

ISSN 0386--5887

土研資料 第2125号

土 木 研 究 所 資 料

下 水 の 細 菌 学 的 研 究 (2)

昭和 59 年 6 月

建設省土木研究所
下水道部下水道研究室

Copyright © (1984) by P. W. R. I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

下水の細菌学的研究(2)

下水道研究室

室長	星	隈	保	夫
主任研究員	弓	倉	純	一
	中	島	淳	子
	小	沢		登

要 旨

腸内細菌相を明らかにする分析手法を開発し、下水および河川水中の腸内細菌相を明らかにした。大腸菌群中の*E. coli* の存在度は、流入下水で37%、二次処理水で26%、河川水で0.2~8.7%であった。

デソ培地上で赤色コロニーを形成するもののほとんどが非赤色コロニー（ほとんどが透明コロニー）をも形成した。

腸内細菌のほとんどが一次反応で死滅した。

キーワード：腸内細菌，下水，河川水，*E. coli*，大腸菌群，死滅速度

I 序 文

本報告書は、「環境の保全及び調和に関する研究」の一環として行われた「下水放流水中の大腸菌群の評価に関する研究」の昭和58年度分の成果をまとめたものである。

本研究は、建設本省試験研究所試験研究費によって昭和57年度より昭和59年度まで実施する予定である。

本研究の実施にあたっては、主任研究員 弓倉純一、中島淳子、小沢 登が担当した。

建設省土木研究所

下水道部下水道研究室

室 長 星隈保夫

Ⅱ 要 約

Ⅱ－１ 腸内細菌の分析法

24項目の分析を行うことにより細菌の種 (species) を同定する手法を開発した。

Ⅱ－２ 下水中の腸内細菌相

大腸菌群中の *E. coli* の存在比は流入下水で37%, 2次処理水で26%であった。45℃で培養を行えたのは *E. coli* および *K. pneumoniae* であった。

Ⅱ－３ 河川水中の腸内細菌相

汚濁がある程度進行すると、高温期に大腸菌群が河川中で増殖する。河川水中における大腸菌群中の *E. coli* の存在比は0.2～8.7%であった。

Ⅱ－４ デスオキシコール酸塩培地に発生する細菌

デスオキシコール酸塩培地上で赤色コロニーを作る細菌 (大腸菌群) を *E. coli* を始めとして12種同定した。これらの細菌の大部分は非赤色コロニーをも形成した。*C. violaceum* はデスオキシコール酸塩培地上において紫色のコロニーを形成した。

Ⅱ－５ 腸内細菌の死滅

腸内細菌のうち *E. coli*, *K. pneumoniae*, *E. sakazaki*, *P. vulgaris*, *C. freundii*, *S. marcescens*, *A. sobria* の死滅速度は一次反応式に従った。*E. cloacae*, *E. agglomerans* は20℃ではほとんど死滅しなかった。

Ⅲ 注 意

細菌を培養する実験に当っては、十分な注意を払っていると考えられる。しかし、本手法においてはコレラ菌等の法定伝染病原菌を増殖させる可能性が存在する。もし法定伝染病原菌を検出した場合には、速やかに最寄りの保健所へ連絡する必要がある。さらに、実験施設内での安全に十分留意するように心がけなければならない。

目 次

I 序文

II 要約

III 注意

1. はじめに	1
2. 細菌の分類	4
3. 腸内に存在する細菌	8
4. 腸内細菌の分析法	13
4.1 数式同定	13
4.2 分析方法	13
4.3 ふん便の細菌分析例	15
5. 下水中の腸内細菌相	18
5.1 調査方法	18
5.2 調査結果および考察	18
5.2.1 流入下水	18
5.2.2 2次処理水	18
5.2.3 大腸菌群中の <i>E. coli</i>	19
5.2.4 45°C培養	19
5.2.5 活性汚泥	20
5.2.6 コロニーの色相	20
6. 河川水中の腸内細菌相	27
6.1 調査方法	27
6.1.1 調査対象河川	27
6.1.2 水量	27
6.1.3 水質分析	27
6.1.4 調査回数	27
6.2 調査結果および考察	27
6.2.1 桜川	27
6.2.2 境川	28
6.2.3 新川	29
6.2.4 水温と大腸菌群	29

6.2.5	3 河川の汚染順位	30
6.2.6	45℃培養	30
6.2.7	<i>E. coli</i> と大腸菌群	30
6.2.8	コロニーの色相	30
6.2.9	<i>C. violaceum</i>	30
6.2.10	総括	31
7.	腸内細菌の死滅速度	37
7.1	概要	37
7.2	実験方法	37
7.3	実験結果および考察	37
8.	おわりに	41
	引用文献	43
	図表一覧	45

付 録

I	細菌の陽性率	45
II	微量法文献要旨	61
III	SSB培地を用いた研究	67
IV	定期調査結果（河川）	85
V	一次処理水等の細菌相	89
VI	90%確率表	91

1. はじめに

下水処理の目的は、BOD等の汚濁負荷量を削減し公共用水域を保全すること及び細菌学的汚染を防除し健康安全を得ることである。

細菌学的汚染については、細菌の種別の定量には高度な技術が必要なことから、主として大腸菌群数というマクロな値を用いて評価を行ってきた。大腸菌群数を用いた公共用水域の汚染状況は、昭和56年度まで表1の通りである¹⁾。特に河川の不適合率はかなり高く、その改善が望まれている。

下水道において、細菌の除去を行う部門は二次処理を主体とした水処理施設と塩素混和池である。二次処理施設は、問題点の少ない施設であるが、技術上の基準である大腸菌群数 3000 個/ml を守れないことがまれにある。このような場合に、塩素の使用を行うことになるわけである。

しかし、塩素による消毒が国民にとって本当に有益であるかという検討は今までに行われてきていない。この原因は前述のように、ミクロでみた有効な細菌分析手法が存在していなかったためである。

塩素消毒に当っては、基本的問題である次の3点について十分な検討が必要である。

- 1 塩素自体が公共用水域へ流出する問題
- 2 トリハロメタン等有機塩素化合物の生成問題
- 3 細菌の突然変異問題

一番目の残留塩素については、 $0.2 \sim 1.0 \text{ mg/l}$ になるように塩素が注入されているわけであるが、必ずしもこの数値になるとはいえず、時として高い値を示すことが生じる状況となる。このような場合、公共用水での希釈効果が小さいと、ます ($0.14 \sim 2.5 \text{ mg/l}$)、こい ($0.33 \sim 2.0 \text{ mg/l}$) 等の致死量の低い魚類²⁾ については問題が生じる。

二番目のトリハロメタンは、塩素より残留性が高い有毒物質であり、上水源に存在することは好ましくないものである。米国EPAは³⁾、1979年11月に上水中のトリハロメタンの最大濃度レベルを 0.1 mg/l に設定している。

三番目の突然変異について、細菌は突然変異を起しやすい生物であり、抗生物質が効かなくなる原因である⁴⁾。人工的に突然変異を生じさせる場合にX線等が用いられるが、塩素もこの役割を担うと考えられる。突然変異の問題点は、時として塩素に強く人間に有害な細菌を生成する可能性があることである。

今後、下水道が最高の効率で細菌学的汚染に対処するためには、まず現時点で、下水中の細菌について、種別特性を明らかにする必要がある。

本文は、この目的のために水中の細菌相を明らかにする手法を開発し、下水および河川水中の腸内細菌相を明らかにし、さらに各細菌の死滅現象を明らかにしようとするものである。

表1 大腸菌群数の環境基準不適合率経年変化

(a) 河 川

類 型	年 度	E	F	F/E(%)	基 準 値
AA	47	842	645	76.6	50 MPN/100 ml 以下
	48	1318	1034	78.5	
	49	1954	1529	78.2	
	50	2203	1685	76.5	
	51	2528	1946	77.0	
	52	3184	2436	76.5	
	53	3578	2842	79.4	
	54	3668	2910	79.3	
	55	3725	2928	78.6	
	56	3850	3003	78.0	
A	47	8488	5938	70.0	1000 MPN/100 ml 以下
	48	12489	8458	67.7	
	49	16430	11143	67.8	
	50	17746	12447	70.1	
	51	18590	12627	67.9	
	52	20627	14440	70.0	
	53	22448	15733	70.1	
	54	21956	16051	73.1	
	55	22339	16406	73.4	
	56	22967	16640	72.5	
B	47	5489	3053	55.6	5000 MPN/100 ml 以下
	48	8806	4716	53.6	
	49	9834	5891	59.9	
	50	10103	5697	56.4	
	51	11480	6195	54.0	
	52	11722	6693	57.1	
	53	11949	6664	55.8	
	54	11867	7188	60.6	
	55	12070	7579	62.8	
	56	12114	7467	61.6	
ケイ	47	14819	9639	65.0	
	48	22613	14208	62.0	
	49	28213	18563	65.8	
	50	30052	19829	66.0	
	51	32598	20768	63.7	
	52	35533	23569	66.3	
	53	37975	25239	66.5	
	54	37491	26149	69.8	
	55	38134	26913	70.6	
	56	38931	27110	69.6	

注) E : 調査検体数

F : 環境基準値を越える検体数

F/E : 不適合率(%)

環境庁調べ

(b) 湖 沼

類 型	年 度	E	F	F/E(%)	基 準 値
AA	47	260	97	37.3	50 MPN/100 ml 以下
	48	542	178	32.8	
	49	398	169	42.5	
	50	410	105	25.6	
	51	401	110	27.4	
	52	496	134	27.0	
	53	733	133	18.1	
	54	926	297	32.1	
	55	993	268	27.0	
	56	1060	284	26.8	
A	47	1090	389	35.7	1000 MPN/100 ml 以下
	48	1219	321	26.3	
	49	1409	438	31.1	
	50	1444	411	28.5	
	51	1897	490	25.8	
	52	2137	495	23.2	
	53	2463	489	19.9	
	54	2406	463	19.2	
	55	2766	491	17.8	
	56	2911	570	19.6	
ケイ	47	1350	486	36.0	
	48	1761	499	28.3	
	49	1807	607	33.6	
	50	1854	516	27.8	
	51	2298	600	26.1	
	52	2633	629	23.9	
	53	3196	622	19.5	
	54	3332	760	22.8	
	55	3759	759	20.2	
	56	3971	854	21.5	

(c) 海 域

類 型	年 度	E	F	F/E(%)	基 準 値
A	47	1474	141	9.6	1000 MPN/100 ml 以下
	48	2230	216	9.7	
	49	5980	455	7.6	
	50	7577	540	7.1	
	51	8668	825	9.5	
	52	10628	906	8.5	
	53	11294	906	8.0	
	54	10863	1082	10.0	
	55	11470	1147	10.0	
	56	11537	981	8.5	

2. 細菌の分類

現在まで細菌の分類については、動物や植物みたいにはっきりと確定した分類法は存在していない。このような状況において比較的公認されている分類法として、Bergey のマニュアル⁵⁾によるものがある。当マニュアルは1923年8月の第1版より1974年の第8版まで種々の変革を加えられ現在に至っている。第8版による分類は細菌を19部門 (Part) に分けさらに属 (Genus)、種 (Species) に細分することを基本としている。一部の部門では、属の上に科 (Family) を、さらに目 (Order) を設けているものもある。なお、一部では属と科の間に族 (Tribe) を設けているものもあり、腸内細菌科 (Enterobacteriaceae) はこれを採用している。腸内細菌科を例にこの分類法を説明すると図1の通りとなる。腸内細菌科は、5族に分類され、代表的な腸内細菌である *Escherichia coli* (種) は *Escherichia* 属に含まれている。

本研究での腸内細菌は、表2に示す属の内、表3に示す種として定義する。この定義は、主として分析法に由来している。

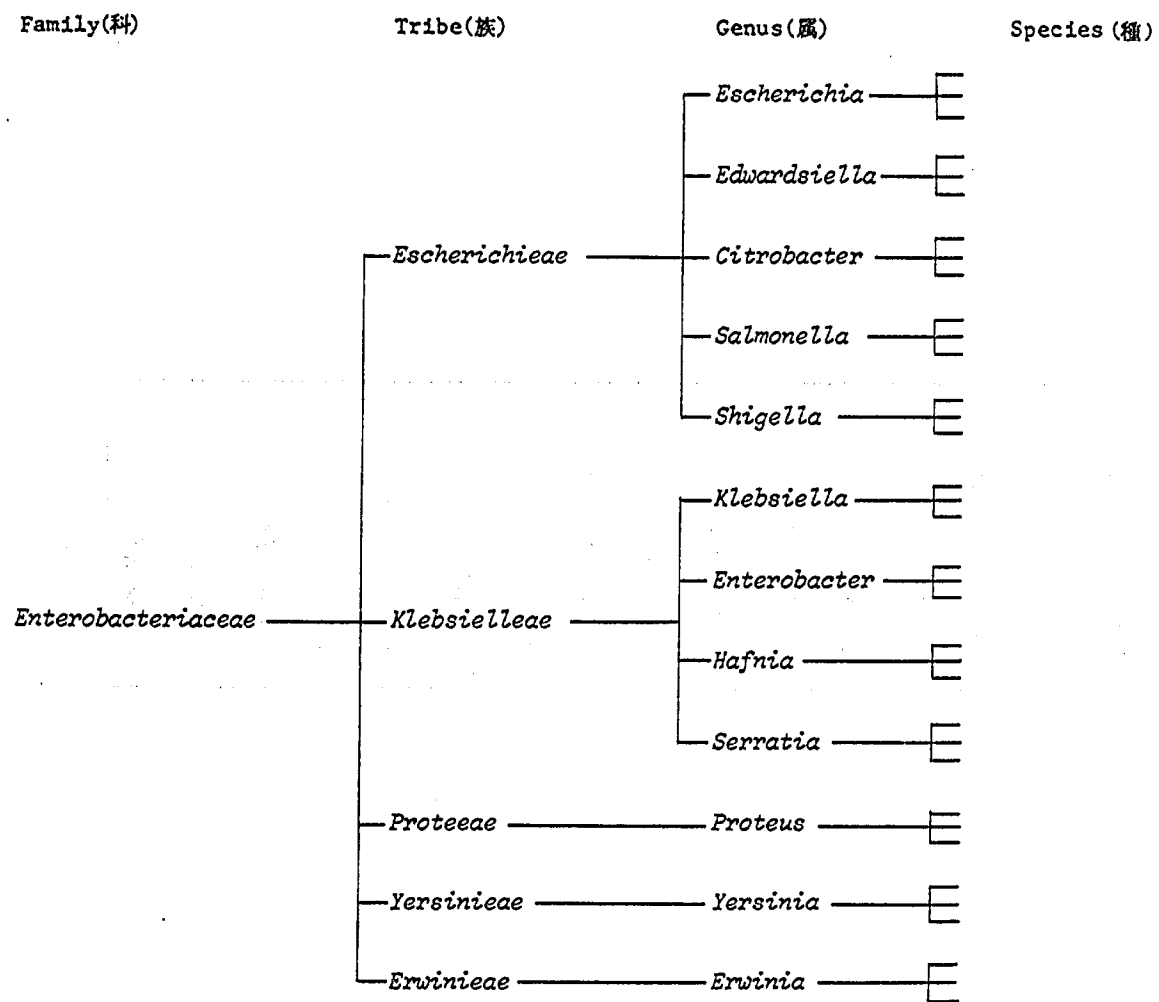


図1 腸内細菌科 (Enterobacteriaceae) の分類

表2 腸内細菌の属する属

<i>Actinobacillus</i>
<i>Aeromonas</i>
<i>Chromobacterium</i>
<i>Citrobacter</i>
<i>Edwardsiella</i>
<i>Enterobacter</i>
<i>Escherichia</i>
<i>Hafnia</i>
<i>Klebsiella</i>
<i>Morganella</i>
<i>Pasteurella</i>
<i>Plesiomonas</i>
<i>Proteus</i>
<i>Providencia</i>
<i>Salmonella</i>
<i>Serratia</i>
<i>Shigella</i>
<i>Vibrio</i>
<i>Yersinia</i>

表3 腸内細菌の内訳

1	<i>Actinobacillus lignieresii</i>	34	<i>Providencia alcalifaciens</i>
2	<i>Actinobacillus equuli</i>	35	<i>Providencia rettgeri</i>
3	<i>Actinobacillus suis</i>	36	<i>Providencia stuartii</i>
4	<i>Aeromonas caviae</i>	37	<i>Salmonella arizonae</i>
5	<i>Aeromonas hydrophila</i>	38	<i>Salmonella choleraesuis</i>
6	<i>Aeromonas sobria</i>	39	<i>Salmonella gallinarum</i>
7	<i>Chromobacterium violaceum</i>	40	<i>Salmonella paratyphi-A</i>
8	<i>Citrobacter amalonaticus</i>	41	<i>Salmonella pullorum</i>
9	<i>Citrobacter diversus</i>	42	<i>Salmonella typhi</i>
10	<i>Citrobacter freundii</i>	43	<i>Salmonella</i> spp.,1
11	<i>Edwardsiella hoshinae</i>	44	<i>Salmonella</i> spp.,2
12	<i>Edwardsiella trada</i>	45	<i>Salmonella</i> spp.,4
13	<i>Enterobacter aerogenes</i>	46	<i>Serratia ficaria</i>
14	<i>Enterobacter agglomerans</i>	47	<i>Serratia fonticola</i>
15	<i>Enterobacter cloacae</i>	48	<i>Serratia liquefaciens</i>
16	<i>Enterobacter gergoviae</i>	49	<i>Serratia marcescens</i>
17	<i>Enterobacter sakazakii</i>	50	<i>Serratia marinorubra</i>
18	<i>Escherichia coli</i>	51	<i>Serratia odorifera</i>
19	<i>Hafnia alvei</i>	52	<i>Serratia plymuthica</i>
20	<i>Klebsiella oxytoca</i>	53	<i>Shigella dysenteriae</i>
21	<i>Klebsiella ozaenae</i>	54	<i>Shigella flexneri</i>
22	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	55	<i>Shigella sonnei</i>
23	<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	56	<i>Vibrio alginolyticus</i>
24	<i>Morganella morganii</i>	57	<i>Vibrio cholerae</i>
25	<i>Pasteurella aerogenes</i>	58	<i>Vibrio fluvialis</i>
26	<i>Pasteurella gallinarum</i>	59	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>
27	<i>Pasteurella haemolytica</i>	60	<i>Vibrio vulnificus</i>
28	<i>Pasteurella multocida</i>	61	<i>Yersinia enterocolitica</i>
29	<i>Pasteurella pneumotropica</i>	62	<i>Yersinia frederiksenii</i>
30	<i>Pasteurella ureae</i>	63	<i>Yersinia intermedia</i>
31	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	64	<i>Yersinia kristensenii</i>
32	<i>Proteus mirabilis</i>	65	<i>Yersinia pestis</i>
33	<i>Proteus vulgaris</i>	66	<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>

3 腸内に存在する細菌

腸内に存在する細菌を研究する現実的手法として、人のふん便を研究するものがある。

ここで、ふん便の研究で用いられる通常なじみのない用語について、いくつか説明する。細菌を発育に関する酸素環境条件によって分類すると次の3種になる。

- 1 偏性好気性菌 (Obligate aerobe)
- 2 偏性嫌気性菌 (Obligate anaerobe)
- 3 通性嫌気性菌 (Facultative anaerobe)

偏性好気性菌は増殖するのに酸素を要求する性格を有する菌である。偏性嫌気性菌とは、酸素のない状態で発育し、酸素があるとかえって死滅する性格を有する菌である。通性嫌気性菌とは酸素があってもなくても増殖が可能な性格を有する菌である。一般に、病原菌は通性嫌気性菌であることが多いことから、疫学的な立場からはこの菌を研究することが合理的と考えられる。

人のふん便に存在する細菌についてはその大部分が嫌気的な状態でなければ発育できない細菌であるということは近年になり確認されたことである。それ以前は嫌気細菌は好気的条件下では増殖しないことから、死滅菌として考えられてきたわけである。嫌気細菌の存在の確認は、嫌気的培養法が開発されたことにより行われるようになった。表4は、光岡⁶⁾がまとめたふん便中の細菌の構成に関する調査を示している。この表中の最新の研究によると、大便1g当りで見ると、全細菌数は $10^{11.2}$ 程度であり Enterobacteriaceae は $10^{7.8}$ 程度となっており、腸内細菌は全体の0.1%程度の割合で存在しているのにすぎない。しかし、体外へ出た後は好気的な条件になるので、下水道の分野では、好気的条件下で増殖が可能である菌（コレラ、赤痢等の菌も含まれている）について研究を行うことが疫学的な面からは合理的であると考えられる。

表5は光岡がとりまとめた、ふん便中の好気性細菌叢を示している。この表によると *E. coli* がふん便中の一つの代表であることには異論がないだろう。このことは表6の結果からも裏づけられている。表6は、Finegold⁷⁾の調査結果を示している。この表は食物の差によるふん便中の腸内細菌等をとるまとめたものであるが、*E. coli* はどのような食物を取っていても存在していることがわかる。ふん便中には *Escherichia* 属の他に、*Citrobacter* 属、*Enterobacter* 属、*Klebsiella* 属の細菌が多く存在している。

技術レベルの低かった過去において、有機汚濁の一つの指標として大腸菌群数を用いたことについてはそれは、それなりの意味があったと考えられる。しかし、現在においても大腸菌群数により有機汚濁をとらえようとするのは適当でないを考える。有機汚濁の指標としては、あくまでBOD、COD等を用いることが適当なのではないだろうか。それでは、大腸菌群を調査する意味はどこにあるのだろうか。それはやはり、疫学的な意味しか存在しないのではないだろうか。このような立場に立って疫学的な汚染についての何らかの知見を得ようとする場合には、細菌の

存在そのものよりも、何が存在するかが問題であろう。極端な例では3000個／ $\text{m}\ell$ の大腸菌よりも3000個／ $\text{m}\ell$ の赤痢菌の方が、人間にとっては大きな問題となろう。このような面から、今一度、大腸菌群というものについて考える必要があるのではないだろうか。

表4 ふん便中の細菌

研究者	Mitsuoka et al. (1974)	Mitsuoka et al. (1973)	Mata et al. (1969)	Haenel et al. (1963)	Gorbach et al. (1967)
培養法	Plate-in- bottle, CO ₂	Phosphorus jar + Co ₂	Evacuation N ₂ + CO ₂	Deep agar	Steel wool, 95% N ₂ + 5% Co ₂
Total counts	11.2±0.2	10.8±0.4	10.5±0.7	9.6±0.5	9.3±0.9
<i>Bacteroidaceae</i>	10.9±0.2	10.3±0.6	10.3±0.6	-	9.3±0.9?
<i>Catenabacterium</i>	10.4±0.4	9.9±0.8(93)	9.0±0.9(67)	-	-
<i>Peptostreptococcus</i>	10.2±0.4	8.9±1.8(52)	10.1±0.6(75)	-	-
<i>Bifidobacterium</i>	10.0±0.8	9.8±0.7	9.4±0.9(75)	9.3±0.3	7.2±1.1
<i>Streptococcus</i>	7.9±1.4	7.7±1.3	8.7±0.8(92)	5.9±1.0	5.7±1.2
<i>Enterobacteriaceae</i>	7.8±0.8	8.2±1.3	8.7±0.7	6.1±1.1(98)	6.5±1.5
<i>Lactobacillus</i>	5.8±2.1(91)	6.7±1.8	8.6±0.5(58)	5.5±1.0(92)	5.3±1.4
<i>Veillonella</i>	7.4±1.2(79)	4.8±2.3(55)	9.2±0.8(50)	-	-
<i>Lecithinase positive Clostridium</i>	4.4±1.2(45)	4.8±1.7(52)}	9.3±0.9(58)	4.1±1.0(63)	-
<i>Clostridium-other</i>	9.5±0.5(67)			-	-
<i>Spirillaceae</i>	9.7±0.5(24)	-	-	-	-
<i>Megasphaera</i>	9.0±0.5(33)	*	-	-	-
<i>Staphylococcus</i>	3.1±0.7(79)	4.4±1.8(90)	5.0±1.1(50)	3.8±0.6(49)	5.2±0.8
<i>Corynebacterium</i>	5.3±2.2(36)	-	-	-	-
Yeast	3.9±1.6(43)	3.7±1.2(69)	-	4.1±0.8(53)	1.8±1.5

表中の値は各菌群について“検出された例のみ的大便1gあたりの菌数の対数平均値±標準偏差”をもって表した。カッコ内数字は検出率100%でない場合の検出率(%)で、記載のないのは100%検出されたことを示す。

* *Peptostreptococcus* に含まれる。

表5 ふん便中の好気性菌

菌群 (Genus)	よく検出される菌種	ときどき検出される菌種
<i>Pseudomonas</i>		<i>P.aeruginosa</i> , <i>P.faecalis</i>
<i>Escherichia</i>	<i>E.coli</i> (6-9)	<i>Escherichia</i> sp.
<i>Klebsiella</i>		<i>K.pneumoniae</i>
<i>Enterobacter</i>		<i>E.aerogenes</i> , <i>E.cloaca</i> , <i>E.liquefaciens</i>
<i>Citrobacter</i>		<i>C.freundii</i>
<i>Proteus</i>		<i>P.mirabilis</i> , <i>P.morganii</i> , <i>P.rettgerii</i> , <i>P.vulgaris</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>S.faecalis</i> (6-9)	<i>S.sanguis</i> , <i>S.durans</i> , <i>S.mitis</i> , <i>S.bovis</i> ,
	<i>S.faecium</i> (6-9)	<i>S.cremoris</i> , etc.
<i>Staphylococcus</i>		<i>S.albus</i> , <i>S.epidermidis</i>
<i>Micrococcus</i>		<i>Micrococcus</i> spp.
<i>Lactobacillus</i>	<i>L.acidophilus</i> (6-9)	<i>L.casei</i> , <i>L.plantarum</i> , <i>L.brevis</i> , <i>L.lactis</i>
	<i>L.salivarius</i> (6-9)	
	<i>L.fermentum</i> (6-9)	
<i>Corynebacterium</i>		<i>Corynebacterium</i> spp.
<i>Bacillus</i>		<i>B.cereus</i> , <i>B.subtilis</i>
<i>Candida</i>		<i>C.albicans</i> , <i>Candida</i> sp.

* 糞便 1 グラム当りの菌数の対数値

表6 人のふん便から検出される腸内細菌等

細菌名	日 本 食			洋 食		
	Number specimens harboring	Range ^a	Mean ^a	Number Specimens harboring	Range ^a	Mean ^a
Facultative or aerobic gram-negative bacilli						
<i>Arizona</i> sp.	1	3	2.11	0		
<i>Citrobacter freundii</i>	1	3	2.39	0		
<i>Citrobacter</i> sp.	4	5 - 8	7.48	6	6 - 9	8.45
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	5	3.98	2	5 - 9	7.93
<i>Enterobacter hafniae</i>	1	8	7.17	1	5	4.39
<i>Enterobacter liquefaciens</i>	6	6 - 9	8.20	7	4 - 9	7.99
<i>Enterobacter</i> sp.	0			2	6 - 8	7.05
<i>Escherichia coli</i>	20	3 - 11	10.05	19	7 - 10	9.50
<i>E. coli</i> -lactose-negative	1	7	6.33	2	7 - 8	7.05
<i>Klebsiella ozaenae</i>	0			1	7	5.47
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	3	7 - 10	8.52	2	6 - 10	8.72
<i>Klebsiella</i> sp.	8	6 - 9	4.10	4	3 - 9	8.42
<i>Proteus mirabilis</i>	3	3 - 7	6.08	3	7 - 9	7.67
<i>Proteus morgani</i>	1	8	7.10	0		
<i>Proteus rettgeri</i>	0			1	10	9.35
<i>Proteus vulgaris</i>	0			1	6	5.71
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4	2 - 5	3.88	2	4 - 7	6.05

注) aは10の指数を示す

4. 腸内細菌の分析法

4.1 数式同定

細菌の種を同定するために、本研究では生化学的性状調査を一つのコロニーについて24項目実施した（好気性菌及びグラム陽性菌を除く）。この24項目の判定結果を基に細菌の種を数式同定した。各細菌の陽性率は坂崎、Ewing等によった⁸⁾。

表7に24項目の内訳を示す。各群を1つの文字で表現し、群の順に並べその細菌の性状コードとする。このパターンにより細菌の種を同定する。

E. coli についての代表的な性状コードはY 0151477ーとなる。このパターンは、グラム陰性通性嫌気性細菌で、インドール、リシン、オルニチン、 β -ガラクトシターゼ、ラフィノース、ラムノース、ソルビット、白糖、マンニット、アラビノース、運動性が陽性、オキシターゼ、硫化水素、エスクリン、フェニルアラニンデアミナーゼ、フォーゲスプロスカウエル、クエン酸、アルギニン、尿素、マロン酸、アドニット、イノシットが陰性であることを示す。

数式同定法の最大の特色は、陽性率が100%又は0%以外の項目も菌種の同定に利用できることにある。たとえば、*E. coli* のインドール陽性率は坂崎によると97.5%⁹⁾とされている。これによると、IMViC法は *E. coli* の2.5%を他の菌種に分類してしまうが、数式同定法はその他の項目の結果を補助として *E. coli* をほぼ正確に同定できる。

4.2 分析方法

腸内細菌の分析方法を以下に述べる。なお、分析のフローチャートを図2に示す。

① デスオキシコール酸塩培地による分離培養

ペトリ皿にデスオキシコール酸塩培地（以下D培地という）を15mℓ程度分注し平板を作成する。この平板上に希釈試料（30～300個/0.1mℓのコロニーが発生するように調整する）を0.1mℓ滴下し、コンラッジ棒によって全面に塗布する。塗布した平板を35～37℃で18～20時間培養する。発生したコロニーの色の区分により次の細菌数を求める。

大腸菌群数：赤色コロニーの数 (n_1)

その他の細菌数：赤色以外のコロニーの数 (n_2)

デソ細菌数：全コロニー数 ($n_1 + n_2 = n_3$)

塗布した平板を45℃で培養した場合には次の区分で細菌数を求める。

ふん便性細菌数：赤色コロニーの数 (m_1)

45℃その他の細菌数：赤色以外のコロニーの数 (m_2)

45℃細菌数：全コロニー数 ($m_1 + m_2 = m_3$)

② コロニーの精製

D培地上のコロニーをトリプトソーヤ寒天培地（以下T培地という）によって分離培養する（今回は赤色及びその他コロニーについて、それぞれ10個以上を選択することを原則とした）。

③ T S I 培地による通性の確認及び増菌

T培地上の単離されたコロニー1個を用いT S I 培地で37℃において20時間培養する（④及び⑤においては、この利用したコロニーの残りを利用する）。

④ 運動性の調査

S I M培地により運動性を調査する。培養は37℃で20時間行う。

⑤ チトクローム・オキシダーゼ活性の調査

チトクローム・オキシダーゼ試験用ろ紙によってチトクローム・オキシダーゼ活性を調査する。

⑥ 微量法による生化学的性状調査

③において通性が確認された場合に、T S I 培地上の細菌をE B ブイオンにケン濁させる。次にこのブイオンを用い20項目（表7に示す）の生化学的性状調査を微量法により実施する。培養は37℃で18～20時間行う。なお、③において通性が確認されなかったものは好気性菌（UN 1 と略す）とする。

⑦ グラム染色

⑥において残ったブイオンを用いグラム染色を行う。次に油浸レンズにより1000倍で検鏡する。ここでグラム陽性を示したものはグラム陽性菌（UN 2 と略す）とする。

⑧ 細菌種の同定

24項目の検査結果を基に、表7で示した手法により性状コードを作成し細菌種を同定する。

⑨ 追加調査

⑧までの24項目の結果からだけでは種の同定ができない場合に追加調査を行う。本研究で用いた追加調査は、ガス生産性テスト、7%食塩テスト、キシローステスト、リパーゼテストの4種である⁸⁾。

⑩ 細菌の定量

同定された細菌を大腸菌群とその他細菌の区分で同一種の個数を合計する（45℃で培養した場合もこれに準じる）。⑧において同定できなかったものは未同定菌としてまとめる（UN 3 と略す）。

大腸菌群の内訳として次式により各細菌の定量を行う。

$$\text{細菌数} = n_1 \times \frac{\text{選択した赤色コロニーのうち同一種の合計個数}}{\text{選択した赤色コロニー数}}$$

その他細菌の内訳として次式により各細菌の定量を行う。

$$\text{細菌数} = n_2 \times \frac{\text{選択したその他コロニーのうち同一種の合計個数}}{\text{選択したその他コロニー数}}$$

なお、赤色及びその他コロニーの両方を生じた菌については必要に応じ両方の数を合算してその細菌種の定量値とする。

⑩ 追記

本法によると、試料採取後5日目に定量結果が出る（追加調査を除く）。

4.3 ふん便の細菌分析例

この腸内細菌の分析法を用い、ふん便中の細菌相を調査した（調査対象は34才男子）。ふん便中の大腸菌群数は 5.3×10^6 個/g であり（その他コロニーは検出されなかった）、このうち 100%（調査対象コロニーは20個）が *E. coli* であった。ふん便中の *E. coli* 数は一般に $10^6 \sim 10^9$ 個/g であることとこれを比較すると、今回の調査対象のふん便はほぼ標準的なものと考えられる。

前出の20コロニーの性状は Y 0151473 -（存在比30%）及び Y 0151477 -（同70%）であった。この運動性のみを異にする2種の *E. coli* は一般に出現確率が高いことから以下において標準型 *E. coli* とする。ふん便中では、2種の *E. coli* しか検出されていないが、今回の下水調査では22種の *E. coli* が検出されている。

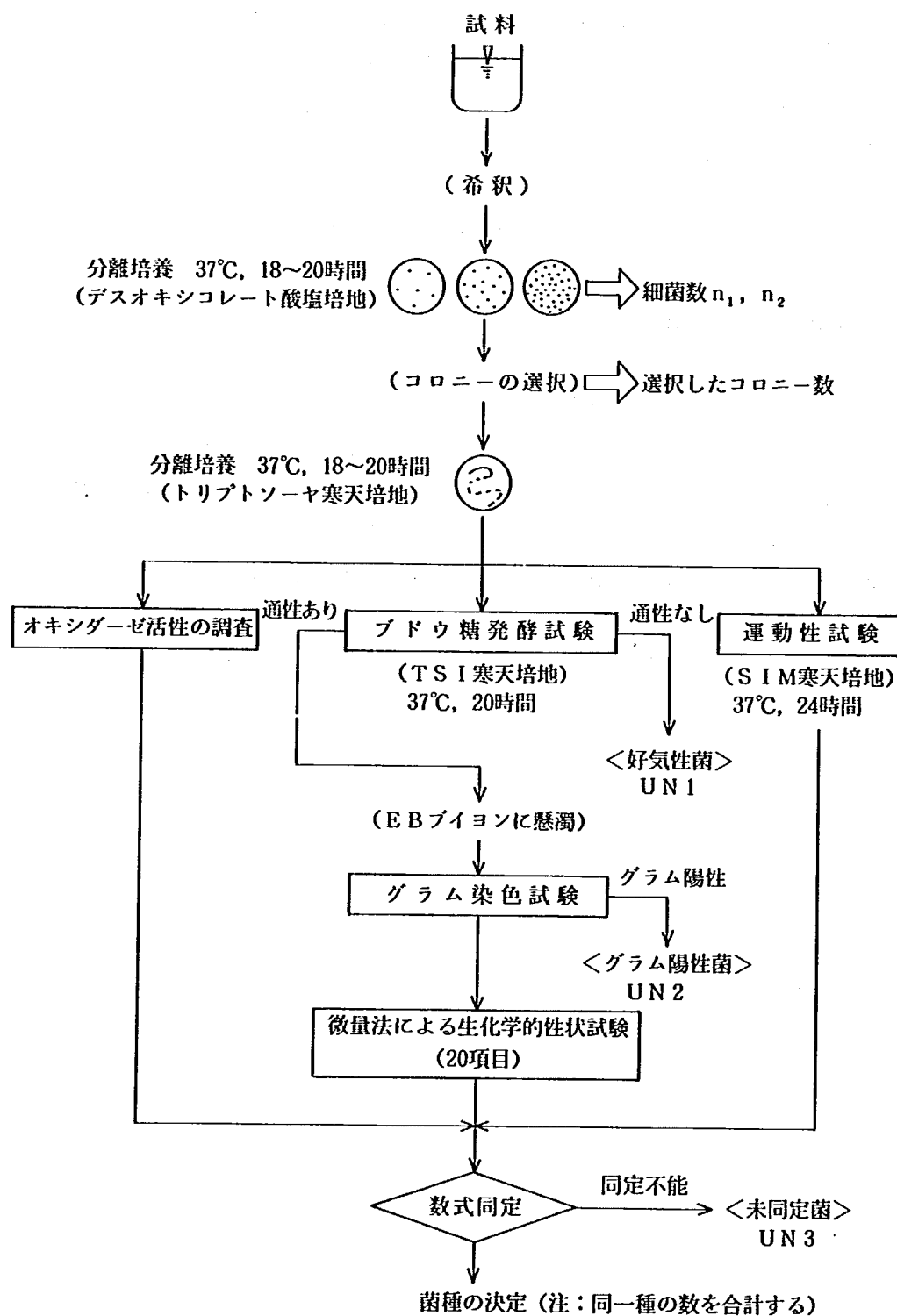


図2 腸内細菌分析フローチャート

表7 数式同定用コードの内訳

コード表示	群	点 数	分 析 項 目	方 法
Y	1		グラム染色	ビクトリアンブルー・フクシン法
			通性嫌気性	T S I 培地
0 ~ 7	2	1	硫 化 水 素	N 社培地微量法
		2	エスクリン	"
		4	フェニルアラニン デアミナーゼ	"
0 ~ 7	3	1	インドール	"
		2	フォーゲス プロスカウエル	"
		4	ク エ ン 酸	"
0 ~ 7	4	1	リ シ ン	"
		2	アルギニン	"
		4	オルニチン	"
0 ~ 7	5	1	β -ガラクトシターゼ	"
		2	尿 素	"
		4	マ ロ ン 酸	"
0 ~ 7	6	1	アドニット	"
		2	イノシット	"
		4	ラフィノース	"
0 ~ 7	7	1	ラムノース	"
		2	ソルビット	"
		4	白 糖	"
0 ~ 7	8	1	マンニット	"
		2	アラビノース	"
		4	運 動 性	S I M 培地
+ or -	9		オキシダーゼ	ろ 紙 法

注) 各群のコードは次の様式による。

① 第1群：グラム陰性通性嫌気性の場合にYとする。

② 第9群：陽性の場合+、陰性の場合-とする。

③ 第2～8群：分析項目が陽性の場合に表示してある点数を合算する。

5. 下水中の腸内細菌相

5.1 調査方法

中規模な4下水処理場において、1日を代表できると考えられる時間に試料の採取を行った。

試料は、流入下水、二次処理水、活性汚泥混合液（エアレーションタンク流出部）とした。

B処理場は、分流式下水道の終末処理場で、他は合流式下水道の終末処理場である。

T処理場については3、6、9、12月の平均とした。

水質分析は下水試験方法¹⁰⁾によった。

5.2 調査結果及び考察

5.2.1 流入下水

調査結果を表8に示す。流入水のBOD、COD、SSは123(102~140)mg/ℓ, 81(75~96)mg/ℓ, 165(75~252)mg/ℓである。

流入下水の大腸菌群数は90000(44000~190000)個/mℓであり、D培地上では非赤色コロニー(大部分が透明コロニー)の比率が高くなっている。一方、ふん便性細菌数は11000(8400~16000)個/mℓ, 45℃その他の細菌数は1900(400~3600)個/mℓとなっており、45℃で培養した場合には37℃で培養した場合とは逆に、D培地上では赤色コロニーの比率が増加している。

大腸菌群の内訳として種の確認ができたものは、*E. coli*, *A. caviae*, *A. sobria*, *E. agglomerans*, *K. oxyloca*, *K. pneumoniae*, *S. liquefaciens*の8種である。

その他細菌の内訳として種の確認ができたものは、*A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *C. freundii*, *E. agglomerans*, *E. cloacae*, *E. sakazaki*, *H. alvei*, *K. oxyloca*, *K. pneumoniae*, *P. multocida*, *P. vulgaris*, *S. liquefaciens*の13種である。

5.2.2 2次処理水

調査結果を表9に示す。2次処理水のBOD、COD、SSは6.5(3.5~8.0)mg/ℓ, 7.3(5.2~9.1)mg/ℓ, 7(4~9)mg/ℓと良好な性状を示している。

2次処理水の大腸菌群は530(200~1100)個/mℓ, その他細菌数は3700個/mℓであり、D培地上では流入下水よりさらに非赤色コロニーの比率(流入水59%, 2次処理水88%)が高くなっている。45℃で培養した場合には、流入下水と同様に、D培地上では赤色コロニーの比率が増加し

ている。

大腸菌群の内訳そして種の確認ができたものは、*E. coli*, *A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *E. cloacae*, *E. agglomerans*, *K. oxytoca*, *K. pneumoniae*, *P. multocida* の9種である。

その他細菌の内訳として種の確認ができたものは *A. lignieresii*, *A. suis*, *A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *E. cloacae*, *E. agglomerans*, *K. ozaenae*, *P. gallinarum*, *P. multocida*, *P. pneumotropica*, *S. plymuthica* の12種である。

5.2.3 大腸菌群中の *E. coli*

これまで、下水中の大腸菌群は *E. coli* による汚染状況を比較的良く表していると考えられてきた。今回の調査によると、大腸菌群数の内の *E. coli* 数の比は流入下水で37% (25~42%)、2次処理水で26% (14~36%) となっており、流入下水中の *E. coli* の比率は比較的高いものの、2次処理水中の *E. coli* の比率はいく分低いものとなっている。ここで、*E. coli* を本来のふん便性汚染の指標として考えると、2次処理を行った場合には、大腸菌群で評価される以上に、下水処理場の除去効果は高いものとなっていることとなる。

次に、*E. coli* 数とふん便性細菌数を比較すると、ふん便性細菌数の方が小さい値を示す傾向がある。このことは、*E. coli* の全てが高温培養できるものではないことを示している。

5.2.4 45°C 培養

表10はT処理場で9月に採取した2次処理水の細菌相を調べた結果である。

45°C培養法によりふん便性細菌を定量する方法は、分析手法が簡単なことから古くから用いられてきている。Mishra によると下水から分離されたIM ViC++の菌の78.6%は45°Cで培養が可能とされている¹¹⁾。

今回の調査では、*E. coli* のうち45°Cで培養が可能であったのは13%であった。*E. coli* とIM ViC++の菌とは必ずしも同一であるとは言えないものの、かなり45°C培養については異なる結果を示している。

45°Cで培養を行った場合に種の確認できたものは、赤色コロニーでは *E. coli* と *K. pneumoniae* であり、その他コロニーでは *K. pneumoniae* であった。45°C培養を行うと、37°Cの場合より細菌相は単純になっている。

5.2.5 活性汚泥

下水処理場における細菌除去のための中心施設は2次処理施設である。この2次処理施設の中で細菌除去の主役となっているのは、エアレーションタンク内の原生動物であると考えられる。原生動物のうち細菌を直接捕食しないのは吸管虫類程度である¹²⁾。

Curds¹³⁾によると、原生動物の腸内細菌に対する食性はかなり限定的であり、水処理が良好な時に検出されやすい *Vorticella*, *Opercularia*, *Epistylis* のうち *E. coli* を好むものは *Epistylis* のみであるとされている (表11)。

原生動物の調査結果を表12に示す。エアレーションタンク中には多種の原生動物が存在しており、細菌の除去はこれらの複合的な効果によりなされるものと考えられるが、*Epistylis* が存在する場合には処理水中の *E. coli* 数が少なくなっている。

なお、この3処理場共に活性汚泥混合液中に活性汚泥性生物 (*Vorticella*, *Epistylis*, *Aspidisca* 等) が1000個/ml以上存在していた。このことは、この3処理場の全てにおいて良好な処理がなされていることを示している。

5.2.6 コロニーの色相

表13にD培地上で検出された細菌数の平均及び発生したコロニーの色相を整理した結果を示す。表13において、赤色コロニーのみを作っているのは *E. coli* のみであり、赤色以外のコロニーのみを作っているのは、*A. lignieresii*, *A. suis*, *C. freundii*, *E. sakazaki*, *H. alvei*, *K. ozaenae*, *P. gallinarum*, *P. pneumotropica*, *P. vulgaris*, *S. plymutica* である。

D培地上で両方のコロニーを生じたものは、*A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *E. agglomerans*, *E. cloacae*, *K. oxytoca*, *K. pneumoniae*, *P. multocida*, *S. liquefaciens* の9種である。このようにD培地上で“赤色を生じている”という判定法については特定の地点を限った場合を除いて、それ程有意義な方法であるとは考えられない。さらに、*E. agglomerans* のように培地上のコロニー密度が高い場合には赤色以外のコロニーを生じ、コロニー密度が低い場合には赤色コロニーを生じるものもある。

D培地を用いた場合に、種が確認されたもののうちの主要な細菌種は、流入下水では *A. sobria*, *E. coli* *A. caviae* であり、2次処理水では *A. caviae*, *A. sobria* である。

表8 流入下水の細菌相

項 目		処理場	M	B	G	T	平均
BOD (mg/ℓ)			102	140	140	110	123
COD (mg/ℓ)			77	96	77	75	81
SS (mg/ℓ)			75	216	252	117	165
pH (—)			6.3	7.1	8.7	7.4	7.4
水温 (℃)			22.5	10.5	11.4	17.4	15.5
37℃	大腸菌群数(赤色コロニー)		1,900	440	440	830	900
	その他の細菌数(その他コロニー)		2,300	650	890	1,400	1,300
	デソ細菌数(計)		4,200	1,090	1,300	2,230	2,200
45℃	ふん便性細菌数		160	84	130	79	110
	45℃その他の細菌数		36	11	4	23	19
	45℃細菌数		196	95	134	102	130
大腸菌群	<i>E. coli</i>		790	120	110	310	330
	<i>A. caviae</i>				38	60	25
	<i>A. sobria</i>			120		65	46
	<i>E. agglomerans</i>		160		38	120	80
	<i>K. oxytoca</i>		320	160	38	32	140
	<i>K. pneumoniae</i>		160	39	110	100	100
	<i>S. liquefaciens</i>					11	3
	UN 1					15	4
	UN 3		470		110	120	180
その他の細菌	<i>A. caviae</i>		180		210	380	190
	<i>A. hydrophila</i>		180	130		19	83
	<i>A. sobria</i>		350	390	410	170	330
	<i>C. freundii</i>		180				45
	<i>E. agglomerans</i>		180				45
	<i>E. cloacae</i>		350			130	120
	<i>E. sakazaki</i>		350				88
	<i>H. alvei</i>			65		14	20
	<i>K. oxytoca</i>					45	11
	<i>K. pneumoniae</i>				68	96	41
	<i>P. multocida</i>					100	25
	<i>P. vulgaris</i>				68	53	30
	<i>S. liquefaciens</i>		180				45
	UN 1				68	150	55
	UN 3		350	65	68	200	170

注) 細菌の単位は100個/㎖。UN 1 は好気性菌。UN 3 は未同定菌。

表9 2次処理水の細菌相

項 目		処理場	M	B	G	T	平 均
BOD (mg/ℓ)			6.6	7.7	8.0	3.5	6.5
COD (mg/ℓ)			8.0	9.1	5.2	6.9	7.3
SS (mg/ℓ)			5	9	9	4	7
pH (—)			6.1	7.0	7.1	6.9	6.8
水温 (℃)			22.9	10.8	11.5	17.8	16.0
37℃	大腸菌群数 (赤色コロニー)		370	200	1,100	460	530
	その他の細菌数(その他コロニー)		1,200	1,400	9,600	2,400	3,700
	デソ細菌数 (計)		1,570	1,600	10,700	2,860	4,200
45℃	ふん便性細菌数		15	27	89	35	42
	45℃その他の細菌数		4	1	11	9	6
	45℃細菌数		19	28	100	44	48
大腸菌群	<i>E. coli</i>		61	36	400	64	140
	<i>A. caviae</i>		61			250	78
	<i>A. hydrophila</i>					14	4
	<i>A. sobria</i>			55	200	47	76
	<i>E. cloacae</i>					13	3
	<i>E. agglomerans</i>		61			10	18
	<i>K. oxytoca</i>		92	36		1	32
	<i>K. pneumoniae</i>		92	36	200	20	87
	<i>P. multocida</i>					15	4
	UN 3			36	300	28	91
その他の細菌	<i>A. lignieresii</i>				800	93	220
	<i>A. suis</i>					130	33
	<i>A. caviae</i>		460	470	4,800	660	1,600
	<i>A. hydrophila</i>		180	160		76	100
	<i>A. sobria</i>		180	620	3,200	850	1,200
	<i>E. cloacae</i>		92			93	46
	<i>E. agglomerans</i>		92				23
	<i>K. ozaenae</i>					25	6
	<i>P. gallinarum</i>				800		200
	<i>P. multocida</i>					120	30
	<i>P. pneumotropica</i>					65	17
	<i>S. plymutila</i>			160			40
	UN 1		92			160	63
	UN 3		92			120	53

注) 細菌の単位は個/mℓ, UN 1は好気性菌, UN 3は未同定菌

表10 45℃培養結果

		菌 数
(1) 大腸菌群数		1,200
(2) その他の細菌数		4,800
デゾ細菌数		6,000
(3) ふん便性細菌数		74
(4) 45℃その他の細菌数		33
45℃細菌数		107
(1) 内 訳	<i>E. coli</i>	200
	<i>A. caviae</i>	800
	<i>A. sobria</i>	160
	UN 3	100
(2) 内 訳	<i>A. caviae</i>	1,000
	<i>A. sobria</i>	2,600
	<i>A. lignieresii</i>	370
	<i>E. cloacae</i>	370
	UN 3	370
(3) 内 訳	<i>E. coli</i>	25
	<i>K. pneumoniae</i>	31
	UN 3	18
(4) 内 訳	<i>K. pneumoniae</i>	23
	UN 3	10

注) 単位は個/ｍℓ

表11 原生動物の細菌食性 (25℃)

細菌	原生動物	<i>Paramecium caudatum</i>	<i>Histriculus vorax</i>	<i>Vorticella microstoma</i>	<i>Opercularia coarctata</i>	<i>Epistylis plicatilis</i>
<i>Klebsiella aerogenes</i> *		F. 1.95±0.17	F. 3.28±0.17	Unfavourable	F. 2.14±0.22	Unfavourable
<i>K. aerogenes</i> *		F. 2.11±0.04	F. 3.03±0.17	Unfavourable	F. 2.34±0.10	Unfavourable
<i>Alcaligenes faecalis</i>		F. 2.20±0.17	Unfavourable	Unfavourable	F. 1.52±0.01	F. 1.26±0.10
<i>Azotobacter chroococcum</i>		Unfavourable	F. 3.13±0.10	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
<i>Bacillus cereus</i>		F. 1.56±0.01	F. 3.60±0.20	F. 2.48±0.10	Unfavourable	Unfavourable
<i>B. cereus</i>		F. 2.04±0.04	F. 3.57±0.17	F. 2.55±0.08	Unfavourable	Unfavourable
<i>Cromobacterium violaceum</i>		Very toxic	Very toxic	Very toxic	Toxic	Very toxic
<i>Enterobacter cloacae</i>		Slightly toxic	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
<i>E. cloacae</i>		Slightly toxic	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
<i>Escherichia coli</i>		Slightly toxic	F. 3.49±0.36	Unfavourable	Unfavourable	F. 1.31±0.12
<i>E. coli</i>		Slightly toxic	F. 3.60±0.26	Unfavourable	Unfavourable	F. 1.46±0.07
<i>Proteus vulgaris</i>		Toxic	F. 3.71±0.20	Toxic	Slightly toxic	Toxic
<i>Pseudomonas ovalis</i>		Unfavourable	F. 3.21±0.26	F. 2.20±0.04	Unfavourable	F. 1.08±0.04
<i>Streptococcus faecalis</i>		F. 1.92±0.17	F. 3.42±0.17	F. 2.75±0.10	F. 2.24±0.10	Unfavourable
<i>Vibrio cuneatus</i>		F. 2.20±0.01	F. 2.96±0.14	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>		Unfavourable	F. 3.62±0.17	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
<i>P. fluorescens</i>		F. 2.39±0.04	F. 3.90±0.01	Unfavourable	F. 2.05±0.07	Unfavourable
<i>Bacillus subtilis</i>		F. 2.45±0.04	F. 2.94±0.20	F. 2.42±0.14	Unfavourable	Unfavourable
<i>B. subtilis</i> var. <i>niger</i>		F. 2.08±0.04	F. 3.27±0.17	F. 2.36±0.10	F. 1.42±0.20	Unfavourable

注)

F: 食性良好 (数値は原生動物の分裂回数 (回/日))

Unfavourable: 良好でない食性。

Slightly toxic: わずかに毒性となる。

Toxic: 毒性となる。

Very toxic: 強い毒性を示す。

* Bergeyのマニュアルでは *K. pneumoniae*

表12 原生動物調査結果

項 目		処理場	M	B	G
MLSS	mg/ℓ		1,718	1,506	2,184
MLVSS	mg/ℓ		1,238		1,476
MLVSS/MLSS	%		72		68
SV ₃₀	%		19	9.0	22.5
SVI	ml/g		111	60	103
<i>Vorticella</i>	個/ml		4,280	760	2,120
<i>Epistylis</i>	"		960	40	320
<i>Aspidisca</i>	"		2,060	240	3,960
(上記3種計)	"		(7,300)	(1,040)	(6,400)
<i>Arcella</i>	"		2,080	1,720	320
<i>Amoeba</i>	"		300	120	
<i>Amorba radiosa</i>	"			40	
<i>Euglypha</i>	"		360		40
<i>Peranema</i>	"		100		
<i>Litonotus</i>	"		100	40	40
<i>Tetrabymena</i>	"		120		160
<i>Colpidium</i>	"				60
<i>Podophrya</i>	"		120		
<i>Trichocerca</i>	"		520		
<i>Rotaria</i>	"		60		
<i>Chaetonotus</i>	"		100		
<i>Diplogaster</i>	"		20		

表13 デスオキシコール酸塩培地による細菌数

項 目	流 入 水	2 次 処 理 水	* コロニーの色
BOD (mg/ℓ)	123	6.5	
COD (mg/ℓ)	81	7.3	
SS (mg/ℓ)	165	7	
総菌数 (デソ細菌数) **	220,000	4,200	R & O
<i>Escherichia coli</i>	33,000	140	R
<i>Act. lignieresii</i>		220	O
<i>Act. suis</i>		33	O
<i>Aer. caviae</i>	22,000	1,700	R & O
<i>Aer. hydrophila</i>	8,300	100	R & O
<i>Aer. sobria</i>	38,000	1,300	R & O
<i>Cit. freundii</i>	4,500		O
<i>Ent. agglomerans</i>	13,000	41	R & O
<i>Ent. cloacae</i>	12,000	49	R & O
<i>Ent. sakazaki</i>	8,800		O
<i>Hab. alvei</i>	2,000		O
<i>Kle. ozaenae</i>		6	O
<i>Kle. oxyloca</i>	15,000	32	R & O
<i>Kle. pneumoniae</i>	14,000	87	R & O
<i>Pas. agllinarum</i>		200	O
<i>Pas. multocida</i>	2,500	34	R & O
<i>Pas. pneumotropica</i>		17	O
<i>Pro. vulgaris</i>	3,000		O
<i>Ser. liquefaciens</i>	4,800		R & O
<i>Ser. plymutica</i>		40	O
UN 1	5,900	63	R & O
UN 3	35,000	140	R & O

*) R : 赤色

O : 赤色以外

**) 細菌数の単位は個/mℓ

6. 河川水中の腸内細菌相

6.1. 調査方法

6.1.1 調査対象河川

清浄と考えられる桜川、汚染の進行している新川（停滞性を有する）と境川について調査を行った。調査河川の流域概要を表14¹⁵⁾に示す。

6.1.2 水量

流水断面積に平均流速を乗じて水量を求めた。

平均流速は、桜川（15点）についてはプロペラ式微流速計を、境川（7点）については電磁式流速計を、新川については浮子を用いることによって求めた。

6.1.3 水質分析

下水試験方法¹⁰⁾によった。

6.1.4 調査回数

(a) 定期調査

水量、大腸菌群数等について12回（1月に1回）実施した。

(b) 細菌相調査

5月、8月、11月、2月の計4回実施した。

6.2 調査結果および考察

6.2.1 桜川

桜川の流域面積は新川の22倍、境川の18倍である350 km²となっている。桜川流域はほとんど市街化されておらず、市街化率は0.51%となっている。

定期調査による平均流量は600 m³/分となっている。これは桜川流域の年間降雨量(1302mm)

に対して、流出率で69%に相当する。関東地区の平均流出率は、年間降雨量が1200～1500 mmの場合に61%とされているが¹⁶⁾、これと比較すると桜川の流出率はやや高めとなっている。

桜川の細菌相に関する調査結果を表15に示す。

BOD, COD, SSの平均濃度は2.6, 7.7, 18 mg/ℓとなっている。生下水中のCOD/BODは0.53 (0.38～0.80), SS/BODは1.13 (0.46～2.18) という例があるが¹⁷⁾、桜川についてのCOD/BOD, SS/BODは3.0, 6.9である。生下水と比較すると、桜川においてはCOD/BOD, SS/BODはかなり高めになっている。

人為的な汚染源のほとんどない河川についてのBODが0.7 mg/ℓ程度¹⁸⁾といわれていること、COD/BODが高いことから桜川はやや人為的汚染を受けているものと考えられる。

桜川の平均大腸菌群数は23個/mℓで、この内訳として種の確認のできたものは、*E. coli*, *A. caviae*, *A. sobria*, *E. agglomerans*, *K. pneumoniae*, *P. mullovida* の6種である。

その他細菌数の平均は220個/mℓで、この内訳として種の確認のできたものは *A. lignieresii*, *A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *E. agglomerans* の5種である。

6.2.2 境川

境川流域の面積は19.9 km²、市街化率は35%、人口密度は1226人/km²となっている。

人口密度の¹⁹⁾ 全国平均は314人/km²、市部平均は803人/km²、人口集中区である東京都中野区の平均は20700人/km²となっている。

これらのことより、境川は平均的な地方都市内河川であると考えられる。

定期調査結果によると平均流量は18.5 m³/分となっている。この流量は年間降水量の38%となっている。

境川の細菌相に関する調査結果を表16に示す。

BOD, COD, SSの平均濃度は、6.1, 10.7, 37 mg/ℓで、COD/BOD, SS/BODは1.8, 6.1となっている。

境川の平均大腸菌群数は540個/mℓで、この内訳として種の確認ができたものは、*E. coli*, *A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *C. freundii*, *E. agglomerans*, *E. cloacae*, *K. oxyloca*, *K. pneumoniae*, *S. liquefaciens* の10種である。

その他細菌数の平均は1600個/mℓで、この内訳として種の確認ができたものは、*A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. sobria*, *E. agglomerans*, *H. alvei*, *S. marcescens* の6種である。

6.2.3 新川

新川流域の面積は 15.6 km^2 、市街化率50%、人口密度 1737 人/km^2 となっている。新川流域の下水道整備率は約52%となっている。新川下流には流量制御用ポンプ場があり、河川水が滞留する傾向がみられる。

新川の細菌期に関する調査結果を表17に示す。

BOD、COD、SSの平均濃度は5.0、9.8、 $17 \text{ mg/}\ell$ で、COD/BOD、SS/BODは2.0、3.4となっている。

新川の平均大腸菌群数は $3300 \text{ 個/m}\ell$ で、この内訳として種の確認ができたものは、*E. coli*、*A. caviae*、*A. hydrophila*、*A. sobria*、*C. freundii*、*E. agglomerans*、*K. oxytoca*、*K. pneumoniae*、*S. marino rubra* の9種である。

その他細菌数の平均は $66000 \text{ 個/m}\ell$ で、この内訳として種の確認ができたものは、*A. caviae*、*A. hydrophila*、*A. sobria*、*C. freundii*、*E. cloacae*、*H. alvei*、*P. multocida*、*P. vulgaris*、*S. liquefaciens* の9種である。

6.2.4 水温と大腸菌群

1人当りの大腸菌排泄量は、夏期において冬期の3.2倍¹⁹⁾になることもあるといわれている。定期調査結果によると、汚染度の低い桜川は一年間を通して大腸菌群数は小さくなっているが、汚染度の高い新川及び境川においては水温が上昇するのに従って、大腸菌数が増加する。

高水温期に降雨量が多くなり大腸菌群数が希釈される効果を0と仮定し、流出してくる大腸菌群数が増えることを考慮しても、水温上昇による大腸菌群数の増加傾向は単純に流出してくる大腸菌の混合効果だけではなく、大腸菌群の増殖効果が寄与しているものと考えられる。

また、桜川で増殖効果が生じていないことは、汚濁がある程度進行し、細菌が利用できる有機物濃度が高くなった場合に、河川中において、大腸菌群の増殖が生じることを示している。つまり、河川中においては、大腸菌群が直接流入する量が増加することにより大腸菌群数が増加するが、汚濁が進行すると、この効果の他に増殖効果が加えられ、大腸菌群数でみた汚濁は加速度的に増加することになる。

一方、ふん便性細菌については、水温が上昇しても細菌数が増加する傾向はみられない。このことは、ふん便性細菌は温度が上昇しても増殖しない（流水中のふん便性細菌は夏期には死にやすいといわれている¹⁹⁾）ことを示している。

6.2.5 3河川の汚染順位

河川の汚染指標としては種々なものがある。この3河川について、BOD、CODという一次的な有機汚濁指標を用い汚染順位をつけると汚濁の進んでいる第1位が境川で、次いで新川、桜川ということになる。しかし、大腸菌群数によると、汚染順位の第1位は、停滞性が強く、増殖効果を特に受けやすい新川が第1位になる。

6.2.6 45°C 培養

45°Cで培養した結果を表18に示す。

ふん便性細菌として種が確認されたものは、*E. coli* 及び *K. pneumoniae* であり、45°Cその他の細菌として種が確認されたものは、*K. pneumoniae* である。このように河川水についても、下水の場合と同様に、45°Cで培養を行うと細菌相はかなり単純なものとなる。

6.2.7 *E. coli* と大腸菌群

大腸菌群中の *E. coli* の存在比は、桜川、境川、新川について、0.087、0.065、0.0021 となっている。停滞性の強い新川については、*E. coli* 以外の大腸菌群細菌が増殖しやすいためか、*E. coli* の存在比が小さくなっている。

6.2.8 コロニーの色相

D培地上の腸内細菌相を表19に示す。

表19及び下水調査結果を基に、D培地上に発生するコロニーの色相についてとりまとめた結果を表20に示す。D培地上で赤色のコロニーを作ることができる細菌は、*E. coli* を初めとして12種となっている。この12種のうち、赤色以外のコロニーが検出されなかったものは *E. coli* 及び *S. marino rubra* の2種となっている。

6.2.9 *C. violaceum*

D培地上のコロニーの色相からは一般には細菌種を推定することは、前出のように不可能である。しかし、*C. violaceum* はD培地上で紫色の特別なコロニーを形成した。桜川の10月の定期調査において確認された紫色のコロニーの数は5個/㎖であった。なお、この *C. violaceum* の

性状はY 0020004 -であった（2コロニーについて調査した）。

6.2.10 総括

水質の汚濁物質として人間のふん便が今まで考えられてきた。ふん便中の *E. coli* は少量でも水中に存在すれば、大腸菌群数は敏感に検出されと考えられた。

しかし、我国においては、し尿は資源として利用されるか、又は、独自処理をされることにより、水域へし尿が直接流出することはほとんどないと考えられる。

このため、*E. coli* の存在比は、下水中においては高いものの、河川水中ではかなり低いものとなっている。さらに、非常に清浄である湖沼でも大腸菌群と *E. coli* については必ずしも明確な関係がない²¹⁾ という例もあることから考えると、現行の大腸菌群数による基準は必ずしも好ましいものであるとは考えられないことになる。

表14 調査河川の現況

項 目	河川名	桜 川	新 川	境 川
流 域 面 積 (A)	km ²	350.3	15.6	19.9
山 地 面 積 (B)	km ²	103.5	0	0
山 地 比 (B/A)	%	30	0	0
幹線流路延長	km	144.7	6.1	8.5
人 口 (C)	千 人	110.0	27.1	24.4
人 口 密 度 (C/A)	人/km ²	314	1,737	1,226
一次生産部 (D)	百 万 円	20,062	1,099	1,400
同上面積割 (D/A)	百万円/km ²	57.3	70.4	70.4
製造品出荷額 (E)	百 万 円	57,913	31,970	31,416
同上面積割 (E/A)	百万円/km ²	165.3	2,049	1,579
三次事業部数 (F)	カ 所	3,781	1,213	553
同上面積割 (F/A)	カ 所/km ²	10.8	77.8	27.8
市街化区域 (G)	km ²	1.8	7.8	6.9
市 街 化 率 (G/A)	%	0.51	50	35

表15 桜川の細菌相

		5 月	8 月	11 月	2 月	平 均
BOD (mg/ℓ)		6.9	2.2	0.6	0.8	2.6
COD (mg/ℓ)		11.4	8.0	5.4	5.9	7.7
SS (mg/ℓ)		30	22	12	9	18
pH (—)		9.4	7.4	7.8	7.4	8.0
水 温 (°C)		23.1	22.4	11.6	4.6	15.4
37 °C	大腸菌群数 (赤色コロニー)	6	85	0	2	23
	その他の細菌数(その他コロニー)	170	590	100	29	220
	デソ細菌数 (計)	176	675	100	31	243
45 °C	ふん便性細菌数	0	4	0	0	1
	45°Cその他の細菌数	0	1	0	0	0
	45°C細菌数	0	5	0	0	1
大 腸 菌 群	<i>E. coli</i>	1	7			2
	<i>A. caviae</i>	2	35		1	10
	<i>A. sobria</i>	1	21			6
	<i>E. agglomerans</i>		7			2
	<i>K. pneumoniae</i>		7			2
	<i>P. multocida</i>	1				1
	UN 3	1	7		1	2
そ の 他 の 細 菌	<i>A. lignieresii</i>		45			11
	<i>A. caviae</i>	13	45		5	16
	<i>A. hydrophila</i>	13	180		5	50
	<i>A. sobria</i>	120	140		8	67
	<i>E. agglomerans</i>		140			35
	UN 1	26	45	100	11	46

(細菌数は個/mℓ)

表16 境川の細菌相

		5 月	8 月	11 月	2 月	平 均
	BOD (mg/ℓ)	5.7	7.7	5.9	5.0	6.1
	COD (mg/ℓ)	9.5	7.9	16.4	9.1	10.7
	SS (mg/ℓ)	27	64	34	22	37
	pH (—)	7.5	7.3	7.1	7.3	7.3
	水 温 (°C)	23.6	22.0	14.0	11.0	17.7
37 °C	大腸菌群数 (赤色コロニー)	460	900	600	190	540
	その他の細菌数(その他コロニー)	1,800	2,000	1,800	650	1,600
	デソ細菌数 (計)	2,260	2,900	2,400	840	2,140
45 °C	ふん便性細菌数	7	28	43	7	21
	45°Cその他の細菌数	0	8	47	0	14
	45°C細菌数	7	36	90	7	35
大 腸 菌 群	<i>E. coli</i>		75		63	35
	<i>A. caviae</i>	77	230			77
	<i>A. hydrophila</i>				16	4
	<i>A. sobria</i>				16	4
	<i>C. freundii</i>		75			19
	<i>E. agglomerans</i>			50		13
	<i>E. cloacae</i>	38	150	50		60
	<i>K. oxyloca</i>	38	75	150	32	74
	<i>K. pneumoniae</i>	270	75	50	16	100
	<i>S. liquefaciens</i>		150	100		63
そ の 他 の 細 菌	UN 3	38	75	200	47	90
	<i>A. caviae</i>	280		140		110
	<i>A. hydrophila</i>	420	620	420	50	380
	<i>A. sobria</i>	700	310	420	150	400
	<i>E. agglomerans</i>		150			38
	<i>H. alvei</i>				100	25
	<i>S. marcescens</i>		150			38
	UN 1	420	460	420	300	400
	UN 3		310	420	50	200

(細菌数は個/mℓ)

表17 新川の細菌相

		5 月	8 月	11 月	2 月	平 均
	BOD (mg/ℓ)	4.6	5.1	4.1	6.1	5.0
	COD (mg/ℓ)	9.7	10.7	8.4	10.4	9.8
	SS (mg/ℓ)	6	22	26	12	17
	pH (—)	7.2	7.5	7.1	7.2	7.3
	水 温 (°C)	22.0	23.5	11.8	6.0	15.8
37 °C	大腸菌群数 (赤色コロニー)	4,000	6,900	2,400	70	3,300
	その他の細菌数(その他コロニー)	10,000	35,000	220,000	410	66,000
	デソ細菌数 (計)	14,000	41,900	222,400	480	69,300
45 °C	ふん便性細菌数	8	58	66	16	37
	45°Cその他の細菌数	8	26	22	4	15
	45°C細菌数	16	84	88	20	52
大 腸 菌 群	<i>E. coli</i>				26	7
	<i>A. caviae</i>	330	2,300	200		710
	<i>A. hydrophila</i>				9	2
	<i>A. sobria</i>	330				83
	<i>C. freundii</i>	2,300	1,700	200		1,100
	<i>E. agglomerans</i>		1,700	600		580
	<i>K. oxyloca</i>	330		400	9	180
	<i>K. pneumoniae</i>	330	580	400		330
	<i>S. marinorubra</i>				9	2
	UN 3	330	580	600	18	380
そ の 他 の 細 菌	<i>A. caviae</i>	2,400	5,400		37	2,000
	<i>A. hydrophila</i>	4,700	5,400			2,500
	<i>A. sobria</i>	790	8,100	33,000	149	11,000
	<i>C. freundii</i>	790				200
	<i>E. cloacae</i>	790				200
	<i>H. alvei</i>				37	9
	<i>P. multocida</i>		11,000	100,000		28,000
	<i>P. vulgaris</i>		2,700			680
	<i>S. liquefaciens</i>				37	9
	UN 1			50,000	37	13,000
	UN 3	790	2,700	33,000	110	9,200

(細菌数は個/㎖)

表18 45℃培養結果

(a) ふん便性細菌数

		新 川	境 川
ふん便性細菌数		16	7
内 訳	<i>E. coli</i>	8	2.3
	<i>K. pneumoniae</i>	5	2.3
	UN3	3	2.3

(b) 45℃その他の細菌数

	新 川
45℃その他の細菌数	4
<i>K. pneumoniae</i>	4

(単位は個/㎖)

表19 デスオキシコール酸塩培地による細菌数

	桜 川	境 川	新 川	コロニーの色*
BOD (mg/ℓ)	2.6	6.1	5.0	
COD (mg/ℓ)	7.7	10.7	9.8	
SS (mg/ℓ)	18	37	17	
総菌数	250	2,100	69,000	R & O
<i>E. coli</i>	2	35	7	R
<i>A. lignieresii</i>	11			O
<i>A. caviae</i>	26	190	2,700	R & O
<i>A. hydrophila</i>	50	380	2,500	R & O
<i>A. sobria</i>	73	400	11,000	R & O
<i>C. freundii</i>		19	1,300	R & O
<i>E. agglomerans</i>	37	61	580	R & O
<i>E. cloacae</i>		60	200	R & O
<i>H. alvei</i>		25	9	O
<i>K. oxyloca</i>		74	180	R
<i>K. pneumoniae</i>	2	100	330	R
<i>P. multocida</i>	1		28,000	R & O
<i>P. vulgaris</i>			680	O
<i>S. liquefaciens</i>		63	9	R & O
<i>S. marcescens</i>		38		O
<i>S. marinorubra</i>			2	R
UN1	46	400	13,000	O
UN3	2	290	9,600	R & O

(細菌数の単位は個/㎖)

*) R : 赤色, O : 赤色以外

表20 D培地上のコロニーの色

	菌 種
赤 色	<i>E. coli</i>
	<i>S. marinorubra</i>
そ の 他	<i>A. lignieresii</i>
	<i>A. suis</i>
	<i>E. sakazaki</i>
	<i>H. alvei</i>
	<i>K. ozaenae</i>
	<i>P. gallinarum</i>
	<i>P. pneumotropica</i>
	<i>P. vulgaris</i>
	<i>S. marcescens</i>
	<i>S. plymutica</i>
両 方	<i>A. caviae</i>
	<i>A. hydrophila</i>
	<i>A. sobria</i>
	<i>C. freundii</i>
	<i>E. agglomerans</i>
	<i>E. cloacae</i>
	<i>K. oxytoca</i>
	<i>K. pneumoniae</i>
	<i>P. multocida</i>
	<i>S. liquefaciens</i>

注) 赤 色：赤色コロニーのみが確認されたもの。

その他：赤色コロニーが全然確認されなかったもの。

両 方：赤色及びその他の両方が確認されたもの。

7. 腸内細菌の死滅速度

7.1 概要

淡水中における腸内細菌の残留性を、腸内細菌9種の死滅速度によって検討した。

7.2 実験方法

(1) 培養液

前章までの調査において得られた腸内細菌をトリプトソーヤ寒天培地を用い37°Cで2日間培養する。培地上に発生したコロニーを滅菌蒸留水にけん濁させ培養液を作成する。

(2) 死滅速度の測定

培養液を20°Cの恒温器に保存する。保存中に細菌数を適時前章の大腸菌群数の測定法により測定する。

7.3 実験結果及び考察

培養液中には有機物は存在していないことから、培養液中では細菌は増殖できず、その細菌に固有な死滅現象のみが生じる。

一般に細菌等をけん濁させる場合には、生理食塩水(0.8%程度)が用いられる。しかし、下水道放流水中の溶解性物質濃度はほとんどが500 mg/ℓ以下であり²²⁾、なおかつ、放流先を河川と考えると、培養液を作成する場合には塩類を一切含まない蒸留水を用いることが好ましいと考えた。

死滅速度の測定に当っては、初期の *E. coli* を安定期のものとするため(コールドショック²³⁾に類似した効果を排除するため)に培養日数を2日間とした。

E. coli を始めとするほとんどの細菌は(1)式に示す1次反応によって死滅した。調査結果を表21に示す。

$$-\frac{dx}{dt} = kx \quad \dots\dots\dots (1)$$

(1)式の積分式は(2)式となる。

$$\ln \frac{x}{x_0} = -kt \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで,

k : 死滅速度定数 (日⁻¹)

t : 測定時刻 (日)

x : 時刻 t のときの細菌数 (個/ $m\ell$)

x_0 : 初期細菌数 (個/ $m\ell$)

$t_{0.5}$: 半減期 (日)

$t_{0.1}$: 菌数が $1/10$ になる日数 (日)

E. coli の基本型の死滅速度定数は 0.0435 (日⁻¹) である。*E. coli* のその他の型のものの死滅速度定数は $0.109 \sim 0.288$ (日⁻¹) と、基本型よりやや大きくなっている。これらの定数を、Klock²⁴⁾ が清浄な河川水中で大腸菌群について得た定数 ($0.2 \sim 0.7$ 日⁻¹) 及び中西²⁵⁾ が得た定数 (大腸菌群で 0.6 日⁻¹, ふん便性大腸菌群で 0.4 日⁻¹) と比較すると、*E. coli* は大腸菌群及びふん便性大腸菌群より死滅しにくいものと考えられる。

E. coli の処理場での除去率は99%以上となっているが、これが処理場内滞留時間の 0.5 日で得られるものと仮定すると、*E. coli* の基本型の除去効果は、下水を直接に公共水域へ放流して自然に死滅するのをまつことに対して、処理場で処理を行うことは 200 倍以上で効率が高いことを示している。

E. coli 以外の一次反応で死滅する細菌のうち、一番死滅速度定数が小さいものは *S. marcescens* (0.022 日⁻¹) であり、一番死滅速度定数が大きいものは *K. pneumoniae* (0.53 日⁻¹) の K P 81 株であった。*K. pneumoniae* については3種について測定したが、この中では死滅速度の最大と最小の比は8倍程度となっている。

E. cloacae および *E. agglomerans* は、他の細菌と異なり1次反応的には死滅しなかった。

E. agglomerans については、134日目まで測定を継続したが、ほとんど減少がみられなかった。

E. cloacae については、初期に安定状態を示し、次いで2次反応的に減少(この部分を微分法で解析した結果、死滅反応次数は 2.2 となった)した。

E. cloacae と *E. agglomerans* については、死滅パターンが異なるにしても両方共に1次反応で死滅する細菌と比較して死滅しにくい細菌であることになる。

これらの結果によると、細菌の自然死滅効果は滞留時間の長い湖沼においてしかほとんど期待できないことになる。

自然死滅以外に、細菌が水域で減少するためには、原生動物による捕食効果又は日光中の紫外

線による殺菌効果の寄与が必要であるが、これらの効果を期待する前に下水道の整備を行い細菌を除去することが、公共用水域の保全上は好ましいことと考えられる。

表21 腸内細菌の死滅

菌 名	菌コード	性状コード	k	t _{0.5}	t _{0.1}	初期濃度	相関係数	測定数
			日 ⁻¹	日	日	10 ⁵ 個/㎖	—	回
<i>E. coli</i>	EC 90	Y 0051473 -	0.207	2.34	11.1	1.07	0.94	12
<i>E. coli</i>	EC 96	Y 0151477 -	0.0435	15.9	52.9	6.67	0.94	17
<i>E. coli</i>	EC 97	Y 0141033 -	0.141	4.91	16.3	1.43	0.97	16
<i>E. coli</i>	EC 99	Y 0101473 -	0.109	6.35	21.1	1.01	0.94	17
<i>E. coli</i>	B 21	Y 0111037 -	0.288	2.41	8.0	1.18	0.97	9
<i>K. pneumoniae</i>	KP 81	Y 2217773 -	0.53	1.31	4.34	7.86	1.00	9
<i>K. pneumoniae</i>	KP 91	Y 2607773 -	0.067	10.4	34.5	8.93	0.99	17
<i>K. pneumoniae</i>	KP 98	Y 2617673 -	0.064	10.9	36.2	3.18	0.96	16
<i>E. sakazaki</i>	M 3	Y 2661447 -	0.11	6.59	21.9	4.36	0.94	16
<i>P. vulgaris</i>	A 34	Y 7102044 -	0.32	2.19	7.27	3.48	0.95	16
<i>C. freundii</i>	A 39	Y 1401477 -	0.16	4.36	14.5	0.51	0.90	16
<i>S. masecens</i>	A 56	Y 2653367 -	0.022	31.9	106	14.6	0.87	16
<i>A. sobria</i>	A 27	Y 0321041 +	0.31	2.26	7.5	101	0.95	13
<i>E. cloacae</i>	B 40	Y 2665477 -	2次反応的に減少					
<i>E. agglomerans</i>	A 5	Y 2705077 -	減少せず					

8. おわりに

現在まで、水中の細菌に関する研究があまり行われていなかったことの原因として細菌種を明らかにする良い分析法がなかったことがある。IMViC法は細菌種を明らかにする簡易法として有名である。このIMViC法はStandard methodsの13版から最新の15版²⁶⁾までにおいて採用されている。この表示法を表22に示す。このように簡易法では細菌の種を明らかにすることは完全にはできない。

本研究は、24項目の分析を行い、数式同定法により細菌の種を明らかにする手法を開発し、下水および河川水中の腸内細菌相を明らかにし、さらに、腸内細菌の死滅現象を明らかにした。

最後に、採水に際し御協力を頂いた関係自治体各位に対し、厚く謝意を表する次第である。

表22 Standard methods における IMViC 法

(a) 15版

Organism	Indole	Methyl Red	Voges Proskauer	Citrate
<i>Escherichia coli</i>	+	+	—	—
<i>Shigella</i> sp	+ or —	+	—	—
<i>Citrobacter freundii</i>	—	+	—	+
<i>Citrobacter diversus</i>	+	+	—	+
<i>Klebsiella-Enterobacter</i> group *	+ or —	—	+	+

* See HOMoC series (Section 911 C) for further separation of this group.

(b) 14版

Organism	Indole	Methyl Red	Voges Proskauer	Citrate
<i>Escherichia coli</i>	+ or —	+	—	—
<i>Citrobacter freundii</i>	—	+	—	+
<i>Klebsiella-Enterobacter</i> group	+ or —	—	+	+

(c) 13版

種 類	試験項目	インドール	メチルレッド	フォーゲスプロスカウエル	く え ん 酸 ナ ト リ ウ ム
<i>Escherichia coli</i> (Coli 型)	I 型	+	+	—	—
	II 型	—	+	—	—
<i>Escherichia freundii</i> (中間型)	I 型	—	+	—	±
	II 型	+	+	—	+
<i>Aerobacter aerogenes</i>	I 型	—	—	+	±
	II 型	±	—	+	+

引用文献

- 1) 昭和56年度公共用水域水質測定結果について, 環境庁水質保全局 (昭和57年12月)
- 2) 水道維持管理指針, 日本水道協会
- 3) 浦野 訳, 米国における水道水のトリハロメタン規制 (I), 水道協会誌, № 548, p 35 (S. 55. 5)
- 4) 太田, 細菌の科学, 研成社 (S. 57. 9)
- 5) Beuhaman, R. E., Gibbons, N. E., co-editors, Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (8th Edition), Williams Wilkins, Baltimore (1974)
- 6) 光岡, 腸内菌叢とその意義, 臨床と細菌, Vol. 2, № 3, p 197 (1975. 9)
- 7) Finegold, S. M. et al, Effect of diet on human fecal flora: comparison of Japanese and American diets, The Ame. Jour. of Clinical Nutrition, Vol. 27, № 12, p 1456 (1974)
- 8) 日水製菓, I D・E B-解析プロファイル (1981)
- 9) 坂崎利一, 腸内細菌 (Ⅲ) 各論 2, p 9, 近代出版 (1980年8月)
- 10) 下水試験方法 (1974年版), 日本下水道協会
- 11) Mishra, R. P. et al, An evaluation of the standard biochemical and elevated temperature tests for differentiating faecal and non-faecal coliforms, Water Research, Vol. 2, p 575 (1968)
- 12) 千種, 活性汚泥の生物相, p 9, 西原環境衛生研究所 (1979年11月)
- 13) Curds, C. R. et al, The feeding habits and Growth rates of some fresh water ciliates found in activated sludge plant, J. App. Ecol., Vol. 3, p 127 (1966)
- 14) 須藤, 廃水処理の生物学, p 297 (1977), 産業用水調査会
- 15) 建設省関東地方建設局, 昭和53年度河川現況調査・関東地方編 (昭和54年3月)
- 16) 河川部会, 利水計画における流況把握の研究, 第20回建設省技術研究会報告 (C-1, 2), p 569 (昭和42年11月), 土木研究会
- 17) 弓倉他, 既設処理場の改善指針に関する調査報告書・9, 固型物ならびに有機物の挙動からみた処理場の実態, 試験部報告 50-005, p 160, 建設省都市局下水道部・日本下水道事業団 (昭和51年3月)
- 18) 建設省都市局下水道部監修, 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説, p 38, 日本下水道協会 (昭和58年)
- 19) 自治省行政局振興課, 全国市町村要覧 (昭和58年版), 第1法規出版 (昭和58年10月)
- 20) 杉木, 水質汚濁, p 580~581, 技報堂 (1974)

- 21) 赤尾他, 野尻湖における大腸菌群, 用水と廃水, Vol. 25, № 4, p 60 (1983)
- 22) 初山, 下水中の無機塩類の現状と電気透析法による除去実験報告書, 建設省, 土木研究所資料第 2043 号 (昭和59年3月)
- 23) 高橋, 大腸菌の冷却ショックと食塩ショック, 微生物の生態 8, p 33, 学会出版センター
- 24) Klock, J.W., Survival of Coliform Bacteria in Wastewater Treatment Lagoons, J. WPCF, Vol. 43, №10, p2071 (1971)
- 25) 中西他, 大腸菌群の汚濁負荷解析, 土木学会論文集, 第 345 号/Ⅱ-1, p 141 (1984年5月)
- 26) Greenberg, A. E. et al, Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater (15 th edition)), American Public Health Association, Washington (1980)

付録I 細菌の陽性率

(坂崎, 腸内細菌(III), (IV)より)

表1-a Escherichia coliの生化学的性状(2,250株の成績)

テ ス ト (培養)	性 状	% +	% (+)
インドール	+	97.5	
メチルレッド	+	100	
Voges-Proskauer	-	0	
クエン酸 (Simmons)	-	0	> 0.1
クエン酸 (Christensen)	d	23.3	22.1
硝酸還元	+	100	
硫化水素 (TSI)	-	0	
ウレアーゼ (Christensen)	-	0	
ゼラチナーゼ	-	0	
フェニルアラニン デアミナーゼ	-	0	
リシン デカルボキシラーゼ	d	82.3	5.1
アルギニン ジヒドロラーゼ	d	25.3	21.4
オルニチン デカルボキシラーゼ	d	70.8	3.6
KCN培地における発育	-	0	
運動性	d	49.3	
マロン酸	-	0	
酢 酸	d	83.2	5.8
K-P有機酸*			
クエン酸	-	2.3	1.5
d-酒石酸	+	50.3	3.2
粘液酸	+	95.2	2.3
β-ガラクトシダーゼ	+	98.9	
ブドウ糖からのガス産生	+	93.5	
炭水化物(酸)			
ブドウ糖	+	100	
アラビノース	+	99.8	
セロビオース	-	3.2	2.3
乳糖	+	86.3	9.6
麦芽糖	+	92.3	3.3
ラフィノース	d	61.9	
ラムノース	d	83.2	4.7
白糖	d	54.3	2.3
トレハロース	+	100	
キシロース	d	79.8	6.6
アドニット	-	2.3	
ズルシット	d	37.4	21.2
エルトリット	-	0	
マンニット	+	98.2	
ソルビット	+	95.9	0.3
グリセリン	+	90.3	5.6
サリシン	d	40.3	9.8
イノシット	-	0	> 0.1
アルギン酸	-	0	
リパーゼ (とうもろこし油)	-	0	
エスクリン	d	25.8	20.3

*Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表1-b 硫化水素産生性 *Escherichia coli* の生化学的性状

テ ス ト (基質)	H ₂ S 陽 性 菌 株				H ₂ S 陰 性 菌 株	
	Darland & Davis (200株)		Maker & Washington (17株)		Ewing, Davis & Martin	
	%+		%+		%+	
インドール	+	95.0	+	100	+	95.3
メチルレッド	+	99.5	+	100	+	99.9
Voges-Proskauer	—	0	—	0	—	0
クエン酸 (Simmons)	—	3.7	—	0	—	0.5
硝酸塩還元	+	100	+	100	+	99.8
硫化水素 (TSI)	+	100	+	100	—	0
ウレアーゼ (Christensen)	—	0.9	—	0	—	0
ゼラチナーゼ	—	0	—	0	—	0
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	2.7	—	0	—	0
リシン デカルボキシラーゼ	+	95.9	+	94.0	d	82.1
アルギニン ジヒドロラーゼ	d	40.9	d	35.0	d	55.4
オルニチン デカルボキシラーゼ	d	75.0	d	74.0	d	65.2
KCN培地における発育	—	2.3	—	0	—	2.6
運動性	d	68.8	d	82.0	d	62.1
マロン酸	—	5.9	—	0	—	0
酢 酸	•		d	88.0	+	93.5
K-P 有機酸						
クエン酸	•		•		•	
d-酒石酸	•		•		•	
粘液酸	d	86.4	•		+	91.6
β-ガラクトシダーゼ	+	100	•		•	
ブドウ糖からのガス産生	+	95.9	+	100	+	92.0
炭水化物 (酸)						
ブドウ糖	+	100	+	100	+	100
アラビノース	+	98.1	+	100	+	99.8
セロビオース	d	11.1			—	9.8
乳糖	+	90.0	d	76.0	+	95.8
麦芽糖	+	96.8	+	100	+	93.0
ラフィノース	d	42.9	d	35.0	d	51.5
ラムノース	+	90.7	d	88.0	d	86.9
白糖	d	39.7	d	29.0	d	59.2
トレハロース	+	97.4	+	100	+	100
キシロース	+	95.7	+	100	d	89.4
アドニット	—	7.4	—	0	—	5.6
ズルシット	d	70.6	d	82.0	d	67.3
エリトリット	—	0	•		—	0
マンニット	+	99.5	+	100	+	97.5
ソルビット	+	96.8	+	94.0	d	81.4
グリセリン	+	90.2	•		+	97.3
サリシン	d	78.7	d	59.0	d	88.3
イノシット	—	1.4	—	0	—	1.1
アルギン酸	—	0	•		—	0
リパーゼ (とうもろこし油)	—	0	•		—	0
エスクリン	•		d	59.0	d	40.6

表2-a Citrobacter freundii の生化学的性状 (720 株の成績)

テスト (基質)	性状	%+	%(+)	テスト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	4.3		ブドウ糖からのガス発生	+	93.3	
メチルレッド	+	100		炭水化物 (酸)			
Voges-Proskauer	—	0		ブドウ糖	+	100	
クエン酸 (Simmons)	+	91.6	5.0	アラビノース	+	100	
硝酸塩還元	+	100		セロビオース	+	46.3	44.3
硫化水素 TSI	+	82.2		乳糖	d	43.2	20.5
PI*	+	88.8		麦芽糖	+	100.0	
ウレアーゼ (Christensen)	d	73.6	3.1	ラフィノース	—	17.9	1.1
ゼラチナーゼ	—	0		ラムノース	+	98.8	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		白糖	d	13.6	9.0
リシン デカルボキシラーゼ	—	0		トレハロース	+	100	
アルギニン ジヒドロラーゼ	d	39.0		キシロース	+	100	
オルニチン デカルボキシラーゼ	d	13.0		アドニット	—	0	
KCN 培地 における発育	+	94.1		ズルシット	d	39.1	1.6
運動性	+	98.0		エリスリット	—	0	
マロン酸	—	15.9		マンニット	+	100	
酢酸	+	85.0	12.3	ソルビット	+	99.1	0.5
K-P 有機酸**				グリセリン	+	94.5	3.1
クエン酸	+	48.0	49.0	サリシン	—	2.3	12.5
d-酒石酸	(+)	0	93.2	イノシット	—	3.0	0.2
粘液酸	+	95.9		アルギン酸	—	0	
β-ガラクトシダーゼ	+	97.7		リパーゼ (とうもろこし油)	—	0	
				エスクリン	—	0.4	1.6

* Peptone-Iron agar (Difco)

** Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表 2 - b *Citrobacter freundii* の硫化水素産生株および
非産生株間の生化学的性状の相違

テ ス ト (落 質)	H ₂ S + (592)		H ₂ S - (128)	
	%+	%(+)	%+	%(+)
インドール	-	5.0	-	0.7
メチルレッド	+	100	+	100
Voges-Proskauer	-	0	-	0
クエン酸 (Simmons)	+	94.9	+	75.7
硝化塩還元	+	100	+	100
硫化水素 T S I	+	100	-	0
P I *	+	100	d	61.7
ウレアーゼ (Christensen)	d	72.9	d	76.5
ゼラチナーゼ	-	0	-	0
フェニルアラニン デアミナーゼ	-	0	-	0
リシン デカルボキシラーゼ	-	0	-	0
アルギニン ジヒドロラーゼ	d	36.6	d	50.0
オルニチン デカルボキシラーゼ	-	13.8	-	9.3
KCN培地における発育	+	93.2	+	97.6
運動性	+	98.3	+	96.8
マロン酸	-	16.3	-	14.0
酢 酸	+	82.9	+	94.5
K-P 有機酸**				
クエン酸	+	48.4	+	46.0
d-酒石酸	(+)	0	(+)	0
粘液酸	+	96.2	+	94.5
β-ガラクトシダーゼ	+	97.9	+	96.8
ブドウ糖からのガス産生	+	93.5	+	92.1
炭水化物 (酸)				
ブドウ糖	+	100	+	100
アラビノース	+	100	+	100
セロビオース	+	37.1	+	89.0
乳糖	d	37.5	d	69.5
麦芽糖	+	100	+	100
ラフィノース	-	10.2	d	46.8
ラムノース	+	100	+	93.7
白糖	-	6.4	d	46.8
トレハロース	+	100	+	100
キシロース	+	100	+	100
アドニット	-	0	-	0
ズルシット	d	39.3	d	38.2
エリスリット	-	0	-	0
マンニット	+	100	+	100
ソルビット	+	99.3	+	95.4
グリセリン	+	94.9	+	92.9
サリシン	-	0.5	d	10.9
イノシット	-	0.3	-	2.3
アルギン酸	-	0	-	0
リパーゼ (とうもろこし油)	-	0	-	0
エスクリン	-	0.3	-	0.7

*Peptone-Iron Agar (Difco)

**Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表3 Enterobacter agglomerans の生化学的性状
(Ewing & Fife, 1972)

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	d	18.7		炭水化物(酸)			
メチルレッド	d	44.8		ブドウ糖	+	100	
Voges-Proskauer	d	67.9		アラビノース	+	97.9	0.4
クエン酸(Simmons)	d	66.6		セロビオース	d	56.2	15.4
硝酸塩還元	d	85.9		乳糖	d	40.5	11.0
硫化水素(TSI)	—	0		麦芽糖	+	88.9	4.0
ウレアーゼ (Christensen)	d	27.8	8.4	ラフィノース	d	24.8	3.0
ゼラチナーゼ	d	3	80.1	ラムノース	+	86.1	4.3
フェニルアラニン デアミナーゼ	d	27.9		白糖	d	77.1	1.5
リシン	—	0		トレハロース	+	100	
デカルボキシラーゼ	—	0		キシロース	+	92.6	3.0
アルギニン	—	0		アドニット	—	6.7	0.2
ジヒドロラーゼ	—	0		ズルシット	d	12.2	0.6
オルニチン	—	0		エリスリット	—	0	
デカルボキシラーゼ	—	0		マンニット	+	100	
KCN 培地	d	34.2		ソルビット	d	23.9	0.4
における発育				グリセリン	d	18.7	25.5
運動性	d	89.4		サリシン	d	63.6	18.8
マロン酸	d	62.0		イノシット	d	14.2	4.8
酢酸	d	32.4	21.0	アルギン酸	—	0	
K-P 有機酸*				リパーゼ	—	0	
クエン酸	d	9.0	5.2	(とうもろこし油)	—	0	
d-酒石酸	—	1.0	3.3	エスクリン	d	62.0	22.0
粘液酸	d	44.2		ペクチン	—	0	
ブドウ糖からの ガス産生	d	21.1		黄色色素	d	71.6	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表4 Enterobacter cloacae 600 株の生化学的性状

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	1.3		β-ガラクトシダーゼ	+	99.6	
メチルレッド	—	2.5		ブドウ糖からの ガス産生	+	100	
Voges-Proskauer	+	99.3		炭水化物(酸)			
クエン酸 (Simmons)	+	98.0	2.0	ブドウ糖	+	100	
クエン酸 (Christensen)	+	100		アラビノース	+	97.0	
硝酸塩還元	+	100		セロビオース	+	100	
硫化水素(TSI)	—	0		乳糖	+	5.8	90.5
ウレアーゼ (Rustigian)	—	0		麦芽糖	+	97.5	1.6
ウレアーゼ (Christensen)	d	22.5		ラフィノース	+	97.5	
ゼラチナーゼ	(+)	0.5	90.5	ラムノース	+	85.8	4.0
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		白糖	+	93.8	2.5
リシン	—	0		トレハロース	+	100	
デカルボキシラーゼ	—	0		キシロース	+	95.5	0.8
アルギニン ジヒドロラーゼ	+	98.1		アドニット	d	32.5	0.8
オルニチン デカルボキシラーゼ	+	98.5		ズルシット	d	5.3	0.3
KCN 培地 における発育	+	99.3		エリスリット	—	0	
運動性	+	98.0		マンニット	+	100	
マロン酸	d	82.0		ソルビット	+	100	
酢酸	+	99.0		グリセリン	d	41.0	40.5
K-P 有機酸*				サリシン	d	22.3	75.8
クエン酸	d	83.0		イノシット	d	33.0	0.5
d-酒石酸	d	15.0		アルギン酸	—	0	
粘液酸	d	81.1		リパーゼ (とうもろこし油)	—	0.5	0.8
				エスクリン	—	9.8	
				DNase	—	0	0
				黄色色素	—	0	0

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表5 Enterobacter sakazakii 32株の生化学的性状
(Brenner et al., 1977による)

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	d	16	58	ブドウ糖からの ガス発生	+	97	84
メチルレッド	d	22		炭水化物(酸)			
Voges-Proskauer	+	97		ブドウ糖	+	100	
クエン酸 (Simmons)	+	100		アラビノース	+	100	
クエン酸 (Christensen)	+	100		セロビオース	+	100	
硝酸塩還元	+	100		乳糖	+	100	
硫化水素(TSI)	-	0		麦芽糖	+	100	
ウレアーゼ (Christensen)	-	0		ラフィノース	+	100	
ゼラチナーゼ	(d)	0		ラムノース	+	100	
フェニルアラニン デアミナーゼ	-**	0		白糖	+	100	
リシン	-	0		トレハロース	+	100	
デカルボキシラーゼ	-	0		キシロース	+	100	
アルギニン ジヒドロラーゼ	+	100		アドニット	-	0	
オルニチン デカルボキシラーゼ	+	97		ズルシット	-	6	
KCN 培地 における発育	+	94		エリスリット	-	0	
運動性	+	94		マンニット	+	100	
マロン酸	d	16		ソルビット	-	0	
酢酸	+	94		グリセリン	+	94	
K-P 有機酸*				サリシン	+	100	
クエン酸	+	100		イノシット	+	72	
d-酒石酸	-	0		アルギン酸	-	0	
粘液酸	-	0		リパーゼ (とうもろこし油)	-	0	
β -ガラクトシダーゼ	+	100		エスクリン	+	100	
				DNase	(+)	16	
				黄色色素 (25°C)	+	100	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

** 微弱陽性

表6 *Hafnia alvei* 840 株の生化学的性状

テ ス ト (基 質)	性 状	%+	%(+)	テ ス ト (基 質)	性 状	%+	%(+)
インドール	—	0		d-酒 石 酸	—	0	
メチルレッド(22°C)	—	0.6		粘 液 酸	—	0	
メチルレッド(37°C)	d	38.6		β-ガラクトシダーゼ	d	73.2	
Voges-Proskauer (22°C)	+	98.0		ブドウ糖からの ガス産生	+	100	
Voges-Proskauer (37°C)	d	59.0		炭 水 化 物 (酸)			
クエン酸 (Simmons), (37°C)	d	0	62.5	ブドウ糖	+	100	
クエン酸 (Christensen)	d	2.8	68.4	アラビノース	+	99.0	
硝酸塩還元	+	100		セロビオース	d	58.2	21.2
硫化水素(TSI)	—	0		乳 糖	—	0	8.0
ウレアーゼ (Christensen)	—	2.0		麦 芽 糖	+	100	
セラチナーゼ	—	0		ラフィノース	—	0	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		ラムノース	+	82.0	17.2
リシン				白 糖	d	8.4	68.0
デカルボキシラーゼ	+	100		トレハロース	+	100	
アルギニン ジヒドロラーゼ	—	0		キシロース	+	98.4	
オルニチン デカルボキシラーゼ	+	100		アドニット	—	0	
KCN 培地 における発育	+	98.2		ズルシット	—	0	
運 動 性	+	95.4		エリスリット	—	2.0	
マ ロ ン 酸	d	83.4		マンニット	+	100	
酢 酸	d	62.0		ソルビット	—	0	
K-P 有機酸*				グリセリン	+	100	
クエン酸	+	99.4		サ リ シ ン	d	15.8	4.2
				イノシット	—	0	
				アルギン酸	—	0	
				リパーゼ (とうもろこし油)	—	0	
				エスクリン	—	4.8	1.2

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表7 *Klebsiella oxytoca* 200株の生化学的性状

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	+	100	92.5	ブドウ糖からの ガス産生	+	100	2.0
メチルレッド	-	2.0		炭水化物(酸)			
Voges-Proskauer	+	100		ブドウ糖	+	100	
クエン酸(Simmons)	+	100		アラビノース	+	100	
クエン酸 (Christensen)	+	100		セロビオース	+	100	
硝酸塩還元	+	100		乳糖	+	100	
硫化水素(TSI)	-	0		麦芽糖	+	100	
ウレアーゼ (Christensen)	+	96.0		ラフィノース	+	99.5	
ゼラチナーゼ	(+)	1		ラムノース	+	98.0	
フェニルアラニン デアミナーゼ	-	0		白糖	+	100	
リシン	+	100		トレハロース	+	100	
デカルボキシラーゼ	+	100		キシロース	+	100	2.0
アルギニン ジヒドロラーゼ	-	0		アドニット	+	95.5	
オルニチン デカルボキシラーゼ	-	0		ズルシット	-	3.0	
KCN 培地 における発育	+	100		エリスリット	-	0	
運動性	-	0		マンニット	+	100	0.5
マロン酸	+	98.0		ソルビット	+	100	
酢酸	+	100		グリセリン	+	100	
K-P 有機酸*				サリシン	+	100	
クエン酸	+	96.0		イノシット	+	97.5	
d-酒石酸	+	96.0		アルギン酸	d	11.0	
粘液酸	+	98.0		リパーゼ (とうもろこし油)	-	0	
β -ガラクトシダーゼ	+	100		エスクリン	+	100	
				ペクチン	+	99.5	
				メラニン色素	+	95.0	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表8 *Klebsiella ozaenae* の生化学的性状 (Fife, Ewing & Davis, 1965)

テスト (基質)	性状	%+	%(+)	テスト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	0		炭水化物 (酸)			
メチルレッド	+	99.1		ブドウ糖	+	100	
Voges-Proskauer (37°C)	—	0		アラビノース	+	100	
クエン酸 (Simmons)	d	31.9	31.0	セロビオース	+	98.0	
硫化水素 (TSI)	—	0		乳糖	d	24.1	70.7
ウレアーゼ	d	9.5	10.3	麦芽糖	+	100	
ゼラチナーゼ	—	0		ラフィノース	+	90.0	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		ラムノース	d	60.0	8.0
リシン	d	48.0		白糖	d	16.3	17.3
デカルボキシラーゼ	d	48.0		トレハロース	+	100	
アルギニン	—	6.0		キシロース	+	92.0	
ジヒドロラーゼ	—	4.0		アドニット	+	98.3	1.7
オルニチン	—	4.0		ズルシット	—	0	
デカルボキシラーゼ	—	4.0		エリスリット	—	0	
KCN 培地 における発育	d	88.0		マンニット	+	100	
運動性	—	0		ソルビット	d	78.0	10.0
マロン酸	—	4.0		グリセリン	d	68.2	21.5
酢酸	d	41.0		サリシン	+	97.4	2.6
K-P 有機酸*				イノシット	d	58.6	21.6
クエン酸	d	18.0		アルギン酸	d	0	37.5
d-酒石酸	d	36.0		リパーゼ (とうもろこし油)	—	0	
粘液酸	d	24.0		エスクリン	d	75.0	
β -ガラクトシダーゼ	+	100		ペクチン	—	0	
ブドウ糖からの ガス産生	d	64.0	2.0	メラニン色素	—	0	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表9 *Klebsiella pneumoniae* 3,620株の生化学的性状

テスト (基質)	性状	%+	%(+)	テスト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	1.0		β -ガラクトシダーゼ	+	99.9	
メチルレッド	d	11.2		ブドウ糖	+	95.1	
Voges-Proskauer	+	95.3		からのガス産生			
クエン酸 (Simmons)	+	98.7		炭水化物(酸)			
クエン酸 (Christensen)	+	99.2		ブドウ糖	+	100	
硝酸塩還元	+	100		アラビノース	+	100	
硫化水素 (TSI)	—	0		セロビオース	+	100	
ウレアーゼ (Rustigian)	—	0		乳糖	+	97.0	0.2
ウレアーゼ (Christensen)	+	96.1		麦芽糖	+	100	
ゼラチナーゼ	—	0		ラフィノース	+	99.5	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0.2		ラムノース	+	99.5	0.2
リシン	+	98.5		白糖	+	99.2	>0.1
デカルボキシラーゼ	+	98.5		トレハロース	+	100	
アルギニン ジヒドロラーゼ	—	0.2		キシロース	+	100	
オルニチン デカルボキシラーゼ	—	0		アドニット	+	91.2	
KCN 培地 における発育	+	98.8		ズルシット	d	36.4	
運動性	—	0		エリスリット	—	0	
マロン酸	+	91.2		マンニット	+	100	
酢酸	+	99.4		ソルビット	+	95.0	
K-P 有機酸*				グリセリン	+	98.2	1.0
クエン酸	d	74.2		サリシン	+	99.8	
d-酒石酸	d	72.2		イノシット	+	96.8	
粘液酸	+	91.2		アルギン酸	d	82.4	
				リパーゼ (とうもろこし油)	—	0	
				エスクリン	+	99.2	0.8
				ペクチン	—	0	
				メラニン色素	—	0	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表10 *Proteus vulgaris* の生化学的性状 (348株についての成績)

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	+	93.8	22.2	β -ガラクトシダーゼ	—	0	48.8
メチルレッド(37°C)	+	98.4		ブドウ糖からの ガス産生	d	83.4	
Voges-Proskauer (22°C)	—	0.4		炭水化物(酸)			
Voges-Proskauer (37°C)	—	8.8		ブドウ糖	+	100	
クエン酸 (Simmons)	d	15.2		アラビノース	—	0	
クエン酸 (Christensen)	d	34.0		セロビオース	(d)	0	
硝酸塩還元	+	100		乳糖	—	0	
硫化水素(TSI)	+	91.6		麦芽糖	+	94.6	
ウレアーゼ (Rustigian)	+	96.4		ラフィノース	—	0	
ゼラチナーゼ	+	93.4		ラムノース	—	10.2	
フェニルアラニン デアミナーゼ	+	99.2	52.8	白糖	d	88.6	2.4
リシン	—	0		トレハロース	d	42.6	
デカルボキシラーゼ	—	0		キシロース	+	91.4	
アルギニン ジヒドロラーゼ	—	0		アドニット	—	0	
オルニチン デカルボキシラーゼ	—	0		ズルシット	—	0	
KCN培地 における発育	+	100		エリスリット	—	1.8	
運動性	+	96.4		マンニット	—	0	
マロン酸	—	0		ソルビット	—	0	
酢酸	d	32.0		グリセリン	+	68.2	
K-P有機酸*				サリシン	d	44.8	
クエン酸	—	8.2		アミグダリン	+	90.2	13.0
d-酒石酸	—	6.4		イノシット	—	0	
粘液酸	—	0		アルギン酸	—	0	
				リパーゼ (とうもろこし油)	d	78.4	
				DNase	d	68.8	4.2
				エスクリン	d	45.8	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表11 *Serratia liquefaciens* (proteamaculans) 150株の生化学的性状

テスト (基質)	反応	%+	%(+)	テスト (基質)	反応	%+	%(+)
インドール	—	0		β -キシロシダーゼ	—	0	
メチルレッド(37°C)	d	25		ブドウ糖からの ガス産生	d	83	
Voges-Proskauer (37°C)	d	42		炭水化物 (酸)			
Voges-Proskauer (22°C)	+	95		ブドウ糖	+	100	
クエン酸 (Simmons)	+	92	4	アラビノース	+	99	
クエン酸 (Christensen)	+	99		セロビオース	d	32	31
硝酸塩還元	+	100		乳糖	d	8	28
硫化水素 (TSI)	—	0		麦芽糖	+	98	2
ウレアーゼ (Rustigian)	—	0		ラフィノース	+	94	3
ウレアーゼ (Christensen)	—	0		ラムノース	—	5	4
ゼラチナーゼ	+	99		白糖	+	99	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		トレハロース	+	100	
リシン デカルボキ シラーゼ(22°C)	+	94		キシロース	+	100	
アルギニン ジヒド ロラーゼ(22°C)	—	0		アドニット	d	9	8
オルニチン デカル ボキシラーゼ(22°C)	+	100		アラビット	—	1	
KCN 培地 における発育	+	95		ズルシット	—	0	
運動性	+	98		エリスリット	—	0	
マロン酸	—	0.5		マンニット	+	100	
酢酸	d	45	21	ソルビット	+	98	
K-P 有機酸*				グリセリン	+	94	6
クエン酸	d	20	52	サリシン	+	98	
d-酒石酸	—	0		イノシット	+	72	14
粘液酸	—	1		アルギン酸	—	0	
β -ガラクトシダーゼ	+	98		リパーゼ (とうもろこし油)	+	93	
				エスクリン	+	98	1
				DNase	+	91	
				5°Cにおける発育	+	96	
				40°Cにおける発育	—	4	
				8.5% NaCl 中に おける発育	d	50	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表12 *Serratia marcescens*の生化学的性状
(Sakazaki & Tamura, 未発表)

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	>0.1	18.3	炭水化物(酸)			
メチルレッド	—	>0.1		ブドウ糖	+	100	
Voges-Proskauer (37°C)	+	100		アラビノース	—	9.2	
クエン酸 (Simmons)	+	98.5		セロビオース	d	17.9	
硫化水素(TSI)	—	0		乳糖	—	0.1	
ウレアーゼ (Christensen)	d	12.7		麦芽糖	+	98.5	
ゼラチナーゼ	+	100		ラフィノース	—	0.9	1.7
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		ラムノース	—	0	
リシン				白糖	+	99.6	
デカルボキシラーゼ	+	99.2		トレハロース	+	100	
アルギニン ジヒドロラーゼ	—	0		キシロース	d	17.9	
オルニチン				アドニット	d	58.1	11.0
デカルボキシラーゼ	+	99.1		アラビット	—	2.0	
KCN 培地 における発育	+	99.5		ズルシット	—	0	
運動性	+	99.6		エリスリット	d	0.1	7.0
マロン酸	—	2.0		マンニット	+	100	
酢酸	+	86.8		ソルビット	+	98.5	
K-P 有機酸*				グリセリン	+	95.1	1.1
クエン酸	+	99.2		サリシン	+	95.2	1.2
d-酒石酸	d	53.0		イノシット	d	79.0	7.0
粘液酸	—	0		DNase	+	98.0	
β-ガラクトシダーゼ	+	97.1		アルギン酸	—	0	
β-キシロシダーゼ	—	0		リパーゼ (とうもろこし油)	+	99.0	
ブドウ糖からの ガス産生	d	74.3		エスクリン	+	92.0	
				5°Cにおける発育	—	3.0	
				40°Cにおける発育	+	95.0	
				8.5% NaCl 中に おける発育	d	53.0	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表13 *Serratia marinorubra* の生化学的性状
(Grimont et al., 1977による)

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	0		炭水化物(酸)			
メチルレッド	d	12		ブドウ糖	+	100	
Voges-Proskauer	+	100		アラビノース	+	100	
クエン酸 (Simmons)	+	100		セロビオース	+	100	
クエン酸 (Christensen)	+	100		乳糖	+	100	
硝酸塩還元	+	100		麦芽糖	+	100	
硫化水素(TSI)	—	0		ラフィノース	+	100	
ウレアーゼ (Christensen)	—	0		ラムノース	—	0	
ゼラチナーゼ	+	100		白糖	+	100	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		トレハロース	+	100	
リシン デカルボキシラーゼ	d	73	8	キシロース	+	100	
アルギニン ジヒドロラーゼ	—	0		アドニット	+	95	
オルニチン デカルボキシラーゼ	—	0		アラビット	+	100	
KCN 培地 における発育	—	4		ズルシット	—	0	
運動性	+	91		エリスリット	+	95	
マロン酸	d	82	4	マンニット	+	100	
酢酸	d	86		ソルビット	—	0	
K-P 有機酸*				グリセリン	+	100	
クエン酸	(d)	4	70	サリシン	+	95	
d-酒石酸	(d)	0	73	イノシット	+	100	
粘液酸	+	91		アルギン酸	—	0	
β -ガラクトシダーゼ	+	100		リパーゼ (とうもろこし油)	+	98	
β -キシロシダーゼ	+	100		エスクリン	+	92	
ブドウ糖からの ガス産生	—	0		DNase	+	100	
				5℃における発育	—	0	
				40℃における発育	d	86	
				8.5% NaCl 中に おける発育	+	100	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

表14 *Serratia plymuthica* の生化学的性状
(Grimont et al., 1977による)

テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)	テ ス ト (基質)	性状	%+	%(+)
インドール	—	0		炭水化物(酸)			
メチルレッド	d	50		ブドウ糖	+	100	
Voges-Proskauer	+	95		アラビノース	+	100	
クエン酸 (Simmons)	+	100		セロビオース	+	100	
クエン酸 (Christensen)	+	100		乳糖	(+)	5	95
硝酸塩還元	+	100		麦芽糖	+	100	
硫化水素(TSI)	—	0		ラフィノース	+	95	
ウレアーゼ (Christensen)	—	0		ラムノース	—	5	
ゼラチナーゼ	+	90		白糖	+	100	
フェニルアラニン デアミナーゼ	—	0		トレハロース	+	100	
リシン	—	0		キシロース	+	100	
デカルボキシラーゼ	—	0		アドニット	—	0	
アルギニン ジヒドロラーゼ	—	0		アラビット	—	0	
オルニチン デカルボキシラーゼ	—	0		ズルシット	—	0	
KCN 培地 における発育	d	55		エリスリット	—	0	
運動性	+	95		マンニット	+	100	
マロン酸	—	0		ソルビット	d	50	
酢酸	d	70		グリセリン	d	80	
K-P 有機酸*				サリシン	+	100	
クエン酸	(d)	2	32	イノシット	+	100	
d-酒石酸	—	0		アルギン酸	—	0	
粘液酸	(d)	15	37	リパーゼ (とうもろこし油)	d	45	
β -ガラクトシダーゼ	+	100		エスクリン	d	75	
β -キシロシダーゼ	d	60		DNase	+	100	
ブドウ糖からの ガス産生	d	80		5℃における発育	+	90	
				40℃における発育	—	0	
				8.5% NaCl 中に おける発育	—	0	

* Kauffmann-Petersen 有機酸培地

付録II 微量法文献要旨

微量法の比較について記す

II-1 伊藤の文献

(モダンメディア, Vol.28, No11, P32 同定の簡易化の現状と問題点より)

表-4 簡易同定キットによる菌種同定の一致率

菌 種	供試 菌株 数	API 20E	Minitex II	Micro ID	Enterotube II	IDテスト・EB20	バイオテスタスト・1号	バイカルチューブ No.1
<i>E. coli</i>	4	4	4	4	4	4	4	3(1)
<i>E. coli</i> (Motile-)	2	0(2)	0(2)	1(1)	1(1)	0(2)	1(1)	1(1)
<i>E. coli</i> (H ₂ S+)	1	1	1	1	(1)	1	1	0
<i>Shigella spp</i>	3	2	2(1)	3	1(2)	3	3	3
<i>S. typhi</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. paratyphi A</i>	1	1	1	1	(1)	1	1	1
<i>Salmonella, subgenus I</i>	3	1	3	3	3	3	3	2
<i>Salmonella, subgenus II</i>	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Salmonella, subgenus III</i>	1	1	1	1	(1)	1	1	1
<i>E. tarda</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>C. amalonaticus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0*
<i>C. diversus</i>	2	(2)	2	2	2	2	2	2
<i>C. freundii</i>	3	(1)	1(2)	3	3	2	1(1)	2
<i>K. oxytoca</i>	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>K. ozaenae</i>	1	1	0	1	1	1	1	0
<i>K. pneumoniae</i>	6	4(2)	6	6	5(1)	6	4(1)	6
<i>E. aerogenes</i>	2	(1)	2	2	2	2	2	2
<i>E. agglomerans</i>	3	1(1)	1	2	1	2(1)	3	0*
<i>E. cloacae</i>	3	2(1)	1	2(1)	2	2(1)	3	(3)
<i>E. gergoviae</i>	1	1	1	0	1	1	1	0*
<i>E. sakazaki</i>	1	1	1	0*	1	1	1	0*
<i>H. alvei</i>	1	(1)	0	1	1	1	1	1
<i>S. liquefaciens</i>	1	1	1	1	1	1	(1)	1
<i>S. marcescens</i>	6	5(1)	5	5	6	5(1)	5	4(1)
<i>P. mirabilis</i>	2	2	2	1	1	2	2	2
<i>M. morganii</i>	1	1	1	0	1	1	1	(1)
<i>P. rettgeri</i>	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>Y. enterocolitica</i>	4	4	4	3	(3)	3(1)	4	2
<i>Y. pseudotuberculosis</i>	2	2	2	2	1	2	2	2
計	61	40(12)	48(6)	51(2)	44(10)	54(5)	53(4)	41(8)
一 致 率 (%)	100	85.2	88.5	86.9	88.5	96.7	93.4	80.3

() : 追加試験によって同定, *コード化されていない

表-5 菌種同定の不一致

キット名	菌種	同定名	備考
API 20E	S. typhimurium S. typhimurium(H ₂ S-) S. sofia S. dysenteriae C. freundii C. freundii E. aerogenes E. agglomerans P. rettgeri	S. paratyphi A NF NF NF E. coli E. coli NF NF NF	Lysine(-) Ornithine(-) Lysine(-) Citrate(-) Citrate(-), Indole(+) Lysine(-) Indole(-), Citrate(-)
Minitek II	K. ozaenae E. cloacae E. cloacae E. agglomerans E. agglomerans S. marcescens H. alvei	K. pneumoniae NF E. aerogenes NF K. pneumoniae S. liquefaciens NF	Inositol(+) Citrate(-) Arginine(-) Arabinose(+) Ornithine(-)
Micro ID	E. agglomerans E. sakazaki E. gergoviae S. marcescens P. mirabilis P. rettgeri M. morganii Y. enterocolitica	Shigella E. cloacae H. alvei H. alvei P. vulgaris K. ozaenae P. mirabilis Shigella	Inositol(-), Arabinose(-), Esculin(-) NC Urease(-) VP(-), Inositol(-), Sorbitol(-) Ornithine(-) IPA(-), Sorbitol(-) Indole(-) Urease(-), Arabinose(-)
Enterotube II	E. cloacae E. agglomerans E. agglomerans P. mirabilis P. rettgeri Y. enterocolitica Y. pseudotuberculosis	C. freundii K. pneumoniae Shigella NF NF E. agglomerans Shigella	Citrate(-) Urease(-) Lactose(-) VP(-), Dulcitol(+) Dulcitol(+) Urease(-), Gas(+) Urease(-)
IDテスト・EB20	C. freundii P. rettgeri	E. agglomerans NF	Urease(-) Malonate(+)
バイオテスト1号	C. freundii K. pneumoniae S. marcescens P. rettgeri	E. agglomerans NF S. liquefaciens NF	Urease(-) ONPG(-), Citrate(-) Adonitol(-)
バイルチューブ No 1	E. coli, (H ₂ S+) S. typhimurium C. amalonaticus K. ozaenae E. agglomerans E. agglomerans E. agglomerans E. sakazaki E. gergoviae Y. enterocolitica Y. enterocolitica	E. tarda K. ozaenae C. diversus K. pneumoniae NF K. pneumoniae NF C. freundii E. aerogenes S. sonnei S. sonnei	Lysine(-), Ornithine(-) NC VP(+) NC NC NC VP(-) NC Urease(-) Urease(-)

NF: コード番号なし, NC: コード化されていない。

表6 簡易同定キットによるコード化されていない菌種の同定

供 試 菌 種	API 20E	Minitex II	Micro ID	Enterotube II	IDテスト・EB20	バイオテスト・ 1号	パイルチューブ No. 1
<i>E. hoshinae</i>	NF	NF	×	×	○	○	×
<i>Y. frederiksenii</i>	○	○	×*	×*	○	○	×*
<i>S. ficaria</i>	NF	NF	×	×	○	○	NF
<i>S. fonticola</i>	NF	NF	×	×	○	NF	×
<i>S. odorifera</i>	○	○	×	×	○	○	×
<i>S. plymuthica</i>	NF	○	NF	×	○	NF	×
<i>K. ascorbata</i>	○	NF	NF	×	NF	○	×
<i>K. creocrescens</i>	×	×	×	×	NF	○	×
<i>R. aquatilis</i>	NF	NF	×	×	×	×	×
<i>C. davisae</i>	NF	NF	×	×	×	○	×
<i>C. lapagei</i>	NF	NF	×	×	NF	○	×
<i>T. ptyseos</i>	NF	×	×	×	×	○	NF

□: コード化されている, ○: 同一菌種に同定, ×他菌種に同定

NF: コード番号なし, *: *Y. enterocolitica*

表9 各簡易同定キット間の同定率の比較

キ ャ ッ ト 名	伊 藤	吉 崎 ⁸⁾ ら	浜 本 ⁹⁾ ら	Kelly, et al. ¹⁰⁾
API 20E	85.2	95.4	94.0	92.0
Minitex II	88.5	90.9	NT	NT
Micro ID	86.9	90.0	97.4	94.0
Enterotube II	88.5	93.6	98.0	84.0
IDテスト・EB20	96.7	97.2	NT	NT
バイオテスト 1号	93.4	NT	NT	NT
パイルチューブNo. 1	80.3	NT	NT	NT

供試菌株数: 伊藤61株, 吉崎ら 110 株, 浜本ら 151 株, Kelly et al 195株,
NT: 検討せず

表3 腸内細菌同定用簡易キット

製 品 名	製 造 元	試験項目数	接種菌液の調製	反応時間	プロフィールに組み込まれている 腸内細菌種、亜種ないし生物型数	費用
API 20E	API	23	滅菌生理食塩液	18—24時間	61 *	720 円
Minitek II	Becton & Dickinson	21	特殊な菌調製液 (1コロニー)	18—24時間	44	700 円
Micro ID	General & Diagnostic	15	滅菌生理食塩液 (McF, Na 0.5)	4 時間	41	750 円
Enterotube II	Roche	15	必 要 な し	24 時間	33	640 円
IDテスト-EB20	日水製薬	20	特殊な菌調製液 ($10^8/\text{ml}$)	18—20時間	61 **	630 円
バイオテスト・ 1号	栄研化学	21	滅菌生理食塩液 ($1.0\sim 3.0\times 10^8/\text{ml}$)	18—24時間	51 ***	660 円
パイルチューブ・No.1	栄研化学	11	必 要 な し	18—24時間	28 ****	1,000 円

* 腸内細菌以外のグラム陰性かん菌40菌種あるいは亜種も同じキットで同定できる

** Vibrio 属や Pasteurella など19菌種も同定できる

*** Vibrio 属など5菌種も同定できる。

II-2 坂崎の文献

(メディアサークル, Vol. 24, No 6, P26, IDテスト・EB-20「ニッスイ」の評価より)

表3 同定成績の要約

	検 査 機 関				
	A	B	C	D	E
同定できた菌株数	100	100	100	100	80
正しく同定され菌株数	100	100	100	99	77
誤って同定された菌株数	0	0	0	1	3
同定の確率	100 %	100 %	100 %	99 %	96 %
プロフィールがコード表になかった菌株数	0	0	0	0	20

表2 5機関でテストされたIDテスト・EB-20による同定成績の比較

菌株番号	検 査 機 関			菌株番号	検 査 機 関		
	A, B, C	D	E		A, B, C	D	E
1 Escherichia coli		左に同じ	左に同じ	51 Enterobacter agglomerans	左に同じ	左に同じ	
2 Escherichia coli		"	"	52 Enterobacter agglomerans	"	"	
3 Escherichia coli		"	"	53 Enterobacter agglomerans	"	"	
4 Escherichia coli		"	"	54 Enterobacter agglomerans	"	"	
5 Salmonella sp., subgenus I		"	"	55 Enterobacter cloacae	"	"	
6 Salmonella sp., subgenus I		"	"	56 Citrobacter amalonaticus	"	コードなし	
7 Salmonella typhi		"	コードなし	57 Citrobacter amalonaticus	"	左に同じ	
8 Salmonella typhi		"	左に同じ	58 Enterobacter cloacae	"	"	
9 Salmonella paratyphi-A		"	"	59 Enterobacter cloacae	"	"	
10 Salmonella paratyphi-A		"	コードなし	60 Enterobacter aerogenes	"	コードなし	
11 Salmonella sp., subgenus II		"	コードなし	61 Hafnia alvei	"	左に同じ	
12 Salmonella sp., subgenus II		"	左に同じ	62 Hafnia alvei	"	"	
13 Salmonella arizonae		"	"	63 Hafnia alvei	"	"	
14 Salmonella arizonae		"	Hafnia alvei	64 Serratia marcescens	"	コードなし	
15 Shigella dysenteriae		"	左に同じ	65 Serratia marcescens	"	コードなし	
16 Shigella dysenteriae		"	"	66 Serratia marcescens	"	コードなし	
17 Shigella sp.		"	"	67 Serratia marinorubra	"	コードなし	
18 Shigella sp.		"	"	68 Serratia marinorubra	"	左に同じ	
19 Shigella sp.		"	"	69 Serratia marinorubra	"	コードなし	
20 Shigella sp.		"	Enterobacter agglomerans	70 Serratia marinorubra	"	コードなし	
21 Shigella sp.		"	コードなし	71 Serratia marinorubra	Enterobacter agglomerans	Serratia marinorubra	
22 Shigella sonnei		"	左に同じ	72 Serratia marinorubra	左に同じ	コードなし	
23 Shigella sonnei		"	"	73 Enterobacter agglomerans	"	左に同じ	
24 Shigella sp.		"	"	74 Serratia liquefaciens	"	"	
25 Escherichia coli		"	"	75 Serratia liquefaciens	"	コードなし	
26 Citrobacter freundii		"	"	76 Serratia liquefaciens	"	左に同じ	
27 Citrobacter freundii		"	"	77 Serratia liquefaciens	"	"	
28 Citrobacter freundii		"	"	78 Proteus mirabilis	"	"	
29 Citrobacter freundii		"	"	79 Proteus vulgaris	"	"	
30 Citrobacter amalonaticus		"	"	80 Proteus vulgaris	"	"	
31 Citrobacter diversus		"	"	81 Proteus mirabilis	"	"	
32 Citrobacter diversus		"	"	82 Proteus mirabilis	"	"	
33 Citrobacter diversus		"	"	83 Morganella morganii	"	"	
34 Citrobacter amalonaticus		"	"	84 Morganella morganii	"	"	
35 Edwardsiella tarda		"	コードなし	85 Morganella morganii	"	"	
36 Edwardsiella tarda		"	左に同じ	86 Providencia rettgeri	"	"	
37 Edwardsiella tarda		"	"	87 Providencia rettgeri	"	"	
38 Klebsiella oxytoca		"	コードなし	88 Providencia rettgeri	"	"	
39 Klebsiella pneumoniae		"	左に同じ	89 Proteus vulgaris	"	"	
40 Klebsiella pneumoniae		"	"	90 Providencia alcalifaciens	"	"	
41 Klebsiella pneumoniae		"	コードなし	91 Providencia alcalifaciens	"	"	
42 Klebsiella ozaenae		"	左に同じ	92 Yersinia enterocolitica	"	"	
43 Klebsiella ozaenae		"	"	93 Yersinia enterocolitica	"	"	
44 Klebsiella pneumoniae		"	"	94 Yersinia enterocolitica	"	コードなし	
45 Klebsiella rhinoscleromatis		"	コードなし	95 Yersinia enterocolitica	"	左に同じ	
46 Klebsiella rhinoscleromatis		"	Enterobacter agglomerans	96 Yersinia sp.	"	"	
47 Klebsiella oxytoca		"	左に同じ	97 Yersinia sp.	"	コードなし	
48 Klebsiella ozaenae		"	"	98 Yersinia sp.	"	左に同じ	
49 Enterobacter cloacae		"	"	99 Yersinia sp.	"	"	
50 Enterobacter agglomerans		"	"	100 Yersinia sp.	"	"	

付録Ⅲ　SSB培地を用いた研究

(弓倉, 下水の細菌学的研究,
土木研究所資料 第1955号の抜粋)

要 約

- 1 下水中の腸内細菌の挙動については、その実用的な分析手法がないことからほとんど研究が行われていない状況にある。本研究は、24項目の判定によって腸内細菌を種のレベルで同定する手法を開発し、下水中の腸内細菌の挙動について研究を実施した。
- 2 細菌学的汚染状況をは握するのには大腸菌群数による測定は好ましくなく、SSB培地による測定が好ましい。
- 3 高温期(26℃)、中温期(18℃)及び低温期(13℃)の3回について調査を実施した。
- 4 下水中の大腸菌群は、大部分が非ふん便性であった。
- 5 処理場流入水中の腸内細菌の第1優占種はE. coliで、その占有率は他の菌種よりかなり大きいものとなっている。
- 6 処理水中の腸内細菌ではE. coliとE.agglomeransが高い比率を示している。
- 7 本調査では、11属24種が検出されている。
- 8 高温法(44.5℃)によりふん便汚染をは握する方法は、腸内細菌の汚染をかなり過小評価する。
- 9 下水中の優占属としては、Enterobacter属、Escherichia属、Klebsiella属であった。
- 10 下水処理場での腸内細菌の除去特性は大腸菌で代表される。E.coliより除去されにくいものは、E.agglomerans, A.sobria, E.sakazaki, であり、逆に除去されやすいものは、K.pneumoniae, K.oxytoca, A.hydrophila, P.multocidaであった。

下水中の細菌叢に関する調査

1 概 要

現在まで水質の汚濁は社会生活において三つの段階で問題を生じてきた。この三つを歴史的な順番で並べると①細菌学的汚染②有害物質による汚染及び③有機物による汚染となる。これらは時を経るにしたがってその問題が広域化、長期化するという特色を有している。

現在において、細菌学的汚染が我国において問題となることは少なくなっているが、その脅威が完全になくなったわけではない。たとえば海外旅行者や輸入食品などによってコレラ菌等が我国に流入する危険性は小さいとはいえ常時存在している。

細菌学的汚染に対してその防御施設として下水道は大きな役割をはたすわけであるが、下水道の分野においては細菌学的汚染について、ほとんど研究されていない状況である。この原因としては、細菌の定性定量には高度な技術が必要であることがあげられる。その結果として大まかな大腸菌群数程度による研究しかできなかったわけである。

本調査は、24種の検査結果により下水中の細菌叢を明らかにする手法を開発するとともに、各種細菌の特性を明らかにすることを目的としている。

2 病原性に対する考え方

細菌について病原菌であるかどうかということが、全ての細菌について区別されている現況とはなっていない。この理由として、病気の全ての原因がはっきりと解明されるわけではないためである。このことは、現在有害性が確認されていない細菌でも将来にわたって無害菌であると保証するものではないことを示している。しかし、現在までの知見によって、細菌の病原性について整理する必要がある。

表7は、伝染病予防法による法定伝染病をとりまとめたものである⁷⁾。この中に含まれるコレラ、赤痢等の腸内細菌については、病原性について疑問を持つものはいないと考えられるので、これらは強病原菌と定義する。表8は現在まで病原性について確認されたものを属単位でとりまとめたものである(種について和名のあるものは表示している)。この表の中で強病原菌でないもので病例のみられるものを弱病原菌と定義する。この表によると現在、ほとんどの属について、その病原性が確認されている。

3 調査方法

本文中での腸内細菌は、Bergeyのマニュアルにおけるグラム陰性通性嫌気性桿菌Family

4 下水中の細菌叢に関する調査

4-1 概 要

現在まで水質の汚濁は社会生活において三つの段階で問題を生じてきた。この三つを歴史的な順番で並べると①細菌学的汚染②有害物質による汚染及び③有機物による汚染となる。これらは時を経るにしたがってその問題が広域化、長期化するという特色を有している。

現在において、細菌学的汚染が我国において問題となることは少なくなっているが、その脅威が完全になくなったわけではない。たとえば海外旅行者や輸入食品などによってコレラ菌等が我国に流入する危険性は小さいとはいえ常時存在している。

細菌学的汚染に対してその防御施設として下水道は大きな役割をはたすわけであるが、下水道の分野においては細菌学的汚染について、ほとんど研究されていない状況である。この原因としては、細菌の定性定量には高度な技術が必要であることがあげられる。その結果として大まかな大腸菌群数程度による研究しかできなかったわけである。

本調査は、24種の検査結果により下水中の細菌叢を明らかにする手法を開発するとともに、各種細菌の特性を明らかにすることを目的としている。

4-2 病原性に対する考え方

細菌について病原菌であるかどうかということが、全ての細菌について区別されている現況とはなっていない。この理由として、病気の全ての原因がはっきりと解明されるわけではないためである。このことは、現在有害性が確認されていない細菌でも将来にわたって無害菌であると保証するものではないことを示している。しかし、現在までの知見によって、細菌の病原性について整理する必要がある。

表7は、伝染病予防法による法定伝染病をとりまとめたものである⁷⁾。この中に含まれるコレラ、赤痢等の腸内細菌については、病原性について疑問を持つものはいないと考えられるので、これらは強病原菌と定義する。表8は現在まで病原性について確認されたものを属単位でとりまとめたものである(種について和名のあるものは表示している)。この表の中で強病原菌でないもので病例のみられるものを弱病原菌と定義する。この表によると現在、ほとんどの属について、その病原性が確認されている。

4-3 調査方法

本文中での腸内細菌は、Bergeyのマニュアルにおけるグラム陰性通性嫌気性桿菌Family

の値より、この処理場の最終沈殿池は十分な固液分離が行われていることがわかる。

(d) COD

流入水のCODは $4.8 \sim 7.6 \text{ mg}/\ell$ 、処理水のCODは $9.8 \sim 14.8 \text{ mg}/\ell$ の値を示している。CODを流入水についてみるとBODより低く一般的な下水となっている。⁹⁾

(e) その他

PHは $6.5 \sim 7.5$ と、中性付近の値を示している。流入水の全チッ素は $1.7 \sim 4.4 \text{ mg}/\ell$ であり、この半分程度以上は NH_3 の形態となっている。流入水の全リンは、 $2 \text{ mg}/\ell$ 程度で安定している。

4-2 活性汚泥調査結果

エアレーションタンク出口で採取した混合液の分析結果を表10に示す。

DOは $2 \sim 3 \text{ mg}/\ell$ 程度と、エアレーションタンク出口にしては低い値を示している。MLSSは常時 $1000 \text{ mg}/\ell$ 以下と低い値を示している。SVIは $150 \sim 200$ の値を示しており、好ましい値を示している。また有機特性比 (VSS/MLSS) は $70 \sim 80\%$ 程度となっている。

4-3 原生動物調査結果

表11は活性汚泥中の原生動物の調査結果を示している。汚泥 1 ml 当りの総個体数は、秋期(第2回, 11月8日採水)の試料が最も多く、 1.2×10^4 個 $/\text{ml}$ で、他の試料は 3.4 , 3.8×10^3 個 $/\text{ml}$ である。個体数で見た夏期の試料における出現優占種は, Chilomonas (鞭毛虫類), Poteriodendrons (鞭毛虫類), Aspidisca (繊毛虫類), Arcella (肉質類), Opercularia (繊毛虫類) である。また、秋期においては, Aspidisca (繊毛虫類), Monas (鞭毛虫類), Trochilia (繊毛虫類) が、冬期においては, Cochliopodium (肉質類), Vorticella (繊毛虫類), Monas (鞭毛虫類) が各々優占種となっている。また、後生動物の輪虫類 Lecane は夏期の試料のみにみられた。

生物相の多様性 (Diversity) についてはシンプソンの多様性指数 $D I^{10)}$ を用いた。

$D I$ は次式によった。

$$D I = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

ここで

N : 総数 (個 $/\text{ml}$)

S : 総種類数

n_i : i 種についての個数 (個 $/\text{ml}$)

3試料のD、Iは0.9前後とかなり高い値を示している。生物相の多様性の高さは存在する生物の種類の豊富さを表わし、この場合、活性汚泥生物群集の安定度の高さを意味すると考えてよい。

4-4 大腸菌群数調査結果

表12は大腸菌群数等の調査結果を示している。ふん便性大腸菌群数は44.5℃での培養結果により求めた。

一般細菌数は流入下水で $6.7 \times 10^5 \sim 2.4 \times 10^6$ 個/ml、二次処理水では、 $1.5 \times 10^4 \sim 7.7 \times 10^5$ 個/mlで除去率は68~99%であった。大腸菌群数は流入水中で、 $1.1 \sim 1.9 \times 10^5$ 個/ml、二次処理水中で $1.6 \sim 7.7 \times 10^3$ 個/mlで除去率は94~99%であった。また、ふん便性大腸菌群数は流入下水中で $5.1 \times 10^3 \sim 7.3 \times 10^4$ 個/ml、二次処理水中で $3.7 \sim 7.5 \times 10^2$ 個/mlで除去率は93~99%であった。すなわち、細菌類の除去率は大部分について90%以上の高い値を示している。

表13は大腸菌群に占めるふん便性菌群の割合を示している。この結果によると、下水中の細菌の大部分が非ふん便性ということになる。

4-5 腸内細菌調査結果

腸内細菌の調査結果を表14に示す。表15は同定個数を取りまとめたものである。

(1) 第1回調査

流入下水における腸内細菌群の優占種は、*Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella oxytoca*, などであり、5属9種が出現した。

二次処理水における腸内細菌群の優占種は、*Enterobacter agglomerans*, *Ent. cloacae*, *K. oxytoca* などであり、6属11種が出現した。

(2) 第2回調査

流入下水における腸内細菌群の優占種は、*E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca* などであり、7属12種が出現した。

二次処理における腸内細菌群の優占種は、*E. coli*, *Ent. agglomerans*, *Ent. cloacae* などであり、7属14種が出現した。

(3) 第3回調査

流入下水における腸内細菌群の優占種は、*E. coli*, *K. oxytoca*, *K. pneumoniae* などであり、8属13種が出現した。

二次処理水における腸内細菌群の優占種は、*E. coli*, *Ent. agglomerans*, *Ent. cloacae* などであり、8属11種が出現した。

5 考 察

5-1 出現菌種

図 2 は各種菌種の検出状況を示している。この図によると、流入水では各調査回とも *E.coli* が第一優占種となっている。流入水については、*E.coli* の占有率は他の菌種よりかなり大きいものになっている。流入水では占有率の高い 5 種の合計占有率はいずれの調査でも 80% を起えている。

処理水についてみると第一優占種は第 1 回が *E.agglomerans*、第 2 回、3 回が *E.coli* であった。年間を通してみると、*E.coli* と *E.agglomerans* の占有率はほぼ同様なものとなっている。

図 3 は各種菌属の検出状況を示している。この図によると、流入水の第 1 優占属は第 1 回が *Enterobacter* 属、第 2 回が *Klebsiella* 属、第 3 回が *Escherichia* 属と毎回変っているが、全体にこの 3 種が主要なものとなっている。処理水の第 1 優占種は 3 回ともに *Enterobacter* 属であった。

表 16 は、*Enterobacter* 属、*Klebsiella* 属、*Escherichia* 属を優占 3 属としてその占有率を示したものである。この表によると優占 3 属の占有率は流入水において高くなっており、流入水では多様性が小さいと考えられる。

表 17 は、検出属、種数をまとめたものである。今回の調査では 11 属、24 種が検出されている。

表 18 は同定数を属毎にとりまとめたものである。

5-2 分析方法の検討

細菌学的試験を実施する場合には、前述のように単なる有機物の汚染指標としての分析を採用すべきではない。つまり、1 つの有機物の汚染指標となるのは当然のこととして、さらに細菌学的な汚染状況に関する知見が得られる分析法が好ましい。

現在用いられているデソキシコール培地（以下デソ培地という）による分析法と同等の作業量で前記の利点を有するものとして SSB 培地による分析を検討した。

SSB 培地を用いる分析の利点としては、① 赤痢菌や *Salmonella* 菌の存在を有効に検出できる、② 分析精度が高い、③ 判定が容易であるということがあげられる。SSB 培地によって検出されるものを SSB 細菌群数、さらにグラム陰性、ブドウ糖発酵性であるものを腸内細菌群数とした。

各種細菌群数に関する調査結果を表 19、20 に示す。この結果によると、デソ培地による大腸菌群数や大腸菌数、大腸菌群数は *E.coli* に対して一定の関係は見出せず、その比較は時として極端に小さい値や、大きい値を示す例がみられる。特に大腸菌群数は *E.coli* より小さい値をひんばんに示しており、この方法は過小評価の指標であると結論される。

デソ法とSSB法を比較すると、総体的には同様な値を示しているが、時として異なる値を示す例もみられる。

5-3 原生動物による細菌の除去

我国の下水処理の中心をなしているものは活性汚泥処理法である。活性汚泥法は、BOD、SS等を除去するのみでなく、細菌の除去も行なっているわけである。細菌の除去の中心的役割を演じているのは、活性汚泥中の原生動物であり、原生動物は細菌を食べていると考えられている。しかし原生動物のすべてが等しくすべての細菌を食べるわけではない。その結果、各種のレベルでみた場合に除去特性が異なるわけである。

下水処理場での細菌の除去は沈殿処理によってもなされているわけであるが、一般にその除去効果は低く^{11), 12)}、今回の細菌除去も主として活性汚泥によるものと考えられる。原生動物の腸内細菌の補食に関する研究は、表2-1に示したCurds¹³⁾のもの程変じかない。水処理が良好な時に出現するといわれるVorticella, Opercularia, Epistylis等¹⁴⁾についてみると、E.coliを食するものはEpistylisのみであるとされており、第1回のようにEpistylisが多く存在しているときは、やはりE.coliの除去率が高い値を示している。Enterobacterについてみると、これらの種のいずれにも好まれておらず、良好な処理状況では除去されにくいと考えられる。Cromobacteriumは今回の調査では検出されなかったが、多く存在する場合には、多くの原生動物に毒性を示し、ひいては細菌の除去効果の低下をきたすものと考えられる。

5-4 E. coliと比較した菌種の除去特性

表2-2は流入水または処理水のどちらかについて少なくとも2個以上の検出があったものを整理したものである。

E.coliは、流入水と処理水について同様な存在比を示しており、一つの指標として考えることができる。

E.coliと比較した菌種の除去特性は表2-2のRRによって表示される。RRが大きい程E.coliと比較して除去されにくい菌種であることを示している。

3回の調査において、明らかにE.coliより除去されにくいとみなされた菌種はE.agglomeransであった。第3回目だけであるが、A.sobria, E.sakazakiも除去されにくい結果を示している。

3回の調査において明らかに除去されやすいと考えられる菌種はK.pneumoniaeであり、やや除去されやすいと考えられる菌種はK.oxytocaであった。第3回目だけであったが、A.hydrophila, P.multocidaも除去されやすい菌であった。

図2 検出個数(種)

(a) 流入水													
個数 サンプル	10	20	30	40									
1	<i>E. coli</i>	<i>CL</i>	<i>OX</i>	<i>PN</i>	<i>AE</i>	<i>AG</i>							
2	<i>E. coli</i>	<i>PN</i>	<i>CL</i>	<i>OX</i>	<i>AG</i>								
3	<i>E. coli</i>	<i>OX</i>	<i>PN</i>	<i>CL</i>	<i>AG</i>								
<i>SO</i> : <i>A. sobria</i> <i>CL</i> : <i>E. cloacae</i> <i>OX</i> : <i>K. oxytoca</i> <i>PN</i> : <i>K. pneumoniae</i> <i>AE</i> : <i>E. aerogenes</i> <i>AG</i> : <i>E. agglonerans</i> 本図では4個以上検出したもののみ名称を記入している													
(b) 処理水													
個数 サンプル	10	20	30	40									
1	<i>AG</i>	<i>E. coli</i>	<i>CL</i>	<i>OX</i>									
2	<i>E. coli</i>	<i>AG</i>	<i>CL</i>										
3	<i>E. coli</i>	<i>AG</i>	<i>CL</i>	<i>OX</i>	<i>SO</i>								

図3 検出個数(属)

(a) 流入水

個数 サンプル	10	20	30	40				
1	Enterobacter	Klebsiella	Escherichia					
2	Klebsiella	Enterobacter	Escherichia					
3	Escherichia	Klebsiella	Enterobacter					

(b) 処理水

個数 サンプル	10	20	30	40				
1	Enterobacter	Klebsiella	Escherichia					
2	Enterobacter	Escherichia						
3	Enterobacter	Escherichia	Klebsiella					

表9 水質調査結果

項目 試料	第1回(9/6)		第2回(11/8)		第3回(1/10)	
	流入下水	二次処理水	流入下水	二次処理水	流入下水	二次処理水
水温(℃)	25.7	26.0	18.1	18.6	13.0℃	13.5℃
PH	6.5	6.7	7.3	7.4	7.3	7.5
SS(mg/l)	157	5	104	6	147	7
BOD(mg/l)	153	9.6	73	8.7	133	2.0
COD(mg/l)	53	115	48	98	76	148
NH ₄ -N(mg/l)	255	85.0	51.7	50.5	17.1	17.1
NO ₂ -N(mg/l)	<0.002	1.82	1.30	1.54	0.011	0.012
NO ₃ -N(mg/l)	0.07	4.80	1.82	2.05	0.32	0.02
K-N(mg/l)	41.3	96.2	85.8	56.8	19.9	17.8
T-N(mg/l)	41.4	16.2	11.7	9.27	2.02	1.78
PO ₄ -P(mg/l)	1.23	1.20	1.07	0.450	0.745	0.114
T-P(mg/l)	2.03	1.32	2.03	0.653	2.17	0.361

表10 活性汚泥調査結果

	単位	第1回	第2回	第3回
水温	℃	26.0	19.0	14
DO	mg/l	2.1	1.9	3.3
SV	%	7.5	1.8	1.5
SVI	ml/g	150	207	203
MLSS	mg/l	500	868	740
MLVSS	mg/l	402	626	586
VSS/MLSS	%	80	72	79

表 11 原生動物調査結果 (単位は個/ml)

生 物 名		月 日	9/6	11/8	1/10
c	<i>Acineta foetida</i>			40	88
c	<i>Acineta</i> sp.			130	
c	<i>Acineta tuberculata</i>				44
a	<i>Amoeba proteus</i>		120	90	220
a	<i>Amoeba radiosa</i>			40	
a	<i>Amoeba</i> spp.		80	350	220
c	<i>Amphileptus</i> sp.			130	396
a	<i>Arcella vulgaris</i>		320	530	88
c	<i>Aspidisca costata</i>		360	2330	44
c	<i>Aspidisca sulcata</i>			970	
c	<i>Chilodonella</i> sp.		40		
f	<i>Chilomonas</i> sp.		560		
c	<i>Chlamydomon</i> sp.		120		
a	<i>Cochliopodium</i> sp.		40	180	792
f	<i>Codonosiga</i> sp.			480	
c	<i>Epistylis rotans</i>		120		
c	<i>Epistylis</i> sp.		80		
c	<i>Holophrya</i> sp.		120		
m	<i>Lecane</i> sp.		80		
c	<i>Litonotus lamella</i>		120		
f	<i>Monas</i> spp.			2020	528
c	<i>Opercularia phryganeae</i>		240		
c	<i>Opercularia</i> sp.			40	
f	<i>Peranema</i> sp.			130	
f	<i>Peranema trichophorum</i>		80		44
a	<i>Phryganella</i> sp.		120		
f	<i>Potериодendrons</i> sp.		480		
a	<i>Pyxidicula</i> sp.			130	
c	<i>Trachelophyllum</i> sp.			220	176
c	<i>Trochilia</i> sp.			1410	88
c	<i>Vorticella alba</i>		40		
c	<i>Vorticella campanula</i>				176
c	<i>Vorticella convallaria</i>			440	572
c	<i>Vorticella microstoma</i>		160	260	88
c	<i>Vorticella</i> spp.		80	1060	
c	<i>Vorticella striate</i>				88
c	<i>Zoothamnium</i> sp.		80	620	132
総 個 体 数			3400	11600	3784
多 様 性 指 数 (D. I)			0.917	0.889	0.888

注) 生物名の前の記号は次の事項を示す。

c; 纖毛虫類 , f; 鞭毛虫類 , a; 肉 質 類 , m; 後生動物

表12 大腸菌群数調査結果

月 日	細 菌	流 入 下 水	二 次 処 理 水	除 去 率(%)
9 / 6	一 般 細 菌 数 (菌数/ml)	2.4×10^6	7.7×10^5	68
	大 腸 菌 群 数 (菌群数/ml)	1.1×10^5	1.6×10^3	99
	ふん便性大腸菌群数 (菌群数/ml)	2.9×10^4	6.3×10^2	98
11 / 8	一 般 細 菌 数 (菌数/ml)	2.3×10^6	1.5×10^4	99
	大 腸 菌 群 数 (菌群数/ml)	1.9×10^5	5.3×10^3	97
	ふん便性大腸菌群数 (菌群数/ml)	7.3×10^4	7.5×10^2	99
1 / 10	一 般 細 菌 数 (菌数/ml)	6.7×10^5	3.7×10^4	94
	大 腸 菌 群 数 (菌群数/ml)	1.3×10^5	7.7×10^3	94
	ふん便性大腸菌群数 (菌群数/ml)	5.1×10^3	3.7×10^2	93

表13 大腸菌群に占めるふん便性菌群の割合(%)

月日 試料	流 入 下 水	二 次 処 理 水
9 / 6	26	39
11 / 8	38	14
1 / 10	4	5

表 15 同定個数(種毎)

サ ン プ ル 調 査 本	流 入 水				処 理 水				計
	1	2	3	計	1	2	3	計	
<i>Actinobacillus lignieresii</i>									
<i>Actinobacillus equuli</i>									
<i>Actinobacillus suis</i>									
<i>Aeromonas caviae</i>									
<i>Aeromonas hydrophila</i>			3	3					3
<i>Aeromonas sobria</i>			1	1		1	4	5	6
<i>Chromobacterium violaceum</i>									
<i>Citrobacter ananaticus</i>						1		1	1
<i>Citrobacter diversus</i>					1	2		3	3
<i>Citrobacter freundii</i>	1	2	1	4		1		1	5
<i>Edwardsiella hoshinae</i>									
<i>Edwardsiella tarda</i>									
<i>Enterobacter aerogenes</i>	4	1	1	6	3	3		5	11
<i>Enterobacter agglomerans</i>	4	5	4	13	11	12	11	34	47
<i>Enterobacter cloacae</i>	11	8	5	24	10	9	7	26	50
<i>Enterobacter aerogoviae</i>		1		1					1
<i>Enterobacter sakazakii</i>	1			1	1	1	2	4	5
<i>Escherichia coli</i>	13	12	16	41	10	14	12	36	77
<i>Hafnia alvei</i>			1	1					1
<i>Klebsiella oxytoca</i>	9	7	8	24	9	1	4	14	38
<i>Klebsiella ozaenae</i>									
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	6	9	7	22	1	2	1	6	28
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>									
<i>Morganella morganii</i>		2		2					2
<i>Pasteurella aerogenes</i>									
<i>Pasteurella gallinarum</i>									
<i>Pasteurella haemolytica</i>									
<i>Pasteurella multocida</i>							2	2	2
<i>Pasteurella pneumotropica</i>									
<i>Pasteurella ureae</i>									
<i>Plesiomonas shigelloides</i>									
<i>Proteus mirabilis</i>									
<i>Proteus vulgaris</i>									
<i>Providencia alcalifaciens</i>									
<i>Providencia rettgeri</i>									
<i>Providencia stuartii</i>									
<i>Salmonella arizonae</i>									
<i>Salmonella choleraesuis</i>									
<i>Salmonella gallinarum</i>									
<i>Salmonella paratyphi-A</i>									
<i>Salmonella pullorum</i>									
<i>Salmonella typhi</i>									
<i>Salmonella spp.,1</i>									
<i>Salmonella spp.,2</i>									
<i>Salmonella spp.,4</i>									
<i>Serratia ficaria</i>									
<i>Serratia fonticola</i>									
<i>Serratia liquefaciens</i>		1	1	2	2	2	2	6	8
<i>Serratia marcescens</i>			1	1					1
<i>Serratia marcinorubra</i>		1		1					1
<i>Serratia odorifera</i>									
<i>Serratia plymuthica</i>	1			1	1			1	2
<i>Shigella dysenteriae</i>									
<i>Shigella flexneri</i>									
<i>Shigella sonnei</i>									
<i>Vibrio alginolyticus</i>									
<i>Vibrio cholerae</i>									
<i>Vibrio fluvialis</i>			1	1			2	2	3
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>									
<i>Vibrio vulnificus</i>									
<i>Yersinia enterocolitica</i>		1		1		1	1	2	3
<i>Yersinia frederiksenii</i>									
<i>Yersinia intermedia</i>					1			1	1
<i>Yersinia kristensenii</i>									
<i>Yersinia pestis</i>									
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>						1		1	1
計	50	50	50	150	50	50	50	150	300

表 16 優占3属の占有率(%)

調査 %	流入水				処理水				平均
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
占有率	9.8	8.6	8.2	8.9	9.0	7.6	7.8	8.1	8.5

注) 優占3属とはEnterobacter, Klebsiella, Escherichiaである。

表 17 検出属・種数

調査 %	流入水				処理水				全体
	1	2	3	全体	1	2	3	全体	
属	5	7	8	10	6	7	8	9	11
種	9	12	13	19	11	14	11	18	24
(種)	6	7	6	10	6	7	10	13	17

注) (種)は2個以上の個数が検出されたものである。

表18 同 定 個 数 (属毎)

サ ン プ ル 調 査 属	流 入 水				処 理 水				計
	1	2	3	計	1	2	3	計	
Actinobacillus	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aeromonas	—	—	4	4	—	1	4	5	9
Chromobacterium	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Citrobacter	1	2	1	4	1	4	—	5	9
Edwardsiella	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Enterobacter	20	155	10	45	25	24	20	69	114
Escherichia	13	12	16	41	10	14	12	36	77
Hafnia	—	—	1	1	—	—	—	—	1
Klebsiella	15	16	15	46	10	3	7	20	66
Morganella	—	2	—	2	—	—	—	—	2
Pasteurella	—	—	—	—	—	—	2	2	2
Plesiomonas	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Proteus	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Providencia	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Salmonella	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Serratia	1	2	2	5	3	2	2	7	12
Shigella	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vibrio	—	—	1	1	—	—	2	2	3
Yersinia	—	1	—	1	1	2	1	4	5
計	50	50	50	150	50	50	50	150	300

表 19 細菌群数調査結果

試料 細菌群	流入水			処理水		
	9月 6日	11月8日	1月10日	9月 6日	11月8日	1月10日
大腸菌群数	1.1×10^5	1.9×10^5	1.3×10^5	1.6×10^3	5.3×10^3	7.7×10^3
ふん便性大腸菌群数	2.9×10^4	7.3×10^4	5.1×10^3	6.3×10^2	7.5×10^2	3.7×10^2
S S B 細菌数	6.4×10^5	2.5×10^5	1.0×10^5	2.7×10^3	5.2×10^3	1.0×10^3
腸内細菌数	5.6×10^5	2.2×10^5	9.4×10^4	2.2×10^3	4.8×10^3	8.6×10^2
E. coli	1.5×10^5	5.3×10^4	3.0×10^4	4.4×10^2	1.3×10^3	2.1×10^2

表 20 E. coli に対する倍率

	流入水			処理水		
	9/6	11/8	1/10	9/6	11/8	1/10
大腸菌群数	0.73	3.58	4.33	3.6	4.08	3.667
ふん便性大腸菌群数	0.19	1.38	0.17	1.4	0.57	1.76
S S B 細菌数	4.27	4.71	3.33	6.1	4.00	4.76
腸内細菌数	3.73	4.15	3.13	5.0	3.69	4.10

表 22 E. coli と比較した細菌の除去特性

菌 種	第 1 回					第 2 回					第 3 回				
	流入水		処理水		RR	流入水		処理水		RR	流入水		処理水		RR
	個数	R ₁	個数	R ₂		個数	R ₁	個数	R ₂		個数	R ₁	個数	R ₂	
A. hydrophila											3	19	0	0	0
A. sobria											1	6	4	33	5.5
C. diversus						2	17	1	7	*					
C. freundii						2	17	1	7	*					
E. aerogenes	4	31	3	30	0.97	1	8	2	14	*					
E. agglomerans	4	31	11	110	3.55	5	42	12	86	2.05	4	25	11	92	3.68
E. cloacae	11	85	10	100	1.18	8	67	9	64	0.96	5	31	7	58	1.87
E. sakazakii											0	0	2	17	∞
K. oxytoca	9	69	9	90	1.30	7	58	1	7	0.12	8	50	4	33	0.66
K. pneumoniae	6	46	1	10	0.22	9	75	2	14	0.19	7	43	3	25	0.58
M. morganii						2	17	0	0	0					
P. putredinis											2	13	0	0	0
S. liquefaciens	2	15	0	0	0	2	17	1	7	*	2	13	1	8	*
V. fluvialis											1	6	2	17	*
E. coli	13	100	10	100	1	12	100	14	100	1	16	100	12	106	1

注) $R_1 = (\text{各菌種} / E. coli) \times 100 \dots\dots\dots$ 流入水

$R_2 = (\text{各菌種} / E. coli) \times 100 \dots\dots\dots$ 処理水

$RR = R_2 / R_1$

*はRRを計算しない。

付録Ⅳ 定期調査結果（河川）

境川水質調査結果一覧表 昭和58年5月～昭和59年4月

	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	AVE	MAX	MIN	中央値
B O D	5.7	6.8	9.9	7.7	5.6	6.8	5.9	6.1	3.9	5.0	5.7	3.1	6.0	9.9	3.1	5.8
C O D	9.5	6.0	9.8	7.9	10.6	7.5	16.4	8.1	6.7	9.1	7.3	8.4	8.9	16.4	6.0	8.3
S S	27	17	56	64	39	12	34	18	14	22	15	13	28	64	12	20
PH (—)	7.5	7.4	7.4	7.3	7.2	7.2	7.1	7.0	7.2	7.3	7.4	7.4	7.3	7.5	7.0	7.3
水温 (°C)	23.6	20.0	21.2	22.0	20.8	18.5	14.0	9.7	7.8	11.0	9.5	15.5	16.1	23.6	7.8	17
T — N		2.7	2.3	4.9	4.2	3.7	4.2	6.8	3.7	3.7	4.4	3.9	4.0	6.8	2.3	4.1
K — N		2.24	0.75	2.19	2.55	2.08	1.92	4.99	2.37	2.59	3.22	2.57	2.50	4.99	0.75	2.45
NH ₄ — N		1.67	0.56	0.64	0.96	1.28	1.17	1.49	0.64	0.43	0.15	1.15	0.92	1.67	0.15	1.06
ORG — N		0.57	0.19	1.55	1.59	0.80	0.75	3.50	1.73	2.16	3.07	1.42	1.58	3.50	0.19	1.57
NO ₂ — N	0.17	0.21	0.06	0.33	0.20	0.23	0.13	0.05	0.09	0.13	0.12	0.11	0.15	0.33	0.05	0.13
NO ₃ — N	0.81	0.25	1.45	2.42	1.44	1.41	2.14	1.72	1.22	1.00	1.01	1.23	1.34	2.42	0.25	1.32
T — P	0.35	0.25	0.24	0.73	0.43	0.25	0.37	0.29	0.21	0.43	0.53	0.22	0.36	0.73	0.21	0.32
PO ₄ — P	0.34	0.22	0.20	0.36	0.07	0.07	0.07	0.04	0.05	0.09	0.03	0.07	0.13	0.36	0.03	0.07
水 量 (m ³ /分)	17.4	32.4	36.0	22.8	24.0	37.2	5.4	4.8	7.2	10.8	10.8	12.6	18.5	37.2	4.8	15.0
大腸菌群 (個/ml)	460	670	3,300	900	860	700	600	240	150	190	330	200	720	3,300	150	530
その他の細菌(個/ml)	1,800	2,600	9,000	2,000	7,200	5,400	1,800	1,000	1,100	650	1,800	1,000	2,900	9,000	650	1,800
45—R (個/ml)	7	30		28	57	43	43	12	8	7	22	5	24	57	5	22
45—O (個/ml)	0	15	10	8	20	17	47	0	1	0	2	0	10	47	0	5

注) 1. 単位表示のないものは mg/ℓ

2. 45—R ふん便性細菌

45—O 45 °C その他の細菌

桜川水質調査結果一覧表 昭和58年5月～昭和59年4月

	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	AVE	MAX	MIN	中央値
B O D	6.9	6.3	1.4	2.2	1.6	3.5	0.6	1.8	1.3	0.8	1.8	1.4	2.5	6.9	0.6	1.7
C O D	11.4	9.4	5.2	8.0	8.8	10.4	5.4	5.0	5.2	5.9	4.3	6.9	7.2	11.4	4.3	6.4
S S	30	21	23	22	20	16	12	6	4	9	17	20	17	30	4	19
PH〔-〕	9.4	7.4	7.4	7.4	7.2	7.2	7.8	7.2	7.2	7.4	7.2	7.4	7.5	9.4	7.2	7.4
水温〔℃〕	23.1	21.2	22.5	22.4	19.6	16.4	11.6	6.5	2.6	4.6	5.7	12.4	14.1	23.1	2.6	14.4
T - N	1.8	2.1	3.3	3.2	4.2	2.8	3.3	5.5	4.3	4.0	4.3	3.1	3.5	5.5	1.8	3.3
K - N	1.72	1.65	2.60	1.10	3.19	0.85	2.28	2.56	1.92	2.26	2.08	0.94	1.93	3.19	0.85	2.00
NH ₄ - N	0.89	0.04	1.48	0.09	1.08	0.64	0.87	0.80	1.27	0.73	0.36	0.47	0.73	1.48	0.04	0.77
ORG - N	0.83	1.61	1.12	1.01	2.11	0.21	1.41	1.76	0.65	1.53	1.72	0.47	1.20	2.11	0.21	1.27
NO ₂ - N	tr	0.04	0.09	0.02	0.11	0.09	0.06	0.10	0.09	0.11	0.13	0.07	0.08	0.13	tr	0.09
NO ₃ - N	0.02	0.42	0.58	2.10	0.86	1.86	2.60	2.88	2.32	1.69	2.11	2.09	1.63	2.88	0.02	2.0
T - P	0.32	0.15	0.34	0.25	0.38	0.28	0.14	0.17	0.13	0.20	0.14	0.09	0.22	0.38	0.09	0.19
PO ₄ - P	0.11	0.05	0.32	0.25	0.06	0.04	0.02	0.03	0.05	0.08	0.01	0.02	0.09	0.32	0.01	0.05
水 量 (m ³ /分)	227.4	383.4	116.4	717.0	0	663.6	948.0	1226.4	922.8	607.2	972.0	414.0	599	1226.4	0	635.4
大腸菌群 (個/ml)	6	5	110	85	3	1,300	0	11	0	2	0	290	150	1,300	0	6
その他の細菌(個/ml)	170	2,300	870	590	520	11,000	100	40	0	29	15	1,600	1,500	11,000	0	345
45-R (個/ml)	0	0	1	4	0	28	0	0	0	0	0	0	3	28	0	0
45-O (個/ml)	0	0	2	1	1	11	0	0	0	0	0	8	2	11	0	0

注) 1. 単位表示のないものはmg/ℓ

2. 45-R ふん便性細菌

45-O 45℃その他の細菌

新川水質調査結果一覧表 昭和58年5月～昭和59年4月

	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	AVE	MAX	MIN	中央値
B O D	4.6	5.4	3.5	5.1	2.5	4.5	4.1	11.1	8.7	6.1	8.4	4.7	5.7	11.1	2.5	4.9
C O D	9.7	9.4	8.1	10.7	10.1	11.1	8.4	11.8	10.0	10.4	9.2	8.6	9.8	11.8	8.1	9.9
S S	6	5	15	22	43	19	26	17	15	12	44	14	20	44	5	16
PH (—)	7.2	7.0	7.2	7.5	7.0	7.1	7.1	6.8	7.1	7.2	7.2	7.3	7.1	7.5	6.8	7.2
水温 (°C)	22.0	21.0	20.9	23.5	19.8	15.7	11.8	6.4	2.3	6.0	5.4	11.8	13.9	23.5	2.3	13.8
T — N		4.4	4.3	3.2	2.7	2.7	3.4	8.7	3.7	5.0	4.0	4.2	4.2	8.7	2.7	4.1
K — N		3.26	2.77	2.95	1.02	1.60	2.26	7.33	2.01	3.80	2.69	3.15	2.99	7.33	1.02	2.86
NH ₄ —N		2.18	1.65	0.35	0.76	1.45	1.21	3.38	1.05	0.34	0.53	0.77	1.24	3.38	0.34	1.13
ORG—N		1.08	1.12	2.60	0.26	0.15	1.05	3.95	0.96	3.46	2.16	2.38	1.74	3.95	0.15	1.64
NO ₂ —N	0.07	0.10	0.21	0.05	0.07	0.10	0.09	0.11	0.13	0.15	0.13	0.11	0.11	0.15	0.05	0.11
NO ₃ —N	0.27	1.02	1.30	0.19	1.61	1.02	1.08	1.30	1.54	1.10	1.19	0.96	1.05	1.61	0.19	1.09
T — P	0.32	0.27	0.63	0.81	0.34	0.41	0.31	0.34	0.24	0.29	0.27	0.22	0.37	0.81	0.22	0.32
PO ₄ —P	0.30	0.10	0.27	0.38	0.10	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.02	0.04	0.13	0.38	0.02	0.07
水 量 (m ³ /分)	0	0	2.4	0	0	2.4	17.4	0	35.4	6.6	0	0	5.4	35.4	0	0
大腸菌群 (個/ml)	4,000	1,600	3,700	6,900	740	13,000	2,400	510	30	70	210	1,300	2,900	13,000	30	1,500
その他の細菌(個/ml)	10,000	3,800	29,000	35,000	11,000	68,000	220,000	1,100	160	410	1,000	9,700	32,000	220,000	160	9,900
45—R (個/ml)	8	8	54	58	33	400	66	9	19	16	13	5	57	400	5	18
45—O (個/ml)	8	3	1	26	2	42	22	0	1	4	0	6	10	42	0	4

注) 1. 単位表示のないものは mg/ℓ

2. 45—R ふん便性細菌

45—O 45°Cその他の細菌

付録Ⅴ 一次処理水等の細菌相

一次処理水細菌相

		T				M	
		6 月	9 月	12 月	3 月		
B O D (mg / ℓ)		7 5	5 2	6 3	5 5	8 4	
C O D (mg / ℓ)		3 7	2 8	3 8	4 1	4 8	
S S (mg / ℓ)		6 4	5 2	4 9	5 2	5 9	
P H (—)		7.2	7.2	7.4	7.2	6.6	
水 温 (°C)		2 1.3	2 1.3	1 5.3	1 1.8	2 2.5	
37°C	大腸菌群数	7 1 0	1 4 0 0	4 8 0	3 2 0	1 6 0 0	
	その他の細菌数	1 5 0 0	2 3 0 0	1 1 0 0	8 5 0	8 5 0	
	デゾ細菌数	2 2 1 0	3 7 0 0	1 5 8 0	1 1 7 0	2 4 5 0	
45°C	ふん便性細菌	6 5	1 8 1	9 2	1 1	5 3	
	45°Cその他の細菌数	4	1 7	5	1.6	7	
	45°C細菌数	6 9	1 9 8	9 7	1 2.6	6 0	
大腸菌群	<i>E. coli</i>	4 7 0	3 5 0	1 6 0		2 7 0	
	<i>A. caviae</i>	1 2 0	2 3 0	1 6 0	1 1 0	1 4 0	
	<i>A. hydrophila</i>				8 0		
	<i>A. sobria</i>				1 1 0		
	<i>C. freundii</i>	5 9					
	UN 3	5 9	1 2 0	4 0		8 1 4	
	<i>E. cloacae</i>		1 2 0			1 4 0	
	<i>E. agglomerans</i>		1 2 0				
	<i>E. sakazaki</i>		1 2 0				
	<i>K. pneumoniae</i>		3 5 0	8 0	2 7	1 4 0	
	<i>K. oxytoca</i>			4 0			
	<i>S. liquefaciens</i>					1 4 0	
	その他の細菌	<i>A. caviae</i>	5 6 0	1 4 0 0	3 4 0	3 3 0	1 3 0
		<i>A. hydrophila</i>		1 8 0	8 5	6 5	1 3 0
<i>A. sobria</i>				2 5 0	2 6 0		
UN 3		2 2 0	1 8 0	1 7 0		1 9 6	
<i>P. multocida</i>		4 5 0			6 5		
UN 1		1 1 0		1 7 0			
UN 2		1 1 0					
<i>S. liquefaciens</i>			1 8 0	8 5			
<i>E. cloacae</i>			3 5 0			2 6 0	
<i>H. alvei</i>					6 5		
<i>E. agglomerans</i>					6 5		
<i>M. morganii</i>						6 5	
X.					6 5		

注) 細菌数の単位は 10^2 個/ml。XはY 0051037一で次の菌種となる。

キンメイ	ヒンド
-----+--+	-----
<i>E. COLI</i>	1/ 926
<i>H. ALVEI</i>	1/ 9973
<i>S. ARIZONAE</i>	1/11321
<i>S. PARATYPHI-A</i>	1/14756

UN 1は好気性菌。UN 2はグラム陽性菌。UN 3は未同定菌。

T処理場流入下水および2次処理水内訳

		流 入 下 水				2 次 処 理 水			
		6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月
B O D (mg/ℓ)		110	107	113	108	4.3	5.6	3.2	0.9
C O D (mg/ℓ)		75	67	65	93	6.6	6.9	6.8	7.2
S S (mg/ℓ)		99	138	118	111	5	8	1	2
P H (—)		7.2	7.2	7.5	7.5	7.1	7.1	6.8	6.7
水 温 (°C)		21.6	21.6	14.6	11.6	21.7	21.7	15.9	12.0
37°C	大腸菌群数(赤色コロニー)	720	1700	410	510	130	1200	470	28
	その他の細菌数(その他コロニー)	1400	2400	710	980	1300	4800	3300	44
	デソ細菌数(計)	2120	4100	1120	1490	1430	6000	3770	72
45°C	ふん便性細菌数	94	140	48	33	33	74	31	0
	45°Cその他の細菌数	58	17	13	4	0	33	2	0
	45°C細菌数	152	157	61	37	33	107	33	0
大腸菌群	<i>E. coli</i>	300	710	68	170	11	200	39	5
	<i>A. caviae</i>	120		34	85	65	800	120	2
	<i>A. hydrophila</i>					11		39	7
	<i>A. sobria</i>	61		68	130		100	78	10
	<i>E. cloacae</i>					11		39	
	<i>E. agglomerans</i>		420	68				39	
	<i>K. oxyloca</i>	61		68					2
	<i>K. pneumoniae</i>		280	34	85			78	
	<i>P. multocida</i>					22		39	
	<i>S. liquefaciens</i>				43				
	UN 1	61							
	UN 3	120	280	68		11	100		2
その他の細菌	<i>A. caviae</i>	420	740	220	150	500	1100	1000	31
	<i>A. hydrophila</i>				75	300			3
	<i>A. sobria</i>	210	180		300		2600	780	
	<i>A. lignieresii</i>						370		
	<i>A. suis</i>							520	
	<i>E. cloacae</i>		370	54	75		370		
	<i>H. alvei</i>			54					
	<i>K. oxyloca</i>		180						
	<i>K. ozaenae</i>					100			
	<i>K. pneumoniae</i>		180	54	150				
	<i>P. multocida</i>	210		54	150	200		260	10
	<i>P. pneumotropica</i>							260	
	<i>P. vulgaris</i>	210							
	UN 1		370	160	75	100		520	
	UN 3	310	370	110		100	370		

注) 細菌の単位は流入下水(100個/㎖), 処理水(個/㎖)。

UN 1は好気性菌。UN 3は未同定菌。

付録Ⅵ 90 % 確 率 表

(日水製薬 内部資料より)

	H2S	ESC	PPA	IND	V	P	CIT	LDC	ADH	ODC	ONPG	URE	MALO	ADO	INO	RAFF	RHA	SOR	SUC	MAN	ARA	MOT
C. FREUNDII	D	-	-	-	-	-	D	-	D	D	+	D	D	-	D	D	+	+	D	+	+	+
C. DIVERSUS	-	-	-	+	-	-	+	-	D	+	+	D	+	+	-	-	+	+	D	+	+	+
C. AMALONA TICUS	-	-	-	+	-	-	+	-	D	+	+	D	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
E. COLI	-	D	-	+	-	-	-	D	D	D	+	-	-	-	-	D	D	+	D	+	+	D
E. TARDA	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
K. PNEUMONIAE	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
K. OZAENAE	-	D	-	-	-	-	D	D	-	-	+	-	-	+	D	D	D	D	D	+	D	-
K. RHINOS CLERO	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	+	+	D	D	D	D	+	+	-
E. CLOACAE	-	D	-	-	+	+	-	+	+	+	+	D	D	D	D	+	+	+	+	+	+	+
E. AEROGENES	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H. ALVEI	-	-	-	-	D	D	+	-	+	+	D	-	D	-	-	-	D	-	-	+	+	+
S. NARCESCENS	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	D	D	D	D	-	-	+	+	+	-	+
S. MARINO RUBRA	-	+	-	-	+	+	D	-	-	-	+	-	D	+	D	+	-	-	D	+	+	+
S. LIQUE FACIENS	-	+	-	-	D	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	D
P. VULGALIS	+	D	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
P. MIRABILIS	+	-	+	-	-	-	D	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
M. MORGANII	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
P. RETTGERI	-	D	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	D	+	-	D	-	D	+	-	+
P. ALCALI FACIENS	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	D	-	-	+
P. STUARTII	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	D	-	-	+	-	-	-	D	-	-	+
Y. ENTEROCOLI	-	-	-	D	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	D	-	-	+	+	+	+	-
Y. PSEUDO TUBER	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	D	+	-	-	+	D	-
Y. INIERMEDIA	-	+	-	+	D	-	-	-	-	+	+	+	-	-	D	+	D	+	+	+	+	-
S. SUBGENUS 1	+	-	-	-	-	+	+	D	+	-	-	-	-	D	-	+	+	-	+	+	+	+
S. SUBGENUS 2	+	-	-	-	-	+	+	D	+	D	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
S. SUBGENUS 4	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+

	H2S	ESC	PPA	IND	V	P	CIT	LDC	ADH	ODC	ONPG	URE	MALO	ADO	INO	RAFF	RHA	SOR	SUC	MAN	ARA	MOT
S. PARATY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
E. AGGLOMERANS	-	D	D	-	D	D	-	-	-	-	D	D	D	-	D	-	D	-	D	+	+	D
S. ODORIFERA 1	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	D	+	+	+	+	+	+	+	+
S. ODORIFERA 2	-	D	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	D	-	+	+	-	+	+	+	+
S. TYPHI	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+
S. ARIZONAE	+	-	-	-	-	+	+	D	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
SHIGELLA SPP.	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	+	D	-	-
S. SONNEI	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	D	-	-	+	+	-
S. DYSENTERIAE	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	D	D	-	-	+	-
S. PLYMUTHICA	-	D	-	-	+	+	-	-	D	+	-	-	-	+	+	-	D	+	+	+	+	D
E. SAKAZAKII	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	D	-	D	+	+	-	+	+	+	+	+
E. GERGOVIAE	-	+	-	-	+	+	D	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+
Y. FREDERIKSENII	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	D	-	D	+	+	+	+	-
S. CHOLERAESUIS	D	-	-	-	-	D	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	D	-	+	-	+
S. FONTICOLA	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	D	+	D	+	+	D
Y. KRISTENSENII	-	+	-	D	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-
E. HOSHINAE	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
S. FICARIA	-	D	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	D	+	+	+	+	+	+
V. CHOLERAEE	-	D	-	+	D	D	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	D	+	-	+
V. PARAHAEEMUS	-	D	-	+	-	D	+	-	+	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-	+	D	+
V. ALGINOLYTICUS	-	D	-	+	+	D	+	-	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
V. VULNIFICUS	-	+	-	+	D	D	+	-	D	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	+
V. FLUVIALIS	-	D	-	D	-	D	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	D	+
A. HYDROPHILA	-	+	-	+	D	D	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	D	+	+	+	+
A. CAVIAE	-	+	-	+	-	D	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	D	+
A. SOBRIA	-	-	-	+	D	D	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	D	D	+	-	D

	H2S	ESC	PPA	IND	V	P	CIT	LDC	ADH	ODC	ONPG	URE	MALO	ADO	INO	RAFF	RHA	SOR	SUC	MAN	ARA	MOT
P. SHIGELLOI	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
DES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	D	+	+	D	-
A. LIGNIE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	D	-
RESII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	D	-
A. EQUULI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	D	-
A. SUIS	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-
P. MUL	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	-	-	+	+	+	D	-
TOCIDA 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	-	-	-	+	-	D	-
P. MUL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	-	-	-	+	-	D	-
TOCIDA 2	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	+	+	-	-	-	+	-	D	+	+	-	-
P. PNEUMO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	D	-
TROPICA	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	+	-	+	+	+	D	-
P. HAEMOLY A	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-
P. HAEMOLY T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
P. UREAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	D	+	+	-	-
P. GALLINARUM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	D	D	-	+	-	-	-
P. AREROGES	-	-	-	-	D	-	-	-	-	D	D	+	-	-	+	-	D	D	+	-	+	-
C. VIOLACEUM	-	-	-	-	-	+	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
S. FLEX	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	D	+	-
S. GALLIN	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	+	+	-
S. PULLOR	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	D	-	-	+	+	-
K. P (VP)	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	D	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Y. PESTIS	-	+	-	-	D	-	-	-	-	-	+	-	-	-	D	-	-	D	-	+	D	-
PROVIDEN	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	+
K. ASCORB	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	D	-	-	+	+	D	+	+	+	+
C. DAVISA	-	+	-	-	D	D	-	D	D	+	-	D	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
C. LAPAGE	-	+	-	-	+	+	-	D	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	D	+	-	D
TATUMERA	-	D	D	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	+	-	-	-
E. HERMAN	-	D	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	D	+	-	D	+	+	+
K. CRYOCR	-	+	-	D	-	+	D	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	D	+	+	+	+
B. AGREST	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	D	+	D	-	+	+

	H2S	ESC	PPA	IND	V P	CIT	LDC	ADH	ODC	ONPG	URE	MALO	ADO	INO	RAFF	RHA	SOR	SUC	MAN	ARA	MOT
E. VULNER	-	D	-	-	-	-	+	D	-	+	-	+	-	-	+	+	-	D	+	+	+
P. PENNER	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	D
V. DAMSEL	-	-	-	-	+	D	D	+	-	D	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D
V. MIMICU	-	-	-	+	-	D	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
V. HOLLIS	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
K. OXYTOC	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
K. TERRIG	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
E. ICTALU	-	-	-	-	-	-	+	-	+	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D
C. NETERI	-	D	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+

(テストの略号)

H2S	硫化水素	MALO	マロン酸
ESC	エスクリン	ADO	アドニット
PPA	フェニルアラニン デアミナーゼ	INO	イノシット
IND	インドール	RAFF	ラフィノース
V P	Voges - Proskauer	RHA	ラムノース
CIT	クエン酸	SOR	ソルビット
LDC	リシン デカルボキシラーゼ	SUC	白 糖
ADH	アルギニン ジヒドロラーゼ	MAN	マンニット
ODC	オルニチン デカルボキシラーゼ	ARA	L-アラビノース
ONPG	β -ガラクトシダーゼ	MOT	運動性
URE	ウレアーゼ		

下水の細菌学的研究 (2)

ISSN 0386-5878
土研資料第2125号
1984年6月
下水道部下水道研究室

要旨

腸内細菌を明らかにする分析手法を開発し、下水および河川水中の細菌相を明らかにした。大腸菌群中の *E. coli* の存在度は、流入下水で37%、二次処理水で26%、河川水で0.2~8.7%であった。
デコ培地上で赤色コロニーを形成するもののほとんどが非赤色コロニー(ほとんどが透明コロニー)をも形成した。
腸内細菌のほとんどが一次反応で死滅した。

キーワード：腸内細菌、下水、河川水、*E. coli*、大腸菌群、死滅速度



郵便はがき

いは郵便
つて切
下手を
下さ

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

下水道部下水道研究室 御中

No. _____

配布先氏名

配布先住所

No. _____



土木研究所資料第2125号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印