

宮崎大学工学部 正 渡辺義公, 学 鬼塚卓也
宮崎大学工学部 学 中村 徹, 学 渡辺康之

1 はじめに 急速沈過システムや活性汚泥法の処理過程において生成するいわゆるフロックは、その内部に多量の水を包含した非単にもろい粒子でありその単粒子としての構造形態は次の諸式で示される¹⁾。

$$V_w = V_f \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_f} \right)^{K_p} \right] \text{----(1)}$$

$$V_s = V_f \left(\frac{d_i}{d_f} \right)^{K_p} \text{----(2)}$$

ここで V_f 、 V_w 、 V_s ：フロック、フロック内空隙と固形物の体積(cm^3) d_i ：フロックの直径(cm)、 d_f ：フロック内に含まれる最小単位の固形物の直径(cm)、 K_p ：フロック密度関数の指数(無次元)

また、ストークス領域で沈降するフロック単粒子沈降速度 $w(\text{cm/sec})$ と式-(1)(2)中の諸量との関係は、式-(3)で与えられる。

$$w = K \frac{d_f^{2/3}}{d_i^{1/3}} \text{----(3)} \quad \text{ここで } K: \text{凝集条件で決まる定数}(1/\text{sec} \cdot \text{cm})$$

しかし、活性汚泥法の終沈などではフロック濃度が高いためにフロックの単粒子としての挙動よりも群としての挙動が重要であり、種々の物性を持ったフロックの群としての挙動を明確にする必要がある。高濃度のフロック

の沈降については Kynch²⁾、Richardson^{3,4,5)} らの諸理論があるが、個々のフロックの物性とそれらの群としての特性との関係は未だ不明な点が多いのが現状である。本文では、上述の観点に立って活性汚泥の沈降性について、単粒子特性と群特性との関連について検討し、併せて、浄水場発生汚泥を活性汚泥プロセスに添加した場合の諸現象について述べてみたい。

2 活性汚泥の諸物性と沈降特性の関係

活性汚泥の沈降性を示す一般的指標の1つにSVIがある。SVIは単位体積の汚泥の中に含まれるSS量を示すものであるから、活性汚泥粒子の密度を間接的に表わしていると考えてよい。そこで、活性汚泥のSVIとその沈降性について検討してみることにする。使用する活性汚泥は30 lのエアレーションタンクでアルコースを主成分とする基質を与えて24時間のFill and draw方式によって飼育したものである。図-1は上記汚泥を1 lのシリンドー中に移しそこにH国地処理場流入下水を加えて数日間馴致し、その後1日1回生下水と種々の条件で生成させた所定量の凝集沈殿汚泥(カオリコ懸濁液とPACで凝集させたもので以下、上水汚泥と称する)を加えたもの(以下混合汚泥と称す)と生下水のみを加えたものを5時間曝気し、その曝気時間の経過に伴う活性汚泥の沈降性を13日間くり返して実験した結果である。図-1より、SVIの減少に伴う沈降性の向上と上水汚泥の添加による沈降速度の増加が明らかである。図-2は図-1の13日目の汚泥の個々の密度を測定した結果であるが、混合汚泥の密

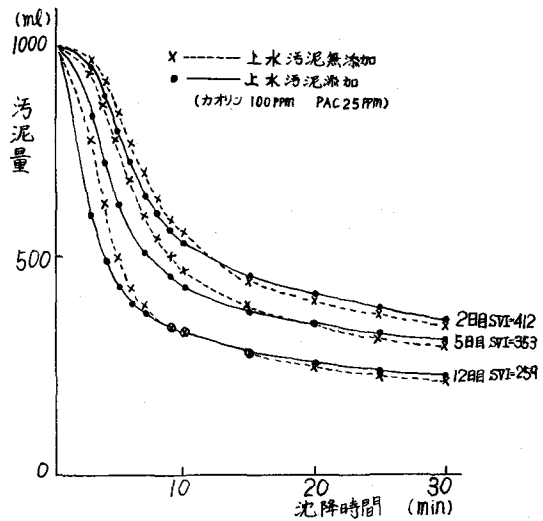


図-1 界面沈降曲線

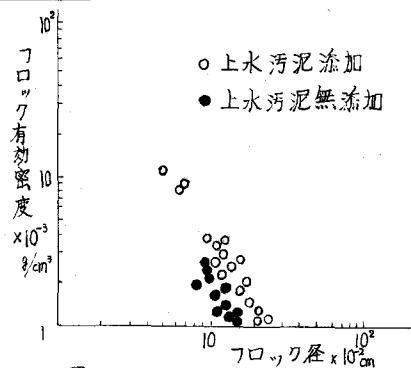


図-2 混合汚泥と活性汚泥の密度特性

度の方が高くなっている。図-1, 2を合わせ考えると次のような知見が得られる。すなわち、密度の増加による沈降性の向上は、活性汚泥がその単粒子としての特性と比較的維持し得る低濃度域(図-1の沈降時間が短い時)においてのみ顕著であり、ある濃度以上になってくると個々の汚泥の物性よりもフロック群の濃度が支配的汚泥量となり、ついには同一の沈降速度となり、Kynch型の沈降特性が出現する。図-3はグルコースを基質としたSVIが30~50と言った非常に沈降性の良い活性汚泥に上水汚泥を添加した場合の界面沈降曲線である。図-4はSVIが200程度でしかもフロック体積の極端に大きな汚泥群の沈降曲線であり、図-5は個々の密度を測定した結果である。SVIの小さな汚泥は上水汚泥の添加によって体積も減少している。したがって、図-1, 3, 4より上水汚泥添加による混合汚泥の形態をSVIによって2つに分けることができる。すなわち、SVIが小さな活性汚泥は取込んだ上水汚泥の凝集力によってその体積が減少し、高密度、小体積化が起る。一方SVIの大きな活性汚泥では体積の減少は見られず、汚泥内の固形物量の増加による高密度化のみが起る。SVIは個々の活性汚泥ではなく汚泥群の特性であり、汚泥の粒径分布との圧密性にも関係するので混合汚泥の内部機構とSVIの関係の詳細については別報で述べる予定である。

3 処理水の水質に及ぼす添加上水汚泥の影響

上水汚泥の添加による活性汚泥の沈降性の向上は前節で明らかであるが、上水汚泥の添加によって処理水質などの程度影響を受けるかについてここで述べてみたい。水質因子としては、上澄水のCODとSSの2つを考えてみる。また、活性汚泥プロセスの汚泥令は3~5日程度であるから、上水汚泥添加と数日間連続して行ないその基質除去能力の変化をも合わせて検討した。

図-6は基質として生下水を用いて13日間連続実験した結果であり、図-7は基質としてグルコースを用いて3日間連続実験したものである。図-6, 7より上水汚泥の添加により基質除去能力が向上している事実が明らかとなり、基質除去能力の劣化は全く起っていない。図-8は所定の曝気時間の後、30分間静置沈降させた上澄水の温度変化を示したものであり、表-1は5時間曝気後の30分静置させた上澄水のSSを示したものである。図-8、表-1より、加えられた上水汚泥はほとんどが活性汚泥に取込まれ、しかも上水汚泥の形で大量のSS成分が加えられたにもかかわらず上澄水は無添加に比べて良好である。したがって、2節の結果と合わせ考えると、活性汚泥プロセスへの上水汚泥の添加によって、処理水の水質と活性汚泥の沈降性の両方が向上するという結果が得られた。上澄水を肉眼で観察すると、無添加汚泥の場合には多量の微細な活性汚泥が浮遊しているが、混合汚泥の場合には浮遊している微細な活性汚泥が著しく少ない。これは添加上水汚泥の持っている凝集力によって微細な活性汚泥がフロック化したことによるためと考えられる。

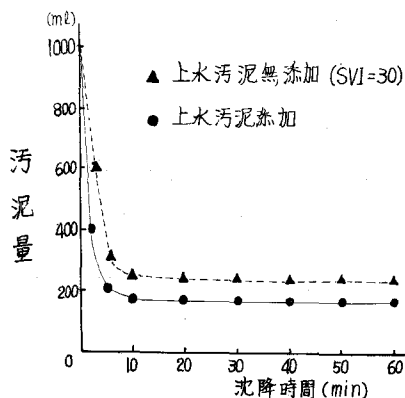


図-3 界面沈降曲線

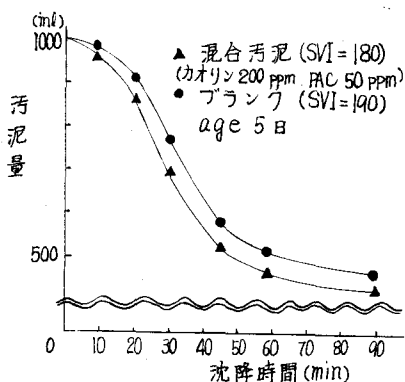


図-4 界面沈降曲線

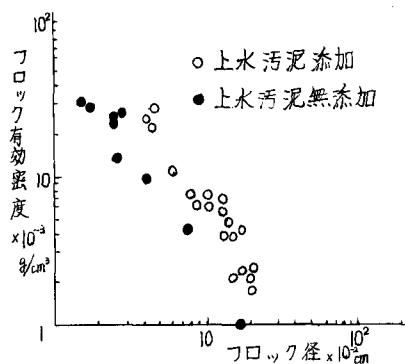


図-5 混合汚泥と活性汚泥の密度特性

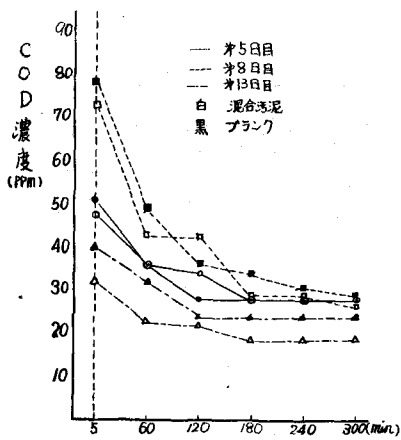


図-6 下水添加によるCOD除去曲線

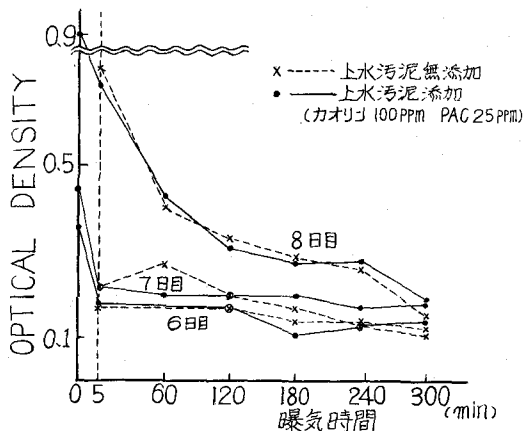


図-8 上澄水濁度と曝気時間の関係

4 上水汚泥の生成条件と取込み量

上水汚泥を活性汚泥に添加するとエアレーションによる強い攪拌を受けて上水汚泥は破壊されて微粒子となる。この微粒子の大きさはエアレーションの強さと上水汚泥の生成ALT比によって決まる。また、同一重量の懸濁物であっても添加した凝集剤量(すなわちALT比)によってその体積も大巾に変化する。したがって、添加する上水汚泥の生成条件と活性汚泥内に取込まれる上水汚泥の量とは密接に関連するものと思われる。ここでは生成条件として、所定のカオリジ重量に対する添加凝集剤量(ALT比)と凝集処理後の放置時間(Age)を用いて取込み量との関係を検討した。表-2がその結果であり、低ALT比でしかも、Ageの古い上水汚泥ほど大量に取込まれていることがわかる。また、表-1は1日0.1g(1ℓシリジダーに添加した濃度は100ppm)のカオリジを凝集させて上水汚泥として13日間連続添加して合計1.3gのカオリジが添加されているが、表-1のように1度に1gとか2gを添加した場合に比べて取込み量は多い。したがって、活性汚泥プロセスへ上水汚泥を添加する場合は1度に添加せず少量づつ数度にわたって、もしくは連続的に添加した方が良好であろう。

5 おわりに

本報告では活性汚泥に上水汚泥を添加した場合に、活性汚泥の沈降性その処理水質(CODとSS)がどの様になるかについて実験し、浄水場発生汚泥の活性汚泥処理プロセスへの添加処分の可能性を検討した。さらに、活性汚泥粒子の個々の密度とそれらが群として沈降するいわゆる界面沈降特性との関係について若干言及した。結果を要約すると次のようになる。

(1) 上水汚泥添加活性汚泥は無添加活性汚泥よりも個々のフロックの密度は大きく、界面沈降速度も大きい。特に沈降の初期において沈降速度の差が大きい。これは個々の粒子の物性が低濃度域においては顕著に現われるが高濃度域ではフロック群の濃度が支配的となるためである。

(2) 活性汚泥のSVIによって混合汚泥の様相が異なる。SVIの小さな活性汚泥は上水汚泥との混合によって体積も減少し密度も大きくなるが、SVIの大きい汚泥の体積は変化せず密度のみが大きくなる。

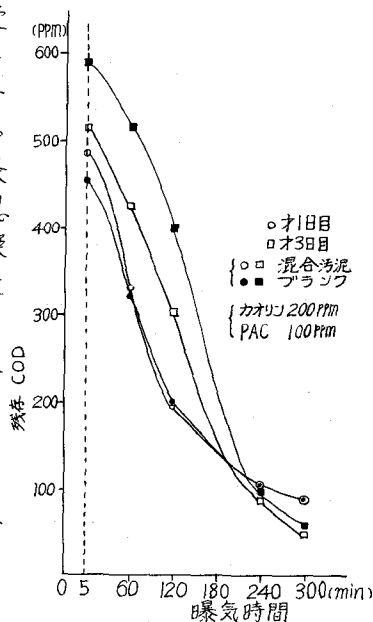


図-7 アルミナス添加によるCOD除去曲線

(3)混合汚泥の基質除去能は汚泥令が増しても低下せず、無添加活性汚泥よりもCOD除去率が大きくなる。SSの除去についても、上水汚泥の形で大量のSS成分が加えられたにもかかわらず混合汚泥の方がかえって良好である。

(4)低ALT比で生成した上水汚泥ほど、また、Ageの古い上水汚泥ほど活性汚泥に取込まれやすい。

(5)本実験の範囲では活性汚泥への上水汚泥の取込み限界量に達せず、かなり大量の取込みが可能である。

単粒子の沈降速度は粒子径とその密度によって決まるが、高濃度粒子群においては群の体積が支配的であるといった結論が得られたがSVI、MLSS、フロック体積等の群特性とフロック密度、粒度分布等の単粒子特性との関連についての定量的な検討は今後の課題としたい。また、浄水場発生汚泥の活性汚泥プロセスへの添加処分は基質除去と固液分離に関しては活性汚泥プロセスにとっても大いにメリットがあり、混合汚泥の処理性が比較的容易であることが確認されれば可能性があるとと思われる。

表-2 上水汚泥の生成条件と取込み量

ALT比	age	添加上水汚泥量		SVI	取込まれた量(g)
		体積(cc)	重量(g)		
0.041	0	128	2	30	0.836
0.008	0	28	2	40	1.052
0.041	48	56	2	30	1.112
0.008	48	10	2	50	1.364
0.081	0	120	1	70	0.044
0.016	0	9	1	40	0.756
0.081	48	56	1	60	0.256

表-2 上澄水中の残存SS

日数	Blank(無添加)	Mixture(添加)
	上澄水(SS)	上澄水(SS)
8	280 (PPM)	130 (PPM)
9	160 (〃)	70 (〃)
11	40 (〃)	70 (〃)
12	20 (〃)	30 (〃)

参考文献

- 1) 石黒、渡辺 東：活性汚泥の基質除去特性に及ぼす上水汚泥の影響 西部支部研究発表会論文集 1973、2
- 2) Kynch, G. J : A theory of Sedimentation, Trans. Faraday Soc, vol 48, P166, 1952
- 3) Richardson J, Fand R, A Meikle : Sedimentation and fluidisation III, Trans. Instn. Chem Enghs vol. 39 NO5, P348 1961
- 4) Steinour, H H : Rate of Sedimentation, Ind. Eng. Chem. vol. 36, NO7, P618 1944
- 5) Leva, M, et al : Introduction to Fluidization. Chemical Engineering Progress, vol 44 NO7, P51 1948
- 6) 渡辺、石黒、東：活性汚泥に対する固形物の影響 土木学会年次報告論文集 1973 10