特集・内外の回転円板法に関する現況

唐戸浄水場前処理としての回転円板生物処理

小林 証明*・豊田 福美*・松本 哲也*・永野 博之*

1. ま え が き (導入の背景)

本市の水道は、遠賀川表流水及び浮州池の湖水を水源として取水しているが、流域の都市化に伴う水源汚濁の事象は例外でなく、主として生活排水に原因する有機汚濁が進行し、現況の水質は遠賀川では環境基準類型Bで横ばいの状態で、アンモニア性窒素が増加の傾向にあり、(冬期平均1.3mg/ℓ) 浮州池では流入水の有機汚濁のため富栄養化が進み臭害が起きている。

このような原水の水質状況の中で改善の兆は見られず、このため昭和51年4月に遠賀川水源を対象に生物処理実験を思い立った。このとき経済性や維持管理を考慮して回転円板法を採用し予備実験を行なった結果、アンモニア対策として処理効果が認められたので昭和52年4月から本実験を進め、遠賀川及び浮州池を対象に前処理実験を行なった。

調査結果をまとめ行政指導を受けた処、生物処理については行政的にも技術的にも特に慎重に対処する必要があるとの指導により、昭和53年12月委員会を設置し「本市の水源を対象とする給水水質安定化のための浄水処理の比較実験」を諮問した。委員会の検討結果は、「清浄な飲料水を供給するためには水源水質の保全を第一に考えなければならない。しかしながら中間市の実情においては浄水処理の前処理として生物処理を行なうことが安定して清浄な飲料水を供給するうえで有効である」という内容で答申を受け、実験結果や委員会の検討内容等を説明し種々の行政指導を受け昭和55年10月変更認可を受けた。

2. 実装置の導入

関係者のご理解とご協力により、早速建設中の浮州池を原水とする西部浄水場(施設能力12,900 m^3 /日)に「臭気の発生に対する粉末活性炭の注入量削減と管

理を容易にするための前処理」の目的で導入、昭和56年6月運転を開始した。また遠賀川を原水とする唐戸浄水場(施設能力19,700 m^3 /日)にも「アンモニア性窒素の増加と変動に対する塩素の注入量削減と管理を容易にするための前処理」として昭和59年4月、運転に入った。

今回は唐戸浄水場における、前処理としての生物処理に係る処理成績を発表したい。

3. 施設の概要

計画処理水量、水量負荷など設計基本条件は表1のとおり。ただし、回転円板実験機及び浄水処理テストプラントを用いておこなった浄水処理比較実験の結果から設計基本条件を決定した。

浄水方法は図-1のとおり。装置の構造及び概要は図-2、表2に示す。装置は2系列に分割し1系列に回転円板を4台配置し、4段処理とした。流水方向は円板回転軸に対し直角である。なお生物処理水を対象とする粉末活性炭炭混和池を設置している。

表1 設計基本条件

項目	区分	冬 期	夏 期	年間平均
計画処理水量(m^3/d)		15,400	19,700	16,700
水 量 負 荷($\ell/\text{m}^2\cdot\text{d}$)		199	255	216
滞 留 時 間(分)		43.5	34	40

図-1 浄水方法

* 中間市水道局工務課 Masaaki KOBAYASHI, Fukumi TOYOTA,
Tetsuya MATSUMOTO, Hiroyuki NAGANO

表2 生物処理装置の概要

名 称	仕 様
回転円板	(1)ポリエチレン製波板形 板厚1～1.4m/㎡ 板間隔30m/㎡ (2)外径3.6m×長7.5m×1系列 4台(4段), 2系列8台 (3)円板面積: 9,660㎡/台 8台, 77,280㎡ (4)浸漬率: 40% (5)流水方向: 円板軸に直角 (6)円板周速: 18m/min 円板回転数: 1.6RPM (7)駆動装置: 電動機 5.5 kw/台
接 触 槽	(1)R.C有効容積58.1㎡/槽 2系列8槽=464.8㎡ (2)液量面積比: $G = 6 \text{ l/㎡}$ (3)円板外縁と接触槽湿潤面との 間隔: 400m/m

4. 回転円板の稼動状況

回転円板の処理水量は図-3、表3のとおり水量負荷の状況は、冬期低水温期は $226 \sim 126 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・平均 $151 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・で、計画水量 $199 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・に対し約

図-3 回転円板の処理水量、水量負荷

76%, 夏期高水温期は $250 \sim 132 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・平均 $189 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・で計画水量負荷 $255 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・に対し74%年間平均では $176 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・で、計画水量負荷 $216 \text{ l/㎡} \cdot \text{d}$ ・に対し81%である。

5. 遠賀川水質の特徴

遠賀川水質の推移を図-4、表4に示す。遠賀川は昭和40年頃より有機汚濁が増加し、現況ではBODは3

図-2 遠賀川系回転円板生物処理装置平面図 (計画処理水量 $19,700 \text{ m}^3/\text{日}$)

表3 処理水量、水量負荷 (S 59.4.1 ~ 60.3.31)

項目		月別	高 水 温 期								低 水 温 期				年 間
			4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
処 理 水 量	当 月 (m^3)	365,110	409,730	440,730	509,520	524,430	468,370	449,000	392,240	377,190	364,770	320,100	352,450	4,973,640	
	1 日平均 (m^3/d)	12,170	13,217	14,691	16,436	16,917	15,612	14,484	13,075	12,167	11,767	11,432	11,369	13,626	
	1 日最大 (m^3)	13,920	14,810	16,240	18,060	19,340	17,170	15,580	14,970	17,500	14,110	13,560	12,450	19,340	
	1 日最小 (m^3)	10,230	10,410	13,250	14,420	14,270	13,840	13,100	11,920	10,140	9,880	10,100	9,730	9,730	
(ℓ/ $\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	最 大	180	192	210	234	250	222	202	194	226	183	175	161	250	
	最 小	132	135	171	187	185	179	170	154	131	128	131	126	126	
	平 均	157	171	190	213	219	202	187	169	157	152	148	147	176	
滯 流 時 間 (min)	最 大	48	45	41	37	35	39	43	45	38	47	49	54	35	
	最 小	65	64	51	46	47	48	51	56	66	68	66	69	69	
	平 均	55	51	46	41	40	43	46	51	55	57	59	59	49	
水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	最 高	19.4	23.7	26.5	31.2	33.2	29.0	24.7	17.9	14.0	8.0	10.0	14.8	33.2	
	最 低	13.0	16.2	20.5	22.0	24.0	22.6	16.1	11.9	5.0	3.5	4.4	8.0	4.2	
	平 均	15.6	20.6	23.9	27.9	29.8	24.5	19.3	15.2	9.4	6.2	7.6	11.1	17.7	

表4 遠賀川原水の水質経年変化

測定地点：伊佐座（中間市内）
遠賀川水系水道事業者連絡協議会

項目	年度	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
pH	最高	8.65	8.1	8.6	8.0	8.55	8.6	9.25	8.08	8.8	8.5	8.5	7.9	9.0	8.75	8.7	8.92
	最低	7.45	7.4	7.4	7.25	7.05	7.4	7.3	7.13	7.12	7.3	7.38	7.3	7.35	7.15	7.05	7.06
	平均	7.85	7.65	7.75	7.65	7.7	7.75	7.85	7.48	7.5	7.76	7.63	7.59	7.7	7.6	7.56	7.62
BOD mg/ℓ	最高	3.6	2.5	5.0	6	8.1	12	6.2	5.5	9.3	12.6	6.1	5.5	10.5	9.1	6.2	6.9
	最低	1.0	0.4	0.8	1	0.3	1.4	1.0	0.8	1.1	1.2	1.1	1.1	1.5	1.6	1.1	1.2
	平均	2.4	1.5	2.6	2.5	3.0	3.8	3.1	2.8	3.1	4.3	2.9	3.0	3.7	3.7	3.1	3.2
COD "	最高	—	—	11	16	9.5	69	14	9.4	6.7	9	8.0	15.5	7.8	12.4	24	9.7
	最低	—	—	3.1	1.5	2.4	3.3	3.4	3.3	4	4.3	3.0	2.7	3.0	3.0	2.3	3.3
	平均	—	—	6.3	6.1	5.3	14.3	6	5.4	4.3	6.5	4.8	5.3	4.7	5.4	5.2	5.2
KM _n O ₄ 消費量 "	最高	190	170	38	460	28	110	43	25	150	30	18.3	30.7	15.6	30	5.1	19.4
	最低	14	8	9.5	9	8.5	8	7.5	6.5	8.7	9.5	6.4	5.4	5.3	5.8	6.2	6.6
	平均	34	27	20	41	14	21	17	11.3	18	14.5	10.5	10.6	9.5	11.7	10.9	10.6
濁 度 "	最高	600	150	120	1,200	190	1,200	120	81	200	48	60	220	45	113	140	180
	最低	15	25	15	25	10	13	14	14	9.8	11	7.6	6.0	7.1	7.3	5.6	3.5
	平均	100	70	50	110	35	89	35	27	32	23	20	37	18.5	24	19	21
大腸菌 M.P.N 群 数 /100	最高	7 万	13 万	35 万	24 万	28 万	35 万	54 万	54 万	35 万	35 万	7.9 万	35 万	54 万	24 万	35 万	7.9 万
	最低	45	3,300	450	4,900	450	330	180	2,200	3,300	2,300	1,700	3,300	1,100	1,300	1,700	170
	平均	1.9 万	3.5 万	3.8 万	5.5 万	3.1 万	6.6 万	7.7 万	13.4 万	5.1 万	4.8 万	1.9 万	5 万	5.2 万	2 万	2.9 万	9,500
NH ₃ -N mg/ℓ	最高	1.9	1.25	1.3	1.4	3.0	1.4	2.2	2.2	1.75	3.34	2.15	1.71	1.71	1.52	2.07	1.80
	最低	0	0.15	0	0.05	0	0.1	0.05	0.09	0.12	0.00	0.07	0.07	0.03	0.00	0.03	0.02
	平均	0.6	0.5	0.45	0.46	0.75	0.7	0.73	0.82	0.75	0.87	0.81	0.60	0.57	0.50	0.59	0.55

図-4 遠賀川原水のNH₃-Nの経年変化

mg/ℓを前後し横ばいであり、アンモニア性窒素は増加の傾向にある。

冬期には原水のアンモニア性窒素は2 mg/ℓを超えることもあり、特に濃度の変動が大きく、これに対応する塩素注入量の適正管理を困難にしている。遠賀川は流域の下水道計画などの遅滞状況からみて、現況の水質が今後も長期にわたって続くものと予測される。

5.1 アンモニア性窒素

……（以下「NH₃-N」という）

NH₃-Nの変動緩和及び除去状況

NH₃-Nの変動について、遠賀川原水とその生物処理水の状況を図-5（経時変化）図-6（経日変化）に示す。NH₃-Nの増加とその変動が大きい冬期にお

ける経時変化では、図-5に示すように、原水の変動は1.93～1.37mg/ℓで、その変動幅は0.56mg/ℓであり、これに対して生物処理水の変動は0.54～0.41mg/ℓで、その変動巾は0.13mg/ℓであり、NH₃-Nの変動は著しく緩和された。

経日変化では、原水の変動はさらに大きくなるが、生物処理により緩和されている。遠賀川では、NH₃-Nの変動が大きいため前塩素注入量の適正管理を困難にしていたが、生物処理によりNH₃-Nの変動幅は著しく緩和され、従前に比して塩素の注入管理は容易になった。

表5に各月におけるNH₃-Nの変動緩和及び除去率の状況に示す。NH₃-Nの経日変化は、低水温期（12月～3月）では、原水の変動は2.22～0.33mg/ℓで、生物処理水の変動は0.62～0.04mg/ℓであった。

高水温期では、原水の変動は1.09～0.03mg/ℓで、生物処理水の変動は0.45～0.02mg/ℓであった。NH₃-Nの除去率は、低水温期では平均74％、高水温期では平均70％である。

期	年.月.日	場所	時刻	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	9:00	NH ₃ -N 変動幅
夏期	昭和59年 5月31日 6月1日	原水		0.19	0.21	0.17	0.16	0.15	0.18	0.17	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.21	0.21～0.15, 0.06
		生物処理水		0.03	0.06	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.06～0.02, 0.04
冬期	昭和60年 1月29日 1月30日	原水		1.68	1.64	1.67	1.46	1.37	1.59	1.84	1.82	1.77	1.81	1.93	1.79	1.81	1.93～1.37, 0.56
		生物処理水		0.41	0.41	0.47	0.44	0.54	0.48	0.44	0.49	0.47	0.53	0.45	0.46	0.42	0.54～0.41, 0.13

図-5 NH₃-Nの経時変化

表 5 NH₃-Nの変動緩和及び除去状況

[] 内は最大～最小

項目	月 別	昭和59年	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	昭和60年	2 月	3 月	年 間
測定 回数: n		4	12	4	12	5	3	4	2	13	13	12	7	91
水 温 (℃)		(19.2-13.0) 16.1	(23.9-17.5) 21.2	(26.5-23.0) 24.8	(32.0-28.2) 29.8	(30.5-27.5) 29.2	(28.0-22.7) 24.8	(23.8-16.7) 19.3	(16.9-15.5) 16.2	(15.1-3.5) 8.6	(8.3-4.3) 6.6	(8.0-4.2) 6.4	(16.0-6.9) 13.3	(32.0-4.2) 18.0
回転円板水量負荷 (ℓ/㎡・d)		(220-130) 175	(220-127) 175	(245-183) 223	(245-197) 218	(273-220) 251	(245-205) 223	(197-167) 174	(196-167) 182	(196-131) 155	(168-144) 157	(195-130) 149	(158-134) 147	(273-127) 186
NH ₃ -N 変 動 幅	遠賀川原水 (mg/ℓ)	[1.09 0.63]	[0.79 0.06]	[0.92 0.19]	[0.35 0.03]	[0.47 0.13]	[0.24 0.09]	[0.56 0.19]	[0.76 0.65]	[1.38 0.47]	[2.22 0.42]	[1.68 0.46]	[0.58 0.33]	[2.22 0.03]
	生物処理水 (mg/ℓ)	[0.34 0.11]	[0.45 0.03]	[0.3 0.02]	[0.11 0.03]	[0.18 0.06]	[0.09 0.04]	[0.11 0.05]	[0.19 0.16]	[0.51 0.08]	[0.62 0.07]	[0.57 0.07]	[0.21 0.04]	[0.62 0.02]
NH ₃ -N 平 均 値	遠賀川原水 (mg/ℓ)	0.86	0.54	0.45	0.17	0.26	0.15	0.33	0.71	0.88	1.6	1.04	0.41	0.62
	生物処理水 (mg/ℓ)	0.20	0.15	0.12	0.07	0.10	0.06	0.08	0.18	0.25	0.41	0.28	0.09	0.17
NH ₃ -N 除去率 (%)		76.7	75.9	73.3	58.8	61.5	60.0	75.8	74.6	71.6	74.4	73.1	78.1	71.2

高温温期 69.6%→70%

低温温期 74.3%→74%

図-6 NH₃-Nの変動（経日変化）状況

5.2 前塩素注入量

図-7に後塩素注入量の実績を示す。昭和59年度と過去10ヶ年の実績を比較したもので、これより昭和59年度の平均注入量は6.9mg/ℓで、過去の実績11.1mg/ℓより減少した。その減少量は、低水温期に7.95mg/ℓ (53%)、高温温期に2.43mg/ℓ (26%) で、平均4.2mg/ℓ (38%) である。実験時の結果と比較すると、半減することを目標としたが60年度は達成出来る見込みである。

6. ま と め

- 前処理としての生物処理を行った結果、
- ①原水のNH₃-N濃度の大きな変動が緩和され、前塩素注入量の適正管理が容易になった。しかも著しく増減することが無くなり、安定化の傾向が見られる。
 - ②原水のNH₃-Nが除去され、前塩素注入量はかなりの量が減少した。特に低水温期では、生物処理を行うことにより、前塩素注入量は53%削減された。
 - ③今後の課題

塩素の注入量を半減する目標で、今後も除去成績の向上をはかること及び中塩素併用により塩素注入量の抑制をはかりたいと考えている。

図-7 前塩素注入量比較（月別平均）