

漂着プラスチック類ゴミからの重金属類等の溶出性に関する考察

防衛大学校建設環境工学科 正会員 山口 晴幸

1. はじめに 海岸漂着ゴミの大半は生活廃棄物と漁業廃棄物が占める。種類は多岐に亘るがほとんどは石油製品であり、劣化・腐食・分解によって有害な化学物質が海水・海浜等へ曝露され、砂浜・湿地・干潟等の土壌・水質汚染や海浜生態系への影響が懸念されている。漂着ゴミから誘発される有害化学物質に関する究明への取り組みは、土壌・水質・生態系に及ぼす汚染学的な影響の解明と同時に、漂着ゴミの回収除去・処理処分事業を加速・継続させていく重要な役割を担っている。即ち、発生源の解明・抑制に止まらず、持続的な処理処分・削減防止対策に向けた積極的な取り組みを推進させていくことに役立つ。

2. 漂着プラスチック類ゴミの有害性 プラスチックは炭素(C)と水素(H)を主元素とした高分子化合物で、用途・機能に応じて、可塑剤、酸化防止剤、光安定剤、着色剤、難燃剤、帯電防止剤等の各種の成形助剤や添加剤が混入されている。これらの成形助剤や添加剤には有害化学物質が混入している場合が多い。例えば着色剤には顔料や染料が使用されており、中でも無機顔料の使用頻度が最も高い。着色剤の成分元素には、鉛(Pb)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、クロム(Cr)、セレン(Se)、アンチモン(Sb)、チタン(Ti)などの有害元素が含まれている。近年ではPb、Cd、Crなどの有害重金属系顔料の使用量は減少しているが、黄鉛などは経済面で他顔料への代替が難しく、ポリ塩化ビニルのプラスチックなどには未だに広く使用されている。他にも、特に臭素(Br)、燐(P)、塩素(Cl)、アンチモン(Sb)、アルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)等は難燃剤として、また可塑剤として燐(P)、塩素(Cl)等が添加・混入されている場合が多い。

当然、近隣アジア諸国からの海洋越境ゴミの場合には、生産国の製品規格や素材の違いによって、有害化学物質の種類・添加量は異なってくる。そのような視点から、漂着プラスチック類ゴミの有害化学物質を科学的に評価することは、漂着ゴミ汚染問題においては必須な課題である。

3. サンプルと分析 東シナ海沿いの琉球列島や日本海沿岸域・離島では、近隣アジア諸国からの海洋越境ゴミが大半を占める海岸域もあることから、生産国の製品規格や素材の違いによる影響を検証するために、有害元素に関する国籍別の溶出性の評価を試みた。表1に示すように、各島の海岸域でランダムに採取した漂着プラスチック容器類ゴミ(53サンプル)を日本製、中国製、台湾製、韓国製、他外国製(ロシア等)の5つの国籍に区分した。単体1個(容器1個)を1サンプルとして、国籍ごとにそれぞれ10サンプル(10種類の異なる容器類10個)選定した。但し中国製のものには13サンプルとした。サンプルの前処理として、表面の汚れや塩分等を完全に除去するため、脱イオン水で入念に洗浄し、さらに20分ほど超音波洗浄した後、風乾して5mm四方以下の大きさに細かく裁断した(写真1)。ガラス製容器に裁断試料10gと浸潤溶媒30mlを入れ、固液比は1:3の条件で溶出試験を実施した。手順等は環境庁告示第46号や地盤工学会の土壌試験法に準拠した。溶媒濃度は、それぞれ0.0001% HCl (pH=4.69)、0.01% HCl (pH=2.59)、1% HCl (pH=0.65)の3種類とし、溶媒中での浸潤期間は30日に固定し、期間終了後6時間振とうとシマイクロフィルター(0.45μm)で吸引濾過し溶出検液を抽出した。なお30日の浸潤期間中7日ごとに1時間の振とうを繰り返し含有元素の溶出の促進を図った。重金属類等の有害元素(10元素)の溶出性の評価には原子吸光分光分析法を適用した。ちなみに国籍別と3種類の浸潤溶媒を設定していることから分析サンプルの総数は159サンプルとなった。

表1 代表的島での採取状況

調査海岸域	調査海岸数	採取サンプル数 プラスチック片
新潟県柿崎町	1	1
神奈川県横須賀市	1	14
長崎県対馬	1	1
沖縄県本島	2	5
沖縄県宮古島	2	8
沖縄県石垣島	2	4
沖縄県西表島	8	10
沖縄県竹富島	1	1
沖縄県多良間島	1	2
沖縄県与那国島	2	7
合計	21	53



写真1 裁断サンプル例

キーワード 漂着ゴミ, プラスチック類ゴミ, 重金属, 海岸汚染

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810

4. 有害元素の国籍別溶出性の評価

国籍別ごとに10サンプル(但し中国製は13サンプル)の分析を実施しているが、各国籍でそれぞれ平均値を求め、10元素の溶出量を浸潤溶媒のHCl濃度別に比較したのが図1である。各元素での溶出量は、浸潤溶媒のHCl濃度によって、明らかに異なっていることがわかった。最も濃度が高い1%HClの場合には、10元素の内4元素(Pb, Cr, Al, Zn)が、いずれの国籍のものにおいても最も高い溶出量を呈した。Sbの場合には、酸性度が高いほど低下する傾向を示したが、他外国製プラスチックの場合のみ、高い溶出量を示した。一般に、浸潤溶媒のpHが小値なほど酸性度は高いことから、プラスチックからの有害元素の溶出量は増すと予

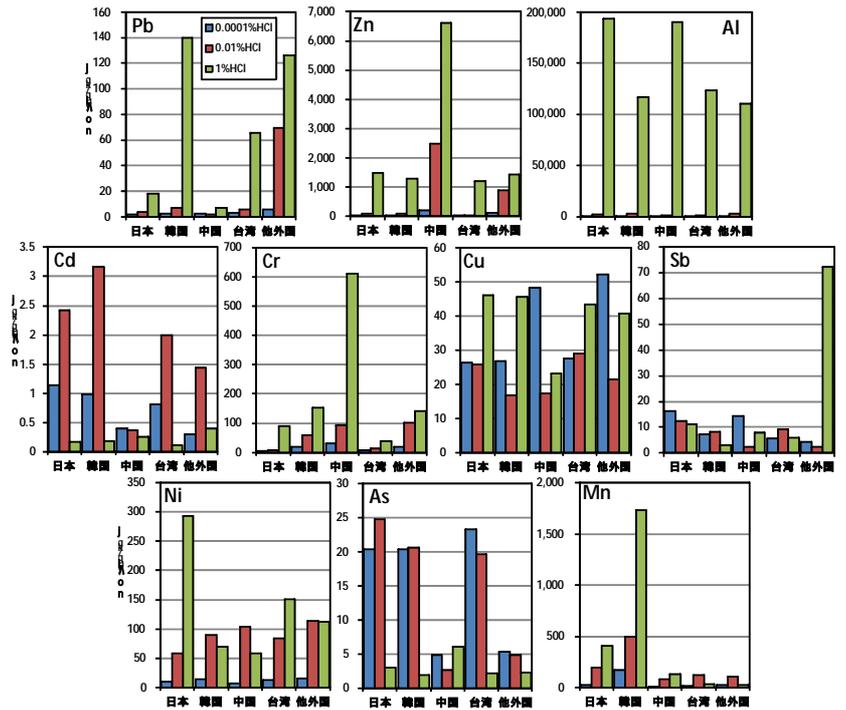


図1 国籍別プラスチック類ゴミからの各元素の平均溶出量(溶媒濃度別)

想される。しかし、Asの場合には0.0001%HClと0.01%HClでほぼ同値で、Crでは0.01%HClで最大値を示した。Cuの場合には0.0001%HClで中国と他外国製プラスチック、日本、韓国、台湾製プラスチックでは1%HClで最大の溶出量となった。Mnの場合には、日本、韓国、中国製プラスチックが1%HClで最大の溶出量を示したが、台湾製、他外国製プラスチックでは0.01%HClの場合であった。

さらに各元素の溶出量をみると、国籍別や浸潤溶媒のHCl濃度によってかなり異なった傾向を示しているといえる。しかし概ね浸潤溶媒の酸性度が高くなるに従って、溶出量が増加する元素の多い傾向にあることがわかった。但し、元素によっては、高い溶出性を示す潜在的なpHの値が存在する可能性も示唆された。浸潤期間中に溶出した元素と新たな錯体などの化学成分が生成され、溶出性が阻害されることも想定される。

以上の結果より漂着プラスチックゴミの国籍的な特徴を要約すると、製法・素材の相違によるものと推察されるが、いずれの国籍の場合にも浸潤溶媒のpH濃度が高い程、PbやCrなどの有害物質は高い溶出性を呈し、総じて浸潤溶媒のpHの効果を確認された。なお浸潤溶媒のpH濃度が低い場合では、いずれの国籍においてもAl, As, Crで高い溶出性が認められた。

なお自然界には、1%HCl(pH=0.65)のような高い濃度の水質は、ほとんど存在しない。しかし0.01%HCl(pH=2.59)または0.0001%HCl(pH=4.69)程度の酸性度は、生物の胃腸液や強い酸性雨などのpH濃度とほぼ類似している。3種類の浸潤溶媒のHCl濃度(pH)で、プラスチック類ゴミからの溶出量を検討したが、アルカリ的環境下に曝される海岸漂着ゴミを対象とした場合には、プラスチックの放置劣化に伴う溶出元素の促進性などを鑑み、どのような浸潤溶媒のHCl濃度を採用すべきか、考慮すべき事項のひとつであり、今後、検討すべき課題でもある。ここでは、漂着ゴミの生物の体内への取り込みや漂着後の酸性雨等による劣化を考慮して、0.01%HCl(pH=2.59)から0.0001%HCl(pH=4.69)程度の浸潤溶媒を基調とすべきと考えている。

5. おわりに 石油から生成されたプラスチック類のゴミは自然界に排出されると、人が回収するまで残留し続ける。紫外線や波風の影響を受け、劣化して細粒化が進展するほど拡散・移動がし易くなるため、回収除去は一層困難となる。プラスチック自体に含まれている有害物質の混入・溶解等に起因して、水質・土壌汚染や生態系汚染が誘発される危険性が懸念される。国籍・材質等が多岐に亘る漂着ゴミと有害物質との関連に関する科学的な解明が一層重要となる。