学位論文題名

間伐材由来の炭素素材の吸着剤への利用ならびに
凍結濃縮法を用いる水処理技術の開発に関する研究

学位論文内容の要旨

2005年11月13日、中国の吉林省吉林市にある吉林石油化学で爆発事故が発生し、ベンゼン、ニトロベンゼン、アニリンの混合物計約100トンが中国東北部を流れる松花江に流出し、川を汚染した。流出事故後、2006年3月、5月、10月と2009年3月にハルビン市と吉林市内を流れる松花江の河川氷、河川水を採取し、これらの試料中のニトロベンゼン濃度の測定を行った。その結果、流出事故後4カ月から3年半経過した時点において、松花江の河川氷や水試料からニトロベンゼンが検出されたが、その濃度はいずれも非常に低いものであった。現在松花江の汚染はなくなりつつあるが、今後も同じような事件が起こる可能性があるため、安価で強い吸着性能を有し、回収の容易な吸着剤の開発を目指して研究を行った。また、凍結濃縮法の汚染物質の除去分離への適用を目的として研究を行った。

本論文は、全6章から構成されている。第1章では、日本と中国における環境問題について概説するとともに、2005年11月に起った松花江への化学物質の流出事故について述べ、本研究の背景と目的について述べた。

第2章では、松花江の流出事故後、採取された河川氷や水試料中のニトロベンゼン濃度について調査した結果を示した。また、ニトロベンゼンの氷への取り込みについて汚染物質濃度、温度、攪拌速度等の条件に関する検討を行った。その結果、事故後4カ月以降に採取した水および氷試料中のニトロベンゼン濃度はかなり低く、汚染の継続は認められなかった。

第3章では、間伐材の燃焼に伴って副成する炭素素材を用い、ニトロベンゼンに対する安価で、環境に優しい吸着剤の開発を目指して、その吸着特性等に関する研究を行った。さらに、吸着剤の物理的特性、化学的特性、吸着時間、吸着等温線などについて市販の粉末活性炭と比較しながら検討を行った。また、色素に対する吸着力を調べるために、メチレンブルーを用いて、吸着実験を行った。その結果、間伐材の燃焼に伴って副成する炭素素材のニトロベンゼンに対する吸着能は、市販の活性炭とほぼ同程度であることが分かった。また、本炭素素材によるニトロベンゼンの吸着特性を炭素素材の表面

の疎水性に基づき説明することを試みた。水分子の吸着特性、表面を酸化した炭素素材の吸着特性と表面官能基量との関係から、表面の疎水性の差が両者の吸着平衡定数の違いとなって現われていることが推定された。

第4章では、炭素素材をこんにゃくゲル内に内包させ、ニトロベンゼンに対する吸着能について検討した。吸着剤の物理的特性、化学的特性、吸着時間、吸着等温線などについて検討した。さらに、色素に対する吸着力を調べるために、メチレンブルーを用いて、吸着実験を行った。その結果、炭素素材内包こんにゃくゲルのニトロベンゼンに対する吸着については、吸着速度が遅くなるものの飽和吸着量は炭素素材それ自体と同程度であることが分かった。

第5章では、環境汚染水から汚染物質を分離するため、自然エネルギー(寒冷外気)を用いる凍結濃縮現象を利用した環境汚染水の処理技術の開発に関する研究を行った。汚染物質に対する凍結濃縮時における攪拌の効果、凍結濃縮に対する温度の影響、凍結濃縮に対する処理容積の影響等が調べられた。その結果、色素やニトロベンゼン、鉛イオンが、スターラーで攪拌された溶液中に凍結濃縮され、その中心部分を除去することにより、70~80%の除去率が得られることが明らかとなった。実際の寒冷外気で小規模の凍結濃縮を行い、実験室と同様な除去率が達成された。

以上、本研究では、間伐材に由来する炭素素材の吸着特性を調べ、その炭素素材が安価な吸着剤として、ニトロベンゼンなどの吸着に利用できることを明らかとした。また、炭素素材を内包したこんにゃくゲルを用いる吸着剤を開発し、これによって、微粉末飛散などの問題を解決し、さらに吸着剤の処理水からの分離を容易とする可能性を示した。凍結濃縮法を利用することによって比較的低濃度の汚染物質を特定の部所に濃縮することが可能であることが明らかとし、吸着剤等の添加を必要としない汚染物質の除去法となりうることを示した。以上の結果は水環境を改善するための安価な処理技術の開発に展開つぎるものとして貢献が期待できる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 俊 逸
副 査 教 授 古 月 文 志
副 査 准教授 豊 田 和 弘
副 査 准教授 神 谷 裕 一
副 査 教 授 町 田 基 (千葉大学大学院

工学研究科)

学位論文題名

間伐材由来の炭素素材の吸着剤への利用ならびに 凍結濃縮法を用いる水処理技術の開発に関する研究

代英杰氏の学位論文に関する研究は、2005年11月に発生した中国吉林市の石油化学工場での爆発による、松花江の化学物質による汚染事故に端を発して進められた。すなわち、流出事故後、ハルビン市と吉林市内を流れる松花江の河川氷、河川水を採取し、これらの試料中のニトロベンゼン濃度の測定を行い、その結果、流出事故後4カ月から3年半経過した時点においても、松花江の河川試料からニトロベンゼンが検出されたが、その濃度はいずれも非常に低いものであることを明らかとした。しかし、今後も同じような化学物質の流出事故が起こる可能性があることを考慮して、安価で強い吸着性能を有し、回収の容易な吸着剤の開発を目指して研究を行った。また、凍結濃縮法の環境分野への適用を目的として、凍結濃縮法による汚染物質の除去分離に関して研究を行ったものである。

本論文は、全六章から構成されている。第一章では、日本と中国における環境問題について概説するとともに、2005年11月に起った松花江への化学物質の流出事故について述べ、本研究の背景と目的について示している。

第二章では、松花江の流出事故後に採取された河川氷や水試料中の、ニトロベンゼン濃度についての調査結果を示している。その結果、事故後4カ月以降に採取した水および氷試料においても、ニトロベンゼンが検出されたがその濃度はかなり低く、汚染の継続は認められないことを明らかとした。また、ニトロベンゼンの氷への取り込みについて汚染物質濃度、温度、攪拌速度等の条件に関する検討を行い、その取り込み量は小さい値であることを明らかとした。

第三章では、ニトロベンゼンに対する安価で、環境に優しい吸着剤の開発を目指して、間伐材の燃焼に伴って副成する炭素素材を用い、その吸着特性等に関する研究を行っている。吸着剤の物理的特性、化学的特性、吸着時間、吸着等温線などについて市販の粉末活性炭と比較している。その結果、間伐材の燃焼に伴って副成する炭素素材のニトロベンゼンに対する飽和吸着量は、市販の活性炭とほぼ同程度であり、また、吸着平衡定数は市販の活性炭よりも大きいことを示している。この吸着平衡定数の違いを水分子の吸着特性や、表面を酸化した炭素素材の吸着特性と表面官能基量との関係から考察し、表面の酸性官能基量にも依存する表面の疎水性の差が両者の吸着平衡定数の違いとなって現われていることを推定している。

第四章では、炭素素材を内包させたこんにゃくゲルを作製し、ニトロベンゼンに対する吸着能について検討している。吸着剤の物理的特性、化学的特性、吸着時間、吸着等温線などについて検討し、炭素素材内包こんにゃくゲルのニトロベンゼンに対する吸着については、吸着速度が遅くなるものの飽和吸着量は炭素素材それ自体と同程度であること、また、こんにゃくゲル成分の増加とともにゲルの圧縮強度は大きくなるものの、吸着性能は逆に低下することなどを明らかにしている。

第五章では、環境汚染水から汚染物質を分離するため、自然エネルギー(寒冷外気)を用いる凍結濃縮現象を利用した環境汚染水の処理技術の開発に関する研究を行っている。汚染物質に対する凍結濃縮時における攪拌の効果、凍結濃縮に対する温度の影響、凍結濃縮に対する処理容積の影響等が調べられ、色素やニトロベンゼン、鉛イオンが、スターラーで攪拌された溶液中に凍結濃縮され、その中心部分を除去することにより、70~80%の除去率が得られることを明らかにした。また、小規模ではあるが実際の寒冷外気において凍結濃縮実験を行い、実験室と同様な除去率が達成されることを報告している。

以上、本研究は、間伐材に由来する炭素素材の吸着特性を調べ、その炭素素材が安価な吸着剤として、ニトロベンゼンなどの吸着に利用できることを明らかとしたものである。また、炭素素材を内包したこんにゃくゲルを用いる吸着剤を開発し、これによって、微粉末飛散などの問題を解決し、吸着剤の処理水からの分離を容易とする可能性を示している。さらに、凍結濃縮法を利用することによって比較的低濃度の汚染物質を特定の部所に濃縮することが可能であることを明らかとし、試薬や吸着剤等の添加を必要としない低コストの汚染物質の除去法となりうることを示した。以上の結果は、水環境を改善するための安価な処理技術の開発に展開できるものとして期待できる。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士(環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。