

藻類を指標とした複合金属汚染の生態影響評価に関する基礎的研究

岩手大学 学生会員 ○佐藤洋平 川窪俊介

山形大学 正会員 佐々木貴史

岩手大学 正会員 伊藤 歩 相澤治郎 海田輝之

1. はじめに

鉱山廃水やその処理水あるいは酸性土壌浸出水に含まれる Al イオンは、植物の成長を阻害し、特に pH4.5 程度の水質環境下に存在する重合核 Al は付着藻類に対し強い毒性を示すことが報告されている。しかしながら、実際の河川では Al のほかに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ない。共存金属のひとつである Zn は植物の微量必須元素であるが、イワナ類やニジマス、緑藻類などに対し毒性を持ち、2004 年に全亜鉛が環境基準の項目に設定された。

本研究では、この亜鉛に着目し、pH6 程度の弱酸性条件下で重合核 Al が存在する場合と存在しない場合で藻類の培養を行い、Chlorophyll *a* 濃度の経時変化から複合金属の影響を検討した。

2. 試験材料及び試験方法

2.1 試験材料

水溶液中における Al の存在形態は、 Al^{3+} や $AlOH^{2+}$ 等の単核 Al 画分 (以下 Al-a とする)、重合核 Al 画分 (以下 Al-b とする) 及び $Al(OH)_3$ や他の不溶性 Al 塩などの非反応性 Al 画分 (以下 Al-c とする) の 3 つに分類される。Al-a と Al-b はそれらと Ferron 試薬との反応速度差を利用して定量でき、Al-b の生成量は、加水分解反応時での Al-a 濃度が高い場合に増大する。これに基づき、低濃度の Al-a を加水分解した通常の溶液 (Solution I) と、高濃度の Al-a を加水分解して Al-b 画分を比較的高濃度で含む溶液を希釈した溶液 (Solution II) を作成し、それぞれに Zn を添加したものと、添加しないものを試験液とし、さらに Al を加えず Zn のみを加えたものも作成した。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 と Ferron 法によって試験液の全金属濃度と各画分の Al 濃度をそれぞれ分析した。Solution I で全 Al 濃度の設定値を低くした場合は、

Al の形態分析ができなかった。なお、本研究における Al-c 濃度は、全 Al 濃度から Ferron 法で測定した Al-a 及び Al-b 濃度の和を差し引いたものとした。

本試験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珪藻の *Nitzschia palea* (NIES-487) であり、これを試験前に継代培養した。

2.2 試験方法

Zn のみの試験液については、その濃度を 0, 30, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 μ g/l に調整した。Al を含む試験液については、全 Al 濃度の設定値 (Al_T) を Solution I では 0, 50, 100, 500, 1000 μ g/l, Solution II では 0, 200, 500, 1000, 2500 μ g/l に調整し、それらに Zn を 30 μ g/l となるように加えたものと加えないものの双方を作成した。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、*Nitzschia palea* の培養液を同量ずつ添加した。なお、Al イオンとリン酸イオン等との錯体形成を防ぐために栄養塩類は添加せず、試験期間は 72 時間とした。培養条件は、室温 25°C、照度 4000lx の連続照射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* 濃度を三波長法で測定した。なお、試験期間中において pH の変化はほとんどなかったが、数回 NaOH 溶液または HCl 溶液を用いて調整した。

3. 試験結果及び考察

Fig.1 に Zn のみを添加した場合での Chlorophyll *a* 濃度の割合変化の例を示す (C_0 :初期の Chlorophyll *a* 濃度, C_t :時間 *t* での Chlorophyll *a* 濃度)。48 時間目以降の結果を見ると、Zn 濃度が 100 μ g/l 以下では Chlorophyll *a* 濃度の変化は無添加の条件とほとんど変わらないが、200 μ g/l 以上では Zn 濃度の増加に伴い Chlorophyll *a* 濃度が大きく減少した。

Fig.2 に Al を添加した場合での、試験液 (Solution II) における形態別 Al 濃度の例を示す。Zn を添加したものと、添加していないものの Al-b の濃度はほぼ同じである

ことから、Zn の添加によって溶液の組成は変化して
ないことがわかる。

Fig.3 に Al を添加した場合での Chlorophyll *a* 濃度
の経時変化の例を示す。Solution I においては、Al 濃
度が 50 $\mu\text{g/l}$ のときでは Zn の有無によって
Chlorophyll *a* 濃度に差が生じたが、他の濃度では顕著
な差は見られなかった。一方、Solution II においては、
Al_T が 200 及び 500 $\mu\text{g/l}$ のときは、Zn の添加によっ
て Chlorophyll *a* 濃度の減少が速くなる傾向が見られ
た。一方 Al_T が 1000, 2500 $\mu\text{g/l}$ と高い条件では Zn
の存在にかかわらず Chlorophyll *a* 濃度が時間の経過
に伴い急速に減少した。これは Al-b の影響が大きか
ったためと考えられる。一方、Fig.1 に示したように
Zn 濃度が低い条件下においては、Zn が単独で存在す
る場合は珪藻の生息に及ぼす Zn の影響はほとんどな
いが、Al と共存する場合は Al-b による珪藻への影響
を助長する可能性が示された。

4. まとめ

本試験から Zn による *Nitzschia palea* へ
の阻害作用は、Zn 濃度が 100 $\mu\text{g/l}$ までは
ほとんど見られないが、それ以上では Zn
濃度の増加に伴い、高まることわかった。また、Zn と Al-b の相互作用について考慮すると、Al-b の生成量が多い場合では、Al_T が 500 $\mu\text{g/l}$ 以下の低濃度において、Zn を添加したものの方が添加しないものより Chlorophyll *a* 濃度の減少がわずかに速かった。一方、Al_T が高い場合、Al-b 自体の影響が大きく、Zn の影響による Chlorophyll *a* 濃度の減少に変化は見られなかった。しかし、本試験では Zn 濃度は 30 $\mu\text{g/l}$ と低濃度であったので、今後は Zn 濃度を変えるなど、さらなる検討が必要である。

<参考文献>

- 1) 日本土壌肥料学会編, 低 pH 土壌と植物, 博友社, 1995
- 2) 館紀昭, 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, 岩手大学修士論文, 2007

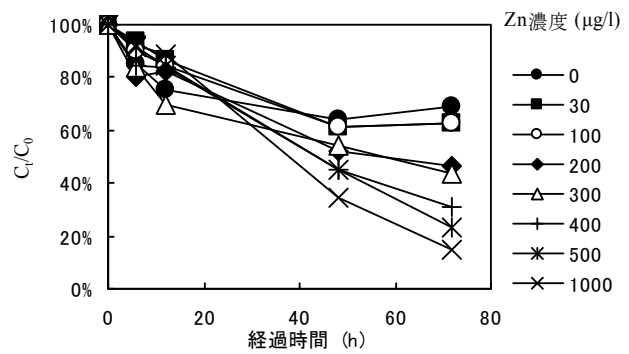


Fig.1 Zn を添加した場合での初期 Chlorophyll *a* 濃度に対する比率 (C_t/C_0) の変化

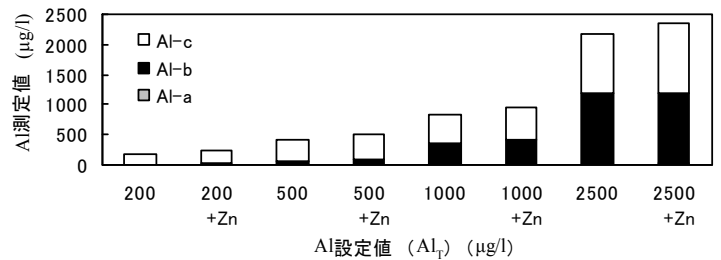
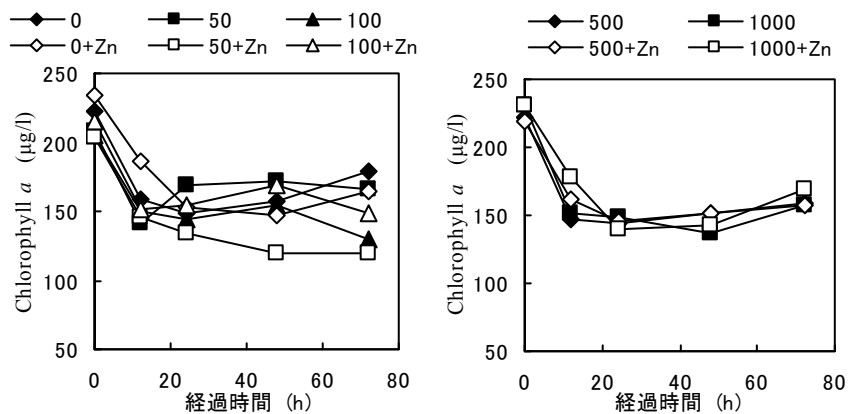
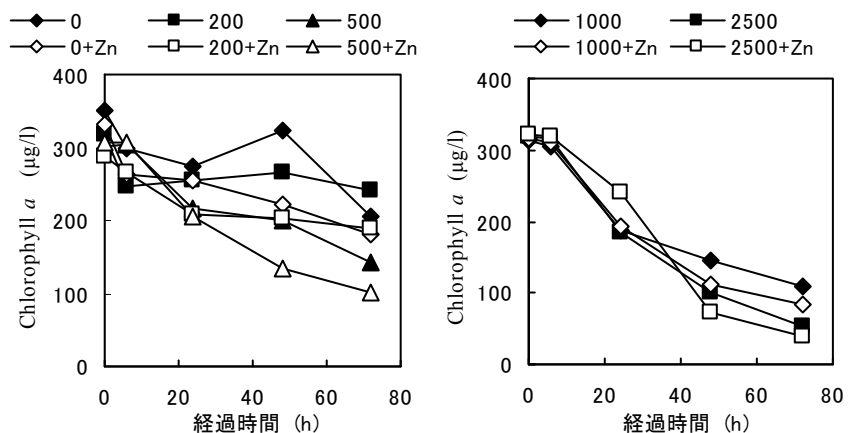


Fig.2 形態別 Al 濃度 (Solution II)



(a) Solution I



(b) Solution II

Fig.3 Al を添加した場合での Chlorophyll *a* 濃度の経時変化