

し尿の高度処理における 活性炭吸着床の破過特性

岐阜大学大学院 学生員 ○伊藤慎悟
岐阜大学工学部 正会員 湯浅 晶

1. はじめに:

現在のし尿処理プロセス(生物処理)では処理水中にまだ高濃度の溶存有機物、無機溶解性物質、色、臭気などが残存しており、さらに凝集沈澱、砂り過、オゾン酸化、活性炭吸着などの高度処理を行うことが必要となることがある。

その中でも活性炭吸着は有機物除去、脱色、脱臭気において特に有効であることが知られている。

しかし経済性と処理効率を考えると活性炭吸着処理を単独で使用するより、活性炭吸着処理の前に他の高度処理を併用することが普通とされており、通常水処理システムには活性炭吸着処理の前処理として凝集処理が組み込まれることが多い。

本研究ではし尿の高度処理システムにおける凝集処理と活性炭吸着処理に注目し、凝集処理が後続の吸着固定層の活性炭の寿命に及ぼす影響について検討することを目的として、ミニカラムによる固定層吸着実験を行った。

2. 実験内容:

①凝集実験: 図-1に各務原クリーンセンターで採水したし尿の生物処理水を凝集実験した結果(塩化第二鉄の添加量とTOC残存量の関係)を示す。

この図よりPH3.5~5.5の範囲で塩化第二鉄を0.3g-Fe/l以上添加するとTOCの除去率はほぼ限界に達することが示される。

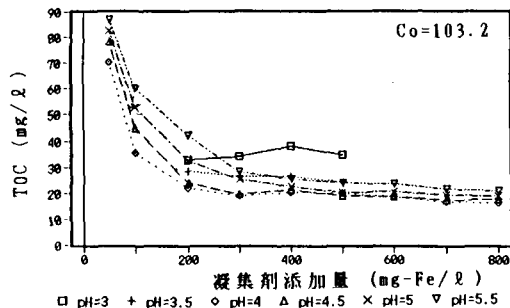


図-1 し尿の凝集実験

実験原水を採水した処理場では凝集剤として塩化第二鉄を0.56g-Fe/lを添加していることより、凝集によるTOCの除去率は十分に限界に達しているといえる。

②固定層吸着実験: 吸着実験は未凝集処理水(生物処理のみ)、凝集処理水(塩化第二鉄、Fe 0.56g/l)、希釈水(未凝集処理水を凝集処理水とほぼ同濃度のTOCとなるように希釈したもの)の3種類を流入原水としてミニカラムによる固定層吸着実験を行った。流入原水の初期濃度は表-1に示す。

表-1 実験原水の水質

	色 度	E260(1cm)	TOC(mg/l)
未凝集処理水	661.6	4.644	213.5
凝集処理水	137.6	1.426	70.34
希釈水	217.2	1.571	71.77

未凝集処理水と凝集処理水のTOC濃度を比較すると、凝集処理により原水初期濃度が1/3程度まで減少している。

また凝集処理水と希釈水のTOC濃度がほぼ等しくなるように設定してあるのだが、色度成分は希釈水の方が約1.5倍高い。

ミニカラムは内径6mm、外径8mmのテフロンチューブにより作成し、活性炭は粒径が実装置の約1/10である0.074~0.149mmのものを層厚10cmとなるように充填した。

表-2 実験条件

	① ミニカラム	② Scale up	③ 処理システム
活性炭粒径 : d ₅₀	0.074~0.149mm	1 mm	0.7~1.7 mm
固定層全長 : L	10 cm	400 cm	400 cm
空塔流速 : u ₀	5 cm/min	2 cm/min	8 cm/min
空塔滞留時間 : τ	2 min	200 min	平均 50 min
カラム内径	6 mm	—	—
空塔通水量	1.413 m ³ /min	—	—
活性炭量 ※	1.413 g	—	4500 kg

※ ρ_b = 0.5 (g-AC/cm³-bed)

ミニカラムによる実験条件を表-2 ①に示す。し尿処理水（生物処理）中には分子量の大きい成分が多く含まれていると考えられるので、活性炭吸着は粒内拡散律速で進行するものと考えられる。粒内拡散律速の場合のScale up/downの条件、(1)式に基づいて、①の実験条件を実装置規模に換算した例を表-2、②に示す。

$$Ds = \text{const} \ \& \ \tau \propto d^2 \quad (1)$$

表-2、③は実際のし尿処理場のシステムの運転条件の例を示す。本実験条件での空塔滞留時間は実装置換算で200分であり、実際の処理システムでの平均50分と比べると約4倍の長さに設定したことになる。

3. 実験結果及び考察:

ミニカラムによる固定層吸着実験の結果を図-2、図-3、図-4に示す。図-2は未凝集処理水と凝集処理水のT_{OC}破過曲線を比較したものである。

流出水のT_{OC}の制御目標濃度を仮に30mg/Lとするとその時点までの通水可能量（活性炭1g当たり）は未凝集処理水は70.8mL/g-ACで凝集処理水は1061.6mL/g-ACとなり、前凝集処理により処理水量が約15倍に増加していることから、凝集処理を行うことにより活性炭の寿命がかなり伸びることが明らかである。

図-2は凝集処理水と希釈水（未凝集処理水を凝集処理水の原水初期濃度とほぼ同濃度に希釈したもの）のT_{OC}破過曲線を比較したものである。両者の流入T_{OC}濃度がほぼ同濃度であるにもかかわらず、破過曲線曲線に大きな違いがみられることから、両者の水質は吸着性からみて明らかに異なるものであることが示される。

また活性炭の寿命を比較してみると、流出水のT_{OC}濃度30mg/Lになるまでの通水可能量（活性炭1g当たり）は希釈水は353.9mL/g-ACで凝集処理水は1061.6mL/g-ACであり、凝集処理水の方が約3倍多くの通水量を処理することが可能となっていることがわかる。これは凝集処理により活性炭への吸着性の悪い成分が除去されたか、または吸着性のよい成分に変質していることによると考えられる。

図-4は3種類の試料水について色度成分の破過曲線を比較したものである。原水を採水した処理場の放流水質の色度基準が25度であるので、色度25度までの処理水量（活性炭1g当たり）を比較してみると未凝集処理水が約0.7L/g-AC、凝集処理水が約14.2L/g-ACとなっており、凝集処理を行うことによって活性炭の寿命は20倍に伸びることが明らかである。

以上のように凝集処理をすることによりT_{OC}の除去と色度の除去からみた活性炭の寿命が大きく伸びることが明らかにされた。

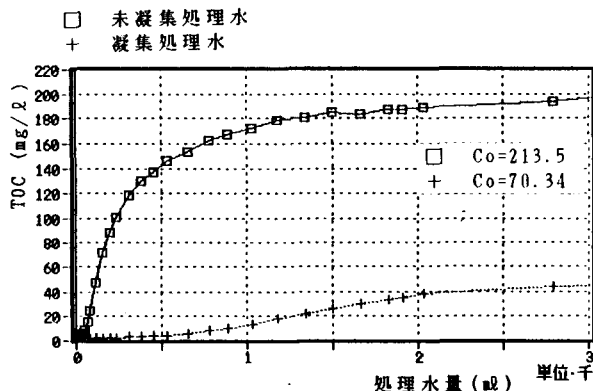


図-2 固定層吸着破過曲線 (T_{OC})

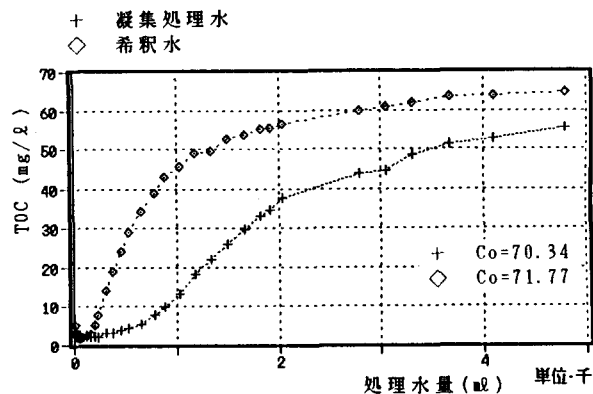


図-3 固定層吸着破過曲線 (T_{OC})

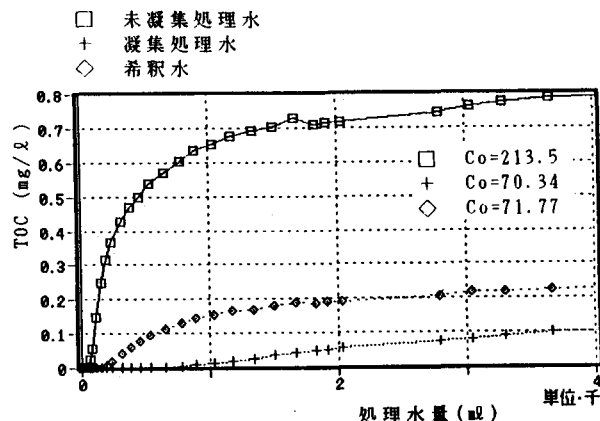


図-4 固定層吸着破過曲線 (色度)