

次世代に残す環境

－PCB、ダイオキシン対策の今－

分析研究科 佐々木裕子

1. はじめに

便利で快適な生活を送るために、私たちは様々な形で化学物質を利用している。しかし、使用中に有害性が明らかとなり、製造や使用を中止しなければならない化学物質が次々と見出されている。また、利用するつもりがなくとも燃焼や製造不純物などとして出来る化学物質が明らかとなっている。こうした化学物質のうち環境中で分解しにくい化学物質、体内に蓄積しやすい化学物質は、有害影響が明らかになった時点で環境対策を実施しても、環境の改善や私たちの体に蓄積した化学物質量を減らすには長い時間が必要となる。

ここでは、代表的な難分解性の有害化学物質のポリ塩化ビフェニル（PCB）とダイオキシン類について、都内環境の全般的な状況や、高濃度汚染の判明事例とその汚染発生原因などを紹介し、私たちだけでなく次世代の人々への影響を考えた今後の対策のあり方について考えてみたい。

2. 都内環境の状況

カネミ油症問題を契機に PCB の有害性が着目され、昭和 49 年に「化学物質審査規制法」が施行された。同法により PCB の製造中止、使用の原則禁止が行われた結果、長期的には環境濃度の減少傾向が見られている。しかし、30 年以上の長い保管期間に起きた漏出や紛失、不法投棄などにより、PCB が広く環境中から検出される状況が続いている。平成 13 年に「PCB 廃棄物処理特別措置法」が施行され、同法に基づき全国に建設された PCB 処理施設において、PCB オイル、トランス、コンデンサーの処理が開始された。今後、これら PCB 廃棄物の処理の進展に加え、PCB 濃度の低い廃棄物についても対策を実施することが、環境濃度の一層の低下のために必要と考えられる。

一方、ダイオキシン類は、平成 12 年に施行された「ダイオキシン類対策特別措置法」に基づき清掃工場をはじめ焼却炉対策が強力に進められ、都内の推定排出量は大幅に削減された。それに伴い大気濃度は環境基準（ $0.6\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ ）の 1 オーダー下のレベルまで低下している（下表）。また、水、土壌についても、環境基準をほぼ満足している状況である。

表 東京都内のダイオキシン類の推定排出量と大気濃度の年平均値の推移

	H10	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
都内推定排出量 g-TEQ/年	62.3	28.18	16.89	6.66	2.99	3.6	2.47	2.93	2.31
大気濃度(都環研)pg-TEQ/m ³	—	0.30	0.22	0.16	0.091	0.081	0.087	0.079	0.080

注：大気はローリウムサンプラーによる 1 ヶ月ごと連続採取の年間平均値、H18、19 は隔月採取

3. 都内の汚染事例と発生原因解明

都内の大気、水、土壌は一般的には環境基準を十分に満たすレベルになっている。しかし、一部の土壌や底質（水底の土砂）に過去に発生したと考えられる PCB やダイオキシン類の高濃度汚染が判明し、的確な対応が求められている。ここでは、土壌の高濃度汚染の二つの事例について報告する。

(1) PCB 汚染土壌事例

工場跡地の土壌から 30 年以上前に同工場が使用していたと考えられる PCB が検出された事例では、PCB 中の Co-PCB 濃度を基にダイオキシン類汚染として対策が実施された。ダイオキシン類の土壌環境基準（1000pg-TEQ/g）を超過した土壌は掘削され、掘削土壌から溶剤洗浄により PCB を除去する対策が実施された。汚染原因としては、高濃度汚染土壌の組成パターンが、使用していた熱媒体の PCB とほぼ同じであったことなどから、同工場の PCB の廃棄によるものと考えられた。但し、高濃度土壌の下部土壌から検出された PCB は、低塩素の異性体が多く、汚染の発生原因について議論となった。

PCB は水に溶けにくく、土壌中ではあまり動かないと考えられている。しかし、汚染発生から 30 年以上の年月が経っていることから、雨水や地下水などが何らかの影響を及ぼした可能性がある。そこで、都内の一般的な土壌の間に PCB（カネクロール 400:KC400）を人工的に添加した土壌を挟む土壌カラム（図 1）を作成し、水をゆっくりと通す実験を行った。その結果、微量であったが PCB の未添加土壌への移行が見られた。移行した PCB の組成は、塩素数が少ない異性体の割合が増える傾向を示した。この組成変化は水溶解度や土壌との結合力の違いを反映したと考えられ、工場跡地で見られた高濃度汚染土壌の下部土壌の PCB 組成は、移行に伴う低塩素化と判断できた。

当所は都内大気、水、土壌について、組成パターンを用いて汚染源解析を行っているが、本事例などから環境中で長時間経った場合には移行等に伴う組成の変化にも留意する必要性が明らかとなった。

(2) ダイオキシン類汚染土壌事例

工場跡地の土壌から環境基準の数倍から数百倍の汚染が判明した事例では、覆土などにより暴露経路を遮断する対策が実施された。汚染土壌の組成パターンは、燃焼や農薬製造

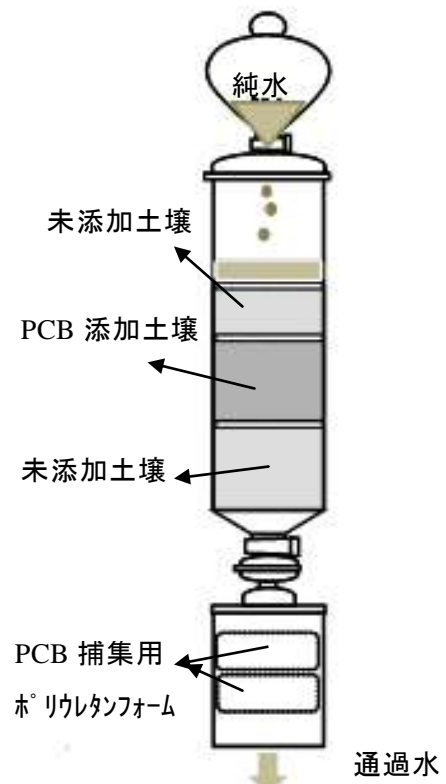


図 1 土壌カラムによる PCB 移行実験

時に生成するダイオキシン類と大きく異なり、ポリ塩化ジベンゾフラン（PCDF）の特定の異性体のみが高濃度を示した（図2左）。この特徴的な組成パターンは、既にセメント固化処理を行った横十間川の底質や、河川底質への次亜塩素酸の添加実験で生成したダイオキシン類の場合にも認められている。同工場は昭和40年代以前には黒鉛電極を用いた食塩の電気分解を行っているが、食塩の電気分解では陽極側に次亜塩素酸が生成する。この次亜塩素酸と黒鉛電極が反応してダイオキシン類が生成した可能性が推測された。実験室レベルの装置を用いて黒鉛電極による食塩電解実験を行った結果、工場跡地の土壌と似た組成パターンを持つダイオキシン類の生成が認められた（図2中央）。わが国では過去に報告のない発生原因による事例であるが、30年以上前の操業により生成したダイオキシン類が土壌に残留していると考えられた。

なお、現在わが国で行われている食塩電解は陽極にチタン電極が用いられ、チタン電極ではダイオキシン類は生成しないことが実験から確認されている。一方、次亜塩素酸に関しては、病原微生物対策などのために、今後も土壌や底質等へ大量添加するおそれはある。意図しないダイオキシン類の生成を防ぐため、情報提供、注意喚起を行っていきたいと考えている。

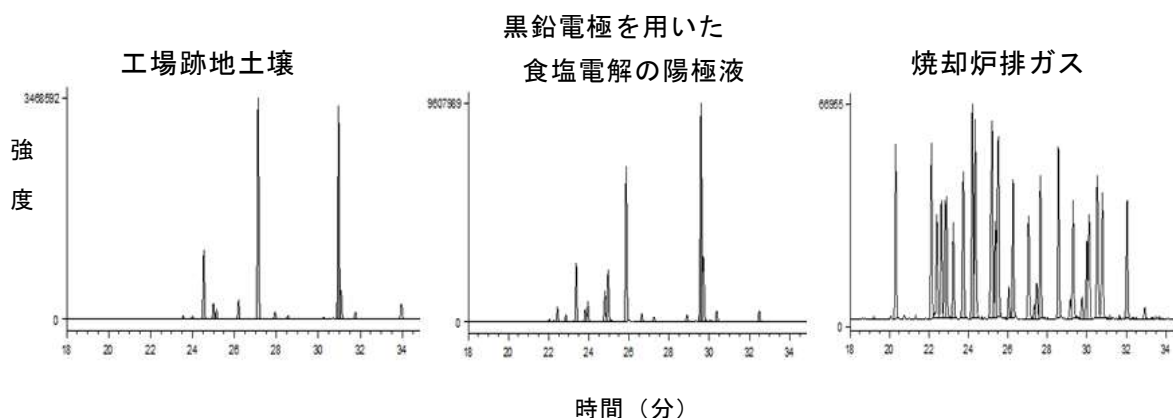


図2 ダイオキシン類の四塩化ジベンゾフラン（TCDF）のクロマトグラム

4 今後に向けて

PCB やダイオキシン類の主な摂取経路は食品である。このうち毎年推計されている都民のダイオキシン類平均摂取量は、生涯食べ続けていても有害影響が現れないと判断される量（耐容1日摂取量：4pg-TEQ/体重kg/日）の数分の1以下になっている。しかし、食品にもなる魚介類の調査から、PCB やダイオキシン類濃度は生育環境の濃度を反映することを認めている。そのため、摂取量の低減には、間接的であっても環境を改善していくことが重要と考えられる。特にこれら難分解性化学物質による汚染は、発生時期は過去であっても的確な対策を行わないと環境中に今後も残留し続ける。私たちの生み出した環境汚染

を次の世代以降に残すことのないように、汚染箇所からの暴露経路の遮断や周辺に影響を及ぼさない形での修復はもとより、一般環境の一層の改善に努めていかなければならない。

さらに、今回の事例はいずれも汚染の発生時にはその有害性を十分に認識せずに起きている。そのため、有害影響のおそれのある化学物質について知見の収集、情報の共有化に努め、将来に向けて汚染発生の未然防止にも注意を払っていく必要がある。

用語説明

1. ポリ塩化ビフェニル (PCB)

ビフェニル(ベンゼン環が2つ結合)に1~10個の塩素が付いた有機塩素化合物の総称。優れた絶縁性、耐熱性、化学的な安定性からコンデンサー、トランスなどの電気用機器の絶縁油や、熱媒体、感圧紙、塗料、印刷インキなどに広く用いられた。この他、PCBは燃焼などによっても意図せずに生成することが知られている。

2. ダイオキシン類

ポリ塩化ジベンゾ-*p*-ジオキシン (PCDD)、ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF)、コプラナーポリ塩化ビフェニル (Co-PCB) の3種類の有機塩素化合物の総称。燃焼や農薬等の製造時の不純物、漂白など様々な原因で意図せずに生成する。ダイオキシン類濃度は、分析時の実測濃度(例 pg: 1兆分の1g)の合計を総濃度といい、最も毒性が強い2,3,7,8-ポリ塩化ジベンゾ-*p*-ジオキシンに対する各異性体の毒性の強さ(毒性等価係数: TEF)を各異性体の濃度に掛けて、合計した値を、毒性等量濃度(例 pg-TEQ)という。環境基準や排出基準等はすべて毒性等量濃度で設定されている。

3. 同族体、異性体

塩素数が同じ化合物を同族体、塩素の付く位置が異なる個別の化合物を異性体という。PCBには塩素が1~10個付いた同族体、塩素が付いた数と位置の異なる209種の異性体が存在する。ダイオキシン類には塩素が1~8個付いた同族体、塩素が付いた数と位置の異なる222種の異性体が存在する。