

藻類培養試験による排水の評価(その1)

若林明子 菊地幹夫 長沢悟
川原 浩 (東京水産大学)

1 はじめに

湖沼や内湾の富栄養化の進行に伴い、国では1982年12月湖沼におけるN、Pの環境基準を策定したのに続いて、1985年5月には水質汚濁防止法施行令の一部を改正してN、Pの排出基準を定めた。一方、東京都は東京湾の富栄養化対策のため1982年6月「東京湾富栄養化対策指導指針」を定め、それに基づいて排水量の多い工場または事業場に対して排水中のN、P濃度の削減を指導しはじめている。

著者等は従来から河川水や海水について藻類培養試験により富栄養化の評価を行ってきた。今回、その手法の排水への適用を検討し、指導を行っている工場や事業場の排水の評価を試みた。

供試藻類としては *Selenastrum capricornatum* を用い、須藤等の方法に準じて試験した。排水に適当な前処理を行った後、EDTAあるいはクエン酸を添加して、藻類の増殖を阻害する重金属等が排水中に含まれているかどうか調べた。また、NあるいはPを添加して、その排水の藻類増殖の制限要因を明らかにすると同時に栄養塩を含んだ排水や環境水と混合して栄養塩の補給があった時の影響を予測することにした。

2 実験

(1) 材料

供試藻類：*Selenastrum capricornatum* を予備培養して対数増殖期にあるものを用いた。

培地：表1に示したのものを用いた。

試験水：工場排水は都内にある排水量の多い工場の最終放流水を用いた。指導開始前の対象工場としてはA工場(乳業)、B工場(麦酒)、C工場(製薬)、D工場(油脂)、E工場(乳業)、F工場(油脂)、G工場(製紙)、H工場(化学)、I工場(製紙)を、指導中

の対象工場としてはA工場、B工場、C工場、D工場、J工場(化学)を選んだ。下水処理水としてはK処理場及びL処理場の2次処理水、L処理場の3次処理実験プラントへの流入水および処理水を用いた。

(2) 排水の前処理

排水をろ過してSSを除いた後、残留塩素が含まれている場合には、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ を加えて残留塩素を除いた。pHは6~8の範囲で藻類の増殖速度は一定であるので、pHをその範囲に調整した。ろ過で除菌後、排水をそのままあるいは4倍に希釈し、更に、EDTA(EDTA-2Naとして $1\text{mg}\cdot\ell^{-1}$)、クエン酸($1\text{mg}\cdot\ell^{-1}$)、 $\text{N}(\text{NO}_3-\text{N})$ として $2\text{mg}\cdot\ell^{-1}$ またはP(PO_4-P として $0.1\text{mg}\cdot\ell^{-1}$)を添加した(図1)。

(3) 藻類培養方法

培養はすべて無菌条件下で行った。培養時の温度は $20\pm 1^\circ\text{C}$ 、照度は $4,000\pm 100$ ルクス(白色蛍光灯)で24時間明条件、振とうは毎分90回転に設定した。1日1~2回、培養フラスコから試料をサンプリングし、適当に希釈した後0.9%NaCl溶液とし、Particle Counter Model PC-820改造型(株式会社エルマ)を用いて藻類の細胞数、平均細胞容量、全細胞容量(TCV)を測定した。各時間ごとのTCVを縦軸に時間t(Day)を横軸にとり片対数グラフにプロットし、培養初期について、次式から最大比生長速度(μ)を求めた。

$$\mu = \ln(\text{TCV}_2/\text{TCV}_1) / (t_2 - t_1)$$

また藻類の生長がほぼ停止した時の藻類の乾燥重量(AGP, $\text{mg}\cdot\ell^{-1}$)を、培地で前もって求めたTCVと藻類の乾燥重量の関係式を用いて求めた。対照の μ (μ_0 とする)とAGPは指導開始前の試験では前述の培地で、指導中の試験では、2倍濃度の培地に多摩川の河川水(和田橋で採水：T-N, 約 $0.5\text{mg}\cdot\ell^{-1}$; T-P, 約 $0.04\text{mg}\cdot\ell^{-1}$)を等量混合したもので測定した。

(4) 排水の化学分析

水質保全部ですでに分析した試料ではその値を用い、分析しなかった試料については、NO₃-Nはイオンクロマトグラフ（東洋曹達工業KK）でその他はJIS-K0102に準じて分析した。

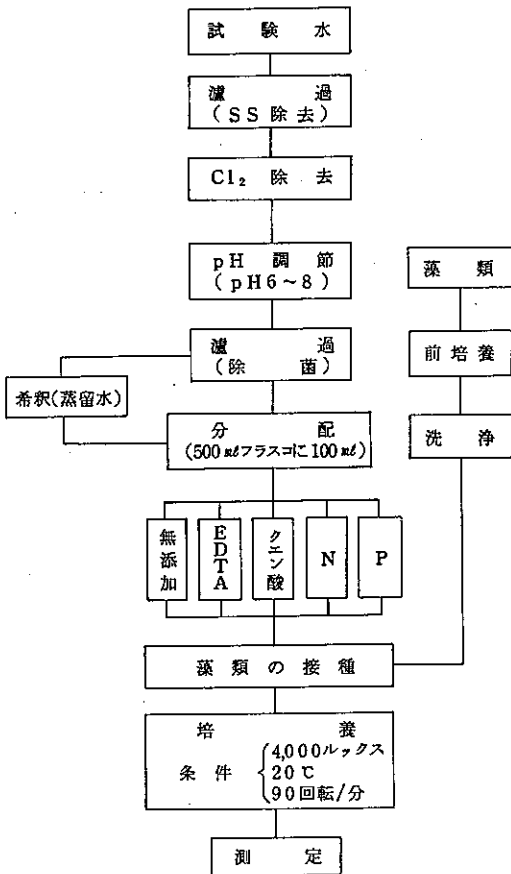


図1 藻類培養試験法

3 結果と考察

(1) 削減指導開始前の数工場の排水

ア μによる評価

無添加の排水のμをμ₀と比較すると、A工場、B工場、D工場およびJ工場でやや大きな値を示し、何らかの生長促進物質が含まれていることがうかがえる。一方、μ₀に比較して明かに小さいμを示した排水はなかった。

EDTA添加によってC工場、クエン酸添加によって

E工場のμが増加した。これらの結果は排水中になんらかの生長阻害物質が混入していることを示唆しているが、増加率が低いことから少量の混入か、あるいは阻害作用の小さな物質の混入が考えられる。

イ AGPによる評価

工場排水のAGPは10~200 mg・ℓ⁻¹であり、工場によって大きく異なった。AGPが比較的大きな工場はF工場、B工場とC工場のそれは非常に小さかった。

EDTAとクエン酸の添加で明らかにAGPが増加した排水はなかった。C工場とE工場の排水ではEDTAまたはクエン酸の添加で、前述のようにμは増加したが、この場合でもAGPには影響を与えないことが分かった。

排水中での藻類増殖の制限要因がNである排水はA工場、B工場、E工場、D工場、H工場、制限要因がPであるものはG工場とJ工場であった。いずれの場合でも、N添加あるいはP添加でAGPは著しく増加し、B工場、E工場およびH工場の排水では、AGPが300 mg・ℓ⁻¹以上にもなった。このことは排水が互いに混合し合うことにより、水域への富栄養化への寄与が大きくなることを示している。

(2) 削減指導中の数工場の排水

ア μによる評価

無添加、無希釈時の排水のμをμ₀と比較すると、A工場では若干高い値を示し、やや促進効果があることが分かった。それに対しC工場のμはμ₀の1/3となり、著しい阻害効果がみられた。その他の3工場の排水のμはμ₀とほとんど変らなかった。

排水を希釈した場合には、A工場の排水ではμが低下したが、C工場の排水ではμが増大し無希釈での約2倍(μ₀の約70%)になった。

EDTAを添加すると、C工場の排水のμは著しく増大し、μは添加前の約3倍となり、μ₀の約90%となった。

以上の結果から、C工場の排水には明らかに藻類の生長を阻害する物質が含まれていることが分かる。そしてEDTAを添加することによってその阻害の程度が減ることから、この排水中には藻類の生長を阻害するレベルで重金属が含まれている可能性が強い。

N、Pの添加によってはμの値は殆ど影響を受けず、C工場でPの添加によるわずかな促進効果が見られただけであった。

イ AGPによる評価

無添加の排水のAGPは $10 \sim 90 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ で、C工場のものが最も高かった。希釈によってAGPはB工場では2倍に、C工場では $1/3$ になった。

C工場の排水中での藻類の初期の生長速度は小さいが、数日目から増大し、AGPは約 $90 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ にもなった。この原因としては藻類への吸着等による阻害物質の系外への除去が考えられる。

EDTAを加えた時のAGPはC工場とD工場で2～3割増大した以外はほとんど変らなかった。クエン酸添加の影響は全工場で見られなかった。

N、Pの添加試験によってNが制限要因になっている排水はA工場とI工場で、特にA工場ではN添加によってAGPは5倍近く増大した。一方Pが制限要因になっている工場はC工場で無添加に比較してAGPは約2.5倍増大した。

(3) 下水処理水

ア μ による評価

K処理場とL処理場の2次処理水の μ は μ_0 とほとんど変わらず、生長促進物質も阻害物質も含まれていないと思われる。L処理場3次処理実験プラントへの流入水の μ は若干高い。また、L処理場の3次処理水の μ は μ_0 に比較して約4割程度低かったが、P添加によって μ が μ_0 と同程度になったため、原因はPの不足によるものと思われる。

イ AGPによる評価

AGPはK処理場の2次処理水で約 $500 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ 、L処理場の2次処理水で約 $400 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ となり、工場排水と比較してかなり高い値となっている。下水処理場の排水量は非常に多いので2次処理水は富栄養化に大きく寄与していると思われる。一方、L処理場の3次処理水(脱リン処理水)のAGPが $10 \text{ mg} \cdot \ell^{-1}$ 以下と非常に低い値となっており、脱リン処理によって富栄養化への寄与を著しく減少させることが出来ることが分かる。

4 おわりに

今回、藻類培養試験を排水に適用し、排水の評価を試みた。本方法は排水を藻類の増殖という視点で、総合的に評価出来るため、種々の工程をもち、様々な物質が排水に含まれる可能性のある工場排水の評価により有効であろう。

指導開始前と指導中の培養試験の結果を比較すると、AGPは若干減少する傾向がみられるが、検体数が少ないため指導の効果については更に試験する必要があるだろう。N、Pの化学分析値と μ 、AGPの関連については現在検討を行っている。

表1 培地の組成

化合物	濃度 ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)
NaNO_3	99.2
K_2HPO_4	7.8
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15.0
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	7.2
Na_2CO_3	4.0
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	11.6
FeCl_3	0.97

参考文献

- 1) 環境保全局水質保全部：東京湾富栄養化指導指針 (1983)
- 2) 菊地幹夫他：河川の浄化に関する研究 - そのIV - AGPによる多摩川の富栄養化の評価、東京都公害研究所年報、1982、103
- 3) 安藤晴夫他：東京湾の富栄養化に関する研究 - そのII -、東京都公害研究所年報、1985、109
- 4) 須藤隆一他：陸水域の富栄養化に関する総合研究 (X) 藻類の培養試験法によるAGPの測定、国立公害研究所研究報告、第26号 (1981)