

(15) 凝集剤添加による既設下水処理施設の機能改善（第2報）

—硫酸ばん土のエアレーションタンクへの添加—

建設省土木研究所 ○安 中 徳 二
名古屋市下水道局 当 田 至

1. まえがき

湖沼、海域等の富栄養化の進行に伴ない、リン、窒素など栄養塩類除去のための施設の設置を要求される下水処理場がかなりの数に達するものと予想されている。我が国の場合、新らしく計画される下水処理場は別として既設の下水処理場の場合は、別途に栄養塩類の除去を含めた機能向上のための施設を設置することは、用地の獲得の面から極めて困難な場合が多いと考えられている。このため金属塩等の凝集剤をエアレーションタンク等の既設施設に添加して処理機能の向上をはかろうという方法が注目をあつめている。凝集剤貯留タンクとその貯留ポンプを設置し、薬注の結果増加する汚泥量に見合った汚泥処理能力の増設をはかることで基本的には目的が達成できることがその理由である。

建設省土木研究所では名古屋市下水道局と共同で同市内の西山下水処理場を調査用施設として若干改造し硫酸ばん土を既設施設に添加した場合の処理機能の向上の程度、処理場の全体的機能に与えるインパクトなどについての調査を行なっており、前年度に第1報としてエアレーションタンクにばん土を添加した場合についてその初期の運転の概要を報告した。¹⁾本報告はその後の運転結果に関するものである。

2. 調査施設の概要および調査方法

前報で詳しくのべたので、ここでは概要のみについて触れる。西山処理場は計画日平均処理水量が2万 m^3 /日（日最大3万 m^3 /日）の比較的小規模な分流式の住宅地の下水処理場であり、流入負荷の変動が大きいことが特徴である。汚泥は別途の処理場で処理しており、脱離液等汚泥系返送水の循環はない。標準活性汚泥法の施設として設計されており、2系列で構成されているので一方を薬注系、他方をコントロール系として運転を行ない、両者の比較を行なった。最終沈澱池は3池ある。当初はそれぞれに1池づつ用いていたが、処理水の安定化をできるだけ確実なものとしたいという処理場側の要望で一方に2池、他方に1池というやや変則的な条件のもとで運転を行なっている。施設のフローを図-1に示す。

凝集剤と注入方法 凝集剤は Al_2O_3 換算で約8%の液体硫酸ばん土（ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ）であり比例定量ポンプを用いて、流入量に比例させて常に Al の濃度が一定となるようにエアレーションタンクの端末部で注入を行なっている。注入濃度は現在まで約16ヶ月の運転の間 Al として8, 6, 4, 3 mg/l 流入下水、（ばん土として約100, 75, 50, 32 mg/l ）まで変化させた。この間、最初沈澱池流出水中のリン濃度は日平均値として2~7 $T-P\ mg/l$ まで変化しており、 P に対する Al の注入モル比も広い範囲にわたっている。

採水と分析 採水は日常的には自動採水機を用いて2時間ごとのグラフ試料を採取し、流量に合せた24時間の混合試料を作成したほか、適宜マニュアルの採水を繰り返した。混合液、返送汚泥はグラフサンプルによる。分析は2~4回/週の割合で行なっている。分析はリンについては混合試薬法、その他については下水試験法によった。

汚泥の引き抜き量、濃度はそれぞれ電磁流量計超音波式汚泥濃度計により連続的に測定したほか連続式濁度計により固形物の流出をチェックした。

3. 結果と議論

実験は1975年2月はじめから現在まで連続

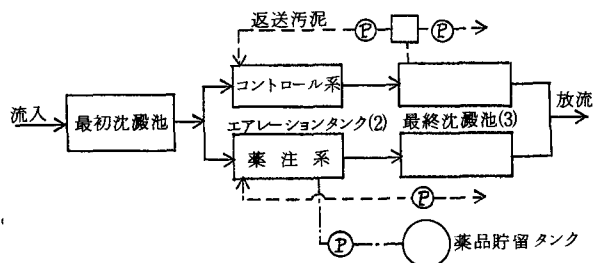


図-1 施設のフロー

して行なっている。この間約2ヶ月間の初期運転の他、ばん土の注入率、注入方法の違いで6つの実験Phaseに分類される。ばん土の注入率はA1とPとのモル比で決定されるが、当初はリンの濃度を4mgP/l以上としてA1として8mg/l（ばん土として約100mg/l）から実験を開始したが、平均濃度が予想していたほど高くないことが明らかとなったので注入率を減少させる方向で条件を変更させてきたものである。3池ある最終沈澱池のうち実験Ⅱではコントロール系に2池用い、Ⅲ以降は薬注系に2池用いた。薬注系ではMLSSが高くなり、高水量負荷時の終沈からの固形物流出現象が激しかったため、この変更を行なったものである。この後両系列とも激しい固形物の流出はみられなかった。実験Vでは注入量の制御が行なえないような場合の影響をみるために日平均流入量に対して定量になるようにばん土の注入を定率で行なうという方法をとった。

各実験Phaseごとの運転条件を表-1に、このときの流入流出水質の総括をPhaseⅡ、Ⅳ、Ⅵ、Ⅶ、について表-2に示した。各実験とも薬注系とコントロール系のMLVSSをできるだけ近い値に維持するようにしたが、必ずしも達成されていない。特にコントロール系では水温の低下した実験Vの途中から活性汚泥がバルキングの様相を呈しはじめ、処理水中のSSが増加するとともにMLSSの維持が困難となっている。また、全体としてMLSSが低目で運転されているのは全体として流入水の強度が弱いこと、終沈の容量が小さめであることと関係している。

表-3 各実験ごとのリン除去

実験番号		Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
種 目	流入水 T-P (mg/l)	305	215	300	304	344	304
	" S L T-P (mg/l)	216	128	171	195	235	199
A1 添加濃度 (mg/l)	A1 / Pモル比 (対T-P)	8	8	6	4	4	3
	A1 / Pモル比 (対S-T-P)	298	425	229	149	138	116
処理水 T-P (mg/l)	A1 / Pモル比 (対S-T-P)	425	718	403	235	195	174
	" S o L . T - P (mg/l)	0355	027	0168	053	052	109
	" S o L . T - P (mg/l)	0087	009	0045	017	019	040

注) 数字はいずれも実験期間中の平均値

3-1 リンの除去

リン除去と注入モル比 リンの除去効率
はばん土の添加によって大きく向上した。表-3に各実験ごとの除去を総括して示した。流入水中のT-Pは日平均値で約3mgP/l（溶解性T-Pで1.3~2.4mg/l）であるが、処理水中の残留リンはモル比の低いPhaseⅦ以外ではT-Pで0.5mgP/l，溶解性T-Pで0.2mgP/l以下となった。流入水の溶解性Pに対してのA1の注入モル比と処理水中の残留リン濃度の関係を図-2に示した。同図によれば、モル比が2（この場合A1として4，ばん土として約50mg/l）以上であれば処理水中の溶解性リンを0.2mg/l以下にできることがわかる。処理水のpHはばん土の注入率によって異なっているが、6.6~7付近であり、A1PO₄の溶解度がpH6で0.01，pH7で0.3mgP/lであること²⁾を考慮するとこのモル比を4以上で注入することはあまり得策でないこと

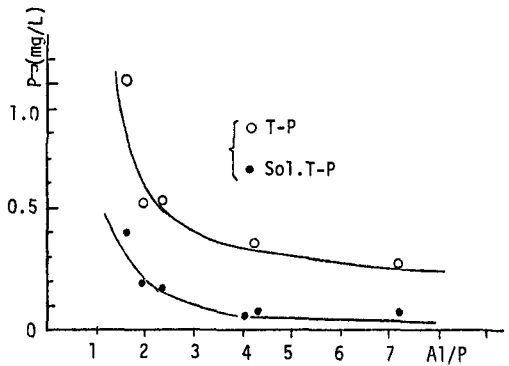


図-2 残留リンとA1/Pモル比（対流入水溶解性T-P）の関係

表-1 運 転 条 件 の 総 括

項目	Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ		Ⅴ		Ⅵ		Ⅶ	
	55041~921	922~1019	1020~85117	18~27	27~331	41~630	コントロール	薬注	コントロール	薬注	コントロール	薬注
処理水量 m ³ /日	11950	12550	11700	9800	10900	13075						
滞留時間 hr	3.0	3.0	2.9	2.8	3.2	3.0	3.6	3.4	3.2	3.2	2.9	2.9
MLSS mg/l	1025	912	1403	1002	768	1546	765	1496	631	1333	743	1810
MLVSS mg/l	719	589	946	634	620	1000	673	1136	517	968	477	1238
MLVSS/MLSS	701	646	674	633	807	647	880	759	818	726	775	670
SVI	94	112	76	89	115	72	136	76	164	68	78	58
BOD負荷 kg _{有機物} /m ³ /日	0.41	0.46	0.21	0.29	0.64	0.32	0.68	0.35	0.75	0.36	0.59	0.25
SRT 日	3.2	1.9			3.0	3.8			2.0	3.1	2.3	4.8
終沈沈殿時間 hr	3.6	1.8	1.7	3.4	1.8	3.6	2.2	4.3	2.0	3.9	1.4	2.8
水面積負荷 m ³ /日/m ²	238	476	500	250	468	234	392	196	435	218	523	262
A1添加濃度 mg/l	-	8	-	8	-	6	-	4	-	4	-	3

注) データは、条件変更後安定してからの平均値 (*) 一定量注入

がわかる。しかしながら T-P としての除去に関しては、恐らくはフロックの凝集性に関係すると思われるが、この流入リン濃度ではやゝ高目のモル比で注入するのがよいようである。事実、A1 の注入濃度が 4 mg/ℓ 以下では処理水の濁度が高くなる。わが国の家庭下水のようにリン濃度が日平均値で 3~4mgP/ℓ 付近のときは、ばん士の注入率は 50~70mg/ℓ としてやれば、T-P を 0.5 溶解性 P を 0.2mg/ℓ 以下にできるであろう。

返送汚泥のリン除去特性 薬注系の場合、循環する返送汚泥によって流入水のリンが相当量除去（吸着）されることが明らかとなった。図-3 は Phase IV におけるエアレーションタンク流入部で両者の混合直後に採取した混合液の上澄液中のリン濃度を両系列について比較したものである。この例の場合、返送汚泥と接触することによって薬注系では約 80% のリン除去が行なわれている。これは返送汚泥に含まれている水酸化アルミニウムによる吸着力によるものと思われるが、同様の現象は 2 次処理水を対象として

ばん士処理を行なっている横須賀プ

ラントでも³⁾、浄水場で形成されるば

ん士汚泥を用いたジャーテストでも⁴⁾

観察されており、この詳しい反応メ

カニズムについての検討を行なっ

ている。

前述のように、実験 IV ではばん士

の注入を流量比例（濃度として一定

となる方式）ではなく定率で行なっ

ているが、両者の間に特にリンの除

去率で差が生じていないのは、こ

のような返送汚泥の有する「2 次的」

な除去能力が関与しているのであ

う。筆者らは現在いわゆるモル比制

御による運転を計画しているが、リ

ンの除去率がばん士添加位置にお

ける混合液上澄液のリン濃度とのモ

ル比で決定されるものとすれば、こ

うした返送汚泥の有する意味は大き

く、モル比制御自体の有効性にまで関

与してくるものと思われる。塩化第二

鉄をエアレーションタンクに注入し、こ

の系から発する余剰汚泥を別の系列

の返送汚泥として用いて、薬品代の節

約とともにリン除去の効果をあげて

いる例も報告されているが⁵⁾、ばん士

の場合にもこうした手段あるいは初

沈に返送する方法が有効になりうる

であろう。

3-2 硝化と窒素の除去

リンの除去に加えて、硝化による

アンモニア性窒素の除去もこの調査

表-2 流入流出水質の総括（実験 II, IV, VI, VII）

項目	単価	流入水		初沈流出水		処理水(コントロール)		処理水(薬注)		2 次処理除去率 コントロール 薬注 %
		平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	
PH		6.88-7.30		6.86-7.60		6.26-7.60		6.62-7.3		
Turb	mg/l	93.8	67.0-132.0	72.0	52.0-92.0	8.0	4.1-11.3	7.4	4.9-11.6	88.9 89.8
SS		110	60-114	47	36-73	8.5	6.2-12.4	15.0	4.0-57.0	
T-Alk.		77.3	60.0-106.5	88.7	75.5-135	36.8	12.0-95.0	31.7	13.5-42.5	
T-BOD		87	47-124	54	32-95	10.9	6.5-19.5	7.0	3.6-12.8	80.0 87.2
S-BOD		40	26-69	35	23-63	5.1	2.9-8.4	3.4	1.3-5.2	85.3 91.2
T-COD		59	44-90	43	27-74	14.0	9.3-16.4	9.8	8.2-18.9	67.2 77.0
S-COD		23	17-35	24	15-30	10.4	5.1-14.6	6.6	5.1-11.1	57.4 73.0
T-TOC		72	39-122	53	38-87	17.6	12.0-36	13.4	9.0-22.3	67.0 74.9
S-TOC		30	20-51	28	16-51	13.6	9.4-29.9	10.5	7.7-21.0	50.0 62.1
TKN		24.9	21.8-28.7	24.0	19.9-39.1	10.2	5.0-21.0	16.4	9.8-20.3	57.5 61.7
NH3-N		13.4	10.2-15.9	13.8	10.1-25.5	7.1	2.8-17.4	13.1	10.0-16.4	48.6 5.1
NO2-N		.034	.00-0.28	.009	.00-0.04	.581	.06-1.26	.086	.01-0.32	
NO3-N		.053	.00-0.23	.037	.00-0.15	4.10	.19-8.50	653	.12-1.41	
T-P		3.43	2.14-4.92	3.05	2.01-7.90	1.51	.67-3.21	.355	.14-0.69	50.5 88.4
Ort-P		2.14	1.38-4.15	2.16	1.36-4.40	1.12	.59-1.97	.185	.06-0.60	48.2 91.5
S-T-P		2.18	1.13-3.66	2.16	1.22-6.16	1.09	.46-2.40	.087	.02-0.25	49.6 96.0
T-A1		0.81	0.56-1.20	0.50	0.30-0.80	2700	200-9600	2000	180-8500	
E-Coli	N/ml									
ABS		6.51	5.10-8.50	6.06	5.18-7.50	0.40	0.22-0.58	0.68	.30-1.30	93.4 88.8
PH		6.70-7.12		6.86-7.20		6.50-7.10		6.70-7.02		
Turb	mg/l	61.0	50.0-72.0	39.1	36.0-42.1	8.0	7.6-9.5	4.1	3.2-5.0	78.1 89.6
SS		128	90-174	42	34-49	12	6-20	4.7	0.2-12.3	71.1 94.3
T-Alk.		81.3	59-104	89.1	79.3-94.5	55.4	23.4-84.5	48	40-56.9	
T-BOD		133	97-168	79	64-102	22.7	12-28	8.5	2.5-6.9	71.1 94.3
S-BOD		47	39-57	46	38-60	4.7	2.2-6.4	2.8	1.9-4.6	89.7 95.9
T-COD		64	50-83	47	38-60	12.9	10.1-15.1	7.9	6.2-10.6	72.6 83.2
S-COD		20	16-28	22	17-31	9.1	6.8-10.8	6.1	4.7-6.9	50.5 72.2
T-TOC		75	42-110	52	25-71	18.4	6.2-34	10.9	4.0-17.0	64.7 79.1
S-TOC		23	12-32	23	12-32	9.7	4.3-15.0	6.6	3.5-9.0	57.5 71.9
TKN		26.0	24.2-34.6	23.7	21.0-28.2	15.0	6.9-20.2	17.1	14.2-20.4	32.8 27.9
NH3-N		13.7	12.0-14.6	15.0	13.2-16.5	11.3	6.4-15.3	14.5	12.3-16.5	24.7 3.4
NO2-N		.023	.00-0.05	.01	.00-0.02	.243	.12-0.30	.035	.02-0.08	
NO3-N		0.25	.00-0.82	133	.00-0.41	3.03	.18-6.45	.488	.07-0.83	
T-P		3.15	2.06-4.8	3.00	1.86-3.86	1.93	1.29-2.73	.168	.10-0.21	35.4 24.4
Ort-P		1.92	1.57-2.10	2.04	1.74-2.39	1.17	.18-1.58	.093	.05-0.19	42.7 35.5
S-T-P		1.71	1.41-2.0	1.71	1.53-1.98	1.32	1.05-1.47	.045	.01-0.09	22.9 27.2
E-Coli	N/ml									
ABS	mg/l	6.25	4.6-7.7	6.37	5.4-7.3	0.67	0.25-0.90	.575	.24-0.80	89.5 91.3
PH		7.0-7.27		7.0-7.18		7.06-7.23		7.07-7.10		
Turb	mg/l	98.5	79.0-120.0	51.7	49.0-54.0	8.5	5.7-7.0	5.3	3.7-7.0	85.6 89.8
SS		214	56-171	45	27-54	16.2	6.8-32.0	13.9	6.0-28	
T-Alk.		92.3	82-99.5	90.6	68-93.5	87.5	82-94.5	73.8	67.5-82	
T-BOD		182	151-210	82	75-88	16.3	12.1-23	8.5	7.4-9.3	80.1 79.6
S-BOD		62	48-69	52	42-64	5.3	4.7-5.8	4.7	4.3-4.9	89.9 91.1
T-COD		87	72-120	57	40-76	15.3	12.9-21	12.4	10.4-19	73.1 70.2
S-COD		30	21-45	30	21-41	9.6	7.5-12.7	8.6	5.7-13.1	67.6 71.0
TKN		29.8	25.0-35.5	25.5	21.3-28.8	23.1	15.1-30	20.0	15.2-24	9.5 21.6
NH3-N		14.9	13.6-15.5	16.2	14.6-18.0	14.8	13.4-17	15.9	13.9-18	8.7 1.9
NO2-N		0.03	0.01-0.05	0.04	.03-0.04	0.06	.02-0.10	0.06	.03-0.09	
NO3-N		0.08	0.00-0.23	0.04	.00-0.13	0.20	.00-0.32	0.16	.00-0.25	
T-P		4.43	4.00-5.44	3.24	2.84-3.81	1.83	1.63-1.9	0.52	.37-0.72	46.9 84.9
Ort-P		2.61	1.97-4.12	2.11	1.89-2.30	1.60	1.43-1.82	0.27	.09-0.69	24.2 87.3
S-T-P		2.35	2.18-2.58	2.35	2.04-2.86	1.51	1.35-1.61	0.19	.03-0.29	35.8 92.0
ABS		6.46	5.45-7.40	5.83	5.20-6.40	0.59	0.52-0.66	1.34	.84-1.76	89.9 77.1
PH		6.87-7.0		6.90-7.0		6.65-6.96		6.73-7.04		
Turb	mg/l	141	96-192	48.7	28-100	10.5	3.4-50.3	6.8	2.2-28.1	78.5 86.1
SS		66.8	55-80	45	22-84	13	4-21	11	6-13	71.1 75.6
T-Alk.		108	89-149	77	68-87	46	30-69	61	50-77	
T-BOD		60	23-53	35	22-48	7.2	6.3-8.0	6.1	5-8	61.8 82.4
S-BOD		41	27-76	39	29-53	13.8	11.2-16.7	12.3	10.5-14.1	63.7 64.9
T-COD		17	14-20	18	13-35	8.6	6.8-10.5	7.2	6.3-8.6	52.3 60.0
S-COD		63	53-69	41	26-48	13.9	11-17	10.8	9.0-12.0	66.1 73.7
T-TOC		20	13-24	19	13-22	9.5	8.3-10.9			
S-TOC		22.8	16.5-32.1	20.0	14.5-23.0	11.9	8.6-17.9	15.2	11.0-20.3	41.5 24.0
TKN		10.2	6.0-12.9	11.7	8.0-14.8	8.0	5.2-13.7	10.7	7.6-14.5	31.7 9.6
NH3-N		0.07	0.00-0.22	0.05	0.00-0.13	0.29	0.22-0.54	0.09	0.08-0.22	
NO2-N		0.13	0.07-0.32	0.10	0.05-0.15	1.99	0.10-3.89	0.71	0.11-1.27	
T-P		3.50	2.92-4.06	3.04	2.73-3.58	1.68	1.13-2.27	1.09	0.53-1.96	44.8 64.2
Ort-P		1.67	1.25-2.03	1.81	1.53-2.28	1.11	0.36-1.74	0.61	0.17-1.45	38.7 66.3
S-T-P		1.79	1.10-2.23	1.88	1.26-2.51	1.12	0.18-1.82	0.40	0.02-1.53	51.5 79.8
E-Coli	N/ml									
ABS		4.8	2.5-9.5	4.4	2.5-6.0	0.54	0.26-0.99	0.58	0.3-0.78	87.8 86.9

の大きな目的の1つである。図-4は両系列の処理水中の $\text{NH}_3\text{-N}$ および $(\text{NO}_2+\text{NO}_3)\text{-N}$ の各実験期間中の変化を水温の変化とともに示したものである。この間、特にSRT制御等の硝化促進のための操作は行っていない(SRTは2~5日)。水温の低い冬期には両系列とも硝化は生じていないが、20℃以上となるⅡ~Ⅳではコントロール系にのみ硝化が起るようになる。

薬注系で硝化が生じない理由については前報でAlによる阻害、SRT、ばん土の添加に伴うアルカリ度の不足(Al1の加水分解で5.5のアルカリ度が消費される)等の面から議論を行なった。ばん土の注入率が低く、SRTがやや高めにとられている実験Ⅶで硝化が生じるようになったことからみるとSRTの他アルカリ度の不足による影響が大きいようである。図-5に、薬注系における混合液上澄液中の窒素およびpH、アルカリ度のタンク内の流下に伴う変化を示した。(PhaseⅦの期間中)この例は夜間の低負荷時でありアンモニア性窒素の濃度も低いですが、硝化の進行に伴ってアルカリ度が消費されていく様子がわかる。N1の硝化に伴ってアルカリ度が7.1(as CaCO_3)消費されるが、この処理場の流入水は日平均値でT-Nは25mg/l以上であり、アルカリ度が高々80mg/l程度であることからすれば、アルカリ剤の添加を行わなければその他の条件が整っていても完全な硝化は行ない得ないことになる。

硝化した処理水が得られる場合、最終沈澱池では底部の汚泥内での脱窒現象に伴う窒素ガスの発生により、表面に細かいスカムが浮上することはよく知られている。この実験期間中コントロール系ではこの浮上現象が硝化の生じている期間中常時みられ、大きな問題点であることが痛感された。現在スプレーによる再沈降を試みているが、処理水とともに流出する部分が多く、スカムコレクターの設置を計画中である。

一方、薬注系で硝化が生じたPhaseⅦでは処理水中の $(\text{NO}_2+\text{NO}_3)\text{-N}$ がコントロール系と同一レベルの場合でも、このようなスカムの浮上は全くみられず終沈の表面は常に清澄であった。その理由は現在のところ不明であるが、ばん土の添加系には脱窒の速度を阻害する要因があるのではないかと考えられる。通常の場合、硝化の生じている処理場では、恐らくはタンク内での脱窒によって除去されるのであろうが、T-Nとしての流入流出の

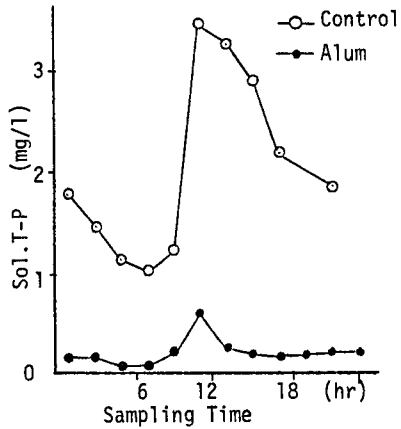


図-3 流入部における混合液上澄液中のリン濃度の時間変化

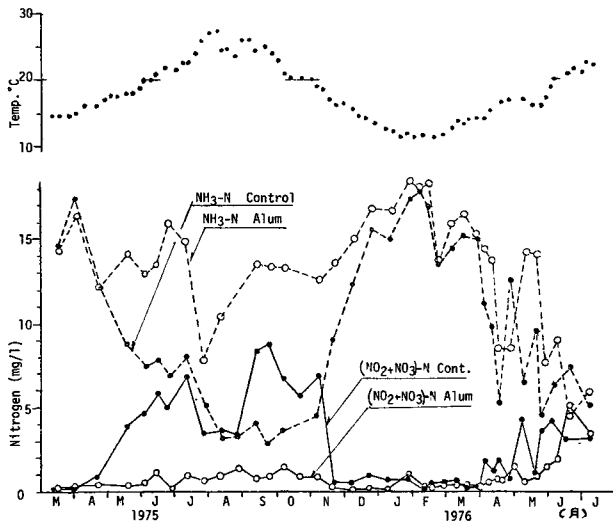


図-4 処理水中の窒素および水温の変化

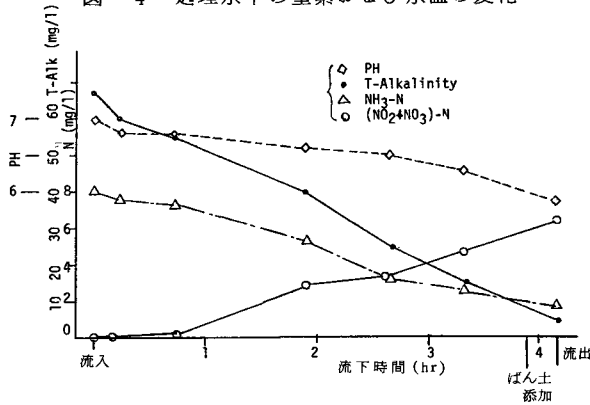


図-5 タンク流下に伴う水質の変化(薬注系)

収支が合わないことが多く、結果として比較的高い T-N の除去率が得られる。薬注系で硝化が生じているときの T-N の除去率を同程度の硝化が生じているコントロール系のそれと比較してみると全体的に低く、このこととスカムが浮上してこないことと関係があるのではないかと考えている。

pH 調整による硝化の促進 前述したようにばん土を注入した場合、アルカリ度を消費して硝化が完全に行ない得なくなる。既設の施設でこのような方式でリン除去と同時に硝化まで行なわせようとする場合、苛性ソーダあるいは石灰等のアルカリ剤の添加が必要となる。筆者らは現在苛性ソーダを添加する施設を設置中であるが、実際にこれが可能であるかどうかを確認するために小型のプラントを用いて実験を行なった。実験タンクは 7 つの仕切りを有する容量 360 ℓ のエアレーションタンクと 100 ℓ の終沈から構成されている。タンクは同処理場内に設置し、最初沈澱池流出水を原水とした。

実験は初期運転期間を含めて 2 ケ月行なったが、この間実施設で可能な運転条件とするようにした。ばん土は A1 として約 4 ㎎/ℓ となるようにタンクの末端に注入し、苛性ソーダはタンクの流入部で pH が 8.5 となるような制御を行なった。この間の運転条件を表-4 に、処理が安定したときの流入流出水質の値を表-5 に示した。この間、SRT は平均して 8.2 日と高く維持されていることもあるが、ばん土を添加した場合でも pH を調整してやる（アルカリ度を補強してやる）ことによって、ほぼ完全に硝化された処理水を得ることが可能であることが示されている。また、この場合には、

表-4 小プラント運転条件

流入水量 (㎥/日)	A1 添加 (㎎A1/C)	調整 PH	MLSS (㎎/ℓ)	BOD 負荷 (kg/kg/日)	SRT (日)
25	約 4	8.2	3,030	0.17	8.2

T-N の除去率は 70 % と高い値が得られている。処理水の pH が苛性ソーダの添加によって高くなるため、リンの除去率がやゝ低下することがこのプロセスの問題点となろう。アルカリ剤の注入率をどこまで下げられるか、その最適注入方法はどのようなものであるか等について実施設の運転を通して

て調査していく予定である。

表-5 小プラント流入流出水質

	PH	アルカリ度 (㎎/ℓCaCO ₃)	SS (㎎/ℓ)	COD (㎎/ℓ)	TKN (㎎/ℓ)	NH ₄ -N (㎎/ℓ)	NO ₃ +NO ₂ -N (㎎/ℓ)	T-P (㎎/ℓ)
流入水	平均	66	38	39	167	8.3	0.05	266
	範囲	66~72	57~104	13~117	25~73	12~30	6~11	0~0.9
処理水	平均	93	14	8	145	0.26	296	0.78
	範囲	73~76	88~102	9~20	6~15	11~17	0.14~0.40	0.5~1.2

以上、このプロセスについて主としてアルカリ度の面から議論したが、実施設では図-4 に示されるように水温の低下がまず問題となり、このために SRT をどこまで上げられるかが、最終沈澱池の容量、構造の改善と関連して大きな課題となるものと考えている。

3-3 有機物の除去 BOD, TOC, COD ともばん土の添加によって除去率が向上した。コントロール系に比較して BOD で 30~80 %, COD で 20~40 %, TOC で 30~40 % の向上であろう。BOD 除去率の向上が著しいのは、コントロール系では硝化時に BOD が高くなるためであろう。

3-4 SS の除去 Phase II では薬注系の方が処理水の SS が高かったが、終沈を 2 池使用するようになった III 以降では薬注系の方が安定した。ばん土の添加を行なった場合、終沈に対する固形物負荷が高くなることに加えて水酸化アルミのフロックの破片が流出し易くなるため水面積負荷率は通常の設計値よりも余裕を持たせておくことが必要であろう。コントロール系では III 以降負荷は 2 倍となっているが、SVI が高くなった V, VI 以外は SS の値は安定している。薬注系ではばん土の注入率を下げるにつれて SS の流出濃度が増加したが、SS と濁度の相関が高いことからみて、凝集性の悪化する傾向があるのではないかと考えている。SS の値とは関係なく処理水の外観、透明度がばん土の添加によって極めて良くなるのがこのプロセスの特徴といえる。慢性的な処理水の白濁現象は現在までのところ観察されていない。

3-5 活性汚泥生物に対する影響 前報では、A1 としての注入濃度が 8 ㎎/ℓ のときに活性汚泥生物はその種類、固体数ともコントロール系に比較して減少すること、脱水素酵素活性は薬注側では基質を除去した場合の方が基質を含む場合より大きくなることから、処理水に影響がないまでも通常の活性汚泥の生物系とは若干異なったものとなることを報告した。図-6 に両系列の現在までの全繊毛虫および活性汚

泥性全繊毛虫の単位 MLSS 当りの固体数の変化を示した。ばん土の添加によってにもその固体数は減少するが、その程度は A1 の濃度によって影響され、A1 が 4 mg / ℓ 以下の添加（ばん土として 50 mg / ℓ）では両者の間にはあまり差がみられなくなる。（A1 8 のとき両者の差が少ないのは一時期両系列の間に交換があったためである）したがってばん土として 50 mg / ℓ 以下の添加では生物相に対する影響はほとんどなくなるものと思われる。前述したようにこの注入率はリン除去にも有効な値である。A1 の添加によって自由遊泳性の繊毛虫類の減少が著しくなるが、（全繊毛虫と活性汚泥性繊毛虫の差）これが A1 の直接的な影響なのか、有機物等の除去の向上による環境の変化によるものか不明である。

3-6 汚泥の発生量の増加

ばん土の添加による汚泥発生量の増加はこの方法の最も大きな問題点である。理論上は、ばん土とリンの凝集反応による A1 PO₄、加水分解による A1 (OH)₃ の生成量が増加量を決定することになる。

したがって、増加の絶対量は A1 の添加量で決定され、コントロール系に対する増加率は流入する固形物と有機物量との関係で決定される。この点については前報で Phase II の一時期における発生量をもとに考察を行なっている。表-6 は、A1 の添加率の異なる各 Phase における両系列の汚泥発生量の日平均値を比較したものである。各 Phase ごとにコントロール系の発生量が異なっているが、薬注系での発生量は注入率の増加とともに増加しており、その増加率は A1 が 6 mg / ℓ で 1.57, 3 mg / ℓ で 1.19 である。コントロール系と薬注系との発生濃度の差が無機汚泥の増加分であると仮定すると増加濃度は 9.1~26.9 mg / ℓ となる。Cohen はばん土の反応式と実測値から、増加濃度は A1 の添加濃度の約 4 倍であるとのべているが、⁸⁾ ここでの値 3~5 倍となっている。したがって、汚泥の増加量は、A1 の注入濃度で予測してもほぼ問題はなさかろうと思われる。一般には固形物の増加量で 20~60 % 増、一般の余剰汚泥と濃縮性は変わらないので量的にも同程度の増加量を考慮すればよいであろう。汚泥中への A1 の蓄積は A1 としての添加が 8, 6, 4, 3 mg / ℓ でそれぞれ約 12, 6, 4.3, 4.0 % A1 / TS で安定した。

4. ま と め 約 16 ヶ月にわたる実施設での運転結果からエアレーションタンクに硫酸ばん土を添加した場合の機能の向上, 問題点について報告した。本実験はさらに継続していく予定である。

末語ではあるが、本実験にあたり御協力をいただいた各位に感謝の意を表するものである。

参考文献: 1) 安中, 当田 "凝集剤添加による既設下水処理施設の機能改善, 第1報" 第12回本討論会論文集, 2) W. スタム著, 安部他訳 "一般水質化学" 共立出版, 3) 土木研究所 "昭和50年度調査試験研究報告" 4) 土研・三次処理研究室未発表, 5) EPA-670/2/73-050 "200 MGD Activated Sludge Plant Removes Phosphorus By Pickle Liguor" 1973, 6) J. Cohen. "Present Status of Physical Chemical Treatment Technology," Sept. 1974, EPA.

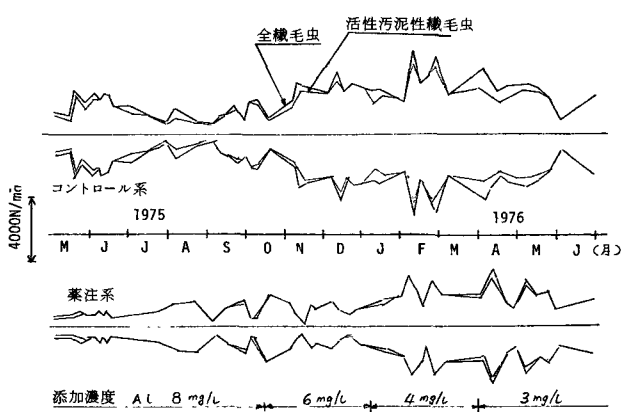


図-6 繊毛虫の固体数の変化

表-6 両系列における汚泥(固形物)量の比較

項 目	実験種別		II*)		IV)		VI)		VII)	
	コントロール	薬注	コントロール	薬注	コントロール	薬注	コントロール	薬注	コントロール	薬注
余剰汚泥量 (kg/日)	556	616	374	752	441	695	470	614		
処理水固形物量 (kg/日)	77	336	140	55	177	152	169	143		
発生汚泥量 (kg/日)**)	633	952	514	807	618	847	639	757		
同濃度換算値 (mg/ℓ下水)	531	800	439	689	567	777	488	579		
増加濃度 (")	269		250		210		91			
増 加 率	151		157		137		119			
ばん土添加率 as A1 mg/ℓ	-	8	-	6	-	4	-	3		

*) 実験期間中一時期両系列に若干の交換あり

**) 発生汚泥量を流入下水量で除した値