[Technical Paper]

자동차화재 시 질식소화덮개 적용방안에 관한 실험적 연구

권진석 · 김황진* · 이수호 · 김수영** · 박태희** · 김태동** · 김수영**†

국립소방연구원 대응기술연구실 시설연구사, *국립소방연구원 대응기술연구실 공업연구관,

**국립소방연구원 대응기술연구실 연구원

Application of Car Fire Blankets to Car Fires

Jin-Suk Kwon · Hwang-Jin Kim* · Soo-Ho Lee · Su-Young Kim** ·
Tae-Hwe Park** · Tae-Dong Kim** · Soo-Young Kim**†

Research Official, National Fire Research Institute,

*Senior Research Official, National Fire Research Institute,

**Researcher, National Fire Research Institute

(Received October 28, 2020; Revised November 17, 2020; Accepted November 26, 2020)

요 약

최근 발생한 자동차 화재의 경우 일반도로(47.3%), 고속도로(17.2%)와 같이 도로 위에서 발생하는 경우가 많다. 자동차화재 신고가 접수된 후 소방대원이 현장에 도착할 때까지 도로의 교통상황에 따라 지연될 수 있고 펌프차가 도착하기 전까지 화재진압을 할 수가 없다. 본 연구에서는 자동차화재 발생 시 주수를 하지 않고 자동차용 질식소화덮개를 활용한 질식효과로 자동차화재 소화에 대한 실험을 통해 적용방안 및 활용방법을 도출하였다. 동일한 차종에 착화를 하여 최성기에 질식소화덮개를 10 min, 20 min, 30 min 적용하여 질식에 의한 소화가 가능한지를 확인하였다. 그 결과, 10 min 이상 적용한 3번의 실험에서 부분적 재발화는 있었지만 간단한 잔화정리로 완전 진화가 가능하였다. 본 실험결과를 통해 질식소화덮개의 소화 가능성과 현장활용 방안을 통해 신기술의 자동차화재 대응기술을 제시한다.

ABSTRACT

Recently, car fires have been occurring on city roads (47.3%) and expressways (17.2%). Depending on the traffic conditions on the road, the growth of these fires can be delayed until firemen or a pump car arrives at the scene. In this study, application and utilization methods were derived based on car fire extinguishing experiments. To this end, a suffocation effect was induced using a car fire blanket and without using water in the event of a car fire. A car was ignited, and the car fire blanket was applied for 10, 20, and 30 min during the peak of the fire to verify whether the fire could be extinguished. A partial fire was caused for the three experiments, which could be put out with a small amount of water. Based on the results of these experiments, i.e., car fires can be put out using a car fire blanket and an on-site utilization plan, a new technology is presented.

Keywords : Car fire blanket, Car accident, Car fire experimental

1. 서 론

최근 도로위에서나 주정차된 자동차에서 기기의 결함이나 사고로 인한 자동차 화재 사고는 지속적으로 발생하고 있다. 소방청 국가화재 정보 시스템 자료에 따르면 국내에서 발생하는 화재유형으로 분류하면 건축물의 화재 다음으

로 자동차의 화재가 많은 것으로 나타났다. Figure 1을 보면 차량화재의 경우 2015년부터 2019년까지 최근 5년 동안 평균 4,958건이 발생하였다. 국가화재통계는 자동차와 철도화재 사고를 통합하여 차량화재로 명시하고 있다. 본 통계에 따르면, 2019년도는 다른 연도보다 사고의 발생건수는 감소하였지만 인명피해를 보면 매년 증가하고 있는 경향을 보인다. Figure 2는 최근 5년간 국내에서 발생한 화재

† Corresponding Author, TEL: +82-41-559-0580, FAX: +82-41-541-1108, E-Mail: sykim00@korea.kr

© 2021 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

Figure 1. Vehicle fire and damage of human trends over the last five years.

Figure 2. Fire and death trends over the last five years.

Figure 3. Car fire and damage of human by accident place over the last five years.

유형에 따른 분류로, 차량화재로 인한 부상·사망자는 평균 159.6명으로 최근 5년 동안 화재로 인한 인명피해 중 7%로 건축물의 화재 다음으로 두 번째로 높게 나타났다^(1,2).

최근 5개년 동안 발생한 장소에 따른 자동차화재는 Figure 3과 같이 일반도로(47.3%), 고속도로(17.2%), 주차장(15.4%), 공지(13.1%)의 순으로 도로 위에서 가장 많이 발생하는 것을 볼 수 있다.

자동차화재의 경우 운전자 또는 시설 관리자 등이 화재를 인지하고 인근 신고 접수를 받은 소방서에서 출동하여 현장을 수습할 때 교통상황이나 현장의 여건에 따라 출동 시간이 상당 시간 소요가 된다. 자동차에서 발생하는 화재는 연료와 엔진의 고열로 인하여 빠르게 진행되기 때문에 운전자가 직접 소화기로 진화할 수 없는 경우가 많다⁽³⁾. 또

한 자동차는 연료나 시트, 타이어 등 가연성물질이 있고 주차장이나 도로위에서의 사고로 인해 차량간 인접되어 있어 연쇄 화재가 발생하지 않도록 초기에 대응하는 것이 중요하다.

자동차 화재 대응 시 사고현장에 펌프차가 도착하기 전까지 주변의 위험물을 제거하거나 대기하였다가 펌프차를 이용하여 대응한다. Dayan LI(2017)와 JIANG(2018)에 따르면 승용차의 엔진부에서 화재가 발생하였을 경우 화재의 확산은 5~10 min 이내에 최성기에 도달한다^(4,5). 자동차의 경우 가연성 연료를 동력으로 사용하고 있으며 자동차 내부의 가연성 물질에 의해 화재 확산이 단시간에 발생한다. 펌프차가 도착하기 전 구급대나 고속도로 관리자, 운전자 등이 대응하기에는 어려운 부분이 있다.

본 연구에서는 주수를 하지 않고 질식효과를 통해 자동차화재를 진압할 수 있는 자동차용 질식소화덮개의 소화효과성과 현장에서의 적용방안 및 활용방법을 동일조건 상 황에서 가솔린자동차를 연소하여 결과를 도출하였다.

2. 이론적 배경

2.1 질식소화덮개의 원리

질식소화덮개의 장점으로는 화염으로 인한 내부의 열차단과 외부로부터의 공기유입 차단을 통한 화재확산을 방지할 수 있으며, 연소 시 연기발생을 차단함으로써 대피경로의 확보이다. 주요 기능은 내부에 유입되는 산소를 차단하여 덮개 내부에 질식상태로 소화를 유도하는 원리이다. 질식소화덮개의 소재는 유리섬유(Fiberglass)로 화재에 대한 적응성을 가지고 열차단 효과를 가지고 있다. Takahashi(2019)는 섬유별 산불화재 시 인근 건축물에 대한 적응성을 실험하여 유리섬유의 경우 92~96%의 열 차단 효과를 보였다⁽⁶⁾.

질식소화덮개는 열차단의 효과뿐만 아니라 연소 시 발생하는 연기발생을 차단함으로써 반밀폐된 공간에서 활용 시 시야확보와 연기로 인한 질식피해를 줄일 수 있다. 자동차화재가 지하주차장이나 터널내에서 발생할 경우 연기확산으로 인해 대피경로를 확보하지 못하는 경우 활용할 수 있다.

2.2 국내·외 활용현황

질식소화덮개는 주로 EU국가에서 개발하여 활용하고 있으며 그 중 노르웨이, 네덜란드, 프랑스에서 대표적으로 생산하고 있다. 질식소화덮개는 주변가연물의 연소확대 방지를 위한 차폐막 설치, 건축물에서는 공기가 유입되는 개구부 차단을 통한 건물 내 연소확대를 억제할 수 있다⁽⁷⁾. 또한, 건축물, 산불 화재 등 야외환경에서 발생한 화재현장에서 외부와 격리 및 확산방지로 활용이 가능하다. EU국가에서 질식소화덮개가 자동차화재 소화방법으로 의무화되지는 않았지만 제조사별 자동차화재 상황별 실험을 통해 효과성을 입증하고 있다.

2.3 국내·외 제품현황

국내에서는 지금까지 질식소화덮개를 직접적으로 생산하지 않고 있지만 소방청에서 국산화를 위해 추진중에 있다. 주수를 하지 않고 자동차 화재를 진압할 수 있는 장점이 있기에 소방관련 산업체에서는 질식소화덮개의 국산화를 위해 여러 소재를 활용하여 개발하고 있다.

국외의 질식소화덮개는 약 25 kg~27 kg의 중량으로 전개 시 6 m × 8 m 또는 6 m × 7 m의 크기로 승용자동차의 크기를 충분히 덮을 수 있는 크기로 제작되고 있다. 제조사마다 상이하지만 유럽내화인증기준인 EN13501 인증으로 700~800 °C 까지 인증받은 제품도 있지만, 제조사 자체 기준 약 1,200 °C 까지의 내열성을 나타내는 제품도 있다. 또한, 일회성이 아닌 제조마다 상이하게 10회에서 30회까지 재사용이 가능하다.

질식소화덮개에 대한 제조사마다 상이한 점이 있어 본 실험에서는 국외에서 활용중인 질식소화덮개의 적용방안에 대한 실험을 하였다. 자동차 실물화재 실험을 통해 자동차화재 진압 시 주수를 하지 않고 질식소화덮개를 이용한 질식소화의 가능성 검증과 질식소화덮개의 적용 시간대별 온도변화양상과 활용방안을 도출하였다.

3. 가솔린자동차 질식소화 실험

가솔린자동차의 하부의 전면, 후면에 동시 착화한 후 최성기 시 질식소화덮개를 10 min, 20 min, 30 min 적용하여 온도변화양상과 재발화 여부 등을 도출하였다. 실제 자동차 화재 현장을 가정하여 실외에 실험장소를 선정하였고 연료탱크의 폭발이나 미미한 폭발로 인한 피해를 최소화 하고 자 방폭벽을 설치하여 베이스캠프를 구축하였다. Figure 4는 본 실험에서 자동차화재 시 소방대원이 직접 질식소화덮개를 전개한 사진과 질식소화덮개를 적용한 상황을 드론으로 촬영한 사진이다.

3.1 착화위치

본 실험에 앞서 착화위치를 동일하게 적용하기 위해 국가화재정보센터의 최근 5년간 국내에서 발생하는 자동차 화재 44,710건 중 부위별 통계조사 결과 엔진룸의 화재가

49%, 적재함 10%, 타이어(바퀴) 9%의 순으로 조사되었으며⁽¹⁾, Lee(2010, 2011)는 엔진 정지 중인 자동차에서도 엔진부 발화가 발생한다고 하였다^(8,9,10). 본 실험에서는 화재 최성기의 상황을 단시간에 재현하기 위해 엔진 하부와 트렁크 하부에 각각 등유 1 L의 가연물을 놓고 동시 착화를 하였다.

3.2 열전대(Thermocouple)설치

자동차의 내·외부 온도를 측정하기 위해 Figure 5와 같이 총 19개 지점에 열전대를 설치하였다. Table 1과 같이 19개 열전대에 약칭을 부여하였다. 실내(G1)은 엔진부 2개소(IER, IEL), 자동차 내부의 운전석(IF), 내부의 중앙부(IC), 내부 뒷좌석 부분(IB), 트렁크 내부(IT) 4개소로 총 6개소에 설치하여 온도변화양상을 측정하였다. 외부는 웬더 부분(G2)과 외부(G3), 타이어 부분(G4)으로 구분하였다. 웬더 부분은 전·중·후면 좌·우측을 구분하여 총 6개소(FFR, FFL, MFR, MFL, BFR, BFL)에 설치하였고, 외부는 엔진이 있는 본넷 위(OE), 자동차 외부 천정부(OC), 트렁크 외부(OT)에 설치하였다. 타이어의 전·후면, 좌·우측으로 구분하여(FTR, FTL, BTR, BTL) 온도변화양상을 측정하였다.

또한, 전체적인 온도와 화재양상을 확인하기 위해 열화상카메라를 베이스캠프 정면에 설치하고 자동차에서 이격 거리를 둔 방풍막의 굴절부분 총 4개소에 CCTV를 설치하여 화재양상을 확인하였다.

Figure 5. Thermocouple install location.

Figure 4. Experimental preparation and photography (Left: using car fire blanket, Right: after using car fire blanket).

Table 1. Thermocouple Classification and Install Location

T.C classification	Location	T.C classification	Location	T.C classification	Location
G1	IF	G2	FFR	G3	OE
	IC		FFL		OC
	IB		MFR		OT
	IT		MFL	G4	FTR
	IER		BFR		FTL
	IEL		BFL		BTR
-	-	-	-		BTL

Figure 6. Temperature change of car inside (10 min). **Figure 8.** Picture and thermal camera of fire peak (10 min). **Figure 7.** Temperature change of car outside (10 min). **Figure 9.** Picture and thermal camera of use car fire blanket (10 min).

3.3 실험방법

가연물에 동시 착화하여 화재 최성기에 도달했을 때 질식 소화덮개를 적용하였다. 본 실험에서는 질식소화덮개의 적용시간에 따른 화재양상 및 재발화 여부 등을 파악하기 위해 10 min, 20 min, 30 min으로 적용시간에 차이를 두었다.

질식소화덮개는 차량후면부에서 소방대원 2명이 덮개의 양끝 손잡이를 잡고 동시에 덮었으며 자동차를 완전히 덮었을 때 하부에서 산소가 유입되지 않도록 질식소화덮개를 조치하였다. 질식소화덮개를 각 적용시간에 맞게 적용 후 제거하였고, 자동차 주변을 확인하여 재발화된 부위를 확인하여 약간의 주수를 통해 잔화 정리를 하였다. 재발화한 부위에만 약간의 주수를 통해 잔화 정리 후 10 min 동안 다른 부위에서 재발화가 발생하지 않았을 경우 실험을 종료하고 안전을 위해 소방의 표준작전절차(SOP)와 같이 엔진부에 축적된 열을 제거하기 위해 엔진부의 본넷을 열어 완전소화 된 것을 확인하였다.

4. 실험결과

4.1 10 min 적용

Figure 6, 7은 질식소화덮개를 10 min 동안 적용한 자동차에 설치된 내·외부 열전대의 온도변화양상을 나타내었

다. Figure 6의 자동차 내부의 온도변화양상을 보면 최초 착화 후 10 min 경과, 최성기에 도달하였고 실내 중앙(IC)부분이 974 °C로 최고온도까지 도달하였다. 질식소화덮개를 10 min 동안 적용하여 개방하였을 시 내부온도는 255 °C로 최성기 시 온도보다 719 °C가 하강하였다. 질식소화덮개를 개방 후 1 min 33 s 후 좌측 후면 타이어(BTL)에서 재발화가 발생하였다. 재발화가 발생하면서 트렁크 내부(IT)와 실내 후면부(IB), 실내 중앙(IC) 세 개소가 714 °C까지 상승하였으며, 다시 8 min 동안 질식소화덮개를 적용 후 개방하였을 때 온도는 223 °C로 하강하였고 재발화는 발생하지 않았다.

Figure 7의 자동차 외부의 온도변화양상을 보면 최초 착화 후 10 min 경과, 최성기에 도달하였고 자동차 후면 트렁크 외부(OT), 자동차 중앙 상부 외부(OC), 중앙 휠더(MFR, MFL) 4개소를 제외한 모든 부분이 약 850 °C까지 도달하였다. 질식소화덮개를 10 min 동안 적용하여 개방하였을 시 외부온도는 260 °C로 최성기 시 온도보다 590 °C하강하였다. 질식소화덮개를 개방 후 1 min 33 s 후 재발화가 발생하면서 좌측 후면 휠더 부분이 412 °C까지 상승하였으며, 다시 8 min 동안 질식소화덮개를 적용 후 개방하였을 때 온도는 216 °C로 하강하였다.

소방의 SOP(표준작전절차)에 따라 본넷을 개방하여 약간의 주수를 하여 10 min 동안 적용 실험을 종료하였다. Figure 8

Figure 10. Temperature change of car inside (20 min).

Figure 12. Picture and thermal camera of fire peak (20 min).

은 10 min 동안 적용한 실험의 최성기 시 질식소화덮개를 적용하는 사진과 열화상카메라의 이미지이며, Figure 9는 질식소화덮개를 적용하였을 때의 사진과 열화상 이미지를 나타낸 것이다.

4.2 20 min 적용

Figure 10, 11은 질식소화덮개를 20 min 동안 적용한 자동차에 설치된 내·외부 열전대의 온도변화양상을 나타내었다. Figure 10의 자동차 내부의 온도변화양상을 보면 최초 착화 후 7 min 경과, 최성기에 도달하였고 실내 중앙(IC)부분이 953 °C로 최고온도까지 도달하였다. 질식소화덮개를 20 min 동안 적용하여 개방하였을 시 내부온도는 202 °C로 최성기 시 온도보다 751 °C가 하강하였다. 질식소화덮개를 개방 후 4 min 36 s 후 뒷좌석과 트렁크 사이(IT)에서 재발화가 발생하였다. 재발화가 발생하면서 206 °C까지 상승하였다.

Figure 11의 자동차 외부의 온도변화양상을 보면 최초 착화 후 7 min 경과, 최성기에 도달하였고 자동차 후면 트렁크 외부(OT)를 제외한 모든 부분이 약 849 °C까지 도달하였다. 질식소화덮개를 20 min 동안 적용하여 개방하였을 시 외부온도는 179 °C로 최성기 시 온도보다 670 °C하강하였다. 질식소화덮개를 개방 후 4 min 36 s 후 자동차 후면 좌측 힙더(BFL)재발화가 발생하면서 후면 좌측 힙더 부분이 86 °C까지 상승하였다.

내·외부 부분에 약간의 주수를 하여 재발화 부위의 화염을 제거 하였고 10 min 실험과 동일하게 소방의 SOP(표준작전절차)에 후속조치 후 실험을 종료하였다. Figure 12는 20 min 동안 적용 실험의 최성기 시 질식소화덮개를 적용하는 사진과 열화상카메라의 이미지이며, Figure 13은 질식소화덮개를 적용하였을 때의 사진과 열화상 이미지를 나타낸 것이다.

Figure 11. Temperature change of car outside (20 min).

Figure 13. Picture and thermal camera of use car fire blanket (20 min).

4.3 30 min 적용

Figure 14, 15는 질식소화덮개를 30 min 동안 적용한 자동차에 설치된 내·외부 열전대의 온도변화양상을 나타내었다. Figure 14의 자동차 내부의 온도변화양상을 보면 최초 착화 후 10 min 경과, 최성기에 도달하였고 실내 뒷좌석부분(IB)부분이 1,033 °C로 최고온도까지 도달하였다. 질식소화덮개를 30 min 동안 적용하여 개방하였을 시 내부온도는 184 °C로 최성기 시 온도보다 849 °C가 하강하였다. 질식소화덮개 적용 시간이 길어질수록 온도가 더욱 하강하는 것을 볼 수 있다.

질식소화덮개를 개방 후 24 s 후 뒷좌석 시트에서(IB)에서 재발화가 발생하였다. 재발화가 발생하면서 발화된 뒷좌석 시트(IB)는 458 °C, 트렁크 내부(IT)는 210 °C까지 상승하였다.

Figure 15의 자동차 외부의 온도변화양상을 보면 최초 착화 후 10 min 경과, 최성기에 도달하였을 때 자동차 중앙 힙더 우측(MFR)이 940 °C까지 상승하였고 자동차 상부 외부(OC)를 제외한 모든 부분이 600 °C이상 상승한 것을 볼 수 있다. 질식소화덮개를 30 min 동안 적용하여 개방하였을 시 외부 최고온도는 181 °C로 최성기 시 온도보다 759 °C하강하였다. 재발화가 발생하였을 때 외부의 연전대의 온도 약 50 °C이하 상승하여 온도변화는 미미 하였다.

본 실험에서도 소방의 SOP(표준작전절차)에 따라 본넷을 개방하여 약간의 주수를 하여 30 min 적용 실험을 종료하였다. Figure 16은 30 min 동안 적용한 실험의 최성기 시 질식소화덮개를 적용하는 사진과 열화상카메라의 이미지이며, Figure 17은 질식소화덮개를 적용하였을 때의 사진과 열화상 이미지를 나타낸 것이다.

4.4 재발화 여부 확인

자동차화재 최성기에 질식소화덮개를 10 min, 20 min, 30 min 적용한 후 개방한 세 실험 모두에서 질식소화덮개

Figure 14. Temperature change of car inside (30 min).

Figure 15. Temperature change of car outside (30 min).

Figure 16. Picture and thermal camera of fire peak (30 min).

Figure 17. Picture and thermal camera of use car fire blanket (30 min).

Table 2. Summary of Experimental Result

Car blanket application time	Fire peak time	Fire peak temperature		Change of temperature		Re-ignition time	Re-ignition location
		Inside	Outside	Inside	Outside		
10 min	10 min	974 °C	850 °C	▽719 °C	▽590 °C	1 min 33 s	Back left tire
20 min	7 min	953 °C	849 °C	▽751 °C	▽670 °C	4 min 36 s	Rear seat, Back fender fender
30 min	10 min	1,033 °C	940 °C	▽849 °C	▽759 °C	24 s	Rear seat

Figure 18. Re-ignition location (Left: 10 min, Middle: 20 min, Right: 30 min).

직후 화염은 전체적으로 소멸한 상태였으나 자동차 내·외 부 부분적으로 연소물이 있는 경우 Figure 18과 같이 재발화가 발생하였다. 연소물은 주로 타이어나 자동차 내부의 시트, 주변의 철제 등에 축적된 잠열과 소화덮개 개방 후 유입되는 산소에 의해 부분적으로 연기가 피어오르면서 재발화가 발생하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 동일 모델의 가솔린 자동차 세 대를 실험 대상으로 하여 최악의 조건인 화재 최성기때 질식소화덮개를 전개한 후 각 10 min, 20 min, 30 min 씩 적용한 후 질식에 의해 소화가 가능한지를 확인하였다. Table 2는 질식소화덮개 적용 시간대별 온도변화와 재발화 여부 등을 나타낸 결과이다.

10 min 이상 질식소화덮개를 적용한 세 차례 실험에서 자동차 내부 시트나 타이어와 같이 잔여가연물이 있을 경우 부분적으로 소규모의 재발화는 발생하였지만 간단한 잔화 정리로 완전 진화가 가능하였다.

내연기관 자동차는 각종 오일류와 연료, 플라스틱 내장재 및 시트류 등 화염확대에 큰 영향을 미치는 가연물이 밀집되어 있는 상태이기 때문에 지하주차장 및 터널 등에서 화재가 발생할 경우 화염확산의 위험성이 매우 크다.

따라서 본 연구진은 다음과 같은 상황에서 특히 효용성이 있을 것으로 평가된다.

첫째, 펌프차 진입이 어려운 공간 차량화재 발생 시 질식소화덮개 전개에 따른 확산방지

둘째, 다량의 연기발생으로 환기가 어려운 반밀폐 공간(예: 지하주차장, 터널 등) 화재 발생 시 화염확대 및 연기 차단으로 피난 시간 확보

셋째, 펌프차 보다 구급대가 현장에 우선 도착한 경우 질식소화덮개 전개로 대응시간 확보

넷째, 다수의 차량으로 화염이 확산된 경우 또는 확산의 우려가 있는 경우 질식소화덮개 전개로 대응시간 확보

후 기

본 실험적 연구는 소방청 소방대응력향상을위한연구개발 지원사업(1761002000)의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

References

1. National Fire Data System, <http://www/nfds.go.kr> (2020).
2. J. Ryu and C. Lee, "The Analysis of the Risk of Vehicle Fires in Korea and the Effectiveness of Initial Fire Extinguishing", *Journal of the Korean Society of Disaster Information*, Vol. 15, No. 1, pp. 20-27 (2019).
3. H. Y. Ryu and M. H. Kim, "Implementation of Automatic Extinguishing System for Fire Suppression of Vehicle", *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 22, No. 2, pp. 227-233 (2019).
4. D. Li, G. Zhu, H. Zhu, Z. Yu, Y. Gao and X. Jiang, "Flame Spread and Smoke Temperature of Full-Scale Fire Test of Car", *Case Studies in Thermal Engineering Fire*, Vol. 10, pp. 315-324 (2017).
5. X. Jiang, G. Zhu, H. Zhu and D. Li, "Full-scale Experimental Study of Fire Spread Behavior of Car", *Elsevier Science Direct, Procedia Engineering* 211, pp. 297-305 (2018).
6. F. Takahashi, "Whole-House Fire Blanket Protection from Wildland-Urban Interface Fires", *Frontiers in Mechanical Engineering*, Vol. 5, Article 60 (2019).
7. BRIDGEHILL, "Car Fire Blanket", <http://bridgehill.com.eng/car-fir-blanket/> (2020).
8. E. P. Lee, "Cause Analysis on Motor Vehicle Fires, Proceeding of 2010 Autumn Annual Conference", *Korea Institute of Fire Investigation*, pp. 31-59 (2010).
9. E. P. Lee, "Analysis of Actual State of Monitor Vehicle Fires in Korea", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 25, No. 2, pp. 47-59 (2011).
10. E. P. Lee, "Analysis of the Parked Automotive Fire Breaking out Late at Night", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 2, pp. 241-248 (2015).