放電·高電壓工學과 環境

李廣植·李東仁
〈嶺南大學校 敎授〉

1. 序 論

工學의 發展에 따라 부수적으로 나타나는 현상은 環境과 어떠한 형태로든 관련성이 있다고 본다. 이것은 工學의 發展에 따라 편리한 측면으로 보면 좋은 方向으로의 발전이고 이에 반하여 환경에 악화를 초래하는 양면성이 있다고 본다. 악화를 초래하는 것은 그 응답성이 다양하여 卽時應答, 中期應答 및 長期應答 등으로 생각할 수 있다. 卽時應答의 예로서는 UV lamp에 노출되면 바로 화상을 입는다든가 생물에 악영향을 미치고, 자동차 배기가스는 점점 가중되어 대기가스를 오염시키게 된다. 이것은 中期應答의 예로 볼 수 있다. 長期應答으로서는 사용 후의 플라스틱 잔재들이 지하에 매몰되면 상상을 초월한 긴세월 후 그 후유증이 발생한다고 알려져 있다.

이러한 관점에서 필자는 평소 관심있는 분야인 放電·高電壓工學과 環境分野와의 관련성을 알아보고 그 악영향의 해결책을 고전압공학 측면에서 찾아보고자하며, 이에 대한 모든 사항을 다루기에는 지면의 문제가 있으므로 본 회에는 이분야에 관한 개론을 기술하고, 수질개선, 대기환경개선등 넓은 영역에 걸쳐 응용되고 있는 오존(O_3)에 관하여 좀더 구체적으로 살펴보고저 한다.

2. 放電·高電壓工學과 環境과의 관련성

2.1 고전압의 존재와 발생

고전압의 존재와 발생은 자연에 존재 또는 발생하는 것과 인공적인 것으로 대별할 수 있다. 前者에는 ①대기전계, ②뇌운에 의한 방전, ③동물의 전계 및 ④마찰대전 등 각종의 대전이 있고, 後者는 ①送電, 變電 및 配電시설, ②가정전기제품, ③기타의 산업용 혹은 실험용 고전압기기 등으로 볼 수 있다.

2.2 고전압의 작용과 효과

고전압의 작용이나 효과는 직접적 작용과 간접적 작용 두 작용으로 대별된다. 前者는 ①힘을 미치는 것－맥스웰 응력, 쿨롱력, 배향력 그리고 gradient력이며 ②전압 혹은 전류를 유도하는 것－정전유도 ③사람에게 전류를 흘리는 것－감전 등으로 나뉘어 지며, 後者는 절연을 목적으로 이용한 절연물이나 설비에서 생기는 작용인데 이것은 절연에 사용된 액체유전체인 기름이 과열에 의하여 화재의 위험이나 기름이 새어 환경에 영향을 미치게 된다. 그 예로서 1950년 초부터 약 20년간 콘덴서나 변압기의 절연에 이용된 염화디페닐(PCB)이다. PCB는 환경오염물질로서 1972년 전면적으로 제조사용이 금지되었다. 또한 간접적 작용의 예로서 고전압 송전선이나 배전선 계통에서 TV전파를 반사시켜 수신전계를 왜곡내지는 감쇄시키는 것 등이 있다.

2.3 自然의 高電壓 環境

2.3.1 大氣電界

옥외의 대기중에는 상시 대지에 수직방향의 전계가 존재한다. 이 전계는 대기전계 또는 대기전

장이라고 부르며, 정극성(지구에 향한 방향)이다. 대기전계의 값은 대기의 상태, 장소, 시각에 의해 크게 변하지만, 청천시에 1[m]당 80~200[V]이다. 1[cm]당 약 1[V]라는 이해하기 쉬운 값이다. 이와 같이 전계에서 다량의 전하가 지구에 이동하지만 지구가 정극성으로 되지않고 대기전계가 계속해서 있는 것은 뇌의 작용이다. 뇌운은 대저상부가 정극성, 하부가 부극성으로 낙뢰에 의해 부전하를 지구에 운반하는 동시에 대기상층을 충전시켜 300~400[kV]의 범위를 유지한다.

2.3.2 雷雲

雷는 옛부터 지진, 화산폭발 등과 함께 무서운 자연재난원으로 일컬어지고 있다. 뇌의 연구는 프랭클린에 의하여 시작되었으며 그 형성은 다음과 같이 설명되어지고 있다.

수증기를 포함한 空氣가 氣流를 따라 상승하면 斷熱的인 팽창을 하여 냉각되고 기온이 점점 저하한다. 이리하여 함유습기량에 상당한 露點을 넘으면 수증기가 응결하게 된다. 응결된 것이 빙점 이상이 되면 물방울이 되고, 빙점 이하가되면 氷晶이 생성된다. 이들 물방울이나 빙점이 대기중에 떠있는 것이 구름인 것이다. 이들 구름이 급격한 기류변화에 따라서 충돌, 마찰, 입자의 분열, 집합, 물방울의 氷晶化 및 氷晶의 융해 등의 복잡한 현상이 이루어지는 과정에서 正負의 전하를 띤 입자로 대전된 것이 雷雲이다. 전형적인 뇌운의 전위는 10^5[kV]의 오더이며 雲低高度 2[km]로 상부에 10[km]로 확대되어 형성되는 것으로 알려져 있다.

2.3.3 落雷

우선 낮은 구름에서 대지로 향하여 수 10[m]의 길이를 間歇的으로 진전하는 선구방전(step leader)이 진전된다. 지표근방에 도달하면 나머지의 수 10[m]의 거리를 지상에서 방전으로 결합(final jump)하여 완성한 방전로를 통해 귀환뇌격(Return stroke)이라고 부르는 대전류에서 강한 발광방전이 생긴다.

이 진전속도는 10^7~10^8m/s로 선구방전의 평균진전속도 보다 약 2배 빠르다. 방전전류는 수 10[kA]에서 최대 200[kA]이다. 통상의 낙뢰에서는 1회의 귀환뇌격이 완료한 후 수밀리초에서 수십밀리초의 간격으로 뇌운에서 지표에 연속적으로 진전하는 방전과 귀환뇌격으로 수회 반복한다. 이것을 다중뇌격이라 한다. 뇌운의 방전전하량은 수 쿨롱에서 수십 쿨롱이다.

뇌운에 의한 피해에는 대상물에 직접 이루어지는 직격뢰와 근방의 뇌에 의한 유도뢰의 작용으로 나누어진다. 전에는 뇌운의 전하로 구속된 전하의 해방이 유도뢰의 원인이라고 하였지만 최근의 검토결과로는 주방전, 즉 귀환뇌격이 주요원인으로 되고 있다고 한다. 귀환뇌격로에 생기는 전하와 전류가 靜電的 또는 電磁的 結合에 의해 유도 서어지가 생긴다. 통상 송전선에는 직격뇌만을 생각해 유도뢰는 절연설계의 대상은 아니지만 배전선에서는 뇌사고의 과반은 유도뢰라고 생각되어지고 있다. 즉 배전선에서도 최근 구성물로 직접낙뢰하는 직격뇌가 꽤 사고를 일으키고 있다는 검토가 시작되고 있다.

낙뢰에는 사람, 구조물, 수목에의 위해, 정전이나 전력기기의 손상뿐만 아니라 고도정보사회를 위협하는 새로운 가해원으로 되고있다.

예를 들면 낙뢰에 의한 마이크로파 회선이 통신장해, 뇌사고의 電磁波에 의한 전자기기의 유도장해, 무선통신의 잡음방해, 송전선 트립에 의한 순시전압의 저하가 정보기기의 메모리 消失을 발생시키는 것 등이다.

2.3.4 空間電荷

대기중에는 우주선이나 지중에서의 방사선에 의한 전리된 정부의 이온이 상시 존재하고 있다. 대기 이온농도는 시간, 장소에 의해 크게 변화하지만, 정의 작은 이온(입자직경 nm이하)가 300~1000개/cm^3, 부의 작은 이온이 200~800개/cm^3, 주로 에어졸입자와 결합해서 생긴 큰 이온(입자직경 0.1μm정도 이하)가 정부와 함께 거의 동일한 농도로 5,000~20,000개/cm^3 정도이다.

정부의 이온이 사람에 주는 영향에 대해서 여러가지 보고가 있지만, 결과가 다양하며 간단히 정의하기는 곤란하다. 뇌운에 대해서 정이온이 많게되면 기상변화에 민감한 사람을 짜증을 내기쉽고, 불안감, 편두통을 감지한다는 보고가 있다. 부이온은 역으로 유익한 영향을 주고 있다는 보

고가 있으며, 정이온의 유해한 영향을 방지하기 위하여 실제로 부이온 발생장치가 제조시판되고 있으나 그 효과는 아직 정확하게 설명할 수 없다.

2.3.5 動物電氣

물고기 중에는 꽤 고전압을 발생하는 것이 있다. 예를들면 전기메기 400~450[V], 전기뱀장어 800[V]이다. 전기뱀장어의 발전기관은 수[μm] 크기의 세포로 이온의 이동에 의해 1유니트당 수10[mV]의 전위차를 발생한다. 도전성인 수중에도 높은 전압을 발생하는 것은 불가사이한 것이지만 다수의 발전기관이 직렬로 접속되어서 자극에 의해 이온이 일순간에 이동하여 펄스의 고전압을 생성한다.

2.3.6 마찰전기

일상생활에 자주 접하는 정전기현상으로 고전압현상의 예를 살펴보자. 겨울철에 외투나 셔츠를 벗을 때 짜작거리는 음, 문고리를 잡을 때의 쇼크, plastic바구니나 박판을 문지를 때 정전력 등 다양하다. 인체의 대전은 방전시 쇼크에 의한 불쾌감을 줄 뿐아니라, 전자소자 생산공장에서 소자파괴 등의 장해를 일으키는 문제점도 있다.

2.4 인공적인 고전압환경

2.4.1 고전압의 이용

인공적인 고전압환경과 사람이 만든 고전압기기에 의한 환경이 있다. 고전압기기의 목적은 다음과 같다.

(1) 에너지 밀도를 증대시킨다.

고전압에 의해 축적에너지($CV^2/2$)나 전송에너지(VI)의 증대를 가져온다. 그중 송전전력의 증대가 지금까지의 큰 목적이다. 단, 이에 수반하여 고전압의 발생, 측정, 시험 및 개폐, 보호 등 여러가지 목적의 기기가 개발되어 사용되고 있다.

(2) 여러종류의 고전압 작용을 이용한다.

고전압에 의해 발생하는 여러종류의 현상을 이용하는 것이다. 가장 중요하고 다양한 것은 放電을 이용하는 것이다. 이외에 방전응용도 포함한 전계의 작용을 이용하는 각종의 靜電應用機器가 있다. 환경대책에 이용하는 것은 뒤의 표1에 정리하여 나타냈다.

2.4.2 교류송전선

인공적인 고전압원으로는 교류송전선이 대표적인 것이다. 자연의 고전압은 낙뢰같은 짧은 시간에 과도적인(수~수십마이크로초)것도 있지만, 대부분은 직류가 천천히 변화하는 전압이다. 이것에 대하여 교류송전선은 50[Hz]나 60[Hz]의 응용주파수로 되는 것이 다르다.

고전압송전선의 환경영향 항목에서는 고전압에 무관계한 것과 고전압에 기인하는 것이 있다. 전자의 예는 텔레비젼 전파장해 외에 전선이나 애자에 바람이 닿아 일어나는 풍소음, 대전류에 기인하는 전자유도 등이 있다. 나머지 고전압의 작용에 의한 것을 정리한 것이 표2이다. 정전유도 이외는 방전에서 일어나는 것이다. 송전선의

표 1. 環境對策에 高電壓의 應用

目 的	作 用	應 用 例
集塵 淨化	corona放電 靜電氣力	전기집진장치, 공기청정기, 정전여과처리
有用物質의 生成	corona放電	오존발생기(※) 負Ion發生器
分解, 除去, 殺菌	corona 放電, glow放電, Arc 放電, 火花 放電, 靜電氣力 放電衝擊壓力	plastic Freon, NO_x의 분해, 살균, 잡초제거
發電	corona 放電 plasma	EHD, EGD 發電 MHD 發電
照明 廣告 殺菌(U.V)등	glow 放電 Arc 放電 plasma 放電	형광등, 수은등 plasma display Neon sign U.V lamp 식물성장, 산란증대

※ 오존에 관한 사항은 3장에서 구체적으로 기술함.

표 2.교류송전선의 고전압이 원인인 환경영향

항 목	현 상
코로나 잡음	라디오 청취장해, 텔레비전 화상장해
코로나 소음	사람에 대한 잡음
오 존	광화학 옥시던트 농도의 증가
정전유도	전압, 전류의 유도

설계에는 이것의 항목에 대해서 예측계산을 행하고, 반드시 환경에 영향을 미치지 않도록 대책을 세워야 한다.

(1) 코로나잡음

송전선에 한하지 않고 고전압기기는 밀폐형이 아닌한 상당한 코로나방전이나 부분방전이 발생하고, 이것에서 방사된 電磁波가 라디오, 텔레비전의 잡음이 된다. 고전압 송전선에서 주로 고려대상이 되는 것은 전선의 코로나방전에 기인하는 잡음으로 코로나잡음이라 부른다. 주로 단중장파대 AM라디오에 영향을 주게되는데, 전선에 수적이 부착하면 크게 되므로, 강우량과 함께 증대한다. 코로나방전은 전선표면의 전계에 지배되므로, 표면전계, 특히 최대의 전계치를 구하면 라디오 잡음의 크기(레벨)를 실험식으로 추정하는 것이 가능하다.

코로나잡음을 감소시키는 것은 전선의 표면전계를 낮게 하는 것, 즉 전선을 굵게 한다. 1상의 도체(소도체)수를 증가하고, 표면의 요철을 감소시키는 방법이 있다.

(2) 코로나소음

전선의 코로나방전에서 생기는 가청음이다. 찌리찌리 혹은 쉬-쉬 하는 음으로 넓은 주파수범위까지 이루어진 불규칙음과, 폰음으로 되는 정현파음의 2성분이 있다. 전자는 랜덤소음, 후자는 코로나 험음이라 부른다. 후자의 주파수는 전원주파수의 2배(100[Hz] 또는 120[Hz])이다. 코로나소음을 작게하는 방법은 기본적으로 코로나잡음과 같지만, 코로나잡음과 같이 전선에 연하여 전반하는 것은 아니므로, 인가가 있는 특정의 구간마다 대책을 하면 양호하다.

(3) 오존

대기중에 코로나방전에 의해 산소분자가 분해되어 오존이 발생한다. 전선의 코로나방전에서 오존이 생기지만 자연 오존농도 10~60ppb (1ppb는 10^9분의 1)로 비교적 문제가 없는 양이다. 500[kV]송전선의 시산예에 의하면, 地表濃度는 맑은날 高濕度에서는 0.01ppb, 강우시에도 0.2ppb정도이다. 오존은 그 응용분야가 너무나 방대하므로 이에 관하여 뒤에 좀더 구체적으로 설명하고자 한다.

(4) 정전유도

고전압을 일으키는 전압, 전류에 관해서는 앞에서 그 기본을 설명하였다. 日本에서는 500[kV]의 송전개시에 따라서 송전선의 정전유도에 관하여 상세한 검토를 하였는데 送電線下에 우산을 펴고 다녔을때 과도적 放電의 자극을 느낄 정도의 영향을 미친다고 조사되었다. 그 결과 사람의 왕래가 많은 장소를 제외한 경우 높이 1[m]의 전계강도가 최대 30[V/cm]이하로 되게 규정하였다. 이것은 구미의 70~150[V/cm]에 비하여 약 1/3정도이다. 우리나라도 머지않은 장래에 765[kV]급으로 송전전압이 일부 승압될 예정인바 이에 관한 엄밀한 검토가 요망된다.

(5) 전계의 인체영향

송전선에 의한 전계가 사람의 건강에 영향이 되는 문제는 500[kV]변전소의 종업원의 두통이나 저혈압 등의 영향을 확인하고 있는 구소련에서의 1972년 논문을 단서로 하고 있다. 이 논문을 계기로 각종의 의학조사, 동물에 의한 영향실험, 전계나 체내전류의 시험이나 계산 등 넓은 범위로 연구가 행해지고 있는데, 100[V/cm]정도의 전계에서는 건강에 대하여 유해한 영향은 없다고 생각되고 있다.

2.4.3 직류송전선

직류송전선의 환경영향항목은 교류송전선과 큰 차이가 있다. 예를 들면, 코로나소음은 주로 정극성의 전선에서 발생하지만, 교류송전선의 랜덤소음과 근사한 주파수 스펙트럼을 가진다. 코로나 험음은 존재하지 않는다. 이것의 값(코로나소음 레벨)은 교류송전선에서는 공간전하가 존재하지 않는 전선표면의 최대전계로서 평가하는데 대해, 직류송전선에서는 직류코로나에서 생기는 공간전하를 포함한 전계 계산이 필요하다.

직류송전선에서는 靜電誘導의 문제는 없지만 이온의 흐름을 고려할 필요가 있다. 교류송전선의 경우, 반사이클 사이에 생기는 이온은 대부분 다음 반사이클에서 전선에 흡수되고, 나머지 이온은 왕복운동을 하면서 외측으로 퍼져나가지만 재결합에 의해 감소하므로 지표에 도달하는 이온은 매우 적다. 또 이온은 전계분포에도 거의 영향이 없다. 이것에 대하여 직류송전선에서는, 발생

한 이온은 역극성의 전선 혹은 대지로 향하여 한 방향으로 이동하고, 대지로 향하는 이온은 거의 소멸하지 않고 지표에 도달한다. 이 이온은 절연된 인체나 우산(傘)에 흘러들어가 집단으로 모여서 대전상태를 일으키는 것이다.(이온流帶電)

2.4.4 기타의 고전압기기, 가정기기

고전압전원에 의한 전계뿐아니라 일반으로 우리자신의 몸에 돌고있는 자연 혹은 인공의 전자계가 존재한다. 이런 電磁界의 존재로인한 환경은 電磁環境이라 부르고, 電磁環境의 作用, 影響을 조사, 대책을 검토하는 분야를 Electromagnetic Compatibility(EMC, 環境電磁工學)이라 부른다. 전자환경의 인공적인 발생원은, 전기를 이용하는 거의 모든 기기가 포함되지만, 특히 고전압, 대전류, 고주파라는 특성이 영향을 일으키기 쉽다.

고전압의 작용은 주로 방전에 의해 생긴다. 전계에 대하여 보면 전원전압 100〔V〕에서도 접지된 사람이 1〔cm〕의 거리까지 가까이하면, 100〔V/cm〕 가까이 되고, 고전압송전선의 직하의 지상의 값보다 높게된다. 고전압기기에서는, 불필요한 코로나방전, 부분방전 외에 반드시 고전압이 아니지만, 여러가지 접점, 점멸기, 형광등, 점화전, 차동접촉부가 電磁波雜音의 원인이 된다. 일렉트로닉스기술의 진전, 특히 전자기기의 소형집적화에 따라, 고전압공학의 분야에서도 EMC가 큰 연구 테마로 되어가고 있다. 그러나 지면관계로 본난에서는 언급하지 않고 다음 기회로 미룬다.

2.5 환경대책으로서의 고전압이용〈표 1〉

2.5.1 집진, 정화에 이용한다

전기집진장치는, 1905년 캘리포니아 대학의 코트렐에 의해 발명된 것이 있다. 이미, 각종의 공업설비, 발전설비의 배기가스의 제진뿐만아니라, 공장, 주택, 자동차내의 공기정화, 화재시의 소연 등에 널리 이용되고 있다.

이 원리는 針이나 針과 같은 電極(放電電極)에 고전압을 인가하여 코로나방전을 일으키고, 생긴 이온을 분진입자에 부착시켜 쿨롱힘으로 구동하여, 수집 제거하는 것이다. 여기서는 고전압은 방전의 발생과 구동력 전계의 형성의 양방에 쓰여지고 있다.

단, 배기가스의 脫硫脫硝用으로는 방전극을 설치하지 않고 전자비임을 조사하여 이온을 생성하는 집진장치도 있다. 한편, 분진을 포집할 때는 절연입자층이나 섬유층에 고전압을 인가하여 정전기력을 이용하는 집진장치 등도 있다. 특히 전자비임식 집진장치는 SO_2 및 NO_x를 제거하는 배기가스 脫硫脫硝 시스템으로 기술개발이 진행되고 있다. 대량의 물이 필요하지 않고 배수처리설비가 불요한 건식법이 있고, 입경 0.2μm 이하의 미립자의 포집에도 이용하고 있다. 액체의 처리나 정화는 코로나방전 없이도 정전기력만을 이용하고 있다. 원유의 정전여과처리, 혹은 전기적탈염법이라 부르는 방법은, 수%의 물을 주입하여 고전압을 인가하는 것에 의해, 수분자의 電氣雙極子間의 흡인력에 의하여 수분자와 함께 불순물을 분리 제거한다.

2.5.2 유익한 물질을 생성한다.

방전에서 생성하는 물질은 다양하지만, 환경보존에 가장 유용하게 쓰이는 것은 오존으로, 대기나 물의 정화, 산화, 분해, 살균, 탈취, 탈색 등 여러가지의 목적으로 이용되고 있다. 오존의 발생장치(오조나이저)에는 물의 전기분해나 방사선의 조사도 이용되지만, 다량의 제작은, 소위 무성방전에 의하므로 1857년에 Siemens에 의해 발명됐다. 한쪽 혹은 양쪽의 전극면이 고체절연체의 배치로 공기나 산소의 방전을 일으킨다. 교류전압을 인가하면 기체공간이 방전개시전압에 달할때까지 자속이 없는 화학방전을 일으키고, 이것이 각 사이클에서 반복된다. 최근에는 세라믹 오조나이저라 부르는 고순도 알루미나 표면에 5~10〔kHz〕의 연면방전을 이용하는 것도 제안되고 있다.

오존에 의한 정화처리는 1906년 프랑스에서 시작되어 현재 처리설비는 세계에서 3,000개소 이상이 보급돼 있다. 일본의 정화처리는 염소살균이 보통이지만, 水原의 수질악화, 사용 염소량의 제한, 양질의 수도수의 요망에서 금후 오존의 수요가 증가한다고 알려져 있다. 그외 풀, 하수처리, 공조용냉각수 등에도 오존의 이용이 진행

되고 있다.

지구규모의 환경문제의 하나는 Freon에 의한 오존층의 파괴(오존홀)이다. 이 오존층을 수복하는 방법이 여러가지 제안되고 있지만, 상공에서 실제로 고전압의 오존발생장치를 이용하는 것도 있다. 하나는 고도 20〔km〕에 고공용 항공기가 예항하여 고전압 글로우방전을 일으킨다. 여기서 오존을 얻게된다. 한편, 기구에 발생장치를 탑재하여 고도 20～30〔km〕에서 글로우방전에 의해 오존을 발생시킨다. 전원은 태양전지로서 약 반년 발생을 계속한다. 오존에 관하여는 3장에서 구체적으로 기술하고자 한다. 오존 이외에는 부이온도 고전압으로 발생하는 환경에 유용한 성질로 생각하지 않은 것은 아니지만 효용은 명확하지 않다. 그러나 가정이나 사무실 그리고 풀, 엘리베이터, 자동차 등에 자주 이용되고 있다.

2.5.3 분해, 제거, 살균에 이용한다.

PCB, 폐기 플라스틱의 분해처리, 감용처리에 방전을 이용하지만, 이것은 고전압의 작용보다도 주로 아크방전의 고온에 의해 強固한 분자결합을 절단하든가 가열용융하는 것도 있다. 또는 오존층 파괴물질로 되는 Freon도 플라즈마로 분해기술이 연구되고 있다. 글로부방전, 코로나방전 등이 검토되고 있지만, 오스트레일리아에서는 30〔kW〕와 150〔kW〕의 아크플라즈마분해 pilot plant가 이미 가동중에 있다. 산성비의 원인물질이되는 NO_x에 있어서도 같은 방전 플라즈마에 의한 분해처리법이 연구되고 있지만, 이쪽은 아크 보다도 코로나나 글로우, 무성방전이 시험되고 있다. 최근은 고압펄스를 이용한 살균방법이 지목되고 있다. 열이나 약품에 의한 살균에 비해, 비접촉으로 대상물의 온도상승이 거의 일어나지 않고, 컨트롤이 용이하다는 이점이 있다. 高電界의 作用에 의한 것과 액체중의 아크방전에서 일어나는 衝撃波를 이용하는 것도 있다.

前者는 전계의 작용에서 전하가 세포막에 축적하여 막을 파괴하는 것으로, 後者는 액체중에 10^5 Pa 이상의 충격압력을 일으켜 세포막을 파괴한다. 고전압펄스방전은 잡초의 구제에 이용되는 것도 검토되고 있다. 골프장이나 농장에서의 농약의 사용이 물이나 대기오염, 농산물의 농약오염의 가능성이 있으므로 전기적방법은 환경보전의 이점이 있다.

콘덴서에 축적된 에너지를 잡초에 방전하는 것이되지만, 전압 10～20〔kV〕, 방전에너지 0.3～2J에서 각종의 실험이 행해지고 있다. 성장이 빠른 잡초가 잔디보다 빨리 나오는 경우, 경우에 따라 1〔mm〕높으면 선택적으로 제거할 수 있다. 제거는 방전에 의해 잡초의 줄기와 뿌리의 세포막을 파괴시키기 때문이다.

3. Ozone의 발생특성과 그 응용

3.1 역사적 배경

산업사회에 접어들면서 大氣 및 水質汚染 등의 환경문제가 리우환경회의 이후 심각한 문제로 대두됨에 따라 환경오염물질의 사용규제 및 환경오염물질의 제거장치에 관한 관심이 증대하고 있다. 이러한 측면으로 Ozone의 이용이 활발해지고 있으며, 이에 대한 역사적 배경, 발생이론 및 응용분야 등에 관하여 알아보고저 한다.

Ozone은 자연계에서 불소 다음의 강한 산화력을 가지고 있으며, 그역사적 배경을 보면

① Van Marum(1785년) : 전기방전실험에서 이상한 냄새 감지

② Cruikshank(1801년) : 전기분해실험에서 Anode쪽에서 이상한 냄새 감지

③ Schoenbein(1840년) : 냄새를 뜻하는 그리이스의 말 "Ozein"으로 부터 Ozone이라 명명, 산소의 동위체임을 증명

④ W. Von.Siemens(1857년) : 無聲放電을 이용한 상업용 Ozonzier를 최초로 개발

⑤ 독일(1892년) : Ozone을 이용한 上水處理 Plant 건설

⑥ 미국(1960년) : Ozone을 이용한 下水의 高度處理, 工業廢水의 處理

⑦ 일본 : 1981～1988년 사이에 연구그룹을 형성하여 방전을 이용한 Ozonizer의 개발에 관하여 본격적이고 다양하게 연구하였으며, 지금까지도 많은 연구를 수행하고 있음.

⑧ 국내

㉠ 한국수자원공사(1988년～1991년) : 2개소

의 Pilot plant를 설치하여 原水의 Ozone처리연구

㉡ 부산 덕산, 명장 및 화명정수장(1994년~현재) : Ozone 처리시설에 의한 上水供給 시험가동 및 완공예정

㉢ 낙동강 제1, 2수원지(1995년~현재) : Ozone을 이용한 高度淨水處理施設 건설중

㉣ 이 광식 교수 연구실(1992년~현재) : 환경개선을 위한 HVN type 및 Lamp type ozone 발생기 개발 및 연구진행

3.2 Ozone 발생장치의 기본구성

오존 발생장치의 구성은 다음 그림1과 같다.

3.3 Ozone의 발생

Ozone발생 및 분해에 관한 식은 여러 식이 제안되고 있으나, 그 중 중요한 식을 보면 다음과 같다.

1) 산소를 원료 Gas로 Ozonizer에 공급하는 경우

$$O_2+e \rightarrow O+O+e \quad (1)$$

$$O+O_2+O_2 \rightarrow O_3+O_2 \quad (2)$$

$$O_3+O \rightarrow O_2+O_2 \quad (3)$$

$$O_3+e \rightarrow O_2+O+e \quad (4)$$

2) 공기를 원료 Gas로 Oznoizer에 공급하는 경우

$$N_2+e \rightarrow N_2^*+e \quad (5)$$

$$N_2^*+O_2 \rightarrow N_2+O+O \quad (6)$$

$$N_2^*+N_2 \rightarrow N_2+N_2 \quad (7)$$

$$N_2^*+O_2 \rightarrow N_2+O_2 \quad (8)$$

$$N_2^*+O_3 \rightarrow O_2+O+N_2 \quad (9)$$

$$O+O_2+N_2 \rightarrow O_3+N_2 \quad (10)$$

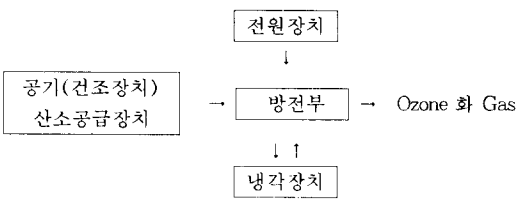

그림 1. Ozone 발생장치의 기본구성

3.4 Ozone발생장치의 개발을 위한 연구방법

1) 오존발생방법

① 무성방전 및 Corona 방전법

② 전해법

③ 자외선조사법

④ 고주파전계법

⑤ 방사선조사법

2) 방전현상에 의한 Ozone발생장치의 설계 및 제작

① 방전부

② 전원부

③ 냉각부

④ 원료 Gas 공급부

⑤ 제어부

3) Ozone발생량, 농도, 수율의 측정 및 계산

4) Ozone 발생의 제특성에 영향을 미치는 인자에 관한 연구

5) Ozone을 이용한 환경개선 등 응용에 관한 연구

3.5 Ozone의 이용분야

1) 대용량(농도 : 10,000[ppm]이상, 발생량 : 5[kg/h]이상)

가. 上水의 高度處理

① 탈색

② 탈취

③ 철, 망간 등의 유기물 처리

나. 下水 및 廢水(생활폐수 및 염색폐수) 등의 高度處理

① 탈취

② 탈색

③ 살균

④ pH 개선

⑤ COD(Chemical Oxygen Demand)개선

⑥ BOD(Biological Oxygen Demand)개선, 탁도개선

다. 수중농약의 산화처리

라. 유기할로겐 화합물의 산화분해

① 유기물의 염소산화에 의해 생성한 유기할로겐 화합물의 산화분해

② 유기염소계 농약물의 산화분해

③ 폴리염화비닐의 산화분해
마. 냉각수로의 이용
① 냉각수의 관리
② 냉각수계의 생물장애로의 이용
2) 소용량(농도 : 10,000[ppm]미만, 발생량 : 5[kg/h]미만)
가. 하수처리장, 폐수처리장의 탈취
나. 식품의 부패 및 변질방지
① 세균의 살균
② 효모의 살균
③ 농산가공식품의 부패방지
④ 수산가공식품의 부패방지
다. 식품공장의 살균과 탈취
① 포장실내의 공중부유균의 살균
라. 의료분야로의 이용
① Ozone 水 : 살균, 염증, 지혈효과 등
② Ozone－산소 혼합 Gas 요법 : 종기, 하부궤양, 골수염
③ 위염
④ 신체내의 Gas 치료 : 종기, 점액성 대장균, 종양, 부인과 등
⑤ 관절내주사 : 정형외과 치료, 事故외과 치료, 류마치스성 치료
⑥ 근육주사 : 간, 염증, 가벼운 동맥순환장애
⑦ 皮內주사 : 진통효과
⑧ 皮下주사 : 정맥순환장애, 가벼운 동맥순환장애
⑨ 동맥주사 : 가벼운 동맥순환장애
⑩ 自家혈액순환요법
대량 : 간염, 동맥염, 혈액순환장애, 알레르기
소량 : 근육주사, 관절내 주사에 의한 치료와 병행
마. 자외선병용 정밀세정
① Ozone/UV 병용 정밀세정
바. 펄프제조
사. 식기살균, 소독
아. Electronics로의 응용
① 산화물박막 형성
② 표면 Cleaning
③ Hitech 공장폐수처리
자. 수영장의 高度處理
차. 냉장고의 탈취
카. 자동차 배기 Gas의 處理
① NO_x 제거
② SO_x 제거
타. NO_x의 제조
파. 폐수, 공장폐기물에 의한 하천 및 호수침전물 제거에 의한 수질개선
하. 수족관양어장정화, 어육성장

3.6 정수처리에 있어서의 염소처리와 Ozone처리의 특징

표 3에서 상수도의 처리시 염소처리와 Ozone처리의 특징을 나타내었다.

4. 結 論

지금까지 放電·高電壓工學의 作用, 自然의 高電壓이 發生하는 환경조건, 인공의 고전압원과

표 3. 정수처리에 있어서의 염소처리와 Ozone처리의 특징

종류 / 특징	염 소	Ozone
장점	① 제조 Cost가 안정 ② 우수한 살균제 ③ 물에 대하여 용해도가 높다.	① Ozone 발생기가 있으면 공기방전에 의하여 항상 Ozone을 얻을 수 있다. ② 강한 산화력에 의한 광범위한 미생물의 살균, 불활성화 가능 ③ 기체상태나 액체상태에서의 살균이 용이 ④ 탈취, 탈색 및 정화작용의 병행가능 ⑤ 보수, 관리가 용이
단점	① 불결한 냄새와 맛으로 인한 유독성 ② 발암물질인 Trihalomethane 을 생성	① Cost가 비교적 높다. ② 물에 대한 용해도가 약간 낮다.

환경의 관계, 환경대책으로서의 고전압 이용에 관하여 기초적 사항을 기술하였다. 앞으로 방전 고전압 분야에서도 환경관련 영역이 더욱 증대되리라 보여지며 오존층 파괴의 콘트롤 등 초대형 프로젝트도 선진국에서는 일부 계획하고 있는 실정이다. 한편, 절연진단의 일환으로 변압기 등 전력기기 내에 corona에 의한 電磁波를 분석하여 corona의 종류, 거리 및 방향을 예지하는 연구도 일부 진행되고 있다. 지면의 부족으로 EMC, EMI 문제 그리고 방전에 의한 착화로 큰재해를 일으키는 관계, 즉, 방폭관련 분야 및 조명관련 분야도 중요한 분야이나 충분히 기술하지 못한 아쉬움을 남긴다.

참 고 문 헌

1) T. Takuma, T. Kawamoto, K. Isaka, & Y. Yokoi : "A Three-Dimensional Method for Calculating Currents Induced in Bodies by Extremely Low-Frequency Electirc Fields", Bioelectromagnetics 11, 71 (1990)
2) 堀井 :「ロケット誘雷實驗の成果と展望」, 電氣學會高電壓研究會資料 HV－8－37(昭58)
3) 望月 :「大氣 イオソと大氣の電氣傳導度」, 靜電氣學會誌, 17, 68(平6－1)
4) S. Masuda : Proc. 9th Ozone World Congress, 2, 650(1989) および增田 :「パルスによるプラズマ化學反應－PPCPとSPCPおよびその應用」, 靜電氣學會誌, 14, 473(平2)
5)「高電壓電力技術の高度化と新應用分野」, 電氣學會誌 技術報告(II부)第426號, p.31, (평4－6)
6) 水野 :「オゾソ層の破壞と對策技術」, 靜電氣學會誌, 17, 251(平5)
7) 名倉・天滿・坂口・水野 :「高電壓パルスによる雜草等の除去」, 16, 59(平4)
8) 宗宮 功外, 新板オゾソ利用の新技術, 三琇書房, 1993년
9) A. Vosmaer, Ozone Its Manufacture, Properties, D. Van nostrand Company, 1916
10) H. J Song, K. S Lee et al, A Study on the High Voltage Nozzle Type Ozonizer, 11th International Conference on Gas Discharges and Their Applications. pp.320～323, 1995.
11) 李廣植, 李東仁, 流體放電에 의한 오존생성과 그 응용, 大韓電氣學會 放電高電壓研究發表會 pp.32～35, 1992.

◇著 者 紹 介◇

이 광 식(李廣植)

1948年 10月 20日生. 1971年 嶺南大工大 電氣工學科 卒. 1987年 嶺南大大學院 電氣工學科 卒(博士). 1988～1989年 Nagoya Institute of Technology 招聘敎授. 現在 嶺南大 工大 電氣工學科 敎授. 當學會理事會, 大邱·慶北支會長겸 編修委員長.

이 동 인(李東仁)

1936年 10月 19日生. 1959年 서울大工大 電氣工學科 卒. 1973～1977年 英國 Strathclyde大 大學院 卒(博士). 1982～1983年 美國 South Carolina大 訪問敎授. 現在 嶺南大 工大 電氣工學科 敎授, 大韓電氣學會 評議員 및 大邱支部長歷任.