

환경산업 고효율 오존발생 시스템 상용화 기술개발

한국전기연구원
이형호, 조국희, 김영배

1. 서론

산업사회의 고도성장으로 대기 및 수질 등의 생활환경 오염이 점차 시급한 문제로 대두되고 있는 가운데, 세계각국에서는 이미 오염대책을 마련하고 있으며, 환경보호를 위해 규제와 행정지도도 이루어지고 있다. 환경오염은 생태계뿐만 아니라 인체에도 상당한 영향을 미치므로 각계의 이목이 집중되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 환경오염의 원인이 되는 오염물질을 제거나 발생저감을 위한 대책의 일환으로, 전기적 방전현상에 의해 발생되는 오존의 활용이 제시되고 있다.

오존을 발생시키는 방법으로는 무성방전법, 광화학법, 전해법, 고주파전계법, 방사선조사법 및 자외선조사법 등 물리적·화학적 방법이 있으며, 오존발생량, 농도, 사용조건 및 용도 등에 따라서 적절한 방법을 선택하여 사용하여야 한다.

무성방전에 의한 오존발생기술은 1857년 Werner Von Siemens에 의해 최초로 개발되어 사용되고 있으나 효율과 성능에 문제가 제기되고 있

다. 그리고 공업용 무성방전형 오존발생기는 오존생성 수율이 열화학 반응식을 고려한 이론치(1,200(g/kWh))에 비하여 대단히 낮기 때문에 방전 및 오존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도, 인가전압, 전류 및 전력 등의 제인자에 관한 연구를 통해 오존농도 및 수율을 향상시키는 것이 필수적이다. 따라서 오존발생에 있어서 고수율화, 대용량화 및 오존발생기의 소형화를 위한 연구와 기술개선이 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 산업계, 학계, 연구소등에서 연구를 진행하고 있다.

그러나 국내에 많은 논문과 일본의 번역자료도 기술잡지에 게재 되었으나 업계는 영리를 목적으로 업체간의 기술교류가 거의 없는 것으로 사료되며 기술의 핵심인 부분은 별로 알려져 있지 않다.

따라서 저자들은 오존발생시스템을 개발하면서 습득한 오존 방전관의 중요성과 앞으로 해결해야할 문제점에 관해 소개하고자 한다.

본 연구에서는 에너지 효율면, 성능의 안정성, 조작 및 제어의 간편성 등을 향상시킬 목적으로 동축

형 전극구조인 3E/3G, 3E/2G 및 2E/1G 형태의 방전관을 개발하여 전극형상에 따른 방전공간에 60(Hz) 상용주파전압 및 중주파 전압을 전극에 인가하여 실험을 행하였다. 이때 오존생성농도 및 효율특성을 조사하였으며 냉각 및 제습장치를 장착한 실험설비를 이용하여 원료가스의 온도변화에 따른 오존생성특성에 대한 검토도 수행하였다. 오존 생성효율의 향상, 즉 고효율 오존나이지어의 개발은 환경개선 등에서 사회적 요청에 따라 저 에너지의 견지에서 크게 기대되고 있는 연구과제이다.

2. 국·내외 기술개발 동향

가. 국내 고도 정수처리의 실태

우리나라에서는 최근 몇 년간 THM(Trihalomethane)파동(1990년), 낙동강 폐놀사건(1991년), 한강하류 물고기 사멸(1992년), 수도물 세균파동(1993년), 한강의 납오염사건(1993년), 서울 구의 정수장, 인천 남동 정수장 수도물 악취사건(1994년), 낙동강 수도물 악취사건(1994년), 낙동강 납조류 독성물질 검출(1996년) 등 심각한 수질오염 문제가 빈발하고 있다. 호수나 하천 등 원수 수질의 오염은 국민들이 가장 민감하게 느끼는 수도물에 대한 이상발견으로 나타나고 이것은 인체의 건강에 직·간접적으로 영향을 미칠 수 있으므로 수도물에 대한 불신이 심화되고 있다. 우리나라 대부분의 정수처리장은 과거에 도입된 정수처리 기본공정인 응집침전 → 여과 → 소독공정으로 이루어져 있다. 또한 상수원수로서 이용되고 있는 국내의 많은 호수

와 하천등의 오염이 심화되어가고 있고 수질오염을 야기시키는 물질들도 복잡·다양해져 정수처리 기본공정으로는 깨끗하고 안전한 수도물을 생산하는데 충분치 못하다. 특히 최근에 THM, 조류에서 유발되는 이취미 물질, 납조류 독성물질 등의 미량 유기물질들의 오염이 증가하고 있으나 정수처리 기본공정으로는 제거되지 않기 때문에 이러한 물질들의 제거를 위하여 기존 정수처리공정 이외에 부가적인 고도정수처리시설의 도입이 요구되고 있다. 이에 따라 국내에서 최초로 가양취수장에 활성탄 처리시설이 도입되었으며, 물금취수장에서 낙동강 원수를 취수하는 부산의 화명정수장은 1988년 오존처리시설을 도입하고 1995년 4월부터 생물 활성탄 공정을 설치하여 가동중에 있다. 또한 부산의 덕산정수장, 대구의 낙동강 제1정수장, 양산시의 범어정수장, 마산시의 칠서 정수장 등 낙동강에서 원수를 취수하는 대부분의 정수장에서도 1996년, 1997년도부터 오존 및 활성탄 처리공정을 일부 또는 전체 가동중에 있다.

정부에서는 4대강 수질관리 개선대책의 일환으로 원수의 수질이 나빠 우선적으로 활성탄 및 오존공정을 중심으로 한 고도정수처리 시설의 도입이 시급한 전국 18개 정수장을 대상으로 총 시설규모 350만톤/일, 사업규모 3,500억원의 재원을 투자해 1997년까지 첨단 수처리 방법인 고도 정수처리 방식을 도입할 계획이다.(국립환경연구원, 1995년). 또한 우선 도입대상 정수장 이외에도 지자체 산하 수집개소의 정수장에서도 고도 정수처리 시설의 도입계획을 검토하고 있다.

낙동강 하류지역은 주변에 공단이 많고 유역면적



이 넓으며 유속이 느려 최근 들어 매년 여름철 남조류인 *Microcystis*와 *Oscillatoria*에 녹조현상이 발생하여 수돗물의 맛과 냄새문제를 일으키고 있다. 낙동강 하류의 물금 취수장에서 낙동강 원수를 취수하여 정수처리하고 있는 부산의 화명정수장에서는 매년 조류의 대량발생에 따른 오염문제에 대처하기 위하여 1988년 고도 정수처리로서 오존처리시설을 도입하였고 1995년 4월부터 생물활성탄(BAC, Biological Activated Carbon)공정을 도입하여 가동중에 있다.

1997년에는 물금취수장 부근의 낙동강 수역에서 남조류가 증식하는 9월초에 화명정수장으로 취수되는 낙동강의 원수를 활성탄 처리나 오존산화처리 등의 적절한 고도 정수처리를 하여 인체에 해로운 이물을 제거함으로써 음용수로 사용하였다.

나. 국외 고도 정수처리의 실태

오존을 이용한 수처리는 1906년 프랑스 NICE 정수장에서 처음 설치한 이래 유럽지역을 중심으로 운영되었으며 현재 약 1,100개 정수장에서 사용하고 있다.

미국에서는 식수에 THM 생성과 관련한 유기할로젠 화합물질의 함유사실이 밝혀진 후 수질규제가 강화됨에 따라 오존 수처리에 관심을 갖게 되었고, 일본에서는 오존을 이용한 고도정수처리에 많은 연구를 수행하고 있다.

(1) 미국

미국에서는 맛, 냄새 유발물질의 제거, 탈색, 염

소소독 부산물을 감소시킬 목적으로 오존을 이용하고 있으며, 대상물질이 한가지 이상으로 이용되는 경우가 많다. 그리고 원수의 유기물 농도가 높을 때 이를 제거할 목적으로 응집전이나 금속여과전에 이용한다. 미국 Drinking Water Act 수정안등에 규제 대상항목이 보다 세분화되고, 기준이 강화되는 등 세계적인 추세를 감안하면 수처리에 오존처리작용이 보다 확대될 전망이며, 1990년 기준으로 약 40개의 정수장이 가동되고 있다.

(2) 캐나다

캐나다는 프랑스의 오존처리기술의 영향을 많이 받았으며 염소소독 부산물의 생성을 최소화하거나 색도제거를 위해 많이 이용하고 있다.

(3) 프랑스

유럽 특히 프랑스, 독일, 스위스 등에서 소독제로 오존을 가장 먼저 이용하기 시작했으며, 규모가 큰 정수장은 물론 소규모 중규모에 이르기까지 다양하게 이용되고 있다. 프랑스에서는 바이러스를 불활성화시키는데 잔류오존량으로 규제하고 있으며, 오존을 이용하는 정수장의 대부분(80%이상)이 후오존처리를 하고 있다.

최근에는 여과이전에 오존처리를 하는 중오존처리 방법이 크게 주목되고 있다. 이 방법은 자연유기물질의 생물 분해성 향상 및 암모니아를 제거할 수 있는 생물학적 처리효과를 얻을 수 있으며 지하수 중에 포함된 철과 망간을 제거하기 위해 전오존처리도 하고 있다. 그리고 전오존처리는 응집침전 효과를 증대시킬 수 있으며, 프랑스에서 오존처리를

하고 있는 70개 정수장의 15(%)정도가 전오존처리 시설을 갖추고 있다. 전오존처리는 색도제거 효과도 얻을 수 있으며 원수가 부영양화 되었을때도 이용된다.

(4) 스위스

1950년 이래 약간 오염된 지하수를 소독을 하거나 심하게 오염된 지표수내의 유기물을 산화시키기 위해 80개 이상의 정수장에서 오존처리를 하고 있으며, 1980년 이후 오존처리 정수장이 계속 증가되고 있으며 이들 정수장의 약 80(%)가 활성탄 흡착설비도 함께 갖추고 있다.

(5) 독일

독일에서는 1950년대에 오존처리설비가 설치되기 시작하여 현재 70개의 정수장으로 그 이용이 확대, 이용되고 있다. 특히 Mulheim 정수장에서는 지표수 원수를 지하로 재침투시키기 이전에 오존처리를 하고 있다.

(6) 일본

일본은 1973년에 정수장에 오존설비를 갖추고 사용하고 있으며, 1991년 오존협회가 설립되어 지

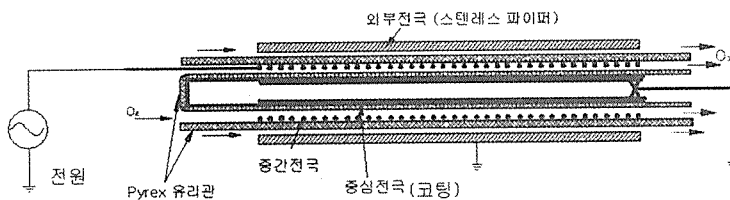
금까지 운용되고 있다.

3. 기술개발 내용

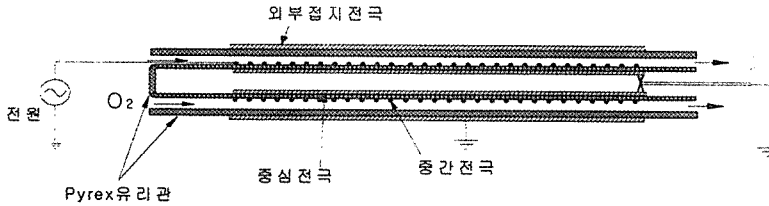
본 연구에서는 방전관의 구조가 오존발생에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 3Electrode-3Gap, 3Electrode-2Gap 및 2Electrode-1Gap 전극의 오존 발생기를 각각 제작한 후 각각의 오존발생기로 유입되는 산소의 유량(5, 10, 15, 20(l/min)) 과 인가전압(6~15(kV))을 변화시키면서 오존발생기에서 발생하는 오존농도를 측정하여 발생량과 수율을 계산하였다.

본 실험에서 사용한 방전관은 그림1은 동축 이중원통구조로 3개의 전극(중심전극, 중간전극, 외부전극)으로 구성되어 있으며, 스테인레스 판으로 내부유리관에 삽입하여 중심전극으로 사용하였으며, 중간전극으로는 스테인레스 와이어로 피치 5(m) 간격으로 유지하였고, 내부 유전체와 갭 거리는 약 0.4(mm)이내이다. 또한, 외측에 외부 유전체도 파이렉스 유리이고 외부전극은 스테인레스 파이프였다. 내부유전체와 외부 유전체 갭 거리는 2.5(mm)이고 외부유전체와 외부전극간의 갭은 1.5(mm)로서 이 공간에 원료가스가 균일하게 공

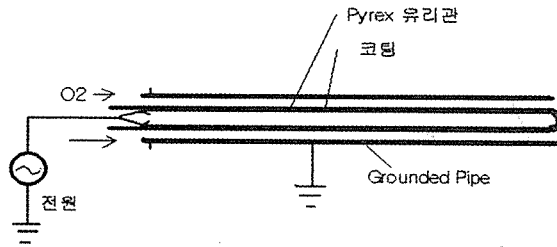
〈그림 1〉 중첩방전형 3Electrode-3Gap



〈그림 2〉 중첩방전형 3Electrode-2Gap 전극구조



〈그림 3〉 중첩방전형 3Electrode-2Gap 전극구조



급되도록 구성하였다. 그림 1의 방전구조는 외부유전체와 중심전극사이의 연면방전과 무성방전을 중첩시킨 중첩방전과 외부유전체와 외부전극사이의 무성방전이 결합되어 있는 형태이다.

그림 2는 그림 1처럼 전극과 갭이 같으나 외부전극을 구리 테이프로 붙여 갭이 없도록 하였으며, 내부유전체에 스테인레스 와이어가 감겨져 있는 것으로서 중간전극에 전원을 인가했을 때 중첩방전 효과를 가지도록 구성되어 있다.

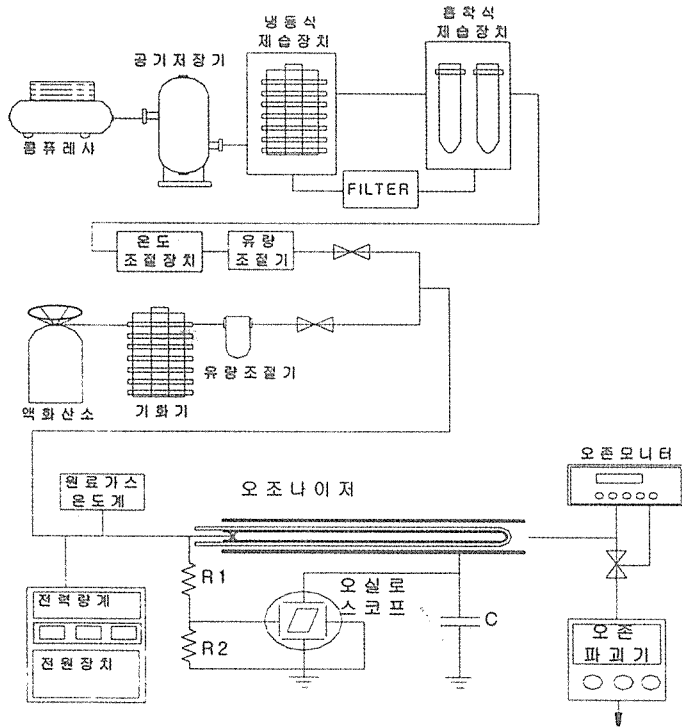
그림 3은 현재 주로 사용되고 있는 2Electrode-1Gap 형태로 3Electrode-3Gap과 비교하기 위해 본 연구에서 제작한 방전관으로 2개의 전극(내부전극, 외부전극)과 1o의 유전체로 구성되어 있는 무성방전이다. 스테인레스 판을 유전체 내부에 삽입하여 전압인가용 전극인 내부전극으로 사용하였으며, 외부전극으로는 오존의 강력한 산화력을 전달

수 있는 스테인레스 파이프를 접지용 전극이다. 유전체와 외부전극의 갭 거리는 2.5(mm)이며 이 공간에 원료가스가 균일하게 공급되도록 구성하였다.

그림 4는 중첩방전형 전극구조인 3Electrode-3Gap 및 3Electrode-2Gap와 무성방전 전극구조인 2Electrode-1Gap에 원료가스인 산소를 이용하여 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 산소는 압축된 원료가스로서 유량을 조절하여 유입하였으며 전원장치는 용량15(kVA), 출력전압 15(kV), 주파수 60(Hz)인 전원으로 원료가스 온도와 전력을 특정할 수 있도록 구성되어 있다.

오존생성농도를 측정하기 위하여 오존발생기내에서 발생한 오존화 가스를 매 실험마다 0.5(l/min)으로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor로 측정하였고, 유량, 전극길이 및 방전

〈그림 4〉 실험장치의 개략도



전력의 변화에 따른 오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율 등을 측정 및 계산하였다.

매회 측정시 방전전압과 방전전류는 고전압 분압기와 분류기를 이용하여 방전전력을 측정하였고 오존생성농도도 각각 5회 측정하여 그 평균치를 채택하였으며, 중첩방전형 오존 발생기의 방전공간 내에 존재하는 불순물을 제거하고, 방전환경을 일정하게 하기 위해 전압을 인가하지 않고 유량을 일정하게 하여 3분 정도 강제 배기시킨 후측정을 하였다.

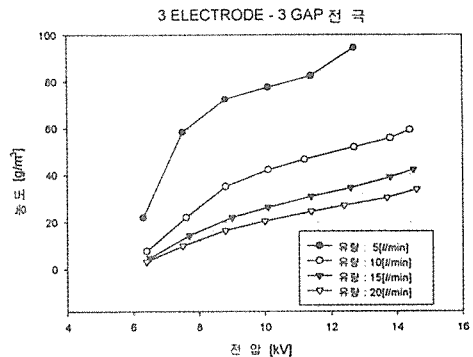
이와 같은 실험장치로 3Electrode-3Gap 전극형상의 오존생성특성을 측정한 결과는 그림 5와 같다.

그림 5(A)(B)는 3Electrode-3Gap의 전극구조

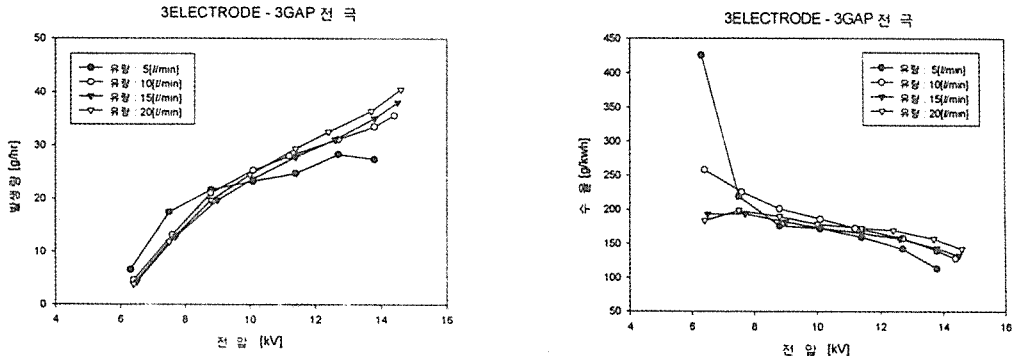
에서 원료가스의 유량과 인가전압의 변화에 따른 (A)전압-농도, (B)전압-발생량, 전압-수율의 그래프를 나타낸 것이다.

측정된 그래프와 같이 유량은 적을수록 농도가

〈그림 5(A)〉 3Electrode-3Gap의 전압에 따른 농도



〈그림 5(B)〉 3Electrode-3Gap의 전압에 따른 발생량 및 수율



상승하였고 발생량은 감소하는 경향을 보였으며, 수율은 큰 차이가 나타나지 않았다.

이것은 유량이 증가함에 따라 방전공간 내에서 오존의 생성에 영향을 미치는 여기산소분자의 수는 증가하지만, 산소분자가 방전영역에서 체류하는 시간이 짧아지면서 중첩무성방전에 의해서 발생된 전자와의 접촉시간 감소로 인하여 충돌확률이 작아져 오존농도의 상승률이 떨어진 것이다. 또한, 오존발생량의 증가는 방전공간내에 가해지는 전력밀도에 대해 충분한 양의 산소원자가 공급되어 오존생성에 필요한 여기산소분자를 충분히 공급하기 때문에 발생량이 증가하는 것으로 사료된다.

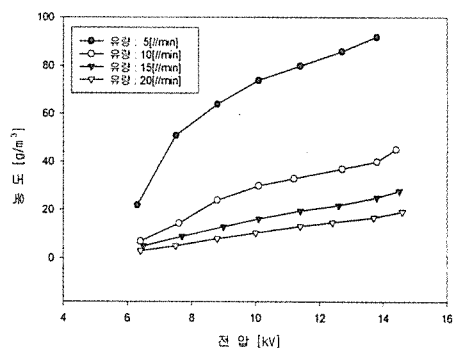
그림과 같이 전압이 상승함에 딸 오존농도는 증가하나, 수율은 약간 감소하는 경향이 나타났고, 높은 전압에서 유량이 증가함에 따라서는 수율이 상승하는 효과를 얻을 수 있다. 유량 10[l/min] 및 전압 12[kV]에서 측정된 결과를 보면 농도가 50[g/m²], 발생량이 30[g/hr], 수율이 165[g/kWh]로 측정되었음을 알 수 있다.

그림 6(A)(B)는 3Electrode-3Gap의 전극구조에서 원료가스의 유량과 인가전압의 변화에 따른

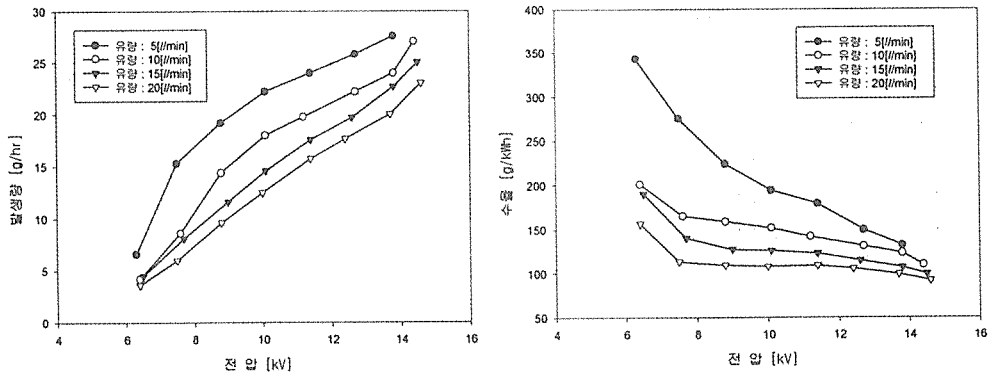
(A)전압-농도, (B)전압-발생량, 전압-수율의 그래프를 나타낸 것이다.

전극구조를 보면 3E-3G는 내부유리와 외부유리 사이에서의 중첩방전과 외부유리와 외부전극사이의 무성방전을 이용한 것이며, 3E-2G는 단지 중첩방전만을 발생시켰다. 측정된 그래프를 보면 전체적으로 그림 5(A)(B)와 같은 경향을 나타냈으나, 유량 5[l/min] 및 인가전압 8[kV]이상일 때 오존발생량의 증가에 비해 수율의 감소폭이 크게 나타났다. 이것은 유량이 작고, 방전을 발생시킬 수 있는 전압이 일정사이 되면 오존농도가 계속 상승

〈그림 6(A)〉 3Electrode-2Gap의 전압에 따른 농도



〈그림 6(B)〉 3Electrode-2Gap의 전압에 따른 발생량 및 수율

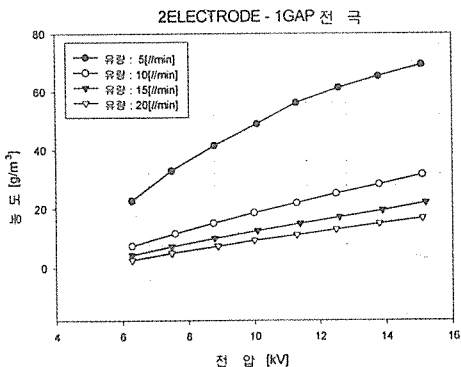


하는 것이 아니라 포화상태에 도달해 가는 과정이 된다. 따라서 방전관 구조, 형태, 유량, 인가전압에 따라 최적오존생성이 결정되는 것이다. 10[l/min] 및 전압 12[kV]에서 측정된 결과를 보면 농도가 38[g/m³], 발생량이 21[g/hr], 수율이 140[g/kWh]으로 나타났다.

그림 7(A)(B)는 2Electrode-1Gap에서 원료가스의 유량과 인가전압의 변화에 따른 (A)전압-농도, (B)전압-발생량, 전압-수율의 그래프를 나타낸 것이다.

그림 5 및 그림 6과 같이 농도, 발생량 및 수율은

〈그림 7(A)〉 3Electrode-1Gap의 전압에 따른 농도



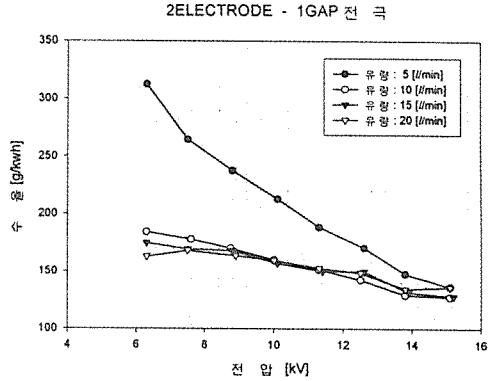
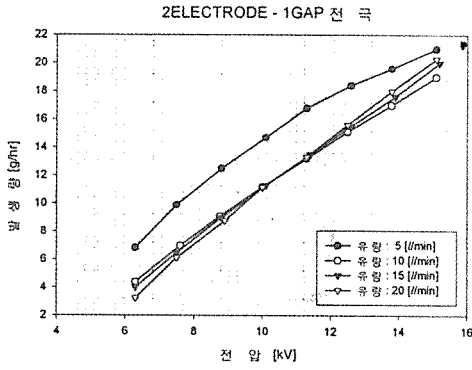
경향이 거의 같은 것으로 나타났다.

오존농도는 유량 및 인가전압에 따라 어느정도 차이를 가졌고, 발생량과 수율은 유량 5[l/min]를 제외한 10[l/min]이상에서 인가전압이 8[kV]일 때 거의 같은 분포 형상을 보였으며, 이것은 2E-1G 전극구조에서 발생량을 크게 하기 위한 조건이 되는 유량을 증가시키는 방법은 별로 효과가 없는 것으로 사료되며, 유량 10[l/min] 및 인가전압 12[kV]에서 측정된 결과를 보면 농도가 24[g/m³], 발생량이 14[g/hr], 수율이 150[g/kWh]으로 나타났음을 알 수 있다.

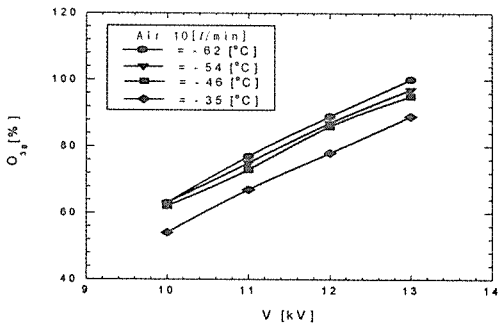
그림 8은 노점 변화시 농도의 변화율로서 원료가스는 공기로 유량을 10[l/min]로 노점을 변화시켜 측정한 결과 노점 -60(°C)와 -35(°C)의 차이에서 오존농도는 10[%]이상 적게 나타났다. 이것은 고농도 오존일수록 더 큰 범위로 오존농도가 작게 나타남을 예상할 수 있었다.

그림 9는 원료가스가 산소로 유량을 10[l/min]로 하고 압력을 변화시켜 측정된 결과를 나타내었다. 압력이 높을수록 오존농도는 작게 나타났으며, 1기압과 1.5기압의 차이에서 보면 약 2배정도 특정

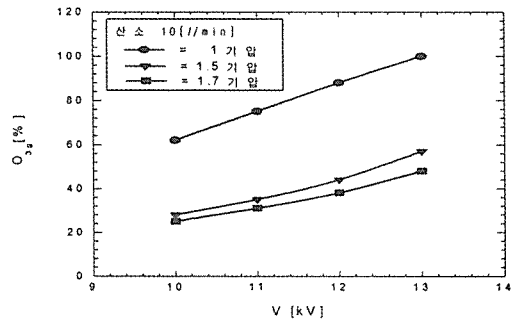
〈그림 7(B)〉 3Electrode-1Gap의 전압에 따른 발생량 및 수율



〈그림 8〉 노점 변화시 농도의 변화율



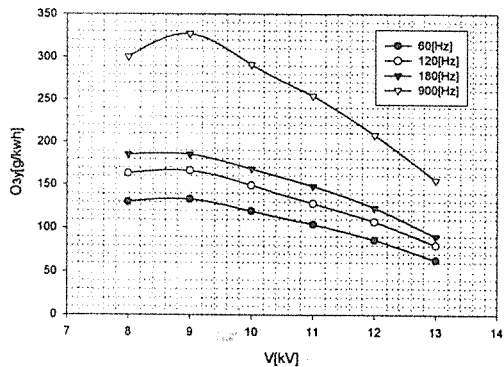
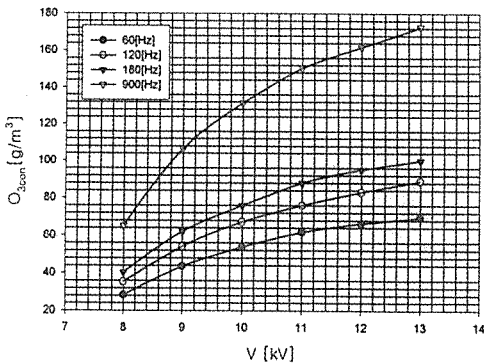
〈그림 9〉 압력변화시 농도의 변화율



되었다. 이것은 방전공간 내의 압력상승으로 방전 아크현상이 줄어들고, 열적 발산도 낮아지기 때문 인 것으로 사료된다. 그림 10은 주파수 변화에 따른

오존생성특성으로 유량 2[l/min], 주파수 900[Hz], 인가전압 13[kV]일 때 오존농도는 172.6[g/m³]이고 수율은 155[g/kWh]로 측정된

〈그림 10〉 3Electrode-3Gap의 주파수에 따른 오존농도와 수율



그래프로서 농도가 많이 차이남을 알 수 있다.

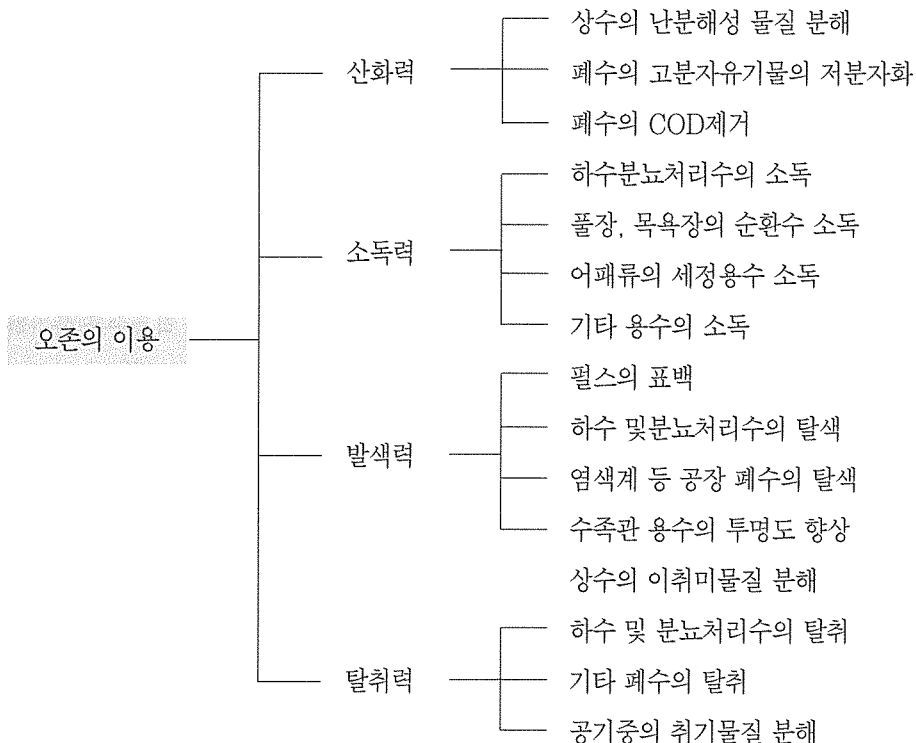
4. 적용분야 및 기대효과

수처리 분야에서 오존의 이용은 19세기말에 네덜란드 정수장에 소독용으로 적용한 것이 최초라고 말할 수 있다. 지금까지 수처리 분야의 이용은 상수처리 이외에 하수, 분뇨 및 공장폐수처리, 수영장(Pool), 수족관 등 많은 분야에서 취급하고 있다.

오존은 산화력, 소독, 탈색, 탈취, 등으로 구분하여 이용되며 최근에는 수처리분야 이외에 정수장에서 이취미, 색도, 트리하로메탄(THM) 전구물질 제거, 분뇨처리장에서의 색도, COD제거 그리고 공장 폐수처리시의 색도(특히 염색 염료폐수계),

COD제거 및 풀장이나 목욕탕의 소독 투명도 향상, 수족관의 오염물질 분해제거나 투명도 향상등으로 사용이 증가하고 있는 실정이다.

수질의 방류용도로는 주로 탈색과 소독을 목적으로 사용한다. 방류용도의 탈색은 염색계 공장폐수를 포함한 경우에 적용하는 것이 많다. 이 경우에는 2차 처리수 색도가 100도 이상이어야 하고 처리능력, 경제성 양면에서 오존(O3)처리가 가장 적합하다. 소독방법으로서 오존, 염소, 자외선 방식의 비교를 표 1에 나타내었다. 오존소독의 특징은 직접 세균의 세포막과 핵산을 파괴하거나 바이러스의 핵산을 파괴시켜 불활성화 시키기 위해 소독효과가 높은 반응을 재빠르게 하는 것이다.



〈표 1〉

소독방법의 비교

구분	오존(O ₃)	염소	자외선(UV)
소독기능	세포막과 핵산등을 직접파기	대사계 효소의 불활성화	DNA의 염기에 영향받고 복제를 저지한다.
조작성	주입량의 비례제어가 용이하다.	초기에 적은 유량이나 소규모 처리장의 제어가 어렵다.	기본적으로 제어할 수 없다. 유량증가에 알맞게 단계적으로 건설한다.
	○	○	◎
확실성	소독력은 가장 강한 병원성 원충의 NFGHKF 성화도 기대할 수 있다.	병원성원충의 불활성화를 기대할 수 없다.	가시과연 조사로 세균이 회복되는 경우가 있다. 병원성 원충의 불활성화는 기대할 수 없다.
	◎	○	○
방류수역의 영향	수산자원의 영향이 없다.	과잉 주입이 생기면 수산자원의 영향을 염려해야 한다.	수산자원의 영향이 없다.
	◎	△	○
비교	공존물질에 대한 소비가 없다.	효과의 잔류성이 있다.	대상수의 투시도에 따라 효과가 차이난다.

5. 결론

유량 10[l/min] 및 전압 12[kV]을 인가할 때 측정된 결과를 보면 전극형상이 3E-3G는 농도가 50[g/m²], 발생량이 30[g/hr], 수율이 165[kWh]이고, 3E-2G는 농도가 24[g/m²], 발생량이 21[g/hr], 수율이 140[kWh]이며, 2E-1G는 농도가 24[g/m²], 발생량이 14[g/hr], 수율이 150[kWh]으로 측정되었다. 이것을 3E-3G 전

극구조에서 측정된 농도, 발생량 및 수율을 100[%]로 했을 때 다른 전극구조를 백분율로 나타내면 표 2와 같다.

이와 같은 수치로 볼 때 3E-3G 전극구조가 3E-2G 및 2E-1G 전극구조보다 성능이 더 우수하다는 것이 입증되었으며 전극구조에 대한 중요한 결과로서 오존발생농도는 유량이 적을수록 증가하는 경향이 일정하게 상승하였으나 오존발생량은 유량이 10[l/min]이상에서는 차이가 없었고 3E-3G 전극

〈표 2〉

오존생성특성에 대한 전극구조 백분율

전극형태	오존생성특성	오존농도	오존발생량	오존수율
3E-3G		100	100	100
3E-2G		76	67	85
2E-1G		48	47	91

구조는 2E-1G 보다 농도와 발생량이 2배 이상이고 3E-2G 보다 약 1.5배 정도 크게 나타났으며, 3E-3G 및 2E-1G 전극구조는 유량 10[l/min]이상에서는 인가전압의 차이가 있음에도 수율은 거의 같은 경향을 나타내었다.

노점 변화시 농도의 변화율로서 원료가스는 공기로 유량을 10[l/min]로 노점을 변화시켜 측정 한 결과 노점 -60[°C]와 -35[°C]의 차이에서 오존농도는 10[%]이상 적게 나타났다. 이것은 고농도 오존일 수록 더 큰 범위로 오존농도가 작게 나타남을 예상할 수 있었다.

압력이 높을수록 오존농도는 작게 나타났으며, 1기압과 1.5기압의 차이에서 보면 약 2배 정도로 측정되었다. 이것은 방전공간 내의 압력상승으로 방

전아크현상이 줄어들고, 열적 발산도 낮아지기 때문인 것으로 사료된다.

그리고 중주파 900[Hz]를 상용주파와 비교했을 때 전압 12[kV]에서 농도 및 수율은 2.4배로 측정되어 중주파 전원은 오존 발생에 영향을 미치는 중요한 요소라 할 수 있다.

그러나 아직도 규명하기 어려운 오존처리의 향후 과제를 보면 ① 저에너지 오존 발생법의 개발, ② 오존산화의 반응촉진, ③ 오존처리의 공중 위생학적 안정성 해명등이 산재되어 있음을 알 수 있었고, 전극형태 및 인가전원은 오존특성에 크게 영향을 미치는 바, 본 연구에서 획득한 자료는 향후 제작될 고도정수처리용 대용량 오존발생시스템 개발시의 기초자료로 활용이 가능하리라 사료된다.

참고문헌

- [1] 服部 仁, "오존 생성에ける放電의重疊效果", T.IEE Japan, Vol.112-A, No.1, pp.41 ~ 46, 1992
- [2] 岸田 治夫, "放電重疊法による오존 생성의高收率化", T.IEE Japan, Vol.117-A, No.11, pp.1103 ~ 1108, 1997
- [3] 井 關昇, "오존나이저에ける오존 생성機構と今後の課題", 靜電氣學會誌, Vol. 7, No. 3, pp.142 ~ 149, 1993
- [4] R. Peyrous, "The Effect of Relative Humidity on Ozone Production by Corona Discharge in Oxygen or Air", Ozone Science and Engineering, Vol.12, pp.19 ~ 40, 1990
- [5] Moo Been Chang, "Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges", Ozone Science and Engineering, Vol.19, pp.241 ~ 254, 1997
- [6] 田畑則一, "放電による오존發生法に關する考察", T. IEE Japan, Vol.117-A, No.12, pp.1200 ~ 1206, 1997
- [7] 井關昇, "오존나이저의오존收率におよぼす原料ガス中水分の影響", ED-86-86, pp.9 ~ 15, 1986
- [8] H. Sugimitsu, "Measurement of the Rate of Formation in an Ozonizer", Journal de Chemie physique, Vol. 79, No. 9, pp 655~660, 1982

-
- [9] Yukiharu Nomoto, "The Effect of Hybridization of Silent Surface Discharge on Ozone Yield", ED-93-10, pp.261 ~ 264, 1990
- [10] 石岡 久道 "短ギャップ円筒形オゾナイザ" ED-98-99, 1998
- [11] 山部長兵衛, "沿面放電型オゾナイザの放電およびオゾン生成特性", ED-94-14, pp.63 ~ 69, 平成6年

