시험연구

물분무 노즐의 방사특성 시험연구

김기옥, 이찬주, 안병호 / 설비시험실

Ⅰ. 서 론

1. 1 소화특성

일반적으로 물방울이 화염을 관통하여 화원에 도달하는데 필요한 입자경은 통상의 스프링클러설비가 작동하는 규모의 화재에는 0.8㎜ 이상이며, 0.5㎜ 이하의 물방울은 주위 냉각에 유효하다고 말하여진다.

B급 화재(액체연료 화재)의 경우, 노즐로부터 방사된 미세한 물방울이 고온의 화염 내부로 진입하는 과정 중 물방울이 고온의 화염에 의해 열을 흡수하여 증발하고, 증발에 의한 냉각과 수증기에 의한 산소농도저하의 효과로 연소를 억제 혹은 소화에 이르게 할 수 있다고 추정할 수 있다. 이는 동량(同量)의 물로서 고압방사 또는 이류체방사(물+공기) 등과 같은 방법에 의하여 물방울의 수를 증가시키고, 표면적을 증가시키는 것이 효과적이라고 할 수 있다.

그러나 액체연료 화재의 물방울의 입자경이 크면 물방울이 화염을 관통, 액체중에 침하하여 소화효과를 상실(수용성 액체류 제외)하며 이보다 상대적으로 미세한 물방울은 화염의 상승기류(Updraft) 현상에 의해 화염중에 침투할 수 없다. 이 결과 소화에 가장 효과적인 물방울의 입자경이 존재한다고 말하여 지고 있다.

1. 2 시험목적

물분무 노즐의 유수로 구조 및 오리피스 형상에 따라 시험압력별 방출계수(K) 및 방사밀도와 평균포용반경을 측정하여 물분무 소화설비용 노즐의 방사특성을 파악하고 물분무 노즐의 성능시험을 위한 시험기관의 기술기준 제정 및 미분무 노즐의 개발을 위한 기술 자료로 활용하는데에 그 목적이 있다.

Ⅱ. 시험내용

2. 1 시험체 현황

가. 시험체명 : 물분무 노즐
(Water Spray Nozzle)

나. 수 량 : 6조

시험체 번 호	호칭크기 (A)	오리피스 직경(㎜ϕ)	오리피스 선단형상
1	15	7.00	
2	15	6.95	
3	15	6.10	오목형
4	20	10.35	
5	20	8.20	
6	15	6.20	오목형, 수직디프레타

다. 시험체 확보

방화제품 성능시험연구 계획에 의거 국내에서 생산·판매되고 있는 제품을 임의로 선정 구입하고 기존 보유하고 있는 국내·외 제품을 활용함.

2. 2 시험장치

가. Data Acquisition System

나. 방수량시험장치

다. 가압송수장치

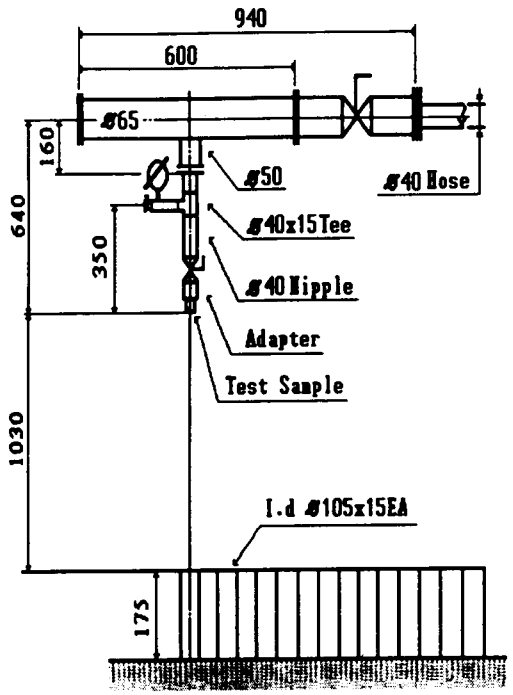
라. 채수통

- 크기 : 105㎜φ×175㎜H
- 수량 : 15조
- 배열 : 〔그림-1〕참조

마. 압력변환기 및 부르돈관식 압력계

바. 기타 배관 및 부속기구류 등

(단위 : ㎜)



〔그림-1〕 방사특성시험장치(개략도)

2. 3 시험방법

가. 방사량시험

(1) 시험체를 수력안정을 위한 정류관에 설치하여 배관내의 공기를 제거한 상태에서 시험압력을 조정한다.

(2) 시험압력은 10kgf/㎠ 이내의 수압력을 1 kgf/㎠씩 가압 및 감압하여 100ℓ가 방사되는 방사시간 t를 0.1초까지 측정하고 1분당의 방사량 Q(ℓ/min) 및 방출계수 K값을 다음식으로 구한다.

$$Q=\frac{100}{t}\times 60(\ell/\min)$$

$$K=\frac{Q}{\sqrt{P}}$$

P : 방사압력(kgf/㎠)

*수치는 소수점 이하 둘째자리로 하되 소수점 이하 셋째자리를 반올림한다.

나. 살수분포시험

(1) 동일한 크기의 채수통을 1방향으로 배열하고 각 채수통에는 노즐을 중심으로 반경방향에 따른 방사밀도를 산출하기 위해 고유번호를 부여한다.

(2) 시험체의 선단과 수직하방향의 채수통 상단과의 이격거리는 1030±20㎜로 한다.

(3) 시험체를 수력 안정을 위한 정류관에 설치하여 배관내의 공기를 제거한 상태에서 시험압력을 3, 5, 7kgf/㎠으로 조정한다.

(4) 각 시험 방사압력으로 1분간 방사하여 각 채수통의 평균 방사량(㎖/min·㎡)을 측정한다.

(5) (4)항 시험의 측정결과에 의하여 단위면적에 대한 평균 방사량(㎖/min)의 환산 및 각 방사압력별 평균 포용반경을 산출한다.

III. 시험결과

3. 1 방사량시험

시험체 번 호	오리피스 직경 (㎜φ)	*방출계수 (K) ($Q/\sqrt{P}$)	*이론방출계수 (K_{th})	방출계수비(%) ($K/K_{th}\times 100$)
1	7.00	18.13	32.00	56.6
2	6.95	15.36	31.54	48.7
3	6.10	15.78	24.30	64.9
4	10.35	22.56	69.95	32.2
5	8.20	15.51	43.91	35.3
6	6.20	12.90	25.10	51.3

〔주〕 *방출계수(K) : 방사압력(10kgf/㎠ 이내)별 방사량에 대한 평균 방출계수임.

*이론방출계수(K_{th}) : 노즐선단의 오리피스 구경에 따른 이론방출계수임.

3. 2 살수분포시험

가. 방사밀도 (mℓ/min · ㎡)

시험체 / 압력(kgf/㎠) / 채수통		1			2			3		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
노즐 중심으로부터 반경방향	중심	4388	5658	11086	7622	10393	15398	9007	15128	21249
	1	5312	7160	12241	9354	16168	29641	7044	12126	19401
	2	8199	11086	15475	11202	21557	33683	6120	11086	19170
	3	12819	16168	17784	10855	17130	24252	5543	9931	16745
	4	16630	18246	18131	9007	13280	17900	4850	8661	14551
	5	17669	15013	15359	7622	10008	13242	4388	7622	12703
	6	14320	7760	8499	6351	7699	9508	3926	6813	10162
	7	8315	3141	3659	5543	5966	6159	3857	5774	6813
	8	4850	1455	1501	4850	4619	3772	3811	4273	3464
	9	2864	692	577	4457	3464	2117	3464	2425	1339
	10	1501	346	277	3857	2309	1116	2355	1039	461
	11	646	–	–	3118	1347	577	1154	415	230
	12	346	–	–	1917	692	269	415	115	115
	13	300	–	–	923	230	–	138	–	–
	14	–	–	–	346	–	–	–	–	–

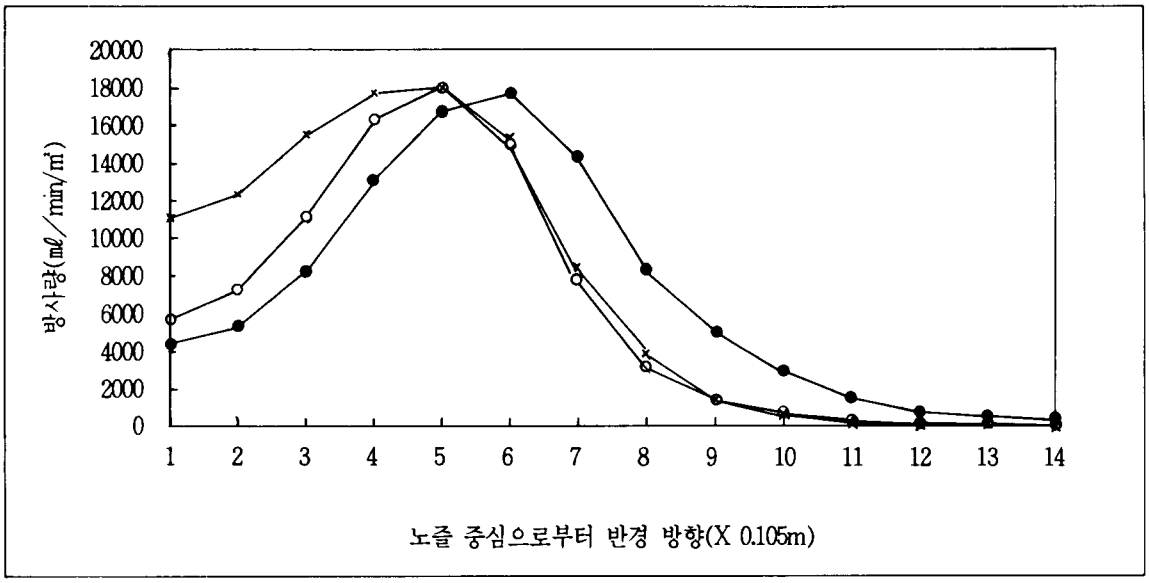
(mℓ/min·㎡)

시험체 / 압력(kgf/㎠) / 채수통		1			2			3		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
노즐 중심으로부터 반경방향	중심	4388	6005	7275	4850	5427	6351	1732	2598	4388
	1	3695	5196	6351	5081	5705	10047	2540	2887	4908
	2	3464	4734	6698	5543	6421	6929	2540	3464	5139
	3	3118	4503	6467	5959	7391	8546	3626	5196	7853
	4	3118	4273	6236	6513	8315	11941	9469	14147	21220
	5	3233	4619	6698	6582	8892	12357	24945	33058	32769
	6	3464	4850	8315	6582	8892	12588	9354	8805	4475
	7	3695	5381	10047	6605	8546	12126	692	577	288
	8	4157	5889	11202	6444	8084	11202	230	202	144
	9	4388	6236	10624	5959	7437	10162	184	202	–
	10	4965	7067	10324	5543	6582	8661	161	144	–
	11	6351	8961	10486	4919	5404	6005	92	–	–
	12	8546	10971	7899	3626	3326	3002	–	–	–
	13	7391	7275	3349	1847	1501	1154	–	–	–
	14	2840	2309	1016	692	554	438	–	–	–

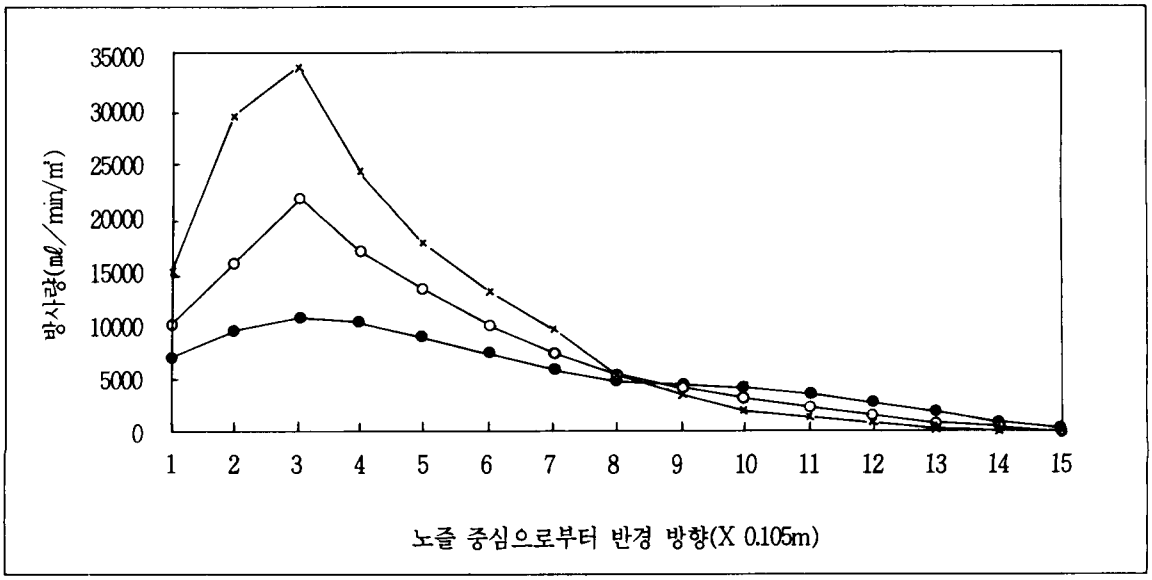
나. 방사밀도곡선

범례	●: 3kgf/㎠ ○: 5kgf/㎠ ×: 7kgf/㎠

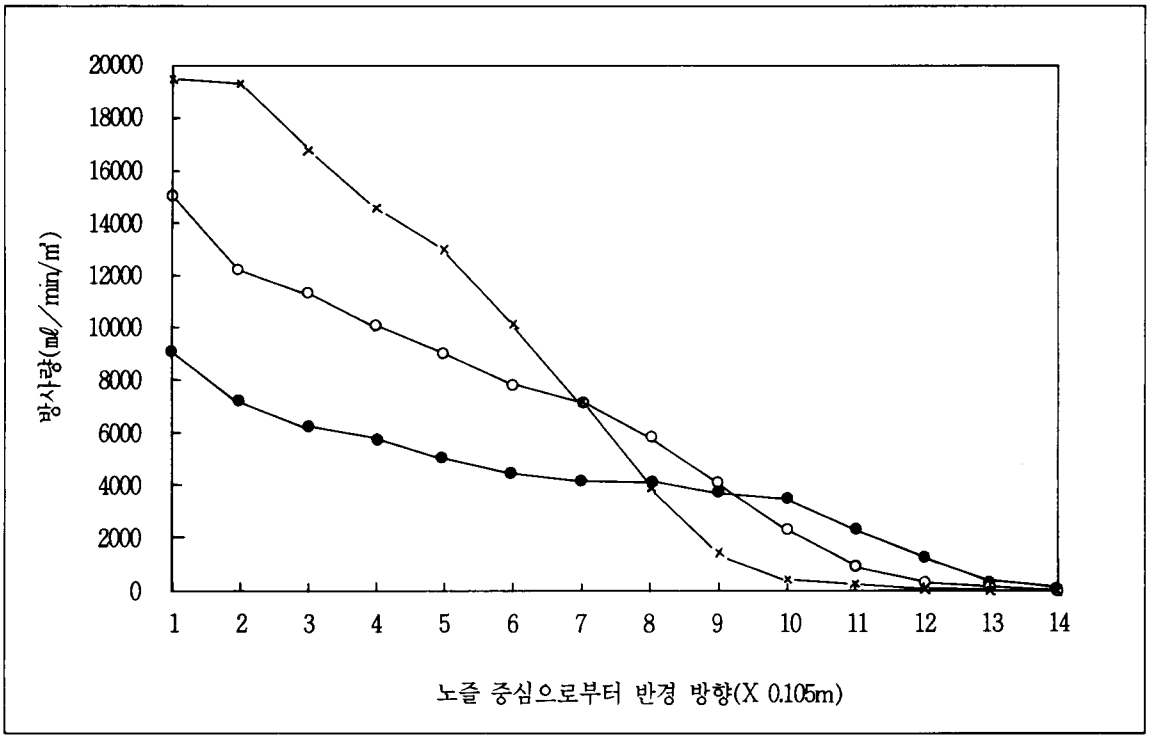
〔시험체번호 : 1〕



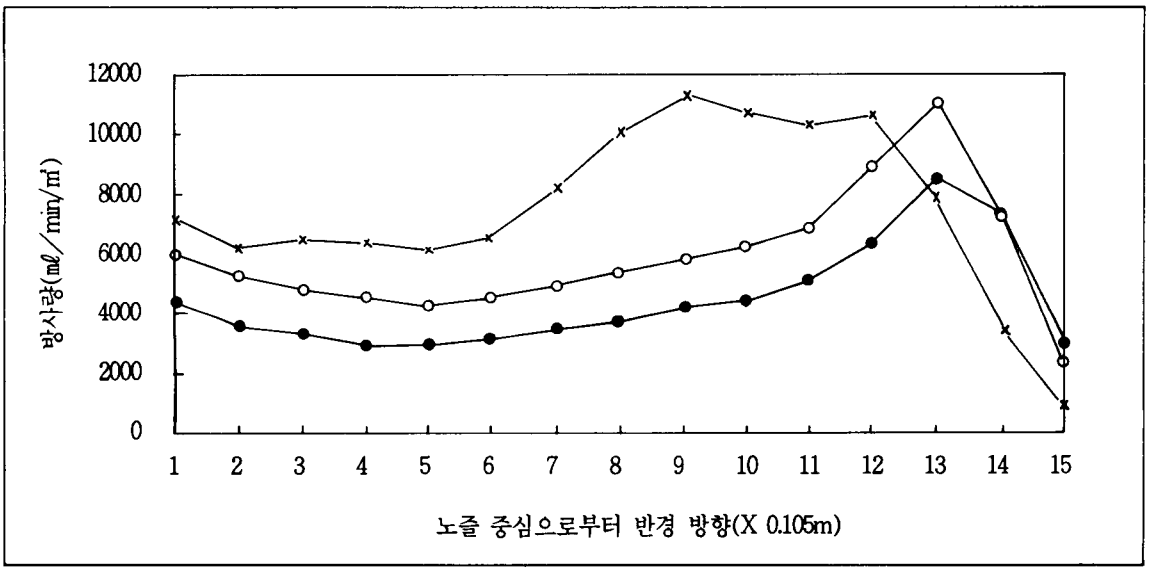
〔시험체번호 : 2〕



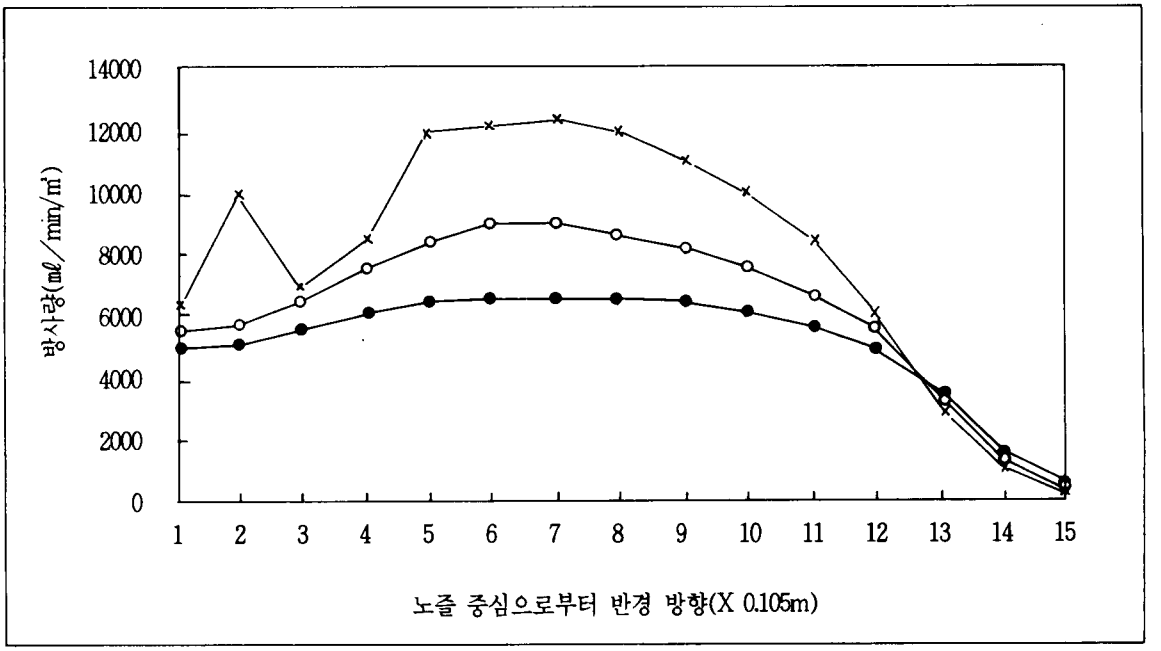
〔시험체번호 : 3〕



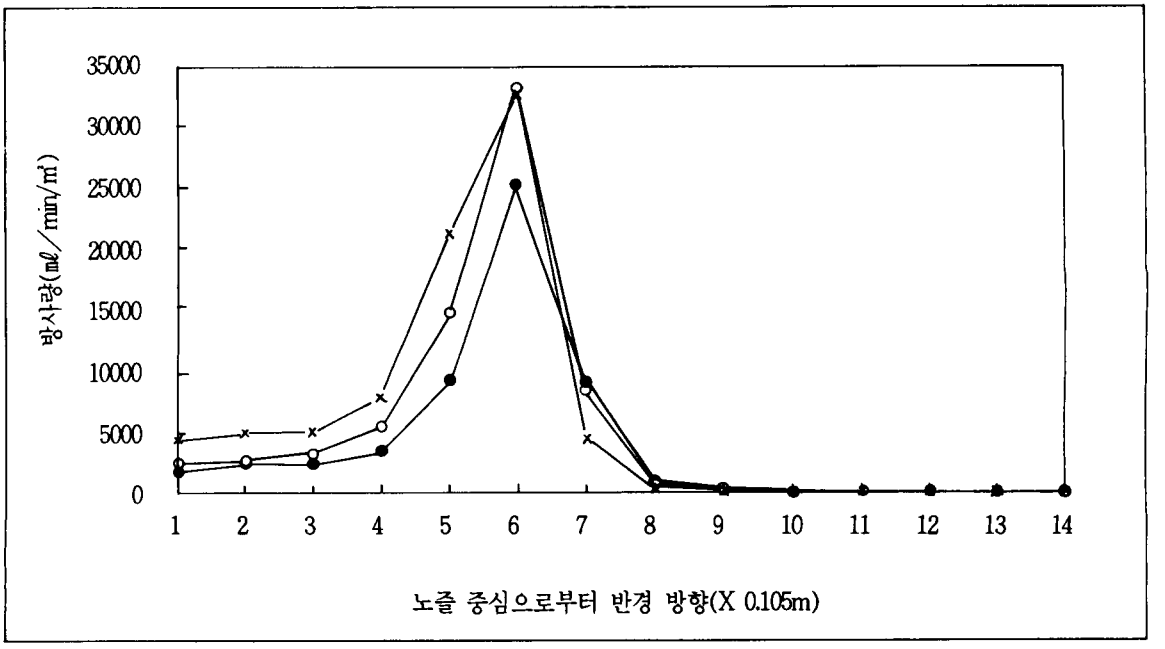
〔시험체번호 : 4〕



〔시험체번호:5〕



〔시험체번호:6〕



다. 평균 포용반경

시험체번호	방사압력(kgf/㎠)별 포용반경(m)			비 고
	3	5	7	
1	0.89(8)	0.79(7)	0.79(7)	* 포용반경(m) : 채수통의 채수높이가 3㎜/min 이상인 채수통을 기준으로 산정함. * ( )안의 숫자는 노즐의 중심으로부터 반경방향으로 배열된 채수통의 번호임
2	1.21(11)	1.00(9)	0.89(8)	
3	1.00(9)	1.00(9)	0.89(8)	
4	1.42(13)	1.42(13)	1.42(13)	
5	1.31(12)	1.31(12)	1.31(12)	
6	0.68(6)	0.68(6)	0.68(6)	

* 수치는 소수점 이하 둘째자리로 하되 소수점 이하 셋째자리를 반올림한다.

Ⅳ. 결과분석

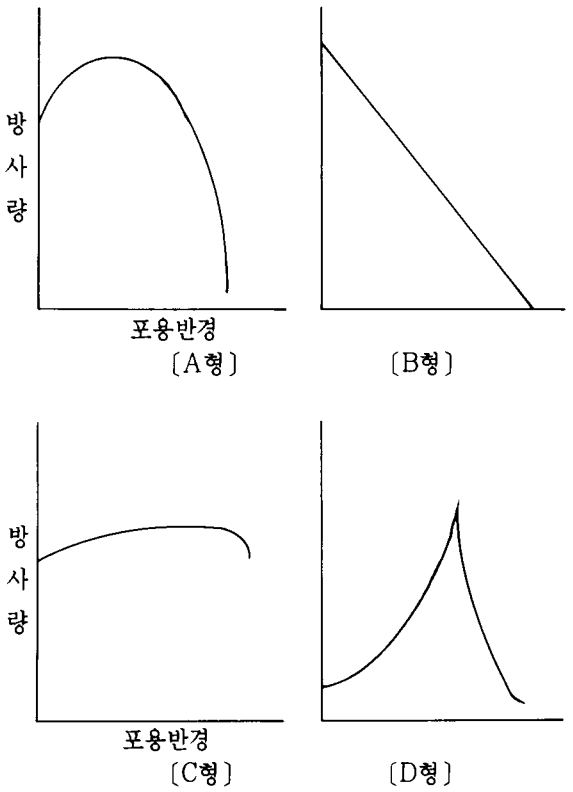
물분무 노즐의 내부유수로 구조 및 오리피스 형상에 따른 방사특성 시험결과를 분석하여 보면 다음과 같다.

(1) 각 노즐의 방사압력에 따른 유효방사량을 나타내는 방출계수(K)는 노즐선단의 오리피스 내경에 의한 이론적 설계값보다 큰 편차를 보였다.

(2) 벤(Vane)을 유수로 내부에 조립한 시험체의 경우 오리피스부터 방사될 때 물분무 입자의 크기는 세분화되었고 방사밀도는 균일한 방사분포를 보였다. 나선형 유수로 구조의 벤은 직류의 유동을 회전력이 부가된 와류의 유동으로 천이시키는 결과를 발생시켰다.

(3) 노즐 입구측(inlet)에 대해 90도 방사형으로서 유수로 내부에 벤이 없는 시험체의 경우, 직류의 유동이 노즐 유수로 구조에 의해 90도 방향 전환되어 노즐 중심부의 방사밀도는 반경방향에 비해 상대적으로 적은 중공원형의 방사밀도 분포를 보였다.

(4) 본 시험을 통한 물분무 노즐의 방사밀도 분포는 【그림-2】와 같이 4가지 형태로 구분되어짐을 보였다.



〔그림-2〕 방사밀도 형태

① A형 방사밀도 분포형
노즐 중심으로부터 반경방향에 따라 국부적

요소에 집중 방사없이 방사 포용면적 전체에 걸쳐 일정하게 감소되는 원형분포의 방사형태로서 포물선형의 방사밀도 분포를 보였다. 노즐의 형상 및 구조는 유수로 내부에 분해 가능한 벤(Vane)이 조립되고 노즐선단의 오리피스는 옥목형임.【시험체번호 : 1, 2】

② B형 방사밀도 분포형

원형분포의 방사형태로서 직선형의 방사밀도 분포를 보였다. 노즐의 형상 및 구조는 유수로 내부에 분해 가능한 벤이 조립되고 노즐선단의 오리피스는 오목형임.【시험체 번호 : 3】

③ C형 방사밀도 분포형

노즐 중심으로부터 반경방향에 이르는 방사포용면적 전체에 걸쳐 균일한 방사량을 보이는 원형분포의 방사형태로서 평면형의 방사밀도 분포를 보였다. 노즐의 형상 및 구조는 유수로 내부에 분해 가능한 벤이 조립되어 있는 노즐과, 입구축에 대해 90도 방사형의 노즐로서 내부 유수로에 별도의 원형 오리피스가 노즐 본체와 일체로 되어 있는 노즐로 구분되었다. 노즐 선단의 오리피스는 오목형임.【시험체번호 : 4, 5】

④ D형 방사밀도 분포형

노즐 중심부의 방사밀도가 반경 반향에 비해 상대적으로 적은 중공원형의 방사밀도 분포를 보였다. 노즐의 형상 및 구조는 입구축에 대해 90도 방사형이고 유수로 내부에 벤이 조립되지 않았으며 오리피스 선단은 오목형으로서 방사방향의 디프렉타가 설치되어 포용반경이 감소되었다.【시험체 번호 : 6】

(5) 물분무 노즐의 동일한 시험환경(주위온·습도 및 사용유체의 물리적특성) 조건하에서 방사압력(3~7kgf/㎠) 증가에 따라 포용반경은 미소하게 감소되었다.

V. 결 론

물분무 노즐의 방사특성에 따른 B급화재(액체 연료화재)적응성을 시험하기 위해 시험목적에 근접한 시험체를 선정·구입하여 각 시험체의 노즐 유수로 구조 및 오리피스 형상에 의한 방사특성을 시험하였다. 시험을 통해 측정·분석된 아래의 특성치를 활용하여 액체 연료 화재의 적응성을 위한 시험자료로 활용하고자 한다.

(1) 방출계수(K)는 노즐선단의 오리피스 내경크기에 관계없이 노즐유수로 내부에 조립된 벤(Vane)의 유동단면적에 의하여 결정되었다.

(2) 방사밀도분포는 노즐의 내부 유수로 구조 및 오리피스 형상에 따른 포물선형, 직선형, 평면형 및 중공원형으로 구분되었다.

(3) 포용반경은 방사압력의 증가에 따라 미소하게 감소되었다.

티끌만한 부주의가 태산같은 화재된다