

VII-97

粉末活性炭・膜分離処理における微量有害成分の除去

岐阜大学大学院 学生会員○有我清隆

岐阜大学工学部 正会員 松井佳彦

岐阜大学流域環境研究センター 正会員 湯浅 晶

1.背景と目的

膜分離処理は急速ろ過等従来の固液分離処理と比較して、①運転の自動化が可能、②設置面積の縮小化、③薬品注入が不要といった特徴を有する。しかし単独では膜の分離孔径以下となる溶解性成分の除去が不可能で、近年問題となっている水道水源の汚染に伴う農薬、フミン質等の流入に対応するために、活性炭処理等でシステムを調整する必要がある。本研究は、粉末活性炭添加を伴う膜分離処理における溶解性微量有害成分の除去性の予測モデルを作成し、粉末活性炭・膜分離処理による除去性の評価を目的としている。

2.方法

(1)粉末活性炭・膜分離処理のモデル化

図1に粉末活性炭・膜分離処理の流れを示す。粉末活性炭を添加する原水タンクを完全混合槽、原水循環ループと膜モジュールを合わせて1つの完全混合槽として、直列した2槽の完全混合槽としてモデル化する。両槽における粉末活性炭の寿命を滞留時間分布により記述し、吸着除去過程のモデル化を行う。

粉末活性炭を連続的に添加した場合、膜モジュール内の活性炭濃度、および溶解性微量有害成分の流出濃度は図2のように変化する。ろ過の進行と共に、粉末活性炭が膜モジュール内に蓄積するため、流出濃度は徐々に低下する。流出濃度は、ろ過工程終了時に最低となり、逆洗によって蓄積した粉末活性炭は排除される。

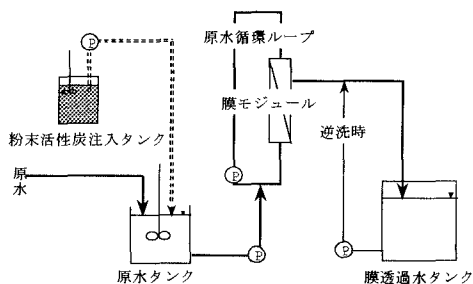


図1 粉末活性炭添加を伴う膜分離処理のフロー

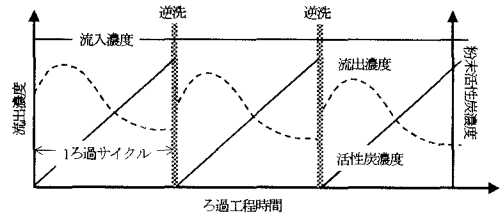


図2 活性炭濃度、流出濃度の挙動

(2)吸着反応のモデル化

吸着反応に関するモデル化としては、吸着平衡と吸着速度に分けて考える。吸着平衡は、単成分吸着等温線として Freundlich 式を代入した理想吸着溶液理論を適用して、着目する微量有害成分と一般有機成分の2成分吸着競合モデルを考える。一般有機成分の吸着平衡係数の記述には、等価バックグラウンド成分法(EBC 法)を適用する。また吸着速度のモデル化には、液相膜、固体相膜による直列線形推進力近似モデルを適用する。

3.実験によるモデルの確認

岐阜県美濃加茂市山之上浄水場、愛知県名古屋市錦屋上野浄水場、滋賀県長浜市下坂浜浄水場に設置された限外ろ過パイロットプラントを対象として、農薬のシマジンが流入した場合について粉末活性炭・膜分離処理によるシマジンの除去性の予測を行った。

(1)吸着平衡・速度係数の推定

蒸留水と美濃加茂原水中のシマジンの回分式吸着平衡実験を行い、シマジン、一般有機成分の吸着平衡係数を求めた。図3に蒸留水、美濃加茂原水中のシマジンの吸着等温線を示す。また、美濃加茂原水中のシマジンの回分式吸着速度実験を行い、シマジン、一般有機成分の液相膜物質移動係数 k_f 、固体相膜物質移動係数 k_s を求めた(表1)。

表1 シマジン、一般有機成分の吸着平衡・速度係数

	$K(\text{mg/g} \times \mu\text{g/L})^{1/n}$	$1/n$	$C_0(\mu\text{g/L})$	MW	$k_f(\text{cm}^2/\text{sec})$	$k_s(\text{cm}^2/\text{sec})$
シマジン	30.024	0.245	-	201.69	3.740×10^{-12}	4.008×10^{-11}
一般有機成分	295.442	0.220	170.08	1000	1.995×10^{-12}	5.671×10^{-11}

キーワード(活性炭, 粉末活性炭, 限外ろ過, 微量有害成分, 農薬)

連絡先(岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部土木工学科, tel 058-293-2448, fax 058-230-1891)

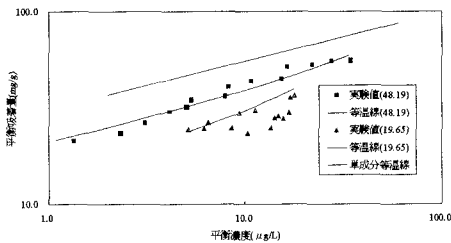


図3 蒸留水、美濃加茂原水のシマジンの吸着等温線

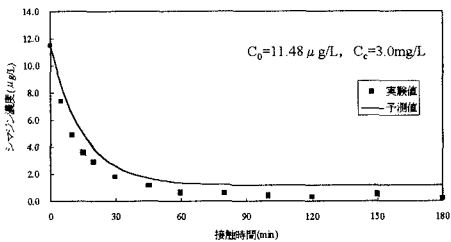


図4 美濃加茂原水のシマジン回分式吸着速度実験

(2) 粉末活性炭・膜分離処理によるシマジンの除去性の予測

(1)において算定した吸着平衡・速度係数を本予測モデルの入力として、シマジン流入濃度、活性炭濃度の異なる3つのケースについて、粉末活性炭膜分離処理によるシマジンの除去性の予測を行った。結果を図5に示す。

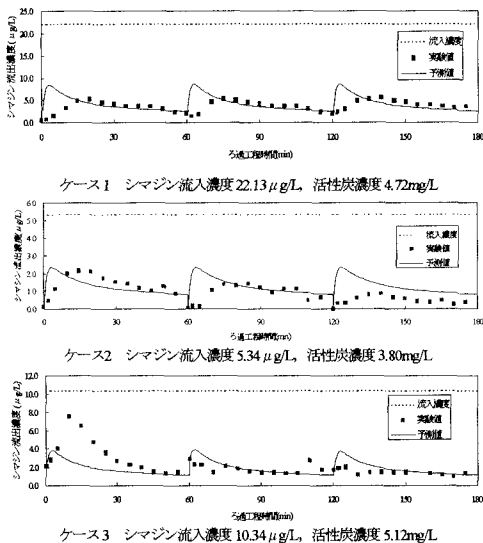


図5 粉末活性炭・膜分離処理によるシマジンの除去性の予測

ケース1～2ではろ過方式をクロスフロー、ケース3ではデッドエンドフローとしている。全体的な傾向として、シマジン流出濃度の実験値と予測値は良く一致しているが、各ろ過サイクルのろ過開始当初のシマジン流出濃度について予測値が実験値よりも若干大きくなった。その原因について、前ろ

過サイクルで蓄積した粉末活性炭が逆洗を行っても膜モジュール内に付着残留し、ろ過開始直後はそれらの残留した活性炭による吸着が進行したためと考えている。またろ過方式が異なるケース1、2および3についても、同一モデルによって同程度の精度で予測できているため、ろ過方式は除去性には特に大きな影響を及ぼしていないことが分かる。ろ過方式を問わず、本モデルによる粉末活性炭・膜分離処理の除去性の予測が可能であることが確認できた。

(3) パラメータの誤差が予測結果に及ぼす影響の評価

吸着平衡・速度係数を算定するための実験で発生した誤差が、シマジンの除去性の予測結果に及ぼす影響について評価する。評価方法はブートストラップ法による反復計算を行い、シマジン流出濃度の確率分布による評価を行う。ケース1～3についてシマジン流出濃度の確率分布を求め、その90%信頼区間を推定した(表2)。実験値は確率分布による信頼区間内に含まれず、若干低い値となった。この結果より、区間幅が最大で $0.21 \mu\text{g/L}$ と狭いことから、吸着平衡・速度係数の測定誤差の影響は、シマジンの流出濃度の予測値にあまり影響を及ぼさないことが分かる。信頼区間内に実験値が含まれなかったことは、膜モジュールにおける粉末活性炭の挙動つまりモデル自体の不完全に起因していると考えられる。

表2 シマジン平均流出濃度の90%信頼区間と実験値

	ケース1	ケース2	ケース3
5%～95% ($\mu\text{g/L}$)	4.59～4.65	1.28～1.43	1.79～2.00
区間幅 ($\mu\text{g/L}$)	0.06	0.15	0.21
実験値 ($\mu\text{g/L}$)	3.76	0.95	2.15

4. まとめ

本研究では、粉末活性炭・膜分離処理による溶剤性の微量有害成分の除去性を予測するモデルを作成し、限外ろ過パイロットプラントにおけるシマジンの除去性の予測を行った。吸着平衡・速度係数に含まれる誤差が本モデルの予測結果に及ぼす影響について評価を行い、実験によって決定される吸着係数自体に含まれる誤差が予測結果に及ぼす影響は小さいことが明らかになった。

参考文献

- 1) 真田雄三, 鈴木基之, 藤本薫, 活性炭, 活性炭 - 基礎と応用, 講談社, 1992.
- 2) Carlos Campos, Application of powdered active carbon to a flocculant blanket reactor - ultrafiltration process for the removal of natural organic matter and atrazine, 1996.
- 3) 村上征勝, 田村義保, パソコンによるデータ解析, 朝倉書店, 1988.