

し尿処理過程におけるトリハロメタン前駆物質の挙動

東北大学工学部 学生員 ○柳 雄
東北大学工学部 正員 佐藤和明
東北大学工学部 学生員 吉村憲児

1. はじめに

近年、浄水行程中で行なわれる塩素処理によって、発がん性の疑いのあるトリハロメタン(以下THMとする)が飲料水中に生成されることが問題となっている。塩素と化合してTHMを生成する、水道原水中の有機物(THM前駆物質)の由来は、植物腐植質などの自然由来と都市排水などの人為由来に分けられるが、河川沿岸の都市化の進行と共に後者が重要になっていくと考えられる。したがってTHM制御を考える場合、都市排水中のTHM前駆物質の低減化が必要となる。本研究では、この都市排水のひとつであるし尿処理場に着眼し、処理方法として一般に普及している嫌気性消化法を対象とした、室内実験を行ないTHM前駆物質の挙動を検討した。まず、し尿を基質として回分実験を行ない、THM前駆物質の挙動を調べた。さらに、半連続実験を行ない滞留日数と前駆物質の関係を検討した。

2. 実験方法及び材料

(1) 回分実験……全容量120mlのバイアルを消化槽として用い、それを水温35℃に設定した振とう培養器にセットして撹拌させ、実験を行なった。種汚泥と生し尿の混合比は、RUN1が1:1、RUN2が1:2である。種汚泥、生し尿の性状を表-1に示す。生し尿は、処理場のスクリーンを通過したものを採取し、さらに連続実験装置内での閉塞を防ぐために5mmのフレイを通したものである。実験は、上記の比率に調整した混合液をバイアルに入れ、気相を混合ガス($N_2:CO_2=65:35$)で置換後、直ちに密栓し開始した。これらのバイアルから一定時間間隔でサンプリングを行ない試料とした。

(2) 連続実験……図-1に実験装置の概略図を示す。撹拌は発生した消化ガスを循環させて連続的に行なう。基質に用いたし尿は、(1)で述べた前処理を行なったものを冷蔵庫で保存したものである。実験は半連続実験であり、基質の投入は、1日1回とした。設定した滞留時間は、RUN1=7.5日、RUN2=15日、RUN3=30日、である。

(3) THM生成能について……THM前駆物質は、唯一種の有機物に限ることはできないので、単位有機炭素当たりのTHM生成量(以下THM生成能とする)をもって前駆物質の指標とした。THMを生成させるための塩素処理は、総有機炭素(TOC)=5%まで試料を希釈し、アンモニア性窒素に消費される分を考慮して、希釈試料アンモニア性窒素濃度の12倍量の塩素を注入して行なった。なおTHM生成能は、混合液(Total)、0.45μmメンブレンフィルター濾液(Soluble)の両者について測定した。THMの測定はヘッドスペース法を用いた。

表-1 種汚泥及び生し尿の性状

	種汚泥	生し尿
VFA (mg/L as HAc)	138	3776
TOC (mg/L)		
Total	3768	10778
Soluble	1228	2483
THMF (mg/L)		
Total	10.2	3.6
Soluble	10.4	7.3
Exp/STOC	17.6×10^{-3}	5.4×10^{-3}

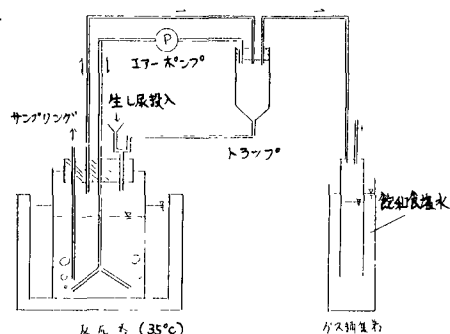


図-1 実験装置

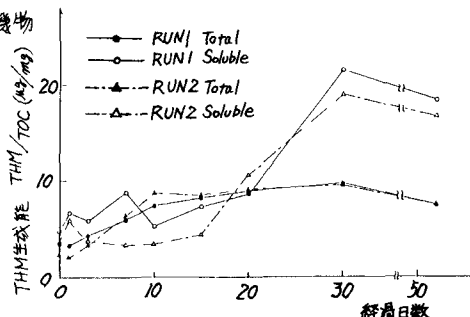


図-2 THM生成能経日変化

2. 結果及び考察

(1) 回分実験……表-1より種汚泥のTHM生成能が生し尿に比べて非常に高いことがわかる。特に、Totalにおいて高くなっており、種汚泥中の固形分がTHM前駆物質を多く含んでいることをうかがわせる。図-2に各RUNのTotal、Soluble THM生成能経日変化を示す。実験開始当初は、種汚泥と生し尿の混合比の影響がある程度見られるが、おおむね各RUNのTotal、Soluble THM生成能の挙動は類似している。つまり、Total THM生成能は10日目頃までの初期にその増加が目立ち、Soluble THM生成能は10日目〜30日目までの実験中期にその増加が顕著であった。いずれにしても嫌気性消化では、一般有機物に比べTHM前駆物質が除去されにくいことが認められた。図-3に、RUN 2のSoluble THM生成能、揮発性脂肪酸(VFA)、紫外吸光度 E_{260} 発現物質のSoluble単位有機炭素に対する存在比(E_{260}/SOC)の経日変化を示す。 E_{260}/SOC もTHM生成能同様の増加を示しており、 E_{260} 発現有機物が分解されにくいことを示している。また E_{260}/SOC は、THM生成能と相関があるといわれているが、本実験においてもそのような傾向が見られた。 E_{260}/SOC 、THM生成能が実験初期に低く抑えられているのは、固形分から、 E_{260} を発現せずTHM生成能も低いVFAとして有機炭素が溶解成分中へ移行してきたため見かけ上低くなっていると考えられる。

(2) 連続実験……各滞留時間(SRT)における、総有機酸(TOA)、メタンガス発生速度、の定常値を図-4に示す。SRT=0の点は投入生し尿の値である。RUN 1、RUN 2ではTOAの蓄積が見られるが、メタンガスの生成は比較的良好に起きている。RUN 3ではTOAがほとんど分解された。図-5に各RUNにおけるTHM生成能と E_{260}/TOC を示す。TOAのほとんどがVFAであるため、SRT=7.5日、15日では、SolubleのTHM生成能、 E_{260}/SOC は低く抑えられている。しかし実際の処理場ではSRT=30日で示されるような低いTOA濃度が実現されているので、Total、Soluble共THM生成能は増大してしまう。また、原水レベルでのTHM生成能(THM/TOCにTOC濃度を乗じたもの)は、図-6に示すようにSRTが長くなるほど低下しており、このことは、THM前駆物質がある程度は除去されていることを示していると思われる。

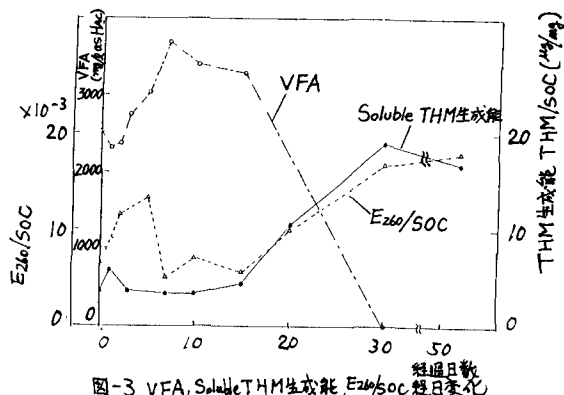


図-3 VFA, Soluble THM生成能, E_{260}/SOC 経日変化

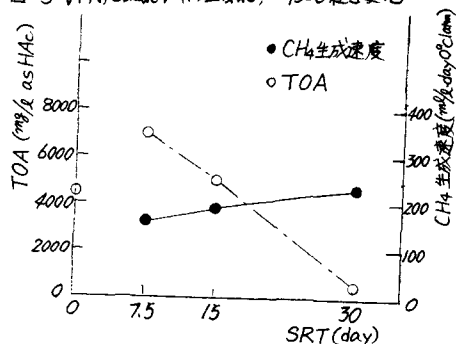


図-4 メタン生成速度, TOAとSRT

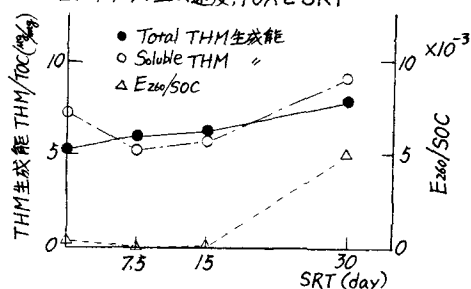


図-5 THM生成能 E_{260}/SOC とSRT

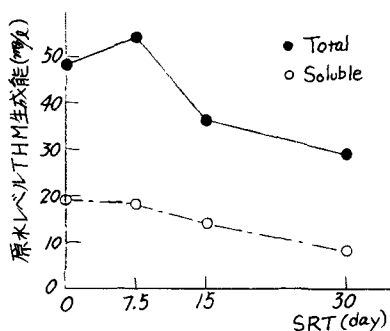


図-6 原水レベルTHM生成能とSRT