

## OZONE(5)

연세대학교 보건대학원 / 김 치 년

CAS 번호: 10028-15-6

분자식 : O<sub>3</sub>

노출기준

- 중작업(Heavy work) 8시간 노출의 TLV-TWA는 0.05ppm(0.1mg/m<sup>3</sup>),
- 중등작업(Moderate work) 8시간 노출의 TLV-TWA는 0.08ppm(0.16mg/m<sup>3</sup>)
- 경작업(Light work) 8시간 노출의 TLV-TWA는 0.10ppm(0.2mg/m<sup>3</sup>)
- 중작업, 중등작업, 경작업(Heavy, moderate, or light workloads) 2시간 이하 노출의 TLV-TWA는 0.2ppm(0.39mg/m<sup>3</sup>)
- A4(인간의 발암성물질로 분류되지 않음)

### TLV 권고

하루 동안 단지 잠재적인 폐 변화를 일으키는 오존 노출이, 반복 노출에 의해 만성적인 영향을 이끌어낼 수 있었는지에 대한 질문은 앞의 연구들에 의해서는 그 답을 찾을 수 없었다. Folinsbee 등<sup>(42)</sup>이 수행한 연속 5일 동안의 반복적인 노출실험은 이 분야에 해결의 실마리를 제시하였다. 최초 2일 동안 폐기능은 감소되었으나, 주말까지는 일반적인 수준까지 되돌아왔다. 오직 기도반응 수

준만이 노출기간동안 지속적으로 증가하였다. 반응도가 주말을 지나면서 정상 수준까지 돌아온 이유에 대한 해답은 여전히 풀리지 않았다. 역학조사를 통해서도 명확한 해답을 찾지 못하였다.

1995년도에 발표된 EPA의 논문<sup>(47)</sup>에 의한 U.S. National Ambient Air Quality Standard(NAAQS)의 8시간, 0.08~0.1 ppm의 1차 오존 권장기준은 영향이 없는 최저한계치를 반영하지 못하고 있다. 이 범위는 차라리 그동안 연구되었던 가장 낮은 수

표 1. 특정 작업 부하량에 따른 TLV

작업부하량 (Workload)	노출기간 (시간)	폐 환기량 (L/min)	TLV-TWA	
			Watts	ppm
경작업(Light)	8	< 23	50	0.1
중등작업(Moderate)	8	24-43	125	0.08
중작업(Heavy)	8	44-63	175	0.05
경작업, 중등작업, 중작업 (Light, Moderate, or heavy)	≤ 2	-	-	0.2

준을 반영하고 있다. 심지어 이 수준은, 통계적으로 증명할 수 있는 영향이 있었으나, 임상적 의미는 해결하지 못하였다. 이를 토대로, EPA 보고<sup>(47)</sup>는 위험에 처한 인구집단을 대상으로 측정된 노출을, 과도한 폐염증과 폐감염이 쉽게 발생할 수 있는 인구에 대한 안전에 여유를 줄 수 있을 만큼 충분히 감소할 것이라는 언급과 함께 기대 초과기준을 8시간동안 0.09ppm으로 권고하였다. NAAQS가 근로자들보다 노출에 대해 높은 감수성을 지닌, 질병에 걸렸거나 건강한 사람들이 모두 포함된 일반 인구집단을 보호하고자 권고하였다는 점은 중요하다.

앞에서 언급한 정보들을 기초하여, 오존 농도, 노동량, 축적된 노출기간의 영향을 혼합한 다른 TLVs를 권고하였다. 즉, 2시간 또는 그 미만, 8시간과 같은 노출시간은 노동량에 좌우된다. 표1의 수치에 대한 이론적 해석은 다음과 같다.

#### 경작업(Light work)

EPA의 보고<sup>(47)</sup>는 일반 인구에 대한 안전 한계를 제공하기 위하여 8시간, 0.08~0.1ppm의 범위를 권장하고 있다. ACGIH는 이 범위의 최고치가 성인 근로자들에게 충분히 만족할만하다고 공감하고 있다. 이유는 활동적인 작업자는 특별히 오존의 영향에 감수성을 높일만한 위험인자를 가진 사람을 덜 포함하고 있기 때문이다.

#### 중등작업(Moderate work)

McDonnell과 Smith<sup>(48)</sup>의 회귀분석에서 0.08ppm의 8시간 노출은 폐활량의 8%를 평균적으로 감소시킬 것으로 예측하였다. 이 정도 수준의 폐 변화는 증상이 나타날 만한 수준보다는 낮지만, 반복적인 노출은 기도반응도에 축적된 영향을 일으킨다. 0.1ppm 정도의 더 높은 농도는 또한 더 큰 변화를 유발한다. 그러나 McDonnell과 Smith는 개인별 감수성에 큰 변이가 존재하여 그 수준에 노출된 일부 중에 25% 정도는

표 2. 작업량의 예

경작업(Light)	앉거나 서서 기계를 제어하는 일, 손이나 팔을 이용해서 할 수 있는 간단한 작업: 문서작업, 타자치기, 뜨개질
중등작업(Moderate)	작업장 주위를 걸어나다니며 올리거나 미는 작업: 망치질, 선반작업, 목공작업, 정원다듬기, 바닥청소
중작업(Heavy)	곡괭이나 삽을 이용한 작업: 철도선로 부설 작업

눈에 필 만한 폐활량 감소를 나타낼 수도 있었다는 점을 제시하였다,

**중작업(Heavy work)**

비록 노동량과 오존의 농도간의 상관관계가 명확하게 정량화되지는 못하였지만, 여러 연구자들은 중노동이 오존의 영향을 증가시킨다고 보고하고 있다. 따라서 0.05

ppm의 8시간 노출을 TLV로 권고하였다. 2시간 또는 그 미만의 노출시간, 그리고 2시간 또는 그 미만의 노출시간의 0.2ppm 노출을 경작업, 중등작업, 중작업의 TLV-TWA로 권고하였다. 이는 Hazucha<sup>(28)</sup>가 수행한 인간에 대한 2시간의 오존 노출에 대한 연구자료 분석에 근거하고 있다.

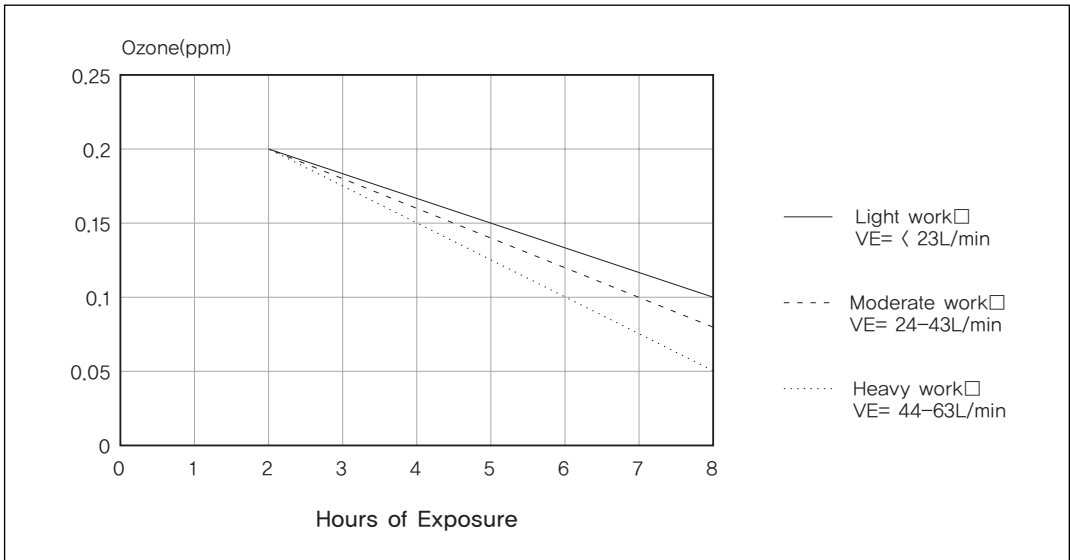


그림 1. 오존농도와 작업강도별 노출시간에 따른 분당 환기율(VE)

모든 작업량에 대한 2시간과 8시간 사이의 노출기간에 대하여, TLV-TWA는 주어진 작업량에 대한 0.2ppm과 8시간 TLV 사이에 선형으로 삽입된다. 유용한 자료를 이용하여, 선형 삽입모델은 2차의 기하급수적인 또는 다른 비선형 모델과 비교하였을 때

그 오차가 더 적다. 그림1은 그래픽 형태로 이들 권고내용에 설명을 제공한다.

선상의 점은 주어진 오존농도, 기간, 작업량에 대한 TLVs를 나타낸다. 다양한 작업량의 예는 표 2에 표현하였다. 📌

### 참 고 문 헌

28. Hazucha, M.J.: Relationship Between Ozone Exposure and Pulmonary Function Changes. J. Appl. Physiol. 62:1671.1680 (1987).
42. Folinsbee, L.J.; Horstman, D.H.; Kehrl, H.R.; et al.: Respiratory Responses to Repeated Prolonged Exposure to 0.12 ppm Ozone. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 149(1):98.105 (1994).
43. Linn, W.S.; Buckley, R.D.; Spier, C.E.; et al.: Health Effects of Ozone Exposure in Asthmatics. Am. Rev. Respir. Dis. 117:835.843 (1978).
44. Kehrl, H.R.; Hazucha, M.J.; Solic, J.J.; Bromberg, P.A.: Responses of Subjects with Chronic Obstructive Pulmonary Disease After Exposures to 0.3 ppm Ozone. Am. Rev. Respir. Dis. 131:719.724 (1985).
45. Foster, W.M.; Costa, D.L.; Langenback, E.G.: Ozone Exposure Alters Tracheobronchial Mucociliary Function in Humans. J. Appl. Physiol. 63:996.1002 (1987).
46. Abbey, D.E.; Petersen, F.; Mills, P.K.; Beeson, W.L.: Long-Term ambient Concentrations of Total Suspended Particulates, Ozone, and Sulfur Dioxide and Respiratory Symptoms in a Non-Smoking Population. Arch. Environ. Health 48:33.46 (1993).
47. U.S. Environmental Protection Agency: EPA OAQPS Staff Paper. Review of National Ambient Air Quality Standards for Ozone Assessment of Scientific and Technical Information. External Review Draft. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Washington, DC (February 1995).
48. McDonnell, W.F.; Smith, M.V.: Description of Acute Ozone Response as a Function of Exposure Rate and Total Inhaled Dose. J. Appl. Physiol. 76(6):2776.2784 (1994).