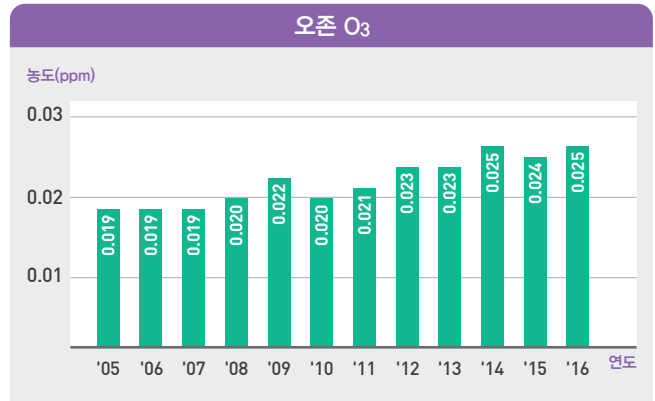


오존과 건강영향

오존(O₃)이란, 산소원자 3개로 구성된 기체로서 성층권의 오존은 해로운 단파장의 자외선을 막아주는 이로써 역할을 하지만 지표면 근처 대기의 오존은 쉽게 분해되고 주위 물질과 쉽게 반응하는 산화력을 가지고 있습니다. 이러한 대기 중 오존 농도가 일정 수준 이상일 경우 인간과 생태계에 유해한 영향을 줄 수 있으며 특히 호흡기와 신경계, 눈이나 코 등의 감각기관에 영향을 미칠 수 있습니다. 특히 기저질환자, 어린이, 어르신, 흡연자는 일반 성인에 비해 오존에 상대적으로 더 취약할 수 있으므로 보다 세심한 주의가 필요합니다.

오존의 발생

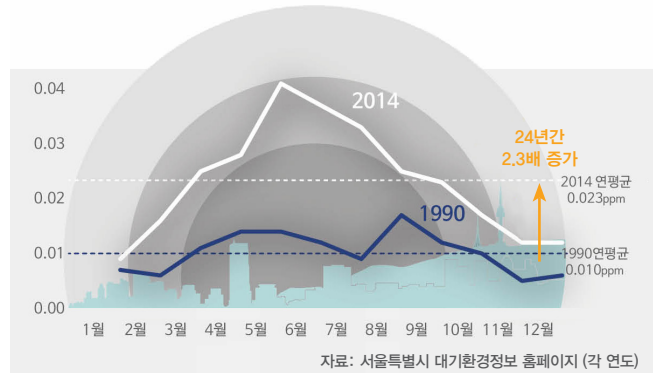
오존은 주로 질소산화물(NOx)과 휘발성유기화합물(VOCs) 등이 자외선과 결합하여 생성되는 것으로 알려져 있습니다. 이러한 기체물질들과 기온, 일사량, 풍속 등의 기상 상황에 따라 오존 농도가 달라집니다. 오존은 기온이 높을수록 증가하며, 상대습도와 풍속이 낮을수록 증가합니다. 우리나라 오존 농도는 2000년대 이후 지속적으로 증가하고 있습니다.



오존이 높은 시기

대기 중 오존은 1년 중 주로 늦봄~여름철의 농도가 높고 5~6월이 가장 높은 농도를 보입니다. 하루 중에서는 주로 오후 2~5시 사이가 가장 높게 나타나므로 오존 농도가 높은 계절과 시간대에는 야외 활동을 자제하는 것이 좋습니다.

오존이 높은 시기	
1년 중	늦봄~여름철 (특히 5, 6월)
하루 중	오후 2~5시



〈월별 오존 농도 현황(서울시)〉

오존 예·경보제

환경부에서는 매일 오존 농도를 예보하고 있으며 인터넷(에어코리아), 모바일앱(우리동네 대기질) 등에서 확인할 수 있습니다. 또한 실시간 오존 농도가 유해 기준을 넘어서는 경우에는 지자체장이 오존 '주의보'나 '경보'를 발령하고 있습니다.

예보구간		등급			
		좋음	보통	나쁨	매우나쁨
예측농도 (ppm)	O ₂	0~0.030	0.031~0.090	0.091~0.150	0.151 이상
행동 요령	민감군	—	실외활동 가능하나 몸 상태에 따라유의	장시간 무리한실외활동 자제	가급적실내활동
	일반인	—	—	장시간 무리한실외활동 자제	실외에서의 활동을 제한 실내생활권고

〈오존 예보등급과 행동요령(환경부)〉

대상 물질	경보 단계	발령 기준
오존 (O ₃)	● 주의보	기상조건을 고려해 해당 지역 측정소 오존 농도가 0.12ppm 이상일 때
	● 경보	기상조건을 고려해 해당 지역 측정소 오존 농도가 0.3ppm 이상일 때
	● 중대경보	기상조건을 고려해 해당 지역 측정소 오존 농도가 0.5ppm 이상일 때

〈오존 경보 발령기준〉



일상생활에서 오존 줄이기

우리의 일상생활에서 오존의 기여물질인 질소산화물(NOx)과 휘발성유기화합물(VOCs)을 줄이는 노력을 통해 오존 농도를 저감할 수 있습니다.

오존을 줄일 수 있는 방법



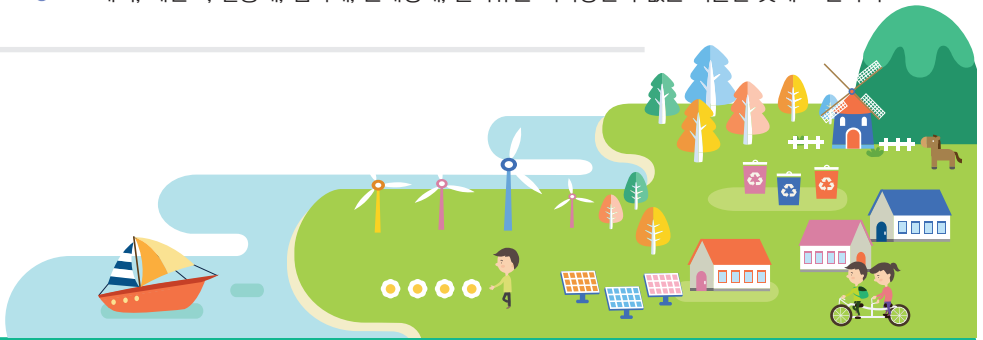
이동할 때

- ▶ 승용차 함께 타기, 대중교통 이용하기
- ▶ 차량 에어컨 사용을 자제하기
- ▶ 공회전을 하지 않기
- ▶ 경제속도(60~80km/h)를 준수하고 급출발·급제동하지 않기
- ▶ 급유 시 연료탱크 가득 채우기 않기



가정에서

- ▶ 스프레이, 페인트, 살충제, 손세정제에 휘발성 오염물질(VOC)의 방출이 적은 제품(수성, 무용매)을 사용하고 표준 사용량 사용하기
- ▶ 페인트 사용 시 분무기보다 붓을 활용하기
- ▶ 스프레이, 페인트, 살충제, 접착제, 손세정제, 멀티슈는 직사광선이 없는 서늘한 곳에 보관하기



전문가 컬럼

오존의 건강 영향과 피해의 최소화 방안

오존은 반응성이 매우 높은 물질로 기도를 자극하고 인체의 방어기전을 방해합니다. 오존에 반복 노출시에는 폐에 영향을 줄 수 있는데, 기침, 가슴통증, 메스꺼움, 목자극, 소화 등에 영향을 미치며, 기관지염, 심장질환, 폐기종과 천식을 악화시키고, 폐기능을 감소시킬 수 있습니다. 또한 여러 국가를 대상으로 한 많은 역학연구결과, 오존 농도가 높아지면 천식을 비롯한 호흡기질환으로 인한 입원환자 수, 응급실 방문 환자 수가 증가하고 조기사망의 위험이 증가하는 것으로 보고되고 있습니다. 특히 오존은 기관지 천식환자나 호흡기질환자, 어린이, 노약자 등에게는 많은 영향을 미치므로 주의해야 할 필요가 있습니다.

오존에 의한 건강상의 피해를 최소화하기 위해서는 오존 예보가 '나쁨' 이상인 경우, 하루 중 오존 농도가 최고로 높아지는 오후 2~5시에 외출을 삼가고 실외활동을 피하는 것이 좋습니다. 오존 경보가 발령된 경우 대기오염물질 배출 사업장은 조업시간과 연료사용을 줄이는 등 오염물질을 낮추도록 노력해야 하며, **시민들은 오존 경보 발령상황을 수시로 확인하고, 대중교통을 이용하는 것이 필요합니다.**

또한 실내 오존 발생원은 일부 공기청정기, 레이저 프린터, 복사기, 오존 살균세탁기 등이 있습니다. 실내에서 장시간 오존이 발생하거나 오존 이용 제품을 사용할 때는 실내에 맞바람이 들어오도록 주기적인 환기가 필요합니다.



배현주 한국환경연구원 연구위원

- 삼성서울병원 **아토피** 환경보건센터
- 고려대 안암병원 **천식** 환경보건센터
- 울산대병원 **아토피질환** 환경보건센터
- 제주대학교 **아토피피부염/알레르기비염** 환경보건센터
- 단국대의료원 **소아발달장애** 환경보건센터
- 서울대 의과대학 **선천성기형** 환경보건센터

- 동아대학교 **중금속노출** 환경보건센터
- 강원대병원 **호흡기질환 및 권역형** 환경보건센터
- 순천향대 천안병원 **충청남도 환경보건 기반구축** 환경보건센터
- 순천향대 구미병원 **환경독성** 환경보건센터
- 한국환경연구원 **환경보건정보** 환경보건센터
- 서경대학교 **환경보건 연구정보** 환경보건센터

- 원주 세브란스기독병원 **환경보건정보** 환경보건센터
- 가톨릭대학교 환경보건 **전문인력 육성** 환경보건센터
- 서울시립대학교 환경보건 **전문인력 육성** 환경보건센터
- 인하대병원 환경보건 **전문인력 육성** 환경보건센터
- 평택대학교 환경보건 **전문인력 육성** 환경보건센터

오존 노출, 건강영향 관련 연구 동향

오존과 입자상 물질 노출로 인한 우울증과 불안에 대한 연구

(Tianyu Zhao 외)

배경 및 목적

우울함과 불안은 복잡한 인과관계를 가지며 질병부담과 상당한 관련성이 있다. 대기오염은 이러한 정신 장애에 영향을 줄 수 있는 위험 요인으로 가정되어 왔으나 그 연관성은 아직 조사되지 않았다. 본 연구의 목적은 대기 중 오존과 입자상 물질(PM_{10})의 장기적인 노출과 일반인의 우울증, 불안 증상 진단과의 연관성을 파악하는 것이다.

방법

이 연구에서는 독일 작센 주(州)의 대형 법정 건강보험 회사의 데이터를 활용하였다. 2005~2014년 우울증과 불안 증상의 외래 환자 임상 진단에 대한 정보를 이용하였고, 대기중 오존과 PM_{10} 농도의 추정치를 16세 이상 인구 113만 명에 대한 거주 구역에 할당하였다. 우울증과 불안 증상은 진단된 수로 정의하였다. 대기오염과 우울증, 불안과의 연관성은 일반화 추정 방정식(Generalized estimation equation) 모형으로 평가하였다.

결과

연구기간 10년간 관찰된 우울증과 불안의 유병률은 각각 7.4%, 3.82%이었다. 다중오염물질 모델에서, 8시간 평균 오존 농도 최대값이 $120\mu g/m^3$ 를 초과하는 10일간 우울증에 대한 상대위험도(RR)는 1.01이었으며(95% 신뢰구간 (1.005, 1.014)), 불안에 대한 상대위험도는 1.007(95% 신뢰구간 (1.000, 1.014))으로 나타났다. 우울증과 불안에 대한 PM_{10} 의 영향 추정치는 PM_{10} 농도 $10\mu g/m^3$ 증가할 때 각각 1.180(95% CI (1.160, 1.201))과 1.176(95% CI (1.148, 1.205))이었다. 연령, 성별, 의료 접근성도 장애 진단과 관련이 있었다. 이러한 연관성은 단일과 다중오염물질 모델에서 일관되게 확인되었다.

결론

본 연구 결과는 대기 중 오존과 PM_{10} 의 농도 증가가 일반인의 우울증과 불안 진단의 위험을 높일 수 있음을 확인하였다. 그러나 개별적 대기오염 노출과 사회경제적 상태에 대한 자료가 부족하므로 이 연구 결과에 대한 해석에서 주의가 필요하다.

[출처: Zhao, T., Tesch, F., Markevych, I., Baumbach, C., JanBen, C., Schmitt, J., ... & Heinrich, J. (2020). Depression and anxiety with exposure to ozone and particulate matter: An epidemiological claims data analysis. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 228, 113562.]

- 한국환경연구원 환경보건센터 김시진 편집-

흡연자의 호흡기 질환과 장기적 오존 노출의 연관성 연구

(Paulin 외)

배경 및 목적

심한 흡연자들을 대상으로 장기적인 대기 오존 노출과 호흡기 질환의 연관성을 조사한 연구는 거의 없다. 이 연구의 목적은 과거 오존 노출과 만성폐쇄성폐질환(COPD)이 있거나 그 위험도를 가진 흡연자들의 COPD 위험도, 호흡기 질환의 컴퓨터 단층 촬영(CT) 스캔 측정치, 환자의 보고 결과(patient-reported outcomes), 질병 중증도 및 악화(Exacerbations)와의 연관성을 조사하는 것이다.

방법

(연구 설계, 셋팅, 참여자) 이 연구는 다중심 단면 연구(multicenter cross-sectional study)로써, 2010년 11월 1일부터 2018년 7월 31일까지의 기간 동안 수행되었으며 SPIROMICS (Subpopulations and Intermediate Outcome Measures in COPD Study) 연구의 보조 연구인 대기오염 연구에서 데이터를 확보하였다. 12개의 SPIROMICS 임상지역 중 7개 지역(뉴욕주 뉴욕, 메릴랜드주 볼티모어, 캘리포니아주 로스앤젤레스, 미시간주 앤아버, 캘리포니아주 샌프란시스코, 유타주 솔트레이크시티, 노스캐롤라이나주 윈스턴세일럼)에 등록된 참가자들의 데이터를 대상으로 분석하였다. 연구에 포함된 참가자(n=1874)는 과거 노출된 오존 데이터가 있었고, 과거 혹은 현재 흡연자였으며(20 pack-years), COPD 병력이 있거나 없었고, 시작연도를 중심으로 40-80세에 해당하였다. 1 pack-years 이상의 흡연력을 가진 건강한 사람은 이 분석에서 제외하였다.

(노출) 참여자 거주지의 10년 평균 대기 중 오존 농도가 코호트 특성의 시공간 모델링을 통해 추정되었다.

결과

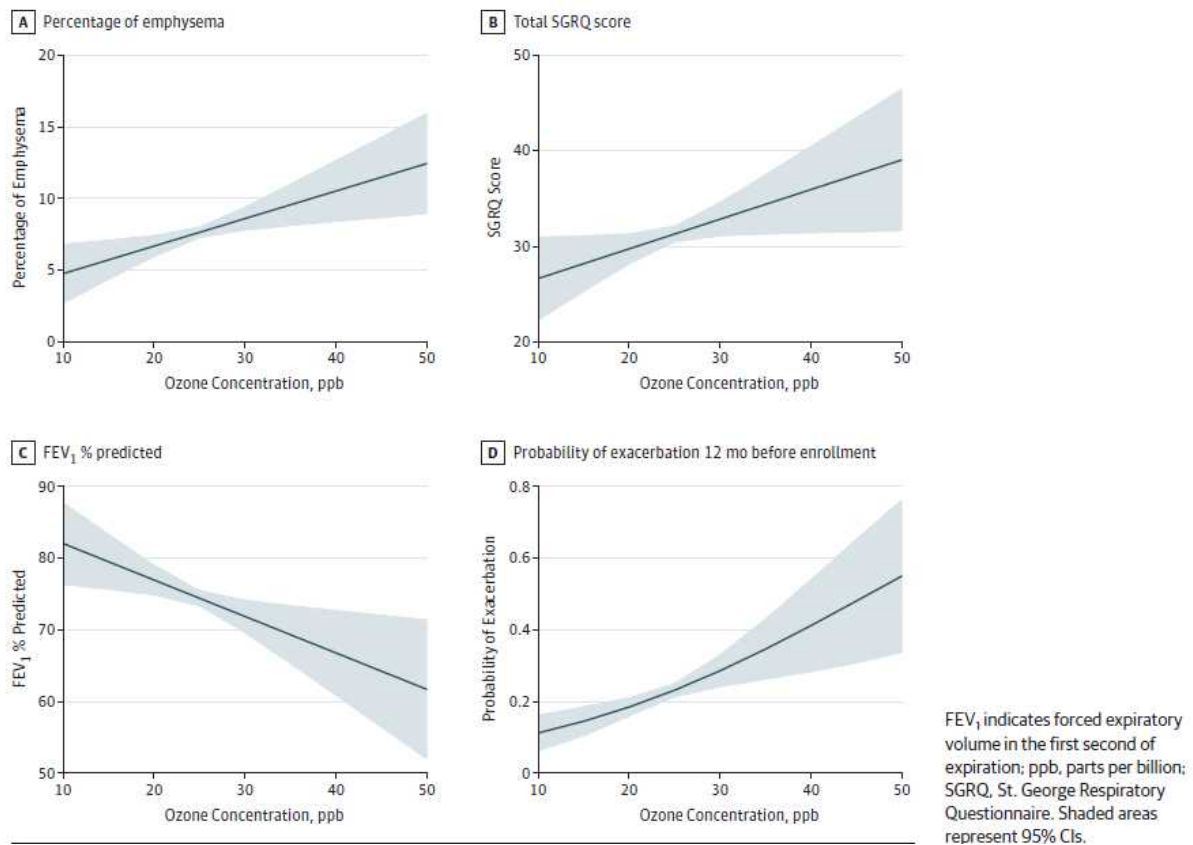
(주요 결과물과 측정지표) 폐활량으로 측정된 COPD, 만성 기관지염 진단, CT 스캔 측정(폐기종, 공기결립, 기도벽 두께), 6분 보행 검사, mMRC 호흡곤란 척도, COPD 평가 테스트(CAT), St. George 호흡기 설문지(SGRQ), FEV1(postbronchodilator forced expiratory volume in the first second of expiration) 예측치, SPIROMICS 등록 12개월 전 악화에 대한 자가 보고(인구통계, 흡연 및 직업 노출에 맞게 조정됨)

(분석 결과) 총 1874명의 참가자가 분석되었다(평균[SD] 연령 64.5[8.8]세, 백인 1479[78.9%]명, 남성 1013[54.1%]명). 보정된 분석에서, 오존 농도의 5ppb 증가는 더 큰 폐기종 비율($\beta = 0.94$; 95%CI, 0.25-1.64; $P = .007$)과 공기결립 비율($\beta = 1.60$; 95%CI, 0.16-3.04; $P = .03$), 더 낮은 점수의 mMRC 호흡곤란 척도($\beta = 0.10$; 95%CI, 0.03-0.17; $P = .008$), CAT($\beta = 0.65$; 95%CI, 0.05-1.26; $P = .04$), SGRQ ($\beta = 1.47$; 95%CI, 0.01-2.93; $P = .048$), 더 낮은 REV1% 예측치($\beta = -.50$; 95%CI, $-.42$ to $-.59$; $P = .01$), 그리고 모든 악화(odds ratio [OR], 1.37; 95%CI, 1.12-1.66; $P = .002$)와 심각한 악화(OR, 1.37; 95%CI, 1.07-1.76; $P = .01$)의 더 높은 가능성(odds)과 연관성이 있었다. 과거 오존 노출과 만성 기관지염, COPD, 기도벽 두께, 6분 보행 검사 결과는 관련성이 확인되지 않았다.

결론

이 연구는 심한 흡연 이력이 있는 개인에게 장기적인 오존 노출이 폐기능 저하, CT 스캔의 더 큰 폐기종과 공기결립, 더 좋지 않은 환자의 자가 보고 결과, 호흡 악화 증가와 연관성이 있음을 확인하였다. 이러한 오존 노출과 부정적인 호흡기계 결과물의 관련성은 대기오염 기준이 인구집단의 가장 취약한 집단을 보호할 수 있도록 설계되었는지 지속적으로 재검토할 필요

요가 있음을 알려준다.



[그림] 일부 건강영향 결과와 10년 평균 과거 오존 농도와 의 보정된 연관성

[출처: Paulin, L. M., Gassett, A. J., Alexis, N. E., Kirwa, K., Kanner, R. E., Peters, S., ... & Hansel, N. N. (2020). A association of long-term ambient ozone exposure with respiratory morbidity in smokers. JAMA internal medicine, 180(1), 106-115.]

— 한국환경연구원 환경보건센터 김시진 편집—

코로나19의 도시봉쇄 정책(lockdown)에 의한 유럽 도시 지역의 오존 농도 증가

(Stuart K. Grange 외)

배경 및 목적

2020년 3월, 중증급성호흡기증후군인 코로나바이러스2(SARS-CoV-2), 즉 COVID-19 질병을 일으키는 바이러스의 전이를 시급히 줄이기 위해 유럽 전역에서 봉쇄 형태의 비약물성 중재 조치가 적용되었다. 유럽 경제의 공격적인 축소화는 대기의 구성성분 중에서도 특히 이산화질소(NO_2)와 오존(O_3)에 광범위한 영향을 줄 수 있으므로, COVID-19의 도시봉쇄 정책이 오존 농도에 미치는 영향을 파악하였다.

방법

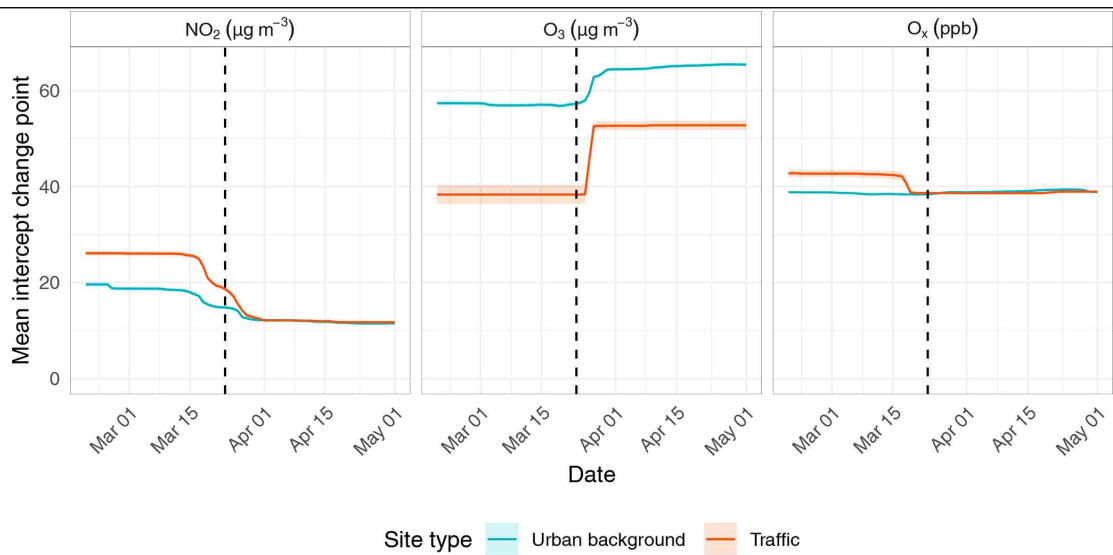
이 연구에서는 2020년 2월과 7월의 유럽 34개국, 102개 도시 지역의 246개 대기오염 측정망 사이트 자료를 분석하여, 농도 변화를 조사하였다. 이와 비교하기 위하여, 코로나 이전 상태를 가정한(business-as-usual) 대기질의 시계열 자료는 자연적인 기상 변화를 고려하기 위해 머신러닝 모델을 사용하여 추정하였다.

결과

전 유럽에서, 교통 지점과 도시배경 지점의 예상치 대비 이동성을 최대한 제한받은 시점에 이산화질소 농도는 각각 34%와 32%가 감소한 것으로 추정된 반면, 오존 농도는 각각 30%와 21%가 증가하였다. 이러한 2020년의 농도 변화를 맥락적으로 살펴보고자 2010년 이후의 평균 이산화질소 농도 경향을 산출하였으며, 2020년도 유럽 도시지역에서의 이산화질소 농도변화는 평균 7.6년의 감소량에 해당하거나 혹은 2028년에 예상되는 농도로 분석되었다.

결론

이산화질소 농도의 약 1/3이 감소함에도 불구하고 총 산화제(Ox)의 변화는 미미했다. 이것은 이산화질소 농도 감소가 오존 농도의 증가로 대체되었다고 볼 수 있다. 봉쇄 기간은 추가적인 저감 조치가 도입되지 않는 한 향후 유럽 도시 지역에서 기대되는 이산화질소 농도의 감소가 도시의 오존 오염도의 광범위한 증가로 이어질 수 있다는 것을 제시하였다.



[그림] 2020년 3-5월 사이 영국의 NO₂, O₃, O_x 2-절편 변곡점 그래프

[출처: Grange, S. K., Lee, J. D., Drysdale, W. S., Lewis, A. C., Hueglin, C., Emmenegger, L., & Carslaw, D. C. (2021). COVID-19 lockdowns highlight a risk of increasing ozone pollution in European urban areas. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(5), 4169–4185.]

— 한국환경연구원 환경보건센터 김시진 편집 —