

水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて

(第2次報告案)

令和3年3月

中央環境審議会水環境・土壌農薬部会生活環境項目環境基準専門委員会

目 次

1.	はじめに	1
2.	生活環境項目としての環境基準の大腸菌群数の見直しについて.....	2
	(1) これまでの経緯	2
	(2) 今回の検討事項	2
	1) 生活環境項目環境基準における大腸菌群数の課題.....	2
	2) 基本的考え方	2
3.	大腸菌数の環境基準値設定の検討について	3
	(1) 大腸菌数の環境基準値設定の基本的考え方.....	3
	(2) 大腸菌数の環境基準値の導出方法.....	3
	(3) 大腸菌数の環境基準値	5
	(4) 大腸菌数の測定方法	6
	(5) 大腸菌数の監視及び評価方法.....	6
4.	おわりに	7

別紙1 大腸菌数の測定方法

1. はじめに

環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準のうち、生活環境の保全に関する環境基準（以下「生活環境項目環境基準」という。）については、化学的酸素要求量（COD）、全窒素、全リン等、現在、13項目が定められている。そのうち、大腸菌群数は、赤痢菌、コレラ菌、チフス菌等の水系感染症が温血動物のふん便を媒介に感染することから、ふん便汚染の汚濁の指標として用いられてきた。しかしながら、大腸菌群数はその指標性が低いことが指摘されている。一方、水道水に係る水質基準（水道法第4条第2項に基づく水質基準に関する省令により規定される基準。以下「水道水質基準」という。）については、簡便な大腸菌の培養技術の確立により、平成15年5月に大腸菌群が大腸菌に改正され、平成16年4月に施行されている。

このような状況を踏まえ、平成25年8月の「水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（諮問）」を受け、良好な水環境の実現に向けた施策を効果的に実施するため、生活環境項目環境基準のうち、大腸菌群数について新たな衛生微生物指標である大腸菌数へ見直すことについて検討を行った。

2. 生活環境項目としての環境基準の大腸菌群数の見直しについて

(1) これまでの経緯

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、その後、同年5月に生活環境項目環境基準として大腸菌群数が追加された。大腸菌群数は、水域にふん便汚染がある場合には、同時に赤痢菌、コレラ菌、チフス菌等の病原菌が存在する可能性があり、公衆衛生上の問題となることから、ふん便汚染の指標として用いられてきた。ふん便汚染の指標としては、温血動物の腸管内に常在する通性嫌気性菌のなかで、最も数の多い大腸菌 (*Escherichia coli*)を採用することが検討されたが、環境基準設定当時の培養技術では大腸菌のみを簡便に検出する技術はなかったことから、結果的に比較的容易に測定できる大腸菌群数が採用された。大腸菌群数の環境基準値については、次のように設定されている。

環境基準設定当時、水道水質基準では水道水中の大腸菌群は「検出されないこと」となっており、当時の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ることができる大腸菌群数の安全限界値は50MPN/100mlであることから、水道1級は50MPN/100mlが、通常の浄水操作を想定した水道2級では1,000MPN/100mlが、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であるとしている。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、大腸菌群数の環境基準値は、生活環境項目環境基準として、AA類型50MPN/100ml以下、A類型1,000MPN/100ml以下、B類型5,000MPN/100ml以下と設定された。

(2) 今回の検討事項

1) 生活環境項目環境基準における大腸菌群数の課題

大腸菌群数の測定には、ふん便汚染のない水や土壌等に分布する自然由来の細菌も含まれると考えられ、実際に、環境省が実施した水質調査結果(参考資料の2.(2))によると、水環境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あり、大腸菌群数がふん便汚染を的確に捉えていない状況がみられた。

2) 基本的考え方

水道水質基準では、大腸菌がふん便汚染の指標として適当と判断されたが、当時の培養技術では大腸菌のみを簡便に検出する技術はなかったことから、大腸菌群が採用された。今日では、簡便な大腸菌の培養技術の確立により、水道水質基準が改正され、大腸菌群に代わり大腸菌がふん便汚染の指標として採用されている。

このことから、生活環境項目環境基準における衛生微生物指標としては、よりの確にふん便汚染を捉えることができる指標として大腸菌数が一つの候補として考えられる。その他、候補になり得る指標として、わが国の水浴場の水質判定基準ではふん便性大腸菌群数、米国(USEPA)のRecreational Water Quality Criteriaや欧州連合のBathing Water Directiveでは水浴水質基準として腸球菌がある。

しかしながら、このうちふん便性大腸菌群は、温血動物のふん便中の大腸菌が一般に高温耐性であることから、高温培養して大腸菌群の中からふん便由来の細菌類の検出を目的として設定されたものである。このため、大腸菌群よりふん便汚染としての指標性は高いものの、この条件で測定した場合でもふん便汚染を受けていない水や土壌に存在する細菌が検出される場合があることから、大腸菌よりふん便汚染の指標性は低い。

また、腸球菌は、ふん便汚染の指標として、大腸菌群やふん便性大腸菌群より指標性が高いとされており、米国（USEPA）や欧州連合では、腸球菌と水泳者の胃腸疾患等の罹患率の関係から導出された腸球菌が水浴水質基準として採用されている。一方で、環境省が国内の海域において実施した水質調査結果（参考資料の2.（4））によれば、腸球菌が検出された地点は少なく、検出された地点においてもその値は大腸菌数に比べて非常に小さく、衛生微生物指標として腸球菌を採用することは難しいと考えられる。

以上より、生活環境項目環境基準の大腸菌群数については大腸菌数へ見直すことが適当である。

3. 大腸菌数の環境基準値設定の検討について

（1）大腸菌数の環境基準値設定の基本的考え方

生活環境項目環境基準における大腸菌数の環境基準値の設定にあたっては、現行の類型区分とその利用目的の適応性に基づき設定することとした。

（2）大腸菌数の環境基準値の導出方法

各利用目的の適応性における大腸菌数の環境基準値の導出方法は以下の通りである。

1) 水道1級、水道2級、水道3級

- 大腸菌群数の環境基準値設定時に、水道利用については、各水道等級の浄水処理方法における水道原水の安全限界値から設定されていたが、浄水場の現状を踏まえると、同様の考え方による設定は実態に即していない。
- 大腸菌は水道水質基準の一つの項目として位置づけられており、水道原水となりうる河川及び湖沼の大腸菌の存在状況を把握する必要性は高い。また、生活環境項目環境基準として位置付けることで、河川及び湖沼において大腸菌数が一定のレベル以下となるよう水環境に係る施策が講じられることが期待され、これにより水道原水に係る汚濁対策の推進につながる。そのため、引き続き、水道利用の観点から大腸菌数の環境基準値を設定することとした。
- 具体的な数値については、水道1級相当、水道2級相当、水道3級相当の浄水処理方式を導入している浄水場原水の大腸菌数の実態（年間の測定値の90%値）の分布から（参考資料の3.）、水道1級は100CFU^{*}/100ml以下、水道2級は300CFU/100ml以下、水道3級は1,000CFU/100ml以下を導出した。

* コロニー形成単位(Colony Forming Unit)の略

2) 水浴

- 米国(USEPA)では水泳者の胃腸疾患と罹患率の関係から導出された大腸菌数が水浴水質基準として採用されている(参考資料の4.)。この値を参考に300CFU/100ml以下を導出した。

3) 自然環境保全

- 現行の大腸菌群数の基準値設定には自然環境保全の利用目的は考慮されていない。一方、現行のBODの環境基準値設定時には、BODのAA類型の利用目的として自然環境保全が考慮されており、その考え方は「BOD 1mg/L以下の河川は一般的にいて、自然公園内等ほとんど人為的汚濁のない河川であり、自然景観の面からすれば、もっとも適しているといえる。」とされている。
- 大腸菌数についても自然環境保全の利用の観点から、ほとんど人為汚濁のない清涼な水環境を目指す値を設定することには意義があると考え、AA類型において自然環境保全の観点から環境基準値を導出することとした。
- 海域A類型においても自然環境保全の観点から考え、現在自然公園等に指定されている水域の水質を保全していくことには意義がある。
- 具体的には、人為的なふん便汚染が極めて少ないと考えられる地点の大腸菌数の実測値から(参考資料の5.(1))、河川・湖沼は20CFU/100ml以下、自然公園等に指定されている海域の大腸菌数の実測値から(参考資料の5.(2))、海域は20CFU/100ml以下を環境基準値として導出した。

なお、環境基準の利用目的の適応性の欄に水産があるが、現時点で公共用水域における大腸菌数の水産への影響について整理された知見はないことから、今般の見直しに当たり、水産利用の観点から大腸菌数の環境基準値の検討は行っておらず、引き続き大腸菌数の水産への影響に関する知見の集積に努めていく。

(3) 大腸菌数の環境基準値

(2) で導出された各水域・各類型の環境基準値を表1から表3に示す。

表1 環境基準値【河川】

類型	利用目的の適応性	大腸菌数環境基準値 [90%値]	基準値の導出方法
AA	水道1級 自然環境保全 及びA以下の欄 に掲げるもの	20 CFU/100ml 以下 ^{備考1}	・水道1級の水道原水及び自然環境保全の実態から基準値を導出
A	水道2級 水浴 及びB以下の欄 に掲げるもの	300 CFU/100ml 以下	・水道2級の水道原水の実態及び諸外国における水浴場の基準値等を参考に基準値を導出
B	水道3級 及びC以下の欄 に掲げるもの	1,000 CFU/100ml 以下	・水道3級の水道原水の実態から基準値を導出
備考 1 水道1級を利用目的としている地点（自然環境保全を利用目的としている地点を除く。）については、大腸菌数100CFU/100ml以下とする。			

表2 環境基準値【湖沼】

類型	利用目的の適応性	大腸菌数環境基準値 [90%値]	基準値の導出方法
AA	水道1級 自然環境保全 及びA以下の欄 に掲げるもの	20 CFU/100ml 以下 ^{備考1}	・水道1級の水道原水及び自然環境保全の実態から基準値を導出
A	水道2、3級 水浴 及びB以下の欄 に掲げるもの	300 CFU/100ml 以下 ^{備考2}	・水道2、3級の水道原水の実態及び諸外国における水浴場の基準値等を参考に基準値を導出
備考 1 水道1級を利用目的としている地点（自然環境保全を利用目的としている地点を除く。）については、大腸菌数100CFU/100ml以下とする。 2 水道3級を利用目的としている地点（水浴又は水道2級を利用目的としている地点を除く。）については、大腸菌数1,000CFU/100ml以下とする。			

表3 環境基準値【海域】

類型	利用目的の適応性	大腸菌数環境基準値 [90%値]	基準値の導出方法
A	水浴 自然環境保全 及びB以下の欄 に掲げるもの	300 CFU/100ml 以下 ^{備考1}	・諸外国における水浴場の基準値等を参考に基準値を導出
備考 1 自然環境保全を利用目的としている地点については、大腸菌数 20CFU/100ml 以下とする。			

(4) 大腸菌数の測定方法

大腸菌数の測定方法については、以下の通りとすることが適当である。

項目	測定方法
大腸菌数	別紙1に掲げる方法

(5) 大腸菌数の監視及び評価方法

大腸菌数の監視及び評価方法については、以下の点を基本とする。

1) 測定地点及び測定頻度

測定地点及び測定頻度については、従来の公共用水域の水質の汚濁の状況の常時監視のための水質調査方法である「水質調査方法」(昭和46年9月30日環水管30号)に準じて行う。

2) 評価方法

大腸菌数については、今後も類型指定により区分された水域ごとに達成又は非達成の評価を行うことは要しないが、個々の測定地点(環境基準点)については環境基準値に適合しているか否かの判断を行うことが適当である。

個々の測定地点については、以下の理由のとおり年間の測定値の90%値により評価することが適当である。

環境基準の調査回数は、毎月1日以上、各1日について4回程度採水分析することを原則とするとされている。大腸菌数は衛生微生物指標として採用するため、これらの測定値のうち最大値で評価することが望ましいと考えられるが、大腸菌数の測定値は対数正規分布に従う特性があることから、これら12回のうち、最大値を採用すると過剰に厳しい評価となる可能性が懸念される。

一方で、12回の測定値のうち、最大値とその次点の値の2つ以上を除外した場合、例えば、夏季に2か月続けて環境基準値を超過するような傾向が見られる水域が存在した場合に、季節的な特徴を捉えられなくなる可能性が考えられることから、年2回以上の測定値を除外することは望

ましくない。

このため、年 12 回の測定値のうち、最大値 1 つを除外できる 90%値評価が、水質管理の面から適当であると考えられる。

90%値は、年間の日間平均値の全データをその値の小さいものから順に並べ $(0.9 \times n)$ 番目 (n は日間平均値のデータ数) のデータ値とし ($(0.9 \times n)$ が整数でない場合は端数を切り上げた整数番目の値をとる)、この値を環境基準値に照らして評価する。

各 1 日に 4 回程度採水分析を行った測定値の日間平均値については、幾何平均値を求めるものとする。

4. おわりに

今般、平成 25 年 8 月の「水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて (諮問)」を受け、これまでの知見等をもとに大腸菌群数から大腸菌数への見直しについて取りまとめた。生活環境項目環境基準において、よりふん便汚染の指標性が高い大腸菌数を新たな衛生微生物指標とすることで、よりの確に大腸菌数の検出状況を把握することが可能となり、検出状況に影響を与えると考えられる、例えば、畜産農場、下水処理場や浄化槽等からの排水対策が一層推進され、良好な水環境の創出に向けて、関係する主体が取り組むことが期待される。なお、大腸菌数の改善対策の実施にあたっては、塩素消毒を強化することが一例として考えられるが、残留塩素により水環境への影響が生じる可能性に留意する必要がある。今後、公共用水域における大腸菌数の検出状況を注視するとともに、大腸菌、原虫やウイルス等に関する衛生微生物としての知見や水産利用や農業利用など様々な利水における衛生微生物に関する知見の集積に努めることが重要である。

なお、大腸菌の起源解析を行うことによって、発生源を推定したよりの確な対策を講じることが可能となると考えられるほか、主に自然環境保全を利用目的とする地点における野生動物のふん便の影響についても把握が可能になると考えられ、これらの点についても必要な科学的な知見の集積に努めることが重要である。

大腸菌数の測定方法

1 試薬

(1) 水

日本産業規格K0557に規定するA1、A2、A3又はA4のもの

(2) 特定酵素基質寒天培地

酵素基質 5-ブロモ-4-クロロ-3-インドリル-β-D-グルクロニド(X-GLUC)を含む特定酵素基質寒天培地(注1)

(3) 水酸化ナトリウム

日本産業規格K8576に定めるもの

(4) 1 mol/L水酸化ナトリウム溶液

水酸化ナトリウム約40gに水を加えて溶解し全量を1Lとしたもの

(5) 塩酸

日本産業規格K8180に定めるもの

(6) 1 mol/L塩酸

塩酸約85mlに水を加えて溶解し全量を1Lとしたもの

(7) ペプトン

微生物試験用のもの

(8) 滅菌ペプトン水

ペプトン1.0gを水約950mlに溶解し、高圧蒸気滅菌後のpHが6.9~7.1になるように1 mol/L水酸化ナトリウム溶液又は1 mol/L塩酸を加えてpHを調整する。水を加えて全量を1Lとし、高圧蒸気滅菌(121℃で15分間 以下同様)する。

(9) リン酸二水素カリウム

日本産業規格K9007に定めるもの

(10) 滅菌リン酸塩緩衝希釈水

リン酸二水素カリウム42.5gを水約500mlで溶解し、これに1 mol/L水酸化ナトリウム溶液を滴加してpHを7.2に調整し、水を加えて全量を1Lとする。この液の1mlを水に溶かして1Lとし、高圧蒸気滅菌する。

(11) 塩化ナトリウム

日本産業規格K8150に定めるもの

(12) 滅菌生理食塩水

塩化ナトリウム8.5gを水に溶解して全量を1Lとし、高圧蒸気滅菌する。

(13) 希釈水

滅菌ペプトン水、滅菌リン酸塩緩衝希釈水、滅菌生理食塩水のいずれかとする。

(注1) 大腸菌数試験用の特定酵素基質寒天培地として以下の組成の培地が市販されている。ここで示す培地の組成は、この測定試験法使用者の便宜のために、一般に入手できるものとして例示したが、この組成の培地を推奨するものではなく、これと同等以上の品質、性能を有すると確認された培地を用いてもよい。

培地の組成(培地 1 Lあたり)

ペプトン	10 g
ピルビン酸ナトリウム	1.0 g
L-トリプトファン	1.0 g
D-ソルビトール	1.0 g
塩化ナトリウム	5.0 g
りん酸二水素ナトリウム	2.2 g
りん酸一水素ナトリウム	2.7 g
硝酸カリウム	1.0 g
ラウリル硫酸ナトリウム	0.20 g
5-ブロモ-4-クロロ-3-インドリル-β-D-グルクロニド (X-GLUC)	0.10 g
5-ブロモ-6-クロロ-3-インドリル-β-D-ガラクトピラ ノシド(MAGENTA-GAL)	0.10 g
寒天	15 g

2 器具及び装置(注2)

- (1) 計量器具(メスピペット、有栓シリンダー、希釈瓶等)
 高压蒸気滅菌器で滅菌したもの又は同等の性能で滅菌したもの
 - (2) メンブランフィルターろ過装置
 ファンネル及びフィルターホルダーは高压蒸気滅菌器で滅菌したもの又は同等の性能で滅菌したもの
 - (3) メンブランフィルター
 直径 47mm、孔径 0.45 μm の円形のメンブランフィルターで高压蒸気滅菌したもの
 - (4) ペトリ皿
 ガラス製で、あらかじめ乾熱滅菌(170°Cで約1時間 以下同様)したもの、又は日本産業規格K0950に定めるプラスチック製滅菌シャーレ
 - (5) 恒温装置
 装置内の温度を 37°C付近に調節できるもの
 - (6) 拡大鏡
 2倍程度の拡大倍率をもつもの
- (注2) 市販の滅菌済みの器具及び装置を用いてもよい。

3 試料の採取及び保存

試料は、滅菌した密封できる容器に採取し、速やかに試験する。試料採取後直ちに試験ができないときは、0～5℃（凍結させない）の暗所に保存し、9時間以内に試験することが望ましく、12時間以内に試験する。

なお、希釈に用いる検水の量を考慮し、十分な採水量を確保するようにつとめる。

4 試験操作

(1) 培地の調製

- (a) 培地の粉末を三角フラスコ等に量りとり、かき混ぜながらゆっくり水を加え分散させる。
- (b) 沸騰水中で寒天が完全に溶けるまで加熱を繰り返す(注3)。
- (c) 寒天が溶解した後で速やかに50℃程度に冷却し、培地の厚さが5mm程度になるようにペトリ皿に分注し、寒天を凝固させる。

(注3) 培地の種類によっては培地調整時に滅菌操作が必要となる場合がある。

その際は高圧蒸気滅菌を行う。

(2) 検水の調製

検水量は100mlとし、メンブランフィルター上のコロニー数が100を超えると予想される場合は希釈し、メンブランフィルター上のコロニー数を20～100個程度とする(注4)。希釈の操作は次の例による。

- (a) 希釈瓶(注5)に希釈水を90ml入れる。
- (b) 10倍希釈の場合は、希釈水90mlが入った希釈瓶に検水10mlをメスピペットで採り、十分に振り混ぜる(注6)(注7)。
- (c) 100倍希釈する場合は(a)(b)に従って操作し、(b)から10ml採り、希釈水90mlが入った希釈瓶に入れ、十分に振り混ぜる
- (d) さらに希釈する場合は、同様な操作を行って希釈を繰り返す。

(注4) 10倍や100倍など10倍ごとの数段階の検水を調製する。

(注5) 使用する元の検水量が少ない場合は試験管を用い、9mlの希釈水に1mlの検水を加えてもよい。

(注6) メスピペットはその都度、滅菌済みのものを用いる。

(注7) 希釈した後の検水は微生物が増殖や死滅を起こすことがあるため、調製後は速やかに操作を行う。

(3) ろ過

- (a) 滅菌済みのフィルターホルダーを吸引瓶に取り付け、ピンセットを用いてメンブランフィルターをフィルターホルダー上に置き、ファンネルをつけて固定する。
- (b) 検水を振り混ぜて均一化し、適量(注8)を有栓シリンダー等(注9)に採り、ファンネル内に注いで吸引ろ過する。
- (c) ろ過した後に希釈水を用いて有栓シリンダー及びファンネルの内壁を2～3回洗浄し、吸引ろ過する。

(注 8) 1 枚のメンブランフィルターで吸引ろ過する検水量は 40ml 以上を基本とするが、土粒子による濁りに起因するコロニーの滲みにより、計数が困難となることが予想される場合は、1 枚で吸引ろ過する検水量を 40ml 未満とし、複数のメンブランフィルターを用いて吸引ろ過の回数を増やすこととする。

(注 9) 検水量に応じて適切な器具を使用する。

(4) 培養

(a) 検水をろ過したメンブランフィルターを、ろ過面を上にして培地上に気泡ができないように密着させる。

(b) ペトリ皿に上皿を被せて、倒置する。

(c) 37°C 付近の恒温装置に倒置した状態で 24 時間程度培養する(注 10)。

(注 10) 培養温度と時間は使用する培地の使用説明書を参照する。

(5) 菌数の計数

(a) 培養後、拡大鏡を用いてフィルター上の青色のコロニーを数える(注 11)。

(b) 次の式から試料中の大腸菌数を算出する(注 12)(注 13)(注 14)。

$$a = (m / V) \times P \times 100$$

a 試料 100ml 中の大腸菌数

m フィルター上の大腸菌コロニー数

V ろ過に用いた検水量(ml)

P 希釈倍率

(注 11) 大腸菌が特異的に保有・産生する酵素 β -グルクロニダーゼと、培地の成分である酵素基質 X-GLUC とが反応して青色を呈するため、大腸菌は青みを帯びた色のコロニーとなる。一方、大腸菌群が保有・産生する酵素 β -D-ガラクトシダーゼと反応して赤色を呈する酵素基質 5-ブロモ-6-クロロ-3-インドリル- β -D-ガラクトピラノシド (MAGENTA-GAL) もしくは 6-クロロ-3-インドリル- β -D-ガラクトピラノシド (Salmon- β -D-GAL) が含まれている培地については、大腸菌群は赤みを帯びた色のコロニーとなって両者の識別が可能となる。培地の組成によりコロニーの色調が異なることがあるため、コロニーの色調や識別に際しては使用する培地の使用説明書を参照する。

(注 12) 1 つの試料につき(3)から(5)の操作を 2 回以上繰り返し試験として行い、得られた全ての結果(希釈試料の場合には、原則としてコロニー数が 20~100 個のもの)を算術平均する。ただし、粒子や大きなコロニーが重なり合うなど計数しにくいときは、状況に応じてより計数しやすいフィルターを適宜選択する。

(注 13) 数値の丸め方は日本産業規格 Z 8401 のとおりとする。

(注 14) 試験結果の単位は CFU/100ml とする。

(6) 空試験

ろ過に用いた検水量と同量の希釈水を用い、(3)~(5)の操作を 1 回行い、結果を整理しておくことが望ましい。

大腸菌数に係る環境基準値設定に関する参考資料

目 次

1.	現行の環境基準の大腸菌群数の適合状況.....	1
2.	衛生微生物指標の実態等について.....	3
3.	水道利用における環境基準値の導出.....	5
4.	水浴利用における環境基準値の導出.....	6
5.	自然環境保全における環境基準値の導出.....	9
6.	大腸菌数の年間調査結果の事例.....	11

1. 現行の環境基準の大腸菌群数の適合状況

現行の環境基準の大腸菌群数の適合状況を表1、図1に示す。

最近10年間のAA類型の適合率は、河川で13.8～16.5%、湖沼は56.7～67.4%となっている。また、A類型、B類型について、河川での適合率をみると、A類型30.0～34.8%、B類型49.7～54.9%、湖沼の適合率は75.9～79.2%である。一方、海域では適合率が96.5～97.1%と高い状況がみられている。

表4 現行の環境基準の大腸菌群数の適合状況¹⁾

類型	年度	河川			湖沼			海域		
		E ^{注1}	F ^{注2}	適合率 ^{注3} (%)	E ^{注1}	F ^{注2}	適合率 ^{注3} (%)	E ^{注1}	F ^{注2}	適合率 ^{注3} (%)
AA類型	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			
	H29	4,435	3,727	16.0	1,182	388	67.2			
	H30	4,482	3,793	15.4	1,103	388	64.8			
	R1	4,455	3,796	14.8	1,098	459	58.2			
A類型	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	19,584	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	13,577	31.1	4,298	992	76.9	8,087	233	97.1
	H29	19,243	12,678	34.1	4,168	995	76.1	8,030	238	97.0
	H30	19,156	12,528	34.6	4,202	890	78.8	8,006	240	97.0
	R1	19,016	12,587	33.8	4,107	854	79.2	7,927	228	97.1
B類型	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						
	H29	8,050	3,757	53.3						
	H30	7,925	3,648	54.0						
	R1	7,928	3,818	51.8						

注1) E=測定検体数

注2) F=環境基準に適合しない検体数

注3) 適合率(%) = (1 - F/E) × 100

1) 環境省，令和元年度公共用水域水質測定結果（令和2年12月），測定結果（参考資料）より作表

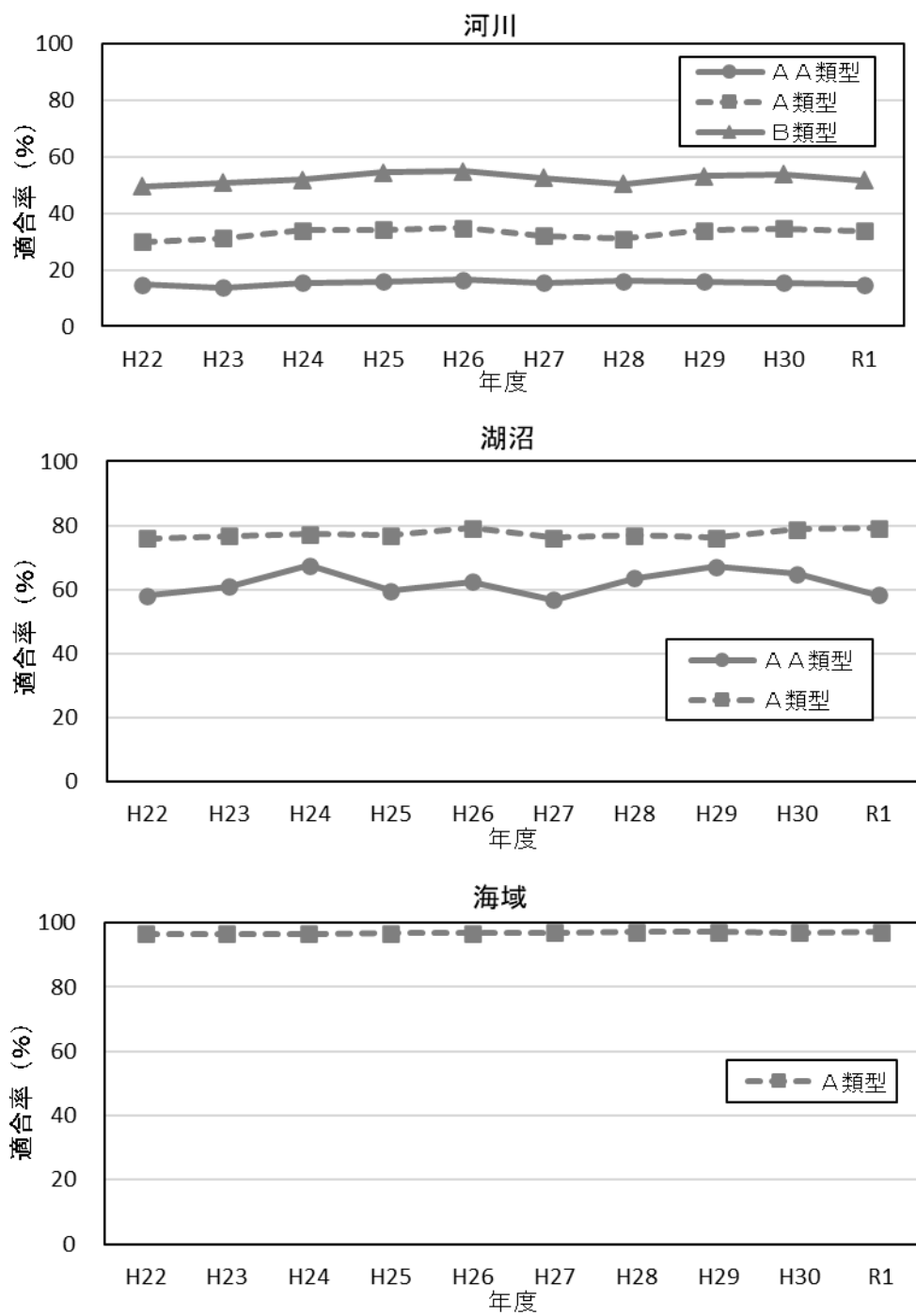


図1 現行の環境基準の大腸菌群数の適合状況²⁾

2) 環境省，令和元年度公共用水域水質測定結果（令和2年12月），測定結果（参考資料）より作図

2. 衛生微生物指標の実態等について

(1) 大腸菌群とふん便の関係

大腸菌群に属する細菌を、ふん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、ふん便のみに存在するもの(図中A)、ふん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(図中B)、土壌や水中を生息場所としている非ふん便性のもの(図中C)の3つのグループに分類できる。

大腸菌群の測定方法は、大腸菌検出を目的として計測するものの、ふん便以外に土壌等にも分布する菌種Bやふん便由来でないとする菌種Cも検出されるため、大腸菌群はふん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。大腸菌数の測定方法は菌種Aを対象として測定されている。

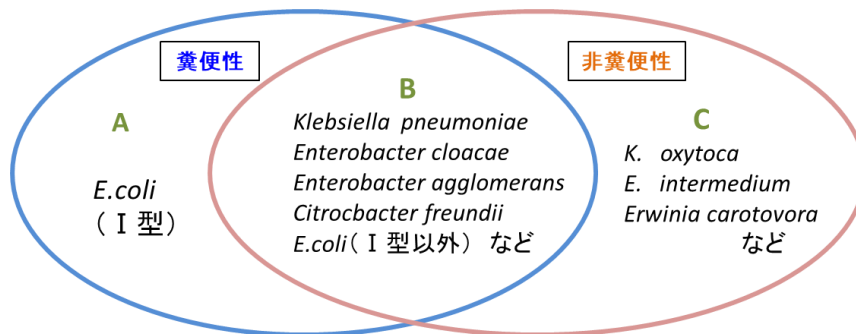


図2 大腸菌群とふん便の関係¹⁾

(2) 環境水中の大腸菌群数と大腸菌数の実態

環境省において実施した水質調査結果(図3)によると、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、大腸菌群がふん便汚染を的確に捉えていない傾向がみられる。

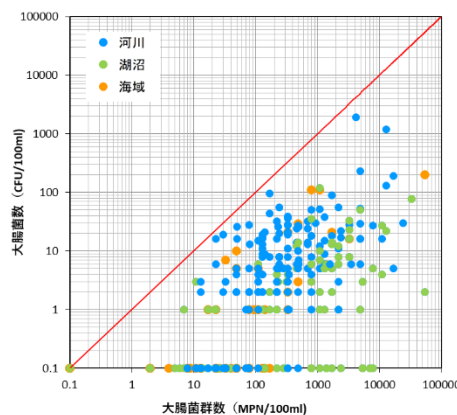


図3 大腸菌群数と大腸菌数の関係²⁾

(なお、1 CFU/100ml 未満の場合は、作図の便宜上 0.1 CFU/100ml として表示した。)

1) 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

2) 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

(3) 大腸菌数の分布特性

過年度に河川で実施された水質調査結果における大腸菌数の分布を整理すると、大腸菌数の測定値は対数正規分布に従う特性がみられた。

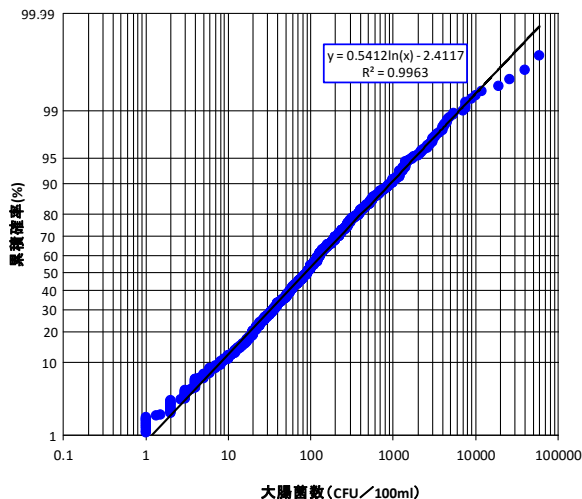


図4 河川水質調査による大腸菌数の分布³⁾

(4) 国内の海域における腸球菌の実態

環境省が国内の海域において実施した水質調査結果（表5）によれば、腸球菌が検出された地点は少なく、検出された地点においてもその値は大腸菌数に比べて非常に小さく、衛生微生物指標として腸球菌を採用することは難しいと考えられる。

表5 国内の海域における腸球菌数の実態⁴⁾

地点名		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
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
大腸菌数	CFU/100ml	350	100	14	42	22	46	2100	50	14	8
腸球菌数	CFU/100ml	4	2	<1	1	<1	<1	72	<1	<1	4
採水日	平成23年	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
大腸菌数	CFU/100ml	400	110	7	18	56	3	3600	5	2	<1
腸球菌数	CFU/100ml	8	2	<1	<1	<1	<1	39	<1	<1	<1
採水日	平成23年	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
大腸菌数	CFU/100ml	100	59	59	4	3	<1	700	<1	11	<1
腸球菌数	CFU/100ml	32	<1	<1	<1	6	12	1000	<1	1	1

3) 平成24年度及び平成25年度 各地方公共団体より提供があった河川の大腸菌数の測定結果より作図

4) 平成23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）より作表

3. 水道利用における環境基準値の導出

- 現行の大腸菌群数の環境基準値を導出する際の水道1級、水道2級、水道3級の定義は以下のとおりである。
 - 水道1級 ; ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
 - 水道2級 ; 沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
 - 水道3級 ; 前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
- 現行の大腸菌群数の環境基準設定時には、水道利用については、浄水処理技術の観点から設定されていた。
- 「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）」によると、水道水質基準では水道水中の大腸菌群は、「検出されないこと」となっており、厚生省生活環境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ることができ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、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が水道原水の安全限界といえるとして、このことから、現行のAA類型の大腸菌群数の環境基準値は50MPN/100ml以下、A類型1,000MPN/100ml以下、B類型5,000MPN/100ml以下とすることが適当とされていた。
- 現行の大腸菌群数の環境基準設定時には、水道利用については浄水処理技術の観点から設定されていたが、浄水場の現状を踏まえると同様の考え方による設定は実態に即していない。
- 現在、大腸菌は水道水質基準の一つの項目として位置づけられており、水道原水となりうる公共用水域（河川・湖沼）の大腸菌の状況を把握する必要性は高い。また、公共用水域の環境基準として位置付けることで、河川・湖沼において大腸菌が一定のレベル以下となるよう水環境に係る施策が講じられることが期待され、これにより水道原水に係る汚濁対策が進むことになることから、引き続き、河川・湖沼の環境基準において、水道での利用を考慮した大腸菌の設定を行うことが適当である。
- 具体的な数値については、水道1級相当、水道2級相当、水道3級相当の浄水処理方式を導入している浄水場原水の大腸菌数の実態（年間の測定値の90%値）の分布から、水道1級、水道2級、水道3級に求められる大腸菌数の数値を環境基準値として導出することとした。なお、ここでの浄水場原水とは、水源を河川・湖沼を対象とし、主として井戸水、地下水を利用している浄水場原水は除外した。
- 水道1級相当、水道2級相当、水道3級相当の浄水処理方式を行っている全国の浄水場において、年12回の調査結果が得られている直近3年分（対象年度は平成26年度～令和元年度）のうち、以下の条件を満たす浄水場原水のデータを用いた（表4）。
 - 対象とした浄水場原水は、その水域に公共用水域の類型指定がある原水を対象とした。
 - 類型指定の分類については、水道1級相当はAA類型、水道2級相当はA類型（AA類型を含む）、水道3級相当はB類型（AA類型及びA類型を含む）とし、それ以下の類型が指定されている浄水場原水のデータは除外した。

➤該当する類型指定のBOD又はCODが環境基準を達成している水域を利用している原水の大腸菌数のデータを対象とした。指定された類型のBOD又はCODの環境基準を満たしていない水域の場合はデータを除外した。

※水道1級相当、水道2級相当、水道3級相当は、表6のような浄水処理方式で分類した。各浄水場の浄水処理方式は水道統計（平成29年度版）を参照した。

表6 浄水処理方式の分類

分類	浄水処理方式
水道1級	消毒のみ、緩速ろ過
水道2級	急速ろ過、前塩素処理、中塩素処理 等
水道3級	粉末活性炭、粒状活性炭、オゾン処理 等

※なお、膜ろ過についてはクリプトスポリジウム対策として導入されている場合が多く、大腸菌を対象とした場合には処理方式の分類は難しいことから、水道1級から水道3級の浄水操作の対象から除外した。

- 次に、それぞれの類型に適用する大腸菌数の環境基準値を導出するため、水道階級ごとの大腸菌数の実態を求めることとした。
- 環境基準値の導出に際して、環境基準に基づく常時監視調査は通常、降雨時の調査を実施しないが、浄水場においては天候に関係なく水質検査が行われていると考えられ、収集した浄水場原水のデータには降雨等の影響を受けて通常観測される値に比べて大腸菌数が高く検出されている測定値も複数回含まれていることが考えられた。
- そのため、浄水場原水の大腸菌数測定値のうち「高い」という判断について、平均値+2 σ （標準偏差）を目安にした。具体的には、階級ごとに、すべての測定値を対象にして常用対数で対数変換したのち、そのデータ群の平均値と標準偏差を求めた。その平均値+2 σ 値より大きい値を浄水場原水測定値のうち「高い」と判断する目安とした（表4）。
- 年2回以上高い値が確認された浄水場においては、通常観測される値に比べて高い値と判断して問題ないかどうかについて聞き取りを行い、通常から逸脱した状態であると推測された場合には、当該測定値を含む該当年度の測定値を基準値導出の際には除外した。
- 大腸菌数の評価は年間測定値の90%値で行うことから、年2回以上高い値を含む該当年度のデータを除外後、残った浄水場原水の年間90%値を求め、それらの最大値を求めると、水道1級は147CFU/100ml、水道2級は350CFU/100ml、水道3級は1,500CFU/100mlとなる。これらの値を参考に、より望ましい水質を目指すという観点から、基準値は水道1級は100CFU/100ml以下、水道2級は300CFU/100ml以下、水道3級は1,000CFU/100ml以下を導出した。
- 基準値導出のために求めた浄水場原水における大腸菌数の年間90%値の分布を図5に示す。

表7 検討に用いた浄水場原水大腸菌数のデータ数

対象データ	項目	水道1級	水道2級	水道3級	備考	
全データ	浄水場 原水数	8	69	116		
	データ数	288	2,424	4,152		
	全データの 大腸菌数	最大値	435	4,900	29,000	
		最小値	<1	<1	<1	
平均+2σ		214	384	1,694	←この値より大きい値を高い値とする。	
高い値除外後	浄水場 原水数	8	69	112		
	データ数	288	2,340	3,888		

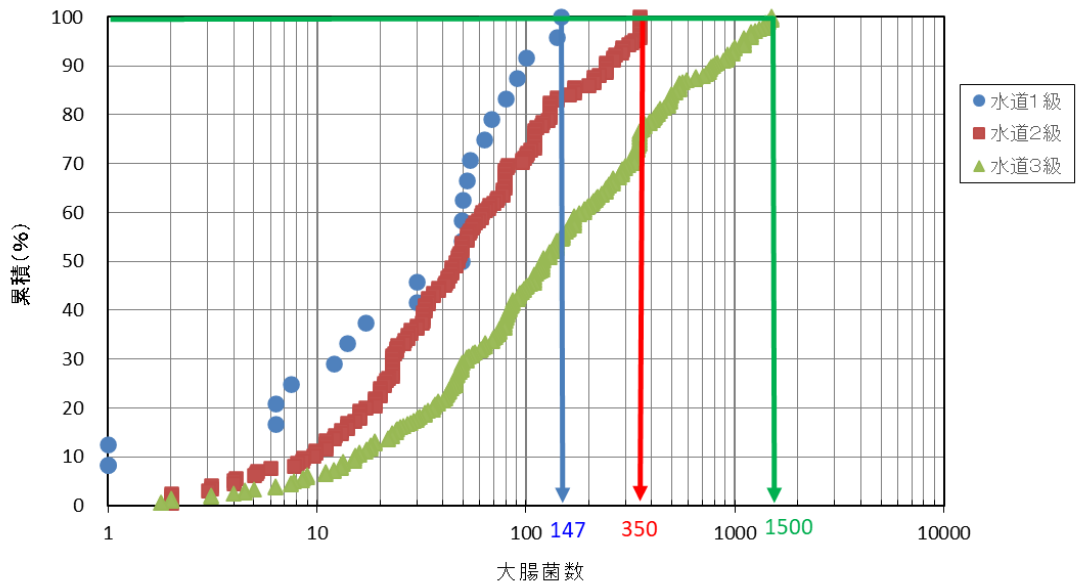


図5 浄水場原水における大腸菌数の年間90%値の分布

4. 水浴利用における環境基準値の導出

水浴利用の環境基準値を導出するために参考とした、米国（USEPA）の Recreational Water Quality Criteria（以下「米国水浴水質基準」という。）を表8に示す。なお、表8に示された大腸菌基準値の STV90%値 320CFU/100ml を参考とし、より望ましい水質という観点から環境基準値 300CFU/100ml 以下を導出した。

（1）米国水浴水質基準値

- 基準値は幾何平均値と統計的閾値の2つを用いる。なお、統計的閾値は90%値（以下「STV90%値」という。）が用いられている。

表8 米国水浴水質基準（2012年）

Criteria Elements	Estimated Illness Rate (NGI): 32 per 1,000 primary contact recreators 推定罹患率が水浴者1,000人当たり32人	
	Magnitude 数値	
指標	GM 幾何平均値 (CFU/100ml)	STV 統計的閾値 (CFU/100ml)
腸球菌	30	110
又は 大腸菌	100	320

（2）米国水浴水質基準における評価方法の概要

2012年の米国水浴水質基準における評価方法の概要は以下のとおりである。

- 2012年の米国水浴水質基準では、幾何平均値とSTV90%値の両者を指定された水域における水浴利用の可否の判断に利用している。
- 幾何平均値のみでは急な水質変化を反映できないため、STV90%値を併用することで急な水質変化を捉えることが可能となり、水浴できる水質の判断に活用できると考えられている。

5. 自然環境保全における環境基準値の導出

(1) 河川・湖沼 A A 類型における自然環境保全利用の環境基準値の考え方と導出方法

自然環境保全の観点から基準値を導出する方法については、人為的なふん便汚染が極めて少ない地点の大腸菌数の実態から設定する。

人為的なふん便汚染が極めて少ない地点の判断の目安は、「上流に、人家等、人が継続的に利用する施設がなく、大腸菌の人為的な排出源がないこと」とした。

人為的なふん便汚染が極めて少ない地点（9地点）の測定値を用い、直近1年分（平成26年度～令和元年度）の年12回の測定値から、年間90%値を求め、その最大値23CFU/100mlを参考に、河川・湖沼の自然環境保全利用を考慮されている水域における大腸菌数の基準値を20CFU/100ml以下とした。

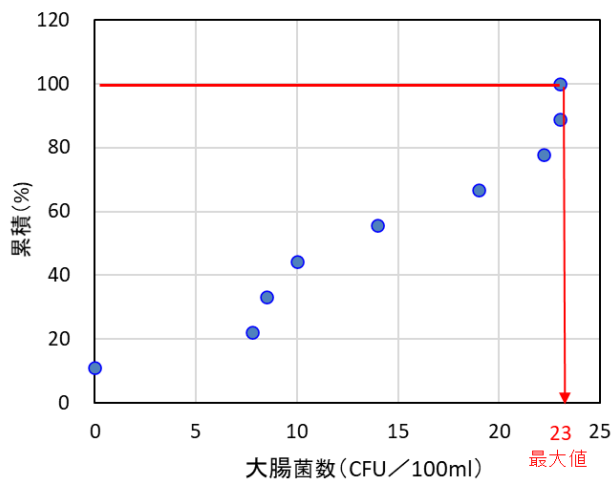


図6 人為的なふん便汚染が極めて少ない地点における大腸菌数の年間90%値の分布

(2) 海域A類型における自然環境保全の環境基準値の考え方と導出方法

海域の場合には、河川・湖沼と同様に人為的なふん便汚染が極めて少ない地点の実態から基準値を導出することは難しいと考えられる。

現行のBODの基準値設定時には「BOD 1mg/L以下の河川は一般的にいて、自然公園等はほとんど人為汚濁のない河川であり、自然景観の面からすればもっとも適しているといえる。」とされていることから、海域における自然環境保全の導出にあたっては、「自然公園に指定されている水域であること」を満たす水域において、平成27～30年度の4年間のうち年間の測定回数が12回以上ある地点における直近3年分の大腸菌数の測定値から年間90%値を求め、その最大値22CFU/100mlを参考に、海域の自然環境保全の利用目的を考慮している水域における大腸菌数の基準値を20CFU/100ml以下とした。

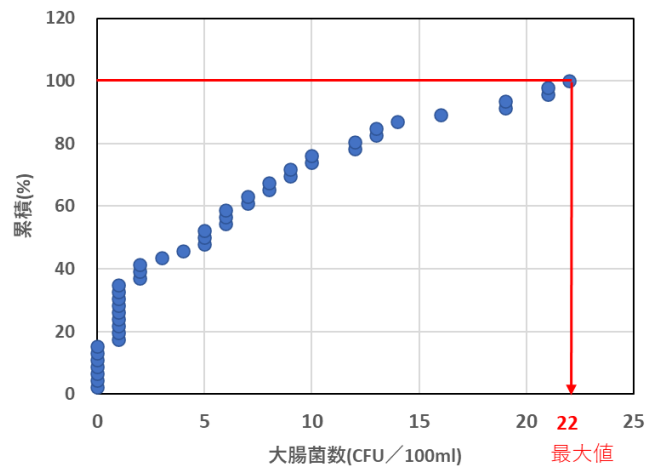


図7 自然公園に指定されている海域における大腸菌数の年間90%値の分布

6. 大腸菌数の年間調査結果の事例

大腸菌数の測定値は対数正規分布に従う特性があることから、年12回の測定値のうち、最大値を採用すると過剰に厳しい評価となる可能性が懸念される。

例えば、毎月1回、大腸菌数を測定した場合、図8に示すように年1回程度、通常観測される値に比べて大腸菌数が極端に高く検出される事例が確認されている。このため、年12回の測定値のうち、最大値1つを除外できる90%値評価が適当であると考えられる。

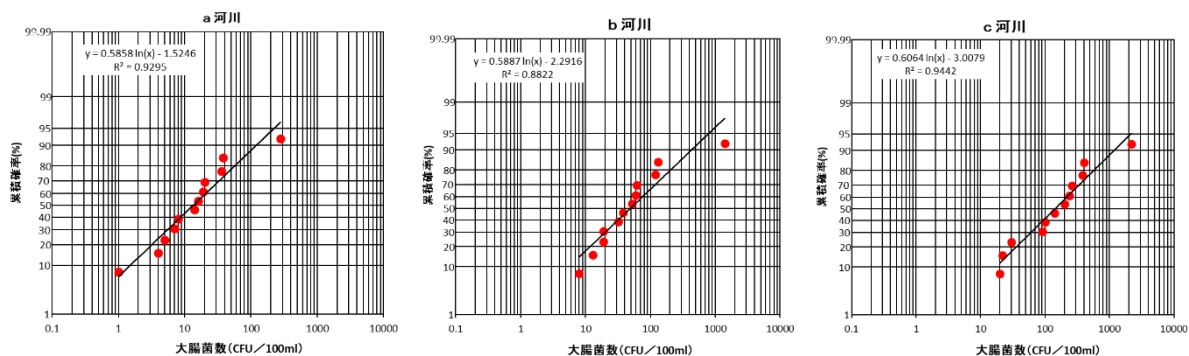


図8 年12回調査結果の事例