

II-189 上水処理過程におけるカドミウムの挙動について

金沢大学工学部 正員 寺島 泰〇学生員 塚本勝典

はじめに

重金属による環境汚染の管理・規制を合理化するために、環境から人間への移行経路の各段階における転移・分配の機構について、多くの学問分野からの追求が要請されている。その一端としてまず上水源から飲料水への経路をとりあげ、介在する上水処理のプロセスにおけるカドミウムの挙動について検討し、2、3の知見を得たので報告する。

実験方法

凝集沈殿実験では、塩化カドミウムを含む水道水300mlに凝集剤として硫酸アルミニウムあるいは硫酸第一鉄を、アルカリ調整剤として炭酸ナトリウムあるいは水酸化ナトリウムを所定の濃度、pHとなるように注加し、ジャー・テスターによって急速攪拌3分、緩速攪拌を10分行ない、20分間静置後上澄液を東洋ろ紙No.5Cでろ過した。また数種の粘土鉱物(170メッシュ以下)、砂(8~25メッシュ)による除去実験では10分間急速攪拌、20分間静置した。砂ろ過による実験では、急速ろ過用砂を詰めたカラム(71.5cm)に1ppmのカドミウムを含む水道水を約130mlで通水した。分析は日本ジャーレルアッシュAA-1型原子吸光分光分析装置によって行なったが、共存イオンやpHの吸光度に対する影響が認められたので、試料の前処理、較正などによってこれを除去した。

〔凝集沈殿処理における挙動〕

硫酸アルミニウムによる凝集沈殿では、カドミウムの濃度を0.5ppmとし、硫酸アルミニウムの濃度を20~220ppmに変化させて除去すると、凝集剤の濃度にはほとんど依存せず、除去率は40~50%を示し高い除去効果は期待できない。硫酸第一鉄の場合は80~90%という高い除去性を示すが、これには硫酸アルミニウム(pH6~7)と硫酸第一鉄(pH8~10)のそれぞれの場合におけるpHの差が影響していると考えられる。

硫酸アルミニウム、硫酸第一鉄を使用し、Cdの濃度を0.5ppm、pHを変化させて除去性を調べてみると、除去性はアルカリ側に向って急増する。すなわちpHが重要な因子であり、Cdの水酸化アルミニウムへの吸着性は、Cdが水酸化物コロイドとなることによって高まる。水酸化カドミウムの溶解度は、溶解度積に基づいてpHの関数として理論的に決まり、pH7.5ではカドミウムイオンとして約0.1ppmが存在することになるが、実験結果も同等値を示した。また同重量濃度のことでは、硫酸第一鉄か硫酸アルミニウムより除去性においてまさる。以上より微量重金属の挙動を問題とする場合には、凝集剤注入量よりもむしろアルカリ調整操作に細心の配慮を払うことが重要である。

凝集剤濃度およびpH一定のことでCd濃度と除去率の関係をみてみると、0.05~1.0ppmの範囲ではCd濃度の増加によって除去率はあまり低下しない。これより凝集剤単位量当たりに吸着されたCdの量を求めてみると、これはCdの濃度ときはめてlinearな関係になった。Cdの濃度の高い領域においては吸着量は飽和に近づくと考えられるが、上水道で問題とするような低濃度の領域においては、飽和への曲線部分の一部が直線関係として観察される。すなわち濃度Cと吸着量mとの間には $m=AC^n$ ($n=1$)なるFreundlich吸着型の関係が認められた。

[濁質への吸着]

上水道原水には通常粘土鉱物を主体とする濁質が含まれてあり、これは処理過程に移る前段階においてCdの存在形態を支配する可能性がある。まずベントナイトに対するCdの交換吸着性をみてみると、Cdの濃度が0.05~1 ppmに増加するのにに対応し、ベントナイト10, 100, 1000 ppmの場合において除去率は65~50%, 75~60%, 90~85%に変化する。ベントナイト10 ppmという低濃度においても凝集沈殿の場合よりも10%程度高い除去性がえられるることは注目に値する。またベントナイト単位重量当りの吸着力ドミウム量は凝集沈殿の場合と同様にCd濃度とlinearな関係であった。

さうにベントナイト、クローコナイト、バーミキュライト、カオリナイト、セリサイト、水田土壤、畑土壤について吸着性を調べてみると、濁質1000 ppmによる吸着除去率はそれぞれ、82, 73, 73, 58, 53, 71, 70(%)、粘土鉱物グラム当りの吸着力ドミウム量はそれぞれ、73, 6.5, 6.5, 5.2, 4.8, 6.4, 6.2($\times 10^{-3} \text{ meq/g}$)となり、特に水田土壤、畑土壤に対する吸着性の高いことが注目される。一方Cdを吸着した粘土鉱物を硫酸アルミニウム100 ppmで凝集沈殿を行ったところ、凝集沈殿による除去分が累加されずに、除去率は5~10%減少を示した。これは添加した硫酸アルミニウム、炭酸ソーダーのうち未反応の陽イオンとして残る一部の Al^{3+} , Na^+ などのイオン交換によって吸着Cdが脱着されたものと考えられる。吸着をイオン交換吸着とみて各粘土鉱物における分布係数を求めてみると、それぞれ、4560, 2760, 2680, 1400, 1130, 2500, 2330(cm^3/g)で他のイオンに比べ比較的高い値となった。

[砂ろ過処理における挙動]

急速ろ過の結果は下図の通りである。Cdは砂層に交換吸着される結果20分程度の流出のずれが生じ、約2時間後において除去率50%, 5時間後において90%となり、12時間後においてろ層は吸着飽和に達していない。イオン状Cdをろ過しているので除去はイオン交換吸着と考えられるが未飽和の状態から一部が水酸化物コロイドとして物理吸着除去されている可能性がある。ろ過砂のCd交換容量を測定したところ0.3 meq/100g、ろ過実験時のろ層吸着量は0.02 meq/100gであった。ろ層内に吸着されたCdは、Cdを含まない原水をろ過することによってろ層から脱着するが、吸着時間が長いので砂の結晶内部への交換吸着が進むためか、脱着するものの割合がかなり小さくなつた。約5時間の時点においてろ過砂をとりだしたところ、残留量はろ過したCdの46.3%となつた。結論的には、Cdは砂ろ過のプロセスで除去されるがろ層の除去能には限度があり、また一時的である。したがつて原水の長期的汚染に対しては砂ろ過は除去能を持ちえないが、一時的な汚染に対しては飲料水の汚染を時間的に遮らせるが逆洗によっても脱着されないとすれば問題であり、この点についてはなお検討の必要がある。

終りに、本研究は45年度科学的研究費(一般C)の一部を充當して行なつたこと、また分析には金沢大学理学部地学教室より機器使用の便を得たことを附記して感謝の意を表します。

