

【総 説】

P C B含有廃棄物の処理の推進に向けて

Promotion of The Treatment of PCBs Contaminated Wastes

小澤 賢*、弦巻 修*、並木 章*

Masaru OZAWA*, Osamu TSURUMAKI* and Akira NAMIKI*

キーワード：P C B、P C B汚染物、廃棄物処理、処理技術、リスク、対策

1. はじめに

P C Bは、昭和40年代に生態系を含む環境中に広範囲に汚染が広まり、またカネミ油症事件等の社会問題となり、製造が中止されるに至った物質である。しかしながらその処理については、ダイオキシン類等のより毒性の強い副生成物が発生する等の理由によりなかなか実行されず、鐘淵化学工業の保管分について、環境庁等の指導の下に処分が実施されたのみであった。この間各事業所等に保管されているはずのP C Bの一部が、厚生省の調査結果に見られるように、時間の経過とともに紛失あるいは行方不明になっていることが報告されており、依然としてP C Bによる環境汚染が進行していることが懸念される所である。このような状況下、早急なP C B処理対策の実施が望まれている。

当センターでは、平成8年度より、「P C B混入機器等処理推進調査検討会」（委員長 平岡正勝 京都大学名誉教授）の指導の下、P C B処理技術に関する評価並びに国内における適正処理方策等について調査・検討を行ってきた。ここでは、これまでの検討結果を総括的にとりまとめることにより、P C B処理に関する最近の動向を紹介するとともに、今後、確実にしかも環境と調和した処理を推進するための方策等について検討した結果を報告する。

2. P C B問題の経緯

2.1 P C B問題の経緯

かつて有用な物質として生産・使用されていたP C Bは、カネミ油症事件等をきっかけにそ

の環境汚染の実態が明らかになり、昭和49年までにその製造・輸入や開放系用途での使用が禁じられた。その後、一部トランス等で密閉されて使用されている以外のP C B及びこれを含む電気機器等は、事業者によって保管されることとなった。回収・保管されたP C Bの一部については、1987年～1989年の2ヶ年に渡り鐘淵化学工業(株)高砂事業所にて高温熱分解処理されたが、それ以降処理は行われておらず、事業者による保管が続けられている。

表1 P C B問題に関する主な経緯¹⁾

年	出来事
1881 (明治 14)	独のシュミット・シュルツ氏がP C B合成に成功
1929 (昭和 4)	米国スワン社 (後にモンサント社に合併) 工業生産開始
1954 (昭和 29)	国内にて製造開始 (鐘淵化学工業。三菱モンサント (現、三菱化学) は、1969年製造開始)
1966 (昭和 41)	ストックホルム大学がオジロワシ体内中にP C B確認
1968 (昭和 43)	カネミ油症事件発生
1972 (昭和 47)	行政指導により製造中止、回収の指示 (保管の義務)
1973 (昭和 48)	(財) 電機ピーシービー処理協会 (現、(財) 電気絶縁物処理協会) が設立。化審法制定。翌年以降P C B製造・輸入・使用の原則禁止
1976 (昭和 51)	廃棄物処理法改正 (P C B関係廃棄物の処理基準設定)
1984 (昭和 59)	通商産業省「P C B使用電気機器の取扱いについて」を通達 (保有状況に変化があった場合の報告先を明確化)
1985 (昭和 60)	環境庁が鐘淵化学工業(株)高砂事業所の熱分解処理装置を用いて液状P C Bを試験焼却
1987～1989 (昭和 62～平成元)	鐘淵化学工業(株)高砂事業所において、液状P C B (5,500 トン) の高温熱分解処理を実施
1992 (平成 4)	廃棄物処理法改正施行 (廃P C B等及びP C B汚染物を特別管理産業廃棄物に、P C Bを含む家電製品を特別管理一般廃棄物に指定)
1993 (平成 5)	厚生省がP C B使用機器保管状況調査結果を公表 (7%のP C B使用機器の不明・紛失等が判明)

* (財) 日本環境衛生センター東日本支局環境科学部
Dept. of Environmental Science, East Branch, JESC

2.2 PCBの生産及び使用

PCBは1881年にSchmidtとShultzにより合成されていたが、化学的に安定で耐熱性が高く、また絶縁性も高いなどの有用な特徴を有することから、1929年アメリカスワン社（後にモンサント・ケミカル社に合併された）によって初めて工業生産が開始された。

我が国では、1950年頃から電気関係で輸入が開始され、1954年には鐘淵化学工業が高砂工場で初めて「カネクロール（KCと略記）」の商品名で生産を開始した。さらに1969年、アメリカのモンサント社と提携した三菱モンサント化成も、四日市工場で「アロクロール（Aroclor）」の商品名で生産を開始した。1970年当時の日本の生産量は推定で約1万1千トンであり、カネクロールが9に対してアロクロール1の割合であった。PCBの製造・使用が禁止される1972年までの19年間に、約5万9千トンのPCBが生産され、その内5万4千トンが使用されている。主要用途は、トランス・コンデンサ等に用いる電気絶縁油、熱媒体油、感圧紙、機械油、可塑剤、塗料等であった。

2.3 PCBによる環境汚染

PCBによる環境汚染については、スウェーデンの研究者により、魚類や鳥類の体内にPCBが蓄積されていることが報告されて（1966年）以来、世界各地で調査が行われ、鳥類、魚類をはじめさまざま

な食品類や人体組織にまでPCBの汚染が広がっていたことが報告されている。

また、日本では、カネミ油症事件をきっかけとしてPCBの環境汚染に対する関心が高まり、国の研究機関や地方自治体を中心にさまざまな調査が行われ、その結果、全国的にPCBに汚染されていたことが明らかにされた。

PCBの製造・使用が禁止されてからの調査結果の一例を図1に示す。

環境中あるいは生体中のPCB濃度は全体的には低くなってきているが、その変化がわかりにくいものもあり、依然としてPCBによる環境汚染が続いていることが伺える。

3. PCB廃棄物の保有状況

3.1 PCB廃棄物とは

PCB廃棄物の例を表2に示す。

平成4年に、廃PCB、PCBを含む廃油及びPCB汚染物が廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下「廃棄物処理法」という。）に基づく特別管理産業廃棄物に指定されている。また、平成9年の廃棄物処理法の改正に伴い、木くず、繊維くずがPCB汚染物として追加指定され、さらに、廃PCB、PCBを含む廃油及びPCB汚染物を処理したもののうち所定の基準に適合しないものを「PCB処理物」として規定している。

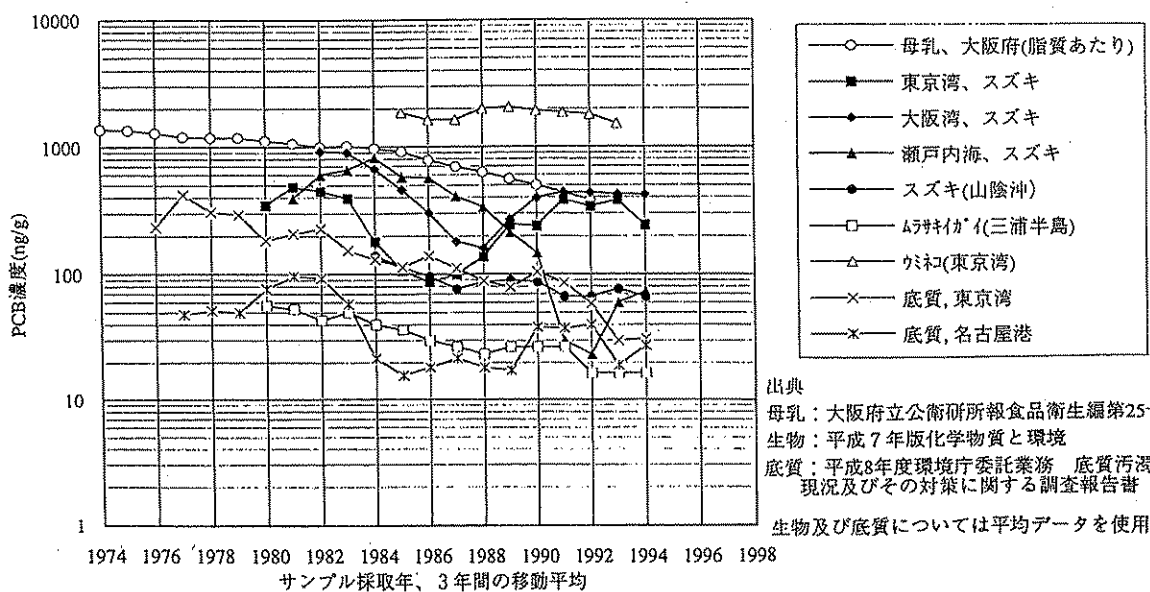


図1 環境及び生体中PCB濃度の経年変化¹⁾

表2 PCB廃棄物の例²⁾

廃棄物の種類		対象物質の例
特定有害産業廃棄物		
廃PCB等 (廃PCB及びPCBを含む廃物)		熱媒体、電気絶縁油 PCB使用製品製造用の原料PCB PCB混入汚染油 PCB機器洗浄溶剤廃液
PCB汚染物	PCBが塗布され又は染み込んだ紙くず	廃感圧紙、電気機器内の絶縁紙、清掃時のワイプ紙
	PCBが染み込んだ木くず	電気機器内のスペーサー 漏洩場所の建材
	PCBが染み込んだ繊維くず	清掃時のウエス、使用済保護衣類、電気機器内の綿バンド
	PCBが付着し若しくは封入された廃プラスチック類	コンデンサ素子用PPフィルム シーラント材、使用済保護具類、電線の被覆材、絶縁テープ類、難燃樹脂、電気機器内の絶縁物質
	PCBが付着し若しくは封入された金属くず	トランス・コンデンサ等の電気機器、電気機器容器、廃熱交換器、コンデンサ素子用アルミ、電気機器内各種締め金具類、トランス巻線用銅線
PCB処理物 (基準に適合しないもの)		上記を処分するために処理したもので基準に適合しないもの
特別管理一般廃棄物		
廃エアコンのPCB使用部品		PCB入りコンデンサ
廃テレビのPCB使用部品		PCB入りコンデンサ
廃電子レンジのPCB使用部品		PCB入りコンデンサ

3.2 PCB廃棄物の使用・保管

PCB及びPCB関連廃棄物は、その製造・使用の禁止措置以降、事業所等で保管されている。これらは、製造元の化学工業会社、高圧トランス・コンデンサを多数所有する電力会社、JR、NTT、防衛庁といった大口保管者により保管されている他、小型のトランス、コンデンサ等が多くの中小的事業所に保管されている。保管台数は、発電所、変電所、受電設備等で使用されていた高圧トランス・コンデンサが約16万台、電力会社が保管している低濃度PCB混入絶縁油を含む柱上トランスが約120万台などとなっており、家電製品の部品等として使用されていた低圧トランス・コンデンサやPCB汚染物などを含めるとかなりの量に達する (表3参照)。

さらに、現在まで引き続き使用されているPCB含有トランス・コンデンサ類の量は保管量を上回っており、これらのうち耐用期限がきたものなどが徐々に保管に移されつつある。

表3 PCB廃棄物の保有状況³⁾

種類	トランス・コンデンサ		PCB入り 廃感圧紙	廃PCB等	ウエス 汚染物等	柱上トランス	備考
	(主に高圧)	(低圧)					
形態	高濃度PCB 金属容器 コイル等	PCB含有絶縁 紙、金属・プラ スチック容器、 コイル等	PCB塗布用 紙	液状PCB	PCBをふき 取った布 汚泥、砂利等	低濃度PCB 含有絶縁油 金属容器 コイル等	
保管事業所の 概要等	受電設備設置 者、電力会社、 JR等	NTT、 家電メーカー	官公庁、 民間企業等	製造工場等	工場、JR等	電力会社	
主 要 使 用 事 業 に 関 する 保 管 の 量	保管中 のもの	157千台	592千台	27トン	778kL	63百トン	平成9年度業 界聞き取り調 査等* (環境庁)
	使用中 のもの	253千台	120千台	-	-	-	

*使用中のものは部分的な集計であり、家電メーカー、官公庁保管分等については聞き取り調査をしておらず、含まれていない。

(参考)

各種廃棄物の標準的なPCBの含有割合は以下のとおりとされている。

- ①高圧トランス・コンデンサ
高圧トランス : 平均重量 (300~400kg) のうち約 1/3 が絶縁油 (PCB濃度 60~70%程度)
高圧コンデンサ : 平均重量 (50~70kg) のうち 40~45% が絶縁油 (PCB濃度 100%)
- ②低圧トランス・コンデンサ
1個当たりのPCBの含有量は数g~数十g
- ③廃感圧紙
感圧紙重量の約4%がPCB
- ④廃PCB等
PCB原液からppmオーダーまで様々
- ⑤柱上トランス
絶縁油中PCB濃度は数~数十ppm

4. 保管のリスクと処理のリスク

4.1 保管し続けることによるリスク

廃PCB等の保管が長期化する中、PCBの紛失、漏出、事故等による環境汚染が懸念される。

国内では、幸いにもPCBに関する事故等は報告されていないが、諸外国では、トランスの過熱による火災、PCB廃棄物の貯蔵施設での火災・漏洩等、PCBの使用・保管等に係る事故が少なからずあることが報告されており、スウェーデンやカナダでは、事故をきっかけにPCB廃棄物の処理の推進や規制の強化が図られている。

平成4年度に厚生省により行われたPCB含有廃棄物の保管状況調査によると、全国で保管されているPCB含有トランス・コンデンサの7%が、また、昭和61年同調査で保管が確認されていた感圧複写紙の4%が不明・紛失となっていることが判明している。

保管中のPCB汚染物等の不明・紛失については、事業所の改築や移転に伴う紛失・誤処理、管理担当者の異動や退職に伴う情報伝達の不足、保管事業所の倒産等が不適正な処分の原因になっていることが指摘されているが、これに加えて、保管施設の劣化や地震・事故等による漏出も今後懸念されることである。PCB汚染物等は特別管理産業廃棄物として適正な管理が義務づけられているが、適正保管の指導が行われているにもかかわらず、PCBの環境中への排出が継続的に存在することが推測され、現在使用中のPCB含有機器が今後保管に回され保管量がさらに増大することを考えると、環境への漏出を最小に抑えるためのさらなる注意が必要である。また、これらの保管・管理にかかるコストも社会全体にとって無視できないものと考えられる。

4.2 保管及び処理に伴うリスクの推算

4.2.1 不明紛失に伴うPCB排出量の推定

厚生省調査（平成4年度）による不明紛失率から、年間のPCB不明紛失量を推定した例を表4に示す。年間の不明紛失量の推定については、生産中止の行政指導があった昭和47年から厚生省調査の平成4年の20年間を仮定している。これで見ると、1年間当たりの不明紛失量は、全国ベースで140t/年と推定される。不明紛失量の中には、工場の移転等で行方が突きとめられなかったものもあるので、これらの全てが環境へ排出されたわけではないと考えられ、最悪の場合この程度とみておくべきだろう。

表4 不明紛失に伴うPCB排出量の推定¹⁾

保有量(t) (電気機器用、 熱媒体用)	不明 紛失率	不明紛失量 (kg)	年間不明 紛失量 (kg/年)
40,199	0.07	2,813,930	140,697

4.2.2 処理実施に伴うPCB排出量の推算

日本国内推定保有PCB量40,199tを10年間で処理するとし、年間処理量4,020tと仮定して、直接燃焼又は化学処理（諸外国の基準のレベル2ppmまで処理）して処理済油を焼却する場合の、処理に伴う環境への排出量推定例を表5に示す。

年間排出量としては、処理方法によって差はあるが全体で0.1~4kg/年程度となっている。

このように、大胆な仮定に基づく試算であるが、PCB処理に伴うリスクは保管のリスクよりはるかに小さいと推定される。

表5 処理に伴うPCB排出量の推定¹⁾

処 理 方 法	年 間 排 出 量			面積あたり g/km ² /年
	(kg/年)			
	排ガス	排水	合計	
高濃度PCB直接燃焼時、分解率99.9999%	4.0200	0.0543	4.0743	0.01079
高濃度PCB直接燃焼時、分解率99.999999%	0.0402	0.0543	0.0945	0.00025
高濃度PCB化学処理、焼却時	0.0281	0.3618	0.3899	0.00103
低濃度汚染油化学処理、焼却時	0.0175	0.0563	0.0737	0.000195

5. 新たなPCB処理技術

5.1 PCB及びPCB汚染油の処理

PCBの処理については、欧米では、高温焼却処理以外にこれと同等の機能を有する方法として認可を受けた化学的処理方法等が既に実用化され、各種のPCB及びPCB汚染物の処理が行われている。

我が国においては、これまで唯一高温焼却処理(1, 100°C以上)のみが廃棄物処理法で認められていたが、近年、より安全な方法として化学処理法を中心に新たな処理技術の開発・導入の検討が進められてきており、環境庁・厚生省・通産省の連携のもとに新たなPCB処理技術の評価作業が行われている。

まず、処理技術の化学的原理や環境安全性等につき環境庁(PCB混入機器等処理推進調査検討委員会：(財)日本環境衛生センター)が審査し、これを通過したものについて通産省の検討会(難分解性有機化合物処理技術検討評価委員会：(社)産業環境管理協会)で実証試験に基づく評価が行われる。そして厚生省で、二つの検討会の審査を通過した技術について、基準化の基礎となる技術的事項の調査検討を行う(PCB廃棄物適正処理技術調査検討委員会：(財)産業廃棄物処理事業振興財団)。

これまで、実証試験を終え、環境庁及び通産省の検討委員会にて、PCB汚染油等の処理に利用可能な高度処理法と判断された方法は表6の通りである。

これらの新技術が実用化レベルに達したことを受けて、廃棄物処理法の施行令が改正され(平成9年12月)、高温焼却法に加えて、脱塩素化分解法及び超臨界水酸化分解法による液状廃PCB等の処理が法的に可能となった。

なお、これらの法制化に併せて、化学処理等を実施した場合の汚染油の処理基準(0.5mg-PCB/kg-油)が定められ、この基準をクリアしたものは、通常の廃油として取り扱ってよいこととなった(図3参照)。

5.2 容器等(PCB汚染物)の処理

5.2.1 容器等の処理の現状

我が国では、トランス等からPCB含有油を抜き取った後の容器等の処理については、高温焼却

表6 環境庁及び通産省の技術評価を終了した技術

処理技術名	処理方式
*アルカリ触媒分解法	脱塩素化分解
*化学抽出分解法	〃
*有機アルカリ金属分解法 (t-BuOK法)	〃
*触媒水素化脱塩素化法	〃
*超臨界水酸化法	超臨界水酸化分解
*金属ナトリウム分散油脱塩素化法(OSD法)	脱塩素化分解
*金属ナトリウム分散体法(SD法)	〃
*金属ナトリウム法(SPプロセス法)	〃
溶融触媒抽出法	溶融金属分解
エコロジック法	気相水素還元
熱水分解処理技術	酸化分解

*印は、厚生省による処理基準化の検討を終了した技術。

(1, 100°C以上)又は溶剤洗浄が規定されているが、現段階では高温焼却施設の設置が社会的に難しい状況にあること、また、洗浄を行っても使用済の洗浄溶剤が廃PCB等となり、現在これを処理するための施設がないことなどから、PCB汚染容器等の処理は行われておらず、これらを保有する事業者が保管してきているのが現状である。

欧米諸国においては、処理対象トランス等に使用されている絶縁油中のPCB濃度で規制がなされており、多くの国では絶縁油中のPCB濃度が50ppm未満であれば非PCBトランス等とみなしている。また、PCBトランスに該当するものでもリユース可能なものについては、PCBを除去し油の入れ換えを行って、所定の期間(米国の場合90日間)経過した後の絶縁油中のPCB濃度が50ppm未満であれば、非PCBトランス等とみなし、再利用を認めている。さらに、使用済みの容器等をマテリアルリサイクルするためのPCB除去基準(拭き取り試験による)を設けている国もある。

このように、PCBの付着した容器等の処理が円滑に進まなければ、液抜き後の容器等の保管を継続しなければならず、PCBによる汚染のリスクが小さくなるとはいえ、相変わらず保管の負担とリスクを背負っていくことになる。

5.2.2 容器等の処理技術

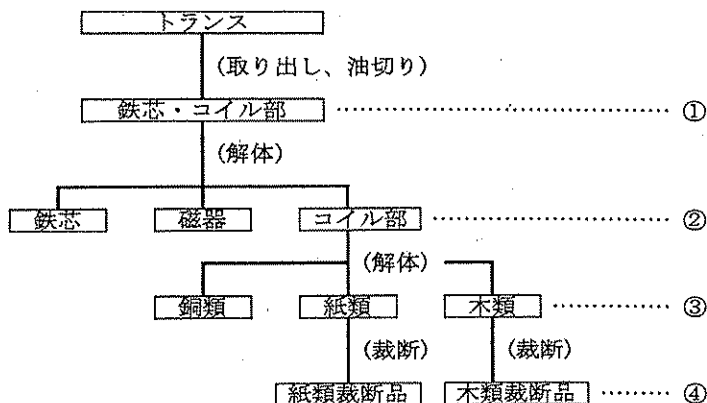
液抜き後の容器等の処理については、「液抜き—解体—破碎—洗浄—判定—再利用/最終処分」といった基本的な処理の流れが考えられる。処理の対象となるトランス等は、形状・材質の異なる数種の部材から構成されているので、適切なPCB除去を行うためには、それぞれの部材の特長に応じた処理を行う必要がある。

例えば柱上トランスの場合、金属部材（鉄類（ケース、鉄芯等）、銅類（コイル）等）、磁器、紙類（プレスボード、絶縁紙等）、木類等、それぞれの材質形状によりPCBの付着含浸量の異なる部材で構成されている。各種部材に対する洗浄効果の違いを調べた実験（循環洗浄方式。溶剤：n-ヘキサン。電力中央研究所）によると、金属等の非含浸性部材（鉄芯+コイル部）では、ケースから取り出し、液切りした状態（絶縁紙等が付着した状態）での洗浄試験で、残留PCB量が定量限界（0.05mg/kg）以下にできることが報告されている。また、図2示すように、紙類は、コイル部分をさらに解体して銅線、紙類、木に分別してやればかなりの洗浄効果が期待できる。木については、分別品を裁断処理すればある程度の効果が期待できそうだが完全な除去は難しいようである。

このような調査結果を踏まえ、これまで定められていなかった容器等（PCB汚染物）の処理目標値の検討が進められ、PCB汚染物のうち廃プラスチック類及び金属くずについて、PCB除去基準が設けられた（平成10年8月、厚生省告示222号）（図3参照）。

このように、金属等の非含浸性部材はPCBの洗浄除去が比較的容易であり、単純な解体作業でPCBの除去が可能と考えられるが、紙・木類の含浸性部材のPCB除去を確認することは容易ではなく、これらを高温焼却以外の方法によって適正処理するための手段については今後の検討に期待される。

なお、最近では、含浸性部材を液状物処理の技術を応用して直接分解してしまう方法をはじめ、付着含浸しているPCBを加熱蒸発させて除去する方法なども民間ベースで開発検討されてきており、これらの実用化が待たれるところである。



洗浄試験後の残留PCB量

部材	洗浄時間(分)		残留PCB量 (mg/kg)			
	一次	二次	①	②	③	④
紙類	60	600	0.13 ~0.63	0.27 ~0.32	0.14 ~0.20	ND
木類			0.44 ~0.80	0.66	0.60	0.11

図2 トランス解体品の洗浄試験例
(電事連提供資料による)

6. PCB処理の推進に向けて（おわりに）

6.1 PCB処理の推進

これまで述べてきたように、新たな処理技術の導入や処理目標値の設定など、PCB処理を推進するための法的及び技術的なお膳立てが整えられた。しかし、今までPCBの処理が進まなかった主たる原因は、処理施設の立地に際して、周辺住民の同意が得られなかったことにあり、法的な整備が図られたといえども、この状況が変わったわけではない。

我が国では、カネミ油症事件を経験しており、PCBに対する社会的な警戒心が諸外国に比べて強い。従って、この警戒心を解かない限り、PCB処理の実施は困難と考えられる。

そのためには、行政、保管者、国民等いわゆる関係者が、今我々の周囲にあるリスクを削減し、保管中の紛失・事故等に起因する環境汚染や半永久的な保管管理に係る負担、膨大なコストを将来に残さないという共通認識に立って、それぞれの責任や役割を明確に理解し、社会全体としてPCBのリスク削減のために努力することが必要であり、適切なリスクコミュニケーション等を通じて、PCB処理推進の機運をさらに醸成していくことが重要と考えられる。

PCB処理を推進するためには、今後次のような対策が必要と考えられる。

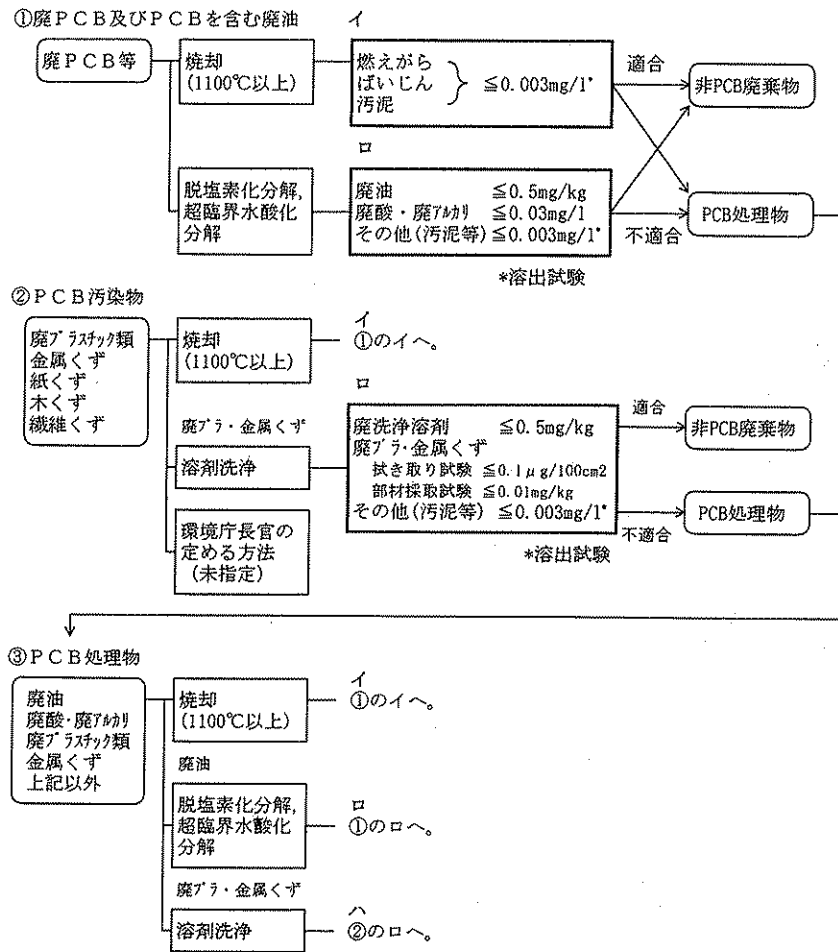


図3 PCB廃棄物の処理フロー

6.2 リスクコミュニケーションの推進

関係者等のPCBに関する理解の促進を図り、PCB処理の機運を高めること等により、PCB処理に対する社会的な合意形成を促進することが重要であり、そのために、適正なリスクコミュニケーションを推進する必要がある。PCB問題に関する住民の関心の高さを考慮すれば、処理の必要性及び処理の安全性等を理解してもらうことは言うまでもないが、PCB廃棄物の保管状況等の情報公開、地域的な処理計画策定等への住民参加、環境監視とその結果の公表等多面的な対応が今後必要と考えられる。

また、処理の実施に際し、安全性を確認するための行政又は第三者機関等による実証試験等も有効と思われる。

6.3 全体的な処理システムの構築

焼却並びに新たな処理技術を活用し、保管されているPCB廃棄物全体を視野に入れたPCB処理システムを早急に構築する必要がある。

保管者を対象とするPCB処理に関する意識調査(平成10年度PCB混入機器等処理総合推進検討調査)によると、多くの中小保管者は、行政が明確な方針を打ち出してくれるならば、それに従ってPCB廃棄物を処理していきたいとの意向を示していることから、処理の体制、処理の期限、費用負担、環境監視体制等に係る全体的な処理システムを早期に構築するとともに、必要に応じて、所要の法制度の整備を検討する必要がある。

引用文献

- 1) PCBの処理推進について(中間報告), PCB混入機器等処理推進調査検討会, 1997
- 2) PCB処理技術資料集, (財)産業廃棄物処理事業振興財団, 1999
- 3) PCBの処理推進について(第二次報告), PCB混入機器等処理推進調査検討会, 1998