

## 사고대비물질 개인보호구 선정에 관한 연구(2): 노출위해성 매트릭스에 의한 분석

한돈희\*<sup>†</sup>·정상태\*·김종일\*·조용성\*\*·이청수\*\*

\*인제대학교 보건안전공학과  
\*\*화학물질안전원 연구개발교육과

### A Study on Selecting Personal Protective Equipment for Listed Hazardous Chemicals (2): Analysis Using an Exposure Risk Matrix

Don-Hee Han\*<sup>†</sup>, Sang-Tae Chung\*, Jong-Il Kim\*, Yong-Sung Cho\*\*, and Chung-Soo Lee\*\*

*\*Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University*

*\*\*Research Development and Education Division, National Institute for Chemical Safety*

#### ABSTRACT

**Objectives:** The new Chemical Control Act from the Korean Ministry of Environment (2014-259) simply states only in basic phrases that every worker handling the listed chemicals should wear personal protective equipment (PPE) and does not consider the different hazard characteristics of particular chemicals or work types. The purpose of this study was to produce an exposure risk matrix and assign PPE to the categories of this matrix, which would be useful for revising the act to suggest PPE to suit work types or situations.

**Methods:** An exposure risk matrix was made using hazard ranks of chemicals and workplace exposure risks in the previous study. For the 20 categories of exposure risk matrix PPE, levels A, B, C, D as classified by OSHA/EPA were assigned. After 69 hazardous chemicals were divided into 11 groups according to their physiochemical characteristics, respirators, chemical protective clothing (CPC), gloves and footwear were suggested on the basis of the assigned PPE levels.

**Results:** PPE table sheets for the 11 groups were made on the basis of work types or situations. Full facepiece or half-mask for level C was recommended in accordance with the exposure risk matrix. Level A was, in particular, recommended for loading or unloading work. Level A PPE should be worn in an emergency involving hydrogen fluoride because of the number of recent related accidents in Korea.

**Conclusion:** PPE assignment according to the exposure risk matrix made by chemical hazards and work type or situation was suggested for the first time. Each type of PPE was recommended for the grouped chemicals. The research will be usefully used for the revision of the Chemical Control Act in Korea.

**Key words:** Chemicals, exposure risk matrix, level A,B,C,D, personal protective equipment (PPE)

#### I. 서 론

2003년부터 2015년까지 우리나라에서 발생한 화

학물질사고에 의한 사망자는 46명, 부상자 536명이 이르고 있다.<sup>1)</sup> 이중에서도 2012년 9월 구미에서 발생하였던 불산가스 누출사고는 공장근로자 5명이 사

<sup>†</sup>Corresponding author: Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University, South Gyeong-do Province, 50834, Republic of Korea, Tel: +82-55-320-3285, Fax: +82-55-325-2471, E-mail: dhan@inje.ac.kr  
Received: 31 October 2016, Revised: 16 December 2016, Accepted: 19 December 2016

망하고 18명이 부상을 당하였으며 산업단지 인근지역의 가축이 죽고 농작물이 고사하는 등 막대한 피해를 유발하였다. 대형 화재·폭발사고가 아님에도 불구하고 비교적 인명피해가 컸던 직접적인 이유는 취급 근로자들이 화학물질의 사고에 대비한 적절한 개인보호구를 착용하지 않았기 때문이다.

이 사고를 계기로 정부에서는 『화학물질관리법』에 따라 『유해화학물질 취급자의 개인보호구 착용에 관한 규정』을 고시로 제정하였다.<sup>2)</sup> 이 고시에는 사고대비물질 69종에 대해 개인보호구 즉, 호흡보호구, 화학물질용 보호복 및 장갑을 정하여 착용하도록 규정하고 있으나 작업공정이나 형태에 따라 구분하지 않고 오로지 물질별로 규정하고 있어 사용주뿐만 아니라 취급 근로자들도 사용에 대한 많은 불만을 토로하고 있어 실효성에 의문을 제기하고 있다. 따라서 정부에서는 이러한 문제점을 인지하고 화학물질의 특성뿐만 아니라 작업공정 및 형태에 알맞은 개인보호구를 선정하도록 고시를 개정하려 하고 있다.

본 연구의 주된 목적은 고시개정에 필요한 기초자료 즉, 유해화학물질의 특성과 작업형태에 맞는 개인보호구를 선정하는 작업이다. 이미 앞서 발표한 1차 선행논문에서는<sup>3)</sup> 유해화학물질의 증기압과 흡입독성(LC50을 사용하였음)을 근거로 ‘물질유해성(hazard ranks)’과 작업공정 및 작업형태별 ‘작업위해성(workplace exposure risks)’을 분석하였고 급번 논문에서는 이 ‘물질유해성’과 ‘작업위해성’을 이용하여 노출위해성 매트릭스(exposure risk matrix)로 만들고 이 매트릭스의 각 카테고리(category)에 맞는 개인보호구를 선정하는 방법을 소개하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구흐름도

본 연구의 전체적인 연구흐름도는 (1) 유해화학물질의 유해성(이하 ‘물질유해성’라고 칭함)을 증기압과 독성을 근거로 확인하고, (2) 작업형태별 위해성(이하 ‘작업위해성’라고 칭함) 분석한다. (3) 물질유해성과 작업위해성을 통합한 노출위해성 매트릭스를 만들고 (4) 개인보호구에 관한 국내외 자료를 분석한 다음 (5) 매트릭스의 각 카테고리에 맞는 개인보

호구를 선정하는 것이다. 지난 연구에서는 (1)(2)단계를 보고하였고 이번 연구에서는 (3)(4)(5)에 대한 연구결과를 보고하고자 한다.

### 2. 노출위해성 매트릭스(Exposure Risk Matrix)

노출위해성 매트릭스는 ‘Control Banding Tool’의 개념을 응용하여 작성하였다.<sup>4,5)</sup>

노출위해성을 물질유해성 즉, 중대성(Severity)과 작업위해성 즉, 노출가능성(Probability)의 곱으로 보았다. 물질유해성은 25°C의 증기압과 급성흡입독성을 대표하는 LC50(ppm)를 가지고 매트릭스로 만들어 등급을 1, 2, 3, 4, 5의 5등급으로 나누었다. 등급 1은 낮음(Low), 등급 2는 중간(Medium), 등급 3은 높음(High), 등급 4는 매우 높음(Very High), 등급 5는 극히 높음(Extremely High)로 분류하였다.

작업위해성은 1단계 전문가에 의한 등급화, 2단계 현장 및 설문조사, 3단계 1,2단계를 합한 통합 등급화, 4단계 관련 정부실무진의 검토, 5단계 최종 등급화의 단계를 거쳐 만들었으며 등급은 1, 2, 3, 4의 4개 등급으로 분류하였다. 등급 1은 가능성이 거의 없음 (Unlikely), 등급 2는 가능성이 약함(Less Likely), 등급 3은 가능성이 있음(Likely), 등급 4는 가능성이 높음(Probable)으로 분류하였다.

구체적인 물질유해성과 작업위해성 등급은 이미 게재된 선행논문을 참고하기 바란다.<sup>3)</sup> 노출위해성 매트릭스란 Fig. 1과 같이 앞에서 작성한 물질유해성 5개 등급을 세로축으로 하고 작업위해성 4개 등급을 가로축으로 하여 총 20개(5×4=20)의 카테고리를 만들었다.

### 3. 개인보호구의 선정

현재 한국의 개인보호구에 대한 규정이 없기 때문

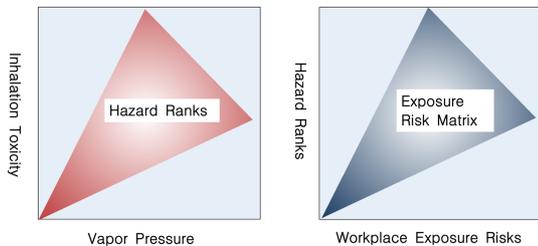


Fig. 1. Exposure risk matrix using hazard ranks of chemicals and workplace exposure risks.

에 노출위해성 매트릭스의 각 카테고리에는 미국 OSHA/EPA에서 정한 Level A,B,C,D를 할당하였다.<sup>6,8)</sup> 호흡보호구는 방독마스크의 경우 흡착제의 여과가능 여부를 판단하여 호흡보호구의 종류를 결정하였다. 또 작업공정 및 작업상황의 노출위해성 정도에 따라 호흡보호구 안면부 형태를 전면형, 반면형으로 구분하고 보호복 역시 화학물질의 이화학적 특성 및 노출위해성을 고려하여 화학물질용 보호복 형식(type)을 결정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 노출위해성 매트릭스와 개인보호구 할당

Fig. 2와 같이 노출위해성 매트릭스의 각 카테고리에 개인보호구 수준을 할당하였다. 현재 국내에는 개인보호구에 대한 규정이 없기 때문에 미국 OSHA/EPA와 NIOSH에서 분류한 개인보호구 수준을 참고하여 할당하였다.<sup>6,8)</sup> 할당방법은 각 카테고리마다 물질유해성 등급과 작업위해성 등급을 합산하여 합산한 값이 클수록 보호정도가 큰 개인보호구를 할당하였다. 예를 들어, 합산한 값이 2~4이면 노출위해성이 가장 낮은 것이기 때문에 Level D로 결정하였으며 합산한 값이 9이면 노출위해성이 가장 높기 때문에 Level A를 할당하였다. 그 결과 Level A는 1개, Level B는 2개, Level C는 11개, 그리고 Level D는 6개 카테고리가 할당되었다.

Level A나 Level B의 개인보호구는 호흡보호구의 경우 ‘공기호흡기’나 ‘송기마스크’를 착용해야 하고 화학물질용 화학복은 전신보호복(coverall)을 착용하

기 때문에 일상적인 작업에서 개인보호구를 갖추고 작업한다는 것은 현실적으로 매우 어려운 일이다. 따라서 Level A, B에 해당하는 카테고리는 가능한 한 최소화하였으며 사고대비물질이 누출 혹은 유출되어 사고수습을 하는 작업공정인 경우 주로 사용하도록 하였다.

Level D는 흡입(inhalation)으로 인한 인체유해 가능성이 없는 작업장이나 환경에서 착용하는 개인보호구이기 때문에 호흡보호구가 없으며 설명 있더라도 산업용 호흡보호구로 인증 받지 않고 단순히 성가신 먼지(nuisance)만을 일부 제거할 수준인 일종의 ‘방한대’ 정도의 마스크를 착용하는 것이다. 또 화학물질용 보호복은 화학물질에 따라 따로 정해져 있지 않다. 다시 말해 Level D는 화학물질로 인한 중독 사고보다는 단순히 안전사고예방을 위한 개인보호구로서 안전모, 눈 보호를 위한 바이저(visor), 보호복 및 안전화(장화포함)로 구성된다. 따라서 화학물질 흡입으로부터 취급자를 보호하기 위해서는 Level D의 카테고리를 최소화하고 대신에 공기정화식 호흡보호구가 반드시 있어야 하는 Level C를 최대한 많이 할당하는 것이 타당한 방법이라고 판단하였다.

Level C는 반드시 산업안전보건공단에서 인증을 받은 공기정화식 호흡보호구와 화학물질용 보호복을 착용해야 한다. 공기정화식 호흡보호구와 화학물질용 보호복은 화학물질의 종류 및 이화학적 특성에 따라서 그 종류가 달라져야 한다. 화학물질용 보호복은 산업안전보건공단에서 화학물질의 물리적인 성상에 따라 인증한 1~6 형식 중 한 가지를 선택하여 사용하면 된다. 그러나 방독마스크 정화통 흡착제의 경우 현재의 기술로 흡착 가능한 것과 그렇지 못한 화학물질이 있기 때문에 이에 대한 보다 심도 있는 검토가 필요하였다.

#### 2. 호흡보호구 여과제(정화통)의 선택

개인보호구에 대한 화학물질용 보호복과 장갑은 화학물질의 특성과 발생하는 물리적인 성상만 안다면 고용노동부의 ‘보호구 안전인증 고시’의 성능기준을 참고하면 비교적 손쉽게 선정할 수 있다.<sup>9)</sup> 그러나 호흡보호구는 가스/증기상 화학물질의 경우 화학물질의 종류에 따라 여과제(정화통)가 달라지고 어떤 것은 현재의 기술로는 여과가 전혀 이루어지지 않거나 여과가 이루어진다고 하여도 너무 짧은 시간

Hazard Ranks	Workplace Exposure Risks			
	1	2	3	4
1	Level D	Level D	Level D	Level C
2	Level D	Level D	Level C	Level C
3	Level D	Level C	Level C	Level C
4	Level C	Level C	Level C	Level B
5	Level C	Level C	Level B	Level A

Hazard ranks (Severity): 1 - Low, 2 - Medium, 3 - High, 4 - Very high, 5 - Extremely high  
 Work exposure risk (Probability): 1 - Unlikely, 2 - Less likely, 3 - Likely, 4 - Probable  
 \*Level A: Vapor Protection (also known as gas tight or fully encapsulating)  
 \*Level B: Liquid Splash Protection (Lower level of skin protection with highest level of respiratory protection)  
 \*Level C: Liquid Splash Protection (Lower level of skin and respiratory protection)  
 \*Level D: Little skin and respiratory protection

Fig. 2. Personal protective equipment levels with exposure risk matrix.

**Table 1.** Types of respirators and absorbents available for chemicals

Respirators		Chemical Names	Number of Chemicals
Type	Absorbents		
Air line or positive pressure SCBA	No effective absorbent	Methyl hydrazine, Methanol, Methyl chloride, Phosgene, Carbon monoxide, Acryloyl chloride, Nitric acid, Fluorine, Arsine, Phosphine, Diborane, Nitric oxide, O-Isopropyl methyl phosphonofluoridate, Cyanogen chloride	14
	Organic gases or vapors	Formaldehyde, Formic acid, Benzene, Vinyl chloride, Carbon disulfide, Ethylene oxide, Propylene oxide, Methyl ethyl ketone, Methyl vinyl ketone, Acrylic acid, Methyl acrylate, Nitrobenzene, Acrolein, Allyl chloride, Acrylonitrile, Ethylene diamine, Allyl alcohol, Toluene, Ethyl acetate, Methyl ethyl ketone peroxide, Nitromethane, Hydrogen peroxide	22
	Ammonia	Methyl amine, Trimethyl amine, n-Butyl amine, Triethyl amine, Ammonia	5
Chemical cartridge respirator	Acids	Hydrogen chloride, Hydrogen fluoride, Phosphorus trichloride, Phosphorus oxychloride, Chlorine dioxide	5
	Hydrogen cyanide	Hydrogen cyanide	1
	Halogens	Chlorine	1
	Hydrogen sulfide	Hydrogen sulfide	1
	Multiple gases (Organics+Acids)	Benzyl chloride	1
	Multiple gases (Organics+Ammonia)	Ethylenimine	1
	Gas/vapor and particulate combination respirator	Organic + First class filter	4-Nitrotoluene, m-Cresol, Phenol, Toluene-2,4-diisocyanate, Isophorone diisocyanate
	Sulfurous acid gas + First class filter	Sulfuric acid, Chlorosulfonic acid	2
Particulate filtering respirator	Special or First class(including filtering facepieces)	Sodium cyanide, Zinc phosphide, Sodium, Ammonium nitrate, Hexamine, Potassium chlorate, Potassium nitrate, Potassium permanganate, Potassium perchlorate, Sodium chlorate, Sodium nitrate	11

에 파과가 되기 때문에 실질적으로 사용할 수 없는 경우가 많다.

현재 시판중인 흡착제가 69종의 사고대비물질에 대해 여과가 가능한지 즉, 정화통의 정화능력(여과가능 수준)을 현재의 기술수준으로 분석하였다. 정화능력에 대한 기술수준은 제조업체의 자문을 통하여 얻어진 것이며 이 정화능력은 시간이 지나 기술이 향상되면 언제든지 바뀔 수 있다. 화학물질의 이화학적 특성에 따라 착용해야 할 호흡보호구의 종류와 사용 가능한 흡착제를 분류한 것은 Table 1과 같다.

현재 사용 가능한 여과제가 없거나 파과시간이 짧아 송기마스크 혹은 공기호흡기를 사용해야 하는 물

질들은 메틸히이라진, 메탄올 등 14종이다. 방독마스크 정화통의 경우 유기증기용은 포름알데히드, 개미산 등 22종으로 가장 많고 암모니아용 5종, 산용 5종 등 총 37종이다. 방진방독겸용마스크는 4-니트로톨루엔, 황산 등 7종이다. 방진마스크가 필요한 화학물질은 시안화나트륨, 인산이연 등 11종이다. 환경부고시(2014-259) [별표1] '사고대비물질별 개인보호구의 종류'의 '호흡보호구'와 다른 점, 즉 앞으로 개정이 필요한 부분은 다음과 같다.

1) 염화수소, 플루오르화수소, 삼염화인, 옥시염화인, 이산화염소(이상 5종)에 대해서 '아황산가스용'에서 '산가스용'으로 바꾸고 '산가스용'의 정의를 다

시 설정한다. 이는 현재 '산가스용'이란 보호구 안전 인증 고시(고용노동부고시 제2014-46호)의 할로겐용, 황화수소용, 아황산용 시험물질을 모두 통과한 여과제를 말하기 때문이다.

2) 시안화수소에 대해서는 '송기마스크'에서 '시안화수소용'으로 바꾼다. 이는 '시안화수소용'여과제(정화통)가 따로 분류되기 때문이다.

3) 염화벤질에 대해서는 '유기화합물용'에서 '복합가스용 (유기화합물+산가스)'으로 바꾼다.

4) 클로로술폰산에 대해서는 '송기마스크'에서 '방진방독 겸용마스크(아황산용+1급 방진)'로 바꾼다.

5) 방진마스크는 '1급(안면부여과식 포함) 이상'으로 바꾼다.

1), 2)의 경우는 고용노동부의 인증기준이 바뀐 경우이고 3), 4)의 경우는 현행 고시가 잘못되었기 때문이다. 5)의 경우는 '1급(안면부여과식 포함) 이상'이라도 큰 문제가 되지 않기 때문이다.

### 3. 호흡보호구 안면부의 전면형과 반면형

현재 환경부고시(2014-259) [별표1] '사고대비물질별 개인보호구의 종류'의 '호흡보호구'는 작업공정과 관계없이 전면형 마스크를 착용하도록 되어 있다.<sup>2)</sup> 이는 취급자의 보건적인 측면만 고려하면 올바르지 몰라도 현실적으로 실행이 어려운 점이 많다. 화학물질을 직접 취급하지 않는 일상적인 점검, 순찰, 운전 등의 작업공정에서도 전면형 마스크를 보호구를 착용해야 한다면 또 다른 위험이 따를 수 있다. 즉, 전면형 마스크를 착용하면 안전모 착용의 어려움, 하절기 작업 시 열사병 등 고열에 의한 건강장애의 위험, 시야 제한에 의한 안전사고 위험 등이 따를 수가 있다. 그러므로 작업공정 및 작업상황을 분석하여 취급자의 안전과 보건을 보장해 주면서 착용의 편리성도 고려한다면 가능한 한 전면형보다는 반면형, 반면형보다는 비치/소지로 바꾸는 것이 타당하다고 판단된다.

결론적으로 화학물질의 독성이 강하거나 피부 및 눈에 영향을 줄 수 있는 화학물질은 전면형 마스크를 착용하도록 하였으며 그 이외에는 반면형 마스크를 사용하도록 하였다.

### 4. 작업공정별 품목별 개인보호구 제시

앞에서 언급한 1,2,3의 절차를 거쳐 최종적으로 각

화학물질별로 작업공정별 개인보호구를 구체화하였다. 품목별 개인보호구(호흡보호구, 보호복, 장갑)는 '노출위해성 매트릭스와 개인보호구 할당(Fig. 2. 참조)'를 통하여 Level에 따라 일차적으로 선정하지만 기계적인 방식으로 일률적으로 적용하지는 않았다. 그 이유는 화학물질 갖고 있는 물리화학적 특성과 작업공정 및 상황에 따라 품목별 개인보호구는 크게 달라질 수 있기 때문이다. 특히, Level C의 경우 화학물질의 특성과 발생 작업공정 및 상황에 따라 호흡보호구의 면체는 전면형 마스크와 반면형 마스크로 달라질 수 있다.

사고대비물질 취급사업장에서 작업공정이나 상황에 관계없이 일률적으로 전면형 마스크를 착용하도록 한 현재의 규정에 대해 취급자(employee) 나 사업주(employer) 모두 현실적으로 실현 가능성도 낮다는 불평하였다. 따라서 기존 개인보호구 선정 관련 국내의 규정 및 지침, 사고대비물질의 사고사례 그리고 사업장 방문조사에서 개인보호구 관련 현장 애로사항을 파악하여 취급자뿐만 아니라 사업주가 납득할 수 있는 실현가능한 수준의 품목별 개인보호구를 제시하였다.

Table 2는 동일한 특성의 화학물질을 그룹으로 묶고 여기에 품목별 개인보호구를 제시한 한 예이다. 유해성 등급 4,5에 해당하는 가스상 물질은 방독마스크를 착용해야 하며 개별 화학물질에 대한 정화통의 종류는 Table 1에 제시되어 있다. Table 2에서는 작업공정 및 상황에 따라 노출위해성이 높으면 호흡보호구의 면체는 전면형(Level C), 중간정도이면 반면형(Level C), 낮으면 비치 혹은 소지(Level D)로 구분하여 제시하였다.

이와 같은 방식으로 동질의 화학물질을 그룹화 하여 총 11개의 table sheet를 만들었으며 다음과 같다.

- 1) 흡착제가 없는 유해성 4,5 등급 기체상 물질(송기마스크 혹은 공기호흡기)
- 2) 흡착제가 없는 1) 이외의 기체상 및 유해성 5 등급 액체상 물질(송기마스크 혹은 공기호흡기)
- 3) 흡착제가 없는 유해성 2,3 등급 액체상 물질(송기마스크 혹은 공기호흡기)
- 4) 유해성 4, 5 등급 기체상 물질(방독마스크)
- 5) 유해성 2, 3 등급 기체상 물질(방독마스크)
- 6) 유해성 4, 5 등급 액체상 물질(방독마스크, 방진방독겸용마스크)

**Table 2.** PPE for gaseous chemicals with hazard rank of 4 or 5.

Process	Work types	PPE <sup>a</sup>
Loading & unloading, transportation	Chemical loading and unloading from tank truck	· FF
	Fluid chemical transfer using electric or pneumatic pump	Level C · 3,4 Type CPC
	Fluid chemical transfer using hand driven portable pump	· G
	Transportation of chemicals by public road ways	Level D · NP(FF)
	Transportation of chemicals by vehicles within workplace	
	Loading and unloading of chemicals in enclosed containers	
	Loading and unloading of baggage packed chemicals	
Operation	Manual washing of containers	Level C · 3,4 Type CPC · FF · G
	Manual washing and treatment of metals	
	Feeding and mixing of liquid chemicals in opened system containers	
	Cleaning of filter bags and dust filters	
	Cleaning of process equipments(open system)	
	Switching of process lines(open system)	
	Conveying of product or intermediate products (open system)	
	Moving of opened containers or chemical container bags within process area	
	Feeding and mixing of solid chemicals in opened containers	
	Centrifuge or filter pressing, and drying of solid products(open system)	
	Cleaning of small spills within process area	Level C · 3,4 Type CPC · HM · G
	Conveying of products in open system (liquid or solid chemicals)	
	Uploading of solid products in storage area (bulk or bagged)	
	Sampling within process area	
	Laboratory tests in fume hood within process area	
	Feeding and mixing of chemicals within enclosed containers	
	Centrifuge or filter pressing, and drying of solid (closed system)	
Manual moving of enclosed containers within process area		
Waste, disposal	Inspection of liquid transfer equipments	Level C · 3,4 Type CPC · FF, · G · 3,4 Type CPC · HM · G
	Uploading of enclosed product containers in storage area	
	Collection and sorting of waste chemicals	
	Collection and sorting of waste chemicals	
	Transportation of chemical wastes within work site	
Emergency operation	Off-site deporting of chemical wastes	Level C · 3,4 Type CPC · G
	Stacking and storing of chemical wastes within work site	
	Manhole opening of chemical reactors	
	Indoor chemical spills	
	Indoor chemical spills from pressurized containers	
	Indoor chemical spills from pipings	
	Outdoor chemical spills from fluid transferring equipments	
	Outdoor chemical spills from pressurized containers	
	Outdoor chemical spills from pipings	
	Indoor chemical spills from atmospheric containers	
Outdoor chemical spills from atmospheric containers		
Indoor chemical spills from process instruments		
Outdoor chemical spills from process instruments		

**Table 2.** PPE for gaseous chemicals with hazard rank of 4 or 5.

Process	Work types	PPE*
Maintenance	Maintenance works within enclosed space	· FF
	Maintenance works on process equipments in operation	Level C · 3,4 Type CPC
	Leak inspection on process equipments in operation	· HM Level C · 3,4 Type CPC · G
	General maintenance works on disassembled equipments	
	Non-destructive inspection of process equipments	
	General maintenance works in open space (during shut-down period)	
Others	Drainage operation	Level 4 · NP(HM)
	General maintenance	
	Security inspections around storage area	
	Cleaning of storage area	
	General inspection and patrol	

\*Note) PPE: Personal protective equipment, FF: Full facepiece of chemical cartridge, HM: Half-mask of chemical cartridge, NP: No respirator or prepared, CPC: Chemical protective clothing, G: Chemical protective glove, 3,4 types mean CPCs for liquid chemicals.

- 7) 유해성 2, 3 등급 액체상 물질(방독마스크, 방진방독검용마스크)
  - 8) 유해성 3 등급 고체상 물질(방진방독검용마스크)
  - 9) 유해성 1 등급 액체상 물질(방진방독검용마스크)
  - 10) 유해성 1 등급 고체상 물질(1급 이상 안면부 여과식 포함한 방진마스크)
  - 11) 플루오르화수소(불산가스)(방독마스크)
- 이중에서 11은 플루오르화수소인데 이화학적 특성상 ‘유해성 4, 5 등급 기체상 물질(방독마스크)’(Table 2 참조)에 해당하는 물질이지만 국내 사고사례가 빈번하였고 사망사고가 많아 상·하역작업 일부와 비상작업에서는 Level A에 해당하는 PPE를 착용하도록 특별히 따로 제시하였다.

#### IV. 결 론

환경부에서 지정한 69종의 유해화학물질인 사고대비물질 취급자를 위한 개인보호구 사용에 관한 고시를 개정하기 앞서 기초자료를 제공하기 위하여 수행되었다. 앞서 발표한 연구에서 화학물질이 가지고 있는 고유의 ‘물질유해성’과 작업에 따른 위험성을 평가한 ‘작업위해성’에 관한 것이었다. 본 연구에서는 이들 두 요소를 가지고 ‘노출위해성 매트릭스’를 만들고 각 매트릭스의 카테고리에 미국 OSHA/EPA/NIOSH의 PPE level를 할당한 다음 최종적으로 품

목별 개인보호구를 작업공정 및 상황별로 제시하였다. 69종의 사고대비물질을 이화학적 특성에 따라 그룹화하고 ‘노출위해성 매트릭스’의 20개 카테고리에 Level A,B,C,D를 할당한 다음 작업공정 및 상황별로 품목별 개인보호구를 제시하여 11개의 그룹별 table sheet를 만들었다. 특히, Level C에서는 호흡보호구의 경우 전면형, 반면형 그리고 비치/소지 등으로 구분하여 제시하였다. 여기서 만들어진 11개의 table sheet는 환경부의 사고대비물질 취급자 개인보호구 사용에 관한 고시 개정에 유용하게 활용될 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 정부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행된 ‘화학사고 및 환경오염 안전대피 보호장비 및 성능기준개발’(RE201506052)의 일환으로 수행되었으며 재정지원에 감사드립니다.

#### References

1. National Institute of Chemical Safety. Chemistry Safety Cleaning-house. Available: <http://csc.me.go.kr/status/occTypeStatusPList.do> [accessed 16 August 2016].

2. Ministry of Environment (ME). Regulation of personal protective equipments (PPE) for workers handling hazardous chemicals, ME Notice 2014-259. 2014.
3. Han D-H, Chung S-T, Kim J-I, Cho Y-S, Lee C-S. A Study on Selecting Personal Protective Equipment for the Listed Hazardous Chemicals (1): Analysis of Hazard Ranks and Workplace Exposure Risks. *J Environ Health Sci*. 2016; 42(6): 419-429.
4. Paik SY, Zalk DM, Swuste P. Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. *Ann Occup Hyg*. 2008; 52(6): 419-428.
5. Hashimoto H, Goto T, Nakachi N, Suzuki H, Takebayashi T, Kajiki S, Mori K. Evaluation of the control banding method –Comparison with measurement-based comprehensive risk assessment. *J Occup Health*. 2007; 49: 482-492.
6. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 29 CFR 1910.120 Appendix B—General description and discussion of the levels of protection and protective gear. Available: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9767](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9767), [accessed 29 October 2016].
7. US Environmental Protection Agency (EPA). Personal protective equipment. Available: <https://www.epa.gov/emergency-response/personal-protective-equipment>, [accessed 29 October 2016].
8. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Guidance on Emergency Responder Personal Protective Equipment (PPE) for Response to CBRN Terrorism Incidents. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2008-132/pdfs/2008-132.pdf>, [accessed 29 October 2016].
9. Ministry of Employment and Labor (MoEL). Regulation of approval for personal protective equipments (PPE). MoEL Notice 2014-46. 2014.