

## 水生生物の生物応答を用いた田沢湖の pH 調整効果の検討

秋田工業高等専門学校 創造システム工学科 非会員 石川颯、上野瑞季、鎌田恭輔、佐藤将  
正会員 金主鉉、増田周平

表2 各濃度区における試験水のpH

試験区	0%	20%	40%	80%	100%
pH調整	8.2	8.1	8.0	7.6	6.6
pH無調整	8.2	8.0	7.9	7.4	5.3

## 1. はじめに

田沢湖は古くより動物・植物プランクトンや底生動物、魚類などが生息するカルデラ湖であるが<sup>1)</sup>、1940年から大墳から湧き出る強酸性の温泉水を導水したことで、過去に湖内に生息していたヒメマス、ナマズ、固有種であるクニマスが今日まで姿を消してしまった。国は対策として1991年より玉川酸性水中和処理事業に取り組んでいるが、田沢湖のpHは依然として4.9~5.2付近で推移しているのが現状である。また、玉川温泉水に多く含まれるアルミニウムやフッ素、ホウ素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、pH改善だけでは対応しきれない問題がある。そこで本研究では、3種類の水生生物の生物応答（WET法）を用いた短期慢性毒性評価からpH調整による生育環境の改善効果と他に生物への影響が考えられる要因について考察を行ったので報告する。

## 2. 実験方法

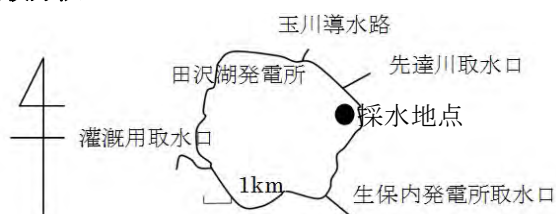


図1 採水地点

採水地点を図1に示す。採水は2021年10月に行い、試験水は実験室に持ち帰った後にろ過処理を行い冷凍保存した。田沢湖のpHは5.2、電気伝導度は12.1mS/m、硬度27.6mgCaCO<sub>3</sub>/L、DO10.6mg/Lで表1に示す物質が含まれていた。

表1 田沢湖の水質

イオン	濃度(mg/L)
F <sup>-</sup>	0.72
Cl <sup>-</sup>	8.22
Br <sup>-</sup>	0.03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.66
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16.14
Na <sup>+</sup>	2.78
K <sup>+</sup>	0.34
Ca <sup>2+</sup>	11.1

試験はOECDテストガイドラインNO.201、211、212及び日本版WET法を参考にして行った。試験水は原水の割合が0%、20%、40%、80%、100%の5濃度区となるように、硬度約65mgCaCO<sub>3</sub>/Lに調整した硬度調整水で希釈したものを使用した。pH調整は1MのNaOH溶液を適宜添加し100%区でpH6.7としたものを希釈し使用した。試験開始直前の各濃度区

のpHを表2に示す。なお、供試生物は藻類生長阻害試験にはムレミカツキモ、ミジンコ繁殖阻害試験にはニセネコゼミジンコ、魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験にはゼブラフィッシュを用いて、5試験区各3連にて試験を行ない、日本環境毒性学会が提供する解析ソフトEcotox-Statics Ver.3を用いて解析を行なった。

## 3. 実験結果と考察

藻類生長阻害試験、ミジンコ繁殖阻害試験、魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験の結果を図2~図7に示す。

藻類生長阻害試験ではpHの調整の有無に関わらず40%よりも高濃度区で有意差が認められ、NOECは20%、TUは5となった。pH調整による毒性改善効果が見られなかったためOECD培地ストックを対象区相当添加したところ、図3で示すように生長阻害が改善された。以上のことから、田沢湖は酸栄養に加えて貧栄養であるため、栄養塩類の制限が原因となって阻害を引き起こしていると言える。

ミジンコ繁殖阻害試験では、原水80%以上で産仔数に対する影響が認められ、NOECは40%、TUは2.5となった。pH調整後においても同様の範囲で産仔数が影響していることが認められた。親ミジンコの致死率においてはpH調整有無ともに100%試験区で有意差が確認できる。したがって、pH調整のみでは生育環境の改善は期待できないことが明らかとなった。その原因として硬度、有害化学物質の影響が考えられる。特に2021年10月に採水した田沢湖水にはアルミニウム0.3mg/L、フッ素0.7mg/L、ホウ素0.1mg/Lが検出され、ニセネコゼミジンコに対するホウ素のNOEC10mg/L<sup>2)</sup>、オオミジンコに対するフッ素のNOEC4.4mg/L<sup>3)</sup>を下回る値であったため、これらの物質の影響は少ないと考えられる。しかし、アルミニウムに関してはNOEC0.34mg/Lという報告もあり<sup>4)</sup>、田沢湖水中に含まれるアルミニウム濃

度と比較しても近い値といえるため、影響を及ぼす要因の一つとして挙げられる。これについては今後の検討が必要である。

魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験ではpH無調整の100%で致死率に影響が出ていたが、調整後では影響が見られなくなったため、仔魚の生存環境はpH改善に伴って良好になる結果となった。

#### 4. まとめ

玉川強酸性泉の流入によって酸性湖沼となった田沢湖水に対してWET法を適用して試験を行った。その結果、現状において藻類生長阻害、ミジンコ繁殖阻害、魚類胚・仔魚短期慢性毒性が認められた。仔魚短期慢性毒性に関してはpH約6.7まで上昇させることで致死率が改善できた。藻類生長阻害に関しては栄養塩類の添加による改善が見られた。ミジンコ繁殖阻害についてはpH調整だけでは効果が見られず、Al及び硬度の検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 上野益三(1940)田沢湖生物群聚の昭和14年夏季の状態,陸水学雑誌,10巻,1-2号,p106-113
- 2) 環境省(2008)化学物質の環境リスク評価、第6巻、(III)-[8]、p9
- 3) G Dave(1984) Effects of fluoride on growth, reproduction and survival in Daphnia magna, Comparative Biochemistry and Physiology Part C, Volume78, Issue 2, 425-431
- 4) 山本裕史,池幡佳織,安田侑右,田村生弥,鎌迫典久(2015)徳島県内の事業所排水を対象にしたTIEの事例,環境化学、Vol.25、No.1、11-17

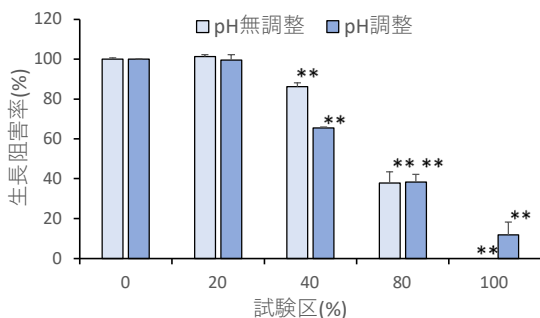


図2 藻類生長阻害試験(pH調整・無調整)

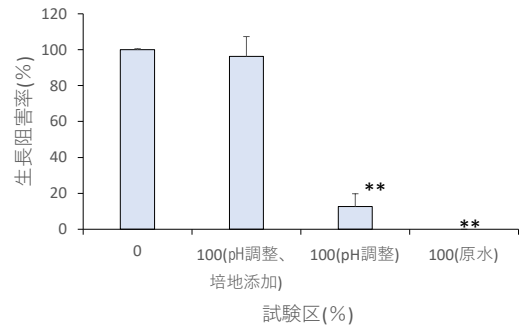


図3 藻類生長阻害試験(培地添加)

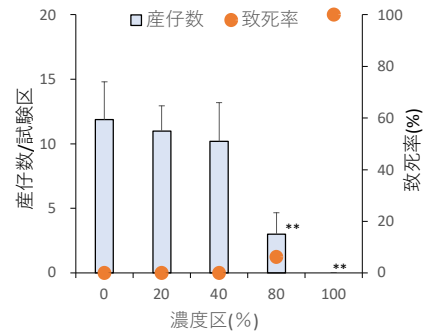


図4 ミジンコ繁殖阻害試験 (pH無調整)

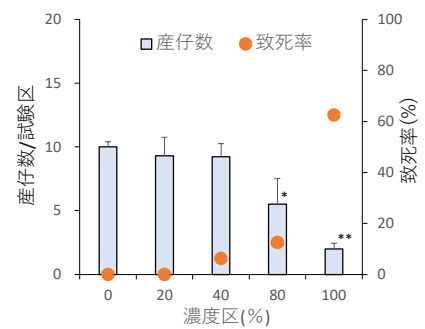


図5 ミジンコ繁殖阻害試験 (pH調整)

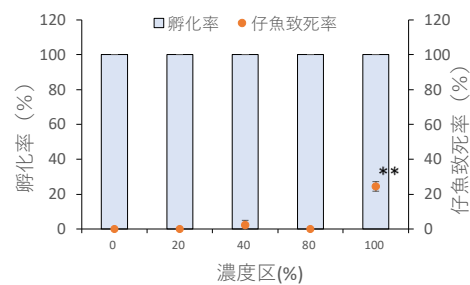


図6 魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験(pH無調整)

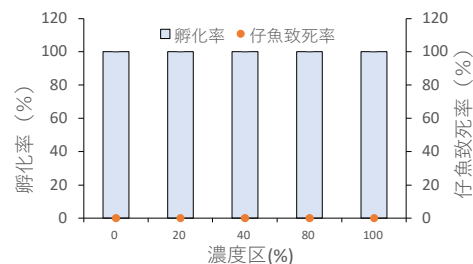


図7 魚類胚・仔魚短期慢性毒性試験(pH調整)