

## 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

藤枝 繁,\* 池田 治郎, 牧野 文洋

(2001年9月6日受付, 2002年3月8日受理)

鹿児島大学水産学部

Grounded and buried fragments of foamed plastic on the coast of Kagoshima prefecture

SHIGERU FUJIEDA,\* JIRO IKEDA AND FUMIHIRO MAKINO

Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Kagoshima 890-0056, Japan

Foamed plastic fragments are major beach litters in the world. This paper investigates the occurrence of grounded and buried fragments on the coast of Kagoshima prefecture, Japan. Sand samples were collected for gathering the grounded and buried debris at 77 strand lines on 68 beaches from July 30, 1998 to November 26, 2000. After the sand was stirred in water, floating materials were scooped up with a testing sieve (0.3 mm openings). Floating man-made debris (e.g. foamed plastic fragments, plastic fragments, plastic resin pellets, etc.) were sorted, dried and divided into three size groups with testing sieves (4.0 mm and 10.0 mm openings) and their numbers were counted. The grounded and buried foamed plastic fragments were verified at 74 strand lines on 65 beaches. Collected beach litter had a total of 80,655 pieces. Plastics accounted for 99.9% of the total number. Foamed plastic fragments accounted for 92.6% of the total, and the size range 0.3-4.0 mm represented 91.0% of foamed plastic fragments. The highest density was observed on the east coast of Kagoshima Bay, and the average density was 290.4 pieces per liter. Although fragments also existed on the coast of the Amami archipelago in Kagoshima prefecture, the percentage (63.9%) was lower than on the other coast. It was presumed that the origins of the foamed plastic were the fenders of fishing boats and floats of aquaculture pens which had been washed up onto the beaches and weathered into small fragments.

キーワード：漂着物, 漁具, フロート, 発泡プラスチック, 発泡スチロール, 養殖漁業, 海岸

発泡ポリスチレンを主とする発泡プラスチック類は、軽くて衝撃に強く、保温・保冷性に優れることから、家電製品の梱包材や食品用トレー、水産界では魚箱やフロート等に多用されている。しかし発泡ポリスチレン製品は、ブタンなどの炭化水素系の発泡材を閉じ込めた直径1 mm程度のポリスチレンビーズを金型に入れ、スチームで加熱して50倍程度に膨らませた形成品であるため、ビーズ同士の結合が弱く、脆いという欠点を持つ。発泡プラスチック破片は、全国の海岸に広く大量に漂着しており、例えば2000年度全国129海岸で行われた海岸漂着散乱ゴミ調査の結果、漂着数第二位で16.0%、<sup>1)</sup>鹿児島県(32海岸)では漂着数第一位で20.3%を占めた。<sup>2)</sup>またインドネシア、<sup>3)</sup>南アフリカ<sup>4)</sup>などの海外の海岸や日本近海の洋上<sup>5)</sup>においても大量に確認されている。藤枝ら<sup>6)</sup>は、養殖生簀の浮力体として用いられる発泡ポリスチレン製フロートが鹿児島湾海岸に9,000

個以上漂着・放置されていることを確認した。Willoughby<sup>7)</sup>も指摘しているように、このような海上や海岸での発泡プラスチック製品の大量使用や使用後の不十分な管理が同破片の大量発生の主因であると考えられる。

本研究では、海岸漂着散乱ゴミによる環境汚染の改善のための基礎資料収集を目的に、鹿児島県の海岸における漂着埋没物を調査し、微小破片化した発泡プラスチックの漂着実態を明らかにした。

## 方法

海岸における漂着埋没物の採取は、小城<sup>8)</sup>の海岸漂着埋没物調査法に準じた。まず帯状に集積する漂着物帯上に1 mm厚のステンレス板で製作した縦40 cm、横40 cm、深さ7 cmの方形枠を埋め、長さ40 cm、深さ5 cmのならし器を使用して枠内深さ5 cmまでの漂着物

を含む砂 8 L を採取した。次に採取された砂を 15 L バケツに入れ、水を注いで攪拌した後、オープニング脚長 0.3 mm の篩を用いて浮遊物のみを回収した。この注水・攪拌・回収の作業を浮遊物がなくなるまで繰り返し行い、回収物を乾燥させた後、人工物のみを種類別大きき別に分類した。大きさの分類はオープニング脚長 4.0 mm, 10.0 mm の篩を用いて、0.3~4.0 mm, 4.0~10.0 mm, 10.0 mm 以上の三段階とした。漂着埋没量の比較にはそのほとんどが微小破片であることから、漂着個数および砂 1 L に含まれる個数で示す漂着密度を用いた。

調査は、1998 年 7 月 30 日~2000 年 11 月 26 日の間、Fig. 1 に示す鹿児島県内の 68 ケ所の細礫以下の砂浜海岸 77 点にて行った。小坂<sup>8)</sup>によると漂着埋没物の分布は一海岸でも大きく異なるとしているが、本研究では発泡プラスチック破片の漂着埋没を広域で確認することが主目的であるため、採取は流木等の漂着物とともに発泡プラスチック破片が帯状に集積する満潮時の汀線上の任意の一点のみで行った。

結果では海岸を (I) 東シナ海海岸、(II) 薩摩半島南岸、(III) 鹿児島湾中央部西海岸、(IV) 同湾奥部海岸、(V) 同湾中央部東海岸、(VI) 志布志湾および (VII) 奄美諸島海岸の七海岸域に分け、それぞれの特徴について

検討した。

## 結 果

回収された全漂着埋没物の内分けを Table 1 に示す。漂着埋没物の総数は 80,655 個で、その 99.9% がプラスチック類であり、89.2% が 0.4~4.0 mm の微小破片であった。その中でも発泡プラスチック破片は 74,689 個で全体の 92.6% を占め、その破片の 91.0% が 0.3~4.0 mm の微小物であった。

発泡プラスチック破片の漂着密度の分布を Fig. 2 に示す。発泡プラスチック破片の漂着が確認された海岸は 65 海岸 74 点で、内湾域、外洋域を問わずほとんどの海岸で確認された。特に鹿児島湾中央部東海岸および奥部海岸で漂着密度が高く、それぞれ平均 290.4 個/L, 176.1 個/L となり、200 個/L 以上の地点がそれぞれ 13 点中 3 点および 4 点含まれた。これら高密度漂着地点は特に鹿児島湾の東側、南側海岸に集中し、最高漂着密度を示した鹿児島湾中央部東海岸の垂水市 g 地点 (1,383.4 個/L) では、その 98.7% が 0.3~4.0 mm の微小破片であった。

各海岸における漂着埋没物に占める発泡プラスチック破片の割合と海岸域別の漂着埋没物の割合を Fig. 3 に

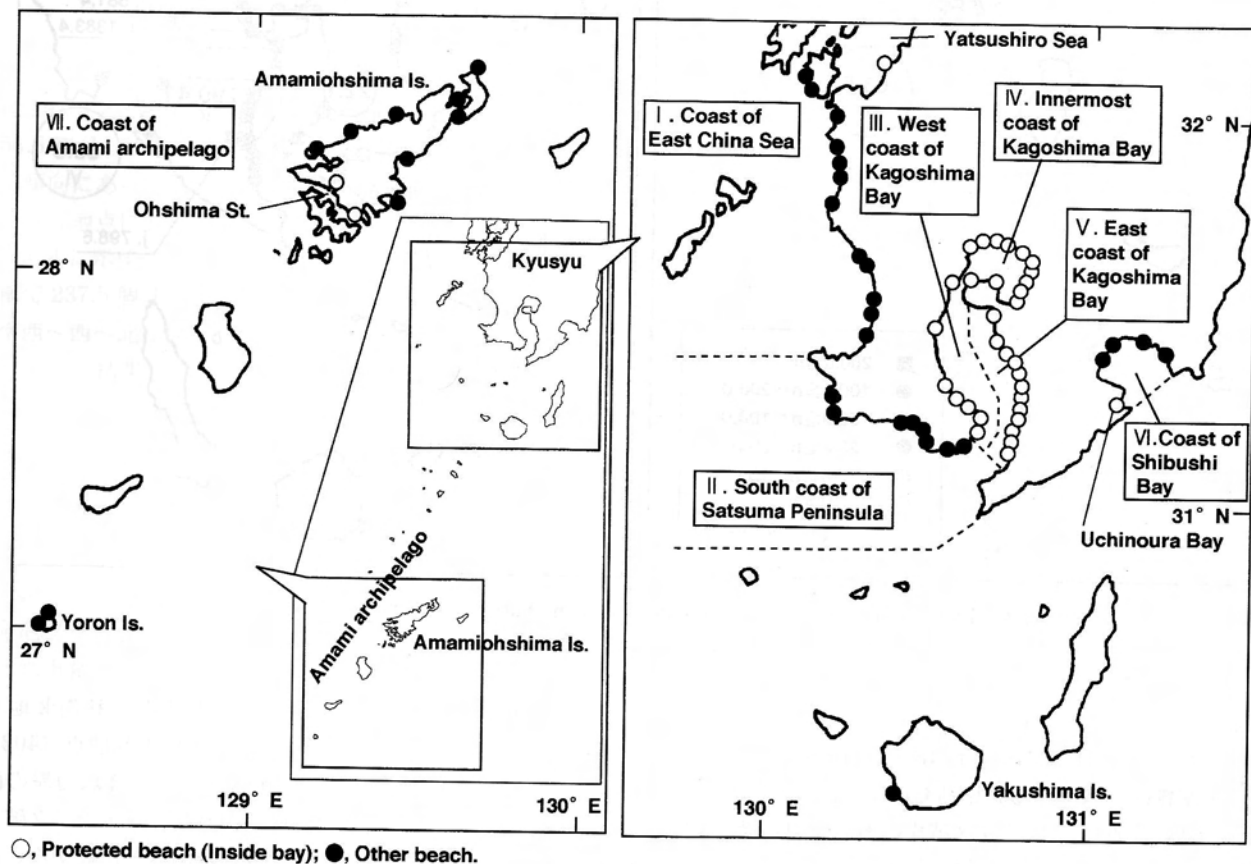


Fig. 1. Locations of survey beaches. The beaches were classified into seven groups according to location.

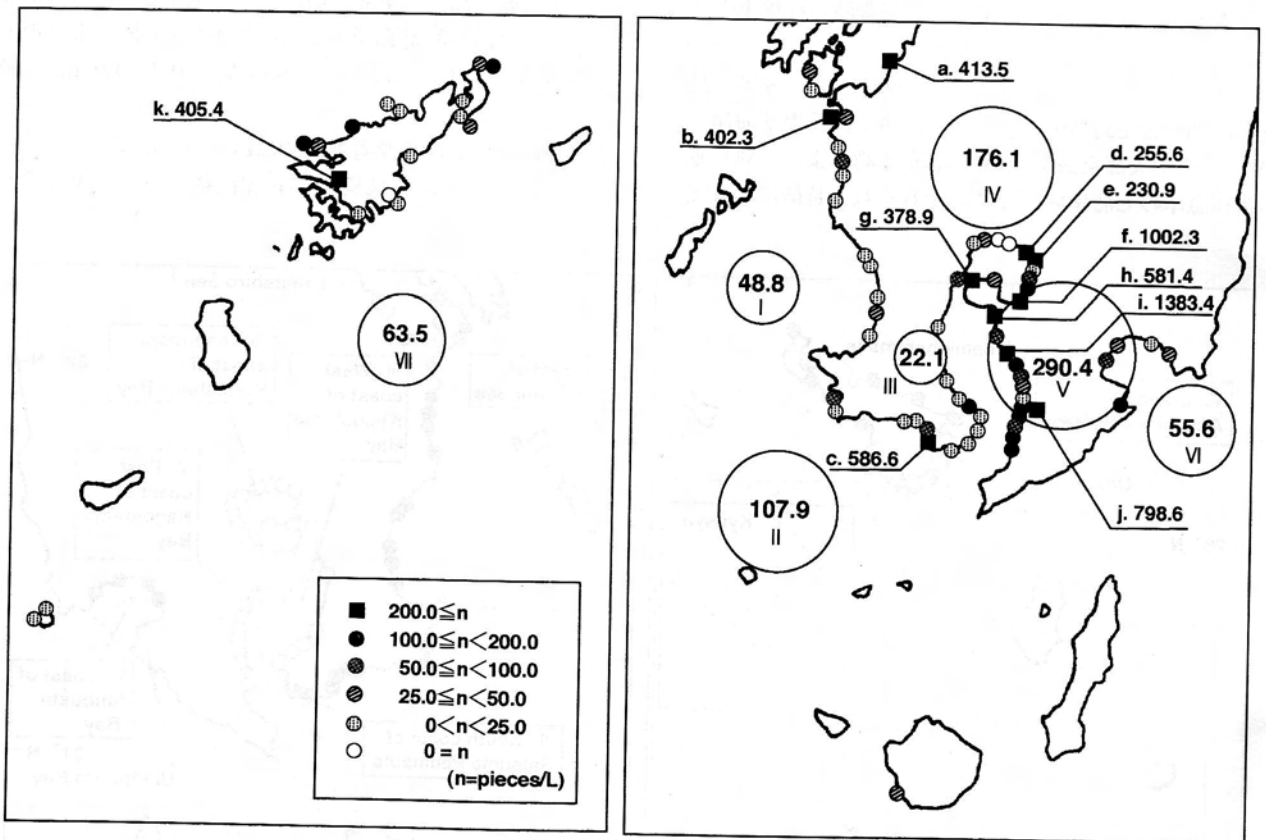
**Table 1.** Composition of grounded and buried beach litter on the coast of Kagoshima prefecture

Material	Item	Number counted Size (mm)* <sup>1</sup>			Total
		0.3~4.0	4.0~10.0	10.0~	
Plastics	Foamed fragment	67,996	6,023	670	74,689 (92.6%)
	Hard fragment	2,332	883	421	3,636 ( 4.5%)
	Resin pellet	1,105	0	0	1,105 ( 1.4%)
	Film fragment	208	82	83	373 ( 0.5%)
	Top of artificial grass	204	35	7	246 ( 0.3%)
	Line & fiber	49	44	77	170 ( 0.2%)
	Cigarette butt	0	154	0	154 ( 0.2%)
	Others* <sup>2</sup>	21	65	99	185 ( 0.9%)
Others* <sup>3</sup>	8	10	79	97 ( 0.1%)	
<b>Total</b>		<b>71,923 (89.2%)</b>	<b>7,296 (9.0%)</b>	<b>1,436 (1.8%)</b>	<b>80,655</b>

\*<sup>1</sup> Size was sorted by testing sieves (4.0 mm, 10.0 mm openings).

\*<sup>2</sup> Bottle, cap, straw, etc.

\*<sup>3</sup> Metal, paper, rubber, glass, clothing, wood.

**Fig. 2.** Range and mean density of the grounded and buried fragments of foamed plastic.

示す。外洋に面した志布志湾や奄美諸島海岸ではプラスチック破片の割合がそれぞれ18.2%, 16.8%を占めたが、半閉鎖性内湾である鹿児島湾海岸では2.4%以下と低く、逆に発泡プラスチック破片の割合が94.8%以上と極めて高かった。鹿児島湾以外で発泡プラスチック破片の漂着密度が200個/Lを超えた地点は、八代海の出

水市a地点(413.5個/L)、奄美大島の久慈湾k地点(405.4個/L)の内湾域海岸と、阿久根市b地点(402.3個/L)、開聞町c地点(586.6個/L)の外洋域海岸の両者に見られた。ただし両海岸域の発泡プラスチック破片の平均漂着埋没密度と漂着埋没物の割合を比較すると、八代海、鹿児島湾、内之浦湾、大島海峡などの内湾域で

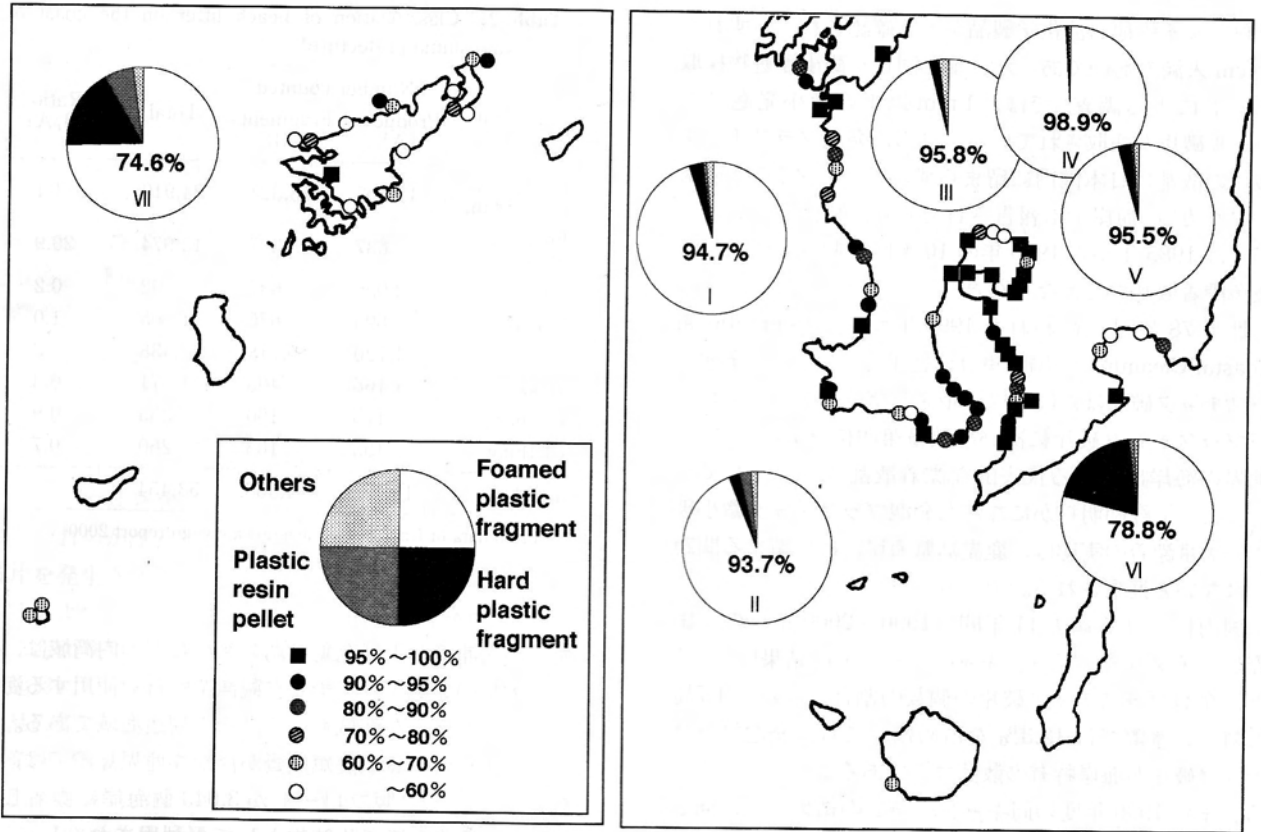


Fig. 3. Composition of fragments. Percentage is shown for foamed plastic fragments.

は193.5個/L, 96.8%であったのに対し、外洋域では54.5個/L, 81.8%となり、内湾域で高密度高割合となる傾向にあった。

調査地点における海岸の法線方向と漂着密度の関係をFig. 4に示す。最も漂着密度が高い海岸の法線方向は、南で237.5個/L(8地点)、続いて北東から南東となり、南西~西~北に開けた海岸で漂着密度が高くなった。

以上の結果より、発泡プラスチック破片の漂着実態は、内湾域、外洋域を問わず、微小破片となって広域に漂着し、一部の海岸および海岸域に高密度に集積していることが明らかになった。

考 察

建設省河川局が行った「海岸ゴミ調査」<sup>9)</sup>によると、発泡プラスチック類は素材別体積で第一位(71%)、素材別重量で第四位(11%)の海岸漂着散乱ゴミであった。その中でも発泡プラスチック破片は2000年度に全国129会場で行われた「国際ビーチクリーンアップキャンペーン」水際調査<sup>1)</sup>の結果、回収個数第二位であり、また2000年度に鹿児島県32海岸で行われた「かごしまクリーンアップキャンペーン」<sup>2)</sup>では回収個数第一位となり、鹿児島県を代表する海岸漂着散乱ゴミとな

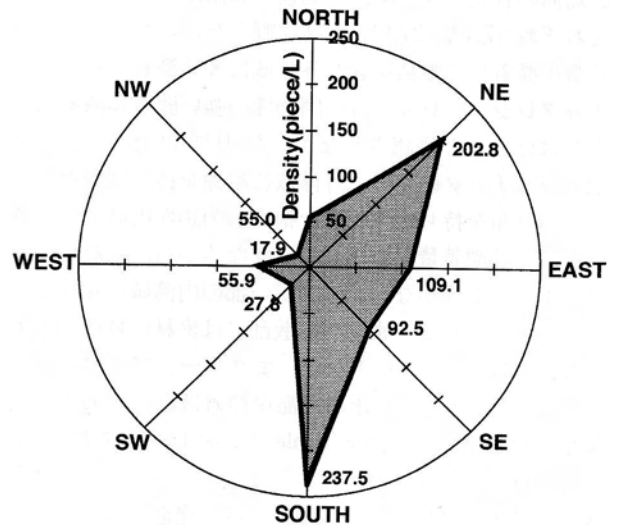


Fig. 4. Relationship between the direction perpendicular to a beach and density of foamed plastic fragments.

った。その他国内では、東京都父島、<sup>10)</sup> 京都府琴引浜、<sup>11)</sup> 福岡県姉子の浜<sup>12)</sup>および新潟県上越海岸<sup>12)</sup>などで大量の発泡プラスチック破片の漂着散乱が報告されている。日本近海洋上における漂流物目視調査<sup>5)</sup>でも発泡ス

チロールその他石油化学製品が多く確認され、いずれも50 cm 未満のものであった。また同じく微小浮遊物採取ネットによる調査<sup>5)</sup>では、1 mm 以下の微小発泡スチロール破片が採取されている。さらに発泡プラスチック破片の散乱は日本国内に留まらず、インドネシア<sup>3)</sup>や南アフリカ<sup>4)</sup>の海岸でも報告されており、特にインドネシアでは1985年から1995年の10年間に個数が倍増し、最多漂着散乱ゴミとなった。<sup>3)</sup>

世界78ヶ国で行われた1999年度の「International Coastal Cleanup」の国際集計の結果<sup>1)</sup>によると、発泡プラスチック破片はたばこフィルタやプラスチック袋およびプラスチック破片に次いで数量第四位(5.1%)で、世界の海岸における代表的な漂着散乱ゴミとされている。よって今回明らかになった発泡プラスチック微小破片の大量漂着の実態は、鹿児島県海岸だけに留まる問題ではないと推察される。

国内における過去11年間(1990~2000年)の「国際ビーチクリーンアップキャンペーン」の結果<sup>1)</sup>によると、発泡プラスチック破片の個数の割合は内陸の1.7%に対し、水際には12.3%を占めた。これは発泡プラスチック破片が海岸特有の散乱ゴミであることを示している。また1999年度の同キャンペーンの結果より、同じ瀬戸内海の大阪湾と広島湾の発泡プラスチック破片の割合を比較すると、大阪湾の二色の浜海岸(大阪府)、須磨海岸(兵庫県)ではそれぞれ0.4%、5.0%であったが、広島湾の倉橋島桂ヶ浜、宮島包ヶ浦海岸(広島県)ではそれぞれ37.4%、27.0%と高い割合を示した。さらに同じ微小漂着物で離島を含む外洋域に多く漂着するプラスチックレジンペレットは、閉鎖性の強い鹿児島湾奥部海岸ではほとんど確認されなかった。<sup>14,15)</sup>以上のように発泡プラスチック破片は、外洋域に起源を持つ漂着物とは異なる分布を持ち、大都市を抱える閉鎖性内湾でも海域によっては漂着量割合が大きく異なるから、一般市民の日常生活と関係がない発生源が一部の内湾域に存在することが示唆される。また漂着散乱には素材の特性も考慮しなければならない。「かごしまクリーンアップキャンペーン」の結果<sup>2)</sup>より求めた海岸漂着散乱ゴミの素材別製品に対する破片の比をTable 2に示す。海岸漂着散乱ゴミのうち、製品に対し破片の割合が上回ったものは発泡プラスチック類とガラス類で、特に発泡プラスチック類では20.8と極めて高かった。発泡プラスチック破片の9割が0.3~4.0 mmの微小物であったという本結果とあわせて、発泡プラスチック破片の大量漂着散乱の原因には、破片化しやすいという発泡プラスチック素材の性質も強く影響していると推察される。

Willoughby<sup>7)</sup>はその発生源の一つに漁業用の発泡プラスチック製フロートをあげている。今回の調査で発泡プラスチック破片が高密度に集積していた鹿児島湾、八代

Table 2. Classification of beach litter on the coast of Kagoshima prefecture\*

Material	Number counted		Total	Ratio (B/A)
	Products (A)	Fragments (B)		
Plastics & plastic film	11,595	13,324	24,919	1.1
Foamed plastic	637	13,337	13,974	20.9
Metal	2,955	637	3,592	0.2
Paper	695	670	1,365	1.0
Glass	1,720	5,718	7,438	3.3
Wood	1,166	405	1,571	0.3
Rubber	175	160	335	0.9
Clothing	155	105	260	0.7
Total	19,098	34,356	53,454	

\* From data of Kagoshima Cleanup campaign report 2000<sup>2)</sup>.

海、内之浦湾および奄美大島久慈湾などの内湾域は、海上で大量の発泡プラスチック製漁業資材を使用する海面養殖漁業が盛んな海域もしくはその周辺海域である。例えば3,000台の魚類養殖生簀が浮かぶ鹿児島湾では、発泡プラスチック製フロートが3,043個海岸に漂着し、4,856個が港内等で防舷物として再利用され、1,344個が海岸に放置された状態であった。<sup>3)</sup>また発泡プラスチック製フロートが防舷物として大量に使用されている鹿児島港内では、台風通過後、その破片が港内を生め尽くすように浮遊し、粒状の破片が砂浜の汀線最上部に大量に漂着していたことも確認している。よって海岸特有の発泡プラスチック破片の大量散乱は、陸上に散乱する破片が海上に流出したものというよりも、むしろ主に海上、海岸で使用・放置されている大量の発泡プラスチック製漁業資材が、擦れや衝撃によって表面のビーズが大量に剥離し破片化したものと推察される。平成10年度の漁業・養殖業生産統計年報<sup>16)</sup>によると、全国にはブリ、マダイ、カキ等の養殖生簀が5万台以上存在し、それらの多くで発泡プラスチック製フロートが使用されている。よって特に養殖海域が集中している広島、愛媛、大分などの瀬戸内海域や長崎、熊本、鹿児島などの九州西部海域では、海域をあげて早急に発泡プラスチック製漁業資材の管理の徹底、改善に努めなければ、周辺海域のみならず全国あるいは世界の海岸から発生源として避難されるであろう。

安松<sup>11,12)</sup>によると、海岸に漂着するレジンペレットやプラスチック破片および発泡プラスチック破片などの微小漂着物の分布は風に強く影響されると指摘している。また小林<sup>13)</sup>は新潟県上越地方において漂着物に関する時系列調査を行い、発泡プラスチック破片は季節により漂着数が大きく異なることを指摘している。発泡プラス

チック破片は漂着物の中でも特に軽く、漂着後、風によって常に移動するため、満潮時の汀線にできる流木等の漂着物帯の内部や砂浜と後背植物帯および護岸等の人工構造物との境界、もしくはそれらの後背地に多く堆積しており、乾燥した砂浜表面では風に飛ばされてほとんど見られなかった。<sup>12)</sup> 鹿児島湾内における年間を通じた最多風向は北西であり、台風による暴風では南西風が最大となる。<sup>17)</sup> Fig. 4 に示したように発泡プラスチック破片の漂着密度が高い海岸は南西～西～北に開けた海岸で、これらは卓越風や暴風の風下とほぼ一致する。また1998年8月に鹿児島県薩摩半島西岸を中心に漂着した大量ゴミの実態調査<sup>18)</sup>によれば、発泡プラスチック類は大量漂着前に比べ製品で22倍、破片では38.9倍となった。これは発泡プラスチック製品の漂着量が増加すれば、それらが漂着した海岸が二次発生源となって大量の破片を発生させ、それがさらに散乱することを示唆している。よって発泡プラスチック破片の漂着分布の差は、単に海面養殖業が盛んな海域であるというよりも、気象や地形的要因および二次発生源となる発泡プラスチック製品の漂着量に強く関係していると考えられる。

発泡プラスチックの主要樹脂であるポリスチレンは、樹脂生産量第四位(9.8%)の代表的なプラスチック樹脂で、2000年度では、プラスチック製品に再生するマテリアル・リサイクル等に35%、焼却による熱などを利用したサーマル・リサイクルに23%、合計58%がリサイクルされている。<sup>19)</sup> 1998年度における廃プラスチック総排出量984万トン(ポリスチレンを含む)のうち、リサイクルされたものは122万トン(12%)であることから、<sup>20)</sup> ポリスチレンはプラスチック樹脂の中で最もリサイクルが進んだ樹脂と言える。しかし海上、海岸で大量に使用されている発泡ポリスチレン製漁業用フロートは、付着生物、塩分、水分、汚れおよび処分費用などに問題があり、これまでリサイクルされてこなかった。最近になり、燃料としてのサーマル・リサイクルや建設資材の原料としてのマテリアル・リサイクルへの試みが始まったが、<sup>14)</sup> これら製品のリサイクルは有効な処分方法であっても破片の発生という発泡プラスチック製品を海上で使用する上での欠点を補うものではない。例えば、広島県では「広島かき生産出荷指針」<sup>21)</sup>において「環境にやさしい養殖への取り組み」がうたわれるようになり、硬質樹脂製フロート導入が促進されている。養殖漁業における高付加価値商品の生産には、餌等による味の改善もさることながら、今後は資材も含めた生産水域の環境に配慮した生産活動も重要な課題となるだろう。また2001年、これまでの研究の成果を受けて発泡プラスチック製フロートを製造する日本フォームスチレン工業組合と発泡スチロール再資源化協会では、フロート協議会を設置してメーカーとしての破片散乱防止に向

けた取り組みが始まった。今後、発泡プラスチック微小破片の大量発生・散乱を防止するためには、使用者の海上・海岸での管理の徹底、使用量削減はもとより、製造者による製品の改良、リサイクル業者の回収処分方法の開発を含めたさらなる努力が必要である。

## 謝 辞

本研究にあたり、クリーンアップキャンペーンに関するデータの提供には、クリーンアップ全国事務局小島あずさ氏、大倉よし子氏、クリーンアップ関西事務局小林功敬氏、山藤一雄氏、発泡スチロールに関する資料の提供には、発泡スチロール再資源化協会長山敏樹氏の協力を頂いた。また調査には、鹿児島大学水産学部環境情報科学講座航海情報研究室の学生諸君の労を多とする。ここに厚くお礼申し上げる。なお、本研究の一部は文部省科学研究費(奨励A:10760119)により実施した。ここに謝意を表する。

## 文 献

- 1) JEAN・クリーンアップ全国事務局. クリーンアップキャンペーン2000REPORT, JEAN・クリーンアップ全国事務局, 東京. 2000; 18-59.
- 2) クリーンアップかごしま事務局. かごしまクリーンアップキャンペーン2000報告書, クリーンアップかごしま事務局, 鹿児島. 2000; 9-14.
- 3) Willoughby NG, Sangkoyo H, Lakaseru BO. Beach litter: an increasing and changing problem for Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 1997; 34: 469-478.
- 4) Madzena A, Lasiak T. Spatial and temporal variations in beach litter on the Transkei coast of South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 1997; 34: 900-907.
- 5) 環境庁. 浮遊性廃棄物調査. 日本近海海洋汚染実態調査報告書 環境庁水質保全局, 東京. 1993; 95-114.
- 6) 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態. 日水誌 2000; 66: 236-242.
- 7) Willoughby NG. Man made litter on the shores of the Thousand Islands archipelago. *Marine Pollution Bulletin* 1986; 17: 224-228.
- 8) 富山県, 財団法人とやま環境財団. 海辺の埋没・漂着物調査報告会報告書, 富山県, 財団法人とやま環境財団, 富山. 1997; 29-35.
- 9) 建設省河川局海岸室. 平成12年度海岸ゴミ調査結果, 建設省河川局海岸室, 東京. 2000; 5-6.
- 10) 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. 1995; 75-88.
- 11) 東山高等学校地学部. 琴引浜に漂着するレジンベレット, ライター, タバコの吸い殻について. 東山学園研究紀要 1996; 41: 19-39.
- 12) 安松貞夫. 漂着物による汚染の現状. 二丈町姉子の浜の鳴き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. 2000; 29-40.
- 13) 小林真史. 海岸に漂着する廃棄物に関する空間的及び時系列的考察. 上越社会研究 2000; 15: 155-166.
- 14) 藤枝 繁. 鹿児島県海岸における漂着散乱ゴミ. かごしまクリーンアップキャンペーン1999報告書, クリーン

- アップかごしま事務局, 鹿児島. 2000; 34-37.
- 15) 藤枝 繁. 鹿児島県海岸における漂着散乱ゴミ. 鹿児島大学水産学部紀要 1999; 48: 11-17.
- 16) 農林水産省統計局. 平成10年度漁業・養殖業生産統計年報, 農林水産省統計局, 東京. 1999; 164-165.
- 17) 海上保安庁. 九州沿岸水路誌, 海上保安庁水路部, 東京. 1985; 553.
- 18) 藤枝 繁. 1998年8月鹿児島県薩摩半島沿岸に漂着した大量ゴミの実態. 水産海洋研究 1999; 63: 68-76.
- 19) 発泡スチロール再資源化協会. JEPSRA INFORMATION 2001, 発泡スチロール再資源化協会, 東京. 2001; 7.
- 20) 社団法人プラスチック処理促進協会. プラスチックリサイクルの基礎知識 (改正版2000年6月), 社団法人プラスチック処理促進協会, 東京. 2000; 20-21.
- 21) 倉重加代, 藤枝 繁. 鹿児島県海岸部における漂着・散乱物に関する研究 I. 南九州地域科学研究所報 2002; 18: 97-115.