

II-29 回転円板法による都市下水の処理に関する研究

北見工業大学 正会員 ○海老江 邦雄

北見工業大学 輪島 秀則

1. まえがき

都市下水などの有機性廃水の処理方法としては、現在のところ、浮遊生物塊型の活性汚泥法が最も広範に採用されている。しかしながら、最近になって (1) 曝気や汚泥返送を必要としない、(2) 流入負荷変動に強い、(3) 発生汚泥量が少ないなど経済的で維持管理が容易であるという理由から、固定生物膜型の回転円板法が注目されている。公共下水道の分野においても既に高野町等で供用が開始されており、回転円板法は近い将来小規模処理場を中心として急速に普及するものと考えられる。

北海道においては、冬期ならびに融雪期の下水温が一般に言われている低温臨界領域に入ることから、さらに処理実績が乏しいことも加わり、これらの時期における処理効率の低下を懸念する向きも多い。しかしながら、回転円板法のF/Mは活性汚泥法より相当低く、多様な生物相で量的にも柔軟性があることを考えると温度による影響は活性汚泥法よりもむしろ少ないとも判断される。

本報は、寒冷地における回転円板処理の基礎的挙動を把握する目的で北見市の下水道終末処理場最初沈殿池流出水を対象に行なった処理結果の概要を報告するものである。

2. 実験の諸条件

北見市下水道終末処理場の最初沈殿池流出水を定量ポンプで揚水しこれを原水として実験に供した。実験装置のフローシートを図-1に、諸元を表-1に掲げた。サンプリングは毎回午前9時30分頃、図-1の④～⑥で示す位置から各槽の平均停留時間を考慮して行なった。4回の24時間試験におけるTOC測定結果にもとづくと、日平均

図-1 フローシートと採水点

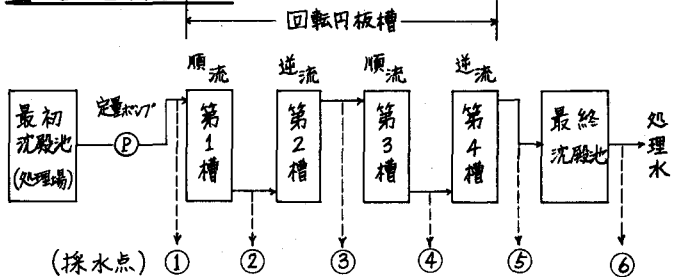


表-1 実験装置の諸元 (流量5L/min, BOD100mg/L, 溶解酸素38%と仮定)

項目	諸元	項目	諸元
円板槽総容積	$208.25 \text{ m}^3 \times 4 = 833 \text{ m}^3$	BOD面積負荷	第4槽348、全体8.7 $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{日}$
円板槽実容積	$201.75 \text{ m}^3 \times 4 = 807 \text{ m}^3$	BOD容積負荷	892 $\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{日}$
円板直径と厚さ	直径1.0m、厚さ1.2mm	水量面積負荷	86.85 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{日}$
円板枚数と間隔	56枚、16mm間隔	停留時間	$4035 \text{ m}^3 \times 4 \text{ m}^3 = 161.4 \text{ 分}$
円板周速と回転数	27 $\text{m}/\text{分}$ 、8.5 $\text{回}/\text{分}$	曝気沈殿池	容 積
円板面積	総87.76 m^2 、有効82.90 m^2	停留時間	47 分
流量面積比	9.73 L/m^2	水面積負荷	14.5 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$

ずる。冬期間の流出水温は流入水温より1℃程度低下していた。

このたびの実験においては円板槽への流入水量を段階的に変動させ、それぞれの条件で定常時を中心として採水ならびに円板付着汚泥の採取を行なった。採取した試料について、pH、DO、BOD、TOC、COD、SS、汚泥の含水率、顕鏡による優占生物の同定などの測定と観察を行なった。個々の項目の測定頻度は異なるが、約1年間のデータをまとめた結果を以下に述べたい。

3. 実験結果と考察

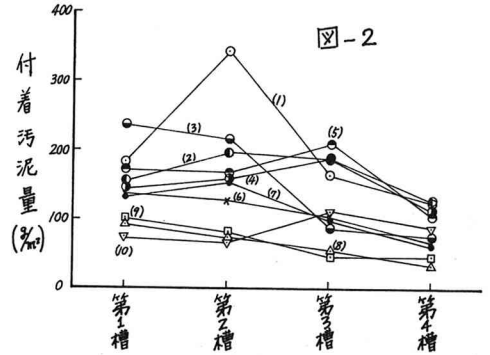
3-1 生物膜の性状と優占生物

生物膜は運転開始後2~3日目から全槽の円板表面に一様で粘着性のある被膜として確認され、その後、急速に増加して2~3週間程度で運転条件に見合った定常状態に到達する。この時期の円板上の汚泥を採取（円板周縁から約10cmの位置）し、個々の重量・厚さ・含水率について測定した結果を図-2と表-2に示す。全般的な傾向としては、既に指摘されている通り、低水温時は高水温時よりも、また、

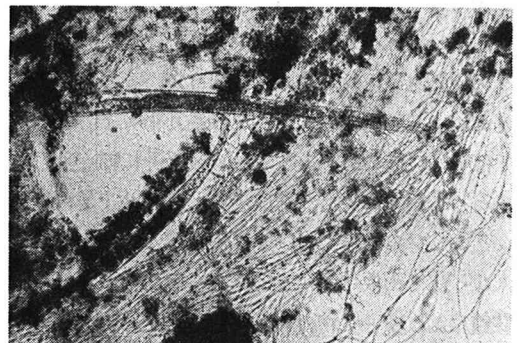
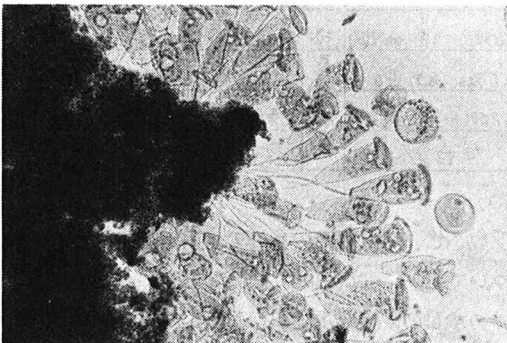
表-2

水量負荷が大きいほど肥厚化していた。低水温時には酸素の最大侵入厚である1mmを上まわる部分が殆んどとなっている。このように生物膜が肥厚化する原因としては、低水温下では物理吸着よりも生物学的代謝が影響されて劣化する、生物膜が酸素の侵入厚以上に厚くなって行っても内部の嫌気化が十分に進行せず剥離が起こりにくい状態となっている、の2点を挙げる。流下方向（第1槽から第4槽）の円板付着汚泥量の傾向は負荷と深い関係が認められ、低負荷時には第1槽の円板表面で最も厚くその後は次第に薄くなって行く。高負荷時には第1槽よりも第2槽あるいは第3槽で最も多量になる状況が出現した。付着量が多い際の内部は黒っぽいが表面は灰黒色であり、下水との接触面積が極めて大きいと推測されるスピッツの毛状となっている。付着量のピークを過ぎると下流に向うほど茶色っぽくなり粒状汚泥となっている。当然、含水率は毛状であるほど高く、粒状であるほど低くなっている。

次に、顕微鏡で観察された円板汚泥中の微生物相の一



No	採取日	水温 (°C)	水量面積 負荷 (kg/m²日)	含水率 (%)				付着汚泥厚さ (mm)			
				*1槽	2	3	4	*1槽	2	3	4
1	12/17	10.0 ~9.5	203	91.8	90.5	89.8	87.5	2.26	3.59	1.69	0.98
2	12/27	9.0 ~8.5	97	91.9	91.4	89.4	90.5	1.93	2.22	1.76	1.19
3	1/22	8.0 ~6.5	134	89.0	91.9	90.6	90.3	2.09	2.59	0.89	0.89
4	2/7	8.6 ~6.5	122	92.2	92.4	90.8	90.5	1.82	2.06	2.05	1.33
5	3/25	6.5 ~6.0	84	92.6	91.3	89.8	89.7	2.27	1.91	2.02	1.00
6	4/24	9.0 ~8.3	75	93.4	90.3	90.6	90.6	2.09	1.27	1.11	0.75
7	6/26	15.1 ~15.8	102	92.3	91.9	88.4	86.3	1.68	1.90	0.86	0.45
8	9/1	17.0 ~17.2	164	90.7	92.8	89.7	91.7	1.00	0.98	0.44	0.46
9	9/3	17.0 ~17.2	162	92.4	93.1	90.8	86.5	1.31	1.16	0.48	0.34
10	9/24	16.5 ~16.9	157	91.2	94.2	92.6	89.7	0.86	1.32	1.51	0.85

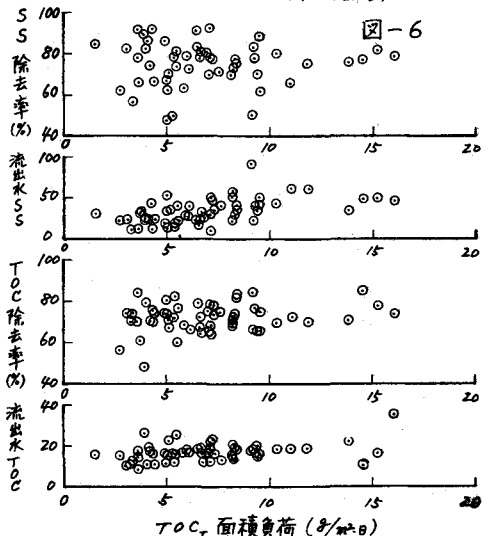
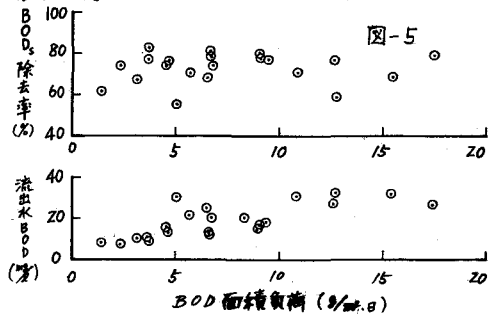
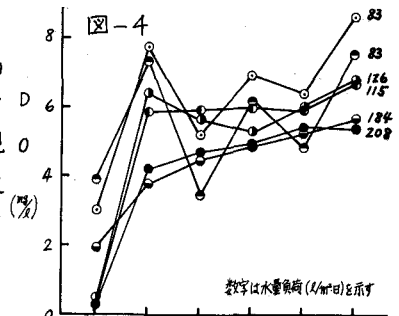
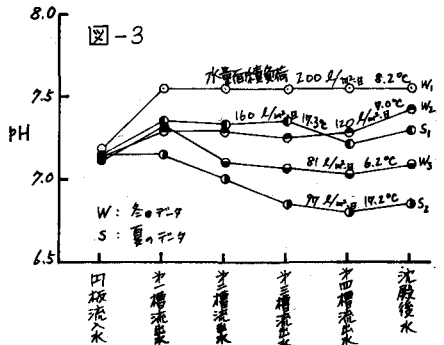


部を写真-1~3に掲げる。運転開始時には全槽の円板表面において *Colpidium*, *Colpoda*, *Litonotus*, *Paramecium* などの自由泳型の生物が多数観察された。しかしながら、付着汚泥量が増加して定常状態になる頃には流下方向に異なる生物相が観察されるようになる。低水温時の第1槽では *Shaeratilus* などの糸状性細菌が優占種となっており、繊毛虫類は僅かである。第2槽以下では *Vorticella*, *Opercularia* などの有柄性繊毛虫類が極めて多数出現する。軽負荷時には *Philodina* や糸みみずが群生することもあった。第3,4槽の円板周辺部で白い斑点が多数認められる時期があったが、観察の結果、それは有柄性繊毛虫の群落であった。なお、*Diplogaster* は円板汚泥の内部で常に観察された。他方、高水温時には *Zoogloea* や糸状菌が優占し、糸みみずの発生は認められなかった。有柄性繊毛虫類については低水温時と同様であった。以上の観察結果から考える限り、寒冷地における円板生物相は過去の報告例と変わらないと言える。今後は生物数について検討してみる必要があると考えられる。

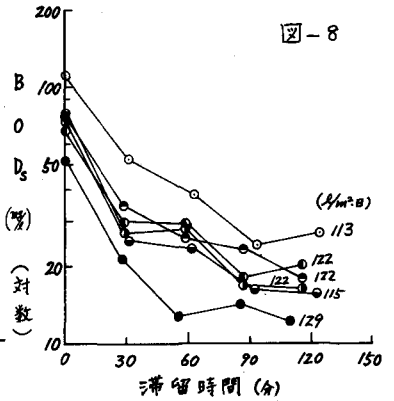
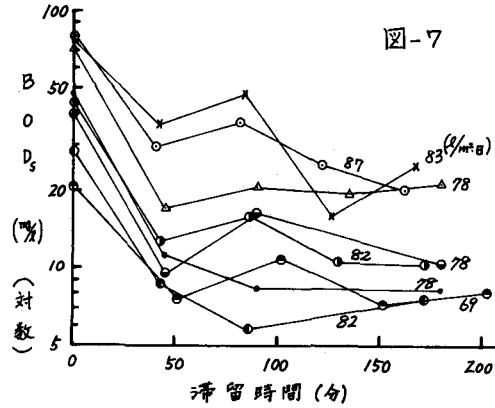
3-2 有機物・浮遊物などの除去傾向

先に、図-3と4に掲げた pH と DO の動きを見る。円板流入水の pH は 7.1~7.2 程度であるが円板槽内を流下するに伴い ±0.4 程度推移がある。低水温時ほど、また、高水量負荷時ほど pH は高くなる傾向が認められる。DO については、水量負荷によって動きに相違はあるが全体としては十分な DO 量と考えられる 4 mg/l 以上を維持していることが分った。図-4 で水量負荷の低い時に第2,4槽で DO が減少している。これは、これらの槽で流れが回転方向と逆になるため剝離が多くなるにもかかわらず水量負荷が小さいので大きな剝離汚泥が槽内に蓄積され DO の消費に関与したためと考えられる。以上述べて来た円板槽の状況下での BOD 除去率と流出水の BOD 濃度の動きを BOD 面積負荷との関係で図-5 に示した。30分沈殿させた上澄水についての BOD 除去率は 60~80% となっている。除去率が幾分低いのは低水温であったためというより、円板流入水の BOD が平均で 76.5 mg/l と低かったためであろう。終末処理場の最初沈殿池で BOD が 30% 除去されるならば、円板槽と合わせて BOD 除去率 72~86% 程度を期待できることが明らかになった。また、図-5 の流出水 BOD から判断する限り、放流基準の BOD 20 mg/l を守るためには BOD 面積負荷を 5~8 g/m²・日以下に抑えなければならないことになる。

図-6 は円板槽における SS と TOC の除去率と流出水中の濃度を示したものである。SS 除去率については BOD 除去率よりも変動幅が大きく 60~95% の広範囲にわたっている。流

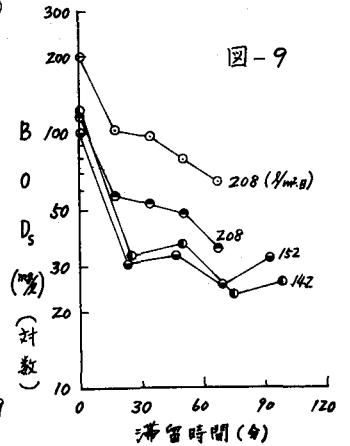


出のSSについてはかなり高いTOC面積負荷を採用しても70mg/lの放流量基準値を越えることはないようである。沈殿池の管理を十分に（対数）を行うこと（滞留時間の確保と汚泥引き抜き）によってかなりの程度まで低下させることが



可能であろう。TOC除去率に関してはBODと類似の結果となっている。BODとの相関を捉えることによってBODに替わる有機物指標として使える。

図-7~9は円板槽を流れる下水のBODの減衰パターンを捉えるために実験結果を水量負荷によって3グループに分けたものである。図中の数字は水量面積負荷 (l/m²·d) を表わす。これらの図においては、BOD除去に第1槽が非常に大きく寄与している様子が認められる。第4槽までの除去率に対する第1槽の除去率の割合を百分率で示すと、図-7~9のデータにおいては順に94.5%、77.7%、88.6%にもなっている。これらBODの減衰パターンに対しては一次式、平衡水質を加味した2段階の一次式、二次式などによる数式表示の試みが行われている。ここでは、第1槽内でのBOD減衰を一次式で捉え速度係数K (h⁻¹) を計算してみると、図-7の場合に1.613、図-8で1.858、図-9で2.648となり、高水量負荷の場合ほど大きな値をとっていることが分た。



3-3 処理水

のJar Test

処理水の凝集

沈殿処理の特性

を捉えるために

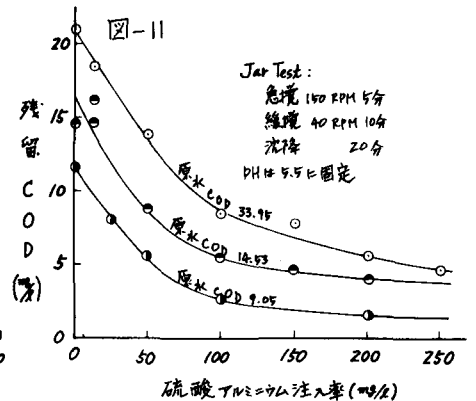
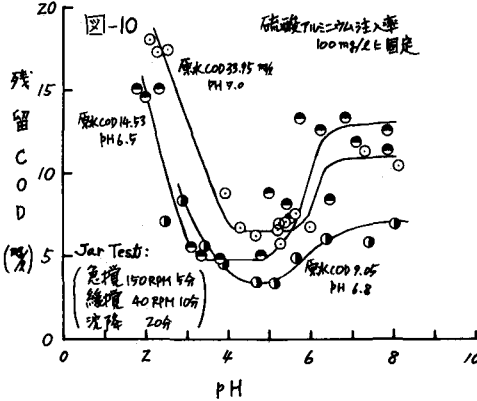
行なったJar Test

の結果を図-10

と11に示す。硫

酸アルミニウム注

入率を100%と



固定しpHを変動させた図-10から、最適pH領域が5.5付近に存在しこの領域における残留CODを3~6%まで低下（COD除去率で67~82%）させることが明らかになった。また、pHを5.5に固定し凝集剤注入率を増加させた図-11から、注入率100%程度までのCOD減少量は注入率に比例するが、それ以上凝集剤注入率を上昇させてもCOD除去効果には殆んど関係しないことが理解された。

4. あとがき

寒冷地の都市下水を対象として回転円板法による処理の基礎的な種々の挙動を捉えるという当初の目的はほぼ達せられた。この種の実験の一番大きな問題点は、原水のランダムともいえる水質変動であった。これを解決するためには人工下水を用いたより小規模なモデルによる以外なく、今後はそうした方法で検討を詰めて行きたい。