

# 日本周辺海域における海洋環境汚染の現状

主として海洋環境モニタリング調査結果  
(1998～2016年度) を踏まえて



# 目次

1. 目的.....	2
2. 日本周辺の海洋環境の現状.....	3
2.1. 日本周辺の海域と海流.....	3
2.2. 海洋環境モニタリング調査の概要.....	4
3. 海洋環境の総合評価.....	5
3.1. 陸域起源の汚染の影響.....	7
3.1.1. 栄養塩類.....	7
3.1.2. 海洋環境中の汚染物質濃度.....	7
3.1.3. 底生生物群集への影響.....	16
3.1.4. プラスチック類の汚染.....	17
3.2. 廃棄物海洋投入由来の汚染の影響.....	19
3.3. 特定の汚染海域（ホットスポット）の発見と追跡調査結果.....	20
3.4. 長期的な変化傾向の解析結果.....	21
3.5. 今後の対策に向けて.....	22
4. 参考文献.....	24

# 1. 目的

わが国について国連海洋法条約が1996年7月に発効したことを受け、わが国も海洋環境の保護及び保全の義務を有することとなり、また、排他的経済水域については環境保全に管轄権を有することとなった。これに対応して環境省は海洋環境モニタリング調査検討会（座長：中田英昭長崎大学名誉教授）の指導の下、「海洋環境モニタリング指針」（環境庁，1998）に基づいた新たなモニタリング（海洋環境モニタリング調査）を1998年度に開始した。

本モニタリング調査が対象としている海域は広大であることから、本モニタリング調査では、開始当初は当該海域を3～5年程度で、近年は8年程度で一巡することを前提とした調査計画を立て、1998年度から2016年度までの19年間で三巡の調査（フェーズ1～フェーズ3）を実施した。

このような長期の継続的調査を行ったことにより、わが国周辺海域の海洋環境の経年的変化を捉えることが可能となった。そこで、本報告書では、日本周辺海域の調査地点における陸域からの汚染及び廃棄物の海洋投入処分に由来する汚染状況を総合的に評価し、フェーズ1からフェーズ3までの海洋環境モニタリング調査の結果を中心として、日本周辺海域の沿岸から外洋域における、主として有害化学物質による汚染の時系列的変動を整理した上で、ステータスレポートとして取りまとめた。

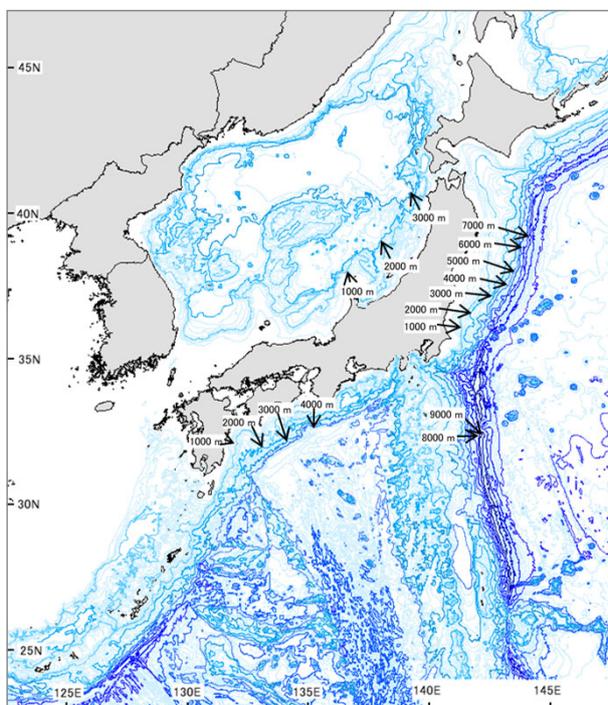
## 2. 日本周辺の海洋環境の現状

### 2.1. 日本周辺の海域と海流

わが国は四方を海で囲まれており、東側には海洋全体のほぼ半分を占める太平洋（平均水深は4,282 m）がある。また、わが国周辺の縁辺海として、東シナ海、日本海、オホーツク海がある。東シナ海は、広い大陸棚を有し、最大水深は2,719 mと深いものの、平均水深は188 mしかない浅い海である。一方、日本海は最大水深3,796 m、平均水深1,350 mと深くて閉鎖的な海域である。オホーツク海は最大水深3,372 m、平均水深838 mと、沿岸に沿って大陸棚が発達している（文部科学省, 2002）。以上のように、わが国周辺海域は、一部に比較的發展した大陸棚があるものの、全体的には大陸棚が狭く、深い海に囲まれ、内湾以外に浅い海はほとんど存在しない（図2.1）。

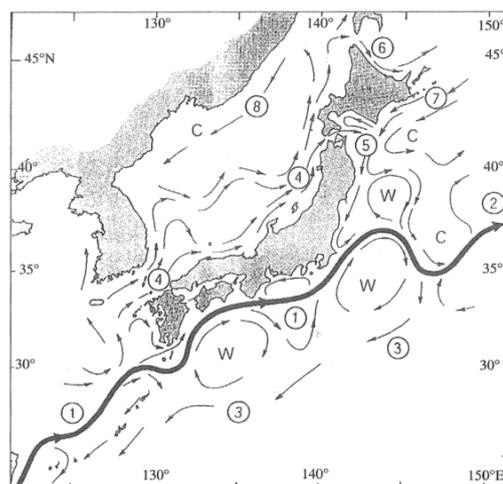
日本周辺海域の主な海流として、暖流である黒潮及び対馬暖流、寒流の親潮及びリマン海流があげられる（図2.2）。黒潮は、輸送する海水量が毎秒5,000万トンにも達する世界でも有数の流れの強い海流として知られている。その海水は、高温・高塩・貧栄養であるため、プランクトンが少なく、透明度が高い。親潮は、オホーツク海やベーリング海の冷たい水が起源となっている。そのため、栄養分を豊富に含んでおり、プランクトンが多く、透明度は比較的低い。この黒潮と親潮との潮境※は日本東方の海域に位置しており、生物生産力が極めて高く魚類が多く集まることから、世界有数の漁場となっている。

※黒潮と親潮などのように温度や性質の違った水塊間の境目をいう。



※等深線は（原則として）200 mコンター

図2.1 日本周辺の海底地形  
（海洋情報研究センターのデータより作成）



W：暖水、C：冷水

①黒潮、②黒潮続流、③黒潮反流、④対馬暖流、  
⑤津軽暖流、⑥宗谷暖流、⑦親潮、⑧リマン海流

図2.2 日本周辺の主な海流  
（宇野木・久保田, 1996）

## 2.2. 海洋環境モニタリング調査の概要

日本国内では、行政、研究所、大学等の関係機関により様々な海洋環境モニタリングが行われている。環境省では、本報告書のもととなった海洋環境モニタリング調査をはじめ、化学物質環境実態調査、公共用水域調査、広域総合水質調査を実施している。また、海上保安庁の海洋汚染調査、気象庁の大気・海洋環境観測等、他省庁も独自のモニタリングを行っている。

海洋環境モニタリング調査では発生源に着目し、陸域起源の汚染を対象とした調査と廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査を実施している。

陸域起源の汚染を対象とした調査では、大きな汚染負荷が起こりやすい内湾や沿岸域を起点に、その沖合にかけての汚染物質の分布や濃度勾配を把握することで、陸域起源の汚染負荷が海洋環境に及ぼす影響を把握しようとしている。

廃棄物等の海洋投入処分による汚染を対象とした調査では、近年、相当量の処分が実施されてきた海洋投入処分海域（II・III・IV海域※）において、当該処分が海水、海底堆積物、海洋生物へ与える影響を把握することを目的としている。

本モニタリング調査では、人の健康保護あるいは生活環境の保全という従来からの観点に加え、海洋生態系を保全するという観点から、環境基準よりもはるかに低い濃度の汚染物質でも、海洋生物や海洋生態系に影響を及ぼしている可能性があることを考慮して調査を実施している。

上述のものに加え、本モニタリング調査には以下のような特徴がある。

- ◆ 沿岸域のみならず、沖合域の水深4000 m程度までの海域を対象として、海水（栄養塩及び重金属類は各層採水）、海底堆積物、海洋生物、底生生物群集、浮遊性プラスチック類等に関する包括的かつ継続的な調査を実施している。
- ◆ 重金属類に加えて、POPs条約対象物質であるPCBやダイオキシン類、有機スズ化合物など多様な有害物質を対象に含めている。
- ◆ 行政上規制あるいは要監視対象にはなっていない、主に下水汚泥に由来すると考えられるコプロスタノールや直鎖アルキルベンゼン等のマーカー物質も併せて測定している。
- ◆ 沿岸域から沖合域にかけて分布する5種類の海洋生物（イガイ類、底生性サメ類、イカ類、タラ類、カニ類）を対象として、海洋生物体内のPCBやダイオキシン類等の汚染物質濃度の包括的なモニタリングを実施している。
- ◆ 定期的な調査に加え、その結果の検討過程で高濃度汚染が検出された場所（ホットスポット）については、それに即応して詳細調査を実施している。

※「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」において設定されている廃棄物の排出海域。海域ごとに、投入処分可能な廃棄物等の種類、排出方法等が定められている。

### 3. 海洋環境の総合評価

海洋環境モニタリング調査で得られたデータを主に用い、日本周辺海域の海洋環境の現状及び近年約20年間（長期的な傾向の解析については約40年間）の変化傾向について、専門家による総合評価を行った。表3.1は、その要点を取りまとめたものである。各項目の評価結果の詳細については3.1以降で述べる。

表3.1 日本周辺海域の海洋環境の評価結果

評価項目		現状の評価	政策の効果と今後のモニタリング
陸域起源の汚染	栄養塩類	一部の沿岸域では陸域からの負荷に伴い高い値が認められたが、その負荷の影響は沖合域までは及んでいなかった。内湾では栄養塩が経年的に減少する傾向がみられた。	水質総量削減を含む排水規制により負荷量が減少した効果が現れている。
	重金属類	海底堆積物中の濃度は、全体として大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、これは陸域からの負荷の影響と考えられる。重金属類は自然界にもともと存在するものであり、沖合域においては陸域からの人為的負荷の他に、地質等の自然的要因に主に由来すると考えられる場合もある。 海洋生物体内の濃度は全体としては明瞭な減少傾向を示しているとは言えないものの、一部の海域・生物種では減少傾向が認められた。	水俣条約が2017年8月に発効しており、規制強化に伴う水銀の人為的負荷の低減が今後期待される。
	PCB	海底堆積物中の濃度は、大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、陸域からの負荷の影響と考えられる。沖合域の濃度レベルは低いものの依然として検出されている。 海洋生物体内の濃度には、統計的に有意な減少傾向は認められていない。	化審法によりPCBの製造・使用・輸入が1974年に原則禁止されたことに伴い、環境中のPCB濃度は減少したものの、近年はその減少が緩やかになっている。PCB特措法によりPCB廃棄物の処理が2004年より開始されたことに伴い、環境中への排出量は一層減少したと考えられるものの、難分解性及び高蓄積性という性質のため、その効果が堆積物や海洋生物における濃度の減少として現れるには至っていない段階と推定される。2027年に向けてPCB廃棄物の処理が加速されるものと考えられ、今後海洋への排出量は減っていくと考えられる。
	ダイオキシン類	海底堆積物中の濃度は、大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、陸域からの負荷の影響と考えられる。沖合域の濃度レベルは低いものの依然として検出されている。 海洋生物体内の濃度は全体としては明瞭な減少傾向を示しているとは言えないものの、一部の海域・生物種では減少傾向が認められた。	ダイオキシン特措法（1999年）等により、近年の主要な排出源である焼却施設に由来する排出量は大幅に減少したものの、難分解性及び高蓄積性という性質のため、過去に放出されたダイオキシン類が継続して海洋環境中に存在しており、今後の推移を引き続き監視する必要がある。
	ブチルスズ化合物	海底堆積物中の濃度は内湾・沿岸域で高く、主として外国船舶の航行に由来すると考えられる。沖合域の濃度レベルは低いものの依然として検出されている。 海洋生物体内の濃度は全体としては明瞭な減少傾向を示しているとは言えないものの、一部の海域・生物種では減少傾向が認められた。	化審法による規制（1988～1990年）及び自主規制に伴い、開放系用途の出荷量は減少したと推定されており、その結果として、海洋生物体内の濃度が減少しているものと考えられる。さらにAFS条約が2008年に発効し、これに伴い、わが国に入港する外国船舶に対し有機スズ化合物を含む船底防汚塗料の使用が禁止された。 これらにより、TBTの濃度は減少傾向にあるものの、近年は、その減少が緩やかになっており、検出されなくなるにはしばらく時間がかかると考えられることから、今後も継続的に状況を監視する必要がある。

表3.1 日本周辺海域の海洋環境の評価結果（つづき）

評価項目		現状の評価	政策の効果と今後のモニタリング
陸域起源の汚染	底生生物群集への影響	<u>一部の内湾域においては、貧酸素環境に起因するメイオベントス群集の組成の変化が観測された。</u> 一方、有害化学物質汚染とメイオベントス群集の個体数や群集構造の変化との間には明確な因果関係は認められなかった。	底層の貧酸素状況の改善を指標すると考えられるN/C比の低下がいくつかの海域で観測されており、今後も状況を注視する必要がある。
	プラスチック類	<u>沖合域までプラスチック類が分布していることが確認された。</u> 環境中に流出したプラスチック類は容易には分解されず、生物への長期にわたる潜在的な影響が懸念される。	プラスチックごみは世界的にはG7等でも課題として認識されており、各国における対策の導入とその効果が期待される。プラスチックの海域における分布は時空間的に不均一性が高いため、今後さらに密度の高いモニタリングが必要である。
海洋投入由来の汚染		赤泥の投入処分海域において、底生生物群集の個体数がバックグラウンドより減少していたが、その程度は許可申請時の事前環境影響評価で想定された範囲内と考えられた。また、新潟港沖の投入処分地点で、投入処分に伴う堆積物の性状や海底地形の変化が見られ、他の測点と異なる底生生物相が認められたが、その変化は投入処分地点に限定されていた。上記の事例を除けば、 <u>所定の法に基づく海洋投入処分に由来すると考えられる特段の影響は認められなかった。</u>	わが国における海洋投入処分に対する環境保全の対策は、一定の効果があることが改めて確認された。2007年に新設された海洋投入処分に係る許可制度により、今後著しい汚染が生じる可能性は低いものの、海洋投入処分が法に基づいて適切に実施されていることをモニタリングによって確認していくことが引き続き必要である。
特定の汚染海域（ホットスポット）の発見		<u>これまでの調査結果の一部で、沖合域の堆積物としては高い濃度の汚染を検出した。これらは人為的な起源の汚染物質に由来すると判断された。</u>	これまでに発見されたホットスポットについて、いずれも人の健康に影響を及ぼす汚染レベルではないと判断されたものの、海洋環境及び生態系の保全の観点から、継続的な監視を行うとともに、このような人為的汚染を防止するために、これまでに定期的に調査を行っていない海域についても適宜調査を行う必要がある。
長期的な傾向の解析		<u>海底堆積物中のPCBについて、大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域の一部において、過去40年間に有意な減少傾向が認められた。</u> 海水中の総水銀の減少傾向、海底堆積物中の鉛や銅の増加傾向も有意な水準で確認された。	海底堆積物中のPCB濃度の減少については、国内の規制等によって人為的な負荷が低減したことに起因している可能性がある。一方で、その他の物質の濃度変化については、分析手法や自然起源の影響が寄与している可能性があり、今後も継続した調査が必要である。

## 3.1. 陸域起源の汚染の影響

### 3.1.1. 栄養塩類

主要な湾のうち陸域からの負荷量が大きい東京湾及び大阪湾において、沿岸域では高い値が認められたものの、その負荷の直接的な影響は沖合域までは及んでいなかった。内湾では、栄養塩濃度が経年的に減少する傾向がみられており、水質総量削減などの排水規制により負荷量が減少した効果が現れているものと考えられる。

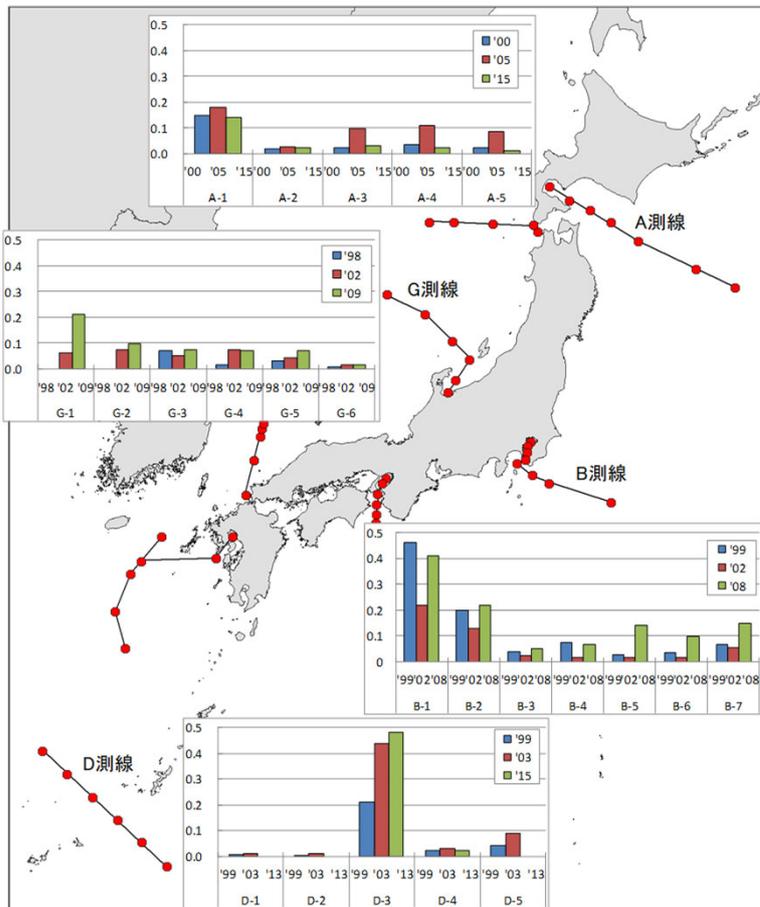
### 3.1.2. 海洋環境中の汚染物質濃度

#### (1) 重金属類

海底堆積物中の重金属類は全体として大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、沖合域で低いという傾向を示している。このことは、陸域からの負荷の影響が沿岸域に及んでいることを示唆している（図3.1）。また、これらの海域の沖合における重金属類の濃度は全体として、北太平洋（外洋）における既存の測定結果（野崎, 1995、Mawji et al., 2015）よりも高い傾向があり、沿岸域ほどではないものの、陸域からの負荷の影響が沖合にまで及んでいると考えられる。一方で、沖縄沖の測点や北海道南西部の測線等の一部の海域においては、地質等の自然的要因により高めの値を示している場所もみられ、日本周辺海域における重金属類濃度のベースラインデータが蓄積された。

海洋生物中の重金属類については、全体としては明瞭な減少傾向を示しているとは言えないものの、一部の海域・生物種〔日本海のカニ類（筋肉）の銅、親潮域のイカ類（肝臓）及び日本海のタラ類（肝臓）の総水銀〕については、統計的に有意な減少傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）（図3.2）。

水銀については、現時点では堆積物、生物ともに減少傾向が明らかではないが、2013年に採択された水銀に関する水俣条約（2017年8月発効）に対応するため、水銀による環境汚染の防止に関する法律や大気汚染防止法等により、水銀の使用や環境への排出等に関する規制が強化されており、将来的には海洋環境への人為的負荷の低減が期待される。



注：各棒グラフの色は調査年度の違いを表す。

図3.1 海底堆積物中の総水銀濃度 (μg/g dry wt)

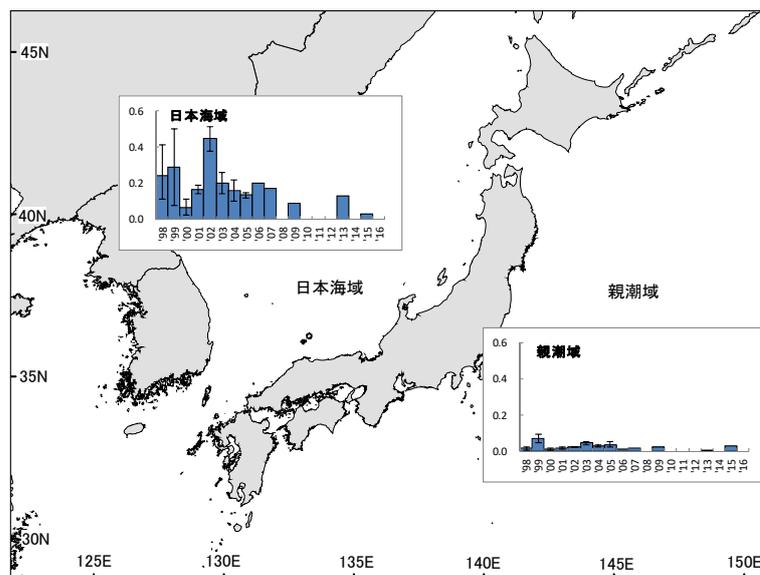


図3.2 タラ類（肝臓）中の総水銀濃度 (μg/g wet wt)

## (2) PCB

海底堆積物中のPCB濃度は大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、沖合域で低い傾向を示している（図3.3）。このことは、陸域からの負荷が沿岸域に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。

海洋生物中のPCB濃度については、近年において統計的に有意な減少傾向は認められていない（ $p>0.05$ 、図3.4）。

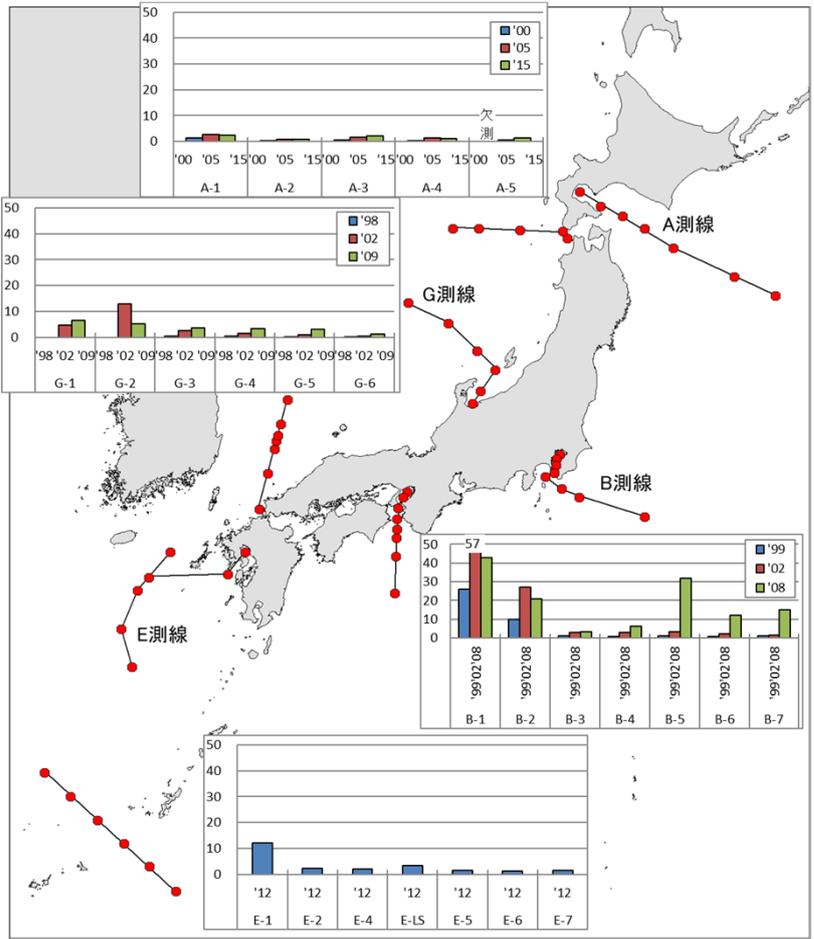
わが国におけるPCBの使用量は、使用され始めた1954年以降、年々増加し1970年にピークとなったが、1972年に生産が中止され（図3.5）、1974年に化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）の第一種特定化学物質に指定され使用が原則禁止された（一部の密閉型用途での使用は認められている）。

東京湾奥における柱状堆積物（1993年に採取）の分析結果（奥田ら，2000）によると、PCB濃度は1960年代に急増し1970年頃をピークに減少に転じており、使用量の推移によく対応した変化を示している（図3.6）。その一方で、PCBの生産は1972年以後中止されたにもかかわらず、柱状堆積物中の濃度は1980年代半ば以降1993年までは、最高値の30%程度で推移している。本モニタリング調査における東京湾奥のPCBは、奥田ら（2000）の1993年頃の濃度と同程度で近年も推移しており、PCBの生産・使用が中止された現在も環境中に残留していることが分かる。

また、魚類及び貝類のPCB濃度（全国平均）は、1970年代末から長期的には減少傾向にあるが（環境省，2017a）、魚類については、2000年代はほぼ横ばいの状態で推移しており（図3.7）、本モニタリング調査結果と変化傾向はほぼ一致している。

PCBが化審法の第一種特定化学物質に指定された後、既に生産されたPCBやそれを含む製品は回収・保管されることとなったが、回収されたPCBの処理はスムーズに進まなかった。一方、長期にわたるPCB廃棄物の保管の過程で、所在不明となったり、あるいは紛失した例もあり、それに起因する環境へのPCBの流出が懸念されている（PCB廃棄物処理事業評価検討会，2003）。

残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs条約）においてPCBの適切な処理を2028年までに行うこととされたこともあり、2001年にポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法（PCB特措法）が成立し、2027年3月までにわが国におけるPCB廃棄物の処理を終えることをめざし、2004年12月より無害化処理が順次進められている。PCBは環境中で分解しにくく（難分解性）、食物連鎖などを通して生物の体内に濃縮しやすい（高蓄積性）という性質があり、PCB廃棄物の処理に伴う環境中への流出量の低減が、海底堆積物や海洋生物における濃度の減少として現れるには至っていないと言える。しかし、2027年3月に向けて今後PCB廃棄物の処理が加速されるものと考えられ、今後濃度が減少することが期待される。



注：各棒グラフの色は調査年度の違いを表す。

図3.3 海底堆積物中のPCB濃度 (ng/g dry wt)

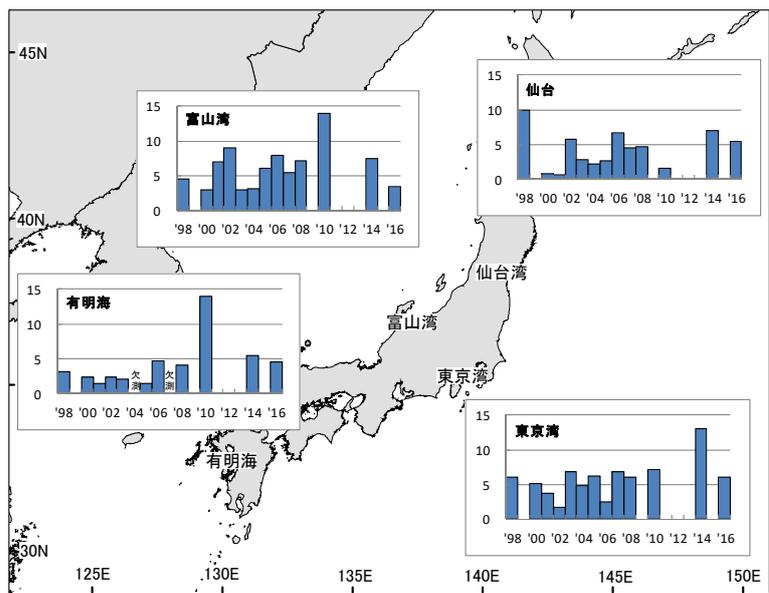


図3.4 イガイ類 (軟体部) 中のPCB濃度 (ng/g wet wt)

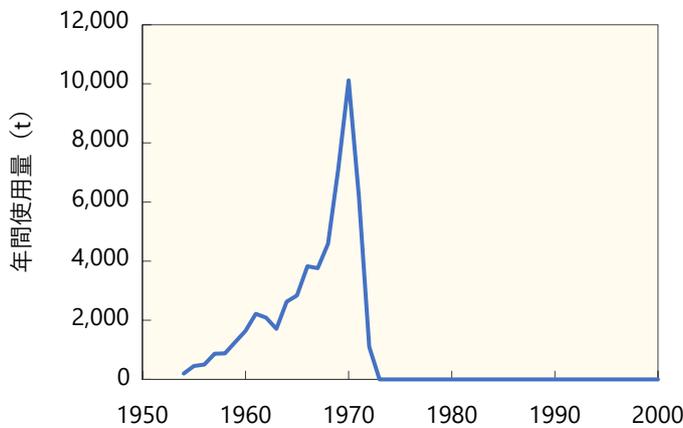


図3.5 国内のPCB使用量の推移（磯野，1975より作成）

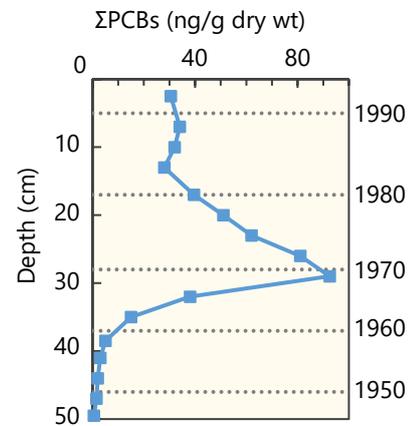


図3.6 東京湾の柱状堆積物におけるPCBの鉛直分布（奥田ら，2000を改変）

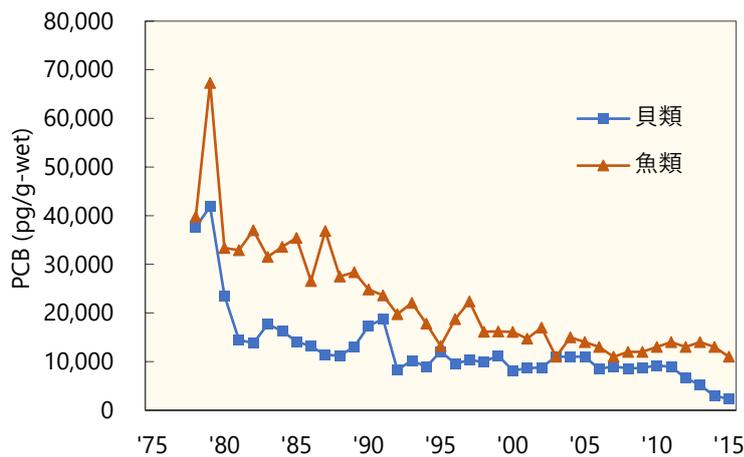


図3.7 国内の生物体内のPCB濃度（幾何平均値）の長期的推移（環境省，2017aより作成）

### (3) ダイオキシン類

海底堆積物中のダイオキシン類の濃度は大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、沖合域で低いという傾向を示している（図3.8）。このことは、陸域からの負荷が沿岸域に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。

海洋生物中のダイオキシン類については、一部の海域・生物種〔東京湾のサメ類（肝臓）のPCDD/PCDF及びco-PCB、黒潮域のイカ類（肝臓）のPCDD/PCDF及びco-PCB、親潮域のイカ類（肝臓）のco-PCB、日本海のタラ類（肝臓）のco-PCB〕について統計的に有意な減少傾向が認められたものの（ $p < 0.05$ ）、全体としては明瞭な減少傾向を示しているとは言えない（図3.9）。

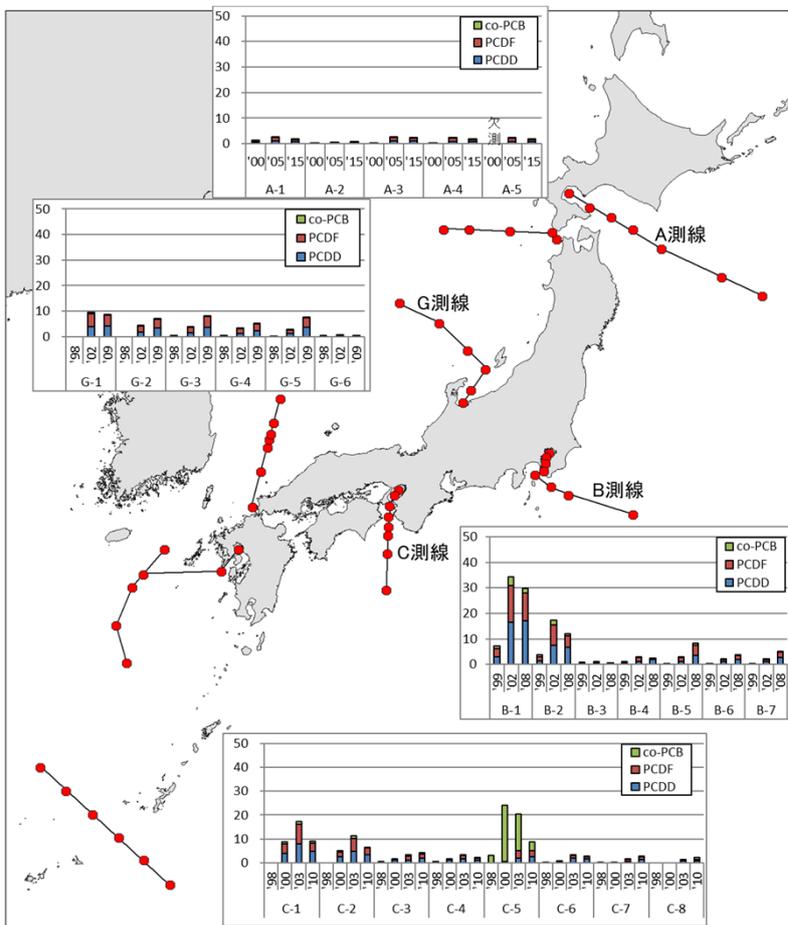


図3.8 海底堆積物中のダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g dry wt)

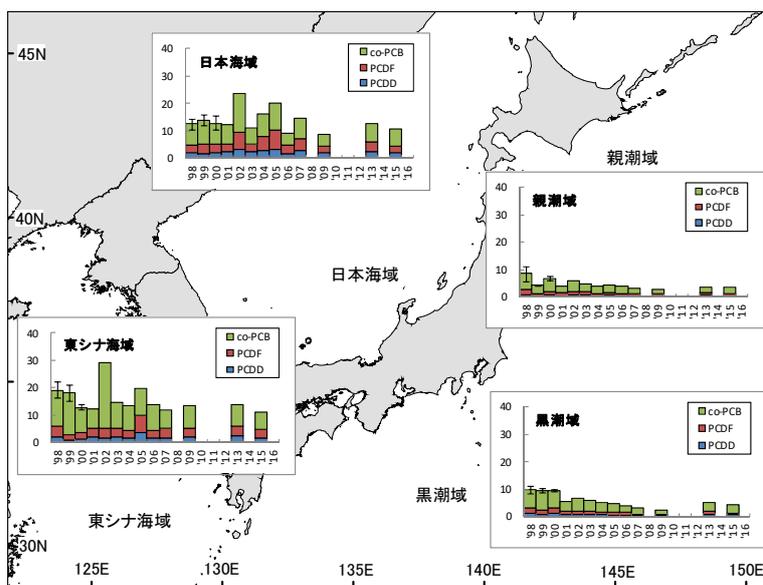


図3.9 イカ類（肝臓）中のダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g wet wt)

わが国においては、ダイオキシン類の排出量のうち、特にPCDD及びPCDFについては、その約9割が一般廃棄物や産業廃棄物を焼却する時に排出されると推定されている（環境省，2012a）。そこで、1997年12月から、大気汚染防止法や廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）によって、焼却施設の煙突などから排出されるダイオキシン類の規制やごみ焼却施設の改善などの対策が進められてきた。次いで1999年3月にダイオキシン対策推進基本指針が策定され、「今後4年以内に全国のダイオキシン類の排出総量を1997年に比べ約9割削減する」方針が打ち出された。また、ダイオキシン類対策特別措置法（ダイオキシン特措法）が1999年7月に成立、2000年1月に施行され、排出ガス及び排出水に関する規制等が行われている。

その結果、2015年のダイオキシン類の日本全国における総排出量は1997年に対して約98%減少した（環境省，2017b）。これに伴い、排出量削減の効果が最も早く現れると考えられる大気中のダイオキシン類の濃度は急速に減少し、2015年には1997年から約97%減少した（環境省，2017c）（図3.10）。その一方で、海洋生物中のダイオキシン類については排出量削減の効果が現れるのが遅く、上述のとおり、全体としては明瞭な減少傾向を示していない。

ダイオキシン類は環境中で分解しにくく（難分解性）、食物連鎖などで生物体内に濃縮しやすい（高蓄積性）という性質がある。そのため、過去に放出されたダイオキシン類が現在でも継続して海洋環境中に存在しており、近年の主要な排出源である焼却施設に由来するダイオキシン類の排出量が減少しても、海洋生物体内の濃度には反映されにくいものと推察される。

なお、東京湾における柱状堆積物（2011年に採取）の分析結果によると、ダイオキシン類濃度の推移は、ダイオキシン特措法が施行された2000年以前の1970年頃をピークとして、その後減少しており、2010年頃にはピーク時の約8分の1程度まで低下している（図3.11；野澤ら，2014、山崎，2014）。この柱状堆積物の表層のダイオキシン類濃度は、本モニタリング調査において東京湾奥の測点で検出されている濃度と同程度であった。なお、東京湾におけるダイオキシン類の発生源としては、1960年代～1970年代を中心として使用された農薬に不純物として含まれていたダイオキシン類の寄与が大きいと推定されている（益永，2004）。

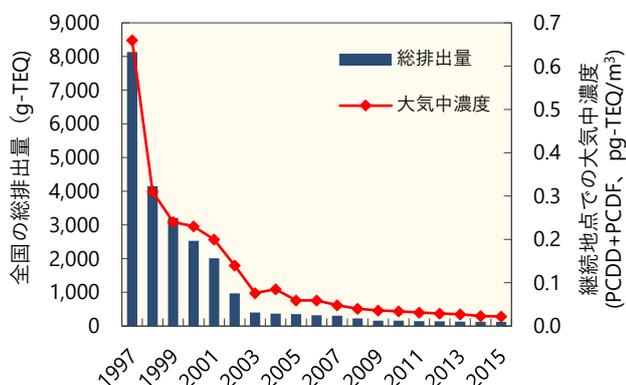


図3.10 ダイオキシン類の排出総量と大気中濃度の推移（環境省2017b；2017cより作成）

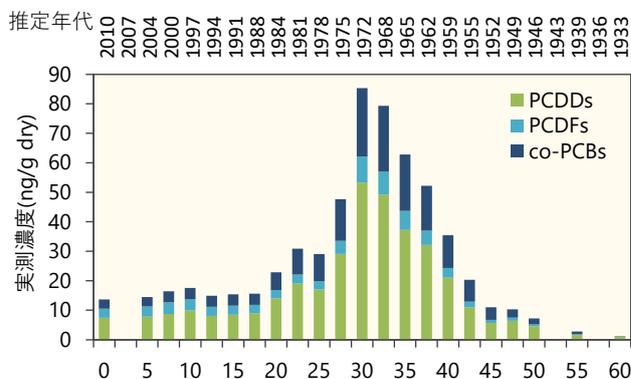


図3.11 東京湾の柱状堆積物における深度別ダイオキシン類濃度（山崎，2014）

#### (4) ブチルスズ化合物

海底堆積物中のブチルスズ化合物の濃度は大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域で高く、沖合域で低いという傾向を示している（図3.12）。ブチルスズ化合物の主要な用途は防汚塗料であり、これは陸域起源というよりは、そのような海域で船舶の航行量が多いことに由来するものと推察される。なお、後述するように、わが国ではブチルスズ化合物を含む防汚塗料の使用は1990年頃から行われていないことから、主たる負荷源は外国船舶と考えられる。

海洋生物中のブチルスズ化合物については、全体としては明瞭な減少傾向を示しているとは言えないものの、一部の海域・生物種〔仙台湾及び東京湾のイガイ類（軟体部）のTBT、親潮域のイカ類（肝臓）のTBT、東シナ海のイカ類（肝臓）のDBT、日本海のイカ類（肝臓）のTBT及びDBT〕について統計的に有意な減少傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）（図3.13）。

ブチルスズ化合物は1960年代から防汚塗料（船底塗料や漁網防汚剤）として広く使用されてきたが、1980年代半ばに、わが国において有機スズ化合物による海洋汚染が問題となった。これに伴い、わが国では化審法において、1990年1月にブチルスズ化合物のうちトリブチルスズオキシド（TBTO）が第一種特定化学物質に指定され、製造、使用、輸入が原則禁止された。同年9月にはその他のトリブチルスズ（TBT）化合物が第二種特定化学物質に指定され、製造、輸入予定数量の事前届出のほか、必要に応じ、製造、輸入量の規制が行われるようになった。これと前後して、関連業界において防汚塗料の製造・使用が自主規制により中止された。TBTの推定開放系用途出荷量は1980年代末をピークとして急速に減少しており（図3.14）、これは上記の規制の効果を表していると考えられる。

さらに、2008年には船舶の有害な防汚方法の規制に関する国際条約（AFS条約）が発効した。これに伴い、わが国に入港する外国船舶に対し有機スズ化合物を含む船底防汚塗料の使用が禁止されることとなり、海域への負荷が減少することが期待される。

魚類及び貝類中のTBT濃度は、観測が開始された1985年から長期的に減少する傾向を示している（図3.15）。これは、わが国における政策の効果が現れているものと考えられるが、1998年以降は減少が緩やかになっている。また、海洋環境モニタリング調査の海洋生物についても、上述のとおり一部の海域・生物種について有意な減少傾向が認められたものの、全体としては明瞭な減少傾向がみられなかった。これらを総合すると、海洋生物体内にトリブチルスズ化合物の蓄積が認められなくなるには、しばらく時間がかかると考えられる。

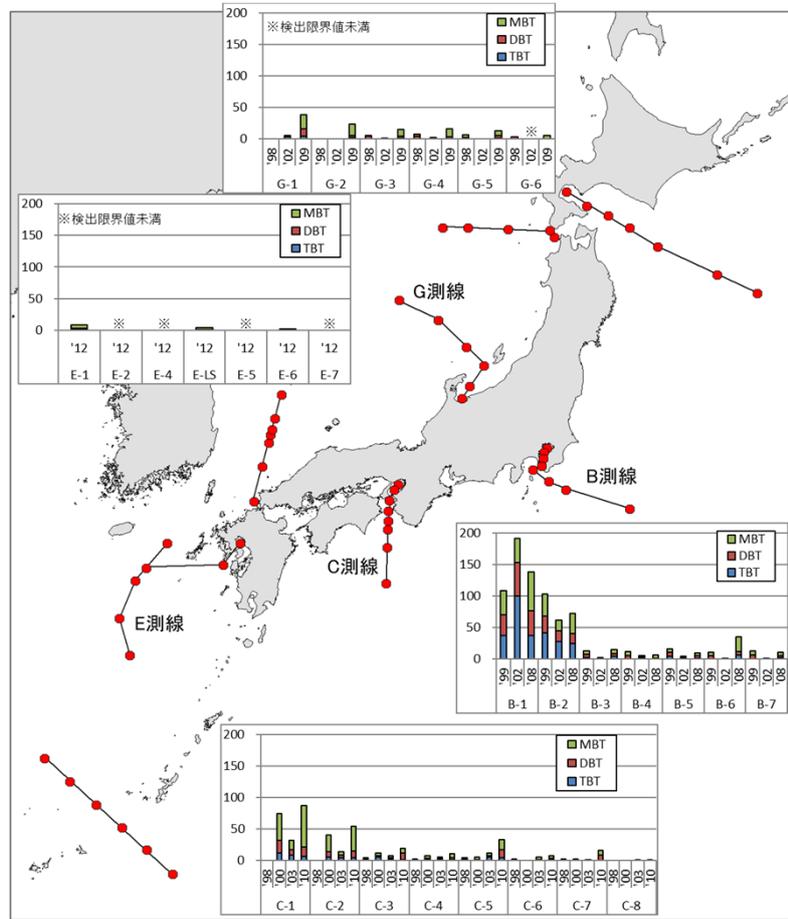


図3.12 海底堆積物中のポリクロル化ビフェニル濃度 (ng/g dry wt)

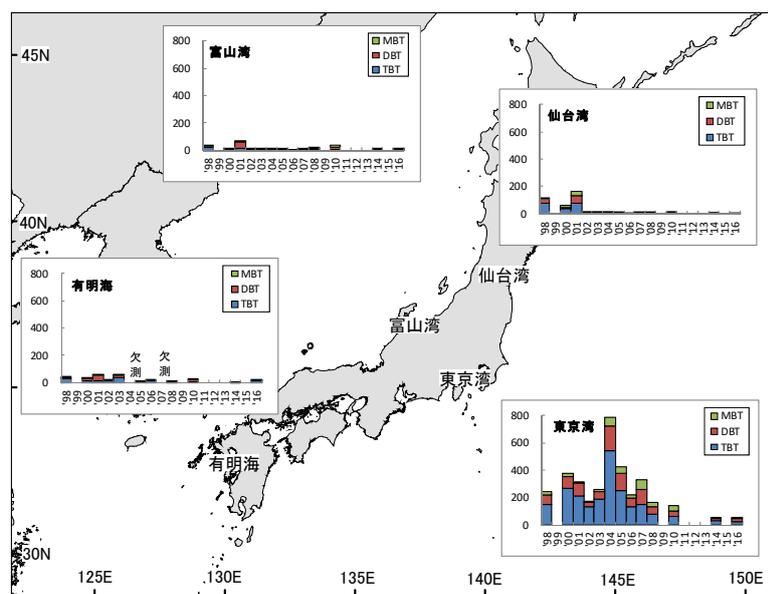


図3.13 イガイ類 (軟体部) 中のポリクロル化ビフェニル濃度 (ng/g wet wt)

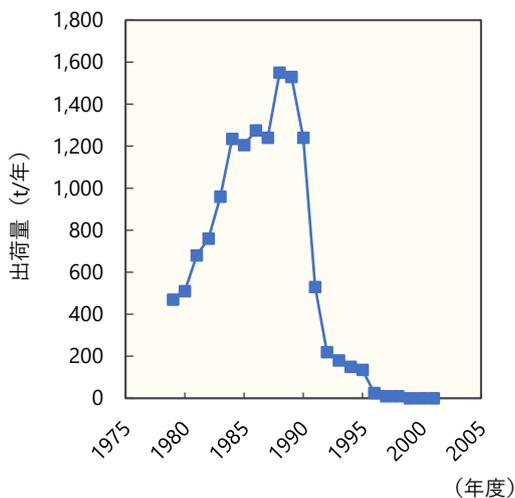


図3.14 国内のTBTの推定開放系用途出荷量  
(化学原料用を除く；TBT基換算値)  
(中西・堀口，2006)

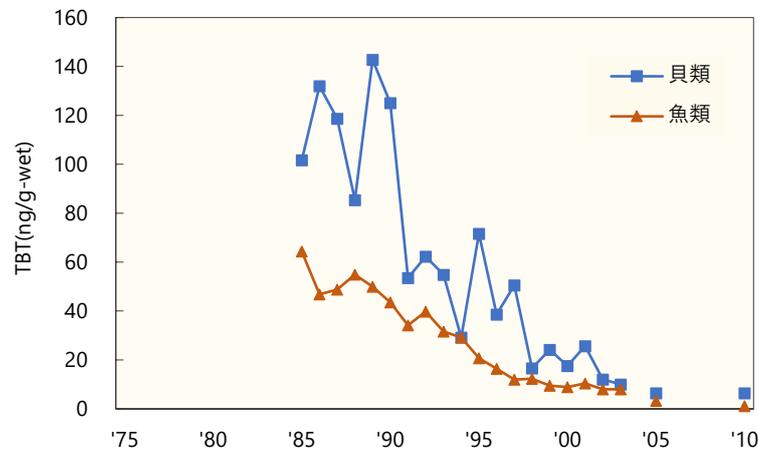


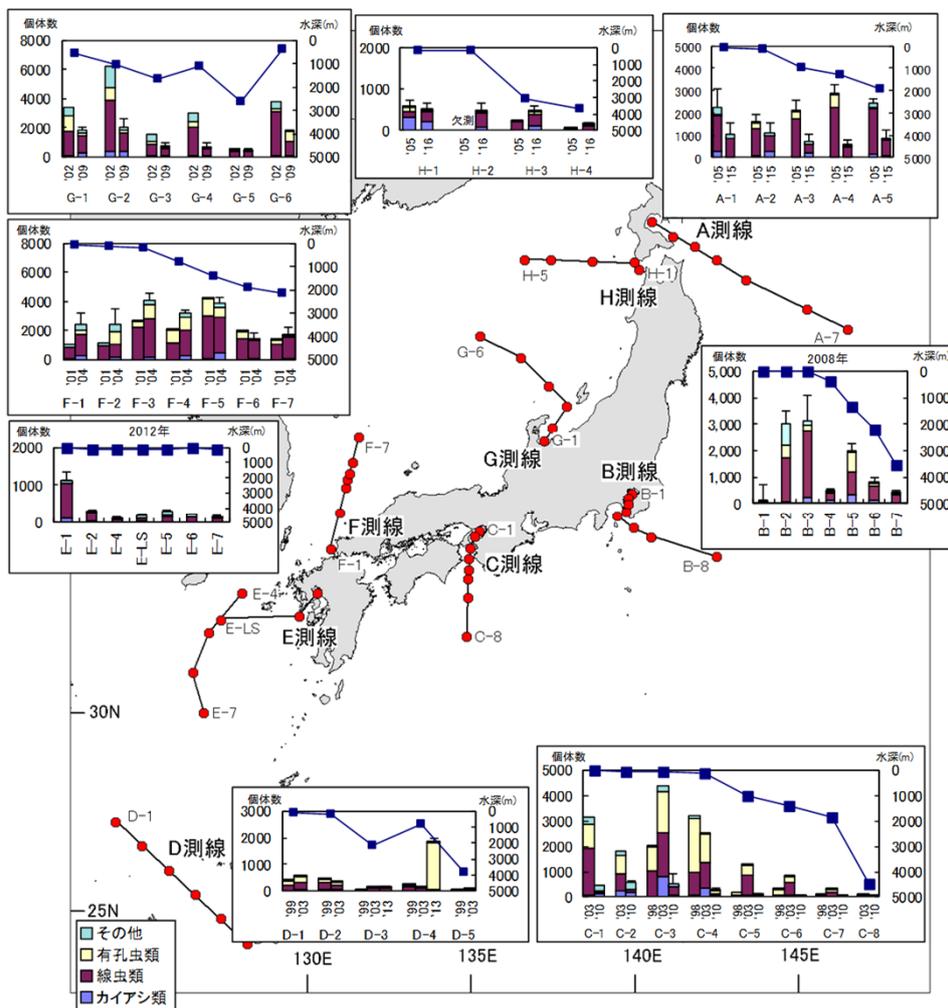
図3.15 国内の生物体内のTBT濃度の長期的推移  
(環境省，2012bより作成)

### 3.1.3. 底生生物群集への影響

様々な人間活動の海洋環境への影響は、海洋生態系を変化させる可能性がある。海洋環境モニタリング調査では、そのような観点から、メイオベントス群集の調査を実施してきた。その結果、水深最大5,000m程度までの測点におけるデータが蓄積された（図3.16）。

一部の内湾域においては、貧酸素環境に由来すると考えられるメイオベントス群集の組成の変化が確認されたが、有害化学物質の濃度とメイオベントス群集の個体数や組成との間に有意な相関関係は認められなかった。これは、有害化学物質がメイオベントス群集に顕著な影響を与えるような濃度レベルではなかったことを示すものと考えられる。

また、貧酸素化等の環境悪化の指標としている線虫類とカイアシ類の個体数の比（N/C比）については、一部の測点において2000年代前半に得られていた高い値が確認されなくなっている。これは、底層の貧酸素状況が改善されていることを示している可能性がある。



注：棒グラフは個体数、折れ線グラフは水深を示す。

図3.16 メイオベントス群集の個体数の分布 (個体/10cm<sup>2</sup>)

### 3.1.4. プラスチック類の汚染

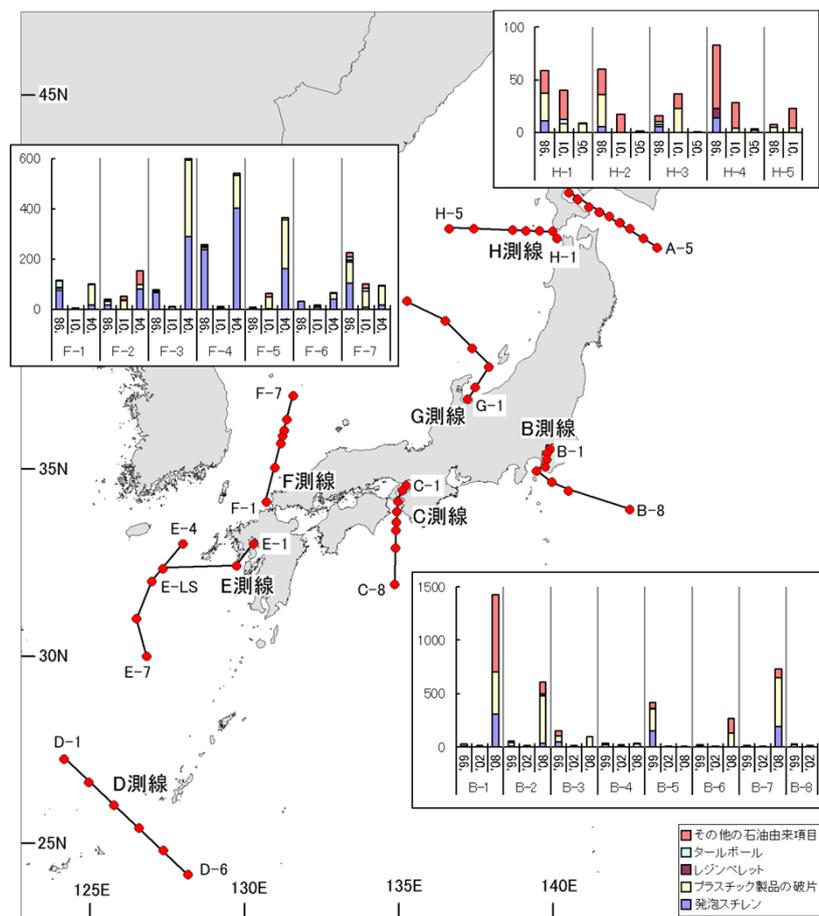
沿岸域のみならず、沖合域においてもプラスチック類が広範囲に分布していることが分かった。一部の海域では、沿岸域で高く沖合域で低いデータが得られているが、そのような明瞭な傾向を示すデータは少ない。また、時空間的に不均一性が高く、分布個数が多い測点は局所的で、また、同一の測点でも調査年により分布個数の大きな違いがみられた (図 3.17)。

プラスチック類のうちレジンペレットやプラスチック破片などの微小なプラスチック (マイクロプラスチック) については、海鳥などの海洋生物が誤飲する可能性がある。また、マイクロプラスチックは直接的に生物に影響を及ぼすだけでなく、海水等から吸着した有害化学物質を通して生物に影響を及ぼす可能性があることが指摘されている。環境中に流出したプラスチック類は容易には分解されないこと、また日本周辺海域の広範囲にわたってプラ

スティック類が分布していることから、長期にわたる生物への潜在的な影響が懸念される。

小城・福本（2000）は、1994～95年に北海道南東部沿岸域にプラスチック粒子が平均49万個/km<sup>2</sup>（範囲0～989万個/km<sup>2</sup>）分布していたことを報告している。海洋環境モニタリング調査では、同一の測点でも調査年により分布個数が大きく異なっていることから、プラスチック分布の経年変化の傾向を把握するためには、今後も継続的な調査の実施が必要と考えられる。

このような海洋を漂流するプラスチック等に関する問題は、主要国首脳会議等でも取り上げられており、2015年のG7エルマウ・サミット首脳宣言には、この問題に協力して取り組むことが盛り込まれた。また、ペレットやマイクロビーズなどのマイクロプラスチックの海洋への流出の防止や使用の削減に努めていくことについても合意されている。その一方で、プラスチック生産量は世界的には増加傾向にあり（図3.18）、海洋環境への流入も増大する可能性があることから、国内外で連携した継続的なモニタリング体制のさらなる強化が求められる。



注：2003年度以前のデータは曳網法改良前のため参考値

図3.17 2014年度以前の主なプラスチック類の分布（千個/km<sup>2</sup>）

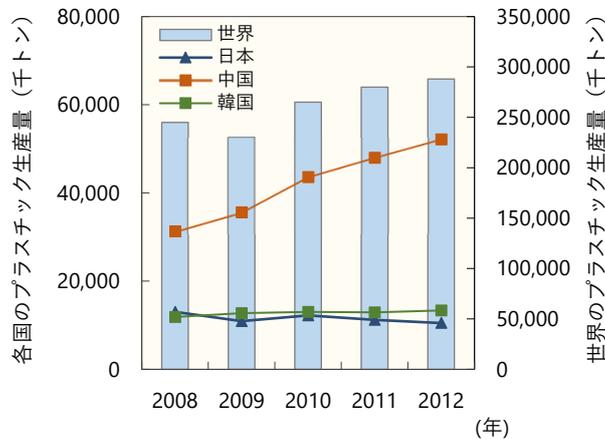


図3.18 プラスチック生産量の推移  
(日本プラスチック工業連盟HP, 2017より作成)

### 3.2. 廃棄物の海洋投入処分由来の汚染の影響

わが国における廃棄物の海洋投入処分は、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染等防止法）及び廃棄物処理法により規制されており、これらの法令により、国際条約である廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）及び1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約の1996年の議定書（96年議定書）で定められた内容が担保されている。

わが国では、2007年4月以前、廃棄物海洋投入処分海域として、A、B、C、F海域が設定されており、それぞれの海域について以下に述べるような廃棄物が投入処分可能なものとして定められていた。なお、A海域はB海域に、B海域はC海域に包含され、F海域は実質的にすべての海域である。

A海域（現Ⅰ海域）は、2007年以前は有害性の大きい物質を固化した廃棄物の投入処分海域であったが、実際には1981年以降、このような廃棄物の投入処分は実施されておらず、2007年の海洋汚染等防止法改正後は、投入処分が禁止されている。B海域（現Ⅱ海域）に投入処分されていた廃棄物は、主として非水溶性無機性汚泥である。具体的な廃棄物の品目としては赤泥や建設汚泥が挙げられる。C海域（現Ⅲ海域）では、有機性の廃棄物が投入処分されていた。具体的な品目としては、し尿及びし尿浄化槽汚泥や有機性汚泥、廃酸・廃アルカリ、動植物性残さ、家畜ふん尿等が挙げられる。F海域（現Ⅳ海域）においては水底土砂の投入処分が可能とされている。

海洋投入処分にあって、有害化学物質が混入する恐れのある産業廃棄物については判定基準が定められており、この基準を満たしたものだけを投入処分することができる。ただし、2007年以前の海洋汚染等防止法においては、海洋投入処分可能な品目は定められていたものの、事前の環境影響評価や事後の監視は排出事業者に義務付けられていなかった。

2007年4月1日以降は、96年議定書に対応した海洋汚染等防止法の一部改正に伴い、廃棄物の海洋投入処分に係る許可制度が新設された。これに伴い、海洋環境に及ぼす影響に関し、

排出事業者による事前の評価が行われることとなった。

これまでのモニタリング調査の結果によれば、房総・伊豆沖合のⅡ海域で投入処分された赤泥に由来する物質が検出され、メイオVENTスの個体数の減少が認められたものの、その程度は事前の環境影響評価で想定された範囲内であった。また、新潟港沖のⅣ海域において、投入処分に伴う堆積物の性状（粒径）や海底の地形変化により、他の測点と異なる底生生物相がみられたが、その変化は投入処分地点に限られていた。その他のほとんどの投入処分海域においては、所定の法に基づく海洋投入処分による影響は検出されなかったが、一部で原因が明らかでない汚染物質が検出された。これは不法投棄に起因する可能性もあり、その汚染源の把握が必要と考えられる。

海洋汚染等防止法における許可制度のもと、今後著しい汚染が生じる可能性は低いものの、引き続き、投入処分等の影響をモニタリング等により確認していくことは重要である。

### 3.3. 特定の汚染海域（ホットスポット）の発見と追跡調査結果

海洋環境モニタリング調査により、以下の三つの海域において沖合域の堆積物としては高い濃度の汚染が明らかとなった。これらについては、適宜、詳細な追跡調査を実施してきた。

#### (1) 紀伊水道周辺海域

紀伊水道周辺海域において堆積物からバックグラウンドよりも高濃度のPCBを検出した。調査の結果、海底付近にPCB負荷源が存在しており、1970年前後から少なくとも近年まで継続的な負荷があったと考えられる。また、負荷源は単一の性状のものではなく、多種の機器等の混合物である可能性が高いことが分かった。

#### (2) 紀伊・四国沖

紀伊・四国沖の投入処分Ⅱ海域及びⅢ海域（水深4,000～4,500 m程度）において、堆積物から高濃度のブチルスズ化合物及びフェニルスズ化合物を検出した。その原因については、現時点では明らかになっていない。

#### (3) 日本海西部

日本海西部の投入処分Ⅲ海域を中心とした広範囲の海域において、堆積物から高濃度のブチルスズ化合物及び臭素系難燃剤を検出した。その原因については、現時点では明らかになっていない。

いずれの海域においても、人の健康に影響を及ぼすおそれはないと判断されるものの、これらの事例は人為的な負荷の影響が沖合域に及んでいることを示しており、海洋環境及び生態系の保全の観点から、今後も監視を続けていくことが必要である。

これまでのモニタリング調査の範囲は限定的なものであるにもかかわらず、このように深海底における汚染が検出されており、将来にわたって人為的な汚染を抑止する観点から、これまでに調査を行っていない投入処分実績のある海域も含めて、広範囲にわたるモニタリング調査を今後も実施していく必要がある。

### 3.4. 長期的な変化傾向の解析結果

1998年以降の海洋環境モニタリング調査の結果に加え、一部の測点では1975年以降の日本近海調査の結果が利用可能なことから、わが国周辺における約40年間の汚染物質濃度の変遷に関する解析を行った。その結果、海底堆積物中のPCBについては、東京湾や大阪湾などの大都市圏を後背地とする内湾・沿岸域の一部において有意な減少傾向が確認されており（図3.19）、わが国においてPCBの製造、使用に関する規制の効果が一定程度海底堆積物中の濃度の減少として現れていると考えられる。

一方で、海水中の総水銀の減少傾向や、海底堆積物中の鉛及び銅の増加傾向は統計的に有意であったものの、分析手法の違いや自然起源の要因が関係している可能性も考えられ、それが長期的な変化傾向を正確に把握することを難しくしている。また、近年は8年程度で日本周辺海域を一巡する頻度でしかデータが得られておらず、こうした調査頻度の違いも長期的な傾向の解析を困難にする一因となっている。調査の頻度を考慮しながら、今後も継続して調査を実施していくことが、長期的な変化傾向を把握する上で重要と考えられる。

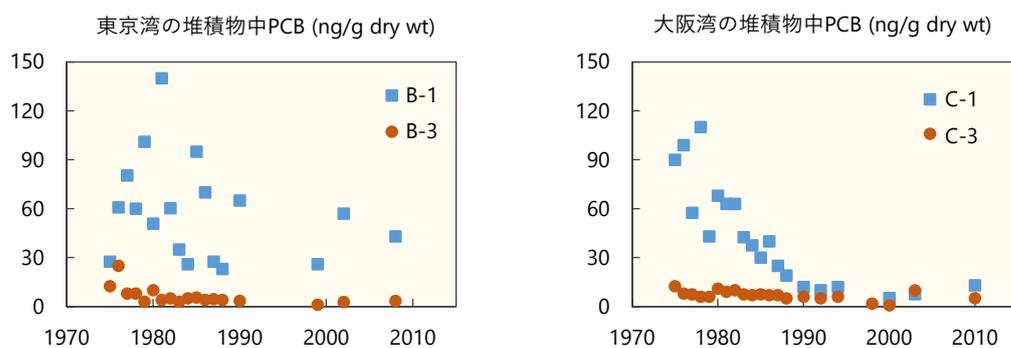


図3.19 東京湾（左図）及び大阪湾（右図）における海底堆積物中PCBの経年変化

### 3.5. 今後の対策に向けて

約20年間にわたる海洋環境モニタリング調査によって、日本周辺海域の海洋環境中における汚染物質等のベースラインデータを蓄積することができた。このような長期モニタリングは世界的にも類を見ないものであり、海に囲まれたわが国の環境を保全する上で極めて貴重なものといえる。

一方で、先に述べたとおり、ダイオキシン類では法規制により約20年間で排出量が1/10以下に減少したことに伴い、大気中の濃度は急速に減少したが、海洋生物中の濃度については一部の生物種や海域を除き、全体としては減少傾向が明瞭ではないことが確認された。

このように、汚染物質はいったん海洋に流出してしまうと、規制の効果がなかなか現れにくい。海洋汚染の防止に関しては、このような海洋の特性を踏まえて、未然防止の観点に立った継続的な保全対策が強く求められる。そうした観点も含め、海洋環境モニタリング調査が今後取り組むべき課題を以下にとりまとめた。

#### (1) わが国の排他的経済水域における調査の拡大

国連海洋法条約において、排他的経済水域における沿岸国の管轄権として、「海洋環境の保護及び保全」が規定されている。その一環として本モニタリング調査を実施しており、特に大きな汚染負荷が存在すると考えられる内湾や沿岸域からその沖合にかけて、日本近海調査等の測点も継承しつつ、調査を継続的に実施してきている。一方で、さらに沖合の排他的経済水域における調査データは得られておらず、調査対象海域を拡大し、ベースラインデータ取得のためにこれらの海域でも調査することを検討する必要がある。

#### (2) 海洋投入処分される対象に対応した調査の実施

2007年の海洋汚染等防止法の一部改正に伴い、廃棄物の海洋投入処分に係る許可制度が新設され、海洋投入処分されるものの種類、量、排出位置を事前に正確に把握することが可能となった。また、排出事業者による監視報告が義務付けられ、大量に海洋投入処分される廃棄物については排出事業者によるフィールド調査が実施されている。

今後海洋投入処分が実施されるのは主に一般水底土砂であることから、海洋投入処分海域における調査においては、沿岸において繰り返し一般水底土砂が海洋投入処分された場合に生ずる影響に着目した調査項目の設定等を検討することも考えられる。また、これまでに引き続き、排出事業者による監視報告の妥当性の検討、すなわち海洋環境への著しい影響が生じていないことを国として検証することが必要である。

#### (3) 特定の汚染海域（ホットスポット）の継続監視

これまでの調査で高濃度の汚染が明らかになってきた紀伊水道周辺海域の堆積物中のPCB、紀伊・四国沖の堆積物中の有機スズ化合物、日本海西部の堆積物中のブチルスズ化合物や臭

素系難燃剤について、引き続き継続的な監視を行っていくことが必要である。それに加えて、このような人為的汚染を防止するために、これまでに調査を行っていない投入処分実績のある海域も含め、適宜調査の範囲を広げていく必要がある。

#### (4) 定期的な海洋環境の評価の実施及び適切な評価指標等の導入

海洋環境モニタリング調査は、約8年かけて日本周辺海域の調査（現在は8測線）を実施するものであり、一巡するまでを1フェーズと呼んでいる。原則としてフェーズごとに、それまでに得られたデータに加え、国内外の関連するモニタリングデータを用いて、海洋環境の現状や政策の効果等について定期的な評価を実施することになっている。フェーズ1は1998～2001年度、フェーズ2は2002～2007年度、フェーズ3は2008～2016年度であり、本報告書は、フェーズ3までのデータをとりまとめたものである。2018年度からフェーズ4に移行する。

これらの結果を、わが国の海洋環境保全のための施策の立案・見直しに生かすと同時に、NOWPAP（北西太平洋地域海行動計画）の活動やGMA（地球海洋アセスメント）のグローバルアセスメント等への活用を検討していくことが必要である。

また、有害化学物質の環境中濃度が生物に及ぼす影響等を含め、本モニタリング調査で得られた海洋環境の現状に関する科学的な評価結果をできるだけわかりやすい形で公表していくため、諸外国における海洋環境の評価に導入されている様々な指標も参考にしつつ、海洋環境の評価の在り方を検討する必要がある。

#### (5) 積極的な情報発信

これまで海洋環境モニタリング調査では、各年度の調査結果をとりまとめて公表することに加え、ステータスレポートの作成やデータベースでの調査結果の公表、海外の会議での発表等により、モニタリング結果に関する情報を発信してきた。国際的に海洋環境の保全に対する認識が高まりつつある中で、わが国としても海洋環境モニタリング調査の意義を広く認知させるために、また調査の成果等のさらなる活用の観点からも、国際会議や国内の学会等で積極的に情報発信を行うことが必要と考えられる。

## 4. 参考文献

- 磯野直秀（1975）：化学物質と人間－PCBの過去・現在・未来。中央公論社。
- 宇野木早苗、久保田雅久（1996）：海洋の波と流れの科学。東海大学出版会。
- 小城春雄・福本由利（2000）：海洋表層浮遊，および砂浜海岸漂着廃棄プラスチック微小粒子のソーティング方法。北海道大学水産学部研究彙報51(2)，71-93。
- 奥田啓司・中田典秀・磯部友彦・西山肇・真田幸尚・佐藤太・高田秀重（2000）：東京湾堆積物中の環境ホルモン物質－過去50年間の歴史変遷－。沿岸海洋研究37(2)，97-106。
- 海洋情報研究センター：日本近海200m間隔等深線データ第二版
- 環境省（2012a）：ダイオキシン2012。関係省庁共通パンフレット。  
<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/pamph/2012.pdf>
- 環境省（2012b）：平成23年度版化学物質と環境。  
<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2011/shosai.html>
- 環境省（2017a）：平成28年度版化学物質と環境。  
<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2016/shosai.html>
- 環境省（2017b）：ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリー）。  
<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/report/h29-03.pdf>
- 環境省（2017c）：平成27年度ダイオキシン類に係る環境調査結果。  
<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/report/h29-01.pdf>
- 環境省・経済産業省（2017）：ポリ塩化ビフェニル（PCB）使用製品及びPCB廃棄物の期限内処理に向けて。<http://www.env.go.jp/recycle/poly/pcb-pamph/full8rr.pdf>
- 環境庁（1996）：海洋環境保全基礎調査－海洋環境保全の現状と課題－。平成7年度環境庁委託業務結果報告書。
- 環境庁（1998）：海洋環境モニタリング調査指針等作成調査。（指針部分は、環日本海環境協力センター編（2000）：海洋環境モニタリング指針。大蔵省印刷局。として市販されている。）
- 中西準子・堀口文男（2006）：トリブチルスズ，詳細リスク評価書シリーズ8。丸善。
- 日本プラスチック工業連盟HP（2017アクセス）：世界と主要国のプラスチック生産量。  
<http://www.jpif.gr.jp/5topics/topics.htm>
- 益永茂樹（2004）：東京湾のダイオキシン類汚染の変遷。海洋と生物，26(5)，403-409。
- 益永茂樹・姚元・高田秀重・桜井健郎・中西準子（2001）：東京湾のダイオキシン汚染，組成と汚染源推定。地球化学，35，159-168。
- 文部科学省 国立天文台 編（2002）：理科年表 CD-ROM 2002。丸善株式会社。
- 環境省：海洋環境モニタリング調査結果について（平成13～28年度）  
<http://www.env.go.jp/earth/kaiyo/monitoring.html>。
- 環境GIS：海洋環境モニタリングマップ（電子国土） <http://envgis.nies.go.jp/kaiyo/>。

**環境省水・大気環境局水環境課海洋環境室**

**〒100-8975 東京都千代田区霞ヶ関1-2-2**

**TEL：03-3581-3351（代表）**

**<http://www.env.go.jp/>**