

B-25 流入下水中の有機物粒子サイズと回分式活性汚泥による分解特性

東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻 ○ペツ ペンシャイ

同上

古米 弘明

同上

中島 典之

1. はじめに

流入下水中には様々な有機物質が混合しており、下水処理の運転条件を決定する際、その組成や分解特性は重要な要因となる。従来では、これらの有機物質を標準的な下水処理過程に関連づけて、沈殿池で除去される沈降性粒子物質以外のものを反応槽では一括して処理対象に捉え、運転条件を考慮しているが、この考え方では十分ではない場合がある。例えば、小規模下水処理施設に導入されている回分式活性汚泥法では、流量調整槽と沈砂池のみで沈殿池を有しておらず微細スクリーン処理のみで直接下水が反応槽に導入されて処理される。また小規模下水道では、排出から施設流入までの時間が短く、有機物の分解が進行しないまま流入するため、反応槽では沈降性粒子物質を含め下水の組成を十分に把握する必要があると考えられる。そこで、本研究は小規模下水処理施設へ流入する実下水を対象に、下水中の有機物粒子サイズと活性汚泥法における酸素消費速度との関係を調べ、最終的には下水処理の最適条件を検討するための有機物組成成分のあり方について考察を行った。

2. 実験方法

2.1 流入下水の分画と分析

流入下水のサイズによる分画において、有機物分解を担う細菌のサイズに注目することにした。一般に言われている細菌サイズ(1~数 μm 程度)を目安に、それより大きい沈降性粒子画分、ほぼ等しい粒子サイズ画分、そして溶解性画分を想定して、流入下水を図1に示すような手順で分画して、その組成を調べた。

まず、2mm メッシュの篩で髪の毛などの夾雑物を除去してから、下水試料を十分混合している状態で1L シリンダーに入れ30分静置した。サイフォンで上澄を回収し、21,490 $\times$ g 5分で高速遠心分離した後、上澄を溶解性画分(D)として確保した。残りの沈殿物については超純水を入れて同じ条件で再度遠心分離して、沈殿物を微粒子画分(C)として回収した。一方、30分静置沈殿物については、2,152 $\times$ g 15分で遠心分離した後、上澄を捨て超純水を入れて、同じ条件で再度遠心分離してから沈殿物を沈降性粒子画分(SS)として回収した。

各画分の有機物組成分析として、全有機炭素(TOC)、タンパク質、炭水化物、有機酸の分析を行った。また、窒素組成(全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素)とリン組成(全リン、リン酸態リン)も調べた。なお、分析方法は分析結果をまとめた表1に示している。

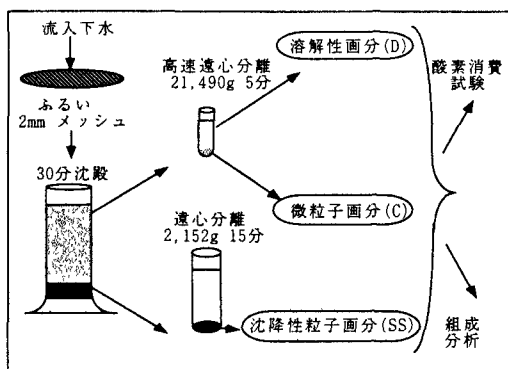


図1 流入下水の分画手順

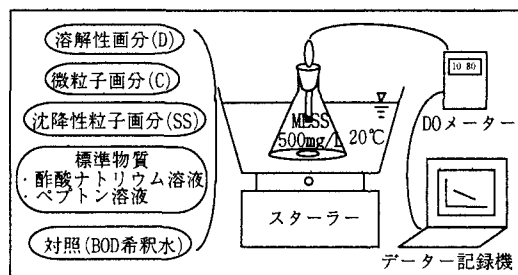


図2 酸素消費速度実験装置

2.2 各画分の酸素消費速度試験

ここでは好気分解速度に注目し、各画分の酸素消費速度の違いを調べた。ただし、測定値は実験に供した活性汚泥の性状により変動することが予想され、一般的な比較が困難となる。そこで、活性汚泥の性状情報として、内生呼吸速度を測定するために BOD 希釈水添加の試験と、標準有機物として酢酸ナトリウムとペプトンについても同様な試験を行った。酸素消費速度試験装置を図 2 に示す。300ml 容の三角フラスコ中に、各検体試料液（TOC 20 mgC/L 程度）を BOD 希釈水と混合するなどして準備し、純酸素で 1 分程度曝気して DO を 15mg/l 程度まで上昇させた。汚泥濃度は、遠心分離した活性汚泥を用いて 500mg/L 程度になるように調整した。20℃一定の条件で DO メータにて 2 秒おきにフラスコ内の DO を測定した。測定結果から、初期の直線的な 5 分間の DO データについて回帰分析し直線の傾きを求め、MLSS 濃度を考慮して比酸素消費速度を計算した。なお、本試験に使用した活性汚泥は、実都市下水に酢酸を少量添加した原水を処理している 100L 回分式活性汚泥処理装置のものである（SRT8 日、HRT20 時間）。その処理過程は、6 時間サイクル（攪拌 2 時間、曝気 3 時間、沈澱排水 1 時間）として、攪拌初期 1 時間に下水を流入させている。

3. 結果と考察

3.1 流入下水の有機物、窒素及びリン組成

各分画の分析結果を表 1 に示した。なお、蛋白質、炭水化物濃度を炭素基準に換算するために、それぞれの検量用標準物質の炭素含有率を用いた。まず、図 3 に各画分ごとの有機物濃度を示す。1998/4/23 と 1998/5/14 下水の全有機物濃度は、156mgC/L と 160mgC/L と同程度であった。船水ら¹⁾の COD 濃度での調査結果（170～220mg/l）と比べると、下水の C/COD 比の与え方にもよるが、本下水試料は有機物濃度が高い。さらに分画した SS:C:D 画分の割合が各下水それぞれ 6:1:1 と 5:1:1 であることから、本下水は沈降性粒子物質成分が多いため高有機物濃度になっていることがわかった。次に、コロイド成分に対応すると考えられる C 画分は、溶解性の D 画分と存在割合は同程度であり、組成割合として無視できないと思われる。一方溶解性部分については、都市下水と家庭下水に関して土木

表 1 流入下水各分画の組成分析結果

各画分	組成	分析項目	分析方法	分析結果	
				4/23 下水	5/14 下水
沈降性粒子画分 SS (Settling Solid)	有機物 (mgC/L)	蛋白質	Lowery 法	45	47
		炭水化物	フェノール硫酸法	20.3	19.6
		全有機炭素 (TOC)	CN コーダー	116	112
	窒素 (mgN/L)	全窒素 (TN)	CN コーダー	14.4	14.0
	リン (mgP/L)	全リン (TP)	硝酸と硫酸分解法	2.8	2.7
微粒子画分 C (Colloidal)	有機物 (mgC/L)	蛋白質	Lowery 法	10.8	12.5
		炭水化物	フェノール硫酸法	3.57	5.37
		全有機炭素 (TOC)	TOC 計	19.6	25.1
	窒素 (mgN/L)	全窒素 (TN)	紫外線吸光度法	1.1	1.6
	リン (mgP/L)	全リン (TP)	ベルオキシソ二硫酸 カリウム分解法	0.2	0.7
溶解性画分 D (Dissolved)	有機物 (mgC/L)	蛋白質	Lowery 法	10.4	10.3
		炭水化物	フェノール硫酸法	3.01	2.92
		有機酸	HPLC 法	不 検 出	不 検 出
		ギ酸			
		酢酸			
		プロピオン酸			
		酪酸			
		吉草酸			
		乳酸		5.39	6.09
		全有機炭素 (TOC)	TOC 計	20.8	22.1
	窒素 (mgN/L)	アンモニア態窒素 (NH ₄)	インドフェノール法	22.3	24.1
		亜硝酸態窒素 NO ₂	キャピラリー電気泳動法	不検出	不検出
		硝酸態窒素 NO ₃			
	リン (mgP/L)	全窒素 TN	紫外線吸光度法	26.2	27.0
		リン酸態リン PO ₄	キャピラリー電気泳動法	1.90	2.15
		全リン TP	ベルオキシソ二硫酸 カリウム分解法	3.4	3.2

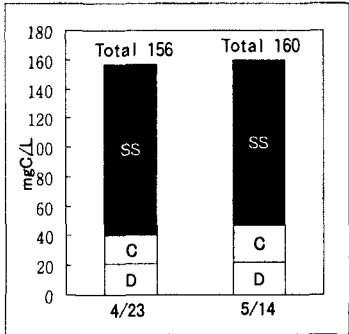


図 3 流入下水のサイズ別画分中の全有機物

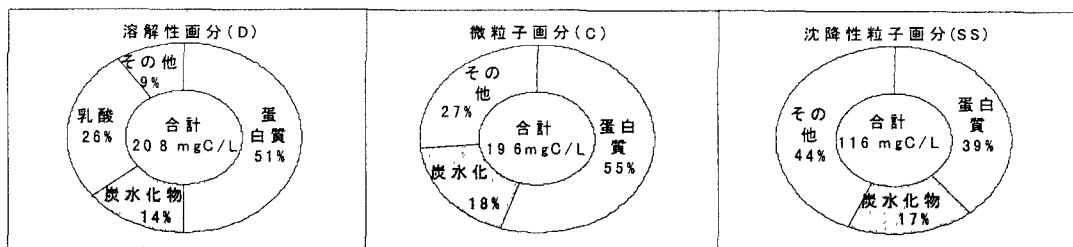


図4 流入下水のサイズ別画分中の有機物組成

次に、4/23の下水について各画分中の有機物組成の結果を図4に示す。蛋白質に関してはどの画分でも主要な構成有機物であり、特にD画分とC画分では、脂質などを含むその他を考慮しても、ともに一番大きい割合(51%、55%)を占めている。また、炭水化物に関してはどの画分でも15~20%の範囲にあり、さほど大きな割合を占めていない。このような組成傾向は、5/14の下水にも見られた。したがって、春期の下水2データに限られているが、有機物の構成割合としては、D画分では蛋白質>乳酸>炭水化物>その他、C画分では蛋白質>その他>炭水化物、SS画分では蛋白質=その他>炭水化物の順であると想像される。

3.2 酸素消費速度試験結果

酸素消費速度試験の結果を図5に示した。D画分、C画分、SS画分の酸素消費速度はそれぞれ54、26、30 mgO₂/gMLSS/hと測定された。溶解性有機物のD画分の酸素消費速度は、ペプトン溶液の場合より大きく酢酸ナトリウム溶液と同程度である。また、C画分とSS画分の酸素消費速度はこれらの標準溶解性有機物のより低いことがわかった。また、3つの画分を比較した結果、C画分とSS画分の酸素消費速度は同じ程度であるのに対して、D画分の酸素消費速度はこれらの約2倍の値を示した。このことから、春期の流入下水において粒子サイズがD画分より大きい物質は、その大きさに関係なく好気工程において同じ速度で酸化分解され、さらにその速度はD画分の1/2程度であることが想像される。

したがって、酸素を利用した分解に関しては、溶解性物質以外の懸濁態有機物を沈降粒子とコロイドレベルに分けて議論する必要はないと考えられる。しかしながら、窒素除去に関わる無酸素状態やリン除去に関わる嫌気状態でのコロイド性成分の重要性を検討する余あるものと思われる。

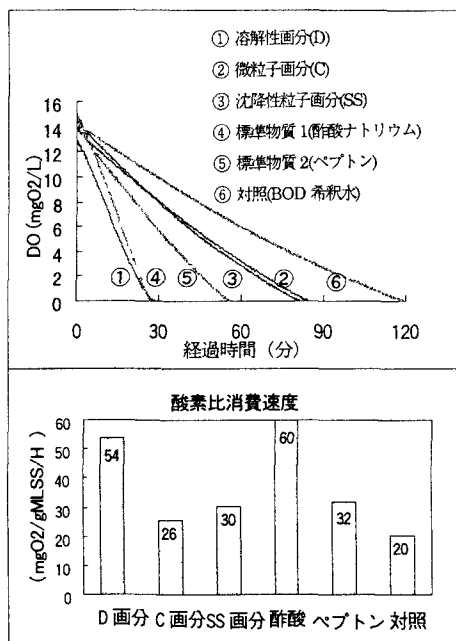


図5 酸素消費試験の結果

4. まとめ

本実験では、小規模処理施設へ流入する実下水を対象に、その有機物粒子サイズに着目した成分分析と活性汚泥法における酸素消費速度との関係を調べた。その結果、従来の都市下水で報告されている性状に比べ沈降粒子状の有機物が多いこと、さらには30分沈澱画分とその上澄みにあるコロイド成分とは同程度の酸素消費速度を有しており、下水の溶存有機物のそれと比較すると1/2程度であることを確認した。今後、これらの有機物画分について、栄養塩類の除去との関連でさらに分解特性を評価を行い、最終的には嫌気好気運転の回分式活性汚泥処理に関して、流入下水組成から最適運転管理について検討する基礎的な知見を得ること計画している。

参考文献

- 1) 船水ら (1997) 栄養塩除去プラントシミュレーションのための下水質と汚泥質の推定、第33回環境工学研究フォーラム講演集、p117~119
- 2) 土庫研究所 (1979) 『下水下水処理場および公用水域における有機汚濁物質の分解過程に関する研究』報告書、p113-1~113-29