



# 중국의 이산화탄소 소화설비 설계규범

김 동 일

〈위험진단부 차장·기술사〉

## 1. 머리말

이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 일종의 불활성 가스로서 파괴작용이 없고 약제의 방출 후 흔적을 남기지 않으며 독성이 없다.

이러한 특성 때문에 이산화탄소는 물, 분말, 포말 소화약제를 사용할 경우 피해가 예상되는 물질의 소화에 사용되며, 또한 전기 전도도가 낮아서 고압 전기설비의 화재를 진압하는 데에도 유용하다.

이산화탄소 소화설비가 중국에 도입된 것은 1950년대이며, 1980년대에는 그 수요의 증가에 맞추어 현행의 국가표준(건축설계 방화규범 및 고층 민용건설 설계 방화규범)에 설치 의무 대상을 규정하였다.

최근에는 국제적으로 할로겐화합물 소화약제가 엄하게 규제됨에 따라 이산화탄소 소화설비의 설치가 더욱 늘어가고 있는 실정이다. 본고에서는 중국의 이산화탄소 소화설비 설계규범과 해석을 통하여 우리 규정과의 비교는 물론 중국에 진출하는 사업체(공장)의 소화설비 설치시에도 참고할 수 있도록 이를 정리하였다.

## 2. 설비의 설계

### 가. 일반사항

(1) 이산화탄소 소화설비는 전역방출방식과 국소방출방식으로 구분한다. 전역방출방식은 밀폐공

간의 소화에 사용하고 국소방출방식은 밀폐공간 조건이 필요하지 않은 방호대상물의 비심부화재 소화에 사용한다.

(2) 전역방출방식을 채용하는 방호구역은 아래의 규정에 따라야 한다.

가) 기체, 액체, 전기화재와 고체표면 화재에 대하여는 소화약제를 방출하기 전에 자동으로 폐쇄되는 개구부의 면적이 개구부 총 면적의 3% 이하이어야 하고, 그 개구부가 아랫쪽에 설치되어서는 안된다.

나) 고체심부 화재에 있어서 배압구 이외의 개구부는 소화약제를 방출하기 전에 자동 폐쇄되어야 한다.

다) 방호구역의 주위 보호구조 및 창문의 내화한계는 0.5h 이상, 천정의 내화한계는 0.25h 이상이어야 한다. 주위 보호구조 및 창문의 허용압력은 1,200Pa 이상으로 한다.

라) 방호구역의 환기장치와 환기용 덕트의 땀퍼는 소화약제의 방출 이전에 자동으로 닫혀야 한다.

(3) 국소방출방식을 채용하는 방호대상은 아래의 규정에 따라야 한다.

가) 방호대상 주위의 공기유동 속도는 3m/s 이하로 하고, 필요시 바람막이 조치를 한다.

나) 분사헤드와 방호대상물 사이의 분사범위 내에는 장애물이 없어야 한다.

다) 방호대상이 가연성 액체일 때 액면과 용기

상부와의 거리는 150mm 이상이어야 한다.

(4) 소화약제의 방출 이전에 반드시 가연성 가스 혹은 조연성 가스의 공급원을 차단하여야 한다.

(5) 방호대상이 다수일 경우에는 각 방호대상에 상응하는 양의 소화약제를 확보하고, 용이하게 조작되어야 한다.

**나. 전역방출방식**

(1) 소화약제의 설계농도는 소화농도의 1.7배 이상이어야 하고 또는 34% 이상이어야 한다. 각 가연물별 소화약제 설계농도는 부록 A의 규정에 따른다.

(2) 방호대상내에 2종 이상의 가연물이 존재할 때의 설계농도는 마땅히 가장 큰 것을 채용하여야 한다.

(3) 소화약제의 설계용량은 아래 식에 의하여 계산하여야 한다.

$$M = Kb(0.2A + 0.7V)$$

$$A = Av + 30Ao$$

$$V = Vv - Vg$$

식에서, M: 이산화탄소의 설계용량(kg)

Kb: 설계용량과 기초설계농도간의 환산계수

A: 계산면적(m<sup>2</sup>)

Av: 방호구의 내측면, 밀면, 윗면의 총면적(m<sup>2</sup>)

Ao: 입구 총면적(m<sup>2</sup>)

V: 방호구의 순수용적(m<sup>3</sup>)

Vv: 방호구의 용적(m<sup>3</sup>)

Vg: 방호구내의 비연소체와 연소하기 어려운 연소체의 총체적(m<sup>3</sup>)

(4) 방호대상의 환경온도가 100℃를 초과할 때의 소화약제 설계용량은 위 (3)의 계산에 따른 양 외에 매 5℃ 초과시마다 2%씩 증가하여야 한다.

(5) 방호대상의 환경온도가 -20℃ 미만일 때의 소화약제 설계용량은 위 (3)의 계산에 따른 양 외에 매 1℃ 낮아질 때마다 2%씩 증가하여야 한다.

(6) 방호대상에는 배압구를 설치하여야 하며 외벽에 설치하는 것이 좋다. 배압구의 높이는 방호대상 높이의 2/3보다 높아야 한다.

(7) 배압구의 면적은 아래 식으로 계산한다.

$$Ax = 0.0076 \sqrt{\frac{Qt}{Pt}}$$

식에서, Ax: 배압구의 면적(m<sup>2</sup>)

Qt: 이산화탄소 방출속도 비율(kg/min)

Pt: 주위보호구조의 허용압력(Pa)

(8) 전역방출방식 설비의 소화약제 방출시간은 1분 이내이어야 한다. 고체심부화재 소화시의 경우에는 7분 이내이어야 하고, 또는 2분 이내에 소화약제의 농도가 30%에 도달되어야 한다.

(9) 이산화탄소로 고체심부화재를 소화하는 억제시간은 <부록 A>의 규정에 의하여 채용되어야 한다.

(10) 이산화탄소의 저장량은 설계용량과 보충량의 합으로 한다. 보충량은 설계용량의 8%로 계산할 수 있다. 방호대상이 다수인 경우 이산화탄소의 저장량은 가장 많은 방호대상의 소요량 이상이어야 한다.

**<부록 A> 이산화탄소 설계농도**

가연물명	Kb	설계농도(%)	억제시간(분)
아세톤	1.00	34	
아세틸렌	2.57	66	
부탄	1.00	34	
디젤유	1.00	34	
에탄올	1.22	40	
알코올	1.34	43	
에틸렌	1.60	49	
휘발유	1.00	34	
헥산	1.03	35	
노말헵탄	1.03	35	
수소	3.30	75	
메탄	1.00	34	
메틸알코올	1.23	40	
메틸에틸케톤	1.22	40	
일처리유	1.00	34	
면화	2.00	58	20
중이	2.25	62	20
케이블트레이	1.50	47	10
전산실	1.50	47	10
배전실	1.20	40	10
발전기	2.00	58	정지시
변압기	2.00	58	
폐인트실	1.20	40	
전기절연재료	1.50	47	10

#### 다. 국소방출방식

(1) 국소방출방식의 설계는 면적법 혹은 체적법을 채용할 수 있다. 방호대상의 화재부위가 평면인 경우 면적법을 사용하고, 불규칙적인 형상일 때에는 체적법을 채용하여야 한다.

(2) 국소방출방식의 이산화탄소 방출시간은 30초 이상이어야 한다. 연소점이 비등점보다 낮은 액체화재에 대한 이산화탄소의 분사시간은 1분 30초 이상이어야 한다.

(3) 면적법으로 계산할 때에는 다음의 규정에 따라야 한다.

가) 방호대상의 계산면적은 방호대상물 수직투영면적을 취하여야 한다.

나) 가공형 분사헤드는 헤드의 출구로부터 방호대상 표면의 거리에 따라 설계유량과 상응한 정방형의 방호면적을 정하여야 하고, 탱크형 헤드의 방호면적은 설계시 선정된 헤드의 설계유량으로 정하여야 한다.

다) 가공형 분사헤드의 포치는 방호대상의 표면에 수직되도록 하고, 그 기준점은 헤드 방호면적의 중심이 되도록 한다. 비수직 분포를 필요로 할 때 헤드의 안장각도는 45°C 이상이어야 하고, 그 기준점은 <그림 1>과 같이 분사헤드 안장위치의 한쪽으로 편향하게 한다. 헤드의 보호면적 중심과의 거리는 <표 1>에 따른다.

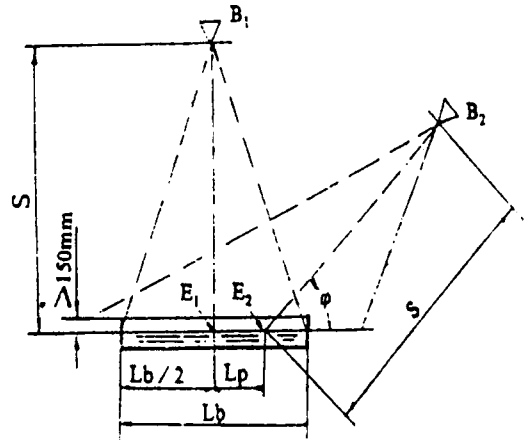
<표 1> 분사헤드의 보호면적 중심과의 거리

분사헤드 안장각도	분사헤드의 보호면적 중심과의 거리
45°~60°	0.25Lb
60°~75°	0.25Lb~0.125Lb
75°~90°	0.125Lb~0

라) 분사헤드가 비수직으로 설치되었을 때의 설계유량과 보호면적은 수직으로 설치되었을 때와 같다.

마) 분사헤드는 등간격으로 배열토록 하고 방호대상을 모두 포용할 수 있어야 한다. 방출량은 아래 식으로 계산할 수 있다.

<그림 1> 가공형 분사헤드의 설치방법



B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>: 분사헤드 설치위치

E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>: 분사헤드 조준점

S: 분사헤드 출구로부터 조준점까지의 거리(m)

Lb: 1개 분사헤드 정방형 보호면적의 변의 길이(m)

Lp: 조준점이 분사헤드 보호면적 중심에서 떨어진 거리(m)

$$N \geq Kb \frac{A_1}{A_2}$$

식에서, N: 분사헤드 수량

A<sub>1</sub>: 보호대상 계산면적(m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub>: 1개 분사헤드의 보호면적(m<sup>2</sup>)

바) 이산화탄소 설계유량은 아래 식에 의하여 계산한다.

$$M = N \cdot Q_i \cdot t$$

식에서, M: 이산화탄소 설계유량(kg)

Q<sub>i</sub>: 1개 분사헤드의 설계유량(kg/min)

t: 분사시간(min)

(4) 체적법으로 계산할 때에는 다음의 규정에 따라야 한다.

가) 방호대상의 계산체적은 밀폐덮개의 체적으로 한다. 밀폐덮개의 밀은 방호대상의 실제 밀면이고 그 각 측면 및 윗면과 방호대상과의 계산 거리는 0.6m 이상이어야 한다.

나) 이산화탄소의 분사압력은 아래 식에 의하여 계산하여야 한다.

$$qv = Kb(16 - \frac{12A_p}{A_s})$$

식에서, qv : 분사강도(kg/min·m³)

Ap : 실제 주위봉폐면 면적(m²)

As : 실제 주위봉폐면 면적과, 가정한 주위봉폐면 면적의 합계(m²)

다) 이산화탄소 설계용량은 아래 식에 의하여 계산한다.

$$M = Vt \cdot qv \cdot t$$

식에서, Vt : 방호대상의 계산체적(m³)

라) 분사헤드의 설치수는 이산화탄소가 균일하게 분포되도록 하여야 한다. 또한, 분사압력과 설계용량의 요구를 만족시켜야 한다.

(5) 이산화탄소의 저장량은 설계용량의 1.4배에 배관 증발량을 더한 값으로 하고, 방호대상이 다수인 경우 이산화탄소의 저장량은 가장 많은 방호대상의 소요량 이상이어야 한다.

(6) 환경온도가 45℃를 초과하는 장소에 설치된 배관에 단열보호가 없는 경우에는 배관중의 이산화탄소 증발량을 계산하여야 한다. 증발량은 아래 식에 의하여 계산한다.

$$M_v = \frac{Mg \cdot C_p(T_1 - T_2)}{H}$$

식에서, Mv : 배관중의 이산화탄소 증발량(kg)

Mg : 열을 받는 배관망의 배관질량(kg)

Cp : 배관 금속재료의 비열(kj/kg·℃)

\* 강관인 경우 0.46

T1 : 이산화탄소 분사전 배관의 평균온도(℃)

T2 : 이산화탄소 평균온도(℃) \* 15.6

H : 이산화탄소의 증발(kj/kg) \* 150.7

### 3. 배관망 계산

(1) 이산화탄소를 이송하는 배관망의 내경은 배관 설계유량과 분사헤드 입구 압력에 근거하여

계산을 통하여 결정하여야 한다.

(2) 배관망 중 주관의 유량은 아래 식에 의하여 계산하여야 한다.

$$Q = M/t$$

식에서, Q : 배관의 설계 유량(kg/min)

(3) 배관망 중 가지관의 유량은 아래 식에 의하여 계산하여야 한다.

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i$$

식에서, Ng : 가지관 아래 부분의 수량

Qi : 1개 분사헤드의 설계 유량(kg/min)

(4) 배관 내경의 초기 선택은 아래 식으로 계산한다.

$$D = (2 \sim 2.5) \sqrt{Q}$$

식에서, D : 배관내경(mm)

(5) 배관의 마찰손실은 배관의 실제 길이와 배관부속의 상당길이를 합한 값으로 계산한다. 배관부속의 상당길이는 <부록 B>에 따른다.

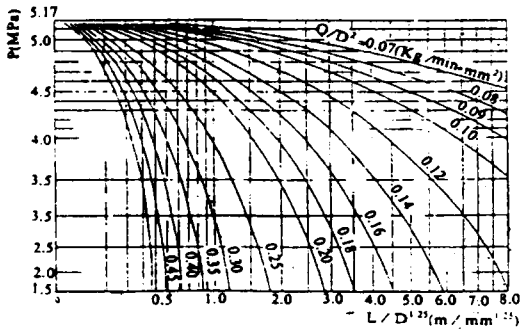
(6) 배관의 압력강하는 <부록 C>에 의하고, 필요시 아래 식에 의하여 계산할 수 있다.

$$Q^2 = \frac{0.8725 \cdot 10^{-1} \cdot D^{5.25} \cdot Y}{L + (0.04319 \cdot D^{1.25} \cdot Z)}$$

#### <부록 B> 배관부속의 상당길이

공칭직경 (mm)	나사이음(m)			용접(m)		
	90곡관	3방직선	3방곡선	90곡관	3방직선	3방곡선
15	0.52	0.30	1.04	0.24	0.21	0.64
20	0.67	0.43	1.37	0.33	0.27	0.85
25	0.85	0.55	1.74	0.43	0.34	1.07
32	1.13	0.70	2.29	0.55	0.46	1.40
40	1.31	0.82	2.65	0.64	0.52	1.65
50	1.68	1.09	3.42	0.85	0.67	2.10
65	2.01	1.25	4.09	1.01	0.82	2.50
80	2.50	1.56	5.06	1.25	1.01	3.11
100				1.65	1.34	4.09
125				2.04	1.68	5.12
150				2.47	2.01	6.16

<부록 C> 배관압력강하



식에서, L: 배관당 계산길이(m)  
 Y: 압력계수(MPa·kg/m<sup>3</sup>) \* <부록 D>에 의하여 채용  
 Z: 밀도계수 \* <부록 D>에 의하여 채용

<부록 D> 이산화탄소 압력계수와 밀도계수

압력(MPa)	Y(MPa·kg/m <sup>3</sup> )	Z
5.17	0	0
5.10	55.4	0.0035
5.05	97.2	0.0600
5.00	132.5	0.0825
4.75	303.7	0.2100
4.50	461.6	0.3300
4.25	612.9	0.4270
4.00	725.6	0.5700
3.75	828.3	0.8300
4.50	927.7	0.9500
2.00	1285.5	1.8400

(7) 배관의 높이에 의하여 나타나는 압력차는 <부록 E>에 따라 배관의 말단 압력에 계산되어야 한다. 배관말단부가 시작점보다 낮은 때에는 +값을, 높을 때에는 -값을 각각 취한다.

(8) 분사헤드 입구 압력의 계산치는 1.4MPa 이상이어야 한다(절대압력).

(9) 분사헤드의 증가면적은 아래 식에 의하여 계산한다.

$$F = Q_i / q_o$$

식에서, F: 분사헤드 증가 면적(mm<sup>2</sup>)  
 q<sub>o</sub>: 등가 단위면적의 분사율 (kg/min·mm<sup>2</sup>)

<부록 E> 배관 높이에 따른 압력 보정계수

배관평균압력(MPa)	높이에 따른 압력보정계수 (MPa/m)
4.48	0.0058
4.14	0.0049
3.79	0.0040
3.45	0.0036
3.10	0.0028
2.76	0.0024
2.41	0.0019
2.07	0.0016

(10) 분사헤드의 규격은 증가면적에 의하여 채용한다

(11) 저장용기의 수량은 아래 식에 의하여 계산한다.

$$N_p = M_c / (a \cdot V_o)$$

식에서, N<sub>p</sub>: 저장용기수  
 M<sub>c</sub>: 저장량(kg)  
 a: 충전비(kg/L)  
 V<sub>o</sub>: 1개 저장용기의 용적(L)

4. 이산화탄소 소화설비의 부품

가. 저장장치

(1) 저장장치는 저장용기, 용기밸브, 역지밸브, 집합관으로 구성한다.

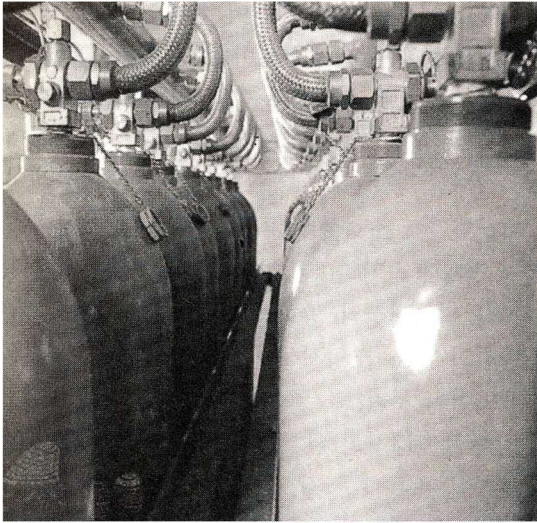
(2) 저장용기의 충전량은 형행 국가표준 “이산화탄소소화약제”의 규정에 부합되어야 한다.

(3) 저장용기의 충전율은 0.6~0.67kg/ℓ 이고, 저장용기 내압이 20MPa일 때에는 0.75kg/ℓ 로 한다.

(4) 저장용기에는 중량측정 및 누출검사 장치가 있어야 한다. 저장된 이산화탄소의 양이 10% 이상 손실되었을 때에는 즉시 보충하여야 한다.

(5) 저장용기의 압력이 15 MPa 이상이어야 하고, 저장용기밸브에는 안전장치를 설치하여야 하며, 그 작동압력은 19±0.95MPa이어야 한다.

(6) 저장장치의 설치는 검사와 수리에 편리한 곳이어야 하고 직사광선을 피할 수 있어야 한다.



(7) 저장장치는 전용 저장용기실 내에 설치하고, 국소방출방식의 저장장치는 고정된 안전 울 안에 설치할 수 있다. 전용 저장용기실의 설치는 아래 규정에 부합되어야 한다.

가) 방호구역에 근접하고, 출구는 직접 실외 혹은 도로와 통하여야 한다.

나) 내화등급은 2급 이상이어야 한다.

다) 실내온도는 0℃~49℃로써, 건조하고 통풍이 잘 되어야 한다.

라) 지하에 저장용기를 설치할 경우에는 환풍장치를 설치하여야 한다. 이 때, 배풍구는 마땅히 실외와 통하여야 한다.

#### 나. 선택밸브와 분사헤드

(1) 방호대상이 다수인 설비에는 매 방호대상마다 선택밸브를 설치하여야 한다. 선택밸브는 접근이 용이하고 수동조작 및 검사·수리에 편리한 장소에 설치하여야 하며, 방호구역을 명시하는 금속 표찰을 부착하여야 한다.

(2) 선택밸브의 작동은 전기식 혹은 기계식을 채용할 수 있고, 밸브의 작동압력은 12MPa 이상이어야 한다.

(3) 선택밸브는 용기밸브의 개방과 동시 또는 그 이전에 개방되어야 한다.

(4) 분진이 체류하는 장소에 설치하는 분사헤

드는 분사효과에 영향을 주지 않도록 덮개를 설치하여야 한다.

#### 다. 배관 및 부속품

(1) 배관 및 그 부속품은 다음의 규정에 따라야 한다.

가) 배관은 현행 국가표준에서 규정한 이음매 없는 강관으로써, 내 외부에 아연도금처리를 하여야 한다.

나) 아연도금 층에 부식을 일으키는 환경의 배관은 동관 혹은 방식처리된 재료를 사용할 수 있다.

다) 가요관 이음 호스는 충분한 내압이 있어야 한다.

(2) 배관은 나사이음, 플랜지이음 혹은 용접이음으로 할 수 있다. 공칭직경이 80mm 이상일 경우 플랜지 이음으로 한다.

(3) 집합관의 압력은 12MPa 이상이어야 하고, 작동압력이 15±0.75 MPa인 안전장치를 설치하여야 한다.

#### 5. 기동방식과 조작

(1) 이산화탄소 소화설비의 기동은 자동방식, 수동방식 또는 기계응급식의 3가지 방식으로 하여야 한다. 다만, 사람이 있는 장소에서의 국소방출방식 설비에는 자동기동방식으로 하지 않을 수 있다.

(2) 자동화재경보기의 2개 회로가 화재신호를 접수한 후에 설비가 작동하도록 하여야 하며, 피난을 고려하여 작동시간을 연장할 수 있으나 그 시간은 30초 이하이어야 한다.

(3) 수동조작장치는 방호대상 밖의 조작이 편리한 장소에 설치하고, 한 번의 조작으로 전부 작동될 수 있어야 한다. 국소방출방식의 수동조작장치는 마땅히 방호대상 근처에 설치하여야 한다.

(4) 이산화탄소 소화설비의 경보장치는 현행 국가표준 “화재자동경보계통 설계 규범”의 관련 규정에 준하여야 하고, 동력원이 보장되어야 한다.

## 6. 안전 요구사항

(1) 방호구역에는 화재경보기를 설치하여야 하며, 필요시에는 광선에 의한 경보장치를 추가한다. 방호대상의 입구 근처에는 광선경보장치를 설치하고, 소화시간 이상의 시간동안 경보를 계속할 수 있어야 하며, 또한 수동으로 경보를 정지시킬 수 있어야 한다.

(2) 방호구역에는 30초 이내에 거주 인원이 피난할 수 있는 통로와 출구가 있어야 하고, 그 통로와 출구에는 조명장치와 피난유도표지가 설치되어야 한다.

(3) 방호구역 입구에는 이산화탄소 소화설비가 설치되었다는 표지와 소화약제 방출 표시등이 설치되어야 한다.

(4) 배관이 가연성기체, 증기 혹은 폭발성분진이 있는 장소에 설치되었을 경우에는 정전기 방지를 위한 접지를 하여야 한다.

(5) 지하의 방호대상 또는 창문이 없는 지상의 방호대상물에는 기계식 환기장치를 설치하여야 한다.

(6) 방호구역 출입문은 피난방향으로 열려야 하고 자동으로 닫혀야 하며, 어떤 상황에서도 방

호구역 내에 개방 가능하여야 한다.

(7) 이산화탄소 소화설비를 설치한 장소에는 공기호흡기 혹은 산소호흡기를 비치하여야 한다.

## 7. 맺는 말

이산화탄소 소화설비의 설계는 방호대상의 구체적 정황에 근거하여 합리적으로 설계되어야 한다.

첫째 방호대상의 방화상 요구를 검토하고 각종 소방력과 보조 소방시설의 배치 상태를 고려하여 설계되어야 하며,

둘째 방호대상의 위치, 크기, 기하학적 형태, 가연물질의 종류와 성질, 수량과 분포 등에 의하여 발생할 수 있는 화재 유형, 인원분포 등이 감안되어야 한다.

중국의 이산화탄소 소화설비 설계규범은 성능기준(Performance Based Design)중심으로 되어 있어 우리 법규와는 그 구성상 다소 차이가 있으며, 특히 인명의 보호와 설비의 안전한 유지관리를 위하여 안전 요구 사항 항목을 별도로 두었다. 이 항목에서는 광선에 의한 경보장치에 관하여 언급하고 있으며, 또한 NFPA Code(NFPA 12, 1-5.1.1)에서 권장하고 있는 인명구조용 호흡장치의 비치를 의무화 하였다.㉞

## 영한 방재용어사전 발간 안내

한국화재보험협회에서는 방재기준서의 세계적인 금과옥조(金科玉條)로 알려진 미국 화재안전기준(National Fire Codes), FM데이터(Loss Prevention Data Sheets), IRI자료(Industrial Risk Insurers) 및 일본의 유명 소방용어해설집 등을 국문역 또는 연구중 발췌, 수집한 소방용어를 중심으로 최신·필수 방재용어 약 5,000여개를 엄선 국역 및 해설한 국내 최초의 국판 600쪽 분량의 “영한방재용어사전”을 발간, 보급해 드리고 있습니다.

여러분의 많은 성원과 협조 바랍니다.

- ◆ 2쇄 발간중
- ◆ 보급가격 : 20,000원
- ◆ 주요 참고문헌
  - ① Fire Terms(A Guide to Their Meaning & Use, NFPA刊)
  - ② Fire Science Dictionary(B. W. Kuvs-hinoff 著)
  - ③ 消防英語辭典(日本全國加除法令 出版社刊)
  - ④ 防災 英和 和英 用語集(日本消防設備安全 セクター刊)
  - ⑤ NFC, FM Loss Prevention Data Sheets, IRInformation 국문역 발췌자료 모음집