

구형 SiO₂를 갖는 방전관의 수중 세균제거특성

이동훈, 박홍재, 박재운*

경남대학교 전기공학과, 경남대학교 전기전자공학부*

Removal characteristic of Escherichia coli for Discharge tube with globular SiO₂

Dong-Hoon Lee, Hong-Jae Park, and Jae-Youn Park*

KyungNam Uni. Electrical Engineering, KyungNam Uni. electronic and Electrical Engineering*

Abstract

This paper was shown removal characteristic of escherichia coli for discharge tube with globular SiO₂. At the result of the removal characteristic experiments of escherichia coli using the discharge tube with globular SiO₂, because the electric field is also increased when input voltage is increased, the removal characteristic of escherichia coli was appeared relation connection to input voltage. If a passing number of test water in discharge tube is increased, the removal ratio of escherichia coli is increased because passing number of electric field section is increased. When diameter of globular SiO₂ is increased, the removal time of escherichia coli is to be decreased because dielectric polalization of globular dielectric(SiO₂). Also, the removal ratio of escherichia coli of the discharge tube with globular dielectric(SiO₂) is appeared higher than the removal ratio of the discharge tube without globular dielectric(SiO₂)

Key Words : Escherichia coli, Discharge, SiO₂, Bead, Polalization.

1. 서 론

인간을 포함한 모든 생명체가 생명을 유지함에 있어 가장 필요한 물질중의 하나는 물(水)이다. 그러나 이렇게 중요한 물질인 물이 인간의 경제 활동으로 인한 결과로 발생된 대기 오염 물질과 각종 폐기물의 유해 성분들이 우수나 폐수를 통해 수중으로 흘러 들어가면서 화학적 반응과 생물학적인 작용에 의해 지표수와 지하수를 지속적으로 오염시키고 있다. 그리고 자연발생적인 오염원의 양보다 훨씬 많은 인위적 오염원들이 강과 하천 등으로 흘러 들어감으로 인해 인간 생활의 주변 환경은 매년 더욱 악화되고 있는 실정이다. 이러한 수질 오염의 결과 유해 세균에 의한 식중독과 식수원 수질 등급의 하향으로 인한 수처리 비용의 급격한 증가등을 야기하고 있다. 그리고

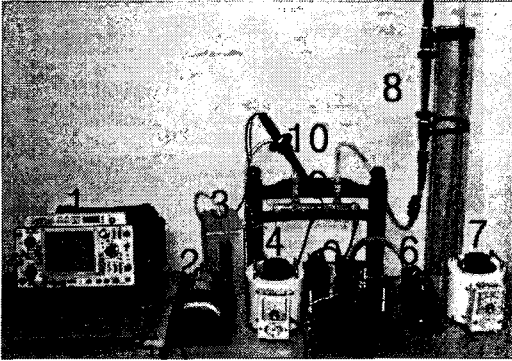
지금까지의 여러 수질오염의 사고들을 살펴보면, 한번 수질 오염에 의한 사고가 발생하게 되면 수많은 사람들이 오염원에 노출되는 특징으로 인해 폭 넓은 지역에서 많은 사람에게 사고가 발생하는 특징을 보여주고 있다. 그러므로 수질 오염에 의한 사고의 경우 그 파급 효과는 물론이고, 그에 의한 문제는 대단히 광범위하며 심각할 수 있다. 따라서 먹는 물의 수질 기준은 모든 환경 기준 중에서 가장 엄격하게 설정되어야 하며, 오염 사고가 빈번해질수록 향후 수질 환경 기준은 더욱 강화될 것으로 사료된다^{[1]-[8]}.

본 논문은 이러한 향후의 수질 기준법의 강화에 맞추어 수질 오염원의 개선 방법으로서 수중에서 구형 유전체(SiO₂)를 갖는 방전관의 구형 유전체의 유전 분극 현상에 의해 발생하는 고전계 특성을 이용하여 수중 유해 세균 중에서 수질 오염 측정의 우선 항목

으로 일반적으로 측정하고 있는 대장균(*Escherichia coli*)을 한 예로하여 그 제거 특성을 연구하였다^[9-13]

2. 실험

2.1 실험장치



- | | |
|-------------|-----------|
| 1 오실로스코프 | 2 Air 펌프 |
| 3 Air 유량조절부 | 4 전원전압조절부 |
| 5 고전압전원장치 | 6 수(水)펌프 |
| 7 수(水)유량조절부 | 8 수(水)유량계 |
| 9 방전관 | 10 분압기 |

그림 1. 실험 장치도

Fig. 1 Experimental schematic

그림 1의 실험 장치는 전극이 부착된 수방전관, 수유량을 표시하는 수량계, 시험수를 모아두는 수조, 고압 전원부, 수(水)펌프와 시료 채취부 등으로 구성되어 있고, 방전관의 구조는 유리로 제작된 원통형 방전관(외경: \varnothing 24[mm], 길이: 250[mm])으로서 방전관 내부에는 구형 유전체(\varnothing 5[mm], SiO_2 , $\epsilon_r: 5$)가 넣어져 있으며, 이 방전관의 외부와 중심부에 전극이 설치되어져 있다. 그리고 두 전극 사이에 20[kHz], 6~12[kV]의 교류 전압이 인가되는 동안 방전관을 통과한 시험수 2[l]에 존재하는 대장균의 제거 특성을 조사하였으며, 시험수는 수(水)펌프에 의해 순환되도록 제작하였다. 시험수는 일반 지하수에 초기 대장균수를 1[ml]당 약 5,000마리의 개체가 존재하도록 물과 세균의 농도비를 조절하여 제조하였고, 이를 이용하여 실험하였다. 그리고 대장균의 제거 결과를 알기 위하여 시험용 대장균 배양지인 3M Petrifilm(Coliform Count Plate) 제품을 사용하였다. 그리고 방전관은 물의 흐름과 균

일한 수중 전계 분포를 고려하여 동축 실린더형을 사용하였다. 수(水)중의 전극은 수중 방전시 전극 재료의 수소 이온화 경향을 고려하여 백금선을 사용하였으며, 실험에 사용한 전원은 최대 정격 전력 150[W], 주파수 20[kHz], 최대 출력 전압 20[kV]의 전원을 사용하였다. 이외의 다양한 파라미터로는 처리 시간에 대한 인가 전압, 수(水)유량 그리고 구형 유전체의 크기 등의 파라미터에 대하여 실험을 하였다.

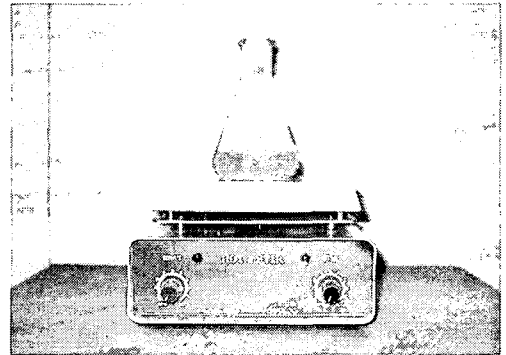


그림 2. 세균 배양기

Fig. 2 Bacteria multiplication device

그림 2는 시험수제조를 위한 대장균 배양 장치의 사진이다. 삼각 플라스크의 배양 온도와 시간은 약 36°C에 24시간 동안 배양하였다.

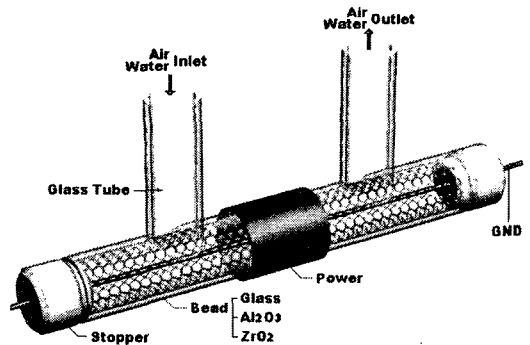


그림 3. 방전관

Fig. 3 Discharge tube

그림 3은 구형 유전체 비드가 충전된 방전관의 내면을 투시한 도면이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유량과 전압에 대한 대장균의 제거 특성

그림 4는 전압 6~12[kV], 유량 1, 2, 3[l/min], 전극 간격12[mm], 구형 유전체의 직경이 5[mm]일 때, 시간 경과에 대한 수중 대장균 제거특성을 나타낸 것이다. 실험 결과 전압이 높을수록, 물의 유량이 많을수록 제거율이 좋은 것으로 나타났다. 이는 전압이 상승하면 수중 전계가 동시에 상승하기 때문에 제거율이 높아진 것이고, 유량에 대해서는 펌프의 회전수가 높을수록 시험수가 빨리 순환되어 단위 시간당 방전관 통과 횟수가 증가되어 유량이 증가하기 때문이다. 따라서 수중 대장균이 고전계 영역과 접촉할 확률이 높아지기 때문에 수중 대장균의 제거율이 좋아지는 것으로 사료된다. 그러나 시험수의 유량 2[l/min], 전압 12[kV]인 경우가 유량 3[l/min], 전압 6[kV]인 경우보다 제거특성이 좋게 나온 것은 어느 일정 이상의 유량이 되면 상대적으로 유량보다는 전압의 영향을 더 받기 때문으로 사료된다.

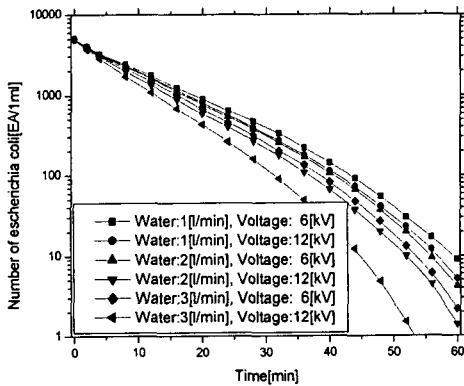


그림 4. 유량과 전압에 대한 대장균 제거 특성
Fig. 4 Removal characteristics of Escherichia coli to voltage and flow ratio

그림 5는 전압 12[kV], 유량 1~5[l/min], 전극 간격 12[mm], 구형 유전체의 직경이 5[mm]일 때, 시간 경과에 대한 수중 대장균 제거특성을 나타낸 것이다. 유량이 증가할수록 수중 대장균의 제거율은 점차적으로 상승하는 경향을 보였으나 유량을 지속적으로 증가시켜도 일정하게 비례적인 대장균의 제거 특성은 나타나지 않았고, 유량이 증가함에 따라 대장균의 제거율이 줄어드는 경향을 나타내었다.

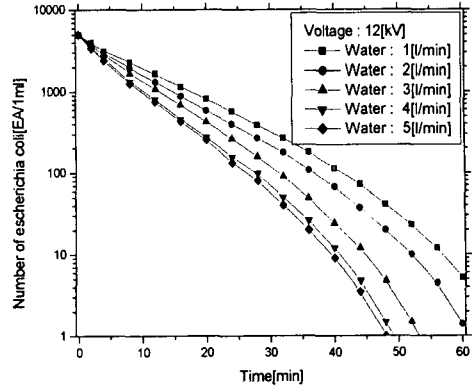


그림 5. 유량 변화에 대한 대장균 제거 특성
Fig. 5 Removal characteristics of Escherichia coli to flow ratio

3.2 구형 SiO₂ 크기에 대한 대장균 제거 특성

그림 6은 전압 12[kV], 유량 3[l/min], 전극 간격 12[mm], 구형 유전체의 직경이 2[mm], 3.5[mm], 5.0[mm]일 때, 시간 경과에 대한 수중 대장균 제거 특성을 나타낸 것이다. 구형 유전체의 크기가 클수록 수중의 대장균 제거 특성이 좋은 것으로 나타났다. 그러나 방전관의 전극 사이 거리가 제한적이므로 방전관의 내부 직경과 인가 전원의 전압을 고려해야 할 필요가 있다. 본 실험 조건에서 대장균이 완전 제거될 때까지의 처리 시간을 살펴보면, 구형 유전체의 직경이 5[mm]인 경우가 직경이 2[mm]일 때보다 약 10분정도 대장균균의 제거 시간이 단축되는 결과를 알 수 있었다.

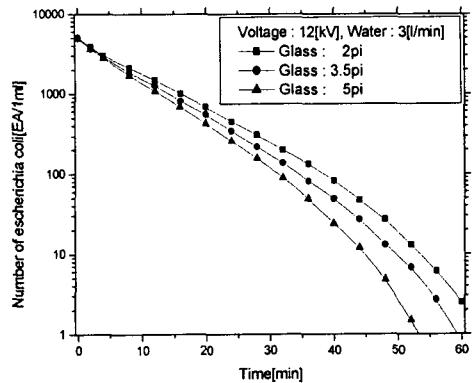


그림 6. 구형 SiO₂ 크기에 대한 대장균 제거 특성
Fig. 6 Removal characteristics of Escherichia coli to globular dielectric

4. 결론

구형 유전체(glass)를 갖는 수방전관을 이용한 수중 대장관의 제거 특성 실험 결과 전압의 영향은 전압이 높은 경우 전계가 비례적으로 증가하여 수중 대장관의 제거 특성이 우수하게 나타났다. 그리고 유량의 영향에 관한 실험에서는 시험수를 순환시킴으로써 단위 시간당 시험수의 방전관 통과 횟수를 증가시키면 유량이 증가하므로 수중 대장관이 고전계 영역 즉, 구형 유전체의 상호간의 접합부 부근의 전계 집중 현상에 의해 고전계와 접촉할 기회가 높아지기 때문에 수중 대장관의 제거율이 높아졌다. 또한, 구형 유전체의 직경이 2[mm], 3.5[mm], 5.0[mm]인 경우 반응 시간에 대한 수중 대장관 제거 특성을 측정한 결과 유전체의 직경이 큰 경우 전계 강도는 직경이 작은 유전체의 경우 보다 전계 강도가 높게 나타나기 때문에 수중 대장관의 제거시간이 단축됨을 알 수 있었다. 그리고 방전관 내에 유전체를 사용하는 경우가 유전체를 사용하지 않는 경우 보다 대장관 제거에 소요되는 시간이 단축됨을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] 이동훈, 박재윤, 이현수, “전자계-촉매형 플라즈마 반응기의 질소 산화물 제거 특성”, 전기전자재료학회 논문지, Vol. 15, No.6, pp. 634-640, June 2002.

[2] 이동훈, 박재윤, 박상현, “고전압 방전에 의한 이산화탄소의 제거 특성”, 대한전기학회 추계학술대회, Sep. 2002.

[3] 이동훈, 박홍재, 박재윤, “수중 직접 방전 전극의 최적 전극 형상 설계”, 대한전기학회 고전압 방전 응용 연구회 춘계학술대회, PP. 60-63, April. 2003.

[4] H. K. Joo, M. S. Jeon, and T. K. Lee, “Photocatalysts : Theory and Its Application”, J. of Korean Soc. of Environmental. Eng., Vol. 21, No. 6, p. 1231, 1999.

[5] Woo Seok Kang, Yong-Ho Kim, and Sang Hee Hong, “Spatio-temporal images of single streamer propagation in dielectric barrier discharge”, IEEE Transaction on Plasma Science, pp. 166-167, 2002.

[6] 이동훈, 박재윤, 박상현, “자계를 이용한 질소 산화물의 제거 효과”, 대한전기학회 전문대학위원회 학술발표, June 2002.

[7] 이동훈, 조국희, “Ti-Si-Al형 세라믹 촉매 방전관의 오존발생특성 연구”, 조명전기설비학회 논문지, Vol. 16, No.6, pp. 130-136, June, 2002.

[8] 김용호, 홍상희, “교류 유전체장벽 코로나방전을 이용한 NOx/SOx 분해 실험”, 한국물리학회지 응용물리 11호, pp. 393-400, 1998.

[9] 이동훈, 박재윤, 박홍재, 고희석, 이현수, “구형 유전체비드를 가지는 단층절연방전관의 H₂O₂ 농도측정 및 전계분포시뮬레이션”, 전기전자재료학회 영호남학술대회, pp. 44-47, August, 2003.

[10] 김진규, “유전체구 충전형 전극계의 코로나 방전과 강전해수의 발생 특성”, 조명전기설비학회 논문지, Vol. 16, No.4, pp. 46-54, July 2002.

[11] 이동훈, 박재윤, 박홍재, 고희석, “대기중에서 구형 유전체의 전계 분포 시뮬레이션”, 대한전기학회 논문지, Vol. 52, No.7, pp. 305-309, July 2003.

[12] 이동훈, 박재윤, 박홍재, “Ba-Ti-Si 세라믹 방전관의 오존 발생 특성”, 전기전자재료학회 논문지, Vol. 16, No.7, pp. 634-640, July 2003.

[13] 박홍재, 박재윤, 이동훈, 고희석, 이현수, “구형 유전체비드를 가지는 단층절연방전관의 수(水) 오존농도측정 및 전계분포시뮬레이션”, 전기전자재료학회 영호남학술대회, pp. 40-43, August, 2003.