

## OZONE(6)

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

다음은 작업일 동안 작업률과 오존농도가 변하는 환경에서 오존에 대한 TLV결정 과정을 설명하고 있다. 축적된 노출량(dose)보다 오히려 노출농도(concentration)가 오존의 건강상 영향에 관련성이 있기 때문에, TWA의 노출평가는 적합한 스트레스의 측정 방법이 아니다. 오히려, 일일 노출은 TLV/BEI Book의 Appendix C에 수록된 혼합물질 조성을 이용하여 평가된 전체 노출과 함께 복

합된 노출로 취급되어야 한다.

그림 1 또는 표 3으로부터 특정 작업량과 오존 노출에 대한 허용 노출기간을 증명하는 것은 가능하다. 이는 주어진 오존농도와 작업량에 대한 노출의 축적된 최대기간으로 고려될 수 있으며, 정확하게 작업이 이루어진 최대기간의 일부를 산출하는 것이 가능하다. 작업일 내 모든 기간(노출시간) 부분의 총합은 1을 초과해서는 안 된다. 이는 각각의 노출의 합이 1을 초과해서는 안 된다는 혼합 공식과 유사하다. 하루 노동시간

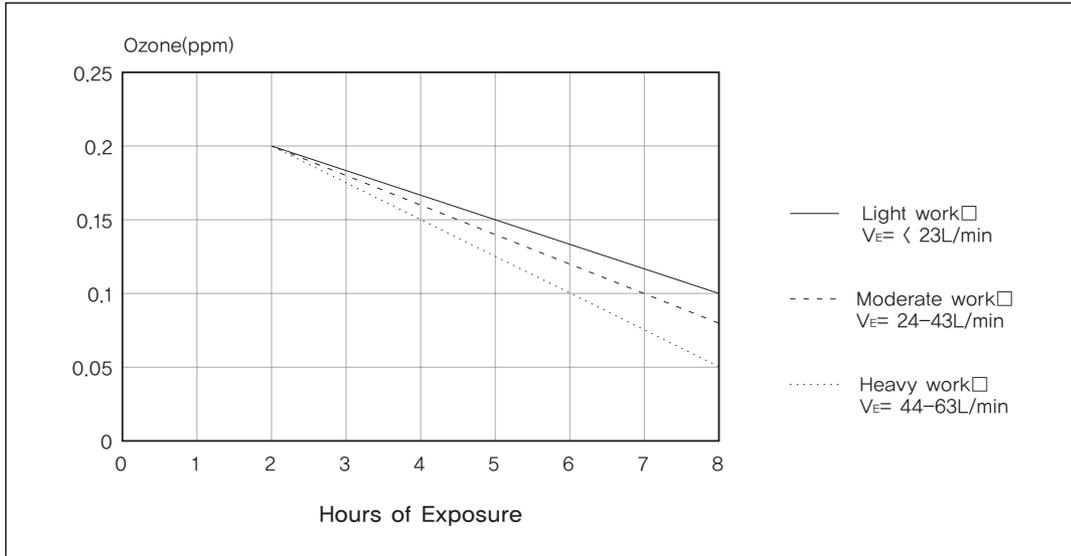


그림 1. 오존농도와 작업강도별 노출시간에 따른 분당 환기율(V<sub>E</sub>)

(workday)의 총합이 8시간을 넘지 않을 때에도 이 공식이 사용될 수 있다.

예를 들면 오존농도가 0.1ppm인 작업장에서 작업자가 경작업에 4시간, 중등작업에 2시간 그리고 중작업에 2시간을 참여하였다면 표 4를 이용하여 “노출지수”를 계산할 수 있다.

노출지수는 오존노출이 초과하고 있음을 나타낸다. 만약 대기오염이 오존의 공급원인 외부 환경에서 노출지수를 초과하였다면 다른 에너지 소비시 작업시간을 제한함으로써 조절할 수 있다. 위의 예에서, 중작업 혹은 중등작업 시간을 1시간으로 줄이는 것은 작업자의 노출을 허용할 수 있는 수준으로 관리하는 것이다. 이 예는 건설현장과 같은

표 3. 작업종류별 오존 농도에 따른 최대 허용 작업시간

오존농도	최대 허용 노출시간		
	경작업	중등작업	중작업
0.05ppm	11.0	9.5	8.0
0.10ppm	8.0	7.0	6.0
0.15ppm	5.0	4.5	4.0

표 4. 혼합된 일과 오존 노출의 예

작업량(작업부하)	오존농도	기간(시간)	최대기간(시간)	8시간기준 분율
적음(경작업)	0.1ppm	4hours	8hours	0.5
보통(중등작업)	0.1ppm	2hours	7hours	0.28
많음(강작업)	0.1ppm	2hours	6hours	0.33

외부작업의 경우에 해당되지만, 동일한 개념이 산업공정에 의해 오존이 발생하는 실내 작업에 적용될 수도 있다. 그러나 관리의 우선순위는 대기중 오존농도 관리를 통한 노출감소가 이루어져야 한다.

8시간보다 더 긴 노출시간에 대한, 그림 1 그래프의 외삽법(Extrapolation)은 작업량에 따라 0.05ppm 보다 낮은 TLVs를 함축하고 있었을 것이다. 0.05ppm 미만 농도인 오존의 영향은 실험동물, 인체노출, 역학조사 등을 통한 세부적인 연구가 없었다. EPA에 의해 정리된 자료<sup>(47)</sup>들은 0.05ppm의 농도에 8~12시간 동안 노출된 건강한 정상 성인에 대한 일시적이고, 불확실한 임상적 의의가 있는 영향을 보여주고 있다. 따라서 시간제한은 어떠한 작업 수준이든 0.05ppm 미만의 노출에 대하여 권장되지 않는다. 게다가, 가장 낮은 TLV는 0.05ppm이고, 작업량 또는 작업기간에 영향을 받지 않는다.

인간이나 동물에 대한 그 발암성 측면에서 오존을 분류하기 위한 자료가 불충분하다<sup>(13,18)</sup>. 결론적으로, 인간 발암물질로서 분류할 수 있는 A4 표시가 권고되었고 피부(skin) 또는 감작제(sensitizer; SEN)에 경

고주석, 그리고 TLV-STEL을 권고할만한 기초자료가 충분하지 않아 권고하지 않았다. 독자들은 8시간 가중평균농도(8시간-TWA)가 8시간 평균 노출기준(TLV-TWA)을 초과하지 않았어도 일시적으로 TLV-TWA를 상회하는 것을 관리하기 위해서 최근에 출판된 “Documentation of the TLVs and BEIs”의 서론부분 “Introduction to the Chemical Substance TLVs”에서 언급한 “Excursion Limit”에 대해 이해를 해야 한다.

### TLV의 역사적 변화

- 1946년-1947년 : MAC-TWA 1ppm
- 1948년-1953년 : TLV-TWA 1ppm
- 1954년-1988년 : TLV-TWA 0.1ppm
- 1976년-1988년 : TLV-STEL 0.3ppm
- 1987년 제안 : TLV-C 0.1ppm
- 1989년-1996년 : TLV-C 0.1ppm
- 1993년 제안 : TLV-TWA 0.05ppm; TLV-STEL 0.2ppm
- 1996년 제안 : TLV-TWA 0.05ppm(중작

- 업); TLV-TWA 0.08ppm(중등작업); TLV-TWA 0.1ppm(경작업)
- 1997년-현재 : TLV-TWA 0.05ppm(중작업); TLV-TWA 0.08ppm(중등작업); TLV-TWA 0.1ppm(경작업)
- 1997년 제안 : TLV-TWA 0.2ppm(중작업, 중등작업, 경작업으로 노출시간 2시간 미만인 경우), A4
- 1999년-현재 : TLV-TWA 0.2ppm(중작업, 중등작업, 경작업으로 노출시간 2시간 미만인 경우), A4 

### 참 고 문 헌

13. Stokinger, H.E.; Wagner, W.D.; Dobrogorski, O.J.: Ozone Toxicity Studies. Arch. Ind. Health 16:514.522(1957).
14. Tyler, W.S.; Tyler, N.K.; Last, J.A.; et al.: Comparison of Daily and Seasonal Exposures of Young Monkeys to Ozone. Toxicology 50:131.144 (1988).
42. Folinsbee, L.J.; Horstman, D.H.; Kehrl, H.R.; et al.: Respiratory Responses to Repeated Prolonged Exposure to 0.12ppm 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 0.3ppm 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).