

調査・研究報告書

第5号

平成17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、花見川終末処理場、江戸川第二終末処理場及び総務部企画課で行った調査研究についてまとめましたので、維持管理業務などの参考となれば幸いに存じます。

平成17年3月

財団法人千葉県下水道公社
理事長 武間 豊夫

目 次

花見川終末処理場における

ステップ式多段窒素・りん同時除去運転試験について(3)

1. はじめに	1
2. 高度処理運転の処理限界水量調査について(第7系列)	2
3. 第2系列における高度処理運転について	4
4. 全窒素全リン自動測定装置を利用した 窒素・リンの調査及びPACの注入について	7
5. おわりに	10

腐植質脱臭剤による脱臭設備の効率化

1. はじめに	11
2. 調査内容	12
3. 調査結果	12
4. 考 察	14
5. まとめ	16

水の浄化実験を体験させる下水道教室の普及啓発効果

1. はじめに	17
2. 授業プログラムの検討	18
3. 実施状況	20
4. 啓発効果	24
5. ま と め	26

花見川終末処理場におけるステップ式 多段窒素・りん同時除去運転試験について(3)

花見川処理場 関 桂子
(高度処理化検討委員会 委員)

1. はじめに

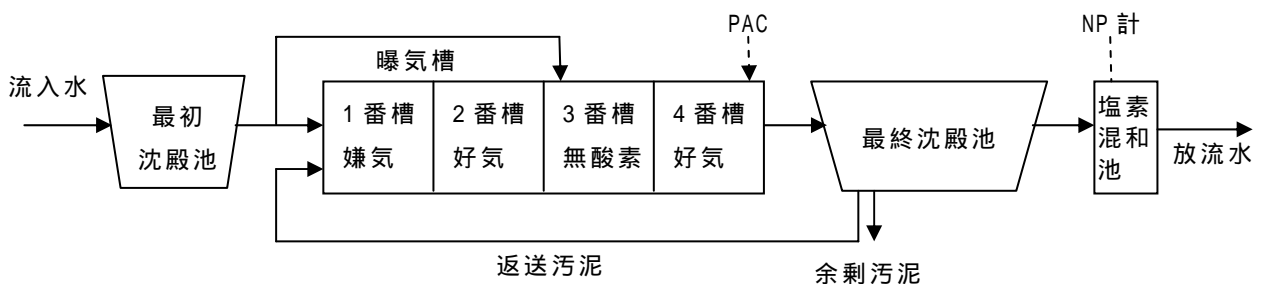
水質汚濁防止法に基づく有機物及び富栄養塩の総量規制が厳しくなっていくなか、花見川終末処理場における高度処理化手法の検討を平成14年9月より始め、高度処理実証試験を実施している。試験としては、処理施設の大幅な改造を伴わず、運転方法の変更により、処理水中の窒素及びリンの濃度を下げる方法として、ステップ式嫌気・好気・無酸素・好気法を採用し、水質の目標値を全窒素 10mg/l 以下、全リン 0.5mg/l 以下として試験を行っている。

平成15年度までは運転条件を変化させて実験を行い、高度処理運転における最適運転条件を検討し、汚泥返送率:40%、凝集剤:約 PAC 2.0mg/l 添加、嫌気槽散気装置:散気管、ステップ比 6:4(1番槽:3番槽)が最適条件との結果を得た。

平成16年度については、高度処理運転での最大処理能力を把握するため、第7系列において処理限界水量調査を行った。また、第5~第8系列と第1~第4系列では水処理施設の構造が異なるため、今まで実験を行ってきた第7系列と構造が異なる第2系列を使用し、高度処理運転が可能かどうか実験を行った。そして、平成15年度に設置された全窒素全リン自動測定装置を使用し、より細かなリンの挙動を観察し、PAC注入を行った。これらの結果について報告する。

実証試験の処理フロー及び概要を図1-1に示す。

図1-1 高度処理(ステップ式嫌気・好気・無酸素・好気法)の処理フロー



[処理の概要]

曝気槽は1番槽を嫌気槽、2・4番槽を好気槽、3番槽を無酸素槽とし、初沈越流水は、1番槽と3番槽に流入させている。窒素については、好気槽でアンモニアを硝酸まで硝化し、嫌気槽・無酸素槽で脱窒して除去している。リンについては、嫌気槽でリンの吐き出しを行い、好気槽でリンを活性汚泥に摂取させた後、余剰汚泥として引き抜き、系外に除去している。

2. 高度処理運転の処理限界水量調査について（第7系列）

(1) 目的

高度処理運転では、現在花見川処理場で行っている疑似嫌気好気運転と比べて好気部分が2/3であり、また、上流部分のMLSSを高くしているため、処理水量を多くした場合、硝化の後退、汚泥の流出等が懸念される。そこで、高度処理運転での処理限界水量を把握するための調査を行った。

(2) 方法

調査は、春～夏期と冬期の2回行い、1～2週間毎に処理水量を系列当たり100～200m³/h ずつ増加させて、処理状況を観察した。揚水量は、処理限界水量を明確にするため、時間変動はつけず固定流量とした。実施期間と揚水量を表2-1に示す。

調査は第7系列で行い、運転条件はステップ比6:4(1番槽:3番槽)、返送率40%とした。また、処理限界水量の判断についてはBOD、COD、SS、NH₄-N、T-N、T-P、終沈界面について、表2-2の値を超えた時点の水量を処理限界とした。

表2-1 処理限界水量調査の実施期間と揚水量
(春～夏期) (冬期)

ケース	実施期間	揚水量(固定) (7系1池あたり)		ケース	実施期間	揚水量(固定) (7系1池あたり)	
		m ³ /h	m ³ /日			m ³ /h	m ³ /日
	H16 3/22 ~ 4/ 4	1,700	40,800		H16 12/ 6 ~ 12/19	1,700	40,800
	4/ 5 ~ 4/18	1,800	43,200		H17 12/20 ~ 1/10	1,900	45,600
	4/19 ~ 5/ 9	1,900	45,600	W	1/11 ~ 1/23	2,100	50,400
	5/10 ~ 5/24	2,000	48,000	W	1/24 ~ 1/26	2,200	52,800
	5/25 ~ 6/ 6	2,100	50,400		1/26 ~ 1/28	2,000	48,000
	6/ 7 ~ 6/13	2,200	52,800		1/28 ~	均等流入	
	6/14 ~ 6/20	2,300	55,200				
	6/21 ~ 6/27	2,400	57,600				
	6/28 ~ 7/ 2	2,500	60,000				
	7/ 2 ~	2,050	49,200				

*標準法における日最大水量：49,400 m³/日・系列

表2-2 処理限界判断基準

単位:mg/l

項目	T-BOD (終沈)	COD (塩混)	SS (塩混)	NH ₄ -N (4番槽)	T-N (終沈)	T-P (終沈)	終沈界面(m)	
							中流	下流
法基準	20	-	70	-	30	4	-	-
処理限界 判断値	13	13	10	3	10	(0.5)	0.5	0以上

(3) 結果

増水時の水質状況等を表2-3, 2-4と図2-1に示す。

ケース（春・夏期 57,600m³/日・系列）、ケースW（冬期 50,400m³/日・系列）からは、SSの上昇が見られたが、4番槽の硝化状況、BOD・COD等の有機物の除去、窒素・リンの除去については特に急激な悪化はみられなかった。しかし、ケ

ース（春・夏期 60,000m³/日・系列）、ケース W（冬期 52,800m³/日・系列）になると、終沈中間での汚泥界面が上昇し、下流でも汚泥界面がみられるようになった。よって、表 2-2 の処理限界判断基準より、処理限界と判断した。

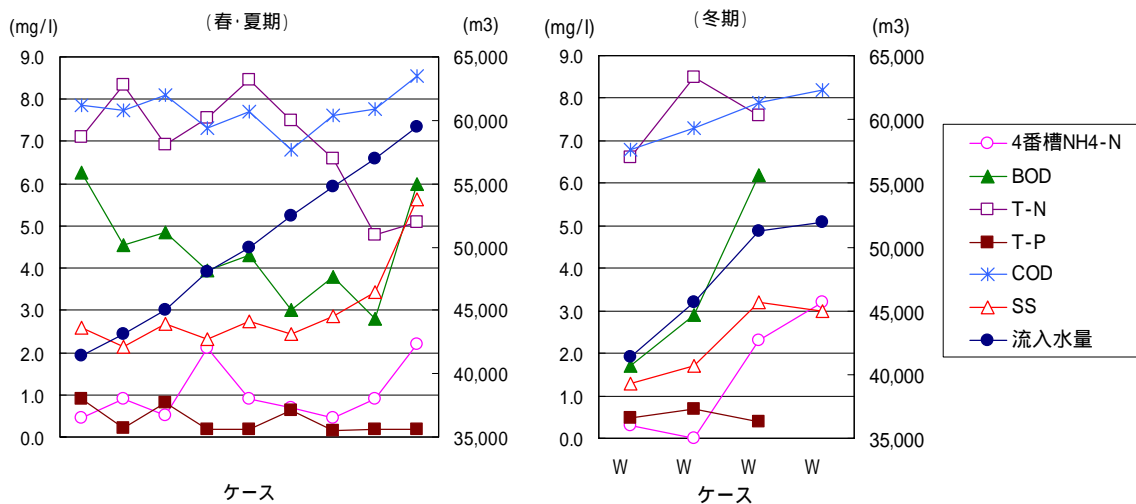
表 2-3 第 7 系列 限界水量調査 水質状況等(春・夏期、平均値)

ケース	流入 水温 ()	流入水量 (m ³) (7系)	曝気槽		最終沈殿池(7系A)							塩素混和池 (7系)	
			7系A-4 NH4-N (mg/l)	BOD (mg/l)	C-BOD (mg/l)	T-N		T-P		汚泥界面		COD (mg/l)	SS (mg/l)
						終沈 (mg/l)	除去率 (%)	終沈 (mg/l)	除去率 (%)	中間 (m)	下流 (m)		
	19.2	41,461	0.5	6.3	2.0	7.1	73.2	0.91	71.5	0.3	0.0	7.9	2.6
	20.5	43,154	0.9	4.6	1.6	8.4	71.4	0.22	94.4	0.4	0.0	7.7	2.1
	21.9	45,042	0.5	4.8	1.4	6.9	74.6	0.83	78.9	0.4	0.0	8.1	2.7
	22.8	48,058	2.1	4.0	1.4	7.6	73.7	0.20	95.4	0.3	0.0	7.3	2.3
	23.3	49,922	0.9	4.3	1.4	8.5	68.0	0.18	94.9	0.4	0.0	7.7	2.8
	23.2	52,440	0.7	3.0	1.7	7.5	70.0	0.63	81.5	0.0	0.0	6.8	2.4
	23.8	54,777	0.5	3.8	1.5	6.6	74.2	0.15	96.0	0.0	0.0	7.6	2.9
	25.0	56,989	0.9	2.8	2.0	4.8	80.6	0.19	94.3	0.5	0.0	7.8	3.4
	25.4	59,438	2.2	6.0	2.2	5.1	80.2	0.19	94.9	0.7	0.4	8.6	5.6

表 2-4 第 7 系列 限界水量調査 水質状況等(冬期、平均値)

ケース	流入 水温 ()	流入水量 (m ³) (7系)	曝気槽		最終沈殿池(7系A)							塩素混和池 (7系)	
			7系A-4 NH4-N (mg/l)	BOD (mg/l)	C-BOD (mg/l)	T-N		T-P		汚泥界面		COD (mg/l)	SS (mg/l)
						終沈 (mg/l)	除去率 (%)	終沈 (mg/l)	除去率 (%)	中間 (m)	下流 (m)		
W	20.4	41,379	0.3	1.7	1.1	6.6	75.8	0.47	86.2	0.0	0.0	6.8	1.3
W	19.0	45,662	ND	2.9	1.5	8.5	69.0	0.69	79.8	0.0	0.0	7.3	1.7
W	17.7	51,278	2.3	6.2	1.8	7.6	75.4	0.39	89.0	0.5	0.3	7.9	3.2
W	17.9	51,933	3.2	-	-	-	-	-	-	0.8	0.3	8.2	3.0

図2-1 処理限界水量調査時の水質



(4)まとめ

今回の実験より、処理限界水量とその時の条件は以下のとおりであった。

実験系列：第7系列

処理方法：ステップ式嫌気・好気・無酸素・好気法

ステップ比：6:4(1番槽:3番槽)

返送率：40%

処理限界水量：約57,600m³/日・系列(春・夏期)

(実験時期：H16.3.22～H16.7.2, 水温：19.2～25.4)

約50,400 m³/日・系列(冬期)

(実験時期：H16.12.6～H17.1.26, 水温：17.7～20.4)

(これ以上では終沈へ汚泥が流出するため)

標準法における日最大水量は49,400 m³/日・系列であるが、高度処理運転では、この水量を超えて運転が可能である事が分かった。

3. 第2系列における高度処理運転について

(1)目的

第5～第8系列と第1～第4系列では水処理施設の構造が異なるため、第1～第4系列でも同様な運転が可能かどうか調査するため、第2系列を対象とし、高度処理運転を実施した。

(2)方法

第1～第4系列と第5～第8系列の水処理施設の違い

ア 曝気槽の容積

曝気槽の実容積は、第5～第8系列が14,680m³であるのに対し、第1～第4系列は11,920m³であり、第1～第4系列は第5～第8系列の81%となっている。

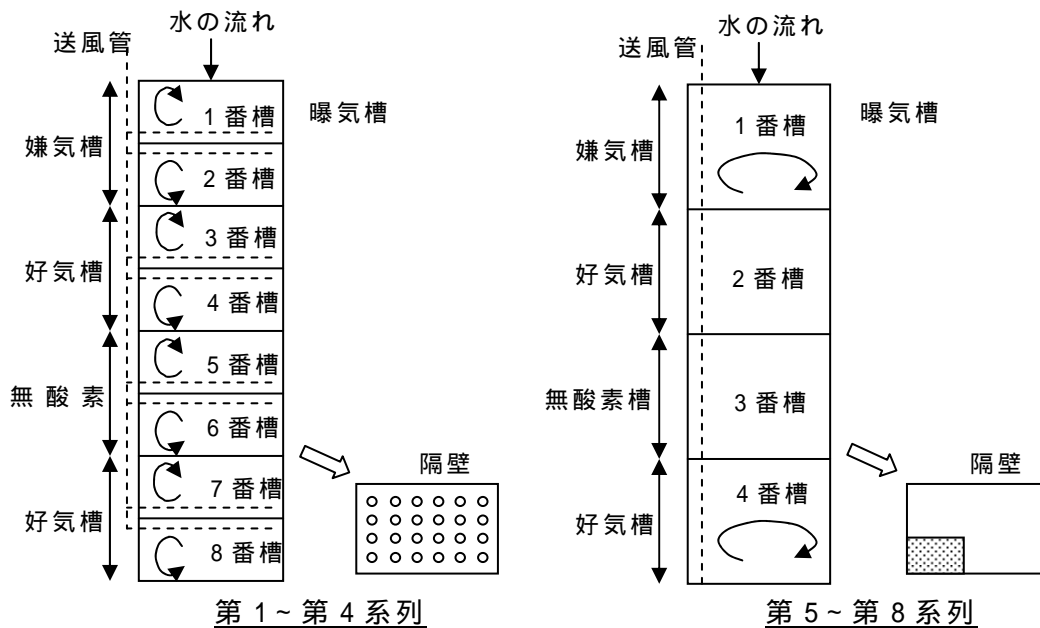
イ 曝気槽の隔壁および攪拌方法

隔壁については、第5～第8系列は4槽に仕切られ、片側の下部が開いているが、第1～第4系列は8槽に仕切られ、多孔壁である。

旋回流については、第5～第8系列は曝気槽の片側に散気筒が付いており、流れに対して垂直方向への攪拌となっているが、第1～第4系列については、隔壁沿いに散気筒が配置され、流れ方向および逆方向への攪拌となっている。

隔壁と旋回流の違いにより、第5～第8系列よりも第1～第4系列の方が、好気槽から嫌気・無酸素槽へ空気が流れやすいため、各槽の区分が難しく、嫌気・無酸素槽で嫌気度を保ちにくい構造となっている。

図 3-1 曝気槽の隔壁および攪拌方法



実験条件

実験期間と条件を以下に示す。

- 対象系列：第2系列
- 実験期間：H16.9.1～H16.9.30，H16.11.17～H17.2.28
- 運転方法：ステップ式嫌気・好気・無酸素・好気法
- ステップ比：6:4(1番槽:3番槽)
- 返送率：40%

(3)結果

表 3-1 に第 2・第 7 系列の運転状況を示す。但し、集計した期間は、第 2 系列は H16.9.1～9.30, H16.11.17～H17.2.28 で、第 7 系列は処理限界水量調査中のため、水質上増水の影響があると考えられる H17.1.24 以降は対象外とした。

第 2 系列の処理水については、平均で BOD 5.5mg/l、COD 8.3mg/l、T-N 8.7mg/l、T-P 0.28mg/l であり、有機物・窒素・リンの処理は良好に行われたと考えられる。

次に、構造上の違いにより処理に差があるか、同じ高度処理運転を行っている第 7 系列と比較してみた。処理水の BOD、COD、T-N、T-P については、ほぼ同程度の濃度となっている。しかし、反応槽の状況については第 2 系列と第 7 系列で差が認められる。嫌気槽と無酸素槽の ORP は第 2 系列の方がプラス側になっており、これに伴い嫌気槽におけるリンの吐き出しも第 2 系列の方が悪い結果となっている。これは、構造上第 2 系列の方が、好気槽の空気が嫌気槽、無酸素槽へ流れ込みやすい構造であるためと考えられる。また、処理水の全窒素は同程度の濃度であったが、冬場は硝化が後退気味となり、H17.2.8 には NO₂-N が 2.2mg/l と高濃度になったため、6 番槽を無酸素槽から好気槽にして運転を行った。その後、硝化の後退は改善された。

表 3-1(1/3) 第 2 系列と第 7 系列の比較 (運転状況)

	降雨量 (mm)	流入 水温 ()	流入 水量 (m3)	返送率 (%)	余剰 汚泥量 (m3)	余剰汚泥 濃度 (mg/l)	送風 倍率 (倍)	HRT (hr)	A-SRT(日)	
										理論値
2系	2系A									
最高	101.5	26.9	34,955	50	507	6,650	7.7	9.2	4.32	11.35
最低	0.5	14.3	15,510	32	226	4,680	3.6	4.1	1.92	5.15
平均	13.1	20.6	19,007	43	344	5,757	6.5	7.6	2.98	7.82
7系	7系A									
最高	101.5	26.9	33,490	45	397	6,789	6.7	10.2	5.98	11.35
最低	0.5	14.3	17,235	33	194	4,970	3.3	5.3	3.02	5.15
平均	16.6	21.6	23,014	40	312	5,753	5.8	7.7	3.83	7.32

表 3-1(2/3) 第 2 系列と第 7 系列の比較 (処理水の水質)

	最終沈殿池						塩素混和池 COD (mg/l)
	BOD (mg/l)	C-BOD (mg/l)	T-N		T-P		
			終沈 (mg/l)	除去率 (%)	終沈 (mg/l)	除去率 (%)	
2系	2系A						2系
最高	9.8	2.5	10.6	78.8	1.06	97.0	13.2
最低	2.1	1.1	6.5	63.3	0.11	71.3	4.7
平均	5.5	1.7	8.7	70.3	0.28	92.8	8.3
7系	7系A						7系
最高	8.7	2.2	10.4	80.5	0.84	97.2	8.5
最低	1.4	1.0	5.4	60.5	0.08	75.5	4.9
平均	4.0	1.5	7.4	71.0	0.31	90.7	7.1

表 3-1(3/3) 第 2 系列と第 7 系列の比較 (曝気槽の状況)

	ORP (mV)	NH4-N (mg/l)	S-PO4-P (mg/l)	MLDO (mV)	MLSS (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ORP (mV)	NH4-N (mg/l)	pH	ORP (mV)	MLDO (mV)	MLSS (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)
2系	2系A-2		2系A-4			2系A-6		2系A-8							
最高	23	14.5	18.0	2.8	2,380	10.8	212	9.4	6.9	161	5.4	1,960	5.8	2.2	10.4
最低	-182	7.1	1.10	0.3	1,560	3.5	-22	0.4	6.5	48	0.5	1,240	ND	ND	2.5
平均	-110	11.0	6.80	0.8	1,961	7.1	41	4.6	6.7	94	1.9	1,721	1.6	0.4	5.8
7系	7系A-1			7系A-2		7系A-3		7系A-4							
最高	-78	14.2	17.7	2.2	2,320	10.8	123	9.7	6.8	188	4.2	1,760	6.2	0.5	9.8
最低	-332	3.5	1.62	0.4	1,580	1.1	-71	0.4	6.5	67	0.4	1,420	ND	ND	2.3
平均	-182	10.6	8.70	1.2	2,048	5.6	-0	6.1	6.7	115	1.8	1,647	1.5	ND	5.6

系列毎の T-P、T-N の測定結果を表 3-2 に示す。高度処理(第 2 系列・第 7 系列)と通常処理(疑似嫌気好気運転)を比較すると、T-P についてはあまり差がないが、T-N については高度処理の方が低い濃度となっており、除去率では第 2 系列が約 1 割、第 7 系列が約 2 割程度高く、窒素除去には有効な運転方法であるといえる。

表 3-2 系列毎の T-P、T-N 濃度および除去率

	塩素混和池															
	T-P								T-N							
	1系	2系	3系	4系	5系	6系	7系	8系	1系	2系	3系	4系	5系	6系	7系	8系
測定回数	0	9	8	2	9	9	17	17	0	8	7	2	8	8	17	17
平均濃度(mg/l)	-	0.30	0.51	0.34	0.87	0.96	0.41	0.38	-	9.8	12.2	9.6	12.3	12.1	7.0	12.8
除去率(%)	-	91.3	85.0	90.7	74.4	71.9	88.0	88.8	-	61.5	53.0	58.5	51.7	52.6	73.2	50.8

*対象期間:9/1~9/30, 11/18~2/28 測定頻度:1~6系 月2回、7・8系 月4回

(4)まとめ

これまでは第7系列で高度処理運転を実施してきたが、第5~第8系列と第1~第4系列では水処理施設の構造が異なるため、第2系列を使用し、高度処理運転が可能か実験を行った。

今回の結果としては、高度処理運転は可能であり、有機物・窒素・リンの処理も良好に行えた。特に窒素除去については、高度処理系列は他系列と比較して1割以上高い除去率であり、有効な運転方法であるといえる。しかし、第7系列と比較すると、構造上の違いから嫌気槽・無酸素槽の嫌気度が甘くなる傾向が見られた。また、冬場では硝化の後退が見られたが、6番槽を好気槽とする事で高度処理運転を行う事ができた。

4. 全窒素全リン自動測定装置を利用した窒素・リンの調査及び PAC の注入について

全窒素全リン自動測定装置が設置され、平成16年2月より第7系列塩素混和池水(高度処理運転)、4月より放流水の測定を行っている。自動測定装置を利用して、より詳細な窒素・リンの変動を調査した。

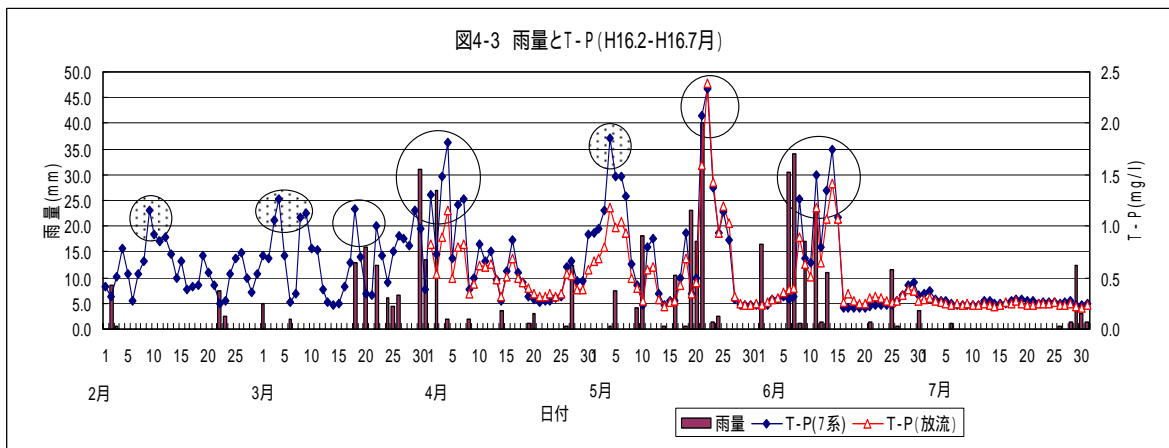
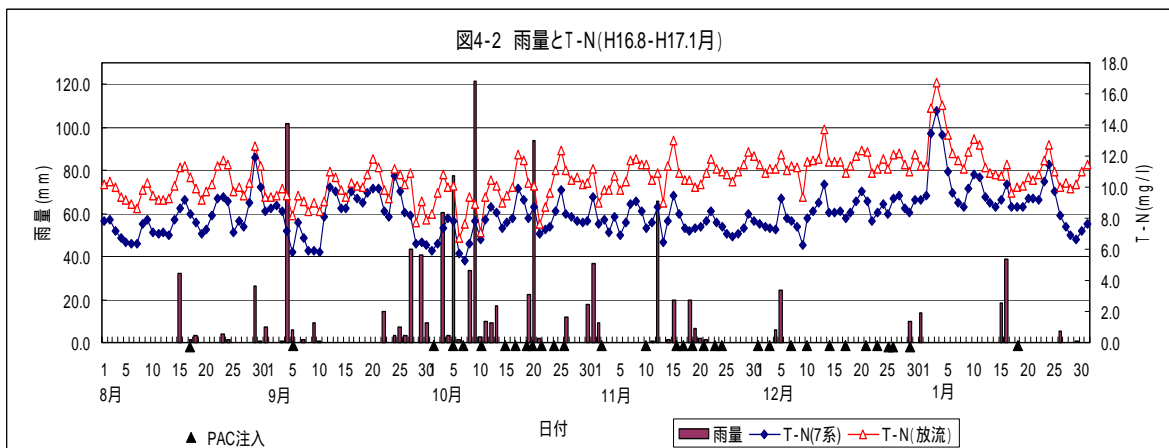
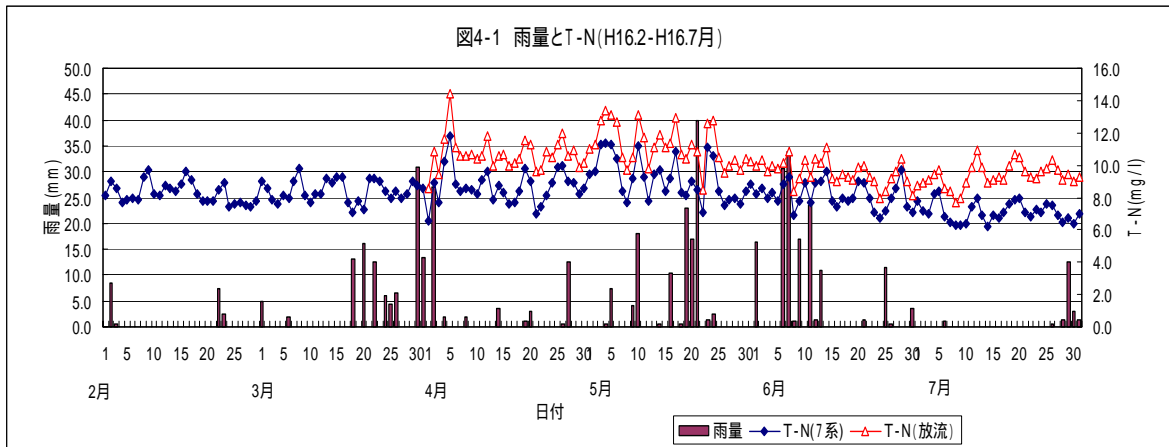
T-N濃度の日変動を図4-1, 4-2に示す。高度処理運転では、T-Nについてはほぼ安定して10mg/l以下の処理水質が得られている。また、放流水と比較すると、常に約2mg/l程度低い濃度となっており、降雨の影響も見られず、比較的安定して推移している事が分かった。

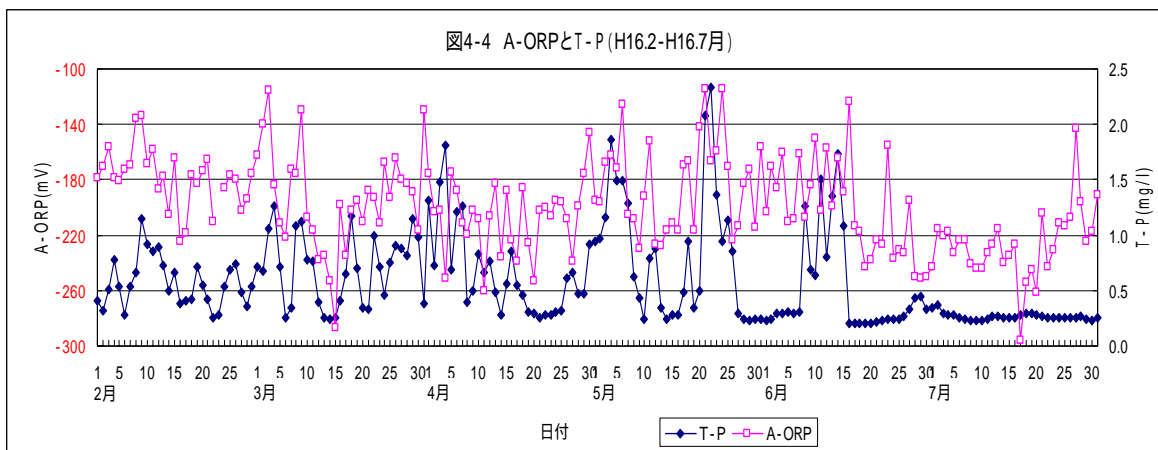
しかし、T-Pについては変動が激しく、特に降雨後で嫌気槽の嫌気度が悪くなったときの濃度上昇が大きい。図4-3に雨量とT-P、図4-4にA-ORPとT-Pの関係を示す。T-P濃度が1.0mg/l以上の場合を見てみると、3月中旬から4月上旬、5月下旬、6月上旬あたりのT-Pのピーク(図4-3の円で囲んだ部分)は降雨の影響によるものと考えられ、1日あたりの雨量が20mm以上の場合に高濃度となっている。しかし、2~3月及び5月のピーク(図4-3の円で囲んだ斜線部分)については、降雨以外の影響と考えられるが、原因の特定には至っていない。また、雨水が曝気槽に到達するには、降雨地域よりポンプ場を經由し処理場に流入するまでの時間と、水処理施設を通過する時間がかかり、その後に雨水によるDOの持ち込みにより曝気槽の嫌気度が悪化し、リン除去に影響が出始めると考えられる。よって、グラフからも分かる様に雨が降ってから1~2日程度遅れて、T-Pの上昇が見られる場合もある。

A-ORPとの関係については、A-ORPが高いときにはT-Pも高くなる傾向があるが、相関係数 r^2 は0.162と低く、A-ORPがいくつ以上ならば必ずT-Pが上昇する、

という明確な数値は確定できない状況であり、A-ORP を使用して T-P 濃度の管理を行うのは難しいと考えられる。

また、図 4-3 で放流水と第 7 系列塩素混和池水の T-P 濃度を比較すると、安定した状態では同程度の濃度であるが、濃度上昇が起こると第 7 系列の方が高い値を示す場合が多くみられた。よって、他系列の疑似嫌気好気運転よりも高度処理運転の方がリン処理においては不安定な部分があると言える。

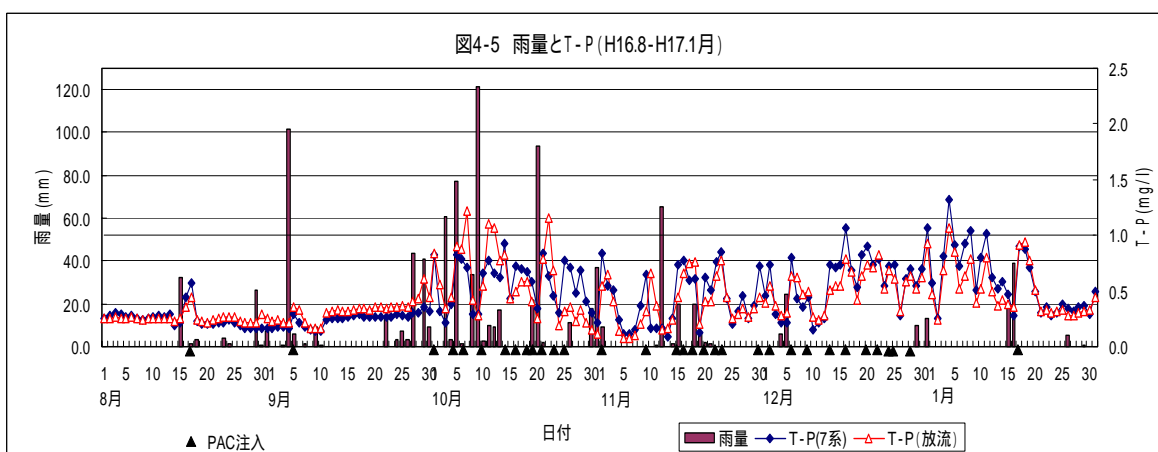




T-Pについては、PACにより除去して制御する事が可能である。窒素リン自動測定装置を利用して、濃度が上昇した場合のみPAC注入を行った。注入時期については以下の様にした。

- PAC注入期間：H16.8～H17.1
- PAC注入率：2.5mg/l程度
- 注入開始：中央監視室のNP計モニター(第7系列塩素混和池水)でT-Pが1.0mg/lを超えた時点
- 注入停止：中央監視室のNP計モニター(第7系列塩素混和池水及び放流)でT-Pが0.5mg/l以下となった時点

上記の方法でPAC注入を行った結果、図4-5に示す様に概ね1mg/l以下、放流水よりも若干低い濃度で管理することができた。また、今回の様な自動測定装置を利用した注入方法により、PAC注入量はかなり削減できると考えられる。



5. おわりに

これまで窒素・リンの低減化対策として、高度処理運転のデータを収集してきた。この運転の特長は、現状の疑似嫌気好気運転に比べて窒素の除去率が安定して約1割以上良く、送風倍率もほぼ同程度なので運転費用の増加要因はない点である。しかし、リンについては安定時は疑似嫌気好気運転と同程度であるが、降雨後等で濃度が上昇する場合、その度合いは高度処理の方が大きい傾向であった。これは、高濃度時のみPACを注入すれば、他系列と同程度の概ね日平均1mg/l以下で管理することが可能であった。また、高度処理運転では活性汚泥のSVIが高くなる傾向があるので、急激な増水時や冬場MLSSを高くした場合等に汚泥の流出に注意が必要である。

また、曝気槽の構造の違いによっても処理に差があることが分かった。第5～第8系列では年間を通し、ある程度安定して高度処理運転が可能であった。固定水量での調査では処理限界水量は春・夏期で約57,600m³/日・系列、冬期で約50,400m³/日・系列であり、標準法における日最大処理水量49,400m³/日・系列を超えて運転可能である事が分かった。しかし、第1～第4系列については高度処理運転は可能であるが、曝気槽の容量が第5～第8系列の約8割と小さく、嫌気・無酸素槽の嫌気度が保ちにくい構造であるため、冬場は硝化の後退がみられ、2/4嫌気槽の状態では運転が難しく、3/8嫌気槽の状態として運転を行った。このため、第1～第4系列では現状以上の水量を処理するのは困難であると考えられる。

これまでの実験運転より、以上のような高度処理運転の特徴・注意点等が明らかになった。今後、花見川処理場の維持管理を行うにあたり、運転方法の一つとして有益なデータであると考えている。

最後に本報告にあたり、ご指導御協力いただきました千葉県印旛沼下水道事務所、日本ヘルス工業・千葉メンテJVの皆様に深く感謝申し上げます。

腐植質脱臭剤による脱臭設備の効率化

江戸川処理場 斉藤 修

1. はじめに

江戸川第二終末処理場は、他処理場と比較すると非常に多くの脱臭設備が設置されている。水処理、汚泥処理は各系列ごとにそれぞれ8箇所、3箇所とその他に3箇所、計14箇所もの脱臭設備が場内に設置されている。

表1. 場内脱臭設備の処理方式

施設名	脱臭方式
水処理 1系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
水処理 2系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
水処理 3系	腐植質脱臭剤+活性炭吸着
水処理 4系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
水処理 5系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
水処理 6系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
水処理 7系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
水処理 8系	薬品洗浄(次亜+チオ)+活性炭吸着
管理本館	活性炭吸着
高段ポンプ棟	生物脱臭+活性炭吸着
沈砂池棟	生物脱臭+活性炭吸着
汚泥処理 1系	薬品洗浄(苛性+次亜+チオ)+活性炭吸着
汚泥処理 2系	薬品洗浄(苛性+次亜+チオ)+活性炭吸着
汚泥処理 3系	生物脱臭+活性炭吸着

表1からもわかるように、主として薬品洗浄塔と活性炭吸着塔を併用した脱臭方式が採用されており、悪臭成分の除去に貢献しているが、その設備の多さから薬品及び活性炭の購入費、薬品注入設備等のメンテナンスといった維持管理コストが嵩んでしまっている。確かに薬品洗浄塔による悪臭物質の除去効果は高いが、今後も定量的に発生してしまうこの維持管理コストを何とか低減できないかという発想から今回、活性炭吸着塔内の脱臭剤の変更を試みることにした。

その内容としては、水処理の一系列分の脱臭設備の薬品洗浄を停止し、従来使用していた一般ガス吸着用活性炭の代わりに悪臭物質に接触する前段側に腐植質脱臭剤と後段側に少量の中性ガス吸着用活性炭を使用するといったものである。この腐植質脱臭剤が効率良く機能すると、薬品洗浄を行っているのと同様に、前段で処理場内の悪臭物質の代表的なものである硫化水素がほとんど除去され、後段の活性炭に対する負荷が軽減されることとなり、結果、活性炭の寿命が延びるというメリットがある。

また、薬品洗浄実施時に使用している次亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダ、チオ硫酸ソーダの使用を停止できるため、購入費用の削減及び薬品取扱時の危険性を低減できるということにおいても大きなメリットであると言える。

腐植質脱臭剤とは、土壌中の腐植質(腐植酸、フルボ酸、微生物)を主成分としてペレット状に成形されたもので、活性炭同様の物理吸着に加え、添加物質による化学反応、吸着してからの微生物による分解といった生物反応が添加された脱臭剤である。

2. 調査内容

水処理3系脱臭設備において図1のように既存の活性炭吸着塔内カートリッジを使用して、ガス入り口に腐植質脱臭剤、その上に中性ガス吸着用活性炭を充填する。

脱臭剤交換後1年間、吸着塔に入る悪臭物質原臭濃度の測定を継続し、設備供用開始当初の設計濃度との違いを確認する。また、活性炭吸着塔出口の悪臭物質濃度測定の結果を確認しつつ、脱臭剤の劣化分析を行い寿命を検証することによって、次回の適正な交換時期を決定する。さらに、他系列の脱臭設備に要するコストとの比較を行い低減効果を算出する。

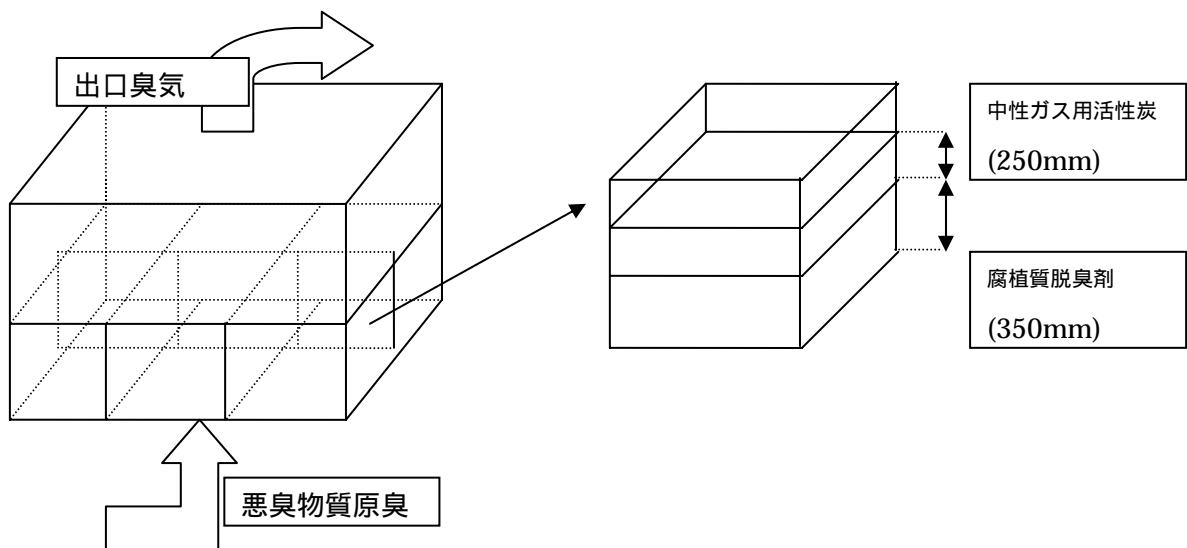


図1. 活性炭吸着塔イメージ図



腐植質脱臭剤



中性ガス用活性炭

3. 調査結果

1) 調査期間

水処理3系脱臭剤交換…平成14年3月

水処理3系活性炭吸着塔入口原臭濃度測定…平成14年4月から15年3月

水処理活性炭吸着塔出口臭気濃度…平成15年9月、平成16年7月

(県・環境調査報告書参照)

水処理3、4系脱臭剤劣化分析…平成16年7月

2) 結果

1) の各結果を次表にまとめる。

表2. 水処理3系活性炭吸着塔入口原臭濃度測定

測定月	物質名	硫化水素 (ppm)	メチルメルカプタン (ppm)	硫化メチル (ppm)	二硫化メチル (ppm)
H14.4		0.0039	0.016	0.013	0.0039
H14.5		0.0039	0.046	0.018	0.0039
H14.6		0.0039	0.057	0.019	0.0039
H14.7		0.47	0.086	0.032	0.009
H14.8		0.39	0.062	0.031	0.013
H14.9		0.21	0.072	0.032	0.007
H14.10		0.19	0.028	0.022	0.012
H14.11		0.061	0.034	0.015	0.01
H14.12		0.052	0.022	0.015	0.011
H15.1		0.031	0.009	0.014	0.0039
H15.2		0.013	0.01	0.005	0.0039
H15.3		0.0039	0.016	0.008	0.0039
平均		0.119	0.038	0.019	0.007
設計値		0.02	0.002	0.02	0.009

表3. 水処理活性炭吸着塔出口臭気濃度

平成15年9月

物質名	硫化水素 (ppm)	メチルメルカプタン (ppm)	硫化メチル (ppm)	二硫化メチル (ppm)	臭気濃度 (-)
3系活性炭吸着塔入口	1.0	0.14	0.019	0.0012	1700
3系活性炭吸着塔出口	ND	ND	0.015	0.0087	420
除去率	99.95	99.64	21.05	-625	-
4系活性炭吸着塔入口	0.2	ND	ND	ND	1700
4系活性炭吸着塔出口	0.24	ND	ND	ND	420
除去率	-20	-	-	-	-

硫化水素、メチルメルカプタン定量下限値0.0005ppmとして算出

表4. 水処理活性炭吸着塔出口臭気濃度

平成16年7月

物質名	硫化水素 (ppm)	メチルメルカプタン (ppm)	硫化メチル (ppm)	二硫化メチル (ppm)	臭気濃度 (-)
3系活性炭吸着塔入口	0.086	0.043	0.017	0.007	1000
3系活性炭吸着塔出口	ND	ND	0.011	0.009	320
除去率	99.42	98.84	35.29	-28.57	-
4系活性炭吸着塔入口	ND	ND	ND	ND	500
4系活性炭吸着塔出口	ND	ND	ND	ND	160
除去率	-	-	-	-	-

硫化水素、メチルメルカプタン定量下限値0.0005ppmとして算出

表5．水処理活性炭劣化分析

平成16年7月

分析項目	3系活性炭		4系活性炭	
	使用済	納入時	使用済	納入時
密度(g/ml)	0.588	0.531	0.531	0.51
乾燥減量(%)	20.5	3.1	21.3	1.2
硬度(%)	99.8	99.3	99.2	98.3
pH	2.9	2.3	6.4	6.2
粒度(4-8mesh)(%)	92.8	98.2	93.7	97.6
ベンゼン吸着量(%)	22.3	31.8	23.8	30.8
硫化メチル吸着量(%)	0.9	5	0.03	5

表6．水処理腐植質脱臭剤劣化分析

平成16年7月

分析項目	3系腐植質脱臭剤	
	使用済	納入時
密度(g/ml)	0.767	0.665
乾燥減量(%)	11.8	8.8
硬度(%)	99.6	99.5
pH	5.9	6
粒度(4-8mesh)(%)	97.5	98.6
硫化水素吸着量(%)	5.68	56

4．考察

表2の結果から、硫化水素、メチルメルカプタンの原臭濃度が設備仕様である設計値を大幅にうわまっており、脱臭設備全体に想定以上の負荷がかかっていることがわかる。

水処理3系においては、脱臭剤変更時に設計値よりも高濃度の硫化水素を想定し、脱臭剤を充填しているため、表3及び4の結果からも硫化水素に関する除去率は高いと言える。水処理4系は比較対象系列としているが、活性炭吸着塔前段で従来どおりの薬品洗浄をおこなっているため、吸着塔入口の原臭濃度は3系よりも低いことがわかり、薬品洗浄の効果もかなり高いと言える。

ただ、表3、4の臭気濃度の結果から高濃度の悪臭物質を全体としてどこまで除去できているかという点から見ると、2回の分析結果からではあるが、3系の方が高負荷にもかかわらずそれなりに除去できている様子が見られる。つまり、同じ量の悪臭物質を既設の脱臭方式と遜色無く処理できるということから、今回の変更について機能上は良好な結果が得られたこととなる。

次に劣化の進行具合を比較してみる。脱臭剤を変更してから約18ヶ月経過した表2の活性炭吸着塔出口の悪臭物質濃度は特に問題がなかったため、ここでは劣化分析を行わなかった。二硫化メチルにおいては、原臭濃度と出口濃度が逆転してしまっているが、これは、設計値よりもかなり下の範囲での測定結果のため、測定誤差によるものと考え、その後の経過を観察することとした。

腐植質脱臭剤のメーカーによると脱臭剤の交換時期は当初、活性炭で27ヶ月、腐植質脱臭剤で49ヶ月と推奨されていたため、約27ヶ月経過した時点で劣化分析を行い、表5、6の結果が得られた。

表5からは、水処理3、4系ともに乾燥減量が納入時と比較して大幅に上昇していることがわかり、この数値は活性炭が原臭とともに水分をかなり吸収しているということを示している。また、活性炭の残存能力の指標としてベンゼン吸着量をみてみると、劣化により、納入時30%以上で指定しているものが、共に低下しているのがわかる。

もともと悪臭物質の中でも硫化水素、メチルメルカプタンといった酸性ガスは薬品洗浄等で除去できるが、硫化メチル、二硫化メチルといった中性ガスは活性炭のみでしか吸着できないため、活性炭の機能低下の指標として別に硫化メチル吸着量を量るという方法もあるので測定を行った。この結果からは、水処理3系活性炭の方が残存効力が残っていると思われ、これは前段の腐植質脱臭剤により水分吸着が行われ、活性炭への湿気が低減された効果であると判断される。腐植質脱臭剤は水分による機能低下はほとんど起こらない脱臭剤であるため、この点においても水処理の脱臭設備には向いているものであることがわかる。

現在、腐植質脱臭剤、活性炭においてはまだ吸着効果が残存していることが日常の臭気測定並びに最新の劣化分析結果から得られているが、活性炭は突然、機能低下を起こす脱臭剤であるため、2年に1度程度の交換を行うことが望ましいと思われる。

もちろん、交換予定時期に達した時点で保有する能力を考察した後で交換ということにはなるが、少なくとも今現在の毎年交換を実施するといった頻度を減らし、コスト縮減を試みた方が良いと思われる。今回の確認調査により、費用をどのくらい削減できるか、また今後どのくらいの削減効果が見込まれるか最後にまとめてみる。

表7．従来方式による1系列あたりの年間薬品使用量（平成15年度水処理4系実績）

	年間使用量 (kg/年・1系列)	単価 (円/kg)	購入費用 (円/年・1系列)
次亜塩素酸ソーダ使用量	7,620	24.1	183,642
苛性ソーダ使用量	3,260	20.4	66,504
チオ硫酸ソーダ使用量	451	135	60,885
合計	-	-	311,031

表8．従来方式による1系列あたりの薬品注入設備年間使用電力量（平成15年度水処理4系実績）

	運転時間 (h/年・1系列)	電力使用量 (kWh/年)	単価 (円/kWh)	電力料 (円/年・1系列)
No.1次亜塩素酸循環ポンプ(5.5kW)	4,324	23,782	9.0	214,038
No.2次亜塩素酸循環ポンプ(5.5kW)	4,356	23,958	9.0	215,622
No.1チオ硫酸循環ポンプ(5.5kW)	4,324	23,782	9.0	214,038
No.2チオ硫酸循環ポンプ(5.5kW)	4,356	23,958	9.0	215,622
合計	-	-	-	859,320

表9．脱臭剤購入費用の比較（交換時）

	購入数量 (kg)	単価 (円/kg)	購入費用 (円)
水処理3系腐植質脱臭剤	2,680	1,150	3,082,000
水処理3系中性ガス用活性炭	1,470	454	667,380
水処理3系脱臭剤合計			3,749,380
水処理4系一般ガス用活性炭	3,120	235	733,200

表10．交換サイクルを見込んだ脱臭剤購入費用の比較

	1年後 (円)	2年後 (円)	3年後 (円)	4年後 (円)	購入費用計 (円/4年)
水処理3系腐植質脱臭剤	-	-	-	3,082,000	3,082,000
水処理3系中性ガス用活性炭	-	667,380	-	667,380	1,334,760
水処理3系脱臭剤合計					4,416,760
水処理4系一般ガス用活性炭	733,200	733,200	733,200	733,200	2,932,800

表7及び8より薬品洗浄を用いた従来の脱臭方式にかかる薬品購入費及び電力使用料は年間で約117万円かかる。表8からは、脱臭剤交換時に発生する購入費用の比較となっているが、これを実際の交換サイクルで試算した結果を表10に示す。

これらの結果から、腐植質脱臭剤を用いたものと従来の脱臭方式による4年間での維持管理コストは、表11のようになる。

表11．維持管理コスト比較

	薬品購入費 (円)	電力使用料 (円)	脱臭剤購入費 (円)	合計 (円)
水処理3系(腐植質脱臭剤)	0	0	4,416,760	4,416,760
水処理4系(従来方式)	1,244,124	3,437,280	2,932,800	7,614,204
3系と4系の差額				3,197,444

表11から、4年間で維持管理コストを比較すると腐植質脱臭剤に変更したほうが約320万円低減できる結果が得られる。

機能上も問題なく、コスト面からも良好であるということが確認されたため、今後も悪臭物質の処理状況を確認しながら、脱臭剤の変更を推進していきたいと考える。

5．まとめ

江戸川第二終末処理場の敷地は住宅地と隣接しており、今後もより慎重かつ積極的な環境対策が必要である。このためには、より綿密な調査、研究を継続実施し、高度な技術の導入や活用をしていかなければならないと考えている。

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並びに腐植質脱臭剤メーカーである荏原実業株式会社の皆様に厚く感謝申し上げます。

水の浄化実験を体験させる下水道教室の普及啓発効果

総務部企画課 小西 正純

平成 16 年度、県内の 4 つの小学校において、児童自らが汚した水の浄化実験を体験させる授業(以下、「下水道教室」という)を行った。参加児童は小学校 4 年生が 174 名(5 クラス)、5 年生が 16 名(1 クラス)、合計 190 名である。下水道教室は児童が行う「化学的な水の浄化実験」と職員が行う「活性汚泥を用いた生物処理実験」及び下水道の P R から構成されている。自主的に寄せられた感想文によると、授業全体や実験内容のことだけでなく、下水道使用時の諸注意に関する記述もあり、授業で扱った知識が記憶に残りやすいことが確認された。また、家族に対しても「油を流してはいけない」と伝達した児童がおり、参加者以外への波及も期待できることがわかった。

1. はじめに

児童を主な対象とする下水道教室の開催事例は多く報告されている¹⁾²⁾³⁾。下水道教室の開催形式は、参加者を処理場などに集めて行う「イベント型(夏休み親子下水道教室など)」と職員が小学校へ出向いて授業を行う「出張型(下水道出張教室、出前講座など)」に大きく分けることができる。なかでも出張型を本格的に実施する機関が増えてきている。この背景には「学校 5 日制」の導入により学校側に下水処理場の施設見学を行う時間的ゆとりが減ったことへの配慮⁴⁾及び平成 14 年度から始まった「総合的な学習の時間」への公的機関としての協力⁵⁾がある。

当公社でも、次世代を担う子ども達に対し、下水道への関心を高め下水道事業の必要性を理解させることを目的とした出張型の下水道教室について検討してきた。主な検討項目は授業の構成と進行(以下、「授業プログラム」という)である。

当公社では、授業で扱う下水道知識は、施設見学者から受けた質問を参考に決定し、授業の進め方は、児童の記憶に残りやすい実験中心の体験学習を採用した。授業時間は児童の集中力及び受け入れ側の都合を考慮し 90 分間(45 分+45 分)にまとめた。

平成 16 年度、下水道教室の授業プログラムを施設見学などで関係のある学校へ提案したところ、県内 4 つの小学校、参加児童総数 190 名にて試験的に実施することができた。下水道教室の実施校及び参加児童数を表 1 に示す。

表 1 下水道教室の開催実績(平成 16 年度)

実施校	開催日	学年	児童数	クラス
柏市立豊小学校	平成 16 年 9 月 3 日	4 年生	76 名	2
沼南町立高柳西小学校	平成 16 年 10 月 18 日	4 年生	65 名	2
我孫子市立布佐南小学校	平成 16 年 10 月 22 日	4 年生	33 名	1
千葉市立高浜第二小学校	平成 16 年 11 月 22 日	5 年生	16 名	1

下水道教室実施後、109名より自主的に感想文が寄せられ、児童の記憶に残った内容を特定し、分野別に整理することができた。授業全体や実験結果に関する感想が多数を占めるなか、油を流さないなどの下水道使用時の注意事項に関する記述を確認することができた。これは授業で扱った下水道知識が記憶として定着したことを示している。また、下水道使用時の注意事項を家族へ伝達した児童も確認することができ、参加者以外への波及も期待できることがわかった。本報告は、当公社が行った授業プログラム、実施状況及び啓発効果についてまとめるものである。

2. 授業プログラムの検討

2.1 下水道教室の目標

千葉県には3つの流域下水道があり、4つの終末処理場が稼働している。当公社は、各処理場の維持管理を千葉県より受託しており、施設見学は土日祝日を除いて随時行っている。平成16年度は、2月末までに約4,400人の見学者があり、うち約7割が児童となっている。見学を終えた児童からは質問を多く受ける。代表的な例として平成15年4月に手賀沼処理場を見学した沼南町高柳小学校4年生の質問分野を表2に示す。水に関する質問が最も多いことがわかる。内容を細かく調べたところ、濁った汚水が透明な水に処理される過程に対して強い関心があることがわかった。このことから当公社では、水の浄化の過程を実験で再現する授業を行うこととした。

表2 処理場見学を経験した児童からの質問分野

質問分野	質問数	占有率
水(汚れの原因、浄化方法、水循環)に関する質問	9	29%
働いている職員に関する質問	8	26%
処理場施設(規模・能力)に関する質問	6	19%
維持管理に関する質問	5	16%
汚泥の再利用(焼成レンガなど)	3	10%
合計	31	100%

同時に、啓発すべき下水道知識として、以下の5つの啓発項目を決めた。

- ①水は物質を溶かしやすいため、簡単なことで汚れてしまう(水は優れた溶媒)
- ②汚れた水を浄化するには時間と労力を要する(水処理のむずかしさ)
- ③透明な上澄みを得る一方で沈殿物が生成される(固液分離と沈殿物の生成)
- ④微生物の働きにより水を浄化できる(微生物の働き)
- ⑤下水道では、微生物の働き(自然の力)を最大限に活用して水を浄化する

(下水道が整備されてきた歴史的背景、役割、仕組み、正しい使い方)

目標は、児童に水処理の過程が分かる実験を体験させることで、水の浄化や微生物の働きに関心を持たせ、同時に5つの啓発項目への理解を深めさせることとした。

2.2 授業の構成と進行

授業プログラムは、児童が行う「化学的な水の浄化実験(ろ過、希釈、凝集沈殿)」、職員が行う「活性汚泥を使った生物処理実験」及び下水道のPRから構成されている。実験は6種類あり、児童には図1に示す実験ノートを配布した。授業は実験①(汚水の作製)と実験⑥(生物処理実験)の汚れの投入から始める。実験①では、きれいな水道水に模擬の汚れを溶かし、濁りの状況を観察させ、時間についても注意を促す。汚れの説明は有機物に限定し、模擬の汚れはココアを利用する。たとえ飲み物であっても、水は汚れてしまうことを体験させ、啓発項目①への理解を助ける。なお、実験⑥の汚れには、時間内に結果を得るため、分解の速いブドウ糖を用いるものとする。

次に、作製した汚水を使って化学的な水の浄化実験(ろ過、希釈、凝集沈殿)を体験させる(実験②～④)。最終的には実験④(凝集沈殿)により、水道水と同じ程度の透明な上澄みが得られる。児童は各処理を行う毎に、得られた標本水をテーブルに並べ、濁っていた汚水が透明になる過程を観察する(実験⑤)。上澄みには有機物が残留しているため、各標本水のCOD(化学的酸素要求)を計測すると時間と労力を費やしたにもかかわらず、魚がすめる程までには浄化できないことがわかる。これは意外な結果を示すことにより、生物処理の結果への関心を高める効果を期待するものである。

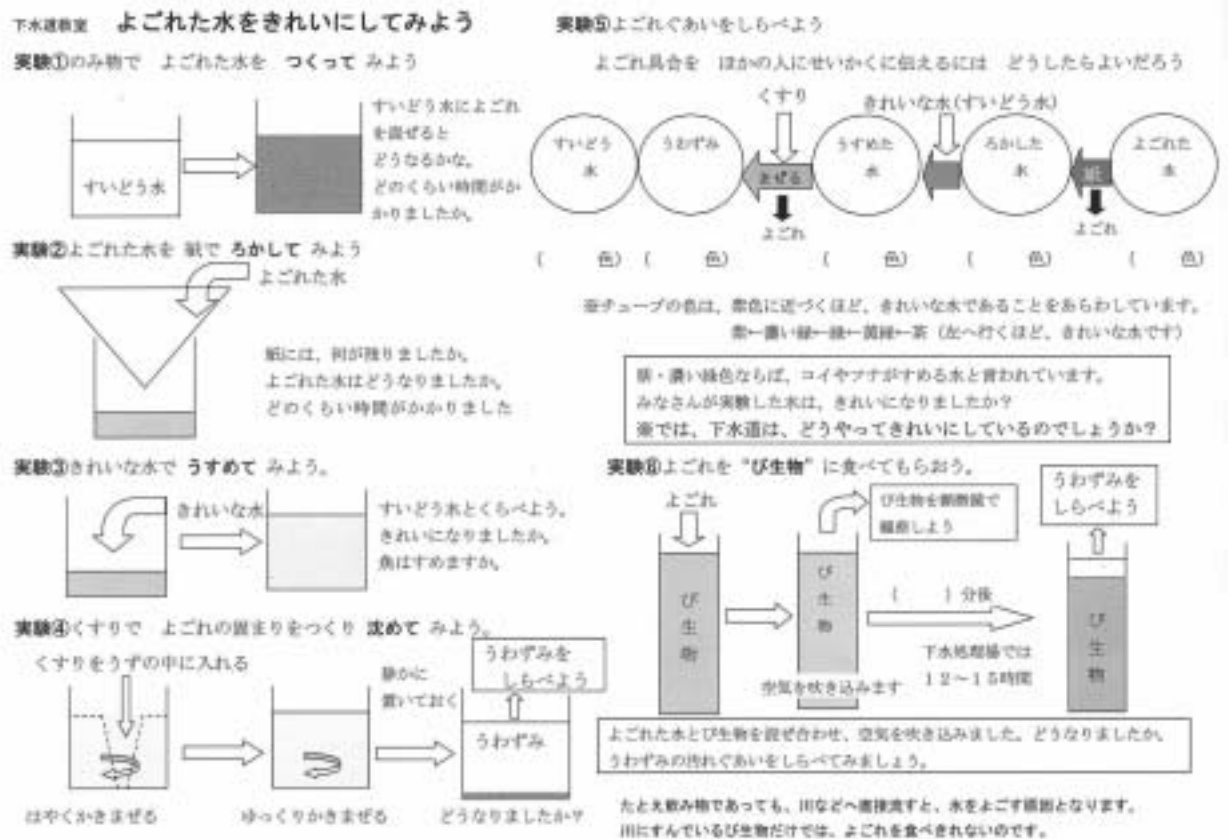


図1 実験の進行を助ける為に、児童に配った実験ノート

一方、職員による活性汚泥を使った生物処理の結果は、微生物の働きで水のある程度、浄化できることを示す(実験⑥)。児童は自分達にはできなかった水の浄化を、微生物の働きを活用することで可能になることを確認することとなる。

これらの体験より、啓発項目①から④「水は汚すのは簡単であるが、非常に汚れた水を浄化するには時間と労力を要し、最終的には微生物の働きを活用しなければならない」への理解が深まることを期待した。

実験終了後には下水道のPRを行う。下水道は自然の力である微生物の働きを最大限に活用し汚水を浄化していることを強調しつつ、整備されてきた歴史的背景、役割及び仕組み、並びに正しい使い方について説明を行う(啓発項目⑤)。

時間配分としては、1時限目(45分)には実験①から実験④までを終わらせる。間の休憩時間を利用して、微生物の顕微鏡観察の時間を設ける。2時限目(45分)は主に実験⑤⑥及び下水道のPRを行う。

3. 実施状況

実験器具

使用した化学的な水の浄化実験に用いる器具を表3及び写真1に示す。ビーカー及びロートは安全確保のために割れ難く透明度の高い材質のものを選択した。各ビーカーには識別用の色テープを貼り、水の単位の未習得な児童に対応した。スターラーは凝集沈殿実験(ジャーテスト)を行うのに適した回転数(1分間に数十回転から数百回転)を任意に設定できる機種を選定し、回転子はビーカーの内面平滑度を考慮しテフロンコート磁石を採用した。ろ紙は、時間の短縮を図るため最も目の粗いものを選び、16回折り込んだ状態で使用した。ロートについても螺旋状に突起が設けられたハイスピード型を採用した。

表3 実験器具の一覧(班当たり)

器具	規格	数量	備考
ロート・三脚・ろ紙	ハイスピード型	1組	ろ過実験用、ろ紙(No1 ADVANTEC)
ビーカー	2,000ml	1個	凝集沈殿用
ビーカー	1,000ml	1個	汚水の作製、希釈実験用
ビーカー	500ml	1個	ろ液受け
ビーカー	300ml	5個	標本用(テーブルに並べる)
ビーカー	100ml	1個	各種計量用
簡易水質測定器具	高濃度型	1箱	チューブ型、計測範囲0~250ppm
タッパー	70ml	2個	凝集剤(PAC)入れ
スターラー	RS-1A	1台	汚水の作製、凝集沈殿実験用
回転子	テフロン製	2個	凝集沈殿用
回転子取り出し棒	磁石	1個	凝集沈殿時に静置する前に使う
模擬の汚れ	顆粒状のココア	2袋	水に溶けやすく、ろ過時間が短いもの

生物処理の実験装置を写真2に示す。水槽及び散気管は、一般的な観賞魚用のものを流用して製作した。水槽の容量は10リットルで、高濃度の活性汚泥（返送汚泥）を用い、強めのエアレーションを行った。

COD(化学的酸素要求量)の測定は、チューブ型の簡易測定器具(高濃度型COD250ppmまで測定可能)を採用した。高濃度型を選んだ理由としては、生物処理実験において、実験開始直後のCOD値(250ppm)と80分間後の値(120ppm程度)及び魚がすめると想定した値(30ppm程度)の色あいが完全に識別できることによる。

模擬の汚れは、化学的な水の浄化実験にはココア(乳製品及び糖類含有タイプ)を採用した。ココアは見た目が泥水に近く、不溶解成分が多く、ろ過や凝集沈殿実験に適していた。また、適度に糖類を含んでおり、最終的に得る上澄みにも有機物が残留しやすい特徴があった。生物処理実験で用いた汚れは、予備実験の結果から短時間でCODの減少が確認できたブドウ糖を採用した。



写真1 化学的水の浄化実験器具



写真2 生物処理の実験装置

実験①(汚水の作製)

汚れを溶かす水道水は1リットルとし、ココアの量は試行を繰り返して顆粒状のスティックココア2袋とした。攪拌はスターラーを使い、凝集沈殿実験で必要となる基本操作(回転数の調整)の練習も兼ねた。作製した汚水を写真3に示す。

実験②(ろ過実験)

ろ過水を写真4に示す。ろ過の原理についての理解を深めるため、ろ紙の表と裏の色の違いを観察させ、粒の小さな汚れはろ紙を通り抜けてしまうことを説明した。また、目詰まりの状況を確認させるため、ろ紙の表面を触らせた(写真5)。

実験③(希釈実験)

ろ過水にきれいな水道水を混ぜ、10から20倍に薄めても濁りが消えないことを児童に確認させた(写真6)。例として、牛乳や天ぷら油を魚がすめる水質まで希釈するために必要な水の量について説明し、理解を助けた。



写真3 作製した汚水



写真4 ろ過水



写真5 ろ紙の裏表の観察



写真6 希釈水(10倍)

実験④(凝集沈殿実験)

凝集剤は一般的に水道事業などで用いられているPAC(ポリ塩化アルミニウム)を使用した。実験④は、水道水に近い透明な上澄みを児童に作らせることが重要となる。投入するPACの量は水道水のpHを考慮し決定する必要がある。水道水のpHは事業者により異なるものの、一般的にはpH7.5程度に設定される場合が多いようである。そこで当会社ではpHの調整は行わないこととし、PACの注入率は予備試験を繰り返し上澄みが白濁しないことを確認した上で200mg/lに設定した。写真7にフロックの形成と沈降状況を、写真8に得られた上澄みをそれぞれ示す。児童には、フロックの形成、水面付近に透明な上澄みができる状況及びビーカーの底部の沈殿物を観察させた。



写真7 フロック形成と沈降状況



写真8 得られた上澄み

微生物の観察

生物処理実験用の水槽より採取した水の顕微鏡観察を行った。児童には微生物が汚れを分解した後は、フロックを形成し、静かに役目を終えること、下水処理場では形成されたフロックを最終沈殿池において、上澄みと汚泥に分離していることを説明した。

実験⑤(水質の測定)

測定を行う前に、水の汚れを家族や世界中の人々に正確に伝える方法について児童に考えさせる時間を設けた。児童からは写真を送るという提案がなされたが、世界中で COD という指標が使われており汚れは数値で表現できることを教えた。得られた測定結果を写真9に示す。水道水以外は COD が 250ppm 以上を示している。時間と労力を費やして得られた透明な上澄みであっても魚がすめない水であることを確認させた。児童には、最初よりもかなり浄化されてはいるものの目に見えない小さな汚れが残留していること、さらに浄化するためには蒸留などの追加の処理を行う必要があることを説明した。

実験⑥(生物処理実験)

投入したブドウ糖の量は 1 g (固定)とし、初期の COD が 250ppm を超えるように活性汚泥の量を調整した(6から9リットル)。水槽内の水は 30 分毎に採水し、遠心分離機により上澄みを確保した。得られた測定結果を写真 10 に示す。実験開始直後の COD は 250ppm を示すが、約 80 分後には約半分まで減少することを児童に確認させた。この結果により微生物は目に見えない小さな汚れでも、浄化できることを説明した。なお、下水処理場では、色々な汚れに対応するため 12 から 15 時間をかけて処理していることを付け加えた。



写真9 化学的な水の浄化実験の結果



写真10 生物処理実験の結果

下水道のPR

下水道を整備してきた歴史的背景や役割(事業の必要性)、仕組みについて説明した。最近では小学校でもインターネットを活用した授業が行われており、検索用のキーワードとして、近代下水道の始まり＝ルイ十六世、微生物の役割＝パスツール、微生物観察に必須の顕微鏡＝産業革命などを紹介しつつ説明した。最後に下水道をこれからも長く使っていくために、人々の協力が必要なこと及び使用時の諸注意(油やゴミなどの水に溶けないもの及び管を詰まらせるものを流さない、微生物は洗剤がやや苦手なので少なめにするなど)についてパネルを用いて啓発に努めた。

4. 啓発効果

啓発効果を確認するには、参加者へのアンケート調査を行うのが一般的である。今回は、参加児童のうち109名より自主的に感想文が寄せられたので、アンケート調査は行っていない。児童が関心を持ったと判断できた感想文中の159箇所を分野別に整理した結果を表4に示す。

授業の総括的感想が28%と最も占有率が高いことから、授業全体としては好評であったことがわかる。次に占有率が高かったのは水の浄化方法(時間や手間がかかるなど)に関する記述で、26%を占めた。微生物に関する記述も10%で、比較的高い占有率となった。これらは、上位に位置しており、関係する啓発項目②④(水の浄化のむずかしさ、微生物の働き)に対する理解が深まったことを示している。

実験結果(透明な上澄みの水質)に関する記述も7%と比較的高い割合を示した。凝集沈殿実験は、予想外の結果が得られることで、水や微生物への関心を高める効果を期待したものである。上位に位置していることから、十分な効果があったものと思われる。また、凝集沈殿実験そのものに関する感想も他の実験より

も高くなっている。フロックの形成と沈降は、児童の記憶に残ったと思われる。なお、少数ではあるが、理科が好きではなかった児童が、好きになったと記述した箇所も確認でき、実験を中心とした授業の影響の大きさがわかる。

表4 児童が関心を持った分野

	分野	記述例	占有率%
1	授業全体(総括的感想)	楽しかった。面白かった。 わかりやすかった。	28
2	水の浄化方法	水をきれいにするのは大変。大量の水が必要。 時間や手間がかかる。	26
3	微生物の働き	水をきれいにする虫がいる。	10
4	上澄みの水質(実験結果)	透きとおった水でも魚がすめない。	7
5	下水道使用時のお願い	四つのお願い、よくわかった。油をながさないようにします。皆にも伝えました。	6
5	凝集沈殿実験	フロック形成が面白い。	6
7	環境保全	水を大切にしたい。ゴミを捨てない。	4
7	水は汚れやすい	ココアで水が汚れるなんて驚いた。	4
9	下水道の仕組み	下水道の重要性。	3
10	水質測定	水の汚れが測れるなんて驚いた。	2
10	ろ過実験	紙で汚れが取れるなんて驚いた。	2
12	理科が好きになった	理科が好きになりました。	1
合 計			100

啓発項目①(水はよごれやすい)に関しては、占有率が4%と他に比べて低くなっている。これは、水を浄化する実験や微生物の観察による強い影響を受けたため、相対的に低くなってしまったと推測する。全く記述が無かったのは啓発項目③(固液分離と沈殿物の生成)における沈殿物(廃棄物)の生成に関するものである。凝集沈殿実験の際には、興味の対象が上澄みに集中したと思われる。ろ紙に付着した沈殿物の観察と同様に何らかの体験的要素を用意する必要がある。

興味深いことは、下水道使用時のお願いに関する記述の占有率が6%と、凝集実験と同じ程度に高かったことである。これは授業の最後にパネルを用いて講義形式で実施したものである。実験とは異なり体験的な要素は少なく、下水道のPR全体に占める時間も、下水道整備の歴史的背景、役割及び仕組みよりも短かった。各種の実験及び微生物の観察並びに職員が直接語りかけることの相乗効果により、短い時間にもかかわらず記憶に残ったものと思われる。さらに両親にも「油を流してはだめ」と伝える児童がおり、参加者以外への波及効果も確認できた(写真11)。また、授業では時間の都合で環境保全に関する内容は省略したが、児童の作文では「水を大切に使います」や「川にゴミを捨てません」などの記述を確認できた(写真12)。下水道教室で行った水に関する浄化実験は、環境学習にも貢献できる可能性があり、さらにその効果を調査する必要がある。



写真 11 波及効果を示す作文

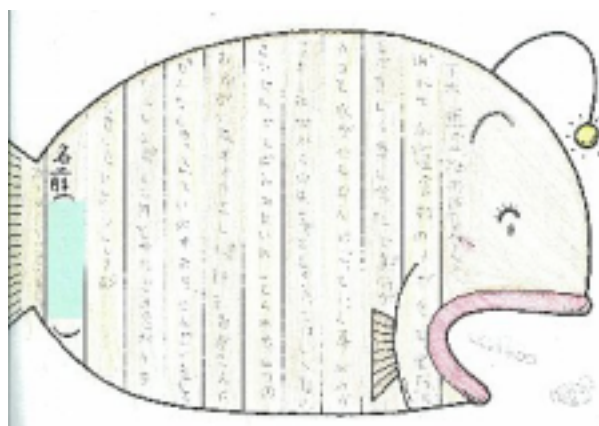


写真 12 環境への関心の高まりを示す作文

6. まとめ

水の浄化実験(汚水の作製、ろ過、希釈、凝集沈殿及び生物処理)を体験させる下水道教室は、体験学習の効果により、高い啓発効果を示した。同時に、参加者を介して、第三者への波及効果も確認でき、より多くの人々を啓発できる可能性もある。また、参加者に対して環境保全への関心を持たせるきっかけとなる効果も確認できた。今後、環境学習への応用も期待できる。

最後に本報告にあたり、当公社の下水道知識の普及啓発事業にご理解とご協力を頂きました柏市立豊小学校、沼南町立高柳西小学校、我孫子市立布佐南小学校、千葉市立高浜第二小学校及び千葉県県土整備部下水道課の皆様には深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1)松本 澄夫:大和市下水道イメージアップ事業「下水道出前授業」について,下水道協会誌 Vol.37 No.455 2000/9, pp.12-P15.
- 2)岡本 文夫:横浜市における「親子の下水道理科実験教室」について,下水道協会誌 Vol.39 No.479 2002/9, pp.21-25.
- 3)青木 喜久夫:豊橋市の下水道訪問授業,下水道協会誌 Vol.39 No.479 2002/9, pp.37-40.
- 4)久保田 仁:~知らないことを知る感動・だいちゃんの出前教室~「待ち」の広報から「出ていく」広報へ,下水道協会誌 Vol.41 No.496 2004/2, pp.54-58.
- 5)志智 孝之:名古屋市上下水道局における総合学習への取組み,下水道協会誌 Vol.39 No.479 2002/9, pp.33-36.