

지하 노래방 화재 시 배연차의 활용에 관한 연구

이성룡^{1)*}

A Study on the Application of a Exhaust Engine in Basement Karaoke Fires

Sung Ryoung Lee

Abstract In this study, an experiment was conducted to evaluate the effectiveness of a exhaust engine in a basement karaoke fire. Exhaust engine was used as ventilation equipment in the experiment. Experiment was carried out in a basement karaoke for redevelopment. Temperature distribution and smoke concentration were evaluated according to the operation of an exhaust engine. Temperatures were decreased below 50°C at the corridor due to the operation of the exhaust engine. Visibility was also improved.

Key words Underground fire, Exhaust engine, Smoke movement, Visibility

초 록 본 연구에서는 지하공간에서 화재 발생 시 배연장비의 연기배출 성능을 평가하기 위하여 실험을 실시하였다. 배연장비는 일선 관서에서 사용 중인 배연차를 사용하였다. 실험은 재개발 예정 지하 노래방에서 수행되었다. 배연차의 가동에 따라 실내 온도분포 및 연기농도를 측정하였다. 배연차를 가동함으로 인하여 복도에서 온도가 50°C 이하로 감소하였으며 가시도 또한 향상되었다.

핵심어 지하화재, 배연차, 연기거동, 가시도

1. 서 론

자동 반주기계 같은 것을 갖추어 노래를 부를 수 있게 한 영업소를 노래방이라 한다. 주로 동남아시아, 동북아시아에 많으며 나라마다 다른 이름으로 불리고 있다. 중국과 대만에서는 KTV, 일본에서는 가라오케, 필리핀에서는 비디오키로 불리고 있다.

그림 1에 2009년도 다중이용업소에서 발생한 화재 통계를 나타내었다.¹⁾ 일반음식점에서 142건, 다음으로 노래연습장에서 130건, 유흥주점 92건의 순으로 화재가 발생하였다. 주거시설의 경우 겨울철과 비교하여 여름철에는 상대적으로 화재가 덜 발생하지만 노래방, 유흥주점 등에서는 여름철에 화재가 많이 발생하고 있다. 다중이용시설의 화재 발생을 월별로 보면 7월과 8월에 각각 14.2%, 12.7%를 차지하고 있다. 2009년 노래방에서 발생한 화재발생통계를 그림 2에 나타내었다.¹⁾ 총

130건의 화재가 발생하였으며 7월에 23%, 8월에 13%의 화재가 발생하였다. 두 달을 합치면 36%로 연간 화재 발생의 3분의 1 이상이 두 달 동안에 일어난다. 이는 무더위와 습한 날씨로 인해 냉방기기의 사용이 급증하면서 누전, 과부하 등으로 인한 화재 발생이 크게 늘기 때문으로 분석된다.

노래방은 여러 개의 방들이 위치하고 있으며 복도를

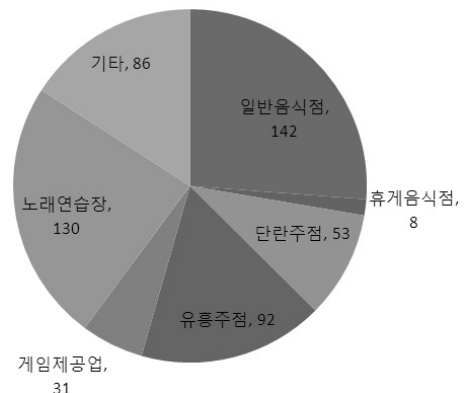


그림 1. 다중이용업소 화재발생 통계(2009)

¹⁾ 중앙소방학교 소방과학연구소

* 교신저자 : lecsr72@korea.kr

접수일 : 2010년 8월 9일

심사 완료일 : 2010년 8월 25일

게재 확정일 : 2010년 8월 26일

통하여 연결된 구조를 가지고 있다. 각 방들에서는 고음의 노래반주와 함께 노래를 부름으로 인하여 비상상황 발생 시 인접실의 상황 인지가 어렵다. 노래방에서 화재 등의 사고가 발생하면 대형의 인명사고를 초래할 수 있다. 2009년 1월 부산의 지하 노래방에서 화재가 발생하여 9명이 사망하였다. 특히 지하에 위치한 노래방의 경우 그 위험성이 더 크다고 할 수 있다. 연기의 이동방향과 피난자의 피난방향이 동일한 경로이기 때문에 피난에 상당한 지장을 초래한다. 또한 농연으로 인하여 피난출구 인지도도 어려움이 발생할 수 있다. 방염되지 않은 소파 등은 다량의 연기 및 일산화탄소를 발생시켜 산소결핍을 초래할 수 있다. 무창층 구조이기 때문에 연기와 열이 배출되지 않고 내부에 축적되며, 소방대의 화재진압 작전 시 내부상황 파악 곤란으로 인하여 화재진압 및 구조활동에 큰 장애요인이 된다.

화재로 인한 사망자의 절반 이상이 연기에 의한 질식으로 사망하고 있다. 따라서 화재로 발생한 연기를 화재발생 초기에 효과적으로 제거하는 것은 인명피해 및 재산손실을 최소화 하는데 매우 중요하다.

미국의 NIST에서는 이동식 송풍기를 이용한 배연실험 및 수치해석을 통하여 기계배연의 효과를 평가하였다.^{2,6)} 이성룡 등은 복도공간 화재 시 배연차를 이용한 배연성능을 평가하였으며, 지하공간 화재 시 송풍기의 성능을 평가하였다.^{7,8)}

본 연구에서는 현재 일선 소방관서에서 사용 중인 고발포 배연차를 사용하여 지하노래방 화재 발생 시 배연성능을 평가하기 위하여 실험을 실시하였다. 이를 통하여 배연차의 효용성 및 활용도 제고를 통하여 화재 시 효율적이고 효과적인 연기제거를 위한 화재진압 전술의 기초 데이터를 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험공간

재개발 예정인 지하 노래방에서 고발포 배연차를 이용한 배연실험을 실시하였다. 실험대상 노래방은 지하에 위치하고 있으며 내부공간의 면적은 206 m²로 12개의 방과 복도, 홀로 구성되어 있다. 노래방의 평면도를 그림 3에 나타내었다. 화재실은 4.3 m×2.8 m×2.3 m의 공간으로 좌측 상부의 방에 위치하고 있다. 화재실에는 실제 사용 중인 노래방과 같은 형태로 소파, 탁자 및 음향기기 등을 배치하였다. 복도 폭은 1.3 m이며 우측 하단에 지상 주출입구로 통하는 계단이 위치하고 있으며,

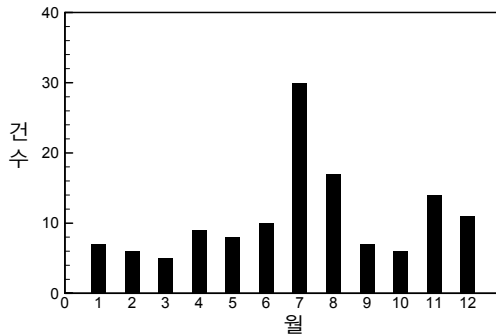


그림 2. 월별 노래방 화재 건수(2009)

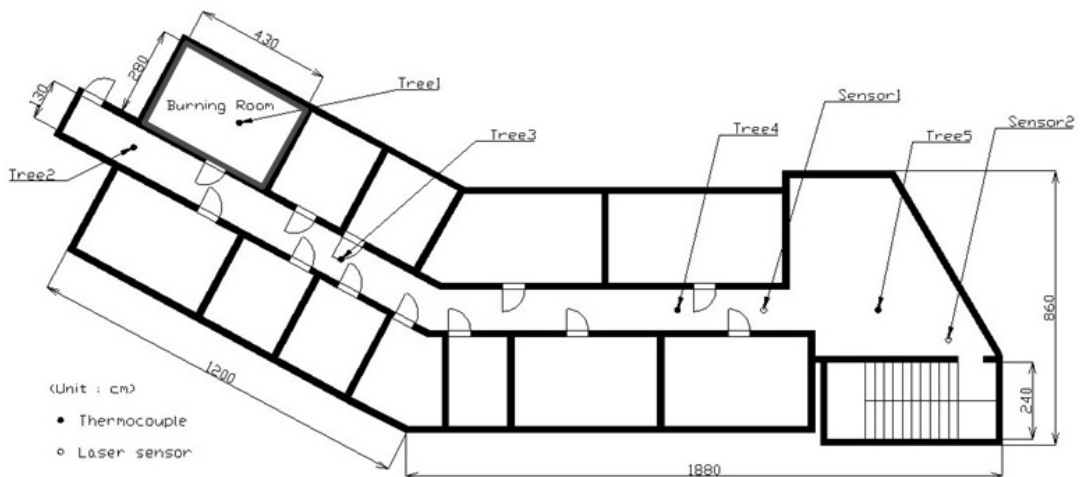


그림 3. 지하노래방 평면도

좌측 상부에 비상출구가 설치되어 있다. 실험 시 화재 실을 제외한 모든 방들의 출입문을 닫은 상태 하에서 실험을 실시하였다. 점화원으로는 휘발유 50 ml에 적신 솜뭉치(10 cm× 10 cm)를 사용하였으며, 소파 한쪽 모서리에 위치시킨 후 점화하였다. 화재실 개략도를 그림 4에 나타내었다.

2.2 배연 장비

배연장비로는 현재 일선관서에서 사용 중인 고발포 배연차를 사용하여 배연실험을 실시하였으며 이를 그림 5에 나타내었다. 고발포 배연차는 화재현장에 연기를 밀어내는 송풍기능과 지하화재, 유류화재 진압을 위한 발포기능, 화재현장의 소방관과 인명을 보호하기 위해 특수 제작된 워터미스트로 구성되어 있다. 송풍구의 직경은 100 cm이며 연결관들을 팬에 연결하여 사용한다. 송풍기의 정격회전수는 1,775 rpm이며 최대 풍량은 1,164 m³/min이다.

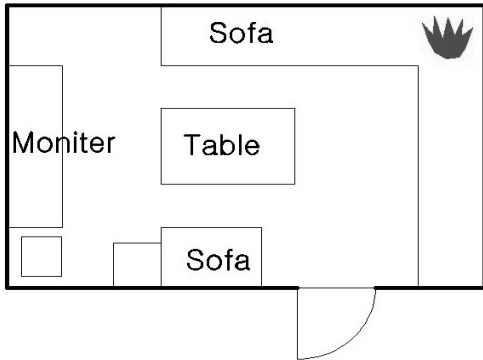


그림 4. 화재실 개략도



그림 5. 고발포 배연차

2.3 측정 장치

실험공간의 온도 측정을 위하여 소선 지름 0.6 mm의 K-타입 열전대를 사용하였다. 열전대의 측정범위는 -200℃~1200℃이며 -20℃~120℃ 구간에서 ±2℃의 오차를 가진다. 열전대에 발생된 신호는 Agilent 34970A data acquisition unit과 Agilent 34901A 채널을 통해 수집되었다. 데이터 수집 장치의 각 채널에서 수집된 데이터는 RS-232를 통해 PC로 전송된다. 또한 실내 임의의 위치에서 연기의 농도를 측정하기 위하여 감광지 연기농도 측정장치를 사용하였다. 광원으로는 650 nm 파장의 레이저 다이오드 모듈을 사용하였으며 광센서로 포토다이오드를 사용하였다.

화재실에 2개(Tree 1: 1 m, 2 m), 비상출구 부근에 4개(Tree 2: 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m), 복도공간에 8개(Tree 3, Tree 4: 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m), 홀에 4개(Tree 5: 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m) 총 18개의 열전대를 설치하여 온도변화를 측정하였다. 1층으로 통하는 출입문 부근과 복도가 시작되는 위치에 광감지 센서를 부착(1.5 m 높이)하여 연기의 농도변화를 측정하였다. 열전대 및 연기센서의 위치는 그림 3에서 확인할 수 있다.

2.4 양압배연

양압배연은 소방대가 화재현장의 열, 연기 및 기타 연소생성물을 제거하기 위해 사용되는 배연전술의 하나이다. 신선한 공기를 팬을 통하여 배연대상 공간에 불어넣어 내부압력을 양압상태로 만들어 준다. 압력이 증가될 때 공기는 압력이 낮은 지역으로 이동한다. 따라서 배기구를 통하여 대기압 상태인 외부로 화재공간의

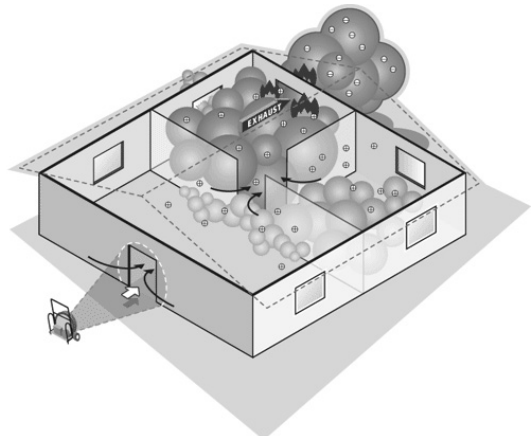


그림 6. 양압배연⁹⁾

연기 및 연소생성물을 배출시킨다. 그림 6에 양압배연 원리를 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

화재가 노래방 전체로 확대되는 것을 방지하기 위하여 화재실 부근을 제외한 영역에 예비주수를 실시한 후 실험을 실시하였다. 점화 9분 후 비상출구를 개방하였으며 10분 10초 후 배연차를 가동하였다. 14분 후 배연차 가동을 종료하였다. 배연실험 시간대별 진행상황을 표 1에 나타내었다.

화재실에서의 점화 후 시간 경과에 따른 온도 변화를 그림 7에 나타내었다. 화재실(Tree 1)에서는 1 m 높이 간격으로 2개의 열전대를 설치하였으며 점화 후 실내의 온도변화가 거의 없었으나 약 3분 20초 후부터 연소가 확대되면서 온도가 급격하게 증가하기 시작하였다. 최고 약 800℃ 이상까지 온도가 증가하다가 600℃ 이상을 유지하면서 안정화 단계에 도달하였다. 비상출구를 개방하고 배연차를 가동함으로써 화재실 내부로 신선한 공기가 공급되고 이로 인하여 화재가 확대되는 것을 확인할 수 있다. 배연을 실시함으로써 실내온도가 900℃ 이상까지 증가하였다.

표 1. 지하 노래방 화재 시나리오

시 간	내 용
0분	점화
9분	비상출구 개방
10분 10초	배연차 가동 시작
14분	배연차 가동 종료
20분	실험 종료

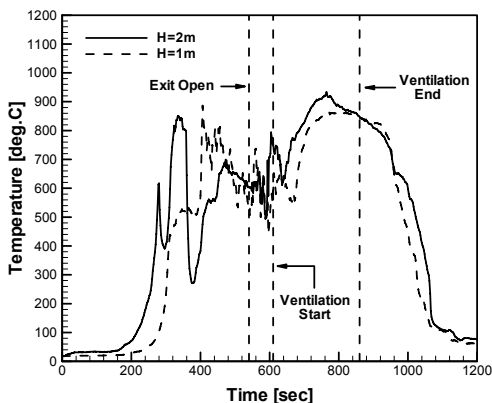
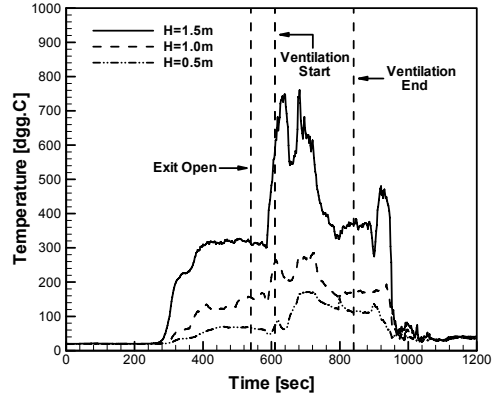
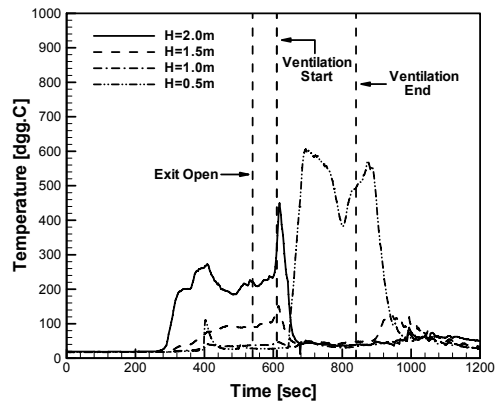


그림 7. 시간경과에 따른 온도변화(화재실)

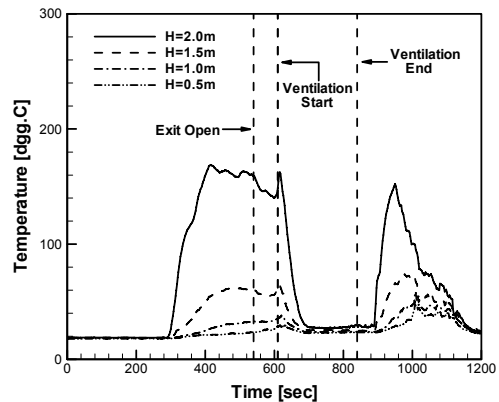
복도에서의 점화 후 시간 경과에 따른 온도 변화를 그림 8에 나타내었다. 비상출구 부근에 설치된 열전대들(Tree 2) 중 2 m 높이에 설치된 열전대는 실험 도중



(a) Tree 2



(b) Tree 3



(c) Tree 4

그림 8. 시간경과에 따른 온도변화(복도)

추락으로 인하여 데이터를 기록하지 못하였다. 점화 후 약 4분 40초 경과 후부터 열전대가 반응하기 시작하였다. 1.5 m 높이에서 약 320°C까지 온도가 증가하였다. 배연차를 가동함으로써 인하여 화재실에서 발생한 뜨거운 열기류가 비상출구 방향으로 이동하면서 온도가 약 760°C까지 증가한 후 감소하였다.

화재실쪽 복도 위치(Tree 3)에서 점화 후 4분 30초에

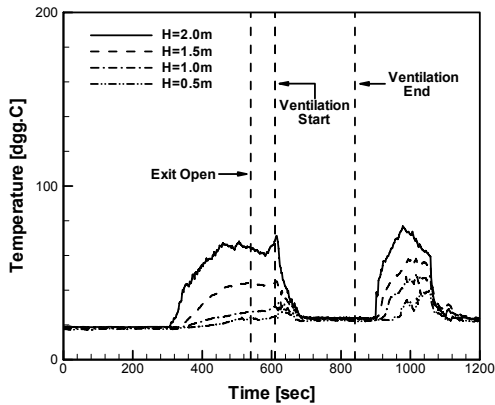


그림 9. 시간경과에 따른 온도변화(홀)

표 2. 지하 노래방 온도분포

열전대위치		온도(°C)	
위치	높이(m)	4분 20초	13분 20초
Tree 1	2.0	650	886
	1.0	630	859
Tree 2	2.0	380	-
	1.5	326	334
	1.0	141	161
Tree 3	0.5	68	149
	2.0	197	37
	1.5	89	44
Tree 4	1.0	36	31
	0.5	28	384
	2.0	160	28
Tree 5	1.5	62	25
	1.0	31	24
	0.5	22	23
Tree 5	2.0	66	24
	1.5	43	24
	1.0	27	23
	0.5	23	23

열전대가 반응하기 시작하였다. 온도가 200°C 이상을 유지한 후 비상출구 개방과 배연차 가동으로 인해 온도가 약 450°C까지 증가한 후 온도가 급격히 감소하였다. 이후 온도가 50°C 이하로 유지되었다. 배연차가 가동되면서 상부의 구조물이 추락하면서 50 cm 위치의 온도가 600°C까지 증가하였다. 화재 진압 시 종종 구조물 붕괴에 의하여 진압대원이 부상 등의 사고를 당하는 사례가 종종 발생하고 있다. 따라서 진압 활동 시 구조물 등의 추락에 의한 사고가 발생하지 않도록 각별히 주의하여 진압활동을 수행하여야 할 것이다.

홀쪽 복도 위치(Tree 4)에서 점화 후 약 4분 50초 경과 후 열전대가 반응하기 시작하였다. 이후 2 m 높이에서 온도가 약 170°C까지 증가한 후 배연차 가동으로 인하여 모든 높이에서 온도가 28°C 이하로 감소하였다.

홀에서의 점화 후 시간 경과에 따른 온도 변화를 그림 9에 나타내었다. 홀 위치(Tree 5)에서는 점화 후 약 5분 10초 경과 후 열전대가 반응하였다. 이후 2 m 높이에서 온도가 약 70°C까지 증가한 후 배연차 가동으로 인하여 모든 높이에서 온도가 24°C 이하로 감소하였다.

배연을 실시함으로써 인한 실내 온도변화를 비교하기 위하여 화재발생 4분 20초와 13분 20초 경과 후 각 열전대에서의 온도를 표 2에 나타내었다. 배연차를 통한 배연을 실시함으로써 인하여 배연구역 내에서 온도감소 효과를 확인할 수 있다. 그러나 화재실 및 하류 영역에서는 신선한 외기의 공급 및 배연풍의 영향으로 인하여 온도가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

설치된 열전대들이 반응한 시간을 이용하여 연기 선단의 이동속도를 계산하면 약 0.55 m/s이다.¹⁰⁾

시간경과에 따른 광감지 센서의 전압변화를 그림 10에 나타내었다. 센서 1의 경우 약 5분 후, 센서 2의 경

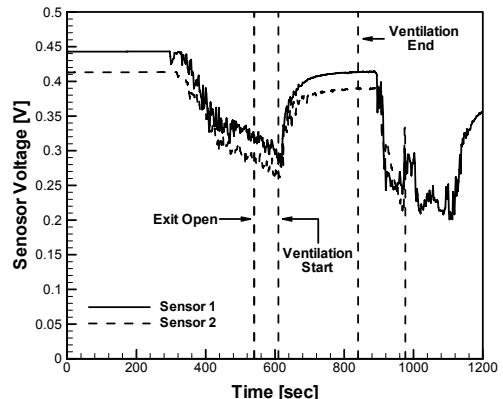


그림 10. 시간경과에 따른 센서전압 변화



(a) 연기배출 시 입구



(b) 배연차 가동 시 입구

그림 11. 노래방 입구 장면

우 약 5분 20초 후 연기에 반응하기 시작하였다. 실험 개시전 센서 1은 0.44 mV, 센서 2는 0.41 mV의 값을 나타내었다. 연기 감지 후 센서의 전압이 점차적으로 감소하여 센서 1에서는 0.28 mV, 센서 2에서는 0.26 mV까지 감소하였다. 배연을 실시함으로 인하여 센서의 전압이 급격하게 증가하였으며 센서 1은 0.41 mV, 센서 2는 0.39 mV까지 0.13 mV가 증가하였다. 이를 통하여 배연을 실시함으로 인하여 내부 가시도 향상효과를 확인할 수 있다. 점화 약 6분 후 연기가 노래방 출입구를 통하여 배출되기 시작하였으며 연기배출모습과 배연차 가동시의 입구 장면을 그림 11에 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 지하노래방 화재 시 고발포 배연차를

사용한 배연실험을 실시하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 화재발생 5분 후 화재실이 최성기에 도달하였으며 약 6분 후 연기가 출입구를 통하여 배출되기 시작하였다.
- 2) 배연차 가동으로 인하여 신선한 외기의 공급 및 배연풍의 영향으로 인하여 화재실과 화재실 부근의 영역에서는 화재가 확대되고 내부의 온도가 증가하였다.
- 3) 화재발생으로 인하여 복도에서의 온도가 450℃ 이상 증가하였으며 배연을 실시함으로 인하여 화재실 상류 영역에서는 온도가 50℃ 이하로 감소하였다.
- 4) 배연을 실시함으로 인하여 센서의 전압이 약 0.13 mV 증가하였다.

참고문헌

1. 국가화재정보시스템, www.firedata.go.kr.
2. S. Kerber and W. D. Walton, 2003, Characterizing Positive Pressure Ventilation using Computational Fluid Dynamics, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7213.
3. S. Kerber and W. D. Walton, 2005, Effect of Positive Pressure Ventilation on a Room Fire, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7213.
4. S. Kerber, 2006, Evaluation of the Ability of Fire Dynamics Simulator to Simulate Positive Pressure Ventilation in the Laboratory and Practical Scenarios, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7315.
5. S. Kerber and W. D. Walton, 2006, Full-Scale Evaluation of Positive Pressure Ventilation in a Fire Fighter Training Building, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7342.
6. S. Kerber, D. Madrzykowski and David Stroup, 2007, Evaluating Positive Pressure Ventilation in Large Structures: High-rise Pressure Experiments, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7412.
7. 이성룡, 한동훈, 2010, 지하공간 화재시 배연장비의 활용에 관한 연구, 터널과 지하공간 20.2, 92-96.
8. 이성룡, 한동훈, 2010, 복도공간 화재 시 배연차를 활용한 배연에 관한 실험적 연구, 한국화재소방학회논문지 24.3, 99-105.
9. Tempest Technology Corporation, www.tempest-edge.com
10. 이성룡, 김충익, 유홍선, 2001, 터널 화재시 자연배기에 의한 연기 거동에 관한 실험적 연구, 한국화재소방학회논문지 15.1, 1-6.



이성룡

1998년 중앙대학교 기계설계학과 공학사
2000년 중앙대학교 기계공학부 공학석사
2004년 중앙대학교 기계공학부 공학박사

Tel: 041-559-0545

E-mail: leesr72@korea.kr

현재 중앙소방학교 소방과학연구실 공
업연구사
