

報告番号

※²/₄ 第 2762号

主論文の要旨

題名 海洋環境におけるPCBの
分布と挙動に関する地球化学的
研究

氏名 田邊信介

主論文の要旨

報告番号

※ 第 ² 号

号

氏名

田邊信介

1929年以來、先進工業国を中心に大量に生産・使用された PCB は、地球的規模の環境汚染と生物に対する長期的・慢性的な毒性影響が懸念されている代表的な人工有機化学物質である。PCB による環境と生物の汚染については、これまで膨大な調査資料が集積されているが、海洋環境における分布と挙動に関しては、分析法上の難点から、調査研究例が乏しく、めまばしい状況にあった。地球環境における PCB のゆくえを包括的に理解するには、広大な容積を占める海洋環境の調査が欠かせないと考えられる。

このような背景のもとに、本論文では、まず環境試料に残留する ppt レベルの PCB が定量できる微量分析法について研究した。この方法をもとに海洋環境における PCB の分布と挙動を地球的規模で調査し、その環境動態と物質特性とのかかわりあい、および海洋生態系とその周辺環境との相互作用について地球化学的に研究した。さらに、地球環境における PCB のゆくえと海洋汚染の将来についても考察を加えた。以下にこれを要約する。

第1章: 本章では PCB の分離定量法および微量分析法について記載した。PCB はベンゼン環の骨架に塩素が 1~10 個置換した多種の化合物の混合物で、無機環境や生体内でそれぞれ特異的な挙動を示す。本研究では、まずマスフラグメントグラフ法およ

びガスクロマトグラフ法による個別PCB化合物の分離定量法について検討し、市販のPCB製品に含まれるPCB異性体と同族体を79のピークに分離定量する方法を開発した。またポリウレタンフォームやAmberlite XAD-2樹脂などの吸着材を用いた大気、海水中の微量PCB捕集法を完成させるとともに、土壌、底質、各種生物試料のサンプリング方法、処理方法についても検討し、適切な方法を確立した。PCBの微量分析法は、1). 有機塩素系農薬との同時分析法 2). アルカリ分解法によるPCBのみの分析法を、検討し、環境試料の定量に充分適用しうる回収率、再現性、精度、感度を得た。

第2章：室内実験系により、大気、水、土壌、底質、生物系におけるPCBの物質特性について研究した。一般にPCBは、水に難溶で大気に揮散しにくい、脂質や水中の懸濁粒子に対する親和性が高い、生体内で安定で生物蓄積性に富むなどの物質特性をもつが、セフェニールに置換する塩素の数と位置により、物理化学性や生物化学性に大きな差のあることが明らかになった。置換塩素数の少ないPCB化合物は、相対的に水に対する溶解度が高く、大気へ揮散しやすいが、置換塩素数の多い化合物は、底質粒子や脂質との親和性が強く、生物蓄積性や生体内安定性も高いことを認めた。

第3章：河口域および沿岸域におけるPCBの分布と挙動について、瀬戸内海を中心に論じた。PCBによる沿岸海洋の汚染は、都市工業地帯周辺に集中していることが明らかになった。

沿岸海洋へ供給されるPCBの最大の輸送ルートとして、沿岸域に集中するPCB使用工場の排水があげられ、PCBによる深刻な沿岸海洋汚染を招いた主な原因は、水系へ流出しやすい場でPCBが使用されたことにあると推察された。河口域で形成されるフロント(潮目)は、PCBの懸濁粒子への吸着と底質への沈積に重要な役割を果たしていることが示唆された。瀬戸内地域の環境諸相に残留するPCB総量の94%は海洋底質に存在し、これが陸域および沿岸域における最大のPCB蓄積場所として機能していると考えられた。

第4章: 外洋環境におけるPCBの分布と挙動について研究した。PCBは、ベーリング海、南北両半球の西部太平洋、インド洋、および南極海で採取したすべての大気、海水、生物試料から検出され、PCBによる環境汚染が地球規模で進行していることを認めた。外洋環境試料は、いずれも南半球に比べ北半球のPCB濃度が高く、ベーリング海から南極海に至る西部太平洋の表層海水では、北半球中緯度海域でPCBの高濃度分布が観察された。PCBの残留は深層海水でも認められ、生物起源の懸濁粒子によるPCBの吸着と、表層から下層への輸送が示唆された。表層海水に残留する吸着態PCBの割合は、高緯度冷水域ほど増大し、一次生産性の高い海域ほど懸濁粒子によるPCB鉛直輸送の活発なことが推察された。またこのことより外洋表層海水におけるPCBの滞留時間は、低緯度暖水域ほど長いことが推定された。

第5章：西部北太平洋の外洋生態系を対象に、PCBの生物濃縮について研究した。外洋食物連鎖系から検出されたPCBは、栄養段階が上がるごとに、残留濃度および生物濃縮係数の上昇が認められた。低次栄養段階の生物によるPCBの濃縮機構は物質側の条件が、一方高次栄養段階の生物は生物側の条件が、基本的な要因として関与していると考えられた。高次栄養段階のスジイルカ (Stenella coeruleoalba) では、年齢によりPCBの蓄積量に変動が認められた。また成熟雌は、授乳により多量のPCBを排泄していることが明らかになった。生物種間のPCB組成を比較した結果、暖水域に生息する小型歯鯨類は、冷水域のものに比べ薬物代謝能力の強いことが示唆された。また海産哺乳動物の薬物代謝能力は、陸上高等動物よりも弱いことが推察された。

第6章：地球環境に残留するPCBの現存量を見積り、海洋環境汚染の将来について論じた。自然環境に流出したPCBの量は、世界総生産量の約25%で、その大半は沿岸の底質と外洋海水に存在していることが推定された。外洋海水は、地球環境におけるPCBのたまり場であり、最終的な到達点として機能すると考えられた。現在陸上で使用されているPCB量は、すでに海洋環境に流出したPCB量の約2倍に相当すると推定された。したがってPCBによる海洋汚染の将来は、現在陸上で使用されているPCBの消長に委ねられると結論された。

第7章: 第6章までの結果にもとづき、PCBの分布と挙動およびゆくえについて総合的に考察した。PCBによる環境汚染は、地球規模で進行していることが明らかになった。PCBの環境分布は、蒸気圧、水溶解度、脂溶性、生分解性など物質側の要因によって決まると考えられた。一方 PCBの環境動態は、物質側の特性に加え、フロントの形成、海洋の一次生産性、多様な生物過程など環境側や生物側の要因も関与していることが明らかになった。PCBと同様な物質特性をもつ人工有機化学物質は、環境汚染上最も問題となることが示唆された。地球環境におけるPCB汚染の低減をはかるためには、現在陸上で使用されているPCBを安全に処理する技術あるいは環境への新たな漏出をおさえる方法の開発が急務な課題と考えられた。

以上、本研究により得られた知見は、地球環境におけるPCBの分布と挙動およびゆくえを包括的に解明できたばかりでなく、人工有機化学物質の環境動態や安全な使用法および環境の保全を予測・評価する指針として有効な情報を提供したものと考える。