

北海道大学 寺町和宏
高桑哲男

1. はじめに 回分処理方式は高い有機物負荷（以下ではF/M比と記す）であっても良好な沈降性を保ち、完全混合方式では非常に低いF/M比であってもバルキングが起こることが知られている。前者の活性汚泥は高基質濃度下で大きい増殖速度を、後者では低基質濃度下で小さい増殖速度を有すると考えられ、特徴的な両処理方式における増殖をここではそれぞれ回分型増殖および完全混合型増殖と呼ぶ。多段活性汚泥法はそれらの間にあると考えることができる。前報¹⁾では種々の処理方式における活性汚泥の比増殖速度とバルキングの関係を整理した。同結果によれば、たとえば、活性汚泥濃度が高い場合や高分子有機物などのように除去速度が遅い有機物を含む場合はいずれもバルキングが起こり易いことが予想される。また、低水温はタンク内の基質濃度勾配が多段型に形成されるためバルキングは起こり難い、あるいは低分子有機物のように除去し易い有機物ほど完全混合型増殖のバルキングが起こり易いとも考えることもできる。これらを明らかにするために多段方式の処理実験では、除去し易い有機物として酢酸、除去し難い有機物として溶性でんぷん、それらの中間としてグルコースを考えるとともに分子量の大きさの影響を考えるための一つとして酢酸（CH₃COOH）を含む下水と酪酸（CH₃CH₂CH₂COOH）を含む下水の比較を試みた。また、通常の各タンクHRTとその水質から求められる比COD除去速度のほかに回分実験からの基質除去速度を用いて上記二つの増殖様式とバルキングの関係を考察し、F/M比、水温および下水の種類に関する影響の全体的な説明を試みた。

2. 実験方法 人工下水はCOD基準でいずれもペプトン50%で一定とし、これに酢酸（Na塩；A）、グルコース（G）、溶性でんぷん（S）、酪酸（Na塩；B）をそれぞれ等濃度混合した組成である。たとえば、AP下水は酢酸50%とペプトン50%、GAP下水はグルコースと酢酸がそれぞれ25%、ペプトンが50%から成る。上記の他にGP下水、SAP下水、BP下水そしてGAS P下水の計6種類を用いた。流入CODは200 mg/ℓ、下水流量は15ml/分、汚泥返送率は27±3 %とした。以下では容積0.5 ℓ 3槽と5 ℓ 1槽から成る処理方式を3×0.5 +5 のように略記し、またこれを単に方式0.5と呼ぶ。水温は10℃、15℃および20℃で行った。

3. 実験結果と考察

AP下水を用いて開始した各実験結果について、運転日数、下水の種類、処理方式、水温、F/M比およびSVIを表-1にまとめて示した。まず、水温が20℃のAP下水では、AP下水はこれまでの結果すなわちGP下水やGAS P下水においてバルキングが起

表-1 各種下水における処理条件と沈降性の結果

運転日数(日)	下水の種類	処理方式	水温(℃)	F/M	SVI	運転日数(日)	下水の種類	処理方式	水温(℃)	F/M	SVI
0~10	AP	3×0.5+5	20	1.0	220	3~10	AP	3×0.5+5	20	0.5	265
10~17	"	2×1+5	"	0.9	180	10~19	"	"	15	0.8	215
17~25	"	2+5	"	0.9	240	10~15	"	4×0.5+6	10	0.6	200
25~33	GAP	2×1+5	"	0.8	140	15~21	"	2×1+5	"	0.7	175
33~37	"	2+5	"	0.8	500	21~28	"	2+5	"	0.6	170
20~27	SAP	2×1+5	"	0.7	345	28~34	GAP	2×1+5	"	0.7	160
27~31	"	3×0.5+5	"	0.8	550	0~9	BP	2×1+4	20	0.8	420
0~9	AP	2×1+5	"	0.9	185						

有機物負荷 (kg-COD/kg-MLVSS・d)

こり易かった処理方式の方式1や方式2でも比較的良好な沈降性を保った。方式2ではSVIが240でやや高かったが、糸状性細菌の存在は極僅かであった。次に、水温が10℃のときは、方式1および方式2いずれの場合も良好な沈降性を保った。25日より開始したGAP下水（20℃）方式1では良好な沈降性を保った。33日からの方式2では、AP下水の場合とは異なり、激しいバルキングが起こった。低水温の実験として同GAP下水による10℃方式1の結果は良好な沈降性を保った。このように、低水温は直接バルキングの原因

にはならなかった。20日より方式1でSAP下水(20℃)を開始した。その結果、AP下水やGAP下水とは異なり、バルキングが起こった。27日より、方式0.5を運転したが沈降性は改善せずSVIはさらに上昇した。以上の結果、AP下水、GAP下水、SAP下水の三者を比較した場合、バルキングはSAP下水、GAP下水、AP下水の順に起こり易いとみることができよう。図-1には水温20℃、処理方式は0.5と1におけるタンク第1

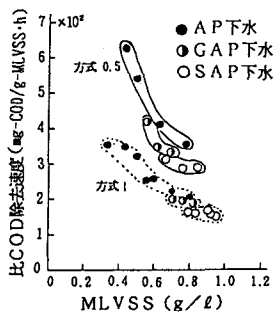


図-1 各種下水におけるタンク第1槽MLVSSと比COD除去速度の関係

槽におけるMLVSSと比COD除去速度の関係を各下水について示した。AP下水で最も大きく次いでGAP下水、SAP下水の順となっている。これは活性汚泥の比COD除去速度が大きい程バルキングが起こり難いことを表しているといえよう。次に、GP下水による2×1+4(20℃)の結果を図-2に示す。0～12日の高MLSS運転の結果、SVIは約120で良好な沈降性を保ったのに対し、12日からの低MLSS運転の結果、激しいバルキングが起こった。この実験におけるタンク第1槽のCODは前者で14～16 mg/l、後者で16～22 mg/lであり、大きな差はなかった。したがって、活性汚泥の比COD除去速度は前者で小さく(140 mg-COD/g-MLVSS·h、以下同じ)、後者で200と大きく、比COD除去速度とバルキングの関係は前報のように説明できない。12日からの同じ方式で水温が15℃は良好な沈降性を保った。図-3には良好な沈降性を保った12日とバルキングが起こった20日にそれぞれ行った回分基質除去実験の結果を示した。図中に示したように、初期の比COD除去速度は前者が673に対し、後者は391であり、バルキングが起こったほうはかなり低値であった。このことから、高MLSSで低F/M比の活性汚泥はエアレーションタンクの基質除去からみればバルキングが起こり易い完全混合型増殖であるが、潜在的には比COD除去速度が大きい回分型増殖の特徴を有し、逆に、バルキングが起こった活性汚泥は潜在的には比COD除去速度が小さい完全混合型増殖の特徴を有しているとみることができよう。また、水温15℃の活性汚泥を用いた水温20℃の回分実験における初期COD除去速度は520であり、先のバルキングが起こった活性汚泥よりかなり高い値であった。次に、別に行ったAP下水とBP下水による比較実験の結果(表-1)、AP下水では良好な沈降性を保ったのに対し、BP下水ではバルキングが起こった。図-4にはバルキングが起こった方式1の活性汚泥による回分実験結果を示す。比COD除去速度は、GP下水の場合と同じように沈降性が良好だったAP下水で大きく、バルキングが起こったBP下水では小さかった。両者においてタンク第1槽の水質に差は無いので、この結果は前記GP下水の結果とほぼ同じとみることができよう。図-3にはGASP下

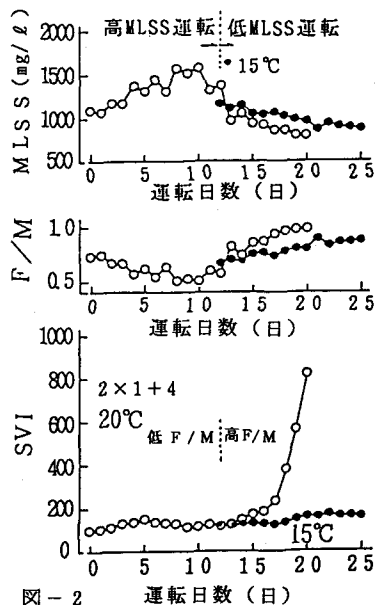


図-2 GP下水による処理実験結果

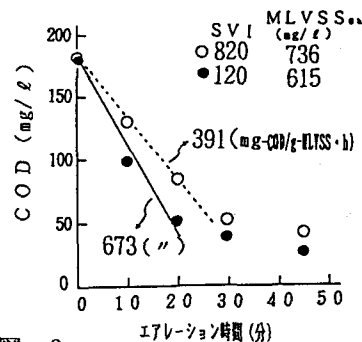


図-3 高MLSSと低MLSS運転の活性汚泥による回分実験結果

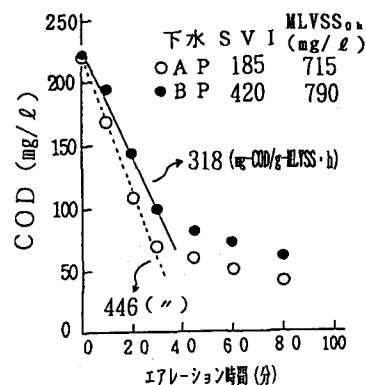


図-4 AP下水とBP下水活性汚泥による回分実験結果

水による処理実験結果を示す。水温20℃の方式0.5の結果をみると、前報の結果とは異なり、SVIは徐々に上昇し、360前後で安定した。一方、20℃系の余剰汚泥を用いて5日から開始した方式0.5の水温が10℃と引き続く15℃の結果はいずれも良好な沈降性を保った。これらを以前に行った実験（未発表）と比べてみると、10℃はほぼ同じ結果であったが、15℃は良好な沈降性を保ち、再現性が無かった。唯一異なる点として、以前の実験は水温が20℃でSVIが約200の状態から15℃へと水温を下げたのに対し、本実験では良好な沈降性を保った10℃から15℃へと水温を上げたことである。しかし、これまでの結果を15℃を境として大略的に高水温側と低水温側に分けてみると、バルキングは前者で起こりやすく後者は起こり難いという傾向の存在は明らかであろう。そこで、先に述べた二つの増殖様式を仮定し、高水温ではみかけの増殖速度は大きくなるものの相対的に完全混合型増殖になり易く、逆に低水温は回分型増殖になり易いと考えらるならば、上記の結果は回分型増殖が不十分な状態から水温が低下する場合はバルキングが起こり易く、逆に、十分な回分型増殖の状態から水温が上昇した場合は良好な沈降性を保つと考えることができよう。したがって、SP下水における低水温側で良好、高水温側の顕著なバルキング傾向³⁾やGP下水による方式1でF/M比がほぼ同じ条件のときに水温が10℃では良好、15℃および20℃ではバルキングという結果⁵⁾には上の説明が可能である。これらの結果や先述のSAP下水の場合ように、方式1から方式0.5への変化で沈降性が改善しなかったことを考えると、完全混合型増殖から回分型増殖への移行にはかなり大きな障壁があると推察される。なお、13日からの、方式0.5のGASP下水を溶性でんぷんを含まないGAP下水へ変えて運転した結果、沈降性は速やかに改善した。

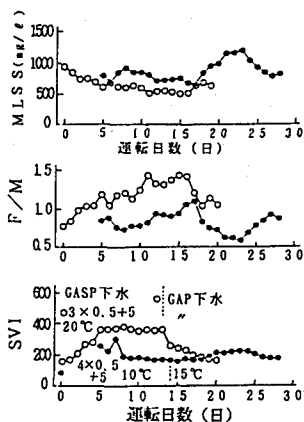


図-5 GASP下水およびGAP下水による処理実験結果

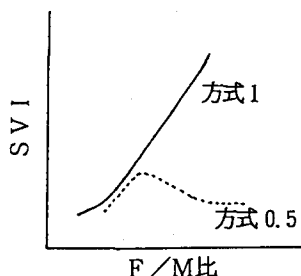


図-6 F/M比とSVIの関係

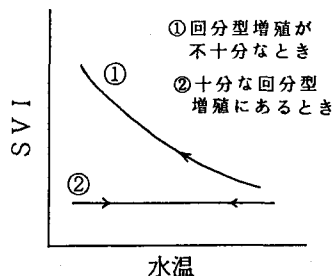


図-7 水温とSVIの関係

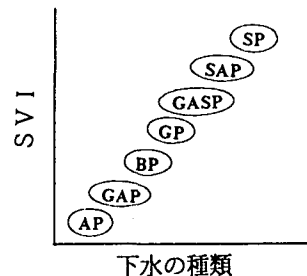


図-8 下水の種類とSVIの関係

4. おわりに 既報の結果を合わせて、GP下水～GASP下水を例とした場合の多段活性汚泥法におけるバルキングの発生と制御に関する全体的な説明を以下に試みる。図-6はF/M比に関するものであり、F/M比が十分小さければ良好な沈降性を保つが、方式1では容易にバルキングが起こる。図-7は水温に関するものであり、方式0.5～1において十分な回分型増殖にあるときは高水温低水温いずれも良好な沈降性を保つが、回分型増殖が不十分な状態から水温が低下するときは容易にバルキングが起こる。下水の種類に関しては比COD除去速度が大きくて回分型増殖になり易いAP下水は最も制御し易く、SP下水は最もバルキングが起こり易かった。他の下水はそれらの間にあり、それは図-8のように示されよう。高分子有機物程バルキングが起こり易いと考えることができる。

参考文献 1) 寺町, 高桑; 活性汚泥の比増殖速度からみたバルキングの発生とその制御, 第31回下水道

研究発表会, 1994, 346-348. 2) 多段活性汚泥法による糸状性バルキング制御に関する2,3の考察, 第29回下水道研究発表会, 1992, 353-355. 3) 糸状性バルキング制御における各種要因の連関-比COD除去速度, 水温, 有機物負荷-第31回下水道研究発表会, 1993, 383-385. 4) 糸状性バルキング制御における基質組成の影響, 土木年講, 1993, 1296. 5) 活性汚泥の沈降性におよぼす低水温の影響, 土木年講, 1992, 768.