

D-2 東アジア海域における有害化学物質の動態解明に関する研究  
D-2-(5) 東シナ海域における有害化学物質の分布と起源に関する研究

研究代表者 厚生省 国立医薬品食品衛生研究所  
化学物質情報部 神沼 二眞

国立医薬品食品衛生研究所  
化学物質情報部 神沼 二眞  
大竹 千代子  
中田 琴子  
山本 都  
中野 達也

平成9年度予算額 3,879千円

[要旨]

東シナ海域および隣接する西日本の沿岸海域は、環境悪化が近未来でもっとも急激に進み、その日本への影響が懸念される地域である。われわれは、この海域における有害化学物質の分布を把握し、起源を推定するための研究を開始した。対象となる有害物質としては、重金属、難分解性の有機化合物(いわゆる POPs)、内分泌攪乱物質をとりあげた。この海域は、実測データが少なく、また既存のデータも、相互に比較検討される機会に乏しい。そのために地理情報システムを基盤として、各種の観測データ、調査データを相互に関連づけて解析する研究の基盤環境をまず開発した。つぎに、このシステムの上に、国連の GEMS 計画や地方衛生研究所のデータを含む、調査収集した環境モニタリングデータを地図として表現するとともに、インターネットのWWWで閲覧できるようにした。

とくにプラスチックの中間材料であるレジンペレットに関しては、ボランティア組織の協力をもえて、西日本全域の海岸を対象とした漂着レジンペレットの採集調査を行い、東シナ海域のいくつかの海岸が、高集積地点であることを見いだした。また、採集した試料を分析した結果、ノニフェノールなど複数のいわゆる内分泌物質を検出した。さらに、環境中のレジンペレットを研究、監視するための協力者のネットワークとして、インターネット上に PD Watchers というホームページを開設した。

[キーワード] 東シナ海域、内分泌攪乱物質、地理情報システム、レジンペレット、PD Watchers

1. 序

日本も一員である東南アジア西太平洋地域は、近年世界でも最も経済成長が著しい地域である。ゆえにこの地域で環境に放出される汚染物質の種類と量も急激に増加している。こうした汚染物質の最終移動先は海洋である。海洋における汚染物質は、食物連鎖を通じて数千倍、数万倍にも濃縮され、上位の

捕食者である魚類や海の哺乳動物、さらにはヒトの体内に移行し、影響を及ぼすのではないかと懸念されている。

本研究では、上記の地域の中でも近未来においてもっとも急激な環境悪化が予測される東シナ海域と、隣接する西日本の沿岸海域における、重金属、難分解性の有機化合物の分布の実態を把握し、起源を推定し、将来を予測するための情報基盤を開発した。

## 2. 研究目的

東シナ海域および、黒潮によってこの海域と深く関係づけられた西日本の沿岸海域における環境汚染物とくに有害化学物質の存在の実態を、実地調査、文献、WWW とデータベースなどによって調査する。対象となる環境汚染物質としては、重金属や難分解性の有機物(POPs)、さらに内分泌攪乱作用を疑われる農薬やプラスチック成分に重点を置く。また、こうした汚染物質の起源を推定する基礎情報として、台湾を含むアジアの近隣諸国における化学物質の規制と使用の実態について調査する。さらに、これらの調査結果および関連する他の調査結果を総合的に利用して、東シナ海や西日本沿岸海域における有害化学物質の動態解明のための、インターネットで利用できる情報基盤を構築する。

## 3. 研究手法

一般に海洋における環境汚染物質の計測は、陸におけるそれよりも技術的に難しく、コスト高である。したがって計測地点やサンプル数も少なくならざるをえない。とくに、東シナ海域は、島嶼地域(南西諸島)であり、国や地方自治体の試験研究機関や支所が少なく、観測体制を整備することが容易ではない。そこで本研究では自分たちの実地調査だけでなく、他で行われた調査結果や関連データをバックグラウンド情報として広く収集するとともに、これらを相互に比較、参照できる環境地理情報システムを構築することとした。また、わが国だけでなく、近隣のアジア諸国の情報を収集するための協力ネットワークを整備することとした。

## 4. 研究結果

他の研究者と異なりわれわれの研究グループの研究は、本年度(平成 9 年度)から始まった。そして、当初の計画では3年間を予定していたので、本年は、まず研究を支援するインターネットを利用した情報基盤の整備と海洋浮遊性のレジンペレットの調査研究に重点を置いた。後者に重点をおいたのは、内分泌攪乱物質(環境中のホルモン類似物質、あるいは単に環境ホルモンとも呼ばれる)への関心が急激に高まっていることと、プラスチックにこの種の物質が含有されていると考えられたからである。そこで、以下では、本年度に開発した基盤的な情報システム、収集生成した情報コンテンツ、海洋浮遊性のレジンペレットの調査研究の結果を中心に報告する。その他の研究項目については、今後に残された課題が多いため簡単にふれるのとどめる。

#### 4.1 インターネットを利用した情報基盤の構築

ここで言う情報基盤とは、情報交換とデータの収集、蓄積、提供、解析を目的とした、インターネットを基盤とする情報ネットワークとシステムである。

##### (1) 基本環境

本システムは、報告者が責任者として開発整備している国立医薬品食品衛生研究所の情報基盤を基本環境として、その上で開発された。この基本環境はインターネットに接続された研究所内LANであり、いわゆるクライアント・サーバー方式を基礎としている。今回開発したシステムと関連しているのは、その中の WWW サーバーとデータベースサーバーである。ここに、WWW で提供する情報やデータベースとして提供する情報を置くことにより、全世界に向けた情報発信が可能になる。なお、こうした提供情報を作成したり、整理したりする過程では、課題に応じて別のマシンやシステムを用いた。

##### (2) 環境地理情報システム

個別システムとして、本研究のために今回とくに開発したのが、環境地理情報システムである。環境地理情報システムとは、いわゆる地理情報システム(GIS, Geographical Information System)を用いて、環境汚染物質の地理的な分布やその他の関連情報を地図上に表現するシステムである。このようなシステムは、環境と化学物質に関する多元的なデータを整理し、比較分析、解析するための基盤となるものである。

環境地理情報システムは、実際にはいくつかの異なる要素(ソフトウェアやデータ)の集合体である。その第1は、地理情報システムであり、第2はデジタル地図であり、第3は作成された地図を WWW 上に置くソフトウェアツールである。地理情報システムとは、デジタルに表現された地図や関連情報を入力データとして、画像としての地図を作成するソフトウェア(プログラム・パッケージ)である。注意すべきことは、地理情報システムもデジタル地図も、いく種類もあり、それらの間には相性があることである。例えば簡易な地理情報システムとしては、ArcView と MapInfo が代表的存在であるが、両者では異なる形式のデジタル地図データが必要であり、両者の互換性は(ユーザーのレベルでは)事実上ないに等しい。

そこでわれわれは、基本となる地理情報システムとして ESRI 社の ArcView3 を用いることとした。これに台湾、東シナ海域、西日本、関東地方を含むデジタル地図データを組み合わせて各種の有害化学物質の存在を表示するための基本システムを開発した。ここで用いられた地図は、国内のそれは国土地理院の2万5千分の1数値地図データであり、海外の地図は Environmental Systems Research Institute 社の Digital World である。

こうしたシステムを用いるとさまざまなカラー表示や、巨視的な地図をクリックして詳細な地図を表示する階層表現などが可能になる。ただし、階層表現を必要としないような簡単な地図ならば EXCEL(の付属ソフト)での作成も可能であり、こうした方法も併用した。

地図として表示した環境地理情報を WWW で提供するには、ArcView3 で作成した画像ファイル(BMP)を標準的な GIF ファイルに変換することが必要である。この目的には、フリーウェアソフトである LViewPro を用いた。

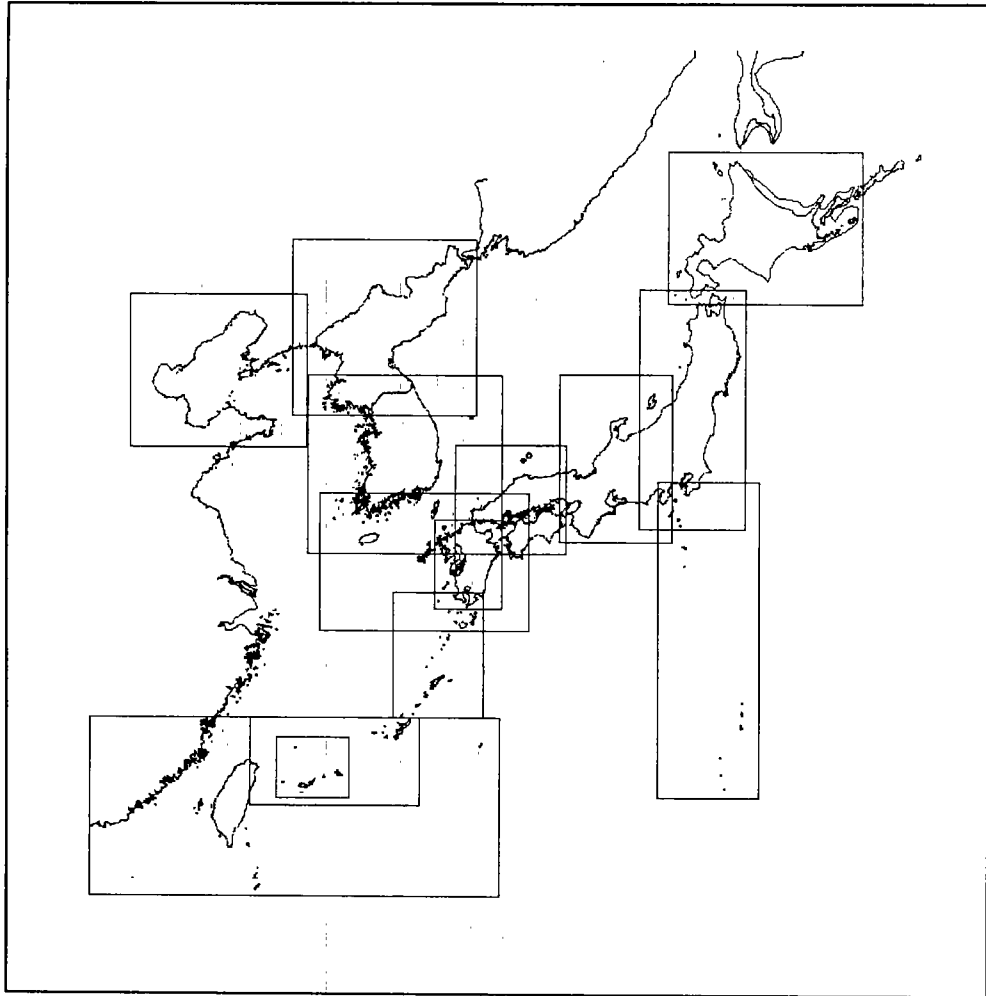


図1. 漂着物分布のための基本地図

Arc View3 とデジタル地図データを用いたインターネットのブラウザで閲覧可能なクリックマップ

#### 4. 2 収集、整備した実測データ

バックグラウンドとなるモニタリング実測値としては、国連、国、県などが実施している環境中の有害物質の観測データを収集した。とくに国連のデータとしてGEMS計画による食品、水、大気モニタリングのデータをできる限り収集した。また国内のモニタリングデータとしては、環境庁の環境モニタリングのデータ、国立医薬品食品衛生研究所を中心とし地方衛生研究所が協力して作成しているFAOの食品モニタリング計画のデータ、さらに地方衛生研究所の報告書、個別の研究者などの実測データを選択的に収集した。

この他に東南アジア海域における環境汚染物質の実測値はできるだけ収集するようにした。そのうちWWWへの掲載を検討したのは以下のような資料である。

##### (1) 国連、国際機関の観測データ

- ① アジア・太平洋地域の魚類および表面海水中のPCB濃度の分布(地図、Webで提供)  
Australia EPA (1996), IFCS Second Meeting of the ISG, 3-8 March
- ② GEMS/Water Water monitoring data <http://cciw.ca/gems/summary/>  
世界の河川、湖沼の水質データ、(一部作成、Web未搭載)
- ③ GEMS/Air 浮遊粒子状物質(SPM)の主な観測点の経年変化(1980~1990)  
(地図、Webで提供)  
GEMS/Air Urban Air Pollution, UNEP/GEMS Environment Library No.4,  
Nairobi、36pp.1991
- ④ GEMS/Air 1990年(あるいは最新)の主な観測点のSPMの濃度(地図、Webで提供)  
GEMS/Air (1991) Urban Air Pollution, UNEP/GEMS Environment Library No.4,  
Nairobi,36pp.
- ⑤ GEMS/FOOD、The Contamination of Food, UNEP/GEMS Environment Library  
No.5, Nairobi, 36pp. (準備中)
- ⑥ Life Expectancy, Infant Mortality and Other Indexes of Health WHO、1996  
(表、Webで提供)

(2) アジアの研究プロジェクトなどの観測データ

- ① タイ湾のムラサキイガイ中の全DDT濃度(地図、Webで提供)  
C.Siriwong, Montip S. Tabucanon and et al., Marine Pollution Bulletin,32, 10,  
510-516,1991
- ② アジアの都市におけるSPM、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、COの濃度(それぞれ地図、Webで提供)  
大喜多敏夫、近年のアジアにおける大気汚染と酸性雨の状況、環境情報科学、126(3)、  
32-37、1997
- ③ Iwata, H. et al. Organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania,  
and their implications for global redistribution from lower latitudes, Environmental  
Pollution, 85, 15-33, 1993 (準備中)
- ④ Main Chemical Pollution in Asia, Edited by DCBI NIHS (表、Webで提供)

(3) 国、都道府県の観測データ

- ① 魚介中のTBT/TPT/T-DDT濃度(地図、Webで提供)  
環境庁 化学物質と環境 1990、1995  
入江久生、仲摩聡、渡辺克広、長田忠および麻生篤 大分県衛生環境研究所 No.17 1989,  
入江久生、仲摩聡、川島真知子、伊東達也および麻生篤 大分県衛生環境研究所 No.18 1990
- ② 魚介中、底質のPCB濃度(地図、Webで提供)  
環境庁 化学物質と環境 1990、1995  
山口友加・河野恵里子・佐藤太・高田秀重・小倉紀雄、「東京湾堆積物中のPCBの供給源の  
推定  
1996年度日本海洋学会春季大会講演要旨集
- ③ 河川・湖沼・海域底質中のダイオキシン濃度(地図、Webで提供)

- 環境庁 化学物質と環境 1995  
M. Ando, M. Morita et.al. Human Risk Assessment and Exposure for Chlorinated Dibenzo-p-dioxins in Freshwater, 1996
- ④ 川・湖沼・海域底質中の TBT 濃度 (地図、Web で提供)  
環境庁 化学物質と環境 1995
  - ⑤ 河川・湖沼・海域水の TBT 濃度 (地図、Web で提供)  
環境庁 化学物質と環境 1995
  - ⑥ Main Industrial Chemical Pollution in Japan, Edited by DCBI NIHS  
(表, Web で提供)
  - ⑦ 国立衛生試験所食品部 (1995) GEMS/FOOD への報告資料 食品汚染物モニタリング  
1980-95  
年採取試料分の統計。(未公開)

このうちカッコ内で「地図」や「表」とあるのは、それぞれ地図や表にまとめたものである。また「Web で提供」はこれらのうち、内分泌攪乱物質に関連したものは、次の項目で述べる。

#### 4. 3 内分泌攪乱物質に関する情報の整理

内分泌攪乱物質(環境中のホルモン類似物質)への関心が高まるとともに、海洋汚染物質との関係が注目されるようになった。そこでわれわれは、本研究の途中において急遽内容を追加して、急激に増大する内分泌攪乱物質に関する情報を候補物質リスト(研究成果発表3, PP.284-308)やデータベース(参考文献、WWW アドレス2)として整理してみることにした。この結果、内分泌攪乱物質として疑われている物質には、農薬やプラスチックの成分が多いことが判明した。

とくにレジンペレットはプラスチックの中間材料であるから、ある種の内分泌攪乱物質が可塑剤などとして添加されていると思われる。一方でペレットは野性動物にも取り込まれやすいと思われる。そこで海洋浮遊性のレジンペレットに内分泌攪乱物質が含有されているか否かを明らかにすることが重要と判断した。

#### 4. 4 海洋浮遊性プラスチック粒の調査

われわれが海洋浮遊性プラスチック粒(Plastic Debris)と呼んでいるのは、径が数ミリから1センチメートル弱のプラスチック製品の破片、あるいはレジンペレットである。こうしたプラスチック粒が海洋環境に存在することは、1970年代から海外で報告されていた。わが国においても、一部の研究者や海岸をクリーンアップしているボランティア、水産庁などがその存在に気づき、海岸に漂着したものや、鳥類に飲み込まれたもの、洋上を浮遊しているものを採集している。とくに水産庁は広域の洋上調査を行っているが、結果は正式には発表されていない。(詳細な文献はWWWのPD Watchers、参考文献3にある)

本研究においては最初、東シナ海域を含む西日本の海岸に存在しているレジンペレットを調査することとしたが、実際にはそれ以外にもいわゆる高集積地点が存在することが判明したので、

より広く日本近海および周辺海域について、実地調査と情報収集をおこなった。この結果、沖縄、九州、小笠原を含む全国に漂着していること、台湾、韓国、極東ロシアなど近隣諸国の海岸にも分布していることが確かめられた。また、採集した試料である環境中のレジンペレットの分類と分析が試みられた。

その結果、レジンペレットの多くが、ポリエチレン (PE) とポリプロピレン (PP) を主成分としていること、採集地域としての特徴が見られること、ノニフェノールなどいわゆる内分泌攪乱物質と疑われている物質を含有していることが判明した。この他に、BHT (Butylated Hydroxytoluene) も分析された。(塩化ビニールは粉として使われており、比重が水より大きいため、水環境に漏出しても沈んでしまうと考えられている。)

さらにこれらの結果を踏まえ、監視対策、漏出防止のためのインターネットを基盤とした情報ネットワーク (WWW のホームページ) 「PD Watchers」 の構築を行い、公開した。以下、項目ごとに多少詳しく報告する。

## (1) 調査方法

報告者らは、沖縄、九州、神奈川県などの海岸 (約 80 地点) を自ら歩いてレジンペレットの存在状況を詳しく調査するとともに、サンプルの採集も試みた。また、場所は限られているが、台湾、ベトナムの海岸についても自ら調査した。さらに研究協力者や多くのボランティアに依頼して、より幅広く各地の海岸を調査した。この他に沖縄の糸満市の沖でプランクトンネットを引く洋上調査を行った。また羽田空港で航空機との衝突予防のため打ち落とされた鳥の胃の中の試料も入手した。

## (2) レジンペレットの分布と量

### ① プラスチック粒の存在量の推定について

レジンペレット、プラスチック製品の小破片などプラスチック粒の海岸における分布は一般に極めて不規則である。しかし、これまでの調査ではつぎのような傾向が見られた。まず、プラスチック粒を発見しやすいのは、砂浜であり、岩の多い海岸では発見が難しい。発見が難しいことは、存在しないことを必ずしも意味しない。けれども砂浜が発達していれば、満潮時に陸に深く運ばれたプラスチック粒が砂地をフィルターとして、そのまま残留する可能性が高い。湘南 (藤沢一辻堂海岸) や種子島熊野海岸などにおける高集積はこのように形成されたと考えられる。岩の多い海岸では、こうした過程が生じにくい。また波が荒々しく、小石の多い海岸でも集積は起きにくい。つまり、波が荒いとプラスチック粒が高密度のまま砂地に残るのは難しいからである。

### ② 存在密度と存在量の推定

レジンペレットの採集には、採集の枠 (例えば 50 cm 平方) を決めて、ある深さ (5-10 cm) まで砂や他のゴミをすべて集め、後で分離する方法と、最初から目視でレジンペレットのみを拾うやり方がある。目視によって拾うという方法で目安となるのは、同じ手の位置で拾える範囲である。これは 10 cm 平方程度である。そこでこの範囲に平均して何個レジンペレットが存在するかは、2~3 倍の違いがあるとしても、およそ判定できる。仮に、10 cm 平方に平均に  $n$  個存在するとすれば、均一に存在すると仮定して、1m 平方では  $100 \times n$  個、10m 平方で  $1 万 \times n$  個となる。

引地川から西の湘南海岸では、この  $n$  が 3~4 の領域が 30~40m の中で 1km 近く分布していた。(1997 年 10 月)。単純に計算すれば 900 万-1600 万個となる。種子島の熊野海岸の場合は、やはり  $n$  が 3~4 の領域が 5m×50m 程度広がっていた。これは 10 万個となる。この推定が数倍違ったとしても、少なくともオーダー (order of magnitude) としては、正しいと言える。この経験的な尺度を用いると、1 m 平方で数百個程度の集積が見られる分布が見られる地点があれば、その海岸を高集積地点と呼ぶのが妥当であろうと思われた。さらに 10m 平方で数万個も分布している箇所が見つければ異常な高集積地点と呼んでよいであろう。この定義に従えば異常高集積地点は、湘南海岸の引地川の西方と茅ヶ崎の菱沼海岸、種子島である。また高集積地点は小笠原父島扇浦海岸、名古屋市藤前干潟、島根県渡津海岸、沖縄本島本部海岸の数カ所および久米島の奥武島の豊石の東の地点であった。

もちろん、海岸における分布は波や風の状態で日々変化する。したがって今日の異常高集積地点は明日の異常高集積地点とは限らない。そこで継続的な観察が必要になるが、それでも正確な観察と記録と比較は不可能である。高集積な分布が一度でも観察された海岸を高集積地点と呼ぶことはできても、それが見られなかったからと言って高集積地点である可能性は否定できない。

われわれは、沖縄本島および湘南海岸において、毎週末観察するというようなやり方で、繰り返し観察して見た。この結果、やはりいくつかの高集積地点が存在すると結論した。このうち湘南海岸は、近隣例えば引地川流域に流出源がある可能性が考えられる。これに対して、沖縄の本部海岸や種子島の熊野海岸の高集積地点のレジンペレットは、海流に乗ってかなり遠方から漂着したものであると推定される。例えばコケムシで覆われたペレットが多く見つかることは、その証拠の一つとも考えられる。同様に、小笠原や久米島のペレットの起源も、遠隔地にあることが推測される。

こうした高集積地点は、昔から漂着物が多いと言われてきた地点と一致している可能性が高い。したがってレジンペレットの最適な観察地点は、河川経由で海にでる可能性が考えられる海岸と、昔から漂着物が多いと言われていた地点であると言える。

### ③ 監視と対策のための協力体制の構築

われわれは、海洋環境におけるレジンペレットを含むプラスチック粒の監視および漏出防止には、行政のみならず民間の各種の団体や研究者、その他の専門家や関係者が有機的に協力しあえるネットワーク体制が必要であると考えた。

プラスチック類は陸上で生産されるが、工場等からの漏出や輸送の途中で下水道、河川、さらに海洋へと流出し、海岸へと逆戻りすると考えられている。このことから、情報交換に関わる関係機関、団体、部署は、海上保安庁 (運輸省) 海上環境課、水産庁 (農水省)、環境庁、厚生省、通産省、労働省、民間の海岸の漂着物の観察、清掃に関わる団体、個人 (Beach Watchers/Combers)、都道府県の衛生環境部、都道府県の衛生環境 (公害) 研究所、国立環境研究所、国立医薬品食品衛生研究所、大学等研究者などではないかと考えられる。

これらの関係者が、インターネットを利用して共通の情報源にアクセスし、情報交換を行うことが望ましいと考え、ホームページ「PD Watchers」を開設し、実験的に運用している。

海洋環境におけるプラスチック粒の存在は、廃棄物、ゴミ問題という側面と、化学物質汚染という側面がある。プラスチック粒より大きな海洋廃棄物、ゴミ問題の一環として捉えれば、日本



沿岸の廃棄物、ゴミ問題となる。プラスチック粒についてはこの報告書で提案した PD Watcher をベースとした監視体制で十分であろう。しかし、より大きな問題としては日本だけで解決できる問題ではなく、早期に近隣諸国との協力を深め、2 国間あるいは地域としての問題解決の枠組みをつくるべきであろうと考える。後者に関しては、生体への影響とくに内分泌攪乱物質の問題である。これについては分析技術をさらに検討する必要がある。

本研究で開発した情報基盤の一部は、すでに公開されている。とくに PD Watchers を公開してから、本研究にも直接役立つような情報が得られている。プラスチック粒の採集調査は限られた研究者や各地のボランティアが散発的に行ってきたが、今回提案した協力体制によって環境中のレジンペレットの存在監視と防止を目的とした有機的な協力体制をつくる道が開かれたと考える。

#### ④ 調査データの地図による表示

現在、われわれ自身の調査データを含めて、入手されているすべてのデータを環境地理情報システムを用いて、クリックابلマップとして表示することを試みている。そのために南西諸島の基本データなど東シナ海域の基礎的なデータ整備をしつつ、実際の調査データを入力しているが、まだプロトタイプ段階である。今後汚染データだけでなく、関連する地理情報の追加や近隣諸国のデジタル地図データを手に入して、この地図表示を拡大する予定である。

### (3) 採集したレジンペレットの分類と分析

#### ① レジンペレットの分類と分析

レジンペレットはプラスチックの中間材料であり、海に浮かぶものはポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP) が多い。ここで PE、PP という呼び方は、化合物としての名称や、原料を指すだけでなく、可塑剤や酸化防止剤などを含んだ製品、製品、素材を指すことがある。そうした成分の組み合わせは用途で微妙に異なる。したがって採集したレジンペレットの分類と分析は、レジンペレットに起源や移動ルートを推測する助けになると思われる。さらに環境中のレジンペレットは、プラスチックの中間原材料としては未利用のまま環境中に流出したものと、何らかの用途 (例えば洗浄、詰め物) に使われた後に捨てられたものとが混在していると考えられる。このうち未使用なものであれば表面に付いた汚染物は環境中を移動しているうちに吸着したものと考えることができる。また、仮に何らかの用途で使われていたものであっても、吸着している汚染物質の種類から、環境由来の物質であるか否かは、ある程度判定出来ると考えられる。

われわれの分類方法では、まず大量に採集が可能な鵜沼海岸の試料を、形状、色、大きさ、透明感など、肉眼で観察したり、触った感触、万力でプレスしたり (PE はプレス後コンタクトレンズのように変形する)、場合によっては水に浮かべて比重を計ったりすることによって、おおざっぱな分類を試みた。この結果、「明らかな PE」「黒い PE 様 PE」「褐色様 PE」「カットされた半透明な楕円形のもの」「ラクビーボール状の透明なもの」「ひょうたん型不透明なもの」「明らかな PP」「劣化したもの」「カットされた色付きのもの」「弾力のあるゴム風の球形なもの」「静電気の起きる軽い黒色のもの」「黒いもろい小さなもの」「判別不可のもの」というの 13 のグループ (種類) に分類できた。

これらのグループのメンバー試料はパターン認識でいう、パラダイム (それぞれのグループを代表する典型的なメンバー) となる。この方法は、精密ではないが、採集したペレットのこれら

のグループの構成比率は、漂着ペレットの地域の特徴を知る上で役に立つ。このうち、PE、PPと考えられたペレットは、次に述べる IR 分析により、予測通り、PE、PP であることが確認された。しかし、色付きのペレットは PE、PP の区別は困難であった。また「ラクビーボール状の透明なもの」は、後の分析で EVA と判定したものと一致した。

次に、全国のボランティアなどから送られたペレットをパラダイムペレットと参照して同じカテゴリのグループに分類した。ただし、全国のペレットは、パラダイムペレットの、「明らかな PE」「明らかな PP」「劣化したもの」に相応するものを選んだ後、残りのペレットはすべて、「その他」に含め、全部で 4 分類とした。結果は表 1. の通りである。

表 1. 鵜沼海岸で採用した漂着レジンペレットの分析機器を用いない外形からの分類結果

分類(目視)	大きさ(mm)	個数	割合(%)	種類 (分析)
明らかなPE	直径0.2~0.6厚さ1~2	101	28	PE
黒いPE様(丸)	直径0.3~0.4厚さ2	4	1	PE
褐色PE様(丸)	直径0.2~0.6厚さ1~2	12	3	PE
カットされた形で半透明、楕円柱	長さ3~4	12	3	PE
ラクビーボール状、透明	長さ3~4	9	3	EVA
ひょうたん型、不透明	長さ3~4	20	6	PE
明らかなPP	直径3~5、厚さ1~3	51	14	PP
白濁し劣化したもの	直径2.3~5	45	13	PP,PE
カットされた色付き	長さ3前後、一部長さ5	65	18	PP,PE
弾力のある黒色、つや、ゴム風(球形)	直径3	1	0	エラストマー(*)
静電気が起きる軽い黒色(球形)	直径2~3	5	1	不明
黒色、もろい	直径2	2	0	不明
判別不可	直径2~5	36	10	PE、PP
合計		363	100	

PE: ポリエチレン

PP: ポリプロピレン

EVA: エチレン酢酸ビニル重合体

\*エラストマーは AES ジャパン製品に類似

## ② 分析器機を用いた分析

分析器機を用いた分析は、主成分である原材料の同定とと、添加剤や表面にわずかに付着している汚染物質のような微量成分の検出を目的とするものに大別される。

前者の目的で用いた分析方法はいずれも FT-IR (高速フーリエ変換を用いた赤外スペクトル分析) 法であるが、ダイヤモンドセルを用いた顕微 FT-IR 法、フィルム状あるいは KBr 使用の FT-IR 法およびペレット表面を熱で熔融するプローブ熱分解 FT-IR 法の 3 種類を試みた。

後者の微量成分の検出を目的とした分析としては 2 種類の方法を試みた。第一はノニルフェノ

ール（NP）を分析するための方法である。これは、採集ペレット（ポリエチレン、ポリプロピレン、EVAなどが混ったままの試料）3gをメタノールでソックスレー抽出し、5%H<sub>2</sub>O不活性化シリカゲルカラム（陰イオン交換）を用いてGC/MSで分析する方法である。

第二は、試料を少量カットして白金製容器に入れ、熱分解GC/MSで定性分析する方法である。この方法では加熱処理によって発生したガス成分をGC/MSで測定する。この手法は前処理が比較的簡単であり、試料量が数mgと少なくともppm~ppbレベルの分析が可能であるという利点がある。しかし、この方法は樹脂が分解しない程度の温度（150℃）で20分加熱した際に発生するガスの成分を分析するので、不揮発成分（高分子や錯体、塩類）や熱不安定物質については困難である。

1997年9月20日に鵜沼海岸で採集したペレットを、前者の方法で分析した結果、6.8μg/gのノニルフェノールを検出した。また、同じペレット群の中で、PE、PPと判定された試料に後者の方法を適用し、それぞれから数μg/gのBHT（ブチルヒドロキシトルエン）を検出した。

### ③ その他の観察事項

ペレットの中には、表面が荒く、物理的、あるいは光学的に損傷したと思われる物がある。これらを劣化ペレットと呼ぶことにした。劣化したペレットは沖縄や小笠原に多い。

一般にプラスチックは化学物質を吸着しやすい性質があるから、ペレット表面にも環境化学物質が吸着されている可能性がある。分析ではノニルフェノールが検出されているが、これが本来微量に含まれている成分なのか、海中あるいは砂浜で吸着されたものか、現段階では結論がだせない。

レジンペレットも含め、水鳥がプラスチックを餌として体内に取り込む例は、多く報告されている（Ogi, 1994）。また、水鳥を含め、陸の渡り鳥、留鳥がプラスチックを胃内に貯えている報告もある（戸田・羽山, 1994）。羽山からは、カルガモ、スズガモ、ドバト、キジバトなどの胃袋から取り出されたプラスチック類が提供された。

## 4. 5 海外情報の収集

東アジア地域の国々がどのような化学物質、とくに農薬を使用しているか、また規制しているかを調査する。そのために、国連機関、ESCAP（国連アジア太平洋経済社会委員会）、アジア経済研究所などからの報告書を収集した。また、化学物質に関連した6つの国際機関（WHO、ILO、UNEP、OECD、FAO、UNIDO）の協力プロジェクトであるGINC（Global Information Network on Chemicals）のアジア地域のネットワークであるGINC Asiaを立ち上げた。このネットワークは化学物質の規制に関わっている各国の専門機関をインターネットで結ぶものであり、それぞれがホームページを立ち上げ、情報を交換することをめざしている。現在、韓国、中国、フィリピンなどに研究協力者をつくり、情報入手を進めている。

台湾は国連加盟国でないため、こうしたネットワークには入っていない。そこで、個人的資格で同国の環境庁を訪問し、化学物質に関する最新の規制情報を入手した。これについては現在英語に翻訳中である。

## 5. 考察

### 5. 1 環境地理情報基盤の構築

東シナ海域は、海洋汚染に関するわが国の玄関口とも言うべき地域である。しかし、この地域は琉球弧と呼ばれる島嶼地帯であり、環境衛生研究所のような地域の研究機関が少なく、汚染物質などの観測事業の対象となる地点も少ない。さらに行政上は沖縄県と鹿児島県に分かれている。また台湾、中国本土、韓国というように他国の環境と隣接している。したがって環境中の化学物質に関する実測データが極めて少ないだけでなく、何かの目的に対してこの地域全体のデータを統合することも極めて困難な状況にある。

本研究で開発を試みたインターネットと環境地理情報システムを用いた情報基盤は、観測されたデータを目的に応じて統合して利用する環境を提供することにより、上記の問題の一部を解決しようとする試みである。しかしこの計画はいくつかの困難に出会った。第一の問題は、地図データを統合することである。われわれは国土地理院の2万5千分の1の数値地図とDigital Worldという世界地図を用いた。しかし海の地理情報すなわち海域の地図、海底の地形図、温度、風、潮流などのデータを組み合わせることはしていない。

海洋における化学物質汚染の場合、この他に海や気象データの統合利用環境を構築することが望ましいのは明らかである。また、南西諸島と台湾、北九州と韓国の南、東シナ海と黄海、渤海と中国沿岸部というように、わが国と外国の隣接領域とを連続して捉える地図データが必要であるが、今回は台湾の地図、中国の地勢 CD-ROM などは入手できたものの、全体を統合したデジタル地図の作成には到らなかった。

第二の問題はこのような情報基盤上に統合できる情報およびデータである。海洋における有害化学物質汚染の実測データとしては、環境庁で実施しているモニタリングデータ、厚生省と地方衛生研究所が行っている食品中の残留農薬データのうちの海産物のデータ、文部省科研費による調査分析データを収集し、その一部はシステムに移して、WWW などで公開した。しかし、国際機関以外の海外の研究者によるデータは収集できていない。これらは今後の課題である。

### 5. 2 レジンペレットの調査と分析

レジンペレットに関しては、インターネットを利用した研究調査、監視、情報交換のためのネットワーク、PD Watchers を構築することを試みた。PD Watchers は1998年2月初め正式に公開したが、全国の研究者、ボランティア、マスメディアによって閲覧された。その結果さらに新聞やテレビで取り上げられることになり、貴重な情報が寄せられた。したがって、PD Watchers の開設は、レジンペレットに関する調査研究と防止対策に大変有効な手段となった。PD Watchers に関する今後の課題は、内容をさらに充実させること、環境地理情報システムと連結すること、各地の海岸の風景などビジュアルな情報も提供すること、英文版を作成することである。

海洋にでたレジンペレットは海流に運ばれて、遠く移動していると推測される。この意味からも PD Watchers の英文版はぜひ必要である。米国の海洋学の研究者である Curt Ebbesmeyer らは日本からアメリカへの漂流物を調査するためのウェブサイト ([www.beachcombers.org](http://www.beachcombers.org)) を開設し、参加を呼びかけている。これからの地球環境問題の解決にはこうしたWWWの世界ネットワ

ークが重要な役割を果たすと考える。

採集したレジンペレットの分析は、まだ始まったばかりであるが、検出された内分泌攪乱物質が本来の成分としてレジンペレットに含まれていたものなのか、河川や海洋を漂着中に吸着したかの判別が今後の大きな課題である。また、沖縄や種子島で見つかった表面にコケムシの紋様（網目）が見られる長距離漂流してきたと思われる試料をどう分析するかがもう一つの課題である。さらに劣化のスピードや発生源の同定のための分析法も重要な課題である。

レジンペレットの採集に関しては、これまでは海岸に重点をおいてきたが都市の河川部や海の動物の体内に存在しないか調べるのが課題として残されている。

なお、レジンペレットの試料から内分泌攪乱物質が検出されたことは、野生生物（とくに鳥類）への影響や、魚など食物連鎖を通じてのヒトの健康への影響を考慮してみなければならないことを意味している。しかし現在の調査結果と推定存在量からすれば鳥類の場合を除いては、あまり大きな影響があるとは考えにくい。たまた劣化や分解が進み難いことを考慮すると、海洋環境の汚染物、夾雑物として、各国で監視と防止へ取り組む必要がある。

### 5. 3 今後の課題

最後に、本研究は平成9年度からスタートしたものであり、最初の（3年計画の）構想はまだ十分発展させられていない。レジンペレット以外の有害物質に関するデータ収集、試料の採集と分析は残された課題である。ただ、これまでの研究でレジンペレットが海洋汚染物質を吸着している可能性と、その量（濃度）を漂着ペレットから推定できる可能性が示唆された。すなわちレジンペレットが海洋汚染物質のキャリアーであり、マーカーとなりうることが示唆された。このことが正しければ、東シナ海域の沿岸の漂着ペレットを採集分析することにより、東シナ海域の有害汚染物質について有用な情報が得られる可能性がある。これは、環境化学としても、新しい分野となる可能性がある。

## 6. まとめ

東シナ海域と隣接する日本の沿岸海域は、近未来でもっとも急激な環境悪化が予想される地域であり、その日本への影響が懸念される場所である。われわれは、地理情報システムを基盤として、この海域における有害化学物質の分布を把握し、起源を推定するための研究を行った。対象となる有害物質としては、重金属、難分解性の有機化合物（いわゆる POPs）、内分泌攪乱物質をとりあげた。これまで海洋を汚染する化学物質としては、農薬が問題にされていたが、現在はプラスチックやダイオキシン類（ジベンゾフラン、PCB）のような廃棄物由来の環境汚染物質が大きな問題になっている。

われわれは、インターネットと地理情報システムを基盤として情報システムを開発し、このシステムの上に調査収集した有害物質に関するデータを載せることを試みた。とくにプラスチックの中間材料であるレジンペレットに関しては、独自の調査とボランティアの協力による調査を組み合わせて、西日本全域の海岸を対象とした漂着レジンペレットの採集調査を行った。この結果、いくつかの地点が高集積地点であることがわかった。

今後は、

- (1) 各種の実測データや情報を地図上に表示できる環境地理情報システムを完成する

(2) 海洋浮遊性レジンペレットを継続して監視、採集、分析できる体制を構築する

(3) 東シナ海域に流入すると思われる汚染物質とくに農薬に関して、周辺各国の使用と規制の実態を調

査する

(4) これまでの東シナ海と日本近海の実態分析を基盤として、環境汚染物質の長距離移動を考慮した経

路や汚染物質の起源の推定を行う

ことが課題である。

そのために日本近海に関するのと同様な調査を台湾、東南アジア諸国、韓国、中国、(極東)ロシア沿岸海域に拡大するとともに、経路に当たる湖沼、河川、湾、起源に当たる内陸都市や工業地帯における人為的な環境汚染物質の排出の実態に関する実測データを収集する必要がある。さらに究極的には、水系だけでなく、大気や土壌に関する実測データをできるだけ収集する。さらに、必要なら協力者を得て、試料の採集と分析も行うことが必要であると考えている。

## 7. 本研究成果のまとめ

(1) 環境中の有害物質の分布と起源を研究するための研究を支援する情報基盤を開発した。これは、国立衛生研のインターネットに接続された研究支援システムと環境地理情報システムからなるシステムである。このうち環境地理情報システムは、ArcView3を基本ソフトとし、国土地理院の2万5千分の1の日本全国の数値地図とDigital Worldという全世界のデジタル地図データを地図データを用いている。このシステムにより、環境中の化学物質の分布に関連する各種の調査資料、観測データを効率的に収集、整理し、その一部をWWWで公開することが可能になった。

(2) 環境中の有害化学物質の分布と起源に関連する情報やデータを文献、CD-ROM, WWWなどから幅広く収集した。例えば、国連のGEMS計画や地方衛生研究所の報告書などより、環境のモニタリングデータや、食品とくに水産物中の残留農薬の実測データ、各地の焼却炉からのダイオキシンなどのデータを収集し、一般的な傾向を分析するとともに、地図などに表示し、インターネットにて閲覧できるようにした。

(3) 内分泌攪乱物質(環境中のホルモン類似物質)への関心が高まっているため、とくに海洋浮遊性のレジンペレットの分布と内分泌攪乱物質含有の有無に重点をおいて調査と分析を行った。調査は、報告者らと日本クリーンアップ事務局などボランティア組織の協力をえて、台湾、東シナ海域、西日本、関東地方など全国規模で実施した。この結果、ほとんどの海岸でレジンペレットの存在を確かめた。また、特定の地点で異常に存在すること、それらが主としてポリエチレン、ポリプロピレンであること、採集地域で特徴が見られること、ノニフェノールなど、内分泌物質(いわゆる環境ホルモン)が含まれていること、などを確認した。さらに、環境中のレジンペレットを研究し、かつ海洋汚染物として監視するための協力者のネットワークとして、イン

ターネット上に PD Watchers というホームページを開設した。

## 謝辞

沖縄におけるレジンペレットの調査に関しては、沖縄県海洋深層水協同組合の鈴木俊行氏と森川直樹氏に多大な協力を戴いた。また、日本クリーンアップ全国事務局 小島あずさ氏とボランティアの方々にはレジンペレットの全国規模の採集に協力して戴いた。さらに日本獣医畜産大学の羽山伸一教授には羽田空港で打ち落とされた鳥の胃袋の中のレジンペレットを提供して戴いた。また水産大学兼広春之教授には、本研究のバックグラウンドとなる情報や資料、レジンペレットの分析法に関して数々の協力を戴いた。また東京農工大学高田秀重助教授、関西新技術研究所の遠山純一氏、堀正典氏らには、採集したレジンペレットの分析を行って戴いた。また旭化成工業の伊藤尚史氏にはレジンペレットの調査研究全体に協力して戴いている。ニコレ・ジャパン（株）の小松守氏には製品および採集レジンペレットの分析を行って戴いた。さらに地理情報システムの開発には蕪山典子氏、石川恵司氏、データや資料の整理には瀧明子氏、新澤佐紀子氏、村瀬尚子氏、青木ゆり氏に協力して戴いた。

## 参考文献（WWW アドレス）

本研究との関係で作成したウェブページの主なものは以下の通りである。

1. 内分泌攪乱物質については <http://www.nihs.go.jp/hse/environ/endocrin.html>
2. 環境については <http://www.nihs.go.jp/GINC/asia/gis/gis-en.html>
3. PD Watchers については <http://www.nihs.go.jp/pdw/>

## [研究成果の発表状況]

1. 神沼二眞、大竹千代子、伊藤尚史：海洋汚染物質としてのプラスチック粒の監視網の構築について、第11回環境科学論文集 No. 11, 10, 1997 P.165-170
2. 大竹千代子、神沼二眞：環境中ホルモン様物質（内分泌攪乱物質）の環境暴露情報について、第11回環境科学論文集 No. 11, 10, 1997 P.159-164
3. 国立医薬品食品衛生研究所 化学物質情報部編：化学物質の安全性評価（国連 IPCS 環境保健クライテリア抄訳）第3集、化学工業日報社、1998

4. 大竹千代子、堀正典、磯部友彦、高田秀重、小島あずさ、栗山雄司、兼広春之、伊藤尚史、神沼二眞：漂着レジンペレットの分類と成分の分析、第7回環境化学討論会発表予定（平成10年6月）
5. 戸田昭博、相原敬一、羽山伸一、中垣和英、和秀雄：羽田空港および周辺地域で回収された鳥類によるプラスチック小片の保有状況、日鳥学誌、42、1994、P. 83-90