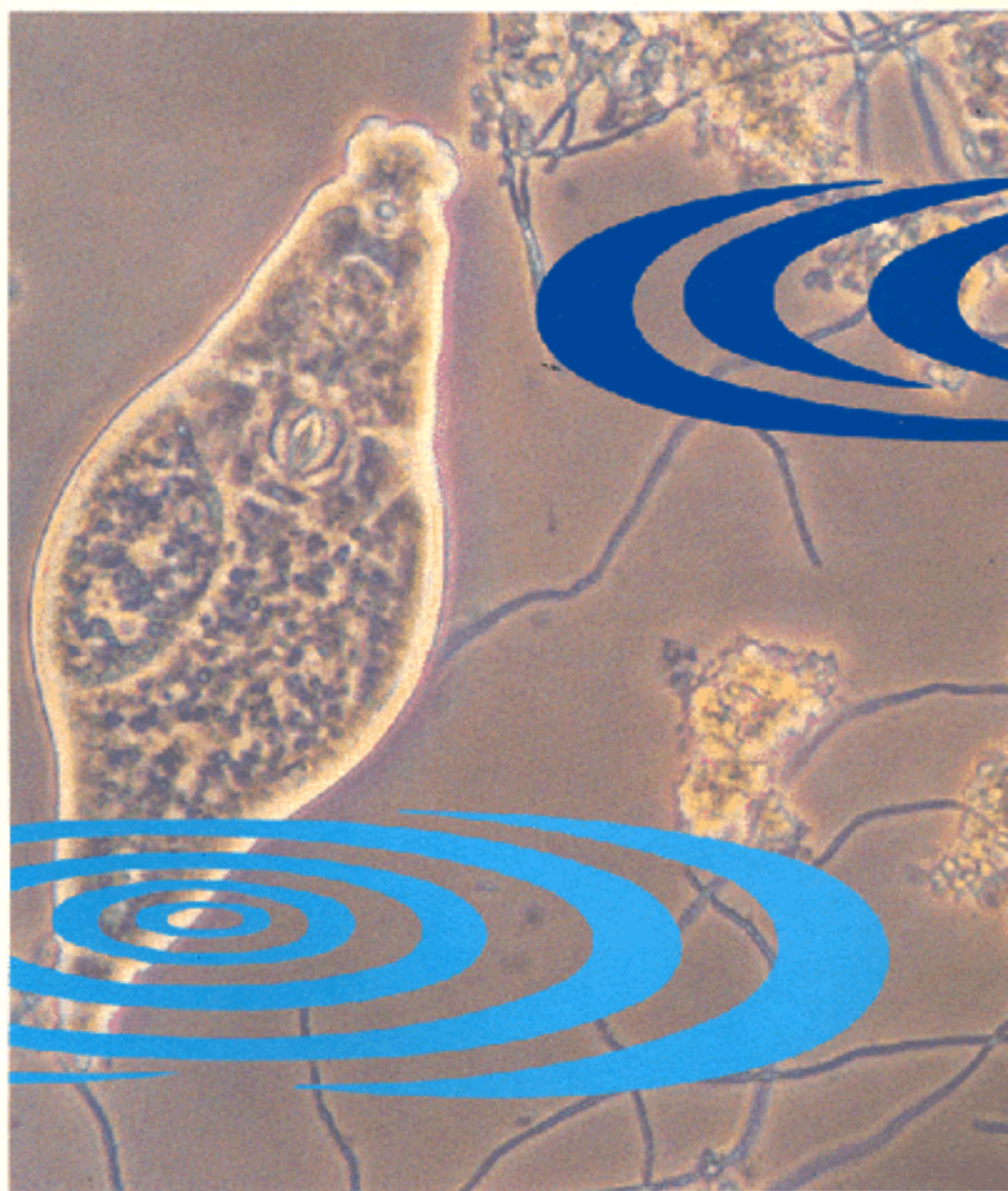




廢水處理功能生物診斷技術



序

防治工業污染乃當前工業發展必須之一項重點工作。工業污染防治技術服務團自民國七十二年成立以來，即積極展開輔導國內污染性工廠有關防治污染之技術。在輔導工作進行期間，深覺工業污染防治範疇內之技術資料頗為缺乏，且多為外文，其實用性甚難為國內業者普遍接受。

本團有鑑於此，乃自七十三年起，陸續準備各類有關資料，於輔導工廠時提供其參考；由於此等技術性資料深具實用性，的確有助於污染防治之改善，頗為業者所喜愛。七十五年始，本團更進一步，有系統地將各類處理技術，分門別類，除陸續延聘國內知名專家學者撰寫成冊外，本團工程師也以團隊方式編輯有關手冊，提供各界參考，期能加速業界對污染防治技術之普遍提昇，從而達成發展工業兼顧環境保護之目的。

本技術手冊乃針對目前國內廢水生物處理從業人員較為生疏而又亟需之微生物相觀察技術，彙整國內外技術資料及工廠現場輔導心得編寫而成。本手冊內容之特點是以理論與實務兼顧之方式撰寫，理論部分（第一篇）特別邀請中興大學環境工程學研究所李季眉教授撰寫。實務部分（第二、三篇）則由林坤讓、朱昱學、林正祥等諸位工程師撰寫，並經李季眉教授、中央大學環境工程學研究所歐陽嶠暉教授、中興大學植物學研究所陳伯中教授審閱。本手冊之另一特色為由林正祥工程師兩年多來所拍攝到之微生物照片挑出最好者彩色刊列於后，以利讀者比對應用，希望由此起步，開啓各界對於廢水處理功能生物診斷技術更深一層之瞭解。

感謝參與之諸位學者及工程師，從事資料之蒐集、整理、撰寫與審閱工作，盡心盡力使本手冊得以順利出版，但由於時間匆促，且實務資料蒐集彙整不易，內容如有疏漏之處尚請不吝指正。

工業污染防治技術服務團

楊萬發

中華民國八十四年四月

目 錄

前言	1
第一篇 生物處理原理及應用	
第一章 生物處理法介紹	3
1.1 生物處理法的種類	3
1.2 活性污泥法之定義	4
1.3 生物膜之原理	9
1.4 厭氧處理法之	12
1.5 其他生物處理法之	16
1.6 生物處理與微生物	19
1.6.1 生物處理機制	20
1.6.2 微生物所扮演的角色	20
第二章 微生物學介紹	23
2.1 微生物之增殖	23
2.1.1 真核微生物的繁殖	23
2.1.2 原核微生物的繁殖	23
2.1.3 微生物的世代時間	23
2.1.4 生長的數學表示法	24
2.1.5 微生物的生長曲線	24
2.1.6 連續培養方式	24
2.2 微生物之營養來源及型式	25
2.2.1 微生物的營養需求	25
2.2.2 微生物的營養性分類	26
2.3 微生物之生存環境	26
2.3.1 溫度	27
2.3.2 pH	27

2.3.3 氧氣	27
2.3.4 其他條件	27
2.4 微生物的代謝型式	28
第三章 出現在廢水生物處理的微生物種類	31
3.1 微生物的分類系統	31
3.2 在各種生物處理法出現之微生物比較	33
3.3 細菌	34
3.4 真菌	36
3.5 藻類	36
3.6 原生動物	36
3.7 後生動物	37
【第一篇參考文獻】	38
 第二篇 微生物相觀察與微生物鑑定	
第四章 水樣的採取、調整與顯微鏡觀察	41
4.1 水樣的	41
4.1.1 活性污泥法	41
4.1.2 生物膜	41
4.1.3 原水、生物處理槽進流水、放流水	42
4.2 水樣的調整與觀察片的製作	42
4.3 顯微鏡的原理與操作	43
4.3.1 顯微鏡之操作環境	43
4.3.2 顯微鏡的原理	43
4.3.3 顯微鏡觀察所使用的器具	46
4.3.4 顯微鏡操作步驟	48
4.3.5 注意事項	49
4.4 微生物大小之量測	49
4.4.1 接目測微計之校準	50
4.4.2 大小之量測	51
4.5 微生物的定量試驗	52

4.5.1 血球計數器上之量	52
4.5.2 有界線之載玻片上之定量	53
4.5.3 直接在一般載玻片上之定量	54
4.6 微生物的定性試驗	56
4.7 微生物的鑑別及分類原則	58
第五章 細菌類之各項特性及圖鑑	61
5.1 細菌的形狀	61
5.1.1 球狀	61
5.1.2 桿狀	61
5.1.3 螺旋狀	61
5.2 生物處理中常見的細菌類	62
5.2.1 膠團桿菌屬(<i>Zoogloea</i> 屬)	63
5.2.2 白硫絲菌(<i>Beggiatoa</i> 屬)	64
5.2.3 分枝絲菌(<i>Sphaerotilus</i> 屬)	65
5.2.4 硫絲菌(<i>Thiothrix</i> 屬)	66
5.2.5 奴卡氏菌、土壤絲菌(<i>Nocardia</i> 屬)	67
第六章 真菌類之各項特殊性及圖鑑	71
6.1 鐮刀黴菌	71
6.2 噬輪蟲黴菌(<i>Zoophagus</i> 屬)	72
6.3 其他	74
第七章 藻類之各項特性及圖鑑	77
7.1 藍藻	78
7.1.1 微囊球藻(<i>Microcystis</i> 屬)	78
7.1.2 席藻(<i>Phormidium</i> 屬)	79
7.1.3 小毯藻(<i>Coelosphaerium</i> 屬)	79
7.1.4 顫藻(<i>Oscillatoria</i> 屬)	80
7.1.5 魚腥藻(<i>Anabaena</i> 屬)	80
7.2 綠藻類(<i>Chlorophyceae</i> , Green algae)	81
7.2.1 衣藻(<i>Chlamydomonas</i> 屬)	81
7.2.2 <i>Dictyosphaerium</i> 屬	82

7.2.3 柵藻(<i>Scenedesmus</i> 屬)	82
7.3 矽藻類(Bacillariophyceae, Diatoms)	83
7.3.1 直鏈藻(<i>Melosira</i> 屬)	83
7.3.2 小環藻(<i>Cyclotella</i> 屬)	84
7.3.3 脆桿藻(<i>Fragilaria</i> 屬)	85
7.3.4 針桿藻(<i>Synedra</i> 屬)	86
7.3.5 橋彎藻(<i>Cymbella</i> 屬)	86
7.4 其他	87
第八章 原生動物之各項特性及圖鑑	93
8.1 鞭毛蟲類(綱)	93
8.1.1 動物性鞭毛蟲亞綱(Zoomastigophora), 原鞭毛蟲目 (Protomastigida)	95
8.1.2 植物性鞭毛蟲亞綱(Phytomastigophora), 木 目(Euglenida)	99
8.2 纖毛蟲類(綱)	102
8.2.1 裸口目(Gymnostomatida)	105
8.2.2 毛口目(Trichostomatida)	110
8.2.3 吸管蟲目(Suctorida)	114
8.2.4 膜口目(Hymenostomatida)	116
8.2.5 緣毛目	122
8.2.6 異毛目(Heterotrichida)	133
8.2.7 下毛目(Hypotrichida)	135
8.3 肉足蟲類(綱)	141
8.3.1 太陽蟲目(Heliolarida)	142
8.3.2 變形蟲目	143
8.3.3 有殼變形蟲目(Testacida)	146
第九章 後生動物之各項特性及圖鑑	161
9.1 扁形動物門(Plathelminthes)	161
9.2 囊蠕蟲動物門(Aschelminthes)	161
9.2.1 輪蟲類(綱)(Rotatoria)	162
9.2.2 腹毛類(綱)(Gastrotricha)	169

9.2.3 線蟲類(綱)(Nematoda)	171
9.3 軟體動物(Mollusca)	172
9.3.1 蝸牛 <i>Lymnaea</i> 屬	173
9.3.2 蝸牛 <i>Physa</i> 屬	174
9.4 環節動物(Annelida)	174
9.4.1 原始生殖門目(Plesiopora)	176
9.4.2 原始寡毛目(Arhioligochaeta)	177
9.5 緩步動物(Tardigrada)	181
9.5.1 熊蟲(<i>Macrobiotus</i> 屬)	181
9.6 節肢動物(Arthropoda)	182
9.6.1 甲殼類(綱)(Crustacea)	182
9.6.2 昆蟲類(綱)(Insecta)	189
9.6.3 蛛形類(綱)(Arachnida)，水壁蝨亞綱(Hydracarina)	192
【第二篇參考文獻】	193
第三篇 功能診斷方法與實例	
第十章 診斷方法之介紹	199
10.1 診斷前之相關工作	200
10.1.1 採樣觀察之注意事項	200
10.1.2 觀察片製作及觀察步驟	200
10.1.3 絲狀微生物的鑑定	203
10.2 診斷技術之介紹	208
10.2.1 活性污泥法之生物處理功能診斷技術	208
10.2.2 生物膜法之生物處理功能診斷技術	226
第十一章 案例介紹	233
11.1 活性污泥法之處理功能診斷實例	233
11.1.1 國外實例介紹	233
11.1.2 國內實例介紹	239
11.2 生物膜法之處理功能診斷實例	239
11.2.1 國外實例介紹	239

11.2.2 國內實例介紹	243
【第三篇參考文獻】	247
附錄一 本冊照片彙整	251
附錄二 重要圖表彙整	345
附錄三 索引	361

圖 目 錄

圖1.1	河川自淨作用及微生物由河川轉移到生物廢水處理系統之說明	4
圖1.2	活性污泥系統	6
圖1.3	BOD去除機能示意圖	7
圖1.4	活性污泥微生物之增殖過程	9
圖1.5	生物膜之代謝模式圖	11
圖1.6	有機物之厭氧分解過程	13
圖1.2	有機物代謝為甲烷之過程	13
圖1.8	兩種菌的細胞間氫傳遞的例子	15
圖1.9	厭氧性反應之中間體的分解和氫的生成途徑	16
圖1.10	厭氧性反應有機物代謝途徑	17
圖1.11	微生物的好氧性代謝(A)與厭氧性代謝(B)生成物比較	20
圖2.1	細菌的生長曲線	25
圖3.1	Whittaker的五界分類圖	32
圖3.2	Carl Woese的三界分類圖	33
圖3.3	細菌的構造	35
圖4.1	顯微影像放大示意圖	44
圖4.2	顯微倍率與光圈大小、操作長度之關係示意圖	45
圖4.3	100倍物鏡上油與不上油入射光線示意圖	46
圖4.4	有界限的玻璃片	47
圖4.5	鏡台測微計(stage micrometer)	50
圖4.6	接目測微計(ocular micrometer)刻劃示意圖	50
圖4.7	測微計之標準刻度及其測量微生物大小之用法	51
圖4.8	血球計數器構造圖	53
圖5.1	細菌之菌體形態	62
圖5.2	<i>Zoogloea ramigera</i>	63
圖5.3	<i>Zoogloea filipendula</i>	64

圖5.4	白硫絲菌(<i>Beggiatoa alba</i>)的形態	65
圖5.5	分枝絲菌(<i>Sphaerotilus natans</i>)的假性分支形態	66
圖5.6	硫絲菌(<i>Thiothrix</i> sp.)的形態	66
圖5.7	<i>Nocardia amarae</i>	67
圖5.8	在氣泡上大量附著的 <i>Nocardia amarae</i>	68
圖6.1	代表性真菌類之形態	72
圖6.2	鐮刀黴菌(<i>Fusarium aquaeductuum</i>)之形態	73
圖6.3	噬輪蟲黴菌(<i>Zoophagus</i> 屬)的分生孢子	73
圖6.4	噬輪蟲黴菌(<i>Zoophagus</i> 屬)捕食輪蟲類單趾輪蟲(<i>Monostyla</i> 屬)的狀態	74
圖7.1	席藻(<i>Phormidium</i> 屬)	79
圖7.2	顫藻(<i>Oscillatoria</i> 屬)	80
圖7.3	魚腥藻(<i>Anabaena</i> 屬)	81
圖7.4	衣藻(<i>Chlamydomonas</i> 屬)	81
圖7.5	<i>Dictyosphaerium pulcheium</i>	82
圖7.6	柵藻(<i>Scenedesmus acutus</i>)	83
圖7.7	四尾柵藻(<i>S. quadricauda</i>)	83
圖7.8	直鏈藻(<i>Melosira</i> 屬)	84
圖7.9	螺旋狀直鏈藻(<i>M. granulata</i> var. <i>angustissima</i> form <i>spiralis</i>)	84
圖7.10	小環藻(<i>Cyclotella</i> 屬)	85
圖7.11	脆桿藻(<i>Fragilaria</i> 屬)	85
圖7.12	尖針桿藻(<i>Syneda acutus</i>)	86
圖7.13	橋彎藻(<i>Cymbella</i> 屬)	87
圖7.14	在黏質鞘中之橋彎藻(<i>Cymbella</i> 屬)	87
圖7.15a	其他的代表性藻類之形態	88
圖8.1	氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas</i> 屬)之形態	95
圖8.2	滴蟲(<i>Monas</i>)屬之形態	96
圖8.3	波豆蟲(<i>Bodo</i> 屬)之形態	97
圖8.4	跳側滴蟲(<i>Pleuromonas jaculans</i>)之形態	98
圖8.5	其他的動物性鞭毛蟲亞綱(<i>Zoomastigophora</i>)的形態	99
圖8.6	線鞭蟲(<i>Peranema trichophorum</i>)之形態	100
圖8.7	<i>Entosiphon sulcatum</i> 之形態	101

圖8.8	其他的植物性鞭毛蟲亞綱(<i>Phytomastigophora</i>)之形態	102
圖8.9	板殼蟲(<i>Coleps hirtus</i>)的形態	106
圖8.10	卑怯管葉蟲(<i>Trachelophyllum pusillum</i>)	106
圖8.11	裂口蟲(<i>Amphileptus</i> 屬)的形態	107
圖8.12	漫游蟲(<i>Lionotus</i> 屬)之形態	108
圖8.13	斜管蟲(<i>Chilodonella</i> 屬)之形態	109
圖8.14	屬於其他裸口目(<i>Gymnostomatida</i>)之纖毛蟲類的形態	110
圖8.15	腎形蟲(<i>Colpoda</i> 屬)的形態	112
圖8.16	草履蟲(<i>Paramecium caudatum</i>)的形態	113
圖8.17	倒錐蟲(<i>Acineta</i> 屬)之形態	114
圖8.18	錘吸管蟲(<i>Tokophrya</i> 屬)之形態	115
圖8.19	足吸管蟲(<i>Podophrya fixa</i>)之形態	116
圖8.20	足吸管蟲(<i>Podophrya</i> 屬)攝食纖毛蟲類的狀況	116
圖8.21	尾絲蟲(<i>Uronema nigricans</i>)之形態	117
圖8.22	豆形蟲(<i>Colpidium</i> 屬)之形態	118
圖8.23	映毛蟲(<i>Cinetochilum margaritaceum</i>)之形態	119
圖8.24	<i>Glaucoma scintillans</i> 之形態	120
圖8.25	四膜蟲(<i>Tetrahymena pyriformis</i>)之形態	120
圖8.26	膜帶蟲(<i>Cyclidium glaucoma</i>)之形態	121
圖8.27	緣毛目(<i>Peritrichida</i>)之形態	122
圖8.28	小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)之2分裂狀態	123
圖8.29	小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)之形態	124
圖8.30	鐘形蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)的形態	125
圖8.31	溝鐘蟲(<i>Vorticella campanula</i>)之形態	126
圖8.32	白鐘蟲(<i>Vorticella alba</i>)之形態	127
圖8.33	獨縮蟲(<i>Carchesium</i> 屬)之形態	127
圖8.34	聚縮蟲(<i>Zoothamnium</i> 屬)之形態	128
圖8.35	累枝蟲(<i>Epistylis</i> 屬)之形態	129
圖8.36	蓋蟲(<i>Opercularia</i> 屬)的形態	131
圖8.37	<i>Vaginicola</i> 屬的形態	132
圖8.38	其他緣毛目(<i>Peritrichida</i>)的形態	132

圖8.39 喇叭蟲(<i>Stentor coeruleus</i>)	133
圖8.40 旋口蟲(<i>Spirostomum</i> 屬)之形態	134
圖8.41 扭頭蟲(<i>Metopus</i> 屬)之形態	135
圖8.42 其它之異毛目(<i>Heterotrichida</i>)的形態	136
圖8.43 楯纖蟲(<i>Aspidisca</i> 屬)之形態	137
圖8.44 尖毛蟲(<i>Oxytricha</i> 屬)之形態	138
圖8.45 下毛目桿尾蟲(<i>Stylonychia</i> 屬)之形態	139
圖8.46 游仆蟲(<i>Euplotes</i> 屬)之形態	140
圖8.47 其他的下毛目(<i>Hypotrichida</i>)的形態	141
圖8.48 太陽蟲(<i>Actinophrys sol</i>)之形態	143
圖8.49 變形蟲(<i>Amoeba</i>)屬之形態	144
圖8.50 放射狀變形蟲(<i>Amoeba radiosa</i>)之形態	145
圖8.51 變形蟲(<i>Amoeba limicola</i>)之形態	145
圖8.52 蛞蝓筒變蟲(<i>Vahlkampfia limax</i>)之形態	146
圖8.53 <i>Acanthamoeba castellanii</i> 之形態	146
圖8.54 蕈頂蟲(<i>Arcella</i> 屬)之形態	147
圖8.55 <i>Diffugia urceolata</i> 之形態	148
圖8.56 <i>Centropyxis aculeata</i> 之形態	149
圖8.57 鱗殼蟲(<i>Euglypha tuberculata</i>)之形態	150
圖9.1 扁形動物(<i>Planariidae</i>)之形態	162
圖9.2 旋輪蟲(<i>Philodina</i> 屬)之形態	165
圖9.3 轉輪蟲(<i>Rotaria</i> 屬)之形態	166
圖9.4 鞍甲輪蟲(<i>Lepadella</i> 屬)之形態	166
圖9.5 狹甲輪蟲(<i>Colurella</i> 屬)之形態	167
圖9.6 腔輪蟲(<i>Lecane</i> 屬)之形態	168
圖9.7 單趾輪蟲(<i>Monostyla lunaris</i>)之形態	169
圖9.8 其他輪蟲類的形態	170
圖9.9 鼃蟲(<i>Chaetonotus</i> 屬)的形態	171
圖9.10 在生物處理出現之代表性線蟲類之形態	172
圖9.11 蝸牛 <i>Lymnaea</i> 屬之形態	173
圖9.12 蝸牛 <i>Physa</i> 屬之形態	174

圖9.13 紅斑顫體蟲(<i>Aeolosoma hemprichi</i>)之形態	176
圖9.14 剛毛蟲 <i>Nais variabilis</i> 之形態	177
圖9.15 環節動物 <i>Dero limosa</i> 之形態	178
圖9.16 吻盲蟲(<i>Pristina</i> 屬)之形態	179
圖9.17 顫蚓(<i>Tubifex hattai</i>)、水絲蚓(<i>Limnodrilus socialis</i>)之形態	180
圖9.18 熊蟲(<i>Macrobiotus</i> 屬)之形態	181
圖9.19 金魚蚤(<i>Daphnia magna</i>)之形態	184
圖9.20 球水蚤(<i>Moina macrocopa</i>)之形態	185
圖9.21 圓水蚤(<i>Alona guttata</i>)之形態	186
圖9.22 腺介總科(<i>Cypridae</i>)之形態	186
圖9.23 劍水蚤(<i>Cyclops</i> 屬)之形態	187
圖9.24 櫛水蟲(<i>Asellus</i> 屬)之形態	188
圖9.25 水蟲(<i>Nipponasellus</i> 屬)之形態	188
圖9.26 <i>Psychoda alternata</i> 的幼蟲形態	191
圖9.27 紅蟲(<i>Chironomus yoshimatsui</i>)之幼蟲與蛹的形態	191
圖9.28 <i>Hydracarina</i> 之形態	192
圖10.1 膠羽的結構與SVI之關係	208
圖10.2 結聚型膠羽與SVI之關係	209
圖10.3 膠羽大小與SVI之關係	209
圖10.4 膠羽的緊密度和形狀與SVI之關係	210
圖10.5 絲狀菌絲長度與污泥沉降特性之關係圖	211
圖10.6 活性污泥食物鏈組成狀況	212
圖10.7 在活性污泥生成過程中原生動物的變遷	213
圖10.8 活性污泥法BOD-SS負荷與微生物相之關係圖	214
圖10.9 標準活性污泥法指標性微生物個數與處理後水質BOD關係圖	217
圖10.10 長時間曝氣活性污泥法指標性微生物個數與處理後水質BOD關係圖 ..	217
圖10.11 較標準負荷稍高之活性污泥微生物相	218
圖10.12 較標準負荷稍低之活性污泥微生物相	218
圖10.13 高負荷活性污泥微生物相	219
圖10.14 超高負荷活性污泥之微生物相	219
圖10.15 低溶氧活性污泥之微生物相	221

圖10.16 極低溶氧活性污泥之微生物相	222
圖10.17 污泥停留時間長且在低負荷時之微生物相	223
圖10.18 超低負荷之活性污泥微生物相	223
圖10.19 活性污泥中原生動物及其他微生物的相對數量與操作條件的關係	225

表 目 錄

表1.1 廢水生物處理基本程序	5
表1.2 好氧與厭氧分解之主要差異	5
表1.3 懸浮生長與附著生長生物處理系統之比較	6
表1.4 甲烷菌之形態及增殖特性	14
表1.5 可應用厭氧性生物處理之物質	18
表2.1 微生物的營養性分類	26
表2.2 微生物的代謝型式與電子接受者的關係	28
表3.1 出現在各種生物處理的微生物種類比較	34
表3.2 細菌細胞的組成	35
表4.1 一般接目測微計校準表	51
表4.2 微生物大小記錄表	52
表4.3 活性污泥微生物相微生物計數範例	54
表4.4 旋轉圓盤生物膜微生物相微生物計數範例	55
表4.5 各觀察項目所使用之倍率	56
表4.6 定性試驗評斷微生物相的範例	57
表10.1 各生物處理設備之重要微生物比較	199
表10.2 各觀察項目所用之倍率	201
表10.3 膠羽之形態記錄表	201
表10.4 膠羽之組成及其他特性記錄表	203
表10.5 活性污泥中絲狀微生物之存在量記錄表	203
表10.6 原生動物、後生動物記錄表	204
表10.7 絲狀菌的含量與評定之等級	205
表10.8 絲狀微生物的鑑定表	206
表10.9 活性污泥BOD-SS負荷與微生物相關係表	215
表10.10 活性污泥處理負荷、溶氧狀況與微生物相之關係	216
表10.11 在不同的有機負荷下，佔優勢的原生動物及其他較高等動物種類 ...	226

表10.12	活性污泥操作所出現之微生物相及處理對策	227
表11.1	都市生活污水之活性污泥法處理不同微生物相診斷實例	235
表11.2	絲狀微生物大量增殖時之活性污泥微生物相	236
表11.3	在溶氧量不足情況下之活性污泥微生物相	236
表11.4	工業廢水活性污泥法處理之微生物相實例	237
表11.5	低負荷活性污泥之微生物相實例	238
表11.6	服務團檢測該革廠廢水處理功能狀況	240
表11.7	旋轉圓盤生物膜微生物相之實例(處理一般之生活污水的清況下)	241
表11.8	高負荷下旋轉圓盤生物膜之微生物相實例(處理食品廢水之情況下) ..	242
表11.9	二段式浸漬濾池(合併式處理槽)生物膜之微生物相實例	243
表11.10	改善後功能試車第一次測試結果	245
表11.11	改善後功能試車第二次測試結果	246

□ 第三篇 功能診斷方法與實例

由第二篇所介紹的各種微生物形態與生存條件，以及相關之處理水質狀況，我們可以瞭解，在進行生物處理水樣顯微鏡觀察時，所呈現的生物相，可供作為生物處理功能評估的重要參考指標。通常我們藉由現場顯微鏡觀察可立即獲得生物相資料，此等資料具有相當的可靠度及準確性，由此可見顯微鏡生物相觀察是現場操作調整所不可忽視之重要工具及技術。

第十章 診斷方法之介紹⁽¹⁾

以處理一般生活污水為例，綜合比較長時間曝氣法、接觸曝氣法及旋轉生物圓盤法之生物相，分別列出各種處理方法中最重要的前7種微生物，如表10.1所示：

表10.1 各生物處理設備之重要微生物比較

	長 時 間 曝 氣	接 觸 曝 氣 法	旋轉生物圓盤法
1	有肋楯纖蟲(<i>Aspidisca costata</i>)	溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)	小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)
2	溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)	小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)	蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)
3	累枝蟲(<i>Epistylis</i> sp.)	累枝蟲(<i>Epistylis</i> sp.)	旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)
4	蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)	紅斑顫體蟲(<i>Aeolosoma hemprichi</i>)	累枝蟲(<i>Epistylis</i> sp.)
5	旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)	旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)	溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)
6	鞍甲輪蟲(<i>Lepadella</i> sp.)	覃頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)	鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)
7	覃頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)	剛毛蟲(<i>Nais</i> sp.)	覃頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)

表10.1是依據微生物出現頻率、出現個體數與處理水質、污泥的沉澱性等條件比較分析製作而成。在長時間曝氣法中最重要的微生物是*Aspidisca costata*，此微生物是屬於增殖速度小的活性污泥纖毛類(20°C時的 t_d 為14小時)；以輪蟲類而言，重要的種類包括旋輪蟲(*Philodina* sp.)與鞍甲輪蟲(*Lepadella* sp.)。在接觸曝氣法中除了鐘形蟲(*Vorticella* sp.)、累枝蟲(*Epistylis* sp.)之外，重要的微生物種類有紅斑顫體蟲(*Aeolosoma hemprichi*)及旋輪蟲。在旋轉生物圓盤法中出現之重要微生物種類有小口鐘蟲(*Vorticella microstoma*)、蓋蟲(*Opercularia* sp.)及旋輪蟲等。

利用顯微鏡觀察曝氣池中之活性污泥及生物膜微生物相，可由其中之生物種類優勢狀況、膠羽的組成分佈、以及雜質（例如纖維等）的存在多寡，供操作人員了解曝氣池內生物處理功能狀況、終沉池之沉降效果及前處理(攔污、沉砂物理去除與化學混凝沉澱)是否完善，進而作為判斷操作良窳及改善操作條件之一明顯佐證，若再配合其他操作數據（如30分鐘沉降試驗、F/M 值、曝氣池DO值、MLSS值、污泥迴流比、初沉池出流水及放流水水質等）之印證所累積之經驗，將可直接利用微生物相之顯微鏡觀察而快速合理判斷生物處理系統之運轉狀況及處理功能是否正常。

10.1 診斷前之相關工作

以下首先介紹在功能診斷前所需進行之微生物相觀察記錄作法：

以顯微鏡來觀察，可瞭解活性污泥或生物膜膠羽的形狀(shape)、結構(structure)、緊密度(firmness)、大小(dimensions)、組成(composition)、原生動物的種類、佔優勢的絲狀微生物種類、以供活性污泥系統及生物膜系統操作之參考。

10.1.1 採樣觀察之注意事項⁽²⁾

採樣之詳細作法請參考第五章4.1、4.2、4.3節，採樣時應同時測定當時之溶氧值，活性污泥法需測30分鐘沉降後之污泥容積值(S.V.)及pH值，並記錄污泥沉降情形。將水樣裝瓶後儘可能立即觀察，因某些污泥特性在儲存期間會發生變化，尤其是高負荷處理系統下的污泥。當污泥無法直接觀測時，需儲存在4~7℃下，儲存瓶中僅裝1/3的污泥，高負荷下的污泥只能儲存2至3天，否則膠羽特性會產生很大的變化，所以必需在兩天之內將所有水樣觀察完畢，其中微生物相一項則需在一天之內觀察完畢。

10.1.2 觀察片製作及觀察步驟

- 1.將樣品混合均勻後，倒100ml於250ml之三角瓶中，以滴管(pasteur pipette)吸取均勻之樣品滴在載玻片上，蓋上蓋玻片。
- 2.在顯微鏡下，依表10.2所示之倍率觀察載玻片上每一個視野中欲觀察之微生物種類及數目，將整個載玻片所觀察到的總數記在所附之表格上。
- 3.觀察之項目如下

(1)膠羽形狀(shape)：

- 接近圓球形(somewhat rounded)(如照片10.1、照片10.3)

膠羽形狀為圓形或接近圓形者。

表10.2 各觀察項目所用之倍率

倍 率	目 的	可使用之顯微鏡種類
4~40×	大型之軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、緩步動物(Tardigrada)、節肢動物(Arthropoda)及水生昆蟲(Insecta)等	解剖顯微鏡或有4×物鏡之一般生物顯微鏡
100~200×	污泥膠羽的形態及大小、原生動物的種類、絲狀菌之存在量及其形態。	一般生物顯微鏡、位相差顯微鏡
400×	污泥膠羽的組成及內部構造，絲狀微生物的鑑定（直徑大於1 μ m者）及鞭毛蟲之觀察	一般生物顯微鏡、但最好使用位相差顯微鏡
1,000×	絲狀菌的鑑定（直徑小於1 μ m者）	最好使用位相差顯微鏡

- 不規則形(irregular)(如照片10.2、照片10.4)

膠羽的一部份突出，使得形狀不接近圓形者。

(2)膠羽緊密度(firmness)

- 脆弱型(weak)(如照片10.3、10.4)

膠羽與液體間之界面很難分出，而且當輕壓蓋玻片時膠羽容易被破壞者，具有很多分散細胞。

- 緊密型(firm)(如照片10.1、10.2)

具緊密的膠羽中心，容易分出膠羽與液體間界面者。

(3)膠羽結構(structure)

- 閉守型(compact)(如照片10.6)

膠羽之內沒有開放的空間存在者。

- 開放型(open)(如照片10.5)

膠羽的一部份與另一部份之間存在有開放的空間者。

(4)膠羽大小(dimension)

- 大型膠羽(如照片10.8)

膠羽直徑（指最遠兩點間距離）大於500 μ m者。

- 中型膠羽(如照片10.9)

膠羽直徑大於150 μ m而小於500 μ m者。

- 小型膠羽(如照片10.10)

膠羽直徑小於150 μm 者。

(5)膠羽組成(composition)

在膠羽中是否能清楚地觀察到許多種微生物？或是僅能看到一種微生物？在膠羽上有多少有機或無機之非細菌性顆粒存在？

(6)細菌的分散生長

有多少游離的細胞存在於膠羽間？

(7)絲狀微生物之存在量

將存在於膠羽的絲狀微生物，利用肉眼估計其存在量，將其分成5類，以0、1、2、3、4代表。

0：膠羽中幾乎沒有絲狀微生物存在。（如照片10.11）

1：有少量的絲狀微生物存在。（如照片10.12）

2：適度的絲狀微生物存在。（如照片10.13）

3：大量的絲狀微生物存在。（如照片10.14）

4：過多的絲狀微生物存在。（如照片10.15）

以上(1)~(7)項所觀察到之污泥膠羽情況，可使用表10.3、表10.4、表10.5等來作成記錄。並且可參考第二章之微生物圖鑑進行微生物種類之辨認，並將所觀察到的微生物相登錄在表10.6。

操作人員利用顯微鏡觀察微生物相膠羽狀況，須每星期三次，建立優勢原生動物之相關表格，若系統呈穩定時，則可每星期進行一次，作為處理系統功能改善之預報，因為活性污泥微生物族群的改變是很慢的，發生根本的改變一般約需2~3倍污泥齡。但是在膨化開始時或採取復育方法(如污泥迴流量大幅改變或加氧)的時期,每天的觀察是必要的。

以下分就活性污泥法及生物膜法之生物處理功能診斷方法進行介紹：

表10.3 膠羽之形態記錄表

膠羽的緊密度和形狀	結 構		大 小		
	開放型	閉守型	小型膠羽	中型膠羽	大型膠羽
緊密型，接近圓球形					
緊密型，不規則形					
脆弱型，接近圓球形					
脆弱型，不規則形					

(請將觀察項目(1)、(2)、(3)、(4)之結果記錄以於上表，填上各型膠羽之數目)

表10.4 膠羽之組成及其他特性記錄表

項 目	膠羽中組成之微生物種類很多		膠羽中組成之微生物種類很少	
變 異 性 (diversity)				
項 目	每 個 視 野 之 數 目			
	數 百	數 十		很 少
細菌的分散生長（存在膠羽間游離之細胞）				
項 目	每 片 載 玻 片 之 數 目			
	許 多	5~10	1~2	沒 有
膠團桿菌(Zoogloea)*				
有 機 纖 維**				

(請將觀察項目(5)、(6)之結果記錄於上表，在格子中打√)

*：請參照片10.16

**：請參照片10.17

表10.5 活性污泥中絲狀微生物之存在量記錄表

絲狀微生物之存在量	類 別 (category)				
	0	1	2	3	4

(請將觀察項目(7)之結果記錄於上表，在格子中打√)

10.1.3 絲狀微生物的鑑定

絲狀微生物的存在數量可使用幾種不同的方法來表示，其中的一種是含量分類法(abundance category)，此方法是以位相差顯微鏡100×進行絲狀微生物觀察，並依數量的多寡評定0至6之等級(如表10.7)，一般觀察時先針對各種絲狀菌之總和數量進行評定，再針對每一種絲狀菌之數量(以1,000× 觀察)個別進行評定，若總和評定之等級為4或大於4時，表示絲狀菌的存在對污泥沉降有不良的影響，若個別絲狀菌數量評定等級為4或大於4時，表示此類絲狀菌佔優勢，是造成污泥膨化現象之主因。另一種絲狀菌數量評定方法是計算由膠羽表面延伸出去的絲狀菌總長度，以每毫升活性污泥菌絲長度表示，更簡單的方法是目鏡中放入刻有格子的玻片，再計算每視野中與水平線交叉的絲狀菌數目。

表10.6 原生動物、後生動物記錄表

纖毛蟲類(Ciliates)			下 毛 目	楯纖蟲(<i>Aspidisca</i>)		
裸 口 目	板殼蟲(<i>Coleps</i>)			尖毛蟲(<i>Oxytricha</i>)		
	管葉蟲(<i>Trachelophyllum</i>)			桿尾蟲(<i>Stylonychia</i>)		
	裂口蟲(<i>Amphileptus</i>)			游仆蟲(<i>Euplotes</i>)		
	漫游蟲(<i>Lionotus</i>)			其他		
	斜管蟲(<i>Chilodonella</i>)					
毛 口 目	其他		鞭毛蟲類(Flagellates)			
	吸 管 蟲 目	腎形蟲(<i>Colpoda</i>)		動 物 性 鞭 毛 蟲	氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas</i>)	
草履蟲(<i>Paramecium</i>)		滴蟲(<i>Monas</i>)				
倒錐蟲(<i>Acineta</i>)		波豆蟲(<i>Bodo</i>)				
錘吸管蟲(<i>Tokophrya</i>)		側滴蟲(<i>Pleuromonas</i>)				
足吸管蟲(<i>Podophrya</i>)		其他				
膜 口 目	尾絲蟲(<i>Uronema</i>)		植 物 性 鞭 毛 蟲	線鞭蟲(<i>Peranema</i>)		
	豆形蟲(<i>Colpidium</i>)			<i>Entosiphon</i>		
	映毛蟲(<i>Cinetochilum</i>)			其他		
	<i>Glaucoma</i>		肉足蟲類(Sarcodina)			
	四膜蟲(<i>Tetrahymena</i>)		太陽 蟲目	太陽蟲(<i>Actinophrys</i>)		
	膜帶蟲(<i>Cyclidium</i>)		變形 蟲目	變形蟲(<i>Amoeba</i>)		
綠 毛 目	鐘形蟲(<i>Vorticella</i>)		有 殼 變 形 蟲 目	簡變蟲(<i>Vahlkampfia</i>)		
	獨縮蟲(<i>Carchesium</i>)			單頂蟲(<i>Arcella</i>)		
	聚縮蟲(<i>Zoothamnium</i>)			<i>Diffugia</i>		
	累枝蟲(<i>Epistylis</i>)			<i>Centrophyxis</i>		
	蓋蟲(<i>Opercularia</i>)			鱗殼蟲(<i>Euglypha</i>)		
	<i>Vaginicola</i>		後生動物(Metazoa)			
	其他		扁形動物(Plathelminthes)			
			輪蟲類(Rotatoria)			
	異 毛 目	喇叭蟲(<i>Stentor</i>)		蛭 態 目	旋輪蟲(<i>Philodina</i>)	
旋口蟲(<i>Spirostomum</i>)		轉輪蟲(<i>Rotaria</i>)				
扭頭蟲(<i>Metopus</i>)						
其他						
		游 泳 目	鞍甲輪蟲(<i>Lepadella</i>)			
			狹甲輪蟲(<i>Colurella</i>)			
			腔輪蟲(<i>Lecane</i>)			
			單趾輪蟲(<i>Monostyla</i>)			
			其他			
			腹毛類鮑蟲(<i>Chaetonotus</i>)			
			線蟲類(Nematoda)			
			軟 體 動 物	蝸牛(<i>Lymnaea</i>)		
		蝸牛(<i>Physa</i>)				
		環節動物(Annelida)				
		原始生殖門目類體蟲(<i>Aeolosoma</i>)				
		原 始 寡 毛 目	剛毛蟲(<i>Nais</i>)			
			<i>Dero</i>			
			吻盲蟲(<i>Pristina</i>)			
		緩步動物熊蟲(<i>Macrobiotus</i>)				
		節肢動物(Arthropoda)				
		甲殼類(Crustacea)				
		鯉 足 亞 綱	金魚蚤(<i>Daphnia</i>)			
			球水蚤(<i>Moina</i>)			
			圓水蚤(<i>Alona</i>)			
		介形亞綱(Cypridae)				
		橈腳亞綱劍水蚤(<i>Cyclops</i>)				
		軟甲亞綱之 <i>Asellus</i> 、 <i>Nipponasellus</i>				
		昆蟲類(Insecta)				
		蛾蚋科(Psychoda)				
		搖蚊科紅蟲(<i>Chironomus</i>)、 <i>Paratanytarsus</i>				
		蛛形類之Hydracarina				

(註) 請以+、-表示各種之存在與否

表10.7 絲狀菌的含量與評定之等級⁽³⁾

評定之等級	描 述
0	沒有絲狀菌
1	絲狀菌只在少數膠羽出現
2	絲狀菌在大約一半的膠羽出現
3	絲狀菌在所有的膠羽出現，但是密度低（每個膠羽1~5個菌絲）
4	絲狀菌在所有的膠羽出現，密度中度（每個膠羽5~20個菌絲）
5	絲狀菌在所有的膠羽出現，密度高（每個膠羽>20個菌絲）
6	絲狀菌佔優勢，大量繁殖，沒有膠羽

除了觀察絲狀微生物的存在數量外，還要鑑定絲狀微生物的種類，鑑定的方法係依據下列11項絲狀菌特性進行菌種之研判，再依據表10.8所示之特性鑑定表，鑑定出其名稱或型式編號⁽⁴⁾。

- 1.分支：是否存在？若有分支存在，是真分支還是假性分支？
- 2.運動性：是否具有運動性？
- 3.菌絲形狀：直的、微彎、彎曲的、捲曲的、不規則形狀或菌絲狀。
- 4.菌絲的位置和長度：菌絲是單獨存在，或是由膠羽表面伸出？或大多在膠羽中央？量出每種菌絲的長度範圍。
- 5.附著生長：是否有附生的細菌存在？
- 6.是否有鞘在存？此點不容易看到，除非菌絲中有菌空缺才看得到，可以用鞘的染色法辨認。
- 7.有無隔膜(cross wall, septa)存在？
- 8.菌的直徑多少？重要的是注意直徑大於1 μm 或小於1 μm 。
- 9.細胞形狀：細胞是正方形、長方形、橢圓型、桶狀、圓盤狀、圓端桿狀或不規則狀？
- 10.細胞內硫顆粒是否存在？硫顆粒在位相差顯微鏡下呈亮黃色。
- 11.染色反應如何？包括革蘭氏染色及Neisser染色。

表10.8a 絲狀微生物的鑑定表

序號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	<i>Beggiatoa</i>	"Cyanophyceae"	<i>Flexibacter</i>	Fungi	<i>H. hydroxys</i>	<i>M. parvicella</i>	<i>Nocardia</i>	<i>N. limicola</i> I	<i>N. limicola</i> II	<i>N. limicola</i> III	<i>S. natans</i>
絲狀微生物				+			+				+*1
真分支或假分支											
運動性	+	±	+								
菌絲狀	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
直或微彎曲	+	+	+								
彎曲或捲曲的	+		+								
菌絲長度<200 μm	±		+		+	+	+	±	±	±	
菌絲上是否有附著生長的細胞					±	±					±
是否有鞘存在		?			+						+
有無隔膜(gross wall, septa) 存	+*3	+	±	+				+	+	+	+
菌絲之細胞直徑	+		+		+	+	+	+	±		
<1.0 μm	+		+		+	+	+	+	±	+	+
1.0~2.2 μm	+		+								
>2.5 μm	+	+		+							
細胞是正方形或長方形	+*3	+	+	+	∞	∞	∞				
細胞是橢圓形、橢圓、圓盤			+		∞	∞	∞	+	+	+	+
狀、圓端桿狀或不規則形											
可直接看到亮黃色顆粒	+										
細胞內有硫顆粒存在	+										
在硫顆粒試驗後才觀察到											
PHB顆粒存在與否 *9											±
陽性(positive)		±		*4		+	+	+	+	+	
革蘭氏染色											
陰性(negative)	+	+	+	*4	+						+
Neisser 染色						±*6		±*7	±*7	±*7	
陰性(negative)	+	+	+	+	+		+				+

± = 有時候； ? = 未知； ∞ = 細胞形狀無法在相差顯微鏡觀察到；

*1假分支 *2有時呈瓣狀構造(rosettes) *3只有在去除硫顆粒後才可觀察到

*4真菌(Fungi)無法進行革蘭氏染色 *5模糊的 *6顆粒狀 *7灰藍色絲狀

*9 poly- β -hydroxy butyric acid

*8細小顆粒狀

表10.8b 絲狀微生物的鑑定表

序	號	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
位 相 差 顯 微 鏡 觀 察 700 × 1000 ×	絲狀微生物	Thiothrix	Type 0041	Type 0092	Type 021N	Type 0581	Type 0803	Type 0914	Type 0961	Type 1701	Type 1851	Type 1863
	真分支或假分未	*2			*2					±*1		
	運動性											
	菌絲狀	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	直或微彎曲											
	彎曲或捲曲的											
	菌絲長度<200 μm	±	±	+	±	+	±	+		+	±	+
	菌絲上是否有附著生長的細菌		±							+	+	
	是否有鞘存在	±	+						?	+	+	
	有無隔膜(cross wall, septa)存	+*3	+		+		+	+*3	+	+	±	+
	菌絲之細胞	+	±	+	±	+	+	+		+	+	+
	直徑	+	+		+				+			
	<1.0 μm											
	1.0~2.2 μm											
	>2.5 μm											
明 視 野 觀 察	細胞是正方形或長方形	+*3	+	∞	±	∞	+	+*3	+		∞	
	細胞是橢圓形、桶狀、圓盤狀、圓端桿狀或不規則形	+*3		∞	+	∞				+	∞	+
	可直接看到亮黃色顆粒	±						+				
	細胞內有硫											
	顆粒存在	+	±*8		±*8							
	在硫顆粒試驗後才觀察到											
	PHB顆粒存在與否*9									±		
	陽性(positive)		+				±	+			+*5	
	草蘭氏染色											
	陰性(negative)	+	±	+	+	+	+		+	+		+
Neisser	陽性(positive)											
	陰性(negative)						±*6					
染色	陽性(positive)	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
	陰性(negative)											

± = 有時候； ? = 未知； ∞ = 細胞形狀無法在相差顯微鏡觀察到；

*1假分支 *2有時呈叢狀構造(rosettes) *3只有在去除硫顆粒後才可觀察到

*4真菌(Fungi)無法進行革蘭氏染色 *5模糊的 *6顆粒狀 *7灰藍色絲狀

*8細小顆粒狀 *9 poly- β -hydroxy butyric acid

10.2 診斷技術之介紹

10.2.1 活性污泥法之生物處理功能診斷技術

1. 活性污泥之膠羽特性與沉降性之關係

國內部份學者專家曾對家庭社區生活污水活性污泥法處理進行深入探討⁽⁵⁾，發現膠羽特性與污泥沉降性有密切之關係。

(1) 膠羽結構與SVI之關係

如圖10.1，顯示污泥中開放型膠羽所佔之百分比愈低時，則SVI值愈小，當SVI大於200（亦即鬆化污泥）時，開放型膠羽佔45%以上，而在SVI值大於400以上時，開放型膠羽所佔之百分比幾乎為一定值，約為75%左右，由此可見，當活性污泥中開放型膠羽所佔比例高於45%以上時會造成污泥鬆化的現象。在開放型膠羽中，有一類膠羽較為特殊，整個膠羽是由絲狀細菌組成網狀構造，內含小型緊密的膠羽，稱為結聚型膠羽(agglomerates)，亦即此膠羽是由許多小型緊密的膠羽附著在絲狀細菌組成的網狀構造上，圖10.2所示為結聚型膠羽與SVI的關係，當SVI值在400及400以上時，其污泥中約含35%左右的結聚型膠羽；SVI值小於300時，則結聚型膠羽所佔之百分比小於20%以下，亦即結聚型膠羽所佔之百分比愈高，則沉降性愈差。

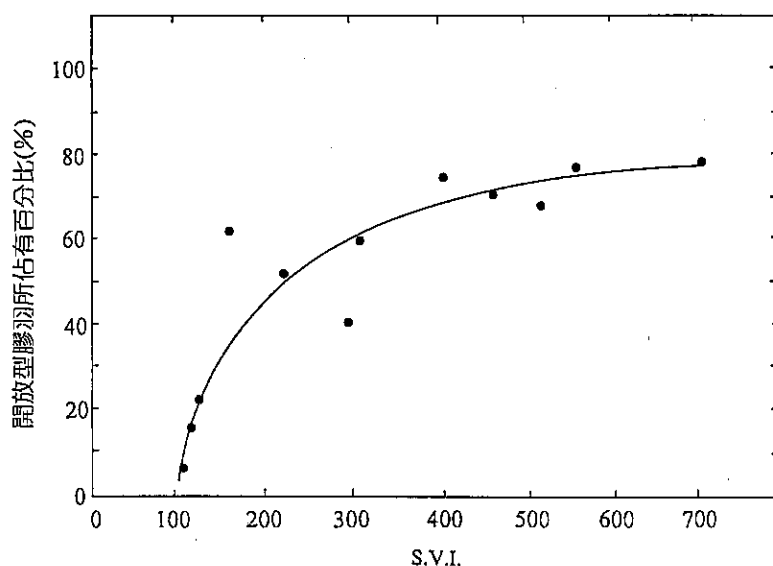


圖10.1 膠羽的結構與SVI之關係

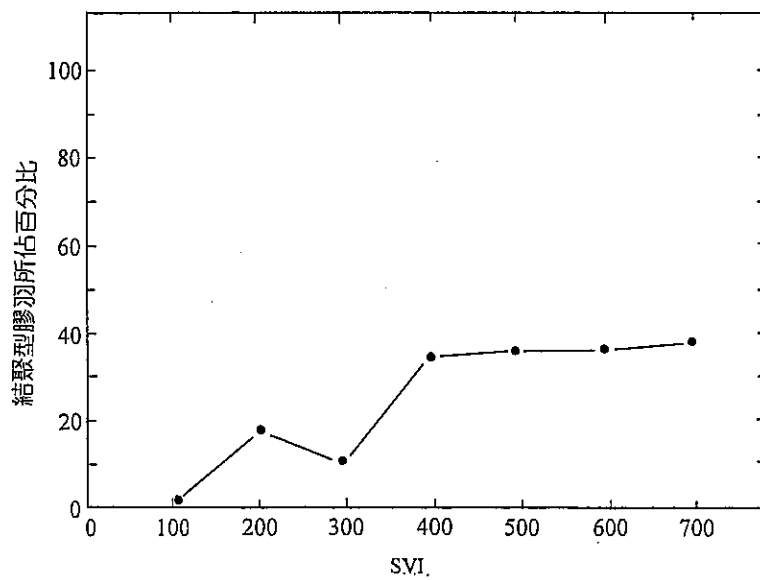


圖10.2 結聚型膠羽與SVI之關係

(2) 膠羽之大小與SVI 之關係

由圖10.3顯示膠羽的大小可影響污泥的沉降性，在正常污泥中大型膠羽所佔的百分比較高（約在70%與80%之間），小型膠羽的含量在30%以下；當SVI值漸增時，小型膠羽之含量亦漸增多；SVI值在500及500以上時，其小型膠羽之含量通常大於60%，大型膠羽含量則在30%以下，由圖10.3也可看出中型膠羽的含量與SVI值無關，其含量在20%至30%之間。

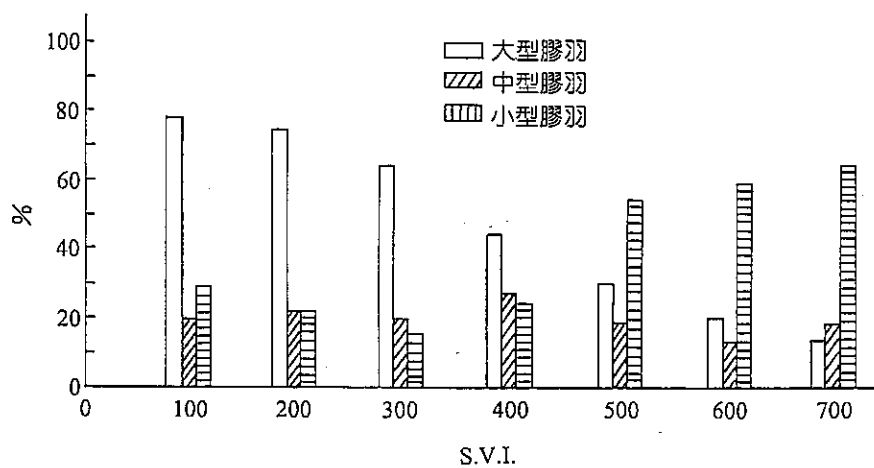


圖10.3 膠羽大小與SVI之關係

(3) 膠羽的緊密度及形狀與SVI之關係

由圖10.4顯示，當污泥中緊密而接近圓球型膠羽所佔之百分比高時（約在45%至90%之間），其SVI值小，當緊密而不規則型膠羽所佔之百分比高時，則SVI值大，同時可以看出，脆弱而接近圓球型膠羽與SVI值之關係為：當SVI在200至400之間時，此型膠羽約佔20~25%，而當SVI小於200或大於400時，此型膠羽只佔5%左右。脆弱而不規則型膠羽與SVI之關係為：SVI在200至400之間時，此型膠羽約佔10~15%，而SVI小於200或大於400時，則此型膠羽幾乎不存在。由此可見，當污泥中緊密而接近圓球型膠羽含量愈高，緊密而不規則型膠羽含量愈低，沉降性愈好。

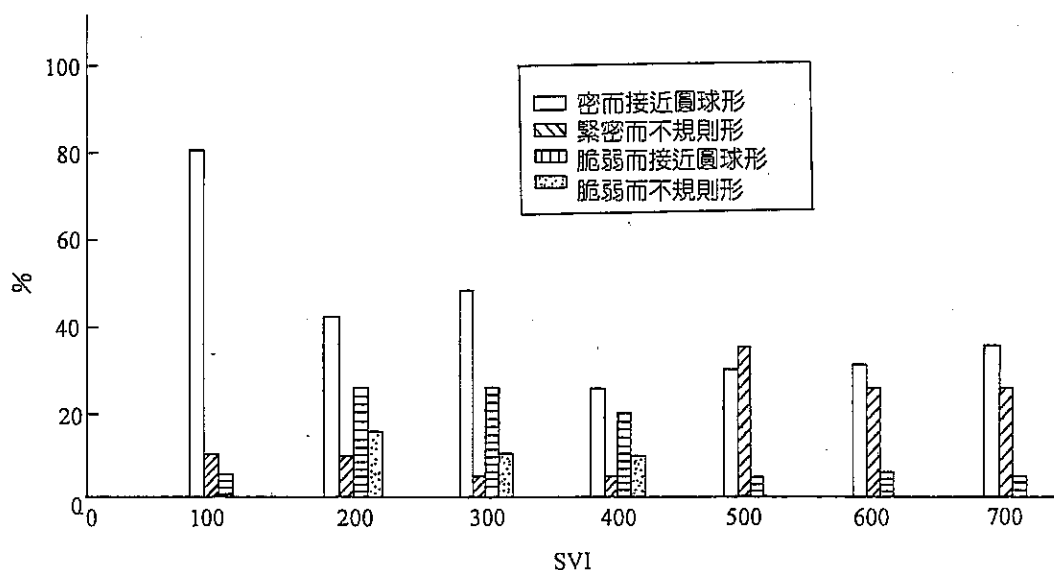


圖10.4 膠羽的緊密度和形狀與SVI之關係

(4) 其他微生物相與處理系統效率之關係

服務團於輔導協助國內製革及造紙等工廠進行廢水污染防治改善的過程中發現，當活性污泥槽中之有機纖維（如照片10.18及照片10.19）含量多時，表示處理流程中之初級處理功能（如攔污柵、沉砂池等處理單元）及一級化學混凝沉澱單元處理效果不佳，以致大量有機纖維流入活性污泥槽中造成污泥齡減短，活性污泥之有機負荷增大，使得所生成之污泥膠羽結構鬆散而不易沉澱。

另若發現活性污泥微生物相絕大部分為桿菌（如照片10.20）及少數之絲狀菌（如照片10.21）存在時，顯示原有活性污泥系統處於長期厭氣狀態，正常之活性污泥膠羽已不復存在，應先檢修活性污泥槽之曝氣系統或改善曝氣操作條件，再重新植種馴養。

(5)絲狀微生物菌絲長度與污泥沉降特性之關係

膠羽中絲狀微生物菌絲長度的計量，可以幫助我們判斷SVI和鬆化現象的關係。由圖10.5我們知道每毫升活性污泥樣本中，絲狀菌菌絲長度和SVI的關連性，菌絲長度約略超過 $10^7 \mu\text{m/ml}$ 就表示污泥已經開始發生鬆化現象。所以由絲狀菌菌絲的長度計量，亦可作為污泥沉降特性的指標，也可作為程序控制之參考。

經由顯微鏡觀察活性污泥膠羽，吾人發現；在活性污泥微生物中，絲狀微生物佔有相當重要之地位，因為在曝氣槽中保持適量的絲狀微生物，將更有助於污泥膠羽之形成。

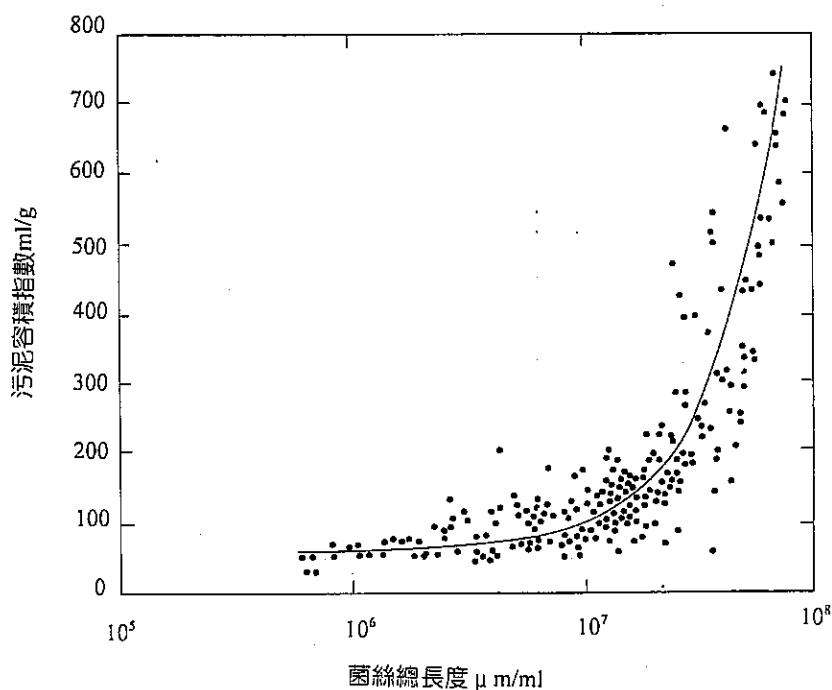


圖10.5 絲狀菌菌絲長度與污泥沉降特性之關係圖⁽⁶⁾

2.微生物相與活性污泥運轉狀況之關係

(1)微生物種類與生物處理效率之關係

由圖10.6活性污泥食物鏈組成狀況、圖10.7在活性污泥生成過程中原生動物的變遷及，可瞭解當微生物相中原生動物、線蟲類及輪蟲類數量多時，表示生物處理系統處於正常運轉狀態，有機物的去除已達到相當好的效果。

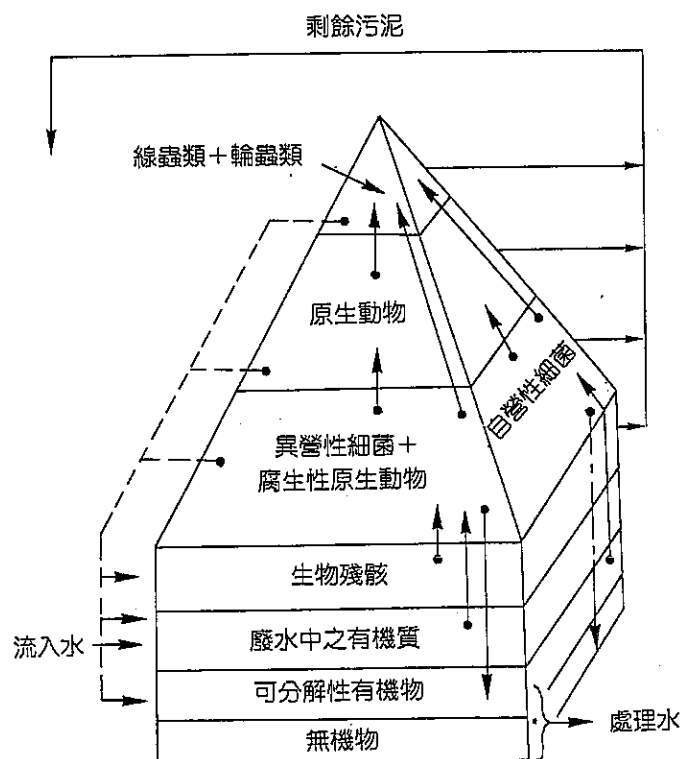


圖10.6 活性污泥食物鏈組成狀況⁽⁷⁾

另由Curds, Cockburn(1970)得到微生物種類與BOD-SS負荷之關係圖，如圖10.8。由圖中發現在一般活性污泥法BOD-SS負荷 $0.2 \sim 0.4 \text{ kg/SS-kg-d}$ 的狀況下，以溝鐘蟲(*Vorticella convallaria*)及集蓋蟲(*Opercularia coarctata*)等鐘形蟲屬數量佔優勢。

日本下水道協會(1990年)亦將多年來活性污泥BOD-SS負荷與生物相之關係，加以整理如表10.9所示；並就處理負荷、溶氧與微生物相之關係，加以整理如表10.10所示。

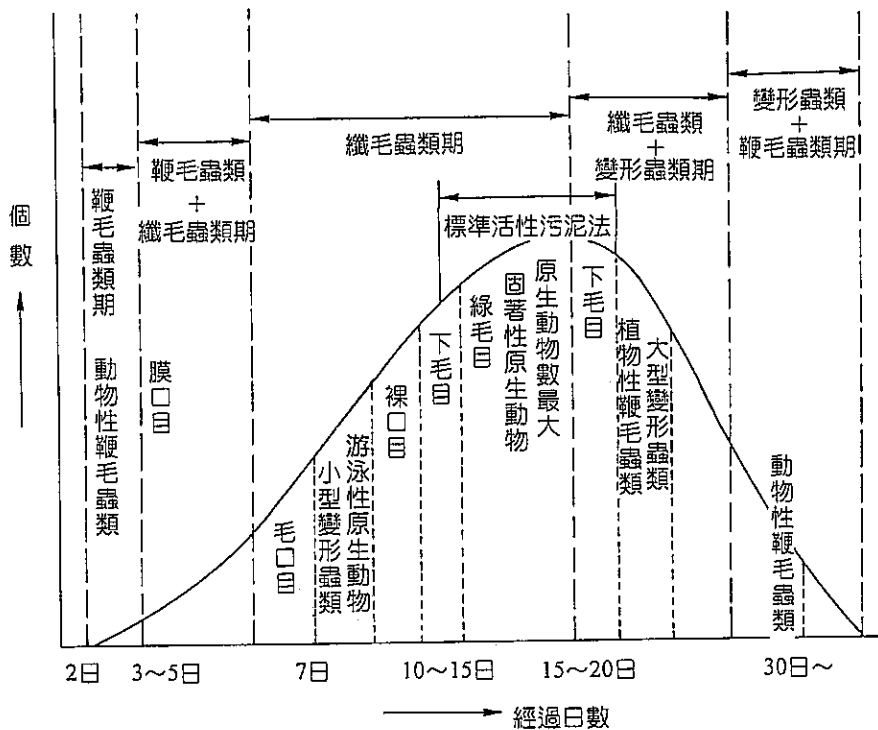


圖10.7 在活性污泥生成過程中原生動物的變遷⁽⁸⁾

(2) 活性污泥操作運轉狀況及微生物相之關係^{(1),(11)}

• 活性污泥操作良好時出現的微生物相

活性污泥處理系統在操作運轉狀況良好時常出現之微生物種類包含有緣毛目鐘形蟲(*Vorticella*屬)、累枝蟲(*Epistylis*屬)、蓋蟲(*Opercularia*屬)、獨縮蟲(*Carchesium*屬)、聚縮蟲(*Zoothamnium*屬); 下毛目楯纖蟲(*Aspidisca*屬)及各種吸管蟲類、輪蟲類、寡毛類等固定附著型或匍匐運動型原生動物, 出現這樣的微生物相, 顯示活性污泥處理系統已發揮正常的處理功能, 而這些活性污泥微生物亦可稱之為指標性活性污泥微生物。

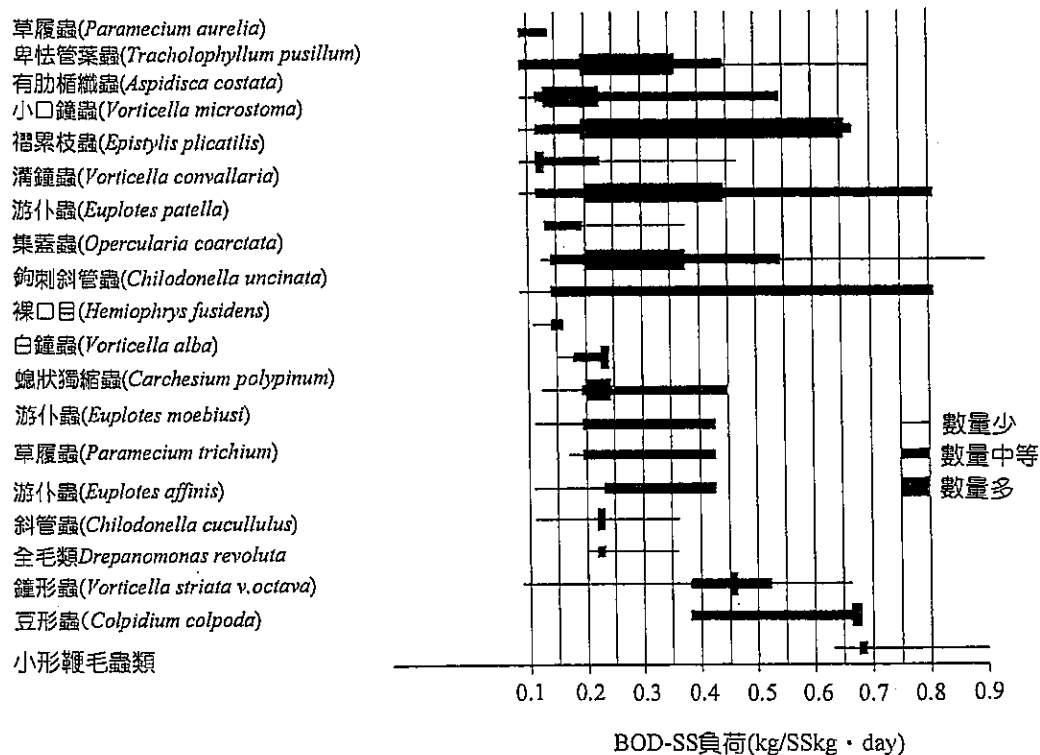


圖10.8 活性污泥法BOD-SS負荷與微生物相之關係圖⁽¹⁰⁾

由圖10.9 都市生活污水之標準活性污泥法微生物個數與處理後水質COD關係圖，及圖10.10長時間曝氣活性污泥法微生物個數與處理後水質COD關係圖，加以比較，發現當處理後水質BOD在20mg/L以下時，則活性污泥混合液中必須每ml要有1,000~2,000個以上的微生物個體存在。此外，對於全部個體數中，活性污泥指標性微生物所佔的比例也很重要，通常若有80%以上就可得到良好的處理水質，此時的足質蟲類與動物性鞭毛蟲側滴蟲(*Pleuromonas*屬)、植物性鞭毛蟲*Entosiphon*屬與線鞭蟲(*Peranema*屬)等在計算活性污泥指標性微生物的比例時，可不必加以特殊考慮。因為這些微生物在處理水質良好的情況下，有時也會出現。我們可參考日本下水道協會(1990)整理出來之較標準負荷稍高之活性污泥微生物相(如圖10.11及照片10.22)及較標準負荷稍低之活性污泥微生物相(如圖10.12及照片10.22)，原則上只要能保持在此兩種生物相的操作條件下，生物處理功能已充分發揮。

表10.9 活性污泥BOD-SS負荷與微生物相關係表⁽¹¹⁾

負 荷 狀 况		原 生 動 物					後 生 動 物
		肉足蟲及鞭毛蟲類		緣 毛 目	纖 毛 蟲 類	其 他 之 纖 毛 蟲 類	
		鞭毛蟲類	肉足蟲類 變形蟲目				
超高負荷	呈黑色或灰黑色 有硫化氫臭味		動物性鞭毛蟲 <i>Trepomonas</i>			膜口目尾絲蟲 <i>Uronema</i> 異毛目扭頭蟲 <i>Metopus</i> 裸口目漫游蟲 <i>Lionotus</i> 膜口目腹帶蟲 <i>Cyclidium</i>	 (蛭態目輪蟲) 轉輪蟲 <i>Rotaria</i> 旋輪蟲 <i>Philodina</i>  (游泳性輪蟲) 鞍甲輪蟲 <i>Lepadella</i> 腹毛類輪蟲 <i>Chaetonotidae</i>  熊蟲 類體蟲 環節動物 <i>Aelosoma</i>
	白濁 BOD 20mg/L 以上	 滴蟲 <i>Monas</i> 波豆蟲 <i>Bodo</i>	鐘形蟲 <i>Vorticella</i> (小型)  <i>Vorticella</i> (單獨) 果枝蟲 <i>Epistylis</i>		裸口目斜管蟲 <i>Chilodonella</i> 裸口目 <i>Triphigimostoma</i> (大型之斜管蟲 <i>Chilodonella</i>) 裸口目裂口蟲 <i>Amphileptus</i>		
高負荷	BOD 20mg/L 以上	 草頂蟲 <i>Arcella</i> 植物性鞭毛蟲 <i>Eutrochophora</i>	鐘形蟲 <i>Vorticella</i> (小型)  <i>Vorticella</i> (單獨) 果枝蟲 <i>Epistylis</i>		裸口目 <i>Trochilata</i> 下毛目游仆蟲 <i>Euplates</i> 裸口目 <i>Parodon</i> 之類似種	板殼蟲 <i>Coleps</i>	
偏低負荷	BOD 10mg/L以下 NOD > BOD	 <i>Pyxidicula</i> 鱗殺蟲 <i>Euglypha</i>			裸口目 <i>Trochilata</i> 下毛目游仆蟲 <i>Euplates</i> 裸口目 <i>Parodon</i> 之類似種	異毛目旋口蟲 <i>Spirostomum</i>	
低負荷	NOD + BOD 5mg/L以下	 線鞭蟲 <i>Peranema</i> <i>Centropyxis</i>	(大型) (群體) <i>Vaginicola</i>	異毛目 <i>Blepharisma</i> 下毛目 <i>Chaetopira</i> 倒錐蟲 <i>Acineta</i>	異毛目旋口蟲 <i>Spirostomum</i> 裸口目 <i>Calyptotricha</i>	板殼蟲 <i>Coleps</i>	

日本下水道協會，1990。NOD：氨氮含量

獨栖蟲 *Carchesium*

(日本下水道協會，1990)，NOD：氮需氧量

獨縮蟲 *Carchesium*

表10.10 活性污泥處理負荷、溶氧狀況與微生物相之關係⁽¹¹⁾

	高負荷	標準負荷	低負荷
• 個體數	多		少
• 種類數	少		多
• 蟲體大小形狀	小形		大形
• 細菌類	分散狀細菌類	分散狀細菌類	分散狀細菌類
		膠羽狀細菌類	
• 原生動物	小形鞭毛蟲類	植物性鞭毛蟲類	
		纖毛蟲類	
			後生動物
• 移動型	游泳型	游泳型	游泳型
		匍匐運動型	
		附著・固著型	
• 有殼與否			有殼型

DO(溶氧量)

	DO不足	DO : 2~3 mg/L	低負荷所造成之 DO消耗量較低
• 原生動物	鞭毛蟲類	纖毛蟲類	變形蟲類
• 後生動物	線蟲類	輪蟲類	其他之後生動物
• 細菌類	分散狀細菌類	絲狀性細菌類	膠羽狀細菌類

• 活性污泥狀態惡劣時出現的微生物相（非活性污泥性微生物）

活性污泥處理系統操作運轉不正常，致使水質惡化時出現之微生物種類包含有膜口目豆形蟲(*Colpidium*屬)、毛口目腎形蟲(*Colpoda*屬)、毛口目草履蟲(*Paramecium*屬)、膜口目*Glaucoma*屬、動物性鞭毛蟲波豆蟲(*Bodo*屬)、氣球屋滴蟲(*Oicomonas*屬)、滴蟲(*Monas*屬)等之較快速游動的微生物種類。這些微生物大量出現時，活性污泥膠羽多半變得破碎而細小，膠羽尺寸在100~200 μ m以下。在活性污泥狀態惡劣的時候，*Bodo*屬、*Oicomonas*屬、*Monas*屬等的微小鞭毛蟲類所佔的比例變得極高。而且在處理機能極端惡化時，甚至連微小動物都幾乎無法發現，僅可觀察到大量的分散狀細菌。此時活性污泥的凝集能力降低，分散性膠羽所佔的比例變得很高。此外，由於微小鞭毛蟲類的體長很多是在10 μ m以下，不易發現，因此，在顯微鏡觀察時要特別注意。當活性污泥中微小動物的數量稀少時活性污泥槽泰半是處於BOD負荷很高，溶氧量不足的狀態，另外亦可在有害

物質流入時觀察到這種情形。一旦活性污泥處理系統發生這種異常現象時，即必須深入檢討處理系統之操作運轉條件，並加以克服。圖10.13、照片10.23及圖10.14是活性污泥槽在高負荷及超高負荷的情況下出現之微生物相。

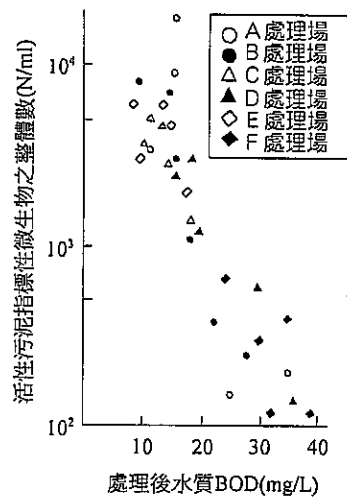


圖10.9 標準活性污泥法指標性微生物個數與處理後水質BOD關係圖⁽¹⁾

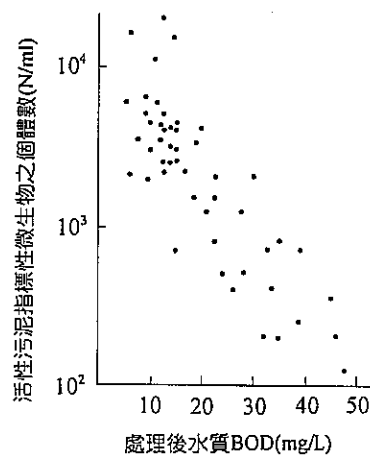


圖10.10 長時間曝氣活性污泥法指標性微生物個數與處理後水質BOD關係圖⁽¹⁾

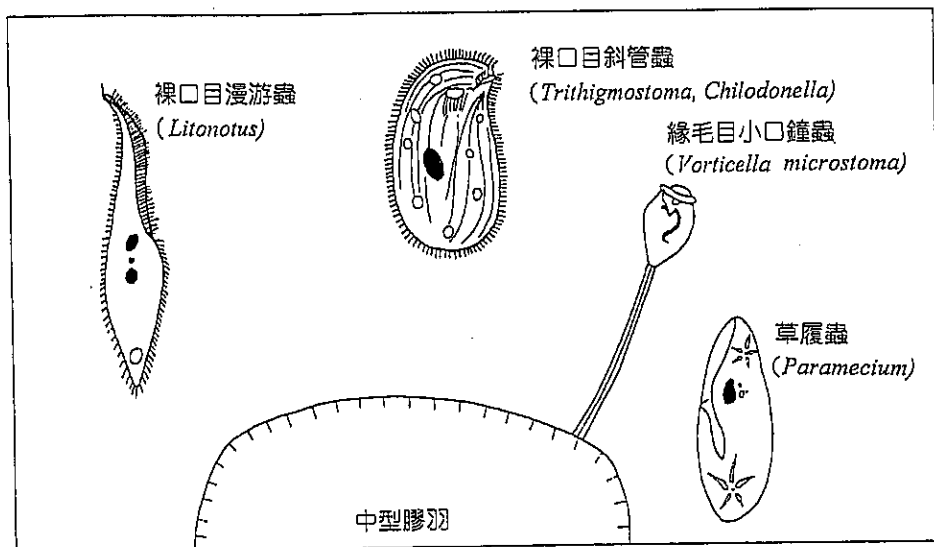


圖10.11 較標準負荷稍高之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

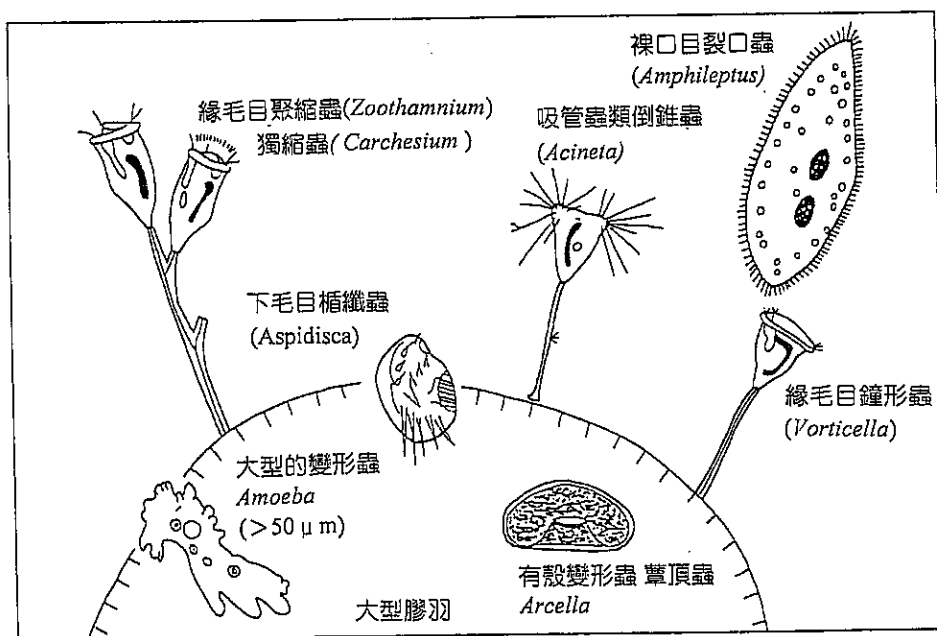


圖10.12 較標準負荷稍低之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

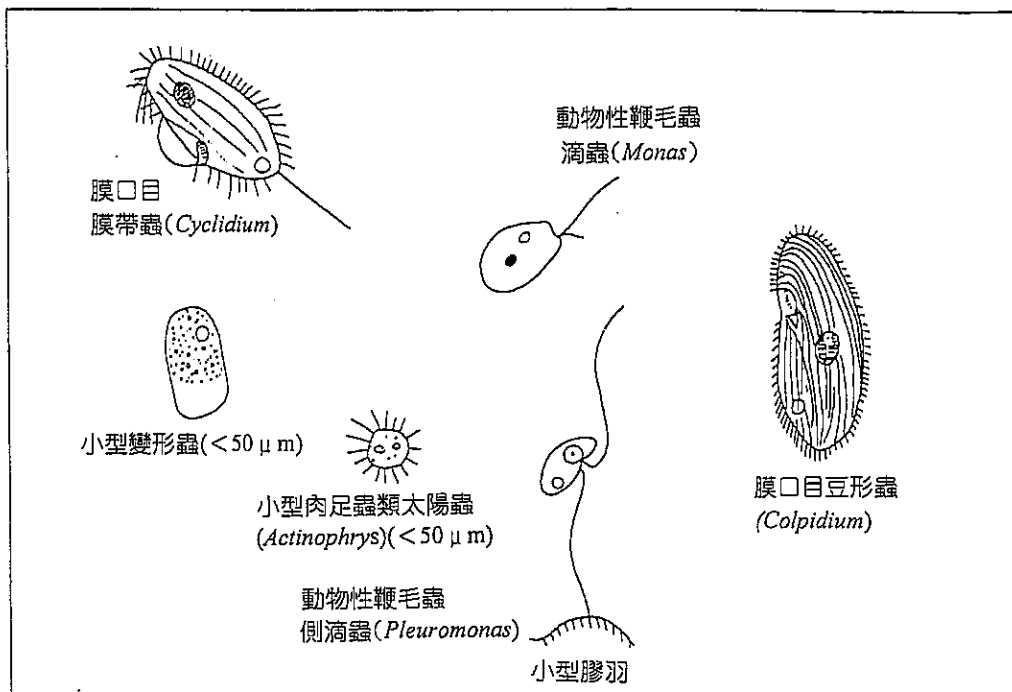


圖10.13 高負荷活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

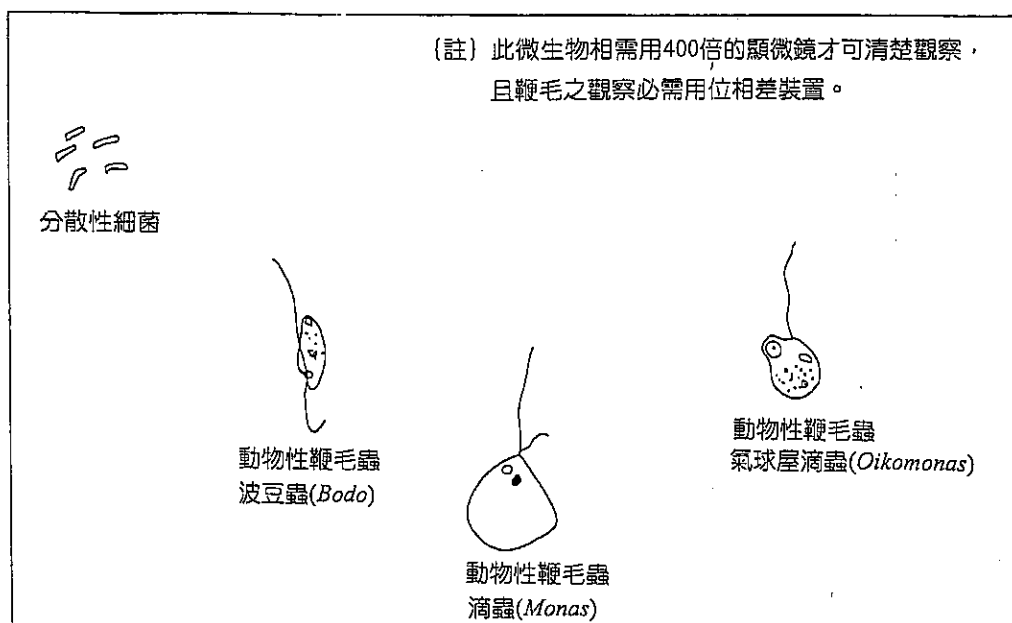


圖10.14 超高負荷活性污泥之微生物相

- 活性污泥惡化到恢復期間之微生物相（中間活性污泥微生物）

有裸口目漫游蟲(*Lionotus*屬)、裸口目管葉蟲(*Trachelophyllum*屬)、裸口目針葉蟲(*Loxophyllum*屬)等緩慢游動或匍匐運動型微生物出現，這些生物不常以優勢狀態出現，由於這些生物是出現在過渡期，大量出現的期間約在系統啓動後5~10日左右。

- 活性污泥分散、解體時出現的微生物相

變形蟲目變形蟲(*Amoeba*屬)、簡變蟲(*Vahlkampfia*屬)等的肉足蟲類會在活性污泥分散解體時出現的指標生物，當1ml活性污泥混合液中出現上述之肉足蟲類微生物達數萬個以上時，會使污泥膠羽變小，放流水質白濁。當情況惡化到這種地步時，要挽回局勢，則為時已晚。如果發現這些微生物急速地增加，必須立刻減少迴流污泥量以增加污泥負荷，在此情形下操作，可抑制解體現象到某種程度。

- 結聚型膠羽出現時之微生物相

分枝絲菌(*Sphaerotilus*屬)、硫絲菌(*Thiothrix*屬)、奴氏菌(*Nocardia*屬)等各種黴菌類絲狀微生物是形成結聚型膠羽的原因生物，這種絲狀微生物若異常增殖，則活性污泥會變成棉絮狀，靜置許久也不容易沉澱，SVI為200~600或更高，在顯微鏡下觀察，如棉絮狀之污泥膠羽就好像絲狀微生物糾纏成亂線一樣地。在結聚型膠羽污泥中也會出現微小動物，但是個體數比一般正常的污泥少，絲狀性結聚型膠羽形成的原因可能為：BOD：N或BOD：P之比率偏高、低pH值、高BOD負荷、進流廢水中含有多量的低分子碳氫化合物、低水溫、重金屬等的有毒物質流入，當有上述原因或異常現象發生時，經常可觀察到大量絲狀結聚型膠羽的存在。

在發現或認定有結聚型膠羽大量生成的現象時，根據學理上所提之解決對策有下列6項，但需分別作現場之驗證，才能找出最恰當之解決對策：

(1)增加迴流污泥量。

(2)添加鐵鹽(氯化鐵5~50mg/L)，鋁鹽(硫酸鋁10~100mg/L)，氯(10~20mg/L左右)，過氧化氫(40~200mg/L)，前二者連續添加，後二者間歇添加。

(3)降低溶氧濃度。

(4)降低BOD 負荷。

(5)在曝氣槽中停止曝氣一段時間，靜置後再流出。

(6)將迴流污泥再曝氣（在分段曝氣法中，將第一曝氣槽做為迴流污泥的再曝氣使用）等可抑制結聚型膠羽的生成於某一程度。

日本產業用水調查會(1985)曾發現，當絲狀性結聚型膠羽產生時，會出現一種原生動物，專門攝食絲狀微生物，以減輕污泥膨化現象，此種原生動物為裸口目Dysteriidae科之全毛類原生動物裸口目(*Trochilodes* sp.)。

• 溶氧量不足時出現的微生物相

白硫絲菌(*Beggiatoa*屬)、異毛目扭頭蟲(*Metopus*屬)、異毛目水母蟲(*Caenomorpha*屬)等微生物會在溶氧不足的情況下出現，當這些微生物出現在曝氣槽中，有些活性污泥膠羽會呈現黑色狀，並產生腐敗的臭味，這時候必須增加送氣量，提高溶氧的濃度，以抑制此等微生物的大量繁殖。(如圖10.15、照片10.24、照片10.25及圖10.16)。

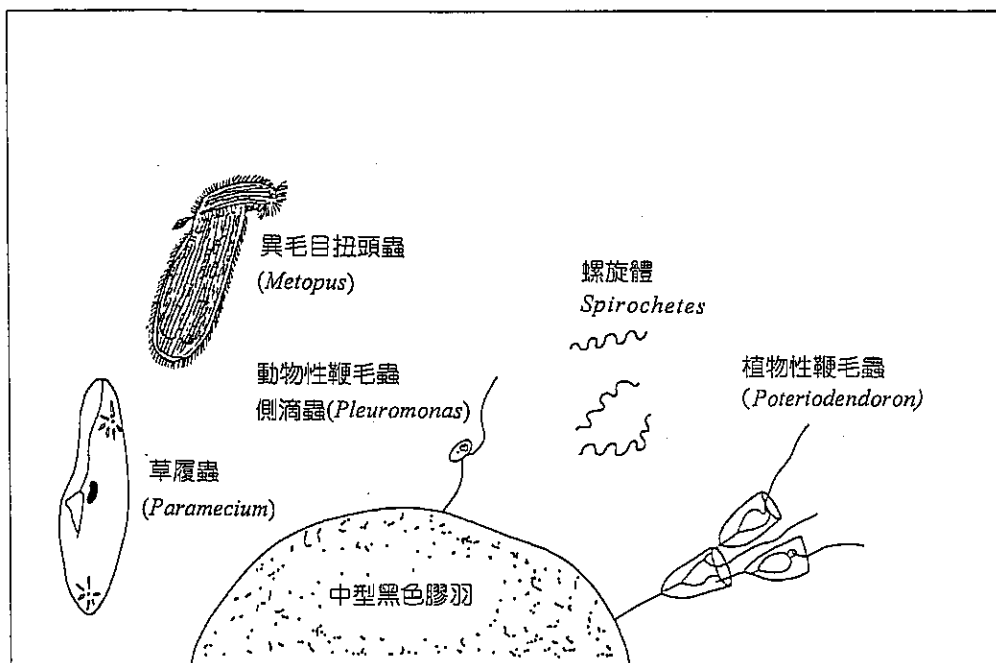


圖10.15 低溶氧活性污泥之微生物相⁽¹¹⁾

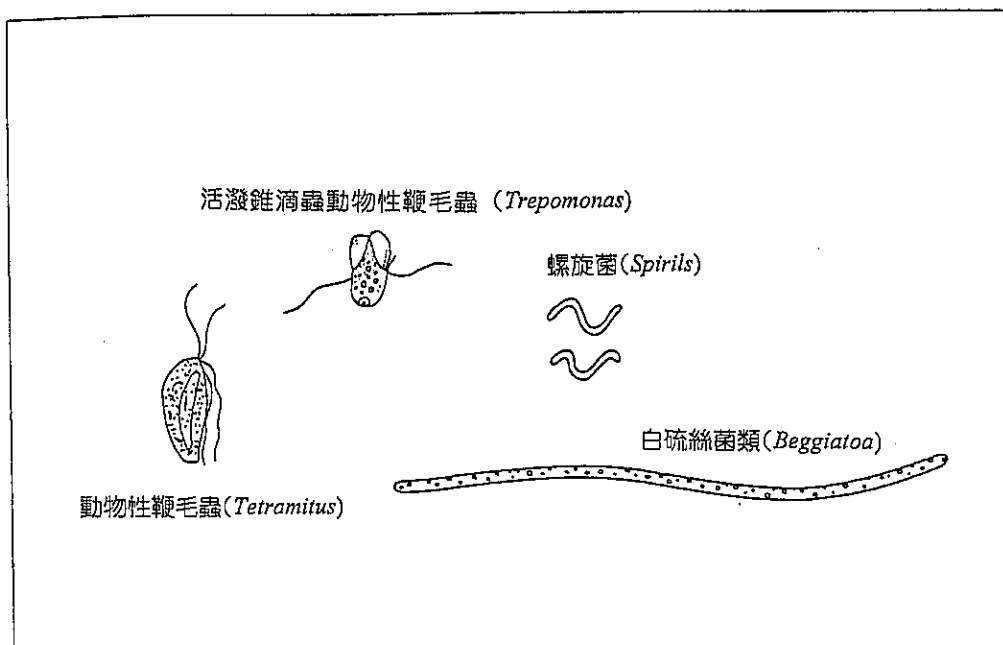


圖10.16 極低溶氧活性污泥之微生物相⁽¹¹⁾

- 曝氣過度時出現的微生物相

若持續曝氣過度，則溶氧量會在 5mg/L以上，在此情況下各種的肉足蟲類與輪蟲類就會大量的出現，當發生這種現象時，應減低曝氣量，以逐漸回復成正常的微生物相。

- 低負荷狀況下所出現的微生物相

在低有機負荷的情況下下毛目游仆蟲(*Euplotes*屬)、異毛目旋口蟲(*Spirostomum*屬)、輪蟲類、有殼變形蟲目葦頂蟲(*Arcella*屬)、有殼變形蟲目鱗殼蟲(*Euglypha*屬)等微生物會以優勢姿態出現，當這些微生物出現數量較多的時候，亦是硝化作用進行的重要指標。(如圖10.17及圖10.18所示。在此種狀況下，可逐步增加處理負荷。

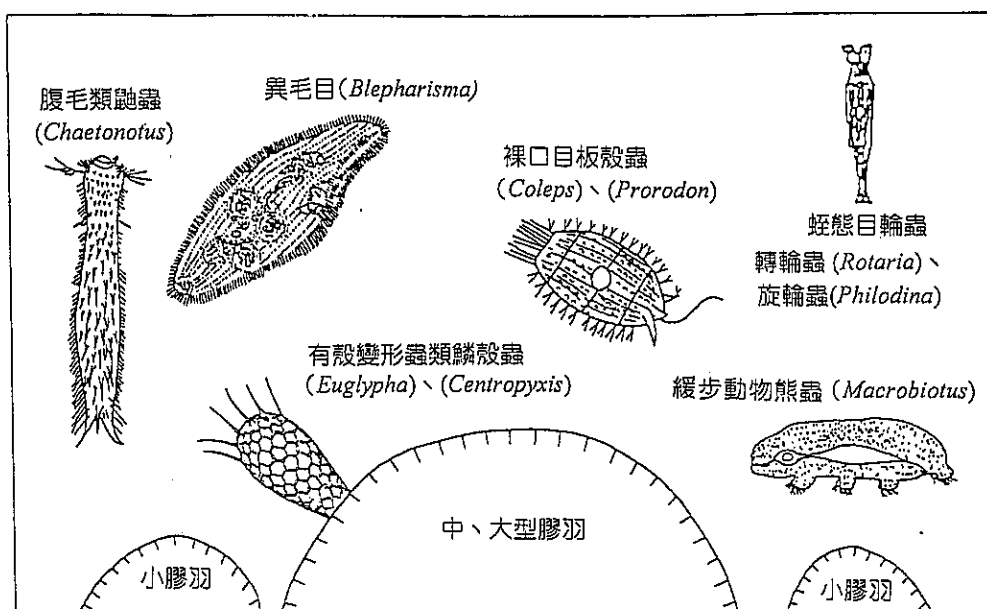


圖10.17 污泥停留時間長且在低負荷時之微生物相⁽¹¹⁾

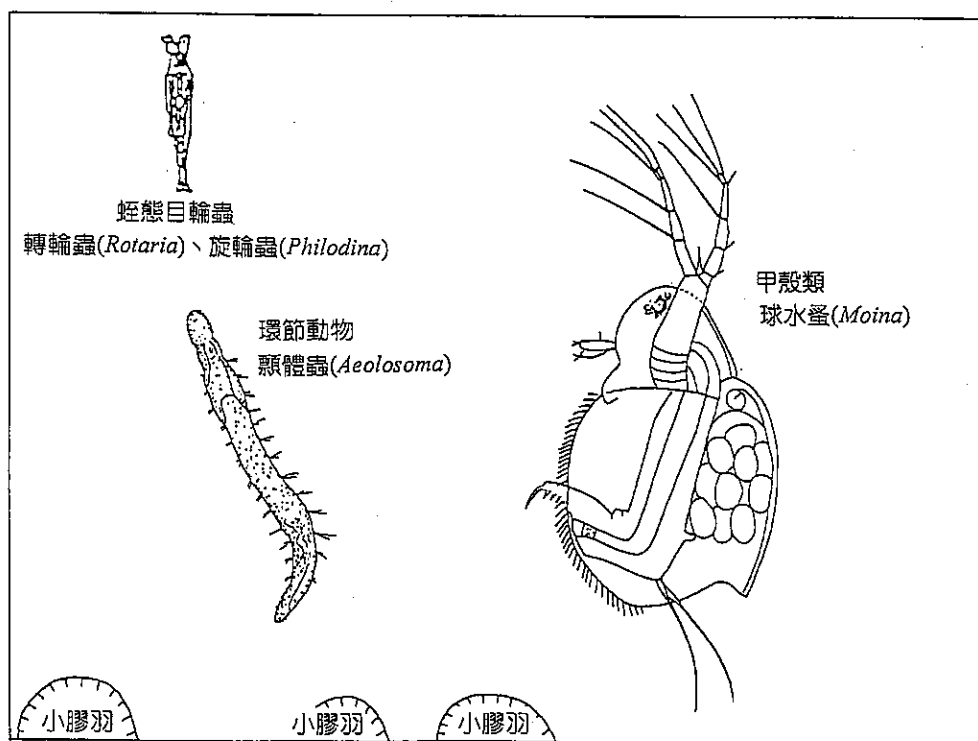


圖10.18 超低負荷之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

- 有害物質流入時之生物相變化

原生動物與輪蟲類等的微小動物由於對有害物質極為敏感，當發生有害物質流入時所受的影響尤甚於細菌，因此藉由觀察微小動物可以斷定有害物質帶給活性污泥的影響。在活性污泥指標性生物中最容易受到影響的是下毛目楯纖蟲(*Aspidisca*屬)，因此當楯纖蟲急速減少時，即可推斷是有害物質的影響或有某些環境的變化。此時就必須提高曝氣槽內的微生物濃度，同時應深入追查有害物質之來源並謀求解決對策。

(3)原生動物與活性污泥操作⁽²⁾

原生動物及其他較高等的動物種類與處理廠之操作條件及放流水水質的好壞有密切關係，而且這些生物對於進流水毒性的評估特別有用。原生動物及其他動物組成約佔活性污泥生質量的5%，活性污泥的原生動物約有200種，數目約為每毫升一百個至十萬個，最常見的是每毫升五百個至數千個。原生動物及其他動物之最重要功能是除去細菌、病原菌以得到澄清的放流水，此外也會幫助膠羽的生成，或是因運動而將大的膠羽打破。一般觀察原生動物的方法是取一滴(0.05ml)活性污泥在載玻片上，放上一片蓋玻片，以位相差顯微鏡100×觀察，每片蓋玻片所算的數目乘上20倍即為每毫升的生物數。

活性污泥中所含的原生動物及其他較高等的生物可以依其運動性分為鞭毛蟲(flagellates)、變形蟲(amoeba)、自由游動纖毛蟲(free-swimming ciliates)、固著式纖毛蟲(attached ciliates)、輪蟲(rotifers)及其他無脊椎動物(invertebrate)六類：

其中無脊椎動物類(invertebrates)是含線蟲、緩步動物(tardigrades)及環形動物(annelides)。

原生動物和無脊椎動物依生長條件的不同，在活性污泥中衍生繁殖，食物的可利用性決定了那一類動物佔優勢。鞭毛蟲類、變形蟲類及一些小型、自由游動的纖毛蟲類因為移動迅速且捕食機構較有效率，故可捕食較高的細菌數目（大於每毫升 10^6 或 10^7 個），因此在處理廠的起動階段、污泥停留時間(SRT)短及高食微比(F/M)時，這些微生物都會佔優勢，相反的，固著式纖毛蟲、輪蟲及其他無脊椎動物，因為可以附著在膠羽上，而且可以靠纖毛的活動捕食，故通常可以在細菌數量較少的環境下生長，在長的SRT及低的食

微比下，這些微生物佔優勢，圖10.19顯示依照操作參數之變化，活性污泥中原生動物及其他生物顯著的變遷情形。

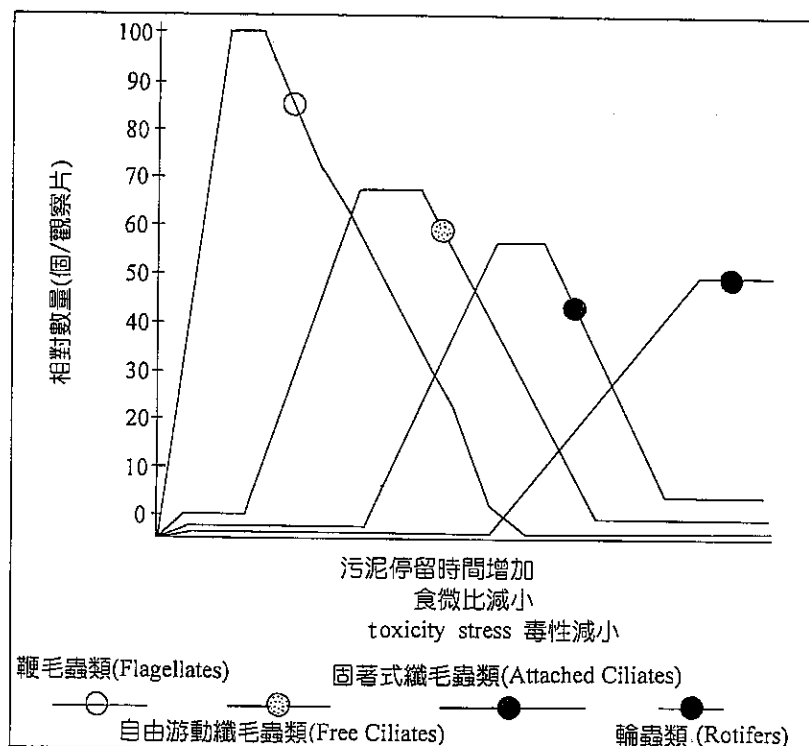


圖10.19 活性污泥中原生動物及其他微生物的相對數量與操作條件的關係

適當的活性污泥操作應該是游動性纖毛蟲、固著式纖毛蟲及輪蟲維持平衡，若某些種類大量出現，可推知其有機負荷偏高或偏低，表10.11為活性污泥的有機負荷與佔優勢的原生動物及較高等動物之關係。

毒性物質的評估也是微生物相觀察重要的應用之一，纖毛蟲和輪蟲一般而言是最初也是最容易受毒性物質影響的原生動物種類，可以作為毒性物質或其他環境變異的監測指標，緩慢或中斷的纖毛運動通常是最早可看到的毒性或異常壓力之信號。若佔優勢的原生動物轉變為鞭毛蟲及小型、游動性纖毛蟲大量繁殖時，有時高達每毫升一萬個生物，則顯示活性污泥的解體，以

及作為食物來源的自由游動細菌大量存在。當曝露在重金屬及氰化物時，原生動物及其他生物會受到嚴重的毒害，這些原生動物死亡後，可能會造成大量泡沫生成，其他的異常現象或環境壓力尚且包括低的供氧量及溫度大於37℃～40℃。總之，活性污泥中的原生動物和其他較高等動物，可用來作為監測及正常操作的指標，尤其是SRT及食微比之選擇；甚至更進一步可作為毒性物質流入或其他異常現象指標生物。

表10.11 在不同的有機負荷下，佔優勢的原生動物及其他較高等微生物種類

條 件	佔 優 勢 種 類
低 有 機 負 荷	固著式纖毛蟲、輪蟲及無脊椎動物。
適當的有機負荷	生物的歧異度(diversity)高，游動性及固著式纖毛蟲佔優勢。
高 有 機 負 荷	鞭毛蟲、變形蟲及小的游動性纖毛蟲。

綜合以上之處理對策，整理如表10.12所示。

10.2.2 生物膜法之生物處理功能診斷技術⁽¹⁾

在旋轉生物圓盤法中容易觀測出生物膜的數量，但在其他的生物膜法，如接觸曝氣法與滴濾法進行生物膜的定量測定就比較困難。所有的生物膜法其曝氣槽內所能維持之污泥量（生物膜量）通常都比活性污泥法高，然而生物膜量越多並不表示處理水質越好；相反的，生物膜量如果太多，反而容易成為阻塞與產生厭氣惡臭的原因。以旋轉生物圓盤法而言，生物膜量如果在5～10mg/cm²或更高，就會引起架橋(生物膜變得太厚，使圓盤間閉塞的現象)，於是產生了惡臭。

生物膜量通常是以BOD負荷來決定的，一般在1～5mg/cm²的程度。在接觸曝氣法的生物膜量最好是2,000～5,000mg/L，若在4,000～6,000mg/L或更高，就會產生接觸材料的阻塞，一旦發生阻塞現象，就必須進行逆洗。還有，在旋轉生物圓盤法中也有以加壓水將生物膜強行剝離的設計例，這種生物膜量的測定及作此種適當的控制處理上是必要的。

表10.12 活性污泥操作所出現之微生物相及處理對策⁽⁸⁾

編號	於曝氣槽出現之現象		對策
1	活性污泥良好時出現之微生物相		留意不要改變當時之操作條件，繼續維持現狀。
2	活性污泥狀況不佳時出現之微生物相		因殘存有機物量多，生物氧化較慢，故為使有機物能儘快氧化，可增加空氣量及污泥量，或暫時停止進流水。此外，將迴流污泥再曝氣，高迴流比亦有效果。
3	活性污泥回復時出現之微生物相	自高負荷好轉時之微生物相	增加空氣量以提高溶氧大都可好轉
		內分解後再好轉時之微生物相	此時之管理對策為，生物種個體數之平衡為最大之問題，即： - 大型變形蟲+游仆蟲(<i>Euplates</i>)+線鞭蟲(<i>Peranema</i>)+熊蟲等之個體總數>累枝蟲(<i>Epistylis</i>)+鐘形蟲(<i>Vorticella</i>)+獨縮蟲(<i>Carchesium</i>)等緣毛目之個體總數之狀態； 因尚未內分解故可降低空氣量，稍微增加污泥排棄量以減少MLSS。 - 於上述前者<後者之場合： 因已轉好，僅須維持該狀態即可。
4	內分解或即將內分解時出現之微生物相		污泥已解體之問題對策，依原因可分為二： - 符合設計流量但發生解體之狀況： 此時減少送風量同時增加污泥廢棄量，降低MLSS而操作之。 - 設計流量未符合之場合 僅達 1/2~1/3 設計流量時，將曝氣槽容積調為 1/2~1/3，以提高容積負荷。 設計流量若相差不大時，可在夜間停止曝氣而做間歇操作。
5	進流水濃度極低時出現之微生物相		通常將送風量減少且降低MLSS而操作，若污泥很輕時，應採日夜間歇曝氣或縮小曝氣槽容積，以提高容積負荷。
6	溶氧極度不足時出現之微生物相		依出現之生物種類、生物狀態採不同之對策。
7	過度曝氣時出現之微生物相		降低送風量與迴流污泥量
8	污泥鬆化時出現之微生物相	絲狀菌造成之鬆化	依出現之生物種採不同之對策。
		真菌類造成之鬆化	
		藍藻類造成之鬆化	
9	污泥堆積而有曝氣死角時出現之微生物相		通常以稍微增加曝氣送風量解決之。曝氣死角係每水槽均有之問題，除處理水呈白濁、低溶氧微生物佔優勢外，應不致於造成很大問題。不過，應立即檢視曝氣管線是否嚴重堵塞、找出曝氣死角的位置及是否有沉積物等問題，以及早規劃因應。
10	曝氣槽有大量泡沫出現時之微生物相		依出現之生物種類及污泥狀態採不同之對策。
11	處理水呈色變時出現之微生物相		依出現之生物種類採不同之對策。

在控制生物膜量的同時，也必須進行顯微鏡觀察，並配合生物膜的色澤、臭味鑑定，以判斷微生物相正常與否。在高負荷與低負荷的情況下比較生物膜之微生物相，多半不像活性污泥那樣，能較容易的以微生物相來反應處理水質。這是因為BOD 負荷越高，生物膜越厚，使好氧性與厭氧性二種微生物皆能生存的緣故所致。在低負荷時，由於生物膜薄，因此膜的表面與深處的生物相沒有太大差別，因此可以認定在生物膜內層出現的微生物種類與BOD負荷有很大的關係。生物膜法多半是採用多段式的，正如上述的，在最初段與最後段由於BOD負荷的差異，所以可以理解微生物有顯著的不同。在此主要是以與負荷的關係為中心，就生物膜處理功能診斷的指標生物加以敘述。

1.負荷高的生物膜

以白硫絲菌(*Beggiatoa alba*)及膠團桿菌(*Zoogloea ramigera*)佔優勢，而毛口目草履蟲(*Paramecium caudatum*)、膜口目豆形蟲(*Colpidium*)、毛口目腎形蟲(*Colpoda*屬)、動物性鞭毛蟲波豆蟲(*Bodo*屬)及氣球屋滴蟲(*Oicomonas*屬)等則大量地出現。生物膜色澤呈黑色、灰色，在以上這些微生物佔優勢的時候，接觸曝氣槽或滴濾池內的溶氧量都在1mg/L以下。

2.負荷適當的生物膜

以緣毛目累枝蟲(*Epistylis*屬)、溝鐘蟲(*Vorticella convallaria*)、小口鐘蟲(*V. microstoma*)、蓋蟲(*Opercularia*屬)、輪蟲類旋輪蟲(*Philodina*屬)、轉輪蟲(*Rotaria*屬)等微生物佔優勢，線蟲類、寡毛類也出現相當多。還有絲狀細菌，菌類等的出現，生物膜的色澤是灰褐色的。(如照片10.26及照片10.27)

3.負荷低的生物膜

以有殼變形蟲鱗殼蟲(*Euglypha*屬)、葷頂蟲(*Arcella vulgaris*)、變形蟲(*Amoeba*)屬、有殼變形蟲*Centropyxis*屬等佔優勢，而纖毛蟲類變少，生物膜的色澤是褐色的。在低負荷的生物膜內會生存著大量的硝化細菌，進行硝化作用，採用多段處理槽操作的時候，一般最後段的生物膜是處於在溶氧量5mg/L或更高的情況。

4.更新快速的生物膜

更新快速生物膜常出現輪蟲類旋輪蟲、轉輪蟲、線蟲類雙胃線蟲(*Diplogaster*屬)、原始寡毛目紅斑顫體蟲(*Aeolosoma hemprichi*)、原始寡毛目

*Chaetogaster*屬、原始寡毛目吻盲蟲(*Pristina*屬)、原始寡毛目剛毛蟲(*Nais*屬)等的微小動物，由於它們的活動使生物膜快速更新，其同時，也因而提高生物膜內部之傳氧效率，生物膜中最好有這些生物大量地存在。

5.後生動物異常增殖的生物膜

如果球水蚤(*Moina*屬)、劍水蚤(*Cyclops*屬)、圓水蚤(*Alona*屬)等的甲殼類，紅斑顫體蟲(*Aeolosoma hemprichi*)等的原始寡毛類大量出現時，由於他們的攝食活動，使生物膜在水中分散，而增加處理水中的SS。在嚴重的時候，有時生物膜幾乎消失殆盡，完全被甲殼類與寡毛類佔據了，寡毛類異常增殖時，生物膜的表面會逐漸變成爲紅色。

6.產生惡臭的生物膜

當白硫絲菌(*Beggiatoa alba*)、異毛目水母蟲(*Caenomorpha*屬)、異毛目扭頭蟲(*Metopus*屬)、毛口目草履蟲(*Paramecium*屬)微生物大量出現時，生物膜是處於溶氧濃度低的環境中，且產生惡臭。

第十章 重要生物名詞一覽表

<i>Acineta</i> 吸管蟲類倒錐蟲	<i>Chilodonella</i> 裸口目斜管蟲
<i>Acineta</i> 倒錐蟲	<i>Chilodonella cucullulus</i> 斜管蟲之一種
<i>Actinophrys</i> 小型肉足蟲類太陽蟲	<i>ciliates</i> 纖毛蟲類
<i>Aeolosoma hemprichi</i> 紅斑鰓體蟲	<i>Cinetochilum</i> 映毛蟲
<i>Aeolosoma hemprichi</i> 原始寡毛目紅斑鰓體蟲	<i>Coleps</i> 裸口目板殼蟲
<i>Aeolosoma</i> 環節動物鰓體蟲	<i>Colpidium colpoda</i> 豆形蟲之一種
<i>Aeolosoma</i> 屬 寡毛類鰓體蟲	<i>Colpidium</i> 膜口目豆形蟲屬
<i>Alona</i> 圓水蚤屬	<i>Colpoda</i> 毛口目腎形蟲屬
<i>Amoeba</i> 大型的變形蟲	<i>Cyclidium</i> 膜口目膜帶蟲
<i>Amoeba</i> 變形蟲目變形蟲屬	<i>Cyclops</i> 劍水蚤屬
<i>Amphileptus</i> 裂口蟲	<i>Diffugia</i> 有殼變形蟲目之一屬
<i>Amphileptus</i> 裸口目裂口蟲	<i>Diplogaster</i> 線蟲類雙胃線蟲屬
<i>Annelida</i> 環節動物	<i>Drepanomonas revoluta</i> 全毛類之一種
<i>Annelides</i> 環形動物	<i>Dysteriidae</i> 科 裸口目
<i>Arcella vulgaris</i> 葶頂蟲之一種	<i>Entosiphon</i> 植物性鞭毛蟲之一種
<i>Arcella</i> 葶頂蟲屬	<i>Entosiphon</i> 植物性鞭毛蟲之一屬
<i>Arthropoda</i> 節肢動物	<i>Epistylis plicatilis</i> 褶累枝蟲
<i>Aspidisca costata</i> 有肋楯纖蟲	<i>Epistylis</i> sp. (<i>Epistylis</i> 屬) 緣毛目累枝蟲
<i>Aspidisca</i> 下毛目楯纖蟲	<i>Euglypha</i> sp. (<i>Euglypha</i> 屬) 有殼變形蟲目鱗殼蟲
<i>Attached Ciliates</i> 固著式纖毛蟲類	<i>Euplotcs patella</i> 游仆蟲之一種
<i>Beggiatoa alba</i> 白硫絲菌	<i>Euplotcs affinis</i> 游仆蟲之一種
<i>Beggiatoa</i> 白硫絲菌之一種	<i>Euplotcs moebiusi</i> 游仆蟲之一種
<i>Beggiatoa</i> 白硫絲菌屬	<i>Euplotcs</i> 下毛目游仆蟲屬
<i>Blepharisma</i> 異毛目之一屬	<i>Flagellates</i> 鞭毛蟲類
<i>Bodo</i> 動物性鞭毛蟲波豆蟲屬	<i>Free Ciliates</i> 自由游動纖毛蟲類
<i>Caenomorpha</i> 異毛目水母蟲屬	<i>Free-Awimming Ciliates</i> 自由游動纖毛蟲類
<i>Calypoticha</i> 膜口目之一屬	<i>Fungi</i> 真菌
<i>Carchesium polypinum</i> 蟧狀獨縮蟲	<i>Glaucoma</i> 膜口目之一屬
<i>Carchesium</i> 獨縮蟲屬	<i>Glaucoma</i> 膜口目之一屬
<i>Centropyxis</i> 有殼變形蟲之一屬	<i>H. hydrossis</i> 絲狀微生物之一種
<i>Centropyxis</i> 有殼變形蟲之一屬	<i>Invertebrates</i> 無脊椎動物類
<i>Chaetogaster</i> 原始寡毛目之一屬	<i>Lepadella</i> sp. 鞍甲輪蟲
<i>Chaetonotidae</i> 腹毛類	<i>Lionotus</i> 裸口目漫游蟲屬
<i>Chaetonotus</i> 腹毛類鼈蟲	<i>Loxophillum</i> 裸口目針葉蟲屬
<i>Chilodonella uncinata</i> 刺斜管蟲	

<i>M.parvicella</i> 絲狀微生物之一種	<i>Stentor</i> 喇叭蟲
<i>Macrobotus</i> 緩步動物熊蟲	<i>Stylonychia</i> 桿尾蟲
Metazoa 後生動物	Tardigrada 緩步動物
<i>Metopus</i> 異毛目扭頭蟲屬	<i>Tardigrades</i> 緩步動物
<i>Moina</i> 球水蚤屬	<i>Tetrahymena</i> 四膜蟲
Mollusca 軟體動物	<i>Tetramitus</i> 動物性鞭毛蟲之一屬
<i>Monas</i> 滴蟲屬	<i>Thiothrix</i> 硫絲菌屬
<i>N.limicola</i> I 絲狀微生物之一種	<i>Tokophrya</i> 錘吸管蟲
<i>N.limicola</i> II 絲狀微生物之一種	<i>Trachalophyllum pusillum</i> 卑怯管葉蟲
<i>N.limicola</i> III 絲狀微生物之一種	<i>Trachelophyllum</i> 裸口目管葉蟲屬
<i>Nais</i> sp. (<i>Nais</i> 屬) 原始寡毛目剛毛蟲	<i>Trepomonas</i> 動物性鞭毛蟲活潑錐滴蟲
<i>Nocardia</i> 奴卡氏菌屬	<i>Trithigmostoma</i> 裸口目之一屬
<i>Oicmonas</i> 氣球屋滴蟲屬	<i>Trochilia</i> 裸口目之一屬
<i>Opercularia coaractata</i> 集蓋蟲	<i>Trochilodes</i> sp. 全毛類原生物動裸口目之一屬
<i>Opercularia</i> sp. (<i>Opercularia</i> 屬) 蓋蟲	<i>Type 0961</i> 絲狀微生物之一種
<i>Oxytricha</i> 尖毛蟲	<i>Type 1701</i> 絲狀微生物之一種
<i>Paramecium aurelia</i> 草履蟲之一種	<i>Type 021N</i> 絲狀微生物之一種
<i>Paramecium caudatum</i> 毛口目草履蟲之一種	<i>Type 0803</i> 絲狀微生物之一種
<i>Paramecium trichium</i> 草履蟲之一種	<i>Type 0092</i> 絲狀微生物之一種
<i>Paramecium</i> 毛口目草履蟲屬	<i>Type 0581</i> 絲狀微生物之一種
<i>Peranema</i> 線鞭蟲屬	<i>Type 1863</i> 絲狀微生物之一種
<i>Philodina</i> sp. (<i>Philodina</i> 屬) 輪蟲類旋輪蟲	<i>Type 1851</i> 絲狀微生物之一種
<i>Plathelminthes</i> 扁形動物	<i>Type 0914</i> 絲狀微生物之一種
<i>Pleuromonas</i> 動物性鞭毛蟲側滴蟲屬	<i>Type 0041</i> 絲狀微生物之一種
<i>Podophrya</i> 足吸管蟲	<i>Uronema</i> 膜口目尾絲蟲
<i>Poteriodendron</i> 植物性鞭毛蟲之一種	<i>V.microstoma</i> (<i>Vorticella microstoma</i>) 小口鐘蟲
<i>Pristina</i> 原始寡毛目吻盲蟲屬	<i>Vaginicola</i> 緣毛目之一屬
<i>Prorodon</i> 裸口目之一屬	<i>Vahlkampfia</i> 簡變蟲屬
<i>Pyxidicula</i> 有殼變形蟲之一屬	<i>Vorticella microstoma</i> 緣毛目小口鐘蟲
<i>Rotaria</i> 轉輪蟲屬	<i>Vorticella convallaria</i> 溝鐘蟲
<i>Rotifers</i> 輪蟲類	<i>Vorticella alba</i> 白鐘蟲
<i>S.natans</i> (<i>Sphaerotilus natans</i>) 分枝絲菌之一種	<i>Vorticella striata</i> v. <i>octava</i> 鐘形蟲之一種
<i>Sarcodina</i> 肉足蟲類	<i>Vorticella</i> 緣毛目鐘形蟲屬
<i>Sphaerotilus</i> 分枝絲菌屬	<i>Zoogloea</i> 膠團桿菌
<i>Spirils</i> 螺旋菌	<i>Zoogloea ramigera</i> 膠團桿菌之一種
<i>Spirochetes</i> 螺旋體	<i>Zoothamnium</i> 緣毛目聚縮蟲屬
<i>Spirostomum</i> 異毛目旋口蟲屬	

第十一章 案例介紹

11.1 活性污泥法之處理功能診斷實例

11.1.1 國外實例介紹⁽¹⁾：

【實例 1】都市生活污水之活性污泥處理

表11.1是都市污水之活性污泥微生物相的一個例子，A狀況是下毛目有肋楯纖蟲 (*Aspidisca costata*) 佔壓倒性的多數，其活性污泥性微生物佔總體個數的92.7%，處理水極良好，透視度佳，這種狀態係因它是典型的良好活性污泥，只要保持當時的操作條件，繼續運轉即可。B狀況則有曝氣過度的傾向，膠羽也小，處理後水質的透視度稍低，微生物相是中間污泥性的裸口目卑怯管葉蟲 (*Trachelophyllum pusillum*) 佔優勢地，佔活性污泥性微生物的比例也小。從這結果來判斷的話，應採取將曝氣量稍為降低，同時減少生物污泥的排棄量，增大迴流污泥量，增加MLSS的方式。C狀態是由於最初沉澱槽出流水的高SS（初沉污泥的流出），在活性污泥中的MLSS也變得多量起來，這是活性污泥狀態惡化的例子，微生物相以動物性鞭毛蟲粗尾波豆蟲 (*Cercobodo ovatus*) 為優勢種，其他出現的有動物性鞭毛蟲氣球屋滴蟲 (*Oicomonas termo*)、膜口目豆形蟲 (*Colpidium campylum*)，這些微生物是出現在溶氧濃度低及活性污泥為分散狀態的時候，活性污泥之膠羽極小，呈黑色，處理後出流水混濁，BOD也高。看到這樣的情形，可判定是活性污泥狀態顯著地惡化，因此必須努力挽回，首先快速地排除初沉槽的污泥，減少流向曝氣槽之SS量，接著隨生物污泥排棄量的增多，暫時將曝氣槽的溶氧濃度提高到3~4mg/L，如此操作的結果約1週內，下毛目小口鐘蟲 (*Vorticella microstoma*) 將成為優勢種，即可確認處理水質有了改善。

肉足蟲類在表11.1的分類中並未被分入標準活性污泥微生物、中間型活性污泥微生物、非活性污泥微生物等3類裡面，如果有必要將所有的微生物分入3個類

型中，則將肉足蟲類分類在中間型活性污泥微生物中較為妥當。此外，動物性鞭毛蟲側滴蟲(*Pleuromonas jaculans*)與植物性鞭毛蟲*Entosiphon suulcatum*，線鞭蟲(*Peranema trichophorum*)雖然是鞭毛蟲類，但由於有時也出現在處理水質良好的時候，因此分類為非活性污泥性生物是不太恰當的，所以在表11.1已將這些鞭毛蟲類分類在別處，而廣泛出現在各種處理水質的微生物，由於能夠做為判斷的指標性低，因此不在這3種類型的分類之列。

為了進行功能診斷，應該以確實反應處理水質與操作條件之指標性高的微生物為中心來實施，不能將所有的生物僵硬地分成3類，宜由其比例來判斷。以顯微鏡觀察時，首先應注意膠羽的大小，同時觀察在分散狀態是否有微生物的存在，其次是鑑定出現之所有的微生物，計算數目，而指標性高的微生物，即使個體數少也不能遺漏了，例如，為低溶氧指標的異毛目扭頭蟲(*Metopus*屬)，即使在溶氧量不足的活性污泥中，也幾乎不會以優勢來增殖。

【實例2】有絲狀微生物大量出現的活性污泥

在實驗室中，以人工合成廢水進行活性污泥處理實驗，由一開始至10日後均進行微生物相的觀察及記錄，如表11.2所示，由表上可看出污泥膠羽成塊的原因微生物為分枝絲菌(*Sphaerotilus natans*)，從出現開始約一週的時間即以優勢在增殖。由於絲狀微生物很難以定量來表示（雖有測定絲狀體長度之方法；但不是一般常用的），於是不得不以定性的方式表示，在產生成塊的活性污泥方面，希望能像表11.2所表示的，時常預先記載絲狀微生物的存在。如果絲狀微生物是慢慢地增殖，需以微生物相的觀察來預測到膠羽鬆散絲狀微生物大量生長狀況的發生。在顯微鏡觀察到徵兆出現之後約5~10日之間，會發生污泥狀況不佳的現象，且多半SVI會急速增高。

【實例3】溶氧量不足的活性污泥

表11.3是在溶氧量不足，產生少許惡臭之活性污泥微生物相。I與II都是溶氧量在1.0mg/L以下，已有白硫絲菌(*Beggiatoa alba*)的存在。另外也有毛口目草履蟲(*Paramecium caudatum*)、動物性鞭毛蟲波豆蟲(*Bodo edax*)等低溶氧性微生物的出現，在這些低溶氧性微生物出現的時候，即可判定係溶氧不足之活性污泥。

表11.1 都市生活污水之活性污泥法處理不同微生物相診斷實例⁽¹⁾

微 生 物 名		A：(標準活性污 泥微生物佔 優勢之情況)	B：(中間型活性 污泥微生物佔 優勢之情況)	C：(非活性污 泥微生物佔 優勢之情況)
SV(%)		15	6	18
MLSS(mg/L)		1,875	923	4,090
SVI		80	65	44
曝氣槽之溶氧量(mg/L)		2.8	4.7	0.9
處理水透明度(cm)		90	32	15
處理水BOD(mg/L)		11	22	47
溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)	○	840		
小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)	○		1,000	40
蜆狀獨鐘蟲(<i>Carchesium polypinum</i>)	○	140		
蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)	○			260
足吸管蟲(<i>Podophrya</i> sp.)	○	60		
錘吸管蟲(<i>Tokophrya</i> sp.)	○	40	30	
有肋楯纖蟲(<i>Aspidisca costata</i>)	○	12,000	180	
漫游蟲(<i>Litonotus fasciola</i>)	△	280		
卑怯管葉蟲(<i>Trachelophyllum pusillum</i>)	△		1,100	
游仆蟲(<i>Euplotes</i> sp.)	△		320	
裂口蟲(<i>Amphileptus claparedeti</i>)	△	40		
豆形蟲(<i>Colpidium campylum</i>)	×			360
斜管蟲(<i>Chilodonella fluviatilis</i>)	△		220	
尾絲蟲(<i>Uronema nigricans</i>)	×		60	
氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas termo</i>)	×			480
跳側滴蟲(<i>Pleuromonas jaculans</i>)		360	900	
粗尾波豆蟲(<i>Cercobodo ovatus</i>)	×			4,800
線鞭蟲(<i>Peranema trichphorum</i>)			160	
變形蟲(<i>Amoeba</i> sp.)		160	40	
有殼變形蟲(<i>Centropyxis aculeata</i>)			60	
蛞蝓簡變蟲(<i>Vahukampfia limax</i>)			900	
草頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)		80		
鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)		120		
旋輪蟲(<i>Philodina roseola</i>)	○	40		
異尾輪蟲(<i>Trichocerca</i> sp.)	○		20	
紅斑類體蟲(<i>Aeolosoma hemprichi</i>)	○	10		
總個體數(1ml)		14,170	4,990	5,940
標準活性污泥微生物(%)	○	92.7	24.6	5.1
中間型活性污泥微生物(%)	△	2.0	32.9	0
非活性污泥微生物(%)	×	0	1.2	94.9
其他(%)		5.3	41.3	0

[註] 1.活性污泥混合液1ml中個體數

2.○：標準活性污泥微生物代號；△：中間型活性污泥微生物代號；×：非活性污泥微生物代號

表11.2 絲狀微生物大量增殖時之活性污泥微生物相⁽¹⁾

經 過 日 數 (日)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分枝絲菌(<i>Sphaerotilus natans</i>)	r	+	+	c	c	c	cc	cc	cc	cc
真菌(<i>Fungi</i>)	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+
溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)	2,800	2,200	3,600	3,200	1,600	2,500	1,600	1,900	1,200	900
累枝蟲(<i>Epistylis</i> sp.)	1,900	3,100	2,600	2,800	3,600	1,900	2,200	1,200	640	1,100
針葉蟲(<i>Loxophyllum melegaris</i>)	120	160	120	80	160	120	100	40	80	40
斜管蟲(<i>Chilodonella cucullulus</i>)	80	40	160	20	80	20	20	20	20	120
卑怯管葉蟲(<i>Trachelophyllum pusillum</i>)	60	40	100	20	40	40	40	60	40	40
滴蟲(<i>Monas</i> sp.)	360	480	200	40						
罩頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)	420	600	640	380	280	260	520	620	680	740
鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)	840	380	300	620	420	480	580	320	780	580
變形蟲(<i>Amoeba</i> sp.)	260	80	180	260	380	220	360	340	160	160
旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)	40			60	40	40				
SVI	120	160	160	220	240	410	470	420	720	630

以上數目表示活性污泥混合液1ml中之個體數(SVI值除外)

表11.3 在溶氧量不足情況下之活性污泥微生物相⁽¹⁾

微 生 物 名	I	II
白硫絲菌(<i>Beggiatoa alba</i>)	+	+
小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)	2,300	620
蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)	880	3,600
草履蟲(<i>Paramecium caudatum</i>)	160	240
膜口目(<i>Glaucoma</i> sp.)	200	
波豆蟲(<i>Bodo edax</i>)	480	8,100
氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas termo</i>)	260	180
跳側滴蟲(<i>Pleuromonas jaculans</i>)	1,900	320
變形蟲(<i>Amoeba</i> sp.)	100	
雙胃線蟲(<i>Diplogaster</i> sp.)		20
DO(mg/L)	0.7	0.4

以上數目表示活性污泥混合液1ml中之個體數(DO值除外)

【實例 4】工業廢水之活性污泥

在工廠廢水的活性污泥方面常因廢水的種類不同，其活性污泥微生物相與都市污水之活性污泥微生物相有明顯的不同，在廢水濃度特別高，BOD負荷極大的時候，或是在含有大量的氰基或酚等之有害物質時，出現之微小動物的種類與量多半也少了很多。

一般在工廠廢水處理中之微小動物的種類數目比都市污水之活性污泥裡來得少很多，表11.4是工廠廢水之活性污泥微生物相，這些MLSS全部都很高，且停留時間也在1日以上來運轉，因此，SRT很大。

A廠只有3種能辨認，接近緣毛目蓋蟲(*Opercularia* sp.)的純培養形態。在B廠蓋蟲屬也有出現；而相當數量之動物性鞭毛蟲跳側滴蟲(*Pleuromonas jaculans*)是佔優勢的。C廠雖然幾乎不會出現所謂的活性污泥微生物，但在1ml中也有6,600個個體的下毛目游仆蟲(*Euplotes* sp.)如此以工廠廢水的情況而言，由於也有出現特異之微生物相的時候。因此最好先調查日常操作條件與處理水質和微生物相之間的關係，掌握在設備中之正常的微生物相。雖說游仆蟲是優勢種，但不能認為活性污泥的狀態惡化與否。在廢水中所含的物質越偏向某類，則出現之微生物的種類就越少，這是很正常的。如果像都市污水含有同樣的物質，微生物的種類當然也就較豐富了。

表11.4 工業廢水活性污泥法處理之微生物相實例⁽¹⁾

微 生 物 名	A (製藥工廠)	B (發酵工廠)	C (染整工廠)
蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)	11,000	3,100	380
小口鐘蟲(<i>Vorticella microstoma</i>)		280	
針葉蟲(<i>Loxophyllum melegaris</i>)			40
卑怯管葉蟲(<i>Trachelophyllum pusillum</i>)	180		
游仆蟲(<i>Euplotes</i> sp.)			6,600
尖毛蟲(<i>Oxytricha fallax</i>)			200
跳側滴蟲(<i>Pleuromonas jaculans</i>)	1,200	18,000	
草頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)			620
鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)			440
轉輪蟲(<i>Rotaria</i> sp.)			180

〔註〕 以上為活性污泥混合液1ml中之個體數

【實例 5】低負荷的活性污泥

BOD負荷在0.05~0.10kg/MLLS-d以下之低負荷的活性污泥（主要是長時間曝氣活性污泥）有時並不顯示如實例 1 所表示之典型微生物相，表11.5就是這樣的一個例子。

表11.5 低負荷活性污泥之微生物相實例⁽¹⁾

微 生 物 名	A（汽水飲料工廠）	B（合併式處理槽）	C（家庭污水）
溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)		220	320
有肋楯纖蟲(<i>Aspidisca costata</i>)		160	200
緣毛目(<i>Vaginicola</i> sp.)			80
板殼蟲(<i>Coleps</i> sp.)	80		40
旋口蟲(<i>Spirostomum</i> sp.)			280
錘吸管蟲(<i>Tokophrya</i> sp.)		80	20
植物性鞭毛蟲(<i>Chilomonas</i> sp.)		100	
鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)	6,900		180
蕈頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)	1,800	280	360
狹甲輪蟲(<i>Colurella</i> sp.)	220		680
旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)		240	80
紅斑顯體蟲(<i>Aeolosoma hemprichi</i>)		960	
球水蚤(<i>Moina macrocopa</i>)			520
熊蟲(<i>Macrobiotus macronyx</i>)		20	
直鏈藻(<i>Melosira</i> sp.)	3,200		
菱形藻(<i>Nitzschia palea</i>)	4,600		

〔註〕 以上為表活性污泥混合液1ml中之個體數

由於 A 廠活性污泥的停留時間特別長，為低負荷操作，使矽藻類大量地增殖，其有殼變形蟲鱗殼蟲(*Euglypha* sp.)是優勢種，一般正常的活性污泥微生物則幾乎看不見。在這時候的處理水質良好是沒有問題的，但是在活性污泥中原本不期望之藻類則大量增殖。如果負荷過低，就會產生這種現象，所以可能的話，最好將曝氣槽停掉一半或以間歇曝氣的方式。在 B 廠中，寡毛類是優勢種，像這樣當微小後生動物為優勢種時，常常使生物污泥的產生量變少，不過如果寡毛類增殖過度，則會使活性污泥分散，處理水變濁。在 C 廠中是輪蟲之狹甲輪蟲(*Colurella* sp.)為優勢種，而水蚤科的球水蚤(*Moina macrocopa*)也大量出現，這時

候處理水的BOD低，微小活性污泥的破片可清楚地辨認。游泳型的微小後生動物如果大量出現，由於它的運動而破壞了膠羽，形成細小膠羽，使處理水混濁，特別是在水蚤大量產生的時候，這種趨勢頗強。

11.1.2 國內實例介紹

【實例 5】低負荷而處理狀況良好之活性污泥法

某濕藍皮製革廠於民國78年完成啓用廢水處理場，其設計處理量爲900CMD，而實際廢水處理量僅設計容量的一半，約爲450CMD左右，廢水處理採化學混凝沉澱加活性污泥法。處理過程所產生之污泥則經重力沉澱後晒乾處理，由於廢水處理操作人員具有良好之操作經驗，處理後之放流水質可符合82年及87年放流水標準，其活性污泥微生物相良好，可發現到高等之微生物種類，如輪蟲、線蟲及甲殼類等，該廠之廢水處理功能狀況如表11.6。另於終沉池中可發現水面昆蟲水蛆（如照片11.1）及水中昆蟲水瓢蟲來回游動，覓食水中微生物，顯示出整個活性污泥之食物鏈非常完整，生物處理系統之運作已達到極佳的狀態。但亦可從活性污泥槽之微生物相觀察到不少有機性纖維，證實該廠之攔污及化學混凝沉澱單元效果不甚理想，導致一些皮屑纖維流入曝氣槽中。

11.2 生物膜法之處理功能診斷實例

11.2.1 國外實例⁽¹⁾

【實例 1】旋轉圓盤法生物膜

旋轉圓盤處理法大多是以2~4段來操作的，但是在最初與最後段中，其微生物相有明顯的不同，表11.7顯示以4段來處理家庭污水時的微生物相。整體4段的BOD負荷是 $9.0\text{g/m}^2\cdot\text{d}$ ，此時從第1段到第4段是由 5.3mg/cm^2 降低至 1.1mg/cm^2 ，因廢水的特性與溫度等而有不同，生物膜量在第1段最好是 $5.0\sim 10.0\text{mg/cm}^2$ ，而最後段則在 $0.5\sim 1.0\text{mg/cm}^2$ ，各段的優勢種分別是第1段的緣毛目蓋蟲(*Opercularia* sp.)，第2段的緣毛目累枝蟲(*Epistylis* sp.)，第3段的動物性鞭毛蟲跳側滴蟲(*Pleuromonas jaculans*)，第4段的下毛目尾絲蠓蟲(*Uroleptus* sp.)在旋轉圓板處理中，隨著進流的各段前進，而能顯現出從高負荷的生物膜到低負荷之生物膜的性狀，最後的生物膜是呈褐色的，若有有殼變形蟲鱗殼蟲(*Euglypha* sp.)與葦頂蟲(*Arcella vulgaris*)大量存在，就能判斷處理水的BOD低，已充份進行硝化反應。

表11.6 服務團檢測該製革廠廢水處理功能狀況

處理單元 檢驗項目		調勻池 出流水	初沉池出流水	活性污泥池	放流水
MLSS(mg/L)		218	16	1,610	12
COD(mg/L)		491	92	—	28
BOD ₅ (mg/L)		157	27.3	—	3.6
T-P(mg/L)		—	ND(<0.02)	—	—
SV ₃₀ (mL/L)		—	—	100 (如照片11.2)	—
SVI		—	—	62	—
DO(mg/L)		—	—	第一槽：5.1 第二槽：6.3	—
每一觀察片上之微生物相狀況	膠羽狀況	—	—	大型膠羽佔80%以上，膠羽結構緊密如照片11.3。有機纖維含量不少，約15條，如照片11.4。	—
	微生物狀況	—	—	鐘形蟲15隻，游動型纖毛蟲15隻，吸管蟲5隻，膠團桿菌含量多，輪蟲5隻；線蟲3隻；環節動物2隻；甲殼類生物3隻（如照片11.5、11.6、照片11.7、照片11.8、照片11.9、照片11.10、照片11.11、照片11.12、照片11.13）	—
污泥沉澱狀況		—	—	沉澱性良好	—
處理效果評估		—	化學混凝沉澱處理功能良好	污泥生物之食物鏈完整，歧異度(diversity)高甚至高級生物甲殼類也存在，顯示生物處理功能在最佳狀況	—

表11.7 旋轉圓盤生物膜微生物相之實例(處理一般之生活污水的情況下)⁽¹⁾

微 生 物 名	第1段	第2段	第3段	第4段
生物膜量 (mg/cm ³)	5.3	2.6	1.6	1.1
累枝蟲(<i>Epistylis</i> sp.)	1,200	3,200		
溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)	280	780	160	
珍珠映毛蟲(<i>Cinetochilum margaritaceum</i>)	120	620	80	
蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)	3,800	420		
尾絲蠓蟲(<i>Uroleptus</i> sp.)				1,200
氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas termo</i>)	240			
滴蟲(<i>Monas</i> sp.)		980		
跳側滴蟲(<i>Pleuromonas jaculans</i>)			8,600	
鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)			360	980
葦頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)			80	720
原始寡毛目(<i>Chaetogaster</i> sp.)		40	240	360
剛毛蟲(<i>Nais</i> sp.)			20	40
分枝絲菌(<i>Sphaerotilus natans</i>)	C	+	rr	

〔註〕 以上表示生物膜1mg中之個體數

【實例 2】高負荷下之旋轉圓盤生物膜

表11.8是在BOD為30g/m³-day的高負荷下操作之旋轉圓盤生物膜的微生物相。在第1段接觸槽的溶氧量為0mg/L，而在周圍則飄著惡臭；其白硫絲菌(*Beggiatoa alba*)與膠團桿菌 (*Zoogloea*)呈優勢增殖，且只能看到適合低溶氧存在之動物性鞭毛蟲波豆蟲 (*Bodo* sp.)與氣球屋滴蟲 (*Oicomonas termo*)、毛口目草履蟲 (*Paramecium caudatum*)、毛口目腎形蟲(*Colpoda* sp.)、膜口目豆形蟲(*Colpidium colpoda*)等的原生動物。到了後段優勢種也跟著變，在第4段仍有6.2mg/cm²的負荷量，優勢種為緣毛目蓋蟲(*Opercularia* sp.)，第4段的微生物相則相當於最適當負荷之第1段或第2段的狀況。在此第1段與第2段到處可辨認出架橋的現象，明顯地可判定負荷過高。對旋轉圓盤法期待它的處理水BOD在20~30mg/L以下，且能產生硝化作用的狀態，則必須辨認在最後段之微生物相的特徵是否在低負荷狀態。

表11.8 高負荷下旋轉圓盤生物膜之微生物相實例(處理食品廢水之情況下)⁽¹⁾

微 生 物 名	第1段	第2段	第3段	第4段
生物膜量 (mg/cm ²)	13	9.6	5	6.2
蓋蟲(<i>Opercularia</i> sp.)			1,600	8,200
鐘形蟲(<i>Vorticella</i> sp.)				280
珍珠映毛蟲(<i>Cinetochilum margaritaceum</i>)				100
草履蟲(<i>Paramecium caudatum</i>)	80	160		
腎形蟲(<i>Colpoda</i> sp.)	260	60	380	
豆形蟲(<i>Colpidium colpoda</i>)	40	1,600	280	
波豆蟲(<i>Bodo</i> sp.)	1,800	900		
氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas termo</i>)	280	320	120	
滴蟲(<i>Monas</i> sp.)				2,600
跳側滴蟲(<i>Pleuromonas jaculans</i>)			520	380
棒咽線蟲(<i>Rhabdolaimus</i> sp.)			80	40
旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)			40	220
吻盲蟲(<i>Pristina</i> sp.)				20
膠團桿菌(<i>Zoogloea ramigera</i>)	cc	c		
白硫絲菌(<i>Beggiatoa alba</i>)	cc	c	+	r
分枝絲菌(<i>Sphaerotilus natans</i>)		+	+	c

[註] 以上表示生物膜1mg中之個體數

【實例 3】浸漬濾池（接觸曝氣法）生物膜

通常浸漬濾池也是以2~3段處理的居多。此外填充材料的形狀也是各式各樣，微生物相因段數與接觸材料而有顯著的差異，與旋轉圓盤同樣地在最初段顯示出高負荷的特徵，在最後段則可辨認出低負荷的特徵。還有，由於有些接觸材料的形狀是厭氣性生物膜容易生成的原因，會促進低溶氧性微生物的生長。

表11.9是填充著繩狀接觸材料(ring lace)之浸漬濾池（2段處理）生物膜的微生物相。在這接觸材料上，部分的生物膜變得相當厚，內部成為厭氣性的狀態。因此草履蟲(*Paramecium caudatum*)與白硫絲菌(*Beggiatoa alba*)增多了。在第2段由於生物膜附著得極薄，因而低溶氧性微生物無法佔優勢，且因旋輪蟲(*Philodina* sp.)、溝鐘蟲(*Vorticella convallaria*)、鱗殼蟲(*Euglypha* sp.)、鰓頂蟲(*Arcella vulgaris*)等也有出現很多，所以可判定為正常的狀況。實際上處理後出流水的

BOD 是13mg/L，硝化率為50%，浸漬濾池的微生物相即使在一個接觸曝氣槽中，也常因不同地點深度而有很大的不同，特別是在生物膜蓄積成污泥狀或膜片狀的時候，這趨勢較強。在這種情形下，有必要採取不同處所的生物膜來加以判定，在最後段若有肉足蟲類與微小後生動物出現相當多量，則可判定其BOD在20～30mg/L以下。

表11.9 2段式浸漬濾池(合併式處理槽)生物膜之微生物相實例⁽¹⁾

微 生 物 名	第1段	第2段
溝鐘蟲(<i>Vorticella convallaria</i>)		320
卑怯管葉蟲(<i>Trachelophyllum pusillum</i>)	160	
針葉蟲(<i>Loxophyllum meleagris</i>)	100	
腎形蟲(<i>Colpoda steinii</i>)	60	120
旋口蟲(<i>Spirostomum</i> sp.)	940	
草履蟲(<i>Paramecium caudatum</i>)		260
游仆蟲(<i>Euplotes</i> sp.)	280	
波豆蟲(<i>Bodo</i> sp.)		
粗尾波豆蟲(<i>Cercobodo</i> sp.)		
線鞭蟲(<i>Peranema trichophorum</i>)		80
滴蟲(<i>Monas</i> sp.)		1,300
鱗殼蟲(<i>Euglypha</i> sp.)		280
葦頂蟲(<i>Arcella vulgaris</i>)		120
變形蟲(<i>Amoeba</i> sp.)	60	220
旋輪蟲(<i>Philodina</i> sp.)	140	480
雙胃線蟲(<i>Diplogaster</i> sp.)	100	
紅斑顆體蟲(<i>Aeolosoma hemprichi</i>)		
膠團桿菌(<i>Zoogloea ramigera</i>)	+	
白硫絲菌(<i>Beggiatoa alba</i>)	cc	

以上數目生物膜1mg中之個體數

11.2.2 國內實例介紹⁽¹²⁾

【實例 4】接觸曝氣法失敗及改善實例介紹

此濕藍皮製革工廠為一建廠甚久之製革廠，其廠內廢水採化學混凝沉澱加接觸曝氣法處理，自民國71年正式啓用以來，由於設計及操作上有些缺失，導致處理成效不佳。

其接觸曝氣槽採用比表面積為 $45\text{m}^2/\text{m}^3$ 之網狀式接觸材，如照片11.14，由於前處理單元及化學混凝沉澱單元功能不佳，碎皮屑固形物及有毒物質流入接觸曝氣槽內，導致接觸材堵塞並嚴重影響接觸曝氣槽之處理功能，經採取接觸曝氣槽中之生物膜，進行顯微鏡觀察，發現細菌量很多（如照片11.15），生物膜呈黑色狀者甚多（如照片11.16及照片11.17），優勢微生物種類為膜口目膜帶蟲（*Cyclidium*屬）（如照片11.18），系統明顯地處於高負荷低溶氧的狀況，其生物處理功能未發揮。

該廠有鑑於廢水前處理單元與化學混凝沉澱單元功能不佳，以及接觸曝氣槽接觸材嚴重阻塞，生物處理功能無法發揮等問題，乃進行改善工程。加裝勾耙式機械攔污機、整修化學混凝沉澱單元及修改接觸曝氣槽為活性污泥槽，並進行試車及功能測試，測試結果如表11.10及表11.11所示，其放流水質均能達到82年放流水標準。但第一次植種時，由於植種之污泥是採自台南新營工業區內之製革工廠，因原已有絲狀菌，再加上長時間的運送，停止曝氣時間太久，活性污泥已有膨化現象(bulking)。這可由表11.10看出，雖然可發現到下毛目游仆蟲(*Euplotes*屬)、葡萄狀鐘形蟲等標準活性污泥微生物，但由於動物性鞭毛蟲、螺旋菌的數量仍非常多，故系統仍在馴養階段。而就絲狀微生物的含量來看，則屬絲狀分類3，為典型的膨化污泥生物相。而表11.11，絲狀微生物量稍有減少，屬絲狀分類2，且標準活性污泥微生物鐘形蟲、輪蟲、吸管蟲均出現，顯然系統之生物處理功能已有發揮。

表11.10 改善後功能試車第一次測試結果

採樣地點 檢驗項目	調勻槽	初沉槽 出流水	曝 氣 槽	終沉槽 出流水
pH	7.25	7.29	7.64	7.9
SS(mg/L)	790	90	2,500	35
COD(mg/L)	3,000	1,150	—	198
BOD ₅ (mg/L)	1,397	945	—	22
TKN(mg/L)	—	156.4	—	—
T-P(mg/L)	—	0.14	—	—
Cl ⁻ (mg/L)	—	—	—	391
DO(mg/L)	—	—	前段=1.3及0.2 後段=6.4 及7.4 [*]	—
30分鐘沉降試驗 SV ₃₀ (ml/L)	—	—	920(如照片11.19)	—
SVI($=\frac{SV_{30} \times 10^3}{MLSS}$)	—	—	368	—
** 每一 觀察 片上之 微生物 相	膠羽狀況	—	結聚型膠羽約佔60%以上，有機纖維含量多，約15條（如照片11.20）	—
	微生物狀況	—	絲狀微生物大量生長，絲狀分類 ³ 曝氣槽前段： • 動物性鞭毛蟲、螺旋菌量多（如照片11.21、照片11.22） • 下毛目游仆蟲(<i>Euplotes</i> sp.)，約2隻（如照片11.23） 曝氣槽後段： • 動物性鞭毛蟲量多 • 葡萄狀鐘形蟲聚枝蟲(<i>Epistylis</i> sp.)約2隻（如照片11.24） • 有殼變形蟲類10隻（如照片11.25）	—
污泥沉降狀況	—	—	有明顯之污泥膨化現象	—
處理效果評估	—	—	生物處理仍處於馴養階段，生物處理功能尚未發揮	—

*：前後段各測二個地方之溶氧，前者數據是靠進流入處，後者是靠出口處。

**：每一觀察口之水樣量=0.05ml

表11.11 改善後功能試車第二次測試結果

採樣地點 檢驗項目		調勻槽	初沉槽 出流水	曝 氣 槽	終沉槽 出流水
pH		6.71	3.81	6.27	6.41
SS(mg/L)		254	26	2,929	19
COD(mg/L)		579	282	—	126
BOD ₅ (mg/L)		346	158	—	6.4
DO(mg/L)		—	—	*前段=5.7及6.3 後段=8.3及8.3	—
T-P(mg/L)		ND < 0.01	12.9	—	—
Cl ⁻ (mg/L)		208	—	—	525
總鉻(mg/L)		4.41	0.16	8.75	0.14
污泥中之總鉻 (mg/kg乾基)		—	—	2,103	—
VSS(mg/L)		—	—	2,013	—
30分鐘沉降試驗 SV ₃₀ (ml/L)		—	—	前段=410，後段=340 (如照片11.26)	—
SVI($=\frac{SV_{30} \times 10^3}{MLSS}$)		—	—	前段=139，後段=116	—
污泥中之鉻含量 (T-Cr mg/gVSS)		—	—	3.1	—
每一微 觀生 察物 片相 上** 之	膠羽狀況	—	—	結聚型膠羽約佔60%，有機纖維含量多， 約10條	—
	微生物狀況 (前後段相同)	—	—	有絲狀微生物生長，絲狀分類2，鐘形蟲2 隻，吸管蟲2隻，輪蟲1隻，(如照片11.27 、照片11.28、照片11.29、照片11.30)	—
污泥沉降狀況		—	—	沉降性良好	—
處理效果評估		—	—	沉降性已明顯改善，生物處理功能已有發	—

*：前後段各測二個地方之溶氧，前者數據是靠進流入處，後者是靠出口處。

**：每一觀察口之水樣量=0.05ml

【第三篇參考文獻】

- 1.須藤隆一，生物相からみた處理機能の診斷，第三版，産業用水調査會(1985)。
- 2.李季眉編著，環境微生物實驗，國立中興大學環工系，PP. 7~14，(78年2月出版)。
- 3.Richard, M., Activated sludge microbiology, The water pollution control federation. (1989).
- 4.Eikelboom, D.H., van Buijsen, H. J. J.:Microscopic sludge investigation manual, TNO research institute for environmental hygiene, the Netherlands.,(1981).
- 5.李季眉、林正祥，活性污泥之膠羽特性及微生物相與沉降性之關係，行政院國科會科學發展月刊，第十一卷，第一期，PP.23~32，(1983)。
- 6.Palm, J.C., et al., Relationship between organic loading, dissolved oxygen concentration, and sludge settleability in the completely mixed activated sludge process., J. Water Pollut. Control Fed., 52,2484.(1980)
- 7.Hawkes, H. A. :Ecology of activated sludge, Research institute for public health engineering ,(1964).
- 8.千種薰，活性污泥の生物相，生物相からの維持管理，PP.1~5，(1989)。
- 9.活性污泥操作維護手冊，工業污染防治技術服務團工業污染防治技術手冊之八，(81年5月)。
- 10.C.Curds, B. Sc, Ph.D. :An illustrated key to the British freshwater Ciliated Protozoa commonly found in activated sludge, Her Majesty's Stationery Office, London.(1970).
- 11.日本下水道協會，エアレーエオンタンクの微生物，檢鏡と培養の手引，PP.63~74，(1990)。
- 12.林正祥、朱昱學、林坤讓、楊萬發，濕藍皮製革工廠廢水處理改善成功實例，1993工業污染防治工程實務技術研討會論文集，PP.1~27，(82年10月)。

第十一章 重要生物名詞一覽表

<i>Acineta</i> sp. 吸管蟲倒椎蟲	<i>Glaucoma</i> sp. 膜口目之一屬
<i>Aelosoma hemprichi</i> 環節動物紅斑類體蟲	<i>Litonotus fasciola</i> 漫游蟲之一種
<i>Alona</i> sp. 甲殼類圓水蚤	<i>Loxophyllum megaris</i> 針葉蟲之一種
<i>Amoeba</i> sp. 變形蟲	<i>Loxophyllum meleagris</i> 針葉蟲之一種
<i>Amphileptus</i> sp. 自由游動纖毛蟲裸口目裂口蟲	<i>Macrobotus macronyx</i> 熊蟲之一種
<i>Amphileptus claparedei</i> 裂口蟲之一種	<i>Melosria</i> sp. 直鏈藻
<i>Arcella vulgaris</i> 葦頂蟲之一種	<i>Metopus</i> 毛目扭頭蟲屬
<i>Aspidisca costata</i> 下毛目有肋盾纖蟲	<i>Moina macrocopa</i> 球水蚤之一種
<i>Beggiatoa alba</i> 白硫絲菌	<i>Monas</i> sp. 滴蟲
<i>Bodo edax</i> 動物性鞭毛蟲波豆蟲之一種	<i>Nais</i> sp. 剛毛蟲
<i>Bodo</i> sp. 波豆蟲	Nematoda 線蟲類
<i>Carchesium polypinum</i> 螞蟥狀獨鐘蟲	<i>Nitzschia palea</i> 菱形藻之一種
<i>Centropyxis aculeata</i> 有殼變形蟲之一種	<i>Oicomonas termo</i> 氣球屋滴蟲之一種
<i>Cercobodo ovatus</i> 動物性鞭毛蟲粗尾波豆蟲之一種	<i>Oicomonas termo</i> 氣球屋滴蟲之一種
<i>Cercobodo</i> sp. 粗尾波豆蟲	<i>Opercularis</i> sp. 緣毛目蓋蟲
<i>Chaetogaster</i> sp. 原始寡毛目之一種	<i>Oxytricha fallax</i> 尖毛蟲之一種
<i>Chilodonella fluviatilis</i> 斜管蟲之一種	<i>Paramecium caudatum</i> 草履蟲之一種
<i>Chilodonella cucullulus</i> 斜管蟲之一種	<i>Paramecium caudatum</i> 毛口目草履蟲之一種
<i>Chilomonas</i> sp. 植物性鞭毛蟲之一屬	<i>Paramecium caudatum</i> 毛口目草履蟲之一種
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> 珍珠映毛蟲	<i>Peranema trichophorum</i> 線鞭蟲之一種
<i>Coleps</i> sp. 板殼蟲	<i>Philodina roseola</i> 旋輪蟲之一種
<i>Colpidium campylum</i> 膜口目豆形蟲之一種	<i>Philodina</i> sp. 旋輪蟲
<i>Colpidium colpoda</i> 膜口目豆形蟲之一種	<i>Pleuromonas jaculans</i> 動物性鞭毛蟲跳側滴蟲之一種
<i>Colpoda</i> sp. 毛口目腎形蟲	<i>Pleuromonas jaculans</i> 跳滴蟲
<i>Colpoda steinii</i> 腎形蟲之一種	<i>Podophrya</i> sp. 足吸管蟲
<i>Cohurella</i> sp. 狹甲輪蟲	<i>Pristuna</i> sp. 吻盲蟲
<i>Cyclidium</i> 膜口目膜帶蟲屬	<i>Rhabdolaimus</i> sp. 棒咽線蟲
<i>Diplogaster</i> sp. 雙胃線蟲	<i>Rotaria</i> sp. 轉輪蟲
<i>Entosiphon suulcatum</i> 植物性鞭毛蟲之一種	<i>Sphaerotilus natans</i> 分枝絲菌
<i>Epistylis</i> sp. 緣毛目累枝蟲	<i>Spirostomum</i> sp. 旋口蟲
<i>Euglypha</i> sp. 鱗殼蟲	<i>Tokophrya</i> sp. 錘吸管蟲
<i>Euplotes</i> sp. 下毛目游仆蟲	<i>Trachelophyllum pusillum</i> 裸口目卑怯管葉蟲
Fungi 真菌	<i>Trichocerca</i> sp. 異尾輪蟲
	<i>Uroleptus</i> sp. 下毛目尾絲蠓蟲

Uronema nigricans 尾絲蟲之一種

Vaginicola sp. 緣毛目之一屬

Vahukampfia limax 蛞蝓筒變蟲

Vorticella convallaria 溝鐘蟲

Vorticella microstoma 下毛目小口鐘蟲

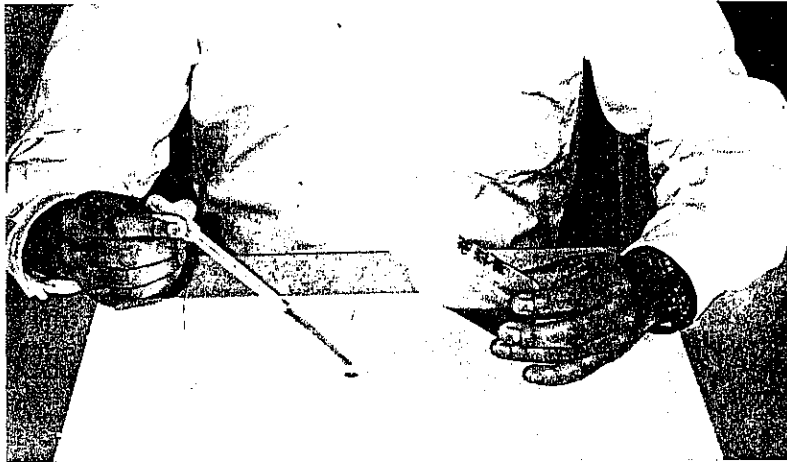
Vorticella sp. 鐘形蟲

Vorticella 鐘形蟲屬

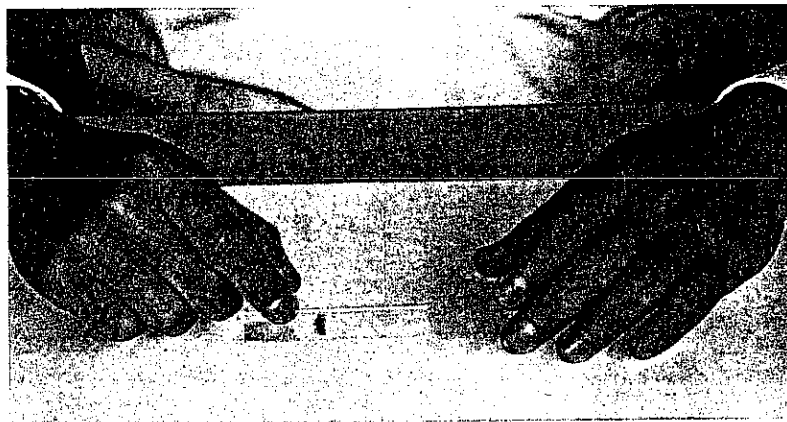
Zoogloea 膠團桿菌

Zoogloea ramigera 膠團桿菌之一種

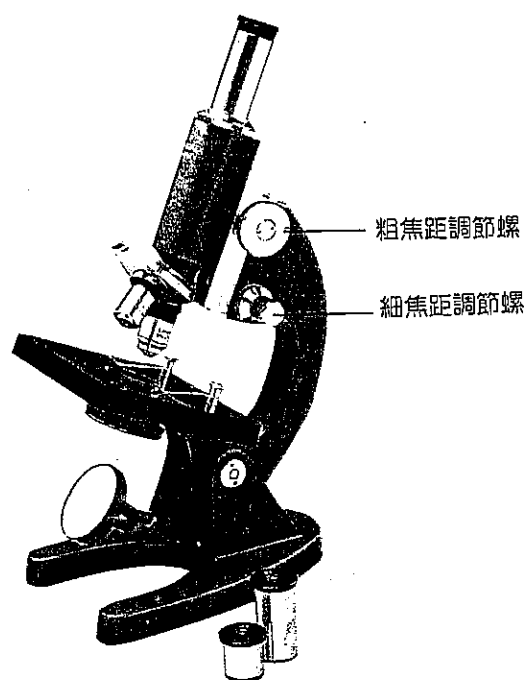
附錄一 本冊照片彙整



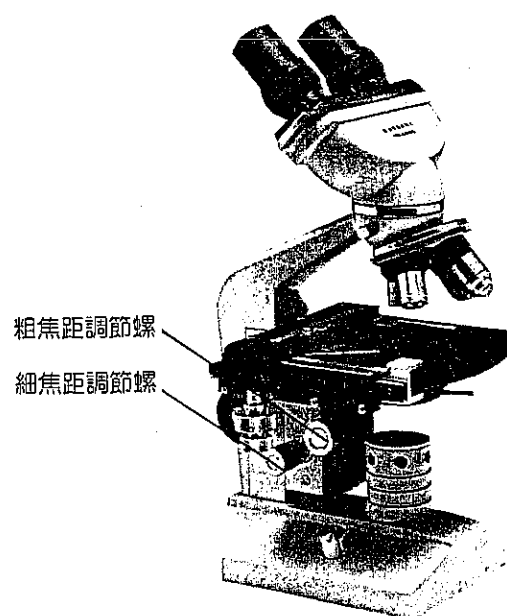
照片4.1 取水樣滴適量於載玻片上



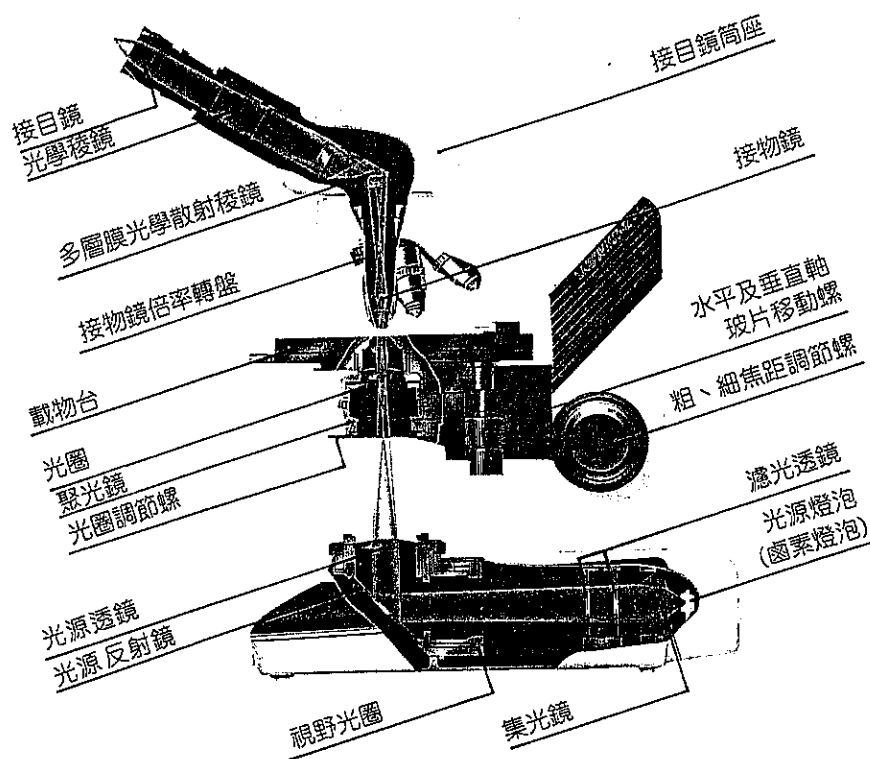
照片4.2 先以蓋玻片一端接觸水樣以免產生氣泡



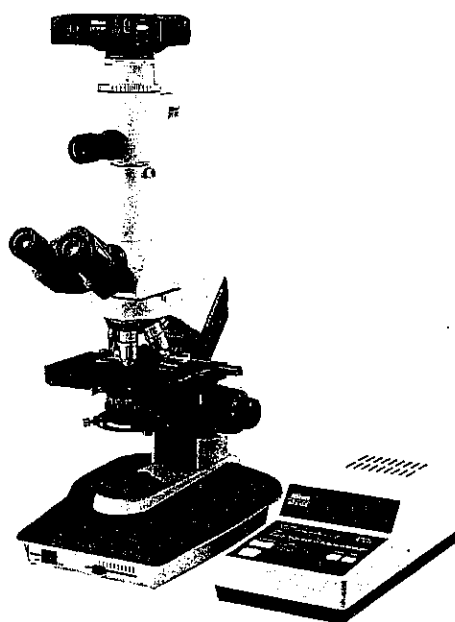
照片4.3 傳統簡易型生物用顯微鏡⁽⁶⁾
(以反射鏡來取自然光源)



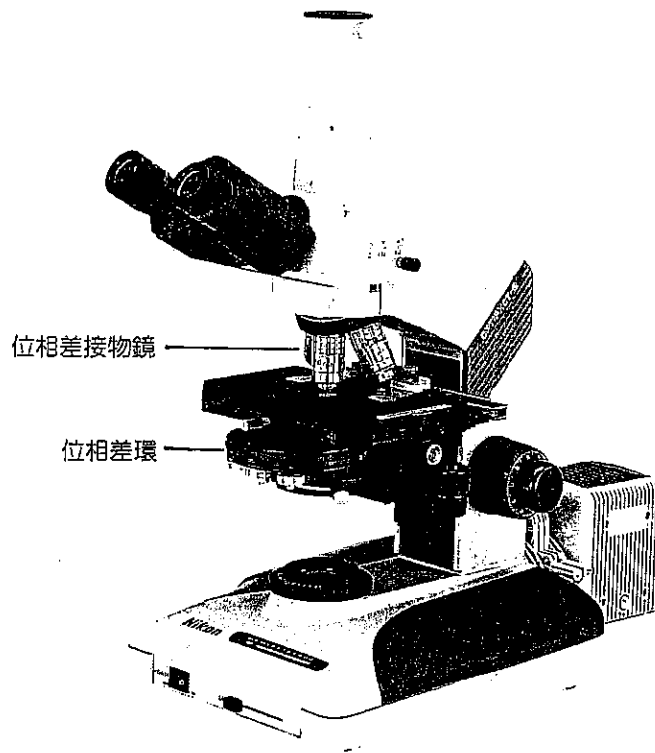
照片4.4 改良型雙眼顯微視⁽⁶⁾
(以燈泡為光源)



照片4.5 顯微鏡光源路徑及側面解剖圖⁽⁴⁾



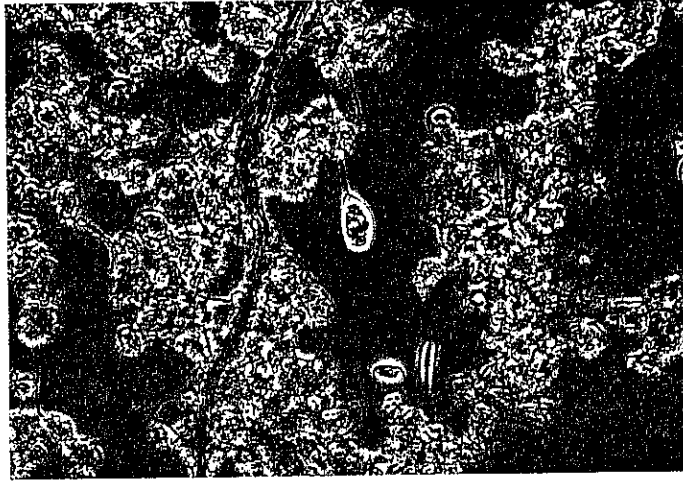
照片4.6 具照像設備之顯微鏡⁽⁴⁾



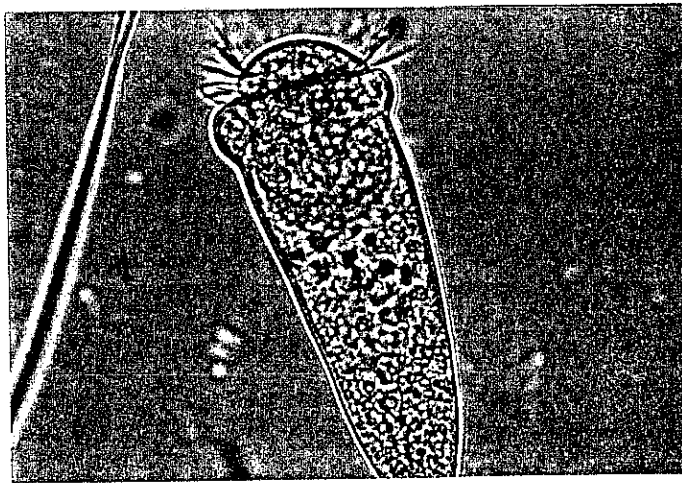
照片4.7 位相差顯微鏡結構圖⁽⁴⁾



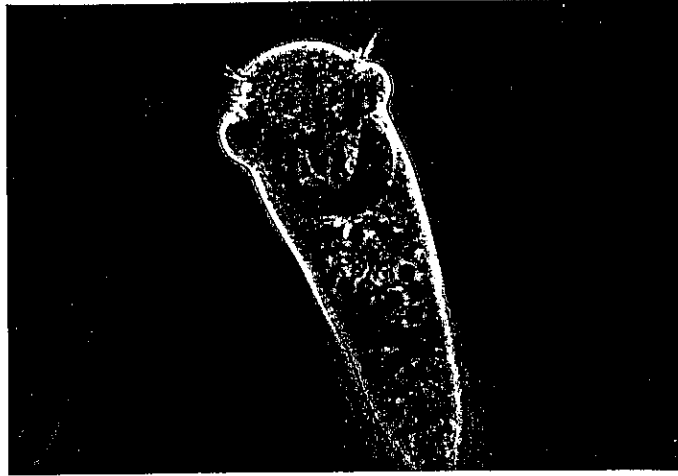
照片4.8 一般生物顯微鏡所拍攝到之低倍顯微照片



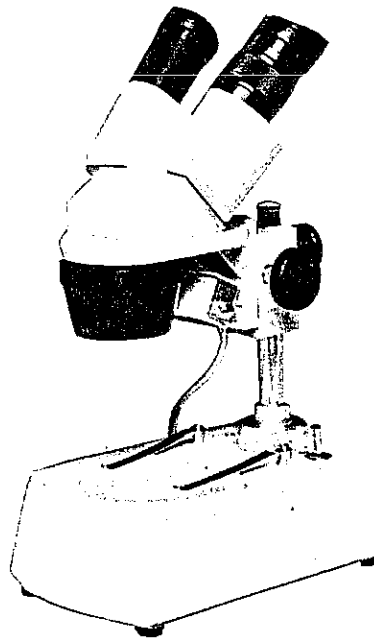
照片4.9 位相差顯微鏡所拍攝到之低倍顯微照片



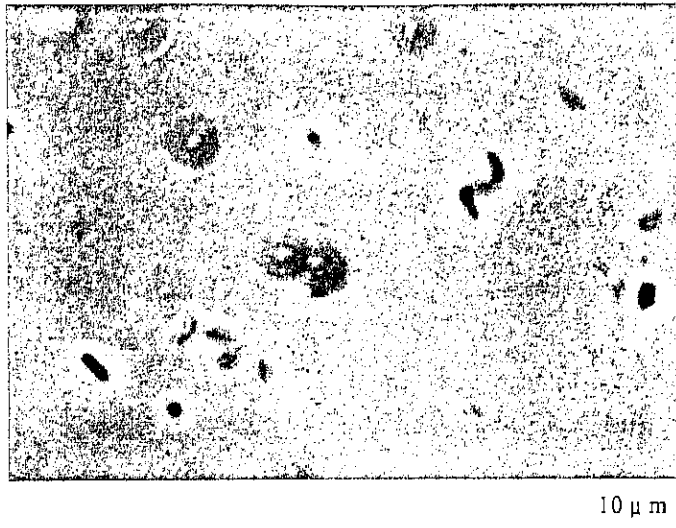
照片4.10 一般生物顯微鏡所拍攝到之高倍顯微照片



照片4.11 位相差顯微鏡所拍攝到之高倍顯微照片



照片4.12 解剖顯微鏡外觀圖⁽⁶⁾



照片5.1 曝氣槽中之細菌類

右上為螺旋菌(spirils)，左下為桿菌(bacillus)及球菌(coccus)



照片5.2 曝氣槽中之桿菌(bacillus)



照片5.3 曝氣槽中之弧菌(vibrio)

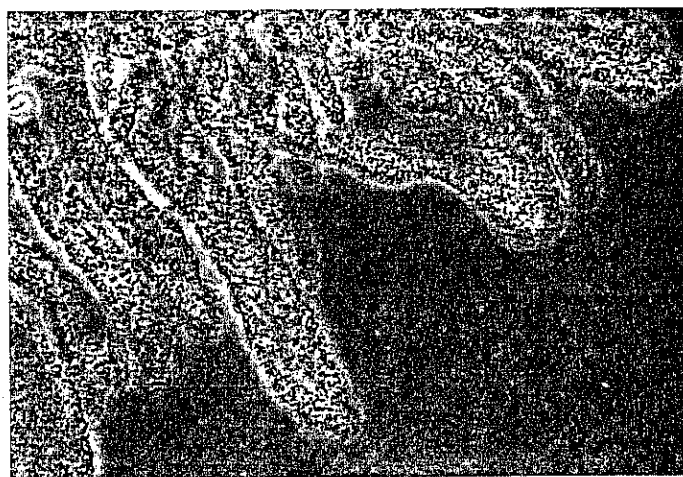


照片5.4 曝氣槽中之螺旋體(spirochetes)



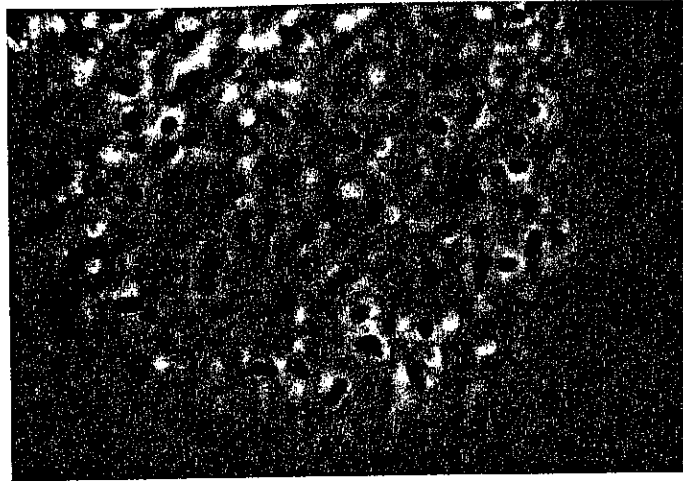
50 μ m

照片5.5 曝氣槽中之螺旋體(spirochetes)



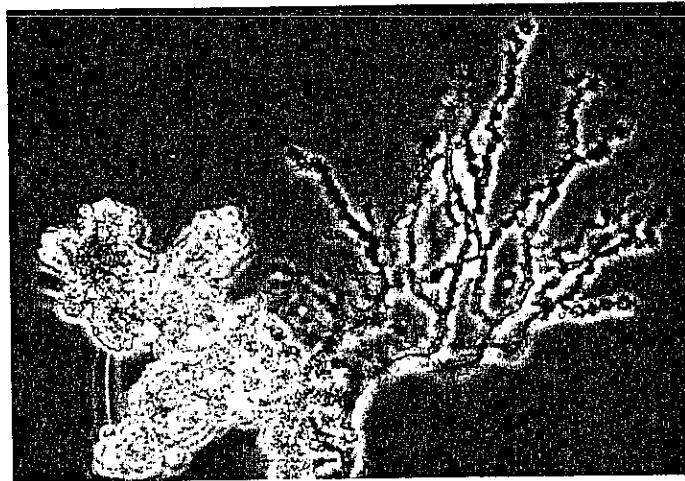
50 μ m

照片5.6 曝氣槽中低負荷操作時之*Zooglycea ramigera*



10 μ m

照片5.7 曝氣槽中之膠團桿菌*Zoogloea ramigera*

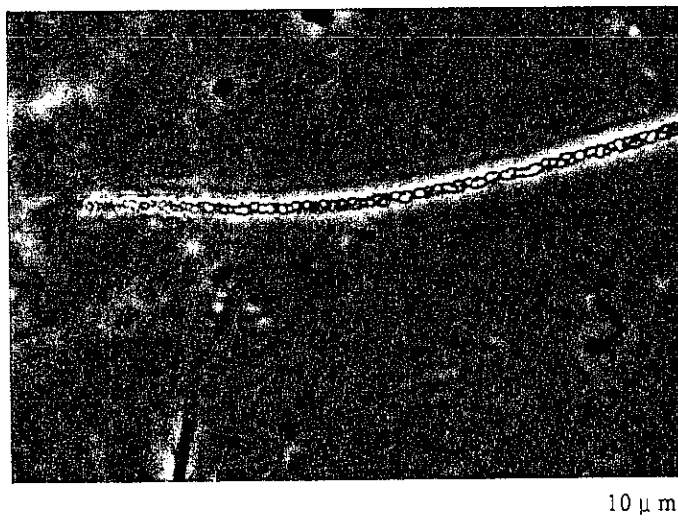


100 μ m

照片5.8 膠團桿菌*Zoogloea filipendula*



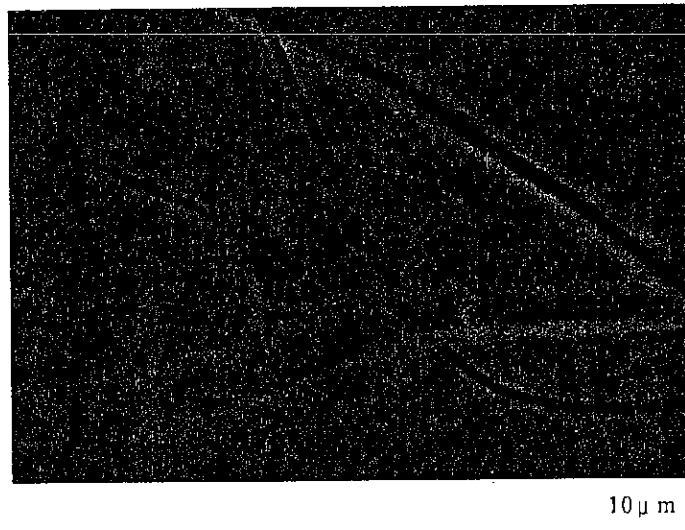
照片5.9 膠團桿菌*Zoogloea filipendula*



照片5.10 曝氣槽中之白硫絲菌，體內所含硫顆粒之狀況

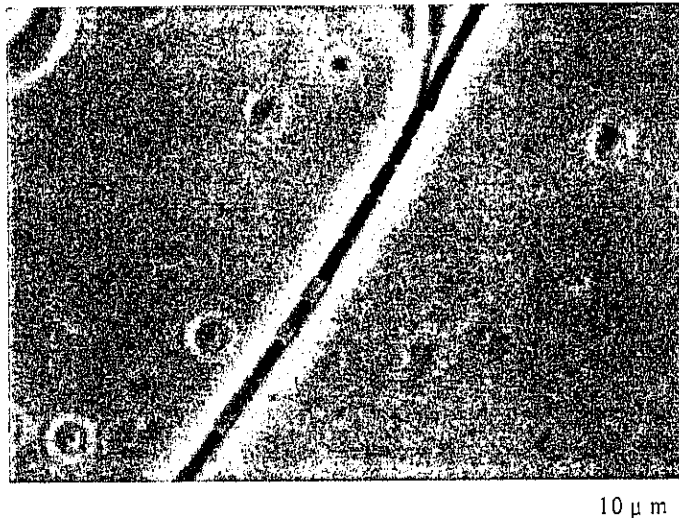


照片5.11 曝氣槽中彎曲狀之白硫絲菌



照片5.12 曝氣槽中之鞘細菌(*Sphaerotilus natans*)

(中央及左邊之絲狀菌)

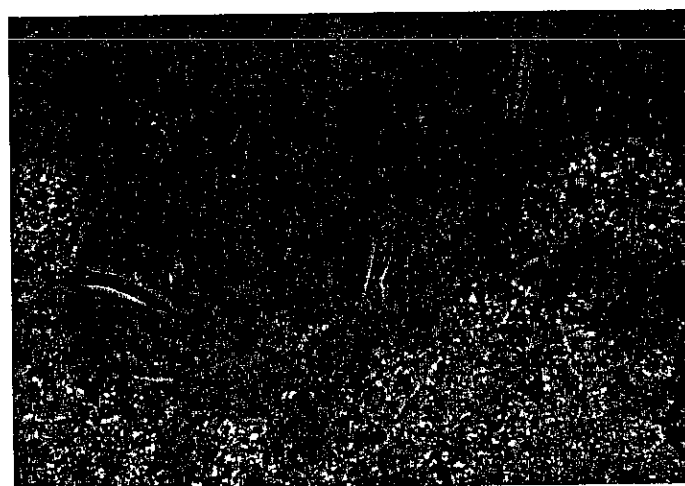


照片5.13 分枝絲菌(*Sphaerotilus natans*)之假分支形態



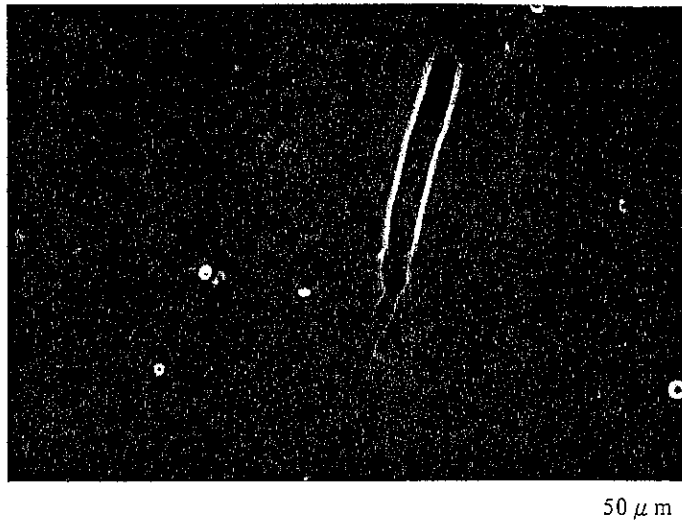
50 μ m

照片6.1 噬輪蟲黴菌(*Zoophagus*屬)的分生孢子⁽¹⁾

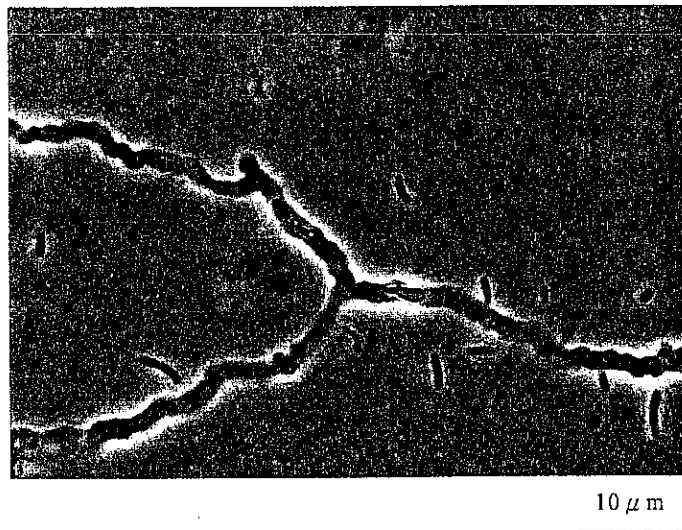


50 μ m

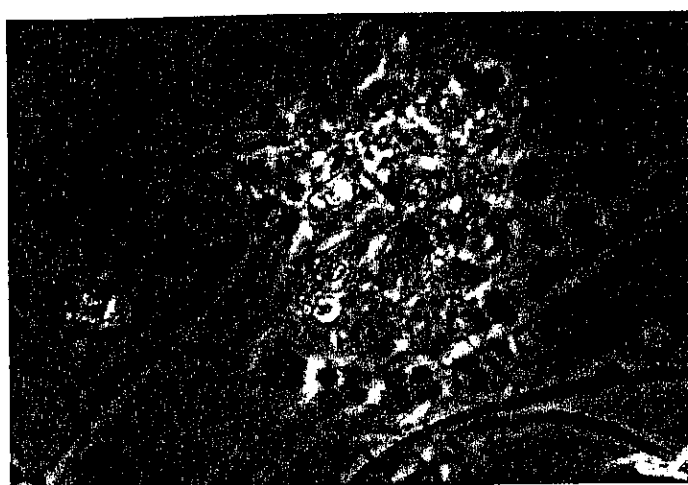
照片6.2 在接觸曝氣槽生物膜所發現的真菌類



照片6.3 在接觸曝氣槽生物膜所發現的真菌類

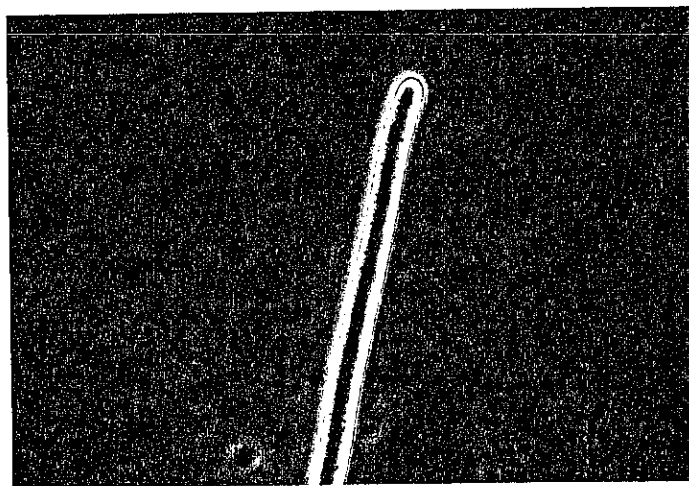


照片6.4 在曝氣槽泡沫中所發現的真菌類



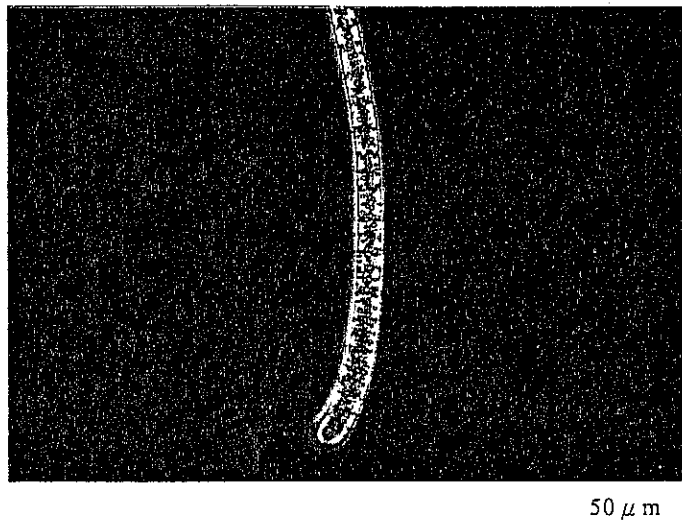
10 μ m

照片7.1 氧化渠中膠羽周圍之小毬藻(*Coelosphaerium*屬)

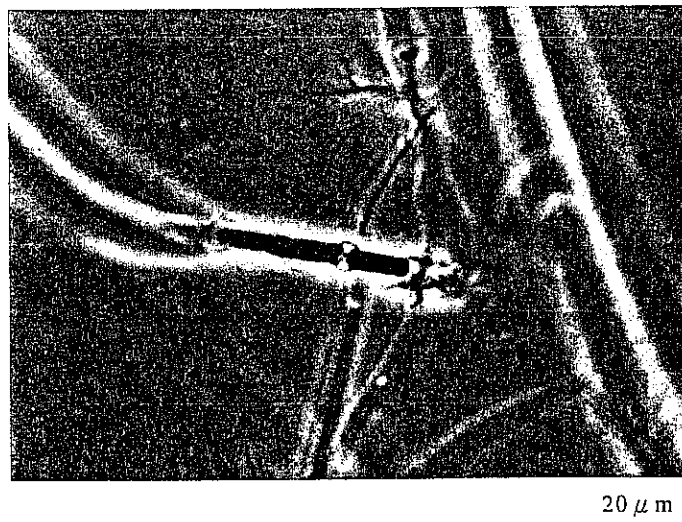


50 μ m

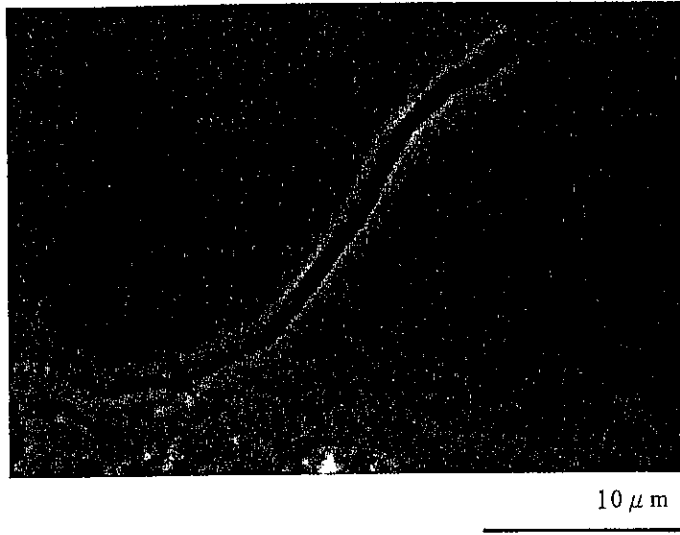
照片7.2 氧化渠中之顫藻(*Oscillatoria*屬)



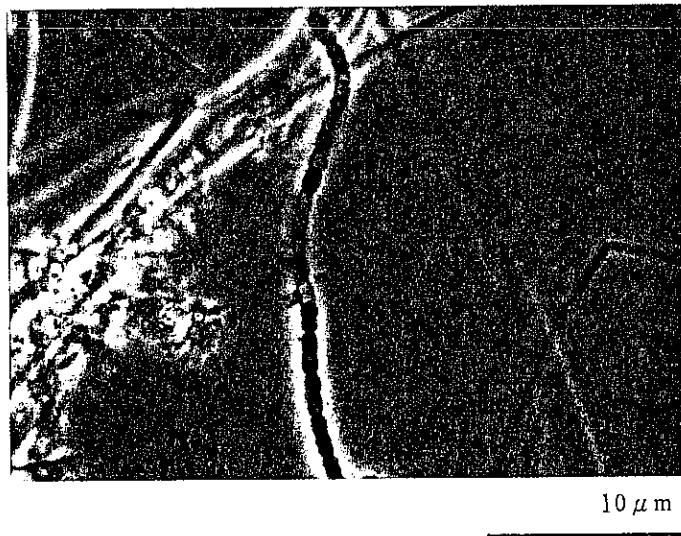
照片7.3 氧化渠中另一類之藍藻(*Oscillatoria*屬)



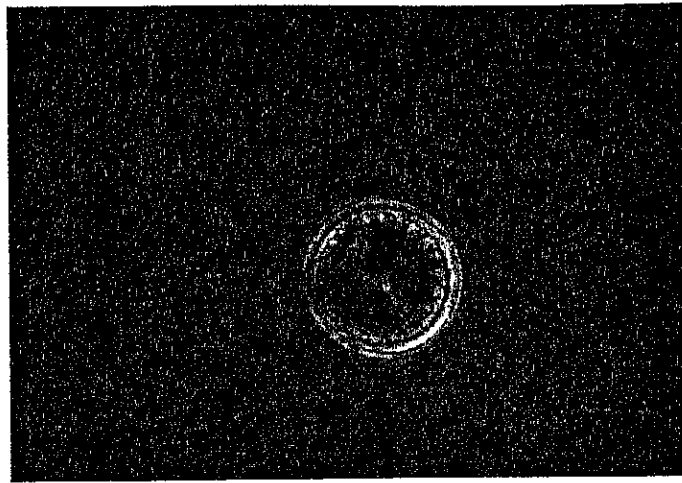
照片7.4 氧化渠中之魚腥藻(*Anabaena*屬)



照片7.5 曝氣槽中之魚腥藻(*Anabaena*屬)

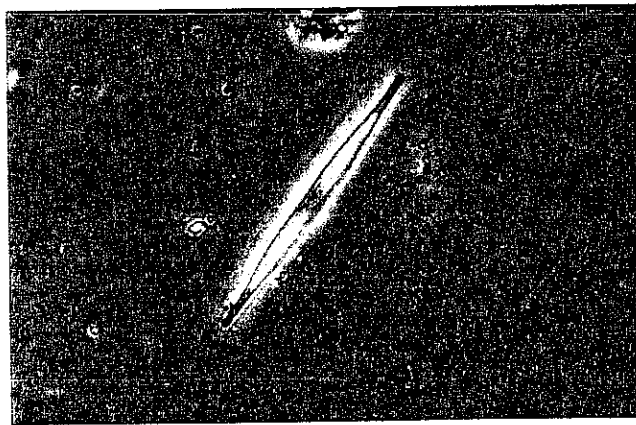


照片7.6 氧化渠中之魚腥藻(*Anabaena*屬)



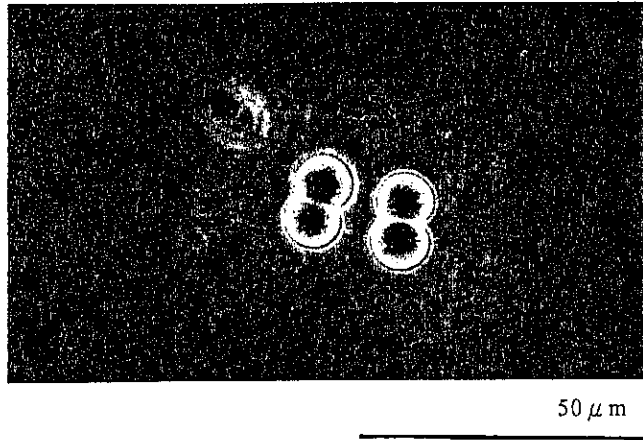
20 μ m

照片7.7 小環藻(*Cyclotella*屬)

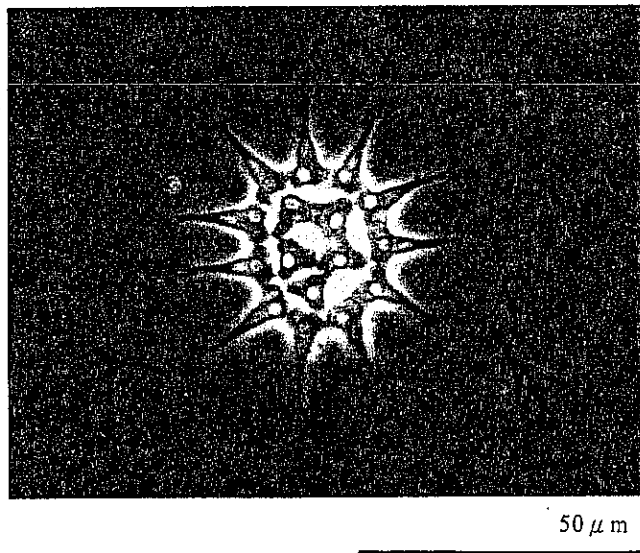


50 μ m

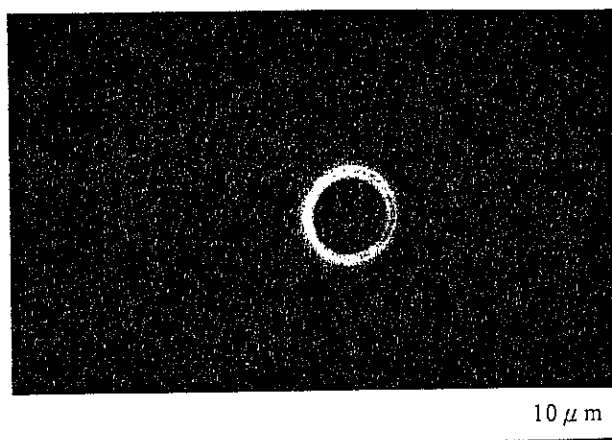
照片7.8 針桿藻(*Synedra rumpens*)



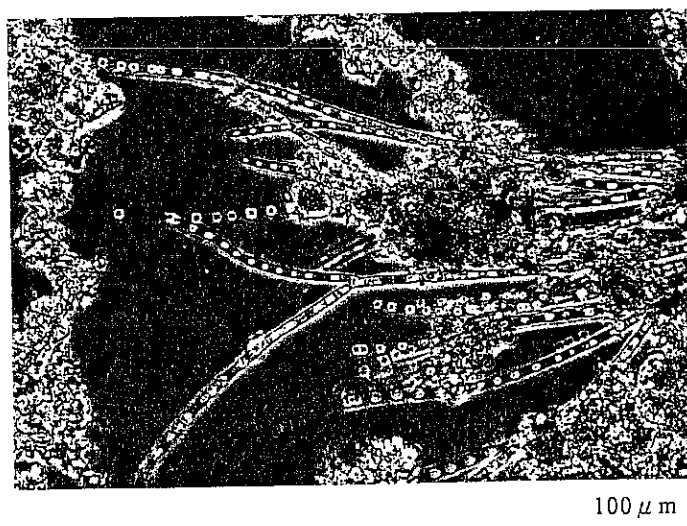
照片7.9 色球藻(*Chroococcus minutus*)



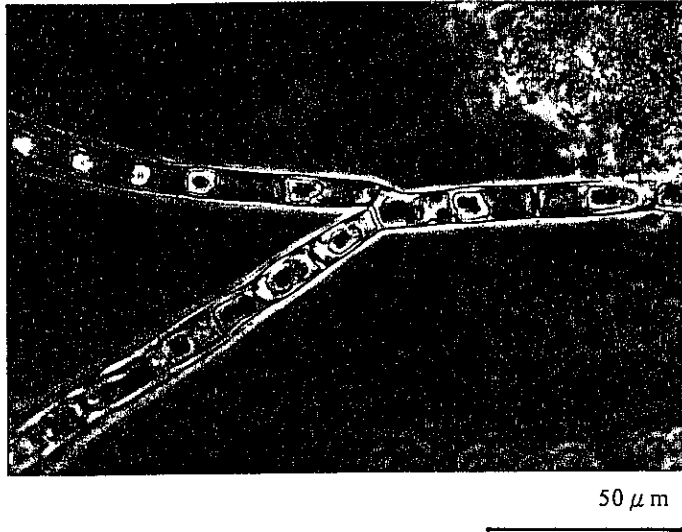
照片7.10 盤星藻(*Pediastrum*屬)之形態



照片7.11 小球藻(*Chlorella*屬)之形態



照片7.12 接觸曝氣槽中生物膜之異營性藻類



照片7.13 接觸曝氣槽中生物膜之異營性藻類



照片8.1 曝氣槽中之鞭毛蟲氣球屋滴蟲(*Oicomonas rociensis*)



照片8.2 曝氣槽中之鞭毛蟲滴蟲(*Monas obliqua*)



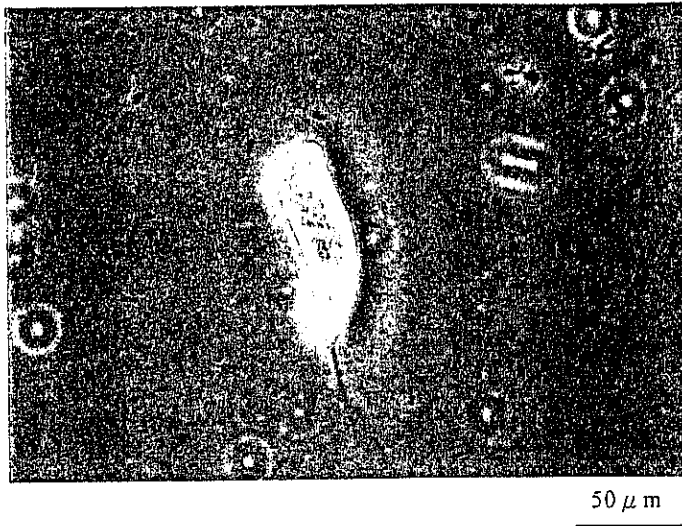
10 μ m

照片8.3 跳側滴蟲(*Pleuromonas jaculans*)

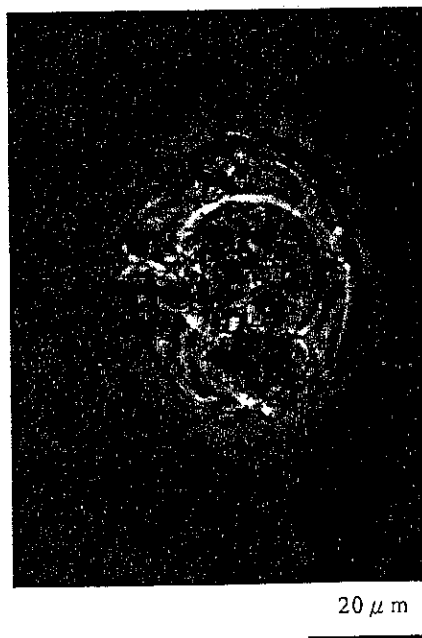


10 μ m

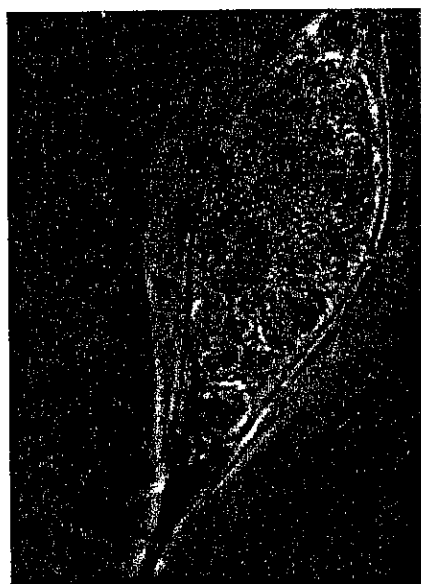
照片8.4 動物性鞭毛蟲(*Monosiga robusta*)之形態



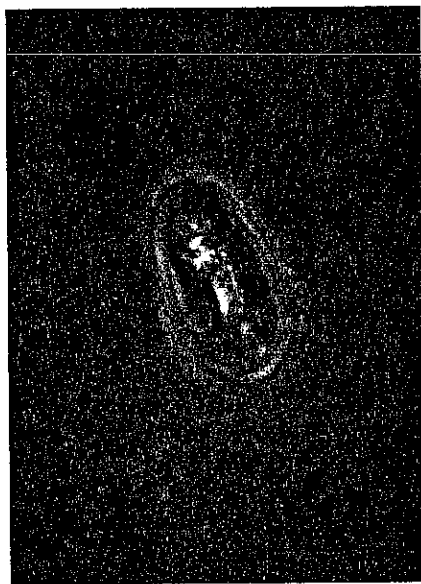
照片8.5 植物性鞭毛蟲線鞭蟲(*Peranema trichophorum*)



照片8.6 植物性鞭毛蟲裸甲藻(*Gymnodiniwn*屬)(一般俗稱甲藻)之形態



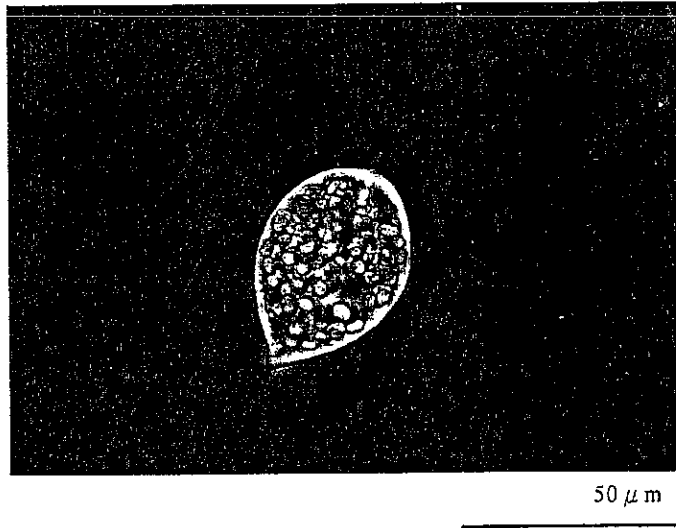
照片8.7 植物性鞭毛蟲(*Heteronema acus*)



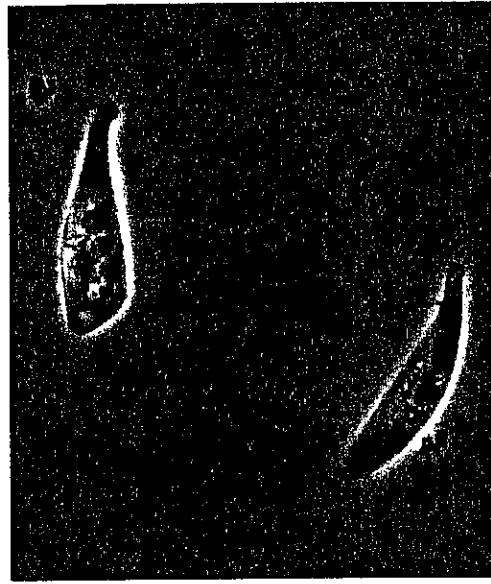
照片8.8 植物性鞭毛蟲(*Anisonema truncatwn*)



照片8.9 植物性鞭毛蟲左：*Anisonema ovale*
右：*Cryptomonas erosa*

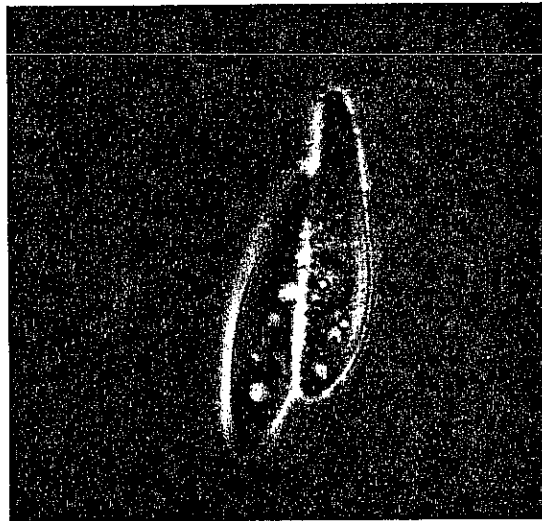


照片8.10 植物性鞭毛蟲(*Euglena uiridis*)



50 μ m

照片8.11 裸口目卑怯管葉蟲(*Trachelophyllum pusillum*)

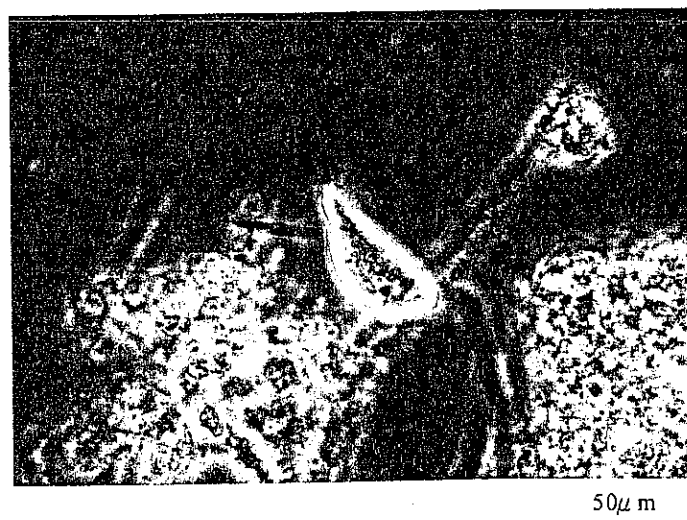


50 μ m

照片8.12 分裂中之裸口目卑怯管葉蟲(*Trachelophyllum pusillum*)



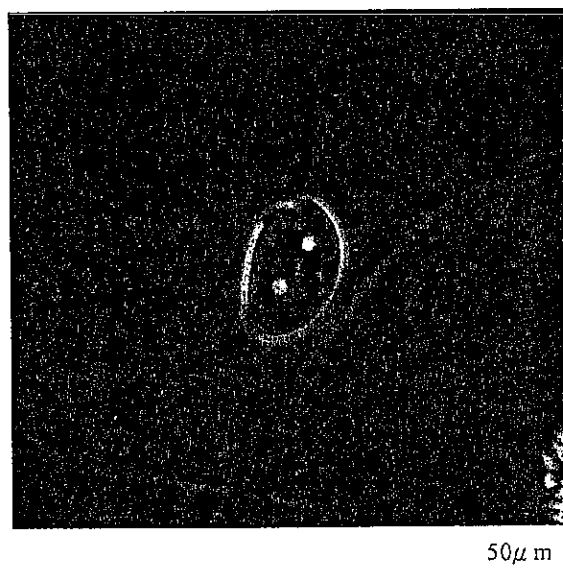
照片8.13 斜管蟲(*Chilodonella*屬)正面形態



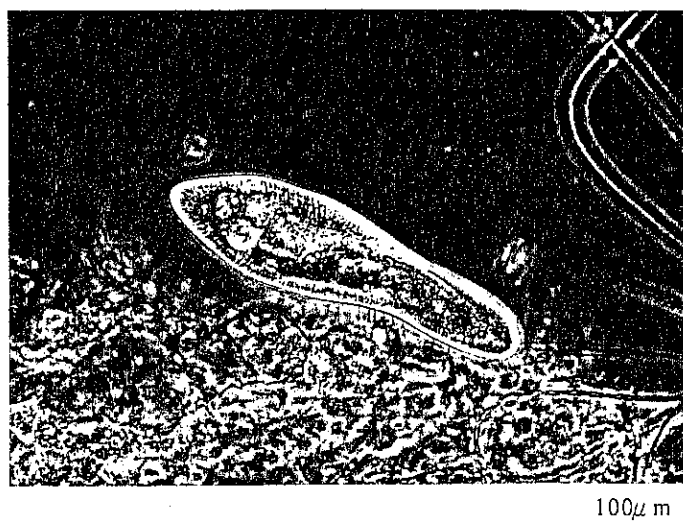
照片8.14 斜管蟲(*Chilodonella*屬)側面形態



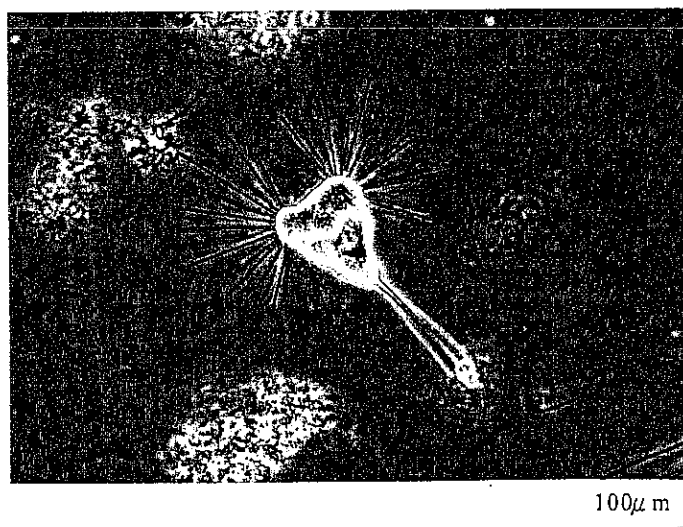
照片8.15 斜管蟲(*Chilodonella*屬)在污泥膠羽周圍蠕動的狀態



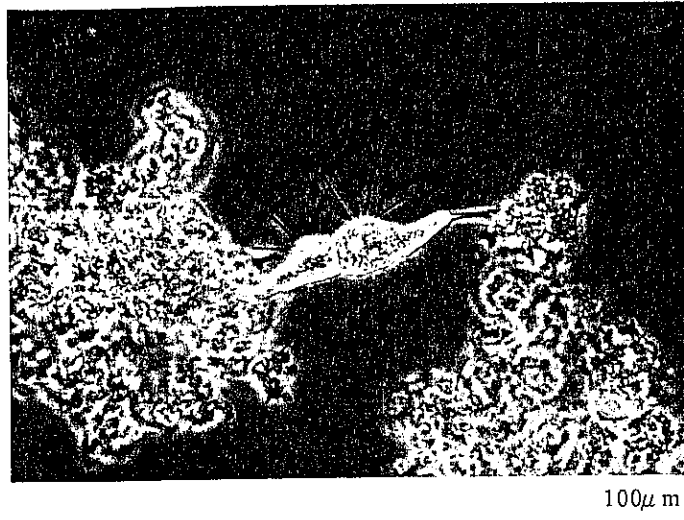
照片8.16 裸口目 *Trochilia minuta* 之形態



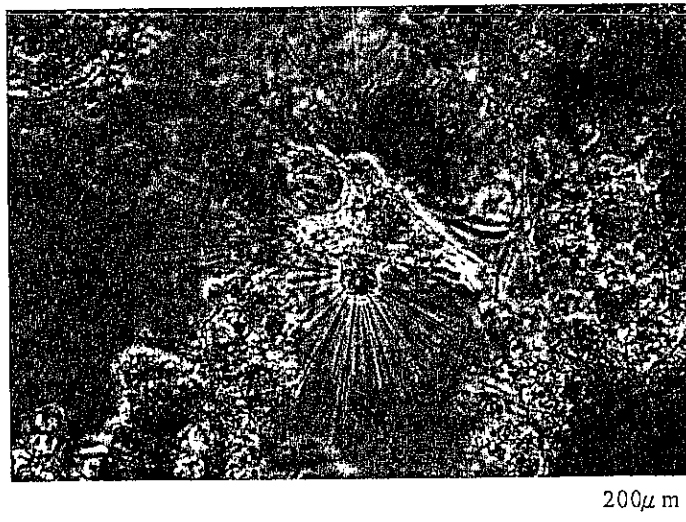
照片8.17 草履蟲(*Paramecium*屬)之形態



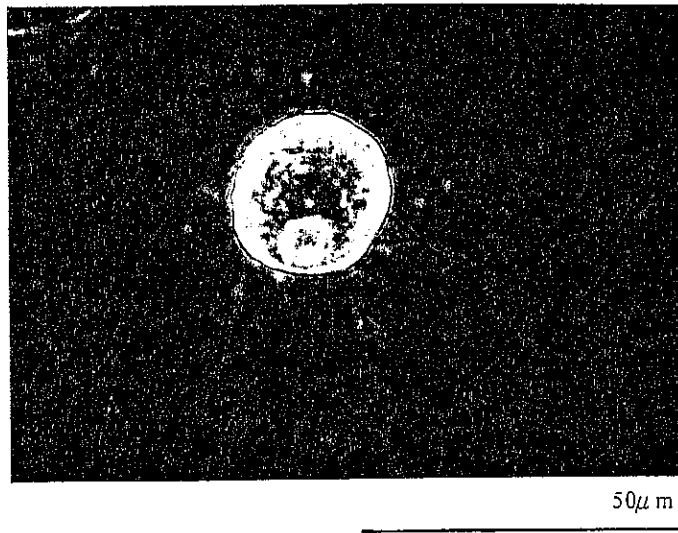
照片8.18 倒錐蟲(*Acinetes*屬)之形態



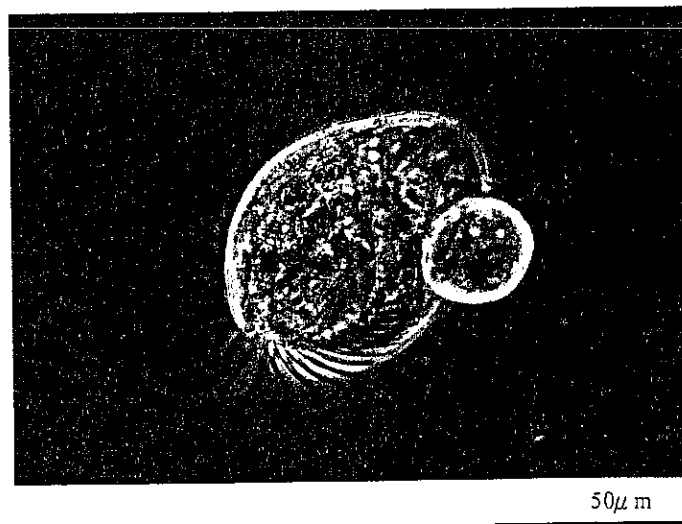
照片8.19 分裂中之倒錐蟲(*Acineta*屬)之形態



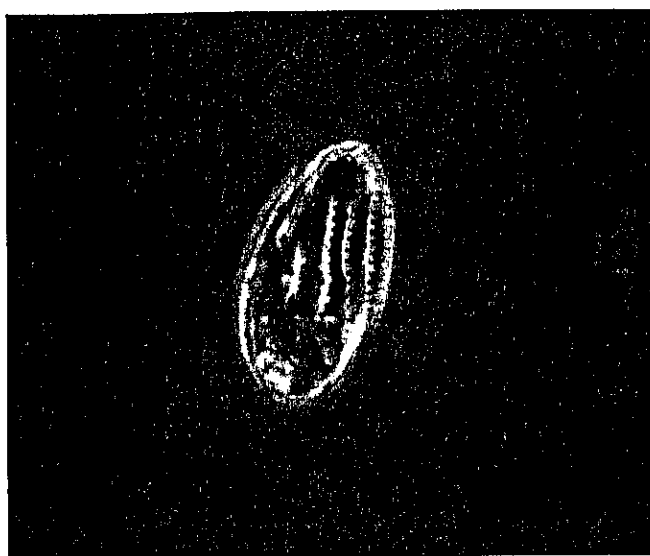
照片8.20 在污泥膠羽中之錘吸管蟲(*Tokophrya*屬)之形態



照片8.21 足吸管蟲(*Podophrya*屬)之形態

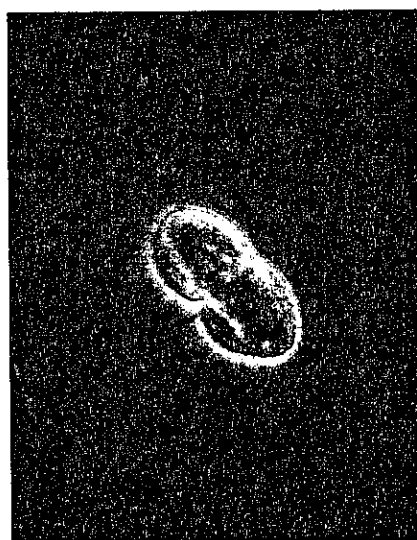


照片8.22 足吸管蟲(*Podophrya*屬)攝食纖毛蟲類之
下毛目游仆蟲(*Euplotes*屬)之狀況



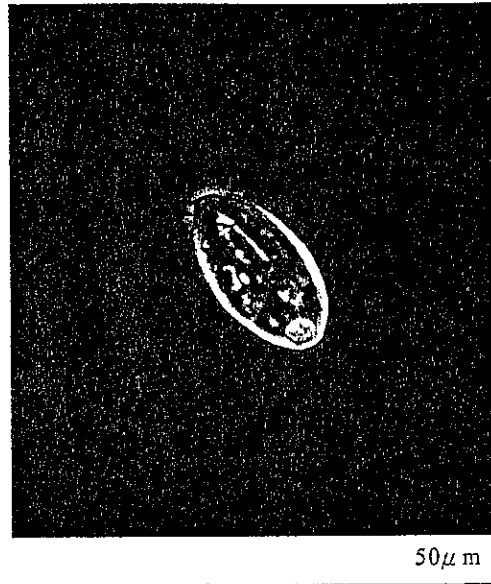
50 μ m

照片8.23 尾絲蟲(*Uronema*屬)之形態



50 μ m

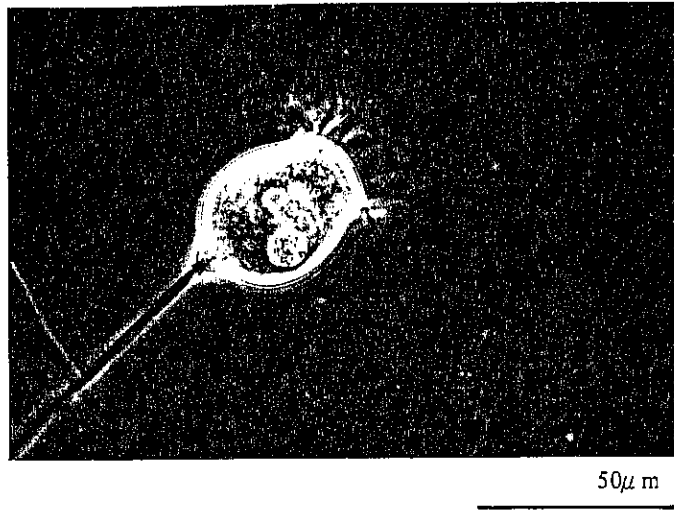
照片8.24 分裂中之尾絲蟲(*Uronema*屬)之形態



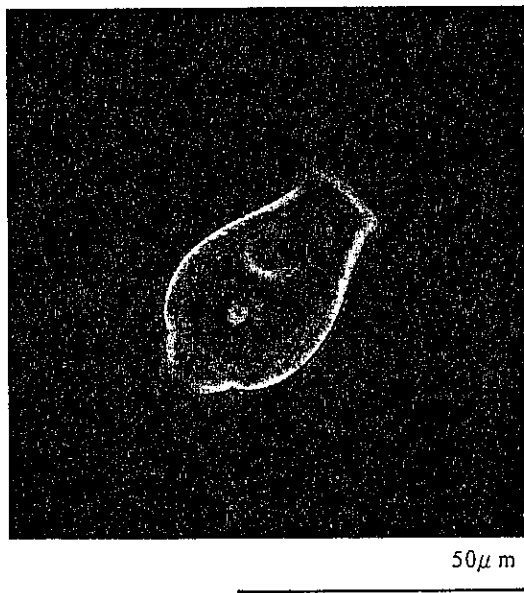
照片8.25 膜帶蟲(*Cyclidium*屬)之形態



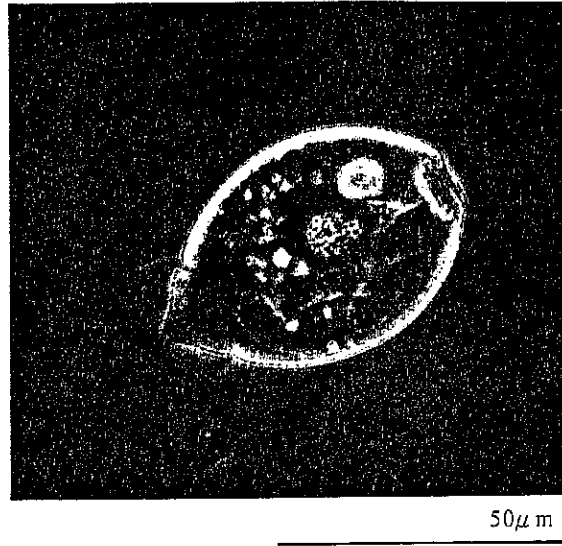
照片8.26 膜帶蟲(*Cyclidium*屬)分裂中之形態



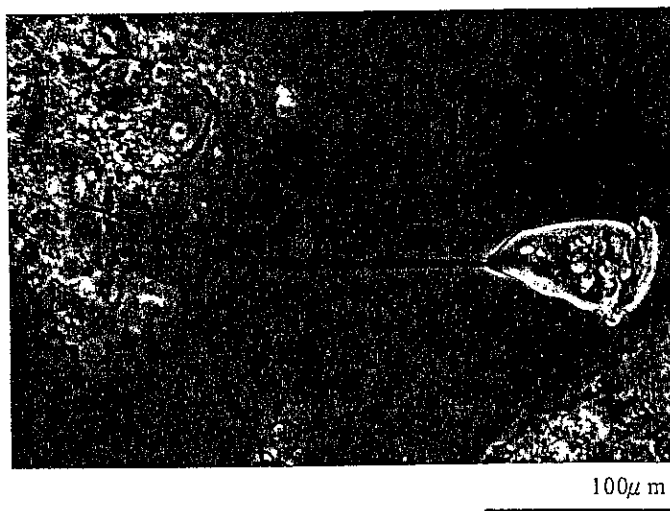
照片8.27 小口鐘蟲(*Vorticella microstoma*)之形態



照片8.28 在環境條件惡劣時，所形成之圍肛纖毛輪(Telotroch)



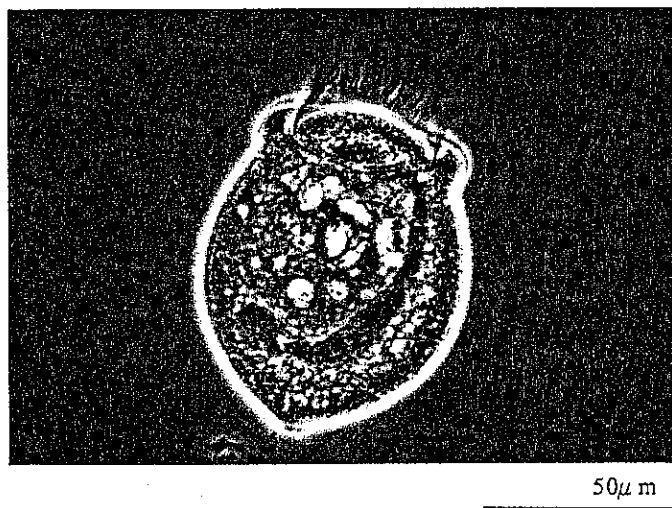
照片8.29 另一形態之圍肛纖毛輪(Telotroch)



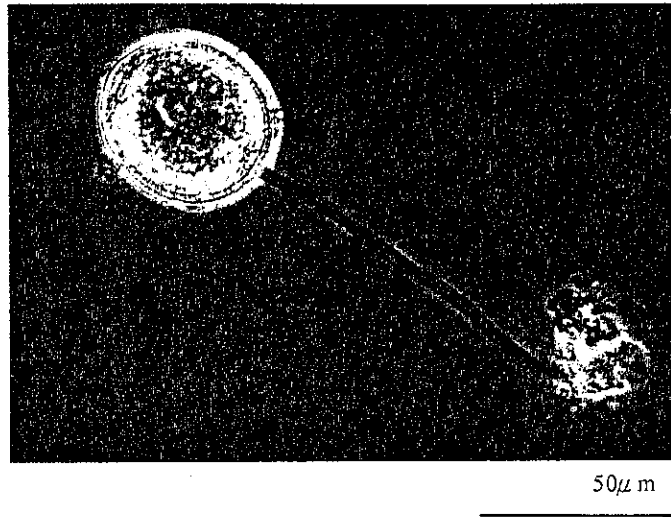
照片8.30 鐘形蟲(*Vorticella convallaria*)的形態



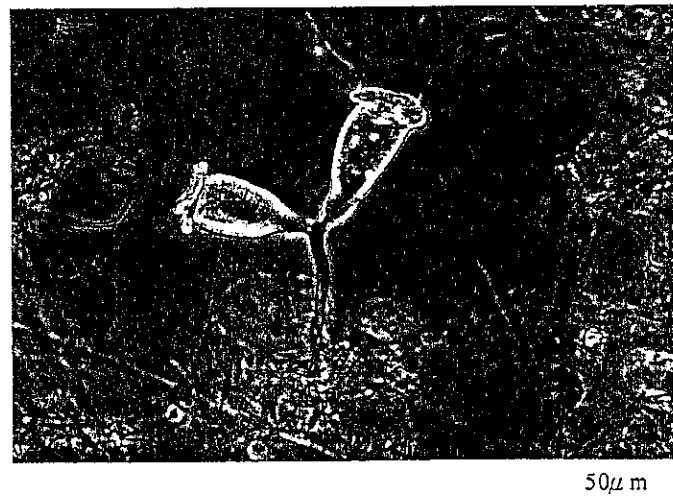
照片8.31 鐘形蟲(*Vorticella convallaria*)之內部構造情況



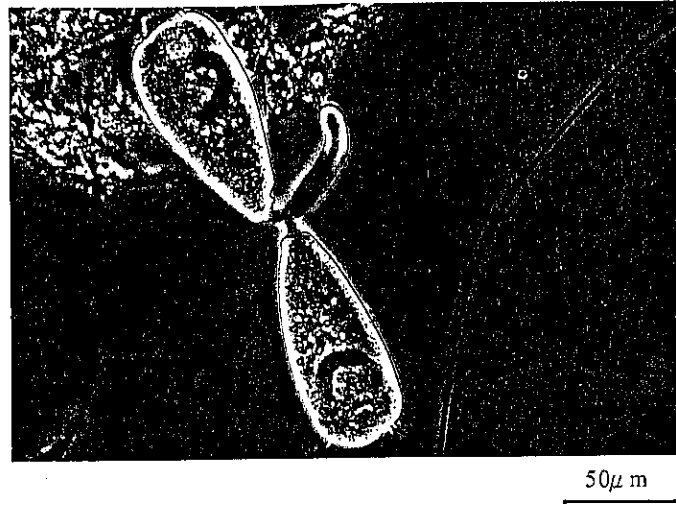
照片8.32 白鐘蟲(*Vorticella alba*)之細部形態



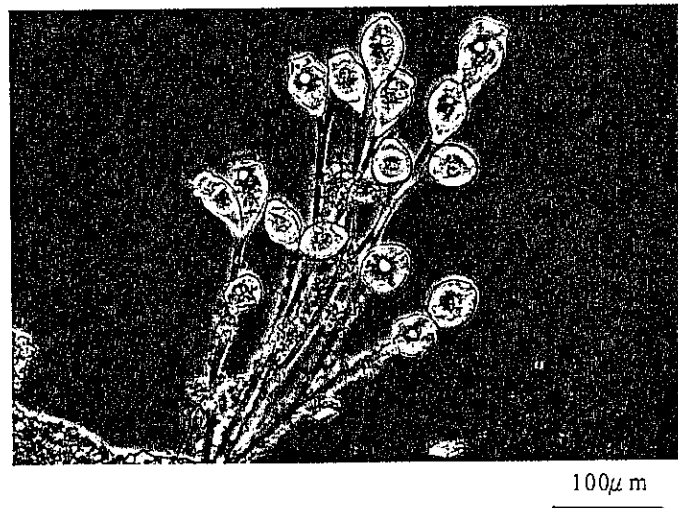
照片8.33 受有害生物處理物質流入而造成鐘形蟲(*Vorticella*屬)
閉鎖及線筋體斷裂的狀況



照片8.34 獨縮蟲(*Carchesium*屬)之形態



照片8.35 累枝蟲(*Epistylis*屬)之形態



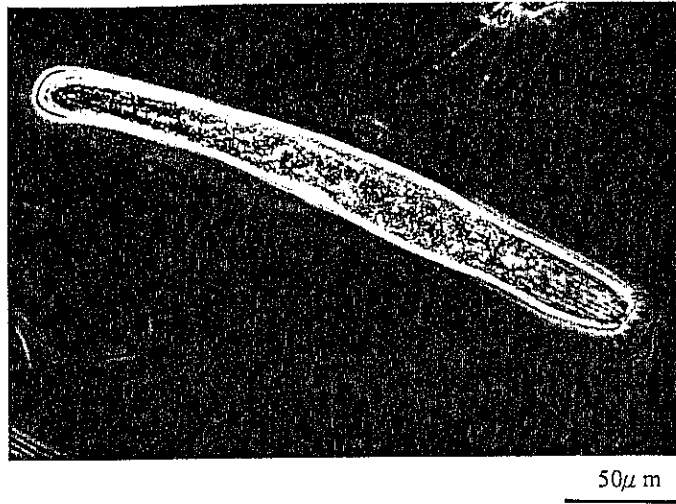
照片8.36 累枝蟲(*Epistylis*屬)之群體形態



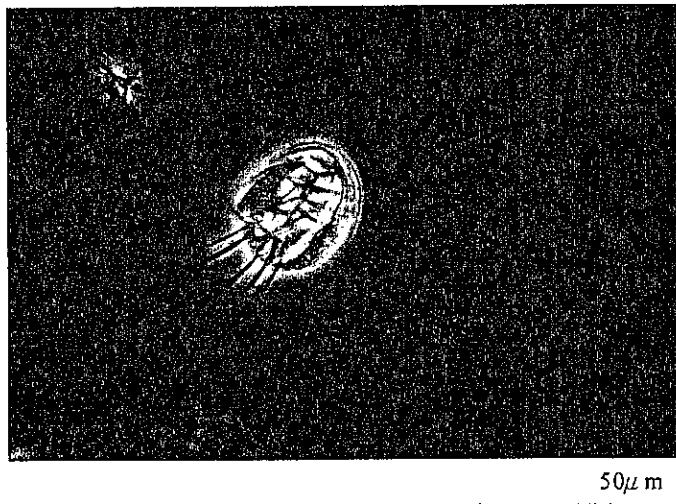
照片8.37 蓋蟲(*Opercularia*屬)的形態



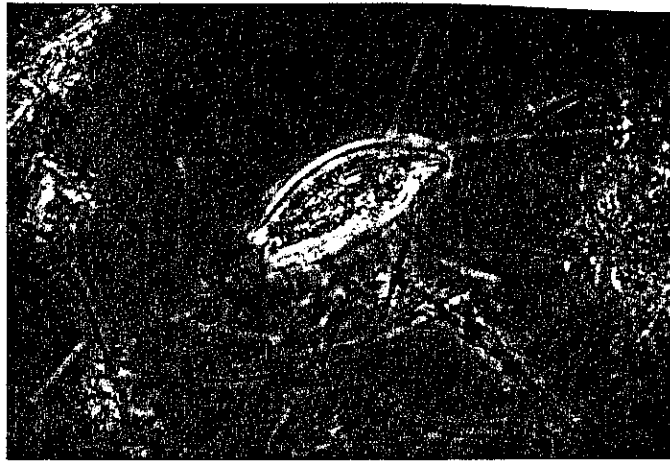
照片8.38 蓋蟲(*Opercularia*屬)之群體形態



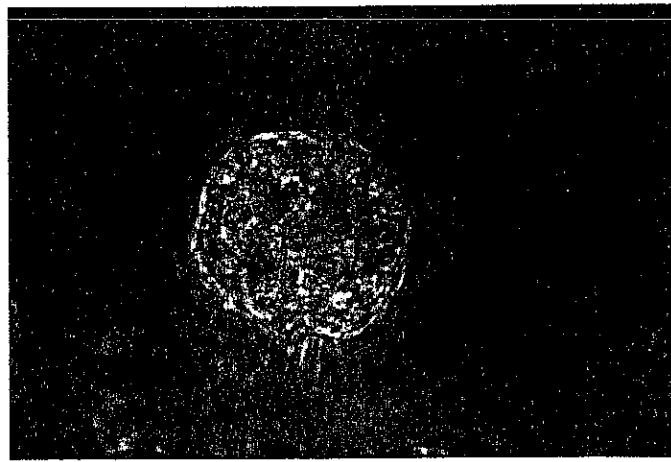
照片8.39 異毛目旋口蟲(*Spirostomum*屬)之形態



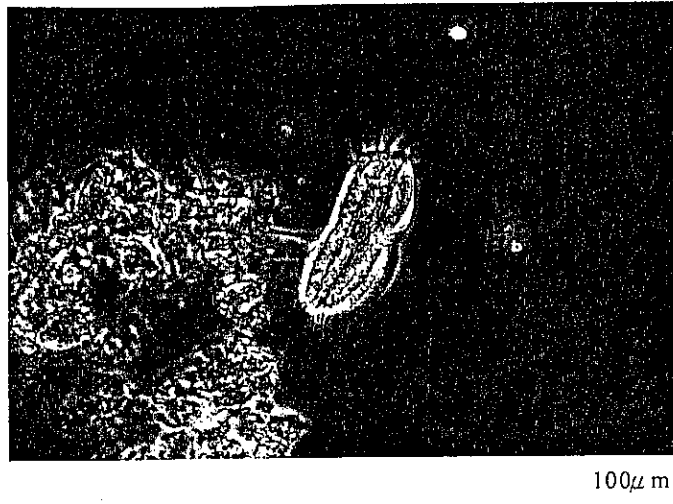
照片8.40 楯纖蟲(*Aspidisca*屬)之形態



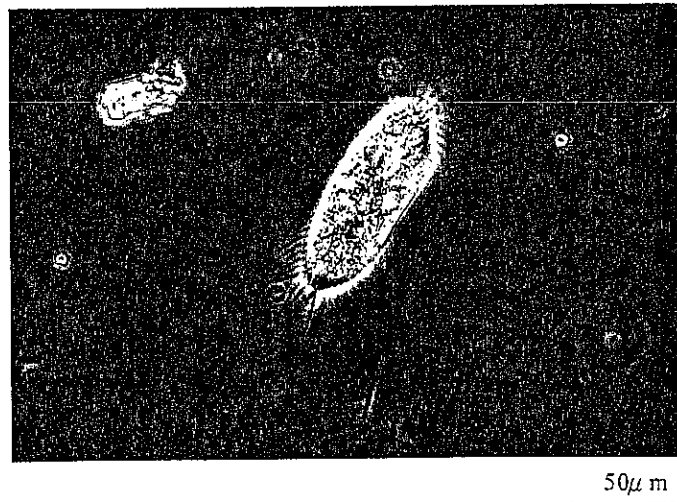
照片8.41 楯纖蟲(*Aspidisca*屬)之側面形態



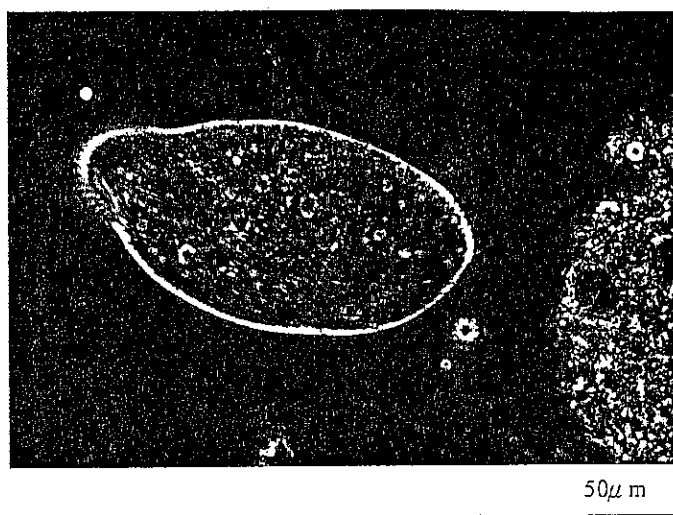
照片8.42 楯纖蟲(*Aspidisca*屬)之背面形態



照片8.43 楯纖蟲(*Aspidisca*屬)之分裂中形態



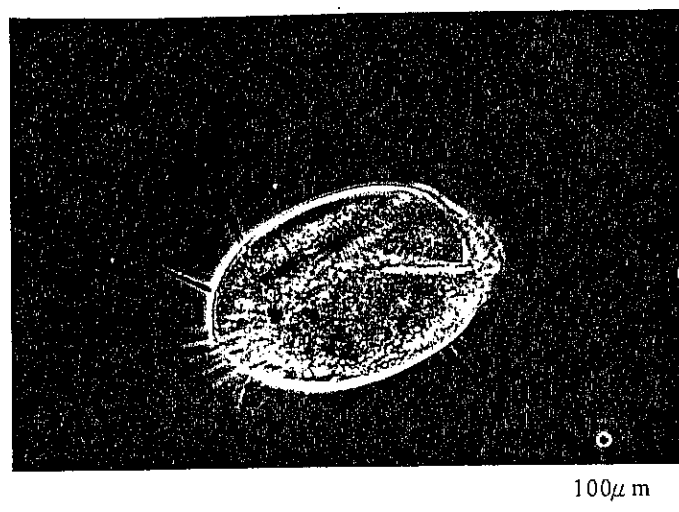
照片8.44 桿尾蟲(*Stylonychia mytilus*)之形態



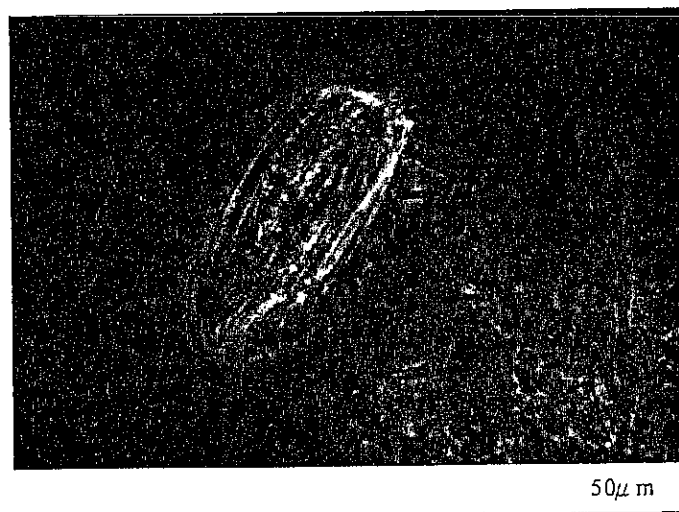
照片8.45 下毛目桿尾蟲(*Stylonychia*屬)之形態



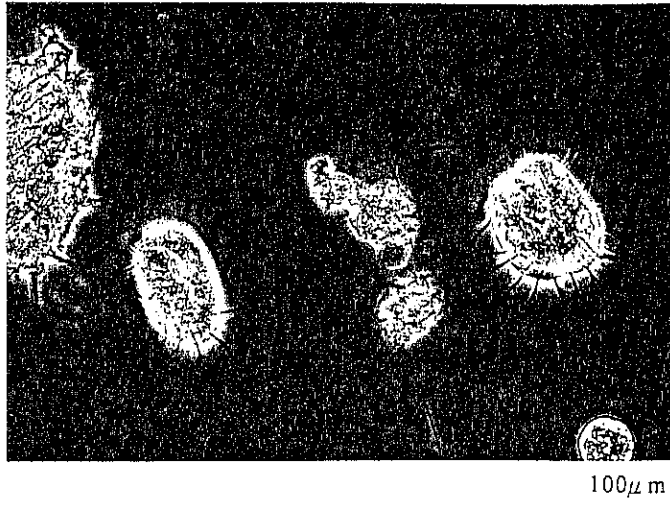
照片8.46 下毛目桿尾蟲(*Stylonychia*屬)分裂中之形態



照片8.47 游仆蟲(*Euplotes*屬)之形態



照片8.48 游仆蟲(*Euplotes*屬)之側面形態



照片8.49 游仆蟲(*Euplotes*屬)之形態
左：單獨存在 右：分裂中

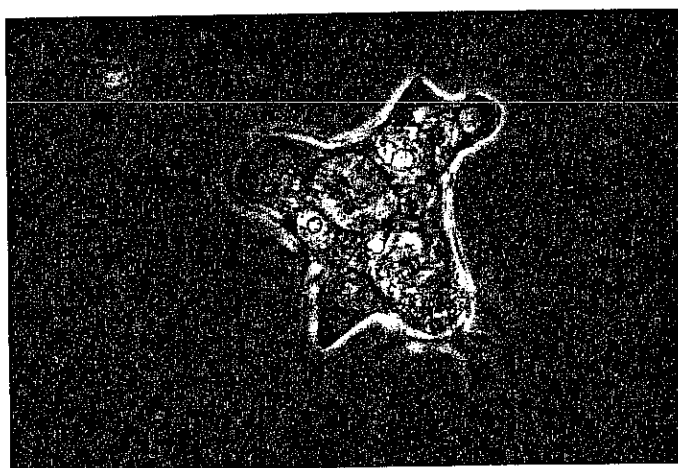


照片8.50 下毛目*Tachysoma*屬之形態



50 μ m

照片8.51 下毛目 *Tachysoma* 屬之側面形態

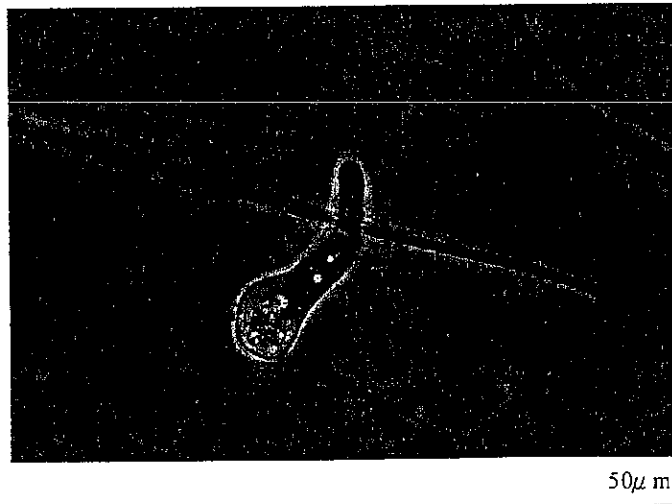


50 μ m

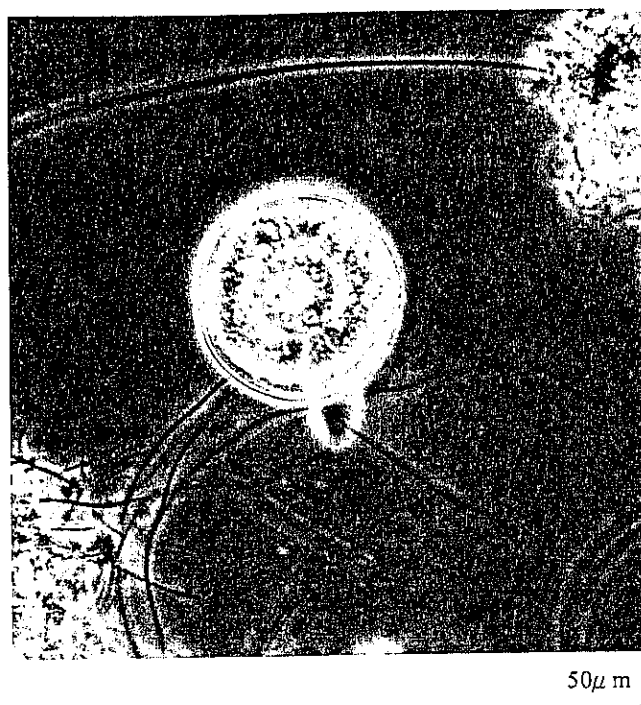
照片8.52 變形蟲 (*Amoeba* sp.) 之形態



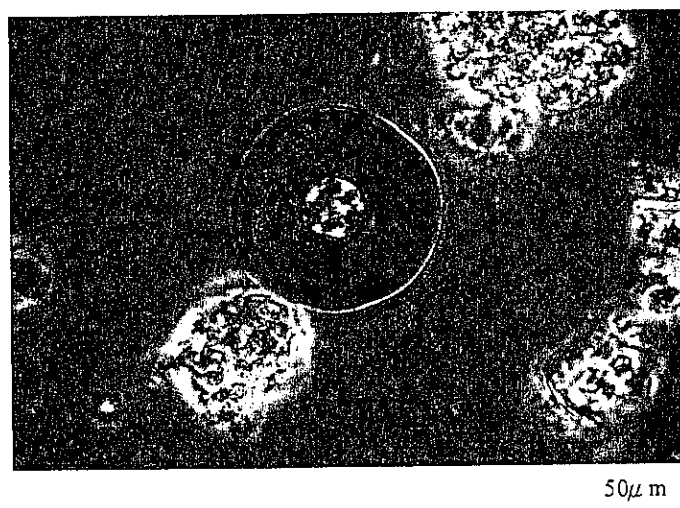
照片8.53 放射狀變形蟲(*Amoeba radiosa*)之形態



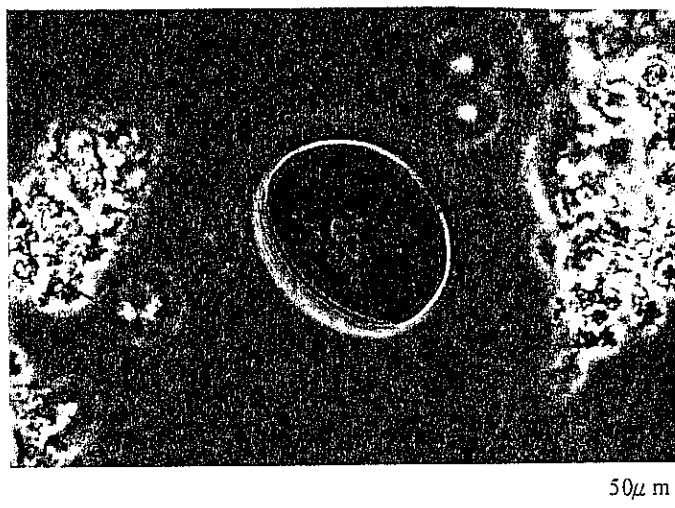
照片8.54 簡變蟲(*Vahlkampfia*屬)之形態



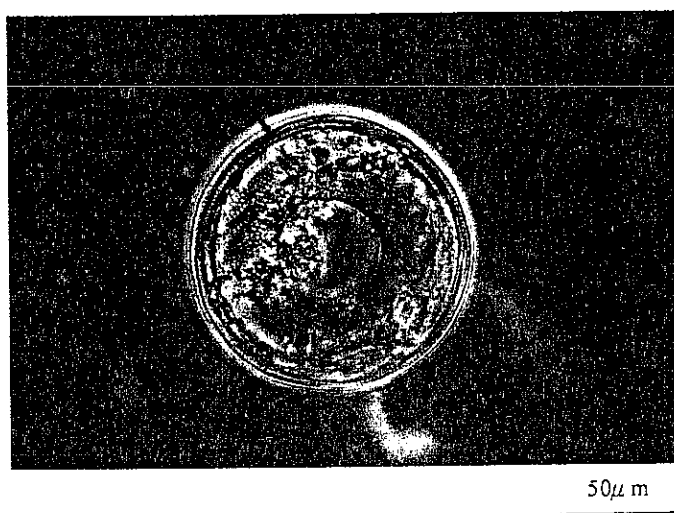
照片8.55 蕈頂蟲(*Arcella*屬)幼齡期伸出指狀偽足之形態



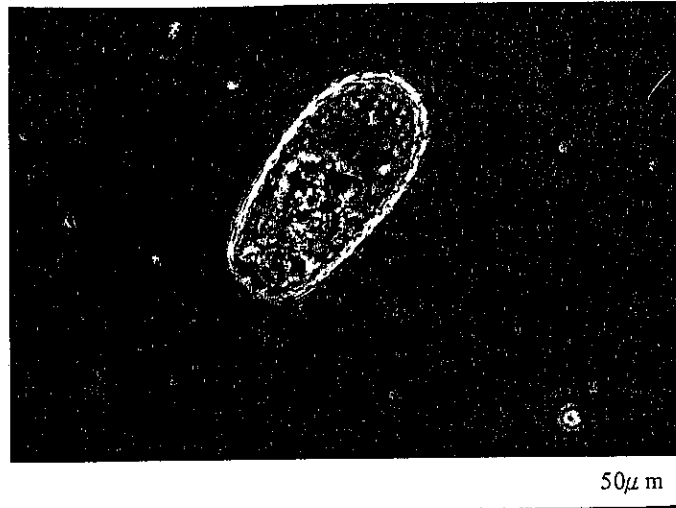
照片8.56 蕈頂蟲(*Arcella*屬)老化時之形態



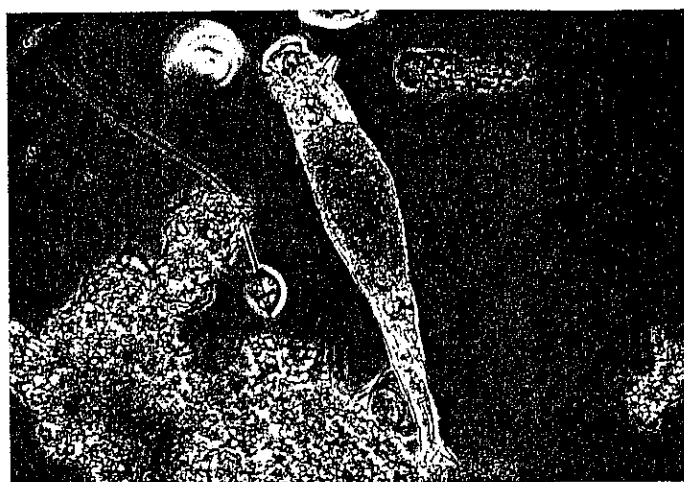
照片8.57 蕈頂蟲(*Arcella*屬)側面呈半球形之形態



照片8.58 蕈頂蟲(*Arcella*屬)死亡後之殘骸

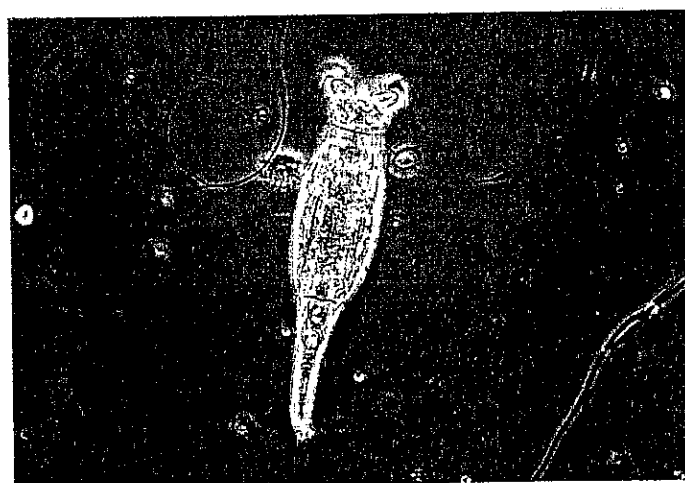


照片8.59 麟殼蟲(*Euglypha*屬)之形態



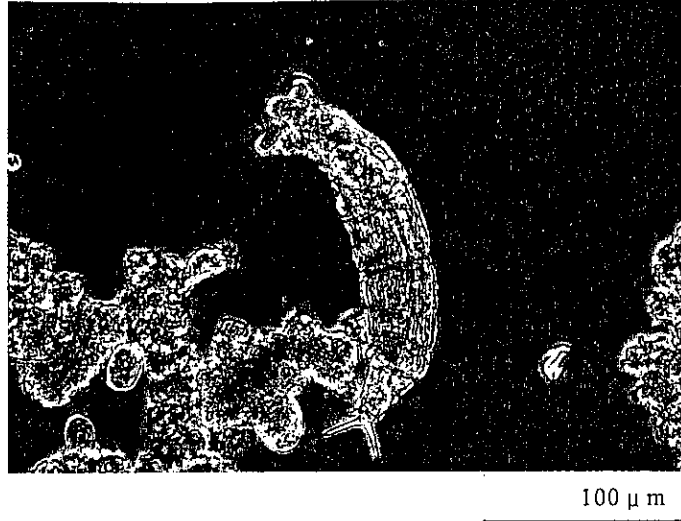
100 μ m

照片9.1 旋輪蟲(*Philodina*屬)之形態



100 μ m

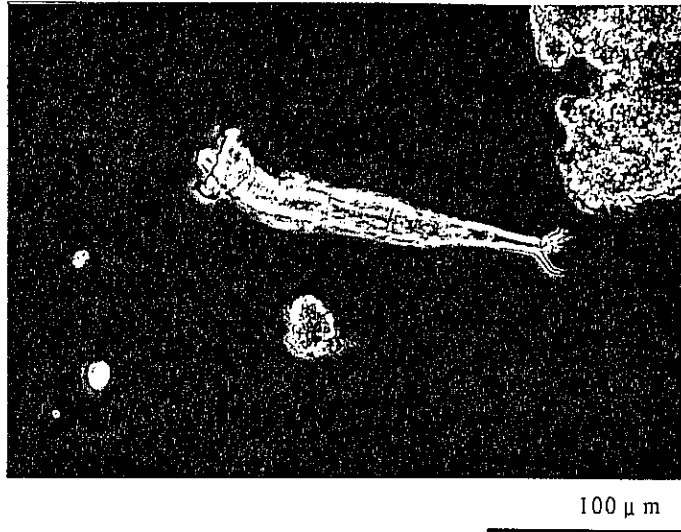
照片9.2 旋輪蟲(*Philodina*屬)之形態



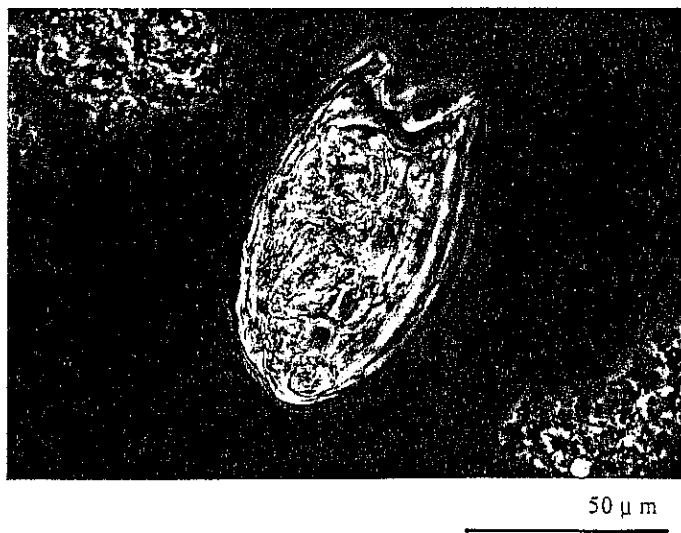
照片9.3 旋輪蟲(*Philodina*屬)之形態



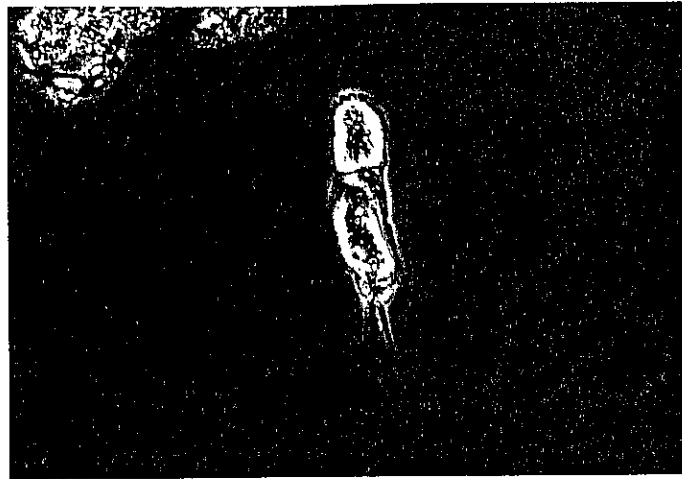
照片9.4 轉輪蟲(*Rotaria*屬)之形態



照片9.5 轉輪蟲(*Rotaria*屬)之形態

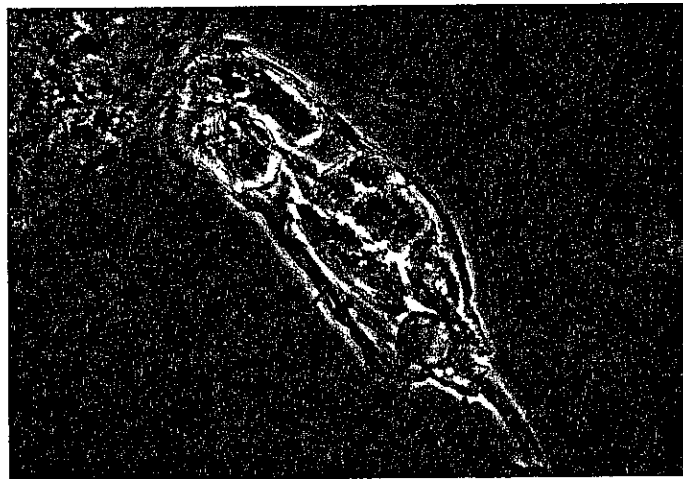


照片9.6 鞍甲輪蟲(*Lepadella*屬)之形態



100 μ m

照片9.7 狹甲輪蟲(*Colurella*屬)之形態

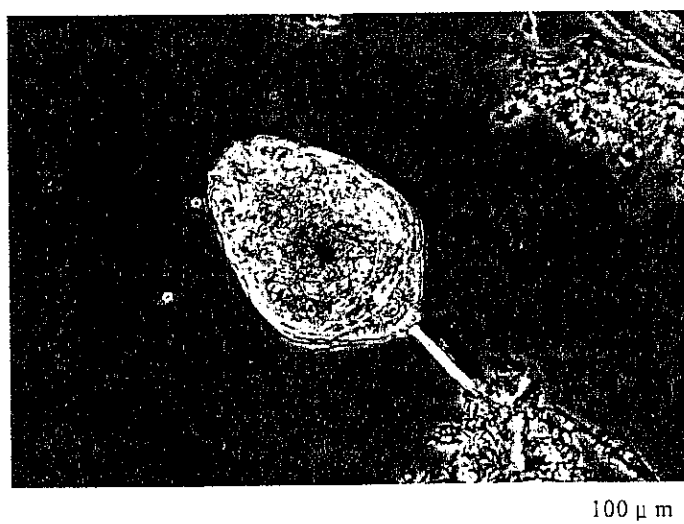


50 μ m

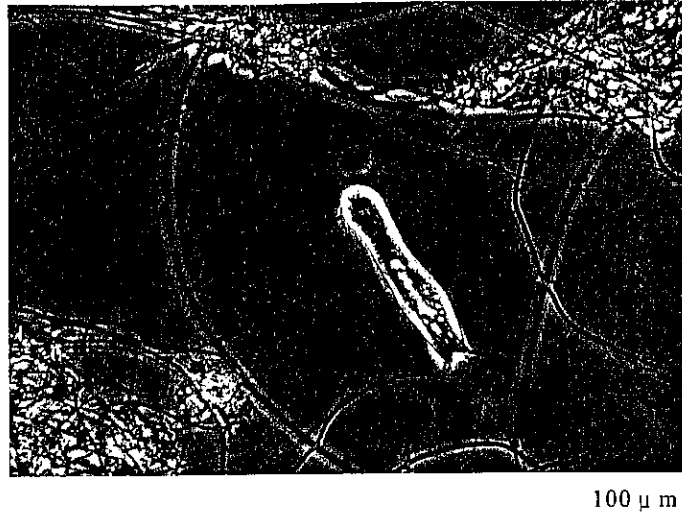
照片9.8 狹甲輪蟲(*Colurella*屬)之細部形態



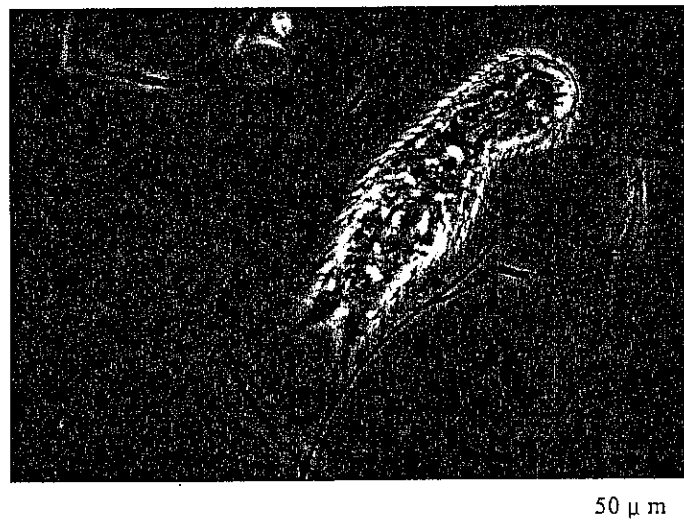
照片9.9 腔輪蟲(*Lecane*屬)之形態



照片9.10 單趾輪蟲(*Monostyla lunaris*)之形態



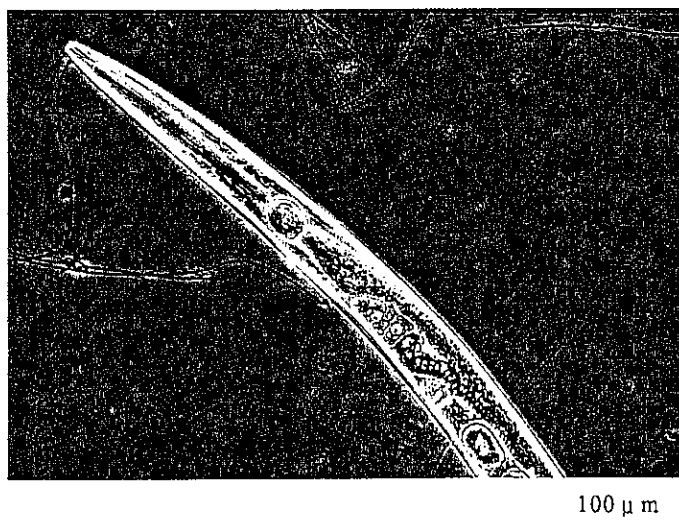
照片9.11 後生動物腹毛類鼃蟲(*Chaetonotus*屬)的形態



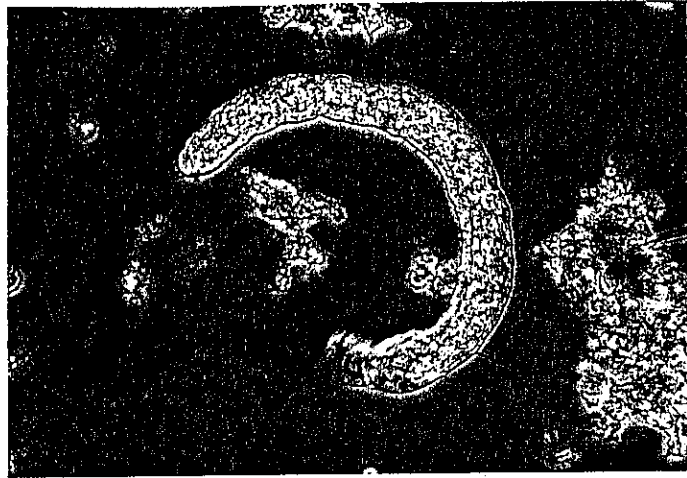
照片9.12 鼃蟲(*Chaetonotus*屬)的形態



照片9.13 線蟲類(*Nematoda*)之形態



照片9.14 大型線蟲之頭部形態



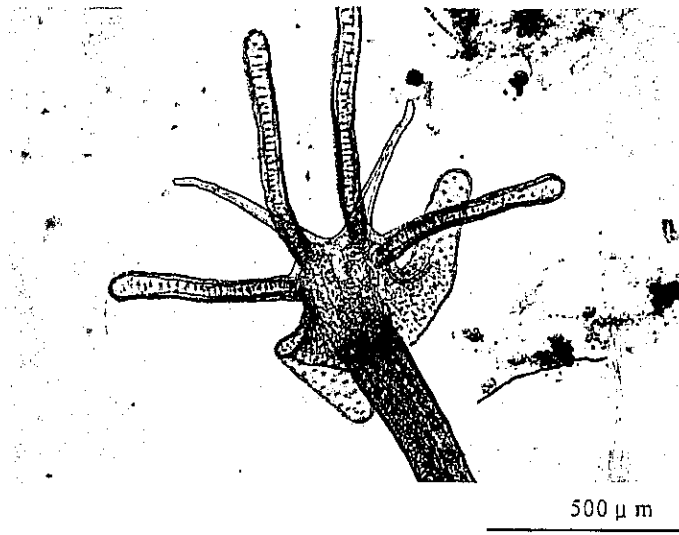
100 μ m

照片9.15 類體蟲(*Aeolosoma*屬)之形態

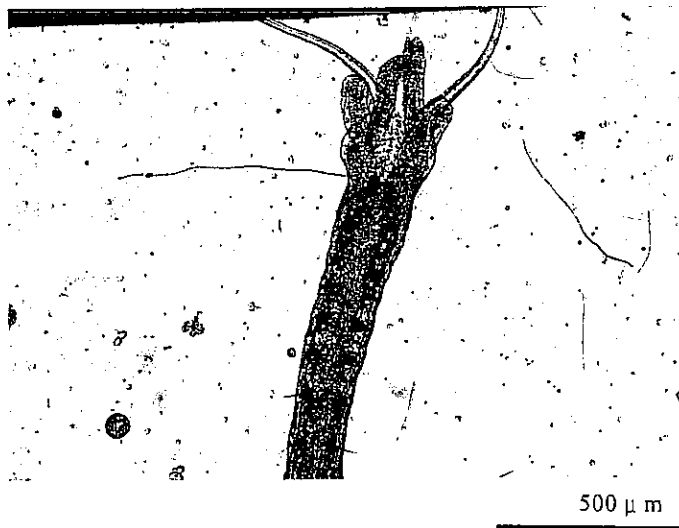


500 μ m

照片9.16 類體蟲(*Aeolosoma*屬)之形態



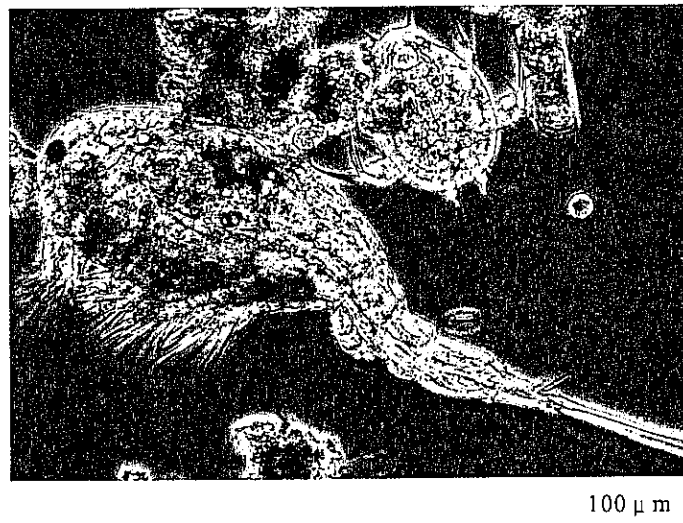
照片9.17 環節動物(*Dero*屬)尾部詳細構造



照片9.18 環節動物(*Dero*屬)尾部及剛毛狀況

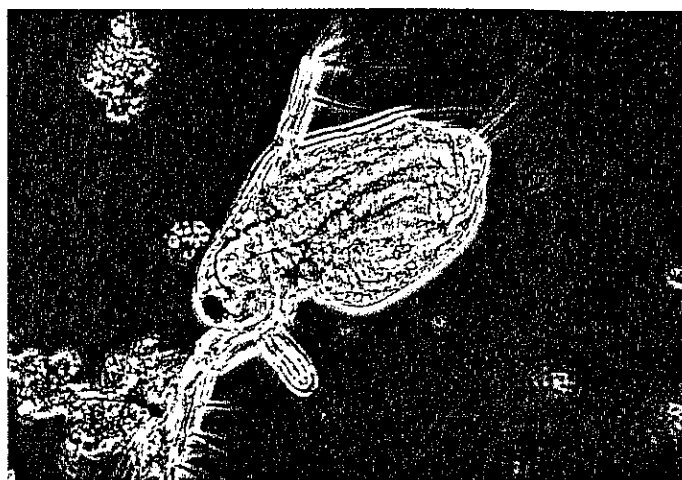


照片9.19 環節動物(*Dero*屬)頭部之構造



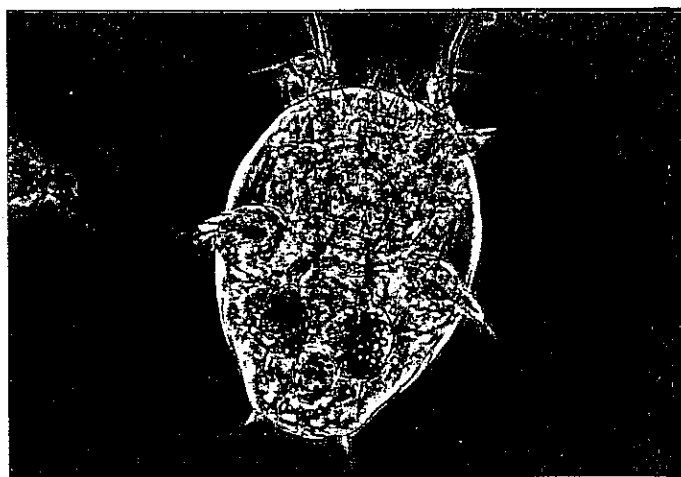
照片9.20 上：圓水蚤(*Alona* sp.)之幼蟲

下：金魚蚤(*Daphnia*屬)之形態



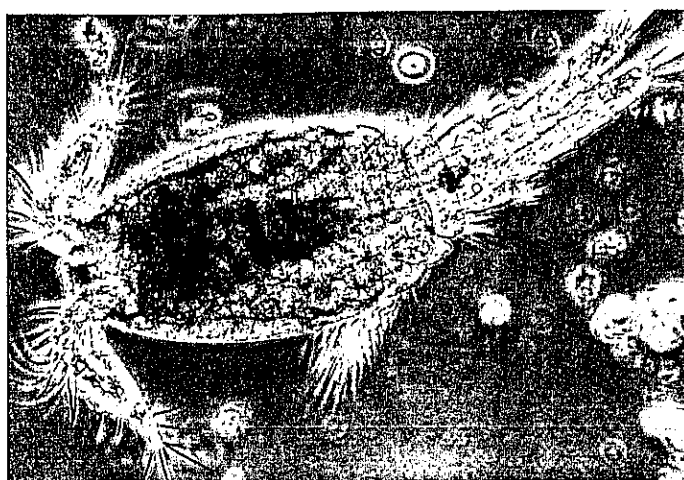
200 μ m

照片9.21 球水蚤(*Moina*屬)之形態



100 μ m

照片9.22 圓水蚤(*Alona*屬)之幼蟲形態



200 μ m

照片9.23 劍水蚤(*Cyclops*屬)之形態

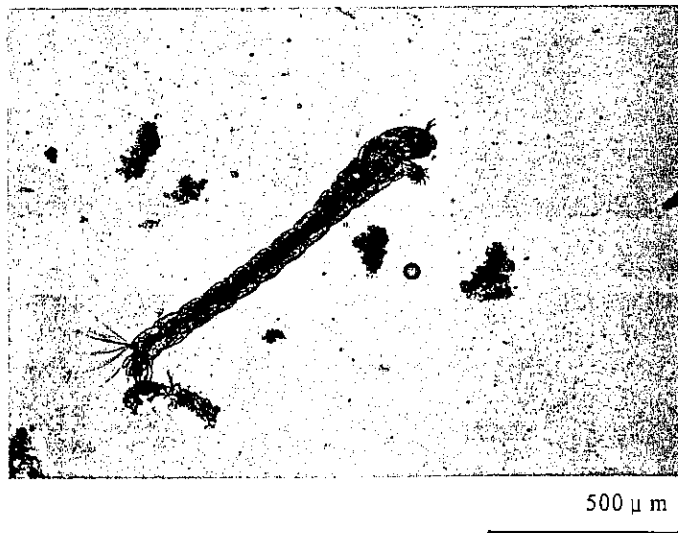


500 μ m

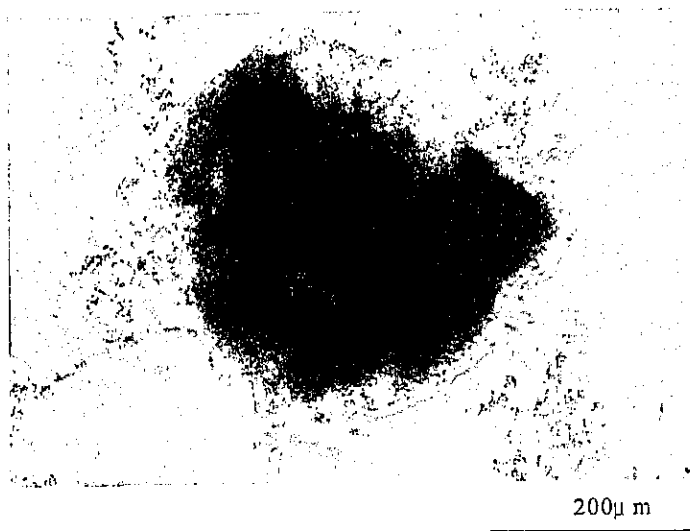
照片9.24 紅蟲(*Chironomus yoshimatsui*)幼蟲的頭部形態



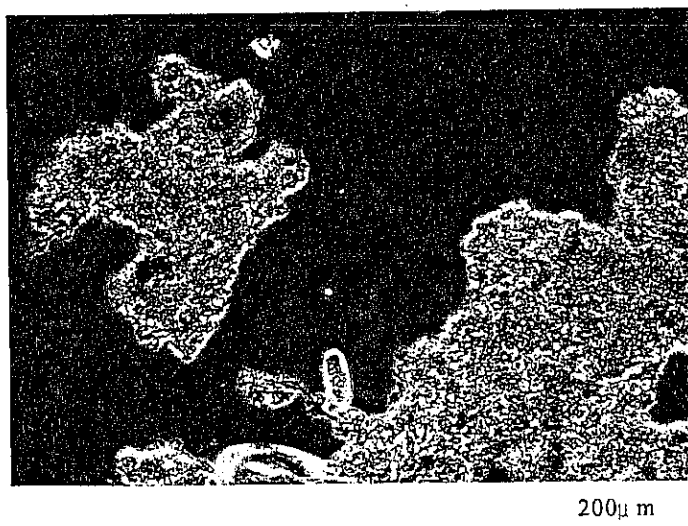
照片9.25 紅蟲(*Chironomus yoshimatsui*)幼蟲尾部之血總



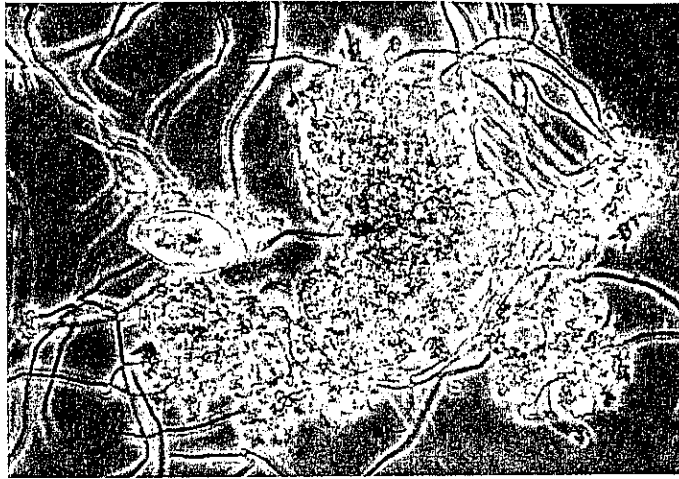
照片9.26 紅蟲(*Chironomus yoshimatsui*)幼蟲形態



照片10.1 膠羽緊密而接近圓球形
(firm, somewhat rounded)



照片10.2 膠羽緊密而不規則形
(firm, irregular shape)



50μ m

照片10.3 膠羽脆弱而接近圓球形

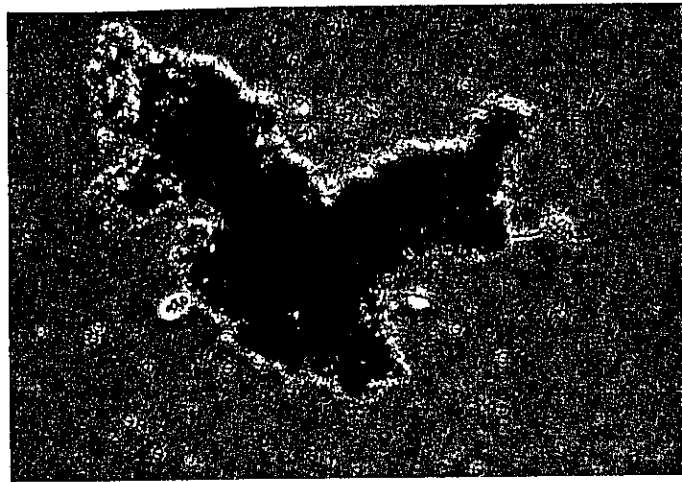
(weak, somewhat rounded)



50μ m

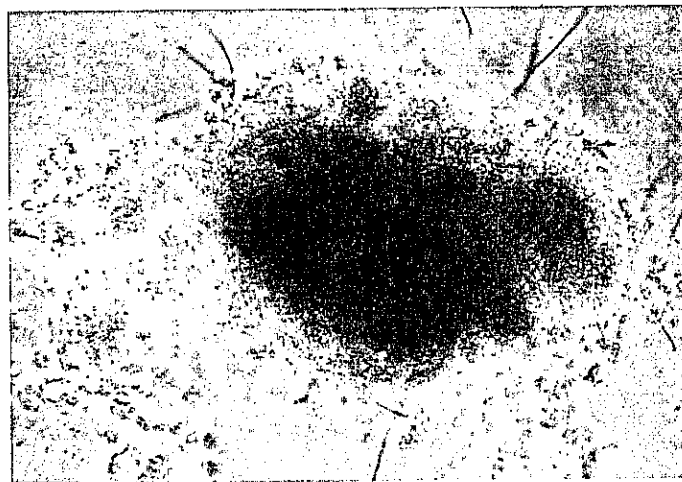
照片10.4 膠羽脆弱而不規則形

(weak, irregular shape)



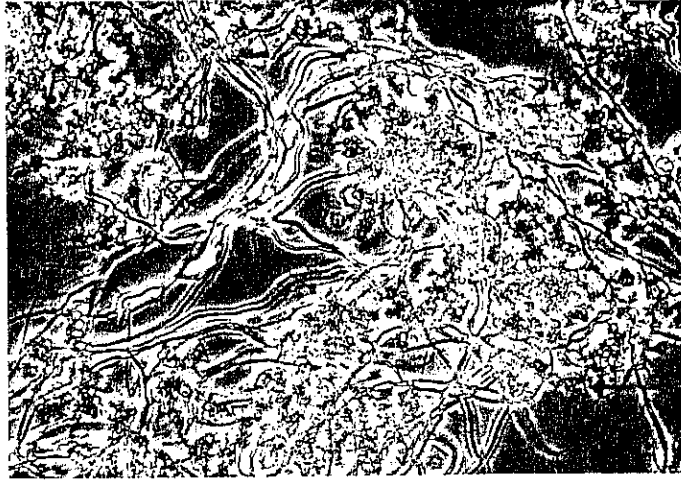
200 μ m

照片10.5 開放型膠羽(open floc)



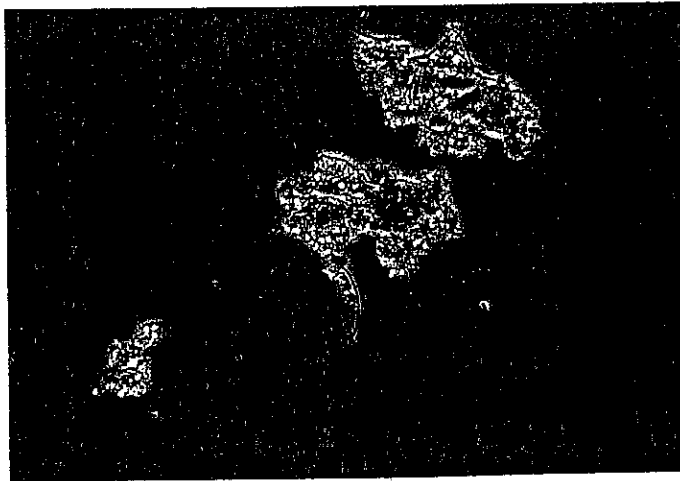
100 μ m

照片10.6 閉守型膠羽(compact floc)



50 μ m

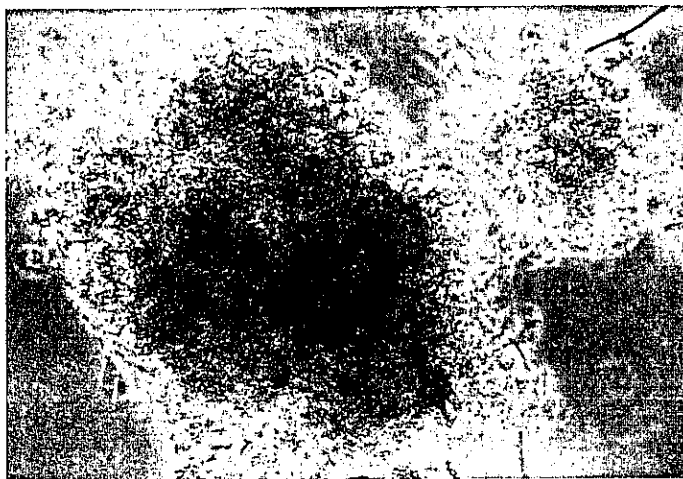
照片10.7 結聚型膠羽(agglomerates floc)



100 μ m

照片10.8 小型膠羽(small size floc)

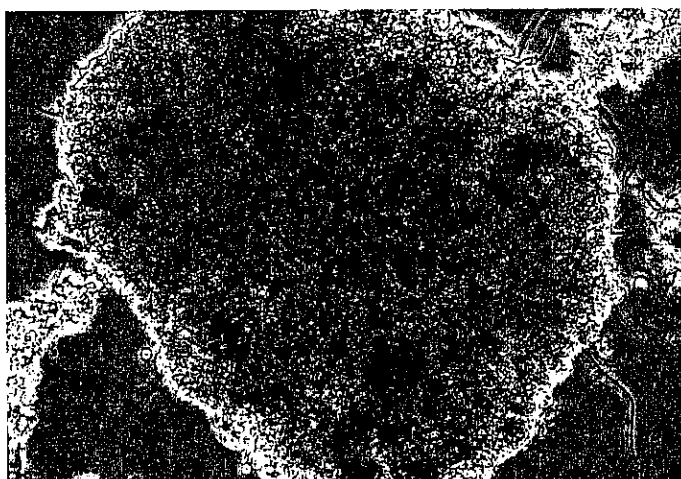
(膠羽直徑小於150 μ m者)



100μ m

照片10.9 中型膠羽(middle size floc)

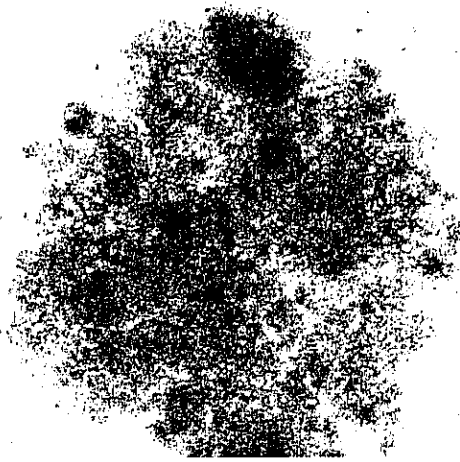
(膠羽直徑大於150 μ m而小於500 μ m者)



100μ m

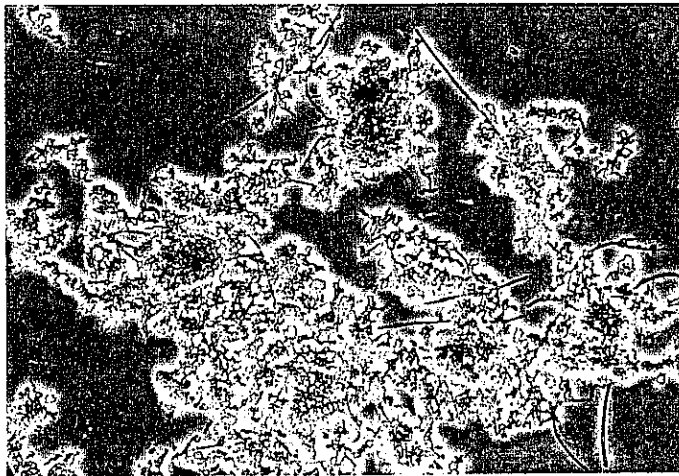
照片10.10 大型膠羽(large size floc)

(膠羽直徑大於500 μ m者)



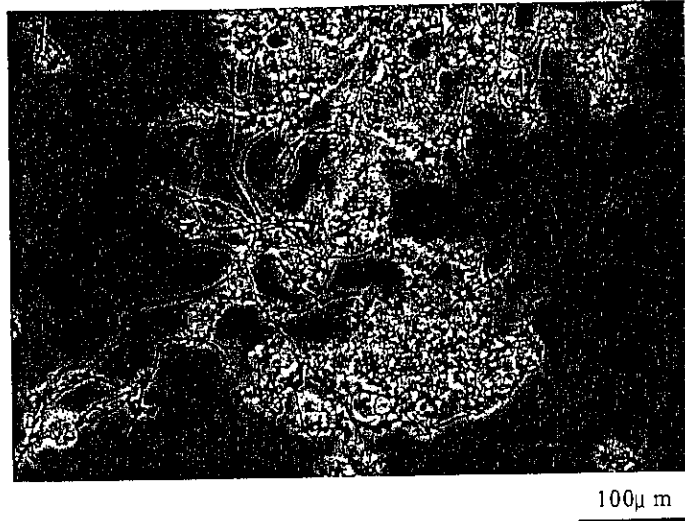
100μ m

照片10.11 膠羽中沒有絲狀微生物存在
(絲狀分類 0)

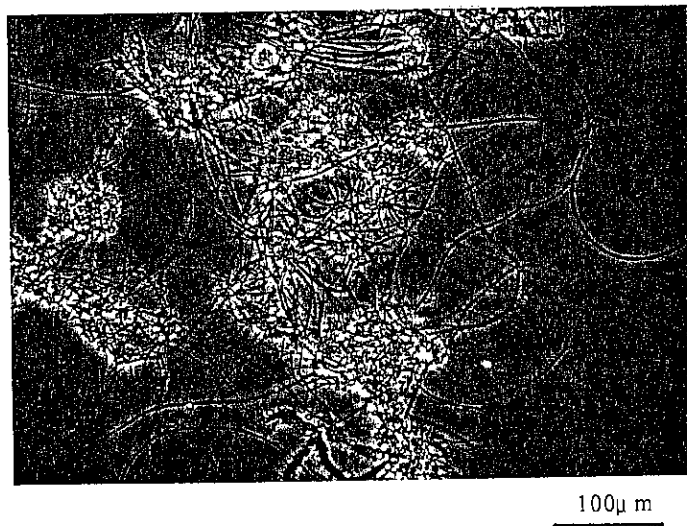


100μ m

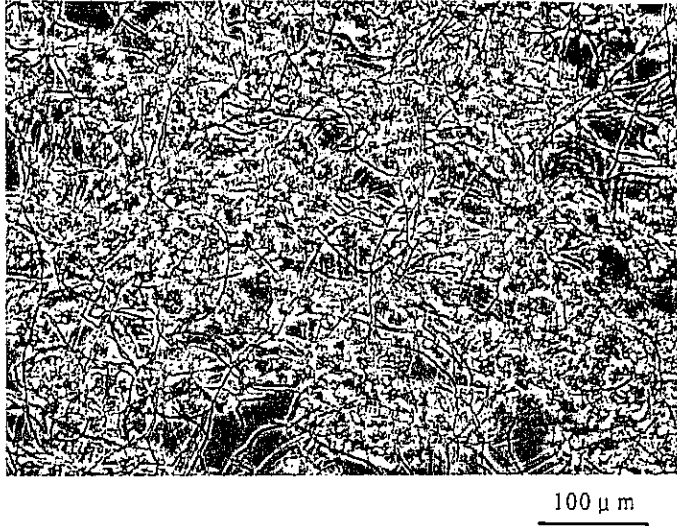
照片10.12 膠羽中有少量的絲狀微生物存在
(絲狀分類1)



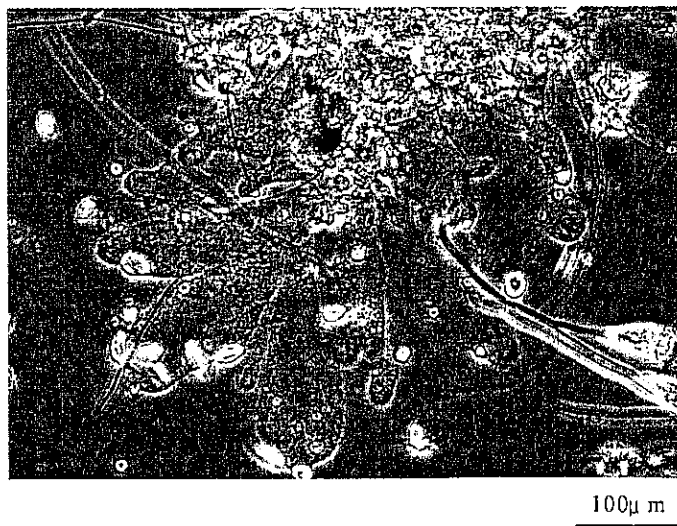
照片10.13 膠羽中有適度的絲狀微生物存在
(絲狀分類2)



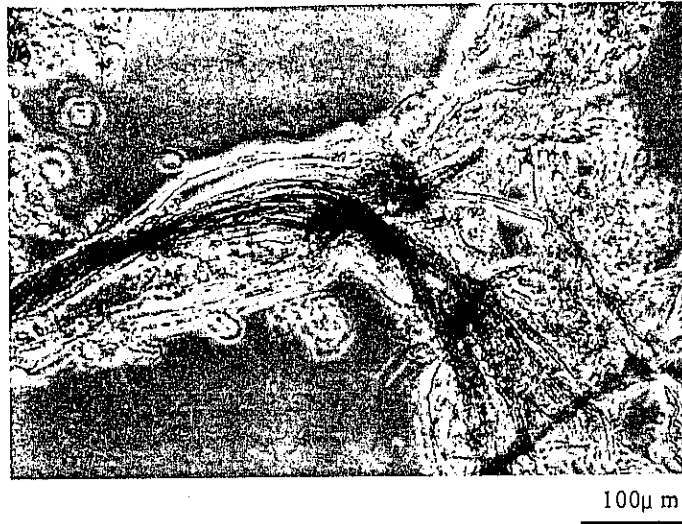
照片10.14 膠羽中有大量的絲狀微生物存在
(絲狀分類3)



照片10.15 膠羽中有超量的絲狀微生物存在
(絲狀分類4)



照片10.16 膠團桿菌(*Zoogloea*)，呈指狀形態



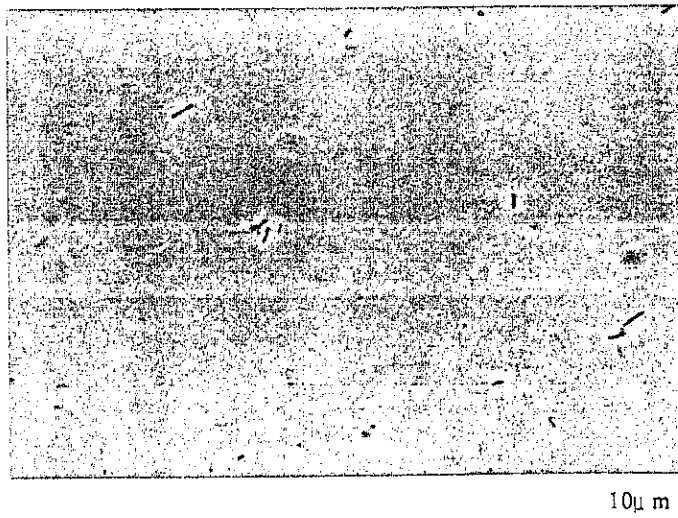
照片10.17 有機纖維



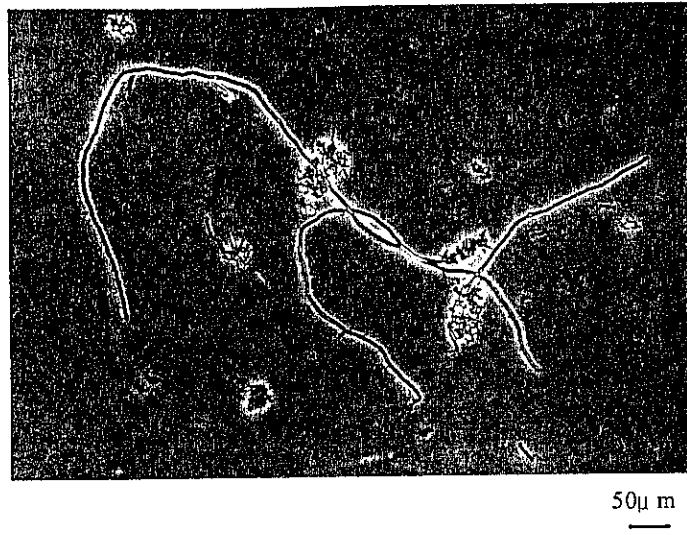
照片10.18 製革工廠活性污泥槽中之有機纖維



照片10.19 造紙工廠活性污泥槽中之有機纖維



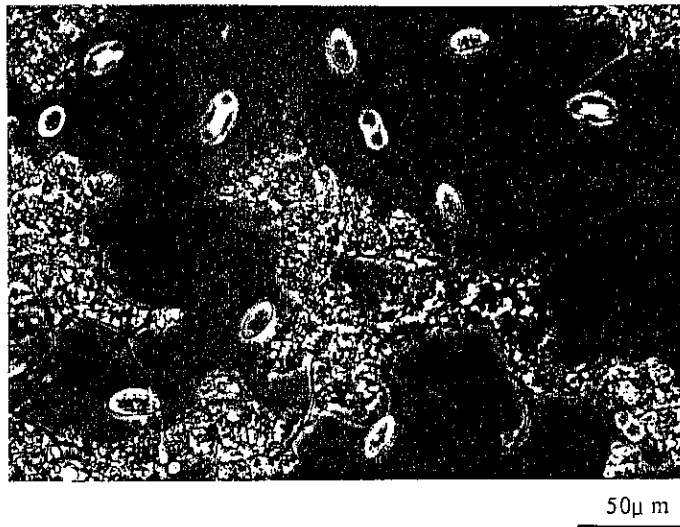
照片10.20 活性污泥中之桿菌



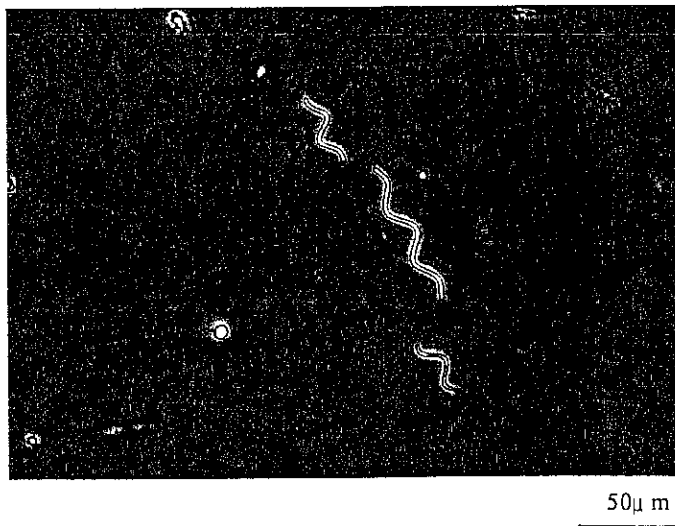
照片10.21 絲狀菌



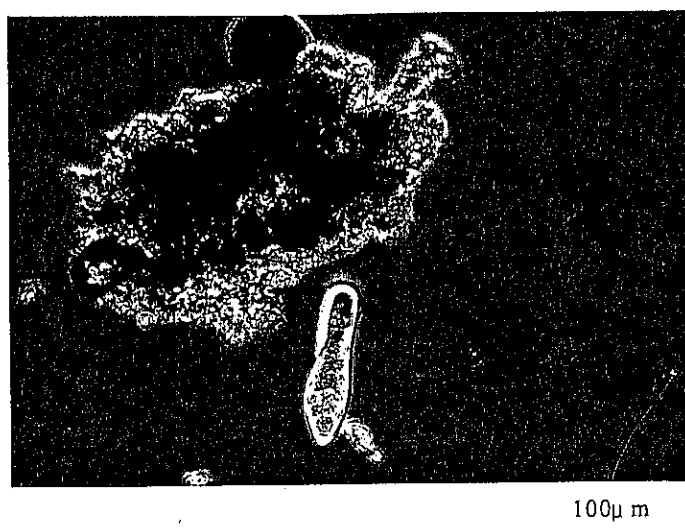
照片10.22 較標準負荷稍低之活性污泥微生物相
(包括輪蟲、下毛目游仆蟲(*Euplotes*)、草履蟲等)



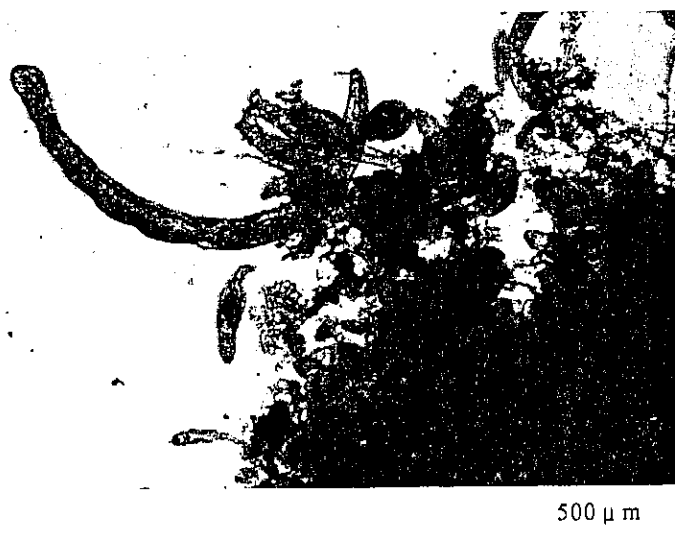
照片10.23 高負荷活性污泥微生物相
 (以膜口目膜帶蟲(*Cyclidium*)為優勢微生物的狀態)



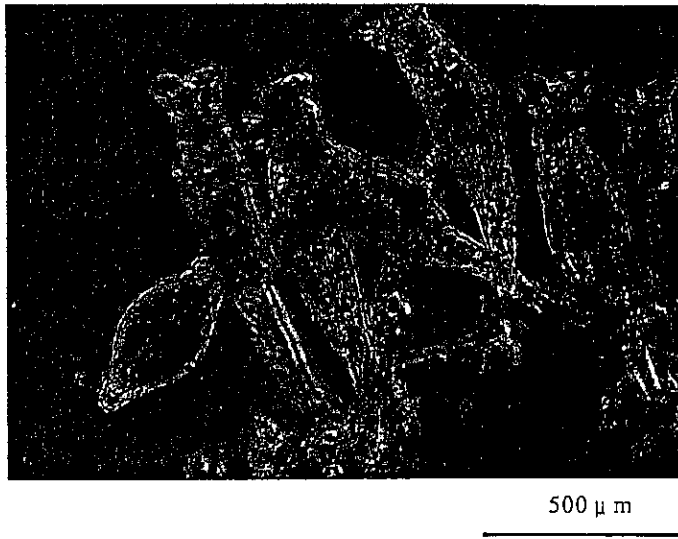
照片10.24 在低溶氧活性污泥存在之螺旋菌(*Spirils*)



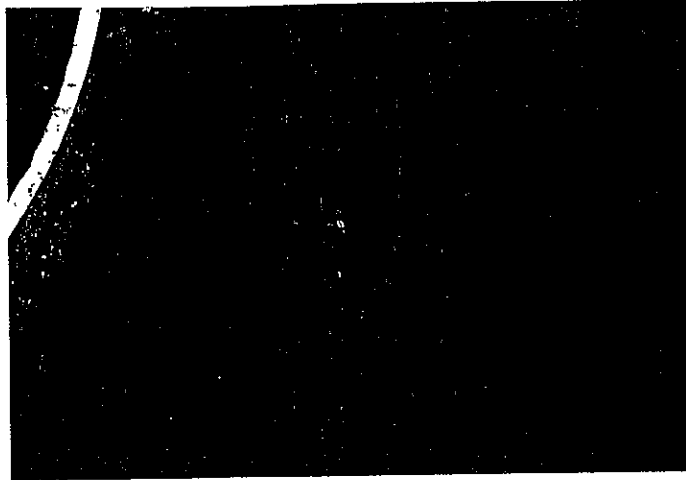
照片10.25 低溶氧活性污泥之中型黑色膠羽及草履蟲微生物相狀況



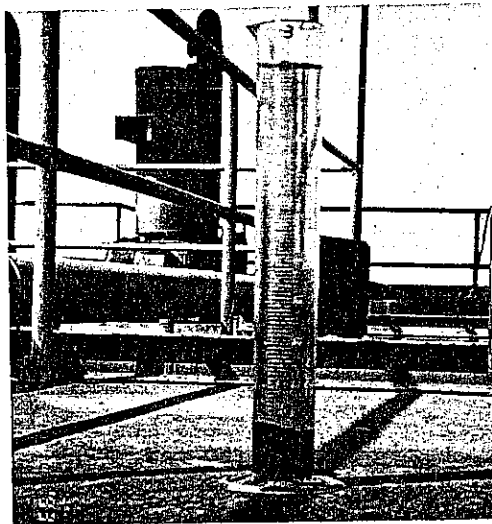
照片10.26 負荷適當的生物膜微生物相，包括佔優勢的輪蟲類
(如左上角的鐘形蟲及寡毛類類體蟲(*Aeolosoma*屬)等)



照片10.27 負荷適當的生物膜微生物相，輪蟲量多非常活躍



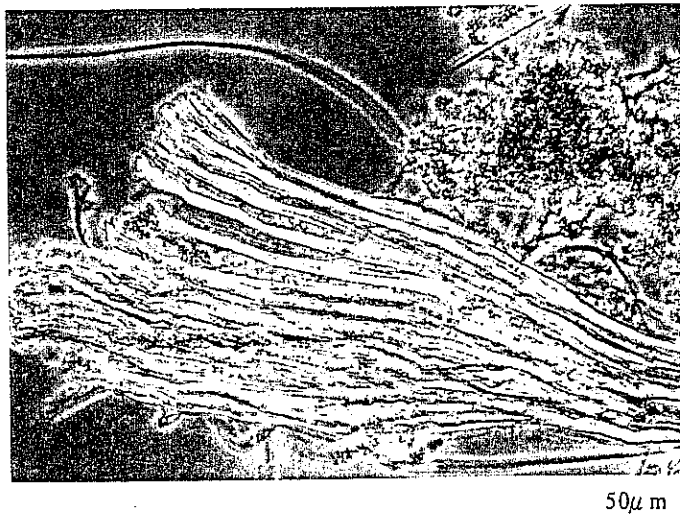
照片11.1 在終沉池水面上發現到之昆蟲－水黽



照片11.2 現場進行之30分鐘沉降試驗(SV₃₀)



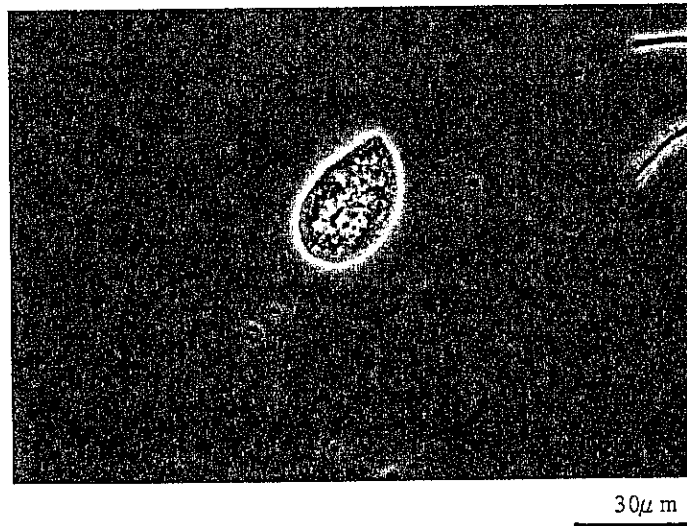
照片11.3 活性污泥池中結構緊密之膠羽



照片11.4 有機纖維



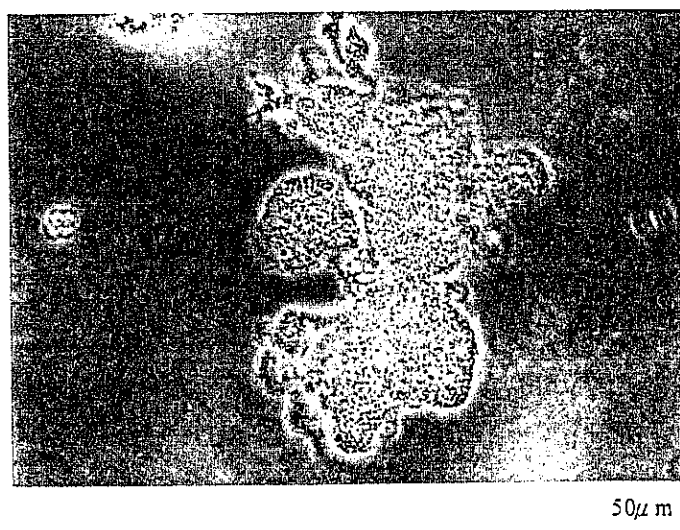
照片11.5 鐘形蟲(*Vorticella*屬)



照片11.6 活性污泥池中之自由游動型纖毛蟲裸口目裂口蟲(*Amphileptus* sp.)

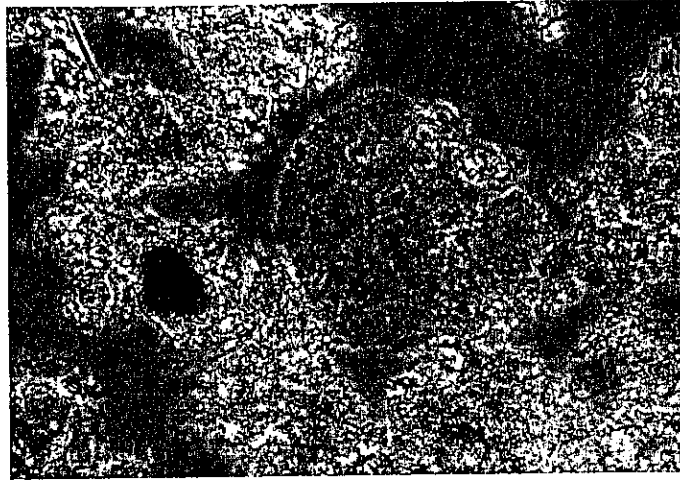


照片11.7 在膠羽中之吸管蟲類倒椎蟲(*Acineta* sp.)



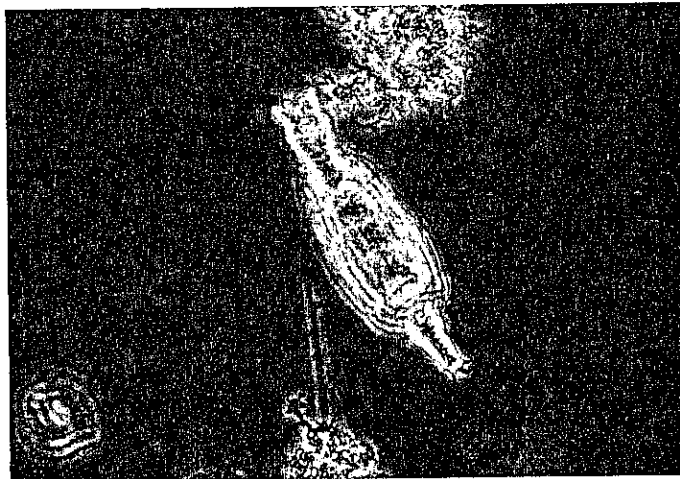
照片11.8 具指狀構造之膠團桿菌(*Zoogloea*屬)

(為出現在低負荷高溶氧曝氣槽中之常見形態)



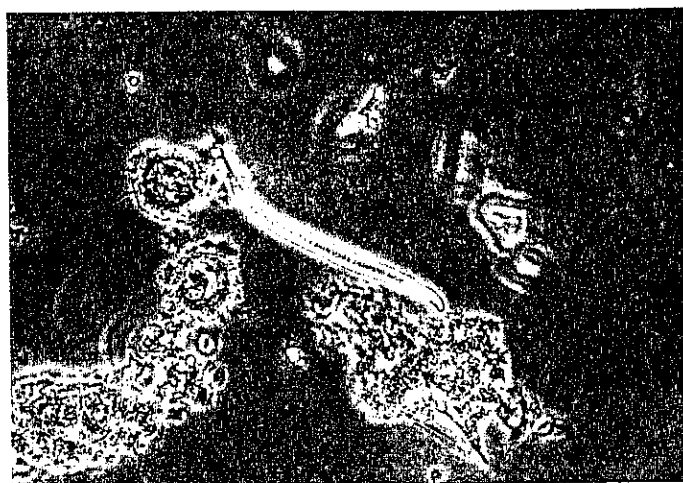
50 μ m

照片11.9 出現在膠羽間之膠團桿菌(*Zoogloea*)



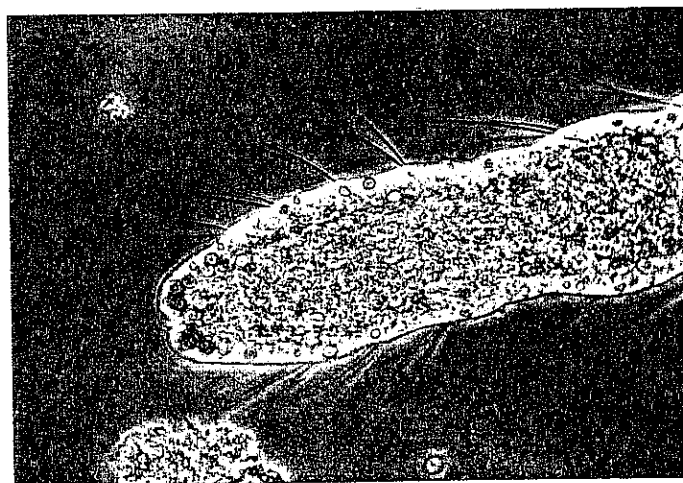
100 μ m

照片11.10 出現在活性污泥池之輪蟲



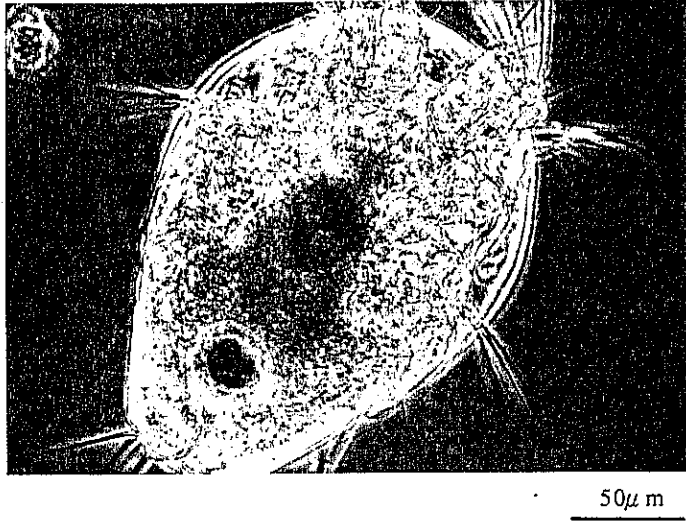
100 μ m

照片11.11 出現在活性污泥池之線蟲類(*Nematoda*)



100 μ m

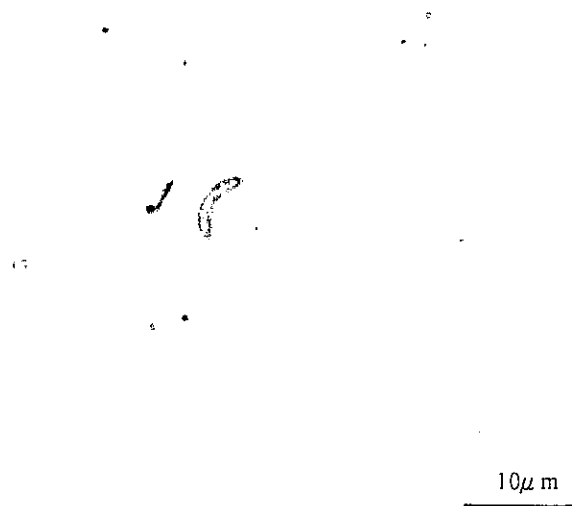
照片11.12 出現在活性污泥池之環節動物紅斑類體蟲(*Aeolosoma hemprichi*)



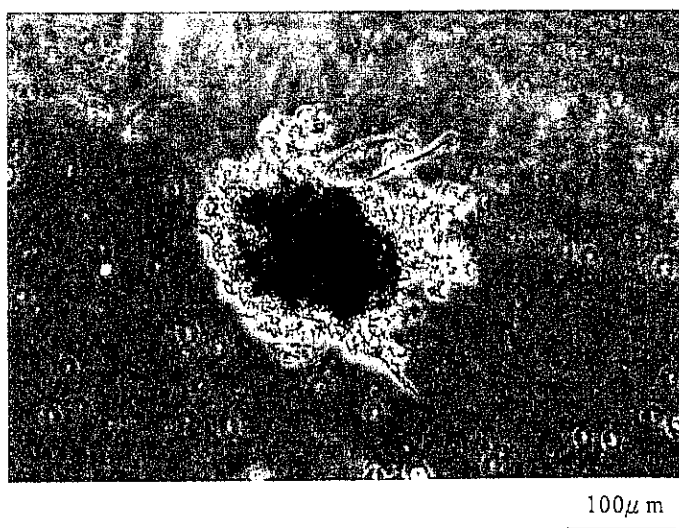
照片11.13 出現在活性污泥池之甲殼類圓水蚤(*Alona* sp.之幼蟲)



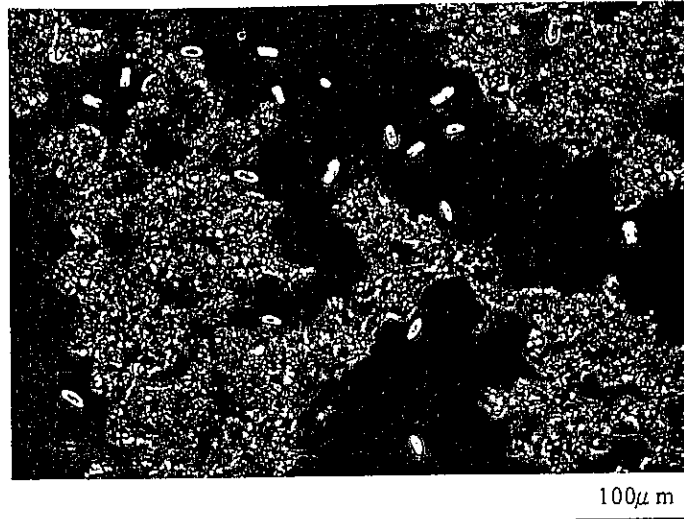
照片11.14 立體網狀接觸材



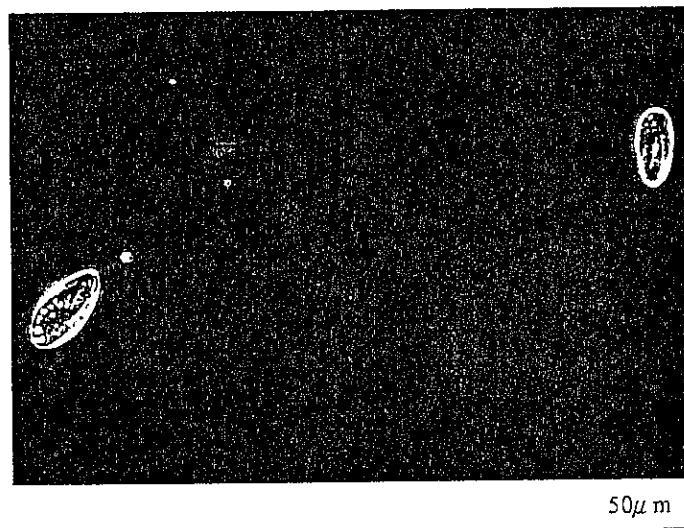
照片11.15 所觀察到之桿菌及弧菌狀況



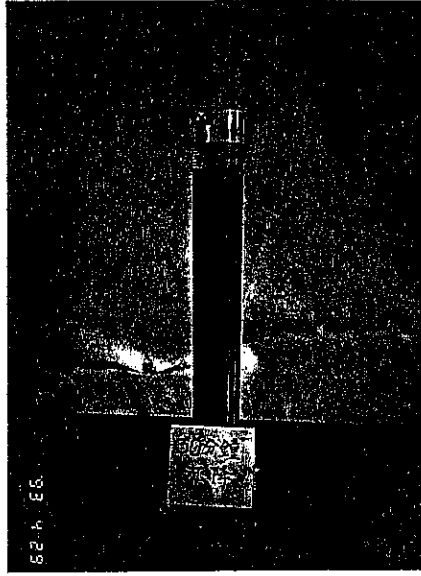
照片11.16 生物膜呈黑色厭氧狀態



照片11.17 生物膜狀況及優勢微生物膜口目膜帶蟲(*Cyclidium*屬)



照片11.18 優勢微生物膜帶蟲(*Cyclidium*屬)



照片11.19 改善後第一次功能測試現場30分鐘沉降試驗



照片11.20 結聚型膠羽狀況，其中含有機纖維



照片11.21 鞭毛蟲的形態



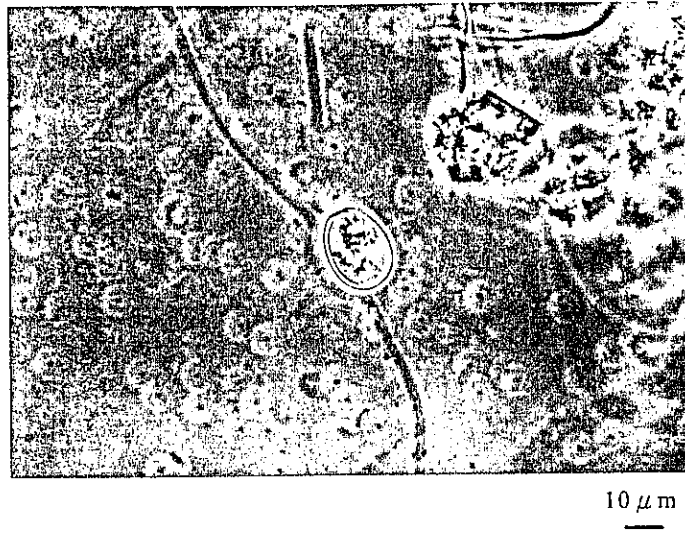
照片11.22 曝氣槽前段中發現到之螺旋菌及細菌



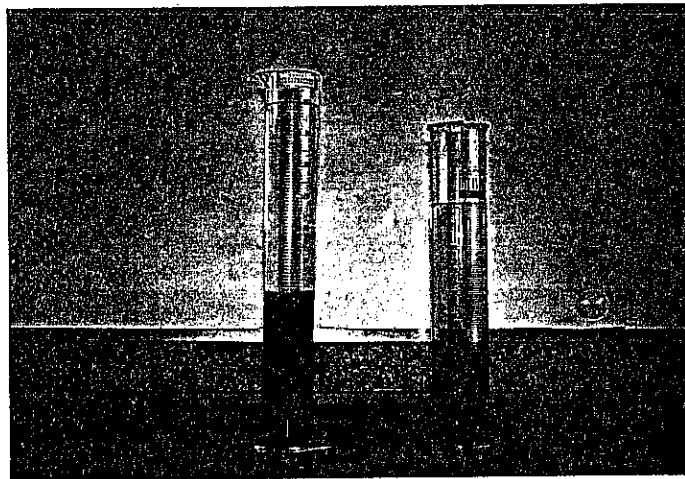
照片11.23 曝氣槽前段中之下毛目游仆蟲(*Euplotes*屬)



照片11.24 曝氣槽後段之葡萄狀鐘形蟲累枝蟲(*Epistylis*屬)

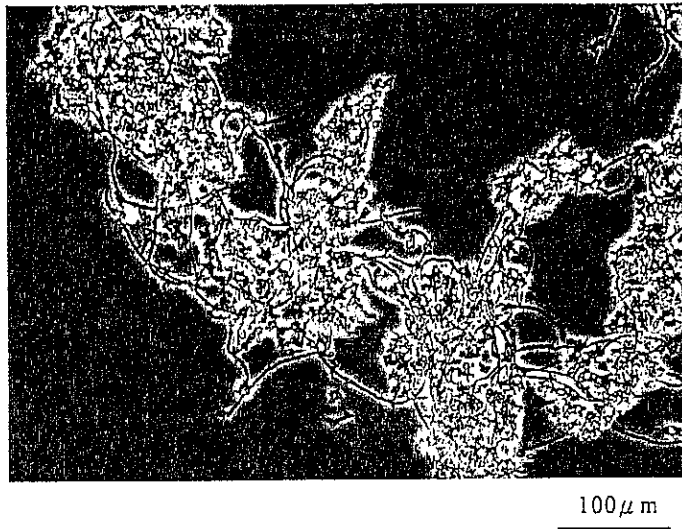


照片11.25 曝氣槽後段之有殼變形蟲



照片11.26 現場30分鐘沉降試驗

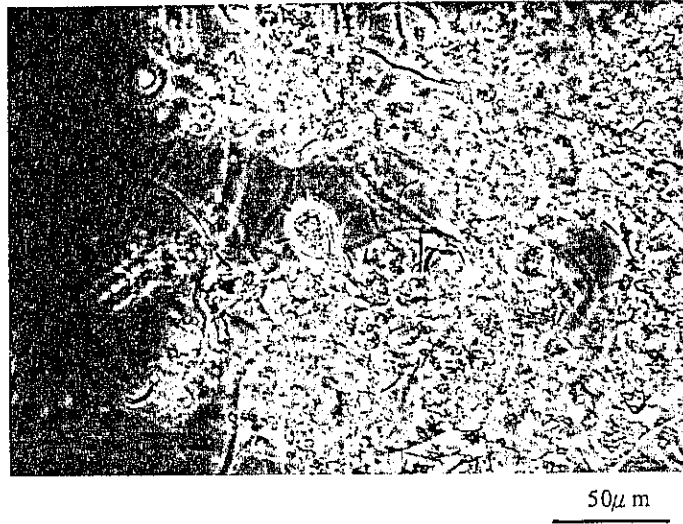
(左邊為曝氣槽前段，右邊為曝氣槽後段)



照片11.27 活性污泥膠羽組成狀況
(絲狀分類2)



照片11.28 在曝氣槽中發現到之鐘形蟲及絲狀微生物



照片11.29 在曝氣槽中發現到之吸管蟲



照片11.30 在曝氣槽中發現到之輪蟲及膠羽形狀

附錄二 重要圖表彙整

表1 各種生物處理系統微生物相觀察之水樣採取作法

	懸浮生長式 (活性污泥法、氧化渠法)	附著生長式 (滴濾法、旋轉生物盤法、接觸曝氣法)	原水、生物處理槽進流水、出流水
採樣地點	在曝氣槽靠近出流口處取混合均勻水樣	在一定面積之接觸材料(或濾材)採樣，最好能在離表面10~20cm深的接觸材採取，且需由3~10處不同位置之生物膜加以混合；若無法採用此方法；可在靠近出流口或滴濾塔下方之出流水，先沉澱後，取底部沉澱物(即生物膜)，生物膜若為多段則各段均需採樣觀察。	原水是在沉砂槽、調整槽或最初沉澱槽出流口採取；生物處理槽進流水則在其前一單元(如初沉槽、浮除槽等)出流口處採取
採樣工具	使用柄杓或採水器採取	使用刮刀(竹刀)、柑子、刷子；柄杓或採水器採取	使用柄杓或採水器採取
樣品觀察前之作法	水樣需混搖均勻才可取樣作玻片觀察，活性污泥MLSS 2,000~3,000mg/L時，可直接觀察；但MLSS在3,000mg/L以上時，則以蒸餾水稀釋。	直接以滴管吸取生物膜。若採到太濃厚之生物膜，需以蒸餾水稀釋，作法與左列活性污泥相同。	需進行濃縮操作，濃縮方法是用有刻度的離心試管，取10~50ml的水樣，以2,000rpm，5~10分鐘離心，再抽除上澄液，其沉積物攪勻後成為試液。

表2 各觀察項目所用之倍率

倍率	目 的	可使用之顯微鏡種類
4~40×	大型之軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、緩步動物(Tardigrada)、節肢動物(Arthropoda)及水生昆蟲(Insecta)等	解剖顯微鏡或有4×物鏡之一般生物顯微鏡
100~200×	污泥膠羽的形態及大小、原生動物的種類、絲狀菌之存在量及其形態。	一般生物顯微鏡、位相差顯微鏡
400×	污泥膠羽的組成及內部構造，絲狀微生物的鑑定(直徑大於1 μ m者)及鞭毛蟲之觀察	一般生物顯微鏡、但最好使用位相差顯微鏡
1,000×	絲狀菌的鑑定(直徑小於1 μ m者)	最好使用位相差顯微鏡

表3 原生動物、後生動物記錄表(請以－，－表示各種之存在與否)

纖毛蟲類(Ciliates)			下 毛 目	楯纖蟲(<i>Aspidisca</i>)		游 泳 目	鞍甲輪蟲(<i>Lepadella</i>)	
裸 口 目	板殼蟲(<i>Coleps</i>)			尖毛蟲(<i>Oxytricha</i>)			狹甲輪蟲(<i>Colurella</i>)	
	管葉蟲(<i>Trachelophyllum</i>)			桿尾蟲(<i>Stylonychia</i>)			腔輪蟲(<i>Lecane</i>)	
	裂口蟲(<i>Amphileptus</i>)			游仆蟲(<i>Euplotes</i>)			單趾輪蟲(<i>Monostyla</i>)	
	漫游蟲(<i>Lionotus</i>)			其他			其他	
	斜管蟲(<i>Chilodonella</i>)			鞭毛蟲類(Flagellates)			腹毛類鼈蟲(<i>Chaetonotus</i>)	
毛 口 目	其他		動物性鞭毛蟲	氣球屋滴蟲(<i>Oicomonas</i>)		軟體動物	線蟲類(Nematoda)	
	腎形蟲(<i>Colpoda</i>)			滴蟲(<i>Monas</i>)			蝸牛(<i>Lymnaea</i>)	
吸 管 蟲 目	草履蟲(<i>Paramecium</i>)			波豆蟲(<i>Bodo</i>)		原始寡毛目	蝸牛(<i>Physa</i>)	
	倒錐蟲(<i>Acineta</i>)			側滴蟲(<i>Pleuromonas</i>)			環節動物(Annelida)	
	錘吸管蟲(<i>Tokophrya</i>)			其他			原始生殖門目類體蟲(Aeolosoma)	
膜 口 目	足吸管蟲(<i>Podophrya</i>)		植物性鞭毛蟲	線鞭蟲(<i>Peranema</i>)		緩步動物熊蟲(<i>Macrobiotus</i>)	剛毛蟲(<i>Nais</i>)	
	尾絲蟲(<i>Uronema</i>)			<i>Entosiphon</i>			<i>Dero</i>	
	豆形蟲(<i>Colpidium</i>)			其他			吻盲蟲(<i>Pristina</i>)	
	膜 口 目	映毛蟲(<i>Cinetochilum</i>)		肉足蟲類(Sarcodina)		節肢動物(Arthropoda)		
		<i>Glaucoma</i>		太陽蟲目	太陽蟲(<i>Actinophrys</i>)		甲殼類(Crustacea)	
四膜蟲(<i>Tetrahymena</i>)		變形蟲			鯉足亞綱	金魚蚤(<i>Daphnia</i>)		
膜帶蟲(<i>Cyclidium</i>)		變形蟲目	簡變蟲(<i>Vahlkampfia</i>)			球水蚤(<i>Moina</i>)		
綠 毛 目	鐘形蟲(<i>Vorticella</i>)		有殼變形蟲目	單頂蟲(<i>Arcella</i>)		圓水蚤(<i>Alona</i>)		
	獨縮蟲(<i>Carchesium</i>)			<i>Diffugia</i>		介形亞綱(Cypridae)		
	聚縮蟲(<i>Zoothamnium</i>)			<i>Centrophyxis</i>		橈腳亞綱劍水蚤(<i>Cyclops</i>)		
	累枝蟲(<i>Epistylis</i>)			鱗殼蟲(<i>Euglypha</i>)		軟甲亞綱之 <i>Asellus</i> 、 <i>Nipponasellus</i>		
	蓋蟲(<i>Opercularia</i>)			後生動物(Metazoa)		昆蟲類(Insecta)		
	<i>Vaginicola</i>		扁形動物(Plathelminthes)		蛾蚋科之 <i>Psychoda</i>			
	其他		輪蟲類(Rotatoria)		搖蚊科紅蟲(<i>Chironomus</i>)、 <i>Paratanytarsus</i>			
	異 毛 目	喇叭蟲(<i>Stentor</i>)		蛭態目	旋輪蟲(<i>Philodina</i>)		蛛形類之Hydracarina	
旋口蟲(<i>Spirostomum</i>)		轉輪蟲(<i>Rotaria</i>)						
扭頭蟲(<i>Metopus</i>)								
其他								

表 4 a. 絲狀微生物的鑑定表

序	號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
絲狀微生物		<i>Beggiatoa</i>	"Cyanophyceae"	<i>Flexibacter</i>	Fungi	<i>H. hydroxys</i>	<i>M. parvicella</i>	<i>Nocardia</i>	<i>N. limicola</i> I	<i>N. limicola</i> II	<i>N. limicola</i> III	<i>S. natans</i>
真分支或假分支					+			+				
運動性		+	±	+								
菌形	直的或微彎曲	+	+	+	+	+			+			+
	彎曲或捲曲的	+		+			+	+	+	+	+	
菌絲長度<200 μm		±		+		+	+	+	±	±	±	±
菌絲上是否有附著生長的細菌			?			±						+
是否有鞘存在												+
有無隔膜(cross wall, septa)		+*3	+	±	+				+	+	+	+
菌絲之細胞直徑	<1.0 μm	+		+		+	+	+	+	±		
	1.0~2.2 μm	+		+	+					+	+	+
	>2.5 μm	+	+		+							
細胞是正方形或長方形		+*3	+	+	+	∞	∞	∞				
細胞是橢圓形、棒狀、圓盤狀、圓端桿狀或不規則形				+		∞	∞	∞	+	+	+	+
細胞內有硫顆粒存在	可直接看到亮黃色顆粒	+										
	在硫顆粒試驗後才觀察到	+										
PHB顆粒存在與否 *9												
革蘭氏染色	陽性(positive)		±		*4		+	+	+	+	+	±
	陰性(negative)	+	+	+	*4	+						+
Neisser染色	陽性(positive)						±*6		±*7	±*7	±*7	+
	陰性(negative)	+	+	+	+	+		+				+

± = 有時候； ? = 未知； ∞ = 細胞形狀無法在相差顯微鏡觀察到；

*1假分支 *2有時呈叢狀構造(rosettes) *3只有在去除硫顆粒後才可觀察到

*4真菌(Fungi)無法進行革蘭氏染色 *5模糊的 *6顆粒狀 *7灰藍色絲狀

*9 poly- β -hydroxy butyric acid

*8細小顆粒狀

表 4 b. 絲狀微生物的鑑定表

序	號	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
絲狀微生物		<i>Thiothrix</i>	Type 0041	Type 0092	Type 021N	Type 0381	Type 0803	Type 0914	Type 0961	Type 1701	Type 1851	Type 1863
眞分支或假分未		*2			*2					±*1		
運動性												
位	菌	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	直的或微彎曲											
相	彎曲或捲曲的					+				±		+
	菌絲長度<200 μ m	±	±	+	±	+	±	+		+	±	+
差	菌絲上是否有附著生長的細		±							+	+	
	菌絲上是否有附著生長的細	±	+						?	+	+	
顯	是否有鞘存在	+	+					+	+	+	±	+
	有無隔膜(cross wall, septa)存	±*3	+		+		+	+	+	+	±	+
微	菌絲之細胞	+	±	+	±	+	+	+		+	+	+
	<1.0 μ m		+									
鏡	直	+	+		+				+			
	1.0~2.2 μ m											
觀	>2.5 μ m											
	細胞是正方形或長方形	±*3	+	∞	±	∞	+	±*3	+		∞	
察	細胞是橢圓形、桶狀、圓盤	±*3		∞	+	∞				+	∞	+
	狀、圓端槽狀或不規則形											
700 ×	可直接看到亮黃	±						+				
	色顆粒											
1000 ×	細胞內有硫											
	在硫顆粒試驗後	+	±*8		±*8							
明	才觀察到											
	PHB顆粒存在與否*9									±		
視	陽性(positive)		+				±	+			±*5	
	革蘭氏染色	+	±	+	+	+	+		+	+		+
野	陰性(negative)											
	Nisser			+			±*6					
觀	陽性(positive)	+		+								
	陰性(negative)		+		+	+	+	+	+	+	+	+

± = 有時； ? = 未知； ∞ = 細胞形狀無法在位相差顯微鏡觀察到；

*1假分支 *2有時呈叢狀構造(rosettes) *3只有在去除硫顆粒後才可觀察到

*4眞菌(Fungi)無法進行革蘭氏染色 *5模糊的 *6顆粒狀 *7灰藍色絲狀 *8細小顆粒狀

*9 poly- β -hydroxy butyric acid

表 5 活性污泥BOD-SS負荷與微生物相關係表⁽¹⁾

原 生 動 物			後 生 動 物	
負 荷 狀 况	處理水質	纖 毛 蟲 類		其 他 之 纖 毛 蟲 類
		鞭毛蟲類	肉足蟲類	
超 高 負 荷	呈黑色或灰黑色 有硫化氫臭味		肉足蟲類 變形蟲目	膜口目尾絲蟲 Uronema
		動物性鞭毛蟲 Trepomonas		異毛目扭頭蟲 Metopus
高 負 荷	白 濁 BOD 20mg/L 以 上		鐘形蟲 Vorticella(小型)	裸口目漫游蟲 Lionatus
		波豆蟲 Bodo		裸口目斜管蟲 Chilodonella
偏 高 ↑ 標準負荷 ↓ 偏 低	BOD 20mg/L 以 上		果枝蟲 Epistylis	裸口目裂口蟲 Amphiplopus
		植物性鞭毛蟲 Entosiphon		裸口目 Tribigimostoma (大型之斜管蟲Chilodonella)
低 負 荷	BOD 10mg/L以下 NOD > BOD		鱗殺蟲 Euglypha	裸口目Trochilata
		綠鞭蟲 Peranema		下毛目游仆蟲 Euplores
低 負 荷 (硝 化)	NOD + BOD 5mg/L以下		倒錐蟲 Acinetia	異毛目旋口蟲 Spirostomum
		裸鞭蟲 Centropixys		裸口目 Calypotricha
日本下水道協會，1990)，NOD：氮需氧量		獨縮蟲Carchesium		板殼蟲Coleps

(日本下水道協會，1990)，NOD：氮需氧量

表 6 活性污泥處理負荷溶氧狀況與微生物相之關係⁽¹¹⁾

	高負荷	標準負荷	低負荷
• 個體數	多		少
• 種類數	少		多
• 蟲體大小形狀	小形		大形
• 細菌類	分散狀細菌類	← 分散狀細菌類 →	分散狀細菌類
		← 膠羽狀細菌類 →	
• 原生動物	小形鞭毛蟲類	← 植物性鞭毛蟲類 →	
		← 纖毛蟲類 →	
			← 後生動物 →
• 移動型	← 游泳型 →	← 游泳型 →	
		← 匍匐運動型 →	
		← 附著・固著型 →	
• 有殼與否			← 有殼型 →

DO溶氧量

	DO不足	DO : 2~3 mg/L	低負荷所造成之 DO消耗量較低
• 原生動物	鞭毛蟲類	← 纖毛蟲類 →	變形蟲類
• 後生動物	線蟲類	← 輪蟲類 →	其他之後生動物
• 細菌類	分散狀細菌類	← 絲狀性細菌類 →	膠羽狀細菌類

表 7 活性污泥操作所出現之微生物相及處理對策

編號	於曝氣槽出現之現象		對 策
1	活性污泥良好時出現之微生物相		留意不要改變當時之操作條件，繼續維持現狀。
2	活性污泥狀況不佳時出現之微生物相		因殘存有機物量多，生物氧化較慢，故為使有機物能儘快氧化，可增加空氣量及污泥量，或暫時停止進流水。此外，將迴流污泥再曝氣，提高迴流比亦有效果。
3	活性污泥回復時出現之微生物相	自高負荷好轉時之微生物相	增加空氣量以提高溶氧大都可好轉
		內分解後再好轉時之微生物相	此時之管理對策為，生物種個體數之平衡為最大之問題，即： • 大型變形蟲+游仆蟲(<i>Euplotes</i>)+線鞭蟲(<i>Peranema</i>)+熊蟲等之個體總數>累枝蟲(<i>Epistylis</i>)+鐘形蟲(<i>Vorticella</i>)+獨縮蟲(<i>Carchesium</i>)等緣毛目之個體總數之狀態： 因尚未內分解故可降低空氣量，稍微增加污泥排棄量以減少MLSS。 • 於上述前者<後者之場合： 因已轉好，僅須繼續維持該狀態即可。
4	內分解或即將內分解時出現之微生物相		污泥已解體之問題對策，依原因可分為二： • 符合設計流量但發生解體之狀況： 此時減少送風量同時增加污泥廢棄量，降低MLSS而操作之。 • 設計流量未符合之場合 僅達 1/2~1/3設計流量時，將曝氣槽容積調為1/2~1/3，以提高容積負荷。 設計流量若相差不大時，可在夜間停止曝氣而做間歇操作。
5	進流水濃度極低時出現之微生物相		通常將送風量減少且降低MLSS而操作，若污泥很輕時，應採日夜間歇曝氣或縮小曝氣槽容積，以提高容積負荷。
6	溶氧極度不足時出現之微生物相		依出現之生物種類、生物狀態採不同之對策。
7	過度曝氣時出現之微生物相		降低送風量與迴流污泥量
8	污泥鬆化時出現之微生物相	絲狀菌造成之鬆化	依出現之生物種採不同之對策。
		真菌類造成之鬆化	
		藍藻類造成之鬆化	
9	污泥堆積而有曝氣死角時出現之微生物相		通常以稍微增加曝氣送風量解決之。曝氣死角係每一槽均有之現象，除處理水呈白濁、低溶氧微生物佔優勢外，應不致於造成很大問題。不過，應立即檢視曝氣管線是否嚴重堵塞、找出曝氣死角的位置及是否有沉積物存在等問題，以即早規劃因應。
10	曝氣槽有大量泡沫出現時之微生物		依出現之生物種類及污泥狀態採不同之對策。
11	處理水呈色變時出現之微生物相		依出現之生物種類採不同之對策。

表 8 生物膜法處理負荷狀況與微生物相關聯表

生物膜之負荷狀況	高 負 荷	適 當 負 荷	低 負 荷	更 新 快 速	後生動物異常增殖	產 生 惡 臭
微生物相	優勢微生物： 1.白硫絲菌(Beggiatoa屬) 2.膠團桿菌(Zoogloea屬) 且會大量出現之微生物： 1.草履蟲(Paramecium屬) 2.豆形蟲(Colpidium屬) 3.腎形蟲(Colpoda屬) 4.動物性鞭毛蟲 a.波豆蟲(Bodo屬) b.氣球屋滴蟲(Oicomonas屬)	優勢微生物： 1.鐘形蟲(Vorticella屬) 2.葡萄狀鐘形蟲： a.累枝蟲(Epistylis屬) b.蓋蟲(Opercularia屬) 3.輪蟲 a.旋輪蟲(Philodina屬) b.轉輪蟲(Rotaria屬) 此外： 線蟲類、寡毛類及絲狀微生物出現相當多	優勢微生物： 1.有殼變形蟲 a.鱗殼蟲(Euglypha屬) b.草頂蟲(Arcella屬) c. Centropyxis屬 纖毛蟲類數量減少，大量的硝化細菌存在	優勢微生物： 1.輪蟲 a.旋輪蟲 b.轉輪蟲 2.線蟲 3.原始寡毛目等較大型之後生動物	優勢微生物： 1.甲殼類 a.球水蚤(Moina屬) b.刺水蚤(Cyclops屬) c.圓水蚤(Alona屬) 2.原始寡毛目等大量存在	優勢微生物： 1.白硫絲菌 2.異毛目纖毛蟲 a. Caenomorpho屬 b.扭頭蟲(Metopus屬) 3.草履蟲(Paramecium屬)
生 物 膜 顏 色	生膜呈黑色、灰色	生物膜呈灰褐色	生物膜呈褐色	生物膜呈棕、褐色	生物膜表面呈紅色	生物膜部份呈黑色狀
其 他 狀 況	接觸槽或濾池內之溶氧量低於1mg/L	生物種類歧異度最大的狀態	已進行硝化作用，溶氧量 $\geq 5\text{mg/L}$	由於較大型之後生動物的出現，提高生物膜內部之傳氧效率，故生物膜更新快速	由於水蚤類的攝食活動使生物膜分散，增加處理水的SS；甲殼類也會浮游而出，增加放流水的BOD及COD	溶氧濃度低

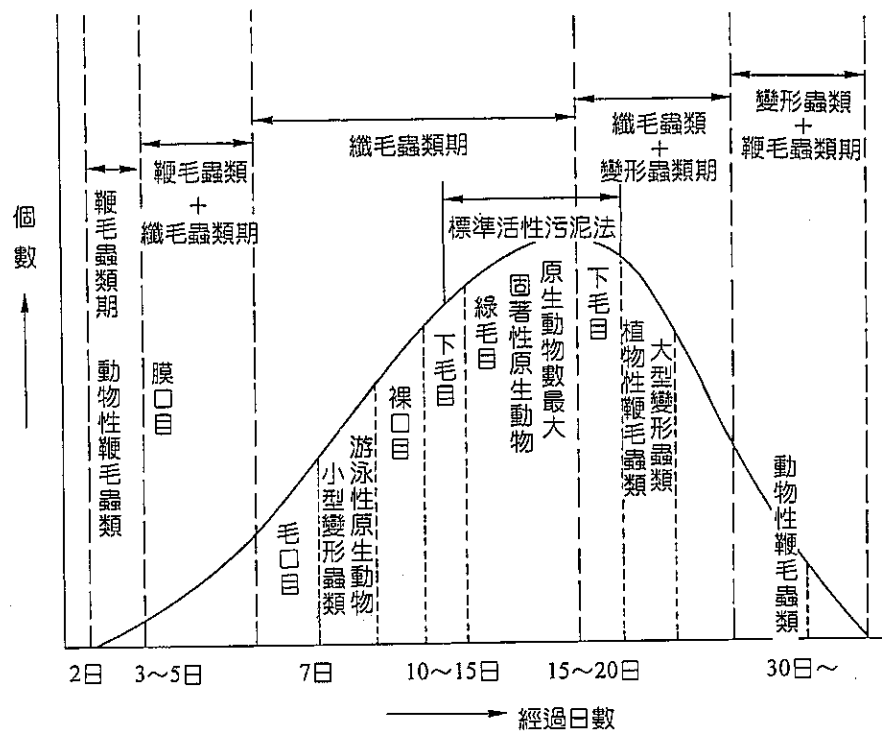


圖1 在活性污泥生成過程中原生動物的變遷⁽⁸⁾

草履蟲(*Paramecium aurelia*)
 卑怯管葉蟲(*Trachelophyllum pusillum*)
 有肋楯纖蟲(*Aspidisca costata*)
 小口鐘蟲(*Vorticella microstoma*)
 褶累枝蟲(*Epistylis plicatilis*)
 溝鐘蟲(*Vorticella convallaria*)
 游仆蟲(*Euplotes patella*)
 集蓋蟲(*Opercularia coarctata*)
 鉤刺斜管蟲(*Chilodonella uncinata*)
 裸口目(*Hemiphrys fusidens*)
 白鐘蟲(*Vorticella alba*)
 蟻狀獨縮蟲(*Carchesium polypinum*)
 游仆蟲(*Euplotes moebiusi*)
 草履蟲(*Paramecium trichium*)
 游仆蟲(*Euplotes affinis*)
 斜管蟲(*Chilodonella cucullulus*)
 全毛類(*Drepanomonas revoluta*)
 鐘形蟲(*Vorticella striata* v. *octava*)
 豆形蟲(*Colpidium colpoda*)
 小形鞭毛蟲類

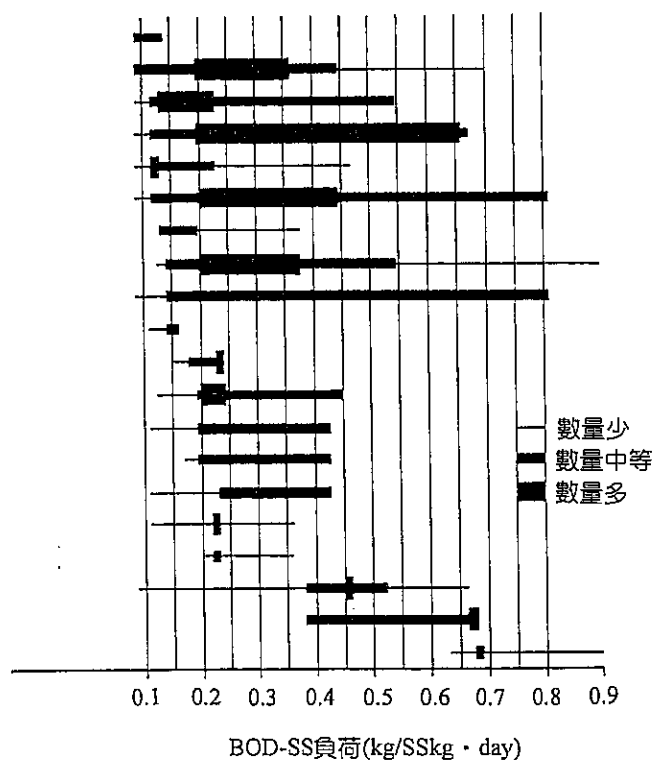


圖 2 活性污泥法BOD-SS負荷與微生物相之關係圖⁽¹⁰⁾

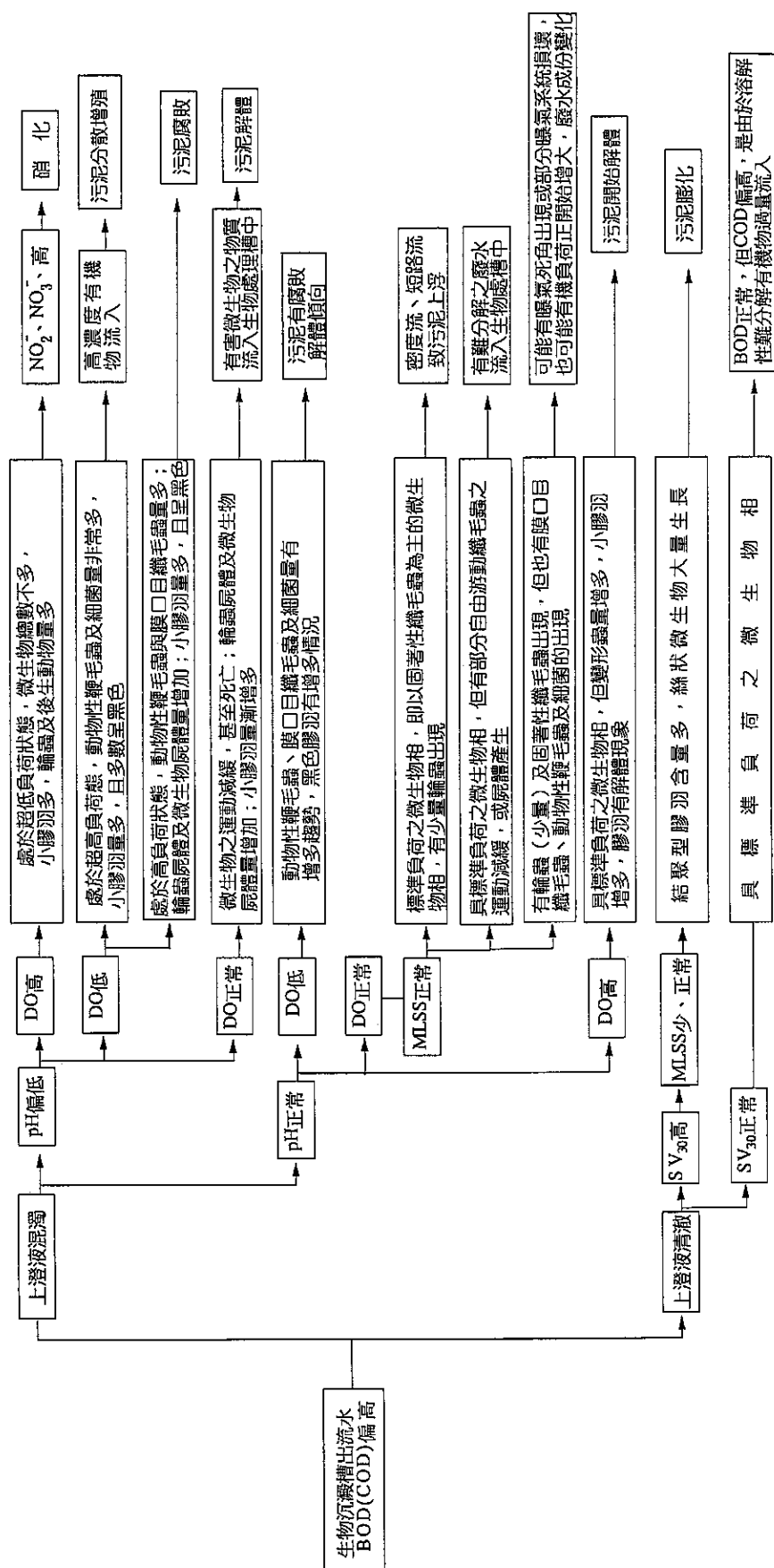


圖 3 處理水 BOD 偏高之異常原因推測途徑圖

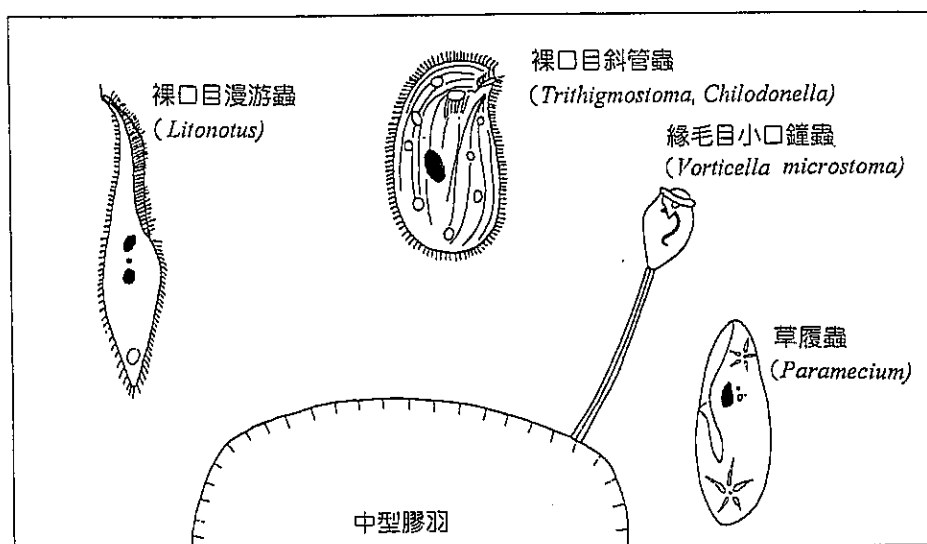


圖 4 較標準負荷稍高之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

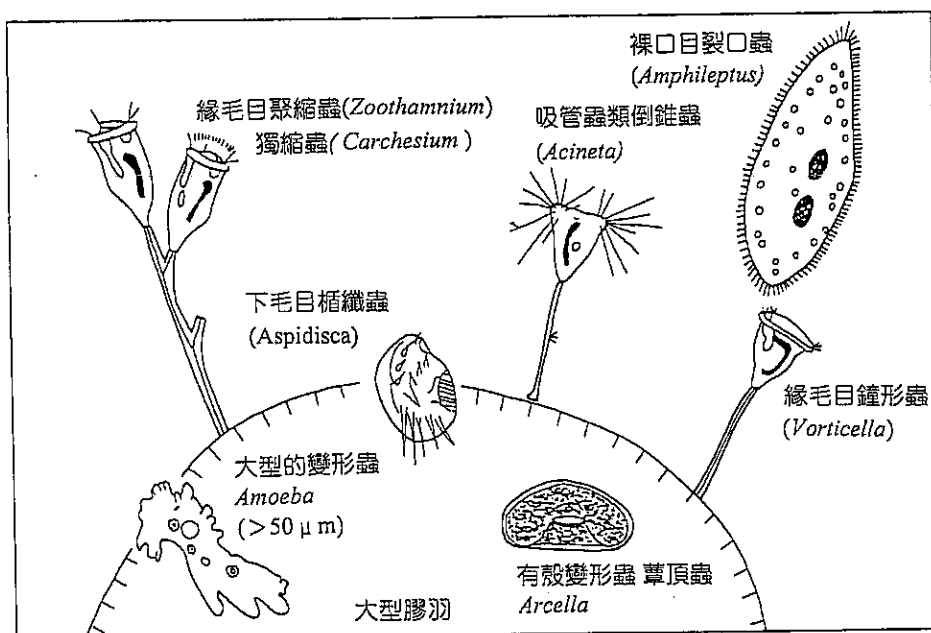


圖 5 較標準負荷稍低之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

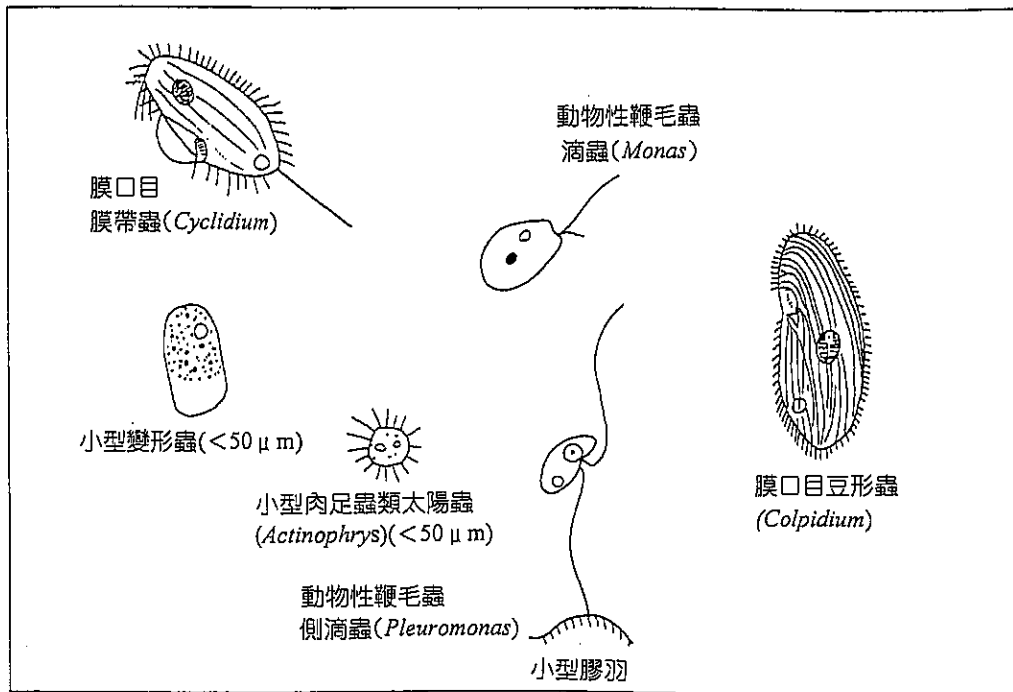


圖 6 高負荷活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

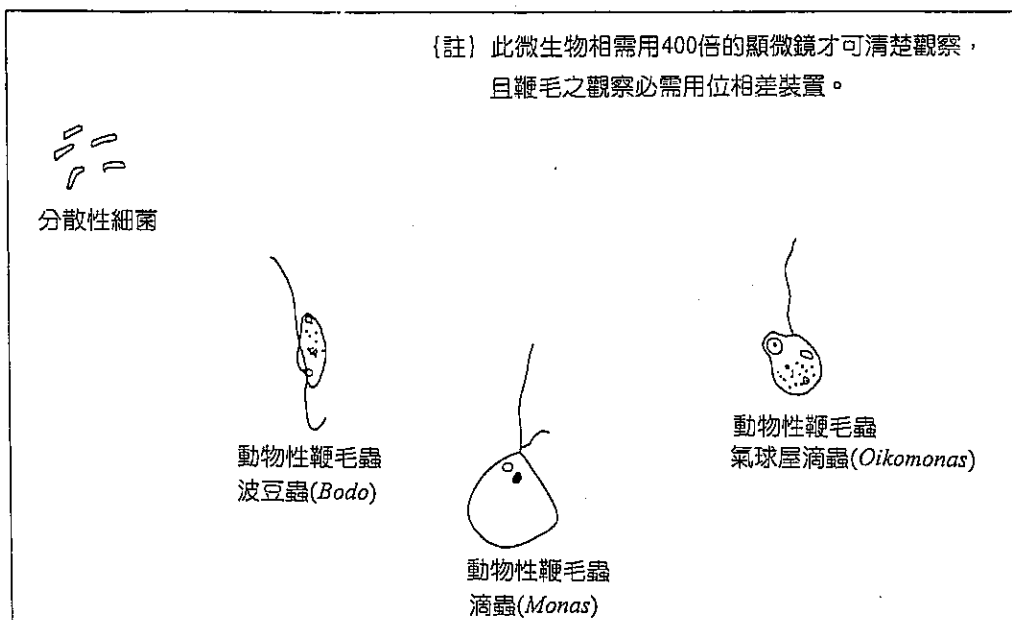


圖 7 超高負荷活性污泥之微生物相⁽¹¹⁾

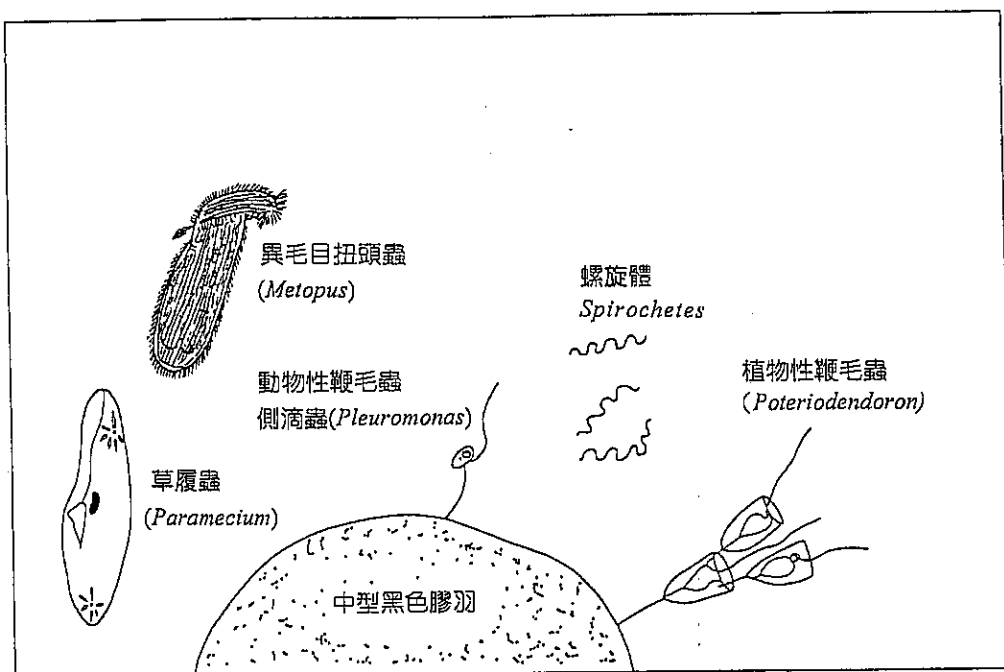


圖 8 低溶氧活性污泥之微生物相⁽¹¹⁾

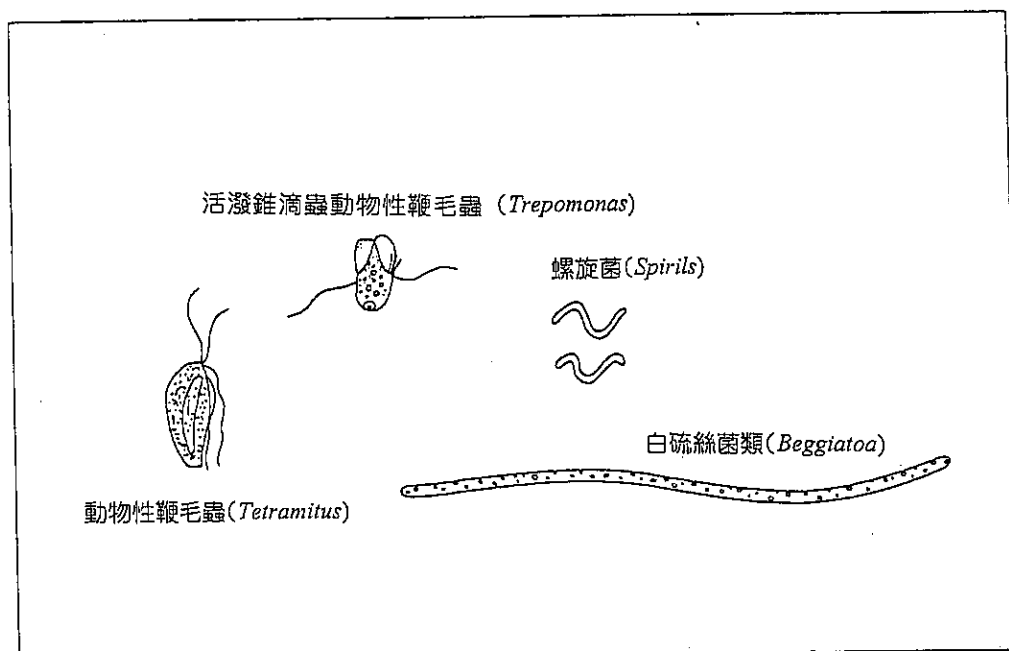


圖 9 極低溶氧活性污泥之微生物相⁽¹¹⁾

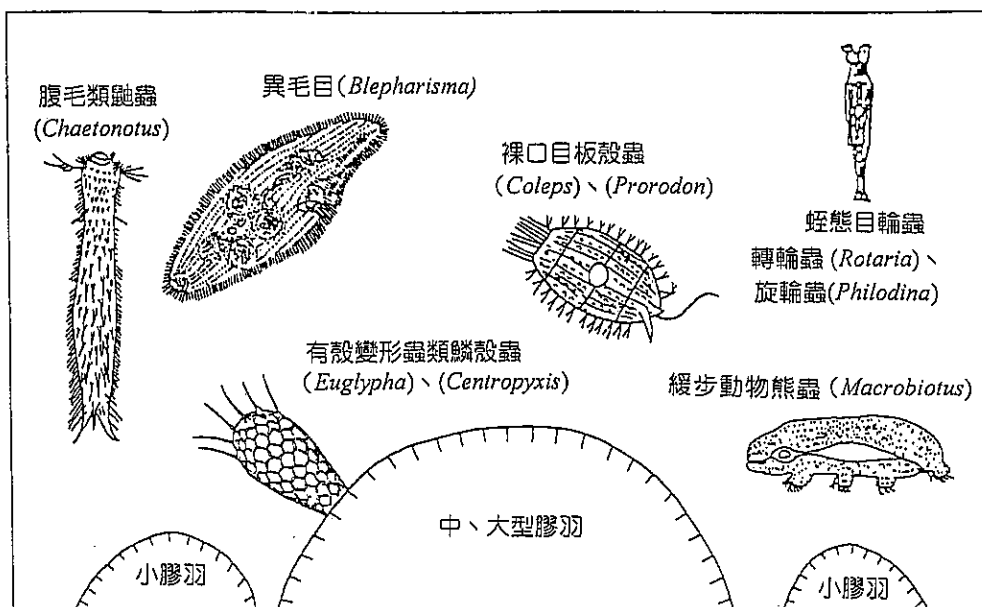


圖10 污泥停留時間長且在低負荷時之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

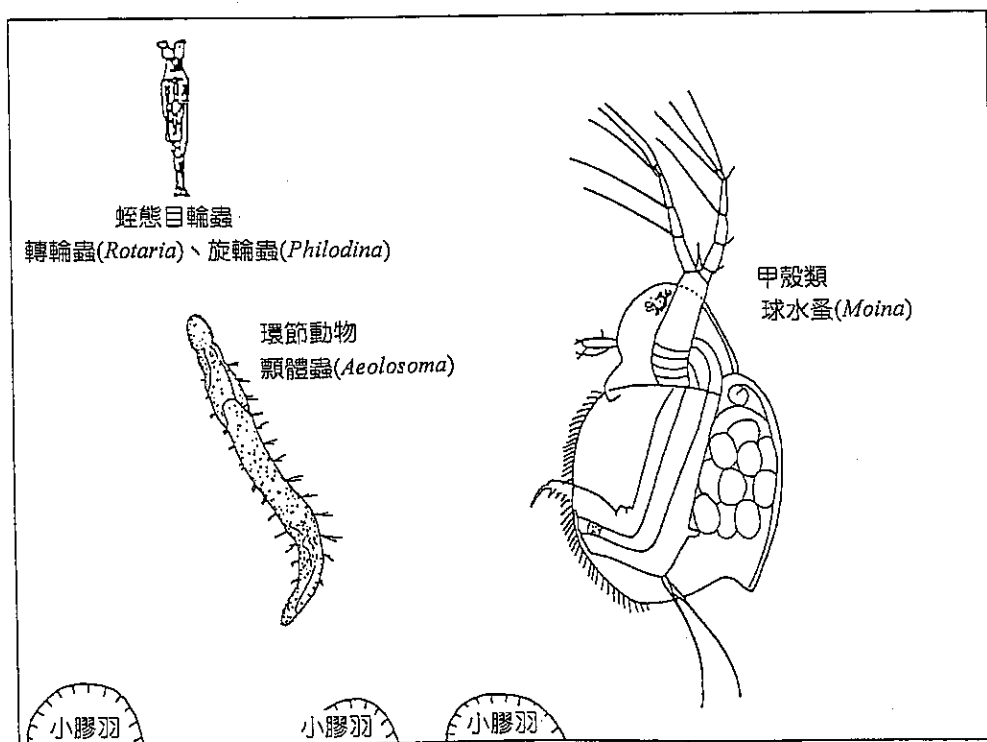


圖11 超低負荷之活性污泥微生物相⁽¹¹⁾

附錄三 索引

英→中(依字母順序排列)

1-amino-2-propanol 異丙醇胺	18	<i>A.nipponensis</i> (<i>Asellus nipponensis</i>) 櫛水蟲之一種	188
2-amino benzoic acid 2-氨基苯甲酸	18	<i>A.proteus</i> (<i>Amoeba proteus</i>) 變形蟲之一種	141,143,144
4-amino butyric acid 4-氨基丁酸	18	<i>A.radiosa</i> (<i>Amoeba radiosa</i>) 變形蟲之一種	141,143
<i>A.branchiarum</i> (<i>Amphileptus branchiarum</i>) 裂口蟲之一種	107	<i>A.sol</i> (<i>Actinophrys sol</i>) 太陽蟲之一種	142,143
<i>A.circinalis</i> (<i>Anabaena circinalis</i>) 魚腥藻之一種	80	<i>A.spiroides</i> (<i>Anabaena spiroides</i>) 螺旋魚腥藻	78,80
<i>A.claparedi</i> (<i>Amphileptus claparedi</i>) 裂口蟲之一種	107,235	<i>A.tuberosa</i> (<i>Acineta tuberosa</i>) 倒錐蟲之一種	114
<i>A.costata</i> (<i>Aspidisca costata</i>) 有肋楯纖蟲	54,135,137,185,186,233,235,238	<i>A.vesciculata</i> (<i>Actinophrys vesciculata</i>) 太陽蟲之一種	142
<i>A.discoides</i> (<i>Amoeba discoides</i>) 變形蟲之一種	143	<i>A.vulgaris</i> (<i>Arcella vulgaris</i>) 草頂蟲之一種	54,141,146,147,149,228,235,236,237,238,239,241,242,243
<i>A.discoides</i> (<i>Arcella discoides</i>) 草頂蟲之一種	146,147	absorption 吸收作用	31
<i>A.flos-aquae</i> (<i>Anabaena flos-aquae</i>) 魚腥藻之一種	80	abundance category 分類法	203
<i>A.foetida</i> (<i>Acineta foetida</i>) 倒錐蟲之一種	114	<i>Acanthamoeba</i> 屬	141,142,146
<i>A.guttata</i> (<i>Alona guttata</i>) 圓水蚤之一種	185,186	<i>aAcanthamoeba castellanii</i>	146
<i>A.hemprichi</i> (<i>Aeolsoma hemprichi</i>) 紅斑顆體蟲	176,199,228,229,235,238,243,335	<i>Acanthocystidina</i>	142
<i>A.limicola</i> (<i>Amoeba limicola</i>) 變形蟲之一種	143,145	<i>Acanthocystis</i> 屬	142
<i>A.lynceus</i> <i>Aspidisca lynceus</i> 銳利楯纖蟲	135,137	acetaldehyde 乙醛	18
<i>A.macrospora</i> (<i>Anabaena macrospora</i>) 魚腥藻之一種	80	acetic anhydride 醋酸酐	18
		acetogenic bacteria 醋酸生成菌	16
		acetogenic phase 醋酸生成階段	14
		acetone 丙酮	18

Achnanthaceae科 曲殼藻科	78	Amoeba sp. 變形蟲	
Achnanthoideae目	78		57,142,143,144,235,236, 243,298
<i>Achromobacter nitrilocaster</i> S-10 無色桿菌之一種	17	<i>Amoeba verrucosa</i> (<i>A. verrucosa</i>) 變形蟲之一種	143,144
<i>Achromobacter liquidum</i> 無色桿菌之一種	125	amoeba 變形蟲類	
<i>Achromobacter</i> 無色桿菌	17,62		36,146,168,204,218,220, 224,228,236
acid production phase 產酸階段	14	Amoebida 變形蟲目	142,143
<i>Acineta lacustris</i> 倒錐蟲之一種	114	Amoebidae	142
<i>Acineta</i> sp. 吸管蟲倒錐蟲		<i>Amphidinium</i> 屬	94
	103,114,204,215, 218, 281,282,333	<i>Amphileptidae</i>	103
Acinetidae	103	<i>Amphileptus</i> sp. 裸口目裂口蟲	
acrolein 丙烯醛	18		103,107,204, 215,218,332
acrylic acid 丙烯酸	18	Amphipoda 異腳目	183
Actinophrydina	142	<i>Amphora</i> 屬	78
<i>Actinophrys</i> 太陽蟲	142,204,219	<i>Anabaena</i> 屬 魚腥藻	77,80,81,267,268
Actinopodea 輻足綱	141	anaerobic microorganism 厭氧性微生物	27
<i>Actinosphaerium</i> 屬	142	anaerobic process 厭氧性處理法	3
adipic acid 己二酸	18	anaerobic respiration 厭氧性呼吸	28
<i>Aeolosoma</i> 屬 環節動物寡毛類鰓體蟲		Anaspidacea 無甲科	183
	114, 175,176,177,204,215,223,310,328	aniline 苯胺	18
Aeolosomatidae 油蚯蚓科	175	animal wastes 畜牧業廢棄物	19
<i>Aerobacter aerogenes</i> 產氣桿菌之一種	112,172	Animalia 動物	31
aerobic microorganisms 好氧性微生物	27	<i>Anisonema ovale</i>	102,277
aerobic process 好氧性處理法	3	<i>Anisonema truncatum</i>	102,276
aerobic respiration 好氧性呼吸	28	<i>Anisonema</i> 屬	94,101
agglomerates 結聚型膠羽	208,209,319	<i>Anisonemidae</i>	94
<i>Alcaligene viseolactis</i> 產鹼桿菌之一種	17,124	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	89
<i>Alcaligenes faecalis</i> 糞產鹼桿菌		<i>Ankistrodesmus</i> 屬 纖維藻	78
	113,118,125, 129,130	Annelida 環節動物門	37,56,161,174,201,204
<i>Alcaligenes viscolactis</i> 產鹼桿菌之一種	126	Annelides 環形動物	224
<i>Alcaligenes</i> 產鹼桿菌	17,62	<i>Anopheles</i> 屬 瘧蚊屬	189
algae 藻類	34	Anostraca 無甲目	182
<i>Alona</i> sp. 甲殼類圓水蚤		anoxic 無氧狀態	28
	182,185,186,204, 229,312,313,336	<i>Anthophysis</i> 屬	95
aluminum subgallate 鹼式沒食子酸鋁	175	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	88
<i>Amoeba radiosa</i> 放射狀變形蟲	144,145,299	<i>Aphanizomenon</i> 屬 束絲藻	77

Apostomatida 後口目	104	Attached Ciliates 固著式纖毛蟲類	36,224
arabic gum 阿拉伯樹膠	58	attached growth process 附著生長式	3
Arachnida 蛛形類綱	182,192	autotrophs 自營性生物	25
<i>Arcella</i> sp. 草頂蟲又稱為表殼蟲	114,142,146,147,164,167,169,177, 178,179,181,183,185,186,189,192, 199,204,215,218,222,300,301	<i>B.alba</i> (<i>Beggiatoa alba</i>) 白硫絲菌之一種	63, 64,65,113,228,229,234,236,241,242,243
Arcellidae	142	<i>B.caudatus</i> (<i>Bodo caudatus</i>) 波豆蟲之一種	93,97
archaeobacteria 古生細菌	32	<i>B.edax</i> (<i>Bodo edax</i>) 液豆蟲之一種	54,57,97,234,236
Archaeogastropoda 原始腹足目	173	Bacillariophyceae, Diatoms 矽藻類	77
Archioligochaeta 原始寡毛目	175,177	Bacillariophyta 矽藻植物門	77
<i>Arthrobacter micotinances</i> 叢孢桿菌	112	<i>Bacillus cereus</i> 仙人掌桿菌	113,124
<i>Arthrobotrys</i> 屬 捕食線蟲類	71	<i>Bacillus megaterium</i> 巨大桿菌	172
Arthropoda 節肢動物門	37,56,161,182,201, 204	<i>Bacillus subtilis</i> var. <i>niger</i> 枯草桿菌	130
Aschelminthes 囊蠕蟲動物門	37,161	<i>Bacillus subtilis</i> 枯草桿菌	113
<i>Ascoidea rubescens</i>	71	<i>Bacillus</i> 桿菌屬	13
<i>Ascomycetes</i> 子囊真菌類	71	bacillus 桿菌	61
Asellidae 櫛水蝨科	183	bacteria 細菌	34
Aselloidea 櫛水蝨亞目	183,188	Basidiomycetes 擔子真菌類	71
<i>Asellus</i> 屬 櫛水蝨	183,188,204	Bathynellacea 地蝦目	183
<i>Aspidiophorus</i> 屬	169	Bdelloidea 蛭態目	162,164
<i>Aspidisca</i> sp. 下毛目楯纖蟲	105,114,135, 137,139,204,213,218,224,292,293,294	bean blanching	19
<i>Aspidisca polystyla</i> 楯纖蟲之一種	137	<i>Beggiatoa</i> sp. 白硫絲菌(屬)	56,57,64,66, 206,221,222
<i>Aspidisca turrita</i> 楯纖蟲之一種	137	benzoic acid 苯甲酸	18
<i>Aspidisca costata</i> 下毛目有肋楯纖蟲	137,199,214	benzyl alcohol 苯甲醇	18
Aspidiscidae	105	Bicisicidae	95
<i>Asplanchna</i> 屬 品囊輪蟲	162	<i>Bicosoea</i> 屬	95
Asplanchnidae 囊蟲科	162	Biddulphiaceae 科	77
<i>Astasia</i> 屬 漂眼蟲	94	Biddulphidae 目	77
Astasiidae	94	biomass 生質量	178
<i>Asterionella formosa</i> 星桿藻之一種	89	biosynthesis 生物合成	61
<i>Asterionella</i> 屬 星桿藻	77	<i>Blepharisma</i> sp. 異毛目之一種	104,135,136, 215,223
Astomatida 無口目	104	<i>Blepharisma japonicum</i>	136
ATP	16,26	<i>Blepharisma undulans</i> 異毛目之一種	136
		Blepharoceridae 網蚊科	189

blood gill 血鰓	190	<i>C.campylum</i> (<i>Colpidium campylum</i>)豆形蟲之一種	
<i>Bodo globosus</i> 波豆蟲之一種	97		117,118,233,235
<i>Bodo lens</i> 波豆蟲之一種	97	<i>C.citrullus</i> (<i>Cyclidium citrullus</i>) 膜帶蟲之一種	
<i>Bodo mutabilis</i> 波豆蟲之一種	97		121
<i>Bodo</i> sp. 動物性鞭毛蟲波豆蟲	55,95,97,98, 117,118,204,215,216,219,228,241,242,243	<i>C.colpoda</i> (<i>Colpidium colpoda</i>) 豆形蟲之一種	117,118,214,241,242
Bodonidae	95	<i>C.cucullulus</i> (<i>Chilodonella cucullulus</i>) 斜管蟲之一種	108,109,110,214,236
body whorl 體渦	173	<i>C.cucullus</i> (<i>Colpoda cucullus</i>) 腎形蟲之一種	110,112
<i>Bosmina</i> 屬 雜水蚤	182	<i>C.elongtus</i> (<i>Coleps elongtus</i>) 板殼蟲之一種	105
Bosminidae 雜水蚤科	182		
Brachionidae 壺蟲科	162	<i>C.fluviatilis</i> (<i>Chilodonella fluviatilis</i>) 斜管蟲之一種	108,109,235
<i>Brachionus plicatilis</i> 臂尾輪蟲之一種	163, 170	<i>C.glaucoma</i> (<i>Cyclidium glaucoma</i>) 膜帶蟲之一種	121
<i>Brachionus</i> 屬 臂尾輪蟲	162,169	<i>C.hirtus</i> (<i>Coleps hirtus</i>) 板殼蟲之一種	105, 106
branchial fossa 鰓窩	178	<i>C.inflata</i> (<i>Colpoda inflata</i>) 腎形蟲之一種	110, 112
Branchiobdellidae 蛭蚯蚓科	175	<i>C.kuetzingianum</i> (<i>Coelosphaerium Kuetzingianum</i>) 小毯藻之一種	79
Branchiopoda 鰓足亞綱	182,183	<i>C.kutzingiana</i> (<i>Cyclotella Kutzingiana</i>) 小環藻之一種	84
<i>Branchiura</i> 屬	175	<i>C.margaritaceum</i> (<i>Cinetochilum margaritaceum</i>) 珍珠映毛蟲	55,118,119,241,242
Brewery 釀酒業廢棄物	19	<i>C.maximus</i> (<i>Chaetonotus maximus</i>) 魃蟲之一種	170
<i>Bryophrya</i> 屬	103	<i>C.nodicaudus</i> (<i>Chaetonotus nodicaudus</i>) 魃蟲之一種	170
budding 出芽生殖法	23	<i>C.obtusa</i> (<i>Colurella obtusa</i>) 狹甲輪蟲之一種	
bulking 污泥膨化	79,80,244	<i>C.polypinum</i> (<i>Carchesium polypinum</i>) 蟭狀獨縮蟲	57,126,127,128,214,235
<i>Bursaria truncatella</i>	136	<i>C.scutatus</i> (<i>Chaetonotus scutatus</i>) 魃蟲之一種	170
<i>Bursaria</i> 屬	104,135	<i>C.steinii</i> (<i>Colpoda steinii</i>) 腎形蟲之一種	110, 112,243
Bursariidae	104		
butanol 丁醇	18		
butyl acetate 醋酸丁脂	18		
butylene glycol 丁二醇	18		
butyraldehyde 丁醛	18		
butyric acid 丁酸	18		
<i>C.angulosa</i> (<i>Chlamydomonas angulosa</i>) 衣滴蟲(藻)之一種	81,93		
<i>C.aselli</i> (<i>Carchesium aselli</i>) 獨縮蟲之一種	126,127		
<i>C.bicuspis</i> (<i>Coleps bicuspis</i>) 板殼蟲之一種	105		

<i>C.turgida</i> (<i>Cymbella turgida</i>) 橋彎藻之一種	86,87	<i>Cercobodo</i> sp. 粗尾波豆蟲	95,98,243
		<i>Cercomonas longicauda</i>	99
<i>C.yoshimatsui</i> (<i>Chironomus yoshimatsui</i>) 紅蟲之一種	190,191,314,315	<i>Cercomonas</i> 屬	95,98
<i>Caenomorpha</i> 屬 異毛目水母蟲	221,229	Cestoidea 條蟲綱	161
Caenogastropoda 新生腹足目	173	<i>Chaena</i> 屬	103
<i>Caenomorpha medusula</i> 水母蟲之一種	136	<i>Chaetogaster</i> sp. 原始寡毛目之毛腹蟲	175, 229,241
<i>Caenomorpha</i> 屬 異毛目水母蟲	64,104,135	Chaetonotidae 黏管目鼃蟲科	169
Calanoida 哲水蚤亞目	182	Chaetonotidae 黏管目	169
calcium 鈣	35	<i>Chaetonotus</i> sp. 腹毛類鼃蟲	169,170,171, 204,215,223,308
<i>Calypotricha</i> sp. 膜口目之一種	215	chaetopira 下毛目之一屬	215
<i>Campanella umbellaria</i>	132	Chaetophoraceae 科 膠毛藻科	78
<i>Campanella</i> 屬	122,123,130	cheese whey 乳酪漿	19
capsule 莢膜	34,61	Chemaesiphonales 目	77
carbon 碳	35	chemoautotrophs 化學自營性生物	26
<i>Carchesium epistylis</i> 獨縮蟲之一種	127	chemoheterotrophs 化學異營性生物	26
<i>Carchesium gemellum</i> 獨縮蟲之一種	127	chemotrophs 化學營生物	25
<i>Carchesium</i> 屬 緣毛目獨縮蟲	53,104,114,122,126,127,128,177,178, 179,185,204,213,215,218,227,289	<i>Chilodonella uncinata</i> 鉤刺斜管蟲	214
carry over 夾帶	81	<i>Chilodonella</i> 屬 裸口目斜管蟲	103,108,109, 204,215,218,279,280
catechol 鄰苯二酚	18	<i>Chilomonas</i> sp. 植物性鞭毛蟲之一種	94,238
category 類別	203	Chironomidae=Tendipedidae 搖蚊科	189,190
cell membrane 細胞膜	34	Chironominae 搖蚊亞科	191
cell wall 細胞壁	34,61	<i>Chironomus</i> sp. 搖蚊屬紅蟲	189,190,204
<i>Centropyxis aculeata</i> 有殼變形蟲之一種	148, 149, 235	Chlamydodontidea	103
<i>Centropyxis</i> sp. 有殼變形蟲之一屬	142,148, 181,204,215,223,228	Chlamydomonadidae	94
<i>Cephalodella Ventripes</i> 巨頭輪蟲之一種	163, 170	<i>Chlamydomonas</i> 屬 衣藻	81,94
<i>Cephalodella</i> 屬 巨頭輪蟲	162,169	<i>Chlorella vulgaris</i> 小球藻之一種	89
Ceratopogonidae 糠蚊科	189	<i>Chlorella</i> 綠藻	78
<i>Cercobodo crassicauda</i> 粗尾波豆蟲之一種	93,99	<i>Chlorella</i> 屬 小球藻	113
		chlorine 氯	35
<i>Cercobodo ovatus</i> 動物性鞭毛蟲粗尾波豆蟲之一種	233,235	Chlorococcales 目	78
		Chloromonadida 綠滴蟲目	94
		Chlorophyceae, Green algae 綠藻類(綱)	78
		Chlorophyta 綠藻植物門	78
		Chonotrichida 漏斗目	103

<i>Chromobacterium</i> 屬 產色菌	62	Collothecaceae 膠鞘亞目	162
<i>Chromulina</i> 屬	93	<i>Colpidium</i> sp. 膜口目豆形蟲	
Chromulinidae	93	104,111,117,118, 204,215,216,219,228	
Chroococcaceae科	77	<i>Colpoda</i> sp. 毛口目腎形蟲	
Chroococcales目	77	103,110,112,204, 216,228,241,242	
<i>Chroococcus minutus</i> 色球藻之一種	88,270	<i>Colpoda aspera</i> 腎形蟲之一種	112
<i>Chroococcus turgidus</i> 膨脹色球藻	88	Colpodidae	103
<i>Chroococcus</i> 屬 色球藻	77,78	<i>Colurella</i> sp. 狹甲輪蟲	
Chrysomonadida 金鞭蟲目	93	130,163,167,204,238, 306	
Chydoridae 圓水蚤科	182,185	<i>Colurella adriatica</i> 狹甲輪蟲之一種	167
Ciliata 纖毛蟲類(綱)	34,102	<i>Colurella obtusa</i> 狹甲輪蟲之一種	163,167
ciliates 纖毛蟲類	204	compact floc 閉守型膠羽	318
<i>Cinetochilum</i> sp. 映毛蟲	104,118,204	compact 閉守型	201
cirrus 棘毛	136	composition 膠羽組成	200,202
citric acid 檸檬酸	18	Conchostraca 貝甲目	182
Cladocera 枝角目	182,183	Copepoda 橈腳亞綱	182,187
Cladocopa目	182	corn 玉米	19
<i>Climacostomum</i> 屬	104	corn milling 玉米粉	19
<i>Closterium</i> 屬 新月藻	78	corn stover 玉米桿	19
<i>Clostridium</i> 梭狀芽胞桿菌屬	13	corona 輪盤	164
Closed system 密閉系統	24	<i>Corynebacterium</i> 棒狀菌屬	13
coccus 球菌	61,257	Coscinodiscaceae科	77
cocking mill 廚餘	19	<i>Coscinodiscus</i> 屬 圓篩藻	77,88
<i>Codonoeca</i> 屬	95	<i>Cosmarium obtusatum</i> 鼓藻之一種	89
<i>Codosiga disjuncta</i>	99	<i>Cosmarium</i> 屬 鼓藻	78
<i>Codosiga utriculus</i>	99	cresol 甲酚	18
<i>Codosiga</i> 屬	95,98	Criodrilidae 繩狀蚯蚓科	175
Codosigidae	95	<i>Criodrilus</i> 屬	175
Coelastraceae科	78	cross wall, septa 隔膜	205
<i>Coelastrum</i> 屬 空星藻	78	crotonic acid 巴豆酸	18
<i>Coelosphaerium</i> 屬 小毬藻	77,78,79,266	crotonaldehyde 巴豆醛	18
cofactor 輔助因子	26	Crustacea 甲殼類(綱)	182,204
Cohnilembidae	104	Cryptochrisidae	94
<i>Cohnilembus</i> 屬	104	Cryptochysidae	94
Colepidae	103	<i>Cryptoglena</i> 屬	94
<i>Coleps</i> sp. 裸口目板殼蟲		Cryptomonadidae	94
103,105,204,215,223,238		Cryptomonadida目	94

<i>Cryptomonas erosa</i>	102,277	decline or death phase 死亡期	24
<i>Cryptomonas</i> 屬	94,101	Dendrosomatidae	104
<i>Cucurbitella</i> 屬	142	<i>Dero</i> sp.	175,178,204,311,312
<i>Culex</i> 屬 庫蚊屬	189	Desmidiaceae 鼓藻科	78
Culicidae 蚊科	189	Desmothoracina	142
Cumacea 漣蟲目	183	Deuteromycetes fungi-imperfecti 不完全真菌類	
<i>Cyanobacteria</i> 藍細菌	33		71
Cyanophyceae, Blue-green algae 藍藻類(綱)		Deuterophlebiidae 擬網蚊科	189
	77,78,204	diacetone gulusonic acid	18
Cyanophyta 藍藻植物門	77	<i>Diatoma vulgare</i>	88
<i>Cyathomonas</i> 屬	94	<i>Dichilum</i> 屬	104
<i>Cyclidium</i> sp. 膜口目膜帶蟲		Dictyosphaeriaceae 科	78
	104,115,121,204, 215,219,244,285,327,338	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> (<i>D.pulchellum</i>)	82
Cyclopidae 劍水蚤亞科	182,187	<i>Dictyosphaerium</i> 屬	82
Cyclopoida 劍水蚤亞目	182,187	<i>Didiniidae</i>	103
Cyclopoidae 劍水蚤科	182	<i>Didinium balbiani</i>	111
<i>Cyclops</i> sp. 橈腳亞綱劍水蚤		<i>Didinium</i> 屬	103,111
	182,187,189, 204,229,314	diethylene glycol 二甘醇	18
<i>Cyclotella</i> 屬 小環藻	77,84,85,269,271	<i>Diffugia</i> sp.	141,142,147,204
Cymbellaceae 科	78	Diffugiidae	142
<i>Cymbella</i> 屬 橋彎藻	78,86,87	Digononta 雙性亞綱	162
Cypridae 介形亞綱腺介總科	185,186,204	<i>Dileptus anser</i>	110
<i>Cyst</i> 包囊	125	<i>Dileptus</i> 屬	103,110,111
Cystodinium	94	Dimastigamoebidae	142
cytoplasm 原生質	34	dimension 膠羽大小	200,201
<i>D.constricta</i> (<i>Diffugia constricta</i>)	147	dimethoxy benzoic acid 二甲氧基苯甲酸	18
<i>D.limosa</i> (<i>Dero limosa</i>)	178	dimethylsulfoxide 二甲亞砜	18
<i>D.magna</i> (<i>Daphnia magna</i>) 金魚蚤之一種		<i>Dinamoeba</i> 屬	142
	183,184	<i>Dinobryon sertularia</i> 密集錐囊藻	102
<i>D.pulex</i> (<i>Daphnia pulex</i>) 金魚蚤之一種	183	<i>Dinobryon</i> 屬	93,101
<i>D.tuberculata</i> (<i>Diffugia tuberculata</i>)	147	Dinoflagellida 渦鞭毛蟲目	94
<i>D.urceolata</i> (<i>Diffugia urceolata</i>)	147,148	diplococcus 雙球菌	61
dairy 酪農業廢棄物	19	<i>Diplogaster</i> sp. 雙胃線蟲	171,172,228,236, 243
<i>Dallingeria</i> 屬	95	Diptera 雙翅目	189
<i>Daphnia</i> sp. 金魚蚤	182,183,184,204,312	<i>Distigma</i> 屬	94
Daphniidae 水蚤科	182,183	diversity 歧異度	203,226,240
Decapoda 十足目	183	Dixidae 細蚊科	189

<i>Dorylaimus</i> 屬 矛線蟲	171,172	<i>Epistylidae</i>	104
<i>Drawida</i> 屬	175	<i>Epistylis</i> sp. 緣毛目累枝蟲	47,53,55,57,
<i>Drepanomonas revoluta</i> 全毛類	214		104,107,122,123,129,134,199,204,213,
<i>Dysteria</i> 屬	103		215,227,228,236,239,241,245,290,341
Dysteriidae	103	<i>Escherichia</i> 屬 埃氏桿菌	62
Dysteriidae科 裸口目之一科	221	ethanol 乙醇	18
<i>E.cambari</i> (<i>Epistylis cambari</i>) 累枝蟲之一種	129	ethyl acetate 乙酸乙酯	18
<i>E.coli</i> (<i>Escherichia coli</i>) 大腸桿菌	27,112, 129, 172	ethyl acrylate 丙烯酸乙酯	18
		ethylene glycol 乙二醇	18
<i>E.cristata</i> (<i>Euglypha cristata</i>) 鱗殼蟲之一種	149	eubacteria 真細菌	32
		eucaryotes 真核生物	31,32
<i>E.elongata</i> (<i>Epistylis elongata</i>) 累枝蟲之一種	129	eucaryotic cell 真核細胞	31
		Euchlanidae 羽纖輪蟲科	163
<i>E.eurystomus</i> (<i>Euplotes eurystomus</i>) 游仆蟲之一種	139,140	<i>Eudrind</i> 屬	94
		<i>Euglena viridis</i> 游動裸藻眼蟲	93,102,277
<i>E.patella</i> (<i>Euplotes patella</i>) 游仆蟲之一種	139,140,214	<i>Euglena</i> 屬 游動裸藻	94,101
		Euglenida 木蟬目	94,99
<i>E.plicatilis</i> (<i>Epistylis plicatilis</i>) 褶累枝蟲	54, 129,214	Euglenidae	94
		Euglyphidae	142
<i>E.rotans</i> (<i>Epistylis rotans</i>) 累枝蟲之一種	129	<i>Euglypha</i> sp.有殼變形蟲類鱗殼蟲	141,142,
<i>E.tuberculata</i> (<i>Euglypha tuberculata</i>) 鱗殼蟲之一種	149,150		147,149,164,169,188,199,204,215,222,223,
			228,235,236,237,238,239,241,242,243,302
EC50 (effective concentration,生長速率降到1/2之測試物質濃度)	118,125,130	Eunotiaceae科	78
<i>Eisenia</i> 屬	175	Eunotioideae目	78
EMP(Emden-meyerhof-parnas) 糖分解代謝途徑	16	Euphausiacea 磷蝦目	183
<i>Enchelys</i> 屬	103	<i>Euplotes woodruffi</i> 游仆蟲之一種	140
<i>Enchilyomorpha vermicularis</i>	111	<i>Euplotes aediculatus</i> 游仆蟲之一種	140
Enchytraeidae 姬蚯蚓科	175	<i>Euplotes charon</i> 游仆蟲之一種	140
<i>Enchytraeus</i> 屬	175	<i>Euplotes moebiusi f. quadricirratu</i> 游仆蟲之一種	140
Entodiniomorphida 內毛目	104	<i>Euplotes affinis</i> 游仆蟲之一種	214
<i>Entosiphon sulcatum</i> 植物性鞭毛蟲之一種	100,101,234	<i>Euplotes moebiusi</i> 游仆蟲之一種	214
		<i>Euplotes</i> sp. 下毛目游仆蟲	105,138,139,
<i>Entosiphon</i> sp.植物性鞭毛蟲之一屬	94,100, 204,214,215		140,167,183,192,204,215,222,227,235,
			237,243,244,245,283,296,297,326,341
		<i>Euplotes harpa</i> 游仆蟲之一種	140
Epalcidae	105	Euplotidae	105

<i>Eupoltes affinis f. typica</i> 游仆蟲之一種	140	furan 呋喃	18
Euthyneura 直神經亞綱	173	furfural 呋喃甲醛	18
exospore formation 外孢子生成法	23	<i>Fusarium</i> 屬 鐮刀黴菌	57
exponential growth phase 對數生長期	24	fusion 融合	23
<i>extreme halophiles</i> 極嗜鹽菌	32	fusobacillus 梭形桿菌	61
<i>F. aquaeductuum</i> (<i>Fusarium aquaeductum</i>) 鐮刀黴菌之一種	71,73	<i>G. scintillans</i> (<i>Glaucoma scintillans</i>)	119,120
Fabellifera 扇肢亞目	183	gamete 配子	23
facultative microorganisms 兼氧性微生物	27	gas vesicles 氣囊	27
fermentation metabolism 發酵代謝	28	Gastropoda 腹足綱	172
ferulic acid 阿魏酸4-羥基-3-甲氧基肉桂酸	18	<i>Gastrostyla</i> 屬	105
filamentous bacillus 絲狀桿菌	61	Gastrotricha 腹毛類綱	37,161,169
firm 緊密型	201	generation time 世代時間	23
firm, irregular shape 緊密而不規則形	316	<i>Geotrichum</i> 屬 地黴菌	57
firm, somewhat rounded 緊密而接近圓球形	316	<i>Geotricum candidum</i> 捕食輪蟲類白地黴菌	71,72
firmness 膠羽緊密度	200,201	giant kelp 大海草	19
fixed film process 固定膜式	3	gill 鰓	188
flagella 鞭毛	34,61	<i>Glaucoma</i> sp. 膜口目之一屬	104,119,204, 216,236
Flagellates 鞭毛蟲類	36,204,224	Glenodiniidae	94
<i>Flavobacterium arborescens</i> 黃色桿菌之一種	125	<i>Glenodinium</i> 屬	94
<i>Flavobacterium</i> 屬 產黃桿菌	62	glucose 葡萄糖	18
<i>Flexibacter</i>	206	glutamic acid 麩酸胺基戊二酸	18
Flosculariaceae 簇輪蟲亞目	162	glutaric acid 戊二酸	18
Foraminiferida 有孔蟲目	142	glycerol 甘油；丙三醇	18
formaldehyde 甲醛	18	<i>Gonium</i> 屬	94
formic acid 甲酸	18	Gonyaulacidae	94
<i>Fragilaria crotonensis</i> 脆桿藻之一種	85	<i>Gonyaulax</i> 屬	94
Fragilariaceae 科	77	gram-positive bacteria 革蘭氏陽性菌	33
<i>Fragilaria</i> 屬 脆桿藻	77,85	green photosynthetic bacteria 綠光合菌	33
Fragilarioideae 目	77	growth curve 生長曲線	24
fragmentation 斷片生殖法	23	growth factor 生長因子	62
free-swimming ciliate 自由游動纖毛蟲類	36, 224	Gymnodiniidae	94
Frontoniidae	104	<i>Gymnodinium</i> sp. 裸甲藻	94,101,102,275
fumaric acid 反丁烯二酸	18	Gymnostomatida 裸口目	103,105,110,111
Fungi 真菌類	31,32,34,55,71,206,236	<i>H. hydrossis</i> 絲狀微生物之一種	206
		H ₂ -CO pyrolysis 氫與一氧化碳熱解物	19
		Haematococcucidae	94

Haematococcus屬 紅球藻	94	Ichthyidium屬	169
hair setae 毛狀剛毛	178	immersion oil 洋杉油	46
Halteria屬	104	immune serum 免疫血清	62
Halteriidae	104	ingestion 消化作用	31
Haplotaxis屬	175	Insecta 昆蟲類(綱)	56,182,189,201,204
Haplotoxidae 長蚯蚓科	175	interspecies hydrogen transfer 細胞間氫傳遞作用	15
Harpacticoida 猛水蚤亞目	182	Invertebrates 無脊椎動物類	224
heat-treated activated sludge 熱處理後活性污泥	19	iron 鐵	35
Hedricystis屬	142	irregular 不規則形	201
Helioflagellida 太陽鞭毛蟲目	142	isobutyric acid 異丁酸	18
Heliolarida 太陽蟲目	142	Isopoda 等腳目	183,188
Hemidinium屬	94	isopropanol 異丙醇	18
Hemiophrys fusidens 裸口目之一種	214	isopropyl alcohol 醋酸異丙酯	18
Heterochlorida目	94	jaw 顎骨	173
heterogamy 世代交替繁殖	163	Keratella quadrata 龜甲輪蟲之一種	163,170
Heterolepidoderma屬	169	Keratella屬 龜甲輪蟲	162,169
Heteronema acus 植物性鞭毛蟲之一種	102,276	Kingdim Protista 原生生物界	32
Heteronema屬	94,101	Kingdom Animalia 動物界	32
Heterosphrys屬	142	Kingdom Fungi 真菌界	32
Heterotrichida 異毛目	104,133,136	Kingdom Monera 原核生物界	32
heterotrophs 異營性生物	25	Kingdom Plantae 植物界	32
hexanoic acid 己酸	18	Kingdom Protista 原生生物界	32
Holophrya屬 裸口蟲	103	Klebsiella aerogenes 克萊勃士桿菌	113,121, 130
Holophryidae	103	L.acuminata(Lepadella acuminata) 鞍甲輪蟲之一種	164,166
Holosticha屬	105	L.cygnus(Litonotus cygnus) 漫游蟲之一種	107,108
Holotricha 全毛亞綱	102,103	L.fasciola (Litonotus fasciola) 片狀漫游蟲	107
Hormidium屬	78	L.japonica(Lymnaea japonica) 蝸牛之一種	173
Hyalosphenia屬	142	L.lamella(Litonotus lamella) 漫游蟲之一種	107
Hydracarina 水壁蝨亞綱、蛛形類	192,204	L.luna(Lecane luna) 腔輪蟲之一種	163,168
Hydrodictyaceae科	78	L.ohioensis(Lecane ohioensis) 腔輪蟲之一種	164
hydrogen 氫	35	L.ovalis(Lepadella ovalis) 鞍甲輪蟲之一種	163,164,166
hydroquinone 氫 (對一苯二酚)	18	L.pervia(Lymnaea pervia) 蝸牛之一種	173
Hymenostomatida 膜口目	104,116		
Hypermastigida 繁鞭目	95		
hyphae 菌絲	36		
Hypotrichida 下毛目	34,105,135,141		

<i>L.viridis</i> (<i>Lymnaea viridis</i>) 蝸牛之一種	173	<i>Lyngbya</i> 屬 鞘絲藻	77
<i>Lacrymaria olor</i> 裸口目長吻蟲之一種	110	<i>M.aeruginosa</i> (<i>Microcystis aeruginosa</i>) 銅銹微囊	
<i>Lacrymaria</i> 屬裸口目長吻蟲	103,110	球藻	78,129
lactic acid 乳酸	18	<i>M.amoebina</i> (<i>Monas amoebina</i>) 滴蟲之一種	96
<i>Lactobacillus</i> 乳桿菌屬	13	<i>M.arborphilicum</i> 甲烷菌之一種	14
log phase 遲滯期	24	<i>M.dispar</i> (<i>Macrobrotus dispar</i>) 熊蟲之一種	181
large size floc 大型膠羽	320	<i>M.es</i> (<i>Metopus es</i>) 扭頭蟲之一種	134,135
<i>Lecane</i> sp. 腔輪蟲	163,167,168,169,204,307	<i>M.flos-aquae</i> (<i>Microcystis flosaquae</i>) 水華微囊球	
<i>Legionella</i>	27	藻	78
<i>Lepadella</i> 屬 鞍甲輪蟲		<i>M.fuscus</i> (<i>Metopus fuscus</i>) 扭頭蟲之一種	
	163,164,166,167,199, 204,215,305		134, 135
<i>Lepidoderma</i> 屬	169	<i>M.granulata</i> (<i>Melosira granulata</i>) 直鏈藻之一種	
<i>Lepocinclis</i> 屬	94		78,83
<i>Leptomitus lacteus</i> 水草微菌之一種	71,72	<i>M.incerta</i> (<i>Microcystis incerta</i>) 微囊球藻之一種	
Leptostraca 狹甲目	183		78
<i>Lepyochlamys</i> 屬	142	<i>M.intermedius</i> (<i>Macrobrotus intermedius</i>) 熊蟲之	
<i>Limnodrilus</i> sp. 水絲蚓屬	175,180	一種	181
<i>Limnodrilus socialis</i> 水絲蚓之一種	180	<i>M.lunaris</i> (<i>Monostyla lunaris</i>) 單趾輪蟲之一種	
<i>Litonotus</i> sp. 裸口目漫游蟲			163,168,169,307
	55,57,103,107, 108,215,218,220	<i>M.macrocopa</i> (<i>Moina macrocopa</i>) 球水蚤之一種	
<i>Litonotus fasciola</i> 漫游蟲之一種	204,235		184,185,238
logarithmic growth phase(log phase)對數生長期		<i>M.macronyx</i> (<i>Macrobrotus macronyx</i>) 熊蟲之一種	
	24		181,238
lorica 被甲殼	130,167	<i>M.obliqua</i> (<i>Monas obliqua</i>)滴蟲之一種	96,273
<i>Loxocephalus</i> 屬	104	<i>M.parvicella</i> 絲狀微生物之一種	206
<i>Loxodes magnus</i>	111	<i>M.quadridentata</i> (<i>Monostyla quadridentata</i>) 單趾	
<i>Loxodes</i> 屬	103	輪蟲之一種	168
Loxodidae	103	<i>M.rectirostris</i> (<i>Moina rectirostris</i>) 球水蚤之一種	
<i>Loxophyllum</i> sp. 裸口目針葉蟲	103,220		184
<i>Loxophyllum melegaris</i> 針葉蟲之一種		<i>M.strain AZ</i> 甲烷菌之一種	14
	111, 236,237,243	<i>M.strain MOH</i> (爲 <i>Methanobacterium strain</i>	
Lumbricidae 正蚯蚓科	175	<i>MOH</i> 之縮寫) 甲烷菌之一種	14,15
Lumbriculidae 帶絲蚯蚓科	175	<i>M.striatus</i> (<i>Metopus striatus</i>) 扭頭蟲之一種	134
<i>Lumbriculus</i> 屬	175	<i>M.vestita</i> (<i>Monas vestita</i>) 滴蟲之一種	96
<i>Lymnaea</i> sp. 蝸牛	173,174,204	<i>M.vulgaris</i> (<i>Monas vulgaris</i>) 滴蟲之一種	96
Lymnaeidae 物洗貝蝸牛科	173	<i>Macrobrotus macronyx</i> 熊蟲之一種	181
<i>Lyngbya contorta</i> 鞘絲藻之一種	88	<i>Macrobrotus</i> sp.緩步動物熊蟲	177,181,204, 223

Macrodasypoidea 大毛目	169	<i>Methanosarcina</i> 形成立方體之集團的甲烷八球	
<i>Macromastrix</i> 屬	95	菌	14
magnesium 鎂	35	<i>Methanosarcina barkeri</i> 甲烷八球菌之一種	
Malacostroca 軟甲亞綱	183,188		14
maleic acid 順丁烯二酸	18	<i>Methanospirillum</i> 甲烷螺旋菌	14
<i>Mallomonas</i> 屬	93	<i>Methanospirillum hungatii</i> 甲烷螺絲菌之一種	
<i>Mastigamoeba</i> 屬	94		14
<i>Mastigamoebidae</i>	94	methyl formate 甲酸甲酯	18
<i>Mastigophora</i> 鞭毛蟲類(綱)	34,93	methyl cellulose 甲基纖維素	58
<i>Methanobacterium formicium</i> 甲烷桿菌之一種		methyl acetate 醋酸甲酯	18
	14	methyl acrylate 丙烯酸甲酯	18
mating type 交配型	23	methyl ethyl ketone 甲乙酮	18
meat packing 碎肉廢棄物	19	Metopidae	104
Megascolecidae 大蚯蚓科	175	<i>Metopus</i> sp. 異毛目扭頭蟲	
<i>Methanobacterium mobile</i> 甲烷桿菌之一種	14		64,104,134,135, 204,215,221,229,234
meiosis 減數分裂	23	<i>Micrococcus</i> 微球菌屬	13
<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i> form <i>spiralis</i>		microaerophilic microorganism 微好氧性微生物	
螺旋狀直鏈藻	83,84		27
<i>Melosira</i> 屬 直鏈藻	83,84,238	<i>Micrococcus varians</i> 變種球菌	125,126
<i>Merismopedia</i> 屬 平裂藻	77,78	<i>Microcystis</i> 屬 微囊球藻	77,78
mesophiles 嗜中溫菌	27	micrometer 測微計	48
metabolite 代謝產物	62	<i>Microregma</i> 屬	103
metachromatic granule 異染色粒	61	<i>Microthorax</i> 屬	103
Metazoa 後生動物	34,161,204	middle size floc 中型膠羽	320
<i>Methanobacterium thermoautorophicum</i> 甲烷桿		mitochondria 粒線體	33
菌之一種	14	<i>Moina</i> sp. 球水蚤	182,184,204,223,229,313
<i>Methanobacterium omelianskii</i> 乙醇轉變為醋酸		Moinidae 球水蚤科	182,184
的甲烷桿菌	15	Mollusca 軟體動物(門)	37,56,161,172,201
<i>Methanobacterium</i> 甲烷桿菌	14	<i>Monas</i> sp. 滴蟲	55,95,96,98,118,
<i>Methanobacterium ruminantium</i> 甲烷桿菌之一種			204,215,216, 219,236,241,242,243
	14	Monera 原核生物	31,32
<i>Methanococcus</i> 甲烷球菌	14	Moniligastridae 數珠蚯蚓科	175
<i>Methanococcus vanniellii</i> 甲烷球菌之一種	14	Monogononta 單性亞綱	162
methanogenic phase 甲烷生成相	13	<i>Monosiga ovata</i>	99
methanogens 甲烷菌	32	<i>Monosiga robusta</i> 動物性鞭毛蟲之一種	99, 274
methanol 甲醇	18	<i>Monosiga</i> 屬	95,98,163

<i>Monostyla</i> sp. 單趾輪蟲		Neisser 染色	205
73,74,130,163,167, 168,169,204		Nematoda 線蟲類(綱)	
monoxenic culture 單寄生培養	176	34,37,161,171,204,309, 335	
Moradidae	95	Neoligochaeta 新寡毛目	175
<i>Mucor</i> 屬 毛黴菌	71	ninyl acetate 醋酸乙烯酯	19
<i>Mucor fragilis</i> 毛黴菌之一種	72	Nipponasellus 屬 水蝨	183,188,204
Muscidae 家蠅科	189	<i>Nitrobacter</i> 屬 硝化菌	62
mycelium 菌絲體	36	nitrobenzene 硝基苯	18
Mycetozoida 菌蟲亞綱	142	nitrogen 氮	35
<i>Mycobacterium</i> 屬 分枝桿菌	27,67	<i>Nitrosomonas</i> 屬 亞硝酸菌	62
mycolic acid 羧菌酸	67	<i>Nitzschia acicularis</i> 細菱形藻	89
Myodocopa 目	182	<i>Nitzschia closterium</i> 菱形藻之一種	89
myoneme 線筋體	123	<i>Nitzschia palea</i> 菱形藻之一種	89,238
Mysidacea 蝦目	183	<i>Nitzschia palea</i> 谷皮菱形藻	
N.A.(numerical aperture) 有效口徑	44	Nitzschiaceae 科	78
<i>N.amarae</i> (<i>Nocardia amarae</i>) 努卡氏菌之一種		<i>Nitzschia</i> 屬 菱形藻	78
63,67,68		Nitzschioideae 目	78
<i>N.elingusis</i> (<i>Nais elingusis</i>) 剛毛蟲之一種	177	<i>Nocardia</i> sp. 努卡氏菌	57,67,206,220
<i>N.limicola I</i> 絲狀微生物之一種	206	non-methanogenic phase 非甲烷生成相	13
<i>N.limicola II</i> 絲狀微生物之一種	206	nonsettleable colloidal solids 膠體顆粒	3
<i>N.limicola III</i> 絲狀微生物之一種	206	<i>Nostocaceae</i> 科 念珠藻	77
<i>N.rhodochrous</i> (<i>Nocardia rhodochrous</i>) 努卡氏菌		<i>Nostoc</i> 屬 葛仙米藻	77
之一種	67	<i>Notholca</i> 屬	162
<i>N.variabilis</i> (<i>Nais variabilis</i>) 剛毛蟲之一種	177	<i>Notommata saccigera</i> 椎輪蟲之一種	170
<i>Naegleria</i> 屬	142	<i>Notommata</i> 屬 椎輪蟲	162,169
Naididae 水蚯蚓科	175,177,179	Notommatidae 椎輪蟲科	162
<i>Nais</i> sp. 原始寡毛目剛毛蟲		<i>Notosolenus orbicularis</i> 環形滴蟲之一種	93
55,175,177, 179,192,199,204,229,241		<i>Novicula viridula</i> 舟形藻之一種	89
<i>Nassula gracilis</i>	111	nuclear area 核區	34
<i>Nassula</i> 屬	103	nutrient uptake by absorption 吸收作用	32
Nassulidae	103	nutrient uptake by ingestion 消化作用	32
<i>Nauplius</i> 無節幼蟲	182	nutritional classification 微生物的營養性分類	26
Naviculaceae 科	78	Nymphomyiidae 隱翅科	189
<i>Navicula</i> 屬 舟形藻	78	<i>O. prolifica</i> (<i>Oscillatoria prolifica</i>) 顫藻之一種	
Naviculoideae 目	78		80
<i>Nebela</i> 屬	142	<i>O.coarctata</i> (<i>Opercularia coarctata</i>) 集蓋蟲	
needle setae 針狀剛毛	178	55,130,131,212,214	

<i>O. cortiana</i> (<i>Oscillatoria cortiana</i>) 顫藻之一種	80	<i>Ophrydium</i> 屬	130
<i>O. minima</i> (<i>Opercularia minima</i>) 蓋蟲之一種	130,131	Opisthobranchia 後鰓目	173
<i>O. nariabilis</i> (<i>Oscillatoria nariabilis</i>) 顫藻之一種	80	<i>Opisthostyla</i> 屬	123
<i>O. splendida</i> (<i>Oscillatoria splendida</i>) 顫藻之一種	80	optimum growth temperature 最適生長溫度	27
<i>O. termo</i> (<i>Oicomonas termo</i>) 氣球屋滴蟲之一種	93,95,233,235,236,241,242	<i>O. tenuis</i> (<i>Oscillatoria tenuis</i>) 顫藻之一種	80
<i>Ochromonadina</i>	93	<i>Oscillatoria</i> sp. 顫藻	77,78,79,80,266,267
ocular micrometer 接目測微計	49,50	Oscillatoriaceae科	77
Odontostomatida 櫛口目	105	Oscillatoriales目	77
Oedogoniaceae科 鞘藻科	78	Ostracoda 介形亞綱	182,185
Oedogoniales目	78	oxygen 氧	35
Oicomonadidae	95	<i>O. fallax</i> (<i>Oxytricha fallax</i>) 尖毛蟲之一種	138, 237
<i>Oicomonas rocialis</i> 氣球屋滴蟲之一種	95, 273	<i>O. ludibunda</i> (<i>Oxytricha ludibunda</i>) 尖毛蟲之一種	138
<i>Oicomonas steinii</i> 氣球屋滴蟲之一種	95	<i>Oxytricha</i> 屬 尖毛蟲	105,138,139,140,204
<i>Oicomonas, Oikomonas</i> sp. 氣球屋滴蟲	95, 98,117,204,216,219,228	Oxytrichidae	105
oleic acid 油酸	18	Oxytrichidae科	138
Oligochaeta 寡毛類(綱)	34,37,174,175	<i>P. aequisteta</i> (<i>Pristina aequisteta</i>) 吻盲蟲之一種	179
Oligotrichida 少毛目	104	<i>P. alternata</i> (<i>Psychoda alternata</i>)	190,191
Oocystaceae科	78	<i>P. aurelia</i> (<i>Paramecium aurelia</i>) 草履蟲之一種	112,113,214
open flocc 開放型膠羽	318	<i>P. bursaria</i> (<i>Paramecium bursaria</i>) 草履蟲之一種	113
open 開放型	201	<i>P. caudatum</i> (<i>Paramecium caudatum</i>) 草履蟲之一種	112,113,228,234,236,241,242,243
open system 開放系統	24	<i>P. cinerea</i> (<i>Psychoda cinerea</i>)	190
<i>Opercularia curvicaula</i> 蓋蟲之一種	131	<i>P. denticulata</i> (<i>Podophrya denticulata</i>) 足吸管蟲之一種	115
<i>Opercularia allensi</i> 蓋蟲之一種	131	<i>P. elongata</i> (<i>Philodina elongata</i>)旋輪蟲之一種	164
<i>Opercularia microdiscum</i> 微盤蓋蟲	131	<i>P. fixa</i> (<i>Podophrya fixa</i>) 足吸管蟲之一種	115, 116
<i>Opercularia nutans</i> 蓋蟲之一種	131	<i>P. granulifera</i> (<i>Peranema granulifera</i>) 線鞭蟲之一種	99,100
<i>Opercularia glomerata</i> 蓋蟲之一種	131	<i>P. halophila</i> (<i>Podophrya halophila</i>) 足吸管蟲之一種	115
<i>Opercularia phryganeae</i> 彩蓋蟲	131		
<i>Opercularia asellicola</i> 蓋蟲之一種	131		
<i>Opercularia</i> sp. 緣毛目蓋蟲	54,57,104,107,122,130,131,199,204,212,228,235,236,237,239,241,242,291		
<i>Ophrydium versatile</i>	132		

<i>P.idrensis</i> (<i>Pristina idrensis</i>) 吻盲蟲之一種	179	pentanol 戊醇	18
<i>P.jaculans</i> (<i>Pleuromonas jaculans</i>) 跳側滴蟲		<i>Peranema</i> sp. 線鞭蟲	94,99,204,214,215,227
93,98,234,235,236,237,239,241,242,274		Peridiniidae	94
<i>P.longiseta</i> (<i>Pristina longiseta</i>) 吻盲蟲之一種		<i>Peridinium polyedra</i> 多甲藻之一種	102
179		<i>Peridinium</i> 屬 多甲藻	94,101
<i>P.mucicola</i> (<i>Phormidium mucicola</i>) 席藻之一種		Peridinudae	94
79		peristome 圍口部	124
<i>P.parthenogeneticus</i> (<i>Paratanytarsus parthenoge-</i>		Peritrichida 緣毛目(類)	34,104,122,132
<i>neticus</i>)	190	<i>Petelomonas</i> 屬	94
<i>P.roseola</i> (<i>Philodina roseola</i>) 旋輪蟲之一種		petri dish 培養皿	41
163,164,165,235		<i>Phacus</i> 屬	94
<i>P.severinii</i> (<i>Psychoda severinii</i>)	190	<i>Phascolodon vorticella</i>	111
<i>P.tenue</i> (<i>Phormidium tenue</i>) 席藻之一種	79	<i>Phascolodon</i> 屬	103
<i>P.tranquila</i> (<i>Philodina tranquila</i>) 旋輪蟲之一種		Phatycopa目	182
164,165		phenol 酚	18
<i>P.trichophorum</i> (<i>Peranema trichophorum</i>) 線鞭蟲		<i>Pheretima</i> 屬	175
之一種	93,99,100,234,235,243,275	<i>Philodina</i> sp. 輪蟲類旋輪蟲	55,73,114,
Paludicola 淡水生三腸亞目	161	134,162,163,164,165,178,179,199,204,	
<i>Pandrina</i> 屬	94	215,223,228,236,238,242,243,303,304	
<i>Paracolobacterium</i> 屬 副大腸桿菌	62	Philodinidae 蛭態科	162
<i>Paradileptus</i> 屬	103	<i>Phlebotomus</i> 屬	189
Parameciidae	103	<i>Phodomonas</i> 屬 卵形紅胞藻	94
<i>Paramecium trichium</i> 草履蟲之一種	214	<i>Phona</i> 屬 莖點黴菌	71
<i>Paramecium</i> sp. 毛口目草履蟲	64,103,	<i>Phormidium</i> 屬 席藻	77,79
111,112,115,118,204,216,218,221,229,281		phosphorus 磷	35
paramyelin 副髓磷脂	94,99	photoautotrophs 光合自營性生物	26
<i>Paratanytarsus</i> 屬 搖蚊科之一屬		photoheterotrophs 光合異營性生物	26
189,190,192, 204		photosynthetic 光合作用	31
pasteur pipette 滴管	56,200	phototrophs 光合營生物	25
pear wastes 梨子皮等廢棄物	19	phthalic acid 酞酸	18
peat 泥煤	19	<i>Phycomycetes</i> 藻真菌類	71
pectin wastes 膠體廢棄物	19	<i>Physa acuta</i> 蝸牛之一種	173,174
pedal gland 足腺	163	<i>Physa</i> 蝸牛之一屬	173,174,204
<i>Pediastrum</i> 屬 盤星藻	78,89,270	Physidae 逆卷貝蝸牛科	173
Pelecypoda 斧足綱	172	Physidae科	174
penicillin 青黴素	137	Phytomastigophora 植物性鞭毛蟲亞綱	
pentaerythritol 異戊四醇	18		93,99, 102

Phytomonadida 植物性紅鞭毛蟲石霉目	94	propionate 丙酸鹽	18
pilus, fimbria 菌毛	61	propylene glycol 丙二醇	18
Placocista屬	142	Prorodon sp. 裸口目之一屬	103,215,223
Planariidae 片蛭科	161,162	prostomium 口前葉	177
Plantae 植物	31	Proteomyxida 膠絲蟲亞綱	142
Plasmodium 瘧原蟲	142	Proteus vulgaris 普遍變形桿菌	172
Plathelminthes 扁形動物	37,161,204	Protista 原生生物界	31,32
Platycola屬	104	protocatechuic aldehyde 原兒茶酸醛	18
Plecutus palustris 底生線蟲	172	protocatechuic acid 原兒茶酸；3,4-二羥基苯 甲酸	18
Plesiopora 原始生殖門目	175,176	Protomastigida 原鞭毛蟲目	95
Pleuroceridae 河貝科	173	Protozoa 原生動物	34,93
Pleuromonas sp. 側滴蟲	55,95,98,204,214, 219,221	Pseudochlamys屬	142
Pleuronematidae	104	Pseudodiffugia屬	142
Ploima 游泳目	162,164	Pseudomonas ovalis 假單胞桿菌之一種	129
Podocopa目	182,185	Pseudomonas fluorescens 螢光假單胞桿菌	113,125,130,172
Podophrya sp. 足吸管蟲	54,104,114,115,116, 204,235,283	Pseudomonas屬 假單胞菌屬	13,62
Podophryidae	104	Psychoda sp. 蛾蚋科之一屬	190,204
Polychaeta 多毛綱	174	Psychoda alternata	189
Polymastigida 多鞭毛蟲目	95	Psychodidae 蛾蚋科	189,190
polymorphic 多形性	61	psychrophiles 嗜低溫菌	27
polynucleated 多核性	61	Ptychoptdridae 細腰大蚊科	189
Pontigulasia屬	142	Pulmonata 肺螺目	173
potassium 鉀	35	pulp mill evaporate 紙漿蒸煮後殘渣	19
potato 馬鈴薯	19	purple photosynthetic bacteria 紫光合菌	33
Poteriodendron屬(植物性鞭毛蟲之一屬)	95, 221	pyruvic acid 丙酮酸	17
precursor 前驅物	26	Pythium gracile	71
preoral membrane 口前膜	103,124	Pyxidicula 有殼變形蟲之一屬	215
Pristina sp. 原始寡毛目吻盲蟲	55,175,179, 204,229,242	pyxidicular operculata.	147
procaryotes 原核生物	31	Pyxidiella collare 蓋果蟲之一種	132
procaryotic cell 原核細胞	31	Pyxidiella vernale 蓋果蟲之一種	132
progenote	32	Pyxidiella屬 蓋果蟲	104,122,123,130
propanal 丙醛	18	Quadrula屬	142
propanol 丙醇	18	R. elongata(Rotaria elongata)轉輪蟲之一種	166
		R.tardigrada(Rotaria tardigrada) 轉輪蟲之一種	164

Radiolarida 放射亞綱	142	<i>S. polymorphus</i> (<i>Stentor polymorphus</i>) 喇叭蟲之一種	133
radula 齒舌	173		
<i>Raphidiophrys</i> 屬	142	<i>S. quadricauda</i> (<i>Scenedesmus quadricauda</i>) 四尾	
resorcinol 間苯二酚	18	柵藻	82,83
respiratory metabolism 呼吸代謝	28	<i>S. rumpens</i> (<i>Synedra rumpens</i>) 針桿藻之一種	
Rhabditida	172		86,269
<i>Rhabditis terricola</i> 類桿線蟲	172	<i>S. teres</i> (<i>Spirostomum teres</i>) 旋口蟲之一種	
<i>Rhabdolaimus</i> sp. 棒咽線蟲	171,172,242		133,134
<i>Rhabdomonas</i> 屬	94	<i>S. Ulna</i> (<i>Synedra Ulna</i>) 針桿藻之一種	86
<i>Rhabdostyla vernalis</i>	132	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 酵母菌	27
<i>Rhabdostyla conipes</i>	132	<i>Saprodinium</i> 屬	105
<i>Rhabdostyla</i> 屬	104,123,130	<i>Saprolegnia</i> 屬 腐生水黴菌	71
Rhizomastigida 根鞭毛蟲目	94	<i>Saprolenia ferax</i> 腐生水黴菌之一種	72
Rhizopoda 根足蟲亞目	142	<i>sarcina</i> 八聯球菌	61
<i>Rhodotorula</i> 屬 紅酵母菌	71	<i>Sarcina</i> 屬 八球菌	62
ribosome 核醣體	34	Sarcodina 肉足蟲類(綱)	34,141,204
ring lace 繩狀接觸材料	242	Scenedesmaceae 科	78
<i>Rotaria</i> sp. 轉輪蟲	161,162,163,164,166,204,215,223,228,237,304,305	<i>Scenedesmus</i> 屬 柵藻	78,82
Rotarin rotatoria 轉輪蟲之一種	163,166	<i>Scytomonas</i> 屬	94
Rotatoria 輪蟲類(綱)	34,37,204	sec-butanol 二級丁醇	18
Rotifers 輪蟲類	224	sec-butylamine 二級丁胺	18
rum distillery wastes 甜酒蒸餾後殘渣	19	<i>Selenastrum gracile</i> 羊角月芽藻	89
<i>S. organism</i> 硫菌	15	<i>Selenastrum</i> 屬 月芽藻	78
<i>S. acus</i> (<i>Synedra acus</i>) 尖針桿藻	86	self-purification 自淨作用	3
<i>S. acutus</i> (<i>Scenedesmus acutus</i>) 柵藻之一種	82,83	<i>Sepedonium</i> 屬	71
<i>S. ambiguum</i> (<i>Spirostomum ambiguum</i>) 旋口蟲之一種	133,134	<i>Serratia marcescens</i> 鋸桿菌	112
<i>S. coeruleus</i> (<i>Stentor coeruleus</i>) 喇叭蟲之一種	133	setabundle 剛毛束	177
<i>S. mytilus</i> (<i>Stylonychia mytilus</i>) 桿尾蟲之一種	138,139,294,295	shape 膠羽形狀	200
<i>S. natans</i> (<i>Sphaerotilus natans</i>) 分枝絲菌之一種	57,63,65,66,206,234,236,241,242,262,263	sheathed bacteria 鞘細菌	65
<i>S. notophora</i> (<i>Stylonychia notophora</i>) 桿尾蟲之一種	138	shell 殼	173
		sigmoid setae 鉤狀剛毛	178
		Simuliidae 蚋科	189
		slime molds 粘黴	33
		small size floc 小型膠羽	319
		sodium 鈉	35
		somewhat rounded 圓球形	201

sorbic acid 花木秋酸2,2-己二烯酸	18	Stretoneura 螺旋神經亞綱	173
Spathidiidae	103	strict anaerobes 絕對厭氧菌	27
<i>Spathidium spathula</i>	110	Strobilidiidae	104
<i>Spathidium</i> 屬	103,110	<i>Strobilidium</i> 屬	104
specimen 觀測體	44	<i>Strombidinopsis</i> 屬	104
Spelaeogriphacea 盲蝦目	183	<i>Strombidium</i> 屬	104
<i>Sphaerotilus</i> 屬 分枝絲菌	56,57,65,220	structure 膠羽結構	200,201
<i>Spirils</i> 螺旋菌	222,257,327	<i>Stylonychia pustulata</i> 桿尾蟲之一種	139
<i>spirochetes</i> 螺旋體	61,221,258,259	<i>Stylonychia putrina</i> 桿尾蟲之一種	139
<i>Spirogyra</i> 屬 水棉藻	78	<i>Stylonychia</i> 屬 下毛目桿尾蟲	105,115,138, 139,204
Spirostomatidae	104	succinic acid 琥珀酸(丁二酸)	19
<i>Spirostomum</i> sp.異毛目旋口蟲	55,104,133, 134,178,181,192,204,215,222,238,243,292	sucrose 蔗糖	19
<i>Spirotricha</i> 旋毛亞綱	102,103	suctorial tentacle 吸管	116
<i>Spirulina major</i> 螺旋藻之一種	88	Suctorida 吸管蟲目(類)	34,103,114
<i>Spirulina</i> 屬 螺旋藻	77	sugar cane 甘蔗桿	19
spore 芽胞	61	Sulfolobus 好氧硫菌	33
stage micrometer 鏡台測微計	49,50	sulfur 硫	35
standard medical hemacytometer 血球計數器	52	suspended growth process 懸浮生長式	3
staphylococcus 葡萄球菌	61	SV ₃₀ 三十分鐘沉降試驗	41
stationary phase 靜止期	24	<i>Synchaeta</i> 屬	162,169
<i>Staurastrum paradoxum</i> 角星鼓藻之一種	89	Synchaetidae 泥蟲科	162
<i>Staurastrum</i> 屬 角星鼓藻	78	Syncryptidae	93
Stentoridae	104	<i>Synedra</i> 屬 針桿藻	77,86
<i>Stentor</i> 屬 喇叭蟲	104,133,204	<i>Synura uvella</i>	102
<i>Stephanodrilus</i> 屬	175	<i>Synura</i> 屬	93,101
<i>Stichotricha secunda</i>	141	syringaldehyde 丁香醛	18
<i>Stichotricha</i> 屬	140	syringic acid 丁香酸4-羥基-3,5-二甲氧基苯甲酸	18
<i>Stigeoclonium tenue</i> 毛枝藻之一種	89	<i>Systylis</i> 屬	104
<i>Stigeoclonium</i> 屬 毛枝藻	78	<i>T.clavatum</i> (<i>Trachelophyllum clavatum</i>) 管葉蟲	105
Stomatopoda 口腳目	183	之一種	105
straw 稻米	19	<i>T.conica</i> (<i>Tokophrya conica</i>) 錘吸管蟲之一種	114
<i>Streptobacillus</i> 鏈桿菌	61	<i>T.oviforme</i> (<i>Tokophrya oviforme</i>) 錘吸管蟲之一種	114
<i>Streptococcus faecalis</i> 糞鏈球菌	113,130	種	114
<i>Streptococcus</i> 屬 鏈球菌	61,62		
streptomycin 鏈黴素	137		

<i>T.pusillum</i> (<i>Trachelophyllum pusillum</i>) 卑怯管葉蟲	54,55,105,106,214,233,235,236,237,243,278	<i>Thuricola folliculata</i>	132
		<i>Thuricola</i> 屬	104,130
<i>T.pyriformis</i> (<i>Tetrahymena pyriformis</i>) 四膜蟲之一種	120	<i>Thylacomonas</i> 屬	95
<i>T.quadripartita</i> (<i>Tokophrya quadripartita</i>) 鍾吸管蟲之一種	114	Tintinnida 有鐘目	104
<i>T.vorax</i> (<i>Tetrahymena vorax</i>) 四膜蟲之一種	120	<i>Tintinnidium</i> 屬	104
		Tintinnidudae	104
Tabanidae 科	189	Tipulidae 大蚊科	189
<i>Tachysoma pelliionella</i>	141	<i>Tokophrya</i> sp. 鍾吸管蟲	103,114,115,204,235,238,282
<i>Tachysoma</i> 屬	105,140,297,298	Tracheliidae	103
Tanaidacea 異足目	183	<i>Trachelius ovum</i> 圓口蟲之一種	110
tannery wastes 製革業廢棄物	19	<i>Trachelius</i> 屬 圓口蟲	103,110
Tanyderidae 原大蚊科	189	<i>Trachelocerca</i> 屬	103,110
Tardigrada 緩步動物	37,56,161,181,201	Tracheloceridae	103
Tardigrades 緩步動物	224	<i>Trachelomonas</i> 屬	94
<i>Telmatoscopus</i> sp. 大蛾蚋	190	<i>Trachelophyllum</i> sp. 裸口目管葉蟲	103,105,204,220
Telotroch 自由子(圍肛纖毛輪)	114,123,124,286,287	<i>Tetrahymena pyriformis</i> 四膜蟲之一種	120
Telotrochidium 屬	104,130,132	transport 傳輸	26
tentacle 觸角	173	transverse division 橫分裂	175
tert-butanol 三級丁醇	19	Trematoda 吸蟲綱	161
Testacida 有殼變形蟲目	142,146	<i>Trepomonas</i> sp. 動物性鞭毛蟲活潑錐滴蟲	215,222
tetracoccus 四聯球菌	61	<i>Trepomonas agilis</i> 活潑錐滴蟲之一種	93
<i>Tetrahymena</i> 屬 四膜蟲	104,120,204	TCA(Tricarboxylic Acid)代謝途徑	16
<i>Tetramitus</i> 動物性鞭毛蟲之一種	222	Trichapelmidae	103
Tetrasporales 目	78	trichite 絲狀晶體	108
Thaumaleidae 山蚋科	189	<i>Trichocerca</i> sp. 異尾輪蟲	162,167,169,235
<i>Thecacinetia</i> 屬	103	<i>Trichocerca tigris</i> 異尾輪蟲之一種	163,170
thermoacidophiles 嗜熱酸性菌	32,33	<i>Trichocerca stylata</i> 異尾輪蟲之一種	170
thermophiles 嗜高溫菌	27	Trichocercidae 三鰓科	162
thermoplasma 嗜熱漿體	33	trichocyst 有刺絲胞	105
Thermosbaenacea 溫步目	183	<i>Trichoderma</i> 屬 木黴菌	71
Thigmotrichida 觸口目	104	<i>Trichodesmium</i> 屬	77
<i>Thiothrix tenuissima</i> 硫絲菌之一種	63	Trichomonadida 毛滴蟲目	95
<i>Thiothrix</i> 屬 硫絲菌	66,207,220	<i>Trichophrya</i> 屬	104
		<i>Trichosporon cutaneum</i>	71

Trichostomatida 毛口目	103,110	<i>Uroleptus piscis</i> 尾絲蠓蟲之一種	141,241
Tricladida 三腸目	161	<i>Uroleptus</i> sp. 下毛目尾絲蠓蟲	105,140,239
Trimastigidae	95	<i>Uronema</i> sp. 膜口目尾絲蟲	
<i>Trinema</i> 屬	141,142		104,116,117,121, 204,215,284
<i>Trithigmostoma</i> 裸口目之大型斜管蟲		<i>Urosoma</i> 屬	105
(<i>Chilodonella</i>)	215,218	<i>V.alba</i> (<i>Vorticella alba</i>) 白鐘蟲	
<i>Trochilia</i> 裸口目之一屬	215		54,124,126,127,214,288
<i>Trochilia minuta</i>	111,280	<i>V.campanula</i> (<i>Vorticella campanula</i>) 鐘形蟲之一種	
<i>Trochilioides</i> sp. 全毛類原生物動裸口目之一屬			124,125,126
	103,221	<i>V.convallaria</i> (<i>Vorticella convallaria</i>) 溝鐘蟲	
trochus 纖毛環	163		124,125,199,212,214,228,235,
trumpet 喇叭狀	130		236,238,241,242,243,287,288
<i>Tubifex</i> 屬 顫蚓	175,180	<i>V.leptosoma</i> (<i>Vaginicola leptosoma</i>)	130
<i>Tubifex hattai</i> 顫蚓之一種	180	<i>V.microstoma</i> (<i>Vorticella microstoma</i>) 小口鐘蟲	
Tubificidae 線蚯蚓科	175		57,123,124,126,199,214,218,
Turbellaria 渦蟲綱	161		228,233,235,236,237,286
<i>Type 0581</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vaginicola</i> sp. 緣毛目之一屬	
<i>Type 021N</i> 絲狀微生物之一種	207		104,130,132, 204,215,238
<i>Type 0803</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vaginicola crystallina</i> (<i>V.crystallina</i>)	130
<i>Type 1701</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vaginicola striata</i>	132
<i>Type 0041</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vaginicola crystallina</i>	132
<i>Type 0092</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vaginicola ingenta</i>	132
<i>Type 0961</i> 絲狀微生物之一種	207	Vaginicolidae	104
<i>Type 1863</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vahlkampfia</i> sp. 簡變蟲	
<i>Type 1851</i> 絲狀微生物之一種	207		142,145,168,204, 220,299
<i>Type 0914</i> 絲狀微生物之一種	207	<i>Vahlkampfia limax</i> 蛞蝓簡變蟲	141,145,146, 235
<i>U.marinum</i> (<i>Uronema marinum</i>) 尾絲蟲之一種		vanillic acid 香草酸(4-羥基-3-甲氧基苯甲酸)	19
	116	vibrio 弧菌	61,258
<i>U.nigricans</i> (<i>Uronema nigricans</i>) 尾絲蟲之一種		<i>Vitreoscilla</i> sp. 透明海蔥菌	172
	116,117,235	Viviparidae 田螺科	173
<i>U.pluricaudatum</i> ((<i>Uronema pluricaudatum</i>) 尾絲蟲之一種	116	Volvocidae	94
<i>UASB</i> 上流式厭氣污泥床	12	<i>Volvox</i> 屬	94
Ulotrichaceae 科 絲藻科	78	<i>Vorticella</i> sp. 鐘形蟲	
Ulotrichales 目	78		104,114,122,123,124,126,130,163,199,
undulating membrane 波動膜	103,117,124		204,213,215,218,227,242,289,332
universal ancestor, progenote 生物族譜	33	<i>Vorticella striate v.octava</i>	214
		Vorticellidae	104

water hyacinths 水風信子	19
water-soluble polymers 水溶性聚合物	19
weak 脆弱型	201
weak, irregular shape 脆弱而不規則形	317
weak, somewhat rounded 脆弱而接近圓球形	317
wine distillery wastes 酒蒸餾後殘渣	19
wood 木材	19
wool scouring 羊毛洗滌廢水	19
xylene 二甲苯	49
yeast 酵母	19
yield 收量	112
<i>Z. ramigera</i> (<i>Zoogloea ramigera</i>) 膠團桿菌之一種	63,228,242,243,259,260
<i>Z. filipendula</i> (<i>Zoogloea filipendula</i>) 膠團桿菌之一種	63,64,260,261
<i>Z. insidans</i> (<i>Zoophagus insidans</i>) 噬輪蟲黴菌之一種	72
<i>Z. mucedo</i> (<i>Zoothamnium mucedo</i>) 聚縮蟲之一種	128
<i>Z. pygmaeum</i> (<i>Zoothamnium pygmaeum</i>) 聚縮蟲之一種	128
<i>Zoochlorella</i> 在體內含有綠藻 <i>Chlorella</i>	113
<i>Zoogloea</i> sp. 膠團桿菌	57,63,203,241,323, 333,334
<i>Zoomastigophora</i> 動物性鞭毛蟲亞綱	93,95, 99
<i>Zoophagus</i> sp. 噬輪蟲黴菌	71,72,73,74,169, 264
<i>Zoothamnium hentscheli</i> 聚縮蟲之一種	128
<i>Zoothamnium adamsi</i> 聚縮蟲之一種	128
<i>Zoothamnium arbuscula</i> 聚縮蟲之一種	57
<i>Zoothamnium</i> sp. 緣毛目聚縮蟲	104,107,122, 128,204,213,218
Zygnemataceae 科	78
Zygnematales 目	78
Zygnema 屬 雙星藻	78
zygote 接合子	23
μ 比生長速率常數	113,118,121,125,129,130
ΔE 活化能	113,121,137

中→英(以筆劃順序排列)

2-氨基苯甲酸 2-amino benzoic acid	18	下毛目桿尾蟲 (<i>Stylonychia</i>)屬	
30分沉降試驗 SV ₃₀	41		105,115,138, 139,204
4-氨基丁酸 4-amino butyric acid	18	下毛目游仆蟲 <i>Euplotes</i> sp. (<i>Euplotes</i> 屬)	
TCA代謝途徑 (Tricarboxylic Acid)	16		105,138,139,140,167,183,192,
刺斜管蟲 <i>Chilodonella uncinata</i>	214		204,215,222,227,235,237,243,
乙二醇 ethylene glycol	18		244,245,283,296,297,326,341
乙酸乙酯 ethyl acetate	18	下毛目楯纖蟲 <i>Aspidisca</i> (<i>Aspidisca</i> 屬)	
乙醇 ethanol	18		105,114,135,137,139,204,
乙醇轉變為醋酸的甲烷桿菌 <i>Methanobacterium</i>			213,218,224,292,293,294
<i>omelianskii</i>	15	下毛類 Hypotrichida	34,105,135,141
乙醛 acetaldhyde	18	口前葉 prostomium	177
丁二醇 butylene glycol	18	口前膜 preoral membrane	103,124
丁香酸(4-羥基-3,5-二甲氧基苯甲酸)		口腳目 Stomatopoda	83
syringic acid	18	膠羽大小 dimensions	200,201
丁香醛 syringaldehyde	18	大毛目 Macrozoioidea	169
丁酸 butyric acid	18	大型膠羽 large size floc	320
丁醇 butanol	18	大海草 Giant kelp	19
丁醛 butyraldehyde	18	大蚊科 Tipulidae	189
二甘醇 diethylene glycol	18	大蚯蚓科 Megascloecidae	175
二甲亞砜 dimethylsulfoxide	18	大腸桿菌 <i>E.coli</i> (<i>Escherichia coli</i>)	
二甲氧基苯甲酸 dimethoxy benzoic acid	18		27,112, 129,172
二級丁醇 sec-butanol	18	大蛾蚋 <i>Telmotocopus</i> sp.	190
二級丁胺 sec-butylamine	18	子囊真菌類 <i>Ascomycetes</i>	71
八球菌 <i>Sarcina</i> 屬	62	小口鐘蟲 <i>V.microstoma</i> (<i>Vorticella microstoma</i>)	
八聯球菌 <i>sarcina</i>	61		57,123,124,126,199,214,
十足目 Decapoda	183		218,228,233,235,236,237,286
三級丁醇 tert-butanol	19	小型肉足蟲太陽蟲 <i>Actinophrys</i>	142,204,219
三腸目 Tricladida	161	小型膠羽 small size floc	319
三鰓科 Trichocercidae	162	小球藻 <i>Chlorella</i> 屬	78
下毛目 Hypotrichida	34,105,135,141	小球藻之 <i>Chlorella vulgaris</i>	89
下毛目之 <i>Chaetopira</i> 屬	215	小毯藻 <i>Coelosphaerium</i> 屬	77,78,79,266
下毛目有肋楯纖蟲 <i>Aspidisca costata</i>		小毯藻之 <i>C.kuetzingianum</i> (<i>Coelosphaerium</i>	
54,135, 137,185,186,233,235,238		<i>Kuetzingianum</i>)	79
下毛目尾絲蠅蟲 <i>Uroleptus</i> sp.	105,140,239	小環藻 <i>C.kuetzingiana</i> (<i>Cyclotella Kuetzingiana</i>)	84
		小環藻 <i>Cyclotella</i> 屬	77,84,85,269,271

山蛎科 Thaumaleidae	189	毛口目草履蟲之 <i>Paramecium caudatum</i>	
己二酸 adipic acid	18		112, 113, 228, 234, 236, 241, 242, 243
己酸 hexanoic acid	18	毛口目腎形蟲 <i>Colpoda</i> 屬	
不完全真菌類 Deuteromycetes fungi-imperfecti			103, 110, 112, 204, 216, 228, 241, 242
	71	毛枝藻 <i>Stigeoclonium</i> 屬	78
不規則形膠羽 irregular	201	毛枝藻之 <i>Stigeoclonium tenue</i>	89
中型膠羽 middle size floc	320	毛狀剛毛 hair seta	178
介形亞綱 Ostracoda	182, 185	毛腹蟲 <i>Chaetogaster</i> 屬	175, 229, 241
內毛目 Entodiniomorphida	104	毛滴蟲目 Trichomonadida	95
分枝桿菌 <i>Mycobacterium</i> 屬	27, 67	毛黴菌 <i>Mucor</i> 屬	71
分枝絲菌 <i>Sphaerotilus</i> 屬	56, 57, 65, 220	水母蟲 <i>Caenomorpha</i> 屬	64, 104, 135
分枝絲菌之 <i>S.natans</i> (<i>Sphaerotilus natans</i>)		水母蟲之 <i>Caenomorpha medusula</i>	136
57, 63, 65, 66, 206, 234, 236, 241, 242, 262, 263		昆蟲 Insecta	56, 182, 189, 201, 204
分類法 abundance category	203	水風信子 water hyacinths	19
化學自營性生物 chemoautotrophs	26	水草黴菌 <i>Leptomitus lacteus</i> 屬	71, 72
化學異營性生物 chemoheterotrophs	26	水蚤科 Daphniidae	182, 183
化學營生物 chemotrophs	25	水蚯蚓科 Naididae	175, 177, 179
反丁烯二酸 fumaric acid	18	水棉藻 <i>Spirogyra</i> 屬	78
呋喃 furan	18	水絲蚓 <i>Limnodrilus</i> 屬	175, 180
呋喃甲醛 furfural	18	水絲蚓之 <i>Limnodrilus socialis</i>	180
太陽蟲 <i>Actinophrys</i> 屬	142, 204, 219	水華微囊球藻 <i>M.flos-aquae</i> (<i>Microcystis flosaquae</i>)	78
太陽蟲之 <i>A.sol</i> (<i>Actinophrys sol</i>)	142, 143	水溶性聚合物 water-soluble polymers	19
太陽蟲之 <i>A.vesciculata</i> (<i>Actinophrys vesciculata</i>)	142	水蟲 <i>Nipponasellus</i> 屬	183, 188, 204
	142	水壁蝨亞綱 Hydracarina	192, 204
太陽蟲目 Heliolarida	142	片狀慢游蟲 <i>L.fasciola</i> (<i>Ltionotus fasciola</i>)	107
太陽鞭毛蟲目 Helioflagellida	142	片蛭科 Planariidae	161, 162
少毛目 Oligotrichida	104	丙二醇 propylene glycol	18
巴豆酸 crotonic acid	18	丙烯酸 ethyl acrylate	18
巴豆醛 crotonaldehyde	18	丙烯酸 acrylic acid	18
木 目 Euglenida	94, 99	丙烯酸甲酯 methyl acrylate	18
木材 wood	19	丙烯醛 acrolein	18
木黴菌 <i>Trichoderma</i> 屬	71	丙酸鹽 propionate	18
毛口目 Trichostomatida	103, 110	丙醇 propanol	18
毛口目草履蟲 <i>Paramecium</i> 屬		丙酮 acetone	18
	64, 103, 111, 112, 115, 118,	丙酮酸 pyruvic acid	17
	204, 216, 218, 221, 229, 281	丙醛 propanal	18