

# 調査・研究報告書

第 6 号

平成19年 3 月

財団法人 千葉県下水道公社

## あ い さ つ

当社は、平成4年3月25日に設立され、千葉県からの委託を受けて印旛沼、手賀沼及び江戸川左岸流域下水道の維持管理業務を行なっております。

この三流域にある4つの処理場の維持管理につきましては、効率的な運営に努め、常に良好な水質で排水できるよう施設の維持管理、運転管理に関する技術の調査研究を行なっているところであり、今後とも調査研究の充実を図って参る所存です。

今回、江戸川第二終末処理場で行なった調査研究についてまとめましたので、維持管理業務の参考となれば幸いに存じます。

平成19年3月13日

財団法人千葉県下水道公社  
理事長 取違 暁 男

# 目 次

## 発生汚泥量の削減方策の調査・研究について

1 . はじめに .....	1
2 . 調査・研究の考え方 .....	1
3 . 調査内容 .....	2
4 . 結果 .....	2
5 . まとめ .....	6

# 発生汚泥量の削減方策の調査・研究について

江戸川処理場 斉藤 修

## 1. はじめに（本調査・研究の背景）

江戸川第二終末処理場では、年々汚水流入量も増加し、これに伴い発生汚泥量も増えていることから、円滑な汚泥処理処分（汚泥脱水ケーキの運搬・処分、汚泥貯留施設の容量不足等）に苦慮している。

このような状況から、過去にも様々な汚泥削減策を実施してきたところであるが、一層の発生汚泥量の削減のための方策について、日々検討を行っており、今回は、最初沈殿池のSS除去率の変更（現状より除去率を低下させる）と活性汚泥の活性を高める効果が期待される薬品を添加する方策を併せて実施し、汚泥発生量を削減できるかについて調査・研究を行うものである。

## 2. 調査・研究の考え方

標準活性汚泥法による処理場の汚泥は、最初沈殿池で汚水中に浮遊している物質を重力沈降により沈殿させたものと、反応槽内で活性汚泥とエアレーションされた汚水を最終沈殿池で沈殿させた汚泥の内、再度活性汚泥として使用する返送汚泥を除いたものが生じ、これは余剰汚泥と言われ、最初沈殿池からの汚泥と合わせ、汚泥処理・処分をすべきものである。

最初沈殿池で生じた汚泥は、重力濃縮槽で濃縮され、最終沈殿池で生じた余剰汚泥は遠心濃縮機で濃縮され、これらの濃縮された汚泥は混合処理の後に加圧脱水され、汚泥脱水ケーキの状態場で場外へ搬出・処分されている。

本処理場の最初沈殿池のSS除去率は、水面積負荷に余裕があることもあり計画除去率40%のところ実際には70%程度となっており、本来反応槽で生物処理できる汚濁物質までもが汚泥として引き抜かれている状況であるといえる。

そこで、最初沈殿池からの引抜汚泥を減量化するために、反応槽にこの汚泥を投入し活性汚泥による生物処理を施すことが有効な対策となると考えられる。また、このことにより、最終沈殿池からの余剰汚泥は増加することが見込まれるため、この対策も併せて検証することとする。

現在、余剰汚泥の減量方策は、①好熱菌利用法、②水・熱嫌気法、③嫌気好気ろ床法、④ユーラス法、⑤オゾン利用法、⑥薬剤利用法、⑦SRSシステム法、⑧ミル破碎式汚泥減容化システム法、⑨薬剤添加法が開発されている。

今回は、設備投資が少なく、運転が容易で、比較的短時間で結果が得られる⑨の薬剤添加法を採用することし、同法による効果を検証することとした。

薬剤添加法は、反応層に余剰汚泥低減化に効果が期待される薬品を添加し、フロック形成した細菌群の活性を高め、自己消化率を向上させることにより汚泥の減量化を図ろうとするものである。

### 3. 調査内容

#### 1) 調査実験 1 薬剤添加による余剰汚泥の減量

・薬剤選定 実施期間：H18. 3. 13～H18. 4. 12

実績がある任意メーカーから 3 社を抽出し、試験装置に処理場の活性汚泥を充填し、連続曝気及び攪拌を行い、日々供給、交換される流入水、処理水中の SS 収支、MLSS 濃度の増減を集計し減量率から選定を行った。

・本実験 実施期間：H18. 6. 1～H18. 11. 19

水処理第 4 系列反応槽 A～D 池の 2 番槽に週 3 回 7.3kg ずつ余剰汚泥低減化薬剤を人力により投入し、余剰汚泥の発生がどの程度削減できるか検証した。また効果の比較を第 3 系列と行った。

諸条件

反応槽容量	17,198 m <sup>3</sup>
最終沈殿池容量	7,288 m <sup>3</sup>
MLSS	1,900mg/ℓ
系列内 DS	46,523kg
薬剤使用量	88kg/1 週間 (添加率 0.189%/DS 相当)
薬剤添加	反応槽 2 番槽に直接投入 毎週 月・水・金曜日の 3 回に均等に投入

#### 2) 調査実験 2 最初沈殿池での SS 除去率低下による汚泥の減量

実施期間：H18. 7. 3～H18. 12. 25

水処理第 6 系列最初沈殿池の生汚泥の一部を反応槽に移送し、SS、BOD 除去率が設計基準に比べて高いことに起因する生汚泥の増量分を最初沈殿池での除去率を低下させることによって系列内で発生する汚泥総量 (生汚泥と余剰汚泥) で削減できるか検証した。

生汚泥引抜ポンプで引き抜いた生汚泥を移送管により 1 時間に 1 回反応槽に投入し、移送の割合も約 1 から 6 割と 1 ヶ月単位で変え経過を観察した。また効果の比較を第 5 系列と行った。

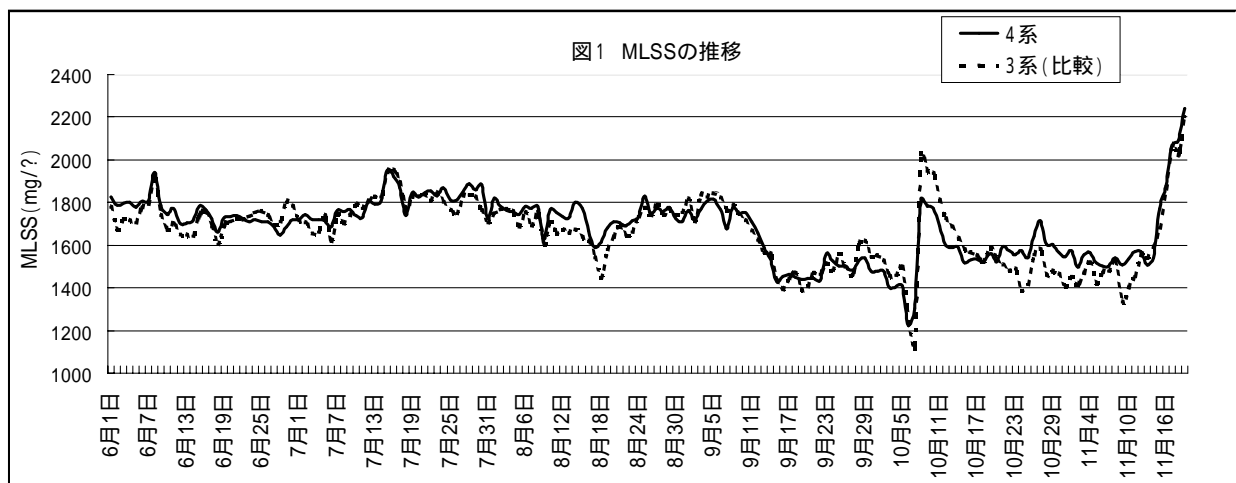
### 4. 結果

#### 1) 調査実験 1

##### ①MLSS の推移について

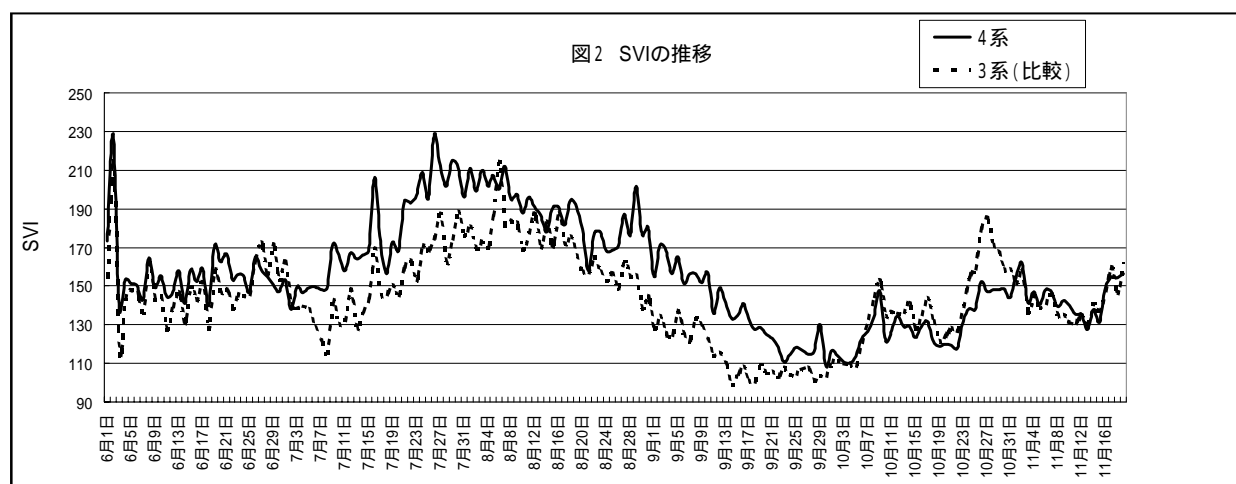
反応槽内の MLSS の値は流入負荷、汚泥の自己消化及び汚泥引抜量の影響を受け変化

するものであるが、期間中通じて実験系列と比較対象系列が同様の傾向を示しているため、薬剤の影響は見受けられなかったと判断できる。



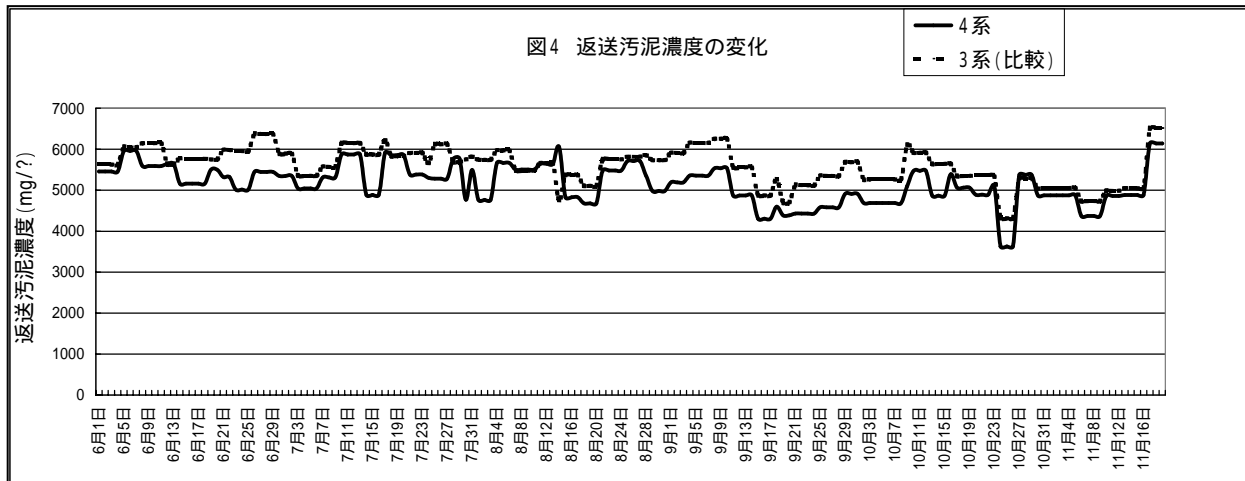
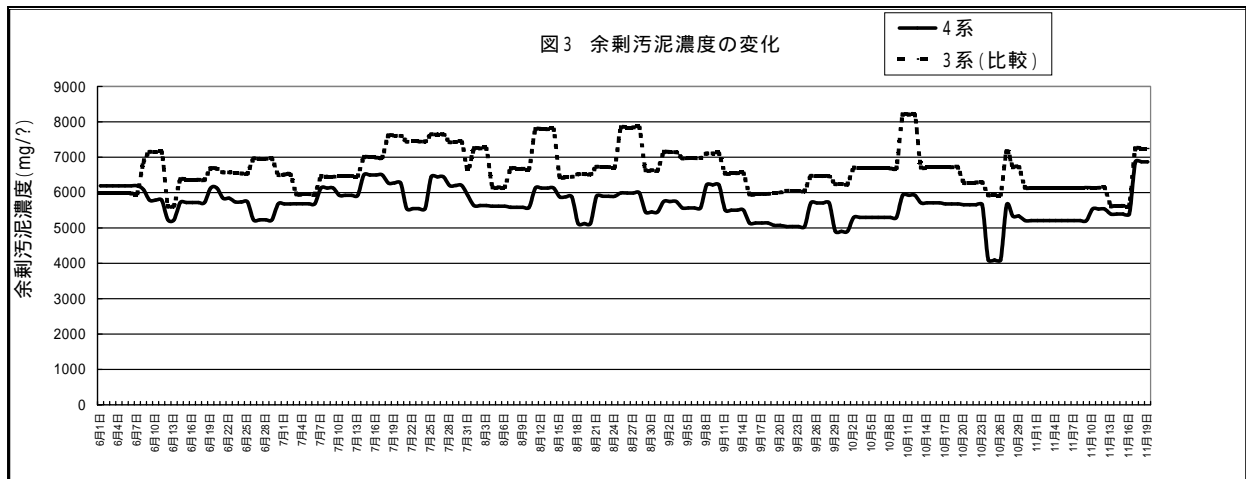
### ②SVI の推移について

7月から8月にかけて実験系列で上昇傾向が見受けられるが10月以降は逆転している。これは、10月の増水時の運転変更によるものと思われるが、期間を通じて140から150位で推移しており良好な状態が保持されている。



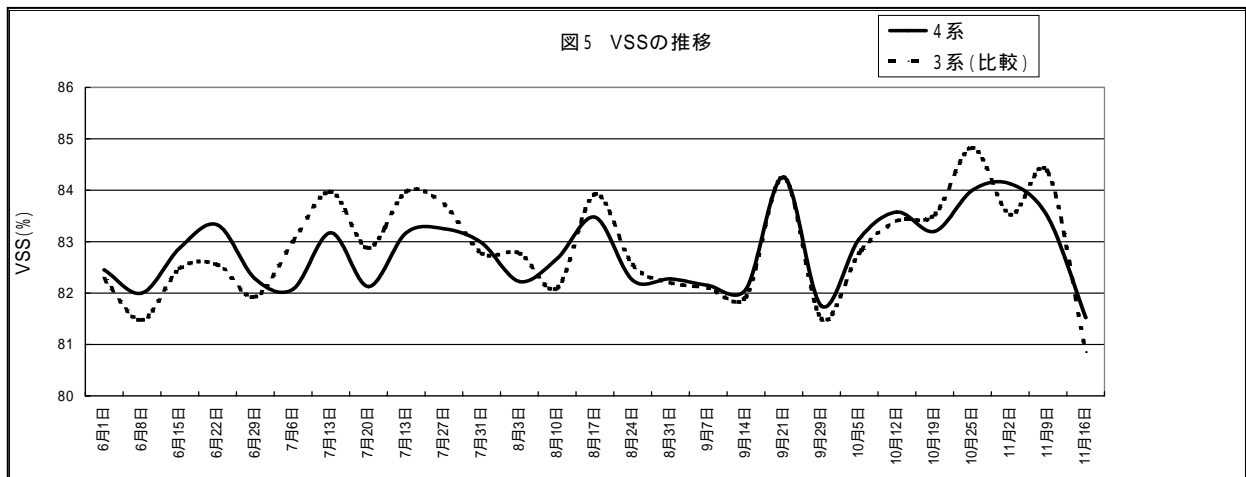
### ③余剰汚泥、返送汚泥濃度の変化について

期間中ほぼ一定に推移しているが、余剰汚泥については比較対象系列の方が高い数値を示しているように見受けられた。また、沈降性についても比較対象系列の汚泥の方が良好である傾向がうかがえた。このことから薬剤による水処理系列内での濃縮性は期待できないものと思われる。



④VSS の推移について

期間中、両系列とも 83%前後の数値で一定に推移した。7 から 8 月は実験系列でやや低下する傾向を示したが、後半はほぼ同様の値を示した。薬剤により汚泥が活性化されると自己消化作用が進み VSS が低下することが期待されたが著しい効果は見られなかった。



## 2) 調査実験 2

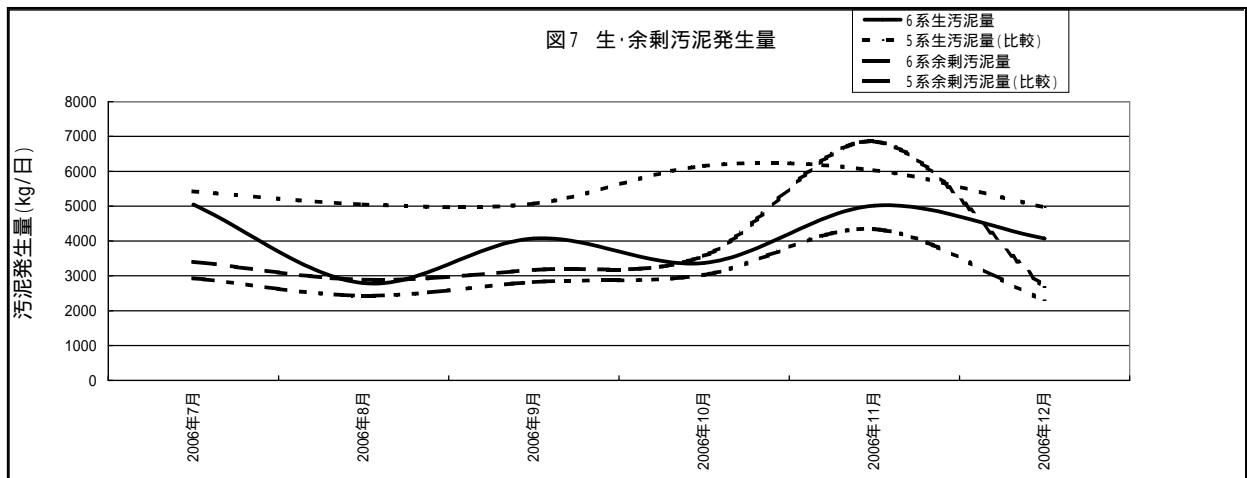
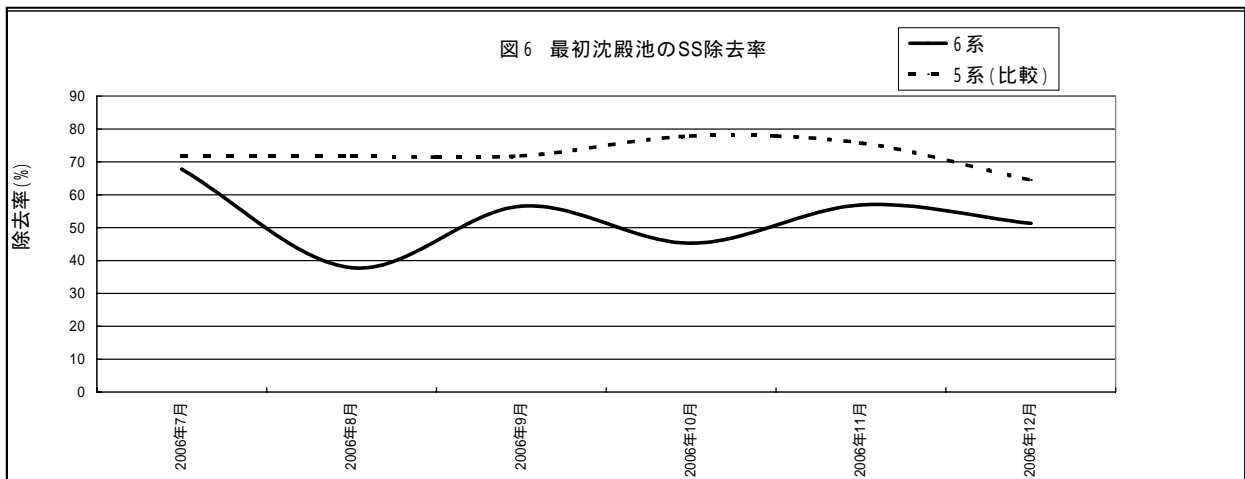
実験系列の生汚泥移送割合を引抜量に対し月単位で約1～6割まで変化させた時の傾向について図6から図8に示す。7月に全体の10%、10月に最大で60%程度以降水温低下による汚泥の活性低下を考慮し11月に50%、12月には10%とした。

### ①最初沈殿池のSSの除去率について

現状の70%からは約15%低下したところで推移した。8月には設計指針に記載されている40%程度の除去率となったが、期間を通じて水質に問題はなかった。

### ②汚泥発生量について

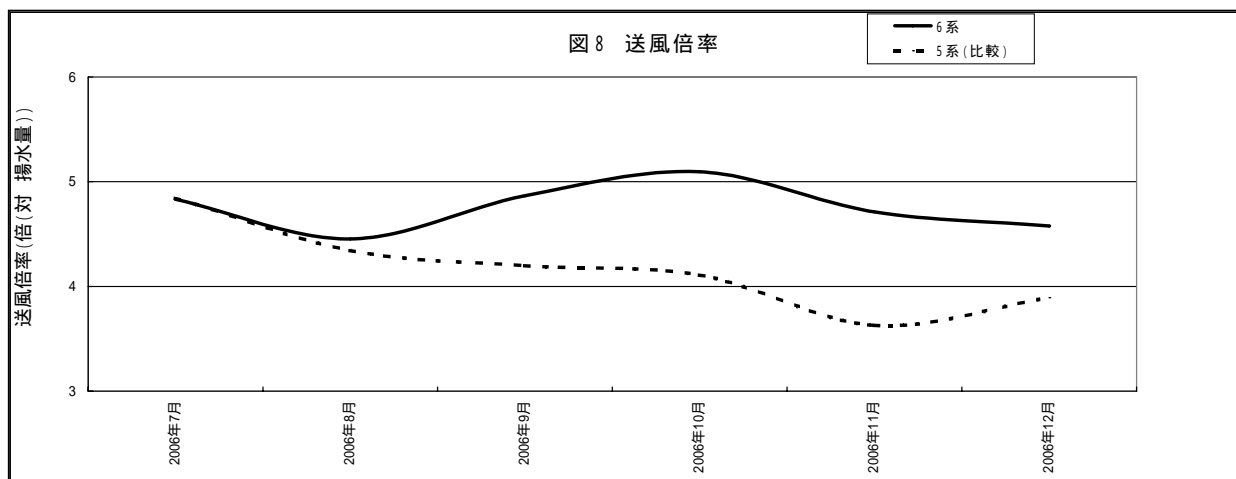
生汚泥発生量の低減効果は期間を通して見受けられる。また、余剰汚泥は生汚泥の移送割合を増加させた後に影響を受け増加傾向を示した。





③送風倍率について

生汚泥の移送を開始して半月くらい経過してから比較対象系列との差が出始めた。最大で1.0倍程度の差が見受けられた。



5. まとめ

1) 調査実験 1

薬剤における余剰汚泥の発生率を表1、表2にまとめた。また、各表中の余剰汚泥発生率の比較により余剰汚泥の低減効果(余剰汚泥増減率)として表3にまとめた。

ここで、

$$\text{○汚泥発生率} = \frac{\text{余剰汚泥発生量 (kg/日)} + \text{最終沈殿池流出 SS (kg/日)}}{\text{反応槽流入 C-BOD (kg/日)} + \text{反応槽流入 SS (kg/日)}}$$

$$\text{○余剰汚泥発生量 (kg/日)} = \text{返送濃度 (mg/l)} \times \text{余剰汚泥送泥量 (m}^3\text{/日)} + \text{MLSS 増減量}$$

で算出した。

表1 実験系列(4系)の余剰汚泥発生率

	6月	7月	8月	9月	10月	11月
余剰汚泥発生量 (kg/日)	3,220	2,965	3,042	3,514	3,688	3,336
反応槽流入 SS (kg/日)	2,343	2,142	2,149	2,518	2,312	2,172
最終沈殿池流出 SS (kg/日)	46	35	43	56	50	52
反応槽流入 C-BOD (kg/日)	5,299	4,594	3,729	4,717	4,450	3,723
余剰汚泥発生率	0.427	0.445	0.525	0.493	0.553	0.575

表2 比較対象系列（3系）の余剰汚泥発生率

	6月	7月	8月	9月	10月	11月
余剰汚泥発生量 (kg/日)	3,223	2,873	2,964	3,535	3,539	2,176
反応槽流入 SS (kg/日)	2,265	2,263	1,992	2,327	2,419	1,456
最終沈殿池流出 SS (kg/日)	53	54	40	63	66	38
反応槽流入 C-BOD (kg/日)	5,247	4,501	3,610	4,435	4,544	2,359
余剰汚泥発生率	0.436	0.433	0.536	0.532	0.518	0.580

表3 余剰汚泥増減率

	6月	7月	8月	9月	10月	11月
4系余剰汚泥発生率	0.427	0.445	0.525	0.493	0.553	0.575
3系余剰汚泥発生率	0.436	0.433	0.536	0.532	0.518	0.580
余剰汚泥増減率 (%)	-2.1	2.8	-2.1	-7.3	6.8	-0.9

表中の-は比較対象系列に対し低減効果があったことを示す。

表3から期間中7月、10月において余剰汚泥が増えてしまう結果となった。10月は降雨の影響が大きく、通常安定した運転に戻るまでに時間を要したため、平均値算出のデータ数が不足していることから参考値として取り扱う必要があるようにも思われるが、6ヶ月での増減率平均では-0.5%程度となった。薬剤の選定試験では-5.0%程度の効果が確認できたため、本実験においても同等以上の効果を期待したが、残念な結果となった。

使用した薬剤の作用メカニズムは、汚泥の発生段階において微生物自体の活性化を図ることで代謝有機物の消化を促進させ、その結果汚泥を減量化させることになっている。期待した効果が得られなかった要因として、当処理場内の汚泥の活性がもとより高い、つまり高消化状態にあり薬剤による向上の余地があまりないことが考えられる。また季節変動による汚泥活性の低下を防ぐような負荷配分調整等の運転操作を実施できているとも言える。

更に低減効果をあげるにはもう少し負荷を上げるとともに、冬季での効果確認が必要であると思われる。

## 2) 調査実験2

生汚泥の移送割合に対する各データの月平均を表4に示す。また比較対象系列（5系）のものを表5に示し、その増減割合を表6に示す。

表4 実験系列（6系）の汚泥発生量及び送風倍率

	7月	8月	9月	10月	11月	12月
生汚泥発生量 (kg/日)	4,948	4,145	3,484	2,169	2,839	4,836
余剰汚泥発生量 (kg/日)	3,365	3,981	4,125	6,354	5,378	3,399
総汚泥発生量 (kg/日)	8,313	8,126	7,610	8,522	8,216	8,235
送風倍率 (倍)	4.4	4.7	4.9	5.6	5.1	4.4
初沈SS除去率 (%)	63.7	56.5	46.9	28.1	34.9	61.8
初沈C-BOD除去率 (%)	43.2	29.5	30.0	22.9	25.6	40.8
C-BOD-SS負荷	0.15	0.14	0.16	0.19	0.19	0.14
生汚泥移送割合 (%)	10.4	20.6	30.3	62.8	50.2	11.5

表5 比較対象系列（5系）の汚泥発生量及び送風倍率

	7月	8月	9月	10月	11月	12月
生汚泥発生量 (kg/日)	5,604	5,225	5,213	5,962	5,644	5,293
余剰汚泥発生量 (kg/日)	3,547	3,224	3,148	3,380	3,478	3,239
総汚泥発生量 (kg/日)	9,150	8,449	8,361	9,342	9,122	8,533
送風倍率 (倍)	4.0	4.0	4.0	3.9	3.6	4.0
初沈SS除去率 (%)	72.2	71.3	70.7	73.9	69.3	68.4
初沈C-BOD除去率 (%)	52.7	44.2	44.9	51.3	48.6	49.0
C-BOD-SS負荷	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12

初沈除去率の管理指針及び設計値は40%程度であり、この値に近づいたのは、生汚泥移送割合が30~50%の時であった。また、C-BOD除去率については、移送割合が20~30%の時設計値の30%に近づいた。C-BOD-SS負荷は60%移送しても設計値の0.24を下回る結果となった。

表6 移送割合における増減率

	7月	8月	9月	10月	11月	12月
生汚泥移送割合 (%)	10.4	20.6	30.3	62.8	50.2	11.5
生汚泥増減率 (%)	-11.7	-20.7	-33.2	-63.6	-49.7	-8.6
余剰汚泥増減率 (%)	-5.1	23.5	31.0	88.0	54.6	4.9
総汚泥増減率 (%)	-9.1	-3.8	-9.0	-8.8	-9.9	-3.5
送風倍率増減 (倍)	0.4	0.7	0.9	1.7	1.4	0.4

表中の-は比較対象系列に対し低減効果があったことを示す。

ここで、

$$\text{○生汚泥移送割合 (\%)} = 6 \text{系生汚泥移送量 (m}^3\text{/時)} / 6 \text{系生汚泥引抜量 (m}^3\text{/時)} \times 100$$

$$\text{○生汚泥発生量 (kg/日)} = (\text{初沈流入 SS (mg/l)} - \text{反応槽流入 SS (mg/l)}) \\ \times \text{揚水量 (m}^3\text{/日)} / 1000$$

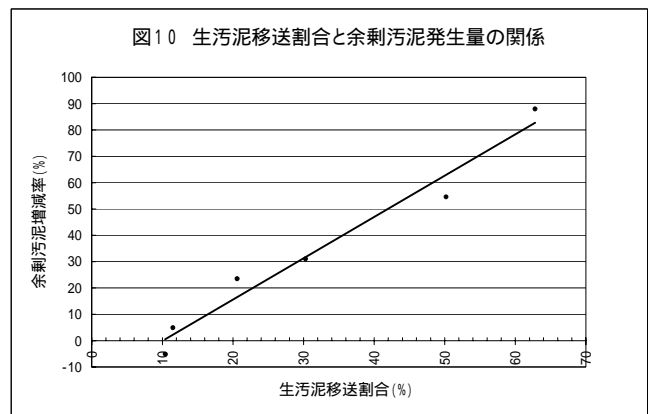
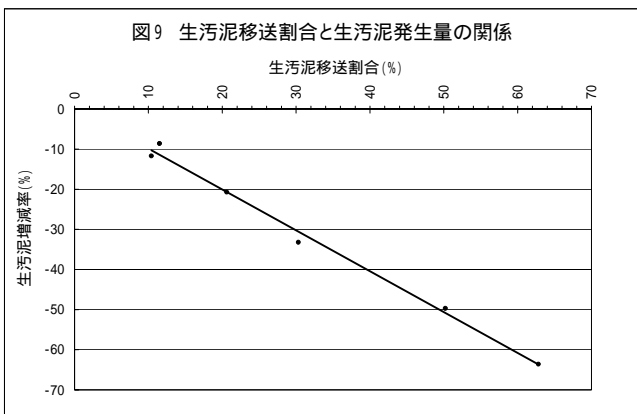
$$\text{○余剰汚泥発生量 (kg/日)} = \text{余剰汚泥濃度 (mg/l)} \times \text{余剰汚泥引抜量 (m}^3\text{/日)} / 1000 \\ + \text{MLSS 増減}$$

で算出した。

表6に示されているとおり、生汚泥の反応槽への移送により余剰汚泥がかなり増加する傾向にあるが、生、余剰の汚泥濃度の違いから汚泥量総量としては約3~10%の範囲で削減されていることがわかる。また送風倍率については最大で1.7倍上昇する結果となったが、期間中の平均では0.9倍程度であった。

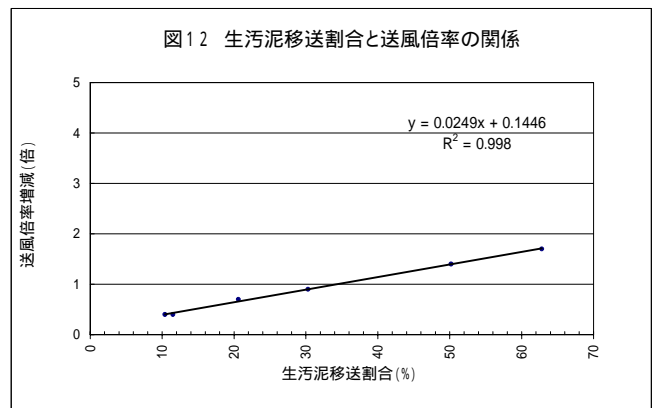
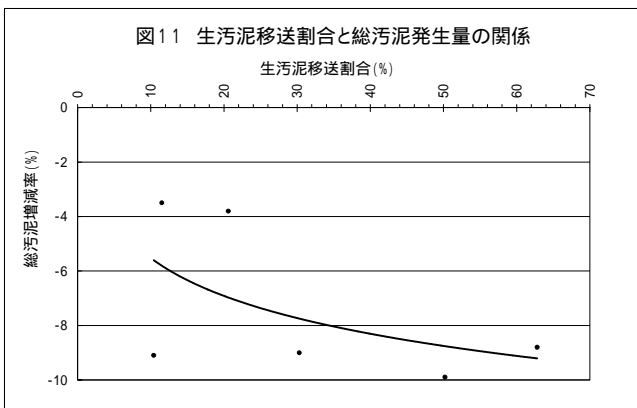
次に生汚泥の移送割合と各数値の関係を図9から図12に示す。

図9、図10からは生汚泥の移送割合と各汚泥発生量の間に関係があることがわかる。



これは、移送割合を高くすれば、生汚泥発生量が減少し、反応槽での余剰汚泥発生に大きく起因していることを考えれば当然の結果である。

また、図11からは移送割合の変化は汚泥発生量総量の増加及び減少にあまり影響を及ぼさないことがわかる。しかしながら比較対象系列(5系)より期間中平均で7.3%程度の低減が確認され、反応槽に処理を転化した方が若干ではあるが効率的である結果となっている。



最後に送風倍率との関係であるが、図 1 2 から、移送割合を高くすると送風倍率が上昇する傾向があらわされている。

近似曲線からは 5%移送割合を増やすと送風倍率が約 0.27 倍上昇するという相関が求められた。

以上のことから総合的に考えると、生汚泥の移送割合を 50%程度として処理するのが、汚泥発生量を比較的抑制でき、反応槽で効率的に処理できる可能性が高いと思われるが、送風倍率は上昇し、電力使用量も増加することになる。今回は、単系列での実験ということもあり、汚泥発生量の減少による処分費用を考慮すると、増加する電力量は十分に相殺できる結果を得られているが、実験規模の変更や実施期間によっては今一度試算してみる必要があると思われる。

また、移送割合の変更によって増加した余剰汚泥をさらに効率的に処理するためには、負荷配分調整もさることながら適正な SRT の確保も必要であると思われる。

BOD-SS 負荷及び SRT と余剰汚泥の関係は次式で表されている。

$$\text{○BOD-SS 負荷 (kg/kg・日) = 反応槽流入 BOD (kg/日) / MLSS (kg)}$$

$$\text{○SRT (日) = MLSS (kg) / 余剰汚泥量 (kg/日)}$$

上の 2 式から

$$\text{○余剰汚泥量 (kg/日) = 反応槽流入 BOD (kg/日) / (BOD-SS 負荷 × SRT)}$$

となり、BOD-SS 負荷が高く、SRT が長くとれば余剰汚泥の発生量が減少することがわかる。今後は BOD-SS 負荷と SRT のバランスに絞り、さらなる調査研究が必要である。

最後に本調査にあたりご指導、ご協力いただきました千葉県江戸川下水道事務所、維持管理業務受託業者であるクボタ環境・和合エンジ特定委託業務共同企業体の皆様に深く感謝申し上げます。