

生活環境項目環境基準における大腸菌群数について

1. 現行の環境基準における大腸菌群数

水域にふん便汚染がある場合には、同時に赤痢菌、疫痢菌、チフス菌等の病原菌が存在する可能性があるため、公衆衛生上の問題となる。ふん便汚染の指標として、温血動物の腸管内に常在する通性嫌気性菌の中で最も数の多い大腸菌（*Escherichia coli*）が選択された。

しかしながら、環境基準設定当時（昭和 46 年）の培養技術では、大腸菌のみを検出する技術はなく、菌の同定には高度な細菌学的知識と複雑な培養技術が要求されていた。そこで、大腸菌が有する生化学性状のうち、①乳糖を分解して酸とガスを生成する、②好気性または通性嫌気性である、③芽胞を形成しない（無芽胞）、④グラム陰性である、⑤桿菌であるという 5 つに着目し、その性状を全て備える細菌群をもって大腸菌の代わりとした。この細菌群が大腸菌群であり、今日までふん便汚染の指標として用いられてきている。

なお、大腸菌群数は、それ自体が人の健康を阻害するものとして扱われるわけではないため、生活環境項目に位置付けられている。

大腸菌群数に関する環境基準については表 1 に示したとおり、水道、水産、水浴を利用目的とする類型で定められており、大腸菌群数の基準値は、100mL あたり 50MPN～5,000MPN の範囲で類型ごとに定められている。また、分析方法は「最確数による定量法」とされている。

表 1 現行の大腸菌群数の環境基準<大腸菌群数抜粋>

水域	類型	利用目的の適応性	大腸菌群数
河川	AA 類型	水道 1 級	50MPN/100mL 以下
	A 類型	水道 2 級、水浴	1,000MPN/100mL 以下
	B 類型	水道 3 級	5,000MPN/100mL 以下
湖沼	AA 類型	水道 1 級	50MPN/100mL 以下
	A 類型	水道 2、3 級、水浴	1,000MPN/100mL 以下
海域	A 類型	水産 1 級、水浴	1,000MPN/100mL 以下
	備考 1 水産 1 級のうち、生食用原料カキの養殖の利水点については、大腸菌群数 70MPN/100mL 以下とする。		

- (注) 水道 1 級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
 " 2 級：沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
 " 3 級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
 水産 1 級：マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産 2 級の水産生物用

(1) 大腸菌群の採用経緯

大腸菌群に係る基準設定の経緯を表2に示した。水質汚濁に係る環境基準に定められる以前は、「水質基準に関する省令」による水道水質基準、「食品、添加物等の規格基準」による生食用原料かきを採取する海域の基準において大腸菌群数が定められていた。その後、昭和45年4月に水質汚濁に係る環境基準が閣議決定され、同年5月に大腸菌群数が追加されることとなった。

なお、「水道水質の見直し等について(答申)平成15年4月」¹によると、水道水質基準については、以前から糞便汚染の指標として大腸菌群より大腸菌が適当と考えられていたが、分析技術(培養技術)の制約で大腸菌群が採用されたとしている。

また、昭和58年の水質環境基準検討会²においても、食品衛生の分野で用いられている大腸菌の測定方法は、糞便汚染を正確に示すことはできるものの、分析の操作が繁雑になる欠点があることが指摘されている。

表2 大腸菌群の基準設定に関する経緯

時期	基準値
昭和33年	昭和32年に水道法が制定され、昭和33年の「水質基準に関する省令」(厚生省令第23号)では以下のように規定された。 基準:「大腸菌群(グラム陰性の無芽胞性の桿菌であって乳糖を分解して、酸とガスを形成する全ての好気性又は通性嫌気性の菌をいう)は、50cc中に検出してはならない。」 ³
昭和34年12月	厚生省告示「食品、添加物等の規格基準」 生食用原料かきは、大腸菌群数70MPN/100mL以下の海域で採取されたもの
昭和45年4月	水質汚濁に係る環境基準 閣議決定(大腸菌群数は含まれていない)
同上5月	水質汚濁に係る環境基準に大腸菌群数を追加

(2) 基準値の設定経緯と根拠

現行環境基準における大腸菌群数の基準値は、水道、水産、水浴の利用目的の適応性の観点から検討されている。

基準値設定の根拠については、昭和45年3月に開催された水質審議会に提出された「(参考)水質環境基準の基準値の説明」に記載されており、この考え方にに基づき、「水質汚濁に係る環境基準の項目追加について(昭和45年5月)」⁴示され、現行の大腸菌群数基準値を定められている。

¹ 厚生科学審議会，水道水質の見直し等について(答申)平成15年4月28日

² 環境庁水質保全局，水質環境基準検討会報告書，昭和58年8月

³ 日本水道協会，上水試験方法 解説編 2001

⁴ 経済企画庁国民生活局，水質汚濁に係る環境基準の項目追加について，昭和45年5月

B 生活環境項目

(1) 河川

⑤ 大腸菌群数

「厚生省令」では、飲料水中の大腸菌群数は「検出されないこと」となっており、厚生省生活環境審議会の答申によると、水道で行う塩素滅菌により死滅させうる大腸菌群数の安全限界値は 50MPN/100mL であるとしている。一方、水道における浄水処理による大腸菌群の除去率は、緩速ろ過処理では約 99%、急速ろ過処理では通常の管理下においても約 95%、高水準管理下において約 98%とされている。

このことから、通常の浄水操作を想定した水道 2 級では、1,000MPN/100mL が、また高度な浄水操作を想定した水道 3 級では 2,500~5,000MPN/100mL が水道原水としての安全限界と言える。また、厚生省の調査によると、別図（割愛）のように現在水道で取水している表流水では 1,000MPN/100mL 以下のものが最も多く、5,000MPN/100mL を超過するものは特異であるという結果になっている。また、同じく厚生省生活環境審議会の答申では、「水浴場」の基準としては、大腸菌群数は 1,000MPN/100mL 以下が適当であるとしている。

以上のことから、大腸菌群数の基準値は、生活環境に係る環境基準として、AA 類型 50MPN/100mL 以下、A 類型 1,000MPN/100mL 以下、B 類型 5,000MPN/100mL 以下とするのが適当と考えられる。

(2) 湖沼

⑤ 大腸菌群数 河川と同様とした。

(3) 海域

④ 大腸菌群数

河川と同様の考え方で基準値を定めた。ただし、生食用カキの養殖場については、米国における輸入カキの輸入許可の基準に対する「厚生省令」の定めるところにより、特に 70MPN/100mL 以下と定めている。

出典)水質審議会, (参考) 水質環境基準の基準値の説明 (昭和 45 年 3 月)

2. 大腸菌群数の測定方法

大腸菌群数の測定方法は、最確数による定量法が採用されており、具体的な方法を以下に示す。

試料 10mL、1mL、0.1mL、0.01mL……のように連続した 4 段階（試料量が 0.1mL 以下の場合は 1mL に希釈して用いる。）を 5 本ずつ BGLB 醗酵管に移殖し、35~37℃、48±3 時間培養する。ガス発生を認めたものを大腸菌群陽性管とし、各試料量における陽性管数を求め、これから 100mL 中の最確数を最確数表を用いて算出する。この際、試料はその最大量を移殖したものの全部か又は大多数が大腸菌群陽性となるように、また最少量を移殖したものの全部か又は大多数が大腸菌群陰性となるように適当に希釈して用いる。なお、試料採取後、直ちに試験ができない時は、冷蔵して数時間以内に試験する。

出典) 環境庁告示第 59 号 別表 2 生活環境の保全に関する環境基準 (河川) 備考 4

3. 現行の環境基準の達成状況

現行の水質環境基準の大腸菌群数の達成状況を表3、図1に示す。

最近10年間のAA類型の達成率は、河川で12.2～16.5%、湖沼は52.3～67.4%と低い状況となっている。また、A類型、B類型について、河川での達成率をみると、A類型27.7～34.8%、B類型47.2～54.9%、湖沼の達成率は75.1～79.2%である。一方、海域では達成率が96.5～97.2%と高い状況がみられている。

表3 現行水質環境基準の大腸菌群数の達成状況

類型	年度	河川			湖沼			海域		
		E※1	F※2	達成率※3 (%)	E※1	F※2	達成率※3 (%)	E※1	F※2	達成率※3 (%)
AA類型	H19	4,441	3,785	14.8	1,175	476	59.5			
	H20	4,426	3,847	13.1	1,202	501	58.3			
	H21	4,472	3,925	12.2	1,191	568	52.3			
	H22	4,414	3,760	14.8	1,135	475	58.1			
	H23	4,305	3,711	13.8	1,160	453	60.9			
	H24	4,224	3,574	15.4	1,072	349	67.4			
	H25	4,401	3,698	16.0	1,068	431	59.6			
	H26	4,507	3,763	16.5	1,097	412	62.4			
	H27	4,440	3,754	15.5	1,098	475	56.7			
H28	4,545	3,818	16.0	1,098	400	63.6				
A類型	H19	21,076	15,072	28.5	3,996	936	76.6	8,690	243	97.2
	H20	20,943	15,058	28.1	3,990	869	78.2	8,337	256	96.9
	H21	21,164	15,310	27.7	4,022	1,002	75.1	8,172	276	96.6
	H22	20,855	14,608	30.0	4,117	991	75.9	8,160	289	96.5
	H23	19,694	13,533	31.3	3,991	932	76.6	7,699	264	96.6
	H24	19,568	12,911	34.0	4,068	923	77.3	8,279	284	96.6
	H25	19,587	12,867	34.3	4,015	927	76.9	8,194	265	96.8
	H26	19,731	12,867	34.8	4,248	885	79.2	8,130	259	96.8
	H27	19,603	13,289	32.2	4,200	1,000	76.2	8,107	248	96.9
H28	19,711	13,576	31.1	4,298	992	76.9	8,087	233	97.1	
B類型	H19	9,332	4,925	47.2						
	H20	9,066	4,694	48.2						
	H21	8,704	4,500	48.3						
	H22	8,563	4,309	49.7						
	H23	8,368	4,112	50.9						
	H24	8,305	3,987	52.0						
	H25	8,223	3,747	54.4						
	H26	8,365	3,770	54.9						
	H27	8,442	4,006	52.5						
H28	8,342	4,131	50.5							

※1 ; E = 測定検体数

※2 ; F = 環境基準に適合しない検体数

※3 ; 達成率(%) = (1-F/E) × 100

出典) 環境省, 平成28年度公共用水域水質測定結果(平成29年12月), 測定結果(参考資料)より作表

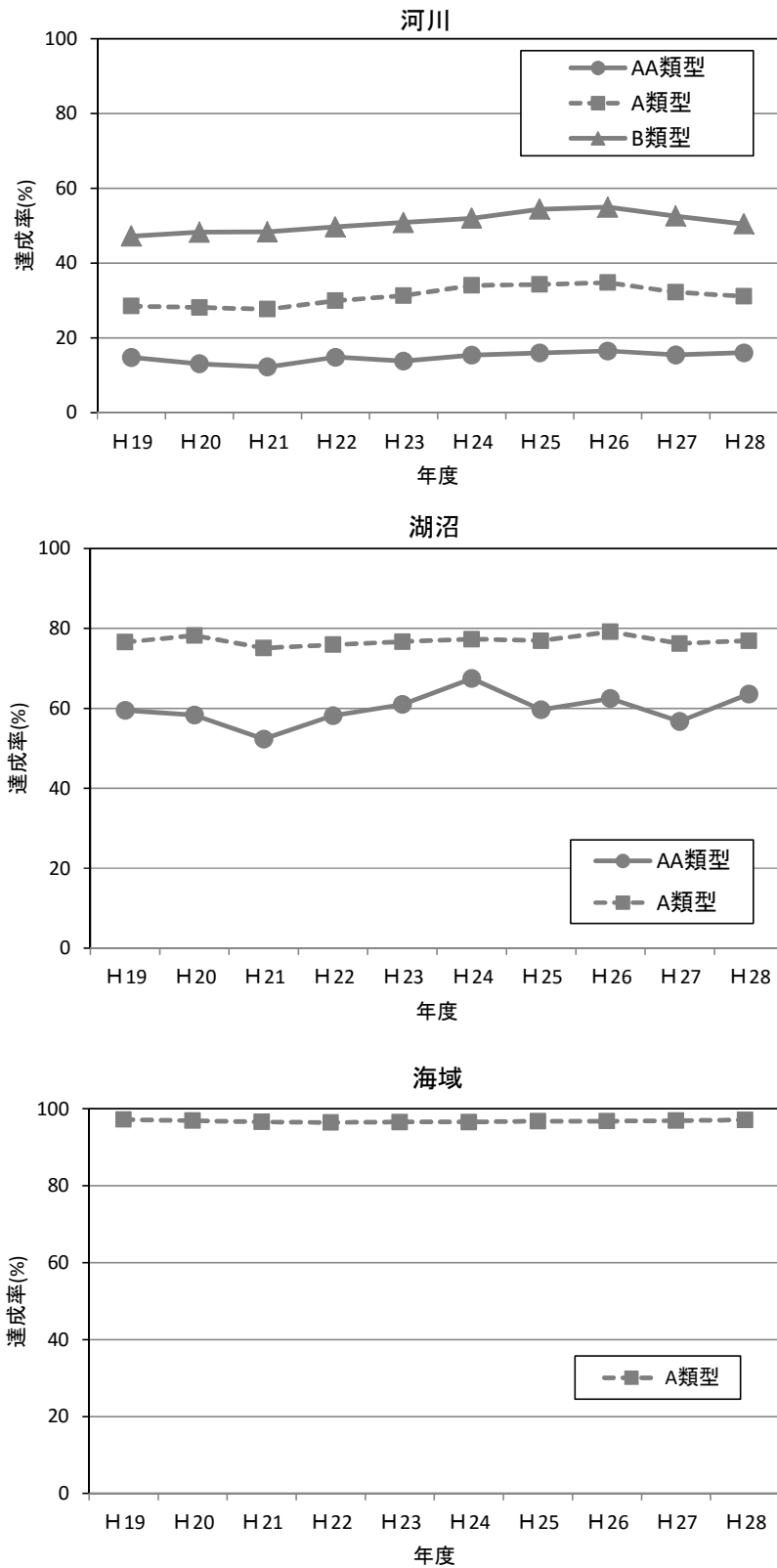


図1 現行環境基準の大腸菌群数達成状況

出典) 環境省, 平成28年度公共用水域水質測定結果(平成29年12月), 測定結果(参考資料)より作図

4. 現行の環境基準（大腸菌群数）の課題

現行の環境基準である大腸菌群数について、糞便汚染の指標性が低いことが課題として挙げられており、国内の他法令等に基づく基準と整合していない現状である。

（1）大腸菌群と糞便の関係

大腸菌群に属する細菌を、糞便との関係でグループ分けすると、概ね図2のようになり、菌種Aは糞便に特異的に存在するもの、菌種Bは糞便から検出されるが元来土壌や水中を生息場所としているもの、菌種Cは土壌や水中を生息場所としているものの3つのグループに分類できる。

大腸菌群数の測定方法は、大腸菌検出を目的として計測するものの、糞便以外に土壌等にも分布する菌種Bや糞便由来でないと思われる菌種Cも検出されるため、大腸菌群数は糞便汚染を的確に捉えていないと考えられる。また、水浴場の水質判定基準のふん便性大腸菌群数も、菌種Aだけでなく、菌種Bも検出していると考えられる。

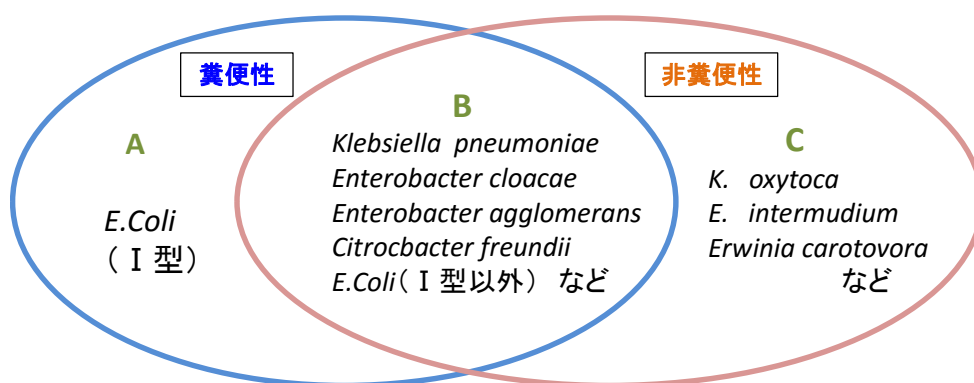


図2 大腸菌群と糞便の関係⁵

（2）環境水中の大腸菌群数と大腸菌数の実態

環境水中において、大腸菌群が多く検出されていても、大腸菌が検出されない場合が見られ、大腸菌群数が糞便汚染を的確に捉えていない状況がみられる。

平成 24～26 年度に実施した水質管理指標に係る類型指定調査における人為的汚染が少ない河川源流、水浴場の調査結果から、大腸菌群数と大腸菌数の関係を図3に示す。図3から、大腸菌群より大腸菌が大きな数値となることはみられないため、両者は包含関係にあると言えるが、明確な相関関係はみられなかった。また、大腸菌群が多く検出されていても、大腸菌が検出されない場合がみられ、大腸菌群数が糞便汚染を的確に捉えていない状況がみられる。

⁵ 日本環境管理学会，改訂4版 水道水質基準ガイドブック p.28

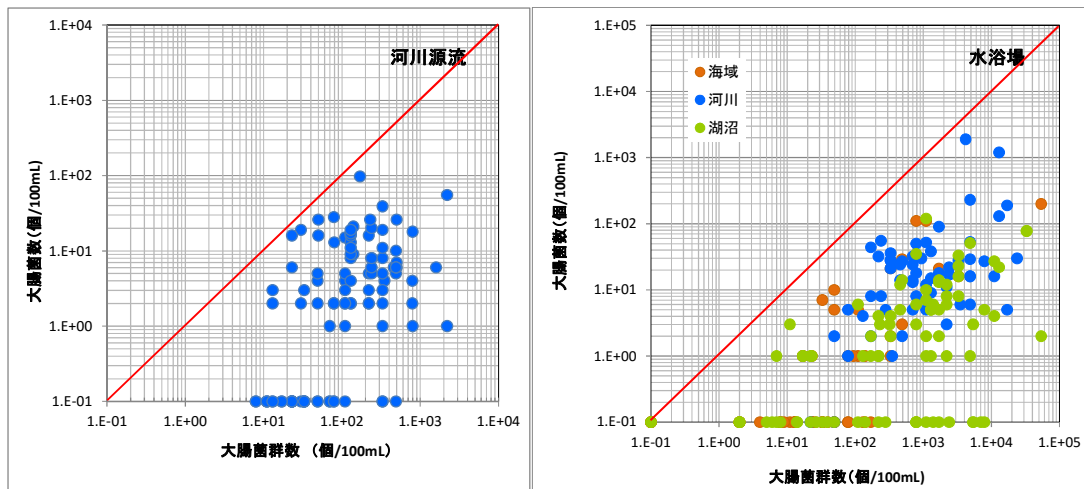


図3 大腸菌群数と大腸菌数の関係

※平成 24～26 年度 水質管理指標に係る類型指定調査(水質調査)結果(環境省)より作図
(なお、定量下限値未满是、作図の便宜上 0.1 個/100mL として表示した。)

(3) 他法令に基づく基準等との整合性

水道水質基準では、測定方法の技術的問題が解決したため、平成 16 年 4 月の水道法の水質基準改定の際に、大腸菌群に代わり、大腸菌が新たに糞便汚染の指標として採用されている。現行の環境基準は大腸菌群数、水道水質基準は大腸菌、水浴場の水質判定基準は糞便性大腸菌群数であり、それぞれの基準項目が異なっている。

5. 衛生微生物指標として望ましい指標

水系感染症は温血動物の糞便を媒体にして感染することから、水の衛生学定安全指標としては、糞便汚染の有無を確認することが重要である。

主要な水系感染症の大部分は、コレラ、チフス、赤痢等に代表される腸管系細菌感染症である。衛生指標としては、これらの細菌を包含する腸内細菌科の細菌であり、殆ど全ての温血動物の糞便に比較的多量に存在する腸管内常在菌である大腸菌 (*Escherichia coli*) が優れていると考えられる。

また、病原微生物による水の汚染状況を把握するため、原虫やウイルス等の病原微生物濃度を環境基準の項目にすることも考えられるが、対象とすべき病原微生物が明確でないことや、基準化しても費用面や技術面の制約により感染能力のある微生物を定量することが実際的に困難であることから、指標菌を用いることが妥当と考えられる。

諸外国において採用されている衛生指標と基準値を表 4 に示す。表 4 から、腸管系病原細菌による汚染の指標として、現行の環境基準である大腸菌群数、水浴場の水質判定基準であるふん便性大腸菌群数、水道水質基準の大腸菌数、諸外国で海域の水浴場の基準に採用されている腸球菌等の 4 つの細菌が指標として設定されている。

それら 4 つの細菌の特徴を表 5 に示す。

表4 諸外国の水浴場の基準値一覧

国名	水域	基準値	根拠・備考
アメリカ	淡水域	大腸菌：126cfu/100mL (幾何平均値) 大腸菌：410cfu/100mL (90%値)	1,000人中36人の疾病率 (2012年以前の定義では、 1,000人中8人の疾病率)
	淡水域・ 海域	腸球菌：35cfu/100mL (幾何平均値) 腸球菌：130cfu/100mL (90%値)	
	淡水域	大腸菌：100cfu/100mL (幾何平均値) 大腸菌：320cfu/100mL (90%値)	1,000人中32人の疾病率
	淡水域・ 海域	腸球菌：30cfu/100mL (幾何平均値) 腸球菌：110cfu/100mL (90%値)	
EU 諸国、英 国、南アフリ カ等	淡水域	大腸菌：500cfu/100mL (95%値) (Excellent) 大腸菌：1,000cfu/100mL (95%値) (Good) 大腸菌：900cfu/100mL (90%値) (Sufficient) 腸球菌：200cfu/100mL (95%値) (Excellent) 腸球菌：400cfu/100mL (95%値) (Good) 腸球菌：330cfu/100mL (90%値) (Sufficient)	Excellent： 1,000人中29人の疾病率 Good： 1,000人中50人の疾病率 Sufficient： 1,000人中85人の疾病率
	海域	大腸菌：250cfu/100mL (95%値) (Excellent) 大腸菌：500cfu/100mL (95%値) (Good) 大腸菌：500cfu/100mL (90%値) (Sufficient) 腸球菌：100cfu/100mL (95%値) (Excellent) 腸球菌：200cfu/100mL (95%値) (Good) 腸球菌：185cfu/100mL (90%値) (Sufficient)	
香港	海域	大腸菌：24cfu/100mL (幾何平均値) (Good) 大腸菌：180cfu/100mL (幾何平均値) (Acceptable) 大腸菌：610cfu/100mL (幾何平均値) (Barely Acceptable)	Good： 1,000人中0人の疾病率 Acceptable： 1,000人中10人の疾病率 Barely Acceptable： 1,000人中15人の疾病率
インド		大腸菌群数：500MPN/100mL	
マレーシア	海域	ふん便性大腸菌群数：100MPN/100mL	類型：漁業、珊瑚・磯の保 全、レクリエーション
ベトナム	海域	大腸菌：1,000MPN/100mL	類型：海水浴場／観光
タイ	淡水域	大腸菌群数：5,000MPN/100mL (80%値) ふん便性大腸菌群数：1,000MPN/100mL (80%値)	類型：非常に清浄で新鮮な 表流水源で、漁業、レクリ エーションに利用されて いるもの
フィリピン	淡水域	大腸菌群数：1,000MPN/100mL (幾何平均値)	レクリエーション用水(水 浴、水泳等)
シンガポ ール	淡水域	大腸菌群数：1,000MPN/100mL ふん便性大腸菌群数：200MPN/100mL	類型：簡易な浄水処理後の 飲用、レクリエーション (水泳、水上スキー、ダイ ビング)等
		大腸菌群数：5,000MPN/100mL ふん便性大腸菌群数：100MPN/100mL	類型：通常の浄水処理後の 飲用、レクリエーション (水泳、水上スキー、ダイ ビング)等
	海域	大腸菌群数：5,000MPN/100mL ふん便性大腸菌群数：1,000MPN/100mL	類型：レクリエーション (水泳、水上スキー、ダイ ビング)等

表5(1) 指標細菌の特徴

	大腸菌	大腸菌群数	糞便性大腸菌群	腸球菌
概要	<p>・大腸菌 (<i>Escherichia coli</i>) は、ヒトや温血動物の腸管内に常在し、ヒト糞便中の大腸菌群の90%以上 (約 $10^8 \sim 10^9$ 個/g) を占める。⁶</p> <p>・ヒトや温血動物の腸管内に常在し、糞便由来でない細菌も含む大腸菌群と比べて糞便汚染の指標として信頼できる。また、単独な菌種であるばかりでなく、他の糞便指標細菌と比較すると自然界では生存期間が短いため、糞便汚染指標としてより特異的である。⁷</p>	<p>・好気性又は通性嫌気性にグラム陰性無芽胞性の桿菌で、乳糖を分解して酸とガスを生じるか、β-ガラクトシダーゼをもつ細菌群である。¹⁰</p> <p>なお、環境基準で測定される大腸菌群は前者である。</p> <p>・大腸菌群は、水環境における生残性や水処理における除去性、消毒耐性等に関しても病原細菌とほぼ同じか若干強い性状が認められる等糞便汚染の指標性に優れていることが示されて、糞便汚染評価に利用されてきた。⁸</p>	<p>・糞便性大腸菌群とは、$44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$、$24 \pm 1$ 時間培養したときに、乳糖を発酵する細菌のことである。⁶</p> <p>・<i>Escherichia</i>(大腸菌)属並びに一部の <i>Klebsiella</i>、<i>Enterobacter</i>、<i>Citrobacter</i> 等の属に分類されている種から構成されている。⁶</p>	<p>・糞便性連鎖球菌のうち、6.5%塩化ナトリウムブドウ糖ブイヨン培地に増殖するグラム陽性球菌を腸球菌といい、主として <i>Enterococcus faecalis</i>、<i>E. fecium</i> をさす。糞便汚染の指標としては、糞便性大腸菌群や糞便性連鎖球菌より信頼性が高い。⁷</p>
指標性	<p>【糞便汚染との関係】</p> <p>・大腸菌は、ヒト、家畜、又は野生動物や鳥類によって汚染された下水、下水処理水、及び全ての自然水や土壌中に認められるが、糞便で汚染されていない水、土壌、植物などに存在することはまれである。⁹</p> <p>【疫学調査】</p> <p>・EPAの疫学調査の事例では、1,000人当たりで胃腸疾患を36人起こす大腸菌数は126/100mLと報告している。¹⁰</p>	<p>【糞便汚染との関係】</p> <p>・衛生的に糞便汚染の指標となる一群の菌の総称であるが、糞便由来以外のものも検出されるため、糞便汚染の有無を確認する指標性は低い。</p>	<p>【糞便汚染との関係】</p> <p>・糞便性大腸菌群のうち、大腸菌は特異的に温血動物の糞便中に大量に常在し、糞便汚染を受けていない水や土壌にはほとんど存在しない。</p> <p>・大腸菌以外の糞便性大腸菌群は温血動物の糞便以外にも、工場排水又は植物や土壌に由来するものもあり、糞便汚染を受けていない水中から検出した例も報告されている。⁶</p> <p>・糞便汚染の指標として大腸菌より信頼性は薄い。⁶</p>	<p>【糞便汚染との関係】</p> <p>・<i>Enterococcus</i> 属の種の大部分は糞便由来であり、多くの環境下でヒトの糞便汚染の特異的な指標になり得るものとみなされている。¹¹</p> <p>【疫学調査】</p> <p>・EUでは、海域での疫学調査の事例から1,000人当たりで胃腸炎疾患30人を起こす腸球菌数は100個/100mLと算出している。¹¹</p>

⁶ 上水試験方法 2011年版 V.微生物編, 日本水道協会

⁷ 上水試験方法 2001年版, 日本水道協会

⁸ 金子光美 水質衛生学 1996, 技報堂出版株式会社

⁹ 上水試験方法 解説編 2001年版, 日本水道協会

¹⁰ Recreational Water Quality Criteria, EPA, 2012

¹¹ Directive of the European Parliament and of the council concerning the quality of bathing water, Commission of the European Communities 2002

表 5 (2) 指標細菌の特徴

	大腸菌	大腸菌群数	糞便性大腸菌群	腸球菌
適 応 性	<p>【水道】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既に水道水質基準として採用されている。 ・糞便汚染を捉えることができ、水道水中のクリプトスポリジウム対策指針の中で指標菌として用いられている。¹² <p>【水浴・親水利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大腸菌群と比較して、糞便汚染の有無を捉えることができ、衛生的な評価が可能となる。 ・EPA では、疫学調査の事例より、淡水域で胃腸疾患罹患率と大腸菌には相関があるとの報告がある。 ・海外でのレクリエーション水域の基準に採用されている事例がある。 <p>【水産】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・食品衛生法における生食用のカキの基準に、大腸菌 230MPN/100g 以下があり、指標として関連性がある。 <p>【測定方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在では、測定方法も普及されており、環境水への適用も可能と考えられる。 	<p>【水道】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現行の環境基準制定当時は、水道原水利用を考慮して、水道で行う緩速ろ過、急過、塩素滅菌などの処理を施して衛生的安全性を確保できるように現行の基準値が設定されている。¹³ <p>【水浴・親水利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大腸菌群は、土壌由来なども捉えるため、糞便汚染を的確に捉えていない。 ・水浴場の水質判定基準の糞便性大腸菌群とも相関がみられず、糞便汚染の有無が捉えられていない。¹⁴ <p>【測定方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・測定方法は、現行の環境基準制定時以前より普及している方法であり、長期間のデータが蓄積されている。 	<p>【水浴・親水利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水浴場の水質判定基準の項目である。 ・糞便性大腸菌群数が 1,000 個/100mL を超過するとサルモネラ菌の検出率が高くなるとの報告がある。¹⁵ <p>【測定方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水浴場の水質判定基準の項目であり、測定方法は普及している。 ・大腸菌群のうち 44.5℃ で生育できるので大腸菌を含む Escherichia 属、ならびに Klebsiella 属などの細菌も検出される場合がある。 	<p>【水浴・親水利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・EU では、疫学調査の事例より、海域では胃腸疾患罹患率と腸球菌には相関があるとの報告がある。^{16,17} <p>【水産】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生食用カキの食品衛生法の基準項目には含まれていないので、カキへの対応は検討が必要である。 <p>【海域への適用性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海水中では、腸球菌の方が、大腸菌より生残率が高いといわれている。 ・平成 23 年度環境省による実態調査によると、海域での腸球菌数は低く、基準値として運用する場合にその変化がとらえにくい。

¹² 水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について（通知）健水発第 0330005 号平成 19 年 3 月 30 日

¹³ 水質汚濁に係る環境基準の項目追加について（昭和 45 年 5 月 経済企画庁国民生活局）

¹⁴ 滋賀県の環境 2008（平成 20 年版環境白書）資料編

¹⁵ 環境庁水質保全局，水質環境基準検討会報告書，昭和 58 年 8 月

¹⁶ Comparative Survival of Faecal and Human Contaminants and Use of Staphylococcus aureus as an Effective Indicator of Human Pollution Bathing Water Quality and Human Health-Protection of the Human Environment Water, Sanitation and Health-J WHO, 2001

¹⁷ Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing; results from randomized exposure. Kay D, Fleisher JM, Salmon RL, Wyer MD, Godfree AF, Zelenauch-Jacquotte Z, Shore R, The Lancet (1994). 344(8927): 905-909.

環境水の衛生学的観点から腸管系病原細菌による汚染の指標として望ましい条件は複数考えられる。

昭和 45 年に現行の大腸菌群数の環境基準が設定された後、昭和 58 年度にとりまとめられた水質環境基準検討会報告書(環境庁水質保全局)¹⁸によると、糞便汚染の指標として以下の 1～4 が挙げられている。

病原性微生物の主要な起源は人畜の糞便であるが、糞便汚染指標の理想的な条件としては一般に次のものがあげられる。

1. 人及び動物の排泄物中に常に大量に存在すること。大量に存在すれば水域で希釈されても検出が可能になる。
2. 人及び動物の排泄物以外には存在しないような菌であること。土壌中や植物あるいは水中に常在しているような菌では、判定に混乱が生じる。
3. 水域において、ある程度生存力を有すること。水域で永久に生存したり極端に増殖したりするような菌は好ましくない。
4. 検出操作が簡便であって再現性もよく、確実であること。

従来は、大腸菌群が比較的簡便に測定できることから、これらの条件に比較的合致する細菌として利用され、大腸菌は上記の条件の 4. にある簡便な測定方法が確立されていなかったことから、衛生指標として用いるのは困難とされてきたが、大腸菌については、特定酵素基質培地法が開発されたため 24 時間で分析が可能となっており、簡便な分析が可能と言える。

【上水試験方法 解説編 2001 日本水道協会】¹⁹

V 微生物試験

3.1 大腸菌群 3.1.6 特定酵素基質培地法 3.1.6.1 MMO-MUG 法 (p. 840)

MMO-MUG 法は、EPA が 1989 年 7 月 17 日付け Federal Register に Final rule として公布した方法で、目的とする細菌の増殖に必要な最小限の栄養素のみを含む培地を用い、その他の細菌の発育を抑制しようとする方法であり、最小限の栄養素だけを含むところから最小培地法(ミニマル・メディウム法)ともいわれている。MMO とは Minimal Medium ONPG の頭文字を並べたものである。この培地の主成分は、大腸菌群を増殖させる栄養素の ONPG(o-ニトロフェニル-β-D-ガラクトピラノシド)である。また、大腸菌を増殖させる栄養素としては MUG(4-メチルウムベリフェリル-β-D グルクロニド)が含まれている。この培地を用いて大腸菌群の試験を実施すれば 1 日で結果が得られる。

¹⁸ 環境庁水質保全局，水質環境基準検討会報告書，昭和 58 年 8 月

¹⁹ 日本水道協会，上水試験方法 解説編 2001

3.2 大腸菌 3.2.5 試験方法の解説(p. 847)

外国では、44℃で24時間培養したときに乳糖を発酵する高温耐性大腸菌群(日本における糞便性大腸菌群)のうち、トリプトファンからインドール産生する菌を大腸菌と定義している国もある。しかし、インドールを産生する大腸菌群はCitrobacter, Klebsiella等の中にも認められ、大腸菌に特有の反応ではない。したがって、大腸菌を完全に同定するには、多数の複雑な試験項目を追加実施しなければならず、日常的には実施することは困難であった。

その後、特定酵素基質培地法の採用により、酵素基質理論に基づいて大腸菌を検出することができるようになった。これは、大腸菌が特異的にもっているβ-グルクロニダーゼでMUGを分解させる手法で、MUGを分解した場合は、大腸菌である確率が高い。ほかに同様な反応を示す細菌として赤痢菌やサルモネラ菌もあるが、それらを含めて検出しても糞便汚染指標としては合致している。一方、この手法で検出できない大腸菌は5%程度といわれている。なお、大腸菌O-157もβ-グルクロニダーゼ陰性であるため、この方法では検出できない。

大腸菌群数は、水環境における生残性や水処理における除去性、消毒耐性等に関しても病原細菌とほぼ同じか若干強い性状が認められること等から、糞便汚染評価に利用されてきたが、糞便由来以外のものも検出されるため、糞便汚染の有無を確認する指標性は低い。

ふん便性大腸菌群は、44.5±0.2℃、24±1時間培養したときに、乳糖を発酵する細菌群であるが、大腸菌以外のふん便性大腸菌群には、温血動物の糞便以外にも、工場排水又は植物や土壌に由来するものもあることから、糞便汚染の指標として大腸菌より信頼性は低い。

大腸菌 (Escherichia coli) は、ヒトや温血動物の腸管内に常在し、ヒトの糞便中の大腸菌群の約90%を占めており、排泄物中に大量に存在する。ヒト、家畜、又は野生動物や鳥類によって汚染された下水、下水処理水及び自然水や土壌中に認められるが、糞便で汚染されていない水、土壌、植物などに存在することはまれであることから、糞便由来でない細菌も含む大腸菌群と比べて、糞便汚染の指標として信頼できる。

また、大腸菌数は、海外でのレクリエーション水域の基準に採用されている事例があり、国内でも既に水道水質基準として採用されており、水道水中のクリプトスポリジウム対策指針の中で指標菌として用いられている。

腸球菌は、糞便性連鎖球菌のうち、6.5%塩化ナトリウムブドウ糖ブイヨン培地に増殖するグラム陽性球菌を腸球菌といい、主としてEnterococcus faecalisやE. feciumをさし、糞便汚染の指標としては、ふん便性大腸菌群やふん便性連鎖球菌より信頼性が高いとされる。EPAやEUでは、海域での疫学調査から得られた腸球菌と水泳者の胃腸疾患等の罹患率の関係から海域の水浴場の基準として腸球菌が採用されている。平成23年度に国内の海域の腸球菌の実態の調査を実施した(表6)が、腸球菌の検出

数が少なく、検出された値も少ない状況であり、腸球菌を海域の衛生指標とするには以下の課題が考えられた。

- ・ 衛生指標の細菌数が少なく、基準値も低レベルを設定した場合、経時変化が捉えにくくなり、基準値を急に超過するような状況が起こる場合も考えられる。徐々に汚濁が進んでいくような変化に対応できない可能性がある。
- ・ 衛生指標の条件には、汚染源において病原体よりも高濃度に存在することが挙げられるが、衛生指標の細菌数が少ない場合、病原体の存在を探知できない可能性がある。
- ・ 基準値レベルが低濃度の設定になった場合、分析法の測定感度を上げる検討が必要となる。
- ・ 海域での腸球菌の測定事例は少なく、基準値を検討できるようなバックデータが不足している。
- ・ 上記の理由により、現時点で腸球菌の基準値を算定することは難しい。

これらのことから、水質環境基準について、大腸菌群数に代えて大腸菌数で定めることが適当といえる。

表6 平成23年度水質管理指標に係る類型指定調査結果（海域）

地点名		勝鬨橋	晴海ふ頭公園	お台場海浜公園	城南島海浜公園	葛西臨海公園西なぎさ	甲子園海浜公園	大和川河口左岸（岸壁）	かもめ大橋（大和川河口右岸側）	南港魚つり公園堤防	二色の浜公園
		上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層
採水日	平成23年	5月27日	5月27日	5月27日	5月27日	5月27日	5月26日	5月26日	5月26日	5月26日	5月26日
大腸菌群数	MPN/100mL	4900	3300	230	700	700	3300	7900	1300	230	3300
大腸菌	個/100mL	350	100	14	42	22	46	2100	50	14	8
腸球菌	個/100mL	4	2	<1	1	<1	<1	72	<1	<1	4
採水日		8月10日	8月10日	8月10日	8月10日	8月12日	8月8日	8月8日	8月8日	8月8日	8月8日
大腸菌群数	MPN/100mL	4900	1700	700	460	490	33	540000	34	130	23
大腸菌	個/100mL	400	110	7	18	56	3	3600	5	2	<1
腸球菌	個/100mL	8	2	<1	<1	<1	<1	39	<1	<1	<1
採水日		11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日
大腸菌群数	MPN/100mL	790	490	490	13	22	5	7900	7	49	<2
大腸菌	個/100mL	100	59	59	4	3	<1	700	<1	11	<1
腸球菌	個/100mL	32	<1	<1	<1	6	12	1000	<1	1	1