

A Study on the Consumer Customized Chemical Disaster Response Training Program in Korea

Kyung Min Lim^{1#}, Bo Kyeong Kim², Choon Hwa Park², Yi Yoon²⁺, Byung Chol Ma¹⁺

¹ Department of Chemical Engineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, Korea

² National Institute of Chemical Safety, 90 Gajeongbuk-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

Abstract

The methods of handling chemical substances and responding to the accidents vary by the types of chemical substances. As it is very harmful and dangerous in the event of an accident, it is necessary to recognize the properties of the chemical substances and to use appropriate counter measures to minimize accident damage. Education and training programs are essential to enhance response capacity and expertise, but educational programs on chemical disaster response have been insufficient in Korea. Therefore, in this study, we analyzed the current status of educational programs in response to chemical disasters in several countries including United States, UK and Canada. We also investigated NFPA 472, the international guideline for responding to chemical disasters, and analyzed the roles of responding organizations along with the opinions of participants in the educational programs in Korea. Based on these analyses, we presented a consumer-customized chemical disaster response education program tailored to the domestic situation in Korea.

Key words: chemical accident response, training, hazardous materials

1. 서론

화학물질은 현대사회 인류의 삶에서 흔히 찾아볼 수 있는 유용한 물질로써 섬유, 의약품, 플라스틱, 도료, 식품첨가물, 화장품, 연료 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 그 용도와 유용성 때문에 화학물질 사용량은 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 화학물질의 종류 또한 계속 늘어날 것으로 보인다.

화학물질은 종류별 특성에 따라 각 물질의 유해·위

험성이 다르기 때문에 그에 대한 취급방법과 사고 대응 방법이 물질의 종류에 따라 상이하며, 사고 발생 시 인체, 환경, 시설 등에 대한 위험성이 매우 크다. 따라서 화학사고로 인한 피해를 최소화하고 효율적으로 대응 및 수습을 하기 위해서는 해당 물질의 특성을 인지하고 그에 따른 대응방법을 적절하게 적용할 수 있는 기술이 요구되며, 이러한 기술을 확보하기 위해서는 사고 대응자를 대상으로 하는 전문적인 교육이 선행되어야 한다.

[#] The 1st author: Kyung Min Lim, Tel. +82-62-530-0833, e-mail. slwo1233@naver.com

⁺ Corresponding authors: Byung Chol Ma, Tel. +82-62-530-1815, e-mail. anjeon@jnu.ac.kr
Yi Yoon, Tel. +82-42-605-7083, e-mail. justdoit@korea.kr

미국, 영국, 캐나다 등 주요 국가에서는 NFPA472¹⁾ 등 표준화된 지침에 따른 수준별 화학사고·테러 교육 훈련을 실시하고 있으며, 대응자의 역할과 필요역량에 따라 교육 프로그램을 운영하고 있다. 우리나라의 경우 화학사고 전담기관인 화학물질안전원을 비롯한 중앙소방학교, 가스안전교육원, 경찰교육원 등의 기관에서 화학사고 관련 교육훈련을 실시하고 있으나 교육 대상이 명확하게 구분되어 있지 않아 맞춤형 교육훈련이 이루어지지 않고 있는 실정이다.

화학물질 누출과 같은 화학사고 발생 시 대응자는 정해진 역할과 임무에 따라 대응활동을 실시하기 때문에 각자의 역할에 맞는 역량을 확보하는 것이 중요하며, 이를 실현하기 위해 역할·수준에 맞는 교육과정을 구성하고 운영할 필요가 있다. 특히 화학재난 발생 시 대응자가 단계별로 주어진 임무를 성공적으로 수행하지 못하면 피해가 일순간에 확산될 수 있기 때문에 평소 전문적인 교육 훈련을 통해 대응자가 화학재난에 전문적으로 대응할 수 있도록 교육체계를 마련하여 역량을 확보할 필요가 있다.

본 연구에서는 국내 유관기관과 화학사고 전문교육과정을 운영하고 있는 화학물질안전원의 교육 프로그램을 분석한 후 국외의 교육과정과 비교하여 개선점을 도출하였으며, 국내 대응자의 역할분석과 국외의 표준화된 지침인 NFPA472를 기반으로 대응자의 역할과 수준을 고려하여 수요자 맞춤형 화학재난대응 교육과정을 구성하였다. 또한 이해관계자의 의견을 수렴하여 실질적이고 체계적인 교육 프로그램을 개발하는 연구 수행을 통해 국내 실정에 맞는 화학재난대응 교육의 기반을 마련하고자 하였다.

II. 국내·외 화학재난대응 교육 현황

1. 국외 화학재난대응 교육 현황

국외의 교육 현황은 국제적으로 재난대응 교육 프로

그램을 운영·제공하고 있는 미국의 TEEEX를 중심으로 CDP, NCBRT 및 영국소방학교의 교육 현황을 조사·분석하였다.

1) 미국

(1) TEEEX

미국의 대표적인 재난대응 교육훈련기관인 TEEEX(Texas A&M Engineering Extension Service)에서는 유해물질, 화재, 구조, 안전, 환경, 전기, 기름누출, 가스사고, 산업재해 등의 교육과정을 포함하여 연간 총 6,800개 이상의 교육과정을 운영하고 있다. 이 중 유해화학물질(Hazmat) 관련 교육 프로그램은 텍사스주 컬리지 스테이션(College Station)의 화학재난대응 훈련장(Hazardous Materials Field)에서 실시되고 있으며, NFPA472를 기반으로 인지(Awareness), 방어대응(Operations), 전문가(Technician), 사고현장 지휘자(Incident Command) 등으로 교육 대상자를 분류하여 교육과정을 운영하고 있다. 수준별 교육의 핵심 4단계 중 인지단계(Awareness Level)는 가장 기초적인 대응 수준으로, 사고 및 물질에 대한 위험성을 인지하고 대응에 필요한 기본적인 정보를 수집하는 것이 주 역할이다. 방어대응단계(Operational Level)는 사고 피해를 커지는 것을 억제하며 인지단계 대응자에 비해 적극적인 사고 대응을 하는 대응자가 이에 속한다. 유해화학물질 전문가(Hazmat Technician)는 가장 적극적인 대응을 실시하는 대응자로서, 전문적인 지식을 활용하여 누출을 봉쇄하는 등의 역할을 맡고 있다. 4단계의 가장 높은 수준인 사고현장 지휘자(Incident Commander)는 전체적인 사고대응 상황을 통제하며, 수집된 정보를 바탕으로 대응방안을 마련하는 역할을 한다. TEEEX에서는 각 수준에 따른 교육과정을 개설하여 운영하고 있으며, 실습 비중이 높아 역할별 대응역량 강화에 효율적인 장점이 있다.

1) 「NFPA472 : Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents」는 '유해화학물질 및 대량살상무기 사고 대응자에게 요구되는 전문역량에 대한 지침'으로써 대응자의 수준 및 역할에 따른 필요역량을 제시하고 있다.

Table 1. The major chemical disaster response training courses of TEEEX

Course Title	ience	Prerequisites	Required Time
Hazardous Materials Awareness Training	Beginner of chemical accident response activities	-	8hours
Hazardous Materials First Responder Operations Training	Responder of chemical accident response activities	Complete the Awareness Training course	16hours
Hazardous Materials Technician Training	Technician of chemical accident response activities	Complete the First Responder Operations course	40hours
Hazardous Materials Incident Command Training	Commander of chemical accident response activities	Complete the First Responder Operations course	16hours

※ Source: TEEEX Homepage. <https://teex.org/>

이뿐만 아니라 TEEEX에서는 대량살상무기(WMD), 파이프라인 안전, 기름 유출 대응 등 분야별 전문적인 교육훈련을 실시하고 있으며, 별도의 특별과정 개설을 원하는 경우 수요자가 희망하는 수강일정과 교육과정에 따라 교육과정을 이수할 수 있는 맞춤형 교육 시스템을 운영하고 있다. TEEEX의 교육과정 대부분은 집합교육으로, 일부는 온라인으로 수강이 진행되며 각 과정마다 해당 교육의 수강 대상자를 명시하고 있다. 또한 특정 교육과정은 선행 교육을 이수해야 수강할 수 있는 단계적 교육체계를 적용하였으며, 이러한 TEEEX의 단계적 화학재난대응 교육과정은 NFPA472를 표준지침으로 적용하고 있으며, 희망자는 시험을 통해 NFPA의 전문 자격 기준에 따른 국제자격인 ‘Pro-Board²⁾’ 인증을 받을 수 있다.

TEEEX의 교육과정 중 본 연구와 관련이 깊은 주요 교육과정은 <Table 1>과 같다.

(2) CDP

민간기관인 TEEEX 이외에도 미국의 연방재난관리청인 FEMA(Federal Emergency Management Agency)의 CDP(Center for Domestic Preparedness)에서도 화학재난대응 교육훈련을 실시하고 있다. CDP에서는 화학사고 대응, 테러, WMD 등에 대한 교육과정을 운영하고 있으며 교육시간은 과정에 따라 3일(24시간) ~ 5일(40시간)로 구성되어 있다.

TEEEX와 마찬가지로 NFPA472를 기반으로 유해화학물질 대응자과정(Hazardous Materials Operations), 유해화학물질 전문가과정(Hazardous Materials Technician), 사고현장 지휘자과정(Incident Command)을 구성하여 교육훈련을 실시하고 있으며, 유해화학물질 전문가, 소방관, 유관기관 공무원 등을 교육대상으로 하는 CBRNE 사건 유해화학물질 증거수집과정(Hazardous Materials Evidence Collection for CBRNE Incidents)을 운영하고 있다. 또한 선행이수조건과 Pro-Board 및 IFSAC 인증을 받을 수 있도록 교육체계가 구성되어 있고 온라인교육 없이 모두 집합교육으로 교육훈련을 실시하고 있으며, 대응수준과 역할에 따라 교육 프로그램이 운영되고 있다.

(3) NCBRT

미국 루이지애나 주립대학교의 NCBRT(Louisiana State University National Center for Biomedical Research and Training)는 생물·의학적 연구 및 CBRNE/WMD, 테러대응에 관련된 교육을 실시하는 기관이다.

TEEEX, CDP가 NFPA472를 기반으로 화학재난대응 교육과정을 구성하여 운영하는 것과는 달리 NCBRT에서는 미국 국토안보부(DHS)의 국토안보 교육·훈련 프로그램 기준에 따라 교육 프로그램을 개설·운영하고 있다. 전체 교육과정은 3단계(Awareness Level,

2) NFPA(National Fire Protection Association)의 전문 자격 기준을 적용하고 있는 기관 중 자격 발급 권한이 있는 회원기관에 의해 시험 등에 따른 기준에 따라 개인에게 국제 인증을 발급하고 있으며, 유사한 인증 프로그램으로는 ‘IFSAC(International Fire Service Accreditation Congress)’가 있다.

Performance Level, Management and Planning Level)로 분류되어 있으며, 각 분야에 대한 교육이 단계별로 이루어지도록 교육체계를 구성하였다.

NCBRT에서는 강사가 직접적으로 교육을 실시하는 집합교육뿐만 아니라 일부 과정에 대해 간접교육과정(Indirect Training)을 운영하여 교육을 받은 강사(Indirect Trainers)가 소속기관에서 교육을 직접 실시할 수 있도록 Train-the-Trainer 형식의 교육과정을 운영하고 있다. 이러한 시스템을 운영함으로써 교육에 대한 접근장벽이 낮아지고, 수요자가 보다 쉬운 방법으로 관련 역량을 확보할 수 있는 효과가 있을 것으로 보인다.

2) 영국

유럽의 화학재난대응 교육 현황은 대표적으로 영국 소방학교(Fire service college)의 교육 프로그램을 조사·분석하였다. 영국소방학교에서는 소방관 및 응급구조 전문가에게 화재 대응, 유해화학물질 사고 대응, 사고현장 지휘 등의 교육을 실시하고 있으며, 이 중 유해화학물질(Hazardous Materials) 교육과정은 몇 가지 모듈(Module)과 세분화된 전문분야로 분류되어 운영되고 있다. TEEEX와 마찬가지로 교육과정이 NFPA472를 기반으로 운영되고 있어 교육 후 시험을 통해 'Pro-Board'인증을 받을 수 있으며, 이에 따라 교육 대상자를 분류·명시하였고 선행이수조건을 적용하여 대응자의 수준에 따른 단계별 교육을 실시하고 있다.

2. 국내 화학재난대응 교육 현황

화학재난대응 교육훈련을 실시하는 국내 기관은 소방, 경찰 등의 정부기관이며 각 기관의 임무에 맞는 교육훈련을 개별적으로 실시하고 있다. 본 연구에서는 화학물질안전원의 교육과정을 중심으로 중앙소방학교, 중앙119구조본부, 경찰교육원 등의 화학재난대응 교육 현황을 분석하였다.

1) 화학물질안전원

국내 화학재난 대응체계의 중심기관인 화학물질안전

원에서는 화학사고 관리제도에 대한 민간법정 교육과정과 화학사고 예방·대응 등에 대한 화학사고 전문교육과정을 운영하고 있다. 이 중 화학사고 전문교육과정은 화학재난예방, 대응 및 수습을 위한 교육이며 주요 교육과정으로는 화학사고 예방과정, 화학사고 대응과정, 화학사고 수습과정 및 유해화학물질 전문가과정이 있다. 화학사고 전문교육과정은 대응자의 임무와 역할에 따라 과정이 체계적으로 분류되어 있으며, 각 과정이 일반, 실무 등의 수준으로 구분되어 있다. 하지만 선행이수조건이 없고 구체적인 교육 대상자가 명시되어 있지 않으며 수준별로 교육내용이 연계되지 않아 기초부터 심화까지의 교육이 단계적으로 이루어지지 않는 단점이 있다.

2) 기타 유관기관

화학재난대응 관련 교육과정을 운영하고 있는 국내 유관기관은 중앙소방학교, 중앙119구조본부, 경찰교육원 등의 공공기관이며 교육 현황은 다음과 같다.

- (1) 중앙소방학교: 소방공무원의 직무능력 강화를 위한 90여개의 교육과정을 운영하고 있으며, 이 중 '화생방 대응과정'이 화학재난대응 교육과정으로써 운영되고 있다. 해당 과정은 화학재난에 대한 내용뿐만 아니라 생물학재난, 방사능, 폭발성물질재난에 대한 내용도 포함하고 있다.
- (2) 중앙119구조본부: 특수재난 상황에서의 역량강화를 위해 14개의 특별구조 훈련과정을 운영하고 있으며, 화학재난대응 교육과정은 '유해화학사고 대응'과정이 유일하다. 해당 과정은 유해화학물질 누출사고 발생 시 대응능력을 강화하기 위한 교육훈련으로 2주간 진행된다.
- (3) 경찰교육원: 현직 경찰관을 대상으로 100개 이상의 전문화교육과정을 운영하고 있으며, 이 중 '화생방 테러현장 대응팀 양성과정'을 통해 경정 이하의 화생방테러 현장 대응팀에 대한 교육을 실시하고 있다. 3주간의 교육과정에서 화학테러, 생물학테러, 방사능에 대한 이론과 실습교육이 이루어지고 있다.

국내 유관기관의 경우 해당 기관의 임무에 따라 화학 재난대응에 관련된 교육을 실시하고 있으나, 대응과정이 단일과정으로만 구성되어 있고 생물학재난, 방사능에 대한 내용이 포함되어 있는 경우가 많기 때문에 화학사고 대응역량강화 측면에서 볼 때 국내 유관기관의 화학재난대응 교육의 전문성과 다양한 상황에 대한 교육 효과가 다소 부족할 것으로 판단된다.

3. 국내·외 화학재난대응 교육 비교를 통한 시사점 도출

본 연구에서는 앞서 조사·분석한 국외의 화학재난대응 교육현황과 화학물질안전원을 포함한 국내의 교육현황 비교를 통해 국내의 화학재난대응 교육이 추후에 할 바를 고려하여 다음과 같이 시사점을 도출하였다.

화학재난대응 교육의 효율을 최대화하기 위해서는 교육 대상자의 수준과 역할에 따른 교육 프로그램 구성이 요구되며, 교육대상을 명확하게 구분할 필요가 있다. 또한 기초부터 심화까지 대응자의 역량을 순차적으로 강화하기 위해 단계별 교육체계가 확립될 필요가 있으며, 틀에 박힌 교육이 아닌 수요자가 주체가 되어 교육에 적극적으로 참여할 수 있는 교육 프로그램이 국내에도 마련되어야 할 것으로 판단된다.

III. 화학재난 대응자 역할 분석 및 수준별 요구역량 도출

앞서 언급한 교육 대상자의 수준과 역할에 따른 교육 프로그램 개발을 위해서 교육 수요자인 국내 화학재난 대응자의 역할 분석을 진행하였으며, 이를 수준별로 분류하고 필요한 역량을 도출하여 대응자에게 적합한 교육 프로그램을 개발하는 연구를 진행하였다. 또한 이해관계자들의 의견을 수렴하기 위해 화학물질안전원의

화학사고 전문교육과정을 수강하는 인원을 대상으로 대응자가 실질적으로 필요로 하는 것이 무엇인지 조사하여 연구에 반영하였다.

1. 국내 화학재난 대응자 역할 분석 및 수준별 요구역량 도출

국내 화학재난 대응자의 역할 분석을 위해 본 연구에서는 「재난 및 안전관리 기본법」에 따른 위기관리 표준·실무·행동 매뉴얼을 분석하여 분야별로 그 역할(임무)을 분류하였다. 역할(임무) 조사는 화학재난대응에 참여하는 소방, 경찰, 환경부, 사업장, 지자체 등을 조사하였으며, 조사된 역할을 예방, 기본대응, 방어대응, 전문대응, 현장지휘, EMS, 사후대응 및 테러대응으로 분류하였다. 이후에는 분류된 역할과 그에 따른 대응자의 필요역량을 도출하기 위해 국외에서 적극적으로 수용되고 있는 NFPA472와 이를 기반으로 작성된 HMEP 교육지침³⁾을 분석하였고, 이를 앞서 조사한 대응자의 역할·수준과 대응시켜 교육훈련 대상자의 수준별 요구역량을 도출하였다.

NFPA472와 HMEP 교육지침을 토대로 화학재난 주요 대응자에 해당되는 4가지 수준(Awareness, Operations, Technician, Incident Commander)의 필요역량을 상세히 분석·정리하였으며, 이로부터 국내 화학재난 대응자의 수준별 요구역량을 도출하였다.

2. 국내 이해관계자 의견수렴 및 역할에 따른 필요역량 도출

교육 수요자의 역할과 요구에 부응하는 교육과정 개발을 위해 본 연구에서는 화학재난 대응자의 의견을 설문조사를 통해 조사·분석하였다. 화학물질안전원의 화학사고 전문교육과정 수강생 중 화학재난 대응기관 소속 159명을 대상으로 총 7차례에 걸쳐 조사를 실시하였다.⁴⁾ 구체적으로는 소방, 군, 경찰, 환경,

3) 'Hazardous Materials Emergency Preparedness(HMEP)' 커리큘럼의 「Guidelines for HazMat/WMD Response, Planning and Prevention Training」을 말하며, OSHA에 명시된 비상 대응자의 필요역량과 NFPA472에 제시된 내용을 체계적으로 재구성한 지침이다.

지자체, 사업장 등에 소속된 수강생이 조사 대상이었으며 화학재난 대응 경험 여부, 화학재난 대응 시 본인의 역할, 대응자에게 필요한 기술, 화학재난 대응 역량 강화를 위해 필요한 교육훈련, 교육과정 별 적정 교육시간 및 기타 요구사항을 조사하여 결과를 분석하였다. 조사 결과, 경찰과 사업장은 초동대응, 소방과 군은 사고대응을 주로 실시하며 환경부는 사고대응과 현장수습, 지자체의 경우 현장수습이 주 역할이었다. 소방, 군, 경찰 소속 인원은 대응요원의 역량 강화훈련이 가장 필요하다고 응답하였으며 환경, 지자체, 사업장의 응답자는 화학사고 예방·대응·수습과정이 가장 필요한 교육과정이라 응답하였다. 대응자에게 필요한 기술로는 보호구 착용·사용법, 사고물질 탐지·측정, 물질에 대한 이해·취급요령인 것으로 조사되었다(〈Table2〉, 〈Table3〉). 기타 요구

사항으로는 실습의 비중이 늘어날 필요가 있다는 의견이 다수 있었으며 교육내용의 중복 개선, 선수과목과 경력의 고려를 통한 교육체계 운영, 직군별 교육과정 필요 등의 의견도 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과를 통해 국내 화학재난 대응자의 역량과 전문성을 강화하고 실무능력을 향상하기 위해서는 화학재난대응 교육 프로그램의 실습훈련 비중을 높일 필요가 있음을 알 수 있으며, 실습훈련에는 모형을 사용한 시뮬레이션 훈련 및 VR을 활용한 가상 체험 훈련 등이 포함될 수 있다. 또한 선행이수조건을 적용하고 단계적 교육체계를 구성함으로써 교육내용의 중복을 해소할 수 있으며, 수요자의 역할(임무)과 경력을 고려한 수준별 교육체계를 마련하여 교육의 만족도와 효율을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

Table 2. Result of drawing required capability priorities for chemical accident responders

Ranking	1st	2nd	3rd	4th	5th	Total Score	Priority
Score	5	4	3	2	1		
Capability for responding	The number of survey responders						
Detecting and analysis of substance	33	37	31	29	25	489	3
Wearing and using the PPE	43	44	34	21	9	544	2
Understanding and handling the substance	50	43	40	14	5	575	1
Understanding of chemical process and facilities	11	19	19	45	46	324	5
Isolating and blocking	19	13	29	34	54	356	4

Table 3. Result of drawing required capability priorities for chemical accident responders for each agencies

Agency	Fire service	Military	Police	Ministry of Environment	Local government	Company (On-site)
Capability for responding	Priority					
Detecting and analysis of substance	3	2	4	1	1	5
Wearing and using the PPE	2	1	1	3	3	2
Understanding and handling the substance	1	3	2	2	2	1
Understanding of chemical process and facilities	5	5	5	4	5	4
Isolating and blocking	4	4	2	5	4	3

4) 2017년 6월부터 2017년 10월까지 총 4개월간 화학사고 수습과정, 대응과정, 유해화학물질 전문가과정의 일반교육 수강생을 대상으로 조사하였다.

IV. 수요자 맞춤형 화학재난대응 교육

프로그램 개발

1. 국내 화학재난대응 교육 프로그램 개선방안 연구
국내 화학재난 대응자의 역할 분석·수준 분류와 NFPA472에 따른 수준별 요구역량 분석 및 이해관계자의 의견을 기반으로 수요자 맞춤형 화학재난대응 교육 프로그램을 연구·제시하였다. 각 교육과정은 기존 화학사고 전문교육과정을 기본으로 화학사고 예방과정, 화학사고 대응과정, 화학사고 특별과정 3단계로 크게 구분하였으며, 기존 교육과정과 NFPA472 및 HMEP 교육지침의 내용을 수정·보완·추가하여 개선방안을 제시하였다.

1) 수준별·단계별 교육체계 연구

수요자 맞춤형 화학재난대응 교육 프로그램을 연구함에 있어 대응자의 수준에 맞는 교육체계를 개발하기 위해 본 연구에서는 「화학물질관리법 시행규칙 별표6의3」에 명시된 안전교육 내용과 화학재난 대응자를 위한 수준별 지침인 NFPA472 및 HMEP 교육지침을 분석·재구성하여 적극 반영하였다.

화학사고 예방과정의 경우 화학물질관리법의 안전교육 내용을 종합하여 주요 내용 11가지 항목을 도출한 후 예방교육의 필수요소 3종(물질관리, 설비관리, 인적요소 및 시스템관리)을 기반으로 핵심내용 5종을 선정하였으며, 세부 교육내용을 개발하였다. 구체적으로 핵심내용 5종은 화학물질관련법령, 화학물질 취급 및 안전관리, 화학물질 취급시설 관리 및 예방기준, 화학사고 대비·대응, 개인보호장구 선정 및 사용으로 도출하였으며 주요 교육대상은 환경, 지자체 등 예방과정에 입문하는 자로 선정하였다. 또한 예방과정을 일반과 실무과정으로 세분화하였고, 일반과정을 선행 이수하여야만 실무과정을 수강할 수 있는 단계별 교육체계를 적용하였다.

화학사고 대응과정은 NFPA472와 HEMP 교육지침의 주요 대응자인 인지수준, 방어대응 수준, 유해화학

물질 전문가 수준에 대한 교육 프로그램으로 개발하였으며, 구체적으로는 일반, 실무, 특별(전문가)과정 3단계로 구분하여 일반부터 특별(전문가)과정까지 순차적으로 교육이 운영될 수 있도록 구성하였다. 다만, 인지수준에 해당되는 일반과정의 교육시간이 8시간으로 비교적 짧고 일반과정만을 수강하는 수요자가 많지 않으며, 방어대응 수준에 해당되는 실무과정의 내용이 인지수준의 내용을 충분히 포함하고 있기 때문에 두 과정을 일반·실무 통합과정으로 통합하여 수요자의 편리성과 운영측면에서의 효율성을 높였다.

화학사고 특별과정은 화학재난 후속조치, 총괄적 사고관리, 화학테러 분야 등 화학재난 예방과 대응 이외의 필요 교육을 목적으로 개발된 과정이다. 화학사고 수습과정, 현장수습조정관 양성과정, 화학테러 대응과정이 포함되며, 화학물질안전원 전문교육과정을 기반으로 미국 EPA 교육 프로그램과 NATO CBRN 사고대응지침의 연구를 통해 교육 프로그램을 재구성하였다. 특히 기존 교육과정과는 달리 앞서 언급한 3가지 과정 모두 방어대응 수준(화학사고 대응과정 일반과정)을 이수하여야만 수강이 가능하다는 선행조건이 적용되어 대응에 대한 기본 역량이 확보된 인원을 대상으로 이전보다 심화되고 전문적인 내용으로 교육을 실시할 수 있다는 강점이 있다.

2) 실습 훈련 비중 증대를 통한 대응역량 강화

전술한 바와 같이 화학재난 대응자의 역량을 효율적으로 강화하고 실무에 적용 가능한 전문성을 확보하기 위해서는 이론 중심의 교육과정이 아닌 실습 위주의 교육과정이 요구된다. 이론교육의 비중이 높은 경우 화학재난 대응에 대한 폭넓은 지식과 심화된 내용의 지식을 습득할 수 있으나 실제 화학재난 상황에서의 대응능력이 부족하게 되어 이론 위주의 교육을 받은 대응자가 실질적으로 신속하고 정확하게 대응활동을 하는 것은 기대하기 어렵다. 화학재난 상황에서 신속·정확한 대응은 화학물질의 누출 등을 빠르게 차단하여 피해를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 대응자의 안전

을 확보할 수 있는 중요한 방법이기 때문에 대응자가 반드시 갖추어야 할 역량이라고 할 수 있다. 화학재난 발생 시 주변 설비와 구조물, 누출 및 화재·폭발에 따른 영향, 누출량 등 여러 변칙적인 요소들과 대응수단 선정, 대응순서 등 상황에 따른 고려사항이 다양하기 때문에 필요한 대응역량을 확보함에 있어 다양한 상황에 대한 실습 훈련이 필수적이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 이론 위주의 교육과정을 실습 비중을 증대한 교육과정으로 개선하여 화학재난 대응자가 실제와 유사한 환경에서의 대응훈련을 통해 대응 역량과 실무에 적합한 전문성을 갖출 수 있도록 교육내용을 구성하였다.

실습 훈련은 크게 2단계로 구분할 수 있으며, 1단계 실습 훈련은 이론 교육을 통한 지식 습득 이후 연계되는 해당 과목에 대한 기초적인 실습을 말한다. 개인보호장비(PPE), 제독 등 일부 실습이 필요한 교육과목에 이러한 실습 훈련이 포함되어 있으며, 장비·도구의 사용법을 익히고 특정 상황에 대한 대응 역량 확보를 주목적으로 한다. 2단계 실습 훈련은 개별적인 과목에 대한 실습 훈련이 아닌 교육과정 전체에 대한 통합 훈련을 말하며, 종합적인 상황 대응과 각종 대응 기술이 필요한 화학사고 대응과정에 포함되어 있다. 이러한 훈련에는 화학공정의 설비, 탱크로리 등의 모의 훈련 시설과 가상(증강) 현실 교육훈련(VR)을 활용하여 현실감과 교육훈련 효과를 극대화할 수 있으며 수준별·단계별 교육과정을 운영함에 있어 활용도가 높을 것으로 기대된다.

3) 수요자 맞춤형 교육 프로그램 적용방안 제시
앞서 분석한 위기관리 표준·실무·행동 매뉴얼과

국내 이해관계자를 대상으로 실시한 설문조사 결과에 따라 화학재난 발생 시 기관별·대응자별 역할과 요구되는 교육·훈련 내용을 도출할 수 있었다. 국내의 주요 화학재난 대응기관은 경찰, 사업장, 소방, 군, 환경부, 지자체 등이며 이들의 역할은 크게 사고예방, 사고대응, 현장수습, 특별(사고지휘, 테러대응 등)로 구분할 수 있다. 이 중 화학사고 예방과 대응은 기관과 직무에 따라 역할과 수준이 상대적으로 다양하여 이를 고려한 수요자 맞춤형 교육과정이 가장 효율적으로 적용될 수 있다. 특히 사고대응의 경우 각자의 임무에 따라 다양한 상황에 대한 복합적인 역량이 요구되기 때문에 공통적인 교육과정 이외의 교육 수요자의 임무·역할을 반영한 별도의 사고대응 역량강화훈련이 추가적으로 이루어질 필요가 있다. 다만, 이러한 교육과정은 각 기관별 특성과 전문성을 고려하여 교육훈련에 접목시킬 수 있어야하기 때문에 화학물질안전원과 같은 단일기관에서 일괄적으로 실시하는 것은 실질적으로 비용과 효율성 측면에서 바람직하지 않다. 따라서 NFPA472와 같은 화학사고 대응 교육에 대한 표준지침을 마련하여 임무별·수준별 화학재난대응 역량강화훈련에 대한 맞춤형 가이드라인을 제시하고 기관별 특색에 맞게 각 기관이 자율적으로 교육훈련을 실시할 수 있도록 운영하는 것이 보다 효율적인 적용방안이라 판단된다.

2. 수요자 맞춤형 화학재난대응 교육 프로그램(안)

본 연구를 통해 최종적으로 도출된 화학물질안전원의 화학재난대응 교육 프로그램은 크게 7개의 교육과정과 각 과정에 대한 수준별 교육으로 구성되어 있으며, 해당 내용은 <Table 4>와 같다.⁵⁾

5) 수요자 맞춤형 화학재난대응 교육 프로그램(안)의 주요 교육내용 및 교육대상은 2017년 환경부 화학물질안전원의 연구용역과제 「화학테러 대응 교육 콘텐츠 개발」의 최종보고서 및 2018년 화학물질안전원 전문교육과정(<http://edunics.me.go.kr/academy/course/yearSchedule.do>)을 참조하여 작성하였다.

Table 4. Customized chemical disaster response training program(plan)

Course Title		Main contents of course	Audience
The course of chemical accident prevention	Standard-level	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction of the Chemicals Control Act - Introduction equipment for disaster prevention and PPE - Understanding of release, fire and explosion - Introduction of handling facilities of hazardous materials - Safety equipment for chemical process - Understanding of chemical accident case and management system - Basic of chemical for chemical accident prevention - Introduction of chemical accident emergency response 	Local government, Environmental office, Hazardous materials manager
	Working-level	<ul style="list-style-type: none"> - Understanding of hazardous materials handling standards - Understanding of chemical process safety data - Interpreting and practice of chemical process drawing - Understanding of ORA(Off-site Risk Assessment) and RMP (Risk Management Plan) - Risk assessment technique of chemical process - Understanding of release and diffusion modeling - Introduction and practice of KORA/ALOHA program - Advanced chemical accident management - Law about chemical accident prevention - Understanding and classification of chemical materials - Underlying investigation method - Practice of PPE 	Standard-level graduates, Joint disaster prevention center, civilian expert etc.
The course of chemical accident response	Standard level	<ul style="list-style-type: none"> - Understanding of hazardous materials handling standards - Understanding of chemical process safety data - Interpreting and practice of chemical process drawing - Understanding of ORA(Off-site Risk Assessment) and RMP (Risk Management Plan) - Risk assessment technique of chemical process - Understanding of release and diffusion modeling - Introduction and practice of KORA/ALOHA program - Advanced chemical accident management - Law about chemical accident prevention - Understanding and classification of chemical materials - Underlying investigation method - Practice of PPE 	Fire service, Environmental office, Employees in company handling hazardous materials etc.
	Working level	<ul style="list-style-type: none"> - Prediction of risk and effect of chemical accident - Gathering of information for chemical response - Technique for chemical accident response and utilizing the equipment for response - Understanding and practice of technique for blocking release - Understanding and practice of decontamination procedure/types - Monitoring of chemical accident scene - Utilizing of monitoring equipment - System for chemical accident response - Establishment of a response plan and selecting means for response - Evaluation and termination of chemical response - Selecting PPE and practice - Theory education and practice of chemical accident specialized response - Specialized response training of chemical accident using the simulation facilities - Comprehensive response training and evaluation of chemical accident according to scenarios 	Standard-level graduates, Fire service, Military, Joint disaster prevention center, Civilian expert etc.
	Specialized level	<ul style="list-style-type: none"> - Gathering of information for chemical response - Prediction of risk and effect of chemical accident - Monitoring of chemical accident scene - Establishment of a response plan and selecting means for response - Practice decontamination - Practice of chemical accident specialized response Response training of chemical accidents in chemical facilities - Comprehensive training of chemical accident specialized response 	Working-level graduates, Hazardous materials manager, Civilian expert etc.

Course Title	Main contents of course	Audience
The course of chemical accident recovery	<ul style="list-style-type: none"> - Chemical accident cases - The types of hazardous materials and riskiness/harmful - Basic chemistry - Significance and concept of decontamination - Health and safety for management personnel of chemical accident scene - Understanding and practice about PPE - Introduction of environmental chemistry - Risk Assessment of accident scene recovery - Investigation introduction of effect after chemical accident - Environmental restoration project management - Disposal of chemical substance after accident - Detecting practice - Theory education and practice of polluted soil restoration after chemical accident - Analysis of the air and water pollution after chemical accident - Analysis practice of environmental pollution - Removing practice of oil pollution 	Fire service, Police, Military, Joint disaster prevention center, Hazardous materials manager, Civilian expert etc.
The training course of Incident commander	<ul style="list-style-type: none"> - Emergency plan and procedure for response - Incident command system - Health and safety for management personnel of chemical accident scene - Practice of emergency information sharing system - Significance and concept of decontamination - Internal and external communication Communication for chemical accident response - Investigation of the cause of chemical accident - Investigation introduction of effect after chemical accident - Risk assessment at post-accident recovery site - Disposal of chemical substance after accident - Environmental restoration project management - Soil recovery after chemical accident - Gathering the information and initial response of terrorism - The cases of terror and property of substance used in terror 	Environmental office, Joint disaster prevention center
The course of chemical terror response	<ul style="list-style-type: none"> - Incident command system - Response agencies and cooperation activity - Practice of emergency information sharing system - Decontamination at the accident site - Management after chemical accident - The cases of terror and property of substance used in terror - Gathering the information and initial response of terrorism - Equipment for responding to terrorism - Practice using PPE - Technical training for responding to chemical terrorism - Risk assessment and management of accident site - Protecting human lives and managing the wounded people 	Fire service, Military etc. (Agencies responding the chemical terrorism)

V. 결론

본 연구는 국내·외 화학재난대응 교육훈련 현황을 비교·분석하여 국내 교육과정의 개선점을 도출한 후, 교육 수요자 중심의 화학재난대응 교육 프로그램을 마련하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 우선 미국, 영국 등 국외 주요 국가의 교육훈련 현황을 조사·분석하였으며, 대응자의 수준별 필요역량을 제시한 NFPA472 및 이를 기반으로 재구성한 HMEP 교육지침을 상세히 분석하여 교육 프로그램 연구에 적극 반영하였다.⁶⁾ 미국의

TEEX, 영국의 영국소방학교 등을 조사·분석한 결과 NFPA472 등 국제적으로 통용되는 표준지침을 기반으로 교육과정을 개설·운영하고 있었으며, 단계별·수준별 교육 프로그램을 통해 교육 수요자의 수준에 따른 교육을 실시하고 있었다.

국내의 경우 화학사고 전담기관인 화학물질안전원을 중심으로 유관기관의 교육현황을 조사·분석하여 이를 국외의 현황과 비교하여 시사점 및 개선사항을 도출하였다. 화학물질안전원의 경우 화학사고 예방, 대응과정, 수습과정 등의 교육과정을 일반, 실무 등의 수준으로

6) 환경부 화학물질안전원, op. cit., pp.133-236.

구분하여 교육 프로그램을 체계적으로 구성하였으나, 국외와는 달리 선행이수조건이 없어 단계별 교육이 이루어지지 않고 있었으며, 교육 대상이 구체적이지 않아 교육 수요자 맞춤형 교육과정으로 보기에는 어려움이 있었다. 중앙소방학교, 경찰교육원 등 기타 유관기관의 경우에는 각 기관의 임무에 따라 일부 교육과정에 화학재난대응 관련 교육훈련이 포함되어 있었지만 해당 교육훈련이 국외에 비해 단편적이며, 국내에는 화학재난대응에 대한 표준화된 지침이 부재하여 교육의 전문성과 대응역량강화 측면에서의 효율성이 부족하다고 판단하였다.

따라서 화학재난 대응자의 전문성 확보와 역량 강화를 위해서는 수요자 맞춤형 교육 프로그램을 개발할 필요가 있으며, 이를 위해 가장 먼저 국내 실정에 맞는 NFPA472와 같은 표준화된 지침을 마련하고, 이를 기반으로 대응자의 역할과 수준에 맞는 단계별·수준별 교육과정을 운영할 필요가 있다. 이에 따라 국내의 화학재난대응 표준교육훈련지침을 개발하기 위해 예방과정은 화학물질관리법⁷⁾을 분석하였고, 대응과정의 경우 전술한 바와 같이 NFPA472 및 HMEP 교육지침을 분석하여 지침을 작성하였으며, 특별과정은 NATO CBRN 대응 가이드라인, EPA 관련 교육 프로그램 (SARA) 등을 분석하여 표준교육훈련지침을 작성하였다.⁸⁾ 특히 화학사고 대응과정은 NFPA472에 명시된 3가지 수준⁹⁾을 중심으로 각 수준별 교육내용을 구성하였으며, 이는 앞서 제시한 <Table 1>의 TEEX에서 운영 중인 주요 화학재난대응 교육과정과 유사한 형태이다.

교육 대상자 맞춤형 교육과정 개발 및 교육내용 구성을 위해 위기관리 표준·실무·행동 매뉴얼 분석을 통해 도출한 화학재난 대응자의 역할을 수준별로 분류하였고,¹⁰⁾ 이를 다시 NFPA472의 대응 수준에 따라 분류하여 각 과정 및 수준에 적합한 교육 대상자를 도출하였다. 또한 교육 대상자인 화학재난 대응자를 대상으로 설문조

사를 실시하여 사고 발생 시 임무(역할)와 필요한 역량, 기타 요구사항 등을 조사·분석하여 실질적으로 대응역량을 강화할 수 있도록 교육 프로그램을 구성하였다.

향후 국내 실정에 맞는 화학재난대응 교육 표준지침을 마련하고 이를 기반으로 수준별 교육을 운영한다면, 대응자의 현장대응 중심 역량과 전문성 확보를 통해 화학사고 피해를 최소화할 수 있을 것이다. 또한 현장에 적합한 사고대응체계를 구축하고 사고예방체계를 마련함에 있어 수준 및 임무에 따른 교육을 통해 역할별 요구기술, 상황에 따른 대응기술 등의 필요성을 인지·숙달하여 실질적인 예방·대응방안 마련에 이를 반영할 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로, 본 연구에서 제시한 수요자 맞춤형 화학재난 교육 프로그램(안)은 국내 대응자의 역할 분석과 기존 화학물질안전원 등의 교육과정을 기반으로 도출한 국내 화학재난 대응자 전문교육이지만, 국외의 지침인 NFPA472를 중심으로 요구역량 및 세부 콘텐츠를 구성하였기 때문에 효율적인 화학재난대응 교육을 위해서는 실제 교육과정 운영 및 의견수렴을 통해 국내의 실정에 맞게 교육 프로그램 및 운영방식을 수정·보완하는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2017년 환경부 화학물질안전원의 연구용역과제인 「화학테러 대응 교육 콘텐츠 개발」의 일부내용을 수정·보완한 것임.

References

- Behnaz, H., K. Nima, and R. Genserik. 2018. Multi-plant Emergency Response for Tackling Major Accidents in Chemical Industrial

7) 「화학물질관리법 시행규칙 별표6의3」의 안전교육 대상자별 교육시간 및 교육내용을 분석하여 ‘물질관리’, ‘설비관리’, ‘인적요소 및 시스템관리’ 3가지를 중심으로 교육내용을 구성하였다.

8) 환경부 화학물질안전원, op. cit., pp.237-400.

9) Awareness Level, Operations Level, Hazmat Technician을 의미한다.

10) 환경부 화학물질안전원, op. cit., p.132.

- Areas. *Safety Science*. 102: 275-289.
- Chemical Control Act. 2018. Enactment 2014. 3. 18. Law No. 14532.
- FEMA. 2003. Guidelines for Haz Mat/WMD Response, Planning and Prevention Training.
- Framework Act on The Management of Disasters and Safety. 2018. Enactment 2004. 3. 11. Law No. 14839.
- Kim, Ki Hyung. 2011. A Study on the Comprehensive Education and Training Program for Petrochemical Disasters Response. *Journal of Governmental Studies*. 17(2): 217-258.
- Kim, Tae Hwan, Jeong Hoon Kwon, and Jun Soo Hong. 2012. A Study on Security Management System of Massive Citizen Participation Event. *The Korean Society of Private Security*. 11(2): 73-95.
- Korea Environment Corporation. 2015. The Guidelines of Hazmat Safety Management and Personal Protection.
- National Fire Agency. 2010. A Study on the Development of Disaster Response Comprehensive Education and Training Project for the Petrochemical Industry.
- National Fire Protection Association. 2002. NFPA471: Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents.
- National Fire Protection Association. 2018. NFPA472 : Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents.
- National Institute Of Environmental Research. 2011. Action manual on Chemical Accidents/Terror Response.
- NATO. 2013. Project on Minimum Standards and Non-Binding Guidelines for First Responders Regarding Planning, Training, Procedure and Equipment for Chemical, Biological, Radiological and Nuclear(CBRN) Incidents.
- North Atlantic Treaty Organization. 2014. NATO Guidelines for First Responders to a CBRN Incident.
- The Superfund Amendments and Reauthorization Act(SARA). 1986. Enactment October 17, 1986. U.S. EPA.
- U.S. Department of Homeland Security. 2007. Target Capabilities List(A companion to the National Preparedness Guidelines).
- Yoon, Yi, Hak Joo Kim, Hee Seon Yang, Chun Hwa Park, Seong Il Shin, Moon Sik Cho, Seong Beom Kim, Yeon Shin Park, and Moon Soon Lee. 2007. Chemical Accident Prevention and Response Policy of MOE. *The Journal of the Korean Society for Marine Environment and Energy*. 2007: 50-61.
- Yoon, Yi, Hee Seon Yang, Choon Hwa Park, Moon Sik Cho, Seong Beom Kim, and Moon Soon Lee. 2007. Major Policies and Current Status of Ministry of Environment(MOE) for the Response to Chemical Accidents. *Crisisonomy*. 3(2): 18-29.
- Yu, Zuo-fu and Jia-lin Guan. 2016. Fire and Rescue Combat Technical Training System Construction for Dangerous Chemicals. *Procedia Engineering*. 135: 655-660.
- National 119 Rescue Services Homepage. <http://www.rescue.go.kr/>
- National Fire Service Academy Homepage. <http://www.nfsa.go.kr/>
- National Institute of Chemical Safety Homepage. <http://edunics.me.go.kr/academy/>
- PHRDI(Police Human Resources Development Institute) Homepage. <http://www.pti.go.kr/>
- TEEX Homepage. <https://teex.org/>
- Korean References Translated from the English*
- 김기형. 2011. 석유화학 재난대응 종합교육훈련 프로그램에 관한 연구. *정부학연구*. 17(2): 217-258.
- 김태환. 2012. 한·미의 CBRNE 교육훈련 체계 분석. *한국민간경비학회보*. 11(2): 73-95.
- 윤이, 김학주, 양희선, 박춘화, 신성일, 조문식, 김성범, 박연신, 이문순. 환경부의 화학사고 예방 및 대응정책. *한국해양환경공학회 학술대회논문집*. 2007: 50-61.
- 윤이, 양희선, 박춘화, 조문식, 김성범, 이문순. 2007. 환경부의 화학사고 대응 현황 및 주요정책. *한국위기관리논집*. 3(2): 18-29.
- 경찰인재개발원 홈페이지. <http://www.pti.go.kr/>
- 국가화학안전연구소 홈페이지. <http://edunics.me.go.kr/academy/>
- 중앙119구조단 홈페이지. <http://www.rescue.go.kr/>
- 중앙소방학교 홈페이지. <http://www.nfsa.go.kr/>

Received: Jun. 4, 2018 / Revised: Jun. 29, 2018 / Accepted: Jul. 5, 2018

수요자 맞춤형 화학재난대응 교육 프로그램 개발 연구

국문초록 화학물질은 종류에 따라 취급방법과 사고 대응방법이 상이하며, 사고 발생 시 유해·위험성이 매우 크다. 따라서 사고 피해를 최소화하기 위해서는 물질의 특성을 인지하고 그에 따른 적절한 대응방법을 대응자가 사전에 숙지하여 화학사고 발생 시 최적의 대응활동을 수행할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 대응역량과 전문성을 확보하기 위한 교육훈련이 필수적이지만 국내의 경우 화학재난대응에 대한 교육 프로그램이 선진화된 국외의 교육 시스템에 비해 다소 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 미국, 영국, 캐나다 등의 국외 주요 국가와 화학물질안전원, 중앙소방학교 등 국내 대응기관의 화학재난대응 교육 현황 및 국제적인 화학재난대응 교육지침인 NFPA472를 조사·분석하고, 국내 화학사고 대응기관의 역할과 실질적으로 사고대응을 수행하기 위한 교육 수요자의 의견을 수렴·분석하여 이를 바탕으로 국내 실정에 맞는 수요자 맞춤형 화학재난대응 교육 프로그램을 제시하였다.

주제어 : 화학사고 대응, 교육·훈련, 유해화학물질

Profiles **Kyung Min Lim** : He received his B.A. from Chonnam National University, Korea in 2018. He is a Researcher at Center for Chemical Process Safety in Chonnam National University(slwo1233@naver.com).

Bo Kyeong Kim : She received her B.A., M.A. from Soon Chun Hyang University, Korea in 2016. She is a Researcher at National Institute of Chemical Safety in Korea. Major research interests is influence investigation and response training for chemical accident(bk0309@korea.kr).

Choon Hwa Park : He received his B.A. from Chonnam National University, Korea in 2000 and M.A., from Korea University, Korea in 2002. He is a Senior Researcher at National Institute of Chemical Safety in Korea(ch51245@korea.kr).

Yi Yoon : She received Ph.D. from Inje University in 2018. She is a Senior Researcher at National Institute of Chemical Safety in Korea. Major research areas include chemical accidents, chemical terrorism, and education and training(justdoit@korea.kr).

Byung Chol Ma : He received his B.A. from Chonnam National University, Korea in 1999 and M.A., from Seoul National University, Korea in 2004 and Ph.D. from Chonnam National University, Korea in 2013. He is a professor of chemical engineering at Chonnam National University(anjeon@jnu.ac.kr).