

2. 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 吉澤 正宏
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は大腸菌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、下水処理場の運転管理への大腸菌の適用性を評価し、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ため、下水処理場における大腸菌群及び大腸菌の実態調査を実施した。

2. 調査内容

2005年10月から2007年2月まで、下水処理場における大腸菌群及び大腸菌の実態調査を行った。

(1) 調査処理場の選定

標準活性汚泥法による水処理を行なっている下水処理場のうち異なる3ヶ所を選定した。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16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、春は3月から5月まで、夏は6月から8月までとした。降雨により流入水の水質へ大きな影響があると思われる日には、調査を行わなかった。

表-1. 調査処理場

自治体名 処理場名	日平均処理水量 ¹⁾ (m ³ /日)	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
茨城県古河市 総和水処理センター	9,332	23,763	20.7	標準活性汚泥法	一般家庭	春夏秋*冬*
沖縄県 具志川浄化センター	13,538	80,804	27.0	標準活性汚泥法	一般家庭	夏 冬*
北海道深川市 深川浄化センター	8,488	16,118	15.9	標準活性汚泥法	一般家庭	夏 冬

*平成17年度実施分

(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、流入水及び処理水を2時間間隔で12回採水し、放流水を6時間間隔で4回採水した。採水後は、9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。COD_{cr}は簡易分析計（Hach社）を用いて測定した。その他に、水温、pH、SS、濁度、リン濃度、窒素濃度を測定した。気温は、気象庁の発表する最寄りの観測点のデータを使用した。

(4) 調査結果

1) 流入水、処理水（塩素消毒前）、放流水中の大腸菌群と大腸菌の濃度

各処理場の流入水中の大腸菌群及び大腸菌の濃度を図-1に示した。図-1中の日平均値は、各採水時の菌濃度に流量比を乗じ1日分を足し合わせたものである。菌濃度の欠測は、前後の採水時の算術平均で代用した。流入水中の大腸菌群の濃度の日平均値は $4.4 \times 10^4 \sim 2.1 \times 10^6$ CFU/mLであり、大腸菌の濃度の日平均値は $3.1 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^5$ CFU/mLであった。処理水（塩素消毒前）中の大腸菌群の濃度の日平均値は $6.0 \times 10^2 \sim 1.7 \times 10^4$ CFU/mLであり、大腸菌の濃度の日平均値は $2.4 \times 10^2 \sim 1.9 \times 10^3$ CFU/mLであった。総和水処理センターの冬期の調査では、大腸菌群の濃度よりも大腸菌の濃度が高い場合があり、流入水で12回の測定中2回、処理水で12回の測定中10回あった。放流水中の大腸菌群及び大腸菌の濃度の中央値は、共に30CFU/mL以下であった。

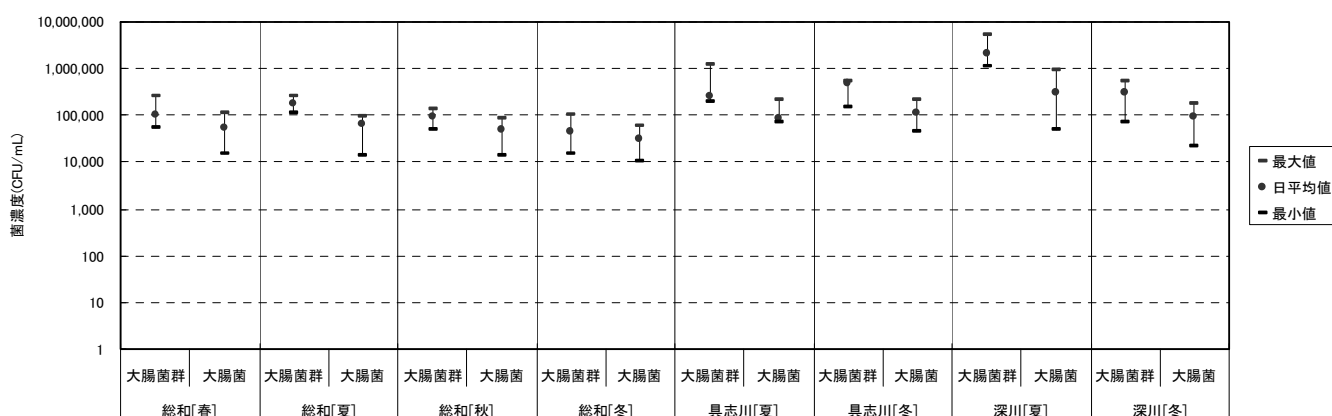


図-1. 各処理場の流入水中の大腸菌群及び大腸菌の濃度

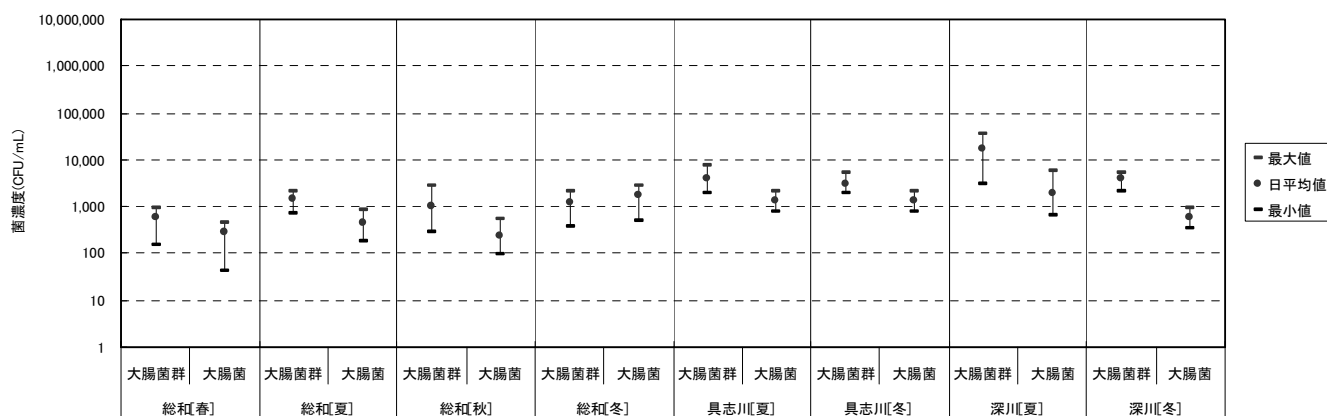


図-2. 各処理場の処理水（塩素消毒前）中の大腸菌群及び大腸菌の濃度

2) 流入水中の大腸菌と大腸菌群の比

流入水中の大腸菌群と大腸菌の日平均値の比と流入水の平均水温の関係を図-3に示した。大腸菌と大腸菌群の日平均値の比は、0.14～0.69であった。水温の高い夏に大腸菌と大腸菌群の日平均値の比が低く、水温の低い冬に大腸菌と大腸菌群の日平均値の比が高かった。これは、夏期に大腸菌群として計数されている環境常在菌が増加したためと考えられる。深川浄化センターは、冬の調査時の平均気温は-6.6℃であり、環境常在菌の影響は少ないと思われたが、大腸菌と大腸菌群の日平均値の比は他の処理場の冬の比より低かった。同一処理場では、季節の差異によって大腸菌と大腸菌群の日平均値の比が異なると考えられるが、それよりも、処理場毎の流入水の性質の差異によって、大腸菌と大腸菌群の日平均値の比が大きく異なることが示唆された。

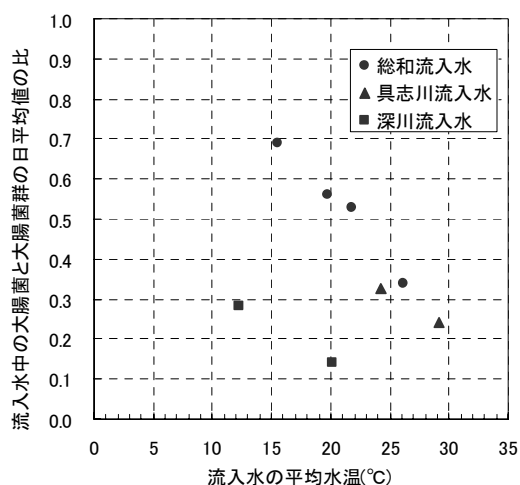


図-3. 流入水中の大腸菌と大腸菌群の日平均値の比と流入水の平均水温の関係

3) 最初沈殿処理及び活性汚泥処理による大腸菌群及び大腸菌の除去率

表-2に、各処理場の流入水及び処理水（塩素消毒前）の測定結果から、大腸菌群、大腸菌、COD_{cr}の塩素消毒前までの最初沈殿処理及び活性汚泥処理による日平均除去率（日平均値より算出した除去率）を示した。除去率は除去前の菌濃度と除去後の菌濃度の差を除去前の菌濃度で除して百分率で示したものである。総和水処理センターの冬期の調査を除くと、大腸菌群と大腸菌の日平均除去率の差は0.1～0.6%であり、その平均は0.3%であった。大腸菌群と大腸菌の除去率を比較すると、冬期を除いた総和水処理センター及び深川浄化センターで大腸菌の除去率が高く、具志川浄化センターでは大腸菌群の除去率の方が高かった。大腸菌群及び大腸菌の日平均除去率は、COD_{cr}の日平均除去率より高い傾向にあった。

表-2. 最初沈殿処理及び活性汚泥処理による大腸菌群、大腸菌、COD_{cr}の日平均除去率（%）

	総和				具志川		深川	
	春	夏	秋	冬	夏	冬	夏	冬
大腸菌群	99.4	99.2	98.9	97.3	99.2	98.8	99.2	98.8
大腸菌	99.5	99.3	99.5	94.3	98.9	98.5	99.4	99.3
COD _{cr}	97.2	95.3	95.3	97.1	90.2	91.6	93.3	91.1

3. まとめ

下水処理場における大腸菌群及び大腸菌の挙動を把握するため、茨城県、沖縄県、北海道の下水処理場にてのべ8回の24時間調査を行った。調査の結果、以下が明らかとなった。

- 調査した下水処理場の流入水中の大腸菌群の濃度の日平均値は、 $4.4 \times 10^4 \sim 2.1 \times 10^6$ CFU/mLであり、大腸菌の濃度の日平均値は $3.1 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^5$ CFU/mLであった。
- 調査した下水処理場の処理水（塩素消毒前）中の大腸菌群の濃度の日平均値は $6.0 \times 10^2 \sim 1.7 \times 10^4$ CFU/mLであり、大腸菌の濃度の日平均値は $2.4 \times 10^2 \sim 1.9 \times 10^3$ CFU/mLであった。
- 調査した下水処理場の放流水中の大腸菌群及び大腸菌濃度の濃度の中央値は、共に30CFU/mL以下であった。
- 調査した処理場の流入水中大腸菌と大腸菌群の日平均値の比は、0.14～0.69であった。

- ・ 大腸菌群の濃度よりも大腸菌の濃度が高い場合があった。
- ・ 各下水処理場（冬の総和水処理センターを除く）の塩素消毒前までの最初沈殿処理及び活性汚泥処理による大腸菌群の日平均除去率は98.9～99.4%，大腸菌の日平均除去率は98.5～99.5%であった。
- ・ 各下水処理場（冬の総和水処理センターを除く）の塩素消毒前までの最初沈殿処理及び活性汚泥処理による大腸菌群と大腸菌の日平均除去率の差は0.1～0.6%であり，その平均は0.3%であった。

謝辞 本調査を行うにあたり，茨城県古河市上下水道部総和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，北海道深川市建設水道部上下水道課の皆様にご協力を頂きました。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 16 年度版下水道統計 -行政編-，日本下水道協会，2006