

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 渡辺 敦雄

本論文は「環境負荷と安全性を考慮したポリ塩化ビフェニルの無害化処理に関する研究」と題し、ポリ塩化ビフェニル (PCB) の紫外線分解法および触媒分解法について各々の問題点を抽出した上で、それらを組合せた新しい無害化処理法を提案・設計し、併せて PCB 処理施設における環境負荷と安全性を評価する手法を開発して、PCB 無害化処理の実用機を稼働させるに至った一連の研究開発を工学的にまとめたもので、7 章から成る。

第 1 章は序論であり、PCB 問題の歴史的経緯を整理し、PCB 無害化処理に関する特有の問題を解決するための設計コンセプトを明確化している。そして、本研究の目的を、この設計コンセプトに基づいて環境負荷と安全性を考慮した PCB 無害化処理の実用機を開発すること、および同機設置施設の近隣住民とのリスクコミュニケーションを達成して稼働させることであると、本論文の構成を述べている。

第 2 章では、PCB 無害化処理技術に関する既往の研究を整理し、わが国の現行法で定められている代表的な技術についてその概要を述べている。その上で、第 1 章で述べた目的を達成するには、PCB の環境中への排出を最小限に抑制し、処理施設の安全性を確保し、さらに処理済み油のサーマルリサイクルをも考慮したプロセスであることが重要であることを示している。そして、本研究で開発する技術の具体的な条件として、反応温度は 80 °C 以下、圧力は大気圧、総括の見掛け反応速度定数をある一定値以上とすることと設定している。

第 3 章では、わが国で一般的に使われた多数の異性体混合物である PCB 製品をモデル試料として、PCB の紫外線分解法について詳細に検討している。まず、個々の異性体について、独自のベンチスケール規模の実験結果および既往の文献に見出せる脱塩素 1 次反応の反応速度定数を、それぞれの実験条件における光強度で補正した汎用性の高い反応速度定数として整理している。そして、PCB の分解は塩素数が徐々に減少していく逐次脱塩素反応であり、律速段階が最後の塩素の脱離である場合とない場合に大別できるとし、脱塩素経路をこれら 2 つの経路に分けて各々の代表的な脱塩素反応速度定数を用いて解析することにより、実験結果を合理的に説明できることを明示している。また、この方法のプロセスをスケールアップする場合には、単位 PCB 当りの光の照射エネルギーを小型装置と同レベルに維持することと、液側界面の円滑な更新を可能とする攪拌方法および容器形状が重要であることを示している。

第 4 章では、第 3 章と同じ PCB 製品をモデル試料として、PCB の触媒分解法について詳細に検討している。まず、既往の研究を精査した結果として、実用機規模の脱塩素反応に対しては Pd/C 触媒が適切であることを示し、次にその触媒を用いてベンチスケール規模の実験を重ね PCB のモル消失速度を求めている。また、この方法のプロセスをスケールアップする場合の反応速度定数の推算式を導出している。

第 5 章では、第 3 章で述べた紫外線分解法と第 4 章で述べた触媒分解法を直列に組合せ

た新しいプロセスを反応速度解析に建設・運転コストの検討をも加味して提案・設計し、その実証試験を行うことによって紫外線分解のあとに触媒分解を行う直列法の設計手法とスケールアップの設計手法が妥当であることを確認し、同時に当初の技術開発の目標を達成できたことを明示している。また、ダイオキシン類などの有害反応副生成物の生成と環境への排出が抑制されているということも示し、ここで開発した新しい方法が実用機に適したものであることを明らかにしている。

第6章では、ここまでの成果に基づいて設計・製造された PCB 無害化処理の実用機を中核とする PCB 処理施設における安全性評価について述べている。まず、PCB 無害化処理施設近隣住民の PCB ばく露を最大想定事故と定義し、PSA（確率論的安全評価）と FMEA（故障要因解析）によって事故シナリオを明確にしている。そして、その最大想定事故の際の影響評価を具体例で実施し、隣接地建物への爆風圧および近隣住民の PCB ばく露量はいずれも許容される範囲であることを明示し、このことによって実用機の稼動が可能となったと結論づけている。

第7章では各章のまとめと本論文の成果を整理している。

以上を要するに本論文は、実用機の設計・稼動が容易でない PCB の無害化処理を対象に、PCB の脱塩素反応を簡便に記述する方法を提示して、これまでにない新しいプロセスを提案・設計し、また安全性評価をも含めたシステム設計法を明らかにしており、工学的に高い価値を有し化学システム工学への貢献は大きいものと考えられる。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。