

[環境科学部]

沖縄県流域下水道浄化センター 活性汚泥原生動物群集調査報告書

原生動物応用研究センター主宰 盛下 勇 (理学博士)
環境科学部 宮良 工、小澤 宏之 (学術博士)

1. はじめに

諸外国においては活性汚泥法が1915年に確立されて以来、1929年頃から活性汚泥中に生息する原生動物の分類と応用生態学的研究が行われてきた。我が国においては1940年頃、洞沢勇氏が河島、芝浦の両処理場において活性汚泥の生成過程及び水温・水質浄化機能等の関係に係る研究を行ったのを嚆矢(こうし)とする。その後、我が国においてはこの分野の研究者・技術者が少ないため、欧米諸国と比較して維持管理分野における研究と適用は大幅に遅れた。

盛下は諸外国、特に英国の一連の研究に触れ、1957年頃から様々な原水の活性汚泥と水質・運転条件との関係について調査を開始し、旧建設省土木研究所下水道部の要請と支援により、1973年、1985～1986年、2001～2002年の3回にわたり全国調査を行った。これらの調査では沖縄県の各施設については調査の対象となっていなかった。2004年に「下水処理と原生動物」と題する小冊子を出版した機会に沖縄県の関係各位のご配慮により、筆者らは2005年8月から流域下水道の各浄化センター活性汚泥原生動物群集の調査を実施することができ、また調査時前後の水質・運転条件に関する情報の提供も受けることができた。今回はそれらの諸情報との関係を含め「水処理の生物指標としての原生動物」とそれらを「維持管理」のためにどのように活用できるかなどについて検討したので報告する。なお今回は4回の調査であり、断定的な結論を出すのは、更に様々な処理場流入水質・曝気槽状態時の調査結果を集

積し得るまで保留するが、現時点において簡易維持管理指標として活用できる可能性は、他地方の処理場と同様ほぼ「確実」との結論を得た。

なお、今回の調査に当たって特別なご配慮を頂いた沖縄県元技監松井正樹氏、桑江良光下水道課長、宮城光秋同流域班長、小谷良輝下水道管理事務所長、大城正信同水質管理班長の各位に心から謝意を表します。

2. 調査方法

1 調査箇所

調査対象は、那覇、宜野湾、具志川、西原の各流域下水道浄化センターにおいて水質調査を行っている曝気槽をとした。各浄化センターの具体的調査箇所(活性汚泥採取箇所)を図2-1～4に示す。

§ 1-5 処理場平面図（那覇浄化センター）

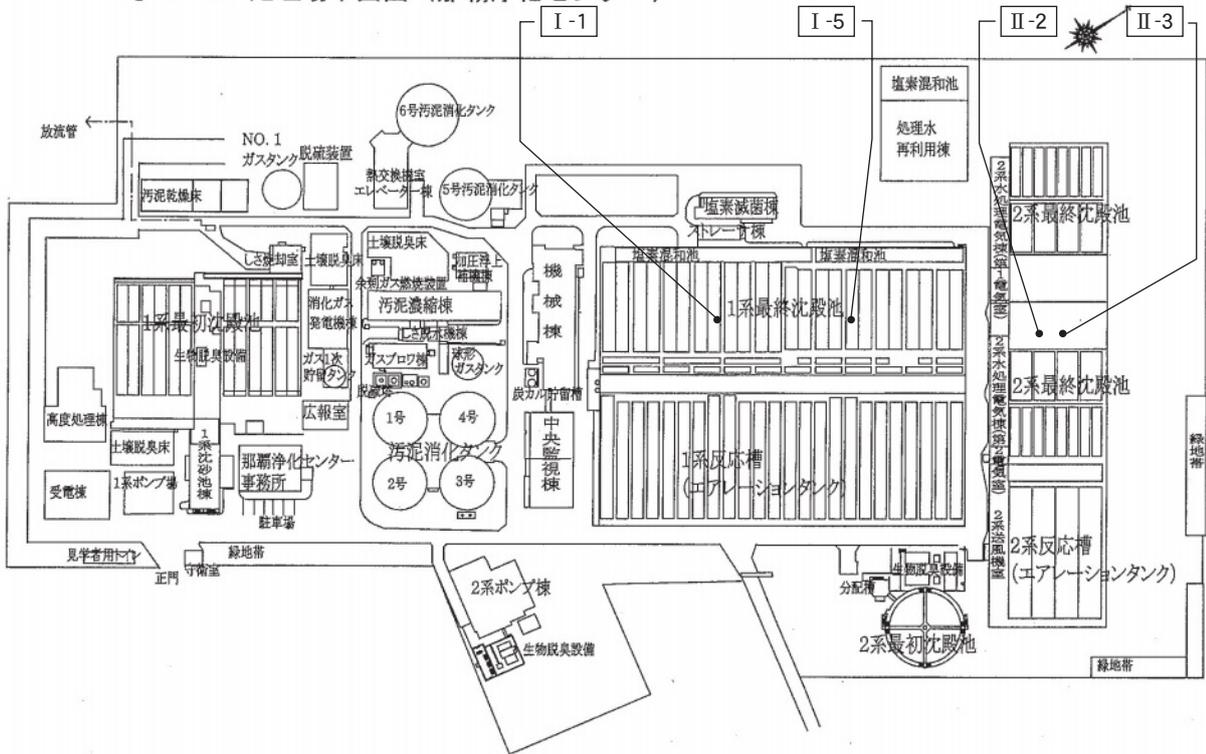


図 2-1 那覇浄化センター調査地点図

§ 2-5 処理場平面図（宜野湾浄化センター）

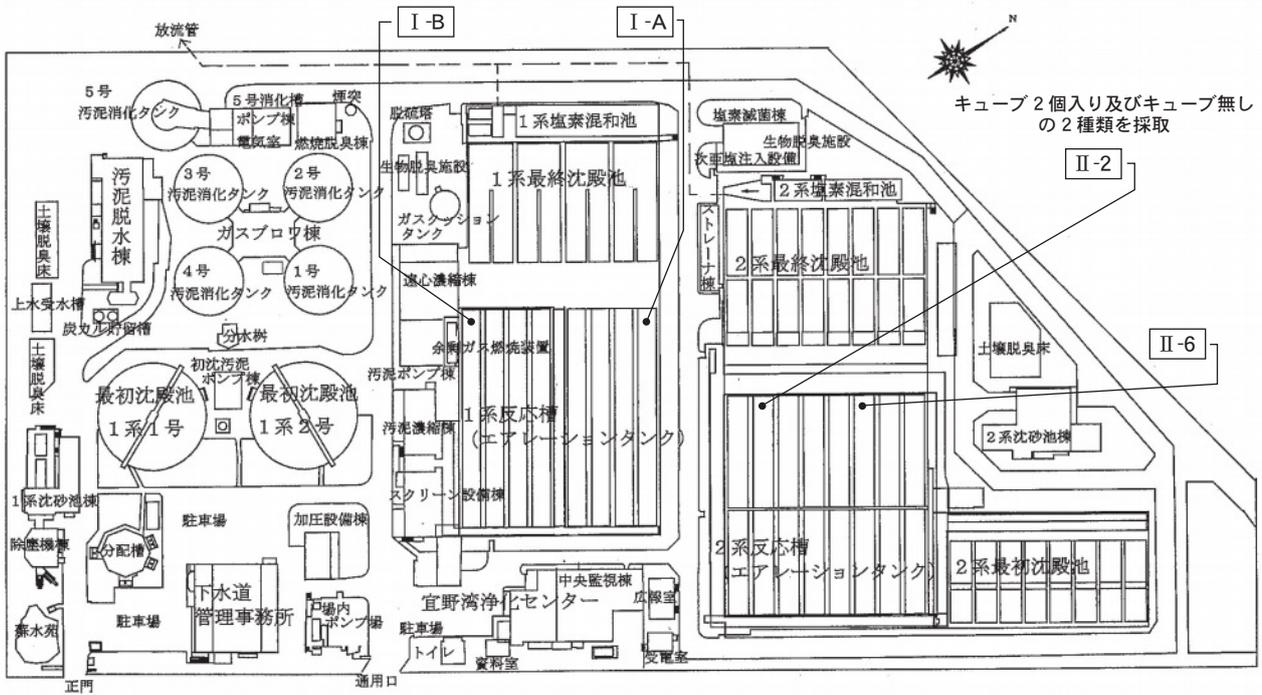


図 2-2 宜野湾浄化センター調査地点図

§ 3-5 処理場平面図(具志川浄化センター)

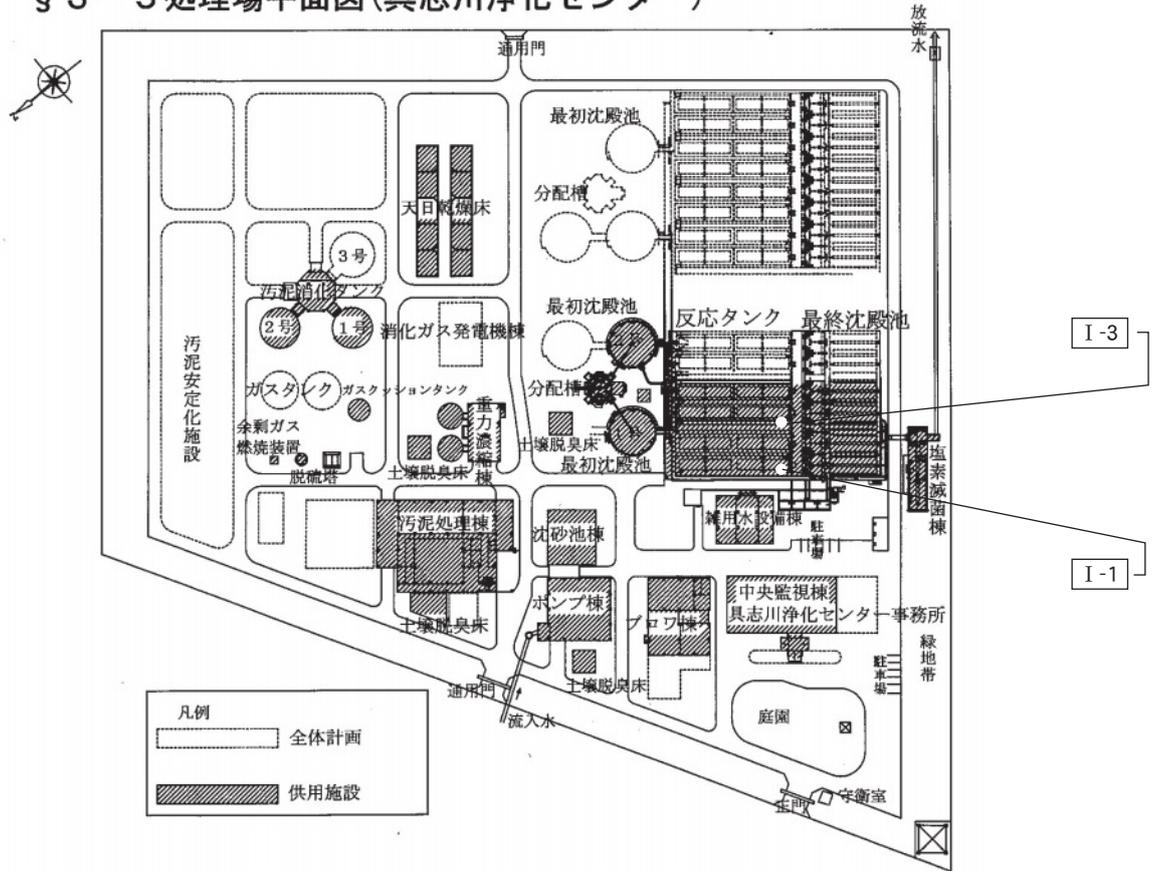


図 2-3 具志川浄化センター調査地点図

§ 4-5 処理場平面図(西原浄化センター)

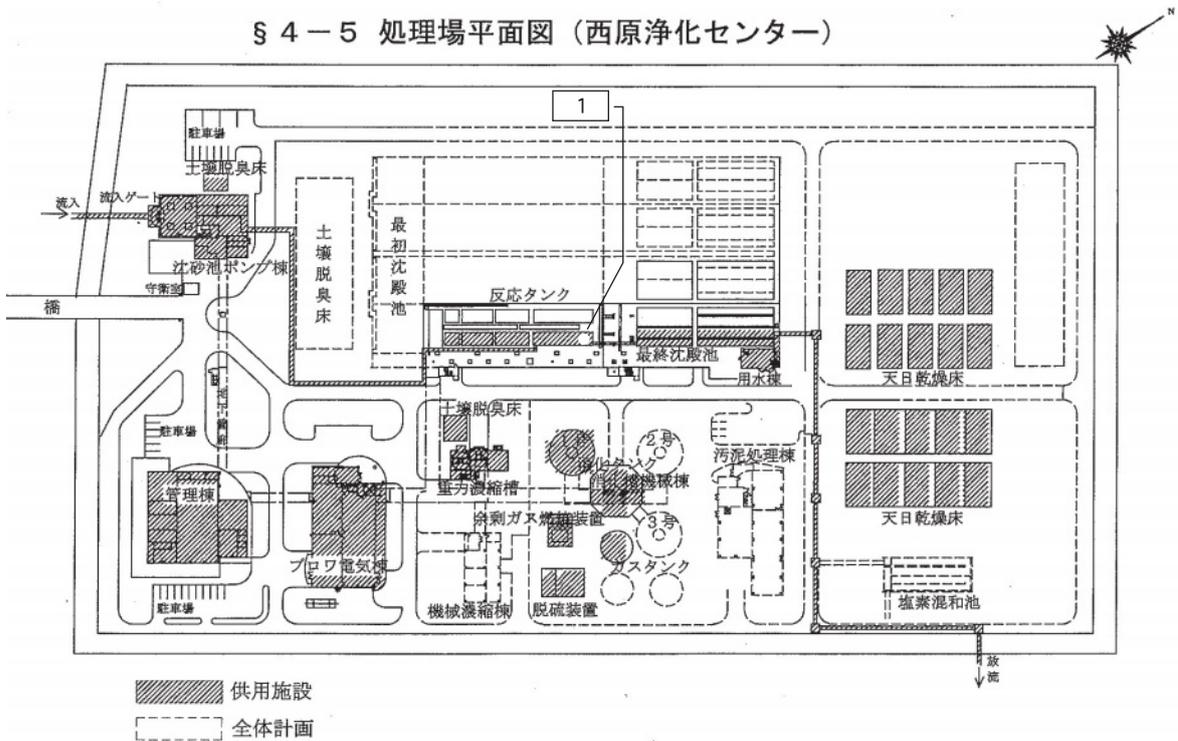


図 2-4 西原浄化センター調査地点図

2 試料の採取

各浄化センターにおける活性汚泥の採取は、表2-1に示す日程で実施した。なお実施日はその前後に定期水質調査が実施される日（水曜日もしくは木曜日）を考慮して決定した。

表2-1 調査の実施時期

調査箇所	平成17年			平成18年
	8月	10月	12月	2月
那覇浄化センター	24日	19日	21日	15日
宜野湾浄化センター	24日	19日	21日	15日
具志川浄化センター	24日	19日	21日	15日
西原浄化センター	25日	19日	20日	15日

3 試料の処置と検討方法

試料は採取後ホルマリンで2%濃度になるように固定した。固定した試料はよく攪拌して均質化し、特殊ピペットで0.025mlを採取し、同一試料について2回以上の定量検鏡（種の同定と個体数の計数）を行った。

なお、検鏡中、種の同定に疑義を生じた時、或いは優占的に検出された種については200倍を中心として写真撮影を行って「同定」した。また、

同定試料であるため、繊毛虫類縁毛目に属するものは「生体時像」を復元して種を決定した。

3. 調査結果及び解析

今回は各浄化センター活性汚泥棲原生動物群集の構成状態、季節的变化、優占種状況、そして簡易指標（種の同定を必要としない）の策定等を主として検討及び解析を行った。各浄化センター相互間の類似性、原生動物の属種単位の環境条件との相関性については解析・検討を行わなかった。

3-1 各調査時の活性汚泥原生動物群集構成及び現存量

4回の各浄化センター活性汚泥原生動物群集構成の詳細は表3-1-1(1)～(4)に示す通りであり、全体的傾向と現存量的には繊毛虫類>肉質虫類>鞭毛虫類の順となっている。これらの結果から、浄化機能として概ね安定していると判定する。

なお、各調査時のセンター毎の現存量の状況は表3-1-2に示す通りである。

表3-1-1(1) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(8月調査)

採取日	採取場所	2005, 8/24										2005, 8/25		
		那覇				宜野湾						具志川		西原
		I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2	II-2 ^x	II-2 ^{x2}	II-6	I-1	I-3	1
1.鞭毛虫類	<i>Astasia dangeardi</i>													
	<i>Astasia quartana</i>				80									
	<i>Astasia linearis</i>													
	<i>Ertasiphon ovatum</i>													
	<i>Menodium pellucidum</i>													
	<i>Peranema trichophorum</i>													
	<i>Petalmonas mediocanellata</i>													
	<i>Petalmonas pusiila</i>				40	80	200		40		320	40	40	40
	<i>Petalmonas steinii</i>													
	<i>Poteriodendron petiolacum</i>													
	<i>Rhabdomonas costata</i>	80		40							560			
	<i>Rhabdomonas incurva</i>				40									
2.肉質虫類	<i>Amoeba albidia</i>													
	<i>Amoeba botryllis</i>													
	<i>Amoeba mirabilis</i>										80			
	<i>Amoeba sp.</i>													
	<i>Arcella gibosa</i>													
	<i>Arcella hemisphaerica</i>													
	<i>Arcella vulgaris</i>	120	360	1320	920	200	240	80	40	60	480	200	80	120
	<i>Assulina seminulum</i>									20				
	<i>Centropyxis aculeata</i>									20				
	<i>Centropyxis constricta</i>													
	<i>Cochilopodium papyraceum</i>	40										120		
	<i>Dinamoeba mirabilis</i>													
	<i>Euglypha ciliata</i>													
	<i>Euglypha tuberculata</i>			40					40	20		40		
	<i>Hartmannella vermiformis</i>				40									
	<i>Mayorella lacona</i>													
	<i>Mayorella penardi</i>		120		200									
	<i>Mayorella spatula</i>			80										
	<i>Microchlamys flava</i>													
	<i>Microchlamys patella</i>													
	<i>Polychaos fasciculatum</i>													
	<i>Pyxidicula patens</i>	120	40			120	120		40	120		720	280	
	<i>Trinema enchelys</i>													
3.遊泳性纖毛虫類	<i>Acineria uncinata</i>													
	<i>Amphileptus claparedii</i>													
	<i>Amphileptus pleurosigma</i>													
	<i>Amphileptus trachelioides</i>													
	<i>Aspidisca costata</i>	40	160	240	200	120	160	240	80	120	640	200	40	520
	<i>Aspidisca lynceus</i>													
	<i>Chaenea stricta ?</i>													
	<i>Chilodontosis depressa</i>													
	<i>Chilodonella uncinata</i>	280	200	40	120	40		120	120		40	40		
	<i>Cinetochilum margaritaceum ?</i>					40								
	<i>Coleps hirtus</i>				40									
	<i>Coleps nolandi</i>													120
	<i>Colpidium colpoda</i>													
	<i>Dexiostma campylum</i>													
	<i>Drepanomonas revoluta</i>										40			
	<i>Dysteria fluviatilis</i>	120												
	<i>Enchelyomorpha vermicularis</i>													
	<i>Enchelys pupa</i>			40										
	<i>Gastronauta sp. ?</i>			80										
	<i>Glaucoma scintillans</i>													
	<i>Glaucoma sp.</i>													
	<i>Holophry discolor ?</i>													
	<i>Litonotus alpestris</i>													
	<i>Litonotus cygnus</i>			40										
	<i>Litonotus fasciola</i>				80									
	<i>Litonotus fuscidens</i>	120	40								40	120	40	
	<i>Litonotus lamella</i>													
	<i>Litonotus procerus</i>													
	<i>Opisthostya annulata</i>													
	<i>Paramecium putrium</i>													
	<i>Pseudoproroden sulcatus</i>													
	<i>Strobidium viride</i>				120									
	<i>Tetrahymena pyriformis</i>													
	<i>Trachelophyllum pusillum</i>				40	80	40							
	<i>Trachila minuta</i>													
	<i>Trithigmostoma cucullulus</i>				40									
	<i>Trithigmostoma srameki</i>	400							120	40				
	<i>Trochilla minuta</i>						40	80	80	20	80	160	40	
	<i>Trochiloides recta ?</i>	320												
	<i>Uronema nigricans</i>													

表3-1-1(1) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(8月調査:つづき)

採取日	採取場所	採取地点	2005, 8/24									2005, 8/25			
			那覇				宜野湾					具志川	西原		
			I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2	II-2 [×]	II-2 ^{×2}	II-6	I-1	I-3	1
4.固着性繊毛虫類	<i>Acineta tuberosa</i>												40		
	<i>Acineta ornata</i>														
	<i>Acineta tuberosa</i>														
	<i>Carchesium polypinum</i>														
	<i>Chaetospira muelleri</i>														
	<i>Cothurnia patula</i>														
	<i>Discophrya buckei</i>				40								40		
	<i>Discophrya elongata</i>														
	<i>Odpisthostyla similis</i>				40										
	<i>Epistylis bimarginata</i>														
	<i>Epistylis coarctata</i>														
	<i>Epistylis coronata</i>														
	<i>Epistylis elongata</i>														
	<i>Epistylis lacustris</i>	270		1000			80				340	320			1280
	<i>Epistylis nympharum</i>														
	<i>Epistylis plicatilis</i>	3400	640	600		800	40			560		2080	900		200
	<i>Epistylis polenici</i> v. <i>saprobium</i>	40													
	<i>Epistylis rotans</i>											160			
	<i>Epistylis thienemanni</i>				200									40	
	<i>Epistylis urceolata</i>	80			160										
	<i>Euplotes affinis</i>														
	<i>Opercularia coarctata</i>		160			480	240			80	180	120	200		920
	<i>Opercularia minima</i>									80					
	<i>Opercularia phryganeae</i>	80	80												
	<i>Podophrya fixa</i>														
	<i>Pseudovorticella</i> sp. ?	40													
	<i>Thusicola folliculata</i>														
	<i>Tokophrya compressa</i>											20			
	<i>Tokophrya cyclosum</i>														
	<i>Tokophrya infusioformis</i>											40			
	<i>Tokophrya lennarum</i>														
	<i>Tokophrya mollis</i>						80				20				
	<i>Tokophrya quadripartita</i>					160	40		80	80					
	<i>Tokophrya sterostyla</i>														
	<i>Tokophrya tuberosa</i>														
	<i>Tokophrya werzeli</i>												40		
	<i>Vorticella alba</i>														
	<i>Vorticella aquadulcis</i>		240						160			160			280
	<i>Vorticella aequilata</i>												480	320	
	<i>Vorticella campanula</i>														
	<i>Vorticella conica</i>														
	<i>Vorticella convallaria</i>		40	80			40		40	100	120		960	560	
	<i>Vorticella infusioformis</i>	80									80				40
	<i>Vorticella microstoma</i>				40		80	80	160		440			40	280
	<i>Vorticella nebulifera</i> v. <i>similis</i>												80		
	<i>Vorticella octava</i>	80	40		40						60	280	80		
	<i>Vorticella picta</i>														
	<i>Vorticella similis</i>														
	<i>Vorticella striata</i>														
	<i>Vorticella typica</i>														
	<i>Zoothamnium asellicola</i>														
	<i>Zoothamnium pygmaeum</i>	200													
	<i>Zoothamnium simplex</i> ?			560											
I.総現存量 (cells/ML-ml)			5,910	2,120	4,160	2,480	2,120	1,400	760	1,560	1,220	6,080	4,460	1,480	3,800
1.鞭毛虫類現存量 (cells/ML-ml)			80	0	40	160	80	200	0	40	0	880	40	40	40
2.肉質虫類現存量 (cells/ML-ml)			280	520	1,440	1,160	320	360	80	120	240	560	1,080	360	120
3.遊泳性繊毛虫類 (cells/ML-ml)			1,280	400	440	640	280	240	440	400	180	840	520	120	640
4.固着性繊毛虫類 (cells/ML-ml)			4,270	1,200	2,240	520	1,440	600	240	1,000	800	3,800	2,820	960	3,000
II.総繊毛虫類現存量 (3+4) (cells/ML-ml)			5,550	1,600	2,680	1,160	1,720	840	680	1,400	980	4,640	3,340	1,080	3,640
III.PCindex (4/II%)			76.9	75.0	83.6	44.8	83.7	71.4	35.3	71.4	81.6	81.9	84.4	88.9	82.4

※宜野湾浄化センターにおけるII系列の2号槽について

II-2:担体(キューブ)無しの試水

II-2':担体入りの試水から担体を除いた後の試水

II-2²:担体から絞り出した試水

表3-1- 1(2) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(10月調査)

採取日	採取場所	2005, 10/19													
		那覇				宜野湾				具志川		西原			
		I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2	II-2 ^x	II-2 ^{x2}	II-6	I-1	I-3	1	
1.鞭毛虫類	<i>Astasia dangeardi</i>														
	<i>Astasia quartana</i>		20											320	
	<i>Astasia linearis</i>													60	
	<i>Ertasiphon ovatum</i>														
	<i>Menodium pellucidum</i>				60										
	<i>Peranema trichophorum</i>				20					20			20	40	
	<i>Petalmonas mediocanellata</i>					20									
	<i>Petalmonas pusilla</i>	60	80	100	20		100			20		20			
	<i>Petalmonas steinii</i>										80				
	<i>Poteriodendron petiolacum</i>	240				580	100								
	<i>Rhabdomonas costata</i>														
	<i>Rhabdomonas incurva</i>							20							
2.肉質虫類	<i>Amoeba albida</i>														
	<i>Amoeba botryllis</i>							20							
	<i>Amoeba mirabilis</i>	20	60	20	120	40	40	20		40	100				
	<i>Amoeba sp.</i>														
	<i>Arcella gibosa</i>			60											
	<i>Arcella hemisphaerica</i>	80	20												
	<i>Arcella vulgaris</i>	800	620	1280	1200	120	140			20	80	180	120	180	300
	<i>Assulina seminulum</i>														
	<i>Centropyxis aculeata</i>														
	<i>Centropyxis constricta</i>				20										
	<i>Cochiliopodium papyraceum</i>	160		80	60	80		120	60	100	220	40			
	<i>Dinamoeba mirabilis</i>														
	<i>Euglypha ciliata</i>											80			
	<i>Euglypha tuberculata</i>			20	60							80	60	60	
	<i>Hartmannella vermiformis</i>														
	<i>Mayorella lacona</i>														
	<i>Mayorella penardi</i>														
	<i>Mayorella spatula</i>														
	<i>Microchlamys flava</i>				60										
	<i>Microchlamys patella</i>		20		120										80
	<i>Polychaos fasciculatum</i>														40
	<i>Pyxidicula patens</i>	140	160	40	160	180	220	80	20	40	380	60	60	100	
	<i>Trinema enchelys</i>														
3.遊泳性纖毛虫類	<i>Acinertia uncinata</i>	80													
	<i>Amphileptus claparedii</i>														
	<i>Amphileptus pleurosigma</i>														
	<i>Amphileptus trachelioides</i>	40			160										
	<i>Aspidisca costata</i>	200	280		20	460	520	280	220	380	140	400	360	80	
	<i>Aspidisca lynceus</i>		60						20			80	20		
	<i>Chaenea stricta ?</i>														
	<i>Chilodontosis depressa</i>														
	<i>Chilodonella uncinata</i>	960	160	160	240		40				140	60	20		
	<i>Cinetochilum margaritaceum ?</i>														
	<i>Coleps hirtus</i>													20	
	<i>Coleps nolandi</i>														
	<i>Colpidium colpoda</i>														
	<i>Dexiostma campylum</i>	20													
	<i>Drepanomonas revoluta</i>					20					40	40			
	<i>Dysteria fluviatilis</i>														
	<i>Enchelyomorpha vermicularis</i>		40	40											
	<i>Enchelys pupa</i>														
	<i>Gastronauta sp. ?</i>														
	<i>Glaucoma scintillans</i>														
	<i>Glaucoma sp.</i>					40									
	<i>Holophry discolor ?</i>			40			40								
	<i>Litonotus alpestris</i>	80											100		
	<i>Litonotus cygnus</i>	20													
	<i>Litonotus fasciola</i>														
	<i>Litonotus fuscidens</i>	80	20	60	100	60				20	60	40			
	<i>Litonotus lamella</i>											20			
	<i>Litonotus procerus</i>	20													
	<i>Opisthostya annulata</i>														
	<i>Paramecium putrium</i>														
	<i>Pseudoproroden sulcatus</i>														
	<i>Strobilidium viride</i>														
	<i>Tetrahymena pyriformis</i>						20							120	
	<i>Trachelophyllum pusillum</i>		40				20				40			40	
	<i>Trachilia minuta</i>	20	60	140	140		20	80							
	<i>Trithigmostoma cucullulus</i>														
	<i>Trithigmostoma srameki</i>	120	80	260	240	100		160	140	140	40	240	160		
	<i>Trachilia minuta</i>														
	<i>Trochiloides recta ?</i>														
	<i>Uronema nigricans</i>					20									

表3-1-1(3) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(12月調査)

採取日 採取場所 採取地点		2005, 12/21											12/20
		那覇				宜野湾				具志川			西原
		I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2 [×]	II-2 ^{×2}	II-6	I-1	I-3	1
1.鞭毛虫類	<i>Astasia dangeardi</i>					20					120	40	60
	<i>Astasia quartana</i>												
	<i>Astasia linearis</i>												
	<i>Ertasiphon ovatum</i>	40										20	
	<i>Menodium pellucidum</i>												
	<i>Peranema trichophorum</i>												
	<i>Petalmonas mediocanellata</i>												
	<i>Petalmonas pusilla</i>		140										
	<i>Petalmonas steinii</i>	60											
	<i>Poteriodendron petiolacum</i>	820	1100										
<i>Rhabdomonas costata</i>													
<i>Rhabdomonas incurva</i>													
2.肉質虫類	<i>Amoeba albid</i>									60			
	<i>Amoeba botryllis</i>												
	<i>Amoeba mirabilis</i>												
	<i>Amoeba sp.</i>												
	<i>Arcella gibosa</i>	40	80										40
	<i>Arcella hemisphaerica</i>												
	<i>Arcella vulgaris</i>	540	180	220	60	40	60	200	300	200	80	100	200
	<i>Assulina seminulum</i>												
	<i>Centropyxis aculeata</i>												20
	<i>Centropyxis constricta</i>												
	<i>Cochilopodium papyraceum</i>	180		20		120				60	160		
	<i>Dinamoeba mirabilis</i>	80	100			20							
	<i>Euglypha ciliata</i>			20									
	<i>Euglypha tuberculata</i>		60						20				20
	<i>Hartmannella vermiformis</i>												
	<i>Mayorella lacona</i>												
	<i>Mayorella penardi</i>												
	<i>Mayorella spatula</i>												
	<i>Microchlamys flava</i>												
	<i>Microchlamys patella</i>												40
<i>Polychaos fasciculatum</i>													
<i>Pyxidula patens</i>	620	800	720	320	500	480	260	320	400	280	80	100	
<i>Trinema enchelys</i>	20												
3.遊泳性繊毛虫類	<i>Acinertia uncinata</i>												
	<i>Amphileptus claparedii</i>		20										
	<i>Amphileptus pleurosigma</i>		40										
	<i>Amphileptus trachelioides</i>												20
	<i>Aspidisca costata</i>	340	20	100	120	880	500	100	280	640	20		620
	<i>Aspidisca lynceus</i>	100		140	260		140	20					340
	<i>Chaenea stricta ?</i>			20		20							
	<i>Chilodontosis depressa</i>												
	<i>Chilodonella uncinata</i>	200	540	560	260	240	100	260	280	400	640	560	
	<i>Cinetochilum marganitateum ?</i>												
	<i>Coleps hirtus</i>			20	20								
	<i>Coleps nolandi</i>												
	<i>Colpidium colpoda</i>							20					
	<i>Dexiostma campylum</i>												
	<i>Drepanomonas revoluta</i>					20	20				20		
	<i>Dysteria fluviatilis</i>												
	<i>Enchelyomorpha vermicularis</i>												
	<i>Enchelys pupa</i>	40	20			20							
	<i>Gastronauta sp. ?</i>												
	<i>Glaucoma scintillans</i>		20										
	<i>Glaucoma sp.</i>												
	<i>Holophry discolor ?</i>												
	<i>Litonotus alpestris</i>												
	<i>Litonotus cygnus</i>												
	<i>Litonotus fasciola</i>				40								
	<i>Litonotus fuscidens</i>	40	60	100	20		20		40		80	20	
	<i>Litonotus lamella</i>												
	<i>Litonotus procerus</i>												
	<i>Opisthostya annulata</i>	80	60	20									
	<i>Paramecium putrium</i>										20		
	<i>Pseudoproroden sulcatus</i>			20									
	<i>Strobidium viride</i>												
	<i>Tetrahymena pyriformis</i>												
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	40	20		20	20	40							
<i>Trachilia minuta</i>													
<i>Trithigmostoma cucullulus</i>									80	120		20	
<i>Trithigmostoma srameki</i>	160	120	240	100			260	460	100	440	120		
<i>Trochilia minuta</i>	20		20			40			60				
<i>Trochiliodes recta ?</i>													
<i>Uronema nigricans</i>													

表3-1-1(3) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(12月調査;つづき)

採取日	2005, 12/21											12/20 西原
	那覇				宜野湾				具志川		1	
採取場所	I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2 ^x	II-2 ^{x2}	II-6	I-1		I-3
採取地点												
4.固着性繊毛虫類												
<i>Acineta tuberosa</i>					20							
<i>Acneta ornata</i>												
<i>Acneta tuberosa</i>												
<i>Carchesium polypinum</i>												
<i>Chaetospira muelleri</i>			20									
<i>Cothurnia patula</i>												
<i>Discophrya buckei</i>												
<i>Discophrya elongata</i>												
<i>Odiphostyla similis</i>												
<i>Epistylis bimarginata</i>			920								20	
<i>Epistylis coarctata</i>												
<i>Epistylis coronata</i>			60									
<i>Epistylis elongata</i>		100		80								
<i>Epistylis lacustris</i>		240		60		40	100			100	20	80
<i>Epistylis nympharum</i>												
<i>Epistylis plicatilis</i>	80		100	1840			240	620	1760			
<i>Epistylis polenici</i> v. <i>saprobiolum</i>												
<i>Epistylis rotans</i>												
<i>Epistylis thienemanni</i>	180				40							
<i>Epistylis urceolata</i>												
<i>Euplotes affinis</i>												
<i>Opercularia coarctata</i>		360						40	140			
<i>Opercularia minima</i>												
<i>Opercularia phryganeae</i>					20				880	40	40	
<i>Podophrya fixa</i>				20				20		40		
<i>Pseudovorticella</i> sp. ?												
<i>Thusricola folliculata</i>												
<i>Tokophrya compresa</i>												
<i>Tokophrya cyclopus</i>												
<i>Tokophrya infusionum</i>	20			20	40	20						
<i>Tokophrya lennarum</i>												
<i>Tokophrya mollis</i>												
<i>Tokophrya quadripartita</i>			20			20						
<i>Tokophrya sterostyla</i>												
<i>Tokophrya tuberosa</i>	20											
<i>Tokophrya werzeli</i>												
<i>Vorticella alba</i>					200			20				
<i>Vorticella aquadulcis</i>	340					40	180		140		160	
<i>Vorticella aequilata</i>	100	80	80	140	20					520		
<i>Vorticella campanula</i>							20			20	40	
<i>Vorticella conica</i>							20			40		
<i>Vorticella convallaria</i>	160	60	40	80	160	140		220	80	340	400	20
<i>Vorticella infusionum</i>					20	60	40		100	320	140	
<i>Vorticella microstoma</i>	100		20	40	160			20	60	1960	2380	
<i>Vorticella nebulifera</i> v. <i>similis</i>												
<i>Vorticella octava</i>	180		40		180	280	40		140	660	200	
<i>Vorticella picta</i>		80										
<i>Vorticella similis</i>	40											
<i>Vorticella striata</i>												
<i>Vorticella typica</i>											60	
<i>Zoothamnium asellicola</i>												
<i>Zoothamnium pygmaeum</i>	300	440	60		40		80					
<i>Zoothamnium simplex</i> ?												
I.総現存量 (cells/ML-ml)	4,940	4,740	3,580	3,500	2,800	2,020	1,820	2,640	5,300	6,020	4,400	1,580
1.鞭毛虫類現存量 (cells/ML-ml)	920	1,240	0	0	20	0	0	0	0	120	60	60
2.肉質虫類現存量 (cells/ML-ml)	1,480	1,220	980	380	680	540	460	640	720	520	180	420
3.遊泳性繊毛虫類 (cells/ML-ml)	1,020	920	1,240	840	1,200	880	640	1,060	1,280	1,340	700	1,000
4.固着性繊毛虫類 (cells/ML-ml)	1,520	1,360	1,360	2,280	900	600	720	940	3,300	4,040	3,460	100
II.総繊毛虫類現存量 (3+4) (cells/ML-ml)	2,540	2,280	2,600	3,120	2,100	1,480	1,360	2,000	4,580	5,380	4,160	1,100
III.PCindex (4/II%)	59.8	59.6	52.3	73.1	42.9	40.5	52.9	47.0	72.1	75.1	83.2	9.1

※宜野湾浄化センターにおけるII系列の2号槽について

- II-2:担体(キューブ)無しの試水
- II-2:担体入りの試水から担体を除いた後の試水
- II-2²:担体から絞り出した試水

表3-1-1(4) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(2月調査)

採取日 採取場所 採取地点		2006. 2/15											
		那覇				宜野湾				具志川		西原	
		I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2 ^x	II-2 ^{x2}	II-6	I-1	I-3	1
1.鞭毛虫類	<i>Astasia dangeardi</i>												
	<i>Astasia quartana</i>												
	<i>Astasia linearis</i>	20		20									
	<i>Ertasiphon ovatum</i>												
	<i>Menodium pellucidum</i>							40		20			
	<i>Peranema trichophorum</i>												
	<i>Petalmonas mediocanellata</i>												
	<i>Petalmonas pusilla</i>												
	<i>Petalmonas steinii</i>	80	140	60	40							40	100
	<i>Poteriodendron petiolacum</i>			360									
	<i>Rhabdomonas costata</i>												
<i>Rhabdomonas incurva</i>		20											
2.肉質虫類	<i>Amoeba albida</i>												
	<i>Amoeba botryllis</i>												20
	<i>Amoeba mirabilis</i>												
	<i>Amoeba sp.</i>		80		20								
	<i>Arcella gibosa</i>												
	<i>Arcella hemisphaerica</i>												
	<i>Arcella vulgaris</i>												
	<i>Assulina seminulum</i>												
	<i>Centropyxis aculeata</i>												
	<i>Centropyxis constricta</i>												
	<i>Cochilopodium papyraceum</i>	60	80		60	20				40	20		
	<i>Dinamoeba mirabilis</i>						60			40			
	<i>Euglypha ciliata</i>												
	<i>Euglypha tuberculata</i>												
	<i>Hartmannella vermiformis</i>												
	<i>Mayorella lacona</i>		160	60	100		40						
	<i>Mayorella penardi</i>												
	<i>Mayorella spatula</i>												
	<i>Microchlamys flava</i>												
	<i>Microchlamys patella</i>		60										20
<i>Polychaos fasciculatum</i>	600	1320	200		40	180	160	2000	100	80	120	1320	
<i>Pyxidicula patens</i>	60	340	540	320	180	120	80	5000	40	20	40	240	
<i>Trinema enchelys</i>													
3.遊泳性繊毛虫類	<i>Acineria uncinata</i>												
	<i>Amphileptus claparedii</i>												
	<i>Amphileptus pleurosigma</i>												
	<i>Amphileptus trachelioides</i>												
	<i>Aspidisca costata</i>	160	460	280	80	420	140	380	6500	50	1280	1120	820
	<i>Aspidisca lynceus</i>	20		180	240	40		200	1000			20	60
	<i>Chaenea stricta</i> ?												
	<i>Chilodontosis depressa</i>				20								
	<i>Chilodonella uncinata</i>		400	600	220	100	700	240	2000	60	300	240	140
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i> ?												
	<i>Coleps hirtus</i>												
	<i>Coleps nolandi</i>			40	40								
	<i>Colpidium colpoda</i>												
	<i>Dexiostma campylum</i>												
	<i>Drepanomonas revoluta</i>						20						
	<i>Dysteria fluviatilis</i>												
	<i>Enchelyomorpha vermicularis</i>												
	<i>Enchelys pupa</i>												
	<i>Gastronauta sp.</i> ?												
	<i>Glaucoma scintillans</i>												
	<i>Glaucoma sp.</i>												
	<i>Holophry discolor</i> ?												
	<i>Litonotus alpestris</i>												
	<i>Litonotus cygnus</i>												20
	<i>Litonotus fasciola</i>							20					60
	<i>Litonotus fuscidens</i>		140	100	60	40	20						
	<i>Litonotus lamella</i>												
	<i>Litonotus procerus</i>												
	<i>Opisthostya annulata</i>												
	<i>Paramecium putrium</i>												
	<i>Pseudoproroden sulcatus</i>												
	<i>Strobidium viride</i>												
	<i>Tetrahymena pyriformis</i>												
	<i>Trachelophyllum pusillum</i>									20		20	
	<i>Trachilia minuta</i>												
	<i>Trithigmostoma cucullulus</i>		40	60	60							20	40
	<i>Trithigmostoma srameki</i>	80	40	380	340		60			20	240	200	20
	<i>Trochilia minuta</i>												
	<i>Trochilodes recta</i> ?												
	<i>Uronema nigricans</i>												

表3- 1- 1(4) 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集調査結果とPC-index(2月調査; つづき)

採取日	採取場所	採取地点	2006, 2/15											
			那覇			宜野湾				具志川		西原		
			I-1	I-5	II-2	II-3	I-A	I-B	II-2 ^x	II-2 ^{x2}	II-6	I-1	I-3	1
4. 固着性繊毛虫類	<i>Acineta tuberosa</i>													
	<i>Acineta ornata</i>													
	<i>Acneta tuberosa</i>		20	20		20						20	20	20
	<i>Carchesium polypinum</i>		200	120	100		360	80	100					
	<i>Chaetospira muelleri</i>													
	<i>Cothurnia patula</i>			20	20									
	<i>Discophrya buckei</i>													
	<i>Discophrya elongata</i>													
	<i>Odpisthostyla similis</i>													
	<i>Epistylis bimarginata</i>													
	<i>Epistylis coarctata</i>													
	<i>Epistylis coronata</i>			360										
	<i>Epistylis elongata</i>													
	<i>Epistylis lacustris</i>		100	240	600	880	60			1500		300	340	1140
	<i>Epistylis nympharum</i>								20					
	<i>Epistylis plicatilis</i>		400	380	120	20	240		160	4000	120	200		
	<i>Epistylis polenici v. sapprobium</i>													
	<i>Epistylis rotans</i>													
	<i>Epistylis thienemanii</i>													
	<i>Epistylis urceolata</i>										40	180	180	120
	<i>Euplotes affinis</i>							20						
	<i>Opercularia coarctata</i>			180								100		
	<i>Opercularia minima</i>													
	<i>Opercularia phryganeae</i>				280		100					1180	80	
	<i>Podophrya fixa</i>			20					20		60			
	<i>Pseudovorticella</i> sp. ?													
	<i>Thusicola folliculata</i>													
	<i>Tokophrya compressa</i>													
	<i>Tokophrya cyclosum</i>													
	<i>Tokophrya infusionum</i>						20							
	<i>Tokophrya lennarum</i>													20
	<i>Tokophrya mollis</i>													
	<i>Tokophrya quadripartita</i>													
	<i>Tokophrya sterostyla</i>													
	<i>Tokophrya tuberosa</i>													
	<i>Tokophrya werzeli</i>													
	<i>Vorticella alba</i>													
	<i>Vorticella aquadulcis</i>		100	220	900	260	80	40		3000	100	20		20
	<i>Vorticella aequilata</i>													
	<i>Vorticella campanula</i>													
	<i>Vorticella conica</i>													
	<i>Vorticella convallaria</i>		120	40	40	220	140	40		25000	20	180	60	20
	<i>Vorticella infusionum</i>		20	80	100	100	40				20	80		20
	<i>Vorticella microstoma</i>		20		400	300	140	20		2000	100	60	40	60
	<i>Vorticella nebulifera v. similis</i>													
	<i>Vorticella octava</i>		80	60	40	20				500		60	40	
	<i>Vorticella picta</i>													
	<i>Vorticella similis</i>													
	<i>Vorticella striata</i>					40								
	<i>Vorticella typica</i>													
	<i>Zoothamnium asellicola</i>			1780										
	<i>Zoothamnium pygmaeum</i>													
	<i>Zoothamnium simplex</i> ?													
I. 総現存量 (cells/ML-ml)			2,140	6,800	5,480	3,460	2,020	1,540	1,420	52,500	850	4,320	2,580	4,280
1. 鞭毛虫類現存量 (cells/ML-ml)			100	160	440	40	0	0	40	0	20	0	40	100
2. 肉質虫類現存量 (cells/ML-ml)			720	2,040	800	500	240	400	240	7,000	220	120	160	1,600
3. 遊泳性繊毛虫類 (cells/ML-ml)			260	1,080	1,640	1,060	600	940	840	9,500	150	1,820	1,620	1,160
4. 固着性繊毛虫類 (cells/ML-ml)			1,060	3,520	2,600	1,860	1,180	200	300	36,000	460	2,380	760	1,420
II. 総繊毛虫類現存量 (3+4) (cells/ML-ml)			1,320	4,600	4,240	2,920	1,780	1,140	1,140	45,500	610	4,200	2,380	2,580
III. PCindex (4/II %)			80.3	76.5	61.3	63.7	66.3	17.5	26.3	79.1	75.4	56.7	31.9	55.0

※宜野湾浄化センターにおけるII系列の2号槽について
 II-2担体(キューブ)無しの試水
 II-2: 担体入りの試水から担体を除いた後の試水
 II-2²: 担体から絞り出した試水

表3-1-2 活性汚泥原生動物現存量の概要

調査月	那覇浄化センター		宜野湾浄化センター				具志川浄化センター		西原浄化センター	
	水温 °C	現存量 cells/ML-ml	(1)		(2)		水温 °C	現存量 cells/ML-ml	水温 °C	現存量 cells/ML-ml
			水温 °C	現存量 cells/ML-ml	水温 °C	現存量 cells/ML-ml				
8月	31	2,120~5,910	30	760~6,080	31	1,120	31	1,480~4,460	30	3,800
10月	30	2,580~6,000	30	1,600~2,820	30	1,980	30	1,700~2,000	30	2,280
12月	24	3,500~4,940	22	1,820~5,300	24	2,640	24	4,400~6,020	25	1,580
2月	25	2,140~6,800	25	850~2,020	25	52,500	25	2,580~4,320	25	4,280

※ 宜野湾浄化センター(1):担体(キューブ)無し, (2)担体中の原生動物現存量

現存量 (cells/ML-ml) の変化は、「水温」要因のみではなく、曝気槽負荷状態 (BODkg/MLSS-kg/日)、流入水 BOD₅ 濃度等の要因の相乗結果として変化する傾向が認められた。宜野湾浄化センター曝気槽の一部には、特殊ウレタンキューブ (担体) を混在させ運転している系列 (表3-1-1 中の II-2^{x2}) があるが、キューブに固着している原生動物現存量は固着型繊毛虫類が最大で 36,000cells/ キューブに達することがあり、その優占種は主に縁毛目 *Vorticella* 属及び *Epistylis* 属であることが明らかとなった。

なお、2000年 (平成12年) 以前には全国的にも検出されなかった 繊毛虫類下毛目の

Chaetospira muelleri (既知の種名を使用したが、恐らくは新種) が那覇浄化センターと宜野湾浄化センターの曝気槽に10月19日に出現したのは極めて注目すべき特異的な事象であるが、この要因については現状の水質分析項目のみでは解明できない。今後詳細検討を行い、その背景を明確にしたい。

各試料の現存量的变化については、10² ~ 10⁴cells/ML-ml の範囲に入るが、他地方の処理施設活性汚泥中の現存量が概ね 10³ ~ 10⁴cells/ML-ml レベルであることと比較すると、その変化幅の大きさは運転条件等との関係を検討する必要性を示唆している。

表3-1-3 各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集の経月変化 (cells/ML-ml)

浄化センター 採水地点	那覇浄化センター															
	I-1				I-5				II-2				II-3			
	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月
鞭毛虫類現存量	80	300	920	100	0	100	1,240	160	40	100	0	440	160	100	0	40
肉質虫類現存量	280	1,200	1,480	720	520	880	1,220	2,040	1,440	1,500	980	800	1,160	1,800	380	500
繊毛虫類	a.遊泳性		260		400		740		920		1,080		440		700	
現存量	b.固着性		1,060		1,200		860		1,360		3,520		2,240		3,400	
	c.総量		2,120		2,200		2,600		4,600		4,920		4,160		6,800	
総原生動物現存量	5,910	5,030	4,940	2,140	2,120	2,580	4,740	6,800	4,160	5,700	3,580	5,480	2,480	6,000	3,500	3,460
出現属(G)・種(S)数	15・19	18・28	20・29	11・17	9・12	18・26	19・24	20・26	12・13	19・23	18・24	15・23	17・19	22・26	13・18	14・22
PC-index: b/c (%)	77	54	60	80	75	54	60	77	84	83	52	61	45	78	73	64

浄化センター 採水地点	宜野湾浄化センター																							
	I-A				I-B				II-2				II-2 ^x				II-6							
	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月				
鞭毛虫類現存量	80	600	20	0	200	200	0	0	0	20	-	-	40	0	0	40	0	40	0	0	880	80	0	20
肉質虫類現存量	320	420	680	240	360	400	540	400	80	240	-	-	120	100	460	240	240	260	640	7,000	560	880	720	220
繊毛虫類	a.遊泳性		600		240		660		880		940		520		-		400		380		640		840	
現存量	b.固着性		1,180		600		840		600		240		820		-		1,000		60		720		300	
	c.総量		2,100		1,780		1,500		1,480		1,140		880		-		1,400		440		1,360		1,140	
総原生動物現存量	2,120	2,820	2,800	2,020	1,400	2,100	2,020	1,540	760	1,600	-	-	1,560	540	1,820	1,420	1,220	1,980	2,640	52,500	6,080	2,260	5,300	850
出現属(G)・種(S)数	10・10	16・19	17・22	11・16	10・13	16・20	12・17	11・14	5・6	9・13	-	-	12・14	8・9	8・14	10・11	12・15	12・15	11・13	6・11	14・19	15・19	12・17	11・16
PC-index: b/c (%)	84	61	43	66	71	56	41	18	35	61	-	-	71	14	53	26	82	68	47	79	82	65	72	75

浄化センター 採水地点	具志川浄化センター								西原浄化センター			
	I-1				I-3				1			
	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月
鞭毛虫類現存量	40	20	120	0	40	20	60	40	40	420	60	100
肉質虫類現存量	1,080	380	520	120	360	300	180	160	120	580	420	1,600
繊毛虫類	a.遊泳性		1,820		120		660		700		1,620	
現存量	b.固着性		2,380		960		720		3,460		760	
	c.総量		4,200		1,080		1,380		4,160		2,380	
総原生動物現存量	4,460	2,000	6,020	4,320	1,480	1,700	4,400	2,580	3,800	2,280	1,580	4,280
出現属(G)・種(S)数	15・18	15・20	14・21	10・17	7・10	11・13	10・17	11・16	7・10	16・19	10・13	13・20
PC-index: b/c (%)	84	45	75	57	89	52	83	32	82	80	9	55

8月15日～2月15日までの各原生動物群集亜門別現存量、出現属種を総括すると表3-1-3に示す通りである。

3-2 各調査時の活性汚泥原生動物の優占種

調査時の各活性汚泥原生動物群集構成の状態、現存量については前項3-1.において記したが、

表3-2-1(1)各浄化センターにおける活性汚泥原生動物群集の優占属種の順位

調査地点	那覇浄化センター												具志川浄化センター												西原浄化センター											
	I-1				I-5				II-2				II-3				I-1				I-3				I											
	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月	8月	10月	12月	2月								
1.鞭毛虫類																																				
<i>Astasia guartana</i>																																				
<i>Petalmonas pusilla</i>																																				
<i>Poteriodendron petiolatum</i>					1																															
<i>Rhabdomonas costata</i>																																				
2.肉質虫類																																				
<i>Arcella vulgaris</i>																																				
<i>Cochilopodium papiraceum</i>																																				
<i>Mayorella penardi</i>																																				
<i>Polychaos fasciculatum</i>																																				
<i>Pyxidicula patens</i>																																				
<i>Trinema enchelys</i>																																				
3.遊泳性 繊毛虫類																																				
<i>Aspidisca costata</i>																																				
<i>Aspidisca lynceus</i>																																				
<i>Chilodonella uncinata</i>																																				
<i>Litonotus fascioides</i>																																				
<i>Tetrahymena priformis</i>																																				
<i>Trithigostoma sramaki</i>																																				
<i>Trochila minuta</i>																																				
<i>Trochilodes recta</i> ?																																				
<i>Uronema nigricans</i>																																				
4.固着性 繊毛虫類																																				
<i>Carchesium polyinum</i>																																				
<i>Chaetospira mullesi</i>																																				
<i>Epistylis bimarginata</i>																																				
<i>Epistylis coarctata</i>																																				
<i>Epistylis lacustris</i>																																				
<i>Epistylis plicatilis</i>																																				
<i>Epistylis thienemanni</i>																																				
<i>Epistylis urceolata</i>																																				
<i>Opercularia coarctata</i>																																				
<i>Opercularia minima</i>																																				
<i>Opercularia phryganeae</i>																																				
<i>Podophrya fixa</i>																																				
<i>Tokophrya quadripartita</i>																																				
<i>Vorticella alba</i>																																				
<i>Vorticella aquadulcis</i>																																				
<i>Vorticella aquilata</i>																																				
<i>Vorticella campanula</i>																																				
<i>Vorticella convallaria</i>																																				
<i>Vorticella microstoma</i>																																				
<i>Vorticella octava</i>																																				
<i>Zoothamnium asillicola</i>																																				
<i>Zoothamnium pygmaeum</i>																																				
<i>Zoothamnium simplex</i> ?																																				

- *Vorticella aquadulicis* (繊毛虫類縁毛目)
- *Vorticella microstoma* (繊毛虫類縁毛目)
- *Opercularia coarctata* (繊毛虫類縁毛目)

全浄化センター活性汚泥において出現頻度の高いのは繊毛虫類縁毛目及び下毛目に属する属種であるということができ、全国の他処理場の活性汚泥とほとんど同傾向である。今後、出現時における他の鞭毛虫類や肉質虫類を含む出現状態を検討することによって、各浄化センター流入下水水質

との関係による特性、群集型の特性、或いは流入下水水質特性などを把握することができるものと考えられる。

3-3 各調査時の水質及び曝気槽内の状況

今回の活性汚泥採取時の曝気槽流入水質、槽内状況(負荷等)、処理水水質については各浄化センターで実施された試験結果の提供を受け、それらから活性汚泥採取当日、或いは前後日の結果を用いた。

各浄化センターの情報は、表3-3-1に示す通りである。それらの結果を総覧

すると曝気槽流入水はセンター毎に差異があり、BOD₅で見ると具志川>西原>那覇>宜野湾の順となる。また、時期によって具志川と西原は変動が大きい。処理水のBOD₅について見みると具志川>那覇>宜野湾>西原の傾向が見られる。統計的には宜野湾浄化センターの曝気槽流入BOD₅値は全国的に見ても標準レベルにあると判断できるが、他は高値の傾向が伺える。

表3-3-1 各浄化センターにおける調査時水質情報(1)

浄化センター 採水地点 調査月	那覇浄化センター																
	I-1				I-5				II-2				II-3				
	8/24	10/19	12/21	2/15	8/24	10/19	12/21	2/15	8/24	10/19	12/21	2/15	8/24	10/19	12/21	2/15	
流入水	水温(°C)	30.2	24.3	24.9	—	30.2	29.3	24.9	—	30.0	29.0	24.6	24.6	30.0	29.0	24.6	24.6
	COD(mg/L)	80	74	82	—	80	74	82	—	79	76	84	84	79	76	84	84
	BOD(mg/L)	170	140	160	—	170	140	160	—	160	160	160	190	160	160	160	190
	SS(mg/L)	73	64	72	—	73	64	72	—	71	69	71	81	71	69	71	81
処理水	COD(mg/L)	12.0	14.0	14.0	—	13.0	17.0	13.0	—	12.0	14.0	13.0	11.0	12.0	14.0	13.0	11.0
	BOD(mg/L)	4.3	3.8	21.0	—	3.7	5.9	9.0	—	4.2	8.3	16.0	11.0	4.2	8.3	16.0	11.0
	C-BOD(mg/L)	2.1	3.5	3.7	—	2.1	2.9	3.5	—	2.4	4.1	3.5	2.4	2.4	4.1	3.5	2.4
	SS(mg/L)	1.0	27.3	4.0	—	1.0	1.0	2.0	—	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
	BOD除去率(%)	97	97	87	—	98	96	94	—	97	95	90	94	97	95	90	94
曝気槽	水温(°C)	31.0	29.7	24.8	—	31.0	29.7	24.8	—	31.0	30.0	25.0	24.8	31.0	30.0	25.0	24.8
	pH	6.9	7.1	7.0	—	7.0	7.0	6.8	—	7.0	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	DO(mg/L)	2.0	—	1.2	—	1.6	—	2.0	—	24.0	—	1.4	1.9	3.0	—	1.3	1.9
	SV	19	17	23	—	20	18	24	—	30	20	54	69	38	20	47	55
	MLSS(mg/L)	930	830	1,000	—	1,150	1,230	1,380	—	1,300	1,080	1,280	1,200	1,250	1,080	1,250	1,150
	SVI	200	300	23	—	170	150	170	—	230	190	420	580	300	190	380	480
	L-BOD(kg/MLSSkg/日)	0.61	0.50	—	—	0.49	0.34	—	—	0.35	0.42	0.35	0.38	0.37	0.42	0.36	0.40

浄化センター 採水地点 調査月	宜野湾浄化センター																
	I-A				I-B				II-2				II-6				
	8/24	10/19	12/22	2/15	8/24	10/19	12/21	2/15	8/24	10/19	12/21	2/15	8/24	10/19	12/21	2/15	
流入水	水温(°C)	29.6	28.5	22.7	—	—	—	—	—	31.3	28.1	22.4	24.4	31.3	28.1	22.4	24.4
	COD(mg/L)	55	55	51	—	—	—	—	—	50	50	44	50	50	50	44	50
	BOD(mg/L)	110	130	120	—	—	—	—	—	110	130	140	140	110	130	140	140
	SS(mg/L)	43	47	38	—	—	—	—	—	48	36	41	40	48	36	41	40
処理水	COD(mg/L)	30.5	29.4	20.7	—	—	—	—	—	8.0	11.0	8.0	9.5	9.2	14.0	13.0	13.0
	BOD(mg/L)	13.0	14.0	11.0	—	—	—	—	—	4.0	8.0	9.3	6.1	5.5	7.5	9.3	5.8
	C-BOD(mg/L)	8.2	9.9	9.6	—	—	—	—	—	2.8	3.6	4.3	3.5	2.8	1.5	3.8	2.2
	SS(mg/L)	5.1	3.8	5.2	—	—	—	—	—	1.0	3.0	4.0	0.1	4.0	2.0	3.0	1.0
	BOD除去率(%)	88	89	91	—	—	—	—	—	96	94	93	96	95	94	93	96
曝気槽	水温(°C)	29.9	29.0	21.7	—	30.1	29.3	21.2	—	29.7	28.7	22.2	24.9	29.9	28.9	21.7	25.0
	pH	7.1	7.0	7.0	—	7.1	7.0	7.0	—	7.2	7.2	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1
	DO(mg/L)	1.8	1.7	2.2	—	2.9	2.7	3.1	—	1.8	2.6	3.3	2.6	0.6	1.5	1.8	0.8
	SV	21	23	16	—	22	24	17	—	22	23	15	19	30	19	18	19
	MLSS(mg/L)	1,010	1,010	760	—	1,050	990	880	—	650	570	740	860	890	600	620	890
	SVI	210	230	210	—	210	240	190	—	340	400	200	220	340	320	290	210
	L-BOD(kg/MLSSkg/日)	0.28	0.30	0.38	—	0.27	0.31	0.33	—	0.76	1.13	0.76	0.78	0.33	0.48	0.53	0.43

浄化センター 採水地点 調査月	具志川浄化センター								西原浄化センター				
	I-1				I-3				1				
	8/25	10/19	12/21	2/15	8/25	10/19	12/21	2/15	8/25	10/19	12/20	2/15	
流入水	水温(°C)	29.9	29.3	24.3	24.9	29.9	29.3	24.3	24.9	28.9	28.6	24.2	24.4
	COD(mg/L)	84	80	87	83	84	80	87	83	73	69	92	85
	BOD(mg/L)	240	180	210	190	240	180	210	190	160	140	260	260
	SS(mg/L)	70	75	89	75	70	75	89	75	197	157	270	272
処理水	COD(mg/L)	17.0	15.0	13.0	12.0	18.0	15.0	16.0	15.0	9.0	8.4	8.7	8.7
	BOD(mg/L)	14.0	9.4	17.0	20.0	20.0	10.0	22.0	20.0	2.5	3.9	2.5	2.1
	C-BOD(mg/L)	4.1	4.3	2.9	3.0	4.1	3.9	2.9	3.8	1.5	1.7	1.2	8.7
	SS(mg/L)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	8.0	8.0	2.0
	BOD除去率(%)	94	95	92	89	92	94	90	89	98	97	99	99
曝気槽	水温(°C)	30.5	29.8	24.1	25.4	30.8	29.8	24.1	25.4	29.9	29.2	24.6	24.8
	pH	6.8	6.7	6.6	7.0	6.9	6.9	6.7	7.1	7.1	6.7	7.1	6.9
	DO(mg/L)	0.5	0.9	0.6	0.4	0.5	1.6	0.9	0.6	0.2	0.2	0.4	0.4
	SV	13	14	30	18	13	14	33	18	15	16	78	69
	MLSS(mg/L)	860	860	1,020	1,100	860	760	1,080	1,180	1,520	2,150	3,600	2,510
	SVI	150	160	290	160	150	180	310	150	100	70	220	271
	L-BOD(kg/MLSSkg/日)	0.58	0.43	0.42	0.38	0.58	0.48	0.34	0.33	0.02	0.07	0.08	0.11

※ 上記資料は、各浄化センターにおける定期モニタリング試験結果からの抜粋。

表3-3-1 各浄化センターにおける調査時水質情報(2)

浄化センター		那覇浄化センター					
採水地点		I系			II系		
調査月		8/4	11/16	2/3	8/4	11/16	2/3
流入水	T-N (mg/L)	40.4	58.5	—	40.3	40.2	43.7
	NH ₄ -N (mg/L)	30.3	45.0	—	29.4	28.6	30.0
	NO ₂ -N (mg/L)	ND	ND	—	ND	ND	ND
	NO ₃ -N (mg/L)	ND	ND	—	ND	ND	ND
処理水	T-N (mg/L)	22.6	20.6	—	17.2	14.2	19.0
	NH ₄ -N (mg/L)	20.3	11.8	—	15.9	9.3	17.2
	NO ₂ -N (mg/L)	1.3	3.3	—	0.0	2.1	0.3
	NO ₃ -N (mg/L)	ND	4.2	—	ND	1.0	ND

浄化センター		宜野湾浄化センター								
採水地点		1系			2系(2池)			2系(6池)		
調査月		8/4	11/16	2/3	8/4	11/16	2/3	8/4	11/16	2/3
流入水	T-N (mg/L)	59.5	66.5	58.5	38.2	40.3	39.2	38.2	40.3	39.2
	NH ₄ -N (mg/L)	48.8	58.0	47.9	29.0	30.9	30.8	29.0	30.9	30.8
	NO ₂ -N (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	NO ₃ -N (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
処理水	T-N (mg/L)	26.2	28.3	32.9	21.6	18.0	18.9	20.0	19.1	20.0
	NH ₄ -N (mg/L)	22.5	17.8	25.6	20.6	16.4	17.8	16.2	15.2	14.5
	NO ₂ -N (mg/L)	1.5	4.2	1.6	ND	0.2	0.2	2.3	2.3	2.9
	NO ₃ -N (mg/L)	0.5	4.5	4.2	ND	0.2	ND	ND	0.4	0.7

浄化センター		具志川浄化センター			西原浄化センター		
採水地点		I			1		
調査月		8/4	11/16	2/3	8/4	11/16	2/3
流入水	T-N (mg/L)	42.9	46.1	43.8	39.4	40.9	43.7
	NH ₄ -N (mg/L)	31.1	33.1	31.4	27.8	28.7	29.5
	NO ₂ -N (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	NO ₃ -N (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
処理水	T-N (mg/L)	18.7	14.1	17.5	17.3	11.5	10.0
	NH ₄ -N (mg/L)	11.3	9.8	13.9	14.6	5.2	0.5
	NO ₂ -N (mg/L)	2.2	1.0	0.5	0.4	0.2	0.1
	NO ₃ -N (mg/L)	0.5	1.2	1.1	0.5	4.6	8.6

※ 上記資料は、各浄化センターにおける定期モニタリング試験結果からの抜粋。

活性汚泥原生動物の群集構成に影響を及ぼすBOD負荷量(BODkg/MLSS-k g/日)について見ると、那覇は0.34~0.5kg/MLSS-k g/日、宜野湾は0.27~1.1kg/MLSS-k g/日、具志川は0.33~0.58kg/MLSS-k g/日、西原は0.02~0.11kg/MLSS-k g/日となっており、西原浄化センターで少ない傾向にある。合わせて、MLSS濃度は西原を除いて1,500mg/L以下なので、これらは標準活性汚泥法と長時間曝気法の中間的運転状況にあると推測される。更に、三態窒素の各比を見ると西原浄化センターを除いて、いずれの浄化センターの曝気槽においても硝化作用は進んでいないものと推定される。

なお、SVI値が高い値となっているが、SV値とMLSS濃度から見ると、従来から言われているSVI値とBOD-SS負荷との関係から「長時間曝気法」的状況下にあるとも言える。

これらの一見矛盾した結果は、調査量が少ない今回の調査では明らかにならないため、年間を通しての状況を把握した時点で、物理・化学

要素について検討し、原生動物群集との関係を明らかにしたい。

4. 考察及び総括

4回の調査結果から断定的な考察をすることは避けるべきなので、今回はあくまでも予報的意味において考察する。

1 曝気槽内条件と原生動物現存量

曝気槽におけるMLSS、BOD、SS負荷量などから見ると長期間曝気法的状況にあることと、流入水(原水)のN/P比などの条件から、各浄化センターにおける原生動物現存量レベルの変化が生じているものと考えられる。

2 原生動物群集構成の形成要因

原生動物群集構成については、各浄化センターによって季節的に優占種が変化するが、その要因は季節による流入水の基質(C・N・P)構成状態の変化、曝気槽内の物理的条件によるものと推測する。

3 優占種

優占種については前述した。様々な条件でその出現属種は変化するが、表4-1に示す既存資料に記載されている属種と比較すると、我が国の1999年以降の第1位となっている*Epistylis plicatilis*が今回の調査においても優占的一を占めていることは共通している。なお、*Chilodonella uncinata*, *Pyxidicula patens*, *Arcella vulgaris*などが上位を占めている点で他県の例と異なる。今後、更に調査事例(水質、運転条件等)が集積されれば優占種からみた沖縄本島内各浄化センターの特性を優占種からも明確にし得るものと考える。また、Curds and Cockburn (1970)の事例と比較すると、出現属種がコスモポリタンであることが立証されたものと考えられる。

表 4 - 1 活性汚泥中に出現する主要繊毛虫類

Curds and Cockburn (1970)	Morisita (1973)	Sudo (1976)	Morisita (1988)	Morisita (1999)	Morisita (2002)
<i>Aspidisca costata</i>	<i>Epistylis plicatilis</i>	<i>Vorticella microstoma</i>	<i>Vorticella convallaria</i>	<i>Epistylis plicatilis</i>	<i>Aspidisca costata</i>
<i>Vorticella convallaria</i>	<i>Aspidisca costata</i>	<i>Vorticella convallaria</i>	<i>Vorticella microstoma</i>	<i>Aspidisca costata</i>	<i>Aspidisca lynceus</i>
<i>Vorticella microstoma</i>	<i>Vorticella convallaria</i>	<i>Aspidisca costata</i>	<i>Vorticella neburifera</i>	<i>Trachelophyllum</i>	<i>Vorticella convallaria</i>
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	<i>Epistylis plicatilis</i>	<i>Vorticella alba</i>	<i>Trachelophyllum clavatum</i>	<i>Vorticella microstoma</i>
<i>Opercularia coarctata</i>	<i>Vorticella microstoma</i>	<i>Vorticella campanula</i>	<i>Aspidisca costata</i>	<i>Litonotus carinatus</i>	<i>Epistylis plicatilis</i>
<i>Vorticella alba</i>	<i>Epistylis rotans</i>	<i>Opercularia sp.</i>	<i>Carchesium polypinum</i>	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	<i>Opercularia coarctata</i>
<i>Carchesium polypinum</i>	<i>Vorticella alba</i>	<i>Vorticella alba</i>	<i>Aspidisca lynceus</i>	<i>Litonotus cygnus</i>	<i>Trachelophyllum pusillum</i>
<i>Euplotes moebiusi</i>	<i>Opercularia coarctata</i>		<i>Vorticella aequilata</i>	<i>Trithigmotoma cucullulus</i>	<i>Opercularia cygnus</i>
<i>Vorticella fromenteli</i>	<i>Carchesium polypinum</i>		<i>Opercularia coarctata</i>	<i>Opercularia phryganeae</i>	<i>Litonotus fusidens</i>
			<i>Tokophrya mollis</i>	<i>Spirostoma teres</i>	<i>Spirostoma teres</i>
				<i>Chatospira mülleri</i>	<i>Opercularia minima</i>
				<i>Vorticella extensa</i>	<i>Vorticella extensa</i>
				<i>Podophrya fixa</i>	<i>Podophrya fixa</i>

盛下 (2004)

4 原生動物の指標性について

活性汚泥中に出現する原生動物の属種は Stout (1858) ,Curds and Vandy (1966) らの研究から「基質 - 細菌類 - 原生動物」の関係があることが判明しており、原生動物の属種が同定できればその環境状態を指標できることも確認されている。

Curds らは下水処理施設 - 活性汚泥法・散水ろ床法における原生動物属種の出現状態を用いて、活性汚泥・生物膜の生成過程、流入・処理水水質のレベル、負荷状態などを指標できることを提唱している。我が国においては洞沢 (1940) が出現属種と活性汚泥状況を表 4-2 に示すようにまとめている。

表 4 - 2 活性汚泥棲原生動物と活性汚泥状況との関係

非活性汚泥生物 (活性汚泥が悪いときに出現する)	水中を主として自由に遊泳するもの—遊泳性	<i>Colpidium, Paramecium, Monadium, Holophrya, Dextriochides, Glaucoma, Actinophrys, Oikomonas, Bodo, Chlamydomonas, Euglena, Peranema, Pleuromonas, Entosiphon,</i> 等
中間活性汚泥生物 (浄化能力・汚泥が中間的狀態にあるとき)	水中を自由遊泳もでき、また他物の表面をほふく運動できるもの	<i>Litonotus, Loxophyllum, Chilodonella, Chilodotopsis, Dxytricha, Stylonychia,</i> 等
活性汚泥生物 (活性汚泥の浄化力が良好のときに出現する)	他物表面上を匍匐するか、または他物の表面上に固着性の生活をするもの—固着性またはほふく性	<i>Aspidisca, Dysteria, Vorticella, Epistylis, Carchesium, Opercularia, Zootherium, Amoeba,</i> 等

洞沢 (1940)

Curds、或いは洞沢の指標体系は「属種」の同定が正確に行われなければ結果として適用が不正確になる可能性が大きい。

また、千種 (1996) は処理水の良し悪しと出現する生物 (後生動物を含む) の生活型、体型、そ

してフロック状態との関係を図 4-1 に示す通りまとめている。この関係は理論的には妥当と判断するが、この場合にも「属の同定」が結果の判定を左右することになる。

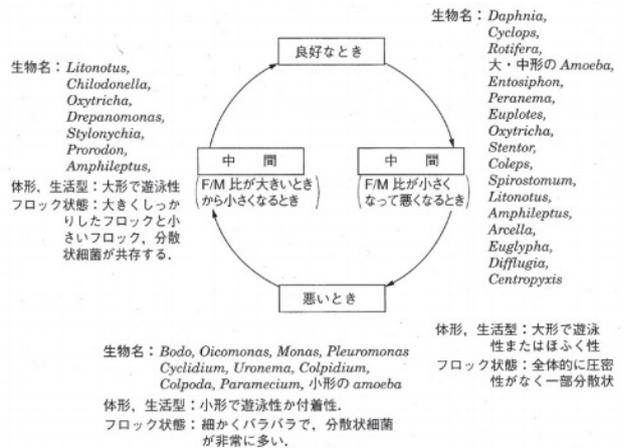


図 4 - 1 処理水の良し悪しと生物相の関係 千種 (1996)

このような「出現属種の同定」は一般の維持管理者にとっては極めて困難であり、現在の我が国においては、なかなか利用されづらい。浄化状態、特に処理水、或いは曝気槽負荷状態を短時間で判定するためには、「属・種名の同定」を行わないで利用できる手法が求められている。

盛下 (2004) は、前述のように全国の処理施設における活性汚泥原生動物群集と浄化状態等の関係を調査してきた結果、特定の廃水或いは高濃度の流入 BOD 値を除くあらゆる下水・汚水・廃水処理施設の活性汚泥に出現する「属種」が繊毛虫類縁毛目 (例: *Vorticella, Epistylis, Opercularia, et al.*) に属する属種であることに着目して下に示す指標方式を案出した。

1. a) 緑毛目原生動物のすみわけを利用する方式
 - 緑毛目指標 (Peritrichida-index)
- b) 緑毛目原生動物の活性汚泥内での状態による方式
 - 原生動物指標 (Protozoa-index)
 - 緑毛目占有指標 (PC-index) or (PAP-index)
2. a) 単位活性汚泥中の緑毛目原生動物の総個体数を使用する方式
 - 総個体数指標 (TNP-index)
- b) 単位活性汚泥中の特定な緑毛目原生動物の総個体数を使用する方式
 - 特定属種個体数指標 (NSP-index)

本方式は、PC-index と呼び、「種」の同定を厳密に実施しなくても利用できる。具体的には、活性汚泥中に出現する原生動物の内、繊毛虫類に着目し、単位活性汚泥中の繊毛虫類を緑毛目類〔主として柄または殻を持った固着型〕とそれ以外の繊毛虫類〔虫体の周囲或いはその一部分に繊毛(短い毛)、或いは棘毛を持った遊泳型〕に分け、それらの個体数或いは種類数(形態による)を用いるものである。

この指標を用いた数例を示すと以下のような結果が得られている。

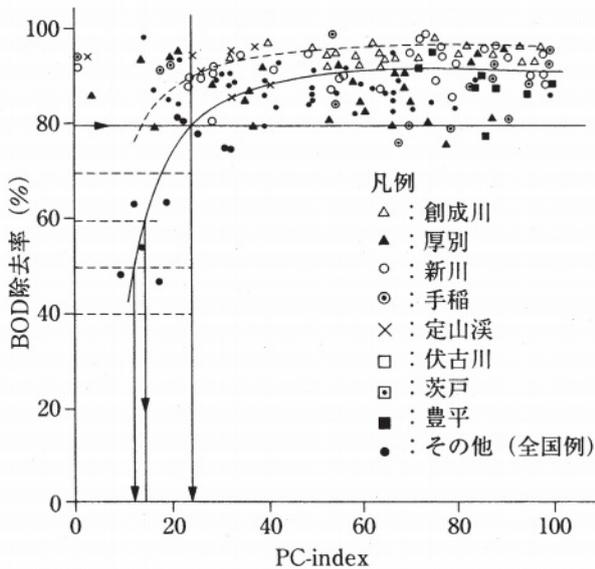


図 4-2 PC-index と BOD 除去率の関係
盛下(2004)

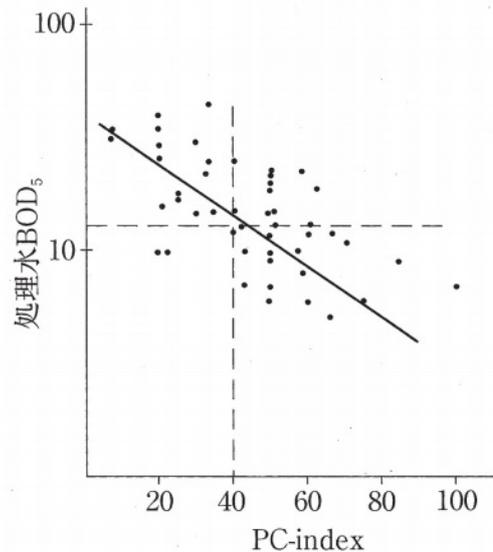


図 4-3 PC-index と 処理水 BOD の関係
盛下(2004)

今回、4 回の調査結果と提供された諸情報を用いて PC-index を整理すると図 4-4~5 に示す通りとなった。

PC-index と各種水質との関係では、前例のように処理水の COD, BOD₅ についてある程度関係が認められており (図 4-3)、今回も処理水水質との関係では那覇浄化センター及び宜野湾浄化センターにおいて緩いながらもその関係が認められる。これに対して具志川浄化センター及び西原浄化センターではこの傾向は明瞭ではない。BOD の場合で見られるように、具志川浄化センターでは常時処理水 BOD が 10mg/L を越すレベルにあること、西原浄化センターでは処理水 BOD が常時低いレベルにあることがこの原因である。

BOD 除去率については図 4-2 に示す既往調

査事例とほぼ同様な結果を得た。従って、PC-index 法を使用して BOD 除去率を推定することは可能であるとの結論を得た。

5. 今後の課題

今回、4 回の異なる調査時期、流入水質、運転条件下の各浄化センター活性汚泥原生動物群集調査を行いおよその状況を把握することができた。また、この 4 回の調査においても、優占種、群集後生、現存量等の変化があること、また、ウレタンキューブ（担体）の付着原生動物群集の実態及び効果についての予備的評価ができたことなど、他地域の結果では知り得なかったことも把握できた。

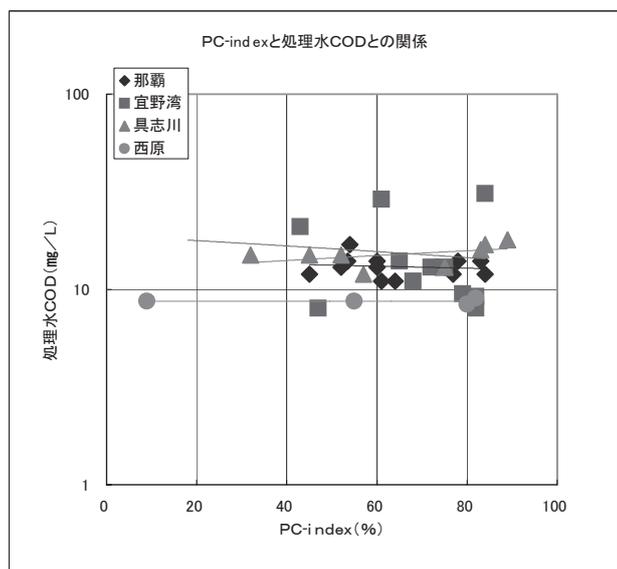


図 4-4(1) PC-index と処理水 COD との関係

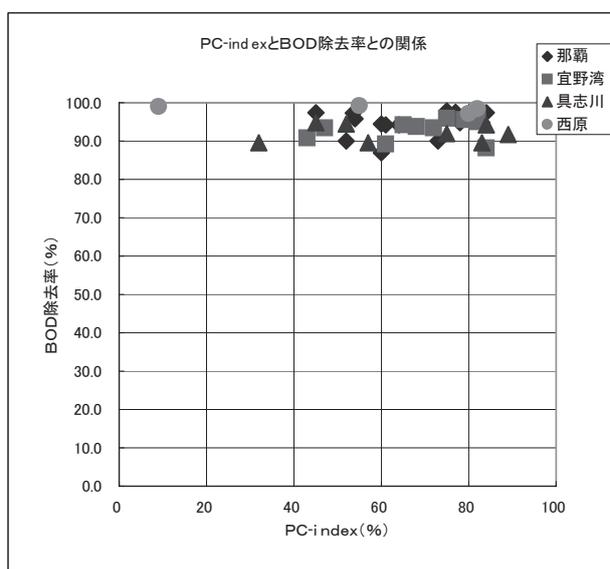


図 4-5(1) PC-index と BOD 除去率との関係

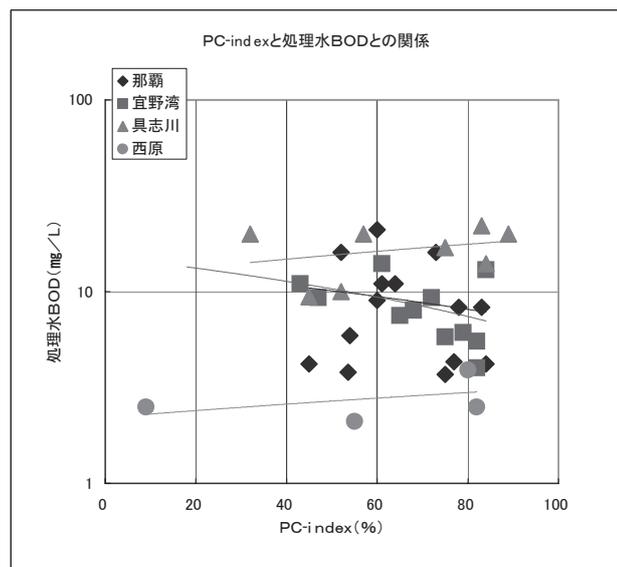


図 4-4(2) PC-index と処理水 BOD との関係

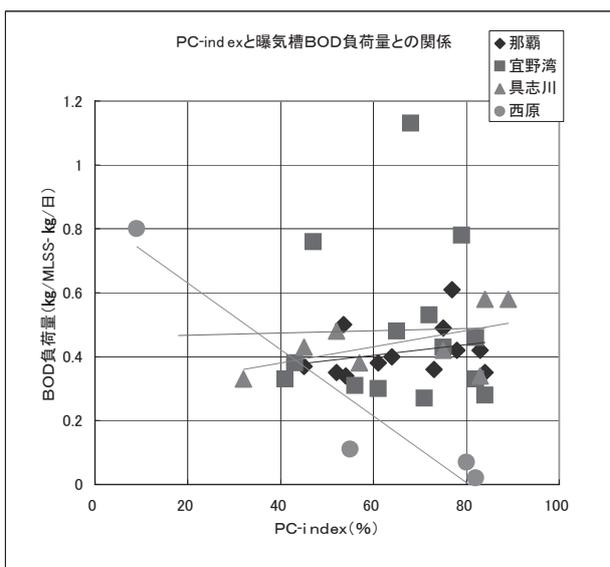


図 4-5(2) PC-index と処理槽内 BOD 負荷との関係

原生動物群集構成属種を用いた簡易維持管理指標
についても PC-index の活用の可能性が予見され
たことは、「沖縄本島流域下水道の地域水質特性」
を示唆するものと考えられる。

今後、事情が許せば、今回「解析・検討できなかった事項、或いは index の各浄化センターにおける実用化のため」等を総括することを目的として、下記事項について調査検討を継続することが望まれる。

- a) 年間を通して、毎月水質調査時に活性汚泥原生動物群集の実態把握を行って、今回の結果を補完する。
- b) 流入原水水質、或いは運転条件の変更があった時点の実態把握を行って、今回の結果を補完する。
- c) 活性汚泥の性状に変化が生じた場合の原生動物群集の実態把握を行って、今回の結果を補完する。
- d) 各浄化センターの流入水質の類似性を把握するため、活性汚泥生物群集の各センターとの類似性・多様性の統計解析を実施する。
- e) 各浄化センターの流入水質特性を明瞭にするため、炭水化物、脂肪、蛋白質等の量比、一般細菌数と活性汚泥原生動物群集との相関解析を行う。
- f) PC-index による指標精度向上と適用のために、追加解析を実施（上記、a) ,b) ,c) 等の結果を活用）する。
- g) 検鏡試験実施による維持管理業務経済評価と維持管理手法の改善のための基礎資料化を行う。
- h) 流域内水代謝循環論の実施における管理手法としての位置づけに関する検討を実施する。
- i) その他、日常の維持システム等の関連を再検討して実用化する。

今回、4 回の調査に加えて補完調査を行えば、

浄化センター毎の「指標体系」が確立でき、また維持管理上、短期の浄化状況を判定することができよう。

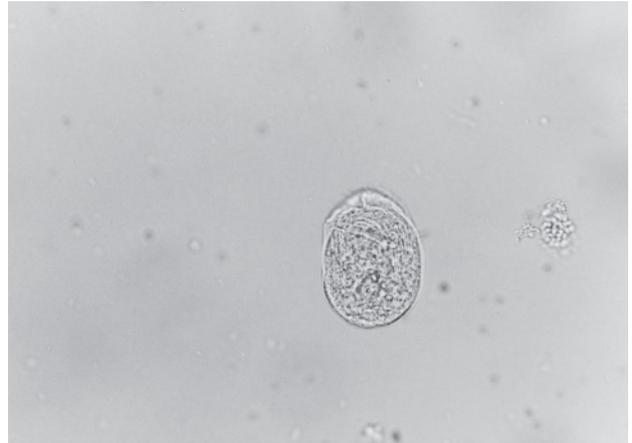
引用文献

- 千草 薫 (1996) 図説 微生物による水質管理 . 産業用水調査会 ,pp234.
洞沢 勇 (1940) 活性汚泥生物の季節的消長ならびにその污水浄化と平行的関係の 2 ~ 3 について . 厚生科学 1,3-4,476-479.
盛下 勇 (2004) 応用原生動物学 . 山海堂 ,pp468

6. 代表的な原生動物



Arcella vulgaris 肉質虫類アルセラ目
上面観 仮足が下面開口部から伸長している。



Trithigmostoma srameki
繊毛虫類キルトフォリオ目



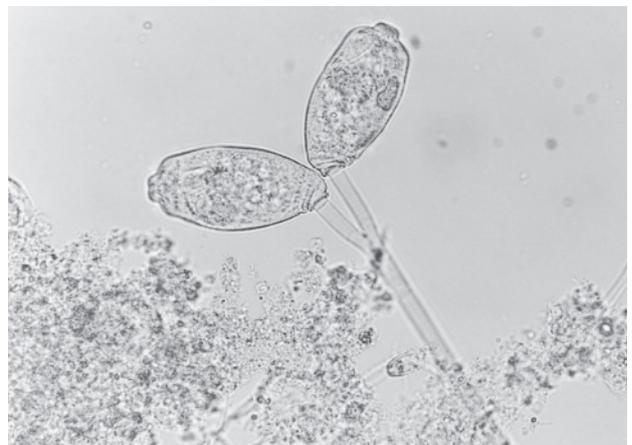
Epistylis lacustris 繊毛虫類縁毛目



Vorticella aquadulicis 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Opercularia coarctata 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Opercularia coarctata 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Epistylis plicatilis 織毛虫類縁毛目



Chilodonella uncinata
織毛虫類キルトフォリオ目



Aspidisca costata 織毛虫類下毛目



Arcella vulgaris 肉質虫類アルセラ目
横面観



Pyxidicula patens 肉質虫類アルセラ目
横傾面観と下開口面観



Pyxidicula patens 肉質虫類アルセラ目
分裂後横傾面観



Polychaos fasciculatum 肉質虫類アメーバ目



Vorticella convallaria 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



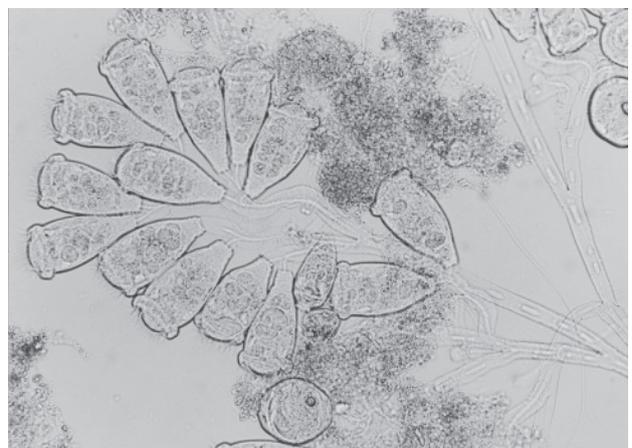
Vorticella microstoma 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Vorticella infusionum 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



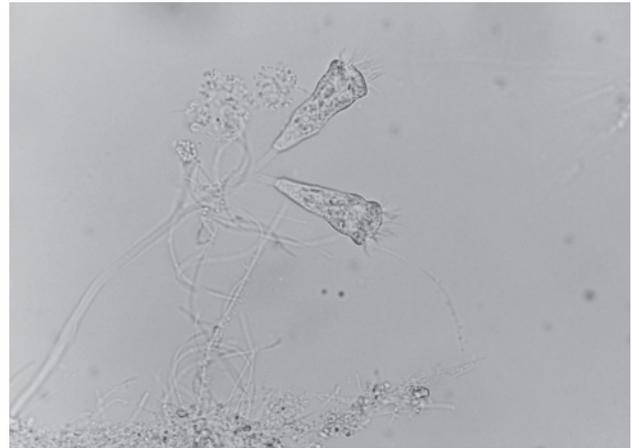
Opercularia phryganeae 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



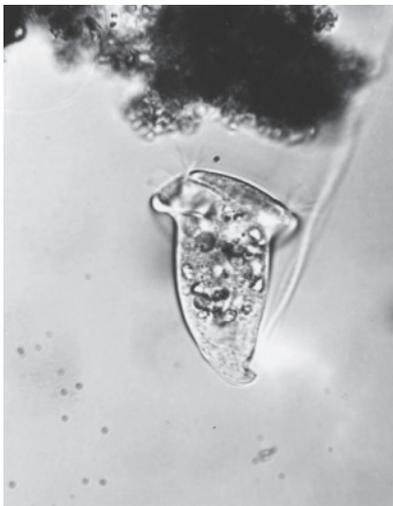
Zoothamnium asellicola 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Opercularia phryganeae 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Epistylis elongata 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Vorticella companula 繊毛虫類縁毛目
(固着型)



Chaetospira muelleri 繊毛虫類下毛目
(固着型)



Trithigmostoma cucullus
繊毛虫類キルトフォリオ目
(遊泳型)

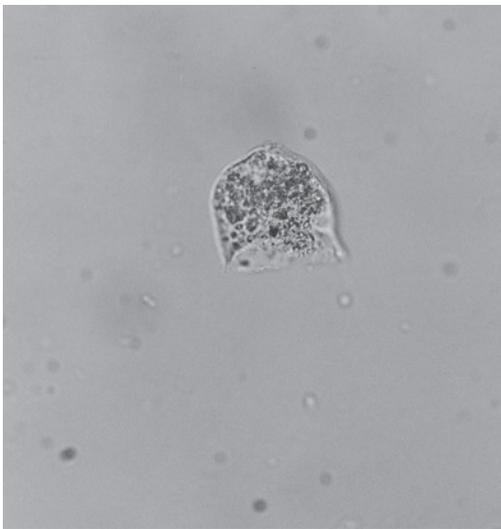


Poteriodendron petiolacum
鞭毛虫類襟鞭毛目

〈以下参考〉



Petalmonas pusiila 鞭毛虫類ユーグレナ目



Cochiliopodium papyraceum
肉質虫類アメーバ目



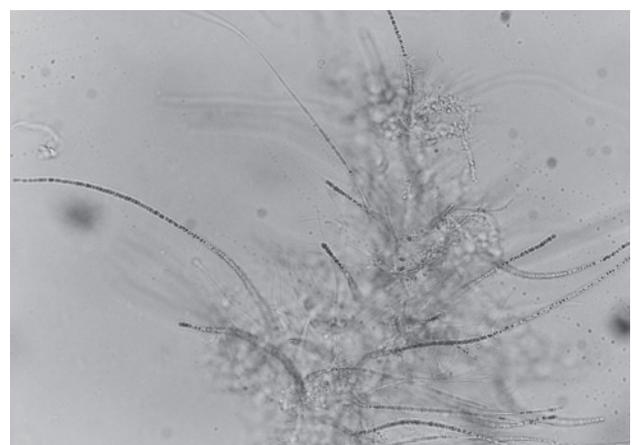
Tokophrya infusionum 繊毛虫類吸管虫目



Zooglea filpendula (細菌類)
フロック形成菌



Zooglea filpendula (細菌類)
フロック形成菌



Beggiatoa alba (硫黄細菌類)
嫌気性傾向時に出現