

스프링클러 설계를 위한 국내 적층형 물류창고의 수용물품 등급분류 방법

A Commodity Classification Method of Domestic Rack-Type Warehouse for Sprinkler System Design

양소진¹ · 이영재^{2*} · 김운형³ · 제임스 듀이⁴ · 함은구⁵

So-Jin Yang¹, Young-Jae Lee^{2*}, Woon-Hyung Kim³, James M. Dewey⁴, Eun-Gu Ham⁵

¹Graduate student, Department of Safety Engineering, Seoultech graduate school, Seoul, Republic of Korea

²Professor, Department of Building and Plant Engineering Hanbat National Univ., Daejeon, Republic of Korea

³Professor, Department of Fire safety Management, Kyungmin Univ., Uijeongbu-si, Republic of Korea

⁴Head of R&D center, Ankug E&C, Seoul, Republic of Korea

⁵Professor, Dept. Fire Protection & Safety Engineering, Open Cyber University of Korea, Seoul, Republic of Korea

*Corresponding author: Young-Jae Lee, leeyj@hanbat.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to present the commodity classification method of domestic rack-type warehouse for sprinkler system design. **Method:** On-site surveys and classification criteria of the NFPA, FMDS, EN and Japan were analysed and ISO 12949 test were carried out with proposed each classification commodity. **Result:** Based on a heat of combustion, a classification method for extra high, high, medium and low are proposed. **Conclusion:** Sprinkler design criteria to secure the maximum extinguishing strength for each class of commodity need to be applied.

Keywords: Rack-type warehouse, Commodity classification method, ISO 12949, Heat of combustion, Sprinkler design criteria

요약

연구목적: 국내 적층형 물류창고의 스프링클러 설계적용을 위한 수용물품 등급분류방법을 제시함을 목적으로 한다. **연구방법:** 현장조사와 미국 NFPA, FMDS, 유럽 EN 및 일본의 분류 기준을 비교분석하고 ISO 12949에 따른 등급별 연소특성 실험을 수행하였다. **연구결과:** 연소열을 기준으로 특급, 상급, 중급 및 경급의 등급분류방법을 제안하였다. **결론:** 물품 등급별 최대 소화강도를 확보하는 스프링클러설계기준의 적용이 필요하다.

핵심용어: 적층형 물류창고, 등급분류방식, ISO 12949, 연소열, 스프링클러 설계기준

Received | 21 August, 2019

Revised | 26 August, 2019

Accepted | 4 November, 2019

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

국내 물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률 제2조 5의2에 따르면 물류창고는 화물의 저장·관리, 집화·배송 및 수급조정 등을 위한 보관시설·보관장소 또는 이와 관련된 하역·분류·포장·상표부착 등에 필요한 기능을 갖춘 시설을 말한다. 랙크식 또는 적층식 창고의 경우, 법적 정의는 없으나 일반적으로 다양한 물품을 입체적으로 보관하기 위하여 가로, 세로, 대각선 공간의 부재 등을 이용하여 선반위에 물품을 수직으로 적재하는 것을 말하여 화재확산 속도 및 화재강도가 가장 높은 적재방식으로 인식되고 있다.

물류창고의 화재위험성은 가연물의 화재강도에 비례하며 여기에는 저장방식, 저장높이, 천정고, 공간구성 등 많은 요인이 영향을 미친다. 일반적으로 보관 물품은 단위물품과 포장재 그리고 팔레트(pallet; 화물을 운반·저장하기 위한 받침대)로 구성되며 예상 화재강도는 이들의 연소열과 열 방출비율 그리고 화염확산속도 등으로 결정된다.

미국, 일본, 유럽 등 각국에서는 이러한 요소를 기반으로 저장 물품을 세분하여 각각의 등급에 부합하는 합리적인 스프링클러 설계기준을 마련하고 있으나 국내 상황은 이와 달리 단일화된 소화강도확보를 요구하고 있는 현실이다.

본 연구에서는 국내 창고 현장조사와 외국의 관련 기준을 비교 분석하고 저장 물품 연소특성실험을 통하여 합리적인 스프링클러설계 적용을 위한 수용물품의 등급분류 방법을 제시하고자 한다.

등급분류기준 마련

국외 등급분류 체계

물류창고 스프링클러설계의 국제적 기준인 미국의 미국방화협회(National Fire Protection Association, NFPA), 국제화재코드(International Fire Code, IFC) 및 FM 보험 규정(Factory mutual data sheet, FMDS), 영국표준협회(British Standards Institution, BSI) 그리고 일본의 등급분류체계를 비교 고찰하였다. 미국의 NFPA와 IFC에서는 상호 유사한 분류 기준을 사용하며 등급 I~IV와 플라스틱을 포함하여 각각 7개와 5개의 분류그룹을 제시하고 있으며 미국 FM은 6개의 그룹으로, 유럽 EN 기준이 되는 영국에서는 4개의 재료요소를, 일본은 4개 등급을 사용하고 있다. 이들 국가의 등급분류는 직접 또는 간접적으로 열에너지, 화염확산속도 및 발화 용이성 등에 근거하여 구성된다.

먼저 NFPA는 재료유형에 따라서 불연성, 천연재료, 플라스틱 및 합성재료로 구분한다. 미국 FM은 이와 유사하나 가장 위험성이 높은 플라스틱재료만은 팽창성(Expanded plastic, EP)과 비팽창성(Unexpanded plastic, UP)으로 구분하여 NFPA의 플라스틱그룹 ABC 분류와는 약간 차이가 있다. NFPA에서는 방호요건 상 팽창성과 비 팽창성을 구별하고 있다. 전반적으로 위 두 기관의 분류체계는 동일한 시험 데이터에 기초하므로 유사한 내용을 가지고 있으며 각각 구체적인 물품을 열거한 등급분류 표를 상세하게 제시하고 있다.

유럽 및 일본의 물품분류체계 기준이 되는 미국의 FMDS 8-1 분류기준에서는 수용물품과 포장재 및 팔레트 각각에 대하여 내용물의 플라스틱 비율, 포장재의 중량비 및 용적비 그리고 팔레트는 목재와 플라스틱으로 구분한 이후 6개의 그룹으로 세분화하고 있다. 또한, FPC (Fire Products Collector) 시험장치를 사용하여 대부분의 재료 등급을 분류할 수 있는 방법을 설명하고 있다.

미국의 FM분류기준을 토대로 마련된 현행 유럽표준 규격 EN 12845에서는 화재하중에 기초한 상급 2가지, 중급 및 경급의 4등급체계를 적용한다. 유럽 표준의 경우 제품과 포장재로 구성되는 물품의 전체적인 화재위험성은 연소열(kJ/kg)과 연

소비율(kg/sec)의 함수라고 설명하고 있으며 여기서 연소열은 재료 또는 재료구성에 따라 결정되지만 연소비율은 재료와 재료계수로 결정된다. 다만 재료 계수를 구분하기 위한 특정 값은 없으며 재료계수 1에서 불연성 제한 가연성 물질로 시작하여 재료계수 4에서 팽창성 플라스틱이나 이와 준하는 열에너지 재료로 구분하며 각각의 예를 제공한다.

국내 물류창고 소화설비규정의 근거인 일본에서는 물품의 연소열 및 수납용기와 포장재의 재질 등에 물품수량을 고려하여 4가지 등급으로 분류하며 각각의 기준수량을 설정하며 물품은 물품 및 보관수량 그리고 팔레트 재질에 따라 세분화된다. 예로서 1그룹은 높은 연소열을 가진 플라스틱과 재료(약 34,000kJ/kg)이고 2그룹은 낮은 연소열을 가진 섬유, 석탄, 목재 및 유사한 연소장치를 포함하며 3그룹은 위의 두 그룹에 포함되지 않은 재료들이다.

국내 물류창고 현장조사

Kim et al. (2016)은 국내 적층형 창고 약 40여개소에 대하여 가연물 종류와 적재방식 등 등급분류를 위한 현장 조사를 수행하였다. Table 1은 이에 따른 각 물품의 연소열, 열방출률 값 그리고 본 연구에서 제시하는 등급분류(안)에 따른 결과이다. 여기서 연소열의 범위는 다양한 시험방식, 시험장치 그리고 열거된 대부분의 물품이 많은 단일재료로 구성되어 있음을 반영한 것이며 현장조사에서 확인한 다양한 물품의 연소특성 정보는 문헌상 극히 제한적이다.

Table 1. Combustion Characteristics and commodity classification (Proposed) from Field Survey

대표물품	연소열 [kJ/kg]	열방출률 [kW]	자료출처	열방출률 근거	등급분류(안)
전자기기	-	18,000 at 25 sec	SFPE Hdbk Fig. 25.56	팔레트 상자에 있는 컴팩트 모니터	중급
자유유동 분말식품	13,960 ~ 18,600	-	FMDS 8-1		중급
목재 가구	19,100 ~ 21,800	225 At 80 sec	SFPE Hdbk Table A.32; Fig. 26.50	FM 등급 III 상품, 높이 2.95m	중급
플라스틱가구	27,910 ~ 46,520	6,000 At 100 sec	FMDS 8-1 SFPE Hdbk Fig.26.51	FM 표준 플라스틱 높이 4.48m	상급
1.5L 플라스틱 병입 불연성 액체	-	150 at 160 sec	SFPE Hdbk Fig. 26.50	FM 클래스 I, 높이 2.95m	경급
고밀도 폴리에틸렌	46,200 ~ 46,500	6,000 At 100 sec	SFPE Hdbk Table A.32	FM 표준 플라스틱 높이 4.48m	특급
알코올 20% 이상 주류	27,700	-	SFPE Hdbk Table A.39		중급
플라스틱 의료용품	27,910 ~ 46,520	-	FMDS 8-1		특급
곡물	13,300 ~ 16,300	-	SFPE Hdbk Table A.32		중급
자동차 부품	27,910 ~ 46,520	-	FMDS 8-1		특급
수성페인트	-	150 at 160 sec	SFPE Hdbk Fig. 26.50	FM 클래스 I, 높이 2.95m	경급
천연 섬유	16,500 ~ 26,600	225 At 80 sec	SFPE Hdbk Table A.32; Fig. 26.50	FM 등급 III 2.95m 높이	중급
합성 섬유	13,600 ~ 31,400	6,000 At 100 sec	FMDS 8-1 SFPE Hdbk Fig.26.51	FM 표준 플라스틱 높이 4.48m	상급
서적	12,700 ~ 17,900	225 At 80 sec	SFPE Hdbk Table A.32; Fig. 26.50	FM 등급 III 2.95m 높이	중급
종이	12,700 ~ 19,700	225 At 80 sec	SFPE Hdbk Table A.32; Fig. 26.50	FM 등급 III 2.95m 높이	중급

등급분류 방법(안)

물류창고의 가연물은 연소특성상 불연성과 가연성 그리고 플라스틱 등으로 구분되며 각각에 대한 물품의 발화특성, 화염 확산 정도, 열방출 비율, 연소 생성물, 화재성장에 영향을 주는 포장재의 재질 그리고 저장방식 등을 고려하여 등급체계를 세분화할 수 있다.

스프링클러 설계용 소화강도는 이들의 최대 열방출률을 통하여 예상할 수 있지만 현장 적재조건을 반영한 다양한 물품의 연소비율(kg/s) 자료와 포장재 용기 등을 포함하는 복합재료에 대한 데이터베이스 활용은 매우 미흡하다. 따라서 물품별 연소열에 따른 상대적인 화재강도 분류방식은 현실적인 대안으로 볼 수 있다.

미국 NFPA와 FM의 경우, 등급분류를 위하여 연소열, 연소비율 또는 열방출률 값을 특정하고 있지는 않으나 FM의 등급분류에 따르면 물품의 화재위험성은 열방출률(Btu/min 또는 kW), 즉, 연소열(Btu/lb 또는 kJ/kg)과 연소비율(lb/min 또는 kg/s)을 곱한 값에 따른 산물로서 기술하고 있다. 이러한 등급분류 근거로서 연소특성과 실험결과를 통하여 일반적으로 플라스틱의 연소열은 27,910 ~ 46,520kJ/kg인 반면 일반 연소열은 13,960 ~ 18,600kJ/kg 으로 제시하고 있다.

Table 2~5에서는 본 연구에서 제시하는 4가지 등급분류체계를 기준으로 다양한 물품에 대한 NFPA, FMDS 및 유럽 EN의 등급결과와 연소열의 범위를 표시하였으며 전체적으로 이들 국제 분류기준 간의 상호 유사성을 잘 보여주고 있다. 여기서 등급분류는 NFPA13의 Table A.5.6.3, FMDS의 8-1 Table 2, EN12845:2015의 Annex B,C 그리고 연소열은 NFPA 핸드북 Table 6.17.1을 참조하였으며 빈 칸은 복합재료 또는 자료가 없는 경우를 나타낸다.

Table 2. Low Class

수용물품	연소열 [kJ/kg]	포장재	팔레트	등급분류		
				NFPA	FM	EN
불연성 빈 용기	<10,000	없음, 골판지	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	1	I
냉동식품	<10,000	왁스가 없는 또는 비 플라스틱 포장, 금속 캔	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	1	II
으깬 과일과 채소	<10,000	플라스틱 < 20 L	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	-	II
신선한 고기	<10,000	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	-	II
금속 가구	<10,000	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	1	I
플라스틱 장식을 하지 않은 가구	<10,000	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	1	
유리병안의 불연성 가루, 알갱이 재료	<10,000	골판지	없음, 금속, 목재, 플라스틱	I	1	-

Table 3. Medium Class

수용물품	연소열 [kJ/kg]	포장재	팔레트	등급분류		
				NFPA	FM	EN
35mm 필름	44,600	폴리에틸렌 캔과 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	III	-	-
폐놀성 플라스틱	28,600	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	III	3	-
폴리 염화비닐 수지	16,890 ~ 24,700	봉지	없음, 금속, 목재, 플라스틱	III	3	III
요소 포름알데히드	14,610	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	III	-	-
천연 섬유 천	16,500 ~ 26,600	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	III	3	II
천연 섬유로 만든 옷	16,500 ~ 26,600	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	III	3	II
목재제품	17,800 ~ 20,400	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	II; III	3	III

Table 4. High Class

수용물품	연소열 [kJ/kg]	포장재	팔레트	등급분류		
				NFPA	FM	EN
레이온과 나일론 원단	13,600 ~ 28,800	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	IV	UP	III
PET(폴리에틸렌테레프탈레이트)로 만든 빈 병	22,200	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	IV	UP	-
비닐 바닥 타일	16,890 ~ 36,400	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	IV	-	-
20 L 이상의 용량, 6 mm 이상의 벽면 두께의 PET 용기 내 불연성 액체	-	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	IV	2	-
밀랍 코팅 셀룰로오스 페이퍼 제품	21,500	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	IV	-	IV
실리콘 고무	15,500 ~ 16,800	골판지 상자	없음, 금속, 목재, 플라스틱	IV	UP	-

Table 5. Extra high Class

수용물품	연소열 [kJ/kg]	포장재	팔레트	등급분류		
				NFPA	FM	EN
텅 빈 단단한 플라스틱 용기	-	없음, 골판지	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 비팽창; 팽창	UP	III
플라스틱 상자 안의 다양한 용기 속 우유	-	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 비팽창	UP	III
상자 안 카펫 타일	-	없음, 골판지	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 비팽창	-	III
롤로 덮인 비닐 바닥	16,890 ~ 36,400	없음, 골판지	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 비팽창	UP	-
상자 없이 비닐 포장된 티슈 페이퍼 제품	-	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 비팽창	UP	III
플라스틱 자동차 범퍼와 대시보드	-	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 팽창	EP	III
부틸 고무	45,800	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 비팽창	UP	IV
폴리스티렌 폼, 폴리우레탄	26,300 ~ 42,500	없음	없음, 금속, 목재, 플라스틱	A그룹 팽창	EP	IV

미국의 경우 저장물품의 양을 기준으로 하는 점이 일본의 기준과 다소 차이가 있으나 특급의 경우 연소열이 8,000cal/g이 상인 가연성 고체를 포함하는 일본의 범주와 유사하다.

등급분류체계의 국내 적용을 위한 선결조건은 이미 국제적으로 통용되는 선진국의 등급 분류체계와 혼선되거나 상충하는 부분이 없어야 하며 무엇보다도 각 등급별 정의가 명확할 필요가 있다.

이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 수용물품과 플라스틱의 비율, 외부포장재, 팔레트의 재질 등을 근거로 하는 미국 NFPA 및 FM 분류체계를 기준으로 하고 유럽과 일본의 등급구성과 부합하는 국내기준(안)을 Table 6에 제시하였다.

Table 6. Proposed classification system

등급분류	경급	중급	상급	특급
연소열 범위 [kJ/kg]	10,000 미만	10,000 ~ 25,000	25,000 ~ 40,000	40,000 이상
포장	골판지	골판지	골판지	비닐 랩핑
대표 내용물	불연성액체+ 플라스틱용기	목재	비팽창성 플라스틱	팽창성 플라스틱
팔레트	목재	목재	목재	플라스틱
비고 (국제기준)	NFPA I 및 FM Class 1 일본 등급 IV	NFPA II, III 및 FM Class 2, 3, 일본 등급 II, III	NFPA Class IV 및 FM Class 4 일본 등급 I	CEP 물품 및 경급 중급 상급에 포함 안 되는 플라스틱그룹

경급(Low)

NFPA I 및 FM Class 1에 해당하며 일본의 등급 IV와 유사한 연소특성을 가진다. 경급은 기본적으로 목재 팔레트 위에 소량의 종이 또는 골판지 포장재로 구성하며 불연성이고 제한된 양의 가연성 물질을 포함한다. 연소열은 일반적으로 10,000kJ/kg 미만에 해당한다.

예: 금속캔의 수성페인트, 플라스틱 용기의 불연성 액체, 비 플라스틱 용기의 냉동식품, 포장 안된 신선한 고기 등

중급(Medium)

NFPA II, III 및 FM Class 2, 3, 일본의 등급 II ~ III에 해당한다. 중급에는 종이, 나무와 같은 자연 가연성 물질이 포함되며 포장재는 종이, 판지 및 제한된 비팽창성 플라스틱 및 목재 팔레트가 포함된다. 연소열은 일반적으로 10,000kJ/kg에서 25,000kJ/kg 사이에 해당된다.

예: 전자장비, 자유유동 분말 식품, 곡물, 천연섬유, 서적, 종이제품(두루마리 용지 제외), 종이상자 안의 담배제품 등

상급(High)

NFPA Class IV 및 FM Class 4에 해당되며 NFPA 용어로는 포장 된 비 팽창성 플라스틱 그리고 FM 용어로는 CUP를 포함한다. 일본의 등급 I과 동등하다. 포장재는 종이, 판지 및 제한된 비팽창성 플라스틱 및 목재 팔레트가 포함된다. 연소열의 범위는 25,000kJ/kg에서 40,000kJ/kg 사이가 된다.

예: 합성 섬유, 상자 안의 고기 또는 플라스틱 쟁반, 플라스틱 가구, 금속캔의 유성 페인트, 비팽창 플라스틱, 레이온 또는 나일론 실 등

특급(Extra high)

Cho et al.(2016)의 선례연구에서 제시한 CEP 물품을 포함하여 경급, 중급, 상급에 포함되지 않은 플라스틱 그룹에 해당된다. 포장재는 팽창성 플라스틱 및 목재 또는 플라스틱 팔레트가 포함된다. 연소열은 일반적으로 40,000kJ/kg 이상이다.

예: 상자 및 팽창성 플라스틱, 폼 플라스틱 완충재가 있는 가구 및 침구류, 광물질 함유 솜이 들어간 목탄, 플라스틱 자동차 부품 및 의료용품 등

현실적으로 각 등급별 기준 값을 결정하는 것은 용이하지 않으나 인용이 가능한 대부분의 값은 유사하다고 판단되는 화재 실험결과에 기초한 것이며 특정 시험의 데이터 값은 제한된 수의 재료와 구성에 대해서만 사용될 수 있다.

결론적으로 미국, 유럽, 일본 등의 국제적 기준체계와의 호환성, 국내 제도적 적용의 여건 등을 고려할 때 4등급으로 분류하는 것은 대부분의 상품을 적절하게 포함할 수 있다고 판단된다.

다만, 물품의 연소특성상 차별화된 방호대책이 필요한 아래의 특수 물품에 대하여는 각각에 대하여 국제적 공인 요구조건에 부합하는 별도의 기준이 마련되어야 한다.

- 대형 용기안의 가연성/인화성 액체
- 롤 페이퍼
- 에어로졸
- 폭발물
- 자연발화성 물질
- 고무 타이어

등급별 수용물품 실험

실험개요

국내 현장조사를 토대로 본 연구에서 제시한 등급별 대표 가연물을 선정하고 등급분류의 적합성 확인을 위한 연소특성 실험을 수행하였다(Fig. 1). 모든 시편의 규격은 300mm x 400mm x 300mm (높이)이며 점화원은 ISO 12949 시험기준에 따른 27kW 버너를 사용하여 팔레트를 제외한 각 제품별 1단 및 3단 박스 실험으로 열방출률을 측정하였다. Table 7에서는 등급별 가연물의 내용물 및 부피비, 중량비, 무게를 나타내었다.



Fig. 1. Test specimens

Table 7. Commodity components of each specimen

No.	등급	재료 특성	내용물 구성	부피비 [%]	중량비 [%]	개당 중량 [g]	박스 중량 [kg]
1	특급	팽창성 플라스틱	CEP	63.7	18.6	30	1.61
2	상급	열가소성수지 (폴리프로필렌)	플라스틱 통	17.6	19.9	70	1.41
3		열경화성수지 (멜라민수지)	식기류	64.1	81.5	370	3.63
4	중급	목재	종이컵	53	78.9	150	3.04
5			MDF합판	22.2	90.1	1160	5.15
6			일반합판	23.5	86.5	850	3.93
7	경급	불연성액체+플라스틱용기 (폴리에틸렌)	생수통 소형	34.7	93.8	510	13.6

실험결과

7개 시편의 단위박스 및 3단 박스에 대한 열방출률 실험 결과는 Table 8과 같다. 전체적으로 각 등급에 부합하는 상대적인 화재강도 분포를 보여주었으며 연소열값은 SFPE 핸드북 자료를 참고하였다(Dineno and Drysdale, 2008).

실험결과, 특급으로 분류한 CEP가연물의 경우, Cho et al.(2016)에 따르면 관련 실험에서는 최대값이 114kW로 나타났으나 이번 실험은 외부포장재인 비닐래핑이 없는 골판지 박스로 진행되어 상대적으로 낮은 열방출률 값이 측정되었다. 열가소성수지인 2번시편의 경우는 연소속도가 빠르고 최대 열방출률 값이 높게 나타났으며 연소열의 범위로 볼 때 특급에 해당된다.

열경화성 수지에 해당하는 3번 시편은 상대적으로 열방출률이 매우 낮고 연소열이 중급에 해당한다. 특히 플라스틱제품은 종류별로 열방출률 및 연소열의 범위가 매우 다양함을 알 수 있다.

중급에 해당하는 연소열 범위를 갖는 목재의 경우, MDF 합판의 열방출률 값은 일반합판의 40%정도로 큰 차이를 보이고 있다. 일반합판의 열방출률은 상급에 해당하는 수준이지만 연소속도는 플라스틱에 비하여 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

한편, 동일한 제품에서도 내부공간의 중량비율 또는 부피비율에 따라서 연소속도와 열적 특성에 차이가 발생하므로 이에 대한 고려가 필요함을 알 수 있다.

Table 8. Maximum heat release rate

No.	내용물 구성	연소열 [MJ/kg]	도달 시간 [sec]	최대 열방출률 (버너 포함) [kW]	비고
1	CEP	-	253	99	114kW (비닐래핑포함) 283 kW (3단실험) 222초
2	플라스틱 통	43.4	213	112	377kW (3단실험) 417초
3	식기류	14.54	260	49	-
4	종이컵	-	493	80	302kW(3단실험) 387초
5	MDF 합판	14.0	224	43	-
6	일반합판	13.87	797	102	-
7	생수통 소형	21.27 (PET)	236	59	-

결론

국내 물류창고의 등급별 화재강도에 부합하는 합리적인 스프링클러설계 적용을 위하여 현장조사, 국제 분류기준 및 연소 특성실험결과를 반영한 수용물품 등급 분류방법(안)은 다음과 같다.

1. 경급은 연소열 10,000kJ/kg 미만이며 골판지로 포장하고 대표 내용물이 불연성 액체와 플라스틱 용기로 구성된다. 목재 팔레트를 적용하며 NFPA Class I 및 FM Class 1 그리고 일본 등급 IV에 준한다.
2. 중급은 연소열 10,000 ~ 25,000kJ/kg으로 포장과 팔레트는 경급과 동일하다. 대표 내용물은 목재이다. NFPA Class II, III 및 FM Class 2, 3, 일본 등급 II, III에 해당한다.
3. 상급은 연소열은 25,000 ~ 40,000kJ/kg이고 포장은 골판지, 팔레트는 목재를 사용한다. 대표 내용물은 비 팽창성 플라스틱이다. NFPA Class IV 및 FM Class 4에 해당하며 일본 등급 I과 동등하다.
4. 특급은 연소열이 40,000kJ/kg 이상이며, 비닐로 랩핑하여 포장한다. 팔레트는 상기 등급과 달리 플라스틱이며 대표 내용물은 팽창성 플라스틱으로 구성된다. FM 기준 CEP 물품과 경급, 중급, 및 상급에 포함이 안 되는 플라스틱그룹에 해당한다.
5. 국내 현장조사에 의해 선정된 대표 가연물의 열방출률 실험 결과는 본 연구에서 제시한 각 등급별 연소열 범위와 상응하는 것으로 나타나 수용물품의 상대적인 화재강도 판단이 가능함을 보여주었다. 다만 동일한 품목에서도 내부 공간의 중량 또는 부피비율에 따라서 연소속도와 열적 특성이 다를 수 있는 점은 고려할 필요가 있다.
6. 수용물품 등급분류방법은 물류창고 방호설계의 첫 단계로서 미국, 유럽, 일본의 기준은 동일하지는 않으나 매우 유사한 기준을 적용하고 있으며 국내에서도 가연물을 특정할 수 없는 대부분의 임대 창고에 대하여 등급별 최대 스프링클러 소화강도를 확보하기 위한 제도적 보완이 요청된다.

Acknowledgment

본 연구는 소방청 현장중심형 소방활동지원 기술개발사업(MPSS-소방안전-2015-67)의 연구비 지원으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Cho. G.-H., Yeo. I.-H. (2016). "Evaluation on Fire Spread Speed of Standard Rack in Korea for Performance based Fire Extinguishing System" Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 6, pp. 84-91.
- [2] Dinunno, P. J., Drysdale, D. (2008). The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. NFPA, USA.
- [3] FM Global (2015). Property Loss Prevention Data Sheets 8-1. Commodity Classification.
- [4] Kim. W.-H., Lee. Y.-J. (2016). "A Field Survey of Rack-Type Warehouse for Commodity Classification System in Korea" Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 2, pp. 98-105.
- [5] Japan Ministry of Home Affairs (1999). Fire Bureau Agency, Prevention Division, Rack Warehouse Sprinklers-Facilities Manual.
- [6] NFPA (2013). NFPA 13 Standard for the Installation, Sprinkler Systems.