

藻類生長阻害試験を用いた玉川中和処理施設における毒性低減効果の評価

秋田工業高等専門学校 創造システム工学科 土木・建築系 非会員 ○渡邊優輔、藤田魁
正会員 金主鉉 増田周平

1. はじめに

玉川（秋田県）は、大噴とよばれる湧出口から噴出する pH 1.1 の強酸性泉が流れ込んでいるため、玉川毒水ともいわれている。大噴からは、水温 97℃の強酸性泉が毎分 5,000~15,000 L が湧出している。

現在、田沢湖は大噴から湧き出ている玉川毒水を 1940 年から導水を始め、過去に生息していたヒメマス (*Oncorhynchus nerka*)、ナマズ(*Silurus asotus*)、固有種であるクニマス(*Oncorhynchus kawamurae*)は姿を消してしまった。玉川の酸性水は 20~30%のコメの減収をもたらし、80 km 下流の水田 2,400 ha に被害を及ぼしたといわれている。さらに農業はもちろんのこと、生活水にも適さず、発電・河川構造物にも被害を与えるなど、流域住民にとってこの玉川の水質改善は長年の悲願となっている。国ではこれらの経緯を踏まえ、国土交通省(旧建設省)が実施している玉川ダム事業の一環として、酸性水中和処理施設を建設し、対策に取り組んでいる。これにより、以前は直接渋黒川(玉川に注ぐ川)へ流出していた玉川温泉の約 95%を中和処理することができ、pH 3.5 以上で放流している。しかし、田沢湖の pH は依然として 5.3 と、低い状態の現状である。また、玉川毒水に多く含まれている重金属イオンやフッ素イオンといった水生生物に大きな影響を及ぼす物質の処理も未解決のままであり、既存の中和処理対策だけで生物相の回復が期待できるかについてはバイオアッセイ等の生物検定による検証が必要と考えられる。

そこで本研究では、玉川中和処理施設によって玉川毒水がどの程度毒性低減されて下流に放流されているのか、ムレミカツキモ (*Raphidocelis subcapitata*) を用いた藻類生長阻害試験から、その毒性レベルを明らかにしたので報告する。

2. 実験方法

採水地点を図 1 に示す。採水は 2021 年 10 月 18 日に行った。玉川源泉、玉川に流入する河川水、中和処理水の、実験の際は玉川源泉と玉川に流入する河川水を 220:400 で混合し、中和前河川水とした。中和処理水は

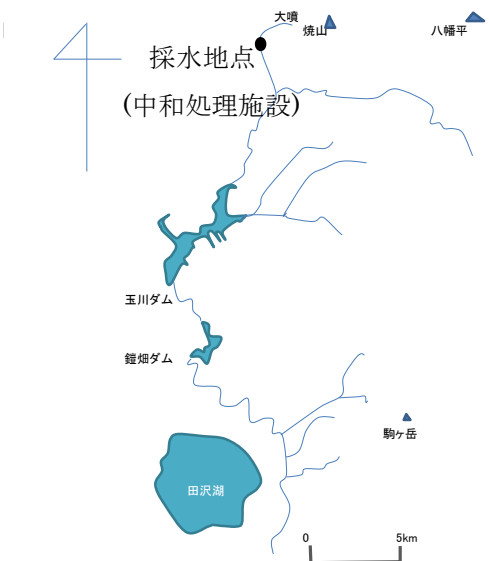


図 1 調査地点及び田沢湖流域

ろ過処理を行ったものと、pH 調整及びろ過処理を行ったもので実験を行った。水質分析の結果、玉川源泉は pH 1.3、溶存酸素 4.8 mg/L、電気伝導度 2,750 mS/m、玉川に流入する河川水は pH 4.0、溶存酸素 11.5 mg/L、電気伝導度 15.28 mS/m、中和処理水は pH 3.7、溶存酸素 7.22mg/L、電気伝導度 425 mS/m、中和前河川水は pH 1.6、電気伝導度 1,268 mS/m であった。試験は供試生物として国立環境研究所から分譲されたムレミカツキモ (*Raphidocelis subcapitata*, NIES-35 株) を秋田高専内の実験室で継代培養したものを使用した。培地は OECD 培地とし、試験水の希釈も培地で行った。72 時間での生長速度の阻害を調べ、試験区を対照区 6 連と 6 濃度区(0.625~20%、5~95%)3 連、公比 2 とした。

詳細な試験濃度は、中和前河川水 0%、0.625%、1.25%、2.5%、5%、10%、20%とし、中和処理水(ろ過)、中和処理水(pH 調整、ろ過)は 0%、5%、10%、20%、40%、80%、95%の 7 濃度区とした。各濃度区の pH を表 1 に示す。

表 1 各濃度区の pH

	濃度区(%)	0	0.625	1.25	2.5	5	10	20
中和前河川水	pH	8.9	5.7	4.1	3.1	2.7	2.4	2.0
	濃度区(%)	0	5	10	20	40	80	95
中和処理水(ろ過)	pH	8.9	6.4	5.4	4.7	4.4	3.6	3.4
中和処理水(pH調整、ろ過)	pH	8.9	8.7	8.5	8.2	7.6	6.9	6.9

3. 実験結果と考察

実験結果を図 2 から図 4、毒性レベルの変化を表 2 にまとめる。

中和前河川水は 0.625%から、中和処理水(ろ過)は 5%から、中和処理水(pH 調整、ろ過)は 10%から有意差が認められた (** $p<0.01$)。また、100 を無影響濃度 (NOEC) で除したものである単位毒性 TU は、中和前河川水の場合 160 より大きく、中和処理水(ろ過)では 20 より大きかった。中和処理水(pH 調整、ろ過)では 20 であった。半数影響濃度である EC_{50} は、プロビット法で、中和前河川水は 0.8%、中和処理水(ろ過)は 8.6%、中和処理水 (pH 調整、ろ過)では 95%以上と毒性の低減効果が現れた。水質分析の結果、水生生物に対する毒性物質群として考えられるフッ素、ホウ素、アルミニウム濃度は、玉川温泉水 82 mg-F/L、16 mg-B/L、140 mg-Al/L、中和処理水(ろ過)では、31 mg-F/L、6.3 mg-B/L、56 mg-Al/L、中和処理水(pH 調整、ろ過)では、9.5 mg-F/L、6.2 mg-B/L、1.9 mg-Al/L で、中和処理を強化し、凝集・沈殿物を除去すれば、アルミニウム濃度は大きく低下する。

ホウ素及びその化合物、フッ素及びフッ化物、アルミニウムの藻類に対する既往の試験結果と比較すると 1),2),3),4)、影響が大きい毒性物質はアルミニウムと考えられるが、アルミニウムに加えてフッ素、ホウ素が同時に関与した複合毒性も考えられる。

4. まとめ

玉川中和処理施設による中和前河川水及び中和処理水(ろ過)、さらに実験室で pH 調整後ろ過(0.45 μ m)を行った中和処理水に対して藻類生長阻害試験を行った。

その結果、中和処理による藻類生長阻害の低減効果は約 8 倍以上で、中和処理水の pH をさらに中性にすれば、半数影響濃度は著しく大きくなり、更なる毒性低減効果が予測できた。

今後は、フッ素、ホウ素、アルミニウムなどの予備毒性物質群に対する検討が必要と考える。

参考文献

- 1)財団法人化学物質評価研究機構(2008)有害性評価書、ver.1.0、No.127、ホウ素及びその化合物、8-13
- 2)環境省(2013) 環境中での化学物質による生態影響の可能性、資料 4-3
- 3)Megan L.Gillmore 他(2016) Toxicity of dissolved and precipitated aluminium to marine diatoms, Aquatic Toxicology 174, 82-91

4)佐々木 貴史他(2006)付着藻類を指標としたアルミニウムの河川生態系への影響に関する基礎的研究、環境工学研究論文集、第 43 巻、493-499.

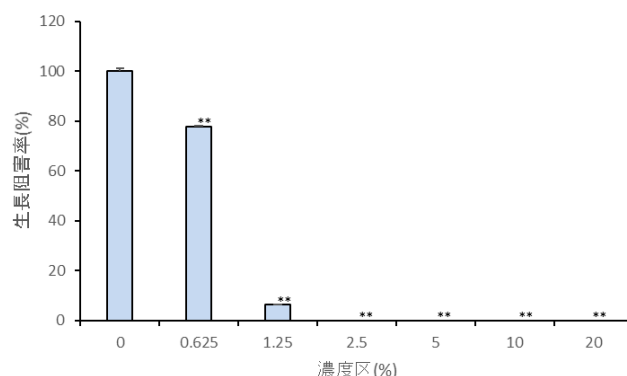


図 2 中和前河川水を用いた試験結果

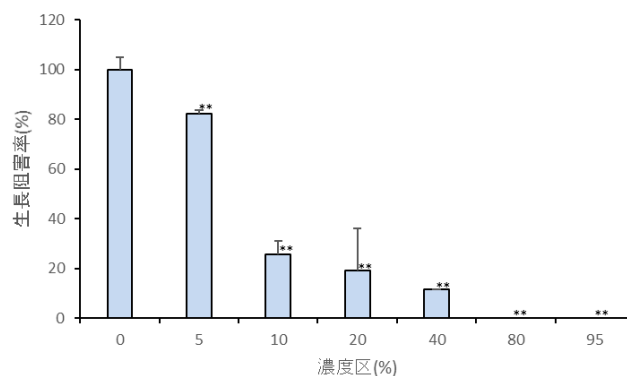


図 3 中和処理水(ろ過)を用いた試験結果

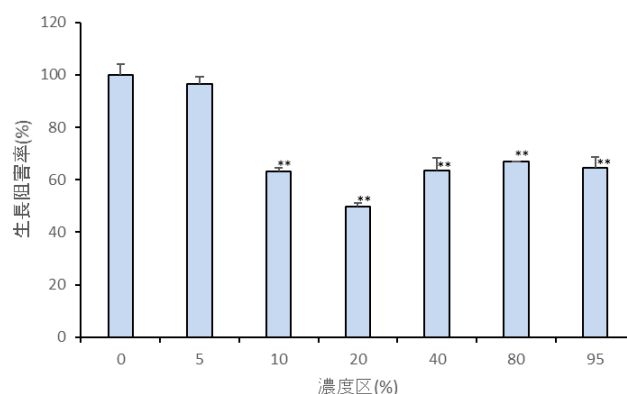


図 4 中和処理水(pH 調整、ろ過)を用いた試験結果

表 2 半数影響濃度、単位毒性

	中和前河川水	中和処理水(ろ過)	中和処理水(pH調整、ろ過)
EC_{50} (%)	0.8	8.6	>95
NOEC(%)	<0.625	<5	5
TU	>160	>20	20