화재사례를 통한 미소화원의 감정기법에 관한 실험적 연구: 촉진제 유무에 따른 화염높이를 중심으로

An Experimental Study on A Flammable Liquid Appraisal Technique through Fire Cases: Focusing on the Height of Flame Depending on the Accelerants

박영주*

Park, Youngju*

Abstract

In order to verify the flame heights of tiny fire sources, this study analyzed the height of the flame in the fire ignited in an ashtray. In this regard, the values measured in a reproduction experiment were compared with the mean flame height, as suggested by Heskestad and are applicable in the range of turbulence of spontaneous fire. For the reproduction experiment, flammable liquids (ethyl alcohol and gasoline) and combustibles (absorbent cotton and cigarette butt) were put into the ashtray as variables. As a result and as per the Heskestad formula, the height of the flame was 0.8 m when there was only a cigarette butt, and it was 3.43 m when a flammable liquid was included. In conclusion, the fire reproduction experiment showed that only a cigarette butt and the flammable liquid were the individual variables, with large differences in the height of the flame.

Key words : Fire Engineering, Flame Height, Burning Rate, Tiny Fire Source, Heskestad, Flammable Liquid, Reproduction Experiment

요 지

본 연구에서는 미소화원의 화염높이 검증을 위해 발화원인이 재떨이로 추정된 화재에 대하여 화염높이를 분석하였다. 재떨이로 부터의 화염높이 분석은 재현실험에서의 측정된 값과 자연화재의 난류범위 안에 적용될 수 있는 Heskestad가 제안한 평균 화염높이를 계산한 값을 분석하였다. 재현실험은 재떨이 내에 인화성액체(에틸알콜, 휘발유)와 가연물(솜, 담배꽂초)을 각각 투입하여 변수로 하였다. 연구 결과, Heskestad식의 경우는 담배꽂초만 있는 경우 화염의 높이는 0.8 m, 인화성액체(휘발유)가 포함된 경우에는 3.43 m로 계산되었다. 재현실험 결과는 담배꽂초와 가연성 액체의 경우 화염 높이는 변수별 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 화재공학, 화염높이, 연소율, 미소화원, Heskestad, 인화성액체, 재현실험

1. 서 론

화재란 사람의 의도에 반하거나 고의에 의해 발생하는 연소현상으로서 소화시설 등을 사용하여 소화할 필요가 있는 것을 말한다(MPSS, 2010a). 사람의 의도에 반한다고

하는 것은 과실에 의한 화재를 의미하며 화기취급 중 발생하는 실화뿐만 아니라 부작위에 의한 자연발화도 포함되며, 고의에 의한다고 하는 것은 일정한 대상에 대하여 피해 발생을 목적으로 화재발생을 유도하였거나 직접 방화한 경우를 말한다. 또한, 화재 원인조사란 발화부를 판단하고

*교신저자, 정회원, 강원대학교 소방방재학부 초빙교수(Tel: +82-33-540-3147, Fax: +82-33-540-3149, E-mail: yjpolymer@kangwon.ac.kr)
Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire & Emergency Management, Kangwon National University

화재에 이르게 된 발화원을 규명하며, 발화부로부터 연소 확대된 경과를 조사하는 일련의 행위로서 화재 원인조사 시 가장 중요한 사항은 발화부 판단이며, 이는 화재원인이 발화부에만 존재하기 때문이다(MPSS, 2010b).

최근에는 다양한 소재의 내장재 사용으로 인해 일단 화재로 진행될 경우 인명 및 재산상 피해가 증가하게 되어 있으며, 이로 인해 화재조사 시 화학, 물리, 전기, 건축, 기계, 소방 등 다양한 지식과 화재현장에 대한 이해가 요구된다고 할 수 있다. 화재현장 조사 시 발화부 판단의 과학적 접근은 매우 중요한 것으로서, 화재원인의 명쾌한 규명으로 책임한계 구분은 물론, 유사사고의 재발방지를 위한 연구가 필요하다(Kang et al., 2014).

본 연구에서는 강원도 ○○노래궁의 화재사고에서 감식·감정기관 결과로 발화열원인 미소화원 및 원인미상에 대해 평균 화염높이를 계산하고, 같은 조건으로 화재 재현실험을 실시하여 결과를 도출하고자 한다. 본 연구의 목적은 화재사고에서의 최초발화열원이 미소화원으로 추정될 때의 검증에 있다고 할 수 있으며, 향후 화재현장에서의 감식활동 시 발견되는 발화패턴에만 집착하지 말고 화염높이에 대한 계산을 수행하여 정확한 발화열원 추론에 있다고 할 수 있다.

2. 화재사례

2.1 화재발생 개요

2.1.1 일시: 0000. 00. 00. (목) 04:41

2.1.2 대상: ○○노래궁

2.1.3 구조: 철근콘크리트 슬라브가 4층 1동
(연면적 2,206.35 m²)

2.1.4 피해 상황

- (1) 인명피해: 1명(사망1)
- (2) 재산피해: 89,577천원
 - ① 부동산: 지하1층 590.68 m² 부분소, 건물 외벽 100 m² 그을음
 - ② 동산: 유형업소 집기류일체(노래방기기, 쇼파, 테이블 등)

2.1.5 기상 상황 (Table 1)

Table 1. Weather Situation

Weather	Temperature	Humidity	Wind direction	Wind speed
Sunny	-4℃	29%	southeast	0~4m/s

2.1.6 지하 1층 평면도 (Fig. 1)

Fig. 1. Floor Plan of B1

2.1.7 발화지점 및 연소확대 경로

화재가 대기실에서 주변으로 연소 확대된 패턴이 식별된 점(Figs. 2~4), 대기실의 바닥 소실정도가 가장 심한 점(Fig. 5), 대기실 천장 콘크리트에서 다수의 박리흔이 식별된 점(Fig. 6) 등으로 보아 최초 발화지점은 대기실로 추정된다.

Fig. 2. Room 5

Fig. 3. Office

Fig. 4. Room 6

Fig. 5. Waiting Room:
Loss of Floor is the Most Severe

Fig. 6. Waiting Room:
Ceiling Concrete Spalling

2.2 발화원인 검토

2.2.1 기관(A)

최초발화지점으로 추정되는 대기실 바닥을 발굴하여 (Fig. 7 참조) 발화가능성을 검토한 바 전기적요인, 가스누출, 화기취급 부주의에 의한 발화개연성을 배제하였다. 또한, 미소화원 및 방화가능성에 대한 개연성을 검토한바 카페트에서 둥근 탄화패턴(Fig. 8 참조)이 식별된 점, 재떨이와 담배꽂초가 발견된 점이다. 가연물이 미소화원에 의해 착화·발화하는데 여러 가지 제한된 요건을 구비하여야 하는 가능성을 생각해 보면 미소화원에 의한 발화 가능성을 배제하지 못하였다. 짧은 시간에 화재하중(업소에 비치된 가연물)에 비해 급격한 연소로 인해 촉진제(인화성 액체)가 사용 되었을 가능성을 배제하지 못하였다.

Fig. 7. Bottom Waiting Room Table

Fig. 8. Table Bottom: Round Pattern

2.2.2 기관(B)

대기실 중앙부분에서 식별되는 철제구조물 하단부분의 1개소에서 담배꽂초 및 재떨이 연소잔해물이 식별되고 동 부분의 바닥장판부분이 국부적으로 심한 수열상태인 것으로 보아 대기실 중앙부의 탁자주변에서 담뱃불에 의한 인적행위의 개입이 초기발화가능성이 될 수 있으나(Fig. 9 참조) 점화원에 대한 명확한 판정은 어려움으로 회신되었다.

Fig. 9. Site Evidence

또한, 기관 (A)의 합동 감식 결과 발화지점은 일치하였으나, 발화원인에 대해 감식기관에서는 인화성액체 유·무에 대한 가능성 때문에 “미상” 처리하였으며, 담뱃불

등에 의한 인적 행위의 개입에 의한 초기발화성은 있으나, 점화원에 대한 명확한 논란은 어려움으로 결론을 도출하였다.

3. 화재공학을 적용한 사례 해석

3.1 미소화원에 의한 화재사례 검토

○○노래궁 대기실 중앙부분에 설치된 탁자 아래에서 화재가 발생하였으나 바닥의 재떨이에서 미소화원으로 탁자 높이(0.85 m)까지 화염을 형성하여 탁자를 착화하여 연소가 확대될 수 있는지 여부와 촉진제를 사용한 경우 연소확대 가능성을 확인하고자 Fig. 10의 화재시나리오 2가지의 경우를 검토하고자 한다.

Fig. 10. Fire Scenario

3.2 화염길이 검토

보통의 재떨이 화재는 대략 Table 2에서의 작은 쓰레기통 화재로 간주할 수 있으며, 이는 4 g/s의 연소속도로서, 플라스틱 및 면 의류로 가정한다면 계산에 의해 발생한 연소열은 8 kJ/g이 된다(Kyung, 2007; Lee and Park, 2018).

Table 2. Maximum Burning Velocity (g/s)

Division	M..B.V	Division	M..B.V
Small waste containers(18~40 L)	3~6	Large waste containers (70~1200 L)	5~10
Chair, wood and upholstered	10~60	Sofas	20~100
Beds	20~140	Closet	~40
Office	~90	Bedroom	~130
Kitchen	~190	House	~30,000

따라서 연소율을 구하면 $Q=(4 \text{ g/s}) (8 \text{ kJ/g}) = 32 \text{ kW}$ 이 된다. 따라서, 평균화염높이는 발열량이 대부분의 자연화재의 난류범위 안에 적용될 수 있는 Heskestad가 제안한 Eq. (1) (Kyung, 2007)에 의해 평균 화염높이는 0.818 m로 계산되었다.

$$= 0.23 \times 32(2/5) - 1.02 \times 0.1 = 0.818 \text{ m} \quad (1)$$

여기에서 화재(풀)의 직경은 재떨이 직경 0.1 m로 가정하며 이 화염 높이 0.818 m가 재떨이 화재의 상부 한계가 될 것이다. 그러나 Fig. 10에서와 같이 이 화염높이로는 탁자의 높이인 0.85 m에 도달할 수 없음을 알 수 있다.

반면, 인화성 액체인 가솔린, 메탄올, 아세톤과 같은 연소 촉진제가 재떨이 내부에 첨가되었다면 다음과 같이 계산된다. 에너지 방출속도는 Eq. (2)과 같이 질량연소속도를 이용하여 구할 수 있다(Lee and Park, 2018).

$$\dot{Q} = \dot{m}'' A \Delta H_c \quad (2)$$

$\dot{m}''$: 질량연소속도(= 연소속도) $[g/m^2 \cdot s]$

A : 기화되는 면적 $[m^2]$

ΔH_c : 연소열 $[kJ/g]$

여기서 Table 3의 최대 연소속도 값과 Table 4의 유효 연소열 값(Lee and Park, 2018)을 Eq. 2에 의해 Table 5와 같은 최대연소값과 화염의 평균 높이가 계산된다.

Table 3. Maximum Mass Burning Flow Rate of Various Fuels

Fuel	Maximum mass Combustion flow rate ($g/m^2 \cdot s$)	Fuel	Maximum mass Combustion flow rate ($g/m^2 \cdot s$)
Acetone	40	Liquified Propane	100 ~ 130
Benzene	90	Methanol	22
Butane	80	Polypropylene (granular)	24
Corrugated paper cartons	14	Polyethylene (granular)	26
Flexible Polyurethane foam	21 ~ 27	Polymethyl methacrylate (granular)	28
Gasoline	50 ~ 60	Polystyrene (granular)	38
Heptane	65 ~ 75	Polyvinyl chloride (granular)	16
Hexane	70 ~ 80	Rigid Polyurethane foam	22 ~ 25
JP-4	50 ~ 70	Wood crib	11
Liquified nature gas	80 ~ 100	Xylene	70

Table 4. Maximum Effective Combustion Heat of Various Fuels

Fuel	Maximum effective heat of combustion ΔH_c (KJ/g)	Fuel	Maximum effective heat of combustion ΔH_c (KJ/g)
Acetone	30.8	Methane	50.0
Benzene	40.0	Methanol	19.8
Carbon monoxide	10.1	n-Butane	45.7
Cellulose	16.1	Nylon 6/6	29.6
c-Hexane	43.8	Polycarbonate	27.7
Ethane	47.5	Polyethylene	43.3
Ethanol	26.8	Polymethyl methacrylate	24.9
Ethene	50.4	Polypropylene	43.3
Gasoline	43.7	Polystyrene	39.8
Glucose	15.4	Polyvinyl chloride	16.4
Heptane	44.6	Propane	46.5
Kerosene	43.2	Wood	13 ~ 15

Table 5. Maximum Calories and Flame Average Height

Flammable liquid	Max. calories	flame average height
Gasoline	925 kW	3.40 m
Methanol	168 kW	1.70 m
Acetone	474 kW	2.60 m

재떨이 내부에 인화성 액체가 포함된 경우의 화염길이는 Table 5의 결과에 제시한 바와 같이 탁자 높이인 0.85 m 이상으로 화염을 형성하여 탁자 목재를 탄화하기에 충분할 것으로 사료된다. 따라서 연소촉진제를 살포하였다는 직접적인 증거는 없지만 촉진제가 존재하였음을 강력히 시사하고 있다.

4. 인화성액체 종류에 따른 화염높이 실험

4.1 실험 조건

본 실험은 가연물 종류와 양 증가에 따른 화염높이를 검토하고자 실시하였다. 또한, 가연물량 증가에 따른 화염높이 증가는 당연한 결과로 사료되나, 다만 실험조건의 설계 시 실제 실험을 통해 정량적 차이를 확인하고자 실험을 실시하였다. 인화성 액체 양으로부터 형성된 화염의 길이가 실제 얼마나 되는지 정량적 자료제공에 의미를 두었다. 본 화재사건의 평균 화염높이 계산에서 이용된 재떨이 지름 조건은(0.1 m) 예비실험에서 배제되었으며, 추후 추가적인 실험으로 데이터를 보완하고자 한다. 실험기간은 2018년

4월 11일과 12일 2일간 실시하였으며 기상상황은 Table 6의 조건에서 실시하였다.

Table 6. Experimental Weather

Date	weather	Temperatures		Humidity	Wind speed
		lowest	Best		
10.11.	Sunny	15.1℃	24.1℃	72.0%	2.5 m/s
10.12.	Sunny	14.9℃	27.8℃	60.3%	2.1 m/s

4.2 실험 장치

실험세트는 가로 0.9 m, 세로 0.6 m, 높이 0.8 m이며, 화재상황과 유사하게 묘사하기 위해 전·후면을 개방하였으며 좌·우는 벽으로 폐쇄하였다.

실험에 사용된 인화성액체 2종은 에틸알콜, 휘발유를 사용하였으며, 인화성액체 2종을 선택한 이유는 에틸알콜은 일반 술집에서 구하기 쉬운 주류를 가정하였으며, 휘발유는 손쉽게 구할 수 있는 잇점 때문에 선택하였다. 이에 대하여 Figs. 11, 12와 Table 7에 제시하였다.

Fig. 11. Experimental Apparatus **Fig. 12.** Equipment

Table 7. Experimental Equipment

Experimental set (unit: m)	Flammable liquid	Video equipment (camera, camcorder)
One set (0.9*0.6*0.8)	Ethyl alcohol 1,000 ml gasoline 1,000 ml	2

4.3 실험 방법

4.3.1 예비실험

실험은 재떨이(직경 7 cm, 15 cm) 내부에 순수한 인화성액체(에틸알콜, 휘발유)만 있는 경우와 인화성액체에 기타 가연물(탈지면 20 g, 담배꽂초 100 g)이 포함되어 있는 경우를 적용하여 실험하였다. 실험 순서는 다음과 같다.

- ① 가연물과 인화성액체를 계량하여 재떨이에 담고 라이터로 점화
- ② 화염높이는 실험세트 앞에 설치한 표식으로 식별
- ③ 최종 소화시간은 재떨이 내부에 화염이 없는 시점을 기준으로 하였다. 이에 대하여 Figs. 13, 14, 15에 제시하였다.

Fig. 13. Ignition

Fig. 14. Flashover

Fig. 15. Extinguish

4.3.2 실험 결과

① 에틸알콜 / 직경 7 cm

재떨이에 에틸알콜의 양을 25 ml, 50 ml, 75 ml, 100 ml, 150 ml로 변화시키면서 화염높이를 측정하였다. 최고 화염높이는 150 ml 일 때 0.45 m로 측정되었으며, 에틸알콜의 양을 5배로 증가한 경우 화염의 높이는 1.88배 높은 것으로 나타났다. 실험 장면은 Figs. 16, 17에 나타내었으며, 실험결과는 Fig. 18과 Table 8에 나타내었다.

Fig. 16. Ethyl Alcohol

Fig. 17. Gasoline

Fig. 18. Flame Height According to Ethyl Alcohol Amount (diameter 7 cm)

Table 8. Flame Height with Change of Ethyl Alcohol Amount (diameter 7 cm)

Combustibles amount	Flame height (m)	Extinguish time (min)
Ethyl alcohol 25 ml	0.24	04:20
Ethyl alcohol 50 ml	0.29	07:15
Ethyl alcohol 75 ml	0.36	10:08
Ethyl alcohol 100 ml	0.42	14:30
Ethyl alcohol 150 ml	0.45	18:20

② 에틸알콜+가연물(솜 20 g)/직경 7 cm

가연물의 양을 20 g으로 고정하고 에틸알콜의 양을 25 ml, 50 ml, 100 ml로 양을 늘려 화염높이를 측정한 결과 에틸알콜의 양이 증가할수록 화염의 높이는 증가하여 0.4 m 정도인 것으로 나타났다. 실험결과는 Fig. 19와 Table 9에 나타내었다.

Fig. 19. Flame Height with Change of Ethyl Alcohol and Flammable (cotton) (diameter 7 cm)

Table 9. Flame height with change of ethyl alcohol and flammable (cotton) (diameter 7 cm)

Combustibles amount	Flame height (m)	Extinguish time (min)
Ethyl alcohol 25 ml + Combustible 20 g	0.25	06:30
Ethyl alcohol 50 ml + Combustible 20 g	0.30	07:20
Ethyl alcohol 100 ml + Combustible 20 g	0.40	32:20
Ethyl alcohol 150 ml + Combustible 20 g	0.45	32:40

이 또한, 가연물의 양이 많으면 화염의 높이가 높아지는 것은 당연한 결과로 사료되며, 사용량에 따른 화염의 높이를 정량적으로 분석하여 미소화원 화재 시 보다 과학적인 정보를 제공하는데 의의를 두었다.

③ 가연물(담배꽂초)/직경 15 cm

재떨이 내부의 가연물인 담배꽂초의 화염의 높이를 측정하기 위하여 직경 15 cm인 재떨이 내부에 가연물인 담배꽂초 200 g을 투입하여 화염의 높이를 측정하였다. 측정 결과 가연물만 있는 경우에는 높이가 0.25 m로 나타났다.

④ 에틸알콜+가연물(솜, 담배꽂초)/직경 15 cm

재떨이 직경과 가연물의 종류에 따른 화염의 높이를 측정하기 위하여 직경 15 cm인 재떨이 내부에 인화성 액체인 에틸알콜과 가연물인 탈지면과 담배꽂초를 포함하여 화염의 높이를 측정하였다.

가연물(솜, 담배꽂초)의 양을 100 g으로 동일하게 하고 에틸알콜의 양이 100 ml의 경우에는 화염의 높이가 0.3 m 정도인 것으로 측정되었다. 또한, 에틸알콜의 량 300 ml와

가연물이 담배꽂초의 경우는 탈지면의 경우보다 화염의 길이가 0.05 m 정도 더 긴 것으로 나타났다.

인화성 액체인 에틸알콜과 가연물이 포함된 경우의 평균 화염높이는 인화성액체량과 가연물에 의해 차이가 발생하지만 최고높이는 에틸알콜 300 ml + 담배꽂초 100 g 일 때 0.4 m로 나타났으며, 인화성액체와 가연물이 많을수록 연소시간이 오래 소요되었으며, 실험결과는 Fig. 20 및 Table 10에 나타내었다.

Fig. 20. Flame Height with Change of Ethyl Alcohol and Flammable (cotton) (diameter 15cm)

Table 10. Flame Height with Change of Ethyl Alcohol and Flammable (cotton) (diameter 15 cm)

Combustibles amount	Flame height (m)	Extinguish time (min)
Ethyl alcohol 100ml + Combustible 100g	0.30	09:20
Ethyl alcohol 300ml + Combustible 100g	0.35	28:20
Ethyl alcohol 300ml + Cigarette butt 100g	0.40	42:20

⑤ 휘발유+가연물(솜)/직경 15 cm

인화성액체의 종류 변화에 따른 화염높이 실험을 위해 직경이 15 cm인 재떨이 내부에 인화성 액체인 휘발유와 가연물인 탈지면, 담배꽂초 등이 포함된 경우의 평균 화염높이는 인화성액체량과 가연물에 의해 차이가 발생하지만 최고높이는 0.8 m 이상으로 나타났으며, 실험세트 상부로의 화염분출과 에틸알콜과 다른 검은색 연기가 발생하였다. 이에 대하여 Fig. 21 및 Table 11에 나타내었다.

Fig. 21. Flame Height with Change of Gasoline and Combustible (cotton) (diameter 15 cm)

Table 11. Flame Height with Change of Gasoline and Combustible (cotton) (diameter 15 cm)

Combustibles amount	Flame height (m)	xtinguish time (min)
Gasoline 100 ml + Combustible 50 g	0.60	30:10
Gasoline 300 ml + Cigarette butt 200 g	0.70	34:30
Gasoline 500 ml + Cigarette butt 200 g	above 0.80	42:15

4.4 소결론

인화성액체인 에틸알콜, 휘발유와 가연물(탈지면, 담배꽂초) 및 재떨이 크기 변화에 따른 화염높이 실험 결과 아래와 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- (1) 재떨이 직경 7 cm 내부에 인화성 액체가 포함된 양을 25 ml로 나타났으며, 양을 5배로 늘릴 경우 화염의 평균높이는 1.88배 증가하는 것으로 나타났다.
- (2) 에틸알콜을 직경 7 cm 재떨이에 담고 가연물인 솜이 포함된 경우의 평균 화염높이는 인화성액체량과 가연물에 의해 차이가 발생하지만 최고높이는 0.45 m 정도로 나타났으며, 에틸알콜을 직경 15 cm 재떨이에 담고 가연물인 솜이 포함된 경우의 평균 화염높이는 인화성액체량과 가연물에 의해 차이가 발생하지만 최고높이는 0.4 m 정도로 나타났으며, 에틸알콜의 양 변화에 관계없이 화염이 일정한 높이를 유지하였다.
- (3) 휘발유를 직경 15 cm 재떨이에 담고 가연물인 솜과 담배꽂초가 포함된 경우의 평균 화염높이는 인화성액체량과 가연물에 의해 차이가 발생하지만 최고높이는 0.8 m 이상으로 나타났으며, 실험세트 상부로 화염분출과 에틸알콜과는 다른 검은색 연기가 발생하였다. 또한, 휘발유의 양이 많을수록 화염높이도 높게 나타났다. 따라서 상기 화재의 경우 만일 인화성액체를 사용하였다면 에틸알콜보다는 휘발유를 사용하였을 가능성이 높은 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 발화부를 판단하고 화재에 이르게 된 발화원을 규명하며, 발화부로 부터 연소확대된 경과를 조사하는 일련의 행위인 화재원인조사에서 가장 중요한 발화부 판단에 있어서 강원도 ○○노래궁의 화재사고를 재고찰하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

- (1) Heskestad가 제안한 공식을 이용한 평균 화염높이를 계산한 결과, 보통의 재떨이 화재의 평균 화염높이는

0.82 m로 나타났으며, 인화성액체인 Gasoline 포함된 경우에는 3.43 m, Methanol의 경우는 1.60 m, Acetone의 경우는 2.60 m의 화염길이를 형성하는 것으로 계산되어 인화성액체 유무에 따라 화염의 길이는 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서, 담배꽂초로 탁자 높이인 0.85 m까지 화염 도달이 용이하지 않아 연소확대 가능성은 희박한 것으로 나타났다.

- (2) 재현실험 결과 재떨이(15 cm) 내부에 인화성액체를 사용하지 않고 담배꽂초 200 g을 투입한 경우의 평균 화염높이는 0.25 m인 것으로 나타났으며, 인화성액체 (Gasoline 500 ml)의 경우는 최고 0.8 m 이상으로 나타나 가연물 종류와 양에 따라 화염높이는 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 또한 재현실험에서 실험세트 상부로 화염 분출이 식별되었다.
- (3) 화재현장에서의 유증 채증의 어려움 등으로 인해 연소 촉진제에 관한 직접적인 증거는 확보 할 수 없었지만, 분석에 의해 촉진제가 존재하였음을 강력히 시사하고 있다.
- (4) 현행 화재현장의 감식활동에 임하고 있는 기관은 현장에서 발견되는 증거물의 형상에 의해 발화요인을 추정하고 있어 실화를 위장한 방화현장에서 발화요인 추정에 어려움이 있다.
- (5) 화재현장에서의 증거물 채증의 어려움 등으로 연소촉진제(휘발유, 경유, 등유 등)에 관한 직접적인 화재패턴은 발견되지 않았지만 알콜류 등을 이용하면 패턴을 나타내지 않으면서 연소가 확대될 수 있으므로 미소화원에 의한 분석을 반드시 실시하여야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1D1A1B02008374).

References

- Kang, J.K., Oh, J.H., You, W.J., Ryou, H.S., and Choi, D.M. (2014). A study on the application scheme of fire identification considering the heat release rate characteristics of inflammable material. *Fire Science and Engineering*, Vol. 28, No. 6, pp. 52-57.
- Kyung, T.H. (2007). *New combustion and fire protection engineering*. Donghwagisul Book Publishing, p. 126
- Lee, H.P., and Park, Y.J. (2018). *Combustion Engineering*. Hwasumog Book Publishing, p. 123.
- MPSS (Ministry of Public Safety and Security). (2010a).

Fire Investigation and Reporting Regulations.

Verwaltungsanweisung Art. 2 Abs. 2.

MPSS. (2010b). *Fire Investigation and Reporting Regulations.* Verwaltungsanweisung Art. 2 Abs. 3.

<i>Received</i>	■	September 7, 2018
<i>Revised</i>	■	September 12, 2018
<i>Accepted</i>	■	October 5, 2018