

오존발생시스템을 이용한 하천수질 개선기법

Techniques of Water Quality Improvement by Using Ozone Generation System

김민영*, 류재욱**, 이승윤***, 지흥기****
Min Young Kim, Jae Wook Ryu, Hong Kee Jee

Abstract

With the degradation of water quality and, at the same time increased water usage, the sources of high quality, for examples, river/stream, municipal reservoir, wells, artisan and surface water, are diminishing. Therefore, the importance of water quality has been emphasized over the years through publications and various literature sources. Even though considerable research has resulted in significant strides for providing interpretive information and mitigation strategies for improvement of waters, the quality of which is still questionable. This study aims to propose a completely independent self-contained system for purifying waters, solar-powered ozone generator. It is a semi-permanent and cost effective environmental solution. Functions of ozone treatment are: 1) to maintain oxidative flexibility, 2) remove harmful chemicals, wastes, and other substances, and 3) prevent epizootic microbial outbreaks. Recent advances in technology have allowed the development of the practical, self-contained and independent solar powered device. Solar electrical producing panels that charge batteries are the key to using these systems anywhere electrical power is not available. This paper invites the readers to examine the problem and consider the viable, proven solution the solar powered ozone purifying system. This paper also introduces basic concept and background of solar powered ozone generators and examine its feasibility for improving water quality in rivers and streams.

Key words: ozone generator, solar energy, power system, water purity control, water quality

1. 서론

도시화와 산업화 등으로 배출된 유기독성화합물, 농약 등으로 인한 상수원의 급격한 수질악화가 큰 문제점으로 대두되고 있다. 이 시점에서 활성탄 및 오존처리 시설을 갖춘 최적의 고도정수처리 시스템을 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다. 과거에는 염소를 이용한 방법이 많이 사용되어 왔는데, 이는 발암성 염소 부산물인 유해물질을 생성하는 문제점을 안고 있다.

따라서 근래에는 보다 친환경적인 접근법의 하나로써, 오존을 이용하는 방법이 많은 관심을 받

* 정회원 · 농촌진흥청 농업공학연구소 연구원 · E-mail : mykim75@rda.go.kr
** 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 토목공학과 석사과정 · E-mail : rju2580@nate.com
*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : behappy777kr@hotmail.com
**** 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

고 있다. 오존은 염소보다 수중 무기물 및 유기물에 대한 강력한 산화력을 가지고 있는 장점을 가지고 있어서 폐수나 상수의 살균, 탈색, 유기물 산화에 많이 이용되고 있으며, 냄새나 색깔을 남기지 않는다. 그 뿐만 아니라 합성세제와 발암물질인 트리할로메탄, 탁도 등을 없애거나 줄이면서 침전효과를 증대할 수 있어 정수비용을 절감시키는 효과도 있다. 화학적인 오염물질 뿐만 아니라, 박테리아, 바이러스 등 환경미생물의 살균효과가 뛰어나서 식품의 부패, 변질방지, 탈취, 탈색 및 실내 공기정화 등에 이용된다. 오존의 최종처리 결과물인 산소로 환원되기 때문에 부차적인 공해가 없는 특성으로 인하여 오존에 대한 이용 잠재력은 점점 커지고 있다. 이러한 뛰어난 정화능력을 가지고 있는 오존을 이용하여 수질개선 확대 적용을 하며, 오존발생에 필요한 전력을 무한에너지인 태양열로부터 획득할 수 있다. 그리고 현장 적용 및 실효성을 검토하여 지속가능하고 친환경적인 수질개선방법을 개발토록 하였다.

2. 오존 이용현황

2.1 국내의 정수처리 현황

국내에서 최초로 가양취수장의 수질문제에 따른 맛, 냄새유발 물질의 제거를 목적으로 인천 부평정수장에 활성탄 처리시설이 도입되었으며, 물금취수장에서 낙동강 원수를 취수하는 부산의 화명정수장은 1988년 오존처리 시설을 도입하고 1995년 4월부터 생물활성탄 공정을 설치하여 가동중에 있다. 또한 부산의 덕산정수장, 대구의 낙동강 제 1정수장, 양산시의 범어정수장, 마산시의 칠서정수장 등 낙동강에서 원수를 취수하는 대부분의 정수장에서도 1996년, 1997년도부터 오존 및 활성탄 처리공정을 일부 또는 전체 공정에 도입하고 있다.

2.2 외국의 정수처리 현황

일본은 하천, 저수지 등 표류수를 주된 상수원수로 사용하고 있어, 저수지의 부영양화로 맛, 냄새가 발생되고 하천의 암모니아성 질소의 농도가 증가되는 등 수질문제가 발생되어 20년 전부터 고도정수처리시설의 도입을 검토해 왔다. 지자체별로 오존, 입상활성탄 및 생물활성탄 처리시설에 대한 실증실험을 실시하고 있으며, 일본 동경의 가네마찌 정수장 등에 고도정수처리 시설을 설치·운영하고 있다.

프랑스, 독일 등 유럽에서는 맛, 냄새 문제를 해결하기 위해 100여 년 전부터 오존처리를 실시하여 왔으며, 최근에는 입상 활성탄 처리시설이 도입되었다. 또한 활성탄의 수명을 연장시키기 위하여 생물활성탄 처리시설(BAC : Biological Activated Carbon)의 도입이 증가되고 있다.

미국은 상수원의 60~70%가 지하수를 사용하고 있으나, 최근에 지하수의 오염으로 유해물질이 수돗물에 검출되면서 캘리포니아 주, 오키오 주 등에서 오존 또는 활성탄처리시설이 도입되고 있다. 특히, 염소가스로는 살균되지 않는 Cryptosporidium 등 병원균이 상수원수에 유입됨에 따라 오존처리시설을 강화하고 있다. 환경보호청 주도로 최적처리기술(BAT : Best Available Technology)을 선정하는 등 원수의 수질 변화에 대응하는 고도정수처리기술의 연구개발이 적극적으로 시행되고 있다.

3. 오존의 수중산화 매커니즘

오존은 물속에서 산성인 경우는 몇 분간은 안정하지만 탁도가 상승하거나 pH가 높으면 급속히 분해된다. 그 반응은 복잡하고 가수분해에 의해 Hydroperoxy라디칼을 생성하고 있으며, 다음과 같은 화학 반응식에 의해서 연쇄반응에 의해 분해된다.



4. 오존을 이용한 처리과정 및 수처리 효과

오존을 이용한 고도정수처리과정을 살펴보면, 원수에서 먼저 현탁물질을 제거하기 위해서 응집, 침전, 모래여과의 순서를 거친다. 다음으로는 오존산화를 거치고 배수를 하는데 있어서는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

오존에 의한 수처리 효과로는 강력한 살균력과 내성균의 발생이 없으며, 잔류성이 없고 풍부한 용존 산소가 발생한다. 이 현상을 다음과 같은 그림 2로 나타낼 수 있다.

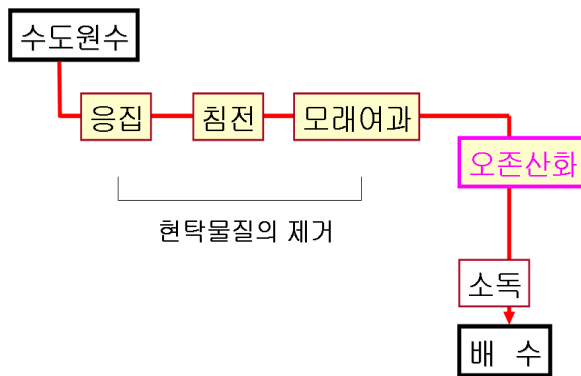


그림 1. 오존을 이용한 고도정수처리

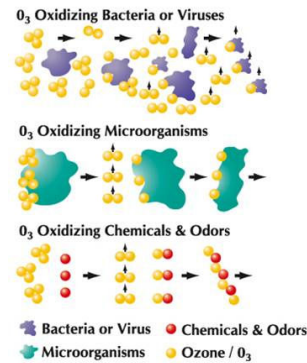


그림 2. 오존 처리에 의한 효과

또한 표 1에 상수도용 원수에 함유되어 있는 오탁성분과 오존의 주입량, 제거효과 및 접촉시간을 나타내었으며 상수에 대한 오존처리는 우수한 성능을 가지고 있으므로 고효율, 저비용의 오존 발생법 및 오존산화의 반응촉진 등의 연구가 필요하다.

표 1. 오존의 주입율과 제거효과

대상물질	오존주입율(ppm)	제거효과(%)	접촉시간(min)
살균	1 ~ 3	90 ~ 99	5분이상
탈황, 탈미	1 ~ 2.5	80	1분이상
탈색	2.5 ~ 3.5	90 ~ 99	5분이상
철, 망간	0.5 ~ 2	90	1분이상
유기물	1 ~ 3	40	5분이상
시안	2 ~ 4	90	3분이상
음이온계면활성제	2 ~ 3	95	10분이상
페놀	1 ~ 3	95	10분이상

한국전기연구원(2001). 수질오염 방지용 고효율 오존발생시스템 패키지 기술 개발, 과학기술부

표 2에는 오존, 염소, 자외선 방식에 의한 각 방식별 기능, 조작성, 확실성 및 방류수역의 영향 등을 비교하였다.

표 2. 오존, 염소, 자외선 방식의 비교

구분	오존	염소	자외선(UV)
기능	세포막과 핵산 등을 직접파기	대사계 효소의 불활성화	DNA의 염기에 영향받고 복제를 저지함
조작성	주입량의 비례제어가 용이	초기에 적은 유량이나 소규모 처리장의 제어가 어려움	기본적으로 제어할 수 없고 유량증가에 알맞게 단계적으로 건설함
확실성	소독력은 가장 강한 병원성 원충의 불활성화도 기대할 수 있음	병원성 원충의 불활성화를 기대할 수 없음	가시광선 조사로 세균이 회복되는 경우가 있고 병원성 원충의 불활성화는 기대할 수 없음
방류수역의 영향	수산자원의 영향이 없음	과잉 주입이 생기면 수산자원의 영향을 염려해야 함	수자원의 영향이 없음
비교	공존물질에 대한 소비가 없음	효과의 잔류성이 있음	대상수의 투시도에 따라 효과가 차이남

한국전기연구원(2001). 수질오염 방지용 고효율 오존발생시스템 패키지 기술 개발, 과학기술부

5. 태양열에 의한 오존발생 시스템을 이용한 수질개선

해외에서도 오존을 대규모 하수처리장에 설치한 사례를 찾아보기 힘들 정도로 대규모 하수처리시 오존을 사용하는 것은 막대한 설치비용과 운전비용으로 말미암아 오존의 뛰어난 효과에도 불구하고 외면되어 왔다. 따라서 재생가능 에너지를 이용하여 고가의 비용이 소요되는 오존시스템에 지속가능한 전력시스템을 공급시키는 것이 본 연구의 중점과제이다.

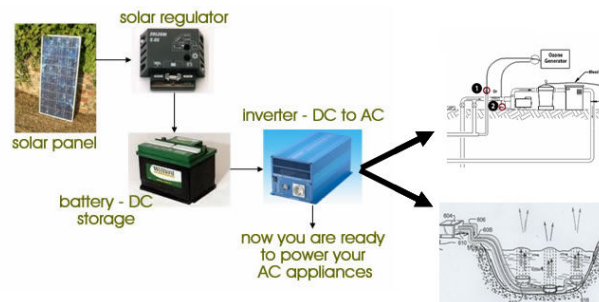


그림 3. 태양열에 의한 오존발생시스템을 이용한 수질개선
(Senior Electric. Available from: <http://www.selectric.co.kr>)

태양에서 연간 지구에 전달되는 에너지는 전세계 인구가 연간 사용하는 에너지의 1만 5천배나 된다. 한반도에 비치는 햇빛은 제곱미터 당 연간 13,000kWh 정도인 것으로 추정된다. 태양광은 다른 자연에너지에 비해서 에너지 밀도는 높지 않지만 지역 의존성이 적고 양이 방대하여 21세기의 중요한 에너지원으로 기대가 된다. 태양열을 이용한 오존시스템은 소규모의 연못이나 농촌의 저수지 같은 유역뿐만 아니라 농촌폐수로 인해 오염된 지하수의 국소지역에 대한 처리시설로 사

용될 수 있을 것이라 판단된다.

부가적인 적용가능 분야를 알아보면 상수도 고도정수처리와 축산, 분뇨 폐수처리, 오수처리, 하수 살균소독, 색도 제거, 산업폐수처리와 수영장, 양식장 등 기타 수질개선이 필요한 곳에 적용할 수 있다. 그리고 경제성 및 효능의 평가는 수질개선 효과의 신뢰성과 주위환경에 대한 안전성, 오존사용량, 소요부지, 시설비, 유지관리비 등으로 경제성을 평가할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 하천수질을 개선하는데 있어서 오존발생 시스템을 활용할 수 있는 방법을 연구한 내용으로서 지금까지의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 오존의 수중산화 매커니즘을 보면 오존은 물속에서 산성인 경우는 몇 분간은 안정하지만 탁도가 상승하거나 pH가 높으면 급속히 분해되고 그 반응은 복잡하고 가수분해에 의해 Hydroperoxy 라디칼을 생성하며 연쇄반응에 의해 분해된다.
- 2) 오존을 이용한 고도정수처리과정은 원수→응집→침전→모래여과→오존산화→소독→배수이다. 오존에 의한 수처리 효과로는 강력한 살균력과 내성균의 발생이 없으며, 잔류성이 없고 풍부한 용존 산소가 발생한다. 또한 상수에 대한 오존처리는 우수한 성능을 가지고 있으므로 고효율, 저비용의 오존 발생법 및 오존산화의 반응촉진 등의 연구가 필요하다.
- 3) 태양광은 다른 자연에너지에 비해서 에너지 밀도는 높지 않지만 양이 방대하여 21세기의 중요한 에너지원으로 기대가 되고 이를 이용한 오존발생 시스템으로 수질 개선 한다면 효과적이다.

참 고 문 헌

1. 한국전기연구원(2001). 수질오염 방지용 고효율 오존발생시스템 패키지 기술 개발, 과학기술부
2. 임현찬, 김진규, 우성훈(2001). 무성방전형 오존발생장치 제작 및 수질 개선 특성, 대한전기학회 논문지, 제50권 제3호, pp. 125 ~ 129
3. 조국희, 김영배, 서길수, 이형호, 이광식, 송현직, 이상근(1998). 오존발생기를 이용한 고도정수처리기술 동향 및 전망, 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, pp. 242 ~ 244.
4. Thomann R.V.(1972). System analysis and water quality management, McGraw-Hill, pp. 286
5. Pandey B.(2004). Renewable energy for water quality improvement, Regional Integrated Workshop on Water Quality, June 29-July 2,
6. Tanaka J., Kamioka N., and Matsumura M.(1999). Study on Application of Ozone for Water Quality Improvement of Prawn Culture Ponds. Nippon Mizu Kankyo Gakkai Nenkai Koenshu, 33:477.
7. Miyaji Shuhei (2005), necessity of water quality improvement in Tokyo Bay, Osaka Bay and Ise Bay. Report to the Central Environment Advisory Board on the ways to the sixth water quality regulation by total amount control, Gen kan Chikyu Kankyo, 36(13): 112-113.
8. Senior Electric. Available from: <http://www.selectric.co.kr>
9. SolarBee. Available from: <http://www.solarbee.com/>