

ポリ塩化ビフェニル( PCB : Polychlorinated Biphenyls )は ,1881年に合成法が開発されて以来 ,優れた化学的安定性と電気絶縁特性から ,トランスやコンデンサなどの電気機器を中心に幅広く使用されてきた。当社は ,使用済みのPCB含有機器を各事業場で厳重に保管しており ,その処理が急務となっている。

2000年10月に厚生省<sup>(注1)</sup>は ,当社が開発した光 / 触媒分解法<sup>(1)</sup>をPCBの適正な処理法として認可した。現在 ,当社では川崎市にある浮島事業所内に ,2001年内の運転開始を目指して ,PCB無害化処理施設HM - 1を建設する計画を進めている。

Since their development in 1881, polychlorinated biphenyls (PCBs) have been widely used in electrical equipment such as transformers and capacitors because of their good stability and electrical insulation characteristics. Toshiba has appropriately stored PCB-containing equipment used in each works, and the treatment of PCBs is a pressing need.

Last October, the Ministry of Health and Welfare approved the UV/catalyst decomposition process developed by Toshiba. At present, PCB detoxification facility named HM - 1 is scheduled to be constructed in Kawasaki City with operation to begin within 2001.

## 1 まえがき

1968年に発生したカネミ油症事件で ,PCBの人体に対する有害性が大きくクローズアップされた。この事件をきっかけに ,PCBの生態 ,環境への影響が明らかになり ,その後 ,72年にPCBの生産が ,74年に新規使用が禁止され ,回収されたPCB及びPCBを含む機器については ,使用事業所で保管されている。しかし ,PCBを含む電気機器については ,蛍光灯安定器 ,トランス及びコンデンサなど ,現在も使用を継続しているものがある。

これまで ,PCBは「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」( 廃掃法 )に基づき ,焼却法だけが認められていて ,87年から89年にかけて実施した鐘淵化学工業(株)高砂事業所での処理が唯一の例<sup>(2)</sup>であった。しかし ,焼却法は ,その処理過程におけるダイオキシンの生成が不安視され ,その後に処理施設の設置許可を申請した38例すべてが ,地元住民 ,自治体などの合意が得られず ,処理施設の設置を断念している<sup>(2)</sup>。このような状況のなかで ,四半世紀以上にわたり ,有害なPCBの処理が進まず ,保管を余儀なくされてきた。

そこで ,厚生省は98年6月に廃掃法を改正して ,住民の合意を得やすい化学的な処理法を追加認定した。また ,新しい処理基準を施行し<sup>(3)</sup> ,PCBの処理体制を整備した。

当社は ,昨年 ,厚生省により認可された光 / 触媒分解法によるPCB無害化処理施設を川崎市の浮島事業所内に建設し ,自社処理の第一段として ,ドラム缶に保管している抜取り済みPCBと保管しているコンデンサに含まれるPCBの処理を開始する予定である。

## 2 光 / 触媒分解法

### 2.1 分解の原理

光 / 触媒分解法は ,第1段階としてPCBに紫外線を照射して脱塩素化し ,第2段階の触媒反応により更に脱塩素化を促進し ,処理基準濃度以下にPCBを分解する方法である。

光 / 触媒分解法の反応原理を図1に示す。

2.1.1 光分解 水酸化ナトリウム( NaOH )を溶解したイソプロピルアルコール( IPA )にPCBを溶解する。これに紫外線を照射すると ,紫外線による直接的な脱塩素化反応に引き続きラジカル連鎖反応が起こり ,溶液中のPCBの95 ~ 99 %を脱塩素化することができる。

分解反応後の主な生成物は ,PCBが脱塩素化されて生成するビフェニル ,PCBから分離した塩素がNaOHと反応して生成する塩化ナトリウム( NaCl ) ,IPAの水素が引き抜かれて生成するアセトン ,及び水である。

2.1.2 触媒分解 NaOHを溶解したIPA中で ,パラジウムや白金などの貴金属触媒を利用してIPAから水素を引き抜き ,この水素をPCBの塩素と置換し ,PCBを脱塩素化する。

光 / 触媒分解法では ,光分解後の溶液に触媒を添加して加熱することにより ,溶液に残留していたPCBを処理基準0.5 ppmの約1/100の濃度にまで脱塩素化できる。

分解反応後の生成物は ,光分解と同じように ,ビフェニル , NaCl ,アセトン ,水である。

(注1) 2001年1月の省庁統合により ,廃棄物行政に関する業務は環境省に統合された。

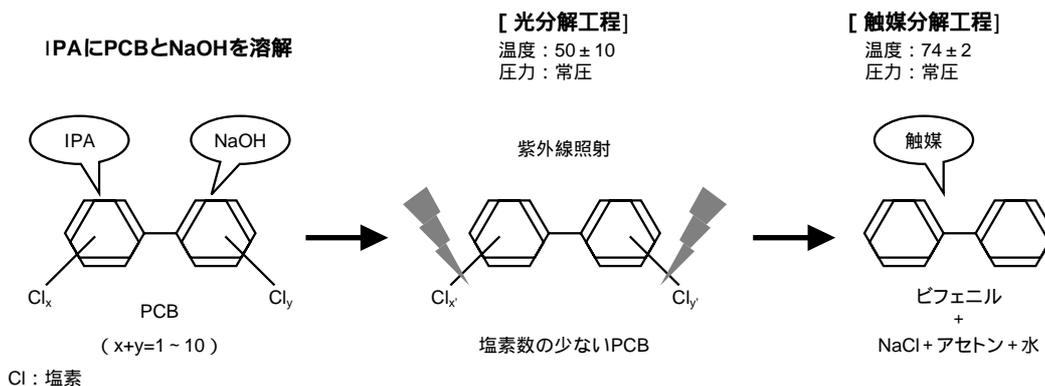


図1. 光 / 触媒分解法の反応原理 PCBとNaOHをIPAに溶解し, 紫外線を照射すると, 連鎖反応でPCBの分解が進行する。更に, 触媒を加えて分解を促進する。

Principle of UV/catalyst decomposition process

## 2.2 光 / 触媒分解法の特長

- (1) 反応温度は最高で76 (触媒分解工程), 反応圧力は常圧であり, どちらも他の分解方法に比べ低い。
- (2) 他の分解方法で使用されている金属ナトリウムなどの反応性の高い物質を必要としない。
- (3) 分解後の生成物は, NaClはフィルタで, 他の生成物 (ビフェニル, アセトン, 水, など)は蒸留で, 容易に分離できる。
- (4) 蒸留で生成物を分離した後のIPAは再利用できるので, 溶剤のコストを低く抑えることができる。また, 廃油の量も最小限に抑えることができる。
- (5) IPA, NaOHなど, 分解に使用する薬剤は安価である。

## 3 PCB無害化処理施設 HM-1の概要

### 3.1 システムの概要

現在, 建設計画を進めているPCB無害化処理施設HM-1のシステム構成を図2に示す。

3.1.1 PCB採取工程 PCBを保管しているドラム缶, 又はPCBを含むコンデンサからPCBを抜き取り, 貯槽に貯留する工程である。作業は密閉されたグローブボックス内で行う。

ドラム缶で保管しているPCBは, ポンプでグローブボックス内の貯槽へ供給する。コンデンサの場合は, コンデンサ本体に穴を開け, 配管を接続しPCBを貯槽へ供給する。

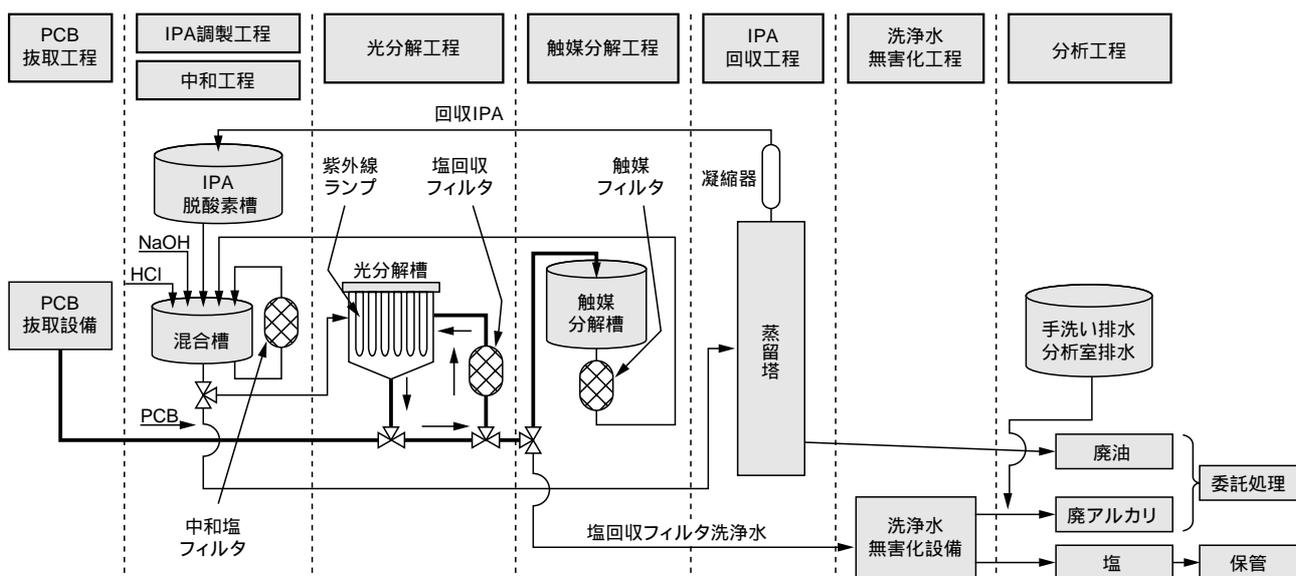


図2. PCB無害化処理システムの構成 PCB無害化処理システムは, 前処理のPCB採取工程, IPA調製工程, 分解処理の光分解工程, 触媒分解工程, 後処理の中和工程, IPA回収工程, 洗浄水無害化工程, 分析工程で構成される。

Flow of UV/catalyst detoxification system

3.1.2 IPA調製工程 IPAを脱酸素し,NaOHをIPAに溶解する工程である。

IPA脱酸素槽は,溶剤のIPAを貯留する槽で,IPA中の溶存酸素が分解処理の阻害要因であるため,施設稼働中は,中空糸膜フィルタでIPA中の溶存酸素を除去する。

混合槽では,分解の前処理としてNaOHをIPAに溶解する。

3.1.3 光分解工程 紫外線を照射してPCBを分解する工程である。

光分解工程は,光分解槽,塩回収フィルタ及びそれらを接続する配管でループを構成している。このループ内に,混合槽であらかじめNaOHを溶解したIPAを供給し,ポンプでループ内を循環させる。このNaOHを溶解したIPAに,PCB採取設備の貯槽からPCBをポンプで供給し,紫外線を照射してPCBを分解する。IPA中のPCB濃度は約2%である。生成したNaClは塩回収フィルタで除去する。

3.1.4 触媒分解工程 触媒反応でPCBを分解する工程である。

光分解工程終了後,溶液を触媒分解槽へ移送する。触媒は,あらかじめ触媒分解槽に供給しておく。効率よく反応させるため,溶液を74~75℃に温めるとともに,かくはんする。生成したNaClと触媒は,触媒フィルタで除去する。触媒は約50回ごとに交換し,使用済みの触媒は再生処理して再利用する。触媒分解終了後,溶液を分析してPCB濃度が処理基準以下であることを確認する。

3.1.5 中和工程 溶液中に残留しているNaOHを中和する工程である。

中和処理を行う理由は,溶液中に残留するNaOHによる貯槽及び配管内の閉塞(へいそく),ガスケットなどの系統への弊害を除外するためである。中和工程はシステム簡略化のため,IPA調製工程の混合槽で行う。

溶液のPCB濃度が処理基準以下であることが確認できたら,溶液を混合槽へ移送し,NaOHを塩酸(HCl)で中和する。HClの供給量は,pH計で測定しながら自動的に調節する。生成したNaClは,中和塩フィルタで除去する。

3.1.6 IPA回収工程 中和工程終了後の溶液から,蒸留で反応生成物とIPAを分離し,未使用のIPAを回収する工程である。

中和処理終了後の溶液をポンプで蒸留塔に供給し,反応生成物(ピフェニル,アセトン,水,など)とIPAを分離し,反応生成物は廃油として処理する。分離したIPAは回収して,IPA脱酸素槽へ戻し再利用する。

3.1.7 洗浄水無害化工程 光分解工程の塩回収フィルタを洗浄した後の洗浄水中に混入しているPCBを除去する工程である。

光分解工程終了後の塩回収フィルタをIPAで洗浄した後で,フィルタに残留した塩を除去するために,水を供給して

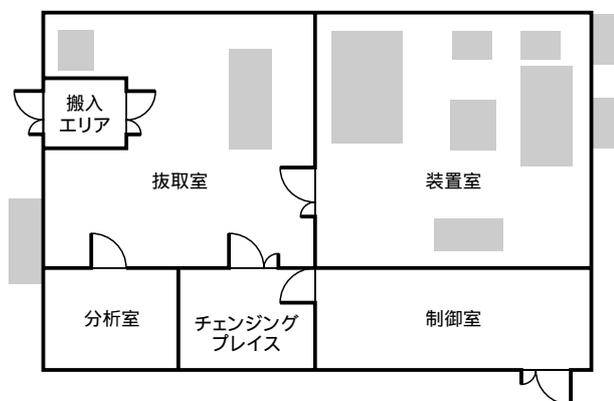
洗浄する。フィルタに残留したNaClはこの洗浄水に溶解する。

このNaClが溶解した洗浄水にIPAを加えて,洗浄水中に混入しているPCBを抽出して取り除く。その後,洗浄水を乾燥して蒸発した水分を凝縮器で凝縮させドラム缶に貯留する。この凝縮水は,手洗い排水,分析室排水とともに,廃アルカリとして処理する。

3.1.8 分析工程 廃棄物として処理する廃油及び洗浄水無害化処理後の凝縮水,手洗い排水及び分析室排水を分析し,それぞれ基準を満たしていることを確認する工程である。

## 3.2 HM-1建屋の概要

HM-1は,既設建屋を改修し使用する。建屋平面図を図3に示す。建屋内は五つの室に分かれている。



- |           |         |            |
|-----------|---------|------------|
| IPA調製ユニット | 排水処理設備  | PCB採取設備    |
| 光分解ユニット   | 電気ボイラ   | IPA回収ユニット  |
| 触媒分解ユニット  | 冷却チラー   | 洗浄水無害化ユニット |
| 洗浄槽ユニット   | 活性炭フィルタ |            |

図3.HM-1の建屋内配置 HM-1の建屋内は五つの室に分かれている。採取室にはPCB採取設備などがあり,装置室には各処理ユニットがある。

Layout in HM-1 building

採取室には,PCBや薬剤の搬入,分解処理後の廃棄物などの搬出を行う搬出入エリアやPCB採取設備がある。装置室には,IPA調製,光分解,触媒分解,中和,洗浄水無害化,IPA回収の各工程の処理を行うユニットがある。分析室には,PCBや溶液の性状分析に使用する質量分析装置や分析器具などがある。チェンジングプレイスでは,作業者の着替えや手洗いを行う。制御室には各設備の制御盤があり,システムの操作・監視を行う。

そのほか,建屋内には排気のダクトがあり,各室の換気・空調と装置室内の各槽からの排気を活性炭で処理し,建屋外へ排気する。建屋外には,電気ボイラ及び冷却チラーとこれらの設備からの排水を処理する排水処理設備がある。

### 3.3 HM-1と実証試験装置の仕様比較

これまでの実証試験装置<sup>(1)</sup>は、光/触媒分解法で国の処理基準を達成できることを確認するのが目的のため、そのシステムは光分解工程と触媒分解工程だけの構成となっていた。HM-1は、PCB抜取工程からIPA回収工程までの一貫したシステムとなっている。HM-1と実証試験装置の基本仕様の比較を表1に示す。

表1 HM-1と実証試験装置の基本仕様の比較  
Comparison of basic specifications of HM-1 facility and those of pilot equipment

| 項目            | HM-1                | 実証試験装置                   |
|---------------|---------------------|--------------------------|
| 処理能力          | 4.6kg-PCB/バッチ       | 0.6kg-PCB/バッチ            |
| 装置容量( IPA容量)  | 約0.23m <sup>3</sup> | 約0.06m <sup>3</sup>      |
| 紫外線ランプ入力エネルギー | 2kW×6本              | 1kW×8本                   |
| PCB抜取工程       | あり                  | なし                       |
| IPA調製工程(脱酸素)  | あり(中空系膜)            | あり(N <sub>2</sub> バブリング) |
| 中和工程          | あり                  | なし                       |
| 光分解工程         | あり                  | あり                       |
| 触媒分解工程        | あり                  | あり                       |
| 洗浄水無害化工程      | あり                  | なし                       |
| IPA回収工程       | あり                  | なし                       |

### 3.4 HM-1設計上の配慮事項

- (1) 処理施設から放流する排水は、電気ボイラと冷却チラーの排水だけとし、処理工程で発生する廃アルカリは廃棄物として処理することにより、排水量をできるかぎり低減している。
- (2) 分解反応は密閉容器中で行い、溶液の移送に伴う通気と室内の換気・空調設備からの排気は、ごく微量のIPA、PCBなどが含まれていても除去できるように、活性炭フィルタを通して排出する。
- (3) 処理施設を設置する建屋の耐震解析を行い、関東大震災級の地震にも耐えられる強度があることを確認している。
- (4) 装置室の貯槽にはそれぞれオイルパンを設け、更に、装置室全体にオイルパンを設けることにより、二重の漏洩(ろうえい)防止対策を施している。

## 4 今後の展開

HM-1は、現在、廃掃法に基づき川崎市に対して、“廃PCB等の分解施設”の設置許可を申請中である。

HM-1では、ドラム缶で保管している廃PCBとコンデンサに含まれるPCBを処理する。コンデンサから抜き取ることのできるPCB量は、製造時投入量の約50%と推定され、残りは内部の構成材料に付着又は含浸している。HM-1では、PCBを抜き取った後の容器は保管することになっているが、これらについても無害化処理を実施することが必要になる。

今夏から抜取り済みの容器及びPCB汚染物の処理を実証する予定であり、HM-1の次に計画しているより大規模な処理施設では、これらも含めた処理を計画している。

## 5 あとがき

2001年内の運転開始を目指したPCB無害化処理施設HM-1のシステム概要と処理計画について述べた。HM-1では、PCBの抜取りからIPA回収までの一連のシステムの処理性能、安全性を確認したいと考えている。

今後は、HM-1での知見を基に、PCB無害化への社会的要請にこたえることができる信頼性の高いシステムを目標に、容器処理を含めた廃PCB処理の可能な、一貫した大規模PCB無害化処理システムの建設を目指す考えである。

## 文 献

- (1) 西澤克志,ほか. 紫外線/触媒分解法によるPCB処理技術. 東芝レビュー. 54,10,1999, p.61-64.
- (2) 平岡正勝. “日本におけるPCB処理の現状と将来動向”. PCBに関する国際セミナー講演資料(財)産業廃棄物処理事業振興財団. 東京,1996-12,(財)産業廃棄物処理事業振興財団,ほか. 1996, p.B-1-B-27.
- (3) 片山 徹. 6月17日に基準施行. 月刊地球環境. 3,1998, p.20-23.



足立 彰 ADACHI Akira

電力システム社 生産・調達部 再資源化推進担当。  
PCB無害化処理施設の設置計画に従事。  
Power Systems & Services Co. Production Administration and Sourcing Div.



村松 武彦 MURAMATSU Takehiko

研究開発センター 環境技術・分析センター研究主務。  
有機ハロゲン化合物無害化技術の研究・開発に従事。日本化学会会員。  
Environmental Engineering & Analysis Center