

東北大学工学部 秋葉道宏

後藤光亀

佐藤敦久

1. はじめに 藻類を含む原水に塩素処理を行う場合、ろ過水へのリークやトリハロメタン前駆物質の生成など浄水処理に重大な影響を引き起こしている。Bernhardt¹⁾、真柄²⁾らは、藻類から生成される細胞外代謝有機物による凝集阻害機構を明らかにしている。その阻害機構として(1)有機物の懸濁粒子への吸着による負の荷電量の増加、(2)有機物とアルミニウムの錯体形成による有効に働くアルミニウムの減少を指摘している。我が国では前塩素処理を行う浄水場が多く、福島らはトリハロメタン前駆物質の一連の研究で、藻類増殖期にともなう有機物は対数増殖での細胞外有機物よりも安定期から死滅期に移る頃の分解産物のほうが有機物の増加に大きく寄与することを明らかにした。しかしながら、従来、塩素処理の影響を定量的に検討したものはほとんどない。

本研究では、各増殖段階の藻類を含む原水に塩素処理を行った場合、細胞の破壊による細胞内有機物質の溶出及び細胞外代謝有機物質がそれぞれ凝集に与える影響について検討した。

2. 実験方法

(a) 藻類培養 供試藻類としてchlorella sp.を用いて改変M-11培地で培養した。凝集実験に用いた試料は増殖の各段階ごとに培養液を取り出し、塩素処理を行ったものと行わないものとに分け、それぞれ0.45μmメンブランフィルターでろ過したろ液を用いた。塩素処理は次亜塩素酸ナトリウムを用いて有効塩素濃度50mg/lとなるように添加し、直ちにpH7に調整後、20℃で24時間反応させた。

(b) 凝集実験 凝集剤は硫酸アルミニウムを用いた。ジャーテストは急速攪拌100rpm、5分、緩速攪拌40rpm、15分、静置沈殿30分の条件で行った。塩素処理の有無による藻類細胞内外有機産物が凝集に及ぼす影響は、培養後のろ液にカオリンを20mg/lの濃度になるよう懸濁させて、ジャーテストを行った。凝集能力は急速攪拌直後のゼータ電位、沈殿静置後の上澄水濁度及びTOCで評価した。なお、アルカリ度はNaHCO₃溶液で30~50mg/lに調整し、以下に示す実験を行った。

(1) 塩素処理の有無による各培養段階の藻類細胞内外有機産物の凝集実験：各培養日数の培養液のろ液にカオリンで20mg/lの懸濁液とし、pHは0.1N-H₂SO₄を用いて7前後に調整し、ジャーテストを行った。

(2) 変pH法による凝集実験：培養日数39日目の培養液のろ液にカオリンで20mg/lの懸濁液とし、硫酸アルミニウム注入率を一定にして、凝集pHを変化(0.1N-H₂SO₄、0.1N-NaOHで調整)させてジャーテストを行った。

3 結果及び考察

(1) 塩素処理の有無による各培養段階の藻類細胞内外有機産物の凝集実験：培地のみを用いたカオリン懸濁液の凝集実験の結果から、カオリン懸濁粒子のゼータ電位を等電点近傍まで到達させるのに必要なアルミニウム量は約3.1Almg/lであった。このことより、培地のみによる凝集実験のアルミニウム最適注入範囲(濁度除去率70%以上)前後の2.7Almg/l(凝集後(1))から3.4Almg/l(凝集後(2))とし以後この薬注範囲を基準に考察を進める。

表一に塩素処理の有無による凝集処理前後のTOC、濁度の濃度と除去率を示す。培養液を0.45μmメンブランフィルターでろ過したろ液(未処理)のTOCの濃度は、

表一 凝集前後の各増殖日数におけるDOC・濁度濃度と除去率

測定項目	培養日数	24日		39日		81日	
		未処理	塩素処理	未処理	塩素処理	未処理	塩素処理
DOC (mg/l)	凝集前	8.3	11.8	13.2	16.2	22.4	25.2
	凝集後(1)	3.9 (53)	8.7 (26)	10.1 (23)	14.2 (12)	17.7 (21)	24.4 (3)
	凝集後(2)	2.3 (72)	8.1 (31)	7.1 (46)	13.8 (15)	20.0 (11)	24.4 (3)
	凝集後(2)	20	20	20	20	20	20
濁度 (mg/l)	凝集前	7.6 (62)	11.2 (44)	18.0 (10)	19.1 (4)	18.3 (9)	18.8 (6)
	凝集後(1)	4.3 (79)	8.2 (59)	13.3 (34)	16.8 (16)	15.3 (24)	16.9 (16)
	凝集後(2)						

* () は除去率(%)

培養日数にしたがって増加する(図-1参照)。このとき、各TOC量は約0.3 g・TOC/g・ssであった。培養液に塩素処理を行った場合、TOC濃度は各増殖段階とも未処理に比べて大きくなるが塩素処理によって細胞が破壊され、細胞内の有機物が排出する量は本実験範囲ではほぼ一定の量を示した。これらの培養液を用いて凝集実験を行った結果(表-1:アルミニウム注入量2.7Almg/lを指標として)、未処理の場合、濁度除去率は培養日数(TOC濃度)の増加にしたがって減少し、培養日数24日から39日までの間に約50%以上減少した。塩素処理を行った場合、濁度除去率は各増殖段階とも未処理と比べて低い。TOCの除去率は濁度除去率と同様な傾向を示した。特に培養日数81日の未処理は21%に対し、塩素処理を行った場合、わずか3%であり、明らかに除去率低下が認められる。

(2) 変pH法による凝集実験: 図-2に培養日数39日の塩素処理の有無による凝集マップを示す。藻類細胞内外代謝有機産物の凝集処理において、TOCの除去率が最大となるpHは、未処理、塩素処理共にpH5付近であった。アルミニウム塩は、pHと共にその種類が変化する。pH6以下では $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$ や $Al_{17}(OH)_{17}^{4+}$ などのポリマーが多く、また、pH6以上では $Al(OH)_3$ が卓越種となる。Bernhardtらは藻類細胞外代謝有機物は負の荷電状態を呈することを示した。したがって、最適PHは有機物の荷電総量を減少させる荷電ポリマーが多量に存在するpH5付近であると考えられる。また、有機物の除去率を比べると未処理の場合、pH5、バンド注入率100mg/lで約80%除去できたのに対し、塩素処理では約50%であった。塩素処理を行うことにより明らかにTOC除去率が低下する。

一方、濁度除去率は、未処理、塩素処理共に全pH域、バンド注入率50mg/l以上で約50%以上除去される。しかしながら、pH7以上でのゼータ電位は-20mv以上であり、通常、最適に凝集するゼータ電位の範囲-15~-15であることと合わせて考えると矛盾している。

このことは、一方、BernhardtらがDictyosphaeriumの細胞外代謝有機物が陰イオン凝集助剤的な効果をもつとしており本実験に用いたchlor ella sp.もそのような効果をもつ物質がポリマーとして働き架橋作用を引き起こしてカオリン懸濁液を凝集させ、濁度除去に結びついたと考えられる。

参考文献

- 1)Bernhardt, H.etal. (1985)Z. Was saer-Abwasser-Forsch, 18. 18-30
- 2)真柄泰基 他:「藻類の生産する有機物の凝集阻害に関する基礎的研究」、水道協会雑誌 No. 619号

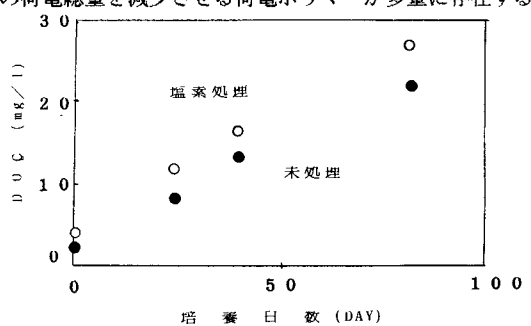


図-1 塩素処理の有無による各増殖日数のTOC濃度

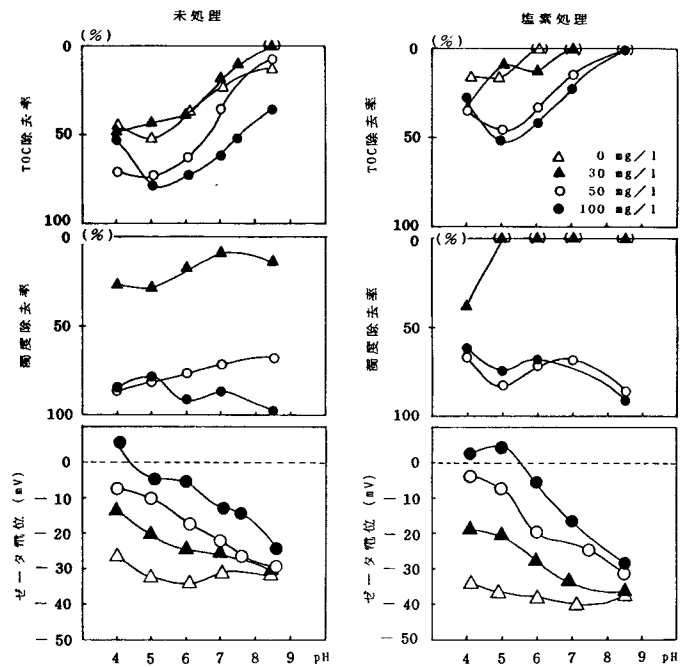


図-2 塩素処理の有無による凝集マップとゼータ電位