

砂浜海岸の漂着ゴミ -富士海岸を 対象にして-

DRIFTING DEBRIS ALONG THE SANDY BEACH - FUJI COAST IN JAPAN

伊藤政博
Masahiro ITO

正会員 工博 名城大学教授 理工学部環境創造学科(〒468-8502名古屋市天白区塩釜口1-501)

The aim of this study was to investigate the current environmental situation regarding the occurrence of refuse drift along the beaches of the Fuji coast. Field investigations were performed by photographically recording debris in 3m x 2m quadrilateral areas using a digital camera along transects extending from the shoreline to the sea embankment on a section of sandy-beach. It was found that, (1) the drifting debris is not uniform in the alongshore direction, and it is very concentrated at the surveying point No.90 in the just right bank side at the Fuji river mouth and around No.14 of the 15km east from the Fuji river mouth, (2) the distribution of debris along the beach cross-section showed two peaks - one at the wave run-up point and the area in front of the embankment, and (3) in order of the total number in each debris, the debris consisted of driftwood, plastics, PET bottles, and so on.

Key Words : *Drifting debris, alongshore- and cross section-distribution of drifting debris, sandy beach, Fuji coast.*

1. はじめに

台風, 低気圧, 前線などの通過によって川の流域に豪雨が降ると, しばしば山腹崩壊, 崖崩れがおこる. これに伴って樹木が転倒し, 川に押し出される. 出水はこれらの樹木および河川敷内に自然生育している木あるいは放置されているゴミを河口から海へ浮遊流送する. 流木をはじめとする多くのゴミは, 時によっては風と波によって河口周辺の海岸砂浜へと漂着する. 砂浜海岸への漂着ゴミは, このように川から流出されるものと, 海流に乗って国外から浮流してくるものとに大別されよう. いずれにしても, 2006年2月20日付:読売新聞によると, 全国の海岸に漂着するゴミの量は年間10万tfに達している. このまま放置すると, いずれ日本の美しい海岸は漂着ゴミで埋め尽くされよう.

筆者は駿河湾奥に位置する日本でも屈指の富士海岸を対象にして, 数年来, 海岸に漂着しているゴミの調査を行ってきた^{1), 2), 3)}. 本研究は, 調査結果に基づいて以下の観点で調査検討を加える. ①汀線から堤防までの砂浜横断方向に一定の区域を連続的に漂着ゴミをデジタルカメラで撮影し, 撮影結果をパソコンで処理し, 漂着ゴミの種別ごとに数をカウントする. ②パソコンの画像処理ソフトを用いて整理した砂浜上の漂着ゴミの散乱状況と空撮写真によるものとの散乱の対応性の検討. ③富士

海岸全域のゴミ種別の重量と総重量の算出する. ④沿岸方向と横断方向(海岸堤防から汀線までの区間)の漂着ゴミ個数の分布を表示する. ⑤漂着ゴミ種別について個数比率と重量を算定する.

2. 富士海岸と富士川および狩野川

富士海岸は, 図-1に示すように静岡県の富士川河口から沼津市の狩野川河口までの約19kmの弧状の砂利浜の海岸である. この海岸は, 日本を代表する富士山の南側前面に広がり, 景勝地として名高い. この海岸では, 海岸侵食が富士

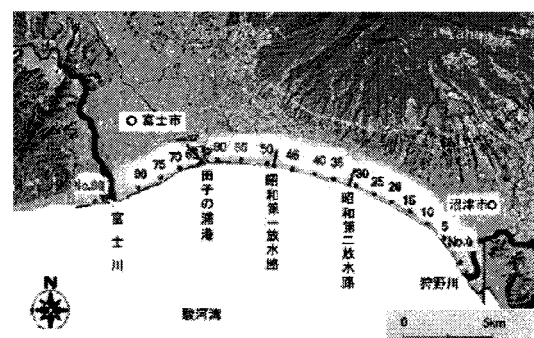


図-1 富士海岸

川河口から徐々に東方向に広がっており⁴⁾、最近では昭和第一と第二放水路の中間の地点No. 38付近(富士川河口から10km)まで広がっている。この侵食対策として毎年30万³/s程度の養浜が行われている。

図-2(a)には、これまでに主な台風、低気圧などによる高波浪(最大波高: H_{max} , 有義波高: $H_{1/3}$, 最大周期: T_{max})と(b)図には河口近くの富士川・北松野で観測された時間最大流量が示してある。棒グラフは台風・前線に原因したケースは斜線の棒グラフで示してある。台風が海岸近くを通過したケースは、高波浪とそのときの流量を矢印で対応が示してある。富士川は、平成3(1991)年9月19日、台風17号に伴う秋雨前線による豪雨のため、死者1名、負傷者2名、家屋全壊流出2戸、床上浸水97戸、床下浸水649戸、農地浸水393ha、宅地その他浸水48haの災害が起きた。このときの時間雨量は130,000³/sであった。その後も、通常時の時間平均流量が63³/sであるのに対して、毎年のように10,000³/sに近い出水が起きている。1989~2005年までの17年間に、10,000³/sを超える、あるいはこれに近い出水は10回発生している。

富士川流域の西側に日本列島を東西に分割する大断層糸魚川~静岡構造線が走っている。そのため、流域は極めてもろい地質構造になっており、崩壊地が多く、豪雨とともに崩壊土砂が河道に流出する。崩壊に伴って山腹あるいは傾斜面の樹木が倒れ、流水とともに川へ流れ出てくる。一方、狩野川の流域面積は富士川の流域に比べて5分の1程度で、流域人口は約半分である(表-1)。このように狩野川の流域は、富士川に比べて小さい。

流木およびプラスチック、ペットボトルなどの生活ゴミの発生源についてはまだ十分に調べてないが、富士川および狩野川の流域からのものと推定される。この流域には約154万人の人々が生活をしており、生活ゴミは、無視できない。

3. 異常出水と海岸への漂着ゴミ

表-1 富士川と狩野川の流域面積など比較

	富士川	狩野川
流域面積 (km ²)	3,990	853
平均流量 (m ³ /s)	63	18
河川長 (km)	128	46
流域内人口 (人)	1,099,000	450,000

台風・前線などによって川の上中流域で豪雨

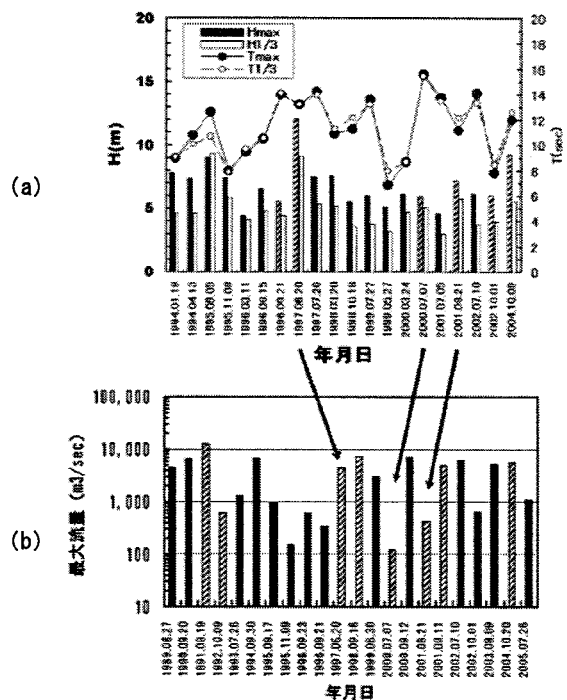


図-2 台風などによる高波浪(a)と富士川の出水(b)との対応。(波浪資料:国土交通省中部地方整備局沼津工事事務所、富士川流量資料:日本河川協会)

が降ると、山地部では山腹崩壊により樹木が倒れ、さらに倒木は川へ押し流され、また流域内の市町村の道路および河川敷内に不法放棄・放置、あるいは散乱しているゴミは浮流して川へ流れ出る。これら流木などのゴミは、河口から海域へと浮流する。浮遊ゴミは、風向きによっては波による沿岸流で岸へ運ばれ、沿岸方向一帯に広がり、波によって砂浜へと打ち上げられる。写真-2(a)は流木などの浮遊ゴミが高波によって打ち上げられたものである。写真-2(b)は、富士川から流出した浮遊ゴミが富士川河口右岸側の海岸に打ち上げられたものである。

4. 漂着ゴミの調査方法とゴミ個数

調査は、富士海岸の河口右岸側の一部(測点No. 90)と河口から東方向狩野川(測点No. 0)までの区間を対象に、平成16年と調査地点を一部変えて、平成17年8月と11月に16点について行った。また平成18年は、16年と17年に行った調査点で共通する3点を抽出して、調査を行った。調査点は、国土交通省中部地方整備局沼津工事事務所が海岸の保安全管理のために海岸堤防上に設置した測点杭(約200m間隔)に基づいた。

砂浜上と海浜植生帯の中に散乱する漂着ゴミ



(a) 高波浪によって浜に打ち上げられたゴミ(測点 No.29)



(b) 富士川から浮流・流出した漂着したゴミ(測点 No.90)

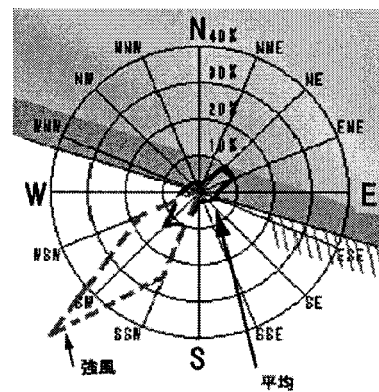
写真-2 富士海岸の漂着ゴミ

の状況を、長さ50mのリボンロッドと長さ2mのポールを用いて、写真-3のように幅:2mx奥行:3mの範囲をデジタルカメラで、堤防から汀線方向へ順次移動しながら撮影・記録した。デジタルカメラで撮影した漂着ゴミの画像は、パソコンで堤防から汀線まで1本の画像(幅:2mx堤防から汀線の区間)に繋いだ。この画像に基づいてパソコンのディスプレイ上から、1区画(2mx3m)の中に写っているゴミの個数を種類別に数えた。

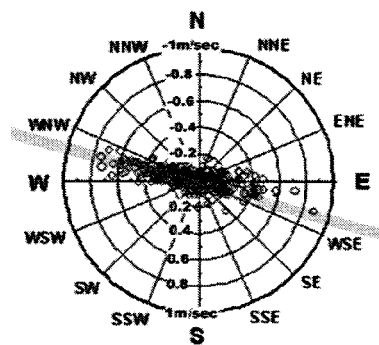
また、漂着ゴミと持ち帰ったバーコードから、ゴミの生産地(日本、外国)の判別と日本のものについては、ゴミ種別、製造年についても調べた。結果的にはほとんど外国からの漂着ゴミ



写真-3 デジカメによるゴミの散乱の撮影



(a) 風向風速



(b) 流速分布

図-3 風向風速および海浜流の流速(国土交通省中部地方整備局沼津工事事務所、原観測所; 測点 No.32, 沖合 150m, 水深 20m)

は見られなかった。

5. 風浪

富士海岸におけるゴミの漂着は、風速と風向、波の入射方向、波高、周期、海浜流の流向、および潮位などの影響を受ける。図-3は、原観測所で測られた1995年1年間の風向きと海浜流速と方向を示している。この(a)図から、風向きは年間を通じてSWとNE方向で、特にSW方向(海から陸)からの強風が、汀線に対してほぼ直角に吹いている。そのために、全体としてゴミは海から海岸へ漂流することになる。また、汀線付近を流れる海浜流(波による質量輸送、沿岸流および離岸流からなる)は、(b)図によると、特に東向きに、比較的大きな流速0.9m/sがみられる。西向きは流速0.7m/sである。全体としては、東向きの流れが卓越するので、これが漂着ゴミを東に移動させる原因の一つであると考えられる。

6. 漂着ゴミの特性

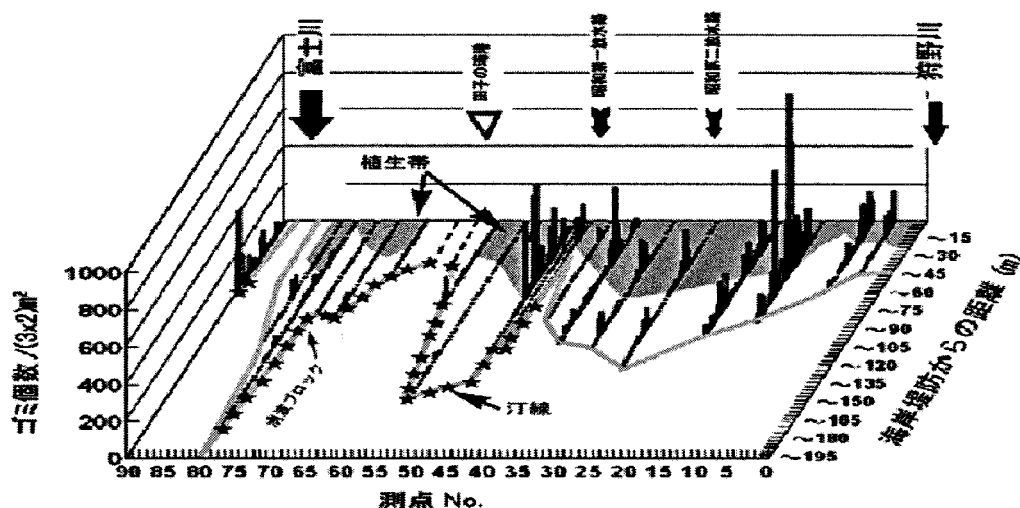


図-4 富士海岸の漂着ゴミ(幅2m x 奥行3m当)個数の沿岸方向と砂浜域の分布(平成16, 17調査)

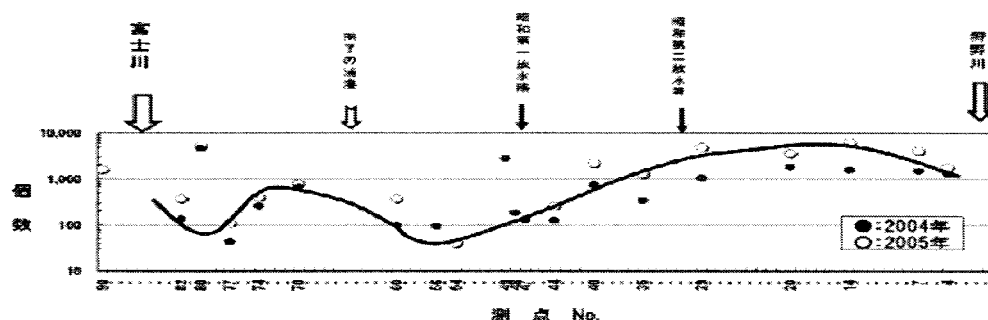


図-5 漂着ゴミ個数の沿岸方向分布

(1) 沿岸方向の分布

調査地点によって漂着ゴミ個数がどのように変化しているかを調べる。富士海岸は、沿岸方向に浜幅が変化し、さらに消波堤、離岸堤、人工リーフなどの海岸侵食対策構造物が設置されている。これらの構造物は、漂着ゴミの沿岸方向への移動および横断方向(汀線方向から海岸堤防の間)への波の打ち上げが漂着ゴミの堆積に少なからず影響していると推定される。

漂着ゴミが沿岸方向と浜の横断方向(堤防～汀線)にどのように漂着しているかを明らかにする。そのために、図-4で3次元的に表してある。この図は、漂着ゴミの個数(幅2m x 奥行3mの範囲に散在しているゴミ)の沿岸方向と海岸堤防から汀線方向の区間の分布を表したものである。この図には、富士川、田子の浦港、昭和第一・第二放水路、汀線に設置されている消波工および狩野川の位置が示してある。また、海岸堤防法先の浜に生育している植生の概略の幅(図-4中に網掛け)が、図中に示してある。この図は、20

05(平成17)年8月と11月に図-1に示す富士海岸の測点No. 0～90の間で調査した16点(No. 90, 82, 80, 77, 74, 70, 60, 54, 44, 40, 35, 29, 20, 14, 7, 4)と、さらに2004(平成16)年に調査した結果を4点(No. 56, 49, 48, 47)加えて、全20点についてまとめている。この図中の棒グラフの長さは、ゴミの個数を表している。

また、各調査点のゴミ個数の沿岸分布が図-5に示してある。この図の横軸は沿岸方向の距離を考慮して、調査点にはNo. が記入(調査しなかった測点にはNo. が記入してない)してある。この図には、2年間の平均的な傾向が実線で示してある。この図から測点No. 14付近にゴミの集中が見られる。このことは、富士海岸の全体の海浜流の卓越方向に関係する海岸侵食の区域が富士川河口から昭和第二放水路に向けて、現在広がっていること⁴⁾ともある程度一致している。

これらの中でゴミが多く漂着している測点No. 14から15までの箇所が、写真-4の航空写真中に示してある。この写真から、海岸堤防近くと汀線近くに漂着ゴミがみられる。海岸堤防近くの

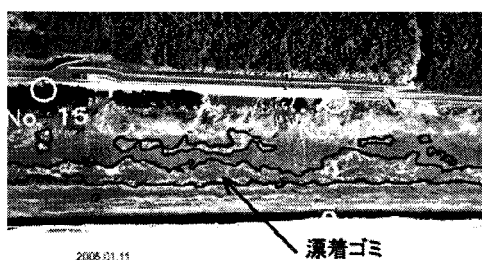


写真-4 測点 No.14 周辺の漂着ゴミの沿岸方向の散乱(2006.1.11 撮影)

ゴミは、年数回通過する台風時の高潮と高波浪によって打ち上げられたものと考えられる。汀線近くの漂着ゴミは、通常時の比較的大きな波によって打ち上げられたものである。

さらに、所々にゴミがパッチ状に集まっていることも写真からわかる。

(2) 海岸堤防から汀線間の漂着ゴミの分布

砂浜の横断方向のゴミ分布が図-6に示してある。この図は、2005(平成17)年と2006(平成18)年に行った調査点No. 29について、汀線から堤防に向けて幅:2mx奥行:3mの区域のゴミ個数が示してある。この調査点では、汀線から40mまでと50~100mの2つの間にゴミが集中していることが興味深い。撮影日が調査日と異なるが同じ箇所の航空写真が下側に示してある。これを航空写真で見ると、陸側(海岸堤防側)の写真中に○印で囲んだ部分の漂着ゴミは帯状に散乱していることが認められる。

50~100mの区間に見られるゴミの集中は、図の上側のゴミの分布とある程度対応している。

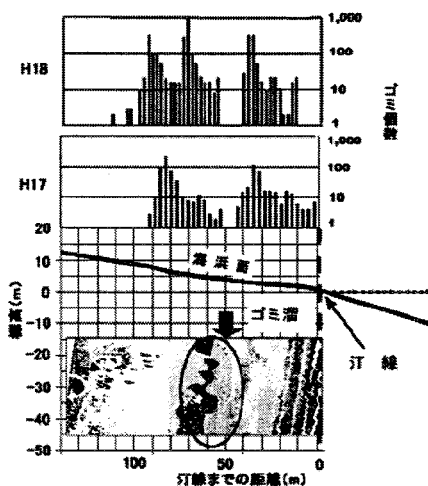


図-6 漂着ゴミの横断方向分布と航空写真(調査点 No.29)

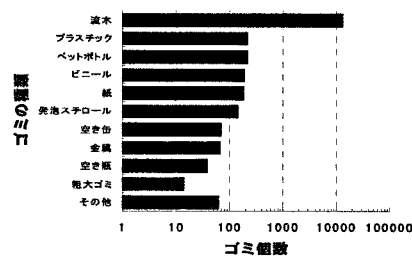


図-7 各種ゴミの個数

(3) 漂着ゴミの種類と比率

富士海岸に漂着しているゴミの種類とその個数を調べる。さらに、ゴミの種類ごとに沿岸方向にどのように漂着しているかについても明らかにする。そのために、調査地点(幅:2mx奥行:3mの範囲)に漂着しているゴミの個数を種別ごとに整理した。平成17年に調査した16調査地点について数えた漂着ゴミの個数の順位が、図-7に示してある。この図から、個数の多いゴミは流木、プラスチック、ペットボトルの順である。平成17年に調査した16調査地点に散乱していたゴミを11分類し、それぞれの個数を調べた。各調査点毎の全漂着ゴミ個数に対するゴミの種類別に個数の相対的な比率を求め、整理した結果が図-8に示してある。この図によると、調査点No. 74, 77および80の3点は、流木の占める割合が50%程度であるが、この調査点以外は、流木が占める比率は80~90%と、非常に高い。特に、調査点74, 77および80の3点は、流木以外のゴミが占める比率が他に比べて高くなっている。この理由として、次のことがあげられる。

- ①富士川左岸(河口東)側は海岸侵食の対策として養浜工事が進められているために、流木などのゴミが養浜土砂の下に埋まった。
- ②工事業者の自主的クリーン活動による。
- ③地元住民による清掃活動。

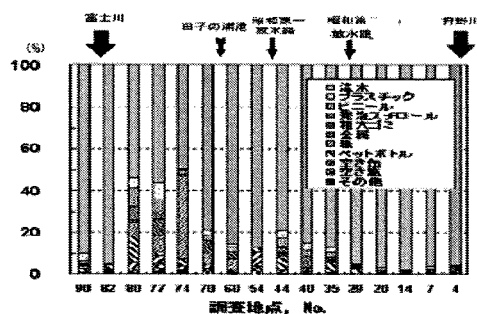


図-8 漂着したゴミ種類別の比率

表-3 富士海岸の漂着ゴミの重量

漂着ゴミの種類	重量		ゴミ1個の重さ(仮定)	
	kN	tf	N	gr
流木	1,385,718	141,400	147.0	15,000
プラスチック	228	23	2.0	200
ペットボトル	36	4	0.3	30
ビニール	100	10	1.0	100
紙	77	8	0.8	80
発泡スチロール	134	14	2.0	200
金属	125	13	2.9	300
空き缶	17	2	0.5	50
空き瓶	45	5	2.0	200
粗大ゴミ	815	83	98.0	10,000
その他	2,026	207	49.0	5,000
Total	1,389,320	141,767		

(4) 漂着ゴミの重量

次に、漂着ゴミの量として重量を用いて表示すると感覚的に理解しやすい。そこで、富士海岸全域に漂着しているゴミの個数を平成17年の調査資料に基づいて推定する。すなわち、上述のように調査地点(幅：2mx海岸堤防から汀線までの区間：面積)について、種類別のゴミの個数から単位面積当たりのゴミの個数を求める。次に、この値に16調査地点の汀線までの間の面積を求めて乗じると、区間のゴミの個数が求まる。順次このようにして、海岸全域におけるゴミの総個数を求める。この総個数に表-3に示すゴミ1個当たりの重量を掛けると、ゴミ別の重量が求まる。

表-3のゴミ1個の重さ(第4列(SI単位), 5列(工学単位)で表わした重量)は、ゴミの種類毎に感覚的に平均的な値を仮定して用いた。特に、流木は数10cmの木の枝および草などから長さ1~10mの1本の成木まで大小短長さまで、さらに重量も1~100kgfと幅広く漂着している。これらの平均値を用いて計算した重量が、表-3の第2列(SI単位)と3列(工学単位)にまとめている。ゴミの重量を理解しやすくするために、図-9に示してある。

表-3から海岸全域で、約14万tfもの漂着ゴミが散在していることになる。この内、流木が圧倒的に多く、次いで、生活ゴミとしての粗大ゴミ、プラスチック、発泡スチロール、金属片と続いている。ここで注目されることは、不法投棄された冷蔵庫、バイク、自転車、テレビ等の量が無視できないことである。

7. 結語

海浜の環境修復と保全を考える上で重要な漂着ゴミに注目して調査し、漂着ゴミの個数と重量について、沿岸方向および横断方向のゴミの

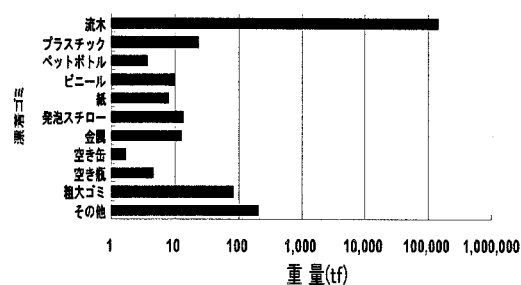


図-9 富士川海岸全域漂着しているゴミの種類ごとの重量

漂着について検討した。その結果、以下のよう
なことが明らかになった。

- (1) 漂着ゴミは、沿岸方向に一樣でなく、富士川河口から15km東のNo. 14に非常に多くみられる。
- (2) 特に東向き海浜流の最大は流速0.9m/sである。西向きの海浜流は汀線と平行方向で流速0.7m/sである。全体としては、東向きの海浜流速が卓越するので、これが漂着ゴミを東に移動させていると考えられる。
- (3) 漂着ゴミの個数は、流木が一番多く、次いでプラスチック、ペットボトル、ビニールレジ袋、紙、発泡スチロール、空き缶、金属、空き瓶、粗大ゴミ、その他、の順である。
- (4) 海岸全域で、推定総重量約14万tfの漂着ゴミが散乱している。流木が全体の99.7%を占めている。
- (5) この中で、流木以外の人間活動に伴って排出投棄された各種の生活ゴミが推定約370tfである。

謝辞：波浪、風向、風速、海浜流の流速の貴重な現地観測資料および航空写真は、国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所より、また富士川の最大流量は日本河川協会より提供を受けた。ここに謝意を表明します。

参考文献・資料

- 1) 伊藤政博：砂浜海岸の漂着ゴミ—富士海岸を対象にして—, 水, 月刊水発行所, pp. 21-25, 2007. 3.
- 2) ITO M.: On Drifting-up Debris in Sand Beach, Fuji Coast in Japan, 8th International Conference, Litral2006, Book III, Coastal environment, Processes and Evolution; pp.9-14, 2006.9.
- 3) 伊藤政博, 垣鏑 直, 大影佳史：利用とアメニティを考慮した海浜の環境修復と保全, 名城大学総合研究所紀要, No.11, pp.57-61, 2006.
- 4) 伊藤政博, 成川幸宏, 伊藤仁士：侵食・堆積域域の伝搬に対する構造物の阻止効果, 一富士海岸を対象にして—, 海岸工学論文集, 第45巻, 土木学会, pp. 651-655, 1998.