

(様式 5)

指導教員承 印	
------------	--

平成 25 年 12 月 12 日

学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 応用化学 専攻 平成 21 年度入学 学籍番号 09832702 氏名 山口 俊雄 印
主指導教員氏名	亀山 秀雄
論文題目	活性炭と通電加熱アルマイト触媒を用いた低濃度 VOCs 処理システムの研究と開発 注) 英文題目の場合、() で和訳を記載してください。
論文要旨 (2000 字程度) 浮遊粒子状物質 (以下「SPM」という) や光化学オキシダントに係る大気汚染の状況は、産業の成熟や発展とともに、いまだ深刻である。現在でも光化学オキシダントによる健康被害が数多く届出されており、緊急に対処することが必要とされている。 このため、SPM 及び光化学オキシダント対策の一環として、VOCs の排出を抑制するため、平成 17 年に大気汚染防止法施行例、施行規則が改正され、平成 18 年より VOCs の排出規制が施行された。VOCs 排出大規模装置には削減の義務を課し、中小規模装置には費用対効果の観点に立った自発的な取り組みを要請した。大規模装置の削減はほぼ計画通りとなったが、中小規模装置においては経済的理由からか、対策が遅れ、その後の削減は遅々としている。 このような状況下、VOCs ガスを低コストで、地球環境への影響を最小として処理するために、処理のための追加の燃料やエネルギーを極力抑えた、そして設備費が廉価で保守の容易な処理装置が要請される。そのための方式として、特に自然不可能な低濃度 VOCs ガスを吸着設備で濃縮し、濃縮された VOCs ガスを、補助燃料或いは追加のエネルギーを無くすか或いは最小として、燃焼或いは回収処理することが考えられる。 そこで、省エネ型で、低コストで保守が容易、地球環境への影響が小さい VOCs 処理システムの実現を目的として本研究を実施した。 第 1 章「緒論」には、研究開発を行うに当たり実施した調査・検討結果を記した。主な調査項目及び検討項目は下記のとおりである。 (1) 吸着技術の応用分野及びこれまでの発展概要 (2) VOCs ガスに関する排出規制、処理技術の現状 (3) 活性炭などによる VOCs 吸着・濃縮技術、および処理システムの調査 第 2 章「活性炭による低濃度トルエン吸着での MTZ 法および LDF モデル使用非線形回帰による吸着特性の検討」は本研究遂行の上で必要とされる基礎データの取得および検討ツールの研究開発或での妥当性および信頼性について記す。	

本章に関する研究では VOCs ガスとして代表的なトルエンを選択し、市販の椰子がら粒状活性炭を充填した固定層を用いて、ガス流通法により吸着実験を実施した。トルエン低濃度領域 50～1600 ppm（主として自然し難い 500 ppm 以下）、温度 30～180℃、流速 0.18～0.55 m s⁻¹ で吸着実験を行い、最初に、吸着平衡、及び定形濃度分布の形成を前提とする MTZ 法（定形物質移動帯の解析による）により気相濃度基準総括物質移動容量係数（以降、濃度基準総括物質移動容量係数と記載）を算定し、吸着平衡及び吸着速度に関する特性を明らかにした。

つぎに Langmuir 式、濃度基準総括物質移動容量係数を変数とする濃度基準線形推進力近似法モデル（以降 LDFC モデルと記載）に基づく数値計算による破過曲線と、実験で得られた破過曲線との非線形回帰によるカーブフィッティング（以降、LDFC カーブフィッティング法と記載）により、濃度基準総括物質移動容量係数を算定し、吸着特性を明らかにした。同時に、MTZ 法で算定された濃度基準総括物質移動容量係数との比較により、LDFC カーブフィッティング法に基づく濃度基準総括物質移動容量係数算定法の妥当性及び有用性を検討した。上記実験範囲において、吸着平衡は Langmuir 式で表現できることを確認した。

濃度基準総括物質移動容量係数に関して、吸着層入口ガスのトルエン濃度の影響は小さく、ガス流速、吸着温度の影響が大きいことを定量的に確認した。また、実験領域での LDFC カーブフィッティング法の適用は、妥当性があると同時に、効率の良い手法であることを明らかにした。LDFC 近似法が吸着システムおよび関連技術の開発と設計において、有用かつ有効な解析法であることを確認した。

第 3 章「活性炭による吸着濃縮操作と通電アルマイト触媒燃焼を組み合わせた新 VOC 処理プロセスの研究と開発」は、ラボ試験結果に基づいて、新たな VOCs 処理システムの開発、プロセス評価課題の抽出等について記載している。

本研究では、固定層を用いた活性炭による吸着濃縮操作と通電アルマイト触媒燃焼を組み合わせた新 VOCs 処理プロセスについて提案した。自然の不可能な或いは困難な低濃度 VOCs ガスの処理に関して、吸着濃縮操作において脱離ガス（パージガス）を少なくして VOCs ガスを濃縮し、自然可能あるいは燃焼に必要な補助燃料或いはエネルギーを最小とする処理システムについて基礎的な検討を行った。提案する新プロセスの優位性について定量的な報告を行った。

VOCs ガスの吸着分離・濃縮について、ラボ試験結果をもとに計算手法の妥当性を確認した。実装置での繰り返しの吸脱着操作を想定し、濃縮度を変数とした場合での濃縮度の、システムへの影響について脱離温度、吸着層長をパラメーターとして検討を行った。提案するシステムが省エネ化、およびコスト低減に有効であることを示した。

第 4 章「低濃度 VOCs 2 成分を含む混合ガスでの活性炭における吸脱着特性」は、実用装置で取り扱うことの多い多成分系 VOCs ガスの活性炭上での挙動を定量的に検討するための、VOCs 2 成分系ガスの吸着平衡・速度に関する研究の結果を記載した。

本研究では VOCs ガスとしてすでに検討済みのトルエンに加え、新たに酢酸エチルを選択し、市販の椰子がら粒状活性炭を充填した固定層を用いて、ガス流通法により酢酸エチル単成分とトルエン—酢酸エチル混合ガス系での吸着および脱着濃縮実験を実施した。

トルエン濃度領域 50～2000 ppm、酢酸エチル濃度領域 50～600 ppm、VOCs トータルとして自然し難い 600 ppm 以下の低濃度領域とし、温度 30～180℃、流速 0.03～0.37 m s⁻¹ で吸着実験を行い、最初に、吸着平衡、及び定形濃度分布の形成を前提とする MTZ 法（定形物質移動帯の解析による）により気相濃度基準総括物質移動容量係数（以降、濃度基準総括物質移動容量係数と記載）を算定し、吸着平衡及び吸着速度に関する特性を明らかにした。つぎに Langmuir 式、濃度基準総括物質移動容量係数を変数とする濃度基準線形推進力近似法モデルに基づく数値計算による破過曲線と、実験で得られた破過曲線とのカーブフィッティングにより、濃度基準総括物質移動容量係数を算定し、吸着特性を明らかにした。

上記実験範囲において、吸着平衡は単成分系では Langmuir 式、2 成分系では Langmuir-Extended 式で表現できることを確認した。

また、2 成分系実験領域においても、LDFC モデルおよび LDFC カーブフィッティング法は、

研究開発、設計などにおいて妥当性があると同時に、有用性の高い手法であることを明らかにした。

第5章では、以上をまとめて本研究開発で得られた成果と残された課題を摘出し今後の方向性について考察した。本研究の成果は、産業の発達、産業構造の転換、社会状況変化の中で産業および社会の持続的発展に貢献するとともに、関連分野での研究開発推進に役立つものとする。また、化学工学が今後取り組むべき新たなテーマ、方法、方向性などを例示するものとする。