

고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도특성에 관한 연구

(A Study on the Supply Gas Temperature Characteristics of Silent Discharge Type
Ozonizer by Applying Radio Frequency Voltage)

이상근* · 전병준* · 박용권* · 박원주** · 이광식** · 권혁한*** · 송현직**** · 박중협*****
(S. K. Lee · B. J. Chun · Y. K. Park · W. Z. Park · K. S. Lee · H. H. Kwon · H. J. Song · J. H. Park)

요 약

본 연구에서는 공업용으로 널리 사용되고 있는 오존발생법의 하나인 무성방전법을 응용한 고주파 전원인가에 의한 오존발생기를 설계·제작하여 오존생성의 중요한 인자중 하나인 원료가스의 온도변화에 따른 오존생성특성을 연구하였다. 또한, 원료가스의 온도의 변화에 따른 오존생성농도, 오존생성수율 및 오존발생량 상승효과에 관한 연구를 수행하였다.

Abstract

In this paper, a co-axial cylinder type ozonizer using silent discharge applying radio frequency voltage known as an ozone generation was designed and fabricated.

A cooling system was installed to investigate the characteristics of ozone generation in accordance with temperature change of the supplied gas known as an important factor.

The characteristics of ozone generation were investigated in accordance with the change of cooling temperature.

1. 서 론

산업사회의 고도화에 따라 대기 및 수질 등의 환

경오염문제는 지구전체의 문제로 점차 그 관심이 크게 대두되고 있는 가운데, 환경문제 해결 방법의 하나로 오존의 이용이 제시되어 폭넓게 이용되고 있다.

오존의 발생법으로 무성방전법, 광화학법, 전해법, 고주파방전법, 방사선 조사법등의 물리화학적 방법이 알려지고 있으나 상업성을 지닌 대용량의 오존발생법으로는 무성방전법이 널리 사용되고 있다[1].

하지만, 무성방전법의 메카니즘의 규명과 관련이론이 확립되지 못한 상황에서 관련인자의 연구에 의한 효율의 극대화에 많은 관심이 집중되고 있다[2~5].

무성방전형 오존발생기는 1857년 Werner Von

* 정회원 : 영남대학교 대학원 전기공학과 박사과정
** 정회원 : 영남대학교 공과대학 전자정보공학부 · 교수 공학박사
E-mail : skeun2@yahoo.co.kr
*** 정회원 : (주) 한국필립 필립생명과학연구소 소장
**** 정회원 : 구미1대학 전기과 교수 · 공학박사
***** 정회원 : (주) R-TEC 연구원
접수일자 : 2001년 8월 8일
최종완료 : 2001년 9월 7일

Siemens에 의해 최초로 개발된 이래 널리 사용되고 있으나 효율과 성능면에서 문제가 제기되고 있다. 공업용 오존발생기는 오존생성수율이 열화학반응식을 고려한 이론치(1,200[g/kWh])에 비하여 대단히 낮기 때문에 방전 및 오존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도 및 습도 등의 제인자에 관한 연구를 통해 오존농도 및 수율을 향상시키는 것이 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 동축원통전극형 리액터를 사용하여 무성방전을 이용한 오존발생기의 중요한 인자의 하나인 고주파전원인가에 따른 오존생성특성을 연구하였다. 고주파전원인 경우, 방전시 많은 열을 수반하므로 원료가스를 냉각시킬 수 있는 장치를 이용하여 원료가스의 온도 변화에 따른 오존농도(O_{3con}), 수율(O_{3y}) 및 발생량(O_{3g})의 상승효과에 관하여 연구하고자 한다. 또한 발생된 오존을 이용하여 수질 및 대기정화분야로의 이용가능성을 살펴보기 위해 대장균 살균특성을 살펴보았다.

2. 관련이론

2.1 오존발생기의 전력과 풍량

오존발생기의 농도는 소비전력 P와 풍량 Q에 관계한다. 일반적으로 P/Q가 크게 되면 농도가 증가하므로, 일정한 풍량인 경우에는 소비전력 P가 크게 될수록 높은 농도의 오존이 생성된다. 한편, 소비전력 P에 대해서는 다음 식이 성립하므로, 장치는 이 값이 최대가 되도록 설계하여야 한다[6].

$$P = fC_g(V_s + V_e) \left\{ 2E_m - \left(1 + \frac{C_a}{C_g} \right) (V_s + V_e) \right\} \quad (1)$$

(단, f : 전원주파수, C_g : 유전체의 정전용량, C_a : 간극의 정전용량, V_s : 방전개시전압, V_e : 방전의 소멸전압, E_m : 인가전압의 최고치)

이밖에 오존의 생성에는 공기의 습도가 관계하고, 공기중의 수증기가 많이 포함되는 경우에는 농도가 감소하므로 간극에 보내는 공기의 처리에 충분히 유의하여야 한다.

2.2 원료가스 온도변화에 의한 오존생성

오존발생기에 주입되는 에너지는 방전공간에 배치된 유전체에 의해 방전공간에서 미소방전주를 형성하고, 형성된 방전주에 의해 방전공간 내의 산소를 여기 및 해리하여 오존을 형성하게 된다. 이때, 주입되는 에너지의 33[%]만이 오존생성에 기여하고, 67[%]는 방전공간의 온도상승에 기여하는 것으로 알려져 있다.

방전공간에 주입되는 에너지의 증가에 따라 오존의 농도는 직선적으로 증가하지만, 높은 농도에서는 포화되는 경향을 보이며, 포화농도는 방전공간의 온도에 따라 많은 차이를 나타내어, 온도가 높아질수록 포화오존농도는 낮아진다.

그러므로, 다량의 열이 발생하는 고주파전원의 경우 방전공간의 온도상승을 억제하는 것은 오존생성에 중요한 변수로 작용한다.

2.3 고주파 전원인가에 의한 오존생성

일반적으로 방전전류와 방전전력은 인가전압의 주파수에 비례하여 증가하는 경향을 보이며, 증가된 방전전력은 오존의 생성을 활성화하여 고농도의 오존을 얻을 수 있다. 그러나, 주파수의 증대에 따라 유전체에서의 발열도 크게 증대하여 오존분해반응을 촉진시킴으로 발생된 열의 제거와 오존생성을 위한 주파수의 설정이 중요하다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 실험에 사용된 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

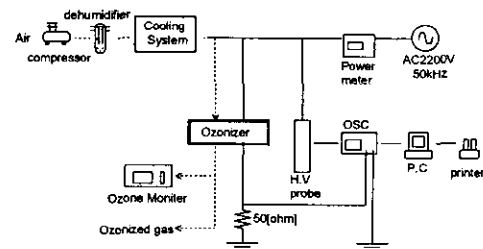


그림 1. 실험장치의 구성도
Fig. 1. A schematic diagram of experimental setup

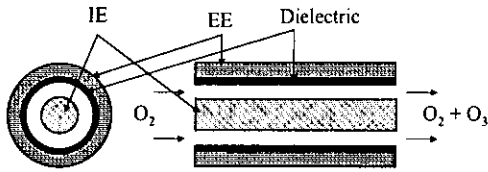


그림 2. 동축 원통형 오존발생전극
Fig. 2. Cylinder type ozone generation electrode

본 실험에 사용된 전원장치는 인버터와 트랜스로 구성된 고주파전원장치(2,200[V], 27~30[kHz])를 사용하였다. 또한, 오존발생전극은 그림 2와 같은 구조로 내부전극(IE)으로 직경 4[mm]의 SUS봉을 사용하였으며, 석영유리(내경×외경 : 4×6[mm])를 유전체(D: Dielectric)로 하여 유전체 외부에 동관(두께 : 0.1[mm])을 밀착하여 외부전극(EE)으로 사용하였다. 또한 방전부의 길이는 250[mm]로 고정하고, 방전갭을 1[mm]로 유지하였다.

원료가스는 냉각장치를 통해 냉각을 행하였으며, 냉각장치의 냉매의 온도(Tcm : 상온 ~ -30[°C])를 조절하여 원료가스를 일정온도로 조절할 수 있었다.

그림 3은 각각의 경우에 냉각장치를 통과한 원료가스의 온도를 방전관 입구측에서 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.

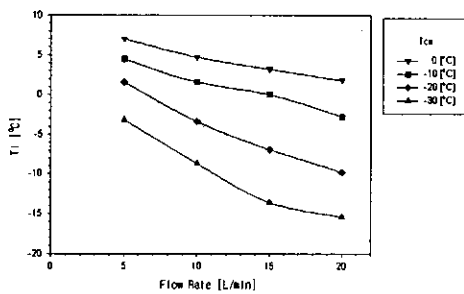


그림 3. 냉각장치에 의한 원료가스 냉각특성
Fig. 3. Cooling characteristics of supply gas by cooling system

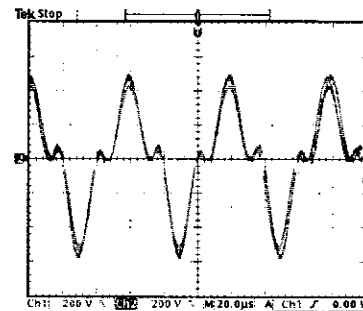
또한, 방전전력의 측정은 digital power meter를 사용하여 측정하였으며, 생성되는 오존의 농도는 매실협마다 0.3[ℓ/min]로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor(0~100,000[ppm], Okitronics社, Japan)로 측정하였다.

3.2 전원장치특성

본 연구에서 사용한 전원은 인버터와 트랜스로 구성된 고주파전원장치로 최대출력이 2,200[V], 10~50[kHz]인 전원장치이다.

그림 4는 전원장치의 무부하시 출력단에서 전압과 형을 고전압 Probe와 오실로스코프로 측정된 것이다.

그림에서와 같이 두 개의 전극에 180[°]의 위상차를 갖는 교류고전압을 동시에 인가함으로써 두 전극 사이에는 전원장치출력의 2배인 최대 4,400[V]의 전원을 인가할 수 있으므로 오존발생특성의 향상효과를 얻을 수 있다.



CH 1, CH 2 : 2[kV/div], 20[μs/div]

그림 4. 전원장치의 출력전압파형
Fig. 4. Output voltage waveform of power supply

3.3 실험방법

동축원통형 오존발생기의 원료가스냉각에 의한 오존생성특성을 살펴보기위해 그림 1과 같이 장치를 구성하였다. 그림에서 보는 바와 같이 원료가스로는 대기공기를 사용하여 제습기를 통해 10[%]이하의 습도로 유지시킨 후 열교환기를 통해 냉각을 행하였으며, 냉각된 공기를 각각 5, 10, 15 및 20[ℓ/min]로 일정하게 오존발생기에 공급하였다.

각각의 조건에서 원료가스의 온도(상온 ~ -15[°C])의 변화와 입력전력의 증가에 따른 오존생성농도를 측정하였다.

4. 결 과

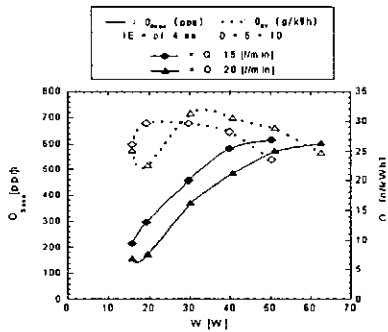
4.1 입력전력에 따른 오존생성특성

그림 5와 그림 6은 냉각장치에 의해 원료가스의

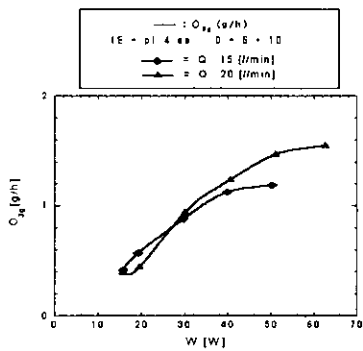
온도를 상온(20[°C]) 과 냉각상태(냉매온도 : -30[°C]) 를 유지시킨 경우, 원료가스의 유량을 15 및 20 [ℓ /min]으로 공급한 경우의 오존농도, 수율 및 발생량 특성을 나타낸 것이다.

각각의 그림(a)에서 오존발생기에 공급되는 전력을 증가시키에 따라 오존농도, 수율 및 발생량이 함께 상승하다가 점차 포화하여 상승률이 둔화되는 특성을 보였다.

이것은 입력전력의 상승에 따라 방전공간 내에서 오존의 생성을 위한 산소의 여기와 오존의 합성반응이 향상되지만 입력전력의 상승으로 방전공간내의 온도가 상승하기 시작하면서 방전부에 축적되는 열이 오존의 급속한 분해를 일으켜 그 상승률이 둔화된 것으로 판단된다.



a) 오존생성농도, 수율특성
a) O_{3con} , O_{3y} characteristics



b) 오존발생량 특성
b) O_{3g} characteristics

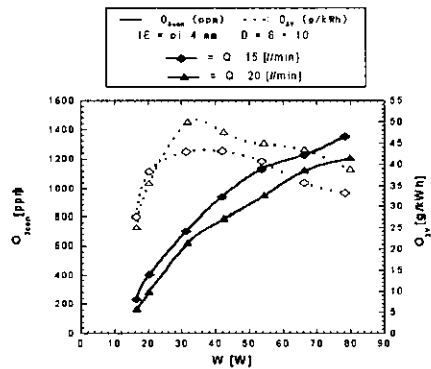
그림 5. 원료가스의 온도가 20[°C]인 경우의 오존 농도, 수율 및 발생량 특성

Fig. 5. Ozone concentration, generation and yield characteristics at 20[°C] supply gas

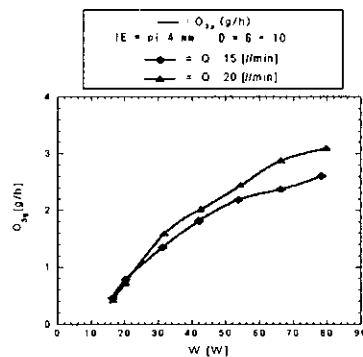
그러나 유량이 증가함에 따라 공급가스의 냉각효과에 의해 높은 전력의 입력에도 농도가 상승하는 특성을 보이고 있다. 그 결과 오존생성농도의 최대치는 각각의 온도에서 유량이 15[ℓ/min]일 때, 최대 616 및 1229 [ppm]을 얻을 수 있었다.

또한 오존생성수율 역시 유량의 증가에 따라 최대치에 이르는 입력전력의 증가로 유량 20 [ℓ/min]에서 오존생성수율의 최대값을 얻을 수 있었다.

그리고, 각각의 그림(b)에서 보는 바와 같이 농도의 증가에 비례하는 발생량의 그래프는 높은 유량의 경우에 입력전력의 증가에 따라 계속적으로 상승하여 최대유량 20[ℓ/min]에서 각각 1.55 및 3.09 [g/h]의 최대 오존발생량을 얻을 수 있었다.



a) 오존생성농도, 수율특성
a) O_{3con} , O_{3y} characteristics



b) 오존발생량 특성
b) O_{3g} characteristics

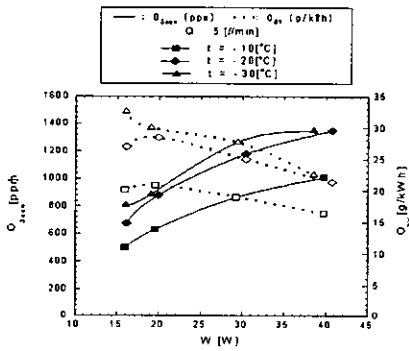
그림 6. 원료가스를 냉각(냉매온도 : -30[°C])시킨 경우의 오존 농도, 수율 및 발생량 특성

Fig. 6. Ozone concentration, generation and yield characteristics at -30[°C] supply gas

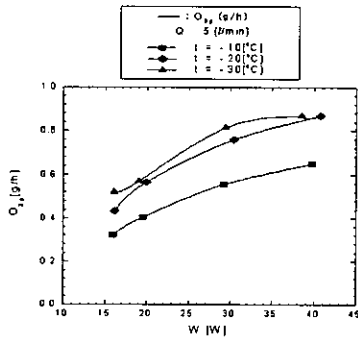
그림 7과 그림 8은 원료가스의 유량이 각각 5 및 20 [l/min]일 때, 냉각장치의 냉매 온도를 -10, -20 및 -30[°C]로 냉각시킨 경우, 오존농도, 수율 및 발생량 특성을 나타낸 것이다.

각각의 그림에서와 같이 원료가스의 온도가 점차 낮아짐에 따라 오존농도와 발생량 및 수율의 특성이 향상되는 것을 볼 수 있다.

그 결과 오존농도의 경우 유량이 각각 5 및 20 [l/min]에서 냉매의 온도가 -30[°C]일 때, 최대 1290 및 1209[ppm]의 농도가 얻어졌으며, 오존생성수율은 유량이 각각 5 및 20 [l/min]에서 부동액의 온도가 -30[°C]일 때, 최대 32.6 및 49.8[g/kWh]의 최대 수율을 얻을 수 있었다.

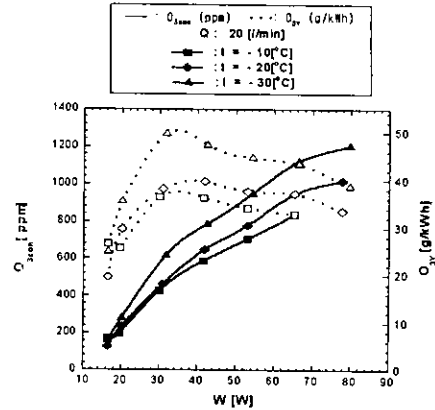


a) 오존생성농도, 수율특성
a) O_{3con} , O_{3y} characteristics

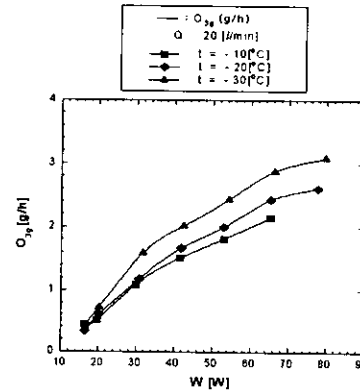


b) 오존발생량 특성
b) O_{3g} characteristics

그림 7. 냉매의 온도변화에 따른 오존농도, 수율 및 발생량 특성 (유량이 5 [l/min]인 경우)
Fig. 7. Ozone concentration, yield and generation characteristics at 5 [l/min] flow rate in accordance with temperature of cooling material



a) 오존생성농도, 수율특성
a) O_{3con} , O_{3y} characteristics



b) 오존발생량 특성
b) O_{3g} characteristics

그림 8. 냉매의 온도변화에 따른 오존 농도, 수율 및 발생량 특성 (유량이 20 [l/min]인 경우)
Fig. 8. Ozone concentration, yield and generation characteristics at 20 [l/min] flow rate in accordance with temperature of cooling material

오존의 최대농도가 유량의 변화에 따라 크게 변화하지 않은 것은 냉각효과가 냉매의 온도저하와 함께 유량의 증가에도 크게 작용하기 때문이다.

오존의 최대수율이 낮은 입력전력에서 증대된 후 전력의 증대에 따라 점차 낮아지는 것은 입력전력에 비례하여 방전부에서 열발생으로 소모되는 전력이 증대된 결과로 이때 발생된 열은 방전부에 공급되는 냉각된 원료가스에 의해 냉각되며, 오존농도의 증가율을 저하시킨다.

또한, 각각의 그림(b)에서 오존발생량 역시 오존농

도의 향상과 함께 증가하여 유량이 각각 5 및 20 [ℓ/min]에서 냉매의 온도가 -30[°C]일 때, 최대 0.86 및 3.09[g/h]의 발생량이 얻어졌다.

이것은 오존의 생성분해과정이 가스온도에 대해 매우 민감하게 반응하기 때문이며, 오존발생기 제작 시 방전공간중의 가스온도의 상승을 억제하는 것은 중요한 과제 중의 하나이다.

그리고, 오존발생기에서 소모되는 전력손실의 대부분은 열에 의해 소모되며, 이렇게 발생한 다량의 열이 오존생성에 악영향을 끼치는 물론 오존발전전극의 수명을 단축시킨다.

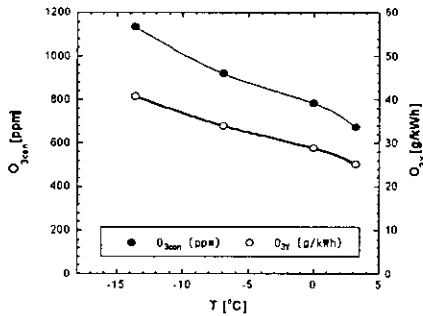
또한, 본 연구의 경우처럼 많은 열이 발생하는 고주파 전원을 사용하여 작은 면적에서 높은 특성의 오존을 얻기 위해서는 고주파 전원으로 인해 방전부에서 발생하는 열의 축적을 막고, 축적된 열에 의한 생성된 오존의 분해를 억제하는 것이 매우 중요하다.

4.2 원료가스 온도변화에 따른 오존생성 특성

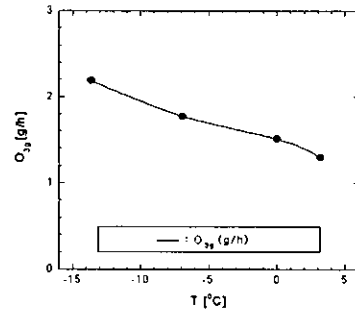
그림 9는 유량 15[ℓ/min], 입력전력 52[W]일 때, 냉각장치를 통과한 원료가스의 온도변화에 따른 오존농도, 수율 및 발생량 특성을 나타낸 그래프이다.

또한, 그림 10은 유량 20[ℓ/min], 입력전력 65[W]일 때, 냉각장치를 통과한 원료가스의 온도변화에 따른 오존농도, 수율 및 발생량 특성을 나타낸 그래프이다.

그림에서와 같이 냉각장치를 통과해 원료가스의 온도가 점차 낮아짐에 따라서 오존생성농도, 발생량 및 수율이 모두 상승하는 것을 알 수 있다.



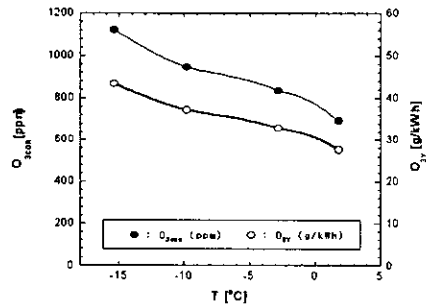
a) 오존생성농도, 수율특성
a) O_{3con}, O_{3y} characteristics



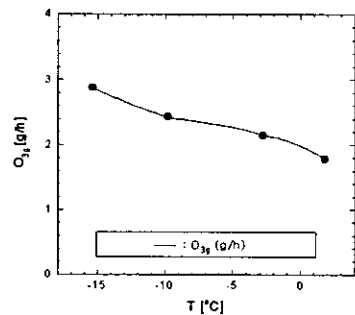
b) 오존발생량 특성
b) O_{3g} characteristics

그림 9. 원료가스의 온도변화에 따른 오존농도, 수율 및 발생량 특성 (유량 15 [ℓ/min]인 경우)

Fig. 9. Ozone concentration, yield and generation characteristics at 15 [ℓ/min] flow rate in accordance with temperature of supply gas



a) 오존생성농도, 수율특성
a) O_{3con}, O_{3y} characteristics



b) 오존발생량 특성
b) O_{3g} characteristics

그림 10. 원료가스의 온도변화에 따른 오존농도, 수율 및 발생량 특성 (유량 20 [ℓ/min]인 경우)

Fig. 10. Ozone concentration, yield and generation characteristics at 20 [ℓ/min] flow rate in accordance with temperature of supply gas

고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도특성에 관한 연구

이것은 방전공간의 온도가 저하함에 따라 생성된 오존의 분해반응이 억제되어 동일조건하에서 오존의 농도가 높게 되며, 이에 따라 발생량과 수율이 함께 증가한 결과이다.

또한, 그림 9와 그림 10을 비교해 보면, 유량이 20 [l/min]인 그림 10의 경우, 더 높은 전력(65[W])을 공급함으로써 유량이 15[l/min]일 때와 비슷한 농도와 수율의 오존을 얻을 수 있었으나, 오존발생량은 유량의 증가에 따라 향상된 특성을 얻을 수 있었다.

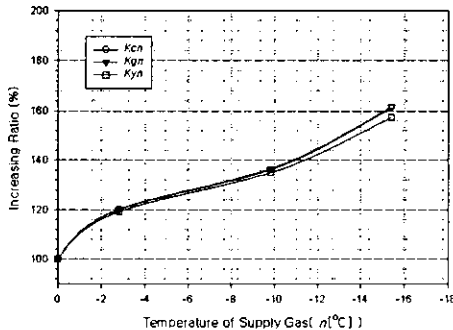
그 결과 온도가 0[°C]를 기준으로 1[°C]감소함에 따라 오존생성농도, 발생량 및 수율은 각각 평균 3.56, 3.59 및 3.33[%] 증가함을 알 수 있었다.

4.3 원료가스 온도변화에 따른 상승률특성

그림 11은 유량 20[l/min], 입력전력 65[W]일 때, 원료가스의 온도변화에 따른 오존농도, 오존발생량 및 오존수율의 상승률특성을 나타낸 그래프이다.

그림 11과 같이 원료가스의 온도가 감소함에 따라 오존이 발생하는 방전공간에서 오존의 분해반응이 억제되어 오존발생특성이 향상됨을 알 수 있다.

오존농도와 발생량은 원료가스의 온도가 0[°C]에서 -15[°C]로 낮아짐에 따라 각각 1.5배이상 상승하여 오존농도상승률(K_{cn})과 오존발생량 상승률(K_{gn})은 각각 161.4, 161.8[%]의 상승효과를 얻을 수 있었으며, 오존수율의 상승률(K_{yn})은 157.5[%]의 상승효과를 얻을 수 있었다.



$$K_{cn} = \frac{O_{3c(n)} - O_{3c(0)}}{O_{3c(0)}} \times 100$$

$$K_{gn} = \frac{O_{3g(n)} - O_{3g(0)}}{O_{3g(0)}} \times 100$$

$$K_{yn} = \frac{O_{3c(n)} - O_{3c(0)}}{O_{3c(0)}} \times 100$$

K_{cn} : 원료가스의 온도가 n[°C]일 때, 오존농도 상승률

K_{gn} : 원료가스의 온도가 n[°C]일 때, 오존발생량 상승률

K_{yn} : 원료가스의 온도가 n[°C]일 때, 오존수율 상승률

$O_{3c(0)}$: 원료가스의 온도가 0[°C]일 때의 오존농도

$O_{3g(0)}$: 원료가스의 온도가 0[°C]일 때의 오존발생량

$O_{3c(n)}$: 원료가스의 온도가 n[°C]일 때의 오존수율

그림 11. 원료가스 온도변화 - 상승률특성
Fig. 11. Temperature various - increasing ratio characteristics of supply gas

4.4 오존발생장치를 이용한 대장균 살균특성

발생된 오존화 가스(농도 470, 660 및 1100[ppm])를 증류수 수용액(pH : 7.0, 水温 : 32~35[°C]) 1[l]에 5분동안 용해시켜 만든 오존수에 대장균(Escherichia Coli, 이하 EC)을 5[sec]동안 반응시킨 결과 다음과 같은 결과를 얻었으며, 이때 사용된 살균율(EC_r)은 식(2)에 의해 얻을 수 있었다.

$$EC_r[\%] = \frac{\text{반응전 개수} - \text{5초 반응후 개수}}{\text{반응전 개수}} \times 100[\%] \quad (2)$$

그 결과, 표 1과 같이 O_{3con} 이 470, 660 및 1100[ppm]일 때, 각각 98.4, 98.5 및 99.9[%]의 EC_r 를 얻을 수 있었다.

즉, O_{3con} 이 증가할수록 EC는 불활성화되면서 세포막이 파괴 또는 분해되어 EC_r 이 상승되었으며, 오존수에 5초만 반응하여도 99.8[%]이상 살균된다는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. O_{3con} 의 변화에 따른 EC_r 특성
Table. 1. Characteristics of EC_r with O_{3con}

O_{3con}	접촉전 EC 개수 [cells/ml]	5초 접촉후의 EC 개수 [cells/ml]	EC_r
470	3.34×10^5	5.00×10^3	98.4
660	3.36×10^5	5.00×10^3	98.5
1100	2.75×10^5	2.70×10^3	99.9

또한, 본 연구결과의 오존화 가스로 살균분야(식품의 살균, 수영장, 상수도 및 중수도 등의 살균, 하수의 살균, 양어장 및 수경재배식물의 미생물살균 등)와 산화제로의 이용(오·폐수의 색도, PCB분해, 질소산화물 처리 등) 및 탈취제(상수탈취, 분뇨, 하수의 처리, 공기정화) 등 다양한 분야에 적용가능하리라 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 고주파전원을 사용하는 오존발생기에서 냉각장치를 장착한 경우, 냉각된 원료가스에 의해 발생하는 오존의 특성향상에 대해 살펴보았다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 냉각장치의 온도를 일정하게 유지시킨 후, 원료가스의 유량을 변화시키기에 따라 낮은 전력에서는 유량의 변화에 따라 농도가 상승하지만 일정 이상의 전력에서는 입력전력의 상승에 따라 방전부에 축적되는 열이 과다하여 오존의 발생농도가 급격히 저하되었다.

그 결과, 오존생성농도의 최대치는 유량이 2[ℓ/min]일 때, 최대 1290[ppm]을 얻을 수 있었으며, 오존발생량은 유량 20[ℓ/min]에서 각각 3.09[g/h]의 최대 오존발생량을 얻을 수 있었다.

2) 원료가스의 유량을 일정하게 유지시킨 후, 냉각장치의 온도를 20, 0, -10, -20 및 -30 [°C]로 변화시킨 경우, 온도가 저하함에 따라 고주파 전원으로 인해 방전부에서 발생하는 열의 축적을 막고 생성된 열에 의한 오존의 분해를 억제시킨 결과 가장 양호한 오존생성특성을 얻을 수 있었다.

3) 유량 20[ℓ/min], 입력전력 65[W]일 때, 냉각장치를 통과한 원료가스의 온도변화에 따른 오존농도, 수율 및 발생량 특성을 살펴본 결과 공급되는 원료가스의 온도가 0[°C]에서 -15[°C]로 감소함에 따라 오존생성농도, 발생량 및 수율은 각각 최대 161.4, 161.8 및 157.5[%]의 상승률을 보였다.

4) 생성된 오존의 대기 및 수질정화분야로의 활용 가능성을 살펴보기 위해 대장균 살균특성을 시험한 결과, 오존농도가 1100[ppm]일 때, 대장균은 오존수에 5초 반응에 99.9[%] 살균된다는 것을 확인할 수 있었다.

5) 본 연구결과의 오존화 가스로 살균분야를 비롯

해 산화제로의 이용, 탈취제로 이용, 소독 및 탈색제 등 다양한 분야에 이용 가능하리라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이 광식, 이 동인, “氣體放電에 의한 오존생성과 그 應用”, 大韓電氣學會 放電·高電壓(研), 學術發表會 論文集, pp.32 ~ 35, 1992.
- [2] B Eliasson, “Ozone synthesis from oxygen in dielectric barrier discharges”, J.Phys. D : Appl. Phys. 20 pp1421~1437, 1987.
- [3] Rachel Feng, “Automated System for Power Measurement in the Silent Discharge”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.34, No.3, May 1998.
- [4] Masaki Kuzumoto, “High Density Ozone Generation by Silent Discharge under extremely short gap length around 100μm”, IEE Japan, Vol.116-A, No.2, 1996.
- [5] Sang-Keun Lee, “Trial Manufacture and Characteristics of a Plate Type Ozonizer System”, Proceedings of 1999 KIEE Annual Conference, pp.153~156.
- [6] 田中正明 “高周波無聲放電の等價回路と放電特性について” ED-82-27.
- [7] 太田幸治, “極短ギャップ兩面冷却式 オゾン發生器によるオゾン發生特性”, TIEE Japan, Vol. 120-A, No. 6, 2000.

◇ 저자소개 ◇

이 상 근 (李相根)

1971년 1월19일생. 1996년 계명대학교 물리학과 졸업. 1998년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재, 영남대 대학원 전기공학과 박사과정 수료.

전 병 준 (全炳俊)

1970년 10월 5일생. 1996년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재, 영남대 대학원 전기공학과 박사과정 수료.

박 용 권 (朴用權)

1953년 3월 22일생. 1990년 한국방송통신대학 법학과 졸업. 1996년 영남대 환경대학원 환경설계학과 졸업. 현재, 대구광역시청 상수도본부 재직중

박 원 주 (朴元柱)

1954년 3월 14일생. 1978년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 일본 큐우슈대학교 대학원 졸업(공학박사). 현재 영남대 공대 전자정보공학부 교수. 당학회 대구·경북지회 연구조사이사, 대한전기학회, 일본전기학회, 일본응용물리학회, 일본 플라즈마핵융합학회 정회원.

이 광 식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology

고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도특성에 관한 연구

초빙교수. 1995~1998년 당학회 대구·경북지회장 역임 및 본부 부회장. 대한전기학회 방전·고전압 연구회 간사장 역임. 현재 영남대 공대 전자정보공학부 교수(공학박사).

권혁한 (權赫漢)

1951년 4월 30일생. 1990년 일본 Shimane 의과대학 의학부 졸업. 1993년 일본 Shimane 의과대학 의학부 졸업(의학박사). 서울대학교병원 교육연구부 중앙연구실장 역임. 현재(주)한국필립 필립생명과학연구소 소장, 대한오존협회 회장 및(주)시로텍 코리아 대표이사.

송현직 (宋炫直)

1968년 7월 30일생. 1991년 영남대 공대 전기공학과

졸업. 1993년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 구미1대학 전기과 교수.

박중협 (朴重協)

1961년 6월 25일생. 1986년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재. (주)R-TEC 재직중.

본 연구는(주)한국필립의 연구비 지원과, 그 일부는 동일문화재단의 지원으로 이루어 졌으므로 이에 감사드립니다.