

## 발화열원에 따른 화재발생 특성 분석

## Analysis of Fire Occurrence Characteristics According to Ignition Heat Sources

이경수<sup>1</sup> · 김태형<sup>2</sup> · 이재오<sup>3\*</sup>Kyung-Su Lee<sup>1</sup>, Tae-Hyeung Kim<sup>2</sup>, Jae-Ou Lee<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Research Officer, Disaster Scientific Investigation Division, National Disaster Management Research Institute, Ulsan, Republic of Korea<sup>2</sup>Researcher, Korea Water Environment Co., Ltd, Daejeon, Republic of Korea<sup>3</sup>Professor, Department of Fire and Disaster Prevention, Daejeon University, Daejeon, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jae-Ou Lee, krokasig@dju.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** In this study, the characteristics of fire occurrence according to ignition heat sources such as operating equipment, cigarette/lighter fire, and flame/fire were analyzed. **Method:** One-way ANOVA and cross-analysis were used to analyze the characteristics of fire occurrence by verifying the difference between the ignition environment, fire damage status and scale, and cause of ignition according to the ignition heat source. **Result:** The fire occurrence characteristics were analyzed through As a result of the analysis, it was found that fires caused by operating devices occurred more frequently on weekdays than other ignition heat sources, and the number of victims and the number of victims were the highest, so mobilization of firefighting power and property damage were the greatest. The initial ignition was generated by electric and electronic devices, and the combustion was expanded by the synthetic resin. For fires caused by cigarette and lighter fires, the most fires occurred on Saturdays and Sundays, and the mobilization of the police force was more characteristic than the mobilization of the firefighting force. In particular, it was found that the initial ignition and combustion expansion were caused by paper, wood, and hay. Fires caused by sparks and sparks occurred most frequently on Saturdays and Sundays, and initial ignition and combustion expansion were found to be caused by paper, wood, and hay. In particular, it showed the characteristic that it occurred in the place farthest from the fire station. The common characteristic of all ignition heat sources was that the fire occurred most frequently in the afternoon time, and the fire type was predominantly the building structure fire, and only the ignition point was burned the most. **Conclusion:** In order to prevent fire and minimize damage, it is necessary to analyze the tendency of fire occurrence and to prepare appropriate preparations according to the fire occurrence factors. In order to analyze the characteristics of fire occurrence using public data in the future, it is necessary to standardize disaster data and to open and activate data.

**Keywords:** Ignition Heat Source, One-way ANOVA, Cross-analysis, Operating Equipment, Cigarette/lighter Fire, Flame/fire

## 요약

**연구목적:** 본 연구에서는 발화열원을 작동기기, 담뱃불·라이터불, 불꽃·불티 등 발화열원에 따른 화재 발생의 특징을 알아보고자 하였다. **연구방법:** 일원배치 분산분석과 교차분석을 이용하여 발화열원에 따른 발화환경, 화재피해 현황 및 규모, 발화원인과의 차이 검증을 통해 화재발생 특성을 분석하였다. **연구결과:** 작동기기에 의해 발생한 화재는 다른 발화열원에 비해 평일에 발생 빈도가 높고, 이재세대수와 이재민 발생이 가장 많아 소방력 동원과 재산피해가 가장 큰 것으로 나타났다. 최초착화물은 전기·전자기기에 의해 발생되었으며, 합성수지에 의해 연소가 확대되는 특징을 보였다. 담뱃불·라이터불에 의해 발생하는 화재는 토·일요일에 화재가 가장 많이 발생되었으며, 소방력 동원보다는 경찰력 동원이

Received | 14 February, 2022

Revised | 22 April, 2022

Accepted | 22 April, 2022

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 anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

많은 특징을 보였다. 특히, 최초착화물과 연소확대물은 종이·목재·건초에 의해 발생하는 것으로 나타났다. 불꽃·불티에 의해 발생하는 화재는 토·일요일에 화재가 가장 많이 발생되었으며, 최초착화물과 연소확대물은 종이·목재·건초에 의해 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 소방서와의 거리가 가장 먼 곳에서 발생하고 있는 특징을 보였다. 모든 발화열원에서의 공통적인 특징은 오후시간대에 화재가 가장 많았으며, 화재유형은 건축구조물화재가 지배적이었고 발화지점만 연소되는 경우가 가장 많은 것으로 나타났다. 결론: 대형 화재가 발생하게 될 확률은 높아지고 있기 때문에 화재 예방 및 피해를 최소화 하기 위해서는 화재 발생 경향을 분석하고 화재발생 요인에 따른 적절한 대비를 해야 한다. 향후 공공데이터를 이용한 화재발생 특성 분석을 위해서는 재난 데이터의 표준화와, 데이터 개방 및 활성화가 필요하다.

**핵심용어:** 발화열원, 일원매치 분산분석, 교차분석, 작동기기, 담뱃불·라이터불, 불꽃·불티

## 서론

최근 제천 복합건축물 화재(2017), 밀양 세종병원 화재(2018), 이천 물류창고 화재(2020), 울산 주상복합 건물 화재(2020), 이천 쿠팡물류센터 화재(2021) 등 대형화재가 잇달아 발생하고 있다. 화재는 다양한 원인에 의해 발생 및 확산되지만 근본적으로 연소라는 과정에서 시작되기 때문에 발화 원인에 대해서는 명확한 근거를 가지고 있다. 이로 인해 화재를 정량적으로 일반화 시키는 선형 연구가 개별 정성적 사건으로 접근하는 연구들에 비해 많이 부족하다. 또한 화재관련 데이터는 관련 종사자가 아니면 수집하기 힘든 데이터이기도 하다(Kim et al., 2021; Cho et al., 2020).

한편, 우리나라는 2020년 6월 4차 국민경제 발전과 삶의 질 향상을 위해 공공데이터의 활성화 촉진을 위하여 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」을 개정하였다. 이에 따라서 공공데이터 포털을 개설하여 누구나 원하는 데이터를 수집할 수 있게 되었다. 데이터 분석을 위해서는 다양한 통계기법의 활용이 필요하며, 이를 통해 우리가 도출할 수 있는 결과는 크게 두 가지이다. 첫째는 결과의 예측이고 둘째는 예상된 결과의 확인이다. 결과 예측을 위해서는 일반적으로 회귀분석 기법을 이용하게 되고 예상된 결과의 확인에서는 차이 검증 기법을 이용한다. 필요에 따라 특정한 결과를 예측할 수 있는 모형을 개발할 수도 있다. 특정 상황을 예측하기 위해서는 예측되는 원인의 특징을 규명하는 노력이 필요하다.

국가화재정보시스템(National Fire Data System)에서는 화재원인과 관련하여 화재유형과 발화열원, 발화요인, 발화기기, 최초 착화물 그리고 건물구조에 대한 화재발생 통계를 제공하고 있다. 이러한 정보는 국민에게 화재의 발생 특성과 피해를 최소화하기 위한 기초자료로 매우 유용하게 사용되고 있다. 이러한 자료들은 유관기관 및 산·학·연 전문기관 간에 화재관련 지식공유 및 정보 제공의 기능을 수행하고 있다.

화재 공공데이터를 활용한 연구를 보면, Song(2014)은 기상청과 소방방재청의 데이터를 활용하여 기상 정보에 따른 화재 발생 경향 분석 및 예측 모형을 분석하였다. 온도, 습도, 분속, 실외습도, 불쾌지수, 체감온도, 열지수와 같은 기상데이터를 독립변수로 하였고, 화재유형, 발화열원, 발화요인, 최초 착화물 등 같은 화재자료를 종속변수로 하여 기상상황과 화재발생과의 연관성을 확인하였다. Park(2020)은 국가화재정보센터에 공개된 2009년부터 2018년까지 서울시에서 발생한 59,060건의 화재발생 자료를 화재유형, 발화열원, 발화요인, 최초착화물로 분류하여 시계열 분석 및 화재발생 특성을 분석하였다. 분석결과, 화재유형 중 건축·구조물화재, 발화열원중 마찰·전도·복사와 불꽃·불티인 화재, 발화요인 중 부주의, 미상, 기계적 요인으로 인한 화재, 식품과 합성수지가 최초착화 물인 된 화재는 증가추세를 보였다. 그러나, 화재유형중 자동차·철도차량 화재, 발화요인 중 전기적 요인, 방화의심 또는 방화로 인한 화재, 전기·전자, 침구·직물류가 최초 착화물이된 화재는 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 서울시내 자치구별 화재발생 건수의 차이를 분석하고, 세대수, 인구수, 관할면적, 주택, 아파트 건축물 총면적과 상관분석을 실시하였다. 그 결과 건축·구조물 화재와 상관계수가 가장 높게 나타난 것은 건축물 총면적이었고, 주거지역에서 발생한 화재와 상관계수가 가장 높게 나타난 것은 세대수로 나타났다. Kim(2021)은 국내 화재 발생 동향 및 패턴을 분석하

기 위해 공공데이터 개방 포털 사이트에서 제공하는 소방청의 최신 업로드 데이터(2020년 등록)를 분석하였다. 분석 결과는 두 가지로 나눌 수 있는데 첫 번째는 발생 시간대와 발화열원 그리고 발화요인에 따라 차이를 알아보기 위해 일원배치분산분석을 실시하였다. 분석 결과 화재 발생 시간대와 발화열원 그리고 발화요인에 따라 종속변수들에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 두 번째는 이러한 결과를 반영하여 인명피해와 재산피해의 발생을 예측하는 모형을 개발하였다.

그러나, 이들 연구에서는 화재발생 건수에만 초점을 두어 분석을 하였고, 화재로 인한 인명피해나 재산피해 금액과 같은 피해 정도에 따른 상관관계에 대한 분석을 수행하지 못하였다. 화재를 예방하거나 피해를 최소화하기 위해서는 화재를 유발시킨 발화열원에 따른 피해정도와 피해현황 등에 대한 관계를 규명하는 것이 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 Kim(2021)의 연구에서 수행한 작동기기, 담뱃불·라이터불, 불꽃·불티 등 발화열원에 따른 피해정도와 피해현황 등에 대한 관계를 규명하기 위하여 독립변수를 발화환경, 피해현황, 발화특성으로 세분화하여 발화열원에 따라 화재 발생의 특징을 알아보려고 하였다.

## 데이터 수집 및 분석방법

### 데이터 수집

본 연구에서는 앞 절에서 언급했던 것처럼, Kim(2021)의 연구를 바탕으로 더 구체적인 결과를 도출하기 위하여 발화열원을 더 세분화 시켜 연구를 진행하였다. 세분화된 발화열원을 종속변수로 하고 발화특성, 발화환경, 피해현황을 독립변수로 하는 연구 모형을 생성하여 발화열원에 따른 차이를 검증하였다.

발화열원에 따른 화재특성을 분석하기 위하여 공공데이터포털(www.data.go.kr)에서 소방청의 2017년도 화재 현황 자료를 수집하였다. 공공데이터포털은 행정안전부에서 운영하는 공공데이터 통합제공시스템으로 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 의해 운영된다. 본 연구에서는 소방청에서 제공하는 가장 최신의(2017년) 화재 공공데이터를 활용하여 연구하였다. 제공 데이터는 173개 항목으로 구성된 4만 건의 화재조사 내역으로 2017년 1월부터 동년 12월까지 전국 데이터이다. 데이터 수집에 있어서 가장 중점을 둔 부분은 분석 결과의 재현성과 데이터 저작권에 대한 접근성이다. 공공데이터포털은 별도의 절차 없이 사이트의 회원 가입만으로 누구나 데이터를 수집할 수 있으며, 수집된 공공데이터에 대해 별도의 권한 요청 없이 활용이 가능하다.

수집된 데이터는 1차 적으로 문자열로 구성된 항목을 열거형 데이터 타입으로 변환하였고 숫자형 항목 중 입력 오류로 판단되는 케이스들은 삭제하여 데이터 분석의 활용성을 증대시켰다.

2차 적으로는 주요 연구 가설에 맞게 데이터를 가공하였다. 전국 화재 데이터 항목 중 발화열원은 ①작동기기, ②담뱃불·라이터불, ③마찰열·전도열·복사열, ④불꽃·불티, ⑤폭발물·폭죽, ⑥화학적 발화열, ⑦자연적 발화열, ⑧미상으로 구분된다. 본 연구에서는 발화열원에 따른 화재 특성을 알아보기 위해 발화열원 중 발생 빈도가 20% 이상인 ①작동기기, ②담뱃불·라이터불, ③불꽃·불티 케이스를 추출하였다. 발화열원에 따른 세부현황을 Table 1과 같다. 담뱃불·라이터 불을 제외한 나머지 발화열원의 세부 화재 내용을 보면 작동기기는 전기적 아크(단락)와, 불꽃 스파크 정전기, 기기의 전도 복사열 그리고 역화로 구성된다. 불꽃·불티에서는 용접 절단 연마와 굴뚝 아궁이, 모닥불, 연탄 숯, 쓰레기 논발두렁 그리고 비화(飛火)로 구성된다.

화재원인으로 분류할 수 있는 발화환경, 피해현황, 발화특성에 대한 세부현황은 Table 2와 같다. 발화환경은, 화재발생요일, 화재발생시간, 소방서와의 거리로 구성되고, 피해현황은 이재 세대수, 이재민, 소방동원인력, 경찰동원인력, 재산피해로 구성된다. 발화특성은 건축구조물, 선박·항공기, 위험물·가스제소 등, 자동차·철도차량과 같은 화재유형, 다수층연소, 발화건

물 전체 연소, 발화지점만 연소, 발화층만 연소, 인근 건물로 연소와 같은 연소확대 범위, 가구, 가연성 가스, 간판·차양막, 식품, 쓰레기류, 위험물 등, 자동차·철도·선박·항공기 등, 전기·전자, 종이·목재·건축 등, 침구·직물류, 합성수지, 기타, 미상으로 구성된 최초착화물과 연소확대물로 구성된다.

**Table 1.** Composition of ignition heat source

Ignition heat source	Details
Operating device	Electrical arc(short circuit), Spark static, Conducted radiant heat of the device, Backfire
Cigarette·Lighter	Cigarette·Lighterfire
Flame sparks	Weld Cut Polishing, Chimney, Furnace, Bonfire, Coal briquettes, Charcoal, Trash etc, Paddy field, Flying fire

**Table 2.** Composition of fire causes

Cause of fire	Details
Ignition environment	Fire Day Time, Distance from fire station
Damage Status	Fire victims number of households, Fire victims, Firefighter&Police officer mobilization personnel, property damage
	Fire type Building, Ship·Aircraft, Dangerous·Gas manufacturing center Etc, Automobile·Train car
Ignition characteristics	Combustion expansion range Multi-layered combustion, Burnt all the buildings with fire, Burn only the ignition point, Burn only the fire layer, Combustion to a nearby building
	The first substance to ignite Furniture, Flammable gas, Sign·Shading, Food, Trash, Dangerous goods Etc, Automobile·railroads·ships·aircraft etc, Electrical·electronic, Paper·wood·hay
	Combustion expansion material etc, Bedding·Textiles, Synthetic resin, Unknown, other elements

### 가설 설정과 분석 방법

설정된 발화 열원을 통해 화재의 특성을 알아보기 위해 다음과 같은 세 개의 가설을 설정하였다. 첫째, 발화 열원에 따라 발화 환경에 차이가 있을 것이다. 둘째, 발화 열원에 따라 화재 피해 현황에 차이가 있을 것이다. 셋째, 발화 열원에 따라 화재 원인에 차이가 있을 것이다.

가설 규명을 위해 SPSS20.0과 R4.1 통계 패키지를 활용하여 교차분석과 일원배치분산분석을 진행하였다. 원본 데이터가 문자와 문자열로 구성된 변수가 많아 이를 처리하기 위해 비정형 데이터 가공 라이브러리를 보유한 R4.1을 데이터 전처리에 활용하였다. 가공된 데이터의 통계분석에는 SPSS20.0을 활용하였다. 통계 분석 기법은 독립변수의 성격에 따라 순서척도는 일원배치 분산분석(One-Way ANOVA)을 실시하였으며, 명목척도는 교차분석을 실시하였다.

일원배치 분산분석(One-way ANOVA)은 두 집단의 평균을 비교하는 t-검정과 달리, 분산분석은 세 개 이상의 평균을 비교하는데 사용된다. 그중에서도 일원배치 분산분석은 한 요인이 종속변수에 영향을 주는지에 대해 알아볼 수 있는데 사용되는 방법이다. 일원배치 분산분석은 기본 가정 사항인 정규성(normality), 등분산성(homogeneity), 독립성(independency)을 만족해야만 분석한 실험의 결과가 통계적인 의미가 있다고 볼 수 있다(Oh et al, 2021).

## 발화 열원에 따른 화재특성 분석

### 발화 환경 분석

발화열원에 따른 화재발생 요일에 대한 교차분석 결과 통계적( $\chi^2=112.904, p<0.001$ )으로 유의한 것으로 나타났다. 각각의 분석결과 담뱃불·라이터불로 인해 발생하는 화재는 토·일요일이 각각 15.9%(1,502), 15.9%(1,504)로 많았으며, 불꽃·불티로 인해 발생하는 화재는 토·일요일이 각각 16.7%(1,524), 16.6%(1,517)로 많았다. 이와 반대로 작동기기에 의한 화재는 토·일요일의 빈도가 각각 13.9%(2,215), 13.9%(2,225)로 적고, 많았으며 평일 중 월요일이 15.4%(2,467)가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 즉, 담뱃불·라이터불과 불꽃·불티에 의한 화재는 주말에 발생빈도가 높고, 작동기기에 의해 발생하는 화재는 주말보다는 평일에 발생빈도가 높은 것으로 나타났다(Table 3).

**Table 3.** Cross-analysis of fire occurrence days according to ignition heat sources

Ingredient		Cigarette·Lighter	Flame sparks	Operating device	Total	$\chi^2$	p	
Fire Day	Sunday	N	1504	1517	2225	112.904	0.000 ***	
		%	15.9%	16.6%	13.9%			15.2%
	Monday	N	1338	1225	2467			5030
		%	14.1%	13.4%	15.4%			14.5%
	Tuesday	N	1223	1241	2299			4763
		%	12.9%	13.6%	14.4%			13.8%
	Wednesday	N	1243	1168	2254			4665
		%	13.1%	12.8%	14.1%			13.5%
	Thursday	N	1321	1153	2243			4717
		%	14.0%	12.6%	14.0%			13.6%
	Friday	N	1331	1298	2285			4914
		%	14.1%	14.2%	14.3%			14.2%
	Saturday	N	1502	1524	2215			5241
		%	15.9%	16.7%	13.9%			15.2%
Total	N	9462	9126	15988	34576			
	%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%			

발화열원에 따른 화재발생 시간에 대한 교차분석 결과는 통계적( $\chi^2=1582.164, p<0.000$ )으로 유의한 것으로 나타났다. 분석결과 화재발생 시간대는 모든 발화열원에서 오후시간대가 각각 담뱃불·라이터불 42.2%(3,994), 불꽃·불티 48.5%(4,429), 작동기기 30.9%(4,944)로 가장 많았고, 그 다음으로는 오전, 저녁, 새벽시간대 순이었다(Table 4).

발화열원에 따른 소방서와의 거리에 대한 교차분석 결과는 통계적( $F=959.253, p<0.000$ )으로 유의한 것으로 나타났다. 발화열원에 따른 화재발생 장소와 소방서와의 거리는 불꽃·불티 평균 13.371km로 가장 먼 것으로 나타났으며, 작동기기가 평균 8.596km, 담뱃불·라이터불이 평균 7.876km로 소방서와의 거리가 가장 가까운 것으로 나타났(Table 5).

**Table 4.** Cross analysis of fire occurrence time by ignition heat source

Ingredient		Cigarette·Lighter	Flame sparks	Operating device	Total	$\chi^2$	p
Fire Time	Dawn (0~6o'clock)	N %	1330 14.1%	544 6.0%	3064 19.2%	4938 14.3%	1582.164 0.000 ***
	Morning (6~12o'clock)	N %	2285 24.1%	2985 32.7%	4532 28.3%	9802 28.3%	
	Afternoon (13~18o'clock)	N %	3994 42.2%	4429 48.5%	4944 30.9%	13367 38.7%	
	Evening (19~24o'clock)	N %	1853 19.6%	1168 12.8%	3448 21.6%	6469 18.7%	
	Total	N %	9462 100.0%	9126 100.0%	15988 100.0%	34576 100.0%	

**Table 5.** Distance analysis from fire station according to ignition heat source

Ignition heat source	N	Mean	Std. dev.	F	p
Cigarette·Lighter	9462	7.876	8.0525	959.253	0.000 ***
Flame sparks	9126	13.371	10.9850		
Operating device	15988	8.596	9.4248		
Total	34576	9.659	9.7823		

### 화재 피해 현황 분석

발화열원에 따른 이재 세대수와 이재민 수 교차분석 결과 각각 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이재 세대수에서는 작동기기가 0.09세대로 가장 높게 나타났으며, 불꽃·불티가 0.08세대, 담뱃불·라이터불이 0.06세대 순으로 나타났다. 이재민 수의 경우에는 작동기기가 0.19명으로 가장 높게 나타났으며, 불꽃·불티 0.14명, 담뱃불·라이터불이 0.13명 순으로 나타났다. 따라서, 발화열원 중에서 작동기기에 의한 화재가 이재 세대수와 이재민 수에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다(Table 6).

발화열원에 따른 소방·경찰동원 인력과 재산피해액의 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 발화열원 별 소방동원

**Table 6.** Analysis of the number of affected households and victims by ignition heat source

Ingredient	Ignition heat source	N	Mean	Std. dev.	F	p
Fire victims number of households	Cigarette·Lighter	2466	0.06	0.585	4.245	0.014 *
	Flame sparks	2429	0.08	0.455		
	Operating device	4570	0.09	0.389		
	Total	9465	0.08	0.464		
Fire victims	Cigarette·Lighter	2469	0.13	1.604	3.849	0.021 *
	Flame sparks	2415	0.14	0.648		
	Operating device	4580	0.19	0.903		
	Total	9464	0.16	1.083		

인력은 작동기기에 의한 화재가 26.76명으로 가장 높게 나타났으며, 담뱃불·라이터불 25.28명, 불꽃·불티 19.17명 순으로 나타났다. 경찰동원 인력은 담뱃불·라이터불이 2.71명으로 가장 높게 나타났으며, 작동기기 2.69명, 불꽃·불티 2.27명 순이다. 발화열원에 따른 재산피해 소계와 소실면적 분석을 보면 재산피해에서 작동기기가 9,740천원으로 가장 높게 나타났으며, 불꽃·불티 5,929천원, 담뱃불·라이터불 3,054천원 순으로 나타났다(Table 7).

**Table 7.** Analysis of fire mobilization, police mobilization and property damage according to ignition heat sources

Ingredient	Ignition heat source	N	Mean	Std. dev.	F	p
Firefighter mobilization personnel	Cigarette·Lighter	9462	25.28	17.333	548.289	0.000 ***
	Flame sparks	9126	19.17	15.863		
	Operating device	15988	26.76	18.996		
	Total	34576	24.35	18.041		
Police officer mobilization personnel	Cigarette·Lighter	9462	2.71	3.075	80.906	0.000 ***
	Flame sparks	9126	2.27	2.469		
	Operating device	15988	2.69	2.734		
	Total	34576	2.59	2.773		
Property damage (천원)	Cigarette·Lighter	9462	3054.23	39201.77	27.211	0.000 ***
	Flame sparks	9126	5929.97	95610.79		
	Operating device	15988	9740.45	70004.21		
	Total	34576	6904.97	71464.02		

### 화재 원인 분석

Table 8은 발화열원에 따른 화재 유형과 연소 확대 범위 교차분석 결과를 보여주고 있다. 발화열원에 따른 화재 유형과 연소 확대 범위 교차분석을 보면 화재유형에서 담뱃불, 라이터 불에서 건축 구조물이 45.2%로 가장 높게 나타났으며 기타(쓰레기 화재 등)가 37.4%, 임야가 11.9%, 자동차, 철도차량이 5.4% 순으로 나타났다. 불꽃·불티에서는 건축 구조물이 48.0%로 가장 높게 나타났으며, 기타(쓰레기 화재 등)가 29.3%, 임야가 19.9% 순으로 나타났다. 작동기기에서는 건축 구조물이 77.1%로 가장 높게 나타났으며, 자동차, 철도차량이 15.8% 순으로 나타났다. 이런 발화열원에 따른 차이는 통계적(F=8512.355, p<0.001)으로 유의한 것으로 나타났다.

연소 확대 범위를 보면 담뱃불, 라이터 불에서 발화지점만 연소가 80.5%로 가장 높게 나타났으며, 발화층만 연소가 12.1% 순으로 나타났다. 불꽃·불티에서는 발화지점만 연소가 54.6%로 가장 높게 나타났으며, 발화층만 연소가 22.3%, 발화건물 전체 연소가 15.1% 순으로 나타났다. 작동기기에서는 발화지점 연소가 75.3%로 가장 높게 나타났으며, 발화층만 연소가 14.9% 순으로 나타났다. 이런 발화열원에 따른 차이는 통계적(F=1003.622, p<0.001)으로 유의한 차이를 나타냈다. 따라서, 발화열원 모두에서 건축구조물 화재가 가장 많았으며, 발화지점만 연소되는 경우가 가장 많은 것으로 분석되었다.

Table 9는 발화열원에 따른 연소 확대물과 최초 착화물 교차분석 결과이다. 발화열원에 따른 연소 확대물과 최초 착화물 교차분석을 보면 연소 확대물에서 담뱃불·라이터 불은 종이, 목재, 건초 등이 54.9%로 가장 높게 나타났으며, 합성수지가 13.8%, 쓰레기류가 12.5% 순으로 나타났다. 불꽃·불티에서는 종이, 목재, 건초 등이 65.5%로 가장 높게 나타났으며, 합성수

지가 15.8% 순으로 나타났다. 작동기기에서는 합성수지가 29.7%로 가장 높게 나타났으며, 전기, 전자가 17.7%, 종이, 목재, 건초 등이 17.2%, 자동차, 철도, 선박, 항공기 등이 12.1% 순으로 나타났다. 이런 발화열원에 따른 차이는 통계적( $\chi^2=4068.069$ ,  $p<0.001$ )으로 유의한 차이를 나타냈다.

최초 착화물을 보면 담뱃불, 라이터 불에서는 종이, 목재, 건초 등이 51.0%로 가장 높게 나타났으며, 쓰레기류가 31.7% 순으로 나타났다. 불꽃·불티에서는 종이, 목재, 건초 등이 58.9%로 가장 높게 나타났으며, 쓰레기류가 15.6%, 합성수지가 11.3% 순으로 나타났다. 작동기기에서는 전기, 전자가 47.8%로 가장 높게 나타났으며, 합성수지가 15.2%, 식품이 10.6% 순으로 나타났다. 이런 발화열원에 따른 차이는 통계적( $\chi^2=23084.688$ ,  $p<0.001$ )으로 유의한 차이를 나타냈다.

**Table 8.** Cross-analysis of fire type and combustion expansion range by ignition heat source

Ingredient		Cigarette·Lighter	Flame sparks	Operating device	total	$\chi^2$	p	
Fire type	Building	N	4277	4377	12326	20980	8512.355	0.000 ***
		%	45.2%	48.0%	77.1%	60.7%		
	Trash etc	N	3540	2676	1061	7277		
		%	37.4%	29.3%	6.6%	21.0%		
	Ship·Aircraft	N	7	25	28	60		
		%	0.1%	0.3%	0.2%	0.2%		
	Dangerous·Gas manufacturing center Etc	N	1	4	12	17		
		%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%		
	Forest	N	1123	1819	37	2979		
		%	11.9%	19.9%	0.2%	8.6%		
	Automobile·Train car	N	514	225	2524	3263		
		%	5.4%	2.5%	15.8%	9.4%		
	Total	N	9462	9126	15988	34576		
		%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0		
Combustion expansion range	Multi-layered combustion	N	46	78	96	220	1003.622	0.000 ***
		%	1.1%	1.8%	0.8%	1.0%		
	Burnt all the buildings with fire	N	152	660	773	1585		
		%	3.6%	15.1%	6.3%	7.6%		
	Burn only the ignition point	N	3442	2390	9283	15115		
		%	80.5%	54.6%	75.3%	72.0%		
	Burn only the fire layer	N	518	975	1838	3331		
		%	12.1%	22.3%	14.9%	15.9%		
	Combustion to a nearby building	N	119	274	336	729		
		%	2.8%	6.3%	2.7%	3.5%		
Total	N	9462	9126	15988	34576			
	%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0			

**Table 9.** Cross-analysis of combustion expansion and initial complex by ignition heat source

Sortation	Combustion expansion material				The first substance to ignite				
	Cigarette-Lighter	Flame sparks	Operating device	Total	Cigarette-Lighter	Flame sparks	Operating device	Total	
Furniture	N	56	29	173	258	80	21	65	166
	%	2.0%	0.6%	3.5%	2.1%	0.8%	0.2%	0.4%	0.5%
Flammable gas	N	11	12	37	60	26	41	154	221
	%	0.4%	0.3%	0.8%	0.5%	0.3%	0.4%	1.0%	0.6%
Sign·Shading	N	18	19	36	73	56	43	67	166
	%	0.7%	0.4%	0.7%	0.6%	0.6%	0.5%	0.4%	0.5%
Food	N	5	23	99	127	10	188	1692	1890
	%	0.2%	0.5%	2.0%	1.0%	0.1%	2.1%	10.6%	5.5%
Trash	N	342	289	64	695	2995	1426	283	4704
	%	12.5%	6.3%	1.3%	5.7%	31.7%	15.6%	1.8%	13.6%
Dangerous goods Etc	N	43	46	140	229	106	121	418	645
	%	1.6%	1.0%	2.8%	1.9%	1.1%	1.3%	2.6%	1.9%
Automobile·railroads·ships·aircraft etc	N	83	80	597	760	44	82	1246	1372
	%	3.0%	1.8%	12.1%	6.2%	0.5%	0.9%	7.8%	4.0%
Electrical·electronic	N	45	13	869	927	38	47	7645	7730
	%	1.6%	0.3%	17.7%	7.6%	0.4%	0.5%	47.8%	22.4%
Paper·wood·hay etc	N	1508	2992	846	5346	4823	5373	715	10911
	%	54.9%	65.5%	17.2%	43.7%	51.0%	58.9%	4.5%	31.6%
Bedding·Textiles	N	120	49	297	466	467	175	517	1159
	%	4.4%	1.1%	6.0%	3.8%	4.9%	1.9%	3.2%	3.4%
Synthetic resin	N	380	724	1460	2564	528	1033	2425	3986
	%	13.8%	15.8%	29.7%	21.0%	5.6%	11.3%	15.2%	11.5%
Other elements	N	130	293	268	691	223	512	547	1282
	%	4.7%	6.4%	5.4%	5.6%	2.4%	5.6%	3.4%	3.7%
Unknown	N	4	2	34	40	66	64	214	344
	%	0.1%	0.0%	0.7%	0.3%	0.7%	0.7%	1.3%	1.0%
Total	N	2745	4571	4920	12236	9462	9126	15988	34576
	%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

$x^2=4068.069, p=0.000***$

$x^2=23084.688, p=0.000***$

## 결론 및 제언

본 연구에서는 발화열원을 작동기기, 담배불·라이터불, 불꽃·불타를 선정하고, 발화환경, 화재피해 현황 및 규모, 발화원 인과의 차이 검증을 위해 일원배치 분산분석을 통해 주요 발화열원에 따른 화재발생 특성을 살펴보았으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 작동기기에 의해 발생한 화재는 다른 발화열원에 비해 평일에 발생 빈도가 높고, 이재세대수와 이재민 발생이 가장

많아 소방력 동원과 재산피해가 가장 큰 것으로 나타났다. 최초착화물은 전기·전자기기에 의해 발생되었으며, 합성수지에 의해 연소가 확대되는 특징을 보였다.

둘째, 담뱃불·라이터불에 의해 발생하는 화재는 토·일요일에 화재가 가장 많이 발생되었으며, 소방력 동원보다는 경찰력 동원이 많은 특징을 보였다. 특히, 최초착화물과 연소확대물은 종이·목재·건초에 의해 발생하는 것으로 나타났다.

셋째, 불꽃·불티에 의해 발생하는 화재는 토·일요일에 화재가 가장 많이 발생되었으며, 최초착화물과 연소확대물은 종이·목재·건초에 의해 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 소방서와의 거리가 가장 먼 곳에서 발생하고 있는 특징을 보였다.

넷째, 모든 발화열원에서의 공통적인 특징은 오후시간대에 화재가 가장 많았으며, 화재유형은 건축구조물화재가 지배적이었고 발화지점만 연소되는 경우가 가장 많은 것으로 나타났다.

현대에 들어서 소화활동이 어려운 고층건물과 지하시설들이 증가하고 있다. 또한 도시의 발전과 함께 노후화·복잡화되는 시설의 증가와 가연물 종류도 다양화 되고 있는 실정이다. 따라서, 대형 화재가 발생하게 될 확률은 높아지고 있기 때문에 화재 예방 및 피해를 최소화 하기 위해서는 화재 발생 경향을 분석하고 화재발생 요인에 따른 적절한 대비를 해야 한다. 이러한 측면에서 본 연구는 실제 화재 현장에서 얻어진 공공데이터를 이용하여 화재발생 특성을 분석하였다는 점에서 의미를 두고자 하며, 향후 이와 관련하여 보다 발전된 후속연구를 기대하는 측면에서 두 가지를 제언하고자 한다.

첫째, 재난 데이터의 표준화이다. 데이터를 하나의 물리적 개념인 좌표계(Tensor)로 인식하고 3가지 값을 의무적으로 생성되어야 한다. 바로 시간과 위치와 값이다. 이렇게 데이터를 생성하여야 비로서 다른 이형적 데이터들과 연계 시켜서 분석할 수 있기 때문이다.

둘째, 데이터 개방의 활성화이다. 현재 우리는 집단 지성이 여러 사회적 문제를 해결하는 것을 경험하고 있다. 데이터 개방을 통해 우리 사회의 집단 지성을 더 강화시키고 긍정적 결과를 이끌어 낼 수 있을 것으로 기대한다.

## Acknowledgement

본 논문은 행정안전부 국립재난안전연구원의 연구과제(NDMI-주요-2022-06-01)에 의해 수행되었습니다.

## References

- [1] Cho, J.Y., Song, J.I., Jang, M.Y., Jang, C.R. (2020). "A study on the essential information to collect disaster sites for effective disaster management: Focused on Jecheon sports center fire case." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 16, No.1, pp. 70-78.
- [2] Kim, D.H. (2021). "A study on the development of a fire site risk prediction model based on initial information using big data analysis." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 17, No.2, pp. 245-253.
- [3] Kim, T.H. (2021). A Study on the fire Development of Fire Prediction Model Using Big Data. Ph.D. Dissertation, Daejeon University.
- [4] Oh, J.H., Lee, J.I., Karadeniz, F., Kim, H.R., Park, S.Y., Jung, K.I., Jeon, B.J., Kim, D., Park, J.H., Kong, C.S. (2021). "Quality characteristics of grilled fish paste formulation added with hot water extract powder from *lentinus edodes* using one-way ANOVA." *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol. 50, No.3, pp. 307-314.
- [5] Park, S.I. (2020). Analysis of Fire Occurrence Characteristics in Seoul Using Statistical Techniques. Ph.D. Dissertation, Seokyeong University.
- [6] Song, D.W. (2014). Prediction of the Risk of Fire Occurrence According to the Weather Information Using Statistics and Data Mining Techniques., Ph.D. Dissertation, Seoul National University of Science & Technology.