

VII-47

河川水中における Al の形態変化が付着藻類の生息に及ぼす影響

岩手大学工学部 学生会員 ○岡野慎也 佐々木貴史
同 上 正 会 員 伊藤歩 相澤治郎 海田輝之

1. はじめに

岩手県の北西部に位置する赤川は、旧松尾鉱山からの低 pH で高濃度の Al を含む廃水処理水を受容している。赤川における現地調査の結果、赤川の中流部では、pH が 4.5 付近を推移し、下流部に比べて Chlorophyll *a* 量の増加量は顕著に少なく、重合核 Al 画分濃度が高いことが明らかになった^{1), 2)}。また、赤川から採取した付着藻類の室内培養実験の結果から、Al が存在し、pH が 4.5 前後である環境下において藻類の増殖が阻害されることが確認された。Al イオンは植物の成長を阻害し、特に重合核 Al の形態において最も強い毒性を示すことが報告されている³⁾。しかしながら、重合核 Al の藻類に対する毒性に関してはほとんど報告がない。

以上の背景から、本研究では、赤川に存在する重合核 Al が付着藻類の増殖を阻害する要因となっているかどうかを明らかにするために、重合核 Al が藻類の増殖に与える影響を増殖阻害試験により検討した。

2. 試験材料及び試験方法

1) 試験材料

水溶液中における Al の形態は Ferron 法によって、 Al^{3+} 等の単核 Al 画分 (Al-a)、重合核 Al 画分 (Al-b) 及び $Al(OH)_3$ 等の非反応性 Al 画分 (Al-c) の 3 つの画分に分類することが可能である⁴⁾。また、Al-b は ^{27}Al -NMR 分光法によって同定された Al_3 ポリマーと等しく、その生成量は、加水分解反応時での Al-a 濃度に依存しており、Al-a 濃度が高い場合は加水分解反応後に Al-b 画分が増大することが Parker らによって報告されている⁴⁾。これに基づき、高濃度の Al-a を加水分解して Al-b 画分を多量に生成させた溶液 (Al solution-I) と、低濃度の Al-a を加水分解して Al-b 画分の生成を抑えた溶液 (Al solution-II) を作成し、これら 2 種類を試験液とした。なお、全ての試験液の pH は 4.5 とし、Al を添加しない試験液 (Blank) も作成した。試験前に、Ferron 法と ICP-MS によって各画分の Al 濃度と全 Al 濃度をそれぞれ分析した。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より入手した *Nitzschia* sp. (NIES-487) 及び *Ulothrix* sp. (NIES-329) とした。*Nitzschia* sp. 及び *Ulothrix* sp. は耐酸性を有し、赤川においてその存在が確認されている^{1), 2)}。

2) 試験方法

上述の試験液に *Nitzschia* sp. あるいは *Ulothrix* sp. の培養液を同量ずつ植種し、培養することによって Al-b 画分濃度の違いが藻類に与える影響について検討した。*Nitzschia* sp. では、全 Al 濃度が 0, 0.5, 1, 5, 10, 20mg/l の場合について 2 回の試験を行い、*Ulothrix* sp. では、全 Al 濃度が 0, 0.5, 20mg/l の場合について 1 回の試験を行った。なお、Al とリン酸イオン等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 72h とした。培養条件は、室温 25℃、照度 4000lx の連続照射及び一日数回の攪拌とした。サンプリングはスターラーで攪拌しながら経時的に行い、培養液の pH 及び Chlorophyll *a* 濃度を測定した。

3. 試験結果及び考察

Nitzschia sp. 及び *Ulothrix* sp. を用いた試験において Al 加水分解溶液に藻類を植種する前の各 Al 画分濃度を Fig. 1 に示す。なお、それぞれの棒グラフは全体で全 Al 濃度 $[Al_T]$ を示している。

Nitzschia sp. を用いた試験における 0.5, 1, 5, 10 及び 20mg/l Al Solution-I における Al-b 画分の濃度はそれぞれ 0.33mg/l, 0.40mg/l, 2.78mg/l, 7.14mg/l, 14.3mg/l であり、全 Al 量に対する Al-b 画分の割合は 45% 以上であった。一方、Al Solution-II における Al-b 画分の割合は 5.2% 未満であり、Al Solution-I 及び II の間で Al-b 画分濃度に明らかな差が生じていることが確認された。*Ulothrix* sp. を用いた試験の場合では、0.5, 5 及び 20mg/l Al Solution-I における Al-b 画分の濃度はそれぞれ 0.16mg/l, 3.18mg/l, 10.3mg/l であり、全 Al 量に対する Al-b 画分の割合は 28% 以上であった。また、Al Solution-II における Al-b 画分の割合は 0.4% 未満であった。すべての試験液において、Al Solution-II は Al Solution-I に比べて Al-a 画分が高い濃度で存在していた。

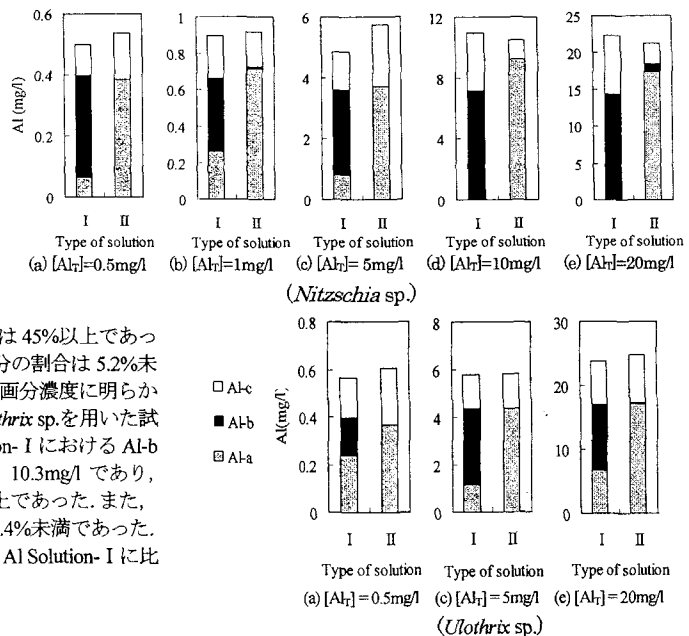


Fig. 1 藻類植種前の Al 加水分解溶液の各 Al 画分濃度

Nitzschia sp.を用いた試験における Chlorophyll *a* 量の経時変化を blank 及び $[Al] = 1 \text{ mg/l}$ の場合を例にとって Fig.2 に示す。 *Nitzschia* sp. 及び *Ulothrix* sp. を用いたすべての試験において Blank を含むすべての条件で Chlorophyll *a* 量は減少したが、Blank に比べて Al を含む条件の方が Chlorophyll *a* 量が急激に減少する傾向を示した。そこで、試験期間 72h におけるこれらの Chlorophyll *a* 濃度の減少をその濃度に比例した一次反応 ($dC/dt = -kC$, C : Chlorophyll *a* 濃度, t : 経過時間, k : 減少速度定数) とみなした場合での減少速度定数(k)を算出し、Al 加水分解生成物が藻類に及ぼす影響を評価した。 *Nitzschia* sp. 及び *Ulothrix* sp.を用いた試験における各条件での減少速度定数 (k) を Fig.3 に示す。なお、Fig.3 は Al Solution-I における Al-b 濃度及び Al Solution-II における Al-a 濃度に対する減少速度定数(k)を示しており、実線及び破線は各画分の Al 濃度と減少速度定数(k)の単回帰直線をそれぞれ表す。

Nitzschia sp.を用いた二回の試験では、データにばらつきはあるものの、Al-b と Al-a の全 Al 濃度が上昇するに伴い Chlorophyll *a* の減少速度定数 (k) は増大する傾向がみられた。 Al solution-I (Al-b)における減少速度定数(k)は Al-b 濃度の上昇に伴って 0.03(blank)から 0.11 まで上昇し、blank に対する減少速度定数(k)の値の比は最大で 4.5 であった。一方 Al solution-II (Al-a)の場合では Al-a 濃度の上昇に伴って減少速度定数(k)は増加するものの、その比は最大でも 2.0 未満であり、Al-a に比べて Al-b の方が *Nitzschia* sp.の増殖を阻害することが確認された。また、*Ulothrix* sp.を用いた試験でも、Al solution-I (Al-b)では Al solution-II (Al-a)の場合よりも減少速度定数 (k) が顕著に高くなり、 *Nitzschia* sp.の場合と同様な結果が得られた。この結果は、本試験で使用した耐酸性の藻類の生息に対して Al イオンが悪影響を及ぼし、その影響の度合いは Al-a に比べて Al-b の方が明らかに大きく、また本試験の Al-b 濃度における減少速度定数(k)を *Nitzschia* sp.と *Ulothrix* sp.で比較すると、 *Nitzschia* sp.の方が *Ulothrix* sp.より Al-b に対する感受性が高いと考えられる。

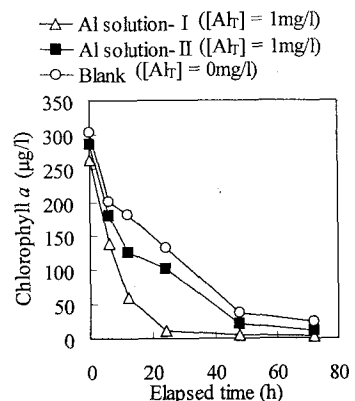


Fig.2 Chlorophyll *a* 量の経時変化 (*Nitzschia* sp.)

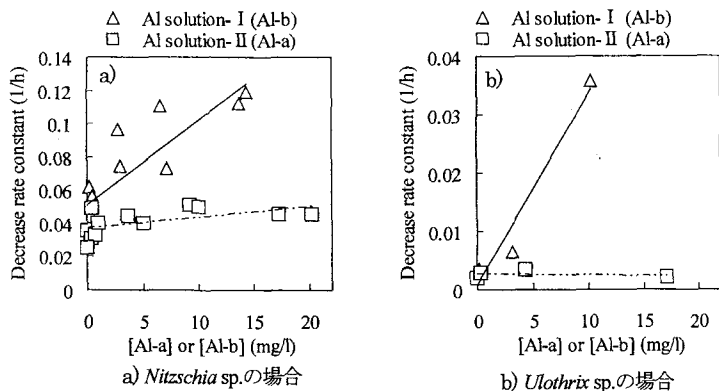


Fig.3 各条件における Al-a 及び Al-b 濃度と Chlorophyll *a* 量の減少速度定数 (k)

・ a)では同様の条件で行った 2 回の試験結果を示す。

4. まとめ

本試験では耐酸性の *Nitzschia* sp. 及び *Ulothrix* sp.のみを対象としたが、藻類に対する Al-b の明らかな阻害作用が認められた。赤川の中流部では Al-b 画分濃度が 0.4mg/l を上回る場合があることが確認されている²⁾。本試験で Al-b 濃度が 0.4mg/l 程度の場合、減少速度定数(k)は blank に比べて 1.8 倍に上昇した。したがって赤川中流部では、pH が 4.5 前後に上昇することによって Al が重合核に形態を変化して、付着藻類の増殖を阻害している可能性があるといえる。

<参考文献>

- 1) 佐々木貴史, 刈屋宏章, 伊藤歩, 川口博, 相澤治郎, 海田輝之, 酸性河川における水質と堆積物が付着藻類の増殖に与える影響, 環境工学研究論文集, **40**, 127-138, 2003.
- 2) 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, **41**, 367-376, 2004.
- 3) J.J. Comin, J. Barloy, G. Bourre, F. Trolard, Differential effects of monomeric and polymeric aluminum on the root growth and on the biomass production of root and shoot of corn in solution culture, *European Journal of Agronomy*, **11**, 115-122, 1999.
- 4) Parker, D. R. and Bertsch, P. M., Identification and quantification of the "Al₁₃" Tridecameric polycation using Ferron, *Environ. Sci. Technol.*, **26**, (5), 908-914, 1992.