

VII-24

残留塩素が藻類に及ぼす影響について

岩手大学大学院 学生員 ○毛利 雄一 奥田 健太郎 引屋敷 英人
岩手大学工学部 正員 相沢 治郎 海田 輝之

1. はじめに

塩素は、上水や下水処理において消毒剤として広範に使用されている。しかし、塩素が注入されると、水中のアンモニア性窒素と反応し、クロラミン等の残留塩素を生じる。残留塩素は、放流水域の生態系に多大な影響を与える。本研究では、次亜塩素酸ナトリウム注入量を操作パラメーターとし、残留塩素の存在形態、及び藻類増殖に及ぼす影響について比較検討を行った。なお今回は藻類として緑藻 *Chlorella vulgaris* を採用した。

2. 実験方法

2-1. 培養装置および条件

C.vulgaris は国立環境研究所より提供された株を用い、図-1に示す培養シテムにより実験を行った。培養装置は25(±1)℃に保った恒温室内に設置した。培養槽の容量1lであり、光源として側面より白色蛍光灯（照度4000lux）を照射した。また、マグネティックスターターによる攪拌を行った。培地には表-1に示す炭素、窒素、リン、微量金属等を強化した改変Chu培地を選択した。なお、塩素源として、次亜塩素酸ナトリウムを用いて、以下の条件で実験を行った。

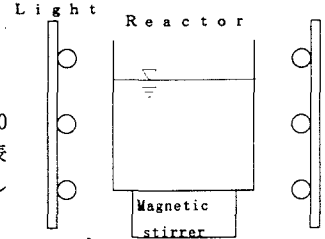


図-1 実験装置概略図

Run1	次亜塩素酸ナトリウム	5.0mg-Cl/1添加
Run2	次亜塩素酸ナトリウム	2.0mg-Cl/1添加
Run3	無添加	

表-1 改変Chu培地の組成

1) PIV 金属混液			
CO ₂	150mg-C(±5%)	FeCl ₃ ·6H ₂ O	196.0mg
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	400.0mg	MnCl ₂ ·4H ₂ O	36.0mg
K ₂ HPO ₄	200.0mg	ZnCl ₂	10.5mg
MgSO ₄ ·7H ₂ O	250.0mg	CoCl ₂ ·6H ₂ O	4.0mg
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O	250.0mg	NaMoO ₄ ·2H ₂ O	2.5mg
PIV 金属混液 ¹⁾	10.0ml	Na ₂ EDTA	1000mg
Distilled water	1000ml	Distilled water	1000ml

2-2. 分析方法

以下の(a)～(b)について経時的に測定を行った。

(a) 藻類量

chlorophyll a : アセトン抽出法

SS : メンブレンフィルター法

(b) 残留塩素

遊離残留塩素、結合塩素(モノクロアミン、ジクロアミン)

: DPD-硫酸アンモニウム鉄(II) 滴定法

3. 実験結果及び考察

3-1. 残留塩素の濃度及び消費速度

C.vulgaris による残留塩素の消費を把握するために、蒸留水、Chu培地、Chu培地で *C.vulgaris* を培養し、その濃度25、50、100mg-SS/1としたものの5つの条件において、1.0mg-Cl/1になるように次亜塩素酸ナトリウムを注入した場合の残留塩素の濃度の時間変化を図-2に示す。なお、実験は2lの三角フラスコを用いて、マグネティックスターターによる攪拌を行った。次亜塩素酸ナトリウム注入直後(約3分)に、蒸留水及びChu培地において20%、25mg-SS/1で35%、50mg-SS/1で75%、100mg-SS/1で87%残留塩素が消費された。2.4時間後には蒸留水以外の全ての条件において残留塩素が100%消費された。また、chlorophyll a の濃度についてはほとんど変化がなかった。*C.vulgaris* による残留塩素消費速度をSSについてn次、残留塩素濃度Cについてm次とすると以下のように表せる。

$$-\left(\frac{dC}{dt}\right) = kSS^n C^m$$

但し、ClはChu培地のみの実験で得られた残留塩素の消費量を考慮している。図-2より-dC/dtを求め、これとCとの関係を図-3に示す。これよりm=2とおけ

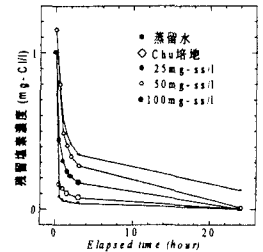


図-2 残留塩素の濃度推移

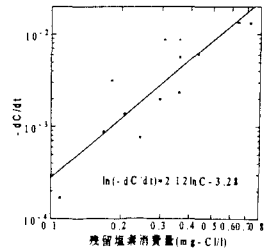


図-3

る。 $m=2$ を(1)式に代入し、

$$kSS^n = a$$

とおく。 $\ln SS$ と $\ln a$ のグラフ(図-4)より $n=3.09$ 、 $k=3.49$ が求められる。すなわち本実験系においては *C.vulgaris* による残留塩素消費速度は、残留塩素濃度の2乗とSS濃度の3乗に比例するといえる。

3-2. 残留塩素の存在形態

図-5にRun.1の、図-6にRun.2の各態残留塩素量の時間変化を示す。次亜塩素酸ナトリウム注入直後での残留塩素消費量はRun.1で40%、Run.2で50%であった。Run.1において次亜塩素酸ナトリウムを注入した直後において遊離残留塩素の存在が確認されたが、それ以外はRun.1、Run.2ともに遊離塩素は検出されなかった。Run.1、Run.2の両方において、ジクロロミンに比べ、モノクロロミン濃度の低下がみられるが、これは残留塩素が有機物酸化を行う際に、遊離残留塩素→モノクロロミン→ジクロロミンの順序で使われることを示している。

3-3. 残留塩素濃度と *C.vulgaris* 増殖の関係

図-7に各Run毎の *chlorophyll a* 量の変化を示す。図-8にRun.1の、図-9にRun.2の残留塩素濃度と *chlorophyll a* 量との関係を示す。Run.1において培養直後の *chlorophyll a* 量の著しい減少がみられるが、これは生成された遊離残留塩素による酸化が非常に強いと思われる。Run.2においては次亜塩素酸ナトリウム注入直後は減少したが、その後は、Run.3とほぼ同じ程度の増殖速度が得られた。また、次亜塩素酸ナトリウムを注入した30分後から *chlorophyll a* 量が増加しているが、このときの残留塩素量は約1.0mg-Cl/1であることから *C.vulgaris* は、この程度までは耐性があることが分かった。Run.1において残留塩素濃度が1.0mg-Cl/1以下に低下してから *chlorophyll a* 量は減少しているが、これは初期に比較的高濃度の残留塩素にさらされたことにより、*C.vulgaris* の活性が低下したためと思われる。

4. まとめ

藻類を含む培養槽に注入された次亜塩素酸ナトリウムはかなりの量が短時間で消費される。*C.vulgaris* による残留塩素消費速度は、SS、残留塩素濃度の関数として表されることが分かった。また *C.vulgaris* は残留塩素濃度が、1.0mg-Cl/1程度まで耐性を持っていると考えられる。このことから下水処理水の残留塩素濃度は *C.vulgaris* の不活化にさほど影響を与えないと思われる。しかし、本実験では、用いた *C.vulgaris* の増殖期が明らかでなく、今後さらに検討したい。

参考文献

西澤一俊他：藻類研究法 共立出版
金子光美他：水質衛生学 技報堂出版

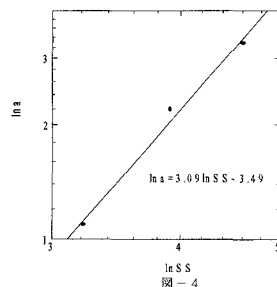


図-4

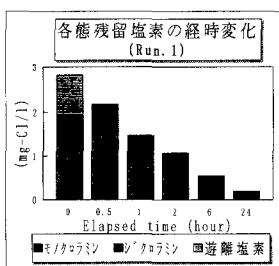


図-5

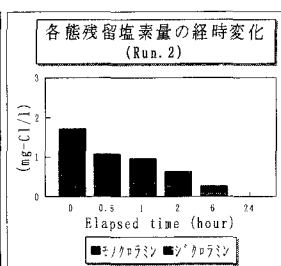


図-6

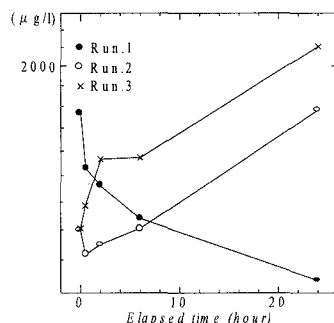


図-7 Chlorophyll a 量の経時変化

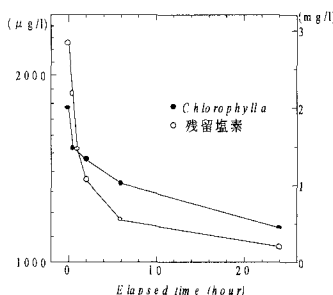


図-8 Run.1における残留塩素量と chlorophyll a 量の関係

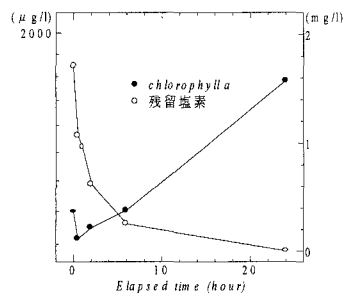


図-9 Run.2における残留塩素量と chlorophyll a 量の関係