

下水処理水放流河川の *Raphidocelis subcapitata* への安全性評価-抗菌剤を対象として-

岩手大学 学生会員 ○岩瀬濤司 伊藤来夢
 岩手大学 非会員 笹本誠 正会員 石川奈緒 伊藤歩
 岩手県環境保健研究センター 伊藤朋子

1. 背景

人に使用した抗菌剤は生活排水とともに下水処理場に流入する。下水処理過程で除去されない抗菌剤は放流水とともに周辺の水環境に放流され、水域生態系に悪影響を及ぼすことが予想される。そこで本研究では下水処理水放流河川から採取した河川水について藻類を用いた短期毒性試験を行い、安全性を評価した。また、3種類のサルファ剤（スルファメサジン(SMZ)、スルファメトキサゾール(SMXZ)、スルファピリジン(SPD))を対象にした短期毒性試験を行い、無影響濃度(EC₅₀)を求めた。

2. 実験方法

2-1. 採水

図-1 で示した 5 箇所の採水地点において春（2022年6月22日）と、夏（2022年8月22日）及び秋（2022年11月8日）に水試料を採取した。実験には孔径 1.2 μm のガラス繊維ろ紙（Whatman, GF/C）でろ過したものを短期毒性試験に用いるとともに、オートアナライザーにて栄養塩類を測定した。



図-1 試料水採取地点

2-2. 短期毒性試験

短期毒性試験は OECD のテストガイドラインに基づき、被験生物として緑藻 *R. subcapitata* を用いて実施し

た。試験は2種類実施した。1つは2-1で採取した5地点の水試料での試験（実験①）であり、もう1つは3種類のサルファ剤の EC₅₀ を求めるため、数段階の濃度の各サルファ剤溶液を用いた試験（実験②）である。各実験条件を表-1に示す。試験液に100倍濃縮培地と前培養を行っていた藻類培養液を緑藻 *R. subcapitata* の初期細胞濃度が 5×10^3 cells/mL となるように添加した。培養開始後、0、12、24、48、72時間目に試料を採取し、デイスコ細胞計算盤で藻類の細胞数を計数した。相対細胞濃度、比生長速度 μ および生長障害率 $I(\%)$ を次式より算出した。

$$\text{相対細胞濃度} = \frac{t \text{時間目の細胞濃度} [\text{cells/mL}]}{0 \text{時間目の細胞濃度} [\text{cells/mL}]} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{\ln N_2 - \ln N_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

t_1, t_2 : 藻類が対数増殖している任意の時間 [min]

N_1, N_2 : 時間 t_1 および t_2 の細胞濃度 [cells/mL]

$$I = \frac{\mu_0 - \mu}{\mu_0} \times 100 \quad (3)$$

μ_0 : Control の比成長速度 [min^{-1}]

μ : 各濃度の比生長速度 [min^{-1}]

表-1 実験条件

実験①		実験②	
条件	河川水	条件	各種抗菌剤
①	Control	①	Control
②	見前川上流	②	1 mg/L
③	下水処理放流水	③	0.5 mg/L
④	見前川下流	④	0.1 mg/L
⑤	北上川上流	⑤	0.05 mg/L
⑥	北上川下流	⑥	0.01 mg/L

3. 結果と考察

3-1. 河川水の栄養塩類

図-1に河川水の PO₄-P と T-P の測定結果を、図-2に NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N および、T-N の測定結果を示す。どの濃度も下水放流水で最も高く、見前川の下流では

キーワード: 河川 抗菌剤 下水処理放流水 ムレミカヅキモ 短期毒性試験

連絡先: 岩手大学 岩手県盛岡市上田 4-3-5 TEL: 019-621-6982

希釈により濃度が低下し、北上川では下水処理放流水の影響はほとんど見られなかった。

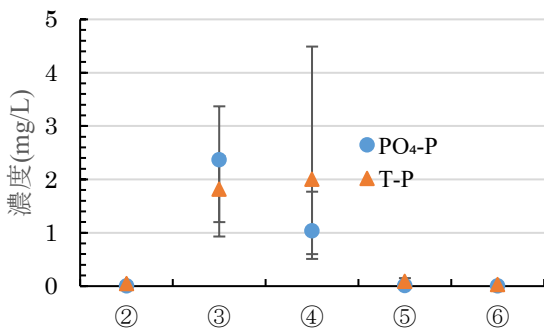


図-2 各地点の PO₄-P、T-P の濃度

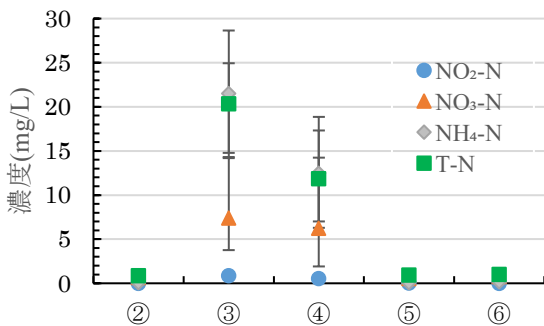


図-3 各地点の NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、T-N の濃度

3-2. 短期毒性試験



図-4 河川水の藻類への生長阻害率

図-4 に短期毒性試験で求めた生長阻害率を示す。③と④では生長阻害率がマイナスとなり、Control よりも生長が促進された。特に一番阻害率が低かったのは④であった。秋に採水した下水処理水放流水中で主に検出された 6 種類の抗菌剤濃度はアジスロマイシン 0.81 μg/L、クラリスロマイシン 0.82 μg/L、ロキシスロマイシン 0.17 μg/L、レボフロキサシン 0.44 μg/L、SMXZ 0.53 μg/L、SPD 0.82 μg/L であり、これらの濃度はこれまで報告されている無影響濃度や EC₁₀ よりも 1 桁以上低いため、下水処理放流水は *R. subcapitata* に生長阻害を引き起こさないと考えられる。一方で図-2 や図-3 に示されるように③と④では栄養塩濃度が高く、このことが Control より③と④で生長が促進される (図-4)

要因と考えられる。また、各地点での遊離残留塩素濃度は 0.05 mg/L 未満であり、*R. subcapitata* にはほとんど影響はない¹⁾。しかし③のみ結合残留塩素濃度が 0.35 mg/L と *R. subcapitata* に毒性を示す濃度²⁾で検出された。このことから、③での生長阻害率が④よりも高い要因は結合残留塩素濃度であることが示唆された。

3-3. 3 種のサルファ剤の藻類への安全性評価

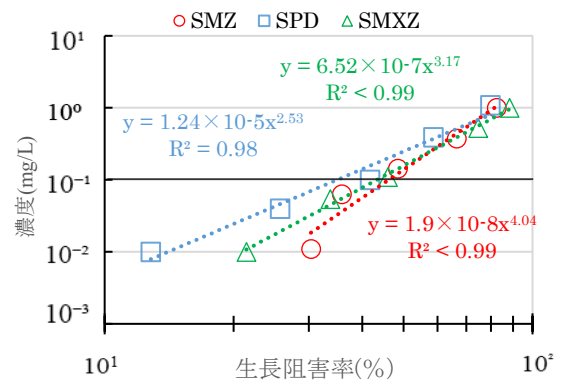


図-5 3 種の抗菌剤の濃度と生長阻害率の関係

本研究で求めた 3 種類のサルファ剤の EC₅₀ と既存の報告値との比較を表-2 に示す。SMZ はこれまでの報告値より 2 倍程度高く、SMXZ と SPD は低かった。

表-2 求めた EC₅₀ 値の既存の実験との比較

	本研究	既存の研究
SMZ	0.139	0.056
SPD	0.248	0.475
SMXZ	0.158	0.49

4. まとめ

本研究では、生産者として水域生態系を支える緑藻 *R. subcapitata* を用い、下水処理放流水が流入する河川の安全性を評価した。河川水中の抗菌剤は藻類への短期的には生長阻害には影響せず、下水処理水放流後の見前川下流では栄養塩類の影響で藻類の生長が促進されている可能性があることが示された。

謝辞: 本研究の一部は一般社団法人東北地域づくり協会技術開発支援 (2022-2) および岩手大学ソフトパス理工学センター補助金で実施されました。

引用文献

- 1) 武田ら, 日本水処理生物学会誌, 51, 95-103, 2015.
- 2) 山本裕史ら, 土木学会論文集 G (環境), 69, III_375-III_384, 2013