

WET 法による玉川中和処理施設での毒性低減効果の評価

秋田工業高等専門学校 専攻科 グローバル地域創生工学専攻 非会員 ○富野玲奈

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 石川颯

正会員 金主鉉 増田周平

1. はじめに

秋田県仙北市にある最大水深 423.4m の日本で最も深い湖、田沢湖は現在 pH 5.3 程度の酸性湖である。昭和 15 年から農業用水や発電用水のために付近を流れる玉川の水が導入されている。この玉川には玉川温泉の大噴から湧き出る pH 1.1 の強酸性温泉水が含まれており、その影響で昭和 45 年頃には田沢湖の pH は 4.2 まで低下し、酸性湖となった。酸性化に伴いナマズやヒメマス、固有種のクニマス等の水生生物は姿を消してしまった。この問題の対策として 1991 年から玉川中和処理施設が本格的に稼働し、石灰石を用いた中和処理が行われているが、田沢湖の pH は依然として 4.9~5.2 で推移している。また、玉川温泉水に含まれているフッ素やホウ素、金属イオンなど水生生物にとって有害な物質が中和処理後も多く含まれているという問題も残っている。

本研究では、ムレミカヅキモ、ニセネコゼミジンコ、ゼブラフィッシュの 3 種類の水生生物の生物応答(WET 法)を用い、玉川中和処理施設の中和処理に伴う短期慢性毒性の低減効果、さらに現在の中和処理の目標 pH 3.5 を酸性化以前の田沢湖の pH である pH 6.7 に上げた場合、環境基準等の上限値である pH 8.5 の場合の毒性低減効果を評価し、毒性物質群の挙動と比較検討を行った。

2. 玉川中和処理施設について

玉川の上流部に位置する玉川中和処理施設は、玉川ダム建設事業の一環として建設され、1989 年 10 月に試運転、1991 年 4 月に本運転が開始された。中和処理施設では、石灰石を用いた粒状石灰中和方式で流入する酸性水の中和を行っている。粒状石灰中和方式ではコーン型の反応槽に石灰石を詰め、下から酸性水を流入させている。使用する石灰石は CaCO_3 成分が 96% 以上の物で、直径は 5~20 mm である。計画されている処理量は毎分最大 18,600 L で、1 日当たり約 40 トンの石灰石が使用されている。約 5 分間酸性水と反応させることで、pH 1.3 から pH 3.5 まで中和し、放流している。

3. 採水と実験方法

採水は図 1 に示す地点で 2021 年 10 月 18 日に行った。試験水には中和処理施設の反応槽に流入する流入水、中和処理後の処理水をろ過した処理水、処理水を pH 6.7 程度に調整した試験水、pH 8.5 に調整した試験水の 4 つとした。中和処理施設では玉川温泉水と渋黒川の河川水が 1.8 : 1 の割合で混合しながら流入し中和処理を行っていることから、中和処理施設で採水した玉川温泉水及び河川水を同じ割合で混合したものを流入水として使用した。また、処理水の pH 調整には 5M の NaOH を使用し、発生した沈殿物は孔径 0.45 μm のろ紙とメンブレンフィルターを使用し、吸引ろ過を行い除去した。

WET 試験は米国のガイダンス¹及び OECD テストガイドライン NO.201、NO.211、NO.212 に準じて行った。なお、各供試生物は国立環境研究所から分譲され、秋田高専内で飼育したものを使用した。

試験水には対象区となる水と上記の水を公比 2 で希釈した水を使用した。対象区及び希釈水として藻類生長阻害試験は OECD 培地を、ミジンコ繁殖阻害試験と魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験には硬度調整水(硬度約 65 mg/L as CaCO_3)を使用した。

4. 実験結果及び考察

図 2~図 4 に WET 試験の実験結果を示す。藻類生長阻害試験では、流入水で半数影響濃度 EC_{50} が 0.8%だったが、処理水では 8.6%、pH8.5 では 15.8%まで改善された。ミジンコ繁殖阻害試験では流入水の EC_{50} が 1.9%から、処理水では 8.35%、pH 8.5 では 54.7%まで大幅に改善された。特に魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験では孵化率の EC_{50} 及び致死率の LC_{50} が 7.1%であったが、pH

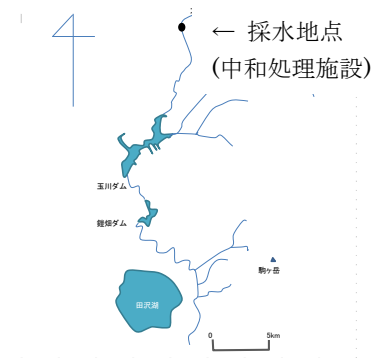


図 1 採水地点

6.7 では 100%でも十分に孵化・生存が可能という結果になった。

各試験の毒性単位と主な毒性物質群の濃度変化を表 1 に示す。TU とは最大無影響濃度 NOEC の逆数で、水生生物に対して影響を及ぼさない希釈倍率のことである。表 1 の TU の変化を見ると、3 種類の生物すべてにおいて大幅な毒性低減効果が確認できた。環境基準の上限値である pH 8.5 まで玉川中和処理水の pH を調整して沈殿除去を行えば、ニセネコゼミジンコの繁殖・生存では TU 20 から TU 2.5 となり、4 倍の水質改善が図られることになる。また、ムレミカヅキモの生長阻害は、pH 8.5 の調整で TU 10 まで低下し、放流先での 10 倍希釈を考慮して設定された現行の排水基準体系では放流可能な水準に達したといえる。前述の通りゼブラフィッシュ胚・仔魚短期慢性毒性は、処理水の pH を 6.7 まで調整することで TU は 1 となり、対象生物に対する

流入水の無害化が期待できる。以上のような pH 上昇に伴う短期慢性毒性の大幅な改善は供試生物の生長・繁殖・生存に適した pH 改善効果だけでなく、玉川中和処理水中に豊富な Fe、Al イオン²⁾が中和により水酸化物を形成しながら凝集し、沈殿物として Al、As、Zn が除去されるためと考えられる。これは、pH 8.5 において B、F を除く Al、As、Zn が検出下限値以下となったことから裏付けられる。しかし、pH 8.5 までの中和処理でも対応困難な F、B の影響は残るため、複合毒性の評価次第では対策の検討が必要となる。

参考文献

- 1) USEPA (2004) WET Implementation Guidance, EPA 832-B-04-003
- 2) NEC ファシリティーズ (2012) 平成 23 年度 温泉排水処理実証試験報告書、p.11

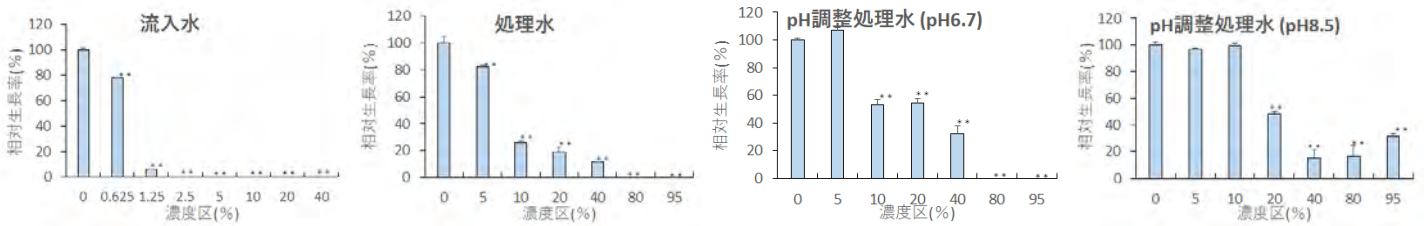


図 2 藻類生長阻害試験の結果(ムレミカヅキモ)

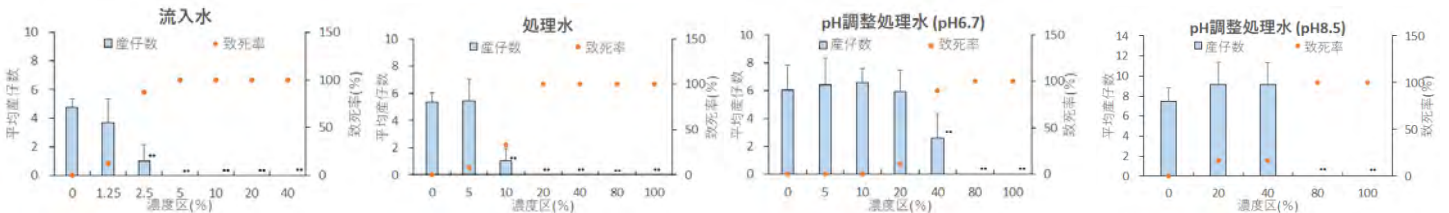


図 3 ミジンコ繁殖阻害実験の結果(ニセネコゼミジンコ)

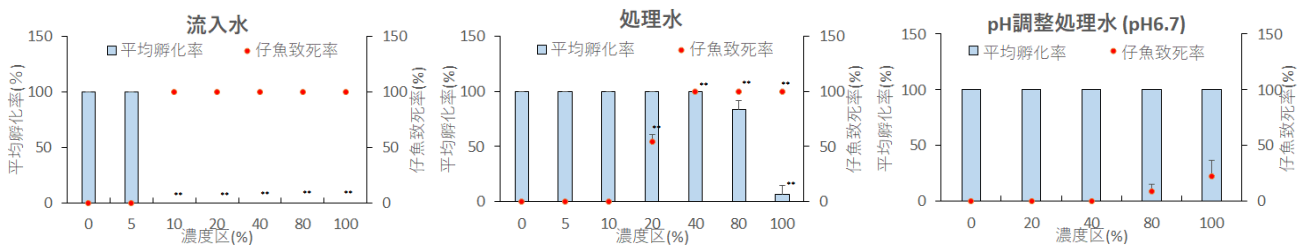


図 4 魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験の結果(ゼブラフィッシュ)

表 1 WET 試験の毒性単位と主な毒性物質群の変化

	ムレミカヅキモ			ニセネコゼミジンコ						ゼブラフィッシュ						毒性物質群の濃度(mg/L)						
	生長阻害			産仔数			致死率			孵化率			致死率			pH	EC(mS/m)	F	B	Al	As	Zn
	EC ₅₀ (%)	NOEC(%)	TU	EC ₅₀ (%)	NOEC(%)	TU	LC ₅₀ (%)	NOEC(%)	TU	EC ₅₀ (%)	NOEC(%)	TU	LC ₅₀ (%)	NOEC(%)	TU							
流入水	0.8	<0.625	>160	1.9	1.25	80	1.8	<1.25	>80	7.1	5	20	7.1	5	20	1.5	1,298	32	6.3	54	0.62	0.14
処理水	8.6	<5	>20	8.3	5	20	10.8	5	20	87.4	80	1.25	19.1	10	10	3.5	425	31	6.3	54	<0.01	0.13
pH6.7	9.6	5	20	37.4	20	5	28.0	20	5	>100	100	1	>100	100	1	6.7	439	9.5	6.2	1.9	<0.01	0.11
pH8.5	15.8	10	10	54.7	40	2.5	43.5	40	2.5	-	-	-	-	-	-	8.5	434	8.9	5.8	<0.1	<0.01	<0.01