

# 지속가능한 에너지를 이용한 오존 발생시스템 개발

## Development of Ozone Generation System by using Sustainable Energy

김기동\*, 김민영\*\*, 이승윤\*\*\* 지흥기\*\*\*\*

Ki Dong Kim, Min Young Kim, Seung Yoon Lee, Hong Kee Jee

### 요 지

우리나라 주요 상수원인 낙동강, 금강 등의 수질이 급격히 악화됨에 따라, 기존의 정수방법에 어려움이 발생되고 있다. 과거 염소에 의존한 수처리방법이 많이 사용되어 왔으나, 1989년 이후 중금속, THM(Trihalomethane), 페놀사건, 벤젠 등 각종 수돗물 유기물질 오염사고가 다발하면서, 활성탄 및 오존(O<sub>3</sub>) 등을 이용한 다양한 처리 시설들이 도입되기 시작했다. 이중 강력한 산화력을 지니고 있는 오존의 경우, 상수처리, 폐·배수처리, 식품의 살균 및 보관, 나아가 반도체 제조공정중의 포토레지스터의 제거에 이르기까지 폭넓게 사용되고 있다. 그러나 오존이 가지는 뛰어난 정화능력에도 불구하고, 막대한 설치비용 및 운전비용의 문제로 하수처리장과 같은 대규모 시설에서는 도입되지 못하고 있었다.

이러한 문제점을 극복하고자 본 연구에서는 재생 가능한 에너지를 오존시스템의 전력원으로 대용시킴으로써, 그 효과를 극대화시키고자 하는데 목적이 있다. 에너지 밀도가 낮지만, 지역 의존성이 적고, 청정한 무한 에너지인 수력, 풍력 및 태양에너지를 혼용한 오존 발생시스템은 소규모의 연못이나 농촌의 저수지 같은 유역뿐만 아니라, 농촌폐수로 인해 오염된 지하수의 국소지역에 대한 수처리에 사용될 수 있다.

**핵심용어 : 오존발생장치, 수력에너지, 풍력에너지, 태양에너지**

### 1. 서 론

산업사회의 고도성장으로 대기 및 수질 등의 생활환경 오염이 점차 시급한 문제로 대두되고 있는 가운데, 세계 각국에서는 이미 오염대책을 마련하고 있으며, 환경보호를 위해 규제와 행정지도도 이루어지고 있다. 환경오염은 생태계뿐만 아니라 사람의 인체에도 상당한 영향을 미치므로 각계의 이목이 집중되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 환경오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생원의 저감을 위한 대책의 일환으로, 대기오염 등에 의한 환경악화는 중대한 사회문제가 되고 있어 고도의 무공해 처리 기술의 급속한 개발이 요구되고 있다. 신·재생에너지는 과다한 초기투자의 장애요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 선진 각국에서는 신·재생에너지에 대한 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진하고 있다.

\* 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 토목공학과 석사과정 E-mail : dldi02@hanmail.net  
\*\* 정회원 · 농촌진흥청 농업공학연구소 연구원 E-mail : mykim@rda.go.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : behappy777kr@hotmail.com  
\*\*\*\* 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

## 2. 지속가능한 에너지 자원

1987년 12월 4일 제정된 “대체에너지개발촉진법” 이래, 신에너지 및 재생에너지의 기술 개발, 이용 및 보급촉진과 더불어 신에너지 및 재생에너지 산업이 활성화 되어왔다. 또한 에너지를 다양화 하고, 에너지의 안정적인 공급과 에너지 구조의 환경친화적 전환을 추진함으로써 환경의 보전, 국가 경제의 건전하고 지속적인 발전 및 국민 복지의 증진에 이바지하는 것으로 되어 있다. 본 연구에서는 이러한 친환경적인 자연에너지원인 수력, 풍력 그리고 태양에너지 등 신·재생에너지를 적극 활용함으로써, 24시간 지속적으로 오존을 발생시켜 지표수 및 지하수 수질개선에 도움이 되고자 하였다.

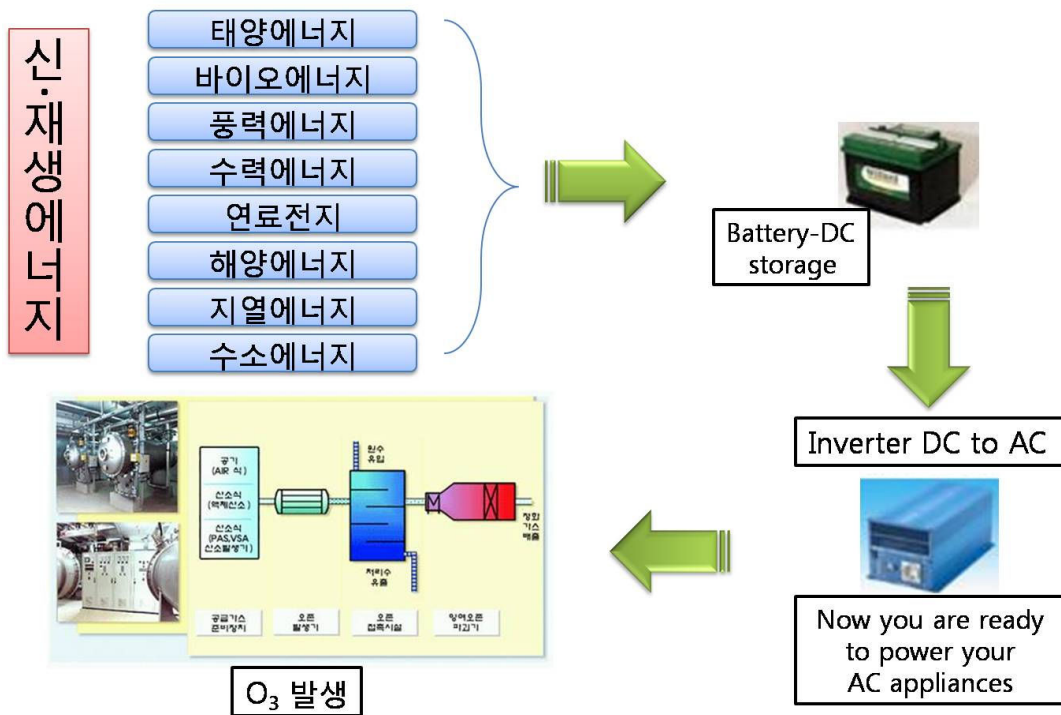
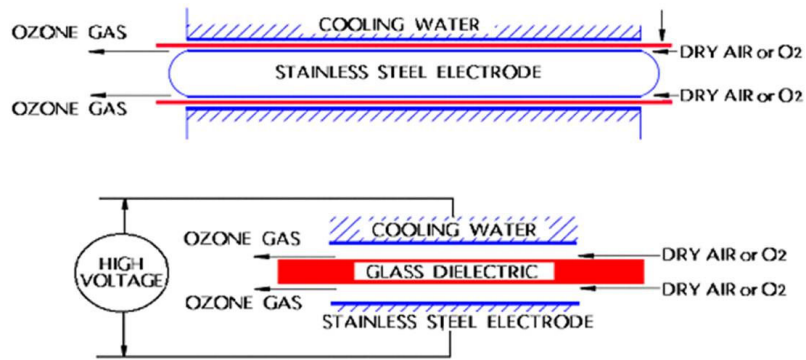


그림 1. 신·재생에너지를 이용한 오존발생

## 3. 오존발생 시스템

일반적으로 오존나이지로 부르고 있는 방전을 이용한 오존발생기는 일찍이 연구가 행해지고 있다. 이중 오존발생기는 여러 가지의 방식이 있지만, 최근 일반적으로 무성방전식의 오존발생기를 중심으로 대형 오존발생기도 이 방식을 채택하고 있다. 이 형식의 오존발생기는 1857년 Simence가 개발하였고, 불꽃방전에 비해서 방전음이 작기 때문에 일반적으로 무성방전식이라 부르고 있다. 전극은 파이렉스 유리와 세라믹 등의 유전체로 피복한 구조가 특징이며, 방전갭을 1~2mm로 하여 10~20kV, 50Hz~2kHz 정도의 정현파 전압을 인가하면 방전갭 전체에 담청색의 빛으로 미세한 방전이 발생한다.



<그림 2> 오존발생 원리

오존발생 원리는 오존발생기, 제습장치, 냉각시스템 및 고전압전원으로 구성되며, 오존발생기는 전장치 전력의 70%를 소비하므로 최종 오존발생효율(오존수율)은 이것에 의해 대부분 좌우된다. 오존의 생성을 열화학식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 오존 생성식은 다음과 같이 된다.

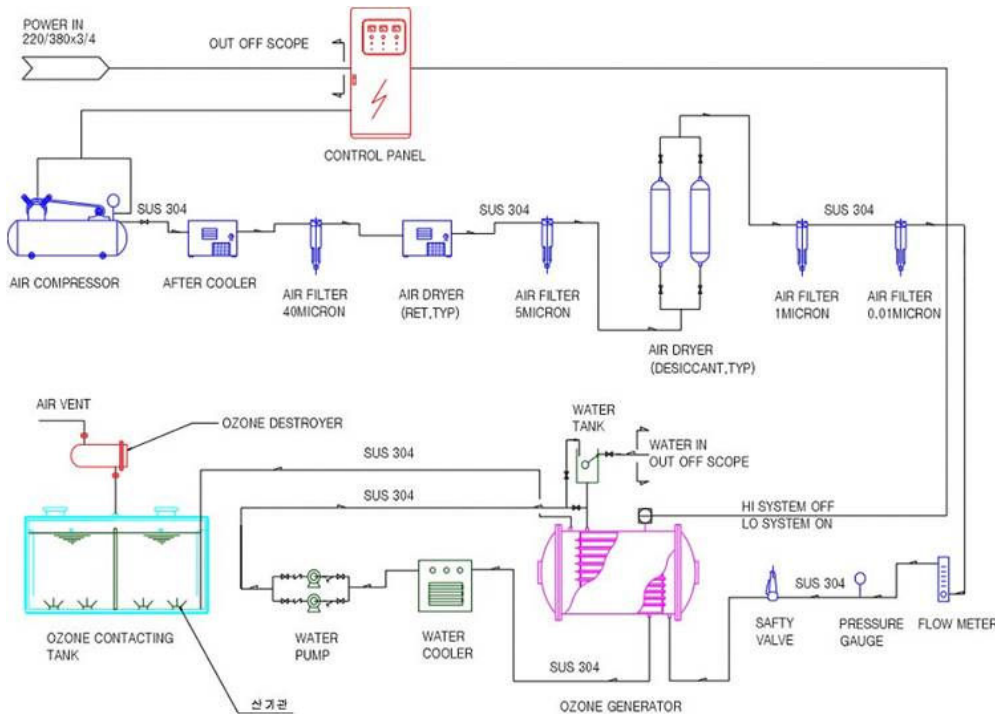


그림 3. 오존발생 시스템 Flow-sheet

오존을 발생시킬 수 있는 수단으로는 여러 가지 방법이 있으나 현재까지 실용화하여 적용되고 있는 방식은 고압 무성방전식, 전기분해식, 자외선식, 광화학법 등이 있다. 무성방전법 및 기타 오존발생 방법의 개략적인 내용은 표1과 같다.

표 1. 오존발생 방법

종류	발생 방법
무성방전법	하나의 대전극 사이에 유리 또는 세라믹 등의 유전체를 끼워 넣어 산소함유 기체를 전극사이에 흐르도록 6~18kV의 교류(AC) 고전압을 인가해 오존가스를 발생시키는 방법, 오존을 발생시키는 방전부의 전극구조는 평판형, 동축원통형, 연면방전형, 이를 조합시킨 복합방전형 등이 있다.
전해법 (전기분해)	전극에 백금, 전해액에 황산 또는 염산 수용액을 이용한 전기분해로 음극측에 산소와 오존의 혼합가스를 생성시키는 방법, 현재는 고체전해질을 이용하는 방법과 불화붕소산을 전해액로 하고 음극에 공기극을 이용하는 방법 등이 발명되고 있다.
광화학반응법	산소가스에 자외선을 조사하면 산소분자가 산소원자로 해리 되어 이 산소원자가 산소분자와 반응해 오존 가스를 생성하는 방법.
고주파전해법	고주파 전해장에 산소가스를 통하게 하여 오존가스를 생성하는 방법.
방사선조사법 (자외선)	방사선을 조사함으로써 광화학 반응법과 똑같은 Mechanism으로 오존가스를 생성하는 방법.

또한 오존을 발생시키는 방법은 자외선식, 전해식 및 무성방전식 등이 있으며 원료의 전처리, 오존의 농도, 전원 및 주사용처 등은 표 2와 같다.

표 2. 오존발생방법에 따른 주요항목 비교

구분 \ 형식	자외선식	전해식	무성방전식
원료	공기	물	건조공기 또는 산소
원료전처리	유분제거	이온성분제거	냉각, 제진, 제습
오존농도	0.3~0.5mg/l	14~18 wt/%	공기:1~2wt%, 산소:2~4wt%
수중용해도	낮다	높다(96% 이상)	중간(80~90%)
불순물	분진, NOx	-	NOx, 금속 Dust
잉여오존량	-	소량	다량(10~20%)
가스압력	0.7kg/cm <sup>2</sup> 이하	고압가능	0.7kg/cm <sup>2</sup> 이하
전원	교류, 110/220V	직류 저압(30V 이하)	교류 고압(6kV 이상)
주요부품	공기압축기 오일필터 저압수은등 안정기	이온교환수지탑 정류기, 전압조정기 오존발생 전해조	공기압축기, 오존파괴기 공기정화장치(건조기, 필터) 오존발생기, 계측기 고압변압기, 전압조정기
주사용처	용수살균 냉각수살조 수경 양어용수처리 탈취	순수제조 세정살균수(야채) 수영장용수 유기물분해 표백, 탈취	대부분의 용·폐수처리 탈색유기물제거(BOD,COD) 살균소독, 양어장용수 철·망간 산화

#### 4. 결 론

상수원의 수질이 날로 나빠지고 향후 환경산업이 주류가 될 것은 자명한 점에 비추어 볼 때, 2차적인 환경오염을 발생시키지 않는 매력 탓으로 오존산업은 그 활용범위가 넓어질 것으로 판단된다. 그러므로 고농도 오존을 발생시키기 위해서 신·재생에너지를 지속가능한 에너지를 활용할 수 있는 방법을 제시토록 하였으며, 오존발생시스템을 요약하면 다음과 같다.

1) 오존은 다른 산화제와 달리 저장이 필요하지 않고 공기와 오존발생기만으로 제조가 가능할 정도로 제조방법이 간단하다. 또한 오존의 주입 및 제어가 간단하고, 반응시간이 짧고, 고도정수처리의 확실한 목적을 달성할 수 있으며, 아주 강한 산화제임에도 불구하고 반응 후에는 냄새가 남지 않고 다른 산화제에 비해 부생성물이 적은 장점이 있다.

2) 재생 가능한 에너지원을 이용하여 고가의 비용이 소비되는 오존시스템의 전력시스템을 대체 및 이용하고자 재생 가능한 에너지원을 이용하는 것이 본 연구의 주 과제라고 할 수 있다. 무한 청정에너지인 수력, 풍력 그리고 태양에너지를 혼용하여 24시간동안 지속적으로 오존발생기에 필요한 전력원으로 대응할 수 있다.

3) 본 연구에서 제안된 재생 가능한 에너지를 이용한 오존 발생시스템은 소규모의 연못이나 농촌의 저수지 같은 유역뿐만 아니라, 농촌폐수로 인해 오염된 지하수의 국소지역에 대한 처리시설로 사용될 수 있을 것이라 사료되며, 상수도, 고도정수처리, 축산, 분뇨 폐수처리 및 중수도화, 오수처리 및 중수도화, 하수 살균소독, 색도제거, 수질개선 및 중도수화, 산업폐수처리 및 중수도화, 수영장, 양식장 등에서도 활용될 수 있다.

향후 국제적으로 문제가 되고 있는 환경 분야에 우리나라도 동참하게 되고, 수질개선 사업에 절대적으로 필요한 오존발생 시스템을 체계적으로 국산화시킴으로써 외화 절감 및 수입 대체 효과의 극대화를 가져올 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 보건복지부(2001). 수질오염 방지용 고효율 오존발생시스템 패키지 기술개발
2. 에너지관리공단. 신·재생에너지의 이해. Available from: <http://www.energy.or.kr>
3. Senior Electric. Available from: <http://www.selectric.co.kr>
4. SolarBee. Available from: <http://www.solarbee.com>
5. S. Masuda, M.Sato, and T. Seki "High-efficiency ozonizer using traveling wave pulse voltage", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-22, pp.886-891, 1986.
6. Y. Nomoto, T. Ohkubo, S. Kanazawa, and T.Adachi, "Improvement of ozone yield by a silent-surface hybrid discharge ozonizer," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 31, pp. 1458-1462, 1995.