

9월 16일은 세계 오존층 보호의 날
오존층 회복은 국제적 환경 노력의 성공 스토리

2021.09.15.자 WMO 기사
APCC 전문위원 김세원 번역



세계기상기구(WMO)는 9월 16일 세계 오존층 보호의 날을 맞이하여, 지구의 보호막인 오존층 보전의 중요성을 강조하면서, 과학에 기반한 모두가 함께하는 행동만이 지구촌이 맞고 있는 이 같은 거대 도전들을 해결하는 최선의 방법임을 주장했다.

오존층은 인간과 식물을 포함한 살아있는 조직에 해를 끼치는 자외선(UV) 복사를 차단해준다. 1985년에 발견된 오존홀은 인간이 배출한 염화불화탄소(CFC) 때문에 생긴 결과인데, 이 가스는 오존층 파괴 화학물질이면서 일종의 온실가스로서 냉장고나 에어로졸 스프레이에 냉각제로 사용된다. 이 문제의 심각성에 대한 인식하에 세계는 움직이기 시작했고, 1987년에는 거의 200개 국가가 CFC의 생산과 소비를 단계적으로 중단하자는 몬트리올 의정서에 서명했다.

네이처(Nature)지에 새로 게재된 연구논문에 따르면, 몬트리올 의정서는 유해 자외선 복사를 차단하는 오존층을 보호할 뿐만 아니라 식물 자체는 물론 그것이 가지는 기능 즉 대기에서 탄소를 끌어당기는 능력까지도 보호하는 역할을 한다는 것이다.

“몬트리올 의정서는 오존층을 보호하고 치유하기 위한 장치로서 출발했습니다. 지난 30년 동안 그 역할을 잘 해왔지요. 오존층은 회복의 길에 서 있습니다. 몬트리올 의정서 하에서 이뤄진 우리가 목도한 협력은 현재 우리 사회의 존망을 위협하고 있는 기후변화에 대처하는 데에도 그대로 적용될 필요가 있을 것입니다.” 안토니오 구테흐스 유엔 사무총장의 메시지이다.

가장 최근인 2018년에 발행된 WMO/UN환경계획의 오존층 파괴에 관한 과학적 평가는 다음과 같은 결론을 내렸다. 즉, 몬트리올 의정서 하의 여러 조치가 오존층

을 회복 경로에 놓이게 할 것이며, 지역별로 오존이 예전 수준으로 회복되는 시기는 북극과 북반구 중위도의 경우 2035년 이전, 남반구 중위도의 경우는 2050년 전후, 그리고 남극 지역은 2060년쯤이 될 가능성이 있다는 것이다.

이제는 할론(Halon*)과 염화불화탄소의 사용은 중단되었지만, 그전에 이미 배출되었던 것들은 수십 년 동안 대기 중에 남아 있을 것이다. 새로운 배출이 없더라도 연중 8월과 12월 사이에 남극 대륙 상공의 특정 고도에서 오존을 파괴할 만큼의 염소와 브롬은 대기 중에 존재한다. 이에 따라 오존홀의 형성은 남극 봄철에 늘 나타나는 연례행사가 될 것으로 예상된다. 그 크기와 깊이는 그해의 기상 조건에 따라 주로 결정된다.

2021년 8월 첫 주 들어 오존홀이 다시 출현하여 빠르게 커지고 있으며, 9월 13일에는 2,300만 km² 크기로 넓어졌다. 이 크기는 1980년대 중반 이후의 평균을 웃도는 수준이다. 오존홀이 형성되는 시즌 동안 가장 낮은 오존 값은 약 140 DU였다. 홀의 크기는 매년 변동하며 보통 남반구에서 가장 추운 시기인 9월 말에서 10월 초 사이에 가장 커진다.

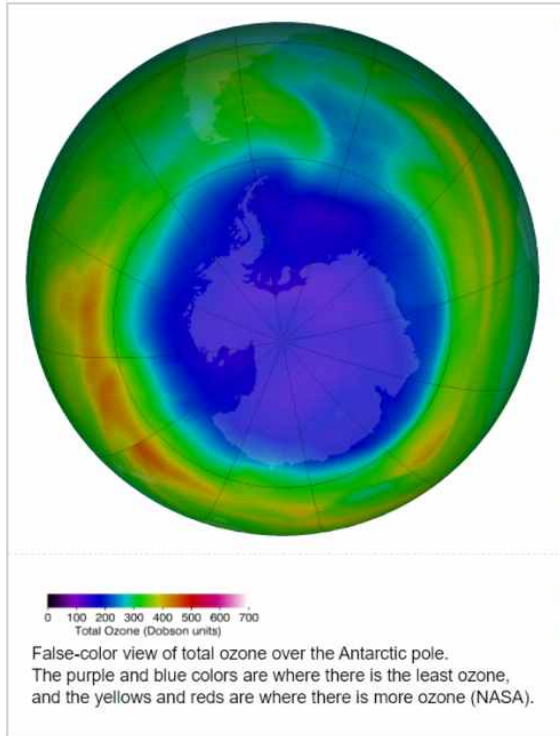
오존홀의 현황에 대한 모니터링은 WMO 지구대기감시프로그램(Global Atmosphere Watch Programme) 하에 운영되는 위성 및 지상관측소에 의해 이뤄지고 있다. 이들에 의해 생산된 데이터는 여러 기구 및 기관들(NASA, ECMWF의 코페르니쿠스 대기모니터링서비스, ECCO, KNMI 등)의 수치모델에 반영되어 성층권의 구역별 오존 수준에 관한 실시간 정보 및 분석 결과와 함께 오존 파괴 구역의 위치와 규모를 제공한다.

2020년에는 극한의 기상 조건들이 반영되어 남극과 북극 상공에서 이례적으로 큰 오존홀이 나타났었다. 2019년에는 성층권에서 역학적으로 특이한 조건이 발생하여 처음 발견 이후 가장 작은 남극 오존홀이 만들어졌다. 이 사례는 결국 오존홀에 대한 끊임없는 경계와 관측의 필요성이 있다는 것을 보여준다.

오존과 기후

올해의 세계 오존층 보호의 날 주제는 “몬트리올 의정서(Montreal Protocol) - 우리를 지켜주고, 우리가 먹는 음식과 우리가 맞는 백신을 시원하게 유지시켜”이다.

* 탄화수소의 일부 또는 전체 수소 원자가 할로겐 원자로 치환된 할로겐화 탄화수소 중 브롬을 포함하는 것을 의미. 할로겐화 탄화수소(HALogenated hydrocarbon)에서 따온 단어이다. (출처: 위키백과)



오존층 파괴 물질(ODS)은 온실가스(GHG)이기 하며 오랜 세월에 걸쳐 대기 중에 누적되어 기후의 복사 강제력에 중요한 기여를 해왔다.

ODS의 농도는 감소가 예상되는 반면, 수명이 긴 온실가스의 농도는 계속해서 증가하고 있다.

성층권 오존의 분포와 양은 온도와 대기 순환에 따라 달라지는데, 이는 기후변화가 오존의 분포에 영향을 미친다는 의미를 갖는다. 수명 긴 온실가스는 대류권을 온난화시키는 대신 성층권을 냉각시켜 지구 대기순환에 변화를 일으키고 겨울철 극

소용돌이를 불안정하게 하여 날씨 패턴을 변화시킨다. 따라서 오존층의 미래 운명은 이러한 수명 긴 온실가스의 농도와 기후변화가 앞으로 어떻게 진행될 것인가에 따라 결정될 것이다.

몬트리올 의정서는 매우 심각한 수준의 온난화는 피할 수 있게 해 줬으며, CFC와 수소염화불화탄소(HCFC)의 대체 물질인 수소불화탄소(HFCs)를 규제하자는 키갈리 수정안은 기후 보호를 위한 중요한 장치를 하나 더 추가해주고 있다. 자외선 복사와 기후변화를 피하게 되면 식물은 물론이고 광합성을 통해 탄소를 저장하는 식물의 능력에도 혜택이 돌아간다.

최근 연구에서 발견된 사실에 따르면 지구 온실가스가 빠르고 체계적으로 감소하지 않으면 금세기 말경에는 북극의 극 소용돌이 안에서 발생하는 오존 파괴가 심각한 수준으로 일어날 수 있다고 지적한다. 이는 미래에는 극 소용돌이의 일부가 남쪽으로 움직이게 되면 유럽, 북미, 아시아는 더 많은 자외선에 노출된다는 것을 의미한다.

과학자들은 기후변화가 성층권을 어느 정도 냉각시키는지 모니터링하고 있으며, 그 덕에 특히 연중 가장 추운 성층권 겨울이 더 추워지고 있다는 증거를 보여주는 북극에서 -78℃ 미만의 온도를 관측하게 될 가능성이 커지고 있다. 온도가 이 정도 낮아야 극 성층권 구름이 형성되고, 그 안을 들여다보면 여기서 오존 파괴가 이뤄진다.

자외선 복사

기후가 변하게 되면 이에 대한 몇 가지 피드백 현상이 발생하는데, 특히 생물권에 가해지는 자외선 복사량이 늘게 되어 죽은 식물이 많아지게 되고, 이들의 분해 또는 광분해 시 탄소가 발생하면서 대기로 방출되는 이산화탄소를 비롯한 여러 온실가스의 양이 증가한다.

북극의 눈, 얼음, 영구 동토층 등이 풀리거나 녹는 양이 증가하면서 온실가스를 방출하고, 노출된 생태계에는 부정적인 영향을 미친다.

연구에 따르면 온도, UV 복사, 강우 빈도는 특정 식물 종의 생존에 적합한 서식지의 가용성 또는 범위를 결정하는 핵심 요소이다. UV-B 복사 및 기후변화와 관련된 여러 요인은 식물 성장, 병원체 및 해충 방어, 식량 작물 품질에 영향을 미친다.

UV 복사는 피부암과 백내장을 질환을 일으키는 등 인체에 심각한 수준의 부정적인 영향을 미친다. 그런데 몬트리올 의정서는 그와 같은 영향으로부터 벗어나게 해 줬고 많은 수의 관련 질병과 사망을 피하는 데 중요한 역할을 했다.

오염과 관련하여 UV 복사는 대기의 조성과 질, 인간, 육상 및 수중 환경 건강에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 그것은 인간의 건강과 환경에 영향을 미치는 플라스틱 오염 물질을 분해시키는 역할을 주도하기도 한다.

UV 복사는 인간 활동과 자연 과정에서 방출되는 많은 유기 화합물이 태양 UV 복사에 의해 독성 물질로 변형되어 대기의 질을 떨어뜨리고 인간의 건강을 해치기 때문에 도시 및 대륙 규모 대기 오염을 일으키는 주요 요인으로 작용한다. 한편으로 UV 복사는 수중 환경의 독성 및 발암성 물질을 생성시키는 오염원을 분해시키는 중요한 역할을 하기도 한다.

대기질은 대류권의 태양 UV 복사와 성층권 오존층의 두께에 따라 달라지며 오존이 성층권에서 대류권으로 어느 정도 이동하는지에 영향을 받는다.

물속의 중금속 이온은 자외선 복사가 일어나면 표면 산화가 이뤄지고 주변의 미세플라스틱이 흡착되는데, 이러한 고분자 물질과 금속 결합이 일어나면서 독성이 커지는 결과를 낳는다.