾 (藤枝ら 2002) 等の海岸に大量に漂着堆積している。三重県五ヶ所湾、英虞湾は真珠や魚類養殖が盛んな海域であることから同様な状況にあることが推察される。

¹ 〒185-0021 東京都国分寺市南町3-4-12-202 一般社団法人JEAN

¹ JEAN, 3-4-12-202 Minami-cho Kokubunji City, Tokyo, Japan, 185-0021

そこで筆者は、2014年9月、三重県英真湾、五ヶ所湾およびその周辺の外洋域海岸において微小プラスチックの漂着散乱状況を把握することを目的に採取調査を行ったので、その結果をここに報告する。

方 法

海岸に漂着散乱する微小プラスチックの採取は、2014年9月10日、11日に、Fig.1に示す三重県英真湾（御座岬と浜島町矢取島間を湾口とする内湾）、五ヶ所湾（田曾岬と止ノ鼻内間を湾口とする内湾）およびその周辺の外洋域（周辺外洋域と称する）海岸において実施した。なお採取地点は、当海岸がリアス式海岸のため砂浜が限定されることから、英真湾5海岸、五ヶ所湾8海岸および周辺外洋域7海岸（浜島町5海岸、志摩半島2海岸）、計20海岸とした。また結果の評価は、各海岸を代表する1点において下記の通り同一手法を用いて漂着物を採取し、各海域の平均値で行った。

海岸に漂着散乱する微小プラスチックの採取方法は、小城・福本（2000）の方形枠法を用いた。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）と共に採取し、研究室に持ち帰り分類する方法である。

持ち帰った採取物は、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。ここで回収された浮遊物は、3-4日かけて室内で自然乾燥させた後、藤枝・佐々木（2005a）の分類法に従って、オープニング脚長1.0, 1.4, 2.0, 2.8, 4.0mmの各試験用篩を用いて0.3-1.0, 1.0-1.4mm, 1.4-2.0mm, 2.0-2.8mm, 2.8-4.0mmの5段階に、また4.0mm以上については、8.0mm格子の方眼紙を用いて4.0-8.0mm, 8.0-16.0mm, 16.0-25.0mmの3段階、計8段階の大きさに分類した。なお0.3-1.0mmの大きさは、肉眼での分類が困難なことから、本研究では1.0mm以上を分類対象とした。またLee et al. (2013)は、1-5mmをLarge Micro plastic, 5-25mmをMeso plasticと分類しているが、ここでは1.0-4.0mmをLarge Micro plastic, 4.0-25.0mmをMeso plasticと定義した。

次に各大きさ別の浮遊物から自然物を取り除いて人工物のみとし、さらにプラスチックとその他を分け、藤枝・佐々木（2005a）の分類法に従って、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）、テグス破片、フィルム状プラスチック破片、人工芝破片（緑色のABS製人工芝の破片）、燃えて溶けたプラスチック破片、スポンジ状プラスチック破片、気泡をもったプラスチック粒、製品類として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）、レジンペレット（プラスチック製品の中間原料）、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1.5cm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漂着散乱密度は、1㎡あたりの漂着散乱個数（個/㎡）で示す。

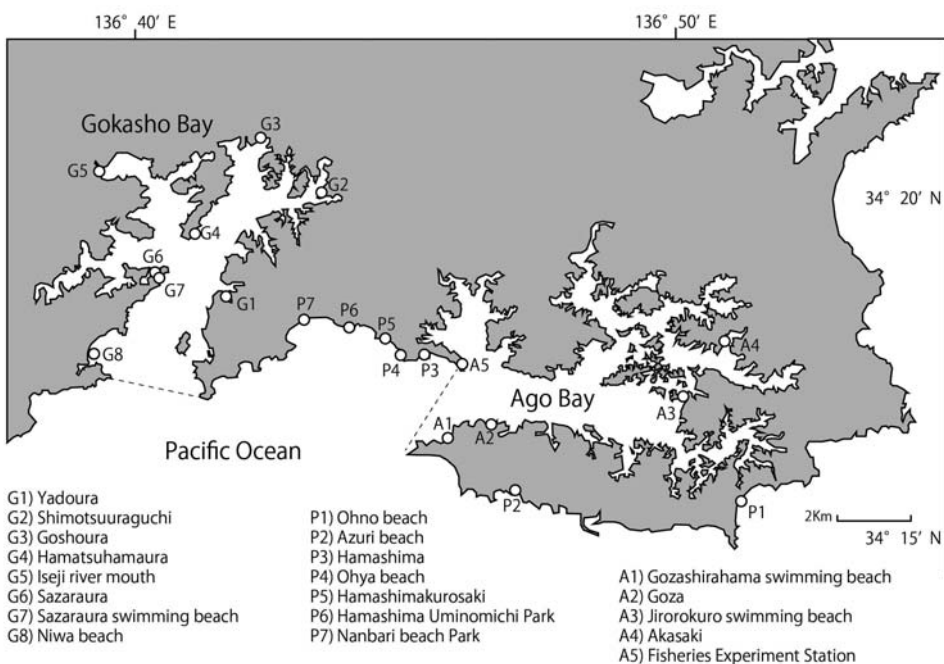


Fig.1 Location of twenty beaches where large micro and meso plastic debris were collected in Ago Bay and Gokasho Bay

結 果

英虞湾、五ヶ所湾およびその周辺外洋域20海岸（当海域海岸）から、1 mm以上の微小漂着物（人工物）が111,083個採取され、そのうち111,080個がプラスチックであった。当海域海岸に漂着散乱する微小物（人工物）の品目別大きさ別平均海岸漂着密度をTable1に示す。微小プラスチックの平均海岸漂着密度は34,713個/m²であり、平均密度が最も高かった品目は、発泡プラスチック破片（33,499個/m²）で全体の96.5%を占めた。これに続いて徐放性肥料カプセル（563個/m²、1.6%）、硬質プラスチック破片（258個/m²、0.7%）、テグス破片（116個/m²、0.3%）、フィルム状プラスチック破片（85個/m²、0.2%）、レジンペレット（64個/m²、0.2%）、人工芝破片（51個/m²、0.1%）であり、これら7品目

（平均漂着密度50個/m²以上）で全体の99.8%を占めた。よって以後、これら7品目を当海域における微小プラスチック主要7品目とする。

各品目の大きさの特徴を見ると、破片類5品目ではテグス破片を除いて1.4–2.0mmに最大密度があり、特に人工芝破片は、96.1%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98.6%、84.4%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著しく高く（98.1%）、大きさも4 mm以下のMicro plastic（89.9%）に強く偏る傾向が見られた。

次に主要7品目の漂着密度分布をFig.2に、また伊勢湾（藤枝 2010）、瀬戸内海（藤枝 2011）を含めた海域別平均密度をTable2に示す。まず発泡プラスチック破片は、全地点で確認され、最大漂着密度

Table 1 Composition and average density (pieces/m²) of collected Large micro and meso plastic debris on twenty beaches in the Ago Bay and Gokasho Bay

Type of material	Items	Size classes in mm (maximum dimension)							Total			
		1.0-1.4	1.4-2.0	2.0-2.8	2.8-4.0	4.0-8.0	8.0-16.0	16.0-25.0				
		Large Micro size				Meso size						
Plastic	Fragment	Foamed plastic	7,865	9,845	7,167	5,252	3,052	282	36	33,499	96.5%	
		Hard plastic	54	71	50	37	38	5	3	258	0.7%	
		Line	42	37	15	10	8	3	1	116	0.3%	
		Filmy plastic	16	23	19	15	8	2	2	85	0.2%	
		Tip of synthetic lawn	19	30	2	0	0	0	0	51	0.1%	
		Burnt plastic	1	3	2	12	15	4	4	41	0.1%	
		Spongy plastic	0	1	1	4	5	1	1	13	<0.1%	
		Bubbled plastic	1	3	1	1	0	0	0	6	<0.1%	
		Product	Capsule of chemical fertilizer	0	4	146	409	4	0	0	563	1.6%
			Resin pellet	0	1	4	50	9	0	0	64	0.2%
Cigarette filter	0		0	0	0	5	2	1	8	<0.1%		
Plastic pipe ^{a)}	0		0	0	0	0	1	0	1	<0.1%		
Others ^{b)}	0		0	0	0	2	0	5	7	<0.1%		
Others ^{c)}	0	0	0	1	0	0	0	1	<0.1%			
Total		7,998	10,018	7,407	5,791	3,146	300	53	34,713	100.0%		
Percent of sizes		23.0%	28.9%	21.3%	16.7%	9.1%	0.9%	0.2%				

^{a)} Plastic pipe is used for the instruments of Oyster farming.

^{b)} Cap, Straw, etc.

^{c)} Paper, Aluminum foil

Table 2 Average density of collected major seven large micro and meso plastic debris (pieces/m²) on the beach in three areas of this study, Ise bay and Seto Inland Sea

Area	Ago Bay	Gokasho Bay	Pacific Ocean	Ise Bay*	Seto Inland Sea**
Station Number	5	8	7	33	219
Foamed plastic fragments	25,640	58,678	10,335	3,137	45,833
Capsule of chemical fertilizer	21	340	1,206	562	855
Hard plastic fragments	540	141	192	120	892
Line fragments	359	47	20	4	39
Filmy plastic fragments	181	84	21	13	209
Resin pellet	29	23	135	111	211
Tip of synthetic lawn	161	5	24	35	129
Others	63	76	89	50	301
Plastic Total	26,994	59,394	12,022	4,032	48,469

*Fujieda 2010, **Fujieda 2011

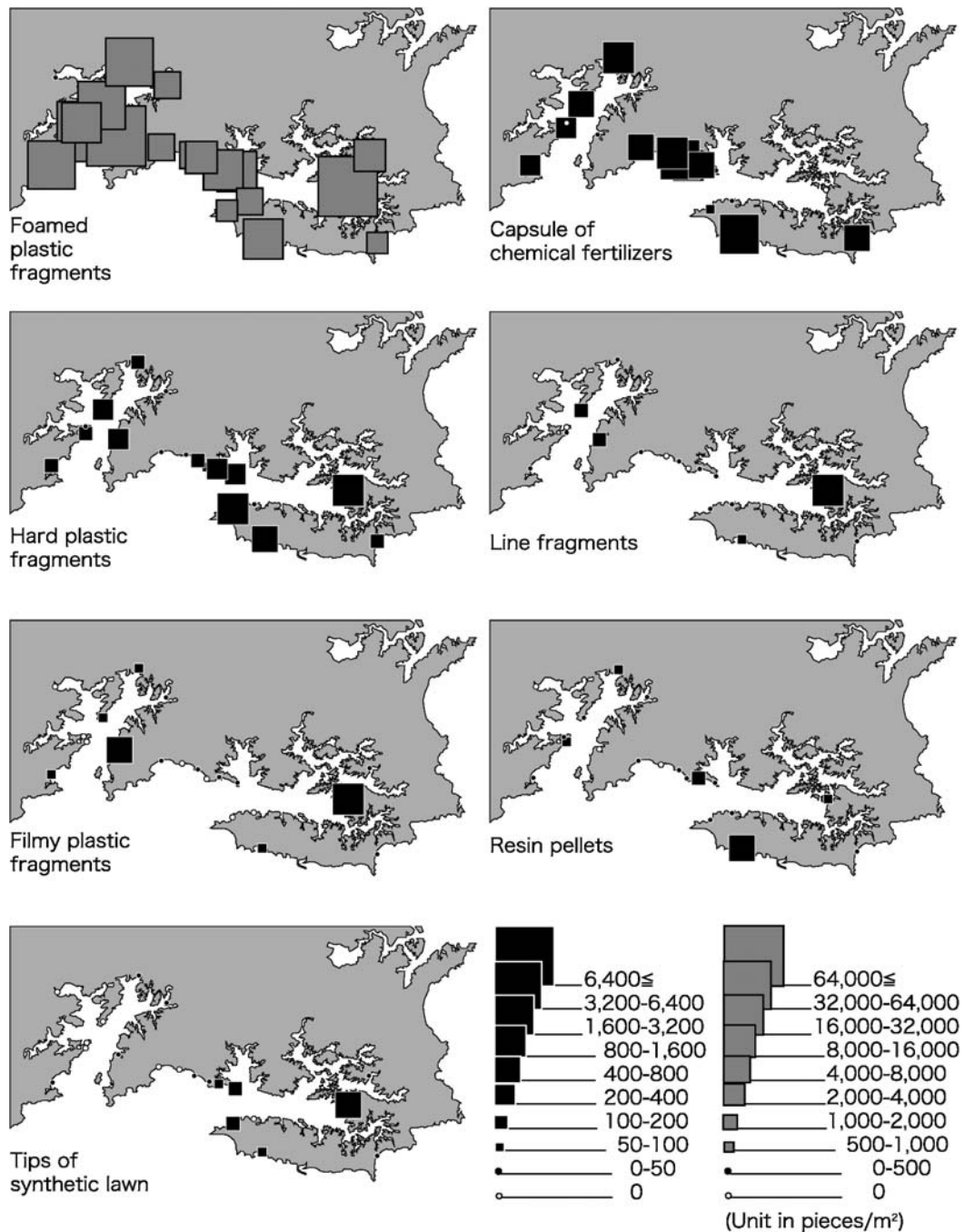


Fig.2 Density distribution of major seven large micro and meso plastic debris

は五ヶ所湾宿浦海岸 (Fig.1, G3) の158,602個/m²であった。20海岸中12海岸で漂着密度が10,000個/m²を越え、湾内外を問わず高密度に漂着していたが、海域別で見ると五ヶ所湾では英虞湾の2倍以上の59,394個/m²となった。採取量第二位の徐放性肥料カプセルは、20地点中17地点から採取されたが、英虞湾内ではほとんど採取されなかった。1,000個/m²以上の海岸は、4地点中3地点が外洋域海岸であり、最大漂着密度は外洋域のあづり浜 (Fig.1, P2) の2,588個/m²であった。硬質プラスチック破片は、

湾内外を問わず18地点で採取され、最大漂着密度は英虞湾次郎六郎海水浴場 (Fig.1, A3) の1,525個/m²であった。テグス破片は16地点で採取され、外洋域海岸よりも湾内で密度が高く、最大漂着密度は次郎六郎海水浴場 (Fig.1, A3) の1,669個/m²であった。フィルム状プラスチック破片は13地点で採取され、同じく湾内で密度が高く、最大漂着密度は次郎六郎海水浴場の875個/m²であった。一方、レジンペレットは、17地点で採取されたが、外洋域で密度が高く最大漂着密度はあづり浜 (Fig.1, P2) の763

個/㎡であった。人工芝破片は、13地点で採取され、最大漂着密度は次郎六郎海水浴場 (Fig.1, A3) の494個/㎡であり、五ヶ所湾ではほとんど採取されなかった。このように海域によって品目別漂着密度の分布は大きく異なった。

考 察

三重県は魚類養殖収穫量全国8位(平成24年, 7,665トン)の養殖県であり、特にマダイ養殖が4,537トンと全国2位(平成24年)となっている(総務省統計局 e-Stat)。藤枝ら(2000)は、海岸に大量に漂着散乱している発泡プラスチック破片の主な発生源は、海面養殖生簀や筏の浮力体として使用されている発泡スチロール製フロートの不適切利用と海岸放置にあると指摘している。当海域と伊勢湾(藤枝 2010)および瀬戸内海(藤枝 2011)との微小プラスチックの平均漂着密度の比較を Table2 に示す。いずれの海域でも発泡プラスチック破片の平均漂着密度が著しく高く、当海域海岸(英虞湾, 五ヶ所湾, 周辺外洋域)では、隣接する伊勢湾(平均3,137個/㎡, 藤枝 2010)を大きく上回った。特に五ヶ所湾では、伊勢湾の最大漂着密度42,663個/㎡(藤枝 2010)を8地点中4海岸で越えた。よって英虞湾・五ヶ所湾においても海面養殖生簀や筏の浮力体として使用されている発泡スチロール製フロートの利用方法に問題があると考えられ、積極的で具体的な対策(藤枝 2014)を早急にとる必要がある。

一方、藤枝(2009)によると、ライターのタンクに印刷された情報を使って伊勢湾沿岸に漂着するごみの流れを求めた結果、伊勢湾流域圏から流出した漂流物は、湾口部に向かって流れていることが指摘されている。また微小プラスチックの中でも徐放性肥料カプセルは、河川での調査の結果、陸域から河川を経由して海に流出していることが確認されている(藤枝 2011)。徐放性肥料カプセルの平均漂着密度は、広い流域圏を持つ伊勢湾(562個/㎡, 藤枝 2010)や瀬戸内海(855個/㎡, 藤枝 2011)よりも当周辺外洋域海岸でさらに高く1,206個/㎡であった。しかし藤枝ら(2015a)によると、北太平洋の洋上、離島および北米西岸に漂流漂着している微小プラスチックは、主に硬質プラスチックであり、その他ではフィルム状プラスチック破片、テグス破片およびレジンペレットであり、徐放性肥料カプセルの大量漂流漂着はまだ確認されていない。本研究の結果、徐放性肥料カプセルは内湾域よりも周辺外洋

域で密度が高いことから、すでに陸域から河川を通じて直接外洋にまたは内湾に流出したものが湾口から外洋に大量に流出している可能性が高い。2006年に藤枝ら(2006)によって全国の海岸で漂着が確認された徐放性肥料カプセルであるが、その後10年でさらに日本周辺を大量に漂流している可能性がある。また外洋域で広く大量漂流漂着していることが確認されているレジンペレット(藤枝ら 2015a)も、英虞湾, 五ヶ所湾に比べ周辺外洋域海岸で平均漂着密度が高かった。よって徐放性肥料カプセルも、今後も陸域からの流出が続けば、レジンペレットのように北太平洋に広がる懸念される。

以上をまとめると、英虞湾・五ヶ所湾およびその周辺外洋域海岸において微小プラスチックごみの漂着分布を調査した結果、同湾を起源とする発泡スチロール破片の大量漂着に加え、主に内陸起源の徐放性肥料カプセルやレジンペレット等の微小プラスチックがその周辺外洋域海岸に多く存在することがわかった。特に徐放性肥料カプセルについては、北太平洋にまだ広がっていないようであるが、外洋沿岸部で密度が高いことは今後拡散の恐れがある。よってこれより海洋全体における微小プラスチック汚染問題については、1) 目立ちにくい微小プラスチックの監視を全国で続け、新たなものの発生に注視すること、2) 人工芝破片等を含めた陸域から発生する微小プラスチックごみ問題について、陸域での積極的発生抑制について検討することが急務である。

引用文献

- 藤枝 繁・藤 秀人・濱田芳暢 2000. 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 66(2): 236-242.
- 藤枝 繁・池田治郎・牧野文洋 2002. 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 68: 652-658.
- 藤枝 繁・佐々木和也 2005a. 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 3: 1-6.
- 藤枝 繁・佐々木和也 2005b. 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 71: 755-761.
- 藤枝 繁・柴田剛志・日高正康・小島あずさ 2006. 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 4: 9-14.
- 藤枝 繁 2009. 伊勢湾海岸に漂着散乱するごみの分布と発生地域. 漂着物学会誌 7: 13-19.
- 藤枝 繁 2010. 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 8: 13-19.
- 藤枝 繁・星加 章・橋本英資・佐々倉 諭・清水孝則・奥村誠崇 2010. 瀬戸内海における海洋ごみの収支. 沿岸域学会誌 22(4): 17-29.

- 藤枝 繁 2011. 瀬戸内海における微小プラスチックごみ.
沿岸域学会誌 24(1) : 57-65.
- Fujieda, S., Higashi, M., Habano, A., Azuma, T., Arita, Y. and Makino, H. 2014. Ingestion of plastic debris by tuna caught in the North Pacific Ocean. *J.Japan Driftological Society* 12 : 47-48.
- 藤枝 繁 2014. 発泡スチロールによる海洋ごみ問題とその対策. 海洋と生物12月号 (215号) : 612-617 (生物研究社).
- 藤枝 繁・金子 博・小島あずさ・東 政能・幅野明正 2015a. 北太平洋における漂流漂着微小プラスチック. 漂着物学会誌 13 : 1-7.
- 藤枝 繁・大倉よし子・小島あずさ 2015b. 漂着ディスプレイ・ザブルライターを指標とした北太平洋島嶼および北米西海岸に漂着する海洋ごみの流出地推定. 漂着物学会誌 13 : 35-44.
- 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 2002. 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* 68 : 164-171.
- Kusui, T. and Noda, M. 2003. International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin* 47 : 175-179.
- Lee, J., Hong, S., Song, Y.H, Hong, S.H., Jang, Y.C., Jang, M., Heo, N.W., Han, G.M., Lee, M.J., Kang, D. and Shim, W.J. 2013. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin* 77(1-2) : 349-354.
- McDermid, K.J. and McMullen, T.L. 2004. Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago. *Marine Pollution Bulletin* 48 : 790-794.
- Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K. and Weisberg, S.B. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin* 42 : 1297-1300.
- 小城春雄・福本由利 2000. 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* 51 : 71-93.
- 総務省統計局 e-Stat : 平成24年漁業・養殖業生産統計年報
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>
(Received May 18, 2017 ; accepted Sep. 8, 2017)