

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

藤枝 繁¹・柴田 剛志¹・日高 正康¹・小島あずさ²

Small plastic marine debris on 30 beaches in Japan, including singing beaches

Shigeru FUJIEDA¹・Takeshi SHIBATA¹・Masayasu HIDAKA¹・Azusa KOJIMA²

Abstract

This paper investigated the presence of small plastic marine debris on 30 beaches in Japan, including 15 singing beaches. Distribution of major small plastics showed higher density in the western areas of the country than that in the eastern areas. The density was extremely high on the island coasts of Northern Kyushu, showing the highest at over 2 million pieces per m² on Koshidaka Coast in Tsushima Island, Nagasaki Prefecture. Foamed plastic fragments that counted the largest number among the debris drifted ashore on most of the coasts and accounted for 89-98 % of collected items. Plastic pipes and cables used for oyster farming, however, showed a regional contrast in their distributions. Even on the singing beaches, plastic marine debris were collected and those (except cigarette filters) of 4 mm or smaller accounted for 96 % of the total.

Key Words: fragment, marine debris, singing beach, foamed plastic, distribution

はじめに

近年のプラスチック製品の大量生産、大量消費のライフスタイルの定着により、全国の海岸にも大量のプラスチック製品が漂着散乱し、様々な問題が発生するようになってきた(藤枝・佐々木 2004)。特にプラスチック製の漂着ごみは、海岸に放置されることにより、破損して微小化する特徴を持つ。その中でも特に発泡プラスチックの破片は、鹿児島県沿岸や広島湾沿岸に漂着散乱する微小プラスチックの9割以上を占めた(藤枝ら 2000; 2002)。藤枝ら(2000)によると、その発生原因は、主に魚類養殖用生簀やカキ養殖用筏の浮力体で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あるとしている。微小プラスチックの大量漂着散乱については、上記のような海面養殖業が盛んな内湾域以外にも、東シナ海の離島(藤枝ら 2002)や日本海周辺(Kusui and Noda 2003; 安松 2000)の海岸からも報告されている。よって微小

プラスチックの漂着散乱は、全国的な問題であると危惧されるが、オホーツク海や北海道・東北地方太平洋沿岸および瀬戸内海全域の実態については、未だ把握されていない。

(財)日本ナショナルトラスト(2006)の調査によると、日本国内の海岸の中には、「鳴砂の浜」と呼ばれる希少性の高い砂浜が27カ所存在することが報告されている。「鳴砂」とは、圧力を加えたときに音を発する石英を主成分とする砂であり、それが自然環境下で発音する砂浜を「鳴砂の浜」と呼んでいる。「鳴砂」が発音特性を有する必要条件には、(1)鳴砂の主成分となる石英がよく研磨されていること、(2)その粒径がよく揃っていること、(3)砂粒表面に粘土鉱物等の付着がなく清潔であることが挙げられ、海域への土砂の流出や水質の悪化、さらには海岸開発等による砂粒の洗浄機能の低下等により、その発音特性が消失するとされている。したがって海岸に大量に漂着散乱する微小プラスチックの存在も、その発音特性に影響を与えることが危惧される。

¹ 〒890-0056 鹿児島市下荒田4-50-20 鹿児島大学水産学部環境情報科学講座

² 〒185-0021 東京都国分寺市南町3-23-2 小松ビル3F JEAN/クリーンアップ全国事務局

¹ Environmental and Information Sciences, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20, Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan ² JEAN/Cleanup Japan Office, 3-23-2 Minamimachi, Kokubunji, Tokyo 185-0021, Japan

筆者らは、これまで微小プラスチックによる海洋汚染の実態を明らかにすることを目的に、全国の海岸に漂着埋没する微小プラスチックの採集調査を実施してきた(藤枝ら 2000; 2002; 藤枝・佐々木 2005a; 2005b)。本報では、2004年9月以降に採取した鳴砂の浜を含むオホーツク海, 太平洋, 日本海, 東シナ海, 瀬戸内海沿岸の砂を分析し、全国の海岸における微小プラスチックの漂着実態傾向について検討したので、ここに報告する。

方 法

微小プラスチックの漂着実態の調査は、2004年9月から2006年7月に Fig. 1 に示す全国の鳴砂の浜15海岸、一般の砂浜15海岸、計30海岸にて行った。

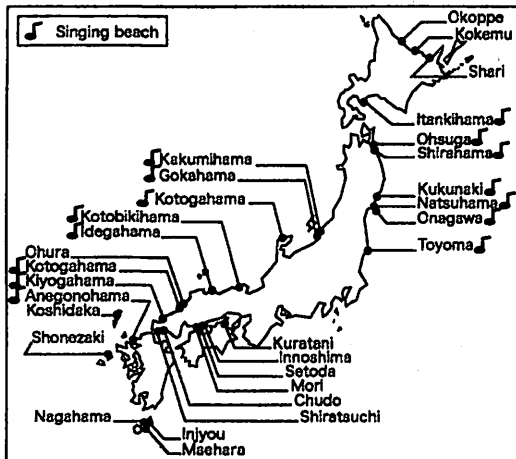


Fig. 1. Location of 30 beaches collected small marine debris

微小漂着物の採取は、小城の方形枠法(小城・福本 2000)従い、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)ごと採取した。なお鳴砂の浜では、全国鳴砂ネットワークの会員に「鳴砂がよく鳴き、かつ漂着物が多い場所」という指示で採取を依頼し、各海岸一点から採取された漂着物を含む砂をそのまま郵送してもらった。なお本方法によって採取された試料は、各海岸の一点から上記の条件によって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。

研究室では、採取物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。なお、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。回収した浮遊物は、3-4日かけて自然乾燥させた後、藤枝・佐々木(2005a)の分類法に従って、プラスチック類を大きさと品目別に分類し、個数を求めた。

大きさの分類は、鳴砂の浜のみで実施し、オープニング脚長1.0, 2.0, 2.8, 4.0mmの試験用篩を用いて0.3-1.0mm, 1.0-2.0mm, 2.0-2.8mm, 2.8-4.0mmの4段階に、また4.0mm以上については、10.0mm四方の方眼紙を用いて4.0-10.0mm, 10.0mm \leq に分け、計6段階に分類した。プラスチック類の分類は、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・ロープ・繊維破片、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、カキ養殖用パイプ・ワッシャー(カキ養殖に使用されるプラスチック製パイプおよびワッシャー)、カキ養殖用ケーブル(主に韓国でのカキやホヤ養殖に利用される結び目のあるプラスチックケーブル)、およびその他のプラスチック製品の12種類に分類した。なお漂着量は、単位面積あたりの漂着量(漂着密度:個/m²)で示す。

結 果

各調査海岸における微小プラスチックの漂着密度を Table 1 に示す。なお鳴砂の浜4地点からは、微小プラスチックは採取されなかった。

まず微小プラスチックの漂着密度を太平洋, 日本海, 東シナ海, 瀬戸内海の4海域に分けて比較すると、最も高かったのは日本海沿岸であり、10万個/m²以上の密度での漂着が確認された海岸が2カ所存在した。特に長崎県対馬市越高海岸では、2,356,638個/m²の微小プラスチックが確認され、その62.1%が1.0-2.0mmの発泡プラスチック破片であった。この状態は、方形枠内のほとんど全てが砂粒程度の微小発泡プラスチック破片であるということを示している。またこの海岸では、発泡プラスチックを中心とした微小プラスチック破片が、表面から65cmもの深さまで堆積していることを確認しており、前述した

Table 1. Density of the grounded and buried plastics on the beaches (Unit in pieces/m²)

Coastal zone	Prefecture	Beach	Fragments						Products						Total
			Foamed fragment	Hard fragment	Tip of artificial turf	Film fragment	Spongy fragment	Line & Fiber	Resin pellet	Capsule of chemical fertilizer	Cigarette filter	Plastic pipe & washer	Plastic cable	Other ¹⁾	
Sea of Okhotsk	Hokkaido	Okoppe	881	-	-	-	6	-	-	-	6	-	-	-	893
		Komuke	44	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	56
		Shari	63	19	-	-	6	-	6	6	-	-	-	-	100
	Ave.	329	8	-	2	4	-	2	4	-	-	-	-	350	
			(94.2%)	(2.4%)		(0.6%)	(1.1%)		(0.6%)	(1.1%)					
Pacific Ocean	Hokkaido	★ ¹⁾ Itankihama	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	
	Aomori	★ Ohsuga	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
		★ Shirahama	- ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Miyagi	★ Kusunakihama	263	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	269	
		★ Natsuhama	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113	
	Fukushima	★ Onagawa	6,556	325	25	56	-	63	56	13	-	-	-	7,094	
		★ Toyoma	513	6	6	6	-	-	-	31	-	-	-	563	
	Kagoshima	Injou	94,313	531	-	44	106	13	213	794	-	6	-	96,019	
		Maehara	41,881	2,413	-	38	56	31	344	169	-	-	-	44,931	
	Ave.		15,990	365	3	16	18	12	68	112	-	1	-	16,585	
			(96.4%)	(2.2%)	(0.0%)	(0.1%)	(0.1%)	(0.1%)	(0.4%)	(0.7%)		(0.0%)			
Sea of Japan	Niigata	★ Kakumihama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
		★ Gokahama	1,638	406	69	194	-	25	6	50	-	-	-	2,388	
	Ishikawa	★ Kotogahama	19	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	25	
	Kyoto	★ Kotobikihama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Tottori	★ Idegahama	1,525	56	-	-	-	-	19	25	-	-	-	1,625	
		Shimane	Ohura	7,544	113	-	38	-	19	50	-	-	-	7,763	
	Yamaguchi	★ Kotogahama	41,938	350	-	69	-	19	156	75	25	-	-	42,631	
		★ Kiyogahama	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
	Fukuoka	★ Anegonohama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
		Nagasaki	Koshidaka	2,307,319	36,688	-	3,619	3,675	1,450	3,350	63	-	6	188	2,356,638
		Sonezaki	243,356	975	-	113	350	31	56	6	-	-	94	244,981	
Ave.		236,668	3,508	6	366	366	140	331	20	3	1	17	34	241,460	
			(98.0%)	(1.5%)	(0.0%)	(0.2%)	(0.2%)	(0.1%)	(0.1%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)		
East China Sea	Kagoshima	Nagahama	6,981	363	-	25	31	-	125	6	6	-	-	7,538	
			(92.6%)	(4.8%)		(0.3%)	(0.4%)		(1.7%)	(0.1%)		(0.1%)			
Seto Inland Sea	Kagawa	Kuratani	5,756	213	6	156	50	-	56	306	-	13	-	6,569	
		Hiroshima	Imoshima	16,919	594	44	281	31	-	63	25	31	-	6	17,994
	Setoda	Mori	21,488	188	6	81	44	-	131	63	-	6	-	22,006	
		Shiratsuchi	16,138	138	-	106	38	-	13	819	6	-	-	17,256	
	Yamaguchi	Chudo	19,056	4,113	281	675	25	13	269	69	6	338	-	24,844	
		Shiratsuchi	6,956	575	50	113	56	13	44	231	-	75	-	8,113	
Ave.		14,385	970	65	235	41	4	96	252	7	72	-	19	16,146	
			(89.2%)	(6.0%)	(0.4%)	(1.5%)	(0.3%)	(0.0%)	(0.6%)	(1.6%)	(0.0%)	(0.4%)		(0.0%)	

¹⁾ ★: Singing beach ²⁾ -: No collected item ³⁾ Straw, Fishing implements, Medical instruments, Disposable lighter

深さ5cmの密度から1㎡当たりの堆積密度を推定すると、約3千万個/㎡にも達することになる。

品目別の構成割合は、各海域とも発泡プラスチック破片の割合が最も高く、瀬戸内海の89.2%から日本海の98.0%の範囲となった。分類した12品目のうち、代表的な7品目の分布をFig.2に示す。微小プラスチックの漂着分布の特徴は、アイテムによって漂着分布が異なり、発泡プラスチック破片や硬質プラスチック破片のように密度の差はあるものの全国的に漂着するものと、カキ養殖用パイプ・ワッシャーや同ケーブルのように一部の地域に高密度に漂着するものに分けることができる。しかし各品目の密度の分布は、全アイテムにおいて西高東低型を示し、オホーツク海沿岸、北海道・東北地方太平洋沿岸で低く、九州沿岸と瀬戸内海の一部に高密度漂着地が見られた。品目別に分布の特徴を見ると、全国の海岸に大量に漂着していた発泡プラスチック破片は、九州、瀬戸内海沿岸で高密度に堆積しており、外洋域の離島で特に高かった。漂着密度第2位の硬質プラスチック破片は、発泡プラスチック破片に比べ二桁ほど低い密度であるが、全国的な漂着と西高東低の分布傾向は類似している。一方、硬質プラスチック破片の中でも人工芝破片は、瀬戸内海で多く漂着が確認され、日本海や太平洋海岸の一部でも確認された。レジンペレットは、九州沿岸、瀬戸内海、日本海西部の海岸で採取された。また徐放性肥料カプセルは、東北地方北部と北海道を除く全国の海岸で採取されており、特に瀬戸内海において高密度に漂着していた。一方で、使用地が限定されるカキ養殖用パイプ・ワッシャーは、その主使用地である瀬戸内海に集中して分布しており、その周辺の九州南部や日本海西部の海岸からも採取された。また主に韓国で使用しているカキ養殖用ケーブルは、対馬のみで採取された。この2者の結果は、発生源が局所的な品目の分布を広域で調査することにより、海洋ごみの影響範囲を推察することができることを示している。

次に鳴砂の浜15地点中11地点で採取されたプラスチック類のうち、漂着量上位8品目の大きさ別割合をFig.3に示す。鳴砂の浜に漂着埋没しているプラスチック類は、たばこのフィルターを除けば、95.8%が4.0mm未満の微小プラスチックであることが明らかになった。その中でも漂着密度が高い発泡スチロール破片や硬質プラスチック破片は、1.0~2.0mmの割合がそれぞれ49.6%、40.8%と高く、特に人工芝破片では72.2%にも達した。

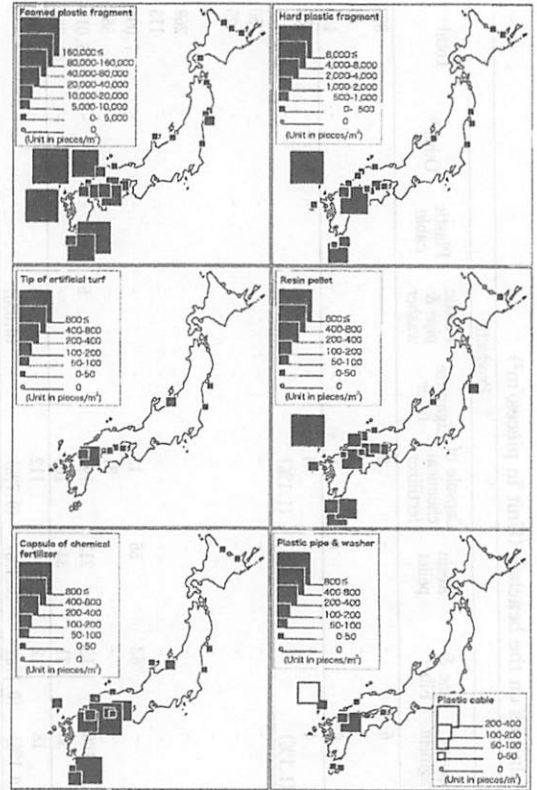


Fig. 2. Distributions of 6 small plastic marine debris

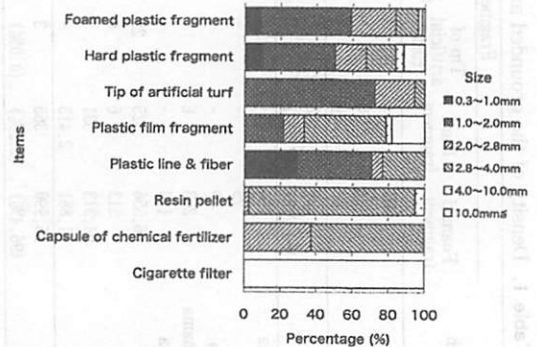


Fig. 3. Percentage of the size of plastic marine debris collected at 11 singing beaches.

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、鹿児島湾海面（藤枝 2003）、日本海沿岸（Kusui and Noda 2003; 安松 2000）、鹿児島県沿岸（藤枝ら 2002; 藤枝・佐々木 2004）、東京都小笠原父島海岸

(小城 1995), 東京湾・相模湾沿岸 (栗山ら 2002) および広島湾沿岸 (藤枝・佐々木 2005a; 2005b) などで報告されている。ここで共通して言えることは、微小漂着物のほとんどが発泡プラスチック破片であり、発見海岸数、漂着量とも圧倒的に多いということである。今回の調査の結果からも、微小化したプラスチック破片が、鳴砂の浜を含めた全国の海岸に大量漂着していることが明らかになった。漂着しているプラスチックの分布の傾向は、各品目ともオホーツク沿岸や北海道・東北地方太平洋沿岸で少なく、九州、瀬戸内海、日本海西部沿岸で高い西高東低型を示した。Shimoto and Kameda (2005) によると、日本の沿岸域の海面に浮遊するプラスチック製海洋ごみの分布は、対馬海流南部流域で最も高く、続いて東シナ海、黒潮流域となり、本結果と同様、西高東低型の傾向が示された。藤枝ら (2006) によると、ディスプレイライターを指標として海岸漂着ごみの流出起源と漂着地の関係を調査した結果、日本海に流入する海洋ごみは、津軽海峡を経由して東北地方の太平洋岸にまで達することが予想されている。また安田 (2004) は、エチゼンクラゲの出現状況を季節を追ってまとめ、日本海から津軽海峡を経由して太平洋に出現することを指摘している。よって日本海西部・九州沿岸で漂着密度が高い微小プラスチックは、対馬海流に乗って日本海を北上する可能性が十分にあり、さらには津軽海峡や宗谷海峡を経由して太平洋やオホーツク海に流入することも予想される。また一方で、全国の海岸からも藤枝・佐々木 (2005b) が広島湾で指摘した人工芝の破片や徐放性肥料カプセルが確認された。これらは全国的に広く普及している商品であり、河川を経由して海に流出したものと推察される。よって、他海域からの流入や周辺陸上からの新たな品目の流出、さらには影響範囲の拡大化を監視するためにも、現在漂着密度が低いオホーツク海沿岸や北海道・東北地方太平洋沿岸を含めた全国の海岸において、微小物を含めたプラスチック製海洋ごみの定期的なモニタリングを実施する必要がある。

一方、カキ養殖用パイプ・ワッシャーは、北太平洋海域で広く摂餌するコアホウドリによって海面で誤食されている (JEAN/クリーンアップ全国事務局 2004)。今回の調査の結果、主使用地である瀬戸内海に高密度に集中して漂着し、特に山口県吉敷郡秋穂町中道では、10mm以上という大きさにもかかわらず任意の一辺40cmの枠内に50本以上含まれていた。このような状態は、海岸全体に大量に散乱しているこ

とを示し、その数量から外洋にも多く流出していることが推察され、現に今回の調査から、九州南部や日本海西部でも確認されている。よって閉鎖的な内湾域で発生したごみであっても、その一部は内湾域に留まらず、外洋域に流出し、その量が多いほど他海域への影響度が大きくなるということを考慮しておかねばならない。

The Ocean Conservancy (2003) によると、2002年、市民の手による海岸清掃活動によって得られた海岸漂着ごみ世界ワーストは、たばこのフィルターであった。しかし今回の結果、たばこのフィルターの平均漂着埋没密度は2.9個/m²であり、他の微小プラスチックに比べれば、かなり密度が低い品目であることがわかった。よってプラスチックの破片化は、その数量と大きさから、ごみのポイ捨て以上に問題であり、その解決には、プラスチックの海洋への流出の抑制はもとより、漂着プラスチックが微細破片化する前の段階での回収活動にも力点を置かねばならない。

鳴砂の浜における発泡プラスチック破片の漂着密度は、太平洋側で1,103個/m²、日本海側で5,640個/m²と、過去の日本海 (Kusui and Noda 2003) の2,205個/m²や鹿児島県外洋域沿岸 (藤枝ら 2002) の2,723個/m²とほぼ同程度であった。またその大きさも Kusui and Noda (2003) が日本海海岸で求めた1.0-2.0mmが最多という結果と一致した。これより現在一部の鳴砂の浜では、すでに微小プラスチックによる汚染が進行していると言える。よって今後さらに海洋におけるプラスチック製ごみ量が増加すれば、その微細破片化や漂流の広域化が進行し、日本海西部沿岸だけでなく北海道・東北地方太平洋沿岸にも分布する鳴砂の浜への影響も出てくるのが危惧される。このような現状からすれば、鳴砂の浜の発音特性の一つに微小ごみの存在の有無が加えられるのも、そう遠い日ではないだろう。

謝辞：資料の採取は、全国鳴砂ネットワークの会員の皆さん、財団法人ナショナルトラスト米山淳一事務局長、土井祥子氏の協力による。関係者の皆様には、ここにお礼申し上げる。なお本研究の一部は、財団法人ナショナルトラストが実施した「観光資源としての鳴き砂 (鳴り砂) の浜の総合調査 (日本財団助成)」の成果である。

引用文献

- 藤枝 繁. 2003. 鹿児島湾海面に浮遊するプラスチックゴミ. 自然愛護 29 : 9-12.
- 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 88 : 652-658.
- 藤枝 繁・小島あずさ. 2006. 東アジア圏域における海岸漂着ごみの流出起源の推定. 沿岸域学会誌 18 : 15-22.
- 藤枝 繁・佐々木和也. 2004. 発泡スチロール破片の海面発着のりへの混入問題. 漂着物学会誌 2 : 9-12.
- 藤枝 繁・佐々木和也. 2005a. 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・佐々木和也. 2005b. 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・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 88 : 236-242.
- JEAN/クリーンアップ全国事務局編. 2004. クリーンアップガイドブック. 6-12pp. 海守事務局, 東京.
- 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ベレットによる海域汚染の突発とその起源. 日本水産学会誌 88 : 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.
- 日本ナショナルトラスト編. 2006. 観光資源としての鳴き砂(鳴り砂)の浜の総合調査報告書II. 2-10pp. 財団法人日本ナショナルトラスト, 東京.
- 小城春雄. 1995. プラスチックの海. 75-88pp. 海洋工学研究所出版部, 東京.
- 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.
- Shiomoto, A. and Kameda, T. 2005. Distribution of manufactured floating marine debris in near-shore areas around Japan. Marine Pollution Bulletin 50: 1430-1432.
- The Ocean Conservancy. 2003. 2002 International Coastal Cleanup. 9-18pp. The Ocean Conservancy, Washington DC.
- 安松貞夫. 2000. 二丈町姉子の浜の鳴砂保全活用調査報告書. 29-40pp. 財団法人日本ナショナルトラスト, 東京.
- 安田 徹. 2004. 日本近海における巨大エチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* の大発生について. 日本水産学会誌 70 : 380-386.
- (Received Aug. 4, 2006; accepted Sept. 25, 2006)