

2~4mm, 外観が灰色でゼラチン状の場合 *Zooglea*, *Sphaerotilus*, 白いボール状の斑点を呈すれば *Beggiatoa* が主体となる。タンパク質から NH_4N への分解が旺盛な夏期では *Beggiatoa* が内板付着膜の好気性部(家庭下水で150 μ)で他の好気性細菌(*Zooglea*, *Sphaerotilus*)より優れ、BOD除去率が若干低下させ、 NH_4N , H_2S 濃度が共に高い時出現する。*Sphaerotilus* よりも *Zooglea* が優勢な時、BOD除去率が高く、なお NH_4N 濃度が高いと *Zooglea* の凝集性が低下する。流入 NH_4N 濃度が150 mg/l 程度であれば、*Epistylis* が優勢となり、優勢度が高い程BOD除去率が高くなる。生物膜内の嫌気性部に赤色細菌群(偏性嫌気性紅色硫黄細菌 *Atthiorhodaceae* と思⁹⁾)と緑色細菌群(偏性嫌気性緑色硫黄細菌 *Chlorobacteriaceae* と思⁹⁾)が出現し、後者は前者よりも H_2S 濃度に依存する度合が極めて高く、両者は *Beggiatoa* の存在と共に顕著である。ちなみに Fjordingstad の水質階級²⁰⁾を用いると嫌気性部では α -強腐水性水域、好気性部で β -強腐水性水域である。II: 外観は灰色となり、ゼラチン部では緑毛類(*Epistylis*, *Opercularia*)が主体で、灰緑色部はこれに珪藻類(*Navicula cryptocephala*)が付加され、秋期に緑藻の *Chlorella vulgaris*, 冬期に藍藻の *Anabaena constricta* が出現。嫌気性部の細菌はIIのそれと同種であるが量は少ない。K₁: IIと同じく、*Zooglea*, *Sphaerotilus*, *Beggiatoa* が優勢種で、BOD濃度が50 mg/l 程度になると *Aspidisca* が出現する。K₂: *Epistylis*, *Sphaerotilus* が主体。微生物群が冬型から夏型、夏型から冬型に変わる4~5月と10月(水温: 15~18℃)に処理水質の一時低下が見られたが、水温が低下する秋期には微生物群に順応性があるため春期ほど影響はない。なお年間を通じて、生物膜の剝離現象は全く見られなかつた。

表-2 2次処理(養豚废水)の生物相変化

No	月-号段 種類	5			6			7			8			9			10			11			12		
		T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂	T ₁	T ₂	K ₁ K ₂
1	Beggiatoa	+	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+	+	+++	+	+	+	+	+	
2	Zooglea	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
3	Sphaerotilus	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
4	Amoeba						41	11	8	12						4	4		13	8			13		
5	Euglena													4		4	4						4		
6	Epistylis	+	+++		+++	+++		++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
7	Aspidisca						16							4		127	4	8					4		
8	Anabaena																								
9	Microcystis							++	++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
10	Chlorella													+	+	+		+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	
11	Navicula				+++			+			++	+	+	+++	+	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
12	Diplogaster	16	15	84	8	76	8		8					26	8	131	8	30	17	9	13	83			

(註)
 No.1~3 細菌類
 No.4 根足虫類
 No.5 鞭毛虫類
 No.6 緑毛類
 No.7 フモ類
 No.8~9 藍藻類
 No.10 緑藻類
 No.11 珪藻類
 No.12 線虫類
 表内の +++ 又は ++ は
 付着微生物群の優と種類、数字は1センチメートル10×10mm上の個体数。

4. 3次処理用回転円板培槽体に着成生育する生物相および考察 表-3に微生物群の段数別・時期的変化の概要を示す。これらに対応する物理的条件・水質については表-1を参照されたい。3次処理は2次処理よりも低BOD濃度のため、藻類が全段で優勢種となり、外観は暗緑色を呈し、原生動物の出現度は高いが、全毛類が多くなる程硝化が抑制される傾向が見られた。II: 前段では広範囲のBOD濃度(70~300 mg/l)に順応し、 NH_4N にも敏感(硝化が進むと出現しなくなる)な *Epistylis* が出現する。2次処理内板上では見られない *Dipflugia* が出現し、*Amoeba* はDOの過飽和時に多く出現し、*Navicula* の捕食が顕微鏡観察された。珪藻は全段で出現し茶緑色の珪藻群を成し、前段では工型の *Navicula* で、後段になる程小型の *Navicula* が主体となり、少なくとも3種みられ、個体色素はすべて黄褐色を呈する。また後段の光の当る所では緑藻の *Stigeoclonium* の群集により緑色を帯びる。緑藻の *Chlorella vulgaris* は NH_4N 濃度が高くても出現し、 NH_4N と NO_3N と共に吸収利用し、両者が共存する時は NH_4N の吸収が NO_3N よりも大、またその反対結果を得た報告もあり、酸性側で NO_3N 、アルカリ性側で NH_4N を摂取すると言われている²⁰⁾。本研究では量的にこの種が多い時、急激な硝化効率を得た。光合成を行なう緑藻の多量発生によりIIからはBOD除去率は低下し、IC(無機炭素)はほとんど0になる。IIで PO_4 濃度が高くなるのは藻類が蓄積したPを溶出するものと考えられる。II: 同じ3次処理でもIIに比べ、BOD、 NH_4N 、 PO_4 が低濃度のため出現する藻類(特に珪藻)・原生動物が多く、環形動物も出現する。生物膜内の深部では微小な *Dipflugia* が茶褐色の群を成し、上層で褐色の *Ulothrix*, 光の当る所に *Oscillatoria* が青緑色の膜を形成する。各培槽槽内では後段ほど多くのゲンミジンコが肉眼で観察できる。硝化が十分な時は後生動物の *Nais*・*Pholodina* が多数

表-3 3次処理回転円板上の生物相

No	月各段 種類	5				6				7				8				9																				
		T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄					
1	Beggiatoa									++	+																											
2	Zooglea									+				++	++	+																						
3	Sphaerotilus																	++	+							++	+	+										
4	Diffugia	8	7	9	16					8				26	14	8										14	13	26			8	54	8	4	4			
5	Amoeba	4								40	34	32	8	41	48	8										3	7	4	27	13	4	12		4	13			
6	Arcella													78	90	28	28																	96	39	40	15	
7	Euglypha													23	14	13	7																	4	13	27	83	30
8	Euglena													6	3																							
9	Epistylis									++	+	+		++	+	+	+			+++	++	+							++	++			++					
10	Vorticella																																			+		
11	Zoothamnium																																			+		
12	Aspidisca									24	8			40	6	4		16	50																7	10	8	
13	Trachelophyllum													13				48	8	4															4			
14	Colpoda																																			4		
15	Anabaena																	+																	++	+	+	
16	Oscillatoria	+								++	++	++						+++	+++							+++	++	++	++					+	+	+	++	
17	Navicula	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
18	Melosira	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
19	Gyrosigma																																					
20	Cyclotella																																			++	++	
21	Synedra																																			++	++	
22	Ulothrix																																			++	++	
23	Hormidium																																			++	++	
24	Stigeoclonium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
25	Chlorella																																			++	++	
26	Nais																																			++	++	
27	Aeolosoma																																			++	++	
28	Cyclops																																			++	++	
29	Philodina																																			++	++	
30	Diopogaster	8	7							8	24	16		24	40			21	30	14															++	++		

No	10								11								12							
	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄
1	+								+															
2																								
3	+				+++	++							+		++		+				+++	++	++	+
4	40	45	42	14	15	28	5		4	43	40		3	14	4	14		18	8	8	46	18	16	8
5	15	55	82	8					28	12	16		12				15	7	6	5	4			
6					40	38	26	8					11	18										
7					8	7	4	6					7	17	8	29	8	4	14		8	5	5	
8					7					6							4				5			
9	+++	++			++	++	+		+++	+			+++				+++	+	++					
10					+					++	+						+	++	++	+		++	+	
11																					+++			
12	15	4			7	8	16							4			18	4	4		8	5	2	4
13	4	8	6		6	4			14								8	2	45		4	4		
14					44																			
15	++	+			+	+	+	+	+	+	+		++	+	++	+	++	+	+	+				
16					+	+	++	++		++	+	+++	++	++	+++	++	++	++	++	++	++	+++	+++	
17	+++	+++	++	+	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
18					+				+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
19								++					++	++	++						++	++	++	
20								+																
21								+					++	+++	+++						+++	++	++	
22					+++	+++	+++	+++		+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
23					++	++							++	++	++	+					++	++	++	
24	++	++	+++	+++					++	++	+++	+++	++	++	++		+	++	+++	+++				
25	+++	+++	++				+	+++	++	++							+++	++	++		++	++	+	
26	8	7			13	14							8	7	5						16	7	13	3
27																								
28					2	3	5						1	2										
29	44	8	13		15	4	7	15	2	32	4	4	7							13	4	3	3	
30	8	8	5	1	14	8	7	10	15	2	4	2	8	14	6	2	2	5	8	2	14	7	18	6

(注) 表内の+, ++, +++ は付着微生物の量と種類、数字はプレート10×10mm上の個体数(津田: 汚水生物学) No.1-3 細菌類, No.4-7 原生動物, No.8 輪虫類, No.9-11 枝毛類, No.12-14 金毛類, No.15-16 藍藻類, No.17-21 珪藻類, No.22-25 緑藻類, No.26-27 菊石類, No.28 付着類, No.29 輪虫類, No.30 枝毛類

出現する。硝化細菌(*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*)は同定(×400)できなかったが、これは円板表面に強く付着する性質があるため、回転円板法で硝化効率が高い要因の一つとなっている。嫌気性脱窒菌の円板には円板間隔1cmでは“Bridging”を起す程度脱窒菌が付着成長してくるが、この生物群は附着性が弱いため、円板回転数を少なくする必要がある。H₄: 外観は淡黄褐色であり、嫌気性脱窒部通過後の清澄な水質(BOD₅%以下)のためH₁~H₃と異なる生物相(粘性の低い微粒性珪藻が主体)である。IIでは雨曝気円板装置により、かなりのP除去効果を得た。

5. おわりに 本文では2次・3次処理円板上の付着微生物群に関する約1年間の調査研究結果を報告したが、嫌気性脱窒部細菌の電子顕微鏡による考察については本学会の別文を参照されたい。

- 参考文献 1) 石黒: 回転円板法による汚水処理法, 下水協会誌, 16, 110, 1973. 2) 石黒: 環境技術資料7号, 1975. 3) 石黒, 増田, 西崎: 脱窒菌(4種)と硝化菌(5種)の共生による脱窒・硝化の機構, 1976. 4) 石黒, 増田, 西崎: 回転円板法による脱窒・硝化の機構, 1976. 5) Croves 1972, Dynamic and steady state models for the Rotating Biological... 6) 岩崎: 光合成細菌と不純物による脱窒と排水の両面処理法, PPM-1975. 10 7) 津田: 水質汚濁の生態学 8) 津田: 汚水生物学 9) 津田: 生物による水質調査法 10) 河津: 生物硝化池における脱窒菌について, PPM-1975. 10 11) 石黒, 増田, 西崎: 回転円板法による下水3次処理(硝化)脱窒に及ぼす影響の調査について, 土木学会都市計画部研究発表会報告書, 1976. 2.