

研究課題名・研究番号 = PCB 廃棄物一貫処理システムの安全性、信頼性向上に関する研究

国庫補助金精算所要額 = 72,437,000

研究期間（西暦） = 2002-2005

研究年度（西暦） = 2002-2004

研究代表者名 = 松山喜代志（トヨタ自動車株式会社）

共同研究者名 = 架谷昌信（名古屋大学）、酒井伸一（国立環境研究所）、近藤元博（トヨタ自動車株式会社）

吉田茂徳（トヨタ自動車株式会社）、田中敦史（トヨタ自動車株式会社）、浜井満彦（トヨタ自動車株式会社）

光原好人（トヨタ自動車株式会社）、布尾悦朗（トヨタ自動車株式会社）、佐々木智子（トヨタ自動車株式会社）、小林敬幸（名古屋大学）、二井晋（名古屋大学）、安田啓司（名古屋大学）、松本幸三（名古屋大学）

渡辺藤雄（名古屋大学）、野馬幸生（国立環境研究所）、滝上英孝（国立環境研究所）

研究目的 = PCB は、長期残留性、生物濃縮性、揮散移動性、毒性の 4 点の特性をもち、長期保管された PCB 廃棄物を安全に分解することが早急に求められている。このような背景から、我が国では 2001 年 5 月に POPs 条約を批准し、PCB 廃棄物処理を国主導で対処していくこととし、2001 年 6 月に PCB 廃棄物特別措置法を制定、2016 年までに PCB 廃棄物処理を完了することを目指して本格的な取り組みが開始された。この PCB 廃棄物処理への取り組みを受けて、本研究では PCB 廃棄物一貫処理システムの安全性、信頼性向上を目指し、各処理工程での科学的メカニズムの解明を行い、処理に伴う環境影響を低減させるための技術的要件を明確にする事を目的とした。また、モニタリング技術等の施設の安全、安心を確認する技術についても、検討を実施した。

研究方法 = 本研究はコンデンサ等の PCB 廃棄物（PCB 油、コンデンサ容器、素子）を対象として進めた。

PCB の化学処理に関する研究・・・金属 Na 分散剤を用いる化学的 PCB 分解反応の制御因子明確化のため、まず PCB と Na 単一粒子の反応速度の定式化とその実測による検証を行い、反応過程の速度式作成・反応機構解明を行った。次にこの速度式を応用して PCB と Na 粒子群の反応速度式を作成し、実スケールでの反応槽内温度シミュレーションを実施した。また、分解反応過程での PCB を経時的に採取・化学分析を行い中間生成物を同定した。同時に、これら中間生成物・分解後物質中の残留有機塩素の有無を測定し、副生

成物に PCB 以外の有機塩素化合物が存在しない事の確認も行った。分解後残渣の有効利用方法として、残渣より活性炭を作成し、その活性炭の構造特性評価および吸着特性評価を行い、一般のヤシ殻活性炭と比較した。

PCB 除去回収処理に関する研究 …… 容器処理の研究では洗浄処理技術を対象とした。基礎実験では、PCB 模擬物質を用いて容器の部位、材質等や洗浄液種類による洗浄特性の差異を解析した。その結果を基に実証実験では PCB 廃棄物容器を用いて、洗浄条件等が PCB 除去に与える影響評価を複数の卒業判定方法により行い、処理の安定性に係る要件、さらに効率的処理方法について検討・提案を行った。素子処理の研究では、洗浄 - 真空加熱処理という複数の処理技術から構成されるシステムを対象とした。基礎実験では、洗浄技術に関しては素子の形状、材質や洗浄条件の違いにおける処理性を評価、また、真空加熱技術に関しては運転条件や前処理条件が処理性に与える影響を評価した。次に実証実験では、PCB 廃棄物素子を用いて、洗浄技術、真空加熱技術の各々について運転条件が PCB 除去に与える影響評価を複数の卒業判定方法により行い、処理の安定性に係る要件を検討した。更に、一貫処理システムとして効率的且つ安定的な処理の実施のため、各工程での卒業に至る特性の把握、処理結果との関係評価、一貫処理システムとしての必要要件の提案を実施した。

モニタリングに関する研究 …… PCB を金属 Na 法により分解し、反応途中の PCB や PCB 以外の分解処理後物質に対してバイオアッセイ (DR-CALUX 法、ELISA 法) と化学分析を行い、その結果について比較評価を行った。比較評価は卒業判定値付近での検出性能の確認を実施し、バイオアッセイでは前処理の簡易化を検討した。また、容器処理工程における作業環境の PCB 濃度のモニタリング手法に関しては、近年実用化されてきている PCB オンライン計測装置について適用性を評価した。

結果と考察 =

PCB の化学処理に関する研究 …… PCB と金属 Na の分解反応の観察実験より、反応過程は金属 Na 表面で分解が進行する「界面化学反応律速」と分解に伴い生成された重合物を PCB が拡散する「粒子内拡散律速」の 2 過程からなる Shrinking Core Model であることを確認し、このモデルから PCB と金属 Na 粒子群の反応速度式を求めた。反応速度式から求められる反応率と、分解実験における反応率経時変化は良好に一致した。この反応速度式より実機規模の反応槽における発熱を伴う分解反応時の反応槽内温度シミュレーションを行い、PCB 蒸発飛散防止上の反応槽温度管理の観点から、操作安定性に関する考察を実施した。また、PCB の分解機構においては、その分解過程及び中間生成物を把握し、脱塩素化メカニズムを明らかにした。また、PCB 分解生成物としては、PCB 以外の有機塩素系化合物が存在しないことを確認出来た。一方、残渣から作成した活性炭については、インクボトル型の二元細孔構造であることを確認した。この作成した活性炭単位重量当たりのクロロベンゼン吸着量は、一般のヤシ殻活性炭と同程度であり、またヤシ殻活性炭とは異なる吸着特性を示すことから、より幅広い用途の可能性が示唆された。

PCB 除去回収処理に関する研究 …… コンデンサ容器処理の研究では、基礎実験より表面構造が洗浄性に与える影響及び洗浄メカニズムを把握し、特に樹脂系塗装膜を有する容器外側からの PCB 除去が律速となる可能性が示唆された。実証実験で上記を確認し、処理

が可能となるための洗浄温度, 洗浄時間 - 回数等の運転条件設定の考え方及び卒業判定方法の運用に当たっての留意事項を提案した。素子処理の研究では、基礎実験にて各処理工程での紙とアルミからの PCB 除去メカニズム把握を行い、紙とアルミの混合処理に伴う処理性低下, 真空加熱での PCB 分離メカニズム等の運転条件が処理性に与える影響を明らかにした。実証実験では、これら結果を基に一貫処理システムとして効率的, 安定的な処理実施のための運転条件の考え方について提案出来た。また、これらの取り組みの中で、廃棄物の種類やサンプリング方法によって処理性が変動することを確認しその対応方法を検討することにより、卒業判定の運用方法も提案出来た。

モニタリング技術に関する研究 … PCB 分解後試料に対し前処理として DMSO 分配-44%硫酸シリカゲル加熱還流を行った場合、DR-CALUX 法では定量下限値 0.1pg-TEQ/g であることを確認、また、ELISA 法での 0.5ppm 付近の検出に必要な要件を確認した。以上より、これら 2 種のバイオアッセイは PCB 分解処理後試料に対するダイオキシン類・PCB の包括的検出方法として実用的であることがわかった。オンラインモニタリングに関しては、ノイズ成分の妨害が少ないことを確認した。

結論 = 本研究では、PCB 廃棄物一貫処理システムの安全性, 信頼性の向上を目的とし、各工程での処理プロセスの科学的解明に取り組み、従来にない知見を得ることが出来た。今後、実際の PCB 廃棄物処理を行う場合には、本研究結果を基に、設備毎に全体最適となる運転条件を決定していく事により、安全性, 信頼性の向上が期待出来る。