

消毒前後における浄化槽処理水質(BOD)と大腸菌の評価

一般社団法人兵庫県水質保全センター ○友生 祥平、久保 智弘
常葉大学 小川 浩

1. はじめに

従来、汚水処理施設における処理水質の評価は BOD や T-N、T-Pなどを対象として行い、下水道では消毒後の放流水を、浄化槽では消毒前の処理水を採取し、測定に供してきた。その相違の要因として、下水道は特定施設として位置づけられ、水質汚濁防止法の適用を受けるために消毒後の処理水、すなわち放流水を検査するのに対して、浄化槽は生物処理機能を評価することから浄化槽法の規定による法定検査において、消毒前の処理水を測定対象としている。一方、放流水の衛生学的安全性評価には大腸菌群数が用いられているが、2004 年に水道法による水質基準が改正され¹⁾、水道水の衛生学的試験法は大腸菌群数から大腸菌数に変更された。大腸菌群とは好気性または通性嫌気性のグラム陰性無芽胞の桿菌で、乳糖を分解して酸とガスを生じるか、または β-ガラクトシダーゼ産生の細菌群であり、腸内細菌以外にも水中や土壤中で増殖する細菌も含まれる。また、大腸菌は特定酵素基質培地法によって β-グルクロニダーゼ活性を有すると判定された好気性または通性嫌気性の細菌のことをいい、ヒトや動物の腸管内に常在し、ヒトの糞便中の大腸菌群の 90%以上を占めている。したがって、大腸菌群では、糞便汚染の指標として必ずしも良好とは言い難いが、測定の容易性から長年大腸菌群数が用いられてきた²⁾。そのため、浄化槽の放流水においても、大腸菌群数に関する報告例^{2),3),4)}は多数あるものの、大腸菌数に関する報告例は極めて少ない。

そこで、本研究では浄化槽における消毒前後の処理水質について実稼働の施設を対象に検証し、BOD、大腸菌群数及び大腸菌数の関連性について評価した。

表 1 調査対象施設の内訳

人槽	基数
5	15
6	9
7	14
8	19
10	6
10<	3
計	66

構造例示型：39基

性能評価型：27基

2. 調査対象施設

兵庫県下で実稼働している小型浄化槽 66 基を対象とした。その内訳は表 1 に示すとおりであり、人員比は近年の人口減少を反映し、平均 0.42(0.10~1.00)であった。調査は 2019 年 4~6 月にかけて行った。なお、すべての施設において、消毒装置に充填されていた消毒剤は、塩素化イソシアヌール酸錠が使用されていた。

3. 調査方法及び分析方法

3.1 調査方法

調査時に放流水中の残留塩素を測定し、消毒槽流入直前の処理水と消毒後の放流水をそれぞれ BOD 用に 300mL、大腸菌（群）用に 100mL ずつ滅菌瓶に採取し、冷却保存後、分析に供した。

3.2 分析方法

(1)BOD

下水試験方法に準拠した。なお、消毒後の放流水については、あらかじめ残留塩素を除去した後、分析に供した。

(2)大腸菌群

EC 培地法を用いて、37°C、24 時間培養をした後、自然光下のもと菌数の測定を行った。検査キットは、日本製薬株式会社の EC ブルー 100 「ニッスイ」、EC ブルー MPN プレート 「ニッスイ」及び EC ブルー 100 「ニッスイ」比色液を使用した。

(3)大腸菌

EC 培地法を用いて、37°C、24 時間培養をした後、紫外線ランプを用いて波長 366nm の紫外線を照射し菌数の測定を行った。検査キットは、大腸菌群数の測定と同様、日本製薬株式会社製を用いた。

4. 結果並びに考察

4.1 消毒前後の処理水 BOD

近年の社会情勢によって 1 戸当たりの居住人員が減少していることから、浄化槽の人員比（実使用人員/人槽）も低下する状況にあるが、調査対象施設の選定にあたっては、人員比 1.0 の施設も含めた。

人員比に対する処理水の BOD は図 1 に示すように、人員比の上昇に伴い、BOD も上昇する傾向を示した。

次に、同一施設の消毒前後の処理水 BOD を人員比ごとに比較した。その結果を図 2 に示す。人員比が小さいほど、BOD は低くなる傾向を示した。また、いずれの人員比においても、消毒後の平均 BOD は消毒前よりも低下していた。

BOD 20mg/L 以下の適合率でみると、消毒前は 84.4% であったが、消毒後では 89.3% になり、小川ら⁵⁾や高橋ら³⁾の報告と同様、処理水 BOD は塩素消毒によって低下することが認められた。なお、構造例示型と性能評価型による BOD 適合率の有意差は認められなかった。

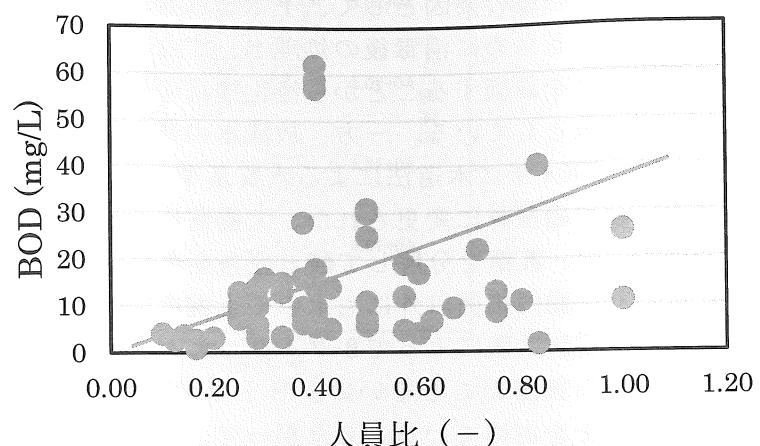


図 1 人員比と BOD の関係

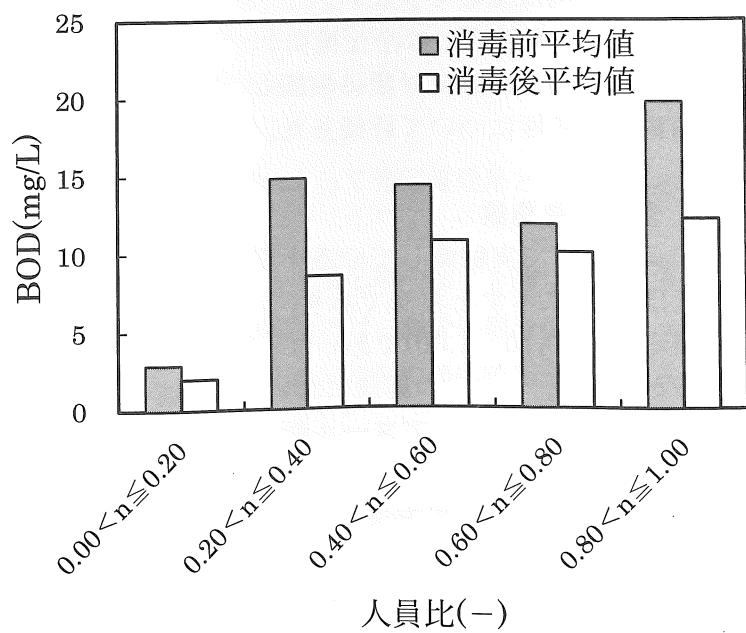


図 2 処理消毒前後の人員比別処理水 BOD の関係

4.2 処理水中の大腸菌群数と大腸菌数

調査対象施設における処理水 BOD と消毒後の大腸菌群数の関係を図 3 に示す。処理水の BOD20mg/L 以下の検体のうち大腸菌群数 3000MPN/mL(一律排水基準)以下で判断すると、適合率は 100% となり、少なくとも BOD20mg/L 以下の処理機能を維持することによって消毒後の大腸菌群数 3000MPN/mL 以下の水質を十分満足するといえる。消毒前の処理水においても、前述の条件での適合率は 95% 以上でおおむね満足しており、大腸菌群数 3,000MPN/mL を超過していた施設は、多くが 1~2 年以上清掃が未実施あるいは消毒槽内に汚泥の堆積が認められていた施設であった。今回の実験で BOD20mg/L を超える施設は少數であった。

次に、消毒前の処理水中の大腸菌数と BOD の関係を図 4 に示す。

この図より、すべての施設において、消毒前すでに大腸菌数が 3,000MPN/mL 以下であった。なお、菌数は 100m L当たりの最確数の計測であったが、一律排水基準との比較のため 1mL当たりに換算した。大瀧ら⁶⁾も下水の二次処理水（消毒前）において、大腸菌数が 500~600 個/ mL であることから、浄化槽も好気性処理や SS への吸着によって大腸菌数も減少すると考えられる。しかし、大腸菌群と同様、浄化槽では清掃の未実施や消毒槽内の汚泥堆積によっては、大腸菌も増殖する可能性があると考えられる。

4.3 消毒効果に必要な塩素量

消毒後の残留塩素と大腸菌群数の結果を図 5 に示す。大腸菌群数は、残留塩素が 0.05mg/L 以上ですべて 3,000MPN/mL 以下を満たしていたが、減少率で見ると図 6 に示すように 0.5mg/L 未満では消毒効果が低い施設も見られた。衛生学的安全とされている基準値を保持するためには、単に残留塩素が検出されることとするよりも、0.5mg/L 以上有することの方がより安全と考えられる。

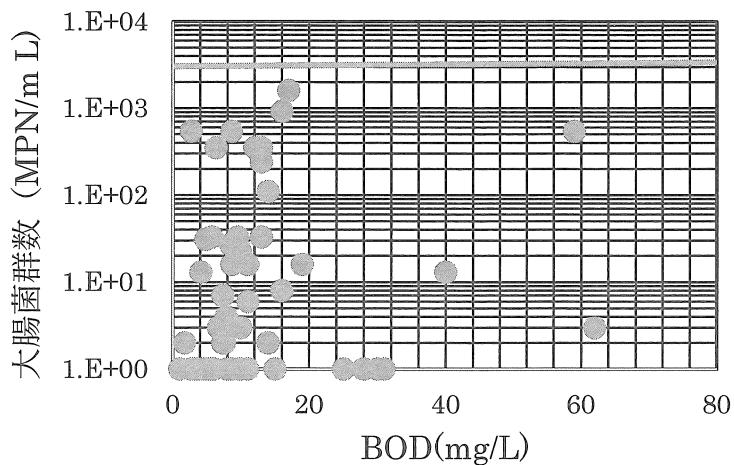


図 3 処理水 BOD と大腸菌群数(消毒後の処理水)の関係

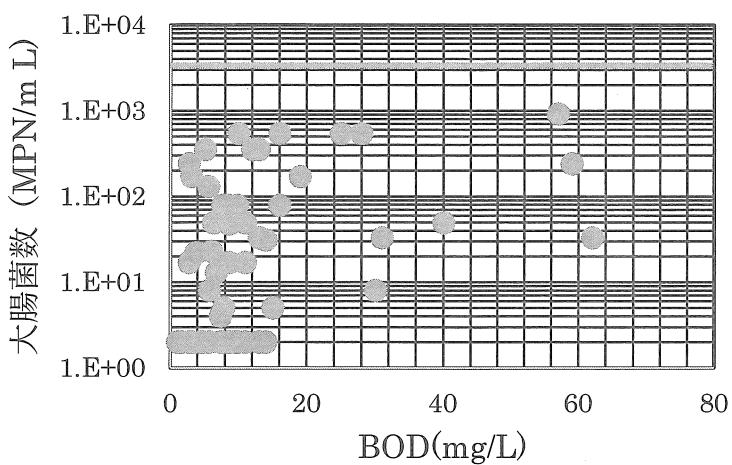


図 4 処理水 BOD と大腸菌数(消毒前の処理水)の関係

5. おわりに

これまでの報告例と同様に、処理水の平均BODは人員比の上昇によって上昇し、消毒によってBODが低下し、BOD適合率が上昇することが確認された。また、大腸菌群数については、塩素消毒によって減少できるが、採水箇所の状況(スカムや汚泥の堆積及びSSの流出など)にも左右される。さらに、浄化槽の放流水質の技術上の基準である20mg/L以下で、かつ大腸菌群数3,000MPN/mL以下の適合率は100%であった。

今回すべての施設において、消毒前の処理水中の大腸菌数は3,000MPN/mL未満であり、さらに、消毒によって著しく減少されていることが明らかになった。またBOD20mg/L以下で大腸菌群数3,000MPN/mL以下を満たすためには、残留塩素として0.5mg/L以上検出されることが衛生学的安全の上で望ましいと考えられる。今後、水道法の改正と同様に、浄化槽においても大腸菌数として規定される可能性を鑑み、さらに詳細の検討が必要である。

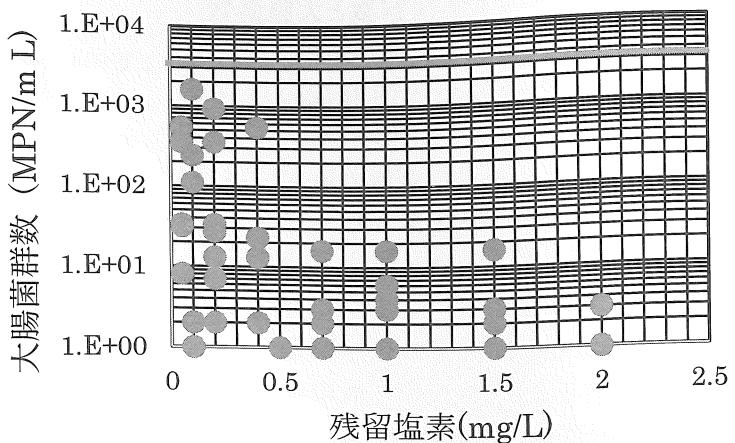


図5 残留塩素と大腸菌群数(消毒後の処理水)の関係

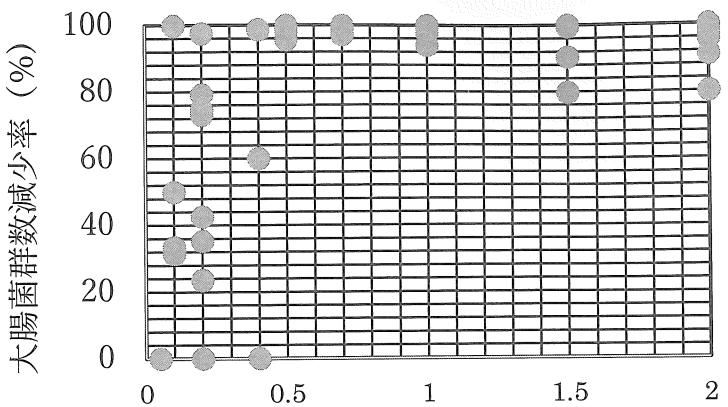


図6 残留塩素と大腸菌群数減少率の関係

参考文献

- 厚生労働省：水質基準に関する省令、平成15年5月30日、厚生労働省令第101号(2003)
- 中野仁：浄化槽処理水中の大腸菌群と大腸菌の環境中の消長、大阪府立公衆衛生研究所報、54、64-69(2016)
- 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、68(7)、III 429-434(2012)
- 高橋直樹、佐々木敦、白川百合恵、野村宗弘、西村修：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、日本水処理生物学会誌、53(1)、1-10(2017)
- M.Ishihara, H.Ogawa, K.Iwahori : Effects Nitrification and Chlorine Disinfection on BOD of Effluent from Johkasou Systems(Small-Scale Domestic Wastewater Treatment Facilities), Japanese Journal of Water Treatment Biology, 45(3), 115-122(2009)
- 大瀧雅寛、鴻田真璃亜：下水流入水および二次処理水中の大腸菌および大腸菌群の紫外線耐性、日本水環境学会誌、42(4)、155-161(2019)