

구형 지르코니아를 갖는 수방전관의 수질성분변환 및 세균제거특성

이동훈, 박홍재, 박재윤*

경남대학교 전기공학과, 경남대학교 전기전자공학부*

Removal characteristic of Escherichiacoli and water property conversion for Discharge tube with globular ZrO₂

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 water property conversion and removal characteristic of escherichia coli for discharge tube with ZrO₂ beads. At the result of the removal characteristic experiments of escherichia coli using the discharge tube with ZrO₂ beads, 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. And if a passing number of test water in discharge tube with ZrO₂ beads is increased, the removal ratio of escherichiacoli is to be increased because passing number of electric field section is increased. And if diameter of ZrO₂ beads is increased, the removal time of escherichia coli is to be decreased because dielectric polalization of ZrO₂ beads. Also, the removal ratio of escherichia coli of the discharge tube with ZrO₂ beads. is appeared higher than the removal ratio of the discharge tube without ZrO₂ beads. And a satulation point of ozone and H₂O₂ generation density inner water was appeared near 60[min].

Key Words : Escherichia coli, Discharge, ZrO₂, Bead, Ozone.

1. 서론

산업 사회가 발전함에 따라 물의 수요는 지속적으로 그 수요가 증가하고 있다. 하지만 수질 그와 반대로 극심하게 오염의 정도가 가중되고 있는 실정이다. 이에 국내외 단체와 정부는 환경 보호를 위한 규제와 행정 지도가 이루어지고 있을 뿐만 아니라 이러한 관점에서 환경 오염의 원인이 되는 오염원이나 오염 물질의 제거를 위한 대책을 위해 부단히 노력중이다^[1-5]. 그리고, 지구의 이상 기후로 인하여 사계절 식수나 공업용수로 사용 가능한 물의 저수 용량이 떨어져 수질오염은 날로 심각해지고 있다. 수질 오염의 경우 한 번 발생하면, 수많은 사람들이 오염원에 노출되어

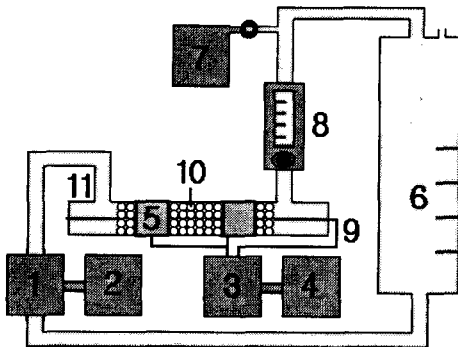
폭 넓은 지역에서 많은 주민에게 고통과 발병이 발생하는 특징을 보여주고 있다. 그러므로 수질오염에 의한 사고의 경우 그 파급 효과는 대단히 광범위하며 심각할 수 있다. 따라서 먹는 물의 수질 기준은 모든 환경 기준 중에서 가장 엄격하게 설정되고 있다. 그리고 일반적으로 식수로 사용하고 있는 지하수의 경우에는 정수 처리가 되어 있지 않기 때문에 반드시 소독 과정이 필수적이며, 수도물의 경우에도 일차적으로 물탱크에 저장하여 사용할 경우 수도물도 충분히 오염될 수 있는 가능성을 가지므로 오염된 물을 획기적으로 살균 소독할 수 있는 장치의 개발이 필요하다^[6-8].

본 논문은 이러한 수질 환경 오염원 개선의 한 방법으로서 대표적인 수질 기준으로 수중 대장균

을 적정 수중 대장균 개체수 이하로 처리 가능한 방법으로 구형 지르코니아(ZrO_2)를 갖는 단층 절연 수방전관에 고전압을 인가하여 수중 대장균의 제거 특성을 조사한 것이다. 구형 지르코니아를 갖는 절연 수방전관에 고전압을 인가할 경우, 방전관 내의 구형 지르코니아들의 상호 접촉부에 유전 분극에 의한 고전계가 발생하고, 수(水)방전에 의해 물이 오존 성분과 알칼리 및 산성 등의 이온화된 물질로 변하는데 이러한 물의 고전계에 의한 변환 특성을 이용하여 수중 대장균의 제거를 시도하였다⁹⁻¹³⁾.

2. 실험

그림 1의 실험 장치는 전극이 부착된 수방전관, 수유량을 표시하는 수량계, 시험수를 모아두는 수조, 고압 전원부, 수펌프와 시료 채취부 등으로 구성되어 있고, 방전관의 구조는 유리로 제작된 원통형 방전관(pyrex, 내경: \varnothing 20[mm], 길이: 250[mm])으로서 방전관 내부에는 구형의 지르코니아(\varnothing 5[mm], ZrO_2 , ϵ_r :5)가 넣어져 있으며, 이 방전관의 외부와 중심부에 전극이 설치되어 있다. 그리고 두 전극 사이에 20[kHz], 6~12[kV]의 교류 전압을 인가하고, 이 때 방전관을 통과한 시험수 2[l]에 존재하는 대장균의 제거 특성을 조사하였으며, 시험수는 수(水)펌프에 의해 순환되도록 하였다.



- 1 수(水)펌프 2 전압 조절부 3 고압 전원부
- 4 전압조절부 5 외부 전극 6 저수조
- 7 시료채취부 8 수량계 9 내부 전극
- 10 구(球)형 ZrO_2 11 수(水)방전관

그림 1. 실험 장치도

Fig. 1 Experimental schematic

시험수는 하루 정도 대기중에 보관한 수돗물에 초기 대장균수를 1[ml]당 약 5,000마리의 개체가 존재하도록 물 속의 세균 개체수를 적절히 조절하여 수험수로 사용하여 실험하였고, 대장균의 제거 특성을 조사하기 위하여 대장균 증식을 위한 배양지로 사용되고 있는 3M Petrifilm(Coliform Count Plate)제품을 사용하였고, 수중 발생 오존(O_3)과 과산화수소(H_2O_2)의 농도 측정을 위하여 종합 수질 분석기(975-MP 20)를 사용하였으며, 방전관은 수류의 흐름과 균일한 수중 전계 분포를 고려하여 동축 실린더형을 사용하였다. 수(水)중의 선전극은 수중 방전시 전극 재료의 수소 이온화 경향을 고려하여 백금선을 사용하였고, 전원의 최대 정격 전력은 150[W]이고, 출력 주파수는 20[kHz]이며, 최대 출력 전압이 20[kV]인 고전압 전원을 사용하였다. 이외의 다양한 파라미터로는 처리 시간에 대한 전압, 유량, 유전체의 크기 및 전력에 대한 대장균 제거 특성과 수질의 성분 변화를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수(水)방전관의 수중 대장균 제거 특성

그림 2는 전압 6~12[kV], 유량 1, 2, 3[l/min], 전극 간격 12[mm], 구형 유전체인 지르코니아의 직경이 5[mm]인 경우 전압과 유량에 대한 수중 대장균 제거 특성을 나타낸 것이다.

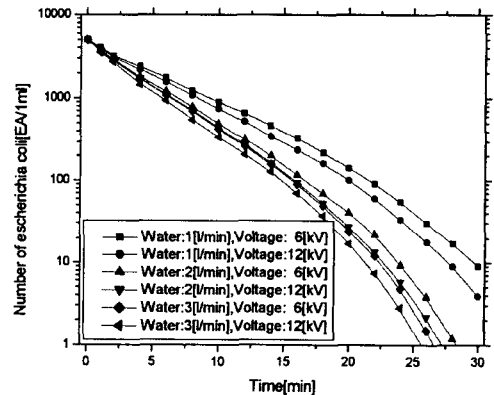


그림 2. 전압과 유량에 대한 대장균 제거 특성

Fig. 2 Removal characteristics of Escherichia coli to voltage and flow ratio

실험 결과 동일 유량에 대한 전압 변화의 경우 전압이 높을수록 제거 특성이 좋게 나타났다. 이는 전압이 상승하면 수중 전계가 동시에 상승하기 때문에

제거율이 높아진 것으로 사료된다. 또한 동일 전압에 대한 유량 변화의 경우 시험수가 펌프에 의해 순환되기 때문에 펌프 회전 속도가 높으면 단위 시간당 방전관 통과 횟수가 증가하고 유량이 증가하므로, 수중 대장균이 고전계와 접촉할 확률이 높아지기 때문에 수중 대장균의 제거율이 증가하는 것으로 사료된다.

그림 3은 전압 12[kV], 유량 1~5[l/min], 전극 간격 12[mm], 지르코니아의 직경이 5[mm]인 경우 시간 경과에 대한 수중 대장균의 제거 특성을 나타낸 것이다. 유량이 증가할수록 수중 대장균이 제거되기까지의 시간은 짧아지는 경향을 보였으나 유량을 지속적으로 증가시켜도 유량에 따른 대장균의 제거 특성은 비례적이지 않았다.

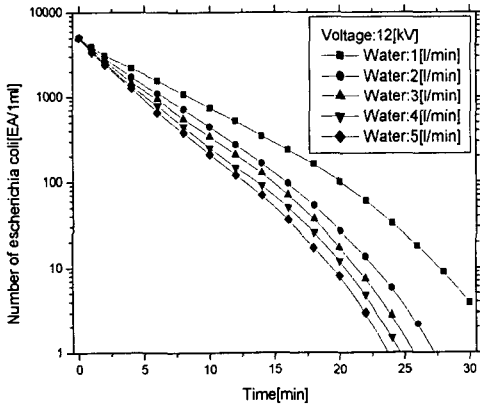


그림 3. 유량 변화에 대한 대장균 제거 특성
Fig. 3 Removal characteristics of Escherichia coli to flow ratio

3.2 수(水)방전관의 수오존(O₃) 발생 특성

그림 4는 유량(1, 2, 3[l/min]), 전극 간격 12[mm], 지르코니아의 직경이 5[mm]인 경우 전압을 0~20[kV]로 증가시켰을 때, 수중 수오존(O₃) 발생 농도를 측정하여 나타낸 것이다. 각각의 실험 결과는 전압 변화 후 30분 경과시마다 수오존의 농도를 측정하여 수치로서 시험수 2[l]를 By-pass에 의한 물의 순환으로 방전관 내부를 반복적으로 통과하면서 실험을 실시하였다. 오존(O₃) 발생량 결과를 살펴보면, 반응기 내부에서 유속이 느릴수록 그리고 전압이 높을수록 수오존(O₃) 농도가 높게 발생하였다. 이는 물의 흐름이 빠른 경우보다 느린 경우가 시간적으로 전계 영향을 더 많이 받기 때문에 오존수의 발생 농도가 크게 나타난 것으로 사료된다.

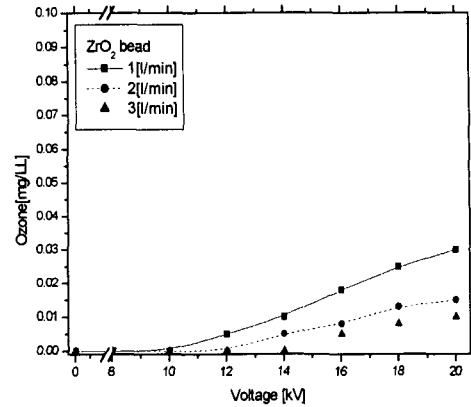


그림 4. 전압에 대한 수중 오존(O₃)농도
Fig. 4 Density of ozone to voltage in water

3.3 수(水)방전관의 과산화수소(H₂O₂) 발생 특성

그림 5는 유량(1, 2, 3[l/min]), 전극 간격 12[mm], 지르코니아의 직경이 5[mm]인 경우 전압을 0~20[kV]로 변화시켰을 때, 전압에 따른 수중의 과산화수소(H₂O₂) 발생 농도를 측정하여 나타낸 것이다. 각각의 실험 결과는 전압 변화 후 30분마다 측정하여 수치로서 시험수 2[l]를 순환 방식으로 방전관을 통과시켜 실험하였다. 과산화수소의 발생은 그림 4의 결과와 같이 반응기 내부에서 유속이 대체로 느린 경우 과산화수소의 농도가 높게 측정되었다. 이는 물의 흐름이 느린 경우가 물의 흐름이 빠른 경우보다 과산화수소로 변환될 수 있는 시간과 전계의 영향을 더 많이 받기 때문으로 사료된다.

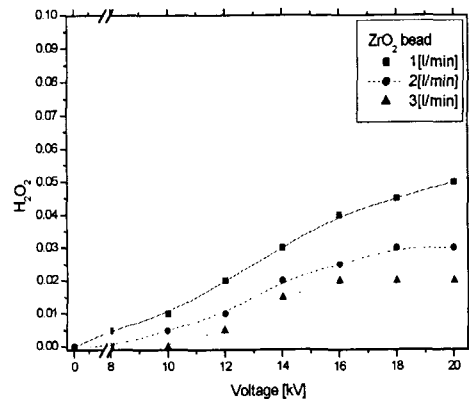


그림 5. 전압에 대한 수중 과산화수소(H₂O₂)농도
Fig. 5 Density of H₂O₂ to voltage in water

4. 결론

고전계가 인가되는 수(水)방전관 내부에 구형 지르코니아(ZrO_2)를 넣은 경우에 있어서, 수방전관 내부에서의 수중 대장균의 제거 특성 실험 결과를 살펴보면 다음과 같다.

우선 전압의 영향을 살펴보면, 전압이 높을 경우 전계가 비례적으로 증가하기 때문에 수중 대장균의 제거 특성이 우수하게 나타났다. 그리고, 유량의 영향을 살펴보면 시험수가 순환 방식으로 방전관을 통과하기 때문에 단위 시간당 방전관 통과 횟수가 증가하면 유량이 증가하게 되므로 수중 대장균이 수중의 고전계 영역 즉, 지르코니아가 서로 맞닿는 부근의 전계 집중에 의하여 고전계의 영향을 받는 기회가 많아지기 때문에 수중 대장균의 제거율이 향상되었다. 그리고 전압에 대한 오존(O_3) 발생량은 반응기 내부에서 유속이 느린 경우 수오존(O_3) 농도가 다소 높게 측정되었는데, 이는 물의 흐름이 빠른 경우보다 물의 흐름이 느린 경우가 오존수로 변환될 수 있는 시간을 더 많이 제공받기 때문이다. 이 결과는 수중 과산화수소(H_2O_2)의 전압에 의한 발생의 경향과 동일하였다. 또한 수오존과 과산화수소(H_2O_2)의 수중 생성 농도를 측정한 결과 생성 및 소멸량은 각각 전압인가 후 약 60분 정도에서 나타났다.

장의 본문이 들어가는 자리입니다.

참고 문헌

- [1] 이동훈, 박홍재, 박재윤, “수중 직접 방전 전극의 최적 전극 형상 설계”, 대한전기학회 고전압 방전 응용 연구회 춘계학술대회, PP. 60-63, April. 2003.
- [2] 이동훈, 박재윤, 박상현, “고전압 방전에 의한 이산화탄소의 제거 특성”, 대한전기학회 추계학술대회, Sep. 2002.
- [3] 이동훈, 박재윤, 박상현, “자계를 이용한 질소 산화물의 제거 효과”, 대한전기학회 전문대학위원회 학술발표, June 2002.
- [4] 이동훈, 박재윤, 이현수, “전자계-촉매형 플라즈마 반응기의 질소 산화물 제거 특성”, 전기전자재료학회 논문지, Vol. 15, No.6, pp. 634-640, June 2002.
- [5] 김용호, 홍상희, “교류 유전체장벽 코로나방전을 이용한 NO_x/SO_x 분해 실험”, 한국물리학회지 응용물리 11호, pp. 393-400, 1998.
- [6] 이동훈, 조국희, “Ti-Si-Al형 세라믹 촉매 방전관의 오존발생특성 연구”, 조명전기설비학회 논문지, Vol. 16, No.6, pp. 130-136, June, 2002.
- [7] 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
- [8] 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.
- [9] 김진규, “유전체구 충전형 전극계의 코로나 방전과 강전해수 발생특성”, 조명전기설비학회 논문지, Vol. 16, No.4, pp. 46-54, July 2002.
- [10] 이동훈, 박재윤, 박홍재, 고희석, 이현수, “구형 유전체비드를 가지는 단층절연방전관의 H_2O_2 농도측정 및 전계분포시뮬레이션”, 전기전자재료학회 영호남학술대회, pp. 44-47, August, 2003.
- [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.