

수소가스 누출 시나리오에 따른 피해예측에 관한 연구

김 태 훈* · 오 영 달** · 이 만 수***

*호서대학교 로봇자동화공학과 · **호서대학교 안전공학과 · ***호서대학교 기술경영학과

Study on the Consequence Analysis about Leakage Scenarios for Hydrogen Gas

Tae Hun Kim* · Young Dal Oh** · Man Soo Lee***

*Hoseo University Department of Intelligent Automation System Engineering

**Hoseo University Department of Safety Engineering

***Hoseo University Department of Technical Business Administration

Abstract

For the hydrogen economy system being tried starting with the 21st century, the fields that was not dealt with so far, such as the safety measure for large leakage accidents, the safety problem at infrastructures like a hydrogen station, the safety problem in terms of automobiles depending on introduction of hydrogen cars, the safety problem in a supply for homes like fuel cells, etc., are being deeply reviewed. In order to establish a safety control system, an essential prerequisite in using and commercializing hydrogen gas as an efficient energy source, it is necessary to conduct an analysis, such as analysis of hydrogen accident examples, clarification of physical mechanisms, qualitative and quantitative evaluation of safety, development of accident interception technologies, etc. This study prepared scenarios of hydrogen gas leakage that can happen at hydrogen stations, and predicted damage when hydrogen leaks by using PHAST for this.

Keywords : Hydrogen, Consequence, Analysis, Explosion, Leak, Rupture

1. 서 론

수소는 고갈되지 않으며 깨끗하다는(inexhaustible and clean) 장점 때문에 에너지정책입안자, 환경기구 및 산업 부문에서의 에너지전문가들은 이를 미래의 연료로 인식하고 개발 및 보급에 지대한 관심을 가지고 노력하고 있다 [1]. 21세기 들어 시도되고 있는 수소경제 체제는 그동안 다루지 않았던 분야 즉, 대량 누출 사고에 대한 안전대책, 수소 충전소 등 인프라에서의 안전문제, 수소 자동차 도입에 따른 자동차 측면에서의 안전문제, 연료전지 등 가정용 보급 시 안전문제 등이 심도 있게 검토 되고 있는 상황이다. 36명의 생명을 앗아간 1937년 힌데브루크 비행선 사

고는 수소의 위험성을 대표하는 사례로 일반인들에게 인식시켜 주었고, 안전훈련과 대처 등 안전의 중요성을 다시 한번 일깨워 주고 있다. 어떠한 사고라도 위험성 및 가능성도 제거해야 하며 소비자에 대한 배려도 잊지 않아야 한다. 먼저 수소에너지라는 신기술을 다룸에 있어 절차와 과정이 명시되어야 하며 수소 안전을 위해 사용자 측면의 자동화와 안전을 우선적으로 고려하여야 한다.

수소가스를 효율적 에너지원으로 이용 및 실용화 하는데 필수 선결 과제인 안전관리 시스템을 구축하기 위하여 수소사고사례 분석, 물리적 메커니즘 규명, 정 성적, 정량적 안전성 평가 및 사고 차단기술 개발 등과 같은 분석을 수행할 필요가 있다.

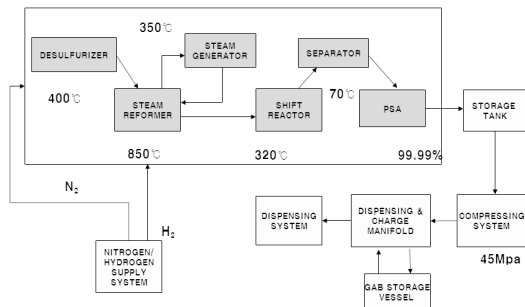
† 이 논문은 2010년도 호서대학교의 재원으로 교내학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임을 밝힙니다.
(과제번호 : 2011-0085)

† Corresponding Author : Tae-Hun Kim, Dept. of Intelligent Automation System Engineering, HOSEO UNIVERSITY, 20, Hoseo-ro 79, baebang-eup, Asan, MF : 010-2472-8290, E-mail: emtxx@hoseo.edu
Received October 3, 2014; Revision Received December 17, 2014; Accepted December 18, 2014.

본 연구에서는 수소 충전소 설치 지역의 날씨 정보 및 설치된 수소 스테이션의 위치, 운전조건, 규모 등을 고려하고 수소 충전소를 수소 생산 설비와 차량 충전부로 나누어 수소가스가 누출 되었을 때 예상되는 피해를 분석해 보고자 한다.

2. 설비 개요

수소 충전소는 크게 수소 제조를 포함하는 on-site 와 포함하지 않는 off-site 방식으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 국내 수소 충전소 중 on-site 방식으로 운영되고 있는 곳을 대상으로 사고피해예측을 수행하고자 한다. 평가는 충전소의 배관 및 계기도면(P&ID : Piping and Instrumentation Diagram)을 바탕으로 위험요소 및 특성을 파악하며 수소 충전소를 방문하여 지형 및 변수에 대하여 체계적인 검토를 수행한다.



[Figure 1] Hydrogen Facility Flow

위의 [Figure 1]은 수소 충전소의 대략적인 PFD (Process Flow Diagram)로서 이 설비는 H₂ Production, compressing, storing, dispensing으로 나뉘며 각 공정의 역할 및 설명은 다음과 같다.

2.1 수소의 생산

원료를 공급받아 탈황기(Desulfurizer)를 거쳐 원료에 포함된 황을 제거한 후 탈황된 원료는 수증기 개질기(Steam Reformer)에서 증기발생기(Steam Generator)를 통해 생성된 고온의 수증기와 함께 반응하여 수증기 개질 반응이 일어나고 반응기(Shift Reactor)에서 H₂와 CO가 반응하여 높은 순도의 수소가스가 생성된다. 생성된 수소가스는 분리기(Separator)에서 기체와 액체 상태로 나누어져 액체는 모아 두었다가 일정 레벨에 도달하게 되면 피드백되고 기체는 수분이 제거된 상태로 압력변동흡착기(PSA : Pressure Swing Adsorption)로 공급된다.

압력변동흡착기에서는 공급된 가스에 포함된 불순물을 제거하여 99.99%의 고순도 수소가스를 생성한다.

1) 수소 첨가 용기(Hydrogenation Vessel) : Natural Gas를 투입하여 수증기 개질 전에 탈황 공정으로 H₂S를 분리한다. 이 단계에서 생산되는 소량의 수소는 증기 생산에 이용한다.

2) ZnO 베드 : 이 단계에서 H₂S가 제거된다.

3) 개질기 : 전처리 후에 천연가스와 2.6 MPa(380 psi)의 증기가 투입되어 수성가스(Water Gas)로 개질된다. 이 수성가스는 4.8 MPa(700 psi)로 생성되어 다른 공정에 이용된다.

4) 고온전이(HTS) & 저온전이(LTS) : 수성가스는 고온전이(HTS : High Temperature Shift)와 저온전이(LTS : Low Temperature Shift)로 공급되어 H₂와 CO가 반응하여 92%의 수소가스를 생성한다.

5) 압력변동흡착기 : 92%의 수소가스는 이곳에서 99.999%의 고순도의 수소가스로 정제된다. 압력변동흡착기에서 발생된 오프가스(off-gas)는 개질기로 회수되어 다시 반응에 이용된다. 압력변동흡착기 오프가스는 CO₂(55 mol%), H₂(27 mol%), CH₄(14 mol%), CO(3 mol%), N₂(0.4 mol%)와 소량의 증기를 함유하고 있다.

2.2 생산된 수소의 압축

제조된 고순도의 수소는 2단 격막식 압축기(Two Stage Diaphragm Compressor)에 의해 350~700 kg/cm²로 압축되어 가스저장용기에 저장되거나 수소 디스펜서(Hydrogen Dispenser)를 거쳐 수소자동차에 충전된다.

2.3 수소의 저장

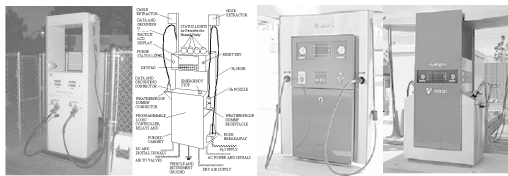
수소 디스펜서의 경우 수소자동차에 간헐적으로 충전하기 때문에 2단 격막식 압축기와 수소 디스펜서 사이에서 완충역할을 수행하는 것이 가스저장용기이다. 고압용-중압용-저압용으로 이루어졌고, 캐스케이드방식에 의해 디스펜서로 보내어 진다.



[Figure 2] Hydrogen gas storage vessel

2.3 수소의 공급

수소를 연료로 사용하는 수소자동차 및 연료전지에 수소를 충전하는 장치이다. 차량에 충전되어지는 수소의 양을 측정하는 질량 유량계 및 안전밸브, 고압 충전 시 압력 조절 및 제어를 하는 제어부, 누출사고 및 차량 급발진에 대비한 비상정지부와 박리기, 충전 후 호스에 잔존하는 수소를 제거하여 저장 탱크로 이송하는 우회부, 사용자의 가시적인 확인, 충전압력 및 충전량을 제어하는 제어부와 연동하도록 하는 데이터 디스플레이부로 구성되어 있다. 다음의 [Figure 3]은 디스플레이부의 사진을 나타내고 있다.



[Figure 3] Hydrogen Dispenser

이와 같이 수소 충전소의 공정은 충전소별 각기 다른 원료를 공급받아 수증기 개질을 통해 고순도 수소가 제조된다. 여기서 제조된 수소는 압축기를 거쳐 승압되며 설정값인 압력으로 토출된다. 토출된 고압수소는 순위제어패널의 순차제어를 통해 고압, 중압, 저압 저장용기에 저장되거나 고압, 중압, 저압 저장용기의 압력을 이용하여 미리 프로그램된 제어시스템에 따라 최적의 충전 속도로 충전되어 진다. 수소제조 장치는 수증기 개질 및 압력변동흡착 정제기술을 이용한 소형(Compact Type)으로 고순도 수소를 연속 생산하고 격막 방식의 수소전용 2단 압축기를 통해 41.36 MPa(6,000 psiG)로 토출된다.

순위제어패널은 솔레노이드 밸브, 구동기가 포함된 밸브, 압력 전송기로 구성된 밸브 박스의 형태이며,

PLC에 프로그램된 순차제어방식으로 작동되고 비상정지(ESD : Emergency shut down) 모드에서 모든 밸브는 닫히게 되며 저장용기 및 충전기로 또는 저장용기에서 충전기로 배관흐름을 구성한다.

3. 사고 시나리오 결정 및 분석

수소 충전소에서 발생할 수 있는 가스 사고에 대하여 설비 손상의 크기에 따른 사고영향평가를 수행하기 위하여 가스 사고 시나리오를 설정하였다. 최악의 시나리오와 발생 가능한 시나리오를 가정하였으며 두 경우 모두 Purple Book[2]을 참조하였다.

기상 조건의 경우 EN 1473[3]에서는 기온 15℃, 습도 50%, 대기안정도 F, 풍속 2m/s를 사용하도록 권고하고 있다. EN 13645[4]에서는 기온 15℃, 습도 70%, 대기안정도 C, 풍속 5m/s를 사용하도록 권고하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 EN 1473과 EN 13645의 기상 조건으로 분석하였다.

사고피해예측 프로그램은 PHAST 6.53을 이용하여 사고시나리오에 따라 사고발생시의 피해를 분석하여 보았다.

3.1 사고시나리오

수소 충전소에서 수소가 누출시 위험성을 검토해보기 위해 최악의 누출시나리오에 대하여 작성하여 보았다. 선행연구[15]에서 실시한 정성적 위험성 평가의 결과에서 도출된 누출위험점과 위험요소를 기반으로 시나리오를 다음과 같이 결정하였다.

<Table 2> Rupture & Leak Scenario

	Leakage (mm)	Operating Pressure (kgf/cm ²)	Operating Temperature (°C)	stockage (kg)
Steam Reformer Discharge Line				
Fracture	Rupture	6	600	3
leakage	50	6	600	3
Hydrogen Compressor Discharge Line				
Fracture	Rupture	450	25	3
leakage	50	450	5	3
PSA Discharge Line				
Fracture	Rupture	10	40	3
leakage	50	10	40	3
Hydrogen Storage Tank				
Fracture	Rupture	450	25	80
leakage	50	450	25	80

3.2 피해 예측 결과

누출사고 발생시의 피해영향을 판단하기 위해 폭발 압력과 이때 발생하는 열량에 대하여 다음과 같은 기준을 사용하였다.

○ 압력에 의한 피해

- 0.02068 bar : 집의 지붕과 유리창의 10% 파손
- 0.1379 bar : 주택의 벽과 지붕이 약간 파손
- 0.27 bar : 지지대 없는 철재 구조물 또는 기름 저장탱크 파손

○ 복사열에 의한 피해

- 4 kW/m² : 20초내에 보호되지 않으면 통증을 느끼며 피부가 부풀어 오름
- 12.5 kW/m² : 목재 또는 플라스틱 튜브의 착화를 유도하는 최소의 에너지
- 37.5 kW/m² : 장치 및 설비가 손상됨

폭발압력의 경우 즉시폭발을 기준으로 하였으며, 복사열의 경우 파열은 화구를, 누출은 제트 파이어를 기준으로 하였다.

1) 수증기기 개질기 토출라인 파단 및 누출

수증기기 개질기에서 수소가 누출됐을 때 예상할 수 있는 위험 피해 반경은 폭발시 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하며, 37.5 kW/m²의 복사열은 약 7.56 m까지 도달한다. 제트 파이어(Jet fire)의 경우 12.5 kW/m²의 복사열이 약 15.17 m 까지 도달하는 것으로 나타났다.

<Table 3> Outlet Flange Rupture(SR) - early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	65.45	65.45
0.1379	16.95	16.95
0.7	6.36	6.36

수증기기 개질기 토출라인에서 파열 발생시 폭발 피해반경은 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 4> Outlet Flange Leak(SR)-early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	65.45	65.45
0.1379	16.95	16.95
0.7	6.36	6.36

수증기기 개질기 토출라인에서 누출 발생시 폭발 피해반경은 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 5> Outlet Flange Rupture(SR) - Fireball

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	33.67	33.27
12.5	17.98	17.77
37.5	7.56	7.40

수증기기 개질기 토출라인에서 파열 발생시 화구에 의한 피해반경은 37.5 kW/m²의 복사열이 약 7.56 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 6> Outlet Flange Leak(SR) - Jet fire

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	17.79	18.66
12.5	13.05	15.17
37.5	-	-

수증기기 개질기 토출라인에서 누출 발생시 제트 파이어에 의한 피해반경은 12.5 kW/m²의 복사열이 약 15.17 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

2) 수소 압축기 토출라인 파단 및 누출

수소 압축기에서 수소가 누출됐을 때 예상할 수 있는 위험 피해 반경은 폭발시 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하며, 37.5 kW/m²의 복사열은 약 10.69 m까지 도달한다. 제트 파이어(Jet fire)의 경우 37.5 kW/m²의 복사열이 약 94.92 m까지 도달하는 것으로 나타났다.

<Table 7> Outlet Flange Rupture(CP)-early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	65.45	65.45
0.1379	16.95	16.95
0.7	6.36	6.36

수소압축기 토출라인에서 파열 발생시 폭발 피해반경은 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 8> Outlet Flange Leak(CP) - early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	65.45	65.45
0.1379	16.95	16.95
0.7	6.36	6.36

수소압축기 토출라인에서 누출 발생시 폭발 피해반경은 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 9> Outlet Flange Rupture(CP) - Fireball

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	40.27	39.80
12.5	22.08	21.83
37.5	10.69	10.53

수소압축기 토출라인에서 과열 발생시 화구에 의한 피해반경은 37.5 kW/m²의 복사열이 약 10.69 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 10> Outlet Flange Leak(CP) - Jet fire

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	162.21	148.24
12.5	113.53	114.94
37.5	82.81	94.92

수소압축기 토출라인에서 누출 발생시 제트 파이어에 의한 피해반경은 37.5 kW/m²의 복사열이 약 94.92 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

3) 압력변동흡착기 토출라인 파단 및 누출

압력변동흡착기에서 수소가 누출됐을 때 예상할 수 있는 위험 피해 반경은 폭발시 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하며, 37.5 kW/m²의 복사열은 약 8.69 m 까지 도달한다. 제트 파이어(Jet fire)의 경우 12.5 kW/m²의 복사열이 약 15.17 m 까지 도달하는 것으로 나타났다.

<Table 11> Outlet Flange Rupture(PSA) - early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	65.45	65.45
0.1379	16.95	16.95
0.7	6.36	6.36

압력변동흡착기 토출라인에서 과열 발생시 폭발 피해반경은 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 12> Outlet Flange Leak(PSA) - early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	65.45	65.45
0.1379	16.95	16.95
0.7	6.36	6.36

압력변동흡착기 토출라인에서 누출 발생시 폭발 피해반경은 0.7 bar의 압력이 약 6.36 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 13> Outlet Flange Rupture(PSA) - Fireball

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	36.25	35.82
12.5	19.59	19.37
37.5	8.84	8.69

압축변동흡착기 토출라인에서 과열 발생시 화구에 의한 피해반경은 37.5 kW/m²의 복사열이 약 8.84 m 까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 14> Outlet Flange Leak(PSA) - Jet fire

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	17.79	18.66
12.5	13.05	15.17
37.5	-	-

압축변동흡착기 토출라인에서 누출 발생시 제트 파이어에 의한 피해반경은 12.5 kW/m²의 복사열이 약 15.17 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

4) 수소 저장탱크의 파단 및 누출

수소 저장탱크에서 수소가 누출됐을 때 예상할 수 있는 위험 피해 반경은 폭발시 0.7 bar의 압력이 약 19.02 m까지 도달하며, 37.5 kW/m²의 복사열은 약 29.11 m 까지 도달한다. 제트 파이어(Jet fire)의 경우 37.5 kW/m²의 복사열이 약 94.92 m 까지 도달하는 것으로 나타났다.

<Table 15> Storage Tank Rupture(HS) - early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	195.53	195.53
0.1379	50.63	50.63
0.7	19.02	19.02

수소 저장탱크 토출라인에서 파열 발생시 폭발 피해 반경은 0.7 bar의 압력이 약 19.02 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 16> Storage Tank Leak(HS) - early Explosion

Overpressure Level (bar)	Distance (m)	
	2 F	5 C
0.02068	195.53	195.53
0.1379	50.63	50.63
0.7	19.02	19.02

수소 저장탱크 토출라인에서 누출 발생시 폭발 피해 반경은 0.7 bar의 압력이 약 19.02 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 17> Storage Tank Rupture(HS) - Fireball

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	111.37	109.68
12.5	61.10	60.20
37.5	29.11	28.84

압축변동흡착기 토출라인에서 파열 발생시 화구에 의한 피해반경은 37.5 kW/m²의 복사열이 약 29.11 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

<Table 18> Storage Tank Leak(HS)

Radiation Level (kW/m ²)	Distance (m)	
	2 F	5 C
4	162.21	148.24
12.5	113.53	114.94
37.5	82.81	94.92

압축변동흡착기 토출라인에서 누출 발생시 제트 파이어에 의한 피해반경은 37.5 kW/m²의 복사열이 약 94.92 m까지 도달하는 것으로 나타난다.

4. 결론

수소 충전소에서 수소가스가 누출했을 때의 피해를 예측하기 위해 수소설비에 대한 자료 수집과 피해를 예측하기 위해 수소가스 누출에 대한 시나리오를 작성해 보았으며, 피해의 정도를 분석하기 위해 PHAST를 이용하였다.

분석 결과 스팀 리포머에서는 약 7.56 m, 수소압축기에서는 약 94.92 m, PSA에서는 약 8.84 m, 수소저장탱크에서는 약 94.92 m의 위험거리가 나타났다. 이는 각 설비의 위험거리 산정에 필요한 자료로 수소설비 건설시 위험반경을 제시할 수 있는 기본 자료로 사용될 것이다. 또한, 위험지역 설정 및 방폭설비의 선정에도 활용될 것으로 사료된다. 다만, 수소압축기와 수소저장탱크에서 특히 먼 거리의 위험거리가 도출된 것은 수소를 고압으로 다루기 때문인 것으로 사료된다. 이에 추후 수소 충전소를 설치할 경우 수소압축기와 수소저장탱크 사이에 방호벽을 설치하였을 경우 감소되는 효과에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. References

- [1] Boo, K.J.(2006), "A National Vision of the Hydrogen Economy and Action Plan". The Korea Society for Energy Engineering 15(2): 83-95.
- [2] CPR 18E(2005), "Guideline for Quantitative Risk Assessment." TNO.
- [3] EN 1473(2007), "Installation and equipment for liquefied natural gas. Design of onshore installations." BS.
- [4] EN 13654(2002), "Installations and equipment for liquefied natural gas. Design of onshore installations with a storage capacity between 5 t and 200 t." BS.
- [5] NREL/TP-570-27079(1999), "Survey of the Economics of Hydrogen Technologies."
- [6] Yoon, W.R. and SEO, D.J.(2004), "Developmental Status and prospect of hydrogen reforming infrastructure." SAREK.
- [7] A. Szyszka(1998), "Int.J.Hydrogen Energy." 23(3) 849.860
- [8] A. Bahbout and D. Kluyskens and R. Wurster(1998), "in Proceedings of the 12th world hydrogen conference." Buenos Aires, Argentina.
- [9] B. Sorensen and F. Sorensen(2000), "in Proceedingd of the 13th World Hydrogen Energy Conference, Beijing." China.
- [10] T.N. Veriroglu(2000), "in Proceedingd of the 13th World Hydrogen Energy

Conference, Beijing.” China.
[11] Rosen, M.A. and Scott, D.S.(1992),
“Int.J.Hydrogen Energy.” 17(3) :
199-204
[12] R.A. Hefner(1995), “Int.J.Hydrogen
Energy.” 20(2) : 945-948
[13] C. Mitsugi and A. Harumi and F.
Kenzo(1998), “Int.J.Hydrogen Energy.”
23(3) : 159-165
[14] [14] Kim, Y.T. and Rhie, K.W. and Back,

J.J. and Oh, S.K. and Han, J.M. and Kim,
W.K.(2000), “가스설비의 정량적 안전성 평
가” , KOSOS.
[15] Rhie, K.W. and Kim T.H. Kim, J.K. Han,
S.Y.(2005), “Safety Assessment for
Hydrogen Gas Production Facilities (Steam
Reforming).” KIGAS. 9(4) : 44-49

저 자 소 개

김 태 훈



호서대학교 안전공학과 박사 취
득. 현재 호서대학교 로봇자동화
공학과 교수로 재직중
관심분야 : 수소에너지, 신뢰도
분석, 신뢰도 데이터, 안전성 평
가, 연구실 안전, 인간신뢰도 분
석 등

주소 : 충남 아산시 배방읍 호서로 79번길 20 제1공
학관 104호

오 영 달



호서대학교 대학원 안전공학과 석
사 취득 후 현재 인하대학교 대학
원 안전공학과 박사과정 중
관심분야 : 수소에너지, 신뢰도 분
석, 신뢰도 데이터, 안전성 평가,
연구실 안전, 인간신뢰도 분석 등

주소 : 충남 아산시 배방읍 호서로 79번길 20 제1공학관
129호

이 만 수



호서대학교 안전공학과 석사, 박사
를 취득하였으며 기업체에서 20여
년간 안전, 환경, 소방분야 실무 경
험이 있으며, 기업체 안전 진단 및
전문강사, 겸임교수를 거쳐 현재는
호서대학교 계입학과 교수로 재직
중이다.

주소 : 충남 아산시 배방읍 호서로 79번길 20 조형과학관
306호