

セクター方式による糸状性バルキング制御に関する一考察

北海道大学工学部 寺町和宏
高桑哲男

1. はじめに 都市下水の活性汚泥処理における糸状性バルキング制御に関して種々の方法・考え方が出されてきたが、糸状性細菌とフロック形成細菌のどちらが優占するかという観点から基本的に重要な考えはChudoba¹⁾・²⁾による濃度勾配説(エアレーションタンク水理条件)であり、セクター方式の根拠となっている。Lee⁴⁾、Nieberk⁵⁾、Daigger⁶⁾は汚泥を返送するが水理学的平均滞留時間(HRT)が非常に短いセクター方式の検討を行って一定の成果を報告している。ここでは、比較的短いSRT(Solid Retention Time)の汚泥のSVIが低い⁷⁾・⁸⁾ことや予備的な実験でセクターのHRTが長く、かつ、汚泥を返送しないほうがバルキングを抑制できたことから無返送の長HRTセクターによる処理実験を行った結果について報告する。セクター方式は容量が同じエアレーションタンクに対してセクターのHRTが異なる場合とセクターのHRTがおなじでエアレーションタンク容量が異なる場合ならびにセクターへの返送がある場合についても検討を行った。また、対照実験として4槽標準活性汚泥法を運転した。

2. 実験方法 実験に用いた家庭下水は排水人口が1万8千人規模の住宅団地中継ポンプ場において下水濃度が高い午前9時～10時と午後8～9時の流入下水であり、約1週間に1度の割合で晴天日に採取した。これを等量混合した下水を1～2℃の実験室冷室にストックしておき、およそ20～70時間静置沈澱したタンク上澄水を供試下水とし、冷室より直接定量ポンプでセクタータンクに注入した。水温は $17 \pm 1^\circ\text{C}$ 、DOは 4 mg/l 以上に保った。実験装置の例を図-1に示す。同図(i)は無返送セクター方式(以下では単にセクター方式と呼ぶ)であり、これを以下では方式S2A2と略記する。同図(ii)は各2lのエアレーションタンクによる4槽標準法であり、以下では標準法と呼びA2×4と略記する。日常の運転管理として各セクター内壁は毎日1回、エアレーションタンク内壁は2日に1度の割合でブラシでこすって付着微生物を落とした。また、下水流入ホースは3日に1度の割合で100℃の熱湯を流して洗浄した。汚泥返送率は $25 \pm 3\%$ とした。MLSSは3000rpm 3分間の遠心分離法で行い、溶解性有機物濃度の測定には14,000rpm15分間の遠心分離上澄液を試料とし、重クロム酸法CODを用いた。有機物負荷(kg-COD/kg-MLVSS・日)はセクターとエアレーションタンクの両汚泥量を合わせて算定した。

3. 実験結果と考察

3-1 各処理方式における有機物負荷とSVIの経日変化の概要(Run I)

(1)方式A2×4と方式S2A2(運転日数0～37日) 実験開始時の処理方式は全容積が8lの標準法A2×4と全容積が4lのセクター方式S2A2の2つであり、下水流量は始め 14 ml/分 、運転日数8日から方式A2×4で 18 ml/分 に上げ、23日からはいずれも 18 ml/分 とし、以後の実験はすべてこの流量で行った。実験結果を示した図-2で運転日数11日以降の両方式を比較すると、セクター方式の有機物負荷は標準法の約2倍だったにもかかわらずSVIは低く、標準法は有機物負荷が1～2(kg-COD/kg-MLVSS・日)の範囲で徐々にSVIが上昇して運転日数30日以降は激しいバルキングが起こった。

(2)方式S2A2×3～S4A2×2と方式S2A2(運転日数37～52日)

運転日数37日より標準法の第1槽をセクターとし、その後さらに第1、第2槽をセクターとして運転した。その結果は方式S2A2に較べて有機物負荷が約1/2だったにもかかわらず明らかなSVIの低下はみられなかった。ここで、方式S2A2のSVIがおおよそ300～450の範囲で比較的安定したのが特徴的であ

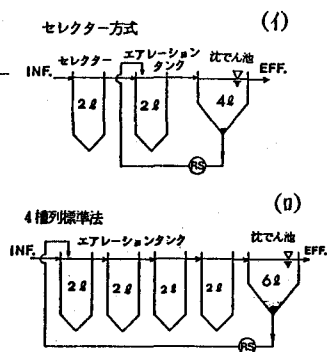


図-1 実験装置

り、その理由について後で考察する。

(3)方式S2A2と返送セクター
方式R2～8%S2A2（運転日
数45～59日） 運転日数45日より
方式S2A2の余剰汚泥を種汚
泥としてセクターに2%返送す
る方式（図中△印、R2%S2A
2と記す）を開始した。さらに52
日より返送率を上げて4%にする
とともに方式S4A2×2を方式
R8%S2A2としてセクター
返送率が0、4、8%の3条件で
並行運転した。図の結果をみると
3者で有機物ほぼ同じだったにも
かかわらずセクターへの汚泥返
送率が高かった方式ほど早く
SVIが上昇した。

(4)全容積に対するエアレーション
タンク容積比率が異なる場合の比
較実験（運転日数58～90日）
運転日数58日より、バルキングが
起こった方式R8%S2A2をセ
クター容積が6ℓの方式S6A
2に変更するとともに方式R4%
S2A2をエアレーションタンク
容積が6ℓの方式S2A6で運転
した。その結果、前者は急激にS

VIが低下したのに対し、後者は前者より有機物負荷が低かったにもかかわらず2日間でSVIが1000を超える激しいバルキングが起こった。沈降性が良好だった方式S6A2を運転日数74日からセクター容積を1/2にした方式S3A2と方式S3A5を較べると、後者のSVIは徐々に低下した。さらに運転日数90日より方式S3A6をR3%S3A6で運転した結果SVIは150から約500まで上昇した。一方、方式S3A2は95日より方式S6A2で運転した。その結果SVIは500からおおよそ150まで低下して安定した。運転日数112日より方式S6A2の余剰汚泥を種汚泥として方式R2%S6A2を開始した。図の結果で明らかにセクターに返送した場合は対照系より有機物負荷がより低かったにもかかわらずSVIが上昇してバルキングが起こった。この方式を118日より方式S6A2で運転した結果、再びSVIは低下した。

(5)セクターの基質除去について

除去可能溶解性基質はCOD_r基準で算出して、セクターの容積が2、3、6ℓの各場合でそれぞれ57、65、73%であった。表-1には各方式におけるセクター内汚泥の一次反応比基質除去速度定数を示した。この結果から、セクターに返送した汚泥は無返送セクター内汚泥に匹敵するような基質除去活性をもたないことがわかる。

3-2 方式S2A6とS2A2の比較実験(Run II)

運転日数20日までは方式S4A2で、以後は方式S2A2で運転した結果を示した図-3をみると、両方式

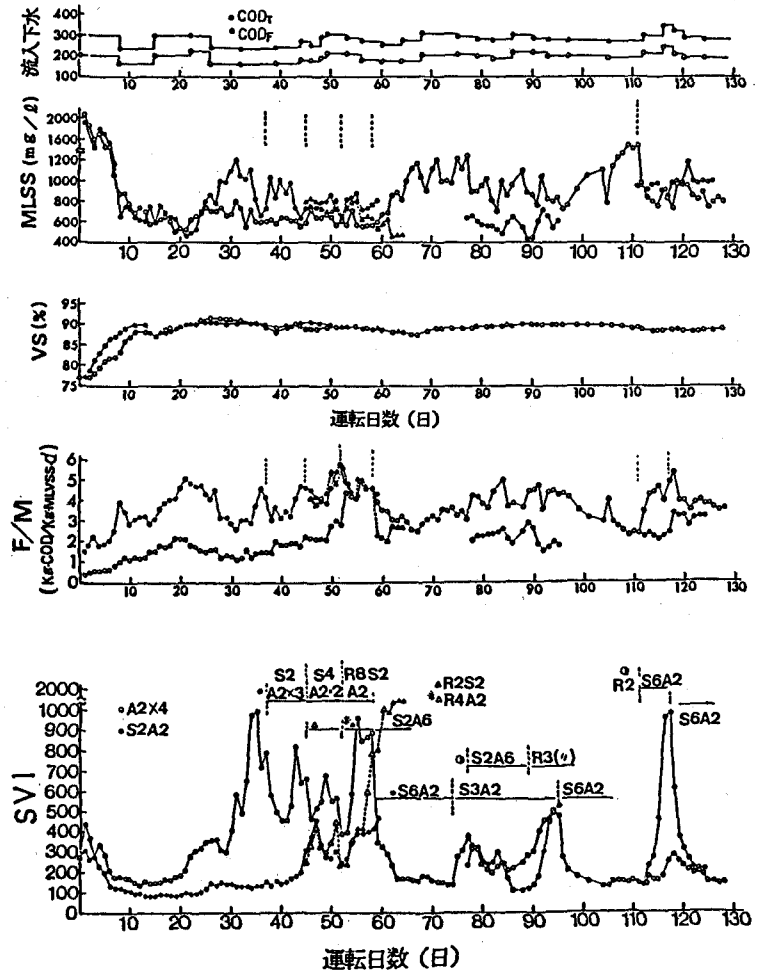


図-2 実験結果(Run I)

を通してSVIはおおよそ110～250の範囲にあって比較的安定していた。一方、38日より方式S2A6を運転開始した結果、方式S2A6は有機物負荷が方式S2A2に較べてかなり低かったにもかかわらず徐々にSVIが上昇して激しいバルキングが起こった。前項の結果と合わせて短HRTの場合、エアレーションタンクの有機物負荷が低くてSRTが長いほうの方式でバルキングが起こることが明らかである。そこで、以下では短HRT方式におけるSRT、SVIおよびエアレーションタンクで増殖する微生物量の関係について考えてみる。まず、本実験のすべてのセクターにおいて長い糸状体を有する糸状性細菌は非常に少なかったのでバルキングはエアレーションタンクで増殖した糸状性細菌によると考えることができる。両方式のSRTは沈澱池を含めた系内汚泥量がエアレーションタンク内汚泥量に対して方式S2A6で1.2倍、方式S2A2で1.5倍と見積もり、余剰汚泥発生量から算出すると、それぞれ2.61、1.56日と得られた。このとき、流入全COD当りのみかけの汚泥転換率はそれぞれ0.26、0.30であり、除去全COD当たりではそれぞれ0.306、0.318となる。この値と流入下水の溶解性COD割合を参考にして溶解性COD当りのみかけの転換率をそれぞれ0.23、0.25と仮定して算出したエアレーションタンクまわりの溶解性COD基準の汚泥増殖量ならびに全COD基準の汚泥発生量に占める割合を表-2に示した。表の結果をみると全汚泥発生量に占める溶解性有機物による汚泥発生量の割合は両方式で大きな差はなかった。このことと両方式でSVIが大きく異なったことならびに河野⁹⁾による糸状体量が2.1%でSVIがおおよそ200という知見を考え合わせると方式S2A2では糸状性細菌はあまり増殖しない、方式S2A6では相当量の糸状細菌が増殖したと考えることができよう。

4. おわりに 無返送セクター方式で家庭下水の処理実験を行い、各種条件について以下の結果を得た。(1) HRTが1.85、3.7、5.56hrの無返送セクターの効果は長HRTほど糸状性バルキング抑制効果が高かった。一方汚泥返送率が2～8%の返送セクターの場合はその効果がなかった。(2) 無返送セクターHRTが同じ1.85hrでエアレーションタンクHRTが1.85hrと5.56hrで3倍異なる条件ではSRTが長く、かつ、有機物負荷が低いほうでバルキングが起こり、SRTが短くて有機物負荷が高かったほうの沈降性は比較的良好だった。

- 1)、2)、3) Chudoba; Wat. Res., Vol. 7, pp. 1163(1973a), Vol. 7, pp. 1389-1406(1973b), Vol. 8, pp. 231(1974)
4) Lee; Wat. Sci. Tech., Vol. 14, pp. 407-427(1982) 5) Nieberk D. J.; J. W. P. C. F., Vol. 59, No. 5(1987)
6) Diggar; J. W. P. C. F., Vol. 57, No. 3(1985) 7) Lesperace T. W.; W. W. & W. E., Vol. 2, No. 5, pp. 52-55(1965)
8) Bisogni J. J.; Wat. Res., Vol. 57, No. 3(1985) 9) 河野哲郎; 第17回衛生工学研究討論会, pp. 175-180(1981)

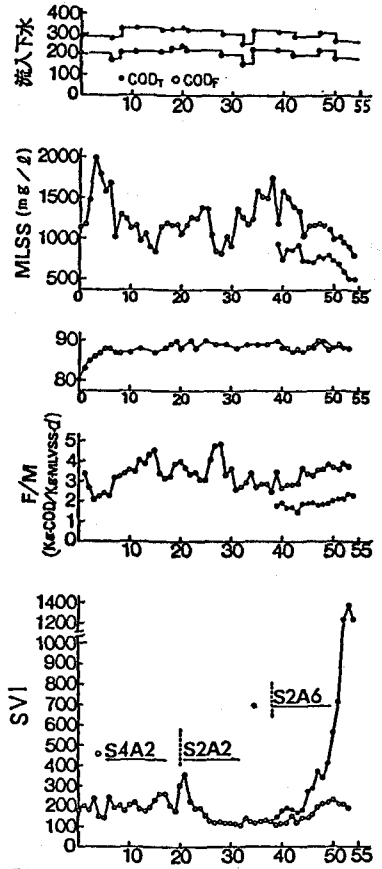


図-3 運転日数(日)
実験結果(Run II)

表-1 各種セクター活性汚泥の比基質除去速度定数

方式	測定日	COD _p (mg/l)	セクター			
			HRT (hr)	COD _p (mg/l)	MLSS (mg/l)	K (1/hr·g-MLSS)
S2A2	24	220	1.85	132	80	4.9
S2A6	60	170	1.85	106	70	4.8
S2A6	86	210	1.85	120	100	5.1
S3A6	82	185	2.78	103	70	4.1
S4A2×2	48	177	3.70	92	70	3.4
S6A2	64	190	5.56	84	80	2.5
S6A2	96	198	5.56	89	75	3.2
R2S2A2	50	195	1.82	110	120	2.7
R4S2A2	55	180	1.78	96	200	1.4
R8S2A2	55	180	1.71	90	280	0.9
R3S2A6	93	198	1.86	100	190	1.5

表-2 エアレーションタンクまわりの溶解性COD基準の汚泥発生量とその全汚泥発生量に占める割合

方式	SRT (day)	COD _p (mg/l)			COD _p 基準の汚泥 発生量 C (mg/l)	C×100 全汚泥発生量 (%)
		セクター:A	17V-ジョウホク:B	A+B		
S2A6	2.61	110	45	65	15.0	17.8
S2A2	1.56	110	55	55	13.8	14.5