

4. 新たな衛生指標の下水処理への適用性の評価

下水処理研究室

室長

南山 瑞彦

主任研究官

田嶋 淳

研究員

桜井 健介

1. はじめに

下水道法第8条に規定する公共下水道又は流域下水道からの放流水の水質の技術上の基準（以下、放流水の水質基準）では、衛生学的指標として大腸菌群数が定められている。しかしながら、糞便性汚染を示す指標としては、大腸菌の優位性が指摘されていることを踏まえ、水道分野では基準項目が大腸菌群から大腸菌に変更された。下水道分野では、下水再生水の利用に関し、基準項目を従来の大腸菌群から大腸菌に変更することとしたところである。下水処理場の運転管理にあたっても大腸菌濃度を衛生学的指標として適用できる可能性があるが、現状では下水処理場における大腸菌の実態についてはほとんど資料がない。

このため、本研究は、下水処理場の運転管理への大腸菌濃度の適用性を評価し放流水の水質基準の項目およびその基準値を検討するための基礎的な知見として、下水処理水における大腸菌濃度の頻度分布、下水処理過程における大腸菌の除去率を明らかにすることを目的とするものである。

2. 調査内容

平成17年度は、下水処理場での大腸菌群及び大腸菌の実態を把握するため予備実験及び実下水処理施設における通日調査を行った。

2. 1 予備実験

(1) 大腸菌群測定の精密さ

大腸菌群の測定時における精密さを把握するため、2005年10月27日10時頃に湖北実験施設で採水した流入水及び処理水中の大腸菌群数をデゾキシコレート培地(日本製薬株)を用いて100枚のシャーレにて培養し計数した。流入水は2,000倍、処理水は30倍で希釀を行い、1mLずつ分注した。流入水の計数の分布を図-1に示す。平均値は55.6個/枚、標準偏差は7.6個/枚、変動係数は14%であった。また、

処理水の分布を図-2に示す。平均値は25.8個/枚、標準偏差は5.1個/枚、変動係数は20%であった。

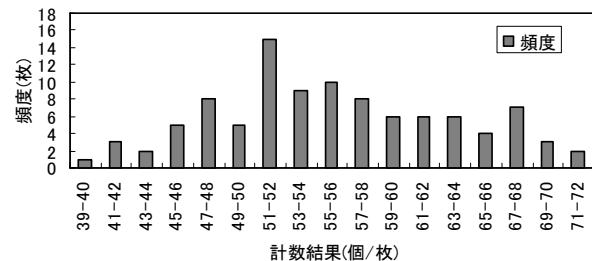


図-1. 流入水中の大腸菌群集落の計数分布

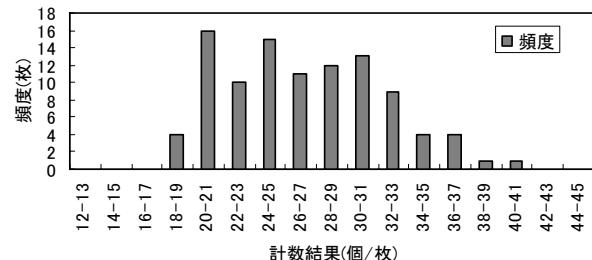


図-2. 処理水中の大腸菌群集落の計数分布

(2) 大腸菌群及び大腸菌の保存性試験

大腸菌をはじめとする細菌数は、時間と共に変化するため、採水後まもなく測定することが望ましい。しかし、本調査では採水現場で大腸菌群及び大腸菌を測定するのが困難であるため、若干の保存をすることとした。本調査を行うにあたり、冷蔵保存(4°C)による影響を調査した。調査は流入水と処理水それぞれ2回ずつ行い、大腸菌群及び大腸菌の変化率の平均を図-3、4に示した。ただし、処理水の大腸菌の測定回数は1回である。変化率Cは以下の式で求めた。

$$C(\%) = \frac{N_t - N_0}{N_0} \times 100$$

C : 変化率(%)

N_0 : 採水直後 (1時間後) の菌濃度(CFU/mL)

N_t : 採水後t時間経過時の菌濃度(CFU/mL)

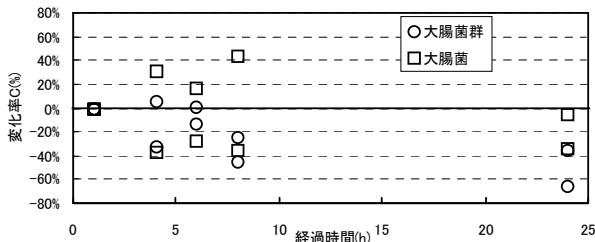


図-3. 流入水の保存性試験

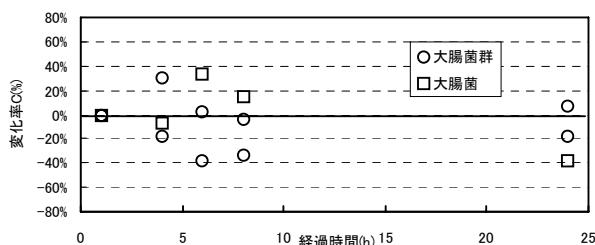


図-4. 処理水の保存性試験

通日調査では、採水作業及び運搬の都合も考慮し、採水後6時間以内に試験に着手することとした。6時間の冷蔵保存による変化率は、±40%の間に収まっていた。

(3) 大腸菌群及び大腸菌培地上の集落の同定

調査を行うにあたり、デソキシコール酸塩培地（日本製薬株）及びクロモカルトコリフォーム寒天培地（Merck社）に集落を形成する菌種の同定を行った。同定方法については、可能な限り無作為に抽出した定型集落をEMB寒天培地（日本製薬株）にて36°C24時間で画線培養した後、普通寒天培地（日本製薬株）で36°C24時間で培養し分離した。分離された集落について、糖分解（発酵）試験、オキシダーゼ試験、簡易同定キット（和光純

薬株）を用いた数値同定により同定した。

流入水を培養し同定した結果、デソキシコール酸塩培地の定型集落139検体中16検体(11.5%)が大腸菌であり、クロモカルトコリフォーム寒天培地の定型集落30検体中16検体(53.3%)が大腸菌と同定された。

2. 2 通日調査

2005年10月～2006年2月にかけて、下水処理場における大腸菌群及び大腸菌の通日調査を行った。

(1) 調査処理場の選定

日平均処理水量や水温の異なる5処理場を選定した。選定した処理場は、表-1の通りである。表中の数値等は平成15年度下水道統計¹⁾を参照した。調査時期の季節について、秋は9月から11月まで、冬は12月から2月までとした。

(2) 採水方法

採水は、流入水、塩素消毒前の生物処理水（以下、処理水）、塩素消毒後の放流水（以下、放流水）の3種とした。採水間隔は、流入水及び処理水は、2時間間隔で12回採水し、放流水は、6時間間隔で4回採水した。採水後は、6時間以内に分析に着手した。

(3) 測定方法

大腸菌群の測定には、下水試験方法に準じデソキシコール酸塩培地（日本製薬株）を用い、大腸菌の測定には、発色酵素基質培地であるクロモカルトコリフォーム寒天培地（Merck社）を用いた。その他には、CODcrを簡易分析計（Hach社）を用いて測定し、水温・SS・濁度は下水試験方法に準じて測定した。

表-1. 選定処理場

自治体名 処理場名	日平均処理水量 ¹⁾ (m ³ /d)	現在処理人口 ¹⁾ (人)	流入水年間平均水温 ¹⁾ (°C)	処理方法 ¹⁾	主要排水源	調査時期
茨城県 霞ヶ浦浄化センター	71,798	178,945	20.2	循環式硝化脱窒法	一般家庭	秋 + 冬
茨城県古河市 総合水処理センター	8,549	22,799	18.6	標準活性汚泥法	一般家庭	秋 + 冬
沖縄県 具志川浄化センター	12,505	73,951	27.1	標準活性汚泥法	一般家庭	冬
茨城県水海道市 内守谷浄化センター	約 700*	約 900*	19.6	オキシデーションディッチ法 + 大規模温泉施設	一般家庭	秋
茨城県水戸市 内原浄化センター	約 1,300*	2,063	18.9		一般家庭 + 大規模小売店	冬

*平成15年度以降に流域の状況に大きな変化があったため、調査日直近の暫定値を記載

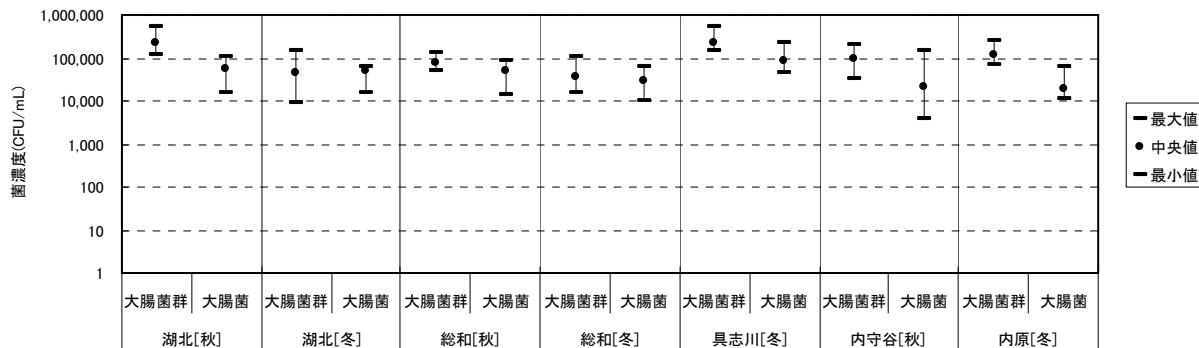


図-5. 各処理場の流入水中の大腸菌群及び大腸菌の日間変動

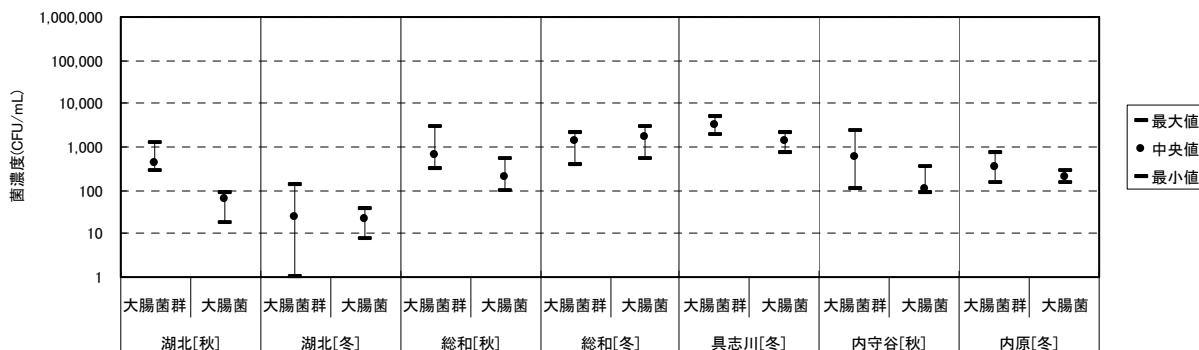


図-6. 各処理場の処理水（塩素消毒前）中の大腸菌群及び大腸菌の日間変動

(4) 調査結果

1) 流入水及び処理水中の大腸菌群及び大腸菌の日間変動

図-5, 6に、各処理場の流入水及び処理水中の大腸菌群及び大腸菌の日間変動の結果を示す。全処理場の流入水中の大腸菌群は、 $9.1 \times 10^3 \sim 5.2 \times 10^5$ CFU/mLであり、大腸菌は $3.9 \times 10^3 \sim 2.2 \times 10^5$ CFU/mLであった。各処理場の流入水の菌濃度の日間変動を変動係数で表すと、大腸菌群は31～76%であり、大腸菌は46～107%であった。内守谷浄化センターの流入水中の大腸菌の濃度の日間変動の幅は他と比べて大きかったが、これは大規模温泉施設からの排水量の増減によるものと思われる。全処理場の処理水の菌濃度は、実験施設である湖北を除くと、大腸菌群は $1.0 \times 10^2 \sim 5.0 \times 10^3$ CFU/mLであり、大腸菌は $8.4 \times 10^1 \sim 2.8 \times 10^3$ CFU/mLであった。湖北実験施設の処理水中の菌濃度は他の実処理施設に比べ低い傾向にあり、大腸菌群は $1.0 \times 10^0 \sim 1.2 \times 10^3$ CFU/mL、大腸菌は $7.0 \times 10^0 \sim 9.1 \times 10^1$ CFU/mLであった。各処理場（湖北を除く）の処理水の菌濃度の日間変動を変動係数で表すと、大腸菌群は39～85%であり、大腸菌は41～

68%であった。放流水については、どの処理場も大腸菌群と大腸菌は共にほとんど不検出であった。秋と冬に調査を実施した湖北実験施設及び総和水処理センターのそれぞれの菌濃度の季節間変動については、湖北実験施設の流入水は冬の大腸菌群が低く、大腸菌はあまり変化が無かった。総和水処理センターの流入水は、大腸菌群と大腸菌は共に秋よりも冬の方がわずかに低かった。

2) 生物処理の除去率

表-2に、各処理場の大腸菌群及び大腸菌の日間平均除去率を示した。日間平均除去率は、流入水の菌濃度と処理水（塩素消毒前）の菌濃度の差を流入水の菌濃度で除して百分率で表示したものである。それぞれの菌濃度は、各採水時の菌濃度に流量比を乗じ足し合わせたものである。なお、菌濃度の欠測は、前後の採水時の算術平均で代用した。

調査の結果、大腸菌群の除去率は97.33～99.93%，大腸菌の除去率は94.22～99.95%であった。秋の調査では、大腸菌群よりも大腸菌の方が除去率が高かったが、冬の調査では、湖北を除く処理場で、大腸菌よりも大腸菌群の方が除去率が高かった。

表-2. 各処理場の大腸菌群及び大腸菌の日間平均除去率 (%)

処理場名	湖北	湖北	総和	総和	具志川	内守谷	内原
調査時期	秋	冬	秋	冬	冬	秋	冬
大腸菌群	99.74	99.93	98.85	97.33	98.78	99.14	(99.67)*
大腸菌	99.90	99.95	99.52	94.22	98.45	99.59	(99.26)*

*試料数が少ないため、参考値として記載

また、塩素消毒による除去率は、塩素消毒後の放流水の大腸菌群及び大腸菌がほとんど不検出であったため、算出できなかった。

3.まとめ

下水処理場での大腸菌群及び大腸菌の実態を把握するため予備実験及び実下水処理施設における通日調査を行った。調査の結果、以下が明らかとなつた。

- 予備実験の結果から、大腸菌群測定の精密さについて、流入水の変動係数は14%であり、処理水の変動係数は20%であった。
- 予備実験の結果から、6時間の冷蔵保存(4°C)による変化率は、±40%の間に収まっていた。
- 予備実験の結果から、流入水中の大腸菌群及び大腸菌の培地上の集落が*E.coli*である割合は、それぞれ11.5%, 53.3%であった。大腸菌の培地上の集落の同定結果については、当初の想定より低い値であったことから、さらなる検討が必要であると考えられた。
- 通日調査の結果から、調査した処理場の流入水の菌濃度は、大腸菌群は $9.1 \times 10^3 \sim 5.2 \times 10^5$ CFU/mLであり、大腸菌は $3.9 \times 10^3 \sim 2.2 \times 10^5$ CFU/mLであった。
- 通日調査の結果から、調査した処理場の流入水の菌濃度の日間変動を変動係数で表すと、大腸菌群は31~76%であり、大腸菌は46~107%であった。
- 通日調査の結果から、調査した処理場の処理水の菌濃度は、実験施設である湖北を除くと、大腸菌群は $1.0 \times 10^2 \sim 5.0 \times 10^3$ CFU/mLであり、大腸菌は $8.4 \times 10^1 \sim 2.8 \times 10^3$ CFU/mLであった。

- 通日調査の結果から、調査した処理場（湖北を除く）の処理水の菌濃度の日間変動を変動係数で表すと、大腸菌群は39~85%であり、大腸菌は41~68%であった。
- 通日調査の結果から、流入水の秋と冬の菌濃度の比較では、湖北実験施設では、大腸菌群が秋よりも冬のほうが低く、大腸菌はあまり変化が見られなかった。総合水処理センターでは、大腸菌群、大腸菌、共に秋より冬の方がわずかに低かった。
- 通日調査の結果から、各処理場の消毒前までの過程での大腸菌群の除去率は97.33~99.93%，大腸菌の除去率は94.22~99.95%であった。

謝辞 本調査を行うにあたり、茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所の皆様、茨城県古河市上下水道部総合水処理センターの皆様、沖縄県土木建築部具志川浄化センターの皆様、茨城県水海道市役所都市建設部下水道課の皆様、茨城県水戸市役所内原支所下水道課の皆様には、試料水や分析室などを提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

なお、本調査研究は試験研究費により実施されたものである。

参考文献 1) 平成15年度版下水道統計 -行政編-, 日本下水道協会, 2005