

화재통계자료를 활용한 건축물 용도별 화재위험성 변동에 관한 연구

A Study on the Change in Fire Risk by Occupancy Type Using Fire Statistics

이재원* · 진승현** · 이병흔*** · 권영진****

Lee, Jaewon*, Jin, Seunghyeon**, Lee, Byeongheun***, and Kwon, Youngjin****

Abstract

This study, as the basic research for developing fire safety guidelines for a building, analyzed the fire risk in buildings according to their occupancy type through fire statistics. This study conducted the fire statistics analysis using data of 6 years (2012-2017) obtained from the National Fire Data System. The fire risk scale of casualties and property damage per fire was classified using Importance Performance Analysis (IPA) technique. As a result, residential, transportation & vehicles, industrial and medical welfare facilities were identified as the structures with high fire risk. In addition, this study presented the fire risk grade by dividing the risk of facilities into 5 phases through SFPE's structure fire risk analysis method and ArcGIS's natural division method through subdivision of 4 types of facilities previously identified using the IPA technique.

Key words : Fire Risk Assessment, Fire Statistics, Fire Risk Matrix, Fire Risk Rating

요 지

용도별 건축물의 화재 안전 가이드라인을 개발하기 위한 기초적인 연구로서, 화재통계자료를 통해 건축물 용도별 화재위험도 분석에 실시하였다. 화재통계분석은 국가화재정보시스템의 6년간(2012-2017)자료를 활용하여 실시하였다. IPA (Importance Performance Analysis)기법을 이용해 화재건수 당 사상자 및 재산피해액의 화재위험도 척도를 분류하였다. 그 결과 주거시설, 운수·자동차시설, 산업시설, 의료복지시설이 화재위험도가 높은 건축물로 분류되었다. IPA기법을 통하여 도출된 4가지 시설물을 세분류하여 SFPE의 건축물 화재위험도 분석방법과 ArcGIS의 자연적 구분법을 통하여 시설물의 위험도를 5단계로 나눠 화재위험도 등급을 제시하였다.

핵심용어 : 화재위험성 평가, 화재 통계, 화재리스크 매트릭스, 화재위험도 등급화

1. 연구배경 및 목적

최근 우리나라는 부산 주상복합 건축물 화재(2010), 고양 종합터미널 화재(2014), 의정부 아파트 화재(2015), 제천시 포츠센터 화재(2017), 밀양세종병원 화재(2018) 등 다양한

용도의 건축물에서 화재가 발생하고 있다. 화재위험성에 대한 사회적 이슈가 증가함에 따라, 국민의 안전한 생활을 위하여 행정안전부에서는 제1차 화재안전정책 기본계획 (2017~2021)을 수립하여 5년간 화재 10% 감소를 목표로 화재안전 정책을 실시하고 있다. 건축물에서 화재가 발생했

*정회원, 호서대학교 소방방재학과 박사수료(E-mail: jaewon278@naver.com)

Member, Ph.D. Candidate, Department of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo University

**호서대학교 소방방재학과 박사과정

Ph.D. Candidate, Department of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo University

***호서대학교 소방방재학과 박사과정

Ph.D. Candidate, Department of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo University

****교신저자, 정회원, 호서대학교 소방방재학과 교수(Tel: +82-41-540-5497, Fax: +82-41-540-5738, E-mail: jungangman@naver.com)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo University

을 때 재실자의 피난안전성을 확보하기 위해서는 건축구조, 소방설비 기준을 강화하는 방법이 있지만 이를 기존 건축물에 적용하기까지 많은 비용과 시간이 소모될 것으로 사료된다. 이에 따라 우선적으로 건축물 특성을 반영한 피난안전가이드라인을 구축하는 것이 중요할 것으로 사료된다(Kim, 2005). 국내 화재안전가이드라인의 경우 보건복지부의 사회복지시설 안전관리매뉴얼(MOHW, 2014), 행정안전부의 다중이용시설위험기상상황 매뉴얼 표준안(MOIS, 2017), 소방청 아파트(공동주택)화재 안전 매뉴얼(NFA, 2018) 등에서 화재예방 및 대응, 피난방법, 훈련 방법에 관하여 기술하고 있고 이를 활용하여 화재안전 및 피난안전을 도모하고 있다. 하지만 피난방법에 관하여 서술하고 있지만 피난계획에 있어서 고려해야 하는 사항 중 시설의 특성, 재실자 특성 및 건축 구조 등을 반영한 가이드라인 구축이 필요한 실정이며 훈련의 경우 획일적인 내용만을 제시하고 있는 실정이다(Jin et al., 2018).

건축물의 화재 및 피난안전 가이드라인을 구축하기 위해서는 단계별 직원 및 재실자의 행동방법, 피난소요시간을 감소시킬 수 있는 훈련방법, 시설의 문제점을 파악할 수 있는 자체 점검 체크리스트 및 연기·화염확산에 따른 피난한계시간을 고려하여 가이드라인을 구성할 필요성이 있다(JAFPE, 2015).

건축물의 피난안전 확보를 위하여 모든 건축물 용도별, 규모, 재실자의 특성, 화재특징을 고려한 가이드라인 구축이 필요한 실정이지만 모든 시설에 대한 가이드라인의 개발까지는 많은 시간이 소요 될 것으로 판단된다. 이에 따라 화재통계 조사를 통한 건축물 용도별 화재위험도 분석을 실시하여 화재위험성이 높은 건축물을 선정하고 기초적인 화재특성 분석이 우선적으로 실시되어야 할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 화재통계 자료를 활용한 건축물 용도별 화재위험도를 등급화하여 화재위험성이 높은 건축물을 선정 및 위험등급 변동에 관하여 분석하고자한다.

2. 화재위험도 측정 방법

2.1 연구범위

건축물 용도별 화재위험도를 분석하기 위해서 건축물 용도별 화재발생 현황, 사상자 수, 재산피해액은 소방청의 국가화재정보시스템(National Fire Data System) 6년간(2012~2017) 자료를 활용하였으며, 건축물 동수는 국토교통부의 건축행정시스템(Architectural Information System) 6년간(2012~2017) 자료를 활용하였다.

소방청 국가화재정보시스템의 건축물 분류는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 5조[별표 2]에 의해 규정하고 있는 특정소방대상물을 대상으로 하고 있으며, 국토교통부 건축행정시스템의 건축물 분류는 「건축법 시행령」 제 3조의 5[별표 1]에 따라 건축물

용도를 제시하고 있다. 국가화재정보시스템과 건축행정시스템의 건축물 용도분류체계상 일부 차이가 있어 용도에 따른 시설물의 화재건수와 건축물 동수 DB 구축 시 국가화재정보시스템의 건축물 용도분류 기준에 따라 용도를 분류하여 화재위험도 분석을 진행하였다.

2.2 위험도 측정방법

화재위험도 평가 방법은 정성적 방법, 정량적 방법, 상대순위 방법으로 구분된다.

정성적 방법은 화재위험의 가능성을 확인하는 방법으로서, 화재발생 매커니즘의 해석 및 분류에 적합하며, 위험요인의 평가부터 방재대책 수립까지 진행할 수 있는 장점이 있다(Lee et al., 2019). 하지만 화재위험의 정도를 계량화할 수 없는 제한이 따른다. 정량적 방법은 화재의 크기 및 영향을 분석하는 기법으로서 전문 지식과 많은 자료를 필요로 하는 대신 화재위험을 구체적으로 표현함으로써 피해확률을 나타낸다. 상대순위 방법은 화재위험의 크기를 지수로 표현하는 방법으로 위험요소의 확인 및 크기 산출이 가능하여 실용성이 높은 특징이 있다(Kim, 2000; Chung, 2008).

건축물의 화재 및 피난안전성을 확보하기 위해서는 화재위험도 평가에 따른 건축물 용도별 화재발생 위험도와 이에 따른 개선방안에 관한 종합적인 대책까지 도출할 수 있는 정성적 방법을 활용한 평가를 실시해야 하지만 본 논문에서는 우선적으로 화재위험도가 높은 건축물을 도출하기 위하여 정량적 방법인 SFPE의 화재위험도 측정 방법, 상대순위 방법의 IPA 분석기법, ArcGIS 자연적구분법(Natural Breaks of Jenks)을 활용하여 건축물 화재위험도를 측정하였다.

화재위험도가 높은 건축물의 등급화 방법은 국가화재정보시스템에서 구분하는 10가지 건축물 용도(주거시설, 교육시설, 판매·업무시설, 집합시설, 의료복지시설, 산업시설, 운수자동차시설, 문화재시설, 생활서비스시설, 기타서비스시설)에 대하여 IPA기법을 활용해 위험도가 높을 것으로 판단되는 건축물 용도를 도출하고, 도출된 건축물 용도를 시설물별로 SFPE의 화재발생빈도, 화재 1건 당 사상자 빈도 및 재산피해 데이터를 구축하였다. 이 데이터를 활용하여 ArcGIS의 자연적 구분법(Natural Breaks of Jenks)을 활용하여 5단계의 범위를 생성하고 이를 Risk Matrix에 적용하여 화재위험도를 등급화 하였다.

2.2.1 IPA기법을 활용한 위험성 분석

IPA분석기법은 Fig. 1과 같이 4개 분면을 통해 우선적으로 개선되어야 하는 속성을 쉽게 발견할 수 있는 매트릭스이다(Zhu, 2015). 이에 따라 건축물 용도별 6년 평균 화재 1건당 재산피해(y축), 6년 평균 화재 1건당 사상자(x축) 데이터를 적용하여 위험도를 분석한다.

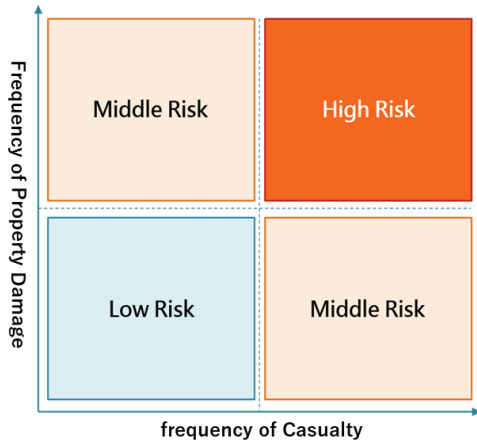


Fig. 1. IPA Matrix Analysis Technique

IPA 매트릭스 분석 기법을 활용한 화재위험도 분석방법은 Table 1과 같다. 이에 따라 분석 결과 중 1, 2, 4분면의 범주에 속한 시설물을 화재위험도가 높을 것으로 판단됨으로써 해당시설을 세분화 하여 건축물 용도별 화재위험등급을 분석하고자 한다.

Table 1. IPA Matrix Risk Analysis Method

Division	Description
1 Quadrant (High Risk)	Property damage and casualties are high
2 Quadrant (Middle Risk)	Property damage is high while casualties are low
3 Quadrant (Low Risk)	Both property damage and casualties are low
4 Quadrant (Middle Risk)	Property damage is low while casualties are high

2.2.2 SFPE 화재위험도 분석 방법

IPA 기법을 통해 도출된 건축물 용도별 시설물을 세분류 하여 SFPE (NFPA, 2002)의 화재위험도 분석방법을 활용해

Table 2. SFPE Fire Risk Range

Frequency Level	Description	
10-2/yr < f < f (< 100 years)	Common incidents that may occur several times during the lifetime of the building	A (Anticipated)
10-4 < f < 10-2/yr (100 to 10,000 years)	Events that are not anticipated to occur during the lifetime of the facility	U (Unlikely)
10-6 < f < 10-4/yr (10,000 to 1 million years)	Events that will probably not occur during the life cycle of the building	EU (Extremely Unlikely)
f < 10-6/yr (> 1 million years)	All other accidents	BEU (Beyond Extremely Unlikely)

Table 2와 같이 화재위험도를 정량적으로 표준화 하였다. SFPE의 화재위험도 계산 방법은 각 시설물의 화재발생건수를 건축물 모집단 수로 나눈 값(f =각 건축물 용도별 화재발생건수/건축물 모집단 수)이다. f 값을 활용하여 위험도를 A(발생 가능성 있음), U(발생가능성 희박), EU(발생 가능성 거의 없음), BEU(발생가능성 거의 없음) 4단계로 구분하고 있다 (Shin et al., 2012).

2.2.3 Risk Matrix를 활용한 화재위험도 등급화 방법

상대지표를 활용한 용도별 건축물의 위험도 분석은 ArcGIS의 자연적 구분법(Natural Breaks of Jenks)을 활용하였다. 자연적 구분법의 기본 개념은 해당 그룹 안에서의 동질성과 그룹 간에서의 이질성을 최대화하여 그룹화 하는 것이다. 이 방법의 장점은 원하는 등급의 수에 따라 최적의 등급구간의 경계를 설정할 수 있다는 것이다(Seoul Development Institute, 2010).

등급구간을 생성하기 위하여 건축물 용도별 화재발생빈도, 화재건수 당 사상자 및 재산피해액의 데이터를 자연적 구분법을 활용하여 구간을 생성하였으며, Fig. 2와 같은 리스크 매트릭스(Risk Matrix)에 적용하여 세분화된 건축물 용도별로 위험등급을 평가하였다(Shin et al., 2012).

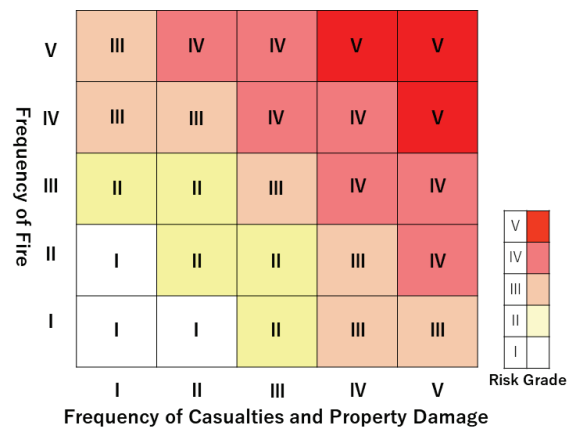


Fig. 2. Risk Matrix

3. 화재위험도 분석결과

y축으로 구분하고, Table 3의 데이터를 활용하여 위험도를 분석한 결과 Fig. 3과 같다.

3.1 IPA분석 기법을 활용한 위험도 분석 결과

건축물 용도별 화재건수 당 사상자, 재산피해액을 x축과

IPA매트릭스 기법을 통해 분석한 결과 사상자 빈도에 비해 재산피해가 높은 2사분면에 해당되는 시설은 문화재

Table 3. 6yr Average Number of Buildings, Number of Fires, Casualties and Property Damage

Division	Number of Fires	Casualties (Person)	Property (Thousand Won)	Number of Building
Detached Dwelling	4,551	340	29,045	3,601,373
Multiple Dwellings Housing	68	7	183	9,537
Multy-Family Housing	1,162	115	3,042	545,892
Row House	1,162	115	3,042	545,892
Apartment	2,719	278	7,954	132,621
Apartment Unit in a House	1,061	91	2,752	221,656
Short-Term General Hospital	13	1	90	604
Hospital	38	11	128	3,024
A Dental Hospital	11	1	35	79
Korean Medicine Hospitals	3	1	6	192
Mental Hospital	3	0	5	140
Sanatorium	9	1	10	355
Zoological Garden	4	0	12	159
A Funeral Hall	4	0	6	250
Oriental Medical Clinic	20	1	137	1,487
Clinic	41	2	215	15,628
Postnatal Care Center	3	0	29	63
Other Medical Facilities	8	2	37	790
Kindergarten	14	1	51	5,419
Nursery	29	1	71	5,837
Welfare Facilities for the Elderly	13	2	99	21,550
Social Welfare Facilities	9	1	20	3,181
Workers' Compensation and Welfare Facilities	1	0	0.17	245
Child Welfare Facilities	4	0	13	884
Other Old-Age Facilities	5	0	26	3,226
Other Industrial Facilities	735	46	44,952	53,391
Frozen Storage	76	3	20,819	5,399
Storage	713	18	33,898	22,892
Other Storage	458	12	5,666	453
Electric Power Station	4	0	463	43,091
Transforming Station	4	0	65	3,442
Other Electric Power Station	10	1	302	1,378
Parking Lot	24	1	183	1,719
Car Wash, Junkyard	32	3	434	4,251
Auto Mechanic etc	89	7	3,359	4,474
Driving School etc	2	0	2	10,408
Other Motor Facilities	25	2	355	681
Airport	1	0	12	5,128
Other Port Facility	1	0	1	431
Bus Terminal Complex	4	21	2,426	209
Train Station	5	0	17	224
Service Area	1	0	1	695

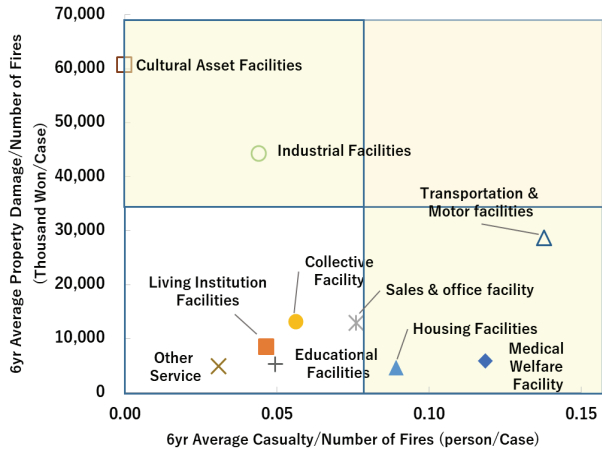


Fig. 3. Results of Risk Analysis According to IPA Analysis

시설, 산업시설로 분류 되었으며, 재산피해에 비해 사상자 빈도가 높은 시설은 주거시설, 운수·자동차시설, 의료복지시설로 도출되었다. 문화재시설의 경우 화재위험도가 높은 건축물로 분석 되었지만 Table 4와 같이 화재건수의 경우 6년 평균 3.3건 발생하였고 사상자의 경우 발생하지 않은 것에 비해 재산피해액이 지나치게 높은 것을 알 수 있다. 이에 따라 문화재시설에 대한 화재위험도를 분석하기에는 부적합하다 판단되어 제외하였다.

Table 4. 6yr Average Number of Fires and Frequency of Casualty · Property Damage

Division	Number of Fires (Case)	Frequency of Casualties (Person)	Frequency of Property Damage (Thousand Won)
Housing Facilities	11,172.2	0.09	4,555.8
Educational Facilities	340.2	0.05	8,355.5
Sales & Office Facility	2,254.0	0.08	13,016.8
Collective Facility	349.8	0.06	13,129.1
Medical Welfare Facility	364.5	0.12	5,895.2
Industrial Facilities	5,441.7	0.04	44,247.8
Transportation & Motor Facilities	274.8	0.14	28,632.2
Cultural Asset Facilities	3.3	0.00	60,655.5
Living Institution Facilities	4,352.0	0.05	5,255.2
Other Service	2,008.3	0.03	4,904.1

3.2 SFPE분석 기법을 활용한 위험도 분석 결과

IPA기법을 통하여 4가지 시설의 화재위험성이 높을 것으로 판단됨에 따라 시설물의 용도를 세분화 하여 각 시설별 화재발생 빈도를 분석 하였다.

각 시설물은 주거시설의 6개 시설, 의료복지시설의 19개 시설, 산업시설의 7개 시설, 운수·자동차시설의 10개 시설을 대상으로 진행하였다.

화재발생빈도를 측정할 결과 Table 5와 같이 화재발생 가능성이 높은 A등급 이상의 시설물은 주거시설이 2개 시설, 의료복지시설 중 11개 시설, 산업시설 중 4개 시설, 운수·자동차시설 중 1개 시설로 분석 되었다.

주거시설의 경우 아파트, 연립주택의 화재 발생빈도가 높게 분석되었으며, 의료복지시설의 경우 재실자가 24시간 상주하고 있는 병원 시설에서 화재발생빈도가 높게 나타나고 있다. 산업시설의 건축물 분류 중 화재발생빈도가 높은 시설은 창고시설(냉동창고, 물품저장소, 기타 창고)로 분석 되었으며, 운수·자동차시설의 화재발생빈도 측정결과 여객자동차터미널의 화재위험성이 높게 분석됐다.

Table 5. Results of Measurement of Fire Frequency

Housing Facilities	Average	Risk Grand
Detached Dwelling	0.001264	U
Multiple Dwellings Housing	0.007327	U
Multy-Family Housing	0.002120	U
Row House	0.011342	A
Apartment	0.020479	A
Apartment Unit in a House	0.004761	U
Medical Welfare Facility	Average	Risk Grand
Short-Term General Hospital	0.022048	A
Hospital	0.012512	A
A Dental Hospital	0.135901	A
Korean Medicine Hospitals	0.015929	A
Mental Hospital	0.017574	A
Sanatorium	0.029291	A
Zoological Garden	0.021530	A
A Funeral Hall	0.020006	A
Oriental Medical Clinic	0.013742	A
Clinic	0.002624	U
Postnatal Care Center	0.057512	A
Other Medical Facilities	0.010125	A
Kindergarten	0.002551	U
Nursery	0.004963	U
Welfare Facilities for the Elderly	0.000593	EU
Social Welfare Facilities	0.002950	U
Workers' Compensation and Welfare Facilities	0.001987	U
Child Welfare Facilities	0.004334	U
Other Old-Age Facilities	0.001723	U

Table 5. (Continued)

Industrial Facilities	Average	Risk Grand
Other Industrial Facilities	0.015071	A
Frozen Storage	0.015218	A
Storage	0.034214	A
Other Storage	0.010925	A
Electric Power Station	0.001152	U
Transforming Station	0.002648	U
Other Electric Power Station	0.005749	U
Transportation & Motor Facilities	Average	Risk Grand
Parking Lot	0.005556	U
Car Wash, Junkyard	0.007062	U
Auto Mechanic etc.	0.008648	U
Driving School etc.	0.002453	U
Other Motor Facilities	0.004936	U
Airport	0.002303	U
Other Port Facility	0.004111	U
Bus Terminal Complex	0.017202	A
Train Station	0.007769	U
Service Area	0.000992	EU

3.3 ArcGIS 자연적 구분법을 활용한 화재위험도 분석

3.3.1 건축물용도별 화재발생, 사상자, 재산피해 위험도 분석

절대지표인 SFPE의 화재위험도 분석방법을 활용하여 산출한 건축 용도별 화재발생빈도 값과 화재건수당 사상자 및 재산피해액을 상대지표인 ArcGIS의 자연적 구분법을 통해 위험등급 구간을 5단계로 구분하였으며, 빈도구간은 Table 6과 같다.

화재발생빈도, 사상자빈도, 재산피해빈도를 빈도구간에 따라 5단계로 분류하였다. Table 7과 같이 주거시설의 화재 발생빈도 등급 중 4, 5등급에 해당되는 시설은 아파트, 연립주택이며, 사상자빈도 등급 중 4, 5등급 시설은 다가구주택,

Table 6. Frequency Separation Results

Division	Frequency of Fire	Frequency of Casualties	Frequency of Property Damage	Risk Grand
Housing Facilities	0.0012	0.0609	2,532	I
	0.0021	0.0777	2,563	II
	0.0073	0.0980	2,782	III
	0.0113	0.0992	2,977	IV
	0.0204	0.1077	7,015	V
Medical Welfare Facility	0.0049	0.0000	1,986	I
	0.0175	0.0467	2,869	II
	0.0320	0.0909	5,115	III
	0.0575	0.1292	7,662	IV
	0.1359	0.1842	10,289	V
Industrial Facilities	0.0026	0.0000	5,659	I
	0.0057	0.0277	14,930	II
	0.0109	0.0665	37,058	III
	0.0152	0.0757	66,421	IV
	0.0351	0.1288	271,524	V
Transportation & Motor Facilities	0.0024	0.0000	2,136	I
	0.0041	0.0408	5,748	II
	0.0055	0.0604	11,187	III
	0.0086	0.1018	27,651	IV
	0.0172	1.5181	167,031	V

다가구주택, 연립주택으로 분석됐다. 재산피해빈도의 4, 5등급 시설은 연립주택, 아파트, 단독주택으로 분석됐다.

의료복지시설의 위험도 분석결과 Table 8과 같이 화재발생빈도 중 4, 5등급 시설은 산후조리원, 치과병원으로 분석되었으며, 사상자빈도의 4, 5등급 시설은 요양소, 병원, 한방병원, 기타 의료시설, 노인복지시설로 분석됐다. 재산피해빈도의 4, 5등급 시설은 종합병원, 한의원, 의원, 산후조리원, 노인복지시설로 분석됐다.

산업시설의 위험도 분석결과 Table 9와 같이 화재발생빈

Table 7. Housing Facilities Risk Level Result

Division	Number of Fires		Damage			
	Frequency of Fire	Rating	Casualties (Person)	Rating	Property (Thousand Won)	Rating
Detached Dwelling	0.001264	1	0.074532	2	6,387	5
Multiple Dwellings Housing	0.007327	3	0.101526	5	2,700	3
Multy-Family Housing	0.002120	2	0.099131	4	2,575	3
Row House	0.011342	4	0.104034	5	2,931	4
Apartment	0.020479	5	0.090992	3	3,288	5
Apartment Unit in a House	0.004761	3	0.087374	3	2,606	3

Table 8. Medical Welfare Facility Risk Level Result

Division	Number of Fires		Damage			
	Frequency of Fire	Rating	Casualties (Person)	Rating	Property (Thousand Won)	Rating
Short-Term General Hospital	0.022048	3	0.082567	3	6,410	4
Hospital	0.012512	2	0.254510	5	3,165	3
A Dental Hospital	0.135901	5	0.083333	3	3,790	3
Korean Medicine Hospitals	0.015929	2	0.166667	5	1,955	1
Mental Hospital	0.017574	2	0.000000	1	3,350	3
Sanatorium	0.029291	3	0.125839	4	1,691	1
Zoological Garden	0.021530	3	0.000000	1	3,470	3
A Funeral Hall	0.020006	3	0.000000	1	2,141	2
Oriental Medical Clinic	0.013742	2	0.058569	3	7,066	4
Clinic	0.002624	1	0.035778	2	5,159	4
Postnatal Care Center	0.057512	4	0.033333	2	7,395	4
Other Medical Facilities	0.010125	2	0.177778	5	4,312	3
Kindergarten	0.002551	1	0.054487	3	3,053	3
Nursery	0.004963	1	0.049332	2	2,470	2
Welfare Facilities for the Elderly	0.000593	1	0.146296	5	7,365	4
Social Welfare Facilities	0.002950	1	0.039352	2	1,867	1
Workers' Compensation and Welfare Facilities	0.001987	1	0.000000	1	176	1
Child Welfare Facilities	0.004334	1	0.000000	1	2,919	3
Other Old-Age Facilities	0.001723	1	0.042328	2	4,188	3

Table 9. Industrial Facilities Risk Level Result

Division	Number of Fires		Damage			
	Frequency of Fire	Rating	Casualties (Person)	Rating	Property (Thousand Won)	Rating
Other Industrial Facilities	0.015071	4	0.060783	3	61,305	4
Frozen Storage	0.015218	4	0.039060	2	277,489	5
Storage	0.034214	5	0.025397	1	48,616	4
Other Storage	0.010925	3	0.025743	1	12,280	2
Electric Power Station	0.001152	1	0.055556	3	85,133	5
Transforming Station	0.002648	1	0.000000	1	15,587	3
Other Electric Power Station	0.005749	2	0.136111	5	22,335	3

도 중 4, 5등급 시설은 기타 공업시설, 냉동창고, 창고로 분석되며, 사상자빈도의 4, 5등급 시설은 기타 발전시설로 분석됐다. 재산피해빈도의 4, 5등급 시설은 기타 공업시설, 창고, 냉동창고로 분석됐다.

운수자동차시설의 위험도 분석결과 Table 10과 같이 화재 발생빈도 중 4, 5등급 시설은 세차장·폐차장, 철도역사,

자동차검사장 등, 여객자동차터미널로 분석되며, 사상자빈도의 4, 5등급 시설은 세차장·폐차장, 자동차검사장 등, 기타 자동차시설, 여행객이용시설, 여객자동차터미널로 분석됐다. 재산피해빈도의 4, 5등급 시설은 세차장·폐차장, 기타 자동차시설, 자동차검사장 등, 여객자동차터미널로 분석됐다.

Table 10. Transportation & Motor Facilities Risk Level Result

Division	Number of Fires		Damage			
	Frequency of Fire	Rating	Casualties (Person)	Rating	Property (Thousand Won)	Rating
Parking Lot	0.005556	3	0.04276	3	7,236	3
Car Wash, Junkyard	0.007062	4	0.072772	4	13,000	4
Auto Mechanic etc.	0.008648	5	0.075927	4	38,193	5
Driving School etc.	0.002453	1	0.000000	1	1,262	4
Other Motor Facilities	0.004936	3	0.085250	4	14,783	4
Airport	0.002303	1	0.166667	5	6,911	3
Other Port Facility	0.004111	2	0.000000	1	1,033	1
Bus Terminal Complex	0.017202	5	2.783333	5	303,963	5
Train Station	0.007769	4	0.041667	3	2,174	2
Service Area	0.000992	1	0.000000	1	857	1

3.3.2 Risk Matrix를 활용한 화재위험도 등급화 결과

ArcGIS의 자연적 구분법에 의해 구분된 위험 단계에 따라 화재발생빈도(a), 사상자빈도(b), 재산피해빈도(c)의 위험 단계를 구분하였다.

리스크 매트릭스의 Y축을 화재발생빈도, X축을 사상자 및 재산피해 빈도를 적용하여 화재발생빈도와 사상자빈도(x = b, y = a), 화재발생빈도와 재산피해빈도(x = c, y = a) 2가지 리스크 매트릭스 상 위험등급을 도출한다. 2가지 위험 등급 결과를 리스크 매트릭스에 적용하여 최종 위험등급을 분석하였다. 분석한 결과는 Table 11과 같다.

주거시설의 용도별 건축물의 위험도를 등급화한 결과 4등급 이상의 시설은 다중주택, 연립주택, 아파트로 분석되었다. 다중주택의 경우 화재발생 빈도는 다른 시설에 비해 낮지만 화재건 수당 사상자의 비율이 높은 특징이 있었으며, 아파트의 경우 화재발생빈도와 재산피해빈도가 높은 특징이 있다.

의료복지시설의 화재 위험도 4등급 이상의 시설은 종합병원, 치과병원, 산후조리원으로 분석되었다. 화재위험도 등급이 4등급 이상은 아니지만 병원, 노인복지시설의 경우 사상자빈도가 높게 분석된 시설이다.

산업시설의 화재 위험도 4등급 이상의 시설은 냉동 창고, 창고, 기타 공업시설로 분석됐다.

운수·자동차시설의 화재위험 등급이 4등급 이상의 시설은 세차장·폐차장, 자동차검사장 등, 기타 자동차 시설, 철도역사 및 여객자동차터미널로 분석 되었다.

4. 건축물 위험등급비교 분석

건축물의 위험등급 변화를 분석하기 위하여 2007~2010년까지 건축물 용도별 화재위험도 등급을 도출한 Shin et al.

(2012)의 자료와 본 논문에서 도출한 결과 값을 Tables 12, 13과 같이 비교 분석하였다.

본 연구에서는 건축물 용도별 각 시설물에 대한 위험도를 분석함에 따라 기존 논문과의 비교를 위해 비교가 가능한 시설인 단독주택, 공동주택, 의료시설, 노유자시설, 창고시설, 운수시설, 자동차시설의 각 시설물 결과 값의 평균값을 산출하여 비교를 실시하였다.

건축물 용도별 화재위험 종합 등급을 비교한 결과 단독주택, 공동주택, 의료시설, 노유자시설, 창고시설, 자동차시설의 등급은 변동이 없는 것으로 나타났으며, 운수시설은 2등급에서 4등급으로 화재위험도가 증가하였다.

단독주택과 공동주택의 경우 화재위험 종합 등급의 변동은 없지만 2007~2010년에 비해 화재발생빈도, 화재 1건당 재산피해액은 증가한 것으로 나타났다. 사상자빈도가 감소하는 것은 화재로부터 재실자의 안전성이 강화되고 있는 긍정적인 지표이지만 화재발생빈도 및 화재 1건당 재산피해액의 증가는 주거시설에서의 화재발생건수와 화재로 인한 피해가 증가하고 있는 것으로 판단된다.

의료시설과 노유자시설의 화재위험 종합 등급은 변동이 없지만 상세 수치를 비교하게 되면 화재발생 빈도, 사상자빈도는 큰 폭으로 증가하고 있어 화재발생 억제, 화재로부터 재실자의 안전성을 확보할 수 있는 대책이 필요할 것으로 판단된다.

창고시설과 자동차시설은 화재발생빈도, 사상자빈도는 감소하고 있는 반면 화재 1건당 재산피해액은 증가한 것으로 나타났다.

운수시설은 모든 항목에서 수치가 증가하고 있으며, 사상자빈도 및 화재 1건당 재산피해액의 증가가 다른 시설에 비해 증가 폭이 매우 크다. 이는 고양시터미널화재(2014년)로 인해 수치가 높게 나타난 것으로 사료된다.

Table 11. Fire Risk Rating by Building Use

Division	Risk Step			Risk Matrix		Risk Grand	Division	Risk Step			Risk Matrix		Risk Grand
	Frequency of Fire (a)	Frequency of Casualties (b)	Frequency of Property Damage (c)	x = b y = a	x = c y = a			Frequency of Fire (a)	Frequency of Casualties (b)	Frequency of Property Damage (c)	x = b y = a	x = c y = a	
Detached Dwelling	1	2	5	1	3	2	Social Welfare Facilities	1	2	1	1	1	1
Multiple Dwellings Housing	3	5	3	4	3	4	Workers' Compensation and Welfare Facilities	1	1	1	1	1	1
Multy-Family Housing	2	4	3	3	2	2	Child Welfare Facilities	1	1	3	1	2	1
Row House	4	5	4	5	4	5	Other Old-Age Facilities	1	2	3	1	2	1
Apartment	5	3	5	4	4	4	Other Industrial Facilities	4	3	4	4	4	4
Apartment Unit in a House	3	3	3	3	3	3	Frozen Storage	4	2	5	3	5	4
Short-Term General Hospital	3	3	4	3	4	4	Storage	5	1	4	3	5	4
Hospital	2	5	3	4	2	3	Other Storage	3	1	2	2	2	2
A Dental Hospital	5	3	3	4	4	4	Electric Power Station	1	3	5	2	3	2
Korean Medicine Hospitals	2	5	1	4	1	3	Transforming Station	1	1	3	1	2	1
Mental Hospital	2	1	3	1	2	1	Other Electric Power Station	2	5	3	4	2	3
Sanatorium	3	4	1	4	2	3	Parking Lot	3	3	3	3	3	3
Zoological Garden	3	1	3	2	3	2	Car Wash, Junkyard	4	4	4	4	4	4
A Funeral Hall	3	1	2	2	2	2	Auto Mechanic etc.	5	4	5	5	5	5
Oriental Medical Clinic	2	3	4	2	3	2	Driving School etc.	1	1	4	1	3	2
Clinic	1	2	4	1	3	2	Other Motor Facilities	3	4	4	4	4	4
Postnatal Care Center	4	2	4	3	4	4	Airport	1	5	3	3	2	2
Other Medical Facilities	2	5	3	4	2	3	Other Port Facility	2	1	1	1	1	1
Kindergarten	1	3	3	2	2	2	Bus Terminal Complex	5	5	5	5	5	5
Nursery	1	2	2	1	1	1	Train Station	4	3	2	4	3	4
Welfare Facilities for the Elderly	1	5	4	3	3	3	Service Area	1	1	1	1	1	1

Table 12. Changes in Frequency of Fire, Frequency of Casualties, and Frequency of Property Damage by Use Of Buildings

Division	2007~2010 (Shin et al., 2012)			2012~2017		
	Frequency of Fire	Frequency of Casualties (Person)	Frequency of Property (Thousand Won)	Frequency of Fire	Frequency of Casualties (Person)	Frequency of Property (Thousand Won)
Detached Dwelling	0.000958	0.086513	5,168	0.001264	0.074532	6,387
Apartment House	0.000430	0.098477	2,548	0.009206	0.096611	2,820
Medical Facilities	0.003817	0.058140	4,964	0.029900	0.084865	4,158
Elderly and Ahildren's Facilities	0.001194	0.059497	3,079	0.002729	0.066359	4,407
Storage Facilities	0.032235	0.053411	58,824	0.018857	0.037746	99,922
Transportation Facilities	0.004950	0.048780	8,652	0.006475	0.598333	62,987
Motor Facilities	0.014531	0.056641	10,306	0.005731	0.055342	14,894

Table 13. Change of Fire Risk Rating by Use of Buildings

Division	2007~2010 (Shin et al., 2012)						2012~2017					
	Risk Step			Risk Matrix		Risk Grand	Risk Step			Risk Matrix		Risk Grand
	Frequency of Fire (a)	Frequency of Casualties (b)	Frequency of Property Damage (c)	x=b y=a	x=c y=a		Frequency of Fire (a)	Frequency of Casualties (b)	Frequency of Property Damage (c)	x=b y=a	x=c y=a	
Detached Dwelling	1	3	2	2	1	2	1	1	4	1	3	2
Apartment House	1	3	1	2	1	2	3	2	3	2	3	2
Medical Facilities	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Elderly and Ahildren's Facilities	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
Storage Facilities	4	2	5	3	5	4	4	2	4	3	4	4
Transportation Facilities	2	2	3	2	2	2	3	4	4	4	4	4
Motor Facilities	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2

5. 결론

본 연구에서는 화재위험도가 높은 건축물을 도출하기 위하여 화재 및 건축 통계자료를 활용해 건축물 용도별 화재위험도를 등급화 하였다. 그 결과 화재안전대책이 시급할 것으로 판단되는 4등급 이상의 시설을 도출하였다.

도출된 건축물 중 주거시설인 아파트, 연립주택, 다중주택의 경우 다수의 인원이 재실하고 있는 시설임에 따라 화재안전성을 확보하기 위해서는 재실자 및 관리자의 화재안전 의식 및 화재예방에 대한 교육 및 홍보 계획 수립이 필요할 것으로 판단된다.

의료시설 및 노유자시설의 재실자 특징은 일반인에 비해 피난능력이 저하된 환자, 고령자, 영유아 등이 상주하고

있는 시설임에 따라 화재 시 직원의 화재상황 대처 역량 강화가 무엇보다 중요할 것으로 판단됨에 따라 시설의 용도, 재실자의 특성, 건축구조 등을 고려한 화재 훈련 매뉴얼구축이 필요할 것으로 판단된다.

산업시설은 창고, 물품저장소, 냉동창고와 같이 창고시설에서 화재발생빈도가 높게 나타나는 특징이 있다. 이 시설의 특징은 다량의 가연물 및 위험물 등을 취급하는 시설임에 따라 화재예방, 화재확대방지를 위한 상시 안전점검을 실시할 수 있는 체크리스트 구축 및 시설의 가연물 특징 및 건축구조 등을 고려한 소방시설의 설치 규정 검토가 필요할 것으로 판단된다.

운수자동차 시설 중 화재위험성이 가장 높은 시설은 여객자동차터미널로 분석되었다. 최근 여객자동차 터미널의 경

우 대형마트나 기타 판매시설과 함께 운영되는 경우가 많다. 화재 사례 중 고양시터미널의 화재 원인은 용접작업 중 용접불꽃이 누출가스에 옮겨 붙어 가스폭발이 일어나 화재가 확산되어 있으며, 스프링클러설비 미작동 및 수직으로 확산되는 연기를 차단하지 못하여 소화 실패 및 연기흡입으로 인한 다수의 사상자가 발생하였다. 따라서 근로자에 대한 공사 중 화재안전 교육의 강화 및 수직공간으로 확산되는 연기 차단을 위한 방화·방연구획의 재정비, 화재발생 시 재실자 피난유도를 위한 비상방송 계획 등의 구축 및 개선이 필요할 것으로 판단된다.

기존 연구에서 도출된 건축물 용도별 화재 위험도 결과 값과 본 연구의 화재위험도 결과 값을 비교 분석한 결과 단독주택, 공동주택, 의료시설, 노유자시설, 운수시설의 화재발생빈도 수치가 증가한 것으로 나타나 화재발생 감소 및 재실자의 안전성을 확보하기 위하여 시설용도 및 특징에 따른 방재대책 강구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부의 도시건축연구사업(과제번호: 20AUD-B100356-06)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

References

Chung, E.S. (2008). *A study on the development of risk index for the fire risk assessment of the building*. Ph.D. dissertation, Myongji University.

Japan Association of Fire Protection Engineers (JAFPE). (2015). *Disaster prevention and evacuation manual for night fires at welfare facilities for the elderly*.

Jin, S.H., Kim, H.W., Han, J.W., Lee, B.H., and Kwon, Y.J. (2018). A study on the development of fire response and training manual for evacuation safety securing of people vulnerable to disaster facilities. *Proceedings of 2018 Spring conference* Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 23-24.

Kim, D.I. (2000). Quantitative evaluation of building fire risk. *Journal of Korean Institute of Fire Science &*

Engineering, KIFSE Magazine, Vol. 1, No. 3, pp. 6-11.

Kim, T.H. (2005). A study on the actuality of school safety and the development of safety manual. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 5, No. 3, pp. 83-88.

Lee, K.M., Lim, H.S., Cho, J.W., Lee, S.K., Min, S.H., and Min, J.K. (2019). Fire risk assessment of building use types using natural breaks (Jenks). *Fire Science and Engineering*, Vol. 33, No. 6, pp. 63-71.

Ministry of Health & Welfare (MOHW). (2014). *Safety management manual for social welfare facilities*.

Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT). *Electronic architectural administration information system (E-AIS)*. Retrieved from <https://www.eais.go.kr>

Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2017). *Manual on the crisis of multi-use facilities*.

National Fire Agency (NFA). (2018). *Apartment fire safety manual*.

National Fire Agency (NFA). *National fire data system (NFDS)*. Retrieved from <https://www.nfds.go.kr/>

National Fire Protection Association (NFPA). (2002). *SFPE handbook of fire protection engineering* (3rd ed.). Quincy, MA: NFPA.

Seoul Development Institute. (2010). *Developing a risk assessment method for the mitigation of urban disasters*.

Shin, J.D., Jeong, S.H., Kim, M.S., and Kim, H.J. (2012). Analysis of fire risk with building use type using statistical data. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 12, No. 4, pp. 107-114.

Zhu, L. (2015). *A study on hotel's web site service quality by the IPA matrix: Focusing on the budget hotel of China*. Master's thesis, Cheongju University.

Received	January 15, 2020
Revised	January 16, 2020
Accepted	April 29, 2020