

19. 漂着ゴミ汚染

POLLUTION BY DRIFTED GARBAGE

山口 晴幸*

Hareyuki YAMAGUCHI*

ABSTRACT; A current national critical issue is an increase of drifted garbage on Japanese coasts. Because of the accumulation of the garbage year after year, the coastal pollution issue has become critical for recent years. The large amount of the drifted garbage has made many Japanese coasts like a huge landfill. Some of the garbage is found to be drifted or floated from several neighbor countries such as China, Taiwan, South Korean and Russia, depending on the location of the coasts in Japan. On the other hand, not many policies to manage the costal environment have been established well. Therefore, the coastal pollution caused by the drifted garbage has been getting serious every year.

In this report, especially, some discussions are carried out about the problem of drifted garbage in Yaeyama islands of Okinawa, injurious chemical substances contained in drifted oil balls and the possibility of injurious chemical substances dissolved by the decomposition of drifted garbage. Then, I expect that the feasible processing system for treating the drifted garbage is developed in order to protect coastal and marine environment.

KYWORDS; Drifted garbage, Heavy metal, Yaeyama islands, Coastal contamination, Beach sand, Oil ball

1 はじめに

今、我が国では、陸側から流れ出した大量のゴミや海流に乗って押し寄せる近隣諸国からの外国製ゴミが山のように堆積し、まさに巨大廃棄場と化した海岸が多く見受けられる。今や、この深刻化しつつある海岸域の漂着ゴミ汚染問題は、国民的に重大な関心事となっている。

1997 年から本格的に開始した漂着ゴミ調査では、今まで延べ 1200 箇所を超える全国の主要海岸を歩き、我が国に漂着するゴミの漂流漂着ルートと発生源の解明に主眼を置いて、海岸に打ち上がった膨大な量のゴミの国籍や種類などの分析を試みてきた。漂着ゴミによる海岸破壊の実態には全く歯止めは掛かっておらず、年々深刻度を増しているのが、調査を通して実感される。日本列島に漂着するゴミには海岸域的に特徴がある。黒潮海流沿いの琉球列島や対馬海流沿い日本海沿岸・離島では近隣諸国からの外国製ゴミ、九州から北海道の太平洋岸や瀬戸内海沿岸では我々の廃棄した日本製ゴミが夥しい漂着ゴミの主流となっている。言うまでもなく漂着ゴミ問題では、海にゴミを出さないようにすることが必須ではあるが、①発生供給原因・漂流漂着ルートの徹底的解明、②早急な防止処理対策システムの確立、③近隣諸国との協議・協働活動が不可欠で重要な課題であることは何度も指摘してきた。

このように海岸が廃棄場と化す漂着ゴミ汚染問題は、まさに、社会的に緊急課題となっている。ここでは特に、近年の調査結果に基づいて、沖縄県八重山諸島の島々や太平洋東端の東京都小笠原諸島硫黄島・南鳥島などを中心に、その深刻な漂着実態や貴重な動物植物生態系への影響、近隣諸国からの漂着問題や我が国

* 防衛大学校 建設環境工学科 Department of Civil and Environmental Engineering、

National Defense Academy、〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20、Tel.046-841-3810(内 2368)

からの外国海岸への漂着問題などを議論し、大量に打ち上がる漂着ゴミや、近年度々漂着する廃油(オイル)ボールなどから供給される有害化学物質(主に重金属類)が、恐ろしい海岸汚染をもたらす懸念などについて警鐘を鳴らす。観光資源や水産資源の源であるばかりではなく、我が国の歴史・文化と濃密に関わってきた島国日本の生命線とも言える白砂青松の海岸線復活に向けた対策への取り組みは、海岸線からもたらされる計り知れない国益を守り子々孫々に伝承していく意味において、現世代人の不可欠で回避できない課題といえる。

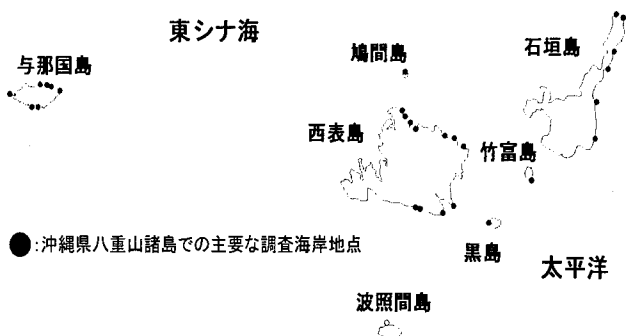


図 1 沖縄県八重山諸島での主要な調査海岸

2 漂着ゴミの分類調査・化学分析

漂着ゴミの調査方法は、筆者が提案している、海岸で打ち上がった漂着ゴミの個数を数え上げる個数評価方法によっている。漂着ゴミは国籍別と種類別に分類される。国籍別分類では、まず日本製ゴミ、外国製ゴミ、不明ゴミに分類し、外国製ゴミは、さらに中国製、台湾製、韓国製、ロシア製、その他(英字等)に区分する。種類別分類では、プラスチック類、ビン類、缶類、漁具類に大別し、漁具類はプラスチック製ブイ、発泡スチロール製ブイ、漁網塊の3種類を対象にそれぞれ区分する。漂着ゴミを定量的に評価し比較するために、数え上げた漂着ゴミの個数に加え、その個数を調査海岸長距離で除し1km当りの個数に換算して表示する。

漂着ゴミを定量的に分類することのねらいは、海岸域的に漂着ゴミの特徴を把握することに加え、防止処理対策の観点から、特に、漂着ゴミの国籍判別では、漂着ゴミの産出発生源や漂流漂着ルートの解明に、また漂着ゴミの種類大別では、漂着ゴミとなっているゴミの生産販売責任論や使用責任論の議論を高めるのに役立てていくことにある。

琉球列島での漂着ゴミ調査は1998年春季より開始し、毎年春季(3~4月)と夏季(8月)の2度の定期調査を継続してきた。最近の2006年夏季調査は9年目で18回目の調査となる。この9年間で12島を対象に延べ493海岸(延べ調査海岸長の総距離268.97km)を廻っている。1998~2001年間の琉球列島の調査結果は、日本列島での調査成果の一部として一度書籍『漂着ゴミ~海岸線の今を追って』(文芸社出版)にまとめている。再び2002年春季から新に調査を開始し、2006年夏季までに10度の調査を実施しており、これまで11島延べ258海岸を廻り、累積した調査海岸長の総距離は139.68kmである。紙面の関係上、ここでは主に、2005年春季調査の結果をまとめた、南方から北上する黒潮流流が運搬する漂着ゴミの真っ先の洗礼を受ける沖縄県八重山諸島(6島22海岸調査)の成果を基調に記述する(図1参照)。

海岸に山のように打ち上がった漂着ゴミの堆積放置やその浜焼き(焼却)は、海浜景観を破壊するだけでなく、有害な化学物質を誘発し、海浜生態系にも影響をおぼすことが懸念される。そこで、堆積する漂着ゴミと接する地表面の海浜砂や浜焼き痕跡のある海浜砂を採取し、漂着ゴミの堆積や焼却に起因して混入する可能性のある重金属類の化学分析を通し、化学的視点から漂着ゴミ汚染の評価へのアプローチを試みた。海浜砂や浜焼き砂の含有成分分析には蛍光X線回折装置(FP法:ファンダメンタルパラメータ法)を、両砂から溶出する重金属類の元素分析には原子吸光分光光度計(ファーンネス型)を使用した。溶出液の抽出は地盤工学会基準(JGS 0241-2000)に準拠して行った。なお原子吸光法による溶出液中の重金属類の分析評価に際しては、あらかじめ高周波発光プラズマ装置(ICP)で前分析を実施している。さらに近年度々、八重山諸島の海岸域に大量に漂着する廃油ボール(2006年春季調査で採取)の成分分析や球管類金属部分からの重金属類の溶解分析を行い、含有・溶出される有害化学物質の評価を試みている。原子吸光法で分析対象とした主な重金属類はAl、As、Cd、Cr、Mn、Pb、Sn、Zn、Cu、Niの10種類である。

3 原自然が破壊される歯止めの掛からぬ沖縄県八重山諸島の深刻な漂着ゴミ汚染の実態

2005 年春季の八重山諸島 6 島 22 海岸で確認した漂着ゴミの総数は 154475 個で、総調査海岸距離 9.31km で除し、1km 当りに換算すると 16592 個/km となる。大体 1km 当りに換算して 5000 個を超えると、漂着ゴミが浜一面に散在し深刻な状態になっている(写真 1 参照)。各年で廻る島や各島での調査海岸数・距離は多少異なるが、これまでの琉球列島での春季調査では、1998 年が 1749 個/km、2000 年が 8482 個/km、2003 年が 10195 個/km であったことから、毎年確実に増加傾向にあることが分かる(図 2 参照)。ちなみに 2005 年春季調査での 16592 個/km は、7 年前の 1998 年春季調査で確認された 1749 個/km のほぼ 10 倍に激増している。

調査を開始したころの 7 年前に比較して、漂着ゴミ問題に対する社会的関心や島民・自治体等の意識は格段と高揚している。当初ほとんど確認されなかった海岸清掃活動の痕跡は、2005 年春季の調査では、22 海岸中 13 海岸(約 6 割)で確認している。しかしそれにもかかわらず、7 年前のほぼ 10 倍に激増し、足の踏み場もないほど漂着ゴミに埋め尽くされた海岸が絶えないのは、実際には、調査数を遥かに超える量の漂着ゴミが、琉球列島に毎年押し寄せていることを意味している。



八重山諸島 6 島 22 海岸での 2005 年春季調査

の総ゴミ数(154475 個)の内訳は、日本製ゴミが 3024 個(325 個/km)、外国製ゴミが 37012 個(3976 個/km)、不明ゴミが 114439 個(12292 個/km)で、それぞれ総ゴミ数に占める比率は 2.0%、23.9%、74.1%となり、毎年のように判別不能な不明ゴミの占める割合は圧倒的に多いが、判別できた外国製ゴミの占める比率は日本製ゴミの約 12 倍に達していた(図 3 参照)。ちなみに 2003 年春季調査では総ゴミに占める外国製ゴミと日本製ゴミの比率はそれぞれ 23.8%と 2.9%で外国製ゴミが約 8 倍、また 2001 年春季調査では両ゴミの比率はそれぞれ 20.1%と 5.1%で約 4 倍であった。やはり近年、漂着ゴミに占める外国製ゴミが急増傾向にあることが分かる。そこで 2005 年春季調査での外国製ゴミ数(37012 個)を国籍別に比較してみると、中国製ゴミが 23055 個(62.3%)、台湾製ゴミが 6183 個(16.7%)、韓国製ゴミが 5755 個(15.5%)、その他が 2019 個(5.5%)で、外国製ゴミの 6 割以上が中国製ゴミとなっていた。ちなみに 2003 年と 2001 年春季調査では、それぞれ中国製ゴミが 61.7%と 50.1%、台湾製ゴミが 14.0%と 18.3%、韓国製ゴミが 20.0%と 25.3%、その他が 4.3%と 6.3%であった。特に 2005 年春季調査では 4 年前の 2001 年春季調査に比較して、外国製ゴミのうちで中国製ゴミが 10%以上増加していた。さらにこの外国製ゴミに占める中国製ゴミの比率

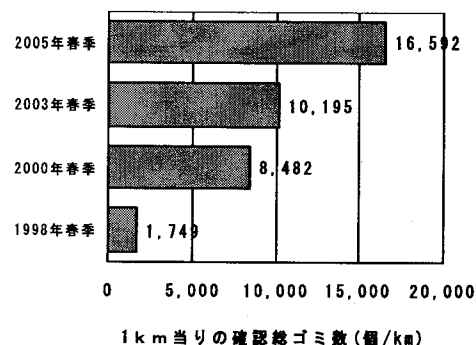


図 2 歯止めの掛からない漂着ゴミの実態

は、2000 年春季が 57.4%、1999 年春季が 41.5%、1998 年春季が 31.8%であったことからすれば、2005 年

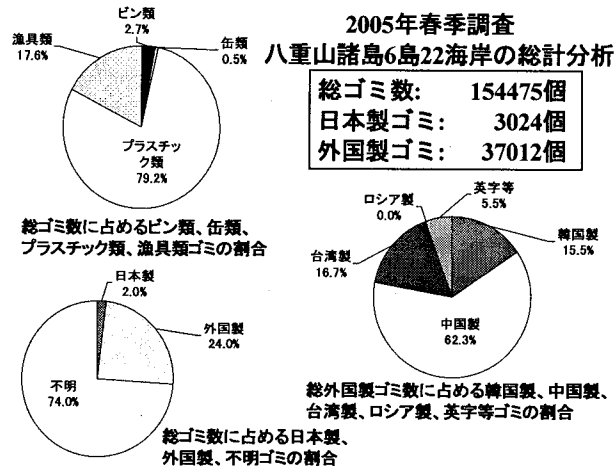


図 3 2005 年春季調査の総計分析(八重山諸島)

春季調査での62.3%を占める中国製ゴミの比率は、調査当初の1998年春季での31.8%に対してほぼ2倍に増大していることになる(図4参照)。このことは上述したように、1998年の7年前に比較して漂着ゴミの絶対量(総ゴミ数)もほぼ10倍に増大していることを考慮すると、数量的には中国製ゴミは20倍以上に達していることを意味している。

このような漂着ゴミの実態分析から判断すると、八重山諸島における近年の激増する漂着ゴミには、黒潮海流に乗って遠距離漂流して漂着する中国製ゴミが大きな要因になっていると推察できる。また漂着ゴミの7割以上を占める不明ゴミは長期間・遠距離にわたって漂流・浮遊することによって発生する確率が高くなることから、この大量の不明ゴミにも相当数の中国製ゴミが含まれている可能性が高い。

漂着ゴミを種類別分類すると、154475個の総ゴミ数の内、プラスチック類が79.1%、漁具類が17.6%、ビン類が2.8%、缶類が0.5%で、漂着ゴミ数のほぼ8割を難分解性のプラスチック類ゴミが占めていた。この種類の漂着ゴミのほとんどは生活廃棄物と漁業廃棄物である。特に漁具類として使用された大小様々の発泡スチロール製ブイ群やその破片群の夥しい漂着実態は、亜熱帯の海岸線にあたかも真っ白な雪が降り積もったかのような異様な光景を醸し出し、八重山諸島の海岸線が発泡スチロール塊で埋め尽くされるのではないかと杞憂すら抱かされる深刻な海岸汚染を引き起こしている。発泡スチロール製ブイを含め、プラスチック製ブイ群や漁網塊の漂着など、容易に漂着ゴミとなる漁具類の構造的改善・技術的工夫や使用禁止などの措置対策を緊急に徹底することが、漁業関係者には強く求められる。

ちなみに調査した八重山諸島6島の中では石垣島、西表島、波照間島、与那国島での漂着ゴミ量が特に目立った(図5参照)。漂着状況は、4島いずれも島としての平均値では1km当りの漂着ゴミの総数は1万個を超えており、石垣島が20880個/km、西表島が12500個/km、波照間島が10547個/km、与那国島が43253個/kmで、竹富島が4471個/km、黒島が2896個/kmであった。なお2003年春季調査では、石垣島は11386個/km、西表島は8825個/km、与那国島は23825個/kmであったことから、2005年春季調査では三者の島でいずれも1.8倍、1.4倍、1.8倍に増大していた。6島いずれも不明ゴミが圧倒的に多く総ゴミ数の60~80%台を占め、日本製ゴミが5%未満、外国製ゴミが16~30%の構成比率となっており、毎年の調査傾向と同様に、島間でほとんど差異は認められなかった。外国製ゴミの漂着の最も高い島が与那国島で1km当り10849個、次いで石垣島(5012個/km)、西表島(2920個/km)、波照間島(1744個/km)、竹富島(911個/km)、黒島(825個/km)であった。この外国製ゴミも2003年春季調査と比較すると、やはり与那国島で2.5倍、石垣島で1.6倍、西表島で1.5倍に増大していた。外国製ゴミをさらに国籍別分類すると、いずれの島でも外国製ゴミ数の50~70%が中国製ゴミ、10~20%が台湾製と韓国製ゴミが占めていた。

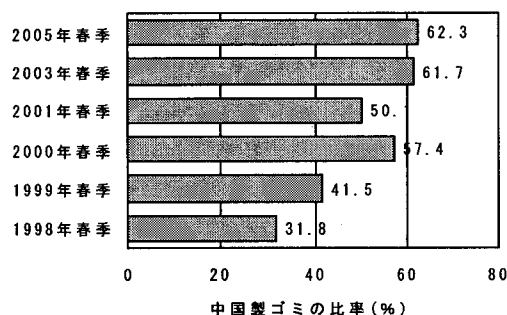


図4 増大する中国製ゴミの漂着

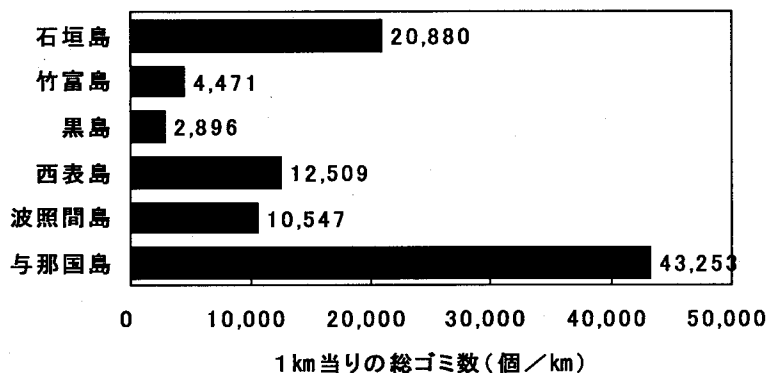


図5 各島々での1km当りの総ゴミ数(2005年春季調査)

4. 絶海の孤島小笠原諸島硫黄島・南鳥島に打ち上がる大量漂着ゴミが語ること

近隣諸国からの外国製ゴミが我が国の海岸に漂着するように、我々が廃棄した日本製ゴミもまた、遠距離漂流過程で多くは不明ゴミ化し、外国の海岸汚染を引き起こす深刻な問題がある。

1999年から7度上陸して調査している東京湾から約1200km離れた太平洋上に浮かぶ絶海の孤島硫黄島で

は、毎年、海岸線長 1 km 当り 2000～5000 個台の関東沿岸域に匹敵する大量の漂着ゴミが確認される(図 6 参照)。太平洋岸で確認される漂着ゴミのほとんど(90%以上)は、我々の排出した日本製ゴミであるが、1998 年と 1999 年に調査した三宅島と八丈島では日本製と判別できるゴミは 26%と 16%、硫黄島では 13%に激減する。逆に不明ゴミの割合だけが 63%、75%、78%と急増する。太平洋沖合に向うにつれ激減する日本製ゴミと急増する不明ゴミのこの実態は、太平洋岸から排出された我々の日本製ゴミが黒潮海流に乗り、さらに遠距離漂流する過程で不明ゴミ化するためである(写真 2 参照)。2003 年から

は硫黄島の東方海上約 1300 km に浮かぶ南鳥島(日本最東端島)での調査も開始している。南鳥島での漂着ゴミ数は 1 km 当り 400 個台で、硫黄島の 1/5～1/10 程度とかなり少ない(図 6 参照)。これは、南鳥島に常駐している人達が年に一度行う大々的な海岸清掃によるもので、清掃時には大量の漂着ゴミがサンゴ浜に打ち上がっているのが実態である。硫黄島と南鳥島での漂着ゴミの特徴は、数千 km も漂流して打ち上がるためか、プラスチック類は破片状で漂着するものが多く、ブイ等の漁具類や構造上強い酒ビン類が目につき、砂に埋れるように広大な浜一面に漂着している。中には医薬ビンや注射器などの医療廃棄物も確認される。両島への大量漂着ゴミの実態は、想像を超える大量のゴミが太平洋の大海原を延々と漂流している証とも言える。

ハワイ諸島の西方、日付変更線付近に浮かぶ、コアホウドリの世界一の繁殖地米国領ミッドウェー環礁は、近年、『漂着ゴミの島』に変貌しつつあるという。年間 11 トンを超え、島では処理しきれない漂着ゴミ量には日本製ゴミを含め中国、台湾、韓国などの近隣アジア諸国からのゴミが大量に含まれており、海洋生物に甚大な影響を与えていると、米国魚類・野生生物局が報告している。

5. 漂着ゴミと有害化学物質

1997 年 2 月から 2001 年 8 月までに全国主要海岸 718

箇所を調査した際、漂着ゴミの浜焼き処分による焼却痕跡を実に 6 割以上の海岸で確認した。現在、漂着ゴミの浜焼き行為は法律上禁止されているが、未だにその痕跡に遭遇する機会が多い。

漂着ゴミの 8 割以上が生活廃棄物や漁具類などのプラスチック類である。特に塩素を含んだプラスチック類からの有害化学物質の発生に加え、打ち上がった漂着ゴミの破損・劣化や腐食・分解によって有害化学物質が暴露される懸念もある(図 7 参照)。船底塗料や漁網の防汚剤としての有機スズ、ポリカーボネート樹脂やエポキシ樹脂のプラスチック製品の原料であるビスフェノール A、プラスチック製品の可塑剤であるフタル酸エステルなどの環境ホルモンは漂着ゴミと密接に関連している。漁具類の漂着ゴミの中でも厄介な発泡スチロール製ブイはスチロール樹脂(発泡ポリスチレン)である。ポリスチレンの原料であるスチレンからは、

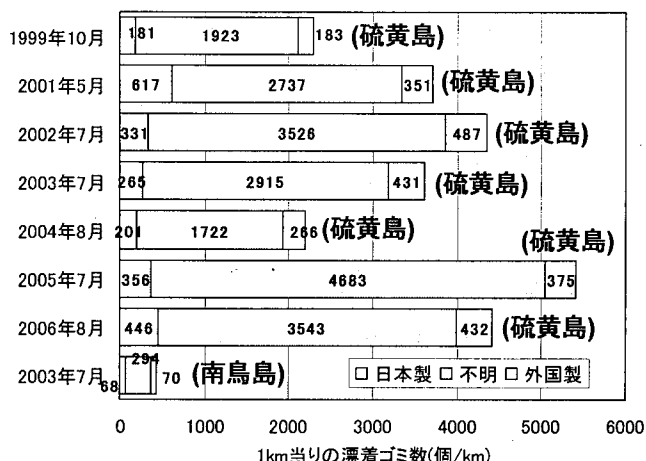


図 6 今までの小笠原諸島硫黄島・南鳥島での調査結果



写真 2 硫黄島に打ち上がった漂着ゴミの実態

中には医薬ビンや注射器などの医療廃棄物も確認される。両島への大量漂着ゴミの実態は、想像を超える大量のゴミが太平洋の大海原を延々と漂流している証とも言える。

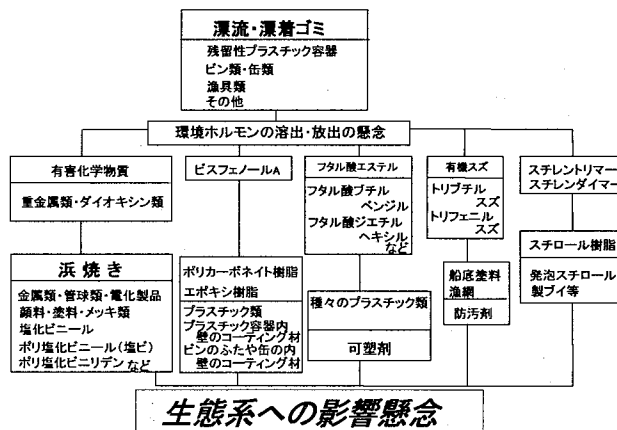


図 7 漂着ゴミと主要な有害化学物質との関連

スチレンダイマーやスチレントリマーの環境ホルモンが溶け出すことも懸念される。漂着する家電製品、球管類、ガスボンベなどは腐食・劣化し、金属部分から直接有害な重金属類が溶解する危険性もある。さらに多種多様な漂着ゴミには、種々の顔料、塗料、メッキなどが塗布され、その原料には有害な金属元素も添加されている。ここでは、漂着ゴミと有害化学物質との関連に関する初歩的なアプローチとして、まず重金属類について検討を加えた。

5.1 漂着ゴミからの重金属類溶出の懸念～浜焼きでの焼却灰を含んだ砂、漂着ゴミに埋もれた砂

まず浜焼き痕跡のあった海浜砂の含有元素組成の変化に着目する(新潟県北陸沿岸での海浜砂)。海岸で漂着ゴミが大量に焼却されると、当然、海浜砂には炭化物が生成されるため黒色に変質する。そのため海浜砂の主要な含有元素の中で、炭素(C)は増加し酸素(O)は減少する傾向にあり、炭素と酸素の含有量に比較的明瞭な変化が認められる(図8参照)。浜焼きで生成される炭化物は異物となって混入するため、学術的に貴重な星砂の浜や鳴き砂の浜などでは、敏感な海岸汚染のバロメーターとなる。またサンゴ粒子や石英鉱物粒子を主体とする白砂浜などでは、海岸での直焚き火やゴミ焼却などの行為は、白砂浜を黒砂浜に変貌させる重大な環境汚染行為となるので、公共的に厳しく禁じていく必要がある。

次に、以前にも報告しているが、その後採取したサンプルについて、焼却灰が混入した浜焼き砂(浜焼き砂)と通常海浜砂(非浜焼き砂)からの重金属類の溶出性を比較した代表的結果を提示する(図9参照)。溶出量は乾燥砂1g当りの溶出量($\mu\text{g/g}$)で表示している。土壤環境基準が設けられている重金属類では、いずれの重金属類も漂着ゴミの浜焼き効果で環境基準値を超える

ことはなかったが、しかしかなりばらつきは認められた。即ち、漂着ゴミの浜焼き効果によって明瞭に溶出濃度が増加する重金属類もあれば、そうでない重金属類もある。海岸によってもかなり異なっていたため、浜焼き効果と重金属類の溶出性について一概に評価することは難しい。今後、浜焼き砂の分析サンプルを増やすと共に、浜焼きされる漂着ゴミの量や種類

を規定した焼却を実施し、詳細に関連を検討する

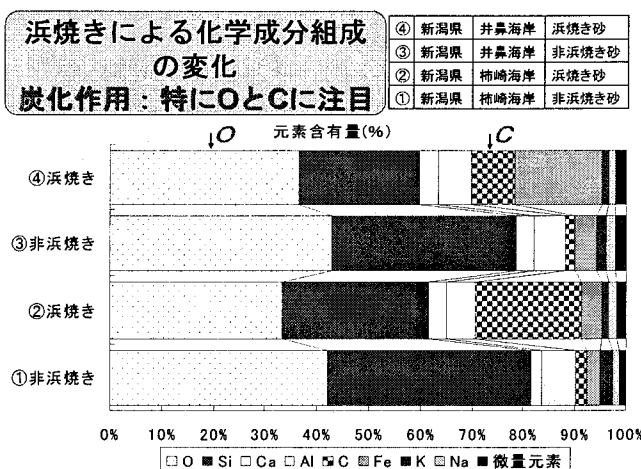


図8 浜焼きによる含有元素成分組成の変化

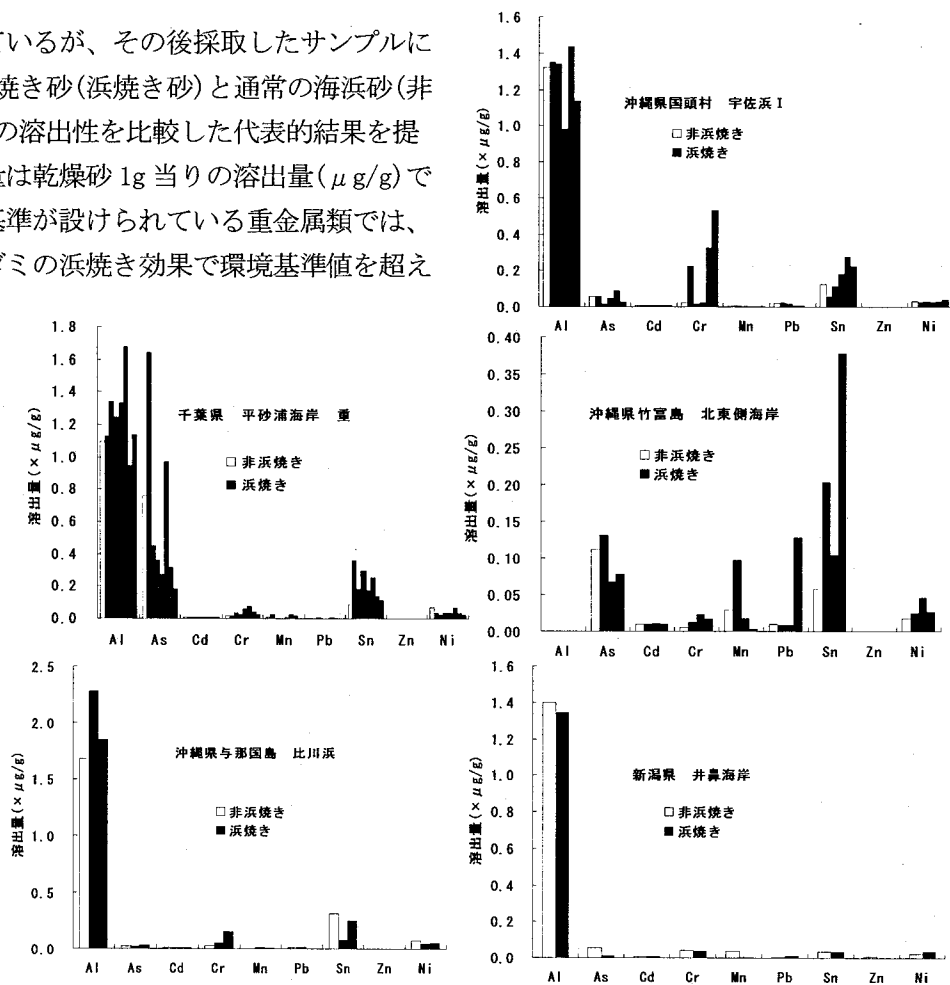


図9 浜焼きによる重金属類の溶出性の懸念

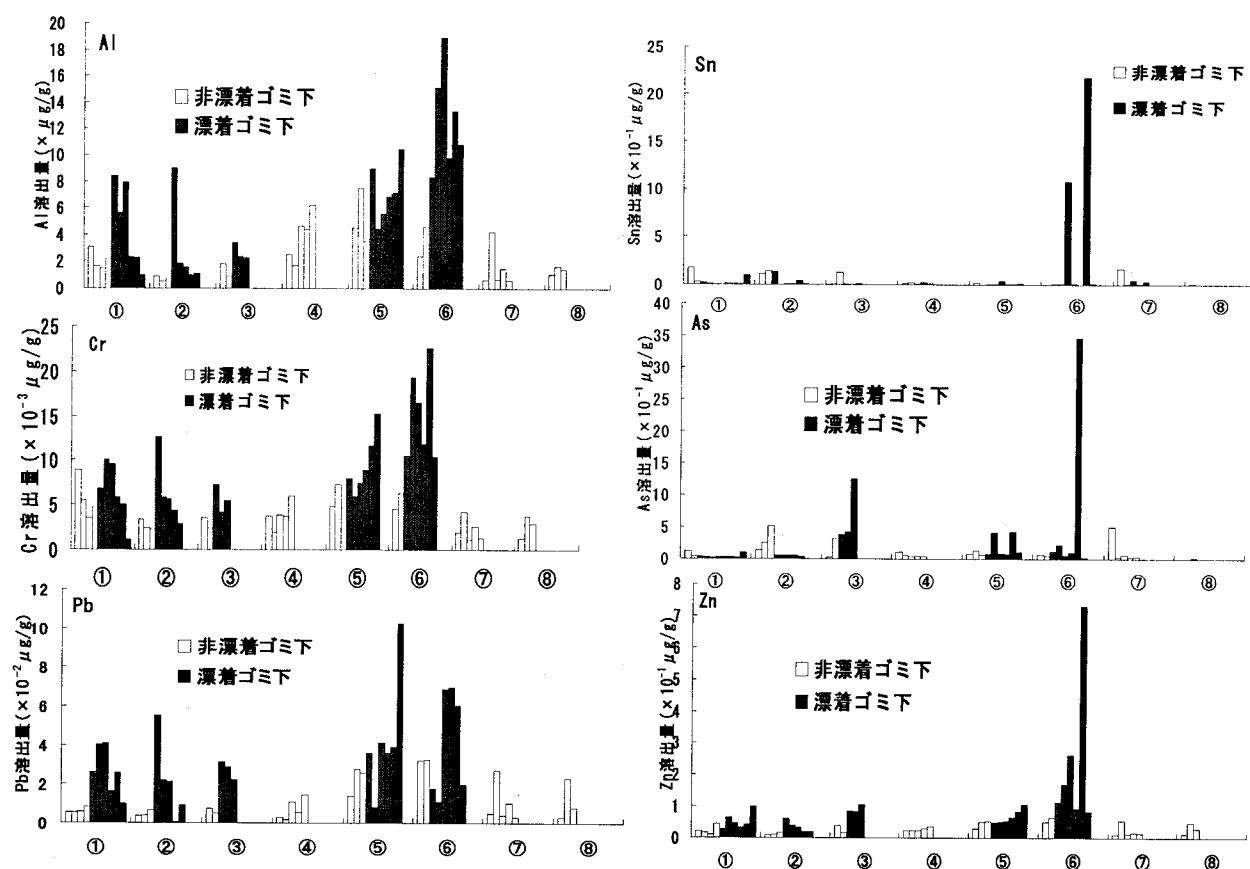


図 10 漂着ゴミの堆積による海浜砂からの重金属類の溶出性の懸念

ことが求められる。

さらに漂着ゴミで覆われた海浜砂(漂着ゴミ下)からの溶出性について波打ち際等の砂(非漂着ゴミ下)との比較から検討する(図 10 参照)。いずれの海岸(西表島と波照間島での 8 箇所の海岸(①~⑧)提示)においても、やはりかなりばらつきは認められるが、重金属類の溶出濃度が土壤環境基準を超えるケースはなかった。しかし各海岸での海浜砂では、溶出する重金属類の濃度は、漂着ゴミに覆われた海浜砂(漂着ゴミ下)において概ね高くなっている傾向が窺える。漂着ゴミによる海浜砂からの重金属類の溶出性は、漂着ゴミの中でも、当然、缶類、ビン等の蓋類、塗料・顔料、メッキ塗装、球管類、電化製品などの金属類ゴミが主体と思われるが、堆積している漂着ゴミの種類・量、堆積期間、分解腐食状況など、かなり複雑な要因に依存するものと考えられる。また我が国では使用禁止となっている有機スズが供給要因の一つとも推察されるが、スズが高い濃度で検出される場合もあり、未だに防汚剤として船底・漁網塗料に利用していることも考えられる。

以上、沖縄県八重山諸島を中心に全国 39 ヶ所の海岸で採取した 216 サンプルの海浜砂(浜焼き砂、非浜焼き砂、漂着ゴミ下砂、非漂着ゴミ下砂)の分析を実施しデータをまとめているが、紙面の関係上代表的結果を提示した。まだ分析データの集積段階にあり、初歩的アプローチとして提示したが、漂着ゴミによる海浜砂の科学的汚染判定や生態系への影響などを評価するには、さらに考察を深める必要があると考えている。

5.2 球管類金属部分からの重金属類溶出の懸念

種々雑多な漂着ゴミの中には、金属類や金属部品などを主材料・装着しているものも多い。重金属類などの有害化学物質を暴露する危険な IC チップ回路板や絶縁コイルなどが組み込まれた家電製ゴミ、電池やライターの着火金属部分、食料・飲料缶類に加え顔料・塗料・メッキ溶剤用等の缶類ゴミなどがよく目に付く。中でも八重山諸島の調査では、漁船で使用されたと思われる大小様々の球管類が大量に打ち上がっているのには、毎年、驚愕させられる。2006 年夏季調査では与那国島(6 海岸)で 248 個、西表島(8 海岸)で 2078 個、

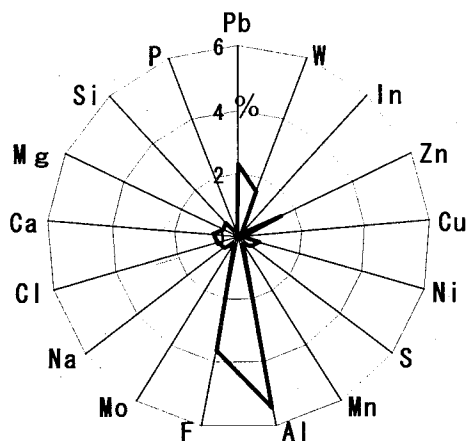


図 11 球管沈殿物質の主要含有元素の
 平均値(質量%, Fe 以外の元素)

表 1 球管溶解沈殿物質の主要含有元素成分組成(質量%)

含有元素	測定値範囲値(%)	平均値(%)	備考
Fe	52.235~94.776	80.391	金属部分主成分
Pb	0~2.414	2.293	好ましくない金属元素 少・微量成分
W	0~3.574	1.526	
In	0~1.074	0.134	
Zn	0~5.115	1.503	
Cu	0~0.444	0.145	
Ni	0~3.123	0.705	
S	0.084~1.217	0.460	
Mn	0~0.494	0.274	
Al	0.049~22.062	5.392	
F	0~14.423	3.608	
Mo	0.134~2.093	0.262	海塩成分混入など
Na	0.211~0.915	0.568	
Cl	0.117~2.129	0.708	
Ca	0.223~1.753	0.765	
Mg	0.033~1.941	0.525	少・微量成分
Si	0.139~1.403	0.605	
P	0.007~0.168	0.078	

石垣島(5 海岸)で 630 個、
 総計 2956 個(電球 2544 個、
 蛍光管 412 個)の球管類を
 確認している。

球管類ゴミの金属部分から
 の重金属類の溶出性を調
 べる目的で、16 個の球管類
 ゴミを採取した。金属部分
 を取り出し、500ml の蒸留
 水に浸潤させ静置し、異な
 る浸潤期間(30 日、73 日、
 247 日)で溶液を採水した。
 金属部分を浸潤させて数日
 経過すると赤色の沈殿物が
 生成されることから、採水
 溶液を 0.45 μ m 濾紙で吸引
 濾過し、沈殿物質を分離し、
 濾液を抽出した。金属元素
 分析は、沈殿物質と濾液に
 ついて実施し、前者は蛍光 X 線法、後者は原子吸光法によった。な
 お比較の意味で、飲料用金属製ビン蓋についても同様の実験を行っ
 た。まず分析した 8 サンプルの沈殿物質(浸潤期間 273 日の場合)の
 主要含有元素成分をまとめた結果(図 11 と表 1 参照)では、主成分
 である鉄(Fe)に加え、他に 17 元素が確認され、生態系等に有害な鉛
 (Pb)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)などの重金属類が比較的高
 い質量%で検出される。一方、原子吸光法で濾液に溶解している 10
 種類の金属元素を分析した結果(図 12 参照)では、やはり鉛(Pb)、
 亜鉛(Zn)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)アルミ(Al)がかなり高い濃度で検
 出されるが、しかし他の元素も含め、サンプル間や浸潤期間によっ
 てかなり測定値に変化がみられた。これは、球管類の種類や形式、

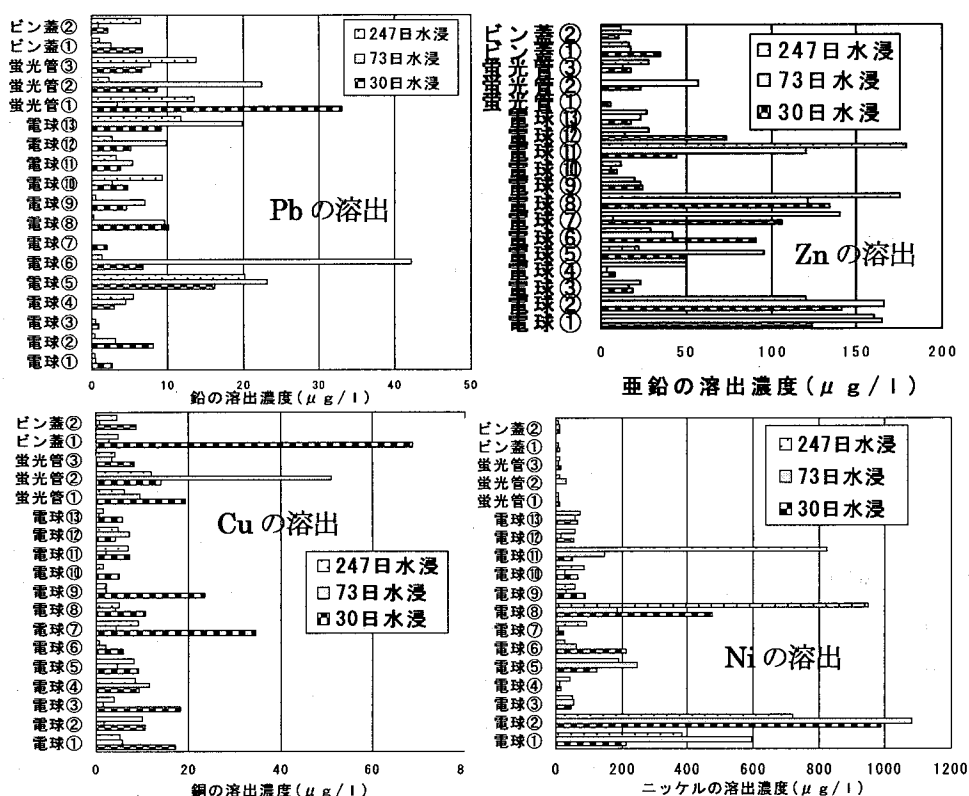


図 12 球管類金属部分から溶出する主な重金属類

表 2 球管金属部からの最大溶出濃度

重金属 元素	最大溶出濃度 (μ g/l)	金属単位質量当りの 最大溶出量(μ g/g)
Pb	42.152	0.357 (0.1以下)
Cd	83.061	0.703 (0.1以下)
Cr	0.491	0.00415 (0.5以下)
As	11.512	0.128 (0.1以下)
Cu	51.060	2.279 (125以下)
Zn	179.370	1.646
Sn	4.222	0.149
Ni	1078.661	7.408
Mn	158.359	1.178
Al	185.651	8.288

注: ()は環境省の土壤汚染基準値の換算値

腐食や劣化の度合など複雑な要因によっているものと思われる。球管類からの重金属類の溶出性の目安として、分析した 16 サンプルでの濃度の最大値と、それを金属部分 1 g 当りからの溶出量に換算し、土壤環境基準と対比してまとめた(表 2 参照)。このような分析結果から判断すると、大量に打ち上がった球管類がやがて、破損劣化し腐食分解が進行すると、海性生態系に好ましくない有害な化学物質を暴露し、海岸汚染の要因にもなることが懸念される。

5.3 深刻な海岸汚染を招く廃油ボールに含有される有害化学物質の評価

1998 年から本格的に開始した琉球列島での漂着ゴミ調査で、2003 年春季(3 月下旬～4 月上旬)調査で、初めて廃油ボールが大量に漂着したままの多くの海岸に遭遇し、廃油ボールによってサンゴ白浜の深刻な海岸汚染に発展する懸念を抱いた。2003 年春季調査に次いで、8 島 28 海岸を廻った同年の沖縄夏季調査(8 月)にも、与那国島、波照間島、西表島、黒島、石垣島の八重山諸島 5 島 24 海岸で漂着して間もない廃油ボールの長帯やその痕跡を確認した。さらに昨年の 2006 年 3 月下旬～4 月上旬に掛け、またしても琉球列島の広範な島々に大量の廃油ボールが襲来し、社会的にも大きな問題となった。その際、丁度、八重山諸島で春季調査にあったことから、調査で廻った与那国島、波照間島、西表島、鳩間島、黒島、竹富島、石垣島の 7 島 22 海岸で、帯状に漂着した大量の廃油ボールを確認した。漂着して間もない状況にあったことから、6 島(与那国島、波照間島、西表島、鳩間島、竹富島、石垣島)の 12 海岸で 14 サンプルの廃油ボールを採取し、海岸汚染の視点から、有害化学物質の含有量に注視し、化学成分組成などの評価を試みた。なお 2007 年 2 月には、またも八重山諸島に大量の廃油ボールが打ち上がったとの報道がなされている。

琉球列島の海岸で何度となく遭遇し確認した廃油ボールの成分は非常に粘性の高いタール状の C 重油であった。炭化水素を主成分としたこの C 重油には、炭素(C)、酸素(O)、水素(H)の他に、微量ではあるが硫黄(S)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)などの有害な化学成分を含んでいることが多い。太陽紫外線やバクテリアなどによって、最終的には、水(H₂O)と二酸化炭素(CO₂)などに自然分解し、無害化するまでには相当の時間を要する。そのため廃油ボールは極めて厄介な海洋・海岸汚染物質である。殊に、亜熱帯海洋性気候に位置する琉球列島の島々では、海岸などに打ち上がった廃油ボールは、気温の上昇と共に容易に融解し(35～40℃以上)、液状に変容した廃油ボールは、サンゴの白砂浜に滲み込むなど、海岸環境に深刻な打撃を与えることになる。

油は酸素(O)、炭素(C)、水素(H)(測定していないが)の元素を主成分としているので、本分析での廃油ボールでは、質量百分率の平均値で酸素と炭素の含量が 97%以上を占めていた(表 3 参照)。他に Cl、Na、Ca、Mg、K や Fe、Si、Al、P、S、Cu、Ni、F など、海塩の影響や本来の地層起源の影響と思われる 14 成分の元素が検出された。中でも生態系には好ましくないとされる、S、Cu、Ni が微量ではあるが、平均値で、それぞれ 0.171%、0.018%、0.013%検出された。波照間島、石垣島、与那国島、竹富島、西表島、鳩間島の 6 島での廃油ボールの含有元素の成分組成はほとんど類似した結果であったことから、各島々に漂着した廃油ボールの漂着時期は多少異なっていたが、同一発生源のものと推察される。しかしこの結果から、直ちに生態系への影響や汚染について論じることが難しいが、微量でも有害化学物質が含有されていることが確認された廃油ボールが、近年、度々しかも大量に、広範な海岸域に打ち上がることは、深刻な海岸汚染に発展していくことが懸念される。何れの漂着時期においても、近海での貨物船やオイルタンカーなどの船舶の座礁事故などは報告されていないことから、膨大な量の廃油の海洋への不法投棄が原因と思われる。防止対策強化

表 3 廃油ボールの主要含有元素組成(質量%)

含有元素	測定値範囲値(%)	平均値(%)	備考
C	92.907～97.104	94.894	主成分
O	1.273～3.672	2.582	
Cl	0.368～0.570	0.499	海塩成分混入
Na	0.314～0.465	0.401	
Ca	0.091～1.476	0.382	
Mg	0.069～0.100	0.085	
K	0.017～0.043	0.022	少・微量成分
Fe	0.292～0.429	0.336	
Si	0.097～0.138	0.109	
Al	0.096～0.148	0.119	好ましくない金属元素 少・微量成分
F	0～0.805	0.370	
S	0.134～0.243	0.171	
Cu	0.009～0.029	0.018	
Ni	0～0.023	0.013	極微量成分
Sr	0～0.047	0.010	
P	0～0.004	0.003	

の上からも、徹底的な原因の解明調査がのぞまれるところである。

6 国際的取り組みと政府機関の動き

このように我が国に襲来する近隣諸国からの外国製ゴミ、太平洋上の外国の島々を汚染する我が国のゴミなど、年々深刻度を増す海洋越境移動する海洋ゴミ問題に対処するため、2005年11月に富山市で、北西太平洋地域における「海洋ゴミ問題」に関する初の国際会議が、環境省などの主催により開催された。会合には日中韓露4カ国の行政官と研究者ら30名ほどが参加し、自国の海洋ゴミ問題への取り組みについて報告と情報交換、また関係者間のネットワーク構築推進の協議がなされた。まず、各国が自国のゴミが他国の海岸に漂着している実態を正確に認識し、ゴミを不適切に海に出さない方策や対策を確立して、発生源を封じていくことが不可欠である。同時に環境教育の一層の推進、環境保全に関する法律・条令等の徹底見直しを図り、ゴミ処理システムの在り方などについて十分な議論と取り組みが重要となる。今回の国際会議開催自体は大変有益であったが、年々、我が国における近隣諸国からの外国製ゴミは驚異的であり、景観や環境破壊問題を超え、『漂着ゴミに埋もれてしまう』という危機感さえ抱いている島や沿岸域もある。『なぜ、他国に越境移動して漂流漂着するゴミが発生するのか』という問題に、より一層的を絞って議論していくべきである。ただ大きな懸念事項として、当会議は日本海と黄海域を対象としており、琉球列島が位置する東シナ海域は含まれていないことである。黒潮海流が運搬する中国製ゴミの大量供給源となっている東シナ海域を対象海域に含めていくことが、海洋越境移動する海洋ゴミ問題の解決には不可欠である。2007年3月末に第2回の会議が予定されているが、このような課題を念頭に入れて、今後も会議を継続していくことが重要で、低減・防止に向けた議論を深めてもらいたいものだ。

このような近隣諸国との国際的な漂着ゴミ問題の取り組みに呼応して、ようやく政府機関も重い腰をあげたようだ。2006年2月に、「漂流漂着ゴミに関する対策会議」が設置され、2006年度末までを目処に、実効性のある具体的な防止処理システムを確立することを目的に、同年4月から数度の会議が開催されている。まずもって、政府の対策機関が取り組むべき課題は日本全体での漂着ゴミの実態と、膨大とされる量の正確な把握である。それによって、処理処分経費算出の具体化がなされる必要がある。深刻な漂流漂着ゴミ問題を抱える自治体や島々では、新たに条例や規制を設けて対処する動きが増えつつある。しかし、既に自治体やボランティア活動の清掃処理レベルを遥かに超えている沿岸域も多く見られる。沿岸自治体が実施する清掃処理対策への大々的経済支援や、清掃処理の容易性・効率性の面から、沿岸域の立地環境を考慮した、大胆な規制緩和などの要望が高まっている。特に、撤去費用の利用し易い助成制度や、大量の外国製ゴミが漂着する沿岸自治体には、その海岸域を特区化し、全面的に国の予算で処理処分する制度を設けるなど、政府の対策機関には、大量漂着ゴミを抱える沿岸自治体の嘆きに充分な耳を傾ける姿勢が強く求められる。また、海岸線からもたらされる国益を守るという重大な視点から、漂流漂着ゴミに関する実効性のある処理システムが一日も早く構築されることが期待される。

7 おわりに

漂着ゴミが誘発する有害化学物質に起因する海岸汚染の判定・評価方法や漂着ゴミの有効利用に関する調査技術等を開発・確立していくことは、実効性ある海洋ゴミの防止処理システムの構築を加速化していく役割を担うことに繋がり、土木工学分野からの環境技術的取組みが期待されるところである。

参考文献

- 1) 山口晴幸：漂着ゴミ～海岸線の今を追って、文芸社出版、2002。
- 2) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説-第1回改訂版-、pp. 157～185、地盤工学会、2000。
- 3) 読売新聞：コアハウドリの楽園奪う・海の漂流ゴミ、読売新聞社、1999年10月22日発行。
- 4) 山口晴幸：深刻な漂着ゴミ汚染問題、第13回地球環境シンポジウム講演論文集、pp. 269～278、土木学会、2005。