

## 季節変化による単独・合併処理浄化槽処理水の藻類生長阻害への影響

東洋大学大学院 学生会員 ○陳 凱杰

東洋大学 正会員 山崎 宏史

### 1. はじめに

排水管理手法である WET(全排水毒性)試験は、生物影響を化学物質量ではなく生物作用量で評価するものであり、排水中に含まれる全ての化学物質による生物影響を評価することが可能であるという特長を有する。発表者らは、既往研究において、2020 年度夏期、冬期における浄化槽処理水および生活雑排水を用いて、WET 試験に基づく藻類生長阻害試験を実施した。その結果、調査対象となった合併処理浄化槽処理水のうち 35%、単独処理浄化槽処理水のうち 93%の処理水において、藻類に対する生長阻害影響を確認した。一方、Takeda ら<sup>1)</sup>は、下水道処理水に対し同様の調査を行い、冬季における下水道終末処理場の水温低下に伴う硝化活性の低下に伴い、窒素成分濃度が増加し、下水道処理水の藻類生長阻害が増加することを報告している。下水道と異なり、浄化槽は生活排水のみが流入すると共に、各家庭により流入水量・水質等が異なることが考えられ、一方、下水道と同様に、冬季における水温低下による処理水質の変化および藻類生長阻害への影響があるものと考えられる。

そこで本研究では、採取季節の異なる単独・合併処理浄化槽処理水の水質及び藻類生長阻害効果の違いを水質測定と藻類生長阻害試験(Algal Growth Inhibition, AGI)と合わせて評価した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 藻類生長阻害試験(AGI)

AGI に用いた藻類は、国立環境研究所より分譲され、その後研究室内恒温温室で継体培養しているムレミカヅキモ (*Pseudokirchneriella subcapitata*) を用いた。浄化槽処理水を対象とした各試料を適宜希釈し C 培地作製時と同等の栄養塩を添加した<sup>2)</sup>。ビオルックス(4,000lx 以上)照明下で 72 時間 23±1℃、100 rpm 回転振とうを行った。初期細胞濃度は 5,000[cells/mL]に設定し、対照区(0%濃度区)は 24 時間ごと、試験区(80%濃度区)は試験開始から 72 時間後に細胞数の測定を行い、試験区

の平均生長速度を計算した。また、試験区と対照区それぞれの平均生長速度を式(1)により求めた。平均生長速度より生長阻害率を式(2)により求め、この生長阻害率を生物影響の指標とした。

$$\mu = \frac{\ln C_1 - \ln C_0}{t} \quad (1)$$

$\mu$  : 生長速度 (/day)

$C_1$  : t 経過後の細胞濃度 (cells/mL)

$C_0$  : 初期細胞濃度(cells/mL)

t : 培養時間 (day)

$$I = \frac{\mu_c - \mu_t}{\mu_c} \times 100\% \quad (2)$$

I : 生長阻害率(%)

$\mu_c$  : 対照区における平均生長速度(/day)

$\mu_t$  : 試験区における平均生長速度(/day)

#### 2.2 試料水

試料水は、単独・合併処理浄化槽処理水を対象に、2021 年度から 2022 年度の夏期(7 月～9 月)と冬期(12 月～2 月)に分けて 3 シーズンで計 117 ヶ所からランダムに採水した。各試料は採水後、所定の時間内に研究室へ持ち帰った後、AGI に支障がないよう、0.2 $\mu$ m ポアサイズのフィルターでろ過滅菌を行った。各試料を AGI に供すると共に、JIS K 0102 に準拠した水質分析も行った。

#### 2.3 統計解析

本研究では、夏季、冬季と季節の異なる単独・合併処理浄化槽処理水試料水の各水質分析項目及び試験区の生長阻害率に対して、解析ソフト EZR を用いて有意差検定を行った。各試験区における生長速度に対し、R Studio を用いて Bartlett 検定、Dunnnett 検定と Steel 検定を実施し、対照区と試験区の生長速度における有意差の有無(有意水準 $\alpha=0.05$ )を評価した。

### 3. 結果と考察

夏期、冬期の単独・合併処理浄化槽処理水の水質結果を表 1 に、AGI の結果を表 2 にそれぞれ示した。単

キーワード 藻類生長阻害試験(AGI), 排水管理, *Pseudokirchneriella subcapitata*, 浄化槽

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 E-mail:yamazaki058@toyo.jp

表1 夏季, 冬季における単独・合併処理浄化槽  
処理水質結果

項目		合併 冬	合併 夏	単独 冬	単独 夏
NH <sub>4</sub> -N	最大	52	41	110	149
	平均	12	6.7	62	38
(mg/L)	最小	0.58	N.D.	20	2
NO <sub>2</sub> -N	最大	9.4	1.1	14	68
	平均	0.97	0.12	2.9	6.4
(mg/L)	最小	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
NO <sub>3</sub> -N	最大	30	33	130	116
	平均	4.6	9.1	37	39
(mg/L)	最小	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BOD	最大	44	37	86	31
	平均	12	8.6	23	11
(mg/L)	最小	3.5	0.4	3.1	0.48
PO <sub>4</sub> -P	最大	5.4	13	22	35
	平均	2.6	3.4	11	15
(mg/L)	最小	0.5	N.D.	4	3.6
pH	最大	7.64	7.71	8.15	7.99
	平均	6.92	7.04	7.1	6.38
	最小	6.07	5.55	5.54	2.33
NH <sub>3</sub> -N	最大	0.68	0.47	5.1	2.11
	平均	0.12	0.07	1.28	0.24
(mg/L)	最小	N.A.	N.A.	0.01	N.A.

N.D.: 検出下限以下(not detected)

表2 AGI 試験結果

	障害あり率	平均生長阻害率
合併	31件/61件	14.9%
単独	53件/56件	43.7%

単独処理浄化槽は、窒素成分、リン成分を多く含むトイレ排水のみを対象とする処理施設であるため、単独処理浄化槽処理水の平均各窒素濃度、平均 PO<sub>4</sub>-P 濃度は合併処理浄化槽処理水より有意に高い結果が得られた ( $p < 0.01$ )。一方、BOD に有意な違いは確認できなかった ( $p > 0.05$ )、既往研究において藻類生長に有害があるとされる非イオンアンモニア (NH<sub>3</sub>-N) は、単独処理浄化槽処理水において、合併処理浄化槽処理水より 3~10 倍高いことが確認された。単独・合併処理浄化槽処理水の季節による水温変化に伴う影響を明らかにするため、夏期、冬期に分けて処理水質の評価を行った。合併処理浄化槽処理水では、NO<sub>2</sub>-N のみ冬季に有意に増加した ( $p < 0.01$ )。竹田らは、下水処理場における低水温による硝化反応への影響は、亜硝酸酸化の方で顕著であると報告しており<sup>3)</sup>、それと同様な傾向であった。一方、単独処理浄化槽処理水では、BOD、NH<sub>4</sub>-N の各項目に

において、冬季平均濃度が夏季より有意に増加した ( $p < 0.01$ )。低水温による硝化反応への影響として、BOD が高く残存しているため、アンモニア酸化の方が阻害されたと考えられた。

表2で示したとおり、本研究に用いた合併処理浄化槽処理水 80%濃度区を対象とした平均藻類生長阻害率は 14.9%であり、単独処理浄化槽処理水の 43.7%と比べ有意に低いことが確認された ( $p < 0.01$ )。また、53 件/56 件とほぼ全ての単独処理浄化槽処理水において、藻類に有害影響が示された一方、31 件/61 件の合併処理浄化槽処理水でも、影響の程度は少ないが藻類に有害影響を及ぼすことも明らかになった。単独処理浄化槽処理水の平均藻類生長阻害率が高い理由は、NH<sub>4</sub>-N および pH から算出した NH<sub>3</sub>-N が藻類生長に有害影響を及ぼしていると考えられた。一方、単独・合併処理浄化槽それぞれの処理水に対する藻類生長阻害率は、夏季と冬季の比較で、有意な違いを確認できなかった ( $p > 0.05$ )。そのため、夏期、冬期の合併処理浄化槽処理水において、有意差を確認した NO<sub>2</sub>-N 濃度は、藻類生長には影響を及ぼさないと考えられた。

以上の結果から、下水道処理水と同様、浄化槽処理水の水質は季節により変動するものの、本研究で対象とした浄化槽処理水質の変動は藻類生長阻害に影響変化を及ぼさないと考えられた。この原因として(1)変動している水質項目は藻類生長阻害に影響を及ぼし難い、(2)処理水が中性付近であるため藻類生長に有害な NH<sub>3</sub>-N 濃度が大きく変動しないこと等が考えられた。

#### 4. まとめ

本研究では、夏季、冬季における単独・合併処理浄化槽処理水を採水し、水質分析と共に AGI 試験を実施し、有意差検定を用い、結果を評価した。その結果、合併処理浄化槽では NO<sub>2</sub>-N に、単独処理浄化槽では BOD、NH<sub>4</sub>-N にそれぞれ季節の差異が認められた。一方、浄化槽処理水の藻類生長阻害は季節変動により影響変化を受けにくいと考えられた。

#### 参考文献

- 1) Takeda, et al. J. Wat. Env. Tech., 15, 3, 96-105, 2017, DOI: 10.2965/jwet.16-051
- 2) 排水管理のバイオアッセイ技術検討分科会:生物応答を用いた排水試験法(検討案)第3版, 2015
- 3) 竹田ら, 亜硝酸型硝化の解消の運転対応について, 東京都下水道局技術調査年報, 169-176, 2000