

氏 名	Kang Shyh Fang 康 世 芳
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	平成元年 3 月 24 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻
学 位 論 文 題 目	粉末活性炭の凝集及びろ過特性に関する研究
指 導 教 官	東北大学教授 佐藤 敦久
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 佐藤 敦久 東北大学教授 首藤 伸夫 東北大学教授 野池 達也

論 文 内 容 要 旨

近年、湖沼や河川等における富栄養化に伴い、多くの水源では異臭味による水質障害が頻発している中で、吸着などの除去機能を本質的に持ち合わせない急速ろ過システムを中心とした水道事業に大きな影響を与えている。その対策として、各国の多くの浄水場においては、前塩素処理、活性炭（粉末状、粒状）吸着処理、及びオゾンと粒状活性炭処理などが採用され、あるいは凝集性能の優れた有機高分子凝集剤が凝集操作に導入されている。一方、日本の浄水処理においては、有機高分子凝集剤は凝集剤中に残存する原料のアクリルアミドモノマー及び不純物などの毒性が問題とされ、その使用は許可されていない。そのため、有機高分子凝集剤による濁質凝集特性に関する研究は少ない。しかし、水質汚濁が進んでいる上で、有機高分子凝集剤を使用する際の毒性の問題が解決できれば、日本でも浄水処理への導入が期待される。また、各都市の水道事業では活性炭接触槽の用地の取得難、既存の施設への導入の容易さ、応急的な対策などの諸情勢から、昭和35年頃から粉末活性炭による異臭味対策が行われてるようになった。日本水道協会の昭和54年の調査によると、異臭味の対策として全国の半数以上の浄水場において、応急的に粉末活性炭処理法が採用されている。通常、粉末活性炭は既存の処理施設、例えば、沈砂池、着水井、凝集の混合池などに添加され、実際の添加量は最大で100 mg/l程度である。仙台市の茂庭浄水場においても、昭和56年から59年まで毎年カビ臭の障害が発生し、粉末活性炭年間処理日数は130～246日であった。

以上のように、異臭味除去のため、濁質分として浄水過程に投入された粉末活性炭は凝集、沈殿、ろ過の過程で除去される。しかし、凝集の不良、急速ろ過の継続時間の短縮及び砂ろ層からの粉末

活性炭のリークなどの問題が生じる恐れがある。しかしながら、粉末活性炭の凝集およびろ過特性の研究例はきわめて少ない。これに対して、研究例の多いカオリンや藻類の凝集およびろ過特性の研究結果を処理過程に添加される粉末活性炭へそのまま適用出来るかどうかは事実上未知である。

したがって、本論文では、凝集剤として無機アルミニウム及びアクリルアミド系の有機高分子凝集剤を用いて、粉末活性炭の凝集およびろ過特性を明らかにしながら、富栄養化に基づく異臭味問題への対応策を提言することを目的としたものである。本論文は全編6章より構成されている。

第1章 総論

ここでは、本研究の背景及び目的について述べた。

第2章 既往の研究及び問題点の整理

本章では、粉末活性炭の凝集およびろ過特性に関する既往の研究を整理した。そして、凝集およびろ過特性に影響を及ぼす因子について未解決な問題を取り上げ、研究課題を提起した。

第3章 無機アルミニウム塩凝集剤による粉末活性炭の凝集特性

本章では、まず製造方法の異なる粉末活性炭表面の荷電特性はゼータ電位の測定により調べた。また、表面荷電原因の異なる粉末活性炭とカオリンの凝集特性及びフロック密度関数を比較、考察した。その結果、次のような知見が得られた。

(1) 粉末活性炭製造時の賦活温度及び製造工程の相違によって、その表面の含有官能基、例えばカルボキシル基(-COOH)の解離及び量は変化し、それに伴い表面の荷電特性が異なり、賦活温度が高いほど正に荷電しやすい傾向がある。

(2) 粉末活性炭及びカオリンの荷電原因は異なっており、それぞれ表面の含有官能基の解離及び結晶格子中での陽イオンの同形置換によるものと指摘されている。また、粉末活性炭の凝集pHゾーンはカオリンより狭く、弱酸性域にあり、カオリンと異なる凝集特性を示している。粉末活性炭濃度の増加に伴い、凝集pHゾーンが酸性域へ移行し、粉末活性炭の添加量200 mg/lの場合の凝集ゾーンは4.5~5.2にあるので、凝集pHの制御は困難となる。

(3) 粉末活性炭とカオリンの凝集における等電点のpHあるいは凝集pHゾーンが異なる原因は、表面の陽イオン交換容量の相違による。

(4) 粉末活性炭フロックの有効密度がカオリンのそれより小さく、沈降速度が小さいので、粉末活性炭を使用する場合には沈澱池の滞留時間を1.2倍長くする必要がある。この原因は粉末活性炭の密度が1.58であり、カオリンの2.63より小さいということに起因する。

第4章 有機高分子凝集剤による粉末活性炭の凝集特性

本章では、濁質の懸濁液の化学特性から官能基の存在の有無を推定した。また、イオン性の異なるアクリルアミド系の有機高分子凝集剤による粉末活性炭とカオリンの凝集特性及びフロック密度関数を比較し考察した。得られた結果をまとめて以下示す。

(1) 懸濁液の電気伝導率の変化から粉末活性炭及びカオリン表面の官能基の存在の有無が推定できる。また、浄水場で使用される粉末活性炭は水素イオンの吸着性能があり、水中に添加されると水中の pH が高くなる傾向があるので、アルカリ度の低い原水に対して、凝集における pH の制御に及ぼす粉末活性炭添加量の影響を有無を考慮する必要がある。

(2) 有機高分子凝集剤の凝集機構の主要因は有機高分子凝集剤と濁質との間の官能基の架橋作用によるものである。架橋作用における結合力は凝集剤の種類と注入量及び濁質の種類と濃度に深く依存する。しかも粒子間の反発エネルギーの障壁を十分に越えれば、濁質のゼータ電位に関係なく、良好な凝集を生じる。

(3) 有機高分子凝集剤の単独使用による粉末活性炭及びカオリンの凝集特性の相違点は主に濁質表面の荷電原因及び官能基の有無に起因する。しかも、通常水道原水濁度（主にカオリン濁質文）50度以下の場合には、有機高分子凝集剤のイオン性にかかわらず凝集効果の期待はできないが、粉末活性炭の凝集は行われる。

(4) 一般の凝集操作の範囲で、無機アルミニウム塩凝集剤及び有機高分子凝集剤によるフロック密度関数の n 値はそれぞれ 1.30～1.50 及び 1.00～1.10 である。そして、沈降速度がそれぞれフロック径のほぼ 0.5～0.7 乗及び 0.9～1.0 乗の関係を示す。また、有機高分子凝集剤の併用により形成されたフロックの沈降速度が速くなるので、沈澱池の滞留時間が 30%～50% 節約できる。

第 5 章 粉末活性炭のろ過特性に及ぼす化学因子の影響

本章では、ろ過の操作因子である凝集剤注入量及び未ろ水 pH を中心に粉末活性炭の砂ろ過池内の抑留挙動及び損失水頭の発生パターンについて考察し、その結果とカオリンを用いた既往の研究結果を比較した。得られた知見を次のように示す。

(1) カオリンのろ過特性に及ぼす化学因子の影響に関する知見は粉末活性炭へそのまま適用できることを確認した。

(2) 濁質の砂ろ過池内の抑留形が未ろ水の pH の変化によって相違するが、pH 8.0～10.0 の範囲での抑留形は沈澱形であると提唱したい。

(3) 凝集剤注入量及び未ろ水 pH を同時に調整すれば、ろ過継続時間の短縮及び粉末活性炭の漏出などの問題を防止できる。

第 6 章 総括及び結論

本研究で得られた知見を総括し、結論としたものである。

審査結果の要旨

近年、水道水源の水質が著しく悪化し、ある藍藻が分泌する物質によって水がカビ臭を呈するようになった。カビ臭は従来の浄水方法で除去することができず、活性炭による吸着処理の導入が必要となり、多くの浄水場ではその際簡便な粉末活性炭を用いている。粉末活性炭は原水に投入されるが、その後凝集沈澱、砂ろ過によって粘土粒子とともに除去される。しかし、粘土粒子の凝集やろ過機構を、そのまま粉末活性炭に適用できるかどうかは不明である。

本論文は、粉末活性炭の凝集特性及びろ過特性を明らかにするために行われた研究をまとめたもので、全編6章よりなる。

第1章は総論であり、本研究の背景と目的について述べている。

第2章は既往の研究を調査するとともに問題点を列挙し、研究課題を整理している。

第3章は無機アルミニウム塩凝集剤による粉末活性炭の凝集特性を検討したものである。その結果、粉末活性炭の凝集 pH ゾーンは粘土粒子より狭くかつ弱酸性域にあること、粉末活性炭濃度の増加に伴い凝集 pH ゾーンが酸性域に移行することなど多くの重要な知見を得ている。また粉末活性炭フロックの沈降速度はフロック径の0.45～0.63乗に比例し、これは粘土粒子フロックより小さいので沈澱池の滞留時間を増加させる必要があると指摘している。

第4章は有機高分子凝集剤による粉末活性炭の凝集特性を論じたものである。有機高分子凝集剤の凝集機構は凝集剤と粉末活性炭との間の官能基の架橋作用に深く依存し、架橋作用における結合力は粒子表面の荷電特性と凝集剤のもつ官能基の特性によって異なる。また粉末活性炭は凝集剤のイオン性にかかわらず、低注入量域で凝集する。さらに懸濁液の電気伝導率の変化により粒子表面の官能基の存在の有無が推定できることなどを明らかにしている。これらも有用な知見である。

第5章は粉末活性炭のろ過特性に関して述べたものである。凝集剤注入量と未ろ水 pH を中心に、粉末活性炭の砂層内への抑留挙動と損失水頭の発生パターンを検討した結果、粘土粒子のろ過特性をそのまま粉末活性炭に適用できることを確認している。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、粉末活性炭の凝集及びろ過特性について検討し、凝集特性が粘土粒子のそれと著しく異なることを明らかにしたもので、衛生工学の発展に寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。