

## 천연 수소 발생 광물 필터를 이용한 녹조 정화 시스템

### Green Purification System using Natural Hydrogen Generating Mineral Filter

권유지<sup>1</sup>, 박대겸<sup>2\*</sup>

Yu-ji Kwon<sup>1</sup>, Dae-gyeom Park<sup>2\*</sup>

#### 〈Abstract〉

In many regions of Korea, including the Four Major Rivers, the seriousness of the problem of algal blooms due to eutrophication of water quality is being raised. In this study, in order to solve these social problems, we manufactured a filter using natural mineral fusion (red illite, zeolite, germanium ceramic, selenium ceramic, carbon ceramic) and independently developed a tank system for green algae experiments to observe and determine the stages of change in water quality. In order to study ways to improve water quality through quantitative analysis, 1 ton of severely polluted green algae water from the Nak dong River region was stored in a water tank and exposed to ultraviolet rays in the same environment as the Nak dong River. Then, the same environment as the Nak dong River was created. The results were derived from a 5-week water quality test. The results of this experiment confirmed that green-colored cyano bacteria were significantly reduced just by the turbidity results. The results were obtained through a request to the Korea Testing & Research Institute located in Changwon-si, Gyeong sang nam-do. Cl-(chlorine ion) and NH<sub>3</sub>-N(ammonia nitrogen) had the effect of saving every week. The device used in this study was made of natural minerals free of heavy metals that are harmless to the human body and nature through long-term consideration and exploration to kill and prevent various strains living in water. Green purification system using natural hydrogen generating mineral filter were effective a non-chemical and physical methods. The

---

1 네이처엔코  
E-mail: yuji\_kwon@naver.com

2\* 부산대학교, 기계공학부 교수  
E-mail: dypark@pusan.ac.kr

1 Dept. of Nature & co company

2\* Dept. Professor, Department of Mechanical Engineering,  
Pusan National University

results of this study are one way to contribute to the serious problems caused by green algae in many countries, and will contribute to the water quality environment by preventing the waste of environmental resources, improving the health of the people, and increasing the ability to purify environmental water quality at home and abroad.

*Keywords : Algal Bloom, Hydrogen, Filtering, Natural Mineral, Water Quality Improvement*

## 1. 서론

낙동강을 포함한 4대강 유역에 매년 일조량이 많은 7,8월이면 여러 지역에서 부영양화로 인한 녹조(algal bloom)현상에 대한 문제의 심각성이 제기되고 있다. 한국에는 약 18,000 여개의 저수지 및 호소가 존재하고 있다. 대부분의 저수지는 농업용 저수지로서 현재는 심각한 부영양화로 인해 녹조 발생이 점차 심화됨에 따라 사전 예방 및 관리에 대한 다각적인 모색이 이루어지고 있다. 지금까지의 녹조 관리는 사후방제 위주의 관리였지만, 투자 대비 비효율적이라는 이유로 사전 예방에 관심을 가지게 되었다. 사전 예방 대책의 경우 녹조 발생으로 인한 경제적 손실을 줄이고 생태적 안정성 및 국민 건강성 차원에서 매우 효과적인 방법이다[1]. 우리나라는 강수량의 연평균 변화폭이 크고 유역별로 편차가 심한 강우 특성으로 인하여 갈수기 가용수량이 부족하고 물 이용 및 홍수관리에 매우 취약하며[2], 국토가 좁고 인구밀도가 높아 인당 강수량으로 환산할 경우 세계 평균의 17% 수준에 불과하여 물 부족 국가에 해당되는 것으로 나타났다[3]. 수계로 유입되는 오염물 부하의 증가와 가뭄으로 인한 수량 감소는 녹조 발생을 촉진 시켜서 수자원의 가치를 지속적으로 하락시키기 때문에 녹조에 대한 대책 수립이 요구된다[4]. 세계적으로 유속이 느린 하천 형태의 호

소에서 '녹조라떼'라 불리는 남세균은 마이크로시스틴이라는 간 독소를 생성하여 간암 등의 질병을 유발하고 주변 전방 5km의 생활하수 지역에서는 아나톡신과도 같은 신경독소를 뿜어 우리의 뇌를 서서히 사멸시키고 있다. 지금까지 국내 외 녹조 발생 현장의 처리 대책은 대부분 황토나 약품 살포에 의존해 왔으며 조류 입자의 제거에 중점을 둔 경우가 많았다. 이런 방법들은 수중의 영양염류 제거를 고려하지 못한 일시적인 대책이며 생태계에 영향을 끼칠 우려가 크기 때문에 제한적으로 적용되었다[5]. 인체에 치명적인 영향을 끼치며 파킨슨병이나 루게릭병의 수많은 사례 등이 전례되고 있다. 환경적 수질 생태의 변화로 인해 야생동물이나 가축에게 공급되어야 할 수질의 빠른 부식으로 인한 폐사율 증가와 남세균의 부영양화 요인인 조류가 성장하기 위해서는 질소(N), 산소(O), 인(P), 실리콘(Si), 철분(Fe) 등 다양한 영양소가 필요하지만 질소와 인이 핵심 인자로 알려져 있다[6]. 영양염류는 주로 하 參 폐수와 같은 점오염원(point source)에서 기인 되지만 대기 침적 지하수 농업 및 양식업 등 비점오염원(non-point source)도 중요한 배출원이다[7]. 지표면의 토양에 흡착된 영양분은 강우 시 토양과 함께 수계로 유입된 후 시간이 지남에 따라 수중으로 용출되고 초봄이나 초가을에 전도현상(turn-over)이 일어나면서 수계 전체로 확산된다. 그러므로 비점오염원에 의한 영

양염류의[3][8] 수계유입도 중요한 요인으로 볼 수 있으며[9], 이는 토지이용이나 계절 강수량 유출 특성 등과 연관이 깊고 불규칙적으로 발생 되는 특성이 있다[10]. 암모니아성 질소, 질산성 질소 및 인산염 이온의 증가로 수중 산소량이 고갈되어 수중 산소가 부족하게 되고 심한 냄새를 발생시키기도 하여 어류의 아가미를 덮어 질식사키는 등 수질의 악화로 인해 수생태계를 파괴시키는 문제를 야기한다[11]. 사체의 빠른 부패로 인한 환경 문제의 심각성은 많은 환경단체와 세계적인 국가 문제로 제기되고 있다. 환경 변화로 인한 지열 증가로 인해 마이크로시스틴은 에어로졸 형태로 우리가 흡입하고 있으며 환경적 수질관리에 관한 문제의 고찰은 우리가 참여하게 다뤄야 하는 생태계 복원과도 관련이 깊으며, 불규칙적 강우 패턴도 조류 성장의 중요한 영향인자로 홍수가 발생 될 경우 지표면에 누적된 오염물이 수계로 유입되고 건기가 장기화 될 경우 상대적으로 영양분이 농축 되어 조류 성장을 촉진 시킬 수 있다[12]. 녹조의 예방을 위한 효율적인 기술이 아직 개발되지 않았기 때문에 대부분의 관리 전략은 물리적 처리 방법, 화학적 처리 방법과 같은 대부분 사후 처리 기술에 초점이 맞춰져 있다[1][13].

본 연구에서는 다수의 천연 광물질을 이용하여 물리적 방법의 결과를 도출하여 그결과를 분석. 고찰하였다.

## 2. 이론적 배경

천연 수소 생성 광물 필터를 이용한 녹조 정화 시스템은 직접적인 광물 필터링 이외 자연재해의 피해가 없도록 하는 것이며, 녹조 정화 장치 또는 수질 정화 장치라는 용어로 사용되고 있으며, 이는 수질에 오염된 남세균을 살균 처리하는 데 있어 천연 광물이 가진 원적외선과 파동 에너지가 그 광물의 선별에 따라 구별 되며, 수질에 증식하는 모든 유해 미생물은 천연 수소 생성 광물 질에 의하여 정화 시키는 것이고, 필터링이라 하면 수생태계에 존재하는 어떤 목적의 병원미생물을 응집 배출하는 것을 의미한다. 담수호의 부영양화 현상은 가장 심각한 환경 문제 중의 하나로 높은 영양염류 농도 자체가 수 이용상의 장애를 일으키기도 하지만 수중의 조류가 이상적으로 과다 증식하여 녹조현상을 유발한다[14]. 대부분의 조류 대발생 현상은 수체의 착색과 수중 내 용존 산소와 투명도를 현저하게 감소시키고, 이취미를 발생하여 음용수의 가치를 떨어뜨리고, 정수장 여과장치의 처리 장애를 유발하는 등의 막대한 피해를 유발한다[15]. 뿐만 아니라 단일종이 이상 번식함에 따라 조류 종이 우점하여 대량증식 하면서 조류군집의 종 다양성의 감퇴를 일으켜 생태계에 위협적으로 작용한다고 알려졌다[16], 유발하는 원

Table 1. Major algae causing green algae

Taxon	Dominant species	Period	Problems
Cyanobacteria	Microcystis, Aphanizomenon, Anabaena, Oscillatoriaetal.	early summer fall	production of toxin Foul odors
Greenalgae	Chlamydomonas, Volvox, Eudorina, Pandorina, Scenedesmusetal.	Spring-fall	Foul odors
Flagellates Euglenophyta	Ceratium, Peridinium, Euglenaetal.	Spring late fall	Toxicity Foulodors
Diatoms	Aulacoseira, Synedra, Asterionella, Fragillaria, Nitzschiaetal.	late fall-spring	Foul odors

인(Table 1)으로는 규조류 중에서 Synedra 속, Melosira 속, Asterionella 속 등이 대표적이며, 남조류 중에서는 Anabaena 속, Microcystis 속이 주를 이루었다. Microcystis 속이나 Anabaena 속 등 독특한 독성물질을 분비하는 담수조류의 대량 증식에 의한 녹조현상은 어류, 가축, 사람을 위협하고 있어 공중 위생상에도 주의를 요하는 등의 악영향을 끼치는 경우가 많다 [17].

가축이 전염병에 감염될 위험성이 있는 병원체와 그 병원체를 전파하는 미생물을 박멸하여 전염병에 의한 피해를 미연에 방지하는 방법은 하나의 수단이며, 가축전염병의 발생이나 만연을 방지하는 방법은 여러 가지가 있으나 그 중에서도 수질 관리는 중요한 방법의 하나이다. 이러한 부영양화 및 수화 발생을 억제하기 위해 세계 각국에서 여러 가지 방법들이 이용되고 있으나 대부분의 방법들은 기술적, 경제적 측면에서 많은 제약을 받고 있는 실정이다. 지금까지 알려진 직접적인 조류 제어 방법으로는 수중폭기, 전자선, 초음파 등의 물리적 방법, Chlorine, 3 - (trimethoxysilyl) - propyldimethyloctadecylammonium chloride, bromine, copper sulfate 등의 화학적 방법, 그리고 바이러스, 박테리아, 균류, 원생동물, 동물플랑크톤, 쌍편모조류, 어류 등의 생물학적 방법이 알려져 있으며, 간접적인 방법으로 수중식물에 의한 영양물질 흡수, 금속 이온 처리에 의한 부영양화 촉진물질의 불활성화, 수처리 시설을 이용한 수중 내 유기물질의 감소 등의 방법이 보고되고 있다[14][18]. 물리·화학적 방법은 수중생물에 비특이적으로 작용하여 많은 무척추동물과 1차 생산의 근간이 되는 모든 식물 플랑크톤을 제거함으로써 수 생태계의 먹이 사슬을 파괴하고 어류에도 독성을 갖는 것으로 알려져 있다[17][19]. 녹조의 번식과 자연과 가까운 환경에서 실험하기 위해 실험 기간은 총 5주로 구성 후 매주 녹조 시료 1ℓ

를 실험 기관에 동일한 시간대에 실험 의뢰하였다. 한편 농장 내 금속 재질의 부식에 영향을 주는 인자로는 금속의 종류 및 재질의 온도 등의 물리적 인자들과 pH, 알칼리도, 총용존고형물(TDS, Total Dissolved Solids), 경도, 용존산소, 잔류 염소, 황산이온 등 의 화학적 인자와 미생물의 존재 등과 같은 생물학적 요소 등이 있다.

## 2.1 천연 수소 생성 광물 필터를 이용한 수질 환경의 안정화

**미네랄 필터 설치:** 미네랄 필터는 수중에 자연적으로 수소를 생성하는 미네랄을 함유하고 있다. 이러한 필터를 수 환경에 설치하여 수소 생성 및 안정화 과정을 거친다.

**수소 생성:** 미네랄 필터에 포함된 미네랄은 수중의 물질과 상호 작용하여 수소를 생성하고, 이러한 과정은 수중에 산소를 공급하고 산화-환원 반응을 촉진하여 수 환경을 안정화하는 역할을 한다.

**산화 제거:** 수소 생성 과정에서 생성된 수소는 주변 환경에서 산화를 줄이는 역할을 하며 이렇게 함으로써 수 환경에서 유해 산소와 산화물을 제거하여 안정화한다.

**물질 제거:** 미네랄 필터는 물질을 흡착하고 필터링하여 수 환경에서 유해 물질을 제거한다. 이를 통해 물의 투명도를 개선하고 물질의 농도를 줄여 안정화된 수질 환경을 유지한다.

**유지 보수:** 미네랄 필터는 주기적으로 유지 보수되어야 한다. 필터 속 미네랄의 충전량을 확인하고 필요할 경우 교체하여 수 환경을 계속해서 안정시킨다.

## 2.2 천연 광물의 원료의 이해와 역할

자연 미네랄 원료는 산업 및 건강 분야에서 중

요하며 이러한 미네랄 원료는 지구 내부에서 형성되고 지표면에 나타나는 다양한 물질로 구성될 수 있다. 이러한 미네랄은 다양한 용도로 사용되며 다음과 같은 역할을 한다.

**자원 활용:** 자연 미네랄 원료는 다양한 산업 부문에서 사용된다.

**환경 보호:** 일부 미네랄은 환경 오염을 감소시키는 데 사용될 수 있다. .

**건강 보호:** 일부 미네랄은 건강 증진을 위해 보충제로 사용될 수 있다.

**산업 발전:** 미네랄 산업은 경제적 발전에 중요한 역할을 합니다.

**지구 과학 연구:** 미네랄은 지구 내부 및 표면의 구조 및 이동을 연구하는 데 중요한 자료를 제공한다.

**레드일라이트(적운모):** 적색 일라이트(쿠마이트)는 물 정화에 중요한 역할을 한다. 이 미네랄은 자연에서 발견되는 유기물 및 불순물을 흡착하고 제거하여 물의 투명도를 향상시키는 데 사용된다. 특히 물에 용해된 금속이온 및 유기물 등을 효과적으로 제거할 수 있다. 이러한 특성으로 인해 쿠마이트를 물 정화에 널리 사용되었다.

**제올라이트:** 제올라이트의 결정구조 상의 기본 단위인(Si,Al) 사면체 구조 내에서, Si에 대한 Al의 치환 정도에 따라 이에 상응하는 음전하(negative charge)가 파생된다. 이 치환 과정에서 발생하는 전하 결손을 보상하기 위해서 Ca, Na 등의 양이온들이 흔히 제올라이트의 공동(open channel) 구조 내에 개입된다. 제올라이트에서 이 같은 음전하의 발생과 그 보상관계는 거의 이상적으로 이루어지는 것으로 알려져 있다[20]. 이 같은 제올라이트의 양이온 교환 특성(cation exchange property)은 광물질의 독특한 물리화학적 제반 성질들을 규제할 뿐만 아니라, 수질오염원인 암모늄 및 중금속 이온들의 흡착제거에 관여되는 제올라이트의 기본

적이고도 가장 중요한 성질이다[21].

**게르마늄 세라믹:** 게르마늄 세라믹은 물 정화에 중요한 역할을 한다. 이 미네랄은 물 중의 유해 물질을 흡착하고 제거하여 물의 품질을 향상하는데 사용된다. 게르마늄 세라믹은 특히 물에 용해된 금속이온과 유기물을 효과적으로 제거하여 물의 투명도를 향상하고 깨끗하고 안전한 물을 공급하는 데 이바지한다.

**셀레늄 세라믹:** 셀레늄 세라믹은 물 정화에 중요한 역할을 한다. 이 미네랄은 물 중의 유해 물질을 흡착하고 제거하여 물의 품질을 향상하는데 사용된다.

**탄소 세라믹:** 탄소 세라믹은 물 정화에 중요한 역할을 합니다. 이러한 세라믹은 물에 녹아있는 유기 물질, 냄새, 맛, 클로로포름, 염소와 같은 물질을 제거하는 데 효과적이며, 또한 세라믹은 물 중의 미생물과 세균을 제거하여 물의 깨끗함과 안전성을 향상한다.

### 3. 실험 방법

본 연구는 경상남도 함안군 칠원읍 소재의 농장에서 낙동강 지역에서 수질오염이 심각한 지역에서 이미 오염된 녹조상태의 물 1ton을 물탱크에 보관 후 낙동강과 동일 환경으로 자외선에 그대로 노출 후 자체 개발된 천연 수소 생성 광물 필터로 하루 8시간씩 15분 간격으로 투과하여 1.8 L씩 채수 후 2023년 06월 29일 기점 5주간 국립환경과학원 고시 제 2022-12호 및 해수 공정 시험기준 : 2021(준용) 단위의 Cl<sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, 탁도, 염분 검사를 KTR(한국화학융합시험연구원) 창원지원에 의뢰하여 결과를 도출하였다. 본 실험에 사용한 용수 저장 탱크는 (Fig. 1)과 같은 PVC 탱크 1200\*1000\*1150mm



Fig. 1 ton water tank for experimentation

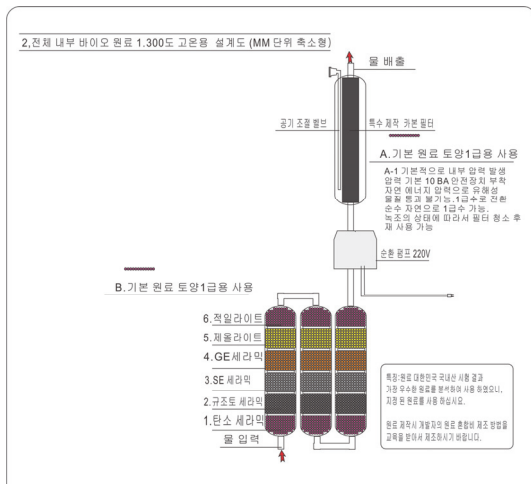


Fig. 2 Filter for water purification. Internal configuration diagram

의 1,000L의 HDPE 재질로써 농업용 컨테이너이며, 본 실험에 사용 되어졌다.

자연 광물 융합(레드일라이트, 제올라이트, 게르마늄 세라믹, 셀레늄 세라믹, 탄소 세라믹)을 이용한 필터를 자체 제작하여 사용하였으며 필터의 구조는 Fig. 2와 같다.

메인 전원공급용 타이머는 75.5mm\*112.5mm\*51.8mm의 전압 정격 220v 교류 주파수 제어 전원 동작형으로 릴 전기를 통하여 전류를 공급받았으며, 하루 24시간 실험 환경에 맞는 일조량이 강한 시간대를 자동 설정 가능 모델로 선정하여 조정된 숫자 96개(핀 1개당/15분)의 소비 전력 1w 이



Fig. 3 potential of hydrogen Meter



Fig. 4 oxidation-reduction potential meter



Fig. 5 Dissolved Hydrogen Meter



Fig. 6 circulating pump

하의 모델을 일정 시간만큼 매일 자동 구현하였다.

Hydrogen exponent, PH는 측정을 위하여 (Fig. 3) PH테스트기를 사용하였다. 수소 이온 농도를 나타내는 중요한 수질 판정 지표 항목으로 사이즈 18.5\*3.4\*3.4cm. 96.4g이며 측정 범위 0.0~14pH, 분해능 0.01pH, 정밀도 ±2%, 온도의 범위는 0~80° (섭씨), 32~176° (화씨), 디지털 방식 자동 및 수동 교정이 가능하다.

Oxidation reduction potential 테스트기(Fig. 4)는 측정 대상의 산화 환원 시스템에서의 전자의 활동도를 나타내는 아날로그 수직값이 높을수록 물의 자정능력이 커지며, 측정 범위는 0~1000mV 이다. 정확도는 ±5mV이며 자동보정이 가능하다. 배터리 형식의 미네랄측정기(Total Dissolved solid, TDS 총 용존 고형량)의 측정 범위는 0~9990ppm 이다.

용존 수소 용량을 측정하기 위하여 Fig. 5장치로 188mm\*38mm 0~2400ppb/0~2.400ppm, ±50ppb/±0.05ppm, 온도의 범위는 0~50° , 무게는 82g으로 측정하였다.

순환펌프는(Fig. 6) 단상 220v 60Hz 수중펌프 0.5 마력 출력 400w의 최대 양정 9, 양수량/양정 (L/min) 145(Hd\*3m), 최대 양수량(L/min) 200, 토출구(mm,inch) 32(1 1/4" ). 위와 같은 장비들이 본 실험 연구 과제의 실험에 각각 사용되었다.

### 3.1 천연 수소 생성 광물 필터를 설치 동안의 환경의 변화

실험 기간 전체 날씨의 변화는 Table 2와 같다[22]. 첫째 주 주간 합계일사량 134.62(MJ/m²), 둘째 주 합계일사량 85.75(MJ/m²), 셋째 주 주간 합계일사량은 65.89(MJ/m²), 넷째 주 주간 합계일사량 56.32(MJ/m²), 다섯째 주 주간 합계일사량은 112.78(MJ/m²)의 다양한 일조량의 변화가 있었다.

천연 광물로는 GE 세라믹, SE 세라믹, 규조토 세라믹, 탄소 세라믹, 특수 제작 카본 필터 등으로 구성되어 졌고 공기 조절 밸브와 순환펌프 등의 장비가 함께 사용되었다. 첫째 주 주간 합계일사량은 134.62(MJ/m²), 둘째 주 합계일사량 85.75(MJ/m²), 셋째 주 주간 합계일사량은 65.89(MJ/m²), 넷째 주 주간 합계일사량 56.32(MJ/m²), 다섯째 주 주간 합계일사량은 112.78(MJ/m²)의 다양한 일조량의 변화가 있었다. 이 실험은 릴 전기(스마트 안전 케이블 릴)를 이용하여 오전 9시부터 오후 5시 까지 하루 8시간 중 한 시간에 15분씩 자동 타이머를 설정한 순환펌프를 통한 강제 순환 방식을 이용하였다.본 실험용 정화시스템의 전체구성도는 Fig. 7과 같다.

본 실험은 창녕군 남지읍 길곡면 일원 낙동강 합안보에 서 녹조가 발생 된 물 1톤을 취수하여

Table 2. Climate change during experiment period

일시	평균기온 (°C)	최고기온 (°C)	일강수량 (mm)	1일합계 일사량 (MJ/m²)
2023.06.21	21.5	23.6	10	4.02
2023.06.22	24.3	28.5	0	21.25
2023.06.23	22.8	30	0	22.92
2023.06.24	22.6	29.2	0	21.73
2023.06.25	22	26.6	18	12.81
2023.06.26	25	28.3	39.5	5.55
2023.06.27	26.6	31.4	12.5	20.07
2023.06.28	23.4	28.4	26	19.25
2023.06.29	25.5	28.1	5	7.02
2023.06.30	24.8	26.8	16.5	6.97
2023.07.01	24.6	29.7	0	14.28
2023.07.02	25.9	32.6	0	22.06
2023.07.03	25.8	30.1	0	15.49
2023.07.04	24.6	26.4	10.5	7.56
2023.07.05	26.5	30.8	18	19.39
2023.07.06	26	33.3	0	21.02
2023.07.07	21.9	24.8	44	3.91
2023.07.08	22.9	25.7	0	4.31
2023.07.09	26.2	29.2	0	8.04
2023.07.10	27.1	30.8	0.5	15.2
2023.07.11	25.7	30	40	7.2
2023.07.12	25.9	28.7	22.5	6.21
2023.07.13	26.8	28.7	2.5	6.79
2023.07.14	26.7	27.6	17.5	3.13
2023.07.15	27.6	29.8	3.5	12.69
2023.07.16	23.7	25.2	83.5	4.98
2023.07.17	25.8	30.6	46.5	13.52
2023.07.18	25	26.1	97	5.4
2023.07.19	25	29.1	0	9.81
2023.07.20	25.9	32.5	0	19.87
2023.07.21	25.6	30.9	0	19.69
2023.07.22	23.7	27.7	0.5	11.23
2023.07.23	26.4	29.8	9	10.32
2023.07.24	25.6	30.1	39	13.61
2023.07.25	25.5	30.2	19	16.07
2023.07.26	26.8	31.8	1.5	21.99

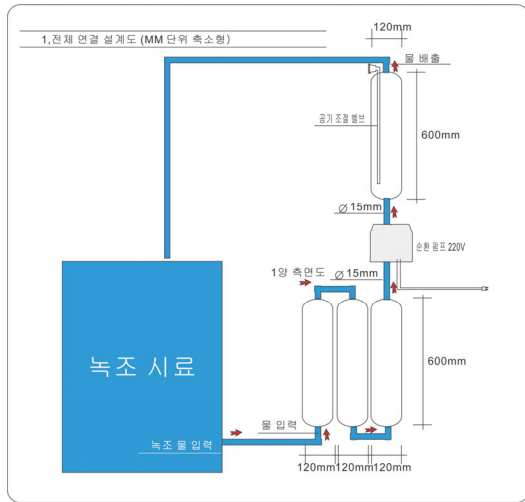


Fig. 7 Overall configuration of experimental purification system

상기 낙동강에서 매년 녹조가 심하게 발생하는 물과 동일 환경을 구성 후 23년 6월 1일에서부터 6월 28일까지 녹조의 번성이 두드러지게 나타나는 상태의 오염수를 전문 실험 기관(경남 창원시 소재 한국융합시험연구원)에 의뢰 관찰하였다. 그리고 2023.06.29. 녹조가 발생된 실험물 1.8리터를 채취하여 경남 창원시 소재 한국융합시험연구원에 1차 수질 의뢰하였다.

#### 4. 연구 결과 및 고찰

매 주차 별 수질 환경변화에 대하여 아래 Table 3과 같이 나타났다.

1주 차에는 녹조현상이 일어난 오염수에 대해 염소이온, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 인산염 이온, 탁도와 염도에 관한 전반적인 평균 오염 값을 살펴볼 수 있었다.

2주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 0.06mg/L, 모니아성 질소의 수치는 0.011mg/L 감

Table 3. Weekly water quality environmental changes

시험 항목	단위	1주차	2주차	3주차	4주차	5주차
Cl-	mg/L	26.0	25.4	23.2	20.7	18
NH3-N	mg/L	0.20	0.09	0.05	0.06	0.05
NO3-N	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
PO3-4	mg/L	0.014	0.093	0.022	0.023	0.015
탁도'	NTU	25.50	32.2	53.8	42	16.5
염분	PSU	0.14	0.13	0.11	0.09	0.13

소하였고, 질산성 질소는 불검출되었으며 일조량의 변화에 의하여 인산염 이온의 수치는 0.019mg/L 증가하였으며 탁도 또한 6.7mg/L 증가 하였으나 염도는 0.01 가감되었다.

3주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 2.2mg/L, 암모니아성 질소의 수치는 0.04mg/L, 인산염 이온의 수치는 0.071mg/L 감소 하였으며 질산성 질소는 불검출되었으며 탁도는 21.6mg/L 증가하였으나 염도는 0.02mg/L 가감되었다.

4주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 2.5mg/L 감소하였고 암모니아성 질소의 수치는 0.01mg/L 증가하였고 질산성 질소는 불검출되었으며 인산염 이온의 수치는 0.001mg/L 증가하였으며 탁도는 11.3mg/L 염도는 0.02mg/L 가감되었다.

5주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 2.7mg/L, 암모니아성 질소의 수치는 0.01mg/L 감소하였고, 인산염 이온의 수치는 0.08mg/L 감소 되었고 탁도 또한 25.5mg/L 대폭 감소 하였으나 질산성 질소는 불검출되었고 염도는 0.04mg/L 증가되었다.

한편 녹조 상태의 물의 PH 변화와 ORP (산화 환원력)과 미네랄 농도 및 정화 과정을 거치는 녹조 물에 녹아있는 용존 수소량을 측정하여 Table 4와 같은 결과를 얻어 고강도 천연 광물 필터의 작용으로 전반적인 수질 개선이 되고 있었다. 본 연구에서는 이와 같이 주차 별 수질의 변화를 측



Table 4. Purification process and dissolved minerals dissolved in green algae changes, etc.

시험 항목	단위	1주차	2주차	3주차	4주차	5주차
PH	PPM	6	6.2	6	6.8	6.9
ORP	-mv	+500	+456	+200	+220	+190
미네랄	PPM	0	0	1	1	1
온도	℃	29	32	30	32	30
수소용존수치	ppb	0	2	10	25	28

정하고 데이터화 하였다.

본 연구의 기본 광물의 구성들로는 적 일라이트, 제올라이트, 게르마늄 세라믹, 셀레늄 세라믹, 규조토 세라믹, 탄소 세라믹류의 광물들이 순서대로 배열되어 자연과 같은 지층을 형성하고 있으며, 특수 제작된 카본 필터는 최상급 카본을 사용하여 만들어졌다.

1주 차에는 녹조현상이 일어난 오염수에 대해 염소이온, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 인산염 이온, 탁도와 염도에 관한 전반적인 평균 오염 값을 살펴볼 수 있었다.

2주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 0.06mg/L, 암모니아성 질소의 수치는 0.011mg/L 감소하였고, 질산성 질소는 불검출되었으며 일조량의 변화에 의하여 인산염 이온의 수치는 0.019mg/L 증가하였으며 탁도 또한 6.7mg/L 증감 하였으나 염도는 0.01 감소되었다.

3주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 감소 2.2mg/L, 암모니아성 질소의 수치는 0.04mg/L, 인산염 이온의 수치는 0.071mg/L 감소 하였으며 질산성 질소는 불검출되었으며 탁도는 21.6mg/L 증가하였으나 염도는 0.02mg/L 감소되었다.

4주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 2.5mg/L 감소하였고 암모니아성 질소의 수치는 0.01mg/L 증가하였고 질산성 질소는 불검출되었

으며 인산염 이온의 수치는 0.001mg/L 증가하였으며 탁도는 11.3mg/L 염도는 0.02mg/L 감소 되었다.

5주 차에는 염소이온의 수치는 전 주 대비 2.7mg/L, 암모니아성 질소의 수치는 0.01mg/L 감소하였고, 인산염 이온의 수치는 0.08mg/L 감소 되었고 탁도 또한 25.5mg/L 대폭 감소 하였으나 질산성 질소는 불검출되었고 염도는 0.04 증가 되었다. 본 연구에서는 이와 같이 주차 별 수질의 변화를 측정하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 자연적 생태 수질 환경 내 필터링을 통해 재공급되는 물과 자연 일조량의 노출로 수질의 항상성을 구하기 위한 방향을 제시하여 각종 유해균과 수질 생태계의 부영양화로 인해 산소 공급을 차단하는 녹조 발생을 예방을 위해서 수질 환경관리의 중요성을 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 천연 수소 생성 광물 필터를 이용한 녹조 정화 전후의 비교분석에 따른 결과의 변화는 녹조균인 남세균을 유발하는 암모니아성 질소와 질산성 질소, 인산염 이온의 수치 변화를 1주 차부터 5주 차까지의 도표를 통해 알 수 있었다. 천연 광물 필터를 통한 염소 이온 수치는 1주 차 26mg/L에서 5주 차 18mg/L로 8mg/L로 감소 되었으며 암모니아성 질소는 0.20mg/L에서 0.05mg/L로 0.15mg/L로 저감되는 것을 확인할 수 있었다. 인산염 이온은 1주 차에 0.014mg/L에서 2주 차에는 자외선의 영향으로 대략 7배 상승하였으나 3주 차부터는 필터링을 통한 감소 된 결과를 얻을 수 있었다.

- 2) 본 연구에서 물리적인 방법으로 천연 광물을 이용해 단계적인 지층을 형성하여 수질의 질을 실험하였을 때 CI-(염소이온), NH<sub>3</sub>-N (암모니아성 질소)는 매주 절감되는 효과를 볼 수 있었다.
- 3) 시험대상 농장에 녹조 시료를 약 5주 동안 지속적인 필터링 결과 수질의 그래프 변화에서 PO<sub>3</sub>-P(인산염 이온)의 변화는 첫 주와 마지막 주 차에 관해서 둘째 주차에 증폭된 수치에 반해 차차 저감 되는 효과는 있었으나 첫째 주와 비교해 봤을 때 여러 환경의 요인으로 큰 감소는 관찰되지 못했다.
- 4) 본 연구를 통하여 최근 국가적인 재난에 가까운 수질 생태계에 악영향을 미치는 녹조 현상은 예방적 차원에서보다 심도 있는 연구가 필요하며 수질 내 서식하는 다양한 균주들의 사멸과 예방을 위하여 천연 광물을 이용한 녹조 정화시스템의 활용 가능 분야의 연구가 지속되어야 함을 알 수 있었다.

## 사 사

본연구는 경상북도 대구시 소재 네이처앤코 기업 부설 연구소에서 자체 연구지원 사업에 의하여 부산대학교 생명 자원과학대학 국제창의 혁신 휴먼센터와 공동으로 연구되었음.

## 참고문헌

- [1] 농업용 저수지 녹조 관리를 위한 *Bio-manipulation* 적용에 관한 연구, 경희대학교 대학원환경응용과학과, 서동일, 2016)
- [2] 국토교통부 (MOLIT), 수자원장기종합계획 (2001 ~ 2020)- 3 제 차 수정계획. 13-21 (2016).

- [3] Hu, W. C., Wu, C. D., Jia, A. Y., and Chen, F., Enhanced coagulation for treating slightly polluted algae-containing raw water of the pearl river combining ozone pre-oxidation with Poly-Aluminum Chloride, (PAC), *Desalination and Water Treatment*, 56, 1698-1703 (2015).
- [4] 한국환경산업기술원 국내외 녹조제어 기술 현황 (KEITI), , *Konetic Report*, 11 (2014).; Lee, J. H., Park, J. G., and Kim, E. J., Trophic States and Phytoplankton Compositions of Dam Lakes in Korea, *Algae*, 17(4), 275-281 (2002b).
- [5] Choi, H. J., Application of hybrid material, modified sericite and pine needle extract, for blue-green algae removal in the lake, *Environ. Eng. Res.*, 23(4), 364-373 (2017).
- [6] Luo, H. B., Li, F., Lv, H., Zeng, Y. M., Zhang, K., and Huang, B., Adsorption control performance of phosphorus removal from agricultural non-point source pollution by nano-aperture lanthanum-modified active alumina, *Advance Journal of Food Science and Technology*, 4(6), 337-342 (2012).
- [7] Nam, G., Choi, Y. H., Lee, N. J., and Ahn, J. W., Effect by alkaline flocculation of algae and phosphorous from water using a calcined waste oyster shell, *Water*, 9(9), 661, 1-11 (2017).
- [8] Hu, W. C., Wu, C. D., Jia, A. Y., and Chen, F., Enhanced coagulation for treating slightly polluted algae-containing raw water of the pearl river combining ozone pre-oxidation with Poly-Aluminum Chloride, (PAC), *Desalination and Water Treatment*, 56, 1698-1703 (2015).
- [9] Anderson, D. M., Glibert, P. M., and Burkholder, J. M., Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries and Coasts*, 24(4), 704-726 (2002).
- [10] Novotny, V. and Olem, H., *Water Quality-Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*, Van Nostrand Reinhold, New York, USA (1994).

- [11] 1.한재호, 박우식, 김종현, 이영식, 노준혁, 김연구, 윤범상. 2002. 담수조류의 대량번식에 따른 피해를 최소화하기 위한 녹조제거기 개발. 한국해양환경·에너지학회지. 3: 62-69.
- [12] U.S. Environmental Protection Agency, US EPA, Impacts of climate change on the occurrence of harmful algal blooms, EPA 820-S-13-001 (2013).
- [13] 농업용 저수지 녹조 관리를 위한 Biomanipulation 적용에 관한 연구, 경희대학교 대학원환경응용과학과, 서동일, 2016.
- [14] 김선정, 2009년 경기대학교 석사논문.
- [15] Slater, G. P. and Blok, V. C.(1983), Volatile compounds of the Cyanophyceae. A review. *Water Science and Technology*. 15, pp.181-190.
- [16] 박해경(2007), 수자원 관리를 위한 조류 분석법, 대한환경공학회지, 29(6) pp593-609.
- [17] Watanabe, M. F., Harada, K. I., Carmichael, W. W. and Fujiki, H. I.(1995), Toxic microcystis. CRC Press. pp.103-148.; Carmichael, W. W. (2001), Health effects of toxin-producing Cyanobacteria: "The CyanoHABS". *Human and Ecological Risk Assessment*. 7(5), pp.13 93-1407.
- [18] Rinehart, K. L., Namikoshi, M. and Choi, B. W.(1994), Structure and biosynthesis of toxins from blue-green algae (cyanobacteria). *J. Appl. Phycol.* 6(2), pp.159-176.
- [19] Rinehart, K. L., Namikoshi, M. and Choi, B. W.(1994), Structure and biosynthesis of toxins from blue-green algae (cyanobacteria). *J. Appl. Phycol.* 6(2), pp.159-176.
- [20] G. Gottardi & E. Galli 1985. *Natural Zeolites. Minerals and Rocks Series Vol. 18.* xii + 409 pp. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag. Price DM 160 (hardback). ISBN 3 540 13939 7 (hardback); 0 387 13939 7 (paperback).
- [21] 노진환, 강원대학교 지질학과, 한국광물학회지 제 16권 제 2호 *J. Miner. Soc. Korea*, 16(2), 135-149(June, 2003).
- [22] 날씨정보 출처: 기상청 국가기후데이터센터 <https://data.kma.go.kr/emmn/main.do>.

---

(접수: 2024.03.29. 수정: 2024.04.03. 게재확장: 2024.04.09.)