

# LPG 이송시스템 교육장비(시뮬레이터) 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Simulator for LPG Transporting System

임 사 환\*, 허 용 정\*\*

Sa-Hwan Leem\*, Yong-Jeong Huh\*\*

### 요 약

시뮬레이터는 산업교육에 있어서 유용하게 활용되고 있다. 특히 고도의 가치산업이나 위험한 시스템에 대한 교육을 실시하기 위해서 사용하기에 적합한 방법이다. 또한, 이론교육에서 체험형 교육으로 전향되는 산업교육에 있어서는 교육의 효과를 위하여 필요하다. 따라서 현장에서 실무에 도움이 되도록 LPG 이송방법에 대한 교육극대화를 위하여 이론교육과 체험교육의 중간 매개체 역할의 장비를 개발하여 교육에 적용하였다. 교육에 적용한 결과 교육장비가 이송시스템 이해도가 4.86점/5점, 현장에서 활용도는 4.47점/5점, 장비의 만족도는 4.48점.5점으로 나왔다. LPG 이송시스템 교육장비(시뮬레이터)가 교육에 활용시 효과적인 것으로 판단된다.

**Key Words :** LPG, Simulator, Transporting System, Gas Station

### ABSTRACT

Simulator is being utilized usefully in industrial education. Especially, it is the best method to use for the higher value-added business or hazardous system to train. Also, it is needed to effect in forward-looking industrial education changing from theoretical education to hands-on training.

Therefore, the development of equipment that can be used in both theory and experience class and its application to education help you to maximize the training effect on LPG transportation method when you work in the field. As a result of its applying to the education, the understanding of transportation system of educational equipment came out 4.86 points of 5 points, the utilization on site had 4.47 points/5 points, and the satisfaction has 0.5 points/4.48 points. The LPG transporting system(simulator) is considered effective when it is utilized in the education.

### I. 서 론

환경오염에 대한 방지책으로 친환경적인 에너지의 필요성이 대두되면서 환경친화적인 연료로서 LPG는 녹색성장을 새로운 패러다임으로 삼고 있는 모

든 국가에서 활용도가 증가하고 있으며, 수요는 해마다 점진적으로 증가하고 있다. 이러한 에너지의 변화는 '삶의 질' 향상을 넘어 '생존'의 문제로 다가온 환경문제의 심각성은 환경보존과 경제발전을 조화롭게 추구하는 '지속가능한 발전(sustainable

\* 한국기술교육대학교 대학원 기계공학과(leemsahwan@kut.ac.kr)

\*\* 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과(yjhuh@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 임사환

교신저자 : 임사환

접수일자 : 2009년 11월 21일

수정일자 : 2009년 12월 07일

development)’이란 새로운 패러다임을 요구하고 있다<sup>(1,2)</sup>. 특히 이산화탄소 배출을 줄이는데 사활을 걸고 있는 미국, EU(유럽연합), 일본, 중국 등 세계 각국이 자동차의 이산화탄소 배출 허용기준과 연비기준을 크게 강화하고 있다. 이는 자동차 부문이 국가 에너지소비의 19.3%를 차지하고 있으며, 타 부문보다 감축 여력이 큰 편이기 때문이다<sup>(3)</sup>.

특히, 연료의 수입의존도가 높은 독일은 액화가스 수입량이 79만 3552톤으로 전년 동기 대비 36.8%의 증가율을 기록하였으며, LPG 차량 및 주유소는 각각 7만여대와 1000여개의 주유소로 확장되었다. 이와 같이 LPG는 대체연료로 두각을 보이고 있으며, 2015년에는 약150만여대의 LPG 차량공급이 시현될 것으로 전망하고 있다<sup>(4)</sup>.

Table 1. The state of LPG filling system (locating type)

units : ea

section	locating type			total
	above ground	underground		
		burial	containment	
total	173	1,703	110	1,986
vessel	29	38	3	70
vehicle	33	1,219	36	1,288
vessel and vehicle	70	420	70	560
other	41	26	1	68

Table 1은 국내 LPG 충전소 현황으로 자동차충전시설이 전체충전소의 약65%를 차지하고 있다. 국내 LPG 자동차 운행대수가 전체차량의 13%를 차지하고 있는 상황으로 LPG 충전소의 설치의 필요 불가결하게 해마다 늘어날 수밖에 없다.

우리나라도 대기오염의 형태가 1990년대 후반부터는 자동차에 의한 오염 즉 질소산화물, 부유물질(TSP : Total Suspended Particulate)의 증가형태로 변화되었다. 특히 서울특별시 등의 대도시에서는 자동차에 의한 대기오염이 심각하여 전체 대기오염 중에서 80%를 넘어가는 것으로 보고되고 있다<sup>(5,6,7)</sup>. 따라서 정부는 대기오염을 획기적으로 저감시키기 위해 2000년 6월부터 월드컵 개최도시를 중심으로 천연가스버스를 보급하기 시작하였다. 하지만 천연가스버스는 충전소 설치 등 여러 가지 문제로 쉽게 보급되기 어렵다. 하지만 LPG 충전소는

기존의 인프라가 구축되어 있어 자동차 산업에 빠르게 적용되고 있다<sup>(8)</sup>. 이를 입증하듯 LPG 충전소가 최근 10년 동안 3배정도 증가하였으며, 한국가스안전공사 가스안전교육원(이하 “교육원”이라 한다.)에서 실시하는 LPG충전시설 안전관리자 양성교육 과정의 이수자도 최근에 들어 급격한 증가세를 보이고 있다<sup>(9)</sup>.

가스는 자동차 연료로 사용시 대기오염을 현저하게 줄여 환경오염물질을 배출하는데 효율적이며, 옥탄가도 높아 경제적 측면에서 효율성이 좋다. 하지만 가스는 형태가 없으며, 누출시 냄새가 없고 색깔이 없어 감지하기가 어려워 관리 소홀에 의한 누출로 폭발과 화재가 발생하면 재산상 손괴와 인명피해가 사회적 이슈로 될 만큼 그 피해 규모가 크다.

특히, 국내 LPG 충전소에서 발생한 사고중에서 가장 많은 인명피해(사망1명, 부상91명)과 재산피해(137억)를 유발시켰던 '98년도 대성충전소 사고는 탱크로리에서 저장탱크로 이충전작업시 발생한 사고로 작업자의 취급부주의로 다량의 가스가 누출하여 발생한 사고이다<sup>(10)</sup>.

이러한 사고를 줄이기 위하여 LPG 충전·저장·집단공급시설에서 발생하는 사고의 요인에서 가장 위험한 액 이송에 대하여 명확한 이해를 촉진하여 안전사고를 사전에 예방하고자 한다.

하태영(2009)<sup>(11)</sup>의 신기술 도입이 가스안전관리에 미치는 영향에 관한 연구를 살펴보면 교육이 안전사고를 예방하는데 기여함을 알 수 있으며, 대단위 시설에서의 안전사고는 시설 미비에 의한 사고보다 안전관리자의 취급부주의에 의한 사고가 더 많은 비중을 차지하고 있다<sup>(12)</sup>.

따라서 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 제23조(안전교육)에 의하여 안전관리자로 신규종사후 6개월 이내에 전문교육<sup>(13)</sup>을 이수코자 하는 자를 대상으로 교육원에서 실시하는 LPG 충전·저장·집단공급시설의 전문교육과정에서 LPG시설 이송시스템의 교육효과 극대화를 위하여 LPG 이송시스템 시뮬레이터(실습교육장비)를 개발한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 LPG 이송방법을 서술한다. 제 III장에서는 LPG 이송시스템 시뮬레이터 개발방법을 제안하고, 교육생에게 적용하여 교육의 효과를 설문지를 통하여 교육 효과를 평가·분석한다. 마지막으로 IV장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. LPG 이송방법

LPG를 대단위로 취급하는 충전시설, 저장시설, 집단공급시설에서의 액이송 방법은 다음과 같다 [14,15,16].

### 1. 압력차에 의한 방법

별도의 이송설비 없이 탱크로리와 저장탱크간의 압력차를 이용하여 LPG를 이송하는 방법으로, 탱크로리 내의 압력이 저장탱크보다 높을 경우에만 이송이 가능하며, 가스 판매량이 많은 LPG 자동차 충전소에서 저장능력을 확충하지 않고 판매량을 충당하기 위하여 LPG가 충전된 탱크로리를 저장탱크에 상시 접속시켜 놓는 방법이 이 방법을 편법적으로 이용한 예라고 할 수 있다.

### 2. 펌프에 의한 방법

탱크로리와 저장탱크 사이의 액체배관에 펌프를 설치하여 액상 LPG를 이송하는 방법으로, 이송속도가 느리기 때문에 LPG 충전소와 같이 이송작업이 빈번하게 이루어지는 곳에서는 현실적으로 적용이 곤란하기 때문에 저장시설이나 집단공급시설 등에서 주로 활용하고 있으며, LPG 충전소에서는 압축기의 고장에 대비하여 예비설비로 보유하고 있는 실정이다.

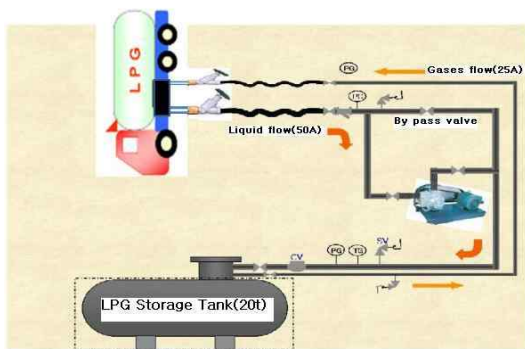


Fig. 1. Pumping method

Fig. 1은 LPG를 대량으로 취급하고 있는 시설에서 사용하는 펌프에 의한 이송방법 현황도이다.

### 3. 압축기에 의한 방법

탱크로리와 저장탱크 사이의 기체배관에 가스압축기를 설치, 저장탱크의 기상 LPG를 압축기로 흡입, 가압하여 가압된 기상 LPG를 탱크로리로 보

냄으로써, 탱크로리 내의 액상 LPG가 저장탱크로 이송되도록 하는 방법으로, LPG 이송방법 중 가장 속도가 빠르고 탱크로리로 보내진 기상 LPG의 회수도 가능하기 때문에 현재 LPG 자동차 충전소에서 가장 널리 이용하고 있는 방법이다.

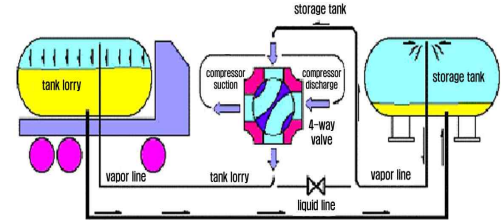


Fig. 2. Compression method

Fig. 2는 LPG 충전시설에서 일반적으로 액이송시 활용하는 압축기에 의한 이송방법 현황도이다.

### 4. 잔가스 회수

액상 LPG 이송작업을 완료 후 저장탱크에서 탱크로리로 보내진 기상 LPG를 회수하는 작업을 말하며, 이 작업은 압축기의 사방밸브를 조작하여 기상 LPG의 흐름방향을 바꾼 후 압축기를 가동함으로써 가능하게 된다. 다만, 잔가스 회수작업에는 20~30분의 시간이 소요되기 때문에 모든 충전소가 생략할 경우 별다른 손실이 발생하지 않아 회수작업에 대하여 생략이 가능하다.

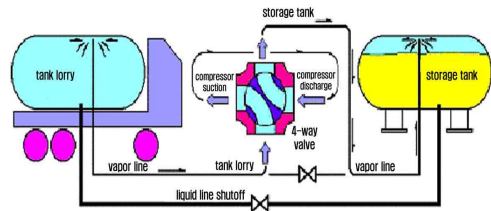


Fig. 3. Residual vapor recovery

Fig. 3은 압축기에 의한 이송작업 실시후 탱크로리에 남아있는 잔가스회수 작업에 대한 현황도이다.

본 연구에서 개발하는 교육용 장비는 LPG 충전·저장·집단공급시설에서 활용이 가능하도록 현장에서 활용되는 방법 모두를 집목하였다. 따라서 LPG를 취급하는 모든 시설에 적용이 가능하다.

### Ⅲ. 장비개발 및 평가

LPG 이송시스템에 대한 교육생의 이해촉진과 현장에서의 안전사고를 예방하기 위하여 개발한 장비는 이론교육과 체험교육의 중간형태로서 교육효과 극대화와 경제성을 고려하여 제작하며, 현장에서 실무를 접하고 있는 법정전문교육생을 대상으로 설문지를 통하여 평가·분석한다.

#### 1. 장비개발

LPG 이송시스템 시뮬레이터는 대단위 LPG 취급장소인 충전시설, 저장시설, 집단공급시설의 저장탱크 형태를 함께 응용하여 개발한다.

저장설비로는 지상형, 지하형 저장탱크형태를 모두 만족시켰으며, 이송설비는 압축기와 펌프를 사용한 이송방법을 채택한다.

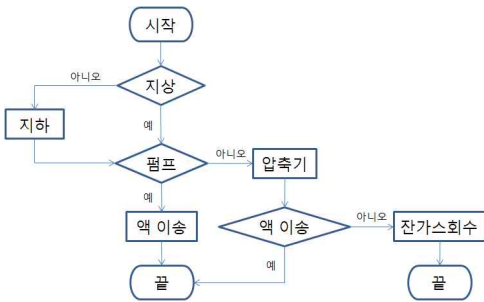


Fig. 4. System flow chart

Fig. 4는 시뮬레이터의 흐름도로, 지상형과 지하형을 선택하도록 구성한다. 또한, 지상형과 지하형을 선택하면 펌프와 압축기를 선택하도록 구성한다. 펌프는 액이송으로 작업을 종료하고, 압축기는 액이송과 잔가스회수로 구분한다.

시뮬레이터의 작동방법은 컨트롤 시스템에 의하여 지상형 버튼을 누르면 지상형 저장탱크가 램프로 액량을 나타내며, 이송방법(펌프)을 선택하여 버튼을 누르면 탱크로리에서 펌프를 통하여 지상형 저장탱크로 액이 이송되는 흐름을 육안으로 쉽게 확인할 수 있도록 구성한다.

이송방법(압축기)을 선택하여 버튼을 누르면 저장탱크의 기체가 압축기를 통하여 탱크로리로 보내지며, 탱크로리의 압이 상승하여 액이 저장탱크로 이송되는 흐름을 확인할 수 있도록 구성한다.

또한 잔가스 회수 버튼을 누르면 탱크로리의 기

체가 압축기를 통하여 저장탱크로 이송되는 흐름되며, 탱크로리의 잔가스가 줄어듦을 확인할 수 있도록 구성한다.

지하형 저장탱크로의 이송체계는 지상형과 시스템은 동일하며, 컨트롤 시스템에서 지하형 버튼을 누르고 이송방법을 선택하면 구현된다.

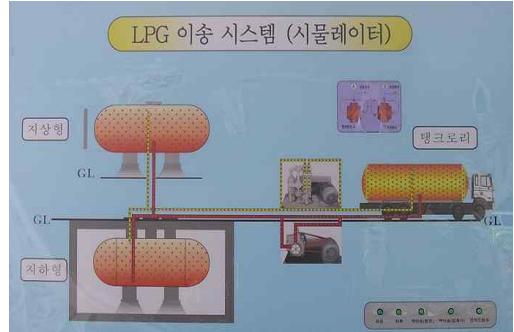


Fig. 5. LPG transporting system

Fig. 5는 LPG 이송시스템 시뮬레이터로서 가스안전교육원 LPG 충전시설 야외교육장에 설치하여 법정전문교육뿐만 아니라 일반양성교육생에게 활용하고 있다.

#### 2. 평가

LPG 이송시스템 시뮬레이터에 대한 교육효과성을 평가하기 위하여 교육원에서 운영하는 LPG 충전·저장·집단공급시설 전문교육생과 LPG 충전시설 안전관리자 양성교육과정 교육생을 대상으로 설문지와 면접법을 실시하여 파악한다.

LPG 이송 시뮬레이터 교육 설문조사서	
<b>교육과정명 :</b> 본 설문은 LPG 이송시스템 시뮬레이터의 교육효과를 위한 연구를 목적으로 향후 교육효과 제고를 기초자료로 활용하기 위하여 설문조사 항목의 추가·삭제 및 보완(예/아니오 또는 기타의 의견)을 기재해 주시기 바랍니다.	
<b>기 초 자 료</b> 1. 제작의 필요성 여부에 동의하십니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 2. 제작의 유용성? <input type="checkbox"/> 그렇 <input type="checkbox"/> 아 <input type="checkbox"/> 예	<b>교육환경 및 서비스 수준</b> 11. 교육용 영상수업에 대해가 만족하십니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 12. 교육용 복시시뮬레이터 관련 질문 만족도 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 13. 교육담당자의 친절 및 답변 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타
<b>교육내용 및 과정</b> 4. 시뮬레이터가 이상현상을 이해하는데 도움이 됩니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 5. 시뮬레이터가 현장업무에 필요한 도움이 됩니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 6. 교재는 내용을 이해하는데 도움이 될 것 같습니다 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 7. 강사들의 강의가 강의를 이수하는데 도움이 됩니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 8. 강사들의 강의가 강의를 이수하는데 도움이 됩니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 9. 강사들의 강의가 강의를 이수하는데 도움이 됩니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 10. 강사들의 강의가 강의를 이수하는데 도움이 됩니까? <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타	
<b>기타 교육소감·칭찬사·건의사항 등</b>	<b>해의 선진시설 연계 위탁교육 과정 참여의사</b> 14. 향후 우리 선진시설과 연계한 위탁교육 과정 참여의사 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타 15. 선진시설과 연계한 위탁교육 과정 참여의사 <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요 <input type="checkbox"/> 기타

Fig. 6. Questionnaire

Fig.6은 LPG 이송 시스템에 대한 설문지 양식으로 기초자료부분과 교육내용부분으로 구분한다.

기초자료에서는 교육생의 연령, 성별, 근무경력 등을 파악하고, 교육내용부분에서 교육장비에 대하여 조사한다.

설문지는 이송시스템의 이해도, 현장에서 적용도, 교육장비에 대한 만족도에 대하여 항목별로 95점 이상 5점(매우만족), 85점 이상 4점(만족), 75점 이상 3점(보통), 65점 이상 2점(불만족), 55점 이상 1점(매우불만족)으로 평가한다.

설문지에 의한 평가는 2009년 7월 21일부터 7월 29일까지 실시한 양성교육생 45명, 2009년 10월 7일부터 10월 9일까지 실시한 전문교육생 46명, 2009년 10월 20일부터 10월 28일까지 실시한 양성교육생 30명, 전체 3개 과정 121명을 대상으로 실시하여 119명에게서 답변을 얻었다.

면접은 2009년 10월 7일부터 10월 15일까지 실시한 양성교육생 37명, 9월 28일부터 9월 30일까지 실시한 전문교육생 42명과 10월 27일부터 10월 29일까지 실시한 46명, 총 3개 과정 125명 중에서 70명에게서 답변을 얻었다.

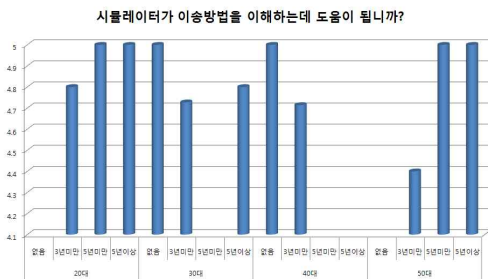


Fig. 7. Understanding analysis

Fig. 7은 LPG 이송시스템 교육장비를 교육에 활용시 LPG 이송방법에 대한 교육생의 이해도분석 현황도이다.

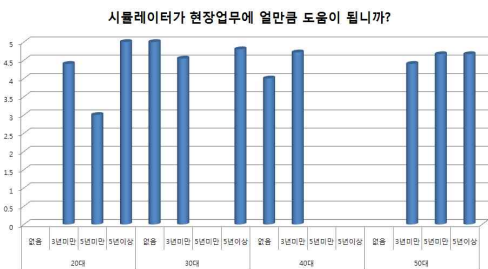


Fig. 8. Field application analysis

Fig. 8은 LPG 이송시스템 교육장비를 통한 교육이 현장에서 근무하면서 작업에 도움이 되는가를 분석한 현황도이다.

이송시스템에 대한 이해도 분석결과 20대부터 50대까지 대부분 쉽게 이해할 수 있다고 나타났으며, 경력이 많고 적용에 관계없이 교육장비를 통하여 쉽게 이해함을 확인할 수 있다.

이송시스템을 통한 교육이 현장에서 실무에 도움이 되는가는 20대부터 50대에서 경력이 많은 안전관리자일수록 현장적용도가 높게 나타났다. 이는 현장의 안전관리업무를 다년간 근무하면서 이송작업의 중요성을 인식하고 있으며, 안전관리업무에 효과적인 교육임을 반증하고 있다고 평가된다.

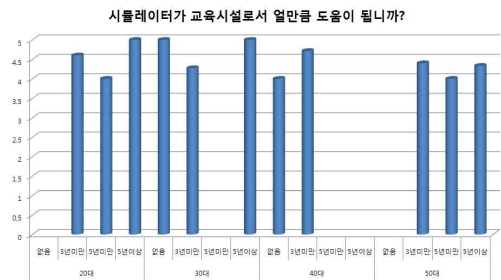


Fig. 9. Satisfaction analysis

Fig. 9는 LPG 이송시스템 교육장비에 대한 시설만족도 현황이다.

교육장비 만족도는 설문에 참가한 대부분의 교육생이 만족하는 것으로 나타났다.

LPG 이송시스템 교육장비에 대한 설문을 통하여 이송시스템 이해도는 4.86점, 현장에서 적용성은 4.47점, 교육장비에 대한 만족도는 4.48점으로 각 항목별로 모두 매우만족에 가깝게 평가되었다. 특히, LPG 이송시스템의 이해에 대해서는 연령대와 현장경력에 무관하게 모두 매우만족하다는 답변을 얻었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 LPG 이송시스템 교육장비(시뮬레이터)개발을 완료하고 현장 실무자에게 교육효과성을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교육중 문답에 의하면 이론교육에 의한 LPG 이송방법은 전문가 집단은 이해가 되었으나, 현장에 처음 근무하는 경우는 이송방법에 대하여 이해하기



어렵다고 하였으며, 실물을 이용한 체험교육은 가스의 흐름이 눈에 보이지 않아 이해하는데 한계가 있었다. 본 논문에서 개발한 시뮬레이터에 의한 교육은 전문가(법정교육과정 수강생)나 비전문가(양성교육과정 수강생) 누구나 쉽게 LPG 이송시스템을 이해하였다. 전체 설문참가 교육생 189명의 이해도가 92%로 나왔다.

2. 시뮬레이터를 활용한 교육으로 전문가 집단에서 5점만점에 4.86점으로 이해도가 높게 나타났다. 또한, 체험교육을 위한 실물구축에 따른 경제적 부담을 해소하였다.

3. 시뮬레이터를 활용한 교육방법이 체험형 교육의 선수과정으로 교육적 효과가 있으며, 현장에서 적용성은 5점만점에 4.47점으로 나왔다. 이를 통하여 안전사고 예방에 기여할 것으로 본다.

본 연구를 통하여 기존의 이론 위주의 교육에서 체험 방식의 교육으로 변경함에 있어 이송흐름에 대한 명확한 이해를 촉진하는데 시뮬레이터가 효과적임을 알았다.

### 감 사 의 글

이 논문은 2009년도 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 지원에 의하여 연구되었으며 관계자 분들께 감사사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

[1] <http://www.keei.re.kr>  
 [2] OECD, Integrating Environment and Economy, Progress in the 1990s, 1996.  
 [3] 에너지경제연구원, “환경규제와 에너지부문 환경변화에 따른 자동차산업의 대응방안”, 에너지경제연구원, 2000.  
 [4] 박소영, “독일가스시장동향-대체연료로 인기 상승 중인 LPG가스”, 가스안전지, 제 35권, 제3호, pp.77-80, 2009.  
 [5] 최병두의 16인 공저, “자치시대의 지역환경”, 한울, 1995.  
 [6] 경기개발연구원, “수도권 자동차 대기오염 물질 배출량 추정 및 대기오염 저감정책 방안 연구”, 경기개발연구원, 2002.  
 [7] 문태훈, “환경정책론”, 형설 출판사, 1997.  
 [8] 강광규, “저공해차량의 균형보급방안 연구-

LPG/CNG 차량을 중심으로”, 한국환경정책평가연구원, 2002.

[9] 고압가스통계, 한국가스안전공사, 2009.  
 [10] 한국가스안전공사, “가스 폭발사고 관련 종합보고서 : 부천 대성에너지(주) LPG충전소”, 창조기획, 2003.  
 [11] 하태영, “신기술 도입이 가스안전관리에 미치는 영향에 관한 연구-KGS의 활동을 중심으로”, 한국기술교육대학교 MOT석사논문, 2009.  
 [12] 한국가스안전공사, “2000년 가스사고연감”, 한국컴퓨터인쇄정보(주), 2001.  
 [13] 한국가스안전공사, “액화석유가스의 안전관리 및 사업법”, 나모기획, 2008.  
 [14] 한국가스안전공사, “충전시설안전관리(실습)”, 금풍문화사, 2009.  
 [15] 한국가스안전공사, “LPG충전소 운전실무”, 청솔커뮤니케이션, 2007.  
 [16] 한국가스안전공사, “엘피가스안전관리”, 동아인쇄, 2009.

### 임 사 환 (Sa-Hwan Leem)



1999년 8월 : 부경대학교 기계설계학과(공학사)  
 2004년 2월 : 부경대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
 2007년 2월 : 한국기술교육대학교 기계공학과(공학박사수료)  
 2003년 2월~현재 : 한국가스안전공사 가스안전교육원 교수

관심분야 : 안전성평가, 최적화설계, LPG저장탱크, 교육방법, 교육매체

### 허 용 정 (Yong-Jeong Huh)



1980년 2월 : 부산대학교 기계설계학과(공학사)  
 1982년 2월 : 서울대학교 대학원 기계설계학과(공학석사)  
 1991년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과(공학박사)

1993년 1월~현재 : 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 교수  
 관심분야 : 지능형 설계, 사출성형의 CAD/CAE, 기계설계, 반도체 패키징.