

해수 플라즈마 생성물의 적조생물과 선박안정수 외래침입생물체 처리 효과

Effects of Seawater Plasma Products for Disposal of Maritime Red-tide Organisms and Foreign Invasive Living Things in Ship's Ballast Water

소 대화*, 전 용우**

영지대학교 전자공학과*, 성덕대학 정보통신계열**

Abstract : 해양에 적조가 발생하면 해수의 산소결핍 현상을 유발하고 동식물의 성장과 생존에 필수적인 태양광을 차단하여 해양 동물뿐 아니라 식물에게까지 치명적 피해를 준다. 또한, 대형 선박의 안정수(ballast water) 유입 시 안정수 내에 포함되어 그들의 생활공간을 이동하면서 선박으로부터 다시 유출될 때 신생활공간에 외래 생물체로 침입하여 그곳의 기존 생태계를 파괴시키거나 교란하는 외래침입생물체는 해양생태계 환경파괴의 주범이다. 따라서 이들 두 종류의 해양생물은 부분적으로 상관성을 지니는 해양수산업계의 천적이며, 해양생태환경 파괴의 원인 제공자로서 마땅히 과학적 방법으로 제거되거나 방지되어야 한다.

이 논문은 해양수산업 계에 막대한 피해를 끼치며 해양생태환경 파괴의 주범으로 등장한 적조생물과 외래침입생물체들이 해수로부터 제조한 플라즈마 반응생성물에 처리된 결과를 분석하여 그 응용성을 조사하였다.

Key Words : 선박안정수, 자유수산기, 외래생물체, 적조

1. 서 론

우리나라의 해양오염 및 해양생태계 파괴의 가장 큰 원인은 적조 발생과 선박안정수에 의한 외래 생물종의 침입 현상을 들 수 있다. 지금까지 적조예방과 피해감소를 위한 많은 연구노력이 경주되어 왔으나, 적조 방제의 유일한 방법으로 실제 사용되는 것은 거의 유일하게 황토(黃土)살포법이다. 황토가 작은 입자로 적조생물과 함께 바다 밑으로 퇴적되면 적조방제 효과는 있지만 작은 어류와 조개류 및 바다풀 등에 피해를 주는 2차 오염을 수반한다.

따라서 황토 이외의 구제(驅除) 물질이나 방제 법 개발이 시급하다. 적조는 붉은색을 띠는 조류(藻類), 즉 소형 식물성 플랑크톤이 이상(異常) 증식하는 것이다. 바다오염으로 인해 질소·인 등 영양 염류가 풍부해지고 해수 온도가 15~25도로 상승하면 발생한다. 우리나라에 분포된 적조생물은 금조, 편조를 비롯한 40여 종으로 알려져 있다.

이미 언급한 바와 같이, 선박의 대형화와 항해속도의 증진으로 적조현상 유발인자 등의 국지적 이동이 국제화 추세로 변해 가는 현상은 오로지 지역 근해의 토종생물체에 국한된 현상만이 아니라, 선박의 안정수와도 깊은 관계가 있음이 밝혀졌으며, 이는 곧 외래유해성미생물 개체의 침입현상에 의한 해양생태계파괴 및 오염으로 이어진다. 따라서 대형선박의 안정수에 들어있던 외래종 생물체의 유출·입을 차단해야 하며, 이것도 역시 적조발생 생물체와 유사한 수중 미생물과 각종 생물체임으로 안정수 중에서 생존 또는 죽어있는 사체들을 처리하여 외래종침입을 차단하는 문제로 귀착됨으로, 결국 적조생물 처리방법과 함께 해결 방법이 강구되어야 마땅하다.

따라서 본 연구의 필요성에 따른 연구 대상은 선박안정수에 생존해 있는 외래유해성침입생물의 효과적 사멸되지 방법과 해수 중에 급속히 증식하여 생태계를 위협하는 적조생물의 처리기술로써, 기술적으로 안전한 고주파플라스마 전류 기체 강전리방전의 플라즈마 반응생성물을 이용하여 고밀도 산소와 물 분자를 고농도 자유수산기로 해리시켜 얻은 강산화성의 활성수산기 수용액으로 적조생물과 외래유해성 생물체를 효과적으로 처리한 결과를 분석하여 그 응용성을 조사하였다.

2. 실험

수소와 산소로 이루어진 자유수산기[OH[·]]는 물과 산소를 고농도 활성원자 혹은 원자단으로 해리시켜 새로운 분자 수산기를 만든다.

물과 산소 분자의 화학적 결합에너지는 각각 5.0 eV, 5.3 eV 이고, 이온화 에너지의 크기는 각각 12.6 eV, 12.5 eV 이다. 강 전리방전을 통해 H₂O 와 O₂를 자극시켜 전자의 여기에너지가 그 전리에너지보다 클 때 수산기 가공에 필요한 원자 또는 원자단 속을 생성하고, 수산기 모드에 따라 H₂O, O₂가 해리된 원자와 원자단이 수산기를 형성한다. 그러므로 전장내의 전자가 13 eV 보다 큰 에너지로 H₂O, O₂를 고농도로 해리시켜 분자, 원자 층에서 수산기를 생성시켜 얻는다.

수산기의 적용실험에서, H₂O와 O₂는 제조기의 펌프와 기·액 용해기, 기·액 용해분리기 등을 거쳐 자유수산기의 활성입자로 가공되며, 가공시간과 용해과정의 질량전송효율은 각각 1초 전후에서 98% 이상 이었고, 용해농도

는 8×10^{-6} 이상을 유지하였다. 적조생물의 추광성에 의한 수면 살균 멸종을 위하여 용해수산기를 1:6의 비율로 혼합하여 얻은 희석용액으로 살균 멸조에 필요한 수산기 농도의 문턱 값 이상 수준을 유지하면서 실험장치 최종단의 노즐에서 수면에 살포하여 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

실험결과로부터, 금조, 편조, 영조의 치사, 치상 농도를 10초 이내에서 처리, 조사하여 표 1의 결과를 얻었고, 수산기농도 변화에 대한 해조류 및 박테리아 처리대상물의 치사를 관계를 조사하여 그림 1에 나타내었다.

표 1. 수산기에 의한 조류의 소멸 반응

구분	치사농도	치상농도
금조	1.1×10^{-6}	0.7×10^{-6}
편조	0.9×10^{-6}	0.6×10^{-6}
영조	0.8×10^{-6}	0.5×10^{-6}

위의 결과에서 수산기가 조류식물을 소멸하는 문턱 농도는 1×10^{-6} 내외이다. 금조의 소멸 치사농도 이전에 다른 조류식물들이 완전히 소멸 처리되는 기본목적은 이룰 수 있었고, 동시에 적조중의 세균 소멸과 적조생물 분비 독소, 적조생물의 유해 사체생성물인 HS, NH₃, CH₄ 등은 모두 H₂O, CO₂와 무기염류로 분해하여 적조로부터 오염 가능한 해수를 정화하는 기능을 수반한다. 또한, 용비어(8cm), 홍잉어(3cm)를 조류 소멸 문턱농도 보다 훨씬 높은 수산기 농도 4×10^{-6} 수용액에 넣어 2시간 후 상태를 검사한 결과 어떤 이상이나 변화를 발견하지 못하였다.

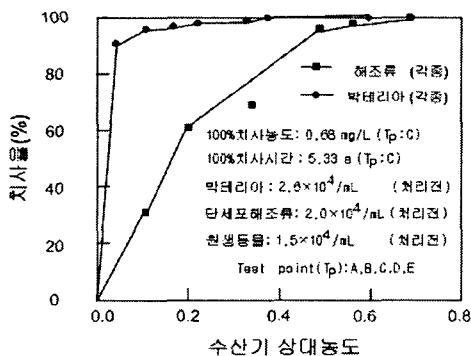


그림 1. 박테리아와 해조류의 수산기농도와 치사율 관계

선박 안정수의 경우도 유사한 종류의 대상으로 간주하여 수산기로 안정수 처리 시험을 하였다. 그 결과, 그림 1에서 활성수산기의 조류사멸(99% 이상) 최저농도는 0.7 mg/l(세균 : 100%소멸), 포낭 소멸 농도는 2.5 mg/l 이었다. 1톤의 활성수산기용액은 5~10 톤의 안정수를 처리할 수 있으며, 안정수의 외래미생물뿐만 아니라 안정수내의 유기물 및 미생물 사체를 H₂O, O₂, CO₂ 및 무기염류의 무해물질로 분해하여 청정 안정수로 정화 처리하였다.

4. 결 론

자유수산기가 선박안정수의 외래침입생물과 적조 처리 및 양식수체 정화에도 효과적인 새로운 방법임을 확인하였다. 또한, 선박안정수의 처리결과 고농도 수산기는 저농도에서 신속 살균, 멸조 후 잔류 부산물을 남기지 않으며, 안정수 내의 외래생물과 적조생물 등의 사멸처리 대상 이외의 생물체에는 아무런 피해와 영향을 끼치지 않는 유용한 효과적 처리 방법임을 확인하고 다음과 같은 특징의 우수한 선택적 처리 방안임을 제시한다.

1) 해수와 공기 중의 산소를 분해, 전리시켜 얻은 해수 플라즈마 생성물 활성수산기는 8×10^{-6} 이상의 양질농도 품질이었고, 소규모의 실험에서 자유수산기의 농도가 1×10^{-6} 인 경우에 금조, 편조, 남조를 모두 10초 이내에 사멸시켰다.

2) 조류사멸 최저농도는 0.7 mg/l이고, 이 농도에서 조류는 99% 이상, 기타 세균은 100% 소멸되었고, 포낭 소멸에 필요한 농도는 2.5 mg/l 이며, 처리 소요시간은 5.33초 이내 (Test point : C)임을 확인하였다.

3) 1톤의 활성수산기 용액으로 5~10톤의 안정수를 처리할 수 있으며, 안정수에 침입한 외래미생물뿐만 아니라, 안정수내의 유기물 및 미생물 사체들을 H₂O, O₂, CO₂ 및 무기염류의 무해물질로 분해하여 안정수를 청결하게 정화 처리할 수 있음을 확인하였다.

이상의 결과와 함께 수산기 생성시간과 가공시간은 불과 40 μs 와 2초 이내로 연속 가공이 가능하며, 1 kton/h 규모의 수산기제조 소형 장치는 약 72 m³ 이하 이고, 소요 동력은 약 200 kW로써 소형 전용선박의 수산기 양산설비로부터 적조생물과 안정수 외래침입생물의 효과적인 신속처리 기술에 적합하며, 특히 선박안정수와 어류양식장 등의 해양수산업 피해를 효과적으로 민첩하게 방지 및 방제 처리할 수 있는 이동 가능한 신속 대응기술으로써의 처리 효과 확보와 관련 핵심개발기술의 응용 가능성을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 명지대학교 교비연구비의 일부 지원으로 이루어졌음을 밝히며, 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] 소대화, Xian Yuze, Zhang Zhitao, "선박 안정수의 해양외래침입생물 사멸처리", 한국전기전자재료학회, 국제학술대회논문집, Vol. 4, No. 2, pp. 1235-1240, 2003, 08,
- [2] Yamamoto K. Insitute J. Electrostat. Japan., Vol. 22(4), p. 180, 1998.
- [3] Donald M. Anderson. Nature; Vol. 388, p. 613, 1997.
- [4] Kitayama J., Kuzumoto M. J. Phys. D : Appl. Phys. 32, p. 3032, 1999.