



Title	病原細菌による水の汚染状況と汚染評価指標について
Author(s)	芦立, 徳厚
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 評価 . 2-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 57-62
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7824
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-2-4_p57-62.pdf



2-4

病原細菌による水の汚染状況と汚染評価指標について

芦立 徳厚 (函館工業高専環境都市工学科)

1. はじめに

水と伝染病の関わり合いを歴史的に振り返ると、伝染病の原因となっている病原体の大部分は細菌である。ウイルスや原虫が原因となった水系伝染病もあったに違いないと思われるが、少なくとも、歴史的な記述によれば、中世を暗黒時代たらしめたのも、産業革命下の都市を襲ったのもコレラ、チフスなど細菌を病原体とする伝染病であった。

とりわけ、水道の歴史は、病原細菌との闘いの歴史といっても過言でないほどである。水系伝染病予防に緩速ろ過が有効であることを実証したいわゆる、Mills-Reinkeの現象も腸チフスやコレラによる患者、死亡者の激減が論証の材料となっている。

19世紀末の塩素消毒の導入によって、この病原細菌との闘いにも一応の終止符が打たれた。しかし、依然として水域には多くの病原細菌が存在して感染の機会をうかがっており、塩素に耐性のある病原細菌の存在も明らかになってきている。したがって、今日的視野で病原細菌による水の汚染状況と汚染評価指標細菌を見直すことは、時宜を得ているものと思われる。

本稿では、病原体を細菌に限定して、これによる種々の水域の汚染状況をまず紹介する。ついで、病原細菌の評価指標として何が妥当かに関する研究に言及する。

文献検索は、過去5年間の *Water Reseach*、*Water Science and Technology*、*Applied and Environmental Microbiology* を基本的な対象として、必要に応じて他の雑誌も参考にした。

2. 水域の病原細菌汚染状況

まず、病原細菌における水域の汚染状況を、可能な限り定量的に以下に紹介する。環境水がいずれ水道原水になるなど、相互に重複して分ち難い面があるが、便宜的に水域を、下水及び下水処理水、環境水、水道原水及び水道水と大きく分けて記述する。

2.1 下水及び下水処理水

ブラジル、Paraiba 州 Catingueira の都市下水と酸化池流出水について、RV培地MPN法によって、*Salmonellae* 数が求められている。その結果によると、都市下水では25-900 MPN/100ml、嫌気性池流出水では 30-170 MPN/100ml、通性嫌気性池では 25-350 MPN/100ml、熟成池流出水では 0-130 MPN/100mlの*Salmonellae*がそれぞれ検出されている²⁾。フランスの Nancy 処理場から得た流入下水について、*Campylobacter* の検出とその菌種同定が行われている。最も検出率のよかったPreston培地で増菌した後 Preston寒天で分離する方法によると、116試料のうち51試料 (43.9%) から *Campylobacter* が検出されている。菌種は *C.jejuni* が48試料で *C.coli* が3試料である。*Campylobacter* の廃水からの検出率は研究者によって異なっており、96.6% (Frickerと Park³⁾, 1989) から、92.3% (Stelzerら, 1988)、69.1% (Jonesら⁴⁾, 1990)、0% (Pickertと Botzenhart, 1985) にまで及んでいる。高いパーセンテージは、屠殺場の廃水が流入する処理場で記録されることが知られており、Nancy 処理場の低い検出率は、屠殺場廃水が流入しないことが原因と説明している⁵⁾。ドイツの下水処理場で行われた *Campylobacter* の調査によると、活性汚泥法の下水処理場の場合、流入下水の菌数は 1.05×10^3 /100mLで、放流水の平均菌数は 1.3×10^2 /100mLであった。酸化池法の処理場の場合、流入下水の平均菌数は51/100mLで、放流水には検出されなかった。また、消化汚泥の中からは *Campylobacter* は検出されなかった⁶⁾。

オーストラリア、シドニー市の Malabar下水処理場の1次処理放流水の細菌汚染状況が報告

されている。それによると *Staphylococcus aureus* の平均菌数は 1.22Log cfu/100mL で、*Salmonella* はほぼ毎回(96%)検出されるが、*Campylobacter* は全く検出されなかった⁷⁾。

下水中からは、あらゆる病原細菌が検出される可能性がある。伝染病患者および保菌者の排泄物はその家庭あるいは入院している病院から流入するし、家畜、ペットの排泄物等も流入するからである。また、屠殺場や魚介類を原料とする食品工場があれば、それらに関連する病原細菌が流入する可能性も生じる。ここに掲げた調査に共通することをあげると、下水中に *Salmonella* はほぼ常在し、*Staphylococcus* も存在の可能性が高い。一方、*Campylobacter* は検出される場合とされない場合があり、屠殺場排水が濃厚な供給源との指摘がある。

2. 2 環境水(河川水、湖沼水、海水、地下水)

Vibrio cholerae はO抗原により、O1と Non-O1に区別され、O1の中にアジア型コレラ菌とエルトル型コレラ菌が含まれている。1992年末からインドとバングラデシュに Non-O1菌の流行が始まり、その原因菌を調査したところ、O1からO138までのいかなるO血清とも反応しない新しいタイプの血清型であることが判明し、*Vibrio cholerae* O139と名付けられた。*Vibrio cholerae* O139 は、*Vibrio cholerae* O1 によるコレラと同様の激しい症状を引き起こす。バングラデシュでは、1993年の1月初めから3月の終わりまでに、107,297人がこの菌に感染し、1,473人が死亡している。バングラデシュでは、*V.cholerae* O1 によるコレラが季節的なピークを伴って年に二回流行するが、流行の最中でも、*V.cholerae* O1の検出率は表流水試料の1%以下である。*V.cholerae* O139 は水中での挙動がよく知られていないので、水域に流入した *V.cholerae* O139 が生き延びて感染源になり得るか検討した。試料はバングラデッシュの都会 Dhakaと田舎 Matlabの周辺の池、湖、運河、川から採取された。試料採取は流行のピークに達していた地域で1993年の2月から6月にかけて行われた。試料水はいずれも、水面下5cmのところから500mL採取した。92試料のうち11試料(12%)から *V.cholerae* O139 が検出された。運河の試料13のうち1試料から *V.cholerae* O1 (ElTor小川型)が、1試料から *V.cholerae* O139 が検出された。63の池試料から6、5個の湖試料から1、11の河川試料から2の各試料から *V.cholerae* が検出された。研究期間中、*V.cholerae* O139 の検出に季節性はなかった。生化学及び生理学的試験の結果、*V.cholerae* O139 は *V.cholerae* O1 より水中で永く生存すると推測されるので、伝染予防の戦略を立てる際考慮する必要がある⁸⁾。

食物、特に生牡蠣を通じて感染することで知られる *Vibrio vulnificus* について、メキシコ湾岸の魚介類の腸内や海水・底泥中の菌数がMPN法によって調べられている。冬期間、*V.vulnificus* の菌数は少ないが、4月から10月にかけて多くなる。特に、周辺の海水、底泥、牡蠣、甲殻類より感潮域の魚の腸内が、2から5log上回った。最大の菌数は、 $10^8/100g$ のオーダーで海底に生息する魚類の腸内から検出された。同時に行われた調査で海水、底泥の平均菌数は、それぞれ $10^{2-9}/100mL$ (9試料)、 $10^{5-8}/100g$ (8試料)であった⁹⁾。

スペイン、バレンシア海岸のレクリエーション水域8ヶ所について、1990年1月から12月まで、*Campylobacter* の調査が行われた。13% (25/192) の試料に好熱性の *Campylobacter* が検出され、夏に検出率の低下がみられた。検出された *Campylobacter* の優占種は *C.coli* であった¹⁰⁾。

ドイツの中程度に汚染されている河川における *Campylobacter* の検出率は82.1%で、大部分の試料は10/100mL以下という報告がある⁸⁾。

1987年から1988年にかけて、フィンランド中央部の湖に流入する田園地帯と都市地帯の表流水について *Campylobacter* の出現率の調査が行われている。検出率は秋が一番¹⁰⁾ 高く(24%)、以下春(17-21%)、夏(5%)、冬(2%)の順であった。都市地帯の方が糞便汚染指標細菌からみて田園地帯より汚染されているにもかかわらず、*Campylobacter* の検出率は田園地帯の方が高かった。検出された61の菌株のうち1株(*C.coli*)を除いてすべて *C.jejuni* であった¹¹⁾。

フィンランド南部で、1987年の夏 *Staphylococci* の調査が行われている。無人地域の小川や湖、人家がまばらな農業地域の小川、三つの下水処理場の放流水から試料を得て試験したところ、

Staphylococci のコロニー数はそれぞれ1-2、60-110、100-1600であった。検出された *Staphylococci* の種を同定した結果は、*S.aureus* は処理下水から検出された菌株の2%を占めるに過ぎなかったが、無人地域については18%に達した。無人地域から検出された *Staphylococci* はへら鹿等の野生動物と共生しているかその病原菌になっている可能性がある¹²⁾。

ハワイ各地の海水浴場における total staphylococci と *S.aureus* の存在数とその評価に関する報告がある。これによると、ハワイの海水浴場は Favero が提案した100 staphylococci/100ml という最大許容レベルより低いものと高いものに分類することができるという。その結果によると、有名なワイキキ海岸は *Staphylococci* の多い地点に分類されている。この調査で興味深いのは、海水浴客の数と total staphylococci 数との相関が極めて高いことである。このことは、*Staphylococci* が人間の皮膚に常在することから、すでに Seyfried らが指摘していることであるが、このワイキキ海岸における24時間調査でも確かめられたわけである。またこの調査から、海水浴客がいなくなる夜になっても、低いレベルではあるが *Staphylococci* が存在していることが判明している。このことは、この細菌が海水中で生存できることを物語っているといえよう。海水から検出された *Staphylococci* の菌株から無作為に100個を抽出して菌種の分類を行ったところ、最も頻度の多かった菌種は *S.hominis* 1 と *S.warneri* でいずれも23%であった。ついで多かったのが、*S.homis* 2 と *S.aureus* で各々13%であった。皮膚病の病原菌である *S.aureus* に加えて、海水浴客に健康被害を与える可能性があると言われている、コアグララーゼ陰性の *Staphylococci* の多くの種が含まれているという結果になった¹³⁾。

以上、インドから東南アジアにかけてのコレラの流行は頻発しており、これらの地域の環境水から高い率でコレラ菌が検出されている。しかも、従来型の *V.cholerae* O1 に加えて、水中での生存率が高いと推測されている *Vibrio.cholerae* O139 の出現の事実は、一層の警戒を求めているといえよう。我国でも水系感染例のある *Campylobacter* については、多くの調査・研究例がある。検出率には季節的な変動があり、春、秋に高く、夏、冬に低下するようである。多く検出される菌種は、thermophilic *Campylobacter* と呼ばれる *C.jejuni*、*C.coli* である。温血動物の腸管のほかに皮膚や粘膜にも存在するブドウ球菌 (*staphylococci*) については、下排水等に加えて、野生動物や海水浴客による汚染にも注目すべきことが指摘されている。重篤な肺炎、腸炎、敗血症等の病原体となる黄色ブドウ球菌 (*S.aureus*) も各所で検出されている。

2. 3 水道原水及び水道水

スウェーデンでは、1980年から1989年の10年間に63件の水系伝染病の流行が発生し、患者は32,250人に及んだ。その中で最大の流行は1988年、スウェーデン北方の都市ボーデン (住民26,000、軍人1,000人) で発生した。3月24日から25日にかけて、胃腸炎の症状を呈した患者は、住民10,700人(41%)、軍人341人(34%)に及んだ。水道水を検査したところ、河川表流水を水源とする原水と細菌学的に同じ水質で、中程度の糞便汚染を受けた状態だった。原因は、3月22日、浄水場に電子制御システムを設備する際に塩素消毒装置とそのモニタリングシステムが正常に作動せず、一時的に塩素消毒が停止したためと判明した。水道水中から病原菌を検出する検査は行われていないが、二人の幼児の患者から、腸内病原性の *Escherichia coli* とロタウイルスが検出されている¹⁴⁾。

ブラジル、サンパウロ州 Araraquara 地方の水道水源 (貯水池、河川、泉、掘り抜き井戸、浅井戸) と水道水から合計 99試料を集め、腸内病原細菌と抗酸菌 (mycobacteria) について検索を行った結果、*Salmonellae* は検出されたが、*Shigella*、*Yersinia*、*E.coli* (EIEC) などは検出されなかった¹⁵⁾。

El-Zanfly は、薬剤耐性菌について調査し警告を発している。カイロの二つの区の塩素消毒された水道水について検出された一般細菌を調べたところ、薬剤耐性菌は、ampicillin耐性のもの (以下同様) 89%、sulfaguanidine 78%、streptomycin 57% という高い割合に達した。しかもその大多数 (62.4から98%) が多薬剤耐性 (MAR) であった。363のMAR菌株を同定したと

ころ、グラム陽性桿菌が最も多く、以下グラム陰性発酵性桿菌、グラム陽性球菌、グラム陰性非発酵性桿菌の順であった。三つの水源から汲み上げた地下水から分離した 101 菌株についても同様に調べたところ、耐性菌は、penicillin 77、sulfanilamide pyrimidine 67、tetracycline 32、chloramphenicol 18、neomycin 8 菌株であった。すべての薬剤に耐性のない菌株は、6 つの属にわたる 19 菌株であった¹⁶⁾。

イギリスで飲料水をはじめ各種の水中の亜硫酸還元 clostridia の存在数とその構成菌種の調査が行われている。卵黄を入れない tryptose-sulphite-cycloserine agar (TSC) とイギリスの標準法である membrane-clostridial agar (MCA) の二つの培地を用いて試験している。検出された clostridia を分類した結果、汚染された飲料水には、*Clostridium perfringens*、*C. baratii*、*C. difficile*、*C. limosum*、*C. subterminale* が含まれていたという¹⁷⁾。

3. 病原細菌汚染の評価指標

これまで紹介してきたように、下水、環境水はもとより、水道水にも各種の病原細菌が存在するか、あるいは存在する可能性のあることが明らかになった。したがって、こういった病原細菌による汚染を関係機関が日常的に監視することが当然必要となる。病原細菌そのものをその対象とすることは、周知のように、人的にも、時間的にも、経済的にも障害が多いので、病原細菌が存在すれば必ず併存する細菌の中から、指標細菌を選択することになる。大腸菌群（以下 TC と略称することがある）、ふん便性大腸菌群（同 FC）などがその代表的なものである。以下に、これら指標細菌が病原細菌汚染の評価指標として妥当なものであるか、病原細菌を同時に調査して検討した調査・研究例を示す。

2. で述べた海水中の *Campylobacter* の調査を行った Alonso らは、好熱性の *Campylobacter* が検出されたときの TC 数と FC 数を求め、両者の関係を調べている。*Campylobacter* は、TC が 2000MPN/100mL、FC が 1000MPN/100mL を超えたときにのみ検出されたが、糞便指標細菌の数と *Campylobacter* の存否に関係はなかった¹⁰⁾。

表流水についての最近の研究では、アメリカでも (Carter et al.¹⁸⁾, 1987; Taylor et al., 1983) イギリスでも (Bolton et al.¹⁹⁾, 1983) *Campylobacter* と糞便汚染指標細菌と間に明確な相関がないといわれている。2. でふれたフィンランド中央部の調査結果をもとに、*Campylobacter* が検出あるいは不検出のときの平均水質を比較した結果、*Campylobacter* 陽性のときは各種の糞便汚染指標細菌も多いという傾向が認められる¹¹⁾。

2. で述べた水道水源と水道水について、病原細菌を検索した Falcao らは、分離された *Salmonellae* の血清型と FC の菌数との関係から、*Salmonellae* はいずれの場合も FC の存在下で検出されていることを明らかにしている¹⁵⁾。

Kfir らは、南アフリカ海岸の三つの湾について、海水、下水放流水、雨水流出水、黒貝、牡蛎から試料を得て、*Salmonellae* の検出とそのときの指標細菌数を求めている。Hout 湾の海水の結果を例としてみると、サルモネラ陽性のときの FC の幾何平均が 12 cfu/100mL (最大数 1,610) に対して、サルモネラ不検出のときの幾何平均が 286 (最大数 47,500) となっており、サルモネラの存在と FC 数との間に明確な関係が認められない。同様な結果が他にも得られている。このことは、FC 数が基準以内であっても、貝類がサルモネラで汚染されている可能性を示している。サルモネラについては、比較的簡便な直接検出法が確立してきているので、サルモネラ汚染の評価と制御は直接サルモネラを測定することによって遂行すべきであると Kfir らは主張している²⁰⁾。

Morinigo らは、小集落の糞便汚染を受けている淡水域と、産業廃水や家庭下水によって汚染されている海岸域から試料を収集し、TC、FC、FS、Coliphage (Ph) サルモネラについて試験をしている。指標微生物数を対数正規分布処理して、サルモネラ検出の有無との関係を統計分析したところ、TC、FC、FS を指標としている EEC 基準とサルモネラ検出の有無と

は相関性がないという結果になった。一方、糞便汚染のみの淡水の場合、Phの95%値が300 pfu/100mL以下であれば、サルモネラの不在を保証できること、産業廃水と家庭下水の複合汚染を受けている海域の場合は、同じ基準では5%を超える割合でサルモネラが検出される可能性があることをそれぞれ明らかにしている。いずれにしても Coli-phageは試験法が簡便で、コストがかからず、迅速に(8時間)結果が得られるので、微生物指標として採用すべきであると主張している²¹⁾。また、Morinigoらは、Coliphageが腸内ウイルスとの相関性も高いことを示して、自然水の微生物学的水質の指標生物として最適であるとしている²²⁾。

2. でふれた Ashbolt らの調査によると、*Clostridium perfringens* はサルモネラと最も良い相関があるが、ウイルスはいずれの細菌指標とも相関が低いという結果が得られている⁷⁾。

以上の調査・研究例でも明らかのように、病原細菌と指標細菌の関係は、相関関係のある場合もあれば、無い場合もあるといったようにまちまちである。指標細菌が不検出ないしは少数であるのに病原細菌が存在するというのが、最も危険な状況であるが、そういった例も少なくないことが指摘されている。この結果から、従来の指標細菌である大腸菌群、ふん便性大腸菌群、ふん便性連鎖球菌群等を全面否定する考え方も生れてくるが、多くの場合、病原細菌の検出の際にこれら指標細菌が大量に検出されることも事実であるので、その考えはとるべきではないと思われる。しかし、限られた指標細菌でその水の安全性を100%担保しようとすることに無理があることは明白であり、その水域、水源、飲料水等対象の重要性に応じて、サルモネラのような比較的試験の容易な病原細菌は直接存否の有無を確かめたり、ある種の病原細菌と相関性が高いといわれる *Clostridium perfringens* や Coliphage を併せて試験するといった対処が望ましいといえよう。

4. おわりに

これまでの文献調査で明らかになった主なことをまとめると以下の通りである。

- (1) 下水中からは、あらゆる病原細菌が検出される可能性がある。取り上げた調査に共通することをあげると、下水中に *Salmonella* はほぼ常在し、*Staphylococcus* も存在の可能性が高い。一方、*Campylobacter* は検出される場合とされない場合があり、屠殺場排水が濃厚な供給源との指摘がある。
- (2) インドから東南アジアにかけて従来型の *V.cholerae* O1に加えて、水中での生存率が高いと推測されている *Vibrio.cholerae* O139 の出現が報告されており、一層の警戒が必要である。
- (3) *Campylobacter* については多くの調査・研究例がある。検出率には季節的な変動があり、春、秋に高く夏、冬に低下する傾向がある。多く検出される菌種は、thermophilic *Campylobacter* と呼ばれる *C.jejuni*、*C.coli* である。
- (4) 温血動物の腸管のほかに皮膚や粘膜にも存在するブドウ球菌(staphylococci)については、下排水等に加えて、野生動物や海水浴客による汚染にも注目すべきである。重篤な肺炎、腸炎、敗血症等の病原体となる黄色ブドウ球菌(*S.aureus*)も各所で検出されている。
- (5) 病原細菌と指標細菌の関係は、有意の相関関係のある場合も、無い場合もある。指標細菌が不検出ないしは少数であるのに病原細菌が存在するというのが、最も危険な状況であるが、そういった例も少なくない。限られた指標細菌でその水の安全性を100%担保しようとすることに無理があることは明白であり、その水域、水源、飲料水等対象の重要性に応じて、サルモネラのような比較的試験の容易な病原細菌は直接存否の有無を確かめたり、ある種の病原細菌と相関性が高いといわれる *Clostridium perfringens* や Coli-phage を併せて試験するといった対処が望ましいといえよう。

以上、病原細菌とその指標細菌に限定して、文献的考察を行ったが、いずれにしても、水の微生物汚染については病原細菌だけでなく、ウイルス、原虫を含めて総合的に掌握し対処することが必要であることは論を待たない。

5. 参考文献

- 1) 金子光美(監訳)(1992)飲料水の微生物学, 技報堂出版, 東京
- 2) Oragui, J. I., Arridge, H. M., Mara, D. D., Pearson, H. W. and Silva, S. A. (1993) Enumeration of Salmonellae in wastewater by the MPN technique, *Wat.Res.*, **27**, 1697-1699.
- 3) Fricker, C. R. and Park, R. W. A. (1989) A two year study of the distribution of thermophilic *Campylobacters* in human, environmental and food samples from the Reading area with particular reference to toxin production and heat-stable serotype, *J. Appl. Bacteriol.*, **66**, 477-490.
- 4) Jones, K., Betaieb, M. and Telford, D. R. (1990) Correlation between environmental monitoring of thermophilic *Campylobacters* in sewage effluent and the influence of *Campylobacter* infection in the community, *J. Appl. Bacteriol.*, **69**, 235-240.
- 5) Dousse, C., Schneider, E. and Schwartzbrod, J. (1993) Comparison of methods for isolating *Campylobacter* spp from sewage, *Wat.Sci.Tech.*, **27**, 275-278
- 6) Stelzer, W. and Jacob, J. (1991) A study of *Campylobacter* in sewage, sewage sludge and in river water, *Wat.Sci.Tech.*, **24**, 117-120.
- 7) Ashbolt, N. J., Gohmann, G. S. and Kueh, C. S. (1993) Significance of specific bacterial pathogens in the assessment of polluted receiving waters of Sydney, Australia, *Wat.Sci.Tech.*, **27**, 449-452.
- 8) Islam, M. S., Hasan, M. K., Miah, M. A., Yunus, M., Zaman, K. and Albert, M. J. (1994) Isolation of *Vibrio cholera* O139 Synonym Bengal from the aquatic Environment in Bangladesh: Implications for disease transmission, *Appl. Environ. Microbiol.*, **60**, 1684-1686.
- 9) DePaola, A., Capers, G. M. and Alexander, D. (1994) Densities of *Vibrio vulnificus* in the intestines of fish from the U.S. Gulf Coast, *Appl. Environ. Microbiol.*, **60**, 984-988.
- 10) Alonso, J. L. and Alonso, M. A. (1993) Presence of *Campylobacter* in Marine waters of Valencia, Spain, *Wat.Res.*, **27**, 1559-1562.
- 11) Martikainen P. J., Korhonen L. K. and Kosunen T. U. (1990) Occurrence of thermophilic *Campylobacters* in rural and urban surface waters in central Finland, *Wat.Res.*, **24**, 91-96.
- 12) Ahtiaainen, J., Niemi, M. and Jousimies-Somer, H. (1991) *Staphylococci* in polluted waters and in waters of uninhabited areas, *Wat.Sci.tech.*, **24**, 103-108
- 13) Charoenc N. and Fujioka R. S. (1993) Assessment of *Staphylococcus* bacteria in Hawaii's marine recreational waters, *Wat.Sci.Tech.*, **27**, 283-289.
- 14) Andersson, Y. (1991) A waterborne disease outbreak, *Wat.Sci.Tech.*, **24**, 13-15
- 15) Falcao, D. P., Valentini, S. R. and Fujimura, L. C. Q. (1993) Pathogenic or potentially pathogenic bacteria as contaminants of fresh water from different sources in Araraquá, Brazil, *Wat.Res.*, **27**, 1737-1741.
- 16) El-Zanfaly, H. T. (1991) The need for new microbiological water quality criteria, *Wat.Sci.Tech.*, **24**, 43-48.
- 17) Sartory, D. P., Pritchard, A. M. and Holmes, P. (1993) Enumeration of sulphite-reducing clostridia from potable water supplies, *Wat.Sci.Tech.*, **27**, 279-282.
- 18) Carter, A. M., Pacha, R. E., Clark, G. W. and Williams, E. A. (1987) Seasonal occurrence of *Campylobacter* spp. in surface waters and their correlation with standard indicator bacteria, *Appl. Environ. Microbiol.*, **53**, 523-526.
- 19) Bolton, F. J., Coates, D., Hutchinson, D. N. and Godfree, A. F. (1987) A study of thermophilic *Campylobacters* in a river system, *J. appl. Bact.*, **62**, 167-176
- 20) Kfir R., Burger J. S. and Idema G. K. (1993) Detection of *Salmonella* in shellfish grown in polluted seawater, *Wat.Sci. Tech.*, **27**, 41-44.
- 21) Morinigo, M. A., E. Martinez-Manzanares, E., Munoz, M. A., M. C. Balebona, M. C. and Borrego, J. J. (1993) Reliability of several microorganisms to indicate the presence of *Salmonella* in natural waters, *Wat.Sci.Tech.*, **27**, 471-474.
- 22) Morinigo, M. A., Wheeler, D., C. Berry, C., Jones, C., Muñoz, M. A., Cornax, R. and J. J. Borrego, J. J. (1992) Evaluation of different bacteriophage groups as faecal indicators in contaminated natural waters in southern England, *Wat.Res.*, **26**, 267-271

※ 本稿は、1995年11月17日開催された「水中の健康関連微生物シンポジウム」講演集に掲載された報告の一部を抜粋して再構成したものである。