

## 5. (地球 再生 計劃) 오존층과 地球 環境

高 碩奎 (현대환경연구원)

- (1) 오존층의 構成과 機能
- (2) 오존층 破壞 및 現況
- (3) 오존층 破壞에 대한 對應努力
- (4) 結言

### (1) 오존층의 構成과 機能

오존은 산소원자(O) 세개가 모여 이루어진 불안정한 가스분자로 쉽게 산소분자(O<sub>2</sub>) 하나와 산소원자(O) 하나로 분해가 쉽게되며 반응성과 산화력이 강하고 난용성인 기체이다.

현재 지구의 대기는 지표에서 약 1,000Km에 이르기까지 주로 질소, 산소, 아르곤, 이산화탄소 및 미량의 기타 성분으로 구성되어 있다. 이 미량 성분중의 하나인 오존(O<sub>3</sub>)은 0.025ppm 정도를 차지하고 있다. 수 십년간 오존량 변화 측정 결과, 지구 전체 평균으로 총량 변화는 거의 없으나, 지표면에 가까운 대류권에서의 오존량은 증가하고 성층권 부근에서는 감소하는 경향을 나타내고 있다.

또한, 지구 대기중의 성층권(15-50Km)에 전체 대기 오존량의 90% 이상이 몰려 있는데, 여기에 분포한 오존은 지구의 자연 상태계에 없어서는 안되는 중요한 역할을 한다. 첫째로 오존은 태양에서 발산하는 태양빛 속의 자외선을 차단하는 역할을 함으로서 자외선중 가장 해로운 파장은 거의 제거하고 비교적 덜 해로운 파장도 70-90%나 제거한다. 태양빛 속에 포함된 강한 자외선을 차단해 인간을 비롯한 각종 동·식물이 살아가는데 지장이 없도록 만들어 준다.

지구 대기권중 열권이나 중간권을 통과하여 성층권에 도달하는 태양광에도 상당한 자외선이 포함되어 있게 되는데, 이 자외선은 다시 산소와 오존에 의하여 흡수된다. 산소분자(O<sub>2</sub>)는 240nm 이하의 자외선을 흡수하여 산소원자(O)로 해리되는 반응이 일어나고, 이렇게

하여 생성된 산소원자가 주위의 산소분자와 결합하면 산소원자가 3개가 결합된 오존분자(O<sub>3</sub>)가 생성된다. 오존은 자외선중 240-360nm의 자외선을 흡수하여 산소분자(O<sub>2</sub>)와 산소원자(O)로 해리되며, 다시 이 산소원자와 분자는 오존을 형성하는 반응을 거치게 된다.

이러한 오존의 연속 반응으로 태양광 속의 낮은 파장의 자외선은 성층권에서 거의 제거되어 지구 표면에 살고 있는 생명체에게 유해한 자외선을 차단하는 방패의 역할을 하여 안전한 태양광을 받아 들일수 있도록 해준다.

## (2) 오존층 破壞 및 現況

지구에 커다란 도움을 주고 있는 오존을 분해시키는 가스물질은 주작용이 촉매작용으로 그 자체는 화학적으로 변하지 않으면서 오존 분해과정에서 촉매로서 작용한다.

이중 프레온 가스는 스프레이 제품의 가스, 냉장고나 냉각기의 냉매, 소화제, 각종 발포제, 반도체등 전자제품이나 정밀기계 제조용 세정제 등에 폭넓게 사용되는 물질이다. 프레온 가스는 1-2개의 탄소에 염소와 불소, 경우에 따라서는 수소가 결합된 화합물 군의 총칭이다. 20년대까지는 냉장고의 냉매로 암모니아와 유황이 널리 사용되어 왔으나, 이러한 냉매는 독성이 높고 인화성을 가지고 있어서 이들 냉매의 대체물질로 개발된 물질이다. 처음에는 냉매제로 사용되다가 인체에 전혀 해가 없고, 안전하며 경제성이 있어서 사용범위가 넓어져 가정용 및 산업용 냉각장치, 각종 전자제품의 세척제, 고효율 단열재, 음식물 포장재, 화장품, 스프레이 등에 널리 사용되고 있다.

프레온 가스는 안정적인 물질이기 때문에 대류권에서는 거의 분해되지 않는다. 따라서 성층권까지 확산되어 가며, 그곳에서 강한 자외선에 노출되어 고에너지를 흡수하여 분해하게 된다. 프레온 가스가 자외선에 의해 분해되면 염소원자가 발생, 그 염소는 촉매적으로 작용하여 연쇄적으로 오존을 분해하여 결국 오존층을 파괴하게 된다.

할론 가스도 오존층 파괴물질로서 최근에는 규제대상 물질로 되어있다. 할론 가스는 프레온 가스와 비슷한 물질로, 프레온 가스에 함유된 염소대신 브롬이 함유되어 있다. 할론 1 분자당 오존 파괴 능력은 프레온 가스 경우보다 10배 정도 높다. 브롬은 잘 연소되지 않는 성질을 갖고 있기 때문에 그 불연성을 이용하여 특히 소화기용 소화제로서 사용되며 그 생산고는 프레온 가스보다 상당히 낮다.

기타 현재 제조되고 있는 물질중 오존층을 파괴시킬 수 있는 물질로서는 사염화탄소(CCl<sub>4</sub>), 메틸클로로포름(CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>)이 있다. 이 두 물질은 프레온 가스에 필적하는 오존층 파괴능력을 갖고 있고, 규제 대상이 되어 있는 물질이다. 사염화탄소는 프레온 가스나 합성 고무 생산 원료로서 사용되는 것이며 메틸클로로포름은 각종 산업용 세정제로서 사용된다. 그

밖에 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌등도 있으나 프레온이나 할론 가스에 비하여 분해율이 적기 때문에 성층권에 도달하는 비율은 적다. 다음은 오존층을 파괴시키는 물질들과 용도 및 잔류 기간을 나타내고 있다.

	화학식	오존파괴 잠재력	용도	대기 잔류 기간(년)
CFC-011	CFCl <sub>3</sub>	1.0	냉각, 에어로졸, 발포제	65 - 75
CFC-012	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.9 - 1.0	냉각, 에어로졸, 발포제, 살균, 식품냉동, 열탈지 경고장치, 화장품, 가압 송풍장치	100 - 140
CFC-113	CCl <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	0.8 - 0.9	용제, 화장품	100 - 134
CFC-114	CClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	0.7 - 1.0	냉각	300
CFC-115	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	0.4 - 0.6	냉각, 거품크림 안정제	500
할론 1301	CBrF <sub>3</sub>	10.0 - 13.2	소화	110
할론 1211	CClBrF <sub>2</sub>	2.2 - 3.0	소화	15
HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	0.05	냉각, 에어로졸, 발포제, 소화제	16 - 20
메틸클로로포름	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	0.15	용제	5.5 - 10
사염화탄소	CCl <sub>4</sub>	1.2	용제	50 - 69

자료 : *Beyond The Limits*, Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, 1992

위와 같은 오존 파괴 물질들로부터 파괴되는 오존층을 실제로 인정하게 되는 결정적인 단서는 남극에 나타나는 오존홀의 등장이다.

영국 남극관측대의 보고에 의해서 남극에 프레온 가스 농도와 오존 농도와의 관계를 가지고 프레온 가스가 오존을 파괴한다고 주장하게 되었고, 미항공우주국의 인공위성 자료를 통해 남극 상공에 오존이 감소하고 있음이 확인되었고, 자료에서 오존이 감소하는 부분이 동심원상으로 확장되고 있음이 판명되었다. 마치 오존층에 오존농도가 낮은 구멍이 뚫려있는 것같이 때문에 이를 오존홀이라 부르게 되었다. 오존층 파괴는 과학적으로 확인된 지구적인 위기 사태라고 말할 수 있다.

이러한 오존층의 파괴로 인해 지구에 미치는 영향은 자외선 유입량의 증가로 인한 인간과 자연 생태계에 대한 피해와 지구 온난화로 인한 지구의 기후변화로 크게 나눌 수 있다. 오존층이 파괴되면 자연히 유해한 자외선을 흡수하는 양이 줄어드는 반면에 지표에 도달하는 자외선의 양은 비정상적으로 증가한다. 자외선이 인체나 동물에 악영향을 미치는 가장

큰 이유는 인체나 동물 세포의 기본 인자인 DNA나 핵산과 단백질이 260nm와 278nm 파장의 자외선을 최대 흡수하여 세포의 광산화 반응을 통하여 피부의 노화를 촉진시킨다.

오존층 파괴에 대해 민감하게 280-320nm의 자외선은 증가하기 때문에 이 파장 영역에서의 인체는 피부 홍반을 유발시키고, 이로 인하여 치명적인 피부암으로 발전하게 된다.

또한 인간의 눈이 자외선에 노출이 많아지면 각막의 단백질이 자외선을 흡수하여 광화학 반응을 일으켜 백내장이 발생하는 율이 높아진다. 거기에 자외선의 증가로 인하여 특정 면역 세포가 파괴되어 정상적인 면역 기능이 저하되어 면역 기능의 저하를 일으켜 피부암과 기타 질병의 발생을 촉진시킨다는 것이다.

식물에 있어서는 자외선이 식물의 생장의 저해와 성장 시기의 변화 등을 가져와서 전체적인 생산성을 떨어뜨리며 생태계 변화에 중요한 결과를 초래하게 된다.

또한 성층권의 오존층 파괴는 지구 전체의 기후변화를 초래한다는 것이다. 즉 성층권의 오존층 파괴는 자외선의 에너지를 흡수하는 흡수체의 감소를 의미하며 전체적으로 성층권의 온도를 내려가게 하여 대류권의 대기순환에 크게 영향을 주어 이상 기상을 초래할 가능성이 높다.

또한 오존층의 감소로 지표에 도달하는 자외선의 양이 많아짐에 따라서 열원의 증가가 일어나고 지표 부근의 산소와 반응하여 오존의 생성을 유발하여 지구 온난화에 영향을 초래하는 점도 있고, 대류권에서의 오존농도 자체가 높아짐에 따라 인체나 지구 생태계에 악영향을 미치는데, 특히 인체에 대해서는 눈에 대한 자극, 호흡기 장애, 폐기능 감소 등의 심각한 영향을 주며, 지난 70년대 초반 미국 LA에서는 오존 농도가 급격히 올라가 수십명이 사망하는 사건이 발생하기도 했다. 따라서, 현재 국내에서도 오존 농도가 0.12ppm 이상이면 주의보, 0.3-0.5 ppm이면 경보, 0.5ppm 이상이면 중대경보를 발령하도록 되어있다.

위에서 보듯이 오존층의 감소는 지구 전체에 큰 악영향을 미치고 있으며, 오존층의 보호와 복원에 최소한의 노력이 필요하다는 것을 알수 있다.

### (3) 오존층 破壞에 대한 對應 努力

현재 오존층 파괴의 주범으로 규제 대상이 되고 있는 CFC의 생산은 '96년까지 전면 폐지하도록 유도하고 있다.

CFC의 대체물질은 크게 PFC(Perfluoro carbon)와 HCFC(Hydrochloro fluoro carbon) 로 크게 나눌 수 있다. PFC는 CFC의 분자결합보다 더욱 안정한 물질로서 성층권에서 분해되지 않고 그보다 상층에서 분해가 이루어지므로 안정하며, HCFC는 대류권에서 쉽게 파괴되어 오존 농도가 높은 성층권까지 도달하지 못한다는 것이다.

냉매용·발포용으로 사용되는 CFC-11과 CFC-12의 대체품으로는 HFC-134-d, NCFC-123, HCFC-1416등이 개발이 되고 있고 상업생산되고 있는 것도 있다. 이러한 대체물질의 개발에 대한 일본의 노력은 다이킵공업, 아사히 유리, 마쓰이.듀퐁, 클로로케미컬, 쇼와전공 등에서 이루어지고 있으며, 일부는 양산단계이고 일부는 개발·시험 단계를 거치고 있다. 하지만 이러한 대체물질들도 오존층의 파괴에 영향을 조금은 영향을 미치기 때문에 완벽하지 않을 뿐 아니라 온실효과 기체로서 작용하며, 불안정한 성질 때문에 독성에도 문제가 있다.

에어로졸용은 LPG와 디메틸에테르등으로의 전환이 진행되고 있으며, 세정용에 대해서는 프레온을 회수, 재이용하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

대기중으로 방출되어 성층권에 도달한 프레온 가스는 자외선에 의해 분해되어 염소원자로 되며, 이 염소원자는 오존과 반응하여 일산화염소와 산소분자로 된다. 일산화염소는 산소원자와 반응하여 염소원자와 산소분자로 된다. 이러한 반응에 의해 오존을 파괴하는 반응은 연쇄적으로 되풀이되며, 염소원자 1개는 오존분자 수만개를 분해시키고 있다. 그런데 지상에서 전파를 방사하여 전자수를 증가시켜 오존층 파괴의 원흉인 염소원자를 변화시켜 염소이온으로 변화시켜 오존을 파괴하지 않도록 하는 연구가 지금 일본과 미국의 공동연구로 진행되고 있다.

또한 오존발생장치를 갖춘 거대한 비행선을 성층권에 쏘아 올려 부분적으로 오존이 파괴되어 오존이 부족한 부분에 오존을 발생시켜 뿌려 줌으로서 파괴된 오존층을 근본적으로 복구하려는 연구도 진행되고 있다.

#### (4) 結言

현재 프레온 가스의 배출을 규제하는 운동이 국제적으로 진행되고 있다. '90년 6월 '몬트리올 의정서' 체결국 회의에서 특정 프레온 가스 및 오존층 파괴 물질을 2000년까지 완전 철폐한다는 규제강화안이 채택될 정도로 오존층 파괴문제는 심각하다.

그런데 전자부품 및 정밀기계의 세정, 냉장고 및 에어컨의 냉매 우레탄 발포제, 스프레이 분사제 등에 사용되는 프레온은 이제 우리들 생활에 깊게 침투되어 있다.

따라서 프레온에 대한 대체 물질에 대한 기술개발이 이루어지지 않으면 안되게 되어있다. 단순히 기술 우위 선진국들이 미리 다 사용하고 대체물질에 대한 연구가 한참 진행되어 있는 상황에서라면 후발 사용국들에게는 더욱더 치명적인 약점이 될 수도 있는 문제이다.

선진국들이 진실로 지구환경문제에 먼저 다가서고 있는지 아닌지에 대해서 지금은 생각할 때가 아니라는 판단이며, 실제 이러한 오존층 파괴가 이루어지고 있다는 것을 인식할 때라고 생각한다.

현재 이러한 오존층 파괴로 인해 영향을 받는 업종으로는 유리, 화학, 철강, 자동차, 전기, 섬유 및 정밀기기 사업에 이르기까지 환경과 무역규제를 규범하는 포괄적인 조치로 인하여 상당한 영향을 받을 것은 기정사실이다.

단순히 이러한 환경문제를 가지고 무역장벽을 형성한다면 이제는 철저한 연구와 기술 축적으로 이러한 무역 장벽을 헤쳐나가야 된다고 생각한다. 현재 국가에서 주도하는 G-7 프로젝트 등 환경분야에 대한 기술 축적을 꾀하는 등 노력이 많이 이루어지고 있는 것은 사실이지만 이러한 오존층 관련해서 이루어지는 과제는 오존농도 측정관련 과제가 하나가 있을 뿐이고 전무한 형편이다. 일본과 비교해도 많은 차이가 있는 사항이다.

특히 무역 및 원자재 조달등 대외 의존도가 높은 우리나라에서는 환경관련 규제조치들이 급속히 진행되고 있는 현 시점에서 몬트리올의정서 및 기후변화협약 등으로 규제물질을 사용하는 전기,전자, 자동차, 반도체 산업과 에너지 다소비형 산업인 철강, 석유화학 등을 중심으로 비용 상승 요인이 발생하게 될 것은 자명하다.

국가와 기업이 서로 이러한 지구환경문제와 국제 규약에 대해 깊이 생각할 때이며, 환경문제를 단순히 생산 활동의 아주 미미한 일부분이라는 생각에서 벗어날 때가 도래하고 있다는 것을 깊이 인식하고 공조 체제를 형성하여 전 세계적인 추세에 대처해 나가야 한다는 것이다.

이는 환경 파괴를 방지하는 것은 물론, 유한한 지구 자원을 효율적으로 이용한다는 측면에서도 중요하며 세계적인 추세에 동참하여 뒤떨어지지 않도록 노력해야 한다는 것을 재차 강조하고 싶다. 이를 위해서는 정부, 기업 그리고 국민 모두의 상호 유기적인 협력 체제가 무엇보다 요구되고 있다.