

# 漂着ペットボトルの製造国解析による 博多湾の海岸環境の特性調査と 環境教育への活用

清野 聡子<sup>1</sup>・小島 あずさ<sup>2</sup>・富田 宏<sup>3</sup>・由比 良雄<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 九州大学工学研究院環境社会部門准教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744番地)

E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 一般社団法人JEAN (〒185-0021 東京都国分寺市南町3-4-12 マンションソフィア202)

E-mail: azusa@jean.jp

<sup>3</sup>非会員 九州大学工学研究院環境社会部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744番地)

E-mail: tomida@civil.kyushu-u.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 海ごみドット・コム (〒780-8014 高知県高知市塩屋崎町2-9-22 II-201)

E-mail: yuhi@frogman-cmdr.com

海岸漂着ゴミは深刻な環境問題になっており、アジア諸国の経済発展とともに対馬暖流の沿岸地域では海ゴミが激増している。私たちは、福岡市博多湾沿岸で2008年から海ゴミのうち、サイズが大きく、文字による製造国判別が行いやすい漂着ペットボトルを調査した。概括的な結果として、博多湾の玄海灘に面した海岸(海の中道、唐泊など)は海外産が、湾奥は日本産が多かった。湾口付近は、海外産の割合が中間的であった。また着目点を、製造国の割合でも有無でも結果はあまり変わらなかった。漂着物に作用する外力は多様であり、代表性の精度やサンプリングの労力を考えると、現実的には、製造国の有無による海岸環境特性の描出結果はある程度妥当と考えられる。

**Key Words :** marine debris, PET bottle, Hakata Bay, citizen science

## 1. はじめに

海岸漂着ゴミは、身近な越境環境問題である<sup>1)</sup>、しかし科学的にはやっと解明されるようになった<sup>2)</sup>。対策には、多セクターの協働が必要である<sup>3)</sup>。

博多湾は面積約133km<sup>2</sup>を有し、古代より約2000年間、港湾利用されてきた歴史を有する。博多湾湾奥や今津湾は浅く、埋立地が広がり、湾口にむけて深度は浅く、志賀島と糸島半島の間に浅い場所があるため、湾口に凹部が形成されている。福岡市はこのように多様な沿岸地域を有し、海岸によって、海ごみの来歴が異なると考えられる。そこで私たちは、博多湾沿岸の環境の違いを分かりやすく認識する試みとして、沿岸に漂着するペットボトルを収集し、原産国ごとに集計を行った。こうした沿岸の漂着物の収集は、ビーチクリーンに市民に広く親しまれており、沿岸環境の多様さを理解するためのツールとして今後地域に根差した環境保全などに発展する高い可能性を有している。

## 2. 調査方法と調査地の設定

空間的な広がりをもった事象を調査する場合、調査地点の配置は結果に大きな影響を与える重要な問題である。東シナ海や日本海沿岸では漂着ゴミが多く、その沖を流れる対馬暖流は漂流ゴミを多く輸送していると考えられる。一方、日本から海洋への流出ゴミは明らかに問題である<sup>1, 2)</sup>。このように海外・国内の2系統の漂着ゴミの関係性を観測するための調査地として、対馬暖流に面した大都市として、玄海灘に面した博多湾を擁する福岡を選定した。調査地点の設定は、対馬暖流との距離が近く、冬季の季節風が吹き付ける外海に面した海岸、湾内、その中間にある湾口付近という3タイプに分け、博多湾周辺で8か所の調査地点を設けた(図-1)。

材料は、海ゴミのうち、サイズが大きく、文字による判別が行いやすい漂着ペットボトルとした。博多湾とその周辺における漂着ペットボトルの調査は、2008年度より、季節風が吹き終わる3月から4月上旬、台風や出水が



図-1 博多湾周辺に設置した調査地点の分布.

収束する9～10月の年2回実施してきた。各調査地点で任意に100本採集し、ラベルやキャップの記載文字から製造国を分類した。ここで解析対象としたデータセットは、2008年9月、2009年9月、2010年9月、2011年9月、2012年10月の実施分である。調査地は、博多湾と周辺海岸のアクセス可能な砂浜浜8地点を選び、湾口から湾奥までの地形条件により3グループに分けた(図-3)。1つめは、玄界灘に面したシオヤ鼻(St. 1)、志賀島の勝間・黒瀬(St. 2)、唐泊北(St. 8)のグループ。2つめは、博多湾の湾口の近くに位置する志賀島の葉浜(St. 3)、能古島の能古島キャンプ場(St. 5)、能古島の白鳥崎(St. 6)、長浜(St. 7)のグループ。3つめは博多湾の湾奥に近い海ノ中道南(St. 4)である。

### 3. 漂着ペットボトルデータの統計解析

博多湾とその周辺で発見されるペットボトルは、ラベルやキャップの文字により製造国が判別できる。本研究では、福岡と諸外国との地理的關係からして、海外産のペットボトルのうち、より南部に位置する中国・台湾の製品は対馬暖流の、北部に位置する韓国の製品は冬季の季節風の影響との作業仮説をたてた。海外産ボトルの沿岸における分布、漂着数は、海流や風などの海洋の環境の状態によって変動する。本研究では、各年の秋季に得られたデータを対象として海岸に漂着するペットボトルの原産国とその個数といった情報から、沿岸の海流や風といった環境の類似性を評価した。こうした沿岸・海洋環境の類似性を評価するには、環境要素を計測する科学機器を用いることが定法だが、実施できる人は科学者、調査関係者に限定されてしまう。しかし、漂着物の類似性の評価は比較的簡便で、市民が実践できる調査として有効な手段の一つである。

調査地点間の類似性は、漂着ボトルの製造国と個数といった情報にもとづいたクラスター分析によって評価した。クラスター解析では、1) Bray-Curtis 指数による製造国別の優占度(0%～100%の値をとる)の基づいた調査

地点間の非類似性の評価と、2) Jaccard 指数による製造国別の在／不在情報(1, 0の二値をとる)に基づいた調査地点間の非類似性の推定をそれぞれ行った。これらの指数は生物群集の類似性を評価する場合に一般的に用いられる手法である。各指数の推定値は、統計ソフトRを用いR内のライブラリveganによって非類似度を算出し、最遠隣法による階層化クラスター解析を行った。

### 4. 結果と考察

博多湾とその周辺に漂着するペットボトルについて、1) 各調査地点から得られたペットボトルの原産国別の優占度にもとづいたBray-Curtis 指数によるクラスター解析を行った。その結果、博多湾とその周辺で得られるペットボトルの原産国別の構成は、調査を実施した年、調査地点の位置の違いによる分化を示すことが明らかになった。

図-2に原産国別の優占度にもとづいたクラスター解析の結果を、表-1に原産国別の優占度を示した。樹形図は2つのクラスターに分かれ、Cluster1とCluster2の間に明瞭な分化がみられた。Cluster2はさらに3つの分化をしますサブクラスター(Sub1-2)に分化していた。原産国別の優占度の数値的な特徴に注目すると、Cluster1は日本製ボトルの優占度が43～49%、中国製ボトル20～32%、韓国製ボトルが19～36%を占めおり、中国製と韓国製のボトルが優占していた。Cluster2は3つのサブクラスターを含み、Sub1は日本製ボトル、中国製ペットボトル、韓国製ペットボトルの優占度がそれぞれ97%～100%、0%～3%、0%となり、日本製のボトルが優占が高い。Sub2は日本製ペットボトル、中国製ペットボトル、韓国製ペットボトルの優先度が90%～98%、が1%～7%、1%～6%となった。Sub3では、日本製ペットボトル、中国製ペットボトル、韓国製ペットボトルのボトルの優占度が70%～87%、6%～10%、4%～19%となった。

クラスター解析の結果と調査地点の地理的な分布との対応関係について、中国製ボトル、韓国製ボトルが比較的多いCluster1は湾の外側(A)と湾口(B)が含まれていた。また、Cluster2の中で比較的海外製のボトルの優占度が高いSub3の7地点のうち5地点が湾の外側(A)、1地点が湾口(B)、1地点が湾奥(C)となった。一方、Cluster2の中で日本製ペットボトルの優占度が高いSub1は6地点の中で湾の外(A)は1地点、湾口(B)は3地点、湾奥(C)は2地点となった。湾口近く(B)の調査地点はCluster1と2、いずれにも含まれていた。

次に、2) 各調査地点について製造国の異なるペットボトルの在／不在の情報にもとづいたクラスター解析について、図-3は製造国別の在／不在の情報にもとづいたク

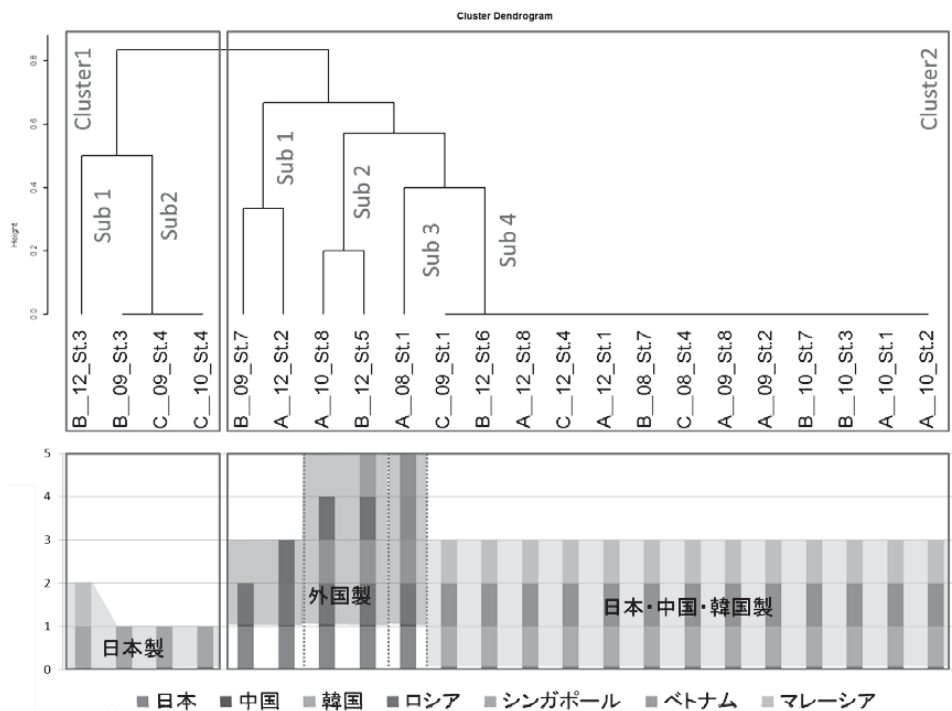


図-2 漂着ペットボトルの製造国の割合の情報にもとづいたクラスター解析

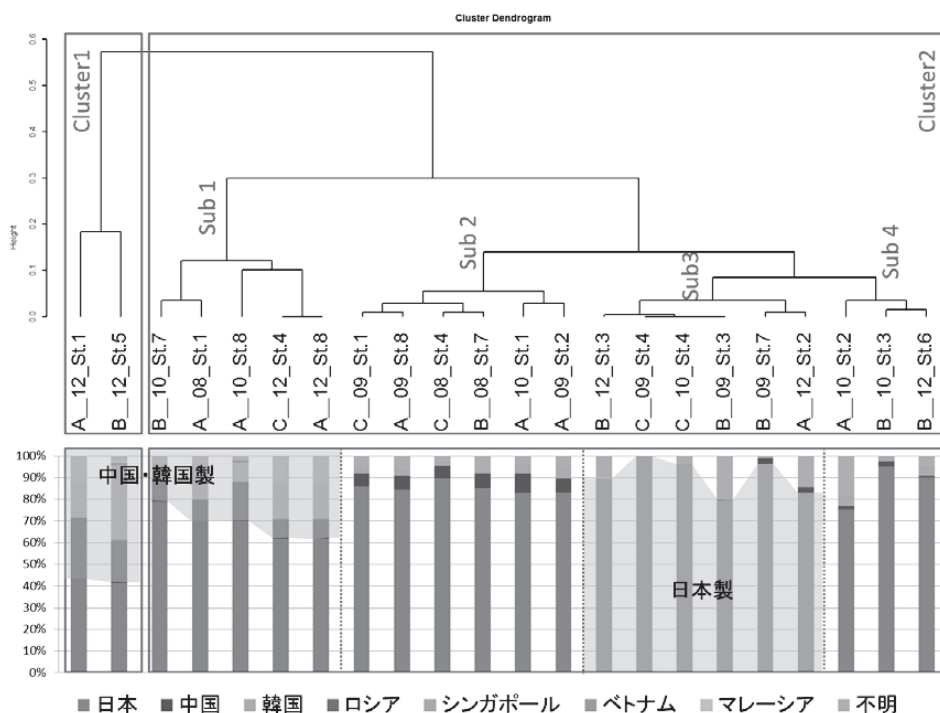


図-3 漂着ペットボトルの製造国の在／不在の情報にもとづいたクラスター解析

ラスタ解析の結果、表は在-不在の情報を示している。

ボトルの製造国別の在/不在情報にもとづいたクラスター解析もまた2つのクラスターへの分化を示した。

Cluster2はSub1, Sub2, Sub3, Sub4の4つのサブクラスターへ分化していた。Cluster1では日本製のペットボトルとマレーシア製のペットボトルしか記録されていない。Cluster2のSub1は日本製と中国製のペットボトルが記録された。Sub2では日本製、中国製、韓国製、シンガポール製、ベトナム製のペットボトルが記録され起因国別の種数が最も高かった。Sub3は日本製と中国製と韓国製のペットボトルで構成される種類の均一性が高いサブクラスターである。Sub4は日本製、中国製、韓国製、ロシア製とマレーシア製のペットボトルで構成されている。クラスター解析の結果と、調査地点の地理的な分布との対応関係については、日本製ペットボトルとシンガポール製のペットボトルしか記録されていないCluster1は湾口近く(B)と湾奥(C)の地点が含まれ、湾の外(A)の地点は含まれていなかった。また、Cluster2では、二つの特徴があり、一つは種類の均一性の高いSub3にはA, B, Cすべての地点が含まれていたことである。そして二つ目は、サブクラスター内で起因国別の種類が多いSub2とSub4は、3地点のうち2地点が湾の外側(A)であり、一地点が湾口近く(B)となっていた。

## 5. 漂着ペットボトル調査の市民科学への展開

a) 海ゴミ・サイエンスカフェで得た漂着物や海洋学的な知見を自ら検証したい場合、目的と持ち時間により調査地点を選定できる。

b) 海ゴミ問題への関心を喚起するために、珍しいと感じられる海外産ゴミの漂着を集中的に見せたい場合には、海外製品の漂着物を多く発見できると評価された地点(◎)1箇所に集中して、多様性を観察し、計数して参加者が実感を得られる。

c) 海ゴミ問題は、海外産の漂着ばかりがニュースとな

っているが、実際には日本の地域から発生するゴミが大半である。市民や日本人自らのゴミ捨て行為への啓発には、海外産ゴミがほとんど見られない×、××の地点の海岸清掃活動により、陸でのゴミ投棄行為による海岸の汚染への問題意識を醸成できる。

d) 海ゴミという材料を通じて、地域の海岸の特性を知るには、本調査のように地域内に地理的バランスをみながら測点を設定し、地点間の比較を行うのが有効である<sup>3)</sup>。海外産のゴミがよく見られる◎や○は、玄界灘からの海象・気象学的な条件が強く作用している海岸といえる。また、△、×、××の海岸は、福岡市民の一層の努力がなければ、海ゴミ問題が続く場所である。地域内での啓発の強化の根拠を示すことが出来る。

e) 地域の自然・社会条件の総合化の視点が得られる。福岡は、博多港として2千年間にわたり海外との交易、貿易、交流の窓口となってきた「文明のクロスロード」である。海流や風の自然エネルギーを使って、人々が大陸との間を往来してきた。興味深いことに、この調査で◎と評価された3海岸は、いずれも歴史的に、遣唐使船や日宋貿易船などが停泊地や荷上場として活用していた史跡が存在している。現在は、自然エネルギーを使ってゴミがやってくるが、これは過去から続いてきた大陸との交流の証であるともいえる。このような視点は、地域のアイデンティティともつながり「地域づくり」にも活用することが出来る。

漂着ボトルの製造国を科学的なデータとするには、割合の詳細データを活用しえる可能性はまだあるが、市民調査としては、在/不在でも下記のような活用や展開が十分できると考えられる<sup>4)</sup>。また、科学的にも、漂着ゴミが有する、海象・気象上の多様な要素、陸上や洋上からの不法投棄、海岸清掃活動の有無など様々な要因の影響の度合も勘案した場合、在/不在のレベルの精度でも、海岸に影響する要素の特性が明らかになる可能性もある。本研究から、科学研究としては困難といわれた漂着物理学の可能性と課題がより具体的にみえたともいえよう。

## 参考文献

- 1) 小島あずさ、眞淳平:海ゴミー拡大する地球環境汚染、中央公論新社、2007
- 2) 磯辺篤彦、日向博文、清野 聡子、馬込仲哉、加古真一郎、中島悦子、小島あずさ、金子博:漂流・漂着ゴミと海洋学 - 海ゴミプロジェクトの成果と展開 -, 沿岸海洋研究, Vol.49, No.2, 139-151, 日本海洋学会沿岸海洋部会, 2012..
- 3) SEINO S., KOJIMA A., HINATA H, MAGOME S. and

ISOBE A., Multi-Sectoral Research on East China Sea Beach Litter Based on Oceanographic Methodology and Local Knowledge, *Journal of Coastal Research*, Si 56, pp1289-1292, 2009.

- 4) 清野 聡子:海の漂流・漂着ゴミの生態系や地域社会への影響, 科学, 岩波書店, Vol.82, No.4. pp.432-439, 2012.

(2013. 7. 31 受付)

# SURVEYS OF COASTAL ENVIRONMENTAL FEATURES OF HAKATA BAY BY PRODUCTION ORIGINS OF STRANDED PET BOTTLES ANALYSIS And ITS UTILIZATION OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

Satoquo SEINO, Azusa KOJIMA, Hiroshi TOMIDA and Yoshio YUI

Citizen surveys can supplement beach cleanups to promote awareness and interest in the marine environment and waste issues, as surveys afford discoveries and enjoyment to participants, important factors for awareness-raising. Economic growth in East Asia has caused proliferation of marine litter along coasts touched by the Tsushima Current. Drift litter surveys were performed since 2008 at fixed points in Hakata Bay, Fukuoka City, utilizing large PET bottles whose origin could be determined from lettering. Twice-yearly surveys were timed to illustrate the action of external forces on the coast, in March/ April as seasonal winds calmed, and during the typhoon/ flooding season in September/ October. A hundred bottles were randomly collected at each site and sorted by origin. Here we present the 2008 to fall 2012 data on 8 survey sites around Hakata Bay at three types of location – facing the outer ocean, at the harbor mouth, and in the upper bay. Cluster analysis of the presence and proportions of PET bottles produced in China, Taiwan and Korea showed clear differences in terms of survey site similarities corresponding to geographical distribution. Foreign bottles were numerous on outer-sea sites, domestic bottles were numerous at upper-bay sites, with intermediate proportions of foreign bottles at harbor-mouth sites. Interestingly, results for absence/presence and for proportions of country of origin showed no great differences - characteristics of a particular coastal environment might to a certain extent be determined through presence/absence data. Using drift trash to elucidate characteristics of local coasts is effective when a geographically balanced set of sites are chosen. Comparing outer-sea facing sites subject to strong external forces with inner-bay sites where local people are trash generators can strongly support awareness-raising.