

# 밀폐공간진입을 위한 가상현실(VR) 훈련의 효과

채종주\* · 이진우\*\* · 정진기\*\*\* · 안영중\*\*†

\*, \*\* 한국해양수산연수원, \*\*\* 선박해양플랜트연구소

## Effect of Virtual Reality Training for the Enclosed Space Entry

Chong-Ju Chae\* · Jin-Woo Lee\*\* · Jin-Ki Jung\*\*\* · Young-Joong Ahn\*\*†

\*, \*\* Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

\*\*\* Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

**요 약** : 국제해양사고조사포럼(MAIF)의 조사에 따르면 1998~2009까지 밀폐공간진입 시 발생한 101건의 사고에서 93명의 사망자와 96명의 부상자가 발생하였다. 이에 국제해사기구(IMO)는 밀폐공간진입을 위한 지침과 SOLAS 1974 협약 제3장 규칙 19를 개정하여 주기적으로 선박에서 밀폐공간진입 훈련을 시행하도록 강제화 하였다. 밀폐공간진입 훈련은 실제적이고 진입 시의 위험성을 인식할 수 있도록 실시되어야 하며, 훈련 중 훈련참가자나 교육생들의 안전도 고려되어야 한다. 최근에는 교육 및 훈련효과의 향상을 위해 가상현실(VR) 교육 콘텐츠들이 다양한 분야에서 이용되고 있으며, 이러한 방법은 장소의 제한 없이 실제적이고 반복적인 학습에 장점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 VR을 이용한 밀폐공간진입 훈련이 강의형 교육훈련과 비교하여 어떤 효과와 특징 및 차별성이 있는지 훈련참가자들에 대한 정량적 평가와 설문을 통해 확인하였다. 평가 및 설문분석을 통해 VR을 이용한 밀폐공간진입 훈련 참가자들의 학습요소에 대한 숙지도가 강의형 교육훈련 참가자들보다 우수하였고, 교육방식에 대한 참가자들의 주관적 선호도도 VR을 이용한 훈련이 높게 나타났다. 연구 결과 VR을 이용한 훈련의 학습효과를 확인할 수 있었으며, VR을 이용한 선상훈련은 동영상 및 시뮬레이터와 같이 효과적인 교육방식으로 이용될 수 있을 것이다.

**핵심용어** : 가상현실, 밀폐공간진입, VR 훈련, 훈련효과, 선상훈련

**Abstract** : According to the MAIF report, from 1998 to 2009, 101 incidents involving entering enclosed spaces aboard ships resulted in 93 deaths and 96 casualties. IMO has therefore amended the Recommendations for entering Enclosed Spaces Entry and SOLAS 1974 Convention Chapter 3 Regulation 19, which mandates enclosed spaces entry and rescue drill on a regular basis. The training of entering such enclosed spaces should be practical, recognizing all possible risks of entering enclosed spaces aboard ships, while also considering the safety of trainees during the training. Recently, educational contents utilizing virtual reality (VR) have been applied in various fields to improve education and training effects, and these methods have proven to have advantages in actual and repetitive learning without being limited to physical space. In this study, the effectiveness, characteristics and differentiation of training of entering enclosed spaces aboard ships using VR were compared with traditional class room lectures through quantitative evaluation and questionnaires of training participants. Through the evaluation and questionnaire, it was found that participants using VR understood and learned the required training elements better than the control group, all of whom were trained through the normal class room lecture. Moreover, participants reported to display preference for training with the help of VR. As a result of the study, it was confirmed that the learning effects of VR onboard training can be used as an effective training method, especially by using video and other types of simulators.

**Key Words** : Virtual Reality, Enclosed space entry, VR training, Training effect, Onboard Drill

### 1. 서 론

선박에는 화물탱크(Cargo tank)를 비롯하여, 코퍼댐(Cofferdam), 펌프룸(Pump room), 연료탱크, 덕트 키(duct keel), 발라스트

탱크(Ballast tank) 등 매우 많은 밀폐공간이 존재한다. 국제해양사고조사포럼(Marine Accident Investigators' International Forum, 이하 MAIF라 함)에서 1998년부터 2009년까지 조사한 밀폐공간 사고보고서에 의하면, 선박 밀폐공간에서 사망자 93명, 부상자가 96명 발생하였다. MAIF의 조사 결과에서 사고의 가장 주된 요소로 밀폐공간의 위험성에 대한 인지부족, 보

\* First Author : kateshe76@seaman.or.kr, 051-620-5805

† Corresponding Author : yjahn@seaman.or.kr, 051-620-5795

## 밀폐공간진입을 위한 가상현실(VR) 훈련의 효과

호 장구의 미착용, 관련 서명 누락, 선상 밀폐공간 인지부족, 부적절한 절차 및 감독으로 식별하였다(IMO, 2009). 선박 밀폐공간진입 시 인명사고 발생과 그 위험성에 따라 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO라 함)에서는 기존의 IMO resolution A. 864(20)을 개정하여 IMO Resolution A. 1050(27)을 개발하였고, 더불어 SOLAS 1978협약 제3장 Part B, Section I - Reg. 19(비상훈련 및 연습), 3(훈련), 3.3(2개월에 한번 밀폐공간진입 및 구조 훈련 참여), 3.6(밀폐공간진입 및 구조훈련)을 새롭게 추가하여 2015년 1월 1일부터 선박에서 주기적으로 밀폐공간진입훈련을 수행하도록 하였다(IMO, 2010; IMO, 2013). 그러나 밀폐공간진입 훈련은 삼각대(Tripod)를 이용하여 사람을 밀폐공간에서 구조하고 절차에 따른 필요 조치를 하는 사항들이 포함되어 있고 다양한 절차 및 조치 때문에 훈련자체가 항상 위험성을 내포하고 있고, 선박의 일정에 의해서 훈련이 계획대로 수행되지 못하기도 한다. 최근 기술의 발전에 따라 가상현실(Virtual Reality, 이하 VR이라 함)이라는 기술이 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 다양한 교육과 훈련을 위한 콘텐츠도 개발되어 실제 학습효과에 대한 관심이 모아지고 있다. Darken and Banker(1998)은 VR을 이용한 교육훈련이 교육내용에 대한 장기적 기억에 장점이 있다는 연구결과를 발표하였으며, Carlson et al.(2014)의 연구에서는 VR을 이용한 교육훈련이 공간에 대한 지각 및 인식능력 향상에 도움이 된다고 하였다. 또한 VR을 이용하여 교육·훈련·치료·운동 등 가능성을 고려한 게임이 항공분야에서 뿐만 아니라 다양한 분야에서 활용될 수 있다는 연구도 있었다(Chittaro and Buttussi, 2015).

본 연구에서는 시간과 장소의 제약 없이 반복적으로 훈련을 할 수 있고 실제 훈련으로 인한 위험이 적은 VR을 이용한 선상훈련의 정량적인 실제 학습효과를 확인하고자 한다. 이를 위해 VR을 이용한 밀폐공간진입훈련이 강의형 교육훈련과 비교하여 어떤 효과와 특징 및 차별성이 있는지 훈련참가자들에 대한 정량적 평가와 설문을 실시하였다. 이를 통해 선박에서 좀 더 안전하게 관련지식을 숙지할 수 있도록 VR을 이용한 교육/훈련의 효과 및 필요성을 확인하고자 한다.

## 2. 밀폐공간 진입훈련

### 2.1 밀폐공간진입 훈련 요건 및 이수

2012년 개정된 IMO Resolution A. 1050(27) “선상 밀폐공간진입을 위한 개정된 권고”에 따르면 밀폐공간진입 시에는 진입을 위한 안전관리 수립, 위험성 평가, 진입의 권한, 일반적 주의, 밀폐공간 대기상태 확인, 진입 중 주의 사항, 특정한 선박 또는 화물과 관련된 위험 등에 대한 기본적인 조치에 대한 지식들을 권고하고 있다(IMO, 2011). 이후 밀폐공간

진입에 대한 선원들의 친숙화를 확인하기 위해 2015년 9월 1일부터 2015년 11월 30일까지 시행한 Paris 및 Tokyo MoUs의 CIC(Concentrated Inspection Campaign, 집중점검) 결과에 따르면 선원들은 대체적으로 밀폐공간진입에 친숙화되어 있다고 볼 수 있었으나, 본선의 밀폐공간진입 관련 훈련 매뉴얼이 적절한가에 대한 질문에서 13.4%가 그렇지 않다고 응답하였고, 항만국통제(PSC, Port State Control) 점검에서 34.3%가 선원의 밀폐공간진입 친숙화가 잘 되어 있는지 정확히 확인 할 수 없었다고 기록하였다(IMO, 2017a). 이에 Paris MOU and Tokyo MOU에서는 산업계에서 선원의 밀폐공간 친숙화 및 훈련에 더 집중적인 관심과 개선을 권고하였다.

선상에서는 밀폐공간진입 교육 및 훈련을 좌학, 시청각 교육 및 실제훈련으로 시행하고 있다. 그러나 교육/훈련과 관련된 기술의 발전이 좀 더 안전하고 효과적인 교육 및 훈련 목표를 달성할 수 있을 수도 있다는 전제하에, 본 연구에서는 선원들에게 좀 더 효과적으로 밀폐공간진입에 친숙해질 수 있는 방법을 실험을 통해 확인한다.

### 2.2 VR을 이용한 밀폐공간진입 훈련도구

훈련참여자들에게 VR을 이용한 밀폐공간진입 훈련을 제공하기 위해 본 연구에서는 HTC VIVE VR장비를 사용하였다. HTC VIVE 장비를 위한 기존의 밀폐공간진입 훈련 프로그램이 부재하여, 선행연구의 결과 및 선상에서의 밀폐공간 훈련 절차를 적용하여 Fig. 1과 같이 프로그램을 개발하였다. HTC VIVE VR장비는 Fig. 2와 같이 훈련참여자의 머리에 착용하여 영상을 보여주는 VIVE 헤드셋과 이어폰, 사다리를 오르거나 가스검지기 등 조작을 위한 두 개의 컨트롤러, 링크박스, 동작을 감지하는 두 개의 베이스 스테이션과 메인 컴퓨터(PC)로 구성된다. 시간에 따른 기억력의 변화 발생을 고려하여 HTC VIVE VR장비를 2세트 구성하여 신속한 훈련이 진행되도록 하였다.



Fig. 1. Applied method of Enclosed space entry training by VR.

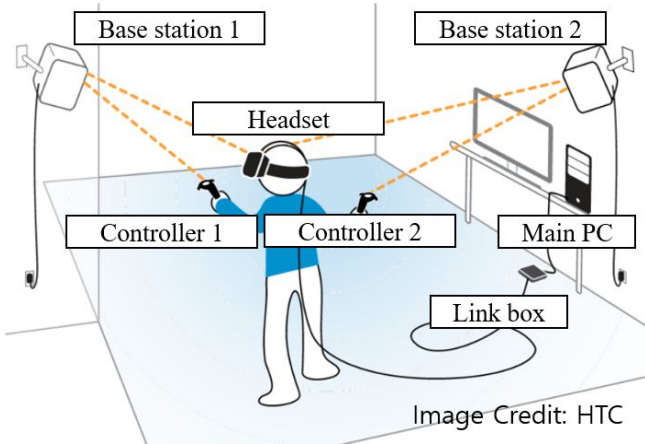


Fig. 2. HTC Vive VR system components.

### 3. 밀폐공간진입 훈련 평가방법

#### 3.1 훈련의 적용

훈련을 실행하기에 앞서 훈련참여자들에게 본 연구의 목적과 방법에 대하여 자세히 설명하고, 총 50명의 참여자들을 25명씩 두 집단으로 구분하였다. 훈련참여자들은 해기교육을 받고 있는 한국해양수산연수원 오션폴리텍 학생 50명을 선정하였다.

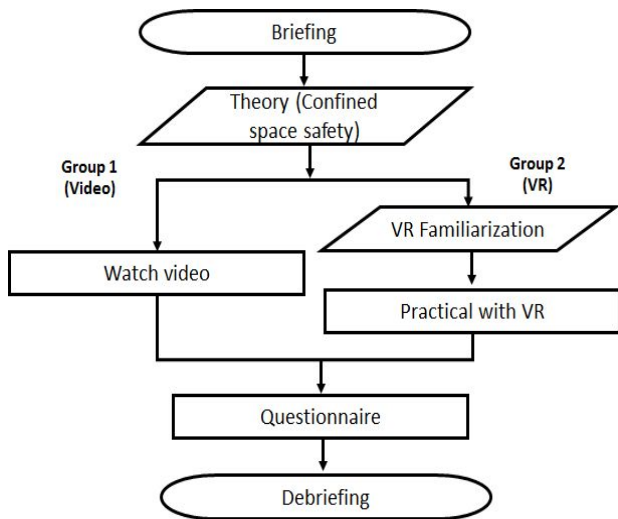


Fig. 3. Flow chart of training for Enclosed space entry.

훈련의 방법으로 1단계에서는 두 집단의 훈련참여자들 모두를 대상으로 좌학을 실시하여 밀폐공간에 대한 기초지식을 습득하도록 하였으며, 2단계에서는 두 집단을 구분하여 한 집단은 비디오 시청을 통해 관련 내용을 학습하고(이하 Group 1이라 함), 다른 집단은 VR을 활용하여 밀폐공간진입

에 대한 내용을 추가로 학습(이하 Group 2라 함)하도록 하였다. Group 1의 경우 6분으로 구성된 밀폐공간진입에 관한 동영상 시청하도록 하였으며, Group 2의 경우 훈련참여자를 대상으로 VR의 사용법에 대하여 설명한 후 5분간 VR을 활용하여 학습하도록 하였다. 마지막 3단계에서는 Group 1과 Group 2 모두에게 공통의 설문지 작성을 요청하여 학습한 내용에 대한 이해도의 정량적 평가 및 학습방법에 대한 정성적 평가를 실시하였다. Fig. 3은 두 집단의 훈련적용 흐름도로 나타낸 것이다.

#### 3.2 훈련시나리오 개발 및 실험 도구

본 연구의 목적인 기존교육방식 대비 VR 교육이 가진 장·단점을 분석하기 위하여 먼저 밀폐공간작업안전을 위한 학습요소를 도출하고 이를 기반으로 비디오자료 확보 및 VR 시나리오를 구성하였다.

##### 1) 밀폐공간진입 훈련 학습요소 도출

밀폐공간 진입 시 숙지가 요구되는 훈련 학습요소는 IMO Resolution A. 1050(27) “선상 밀폐공간진입을 위한 개정된 권고”의 내용과 SOLAS 협약 제3장 Part B, Section I - Reg. 19 비상훈련 및 연습 3.6 밀폐공간진입 및 구조훈련 사항(IMO, 2017b)을 기반으로 구성하였다. 그 중 실제 진입에 있어 확인되고, 준비해야 되는 내용을 중심으로 Table 1과 같이 훈련 학습요소로 도출하였다.

Table 1. Contents of Education for Enclosed space entry

No.	Contents	Details
1	Gas testing before entry	- checking and use of instruments for measuring the atmosphere in enclosed spaces;
2	Prepared at the entrance	- attendant - entry permit - rescue equipment and first aid
3	Prepared in the enclosed space	- illumination - ventilation
4	Prepared for worker	- protective equipment - communication equipment - personnel gas detector

##### 2) 비디오 밀폐공간진입 훈련

Group 1에서 이용한 비디오자료는 해양사고 예방을 위해 중앙해양안전심판원이 제작·배포한 밀폐공간진입 안전에 관한 동영상이다. 동영상의 주요 내용은 사고사례를 기반으로 밀폐공간의 위험성 및 사고를 예방하기 위한 대처법을 담고 있으며, 도출한 학습요소를 포함하고 있다(KMST, 2016).

## 밀폐공간진입을 위한 가상현실(VR) 훈련의 효과

### 3) VR 훈련시나리오 개발 및 실험

VR 훈련시나리오는 비디오자료와의 관련성을 고려하여 사고 사례기반으로 작성하였으며, 밀폐공간에 안전하게 진입하기 위해 필요한 교육요소, 동작, 인지가 필요한 정보 등을 시나리오에 반영하였다. 또한 각 시나리오 상의 시각화가 필요한 위치, 시각화 필요도구, 동작 및 단계별 종료요건을 설정하여 훈련참여자가 단계별 학습을 할 수 있도록 하였다.

Table 2는 VR 훈련시나리오에 적용된 개념의 일부를 나타낸 것이고, Fig. 4는 구현된 VR 밀폐공간진입 프로그램의 훈련화면 일부를 보여주고 있다.

Table 2. Example of VR scenario for Enclosed space entry

Event	Location	Asset	Interaction	Visualization	Completion requirement
Move a ladder	On a ladder	Ladder	Climb a ladder with both hands		Go down to a certain depth
		Gas detector		Alarm	Check the gas detector
Look for the dead	In a confined space	Dead body	Look at the body		Elapsed time
				Explanation	Description ends

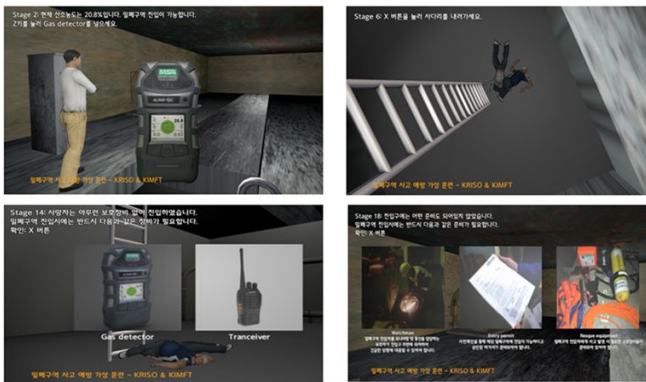


Fig. 4. Implemented VR program for Enclosed space entry exercise.

### 3.3 실험결과 측정을 위한 설문지 구성

실험 종료 후 두 집단의 훈련성취도를 측정하기 위하여 모든 피실험자에게 설문지를 배부하여 작성을 요청하였다. 설문지는 피실험자의 일반사항에 관한 영역, 교육훈련 이해도에 관한 영역, 각각의 교육방법에 대한 피실험자의 의견을 묻는 영역으로 구성하였다. Table 3은 설문지의 구성내용을 나타낸 것이다.

Table 3. Contents of questionnaires

Classification	No.	Question
General information	1	What was your training method?
	2	Have you ever experienced VR through games, training, etc.?
	3	What is your age?
	4	Have you ever received confined space entry training before?
Understanding of training	1	What is the normal oxygen concentration in the air? (Atmosphere in enclosed spaces)
	2	What is the work to be done to ensure the safety of the worker if the oxygen concentration in the air inside the confined space is too low or high, or if it is flammable or poisonous air? And, what kind of gas should be used when doing the work? (Importance of ventilation)
	3	What should be measured using gas detector before entry into confined space? (Gas testing before entry)
	4	If you need to work in a confined space, what should be prepared at the entrance to the confined space? (Requirements for entry)
	5	When entering a confined space through a ladder, what is the correct way to use the ladder? And what is the correct action a worker should take if an alarm is triggered when entering a confined space? (Enclosed space entry)
	6	When entering a confined space, what equipment should be possessed or worn for personal safety? (Personal equipment)
	7	What are 5 things to check to get into the confined space? (Checklist for enclosed spaces)
Personal opinion	1	Do you think that training with VR(Video) has helped you acquire relevant knowledge about confined space safety?
	1.1	If so, in what way do you think it helps?
	1.2	If not, what do you think is the problem?
	1.3	Describe the advantage and disadvantage of VR(Video) you think.

## 4. 밀폐공간진입 훈련 평가결과

### 4.1 실험 대상 분석

실험에 참여한 인원은 Group 1과 Group 2 각 25명으로, 설문지를 통해 총 50명의 훈련참여자의 연령, VR의 경험유무와 밀폐공간 진입훈련 경험 유무를 조사하였다. 연령에 대한 사항으로 30세 이상의 참여자는 42%(n=21), 30세 미만 참여자는 58%(n=29)였다. VR 장비나 게임 등의 경험유무에 대해서는 54%(n=27)가 경험이 있었고 46%(n=23)는 VR 사용경험

이 없으므로 응답하였다. Group 2의 훈련참여자 25명에 대해서는 VR에 대한 사전 경험유무로 인한 훈련 효과의 차이를 줄이기 위해 교육 전 약 3분간의 장비 친숙화 시간을 부여하였다. 친숙화 과정에서 VR 무경험자들이 초기에 조작에 어려움을 보였지만 실제 학습과정에서는 유경험자들과 큰 차이를 보이지 않았다. 밀폐공간의 진입절차나 숙지에 관한 사전 교육 훈련여부에 대해서는 24%(n=12)만이 관련한 경험이 있으므로 응답하였다.

#### 4.2 실험 결과 분석

밀폐공간진입 교육과 훈련을 모두 마친 Group 1의 참여자들과 Group 2 참여자들을 분리된 장소에서 3절에서 설명한 질문항목에 대해 설문을 실시하였다. 설문결과에 대해, 참여자의 일반사항에 관한 질의와 각각의 교육방법에 대한 참여자의 의견을 묻는 서술형 질의를 제외하고 교육훈련 이해도에 관한 설문결과를 분석하였다.

교육훈련 이해도에 관한 설문은 총 7개의 주제질문에 세부 응답항목들을 포함하여 단답형의 21개 항목으로 구성되어 있다. Group 1의 참여자들에 대한 설문 분석 결과는 Table 4 및 Table 5와 같다. Query items은 세부응답항목이며, 다수 참여자들의 평균점수와 비율을 나타내었다.

Table 4. Questionnaire result of Group 1

Questionnaire	Query items	Ave. point	Ratio (%)
1 Atmosphere in enclosed spaces	2	1.36	68.0
2 Importance of ventilation	2	1.16	58.0
3 Gas testing before entry	3	1.64	54.7
4 Requirements for entry	3	1.36	45.3
5 Enclosed space entry	2	1.56	78.0
6 Personal equipment	4	1.96	49.0
7 Checklist for enclosed spaces	5	2.24	44.8
Total	21	11.28	53.7

Group 1 참여자들의 학습 평균점수는 11.28로 전체 세부 항목 총 21점에 대한 숙지도는 약 53.7%의 이해수준을 보였다. Group 2 참여자들의 학습 평균점수는 다음 표와 같이 14.04로, 전체 항목에 대한 숙지도는 약 66.9%의 이해수준을 보였다. 두 그룹 간 학습 평균점수 차이는 2.76점으로 Group 2의 점수가 약 13.2% 더 높게 나타났다. 특히 Group 2가 22% 향상된 차이를 보인 문항은 탱크내부 대기에 관한 사항으로 환기의 중요성과 산소부족에 대한 세부질문으로 되어 있으며, VR을 통해 참여자들에게 검지기의 음향알람을 크게 작동하였기 때문인 것으로 파악된다.

Table 5. Questionnaire result of Group 2

Questionnaire	Query items	Ave. point	Ratio (%)
1 Atmosphere in enclosed spaces	2	1.56	78.0
2 Importance of ventilation	2	1.6	80.0
3 Gas testing before entry	3	2.12	70.7
4 Requirements for entry	3	1.68	56.0
5 Enclosed space entry	2	1.52	76.0
6 Personal equipment	4	2.72	68.0
7 Checklist for enclosed spaces	5	2.84	56.8
Total	21	14.04	66.9

교육훈련 이해도에 관한 설문과 각각의 교육방법에 대한 참여자의 의견을 묻는 서술형 질의 중, 리커트 5점 척도로 두 그룹의 교육방식에 대한 만족도를 조사하였다. 그 결과로 Group 1의 교육방식에 대한 만족도 평가는 3.52점 이었고, Group 2의 교육방식에 대한 평가는 4.16으로 VR을 이용한 교육 방식이 0.64점(12.8%) 높은 만족도를 보였다. Group 1은 기존의 교육방식을 모델로 하여 익숙한 분위기의 교육이었으나, Group 2는 직접 움직이고 새로운 장비를 이용해 게임 하듯 참여하는 방식으로 새로움에 대한 흥미와 관심이 만족도 평가에 반영된 것으로 보인다. 또한 설문 상 각 교육 방식에 대한 장단점에 대한 서술을 참여자들에게 요구하였으며, 주요한 응답내용은 다음과 같다.

Group 1 유형의 기존 동영상과 과학교육의 장점은 많은 인원이 동시에 교육 가능하고, 학습정보 파악이 용이하다. 단순내용 이해에 도움이 되며, 선행학습 자료로 이용가능하고, 사고사례 활용이 좋았다는 응답이 많았다. 단점으로는 주체적인 교육방식으로 보기 어렵고, 학습자 의지가 결여되면 학습효과도 미비하다. 수치 정보들에 대한 기억이 어려우며, 현장감이 부족하고, 지루하다고 응답하였다.

Group 2의 VR을 활용하는 교육의 장점은 실제 상황과 유사한 경험, 능동적 교육참여, 실무적 교육방식, 흥미유발, 동일 시간에 여러 차례 반복 학습 가능, 절차 및 과정인지에 도움이 된다는 응답이 많았다. 단점으로는 오래 사용 시 어지러움이 유발되고, 조작 미숙으로 인한 답답함, 장비 착용의 불편함, 학습을 위한 VR 글자가 오히려 학습에 방해가 된다고 응답하였다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 VR훈련의 장/단점을 분석하고, 이를 통하여 실제 선박에서 가상현실을 이용한 교육/훈련의 효용성 및 필요성을 확인해 보았다.



SOLAS 1978협약 제3장 Part B, Section I - Reg. 19에 의해서 2015년 강제화 된 밀폐공간 진입훈련을 VR로 구현하였으며, 이를 VIDEO 교육을 받는 사람과 가상현실 교육을 받는 사람으로 각각 구분하여 실험을 수행하였다.

그 결과 VR로 학습한 그룹의 학습 평균이 약 13.1% 높게 나타났다. 더불어 리커트 5점 척도로 두 그룹의 교육방식에 대한 만족도도 함께 조사한 결과, 좌학 + VIDEO 교육방식에 대한 평가는 3.52, 좌학 + VR 교육방식에 대한 평가는 4.16으로 VR을 이용한 교육 방식이 0.64점(12.8%) 높은 만족도를 보였다.

이와 함께 각 교육 방식에 대한 장/단점을 설문으로 조사한 결과 다음과 같은 장/단점이 확인되었다.

- ◆ 좌학 + VIDEO을 이용한 교육 장점
  - 많은 인원이 동시에 교육 가능
  - 학습정보 파악이 용이
  - 단순내용 이해에 도움이 되며, 선행학습 자료로 이용가능
  - 사고사례 활용 우수
- ◆ 좌학 + VIDEO을 이용한 교육 단점
  - 주체적인 교육방식으로 보기 어려움
  - 학습자 의지가 결여되면 학습효과도 미비
  - 수치 정보들에 대한 기억이 어려우며, 현장감 부족
  - 지루함
- ◆ 좌학 + VR을 이용한 교육의 장점
  - 실제 상황과 유사한 경험
  - 능동적 교육 참여 가능, 실무적 교육적용 가능
  - 적극적 흥미유발, 동일 시간에 여러 차례 반복 학습 가능
  - 절차 및 과정인지에 도움
- ◆ 좌학 + VR을 이용한 교육의 단점
  - 오래 사용 시 어지러움이 유발
  - 조작 미숙으로 인한 답답함, 장비 착용의 불편함
  - VR에 학습을 위한 설명글자는 학습에 방해

이를 통해 가상현실을 이용한 학습이 VIDEO를 이용한 교육 방식보다 학습 효과 및 교육방식의 선호도 측면에서 유의미하게 양호한 부분이 있었다는 것을 확인하였다. 더불어 교육 방식의 장/단점에 대한 설문조사 결과 가상현실 적용 시 어지러움증 유발에 대한 조치 및 조작 미숙과 관련한 조치를 어느 정도 해결 한다면 좌학 + VIDEO 방식보다 상당한 장점을 보유하고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 추후 다양한 선상훈련의 가상현실 구현 및 적용을 통해 장점을 확인하여 실제 선박에 승선하는 선원들을 대상으로 한 폭넓은 실험을 통해 VR을 이용한 교육의 적용 및 확대에 대한 연구를 지속할 필요가 있다고 하겠다.

## Acknowledgements

본 논문은 2017 IMO 전략과제 대응 연구 지원으로 수행된 연구임.

## References

- [1] Carlson, P., A. Peters, S. B. Gilbert, J. M. Vance and A. Luse(2014), Virtual Training: Learning Transfer of Assembly Tasks, IEEE E Transactions on Visualization and Computer Graphics 2014, pp. 1-13.
- [2] Chittaro, L. and F. Buttussi(2015), Assessing Knowledge Retention of an immersive serious game vs. a traditional education method in aviation safety, IEEE Transactions on visualization and computer graphics, Vol. 21, No. 4, p. 537.
- [3] Darken, R. P. and W. P. Banker(1998), Navigating in Natural Environments: A Virtual Environment Training Transfer Study, Proceedings of VRAIS IEEE 1998, pp. 12-19.
- [4] International Maritime Organization(2009), Revision of the recommendations for entering enclosed spaces aboard ships, DSC 14/INF.9.
- [5] International Maritime Organization(2010), Proposed amendment to SOLAS to mandate enclosed space entry and rescue procedures drills, MSC 87/24/3.
- [6] International Maritime Organization(2011), Revised recommendations for entering enclosed spaces aboard ships, Resolution A. 1050(27).
- [7] International Maritime Organization(2013), Consideration and adoption of amendments to mandatory instruments, Amendments to the 1974 SOLAS Convention and associated instruments, MSC 92.3, Annex 1, p. 2.
- [8] International Maritime Organization(2017a), Result of the 2015 Paris and Tokyo MoUs Concentrated Inspection Campaign (CIC) on Crew familiarization for enclosed space entry, Measures to harmonize port state control (PSC) activities and procedures worldwide, III 4/INF. 4, p. 2.
- [9] International Maritime Organization(2017b), Enclosed space entry and rescue drills, SOLAS Convention, Chapter 3, Part B, Section I Reg. 19 (Emergency training and drills), 3.6.
- [10] Korea Maritime Safety Tribunal(2016), Safety video for training on how to prevent marine casualties in confined spaces, <https://www.kmst.go.kr/user/bbs/detailBbsList.do>.

Received : 2018. 03. 05.

Revised : 2018. 04. 13.

Accepted : 2018. 04. 27.