

# PCBの環境基準・排水基準及び底質の 暫定除去基準について

奥井英夫\*・今井千郎

## 1. 序 論

PCBはベンゼン環が2個連結したビフェニル基に塩素が置換されたもので、塩素数・置換位置、立体構造などを考えると理論上210種が考えられる物質である。PCBは、1881年に初めて合成に成功したが、その耐酸性、耐アルカリ性、耐熱性、絶縁性などのすぐれた化学的特性により急速に全世界に広まったのである。

このようなPCBが日本で広く国民の関心をひいたのは、1968年西日本一帯に発生した“油症事件”以来といえるだろう。しかし、この問題が起こった時点では、PCB汚染は既に従来の局地的、地域的汚染とか、いわゆる水質汚濁という問題の枠を超えて地球的規模の汚染という段階に到達していたといえる。図-1にPCBの概略的な汚染経路を示したが、PCBのすぐれた特性そのものが逆に汚染物質としての影響の深刻さをもたらし

ているといえる。一度地球上に放出されれば難分解性のため地球上に長期間滞留することになる。大気、土壌に放出されたPCBも最終的には水圏に流入し、生物あるいは底質に濃縮され、その影響力を完全に除去する事が非常に困難になる。特に、生物に濃縮されたPCBは、第1に食物連鎖の最終段階に位置する我々人間に濃縮されるということ、第2に生物に濃縮された形で、かなりの範囲を移動することが可能であり、汚染を局所的にとどめないという二重の意味で問題を更に深刻化させてきたといえる。更に、水圏における生物濃縮の問題は短期的には我々人間の食物としての問題と考えられるが、長期的には水圏に生存する生物そのものへの影響(毒性、蓄積性、遺伝性)及びそれを通しての生態系への影響と考えられる。この点からの解明はまだ十分ではなく、PCBが今後長期的にどのような影響を人間生活に与えるかについて十分考える必要があるといえよう。

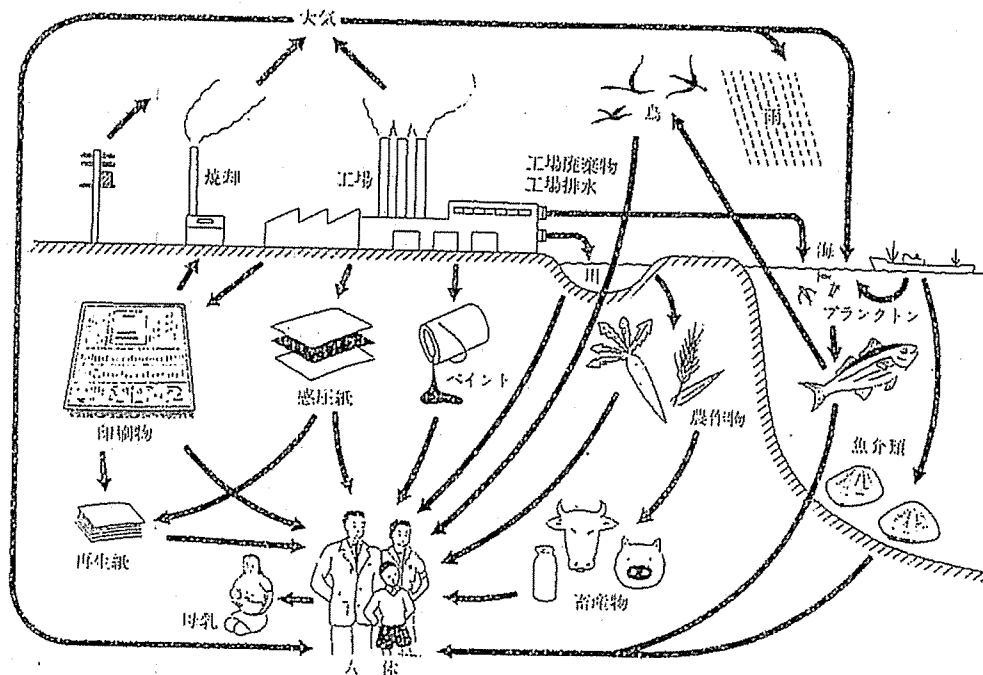


図-1 PCBの汚染経路

\* 環境庁水質保全局水質管理課

## 2. PCB 汚染対策

PCB 汚染が局地的汚染にとどまらないこと及び生物濃縮を経て人体に蓄積されることから、PCB に対する対策は緊急を要するものであった。このため政府は、昭和 47 年 4 月に「PCB 汚染対策推進会議」を設置し、同年 5 月 29 日、① PCB 回収対策、② PCB 排出規制対策、③ 人体影響対策、④ PCB 汚染の実態調査及びメカニズムの解明並びに分析方法の開発、⑤ 新規 PCB 代替品の安全性確保対策の 5 点よりなる対策方針を定めた。この方針に基づき、昭和 47 年度に PCB の汚染実態調査を行うこととなった。また、当面の対策として、PCB の生産・輸入及び使用の制限を行い、PCB を使用している製品についてはその回収を行うこととした。また、②に述べられている排出規制については、同年 7 月に「PCB の排出等にかかわる暫定的指導指針」を定めた。③の人体影響対策の一環として、「PCB にかかる魚介類の暫定的規制値」(可食部で 3 ppm)を定め、これを超える魚介類の検出された水域については漁獲の自主規制を行った。これらの対策の中でも PCB のその後の規制の基礎となった「魚介類の暫定的規制値」及び「実態調査」について述べる。

### ① 魚介類の暫定的規制値 (昭和 47 年 8 月)

食品中の PCB の暫定的規制値は、PCB 特別部会が中心になりまとめたものである。表一 (報告書より掲載) に示してあるように PCB の最高摂取量 72.4 μg/日の 90.4% が魚介類に由来しており、水中の PCB に関しては魚介類について検討すればよいので、ここでは報告書の中から魚介類についてだけ取り上げる。

この報告書では、米国におけるラットの 2 年間の長期毒性研究での数値 ; 0.5 mg/kg/日 を各種動物に対し少くとも悪影響 (亜急性毒性及び次世代に対し) を与えない量とし、この数値の 100 倍の安全率を見込み 0.005

表一 実態調査による食品中の PCB 濃度 (平均値) から推定される PCB の体内摂取量 (1日当り)

食品名	PCB濃度 (平均値) (ppm)	食品摂取量			PCB摂取量		
		最低 (g)	最高 (g)	平均 (g)	最低 (μg)	最高 (μg)	平均 (μg)
牛乳	0.02	32.2	108.4	65.2	0.664	2.168	1.304
乳製品	0.06	2.7	12.1	10.4	0.162	0.726	0.624
肉類	0.04	17.5	62.2	37.9	0.700	2.488	1.516
卵類	0.03	26.5	51.7	37.9	0.795	1.551	1.137
魚介類	0.5	75.9	130.9	86.3	37.95	65.45	43.15
計		154.8	365.3	237.7	40.27	72.38	47.73

上表から、国民の平均的 PCB 摂取量は 40.27 μg ~ 72.38 μg となるが、これらの PCB 測定値は、汚染地域の例が多いとみられるので実際にはこれよりも低いと考える。

mg/kg/日 という数値を一つの目安としている (油症研究によれば最小量の PCB による発症例としては 0.07 mg/kg/日 という例がある)。これによると体重 50 kg の成水の許容摂取量は 250 μg/日 となる。表一による魚介類以外による PCB 摂取量は約 70 μg/日 となっており、魚介類に由来する PCB 量を 180 μg/日 以下におさえれば前記 250 μg/日 を超えることはないといえる。内海、内湾魚介類の PCB 濃度を表一に示したが、これによると 3 ppm 以下のものが全体の 95% を占め、3 ppm 以下のものの平均値が 0.63 ppm であること、及び表一に示した魚介類の摂取量から勘察し、内海、内湾魚介類については 3 ppm、遠洋、沖合魚介類については 0.5 ppm を暫定的規制値としている。これによると、遠洋、沖合魚介類からの PCB 摂取量は 64.5 g × 0.5 ppm = 32.25 μg、内海、内湾魚介類からの摂取量は

表二 暫定的規制値 PCB 摂取量 (推定)

食品名	規制値 (ppm)	摂取量 (g/日)			PCB摂取量 (μg/日)		
		最小	最大	平均	最小	最大	平均
牛乳	0.1	32.2	108.4	65.2	3.22	10.84	6.52
乳製品	1	2.7	12.1	10.4	2.7	12.1	10.4
肉類	0.5	17.5	62.2	37.9	8.75	31.1	18.95
卵類	0.2	26.5	51.7	37.9	5.3	10.34	7.58
魚介類		75.9	130.9	86.3	85.2	147.2	97.15
遠洋魚	0.5	57.0	98.2	64.7	28.5	49.1	32.25
内海魚	3	18.9	32.7	21.6	56.7	98.1	64.8
計		154.8	365.3	237.7	105.17	211.58	140.6

表三 内海・内湾魚介類についての PCB の分析結果 (水産庁資料)

PCB検出値 (ppm)	数	%
0.05以下	11	11.6
0.1以下	19	20.0
0.5以下	23	24.2
1以下	27	28.4
3以下	11	11.6
3を超えるもの	4	4.2
計	95	100.0

上記データ中 3 ppm を超えるものを排除するとその平均値は 0.63 ppm となる。

表四 魚介類摂取量の内訳 (水産庁)

水産物	魚介類	生鮮魚介類					加工魚介類	鰯肉	海藻類
		計	鮮魚			貝類			
			小計	多量魚	中高級魚				
計	計	計	小計	多量魚	中高級魚	貝類	計	計	
85.7g	82.7g	27.6g	25.6g	9.5g	16.1g	4.0g	53.1g	1.9g	1.1g

農林省食糧供給表から、魚介類摂取量の内訳をみるとつぎのとおりである。

20.1 g × 3 ppm = 60 µg となり前述した 180 µg/日 の約 2 分の 1 となり当初の目的を十分満足するものと考えられる。

このようにして PCB の魚介類の暫定的規制値が定められたが、報告書は、この規制値が守られ、かつ、保健指導対策が推進されれば汚染地域においても PCB による危害の発生はないと考えられるが、PCB のような蓄積性有害物質は本来食品中にあるべきでなく、かつ、PCB の自然環境における動態及び生体に及ぼす影響については未知の部分が多いことから、PCB による環境並びに人体の汚染を減少させるための強力な対策が必要であることを強調しつつ以下の諸対策を提案している。

(ア) 人体汚染の実態調査及び汚染経路の解明

(イ) 住民（特に妊産婦、乳幼児等）の健康調査の実施

(ウ) 魚介類調査及び養殖魚については飼料等の汚染との関係の究明

(エ) 食品中の PCB の分析の研究の推進

(オ) 次世代に及ぼす影響を含めた慢性毒性の研究の強化

(カ) PCB と他の有機塩素剤との相乗作用の研究

② PCB 汚染の実態調査

汚染実態の把握、汚染メカニズムの解明、人体への影響、統一的分析方法の確立及び処理方法の開発の必要性に対し、環境庁、科技庁が中心となり関係省庁との密接な連携の下にプロジェクトチームが昭和 47 年 8 月に編成された。

この中で汚染実態の把握については同年 8 月に試料を一斉採取し、魚介類（環境庁・水産庁）、水質・底質（環境庁・通産省・運輸省・建設省）、土壌（環境庁）についての調査結果が同年 12 月に発表された。それによると、調査対象 61 水域の 305 検体の魚類中、暫定的規制値 3 ppm（内海、内湾）を超える値（最高値で）の魚類を検出した水域は 5 水域であり、他の 56 水域はいずれも暫定的規制値以下であった。しかし、この調査から PCB がすでに環境中に広く分布しており、今後も汚染源の排除に努めること及び環境中の PCB の動向について厳しく監視することの必要性が明らかになった。また、この調査の結果に基づき、公共用水域の底質の除去基準を暫定的に 100 ppm と定めた。

昭和 47 年にはこの実態調査以外にも政府の方針に基づき、「PCB による母乳汚染疫学調査研究」（厚生省児童家庭局）、「PCB 取扱い工場等の排水調査について」（通産省公害保安局）、「油症診断基準」（油症治療研究班）、「PCB 等を焼却処分する場合における排ガス中の暫定許容限界について」（環境庁大気保全局）等の調査

及び対策がとられた。

しかし、PCB 汚染のメカニズム、特に底質-プランクトン-魚介類の汚染経路及びその過程における生物濃縮に関しては知見も少なく、したがって実際の水域での PCB の動態をふまえて、排水基準、底質の除去基準を定めるには至らず、環境基準も含めた水域の総合的基準を定めるには、生物濃縮に関する知見の充実及びその理論を実態で裏付けることが必要であった。このため環境基準、排水基準及び底質の除去基準（暫定）を定めるためには 47 年に引き続く 48 年度の全国一斉調査を待たねばならなかった。

### 3. PCB に係る水質の環境基準、排水基準及び底質の暫定除去基準の設定（昭和 49 年 11 月 29 日答申）

今回の PCB の各基準は汚染の実態、生物濃縮の知見及び PCB の分析方法の技術的水準をふまえて設定されたものである。

その基本的な考え方は次のようなものである。

(1) 水中及び底質中の PCB が、直接あるいは食物連鎖を通じて魚介類に濃縮蓄積されて、その結果食品としての暫定的規制値（3 ppm）を超えないとする。

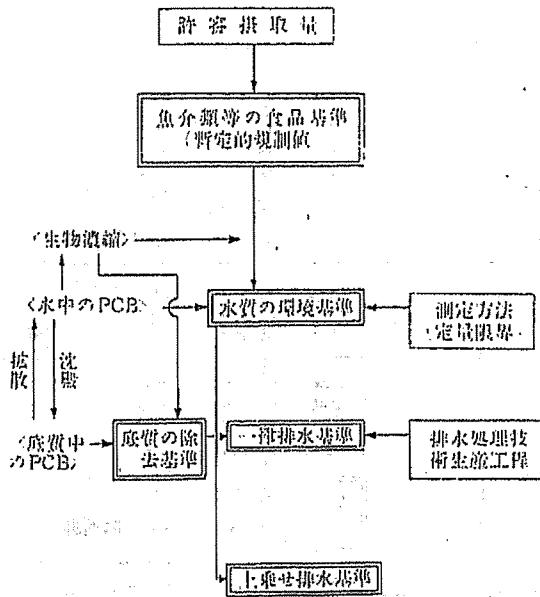
(2) 公共用水域における PCB の存在状態及び PCB の測定方法の精度について配慮する。

(3) 排水基準は環境基準と排水口から公共用水域へ排出される際の拡散状況等に配慮する。

この考え方にに基づき、関係因子（食品の暫定的規制値、水中の PCB、底質中の PCB、分析技術等）と環境基準、排水基準、底質の暫定除去基準の関係を示したのが図-2 であり、水中における PCB の環境基準、排水基準及び底質の暫定除去基準の基本的な流れを示しているものである。この中で、生物濃縮に関しては次のように考えた。

「PCB の魚介類の生体内への蓄積は、水中あるいは底質中の PCB が、えらなどを通して体内に入る経路と、食物連鎖によってプランクトン、ベントス等を経由して体内に入る経路が考えられる。その蓄積の程度は、魚介類の生態、とくに食性によって著しく異なるものであり、また、同一魚種についても季節的に変動し、かつ、長期間生存することによって増加することも知られている。また、食物連鎖による場合には一時的に多量の PCB が入って体内濃度が高まることがあるが、いずれは生物学的平衡状態になるものと考えられている。このように魚体内の PCB 含有量は、各種の要因の影響を受けて著しく変動する。

一般的には食物連鎖による生体内への蓄積は、水棲哺



図一 PCBに係る水質の環境基準、排水基準及び底質の除去基準決定の流れ図

乳動物及び大型肉食性魚類における主要な蓄積経路であり、これに反し環境水からの直接摂取は、水棲無脊椎動物や一般魚類にとってはもっとも重要な蓄積経路と考えられている。PCBの直接摂取による濃縮比を求めるにあたって、PCBの魚介類に関する食品基準値は、可食部（主として筋肉部をさしていると考えられる）に対するものであるため、ここで用いるPCBの濃縮比は次のように定義するものとする。

$$\text{PCBの濃縮比} = \frac{\text{魚介類の可食部のPCB濃度}}{\text{環境水中のPCB濃度}}$$

このように定義したPCBの濃縮比に関しては、いくつかの事例がある。表一に示すように5,667~8,582であり、平均7,360である。実験に使われているハマチ、ウナギは比較的PCBを蓄積しやすい魚であること、実験の環境水のPCB濃度は1~5ppbのオーダーであるが、實際上魚介類の汚染が問題になるのはも

表一 魚介類の水からの直接的な濃縮比

魚種名	濃縮比	環境水濃度 (ppb)	実験者名	備考
イシモチ Spot	7,600	1	ハンセン	10検体
ハマチ	8,582	3.43	東海区水産研究所	昭和47年度PCB汚染防止に関する総合調査研究報告書より算出
ウナギ	7,592	1.3	兵庫県水産試験所	6検体
ウナギ	5,667	0.96	"	"
平均	7,360			

うすこし下のレベルになるので濃縮比はさらに若干高くなること、並びに食物連鎖などの要因を勘案した場合の濃縮比は10,000程度とするのが適当であろう。この濃縮比が妥当であることを裏付ける資料としては次のようなものがある。すなわち、スウェーデンのハンセンは魚の各部の濃縮比を求め、イシモチ (Spot) を用いた実験において試料 (魚) 全体の濃縮比 37,000 に対し、筋肉部の濃縮比は 7,600 と報告しており、したがって両濃縮比の比率は 4.87 となる。魚種、魚介等の相違によって、この比率は変化すると思われるが、試料全体の濃縮比は筋肉部のその5倍程度と見ることが出来る。したがって上記の可食部の濃縮比 10,000 は魚全体の濃縮比に換算すれば 50,000 程度に相当すると考えられる。これは米国防務省 PCB 合同対策部報告 (表一参照) の 12,000~76,000 と比較しても妥当なものといえる。

=環境基準及び排水基準=

以上の内容から答申では環境水中での濃縮比を10,000とし、魚介類の暫定規制値が3ppmであることから、望ましい環境水中の濃度としては0.0003ppmとなるが、分析の定量限界値 (科学技術庁による) が

表二 種々の水産物による BPCB の蓄積

種別	Aroclorの種別	実験期間	環境中の濃度 (ppb)	魚体中の濃度 (ppb)	濃縮比	データ源
Catfish	1,248	60dn	13.3	958,000	72,000	Stalling and Mayer '72
"	1,254	60	4.1	312,000	76,000	"
Bluegill	1,248	60	4.9	312,000	63,700	"
"	1,254	60	6.8	87,000	12,800	"
Fiddler Crab	1,254	30	3.5	80,000	22,900	"
"			0.5	17,000	34,000	"
Pink Shrimp	1,254	30	3.5	240,000	69,000	"
"			0.5	6,100	12,000	"

米国防務省 PCB 合同対策部報告書 Polychlorinated Biphenyls and the Environment (1972, May) より

0.0005 ppm であることから、環境基準としては「検出されないこと」(定量限界値 0.0005 ppm) とあることが適当であるとした。また、排水基準としては、通常の水域では排水が 10 倍以上に希釈拡散されると考えられることから、望ましい水中の PCB 濃度 0.0003 ppm の 10 倍の 0.003 ppm とすることが適当であるとした。なお、排水基準の測定方法としては、先にあげた科技厅によるものと、JIS (定量限界値 0.001 ppm) によるものの両方法のいずれかを用いることにした。しかし、科技厅による方法が係数法を用いているので JIS による場合も係数法を用いることが望ましいと考えられる。また、今回の排水基準を定める総理府令の一部改正では、

(イ) 施行期日公布の日から 1 ヶ月後の昭和 50 年 3 月 1 日施行；(ロ) 適用猶予期間……故紙を主原料とするチリ紙及びトイレットペーパーの製造業については、これらが中小企業又は零細企業であることが少ないことから 1 年間の猶予期間をおく等の付則が設けられた。

＝底質の暫定除去基準＝

PCB は本来水に不溶性であり、排水中においても浮遊物質中に多く含まれていると考えられる。したがって水銀と異なり溶出率、平均潮等に基づいて底質除去の基準値を求めることは困難であり、答申の中ではおおよそ次のように考えた。

「底質中あるいは水中における浮遊物質中の PCB は、直接摂取又は食物連鎖を通じ複雑にからみ合いながら魚体内に蓄積されるが、これらの経路間に何らかの相関があるかどうかを全国環境調査による魚介類 PCB 汚染状況と同一水域の底質 PCB 濃度との対比において検討した。

PCB を含む魚介類の暫定的規制値 (3 ppm) を超えるものの超過確率を底質中の PCB 濃度毎に分けたのが表-7 である。この表-3 のサンプル数は 41 で、危険率 5% で信頼限界値は 0.3、相関係数は 0.84 であるので、底質中の PCB 濃度と各超過確率の間には有意の相関関係が存在するといえる。したがって、この関係から底質の汚染境界値を試算する。いま、3 ppm を超える魚介類の超過確率が 20% 「厚生省環境衛生局長 通達による魚獲に関する自主規制をとる場合の基準値」に相当する底質濃度は回帰直線により次のように計算できる。

$$Y = 1.6X + 3.6 \dots\dots\dots (1)$$

X: 底質濃度 (ppm)

Y: 超過確率 (%)

(1) において Y=20 (%) とおくと X=10.3 (ppm) となる。

以上から、現在のしゅんせつ技術も考慮し底質の除去基準としては 10 ppm とするのが適当であるとした。ま

表-7 PCB を含む魚介類の規制値 (3 ppm) に対する超過確率

底質中の PCB 濃度 (ppm)	総検体数 (魚介類) (A)	規制値を超える検体数 (魚介類) (B)	超過確率 (B/A) %
0.00	50	1	2.0
0.02	40	0	0.0
0.02	40	5	12.5
0.03	39	0	0.0
0.04	30	0	0.0
0.04	39	0	0.0
0.05	59	0	0.0
0.05	80	0	0.0
0.09	20	0	0.0
0.09	48	3	6.3
0.10	32	0	0.0
0.11	36	0	0.0
0.13	19	0	0.0
0.16	37	0	0.0
0.16	80	6	7.5
0.17	40	3	7.5
0.20	20	0	0.0
0.20	48	0	0.0
0.20	80	8	10.0
0.30	15	0	0.0
0.33	20	0	0.0
0.34	67	2	3.0
0.43	15	0	0.0
0.52	50	12	24.0
0.54	48	3	6.3
0.60	39	0	0.0
0.61	60	0	0.0
0.67	85	0	0.0
0.69	81	4	4.9
0.70	145	14	9.7
0.83	28	1	3.6
1.00	39	0	0.0
1.30	55	1	1.8
2.28	15	1	6.7
3.00	38	7	18.4
3.2	25	2	8.0
5.5	98	34	34.7
6.6	98	17	18.0
9.8	43	0	0.0
24.3	15	5	36.0
50.5	40	34	85.0

注) 1. 昭和48年度魚介類調査 (水産庁調査) のうち底質データと対比できる水域のみを用いた。2. 底質中の PCB 濃度はその水域の高濃度部の濃度である。3. 岩国、敦賀湾港区の底質濃度はしゅんせつ前のものを用いた。

た、問題があるような水域では実情に応じより厳しい除去基準値を定めるよう配慮すべきであるとしている。

4. ま と め

以上、今回の PCB の環境基準、排水基準及び底質の暫定除去基準の設定経過とその骨組みについて概略的に

述べた。

今回の環境基準は、食品の暫定的規制値と生物濃縮を基礎に定められたものであるが、PCBが本来自然界には存在しないものであり、すべきものでないことを考えるならば、PCBに対しても、直接人間に影響を与える魚介類についてだけでなく、魚介類そのものを内に含んだ自然界の生態系の良好な維持という点にまで十分考慮

すべきものであろう。この点で自然界でのPCBの挙動等について更に調査研究を進める必要があると考えられる。

また、今後PCBのようなすぐれた化学物質が発明されるだろうが、今回のPCBの教訓を生かし新物質に対する厳しいチェックと、それに十分対応できるだけの機構の必要性が指摘されるだろう。