大腸菌群除去に関するBOD除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽の比較

Comparison for Removal of Coliform Group between BOD Removal Type Johkasou and Nitrogen Removal Type Johkasou

高橋直樹¹, 佐々木 敦^{1,2}, 白川百合恵³, 野村宗弘², 西村 修²

¹公益社団法人 宮城県生活環境事業協会／〒983-0035 宮城県仙台市宮城野区日の出町2-5-15

²東北大学大学院工学研究科／〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06

³株式会社 パシフィックコンサルタンツ／〒101-8462 東京都千代田区神田錦町3-22

NAOKI TAKAHASHI¹, ATSUSHI SASAKI^{1,2}, YURIE SHIRAKAWA³,
MUNEHIRO NOMURA², and OSAMU NISHIMURA²

¹Miyagi Prefectural Authority for Living Environment
/ 2-5-15 Miyagino, Sendai, Miyagi 983-0035, Japan

²Graduate School of Engineering, Tohoku University/ 6-6-06 Aoba, Sendai, Miyagi 980-8579, Japan

³PACIFIC CONSULTANTS co., LTD./ 3-22 Kandnishikicho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8462, Japan

Abstract

In this research the factors affecting on the removal of coliform group by certified structure type small-scale Johkasou were analyzed. Before chlorination process, the relevance ratios of effluent standard of the number of coliform group in BOD removal type Johkasou and Nitrogen removal type Johkasou were 70.0% and 88.3%, respectively. The number of coliform group was decreased with the decrease of BOD and SS. Furthermore, the number of coliform group was decreased with the increase of nitrification ratio. After chlorination process, the relevance ratios of effluent standard of the coliform group in BOD removal type Johkasou and Nitrogen removal type Johkasou were 85.0% and 100.0%, respectively. It was also revealed that some small-scale Johkasou, in which the residual chlorine was detected but free chlorine was not detected, could not achieve the effluent standard of coliform group. This is because that combined chlorine was generated by ammonia remained in treated water and the effect of chlorination was reduced to remove coliform group. From these results, it was concluded that certified structure type small-scale Johkasou, especially Nitrogen removal type Johkasou can removal coliform group effectively and contribute to keep hygienic safety.

Key words: Nitrogen removal type Johkasou, Number of coliform group, SS, Nitrification ratio, Residual free chlorine concentration

1. はじめに

持続可能な社会形成のために、健全な水環境を構築していかなければならない。そのため、生活排水処理施設の整備が重要であるが、これまで人口が集中する都市を

中心に整備が進められてきたのに対し、人口5万人以下の中小市町村での整備は遅れている¹⁾。このような地域は人口密度が低いため、建築物の敷地内で生活排水を処理する個別処理に対する期待が集まっており²⁾、今後の人口減少とともに、小型合併処理浄化槽の担う役割は重要性

を増し、普及に拍車がかかるものと推測される。また、浄化槽技術の進展は著しいものがあり、放流水BODは下水処理水と同等のレベル³⁾にあり、構造例示型から性能評価型へと転換しながら窒素やリンの除去機能を有する型式も増加している⁴⁾。なお、浄化槽における構造例示型は、国土交通省の告示で定めた構造基準を有する浄化槽であり、処理構造は二次処理槽に接触ばっ気方式が導入されている。これに対して性能評価型は、開発メーカーが独自に設計施工した構造を第三者機関が性能評価し、国土交通大臣が認定した浄化槽である。

ところで家庭用の小型合併処理浄化槽において、処理水は最終的に塩素剤を用い、消毒してから放流先に排出されることが浄化槽法に定められており⁵⁾、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化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⁶⁾。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⁷⁾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50 m³/日以上施設の場、1日平均3,000 cfu/mL以下と規定している⁸⁾。また、建築基準法施行令第32条第1項第2号でも浄化槽からの排水に含まれる大腸菌群数が3,000個/cm³以下と定められている。

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3,000 cfu/mL以下を満たすことを明らかにした⁹⁾。また、塩素消毒後の大腸菌群数は全て基準を満たしていたが、一方で塩素消毒後の残留塩素は2.0 mg/L以上検出されることもあり、浄化槽法定検査判定ガイドラインの水質検査に係る残留塩素濃度の項目では「残留塩素が検出される」¹⁰⁾とし、検出下限（DPD¹¹⁾では0.1 mg/L）と比べて、非常に高濃度の残留が確認された。

既往の研究においても、塩素剤を用いた消毒は、塩素の残留性により長時間の消毒効果が期待される一方で、排水処理水中の残留塩素濃度が上昇し、トリハロメタンや全有機ハロゲンが検出される事例が報告されている^{12)~14)}。また残留塩素を含む排水処理水は藻類に対し生長阻害の影響があり、生態系への影響が懸念されている^{15)~21)}。

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」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。しかし有害な塩素化合物の生成や生物・生態系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予想されるが、塩素消毒前の大腸菌群数の調査²²⁾では、普及が進んでいる性能評価型浄化槽の大腸菌群除去性能はわかっていない。さらにどのような処理状況の下で、大腸菌群が高効率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影響因子は明らかにされていない。

そこで本研究では、BOD除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽における大腸菌群除去性を明らかにするために、一般家庭に設置されている性能評価型浄化槽を対象として、嫌気槽第一室出口および塩素消毒前後の大腸菌群数を計測して、各処理工程における大腸菌群の除去特性を解明した。そして大腸菌群の除去効率に及ぼす影響因子の解析を行った。

2. 調査方法および解析方法

2.1 調査対象とした性能評価型浄化槽

現在最も多く普及²³⁾し、今後さらに普及が見込まれる性能評価型浄化槽を対象とした。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除去のみの浄化槽（以下、BOD除去型浄化槽とする）と、BODに加えて窒素除去が可能な浄化槽（以下、窒素除去型浄化槽とする）の2種類を対象とした。

宮城県内の戸建て住宅に設置している性能評価型浄化槽100基（BOD除去型浄化槽40基の内、5人槽6基／7人槽33基／10人槽1基、窒素除去型浄化槽60基の内、5人槽11基／7人槽47基／10人槽2基）について調査を行った。なお、塩素消毒前におけるBOD除去型浄化槽の処理水BOD値は平均19.1 mg/Lに対し、窒素除去型浄化槽は平均13.7 mg/Lであった。さらにBOD除去型浄化槽の処理水T-N値は平均24.0 mg/Lに対し、窒素除去型浄化槽は16.5 mg/Lであった。

2.2 調査方法

調査は2011年10月から2012年10月にかけて行い、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。

採水箇所はFig. 1に示すとおり、嫌気槽（2室ある場

Fig. 1 Water sampling points.

合は第1室)の流出部(出口)と処理水槽(塩素消毒前)、消毒槽(塩素消毒後)の3箇所である。なお、採水には内径1.3 cm、長さ1 mのプラスチックパイプにゴム球を装着したスポイト式採水器を用いた。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(浮遊懸濁態物質)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (アンモニア態窒素)、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ (亜硝酸態窒素)、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (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。

2.3 分析方法

各水質項目は下水試験方法²⁴⁾に従って測定した。大腸菌群の培養にはアソキシコレート寒天培地法を用い、37℃、18 h培養した後、菌数の計測を行った。各サンプルにつき3回ずつ計測し、平均した値を実験値とした。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は、TERUMO社のテルモシリジ中口25 mLおよびMILLIPORE社のPTFE製の0.45 μm メンブレンフィルターを用いてサンプルをろ過した後、適切な倍率で希釈し、ビーエルテック社のQuAAtro 2HRを用いて測定した。SSは、サンプラー一定水量をWhatman社のGF-Bガラス繊維製ろ紙を用いてろ過し、加熱乾燥してガラス繊維製ろ紙上の残量物の質量を計測することで求めた。全残留塩素はDPD(N, N-ジエチルパラフェニレンジアミン)法を用い、よう化カリウムを加えて測定を行った。遊離残留塩素は東亜ディーケーケーのRC METER(RC-31P)を用いて測定を行った。pHおよび水温の測定では東亜ディーケーケーのpH METER

(HM-20P)を使用した。

2.4 解析方法

各処理工程における大腸菌群数の変化を比較するために箱ひげ図を用いた。また大腸菌群数の結果に差があるかを調べるために、独立した2群の分布の中央値の差を検定するマン・ホイットニーのU検定(両側検定)を行った。 $P < 0.05$ を統計的に有意であると判断した。また、大腸菌群数と他の水質項目との関係の解析では、スピアマンの順位相関係数を用い、相関係数をSと置いた。なお、相関係数Sは0で相関無し、 $0 < |S| \leq 0.2$ でほとんど相関なし、 $0.2 < |S| \leq 0.4$ で低い相関あり、 $0.4 < |S| \leq 0.7$ で相関あり、 $0.7 < |S| < 1.0$ で高い相関あり、1.0または-1.0で完全な相関とした。

3. 結果

3.1 塩素消毒前における大腸菌群除去特性

3.1.1 嫌気槽第一室出口から塩素消毒前にかけての大腸菌群数の挙動

BOD除去型浄化槽における大腸菌群の挙動をFig. 2(a)に、窒素除去型浄化槽における大腸菌群の挙動をFig. 2(b)に示す。この結果を用いて、BOD除去型浄化槽、窒素除去型浄化槽それぞれの嫌気槽第一室および塩素消毒前の大腸菌群数に有意差があるかどうか、棄却域5%でU検定を行った。その結果をFig. 3に示す。BOD除去

Fig. 2 Number of coliform group of Anoxic tank1 and Treatment tank before chlorination.
(a) BOD removal type Johkasou, (b) Nitrogen removal type Johkasou.
(Symbols: ■, Anoxic tank 1; □, Treatment tank before chlorination)

Fig. 3 Change of coliform group from Anoxic tank1 to Treatment tank.
(Asterisk attached to letter indicates the significant difference between same letters)

型浄化槽および窒素除去型浄化槽のそれぞれにおいて、嫌気槽第二室および反応槽の処理工程を経ることで、大腸菌群が有意に減少することがわかった。なお、BOD除

去型浄化槽と窒素除去型浄化槽における嫌気槽第一室の大腸菌群数および塩素消毒前の大腸菌群数には有意差が認められなかった。

また、排水基準値3,000 cfu/mLに対する塩素消毒前の適合率はBOD除去型浄化槽で70.0%、窒素除去型浄化槽で、88.3%であった。

3.1.2 大腸菌群数に及ぼす人員比の影響

大腸菌群数と人員比（実使用人員を入槽で除した値）の関係をFig. 4に示す。BOD除去型浄化槽および窒素除去型浄化槽において、人員比が0.5以下では有意な差は無く、人員比が0.5-1.0と高い範囲で有意差が認められ、人員比が比較的高い場合に窒素除去型浄化槽において大腸菌群を良く除去できることがわかった。なお、BOD除去型浄化槽の人員比0.5以下と0.5-1.0、および窒素除去型浄化槽の人員比0.5以下と0.5-1.0については有意差

Fig. 4 Relation between users ratio and number of coliform group before chlorination. (Asterisk attached to letter indicates the significant difference between same letters)

が認められなかった。

また、大腸菌群数の排水基準適合率はBOD除去型浄化槽および窒素除去型浄化槽の両者とも人員比の増加に伴い低下し、人員比0.5以下でそれぞれ76.8%、94.7%、人員比0.5～1.0でそれぞれ65.4%、85.4%であった。

3.1.3 BODおよびSSと大腸菌群数の関係

BOD除去型浄化槽におけるBODおよびSSと大腸菌群数の関係をFig. 5 (a)に、窒素除去型浄化槽における大腸菌群数の関係をFig. 5 (b)に示す。Fig. 5 (a)に示したBOD除去型浄化槽におけるBODと大腸菌群数の相関係数 S は0.43、SSと大腸菌群数の相関係数 S は0.58であった。Fig. 5 (b)に示した窒素除去型浄化槽におけるBODと大腸菌群数の相関係数 S は0.45、SSと大腸菌群数の相関係数 S は0.35で、両者とも正の相関が得られた。これらの結果から、放流水BODが良好でSSが少ない浄化槽では大腸菌群数は低下することがわかった。

3.1.4 硝化率と大腸菌群数との関係

塩素消毒前における硝化率と大腸菌群数の関係をFig. 6に示す。硝化率はアンモニア態窒素から亜硝酸態窒素ならびに硝酸態窒素へ酸化された割合を示す。なお、硝化率の算出法は、

$$\text{Nitrification ratio (\%)} = \frac{(NO_2^- - N + NO_3^- - N)}{(NH_4^+ - N + NO_2^- - N + NO_3^- - N)} \times 100 \quad (1)$$

を用いた。Fig. 6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、BOD除去型浄化槽の相関係数 S は-0.78に対し、窒素除去型浄化槽の相関係数 S は-0.44で、両者とも負の相関が得られた。なお、BOD除去型浄

Fig. 5 Relation between coliform group before chlorination and BOD, SS.

(a) BOD removal type Johkasou, (b) Nitrogen removal type Johkasou.

(Symbols: ○, BOD of treated water; ●, SS of treated water)

Fig. 6 Relation between nitrification ratio and coliform group before chlorination.

(Symbols: □, BOD removal type; ●, Nitrogen removal type)

化槽と窒素除去型浄化槽の硝化率の平均値はそれぞれ36.2%と60.4%であり、棄却域5%でU検定を行ったところ、有意差が認められた。

3.2 塩素消毒後における大腸菌群除去特性

3.2.1 塩素消毒前後における大腸菌群数の比較

塩素消毒前後におけるBOD除去型浄化槽の大腸菌群数の比較をFig. 7 (a)に、窒素除去型浄化槽における大

Fig. 7 Number of coliform group before and after chlorination. (0 or means not detected.)
 (a) BOD removal type Johkasou, (b) Nitrogen removal type Johkasou.
 (Symbols: □, Before chlorination; ■, After chlorination)

腸菌群数の比較を Fig. 7 (b) に示す。塩素消毒後の大腸菌群数が不検出となったのはBOD除去型浄化槽では40基中3基、窒素除去型浄化槽では60基中12基存在した。また、塩素消毒を実施することで、BOD除去型浄化槽では91.9%、窒素除去型浄化槽では100%、全体としては94.0%の浄化槽において大腸菌群の基準を満たした。

この結果を用いて、BOD除去型浄化槽、窒素除去型浄化槽それぞれの塩素消毒前後の大腸菌群数に有意差があるかどうか、棄却域5%でU検定を行った。その結果を Fig. 8 に示す。BOD除去型浄化槽および窒素除去型浄化槽のそれぞれにおいて、塩素消毒を行うことで大腸菌群が有意に減少することがわかった。また、BOD除去型浄化槽に比較して窒素除去型浄化槽で塩素消毒後の大腸菌群数は有意に低いことが明らかになった。

3.2.2 大腸菌群数の排水基準適合率に及ぼす人員比の影響

大腸菌群数と人員比（実使用人員を人槽で除した値）の関係を Fig. 9 に示す。BOD除去型浄化槽および窒素除

Fig. 8 Change of coliform group before and after chlorination.
 (Asterisk attached to letter indicates the significant difference between same letters)

去型浄化槽において、人員比が0.5以下では有意な差は無く、人員比が0.5-1.0と高い範囲で有意差が認められ、人員比が比較的高い場合、窒素除去型浄化槽の方が大腸菌群を良く除去できることがわかった。なお、BOD除去型浄化槽および窒素除去型浄化槽とも人員比0.5以下と

Fig. 9 Relation between users ratio and number of coliform group after chlorination. (Asterisk attached to letter indicates the significant difference between same letters)

0.5–1.0に有意差が認められなかった。

また、大腸菌群数の排水基準適合率はBOD除去型浄化槽で人員比0.5以下および人員比0.5–1.0でそれぞれ92.9%、80.8%であったのに対し、窒素除去型浄化槽は人員比に関わらず100%であった。

3.2.3 全残留塩素濃度および遊離残留塩素濃度と大腸菌群数との関係

BOD除去型浄化槽および窒素除去型浄化槽における全残留塩素濃度と大腸菌群数の関係をFig. 10(a)に、遊離残留塩素濃度と大腸菌群数の関係をFig. 10(b)に示す。なお、全残留塩素濃度をDPD法で測定した際、検出限界値(2.0 mg/L)を超えた塩素が検出されたこともあったため、全残留塩素濃度2.0 mg/L時の大腸菌群数を除いて解析を行った。BOD除去型浄化槽における全残留塩素濃度と大腸菌群数の相関係数 S は -0.31 、また窒素除去型浄化槽における全残留塩素濃度と大腸菌群数の相関係数 S は -0.28 であった。Fig. 10(a)より、全残留塩素濃度が2.0 mg/L以上でも、3基のBOD除去型浄化槽で大腸菌群数が1,000 cfu/mLを超えており、高い残存が確認される場合があった。そのうち最も高かった浄化槽では、塩素消毒後の大腸菌群数は5,703 cfu/mLであり、硝化率は0.04%、アンモニア態窒素は48.10 mg/L検出され、遊離残留塩素濃度は非検出(0.00 mg/L)であった。

一方、対象浄化槽の遊離残留塩素濃度は全体的に低く、平均すると0.02 mg/L程度であった。Fig. 10(b)に示した、BOD除去型浄化槽の遊離残留塩素濃度と大腸菌群数の相関係数 S は -0.62 と高い負の相関が得られた。また窒素除去型浄化槽の相関係数 S は -0.66 と高い負の相関が得られた。なお、遊離残留塩素濃度0.05 mg/L以上検

Fig. 10 (a) Relation between residual total chlorine concentration and number of coliform group after chlorination. (b) Relation between residual free chlorine concentration and number of coliform group after chlorination. (Symbols: □, BOD removal type Johkasou; ●, Nitrogen removal type)

出した浄化槽全てで、大腸菌群数は300 cfu/mL以下となった。

4. 考察

4.1 塩素消毒前における大腸菌群除去に及ぼす因子

嫌気槽第一室出口から塩素消毒前までの処理工程において、大腸菌群が除去されていることが明らかとなったが、大腸菌群除去効率を高める因子として南部ら²⁵⁾は、BODを挙げている。処理水中の細菌叢の減少は、処理水BODや濁度の低減と関係があるとされ、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²⁶⁾を有していることから、本研究でもBOD、SSが低下することで、大腸菌群数の値も減少したと考えられた。すなわち、放流水質が良好となるような処理が行われることで、大腸菌群数は減少する可能性があることが示唆され、塩素消毒前までの処理工程においてBODやSSを高度に除去することが、衛生学的安全性を確保する上で重要な因子であることがわかる。

さらに好気槽において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たことから、あらためて大腸菌群数とアンモニア態窒素の関係を解析し、Fig. 11に示した。BOD除去型浄化槽における相関係数 S は0.66、窒素除去型浄化槽では0.31と両者ともに正の相関が得られた。大腸菌群数が増えるにつれ、アンモニア態窒素が高くなることが確認された。

窒素除去型浄化槽の担体流動槽では、中空円筒状担体が充填されており、担体表面に付着した好気性微生物により有機物の酸化とアンモニア態窒素の硝化が行われ²⁷⁾、硝化の進行を促すための構造を持つ²⁸⁾。7人槽の浄化槽に着目し、4人使用の際の容量と滞留時間を算出したところ、窒素除去型浄化槽はBOD除去型浄化槽の容量と比べ1.45倍大きく ($p < 0.05$)、それに伴い滞留時間も1.57倍長い ($p < 0.05$) ことから、十分に溶存酸素が供給され、硝化菌が増殖することでアンモニア態窒素の硝化が起りやすくなることが示唆される。一方、BOD除去型浄化槽の処理性能は窒素除去を目的としておらず、アンモニア態窒素のまま処理水中に残存する場合もある。

以上の通り、BOD、SSおよびアンモニア態窒素の除去性に優れた窒素除去型浄化槽は、大腸菌群の除去においても優れた浄化槽であると評価することができる。

4.2 塩素消毒後における大腸菌群除去に及ぼす因子

本研究において、遊離残留塩素濃度が高くなるにつれ大腸菌群除去率も高くなることが確認された。ここであらためて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残留塩素濃度との関係をFig. 12に示す。BOD除去型浄化槽において相関係数 S は0.52 ($p < 0.05$)、窒素除去型浄化槽では0.65 ($p < 0.05$) と両者ともに正の相関があり、遊離残留塩素濃度が高くなるに従い、大腸菌群除去率も高くなることがわかった。

遊離残留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²⁹⁾。なお、遊離残留塩素が検出下限の際の大腸菌群数と0.01 mg/L以上の大腸菌群数において棄却域5%でU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、遊離残留塩素の検出が不可欠であることが示唆された。

また、BOD除去型浄化槽の平均遊離塩素濃度は0.10 mg/Lに対し、窒素除去型浄化槽では0.21 mg/Lと大きな開きが生じた。この要因として、BOD除去型浄化槽では基本的に窒素除去性能を有しておらず、アンモニア態窒素濃度が高くなる傾向にあることが考えられる。BOD

Fig. 11 Relation between number of coliform group and Ammonia nitrogen.
(Symbols: □, BOD removal type Johkasou; ●, Nitrogen removal type)

Fig. 12 Relation between residual free chlorine concentration and removal ratio of coliform group.
(Symbols: □, BOD removal type; ●, Nitrogen removal type)

除去型浄化槽の中で、遊離残留塩素濃度が低く、大腸菌群除去率が低下した浄化槽では、いずれも硝化率は2.0%以下でアンモニア態窒素は40 mg/Lと高濃度に残存していた。アンモニアが存在すると塩素と反応してモノクロラミンやジクロラミンなどが生成される。一般的に結合型残留塩素は遊離型に比べ消毒力はかなり弱く¹⁹⁾、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すると、消毒効果を著しく低下させるものと考えられる。すなわち、窒素除去型浄化槽により硝化が進行することは、大腸菌群数の高度除去につながる事が明らかになり、この面からも窒素除去型浄化槽は衛生学的安全性の確保に寄与する浄化槽であると評価できる。

5. 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ているため、放流水排出先の水質に大きな影響を与える場合があることや浄化槽の維持管理が不十分である際に、

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が挙げられる。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において大腸菌群数の排水基準値はほぼ達成していることが明らかとなった。特に窒素除去型浄化槽はBOD除去型浄化槽に比べ、大腸菌群の除去性も優れていることが確認された。大腸菌群の除去に及ぼす影響因子では、BOD、SSが低下することで、大腸菌群数の値も減少し、さらに硝化率が上昇すると大腸菌群は軽減することが新たな知見として得られた。また、硝化反応が進むことにより塩素消毒の効果も高まり、大腸菌群を低減する上で有効であることが確認された。すなわち、性能評価型浄化槽の中でも窒素除去型浄化槽の普及は衛生的安全性を担保し、健全な水環境を構築していく上で重要な役割を果たす可能性が示唆された。

謝辞

本稿の執筆にあたり様々な面でご助力いただいた公益社団法人宮城県生活環境事業協会の職員の皆様にこの場を借りて心より感謝申し上げます。また、本研究の一部は環境研究総合推進費補助金（K2409）の支援を受けて行われました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省：都市規模別污水处理人口普及率（平成26年度末）
<http://www.mlit.go.jp/common/001103054.pdf>
（閲覧日：2016年1月30日）
- 2) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課 浄化槽推進室：市町村浄化槽整備計画策定マニュアル（平成26年1月）
https://www.env.go.jp/recycle/jokaso/data/pdf/preparation_plan_manual.pdf#search=%E5%B8%82%E7%94%BA%E6%9D%91%E6%95%B4%E5%82%99%E8%A8%88%E7%94%BB%E7%AD%96%E5%AE%9A%E3%83%9E%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%82%A2%E3%83%AB
（閲覧日：2016年1月30日）
- 3) 和田安彦，三浦浩之：下水道整備と浄化槽整備の水環境への影響の比較研究，浄化槽研究，6(2)，17-25（1994）
- 4) 竺文彦：家庭用小型浄化槽の技術動向，環境技術，33(9)，651（2004）
- 5) 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
- 6) 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）
- 7) 藤田賢二：水処理薬品ハンドブック，pp.56-57（2008）
- 8) 環境省：水質汚濁防止法3条1項による一律排水基準
- 9) 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，68(7)，429-434（2012）
- 10) 浄化槽法定検査判定ガイドライン（平成14年2月改訂版）：環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課浄化槽対策室
- 11) 環境省：法令，告示，通達：浄化槽法第七条及び第一条に基づく浄化槽の水質に関する検査の検査内容及び方法，検査票，検査結果の判定等について
<https://www.env.go.jp/hourei/11/000233.html>
（閲覧日：2016年2月15日）
- 12) 荒木規行，川村守康，浅野智史，笠井健一：合併処理浄化槽のトリハロメタン生成について，第11回全国浄化槽技術研究会講演集，59-63（1997）
- 13) 竹田茂，稲葉章：生活排水処理施設から排出される塩素消毒処理水中のトリハロメタンおよび全有機ハロゲン—実態調査および保守管理面からみた影響要因—，水環境学会誌，22(6)，472-478（1999）
- 14) 竹田茂，浅野寛子，岩堀恵祐：生活排水の塩素処理副生成物生成能の高度処理による低減効果，水環境学会誌，23(3)，155-160（2000）
- 15) ランムゾー，福嶋悟，小堀洋美：残留塩素が河川の付着藻類群集に及ぼす影響，日本水処理生物学会誌，46(2)，81-90（2010）
- 16) 山下尚之，田中宏明，宮島潔，鈴木稔：AGP試験と藻類生長阻害試験を用いた下水処理水の河川水質に対する影響評価，土木学会論文集G，62(1)，191-200（2006）
- 17) 竹田茂，稲田貴嗣，伏脇裕一，森康明：塩素，オゾン，紫外線消毒した生活排水の変異性試験による安全性の評価，水環境学会誌，29(1)，45-48（2006）
- 18) 荒谷裕介，中島英一郎，竹歳健治，南山瑞彦，田陽淳：下水処理水中の栄養塩類濃度および残留塩素濃度と放流先に生成する付着藻類相の関係，下水道協会誌，42，111-123（2005）
- 19) 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，32(10)，515-522（2004）
- 20) 鈴木祥広，森下玲子，高見徹，丸山俊朗：藻類増殖阻害試験による各種消毒下水処理水の毒性評価，環境化学，12(1)，97-103（2002）
- 21) 鈴木祥広，森下玲子，丸山俊朗：淡水産植物プランクトンの増殖阻害試験によるモノクロアミンと塩素殺菌下水処理水の毒性評価，水環境学会誌，19(11)，861-870（1996）
- 22) 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）
- 23) 浄化槽システム協会：出荷統計表（処理方式別・人槽別）
- 24) 日本下水道協会：下水試験方法，2012年度版（2012）
- 25) 南部敏博，堀尾明宏，浅野秀昭，青木堯：小型合併処理浄化槽放流水の消毒効果，日本水処理生物学会誌，32(3)，173-178（1996）

-
- 26) 磯部賢治：微生物の生存戦略，表面科学，22(10)，652-662 (2001)
- 27) 公益財団法人 日本環境整備教育センター：浄化槽工学，2013年度版 (2013)
- 28) フジクリーン工業株式会社・維持管理要領書
- 29) 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，19(5)，381-387 (1996)
- (受付 2016. 9 .27)
- (受理 2016.12.22)