

II-414

コアレスィングろ過によるテトラクロロエチレンの除去に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員 笹川容宏

京都大学工学部 正会員 松井三郎

京都大学工学部 正会員 山田春美

1. はじめに

一般に難分解性で、環境中ならびに生態系に蓄積や濃縮され易い非極性微量有害物質のひとつとして、特に地下水汚染が問題となっているテトラクロロエチレン(PCE)をとりあげ、これを疎水性ろ材を用い、ろ層内部のろ材粒子表面でPCEを粗粒化させることにより除去する方法(コアレスィングろ過とよぶ)について検討を行った。

2. コアレスィングろ過の原理

コアレスィングろ過とは、ろ層において除去対象物質(本研究ではPCE)をコアレスィング、即ち粗粒化させることにより、ろ層の空隙に抑留させることを言う。浄水システムにおける急速ろ過の主な除去機構が、ろ層内部のろ材粒子表面への微フロックの付着凝集である¹⁾のに対して、コアレスィングろ過の主な除去機構は、ろ層内部のろ材粒子表面での除去対象物質の粗粒化である。従って、コアレスィングろ過においては、ろ材による除去対象物質の吸着が重要である。そこで、本研究では、まずろ材のPCEの吸着能力を回分式実験により調べ、続いて固定層通水実験を行った。

3. 実験方法

PCE濃度の測定は、ヘッドスペース・ガスクロマトグラフ法で行った。ろ材は、発泡プラスチックを粒径2.36~3.35mmの範囲に粒度調整したものに油分としてn-ヘキサンを保持させたものを用いた。①平衡吸着量の測定; n-ヘキサンを保持した場合と保持しない場合、それぞれについて102mLフランピンにろ材を0.10~1.00gとり、これらにPCE溶液(約10~130mg/L)を入れ、25℃恒温水槽中で8~24時間振とうを行い吸着等温線を得た。②吸着速度の測定; 同様に25℃恒温水槽中で粒内拡散律速の攪拌条件下で濃度変化を測定した。また、修正Dryden & Kay法を用いて、吸着量基準の粒内有効拡散係数を算出した。③固定層通水実験; 実験装置を図1に示す。通水は、PCEの比重(1.62)を考慮し、上向流で行った。カラムは内径4cmのガラスカラムでろ層厚10cm、ろ速2m/hrで、4~8時間で半連続的に通水を行った。

4. 結果及び考察

回分式実験から、n-ヘキサンを保持した場合と保持しない場合それぞれについて図2に示すように吸着等温線を得た。吸着等温線はFreundlich式で表すことができ、n-ヘキサンを保持した方が吸着能力が優れていることが分かった。

n-ヘキサンを保持

$$q = 3.424C^{0.871} \quad (r = 0.986)$$

n-ヘキサンを不保持

$$q = 0.454C^{0.882} \quad (r = 0.982)$$

C: 平衡濃度 [mg/L]

q: 吸着量 [mg/g]

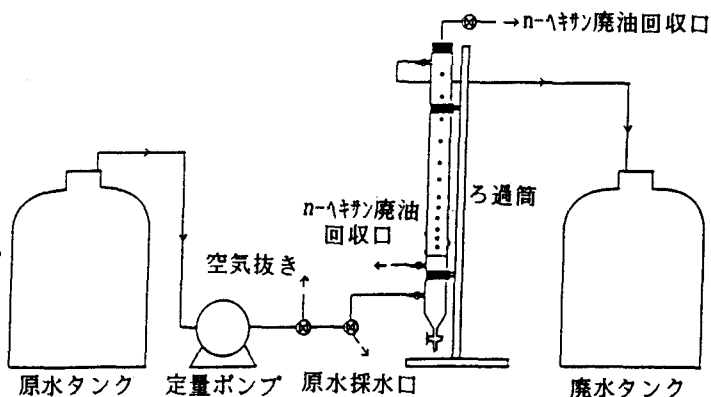


図1 実験装置

本実験から得たFreundlich式（ $q = k C^{1/n}$ ）の定数と、平衡濃度の範囲は異なるものの、中野らの測定した活性炭によるPCEの吸着等温線から得たFreundlich定数²⁾と比較したところ、吸着能力の高かったn-ヘキサンを保持させた場合と比べても、kの値は活性炭の平均値の1/180、1/nの値は2倍程度であることから、PCEの吸着に関して、本実験で用いた材は活性炭より吸着能力が低いと考えられる。

また、ろ材について、吸着量基準の粒内有効拡散係数が得られた。

$$2.71 \times 10^{-7} \text{ [cm}^2/\text{sec]}$$

固定層通水実験の結果を、回分式実験で得られたFreundlich式と吸着量基準の粒内有効拡散係数、および通水実験条件の3つから理論的に求めた破過曲線³⁾と共に図3に示す。通水時間30時間までは近い値をしめすものの、時間が経つにつれ理論値が実測値より大きな流出率を示し、通水時間72時間では、実測値は理論値の約70%の流出率を示すにすぎなかった。この理論値と実測値の差は、粗粒化によるものと推定される。また、

通水時間72時間までに層内に抑留されているPCEについて吸着剤単位重量当たりの吸着量を求めたところ212.0mg/gとなり、これはFreundlich式より計算される入口濃度(59.3mg/L)に対する平衡吸着量120.7mg/gの約1.8倍にもなった。さらに、層入口付近から採取された油滴について、PCE濃度を測定すると、PCE試薬原液（試薬特級）のクロマトグラムと比較して、その約70%の濃度(1172mg/mL)であることが分かった。このことから、層内で粗粒化が起きていることが確認され、粗粒化がFreundlich式より計算される吸着量より実測値の方が大きいことの理由であると考えられた。

5. おわりに

回分式実験の結果、本研究で用いたろ材は、吸着能力の点で活性炭に劣ると考えられたが、固定層通水実験の結果、活性炭吸着と同様の解析で得た理論破過曲線や理論吸着量と比較して、理論値以上のPCEが層内に抑留されていることが分かり、また、層内でPCEの粗粒化が起きていることが確認された。従って、コアレスニングろ過によるPCEの除去の有効性が認められた。

《参考文献》

- 1) 土木学会編；第四版 土木工学ハンドブック II，技報堂出版，1989
- 2) 中野重和、平嶋恒亮；化学と工業，60，356-364，1986
- 3) 三浦孝一；京都大学大学院工学研究科 化学工学専攻，博士論文，1980

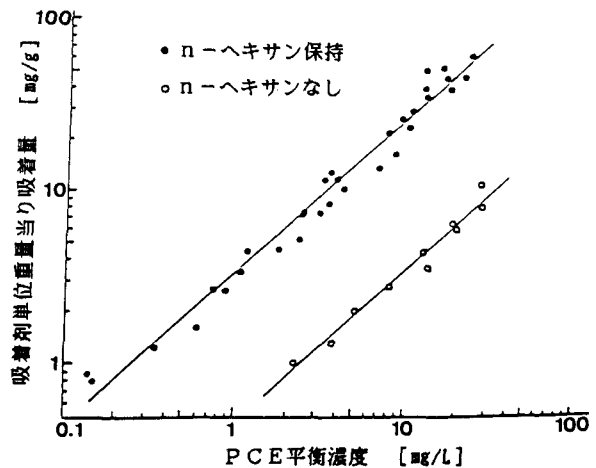


図2 PCEの吸着等温線（25℃）

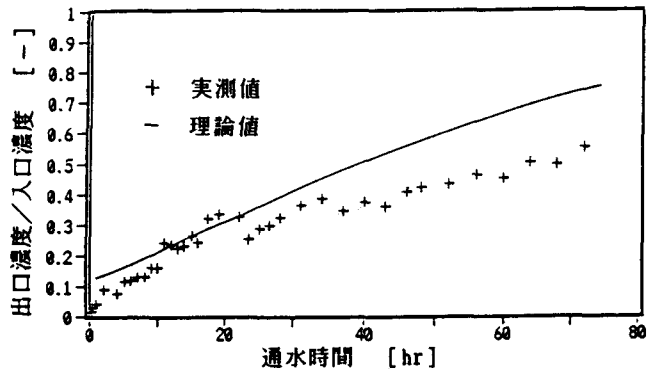


図3 実測値と理論値の破過曲線