



우리나라 오존문제 어떻게 대처할 것인가?



고재윤
환경부 대기정책과장

1. 머리말

해마다 여름철이면 찾아오는 불청객이 있다. 오존이 그것이다.

저황유의 공급, 청정연료 사용 의무지역의 확대 등 정부의 적극적인 대기오염개선대책에 따라 '90년대 들어와 황산화물, 분진 등 대기오염도는 계속 감소하고 있으나, 자동차의 지속적인 증가와 사업장 산업활동의 증가에 따라 대도시의 오존 오염도는 매년 악화되고 있는 실정이다. 오존주의보 발령횟수가 '97년 24회에서 '99년 41회, 2000년에는 52회로 꾸준히 증가하고 있고, 대상지역도 97년 6개 지역에서 2000년에는 12개 지역으로 증가하여 오존오염이 전국으로 확산되고 있다.

아황산가스, 일산화탄소 등 다른 대기오염물질이 아무리 저감되어도 한낮에도 하늘이 뿌옇게 흐려지고 오존주의보 발령일수가 증가한다면 국민들이 피부로 느끼는 체감오염도의 개선은 기대하기 어렵게 된다. 더욱 걱정되는 것은 2002년 월드컵축구대회가 오존주의보가 발령되고 있는 6월에 개최된다는 점이다. 2000년 6월에도 월드컵 개최도시에서만 오존주의보가 12차례가 발령되었다. 오존주의보가 발령되면 선수의 경기력이나 우리나라 관광여건에도 악영향을 미치게 될 것은 물론, 언론매체를 통하여 세계에 전파될 경우 국가와 국민에게도 명예스러운 일이 못될 것이다

오존은 배출구에서 배출되는 것이 아니라 휘발성 유기화합물질(VOCs)과 질소산화물(NOx)이 광화학 반응을 일으켜 공기 중에서 2차적으로 생성되며, 생성과정에는 온도, 습도, 풍속 등 다양한 요소가 관

련된다. 따라서 공장이나 자동차와 같은 배출원을 직접 규제하면 되는 다른 오염물질과는 달리 저감방안의 마련이 어려운 측면이 있다.

정부에서도 이러한 오존 문제의 중요성과 어려움을 인식하고 오존으로 인한 국민건강 피해를 방지하기 위한 노력들을 적극 추진해 나가고 있다. 본문에서는 오존의 생성과 환경영향, 오존피해 저감을 위한 오존경보제 운영현황, 오존저감을 위한 환경부의 대책 등을 소개하고자 한다.

2. 오존의 생성과 환경영향

오존(O₃)은 무색의 기체로서 냄새를 유발하며 3개의 산소원자로 구성되어 있다. 원래 오존은 자연적으로 생성되는데 자연적으로 생성될 수 있는 오존의 농도는 대략 10~20 ppb정도인 것으로 알려져 있으며, 반응성이 높아 불안정하여 생성된지 오래되지 않아 즉시 분해된다.

전체 오존의 약 90%는 지상 10~50km 사이에 있는 성층권에 밀집되어 있으며, 이 때문에 성층권(Stratosphere)을 오존층(Ozone layer)이라고도 부른다. 오존층에 존재하는 오존은 태양광선 중 생명체에 해로운 자외선(UV-B 등)을 95~99% 정도 흡수하여 지구상의 인간과 동식물의 생명을 보호하는 방호막 역할을 하고 있다. 오존층이 없다면 태양으로부터 강력한 자외선이 직접 지표에 도달하여 피부암, 백내장 등을 일으키고, 인간의 면역기능을 떨어 뜨려 건강에 해로운 영향을 미치며, 자연생태계에 중대한 영향을 미친다.

하지만 지표면으로부터 10km 이내의 대류권

(Troposphere)에 존재하는 나머지 10%의 오존은 농도가 일정기준 이상 높아질 경우 인체와 동식물에 악영향을 미치게 된다. 사람의 호흡기나 눈을 자극하는 등 인체에 해를 미칠 뿐만 아니라 농작물의 성장에도 피해를 주게 된다.

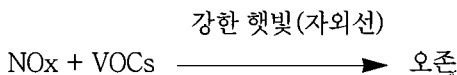
오존에 반복 노출시에는 폐에 해를 입히게 되는데 낮은 농도를 흡입할 경우 가슴통, 기침, 메스꺼움, 목 자극, 소화에 영향을 미치며, 기관지염, 심장질환, 폐기종 및 천식을 악화시키고 폐활량을 감소시킨다. 특히 기관지 천식환자나 호흡기 질환자, 어린이, 노약자 등에게는 많은 영향을 미치므로 주의해야할 필요가 있다.

표1> 오존 농도별 인체영향

오존농도(ppm)	노출시간	영향
0.1~0.3	1시간	호흡기 자극증상 증가, 기침, 눈자극
0.3~0.5	2시간	운동중 폐기능 감소
0.5이상	6시간	마른기침, 흉부 불안

아울러 식물의 생산·저장능력을 간섭하고, 질병, 해충, 다른 오염물질에 취약하게 하여 나무 성장률 저하 등 산림·생태계에 피해 및 손상을 준다. 잎손상으로 농작물의 상품성 및 가치가 하락하고, 해충·질병에 약해지게 되어 미국의 경우 농작물수확 피해액이 연간 5억\$에 이르는 것으로 추정되고 있다.

오존은 대기 중의 휘발성 유기화합물(VOCs)과 질소산화물(NOx)이 바람이 거의 없는 상태에서 강한 태양광선으로 인해 광화학반응을 일으켜서 생성된다. 오존생성의 4대 요소는 NOx, VOC, 자외선과 일정한 온도의이며, 햇빛의 세기가 강하고 지속시간이 길 때, 전구물질의 배출량이 많고 오염물질의 확산이 저해되는 기상조건(낮은 풍속)과 지형적인 형태에서 주로 발생한다.



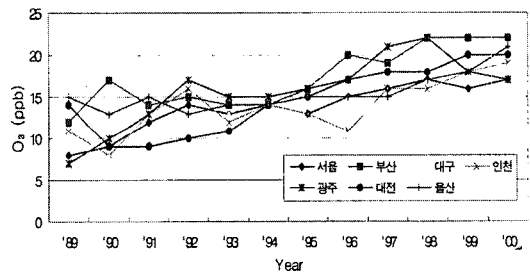
자동차 등에서 배출되는 질소산화물은 대부분 일산화질소(NO)의 형태로 배출되며, 휘발성유기화합

물질(VOCs)의 존재하에서 대기중의 오존과 결합하거나 발생기산소(O)와 결합하여 이산화질소(NO₂)로 변환된다. 다시 이산화질소는 햇빛을 받아 일산화질소와 산소원자(O)로 광분해되고 생성된 산소원자는 대기중의 산소(O₂)와 결합하여 오존을 생성한다. 생성된 오존은 일산화질소와 결합하여 이산화질소를 생성시키는 등의 과정이 되풀이된다.

3. 오존 오염도 현황

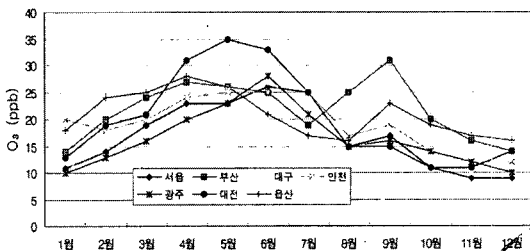
'90년대 들어와 황산화물, 분진 등 대기오염도가 계속 감소하고 있으나, 자동차의 지속적인 증가와 사업장 산업활동의 증가에 따라 대도시의 오존 오염도는 매년 악화되고 있다.

표2> 주요 도시의 연도별 O₃ 연평균농도



2000년도 월별 오존 농도변화를 분석해 보면, 봄철에 점차 증가하다가 5~6월에 최고치를 보이고 7~8월에 감소했다가 9월에 다시 약간 증가하는 경향을 보였다.

표3> 주요 도시의 2000년 월별 O₃ 평균농도



이처럼 오존 농도가 증가하는 것은 오존 원인물질인 질소산화물(NOx)과 휘발성유기화합물질

(VOCs)이 증가하기 때문이다. 대도시 대기오염물질의 80% 이상을 배출하는 자동차의 등록대수(전국)가 '90년 3,395천대에서 '99년 11,164천대(3.3배)로 증가하였고, 공장 등 배출시설도 증가하는 추세에 있다. 질소산화물(NOx)과 휘발성유기화합물질(VOCs)의 주된 배출원을 분석해 보면, NOx(서울)은 수송에서 약 80%, 발전소 등 연소시설에서 약 20%(발전 산업 6%, 난방 14%)가 배출되고 VOC(서울)의 경우에는 수송에서 약 53%, 나머지가 약 47%는 주유소나 유기용제를 사용하는 인쇄소, 세탁소 등과 페인트작업시 등에서 발생된다.

대기오염물질의 공간적 확산이 어려운 도시의 지형적 여건도 오존오염도 상승의 원인이 되고 있다. 대부분의 도시는 풍수지리에 따라 분지나 구릉에 위치하여 바람의 흐름이 원활하지 못하다. 도시의 고밀도 개발은 자동차에 의한 원인물질 배출량의 증가를 초래하고 국지적인 공기의 흐름도 방해하여 오존생성이 용이한 조건을 형성하게 된다.

오존원인물질의 배출원이 자동차 배출가스, 주유소, 세탁소, 스프레이 등 유기용제와 같이 다양하고 국민의 일상생활과 밀접하게 관련되어 있어 강도높은 규제가 어렵다는 것도 오존대책을 추진하는데 애로사항중의 하나이다.

3. 오존저감을 위한 정부의 대책

환경부에서는 최근 오존오염이 악화됨에 따라 이를 개선하기 위한 장단기 시책을 마련하여 추진하고 있으며, 오존오염저감의 시급성을 감안하여 단기적으로 추진 가능한 저감대책들을 최대한 우선적으로 추진하고 있다. 즉 자동차, 산업체 등의 주요 배출원 관리를 강화하고, 국민들의 참여여부가 오존저감의 관건인 만큼 홍보를 통한 자율 참여를 유도하고 있다.

주요한 단기대책으로는 오존오염 취약시기인 하절기(5월~8월)에 오존원인물질인 NOx와 VOCs의 주요 배출원인 자동차에 대한 매연단속 및 배출가스 무료점검, 오존원인물질 배출사업장에 대한 지도·점검을 집중적으로 실시하고, 자율 10부제 참여 확

대 등을 통해 승용차의 운행억제 등을 추진하고 있다. 건물·차량 도색, 도로포장 자재를 유도함으로써 도장·도로포장으로 인한 오존발생 저감방안을 추진하는 한편, 발전소 등 질소산화물 다량배출시설, 자동차 정비시설 등 휘발성유기화합물질 다량배출시설, 악취시설 등 사업장에 대한 관리를 강화하고, 하절기에는 증기압이 낮은 양질의 휘발유를 공급하고 있다. 마지막으로 오존원인물질이 일상생활에서 많이 배출되는 점을 감안하여 대중교통의 이용 등 국민의 자율적인 협조를 유도하기 위한 노력도 강화하고 있다.

근원적으로 오존문제를 해결하기 위한 중 장기 대책도 추진중에 있거나 계획중에 있다. 오존대책을 과학적으로 추진하기 위하여 VOC, 질소산화물 배출량자료 등에 대한 대기관리종합정보체계를 구축하고(2005년까지), 광화학오염물질측정망을 연차적으로 확충(금년 수도권 4개소, 2005년까지 총41개소)할 예정이다. 또한, 월드컵개최도시를 중심으로 오존원인물질의 배출원 조사 및 오존생성과정 규명을 위한 기초조사도 체계적으로 추진할 예정이다. 2007년까지 전국 도시지역 시내버스 2만대를 천연가스 버스로 대체하고, 자동차 연료의 품질향상, 자동차 배출허용기준강화, 경유차의 공해저감 기술개발 등 자동차에 대한 관리대책을 추진하고 있다. 이와함께 휘발성 유기화합물 배출시설에 대한 배출억제·방지시설도 2004년까지 완료할 계획이다.

4. 오존경보제 및 오존예보제도의 운영

이러한 장단기 대책과 함께 시민들의 참여를 통해 오존농도 증가에 대비하기 위해 정부는 오존경보제를 시행하고 있다. 오존경보제란 고농도의 오존에 노출될 경우 피해를 입을 수 있는 호흡기 질환을 가지고 있는 환자나 노약자, 어린이들에게 오존농도가 높음을 알려 그 피해를 최소화하고, 또 오존농도를 줄이는데 시민들의 자발적인 협조를 구하기 위하여 실시하는 것으로서 '95년도에 서울지역에 처음 도입되었다(대기환경보전법 제7조의2). 현재 오존경보제는 서울, 부산, 대구 등 대도시와 경기도 지역의



도시를 비롯하여 전국 21개시에서 시행되고 있으며, 그 대상지역이 계속 확대되고 있다.

표4> 오존경보제 확대현황

'95년	'96년	'97년	'98년	'99년	2000
서울	인천	대전, 대구, 부산, 광주, 경기 7개시(수원, 성남, 안양, 부천, 안산, 의정부, 광명)	과천, 구리, 청주	울산	군포, 시흥, 고양, 포항

오존경보는 오존농도에 따라 시도지사가 3단계로 발령하게 되는데 1단계로는 주의보 단계로서 1시간 기준 오존농도가 0.12ppm이상이면 발령하게 되고, 2단계로는 경보단계로서 0.3ppm이상에서 발령하며, 3단계로는 중대경보단계로서 0.5ppm이상에서 발령한다. 시도지사는 오존농도가 단계별 해당농도에 도달하면 지역별로 구축된 동시전달체계(팩스, ARS 등)로 각 동사무소, 언론기관, 학교, 병원 등 10,577여개 기관에 발령사실을 동시 통보한다. 해제시에도 물론 같은 요령에 의해 그 사실이 통보

된다.

단계별 조치사항은 주의보가 발령되면 주민들은 실외활동을 자제해야 하고, 경보가 발령되면 자동차 사용자제와 사업장의 연료사용량을 감축해야 하며, 중대경보가 발령되면 자동차 통행금지와 사업장의 작업시간을 단축해야 한다. 그러나, 아직까지 경보나 중대경보를 발령한 경우는 없다.

오존경보제와 함께 오존예보제가 97년부터 실시되고 있다. 오존예보제는 다음날에 오존주의보 수준에 도달할 가능성을 확률로 예보하는 것으로서, 하루전에 다음날의 기상 상태에 따라 오존경보가 내릴 것인지를 예보함으로써 노약자들이 다음날의 외출 일정을 조정하게 하거나 시민들이 자가용대신 대중교통을 이용토록 유도할 목적으로 실시하고 있다. 95년 오존오염도 예측모델을 개발하여 국립환경연구원에서 97년 7월 처음으로 서울 및 5대 광역시에 대하여 오존예보를 실시하고 있으나, 적중율이 낮은 것이 큰 문제점으로 나타나고 있다.

표5> 오존주의보 발생시 조치사항

구분	시민	차량운전자(소유자)	관계기관	사업장
주의보 (0.12ppm이상)	<ul style="list-style-type: none"> 노천소각금지 요청 대중교통이용 권고 주민실외활동 및 과격 운동 자제 요청 노약자, 어린이, 호흡기 환자, 심장질환자 실외활동 자제 권고 	<ul style="list-style-type: none"> 경보지역내 차량 운행 자제 권고 (Carpool제 시행) 대중교통이용 권고 불필요한 자동차 사용 자제권고 	<ul style="list-style-type: none"> 주의보상황 통보 대중홍보매체에 의한 대국민 홍보요청 대기오염도 변화분석 및 기상관측자료 검토 요청 	
경보 (0.3ppm이상)	<ul style="list-style-type: none"> 소각시설 사용제한 요청 실외활동 및 과격 운동제한 요청 유치원, 학교 등 실외 학습제한 권고 노약자, 어린이, 호흡기 환자, 심장질환자 실외활동제한 권고 	<ul style="list-style-type: none"> 경보지역내 자동차의 사용자제 요청 	<ul style="list-style-type: none"> 경보상황 통보 대기오염 측정 및 기상관측 활동강화 요청 경보상황에 대한 국민 홍보 강화 요청 	<ul style="list-style-type: none"> 연료 사용량 감축 권고
중대경보 (0.5ppm이상)	<ul style="list-style-type: none"> 소각시설 사용중지 요청 실외활동 및 과격 운동금지 요청 유치원, 학교 등 실외 학습 중지 및 휴교권고 노약자, 어린이, 호흡기 환자, 심장질환자 실외활동 중지 권고 	<ul style="list-style-type: none"> 경보지역내 자동차 통행금지 	<ul style="list-style-type: none"> 중대경보상황 통보 대기오염 측정 및 기상관측 활동강화 요청 위험사항에 대한 국민 홍보 강화 요청 경찰에 교통규제 협조 요청 	<ul style="list-style-type: none"> 조업 단축



표6> 연도별 오존주의보 발령현황

연 도	'95	'96	'97	'98	'99	2000
• 발령지역수(市)	1	2	6	9	10	12
• 발령일수	1	6	12	14	16	17
• 발령횟수	2	11	24	38	41	52
• 최초발령일	7.22	6.8	6.14	5.21	5.22	5.19
• 최종발령일	7.22	8.18	8.7	9.13	9.2	9.19
• 시간 최고농도(ppm)	0.167	0.162	0.150	0.155	0.170	0.177
• 평균 지속시간	2.5	1.9	1.8	1.9	2.2	1.8

미국, 일본의 경우 70년대부터 오존경보제를 시행 중이며, 발령기준 및 단계별 조치사항은 우리나라와 비슷하다.

표7> 외국의 오존경보제 시행사례

구 분	미 국		일 본	
	캘리포니아	시카고	동 경	오 사 카
경보단계별 기준	<ul style="list-style-type: none"> 주의보 : 0.15ppm 1 단계 : 0.20ppm 2 단계 : 0.35ppm 3 단계 : 0.5ppm 	<ul style="list-style-type: none"> 주의보 : 0.12ppm 황색경보 : 0.20ppm 적색경보 : 0.30ppm 중대경보 : 0.50ppm 	<ul style="list-style-type: none"> 예보 : 주의보에 가까 운 농도 주의보 : 0.12ppm 경 보 : 0.24ppm 중대긴급경보 : 0.40ppm 	<ul style="list-style-type: none"> 예보 : 주의보에 가까 운 농도 주의보 : 0.12ppm 경 보 : 0.24ppm 중대긴급경보 : 0.40ppm
조치사항	<ul style="list-style-type: none"> 주민 외출금지 차량통제 (Carpool제 시행) 석유정제 등 18개 업 종 배출량 감축 	<ul style="list-style-type: none"> 주민 외출금지 차량통제 (중대경보시운행금지) 연간 100톤 이상 오 염물질 배출공장 배 출량 감축 	<ul style="list-style-type: none"> 주민 외출금지 자동차 통과 자체 요청 배출업소 연료사용 삭감 권고 	<ul style="list-style-type: none"> 주민 외출금지 자동차 통과 자체 요청 배출업소 연료사용 삭감 권고
발령지역	10개 지역	6개 지역	4개 지역	7개 지역
발령권자	주지사	Agency (일리노이 EPA)	동경도 환경보전국장	오사카부 환경보전국장

오존은 다른 오염물질과 달리 자동차 등 우리생활 과 밀접한 관련이 있는 분야에서 많이 배출되므로 오존문제에 효과적으로 대처하기 위해서는 시민들 의 자발적인 참여가 그 무엇보다 중요하다.

우리나라의 경우 버스·지하철 등 대중교통수단 이용율이 서울은 60.2%, 부산은 46.3%로 동경의 74%, 런던의 83%에 비하여 낮은 실정이며, 특히 승용차 및 택시 이용율은 서울이 30.7%, 부산이 39.8%로 동경의 24.1%, 런던의 15%에 비하여 현

저히 높다. 자가용 이용시 버스 이용시에 비해 질소 산화물은 약 1.3배, VOC는 약 11배가, 전철 이용시 에 비해서는 질소산화물은 약 3배, VOC는 약 650배 가 배출된다는 점을 감안할 때 시민들의 자발적인 참여가 무엇보다 중요하다 하겠다.

국립환경연구원의 조사결과에 따르면 엔진오일 에어필터, 연료필터, 점화플러그 교환 등 간단한 정 비만으로도 오존원인물질인 VOC는 약 65%, 질소 산화물은 약 3.3%까지 줄일 수 있는 것으로 나타났



다. 자동차를 잘 정비해서 타면 연비도 8~12% 향상되어 그만큼 연료비용도 줄일 수 있다. 또한 최대 적재량보다 30% 과적하는 경우에 VOC는 약 7%, 질소산화물은 약 4% 증가하고 매연은 약 50%나 증가하며, 전체 오염물질 배출량은 16.4%가 증가하는 것으로 나타나 과적을 하지 말고, 불필요한 물건이나 짐을 차에 싣고 다니지 말아야 할 것이다.

자동차 공회전도 연료를 낭비하고 대기오염을 가중시키는 요소의 하나이다. 승용차의 경우 10분간 공회전시 승용차는 3.5km, 경유차는 1.5km를 갈 수 있는 연료가 낭비된다는 사실을 안다면 몇십분씩 공회전을 하는 사람은 별로 없을 것 같다.

표8> 오존저감을 위한 시민실천사항

1. 하절기에는 승용차 이용을 자제하고 대중교통을 이용합시다.
2. 승용차 함께 타기를 생활화합시다.
3. 차량운행을 가급적 자제하고 가까운 거리는 자전거를 이용합시다.
4. 주유소에서 급유시에는 연료탱크를 꼭 채우지 맙시다.
5. 기름은 낮 시간대를 피하여 아침이나 저녁시간대에 넣읍시다.
6. 차량운행시에는 경제속도(80km/h)를 반드시 지킵시다.
7. 차량운행시에는 불필요한 공회전이나 급출발, 급제동 등을 삼가합시다.
8. 에너지절약을 실천화합시다.
9. 하절기에는 도장작업을 자제합시다.
10. 오존예보 또는 경보가 발령된 때에는 노약자, 어린이 및 호흡기환자는 외출을 자제하고 실외운동경기를 삼가합시다.

5. 결론

지속적인 대기질 개선대책 추진으로 대부분의 대기오염도는 개선되고 있으나, 오존 오염의 경우는 대기오염경보제도, 환경규제지역의 설정 등 정부의

여러 가지 정책추진에도 불구하고 그 심각성이 더해가고 있다. 앞서 기술한 바와 같이 오존오염은 다른 대기오염과 달리 상대적으로 관리가 취약한 오염원 특성, 다수의 원인물질이 관여하고 있는 반응기작의 복잡성, 이차오염에 따른 원인과 현상의 불일치 등으로 선진국에서도 그 관리가 매우 어려운 실정이다.

그러나, 오존문제의 해결이 어렵다지만 정부는 문제의 심각성과 중요성을 인식하고 이에 대처하기 위한 장단기 대책을 착실히 이행하고 있으며, 오존문제에 대한 국민적 관심이 높다는 것은 다행스러운 일이다. 정부와 국민이 협조하고 노력하는 정도에 따라 해결에 필요한 기간도 단축할 수 있다고 생각한다.

맑고 푸른 공기를 되찾기 위하여 정부가 추진하고 있는 각종대책들의 성과를 기대하며, 아울러 대중교통 수단을 이용하는 등 국민들의 자발적인 참여를 기대해 본다. 금년에는 정부와 국민 모두가 합심하여 오존 주의보 없는 쾌적한 여름이 되도록 모두가 노력해 나가기를 기대한다. **環境保全**

<필자약력>

- '72. 3 ~ '76. 2 : 고려대 법대 법학과 졸
- '76. 3 ~ '78. 2 : 서울대 행정대학원 졸
- '85. 8 ~ '87. 8 : 미국 Indiana대 행정대학원 졸
- '77. 5 ~ '78. 3 : 수습행정관(원성군청) (사무관)
- '82. 7 ~ '90. 2 : 국방부 재정국, 방산국
- '90. 2 ~ '90. 7 : 환경처 자연환경과
- '90. 7 ~ '91. 1 : 환경처 법무담당관(서기관)
- '91. 1 ~ '93. 8 : 광주환경청 계획과장
- '93. 8 ~ '94. 2 : 환경공무원교육원 서무과장
- '94. 2 ~ '96. 2 : 미국 환경보호처(EPA) 파견
- '96. 2 ~ '97. 10 : 환경부 지구환경과장
- '97. 10 ~ '99. 8 : 자연생태과장
- '99. 8 ~ '00. 9 : 감사담당관 ('99. 12 : 부이사관)
- '00. 9 ~ '01. 2 : 총무과장
- '01. 2 ~ 현재 : 대기정책과장