

# 요 약 문

## I. 제목

발광다이오드와 미세조류를 이용한 부산지역 오염 준설토의 중금속 정화 기술 개발

## II. 연구의 목적 및 필요성

퇴적물의 준설은 해양환경을 복원하기 위한 경우와 항만, 항구의 개발 및 관리과정에서 행해지며, 오염된 면적이 넓고 그 정도가 심할 경우 가장 확실하게 퇴적물을 개선할 수 있는 방법이나 준설토의 처분이 문제점으로 대두되고 있다. 따라서, 본 연구는 중금속 오염된 준설토를 정화하기 위해서 중금속 흡수와 생물흡착이 높은 파장의 LED를 이용하여 미세조류를 성장시키며, 이에 따라 준설토 중 중금속을 생물학적으로 저감하는 기술을 개발하고자 한다.

## III. 연구의 내용 및 범위

LED와 미세조류를 이용한 중금속 오염 준설토의 중금속 제거 기술 개발을 위하여 준설토의 중금속 오염정도를 파악하며, 중금속 제거를 위해 우수한 미세조류를 선정하기 위해서 미세조류의 생리특성 파악하였다. 또한 microcosm 실험을 통해서 LED와 미세조류를 이용한 중금속 오염 준설토의 정화가능성 파악하였다.

## IV. 연구결과

2014년 6월 수영만의 현장관측 결과 퇴적물 중 중금속의 오염 정도를 파악한 결과 중금속 오염이 심각하게 진행되고 있는 것으로 나타났다. 특히, 중금속(As, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn) 중 Cu와 Zn에 대한 오염이 심각한 수준으로 나타났다.

LED 파장(청색 LED, 황색 LED, 적색 LED) 및 복수파장(형광램프)의 광량 따른 미세조류(*Phaeodactylum tricornutum*, *Chlorella vulgaris*, *Nitzschia* sp., *Skeletonema costatum*)의 성장 특성은 각각의 광 파장 조건에서 광량이 증가할수록 성장속도와 최대세포밀도는 증가하였으며, 일정광량 이상에서는 성장속도와 최대세포밀도가 유사하였다. 특히, *P. tricornutum*, *Nitzschia* sp., *S. costatum*은 청색 LED에서 최대성장속도와 최대세포밀도가 가장 높았으며, 형광램프, 적색 LED, 황색 LED 순으로 높았다. 반면에 *C. vulgaris*는 적색 LED에서 최대성장속도와 최대세포밀도가 가장 높았으며, 청색 LED, 형광램프, 황색 LED 순으로 높았다. 따라

서 광 파장에 따른 미세조류의 성장은 종 특이성 또는 분류군 특이성을 보이는 것으로 생각된다.

현장조사에서 상대적으로 오염도가 심한 Cu와 Zn을 대상으로 미세조류의 중금속 농도별 성장실험을 실시하였다. Cu는 0.25~12,500 ppb 범위 내에서 12단계, Zn은 0.3~58,000 ppb 범위 내에서 12단계로 실험을 진행하였다. 광 파장별 Cu 및 Zn 농도에 따른 미세조류 4종(*P. tricornutum*, *Nitzschia* sp., *S. costatum*, *C. vulgaris*)의 성장실험 결과, 농도가 증가함에 따라 일정 농도구간까지 성장속도 및 최대세포밀도가 증가하거나 일정하였으며, 고농도의 조건에서는 성장속도와 최대세포밀도가 급격하게 감소하는 것으로 나타났다. 미세조류의 성장속도에서 50%를 저해하는 Cu와 Zn의 농도(IC<sub>50</sub>)를 보면, 파장별로는 뚜렷한 경향은 보이지 않았으며, Cu의 경우 4종 중에서는 *C. vulgaris*가 Cu에 대한 내성이 가장 높았으며, *P. tricornutum*, *Nitzschia* sp., *S. costatum* 순으로 높았다. Zn의 경우는, 4종 중에서는 *P. tricornutum*이 Zn에 대한 내성이 가장 높았으며, *C. vulgaris*, *Nitzschia* sp., *S. costatum* 순으로 높았다.

*P. tricornutum*, *Nitzschia* sp., *S. costatum* 그리고 *C. vulgaris*의 Cu와 Zn의 흡착 및 흡수는 파장에 따라 서로 다른 경향을 보였으며, *P. tricornutum*, *Nitzschia* sp., *S. costatum*의 경우는 성장속도가 가장 빠른 청색 LED에서 가장 높았으며, *C. vulgaris*는 적색 LED에서 가장 높았다. 또한 4종 중에서 Cu와 Zn의 제거량은 *C. vulgaris*가 가장 높았다. 뿐만 아니라 단위 면적 및 체적 당 흡착 및 흡수 역시 *C. vulgaris*가 다른 종에 비해서 높아 *C. vulgaris*가 Cu와 Zn을 제거하기 위한 우수한 생물종으로 생각된다.

파장에 따라 Cu와 Zn의 흡착 및 흡수에 의한 제거가 우수한 생물종인 *C. vulgaris*와 LED를 이용하여 준설토의 중금속 정화를 평가하기 위해 microcosm(3 L 바이커)실험을 실시하였다. 실험은 광량이 150  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 인 형광램프(fluorescent lamp), 청색 LED(450 nm), 황색 LED(590 nm), 적색 LED(650 nm) 그리고 빛을 조사하지 않은 대조구에서 실시하였으며, 시간에 따른 퇴적물과 공극수, extracellular phase 그리고 intracellular phase 중 Cu와 Zn 농도를 각각 측정하였다. 대조구와 비교하여 빛을 조사하였던 4개의 조건에서 퇴적물과 공극수 중 Cu와 Zn 농도는 감소하는 것으로 나타났으며, extracellular phase와 intracellular phase의 Cu와 Zn 농도는 증가하였다. 특히, 적색파장에서 퇴적물과 공극수 중 Cu와 Zn

이 가장 많이 제거 되었으며(12.99 mg/kg, 19.57 mg/kg; 62.16 µg/L, 3.92 µg/L), extracellular phase와 intracellular phase에서 Cu의 경우 각각  $1.87 \times 10^{-18}$  g/cells,  $14.06 \times 10^{-18}$  g/cells, Zn의 경우 각각  $2.67 \times 10^{-18}$  g/cells,  $32.64 \times 10^{-18}$  g/cells로 흡착 및 흡수가 다른 파장에 비해 가장 높게 나타났다. 이상의 실내실험을 바탕으로 LED와 미세조류를 이용하여 준설토의 중금속을 친환경적으로 제거 할 수 있는 가능성이 있을 것으로 생각된다.

## V. 연구결과의 활용계획

본 연구 결과 LED를 이용하여 미세조류의 성장을 촉진 시키면 중금속을 최대 2배 많이 제거 가능하였다. 따라서 본 연구에 따라 개발 되는 기술은 환경개선에 따른 필연적 부산물인 준설토를 친환경적으로 정화함으로써 런던협약의 발효로 인하여 지역현안 문제로 떠오른 해양투기 및 육상매립에 따른 2차적인 오염문제를 최소화 할 수 있을 것이다. 또한 본 기술에 따른 정화된 준설토의 투기는 연안환경정화와 그로 인한 수산물 생산에 크게 기여할 것으로 판단되며, 나아가 어민소득 및 국민경제에도 기여할 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 본 연구의 결과에 따라 준설토의 처리문제를 친환경적으로 해결한다면 환경보전에 대한 기여와 함께 지속적인 양질의 양식 산업 발달을 유도할 수 있을 것이며, 이는 지역주민들의 불신을 전환시킬 수 있는 계기가 될 뿐만 아니라 준설토 처리에 따른 분쟁문제 및 어민피해보상 등 사회적 마찰을 예방할 수 있을 것이다.