

緑藻の生息に及ぼす重金属の影響

岩手大学 非会員
岩手大学 正会員

○帷子穰 千葉遼太郎
伊藤歩 相澤治郎 海田輝之

1. はじめに

日本における水質汚濁に係る環境基準は、これまで人の健康の保護や生活環境の保全を目的として設定されてきた。さらに、2002年には水生生物に影響を及ぼす化学物質に対する水質項目の目標値が公表され、2004年には従来の生活環境の保全に関する環境基準項目に亜鉛が追加される等、水域生態系に対して悪影響を及ぼす有害化学物質の規制及び管理の重要性が認知されてきている。本研究の対象とするアルミニウムは水質基準の項目ではないが、植物に対する成長阻害作用を有することが報告されており、鉱山廃水処理水や酸性雨による土壌浸出水に含まれるAlイオンの河川生態系への悪影響が懸念される。佐々木ら¹⁾は、鉱山廃水処理水を受容する酸性河川について、水質と底生生物の調査と室内実験を行い、重合核Alイオンが藻類の生息に大きく関与していることを報告した。しかし、実際の河川ではAlの他にも多数の金属イオンが存在しており、Alの毒性に対する共存金属イオンの影響に関してはまだ十分な知見が得られていない。

以上の背景から、本研究では弱酸性の水環境下で、AlとZnが共存する場合での緑藻の培養試験を行い、水環境中における重合核AlイオンとZnとの複合的な生態影響について検討した。

2. 実験材料及び実験方法

(1) 実験材料

本研究で使用した供試藻類は、国立環境研究所微生物系統保存施設から入手した*Scenedesmus acuminatus*であり、試験前に培地で継代培養したものである。まず、400mg/Lの $AlCl_3$ 溶液をNaOH溶液でpHを4.5に調整し、Alイオンの加水分解溶液を作成した。その溶液を用いてAlの形態が Al^{3+} や $Al(OH)_2^+$ 等の単核画分(以下Al-aとする)が主となる溶液と重合核画分(以下Al-bとする)が主となる溶液の2種類を作成した。それぞれAl濃度の異なる溶液(設定Al濃度(Al_T)=0.2, 0.5, 1.0mg/L)を作成し、それぞれに共存金属としてZnを添加した溶液(設定Zn濃度(Zn_T)=0.03mg/L)と添加しない溶液を作成した。さらに、Znだけを添加した溶液と、AlとZnの双方を添加しない溶液(対照系)も試験液とした。すべての試験液のpHは6とし、試験中におけるpHの変化を防ぐために、緩衝剤として2-Morpholinoethanesulfonic acidを1.68mMとなるように添加した。試験前に、ICP-MSにより全金属濃度を測定し、Ferron法²⁾によって試験液のAl-aとAl-bの濃度を測定した。

(2) 実験方法

上記のそれぞれの試験液を3Lの三角フラスコ(酸で洗浄し超純水で再度洗浄)に移し、継代培養した*S. acuminatus*の植種液を3回洗浄した後、遠心分離にて濃縮して同量ずつ添加した。培養条件は、室温25°C、照度4000lxの12/12hの明暗条件及び一日数回の攪拌とした。サンプリングは0, 6, 12, 24, 48, 72時間目に、スターラーで攪拌しながら行い、Chlorophyll a濃度を河

川水質試験方法(案)に従い測定した³⁾。なお、試験液中のAlイオンとリン酸イオンの錯体や沈殿物の形成を防ぐため、栄養塩類は添加せずに培養を行い、対照系のChlorophyll a濃度を基準とし、異なる条件についてその基準より低くなる場合は金属イオンによる急性毒性的な影響があると判断した。試験期間中においてpHの変化はほとんどなかったが、NaOH溶液またはHCl溶液を用いて数回調整した。

図-1にAlを添加した各試験液のAl画分濃度割合を示す。横軸の項目中の数値は試験液の Al_T の設定濃度(mg/L)であり、右の6つはZnを0.03mg/Lになるように添加したものである。Al-aを主とする試験液では、Al-aが全体の90%以上を占めており、Al-bの占める割合は0~5%となっている。一方、Al-bを主とした溶液の場合はAl-bが70~80%を占めており、Al-aが10~15%となっている。Al-aとAl-bの合計が100%に満たない分は、非反応性Al画分と呼ばれる $Al(OH)_3$ など(Al-c)である。

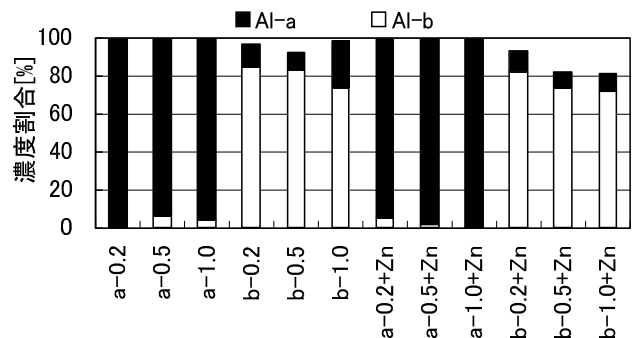


図-1 各試験液におけるAl画分濃度

3. 実験結果及び考察

図-2にZn単独でのChlorophyll a濃度の経時変化を、それぞれの初期濃度を100%として示す。なお、凡例の数値は溶液のZn濃度の設定値である。

Chlorophyll a濃度の減少はZn濃度が高くなるほど減少量が大きくなった。環境基準値の0.03mg/Lにおいても、対象系と比較してわずかではあるがChlorophyll aの減少が見られた。

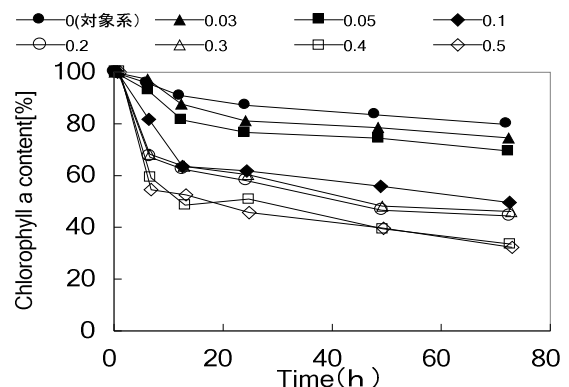


図-2 Znのみを含む溶液でのChlorophyll a濃度の経時変化

キーワード：重合核Alイオン, Zn, 珪藻, 複合影響

連絡先：岩手大学 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 TEL: (019) 621-6449 FAX: (019) 6449)

図-3にAl単独、あるいはAlとZn(0.03mg/L)との共存下でのChlorophyll *a* 濃度の経時変化を初期濃度を100%として示す。凡例のAはAl-a、BはAl-bが主成分である試験液を、+Znと表示されているものは、Znを0.03mg/Lとなるように添加したことを表している。Al単独の条件において、Al-aの場合は、どの濃度でもChlorophyll *a* 濃度の減少が見られ、特に1.0mg/Lでは72h後に初期濃度から約30%程度減少し、対象系と比較して約10%程度の濃度減少量の差が見られた。Al-bの場合は濃度間における差がほとんど見られなかったが、減少量は大きく、いずれにおいても72h後には初期濃度から約40%減少し、対象系と比較して約20%程度の濃度減少量の差が確認された。

Al-aとZnの共存下においては、それぞれAl、Znどちらかが単独の場合よりもChlorophyll *a* の減少は大きい、Al-aの濃度による減少量差は、Al単独のときとあまり変わらなかった。一方、Al-bとZnの共存下ではどの濃度においても、単独に添加した場合に比べ大幅な減少が見られた。特に、Al-bが1.0mg/Lの場合、72h後には初期濃度の20%以下にまでChlorophyll *a* 濃度が減少した。Al-b単独の場合と比べ、Al濃度による72h後の減少量の差が明らかに広がっているのが確認できる。

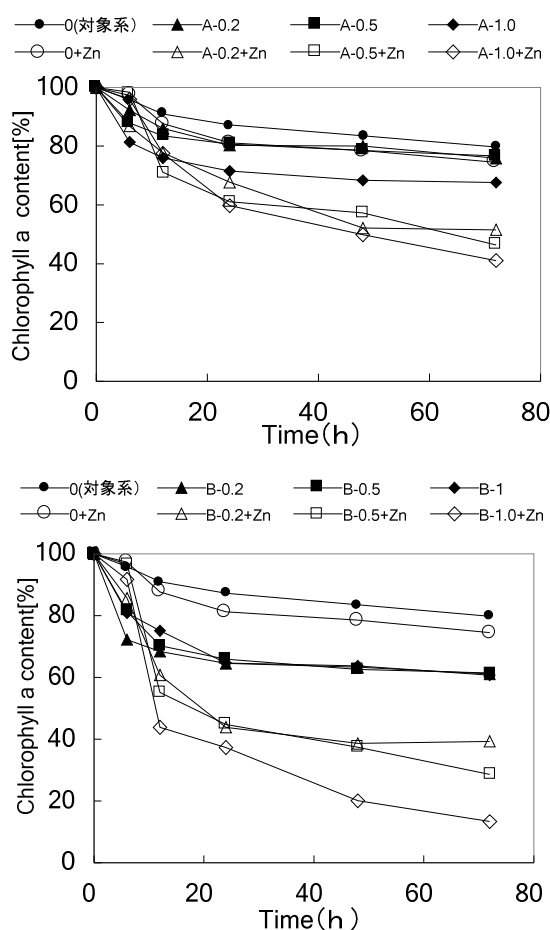


図-3 Al及びZnを含む溶液のChlorophyll *a* 濃度の経時変化 (Al形態別)

図-4にZn濃度が0.03mg/Lの条件について、AlとZnの複合影響の程度を把握するために、まず、各条件で実験開始直後のChlorophyll *a* 濃度の値 (C_0) と72時間目の濃度 (C_{72}) の比 C_{72}/C_0 をとり、次に、Alの

みを含む条件での比からAlとZnの双方を含む条件での比を差し引き、その差をプロットしたものを示す。この図において、比率差がAl濃度が0mg/Lである場合のものより大きい場合は、相乗的な影響であり、等しい場合は相加的な影響であり、小さい場合はいずれかの金属、あるいはその双方の影響が緩和された効果であり、比率の差が0の場合は、Al単独の影響であると考えられる。図-4を見ると、今回の実験でみられたAlとZnの複合影響はAl-a、Al-bを問わず相乗的な影響であることがわかる。Al_Tが0.2、0.5mg/Lの場合は両者に差は無い。しかし、1.0mg/LではAl-bが C_{72}/C_0 比率差でAl-aの場合と比べ大きく上回っているのが確認できる。したがって、AlとZnは共存下において相乗影響を生み、高濃度ではAl_TにおいてAl-bが占める割合が多いほどその影響は高まると考えられる。

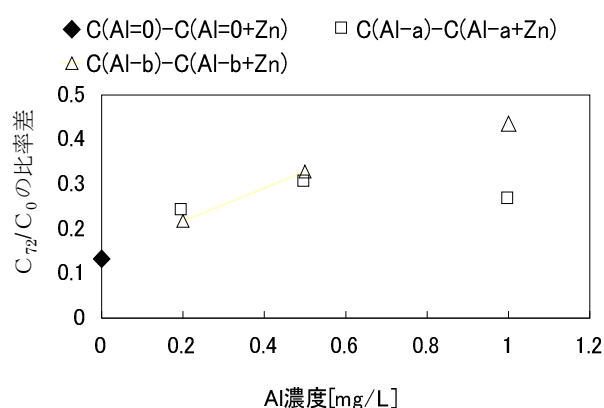


図-4 ZnとAl(Al-a, Al-b)の複合影響

4. まとめ

本研究では、緑藻の生息に及ぼすAlイオンとZnとの複合的な影響を明らかにするために、Znが微量存在する環境下における*Scenedesmus acuminatus*の生息に及ぼすAlの影響について検討した。以下に得られた知見を示す。

1. 対象系や単金属での条件の場合、Chlorophyll *a* 濃度は測定後24時間以内に大きく減少し、その後は緩やかに減少する傾向が見られた。
2. Al単独の場合、単核Al画分濃度が1.0mg/Lで、重合核Al画分濃度が0.2mg/Lで*Scenedesmus acuminatus*への阻害作用が確認された。
3. AlとZn(0.03mg/L)が共存する場合、Alの濃度に関わらず相乗影響が確認された。Al_T中の重合核Alイオンの濃度が高いほど相乗影響は大きくなると考えられる。

参考文献

- 1) 佐々木貴史, 伊藤歩, 高橋真司, 相澤治郎, 海田輝之: 金属加水分解生成物が付着藻類の増殖に及ぼす影響, 環境工学研究論文集, Vol. 41, pp. 127-138, 2004.
- 2) Parker D. R. and Bertsch P. M.: Identification and quantification of the “Al₁₃” Tridecameric polycation using Ferron, Environmental Science and Technology, Vol. 26, No. 5, pp. 908-914, 1992.
- 3) 建設省河川局監修: 河川水質試験方法(案)一試験方法編一, 技報堂出版, 1997.