
生活環境検査

生活環境検査の実施成績

東京都予防医学協会検査研究センター

腸管系病原菌検査の実施状況

腸管系病原菌の実施状況を表1に示した。2008(平成20)年度の実施件数は、サルモネラ属菌および赤痢菌検査が52,240件(前年比93%)、腸管出血性大腸菌O157検査が30,247件(前年比92%)であり、両検査ともに前年に比べ10%近く減少した。検出率はサルモネラ属菌が0.03%、腸管出血性大腸菌O157が0.007%であった。

2008年6月、大量調理施設衛生管理マニュアルが改正され、集団給食施設等における衛生管理体制の充実化が図られた。その中には、調理従事者等の衛生管理として、臨時職員も含め月1回以上の検便検査

を受けること。検便検査には、腸管出血性大腸菌の検査を含めること。また、必要に応じ10月から3月にはノロウイルスの検査を含めることが明記された。

今までは腸管出血性大腸菌O157だけが明記されていたが、腸管出血性大腸菌ということで、今後はO157の検査に加え、食中毒発生頻度の高いO26やO111を最低限加える必要がある。

水質検査の実施状況

水質検査の実施状況を表2に示した。2008年度の実施件数は7,270件であり、前年と比較して大幅な落ち込みがみられた。(前年比:72%)

表1 サルモネラ属菌、赤痢菌および腸管出血性大腸菌O157の検出状況

年 度	(1963～2008年度)							
	サルモネラ属菌		赤 痢 菌		腸管出血性大腸菌 O157			
	赤痢菌検査数	陽性数	%	陽性数	%	検査数	陽性数	%
1963～65	148,342			97	0.0654			
1966～70	1,258,806	1,337	0.11	170	0.0135			
1971～75	1,717,757	2,141	0.12	14	0.0008			
1976～80	1,632,829	3,044	0.19	8	0.0005			
1981～85	1,576,618	2,003	0.13	3	0.0002			
1986～90	1,307,209	1,275	0.10	1	0.0001			
1991～95	666,875	534	0.10	0				
1996～2000	535,016	221	0.04	0		202,026	33	0.02
2001	88,318	35	0.03	0		34,718	2	0.006
2002	82,039	30	0.04	0		35,218	7	0.020
2003	67,146	29	0.04	0		36,836	4	0.011
2004	60,861	20	0.03	0		30,261	3	0.010
2005	58,288	20	0.03	0		29,098	1	0.003
2006	53,866	23	0.04	0		25,698	1	0.004
2007	55,973	16	0.03	0		32,827	1	0.003
2008	52,240	17	0.03	0		30,247	2	0.007
合 計	9,362,183 (9,213,841)	10,727	0.12	293	0.0031	456,929	54	0.012

()内は、サルモネラ属菌検査数
サルモネラ属菌の検査は、1966年より開始した。
腸管出血性大腸菌O157検査は、1996年より開始した。

水道水の検査は、精密検査：114件、定期検査：2,955件、計：3,069件であった。定期検査の不適合件数は39件(1.3%)であり、不適合の主な要因は色度の基準値超過、一般生菌数の基準値超過および大腸菌の検出であった。

井戸水の飲料適否検査は108件、プール水の検査は318件であった。井戸水の飲料適否検査の不適合件数は20件(18.6%)であり、不適合の主な要因は水道水の定期検査と同様であった。

東京都予防医学協会(以下「本会」)では、高い検査精度を維持するために積極的に外部研修の機会を生かし、さらに複数の外部精度管理に参加して客観的な評価を得る努力を積み重ね、その結果として最高レベルの評価結果を獲得している。水質検査機関が指定制から登録制へと改正されるという規制緩和の流れのなかで価格面での競争が強調されてきたが、一部食品業界の杜撰な業務内容が社会問題化する事で、あらためて検査精度の重要性が認識されつつあるように感じる。今後は、本会の水質検査の専門機関としての高い評価をアピールして、少しでも実績を伸ばしていきたい。

簡易専用水道検査の実施状況

簡易専用水道検査の実施状況を表3に示した。2008年度の実施件数は1,369件であり(前年比：103%)、微増であった。2007年度までは、登録制の導入による新規業者の参入と、入札制度による価格競争により減少傾向が続いていたが、一定の歯止めがかかったと考えられる。

2008年度は、検査機関の間でも懸案事項であった判定の運用について見直しを行った。不適としては判定しない場合でも、より良い衛生管理のために必要に応じては専門的な助言を行うというものである。すなわち、水道法等で定められている「必要な衛生管理」がなされていない場合は不適として判定し指摘する一方、東京都が通知により指導している「望ま

表2 年度別水質検査の実施状況

(2000～2008年度)							
年度	水道水		井戸水 (飲用適否)	プール水	水質検査 無判定	項目検査 定量	合計
	精密検査	定期検査					
2000	164	6,635	85	937	62	2,764	10,647
2001	156	6,347	126	963	242	4,142	11,976
2002	149	6,098	143	834	300	6,587	14,111
2003	146	6,577	223	886	347	4,576	12,755
2004	141	5,508	185	671	296	4,234	11,035
2005	135	5,144	196	626	305	4,562	10,968
2006	115	4,828	111	443	235	4,320	10,052
2007	103	4,173	105	424	368	4,915	10,088
2008	114	2,955	108	318	839	2,936	7,270

表3 簡易専用水道検査の実施状況

(1979～2008年度)			
年度	検査施設 総数	10m ³ を 超える	10m ³ 以下 (小規模)
1979～1985	3,367		
1986～1993	9,874		
1994	1,609	1,563	46
1995	1,611	1,567	44
1996	1,690	1,624	66
1997	1,696	1,620	76
1998	1,716	1,642	74
1999	1,731	1,651	80
2000	1,798	1,709	89
2001	1,829	1,735	94
2002	1,736	1,663	73
2003	1,782	1,682	100
2004	1,692	1,611	81
2005	1,592	1,546	46
2006	1,512	1,425	87
2007	1,332	1,248	84
2008	1,369	1,286	83
計	37,936	23,572	1,123

検査対象受水槽有効容量
1979～1985：20m³以上
1986～現在：10m³以上

しい管理」については助言として扱うとして、区分けをして判定する事とした。また、東京都は古い建物が多いため付帯する設備も過去の建築基準にそって建造されており、現行の水道法で想定している給水設備とはそぐわない面がある。このような場合には、当該検査はあくまで衛生的な管理を目的としており構造にまで言及するような指摘はしないが、古い給水設備に応じた衛生管理が必要であり、その内容を助言として明記する事とした。これらの改定により、給水設備の設置者や管理者から 指摘や助言の根拠が明確になり、実際的な改善につながる助言が提供

されるとして好評を得ている。

検査結果は表4のとおりであった。検査施設の39%で検査事項が判定基準を満たしておらず、受水槽本体の状態(10%)、受水槽上部の状態(12%)、受水槽内部の状態(9%)、受水槽のマンホールの状態(8%)で不適となる施設が多かった。上記の運用の見直しにより、建物の構造にのみ起因する状態を不適として判定せず助言を記載する事にしたため、見かけの不適率は下がっている。しかし、構造を大きく変える改修工事を行った施設は一部で、その他の大部分の施設では日常の衛生管理を注意深く行う事で、衛生上の事故を防ぎ、安全な給水を確保している。なお、特に衛生上問題があるため、本会から設置者に対し保健所に報告するよう促した施設はなかった。

今後は、都が重点事業として働きかけている受検率の向上による件数の微増が期待される一方、簡易専用水道等の貯水槽水道の衛生管理の不備による事故が後を絶たないために、水道本管との直結給水化も進められており対象施設の減少が懸念される。しかし、貯水槽水道は災害時などには重要な給水拠点となり、衛生管理を適正に行えば全く問題なく使用できる。本会は簡易専用水道検査員の技術レベルの高さを生かして、都民の皆様の飲料水の衛生管理に確実に貢献していきたいと考えている。

レジオネラ属菌検査の実施概況

レジオネラ属菌検査の実施状況を表5に示した。2008年度の検査実施件数は5,682件(前年比:95%)であった。

表4 検査事項別不適件数

		(2008年度)
実施件数		1,369
不適合件数		539
受水槽	水槽の周囲の状態	130
	水槽本体の状態	136
	水槽上部の状態	160
	水槽内部の状態	124
	水槽マンホールの状態	111
	水槽オーバーフロー管の状態	26
	水槽通気管の状態	28
	水槽水抜管の状態	7
高置水槽	水槽の周囲の状態	79
	水槽本体の状態	44
	水槽上部の状態	5
	水槽内部の状態	39
	水槽マンホールの状態	55
	水槽オーバーフロー管の状態	19
	水槽通気管の状態	40
	水槽水抜管の状態	0
給水管の状態		3
水質検査	臭気	0
	味	0
	色	0
	色度	0
	濁度	0
	残留塩素	0
書類の整理および保存の状態		9
その他		7

表5 各種生活環境水からのレジオネラ属菌の検出状況

(1996~2008年)								
年度	冷却水	浴槽水	給湯水	水道水	プール水	井戸水	その他	合計
	検査数(検出率)	検査数(検出率)	検査数(検出率)	検査数(検出率)	検査数(検出率)	検査数(検出率)	検査数(検出率)	検査数(検出率)
1996~2000	849 (44.6)	1,258 (44.0)	705 (2.8)	151 (8.6)	157 (5.1)	41 (7.3)	69 (8.7)	3,230 (30.4)
2001	427 (45.9)	1,648 (28.6)	223 (4.0)	49 (2.0)	58 (5.2)	9 (0.0)	53 (3.8)	2,467 (27.7)
2002	664 (44.3)	4,442 (25.5)	299 (5.7)	30 (3.3)	87 (4.6)	12 (0.0)	63 (20.6)	5,597 (26.1)
2003	909 (43.3)	5,689 (15.0)	364 (7.7)	69 (2.9)	156 (4.5)	29 (0.0)	58 (15.5)	7,274 (17.7)
2004	752 (33.4)	5,023 (12.8)	212 (2.4)	25 (4.0)	119 (4.2)	8 (0.0)	51 (21.6)	6,190 (14.8)
2005	868 (29.3)	4,704 (10.0)	207 (4.3)	24 (0.0)	173 (0.0)	5 (0.0)	80 (7.5)	6,061 (12.2)
2006	924 (25.3)	5,205 (9.3)	215 (5.6)	1 (0.0)	211 (0.9)	5 (0.0)	170 (5.9)	6,731 (11.0)
2007	921 (20.6)	4,461 (8.6)	230 (6.5)	7 (14.3)	229 (0.0)	6 (0.0)	110 (14.6)	5,964 (10.1)
2008	924 (18.6)	4,353 (8.7)	162 (2.5)	9 (0.0)	124 (0.8)	8 (0.0)	102 (11.8)	5,682 (10.0)
合計	7,238 (32.7)	36,783 (14.6)	2,617 (4.5)	365 (5.2)	1,314 (2.3)	123 (2.4)	756 (11.2)	49,196 (17.1)

()内は各生活環境水におけるレジオネラ属菌の検出率(%)

浴槽水:温泉の浴槽水を含む

内訳は、冷却水が924件(前年比:100%),浴槽水が4,353件(前年比:98%),給湯水が162件(前年比:70%),プール水が124件(前年比:54%)と冷却水以外は検査数の減少が認められた。

本会では、レジオネラ症発生防止対策の一環として、1996年からレジオネラ属菌の検査を実施している。2008年度までの13年間の検査数に対する検出率を施設別にみると、冷却水が32.7%と最も高く、次いで浴槽水が14.6%、水道水が5.2%、給湯水が4.5%そしてプール水が2.3%であった。

このうち、検出率の高かった冷却水についてレジオネラ属菌検出率の年次推移をみると、2003年度までは43%以上の検出率を示していたが、2004年度(33.4%)当たりから減少傾向が認められ、2008年度は18.6%にまで減少した。浴槽水についても同様に検出率の年次推移をみると、2000年度以前は平均で40%以上の検出率が認められたが、2001年度(28.6%)からは、2003年度15.0%、2005年度10.0%そして2008年度8.7%としっかりした減少傾向が認められた。これらレジオネラ属菌検出率の減少の主な理由としては、各自治体および事業者によるレジオネラ症防止対策の効果があげられる。

食品検査の実施状況

2008年度の食品衛生検査実施状況を表6に示した。

2008年度における命令検査等の製品検査実績はなかった。本会における食品衛生検査内容は、全て食品製造業者等による衛生管理依頼検査に分類される。

2008年度の実施件数は290件(前年比67%)であり、大きな減少傾向が続いている。5年前(2003年度)と比べると、実に83%減となっている。

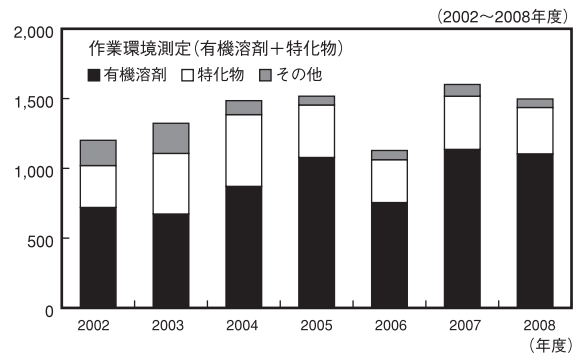
近年、輸入食材・食品等の残留農薬や有害化学物質の混入あるいは産地や期限表示の偽装問題など食品の安全性に関わる問題があとを絶たず、消費者の信頼を著しく失墜させている。

食品の安全性を問う声が増えつつある中、食

表6 食品検査項目別実績

(2002~2008年度)							
検査項目	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
一般生菌数	1,544	1,197	515	378	399	421	285
大腸菌群(定性)	1,420	738	432	350	399	419	273
大腸菌群(定量)	1,540	1,175	426	351	399	417	125
黄色ブドウ球菌	1,526	1,141	420	342	383	410	272
食品・ 食材検査	1,252	587	334	271	334	338	214
サルモネラ	689	355	162	138	135	138	30
カンピロバクター	993	361	69	50	110	114	111
セレウス	498	440	352	271	332	328	226
大腸菌 O157	98	43	34	32	27	32	19
腸炎ビブリオ	151	157	158	144	138	143	33
ECテスト	15	17	3	5	1	4	1
酵母・カビ	2	4	3	4	0	0	2
低温細菌	465	224	149	211	62	0	0
理化学検査							
小計	2,073	1,537	675	605	466	425	290
ふき取り	125	165	141	20	0	0	0
一般生菌数	125	165	141	20	0	0	0
大腸菌群数	125	165	141	20	0	0	0
黄色ブドウ球菌	125	165	141	20	0	0	0
小計	125	165	141	20	0	0	0
合計	2,198	1,702	816	625	466	425	290

図1 作業環境測定の実施状況

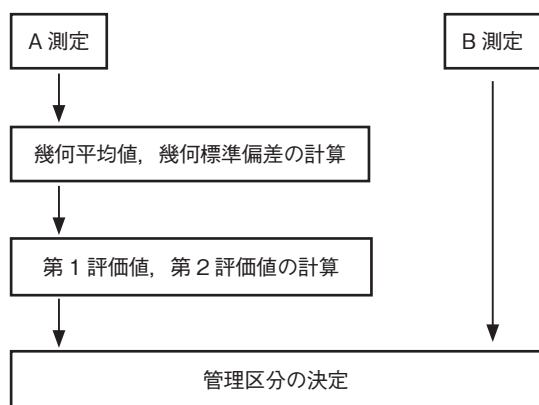


品衛生登録検査機関である本会としては、より高い検査精度をもって食品衛生向上のお手伝いをしていくことで社会のニーズに応えていきたい。

作業環境測定の実施状況

作業環境測定の検査区分毎の実施状況を図1に示した。2008年度の実施件数は1,497件(前年比:94%)であり、2006年度の減少、一転して2007年度の増加という減増を経て、安定した依頼数に戻ったと考えられる。

作業環境測定では、以下のように、測定値を統計手法に従い処理した評価値により管理区分を決定する。管理区分に応じて表7に示す事後措置を行う事となる。



2008年度の評価結果では大部分が第1管理区分であったが、作業環境管理に改善の余地があると判断される第2管理区分が7作業場(38%), 作業環境管理が適切でないと判断される第3管理区分が4作業場(22%)であった。本会では2007年度から従来の

報告書に加え、総評として不適切な作業環境の原因を推定したうえで作業環境改善の具体的な提案などを記載してきた。2007年度の第2管理区分および第3管理区分の割合は10作業場(5.1%), および9作業場(46%)であった事から、このような働きかけが作業環境改善につながる情報として活用していただけたのではないかと自負している。さらに、事後措置の効果確認のための作業環境測定の実施を呼びかけているが、こちらはなかなか実施されておらず今後も根気強い働きかけが必要と考えている。

作業環境を測定し管理する最終的な目標は、作業環境に起因する労働者の健康障害を防ぐことである。その一翼を担うわれわれ測定機関には、デザイン、サンプリング、および分析という業務を通じて作業環境の状態を正しく数量化し、有効かつ適切な作業環境管理のための情報を提供することが求められている。この責務を常に意識しながら、今後も作業環境測定を通して職場の健康管理に貢献していきたい。

(文責 市瀬 正之, 世良 保美)

表7 作業環境測定の評価と事後措置

管理区分	作業場の状態	事後措置
第1管理区分	ほとんどの場所(95%以上)で気中有害物質の濃度が管理濃度を超えない状態	現在の管理の継続的維持に努める。
第2管理区分	気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超えない状態	施設、設備、作業工程または作業方法の点検を行い、その結果に基づき、作業環境を改善するために必要な措置を講ずるよう努める。
第3管理区分	気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超える状態	①施設、設備、作業工程または作業方法の点検を行い、その結果に基づき、作業環境を改善するために必要な措置を講ずる。②有効な呼吸用保護具を使用する。③健康診断の実施その他労働者の健康の保持を図るため必要な措置を講ずる。

飲料水の安全確保と病原微生物

保坂三継

東京都健康安全研究センター微生物部ウイルス研究科長

はじめに

「関東軍防疫給水部石井部隊」という言葉を聞いて、何のことかすぐにわかる人がどれだけいるだろうか。「731部隊」といえば気がつく人が少し増えるだろう。森村誠一氏の「悪魔の飽食」という作品で有名な旧日本陸軍の「細菌戦部隊」である。この部隊の実像がどうであったかはひとまずおくとし、表向きには冒頭に記したように「防疫給水」、すなわち戦時の作戦行動に際して自軍を伝染病(感染症)から防ぎ、かつ安全な飲料水を確保することを任務とする部隊であった。

このことからわかるように、「防疫」と「給水」は、人間活動においてその大前提として必ず確保されなければならない基本的事柄であり、かつ一体のものである。そしてその裏返しとして、細菌戦において病原体をばらまく有効かつ重要な戦略手段として飲料水供給施設、とりわけ、広範囲に、不特定多数の人間に病原体攻撃を加えられる水道がある。すなわち、安全な飲料水を配る装置であるはずの水道も、一歩間違えれば、その汚染によって、病気をばらまく道具と化すのである。それを防ぐのは、水道水の衛生に関する正しい知識と理解、適切な浄水処理と不断の維持管理努力、そして財政的な支えである。これを欠けばどうなるか。水道が病気をばらまく装置と化した実例が、1996(平成8)年に埼玉県越生町で発生したクリプトスポリジウム集団感染事件であり、そのほか数々の飲料水起因の感染事例である。

ここではこうした視点から、水道行政、水道事業、

給水施設の利用者・管理者、そして水の衛生に関わるあらゆる分野の関係者が、いま一度、水と病原微生物の関係について認識を新たにしていただきたいと思い、筆者の日頃感じている飲料水の安全確保と病原微生物との関わりについて、細菌関係を中心に述べていきたい。

水道の歴史と病原微生物

水の安全性と病原微生物の関わりにおいて、歴史的に最も有名なものは、KochとPettenkoferのいわゆる“コレラ論争”である。1883(明治16)年にコレラ菌を「再発見」したKochはいわば“上水原因派”で、汚れた飲料水によるコレラ菌の媒介がコレラの原因と主張した。かたや下水や環境水の水温測定によく用いられる「ベッテンコーヘル水温計」にその名を残すPettenkoferはいわば“下水原因派”で、人の汚物が土壌を汚染してウイルスを発生させるとして排泄物や汚水の迅速な排除が肝要であると主張した。論争はついに1892年、Kochの培養したコレラ菌をPettenkofer自らが飲んでみせるという事態となった。このときはなぜか軽い下痢にとどまり、コレラには罹らなかったため、Pettenkoferは自説が正しいとさらに意を強くしたといわれている。最もこれはおそらくはPettenkoferが以前にコレラ菌に感染しており、コレラの抗体を持っていたためではないかと考えられる。なお、コレラ菌の発見はKochに先立つこと約30年前、イタリアのFilippo Paciniの業績(1854年)である。

この19世紀ドイツでともに公衆衛生学に強い影響

力のあったこの2人が相譲らずに論争したことは、今日から見れば、そのいずれもが水系感染症の制御に極めて重要な要素である上水と下水のそれぞれを発展させる結果となったといえよう。

この上水と下水の発展による水系感染症の制御の実例を日本で見取れるのが、図である。明治の初期に大流行したコレラほかの水系感染症は上水道の建設によって減少したが、水道の普及はその後あまり進まず、水系感染症も十分制圧されていない。かえって大正期から1945（昭和20）年までは水道普及率に伴う増加傾向すら見せていた。戦後、GHQ（連合国総司令部）による塩素消毒の義務づけによって水系感染症はいったん大きく減少したが、その後管理不十分な小規模水道施設の増加などによる赤痢の頻発などで再び増加した¹⁾。1957年の水道法施行によって法に基づく水道施設および水質の管理が行われ、水道普及率の向上と人口の集中する都市部を中心とした下水道の普及に伴って（おそらくは浄化槽の普及もあって）、ようやく順調に減少し、昭和50（1975）年代にはほぼ制圧されるに至った。消毒された飲料水を途中で汚染されることなく蛇口に届ける水道システムと、ふん便や汚水を生活環境内にとどめることな

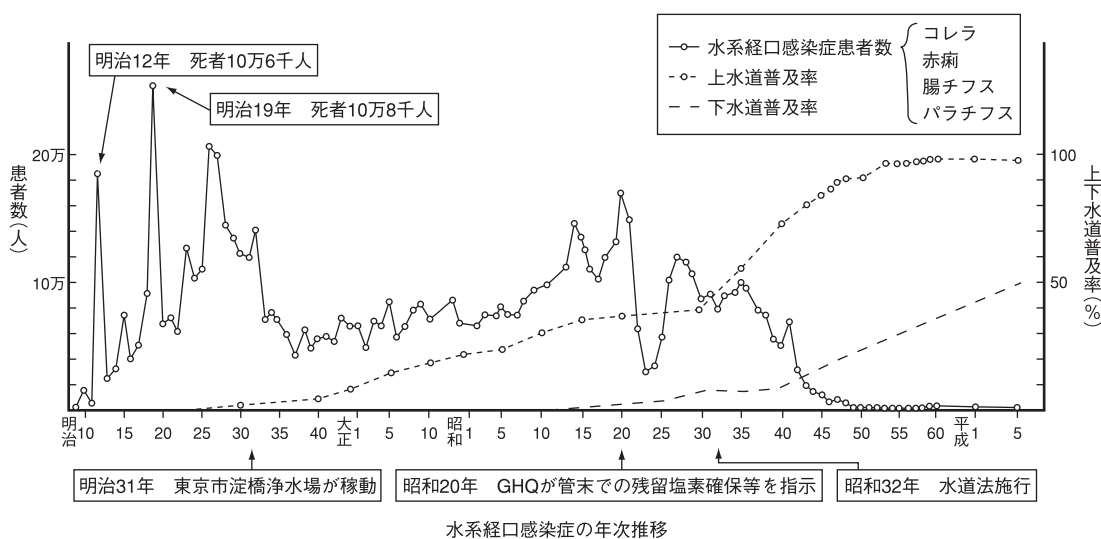
く排除し、衛生的に処理する下水道システムの同時発展こそが、水系感染症の制圧に欠くべからざる車の両輪である。

では、現在水系感染症の脅威はなくなったのかと云えば、明確に「ノー」である。化学物質によるものも含めた飲料水に係る健康危機事例は毎年100件程度あるが、クリプトスポリジウムの例はもとより、これまで飲料水によって実際に健康被害が生じた事例は大半が微生物であり、現在でも毎年のように何らかの飲料水原因による感染事件が発生している²⁾ことがその証拠である。

飲料水起因の水系感染症の発生状況

水系感染を引き起こす病原細菌の種類は多岐にわたるが、コレラ・赤痢も含めて、主な症状は急性胃腸炎、下痢などの消化器症状である（表1）。では実際にこれらが原因の水系感染はどの程度発生しているのだろうか。米国では、疾病管理センター（CDC）と環境保護庁（EPA）の協力により水道原因の水系感染発生データが1920年からまとめられて定期的に新たなデータが雑誌等に報告されている。これらを一覧することで米国における水系感染症の発生動向を

図 上下水道の普及状況と水系感染症の流行（田口・田口（1995）に一部加筆）



知ることができる³⁾。表2には1993年から2002年までの米国における飲料水起因の疾患の発生状況を示す。しかしながらわが国では、このように集計された情報は公表されておらず、1998年の感染症法の施行以後も、それぞれの感染症ごとには発生動向が把握されているが、発生原因までは集計されておらず、水系感染の集団発生記録を一覧するような資料がないことは現状でも変わらない。

筆者は1982年から1996年までの過去15年間における細菌による水系感染の集団発生状況について、「病原微生物検出情報」を基本資料とし、これに各研究機関の年報や学会誌等の文献、さらに水系感染事例を集録した報告や成書の情報も参考としてとりまとめた。ただし、国内のすべての

表1 水系感染する主要な病原細菌とその感染症

コレラ菌	<i>Vibrio cholerae</i> O1,O39	コレラ
赤痢菌	<i>Shigella</i> spp.	細菌性赤痢
チフス菌	<i>Salmonella</i> Typhi	腸チフス
パラチフスA菌	<i>Salmonella</i> Paratyphi	パラチフス
サルモネラ	<i>Salmonella</i> spp.	急性胃腸炎
腸炎ビブリオ	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	急性胃腸炎
非O1型ビブリオ	<i>Vibrio cholerae</i> non-O1	下痢
その他のビブリオ	<i>Vibrio</i> spp.	下痢
カンピロバクター	<i>Campylobacter jejunii/coli</i>	急性胃腸炎
病原大腸菌		
腸管病原性大腸菌	Enteropathogenic <i>E. coli</i>	急性胃腸炎(赤痢様)
組織侵入性大腸菌	Enteroinvasive <i>E. coli</i>	腸炎(赤痢様)
毒素原性大腸菌	Enterotoxigenic <i>E. coli</i>	腸炎(コレラ様)
腸管出血性大腸菌	Enterohemorrhagic <i>E. coli</i>	出血性大腸炎
エルシニア	<i>Yersinia enterocolitica</i>	小児下痢・腸炎
黄色ブドウ球菌	<i>Staphylococcus aureus</i>	胃腸炎
ウェルシュ菌	<i>Clostridium perfringens</i>	下痢
セレウス菌	<i>Bacillus cereus</i>	下痢・嘔吐
アエロモナス	<i>Aeromonas hydrophila</i>	下痢
プレシオモナス	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	下痢

表2 米国における飲料水起因の疾患の発生状況

	(1993~2002年)											
	1993~1994		1995~1996		1997~1998		1999~2000		2001~2002		合計	
	件数	患者数	件数	患者数	件数	患者数	件数	患者数	件数	患者数	件数	患者数
原因不明												
急性胃腸炎	5	495	8	684	5	163	17	416	7	117	42	1,875
細菌												
<i>Campylobacter jejuni</i>	3	223					2	117	1	13	6	353
<i>C. jejuni</i> / <i>Y. enterocolitica</i>									1	12	1	12
<i>Escherichia coli</i> O157:H7			1	33	3	164	4	60	1	2	9	259
<i>E. coli</i> O157:H7/ <i>C. jejuni</i>							1	781			1	781
<i>Salmonella</i> Typhimurium	1	625									1	625
<i>Salmonella</i> spp.							2	208			2	208
<i>Shigella flexneri</i>	1	33									1	33
<i>S. sonnei</i>	1	230	2	93	1	83					4	406
<i>Plesiomonas shigelloides</i>			1	60							1	60
非O1 <i>Vibrio cholerae</i>	1	11									1	11
ウイルス												
ノロウイルス							3	356	5	727	8	1,083
SRSV			1	148			1	70			2	218
原虫												
<i>Cryptosporidium parvum</i> *	5	403,271			2	1,432	1	5	1	10	9	404,718
<i>Giardia lamblia</i> **	5	385	2	1,459	4	159	6	52	3	18	20	2,073
<i>Naegleria fowleri</i>									1	2	1	2
化学物質												
鉛	3	3									3	3
フッ素化合物	2	43									2	43
硝酸塩	2	4	2	9			1	1			5	14
銅	1	43	2	37	2	37			3	34	8	151
水酸化ナトリウム			1	33			1	2			2	35
濃縮液体石けん			1	13							1	13
塩素			1	1							1	1
エチルベンゼン、ほか									1	2	1	2
エチレングリコール									1	3	1	3

* 2001年以後は *Cryptosporidium* species

** 1997年以後は *Giardia intestinalis*

報告を漏れなく調べることは極めて困難であり、散発例は除いてあるため、全ての水系感染発生事例を網羅したものでない。その結果、1982年から1996年までの過去15年間に少なくとも85件の飲料水起因の集団感染が発生し、患者数は3万人以上に及んでいることが明らかになった。これら85件の集団感染の80%にあたる68件は個人の家庭用や専用水道を含む井戸水(45件)や湧水・沢水(10件)、その他(13件)など、水道水以外の飲料水によるものであり、汚水の浸入等による汚染と同時に、井戸水や湧水等のすべてで消毒をしておらず、あるいは消毒施設は設置されていても不使用や故障、不適切な運転等で消毒が不完全であったために起きていた。一方、上水道や簡易水道などの公共用水道およびこれらを水源とする簡易専用水道による事例は17件(20%)であった。このうち、原水の水質変動に処理が追いつかず、浄水処理に失敗したものや、不適切な消毒あるいは故意の無消毒などが原因となったものは上水道で5件中1件、簡易水道で5件中2件、また専用水道1件の計4件であった。他の13件は給水施設の管理不良(上水道の5件中4件、簡易水道の5件中1件)や高置水槽等の不適切な維持管理(簡易専用水道の6件中4件)、あるいは記述がなく原因不明(簡易水道の5件中2件、簡易専用水道の6件中2件)などによるものであった(表3)。

原因菌の分離件数は、同一事例で複数の病原細菌が原因菌として分離されている事例があり、延べ114件となった。これらの中では、病原大腸菌のさまざまな血清型が65件(57%)と最も多くの事例と係わっており、次いでカンピロバクターの23件(20%)、各種の赤痢菌の8件(7%)となっている。以下、チフス菌(1件)を含む各種のサルモネラも6件(5%)検出され、エルシニアやウェルシュ菌などの食中毒関連細菌が続いている(表4)。このように、近年では病原大腸菌やカンピロバクターといった食中毒関連の細

表3 細菌性水系感染症集団発生の水源地別集計結果

飲料水の水源	発生 件数 (件)	割合 (%)	発生原因別件数		
			処理の失敗 消毒不備	施設の 不適切管理	その他 (不明)
上水道	5	5.9	1	4	
簡易水道	5	5.9	2	1	2
簡易専用水道	6	7.1		4	2
専用水道(表流水)	1	1.2	1		
小計	17	20.1			
井戸水 (専用水道および個人用)	45	52.8	無消毒、消毒装置を稼働せず、汚水の侵入等による汚染		
湧水・沢水	10	11.8			
その他(不明を含む)	13	15.3			
小計	68	79.9			
合計	85	100.0			

表4 細菌性水系感染症集団発生の原因細菌別集計結果

原因細菌	(1982年～1996年度)	
	件数* (重複計数)	割合(%)
病原大腸菌の各血清型	65	57.0
(<i>E. coli</i> O157:H7, 内書き)	(2)	—
<i>Campylobacter</i> (<i>Campylobacter jejunii/coli</i> , 他)	23	20.2
赤痢菌(<i>S. sonnei</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>S. boydii</i>)	8	7.0
<i>Salmonella</i> spp.	6	5.3
(<i>Salmonella</i> Typhi, 内書き)	(1)	—
<i>Yersinia</i> spp.	4	3.5
<i>Clostridium perfringens</i>	3	2.6
<i>Aeromonas</i> spp.	2	1.8
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0.9
不明	2	1.8
合計	114	100.0

*同一感染事例で複数の病原細菌が検出される場合があるため、発生件数よりも多い。

菌が水系感染の主役となっている。こうした状況は表1に示した米国の状況においても同様である。しかし、コレラや赤痢などの古典的な感染症についても海外旅行者が感染して国内に持ち込む事例が後を絶たず、また海外からの入国者が著しく増加している現在、こうした海外から持ち込まれる輸入感染症が水系感染する危険を常に警戒する必要がある。特に赤痢菌による水系感染は感染事例で第3位に位置しており、この筆者の集計の後、1998年に長崎市内の某大学の無消毒井戸を原因として、同大学や附属高

校等の関係者ら821人に集団赤痢が発生している⁴⁾。

こうした15年間にわたる細菌性集団感染発生事例から明らかなことは、消毒を行っていない井戸水や湧水の細菌汚染に対する脆さと危険性である。一部の消費者は井戸水の方が水道水よりも安全でおいしいと錯覚している。また井戸水の味が悪くなるからと、故意に消毒をしないで利用している例もある。こうしたことが明らかな間違いであることはこのデータが物語っている。また上水道や簡易水道等の公共用水道においても、不適切な浄水処理や不完全な消毒、そして施設管理の不備に起因する残留塩素の消失が、現実には疾病を引き起こす原因となっている。これらの水系感染事例の多くで大腸菌群(あるいは大腸菌)の検出、濁度の異常など、飲料水として不適切であることを示す幾つかの水質異常が認められていた。すなわち、水道水を含む飲料水中の細菌によるリスクを除去し、微生物的安全性を確保するために塩素消毒の果たす役割が重要であること、また残留塩素の確認ならびにこれらの異常水質、特に大腸菌群の検出による監視が感染防御に不可欠かつ極めて有効であることが改めて認識されるのである。

飲料水起因の水系感染症の発生事例と原因

井戸水による細菌集団感染事故の代表的な4事例を以下に示す。

事例1は札幌市内のスーパーマーケットで1982年10月に発生した集団感染事件である。原因菌としては*Campylobacter jejuni*および大腸菌O6:K15:H16とされているが、他の病原菌も関与していた可能性がある。患者数は当該店で飲食した客ら7,751人に及ぶ大規模感染であった。原因は店舗に給水していた井戸の構造の不備による汚水の侵入と、塩素注入機の故障による消毒不十分である。この事例では原因となった井戸水で大腸菌群陽性(大腸菌O6:K15:H16を検出)、一般細菌は1,200CFU/mLであった。なお、このスーパーは営業許可申請は水道水で出していた。

事例2は埼玉県旧浦和市内の私立幼稚園で1990年10月に発生した井戸水による大腸菌O157:H7集団感

染事件である。この事件は飲料水による大腸菌O157:H7集団感染の最初の事例であり、園児や家族、職員など251人が感染し、うち園児2人が死亡した。原因は浄化槽流出水の貯留タンクおよび汚水枡から流入した汚水が井戸に侵入したためであり、この井戸水は「うちの井戸水はおいしいので園児にそのまま飲ませたい」との園長の考えにより無消毒で園内に給水されていたという。しかし、この井戸水については、事故以前に大腸菌群検出により保健所から飲用不適と判定されており、事故の際には園内給水栓水から大腸菌O157:H7が検出された。

事例3は長崎市内私立大学等における井戸水を原因とした赤痢の集団感染事件である。この事件は1998年5月に発生し、原因菌はソンネ型赤痢菌(*Shigella sonnei*)であり、患者数は当該大学および附属高校の学生、関係者など821人に達した。井戸の汚染原因としてはトレーサーによる調査から、排水設備からの漏水による汚染の可能性が指摘されている。またこの井戸の消毒装置には塩素剤が入っていなかった。事故の際、この井戸水からも原因菌であるソンネ型赤痢菌が検出されている。

事例4は大分県内キャンプ場で発生した使用水(湧き水)による集団感染事件で、2005年7月に発生した。原因菌は下痢原性大腸菌OUT:HNTおよびO168:H-であり、キャンプに来ていた福岡市内の高校生ら176人が感染した。感染原因は無消毒でキャンプ場に配水されていた湧き水で、当該湧き水からも同菌が検出された。なお、キャンプ場の管理人によればこの湧き水は飲用には使用しないようにしていたと云うが、湧き水の配水箇所に飲用不可の標識は掲示されていなかった。

次に、水道水等による細菌集団感染事故の代表的な4事例を以下に示す。

事例1は長野県高遠町における町営水道水による集団感染事件である。この事件は1989年9月に発生した。原因菌はサルモネラ(*Salmonella Enteritidis*)であり、町民680人が患者となった。この水道施設は無入運転をしており、感染原因は、大雨のため設定

を超える高濁度となった原水によって自動運転が作動不能に陥り、凝集剤および消毒剤の注入量が不足し、濁水とともに消毒不十分な水が給水されたためである。事故当時の水質は大腸菌群陽性、一般細菌160CFU/mLであった。さらにこの水道施設は水質監視体制が整っておらず、また運転管理記録および水質検査記録もないなど、浄水処理とその管理に重大な欠陥があったことが指摘される。

事例2は、秋田県内F町小規模飲料水供給施設におけるカンピロバクター集団感染事件である。発生したのは2002年10月、原因菌は*Campylobacter jejuni*であり、患者数はF町D地区の住人13人である。この小規模給水施設では1996年頃より水の味が悪くなる等の受水者からの苦情を理由に塩素消毒を行っていなかった。さらに、水源の湧水の貯水槽などには野鳥等による汚染を防ぐための囲いなどの施設がなく、汚染を防げない構造だった。この事例では、消毒や水源汚染防止の重要性を認識していないなど、給水施設の設置・管理者が飲料水の衛生確保に関する知識を何ら持たないことが根本的な原因であると指摘できる。

事例3は、山梨県丹波山村内簡易水道におけるカンピロバクター感染事件である。2006年6月から7月にかけて発生し、原因菌は*Campylobacter jejuni/coli*、患者数は同簡易水道の利用者76人(村人口の約1割)であった。この簡易水道は河川水を原水としており、消毒装置の作動不良で残留塩素濃度が低下していた(0.05mg/L程度)が、法で定められている残留塩素の毎日検査を怠り、発見が遅れた。

事例4は、同年8月に福島県猪苗代町内小規模給水施設で発生した、これもカンピロバクターによる水系集団感染事件である。この事件の原因菌は*Campylobacter jejuni*であり、患者数は同町千貫水道組合(水道法適用外施設)を利用する住民71人であった。原因は、次亜塩素酸ナトリウムの析出によって塩素注入機が目詰まりを起こして塩素が注入されず、9日間にわたって無消毒のまま給水されたためであった。この事例では、残留塩素が不検出であることが

判明した後も、管理者は特段の対応をせず、無消毒状態を放置していた。ここでも、管理者が消毒の重要性を認識していない問題が明らかである。

指標細菌をめぐって

(1) 指標細菌とは何か

特定の病原細菌による水の汚染を調査するのであれば、その細菌の検出や定量が可能な検査方法を水に適用して調べればよい。しかし、病原細菌の検出と確定には一般に非常に専門的技術を要し、かつ確定までに比較的長時間と煩雑な手間を要するものが多い。また飲料水に起因する水系感染症を引き起こす病原細菌の種類はきわめて多い(表1)。したがって、水の微生物的安全性を確認するためには、理想的には、水中に存在するかもしれない病原細菌の全てを対象に検査する必要がある。そうした検査を行うことは、技術的にも実務的にもきわめて非合理的であり、非現実的である。また飲料水は毎日の生活に不可欠で、すぐに飲むものであり、また水道水の水質管理や水処理効果の評価という視点からは、そうした結果を得るまでに膨大な手間と時間を要し、したがって高頻度で試験できない試験方法は、安全性の評価手法として無意味である。そのため、水の微生物的安全性の評価には、病原細菌そのものを検査対象とするのではなく、試験方法がより簡便で、より短時間に結果が判明し、かつ病原細菌の有無を網羅的に評価できる指標を用いてスクリーニングする方法が一般的に用いられる。通常、この目的のための指標としては各種の細菌が用いられ、こうした病原細菌による汚染の可能性を全般的に判断し、あるいは水処理による病原細菌の除去効果を確認するための細菌を指標細菌という。

ある細菌を水の病原細菌汚染を評価する指標細菌として利用するためには、備えるべきいくつかの要件がある。それらは以下のようなものである。

- ①汚染源中に病原細菌よりも多量に存在すること、
- ②病原細菌の汚染がない場合は存在せず、病原細菌が増殖しない水中では増殖しないこと、
- ③簡便な試

験方法で、迅速に検査でき、存在の有無が容易に判断できること、④水中での生残性や浄水処理・消毒等による除去性が病原細菌と同等か、若干上回ること。

これらにさらに付け加えれば、より広範囲の病原細菌に対する指標として機能するものであることが望ましい。

実際には、単一の生物種でこれらの要件のすべてを満足する指標細菌は存在しない。しかし、水系感染の原因となる病原細菌の多くが糞便由来の腸管系の細菌であることから、現実には糞便による汚染を検出することで病原細菌による汚染の検出を代替させている。この目的に用いる指標細菌としては、ほとんどすべての温血動物の糞便に比較的多量に存在し、代表的な水系感染病原細菌であるチフス菌や赤痢菌を含む腸内細菌科の一員でもある大腸菌が、こうした要件に比較的合致するものとして認められている。そのほかにも、いくつかの細菌(または細菌群)が水の糞便汚染の指標として利用されている。そこで、こうした指標細菌をめぐる問題点を考えてみたい。

(2) 大腸菌と大腸菌群

大腸菌 *Escherichia coli* は温血動物の腸管内に常在する通性嫌気性細菌であり、新鮮糞便中に109個/g程度存在する。このため糞便汚染については腸管系病原体の指標細菌として優れていることが古くから知られていた。しかし、飲料水の微生物的安全性評価のための細菌検査が始まった約1世紀前のころの培養技術では大腸菌を水から直接検出することができず、また細菌学的に大腸菌を同定するためには高度の細菌学的知識と数日間を要して広範囲にわたる系統的な培養検査を行う必要があり、飲料水の安全性評価として日常的に実施することは困難であった。そこで大腸菌の持ついくつかの生化学的性状に着目して、「胆汁酸または同様の阻害効果のある界面活性物質の存在下で増殖し、35～37℃で乳糖を分解して酸、ガスおよびアルデヒドを24～48時間以内に産生可能なグラム陰性の桿菌」⁵⁾ という性状を示す細菌群を大腸菌群 (coliform bacteria もしくは coliforms) と定義し、これを一括して検出することで大腸菌の指標機能を

代替させた。大腸菌群は水の病原細菌汚染の指標として備えるべき要件の大部分を満足するものとしてその後約1世紀の長きにわたってその役割を果たしてきており、わが国では1932年以来、水道水をはじめとする飲料水の糞便汚染指標として公的に使用されてきた。しかし、大腸菌群は上記のような定義に示された性状に合致する雑多な細菌群を含んでいる。すなわち、大腸菌以外の *Escherichia* 属、*Klebsiella* 属、*Enterobacter* 属、*Citrobacter* 属などの細菌が主に含まれ、これらの構成比率は糞便の汚染源によって変動する。さらに大腸菌群を糞便汚染の指標としてみた場合、

- ・河川等の水中で増殖する可能性があるものが含まれること、
 - ・糞便汚染と関係ない自然由来のものが含まれること、
- などから、上記した病原細菌汚染の指標としての要件②を必ずしも満足しない場合があり、したがって大腸菌に比べて糞便汚染に対する指標性が低く、糞便汚染の過大評価につながるとたびたび指摘されてきた。

大腸菌をめぐるこうした状況は、わが国で特定酵素基質培地法と呼ばれる検査方法を1989年に米国環境保護庁がFederal Register (米国公報) に公布したことで一変した。この検査方法はわが国では1992年の水道水質基準改定に際して厚生省令(当時)による大腸菌群検査方法として導入され、複雑な培養操作や特殊な生化学試験を行わずにβ-ガラクトシダーゼ陽性反応に基づいて大腸菌群を検出することに加えて、水中の大腸菌の存在の有無をβ-グルクロニダーゼ陽性反応に基づいて24時間以内に推定することが可能となった。これにより、これまで主に検査技術上の制約から大腸菌群検査で代替してきた糞便汚染の評価を大腸菌で行うことが実用的に可能となったことから、水道水の品質保証という観点からは糞便汚染の有無を精度よく検知すべきという考え方に基づいて、2004年4月の水質基準改正によって、それまでの長い間水質基準であった大腸菌群に替わって大腸菌が基準項目になった。検査水量についてはこれまで

の50mLから100mLに変更されたが、これについてはWHOや米国等の検査水量に合わせたとされている。水道水中に大腸菌が検出された場合は、明白な糞便汚染が存在すること、すなわち水道水が衛生上危険な状態である可能性を示す。特に、大腸菌は糞便汚染の明白な指標であるとされるが故に、少なくとも採水から検査結果が得られるまでの間(もしくは前回の検査からの間)、病原細菌で汚染されていることが否定できない水道水がすでに供給され続けていることから、直ちに迅速な措置が必要である。

水質基準の大腸菌の検出原理は、特定酵素基質培地を用いて検水を培養し、大腸菌に特有の酵素とされる β -グルクロニダーゼによる蛍光物質4-メチルウンベリフェロンの生成の有無により大腸菌の存否を判断するものであるが、 β -グルクロニダーゼは赤痢菌*Shigella*属やサルモネラ*Salmonella*属の一部も持っている⁶⁾。すなわち β -グルクロニダーゼ陽性菌＝大腸菌ではない。最も、大腸菌試験の目的は大腸菌を検出することではなく、糞便汚染の検出であり、それによって腸管系病原細菌汚染の可能性を評価することであるから、病原細菌による感染の回避という点では問題ない。一方、本酵素は*E. coli*に特異的ではあるものの、実は*E. coli*の5%は β -グルクロニダーゼ陰性であり⁶⁾、その代表的なものが腸管出血性大腸菌O157:H7である。すなわち、ごくわずか(たとえば100mL中に大腸菌が1個程度)の大腸菌汚染があり、それが β -グルクロニダーゼ陰性株であった場合、大腸菌とは判断されずに見過ごされるかもしれないということである。実際にはこうしたケースはごくまれであると思われるが、可能性としては起こりうる。これまでは大腸菌群が基準となっていたので、 β -グルクロニダーゼ陰性株の大腸菌でも特定酵素基質培地法により β -ガラクトシダーゼ反応によって大腸菌群として検出され、そうした危険は排除できた。しかし、現在の水質基準では大腸菌群陽性であっても β -グルクロニダーゼ反応が無ければ大腸菌陰性とされて法令上は基準違反とならないため、糞便汚染の一部が見逃される可能性があり得ることに

注意する必要がある。

加えて、忘れてはならないことは、実際には大腸菌以外の大腸菌群の細菌(主要な構成は*Klebsiella*属や*Enterobacter*属、*Citrobacter*属など)もまたヒトの糞便中^{7), 8)}あるいはヒト尿尿を含む生下水や雨天時の未処理下水放流水中⁹⁾に大腸菌の数倍以上の割合で常に存在していることである。大腸菌以外の大腸菌群が検出された場合、それがヒトを含むほ乳動物の糞便由来か否かを日常試験のレベルで区別することは實際上ほとんど不可能であり、したがって直ちに糞便汚染と無関係と断定することはできない⁷⁾。河川水等の糞便汚染源の調査や糞便汚染レベルを正確に評価するために大腸菌を用いることは当然であるが、糞便汚染に対して最も警戒すべき飲料水、とりわけ不特定で極めて膨大な数の人口に対して給水する水道水においては、その由来がヒトであるか家畜であるかを問わず、糞便汚染のわずかな兆候でも見逃さないことが必要であり、それゆえ大腸菌群の存在は何らかの糞便汚染と関係していると認識され¹⁰⁾、大腸菌群の指標としての重要性が正当づけられてきたのである¹¹⁾。また特定酵素基質培地法で β -ガラクトシダーゼ陽性を示す細菌には、大腸菌群の主要な4属のほかにコレラ菌の菌種*Vibrio cholerae*を含むいくつかの*Vibrio*属や、赤痢菌*Shigella sonnei*、*Salmonella*の一部、ペスト菌*Yersinia pestis*、下痢症の原因となる*Y. enterocolitica*、院内感染で有名な霊菌*Serratia marcescens*など⁶⁾いくつかの病原細菌が含まれることも指摘しておく必要がある。消毒処理された水道水中に大腸菌群が存在することは、同程度の消毒耐性を有する腸管系病原細菌もまた生残しうる状況が浄水処理システムあるいは配水システム中に存在することを示している。指標細菌の本来の目的は、病原細菌による水道水の汚染の可能性、すなわち病原細菌による健康リスクを評価することであり、糞便汚染を精度よく検出することにこだわるあまり水道水の病原細菌汚染をかえって過小評価することにならないか、指標微生物の本来の意義に立ち返った検討が必要であろう。

[3] 一般細菌と従属栄養細菌

一般細菌とは、水中の従属栄養型の細菌群集の一部であり、標準寒天培地を用いて35～37℃、24±2時間培養したときに培地に集落を形成するすべての細菌をいう。分類学的に特定の菌種や属を指すものではなく、厚生労働省令による検査方法によって定義される細菌群であり、検査条件が変われば検出菌数や検出菌種も異なるので、この条件を外れて検査した場合は一般細菌とは呼ばない。たとえば、食品分野では上記の培養条件のうち培養時間だけが48時間と異なるものを「細菌数(生菌数)」と称しており、一般細菌とはいわない。なお、一般細菌という名称はわが国独自のものであり、一般細菌の定義に合致する細菌群のみを称する英語表現はない。

水道における一般細菌試験の意義やその利用については優れた解説がある¹²⁾。一般細菌として検出される細菌は、好気性あるいは通性嫌気性で、特殊な栄養要求性を示さない従属栄養型の細菌で、比較的高濃度のペプトンや酵母エキス、グルコースなどの栄養を速やかに利用でき、温血動物の体温下で、24時間以内に集落形成する性状のものである。このような性状の細菌群には大腸菌群をはじめ、土壌性や下水性の細菌、腸内細菌や糞便その他の有機物汚染に関係する細菌、あるいは食品等の腐敗に関係する細菌群が多く含まれると考えられる。したがって、病原細菌に対する指標としては最も曖昧であり、一般細菌の検出が直ちに糞便汚染や病原細菌の存在を意味するものではない。しかし、一般細菌の由来からわかるように、有機的に汚染された水ほど多く検出されることから、一般的な水の清浄さに係わる有機汚濁や下水等に関連した衛生上の意義がある。また大腸菌群等よりもはるかに多く存在し、かつ消毒剤等に抵抗性の高い細菌群が含まれるため、浄水処理プロセスによる微生物除去効果の評価や消毒の効果判定の指標となる。また配水システムでの消毒効果の低下によって、生残した細菌が配水システムの一部でバイオフィルムを形成したり、さびこぶ等の内部で繁殖するなどして復活することもしばしばあるの

で、浄水処理後の配水システムでの水質劣化の指標としても有効である。

わが国の水分野で“従属栄養細菌”と称される細菌群は、一般細菌と同じく、培養方法で定義される水中の従属栄養性の細菌群集の一部であるが、桜井寒天培地(PGY寒天培地)やR2A寒天培地など、より低濃度の有機物を含む培地を用いて、より低温度(20～25℃)で、長期間(5～7日)培養したときに集落を形成する細菌群集である。2007年に水道水の水質管理目標設定項目に指定され(暫定目標値2,000CFU/mL)、将来的には一般細菌に替えて水質基準とすることが検討されている。ただし、「従属栄養細菌」とは本来、独立栄養を行わず、有機物の分解によってエネルギーを得て生活する栄養形式の細菌のすべてを指す呼称である。アクリジンオレンジなどを用いた蛍光染色法で検出される「全細菌」あるいは「全細菌」のうちで酵母エキスを資化して菌体細胞を増大させることができる「生菌(せいきん)数」が培養法で得られる集落数よりも桁違いに多いことからわかるように、上記のような培養法で計数される“従属栄養細菌”は、水中に存在する従属栄養形式の細菌(本来の従属栄養細菌)のごく一部に過ぎないことに注意しなければならない。

WHO⁵⁾では、わが国でいう一般細菌や従属栄養細菌に該当する細菌群をひとまとめにしてHeterotrophic Bacteria(従属栄養細菌)と称しており、その試験方法としては“スタンダードメソッド”などが引用されている。一方、米国の水質標準試験方法“スタンダードメソッド”¹³⁾には“Heterotrophic Plate Count”(Standard Plate Countなどともいう)という項目名で、標準寒天培地に相当する組成の培地やR2A寒天培地で35℃2日間あるいは20～28℃で、5～7日間培養する(温度と時間をこの範囲内で適当に選択する)方法、その他の培地による培養方法などが併記されている。当然ながら、用いる培地や培養温度、培養日数によって、その集落計数値は大きく異なる。またスタンダードメソッドにおけるこの呼称(「従属栄養平板集落数」とでも訳するのが適当であ

ろうか)は、この試験方法による計数値が本来の従属栄養細菌(Heterotrophic Bacteria)の現存量を直ちに意味しない点をうまく回避した表現といえる(少なくとも従属栄養細菌という呼称が本来意味する細菌群集と混同しがちなわが国の“従属栄養細菌”よりは好ましい)。したがって、同じHeterotrophic Bacteriaあるいは“Heterotrophic Plate Count”と称しながら、用いる培地や培養条件は固定されておらず、したがってどのような方法を用いたかによって試験結果が著しく異なり、指標としての性格付けが非常に曖昧である。すなわち、わが国でいう一般細菌や“従属栄養細菌”との単純な比較はできないことに十分留意する必要がある。

自然環境中には比較的低栄養性、中温性で、一般細菌の培養条件では発育の遅い細菌が多数存在する。“従属栄養細菌”の培養条件ではこれらが比較的多く検出可能なことから、一般細菌よりも通常10~100倍ほど多い集落数が得られ、特に残留塩素の存在する給水栓水では一般細菌の1,000倍にもなることがある¹⁴⁾。したがって給水栓水から従属栄養細菌が多く検出されても、大腸菌群が不検出で、一般細菌が不検出か極めて少ない場合には、病原細菌による汚染との関連などといった衛生上の意味はほとんどない。

“従属栄養細菌”を将来的に一般細菌に替えて水質基準とすることが妥当だという議論があり、その理由の一つは、この試験方法による計数値が一般細菌よりも多く、細菌の現存量指標としてより優れているという主張である。しかし単に多く検出できる方が水道水の基準として優れているのであろうか。上記のように、もとより“従属栄養細菌”も結局は水中の細菌群のごく一部分に過ぎない。また飲料水である水道水の水質基準である以上、その項目には衛生上の意義がなければならない。一般細菌の試験は、その定義から主に一般的な水の清浄さに係わる有機汚濁や腐敗に関連する細菌群集の存在量指標としての衛生上の意義がある。そうした視点で見れば、自然水中により多く存在し、人間活動とは無縁の細菌群集を含むことになる“従属栄養細菌”は、指標微生物

物としての衛生上の意義が一般細菌よりもはるかに不明瞭である(衛生上の意義における問題点)。

一般細菌は試験方法がすでに確立しており、試験操作が簡便であり、細菌試験としては非常に短時間である24時間で結果が得られる。水質管理の実際からは、高精度であっても複雑な操作や結果を得るまでに長期間を要する試験よりも、簡便でも高頻度で実施でき、変動や異常を短時間で検出できる試験方法が望ましい。“従属栄養細菌”は統一的な試験方法の検討が行われている¹⁴⁾が未だに統一されておらず、最大集落数を得る(すなわち最も精度よく試験する)ためには通常7日以上培養が必要である¹⁴⁾。水道水などの飲料水は毎日飲むものであり、水道水は浄水場を出てから遅くとも1~2日で人の口に入る。微生物に係わる水質基準は人の疾病に直接に関係するため、極力短時間で結果が得られなければ意味がない。その水が飲まれてしまって1週間もたってから「実はあの時の水は…」などという結果が出て、指標微生物という衛生に係わる基準としては何の役にも立たないのである(水質管理と試験方法における問題点)。

そして最後の問題点は消毒との関係である。水道水は病原微生物制御のため塩素による消毒が義務づけられている。水の消毒はあくまでも「消毒」であって、水中のすべての微生物を「滅菌」あるいは「除去」する必要はないし、また水道水を対象とした殺菌処理においてそれは不可能である。一般細菌の水質基準は1mL中に集落数100以下であるが、水道水に消毒が義務づけられている現在、適切に浄水処理された水道水中の一般細菌数は通常0あるいはせいぜい1桁/mL程度であることが常識となっている。しかし、こうした水道水でも従属栄養細菌は100個/mL程度検出される¹⁴⁾ことから、“従属栄養細菌”を基準にした場合は、消毒されていて微生物的には安全な水道水であっても「細菌」が常に多数(1mLに100個あるいはそれ以上も!)含まれているということになる。こうした「細菌が存在する」という検査結果を付けられた水道水を飲むことを、水に対して極端ともいえる安全性を求めがちなわが国の一般市民の感性が是と

するだろうか。またこうした塩素消毒後の水に残存する“従属栄養細菌”は耐塩素性であるからこそ生残したのである。2004年の水質基準改定に際して、大腸菌への基準変更について、大腸菌群は糞便汚染指標としての精度に劣るために糞便汚染の「過大評価」につながり、そのため塩素の過剰注入などによる消毒副生成物などの危険因子が増大するという意見もあったようであるが、もしこうした“従属栄養細菌の”残存を受け入れない市民感情に応じて、これらを殺菌しようとするれば、塩素の「過剰注入」や更なる消毒処理の無用な強化に繋がりがねないことを強く懸念するのである。

おわりに

飲料水の安全確保と病原微生物との関連については、健康に直結する問題であるだけに、飲料水の管理・供給に当たる側には十分な理解と厳重かつ慎重な管理努力が求められる。冒頭に記したように、飲料水の供給システムは、ひとたび汚染されれば病気をばらまくシステムと化するのだから。一方、水のユーザーは、自身の健康に関わることであり、水の安全性に関しては、ともすればヒステリックな反応に走りやすい。正しい知識と冷静な判断、そのための正確な情報源としての情報公開と、専門家・一般市民を問わず忌憚のない議論と、それに基づく共通理解を深めることがなにより不可欠であると考えられる。

参考文献

- 1) 「近代水道百年の歩み」編集委員会：近代水道百年の歩み。日本水道新聞社、東京、1987.
- 2) 山田俊郎、秋葉道宏：最近10年間の水を介した健康被害事例。保健医療科学、56(1)：16-23, 2007.
- 3) 保坂三継：水系原虫感染症－原因生物と流行発生－。用水と廃水、40：119-132, 1998.
- 4) 長崎市保健環境試験所：大学および附属高校で発生した *Shigella sonnei* による赤痢集団感染事例－長崎市。病原微生物検出情報、20(3)：1999.
- 5) 眞柄泰基・金子光美(監訳)：WHO飲料水水質ガイドライン(第2版)－第2巻 健康クライテリアと関連情報(日本語版)－。(社)日本水道協会、東京、1999.
- 6) 坂崎利一：細菌分類学と食品微生物学。日本食品微生物学会雑誌、11(1)：1-7, 1994.
- 7) 上野英世：大腸菌群数試験について。月刊下水道、4(5)：65-69, 1981.
- 8) 古畑勝則、松本淳彦：糞便汚染指標としての大腸菌群に関する検討(第2報)。東京衛研年報、36：326-334(1985).
- 9) Geldreich, E. E. : *Microbiological Quality of Source Waters for Water Supply, In Drinking Water Microbiology* (ed. by G. A. McFeters). 3-31, Springer-Verlag, New York, 1990.
- 10) 上野英世：大腸菌群の周辺。用水と廃水、19(5)：33-43, 1977.
- 11) 上水試験方法解説編 2001年版、(社)日本水道協会、2001.
- 12) 上野英世：水道と一般細菌に試験およびその利用技術。水、25-2：35-37, 1983.
- 13) Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Eaton, A. W. (eds) : “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (20th ed.) : APHA, AWWA, WEF, 1998.
- 14) 保坂三継、眞木俊夫：水の従属栄養細菌試験における培地ならびに培養条件の検討。東京衛研年報、52：245-249, 2001.