

산업위생관리기사 필기 공식 정리

제1과목 산업위생학개론

1. 농도단위 ★★★★★

- 산업위생 : 25℃, 1기압. 이때 물질 1mol의 부피는 24.45L
- 산업환기 : 21℃, 1기압. 이때 물질 1mol의 부피는 24.1L
- 일반대기 : 0℃, 1기압. 이때 물질 1mol의 부피는 22.4L
- 질량농도와 용량 농도의 환산 (25℃, 1기압)

$$ppm \rightarrow mg/m^3, mg/m^3 = ppm \times \frac{\text{분자량}}{24.45(L)} \quad mg/m^3 \rightarrow ppm, ppm = mg/m^3 \times \frac{24.45(L)}{\text{분자량}}$$

2. 보일-샤를의 법칙

$$\frac{PV}{T} = K(\text{일정상수})$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1} \times \frac{P_1}{P_2}$$

3. 이상기체방정식

$$K = \frac{PV}{T} = \frac{1\text{기압} \times 22.4L/mol}{273K} = 0.082L \cdot atm/mol \cdot K(\text{기체상수} : R)$$

$$PV = nRT \quad n = \frac{\text{기체무게}(Wg)}{\text{분자량}(M)} \quad PV = \frac{Wg}{M} RT$$

4. TWA(시간가중 평균노출기준) : 1일 8시간, 주 40시간 동안의 평균농도 ★★

$$TWA = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n}{8}$$

C : 유해인자의 측정농도 (단위 : ppm 또는 mg/m³)

T : 유해인자의 발생시간 (단위 : hr)

5. 혼합물질의 허용농도 ★★★★★

노출지수(EI) : 노출지수가 1을 초과하면 노출기준을 초과한다고 평가

$$\text{노출지수}(EI) = \frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n}$$

$$\text{혼합물의 허용농도} = \frac{\text{혼합물의 공기중 농도}}{\text{노출지수}}$$

$$\text{혼합물의 공기중 농도} = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

6. 액체 혼합물질의 구성성분을 알 때 혼합물의 허용농도 (% 등의 비율이 주어졌을 때) ★★★★★

$$\text{혼합물의 TLV}(mg/m^3) = \frac{1}{\frac{f_a}{TLV_a} + \frac{f_b}{TLV_b} + \frac{f_n}{TLV_n}}$$

f_a, f_b, f_n : 액체 혼합물에서 각 성분 무게(중량)의 구성비(%)

$TLVa, TLVb, TLVn$: 해당물질의 TLV(mg/m³)

7. 비정상 작업시간에 대한 허용농도 보정 ★★★

1) OSHA의 보정방법

$$1. \text{ 급성중독을 일으키는 물질(일산화탄소)} : \text{보정된 허용농도} = 8\text{시간 허용농도} \times \frac{8\text{시간}}{\text{노출시간/일}}$$

$$2. \text{ 만성중독을 일으키는 물질(중금속)} : \text{보정된 허용농도} = 8\text{시간 허용농도} \times \frac{40\text{시간}}{\text{작업시간/주}}$$

2) Brief와 Scala의 보정방법

$$RF = \frac{8}{H} \times \frac{24-H}{16} \quad \text{일주일 } RF = \frac{40}{H} \times \frac{168-H}{128}$$

H : 비정상적인 작업시간(노출시간/일) : 노출시간/주

16 : 휴식시간

128 : 일주일 휴식시간

$$\text{보정된 노출기준} = TLV \times RF$$

8. 체내흡수량(안전흡수량, 안전폭로량 : SHD)

$$\text{체내흡수량}(mg) = C \times T \times V \times R \quad - \text{안전계수와 체중 고려한 것}$$

C : 공기중 유해물질 농도(mg/m^3)

T : 노출시간(hr)

V : 폐환기율, 호흡률(m^3/hr)

R : 체내잔류율(자료없는 경우 1.0)

9. Haber 법칙

$K = C \times T$ 단시간 노출시 유해물질지수는 농도(C)와 노출시간(T)의 곱으로 계산

10. NIOSH의 감시기준(AL)과 최대허용기준(MPL) ★

$$AL(kg) = 40 \left(\frac{15}{H} \right) (1 - 0.004 |V - 75|) \left(0.7 + \frac{7.5}{D} \right) \left(1 - \frac{F}{F_{\max}} \right)$$

H : 대상물체의 수평거리

V : 대상물체의 수직거리

D : 대상물체의 이동거리

F : 중량물 취급작업의 빈도

$$\text{최대허용기준(MPL)} = 3 \times AL(\text{감시기준})$$

11. NIOSH 중량물 취급작업의 권고기준(RWL) ★

$$\text{RWL}(kg) = LC \times HM \times VM \times AM \times FM \times CM$$

- LC : 중량상수(부하상수)(23kg : 최적 작업상태 권장 최대무게)
- HM : 수평계수
- VM : 수직계수
- DM : 물체 이동거리 계수
- AM : 비대칭계수
- FM : 작업빈도 계수
- CM : 물체를 잡는데 따른 계수

12. NIOSH 중량물 취급지수(들기지수 : LI) ★★

$$LI = \frac{\text{물체 무게}(kg)}{RWL(kg)}$$

13. 피로예방 허용작업시간(작업강도에 따른 허용작업시간) ★

$$\log T_{end} = 3.720 - 0.1949 E \quad E : \text{작업대사량}(kcal/min)$$

$$T_{end} : \text{허용작업시간}(min)$$

14. 피로예방 휴식시간비(Hertig 식) ★★★

$$T_{rest}(\%) = \left[\frac{PWC의 \frac{1}{3} - \text{작업대사량}}{\text{휴식대사량} - \text{작업대사량}} \right] \times 100 \quad T_{rest} : 60분 기준$$

15. 작업강도(% MS) ★

$$\text{작업강도}(\% MS) = \frac{RF}{MS} \times 100$$

RF : 작업시 요구되는 힘
MS : 근로자가 가지고 있는 최대 힘

16. 적정작업시간(sec)

$$\text{적정작업시간}(sec) = 671120 \times \%MS^{-2.222}$$

※ 계속 작업 한계시간(CMT) ★

$$\log CMT = 3.724 - 3.25 \log RMR$$

17. 작업대사율 ★★

$$\text{작업대사율}(RMR) = \frac{\text{작업대사량}}{\text{기초대사량}} = \frac{\text{작업시 대사량} - \text{안정시 대사량}}{\text{기초대사량}}$$

18. 사이토 오시마 공식 ★★

$$\text{실노동률}(\text{실동률})(\%) = 85 - (5 \times RMR)$$

19. 연천인율 ★

$$\text{연천인율} = \frac{\text{연간재해자수}}{\text{연평균근로자수}} \times 1000$$

20. 도수율 ★

$$\text{도수율} = \frac{\text{재해건수}}{\text{연근로시간수}} \times 1000000 \quad \text{환산도수율} = \frac{\text{도수율}}{10}$$

21. 도수율과 연천인율의 관계

$$\text{도수율} = \frac{\text{연천인율}}{2.4} \quad \text{연천인율} = \text{도수율} \times 2.4$$

22. 강도율 ★

$$\text{강도율} = \frac{\text{근로손실일수}}{\text{연근로시간수}} \times 1000$$

사망및 1, 2, 3급(신체장애등급)의 근로손실일수 : 7500일
근로손실일수 산정기준(입원, 휴업, 휴직, 요양 경우) : 총휴업일수 $\times \frac{300}{365}$

23. 종합재해지수(FSI)

$$\text{종합재해지수} = \sqrt{\text{도수율} \times \text{강도율}}$$

24. 환산재해율

$$\text{환산재해율} = \frac{\text{환산재해자수}}{\text{상시근로자수}} \times 100$$

제2과목 작업위생측정 및 평가

25. 공기채취기구(Pump)의 채취유량 ★

$$\text{채취유량}(L/\text{min}) = \frac{\text{비누거품이 통과한 용량}(L)}{\text{비누거품이 통과한 시간}(min)}$$

$$\text{공기 채취량} = \text{pump}(LPM) \times \text{측정(채취)시간}$$

26. 정량한계(LOQ) ★★

$$\text{표준편차} \times 10 \quad \text{검출한계}(LOD) \times 3(\text{or } 3.3)$$

$$\text{정량한계 기준으로 최소한 채취량} = \frac{LOQ}{\text{추정농도}} \quad \frac{LOQ}{\text{과거농도}}$$

27. 회수율, 탈착율

$$\text{회수율}(\%) = \frac{\text{분석량}}{\text{침가량}} \times 100$$

$$\text{탈착율}(\%) = \frac{\text{분석량}}{\text{침가량}} \times 100$$

28. 보정농도 / 규정농도(노르말 농도 : N)

$$\text{보정농도} = \frac{\text{측정농도}}{\text{탈착효율}} \quad \text{농도}(mg/m^3) = \frac{\text{질량}}{\text{부피(공기채취량)}}$$

$$N(eq/L) = \frac{\text{용질}(g\text{당량})}{\text{용액}(L)} \Rightarrow eq = \left[\frac{\text{분자량}}{\text{가수(산화수)}} \right]$$

29. 농도계산

① 흡착관 이용 채취 경우 ★

$$C(mg/m^3) = \frac{(W_f + W_b) - (B_f + B_b)}{V \cdot DE}$$

C : 농도(mg/m^3)

W_f : 앞층 분석 시료량(μg)

W_b : 뒷층 분석 시료량(μg)

B_f : 공시료 앞층 분석 시료량(μg)

B_b : 공시료 뒷층 분석 시료량(μg)

V : 공기채취량 \rightarrow pump 평균유량(L/min) \times 시료채취시간(min)

DE : 탈착효율

② 흡수액 이용 채취 경우

$$C(mg/m^3) = \frac{W - B}{V \cdot DE}$$

W : 분석된 시료량(μg)

B : 공시료 분석 시료량(μg)

V : 공기채취량 \rightarrow pump 평균유량(L/min) \times 시료채취시간(min)

DE : 탈착효율

30. 침강속도

① 스토크(stokes)법칙

$$V(\text{cm/sec}) = \frac{g \cdot d^2(\rho_1 - \rho)}{18\mu}$$

V : 침강속도(cm/sec)

g : 중력가속도(980cm/sec)

d : 입자 직경(cm)

ρ_1 : 입자 밀도(g/cm³)

ρ : 공기밀도(0.0012g/cm³)

μ : 공기점성계수(20°C : 1.81×10^{-4} g/cm·sec

25°C : 1.85×10^{-4} g/cm·sec)

② Lippman식 (입자크기가 1~50 μm 경우 적용) ★

$$V(\text{cm/sec}) = 0.003 \times \rho \times d^2$$

V : 침강속도(cm/sec)

ρ : 입자 밀도(비중)(g/cm³)

d : 입자 직경(μm)

31. 농도계산 (시료채취) ★

$$C(\text{mg/m}^3) = \frac{(W' - W) - (B' - B)}{V}$$

C : 농도(mg/m³)

W' : 시료채취 후 여과지 무게(μg)

W : 시료채취 전 여과지 무게(μg)

B' : 시료채취 후 공여과지 평균무게(μg)

B : 시료채취 전 공여과지 평균무게(μg)

V : 공기채취량 \rightarrow pump 평균유량(L/min) \times 시료채취시간(min)

공시료 0으로 가정

$$\text{농도}(\text{mg/m}^3) = \frac{\text{시료채취 후 여과지 무게} - \text{시료채취 전 여과지 무게}}{\text{공기채취량}}$$

32. 누적오차(총 측정오차) ★★

$$E_c = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2}$$

E_c : 누적오차(%)

33. 중량분석방법

$$C(\text{mg/m}^3) = \frac{[(WS_p - WS_i) - (WB_p - WB_i)]}{V} \times 1000$$

C : 분진농도(mg/m³)

WS_p : 채취 후 여과지의 무게(mg)

WS_i : 채취 전 여과지의 무게(mg)

WB_p : 채취 후 공시료의 무게(mg)

WB_i : 채취 전 공시료의 무게(mg)

V : 공기채취량(m³)

34. 흡광도(A) ★★

$$A = \xi Lc = \log \frac{I_o}{I_t} = \log \frac{1}{\text{투과율}}$$

ξ : 물 흡광계수

투과율=(1-흡수율)

35. 금속농도 ★

C : 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 W : 시료 중 분석한 농도($\mu\text{g}/\text{mL}$)
 V_s : 시료의 최종 용액부피(mL)
 W' : 공시료의 분석한 농도($\mu\text{g}/\text{mL}$)
 V_s' : 공시료의 최종 용액부피(mL)
 V : 공기채취량
 RE : 회수율(%)

$$C(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{WV_s - W' V_s'}{V \times RE}$$

예시)

① 공시료에 대한 제시가 없는 경우

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{시료채취 후 여과지 무게} - \text{시료채취 전 여과지 무게}}{\text{공기채취량}}$$

② 시료 및 공시료의 분석량과 회수율이 있는 경우

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{시료 분석량} - \text{공시료 분석량}}{\text{공기채취량} \times \text{회수율}}$$

③ 공시료 분석량이 없는 경우

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{분석량}}{\text{공기채취량} \times \text{회수율}}$$

④ 시료의 용액 부피가 제시된 경우

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{분석농도} \times \text{용액부피}}{\text{공기채취량}}$$

36. 기하평균 ★★★

① $\log GM = \frac{\log X_1 + \log X_2 + \dots + \log X_n}{N}$ ② $GM = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n}$

37. 표준편차

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad \text{측정횟수 } N \text{이 클 경우: } SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

38. 표준오차

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{N}} \quad SD : \text{표준편차} \quad N : \text{자료의 수}$$

39. 기하표준편차(GSD) ★

$$\log GSD = \left[\frac{(\log X_1 - \log GM)^2 + (\log X_2 - \log GM)^2 + \dots + (\log X_n - \log GM)^2}{N-1} \right]^{0.5} \quad GM : \text{기하평균}$$

40. 변이계수(CV) ★

$$CV(\%) = \frac{\text{표준편차}(SD)}{\text{산술평균}(M)} \times 100$$

41. 측정결과 평가 ★★★

① X1(시간가중평균값) $X_1 = \frac{C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \dots + C_n T_n}{8}$	② Y(표준화값) $Y = \frac{X_1}{\text{허용기준}}$	③ LCL(하한치)계산 $LCL = Y - \text{시료채취 분석오차}(SAE)$	④ 판정 하한치 > 1일 때 허용기준 초과
--	--	---	-------------------------------

42. 최고농도(ppm) ★★

$$\text{최고농도(ppm)} = \frac{\text{화학물질의 증기압}}{760} \times 10^6$$

43. 증기화 위험지수(VHI) / VHR ★★

$$VHI = \log\left(\frac{C}{TLV}\right) \quad C : \text{포화농도(최고농도)} \quad TLV : \text{노출기준} \quad VHR = \frac{C}{TLV}$$

44. 습구흑구온도지수(WBGT) ★★★

- 옥외(태양광선이 내리쬐는 장소)

$$WBGT(^{\circ}C) = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.2 \times \text{흑구온도} + 0.1 \times \text{건구온도}$$

- 옥내(태양광선이 내리쬐지 않는 장소)

$$WBGT(^{\circ}C) = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.3 \times \text{흑구온도}$$

45. 소음수준 평가 ★★★

$$TWA = 16.61 \log\left(\frac{D}{100}\right) + 90 \quad TWA : \text{시간가중평균소음수준[dB(A)]} \quad D : \text{누적소음노출량(\%)} \\ 100 : 12.5 \times T \text{ (노출시간)}$$

제3과목 작업환경 관리대책**46. 단위**

1) 길이

$$1\text{m} = 10^2\text{cm} = 10^3\text{mm} = 10^6\mu\text{m} = 10^9\text{nm}$$

$$1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$$

2) 질량

$$1\text{kg} = 10^3\text{g} = 10^6\text{mg} = 10^9\mu\text{g}$$

$$1\text{ton} = 10^3\text{kg}$$

$$1\mu\text{g} = 10^{-3}\text{mg} = 10^{-6}\text{g}$$

3) 시간

$$1\text{day} = 24\text{hr} = 1,440\text{min} = 86,400\text{sec}$$

4) 넓이(면적)

$$1\text{m}^2 = 10^4\text{cm}^2 = 10^6\text{mm}^2$$

5) 체적(부피)

$$1\text{m}^3 = 10^6\text{cm}^3 = 10^9\text{mm}^3$$

$$1\text{L} = 10^{-3}\text{KL} = 10^3\text{mL} = 10^6\mu\text{L}$$

6) 온도

$$\text{화씨온도}(^{\circ}\text{F}) = \left[\frac{9}{5} \times \text{섭씨온도}(^{\circ}\text{C}) \right] + 32$$

$$\text{절대온도(K)} = 273 + \text{섭씨온도}(^{\circ}\text{C})$$

$$\text{랭킨온도(R)} = 460 + \text{화씨온도}(^{\circ}\text{F})$$

7) 압력

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2 = 10^{-5}\text{bar} = 10\text{dyne/cm}^2 = 1.020 \times 10^{-1}\text{mmHg} = 9.869 \times 10^{-6}\text{atm}$$

$$1\text{기압} = 1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 10,332\text{mmHg} = 1.0332\text{kgf/cm}^2 = 10,332\text{kgf/m}^2$$

$$= 14.7\text{Psi} = 760\text{Torr} = 10,332\text{mmHg} = 10,332\text{mmHg} = 1,013\text{hpa} = 1013.25\text{mb}$$

$$= 1.01325\text{bar} = 10,113 \times 10^5\text{dyne/cm}^2 = 1.013 \times 10^5\text{Pa}$$

47. 밀도/비중량/비중/비체적

$$\text{밀도}(\rho) = \frac{\text{질량}}{\text{부피}} \quad \text{비중량}(\gamma) = \frac{\text{중량}}{\text{부피}} \quad \text{비중}(S) = \frac{\text{어떤 대상물질의 밀도}}{\text{표준물질의 밀도}} \quad \text{비체적}(V_s) = \frac{1}{\text{밀도}(kg/m^3)}$$

48. 동점성계수

$$\text{동점성계수}(\nu) = \frac{\text{점성계수}}{\text{밀도}}$$

49. 연속방정식 ★★★

$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$ Q : 유량(m^3/min) A_1, A_2 : 각 유체통과 단면적(m^2) V_1, V_2 : 각 유체의 통과 유속(m/sec)

$$Q = A \times V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times V \quad A : \text{단면적} \quad V : \text{유속} \quad * \text{곧은각관의 직경(상당직경)} \quad d = \frac{2ab}{a+b}$$

50. 레이놀즈 수(Re) ★★★

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{V d}{\nu} = \frac{\text{관성력}}{\text{점성력}}$$

ρ : 유체밀도(kg/m^3)
 d : 유체가 흐르는 직경(m)
 V : 유체의 평균유속(m/sec)
 μ : 유체의 점성계수($kg/m \cdot s$ (Poise))
 ν : 유체의 동점성계수(m^2/sec)

* 표준공기가 관내 유동인 경우 레이놀즈 수

$$Re = \frac{V d}{\nu} = \frac{V d}{1.51 \times 10^{-5}} = 0.666 V d \times 10^5$$

51. 밀도보정계수

$$\text{밀도보정계수}(d_f; \text{무차원}) = \frac{(273+21)(P)}{(C+273)(760)} \quad P : \text{대기압}(mmHg, inHg)$$

$\rho_{(a)} = \rho_{(s)} \times d_f$	$\rho_{(a)}$: 실제공기의 농도 $\rho_{(s)}$: 표준상태의 공기밀도($1.203kg/m^3$)
--------------------------------------	---

52. 최고(포화)농도, 유효비중 ★

$$\text{최고(포화)농도} = \frac{P}{760} \times 10^2 (\%) = \frac{P}{760} \times 10^6 (ppm) \quad \text{유효비중} = \frac{(\text{농도} \times \text{비중}) + (10^6 - \text{농도}) \times \text{공기비중}(1.0)}{10^6}$$

53. 속도압(동압)(VP) ★★★

$$\text{전압}(TP) = \text{동압}(VP) + \text{정압}(SP)$$

공기속도(V)와 속도압(VP)의 관계

$$\text{속도압(동압)}(VP) = \frac{\gamma V^2}{2g} \text{에서, } V = \sqrt{\frac{2gVP}{\gamma}} \quad \text{표준공기인 경우 } \gamma = 1.203kgf/m^3, g = 9.81/s^2$$

$V = 4.043 \sqrt{VP} \quad VP = \left(\frac{V}{4.043} \right)^2$	V : 공기속도(m/sec) VP : 동압(속도압)(mmH_2O)
---	--

54. 후드 압력손실

- ① 가속손실 : 가속손실 (ΔP) = $1.0 \times VP$ VP : 속도압(동압)(mmH_2O)
- ② 유입손실 : 유입손실 (ΔP) = $F \times VP$ F : 유입손실계수

55. 후드정압(SP_h) ★★

$\begin{aligned} \text{후드정압}(SP_h) &= VP + \Delta P \\ &= VP + (F \times VP) \\ &= VP(1 + F) \end{aligned}$	VP : 속도압(동압)(mmH_2O) F : 유입손실계수 ΔP : 후드압력손실(mmH_2O) → 유입손실
---	---

56. 유입계수(Ce) 후드유입손실계수(F) ★★

$$\text{유입계수}(Ce) = \frac{\text{실제적 유량}}{\text{이론적인 유량}} = \frac{\text{실제 흡인유량}}{\text{이상적인 흡인유량}}$$

$$\text{후드유입 손실계수}(F) = \frac{1 - Ce^2}{Ce^2} = \frac{1}{Ce^2} - 1$$

$$\text{유입계수}(Ce) = \sqrt{\frac{1}{1 + F}}$$

57. 원형 직선 Duct의 압력손실 ★

압력손실(ΔP) = $F \times VP(\text{mmH}_2\text{O})$: Darcy-Weisbach식

$$F(\text{압력손실계수}) = 4 \times f \times \frac{L}{D} \left(= \lambda \times \frac{L}{D} \right)$$

λ : 관마찰계수
 D : 덕트 직경(m)
 L : 덕트 길이(m)

$$VP(\text{속도압}) = \frac{\gamma \cdot V^2}{2g} (\text{mmH}_2\text{O})$$

γ : 비중(kg/m³) V : 공기속도(m/sec)
 g : 중력가속도(m/sec²)

$$f(\text{페닝마찰계수 : 표면마찰계수}) = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = 4f$$

58. 장방형 직선 Duct의 압력손실 ★

압력손실(ΔP) = $F \times VP(\text{mmH}_2\text{O})$

$$F(\text{압력손실계수}) = f \times \frac{L}{D}$$

f : 페닝마찰계수
 D : 덕트 직경(m) L : 덕트 길이(m)

$$VP(\text{속도압}) = \frac{\gamma \cdot V^2}{2g} (\text{mmH}_2\text{O})$$

γ : 비중(kg/m³) V : 공기속도(m/sec)
 g : 중력가속도(m/sec²)

$$\text{상당직경}(d_e) = \frac{2ab}{a+b} \quad a, b : \text{각 변의 길이}$$

$$\text{상당직경}(d_e) = 1.3 \times \frac{(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.625}} \quad \text{양변의 비가 75\%이상일 경우}$$

59. 곡관 압력손실

$$\text{압력손실}(\Delta P) = \left(\xi \times \frac{\theta}{90} \right) \times VP$$

ξ : 압력손실계수
 θ : 곡관의 각도 VP : 속도압(동압)(mmH₂O)

60. 합류관 압력손실

$$\text{압력손실}(\Delta P) = \Delta P_1 + \Delta P_2 = (\xi_1 VP_1) + (\xi_2 VP_2)$$

61. 확대관 압력손실 ★

정압회복계수(R) = $1 - \xi$	
압력손실(ΔP) = $\xi \times (VP_1 - VP_2)$ VP_1 : 확대 전의 속도압(mmH ₂ O) VP_2 : 확대 후의 속도압(mmH ₂ O)	정압회복량($SP_2 - SP_1$) = $(VP_1 - VP_2) - \Delta P$ SP_2 : 확대 후의 정압(mmH ₂ O) SP_1 : 확대 전의 정압(mmH ₂ O)

$$\begin{aligned} SP_2 - SP_1 &= (VP_1 - VP_2) - [\xi(VP_1 - VP_2)] \\ &= (1 - \xi)(VP_1 - VP_2) \\ &= R(VP_1 - VP_2) \end{aligned}$$

$$\text{확대측 정압}(SP_2) = SP_1 + R(VP_1 - VP_2)$$

62. 축소관 압력손실 ★

$\text{압력손실}(\Delta P) = \xi \times (VP_2 - VP_1)$ $VP_2 : \text{축소 후의 속도압(mmH}_2\text{O)}$ $VP_1 : \text{축소 전의 속도압(mmH}_2\text{O)}$	$\text{정압감소량}(SP_2 - SP_1) = -(VP_2 - VP_1) - \Delta P$ $= -(1 + \xi)(VP_2 - VP_1)$ $SP_2 : \text{축소 후의 정압(mmH}_2\text{O)}$ $SP_1 : \text{축소 전의 정압(mmH}_2\text{O)}$
--	---

63. 배기구 압력손실 ★

$$\text{압력손실}(\Delta P) = \xi \times VP$$

$$\text{배기구의 정압}(SP) = (\xi - 1) \times VP$$

64. 전체환기량(필요환기량, 희석환기량) : 평형상태일 경우

① 유효환기량(Q') = $\frac{G}{C}$

G : 유해물질 발생률(L/hr)
 C : 공기 중 유해물질 농도

② 실제환기량(Q) = $Q' \times K$

Q' : 유효환기량(m^3/min)
 K : 작업장 내 공기의 불완전 혼합에 대해 안전확보를 위한 안전계수(여유계수; 무차원)

③ 필요환기량(Q : m^3/min) ★★★

$Q = \frac{G}{TLV} \times K$	G : 시간당 공기 중으로 발생된 유해물질의 용량(발생률; L/hr) TLV : 허용기준 K : 안전계수(여유계수)
------------------------------	--

65. 전체환기량(필요환기량, 희석환기량) : 유해물질 농도 증가시

① 초기상태를 $t_1=0$, $C_1=0$ (처음농도 0)이라 하고 농도 C 에 도달하는데 걸리는 시간(t)

$$t = -\frac{V}{Q'} \left[\ln \left(\frac{G - Q' C}{G} \right) \right]$$

V : 작업장의 기적(용적)(m^3)
 Q' : 유효환기량(m^3/min)
 G : 유해가스의 발생량(m^3/min)
 C : 유해물질 농도(ppm) : 계산시 10^6 으로 나누어 계산

② 처음농도 0인 사태에서 t 시간 후의 농도(C)

$$C = \frac{G(1 - e^{-\frac{Q'}{V}t})}{Q'}$$

66. 전체환기량(필요환기량, 희석환기량) : 유해물질 농도 감소시 ★★

① 초기시간 $t_1=0$ 에서의 농도 C_1 으로부터 C_2 까지 감소하는데 걸린 시간(t)

$$t = -\frac{V}{Q'} \ln \left(\frac{C_2}{C_1} \right)$$

② 작업 중지 후 C_1 인 농도로부터 t 분 지난 후 농도(C_2)

$$C_2 = C_1 e^{-\frac{Q'}{V}t}$$

67. 전체환기량(필요환기량, 희석환기량) : 이산화탄소 제거가 목적일 경우

$$\text{필요환기량}(Q : \text{m}^3/\text{hr}) = \frac{M}{C_s - C_o} \times 100$$

M : CO_2 발생량(m^3/hr)
 C_s : 실내 CO_2 기준농도(%) ($\approx 0.1\%$)
 C_o : 실외 CO_2 기준농도(%) ($\approx 0.03\%$)

68. 1시간당 공기교환 횟수(ACH) ★

$$ACH = \frac{\text{필요환기량}(m^3/hr)}{\text{작업장용적}}$$

$$ACH = \frac{\ln(\text{측정초기농도} - \text{외부의 } CO_2\text{농도}) - \ln(\text{시간지난후 } CO_2\text{농도} - \text{외부의 } CO_2\text{농도})}{\text{경과된 시간}(hr)}$$

69. 급기중 재순환률(%) / 급기중 외부공기 포함률(%) ★

$$\text{급기중 재순환률}(\%) = \frac{\text{급기 공기 중 } CO_2\text{농도} - \text{외부 공기 중 } CO_2\text{농도}}{\text{재순환 공기 중 } CO_2\text{농도} - \text{외부 공기 중 } CO_2\text{농도}} \times 100$$

$$\text{급기중 외부공기포함률}(\%) = 100 - \text{급기중 재순환률}(\%)$$

70. 화재 및 폭발방지를 위한 전체환기량 ★★

① 필요환기량(Q : m³/min)

$$Q = \frac{24.1 \times S \times W \times C \times 10^2}{MW \times LEL \times B}$$

S : 물질의 비중

W : 인화물질 사용량(L/min)

C : 안전계수 (LEL의 25% ($\frac{1}{4}$ 유지) 경우 C=4)

MW : 물질의 분자량

LEL : 폭발 농도의 하한치(%)

B : 온도에 따른 보정상수

120℃까지 B=1.0

120℃이상 B=0.7

② 화재 및 폭발방지 환기는 고온 작업공장에서 환기가 필요한 경우이므로 실제운전 상태의 환기량으로 반드시 보정해야 한다.

$$Q_a = Q \times \frac{273+t}{273+21}$$

Q : 표준공기(21℃)에 의한 환기량(m³/min)
t : 실제공기의 온도(℃)
Q_a : 실제 필요환기량(m³/min)

71. 혼합물질 발생시의 전체환기량 ★

① 상가작용 경우 : $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$

② 독립작용 경우 : 각각 유해물질 환기량 계산하여 가장 큰 값을 선택하여 필요환기량으로 결정

72. 열평형 방정식 ★

$\Delta S = M \pm C \pm R - E$	<p>ΔS : 생체열용량의 변화(인체의 열축적 또는 열손실)</p> <p>M : 작업대사량(체내열생산량)</p> <p>(M - W)W : 작업수행으로 인한 손실열량</p> <p>C : 대류에 의한 열교환</p> <p>R : 복사에 의한 열교환</p> <p>E : 증발(발한)에 의한 열손실(피부를 통한 증발)</p>
--------------------------------	--

73. 발열시 필요환기량(방열 목적의 필요환기량) ★

$$Q(m^3/hr) = \frac{H_s}{0.3\Delta t}$$

Δt : 급배기(실내,외)의 온도차(℃)

H_s : 작업장내 열부하량(kcal/hr)

74. 수증기 발생시 필요환기량(수증기 제거 목적의 필요환기량)

$$Q(m^3/hr) = \frac{W}{1.2\Delta G}$$

W : 수증기 부하량(kg/hr)

ΔG : 급·배기 절대습도 차이(kg/kg 건기)

75. 포위식 후드 필요송풍량

$$Q = 60 \cdot A \cdot V = (60 \cdot K \cdot A \cdot V)$$

Q : 필요송풍량(m³/min)

A : 후드개구면적(m²)

V : 제어속도(m/sec)

K : 불균일에 대한 계수(개구면 평균유속과 제어속도의 비, 기류 분포가 균일할 때 K=1)

76. 외부식 원형 또는 장방향 후드 → 자유공간 위치, 플랜지 미부착 ★

Dalla Valle 식 (기본식)

$Q = 60 \times V_c(10X^2 + A)$	Q : 필요송풍량(m ³ /min) V _c : 제어속도(m/sec) A : 개구면적(m ²) X : 후드중심선으로부터 발생원(오염원)까지의 거리(m)
--------------------------------	--

① 측방외부식 테이블상 장방향 후드 → 바닥면에 위치, 플랜지 미부착 ★

$$Q = 60 \times V_c(5X^2 + A)$$

② 측방외부식 플랜지부착 원형 또는 장방향 후드 → 자유공간 위치, 플랜지 부착 ★

$$Q = 60 \times 0.75 \times V_c(10X^2 + A)$$

③ 측방외부식 테이블상 플랜지 부착 장방향 후드 → 바닥면에 위치, 플랜지 부착 ★★★

$$Q = 60 \times 0.5 \times V_c(10X^2 + A)$$

77. 외부식 슬롯 후드 필요송풍량 ★

$Q = 60 \times C \times L \times V_c \times X$	Q : 필요송풍량(m ³ /min) C : 형상계수 (전원주 → 5.0 ACGIH: 3.7) ¾ 원주 → 4.1 ½ 원주(플랜지부착 경우와 동일) → 2.8 ¼ 원주 → 1.6 V _c : 제어속도(m/sec) L : slot 개구면의 길이(m) X : 포집점까지의 거리(m)
--	--

78. 외부식 천개형 후드 : 고열이 없는 캐노피 후드

① 4측면 개방 외부식 천개형 후드(Thomas 식)

0.3<H/W≤0.75 일 때 사용 ★ $Q(m^3/min) = 60 \times 14.5 \times H^{1.8} \times W^{0.2} \times V_c$ H : 개구면에서 배출원 사이의 높이(m) W : 캐노피 단변(직경)(m) V _c : 제어속도(m/sec)	H/L≤0.3 인 장방향의 경우 필요송풍량(Q) $Q(m^3/min) = 60 \times 1.4 \times P \times H \times V_c$ L : 캐노피 장변(m) P : 캐노피 둘레길이 → 2(L+W)(m)
---	--

② 3측면 개방 외부식 천개형 후드(Thomas 식)

$$Q(m^3/min) = 60 \times 8.5 \times H^{1.8} \times W^{0.2} \times V_c \text{ (단, } 0.3 < H/W \leq 0.75 \text{인 장방향, 원형 캐노피에 사용)}$$

79. 레시버식(수형)천개형 후드

- 열원과 캐노피 후드와의 관계

$F_3 = E + 0.8H$	F_3 : 후드의 직경 E : 열원의 직경(직사각형은 단변) H : 후드 높이
------------------	---

① 난기류 없을 경우(유량비법)

$Q_T = Q_1 + Q_2$ $= Q_1 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1} \right)$ $= Q_1 (1 + K_L)$	Q_T : 필요송풍량(m ³ /min) Q_1 : 열상승기류량(m ³ /min) Q_2 : 유도기류량(m ³ /min) K_L : 누입한계유량비 → 오염원의 형태, 후드의 형식 등에 영향 받는다.
--	---

② 난기류 있을 경우(유량비법) ★

$Q_T = Q_1 \times [1 + (m \times K_L)]$ $= Q_1 \times (1 + K_D)$	Q_T : 필요송풍량(m ³ /min) Q_1 : 열상승기류량(m ³ /min) m : 누출안전계수(난기류 크기에 따라 다름) K_L : 누입한계유량비 → 오염원의 형태, 후드의 형식 등에 영향 받는다. K_D : 설계유량비($K_D = m \times K_L$)
--	---

80. 송풍기 전압 및 정압

① 송풍기 전압(FTP) ★

$$FTP = TP_{out} - TP_{in}$$

$$= (SP_{out} + VP_{out}) - (SP_{in} + VP_{in})$$

② 송풍기 정압(FSP)

$$FSP = FTP - VP_{out}$$

$$= (SP_{out} - SP_{in}) + (VP_{out} - VP_{in}) - VP_{out}$$

$$= (SP_{out} - SP_{in}) - VP_{in}$$

$$= (SP_{out} - TP_{in})$$

81. 송풍기 소요동력(kW) ★★★

$kW = \frac{Q \times \Delta P}{6120 \times \eta} \times \alpha$

- Q : 송풍량(m³/min)
- ΔP : 송풍기유효전압(전압; 정압) (mmH₂O)
- η : 송풍기 효율(%)
- α : 안전인자(여유율)(%)

$$HP = \frac{Q \times \Delta P}{4500 \times \eta} \times \alpha$$

82. 송풍기 법칙(상사법칙 ; Law of similarity)

① 송풍기 크기가 같고 공기의 비중이 일정할 때

- 풍량은 회전속도(회전수)비에 비례

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

- 풍압(전압)은 회전속도(회전수)비의 제곱에 비례

$$\frac{FTP_2}{FTP_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$$

- 동력은 회전속도(회전수)비의 세제곱에 비례

$$\frac{kW_2}{kW_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$$

② 송풍기 회전수, 공기의 중량이 일정할 때 ★

- 풍량은 송풍기 크기(회전차 직경)의 세제곱에 비례

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

- 풍압(전압)은 송풍기 크기(회전차 직경)의 제곱에 비례

$$\frac{FTP_2}{FTP_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

- 동력은 송풍기 크기(회전차 직경)의 오제곱에 비례 ★

$$\frac{kW_2}{kW_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$$

③ 송풍기 회전수와 송풍기 크기가 같을 때

- 풍량은 비중(량)의 변화에 무관

$$Q_1 = Q_2$$

- 풍압과 동력은 비중(량)에 비례, 절대온도 반비례

$$\frac{FTP_2}{FTP_1} = \frac{kW_2}{kW_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

83. stoke 종말침전속도(분리속도) ★

V_g : 종말침강속도(m/sec)

d_p : 입자의 직경(m)

ρ_p : 입자의 밀도(kg/m³)

ρ : 가스(공기)의 밀도(kg/m³)

g : 중력가속도(9.8m/sec²)

μ : 가스의 점도(점성계수)(kg/m·sec)

$$V_g = \frac{d_p^2(\rho_p - \rho)g}{18\mu}$$

84. 집진효율 향상 방안

$$\eta = \frac{V_g}{V} \times \frac{L}{H} \times n = \frac{d_p^2 \times (\rho_p - \rho)gL}{18\mu HV} \times n$$

η : 집진효율

V_g : 종말침강속도(m/sec)

V : 처리가스속도(m/sec)

L : 장치의 길이(m)

H : 장치의 높이(m)

n : 침전실의 단수(바닥면 포함)

85. 원심력 집진장치 분리계수

$$\text{분리계수} = \frac{\text{원심력(가속도)}}{\text{중력(가속도)}} = \frac{V^2}{R \cdot g}$$

V : 입자의 접선방향속도(입자의 원주속도)
 R : 입자의 회전반경(사이클론의 원추하부반경)
 g : 중력 가속도

86. 여과집진장치

① 여과속도 ★

$$\text{여과속도} = \frac{\text{총처리가스량}}{\text{총여과면적(여과포1개의면적} \times \text{여과포개수)}}$$

※ 총여과면적(원통형) = $\pi \times D \times L$

② 여과포개수

$$\text{여과포개수} = \frac{\text{전체 가스량}}{\text{여과포하나가스량}} = \frac{\text{전체 여과면적}}{\text{여과포하나면적}}$$

87. 집진율

① 집진율(η)

$\eta = \frac{S_c}{S_i} \times 100(\%) = \left(1 - \frac{S_o}{S_i}\right) \times 100(\%)$	η : 집진효율(%) S_i : 집진장치에 유입된 분진량(g/hr) S_c : 집진장치에 포집된 분진량(g/hr) S_o : 집진장치 출구 분진량(g/hr)
$\eta = \left(1 - \frac{C_o \cdot Q_o}{C_i \cdot Q_i}\right) \times 100(\%) = \left(1 - \frac{C_o}{C_i}\right) \times 100(\%)$	C_i, C_o : 집진장치 입·출구 분진농도(g/m^3) Q_i, Q_o : 집진장치 입·출구 가스유량(m^3/hr)

② 통과율(P)

$$P = \frac{S_o}{S_i} \times 100(\%) = 100 - \eta(\%)$$

③ 부분집진효율(η_f)

$$\eta = \left(1 - \frac{C_o \cdot F_o}{C_i \cdot F_i}\right) \times 100(\%)$$

F_i, F_o : 특정 입경범위의 분진입자가 전입자에 대한 입·출구 중량비

④ 직렬조합(1차 집진 후 2차 집진)시 총 집진율(η_T) ★

$\eta_T = \eta_1 + \eta_2 \left(1 - \frac{\eta_1}{100}\right)(\%)$	η_1 : 1차 집진장치 집진율(%) η_2 : 2차 집진장치 집진율(%)
$\eta_T = 1 - (1 - \eta_c)^n$	η_c : 단위집진효율(%) n : 집진장치 개수

88. 배기구 ★

$$\text{압력손실}(\Delta P) = \xi \times VP$$

ξ : 압력손실계수

VP : 배기구를 통과하는 기류의 속도압(mmH_2O)

$$\text{정압}(SP) = (\xi - 1) \times VP$$

89. 헨리법칙

$$P = H \cdot C$$

P : 부분압력(용질가스의 기상분압; atm)

H : 헨리상수(atm·m³/mol)

C : 액체 성분 몰분율(kmol/m³)

90. 방독마스크 파과시간(유효시간) ★★

보호계수(PF) ★

$$\text{유효시간} = \frac{\text{표준유효시간} \times \text{시험가스농도}}{\text{작업장의 공기중 유해가스농도}}$$

$$PF = \frac{\text{보호구밖의 농도}}{\text{보호구안의 농도}}$$

91. 청력보호구 차음효과(OSHA) ★★★

$$\text{차음효과} = (\text{NRR} - 7) \times 0.5$$

노출되는 음압수준 = 작업장 음압수준 - 차음효과

제4과목 물리적 유해인자 관리

92. 고열작업장의 노출기준(노동부, ACGIH)

단위: WBGT(°C)

시간당 작업·휴식비율	작업강도		
	경작업	중등작업	중(힘든)작업
연속작업	30.0	26.7	25.0
75% 작업, 25% 휴식 (45분 작업, 15분 휴식)	30.6	28.0	25.9
50% 작업, 50% 휴식 (30분 작업, 30분 휴식)	31.4	29.4	27.9
25% 작업, 75% 휴식 (15분 작업, 45분 휴식)	32.2	31.1	30.0

- 경작업 : 시간당 200kcal까지의 열량이 소요되는 작업
- 중등작업 : 시간당 200~300kcal의 열량이 소요되는 작업
- 중(격심)작업 : 시간당 350~500kcal의 열량이 소요되는 작업

습구흑구 온도지수(WBGT)(°C)

① 옥외(태양광선이 내리쬐는 장소)

$$WBGT(°C) = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.2 \times \text{흑구온도} + 0.1 \times \text{건구온도}$$

② 옥내 또는 태양광선이 내리쬐지 않는 옥외

$$WBGT(°C) = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.3 \times \text{흑구온도}$$

93. 산소의 분압 및 농도

$$\text{산소분압}(mmHg) = \text{기압}(mmHg) \times \frac{\text{산소농도}(\%)}{100}$$

$$\text{가압중 산소농도}(\%) = \frac{\text{산소농도계의 지시}(\%)}{\text{게이지압력} + 1}$$

산소농도계의 지시(%) = 실제의 산소농도(%) × 절대압

94. 음의 크기(sone)와 음의 크기레벨(phon)의 관계

$$S = 2^{\frac{(L_L - 40)}{10}} \text{ (sone)} ; L_L = 33.3 \log S + 40 \text{ (phon)}$$

S : 음의 크기(sone)

L_L : 음의 크기 레벨(phon)

95. 소음의 계산

① 합성소음도(전체소음, 소음원 동시 가동시 소음도) ★★★

$$L = 10\log\left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}}\right) (\text{dB})$$

② 소음도 차이

$$L' = 10\log\left(10^{\frac{L_1}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}}\right) (\text{dB}) \quad (\text{단, } L_1 > L_2)$$

③ 평균소음도

$$\bar{L} = 10\log\left[\frac{1}{n}\left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}}\right)\right] (\text{dB})$$

96. 음속 ★

음속 $(C) = f \times \lambda$ C : 음속(m/sec) f : 주파수(1/sec) λ : 파장(m)	음속 $(C) = 331.42 + 0.6(t)$ C : 음속(m/sec) t : 음전달 매질의 온도(°C)
---	---

97. 음압진폭(피크치, 최대값)과 음압 실효치(r.m.s값)의 관계

$$P_{r.m.s} = \frac{P_m}{\sqrt{2}}$$

$P_{r.m.s}$: 음압의 실효치(N/m²)

P_m : 음압진폭(피크, 최대값)(N/m²)

98. 음압수준(SPL) ★★★

$$SPL = 20\log\left(\frac{P}{P_o}\right) (\text{dB}) \qquad SPL = 20\log\left(\frac{P}{2 \times 10^{-5}}\right) (\text{dB})$$

P : 대상음의 음압(음압 실효치) (N/m²)

P_o : 기준음압 실효치(2×10^{-5} N/m², 20μPa, 2×10^{-4} dyne/cm²)

99. 음의 세기레벨(SIL) ★★★

$$SIL = 10\log\left(\frac{I}{I_o}\right) (\text{dB}) \qquad SIL = 10\log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) (\text{dB})$$

I : 대상음의 세기(w/m²)

I_o : 최소가청음 세기(10^{-12} w/m²)

※ 음의 세기 관련 관계식

$$I = \frac{P^2}{\rho C} = P \times V$$

I : 음의세기(w/m²)

ρC : 음향임피던스(rayls)

V : 매질에서의 입자속도(m/sec)

100. 음향파워레벨(PWL, 음력수준) ★★★

$$PWL = 10\log\left(\frac{W}{W_o}\right) (\text{dB}) \qquad PWL = 10\log\left(\frac{W}{10^{-12}}\right) (\text{dB})$$

W : 대상음원의 음향파워(watt)

W_o : 기준음향파워(10^{-12} watt)

101. SPL과 PWL의 관계식

① 무지향성 점음원 ★

- $SPL = PWL - 20\log r - 11$ (dB) 자유공간(공중, 구면파)에 위치할 때
- $SPL = PWL - 20\log r - 8$ (dB) 반자유공간(바닥, 벽, 천장, 반구면파)에 위치할 때

② 무지향성 선음원

- $SPL = PWL - 10\log r - 8$ (dB) 자유공간(공중, 구면파)에 위치할 때
 - $SPL = PWL - 10\log r - 5$ (dB) 반자유공간(바닥, 벽, 천장, 반구면파)에 위치할 때
- r : 소음원로부터의 거리(m)

102. 거리감쇠 ★

① 점음원

$$SPL_1 - SPL_2 = 20\log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \text{ (dB)}$$

점음원으로부터 거리가 2배 멀어질 때마다 음압레벨이 6(dB)(=20log2)씩 감쇠 → 역2승 법칙

② 선음원

$$SPL_1 - SPL_2 = 10\log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \text{ (dB)}$$

점음원으로부터 거리가 2배 멀어질 때마다 음압레벨이 3(dB)(=10log2)씩 감쇠

103. 주파수 분석

① 정비형

$$\frac{f_U}{f_L} = 2^n \quad n : \text{일반적으로 } 1/1, 1/3 \text{ 옥타브 밴드}$$

② 1/1 옥타브 밴드 분석기

$$\frac{f_U}{f_L} = 2^{\frac{1}{1}}, \quad f_U = 2f_L$$

$$\text{중심주파수}(f_c) = \sqrt{f_L \times f_U} = \sqrt{f_L \times 2f_L} = \sqrt{2}f_L$$

$$\text{밴드폭}(bw) = f_c \left(2^{\frac{n}{2}} - 2^{-\frac{n}{2}} \right) = f_c \left(2^{\frac{1/1}{2}} - 2^{-\frac{1/1}{2}} \right) = 0.707f_c$$

③ 1/3 옥타브 밴드 분석기

$$\frac{f_U}{f_L} = 2^{\frac{1}{3}}, \quad f_U = 1.26f_L$$

$$\text{중심주파수}(f_c) = \sqrt{f_L \times f_U} = \sqrt{f_L \times 1.26f_L} = \sqrt{1.26}f_L$$

$$\text{밴드폭}(bw) = f_c \left(2^{\frac{n}{2}} - 2^{-\frac{n}{2}} \right) = f_c \left(2^{\frac{1/3}{2}} - 2^{-\frac{1/3}{2}} \right) = 0.232f_c$$

④ %밴드폭(%bw)

$$\%bw = \frac{bw}{f_c} \times 100(\%)$$

104. 평균청력손실 평가방법 ★

① 4분법

$$\text{평균청력손실} = \frac{a+2b+c}{4} \text{ (dB)}$$

- 평균청력손실값이 25dB이상이면 난청

② 6분법

$$\text{평균청력손실} = \frac{a+2b+2c+d}{6} \text{ (dB)}$$

a : 옥타브밴드 중심주파수 500Hz에서의 청력손실(dB)

b : 옥타브밴드 중심주파수 1,000Hz에서의 청력손실(dB)

c : 옥타브밴드 중심주파수 2,000Hz에서의 청력손실(dB)

d : 옥타브밴드 중심주파수 4,000Hz에서의 청력손실(dB)

105. 소음허용기준 초과여부

$$\text{소음허용기준 초과여부} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

$C_1 \sim C_n$: 각 소음노출시간(hr)

$T_1 \sim T_n$: 각 노출허용기준(TLV)에 따른 노출시간(hr)

값이 1 이상이면 허용기준 초과 판정

106. 등가소음레벨(등가소음도 ; Leq)

$$\text{등가소음도} (\leq) = 16.61 \log \frac{n_1 \times 10^{\frac{L_{A1}}{16.61}} + \dots + n_n \times 10^{\frac{L_{An}}{16.61}}}{\text{각 소음레벨 측정치의 발생시간 합}}$$

L_A : 각 소음레벨의 측정치 [dB(A)]

n : 각 소음레벨 측정치의 발생시간(분)

$$\text{일정시간간격 등가소음도} (\leq) = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

n : 소음레벨 측정치의 수

L_i : 각 소음레벨의 측정치 [dB(A)]

107. 누적소음폭로량 ★

$$\text{누적소음폭로량} (D) = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \times 100 (\%)$$

C : 각 소음레벨 측정치 (dB)

T : 각 폭로허용시간(TLV)(min)

$$\text{시간가중 평균 소음수준} (TWA) = 16.61 \log \left[\frac{D(\%)}{100} \right] + 90 \text{ [dB(A)]}$$

D : 누적소음 폭로량(%)

100 : (12.5 × T ; T=노출시간)

108. 실내소음의 저감량(감음량 : NR)

$$NR = SPL_1 - SPL_2 = 10 \log \left(\frac{R_2}{R_1} \right) = 10 \log \left(\frac{A_2}{A_1} \right) = 10 \log \left(\frac{A_1 + A_\alpha}{A_1} \right)$$

$$NR(\text{저감량}) = 10 \log \frac{\text{대책전 총 흡음력} + \text{부가된 흡음력}}{\text{대책전 총 흡음력}}$$

109. 잔향시간

$$\text{잔향시간}(T) = \frac{0.161V}{A} = \frac{0.161V}{\bar{\alpha} \times S}$$

V : 실의 체적(m³)

A : 실내면의 총 흡음력(m², sabin)

S : 실내면의 총표면적(m²)

$\bar{\alpha}$: 실내 평균흡음율

$$\text{평균흡음율}(\bar{\alpha}) = \frac{0.161V}{ST}$$

110. 차음

① 투과율

$$\text{투과율}(\tau) = \frac{I_t}{I_i} = \frac{\text{입사음의 세기}(w/m^2)}{\text{투과음의 세기}(w/m^2)}$$

② 투과손실

$$\text{투과손실}(TL) = 10 \log \frac{1}{\tau} \Rightarrow \tau = 10^{-\frac{TL}{10}}$$

③ 질량법칙(수직입사)

$$TL = 20 \log(m \cdot f) - 43 (dB)$$

m : 차음재의 면밀도(kg/m²)

f : 입사 주파수(Hz)

제5과목 산업독성학

111. 위험도

$$\text{상대위험비} = \frac{\text{노출군에서 질병발생률}}{\text{비노출군에서 질병발생률}} = \frac{\text{위험요인이 있는군의 질병 발생률}}{\text{위험요인이 없는군의 질병 발생률}}$$

$$\text{기여위험도} = \text{노출군에서 질병 발생률} - \text{비노출군에서의 질병 발생률}$$

$$\begin{aligned} \text{기여분율(노출군)} &= \frac{\text{노출군에서의 질병발생률} - \text{비노출군에서의 질병발생률}}{\text{노출군에서의 질병발생률}} \\ &= \frac{\text{상대위험비} - 1}{\text{상대위험비}} \end{aligned}$$

$$\text{교차비} = \frac{\text{환자군에서의 노출대응비}}{\text{대조군에서의 노출대응비}}$$

$$\text{대응비} = \frac{\text{노출 또는 질병의 발생 확률}}{\text{노출 또는 질병의 비발생 확률}}$$

112. 표준사망비(SMR)

$$SMR = \frac{\text{작업장에서의 사망률}}{\text{일반인구의 사망률}} = \frac{\text{어떤 집단에서 관찰된 총 사망자수}}{\text{표준집단에서 예상되는 총 기대사망자수}}$$

113. 노출인년

$$\text{노출인년} = \sum \left[\text{조사인원} \times \left(\frac{\text{조사한 개월수}}{12} \right) \right]$$

114. 측정타당도

구분		실제값(질병)		합계
		양성	음성	
검사법	양성	A	B	A+B
	음성	C	D	C+D
합계		A+C	B+D	

$$\text{민감도} = A/(A+C)$$

$$\text{가음성률} = C/(A+C)$$

$$\text{가양성률} = B/(B+D)$$

$$\text{특이도} = D/(B+D)$$