☔ "국립소방연구원" (소방)

~22. 12. 3.

목차

※ 클릭 후 파란 글씨 클릭하면 해당 주제로 이동합니다.!

목차 **2**

들어가기 전에… **7**

국립소방연구원 **8**

연구원소개 **8**

홍보마당 8

안전자료 8

2022년 을지연습을 알아보자!2022-08-01 8

국립소방연구원에 물어보세요 [옥내소화전 사용법]2022-07-06 8

산불 예방과 대처2022-03-30 8

(포스터) 겨울철 소방안전_인덕션_반려동물 방화범이 될 수 있습니다2022-02-22 8

(포스터) 겨울철 소방안전_화목보일러_화재 모의고사2022-02-15 8

(포스터) 겨울철 소방안전_화목보일러_폭탄2022-02-15 8

(포스터) 겨울철 소방안전_전기장판2022-02-15 8

연구분야 **9**

화재안전연구분야 9

연구분야 9

연구진 9

주요연구성과 10

[화재안전연구실]전기소자 및 부품 열적 전기적 특성연구_(나용운) 10

[화재안전연구실]위험물질 안전관리 연구(방향제 화재위험성)_(김주석) 44

[화재안전연구실]분말소화기 내용연수에 따른 분말소화약제 연구_(오부열) 44

[화재안전연구실]ESS의 주요 발화원인 분석을 위한 기초 연구_(나용운) 44

[화재안전연구실]2018 연구성과보고서 - 자기반응성물질 평가 기반 구축연구_(김주석) 44

[화재안전연구실]2018 연구성과보고서 - 필로티 구조 건축물 천장(반자 위)화재시 화염 및 연기(수평적)급속확산 방지연구_(김홍식) 44

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 전원주택 온돌난방 화재 위험성 대책 연구_(안규섭) 44

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 수평대형건축물 화재피해저감을 위한 피난유도 기초연구_(나용운) 44

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 산화성 위험물질 평가기반 구축연구_(김주석) 44

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 위험물질 안전관리 연구_(김주석) 44

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 자동차화재 발생원인 규명연구II_(김홍식) 44

분말소화기 내용연수에 따른 분말소화약제 연구 44

논문 44
21. Fire Spread of Thermal Insulation Materials in the Ceiling of Piloti-Type Structure: Comparison of Numerical Simulation and Experimental Fire Tests Using Small- and Real-Scale Models 45
19. 국가화재안전기준(NFSC)의 제·개정 시스템 개선에 관한 연구 45
09. 인화성액체를 촉진제로 사용한 방화화재의 감식기법에 관한 연구 45
08. 유류화재증거물 보관용기의 신뢰성에 관한 연구 45
05. 용접·절단 작업시 화재위험성에 관한 실험적 연구 45
04. 가연물 접촉에 따른 전기히터의 화재위험성에 관한 실험적 연구 45
03. 유류화재증거물의 정성적 분석 기법 연구 45
특허 45
특허등록_전기차량 소화 장치 및 이를 구비하는 전기차량 46
수행과제 46
2021년 화재안전연구분야 연구과제 목록 46
대응기술연구분야 47
연구분야 47
연구진 47
주요연구성과 48
[대응기술연구실]심신안정실 기능성 콘텐츠 현장 적용을 위한 실효성 검증(2단계)_(권진석) 48
[대응기술연구실]재난현장 골든타임 확보를 위한소방차량 우선신호시스템 확대 방안 연구_(박태희) 99
[대응기술연구실]소방청사 표준설계 가이드라인 개발 연구(2차년도)_(권진석) 99
[대응기술연구실]소방산업 육성 및 기술혁신을 위한 R&D 기획연구_(호서대학교) 99
[대응기술연구실]유해물질 제거 키트개발 연구 2차년도 방화복 전용세제 및 메뉴얼 개발_(박제섭) 99
[대응기술연구실]소방대원 청력 저해물질 노출 측정장비 개발 사전연구_(박제섭) 99
[대응기술연구실]리빙랩 시스템 활용 발전을 위한 연구성과 분석 및 성과관리 체계 도출 연구_((주)너비의 깊이) 99
[대응기술연구실]표준화를 위한 소방전문용어 개념 정립 연구_(한동훈) 99
[대응기술연구실]임무 시나리오 기반 소방드론 현장적용성 평가 연구_(김황진) 99
[대응기술연구실]무선통신 핸즈프리 소방헬멧 기능 분석 및 최적 디자인 개발_(한동훈) 99
[대응기술연구실]비화재보 저감을 위한 교차감지기술 적용 연구(1단계)_(신영민) 99
[대응기술연구실]영상처리 기술 화재현장 적용성 연구(2단계)_(신영민) 99
[대응기술연구실]산림인접지역 민가 및 시설물 보호를 위한 소화설비 실효성 검토 연구_(권진석) 99
[대응기술연구실]현장대응력 향상을 위한 이슈대응형 조사분석 및 실증실험 연구_(권진석) 99
전기자동차 화재대응 안내서 99
소방드론의 활용 및 연구 방향 안내서 99
지식재산권 업무매뉴얼 100
[대응기술연구실] 국립소방연구원 대응기술연구실 성과집 (2)_(2019년) 100
[대응기술연구실] 국립소방연구원 대응기술연구실 성과집 (1)_(2019년) 100
[대응기술연구실]소방차량 현장대응력 향상을 위한 물탱크 경량화 기획 연구_(이수호) 100
[매거진] DRONE 창간호 101
2018 사용자참여형 소방연구개발 연구성과집 112
2017 사용자참여형 소방연구개발 연구성과집 112

2016 사용자참여형 소방연구개발 연구성과집 112
논문 112
바이오디젤 혼합물의 가열잔분측정과 폭발한계 측정을 통한 발화 및 폭발위험성에 대한 실험적인 연구 113
구급차 접촉감염 예방을 위한 동 및 동합금 항균시트 적용성 평가 113
FT-IR을 활용한 유류성분 화재증거물 검출 기법 연구 113
인접한 전기자동차의 화재 성상에 관한 실험 연구 113
소방공무원 심신안정을 위한 기능성 콘텐츠 적합성 평가(2단계) 113
농연에 의한 드론 수신 전파 감쇠에 관한 연구 113
전기자동차와 가솔린자동차의 실물화재 비교분석 114
화재현장의 소방대원 시야 확보를 위한 영상처리 기술 효과성 검토 114
소방공무원 심신안정을 위한 기능성 콘텐츠 적합성 평가 114
CFD 해석을 통한 급류지역 수로관 위험성 분석 114
자동차화재 시 질식소화덮개 적용방안에 관한 실험적 연구 114
필로티 반자 내 화재 시 단열재 화염확산 특성연구 114
소방안전 R&D 성과에 영향을 미치는 요인 분석 114
국내 소방안전 및 구조구급 R&D 역량 분석 114
화목보일러 화재위험성에 관한 실험적 연구 114
어린이집 화재 시 연기 거동에 관한 실험적 연구 114
부속실 급기가압 시 압력특성 변화에 관한 연구 114
지하공간 화재시 배연장비의 활용에 관한 연구 114
복도공간 화재 시 배연차를 활용한 배연에 관한 실험적 연구 114
특허 114
특허등록_수난구조대원 모니터링 시스템 115
특허등록_소화성능평가 시스템 115
특허등록_고온가스 원거리 측정장치 115
특허등록_동합금을 이용한 향균 필름 및 향균 필름이 구비된 향균 핸들 115
특허등록_중금속 및 다환방향족탄화수소류 제거를 위한 개인보호장비 세척용 티슈 및 폼세정제 115
특허출원_드론 영상 기반의 구조대상자 탐지 시스템 및 방법 115
특허출원_고온가스 원거리 측정장치 115
특허출원_소화성능평가 시스템 115
특허등록_수난 구조대원용 착용 단말 115
특허등록_화재 실험용 중량 측정장치 115
특허출원_중금속 및 다환방향족탄화수소류 제거를 위한 개인보호장비 세척용 티슈 및 폼세정제 115
특허출원_동합금을 이용한 항균 필름 및 항균 필름이 구비된 항균 핸들 115
특허출원_수난 구조대원용 착용 단말 115
특허출원_화재 실험용 중량 측정 장치 115
특허등록_수난 구조 대원 모니터링 시스템(B1) 115
수행과제 115
소방정책연구분야 116
연구분야 118

연구진 118
주요연구성과 118
2020년 전국 화학사고 통계분석 118
[소방정책연구실 2021] 바이오모니터링을 통한 소방공무원 유해물질 노출 수준 평가 연구보고서 120
[소방정책연구실 2021] 소방현장 유해물질 노출 데이터베이스 시범구축 연구보고서 130
[소방정책연구실 2021] 119신고폭주 대응개선 연구 보고서 130
[소방정책연구실 2021] 현장 소방활동의 과학적 안전관리 체계 및 기법 연구보고서 130
[소방정책연구실 2021] 대형재난 발생 사례분석을 통한 소방사료 발굴 연구보고서 130
[소방정책연구실 2021] 방사선 사고 대응체계 연구보고서 130
[소방정책연구실 2021] 현장지휘 시나리오 설계 연구보고서 130
[소방정책연구실 2021] 소방 기술기준 개발 및 안전성 강화 연구보고서 130
[소방정책연구실 2020] 급류지역 수난구조 위험성 분석 연구보고서(협업) 130
[소방정책연구실 2020] 현장 소방활동의 과학적 안전관리체계 및 기법 연구보고서 130
[소방정책연구실 2020] 소방청 조직 등 영문 표기 표준화 연구 보고서 130
[소방정책연구실 2020] 실화재훈련장 유해환경 분석 및 인체노출 차단방안 연구보고서 130
[소방정책연구실 2020] 효과적 소방안전 홍보문구 설정 가이드라인 개발 연구보고서 130
[소방정책연구실 2020] 소방기관 공문서 오류 사례 실태 분석 연구보고서 130
[소방정책연구실 2020] 구급차량 내 각종장비 등 소독 효과성 연구 보고서 130
[소방정책연구실] 화학사고 현장대응 가이드북(2021 개정판) 130
[소방정책연구실]미국 소방관 사망사고 및 예방 프로그램 분석_(이지향) 130
[소방정책연구실]개인보호장비 세척관리시스템 개발_(한동훈) 131
[소방정책연구실]구조보트 프로펠러 안전장치 실증연구_(한동훈,최신웅) 131
[소방정책연구실]소방우천활동복 개선에 관한 연구_(한동훈, 최신웅) 131
[소방정책연구실]소방차량용 고출력 지향성 스피커 개발 연구_(한동훈) 131
[소방정책연구실]재난약자 구조장비 개발연구_(한동훈) 131
재난 약자 구조장비 개발 연구(2019) 131
소방차량용 고출력 지향성 스피커 개발 연구(2019) 131
미국 소방관 사망사고 및 예방 프로그램 분석(2019) 131
소방우천활동복 개선에 관한 연구(2019) 131
구조보트 프로펠러 안전장치 실증연구(2019) 131
개인보호장비 세척관리 시스템 개발(2019) 131
현장안전사고 분석연구(강풍현장 대응방안 연구) 131
현장안전사고 분석연구(소방현장 벌집제거 개선방안 연구) 131
재난 약자 구조장비 개발(2019) 131
소방차량용 고출력 지향성 스피커 개발(2019) 131
소방 우천 활동복 개선에 관한 연구(2019) 131
구조보트 프로펠러 안전장치 실증연구(2019) 131
개인보호장비 세척관리 시스템 개발(2019) 131
논문 132
국내 화학사고 조사분석 및 효율적 대응 방안 연구 132

23. '소방안전' 대국민 홍보슬로건 설정을 위한 전략적 제언 132
22. 소방 실화재 훈련에서 사용하는 압축목재 가연물에서 발생하는 유해물질 특성 [2020. 10월] 132
17. Epidemiological Characterization of Imported Systemic Mycoses Occurred in Korea 132
16. Comparative genomic analysis and characteristics of NCCP15740, the major type of enterotoxigenic Escherichia coli in Korea 132
15. 강풍 시 소방대원의 활동 유형별 위험도 분석 132
제29호 소방연구논문집(2019) 132
특허 132
특허_3. 부력식 소방우천 활동복(내장 특허증 및 특허 출원서) 132
특허_2. 부력식 소방우천 활동복(외장 특허증 및 특허 출원서) 133
특허_1.부력식 소방우천 활동복 133
수행과제 133
연구정보 133
주요연구성과 133
논문 133
특허 133
수행과제 133
알림마당 133
학술지[소방안전연구] 133
공지사항 133
게재논문 열람실 133
[소방안전연구] 제2권(2021.12.15.발행) 합본 136
[소방안전연구] 제1권(2020.12.15.발행) 합본 139
기타발행물 140
2년 6개월의 기록『코로나19 소방대응 백서』 140
화학사고 현장대응 가이드북(2021 개정판) 140
현장안전점검관 업무 지침서(2020.8.20) 140
정보공개 140
통계정보 140
주요통계 141

들어가기 전에…

※ 타 직렬이나 혹은 기타 다른 문서가 궁금하시다면

"아카이브 ☔" 참조 부탁드립니다.

저작권법/공공누리 관련 공지 또한 위 링크에 있습니다..

※ 기타 문의 사항은 https://open.kakao.com/o/sSL8zGSd 로 연락 부탁드립니다!

출처 :
저작권자 :
공공누리 :

국립소방연구원

연구원소개

홍보마당

안전자료

2022년 을지연습을 알아보자!2022-08-01

국립소방연구원에 물어보세요 [옥내소화전 사용법]2022-07-06

산불 예방과 대처2022-03-30

(포스터) 겨울철 소방안전_인덕션_반려동물 방화범이 될 수 있습니다2022-02-22

(포스터) 겨울철 소방안전_화목보일러_화재 모의고사2022-02-15

(포스터) 겨울철 소방안전_화목보일러_폭탄2022-02-15

(포스터) 겨울철 소방안전_전기장판2022-02-15

연구분야

화재안전연구분야

연구분야

연구진

주요연구성과

[화재안전연구실]전기소자 및 부품 열적 전기적 특성연구_(나용운)

전기소자 및 부품 열적 전기적 특성연구

보고서 초록

<table>
<tr><td>과제관리
번 호</td><td>NFRI-화재
-2019-03</td><td>해당단계
연구기간</td><td>'19. 3. 1. ~ '19.
11. 30</td><td>단계구분</td><td>단년도</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5">국립소방연구원 화재안전연구실 자체연구과제</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>중과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부(단위)
과제명</td><td colspan="4">전기소자 및 부품의 열적/전기적 특성 연구</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>나 용 운</td><td>해당단계 참여
연구원 수</td><td>총 : 1명
내부 : 명
외부 : 명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부: 50,000천원
기업: 천원
계: 50,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소속부서명</td><td colspan="2">국립소방연구원
화재안전연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서
면 수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">화재증거물에 대한 감정에 있어서 탄화가 심하거나 훼손이 심한 경우 그리고 신제품에 대한 화재 시 과학적 이론에 근거한 추론에 한계가 존재하며, 이로 인해 향후 제조물책임법 및 화재보험 보상 등에서 분쟁이 발생될 우려가 높다. 하지만 현재 감정체계로는 한계점이 존재하여 과학적 이론에 추가로 실험을 병행하여 감정의 신뢰성을 높이고자 본 연구를 추진하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">감정, 감식, 신뢰성, 시험설비, 제조물책임법</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">identification, appraisal, reliability, test facility, PL</td></tr>
</table>

제1장 서론

1절 연구개발의 목적

1. 연구의 필요성

현대사회는 갈수록 복잡화·다중화·밀집화 되고, 각종 첨단기술들은 지속적으로 발전되어 가고 있다. 문명의 발전이 인간에게 많은 이점을 주고 있지만, 이에 상응해서 신종 위험들도 증가되고 있는 추세이다. 특히 화재는 주변에서 흔히 발생되는 위험요인 중 하나인데, 화재발생 추이[1]를 보게 되면 어느 일정한 수준으로 화재 발생현황이 유지되고 있어서 크게 문제가 증가되고 있다고는 보기 어려울 수도 있지만, 사실 기술이 발전됨으로 인해 화재의 양상도 복잡화되고 신규 화재도 끊임없이 발생되고 있다. 예를 들어 전동킥보드의 경우 가까운 거리를 이동할 때 상당히 편리한 모빌리티로 자리 잡았고, 서울에서는 전동킥보드 대여서비스까지 추진하고 있다. 그러나 이런 편리함도 있지만 최근에는 전동킥보드 화재가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 전동킥보드 내부에 사용되는 리튬이온배터리는 효율은 좋지만 화재에 취약한 특성을 가지고 있어 전동킥보드 화재의 주요 원인으로 지목되고 있다. 그리고 BMW 자동차 화재의 경우에도 디젤엔진의 효율을 높이기 위해 적용되었던 기술들이 오히려 화재를 부추기는 등 기술의 발전에 따라 전에 없던 새로운 원인들에 의한 화재가 증가되고 있다.

따라서 이에 대한 전문화된 그룹의 분석이 지속적으로 필요하며, 원인을 밝혀내 향후 이러한 화재가 발생되지 않도록 예방차원의 접근도 상당히 중요하다고 볼 수 있다. 특히 우리나라의 경우 제품의 결함을 사용자 측에서 밝혀야 되는 구조라서 자칫 제품에서 화재가 난 경우 사용자가 입증하지 못하면 고스란히 피해를 감당해야 되는 불합리한 구조이다. 물론 국립과학수사연구원 및 국립소방연구원, 일선 조사(경찰, 소방) 등이 감정을 수행하고 있지만 감정물 상태와 과학적인 이론에 기반한 추론으로 감정되고 있어, 법정분쟁 등에서 감정보고서가 재판의 증거로 활용되기에 부족한 경우가 발생되고 있다. 그러므로 제품에서 화재가 발생한 경우 이에 대해 객관적으로

1) 2017년 화재통계연감(소방청 화재대응조사과)

입증할 수 있는 화재감정기법 개발과 시설 및 인력양성이 시급하다고 볼 수 있다.

2. 화재감정 현황

가. 화재발생 현황

소방청의 국가화재정보시스템의 연도별 화재발생 추이를 보면, 2010년부터 화재발생은 연간 약 44,000건 이하 수준으로 유지되고 있다. 그러나 인명피해의 경우 크게 줄지 않고, 오히려 재산피해는 갈수록 증가되고 있다. 이는 예전과 다르게 갈수록 화재의 규모가 커지고 피해대상물의 범위도 증가되고 있다고 볼 수 있다.

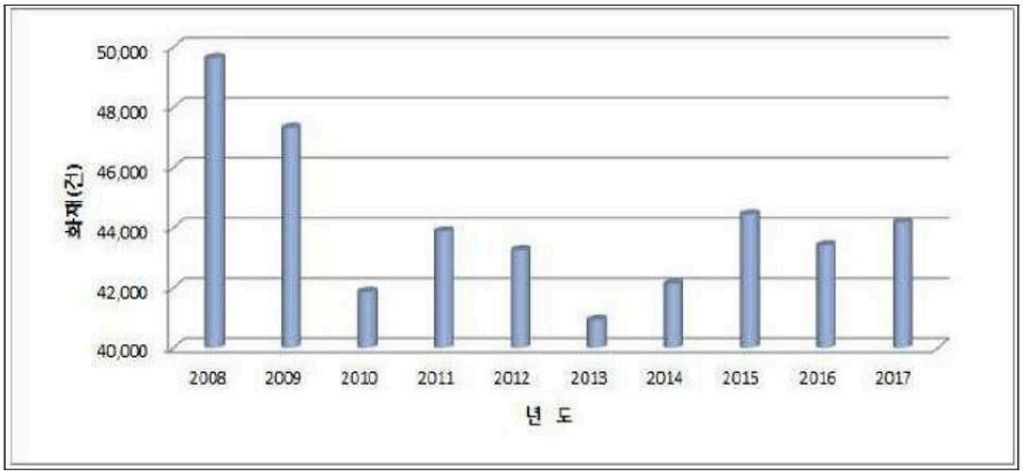


그림 1-1. 연도별 화재발생 추이('08~'17년)

(단위 : 건, 명, 천원)

연도	건수	인명피해			재산피해
		소계	사망	부상	
계	441,030	21,811	3,247	18,564	3,648,082,990
2008	49,632	2,716	468	2,248	383,145,308
2009	47,318	2,441	409	2,032	251,852,928
2010	41,863	1,892	304	1,588	266,504,849
2011	43,875	1,861	263	1,598	256,548,064
2012	43,249	2,222	267	1,955	289,493,719
2013	40,932	2,184	307	1,877	434,467,312
2014	42,135	2,181	325	1,856	405,351,974
2015	44,435	2,093	253	1,840	433,166,488
2016	43,413	2,024	306	1,718	420,638,287
2017	44,178	2,197	345	1,852	506,914,061

표 1-1. 연도별 인명피해 및 재산피해 현황('08~'17년)

주요 발화요인을 보면 부주의>전기적 요인>기계적 요인>방화의심>방화[2] 순이며, 미상의 건수는 약 4,000건 수준으로 지속적으로 유지되고 있다. 주요 발화요인 현황에서의 특이점은 미상에서 발생되는 사망자가 다른 요인보다 월등히 높다는 것이다. 물론 당사자의 사망으로 인해 더 이상 화재조사가 의미가 없을 수도 있지만 이를 고려하더라도 사망자 비율이 높다는 것은 간과하기 어렵다.

연도	건수	인명피해			재산피해
		소계	사망	부상	
계	441,030	21,811	3,247	18,564	3,648,082,990
부주의	23,525	847	63	784	77,271,666
전기적 요인	8,980	309	36	273	77,173,519
기계적 요인	4,511	99	5	94	29,485,983
방화의심	795	104	25	79	3,757,834
방화	467	141	30	111	36,695,083
가스누출(폭발)	146	94	2	92	2,059,437
교통사고	520	33	4	29	5,711,662
자연적인 요인	283	2	0	2	1,289,329
화학적 요인	452	38	1	37	11,360,012
기타	847	39	3	36	9,180,811
미상	3,909	387	84	303	179,181,152
2016	**43,413**	**2,024**	**306**	**1,718**	**420,638,287**
부주의	22,629	822	65	757	68,742,623
전기적 요인	8,962	343	47	296	70,671,126
기계적 요인	5,187	95	3	92	41,556,780
방화의심	584	79	29	50	2,948,182
방화	403	129	34	95	4,347,855
가스누출(폭발)	177	90	4	86	1,848,023
교통사고	486	42	15	27	4,772,778
자연적인 요인	191	2	0	2	1,269,087
화학적 요인	625	54	5	49	15,733,351
기타	175	11	2	9	1,443,827
미상	3,994	357	102	255	207,304,655
2017	**44,178**	**2,197**	**345**	**1,852**	**506,914,061**
부주의	23,429	964	109	855	103,658,396
전기적 요인	9,264	233	32	201	111,762,580
기계적 요인	4,489	140	11	129	38,843,110
방화의심	515	84	32	52	2,439,054
방화	383	102	27	75	3,620,033
가스누출(폭발)	175	89	5	84	5,482,879
교통사고	457	20	7	13	4,815,777
자연적인 요인	250	2	0	2	2,033,826
화학적 요인	625	46	4	42	22,199,181
기타	282	43	4	39	4,957,557
미상	4,309	474	114	360	207,101,668

그림 1-2. 연도별 화재발생 추이('08~'17년)

2) 2017년 화재통계연감(소방청 화재대응조사과)

나. 감정 현황

국립소방연구원 화재안전연구실에 의뢰되는 감정현황에 따르면 '16년 306건에서 '18년 650건으로 2년간 2배 이상 감정건수가 증가하고 있으며, 의뢰되는 감정물도 ESS/태양광/전동오토바이/전동킥보드/ABS 등 다양하고 복잡한 제품들이 의뢰되고 있지만 화재원인을 밝혀내는 원인규명률은 약 40% 이하 수준이다. 화재원인 규명에 제약요소로는 다음과 같다.

- 심하게 소손된 화재증거물
- 복잡한 구조의 화재증거물 증가(ESS 등)
- 과학적 이론에 기반한 추론의 한계
- 시험설비 부족 등

일단 심하게 소손된 화재증거물은 외부 영향을 많이 받았으며, 특히 수열을 심하게 받았기 때문에 비파괴 분석 등을 통해서도 명확한 원인을 찾기는 쉽지 않다. 그리고 예전과 다르게 복잡한 구조의 화재증거물도 감정을 통해 원인을 찾기는 쉽지 않으며, 가장 중요한 이유는 과학적 이론에 기반한 추론의 한계로 인해 명확한 감정이 어렵다는 것이다. 세상에 완벽한 이론도 없으며, 가설에 바탕으로 추론했을 경우 그 반대 가설도 항상 존재하기 때문에 감정을 진행할 때 추론의 한계와 항상 마주치게 된다. 그 외에도 전문화된 시험설비 부족 등도 들 수 있다.



3D CT(비파괴)	금속연마기(시편제작)	금속현미경(조직분석)

그림 1-3. 주요 감정장비

다. 감정기법 고도화

명확한 화재원인을 밝혀내기 위해서는 기존 감정의 패러다임 전환이 필요한데, 국립소방연구원 화재안전연구실에서는 과학적 이론에 기반한 추론에 더해 추론의 신뢰성을 높이기 위한 실험을 병행하여 정밀감정을 계획하고 있다. 물론 감정에 실험을 병행하기 때문에 기존 감정보다 시간적인 소요는 크지만 감정 결론의 신뢰성을 높일 수 있으며, 향후 발생될 수 있는 분쟁(PL법[3], 화재보험 등)에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 이를 위해서 가장 먼저 선행되어야 할 것이 기본적인 소자부터 제품에 대한 가상 시나리오기반 화재실험이며, 실험을 위한 설비(전기적/열적 충격 시험설비)도 중요하며, 본 연구에서 이를 위한 실험설비 구축 및 관련연구를 진행하였다.

2절 연구개발의 범위

1. 시험설비 구축

가. 과전류 공급기

- 최대전압 : 0 ~ 21V (정확도 30mV)
- 최대전류 : 0 ~ 504A (정확도 1,440mA)
- 읽기 정확도 : 20mV / 960mA
- Ripple Noise(20Mhz) : 30mV(RMS Value)

나. 과전압 공급기

- 최대전압 : 0 ~ 630V (정확도 900mV)
- 최대전류 : 0 ~ 3.15A (정확도 7.2mA)
- 읽기 정확도 : 600mV / 3.6mA
- Ripple Noise(20Mhz) : 60mV(RMS Value)

다. 전기가열로

- 최대온도 : 0 ~ 1,200℃ (전기가열방식)
- 주요기능 : 구간별 온도제어

3) PL법 : 제조물책임법

2. 사례연구

의뢰감정물 중 해당연구의 결과물을 활용하여 정밀감정 추진

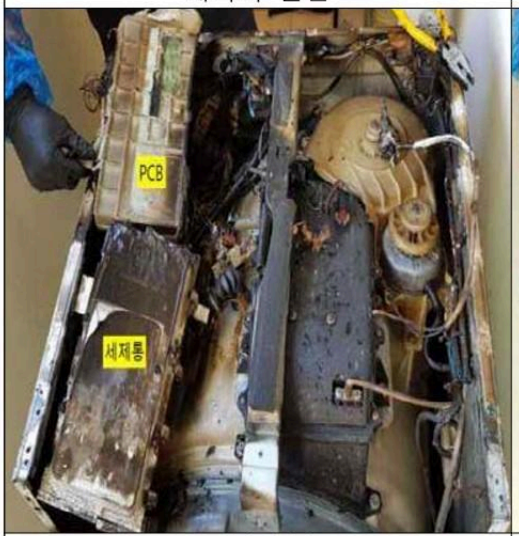
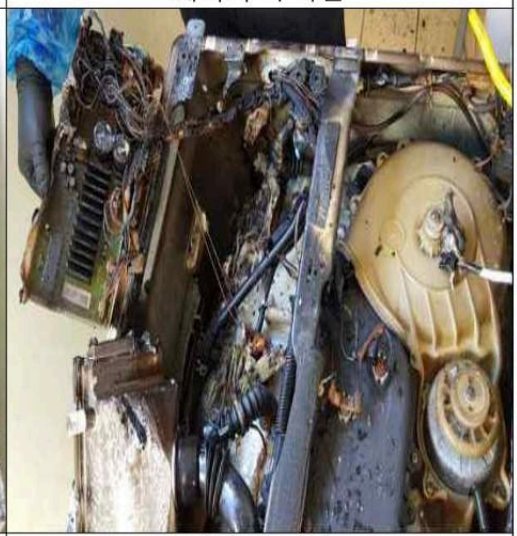
<table>
<tr><td colspan="2">1. 화재발생 개요
- 아파트 발코니에 설치된 드럼세탁기가 작동 중 내부에서 발화한 화재로 드럼세탁기 내부 PCB 및 부속품 소훼됨
- 세탁기 가동 후 약 5분 경과 메인 차단기 트립되고 다시 1~2분 경과 메인 차단기 다시 트립되면서 화재 발생</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. 감정의뢰물 : 드럼세탁기 PCB 및 연결 배선 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. 의뢰내용 : 드럼세탁기 PCB 등 발화여부 감정 확인</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>세탁기 전면</td><td>세탁기 우측면</td></tr>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>PCB 및 부속품</td><td>케이스 제거</td></tr>
</table>

그림 1-4. 감정 사례(드럼세탁기)

3. 연구일정표

세부 연구 내용	추진일정(2019년)												가중치 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 자료조사													10
가. 화재감정물 소자 변형 사례 분석													(5)
나. 변형사례 통계 분석을 통한 취약부품 조사													(5)
2. 연구과제 수행													80
가. 과전압 시험장치 개발													(20)
나. 과전류 시험장치 개발													(10)
다. 기본소자 열적특성 분석													(10)
마. 기본소자 과전압 분석													(30)
사. 기본소자 과전류 분석													(10)
3. 최종보고서 작성													10
4. 회의 및 협의 일정 협조기관과의 협의													-
자문회의													-
발표회 개최													-
관련기관 및 현장 출장													-
사업진도 (%) 당월		5	10	10	10	10	10	10	10	10	15		100
누계		5	15	25	35	45	55	65	75	85	100		

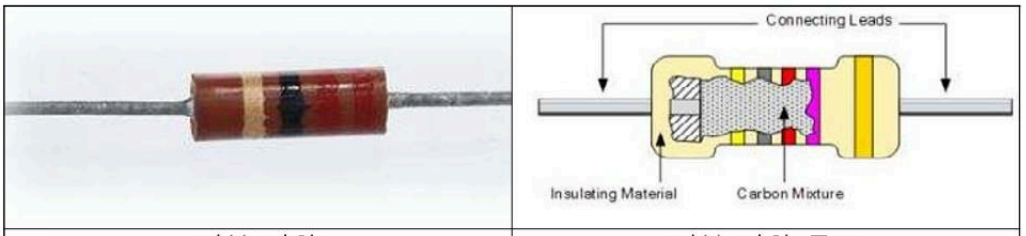
제2장 전기소자 및 부품

1절 저항/인덕터/커패시터

1. 저항(Resistor)

저항은 전기 및 전자회로에서 전자의 흐름을 조절하기 위해 사용되는데, 회로 내에서 전압 강하, 전압 분배, 전류제한을 담당한다. 보통 저항은 수동소자로 말하는데 소자에 전원이 인가되어야 소자의 기능이 구현되기 때문이다. 저항에 종류에는 크게 Carbon Resistor, Film or Cermet Resistor, Wire-wound Resistor, Semiconductor Resistor로 구성된다.

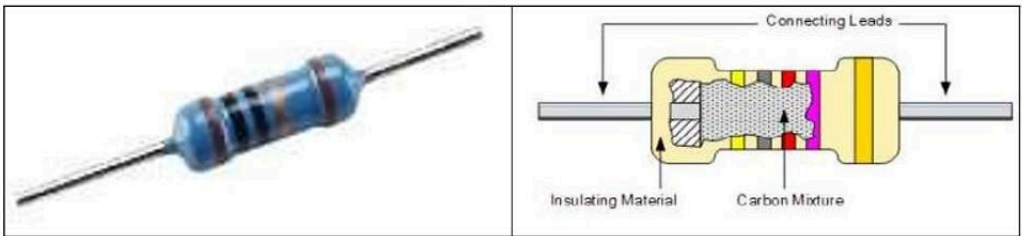
Carbon Resistor는 가장 많이 사용되는 저항으로 중소형 파워타입에 적합하며, 낮은 인덕턴스로 인해 높은 주파수에 이상적이지만, 온도가 높을 때 노이즈가 발생되는 단점을 지니고 있다.



카본 저항	카본 저항 구조

그림 2-1. 카본 저항[4)]

Film Resistor는 온도에 대한 안정성이 Carbon Resistor보다 우수하며, 높은 주파수영역에서 낮은 노이즈가 발생되어 고주파 회로에 적합하며, 저항값의 정확도가 높다.

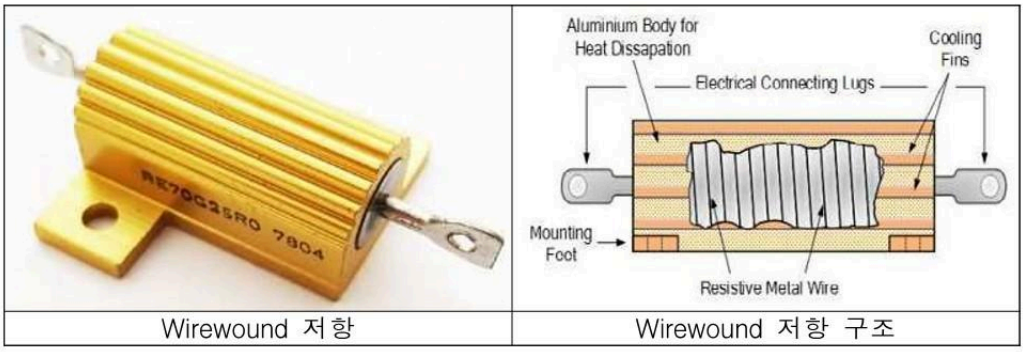


필름 저항	필름 저항 구조

그림 2-2. 필름 저항

4) https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_1.html

Wirewound Resistor는 얇은 와이어를 말아서 만든 저항으로 그 위에 세라믹 절연을 씌운 구조이다. 이 저항은 아주 작은 저항값에 높은 정확도를 가지고 있으며 대전류가 인가될 수 있는 소자이다.

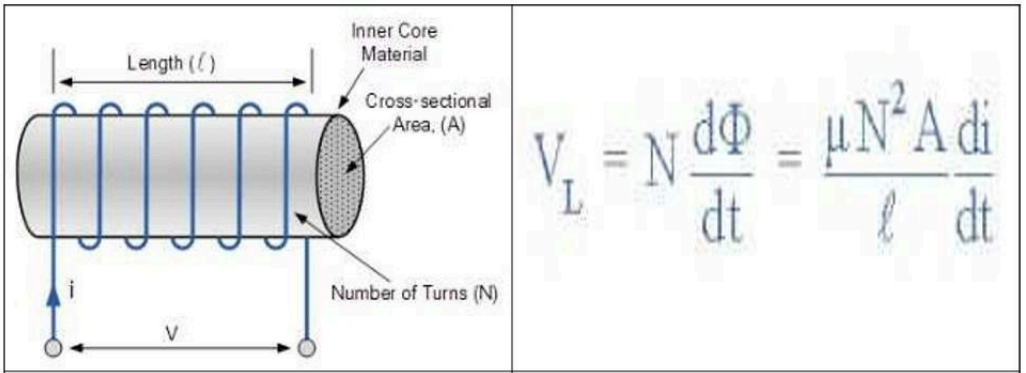


Wirewound 저항 | Wirewound 저항 구조

그림 2-3. Wirewound 저항

2. 인덕터(Inductor)

인덕터는 주로 자성체에 와이어를 말아서 코일 형태로 제조되며, 전류가 코일을 지나가게 되면 자기장이 형성되어 기전력이 발생되는 구조이다. 인덕터에 발생되는 기전력은 자속(자기장의 흐름)의 변화율과 자성체의 특성(코일의 턴 수, 물질 특성, 단면적 등)에 따라 변한다. 특히, 인덕터를 활용하는 주된 분야는 전력변환으로써 대표적인 예가 변압기(Transformer)가 되겠다.



Inductor 구조 | 기전력

그림 2-4. Inductor 구조[5)]

5) https://www.electronics-tutorials.ws/inductor/inductor.html

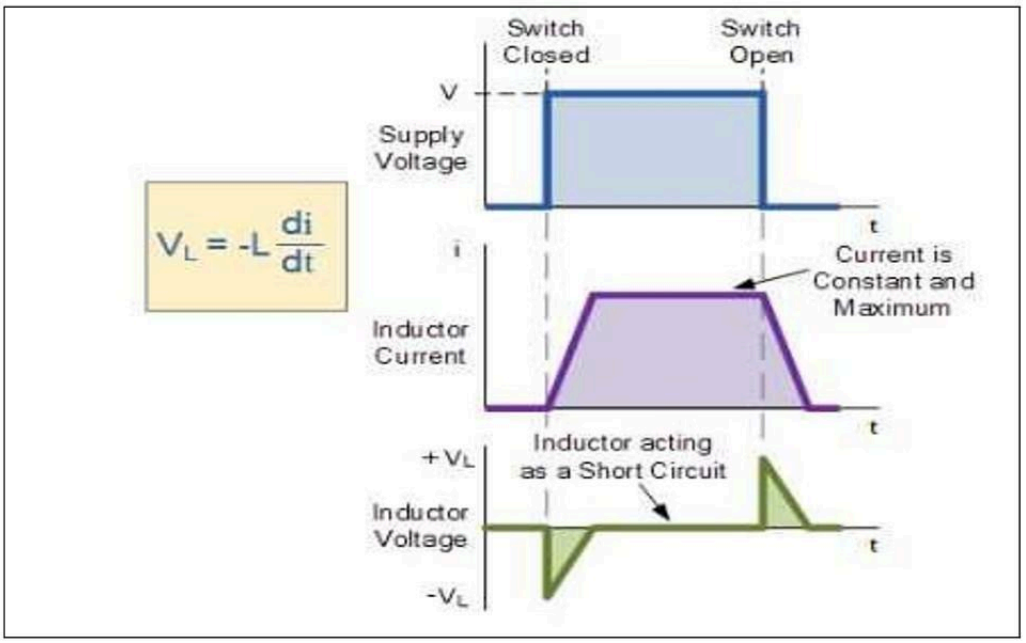


그림 2-5. Inductor 전압 및 전류 특성

3. 커패시터(Capacitor)

커패시터는 전류를 저장하는 소자로써, 양극판에 유전물질을 첨가하여 전압을 인가하면 전하가 충전되는 방식으로 여러 가지 용도로 쓰인다. 그 용도로는 노이즈 및 전압 Ripple을 제거하기 위한 전압 안정화와 시정수 회로에서 시정수 값을 변경하기 위해 사용되며, 충전되는 전하는 유전물질의 특성과 단면적, 거리 등에 의해 결정된다.

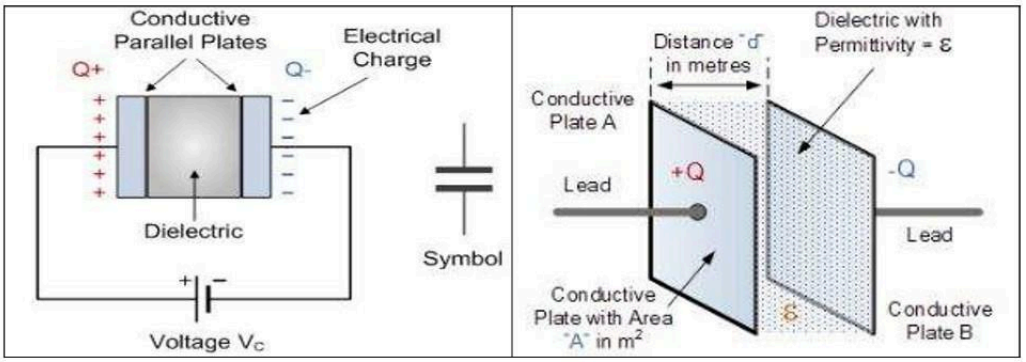


그림 2-6. 커패시터 구조[6)]

6) https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap_1.html

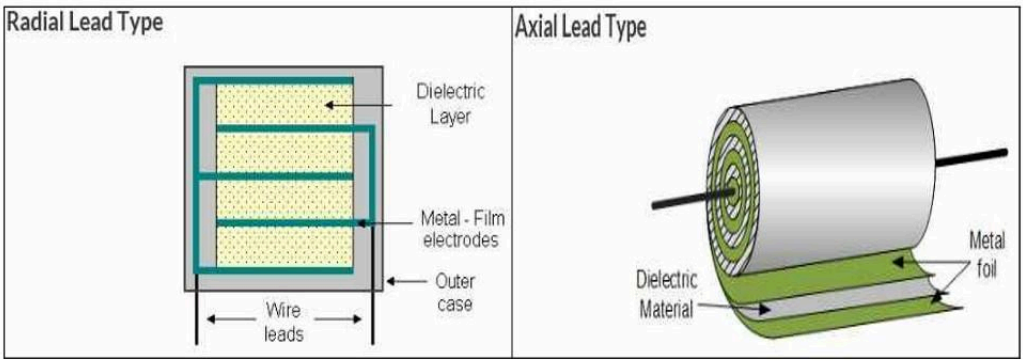


그림 2-7. 커패시터 방식[7)]

2절 릴레이/모터/배터리

1. 릴레이

릴레이는 일종의 접점 스위치로써 주로 적은 DC전원을 통해 높은 AC전원을 연결하는 역할을 하는데, 릴레이에 DC전원이 인가되면 내부 코일에 전류가 흐르게 되고, 그 코일은 전자석이 되어 접점을 붙게 하는 원리이다. 릴레이의 장점은 적은 전원으로 높은 전원을 제어할 수 있는 장점이 있으며, 전기회로에서 널리 사용되고 있으며, 전자회로와 전기회로의 접촉을 방지하여 누전 및 노이즈 저감 등의 이점도 가지고 있다. 하지만 오래 사용하게 되면 접점의 탄성이 떨어지게 되어 오동작 하는 경우도 발생할 수 있다.

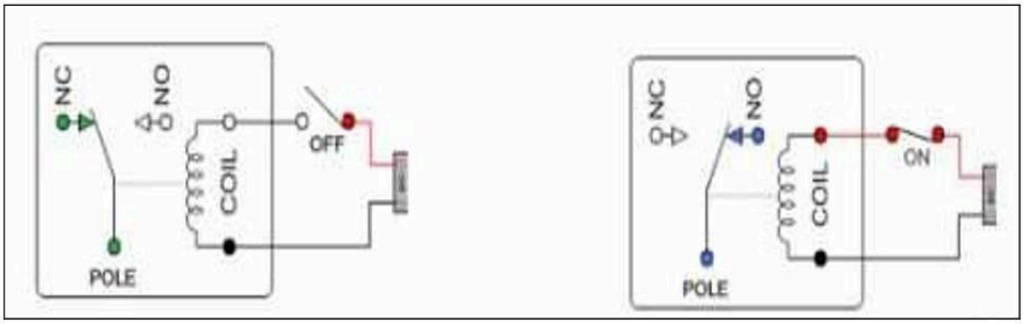


그림 2-8. 릴레이 작동원리

7) https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap_2.html

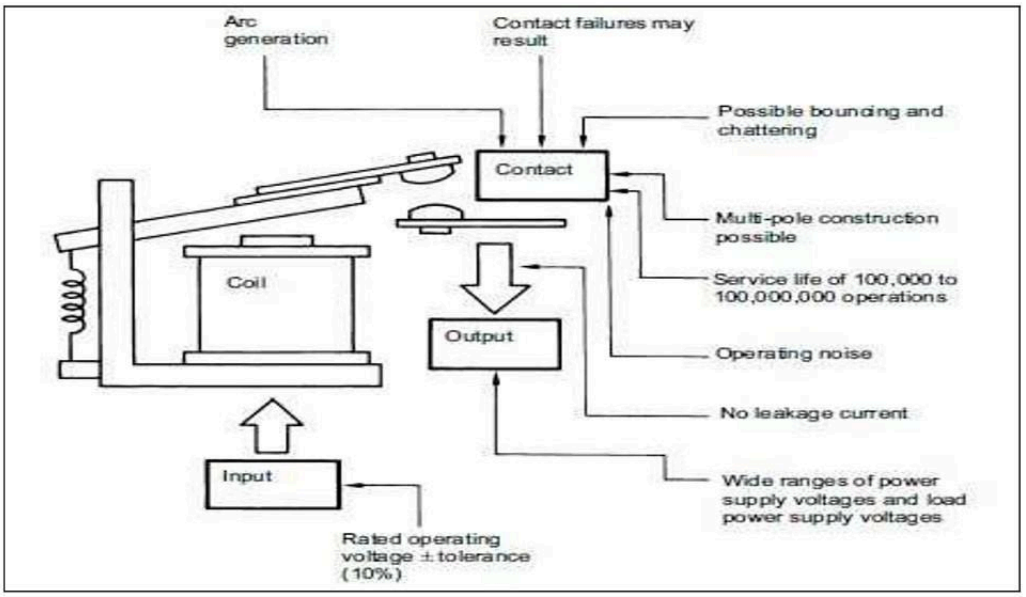


그림 2-9. 릴레이 구조[8)]

2. 모터

모터는 구동축의 회전력을 얻기 위해 플레밍의 이론[9)]을 활용하여 전기에너지를 기계에너지로 변환하는 장치로써 회전을 담당하는 회전자(rotor)와 고정되어 자기장을 발생시키는 고정자(stator)로 구성된다.

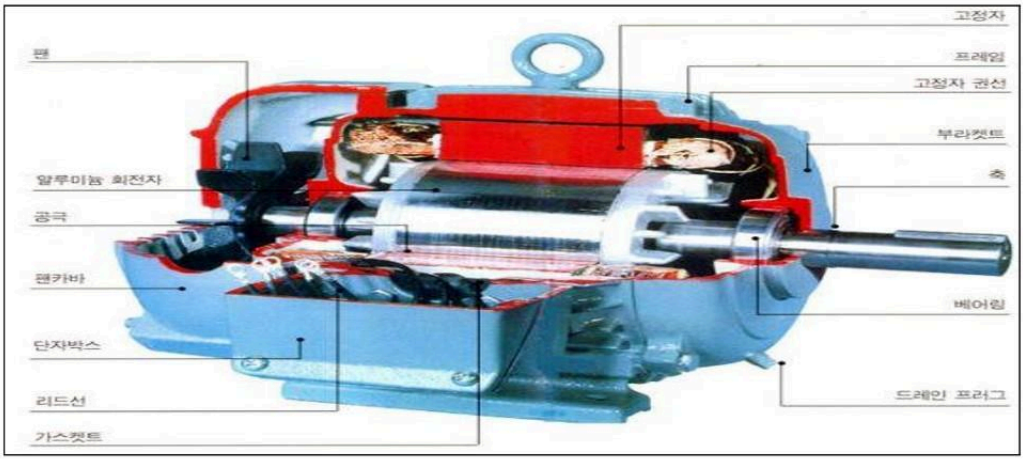


그림 2-10. 모터 단면도[10)]

8) Solid State Relays(Publication 700-AT001A-EN-E June 2002)
9) 플레밍의 왼손법칙 : 자기장이 존재하는 영역에서 도체에 전류가 흐르면 특정방향으로 힘을 받는다.
10) 출처 : 삼양모터주식회사

모터의 종류는 정류자의 유/무와 영구자석과 전자석의 사용에 따라 구분되는데, 사용환경 등에 따라 적합한 모터가 사용되고 있다.

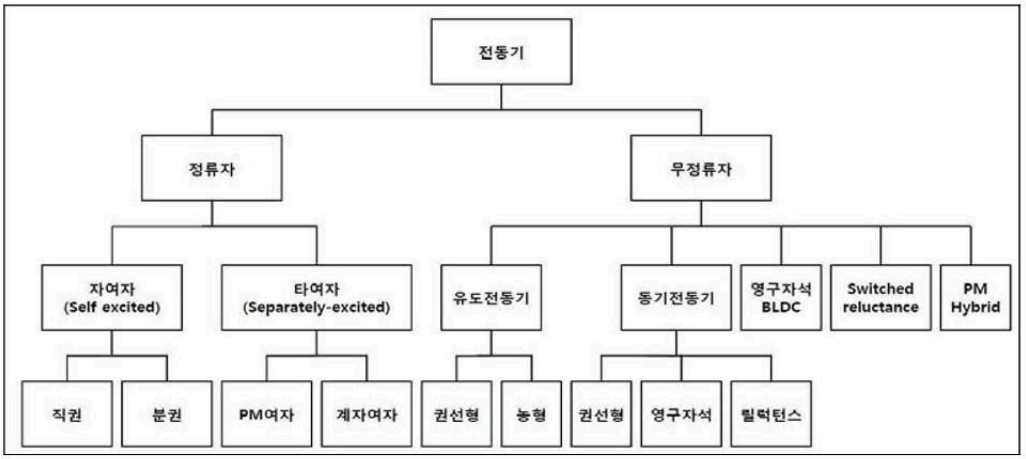


그림 2-11. 전동기 종류[11)]

용도 구분	DC Motor	BLDC Motor	AC Induction Motor	AC Shaded Pole Motor
수명이 요구되는 곳	X	O	O	X
수명이 짧고 저렴	△	X	X	O
양방향 회전	O	O	O	X
일방향 회전	O	O	O	O
DC전원 사용	O	△	X	X
AC 단상	X	O	O	O
AC 삼상	X	△	O	X
속도 가변	△	O	O	X
제어 기능 필요	X	O	△	X
고속 회전 (3,000RPM 이상)	O	△	△	△
설치공간 협소	O	O	△	△
무소음	X	O	O	△

표 2-1. 용도별 모터 비교

11) 전동기 기술 자료집(www.pemcontroller.com)

3. 배터리

배터리는 충전이 불가능한 일반전지와 충전이 가능한 충전전지로 구분되며, 충전지의 종류는 일반적으로 많이 사용되는 납 축전지, 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 리튬이온전지, 리튬폴리머전지 등이 있다.

가. 납축전지

납 축전지는 이온화 경향이 큰 음극과 이온화 경향이 적은 양극을 전해액(묽은 황산, 37%)에 넣어 회로를 만들고 화학 반응을 통해 전기 에너지를 발생시키는 축전지이다.

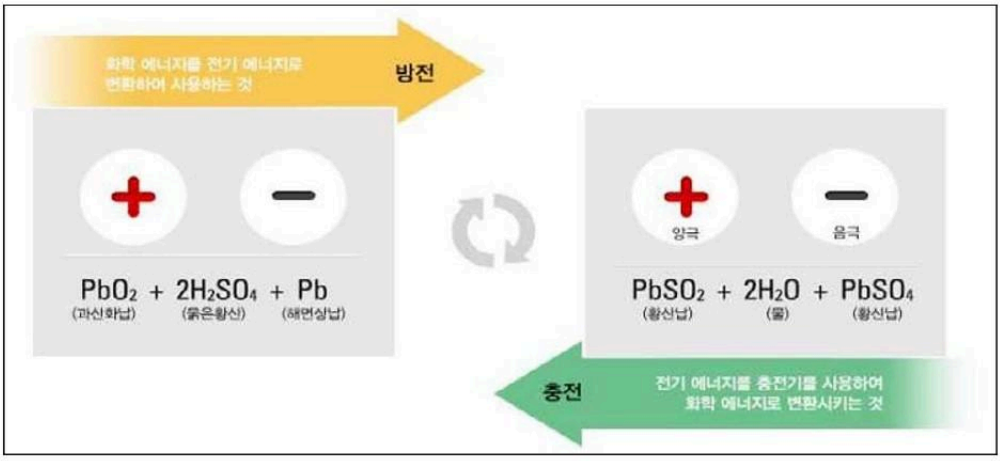


그림 2-12. 납 축전지 원리[12)]

나. Ni-Cd 축전지

축전지의 특성은 내부 저항이 적고 고방전율 등 열악한 사용환경에서 사용이 가능하며, 자연 방전률은 낮다. 메모리 효과를 가지고 있어 완전 방전 후 완전 충전하는 것을 권장한다.

다. Ni-MH 축전지

Ni-Cd에 비해 2배 가까운 에너지 밀도를 가지고 있어 소형 및 경량화가 가능하지만, 자연 방전률은 높은 단점을 가지고 있다. 메모리 효과는 거의 없기 때문에 수시로 충전이 가능하다.

12) X-PRO 기술정보(http://www.x-probattery.co.kr/sub/4_1_3.asp)

라. 리튬이온(Lithium-Ion) 축전지

리튬이온 축전지의 충방전은 양극, 음극간을 리튬이온이 이동하는데, 충전시에는 양극으로부터 리튬이 undoping되고, 음극의 탄소층간에 리튬이 doping된다. 반대로 방전시에는 음극의 탄소층간으로부터 리튬이 undoping되어, 양극화합물의 층간에 리튬이 doping된다. 리튬이온 축전지는 효율이 우수하고 메모리 효과가 없는 장점은 있으나, 전해물질인 리튬이 화재폭발의 위험성 및 화재 시 유해가스 발생되는 등 단점을 가지고 있다.

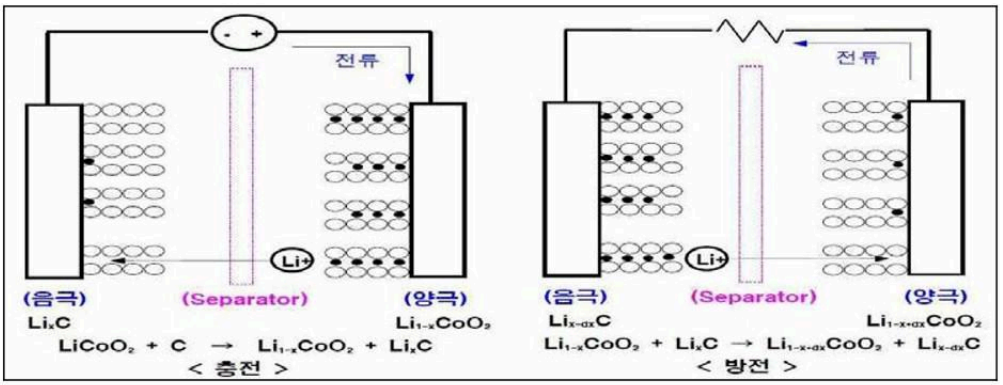


그림 2-13. 리튬이온배터리 충방전 원리[13]



그림 2-14. 리튬이온배터리 충방전 원리[14]

마. 리튬이온폴리머 축전지

리튬이온 축전지의 폭발위험성을 낮추기 위해 기존의 액체상태의 전해질을 고체상태의 전해질(폴리머)로 변경한 축전지로써 리튬이온 축전지에 비해 이온전도율, 온도특성, 수명이 떨어지는 단점이 있다.

13) Li-Ion Battery 기술자료(Sony)
14) http://premium.chosun.com/site/data/html_dir/2016/10/31/2016103101155.html

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

1절 실험설비 구축

1. 과전류 공급기

가. 도입 목적

실제 화재현장에서 발생되는 대부분의 전기화재는 과전류로 인한 것이다. 제품이나 선로에 과전류가 흐르게 되면 상대적으로 높은 줄열[15]이 발생되어 직접적으로 화재가 발생되거나 화재발생의 간접적인 원인을 제공한다. 그러므로 화재원인에 대한 정확한 감정을 위해 과전류가 인가되는 실험설비가 필요하여 과전류 공급기를 구축하였다.

나. 실험 방법

과전류 공급기의 출력측(+ / -)을 모사된 실험세트에 연결하여 전류값의 증가에 따른 실험세트의 변화를 관찰하고 실험한다.

다. 출력 범위: 전압 최대 21V / 전류 최대 504A



그림 3-1. 과전류 공급기

15) 전류에 의해 도체 내에서 발생하는 열

2. 과전압 공급기

가. 도입 목적

전기·전자제품 내부에 과전압이 인가될 경우 직접적인 화재로 발전되기보다는 내부에 있는 소자들을 손상시켜 오동작이 발생되어 향후 화재로 발전될 가능성이 있다. 그러므로 전압에 취약한 소자들을 과전압 시험을 통해 어떻게 변화되는지 관찰이 필요하다.

나. 실험 방법

과전압 공급기의 출력측(+ / -)을 모사된 실험세트에 연결하여 전압값의 증가에 따른 실험세트의 변화를 관찰하고 실험한다.

다. 출력 범위

- 전압 최대 630V
- 전류 최대 3.15A
- 출력파형 조절 가능



그림 3-2. 과전압 공급기

3. 전기 가열로

가. 도입 목적

화재현장에서 외부 화염 및 수열에 의한 제품 소자 등의 변형에 대한 실험데이터가 필요하며, 전기적인 충격실험(과전류/과전압)과 비교를 통해 감정 신뢰성 향상에 기여할 수 있다.

나. 실험 방법

구간별 온도와 지속시간을 설정하여 실험세트에 열충격을 가한다.

다. 출력 범위 : 최대 1,200℃



그림 3-3. 전기 가열로

4. 시험 지그

가. 도입 목적

전기충격실험(과전류/과전압)을 안전하게 수행하기 위한 과전류 및 과전압을 견디면서 내열성 및 내구성을 갖춘 시험 지그가 필요

나. 실험 방법

시험 지그 단자측과 과전류/과전압 공급기 출력측을 연결하여 시험



그림 3-4. 시험지그

다. 실험 예시 (과전류 실험)

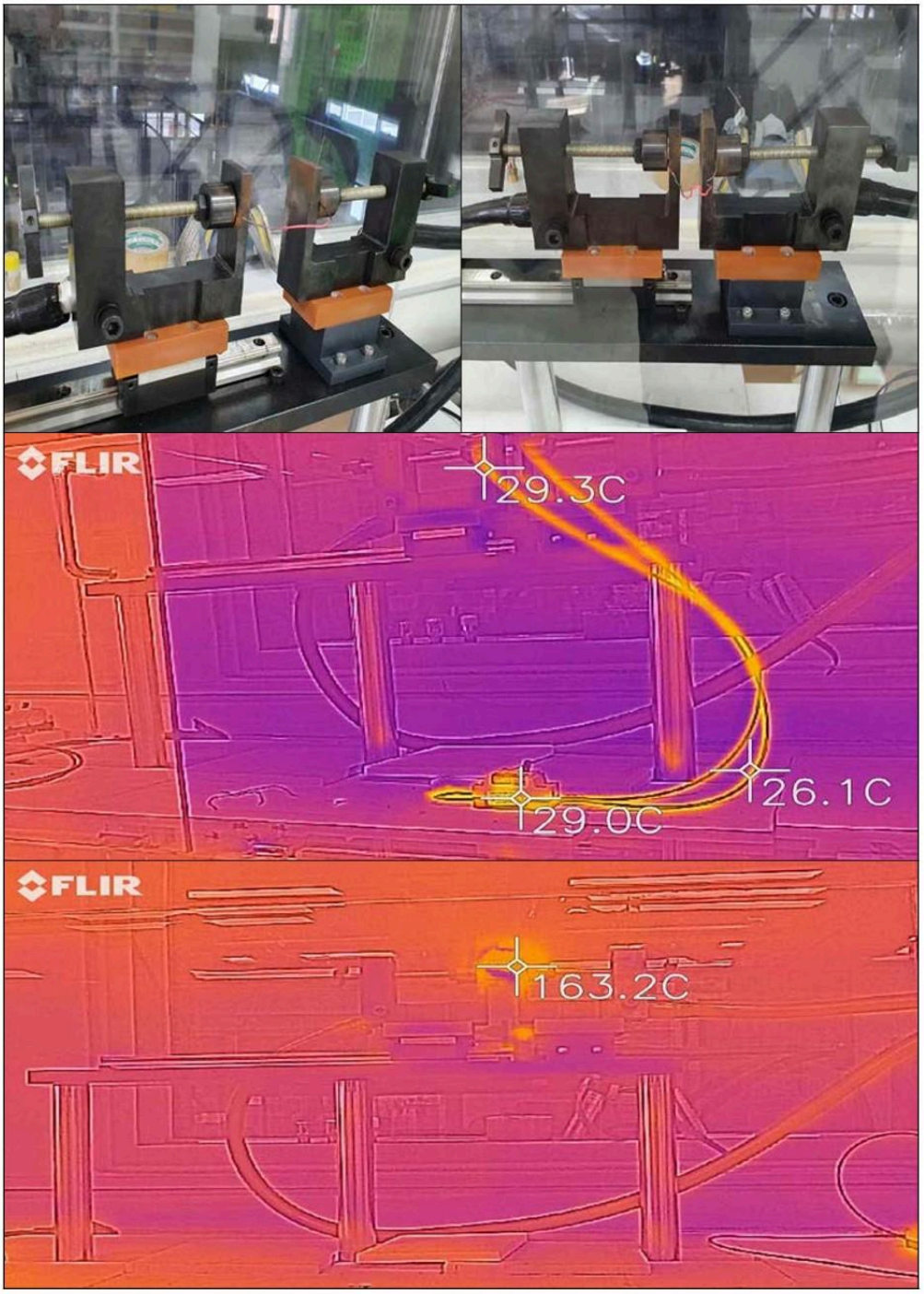


그림 3-5. 시험지그 실험

2절 사례 연구

1. 드럼세탁기 화재감정(과학적 이론에 근거한 추론 위주)

가. 화재개요

드럼세탁기를 가동하고 몇 분 후 차단기가 트립되고 다시 차단기를 정상으로 작동시킨 후에도 다시 차단기가 트립되면서 화재가 발생됨.

나. 검사방법

- 육안 및 분해검사
- 비파괴(X-ray) 검사
- 단선된 시편을 성형, 금속현미경을 이용하여 금속조직 관찰



그림 3-6. 화재감정물

다. 육안 및 분해검사

의뢰된 감정물은 드럼세탁기 내부에 있는 제어용 PCB와 연결배선으로 구성되어 있으며, PCB의 일부탄화 및 PCB와 가까운 연결배선 대부분 피복이 탄화됨을 확인하였다. 육안으로 관찰한 결과, 드럼세탁기 외부에서 내부로 수열을 받은 흔적이 없는 점을 감안할 때, 화재는 PCB 인근에서 발생됨을 추정할 수 있다.



그림 3-7. 드럼세탁기 PCB

PCB 왼쪽 하단에 있는 릴레이 부근에서 상단과 우측으로 화재가 퍼져 나가는 형상이 보이며, 중앙에 있는 콘덴서(2개)로 인해 콘덴서 기준 우측면은 상대적으로 탄화정도가 약하다.



그림 3-8. 드럼세탁기 PCB(릴레이)

라. 비파괴 검사

PCB에서 가장 소훼가 심한 릴레이 부근을 관찰한 결과, 총 4개의 릴레이가 있으며, 이 중 2개는 소훼가 심한 반면, 나머지 2개는 상대적으로 수열을 적게 받은 것으로 추정된다. 다만, 비파괴 검사 결과에서는 특이점을 발견할 수 없었다.

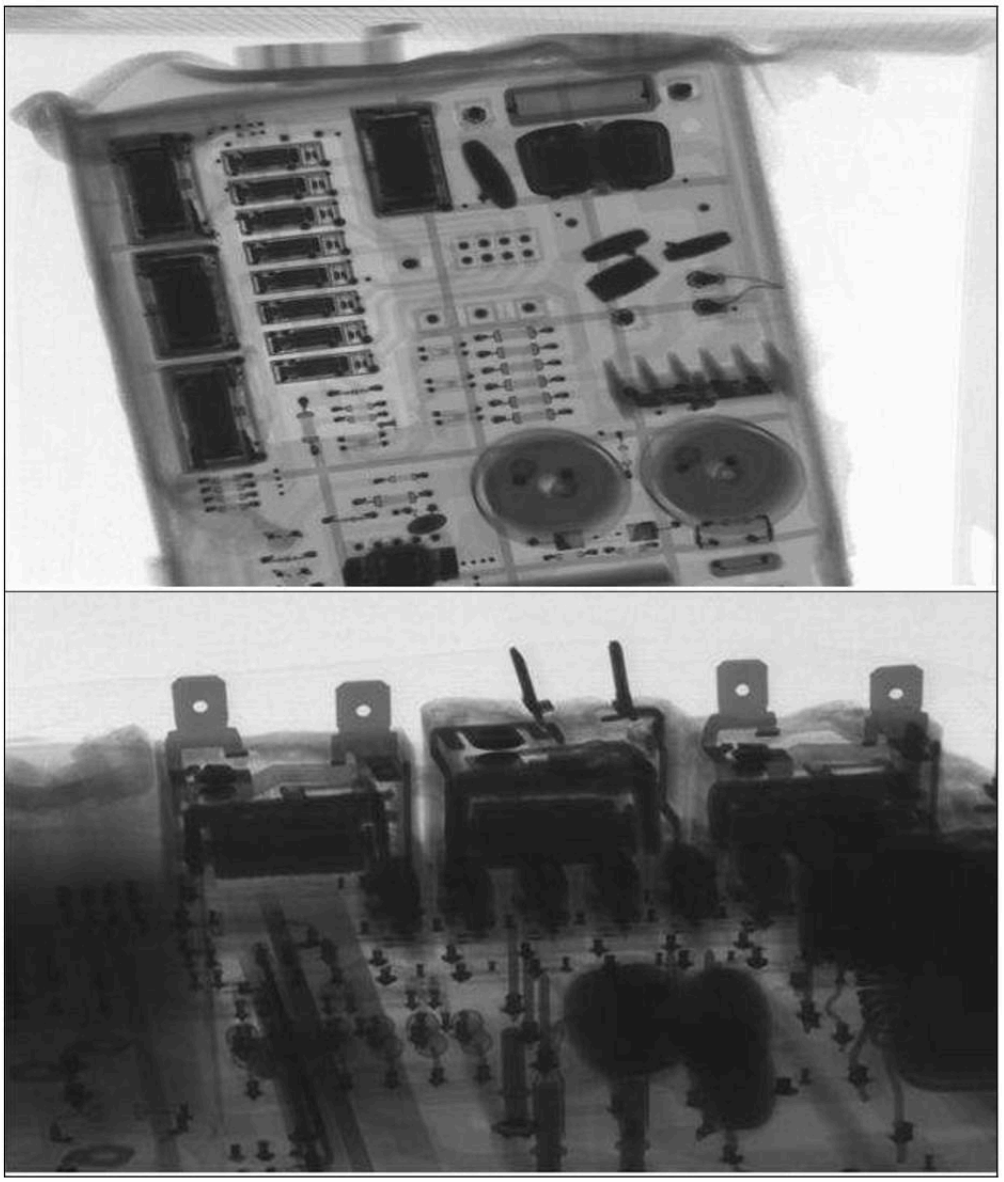


그림 3-9. 드럼세탁기 PCB(비파괴 사진)

마. 금속조직 검사

연결배선에서 전선용융흔을 발견하였으며, 실체현미경과 금속현미경 분석 결과 전기적인 영향 및 열적인 영향을 모두 받은 것으로 추정되나, 드럼세탁기 PCB 일부만 소훼되었기 때문에 구리의 녹는점까지 화재가 발생되기에는 한계가 있어 전선용융흔은 전기적인 영향일 것으로 추정하였다.

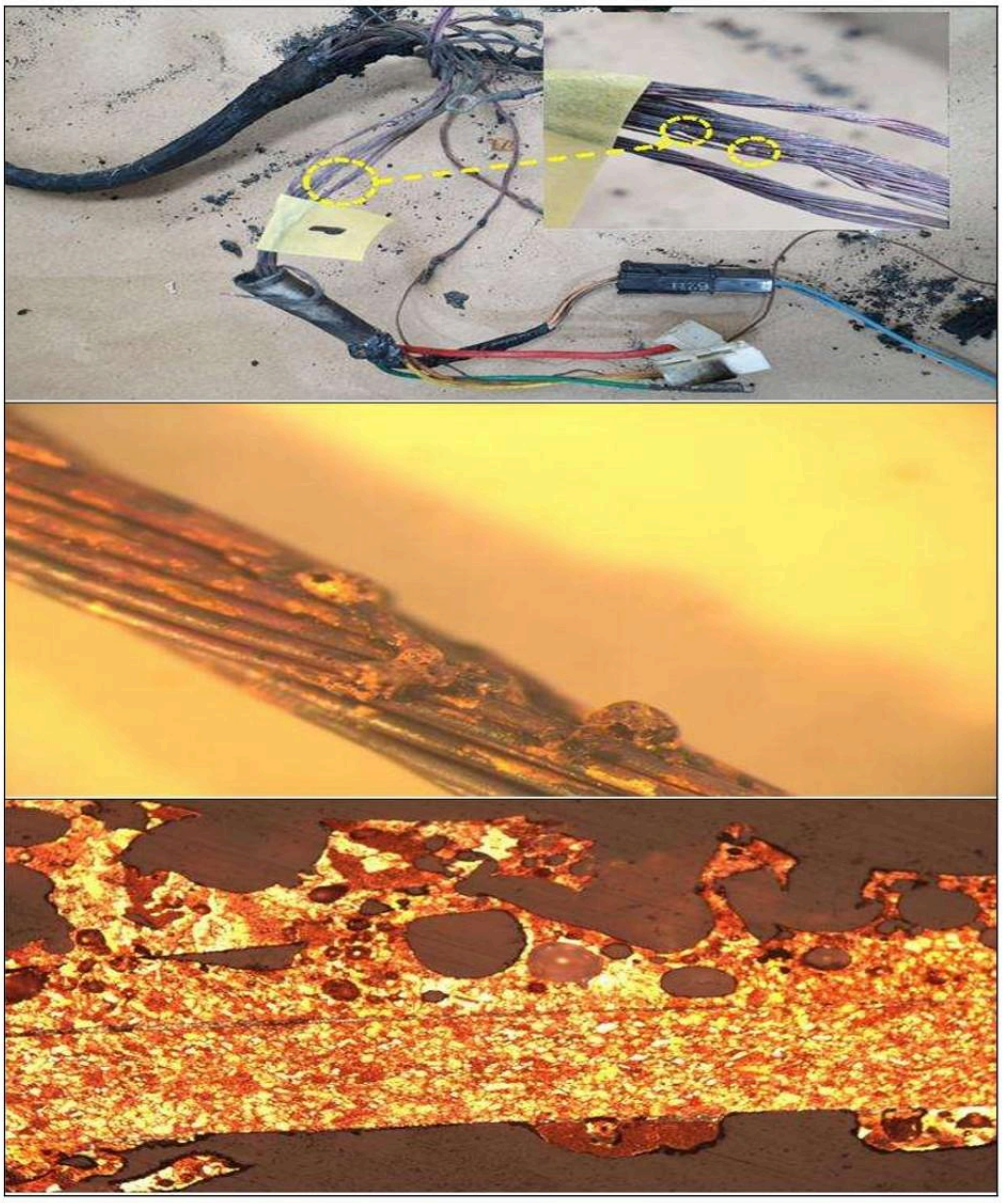


그림 3-10. 전선 용융흔

바. 감정 결론

본 감정물에 대한 감정결과, 연결배선에서 발견된 용융흔은 전기적인 용융흔으로 추정됨. 특히, 릴레이에서 발견된 국부적인 소훼흔의 원인은 특정 릴레이에 인가된 과전류로 인한 열로 추정되며, 이는 드럼세탁기 작동 중에 전기적인 요인(과부하, 단락, 누전 등)이 발생되어 도전로(릴레이-연결배선)에서 출화된 것으로 추정됨.

⇨ 릴레이의 국부적인 소훼흔을 통해 일반적인 추론을 진행하였지만, 정확한 실험데이터 등이 부족한 추론의 한계가 존재

2. 드럼세탁기 화재감정(릴레이 실험 병행)

가. 실험 목적

드럼세탁기 PCB 내부 릴레이의 국부적인 소훼가 외부 수열이 아닌 내부 과전류로 인해 발생됨을 입증하기 위한 실험 실시

나. 실험 조건

- 과전류공급기를 활용한 릴레이 과전류 실험
- 전기가열로를 활용한 릴레이 외부 수열 실험

다. 실험 방법(입증)

- 과전류 실험 결과와 외부 수열 실험 결과 중 현재 드럼세탁기 PCB의 릴레이 형상과 비교하여 과전류인지 아니면 외부 수열인지를 입증

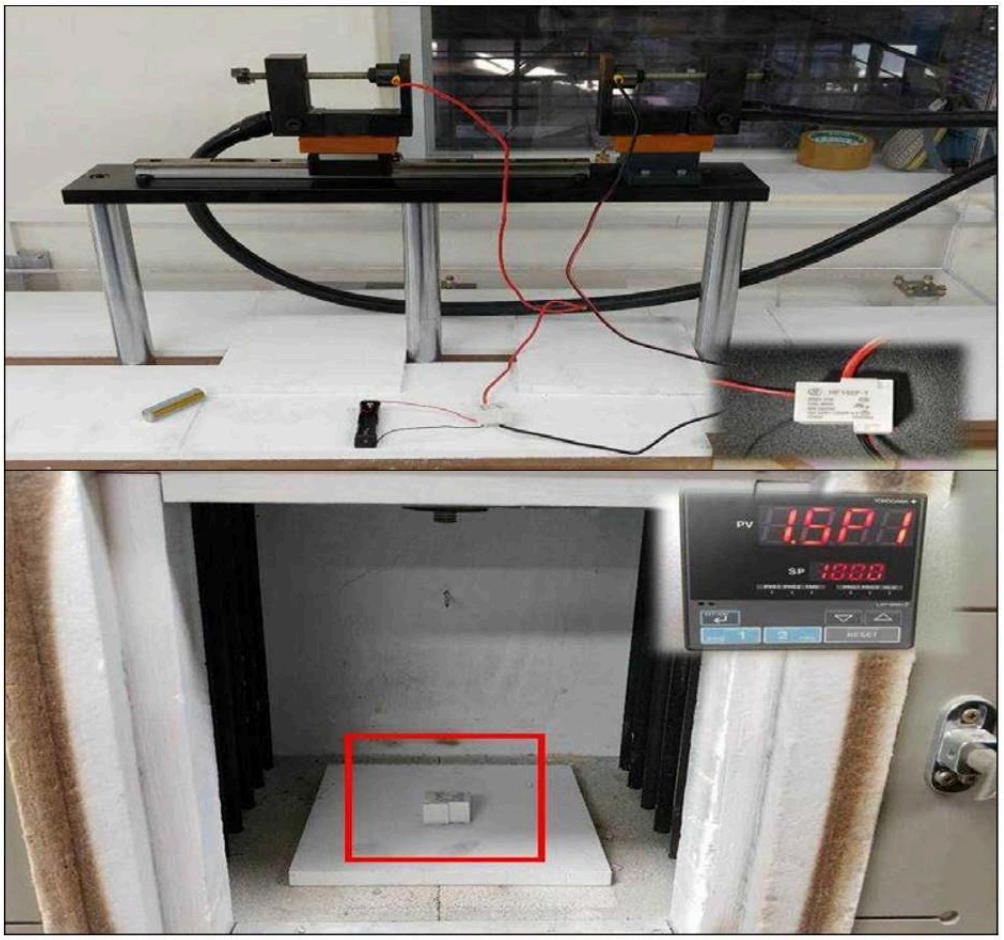


그림 3-11. 릴레이 실증실험

라. 과전류 인가 실험

· 과전류 100A 5분

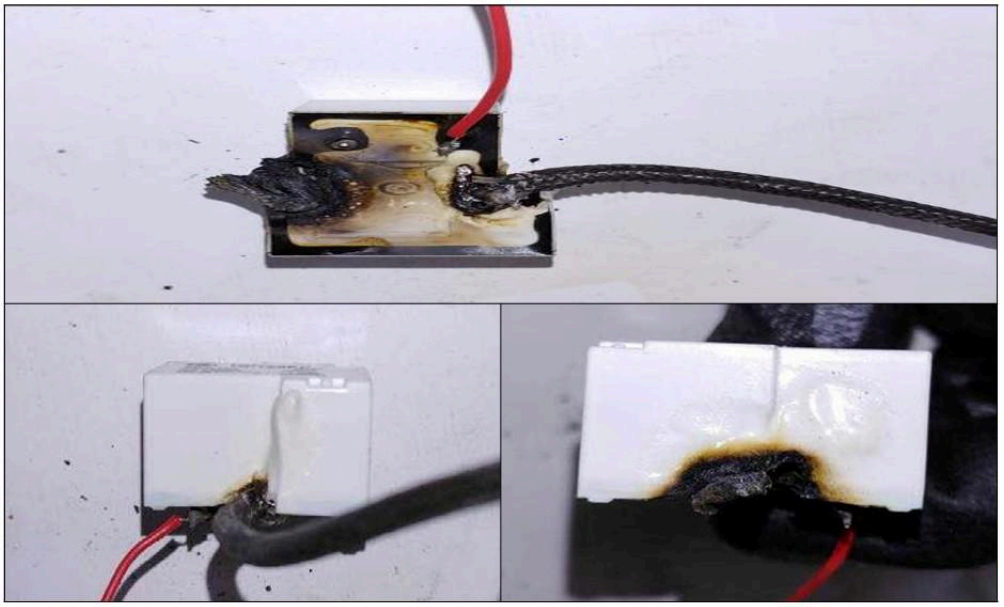


그림 3-12. 릴레이 과전류 실험(100A)

· 과전류 70A 30분

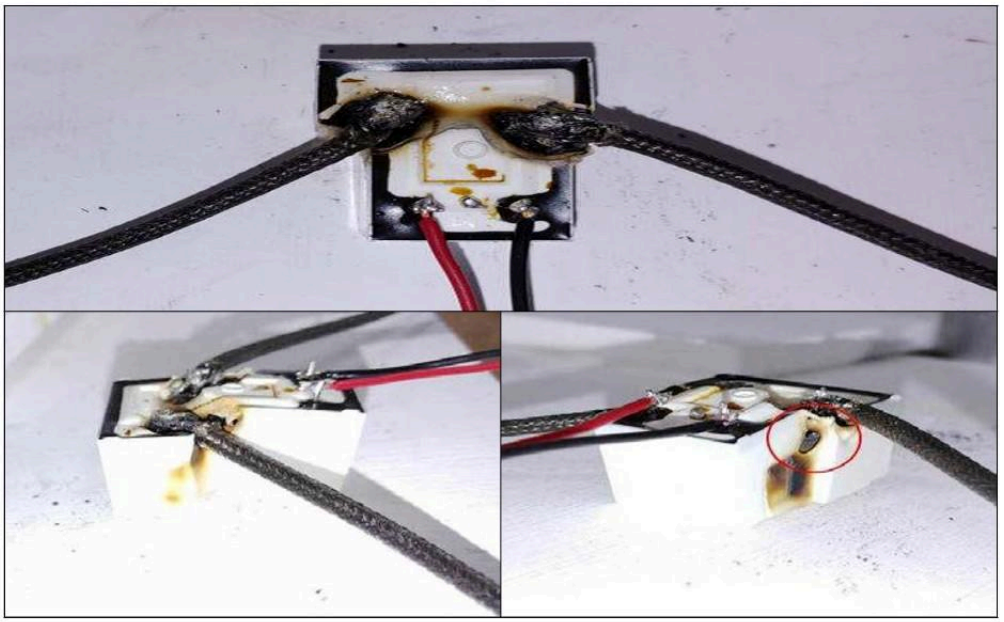


그림 3-13. 릴레이 과전류 실험(70A)

마. 전기 가열로 실험

· 전기 가열로에 설정된 온도로 20~30분간 가열

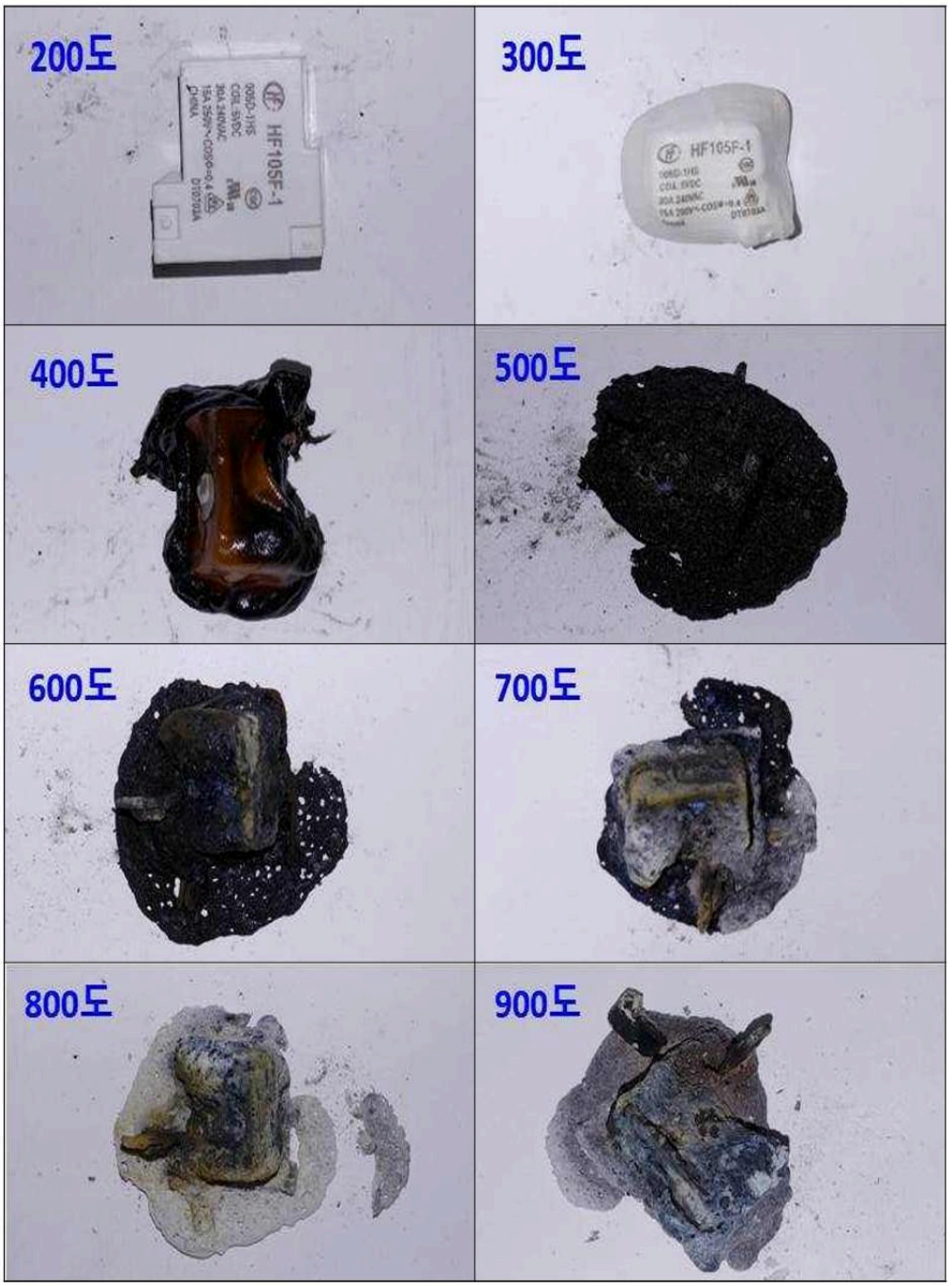


그림 3-14. 릴레이 전기 가열로 실험

바. 감정 결론

드럼세탁기 릴레이의 국소적인 소훼흔은 릴레이 내부 금속 전극에 과전류가 인가되어 금속부위를 중심으로 탄화된 것으로 추정하였고, 이를 입증하기 위해 전기 가열로에서 400도~900도까지 가열하면서 변화를 관찰하였으며, 과전류 공급기에 70A, 100A를 인가하여 변화를 관찰하였다. 그 결과 전기 가열로에서 가열하였을 때, 우선 릴레이 전체로 수열이 일정함을 알 수 있었으며, 300도 부근에서 부풀어 올라 400도에서 탄화되고 700도를 초과할 때, 백화됨을 확인하였다. 과전류 공급기를 통해서 과전류를 인가할 때 국소적인 소훼를 확인하였으며, 특히 100A 보다 70A로 지속적으로 인가하였을 때, 드럼세탁기 릴레이와 가장 유사함을 확인할 수 있었다. 그러므로 드럼세탁기 릴레이의 국소적인 소훼흔은 과전류에 의해서 발생됨을 강하게 추정할 수 있었다.

제4장 연구개발결과의 활용계획

1. 본 연구에서 구축된 실험설비(과전류/과전압 공급기 및 시험지그 등)를 감정에 활용하여 화재감정 원인규명률 향상에 기여

2. 특히, 전기소자 및 부품에 대한 화재감정기법 고도화에 활용될 예정이며, 전국 시·도 화재조사관 직무교육 프로그램 향상에 기여

3. 향후 국립소방연구원 화재안전연구실에서 지속적으로 전기소자 및 부품에 대한 실험 DB를 구축 전국 시·도 화재조사 담당부서에 공유하여 화재조사관 감정능력 상향평준화에 기여할 예정임

참고문헌

1.2017년 화재통계연감(소방청 화재대응조사관, 2018년)

2. 전동기 기술 자료집(www.pemcontroller.com)

3. X-PRO 기술정보(http://www.x-probattery.co.kr/sub/4_1_3.asp)

4. Li-Ion Battery 기술자료(Sony)

5. Fundamentals of relay technology(www.phoenixcontact.com)

6. Solid-state relays allen-bradley(June 2002)

7. https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_1.html

8. https://www.electronics-tutorials.ws/inductor/inductor.html

9. https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap_1.html

10. https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap_2.html

11. http://premium.chosun.com/site/data/html_dir/2016/10/31/2016103101155.html

[화재안전연구실]위험물질 안전관리 연구(방향제 화재위험성)_(김주석)

[화재안전연구실]분말소화기 내용연수에 따른 분말소화약제 연구_(오부열)

[화재안전연구실]ESS의 주요 발화원인 분석을 위한 기초 연구_(나용운)

[화재안전연구실]2018 연구성과보고서 - 자기반응성물질 평가 기반 구축연구_(김주석)

[화재안전연구실]2018 연구성과보고서 - 필로티 구조 건축물 천장(반자 위)화재시 화염 및 연기(수평적)급속확산 방지연구_(김홍식)

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 전원주택 온돌난방 화재 위험성 대책 연구_(안규섭)

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 수평대형건축물 화재피해저감을 위한 피난유도 기초연구_(나용운)

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 산화성 위험물질 평가기반 구축연구_(김주석)

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 위험물질 안전관리 연구_(김주석)

[화재안전연구실]2017 연구성과보고서 - 자동차화재 발생원인 규명연구II_(김홍식)

분말소화기 내용연수에 따른 분말소화약제 연구

논문

21. Fire Spread of Thermal Insulation Materials in the Ceiling of Piloti-Type Structure: Comparison of Numerical Simulation and Experimental Fire Tests Using Small- and Real-Scale Models

19. 국가화재안전기준(NFSC)의 제·개정 시스템 개선에 관한 연구

09. 인화성액체를 촉진제로 사용한 방화화재의 감식기법에 관한 연구

08. 유류화재증거물 보관용기의 신뢰성에 관한 연구

05. 용접·절단 작업시 화재위험성에 관한 실험적 연구

04. 가연물 접촉에 따른 전기히터의 화재위험성에 관한 실험적 연구

03. 유류화재증거물의 정성적 분석 기법 연구

특허

특허등록_전기차량 소화 장치 및 이를 구비하는 전기차량

수행과제

2021년 화재안전연구분야 연구과제 목록

대응기술연구분야

연구분야

연구진

주요연구성과

[대응기술연구실]심신안정실 기능성 콘텐츠 현장 적용을 위한 실효성 검증(2단계) (권진석)

2021년도 국립소방연구원 연구보고서
Research Report of National Fire Research Institute of Korea

소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증(2단계)

Verification of effectiveness for firefighters stress reduction by the functional contents platform(part 2)

대응기술연구실
Fire Technology Research Division

국 립 소 방 연 구 원
National Fire Research Institute of Korea

□ **연구과제명 : 소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증(2단계)**

□ **연 구 기 간 : 2021. 01. 01. ~ 2021. 11. 30. (11개월)**

□ **주관기관 연구진**

연구책임자 :	국립소방연구원	시설연구사	권 진 석
연 구 원 :	국립소방연구원	공업연구사	이 지 향
	국립소방연구원	연 구 원	박 태 희
	국립소방연구원	연 구 원	김 태 선
	국립소방연구원	연 구 원	박 정 화
	국립소방연구원	선임연구원	전 용 태

보고서 요약

<table>
<tr><td>과제번호</td><td></td><td>총 연구기간
[해당 연도 연구기간]</td><td colspan="3">2021. 01. ~ 2021. 11.(11개월간)</td></tr>
<tr><td>보안등급</td><td colspan="2">일반[✓]　보안[　]</td><td>과제성격</td><td colspan="2">기초[✓] 응용[　] 개발[　]</td></tr>
<tr><td>수행방법</td><td colspan="5">자체[✓]　자체(일부위탁포함)[　]　용역[　]</td></tr>
<tr><td>연구과제명</td><td colspan="5">심신안정실 기능성 콘텐츠 현장 적용을 위한 실효성 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연구책임자</td><td colspan="2" rowspan="3">연구사 권진석</td><td colspan="2" rowspan="3">연구원 수</td><td>총 :　5명</td></tr>
<tr><td>내부 :　5명</td></tr>
<tr><td>외부 :　0명</td></tr>
<tr><td>과제책임부서</td><td colspan="5">대응기술연구실</td></tr>
<tr><td rowspan="2">참여기관
[공동, 위탁 등]</td><td>기 관 명</td><td colspan="2">책임자 성명</td><td colspan="2">직위(직급)</td></tr>
<tr><td colspan="5">해당사항없음</td></tr>
<tr><td rowspan="3">소요예산</td><td colspan="2" rowspan="3">총 15,000천원</td><td colspan="2">1차년도</td><td>15,000천원</td></tr>
<tr><td colspan="2">2차년도</td><td>천원</td></tr>
<tr><td colspan="2">3차년도</td><td>천원</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서
면수</td><td>44</td></tr>
</table>

- 본 연구는 심신안정실의 스트레스 감소 활동형 기능성 콘텐츠를 소방공무원에게 직접 적용하여 해당 콘텐츠의 사전·후 효과성을 검증하는 연구임
- 본 연구는 2021년 11월 02일부터 동년 동월 25일까지 광주 북부소방서와 호남119특수구조대에서 근무하는 소방공무원을 대상으로 실증연구를 추진하였으며, 소방 특화를 위해 스트레스 상황에서 스트레스를 정량 지표를 선정하고 사전·후 측정하였음
- 정성적 분석으로 사전·후 집단의 인터뷰 결과를 대응 표본 t-검정을 수행하였으며 활동형 기능성 콘텐츠의 스트레스 감소 효과에 유의한 효과를 나타내었음
- 정량적 분석으로 사전·후 집단의 신체 안정화 지수를 산출하여 대응 표본 t-검정을 통해 스트레스 감소에 유의한 효과를 나타내었음
- 결론적으로 본 연구는 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 실증을 통해 체험자의 스트레스 감소를 정량적·정성적으로 입증하였음.
- 해당 플랫폼을 기반으로 소방공무원의 스트레스를 효율적으로 감소시킬 수 있는 시스템 체계 구축의 기초연구 결과로 활용될 것으로 기대됨

요 약 문

연구 목적 및 내용	리빙랩 협업 연구를 통해 소방공무원의 스트레스를 감소시킬 수 있는 심신안정실 신규 콘텐츠인 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 현장 실증·효과성 분석
연구성과	본 연구는 연구계획서에 수립된 연구목표를 모두 달성하였으며, 특히 정량성과 목표인 '시제품 현장 적용'을 광주 북부소방서와 호남119특수구조대에 적용·달성하여 소속 소방공무원이 지속해서 사용하고 관리받을 수 있는 기반을 마련하였다. 또한 전문기관인 전자기술연구원과 협업 연구 의향서를 체결함으로써, 최소 연구비용으로 고가의 기능성 콘텐츠 플랫폼을 현장 적용하였으며, 해당 콘텐츠의 유지·보수를 위해 전자기술연구원의 콘텐츠 업데이트와 플랫폼 관리를 협약하였다.
연구성과 활용계획	본 연구과제를 통해 개발된 기능성 콘텐츠 플랫폼은 각 소방관서 현장 대원들의 스트레스를 완화하는 데 활용될 수 있으므로, 소방서뿐만 아니라 센터 등 소방공무원이 근무하는 곳에 활용될 수 있다. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼은 독립적인 방 형태로 제작되어 사용자의 자율성과 편의성을 최우선시 하였으며, 심신안정실 안에 직접적으로 설치할 수 없는 경우 강당, 다목적실 등 다양한 공간에 적용할 수 있어 기존 구형 소방청사에도 활용 가능케 하였다. 소방공무원을 대상으로 운영·측정된 정성적·정량적 결과들은 심신안정실 내 신규 장비들을 도입하고자 하는 관서 심신안정실 담당자들에게 신규 장비 도입 근거로 활용하고자 한다. 또한 스트레스 감소 연구 결과를 일선에 홍보하여 소방공무원 정신건강의 중요성을 다시 한번 상기시키고 국립소방연구원에서 소방 기능성 콘텐츠 센터를 구축하고자 한다. 구축된 소방 기능성 콘텐츠 센터를 활용하여 관련 특화 콘텐츠 개발을 위한 연구사업을 확대하고 나아가 정신건강뿐만 아니라 다양한 목적으로 활용되고자 한다.

핵심어 (5개 이내)	심신안정실	소방공무원	스트레스	활동형 기능성 콘텐츠	실효성 검증

목 차

제1장. 연구과제 개요 ····· 1

제1절. 연구개발의 목적 ····· 1

1. 업무별 소방활동 및 순직·공상자 현황 ····· 1

2. 소방공무원의 정신건강 ····· 2

제2절. 소방공무원의 정신건강을 위한 노력 ····· 4

1. 소방청 ····· 4

2. 시·도 소방서 ····· 5

3. 국립소방연구원 ····· 6

가. 소방공무원 회복탄력성 연구개발을 위한 기초조사 ····· 6

나. 국제소방안전박람회 심신안정실 활성화를 위한 콘텐츠 개발 세미나 ··· 7

다. 경기, 충남, 충북 소방서 심신안정실 현장조사 ····· 7

라. 심신안정실 내부 콘텐츠 고도화를 위한 현장적합성 실증연구 ·· 10

마. 소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증 ····· 10

4. 심신안정실 스트레스 저감 영상형 콘텐츠의 방향성 ····· 11

5. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발 협업 연구 ····· 12

제2장. 국내·외 연구 현황 ····· 13

제1절. 국내 연구 현황 ····· 13

1. 국내 논문 ····· 13

2. 국내 연구 개발 ····· 14

3. 국립소방연구원의 연구 ····· 15

제2절. 국외 논문 ····· 16
제3장. 연구 수행내용 및 결과 ····· 18
제1절. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 분석을 위한 연구 수행내용 ·· 18
1. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발을 위한 사전 실무자 회의 ··· 18
2. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 시나리오 개발 ····· 18
가. 심신안정실 활동형 신규 콘텐츠 개발을 위한 자문회의 개최 ·· 18
나. 소방공무원 대상 설문조사····· 20
3. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증방안 검토 자문 ····· 23
4. 감상형 기능성 콘텐츠 영상 고도화 ····· 24
5. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증운영 ····· 26
6. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 분석 ····· 28
가. 정성적 분석방안 ····· 29
나. 정량적 분석방안 ····· 30
제2절. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증운영 분석 결과 ····· 31
1. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 정성적 분석 결과 ····· 31
가. 신뢰도 검정 결과 ····· 31
나. 사전·후 정성적 분석 결과 ····· 32
2. 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 정량적 분석 결과 ····· 33
제4장. 목표 달성도 및 기대성과 ····· 36
제1절. 목표 달성도 및 기대성과 ····· 36
1. 연구목표/평가착안점 및 달성도 ····· 36
2. 정량성과 목표 달성도 ····· 37
3. 기대성과 ····· 37

제5장. 연구결과 활용계획 ····· 38

제1절. 기능성 콘텐츠 플랫폼 활용계획 ····· 38

제6장. 참고문헌 ····· 39

그 림 차 례

그림 1.1 소방공무원 마음건강 전수 설문조사 결과 요약 ····· 03
그림 1.2 소방공무원 정신건강 지원방안 3단계(안) ····· 04
그림 1.3 소방청 소방공무원 직무스트레스 PTSD 앱 ····· 04
그림 1.4 공주·안성소방서 심신안정실 신규 콘텐츠 ····· 07
그림 1.5 일부 소방서의 잘못된 심신안정실 사용 사례 ····· 09
그림 1.6 감상형 기능성 콘텐츠 실증연구 ····· 10
그림 1.7 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발을 위한 업무분장 ····· 12
그림 3.1 심신안정실 활동형 신규 콘텐츠 개발을 위한 자문회의 ····· 18
그림 3.2 응답한 소방공무원의 일반적 특성 ····· 21
그림 3.3 감상형 기능성 콘텐츠의 고도화된 영상 ····· 26
그림 3.4 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영 프로세스 ····· 27
그림 3.5 활동형 콘텐츠 구축 사진(광주북부소방서) ····· 27
그림 3.6 활동형 콘텐츠 구축 사진(호남119특수구조대) ····· 28
그림 3.7 무자각형 센서 최종개발 시제품 및 생체신호 모니터링
(전자기술연구원) ····· 28
그림 5.1 심신안정실 기능성 콘텐츠 확대 방안 ····· 38

표 차 례

표 1.1 연도별 화재, 구조, 구급 발생 현황 ····· 01
표 1.2 연도별 소방공무원 순직·공상자 현황 ····· 01
표 1.3 소방공무원 마음건강 전수 설문조사 결과 요약 ····· 02
표 1.4 연도별 구급대원 폭행 건수 ····· 03
표 1.5 소방공무원 마음건강 전수 설문조사 중 자살 생각 빈도 ····· 03
표 1.6 시·도별 심신안정실 설치 비율 ····· 05
표 1.7 소방안전교부세(2015~2020) ····· 06
표 1.8 국립소방연구원의 심신안정실 관련 수행연구 목록 ····· 06
표 1.9 국제소방안전박람회 심신안정실 관련 세미나 결과 요약 ····· 07
표 1.10 기, 충남, 충북 소방서 심신안정실 현장 조사내용 ····· 06
표 1.11 스트레스 저감 영상형 및 활동형 콘텐츠 방향성 4가지 ····· 11
표 2.1 관련 국내 논문 리스트 ····· 13
표 2.2 관련 국내 R&D 리스트 ····· 14
표 2.3 국립소방연구원의 심신안정실 연구용역 및 자체 연구 ····· 15
표 2.4 관련 국외 논문 리스트 ····· 16
표 3.1 활동형 기능성 콘텐츠 시나리오 개발을 위한 자문회의 질의 및 답변 · 19
표 3.2 소방공무원 대상 설문조사 내용 ····· 20
표 3.3 응답한 소방공무원의 일반적 특성 ····· 21
표 3.4 응답한 소방공무원의 기능성 콘텐츠 플랫폼 선호도 ····· 22
표 3.5 응답한 소방공무원의 기능성 콘텐츠 필요성 ····· 23
표 3.6 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증방안 검토 자문내용 ····· 23
표 3.7 HDRS 평가척도 ····· 29
표 3.8 BAI 평가척도 ····· 29
표 3.9 Cronbach's α 평가척도 ····· 30
표 3.10 효과성 분석을 위한 인터뷰 질문지의 신뢰도 검정 ····· 32
표 3.11 사전·후 HDRS와 BAI 측정 결과 ····· 32

표 3.12 소방공무원 스트레스 감소 정성적 효과성 분석 결과 ····· 33
표 3.13 광주북부소방서 및 호남119특수구조대 스트레스 감소 정량적 효과성 분석 결과 ····· 34
표 3.14 소방공무원 스트레스 감소 정량적 효과성 분석 결과 ····· 35
표 4.1 본 연구 과제 연구목표 달성도 ····· 36
표 4.2 당해연도 정량성과 달성도 ····· 37

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

1. 업무별 소방활동 및 순직·공상자 현황

2021년 소방청 통계 연보에 따르면 2020년 화재발생은 38,659건, 구조활동은 839,194건, 구급활동은 2,766,136건이 발생하였으며, 이에 따른 순직·공사자는 1,004명으로 나타났다[(1)]. 소방공무원들은 각종 재난 현장의 위험에 항시 노출되어있으며, 소방공무원의 정신과 신체적 건강에 대한 안전장치가 필요한 실정이다(표 1.1, 1.2).

표 1.1 연도별 화재, 구조, 구급, 발생 현황(2011~2020)

구 분		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
화재	건수(건)	43,875	43,249	40,932	42,135	44,435	43,413	44,178	42,338	40,103	38,659
	인명피해(명)	1,861	2,222	2,184	2,181	2,093	2,024	2,197	2,594	2,515	2,282
구조	건수(건)	431,912	565,753	531,699	598,560	630,197	756,987	805,194	837,628	893,606	838,194
	구조인원(명)	100,660	98,533	110,133	115,038	120,393	134,428	115,595	104,335	99,922	86,714
구급	건수(건)	2,034,299	2,156,548	2,183,470	2,389,211	2,535,412	2,677,749	2,788,101	2,924,899	2,929,994	2,766,136
	이송환자(명)	1,453,822	1,543,379	1,548,880	1,678,382	1,755,031	1,793,010	1,817,526	1,879,725	1,860,071	1,621,775

표 1.2 연도별 소방공무원 순직·공상자 현황(2011~2020)

(단위: 명)

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
순직자	8	7	3	7	2	2	2	7	9	2
공상자	450	326	316	358	409	511	657	823	818	1,004
합계	458	333	319	365	411	513	659	830	827	1,006

소방공무원은 업무 특성상 위험성, 긴급성, 중요성, 불확실성이 상시 존재하며, 소방서 또는 센터 내 출동대기 상황에서 긴장과 불안이 존재하고 있다[(2)]. 또한 재난과 사고에 대응하는 과정에서 소방공무원은 구조대상자들의 고통을 같이 겪게 되며 자신과 동료의 부상과 죽음이 극심한 스트레스를 발생시킨다[(3)]. 긴장과 불안은 직접적으로 수면시간 부족, 과음, 정신질환으로 이어지고 있으며 만성 피로, 심각하게는 우울증, 자살 등으로 나타나 최종적으로 소방대응력 저하로 나타나고 있다.

2. 소방공무원의 정신건강

소방공무원의 외상후 스트레스(Post-traumatic stress disorder: PTSD)와 우울증을 경험하고 있는 소방공무원의 수가 증가하고 있다. 소방공무원 보건안전 및 복지 기본법 시행령 제3조 제3항에 따른 '전국 소방공무원 대상 2020년 마음건강 전수 설문조사 결과 보고' 에 따르면 총 52,119(94.48%)의 소방관이 참여하였으며, 외상 사건 노출 경험(PTSD), 우울, 수면·음주 습관 장애, 자살, 자해, 삶의 질(만족도), 감정노동, 직무스트레스, Complex PTSD(복합외상), 무호흡증(수면)을 조사하였다. 분석은 정신의학·심리학적으로 신뢰성과 타당성이 검증된 설문지를 통해 분당 서울대학교병원 공공의료사업단에서 추진하였다. '주요 스트레스' 는 음주 습관 장애, 수면장애, PTSD, 우울증, 복합외상 순으로 나타났으며, '자살 우려' 는 없음, 1회, 2회, 3~4회, 5회 이상 순으로 나타났다. '자해 행동' 을 시도한 사람 중 죽고자 하는 의도로 시행한 사람은 없는 것으로 나타났다. '감정노동' 에서는 민원 응대 과부하와 감정부조화 및 심리적 손상 순으로 나타났으며, 마지막 직무스트레스에서는 직장문화와 직무요구 순으로 스트레스가 큰 것으로 나타났다(표 1.3, 그림 1.1)[(4)].

표 1.3 소방공무원 마음건강 전수 설문조사 결과 요약

주요 스트레스	PTSD		복합 외상		음주습관장애		우울증		수면장애	
	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)
	2,666	5.1	624	1.2	15,618	30.0	2,028	3.9	12,127	23.3
자살우려	없음		1회		2회		3~4회		5회 이상	
	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)	인원(명)	비율(%)
	48,119	92.3	3,098	5.9	678	1.3	145	0.3	79	0.2
자해행동	자해 행동 시도		자해 행동 시, 죽고자 하는 의도							
			예				아니오			
	2,224명(4.3%)		53명(0.1%)				2,171명(4.2%)			
감정노동	민원응대 과부하				감정부조화 및 심리적 손상					
	관리군(명)		비율(%)		관리군(명)		비율(%)			
	8,462		16.2		5,847		11.2			
직무 스트레스	직무요구				직장문화					
	인원(명)		비율(%)		인원(명)		비율(%)			
	2,461		4.7		2,963		5.7			



그림 1.1 소방공무원 마음건강 전수 설문조사 결과 요약

소방공무원의 정신 문제는 업무에서 야기되는 스트레스가 주원인이며, 이중 동료의 순직, 부상, 생명의 위협, 계급조직의 갈등, 현장의 처참함 등 다양하게 나타나고 있다. 또한 동료의 순직, 심각한 부상으로 인한 충격과 심리적 갈등, 현장의 유해 요인 등으로 정신적으로 고통받고 있다(표 1.4)[5]. 가장 출동 횟수가 많은 구급 분야에서는 주취자의 폭행과 폭언, 성희롱 등으로 자살, 우울증 등 정신 문제에 취약하며, 우울증에 의한 극단적인 선택은 지속해서 소방공무원의 자살자 수를 발생시키고 있다(표 1.5)[6].

표 1.4 연도별 구급대원 폭행건수(2010~2019)

구 분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
구급대원 폭행건수	112	95	93	145	131	198	199	167	215	205

표 1.5 소방공무원 마음건강 전수 설문조사 중 자살 생각 빈도

구분	실시 인원 (명)	1년간 자살 생각빈도									
		없음		1회		2회		3~4회		5회 이상	
		인원 (명)	비율 (%)	인원 (명)	비율 (%)	인원 (명)	비율 (%)	인원 (명)	비율 (%)	인원 (명)	비율 (%)
2018	45,719	40,845	89.3	3,807	8.3	780	1.7	169	0.4	118	0.3
2019	49,649	45,213	91.1	3,457	6.9	732	1.5	150	0.3	97	0.2
2020	52,119	48,119	92.3	3,098	5.9	678	1.3	145	0.3	79	0.2

향후 소방공무원의 정신건강 지원을 위해 단계적인 예방·치료 방안들이 수립이 필요하다. 소방공무원이 재난 현장에서 쉴 수 있는 공간과 신체의 건강 상태를 파악하고 회복할 수 있는 회복실과 소방서 또는 센터 복귀 후 각종 콘텐츠를 통해 신체·정신 스트레스 완화를 할 수 있는 심신안정실, 마지막으로 전문적인 의료진과 함께 치료가 가능한 소방복합치유센터 순이다(그림 1.2).



그림 1.2 소방공무원 정신건강 지원방안 3단계(안)

제2절 소방공무원의 정신건강을 위한 노력

1. 소방청

소방청에서는 소방공무원이 업무상 스트레스 발생하는 정신적 문제를 예방하기 위해 소방공무원 스스로 우울증, 수면장애 등을 자가 진단하고 치료 방법을 안내하고 단순 치료 콘텐츠를 제공하는 '소방공무원 직무스트레스 PTSD 애플리케이션(application)을 보급하였으며(그림 1.3), '찾아가는 심리상담실'을 통해 소방공무원의 PTSD 등 정신건강 장애 예방교육과 심리상담을 진행하고 있다. 또한 '안심(安心) 프로그램'을 통하여 전문의와 상담·치료 연계하고 있으며, 환자(소방공무원)의 신원을 비밀로 보장하여 혹여 발생할 수 있는 업무상 불이익을 방지하였다.



그림 1.3 소방청 소방공무원 직무스트레스 PTSD 앱

일선에서는 소방공무원의 신체·정신건강을 위한 심신안정실 구축을 도모하고 있으며, 심신안정실의 확대를 위해 2015년 6월 '1소방서 1안정실' 설치 계획을 추진하였다. 소방안전 교부세 대상 사업 회의 개최를 통해 2017년 국민 행복 소방정책의 성과 측정 지표로 소방본부 역량에 심신안정실 설치율을 평가함으로써 심신안정실의 설치·보급 확대에 힘쓰고 있다[6].

2. 시·도 소방서

지역별 소방서에서는 소방공무원들의 신체와 정신건강을 위해 각종 심리상담 프로그램과 심신안정실을 운영·설치하고 있으나, 2020년 소방청 국정감사 요청자료 중 행정안전위 백혜련 의원의 자료(표 1.6)에 따르면 기준 전국 소방안전센터 1,113곳 중 619곳(59.7%)[7]로 심신안정실의 설치율이 낮았으며, 지역별로 설치율의 편차가 큰 것으로 나타났다.

표 1.6 시·도별 심신안정실 설치 비율(2020)

구 분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	창원	계
안전센터(개)	123	59	48	54	30	27	27	9	189	73	43	81	53	64	102	77	28	26	**1,113**
심신안정실(개)	123	35	30	54	20	26	13	7	82	22	30	36	34	20	22	33	25	7	**619**
설치율(%)	100.0	59.3	62.5	100.0	66.7	96.3	48.1	77.8	43.4	30.1	69.8	44.4	64.2	31.2	21.6	42.9	89.3	26.9	**59.7**

심신안정실의 설치율이 지역에 따라 편차가 나타나는 이유는 시·도의 자체예산 사업이나 시·도별 재정지원에 따른 여건 차이로 보이며, 심신안정실의 시도별 평균 설치 금액은 최고 4,778만원에서 최소 2,043만원으로 평균 2,793만원이 소요되었다. 또한 심신안정실 설치는 소방청사 내 공간 부족으로 인한 휴식 대기실 변경 등 현실적으로 심신안정실을 추가하기 어려운 실정이다. 심신안정실은 소방안전교부세(표 1.7)를 사용하여 설치할 수 있지만, 노후화된 소방장비 보강이 시급한 지역에서는 심신안정실에 대한 투자는 낮은 것으로 판단된다.

표 1.7 소방안전교부세(2015~2020)[8]

(단위: 천원)

구 분	2015[1]	2016	2017	2018	2019	2020
전국	314,080,000	414,700,000	513,487,119	417,260,000	383,834,000	685,134,000

1) 지방교부세법 시행령 개정 2015.6.22., 개정내용에 소방안전교부세가 추가되어 2015년부터 시행

3. 국립소방연구원

국립소방연구원에서는 소방공무원의 회복탄력성 지원에 따른 소방대응력 강화를 위해 지역 소방서와 안전센터에 설치되고 있는 심신안정실에 관한 체계적인 연구를 수행하고 있다. 국립소방연구원 대응기술연구실은 자체연구, 연구용역, 세미나, 현장 조사를 2018년도부터 지속해서 수행해왔다. 또한 2020년부터는 전문기관들과의 협업 연구를 통해 현장에 보급될 수 있는 연구가 수행되고 있다(표 1.8).

표 1.8 국립소방연구원의 심신안정실 관련 수행연구 목록

구 분	년 도	연 구 명	연구방식
1	2018	소방공무원 회복탄력성 연구개발을 위한 기초조사(심신안정실 중심)	연구용역
2	2019	국제소방안전박람회 심신안정실 활성화를 위한 콘텐츠 개발 세미나	세 미 나
3	2019	경기, 충남, 충북 소방서 심신안정실 현장조사	현장조사
4	2019	심신안정실 내부 콘텐츠 고도화를 위한 현장적합성 실증연구	연구용역
5	2020	소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증	자체연구

가. 소방공무원 회복탄력성 연구개발을 위한 기초조사

국립소방연구원에서는 소방공무원의 회복탄력성을 강화하기 위해 심신안정실을 중심으로 기초조사 연구를 수행하였으며, 소방공무원의 업무특성과 신체・정신건강, 회복탄력성의 의의, 국내 유사기관 사례(경찰청, 해양경찰, 소방청), 해외 소방공무원 멘탈케어 사례(미국, 일본, 캐나다), 헬스・맨탈케어 기술 동향 등을 조사하였다. 또한 소방공무원 대상 설문조사를 통해 심신안정실에 대한 특성과 소방공무원의 이용 의사 등을 조사하였으며, 소방공무원이 심신안정실에 요구하는 신규 장비(EMDR, 음향기기, VR, 전기자극기기, Motion core, LED 마스크)를 5종을 선정하였다.

나. 국제소방안전박람회 심신안정실 활성화를 위한 콘텐츠 개발 세미나

국립소방연구원은 심신안정실의 활성화를 목적으로 내부 콘텐츠의 과학적 검증 및 고도화를 위한 사전 세미나를 개최하였으며, '18년도 기초조사 결과와 소방현장의 의견을 반영하여 소방공무원이 필요로 하는 장비들을 나열하고 선호도 조사를 통해 심신안정실에 대한 소방공무원의 현장 의견을 수렴·검토하였다.

심신안정실 관련 세미나의 의견수렴 결과(표 1.9)는 콘텐츠 측면과 정책적 측면으로 나누었었다. 콘텐츠 측면의 경우 기존 장비와 병행, 체계적인 프로그램, 오락·대화방과 같은 신규 콘텐츠, 정량적 효과검증 자료 등 다양한 의견들이 제시되었으며, 정책적 측면으로는 현장 출동 전·복귀 후 등 심신안정실을 사용할 수 있는 이용 규정이 필요하다는 의견과 심신안정실의 지속적인 사용을 위해 유지보수·위생관리를 위한 외부 위탁관리가 필요하다는 의견이 있었다. 심신안정실이 도입되어도 소방공무원의 사용에 제약이 있거나, 사용하기 어려운 분위기가 조성되는 경우 심신안정실의 순기능이 떨어진다는 것을 나타내었다.

표 1.9 2019년 국제소방안전박람회 심신안정실 활성화를 위한 콘텐츠 개발 세미나 결과 요약

구 분	내 용
콘텐츠 측면	❶ 안마의자 등 기존장비와 병행가능한 신규장비(안구운동기 등) 필요
	❷ 심신안정실 내 기기들의 체계적인 활용 프로그램 필요
	❸ 심신안정실 내 장비에 대한 정량적인 효과검증 데이터 부족으로 구매의 어려움
	❹ 콘텐츠 선호도(1위: VR기기, 2위: LED 마스크, 안구운동기, 백색소음기. 3위: 모션코어)
정책적 측면	❶ 심신안정실을 사용할 수 있게 하는 이용 규정 필요
	❷ 기기의 유지보수와 위생관리를 위한 외부 위탁관리 필요

다. 경기, 충남, 충북 소방서 심신안정실 현장조사

2019년 심신안정실 내부 콘텐츠 고도화 연구의 일환으로 경기, 충남, 충북 지역(국립소방연구원 기준 반경 50km 내)의 16개 소방관서를 직접 방문하여 심신안정실의 현황과 문제점을 조사하였다(표 1.10). 심신안정실의 활성화를 위한 운영실태 파악, 심신안정실의 신규장비 도입 등 고도화를 위한 공간 등 환경조건, 마지막으로 심신안정실 담당자 인터뷰를 통한 활용 여부를 조사하였다.

표 1.10 경기, 충남, 충북 소방서 심신안정실 현장 조사내용

구 분	내 용	문제점
운영측면	현재 운영 중인 일선 소방관서 심신안정실의 구성 콘텐츠 등 운영실태 파악	❶ 일부 소방공무원의 의견에 맞춘 콘텐츠 ❷ 업무 특성이 고려되지 않은 콘텐츠 ❸ 본래의 취지와 다른 심신안정실 운영
환경측면	심신안정실 시범사업을 위한 신규장비 도입 시 공간 등 환경조건	❹ 협소한 공간으로 신규장비 도입 어려움 ❺ 사용자를 고려하지 않은 심신안정실 위치
활용측면	심신안정실 담당자 인터뷰를 통한 활용 여부	❻ 한정된 콘텐츠로 인한 사용빈도 감소 ❼ 직장 내 분위기로 인한 사용의 어려움

지역 소방관서별 수요에 따라 자체적인 프로그램을 운영 중이었으며, 공통적으로 편백나무 인테리어, 피톤치트 향 등으로 사용자에게 심리적 안정감을 주기 위해 노력하였다. 또한 안마의자, 발마사지기, 힐링베드. 혈압측정기, 스트레스 측정장비는 공통으로 갖추어져 있었으며, 공주소방서의 경우 소속 소방공무원의 의견을 반영하여 찜질방과 노래방을 심신안정실 내 신규 프로그램으로 운영하였고(그림 1.4 / A, B), 안성소방서의 경우 한식방을 조성하여 소속 공무원의 유대감 강화를 위한 대화 장소(그림 1.4 / C)를 마련하였다. 문제점으로 일부 소방공무원의 의견에 맞춘 콘텐츠 구성으로 대중적으로 활용되기 어려운 것과 찜질방 노래방 등 휴식공간의 취지는 좋으나 업무 중에 상시 이용해야 하는 심신안정실의 특성에 부합하지 않다고 판단된다. 또한 일부 소방서의 경우 청사 내 공간 부족으로 심신안정실을 수면실과 같이 본래의 취지와 다르게 운영되는 경우도 관찰되었다(그림 1.5).

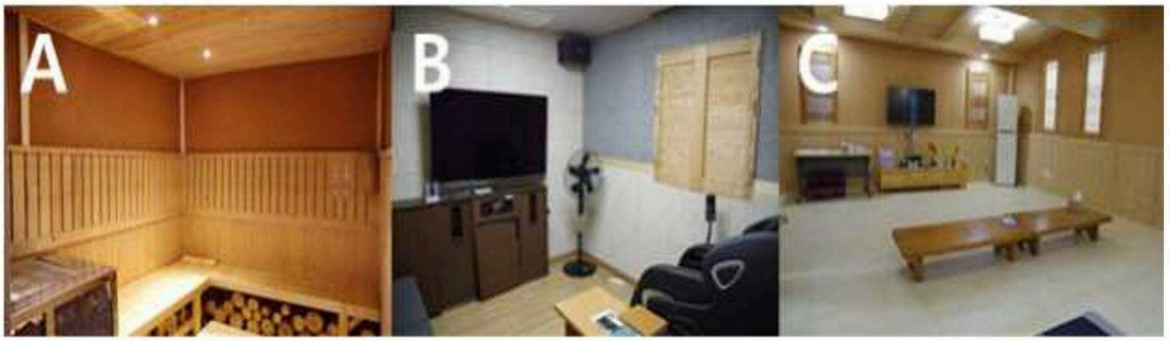


그림 1.4 공주·안성소방서 심신안정실 신규 콘텐츠(A: 찜질방, B: 노래방, C: 한식방)



그림 1.5 일부 소방서의 잘못된 심신안정실 사용 사례

심신안정실은 일반적으로 기존 소방서 내 또는 센터 내 공간을 활용하여 구성하여 공간이 협소한 것으로 나타났으며, 장비 도입 시 사용공간을 구획하여 배치하기 때문에 신규 장비를 위한 공간이 부족하였다. 새로운 장비가 도입되기 위해서는 기존 장비와 동시에 사용할 수 있는 콘텐츠(안마의자와 EMDR 또는 백색소음기)를 추가하거나, 신규장비 도입을 위해 불필요한 기존 장비를 선별하여 교체하는 방식, 마지막으로 기존공간의 확대 또는 신규공간 창출(심신안정실 앞 복도 공간의 카페화, 증평소방서)이 필요하다 판단된다. 심신안정실의 경우 건축설계 시 위치가 고려되지 않은 소방서와 고려된 소방서의 차이가 직접적으로 나타났으며 대표적으로 세종 조치원소방서의 경우 민원업무 등 행정업무를 담당하는 “행정동”과 현장 출동을 위한 “센터동”으로 총 2개의 동으로 분리하였으며, 심신안정실은 센터동에 위치하였다. 심신안정실의 공간적 분리는 소방서 내 사무실과 가까운 심신안정실보다 대조적으로 사용 빈도가 9배 이상 높았다. 소방처럼 계급이 있는 공무 조직에서 심신안정실의 활성화를 위해선 신체적 또는 정신적 위험에 노출도가 높은 현장 업무 수행자 중심의 심신안정실 위치 고려와 설계가 필요하다.

심신안정실 담당자 인터뷰를 통해 나타난 대표적인 문제점으로 심신안정실의 경우 설치・운영・관리 등에 대한 기준이 부족하여 단순히 소방서에서 예산을 배정하고 외부 업체에서 인테리어와 장비 도입을 진행하고 있었다. 또한 장비에 대한 과학적인 검증이 부족하여 장비를 사용함에 따라 소방공무원이 얻을 수 있는 효과가 명시되지 않

아 사용자는 장비에 대한 기대심리가 낮아지고, 심신안정실 도입 초기보다 사용 빈도가 감소하였으며, 결국에 심신안정실의 이용률이 낮아지고 본래의 목적과 다른 방법으로 활용되는 것으로 나타났다.

라. 심신안정실 내부 콘텐츠 고도화를 위한 현장적합성 실증연구[9]

2019년 수행된 심신안정실 내부 콘텐츠 고도화를 위한 현장적합성 실증연구에선 에 VR(Virtual Reality)기기와 사용자 스트레스를 측정하는 분석 기기가 포함된 이동식 심신안정실을 구축하였다. 천안·아산 권역의 3개 소방서에서 실증 운영되었으며, 심신안정실의 정신건강을 위한 신규 콘텐츠로 제시되었다. VR 프로그램으로는 전문기관에서 개발·인증된 감상형 1식과 활동형 1식을 적용하였다. 소방공무원의 뇌파·맥파 분석으로는 정량적인 스트레스 지수를 파악하였으며 스트레스 설문 분석으로는 정성적인 스트레스 지수를 분석하였다. 정량적인 분석결과에서는 사용자의 상태와 환경적인 변수로 인해 스트레스가 완화되었다는 결론에는 도달할 수 없었으며, 정성적인 스트레스 설문 도구 분석에서는 유의미한 효과성을 나타내었다.

마. 소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증

2020년에 수행된 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증은 감상형 기능성 콘텐츠를 소방관서에 직접 적용함으로써 소방공무원에게 직접적인 효과성을 검증한 연구이다. 한국전자기술연구원에서 감상형 콘텐츠 플랫폼의 개발과 생체신호를 통한 정량적 스트레스 감소 효과성 검증을 맡았으며, 국립소방연구원은 실증 테스트베드 탐색, 감상형 콘텐츠 플랫폼 시나리오 수립, 인터뷰를 통한 정성적 스트레스 감소 효과성 검증을 맡았다. 영상 감상을 통해 소방공무원의 스트레스와 연관된 심전도 요인들을 특정지었으며, 해당 지표들을 통해 정량적인 스트레스 감소를 확인하였으며, 정신건강 설문지를 통해 정성적인 스트레스 감소 효과도 확인한 연구이다(그림 1.6).



그림 1.6 감상형 기능성 콘텐츠 실증연구

4. 심신안정실 스트레스 저감 영상형 및 활동형 콘텐츠의 방향성

자체연구, 현장 실증, 현장 조사 등을 통해 심신안정실에 소방공무원이 필요로 하는 심리 스트레스 완화 콘텐츠의 조건들은 뚜렷하게 나타났다. 운영, 환경, 활용, 제도 측면의 개선될 내용은 위에서 미리 언급하였다. 실제 영상형 및 활동형 콘텐츠를 소방공무원에게 적용하기 위해서는 기본적으로 아래 네 가지의 방향성(표 1.11)이 우선되어야 한다.

표 1.11 스트레스 저감 영상형 및 활동형 콘텐츠 방향성 4가지

구 분	내 용	목 표	비고
1	과도한 몰입감을 위한 본 업무환경과 단절되는 콘텐츠 환경 지양	소방공무원의 본 업무 미흡에 대한 불안감 해소로 콘텐츠 효과성 증대	감상형
2	과도한 신체활동을 통한 체력 소진 및 근골격계 부상 최소화	소방공무원의 소방대응력 손상을 최소화 할 수 있는 활동형 콘텐츠 제공	활동형
3	지속적인 유지·관리를 통한 사용환경 최적화	지속적인 사용유도를 통한 체계적인 스트레스 저감 콘텐츠 사용 기대	공 통
4	사용자가 항시 자신의 스트레스를 관찰할 수 있는 스마트폰 연계형 플랫폼 구축	측정된 스트레스 지수를 통한 항시 건강관리 지표 활용 가능	공 통

첫째, 과도한 몰입감을 위한 본 업무환경과 단절되는 콘텐츠 환경 지양. 지나친 콘텐츠 몰입을 위해 외부와 차단되는 것에 부정적인 의견이 많으며 콘텐츠를 사용하면서도 외부와 소통이 될 수 있는 형태로 구축해야 한다. 또한 가상현실(VR)과 지나치게 독립적으로 구획된 환경은 사용자 조작의 어려움, HMD(head mount display)를 통한 멀미현상과 본래 업무로부터의 단절 등 심리적인 스트레스를 반대로 발생시킬 수 있다.

둘째, 과도한 신체활등을 통한 체력 소진 및 근골격계 부상 최소화이다. 소방공무원의 스트레스를 감소시킬 목적으로 진행되는 활동형 콘텐츠에서 근골격계에 부담을 주어 다치게 되거나 지나친 활동으로 체력이 소진되어 소방대응력이 약화하는 일은 지양해야 할 것이다.

셋째, 지속적인 유지・관리를 통한 사용환경 최적화이다. 감상형 및 활동형 콘텐츠의 공통적인 방향성으로 심신안정실의 특정 콘텐츠에 대한 흥미를 지속해서 발생시키지 않으면 사용 빈도가 줄어들게 된다. 기본적인 플랫폼을 구축하여 다양한 내부 콘텐츠를 개발하는 방향으로 보급하여 지속적인 사용과 흥미를 유도해야 한다. 또한 장비에 대한 관리가 미흡할 경우 사용자 부주의에 의한 파손・위생 문제 등으로 사용 불가 수준에 일러 플랫폼이 불용 되고 나아가 본래 취지와 반대로 심신안정실의 비활성화로

나타나게 된다.

마지막 넷째, 사용자가 항시 자신의 스트레스를 관찰할 수 있는 스마트폰 연계형 플랫폼 구축. 지속적인 스트레스 관리가 되려면 사용자로선 언제 어디서든 간편하게 자신의 상태를 파악할 수 있어야 한다.

사전 연구를 통해 고려된 네 가지 방향을 고려하여 기능성 콘텐츠 플랫폼에 적용 후 효과성을 분석한다면 최근 대두되고 소방공무원 정신적 회복 지원 방법과 심신안정실 구축・활성에 이바지하는 의의가 있을 것이다.

5. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발 협업 연구

소방 특화 스트레스 저감용 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼을 개발하기 위해 국립소방연구원과 전자기술연구원(Korea Electronics Technology Institute, KETI)은 2019년에 리빙랩 협업 연구수행에 의결하였다. 리빙랩을 통한 수요조사, 시나리오 기획, 개발된 플랫폼의 실증 운영을 국립소방연구원에서 담당하고, 전반적인 생체신호 추출 기술과 하드웨어 플랫폼 구축은 전문 개발기관인 전자기술연구원에서 수행하기로 하였다.



그림 1.7 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발을 위한 업무분장

제 2 장 국내·외 연구 현황

제1절 국내 연구 현황

1. 국내 논문

국내 연구논문 분석을 통해 활동형 기능성 콘텐츠를 소방공무원에게 적용할 수 있는지를 검토하였으며 효과적인 활동 프로그램 구성을 위해 운동 종류와 강도에 대한 문헌탐색을 실시하였다(표 2.1).

표 2.1 관련 국내 논문 리스트

구 분	년 도	논 문 명	주 저 자
1	2018	직장인의 스트레스와 여가활동이 만족과 행복에 미치는 영향	남윤주
2	2018	공공부분 종사자의 스포츠활동이 스트레스에 미치는 영향: 소방공무원을 중심으로	김유호
3	2019	스트레칭 운동이 소규모 사업장 근로자의 근골격계 통증 완화에 미치는 영향	김성환
4	2019	심리 건강관리에 초점을 둔 웰니스 요가 교양수업이 여대생의 양생실천, 마음챙김, 스트레스에 미치는 효과	육영숙
5	2020	환경자극에 의한 심박변이도 및 스트레스 반응 선행연구 분석	오지영

남윤주 등(2018)의 연구에 따르면 직무적인 스트레스는 신체적 활동을 통한 여가활동의 경우 행복에 대한 주 효과가 유의미한 것으로 나타났으며, 이는 신체적인 활동이 직무스트레스 감소에 주요 요인으로 작용했다는 것을 나타낸다[10].

김유호 등(2018)은 소방공무원의 스포츠활동이 스트레스 감소에 유의미한 영향력을 가진다고 나타냈으며, 소방공무원의 담당업무, 성별, 나이에 따라 스포츠활동에 대한 참여율이 다르다고 밝혔다[11].

김성환과 김종근(2019)의 연구에 따르면 스트레칭 운동은 불편한 작업 공간이나 업무상 스트레스 발생하는 근골격계 통증 완화에 효과적이라 서술하고 있으며 심리적인 요소들을 고려한 추가적인 스트레칭에 운동에 관한 연구가 필요하다고 판단하고 있다[12].

육영숙(2019)의 연구에 따르면 심리 건강관리에 초첨을 둔 요가가 스트레스에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 피실험자들의 스트레스와 관련된 요인들이 프로그램 참여 후 유의하게 하강하였다고 밝혔다[13].

오지영 및 박혜경(2020)은 환경조건으로 영상과 후각을 실제 환경과 유사하게 자극하

는 경우 심박 변이에 따른 스트레스 반응 연구에 실증적 연구 결과를 도출할 수 있다고 밝혔다[14].

국내 논문 연구 현황 분석 결과 정량적으로 심박, 피부 전도도, 뇌파를 통해 스트레스를 측정하는 방법들이 제시되었으며, 정성적으로 스트레스 도구를 통해 사용자 답변으로 결과분석을 수행하였다. 또한 일반적인 자연 영상이나, 영화 등 감상을 통해 스트레스를 완화하는 것뿐만 아니라, 신체적인 활동을 통해 서도 스트레스 감소를 목표할 수 있다고 언급되었다. 또한 과도한 활동형 프로그램보다 성별과 나이에 따른 적절한 활동형 콘텐츠를 제공하여야 본 연구에서 효과적인 수행이 가능할 것으로 판단하였다.

2. 국내 연구 개발

국내 연구개발 현황을 통해 활동형 기능성 콘텐츠와 유사한 연구개발 사례가 있는지 중복성을 확인하였으며 연구개발에서 수행한 연구 방법들을 참고하여 사용자의 스트레스 분석방안들을 고려하였다. 또한 협업연구기관인 전자기술연구원에서 국립소방연구원과 수행하고 있는 사업은 제외하였다(표 2.2).

표 2.2 관련 국내 R&D 리스트

구 분	년 도	연 구 명	주관연구기관
1	2017	마음챙김 기반 신체-심리 운동 프로그램이 소방공무원의 외상 후 스트레스(PTSD)증상 감소에 미치는 영향	성신여자대학교
2	2017	VR 기반 생체신호 측정 및 진단, 치유, 완화를 위한 힐링 콘텐츠 제공 서비스 시스템 구축	㈜옴니씨앤에스
3	2019	키즈/실버세대의 정신건강을 위한 생체신호 기반의 안전한 VR/AR 플랫폼 기술	전자기술연구원

성신여자대학교에서는 심리 운동 프로그램을 통해 소방공무원의 외상 후 스트레스 증상 감소에 미치는 영향을 연구하였으며 소방공무원 40명을 대상으로 양적·질적 분석을 통한 혼합연구를 수행하였다. 사전·후 검사를 통해 연구를 설계하였으며 척도와 진단 검사 도구를 사용하여 신체적 효과를 측정하였으며 외상 후 스트레스 진단 척도를 통해 심리적인 효과를 분석하였다[16].

㈜옴니씨앤에스는 IoT(Internet of Tings)기술과 가상현실 기술을 접목하여 소형·경량의 생체신호 측정기기를 활용한 정량적 심리진단과 실감형 콘텐츠를 활용하여 심리진단결과를 종합적으로 분석하고 알맞은 VR 실감형 힐링 콘텐츠를 제공하는 기술을 개발하였다. 사용자의 정신건강 이상 조기 발견과 치유·개선을 목적으로 하였다[17].

전자기술연구원에서는 국민정신건강 증진을 위한 문화콘텐츠 산업으로 키즈·실버세

대의 스트레스 저감을 위한 VR(Virtual Reality) 활동형 스트레스 저감 콘텐츠 'VR 콘서트'를 개발하였으며, 콘서트 환경을 구축하여 사용자가 직접 악기를 연주하고 관객의 호응을 통해 심리적 보상과 스트레스 감소 효과를 얻을 수 있는 키즈·실버 세대의 개인 맞춤형 정신건강 서비스 플랫폼을 제공하고자 하였다[17].

국내 연구개발 현황을 분석한 결과 소방공무원을 대상으로 하는 스트레스 저감 콘텐츠에 대한 연구개발은 국립소방연구원과 협업 연구를 수행 중인 전자기술연구원이 유일하였다. 또한 스트레스 저감을 위한 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼을 개발하기 위해서는 움직이는 사용자의 스트레스를 실시간 관찰할 수 있는 생체신호 수집 하드웨어 기반과 콘텐츠 시나리오 기획이 중요한 것으로 판단되었다. 또한 사용자 인터페이스를 최소화하고 음성 AI 안내 등을 적용하여 콘텐츠를 사용하면서 사용자의 불편함을 최소화하는 것을 목표로 하여야 한다.

3. 국립소방연구원의 연구

표 2.3 국립소방연구원의 심신안정실 연구용역 및 자체 연구

구 분	년 도	연 구 명	연구방식
1	2018	소방공무원 회복탄력성 연구개발을 위한 기초조사(심신안정실 중심)	연구용역
2	2019	심신안정실 내부 콘텐츠 고도화를 위한 현장적합성 실증연구	연구용역
3	2020	소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠 실효성 검증	자체연구

국립소방연구원에서는 소방공무원의 회복탄력성을 강화하기 위해 심신안정실을 중심으로 기초조사 연구를 수행하였으며, 소방공무원의 업무특성과 신체·정신건강, 회복탄력성의 의의, 국내 유사기관 사례(경찰청, 해양경찰, 소방청), 해외 소방공무원 멘탈케어 사례(미국, 일본, 캐나다), 헬스·맨탈케어 기술 동향 등을 조사하였다. 또한 소방공무원 대상 설문조사를 통해 심신안정실에 대한 특성과 소방공무원의 이용 의사 등을 조사하였으며, 소방공무원이 심신안정실에 요구하는 신규 장비(EMDR, 음향기기, VR, 전기자극기기, Motion core, LED 마스크)를 5종을 선정하였다. 또한 2019년에는 2018년에 선정된 5종 장비 중 가장 수요의견이 높은 가상현실(VR)을 중심으로 연구를 수행하였으며, 이동식 심신안정실을 구축하여 실제 소방서에서 운영하는 연구가 진행되었다. 실증운영을 통해 소방의 특수한 업무 환경에 적합한 심신안정실의 정신건강 콘텐츠의 방향이 제시되었다.

2020년에는 VR 플랫폼의 한계를 보완하고자 한국전자기술연구원과 협업하여 감상형

기능성 콘텐츠를 공동개발하고 현장실증을 통해 그 효과성을 입증하였다. 실무자 회의, 감상형 기능성 콘텐츠 플랫폼 시나리오 개발, 기능성 콘텐츠 플랫폼 인터뷰 문항 개발, 심신안정실 현황 조사, 감상형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영 등 체계적인 연구를 통해 자체 연구를 수행하였다.

제2절 국외 연구 현황

1. 국외 논문

국외 연구논문 분석을 통해 소방공무원을 대상으로 스트레스 감소를 위해 어떠한 연구가 수행되는지 조사하고 운동이나 요가가 어떠한 방향으로 적용되는지 또한 효과성 입증을 어떠한 분석을 통해 입증하는지 문헌탐색을 실시하였다(표 2.4).

표 2.4 관련 국외 논문 리스트

구 분	년 도	논 문 명	주 저 자
1	2017	Nature-related mood effects: Season and type of nature contact	A. Brooks
2	2017	Place, Green Exercise and Stress: An Exploration of Lived Experience and Restorative Effects	G. Olafsdottir
3	2020	Interventions for the Prevention and Management of Occupational Stress Injury in First Responders: a Rapid Overview of Reviews	J. Antony
4	2021	Stress and Importance of Psychological Preparation of Firefighters	Živković Snežana
5	2021	An Examination of Yoga to Improve Symptoms of Post-Traumatic Stress in Firefighters	A. J. Weathers-Meyer

A. Brooks(2017)은 자연 접촉에 따른 사용자의 불안과 우울증을 표준화된 설문지를 통해 측정하였다. 직접 자연을 접촉한 집단이 스트레스 완화에 가장 효과적이라고 밝혔다[18].

G. Olafsdottir(2017)는 녹색 운동은 사람의 스트레스를 감소시키는 데 효과적이라고 보고하였으며, 참가자 개별의 생리 반응인 코티솔을 통해 스트레스를 분석하였다. 체육관에서 스레드밀을 타는 집단, 반 자연 휴양지를 체험하는 집단, TV와 의자를 통해 자연 영상을 감상하는 집단으로 나누어 분석하였을 때 삼림지대와 이끼로 덮인 용암지대를 걸은 참가자의 스트레스 수준이 가장 크게 감소하였다. 또한 새 노래 등의 자연 배경소리가 포함된 비디오와 함께 걷기운동을 한 참가자에게서도 긍정적인 수준의 스트레스 감소를 인터뷰로 확인하였다고 밝혔다[19].

J. Antony(2020)의 연구에 따르면 요가는 경찰학교 훈련프로그램에 편입되어 스트레스, 기분, 마음가짐에 미치는 영향을 평가하였으며 6개의 요가 수업 후에 인지된 스트레스가 유의미하게 감소한 것으로 확인하였다. 또한 피실험자인 경찰학교 학생들도 요가 수업에 대해 긍정적이라는 평가를 받았다[20].

Živković Snežana(2021)는 스트레칭 운동, 요가, 마사지 등이 소방관들에게 편안하게 느끼도록 돕고 스트레스에 대한 신체 저항력을 강화한다고 밝혔다. 또한 소방관들에게 심리에 대한 이해와 지식을 전달한다면 보다 효과적이라 제시하고 있다[21].

A. J. Weathers-Meyer(2021)의 연구에 따르면 소방관은 업무수행에 있어 일상적으로 스트레스에 노출되어있으며, 108명의 경력직 소방관을 대상으로 주당 60분 요가 수업을 1~3회, 6주간 제공하였을 때 참가자들의 감정 조절과 상호 인식에 대한 긍정적인 효과가 있다고 밝혔다[22].

국외에도 국내와 유사하게 스트레칭 운동이나 요가 활동을 통해 사람의 스트레스 완화를 위해 연구 중이며, 스트레스를 분석하기 위해 정성적인 설문 도구나 인터뷰를 통해 스트레스 검증을 하고 있다. 과도한 근골격계에 부담을 품고 있는 현 소방공무원의 업무환경과 유사할 것으로 생각되며, 소방공무원에게도 적용 가능한 연구라 판단되었다.

제 3 장 연구 수행내용 및 결과

제1절 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 분석을 위한 연구 수행내용

1. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발을 위한 사전 실무자 회의

활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 시나리오 개발을 위해 국립소방연구원과 전자기술연구원의 실무자 회의를 진행하였으며 협업 연구를 위한 업무분장 및 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 프로그램을 선정하였다.

활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 개발을 위한 업무분장으로 국립소방연구원은 요가와 스트레칭을 주요 운동으로 하는 활동형 콘텐츠 시나리오 기획과 소방관서 2개소에 대한 현장 대원 대상 실증 운영, 마지막으로 실증 운영 시 소방공무원 인터뷰를 통한 정성적 데이터 측정 및 분석을 수행하게 되었다. 전자기술연구원은 개발된 생체신호 측정 모듈을 통해 스트레스 정량 측정 및 검증, 감상형 기능성 콘텐츠 보완 및 고도화를 맡았으며, 체험형 기능성 콘텐츠 제작을 수행하게 되었다.

2. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 시나리오 개발

가. 심신안정실 활동형 신규 콘텐츠 개발을 위한 자문회의 개최(그림, 표 3.1)

활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 시나리오 개발을 위해 정신과 및 재활의학 전문의 3명을 포함한 자문회의를 개최하였다. 전문의의 의견을 통해 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 프로그램의 프로세스를 선정하였으며 시나리오 선정을 위한 체험형 콘텐츠 프로그램 구성에 대한 4가지 질문과 향후 감상형 및 활동형 콘텐츠의 PTSD 완화까지의 확장성에 대한 질문 3가지를 포함한 총 7가지 주요 질문에 대한 논의가 이루어졌다. 질문에 대한 답변을 통해 활동형 기능성 콘텐츠 시나리오와 프로그램을 구성하였다.



그림 3.1 심신안정실 활동형 신규 콘텐츠 개발을 위한 자문회의

표 3.1 활동형 기능성 콘텐츠 시나리오 개발을 위한 자문회의 질의 및 답변

구분	질의사항	답변	
1	감상형 콘텐츠 개발에 대한 전반적인 전문가 의견·개선사항	❶ 영상·활동 프로그램의 개수를 다양화하여 사용자에게 신선함을 지속 제공	체험형 프로그램 구성
2	요가 및 스트레칭 관련 심신 안정에 도움이 될 동작	❶ 마음챙김요가를 참고하여 일반 요가가 아닌 신체감각과 호흡을 자각하는 요가 필요 ❷ 소방공무원들이 실제 근골격계 통증과 밀접하여 이를 완화할 수 있는 요가, 코어 운동, 스트레칭 등이 포함되면 긴장 완화에 도움 ❸ 소방공무원이 수행할 수 있는 적절한 강도의 운동 프로그램 구성 필요	
3	체험형 콘텐츠 내 명상 프로그램 구성	❶ 일회성으로 효과적인 상황별 또는 사용자 증상별 콘텐츠 추천 알고리즘 필요, 바이오피드백을 통한 복식호흡, 이완훈련 등 필요 ❷ 명상의 경우 스트레스와 긴장 완화는 지속적인 연습과 피드백이 필요	
4	소방 스트레스 완화를 위한 심신안정 관련 최신 참고자료	❶ 국가트라우마센터 홈페이지에서 안정화 기법의 기본적인 자료 확인 가능	
5	향후 PTSD 완화로 연계되는 방안	❶ 요가나 스트레칭 등 규칙적인 운동을 통해 수면 질 향상과 PTSD 저감에 효과적	체험형 기능성 콘텐츠 확장성
6	기능성 콘텐츠와 연동되는 애플리케이션의 구현 될 기능	❶ 소방공무원 대상으로 수면과 관련된 자가체크 기능 및 수면위생교육 필요 ❷ 모바일 애플리케이션 활성화를 위해 사용자의 흥미와 동기유발이 가능한 콘텐츠가 필요하며 사용 시간대가 영향을 미치는 주요 요소 ❸ 애플리케이션을 통한 모바일 명상 기능 필요 ❹ 기능성 콘텐츠의 활용도를 높이기 위해 근무 중에도 사용 가능한 명상이나 기타 애플리케이션 개발 필요	
7	본 과제에 대한 참고 의견 및 조언	❶ 제시된 개발 내용 및 목적에 전반적인 내용이 포함되어 있음 세부적인 사항은 추가로 의견 제공 가능 ❷ 과도한 요가는 근골격계 부상으로 사용자에게 부정적인 영향을 미칠 수 있으며 요가와 스트레칭은 분리하여 운영할 수 있어야 함	

나. 소방공무원 대상 설문조사

소방공무원 153명에게 수행된 설문조사는 일반적 특성 5문항, 스트레스 1문항, 선호도 1문항, 기능성 콘텐츠 필요성 1문항으로 수행하였다(표 3.2). 조사 방법은 온라인 설문 플랫폼인 구글 설문지를 통해 수행되었으며, 총 300명 중 153명(51%)이 응답하였다.

표 3.2 소방공무원 대상 설문조사 내용

(n=153)

구분1	구분2	질문내용
일반적 특성	성 별	1) 귀하의 성별은 어떻게 되십니까?
	연 령	2) 귀하의 연령은 어떻게 되십니까?
	계급(직급)	3) 귀하의 계급은 어떻게 되십니까?
	경 력	4) 귀하의 근무경력은 얼마나 되십니까? 5) 귀하의 업무 수행 기간은 얼마나 되십니까?
	업무분야	6) 귀하의 분야는 어떻게 되십니까?
스트레스	업무 스트레스	1) 귀하가 수행한 업무 중 가장 스트레스가 많았던 업무 분야는 어떻게 되십니까? 2) 어떠한 업무나 요인이 스트레스를 유발하였습니까?
선호도	콘텐츠 유형 (정적, 동적, 복합형)	3) 스트레스 감소를 위한 힐링 콘텐츠의 경우 자연을 볼 수 있는 감상형 또는 스트레칭 등 간단한 활동형 중 어떠한 내용이 효과적이라 생각하십니까?
기능성 콘텐츠 필요성	사용 의사	1) 스트레스 저감을 위한 기능성 콘텐츠 장비들이 보급된다면 사용하실 의사가 있으십니까?
	콘텐츠 연구 필요성	2) 소방 현장 대원의 효과적인 스트레스 감소를 위한 심신안정실 신규 콘텐츠에 관한 지속적인 연구가 필요하다고 생각하십니까?
	콘텐츠(장비) 필요성	3) 심신안정실에 스트레스 저감을 위한 새로운 콘텐츠(장비)들이 필요하다고 생각하십니까?

응답자의 일반적인 특성 중 성 비율은 남성 141명(92.2%), 여성 12명(7.8%)으로 소방공무원 성 비율인 남:여=10:1 비율과 유사하게 나타났다. 응답자의 업무 분야 또한 구급 46명(30.1%), 구조 46명(30.1%), 화재진압 37명(24.2%), 행정 24명(15.7%)으로 소방공무원 업무 분야 비율과 유사하게 나타났다. 응답자의 업무 경력 중 계급은 소방위 60명(39.2%), 소방장 56명(36.6%), 소방교 16명(10.5%), 소방경 이상 14명(9.2%), 소방사 7명(4.5%) 순으로 나타났으며, 현장 경력은 10~20년은 71명(46.4%)이 가장 많았으며, 20년 이상 50명(32.7%), 10년 미만 32명(20.9%)으로 나타났다(표 3.3). 응답자는 주로 현장에서 활동하는 응답자들로 구성되어 있음을 확인할 수 있었다(그림 3.2).

표 3.3 응답한 소방공무원의 일반적 특성

구분		응답	
1	응답자 성 비율	남자	141명(92.2%)
		여자	12명(07.8%)
2	응답자 업무 분야	구급	46명(30.1%)
		구조	46명(30.1%)
		화재진압	37명(24.2%)
		행정	24명(15.7%)
3	응답자 업무 경력	소방사	7명(4.5%)
		소방교	16명(10.5%)
		소방장	56명(36.6%)
		소방위	60명(39.2%)
		소방경 이상	14명(9.2%)
		10년 미만	32명(20.9%)
		10년 이상 20년 미만	71명(46.4%)
		20년 이상	50명(32.7%)

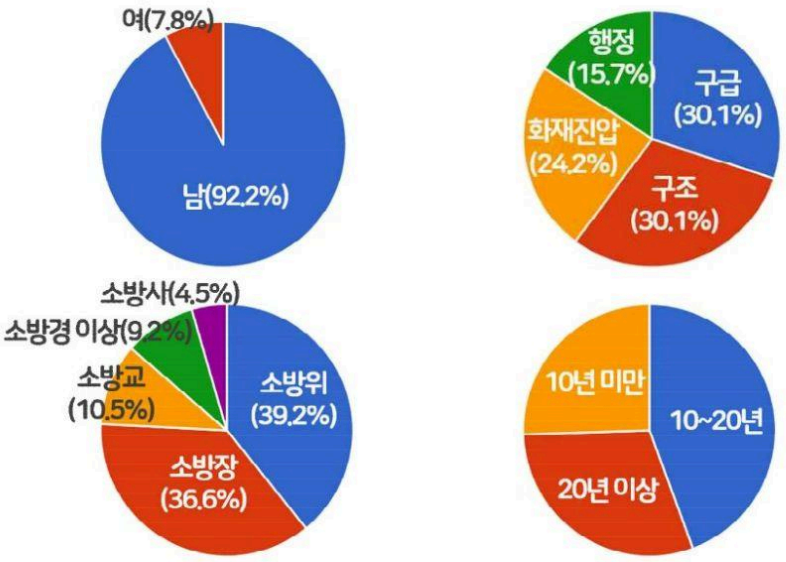


그림 3.2 응답한 소방공무원의 일반적 특성

업무별 스트레스 요인으로는 민원이 대다수의 요인인 행정을 제외하고 '구급'에서는 '갑질, 폭행, 민원'이 23명(50.0%)으로 가장 많았으며, '현장 부담감' 13명(28.3%), '근무체계 및 협조' 10명(21.7%)으로 나타났다. '구조'에서는 '참혹한 현장'이 28명(60.9%)으로 가장 많았으며, '민원 및 부담감' 13명(28.3%), '위험성 및 한계' 5명(10.9%)으로 나타났다. '화재진압'에서는 '현장의 위험성'에 대해 16명(43.2%)이 응답하였으며, '진압 능력 한계' 12명(32.4%), '민원 및 부담감' 9명(24.3%)으로 나타났다(표 3.3).

표 3.3 응답한 소방공무원의 업무별 스트레스 요인

구분		응답		
1	구급	❶ 갑질, 폭행, 민원	❷ 현장 부담감	❸ 근무체계 및 협조
		23명(50.0%)	13명(28.3%)	10명(21.7%)
2	구조	❶ 참혹한 현장	❷ 민원 및 부담감	❸ 위험성 및 한계
		28명(60.9%)	13명(28.3%)	5명(10.9%)
3	화재진압	❶ 현장의 위험성	❷ 진압 능력 한계	❸ 민원 및 부담감
		16명(43.2%)	12명(32.4%)	9명(24.3%)

스트레스 완화를 목적으로 하는 콘텐츠의 선호도 조사 결과로 '형태'는 '복합형(명상 및 활동)'이 66명(43.1%)으로 가장 많았으며, '활동형' 45명(29.4%), '감상형' 42명(27.5%)으로 나타났다(표3.4).

표 3.4 응답한 소방공무원의 기능성 콘텐츠 플랫폼 선호도

구분		응답		
1	형태	❶ 복합형(명상 및 활동)	❷ 활동형	❸ 감상형
		66명(43.1%)	45명(29.4%)	42명(27.5%)

기능성 콘텐츠 필요성 부분에서 '사용 의사'의 경우 '사용하고 싶다.'가 137명(89.5%)으로 가장 많았으며, '사용하고 싶지 않다.' 11명(7.2%), '기타' 5명(3.3%)으로 나타났다. '콘텐츠 연구 필요성'에서는 '필요하다.'가 145명(94.8%)으로 가장 많았으며, '필요하지 않다.' 7명(4.6%), '기타' 1명(0.7%)으로 나타났다. '콘텐츠(장비) 필요성'에서는 '필요하다.'가 143명(93.5%)로 가장 많았으며, '필요하지 않다.' 9명(5.9%), '기타' 1명(0.7%)로 나타났다(표 3.5).

표 3.5 응답한 소방공무원의 기능성 콘텐츠 필요성

구분		응답		
1	사용 의사	❶ 사용하고 싶다	❷ 사용하고 싶지 않다	❸ 기타
		137명(89.5%)	11명(7.2%)	5명(3.3%)
2	콘텐츠 연구 필요성	❶ 필요하다	❷ 필요하지 않다	❸ 기타
		145명(94.8%)	7명(4.6%)	1명(0.7%)

응답한 소방공무원 대부분이 업무적인 요인으로 인해 스트레스를 받는 것으로 나타났으며, 감상형 및 활동형 콘텐츠에 대한 필요성에 대한 응답은 매우 긍정적으로 판단되었다. 또한 요가나 스트레칭 등 활동적인 콘텐츠에 대한 요구가 가장 큰 것으로 나타났다.

3. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증방안 검토 자문

활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 분석 인터뷰 문항의 보완을 위해 기존 스트레스 지수 측정을 위한 해밀톤 우울증 평가척도(Hamilton Depression Rating Scale, HDRS)와 백 불안 척도(Beck Anxiety Inventory, BAI)의 사용에 대한 전문가 검토를 수행하였다. 또한 활동형 기능성 콘텐츠 실증 시 발생할 수 있는 문제점들을 보완하기 위해 재활의학 전문이 2명과 가정의학과 전문의 1인에게 검토를 요청하였다(표 3.6).

표 3.6 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증방안 검토 자문내용

구분		내용
1	실증 운영	❶ 정신적 고위험군 실증참여 제외를 위한 간단한 사전 판단 방법
		❷ 해밀톤 우울증 평가 척도 및 백 불안 척도를 통한 스트레스 측정 보완방안
2	안정화	❶ 활동형 콘텐츠 지속 사용을 위한 사용자 안정화 방법
		❷ 과도한 스트레칭 또는 요가로 인한 부상 방지 방안

전문의 3인으로 구성된 자문단 의견으로는 실증 운영에서 정신적 고위험군의 실증참여 제외와 지속적인 상담 및 치료 권유가 필요하다 답변하였으며, PAR-Q(신체활동 준비도 설문)를 통한 참여자의 사전 건강 상태 파악이 중요하다 하였다. 또한 HDRS와 BAI를 통한 스트레스 측정 방법은 타당하다 답변하였다. 안정화 방안에서는 사용자의 지속적인 참여를 위한 신체 안정화 방법과 부상 방지방안이 필요하다 답변하였다. 콘텐츠 참여 인원의 부상 위험 방지를 위해 단계별 운동 강화가 필요하다 하였으며 생체

징후와 신체활동 변화에 사용자 스스로 모니터링이 가능한 도구가 필요하다 하였다. 반복적인 콘텐츠 체험 후 사용자에게 안정을 줄 수 있는 마사지 도구가 필요하다 응답하였다.

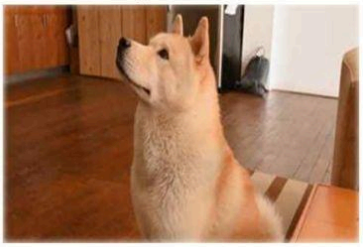
4. 감상형 기능성 콘텐츠 영상 고도화

감상형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 영상 고도화는 2020년 수행된 감상형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영 시 대응기술연구실에서 도출한 개선점을 전자기술연구원에 전달해 감상형 영상 콘텐츠 고도화가 수행되었다. 고도화된 영상은 4K 영상 화질에 맞춰 개발되었으며 동물 영상 10종, 음식 영상 10종, 일상 5종, 자연 10종, 파티클 5종을 추가하여 총 40종의 영상 콘텐츠로 고도화하였다(그림 3.3).


1) 동물 1


2) 동물 2


3) 동물 3


4) 동물 4


5) 동물 5


6) 동물 6


7) 동물 7


8) 동물 8


9) 동물 9


10) 동물 10


11) 음식 1


12) 음식 2


13) 음식 3


14) 음식 4


15) 음식 5

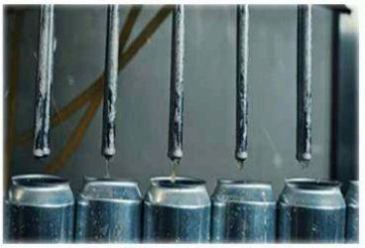

16) 음식 6


17) 음식 7


18) 음식 8


19) 음식 9

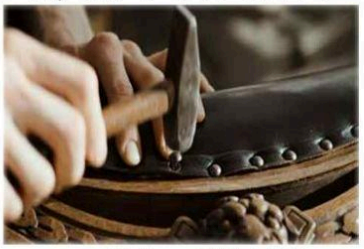

20) 음식 10


21) 일상 1-맥주공장


22) 일상 2-비가 오는 도시


23) 일상 3-목재 조형

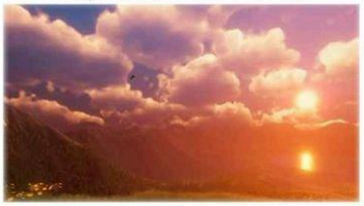

24) 일상 4-시계 태엽


25) 일상 5-가죽 공예


26) 자연 1-보라색 꽃


27) 자연 2-분홍색 꽃


28) 자연 3-참나리


29) 자연 4-황혼의 산 중턱


30) 자연 5-안개 낀 숲속

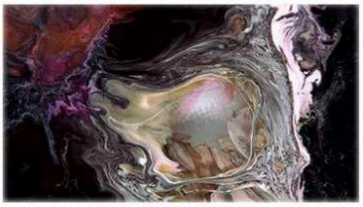

31) 자연 6-한적한 해변


32) 자연 7-숲속의 폭포


33) 자연 8-초봄의 냇가


34) 자연 9-벼가 익는 밭


35) 자연 10-강과 산


36) 파티클 1-섞이는 물감


37) 파티클 2-푸른 불빛의호수


38) 파티클 3-캠프파이어


39) 파티클 4-깊은 바다의 고래


40) 파티클 5-달빛아래 춤추는 고래

그림 3.3 감상형 기능성 콘텐츠의 고도화된 영상

5. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영

가. 활동형 콘텐츠 실증 운영 및 공간구획

실증 운영은 총 2곳인 광주북부소방서와 호남119특수구조대에서 진행되었으며 체험자들의 본 업무에 방해가 되지 않도록 A, B, C, D 총 4구역 순환과 4단계의 진행, 5명의 운영자로 구성하였다(그림 3.3). 대기 공간(A)의 경우 체험자들에게 활동형 기능성 콘텐츠에 대한 설명과 정성적 분석을 위한 인터뷰 설명을 진행하였다. 안정화 공간(B)에서는 사용자의 안정화를 위해 휴식을 제공하였으며, 인터뷰 공간(C)에서는 사전・후 인터뷰와 만족도 조사를 진행하였다. 마지막 기능성 콘텐츠 공간(D)에서는 활동형 콘텐츠를 체험할 수 있게 구성하였다(그림 3.4).

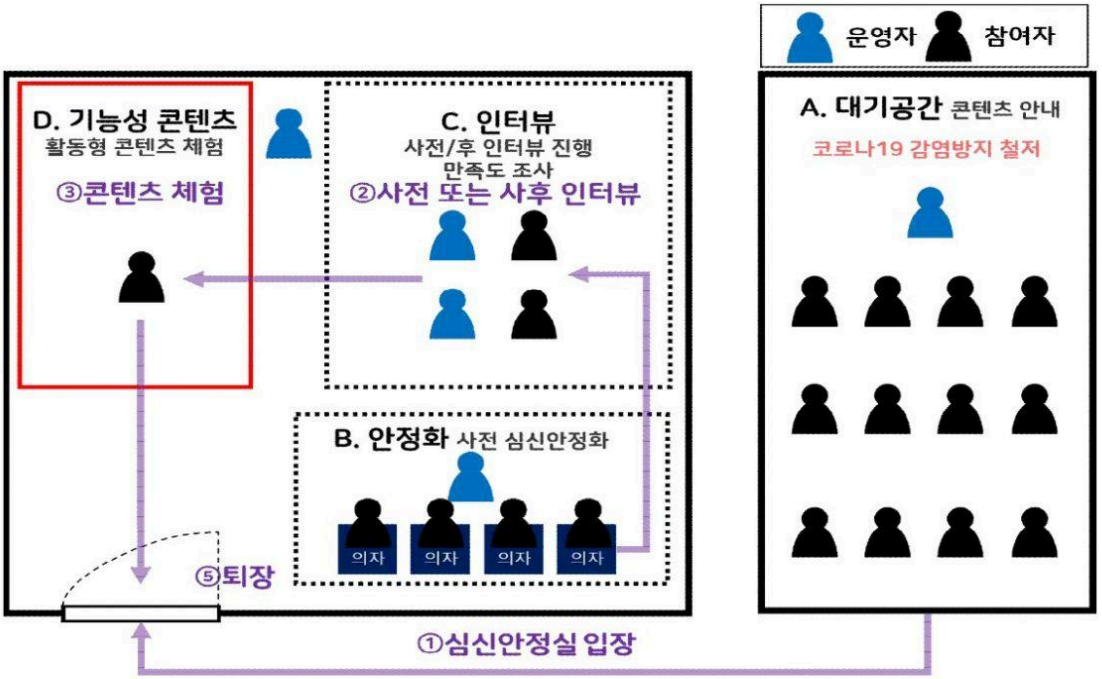


그림 3.4 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영 프로세스

활동형 기능성 콘텐츠 체험공간과 하드웨어는 전자기술연구원에서 구축하였으며, 독립된 방 형태로 제작되었다. 광주 북부소방서에 설치된 활동형 콘텐츠는 일반적인 1인이 사용할 수 있는 방으로 구획되어있으며, 내부에서는 체험자가 편히 활동할 수 있는 요가 매트와 콘텐츠 제시를 위한 빔프로젝터가 3면으로 설치되어 있다(그림 3.5). 호남119특수구조대에 설치된 활동형 심신안정실은 다면 디스플레이를 통해 디자인이 설계되어있다(그림 3.6). 압력 패드 형태의 무자각형 생체신호 센서 모듈은 체험자의 실시간 생체신호인 심박과 호흡을 실시간으로 모니터링하고 측정하도록 설계되었다(그림 3.7).



그림 3.5 활동형 콘텐츠 명상 및 요가 구축 사진(광주북부소방서)

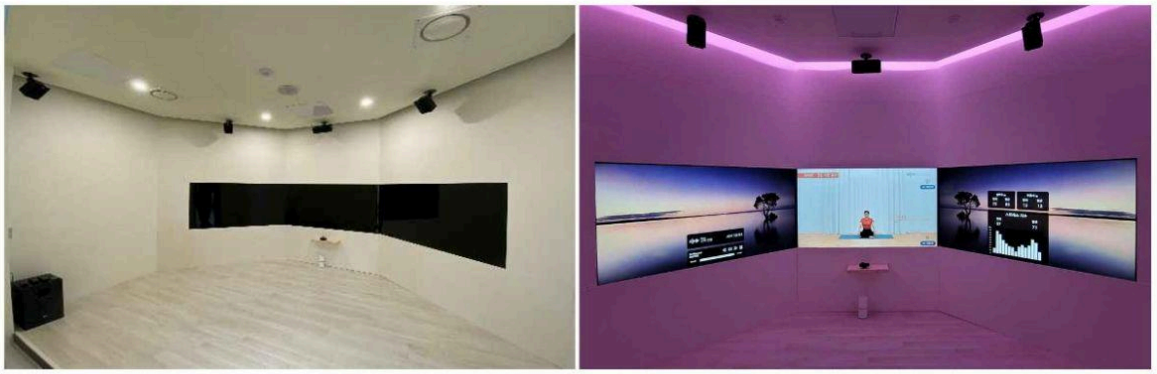


그림 3.6 활동형 콘텐츠 구축 사진(호남119특수구조대)

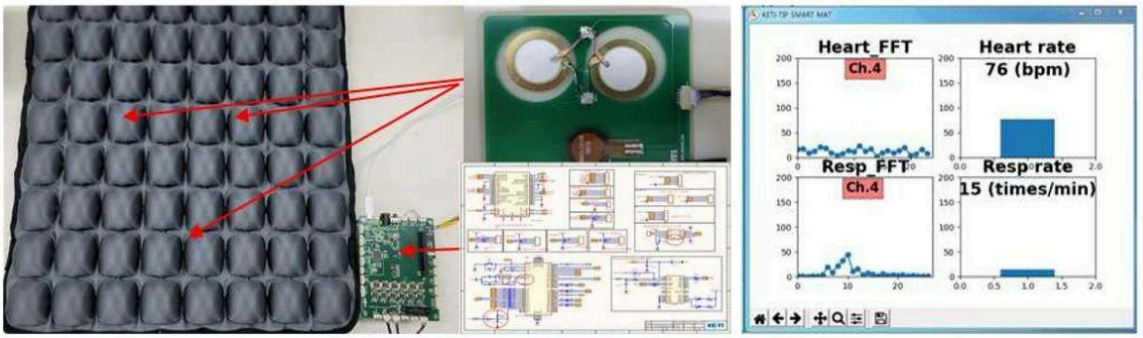


그림 3.7 전자기술연구원의 무자각형 센서 최종개발 시제품 및 생체신호 모니터링

6. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 분석

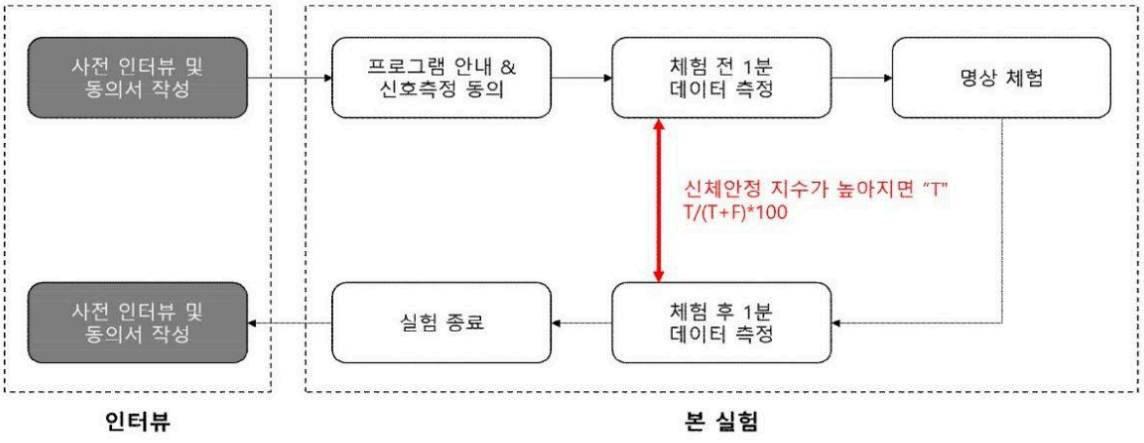


그림 3.8 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 분석 절차

가. 정성적 분석방안

활동형 기능성 콘텐츠의 효과성 분석으로는 사전·후 스트레스 인터뷰 질문을 통해 분석되었다. 인터뷰 설문은 온라인 설문인 구글 설문지를 활용하였으며, 인터뷰마다 정신건강 질문 2종(우울, 불안)을 진행하였으며 체험 후 인원에게는 만족도 조사를 추가로 시행하였다. 정신건강 중 우울은 문헌상 자주 사용되고 있는 해밀톤 우울증 평가 척도(Hamiltom Depression Rating Scale, HDRS)를 인용하였으며, 불안 또한 문헌에 자주 언급되는 백 불안 척도(Beck Anxiety Inventory, BAI)를 인용하여 인터뷰를 진행하였다.

해밀톤 우울증 평가 척도(HDRS)는 총점에 따른 우울증을 구분하였으며, 전체 점수가 0~6점일 경우 '정상', 7~18점일 경우 '약한 우울증', 19~24점일 경우 '중간정도의 우울증', 25점 이상일 경우 '심각한 우울증'으로 판단한다(표 3.7). 백 불안 척도(BAI)의 경우 22~26점일 경우 '불안 상태'로 보았으며, 27~31점일 경우 '심한 불안 상태', 32점 이상일 경우 '극심한 불안 상태'로 판단하였다(표 3.8). 체험자별 사전·사후 인터뷰를 통해 정신건강 점수를 비교하는 방식으로 활동형 기능성 콘텐츠의 스트레스 감소 효과성을 검증하였으며, 체험자의 개인정보 보호를 위해 특징지을 수 있는 민감정보는 수집하지 않았다.

표 3.7 HDRS 평가척도

구분	정상	약한 우울증	중간정도의 우울증	심각한 우울증
HDRS	6점 이하	7~18점	19~24점	25점 이상

표 3.8 BAI 평가척도

구분	불안상태	심한 불안상태	극심한 불안상태
백 불안 척도	22~26점	27~31점	32점 이상

정성적 분석을 위해 광주북부소방서와 호남119특수구조대 소방공무원을 대상으로 총 39문항에 대한 응답을 크론바흐 알파 계수(Cronbach's α)를 측정하여 인터뷰에 대한 신뢰도를 검정하였다(표 3.9). 또한 인터뷰 사전·후 결과를 대응 표본 t-검정을 통해 측정값을 검정하여 효과성에 대해 통계적인 분석을 진행하였다. 사전 집단과 사후 집단의 비교를 위해 정신건강 우울의 귀무가설(H_0)은 "소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 우울감의 변화는 없을 것이다." 이며 대립가설(H_1)은 "소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 우울감의 변화는 있을 것이다." 로 설정하였다. 정

신건강 불안의 귀무가설(H_0)은 “소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 불안감의 변화는 없을 것이다.” 이며 대립가설(H_1)은 “소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 불안감의 변화는 있을 것이다.” 로 설정하였다. 결과에 대한 평균 분석은 통계분석 프로그램인 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 25.0를 이용하여 집단 간 차이를 분석하였다.

표 3.9 Cronbach's α 평가척도

구분	신뢰도 매우 높음	바람직함	수용가능	신뢰도나쁨	수용불가
Cronbach's α	0.9≦α	0.7≦α<0.9	0.6≦α<0.7	0.5≦α<0.6	α<0.5

나. 정량적 분석방안

정량적 분석은 광주북부소방서와 호남119특수구조대 소방공무원을 대상으로 진행되었으며, 스트레스 감소 효과를 검증하기 위해 생체신호를 명상에 따른 호흡과 연관된 분당 호흡수와 호흡의 안정을 통해 변화하는 심박수로 측정하였다. 선정된 2종의 유효변인은 검증 실험을 통하여 체험형 기능성 콘텐츠 사용 전과 사용 후의 측정 결과를 대응 표본 t-검정을 수행하여 $p < 0.05$에 해당하는 변인 도출과정을 진행하였다.

대응표본 통계량

		평균	N	표준편차	평균의 표준오차
대응 1	Y_pre_HR	72.08	72	5.375	.633
	Y_post_HR	71.17	72	5.063	.597
대응 2	Y_pre_Resp	10.42	72	2.306	.272
	Y_post_Resp	10.85	72	1.616	.190
대응 3	M_pre_HR	75.03	74	5.495	.639
	M_post_HR	70.07	74	5.796	.674
대응 4	M_pre_Resp	11.38	74	2.595	.302
	M_post_Resp	9.49	74	1.974	.229

대응표본 상관계수

		N	상관계수	유의확률
대응 1	Y_pre_HR & Y_post_HR	72	-.102	.392
대응 2	Y_pre_Resp & Y_post_Resp	72	.097	.419
대응 3	M_pre_HR & M_post_HR	74	.453	.000
대응 4	M_pre_Resp & M_post_Resp	74	.330	.004

대응표본 검정

		대응차					t	자유도	유의확률 (양쪽)
		평균	표준편차	평균의 표준오차	차이의 95% 신뢰구간 하한	차이의 95% 신뢰구간 상한			
대응 1	Y_pre_HR - Y_post_HR	.917	7.753	.914	-.905	2.738	1.003	71	.319
대응 2	Y_pre_Resp - Y_post_Resp	-.431	2.684	.316	-1.061	.200	-1.361	71	.178
대응 3	M_pre_HR - M_post_HR	4.959	5.911	.687	3.590	6.329	7.217	73	.000
대응 4	M_pre_Resp - M_post_Resp	1.892	2.692	.313	1.268	2.516	6.045	73	.000

그림 3.8 정량적 분석을 위한 생체신호 유효변인 검증

사용자 반응 분석용 체험형 기능성 콘텐츠 사용자 상태 판단 알고리즘은 최대 120에서 최소 60의 분당 심박수에 대한 기준으로 0에서 60까지의 점수와 최대 30에서 최소 5의 분당 호흡수에 대한 기준으로 0에서 25까지 점수 합의 역산을 신체 안정 지수로 계산하였다.

$$Physical\ Stability\ Index = 100 - [(Heartrate/\min - 60) \div 60 \times 50] + [(Respiration/\min - 5) \div 25 \times 50]$$

실험 절차는 체험 전 1분간의 심박수와 호흡수를 측정하고 활동형 콘텐츠 체험 후 1분간의 심박수와 호흡수를 재측정하였다. 측정된 신호는 사용자 상태 판단 알고리즘을 통한 신체 안정 지수를 구하여 체험 전 지수보다 체험 후 지수가 높아지면 'T(True)', 낮아진 경우 'F(False)'로 판단하였으며, 본 실험에 대한 심신 안정 효과성은 T/(T+F)×100으로 계산하였다.

$$Effectualness(\%) = \frac{T}{T+F} \times 100$$

스트레스 감소의 정량적 분석을 위해 광주북부소방서와 호남119특수구조대 소방공무원을 대상으로 측정된 신체 안정화 지수의 사전·후 결과를 대응 표본 t-검정을 통해 측정값을 검정하여 효과성에 대해 통계적인 분석을 진행하였다. 사전 집단과 사후 집단의 비교를 위해 신체 안정화 지수의 귀무가설(H_0)은 "소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 신체 안정화 지수의 변화는 없을 것이다." 이며 대립가설(H_1)은 "소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 신체 안정화 지수의 변화는 있을 것이다." 로 설정하였다.

제2절 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영 분석 결과

1. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 정성적 분석 결과

가. 신뢰도 검정 결과

광주북부소방서 및 호남119특수구조대 소방공무원를 대상으로 수행된 인터뷰 결과의 신뢰도 계수는 '사전-우울'에서 0.669로 '수용 가능'의 검정 결과가 나타났으며, '사후-우울'는 0.349 '수용 불가', '사전-불안'은 0.740 '수용 가능', '사전-

불안' 0.689 '수용 가능'으로 나타났다(표 3.8). '사후-우울'에서 신뢰도가 낮은 이유로는 같은 측정 도구를 이용하여 같은 대상을 서로 다른 시간에 측정하는 재검사법의 성숙효과(maturation effect)*로 사전 대비 사후 시 신뢰도가 낮아진 것으로 판단된다(표 3.10).

* 연구 기간에 시간이 지남으로써 개인에게 일어나는 신체적 및 심리적 성장이 독립변수의 종속변수에 대한 영향을 불분명하게 함

표 3.10 효과성 분석을 위한 인터뷰 질문지의 신뢰도 검정

구분		Cronbach's α	결 과
우울	사전	0.669	수용 가능
	사후	0.349*	수용 불가
불안	사전	0.740	수용 가능
	사후	0.689	수용 가능

나. 사전·후 정성적 분석 결과

HDRS 측정 결과 '사전-우울'의 경우 '정상' 17명, '약한 우울증' 22명이었으며 체험 인원의 평균 점수는 7.615로 '약한 우울증'으로 나타났다. 사후 인터뷰에서는 '사후-우울'의 경우 응답한 39명의 체험자 모두 '정상'이었으며, 체험 인원의 평균 점수는 1.589 평균 우울 점수가 4배 이상 감소하였다.

BAI 측정 결과 '사전-불안'의 경우 39명의 모든 인원이 '정상'으로 평균 점수는 4.128으로 나타났다. 사후 인터뷰에서는 '사후-우울' 또한 모든 인원이 '정상'이었으며, 체험 인원의 평균 점수는 0.667로 평균 불안 점수가 6배 이상 감소하였다(표 3.11).

표 3.11 사전·후 HDRS와 BAI 측정 결과

(n=39)

구분	사전		사후		평균 점수 변화		
					사전	사후	감소량
우울감	정상	17	정상	2	7.62	1.59	6.03
	약한 우울증	22	경증	6			
	중간정도의 우울증	0	중증	0			
	심각한 우울증	0	심각	0			
불안감	정상	39	정상	39	4.13	0.67	3.46
	불안상태	0	불안상태	0			
	심한 불안상태	0	심한 불안상태	0			
	극심한 불안상태	0	극심한 불안상태	0			

활동형 기능성 콘텐츠의 사전·후 우울과 불안에 대한 대응 표본 t-검정 결과로 '우울' 은 평균간 차이 검정 결과 유의확률= 0.000으로 유의수준 0.05 범위에서 앞서 제시된 귀무가설(H_0) "소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 우울감의 변화는 없을 것이다." 를 기각한다. 따라서 "소방공무원의 기능성 콘텐츠 체험에 따른 우울의 변화는 있다." 라고 결론지어진다. '불안' 은 평균간 차이 검정 결과 유의확률= 0.000으로 유의수준 0.05 범위에서 앞서 제시된 귀무가설(H_0) 소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 불안감의 변화는 없을 것이다." 를 기각한다. 따라서 "소방공무원의 기능성 콘텐츠 체험에 따른 불안의 변화는 있다." 라고 결론지어진다. 통계학적으로 사용 전 집단과 사용 후 집단을 비교하였을 때 활동형 기능성 콘텐츠의 스트레스 감소 효과는 있는 것으로 나타난다(표 3.12).

표 3.12 소방공무원 스트레스 감소 정성적 효과성 분석 결과(SPSS)

		대응차					t	자유도	유의확률 (양측)
		평균	표준화 편차	표준오차 평균	차이의 95% 신뢰구간				
					하한	상한			
대응1	사전우울 -사후우울	6.02564	4.46912	0.71563	4.57692	7.47436	8.420	38	0.000
대응2	사전불안 -사후불안	3.46154	3.89903	0.62434	2.19762	4.72546	5.544	38	0.000

2. 기능성 콘텐츠 플랫폼 효과성 정량적 분석 결과

소방공무원 74명에 대한 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 스트레스 감소는 신체 안정 지수가 높아진 인원 66명과 반대로 낮아진 인원 8명으로 나타났으며, 전체 참여자 대비 심신 안정 효과를 본 인원은 전체 74명 중 66명인 89.19%로 나타났다(표 3.13).

$$Phsical\ Stability\ Index(\%) = \frac{66}{66+8} \times 100 = 89.19$$

표 3.13 광주북부소방서 및 호남119특수구조대 스트레스 감소 정량적 효과성 분석 결과

구분	체험 전			체험후			비교	구분	체험 전			체험후			비교
	심박수(분)	호흡수(분)	신체안정지수	심박수(분)	호흡수(분)	신체안정지수	변화(T/F)		심박수(분)	호흡수(분)	신체안정지수	심박수(분)	호흡수(분)	신체안정지수	변화(T/F)
1	71	11	79	70	10	81	T	**38**	84	11	68	65	9	88	T
2	80	12	69	80	9	76	T	**39**	75	14	69	71	9	83	T
3	77	12	72	71	8	85	T	**40**	74	12	74	73	9	81	T
4	75	12	74	73	9	81	T	**41**	73	10	80	70	12	77	F
5	69	14	75	68	9	85	T	**42**	81	9	74	67	8	88	T
6	73	11	77	64	9	89	T	**43**	67	11	83	70	13	75	F
7	75	11	75	64	7	92	T	**44**	79	13	68	74	7	85	T
8	66	11	82	72	11	78	F	**45**	66	11	83	60	9	91	T
9	73	9	81	65	9	88	T	**46**	72	13	75	75	12	74	F
10	72	13	74	76	13	70	F	**47**	71	12	76	63	11	86	T
11	78	10	75	71	10	81	T	**48**	82	10	71	79	12	70	F
12	70	14	74	69	10	82	T	**49**	79	15	64	75	11	75	T
13	78	15	65	60	14	82	T	**50**	77	9	78	64	8	91	T
14	69	15	73	68	10	83	T	**51**	64	13	80	62	11	85	T
15	80	9	74	87	7	75	T	**52**	74	8	83	78	11	74	F
16	74	8	83	70	7	88	T	**53**	82	8	76	80	7	80	T
17	84	9	72	81	7	79	T	**54**	71	14	73	67	13	78	T
18	71	13	75	67	13	78	T	**55**	79	10	74	78	10	75	T
19	85	7	76	70	10	82	T	**56**	82	7	78	74	8	83	T
20	70	18	66	69	12	78	T	**57**	77	8	80	75	8	82	T
21	77	18	60	70	11	80	T	**58**	76	12	73	62	8	93	T
22	81	11	71	68	10	84	T	**59**	78	10	75	73	7	86	T
23	67	12	80	61	7	96	T	**60**	77	10	75	74	10	78	T
24	67	17	70	64	10	87	T	**61**	72	10	80	71	7	87	T
25	78	11	73	68	7	90	T	**62**	73	9	80	63	10	87	T
26	77	14	68	75	8	82	T	**63**	75	7	83	71	11	78	F
27	71	8	85	71	7	87	T	**64**	78	11	73	80	10	74	T
28	73	15	70	71	14	73	T	**65**	80	10	74	70	14	75	T
29	84	8	73	64	11	85	T	**66**	82	13	66	77	8	80	T
30	75	9	80	77	7	82	T	**67**	71	8	85	66	7	92	T
31	78	8	78	71	8	85	T	**68**	82	10	71	76	8	80	T
32	63	10	87	62	8	92	T	**69**	69	13	76	71	9	84	T
33	77	12	72	68	13	77	T	**70**	76	10	77	72	10	80	T
34	65	15	76	63	9	89	T	**71**	78	10	76	60	8	94	T
35	79	13	68	78	9	77	T	**72**	65	17	72	64	8	90	T
36	81	13	66	66	9	88	T	**73**	66	12	81	64	10	87	T
37	81	12	68	71	8	85	T	**74**	81	12	69	68	9	85	T

활동형 기능성 콘텐츠의 사전·후 신체 안정화 지수에 대한 대응 표본 t-검정 결과로 '신체 안정화 지수'는 평균간 차이 검정 결과 유의확률= 0.000으로 유의수준 0.05 범위에서 앞서 제시된 귀무가설(H_0) "소방공무원의 활동형 기능성 콘텐츠 체험에 따른 신체 안정화 지수의 변화는 없을 것이다."를 기각한다. 따라서 "소방공무원의 기능성 콘텐츠 체험에 따른 신체 안정화 지수의 변화는 있다."라고 결론지어진다. 통계학적으로 사용 전 집단과 사용 후 집단을 비교하였을 때 활동형 기능성 콘텐츠의 신체 안정화 효과가 있는 것으로 나타난다.

표 3.14 소방공무원 스트레스 감소 정량적 효과성 분석 결과(SPSS)

		대응차					t	자유도	유의확률 (양측)
		평균	표준화 편차	표준오차 평균	차이의 95% 신뢰구간				
					하한	상한			
대응1	사전신체안정 -사후신체안정	-8.02703	7.00484	0.81430	-9.64992	-6.40414	-9.858	73	0.000

제 4 장 목표 달성도 및 기대성과

제1절 목표 달성도 및 기대성과

본 연구과제의 최종 목표는 소방관서의 심신안정실 내 신규 콘텐츠인 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼을 구축하고 해당 콘텐츠의 효과성을 정성적(국립소방연구원) 및 정량적(전자기술연구원)으로 분석하는 것이었으며, 약 9개월 동안 연구가 수행되었다. 본 과제의 목표는 모두 성공적으로 달성되었으며 다음과 같이 정리하여 나타내었다.

1. 연구목표/평가착안점 및 달성도

표 4.1 본 연구 과제 연구목표 달성도

목표	평가착안점 연구 수행내용 및 결과	달성도(%)
감상형 콘텐츠 플랫폼 고도화 연구	1. 스트레스 완화 목적 감상형 기능성 콘텐츠 플랫폼 고도화 연구	100
	1. 기존 감상형 콘텐츠의 개선점 도출사항을 전자기술연구원에 전달하여 스트레스 완화 목적의 영상 테마 수 40종 추가	
활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 연구	1. 활동형 콘텐츠 수요·설문 조사 2. 소방 특화 활동형 기능성 콘텐츠 시나리오 기획 및 전문가 자문 검토	100
	1. 소방공무원 대상 설문조사를 통한 스트레스 요인 및 활동형 콘텐츠 수요조사 - 스트레스 요인 조사 - 소방공무원 기능성 콘텐츠 플랫폼 선호도 - 스트레스 감소 목적 활동형 기능성 콘텐츠 필요성 2. 전문의 자문을 통한 기능성 콘텐츠 시나리오 기획 및 검토 - 정신건강 및 재활의학 전문의 3인의 자문을 통한 활동형 기능성 콘텐츠 시나리오 기획 및 실증 운영 검토	
활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 현장실증	1. 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 적용 가능 관서 탐색 2. 소방공무원 사전·후 정성적·정량적 분석을 통한 스트레스 감소 효과성 분석	100
	1. 심신안정실 내 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 구축을 위해 광주북부소방서와 호남119특수구조대 협조 후 현장 적용 및 실증 운영 완수 2. 소방공무원의 사전·사후 인터뷰 및 생체신호 측정을 통해 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 효과성 분석 완료	

2. 정량성과 목표 달성도

소방현장대원 스트레스 감소를 위한 심신안정실 활동형 기능성 콘텐츠 실효성 검증 연구에서 목표 달성도로는 '시제품 현장 적용' 1건이 있으며, 전자기술연구원과 공동연구·개발된 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼이 광주북부소방서 및 호남119특수구조대에 시제품으로써 각각 2종씩 현장 적용 완료되었다. 또한 국립소방연구원의 개선점 보완 요청을 통해 기존 개발된 감상형 콘텐츠 또한 고도화하였다.

표 4.2 당해연도 정량성과 달성도

성과구분		세부 성과 지표	정량성과 목표(건)	달성도(%)
현장대응 효율화 및 시설물 소방안전도 제고를 위한 실용기술 개발	현장대응 효율화 및 시설물 소방 안전도 제고	기술이전	-	
		시제품 현장적용	2	200%
		정책개발/보급 (첨단장비 등 매뉴얼 보급, SOP반영)	-	

3. 기대성과

본 연구는 소방공무원의 스트레스 감소를 위해 수요조사를 시작으로 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 시나리오 기획과 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 구축을 위한 관서 심신안정실 조사, 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼 실증 운영을 진행하였다. 또한 해당 콘텐츠의 스트레스 감소 효과성을 분석하기 위해 정성적·정량적 분석을 수행하였다.

광주북부소방서 및 호남119특수구조대에 구축된 감상형 및 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼은 연구과제 종료 후 회수되는 일회성 연구가 아니며, 희망하는 인원에 대해 지속적인 사용을 가능케 한 콘텐츠이다. 향후 보완될 개인별 맞춤 스트레스 관리는 해당 소방공무원의 정신적인 스트레스 관리에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

소방과 같이 위험에 노출된 소방공무원에게 업무로 인해 불가피하게 발생하는 스트레스를 첨단장비들을 통해 지속해서 감소시키고 관리할 수 있는 하나의 플랫폼을 소방에 특화하고 검증하였다. 또한 경찰, 해양경찰 등 소방과 같이 현장 위험에 노출된 공무원들에게도 적용 가능한 범용성 있는 플랫폼이라고 판단된다. 이러한 플랫폼은 심신안정실을 활성화하고자 하는 소방청의 방향성에 부합하는 실용적인 연구라 판단되며 소방공무원을 참여 대상으로 한 본 연구 결과는 중요한 참고자료로 활용될 것이라 기대된다.

제 5 장 연구결과 활용계획

제1절 기능성 콘텐츠 플랫폼 활용계획

1. 활용계획

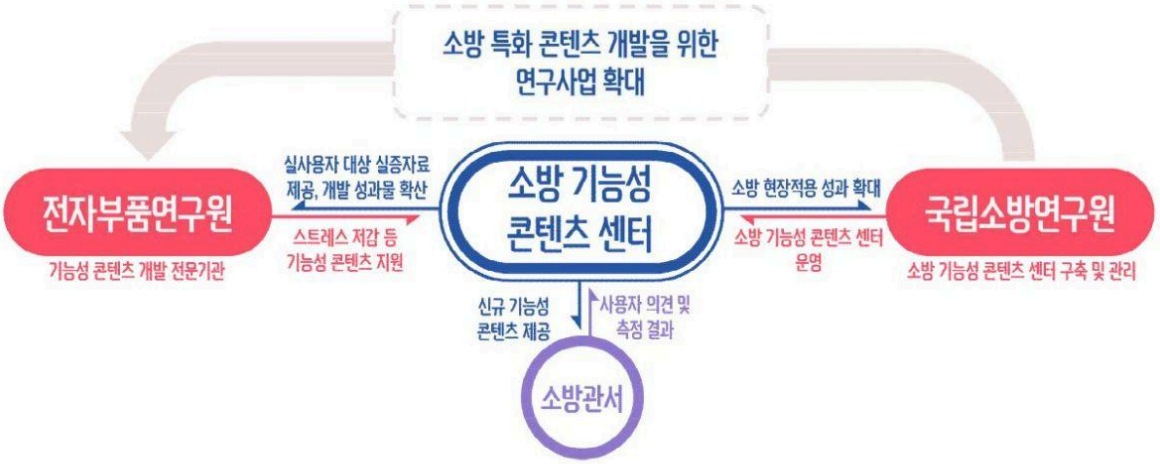


그림 5.1 심신안정실 기능성 콘텐츠 확대 방안

본 연구과제를 통해 개발된 감상형·활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼은 각 소방관서 현장 대원들의 스트레스를 완화하는 데 활용될 수 있으며 각각의 콘텐츠 플랫폼은 독립적인 방 형태로 제작되어 소방공무원이 상시 활용 가능케 하였다.

소방공무원을 대상으로 운영된 활동형 기능성 콘텐츠 플랫폼의 효과성 분석 결과들은 심신안정실 내 신규 장비들을 도입하고자 하는 관서 심신안정실 담당자들에게 신규 장비 도입 근거로 활용하고자 한다. 또한 스트레스 감소 연구 결과를 일선에 홍보하여 소방공무원 정신건강의 중요성을 다시 한번 상기시키고 국립소방연구원에서 소방 기능성 콘텐츠 센터를 구축하고자 한다. 구축된 소방 기능성 콘텐츠 센터를 활용하여 관련 특화 콘텐츠 개발을 위한 연구사업을 확대하고 나아가 소방공무원의 정신건강 회복 지원뿐만 아니라 다양한 목적으로 활용되고자 한다.

제 6 장 참고문헌

1. 소방청 기획조정관 정보통계담당관 2021. 소방청 통계연보. pp. 3~8.
2. 이상구, 이용규. 2007. 소방공무원의 직무스트레스 유발원인과 결과에 관한 실증적 연구: 직무특성, 역할 혼동, 동료관계와 조직몰입을 중심으로. 한국화재소방학회 논문지, 21(2), 74-86.
3. 최해연. 2020. 소방공무원의 직무스트레스가 소진에 미치는 영향: 소명의식의 조절효과를 중심으로. 한국화재소방학회지, 34(5). pp.78-85.
(https://doi.org/10.7731/KIFSE.b07af0ef)
4. 소방정책과. 2020. 전국 소방공무원 대상 2020년 마음건강 전수 설문조사 결과 보고
5. 고민수. 2018. 소방공무원 직무특성과 복지기본법 분석을 통한 보건·안전 및 복지시스템 개선방안 연구 : 제주도 소방공무원을 중심으로. 강원대학교 산업과학대학원 석사학위논문.
6. 이동기, 이중섭. 2018. 소방공무원들을 위해 심신건강관리 지원 강화해야. 전북연구원 이슈브리핑 187권
7. 소방청. 2021 소방청 국정감사 요청자료, 백혜련 의원 답변서
8. 소방청 기획조정관 정보통계담당관 2021. 소방청 통계연보. pp. 320.
9. 방성환, 송효숙, 심규식, 김동은, 정세빈. 2019 심신안정실 내부 콘텐츠 고도화를 위한 현장적합성 실증연구. 소방청 국립소방연구원 리빙랩 연구용역 최종보고서.
10. 남윤주, 오수진, 김은희, 남승규. 2018. 직장인의 스트레스와 여가활동이 만족과 행복에 미치는 영향. 예술인문사회 융합 멀티미디어 논문지, 8(4), pp. 883-891.
(https://doi.org/10.35873/ajmahs.2018.8.4.080)
11. 김유호, 류상일, 권설아, 이주호, 현승효, 이민규. 2018. 공공부문 종사자의 스포츠활동이 스트레스에 미치는 영향: 소방공무원을 중심으로. 한국치안행정논집, 15(3), pp. 43~68.
(https://doi.org/10.25023/kspsa.15.3.2018.11.43)
12. 김성환, 김종근. 2019. 스트레칭 운동이 소규모 사업장 근로자의 근골격계 통증 완화에 미치는 영향. 코칭능력개발지, 21(4), pp. 129-137.
13. 육영숙. 2019. 심리 건강관리에 초점을 둔 웰니스 요가 교양수업이 여대생의 양생실천, 마음챙김, 스트레스에 미치는 효과. 한국웰니스학회지, 14(2), pp. 305~318
(https://dx.doi.org/10.21097/ksw.2019.05.14.2.305)
14. 오지영, 박혜경. 2020. 환경자극에 의한 심박변이도 및 스트레스 반응 선행연구 분석. 한국과학예술융합학회, 38(2), pp. 231-241.

(https://doi.org/10.17548/ksaf.2020.03.30.231)

15. NTIS 과제 검색결과. 2017. 마음챙김 기반 신체-심리 운동 프로그램이 소방공무원의 외상 후 스트레스(PTSD) 증상 감소에 미치는 영향. 성신여자대학교.

16. NTIS 과제 검색결과. 2020. VR 기반 생체신호 측정 및 진단, 치유, 완화를 위한 힐링 콘텐츠 제공 서비스 시스템 구축. ㈜옴니씨앤에스.

17. 전자부품연구원 2017. 키즈/실버 세대의 정신건강을 위한 생체신호 기반의 안전한 VR/AR 플랫폼 기술. 한국콘텐츠진흥원, 2017년도 선정 문화기술 연구개발 지원사업 최종보고서.

18. Brooks, A. M., Ottley, K. M., Arbuthnott, K. D., & Sevigny, P. (2017). Nature-related mood effects: Season and type of nature contact. Journal of Environmental Psychology, 54, pp. 91-102.
(https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.10.004)

19. G. Olafsdottir, P. Cloke, C. Vögele, 2017. Place, Green Exercise and Stress: An Exploration of Lived Experience and Restorative Effects. Health & Place, 46, pp. 358-365.
(https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2017.02.006)

20. J. Antony, R. Brar, P. A. Khan, M. Ghassemi, V. Nincic, J. P. Sharpe, S. E. Straus, A. C. Tricco 2020. Interventions for the Prevention and Management of Occupational Stress Injury in First Responders: a Rapid Overview of Reviews. Systematic Reviews, 9, pp. 1~20.
(https://doi.org/10.1186/s13643-080-01367-w)

21. Živković Snežana , Veljković Milan. 2021. Stress and Importance of Psychological Preparation of Firefighters. Journal of Safety Engineering, 1(11), pp. 37~42.
(https://doi.org/10.5937/SE2101037Z)

22. A. J. Weathers-Meyer. 2021. An Examination of Yoga to Improve Symptoms of Post-Traumatic Stress in Firefighters. LSU Doctoral Dissertation. 5661.

[대응기술연구실]재난현장 골든타임 확보를 위한소방차량 우선신호시스템 확대 방안 연구 (박태희)

[대응기술연구실]소방청사 표준설계 가이드라인 개발 연구(2차년도)_(권진석)

[대응기술연구실]소방산업 육성 및 기술혁신을 위한 R&D 기획연구 (호서대학교)

[대응기술연구실]유해물질 제거 키트개발 연구 2차년도 방화복 전용세제 및 메뉴얼 개발 (박제섭)

[대응기술연구실]소방대원 청력 저해물질 노출 측정장비 개발 사전연구 (박제섭)

[대응기술연구실]리빙랩 시스템 활용 발전을 위한 연구성과 분석 및 성과관리 체계 도출 연구_((주)너비의 깊이)

[대응기술연구실]표준화를 위한 소방전문용어 개념 정립 연구_(한동훈)

[대응기술연구실]임무 시나리오 기반 소방드론 현장적용성 평가 연구_(김황진)

[대응기술연구실]무선통신 핸즈프리 소방헬멧 기능 분석 및 최적 디자인 개발 (한동훈)

[대응기술연구실]비화재보 저감을 위한 교차감지기술 적용 연구(1단계) (신영민)

[대응기술연구실]영상처리 기술 화재현장 적용성 연구(2단계) (신영민)

[대응기술연구실]산림인접지역 민가 및 시설물 보호를 위한 소화설비 실효성 검토 연구_(권진석)

[대응기술연구실]현장대응력 향상을 위한 이슈대응형 조사분석 및 실증실험 연구 (권진석)

전기자동차 화재대응 안내서

소방드론의 활용 및 연구 방향 안내서

지식재산권 업무매뉴얼

[대응기술연구실] 국립소방연구원 대응기술연구실 성과집 (2) (2019년)

[대응기술연구실] 국립소방연구원 대응기술연구실 성과집 (1) (2019년)

[대응기술연구실]소방차량 현장대응력 향상을 위한 물탱크 경량화 기획 연구_(이수호)

[매거진] DRONE 창간호



FIRE FIGHTING
DRONE

중앙소방학교 NATIONAL FIRE SERVICE ACADEMY | (30128) 충청남도 천안시 동남구 태조산길 269 Tel. 041-550-0927
COPYRIGHT(C) 2018 National Fire Service Academy. All rights reserved

ISBN : 11-1661000-000024-08

FIRE FIGHTING DRONE

2018. 12
창간호
www.nfsa.go.kr



소방드론 활성화 추진전략

연기속 빌딩 화재현장 내부수색 운용실험

중앙소방학교
초경량비행장치 전문교육기관 되다

2018년 전국소방기술경연대회
소방드론 전술운영 시범경기

재난현장 드론 매핑(1)
드론 매핑(mapping)이란



중앙소방학교
소방과학연구실

목 차

1. 소방드론 활성화 추진전략 00
전략 1 드론 개발
전략 2. 현장 운영 기반

2. 연기속 빌딩 화재현장 내부수색 운용실험 00

3. 중앙소방학교 _ 초경량비행장치 전문교육기관 되다! 00
소방교육의 요람으로써, 소방드론 전문이력 양성에 힘쓸 것
초경량비행장치란?
중앙소방학교 초경량비행장치 전문교육기관의 교육계획
선진화 된 드론교육을 위한 중앙소방학교의 계획
소방드론의 교육은 우리가 책임진다!
모든 교육시설이 한곳에!

4. 2018년 전국소방기술경연대회 _ 소방드론 전술운영 시범경기 00
드론은 단순한 취미가 아닌 소방대원의 눈이 될 것
정확하게 관찰하고 전달하라
첨단기술경기에 걸맞은 첨단채점시스템
희비가 엇갈리는 예선전
대망의 결승전!

5. 재난현장 드론 매핑(1) _ 드론 매핑(mapping)이란 00

"드론 활용 국가 선도 기관의 초석을 마련하겠습니다."



드론은 제4차산업혁명의 기술을 견인하는 원동력으로써 무인이동체 기술 산업과 일상생활 전반으로 활용 영역을 넓혀가고 있습니다. 우리 소방업무에서도 드론은 국민의 생명과 재산을 보호하고, 현장 소방대원들의 안전을 확보하는 중요한 구조장비로 주목받고 있습니다.

이에 발맞춰 중앙소방학교는 현장에 강한 핵심인재를 양성하기 위해 지난 8월 재난대응기관 최초로 "드론 전문교육기관"으로 지정받았습니다.

소방과학연구실은 재난특화드론을 연구하고, 현장운영 기반을 마련하여 우리 소방청이 드론을 활용하는 국가 선도기관으로 발전하기 위한 초석을 마련하고 있습니다.

재난현장 소방드론 활성화를 위한 첫걸음으로써 "소방드론 매거진"은 국내·외 최신 연구동향부터 관련정책까지 다양한 내용이 수록된 전문정보지입니다. 본 매거진을 통해 소방드론 개발 및 활용에 관심을 가진 모든 분들께 유용하게 활용될 수 있기를 기대하며, 나아가 드론산업 발전에 이바지하길 기원합니다.

2018년 12월

중앙소방학교장 이형철

1 소방드론 활성화 추진전략

국내 드론산업의 발전을 위해 공공기관에서는 드론을 활성화하기 위한 마중물 역할로서 새로운 업무들을 창출하고 있다. 소방에서는 이미 103대의 드론을 재난현장에서 활용하거나 교육용으로 활용하고 있으며, 89명이 국가 및 민간 조종자격을 보유하여 재난에 선제적으로 대응하고 있다.

2016년 1,500명의 소방공무원(현장대응 인력)을 대상으로 드론에 대한 필요성에 관해 설문조사를 한 결과 85.8%가 필요하다고 응답했지만,

우리가 쓰는 상용드론이 재난현장의 환경을 견딜 수 있을까?
더 이상 장난감 수준이 아닌 고가의 드론이 떨어진다면?
재난현장에서 드론 활용법을 누가 가르쳐 주나?

우리 그냥 참고해 모셔둘까?

재난현장 드론 활용 선도 Two-Track 전략 개발 시급!!

중앙소방학교 소방과학연구실과 소방청 119구조과는 이러한 문제점을 해결하고 재난현장에서 드론을 활성화시키기 위해 드론 개발과 현장 운영 기반 구축을 골자로 하는 투트랙 전략을 수립하고 단계적으로 이행하기 시작했다.



전략 1 드론 개발

• 소방청 주관 다부처공동사업 추진 •

2017년부터 추진한 다부처사업은 소방청이 주관하여 과기정통부, 산업통상자원부, 해양경찰청, 경찰청이 힘을 합하여 재난치안용 드론을 개발을 시작했다.

총 3가지 타입으로 개발되는 재난치안용 드론은 소방청, 해양경찰청, 경찰청이 임무장비를, 과학기술정보통신부는 통신 및 운항기술개발을, 산업통상자원부는 드론 기체를 개발한다. 다부처공동사업을 통해 드론 개발의 효율성을 높이고 중복성을 피하는 1석 2조 사업 방식 채택하고 20년까지 총사업비 490억원을 투자하여 개발하고 있다.



소방청 활용 시나리오



해양경찰청 활용 시나리오



해양경찰청 활용 시나리오

3가지 타입의 재난치안용 드론은 공통적으로 강한 내풍성능, 방수방진 성능을 가지고 있으며, 장애물 회피센서(Lidar)가 탑재되어 비행안전에 초점을 맞추었다. 아울러, 재난치안용 드론에 탑재되는 장비들은 소방청, 해양경찰청, 경찰청에서 요구한 드론활용 시나리오에 따라 투하장치, 유해물질탐지 장치, 방사능 측정장치, 스피커, 탑조등 등을 개발한다.

전략 2 현장 운영 기반 구축



'현장에 강한 핵심인재양성'을 위해 중앙소방학교는 2017년도부터 드론 교육과정을 개설하고 운영하고 있다. 드론 교육은 초급자를 대상으로 기초교육과 중급자를 대상으로 전술교육을 실시하고 있으며, 최근 항공안전법에서 규정하는 초경량비행장치 전문교육기관으로 지정 받아 2019년부터 국가자격자를 배출할 예정이다.

드론 교관은 현장대응경력 20년 이상, 초경량비행장치 지도조종자, 실기평가조종자 자격을 가진 소방관이 직접 교육을 실시한다. 소방현장에 관한 경험을 바탕으로 드론에 대한 전문지식을 보유한 교관들은 재난현장에서 소방드론의 역할에 관한 교육생의 이해를 돕고, 실습 위주 교육을 실시하여 교육의 질을 높이고 있다.


이론교육


시뮬레이션 비행 교육


이론교육


시뮬레이션 비행 교육

현장대응경력 20년 이상, 초경량비행장치 지도조종자, 실기평가조종자 자격을 가진 소방관이 직접 교육을 실시하여 소방드론의 역할에 관해 교육생의 이해를 돕고, 실습 위주 교육을 실시하여 교육의 질을 높이고 있다. 그리고 보수교육을 통해 일선에서 일하는 소방드론 운용자들의 기술이 녹슬지 않도록 지속적으로 교육을 실시하고 있다.

그리고 재난현장의 가혹한 조건과 발생 가능한 사고에 선제적으로 대응하기 위해 소방과학연구실에서는 다양한 실험을 기획하여 드론의 성능 한계성을 입증하고 있다.

과거 주요 재난사례를 바탕으로 드론의 활용영역을 확보하고, 이를 기반으로 매뉴얼 및 표준작전절차를 개발하기 위해 시나리오도 함께 개발하고 있다.



이제부터 시작

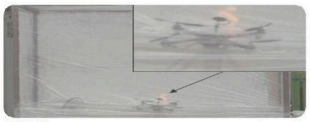
최근 소방드론 운영 규정을 개발하여 드론의 역할과 운용자의 책임 범위에 관해 규정화하여 재난현장에서 드론활용을 활성화하기 첫발을 내딛었다. 중앙소방학교 소방과학연구실은 소방청의 드론 활성화 정책에 발맞추어 교육과 연구 분야에서 다양한 지원 방안을 마련하고 있으며, 국민의 생명과 재산을 지키고 소방관의 안전을 확보하기 위한 다양한 정책개발도 병행하여 추진할 예정이다.

전략 3 현장 운영 기반 구축

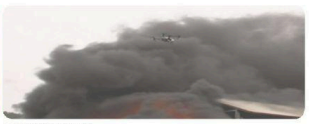


소방과학연구실은 재난현장에서 소방드론 운용 시 발생 가능한 사고와 다양한 환경에 관해 사전대응실험을 실시하여 문제점을 도출하고 있다. 다수의 드론 운용에 의한 충돌, 가연성 가스 내에서 발화원이 되는 드론, 화재실 내부에서의 드론 비행거동, 연기층 속에서의 드론 비행거동, 추락에 의한 충격량, 터널 내부 운용 등 다양한 실험사례를 통해 실증 매뉴얼을 개발하는데 힘쓰고 있다.

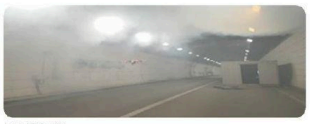

충돌실험


폭발실험


이론교육


시뮬레이션 비행 교육


추락실험


터널운용 실험

중앙소방학교 소방과학연구실은 소방청의 드론 활성화 정책에 발맞추어 교육과 연구 분야에서 다양한 지원 방안을 마련하고 있으며, 국민의 생명과 재산을 지키고 소방관의 안전을 확보하기 위한 다양한 정책개발 지원도 병행하여 추진할 예정이다.

2 연기속 빌딩 화재현장 내부수색 운용실험

연구보조원 김태동 |

소방에서의 드론은 구조대원이 즉각 투입하기 어려운 곳이나 해안·산악 같은 넓은 장소에서 신속하게 현장정보 또는 수색을 할 수 있어 재난현장에 골든타임을 사수 하고 있다. 현재 소방현장에서 드론활용으로 가장 많이 차지하는 것은 재난현장 모니터링 및 인명수색이다. 실제로 드론으로 모니터링이나 수색은 많이 활용되어 구조대원이 투입하는 것 보다 드론이 얼마나 골든타임을 확보할 수 있는지 데이터도 많이 나왔을 정도이다. 하지만 넓은 지역에서의 활용한 사례는 많지만 좁은 구역 즉 내부수색에 관련된 사례가 거의 없을 정도로 활용도가 작다.

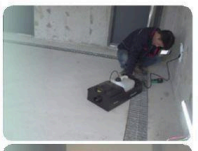
소방드론 운용자에게 인터뷰한 결과 내부수색 활용이 힘든 이유는 내부에서 GPS신호가 잡히지 않아 조종이 매우 어렵다. 그리고 고가의 드론으로 좁은 통로로 비행 시 사고날 확률이 높아 조종자로서 부담이 매우 높으며 FPV(1인칭시점의 비행)훈련이 미흡 한 소방드론운용자가 많기 때문에 내부수색으로 드론운용이 어렵다고 한다. 그래서 중앙소방학교 소방과학연구실이 연기거동실험장에서 연기를 피워 화재현장건물이라고 가정하고 드론으로 내부수색하여 운용실험을 해보았다.

기체	A	B
사진		
무게	734g	300g
대각선길이	335mm	170mm
비행시간	약30분	약16분
최대 전송 거리	4km	Wi-Fi 연결 100미터
배터리	3830mAh	1480mAh

이 실험에 사용된 드론은 D사의 A기체와 B 두가지의 드론이다. 지금 현재 상용화된 드론 중 휴대용 드론으로서 가장 주력인 기체이며 좁은 통로로 비행하기 알맞은 드론이라고 생각되어 이 기체들로 선정하였다.

실험환경은 강원소방학교 연기거동 실험장(빌딩형태의 건물)이며 외부에서 건물 뒷편 3층으로 들어가 2층 아래로 내려가서 계단을 타고 올라가 다시 3층으로 연기속에서 빠져나오는 코스로 진행되었다. 조종환경은 날씨는 매우 흐림, 외부 바람은 평균 초속 4m/s ~ 7m/s, 기본모드인 GPS모드, 장애물감지 센서는 드론 하부에 부착되어있는 비전센서만 활성화, 드론평균 수평속도는 3km/h로 실시, 조종자는 건물 앞 30미터 거리에서 모니터만 주시하고 비행하였다.











면저 A 기체로 실시하였다. 외부에 평균풍속이 4m/s이상 부는데도 좁은 문을 무난히 통과하였다. 그리고 내부로 진입하자마자 예상했던데로 GPS신호가 잡히지 않으며 자동으로 Atti(자세제어)모드로 변환되었다. 그나마 비전센서가 바닥을 인식하여 반자동으로 위치제어가 되어서 많이 흐르지 않은 상태였다.

그 다음 2층 아래로 진입하여 연기가 피워 오른 방으로 진입하였다. 진입 후 연기가 자욱히 피워올라 모니터시점에서는 희미한 불빛이나 벽체도 희미하게만 보일 뿐이 어서 조종자로서 매우 당황스러웠다. 연기속에서 특이했던점은 비전센서가 바닥을 인식을 못하여 위치제어가 되지 않으므로 수동으로 조종을 하지 않는 이상 기체가 매우 많이 흐른다. 또한 연기속에 공기밀도가 높아서 그런지 스로틀을 조작하지 않았음에도 불구하고 기압계센서의 고도보정이 높아졌다 낮아졌다 하는 등 약간의 고도 오차도 있었다.

연기를 빠져나와 2층 계단을 위로 올라가 3층까지 무난히 통과 후 다시 출입구로 빠져나와 조종자 앞에 무사히 랜딩하였다. A기체로 연기속 내부수색을 운용한 결과 건물에 유리벽 두꺼운 콘크리트 등 전파에 방해요소가 있음에도 불구하고 무난히 미션을 수행할 수 있었다.



두 번째 기체로 B를 실험하였다. 조건은 앞전의 A과 동일하며 A와 큰 차이점은 영상 및 조종신호는 wi-fi로 기체와 연결되어야 하며 조종신호거리는 A에 비해 매우짧고 중량 또한 매우 작다.

앞에 실험과 동일하게 출입구로 통과하는 과정에서 문제가 있었다. 먼저 건물 뒤편으로 진입하는 순간 영상신호가 2~3초정도 끊기는 등 전파신호가 매우 불안정 하였다. 또한 바람 초속 4m/s ~ 7m/s인 환경에서 중량이 작고 모터와 프로펠러의 효율이 비교적 중량이 작아서 그런지 바람부는 방향으로 밀리는 현상이 있었다. 이 때문에 기체가 출입구로 일직선으로 비행해야 하는데 계속 옆으로 밀려 진입이 매우 힘들었다. 5번 시도 끝에 겨우 꾸역꾸역하면서 들어갔었고 들어가는 순간 영상신호가 먼저 끊어져서 모니터비행은 불가하여 강제로 착륙 후 시동오프하였다.





B 기체는 애초에 셀피드론용도로 나왔기 때문에 전파거리가 매우 짧고 중량이 작기 때문에 내풍성도 약하므로 내부수색용도로는 사용하기 힘들다.

마지막으로 수행된 실험에서 연기속 화재현장건물에 진입할 때 전파세기가 강한 기체로 운용한다면 충분히 가능하다. 다만 필자가 충분히 가능하다는 조건은 숙련된 조종자가 운용했을 때 얘기이다. 지금 까지 드론으로 모니터링을 하거나 수색을 하는 것은 넓은 부지에서 운용하기 때문에 GPS신호가 좋으면 드론의 조종실력과 무관하게 기본만 된다면 충분히 안전하게 운용이 가능했다. 하지만 내부수색을 운용할 때는 얘기가 달라진다. 필자가 직접해







본 결과 단 1초라도 방심한다면 옆으로 부딪혀서 추락하기 일수여서 눈을 한순간이라도 떼면 안된다. 또한 실내에서는 GPS가 안되기 때문에 위치고정이 안되며 비전센서가 바닥을 인식하여 고정이 어느정도 된다고 해도 많이 흐르는 편이다. 또한 전후방 장애물감지 센서나 비전센서 등 연기속에 들어가면 무용지물이기 때문에 오로지 조종자의 감각으로만 헤쳐 나가야만 한다. 즉, 내부수색에서 믿을 건 내손가락밖에 없다.

하지만 불가능한 것은 아니다. 충분히 조종훈련하면 가능한 얘기다. 조종훈련을 하더라도 GPS나 비전센서 등 전부 끄고 비행을 해야만 효과가 있다. 왜냐하면 센서를 키고 조종훈련을 한다면 나중에 센서에 의존하게 되는 습관이 생기며 센서 없이는 안전비행이 힘들다. 자동차로 비유하자면 1종 보통 면허를 따야하는데 '오토'로 연습하는 셈이다.

따라서 우리 중앙소방학교 소방과학연구실은 이러한 조종능률을 높이기 위해 소방드론 전술운용 교육과정을 개설하여 수난, 산악, 건물화재 등 특수한 재난환경에서 소방드론 운용 중심의 교육을 진행하며 소방관들의 운용 능력을 극대화를 시킨다. 또한 소방드론 전술운용대회를 통한 서로의 드론조종능력을 뽐내면서 소방관들에게 능률을 향상시킬 수 있는 동기부여를 준다.



3 중앙소방학교
초경량비행장치 전문교육기관 되다!

중앙소방학교 소방과학연구실 **채상수** |



소방교육의 요람 중앙소방학교

중앙소방학교는 대한민국 미래소방을 이끌어 나갈 핵심인재들을 양성하고 지휘역량과 전문능력을 배양하는 소방교육의 요람이다. 2018년 공공부처의 드론 산업 마중물 역할과 아울러 재난현장 소방드론 활성화 정책에 발맞추어 중앙소방학교는 소방드론 전문운용인력 양성을 위해 항공안전법에서 규정한 초경량비행장치(드론) 전문교육기관을 관 최초로 지정받았다.



01 초경량비행장치란?

항공기와 경량항공기 외 항공안전법에서 정하고 있는 초경량비행장치는 동력비행장치, 행글라이더, 패러글라이더, 기구류 및 무인비행장치 등이 있으며, 일반적으로 사용하는 드론은 무인비행장치에 속하며, 자체중량 150kg이하를 뜻한다.



02 초경량비행장치 전문교육기관이란

초경량비행장치 전문교육기관은 항공안전법에서 규정하고 있는 초경량비행장치 조종증명 교육을 실시하는 교육기관으로서 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 전문교관의 현황, 교육시설 및 장비의 현황, 교육훈련계획과 규정을 서류와 현장심사를 통해 최종 선정된다. 초경량 비행장치 전문교육은 학과교육 20시간, 시뮬레이션 교육 20시간, 실기비행 20시간을 이수해야하며, 자체 학과시험과 실기시험을 통해 최종 교육 수료증이 발급된다.



03 선진화 된 드론교육을 위한 중앙소방학교의 계획

공주 연구단지이전과 더불어 추가 비행장 및 지도교관을 확보하여 보다 더 많은 소방공무원 교육을 통한 개인경비 및 일선관서 교육비 최소화로 예산절감에 힘쓸 것이며, 이와 더불어 공인된 교육훈련 및 평가를 통하여 운용자의 전문능력을 인정하여, 2차 사고 발생 시 운용능력 논쟁에 대응할 수 있는 기틀을 마련할 것이다.



04 중앙소방학교 초경량비행장치 전문교육기관의 교육계획

중앙소방학교는 매년 초경량비행장치 자격과정과 지도조종자 과정, 자격취득자를 대상으로 한 전술운용과정을 정규교육과정으로 연 9차례 편성 교육할 계획이며, 연간 120명의 수료인원 배출을 목표로 하고 있다. 교육내용으로는 전문교육기관 교육계획 및 관리규정에 따라 학과교육, 시뮬레이션교육, 실기비행교육 등으로 아래와 같이 이루어지며 전술운영과정은 화재, 수난, 산악 등 재난 유형별 특화과정으로 이루어질 것이다.

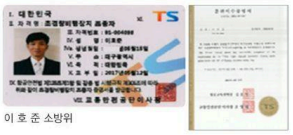
05 소방드론의 교육은 우리가 책임진다!

"내가 바로 실기평가조종자자격의교관!"



채 상 수 소방위

"오랜 경험으로 가르치는 실전형 교관!"



이 호 준 소방위



김 태 동 소방위

"젊은 열정으로 모든 걸 알려드리겠습니다!"



06 모든 교육시설이 한곳에!

현재 초경량비행장치 전문교육기관으로써 학과교육을 위한 강의실을 본관 1층과 3층에 마련하였으며, 실습생들의 모의비행교육을 위한 훈련장이 본관 1층에 위치하고 있다. 또한 실제 비행연습을 위한 실기교육 시설은 본교의 대운동장에서 이루어지고 있다.



07 체계적인 교육을 위한 다양한 기체!



교육용 기체

모 델 명 : Gryphon Dynamics 1200
규　　격 : 1,600mm*1,515mm*508mm
자체중량 : 13.6 kg
최대중량 : 23.8 kg
운영거리 : 최대 200 m
주 파 수 : 2.4 GHz

전술실습용기체



Matrice600



Inspire1



Cube X



Swing



Bebop2



Mavic



Spark



Phantom

4 2018년 전국소방기술경연대회
소방드론 전술운영 시범경기

중앙소방학교 소방과학연구실 박태희 |



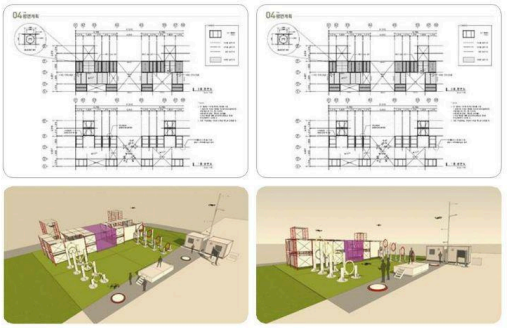
추진배경 예측 불가능한 재난현장에서의 신속하고 안전한 드론운용을 위해 소방공무원의 드론 현장운용 및 활용능력 강화를 목적으로 소방드론 전술운용 시범경기 개최

추진목적 연구개발 실용성 강화를 위한 소방드론 전문운용 인력 확대 및 고도화

경기개요

01 경기장 구성

재난현장과 유사한 환경 구현을 위해 총 20m x 20m 구획 내 훈련자용 부스, 이착륙 지점, 훈련모니터링용 상황판, 기본조종기술 코스, 공간 내 탐색코스, 지면수색 코스로 구성



02 경기장 방식

재난현장과 유사한 환경 구현을 위해 총 20m x 20m 구획 내 훈련자용 부스, 이착륙 지점, 훈련모니터링용 상황판, 기본조종기술 코스, 공간 내 탐색코스, 지면수색 코스로 구성



03 경기 규칙

2점 미션수행(임무기록)



2점 구간통과(장애물 통과)



채점 임무기록지 : 스크린
장애물통과 : 양방향 채점(스톱워치 + 자동측정 시스템)





팀당 경기시간(30분) : 준비(10분) + 경기(10분) + 평가(10분)

추첨을 통한 경기순서 결정 및 예선전 상위 성적자 60% 본선진출

심판진 주심(1명) : 역할
주심(2명) : 경기중단 요청 역할

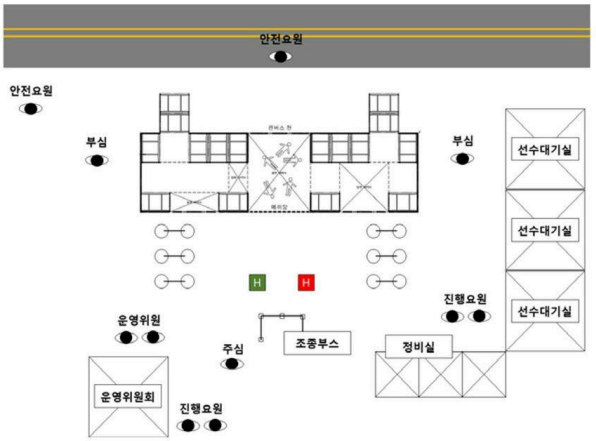


선수구성 2인1조(조종자 + 부조종자)



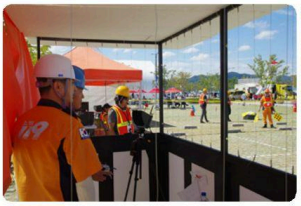
01 드론은 단순한 취미가 아닌 소방대원의 눈이 될 것

최근 소방에서 커져가는 재난의 규모와 피해로부터 신속한 대응을 위해 드론을 이용한 첨단 소방기술에 집중하고 있습니다. 또한 중앙소방학교 소방과학연구실은 교통안전공단으로부터 초경량비행장치 전문교육기관으로 인정받았으며, 소방드론 전문 인력 양성에 힘을 쏟고 있습니다. 또한 예측 불가능한 재난현장에서의 신속·정확한 드론운용을 위하여 소방대원의 소방드론 운용능력 강화를 목적으로 하는 전술운용 시범경기를 국내에서 지난, 9월 10일 충주에서 열린 전국소방기술경연대회에서 소방드론 전술운용 시범경기를 개최했습니다.



02 정확하게 관찰하고 전달하라

국내에서는 전술운용경기대회가 현재 시범적으로 개최되어지고 있으며, 매년 1회 열리는 대회이기도 합니다. 전국 15개의 시·도 소방본부에서 참가해주셨으며, 실제 재난현장에서 드론을 운용하시는 소방관분들이 선수로 출전해 주셨습니다. 일반적으로 오픈된 코스를 빠르게 주행하는 레이싱경기와 다르게 전술운용대회에서는 재난현장을 고려하여, 난이도 있는 다양한 구조물들을 신속하고 정확하게 통과하고 탐색하는 것이 목적인 경기였습니다. 또한 경기에 사용되는 기체는 상용제품이 아닌 장애물 탐지 센서가 없는 F450 조립기체를 이용하였으며, 공정한 평가를 위해 조립기체 모두 소방과학연구실에서 조립 및 세팅하여 선수들께 제공되었습니다. 오직 조종만으로 구조물을 통과하는 섬세한 조종 실력을 엿볼 수 있었습니다.





심판의 신호는 어떤 것일까?



심판 수기신호

1. 정상운영으로 판단 시 수기 올라가지 않음
2. 드론의 운용에 문제가 있다! (1개)
3. 드론의 운용이 불가능하다! (2개-경기종료)

03 첨단기술경기에 걸맞은 첨단채점시스템

경기진행은 조종자와 부조종자의 기체점검 후 이륙을 시작으로 상향링 통과, 수직하강 및 내부 수색, 지면 수색, 내부수색 및 수직 상승, 하향링 통과 마지막으로 착륙을 하는 코스였습니다. 코스통과 뿐만 아니라 LCD 스크린에 나타나는 숫자를 기입하는 임무도 존재하였습니다. 일반적으로 드론경기에서 소요시간을 측정하기 위해 타이머를 이용하지만, 전술운용 시범경기에서는 구조물 구간마다 설치된 센서가 드론의 통과시간을 측정하는 채점시스템이 구축되어 있었습니다.




04 희비가 엇갈리는 예선전

본선이 진행되기 전 예선을 통해 총 15팀 중 8팀만이 본선진출을 할 수 있었습니다. 예선전부터 보여준 선수들의 진지함과 신중함은 흡사 현장에 있는 듯한 느낌을 받았으며, 국민 한명으로서 든든한 마음이 들었습니다. 경기 내 팀들의 전술은 다양했습니다. 소요시간은 컸지만 신중하게 구간을 통과하여 높은 점수를 획득하는 팀부터 빠른 속도로 구간을 통과하여 소요시간을 최소화하는 팀까지 흥미진진한 전술을 보여주었습니다. 안타깝게도 드론이 전복되거나, 구조물에 걸려 탈락하는 팀들도 있었습니다. 첫째 날 예선을 마친 총 15개의 팀이 모두 본선에 출전하였으면 좋겠지만 안타깝게도 경남, 울산, 세종, 전북, 광주, 경북, 강원, 부산 순으로 총 8개의 팀만이 본선에 오르게 되었습니다.



05 대망의 결승전!

결승전은 예선전에서 기록한 순위의 역순으로 진행하게 되었습니다. 치열했던 예선전만큼 결승의 열기 또한 뜨거웠습니다. 시범경기임에도 다양한 관람객들이 관심을 가져주셨고, 언론에서도 관심을 가지고 취재를 요청하셨습니다. 총 8팀의 본선경기가 진행된 후 심판들과 운영위원들은 최종순위를 발표하였습니다. 1위 장관상은 경상남도소방본부의 윤지형(사), 손홍득(장) 소방관이, 2위 청장상은 울산소방본부 고정민(교), 강명호(위) 소방관이 마지막으로 3위 청장상은 세종소방본부의 임재은(장), 이병철(장) 소방관이 수상하였습니다. 다시 한 번 축하드립니다. 본선 경기 중 긴장을 너무한 탓인지 예선전에 보여주었던 실력을 끌내 다 못 보여준 팀들이 있었습니다만 내년 경기에 꼭 다시 본 실력을 뽐내주셨으면 좋겠습니다.







5 재난현장 드론 매핑(1)
드론 매핑(mapping)이란

드론 산업이 발전함에 따라 항공촬영에 국한된 기존의 드론의 활용영역에서 영상의 가공 및 재생산을 통해 새로운 부가가치를 창출하는 활용영역으로 확대가 진행 중이다. 드론 매핑(mapping)은 드론의 새로운 활용영역 중 하나로서 사진측량을 기반으로 상공에서 촬영된 사진을 합성하여 지형도 제작, 측량, 3차원 모델을 제작하는 업무이다. 드론 매핑은 항공측량과 절차 및 운영 방식은 유사하지만, 비용과 정밀도 측면에 우월하다.

항공측량	구분	드론측량
약7억원	장비취득비용	약 0.5억원
약40cm	항공사진해상도	약 10cm
약900만원	하천측량소요비용	약 450만원
20~30일	소요기간	1~2일
실시간 반영불가	실시간 촬영	실시간 가능
연간 80일 내외	운영가능일수	연간 250일 내외

표 1. 드론측량과 항공측량 비교(출처 : 기술인 신문, '17.12.15.)

드론매핑은 저고도항공측량을 기반으로 높은 해상도를 구현한다는 장점을 가진다. 일반적인 항공측량 및 매핑은 헬리콥터나 유인항공기를 활용하여 고도 300m 이상에서 촬영하며, 높은 품질의 이미지를 확보하기 위해 고가의 영상촬영장비를 채택하여 활용하고 있다. 반면 드론매핑은 150m이하의 고도에서 촬영하며, 필요시 근접하여 촬영하기 때문에 고가의 촬영장비 없이 고품질의 매핑결과물을 확보할 수 있다.



그림 1. 중앙소방학교 소방과학연구실 포털사이트 및 드론매핑 이미지 비교

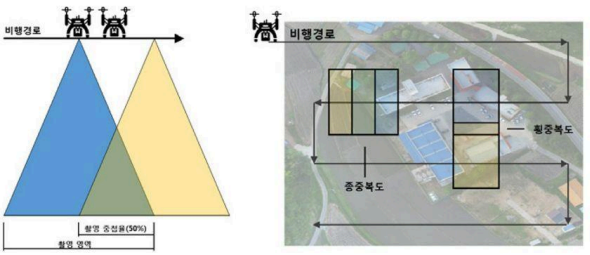


그림 4. 중복도에 관한 개념

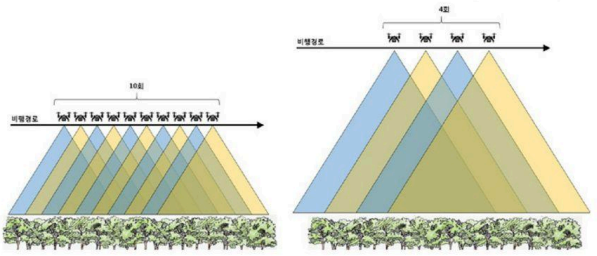


그림 5. 비행고도에 따른 중복도

매핑방법은 대상물 및 지역의 상공에서 비행경로에 따라 사진을 중첩하여 촬영하며, 중첩된 사진을 하나의 사진으로 정합하여 최종 결과물이 구현된다. 경로를 따라 비행하는 동안 일정한 비율로 중첩하여 찍는 것을 중복도라고 하며, 진행방향에 따라 중복은 종중복도(Overlap)와 횡중복도(Side Overlap)로 구분한다.

일반적으로 중복도 비율은 70~90%로 설정하며, 비율이 높을수록 매핑 품질이 높아진다. 중복비율을 높이는 방법은 낮은 고도에서 촬영 빈도를 높이는 방법과 높은 고도에서 찍는 방법이 있으며, 매핑의 목적에 따라 필요한 이미지의 품질에 따라 각각의 방법을 채용할 수 있다.

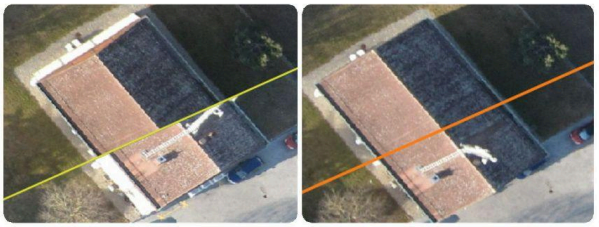


그림 6. 스티칭과 매핑의 차이(출처 : 세소니AV연구소)

사진을 중첩시켜 처리하는 다른 방법으로는 스티칭(Stitching) 방식이 있다. 스티칭은 촬영된 이미지를 단순이 붙이는 방식이며, 일반적으로 360 VR 영상을 편집할 때 가장 많이 쓰이는 방식이다. 매핑과 스티칭의 가장 큰 차이점은 정사보정 프로세스라 할 수 있다.

사보정(Orthorectification) 프로세스란 이미지의 기울기 혹은 지형효과의 영향을 제거하는 것으로 일정한 스케일을 가진 이미지를 보정하여 거리, 각도 및 영역을 정확하게 측정할 수 있는 알고리즘이다.

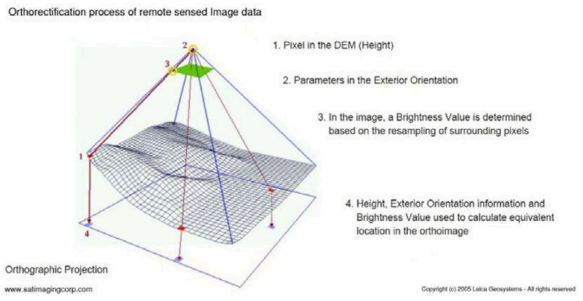
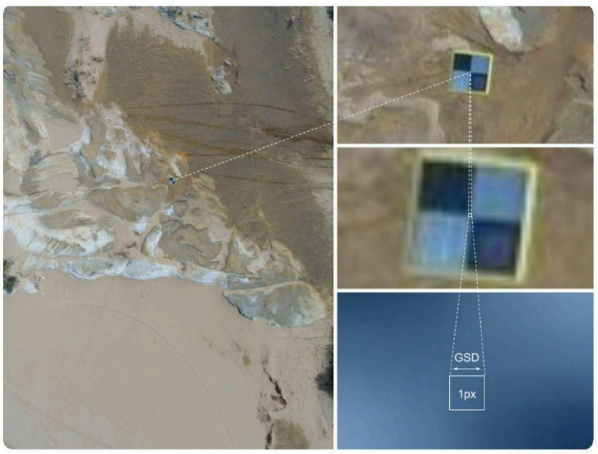
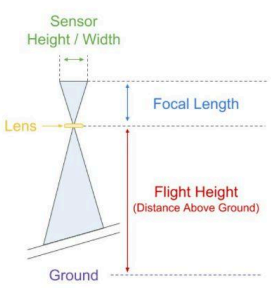


그림 7. 정사보정 기법(출처 Satellite Imaging Co.)



(출처) propeller site



매핑품질의 전제조건은 촬영된 이미지의 품질(해상도)이다. 이미지의 품질은 지상표본거리(GSD: Ground Sampling Distance)로 설명할 수 있으며, 지상표본거리는 이미지의 이웃한 픽셀 중간점 사이의 거리가 표현할 수 있는 실제 지역의 거리이다.

고품질의 이미지는 지상표본거리가 짧은 것을 의미하며, 이를 위해 고해상도 카메라를 사용하거나 저고도 비행을 통해 확보할 수 있다.

항공측량	구분	드론측량
상대적 정확성	특정한 2개의 지점 간의 거리에 대하여 실제거리와 매핑결과물의 차이	고해상도 카메라 저고도/다각도 촬영
절대적 정확성	특정한 1개의 지점에 대하여 드론의 GPS 좌표와 지상의 GPS 좌표와의 차이	GCP 활용 여부, GPS 정확성

표 1. 매핑의 정확성 확보 요소

아울러, 매핑품질을 높이는 방법으로 드론의 위치 정확성 필요하다. 매핑결과물의 정확성을 판단하는 기준은 특정 두 지점에 관한 매핑결과물과 실제 대상지역의 거리의 차이를 보는 상대적 정확성과 실제 대상지의 위치정보와 드론의 위치정보의 차이를 보는 절대적 정확성이 있다. 상대적 정확성은 고해상도 카메라를 활용하여 지상표본거리(GSD)를 축소시키거나, 다양한 각도 및 고도에서 촬영하여 이미지 중복도 비율을 높이는 방법이 있다. 절대적 정확성은 GPS 모듈이 가지는 오차범위를 줄이는 방법으로 지상기준점(GCP; Ground Control Point)을 설치하고 GPS 정확도를 올릴 수 있는 추가 장비 도입이 있다.

아래의 그림과 같이 드론으로 촬영된 이미지에는 GPS(GNSS) 정보뿐만 아니라 카메라의 정보까지 가 포함되어 있다. 실제 GPS 혹은 GNSS를 통해 얻게 되는 위치정보는 주변 환경에 따라 최대 30m까지(한국천문연구원) 발생하여 촬영정보의 오차를 증가시키는 주요 원인이 된다. 위치정보의 오차는 후처리 프로그램에서 수작업을 통해 보정할 수 있지만, 대상지역이 광범위할 경우 후처리시간을 증가시켜 작업 효율성을 떨어뜨리는 원인이 된다.

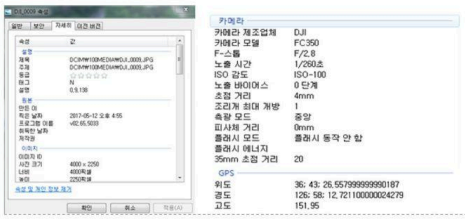


그림 10. 드론 촬영 이미지에 포함된 정보

위치 정확도를 향상시키는 방법으로는 실시간 이동측위(RTK:Real Time Kinematic) 모듈을 장착한 드론이 대표적이다. 실시간 이동측위란 기준국의 반송파 위상에 대한 보정치를 이용해 실시간으로 센티미터 정도의 측위결과를 얻는 일련의 과정이다. 실시간 이동측위는 지상국과 드론으로 구성되며 오차를 감지하고 보정하는 절차는 다음과 같다.

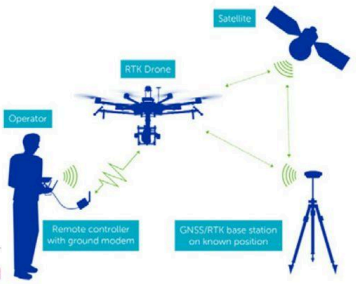


그림 11. 실시간 이동측위(RTK) 방법

1. 위도/경도/고도를 사전에 알고 있는 위치에 지상국(GPS Base) 설치
2. 지상국에서 측정한 정확한 위치정보와 오차를 계산하여 드론(GPS Rover)에 전송
3. 드론에 수신된 위치정보 오차를 통해 드론에서 수신 중인 GPS 데이터 오차 보정



그림 12. 소방과학연구실 보유 매핑용 드론 및 지상국

매핑의 활용영역은 앞서 설명한 측량부분도 있지만, 건물의 역설계에서도 많이 활용된다. 역설계(Reverse Engineering)란 대상물의 설계 자료의 부족할 때 정밀한 측정으로 치수와 재질을 도출하여 구조를 분석하는 공학이다. 역설계 분야에서는 드론 외에도 3D스캐너 등 다양한 측정장비들이 활용되며, 3차원으로 구현된 대상물을 재구현하여 컴퓨터 모델로 구성할 수 있는 장점이 있다.

드론의 매핑분야는 드론산업의 새로운 시장을 형성하고 있다.
소방업무에서도 관할구역 예방과 재난지역 복구 자원에서 드론 매핑을 활용할 수 있는 업무 영역이 이미 형성되어 있으며, 어떻게 적용하면 되는지에 관한 답을 제시하면 된다.
다음 편에서는 화재현장과 매핑에 관해 다루고자 한다.

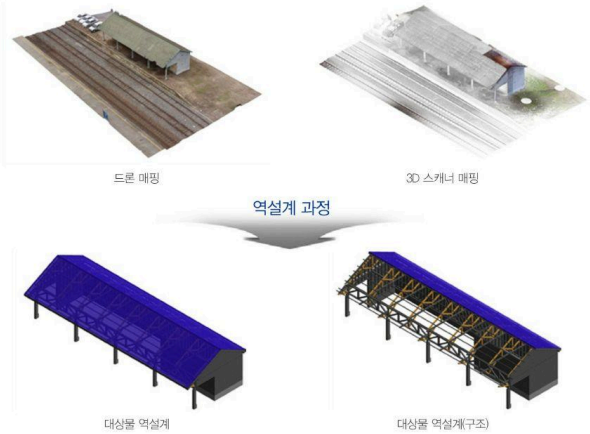
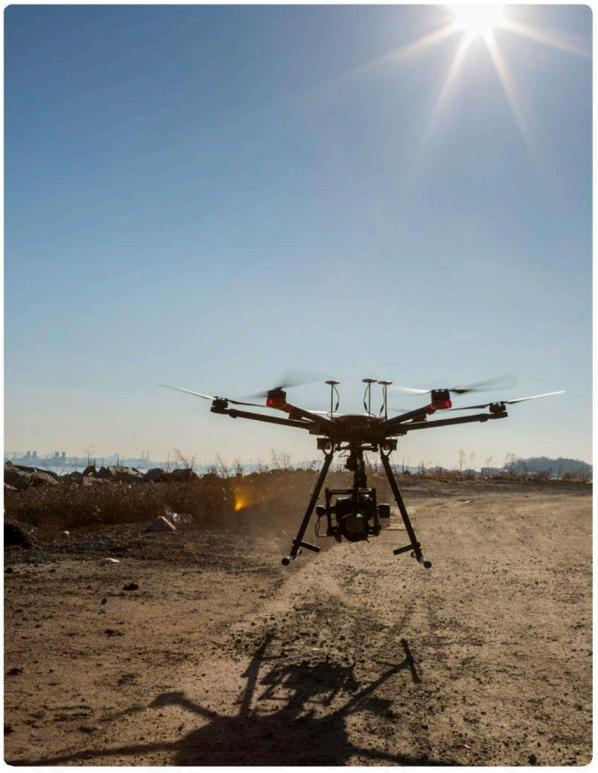


표 5. 드론매핑 및 3D 스캐닝을 통한 대상 건축물 역설계(출처 : (주)에프엠웍스)



2018 사용자참여형 소방연구개발 연구성과집

2017 사용자참여형 소방연구개발 연구성과집

2016 사용자참여형 소방연구개발 연구성과집

논문

바이오디젤 혼합물의 가열잔분측정과 폭발한계 측정을 통한 발화 및 폭발위험성에 대한 실험적인 연구

연구목적: 바이오디젤의 위험성을 ASTM 시험규격에 의해 특정한 온도에서 열잔분측정과 발화점 및 폭발한계 측정을 통해 측정 평가함으로써 화학화재의 원인물질의 위험성을 확인하고, 보편적인 평가방법 도출 그리고 그에 따른 물질의 위험성 관련 데이터를 확보함으로써 화재원인 감식과 감정에 활용할 수 있을 것이고, 다른 화학물질에 위험성평가에 적용할 수 있을 것이다. 연구방법: 바이오디젤의 위험성을 측정하기 위해서 특정한 온도에서 얼마나 많은 가연성 액체를 발생하는가를 측정하는 가열잔분 측정법을 사용해서 측정해 보았다. 가열은 KS M 5000 : 2009 시험방법 4111을 적용해서 실험을 해보았다. 또한 발화점 측정은 ASTM E659-782005서 규정하는 방법으로, 에너지 공급방식은 정온법을 이용하여 측정하였다. 아울러 폭발한계 측정은 ASTM E 681-04「Standard test method for concentration limits of flammability of chemicals(Vapors and gases)」시험규격에 의해 실험을 진행하였다. 연구결과: 가열잔분법으로 가연성액체량의 확인결과 105±2℃에서 3시간 방치했을 때의 일반디젤의 가열잔분은 약 30%정도(휘발분 70%), 바이오디젤의 경우 약 4%정도로 측정되었다. 또한 가열온도 150±2℃, 3시간과 200±2℃ 1시간의 가열잔분의 값은 유사한 결과를 얻었고, 200℃이상에서는 흰색연기를 발생시켰다. 아울러 일반디젤, 20%의 바이오디젤 함유된 일반디젤, 100% 바이오디젤의 폭발(연소)한계를 실험적으로 확인해 본 결과 유사한 값을 얻었다. 따라서 인화위험성이 폭발위험성에 영향을 크게 미치지 못하는 경향을 확인하였다. 결론: 본 연구에서의 결과는 기존의 위험물안전관리법에서의 위험물 판정 기준에 대한 세부 내용의 실효성 확보 및 위험물 판정의 신뢰성 및 재현성 확보를 목적으로 인화성 혼합물에 대한 실험적 연구를 통해서 혼합물에 대한 위험성 판단 기준을 제시하였고, 향후 소방현장에서 단속되는 인화성 액체 대한 실험적 판정 기준에 대한 참고적인 자료를 제공할 수 있을 것이다. 또한 본 연구로 시험방법별 차이 실험에 대한 노하우를 축적한다면 위험물의 위험성 평가 연구에 있어 기초 자료이자 위험물 판정 관한 연구의 기반으로 활용될 수 있기를 기대한다.

구급차 접촉감염 예방을 위한 동 및 동합금 항균시트 적용성 평가

FT-IR을 활용한 유류성분 화재증거물 검출 기법 연구

인접한 전기자동차의 화재 성상에 관한 실험 연구

소방공무원 심신안정을 위한 기능성 콘텐츠 적합성 평가(2단계)

농연에 의한 드론 수신 전파 감쇠에 관한 연구

전기자동차와 가솔린자동차의 실물화재 비교분석

화재현장의 소방대원 시야 확보를 위한 영상처리 기술 효과성 검토

소방공무원 심신안정을 위한 기능성 콘텐츠 적합성 평가

CFD 해석을 통한 급류지역 수로관 위험성 분석

자동차화재 시 질식소화덮개 적용방안에 관한 실험적 연구

필로티 반자 내 화재 시 단열재 화염확산 특성연구

소방안전 R&D 성과에 영향을 미치는 요인 분석

국내 소방안전 및 구조구급 R&D 역량 분석

화목보일러 화재위험성에 관한 실험적 연구

어린이집 화재 시 연기 거동에 관한 실험적 연구

부속실 급기가압 시 압력특성 변화에 관한 연구

지하공간 화재시 배연장비의 활용에 관한 연구

복도공간 화재 시 배연차를 활용한 배연에 관한 실험적 연구

특허

특허등록_수난구조대원 모니터링 시스템

특허등록_소화성능평가 시스템

특허등록_고온가스 원거리 측정장치

특허등록_동합금을 이용한 항균 필름 및 항균 필름이 구비된 항균 핸들

특허등록_중금속 및 다환방향족탄화수소류 제거를 위한 개인보호장비 세척용 티슈 및 폼세정제

특허출원_드론 영상 기반의 구조대상자 탐지 시스템 및 방법

특허출원_고온가스 원거리 측정장치

특허출원_소화성능평가 시스템

특허등록_수난 구조대원용 착용 단말

특허등록_화재 실험용 중량 측정장치

특허출원_중금속 및 다환방향족탄화수소류 제거를 위한 개인보호장비 세척용 티슈 및 폼세정제

특허출원_동합금을 이용한 항균 필름 및 항균 필름이 구비된 항균 핸들

특허출원_수난 구조대원용 착용 단말

특허출원_화재 실험용 중량 측정 장치

특허등록_수난 구조 대원 모니터링 시스템(B1)

수행과제

소방정책연구분야

연구분야

연구진

주요연구성과

2020년 전국 화학사고 통계분석

[소방정책연구실 2021] 바이오모니터링을 통한 소방공무원 유해물질 노출 수준 평가 연구보고서

2021년도 국립소방연구원 연구보고서
Research Report of National Fire Research Institute of Korea

바이오모니터링을 통한 소방공무원 유해물질 노출 수준 평가

Firefighters Exposure Assessment for Hazardous Materials through Biomonitoring

소방정책연구실
Fire Policy Research Division

국립소방연구원
NATIONAL FIRE RESEARCH INSTITUTE OF KOREA

□ **연구과제명 : 바이오모니터링을 통한 소방공무원 유해물질 노출 수준 평가**

□ **연 구 기 간 : 2021. 4. 19. ~ 2021. 10. 15. (6개월)**

□ **용역감독관**

감독공무원 :	국립소방연구원	공업연구사	이 소 연
검사공무원 :	국립소방연구원	시설연구관	김 태 우

□ **주관기관 연구진**

연구책임자 :	노동환경건강연구소	실장	김원
연 구 원 :	노동환경건강연구소	팀장	최인자
	보훈의학연구소	센터장	윤재원
	보훈의학연구소	실장	민진령
	녹색병원	과장	윤간우
	한양대학교	교수	문효방
	동국대학교	교수	박주현
연구보조원:	노동환경건강연구소	팀장	최영은
	한양대학교	박사과정	임재은
	노동환경건강연구소	연구원	이영선
	노동환경건강연구소	연구원	채교윤

□ **참여기관 연구진**

제 출 문

국립소방연구원장 귀하

본 보고서를 **'바이오모니터링을 통한 소방공무원 유해물질 노출 수준 평가'**(연구개발 기간 : 2021.4. ~2021.10.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 10.

원진직업병관리재단 부설

노동환경건강연구소 (인)

보고서 요약

<table>
<tr><td colspan="4"></td><td>과제번호</td><td></td></tr>
<tr><td>보안등급</td><td colspan="2">일반[✓] 보안[ ]</td><td>과제성격</td><td colspan="2">기초[✓] 응용[ ] 개발[ ]</td></tr>
<tr><td>수행방법</td><td colspan="5">자체[✓] 자체(일부위탁포함)[ ] 용역[ ]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>국문</td><td colspan="4">바이오모니터링을 통한 소방공무원 유해물질 노출 수준 평가</td></tr>
<tr><td>영문</td><td colspan="4">Firefighters Exposure Assessment for Hazardous Materials through Biomonitoring</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연구책임자</td><td colspan="2" rowspan="3">김원</td><td rowspan="3">연구원 수</td><td>총 :</td><td>10명</td></tr>
<tr><td>내부 :</td><td>5명</td></tr>
<tr><td>외부 :</td><td>5명</td></tr>
<tr><td>과제책임부서</td><td colspan="5">소방정책연구실</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
[해당 연도 연구기간]</td><td colspan="5">2021. 4. ~ 2021. 10.(6개월)
[2021. 4. 19. ~ 2021. 10. 15]</td></tr>
<tr><td rowspan="3">참여기관
[공동, 위탁 등]</td><td colspan="2">과 제 명</td><td>기 관 명</td><td colspan="2">책 임 자(직위)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">소요예산</td><td colspan="2" rowspan="3">총 74,000 천원</td><td>1차년도</td><td colspan="2">74,000 천원</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="2">천원</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="2">천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">주요성과
[정량]</td><td>논문</td><td>특허</td><td>기술이전</td><td>현장적용</td><td>정책반영</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서 면수</td><td>제출문 포함</td></tr>
<tr><td colspan="7">본 연구에 참여의사를 밝힌 신입 소방대원들 122명을 대상으로 바이오모니터링을 실시했다.
혈중 납, 망간, 카드뮴 및 뇨중 카드뮴과 비소의 농도는 각각 기하평균으로써 0.61 μg/dl, 1.03 μg/dl, 0.49 μg/L, 0.30 μg/g creat., 그리고 36.01 μg/g creat. 이었다. 혈중 납과 뇨중 카드뮴은 일반국민과 현역 소방관들에 비해 현저히 낮았다. 혈중 카드뮴은 신입 소방관의 농도가 일반 인구에 비해 높았는데 흡연과 지역의 차이에 따른 식이의 영향이 작용했을 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

과불화화합물의 경우 PFOA가 기하평균 4.04 ㎍/L로 가장 높았으며 대부분의 과불화화합물 농도가 현역 소방공무원에서 유의하게 높았다.

유기인계 난연제와 브롬계 난연제는 어떤 종류냐에 따라 신입 소방관이 높기도 하고 일반인 혹은 현직 소방관에게서 분석된 농도가 높기도 했다.

MDA의 기하평균 농도는 5.24 ㎛ol/L로써 일반인구와 비슷한 수준이었다.

소방관들의 유해물질 노출 프로파일과 노출 수준을 파악하기 위해서는 장기적인 코호트 구축이 필요하다. 또한 퇴직소방관들을 포함한 단면 연구와 여성소방관들의 건강 영향 평가를 위한 연구 설계가 필요하다. 이를 위해 소방관들이 노출되는 유해물질을 정확하게 파악할 수 있는 탐색적 연구가 선행되어야 한다.

요 약 문

연구 목적 및 내용	소방관들은 화재대응 등의 과정에서 다양한 유해물질에 노출되어 건강을 위협받을 수 있는 가능성이 매우 높은 직업군이다. 그럼에도 불구하고 화재 진압현장에서 평가된 소방관들의 유해물질 노출에 대한 자료는 많지 않은데다가 현장의 특성상 노출 실태를 파악하는 것 자체가 매우 어렵다. 본 연구에서는 바이오모니터링을 통해 소방관들의 유해물질 노출 수준을 파악해보고자 했다. 따라서 첫째, 국내외 문헌 검토를 통해 어떤 물질을 대상으로 바이오모니터링 평가를 수행할 것인지를 선정했다. 둘째, 선정된 유해요인들을 중심으로 소방관들을 대상으로 바이오모니터링을 실시하고 그 결과의 해석을 위한 설문조사를 병행했다. 셋째, 소방대원들의 유해물질 노출 실태 파악을 위한 코호트 구축의 중장기 로드맵을 제안했다.
연구성과	본 연구에 참여의사를 밝힌 신입 소방대원들은 서울소방학교 112기, 경기소방학교 72기, 그리고 경기소방학교 73기에서 각각 40명, 226명, 그리고 95명 등 총 361명이었다. 노출 관련 변수 최소화와 예산 및 분석 기간 등을 고려하여 최종적으로 122명의 소방대원들을 대상으로 연구를 수행했다. 신입 소방대원들의 바이오모니터링 결과를 일반국민을 대상으로 한 제 3기 국민환경보고기초조사에서의 결과 및 경력 소방관들을 대상으로 2020년에 수행된 '소방공무원 노출 유해물질 대응방안 연구 설계 위한 혈액 내 중금속 성분 분석' 결과와 비교했다. 혈중 납, 망간, 그리고 카드뮴의 농도는 각각 기하평균으로써 0.61 ㎍/dl, 1.03 ㎍/dl, 그리고 0.49 ㎍/L이었다. 뇨중 카드뮴과 비소의 농도는 각각 기하평균으로써 0.30 ㎍/g creat. 과 36.01 ㎍/g creat. 이었다. 혈중카드뮴과 뇨중 카드뮴, 그리고 뇨중 비소의 경우 해산물의 섭취가 많을수록 각각의 농도가 높아졌고 혈중 카드뮴은 그 차이가 통계적으로 유의했다. 혈중 카드뮴은 흡연의 영향을 유의하게 받았다. 혈중 납의 경우, 일반국민과 경력 소방관들에 비해 신입 소방관들에게서 현저히 낮은 수준이 확인되었다. 혈중 카드뮴에 유의한 영향을 미치는 흡연 이외의 변수, 예를 들면 지역의 차이에 따른 식이의 영향이 작용했을 것으로 판단된다. 뇨중 카드뮴 농도는 경력직 소방관들이 확연히 높았다. 혈중 납과 카드뮴 그리고 뇨중 카드뮴의 농도는 경력이 증가할수록 높아지는 경향이 있었다. PFOA의 기하평균 농도가 4.04 ㎍/L로 가장 높았으며, 경력이 증가함에 따라 PFAS 농도는 증가하는 경향이 있었다. PFHpA를 제외한 9

	종의 PFAS 농도는 현역 소방공무원에서 통계적으로 유의미하게 높았다($p<0.05$). 유기인계 난연제는 어떤 종류의 물질이냐에 따라 신입 소방관이 높기도 하고 일반인 혹은 현직 소방관에게서 분석된 농도가 높기도 하다. 반감기가 짧기 때문에 각 대상들에게 샘플을 채취하기 전에 그들이 어떤 환경에 처해 있었는지가 체내 농도에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 브롬계 난연제의 경우, 검출율이 50 %를 넘는 물질들 중에서 가장 농도가 높았던 물질은 BDE-153으로써 1.37 μg/g lw이었다. 그 다음으로는 BDE-154와 BDE-47로써 각각 0.68 μg/g lw과 0.57 μg/g lw이었다. 본 연구대상자의 혈청 중 PBDEs 농도는 그 종류에 따라서 국내외의 일반인 및 경력 소방관들에 비해 높거나 낮았다. 유기인계 난연제와 마찬가지로 각 국가 및 관련 지역에서 어떤 브롬계 난연제가 사용되었는지에 따라 노출 수준이 달라질 수 있다. MDA의 기하평균 농도는 5.24 μmol/L, 산술평균 농도는 5.79 μmol/L이었다. 기존 문헌에서 보고된 일반인구의 농도와 비슷한 수준이었다. 이상의 연구결과는 이제 막 임용된 소방관들의 체내 유해물질 농도 수준을 보여주고 있다. 화재 현장에 대응하는 소방관들의 유해물질 노출 프로파일과 노출 수준을 파악하기 위해서는 장기적인 코호트 구축이 필요하다. 전향적 코호트를 기본으로 퇴직소방관들을 포함한 단면 연구를 설계한다면 경력에 따른 유해물질 노출 수준을 비교 평가할 수 있다. 그리고 소방관들이 노출되는 유해물질을 정확하게 파악할 수 있는 탐색적 연구가 선행되어야 한다. 마지막으로 여성소방관의 건강을 위협하는 유해물질의 노출 특성을 파악할 수 있는 연구가 병행되어야 한다.
연구성과 활용계획	첫째, 소방관들의 건강을 보호하기 위한 법률을 제정하는 데 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 둘째, 소방공무원의 건강예방을 위한 정책수립에 도움이 될 수 있다. 셋째, 소방공무원들의 재해 보상을 위한 정책 및 법률을 도입하는 데 중요한 자료원이 될 수 있다. 넷째, 코호트는 이 모든 기대를 현실화시키는데 필요한 기본 데이터를 제공할 것이다.

핵심어 (5개 이내)	소방공무원	바이오모니터링	중금속	과불화합물	브롬계난연제

목 차

Ⅰ. 연구 배경 및 목적 ····· 1

1. 연구 배경 ····· 1

가. 소방관들의 유해물질 노출과 건강 ····· 1

나. 바이오모니터링을 통한 유해물질 노출 확인 ····· 3

2. 연구목적 ····· 6

Ⅱ. 용역 수행 방법 ····· 7

1. 과업 추진전략 및 방향 ····· 7

2. 과업 목적 달성도(정성・정량적 목표기준 제시) ····· 10

3. 과업 수행 방법 ····· 11

가. Biomonitoring 평가 ····· 11

나. 유해물질 분석 ····· 20

다. 코호트 구축을 위한 로드맵 구상 ····· 37

Ⅲ. 용역 수행 내용 및 결과 ····· 38

1. 조사 대상자 ····· 38

2. 바이오모니터링 결과 ····· 40

가. 중금속 ····· 40

나. PFAS ····· 71

다. 유기인계 난연제 ····· 97

라. 브롬계 난연제 ····· 102

마. 산화성지표 ····· 108

3. 로드맵 구상 ····· 109

가. 기존 문헌에서의 코호트 ····· 109

나. 코호트 운영을 위한 원칙 ····· 115

다. 코호트 구상 ····· 118

라. 코호트 운영 규모 ····· 120

Ⅳ. 연구 수행 결과의 기대효과 ····· 124

Ⅴ. 참고문헌 ····· 126

Ⅵ. 부록 ····· 131

1. [부록1] 중금속 분석 결과 ····· 131

2. [부록2] 과불화화합물 분석결과1 ····· 136

3. [부록3] 과불화화합물 분석결과2 ····· 141

4. [부록4] 유기인계 난연제 분석결과 ····· 146

5. [부록5] 유기인계 난연제 분석결과(크레아티닌 보정) ····· 150

6. [부록5] 브롬계 난연제 분석결과 ····· 154

[소방정책연구실 2021] 소방현장 유해물질 노출 데이터베이스 시범구축 연구보고서

[소방정책연구실 2021] 119신고폭주 대응개선 연구 보고서

[소방정책연구실 2021] 현장 소방활동의 과학적 안전관리 체계 및 기법 연구보고서

[소방정책연구실 2021] 대형재난 발생 사례분석을 통한 소방사료 발굴 연구보고서

[소방정책연구실 2021] 방사선 사고 대응체계 연구보고서

[소방정책연구실 2021] 현장지휘 시나리오 설계 연구보고서

[소방정책연구실 2021] 소방 기술기준 개발 및 안전성 강화 연구보고서

[소방정책연구실 2020] 급류지역 수난구조 위험성 분석 연구보고서(협업)

[소방정책연구실 2020] 현장 소방활동의 과학적 안전관리체계 및 기법 연구보고서

[소방정책연구실 2020] 소방청 조직 등 영문 표기 표준화 연구 보고서

[소방정책연구실 2020] 실화재훈련장 유해환경 분석 및 인체노출 차단방안 연구보고서

[소방정책연구실 2020] 효과적 소방안전 홍보문구 설정 가이드라인 개발 연구보고서

[소방정책연구실 2020] 소방기관 공문서 오류 사례 실태 분석 연구보고서

[소방정책연구실 2020] 구급차량 내 각종장비 등 소독 효과성 연구 보고서

[소방정책연구실] 화학사고 현장대응 가이드북(2021 개정판)

[소방정책연구실]미국 소방관 사망사고 및 예방 프로그램 분석 (이지향)

[소방정책연구실]개인보호장비 세척관리시스템 개발_(한동훈)

[소방정책연구실]구조보트 프로펠러 안전장치 실증연구_(한동훈,최신웅)

[소방정책연구실]소방우천활동복 개선에 관한 연구_(한동훈, 최신웅)

[소방정책연구실]소방차량용 고출력 지향성 스피커 개발 연구_(한동훈)

[소방정책연구실]재난약자 구조장비 개발연구_(한동훈)

재난 약자 구조장비 개발 연구(2019)

소방차량용 고출력 지향성 스피커 개발 연구(2019)

미국 소방관 사망사고 및 예방 프로그램 분석(2019)

소방우천활동복 개선에 관한 연구(2019)

구조보트 프로펠러 안전장치 실증연구(2019)

개인보호장비 세척관리 시스템 개발(2019)

현장안전사고 분석연구(강풍현장 대응방안 연구)

현장안전사고 분석연구(소방현장 벌집제거 개선방안 연구)

재난 약자 구조장비 개발(2019)

소방차량용 고출력 지향성 스피커 개발(2019)

소방 우천 활동복 개선에 관한 연구(2019)

구조보트 프로펠러 안전장치 실증연구(2019)

개인보호장비 세척관리 시스템 개발(2019)

논문

국내 화학사고 조사분석 및 효율적 대응 방안 연구

23. '소방안전' 대국민 홍보슬로건 설정을 위한 전략적 제언

22. 소방 실화재 훈련에서 사용하는 압축목재 가연물에서 발생하는 유해물질 특성 [2020. 10월]

17. Epidemiological Characterization of Imported Systemic Mycoses Occurred in Korea

16. Comparative genomic analysis and characteristics of NCCP15740, the major type of enterotoxigenic Escherichia coli in Korea

15. 강풍 시 소방대원의 활동 유형별 위험도 분석

제29호 소방연구논문집(2019)

특허

특허_3. 부력식 소방우천 활동복(내장 특허증 및 특허 출원서)

특허_2. 부력식 소방우천 활동복(외장 특허증 및 특허 출원서)

특허_1.부력식 소방우천 활동복

수행과제

연구정보

주요연구성과

논문

특허

수행과제

알림마당

학술지[소방안전연구]

공지사항

게재논문 열람실

[소방안전연구] 제2권(2021.12.15.발행) 합본

소방안전연구
Fire & Safety Research
제2권

목 차

2021년

기술분야

119구급대원을 위한 환자 운반 훈련프로그램 개발
손정원 ····· 1

필로티구조 건축물 차량화재 시 화재확대 방지를 위한 질식소화덮개 활용 효과성 검토
김재현 ····· 16

대형 유류저장탱크 화재 시 금속큐브를 이용한 화재표면 피복 효과
권왕상 ····· 40

법규분야

119구조·구급에 관한 법률에서 사과법 신설에 관한 비교법적 연구
이강규 ····· 57

제도·정책 분야

우리나라 광역자치단체 화재위험 연구
이상호 ····· 85

국내·외 소방공무원 심리지원제도 검토 및 동료심리상담 제도 도입 제안
노효민 ····· 105

소방대원 소음 노출 예방을 위한 고출력 지향성 사이렌의 적용성 평가
박제섭·한동훈 ····· 121

고등학생의 소방안전의식 척도 개발과 프로파일 분석
이순범·공하성 ····· 130

재난관리체계가 통제역량과 사전예방 및 운영성과에 미치는 영향
전제호 ····· 153

국립소방연구원
NATIONAL FIRE RESEARCH INSTITUTE OF KOREA

소방 실화재 훈련 중 발생하는 미세먼지와 호흡성분진의 특성
함승헌 · 최신웅 · 오동진 ····· 175

축사시설 소독약의 트래킹화재 위험성에 관한 연구
남관형 · 김희성 · 강태영 · 김태우 · 박은서 ····· 185

소방공무원 안전벨트 착용 특성에 관한 연구
김태오 · 최신웅 ····· 203

법규위주설계와 성능위주설계에 따른 주방의 감지기 설치개수 비교 분석
김서영 · 공하성 ····· 223

코로나19 방역대책으로 인한 공공도서관 피난구의 개폐여부와 피난구 재배치에 따른 피난안전성 평가
박국희 ····· 234

[소방안전연구] 제1권(2020.12.15.발행) 합본

기타발행물

2년 6개월의 기록『코로나19 소방대응 백서』

화학사고 현장대응 가이드북(2021 개정판)

현장안전점검관 업무 지침서(2020.8.20)

정보공개

통계정보

주요통계