

札幌市における排水路等環境調査（第1報）

— 病原菌等サーベイランス事業 —

Environmental Survey on the Ditches and Rivers in Sapporo (I) Examination of Pathogenic Bacteria and Chemical Constituent

昭和57年10月、札幌市豊平区において発生した食中毒は、患者数7,751名にのぼる我が国最大規模のものであった。この原因は、Sストアー開店当時、同店井戸ピットの構造不備により、付近を流れる真栄排水路の汚水または、埋立てられた旧排水路の浸出水のいずれかが、井戸原水に混入し、さらに塩素滅菌装置の一部故障により、井戸浄水までもが、病原大腸菌及びカンピロバクターに汚染されたことによるものであった。

札幌市では、この食中毒を機に、飲料水の安全確保を図るため、不特定多数の市民が利用する施設に市水道水を使用させる一方、下水道、河川の環境整備に積極的に取り組むなどの方針を打ち出した。その一環として、排水路及び河川の水環境下における水系病原菌等の汚染状況を把握するため、当所では、昭和58年4月から、排水路15地点、河川10地点で採水し、細菌検査及び化学検査を実施したので、ここに1年間の検査結果を報告する。

I 検査方法

1 観測時期

昭和58年4月から、昭和59年3月まで1年間、排水路15地点、河川10地点の全てについて各々年6回観測を行った。

観測月

排水路（偶数月）、S58.4, 6, 8, 10, 12, S59.2

河川（奇数月）、S58.5, 7, 9, 11, S59.1, 3

2 観測地点

排水路地点は、あらかじめ市内排水路の予備調査を実施して札幌市内全域を網羅できること、真栄排水路と類似する都市排水路の性格が強いこと、

比較的汚濁が進み、人為的汚染がみられること、等の要件を考慮し、表1のとおり15地点を選定した。

河川地点は、市内を流れる河川を豊平川水域（御料橋、五輪大橋、東橋、雁来橋）茨戸川水域（対山橋、麻生橋、茨戸耕北橋）新川水域（新川橋、天狗橋、第一新川橋）の3水域に分け、支流水の影響を考慮し、豊平川、創成川、新川から表2のとおり10地点を選定した。

また、人為的な汚染が少なく、比較的清浄を保っている地点として、排水路は山鼻川、河川は豊平川上流御料橋を選定した。

排水路、河川の各採水地点の地図上の位置は、図1に、各採水地点の様子は写真1～25に示す。

表1 排水路観測地点

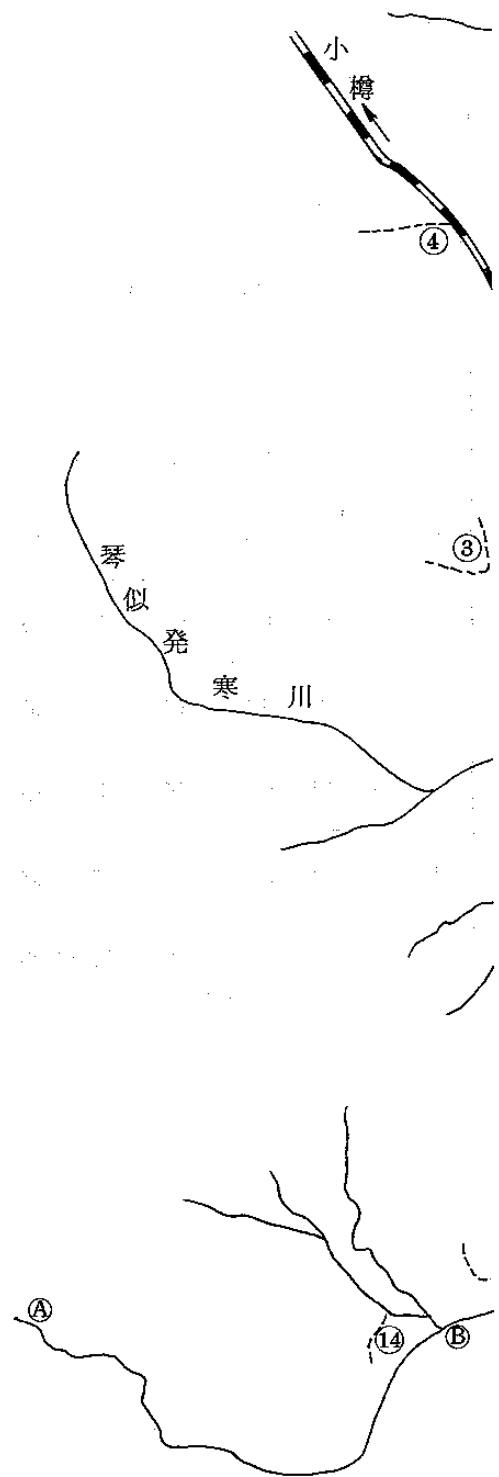
記号	排水路名	採水地点	排水路の概要	水深 (cm)	川幅 (cm)	流速 (m/s)
1	界川	(中)旭ヶ丘1丁目	コンクリートで護岸され、流量少ないが、流速はありほぼ良好な状況。	5	170	0.23
2	円山川支流排水路	(中)円山西町8丁目	"	2	80	0.13
3	上富丘川	(西)手稲宮の沢	準用河川。工場、病院等の下水が流入、水は白濁し浮遊物多く底はへドロ化。	25	130	0.10
4	稲穂川	(西)手稲稲穂	準用河川。家庭下水の流入が多く、水は白濁しやゝ異臭、底はへドロ化。	7	80	0.45
5	樽川添排水路	(西)手稲稲穂	素堀の排水路、流量少なく道路側溝化。水はやゝ白濁し、浮遊物多い。	10	100	0.21
6	学田排水路下流	(北)太平12条1丁目	コンクリートで護岸され、比較的大きな排水路であるが流速はなく家庭下水が流入。	25	206	0
7	学田排水路上流	(北)篠路町大平181	側溝水の流入がみられ水たまり様。ゴミが多く投入されている。	65	335	0.01
8	烈々布排水路上流	(東)北44条東15丁目	クリーニング工場の排水が多く、流れはほとんどなく、水は白濁してドブ川化。	45	240	0
9	烈々布排水路下流	(東)北42条東15丁目	素堀りで道路側溝化。流れはほとんどなく、他の側溝水が流入、やや白濁。	20	90	0
10	三角街道添排水路	(東)東苗穂	住商密集地を流れ、流量は多いが流速は少なく、水は白濁して、ドブ臭。	10	110	0
11	鉄北線添排水路	(白)川下5条1丁目	流量、流速とも少なく、道路側溝状。	15	140	0.08
12	真栄排水路下流	(豊)真栄	コンクリートで護岸され、流量少ないが流速はあり、家庭下水が流入。	9	125	0.16
13	真栄排水路上流	(豊)真栄	"	5	100	0.17
14	川沿排水路	(南)川沿3-3	コンクリートで護岸され、流速はほとんどなく、浮遊物、ゴミが多くドブ川化。	5	290	0
15	山鼻川	(南)藻岩下2丁目	岩の多い谷川、ほぼ人為的汚染のない準用河川。	10	90	0.48

※ 水深、川幅、流速は、昭和58年6月採水時の測定値

表2 河川観測地点

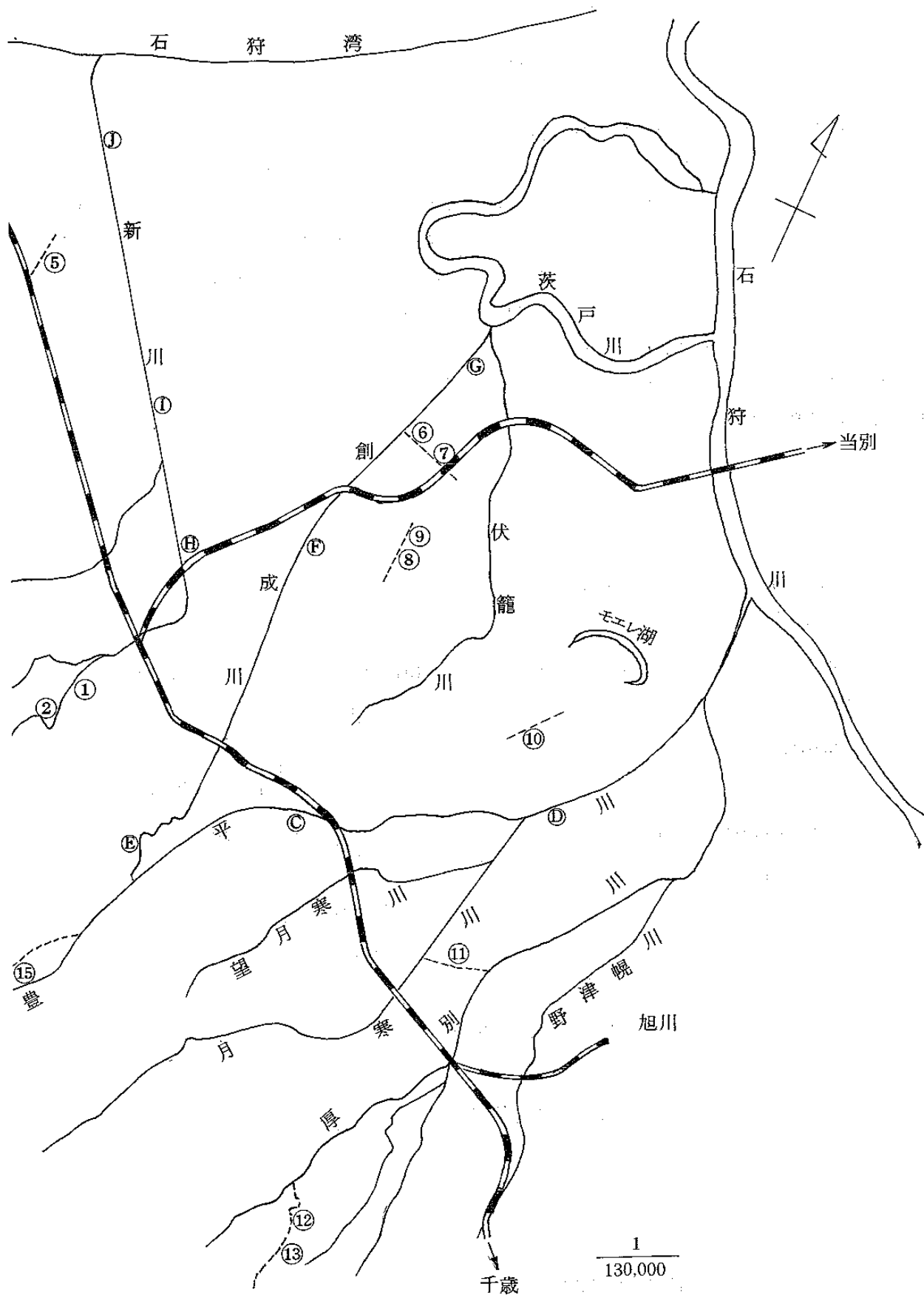
記号	河川名	採水地点	採水地点の概要
A	豊平川・上流	御料橋	市浄水場上流。清澄を保つ。
B	豊平川・中流	五輪大橋	比較的流量もあり、清澄を保つ。
C	豊平川・中流	東橋	流速、流量ともあり、まだ清澄を保つ。
D	豊平川・下流	雁来橋	流量はあるが、流速はおそく、透明度も落ちる。
E	創成川・上流	対山橋	最上流部で流量があり、清澄を保つ。
F	創成川・中流	麻生橋	住商密集地、流量はあるが、透明度が落ちる。
G	創成川・下流	茨戸耕北橋	流量はあるが、流速はおそく、濁っている。
H	新川・上流	新川橋	住宅密集地、家庭排水流入。
I	新川・中流	天狗橋	新川下水処理場下流域、流量はあるが濁っている。
J	新川・下流	第一新川橋	川幅もあり流量多いが透明度は落ちる。

	地点記号	排水路河川名	採水地点
排水路	1	界川	(中) 旭ヶ丘1丁目
	2	円山川支流排水路	(中) 円山西町8丁目
	3	上富丘川	(西) 手稲宮の沢
	4	稲穂川	(西) 手稲稲穂
	5	樽川添排水路	(西) 手稲稲穂
	6	学田排水路下流	(北) 大平12条1丁目
	7	学田排水路上流	(北) 篠路町大平181
	8	烈々布排水路上流	(東) 北44条東15丁目
	9	烈々布排水路下流	(東) 北42条東15丁目
	10	三角街道添排水路	(東) 東苗穂
	11	鉄北線添排水路	(白) 川下5条1丁目
	12	真栄排水路下流	(豊) 真栄
	13	真栄排水路上流	(豊) 真栄
	14	川沿排水路	(南) 川沿3条3丁目
	15	山鼻川	(南) 藻岩下2丁目
河川	A	豊平川上流	御料橋
	B	豊平川中流	五輪大橋
	C	豊平川中流	東橋
	D	豊平川下流	雁木橋
	E	創成川上流	対山橋
	F	創成川中流	麻布橋
	G	創成川下流	茨戸耕北橋
	H	新川上流	新川橋
	I	新川中流	天狗橋
	J	新川下流	第一新川橋



凡例
 — 河川
 - - - 排水路

図1 排水路



等探水地点图

3 検査項目と方法

排水路等の状況把握のため、水深、川幅、流速、水深水温を測定した。

細菌学的検査項目としては、食中毒起因菌を中心に、赤痢菌、サルモネラ、病原大腸菌、セレウス、コアグラゼ産生黄色ブドウ球菌耐熱性A型ウェルシュ、カンピロバクター、腸炎ビブリオ、NAGビブリオ、エロモナス、エルシニア・エンテロコリチカ、プレシオモナス・シゲロイデス、ビブリオ・フルビアリス等について行った。検査対象の病原菌の検査フローチャートを図2に、増菌、分離に用いた培地を表3に示す。

化学的検査項目については、水質の全体的評価のため、水素イオン濃度(pH)、生物化学的酸素要求量(BOD)、浮遊物質(SS)、溶存酸素(DO)、大腸菌群数(MPN)、化学的酸素要求量(COD)を測定した。さらに人為的な汚染指標として、メチレンブルー活性物質(MBAS)、アンモニア性窒素(NH_4^+)亜硝酸性窒素(NO_2^-)塩素イオン濃度(Cl^-)、クロロフィル-a(Chl. a)について測定を行った。化学検査の方法は表4のとおりである。

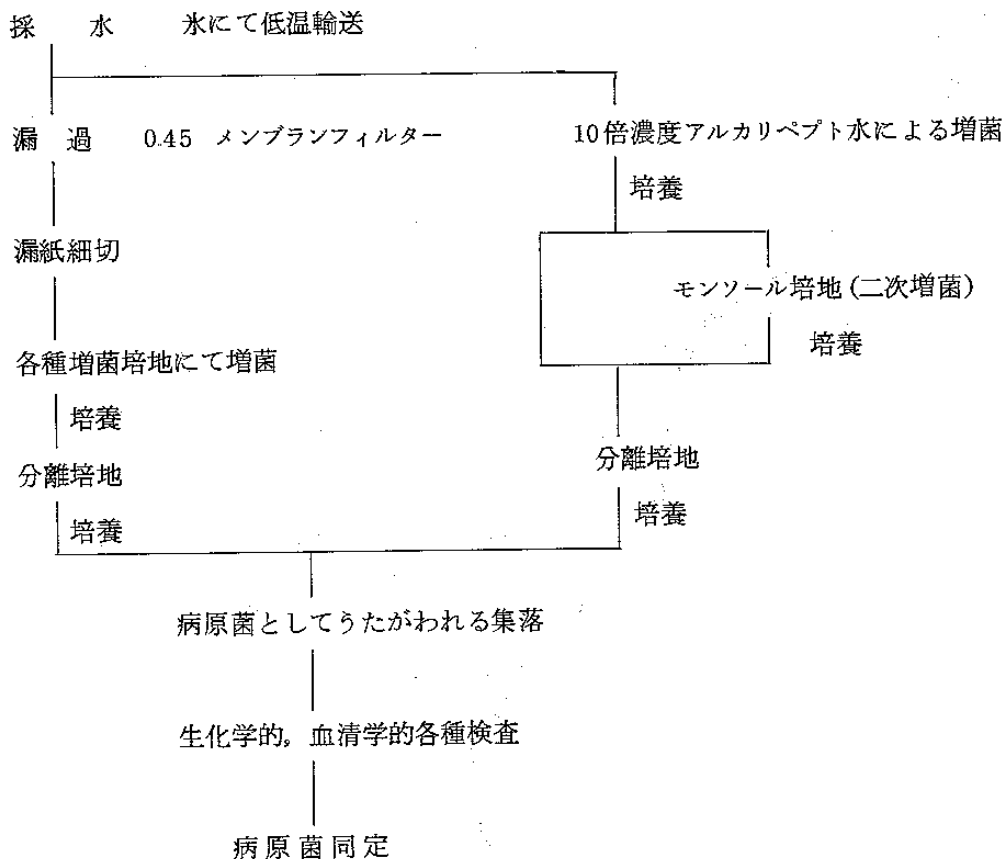


図2 細菌検査フローチャート

表3 病原細菌の検査に用いた培地

増菌培養			分離培養			対象細菌
増菌培地	条件	時間	分離培地	条件	時間	
SBGスルファ	37°C 好気	時間 18~24	SS, SSK	37°C 好気	時間 18~24	赤痢, サルモネラ, エルシニア, エロモナス プレジオモナス, 病原大腸菌
セレナイト	"	"	DHL, BS	"	"	サルモネラ
BTB加LB	"	"	SS, SSK	"	"	病原大腸菌
PBS	4°C 好気	日 15~20	SS, SSK	"	"	エルシニア
アルカリ性 ペプトン水 (二次; モンソール)	37°C 好気	時間 18~24	VA, TCBS	"	"	コレラ, NAGビブリオ ビブリオ・フルビアリス
2%食塩加 コリスチンブイヨン	"	"	"	"	"	腸炎ビブリオ
7%食塩加 HIブイヨン	"	"	卵黄加 マンニット食塩	"	36~48	黄色ブドウ球菌, セレウス
クックドミート	"	"	NGKG	"	18~24	セレウス
			カナマイシン加 卵黄CW	37°C 嫌気	"	"
CEM	42°C 微好気	13~48	Skirrow	42°C 微好気	48~	カンピロバクター

注) 検水を0.45μmメンブランフィルターで濃縮, フィルターを細切し, 増菌培養後分離培養する。

分離後の同定は定法によった。(微生物検査必携, 細菌・真菌検査 他)

表 4 化学検査の方法

検査項目	略号	単位	検査方法
水温		°C	JIS K-O102※ ペッテンコーヘル水温計
透視度		cm	JIS K-O102 50cm透視度計
水素イオン濃度	pH		JIS Z-8802 ガラス電極 pH計
溶存酸素	DO	mg/l	JIS K-O102 ウィンクラー・アジ化ナトリウム変法
生物化学的 酸素要求量	BOD	mg/l	JIS K-O102
化学的酸素 要求量	COD	mg/l	JIS K-O102
浮遊物質	SS	mg/l	環境庁告示
大腸菌群数		MPN/100ml	環境庁告示 BGLB培地による最確数(MPN)
メチレンブルー 活性物質	MBAS	mg/l	JIS K-O102 メチレンブルー吸光光度表
アンモニア性窒素	NH ₄ ⁺	mg/l	JIS K-O102 水蒸気蒸留・インドフェノール青吸光光度表
亜硝酸性窒素	NO ₂ ⁻	mg/l	JIS K-O102 ナフチルアミン吸光光度法
硝酸性窒素	NO ₃ ⁻	mg/l	上水試験方法 カドミウム・銅カラム法
塩素イオン濃度	Cl ⁻	mg/l	上水試験方法 モール法
クロロフィル-a	Chl. a	mg/l	上水試験方法 アセトン抽出法

※ JIS K-O102 日本工業規格による工場排水試験法

II 結果及び考察

昭和58年4月から59年3月末までの各6回の排水路及び河川の検査結果は表5, 6, 7, 8, 9のとおりである。

この検査結果の解析及び考察は次のとおりである。

1 細菌検査

(1) 病原菌の検出状況

昭和58年4月から昭和59年3月の1年間に排水路水、河川水合計147検体を採取し、9菌種302株の食中毒起因菌を検出した。検出菌種は、サルモ

ネラ、コアグラゼ産生黄色ブドウ球菌、(以下黄色ブドウ球菌)、耐熱性A型ウエルシュ(以下ウエルシュ)、ビブリオ・フルビアリス、セレウス、エロモナス、NAGビブリオ、カンピロバクター、病原大腸菌であった。各菌種の検出数及び検出率は、表10のとおりである。

また、各排水路、河川別の病原菌検出回数を表11, 12に示す。表10に示すとおり、排水路、河川とも病原菌検出数は、多い方から、ウエルシュ、エロモナス、セレウスの順である。

特徴的なのは、排水路、河川で検出頻度第4位の菌種が異なり、排水路では、黄色ブドウ球菌、河川では、NAGビブリオである。黄色ブドウ球菌

表5 排水調検査結果成績(1)

Table with 14 columns: St., 年月日 (Date), 水温 (Water Temp), 透視度 (Transparency), pH, DO (mg/l), BOD (mg/l), COD (mg/l), SS (mg/l), 大腸菌総数 (Coliforms), NBAS (mg/l), (NH4)++ (mg/l), (NO3)- (mg/l), Cl- (mg/l), 汚染物質 (Pollutants: カドミウム, ニッケル, マンガン, シンク, コバルト, 鉄, 亜鉛, 銅, マグネシウム, カリウム, ナトリウム, アンモニウム, クロム, リン, 硝酸窒素, 硫酸根, 有機リン, 有機塩素, 有機リン, 有機塩素, 有機リン, 有機塩素, 有機リン, 有機塩素), Total.

表 10 排水路及び河川水からの病原菌検出数

項目 区分	検体数	病 原 菌 検 出 数 (検出率)								
		サルモネラ	黄色 ブドウ球菌	ウエルシュ	ビブリオ・ フルビアリス	セレウス	エロモナス	NAG ビブリオ	カンピロ バクター	病 原 大腸菌
排水路	87	1 (1.1%)	16 (18.4%)	64 (73.6%)	2 (2.3%)	36 (41.4%)	43 (49.4%)	7 (8.0%)	0 (0%)	1 (1.1%)
河 川	60	6 (10.0%)	0 (0%)	47 (78.3%)	0 (0%)	29 (48.3%)	31 (51.7%)	18 (30.0%)	1 (1.7%)	0 (0%)
合 計	147	7 (4.8%)	16 (10.9%)	111 (75.5%)	2 (1.4%)	65 (44.2%)	74 (50.3%)	25 (17.0%)	1 (0.7%)	1 (0.7%)

は、排水路水87検体中16検体(18.4%)から検出されたが、河川水60検体からは、検出されなかった。

逆に、NAGビブリオは、排水路水で7検体(8.0%)から検出したのに対し、河川水では、18検体(30.0%)から検出された。サルモネラは、NAGビブリオ同様、河川から多く検出された。他の検出菌では、排水路から、ビブリオ・フルビアリス2、病原大腸菌1、河川水から、カンピロバクター1が検出された。この検出数が少ないビブリオ・フルビアリス、病原大腸菌、カンピロバクターについては、その検出の傾向を統計的に論ずるには、やや無理がある。

表11、12より、排水路、河川別に病原菌の検出状況を見ると、ウエルシュは、全ての採水地点で検出され、6回の調査で少なくとも、3回検出されている。また、エロモナスは、採水地点中、最も清澄と考えられる山鼻川を除く全ての地点で検出され、セレウスは、2排水路を除く全ての採水地点で検出された。黄色ブドウ球菌は、9排水路で、またNAGビブリオは、全河川採水地点と、6排水路で検出された。この2菌種は、排水路、河川に各々特徴的な病原菌といえよう。

全採水地点中、視覚的にも、細菌学的にも、化学的にも最も清澄であると考えられる地点は山鼻川である。ここでは、6回の調査で、ウエルシュ4、セレウス1の検出があるのみである。山鼻川

は、この調査を行ううえで、細菌学的バックグラウンドとして最も自然状況に近い地点として評価できる。また逆に、検出数が少ない病原菌を検出した排水路、河川は、一時的にか、それらの病原菌が混入または生息する汚染された状況にあると考えられる。例えば、上富丘川(排水路中唯一のサルモネラ検出、ビブリオ・フルビアリス検出)、円山川支流排水路(全観測地点中唯一の病原大腸菌検出)、円山川支流排水路(全観測地点中唯一の病原大腸菌検出)、新川新川橋(全観測地点中唯一のカンピロバクター検出)などは、相当に汚染された状況と判断しうる。

(2) 排水路水、河川水から検出された病原菌

ア) サルモネラ

排水路水87検体中1検体(1.1%)、河川水60検体中6検体(10.0%)よりサルモネラを検出した(表10)。排水路のサルモネラ検出地点は上富丘川であり、この地点は他の排水路に比較して人為的汚染が激しい地点と考えられるところである(表12)。このサルモネラはC群型不明であった。

また河川水からは、4採水地点から計6回の検出をみた。検出地点は豊平川雁来橋2回、創成川茨戸耕北橋と新川天狗橋が1回、新川第一新川橋2回である。これらの検出地点は、いずれも各河川の中・下流域であり、しかも下流の方に検出回数が多い(表13)。

採水地点名	検出月	検出サルモネラ菌種
上富丘川	4月	Salmonella SP.(C ₁ :uk)
豊平川 雁来橋	5月	S. typhimurium (B ₁ :i:1,2)
創成川 茨戸耕北橋	5月	S. litchfield (C ₂ :L:1,2)
新川・天狗橋	11月	S. london (E ₁ :Lv:16)
新川 第一新川橋	11月	S. stanley (B ₁ :d:1,2)
豊平川 雁来橋	1月	S. paratyphi B(B ₁ :b:1,2)
新川 第一新川橋	1月	S. meleagridis (E ₁ :eh)

サルモネラは、動物に寄生していることが多く、人為的な汚染のない河川の常在菌とは考えにくく、また菌型が一定していないこと、特に季節的なかたよりがみられないことから、一過性の汚染が頻繁におこなわれていると考えられる。また、病原性から考えて、検出菌中最も重要な菌であると考えられる。

イ) 黄色ブドウ球菌

黄色ブドウ球菌は、河川水からは全く検出されず、排水路水87検体中9排水路16検体から検出された(表10)。

黄色ブドウ球菌を検出した排水路は下記のとおりである。

排水路名	検出回数	検出月
界川	3	8, 10, 2
円山川支流排水路	2	6, 12
上富丘川	2	6, 12
稲穂川	3	6, 8, 2
樽川添排水路	1	6
学田排水路下流	1	12
三角街道排水路	1	12
真栄排水路上流	2	4, 12
川沿排水路	1	6

黄色ブドウ球菌は、広く自然界に分布しているとされるが、河川水から全く検出されず、排水路水からは比較的検出されやすいことから、排水路

水中の黄色ブドウ球菌は、そのほとんどが人為的な汚染によるもので、他の細菌が多い状態では、長期にわたって生残しづらいのではないかと考えられる。排水路水や河川水中の細菌としては、桿菌がそのほとんどであると考えられ、この調査で検査対象とした病原菌中由一の球菌である黄色ブドウ球菌は、他の桿菌に淘汰されることが考えられる。桿菌は、大腸菌などの桿菌が共存すると比較的長期にわたり、生残することが知られており、逆に球菌は、比較的短命な経過をとることが予想される。黄色ブドウ球菌とは逆に、排水路や河川上流でほとんど検出されないサルモネラが河川の中下流で検出されるのは、そこに至る過程で増殖するからであろう。

ウ) 耐熱性 A 型ウエルシュ菌

ウエルシュ菌は、検出した9菌種中最高の検出率となり、排水路水87検体中64検体(73.6%)、河川水60検体中47検体(78.3%)から検出された。ウエルシュがこの様に高率で検出された背景は、ウエルシュが土壌に広く分布していること、芽胞を形成するため、他の細菌に比較して環境の変化に強く、生残しやすいことなどが考えられる。

検出したウエルシュの血清型はほとんどが型不明であったが、決定されたものは、Hobbs 3型、5型(3株)、7型、8型、13型(2株)であった。またウエルシュはすべての観測定点で検出されており、年間6回の調査で、最低3回、最高6回の検出をみている。人為的汚染の少ないと考えられる観測定点である山鼻川でも6回中4回検出された。このことから、排水路水、河川水から検出されたウエルシュは、人為的な汚染の影響ではなく、流域の土壌から供給されたものであることが予想される。

エ) ビブリオ・フルビアリス

ビブリオ・フルビアリスは、排水路水2検体より検出された(表11)。検出した採水地点は、上富丘川(8月)、真栄排水路下流(8月)であっ

表 11 排水路病原菌検出回数（年6回偶数月採水）

記号	排水路名	採水地点	サルモネラ	黄色ブドウ球菌	ウエルシュ	ビブリオ・フレビアリス	セレウス	エロモナス	NAGビブリオ	カンピロバクター	病原大腸菌
1	界川	(中)旭ヶ丘1丁目	0	3	5	0	2	5	1	0	0
2	円山川支流排水路	(中)円山西町8丁目	0	2	3	0	2	1	0	0	1
3	上富丘川	(西)手稲宮の沢	1	2	6	1	0	2	1	0	0
4	稲穂川	(西)手稲稲穂	0	3	4	0	0	5	0	0	0
5	樽川添排水路	(西)手稲稲穂	0	1	4	0	4	3	0	0	0
6	学田排水路（下流）	(北)大平12条1丁目	0	1	5	0	3	4	0	0	0
7	学田排水路（上流）	(北)篠路町大平181	0	0	4	0	4	2	0	0	0
8	烈々布排水路（上流）	(東)北44条東15丁目	0	0	5	0	4	3	2	0	0
9	烈々布排水路（下流）	(東)北42条東15丁目	0	0	5	0	4	4	1	0	0
10	三角街道排水路	(東)東苗穂	0	1	3	0	3	1	0	0	0
11	鉄北線添排水路	(白)川下5条1丁目	0	0	5	0	1	5	0	0	0
12	真栄排水路（下流）	(豊)真栄	0	0	4	1	3	5	1	0	0
13	真栄排水路（上流）	(豊)真栄	0	2	3	0	3	1	0	0	0
14	川沿排水路	(南)川沿3条3丁目	0	1	4	0	2	2	1	0	0
15	山鼻川	(南)礮岩下2丁目	0	0	4	0	1	0	0	0	0

※印の3定点は、全面結水等のため、年間5回採水の結果

表 12 河川水病原菌検出回数（年 6 回，奇数月採水）

記号	河川名	採水地点	所 在	サルモネラ	黄色 ブドウ球菌	ウエルシュ	ビブリオ・ フルビアリス	セラウス	エロモナス	NAG ビブリオ	カンピロ バクター	病原 大腸菌
A	豊平川	御料橋	(南)白川	0	0	5	0	2	1	3	0	0
B	"	五輪橋	(南)真駒内	0	0	5	0	4	2	2	0	0
C	"	東橋	(中)大通東12丁目	0	0	3	0	4	4	1	0	0
D	"	雁来橋	(東)雁来	2	0	5	0	2	5	2	0	0
E	創成川	対山橋	(中)南16条西4丁目	0	0	5	0	1	2	2	0	0
F	"	麻生橋	(北)麻生町3丁目	0	0	5	0	2	3	1	0	0
G	"	茨戸耕北橋	(北)篠路町茨戸	1	0	5	0	5	4	3	0	0
H	新川	新川橋	(北)北24条西19丁目	0	0	5	0	2	4	1	1	0
I	"	天狗橋	(西)発寒17-4	1	0	4	0	4	3	2	0	0
J	"	第一新川橋	(西)手稲前田	2	0	5	0	3	3	1	0	0

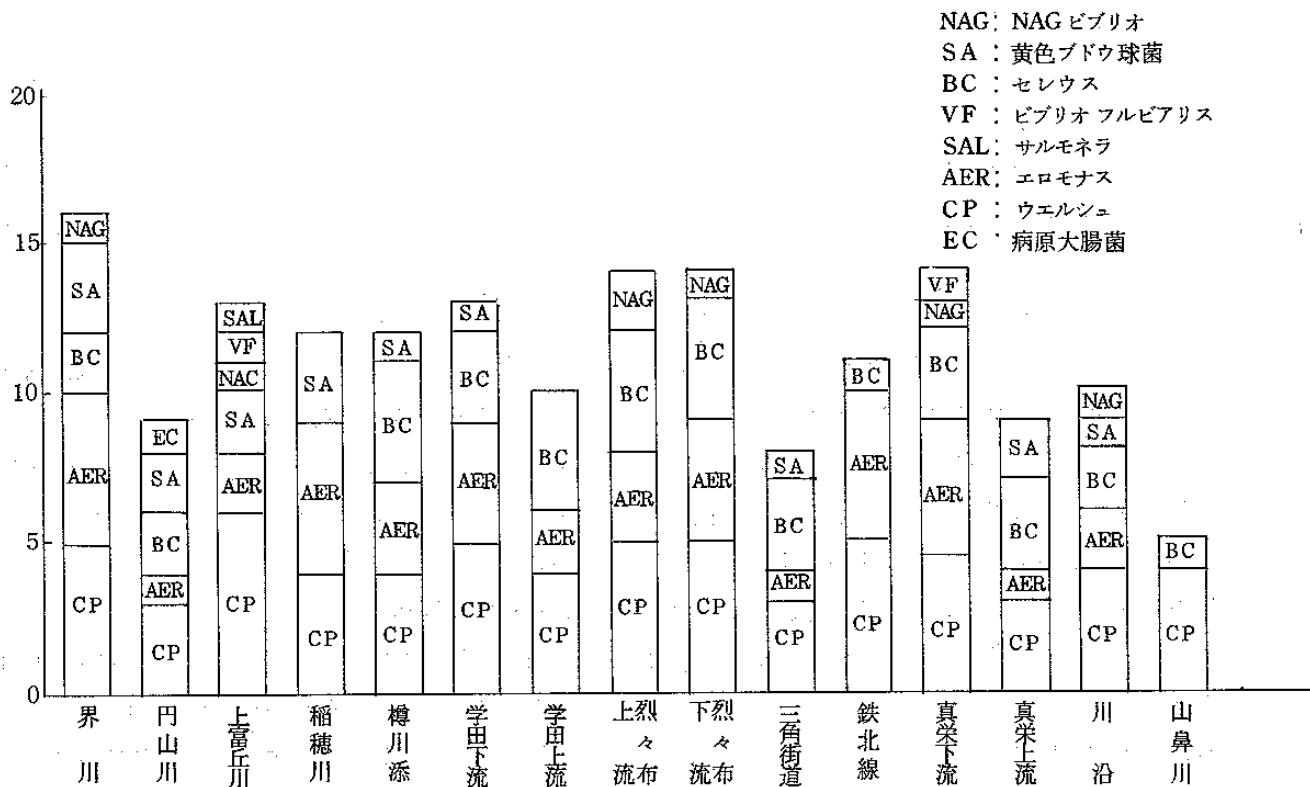


図3 排水路病原菌検出数(年合計)

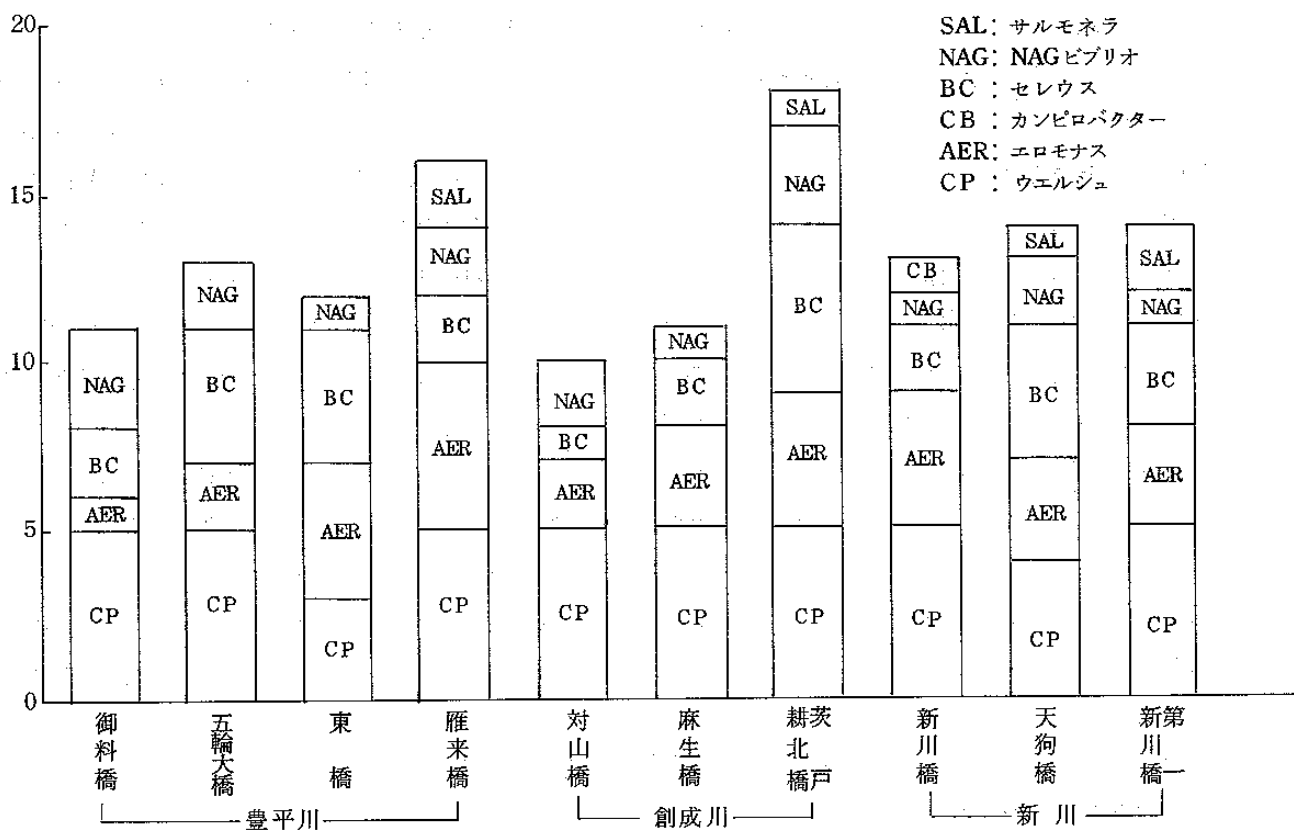


図4 河川病原菌検出数(年合計)