

平成14年10月9日

国土交通省近畿整備局長 様
紀ノ川流域委員会委員長 様

住民要請者
橿原市
奥 井 満 雄

要 請 書

第11回の同委員会に参加させていただきました。

事前の多くの委員の考えの公表があり、委員の発言も活発になり、委員会の雰囲気も一変したようです。整備局・委員会のスタッフの皆さまのご苦勞に対し心からお礼申し上げます。

さて、未だ議論のない答申のとりまとめについて一言私見を述べさせていただきます。

①いずれ答申案が出され、この中の各事案について賛否の場面があると思います。仮に委員の1/3の賛成、1/3はどちらでもない、1/3は否であれば答申に入れることでよいのではと考えます。(多様の考えがあり、過半数制は必要でないと考えます)

②本流域委員会以外からも多く意見を受ける方法として、委員会開催毎に意見を幅広く事前公募する。このより多くの意見集約取りまとめが共通認識の形成に役立つと考えます。さらに最近中学生の参政権を認める過疎自治体の報道がありました。現在の中学生、高校生が2、30年後に向け、いざんで次代を担うよう見守りたい。こうした意味合いから多くの若者の意見を探り入れたいとの考えから、12歳以上を対象の意見集約をお願いしたい。インターネット、新聞、テレビをおおいに利用する以外に固定のモニターを導入しては、

次に、前回「大台ヶ原に降る雨は恵みの雨か？」について述べましたが、補足させていただきます。

大気汚染物質の拡散・移動の研究は世界で多くの研究者が調査されています。1960～70年代、殺虫剤のDDTやPCBなどの人体への毒性が表面化しました。1980年代以降は、ゴミ焼却場などから排出されるダイオキシン類も社会問題となり特定化学物質の製造及び使用の規制が強化された。1990年になると、内分泌攪乱化学物質・環境ホルモンが浮上しました。環境ホルモンは胎児期ごく僅かな期間にピコグラム(1/1,000,000,000,000)、ナノグラム(1/1,000,000,000)のごく微量にさらされるだけで生殖器の異常につながり、従来の発ガン性などと異なる「新しい毒性」と指摘され、地球規模で汚染が進んでいる実体の調査研究が発表しています。さらに汚染の経路を調査すると、鯨類のBHC・DDTの毒性の強い有機塩素系化合物の体内濃度調査から、熱帯・亜熱帯の途上国の高温多雨から大気中に移行し、地球規模の大気の循環に乗って北部太平洋など高緯度地域に到達、大気から水に活発に溶け込んでいる。つまり北部太平洋は化学物質の「巨大な溜り場」となっている。との論文があります。(論文中の各図を参照)

またブチルスズ化合物の内分泌攪乱物質もその毒性影響に大きな関心が集まってきており、ヒトを含む多様な陸上高等動物にまで広がってきている調査報告がされています。

いずれにしてもこうした化学物質が地球環境問題としてとして浮上するなか、国連に於ける国際間の規制などの合意形成に期待をよせられています。・・・*1

また、四方を海に囲まれている日本の海岸に漂流するゴミを718カ所を5年間かけて調査した研究論文があります。

実に92万個の漂流ゴミの解析を行っています。特筆すべきこととして全体の8割が近隣外国（主に中国、台湾、韓国、ロシア）からのもの、また種類としてこれもまた全体の8割が難分解性のプラスチック類であると分析されています。また際立ったゴミとしては、生活廃棄物と漁具類の外に危険な医療廃棄物（注射器や医療ビン）、パンフレット（プラスチック製品の中間材料の樹脂粒）やテレビ、冷蔵庫などの家電製品、ドラム缶や、大型ガスボンベ、大タイヤ、有害物質表示のポリタンクなど、不法投棄で漂着したと判断せざるを得ない粗大ゴミが確認されています。

海岸域は古来より、気水域・干潟・湿地などを含め海鳥・底生生物・海浜植物などを育む生物多様性環境の重要な場となっています。ここ海岸域もコンクリートで固められ自然環境的に危機的状態をみて地域住民やボランティアが清掃活動に汗を流している、にもかかわらず漂着ゴミはあとをたたず、根本的には国際的合意協議は不可欠と警告しています。

・・・*2

地球上で食物連鎖の頂点に人類がいることは皆が知っていることです。

世界規模で、1970年代をピークに男の子供（赤ちゃん）が長期減少傾向にあることが判明。これは環境汚染が犯人ではないかとの米医学誌に発表した米国の医学者がいます。

最近、国内のデータで第一子より第二子、第二子より第三子以降の方が男子が少ないとの調査結果を埼玉大学 永井 教授によって報告されています。・・・*3

化学物質の生産と利用の世界の年流通額は、1990年代になって3,000億ドルと日本の年間国家予算の半分以上を越えている勢いで増え続けています。こうした中での、地球環境問題根本解決の国際協議のテーブルではどうしても、世界の平和・文化・教育・の英知、「地球憲章」を規範としなければならないとする一人であります。

人に対する毒性は化学物質の環境汚染が原因であるとする決定的なことは解っていない実情のようですが、前記の三つの報告をみても地球環境は悪化の道をたどっていると認識し、吉野川・紀ノ川流域の文化未来を危惧するのは私だけではないのではないのでしょうか。

このことから流域の環境調査を特に流域生物の多様性、絶滅種の調査とその原因調査などを実施し、流域住民に地球市民に公表していただきたい。改めて要請いたします。

参考文献

- *1：2000.12月号 日経サイエンス—寄稿論文：筆者 愛媛大学 田辺伸介 教授
- ：2001 日本海水学会誌 第55-4号—寄稿論文：筆者 愛媛大学 田辺伸介 教授
- ：2002.4.13 医学のあゆみ VOL.201 NO.2—内分泌攪乱物質研究の最前線より
- *2：2000.7 漂流ゴミ—海岸線の今を追って—著者：防衛大学 山口晴幸 教授
- *3：2002.9.30付 奈良新聞記事

化学物質開発の 新たな視点

20世紀には膨大な種類の化学物質が開発され、社会に豊かさをもたらした
しかし環境ホルモン問題などをきっかけに安全性への懸念も強まっている
人類が化学物質と共存する道はあるのか

田辺信介 (愛媛大学)

多数のアザラシやイルカが突然変死し、海岸に打ち上げられる——。20世紀後半になって、海にすむ哺乳類(海棲哺乳類)の大量死事件が相次いでいる。1988年、北海・バルト海で約1万8000頭のゼニガタアザラシが変死し、1990年にも地中海で約7000頭のスジイルカが死んだ。最近では1997年にカスピ海で1000頭を超えるアザラシの大量死が報告されている(右ページ上の表)。

こうした大量死は1970年代以降、確認されているだけで10件が報告さ

れている。また、最近の研究では、アザラシなど海の哺乳動物の間で免疫機能や生殖機能の異常が増えていることもわかってきた(下の写真)。大量死の原因ははっきりしないが、免疫機能の失調などによりウイルスへの抵抗力が弱まり、感染症が広がった可能性が大きい。その引き金として強く疑われるのが、化学物質の影響だ。

大量の化学物質が蓄積

私たちは米地質調査所(USGS)のオッシー(Thomas J. O'Shea)らと

共同で、化学物質による海の哺乳動物の汚染が年代別にどのように推移したかについて、体系的な研究に取り組んでいる。過去の論文を収集・整理し、検出された化学物質の種類、どんな動物種から検出されたか、検体数がどの程度あるかなどを調べた。

調査結果は、驚くべきものだった。1960年代、海の哺乳動物から検出された化学物質は有機汚染物質5種類(PCB(ポリ塩化ビフェニール)、DDTなど)、重金属が1種類(水銀)だけだった。しかし1990年代になると、有機汚染物質が265種類、重金属も50種類と急増した。また、化学物質が検出された動物の種類をみても、1960年代の8種類から1990年代には60種類と大幅に増加。化学物質が検出された動物の検体数も1990年代は5000検体を超え、1960年代の60倍以上に増えた(右ページの図)。

海の哺乳動物に異常 イルカやクジラ、アザラシで免疫・生殖機能の異常やガンなどが目立っている。オゾウ北部ではウイルスに感染したアザラシ(右上の写真)の大量死やオットセイの産卵(右下)が相次ぎ、インド洋でも尾ひれに奇形のあるイルカ(左)が見つかった。これらの異常は化学物質が引き金になったと考えられている。



写真1-10(左)



写真1-10(右)



写真1-10(左)

これは何を意味しているのか、もちろん、1960年代以降、化学物質の分析技術が進歩したことは無視できない。しかし、それだけではなく、過去30～40年間に生産・使用された大量の化学物質が環境中に放出され、海の哺乳動物の体内に分解されないまま蓄積されたことを強く示唆している。

「化学物質の世紀」の光と影

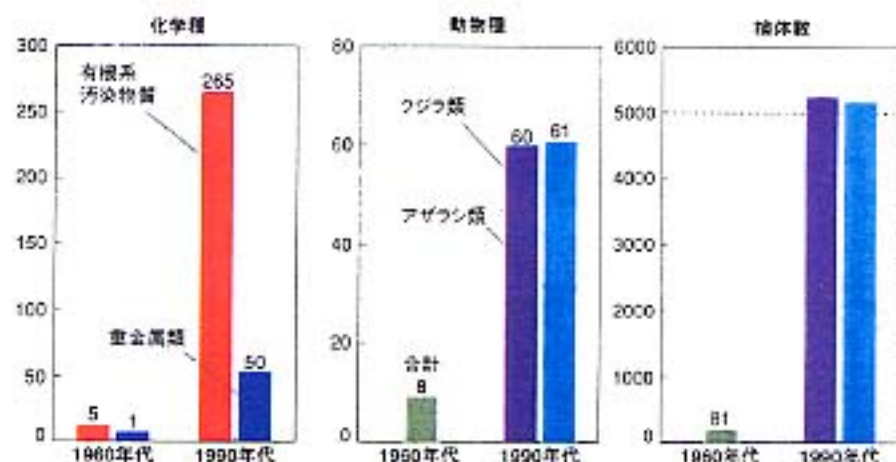
20世紀は「化学物質の世紀」ともいわれ、私たちの身の回りにはプラスチック、化学繊維、医薬品・農薬などの人工化学物質があふれている。米国の学術情報団体ケミカル・アブストラクト・サービス(CAS)にこれまでに登録された人工化学物質の総数は1800万種類といわれ、実際に流通し、日常生活で使われている化学物質だけでも約10万種類と推定されている。

これらの人工化学物質の生産が急増したのは、石油化学工業が急進した20世紀後半に入ってからだ。ナイロンやポリ塩化ビニール、PCB(用途は電気絶縁材やカーボン紙など)、フロンなどの工業生産が始まったのは20世紀前半だが、第二次世界大戦後になって生産と利用が本格化した。こうした人工化学物質は工業社会を支え、雇用を維持し、私たちの生活に大きな便益をもたらしてきた。

しかし、1960～1970年代、殺虫剤のDDTやPCBなどの人体への毒性が表面化した。1980年代以降は、ごみ焼却場などから排出されるダイオキシン類も社会問題になり、一部の化学物質の生産・使用規制が強化された。1990年代になると、内分泌かく乱化学物質(環境ホルモン)問題が浮上した。環境ホルモンは胎児期のごく限られた期間、ピコグラム(1ピコは1兆分の1)、ナノグラム(1ナノは10億分の1)という極微量にさらされただけで生殖器などの異常につながる

発生年	場所	種類	死亡数(個数)
1918	アイスランド	ゼニガタアザラシ	1000
1955	南極海	カニクイアザラシ	3000
1978	ベーリング海峡	セイウチ	1200
1979/80	米国・ニューイングランド	ゼニガタアザラシ	500
1987/88	シベリア	ハイカルアザラシ	8000
1987/88	米国・東海岸	バンドウイルカ	2500
1988	北海・バルト海	ゼニガタアザラシ	1万8000
1989/90	黒海	ネズミイルカ	400
1990	メキシコ湾	バンドウイルカ	300
1990	スペイン・地中海	スジイルカ	7000
1991	イタリア・地中海	スジイルカ	1
1997	カスピ海	カスピカイアザラシ	>1000

相次ぐ海の哺乳類の大量死 クジラやアザラシなど海の哺乳類の大量死事件が相次いでいる。こうした大量死は20世紀に入って12件報告されており、うち10件は1970年代以降に集中している。原因は不明だが、免疫力が低下し、ウイルスに感染した疑いが強い。



化学物質による汚染も急増 過去の学術論文を対象に、海の哺乳動物から検出された化学物質の種類(左)、汚染が見つかった動物の種類(中)、その個体数(右)を追跡調査した。1960年代には汚染は少数だったが、1990年代になると急増している。

れ、従来の発ガン性などと異なる「新しいタイプの毒性」と指摘されている。

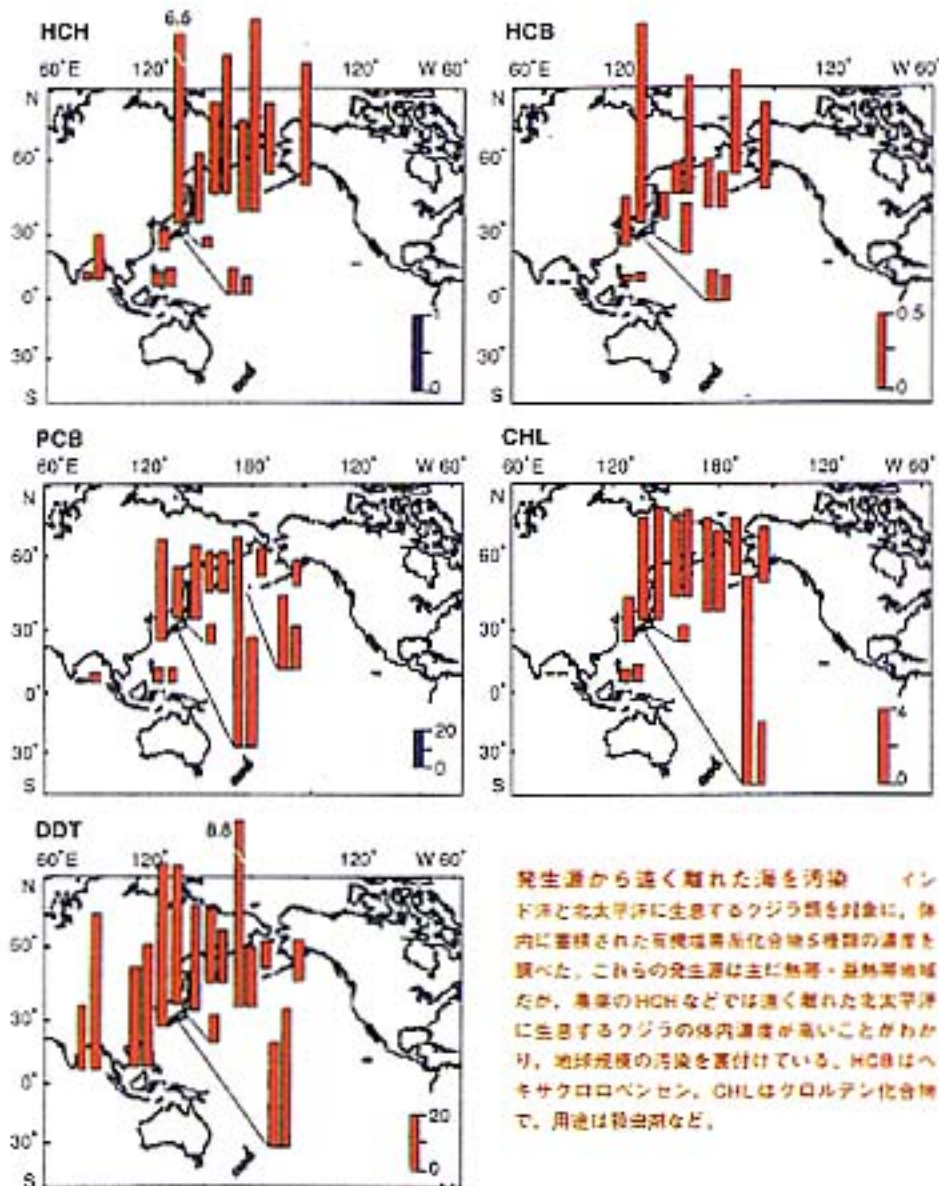
しかも、環境ホルモンは、人体に対する毒性について因果関係を科学的に証明するのが難しく、多数の研究者や膨大な研究費を投入しても答えが出るのは数十年先、という非常にやっかいな化学物質でもある。環境ホルモンと指摘された化学物質の中には産業的に有用なものもあり、「安全性が疑わし

い」というだけでは行政は規制に踏み切れぬ。環境ホルモン問題は「人類は化学物質とどうつき合うか」という重い課題を突きつけている。

汚染の発生源と到達点は別

人体への有害性をめぐってあいまいさが残る一方、野生生物では環境ホルモンによる汚染が確実に進行している。クジラやイルカなど海の動物に異

インド洋、北太平洋に生息するクジラ類の
有機塩素化合物蓄積濃度 (mg/kg, 湿重量当たり)



発生源から遠く離れた海を汚染 インド洋と北太平洋に生息するクジラ類を対象に、体内に蓄積された有機塩素化合物5種類の濃度を調べた。これらの発生源は主に熱帯・亜熱帯地域だが、有毒のHCHなどでは遠く離れた北太平洋に生息するクジラの体内濃度が高いことがわかり、地球規模の汚染を裏付けている。HCBはヘキサクロロベンゼン、CHLはクロルデン化合物で、用途は殺虫剤など。

産が集中するのはなぜなのか。まず、これらの動物は生態系の上位に位置しているため、食物連鎖を通じて汚染物質を高濃度で濃縮してしまう。また、化学物質を分解する機能が弱く、排せつされにくいいため、体内に高濃度で残留する。こうした異常な化学物質の蓄積が海棲哺乳動物の異常に結びついている。

さらに問題なのは、汚染の経路だ。私たちはイルカやクジラを対象に、森

薬のヘキサクロロシクロヘキサン(HCH)やDDTなど毒性の強い有機塩素系化合物の体内濃度を調べた。その結果、熱帯・亜熱帯よりも、高緯度の冷たい海域に生息しているクジラやイルカから高い濃度のHCHを検出した。また、高緯度の冷たい海域では表層海水中のHCH濃度も高く、水の汚染の度合いと高等動物の汚染は非常によく一致することがわかった。

これらの化学物質は先進国では生

産・使用が禁止されており、アジアやアフリカ、中南米などの発展途上国が主な発生源になっている。しかし、こうした地域から遠く離れ、地球上で最も清浄と考えられてきた高緯度の海域に生息する哺乳類が汚染されているのはなぜなのか。

熱帯や亜熱帯の途上国では気温が高く、雨量が多いため、こうした地域でHCHなどを使うと大半が大気中に移行する。大気に移行したHCHは、地球規模の大気の循環に乗って北太平洋など高緯度地域に到達する。そこで大気から水に活性炭に溶け込み、冷たい海を汚染する。つまり、北太平洋は化学物質の「巨大な溜まり場」になっていることがわかった(左図)。

これは、化学物質問題を考えるうえで重要な示唆を与えている。化学物質はそれを使用・排出した場所だけを汚染するのではなく、状況によっては、はるかに離れた場所でも深刻な汚染を引き起こす。つまり、発生源と到達点が多異なることが起こりうる。この例が示しているように、環境ホルモン問題はフロンガスによるオゾン層の破壊や二酸化炭素による地球温暖化と同様、地球規模の対策が必要な問題で、21世紀の主要課題になる公算が大きい。

化学物質に敏感な生物

もちろん、すべての化学物質が同じ経路をたどるわけではない。PCBやDDTは移動・拡散しにくく、発生源にとどまりやすいため、地球規模で汚染が拡大するには時間がかかる。化学物質の性質によって移動・拡散性が異なり、これが地球規模での汚染の様式や行方を決めている(右ページ下図)。

化学物質の移動・拡散性は、生物への影響を探るうえでも重要な問題だ。特定の化学物質に敏感な動物がいれば、発生源から遠く離れた場所でも深刻な影響が出る。最近、カナダ先住民

のイヌイットの子どもたちの間で、感染症による死亡や免疫系の異常が増えている。有害物質の濃度の高いアザラシを食べていることが、その原因として疑われている。

また、PCBによる生物の汚染をみても、この傾向が読みとれる。PCBはかつてさまざまな産業機器や消費財などに使われ、今なおトランスなど廃棄された電気機器から漏出している。その汚染源は陸上にあり、本来ならば陸上に生息する動物の体内濃度が最も高く、沿岸、外洋と差れるに従って濃度が減るはずだ。しかし、実際の高等動物の汚染パターンは、これとは逆の傾向を示していることがわかった（右上の図）。

陸上のヒトやコウモリ、イヌのPCB濃度は高くても1ppm程度だが、イルカやクジラの仲間など外洋に生息している動物の濃度は非常に高く、シャチでは500ppmといったきわめて高濃度のPCBを蓄積していた。最近の調査では、沿岸域にほとんど近寄らないはずのアホウドリもきわめて高濃度のPCBを蓄積していたことがわかっている。

なぜ、こうした高濃度の汚染が生じるのか。さまざまな要因が考えられるが、最大の要因はこうした化学物質を分解する酵素系が欠落している点だ。動物の体内に入った毒物は、肝臓で薬物代謝酵素と呼ばれる酵素系が分解している。陸上の高等動物は非常に強い酵素系をもっているが、海に生息する動物、特に外洋に生息するイルカやクジラの仲間は酵素系の動きが弱いといわれている。アホウドリも恐らく、こうした酵素系をもっていないと推測される。

こうした例からもわかるように、野生生物の一部は生理機能がヒトとはまったく異なるため、高濃度で化学物質を蓄積する可能性がある。この点を十

野生生物のPCB汚染 野生生物の体内に蓄積されたPCB濃度は、沿岸に生息する生物よりも外洋部、遠洋部の生物の方が高い。外洋性のアホウドリでも高濃度の汚染が見つかった。これは、化学物質の発生源と到達点とが異なること、海洋の生物は化学物質の分解能力が弱いことを意味している。

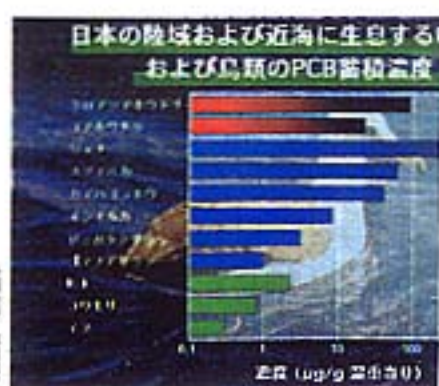
分認識したうえで、化学物質汚染やその影響への対策を考える必要がある。

化学物質問題が新たな地球環境問題として浮上するなか、国連主導の対策も動き始めた。国連環境計画（UNEP）が年内にも採択を目指している「残留性有機化学物質禁止条約」（通称POPs条約）は、PCBやDDT、ダイオキシンなど12種類の化学物質を対象に、排出の全廃や低減を目指している。こうした化学物質の規制が遅れている発展途上国に対策の強化を促すのが大きな狙いだ。

野生生物を「早期警報システム」に

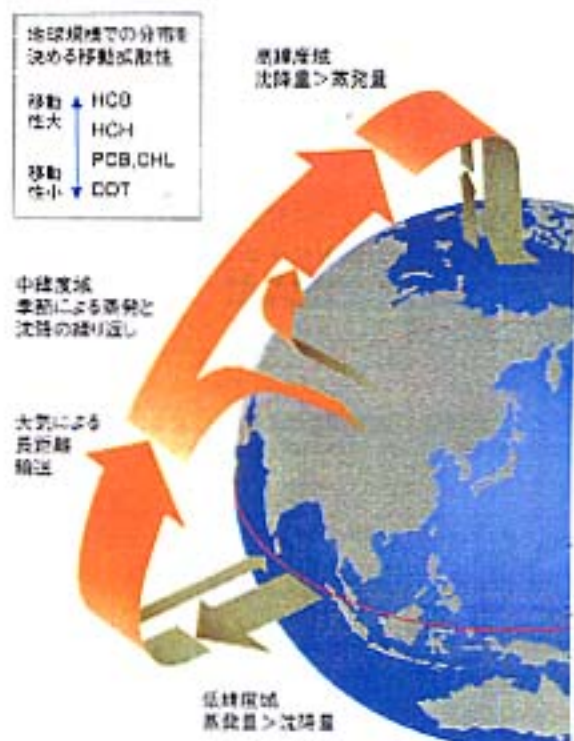
しかし、最も重要なのは化学物質の影響を予知する方法を確立することだ。これまでの化学物質の安全対策はヒトに重点が置かれていた。医薬品や食品添加物の毒性であれば、こうした対応的を射ている。しかし、多くの化学物質や農薬類は、人間が直接摂取するわけではない。前述したように環境や生態系を広く駆けめぐり、最後にヒトに到達す

大気や海流に乗って地球全体を汚染。熱帯や亜熱帯で排出された有害化学物質は大気に移行し、地球規模の大気循環に乗って高緯度地域に運ばれる。これが海洋汚染を拡大し、クジラなど生物への影響を深刻化させている。



る。その過程の中で、野生生物にさまざまな毒性が発現する。

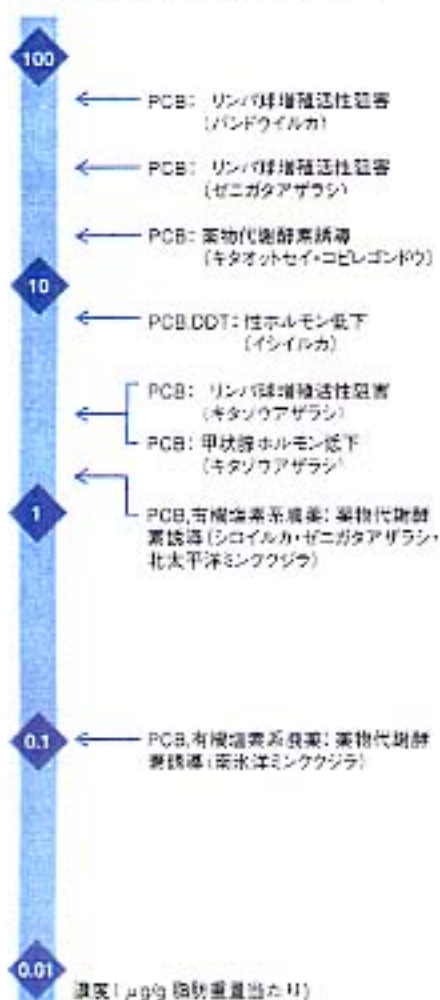
そこで私は、野生生物の異変と化学物質との因果関係を調べ、その成果をヒトへの影響を未然に防ぐ「早期警報システム」として活用することを提案したい。最も望ましいのは、毒性影響が現れている動物を集め、化学物質の関与を考えることだろう。しかし、影響が現れている動物をまとめた数、集めるのは非常に難しい。そこで、影響予知の1つの方法として、生理機能の変動を検知する研究が考えられる。生理機能の変動に関与する生体成分、



つまり「バイオマーカー」と化学物質の濃度との相関を検証することだ。

生理機能への影響

化学物質が生理機能にどう影響するのか。その1つに、薬物代謝酵素を誘導するという問題がある。有機塩素系化学物質の中には、特定の受容体(Ah受容体)と結びつくと深刻な毒性影響をもたらすものがある。薬物代謝酵素が誘導されると、無害だった化学物質が活性化されて発ガン物質に変わったり、誘導された酵素系がホルモンを分解してそのバランスを崩すなど、さまざまな影響が指摘されている。



化学物質の残留濃度と生物への影響

体内に蓄積した化学物質の濃度によって生物にはさまざまな影響が現れる。海の哺乳動物では化学物質の濃度が低くても、薬物代謝酵素誘導などの生理機能の変調が現れる。

最近の私たちの研究で、低濃度の化学物質の残留でも薬物代謝酵素が誘導されることがわかってきた。例えば、アラスカ産のシロイルカや北海道のゼニガタアザラシでは、低濃度のPCBで薬物代謝酵素が誘導されている。低濃度で薬物代謝酵素の誘導が見られる動物は、化学物質の毒性に対して敏感かもしれない。

免疫機能やホルモンに対する影響も見逃せない。前述したように、海の哺乳動物の大量死は、化学物質が引き金になって免疫機能の失調をもたらした結果。ウイルスに感染した可能性が高い。またホルモンへの影響でも、PCBやDDE(DDTの安定代謝物)の濃度が高いと血液中の男性ホルモン濃度が低いという結果が得られている。

薬物代謝酵素の誘導や免疫機能のかく乱などの生物影響は、どの程度の化学物質の濃度で現れるのか。私たちはこれまでに得た知見をもとに、海の哺乳動物の化学物質体内濃度と生理機能の変調との関係をまとめた(左図)。

これを見ると、化学物質の濃度が低い場合でも薬物代謝酵素の誘導が起き、濃度が1~10ppmになるとホルモンや免疫機能を阻害するおそれがある。こうした関係を野生生物の種ごとに調べれば、化学物質に敏感な生物を割り出せるかもしれない。

生物界に内在する法則の解明を

人間はこれまで、化学物質が生態系にどんな影響を及ぼしているのかについて、ほとんど関心を示さなかった。確かに、化学物質が野生生物に大量に蓄積しているからといって、ただちに人間の健康に影響が及ぶわけではない。しかし野生生物のデータを集め、生物界に内在する法則を解明し、体系的なリスク評価手法を確立することが、結局は人間に対する化学物質の安全性を保障することになる。

化学物質の影響に敏感な生物種を割り出し、その異変を検知できれば人間の健康を守る「早期警報システム」として活用できる。また、生物界に内在する法則が解明できれば、化学物質に敏感な野生生物の生息地では産業活動を避けるなどの対策も可能になる。化学物質の規制に関する法制度に野生生物に対する影響評価を盛り込むことも、具体化すべきだ。

「生態系本位」の環境観

環境ホルモンに代表される化学物質問題は、現代社会に2つの視点を提起している。まず、科学的に結論を出せない「不確実性」に社会がどう対応するかという問題だ。便利で快適な生活をしたと思えば、人工化学物質を使わざるを得ないし、新たな化学物質の開発を断念するわけにもいかない。科学的な「不確実性」を受け入れた上で、化学物質を安全に使いこなせる社会システムを構築する必要がある。

また、これまで化学物質の安全対策はヒトという特定の生物種に対する影響だけを考慮してきた。いわば「人間本位」の規制体系だったといってもよい。しかし、次の世紀ではヒトを含む生態系全体を保全する考え方、すなわち「生態系本位」の環境観が定着するよう、発想を戦略的に転換する必要がある。

著者 田辺信介(たなべ・しんすけ)

愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授。専門は環境化学。内分泌かく乱化学物質(環境ホルモン)による地球規模の環境汚染と生態系への影響を研究している。

関連図書・文献

『環境ホルモン——何が問題なのか』(岩波ブックレット)、田辺信介、岩波書店、1998年
『奪われし未来』、シーア・コルボーンら、朝日社、1997年

4. 海洋環境における内分泌攪乱物質問題の現状と課題 — 海棲哺乳動物の汚染と影響 —

田辺 信介*

Current State and Problems of Endocrine Disruptors in the Marine Environment
Contamination and Toxic Effects in Marine Mammals

Shinsuke TANABE*

1. はじめに

化学物質の生産と利用は近年急速な展開をみせ、世界の年流通額は1990年代になって3,000億ドルを突破した¹⁾。この金額がわが国の年間国家予算のおよそ半分に相当することを考えると、物質文明の急速にあらためて驚かざるをえない。無数ともいえる化学物質の安全性について、個別に対応し対策を立てることは不可能に近いが、こうした化学物質を環境汚染の観点から整理分類する作業はいくつかの研究機関によって試みられてきた。ヒトの健康を問題にしたもの、生物蓄積性に注目したもの、海洋汚染を取り上げたものなど視

点は様々であるが、共通していえることは、いずれも有機塩素化合物が高い位置にランクされていることである。なかでも代表的な内分泌攪乱物質として知られるPCB(ポリ塩化ビフェニール)やダイオキシンなどは、毒性が強く、生体内に容易に侵入し、そこに長期間とどまる性質があるため最も厄介な化学物質として関心を集めてきた。また、DDT(ジクロロジフェニルトリクロロエタン)、HCH(ヘキサクロロシクロヘキサン：商品名BHC)、CHL(クロルデン)、HCB(ヘキサクロロベンゼン)など悪名高い農薬も有機塩素化合物の仲間である(図1)。

生態系への蓄積や影響を懸念し、ほとんどの先進諸

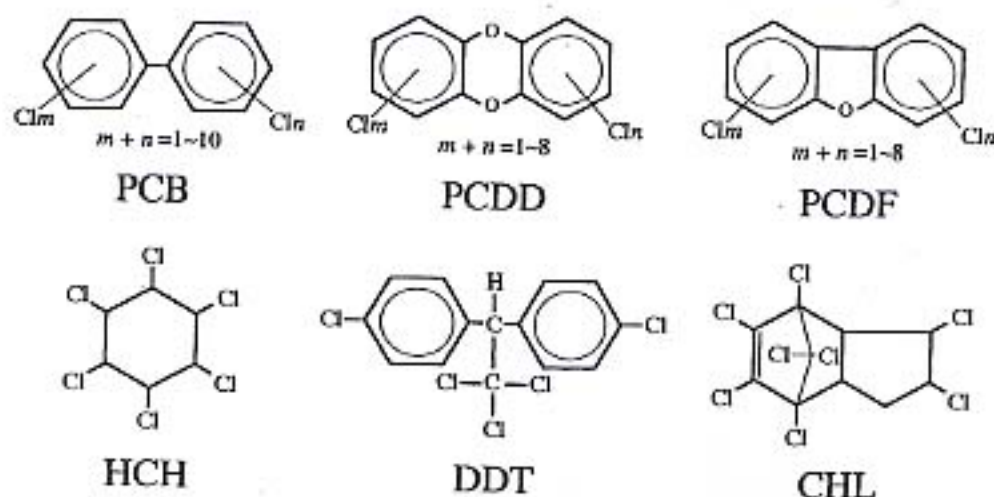


図1 有機塩素化合物

* 愛媛大学 沿岸環境科学研究センター (〒790-8566 松山市梅味 3-5-7)
Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University

国では有機塩素化合物の生産を禁止したが、その環境汚染は今なお続いており、学術的・社会的関心は依然として高い、とくに、この種の物質による海洋汚染の問題は、1995年11月に約100ヶ国の政府代表が参加してワシントンで開催された「海洋汚染防止政府間会合」でもとりあげられ、汚染の拡大を防ぐ具体策の検討が行動計画に盛り込まれた。また、国連環境計画（UNEP）は、有機塩素化合物による汚染が地球規模で広がったことに対処するため、西暦2002年をめどに環境汚染を防止する国際条約（POPs条約）の締結を提案している。有機塩素化合物は、地球規模の環境汚染が深刻化し、その防止対策の強化が国際レベルで求められている最も厄介な内分泌攪乱物質といえる。

本稿では、有機塩素化合物による海棲哺乳動物の汚染と影響について紹介する。

2. 地球規模で拡大した汚染

筆者と米国地質調査所のO'Shea博士は、これまでに報告された海の哺乳動物の化学物質汚染に関する論文を収集・整理し、検出された化学物質および動物種と個体数についてまとめた¹⁾。初めて海棲哺乳動物から有機塩素系の内分泌攪乱物質を検出した論文は1966年に発表され、南極のアゼラシにDDTとその代謝物が残留していることを報告した¹⁾。しかし、1960年代に海棲哺乳動物から検出された化学物質は有機塩素化合物5種類、元素1種類（Hg）のみで、動物も8種類89種

体の鯨類・鯨類にすぎなかった、ところが、1990年代では、265種類の有機汚染物質と50種類の元素が海棲哺乳動物から検出されている。有機汚染物質の大半は有機塩素化合物で、17種類の鯨類と40種類の鯨類を含む総計5529検体でその汚染が確認されている。検出された有機塩素化合物の中には、強毒性の内分泌攪乱物質として関心を集めているダイオキシンやジベンゾフラン、コブラナPCBなども含まれている。また、多環芳香族化合物、放射性核種、有機スズ化合物なども1990年代になってその残留が報告された。海棲哺乳動物の有害物質汚染に関するこれまでの発表論文数は、18000篇を越えている。

このように多数の有害物質が膨大な数と種類の海棲哺乳動物から検出された事実は、化学分析の技術が進歩したことに加え、この半世紀の間に化学物質の生産や利用が著しく拡大し、またその環境汚染も世界の隅々にまで広がったことが背景にある。また最近になって、地球規模の海洋汚染を引き起こしやすい場で有機塩素化合物の利用が始まったことも要因としてあげられる。工業用材料や農薬として多用された有機塩素化合物の汚染源は陸上にあり、大気や水を媒体として広域輸送される。かつてこの種の物質の生産と利用は先進工業国に集中したため、北半球中緯度域で最高の汚染が認められた。ところが先進諸国における規制の強化と途上国における産業活動の拡大にともない、汚染の南北分布は最近変化した。図2に示すように、ア

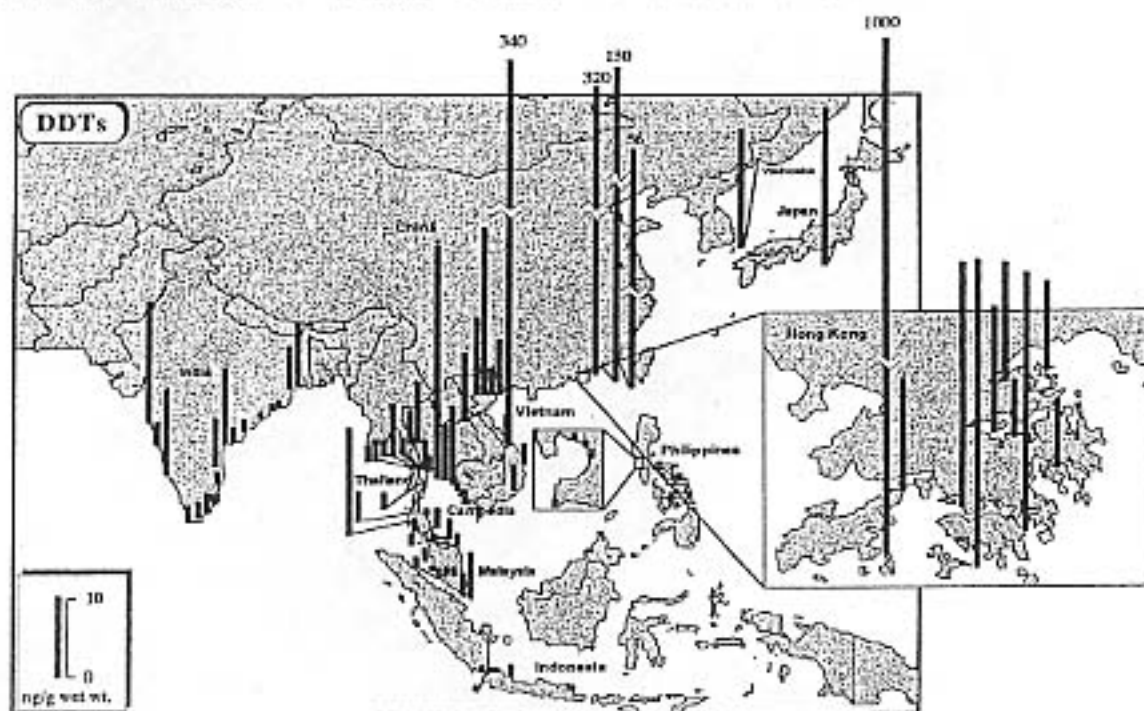


図2 アジア海域における二枚貝イガイのDDTs汚染

シアの沿岸域で二枚貝のイガイを指標生物にしてモニタリング調査を実施したところ、有機塩素系農薬DDTsによる水質汚染は、熱帯・亜熱帯海域で顕在化していることが判明した。類似の結果は、HCHsでも認められた。先進国製の化学物質として注目を集めてきたPCBsやCHLsは中緯度海域の汚染が差んでいるが、その分布は低緯度域にも拡大している¹⁾。地図を開いてみればわかるように、途上国の多くは熱帯・亜熱帯地域にある。南インドの水田地域で有機塩素系殺虫剤HCHsの散布試験を行なったところ、その90%以上はすみやかに大気へ揮散し低緯度地域における化学物質の残留期間は短いことが判明した²⁾。こうした大気への活発な揮散は、熱帯・亜熱帯環境の化学物質汚染を軽減する効果はあるが、そこでの無秩序な利用は地球規模の汚染に大きな負荷をもたらすことになる。海洋は地球の面積の7割を占めており、熱帯・亜熱帯から放出された化学物質の大半は世界の海に拡がることになる。つまり、汚染源の南下は、世界の海洋に分布している海棲哺乳動物にとって最も厄介な場で化学物質の利用がはじまったことを意味する。有機塩素化合物によるこの種の動物の汚染が顕在化した要因として、地球の蒸発皿すなわち熱帯・亜熱帯地域における化学物質利用の増大があげらる。

ところで、中低緯度地域で利用された有機塩素化合物はどのように広がり、最終的にどこに到達するのであろうか—残念ながらこうした疑問に応えられる研究は少ないが、その分布やゆくえを示唆した例はある。有機塩素化合物による外洋大気および表層海水の汚染を地球規模で調査した例は、農薬HCHsの残留濃度が最も高く、とくに北半球の汚染が顕在化していることを明らかにしている³⁾。興味深いことにHCHsの高濃度分布は、この殺虫剤が使用されている熱帯・亜熱帯周辺海域で認められるばかりでなく、北極周辺海域でも観察されこの傾向は大気よりも表層海水で顕著であった。対照的にDDTsの残留濃度は全体的に低く、熱帯海域周辺のみで高濃度分布がみられ、HCHsに比べれば大気により輸送されにくく汚染源周辺にとどまりやすいことが示唆されている。ところが、PCBsやCHLsは均質な濃度分布を示し、南北差も小さいことが明らかにされている。PCBsやCHLsの汚染が全世界に広がり一様な分布を示すことは、依然として中緯度先進諸国からの放出が続いていることに加え、第三世界を中心に有機塩素化合物の汚染源が今なお拡大していることを暗示している。西部北太平洋に棲息するイルカや鯨について有機塩素化合物濃度を測定した最近の研究

は、物質によってその分布にちがいがり(図3)、外洋表層海水の汚染パターンが反映されていることを明らかにしている⁴⁾。

外洋環境では、有機塩素化合物の汚染分布と併せて大気・海水間での物質交換の研究も行なわれ、その地球規模でのゆくえが解析されている⁵⁾。大気・海水間における有機塩素化合物のフラックス(移動量)を求めた研究では、ほとんどの海域で負の値が得られており大気から海水へ活発に移行していることが明らかにされている。HCHsのような農薬の場合、汚染源に近い熱帯海域で大きなフラックスが認められることは当然であるが、北極のような汚染源から離れた海域でも大気から海水へ活発に流入している。北極域の海水が大きな負のフラックスを示す傾向はPCBsでも認められ、この事実は外洋の海水がこの種の物質の最終的な到達点として機能していることを示しており、とくに北極周辺の海水は有機塩素化合物のたまり場として重要な役割を演じていることが推察される。このような海洋の特性は海棲哺乳動物が有害物質のはきだめに生息していることを意味し、この種の動物で多様な有機塩素化合物の蓄積がみられる一要因でもある。

3. 特異な生体機能

海棲哺乳動物の化学物質汚染が顕在化しているのは、汚染源の南下や海洋が有害物質のたまり場となっていることばかりでなく、この種の動物の特異な生体機能も関与している。

その特異な機能の第一点は、海棲哺乳動物の皮下に厚い脂肪組織があり、ここが有害物質の貯蔵庫として働いていることである。この脂肪組織はブラバーと呼ばれ、海棲哺乳動物の種類によって変動するが、アザラシの乳仔では体重の50%を越え、体内の有機塩素化合物のほとんどがここに残留している。イルカの場合、体重のおよそ20~30%がブラバーで、有機塩素化合物の体内総負荷量の約95%が蓄積している⁶⁾。有機塩素化合物は脂溶性が高いため、一旦脂肪組織に蓄積すると簡単に出ていかない。したがって、長期間そこに残留することになる。寿命の長い海棲哺乳動物では、餌から取り込んだ有害物質が徐々にブラバーに蓄積し、ここが大きな貯蔵場所として働くため高濃度汚染に結びついている。

第二点目は、海棲哺乳動物の場合、世代を越えた有害物質の移行量がばかにならないことである。有害物質が親から子に移るルートとしては、胎盤を経由する場合と生後授乳により移行する場合がある。哺乳動物

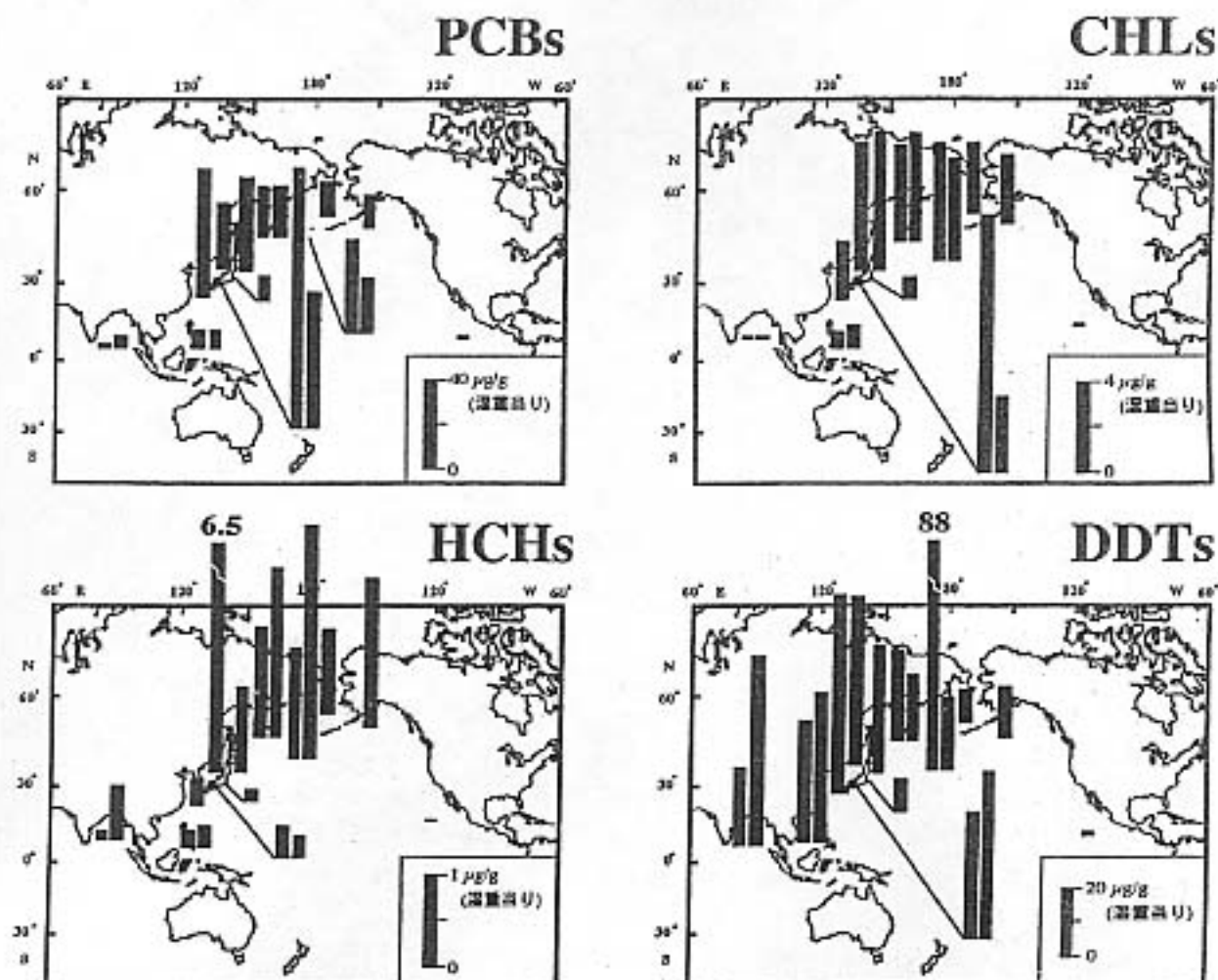


図3 有機塩素化合物による外洋性歯鯨類の汚染

の場合、一般に胎盤經由での有機塩素化合物の移行量は少なく、せいぜい母親体内の5%程度であるが、鯨類や鯨豚類の乳は脂肪含量が高いため、授乳によって多量の有機塩素化合物が母親から乳仔に移行する。スジイルカでは、体内に残留するPCB総量のおよそ60%が授乳により乳仔に移行している¹⁰⁾。バイカルアザラシの成熟雌の場合、授乳によってPCBおよびDDT負荷量の約20%が排泄されている¹⁰⁾。したがって鯨類や鯨豚類の成熟個体では、有機塩素化合物の蓄積濃度に顕著な雌雄差がみられる。このような大量の有機塩素化合物の母子間移行は、たとえ環境の汚染濃度が低下しても、海棲哺乳動物体内の有害物質はそのまま世代を越えて引き継がれるため簡単に低減しないことを意味しており、高濃度蓄積や長期汚染の一要因となっている。また、乳仔の体重は母親の10分の1程度であるため、有機塩素化合物の体内濃度は授乳期間中に一気に上昇する。このことは体内蓄積量の問題だけでなく、毒性影響も深刻化することを暗示している。

第三点目は、海棲哺乳動物とくにイルカや鯨の仲間には肝ミクロソームに局在するチトクロームP-450系の薬物代謝酵素が発達していないため、有害物質をほとんど分解できないことである。一般に、有機塩素化合物を分解する薬物代謝酵素系は、フェノバルビタール(PB)型とメチルコラントレン(MC)型に大別されるが、鯨類はPB型の酵素系が欠落しており、陸上の哺乳動物や鳥類に比べると格段に有害物質の分解能力が劣る(図4)¹⁰⁾。一方アザラシなど沿岸性の鯨豚類ではPB型およびMC型両方の酵素系が機能しているが、陸上の高等動物に比べるとその分解能力は弱い。陸上、沿岸、外洋の方向で高等動物の有害物質分解能力が低下しているのは、進化の過程で陸上に比べ海洋の動物ほど、また沿岸に比べ外洋の動物ほど陸起源の天然の毒物に曝される機会が少なかったためと推察される。したがって、海棲哺乳動物とくにイルカや鯨の仲間は分解酵素の機能を発達させる必要がなかったとも考えられ、このことが多様な有害物質の蓄積をもた

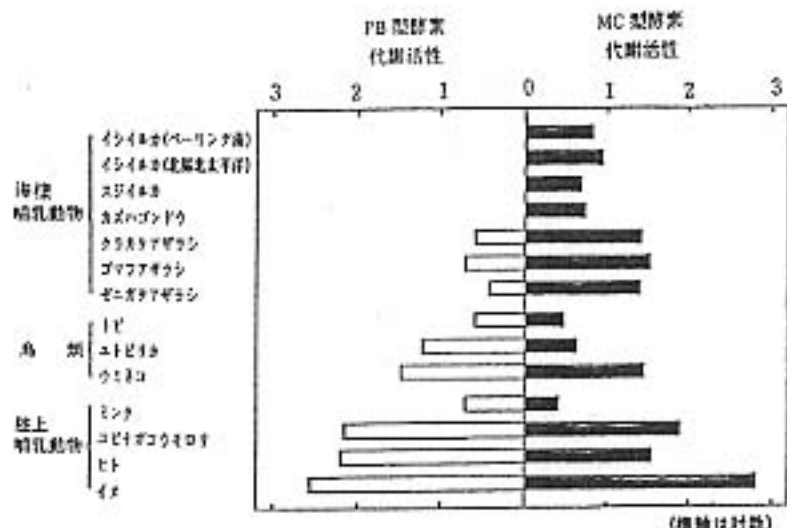


図4 有機塩素化合物を分解する薬物代謝酵素系の相対活性の動物種間差

らしたのであろう。

4. 異常な蓄積

有害物質の貯蔵庫としての皮下脂肪、授乳による世代を越えた移行、弱い分解能力など、前述したこれらの要因はいずれも海棲哺乳動物の高濃度汚染に関与するが、とくに注目すべき点は、薬物代謝酵素系の特異性であろう。高等動物の場合、酵素系による分解は有害物質の主要な排泄ルートであり、この機能が未発達であるということは餌から取り込んだ多様な毒物が生体にもたたり体内に残存することになる。そのことを示唆する代表的な事例として、有機スズ化合物の蓄積があげられる。有機スズ化合物の一種であるブチルスズ化合物は、有機塩素化合物に比べ安定性が乏しいため、高等動物の体内では容易に分解されると考えられていたが、最近の研究により海棲哺乳動物の肝臓に高濃度で蓄積していることが明らかにされた²¹⁾。また、海棲哺乳動物の中でもとくに薬物代謝酵素系が発達していないイルカや鯨は、有機塩素化合物を驚くほどの高濃度で蓄積している。たとえば西部北大平洋のスジイルカは、汚水中の一千万倍もの高濃度でPCBを蓄積している²²⁾。異常な蓄積はこれだけではない。一般に化学物質の濃度は、陸上の汚染源から遠ざかるにつれて低減するのが普通であるが、本来清浄なはずの外洋に棲息しているイルカや鯨は、陸上や沿岸の高等動物よりはるかに高い濃度でPCBを蓄積している(図5)²³⁾。外洋性の動物が、高濃度の有機塩素化合物を蓄積している他の事例としてアホウドリがある²⁴⁾²⁵⁾。興味深いことに、北太平洋のクロアシアホウドリでは、一部の

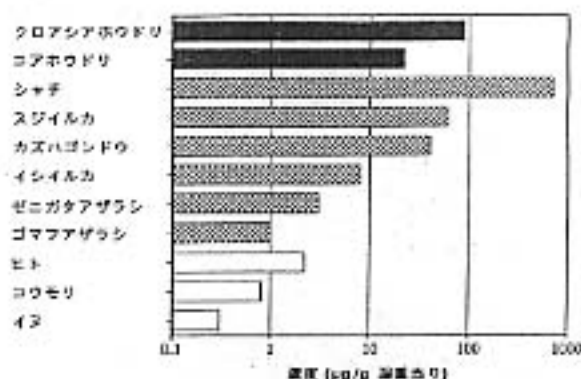


図5 日本産および北大平洋産の高等動物に残留するPCB濃度

検体から約100ppmのPCBsが検出されており、DDTsの残留濃度もきわめて高い。イルカや鯨と同じように、外洋を主な棲息域としているアホウドリ類も、テトクロームP-450系の薬物代謝酵素が一部欠落しているものと予想される。

イルカや鯨、アザラシなどの海棲哺乳動物は、ダイオキシン類の蓄積濃度も高い。とくに、コブラテPCBの汚染が顕在化しており、このことは最近の環境庁の調査でも明らかにされている²⁶⁾。海棲哺乳動物や魚食性の鳥類は、数千pg TEQ/g(脂肪重当り)の濃度を示すものがかなりあり、この値はヒトから検出された血液中ダイオキシン類の最高濃度(約600pg/g脂肪重当りTEQ)をはるかに上回る(図6)。弱い薬物代謝機能をもつなど、ある種の野生生物にはヒトとは違う生理機能があり、そのことが内分泌攪乱物質の蓄積濃度や毒性影響に関与していることが考えられる。

は今後の課題であるが、こうした結果は、現実の有機塩素化合物蓄積濃度で薬物代謝酵素系が誘導されたりホルモンレセプターとの結合や免疫機能の抑制がおこっていることを窺わせ、内分泌系や免疫系の攪乱など化学物質の長期的・慢性的な毒性影響が、野生の海棲哺乳動物で起こりうることを暗示している。

6. 汚染と影響の将来

有機塩素化合物の長期的な影響を予測するには、汚染の消長を理解することが必要となる。この場合、保存試料を用いて過去の汚染を復元し将来を予測することが望ましいが、海棲哺乳動物や鳥類の場合、有用な試料は少ない。断片的ではあるが、三陸沖で捕獲したオットセイの保存試料では、1970年代の中頃PCBやDDT汚染の極大がみられ、その後濃度は低減したが1980年代以降のPCB汚染は定常状態を示し、HCHの汚染には明瞭な低減傾向が認められていない¹⁰⁾。南米洋で捕獲したミンククジラの調査では、最近10年間に有機塩素化合物の濃度はほとんど変化しておらずPCBはむしろ増大傾向にあることが判明している(図8)²¹⁾。こうした過去の汚染の復元は、海棲哺乳動物における有機塩素化合物の暴露と影響が、今後しばらく続くことを暗示している。とくにPCBによる汚染とその毒性影響は深刻で、モニタリング調査の継続が望まれる。

7. おわりに

上述したように、一部の海棲哺乳動物や鳥類には、

他の高等動物ではみられない特異な汚染や生理機能があり、このことはヒト中心の環境観では生態系は守れないことを教えている。鯨や鳥の化学物質汚染がヒトとは無縁であるとする考え方は、もはや地球環境時代に馴染まない。「野生生物でみられる化学物質の汚染と影響は、ヒトへの警鐘である」、すなわち化学物質のリスクから生態系を守ることはヒトに対する安全性の確保にも繋がるという基本理念を育て、生態系本位の環境観を社会に定着させることが今後の大きな課題であろう。将来人間の健康に影響を及ぼす可能性がある問題として、野生生物の汚染や異常を考えなければならぬ。

引用文献

- 1) E. Anderson, *Chem. Engineer. News*, Aug. 2, pp.14-15 (1993)
- 2) T.J. O'Shea and S. Tanabe, Persistent ocean contaminants and marine mammals: a retrospective overview, in *Proceedings of the Marine Mammal Commission Workshop Marine Mammals and Persistent Ocean Contaminants* (ed. by T.J. O'Shea, R.R. Reeves and A.K. Long), pp.87-92 (1999)
- 3) W.J.L. Sladenら, *Nature*, 210, pp.670-673 (1966)
- 4) J.L. George and D.E.H. Frear, Pesticides in the Antarctic, in "Pesticides in the Environment and their Effects on Wildlife" (ed. by N.W. Moore), *J. Applied Ecol.* (supplement), pp. 155-167 (1966)
- 5) S. Tanabeら, Mussel watch, Marine pollution monitoring of butyltins and organochlorines in coastal waters of Thailand, Philippine and India,

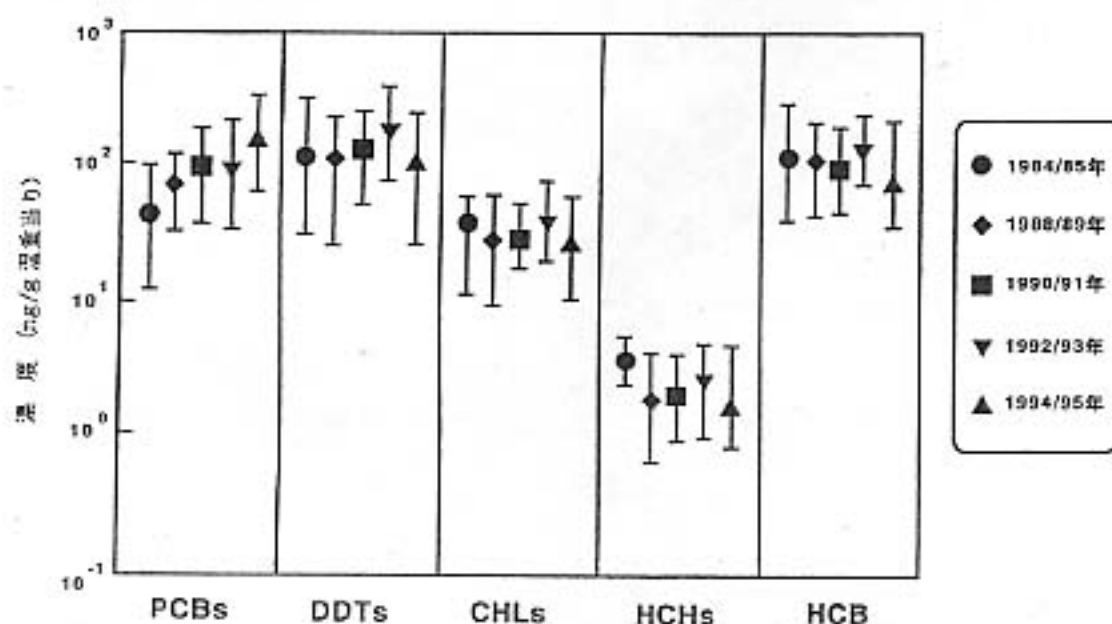


図8 南米洋産ミンククジラにおける有機塩素化合物蓄積の経年的推移

- in Proceedings of The Fourth International Scientific Symposium "Role of Ocean Sciences for Sustainable Development", UNESCO/IOC/WESTPAC, pp. 331-345 (1998)
- 6) S. Tanabeら, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 45, pp.45-53 (1991)
- 7) H. Iwataら, *Environ. Sci. Technol.*, 27, pp.1080-1098 (1993)
- 8) M. Prudenteら, *Mar. Environ. Res.*, 44, pp.415-427 (1997)
- 9) S. Tanabeら, *Agric. Biol. Chem.*, 45, pp.2569-2578 (1981)
- 10) S. Tanabeら, *Sci Total Environ.*, 154, pp.163-177 (1994)
- 11) H. Nakataら, *Environ. Sci. Technol.*, 29, pp. 2877-2885 (1995)
- 12) S. Tanabeら, *Mar. Mammal Sci.*, 4, pp.103-124 (1986)
- 13) S. Tanabe, *Mar. Pollut. Bull.*, 39, pp.393-398 (1999)
- 14) S. Tanabeら, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 13, pp.731-738 (1984)
- 15) S. Tanabeら, *Sci Total Environ.*, 154, pp.163-177 (1994)
- 16) P.D. Jonesら, *Environ. Toxicol. Chem.*, 15, pp.1793-1800 (1996)
- 17) K.S. Gurugeら, *Environ. Pollut.* (in press)
- 18) 環境庁環境保健部：ダイオキシン類の人体、血液、野生生物及び食事中の蓄積状況等について—平成10年度調査結果, 1999, p.166
- 19) M. Simmonds, Marine mammal epizootics worldwide, in Proceedings of the Mediterranean Striped Dolphins Mortality International Workshop (ed. by X. Poster and M. Simmonds), Greenpeace International Mediterranean Sea Project, Madrid, Spain, pp. 9-19 (1991)
- 20) T. Colborn and M.J. Smolen, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 146, pp.91-172
- 21) An. Subramanianら, *Mar. Pollut. Bull.*, 18, pp. 643-649 (1987)
- 22) G.P. Labvisら, *Environ. Health Perspect.*, 103, pp.67-72 (1995)
- 23) S.D. Shaw, Organochlorines and biomarkers of immune and endocrine effects in Pacific harbour seal and Northern elephant seal pups, Ph.D Thesis of Columbia University School of Public Health, 359 p. (1998)
- 24) S. Tanabeら, *Environ. Pollut.*, 85, pp.305-314 (1994)
- 25) S. Aonoら, *Environ. Pollut.*, 98, pp.81-89 (1997)

(平成13年5月9日受付)
(Received May 9, 2001)

表 題

著 者 名

醫學のあゆみ 別刷

第 卷・第 号： 年 月 日号

ブチルスズ化合物による野生高等動物およびヒトの汚染とその影響

船舶の防汚塗料や漁網防汚剤などに使用されたTBT(トリブチルスズ)などの有機スズ化合物は、貝類など一部水棲生物の内分泌系を攪乱するため、その毒性影響に大きな関心が集まっている¹⁾。著者らの研究グループは、これまでイルカやクジラ、アザラシなどの海棲哺乳動物を対象に、主としてPCB(ポリ塩化ビフェニール)やDDT(ジクロロジフェニルトリクロロエタン)など有機塩素化合物による汚染の研究を展開してきた²⁾。これらの物質は、環境中で安定で生体内に取り込まれても分解されにくいことから、高い生物蓄積性を示す。一方、有機スズ化合物は有機塩素化合物に比べると不安定で、生体内で容易に分解、排泄される。したがって、高等動物におけるこれら物質の蓄積性は乏しいと考えられてきた。ところが、最近の著者らの調査によって、イルカやクジラなどの海棲哺乳動物は高濃度のブチルスズ化合物〔TBTとその分解代謝物DBT(ジブチルスズ)およびMBT(モノブチルスズ)〕を蓄積していることが明らかとなった。さらに、鳥類やタヌキ、ネコなど陸上の野生動物やヒト

の肝にも、ブチルスズ化合物の残留が認められた。これらの結果は、有機スズ化合物による汚染が海洋の低次生物のみならず、ヒトを含む多様な高等動物にまで広がっていることを示している。

本稿では著者らの最近の研究をもとに、海棲および陸棲の野生高等動物とヒトについてブチルスズ化合物汚染の現状と特徴を紹介する。また、血液を対象とした分析結果をもとに、野生高等動物やヒトにおけるブチルスズ化合物の毒性上のリスクについても考察する。

■ブチルスズ化合物による汚染の現状と特徴

海棲哺乳動物や鳥類の臓器・組織部位別の分析から、ブチルスズ化合物は動物の肝や腎、または毛や羽に高い濃度で蓄積することが明らかとなっている³⁾。このことは、PCBなどの有機塩素化合物がおもに動物の脂肪組織に蓄積することと大きく異なっている。有機金属であるブチルスズ化合物は、脂肪組織よりもむしろ臓器・組織の蛋白などに結合して存在する、すなわち重金類類や有機水銀と類似の体内分布を示す。

そこで、著者らはブチルスズ化合物の高濃度蓄積器官である肝を対象に、陸棲および海棲高等動物の汚染を調査した。図1は、それらの調査結果をまとめたものである。この図からブチルスズ化合物の蓄積濃度は、陸棲よりも海棲の高等動物、とくにイルカやクジラなどの鯨類で明らかに高いことがわかる。船舶塗料などの防汚剤として利用されたTBTは、おもに海洋環境に投入されたため、陸棲に比べ海棲の高等動物で顕著

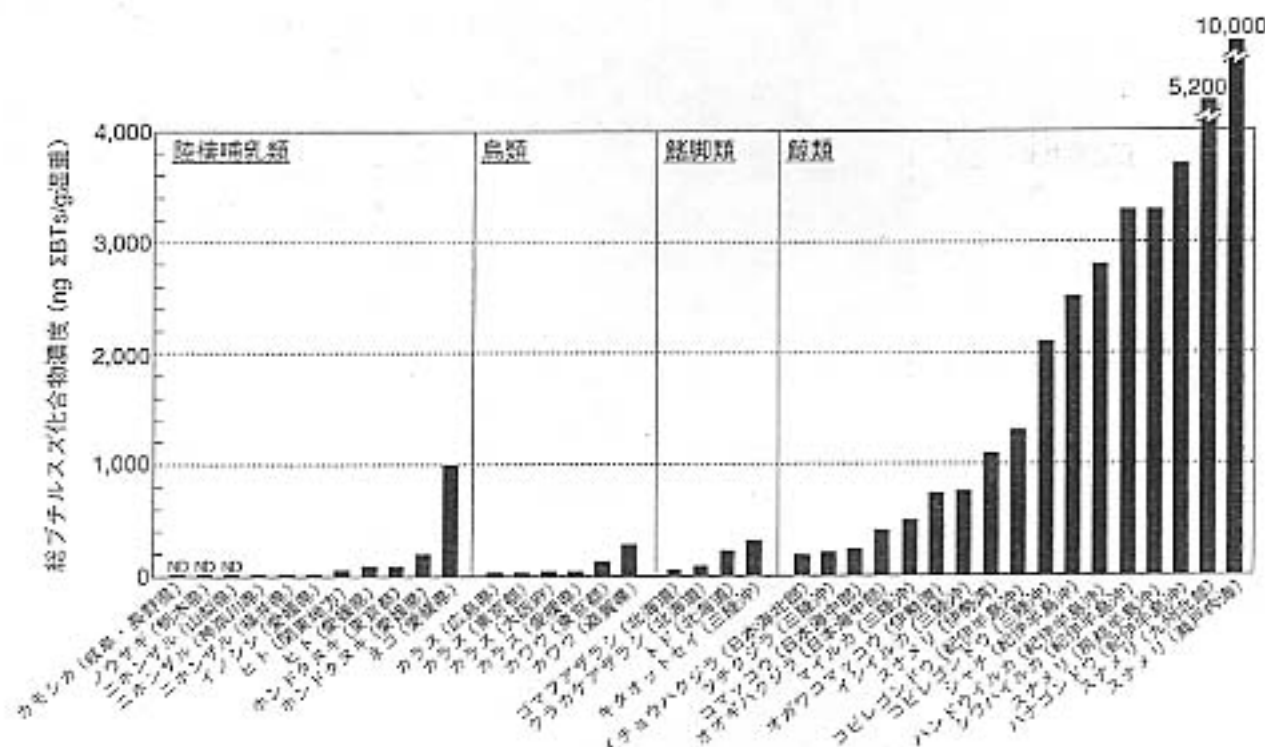


図1 日本の陸棲および海棲の高等動物(肝)から検出されたブチルスズ化合物の濃度
総ブチルスズ化合物濃度(ΣBTs)は、TBTとその代謝物DBT、MBT濃度の合量。

な汚染が認められたものと考えられる。また、鯨類はチトクロームP-450系の薬物代謝酵素が一部欠落しており、そのためPCBなど難分解性物質をうまく代謝・排泄できず、相当濃度で蓄積することが明らかとなっている²⁾。こうした鯨類の弱い薬物代謝能力は、比較的安定性の乏しいブチルスズ化合物に関しても、その高濃度蓄積の一因になっていると推察される。実際、鯨類は他の動物種に比べ、総ブチルスズ化合物に占める代謝物(とくにMBT)の割合が低く、親化合物であるTBTを高い割合で蓄積しており(図2)、このことも鯨類のTBT分解代謝能力が他の動物種より弱いことを示唆している。

一方、ネコやタヌキ、ヒト、鳥類などの陸棲高等動物から検出されたブチルスズ化合物は、代謝物であるDBTやMBTがその大半を占めていた(図2)。したがって、これらの動物は強いTBT代謝能を有しているものと考えられる。また一方で、陸上環境におけるブチルスズ化合物の特異な曝露がこれら陸棲哺乳動物の蓄積特性としてあらわれていることも考えられる。DBTなど一部の有機スズ化合物は、塩化ビニルやポリウレタン、シリコン樹脂などの製造過程で、可塑剤や安定剤、合成触媒として利用されている。市販されている樹脂製品の分析結果によると、シリコン樹脂で

加工した一部のクッキングシートやウレタン製の手袋などから高濃度のDBTやMBTが検出されている⁴⁾。また、食品用器具・容器および玩具類の調査でも、一部のポリ塩化ビニル製容器や手袋からブチルスズ化合物やオクチルスズ化合物が検出されている⁵⁾。そのほか陸上環境では、下水や汚泥から高濃度の有機スズ化合物が検出された報告もある⁶⁾。これらの事実は、ヒトや陸上の野生生物が魚介類などに含まれる海起源の有機スズ化合物に曝露されているだけでなく、陸起源の汚染の影響も受けていることを示唆している。

陸棲の高等動物におけるブチルスズ化合物の蓄積濃度は、鯨類などに比べ概して低い。ネコやタヌキ、カラス、カワウなどで比較的高い値が検出されており、人間の居住環境周辺に棲息する動物種を中心に汚染の広がっていることがわかる。とくにネコは海棲哺乳動物に匹敵する蓄積濃度を示しており、その種特異的な蓄積がうかがわれる。今後は鯨類やネコなど特異な蓄積を示す動物に着目し、ブチルスズ化合物の蓄積メカニズムや毒性影響を検証する必要がある。

■ブチルスズ化合物のリスク評価

TBTは貝類など一部の低次水棲生物の内分泌系を攪乱することが野外調査や*in vivo*, *in vitro*の実験で明らかにされている¹⁾。ヒトや野生高等動物に対する影

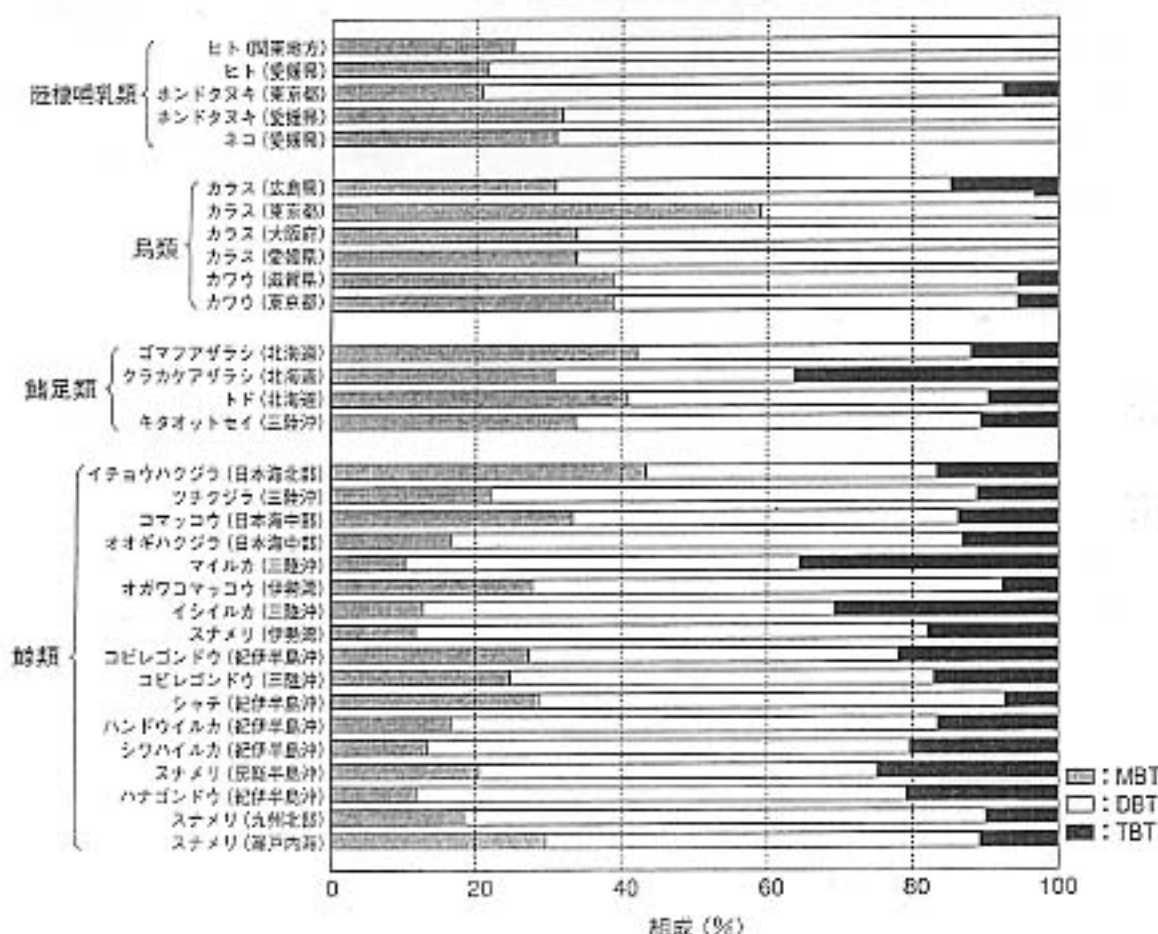


図2 日本の陸棲および海棲の高等動物(肝)から検出されたブチルスズ化合物の組成

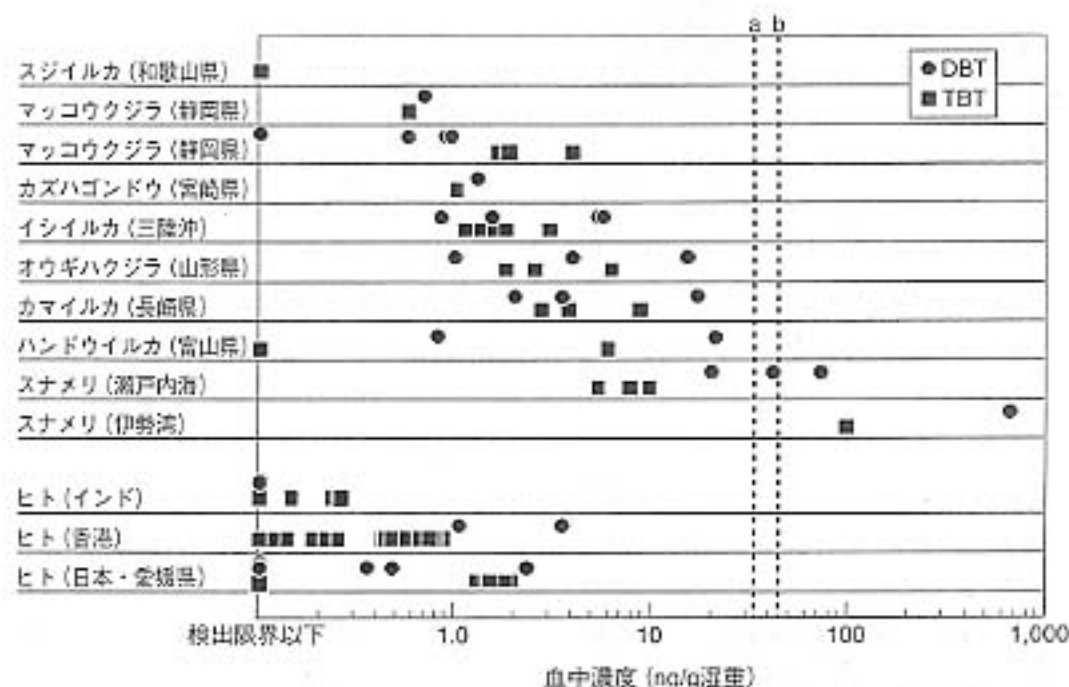


図3 日本の陸棲および海棲の高等動物から検出された血中のTBTおよびDBT濃度
 図中の破線は、Nakataら¹⁰⁾による実験結果から求めたTBTおよびDBTのリンパ球増殖阻害
 に対するEC₅₀値。
 a: EC₅₀ [DBT]: 33ng/g, b: EC₅₀ [TBT]: 44ng/g.

響は現在のところ不明であるが、その可能性を示唆する結果が最近報告されている。たとえば、ヒトの胎盤細胞を用いた *in vitro* の試験では、低濃度のTBTで性ホルモンの代謝に関与する酵素“アロマターゼ”の活性が抑制されている⁷⁾。また、ラットを用いた二世世代曝露試験によると、高濃度のTBTに曝露した母鼠から生まれた雄ラットは、生殖器重量や精子細胞数などが減少し、血清中の17βエストラジオール量も減少したことが報告されている⁸⁾。

有機スズ化合物は内分泌攪乱を含む多様な毒作用を示すが、比較的低濃度の曝露で起こる疾病として免疫毒性が注目されている⁹⁾。イルカやアザラシの血液を用いて、リンパ球に対するブチルスズ化合物の影響を *in vitro* で調査した研究では、33ng/ml(DBT)~44ng/ml(TBT)の低濃度でリンパ球の増殖が阻害されている¹⁰⁾。最近、著者らが日本沿岸において捕獲または座礁した鯨類の血中ブチルスズ化合物濃度を測定したところ、瀬戸内海や伊勢湾のスナメリから上記の閾値を超えるDBTやTBTが検出された(図3)。スナメリなど日本沿岸に生息する一部の鯨種は、ブチルスズ化合物の免疫毒性が懸念される。免疫機能の失調は、ウイルスや細菌などに対する抵抗力を低下させ、感染症のリスクを高める。実際、北海や地中海では感染症で多数のアザラシやイルカが死滅しており、PCBなど免疫系を攪乱する化学物質の関与が示唆されているが、有機スズ化合物の影響も疑う必要がある。日本では、

いまのところ感染症による大量死は発生していないが、沿岸性のスナメリの個体数が減少するなど、気になりな事象が報告されている。また、日本沿岸の海棲哺乳動物は、有機スズ化合物とともにPCBなどの有機塩素化合物も高濃度で蓄積していることから、免疫系や薬物代謝酵素系、内分泌系に対する複合的な影響も懸念される。今後は有害物質の化学分析に加え、バイオマーカーを用いた遺伝毒性学的な研究を展開し、海棲哺乳動物に対する化学物質の影響を包括的に理解する必要がある。

鯨類に加え、ヒト(日本、香港、インド人)の血中ブチルスズ化合物濃度も測定したところ、検出限界以下から数ppbレベルの濃度でDBTやTBTが検出された(図3)。これらの濃度は、沿岸性の鯨類などに比べ明らかに低値であり、肝を対象に実施した高等動物の調査結果と一致している。また、ヒトの血中TBT、DBT濃度は上記免疫毒性の閾値と比べてもかなり低く、ヒトに対するこれら物質の毒性上のリスクはそれほど高くないと思われる。しかし、アメリカの一般人を対象に実施したKannanら¹¹⁾の調査では、血中のTBT濃度が最高85ng/mlに達する検体もみつかっている。このことは、ヒトは居住環境や食生活のなかで、相当量のブチルスズ化合物に曝露される機会があることを示唆している。わが国の一般人についても、多様な職種を対象に調査を実施する必要がある。

- 1) Matthiessen, P. and Gibbs, P. E.: *Environ. Toxicol. Chem.*, **17**: 37-43, 1998.
- 2) Tanabe, S. et al.: *Sci. Total Environ.*, **154**: 163-177, 1994.
- 3) 高橋 真, 田辺信介: 有機スズ化合物の生物蓄積と環境動態. 内分泌かく乱物質研究の最前線(日本化学会編). 学会出版センター, 2001, pp. 79-85.
- 4) Takahashi, S. et al.: *Environ. Pollut.*, **106**: 213-216, 1999.
- 5) 河村葉子・他: 食品衛生学雑誌, **41**: 246-253, 2000.
- 6) Fent, K.: *Sci. Total Environ.*, **185**: 151-159, 1996.
- 7) Dagmar, D. et al.: *Steroids*, **66**: 763-769, 2001.
- 8) Omura, M. et al.: *Toxicol. Sci.*, **64**: 224-232, 2001.
- 9) Boyer, I. J.: *Toxicology*, **55**: 253-298, 1989.
- 10) Nakata, H. et al.: Evaluation of mitogen-induced responses in marine mammals and human lymphocytes by in-vitro exposure of butyltins and non-ortho coplanar PCBs. *Environ. Pollut.* (in press)
- 11) Kannan, K. et al.: *Environ. Sci. Technol.*, **33**: 1776-1779, 1999.

□田辺信介, 高橋 真 / Shinsuke TANABE and Shin TAKAHASHI
愛媛大学沿岸環境科学研究センター

ピロリ除菌治療 がわかる Q&A 50

好評!

■寺尾秀一 (京都民医連第二中央病院) 著

A 6 変型判・186 頁・定価(本体 2,000 円+税)

ISBN4-263-20160-4



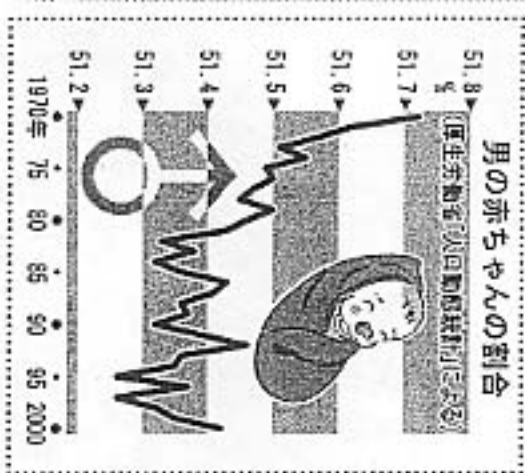
- ヘリコバクタ・ピロリ菌除菌療法の保険適応に伴ない、患者から寄せられた頻度の高い疑問・質問の中から 50 項目を選び構成。
- その診断と治療に対しての正確で幅広い知識が得られるよう、ピロリ菌の除菌療法の内容と現状について、体系的にわかりやすく解説。
- 医師・医療スタッフのための実践書。また患者指導に最適なハンドブック。



医歯薬出版株式会社 / ☎113-8612 東京都文京区本駒込1-7-10 / TEL.03-5395-7610 FAX.03-5395-7611

●郵送によるご注文は、医歯薬出版発行区郵便販売代行店の御東京メール・サービス ☎03-5976-0531 までお願いしております。

02.01 TP



ところが、この数字を
 10年前の割合は概
 少傾向に転じる。出生率
 八〇年には51.46%、九
 五九年は51.28%、
 小教区下のわずか数
 期だが、この数年の間内
 の年間出生数は百万
 人増。0.1%は千言
 人近いことになる。
 大きく傾斜は、マ
 アとオウツ、カチ

千以降の方が、男児の割合
 が少ないことが分
 ちと指摘している。

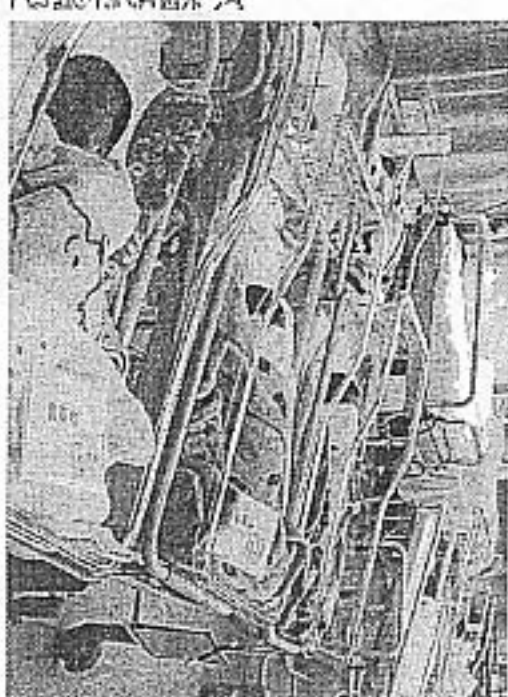
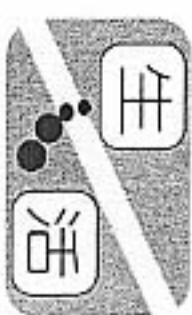
男の赤ちゃん減少

正現・埼玉大教授(公
 代比へ上昇した。水井
 51.7%で、五六年
 き、男児の割合は概
 の(えま)の六六年を
 七〇年前後の間の子
 ており、男の方が多
 48.5%程度といわれ
 人(男児51.5%、女
 男児六人に對し女児
 の男女比は多くの國
 生まれくる赤ちゃん
 70年代がピーク

環境汚染？

長期的な傾向、首ひねる専門家

め、死ぬしやう男児も
 助かるといふことも多
 ちられていた」と話す。



だといふ。
 さらには肺がん調査が必
 いた。本誌・国立保健研
 人口と性の問題に
 まどめて米医学誌に報告
 した米国の研究者は、増
 掲げられた可能性を指摘
 した。米国立保健研
 97年、米国立保健研
 97年、米国立保健研
 97年、米国立保健研

「化学物質による
 母体の汚染が原因だと
 すれば、この傾向は
 出ないはず。(女の手足
 分かれずといふよう
 な)回からの人類的な理
 根拠にしている可能性も
 考えるべきかもしれな
 い」と話す。
 しかして男の性別が
 分かる検査診断の普及
 や、男女差を分け方が細
 細かくなったのは、現
 97年、米国立保健研
 97年、米国立保健研
 97年、米国立保健研

東京都内の産院の新生
 児で眠る赤ちゃんの
 ち(母乳は母乳の割合
 と関係ありません)