

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

(2) 低泥をめぐる食物連鎖による低泥堆積有害化学物質の底魚類への蓄積過程に関する研究

③ 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・中野達也

平成10-11年度合計予算額 13,011千円
(平成11年度予算額 6,504千円)

[要旨]

東シナ海域および隣接する西日本の沿岸海域は、経済発展の著しい東アジア諸国からの環境汚染要因が日本に影響を与えるときの玄関口になると懸念されている地域である。したがって、この海域における有害化学物質の分布を把握し、起源を推定することは、我が国にとって極めて重要な研究課題である。しかしながら、この海域における実測データはまだ少なく、また既存の調査研究の成果であるデータの存在も十分知られていない。それゆえ、ただでさえ少ないデータは相互に比較検討される機会も乏しく、十分に活用されていない。そこで地理情報システムとデジタル地図データを用いて、各種の観測データや調査データの存在を公にすると同時に、それらを相互に関連づけて解析できる情報基盤を開発し、この上に東アジア地域の各種の有害物質とくに、重金属、難分解性の有機化合物（いわゆる POPs）、内分泌攪乱物質などに関するデータを表示することを試みた。また、フィールド調査としてプラスチックの中間材料であるレジンペレットを取り上げた。これに関しては、インターネットを利用して日本全域からサンプルを集める PD (Plastic Debris)ウォッチャーズと呼ぶネットワークづくりを試み、また韓国や中国の海岸の調査も行った。さらにレジンペレットの分析法として、溶出物を分析する化学的方法に加えて、近赤外光の反射を利用する方法、イオン照射による表面散乱を利用する方法などを検討した。

[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、経済成長が著しい地域である。東シナ海域はその中に位置している。ゆえに、この海域に流入してくる汚染物質の種類と量は年々増大している。汚染物質の中には大気中に拡散し、気流に乗って日本上空に到って降下するものもあるが、最終的には海洋に移動する。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に移行する。それらは食物としてさらにヒトの体内に移行して、健康に影響を及ぼす可能性がある。しかしこれまで、この海域とその周辺地域の有

害化学物質と化学物質の海洋汚染に関する調査研究は少なく、実測データはまばらで、汚染物質を検出してもその起源や移動を推定したり、対策を考える根拠としてはあまりに不十分であった。本研究はこうした事態を改善するため、全体的な状況の把握と対策につながるような情報基盤の構築をめざした。

2. 研究目的

東シナ海域および中国大陸や朝鮮半島沿岸、さらに黒潮によって東シナ海域と深く関係づけられている西日本の沿岸海域における有害化学物質の実態を、主として文献より調査する。対象とする環境汚染物質は、重金属、難分解性の有機物（POPs）、さらに内分泌攪乱作用が疑われる農薬やプラスチック成分などとする。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、汚染物質などの調査結果についても調査する。さらに、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、海岸などに漂着したものをフィールドで調査し、採集し、分析する。

3. 研究手法

3. 1 情報基盤の構築

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、わが国の東シナ海域は、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、常時観測体制を整備することは容易ではない。さらに東シナ海域に流入あるいは降下する有害化学物質の起源はわが国だけでなく、朝鮮半島や中国大陸、台湾などにもある。そこで本研究では、漂着レジンペレット以外は、他の研究者による既存の調査結果や関連データを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用いた「基盤情報」を構築することとした。さらに、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。

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に接続されたシステムである。その中核となるのは、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、Geographic 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し、これをインターネットで提供するシステムである。このようなシステムは、観測データを格納するデータベース、地図を作成するための地理情報システム、デジタル地図データ、作成された地図をWWW上に置くソフトウェアツールなどから構成される。地理情報システムとしては、ESRI社のArcView3を用いた。インターネットによる情報の提供には、われわれが開発している国立医薬品食品衛生研究所のWWWの環境を利用した。

3. 2 レジンペレットの調査

漂着レジンペレットの調査は、われわれ自身が直接現地を調査するだけでなく、研究班の共同

研究者に調査を依頼することや、海岸のクリーンアップを目的とする民間組織（クリーンアップ全国事務局）に組織的な調査を依頼すること、我々が開設したインターネットホームページで試料や情報の提供を呼びかけると言う方法を試みた。

このようにして収集した試料や観察データに基づき、レジンペレットの漂着の地理的分布を明らかにするために、コンピュータによる地図作成システムを独自に開発した。このシステムは国土地理院などから出されているデジタル地図データと、市販の地図情報システム、ArcViewⅢ、を組み合わせたものである。さらに作成されたデジタル地図をインターネットで配信するシステムを開発した。

このサイトはインターネットは、調査の呼びかけや地図の掲載だけでなく、環境中のレジンペレットやプラスチック片の問題の解説、調査や研究成果の公開、研究組織など、この問題全体に関わる総合的なホームページとなるようにデザインした。

3. 2. 1 分布状況の把握の方法

ペレットの分布状況を把握するために、調査対象の砂浜では、まず最も多く分布していると思われる場所を探し、1 m² 当たりの数を計測した。次に、片手の手のひらを広げた範囲（およそ 10cm X 10cm）の範囲のペレットを計測し、1m² 当たり換算する方法も試みた。1m² 当たり 150 個を超える場合、あるいは手のひらサイズで、2、3 個以上の場合は集積地点と判定した。さらに 1m² 当たり 500 個以上の場合や手のひらサイズ 4、5 個以上の場合は高集積地点と判定した。また、これ以上の場合を異常高集積地点とよぶことにした。

3. 2. 2 試料の採集方法

漂着ペレットは、手またはピンセットで採集し、ポリプロピレンの袋に収納し、常温で保存した。特に分析する試料については、採集時や採集後に汚染しないように慎重に扱った。

3. 2. 3 分類方法

肉眼によって（あるいは虫眼鏡を利用して）、形状、色、透明感、硬さ、素材などの製造時の属性、および新しさ、劣化の度合い、汚れ、生物の付着などの製造時以降の属性に分類した。素材の分類は目視による判別を行い、部分的に機器で確認したり、顕微鏡による観察も行った。

3. 2. 4 素材の判別方法

(1) 赤外吸光分析 (IR)

ペレットの一部を削ってダイヤモンドセルを用いる顕微 FT-IR、ペレットをフィルム状にしセルに固定して行う FT-IR、さらに、ペレット表面を熱で溶融する、プローブ熱分解 FT-IR、および KBr セルを使用する IR を用いて分析した。その吸収スペクトルからプラスチックの素材を判定した。

(2) 近赤外分光分析法 (プラスキャン、オプト技研社)

プラスキャンが IR と異なる点は、照射に近赤外線を利用していることであり、携帯できるアタッチメントを一粒のペレットに近づけ、光を当てるのみで簡単に判別可能であり、非破壊分析でもある。この測定器は近赤外線を照射した時の吸収スペクトル強度と波長をデータとしそれを辞書に照らして、プラスチックの素材を判定して表示するものである。

採集ペレットと鳥の胃袋の中のペレットはこの方法で分析した。鳥の胃袋の中のペレットは、日本獣医畜産大学の羽山伸一氏に提供していただいた。1995 年に羽田沖で採集された鳥類の胃袋から抽出されたプラスチック類と共に、ペレットが試験管の中に、水中で保存されていたもので

ある。

3. 2. 5 抽出成分の分析方法

1997～2000年の間に採集した中から、中国、台湾、韓国を含む16箇所（追加4箇所）で採集したペレットを分析用とした。

採集ペレットからポリプロピレン製ペレットを選択し、抽出成分の分析を行った。1つの採集地点で十分な数に達しなかった場合は、近くの複数採集地点から選んだサンプルをあわせて試料とした。

これらの試料から、*n*-ヘキサンによるソックスレー抽出後、抽出液をGC-ECD（ガスクロマトグフィー／電子捕獲検出器）によって分析した。分析法は東京農工大高田秀重教授らが開発した方法によった。分析項目は、HCHs（ α -、 β -、 γ -、 δ -）、DDTs（DDT、DDD、DDE）およびPCBs（同族体を含む）である。分析は（財）日本冷凍食品検査協会に依頼した。

3. 2. 6 表面分析方法

SIMS（Secondary Ion Mass Spectrometry、二次イオン質量分析法）は、一次イオンとしてGaイオンビーム（照射量 $1 \times 10^{12}/\text{m}^2$ ）を試料表面に照射して、そこから放出される二次イオンを質量分析器で分析する方法であり、この表面分析はアルバックファイ（株）に依頼した。

4. 研究結果

4. 1 インターネットを利用した情報基盤の構築

実測データの調査結果

東アジア西太平洋地域の環境汚染物質地図の作製を念頭において、UNEPのGEMSなど、国連のデータの他、日本、中国、ベトナム、タイなどの国の機関の調査報告や研究者が個人として行った調査研究報告や論文をしらべた。その結果、実測データが比較的揃っているのは、BOD（生物学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）、SS（懸濁物）など水系の一般的な汚染指標であることがわかった。

そこで中国、韓国、日本を対象に境界線、行政区、河川などを含むBOD、COD、SSの分布図を作成した。図1からBODの年平均では中国、韓国、日本の順に濃度が高い。水系に関してはこの他にフェノール、T-P（全リン）、T-N（全窒）、アンモニア性窒素、硝酸性窒素などの測定項目がある。とくに中国に関しては、これらの指標と地理指標（水田地帯と稲作地帯など）の相関が地図により容易に示唆される。一方、重金属（砒素、鉛、水銀）、難分解性の有機化合物（いわゆるPOPs）、内分泌攪乱物質などに関して測定はなされているが、検出限界以下の場合が多い。さらに底質の汚染物質、生物のモニタリングのデータもあるが、これらは地図にして訴えられるほど測定地点が多くなかった。

中国、韓国、日本のDDTsモニタリングデータを比較してみたてわかったことは、河川底質中のDDTは中国の珠江が高く、日本ではDDEおよびDDDの高いことである。日本ではDDTの濃度が農村の一部が高いことが確認されている。後出のペレット吸着DDTも中国アモイのサンプルがもっとも高く、まだ、中国では農村で殺虫剤として使用されているか可能性が高い。また、生物中濃度では、韓国の魚類のDDTとDDEの値が異常に高い（図2）。その値は日本の最高値（根室のメヌケ）の100倍くらいに相当する。同様に韓国の鳥類の体内のDDEが異常に高く、日本

のウミネコの1万倍に達している。これらはいずれも日本海に面した地域で捕獲された生物のようである。

HCH類でも日本における良い比較値がないが、数百ppbと高い値が報告されている。後出のペレット中のHCH類濃度でも、韓国齋州島のペレットは分析した16サンプルの中でもっとも高かった。

PCBsについては、底質中の濃度は中国でも河川によって大きな差がある。生物中の濃度は、DDT、HCH同様、韓国の鳥類が高い濃度であり、日本のウミネコの100倍以上である(図3)。魚類では平均すると日本の方が韓国より高い。日本では地方より、東京湾、大阪湾の魚介類が高濃度である。

4. 2 漂着レジンペレットに関する研究

4. 2. 1 フィールド調査の結果

(1) 分布状況の把握

a) 海岸における漂着状況

海岸は湘南海岸のように平地の数キロにおよぶ長い砂浜から、1キロメートル未満の岩礁と岩礁の間に点在するポケットビーチ、入り江、岩礁など様々であり、漂着レジンペレットの分布も様々である。まず、容易に発見しやすい海岸は、岩礁や砂利、石ころ、粗い砂で出来た浜辺ではなく、細かい砂でできた砂浜である。それも、波打ち際ではなく、満潮線(最高潮線)より上が多い。さらに、海水によって砂浜に運ばれて残った後、風でさらに上方に運ばれ、草に引っかかるため、草地にもよく見られる。

次のポイントは、他の漂着ゴミ、海藻や木屑、枯れ草や陸上由来の軽い人工ゴミ(プラスチック片やペットボトル、ストロー、たばこの吸い殻など)と一緒に見つかることが多いことである。海藻の中に取り込まれていることもある。大量の海面の浮遊ゴミに交じっている場合は、岩場や人工的な護岸(消波ブロック)の間に見つかることもある。

b) 広域的な漂着状況

今回の研究では、直接、間接に調査した地点は国内国外を含め、200海岸以上、のべ400地点以上に及ぶ(図4)。ここから得られる第一の結論は、日本列島すべての海岸で漂着ペレットが見つかるということである。注意すべきことは「レジンペレットが見つかった」という報告は正しいが、「レジンペレットが無かった」という報告は正確さに欠けることが多いことである。正しくは「見つからなかった」、あるいは「見つけられなかった」というべきで、存在している可能性は否定できなのである。ただ、繰り返し調査を行った場合は当然、正確さは増す。たとえば、三宅島の三池浜では2回とも「見つからなかった」と報告があるので、存在するとしても、きわめて数が少ないと考えられる。同様に、太平洋側に5箇所見つかっていない場所がある。福岡市和白干潟では1997、1999年とも1個/m²程度しか見つかっていない(プラスチック片は多数見つかったと報告がある)。日本海側の小樽市銭函海岸で1997年秋には20個/m²ほどあったが1998、1999年には見つかっていない。漂着状況は時間とともに変化するため、当然継続した調査が必要となる。漂着レジンペレットが観察された海岸の中には、レジンペレットを扱う工場や輸送拠点の港や、運搬経路の道路から遠く隔たっている場所も含まれている。このことは漂着前の漂流が長距離におよぶこともあることを示唆している。

韓国、中国大陸、台湾については多少事情が異なる。まず、韓国、中国ともに日本ほど砂浜のある海岸が多くない。さらに、我々が調査した限りでは、韓国の砂浜は少なく（急峻な山が無い
ためか）、そこにレジンペレットはあまり漂着していなかった。中国の場合も砂浜は少ない（河川
が非常に長い
ためか）。また、著名な海水浴場として知られる青島には、長い砂浜があるが、レジ
ンペレットはほとんど見つからなかった。

上海近辺では揚子江からの細かい泥の堆積物で遠浅となっている海岸が多く、砂浜はなく、レ
ジンペレットも観察されていない。福建省のアモイの周辺には石の産地があり、コロンス島やア
モイ本島にも粗目の砂浜があり、ペレットも見つかっている。香港、マカオ海域および台湾の台
北の北西および北海岸では、ほとんどの海岸で日本と同様に奥行き
の深い砂浜があり、ペレットが多く見つかった。

香港、マカオの背景にある珠江デルタや深淵は中国の一大電子工業地域である。台北もプラス
チックを扱う工場が多く、それが淡水海岸を経て海に出るか、あるいはさらに工業の盛んな台中
辺りで放出されたペレットが、海流に乗って台北海岸に到達する可能性も大きい。

c) 異常高集積地点

いくつかの地域では、大量のペレットが漂着している。われわれが直接観察した限りでは、沖
縄本島本部半島崎山、奄美大島大浜海岸、種子島熊野海岸、神奈川県藤沢湘南鵠沼海岸、横浜市
野島公園前浜、東京都荒川河口の葛西臨海公園、品川区お台場海浜公園などである。目撃情報と
して、前出の沖縄本島本部半島の古宇利島付近で、幅数十メートルで、100メートル以上の長さ
で帯状にペレットが流れていたという。屋久島の湾では大量に浮遊していた、あるいは、島根県
の塩田海岸でも多量に見られた、という報告がある。長崎県ではペレットの25kgの袋が流れ着き、
ポリプロピレンという英文字とともに、ハングル語による標記があったという。

これらを総合すると、海上輸送の途中で、何らかの原因で荷ごと流出したことが考えられる。

d) その他の集積地点

集積地点として、慣れた研究者が多いと判断した場合、あるいは1m²当たり150個以上見つか
った場合、あるいは手のひらを広げた広さ（およそ10cm X 10cm）に数個以上存在する場合、を
集積していると判断した。太平洋側では東京都江戸川区葛西臨海公園、品川区お台場海浜公園、
神奈川県湘南鵠沼海岸、同県横浜市野島公園前浜、同県江ノ島東浜、同県材木座海岸、名古屋
市城下海岸、同市藤前干潟、兵庫県須磨海岸であった。日本海側では、島根県江津市塩田海岸（1997
は200個/m²以上、1998は20個に減少、取り尽くしたため減少と報告）、山口県阿武町清が浜海
水浴場、同県菊が浜、下関市汐入浜、同市武久浜であった。南西諸島は、奄美大島大浜海浜公園、
同土盛海岸、鹿児島県種子島西之表市浜脇浜、同美浜海岸、同能野浜、同蒲田海水浴場、同熊野
浦、沖縄県沖之永良部島湾、および沖泊海岸、喜界島、与論島、伊平屋島であり、沖縄本島では、
本部町瀬底および備瀬、新里、今泊、また宮古島、石垣島、西表島、与那国島にも集積していた。

また、東京都小笠原父島扇浦も非常に多数集積していると報告がある。

海外の調査で、集積していたのは、マカオ・ハクサビーチ、香港ラマ島、同ランタオ島、であ
る。マレーシアにも集積していることが報告されている。

(2) 素材の判別と分類

a) 素材の分析・判別

種々の分析機器によって素材を分析した結果、海岸漂着ペレットの大部分は、プラスチックのポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、EVA (エチレン酢酸ビニルアセテート) であった。これらは比重が海水より小さなものが大部分で、漂流後漂着する。数は少ないが、ポリスチレン、エラストマーも採集されている。

鳥の胃袋から採集したペレットも大部分は PE および PP であるが、比重が海水より重いものもあり、水鳥が水底に沈んでいるペレットを食べたり、陸鳥が工場周辺にこぼれたペレットをついばむこともありうる事がわかる。ナイロン、ポリウレタン、アクリル、ABS、AS、ポリスチレンが見つかった。数は、19 個のポリエチレンペレットを摂取していたカワラバトや、ナイロンばかり 10 個貯えていたカルガモなどがあつた。これまでも多数のプラスチックを飲み込んでいる鳥類の報告があつた。

魚類については、東京湾のカレイ 7 匹、多摩川のコイ 10 匹からペレットは見出せなかつた。また、東京湾の底質土 10 箇所を採集し、調査したが、ペレットは見出されなかつた。

b) 分類による特徴

目視により色、形、大きさ (直径)、に分類し、その数と割合を算出した。その後、一部を IR で素材の確認した。全国の調査結果から以下のことが明らかになった。

① 採集ペレットは 9 割以上が PE と PP である。そしてその割合が地域によって特徴的などころがいくつかある。1997 年の 9-10 月の調査では、日本海側の採集試料は、島根県江津市塩田海岸で全体の 90% が PP であり、鳥取砂丘で約 60%、小松市安宅の関で約 70% であつた。太平洋側は全体としては概ね PE が多く、それは生産割合に合致している。

② 地域によって、(採集時期によって)、同一汚染源と思われるような、見た目形態の同じペレットが高い割合で漂着する場合がある。

これは、情報を収集の結果、一つの理由として、航行する船舶から放出した可能性が高い。

ア 奄美大島大浜海岸：1999 年 3 月、PE の同一形状のペレットが 9 割以上を占めていた。

イ 日本海、島根、鳥取、兵庫 (①で述べた)：1997 年 9-10 月にかけての調査で、非常によく似た形態の漂着ペレットは、PP が全体の 90-50% を占めていた。

③ カラーペレットは全く無いところと、全数の 15-30% に達するところがある。カラーペレットが集積するのは、最終製品に加工する工場と関連している地域であり、大消費地が近くにある海岸に多い傾向がある。東京湾内葛西臨海公園、鵠沼海岸、藤前干潟、神戸須磨海岸およびマカオ・香港であつた。

④ 劣化のペレット：劣化 (ひび割れ、表面のざらつき、白化する現象、摩耗) の数の割合、および劣化の程度が高いのは、島嶼、南西諸島、ハワイであつた。特にハワイのペレットは摩耗が激しく平均的に直径が小さい。劣化の数量化は難しいが、IR スペクトルによって、1700cm⁻¹ 辺りで C=O 吸収が現われ、劣化の度合い沿って吸収が大きくなる傾向にある。

コケムシのペレット：数量、割合の確認は難しいが、南西諸島のペレットは、数の割合、1 ペレット上の被覆面積の割合が大きいことが観察された。八丈島底土海岸、小笠原父島扇浦のペレットにも多く見られた。千葉九十九里海岸、佐渡素浜で採集されたペレットの中にも希に見られた。

これらを総合すると、南西諸島には著しく集積する海岸が多数あること、中国の青島にはほとんどないこと、韓国の済州島には多くはないが存在すること、台湾の北海岸にはあること、など

がわかった。また、コケムシが見られるのは、琉球弧や八丈島、小笠原が圧倒的に多く、黒潮の分流である対馬暖流に関係した五島列島、日本海にはみられず、九州、四国、本州の海岸にもほとんど見られない。これは、太平洋を長期に漂うレジンペレットの存在を示唆する。なおレジンペレットではないが、青島や斉州島ではペットボトルのような漂着ゴミが、南西諸島や五島列島、北九州に較べてずっと少ないという印象を受けた。

この他に、共同研究者の東京水産大学兼広教授らが、江戸川、荒川、多摩川、鶴見川、滑川、境川、引地川、相模川およびそれらの支流を調査し、近傍の工場からペレットが漏出していることを確認した。

4. 2. 2 分析結果

(1) 抽出成分の分析

ペレットの *n*-ヘキサン抽出成分の分析結果では、PCB に関して 20 同族異性体の合計を求めたところ、どの地域のペレットからも PCBs が検出された。最高濃度は鵠沼海岸のペレットが 20.04ng/g で、ついで対馬阿連、アモイ市、台北市淡水、斉州島、与那国の順に高かった (図 5)。鵠沼海岸の高濃度の理由は不明である。PCB 同族異性体の分布を調べたところ、対馬阿連、斉州島と、鵠沼海岸、与那国島、アモイ市では IUPAC ナンバーによる分布パターンが異なり、いくつかのパターンに分類出来るのではないかと考えられる。

DDTs の合計は、アモイ市のペレットが 124.48ng/g と抜きんでて高く、次はマカオ市、喜界島、福江島であった (図 6)。小笠原父島のペレットは検出限界値以下であり、地域による差が大きいことがわかった。濃度から考えるとアモイ市周辺では DDT の放出が推測される。中国からの農作物から検出されることもある。アモイ西湾およびマカオ沖の底質からも高濃度の DDTs が検出されており、水中でペレットへの吸着が考えられる。

HCHs の合計では、斉州島のペレットが 0.52ng/g で最も高く、鵠沼海岸、アモイ市、対馬阿連の順に高い。全体として濃度が低く、厳密な地域の特徴は見当たらない。4 種類の異性体の特徴として、斉州島のペレットは γ -HCH が 75% を占め、鵠沼海岸の場合は α -HCH が 44% を占めていた。斉州島のペレットには殺虫剤成分 γ -HCH が漂流中にペレットに高濃度に吸着したと考えられる。 γ のみ検出限界以上となった鹿児島や 70% 弱の石垣島もこの傾向にと考えられる。鵠沼海岸、アモイでは、 α -HCH が漂着後に大気から供給されたと考えられる。

(2) 表面分析

いくつかの海岸で採集したペレットと比較のため工場製品の SIMS 分析を行った。青島のペレットを分析した際、まず、ペレットが PE であるか PP であるかをみた。ピーク 69 の特徴などで PE と判明した。青島のペレットは工場製品に非常によく似たスペクトルが得られた (図 7-1)。青島のペレットは、228、256、282、322、338 のピークを明らかに持っている。228、256、282 のピークの特徴物質は、oleamide であり、322、338 のピークは erucamide であった。さらに Br \cdots 79、81 が見られる。523、551 にもピークを持つ。これ以上大きな分子量の物質は出ていない。

工場製品のスペクトルは、いわゆる単品のポリエチレンの標準スペクトルに、少し分子量の大きなものが加わっているパ形である。そこで工場製品を半分削り、内部 (汚染されていない部分) を分析した結果、単品のポリエチレン標準スペクトルに近かった。このことから、工場製品

として出荷される際には既に、先に述べたような物質で汚染されているのではないかと推察された(図7-1)。

SIMSによる分析では、地域による吸着化学物質の種類、濃度の違い、コケムシ付着の程度などさまざまな情報が得られることがわかった。図7-2に鵠沼海岸に漂着したペレット(上段)、八丈島のコケムシ付着ペレット(中段上)、種子島漂着ペレット(中段下)および工場の新品(下段)を示した。鵠沼のペレットには質量600~700にかけてピークが現われている。また、コケムシが付着したペレットはより多くの種類の物質を取り込んでいることが分かる。

共同研究者の農工大高田助教授らが、化学分析法によりノニルフェノール、DDE、PCB、アルキルベンゼンを検出した。その内、DDEとPCBは環境中から吸着した物質であることが確認された。

5. 考察

5.1 情報基盤の有用性

我が国の環境汚染データを韓国や中国などのそれと一緒に表示することは、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ための第1歩であり、これらの国の研究者の対話を促すインフラストラクチャーである。このことは、すでに作成した地図を東アジアの研究者達に見せることで証明されている。また実測データの収集過程で気がついたことであるが、GEMSのような国際的なプロジェクトでは報告書を出して終わりというものが多く、研究者が後でデータを利用できるように保存されている例は少ない。それゆえ、われわれのシステムを拡大したような一種のデータ・デポジット・センターが必要であると痛感した。

技術的な問題としては、これまでの地理情報システムがまだインターネット(WWW)技術に十分対応していないことがあげられる。こうした技術は地理情報システムを扱っている会社で現在開発されているところなので、将来は大幅に改良されるであろう。

東アジアには北朝鮮、台湾、南沙諸島など政治的な問題を抱えている地域もあり、地図データを完備するには困難な問題があるが、全体としては研究協力を促進する道具であることが認識されてきている。本研究は、化学物質の安全な管理をめざす国際化学物質安全性計画(IPCS)や政府間会合(IFCS)の支持をえているGINC(Global Information Network on Chemicals)計画のアジアにおけるパイロット計画に参加している研究機関の協力をえた。これらの活動はUNCEDのアジェンダ21第19章に基づく行動計画であるが、こうしたインフラストラクチャーの構築は生物多様性や海洋汚染防止などアジェンダ21の他の活動計画とも連携して進めるべきであると考ええる。

5.2 GISによる漂着状況の表現

漂着ペレットの採集地点と、集積地点を地図上に表現したが、今後、地図の階層を深くし、最後の地図で、ペレット採集場所に到達出来るような詳細な地図にする予定である。ただし、これは既存の地図では難しいので採集者が手書きした地図、あるいは、採集者が用意した地域の拡大図をスキャナーで撮り込む方が良いと思われる。さらに、できれば海岸の様子を示す写真までインターネットに載せられれば、次なる調査者への案内ともなる。

5. 3 分析法について

今回新しく試みた分析法で有用と思えたのは、近赤外線のスเปクトルを用いた分析法である。これはオプト技研の近赤外線を用いたプラスキャンに改良を加えた測定システムであり、試料がたとえ1粒ペレットでも15種類の判別分類を可能なことを確かめた。この装置では一応スเปクトルが近赤外線1~2.4 μ mまで描けるため、新品のペレット、漂着した劣化ペレット、鳥の体内から採集したペレットの劣化の差の違いが判別出来る。

もう一つ極めて新しい分析法として、SIMS(二次イオン質量分析法)を試験的に適用してみた。この分析の利点は、試料がペレット1個でも分析が可能で、ほとんど非破壊であることである。予備的な測定実験では未使用新品ペレットと、海岸漂着ペレットでは、マススเปクトルに大きな差(飛び出してくる分子の種類とその量)が見られた。マススเปクトルに、素材であるPPあるいはPE以外に、表面に付着した可塑剤、農薬の分析も可能であろうと思われる。今後、より広範囲に使えるであろう。

6. おわりに

東シナ海域の有害物質の存在とその起源を解明し、それを対策に結びつけることに役立つような情報基盤の構築を試みた。さらに、その具体的な応用として、海岸に漂着するレジンペレットの調査分析を行った。この情報基盤は、データベース、デジタル地図、地理情報システムとインターネット環境から構成され、東アジア西太平洋地域における各種の汚染物質や有害物質、環境マーカーについての調査結果をさまざまなスケールの地図上に表示し、インターネットで提供せしめるものである。それゆえ、異なるグループや国における調査結果を相互に比較したり、統合的に解析をすることを可能ならしめる。このようなシステムは、異なる国の異なるグループが協力して調査研究を行う場合にも有用である。このことは、このシステムの応用として行った漂着レジンペレットの調査研究でも実証された。

地球環境問題の調査研究には、地球上に分散しているさまざまな研究機関、研究者、関係者、ボランティアの協力が必要である。本研究は、そうした目的にインターネットと地理情報システムの組み合わせが有用なことを示した。

謝 辞

環境地理情報システムおよび地図作成は蕪山典子氏にお願いした。また(株)パスコ、東京カートグラフ、アドイン研究所に技術的な助言を得ている。レジンペレットに関しては、東京水産大学の兼広春之氏、東京農工大学の高田秀重氏、旭化成工業(株)の伊藤尚史氏が共同研究者となっている。生物と生物からの試料の提供では、日本獣医畜産大学羽山伸一氏、東京水産大学の橋本伸哉氏、横浜市立大学井口泰泉氏にご協力をいただいた。ペレットの採集では、多くのボランティアの方々、クリーンアップ全国事務局の小島あずさ氏、クリーンアップ関西事務局の小林功敬氏らの協力を得た。分析に関しては、(財)日本冷凍食品検査協会、ニコレ・ジャパン(株)、アルバックファイ(株)、オプト技研(株)、に協力していただいた。ここに感謝する。

引用文献

1. H. Hong, W. Chen, L. Xu, X. Wang and L. Zhang, Distribution and Fate of Organochlorine Pollutants

- in the Pearl River Estuary, *Marine Pollution Bulletin* 39(1-12), 376-382(1999)
2. 功刀正行, 原島省, 利安忠夫, 東アジア海域における有害化学物質の時空間変動機構する研究①, 環境庁地球環境研究「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報告書, 60-64(1999)
 3. 通産省監修, プラスチック工業連盟: 樹脂ペレット漏出防止マニュアル (1993)
 4. 中国環境年鑑 1998, 中国環境年鑑社, 1998
 5. Korea Ministry of Environment, Environmental Statistics Year Book, 1996
 6. 環境庁水質保全局水質規制課 全国公共用水域水質モニタリングデータ 1997年測定, MO版
 7. 松田宗明, 横山保, 脇本忠明, 関丙允 河口域(韓国洛東江)環境中の有機塩素系化合物汚染: I 鳥類に蓄積している有機塩素系化合物, 環境化学, 4(2), 576-577, 1994
 8. 松田宗明, 越智睦美, 陰山貴枝, 脇本忠明, 関丙允 河口域(韓国洛東江)環境中の有機塩素系化合物汚染: III 鳥類に蓄積している有機塩素系化合物, 環境化学, 5(2), 420-421, 1995
 9. 環境庁(1989~1997) 化学物質と環境. 環境庁 <http://www.eic.or.jp/eanet/kurohon/>
 10. Wu, Y., Zhang, J., and Zhou, Q., Persistent organochlorine residues in sediments from Chinese river/estuary systems, *Environmental Pollution*, 100, 1-8, 1998
 11. PD Watchers ホームページ <http://www.nihs.go.jp/dw/index.html>

[研究成果の発表状況]

1. 神沼二眞, 大竹千代子: 地球規模の化学物質安全性情報ネットワーク, GINCにおける環境モニタリングデータの扱い, 第10回環境情報科学論文集, 85-90(1996)
2. 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回環境情報科学論文集, 165-170(1997)
3. 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, 漂着ペレットの分類と成分の分析, 第7回環境化学討論会予稿集, 316-317 (1998)
4. 神沼二眞, 大竹千代子, 蕪山典子, 森川直樹, 海洋環境汚染物質としてのレジンペレットの分析と特徴について, 環境科学会 1998 年会講演要旨集, 4-5 (1998)
5. 大竹千代子, 高田秀重, 間藤ゆき枝, 堀正典, 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2報, 環境科学会 1998 年会講演要旨集, 2-3 (1998)
6. 神沼二眞, A Global Information Network for Chemical Safety and GIS, 国際バイカル湖ワークショップ, 新横浜, 11月, (1998)
7. 大竹千代子, 伊藤尚史, 高田秀重, 間藤ゆき枝, 兼広春之, 神沼二眞: 漂着レジンペレットの分類と分析 第3報, 環境科学会要旨集, 40-41(1999)
8. 大竹千代子, 蕪山典子, 神沼二眞: 東アジアの水系における環境汚染物質の表示システム, 環境トキシコロジーシンポジウム要旨集, 58(1999)
9. 間藤ゆき枝, 高田秀重, 大竹千代子, 神沼二眞, 兼広春之: プラスチック小粒(レジンペレット)の汚染物質輸送媒体としての評価 1. 吸着特性および含有状況について, 第9回環境化学討論会要旨集, 46-57(1999)
10. 大竹千代子, 高田秀重, 間藤ゆき枝, 兼広春之, 藤枝繁, 伊藤尚史, 神沼二眞: 漂着レジ

ンペレットの分類と分析 第4報、第9回環境化学討論会要旨集、印刷中(2000)

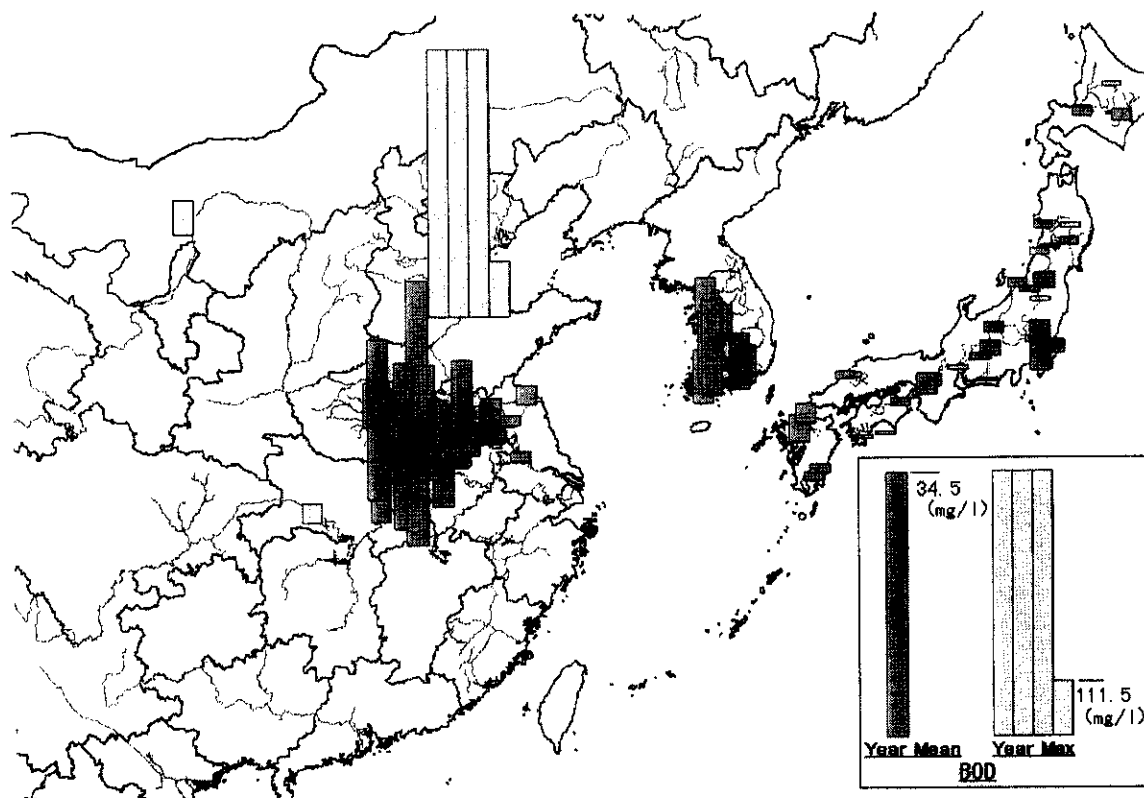


図1. 中国、韓国および日本の河川のBOD濃度
 中国：資料4. 韓国：資料5. 日本：資料6.

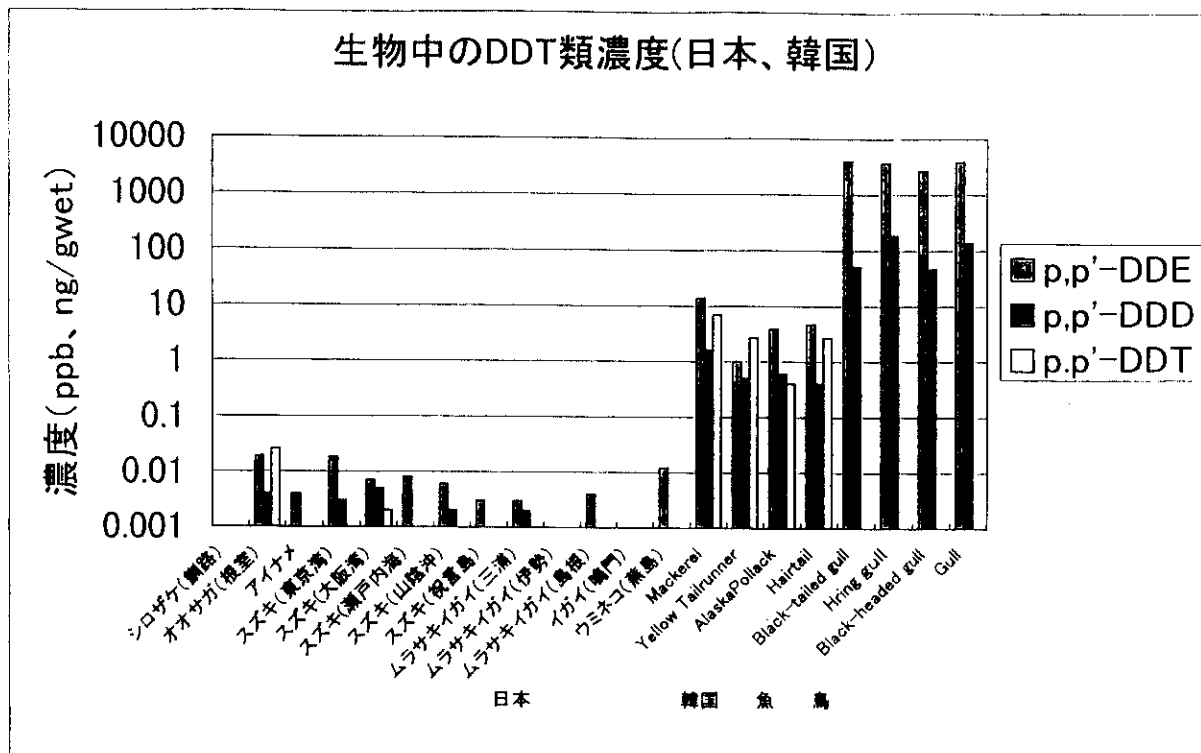


図2. 生物中の DDT 類濃度 (日本、韓国)
 韓国：資料 7、8 日本：資料 9、1997 年

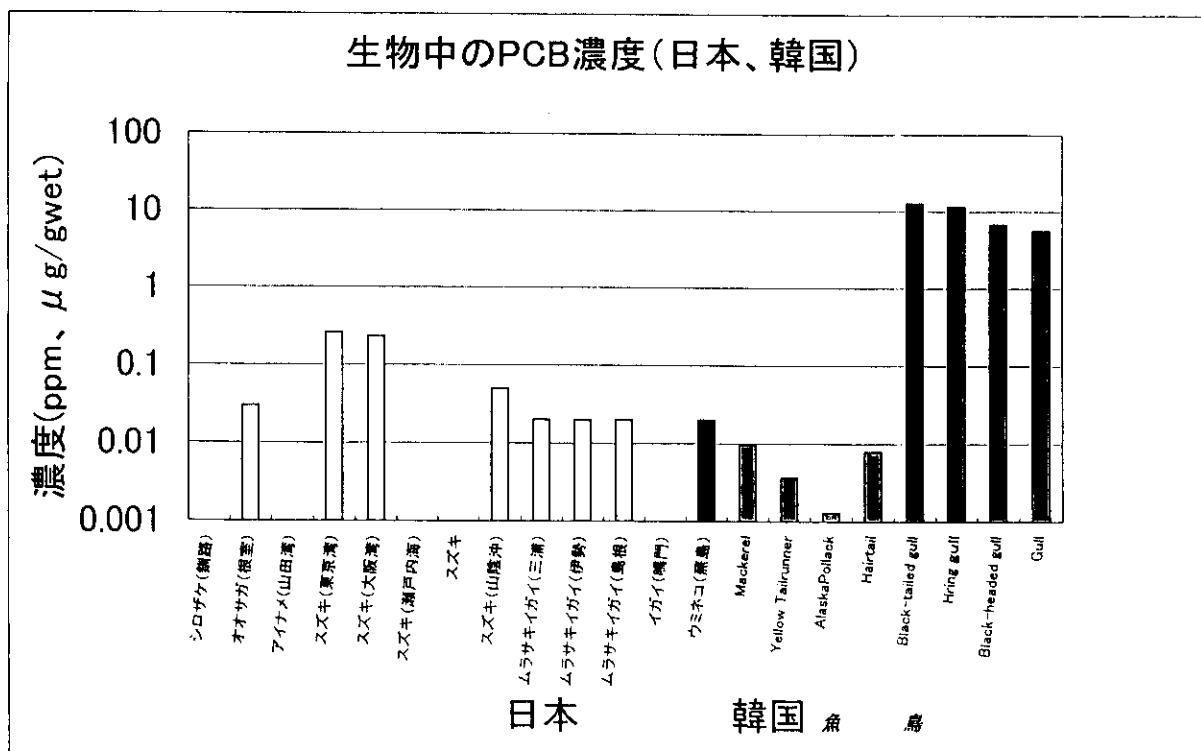
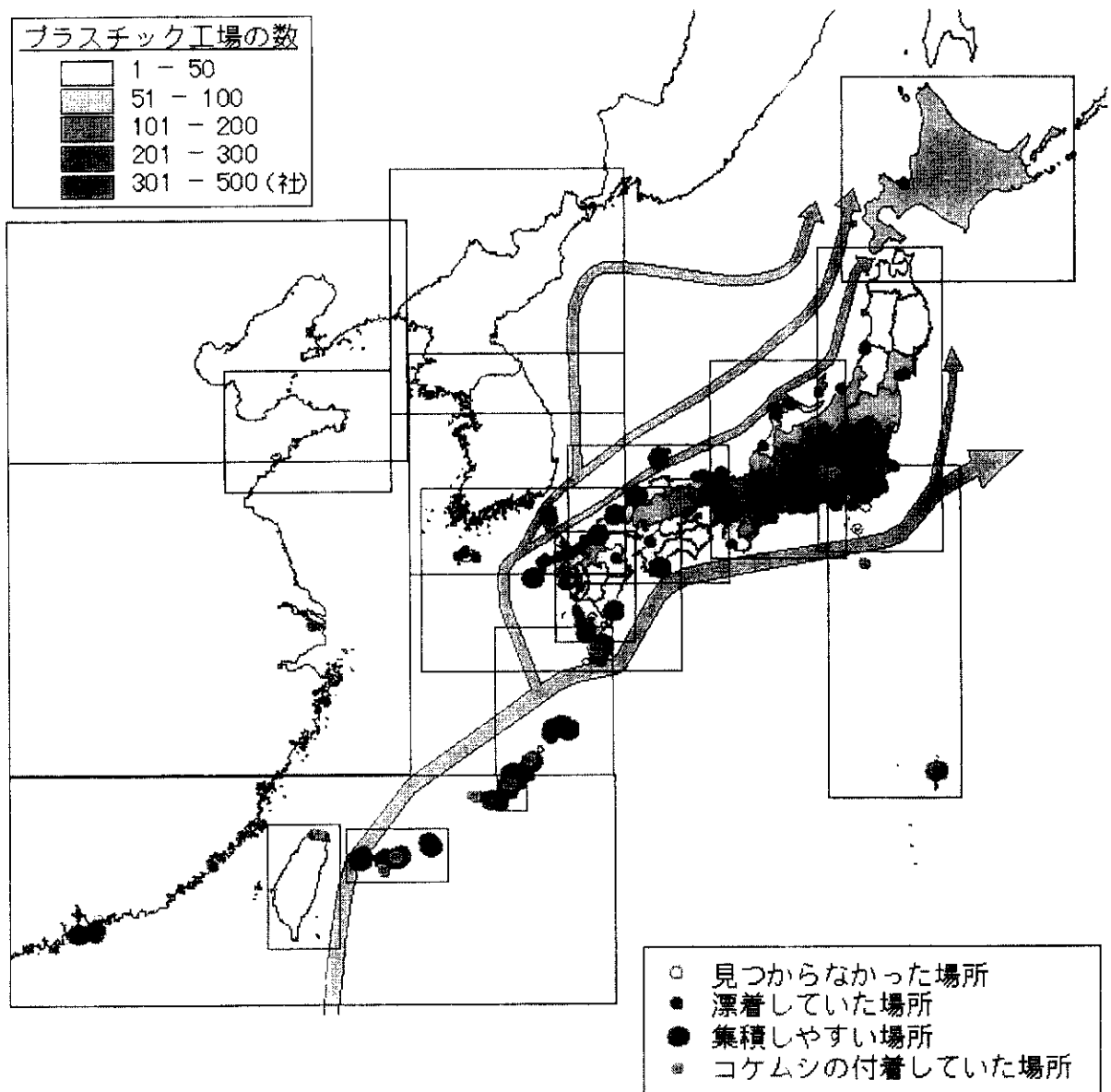


図3. 生物中の PCB 濃度
 韓国：資料 7、8 日本：資料 9、1997 年



「この地図は、建設省国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図25000(行政区・海岸線)及び数値地図2500(空間データ基盤)を複製したものである。(承認番号 平12総積、第154号)」

図4. 日本と近隣諸国の海岸漂着ペレット分布図

Pellets were found on most beaches in Japan and neighboring countries.

The number of pellets was more than 1000 per m² on the highest beach with the concentration of pellets in Japan. Only a few beaches have no pellets.

●: Abundant, ·: Found, ○: Not found

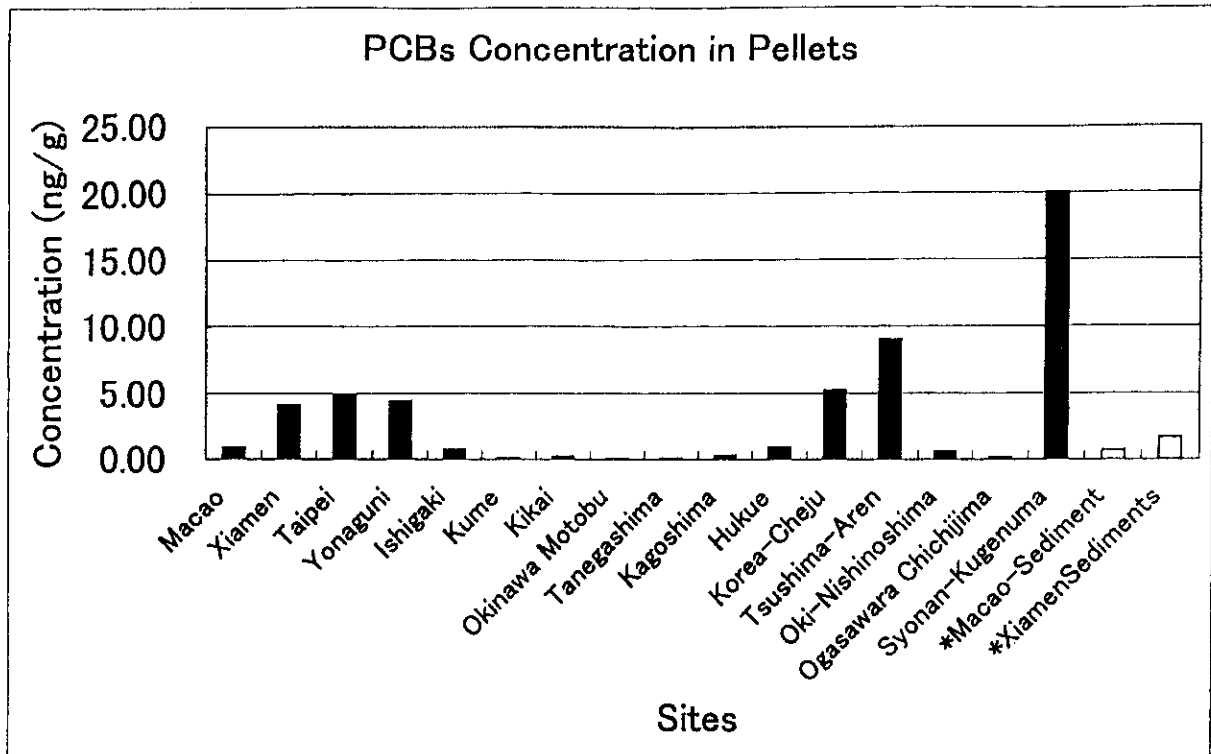


図5. 海岸漂着ペレット中の PCBs 濃度

*:資料 1

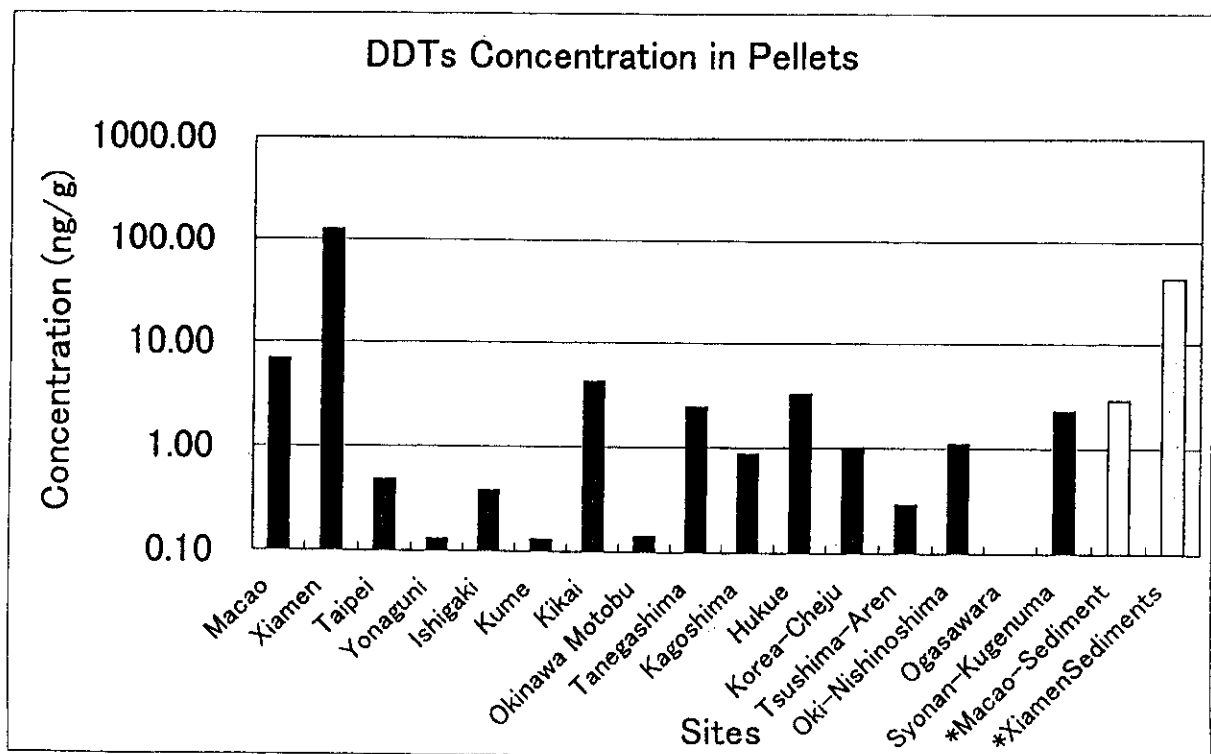


図6. 海岸漂着ペレット中の DDTs 濃度

*:資料 1

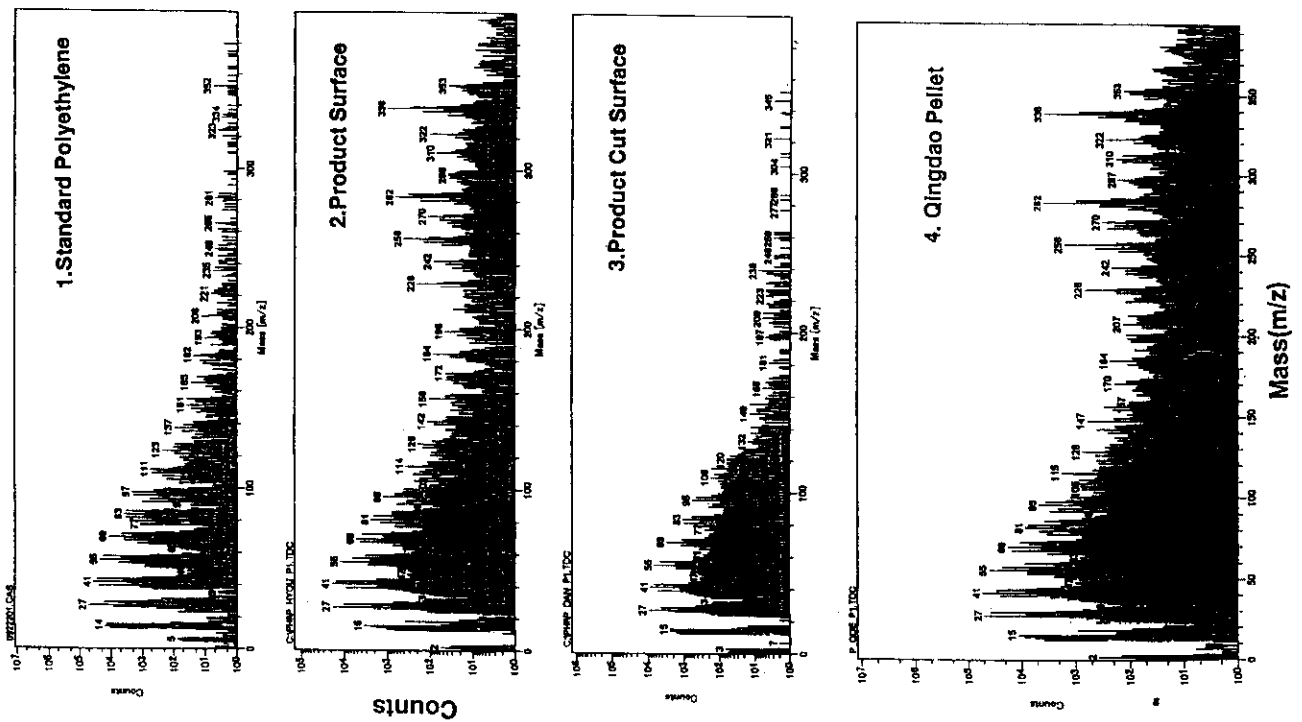


図 7-1 新品ペレットと中国青島海岸漂着ペレットのSIMSによるスペクトル

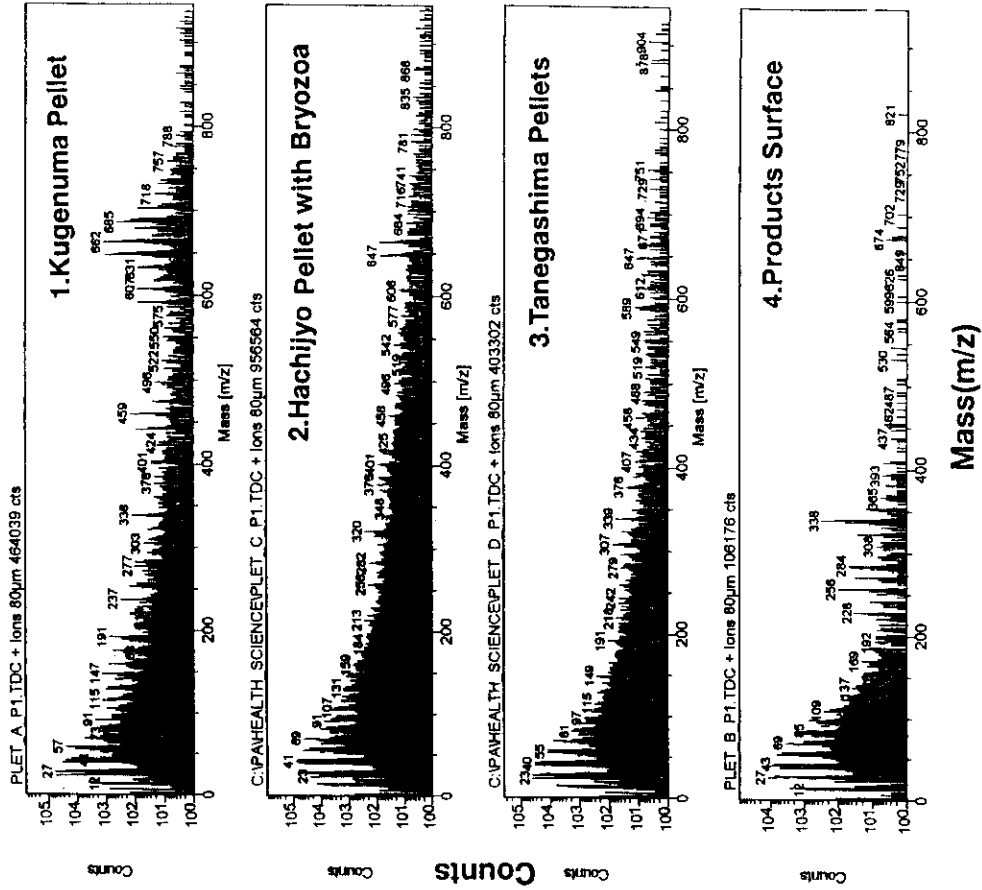


図 7-2 いろいろな海岸漂着ペレットのSIMSによるスペクトル