

오존 접촉조 형태 및 오존발생량에 따른 용존 특성 연구

조국희*, 김영배, 김학규, 이시영
한국전기연구원, (주)피엔씨 환경 기술

A study of dissolved characteristics by
ozone contactor type and ozone generated quantity

Cho Kook-Hee, Kim Young-Bae, Kim Hag-Gyu, Lee See-Young
Korea Electrotechnology Research Institute, P&C Environment Technology Co. Ltd.

Abstract - The development of industry environment honored dust matter is diversify industry part eliminate the source of pollution besides usually life in and around pollution by livestock farming pollution matter and pollution by used agricultural medicines particular eutrophic of in and around a reservoir present of occurrence accelerate. The paper is a study of dissolved characteristics by ozone contactor type and ozone generated quantity.

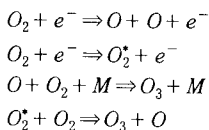
1. 서 론

산업 사회의 발달로 환경유해물질이 다양화되어 산업분야에서 배출되는 오염원 이외에 일상생활 주변의 축산 배출물에 의한 오염, 농약 사용에 의한 오염으로 특히 주변 저수지의 부영양화 현상이 가속화 되고 있다. 이에 본 논문에서는 오존발생기에서 생성된 오존을 자체 제작한 접촉조에 투입하여 용존 오존 농도를 측정하였다. 본 실험실에서 자체 제작한 오존 접촉조의 형태는 원통형과 스크류형의 2종류로 하였으며, 3개가 1조로 구성되어 있다. 또한 오존접촉조의 갯수만큼 밸브를 설치하여 접촉조의 경로의 길이에 따른 오존의 용존도를 측정하는 한편 오존의 투입량과 오존발생량이 용존 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 오존의 생성과 소멸

무성방전형 오존발생기는 1쌍의 전극사이에 유리 또는 세라믹 같은 유전체를 끼우고 1~3[mm] 정도의 갭을 유지하도록 설치한 후 산소 또는 공기를 불어넣으면서 전극에 교류 고전압을 인가하면, 방전공간에서 원료가스 중에 포함된 산소의 일부가 무성방전으로 인하여 화학작용을 일으켜 오존을 생성하게 된다.



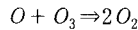
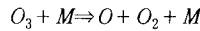
여기서 M은 제 3의 물질로서 O, O₂이다. 그림 2.4와 같이 방전공간에서는 상용주파 교류고전압에 의한 전계로부터 생성된 전자가 스트리머로 진전하여 전극간에 방전주를 형성하며, 스트리머 내에 존재하는 전자가 새로운 전하를 형성하고, 방전공간의 인가전계 약화로 스트리머가 소멸되는 과정을 되풀이 하므로서 미세한 펄스방전이 형성된다.

즉 무성방전에 사용된 유전체에 의해 방전이 절연과파로 진전되는 것을 억제하고, 특정장소에서 방전이 집중되는 것을 방지하게 된다.

이와 같이 무성방전은 미세한 펄스적인 방전의 집합체로 방전공간에서 생성된 전자와 산소분자의 충돌에 의해 오존

이 생성되는 화학작용을 이용하므로 매우 유용한 방전이라 할 수 있으나 오존의 농도가 높아질수록 오존의 분해반응이 활발해지는 단점도 있다.

무성방전에 의해 생성되는 오존은 생성된 오존의 농도가 높아질수록 오존의 분해반응도 활발하게 진행되어 고농도 오존의 생성을 곤란하게 한다. 산소를 원료가스로 사용하는 경우, 방전공간에서 오존분해반응의 원리는 다음과 같다.



이러한 오존분해의 영향을 감소시켜 고수율의 무성방전형 오존발생기를 만들기 위해서는 여기 산소분자를 경유하는 오존생성 프로세스에 대한 연구가 필요하다.

2.2 헨리의 공식

물속에서의 오존농도와 공기 속에서의 오존농도를 동시에 고려하는 개념을 의미한다. 이를 위하여 헨리의 법칙을 이용하는데, 이는 다음과 같다.

$$K_H(\text{헨리상수}) = \frac{P_i(\text{atm})}{C_w(\text{mol/L})} \left(\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol}} \right)$$

$$K_H = \frac{C_{\text{air}} RT}{C_w}$$

$$K_H'(\text{무차원 헨리상수}) = \frac{K_H}{RT} = \frac{C_{\text{air}}}{C_w} \quad (\text{무차원})$$

여기서, R은 기체상수(0.08206 (L·atm / mol·K))이고, T는 절대온도(K), 그리고 C_{air}, C_w는 어떤 물질의 공기속, 물속에서의 몰농도(mole/L)를 나타낸다.

물과 공기가 접하고 있는 접면 부근에서의 현상을 고려하여 보자. 이 부분에서는 어떤 물질의 물속과 공기속에서의 푸계서티는 같으므로,

$$f_g = P_i, \quad f_w = \gamma_w x_w P^0(1, L), \quad \text{그리고,} \quad f_g = f_w$$

$$P_i = \gamma_w x_w P^0(1, L)$$

여기에서, L은 녹는점 바로 아래의 온도이지만 여전히 액체상태를 유지하는 "subcooled liquid"를 의미한다. 1은 액체를 말한다. 헨리의 법칙정의에 의하여,

$$K_H = \frac{P_i}{C_w} = \frac{\gamma_w x_w P^0(1, L)}{x_w / V_w} = \gamma_w V_w P^0(1, L)$$

이 식에서의 헨리상수는 유기물이 매우 희석되어 있는 상태로 간주할 수 있는데, 활동도계수는 유기물의 농도에 따라 달라질 수 있으므로, 같은 개념으로 포화상태에 대하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$K_H^{\text{sat}} = \frac{P_i}{C_w^{\text{sat}}} = \gamma_w^{\text{sat}} V_w P^0(1, L)$$

이 헨리계수 또한 온도의 영향을 받는데 다음과 같다.

$$\ln K_H^{\text{sat}} = - \left[\frac{\Delta H_{\text{vap}} - \Delta H_{\text{sol}}^{\text{ex}}}{R} \right] \frac{1}{T} + \text{constant}$$

2.3 실험장치 및 개략도

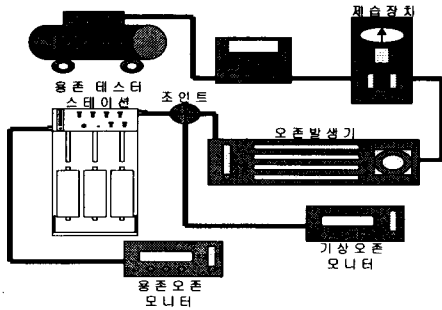


그림 1 시스템 전체 블록도

그림 1은 본 실험시스템의 전체적인 블록도를 나타낸 그림이다. 일반 공기를 컴프레샤를 통해 일정량을 제습장치를 통과시키고, 습기가 제거된 공기는 오존발생기 내에서 오존을 생성하게 된다. 오존은 용존을 테스터 스테이션을 통과하여 다양한 용존 특성을 알아 볼 수 있다.

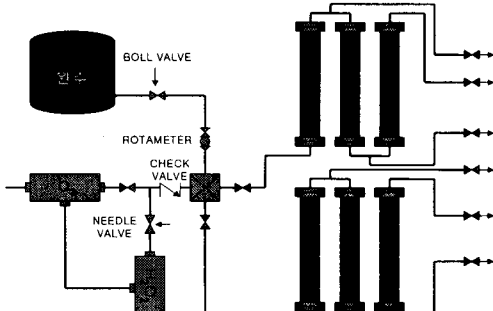
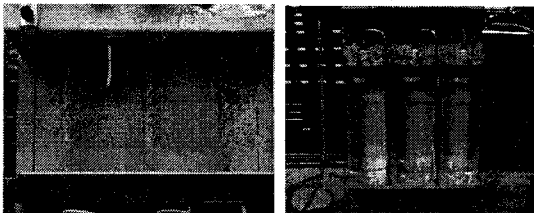


그림 2 용존을 테스터 스테이션의 개략도

그림 2는 용존을 테스터 스테이션의 개략도이다. 이 장치는 cylinder type 3개 1조와 static type 3개 1조의 두 가지 형태로 구성되어 있으며, 각각에 밸브를 설치함으로써 형태에 따른 오존의 용존 특성을 살펴보았다.



그림 3 실험장치의 실제



(a) static type (b) cylinder type
그림 4 접촉조 유형

그림 3과 그림 4 (a), (b)는 구성된 실험장치 및 접촉조의 유형을 나타낸 실제 사진이다. 표 1은 접촉조의 사양을 나타내고 있다.

표 1. 접촉조의 사양

	cylinder type	static type
규격	φ170×500L×3개	300L×3개
3l/min운전시속도	0.25m/s	0.0025m/s
체적	약 30l	약 0.2l
재질	투명 아크릴	투명 테프론

2.3 실험 결과 및 고찰

오존의 원수에 대한 용존 특성을 알아보기 위해 원수와 오존이 통과하는 접촉조의 구조에 대한 특성 및 원수의 투입량에 대한 오존의 용존 특성을 관찰하였다.

그림 5와 그림 6은 실린더형의 접촉조를 주입되는 수량을 3l/min과 4 l/min으로 하고, 기체의 주입량을 3l/min으로 일정하게 두어 접촉조의 길이에 따른 오존 용존율을 측정하였다.

그림에서 보는 바와 같이 수량이 3l/min 일 때가 4l/min 보다 접촉 길이에 대한 특성이 뚜렷이 관찰되었다. 이는 동일한 접촉조의 체적 내에 수량을 3l/min으로 주입하면 유속이 4l/min에 비해 낮으므로 접촉시간이 많아지기 때문이라 사료된다. 또한, 실린더형 접촉조인 경우는 길이에 따른 오존 용존율은 큰 차이는 없었으나 접촉 길이가 가장 긴 CY-3가 가장 높은 용존율을 나타내었다.

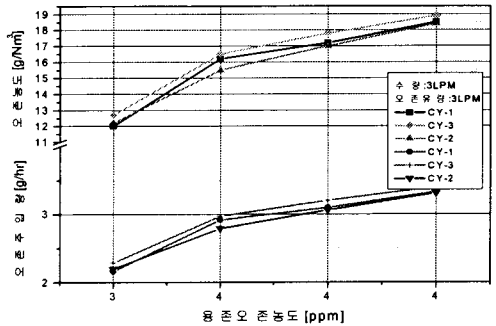


그림 5 CY형 수량이 3l/min 일 때의 오존 용존 농도

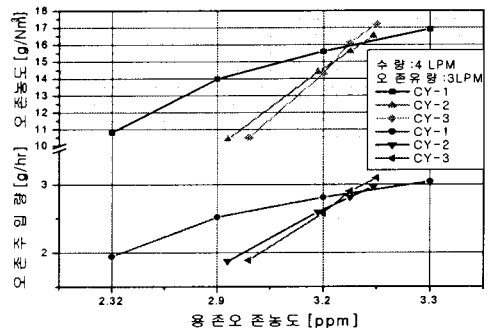


그림 6 CY형 수량이 4l/min 일 때의 오존 용존 농도
그림 7과 그림 8은 실린더형의 접촉조에 주입되는 수량을 3l/min과 4 l/min으로 하고, 기체의 주입량을 3l/min으로 일정하게 두어 접촉조의 길이에 따른 오존 용존율을 측정하였다.

ST형의 접촉조는 관내부에 스크류형의 구조물을 설치하여 원수를 분쇄시켜 오존기체와 접촉면적을 크게 함으로써 용존 효율을 높였다.

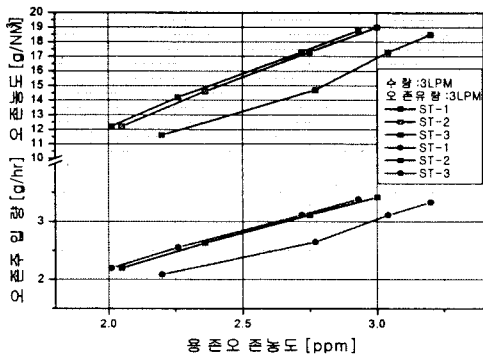


그림 7 ST형 수량이 3l/min 일 때의 오존 용존 농도

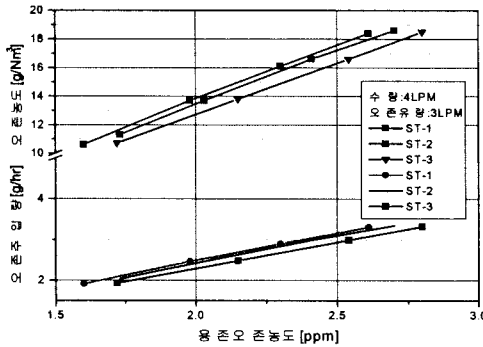


그림 8 ST형 수량이 4l/min 일 때의 오존 용존 농도
 그림 7과 그림 8에서 보는바와 같이 접촉 길이에 따른 용존율은 실린더형과 동일한 경향 즉, 접촉 길이에 비례한다는 것을 관찰할 수 있었으나, 스크류형은 실린더형에 비해 길이에 따른 용존율의 차이를 확연하게 볼 수 있었다. 이는 원수를 분쇄함으로써 오존과의 접촉면적을 높인 결과라 할 수 있겠다. 또한 스크류관과 실린더형의 관의 체적으로 볼 때 관의 체적은 매우 큰 차이는 나지 만, 용존 효율 면에서는 다소 큰 차이를 볼 수 없었다. 따라서 용존 효율은 접촉시간 뿐만 아니라 오존과 접촉 되는 원수의 면적 또한 큰 영향을 미친다고 사료된다.

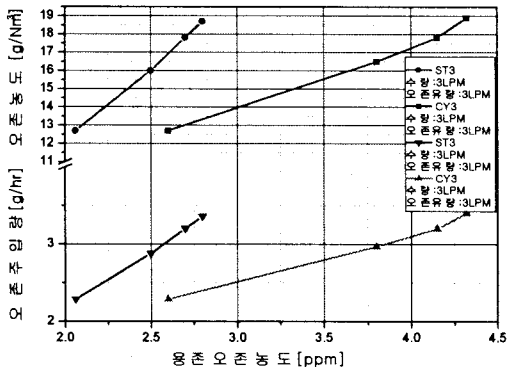


그림 9 수량이 3l/min 일 때의 접촉조의 형태에 따른 용존 오존 농도 특성

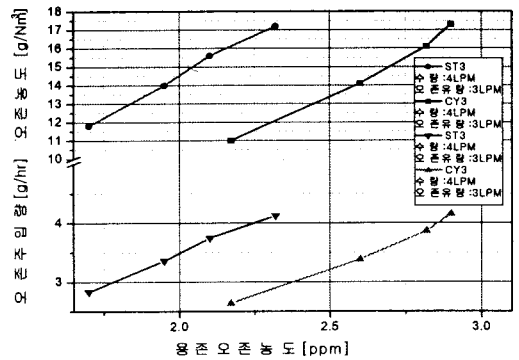


그림 10 수량이 4l/min 일 때의 접촉조의 형태에 따른 용존 오존 농도 특성

그림 9와 그림 10은 원수의 량을 분당 3l, 4l로하고, 오존의 유량도 분당 3 l/min로 고정하였을 때의 cylinder type 과 static type의 용존 특성을 보여주는 그래프이다. 위 그래프로 알 수 있듯이 cylinder type이 static type보다 용존 농도가 거의 1.5배 가까이 되는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 오존이 원수와의 접촉시간과 관계가 있으며, cylinder type이 static type보다 접촉시간이 약 100배정도 높아서 나타난 결과로 사료된다. 또한 원수의 투입량이 4 l/min 일 때 보다 3 l/min이 용존 농도가 두 형식 모두 높게 측정되었는데, 이는 공급되는 원수량에 따라 접촉조의 유속이 결정되어 나타난 결과라 사료된다.

3. 결 론

본 논문은 접촉조에 따른 오존의 용존 농도와 오존의 발생량의 관계를 알아보고, 또한 원수의 유입량에 따른 오존 용존 농도의 특성을 측정하였다.

- 수량이 3l/min 일 때가 4l/min 보다 접촉 길이에 대한 특성이 뚜렷이 관찰되었다. 이는 동일한 접촉조의 체적 내에 수량을 3l/min으로 주입하면 유속이 4l/min에 비해 늦으므로 접촉시간이 많아지기 때문이라 사료된다.
- 실린더형 접촉조인 경우는 길이에 따른 오존 용존율이 큰 차이는 없었다.
- 접촉 길이에 따른 용존율은 실린더형과 스크류형 모두 길이에 비례하는 동일한 경향을 관찰할 수 있었다.
- 스크류형은 실린더형에 비해 체적은 약 150배 적고, 유속은 약 100의 빠르다. 하지만 용존 농도는 약 1.5배정도이므로 용존율 면에서는 체적과 유속만큼의 효과를 볼 수 없었다. 이는 스크류형이 원수를 분쇄함으로써 오존과의 접촉면적을 높인 결과라 할 수 있겠다. 따라서 용존 효율은 접촉시간 뿐만 아니라 오존과 접촉되는 원수의 면적 또한 큰 영향을 미친다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1]. 조국희, 김영배 "중점방전형 오존발생기의 오존농도와 수율의 관계" 대한전기학회 추계학술발표논문집 pp.67-70, 1998.
- [2]. Yoshihiro Konishi, "A Novel Silent Discharge T ype Ozonizer using Pluse Density Modulated High Frequency Inverter", IEEE pp.764-772, 1999.
- [3]. A. Chakrabarti, A. Mizuno, "Gas Cleaning with Semi-Wet type Plasma Reactor", IEEE Trans, on IA, Vol. 31, No. 3, pp.500-506, 1995.