

漂着ゴミからの有害元素成分の潜在的溶出量の推定評価

防衛大学校理工学研究科 学生会員 ○岡山 伸吾
防衛大学校建設環境工学科 正会員 山口 晴幸

1 漂着ゴミの実態概要

我国の海岸域に打ち上がる漂着ゴミは、大半が生活廃棄物と漁業廃棄物に大別される。琉球列島や日本海沿岸域には黒潮海流や対馬海流によって、中国や韓国等近隣アジア諸国からのゴミが大量に押し寄せ、深刻な景観破壊や海岸汚染を誘発し続けている実態が指摘されて久しく、漂着ゴミ問題は厄介な環境問題の一つとなっている。本研究では、漂着ゴミからの有害元素成分の定量的な推定方法を提案している。有害物質を定量的に評価することは、全国的に深刻な環境災害を齎している漂着ゴミの迅速な回収除去と、持続的な処理処分事業の加速化に役立てられることが期待できる。

2 漂着ゴミの調査分析の手法

1997年春季より継続している漂着ゴミ調査は、当初は調査の手法も確立されておらず、当研究室では発生供給源と漂流漂着経路の解明把握を主目的として、個数評価法による定量的な調査方法を開発し、これまで全国延べ1,700ヶ所以上の海岸に及ぶ調査データの分析を試みてきた。個数評価法は、海岸踏査で漂着ゴミを種類別と国籍別に判別区分しながら、個数と調査海岸長を記録し、漂着ゴミの海岸域的特徴を定量的に評価する手法である。

3 漂着ゴミの調査分析データのモデル化

3.1 調査海岸域のモデル化

一般に、漂着ゴミに関する実態調査の分析評価は、島毎や県市町村単位で実施され、漂着ゴミの種類・国籍や季節的傾向などの海岸域的特徴を把握し、処理処分事業や防止削減対策などに反映される場合が多い。図1に表示するように、島や沿岸域での調査範囲を考慮して、複数の調査海岸から構成される調査海岸域を設定する。また、 j 調査海岸域での調査海岸長 $l(j)$ 及び調査範囲での全調査海岸長 (L) は、次式で表示できる。

$$l(j) = \sum_{i=1}^{n_j} l(j)_i = (l(j)_1 + l(j)_2 + \dots + l(j)_{n_j}) \dots (1)$$

$$L = \sum_{j=1}^m l(j) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} l(j)_i \dots (2)$$

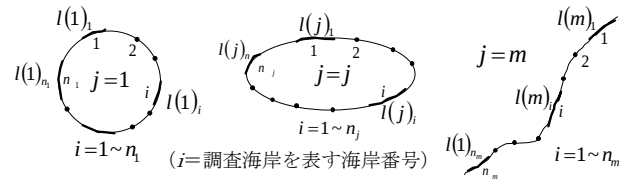


図1 調査海岸及び調査海岸域のモデル化

3.2 潜在的溶出係数の定義と設定

海岸に打ちあがる漂着ゴミは、種々の化学物質が添加された石油製品類、重金属類を含有する金属製品や金属部品類、顔料・塗料等の着色剤や発光剤などが塗布・混練りされた容器類など、種類は多岐に亘る。このような製造物品に含有されている有害物質や、漂流・浮遊過程で付着・吸着した汚染物質が主要な原因となって、多種類の漂着ゴミから危険な重金属類等の有害物質の溶出性が検証される。そこで、漂着ゴミからの有害元素成分を定量的に推定するために、漂着ゴミの溶出能力を評価する指標として、潜在的溶出係数を定義する。潜在的溶出係数は、各種主要な漂着ゴミに関する有害元素成分の溶出分析で得られた溶出量から算定される。この係数は、各種の漂着ゴミにおいては有害元素成分ごとに設定され、例えば、単位乾燥質量当りの漂着ゴミからの溶出量 $\mu\text{g/kg}$ (漂着ゴミ 1kg 当りの溶出量 μg) として表示される。漂着ゴミには、近隣アジア諸国からのものが多数混在しているため、同種類の漂着ゴミからの有害元素成分の溶出性では、国籍による相違が検証されている。よって、国籍による溶出性の相違は、生産国の成分・素材や規格・製造方法等の相違に依存していると推察されることから、基本的には国籍の影響を考慮して設定することとした。漂着ゴミの種類として、プラスチック類ゴミ、発泡ス

表1 プラスチック類ゴミの国籍別潜在的溶出量 (一部)

国籍区分	各元素成分の国籍別潜在的溶出係数 ($\mu\text{g/kg}$)			
	Pb	Cr	Cd	As
	$\alpha^{Pb(X)}$	$\alpha^{Cr(X)}$	$\alpha^{Cd(X)}$	$\alpha^{As(X)}$
日本製(J)	1.60	4.02	1.14	0.25
韓国製(K)	2.75	19.12	0.99	0.38
中国製(C)	2.69	30.15	0.41	0.36
台湾製(T)	3.27	7.04	0.81	0.44
他外国製(O)	5.70	19.47	0.30	0.19

キーワード 漂着ゴミ, 有害物質, 重金属類, 潜在的溶出量, 定量的推定方法

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

チロールブイ、プラスチックブイ、球管類ゴミ(電球類・蛍光灯管類の金属部分)、ビン類ゴミ(金属キャップ)を取り上げた。潜在的溶出係数を算定した溶出試験は、土壤環境基準に準拠した実験条件で行った。サンプル間でばらつきの傾向はあるが、便宜上、平均値を用いて潜在的溶出係数の値を設定した。プラスチック類ゴミの潜在的溶出係数の一部を表1に示す。

3.3 平均的質量換算係数の導入

当研究室では海岸漂着ゴミ調査の開始以来、漂着ゴミ量の評価は全て個数評価法で実施し、データの蓄積を図ってきている。潜在的溶出係数を導入して漂着ゴミからの有害元素成分の溶出量を算定する本推定方法では、各調査海岸でカウントした漂着ゴミ量を個数から質量に換算する必要がある。各種類の漂着ゴミにおいて、形状・寸法・材質等が異なるものが多いことから、当然、個々の漂着ゴミ間の質量も異なる。しかし、個々の漂着ゴミの質量を調査海岸域単位で求めることは現実的に難しい。そこで、主要な漂着ゴミの種類ごとに、漂着ゴミの個数から質量を算定するために平均的質量換算係数を導入することとした。基本的に、漂着ゴミ1個当たりの平均的質量として定義される係数である。算定値を表2に示す。なお国籍不明なゴミに関しては、種類ごとに、調査海岸域における国籍判別可能なものの個数による加重平均により、その係数を求めた。

表2 プラスチック類ゴミの平均的質量換算係数一覧

計測サンプル(個)	国籍区分	平均的質量換算係数(kg/個)
240	日本製	m_{α}^J
225	中国製	m_{α}^C
148	韓国製	m_{α}^K
157	台湾製	m_{α}^T
87	他外国製	m_{α}^O

4 調査海岸域等ごとの潜在的溶出量の推定方法の提案

前項で定義した潜在的溶出係数と平均的質量換算係数を導入して、各種の漂着ゴミからの有害元素成分の潜在的溶出量を推定するための算定式を提案する。ここでは多種類の漂着ゴミへの展開を考慮し、一般的な表示式を誘導する。 j 調査海岸域における i 調査海岸での調査データは、先述したように基本的には漂着ゴミの種類ごと、さらに国籍別に個数が集計され、対応する潜在的溶出係数と平均的質量換算係数が設定される。よって、各タイプの漂着ゴミにおいて、それぞれの国

$$T_{\alpha} : d^A(j)_{\alpha} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{X=j}^U \alpha^{A(X)}(j)_i \cdot p(j)_i^X \cdot m_{\alpha}(j)_i^X \cdots (3)$$

表3 j 調査海岸域の i 調査海岸での各パラメータ

漂着ゴミの種類	潜在的溶出係数	漂着個数	平均的質量換算係数
T_{α}	$\alpha^{A(X)}(j)_i$	$p(j)_i^X$	$m_{\alpha}(j)_i^X$
T_{β}	$\beta^{A(X)}(j)_i$	$q(j)_i^X$	$m_{\beta}(j)_i^X$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
T_{ω}	$\omega^{A(X)}(j)_i$	$z(j)_i^X$	$m_{\omega}(j)_i^X$

X:国籍, A:有害元素成分,ギリシャ文字:漂着ゴミの種類

籍の漂着ゴミからの溶出量を重ね合わせることで算定できるものとする。(3)式は j 調査海岸域でのプラスチック類ゴミ(T_{α})からの潜在的溶出量を表している。表3には、一般的パラメータ表示の考え方を示している。

5 調査分析データの本推定方法の適用例

当研究室では琉球列島での漂着ゴミ調査は1998年春季より本格的に開始している。ここでは2009年春季の沖縄県宮古島の各海岸での調査データ(表4)への本推定方法の適用例を示す。

表4 沖縄県宮古島の各調査海岸における調査データ

調査海岸名	各調査海岸でのプラスチック類ゴミの国籍別漂着数					p(j) _i (個)
	日本製	中国製	台湾製	韓国製	他外国製	不明
池間北側海岸	73	957	148	107	68	3104
マイバービーチ	45	380	29	45	23	1126
保良漁港脇海岸	89	960	153	113	37	4349
島尻海岸	24	368	45	30	29	1284
小計	231	2665	375	295	157	9863

表1,2,4及び(3)式により、宮古島海岸域における各有害元素の国籍別潜在的溶出量は表5に示すように算定される。

国籍区分	各元素の国籍別潜在的溶出量(μg)			
	Pb	Cr	Cd	As
日本製(J)	12.79	32.13	9.11	2.00
韓国製(K)	205.75	2306.04	31.36	27.53
中国製(C)	56.28	121.18	13.94	7.57
台湾製(T)	28.31	196.85	10.19	3.91
他外国製(O)	40.72	139.08	2.14	1.36
不明(U)	881.73	7802.58	167.76	110.44
小計	$d^{Pb}(j)_{\alpha}$	$d^{Cr}(j)_{\alpha}$	$d^{Cd}(j)_{\alpha}$	$d^{As}(j)_{\alpha}$
	1225.58	10597.86	234.51	152.81

表5 宮古島全域における各元素の潜在的溶出量

(1)と(2)式を適用することで、海岸長1km当りの各元素の潜在的溶出量(μg/km)を評価できる。以上、個数評価法によるデータを利用し、平均的質量換算係数と潜在的溶出係数を導入する本推定方法を適用することで、各調査海岸や各調査海岸域での漂着ゴミからの潜在的有害元素成分の溶出量を推定することが可能となる。

6 まとめ

漂着ゴミの種類は多岐に亘り、有害物質の曝露が懸念される危険な漂着ゴミも多数確認される。漂着ゴミと有害物質の関連性を科学的に究明していくことは、漂流・漂着ゴミ削減対策に向けた国機関の積極的な取り組みに繋がるものと確信している。