

藻類の塩素処理による細胞破壊と沈澱への影響

東北工業大学 ○（学生員） 鷲出 貴，古澤卓哉 （正会員） 今野 弘

1. はじめに

水源の富栄養化が問題となっており、水源から発生した藻類は異臭味、濾過閉塞などと浄水過程において問題を引き起こす。塩素処理により藻類除去効果が高まると言われ、藻類は塩素処理によって沈降性が向上すること¹⁾²⁾や接触時間を長くすると沈降性が改善する³⁾など、塩素の接触時間や濃度は藻類の細胞破壊に重要な要因となる。破壊された細胞は凝集や沈澱に影響を与えるが、本研究では珪藻類の *Nitzschia* と藍藻類の *Phormidium* の増殖時期を対象として、走査電子顕微鏡(SEM)により塩素処理後の破壊状況を観察し、沈澱現象に与える影響を考察した。

2. 藻類の培養と実験の条件及び方法

藻類は宮城県釜房湖からプランクトンネットで採取し、遠心分離機で濃縮した後、寒天培地ににて単離に成功した珪藻類の *Nitzschia* と、S市水道局から譲り受けた藍藻類の *Phormidium* を実験に供し、培養は BG-11 培地と CT 培地をそれぞれ用いた。実験は、表に示した条件と図-1 の手順を用いて、藻類種ごとに塩素濃度、接触時間を設定し、ジャーテスターで 50rpm の回転数で攪拌し 15 分静置した後、上澄み水より沈降率を求めた。沈降率は{(原水個数濃度－上澄み水個数濃度)/原水個数濃度}×100(%)で求めた。また、沈澱水は SEMpore フィルター作成に使用した。なお、塩素要求量は *Nitzschia* で 0.2mg/L、*Phormidium* で 0.1~0.2mg/L である。

3. 実験の考察および結果

3.1 藻類の培養結果 藻類の培養結果を図-2 に示した。藻類種の違いにより増殖パターンと培養日数の多少のずれは見られたが、両藻類ともほぼ同様の増殖傾向を示した。約 0~10 日を対数増殖期、約 10~21 日目を定常期、約 21~29 日目を死滅期とし、7 日目、14 日目、21 日目に塩素実験を行った。

3.2 *Phormidium* および *Nitzschia* の塩素濃度の違いによる沈降率の変化

図-3、4 は、*Phormidium* と *Nitzschia* の各増殖期の無処理及び、塩素処理による沈降率の変化を表した。両藻類の対数増殖期の無処理での沈降率を比較すると、*Nitzschia* がほとんど沈降して

いないのに対し、*Phormidium* は約 20%沈降している。一般的に糸状の *Phormidium* の方が、藻体面積が大きく、水の抵抗を受けやすい為、*Phormidium* の沈降率は低いと考えられるが、*Nitzschia* の方が沈降率は低く、このことから藻類種の違いによって元々の沈降率に大きく違いがある事が読み取れる。また、*Nitzschia* は死滅期に近づくにつれて細胞内が空の状態になる⁴⁾との報告があり、内容物の減少により藻体密度が高まった為、沈降率が向上したと考えられる。*Phormidium* の死滅期においても、*Nitzschia* と同様の理由が考えられるが、現段階では確認する事は出来ない。塩素処理後、両藻類とも全増殖期で沈降率が向上しており、*Phormidium* は塩素濃度 1.0mg/L 以上でほぼ一定になっている。細胞の表面は、負に帯電しているために、次亜塩素酸イオンのように負に帯電しているものは、電位障害により消毒効果が弱くなる⁵⁾事や、無処理の *Phormidium* は死滅期に向かうにつれて、電位が負に大きくなる⁶⁾との報告により、培養日数の経過とともに塩素耐性は強くなると考えられる。しかし、無処理と塩素濃度 1mg/L の沈降率を比較すると対数増殖期、死滅期ともに沈降率は約 2 倍に向上しており、塩素処理における表面電位の

表 実験条件			
藻類	種類	<i>Nitzschia</i>	<i>Phormidium</i>
	個数濃度 (n/mL)	3000	10000
	pH	7.0	
	塩素濃度C(mg/L)	10~60	0.3~6
	接触時間T (min)	50~300	5~100
	CT値 (mg/L・min)	3000	30

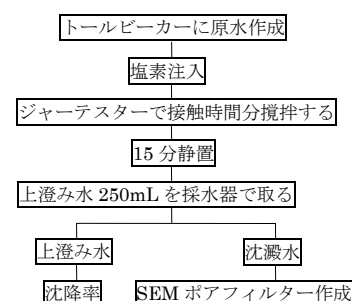


図-1 実験手順

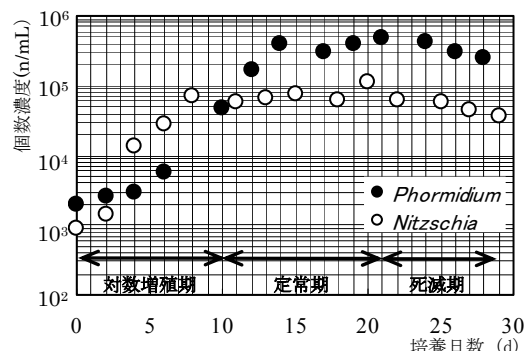


図-2 供試藻類の培養曲線

影響は、沈降率に影響が少ないと考えられる。また、対数増殖期の *Nitzschia* は $C > 30\text{mg/L}$ で沈降率が急激に向上し、 $10 \sim 30\text{mg/L}$ では、ほぼ沈降率が向上しない。このことから *Nitzschia* は塩素耐性が強い事が考えられる。*Phormidium* は低濃度の塩素注入で沈降率が高まることに対し、*Nitzschia* は高濃度の塩素を注入しなければ除去出来ない事から、藻類種の違いによって塩素耐性が違う事が考えられ、藻類の増殖時期によっても塩素耐性に違いが見られる。

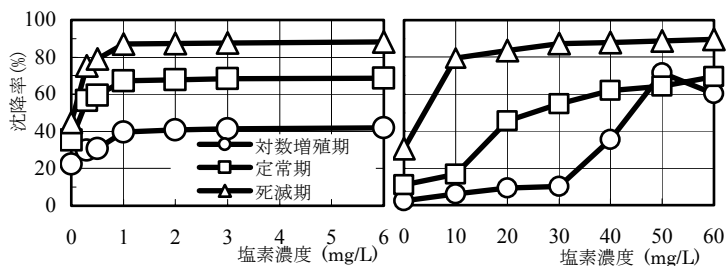


図-3 塩素濃度と沈降率の関係

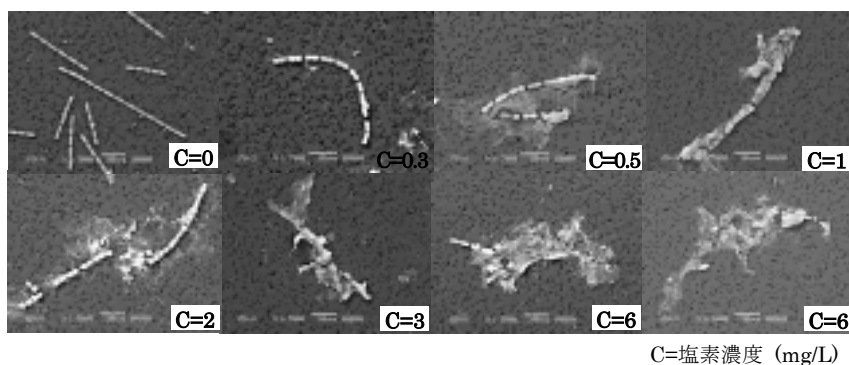
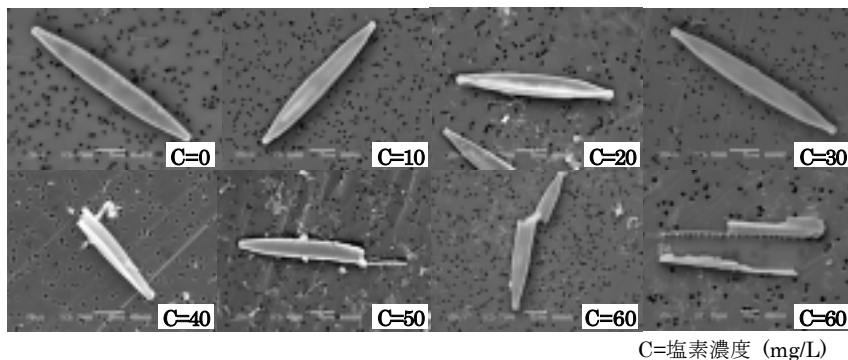
図-4 塩素濃度と沈降率の関係

(Phormidium の場合)

(Nitzschia の場合)

3.3 SEM による各塩素濃度における破壊状況の違い

各塩素濃度における破壊状況を、SEM により観察した写真-1、2 を示す。塩素濃度による細胞破壊の関連性が、これらの写真からよく分かる。糸状体で、全く壊れていない $C=0\text{mg/L}$ の *Phormidium* が $C > 0.5\text{mg/L}$ で次第に短くなり、または糸状のものが全て破壊されている事がわかる。図-3 では、 $C > 1\text{mg/L}$ で沈降率がほぼ増加している状態を示しているが、ほぼ破壊され、 1mg/L 以上の塩素注入は無意味と考えられる。一方、*Nitzschia* も同様に、 $C > 30\text{mg/L}$ になると、細胞破壊の大きな変化を見る事が出来る。しかし、*Nitzschia* は高濃度の塩素注入を施さなければ細胞破壊を望めない。また、*Nitzschia* の破壊状況は 2 つに分断される特徴が多く見られ、*Nitzschia* の部位によって塩素の作用機構が異なると考えられるが、その理由は明確ではない。

写真-1 *Phormidium* の塩素濃度による破壊状況の違い[対数増殖期: $CT=30 (\text{mg/L} \cdot \text{min})$]写真-2 *Nitzschia* の塩素濃度による破壊状況の違い[対数増殖期: $CT=3000 (\text{mg/L} \cdot \text{min})$]

このように、SEM でも藻類種の塩素耐性の違いを確認する事が出来た。これらの事より、塩素処理は細胞破壊による細胞内有機物を溶出させる事によって沈澱効果を高める効果がある事を改めて確認する事が出来たが、塩素耐性は藻類種により大きく異なる事が示せた。なお、本研究は東京都水道局受託研究（代表：眞柄北大教授：代替凝集剤に関する研究）から一部費用の補助を受けて実施したことを付記し、感謝する。

4. おわりに

Phormidium と *Nitzschia* の塩素処理による沈降率の変化状況を検討するために SEM で破壊状況を確認した。その結果、両藻類とも塩素処理で細胞破壊が起こり、内容物溶出により沈澱効果を改善することを確認できた。また、藻類種によって破壊を伴う塩素濃度は異なり、それは増殖時期でも異なることが明らかとなった。

5. 参考文献 1)今野(1991.9): 土木学会年講, pp.408~409, 2)今野(1995.9): 土木学会年講, pp.1038~1039, 3)水尻他(2001.5): 全国水道研究発表会, pp.282~283, 4)水尻真人(2002): 藻類の凝集沈降性に対する塩素処理の影響に関する研究, 東北工業大学修士学位論文, 5)金子光美編(1996): 水質衛生学, 技報堂出版, p.260, 6) 斉藤新司(2003): 藻類の ζ 電位の活性による違い, 東北工業大学卒業論文