

Redox반응을 통한 *Microcystis aeruginosa*의 제거에 관한 연구

송주영*, 김희선, 박은영

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과

(jusong@changwon.ac.kr*)

A Study on the Antimicrobial Activity of Copper Alloy Metal Fiber
on *Microcystis aeruginosa*

Ju Yeong Song*, Hee Seon Kim, Eun Young Park

Department of Chemical Engineering, Changwon National University

(jusong@changwon.ac.kr*)

서론

산업화 및 도시화와 더불어 각종 오염물질의 증가와 이러한 오염 부하량의 끊임없는 증가로 인하여 영양염류가 수역으로 유입되어 호소나 저수지 등의 담수에서 부영양화가 일어나고 있으며, 녹조 현상이 발생함으로써 상수도, 농업, 수산업에 이르기까지 여러 분야에 용수장해를 일으키고 있다.

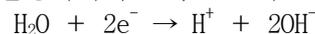
녹조현상이란 하천나 호소에서 수온이 올라가고 물속의 영양염류가 많아지게 되어 녹조류나 남조류가 과다 번식하는 현상이다. 녹조류나 남조류가 발생하게 되면 수중에 산소가 부족하게 되고 정수처리 과정에서 여과지의 상층부에 녹조막을 형성하여 여과기능을 떨어뜨린다. 녹조가 심하게 발생하면 수돗물에 풀 또는 곰팡이와 같은 냄새를 유발한다. 뿐만 아니라, 페인트처럼 점액질을 띠고 있어 어류의 아가미를 덮어 질식사시키는 등 수질의 급격한 악화로 인해 수생태계를 파괴시키는 문제점을 야기한다. 특히 여름에 집중적으로 발생하는 데 이때 발생하는 조류 중 일부는 독소를 함유하여 피부접촉에 의한 피부염이나 물을 마셨을 경우에는 복통이나 두통 등을 유발하는 것으로 알려져 있다.

*Microcystis aeruginosa*는 우리나라 호소에 주로 출현하는 대표적인 물꽃(water-bloom)형성 조류인 남조류이다. 본 연구에서는 *Microcystis aeruginosa*를 공시조류로 여기고, Redox반응을 통한 *Microcystis aeruginosa*의 제거에 관한 실험을 실시하였다.

이론

Redox란, reduction-oxidation의 약자로서 환원-산화의 복합어이다. Redox 반응은 전자의 이동에 의하여 산화 또는 환원 반응이 이루어진다. 산화-환원 반응에 의하여 전기의 흐름이 발생되며 이 전기적인 potential에 의하여 미생물 또는 균류는 사멸될 수 있다. 이들 redox 매체가 이러한 능력을 갖게 하는 것은 redox 합금의 전기화학적 에너지와 촉매전위에 의한 것으로 설명될 수 있으며, 다양한 목적에 부합되어 적용할 수 있다.

전기화학반응은 속도론을 기본으로 하여 anode극에 H⁺이온이 전해질도에 따라 증가하면 H⁺이온의 환원이 아닌 H₂O의 환원 분해가 선행되어져 H⁺와 OH⁻ 이온이 생성된다. 그 식은 다음과 같다.



이와 같이 환원 반응이 커지면 H⁺이온의 농도는 증가하여 cathode극면에는 pH가 증가하게 되며 산화환원전위는 음극화하게 된다. Redox harmony는 이러한 원리를 이용하여 cell에 의해 전해질도를 증가시킴으로써 이용 용수와 접촉하는 금속 표면을 음극화한 것이다. 위의 원리를 바탕으로 redox 반응을 이용하여 *Microcystis aeruginosa*의 번식억제 적용 가능성을 확인하고자 연구하였다.

실험

본 실험에 사용된 금속은 copper alloy fiber로서 평균 직경이 5 μ m로 된 순수 동(銅)섬유와 구리와 아연의 합금인 황동섬유를 이용하여 24cm \times 6.5cm의 filter를 제작하여 아래의 방법과 같이 실험하였다.

1) 회분식 실험

▷ 조류의 배양; BG11 배지

조류의 배양에 사용된 배지는 각각 증류수 400mL에 NaNO₃ 60 g, K₂HPO₄ 1.6 g, MgSO₄·7H₂O 3 g, CaCl₂·2H₂O 1.44 g, Citric acid 0.24 g, Na₂CO₃ 0.8 g, Feric ammonium citrate 0.48 g, EDTA 0.08 g 을 각각 증류수 400mL에 녹여서 각 용액에서 NaNO₃, K₂HPO₄, MgSO₄·7H₂O, CaCl₂·2H₂O, Citric acid, Na₂CO₃는 10mL씩 피펫으로 취하고, Feric ammonium citrate, EDTA는 5mL씩 피펫으로 취해서 증류수 929mL를 가하여 전체를 1L가 되도록 해서 준비한다.

배양에 사용된 *Microcystis aeruginosa*는 한국생명공학연구원 생물자원센터에서 *Microcystis aeruginosa*를 분양 받아서 배양 및 실험하였다.

▷ pH 변화에 따른 *Microcystis aeruginosa*의 성장 실험

BG11 배지 100mL씩 담아서 준비하고, 여기에 pH 6.5는 원래 배지의 pH이므로 대조군으로 남겨놓고, 각각 HCl과 NaOH를 이용하여 pH 5와 pH 8.5를 맞춘다. pH를 변화시킨 BG11 배지에 *Microcystis aeruginosa*를 10mL를 접종한 후 Shaking incubator(26 $^{\circ}$ C, 450 rpm, 600 lux)에 배양하였다. 그리고 2일 간격으로 UV-VIS Spectrophotometer(Shimadzu 2000)를 이용하여 측정하였다.

▷ 극세사 양에 따른 *Microcystis aeruginosa*의 제거 실험

성장이 잘된 *Microcystis aeruginosa*를 100mL씩 담아서 준비하고, 여기에 극세사를 0 g 부터 3 g 까지 넣은 후 Shaking incubator(26 $^{\circ}$ C, 450 rpm, 600 lux)에 배양하였다. 그리고 2일 간격으로 UV-VIS Spectrophotometer(Shimadzu 2000), 클로로필a를 측정하였다.

결과 및 토론

1) pH 변화에 따른 *Microcystis aeruginosa*의 성장 실험

Fig 1은 pH가 원래 pH 6.5인 상태보다 pH 8.5인 염기성 상태에서 증식이 더 활발한 것으로 보여지고 pH 5인 산성인 상태에서는 *Microcystis aeruginosa*가 제대로 증식할 수 없는 환경임을 보여준다.

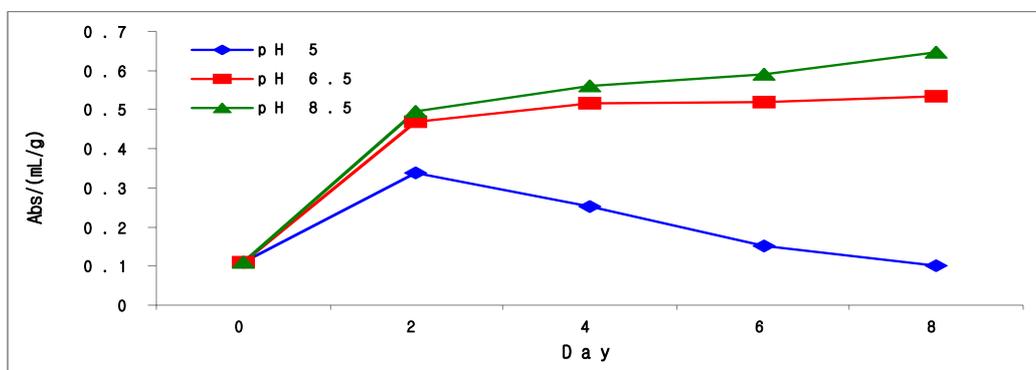


Fig 1. Growth rate of *Microcystis aeruginosa* according to the pH. (630nm)

2) Copper alloy fiber 첨가에 따른 *Microcystis aeruginosa*의 제거 실험

▷ Copper alloy fiber 첨가량에 따른 *Microcystis aeruginosa*의 변화

*Microcystis aeruginosa*에 copper alloy fiber소재를 첨가하여 의 *Microcystis aeruginosa*성장을 클로로필a 변화를 통해서 확인 하였다. copper alloy fiber 소재를 첨가하지 않은 곳에서는 *Microcystis aeruginosa*의 성장이 지속적으로 이루어짐을 볼 수 있고 copper alloy fiber 소재를 첨가한 곳에서는 초기에 일부 성장이 있지만 감소하는 것을 관찰 할 수 있다. 그러므로, copper alloy fiber가 *Microcystis aeruginosa*의 성장에 영향을 미치고 있는 것을 확인할 수 있다.

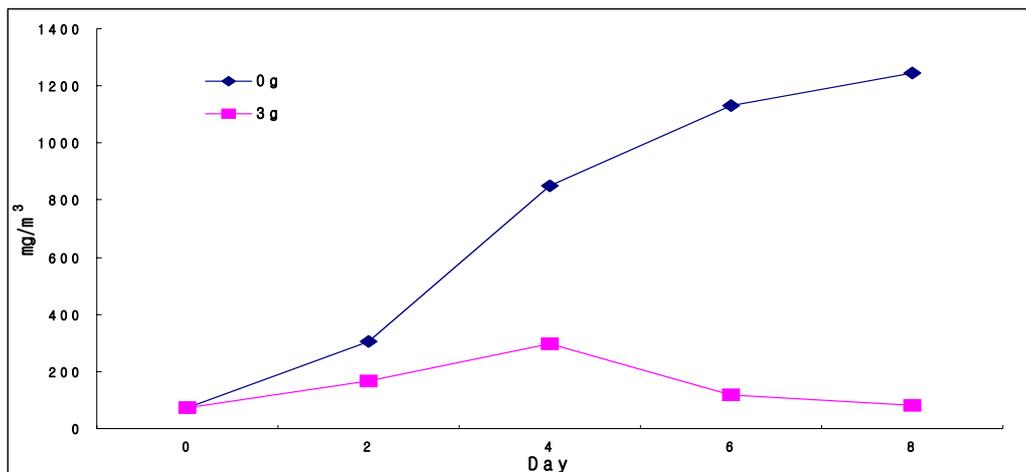


Fig 2. Death rate of *Microcystis aeruginosa* according to the amount of copper alloy fiber filter by chlorophyll-a.

▷ Copper alloy fiber 첨가량 변화에 따른 클로로필a 변화

Fig 3은 copper alloy fiber 첨가량을 변화 시키면서 클로로필a의 변화를 확인하였다. copper alloy fiber의 첨가량이 증가에 따라 클로로필a의 감소가 더 크지만, 큰 차이가 없음을 볼 수 있다. 동일하게 시간변화에 따라 클로로필a의 감소가 이루어짐을 확인할 수 있었다.

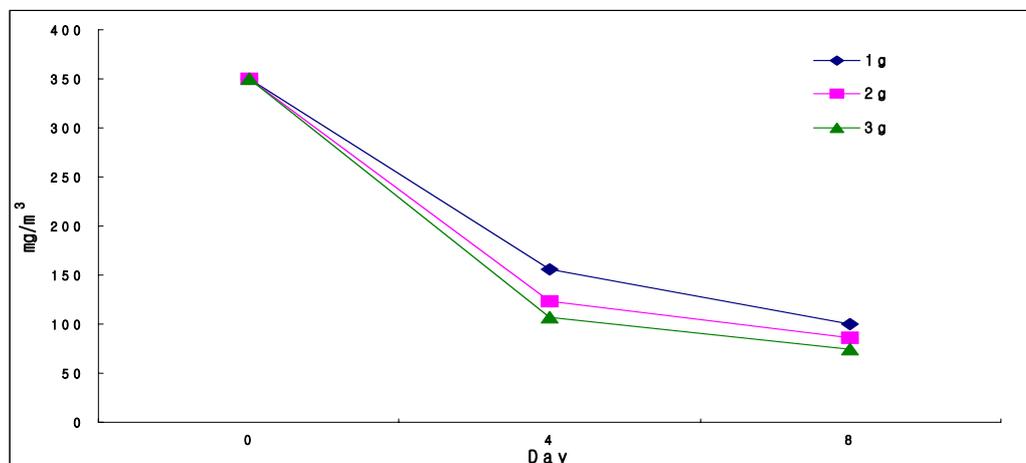


Fig 3. Copper alloy fiber 변화에 따른 클로로필a 변화

결론

실험 결과를 바탕으로 아래와 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) *Microcystis aeruginosa*의 성장은 산성 분위기 보다는 염기성 분위기에서 더 좋은 성장을 보인다.
- 2) Copper alloy fiber를 첨가한 *Microcystis aeruginosa* 배양액에서의 *Microcystis aeruginosa*의 성장이 첨가하지 않은 배양액에서 비교하여 현저히 성장이 되지 않음을 확인 할 수 있었다.
- 3) Copper alloy fiber 첨가량에 따른 변화를 *Microcystis aeruginosa*의 살균은 낮은 농도에서도 큰 효과를 발휘할 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 1) 허순철, 녹조류 *Scenedesmus sp.* 및 남조류 *Microcystis aeruginosa*의 증식 특성에 관한 실험적 연구, 홍익대학교 대학원(1990)
- 2) 김준용, 현대 전기화학공과 공업, 서울대학교출판부, p.85-89, 1985.
- 3) 송형호, 담수생물학(FRESH-WATER BIOLOGY), 형설출판사, p.172-173, 1990.
- 4) 박로학 : “산화환원 전위차의 pH 의존성”, 한국과학기술정보연구원.
- 5) 한채호, 박우식, 김종현, 이영식, 노준혁, 김연규, 윤범상, 담수조류의 대량번식에 따른 피해를 최소화하기 위한 녹조제거기 개발, 한국해양환경공학회, 2000.
- 6) 소택소미, 현대의 전기화학, 천문각, p.130, p.132, 1995.