

性能評価型浄化槽における大腸菌群の除去特性の評価

公益社団法人宮城県生活環境事業協会
浄化槽法定検査センター

○高橋 直樹
佐々木 敦

1. はじめに

環境省関係浄化槽法施行規則第 2 条第 16 項には「放流水は、環境衛生上の支障が生じないように消毒されるようにすること」¹⁾と明記されており、病原性微生物による水系感染症の防止のために汚水処理施設にとって塩素消毒は欠かせない処理工程である。浄化槽では一般的に塩素系の薬品(次亜塩素酸カルシウムあるいは塩素イソシアヌール酸の錠剤)による消毒法が採用されている²⁾。消毒の定義は、病原微生物を化学的、物理的方法で殺菌して感染を防ぐこと³⁾であり、浄化槽放流水の流入先における感染症の予防、すなわち衛生学的安全性を確保することが目的である。水質汚濁防止法では生活排水処理施設から排出される放流水中の大腸菌群数を排水量 50m³以上の施設の場合、1 日平均 3,000cfu/mL 以下と規定している⁴⁾。一方 50m³以下の浄化槽に基準値は設けられていないが、同じ値を目安として維持管理をすべきであろう。

筆者らは実際の浄化槽放流水で大腸菌群数を調べた結果、対象とした 25 基のうち 24 基の浄化槽の塩素消毒前において排水基準値である 3,000cfu/mL 以下を満たすことが分かった⁵⁾。しかし有害な塩素化合物の生成、生物・生態への悪影響を考慮すると、極力少ない塩素剤の使用で環境衛生上の支障を防止することが重要である。この観点からは塩素消毒前の浄化槽処理工程において大腸菌群数をできるだけ低下させることが有効であると考えられるが、塩素消毒前の大腸菌群数を調査した例は、少ない⁶⁾。さらにどのような処理状況の下で、大腸菌群数が効率的に減少するかなどの浄化槽における大腸菌群の除去に及ぼす因子は明らかにされていない。

そこで本研究では、戸建て住宅に広く一般的に設置⁷⁾され、今後普及が見込まれる性能評価型浄化槽に着目し、処理工程における大腸菌群の除去特性を解明するために、嫌気槽および塩素消毒前後の大腸菌群数を計測した。

2. 調査方法

(1) 調査対象とした性能評価型浄化槽の選定方法

性能評価型浄化槽においては多くの型式が存在し、処理フローも様々あるため、処理性能が BOD 除去のみを可能とした浄化槽(以下、BOD 除去型浄化槽とする) 40 基と、BOD 除去の他に窒素除去を可能とした浄化槽(以下、窒素除去型浄化槽とする) 60 基の計 100 基を対象とした。

(2) 調査方法

期間は 2011 年 10 月から 2012 年 10 月にかけて平日の午前中、設置者が在宅し、かつ

実使用人数が把握できることを要件とした。

浄化槽における採水箇所は、図 1 に示すとおり、A：嫌気槽（2 室ある場合は第 1 室）の流出部（出口）と B：処理水槽（塩素消毒前）、C：消毒槽（塩素消毒後）の 3 箇所である。水質項目は大腸菌群数の他に、BOD（生物化学的酸素要求量）、SS（浮遊懸濁物質）、NH₄-N（アンモニア態窒素）、NO₂-N（亜硝酸態窒素）、NO₃-N（硝酸態窒素）、pH、水温、全残留塩素濃度、遊離塩素濃度の測定を行った。

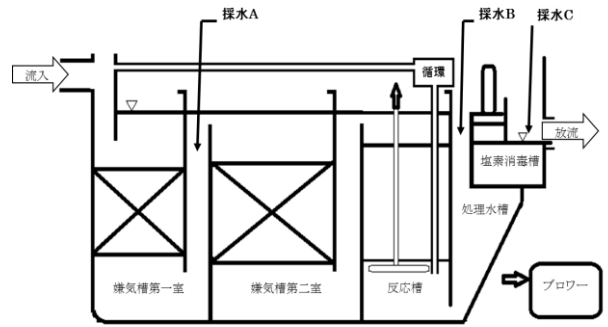


図 1 採水箇所 (A、B、C)

3. 調査結果および考察

(1) 塩素消毒前における大腸菌群除去特性

1) 嫌気槽第一室から塩素消毒前にかけての大腸菌群の挙動

BOD 除去型浄化槽における大腸菌群の挙動を図 2 に、窒素除去型浄化槽における大腸菌群の挙動を図 3 に示す。

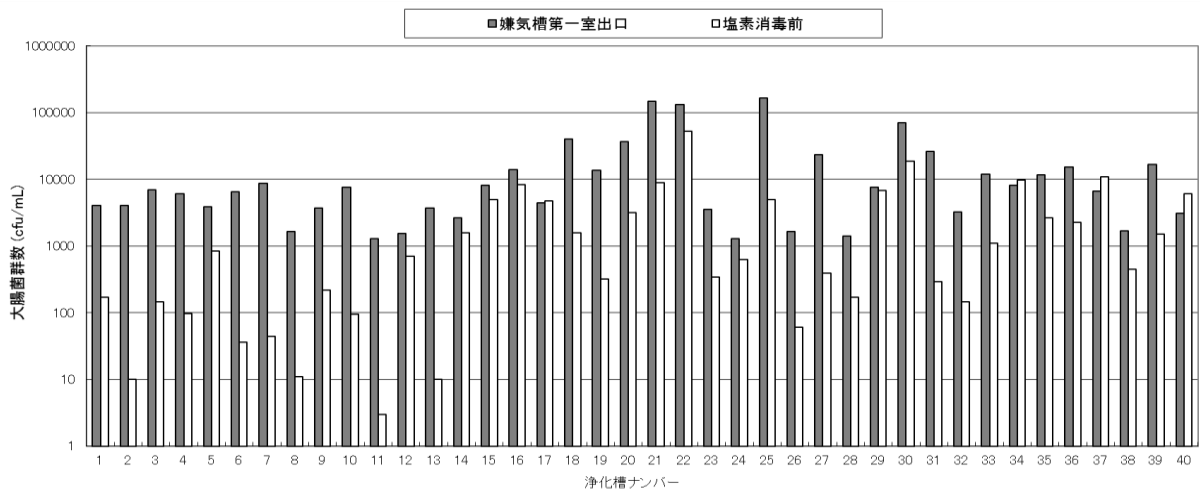


図 2 BOD 除去型浄化槽における大腸菌群の挙動

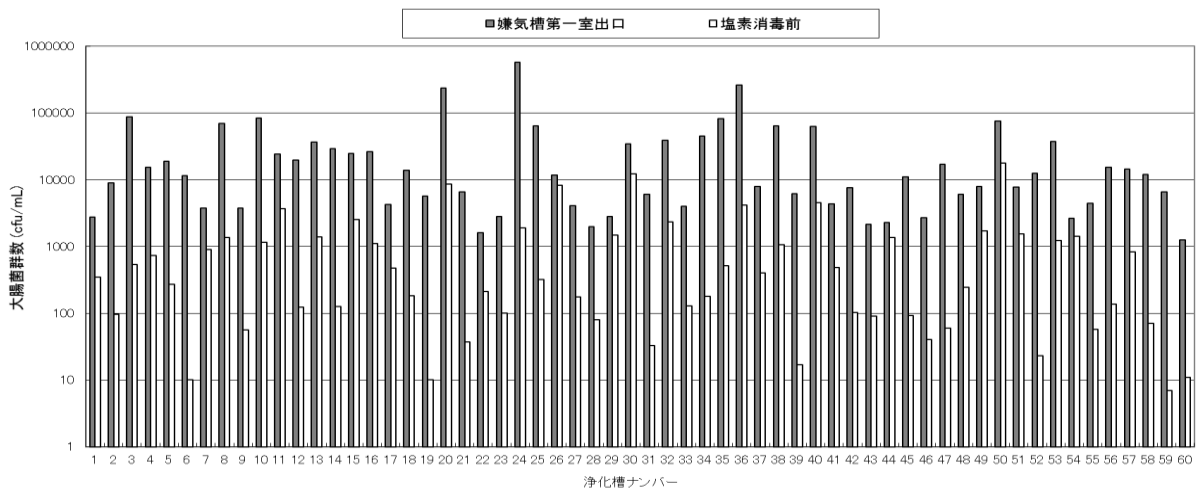


図 3 窒素除去型浄化槽における大腸菌群の挙動

なお、BOD 除去型浄化槽、窒素除去型浄化槽の両者において、嫌気槽第一室および塩素消毒前の大腸菌群数をそれぞれ棄却域 5 %で t 検定を行ったところ、有意な差が確認された。図 2、3 において、排水基準値 3,000cfu/mL に着目すると、適合率は BOD 除去型浄化槽では 70.0%、同様に窒素除去型浄化槽では、88.3%であった。嫌気槽第一室から塩素消毒前での大腸菌除去率の平均値は、BOD 除去型浄化槽では 74.9%、窒素除去型浄化槽では 94.5%と窒素除去型浄化槽において大腸菌群の除去能力が高いことが分かった。

2) SS 除去率と大腸菌群数の関係

塩素消毒前における SS 除去率と大腸菌群除去率についての結果を図 4 に示す。

図 4 より、SS 除去率が高くなるにつれ大腸菌群除去率も高くなり、ある程度の相関が確認された。BOD 除去型浄化槽における SS 除去率の平均値は 71.6%に対し、窒素除去型浄化槽では 74.1%であった。なお、棄却域 5 %で t 検定を行ったところ、有意な差は確認されなかった。同様に BOD 除去型浄化槽における大腸菌群除去率は平均 79.6%に対し、窒素除去型浄化槽では 91.3%であり、棄却域 5 %で t 検定を行ったところ、有意な差が確認された。このことは窒素除去型浄化槽処理工程において、SS の除去が進行すると、塩素消毒前の大腸菌群除去が良好に行われていると推測される。SS に関しては、大腸菌自体が SS を構成する成分であるとともに、大腸菌の表層にある鞭毛は SS に吸着する性質⁸⁾を有していることから、大腸菌群数の値も減少する結果が得られた。

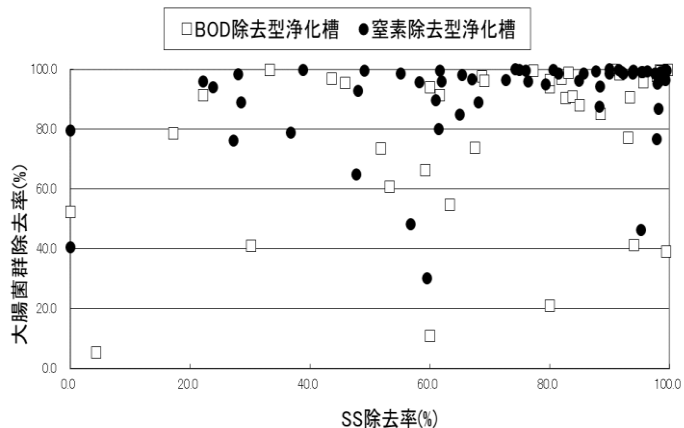


図 4 SS 除去率と大腸菌群除去率

3) 硝化率と大腸菌群数の関係

塩素消毒前における硝化の進行具合によって大腸菌群に及ぼす影響を把握するために、硝化率を算出し、大腸菌群数との関係を図 5 に示す。硝化率の算出法は、

$$\frac{(NO_2 - N + NO_3 - N)}{(NH_4 - N + NO_2 - N + NO_3 - N)} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

を用いた。

図 5 より、硝化率が増加すると大腸菌群数は減少する傾向がみられ、対数近似より相関は 0.54 と求められ、高い相関があることがわかった。なお、BOD 除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽の硝化率をそれぞれ平均化すると 36.2%と 60.4%であり、棄却域 5 %で t 検定を行ったところ、有意な差が確認された。窒素除去型浄化

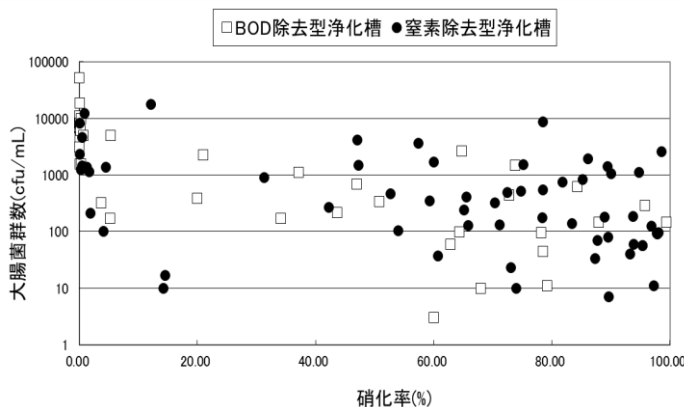


図 5 硝化率と大腸菌群数の関係

槽では、窒素を除去するために硝化の進行を促す構造を持ち⁹⁾、硝化の促進は硝化率を上昇させる。すなわち硝化が進行している浄化槽における大腸菌群はある程度軽減することが可能であることがわかった。

(2) 塩素消毒後における大腸菌群除去特性

1) 塩素消毒前後における大腸菌群の挙動

BOD 除去型浄化槽における大腸菌群の挙動を図 6 に、窒素除去型浄化槽における大腸菌群の挙動を図 7 に示す。

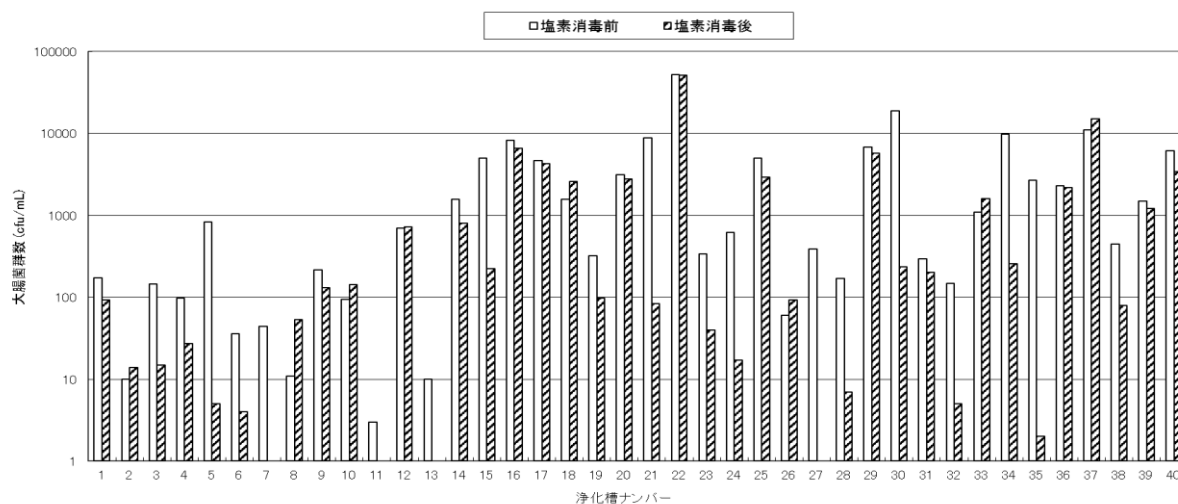


図 6 BOD 除去型浄化槽における大腸菌群の挙動

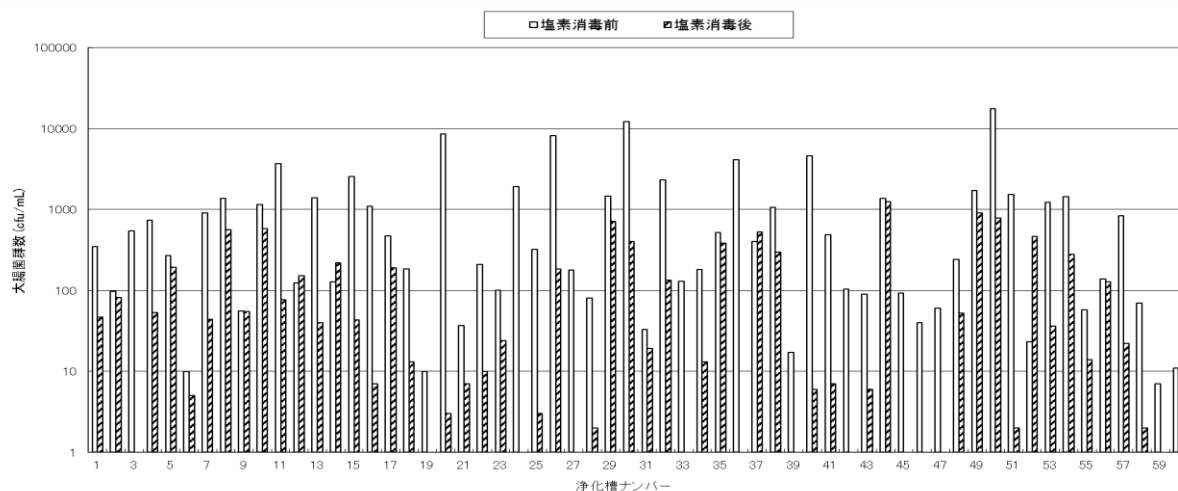


図 7 窒素除去型浄化槽における大腸菌群の挙動

図 6、7 より、塩素消毒後の大腸菌群数が 0 となったのは BOD 除去型浄化槽では 3 基、窒素除去型浄化槽では 12 基存在した。しかし塩素消毒を実施しても、15.0%の BOD 除去型浄化槽で排水基準値を超過することがわかった。対象浄化槽全体では塩素消毒を行うことで 94.0%の浄化槽で衛生的な処理が行われていることが確認された。

2) 残留塩素濃度と大腸菌群の関係

残留塩素濃度と大腸菌群数の関係を図 8 に示す。図 8 より、残留塩素濃度が高くなるにつれ、塩素消毒後の大腸菌群数は減少し、塩素による消毒効果が確認された。しかし残留塩素濃度が 2.0mg/L 以上でも、3 基の BOD 除去型浄化槽で大腸菌群数が 1,000cfu/mL を

超えており、高い残存が確認される場合があった。最も高い浄化槽では塩素消毒後の大腸菌群数は 5,703cfu/mL であり、硝化率は 0.04%、NH₄-N は 48.1mg/L 検出され、遊離塩素濃度は不検出であった。次に硝化率とアンモニア態窒素の関係を図 9 に示す。図 9 より、硝化率が低い時の NH₄-N は高く、硝化率が上昇するに従い NH₄-N は低下していったが、BOD 除去型浄化槽の平均 NH₄-N は 19.1mg/L に対して窒素除去型浄化槽で 9.2mg/L だったことから、硝化が進まない BOD 除去型浄化槽では NH₄-N が高いことがわかった。アンモニアが存在すると塩素と反応してモノクロアミンやジクロアミンなどが生成され、一般的に結合型残留塩素と呼ばれるものは遊離型に比べ消毒力はかなり弱いため¹⁰⁾、硝化が進まない浄化槽において処理水中にアンモニア態窒素が残存していることは消毒効果を著しく低下させるものと考えられる。

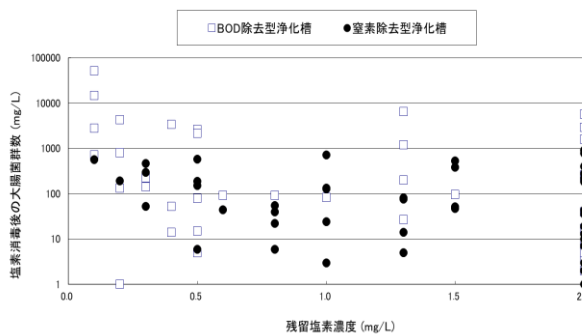


図 8 残留塩素濃度と大腸菌群数の関係

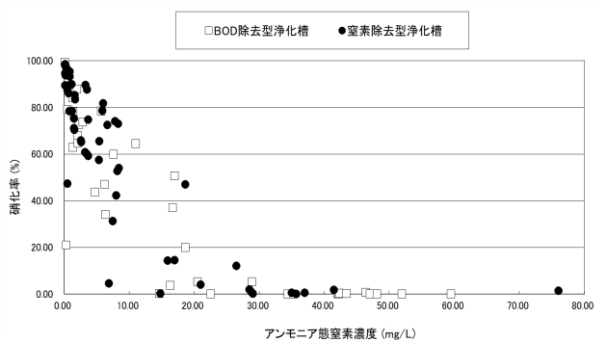


図 9 硝化率とアンモニア態窒素の関係

3) 遊離塩素濃度と大腸菌群の関係

対象浄化槽の遊離塩素濃度は全体的に低く、平均すると 0.20mg/L 程度であった。そこで遊離塩素 0.20mg/L までの BOD 除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽それぞれの大腸菌群数の関係を図 10 に示す。図 10 より、遊離塩素が高くなるにつれ、塩素消毒後の大腸菌群数は減少し、遊離塩素濃度 0.05mg/L 以上の浄化槽全てで大腸菌群数は 300cfu/mL 以下となった。また塩素消毒後の大腸菌群が未検出や一桁台の浄化槽に着目すると、大腸菌群数の軽減を可能とした要因には遊離塩素の検出が挙げられる。そこで、BOD 除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽における塩素消毒前後の大腸菌群除去率と遊離塩素の関係を図 11 に示す。図 11 より、低い正の相関があり、遊離塩素濃度が高くなるに従い、大腸菌群除去率も高くなる傾向を示した。なお、遊離塩素が未検出の際の大腸菌群数と 0.01mg/L 以上の大腸菌群数において棄却域 5 %で t 検定を行ったところ、有意な差が確認され、塩素消毒後の大腸菌群数を軽減するためには、遊離塩素の検出が不可欠であることが示唆された。

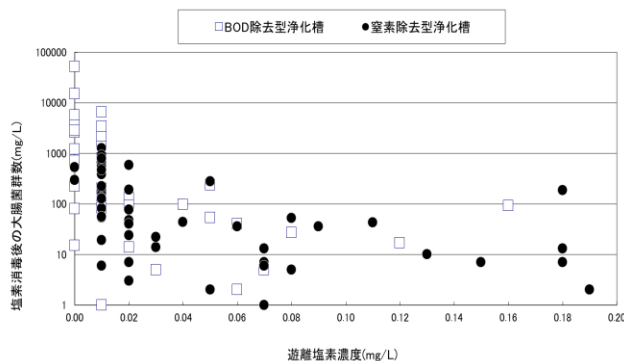


図 10 遊離塩素濃度と大腸菌群数の関係

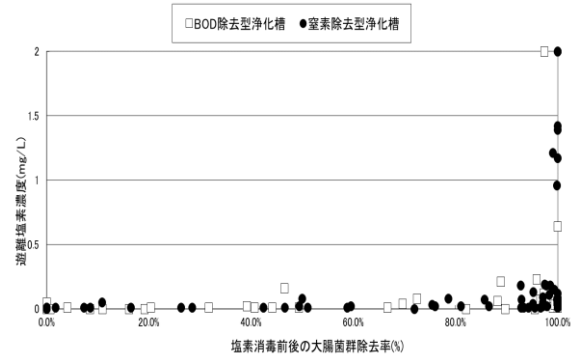


図 11 大腸菌群除去率と遊離塩素の関係

4.まとめ

浄化槽は個別分散型処理施設として数多く設置されるため、放流水排出先の水質に大きな変動を与える場合があることも知られている¹¹⁾。また浄化槽に対する不安要素として、一時的にせよ処理水質が悪化しているような場合、それにより病原性微生物等が身近な環境に排出する恐れがあること¹²⁾などの懸念が表明されてきた。しかし本研究では、現在普及が進んでいる性能評価型浄化槽は、大腸菌群除去性能は高く、塩素消毒前でも排水基準値を達成する浄化槽が多数確認された。SS除去率が高いことで大腸菌群除去率は低下したことから、SSと大腸菌群には密接な関係性があると言える。さらに好気槽においてアンモニア態窒素が硝酸態窒素への硝化によって、硝化率が上昇すると大腸菌群数の軽減が可能であることが明らかとなった。また塩素消毒の実施で全体の94.0%の浄化槽は排水基準値を達成することが可能となるが、遊離塩素0.05mg/L検出した際に大腸菌群数が基準値以下を示したことから、遊離塩素は大腸菌などの病原性微生物の不活化に大きな効果がある¹³⁾ということからも、遊離塩素が検出された際に消毒効果が長時間持続し、大腸菌群数は低い値を示すことが確認された。よって処理性状にもよるが、少ない塩素剤でも有効に衛生学的安全性を担保していることが確認され、性能評価型浄化槽は放流先の環境衛生の寄与に貢献可能な処理構造を有していることが明らかとなった。

本研究の調査においてサンプリングを実施した浄化槽では、毎月適切な維持管理がなされているが、処理水質が悪化したような状況下では、公衆衛生上の問題が生じることが予想されるため、どのような状況下でも塩素消毒を実施することで確実に衛生的安全性の確保に努めなければならない。

参考文献

- 1) 環境省：環境省関係浄化槽法施行規則2条16項による保守点検の技術上の基準
- 2) 松山義明：消毒剤の種類について，月間浄化槽誌，No.433,pp.40,2012
- 3) 藤田賢二：水処理薬品ハンドブック，pp.56-57,2008
- 4) 環境省：水質汚濁防止法3条1項による一律排水基準
- 5) 高橋直樹，松橋仁，西村修，須藤隆一：性能評価型浄化槽における大腸菌群の除去特性について，土木学会論文集G，Vol.68,No.7,pp.429-434,2012
- 6) 小谷仁美，矢崎英夫，清水源治，中川直美：山梨県内の浄化槽放流水の水質検査結果について，山梨衛環研年報，Vol.54,2010
- 7) (社)浄化槽システム協会：出荷統計表(処理方式別・人槽別)
- 8) 磯部賢治：微生物の生存戦略，表面科学，Vol.22, No.10, pp.652-662, 2001
- 9) 維持管理要領書，フジクリーン工業株式会社
- 10) 竹田茂：水の消毒に用いる塩素の水環境への排出実態と生態系への影響，防菌防黴誌，Vol.32,No.10,pp.515-522,2004
- 11) 小越眞佐司：水環境改善からみた個別処理の水質の状況－浄化槽放流水排出先水路の水質調査結果一，下水道協会誌，Vol.47,No.575,pp.44-45,2010
- 12) 松尾友矩：読売新聞「論点」，2010年2月23日付
- 13) 土佐光司，平田強，田口勝久：遊離塩素及びクロラミンによる毒素原性大腸菌の損傷，水環境学会誌，Vol.19,No.5,pp.381-387,1996