

II—30 回転円板処理における負荷変動の影響について

北見工業大学 正会員 海老江 邦雄

1. ま え が き

回転円板法は、①活性汚泥法に比較してF/M値が小さい、②生物相の分布幅が広い、③円板槽は一般に多段で使用されるなどの理由から、流入水の水量・水質負荷変動に対して非常に大きな弾力性を示すと認識されている。長期間にわたる緩慢な負荷変動に対しては確かに十分対応できると推測されるが、短時間の急激な負荷変動に対するこの弾力性の幅に関しては、山口ら⁴⁾は水量負荷で1.5倍、BOD面積負荷で2倍程度が限度と述べている。また、丹保ら²⁾は水量負荷やBOD面積負荷を比較的小さくおさえて運転していれば水量や水質に変動があっても安定した処理水を得ることが可能と報告しており、弾力性の幅は通常言われているほど大きくはないようである。さらに、Filionら³⁾は活性汚泥法と比較した場合回転円板法の負荷変動抑圧率は活性汚泥法の半分程度しかなく、その影響時間も長くなることを指摘している。その理由は、回転円板槽の滞留時間が短いこと、微生物の増殖が短時間の変動に対応できないことなどのためと考えられる。いずれにせよ、短時間の負荷変動に対する回転円板槽の弾力性に関しては検討すべき点が多いようである。ここでは、所定の水量・水質負荷の下で平衡状態に達している円板槽の処理特性と人為的に加えられた短時間の水質負荷上昇に伴う円板槽の処理特性とについて実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験に使用した回転円板装置は北見市下水道終末処理場に設置された。同装置の諸元は表-1に、フローシートと採水点は図-1に掲げる通りである。円板槽は銅板製で4段直列。円板体はFRP製で、水の流れは軸直角流である。原水は前記処理場の最初沈殿池流出水である。実験は、始めに、設定した水量負荷相当の原水を定量ポンプにて回転円板槽に流入させ、処理水質と円板付着生物量を測定しながら運転を継続する。これらがほぼ平衡状態に達したら数回のサンプリングをさらに行ない、その後短時間の水質負荷変動を加える実験に移った。短時間の水質負荷上昇は、予め調整しておいた市販のスキムミルク(汚泥変換係数⁴⁾0.50~0.52)を円板槽流入部直前に加える形で発生させた。スキムミルクの注入は1時間。水質濃度の上昇はTOCで100, 300, 500 mg/lを目標とした。スキムミルク注入開始から5または6時間経過するまで事前に定めておいた時間間隔で円板槽の各部から採水し、各試料のTOC, SS, PH, DOなどを測定した。以上の実験を水量負荷50, 100, 150 g/m²・日の3段階について行なった。実験条件の詳細を表-3と4に示す。有機物指標として採用したTOCとBODとの関係については表-2で見られるように円板流入下水のBOD/TOC=1.712から処理が進むにつれて1に近づく傾向となっている。

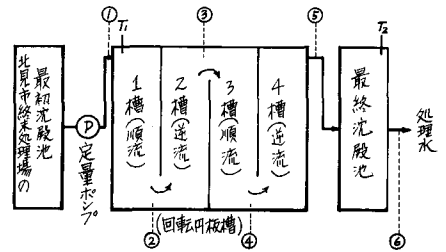


図-1 回転円板装置の採水点(①～④)と水温測定点(T₁とT₂)

表-1 回転円板装置の諸元 (流量54分、BOD/100%浸漬率38%)

項 目	諸 元	項 目	諸 元
円板槽総容積	208.25×4 = 833ℓ	BOD面積負荷	348.8 8.7 g/m ² ・日
円板槽実容積	201.75×4 = 807ℓ	BOD容積負荷	892 g/m ³ ・日
円板直径と厚さ	直径1.0m、厚さ1.2mm	水量面積負荷	86.85 g/m ² ・日
円板枚数と間隔	56枚、16mm	滞留時間	40.35×4 = 161.4分
円板面積	総 87.96m ² 、有効 82.90m ²	総容 積	235.1ℓ
円板周速と回転数	27%、8.59回/分	総沈 留時間	47分
液量面積比(G)	9.73 g/m ²	総沈 水面積負荷	14.5 m ³ /m ² ・日

表-2 回転円板装置各部採水のBOD/TOC値

試料の種類	試料の採取回数	平均BOD	平均TOC	BOD/TOC
円板流入下水	59	86.3	50.4	1.712
1槽流出水	58	40.6	28.3	1.435
2槽流出水	55	32.1	23.9	1.343
3槽流出水	52	25.4	20.4	1.245
4槽流出水	59	24.0	20.2	1.188
沈殿後水	55	19.7	18.7	1.053

3. 実験結果と考察

3-1. 平衡状態における処理特性

それぞれの水量負荷において処理が平衡状態となった際の円板付着生物量

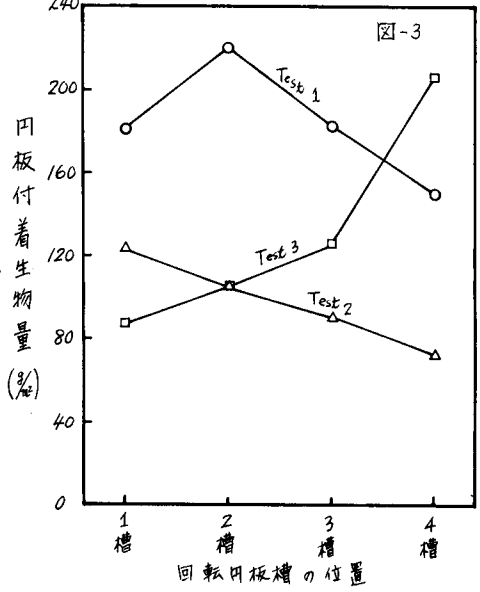
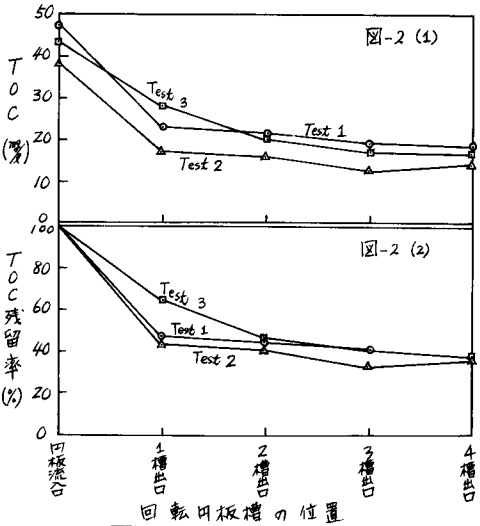
の分布を図-3に示す。一般に付着生物量は負荷の上昇とともに増加し、その分布も1槽目で最大となりその後次第に減少すると考えられているが、今回の実験結果から、付着生物量とその分布パターンは負荷のみならず水温の影響を強く受けることが明らかとなった。付着生物量は流入負荷の小さなTest 1で最も多量となっている。また、分布パターンは最大値がTest 1で2槽目に、Test 3では4槽目に出現している。円板槽全体としてのMLSS換算値を見ると、Test 1～3の順に18819 mg/L 、10017 mg/L 、13493 mg/L となり、標準活性汚泥法（MLSS 2000 mg/L ）に比し5～9.5倍もの多量になっている。低温原水時に付着生物量が増加する理由については既に報告してある。さて、これらの付着生物量によるTOCの除去の状況は図-2の(1)と(2)に示した。TOCの減衰パターン及び残留率の動きで見る限り、Test 3の1槽目の除去率が他より相当低いことを除けば、水温、負荷が随分相違していた割には同様の推移を辿っている様に見える。すなわち、最終的な処理水質と残留率には殆んど差異は認められない。しかしながら、実際のTOC除去量の動きを表-3でを見ると、円板槽への供給TOC量が多い場合（この時水量負荷も大きい）ほど全槽での除去量が多くなっている。また、Test 3の1槽目の除去率は低かったが除去TOC量はこの部分で最も多かったのである。図-2、表-3で注目される点は、1槽目における除去量と率が極めて高いことである。供給TOC量が多くなると除去率は低下しているが、その分を2槽目以下でカバーする形で処理が行われている。さらに、円板付着生物量単位重量当りのTOC摂取量の動きを見ると、円板槽への供給TOC量が多いほど全槽平均及び1槽での値が大となっている。以上のように、回転円板槽は水温や水量・水質負荷が大幅に変動しても、それに対応すべく付着生物量が増減し、ほぼ一定の除去率、処理水質を与えており、こうした長期間を費やしての弾力性は大きいと考えられる。表-3のTest 1～3のTOC除去率の平均値は62.0%であるが、これを表-2を使ってBOD除去率に変換すると73.6%となり、初沈・終沈の除去率を合わせるとかなり高い除去率に達するものと考えられる。

3-2. 短時間の水質負荷上昇に伴う円板槽の処理特性

今回行った3系列9種類の実験における水温、流入下水のTOC、スキムミルクによるTOCの上昇量などは表-4に、円板付着生物量は表-6に見られる通りである。付着生物量をMLSSに換算するとと系列1～3の順に13663、8896、

表-3 回転円板槽における平衡状態下の運転結果

Test No	水量負荷 (L/m ² ・d)	水温 (°C)	平均TOC 曝気負荷 (g/m ² ・d)	円板槽への供給TOC (g/d)	TOC 除去量 (g/d)			TOC 除去率 (%)			円板付着生物量 (g)			円板付着生物量単位重量当りのTOC摂取量 (mg/g)		
					全槽	1槽	2～4槽	全槽	1槽	2～4槽	全槽	1槽	2～4槽	全槽	1槽	2～4槽
1	49.8	6.2	2.37	196.8	121.2	101.7	19.5	61.6	51.7	9.9	15187.3	3763.7	11423.6	8.0	27.0	1.7
2	100.9	16.7	3.93	325.7	205.5	181.1	24.4	63.1	55.6	7.5	8064.9	2565.8	5519.1	25.4	70.6	4.4
3	156.6	10.5	6.75	559.6	342.5	192.5	150.0	61.2	34.4	26.8	10688.9	1873.4	9075.5	31.5	106.2	16.5



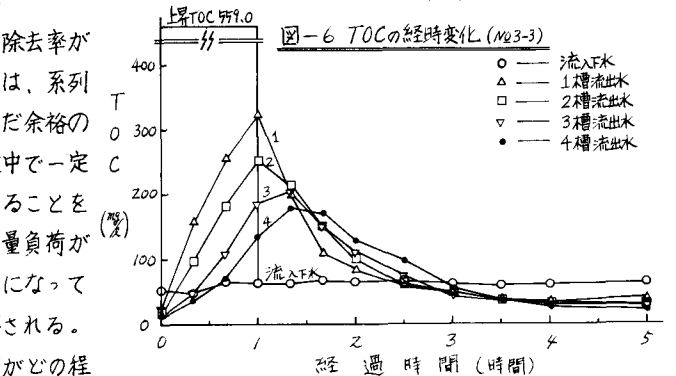
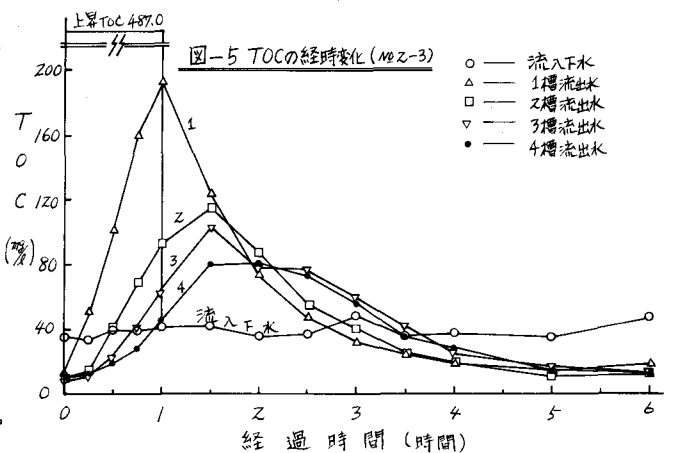
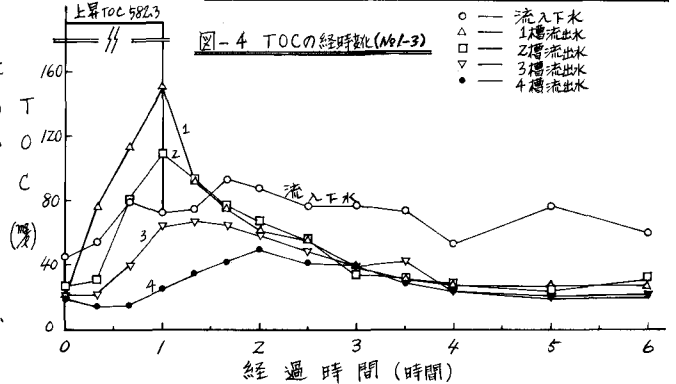
12738 %となる。これらの条件下における処理特性について以下に述べる。始めに、図-4～6はスキムミルク注入後の円板各槽におけるTOCの経時変化の例を示す。スキムミルク由来のTOC濃度は当初各槽とも次第に上昇し、1槽では1時間後、4槽では1時間30分～2時間後にピークが認められるものの、その後は徐々に減衰して4～5時間後には完全に消失している。また、各槽のTOC濃度は流下とともに低下・拡散しているが、一部は4槽流出水中に処理されずに残存している。

表-4. 短時間の水質負荷上昇に関する実験条件

系列No.	水量負荷 (L/m ² 日)	円板槽の滞留時間 (分)	流入水温 (°C)	流入水の平均TOC (mg/L)	TOC面積負荷 (mg/L)	スキムミルクによるTOCの上昇 (mg/L)	TOC上昇率 (%)
1-1	56.3	249	6.0	66.9	3.8	141.3	2.1
1-2	55.6	252	5.2	55.1	3.1	302.2	5.5
1-3	55.6	252	6.7	71.3	4.0	582.3	8.2
2-1	102.8	136	16.9	41.0	4.2	113.1	2.8
2-2	101.4	138	18.3	42.9	4.4	352.3	8.2
2-3	100.7	139	17.8	35.5	3.6	487.0	13.7
3-1	162.4	87	16.0	72.8	11.8	97.8	1.3
3-2	157.9	86	14.1	83.4	13.2	356.5	4.3
3-3	161.9	89	15.1	74.5	12.1	559.0	7.5

9種類の実験におけるTOCの経時曲線(系列1と2では6時間まで、系列3では5時間まで)から各槽のTOC除去量と除去率を計算して表-5に掲げた。また、図-7はスキムミルクによるTOC供給量と除去TOC量(スキムミルクによるTOC供給量とこれにより増加した4槽流出水中のTOC量との差)との関係を、図-8は同方法で求めたそれぞれの円板槽までの除去TOC量を滞留時間との関係で示したものである。

円板槽全体でのTOC除去量は、同一の水量負荷の下では供給TOC量が多くなるにつれて、また、水量負荷が大きくなるにつれて増加している。しかしながら、図-7で見られるように、スキムミルクによる供給TOC量が同一の場合、水量負荷が大きいほど除去TOC量は少ない。円板槽全体でのTOC除去率は、系列1～3の順に78.1～83.3, 74.8～66.6, 70.4～59.0%であり、系列1を除き供給TOC量が増加するにつれて次第に低下し、円板槽から流出するスキムミルク量が次第に増加する傾向となる。つぎに、円板各槽での除去量と除去率の動きを見ると、いずれの場合にも1槽目での除去量と除去率がきわだって大きい点が注目される。供給TOC量が増加すると1槽目の除去率が低下し、それを補うように2槽以下の除去量と除去率が徐々に上昇している。1槽目における除去量は、系列1では供給TOC量の増加とともに上昇してまだ余裕のある様子を暗示しているが、系列2,3では途中で一定になっておりTOC除去がほぼ飽和になっていることをうかがわせる。さらに、図-8によると、水量負荷が大きいほど、供給TOC量が多いほど勾配が急になっており、除去が速やかに行われていることが理解される。ついで、円板各槽に供給されたTOC量を各槽がどの程



度除去しているかを見ると、先にも指摘したように、1槽目で高い割合を示しているが2槽目以下では極端に低い。高負荷になるにつれて2槽目以下の除去率は徐々に高まる傾向が認められる。表-6は、各系列の実験前後に採取した円板付着生物量の平均値、ならびに、各槽におけるTOC除去はこれら円板付着生物によって摂取されたと考えて求めた付着生物単位重量当りの摂取TOC量を示している。TOCの除去量や除去率の動きと同様に、単位重量当りの摂取TOC量はいずれの場合にも1槽目での値が極めて大きく、しかも高負荷になるほど大きな値となっている。

4. あとがき

回転円板槽の負荷変動に対する弾力性および処理特性を2種類の実験を通して検討してきた。長期にわたる一定負荷の下における処理では負荷に対応して生物量が増殖し、それに伴って有機物の除去量が増加する。除去率、処理水質がほぼ一定になる形での処理が進行し、弾力性は大きいと考えられる。また、短時間の急激な負荷上昇時の処理では、水質負荷・水量負荷が増加するほど除去量も除去速度も増すが、一般に除去率は低下して処理水質は悪化する傾向になった。どちらの実験においても、有機物除去に関しては1槽目の値が極めて大きく、2槽目以下は高負荷時を除けばタンピングの機能しか果していないことなどが明らかになった。最後に、実験データの採取・整理に努力された北見工科大学土木工学科上下水道工学研究室の卒業生各位に感謝する。

(引用文献)

- 1) 山口正三他：回転円板法による河川下水の処理、水回生技術研究、1978、P.313～315
- 2) 丹保善仁他：回転円板法による汚泥脱水性能の比較、1978、水道技術資料集、J. of WPCF (1979.7)
- 3) M.P. Hill他：Performance of a RBC under transient loading conditions. Vol. 91, No. 7
- 4) 岩井孝久他：廃水の生物学的処理、コロナ社、P.94、1967、第3版
- 5) 滝元江邦雄他：回転円板法による都市下水の処理に関する研究、北海道道庁、研究報告集、第37号 (1981.2)

表-5 円板槽におけるTOCの除去量と除去率の動き

系列	円板槽	供給TOC量(g)			各槽での全TOC除去量(g)			各槽での全TOC除去率(%)			各槽における除去TOC量(g)			各槽におけるTOC除去率(%)		
		系列1	2	3	系列1	2	3	系列1	2	3	系列1	2	3	系列1	2	3
1	1	105.6	121.5	193.9	76.0	89.4	132.1	72.0	71.9	68.1	76.0	89.4	132.1	72.0	71.9	68.1
	2	29.6	34.1	61.8	77.8	90.6	137.9	73.6	74.6	71.1	1.8	3.2	5.8	6.1	9.4	9.4
	3	27.8	30.9	56.0	79.5	93.5	150.3	75.3	77.0	77.5	1.7	2.9	12.4	6.1	9.4	22.1
	4	26.1	28.0	43.6	82.5	98.8	161.6	78.1	81.3	83.3	3.0	5.3	11.3	11.5	18.9	25.9
	総計	23.1	22.7	32.3												
2	1	127.5	211.6	243.7	78.4	127.3	126.1	61.5	60.2	51.7	78.4	127.3	126.1	61.5	60.2	51.7
	2	49.1	84.3	117.6	93.6	146.2	154.8	73.4	69.1	63.5	15.2	18.9	28.7	31.0	22.4	24.4
	3	33.9	65.4	88.9	93.8	147.7	151.3	73.6	69.8	62.1	0.2	1.5	-3.5	0.6	2.3	-3.9
	4	33.7	63.9	92.4	95.3	149.4	162.3	74.8	70.6	66.6	1.5	1.7	11.0	4.5	2.7	11.9
	総計	32.2	62.2	81.4												
3	1	259.1	421.9	482.9	133.2	201.8	202.6	51.4	47.8	42.0	133.2	201.8	202.6	51.4	47.8	42.0
	2	125.9	220.1	280.3	152.5	241.8	241.6	58.9	57.3	50.0	19.3	40.0	39.0	15.3	18.2	13.9
	3	106.6	180.1	241.3	173.3	271.4	266.0	66.9	64.3	55.1	20.8	29.6	24.4	19.5	16.4	10.1
	4	85.8	150.5	216.9	182.5	285.5	284.7	70.4	67.7	59.0	9.2	14.1	18.7	10.7	9.4	8.6
	総計	76.6	136.4	198.2												

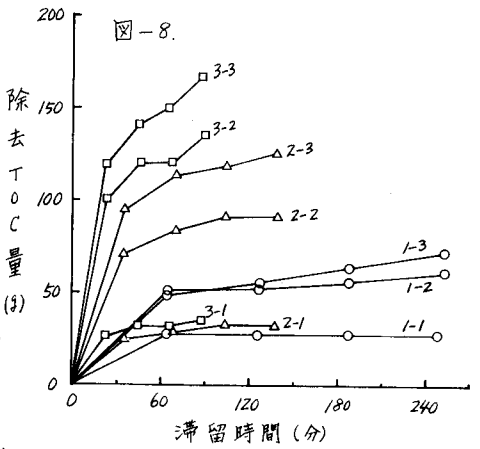
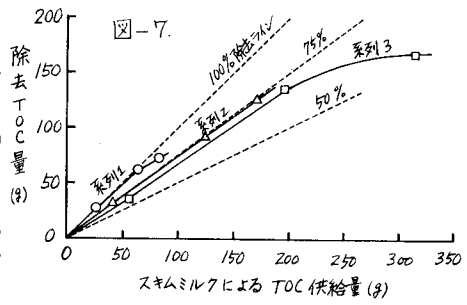


表-6 円板付着生物のTOC摂取量の動き

系列	円板槽	円板付着生物量(平均値)			含水率(%)			円板付着生物単位重量当りTOC摂取量(μg/g)		
		系列1	2	3	系列1	2	3	系列1	2	3
1	1	113.1	94.3	234.4	32.4	37.3	56.4			
	2	217.7	94.3	451.2	0.4	0.7	1.3			
	3	110.8	94.6	229.6	0.7	1.3	5.4			
	4	90.3	91.2	187.1	1.6	2.8	6.1			
2	1	105.3	93.1	218.3	35.9	58.3	57.8			
	2	98.1	92.4	203.3	7.5	9.3	14.1			
	3	85.2	93.4	176.6	0.1	0.8	—			
	4	57.7	93.1	119.6	1.3	1.4	9.3			
3	1	71.1	94.5	147.3	90.4	137.0	137.6			
	2	110.7	94.5	229.4	8.4	17.5	17.0			
	3	191.4	93.8	397.7	5.2	7.4	6.1			
	4	122.2	92.5	253.3	3.6	5.6	7.4			