

浄化槽処理水の塩素消毒前後における BOD の基礎的調査

財団法人 福岡県浄化槽協会 櫻木 秀憲

1 はじめに

浄化槽法第 7 条及び第 11 条に基づく浄化槽の水質に関する検査（以下、「法定検査」という。）の生物化学的酸素要求量（以下、「BOD」という。）は、浄化槽が適正な維持管理により所期の処理機能が確保されているか否かに着目しておこなうことから、消毒前の処理水をもって評価することとされている。しかしながら、消毒前の処理水の BOD を測定した場合、透視度等が良好であっても、硝化反応による酸素消費が原因で、異常に高い BOD を示す場合があることが指摘されている。¹⁾

一方、下水道の終末処理場をはじめとする他の污水处理施設は、公共用水域への環境影響をみるため、消毒後の処理水によって水質評価がなされている。

浄化槽においても、平成 17 年の浄化槽法改正により、公共用水域等の水質の保全等を図る施設であることや、放流水の水質基準が明記されたことから、浄化槽の処理機能を判断し、かつ、その放流水が環境に与える影響を的確に把握するためには、他の污水处理施設と同様に、消毒後の処理水質で評価することが適当であると考えられる。

BOD の測定方法は、日本工業規格「工場排水試験方法」(JIS K 0102) 21 で規定されており、この中には、硝化作用を抑制した BOD（以下、「C-BOD」という。）を測定する方法も示されている。有識者の中には、消毒後の処理水の BOD 測定には煩雑な残留塩素除去操作を必要とすることから、これに代えて、消毒前の C-BOD をもって浄化槽放流水の評価をおこなうことがふさわしいとする意見^{2) 3)}もあるが、消毒前後の BOD および消毒前の C-BOD の関係性に関する知見は少ない。

これらのことから、消毒前後の BOD の実態について調査するとともに、消毒前の C-BOD が消毒後の BOD の代替として妥当であるか否かについて検証し、報告するものである。

2 調査対象および調査方法

(1) 調査対象

当協会が平成 19 年 9 月～20 年 9 月に実施した 11 条検査のうち、福岡市近郊の戸建て住宅に設置されている 10 人槽以下の浄化槽（みなし浄化槽 136 基を含む）1,347 基を調査対象とした。

(2) 調査方法

調査対象の浄化槽について、消毒前後の BOD 及び消毒前の C-BOD に関するデータを収集し、解析を行った。

3 調査結果および考察

(1) 消毒前後の BOD の比較

消毒前の BOD については、消毒槽の直前の処理水とし、消毒後の BOD については、消毒槽内の処理水を、それぞれ同一の浄化槽から採取し BOD を測定した。

1) BOD 平均値と適合率

消毒前後の処理水の BOD 平均値及び BOD 適合率を表-1 に示した。

調査対象の BOD 平均値は、消毒前が 17.4mg/L、消毒後が 12.6mg/L で、その差は 4.8mg/L であった。また、その内、浄化槽の BOD 平均値は、消毒前が 13.5mg/L、消毒後が 10.1mg/L で、その差は 3.4mg/L であった。

一方、みなし浄化槽の BOD 平均値は、消毒前が 52.0mg/L、消毒後が 35.0mg/L で、その差は 17.0mg/L であった。BOD 平均値では、浄化槽とみなし浄化槽のいずれも消毒後が低かった。

また、浄化槽およびみなし浄化槽の BOD 基準値 (20mg/L および 90mg/L) 以下の割合を BOD 適合率として、消毒前後の BOD を整理した。その結果、浄化槽の BOD 適合率は消毒前が 80.9%、消毒後が 89.0%、みなし浄化槽では消毒前が 83.8%、消毒後が 91.9%であり、浄化槽とみなし浄化槽のいずれも消毒後の BOD 適合率が高かった。

表-1 消毒前後の処理水の BOD 比較

		平均 BOD (mg/L)	BOD 適合率
総合	消毒前	17.4	82.4%
	消毒後	12.6	90.5%
	差	4.8	-8.1%
浄化槽	消毒前	13.5	80.9%
	消毒後	10.1	89.0%
	差	3.4	-8.1%
みなし浄化槽	消毒前	52.0	83.8%
	消毒後	35.0	91.9%
	差	17.0	-8.1%

2) BOD の分布

消毒前後の処理水の BOD 分布を図-1 に示した。

これによると、BOD10mg/L 以下の濃度区分では、消毒前が 681 基 (50.6%)、消毒後が 885 基 (65.7%)、BOD11~20mg/L の濃度区分では、消毒前が 345 基 (25.6%)、消毒後が 264 基 (19.6%) であり、消毒後の BOD の方が、より低値側に分布していることがわかった。

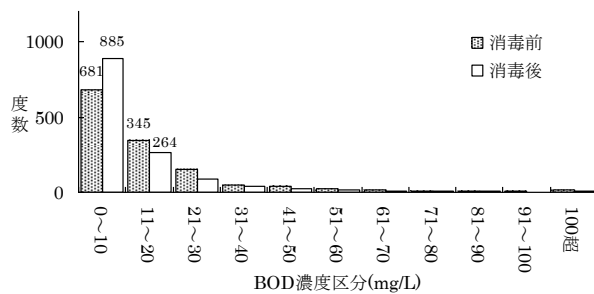


図-1 消毒前後の処理水のBOD度数分布

(2) 消毒前後の BOD の差

1) 消毒前後の BOD の差の割合

同一浄化槽の消毒前後の BOD の差について、「消毒後の BOD が低い浄化槽」、「消毒後の BOD が高い浄化槽」、「差がない浄化槽」に区分したときのそれぞれの割合を図-2 に示した。

これによると、消毒後の BOD が低い浄化槽が 73.8% (n=994)、消毒後の BOD

が高い浄化槽が 23.3% (n=314)、差がない浄化槽が 2.9% (n=39) を占めていることがわかる。

以上のように、消毒後の BOD が低い浄化槽が多数を占めた一方で、消毒後に BOD が高くなるものもあった。

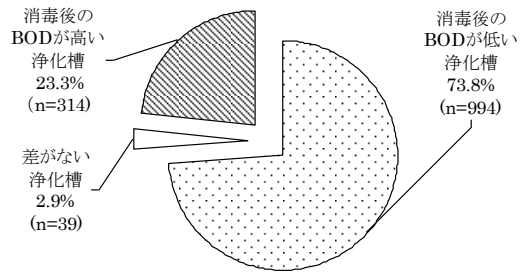


図-2 消毒前後の処理水のBODの差の比較

2) 消毒前後の BOD の差の分布

同一浄化槽の消毒前後の BOD の差について、消毒後の BOD が低いものを「+」、消毒後の BOD が高いものを「-」に整理した場合の度数分布を図-3. 1 に示した。

これによると、消毒後の BOD が低いものは、図の中心から右側に、逆に消毒後の BOD が高いものが左側に分布しており、消毒後の BOD が低いものが多くを占めていることがわかる。

なお、BOD の差が ± 5 mg/L 内に多く分布していることから、この範囲内にあったものの度数分布をあらためて図-3. 2 に示した。

図-3. 1 および図-3. 2 から、消毒後の BOD が消毒前と比較して 2 を超えて低い浄化槽は 654 基 (48.6%) に対し、消毒後の BOD が消毒前と比較して 2 以上高くなったものは 156 基 (11.6%) であることがわかる。

このように、消毒後の BOD が低い浄化槽は、消毒後の BOD が高い浄化槽より多かった。

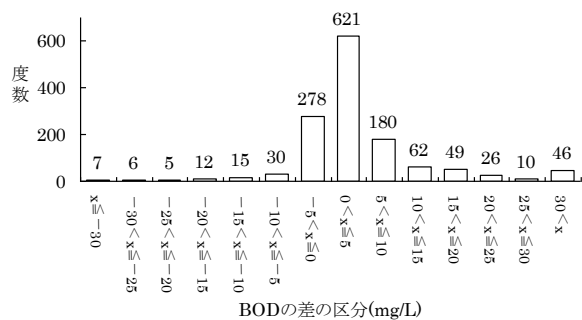


図-3. 1 消毒前後のBODの差の分布

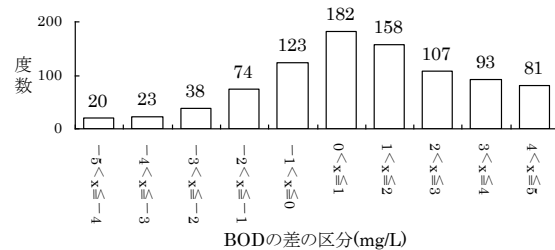


図-3. 2 消毒前後のBODの差の分布 (-5超5以下)

3) 消毒前後の BOD の差の要因

BOD は、好気性微生物によって炭素系有機物が分解されるときに消費した溶存酸素量 (C-BOD) と、硝化細菌 (ニトロソモナス、ニトロバクターなど) によって窒素系化合物が分解されるときに消費した溶存酸素量 (N-BOD) とに大別される。一般に N-BOD は、窒素化合物の量に対応せず、硝化細菌の量によって変化するため⁴⁾、浄化槽のような窒素分を多く含む汚水を生物化学的に処理する施設の放流水においては、硝化細菌が高濃度である場合が多く、N-BOD が高くなりやすい。

一方、浄化槽処理水の消毒に用いられる塩素系消毒剤は、細菌に対して糖代謝酵素を阻害したり、細胞構造を破壊したりするなどして消毒効果を現す。⁵⁾

文献によると、残留塩素濃度が 0.5mg/L 以上であった場合に、亜硝酸細菌濃度は 10² 個/mL 以下となり、N-BOD は 2 mg/L 以下を示すとの報告もある。²⁾

すなわち、消毒後の BOD が消毒前と比較して低値を示したのは、塩素消毒による硝化細菌の生菌数、およびこれによる酸素消費量が減少し、その結果、N-BOD が減少したことによるものと考えられる。

このことにより、消毒前後では BOD の結果に差が生じることも考えられ、ひいては法定検査の総合判定に影響を与える場合もあると推測される。

(3) 消毒後の BOD と消毒前の C-BOD との関係

塩素消毒による N-BOD への影響について検証するため、硝化を抑制する方法で消毒前の C-BOD を測定し、消毒後の BOD については前述の調査と同様に同一の浄化槽から採取して BOD を測定した。

1) BOD 平均値と適合率

消毒前の C-BOD と消毒後の BOD の平均値について表-2 に示した。

調査対象の平均値は、消毒前の C-BOD が 11.3mg/L、消毒後の BOD が 12.6mg/L で、その差は 1.3mg/L であった。また、その内、浄化槽の BOD 平均値は、消毒前の C-BOD が 9.3mg/L、消毒後の BOD が 10.1mg/L で、その差は 0.7mg/L であった。

一方、みなし浄化槽の平均値は、消毒前の C-BOD が 29.1mg/L、消毒後の BOD が 35.0mg/L で、その差は 5.9mg/L であった。

BOD 平均値は、浄化槽とみなし浄化槽のいずれも消毒後が高いが、表-1 の消毒前後の平均値の差と比較するとその差は小さい。

また、浄化槽およびみなし浄化槽の BOD 基準値 (20mg/L および 90mg/L) 以下の割合を BOD 適合率として、両者の BOD を整理した。その結果、浄化槽の BOD 適合率は消毒前の C-BOD が 91.1%、消毒後の BOD が 89.0%、みなし浄化槽では消毒前の C-BOD が 94.9%、消毒後の BOD が 91.9% であり、浄化槽とみなし浄化槽のいずれも消毒後の BOD 適合率が低い、その差は小さい。

表-2 消毒前の C-BOD と消毒後の BOD 比較

	平均 BOD (mg/L)	BOD 適合率
総合	消毒前 C-BOD	11.3
	消毒後 BOD	12.6
	差	-1.3
浄化槽	消毒前 C-BOD	9.3
	消毒後 BOD	10.1
	差	-0.7
みなし浄化槽	消毒前 C-BOD	29.1
	消毒後 BOD	35.0
	差	-5.9

2) BOD の度数分布

消毒前の C-BOD と消毒後の BOD の度数分布を図-4 に示した。

図-4 から、BOD10mg/L 以下の濃度区分では、消毒前の C-BOD が 886 基 (65.8%)、消毒後の BOD が 885 基 (65.7%)、BOD11~20mg/L では、消毒前の C-BOD が 291 基 (21.6%)、消毒後の BOD

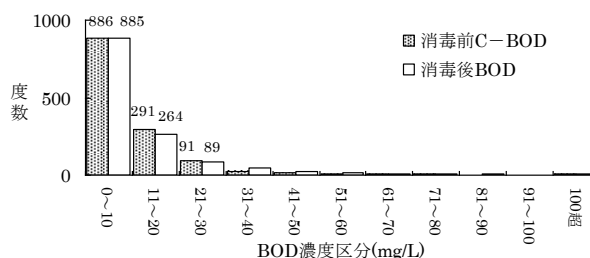


図-4 消毒前C-BODと消毒後BODとの度数分布比較

が 264 基 (19.6%) であり、両者の分布は非常に近似している。また、図-1 と図-4 を比較しても、消毒後の BOD 分布が消毒前の C-BOD 分布に近いことが確認できる。

3) 消毒前の C-BOD と消毒後の BOD との差の分布

同一浄化槽の消毒前の C-BOD と消毒後の BOD との差について、消毒前の C-BOD が低いものを「-」、消毒前の C-BOD が高いものを「+」に整理した場合の度数分布を図-5. 1 に示した。

これによると、±5 mg/L 内の差の区分に 1,056 基 (78.4%) が存在しており、両者の差が小さい浄化槽が多数を占めていることがわかる。また、消毒前後の BOD の差の分布を示した図-3. 1 と比較しても、このことがわかる。

なお、BOD の差が ±5 mg/L 内であったものの度数分布を図-5. 2 に示した。これによると、差が ±2 mg/L 内の区分に 714 基 (53.0%) が存在しており、このことから、両者の差は小さいといえる。

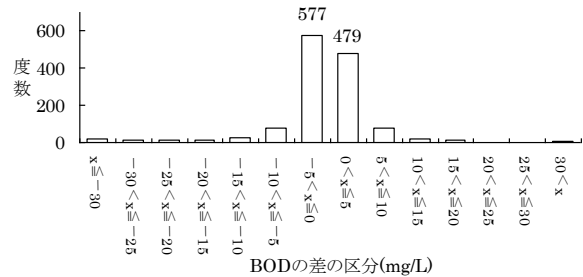


図-5. 1 消毒前C-BODと消毒後BODの差の分布

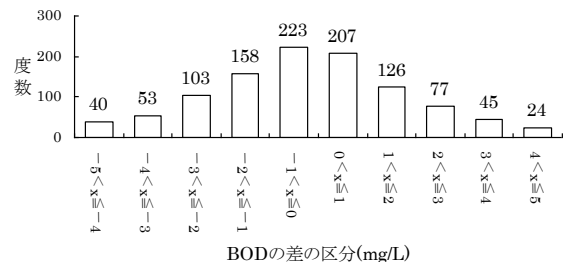


図-5. 2 消毒前C-BODと消毒後BODの差の分布 (-5超5以下)

4) 消毒前の C-BOD と消毒後の BOD が近似する要因

硝化作用を抑制した BOD の測定方法で用いられる硝化抑制剤アシルチオ尿素(以下、「ATU」という。)は、亜硝酸菌の硝化反応を抑制することで、N-BOD を抑制する。⁶⁾

一方、塩素消毒剤は、前述のとおり、硝化細菌の生菌数、およびこれによる酸素消費量を減少させ、結果的に N-BOD を抑制する。塩素消毒剤および ATU の硝化抑制機構は異なるが、どちらも硝化菌の活動に作用し、N-BOD が抑制されたため、消毒前の C-BOD と消毒後の BOD が近似したものと推測する。

以上のことから、硝化を抑制した BOD の測定方法は、消毒後の処理水の BOD を代替する測定方法として妥当であるといえる。

4 まとめ

消毒前後の BOD の調査結果を以下にまとめる。

(1) 消毒前の BOD と消毒後の BOD

消毒前後の BOD 平均値は、消毒前が 17.4mg/L、消毒後が 12.6mg/L で、消毒後が 4.8mg/L 低く、73.8%の割合で消毒後の BOD が低い。

BOD 適合率は、消毒前が 82.4%、消毒後が 90.5%で、消毒後が 8.1%高い。

(2) 消毒前の C-BOD と消毒後の BOD

それぞれの平均値は、消毒前の C-BOD が 11.3mg/L、消毒後の BOD が 12.6mg/L で、消毒後の BOD が 1.3mg/L 高い。

BOD 適合率は、消毒前の C-BOD が 93.0%、消毒後の BOD が 90.5%で、消毒後が 2.5%低くなるが、両者の BOD 度数分布を比較したところ、その分布は非常に近似する。

(3) 消毒前後の BOD の差の要因

消毒後の BOD が消毒前の BOD と比較して低値を示すのは、塩素消毒による硝化細菌の生菌数、およびこれによる酸素消費量が減少し、N-BOD が減少するためと考えられる。このことにより、消毒前後では BOD の結果に差が生じることも考えられ、ひいては法定検査の総合判定に影響を与える場合もあると推測される。

(4) 硝化を抑制した BOD 測定方法の妥当性

消毒後の処理水の BOD は、消毒前の BOD よりも消毒前の C-BOD に近い。このことから、硝化を抑制した BOD の測定方法は、消毒後の処理水の BOD を代替する測定方法として、妥当であるといえる。

平成 17 年の浄化槽法の改正により、浄化槽の目的に「公共用水域等の水質の保全」が明示されたことから、浄化槽の処理機能を判断し、かつ、公共用水域への影響を判断するため、消毒後の処理水、あるいは消毒後の処理水と同程度の値を示す C-BOD へ変更することを検討する必要があるのではないかと考える。

参考文献

- 1) 財団法人 日本環境整備教育センター : 浄化槽の維持管理
- 2) 渡辺孝雄 矢橋毅 大森英昭 北尾高嶺 : 接触ばっ気槽からの硝化細菌の流出現象と N-BOD への影響
- 3) 濱本哲郎 中原亜紀子 寺田和光 古野善久 : 浄化槽放流水の水質 (1997～2001)
- 4) 並木博 : 詳解 工場排水試験方法 改訂 4 版
- 5) 金子光美 : 水の消毒 第 4 章 消毒の機構
- 6) 桜井久夫 : BOD 測定における窒素化合物に及ぼす消化菌の影響について