

釜山の 光化學 스모그汚染에 관하여

朴 玉 鉉

(釜山大 工科大學 副教授)

1. 서 언
2. 어디서 왔다가 어디로 가는가?
3. 스모그가 보건에 미치는 영향
4. Oxidants의 환경기준과 오염실태
5. 부산의 기상 및 지형
6. 결 언

1. 서 언

부산에서도 광화학 스모그 오염이 심각해지고 있다. 1984년에도 매우 더웠던 8월 9일부터 14일까지 連日 고농도의 광화학 스모그가 동래지역에서 관측되었고, 8월 23일, 29일, 30일에도 부산대학교에서 양정 뒷산을 볼 수 없을 정도로 視程이 제한되었다.

원래 smog란 말은 영국의 산업혁명기에 석탄연소시 배출된 아황산가스(SO₂)와 분진을 포함한 매연(smoke)이 London 지방의 안개(fog)와 혼합해서 그 공기를 호흡한 사람들이 氣道질환을 일으켜 사회문제화됐던 당시에 smoke와 fog가 혼합된 공기를 표현하기 위해 나온 말이나, 光化學 스모그라고 하는 것은 화학제조공장이나 연소과정에서 배출된 질소산화물(NO_x)과 非메탄탄화수소(non-methane HC, NMHC)가 日光을 받아 화학적 반응을 해서 생긴 2차 오염물질을 뜻한다. 광화학 스모그를 구성하는 여러물질중 오존(O₃), 이산화질소(NO₂) 과산화수소(H₂O₂), 유기과산화물(peroxy organics), Peroxyacyl nitrate (PAN) 같이 요드화칼륨(KI)을 산화시켜 요드(I₂)를 유지시킬 수 있는 총 산화성물질을 광화학 산화제(oxidants)라고 하고 그 대표적인 물질로서 오존을 든다.

여름철 낮에 바람이 조금 불 때는 구름처럼 머물고, 바람이 잔잔할 때엔 안개도 아닌 것이 안개처럼 자욱한 그게 광화학 스모그이다. 가을철 이후에 오전에 자욱하다가 정오쯤에 걷히는 건 대개 진짜 안개이다. 筆者가 10여년 전에 Los Angeles, 동경과 더불어 광화학 스모그로 유명한 세계 3대 도시에 들어가는 호주의 Sydney에서 공부하고 있을 때만 해도 한국은 얼음과 눈을 쉽게 볼 수 있는 추운 계절을 가진 나라이고 여름이 3개월 정도에 불과하며 특히 부산은 海陸風이 대체로 잘 순환하는 臨海도시여서

광화학 스모그가 발생할 수 있는 大氣 물리적 조건이 不適하여 이 분야의 연구를 해도 귀국해서 별로 쓸모가 없으리라고 생각하였다. 그런데 1969년에 부산시에 등록된 공장이 1,867개이던 것이 1981년엔 2배가 넘는 4,009개로 늘어났고, 시청앞 광장, 서면 로타리 및 동래 사거리에서의 총 교통량은 1969년에 비해 10년 동안에 각각 48%, 120% 및 33% 증가하므로서 광화학 스모그 및 그와 相加작용을 할 수 있는 물질의 생성량이 현저히 증가하였다. 그리하여 바람에 의한 이동 및 희석, 그리고 攪流 渦動(turbulent eddy)에 의한 확산이 상당히 이뤄지고 있는데도 불구하고 육안으로 쉽게 광화학 스모그를 관측할 수 있게 되고 또한 환경 기준 농도를 초과하기에 이르렀다.

1984년도 여름에 동래지역에서 관측된 것은 1975년 여름부터 1978년 여름까지의 Sydney 상황과 비슷한 것 같았으나 당시에 Melbourne 도시 주변을 병풍처럼 둘러치곤 하던 검붉은 대기는 부산에서는 관찰되지 않았다. Melbourne의 광화학 스모그를 비행기를 이용해서 측정하기 위해 機體內에 각종 측정장치들을 고정시키는 걸 筆者에게 보여 주던 Evan 씨등이 1981년에 발표한 연구결과에 나타난 이산화질소(NO_2 : 大氣를 저녁 노을 빛과 비슷한 색깔을 띠게 하는 것으로 알려진 원인물질)의 농도가 8.2ppm 이하였고, 부산에서는 대교동 서면 및 동래지역에서 월평균 농도까지도 이를 상회하는 달이 있다는 점은 주목할 만한 일이다. 또한 광화학 스모그의 기인물질인 NO_x 와 non-mathane HC 농도가 1981년 이후의 부산의 卞에 미달하던 당시의 Sydney에서는 이미 엄청난 경비를 들여서 입체적인 조사를 하고 있었는데 반해 우리나라에서는 아직도 이 분야의 연구논문이 발표되는 경우가 매우 드물다. 제한된 수의 고정 측정망의 기능을 보완하고 또한 스모그 생성 과정에 대한 Lagrangian 조사 연구에 필요한 측정차량을 1975년에 이미 Sydney 대학은 갖추고 있었지만 10여년이 지난 지금도 우리나라 대학들은 아직 갓출 엄두도 내지 못하고 있고, 환경청

도 올림픽을 대비해서 비로소 외국에 發注했다 한다. 환경청이 80년대에 들어 제한된 수의 장소에서 측정한 자료는 2년간 對外秘이고, 2년 지난 자료마저도 대학의 교수들에게도 제공하지 않고 있다. 筆者가 한달 가량 同參했던 "Sydney Brown Haze" 연구시에 경비행기가 가끔 동원 되었고, 그런 연구비를 국가기관 및 기름 정제공장등의 기업체에서 부담하고 있던 일등을 생각하면서 우리나라의 복지행정의 수준, 그리고 기업의 사회에 대한 책임 인식문제를 안타깝게 여긴다.

2. 어디서 왔다가 어디로 가는가?

광화학 스모그에 관한 화학은 아직도 미개척 분야라 해도 과언이 아니라고들 한다. 그런데 NO_x 의 光分解 cycle이 대류권에서의 스모그 생성의 기본이 되고, NHMC가 過酸化基(RO_2) 물질을 만들어 일산화질소(NO)의 산화에 기여하므로서 前者에 의해 생긴 O_3 가 NO 산화에 소모되는 양을 줄여 주므로서 O_3 가 대기중에서 축적될 수 있다는 사실은 명백히 확인된 것이다. 오존을 제외한 스모그 물질로서 毒性으로 보면 Aldehydes나 PAN같은 물질도 중요하고, NO_2 는 독성도 있고 Oxidant로서 量的으로 큰 비중을 차지하는 것이다. PAN은 과산화 radical이 NO_2 와 결합해서 생기고, Aldehydes는 HC와 O_3 가 반응해서 생기면 NO_2 는 NO 가 日光이 있을 때 산화돼서 생긴 것이다. 오염 안된 시골에도 미량의 NO_2 는 존재한다. 광화학 Oxidant 중에서 독성이 가장 위력적인 오존이 成層圈에서 對流圈으로 이동해 오는 경우가 있는데, 이는 성층권과 대류권의 圈界面이 어떤 기상요인에 의해 구겨질(folding) 때에 나타나는 현상이다. 성층권 오존은 산소의 광분해에 의해 생긴 것이다. 어떤 문헌에서는 북반구에서는 이런 현상이 4월~7월 사이에 나타난다고 하는데 적어도 1981년도 6월~12월중 부산의 환경자료에 의하면 성층권에서 이동해 온 오존이 우리 생활권을 위협한 일은 없는 것 같다. 이 같은 徑路로 우리 생활권에 나타난 오존은 앞

서 설명한 바와 같이 NO를 산화시키는데 소모되고, 또 地表에 deposition(흡수 혹은 흡착)해서 감쇄한다. 그래서 NO농도가 낮아야 O₃ 농도가 높을 수 있고, 다른 곳에서 높은 농도의 O₃가 이동해 오면 도시의 NO농도가 낮아진다. 그래서 야간에 부산 계곡을 흘러 바다에 이른 공기는 동래나 서면에서 보다 낮은 농도의 NO와 오존을 함유하게 된다. 그런데 O₃와 NO₂를 망라한 Oxidants 농도는 크게 저감되지 않는다는 점을 유의할 필요가 있다. 부산은 臨海도시여서 흡수 혹은 흡착에 의한 대량의 오존농도 저감을 기대하기 곤란하다. 왜냐하면 고농도 오존이 문제되는 여름철에 낮에는 對流 때문에, 밤에는 역전층이 드물게 생기기 때문에 충분한 량의 지표흡착이 곤란하고, 또한 도시의 지표가 가스흡착이 잘 되는 흙으로 덮힌 면적이 적기 때문이다. 야간에 육풍을 따라 바다위로 이동한 오존은 원래 물에 잘 흡수되는 물질이 아니어서 그러하다. 그러나 필자와 김필홍의 연구에 의하면 여름철 육풍따라 바다에 도달한 NMHC, NO_x와 약 3pphm 이하의 O₃이 해상에서 대량의 淸淨공기와 희석되므로서 스모그 생성·농축이 잘 되지 않으므로 해풍따라 再上陸하는 공기중엔 오존농도가 약 1pphm 이하이다. 이는 Sydney나 Shirahama等에서의 경우와 다르다. NO₂는 앞서 설명한 것 처럼 光分解해서 오존 合成의 기체가 되고, NO₂역시 deposition에 의해 감쇄될 수 있으나 前者에 비하면 무시될 정도이다. 부산의 Oxidant가 이동할 수 있는 내륙쪽 및 바닷쪽 범위는 究明되지 않았다.

3. 스모그가 보건에 미치는 영향

오존을 포함한 광화학 Oxidants는 눈, 코, 그리고 목을 자극하여 고농도에서는 호흡기 계통의 粘膜, 肺組織 그리고 폐기능을 포함한 호흡기능에 악영향을 준다.

보건에 영향을 미치는 대표적인 Oxidant로는 O₃과 NO₂를 들 수 있으나 NO₂ 단독으로 사람에게 영향을 주려면 적어도 3.5ppm의 농도를

나타내는 공기를 1시간 정도 호흡해야 한다. 부산에서는 대기중의 NO₂ 1시간 평균 농도가 1ppm을 상회하는 경우는 매우 드물다. 장기간 호흡하는 경우엔 그에 상응해서 오염물질 농도가 낮아도 유사한 징후를 나타낼 수 있으나 NO₂ 단일물질에 의한 impact에 대해서는 충분히 연구돼 있지 않다. 15~25pphm의 오존에 단시간 폭로되면 운동중인 건강한 사람이나 민감한 사람들이 가슴이 답답하다거나 기침을 하거나 쉼쉼거리는 임상증후를 나타낸다. Sydney에서는 국민학생들이 체육시간에 이런 증세 때문에 집단으로 병원에 옮겨진 예가 있다. Kagawa와 Toyama에 의하면 일본의 11세 국민학교 학생 20명을 6월에서 12월까지 1주일에 1회씩 O₃ 및 그외 8가지 환경인자에 노출시키면서 호흡기능 측정을 실시한 결과 O₃ 농도와 氣道 저항 사이에 5% 유의수준에서 의미있는 相關이 있음을 밝혔다. 민감한 사람에 있어서는 상대습도가 높고 NO₂ 농도가 0.3ppm 이상일 때 O₃와 NO₂가 相加작용(각 물질이 단독으로 존재할 때엔 어떤 농도에서 impact를 주지 않지만 바로 그 농도라 하더라도 두가지 이상의 물질이 共存하면 어떤 impact를 주게 되는 것)을 일으킬 가능성을 배제할 수 없다고 한다. 서면에서 대교동에 이르는 지역에서는 NO₂ 한시간 평균 농도가 0.3ppm을 넘는 경우가 더러 있다. Hazucha와 共同 연구자들은 O₃와 SO₂도 相加作用할 가능성에 있음을 보고한 바 있다.

Oxidants 오염이 별로 안된 지역에 살면서 호흡기 질환을 경험해 보지 않은 사람들은 간헐적으로 가벼운 운동을 하면서 37pphm의 오존에 2시간 동안 폭로되면 상당한 호흡기 계통의 징후 및 기능감소를 나타낸다. 또한 Oxidant 농도가 50pphm 이상일 수 있는 Los Angeles 같은, 심하게 오염된 도시에 살면서도 알레르기나 대기오염과 관련해서 기침, 가슴불안 증 혹은 쉼쉼거림을 경험해 보지 못한 사람들은 50pphm의 오존에 연 이틀이나 4시간씩 폭로돼도 아무런 생리적 반응이 없었지만, 그런 고농

도 Oxidant 지역에 사는 사람으로서 원래 정상적인 肺기능을 가지고 있으면서 위의 징후를 경험해 본 사람들은 한 차례만 4시간 동안 50 pphm 오존에 폭로돼도 폐기능이 상당히 떨어지고 정상적인 활동을 제한할 정도로 심한 징후를 나타낸다. 이와 같이 보건에 위해를 주는 오존 농도값이 연구 보고마다 相異한 것은 폭로시간, 육체적 활동, 개인의 민감도 및 대기중에 존재할 수 있는 간섭물질등에 있어서의 차이 때문이다.

보통 생활에 큰 불편이 없는 것 같은 환경오염 정도일 때도 마라톤 경기기록이 나쁘고 선수들이 고통을 호소하던 일을 기억할 필요가 있다. 특히 더운 계절에 광화학 스모그가 자욱할 때는 운동을 포함한 심한 육체적인 일을 피하는 것이 좋으며 부산에서도 체육지도 교사들이 이런 점을 유의해야 할 정도로 Oxidant 농도가 높은 날들이 있다.

〈다음호에 계속〉

환경보전의 노래가사 현상공모

다함께 즐겨 부를수 있는 환경보전의 노래를 제정하여 환경에 대한 국민의식을 새롭게하고 범국민운동의 확산을 도모키 위하여 아래와 같이 환경보전의 노래가사를 현상 공모하오니 많은 응모를 바랍니다.

— 아 래 —

응모부문	응모대상	응 모 내 용	입선작 및 상금
가 사	일반시민 (제한없음)	환경보전을 주제로 쉽고 즐겁게 부를수 있는 참 신한 내용(1, 2, 3절)	우수작 1점 500,000 가 작 2점 각 300,000

- 응 모 마 감 : 1985년 4월 10일
 - 당선작 발표 : 1985년 4월 30일까지 개별통지함.
 - 접 수 처 : 환경보전협회 홍보부
서울특별시 중구 남대문로 4가 45번지
(상공회의소 661호) 전화번호 : 753 - 7669
 - 기 타 : 공모 입선된 가사는 작곡취입하여 전국
민이 애창할 수 있도록 홍보함.
- * 응모작은 일체 반환치 않음.

1985. 1.

사단
법인
환 경 보 전 협 회
환 경 협 회

————— 환경보전표어 및 포스터 현상공모 —————

범국민적으로 환경보전운동을 전개하기 위하여 아래와 같이 환경보전표어 및 포스터를 현상공모 하오니 많은 응모를 바랍니다.

아 래

응모부문	응모대상	응 모 요 령	응 모 내 용	입선작 및 상금 입선구분 상 금
표 어	제 한 없 음	우편엽서로 1인2점 이내 (1점 16자이내)	환경보전에 관한 의식 을 고취하고 범국민적 참여를 유도하는 내용	금상: 1 점 200,000 은상: 2 점 각100,000
포 스텐터	제 한 없 음	전지 1/2 전지 5도 이내	"	금상: 1 점 500,000 은상: 1 점 400,000

- 응 모 마 감 : 1985년 4 월 30일
 - 당선작발표 : 1985년 5 월 10일 (개별통지)
 - 접 수 처 : 환경보전협회 홍보부
 - 응모작은 일체 반환치 않음.
- 서울 중구 남대문로 4 가 45번지
대한상의빌딩 661호실 (753-7669)

————— 제 3 회 환경보전사진 현상공모 —————

환경보전을 위한 새로운 인식과 모든 국민의 참여를 촉구하기 위하여 아래와 같이 사진작품을 공모하오니 많은 응모 바랍니다.

아 래

응모부분	응모대상	응 모 요 령 (규 격)	응 모 내 용	시 상 입선구분 상 금
사 진	제 한 없 음	흑백 및 칼라사진으로 11×4 이상 (필름제출 및 판넬요)	환경오염실태 및 수범사 례 * 자세한 것은 본협회에 문의바람	금 상: 1 점 500,000 은 상: 2 점 각300,000 동 상: 3 점 각150,000 입선작: 40점 각 20,000 참가상: 100점 기념품

- 응 모 마 감 : 1985년 5 월 10일
 - 당선작발표 : 1985년 5 월 20일 (개별통지)
- 유의사항 : • 배경 및 내용은 국내에 한함.
• 작품수 제한없음.
• 작품 및 원판 첨부
• 작품뒷면에 제목, 작가이름, 주소, 성별기입
• 입선된 작품은 반환치 않음.
* 관련 본협회 귀속, 낙선작은 85. 7. 1 - 7. 10 기간에 반출해야 하며 경과시 파손, 분실에 대한 책임은 지지않음.
- 접 수 처 : 환경보전협회 홍보부
서울특별시 중구 남대문로 4 가 45번지
대한상의빌딩 661호 (753-7669)

사단
법인 **환경보전협회**
환 경 청