

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

藤枝 繁¹・佐々木和也¹

Small plastic debris on the beaches of Eta Island and Kurahashi Island
in the Hiroshima Bay, Japan

Shigeru FUJIEDA¹・Kazuya SASAKI¹

Abstract

This paper investigated the occurrence of small plastic debris on the beaches of Eta Island and Kurahashi Island in the Hiroshima Bay. The debris collected from 34 sites had a total of 245,656 items. Plastics contributed over 99.9% of the total number. The density of plastic debris was 45,155 items per m², and the size of 10.0 mm or less represented 98.7% of the total. Foamed plastic fragments accounted for 98.4% of the total. In addition, hard plastic fragments, plastic pipes and washers used for the instrument of Oyster farming, resin pellets, plastic capsules of chemical fertilizer, tip of synthetic lawn and cigarette filters were collected. The substantial quantities of plastic pipes and washers were discovered in this coast except for the foamed plastic fragments.

Key Words: fragment, marine debris, oyster, plastic, plastic pipe, Seto Inland Sea

はじめに

瀬戸内海は閉鎖的内湾であるため、その海岸には、主に瀬戸内海の海上や海岸に投棄されたものや、その周辺の陸上から河川を通じて海洋に流出したものが漂着する。例えば、国際海岸クリーンアップキャンペーンの結果により、瀬戸内海では発泡プラスチック破片やカキ養殖で使用されるプラスチックパイプの割合が高いことが指摘されている (JEAN・クリーンアップ全国事務局2004)。藤枝ら (2000) によると、この発泡プラスチック破片は、海面養殖生質や筏の浮力体として使用されていた発泡スチロール製フロートの海面での不適切な利用や、海岸での漂着後の放置が発生の原因であり、特に養殖カキ類収穫量日本一の広島湾では、高密度に漂着散乱していることが報告されている (藤枝・佐々木2005)。一方、瀬戸内海のカキ養殖で多用されるプラスチックパイプは、アラスカ海岸や北太平洋に生息するコアホウドリの体内からも発見されており (エバーブルー編集部 2004)、大洋への流出も懸念されている。

よって瀬戸内海等の閉鎖的内海域を起源とする微小ごみについても、その実態の把握が急務となってきた。しかしこれまで国内における微小プラスチック漂着物に関する報告は、日本海沿岸 (Kusui・Noda2003, 安松2000)、鹿児島県沿岸 (藤枝ら2002)、小笠原海岸 (小城1995)、レジンペレット (栗山ら2002) など外洋域や特定品目に限定したものが主であり、瀬戸内海海岸については、藤枝・佐々木 (2005) による発泡プラスチック破片の報告を除いて未だない。

よって本報では、都市部沖合の閉鎖的水域における微小プラスチック問題について検討するため、広島市の中心を流れる太田川の河口デルタ沖に位置する江田島・倉橋島海岸に漂着散乱する微小プラスチックの実態とその漂着特性について報告する。

方 法

微小漂着物の分布と組成の調査は、2001年9月11-14日に広島市の南側に位置する江田島海岸23地

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

¹ Environmental and Information Sciences, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20, Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan

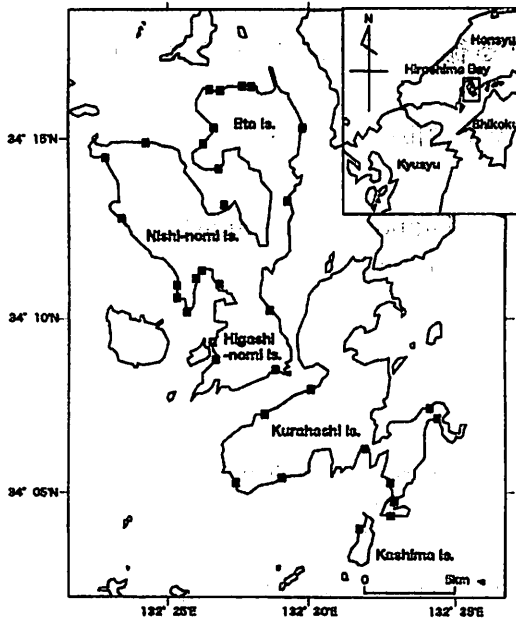


Fig. 1. Location of the study sites on the coasts of Eta Island and Kurahashi Island in the Hiroshima Bay.
 ■ : Observed sites

点、倉橋島海岸11地点の合計34地点にて行った。調査地点を Fig. 1 に示す。なおここでは江田島、西能美島、東能美島を総称して江田島と呼び、また鹿島と倉橋島を合わせて倉橋島と呼ぶ。

微小漂着物の採取は、小城の方形枠法(小城1995)に従い、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、その枠内の表面に漂着している漂着物を表面から深さ5cmまでの砂(8L)ごと採取した。採取した漂着物と砂は、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の篩を用いて回収した。なお、注入・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、オープニング脚長2.0, 4.0, 10.0mmの試験用篩を用いて2.0-4.0mm, 4.0-10.0mm, 10.0mm以下の三種類の大きさに分け、その中から人工物のみを回収し、品目別に個数を求めた。品目は、プラスチック類とその他に大別し、プラスチック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、もしくは剝離したビーズ)、発泡プラスチックペーパー破片(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

(Expanded Polystyrene Paper)の破片)、硬質プラスチック破片(下記のプラスチック類破片以外の破片)、カキ養殖用パイプ(カキの成長に伴ってホタテ貝殻同士の間隔を広げるために用いられるポリエチレン製パイプ(直径13mm, 長さ20-150mm))、カキ養殖用ワッシャー(カキ養殖においてカキ幼生を付着させたホタテ貝殻を吊るす針金の一番下の部分を止めるポリエチレン製ワッシャー(直径28mm, 厚さ2mm))、レジンペレット(プラスチック製品の中間原料)、スポンジ状プラスチック破片、フィルム状プラスチック破片、徐放性肥料カプセル(徐放性プラスチックでコーティングされた化学肥料のプラスチック部分(小島2003))、タバコフィルタ、人工芝破片(緑色のABS製硬質プラスチック破片)、繊維状プラスチック破片およびその他のプラスチックに分類した。漂着量の比較は、単位面積あたりの漂着量で示す漂着密度(個/m²)を用いて行った。

結 果

回収された漂着物の分類結果を Table 1 に示す。漂着物の総回収個数は245,656個で、回収した漂着物の99.9%以上がプラスチック類、99.5%がプラスチックの破片類であった。品目別では、発泡プラスチック破片が全体の98.4%を占め、続いて硬質プラスチック破片(0.5%)、発泡プラスチックペーパー破片(0.2%)、カキ養殖用パイプ(0.2%)、レジンペレット(0.2%)の順位となった。プラスチック類の平均漂着密度は45,155個/m²であり、最も漂着密度が高い発泡プラスチック破片で44,428個/m²となった。またプラスチック類の大きさは、2.0-4.0mmが78.5%、4.0-10.0mmが20.2%、10.0mm以下が1.3%となり、98.7%が10.0mm以下の微小プラスチックとなった。カキ養殖用パイプ・ワッシャー(以下、両者は使用目的が同じため合わせて述べる)、徐放性肥料カプセル、および人工芝破片を Fig. 2 に示す。

発泡プラスチック破片、硬質プラスチック破片、カキ養殖用パイプ・ワッシャー、レジンペレット、徐放性肥料カプセルおよびタバコフィルタの漂着密度の分布を Fig. 3 に示す。発泡プラスチック破片は33地点で確認され、最大漂着密度は江田島北西部の282,394個/m²であり、江田島海岸12地点、倉橋島海岸1地点で漂着密度が4,000個/m²を越えた。またその99.1%が10.0mm未満の微小破片であった。回収量第二位の硬質プラスチック破片は、33地点から1,226個が回収され、最大漂着密度は江田島西部の1,506個

Table 1. Composition of the debris on thirty four beaches of Eta Island and Kurahashi Island in Hiroshima Bay

Type of material	Items	Total number of collected items (items)				Averaged density (items/m ²)	
		Size classes in mm (maximum dimension)			Total		
		2-4	4-10	10≤			
Plastic	Fragment	Foamed plastic (EPS)	190,739	48,642	2,305	241,686 (98.4%)	44,428
		Hard plastic	762	364	100	1,226 (0.5%)	225
		Foamed plastic paper (PSP)	164	210	136	510 (0.2%)	94
		Spongy plastic	172	166	40	378 (0.2%)	69
		Filmy plastic	123	78	46	247 (0.1%)	45
		Tip of synthetic lawn	194	3	3	200 (0.1%)	37
	Product	Line & fiber	95	56	31	182 (0.1%)	33
		Plastic pipe ^{a)}	0	0	507	507 (0.2%)	93
		Resin pellet	354	28	0	382 (0.2%)	70
		Capsule of chemical fertilizer	204	12	0	216 (0.1%)	40
		Cigarette filter	0	83	0	83 (0.0%)	15
		Plastic washer ^{b)}	0	0	23	23 (0.0%)	4
		Others ^{c)}	0	0	5	5 (0.0%)	1
Others ^{d)}	0	6	5	11 (0.0%)	2		
Total		192,807	49,648	3,201	245,656 (100.0%)	45,157	
Percent of sizes		(78.5%)	(20.2%)	(1.3%)	(100.0%)		

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

^{b)} Plastic washer are used for the instruments of Oyster farming.

^{c)} Straw, Fishing implement, Medical instrument, disposable lighter.

^{d)} Rubber, cloth.

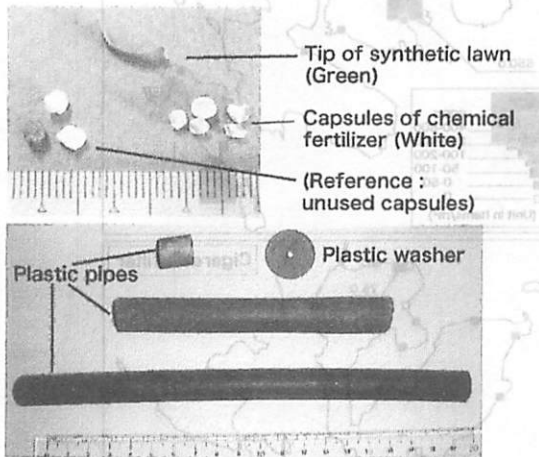


Fig. 2. Photographs of typical items among the plastic debris on the beaches.

／m²であり、その91.8%が10.0mm未満の微小破片であった。カキ養殖用パイプ・ワッシャーは、26地点から530個が回収され、最大漂着密度は江田島北東部の819個／m²で、10mm以上のプラスチック類で最も漂着密度が高かった。レジンペレットは、29地点から382個が回収され、最大漂着密度は江田島南西部の650個／m²であった。徐放性肥料カプセルは、23地点

から216個が回収され、最大漂着密度は江田島北西部の269個／m²であった。人工芝破片は、20地点から200個が回収され、最大漂着密度は江田島北部の325個／m²であった。タバコフィルタは、17地点から83個が回収され、最大漂着密度は江田島南西部の75個／m²であった。

考 察

海洋中に大量に存在し、その漂着特性には大きな違いはないものと期待される微小なプラスチック漂着物も、品目によって分布が異なることから、これらの発生源や発生域が同一でないと推察される。広島湾江田島・倉橋島海岸では、発泡プラスチック破片の漂着密度が最も高くなった。この発生原因について藤枝ら(2000)は、海面養殖生簀や筏の浮力体として使用されていた発泡スチロール製フロートの海面での不適切な利用や海岸での漂着後の放置に原因があると指摘している。特に広島県は、養殖カキ類収穫量が日本一位で、国内収穫量の51.4%(平成10年度)を占め、11,837台のカキ筏が存在する地域であること(中国四国農政局広島統計情報事務所2001)から、藤枝・佐々木(2005)は、広島湾海岸

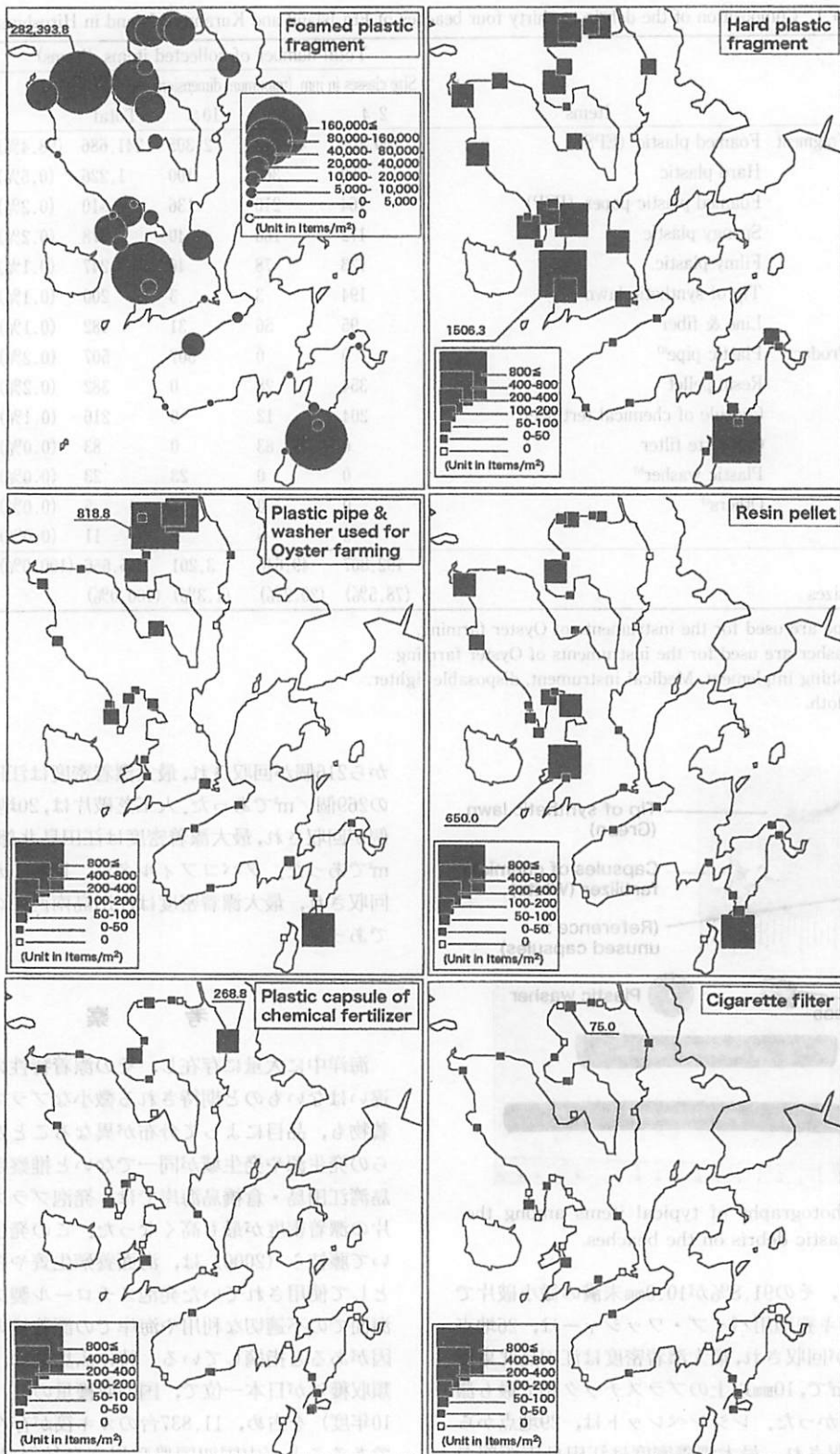


Fig. 3. Distribution of the density of plastic debris on the beaches.

Table 2. Correlation coefficient of foamed plastic fragment and other five items

Items	Correlation coefficient (r)
Hard plastic fragment	※0.655
Plastic pipe & washer	0.258
Resin pellet	※0.661
Capsule of chemical fertilizer	0.187
Cigarette filter	0.267

 $H_0: \rho = 0, H_1: \rho \neq 0, \alpha = 0.05 (n=32)$

 ※ refused hypothesis (H_0)

Table 3. Composition of the stranded and buried debris on the coasts of Hiroshima Bay (Seto Inland Sea), Kagoshima (Southern Kyusyu) and Sea of Japan

Type of material	Items	Averaged density of collected items (items/m ²)					
		Hiroshima (This study)		Kagoshima (Fujieda <i>et al.</i> 2002)		Sea of Japan (Kusui & Noda 2003)	
Plastic	Fragment						
	Foamed plastic ^{a)}	44,521	98.6%	6,062	92.6%	2,205	84.8%
	Hard plastic	225	0.5%	295	4.5%	334	12.8%
	Spongy plastic	69	0.2%	—	—	1	0.0%
	Filmy plastic	45	0.1%	30	0.5%	1	0.0%
	Tip of artificial lawn	37	0.1%	20	0.3%	—	—
	Line & fiber	33	0.1%	14	0.2%	4	0.1%
	Product						
	Plastic pipe and washer ^{b)}	97	0.2%	0	0.0%	—	—
	Resin pellet	70	0.2%	90	1.4%	54	2.1%
Capsule of artificial fertilizer	40	0.1%	—	—	—	—	
Cigarette filter	15	0.0%	13	0.2%	1	0.0%	
Others ^{d)}	1	0.0%	15	0.2%	2	0.1%	
Others ^{d)}	2	0.0%	8	0.1%	1	0.0%	
Minimum size		2.0mm		0.3mm		0.3mm	
Site number		34		77		56	

^{a)} EPS and PSP (Table 1).

^{b)} Plastic pipe and washer are used for the instruments of Oyster farming.

^{c)} Straw, Fishing implement, Medical instrument, disposable lighter.

^{d)} Rubber, cloth.

— : No data

に存在する発泡プラスチック破片は、主にこの筏に使用された廃フロートが破片化したものであると指摘している。よって発泡プラスチック破片と同じような漂着密度の分布を示すものは、発生源が局所的ではなく広島湾全域に大量に存在するものか、もしくは瀬戸内海の海面に広く漂流しているものと考えることができる。そこで発泡プラスチック破片と Fig. 3 に示した他 5 品目との漂着密度の相関 r を求め、Table 2 のような結果を得た。 $H_0: \rho = 0, H_1: \rho \neq 0$ で有意水準 $\alpha = 0.05 (n=32)$ で片側検定を行った結果、発泡プラスチック破片とカキ養殖用パイプ・ワッシャー、徐放性肥料カプセルおよびタバコフィルタの間には、漂着密度についての相関がないという仮説 H_0 が採択された。一方、発泡プラスチック

破片と硬質プラスチック破片およびレジンペレットの間には、漂着密度についての相関がないという仮説 H_0 は棄却され、発泡プラスチック破片と両者の漂着密度には関係があると結論できた。よって硬質プラスチック破片およびレジンペレットは、発泡プラスチック破片と同様、発生源が局所的ではなく、広島湾全域もしくは瀬戸内海の海面に広く漂流しているものと推察することができる。また硬質プラスチック破片は、発泡プラスチック破片と同様、主に製品が破片化したものであることから、当海域全体に広く漂着しているプラスチック製品が発生源となっているとも考えられる。一方、相関がないという仮説が採択されたカキ養殖用パイプ・ワッシャー、徐放性肥料カプセルおよび海岸漂着ごみ世界ワース

トー (The Ocean Conservancy 2003) のタバコフィルタは、採取地点が都市部沖合であることを考慮すると、内湾域の海岸は、海岸の利用形態や流出源となる河川の有無など、人間活動に関係する局所的発生源の存在が漂着密度に強く影響していることが伺える。

広島湾、鹿児島、日本海における微小プラスチック類の海岸漂着密度の比較を Table 3 に示す。三海域とも破片類の割合が97.8%以上を占めた。硬質プラスチック破片の漂着密度は、三海域とも225-334個/㎡と大差は見られなかったが、広島湾では発泡プラスチック破片の漂着密度が他と比べ著しく高かった。このような海洋における大量の微小プラスチック破片の存在は、景観問題以外にも様々な場面で影響を及ぼしており、八代海南部ではプラスチック破片が海面で繁殖されるノリの原藻に混入し、板海苔生産の過程において異物除去という作業を必要とさせている (藤枝・佐々木2004)。このように長期間海岸に放置することによって破片化するプラスチック類については、製品の海洋への流出を防止することはもちろんのこと、漂着したプラスチック類を早急に回収することも重要な課題と言える。

また広島湾海岸では、日本海や鹿児島湾では確認されなかったカキ養殖用パイプ・ワッシャーが大量に漂着していた。これは発泡プラスチック製フロートを含め、カキ養殖漁業におけるプラスチック漁具資材の管理が不十分であることを示す。カキ養殖が行われていない外洋域海岸においてもカキ養殖用パイプ・ワッシャーの漂着が確認されていることから (JEAN・クリーンアップ全国事務局2004)、プラスチック製漁業資材を大量に使用する漁業種においては、漁具の適切な管理と処分について十分な検討が求められる。

さらに本調査では、藤枝ら (2002) によって鹿児島海域で指摘された人工芝の破片が確認され、また新しく徐放性肥料カプセルの存在も指摘された。微細な漂着物について詳細に調査することによって新たな品目が発見されることから、微小プラスチック漂着物についても海洋ごみ問題の課題として今後の継続した監視が重要と考える。

謝辞：調査および資料分析には、鹿児島大学水産学部環境情報科学講座の久永聖悟、酒匂祐作両君の労を多とする。ここにお礼申し上げる。なお本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費 (基盤C：15580167) により実施し、平成14年度日本水産学会

春季大会および平成15年度鯨着物学会鳥羽大会にて発表した。

引用文献

- 中国四国農政局広島統計情報事務所。2001。平成12~13年広島農林水産統計年報。222-224pp。中国四国農政局広島統計情報事務所。広島。
- エバーブルー編集部。2004。エバーブルー 5号。6-7pp。えい出版社。東京。
- 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態。日本水産学会誌 88：236-242。
- 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 88：652-658。
- 藤枝 繁・佐々木和也。2004。発泡スチロール破片の海面繁殖のりへの混入問題。鯨着物学会誌 2：9-12。
- 藤枝 繁・佐々木和也。2005。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 (印刷中)。
- JEAN・クリーンアップ全国事務局。2004。クリーンアップキャンペーン2003REPORT。40-55pp。JEAN・クリーンアップ全国事務局。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 88：164-171。
- 小島あずさ。2003。見逃さないでね、こんなもの落ちてます。SOS 116：6-7。
- Kusui, T.・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.
- 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。
- 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き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。

(Received June 1, 2005; accepted July 22, 2005)