

가스계 약제의 개구부 보정량 추정

정 기 신

(주)SH엔지니어링

(sobang1961@yahoo.ac.kr)

1. 서 언

가스계 소화설비 중 이산화탄소의 소화설비에는 개구부 보정에 대해 구체적인 지침이 있지만은 청정 소화약제설비에 대하여는 필요한 경우 연장방출 하라는 조항(NFPA 2001-5.7.2)은 있지만 구체적인 적용지침이 없는 상황이다.

따라서 구체적인 지침을 제시하고 있는 이산화탄소설비의 경우를 청정소화약제 설비에 적용시켜 보 고자 한다.

이렇게 이산화탄소설비의 개구부 보정량 산출방 식을 청정소화약제에 적용하는 것은 이론적으로 문 제는 없어 보인다. 하지만 더 고려해야 할 사항이 있는지에 대해서는 좀 더 깊은 고민이 필요하다 생 각된다.

동일한 조건을 적용하는 것이 가장 바람직하지만 쉽지 않기 때문에 이산화탄소의 경우는 심부화재와 표면화재를 나누어 적용하고 현재 사용되고 있는 각 청정약제들은 한국소방검정공사에서 A급 화재에 대 한 설계농도로 인증받은 것으로 적용하였다.

화재실의 조건은 전산실로 가로 20 m, 세로 15 m, 높이 3.7 m이고 개구부로는 개구부중앙으로부터 천 장까지의 높이가 1.5 m이고 크기가 0.3 m×0.3 m 이다. CO₂의 농도는 심부화재는 50%, 표면화재는 34%로하고 NAF-SIII는 8.6%, FM-200은 7%, FE-13은 12.4%, HFC-125는 7.2%, INERGEN은 37.5% 로 한 경우의 개구부 보정량[kg]을 산출하여 보았 다. 설계농도 유지시간의 적용은 이산화탄소 소화 설비는 심부화재의 경우는 약제방출 7분 농도유지

시간 20분으로 표면화재의 경우는 약제방출 1분 농도유지시간 1분으로 하였으며 청정소화약제는 소 화시험 시 재발화방지 시간을 적용하여 10분으로 하였다.

2. 이산화탄소 소화설비의 개구부 보정량 계산

가. 심부화재

1) NFPA12 A-2-5.2의 식에 의한 계산

강제배기가 없는 구획실에서 가스누출속도는 주로 구획실의 대기농도와 구획실외부의 대기농도차에 의 해 발생한다. 아래의 방정식으로 이산화탄소의 손실 속도를 계산할 수 있는데 구획실의 상부에서 외부공 기가 자유롭게 실로 들어와 가스누설이 충분히 이루어진다고 가정한다.

$$R = 60 \cdot C \cdot \rho \cdot A \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h (\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}} \quad (Q = Av)$$

Where

R : rate of CO₂ (kg/min)

C : CO₂ concentration fraction

ρ : density of CO₂ vapor (kg/m³)

A : area of opening [m² (flow coefficient included)]

g : gravitational constant (9.81 m/sec²)

ρ_1 : density of atmosphere (kg/m³)

ρ_2 : density of surrounding air (kg/m³)

h : static head between opening and top of enclosure (m)

Sol)

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : CO₂ 농도비 0.5

ρ : CO₂ 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \frac{44 \times 1}{0.082 \times 294} = 1.825$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ₁ : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.5 + 44 \times 0.5}{24.12} = 1.51 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} P_1 = P_2 = \text{대기압} \frac{22.4}{273} = \frac{V_2}{294}$$

$$V_2 = 22.4 \times \frac{294}{273} = 27.12$$

ρ₂ : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$\frac{32 \times 0.21 + 28 \times 0.79}{24.12} = 1.2$$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.5 \times 1.825$$

$$\times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5(1.51 - 1.2)}{1.2}} = 13.58 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

방출시간 7분+농도유지시간 20분

27분간 개구부 보정

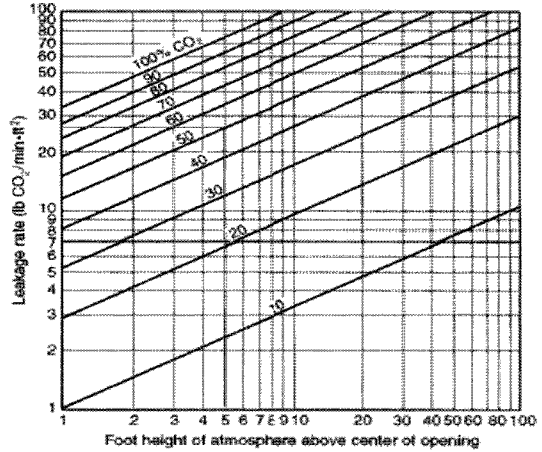
$$13.58 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 27[\text{min}] = 367[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 367[kg]의 CO₂ 약제 필요

2) NFPA12 Fig. A-2-3(b)의 도표에 의한 계산

Fig. A-2-3(b)는 약제가스 방출속도를 추정하는 방법이다. 이는 내외부의 온도가 21도라고 가정하였다. 실제 설비에서는 가스방출로 온도가 감소하여 가스방출속도는 증가한다.

$$27 \left[\frac{\text{lb CO}_2}{\text{min ft}^2} \right] \times \frac{0.45 \text{ kg}}{\text{lb}} \times \frac{\text{ft}^2}{(0.3048 \text{ m})^2} = 131 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min m}^2} \right]$$



For SI units, 1 ft = 0.305 m; 1 lb/min-ft² = 4.89 kg/min-m².

$$131 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min m}^2} \right] \times 0.09[\text{m}^2] = 11.79 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$11.79 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 27[\text{min}] = 318[\text{kg}]$$

3) 국가화재안전기준 NFSC106 기준에 의한 계산
0.3[m]×0.3[m]×10[kg/m²] = 0.9[kg]

나. 표면화재

1) NFPA12 A-2-5.2의 식에 의한 계산

Sol)

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : CO₂ 농도비 0.34

ρ : CO₂ 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \frac{44 \times 1}{0.082 \times 294} = 1.825$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ₁ : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.66 + 44 \times 0.34}{24.12} = 1.41 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ₂ : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.34 \times 1.825$$

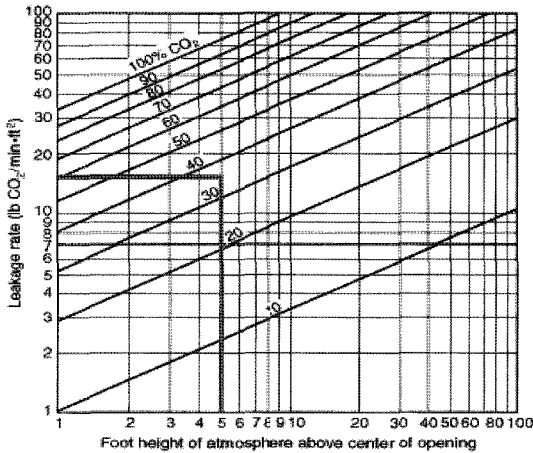
$$\times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5 (1.41 - 1.2)}{1.2}} = 7.6 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

방출시간 1분+농도유지시간 1분
2분간 개구부 보정

$$7.6 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 2[\text{min}] = 15.2[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 15.2[kg]의 CO₂ 약제 필요

2) NFPA12 Fig. A-2-3(b)의 도표에 의한 계산



For SI units, 1 ft = 0.305 m; 1 lb./min-ft² = 4.89 kg./min-m².

$$15 \left[\frac{\text{lb CO}_2}{\text{min ft}^2} \right] \times \frac{0.45 \text{ kg}}{\text{lb}} \times \frac{\text{ft}^2}{(0.3048 \text{ m})^2} = 72.66 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min m}^2} \right]$$

$$72.66 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min m}^2} \right] \times 0.09[\text{m}^2] = 6.54 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$6.54 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 2[\text{min}] = 13.08[\text{kg}]$$

3) 국가화재안전기준 NFSC106 기준에 의한 계산
0.3[m]×0.3[m]×5[kg/m²]=0.45[kg]

3. Halocarbon계 청정소화약제에 적용

가. NAF-SIII™ 적용설계농도: 8.6%,
HCFC Blend A의 분자량

HCFC-123 (CHCl₂CF₃) 4.75%
12×2+35.5×2+19×3+1=153[g/mol]
HCFC-22 (CHClF₂) 82%
12×1+35.5+19×2+1=86.5[g/mol]
HCFC-124 (CHClF₂CF₃) 9.5%
12×2+35.5+19×4+1=136.5[g/mol]
C₁₀H₁₆ 3.75%
12×10+16=136[g/mol]
분자량 153×0.0475+86.5×0.82+136.5×0.095+
136×0.0375=96.265[g/mol]

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60 C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : NAFS 3 농도비 0.086

ρ : NAFS 3 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{V \left[\text{m}^3 \right]} \frac{96.265 \times 1}{0.082 \times 294} = 3.993$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ₁ : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.914 + 96.265 \times 0.086}{24.12} = 1.44 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ₂ : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.086 \times 3.993$$

$$\times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5 (1.44 - 1.2)}{1.2}} = 4.5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$4.5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 10[\text{min}] = 45[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 45[kg]의 NAF-S 3약제 필요

나. FK-5-1-12 CF₃CF₂C(O)CF(CF₃)₂
설계농도: 6%

분자량 12×6+19×12+16×1=316

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60 C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : Novec-1230 농도비 0.06

가스계 약제의 개구부 보정량 추정

ρ : Novec-1230 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \frac{316 \times 1}{0.082 \times 294} = 13.108$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ_1 : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.94 + 316 \times 0.06}{24.12} = 1.91 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ_2 : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.06 \times 13.108 \\ \times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5 (1.91 - 1.2)}{1.2}} = 17.72 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

농도유지 시간: 10분

$$17.72 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 10[\text{min}] = 177.2[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 177.2[kg]의 Novec-1230약제 필요

다. FM-200은 설계농도: 7%,
HFC-227ea (CF₃CHFCF₃)

분자량 12×3+19×7+1=170

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : FM-200 농도비 0.07

ρ : FM-200 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \frac{170 \times 1}{0.082 \times 294} = 7.052$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ_1 : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.93 + 170 \times 0.07}{24.12} = 1.61 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ_2 : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.07 \times 7.052 \\ \times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5 (1.61 - 1.2)}{1.2}} = 8.45 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

농도유지시간 10분

$$8.45 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 10[\text{min}] = 84.5[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 84.5[kg]의 FM-200약제 필요

라. FE-13 설계농도: 12.4%,
HFC-23 (CHF₃)

분자량 12×1+19×3+1=70

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : FE-13 농도비 0.124

ρ : FE-13 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \frac{70 \times 1}{0.082 \times 294} = 2.904$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ_1 : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.876 + 70 \times 0.124}{24.12} = 1.41 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ_2 : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.124 \times 2.904$$

$$\times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5 (1.41 - 1.2)}{1.2}} = 4.41 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

농도유지시간 10분

$$4.41 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 10[\text{min}] = 44.1[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 44.1[kg]의 FE-13약제 필요

마. HFC-125는 설계농도: 7.2%,
HFC-125 (CHF₂CF₃)

분자량 12×2+19×5+1=120

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : HFC-125 농도비 0.072

ρ : HFC-125 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{V \left[\text{m}^3 \right]} \frac{120 \times 1}{0.082 \times 294} = 4.978$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ_1 : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.928 + 120 \times 0.072}{24.12} = 1.47 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ_2 : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.072 \times 4.978$$

$$\times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5(1.47 - 1.2)}{1.2}} = 4.98 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

농도유지시간 10분

$$4.98 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 10[\text{min}] = 49.8[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 33.4[kg]의 HFC-125 약제 필요

4. Inert Gas계 청정소화약제에 적용

INERGEN 설계농도 37.5%

N₂:52% Ar:40% CO₂:8%

분자량: 28×0.52+40×0.4+44×0.08=34.08

이를 Inert Gas 설비인 IG-541에 적용

강제배기가 없는 구획실에서 가스누출속도는 주로 구획실의 대기농도와 구획실외부의 대기농도차에 의해 발생한다. 아래의 방정식으로 IG-541가스의 손실속도를 계산할 수 있는데 구획실의 상부에서 외부공기가 자유롭게 실로 들어와 가스누설이 충분히 이루어진다고 가정한다.

$$R = 60 \times C \times \rho \times A \times \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

Where

R : rate of IG-541 (kg/min)

C : IG-541 concentration fraction

ρ : density of IG-541 vapor (kg/m³)

A : area of opening [m² (flow coefficient included)]

g : gravitational constant (9.81 m/sec²)

ρ_1 : density of atmosphere (kg/m³) 약제방출 후 실의 밀도

ρ_2 : density of surrounding air (kg/m³)

h : static head between opening and top of enclosure (m)

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] = 60C \rho A \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}}$$

C : IG-541 농도비 0.375

ρ : IG-541 증기밀도 at 21°C

$$PV = \frac{W}{M}RT \text{ 에서 } \frac{MP}{RT} = \frac{W \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{V \left[\text{m}^3 \right]} \frac{34.08 \times 1}{0.082 \times 294} = 1.414$$

A : 개구부 면적 0.09[m²]

g : 중력가속도 9.81[m/s²]

h : 개구부 중앙에서 천장까지 높이 1.5[m]

ρ_1 : 약제 방출 후 실의 밀도

$$\frac{28.84 \times 0.625 + 34.08 \times 0.375}{24.12} = 1.277 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

ρ_2 : 대기밀도 1.2 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$$R \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 60 \times 0.375 \times 1.414$$

$$\times 0.09 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 1.5(1.277 - 1.2)}{1.2}} = 3.935 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

농도유지시간 10분

$$3.935 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \times 11[\text{min}] = 43.285[\text{kg}]$$

개구부 보정을 위해 43.285[kg]의 IG-541약제 필요

5. 맺음말

이상에서 계산한 값들을 표로 정리하면 아래와 같다.

가스계 약제의 개구부 보정량 추정

개구부 0.09m ² 에 대한 각 가스설비의 농도유지를 위한 보정량					
가스설비 종류		보정량[kg]	실제농도[%]	비 고	
이산화탄소	심부 화재	NFPA12 식	367	50	약제방출7분+농도유지20분
		NFPA12 표	318		
		NFSC106	0.9		
	표면 화재	NFPA12 식	15.2	34	약제방출1분+농도유지1분
		NFPA12 표	13.08		
		NFSC106	0.45		
Halocarbon계 청정소화약제	NAF-SIII		45	8.6	농도유지10분
	NOVEC-1230		177.2	6	농도유지10분
	FM-200		84.5	7	농도유지10분
	FE-13		44.1	12.4	농도유지10분
	HFC-125		33.4	7.2	농도유지10분
불활성가스계 청정소화약제	IG-541		43.29	37.5	약제방출1분+농도유지10분

이산화탄소 심부화재의 경우 NFPA12 식에 의해 산출한 보정량과 국가화재안전규정인 NFSC106에 의한 보정량과는 약 400배 차이가 난다. 또 표면화재의 경우는 약 34배의 차이가 난다. 이는 NFPA12 식에 의한 산출이 공학적인 근거에 의한 것이라고 볼 때 NFSC106에 의한 산출이 문제가 있다는 것이 된다. 조속한 시정이 필요하다 할 것이다. 나머지 청정소화약제에 대한 보정량은 위에서 제시한 대로이나 이 또한 이대로 사용가능한 것인지 더 고려해야 할 사항은 없는지 재점검이 필요하다 할 것이다.

이렇게 이전에 하지 않았던 새로운 시도를 함으로써 이 시도에 대한 문제점을 독자들이 다시 제시하고 그것에 대해 서로 토론하며 기술이 발전해 나간다고 생각한다. 이 글을 읽는 독자들께서도 개선해야 할 문제가 있으면 기꺼이 제기하여 주시기 바라며 글을 줄이고자 한다.

Cf: NFPA2001의 청정약제 분자량
분자량: I:126.9, Br:80, Ar:40, Cl:35.5, F:19, O:16, N:14, C:12, H:1

1. FK-5-1-12 $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$
분자량 $12 \times 6 + 19 \times 12 + 16 \times 1 = 316$

2. HCFC Blend A
HCFC-123 ($CHCl_2CF_3$) 4.75%
 $12 \times 2 + 35.5 \times 2 + 19 \times 3 + 1 = 153[g/mol]$
HCFC-22 ($CHClF_2$) 82%
 $12 \times 1 + 35.5 + 19 \times 2 + 1 = 86.5[g/mol]$
HCFC-124 ($CHClF_2CF_3$) 9.5%
 $12 \times 2 + 35.5 + 19 \times 4 + 1 = 136.5[g/mol]$
 $C_{10}H_{16}$ 3.75%
 $12 \times 10 + 16 = 136[g/mol]$
분자량 $153 \times 0.0475 + 86.5 \times 0.82 + 136.5 \times 0.095 + 136 \times 0.0375 = 96.265[g/mol]$

3. HCFC-124 ($CHClF_2CF_3$)
분자량 $12 \times 2 + 35.5 + 19 \times 4 + 1 = 136.5$

4. HFC-125 (CHF_2CF_3)
분자량 $12 \times 2 + 19 \times 5 + 1 = 120$

5. HFC-227ea ($CF_3CH_2F_2CF_3$)
분자량 $12 \times 3 + 19 \times 7 + 1 = 170$

6. HFC-23 (CHF_3)
분자량 $12 \times 1 + 19 \times 3 + 1 = 70$

7. HFC-236fa ($CF_3CH_2CF_3$)
분자량 $12 \times 3 + 19 \times 6 + 2 = 152$

8. FIC-131I (CF_3I)
분자량 $12 \times 1 + 19 \times 3 + 126.9 = 195.9$

정기신

9. IG-01 (Ar 100%) 분자량 40

10. IG-100 (N₂ 100%) 분자량 28

11. IG-541 N₂:52% Ar:40% CO₂:8%

분자량: $28 \times 0.52 + 40 \times 0.4 + 44 \times 0.08 = 34.08$

12. IG-55 N₂:50% Ar:50%

분자량: $28 \times 0.5 + 40 \times 0.5 = 34$



〈저 자〉

정기신

(주)SH엔지니어링

sobang1961@yahoo.ac.kr