

藻類を用いた金属汚染の生態影響評価

岩手大学 学生会員

○千葉遼太郎 齊藤星河 平澤大輔

岩手大学 正会員

石川奈緒 伊藤歩 海田輝之

1. はじめに

日本における水質に係る環境基準は、2004年に従来の生活環境の保全に関する環境基準項目に水生生物の保全のために全亜鉛が追加され、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いる。

本研究で対象とする金属は、鉱山廃水処理水や酸性雨による土壌浸出水に含まれるため、河川生態系への悪影響が懸念されるが、特に金属が複合して存在する場合での知見が少ないのが現状である。

以上の背景から、本研究では弱酸性の水環境下で、Zn, Cu, Cd 単独の場合、Al と Zn が共存する場合での緑藻の培養試験を行い、水環境中における金属の藻類に対する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 *Chlorella vulgaris* であり、試験前に C 培地¹⁾で継代培養して使用した。原子吸光分析用の金属標準溶液を用いて、Zn, Cu, Cd を含む溶液と、金属を含まない溶液(対照系)を作成した。また、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 の形態が単核画分(Al-a とする)と重合核画分(Al-b とする)が主となる溶液を作成した。各々に共存金属として Zn を含む溶液と含まない溶液を作成した。また、Ferron 法²⁾により Al-a と Al-b の濃度を測定した。全試験液の 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 添加した。試験前に、ICP-MS により全金属濃度を測定した。

(2) 実験方法

上記の各試験液を 1L の三角フラスコ(酸洗浄し超純水で再度洗浄)に移し、イオン交換水で 3 回洗浄し、遠心分離により濃縮した *Chlorella vulgaris* の植種液を同量ずつ添加した。培養条件は、室温 25℃、照度 4000lx の 12h/12h の明暗条件及び一日数回の撹拌とした。サンプリングは 0, 6, 12, 24, 48, 72h 目に撹拌しながら行い、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、異なる条件でその基準より低い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。試験中において pH の変化はほぼなかった。

図-1 に Al を含む各試験液の Al 画分濃度割合を示す。横軸の項目中の数値は試験液の全 Al の設定濃度(mg/L)であり、右の 6 つは Zn(0.03mg/L)を添加したものである。Al-a 試験液では、Al-a が全体の 90%以上を占め、Al-b は 1~6%であった。一方、Al-b 試験液では Al-b が 70~85%を占め、Al-a は 10~25%であった。Al-a と Al-b の合計が 100%に満たない分は、非反応性 Al 画分(Al-c)である。

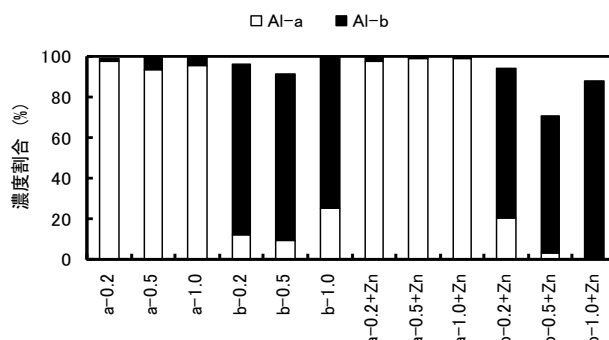


図-1 各試験液における Al 画分濃度

3. 実験結果及び考察

図-2 に Zn, Cu, Cd 単独の場合での Chlorophyll a 濃度の経時変化を、それぞれの初期濃度を 100%としてそれぞれ示す。なお、凡例の数値は溶液の Zn, Cu, Cd の濃度の設定値である。また、図-3 に Zn, Cu, Cd の各設定濃度での実験開始直後から 72h 後の Chlorophyll a 濃度の減少割合を対照系(0mg/L)での減少割合で除した値(比率)を示す。

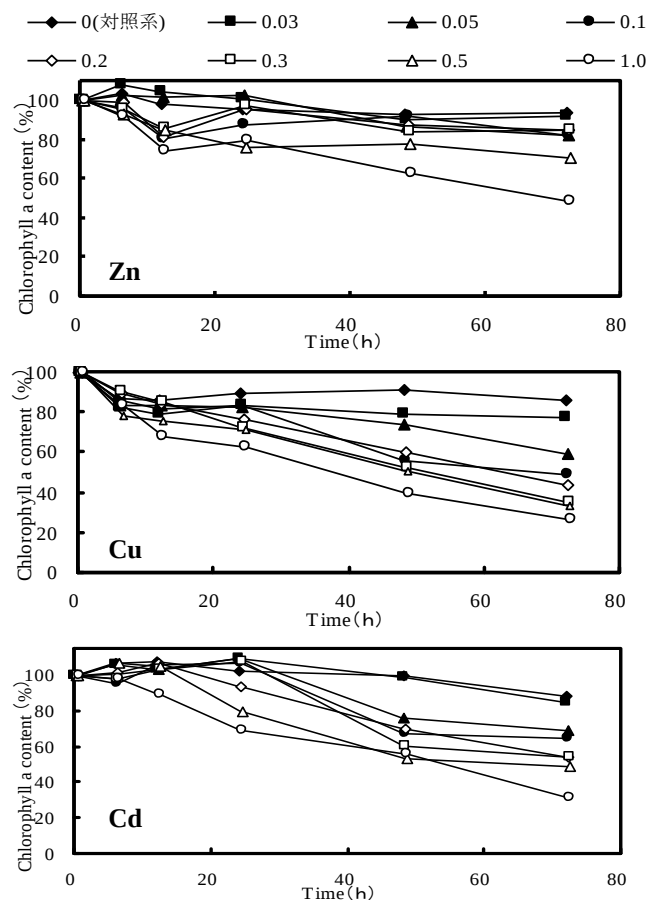


図-2 Zn, Cu, Cd 単独の各試験液での Chlorophyll a 濃度の経時変化

キーワード: 重合核 Al イオン, Zn, Cu, Cd, 緑藻, 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 より, Zn, Cu, Cd 単独の全ての場合で, 設定濃度が大きい程 Chlorophyll *a* 濃度の減少割合の比率も概ね大きくなり, 0.03mg/L でもわずかであるが毒性影響が生じていた。また, Cu, Cd 単独の場合では概ね同様な減少割合の比率であるが, Zn 単独の場合 1.0mg/L で減少割合の比率が増大した。

図-4 に Al 単独, 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 が主となる試験液を, ‘+Zn’は, Zn(0.03mg/L)を添加したことを表す。

Al-a の場合では, Al-a 単独の場合と Znとの共存下の場合との間で減少量に差はほとんど見られなかった。

Al-b の場合では, 設定濃度が大きい程 Al-b, Zn 各々単独に添加した場合より減少量も大きく, 特に 1.0mg/L+Zn では最終的に初期濃度の 20%近くまで減少した。

図-5 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 72h 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 0mg/L の場合のものより大きい場合は相乗的な影響, 等しい場合は相加的な影響, 小さい場合はいずれかの金属, あるいは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-5 より, まず Al-a, Zn の複合影響は設定濃度が大きい程 Al 濃度が 0mg/L の場合より大きく下回ることから, いずれかあるいは双方の影響が設定濃度が大きい程大きく緩和されたと考えられる。次に, Al-b, Zn の複合影響は 0.5, 1.0mg/L の場合は Al 濃度が 0mg/L の場合より上回ることから相乗的に影響したが, 0.2mg/L では下回ることからいずれかあるいは双方の影響が緩和されたと考えられる。

4. まとめ

本研究では, *Chlorella vulgaris* の生息に及ぼす Zn, Cu, Cd 単独の影響と Al と Zn との複合的な影響について検討した。以下に得られた知見を示す。

1. Zn, Cu, Cd 単独全ての場合で, 濃度が 0.03mg/L でも *Chlorella vulgaris* への阻害作用が確認された。
2. Al 単独の場合, 単核 Al 画分, 重合核 Al 画分溶液ともに濃度が 0.2mg/L でも *Chlorella vulgaris* 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, 単核 Al 画分溶液では Al 単独の場合とあまり結果に差がなく, 重合核 Al 画分溶液では濃度が 0.2mg/L でも Al 単独の場合より強い阻害作用が確認された。
4. Al と Zn が共存する場合, 単核 Al 画分では, いずれかあるいは双方の金属の影響が緩和された。重合核 Al 画分では, 高い濃度で複合影響が確認され, 特に 0.5mg/L の場合に最も強い複合影響が確認された。

参考文献

- 1) NIES, LIST OF STRAINS Seventh Edition 2004 Microalgae and protozoa, 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.

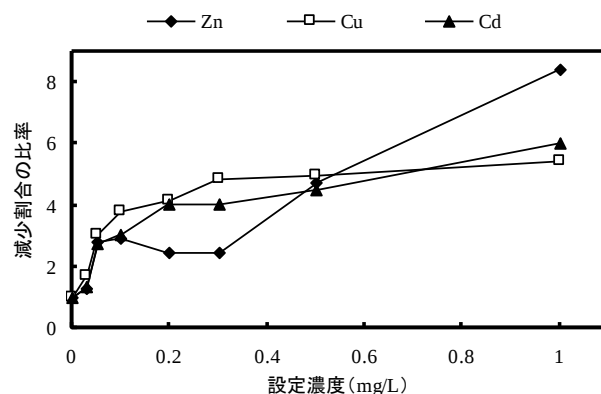


図-3 Zn, Cu, Cd の各設定濃度における Chlorophyll *a* 濃度の減少割合の比率

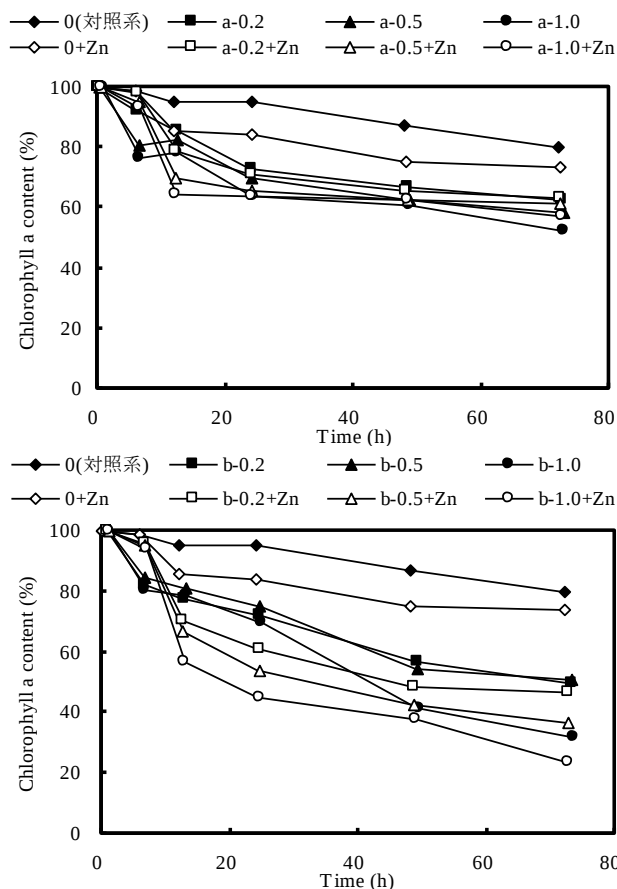


図-4 Al と Zn 共存下の試験液での Chlorophyll *a* 濃度の経時変化(Al 形態別)

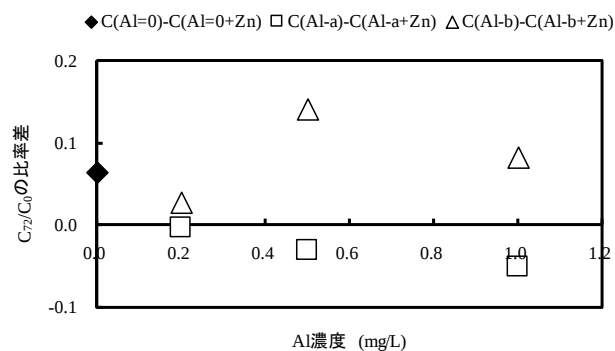


図-5 Zn と Al(Al-a, Al-b)の複合影響