



한국형 얼굴사이즈 DB 구축 및 호흡보호구 선정기준 연구(Ⅱ)

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



연구보고서

한국형 얼굴사이즈 DB 구축 및 호흡보호구 선정기준 연구(II)

박정근·김세동·이은지

요약문

- 연구기간 2022년 01월 ~ 2022년 11월
- 핵심단어 호흡보호구, 3D얼굴데이터, 인두, 호흡보호구 선정지침
- 연구과제명 한국형 얼굴사이즈 DB 구축 및 호흡보호구 선정기준 연구(Ⅱ)

1. 연구배경

산업안전보건법 상 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 규정에서 노동자 얼굴의 형태 및 사이즈 기준에 관한 근거가 없어 해당 근거자료를 마련하는 2개년 과제가 2021년에 시작되었다. 제1차년도 과제는 Size Korea 제6차 3D머리 형상측정 조사 데이터베이스(DB) 중 21개 항목의 3D얼굴 데이터를 이용하여 우리나라 노동인구의 얼굴사이즈 DB 구축, 밀착도 검사 패널 개발, 그리고 호흡보호구 선정 지침의 개선방향에 대해 수행되었다. 제2차년도 과제의 주요 내용은 1차년도에 개발된 밀착도 검사 패널의 검증(예, 3D얼굴 항목 및 데이터의 적합성 검토), 호흡보호구 업무용 인두 개발, 얼굴 형태 및 사이즈 기준에 관한 개선방안 마련 등이다.

따라서 2022년 제2차년도 과제는 호흡보호구 관련 한국형 밀착도 검사패널의 검증, 노동인구 인두의 개발, 호흡보호구 선정 등 기준 개정(안) 마련을 통해 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리가 포함된 호흡보호 제도의 실효성을 향상시키고자 하였다.

2. 주요 연구내용

1) 3D얼굴 항목 및 데이터의 적합성 검토

Size Korea 제6차 3D머리형상측정 조사 DB 중 21개 항목 3D얼굴 데이터의 적합성과 최신성을 검토하기 위하여 Size Korea 제8차 조사 DB의 해당 데이터와 비교한 결과, 제6차 조사의 3D얼굴 항목 및 데이터가 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB뿐만 아니라 한국형 밀착도 검사 패널 개발에 적합한 것으로 나타났다. 제6차 조사 DB의 3D얼굴 데이터는 한국형 노동인구의 인두 개발에 더 적합하며, Size Korea 3D머리형상측정 조사의 전체 DB 중 가장 최신 자료인 것으로 나타났다.

2) 한국형 노동인구의 인두 개발

한국형 노동인구의 인두는 Size Korea 제6차 조사 DB의 21개 3D얼굴 항목 및 데이터를 이용하여 ISO/TS 16976-2에 따라 개발되었다. 인두는 21개 항목 중 10개 3D얼굴항목을 선정하여 주성분분석 검사 패널의 8개 구역 개발에 사용된 데이터를 5가지 유형(소형, 중형, 대형, 길고좁은형, 짧고넓은형)으로 재분류하였고, 3D모델링 및 3D프린팅 과정을 거쳐 제작되었다.

3) 호흡보호구의 선정 등 기준의 개정(안)

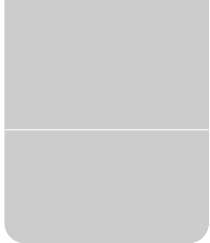
호흡보호구의 선정 등 기준의 개정(안)은 KOSHA Guide H-82-2020에서 누락된 ‘얼굴의 크기와 형태’에 관한 정보를 새롭게 보완하여 마련되었다. 개정(안)은 근로자 머리 및 얼굴의 크기와 형태에 적합한 호흡보호구의 규격과 유형의 확인이 필요하다는 내용으로 신설하였고, 한국 노동인구 얼굴의 크기와 형태에 관한 기초정보가 함께 제시되었다. 기초정보는 한국 노동인구의 얼굴사이즈 특징, 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널, 그리고 한국형 노동인구의 인두이었다.

3. 연구 활용방안

- 한국형 노동인구 인두는 호흡보호구의 선정, 사용, 관리 업무 중 밀착도 검사, 인증시험, 교육훈련 실습, 표준 또는 지침 개발 등에서 연구용·시험용·교육용으로 활용 가능
- 인두에 관한 연구결과가 반영된 ‘호흡보호구의 선정 등 지침 개정(안)’을 호흡보호구 사용 노동자의 보건관리 업무에 활용할 경우 지침의 효과성이 향상됨

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 선임연구위원 박정근
 - ☎ 052) 703. 0882
 - E-mail jkpark@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	3
1 연구의 배경 및 필요성	3
2. 연구의 목적	6
II. 연구방법	9
1. 내용 및 범위	9
2. 연구방법	9
III. 연구결과	17
1. 선행연구	17
2. 3D 얼굴항목 및 데이터의 적합성 검토	26
3. 한국형 노동인구 인두 개발	28
4. 호흡보호구 선정 등 기준 개정(안)	42

IV. 고찰 및 요약	45
1. 3D 얼굴항목 및 데이터의 적합성	45
2. 한국형 노동인구의 인두	45
3. 호흡보호구 선정 등 기준 개정(안)	48
4. 요약	49
 참고문헌	 51
 Abstract	 55
 부록	 59

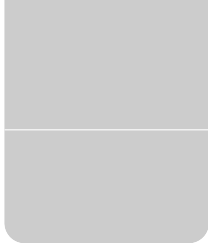


표 목차

〈표Ⅱ-1〉 인두의 내측 플라스틱 및 외측 실리콘 부분 제작 절차	12
〈표Ⅲ-1〉 마스크의 등급 및 기준	25
〈표Ⅲ-2〉 Size Korea 제6차 및 제8차 3D머리형상측정 조사 데이터베이스의 3D 얼굴 항목 및 데이터 현황	27
〈표Ⅲ-3〉 한국형 주성분분석 검사 패널의 구역별 얼굴항목별 평균사이즈	29
〈표Ⅲ-4〉 한국 노동인구 인두모델 유형별 얼굴항목별 평균사이즈	31
〈표Ⅲ-5〉 한국 노동인구 인두모델 유형에 따라 얼굴항목별 5명의 평균사이즈 ..	32
〈표Ⅲ-6〉 호흡보호구의 선정 등 기준 개정(안)	41

그림목차

[그림 II-1] 3D모델링의 중간단계 인두모델 이미지(예)	13
[그림 III-1] 시험인두 모형	24
[그림 III-2] 한국형 밀착도 검사 주성분분석 패널	28
[그림 III-3] 한국 노동인구 인두모델 유형의 분포	30
[그림 III-4] 한국 노동인구 인두모델의 얼굴항목에 따라 유형별 5명의 평균사이즈	33
[그림 III-5] 3D모델링 인두모델: 각 유형별 정면, 옆면, 아이소메트릭면 특징 비교(예)	34
[그림 III-6] 3D모델링 인두모델: 유형 또는 유형그룹별 크기와 형태에 관한 특징 비교(예)	35
[그림 III-7] 3D모델링 인두모델의 유형별 정면 및 옆면 이미지	38
[그림 III-8] 5가지 유형의 3D모델링 인두모델의 시제품 사진	38
[그림 III-9] 5가지 유형의 3D모델링 최종 인두모델 정면 이미지	39
[그림 III-10] 한국형 노동인구 인두: 중형 확대사진 및 5가지 유형	40

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

호흡보호구 또는 마스크(이하 호흡보호구라 한다)는 착용자의 안전과 건강을 보호하는 도구이다. 호흡보호구는 2020년 1월부터 시작된 코로나-19 대유행에서 감염예방의 주요 수단 중 하나로 활용되고 있으며, 백신이 개발된 이후에도 일상생활이나 산업현장에서 필수적으로 사용되는 도구이다. 여전히 코로나-19 대유행의 끝을 예상할 수 없으며, 코로나-19 확진자 발생률은 국내의 경우 감소와 증가를 반복하고 있다.

코로나-19에 의한 인명 피해는 2022년 10월 중순 현재 전세계적으로 누적 사망자가 651만명을 초과하였으며, 한국은 누적 사망자 28,700명, 누적 확진자 2,500만명을 각각 초과하였다(질병관리청, 2022). 호흡보호구의 사용 규모도 증가했다. 2021년 기준 우리나라 마스크의 연간 생산량과 소비량은 각각 약 40억개 및 73억개 이었다(식품의약품안전처, 2021; 한국방송공사, 2021).

최근 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리에 대한 관심이 더욱 증가되고 있다. 산업현장에서 노동자가 호흡보호구를 착용하여야 할 유해·위험업무를 수행할 때, 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리가 적절하지 않을 경우 안전보건 상 위험수준은 가벼운 증상부터 심할 경우 사망까지도 이어질 수 있다. 노동자의 안전보건 관리에서 적격품의 호흡보호구를 선정하도록 규정하거나 널리 권장하는 이유이다. 산업안전보건법(이하 산안법 이라 한다) 시행령 제22조(보건관리자의 업무 등)에 따르면 보건관리자는 보호구를 구입할 때 적격품을 선정하도록 규정하고 있고(한국산업안전보건공단, 2022), ISO/TS 16975-1에 따르면 호흡보호구의 선정 절차가 명시되어 있다(ISO, 2016).

한편, 호흡보호구의 사용자가 많아지면서 ‘밀착도 검사(Fit test)’의 필요성에 관한 연구보고가 증가되고 있으나(Chen et al., 2007; Seo et al., 2020;

Zhuang et al., 2007; 서혜경 등, 2020; 윤충식, 2021; 피영규 등, 2019; 한돈희 등, 2017), 아직도 일상생활 또는 산업현장에서 ‘호흡보호구 선정’의 중요성이 경시되는 경향이 있다. 적격품 호흡보호구는 밀착도 검사를 수행하기 전에 선정하도록 해야 할 것이며, 선정, 지급 및 사용 이후에 관리가 제대로 이루어져야 할 것이다. 호흡보호구를 착용해야 할 경우 해당 유해·위험인자용 호흡보호구 종류, 인증유무, 등급, 잔여사용 유효성 등을 확인하여야 하며, 특히 착용자의 인체특성(예, 얼굴의 형태 및 사이즈)이 반영된 적격품 호흡보호구를 선정하는 것이 바람직하다. 호흡보호구의 선정은 밀착도 검사와 밀접하다. 우리나라는 밀착도 검사에 관한 법규 수준의 규정이 없는 실정이므로 제도 도입을 위한 근거자료를 확충하는 것이 필요하다.

밀착도 검사 패널과 인두도 호흡보호구의 연구 분야에서 다루어져 왔다(Seo et al., 2020; Zhuang et al., 2007 & 2010; Yu et al., 2012; 한돈희 등, 1999). 검사 패널은 호흡보호구 사용 인구의 얼굴 형태 및 사이즈 변이성(variability)을 설명할 수 노력의 일환으로 활용되는데(Zhuang et al., 2012), 호흡보호구의 선정, 밀착도 검사, 인증시험, 연구프로젝트 등 업무에서 필요한 기본적인 수단이다. 피시험자를 이용하는 호흡보호구 시험을 수행할 때 얼굴의 형태나 사이즈를 바탕으로 노동인구에 대해 대표성 있는 대상자를 선정하는 도구로 활용할 수 있기 때문이다. 우리나라 노동인구를 고려한 대표성 있는 밀착도 검사 패널의 개발은 국내 호흡보호구 연구 분야의 오랜 숙원 과제 중 하나이었는데 2021년에 산업안전보건연구원이 개발하였으며, 검사 패널의 개발 방법 및 결과, 특징, 활용성 등은 다른 문헌에서 보고되었다(박정근 등, 2021a).

호흡보호구 관련 인두는 안전보건 분야에서 크게 논의되지 않았으나 최근 호흡보호구의 선정 및 밀착도 검사에 관한 연구가 다양하게 보고되고 검사 패널이 개발되면서 호흡보호구 업무 관련 인두에 관한 관심이 커지게 되었다. 호흡보호구의 인증 또는 품목허가 시험 업무에서 인두가 다양하게 활용되기 때문이다.

산업용 호흡보호구는 시장에 유통시키기 전에 인증시험을 실시하여야 한다. 보호구 안전인증 고시(고용노동부고시 제2020-35호)에 따라 인증시험을 실시해야할 대상은 방진마스크, 방독마스크, 송기마스크, 전동식 호흡보호구이다(고용노동부, 2020). 호흡보호구에 따라 다르나 방진마스크의 경우 14개의 인증시험 항목에 대해 시험을 실시하여야 하며, 그 중 인두를 활용하는 항목은 인공폐 이용 전처리, 안면부 흡기저항, 안면부 배기저항, 안면부 누설률, 시야, 투시부의 내충격성, 그리고 안면부 내부의 이산화탄소이다. 보건용 및 의료용 마스크도 품목허가를 위해 여러 가지 시험을 실시하여야 한다. 보건용 마스크는 7가지 시험항목이 있으며, 그 중 인두를 사용하는 항목은 안면부 흡기저항이다(식품의약품안전평가원, 2021). 의료용 마스크는 13가지 시험항목이 있으며, 인두를 사용하는 항목은 차압평가, 흡기저항, 및 배기저항이다(식품의약품안전평가원, 2020). 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 호흡보호구 인증시험 기관 중 하나이며, 인두를 사용하는 시험도 실시하고 있다. 인두를 이용하는 시험 항목은 저항성(resistance), 공기유속(air flow), 산소 및 이산화탄소 수준, 사용시간율(rated service time), 양압, 가스유속(gas flow), 잔여사용시간지수(remaining service life indicator), 시야(field of view)이다(Zhuang et al., 2010).

호흡보호구 업무용 인두가 다양하게 활용되고 있으나 여러 가지 논란도 있다. 특히 한국에서 유통되는 호흡보호구나 마스크에 대해 시험할 때 일부 외국 표준인두 또는 근거 없는 유사인두 모형들을 사용하고 있기 때문이다. 최근에 호흡보호구의 설계, 제조, 시험, 연구 및 교육 관련 일부 공공기관, 시험기관, 대학교, 제조업체 등을 대상으로 호흡보호구 관련 인두 활용 실태를 조사한 결과 어디에도 한국인 표준인두가 없었다(박정근 등, 2022). 지금까지 국내 일부 연구자들이 한국형 인두를 개발하고자 시도하였으나(Seo et al., 2020), 아직 한국인 표준인두 또는 한국 노동인구 표준인두는 없다. 이러한 상황은 비단 호흡보호구 관련 분야만이 아닐 것이다. 한국인 표준인두의 개발이 절실하다.

2. 연구의 목적

우리나라 호흡보호구의 연구·시험·교육 업무에서 한국인 얼굴사이즈 표준, 호흡보호구 밀착도 검사 패널 그리고 표준인두의 활용이 필요하며, 호흡보호구 밀착도 검사 제도의 도입이 필요하다.

산안법 상 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 규정에서 노동자 얼굴의 형태 및 사이즈 기준에 관한 근거가 누락되어 해당 근거자료를 마련하는 2개년 과제가 2021년에 시작되었다. 제1차년도 과제는 국내 노동인구의 얼굴사이즈 데이터베이스(DB) 구축, 밀착도 검사 패널 개발, 기술지침 개선 방향 제시 등에 대해 추진되었으며, 제2차년도에는 후속적인 과제의 수행이 필요하였다. 후속 과제의 주요 내용은 1차년도에 개발된 밀착도 검사 패널의 검증(예, 3D얼굴항목 및 데이터의 적합성 검토), 호흡보호구 업무용 인두 개발, 얼굴 형태 및 사이즈 기준에 관한 개선방안 마련 등이다.

따라서, 2022년 제2차년도 과제는 호흡보호구 관련 한국형 밀착도 검사패널의 검증, 인두 개발 및 현장 평가, 얼굴사이즈 기준 개정(안) 마련을 통해 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 등 호흡보호 제도의 실효성을 향상시키고자 하였다.

II. 연구방법



II. 연구방법

1. 내용 및 범위

이 연구는 2022년 산업안전보건연구원의 연구사업 중 하나로서 2021년부터 2개년 연구프로젝트로 추진되었으며, 국내 노동인구를 대상으로 얼굴사이즈 DB 구축을 통해 호흡보호구 선정 관련 기준 또는 지침을 개선하기 위한 과제이다. 연구팀은 2021년 제1차년도에 한국 노동인구 얼굴사이즈 DB를 구축하였고, 호흡보호구 밀착도 검사 패널을 개발하였으며, 호흡보호구 선정 관련 기준의 개선방향을 제시하였다. 제2차년도 과제의 주요 연구내용과 범위는 다음과 같다.

- 국내·외 호흡보호구의 표준사이즈 관련 법규, 표준, 연구자료 파악
- 호흡보호구 밀착도 검사 패널(1차 연구결과)의 검증 실시
- 호흡보호구 밀착도 검사 및 선정을 위한 인두 마련
- 호흡보호구 선정을 위한 얼굴 형태 및 사이즈 기준의 개선안 마련

2. 연구방법

1) 문헌조사

제2차년도의 연구내용과 범위를 중심으로 문헌조사를 실시하고자 하였다. 제1차년도의 연구범위와 중복되더라도 제2차년도 과제의 목적을 달성하기 위해 필요할 경우 조사대상에 포함시켰다. 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 업무에서 경시되거나 무시된 ‘호흡보호구의 선정’이 국제적으로 어떻게 다뤄지고 있는지 파악하기 위하여 국제표준의 정보를 파악하였다. 또한 호흡보호구 업무용 인두의 개발과 관련된 연구자료, 국제표준, 기술지침 자료를 조사하였다.

2) 3D얼굴항목 및 데이터의 적합성 검토

한국인 인체치수조사(Size Korea)의 DB 중 3D머리항목 데이터는 제6차와 제8차 조사의 DB에 포함되어 있다(부록1). 2021년 제1차년도 과제에서 Size Korea 제6차 3D머리형상측정 조사 DB를 바탕으로 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB가 구축되었고 한국형 밀착도 검사 패널이 개발되었다(박정근 등, 2021). 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB 구축을 위하여 제6차 조사 DB로부터 3D얼굴 항목 및 데이터 16개 항목(3D얼굴항목 14개, 직접측정 항목 2개)이 선정되었고, 제1차년도 과제를 통해 5개 항목이 추가 확보되어 총 21개 항목이 사용되었다. 한국형 밀착도 검사 패널은 이변량 패널과 주성분분석 패널이었다. 이들 패널은 2010~2013년에 조사된 Size Korea 제6차 3D얼굴 데이터를 바탕으로 개발되었기 때문에 3D얼굴 항목 및 데이터의 적합성 및 최신성을 검토할 필요가 있었다. 검토 대상 3D얼굴 항목 및 데이터를 2020-2021년에 조사된 Size Korea 제8차 3D머리형상측정 조사 DB 중 해당 3D얼굴 항목 및 데이터와 비교하고자 하였다.

3) 한국형 노동인구 인두 개발

가) 일반사항

인두의 개발은 인두모델의 설계, 3D모델링, 제작 과정을 거쳐 이루어졌으며, 일부 세부과정(3D모델링 및 3D프린팅)은 외부 전문기관을 통해 추진하였다. 연구팀은 한국형 주성분분석 패널의 개발에 사용된 데이터를 바탕으로 인두의 3D모델링용 데이터를 산출하였고 인두모델 이미지를 결정하였다. 외부 전문기관은 연구팀으로부터 제공받은 정보(유형별 3D얼굴 데이터, 3D얼굴이미지 원자료 포함)를 바탕으로 인두를 제작하였다.

나) 인두모델의 설계자료 산출

인두 모델은 ISO/TS 16976-2에 따라 한국형 주성분분석 패널 개발에 사

용된 얼굴항목을 이용하여 개발하고자 하였다(ISO, 2015). 주성분분석 검사 패널의 8개 구역 개발에 사용된 전체 얼굴측정 데이터를 통계분석을 통해 5가지 유형(소형, 중형, 대형, 길고좁은형, 짧고넓은형)의 인두모델용 데이터 그룹으로 재분류하였다. 통계분석에 포함된 성 및 연령에 따른 인두모델의 유형은 예산의 제한점 등을 고려하여 제외하기로 결정하였다. 전체 얼굴측정 데이터 중 주성분분석 패널 개발에 사용된 10가지 3D얼굴항목의 데이터를 이용하여 인두모델 각 유형에 따라 10가지 얼굴항목 각각의 평균사이즈를 산출하였다. Size Korea 제6차 3D인체측정 얼굴이미지 원자료로부터 인두모델 유형별 평균사이즈에 가장 근접한 5명씩 선정하였다. 그리고 선정된 5명의 3D얼굴이미지 원자료 데이터를 이용하여 인두모델 유형별 10가지 얼굴항목의 평균사이즈를 산출하였다.

다) 인두모델의 크기 및 재질

인두모델의 외형적 크기는 소형($18 \times 18 \times 28$ cm), 중형($19 \times 19 \times 29$), 대형($20 \times 20 \times 31$), 길고좁은형($20 \times 20 \times 30$), 짧고넓은형($19 \times 19 \times 30$)으로 구분하였다. 재질은 인두 내측 부분의 경우 플라스틱(Acrylonitrile Butadiene Styrene, ABS)을 사용하였다. 인두 외측 부분은 실리콘(경도: Shore A 20~30; 두께: 4 mm)을 사용하였고, 색깔은 인체 피부색을 고려하여 선정하였다.

라) 3D모델링 및 인두 제작 절차

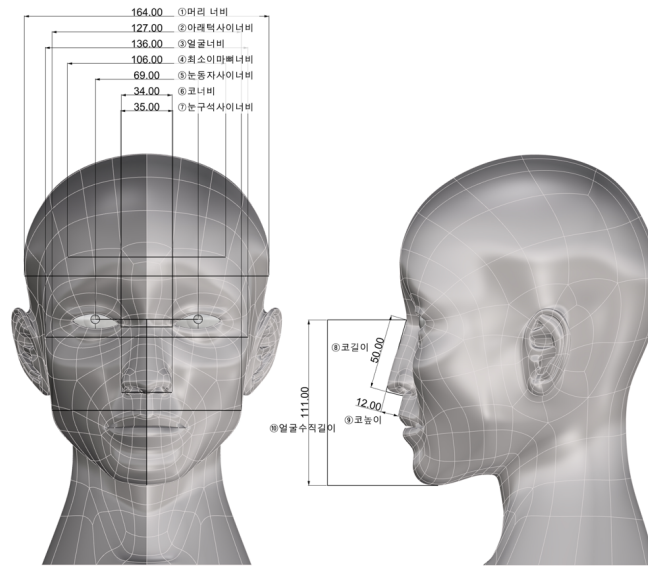
인두모델은 3D모델링, 인두 내측 플라스틱제품(3D프린팅) 제작, 인두 외측 실리콘제품 성형 과정(금형제작, 사상, 퍼티, 프라이머, 실리콘 제작) 그리고 인두완성(인두제작 및 탑코트) 절차를 거쳐 제작하였다(표II-1).

〈표 II-1〉 인두의 내측 플라스틱 및 외측 실리콘 부분 제작 절차

구분		내용
내측 플라스틱 부분	3D프린팅	인두 내측 전체부분(실리콘 부분 제외)의 설계 data를 3D프린터에 전송하여 제작함. 재질은 ABS를 이용하며, FDM(Fused deposition modeling) 방식으로 진행함
외측 실리콘 부분	금형 제작	인두 금형 설계 data 를 3D 프린터에 전송하여 제작함. 재질은 ABS 를 이용하여 FDM 방식으로 진행함
	사상 (Grinding)	3D 프린터로 제작된 산출물을 사포를 이용하여 사상함. 사상은 표면의 상태가 매끄러워질 때까지 실시함
	퍼티(Putty)	사상된 표면에 생성된 작은 스크레치를 채우기 위해 퍼티를 사용함. ABS 와 반응이 없는 퍼티를 이용함
	프라이머 (Primer)	사상과 퍼티 절차를 거친 산출물을 확인하기 위해 프라이머로 도포하고, 표면이 깨끗한지 확인하면서 표면상태가 깨끗하지 않을 경우 사상과 퍼티 작업을 반복함
	실리콘 제작	플라스틱 부분을 인두 금형에 조립 후 인두 금형에 실리콘을 삽입하여 제작함
인두완성	인두제작	실리콘 금형에서 제품을 탈형하여 제품을 제작함
	탑코트(Top coat)	인두의 외부 표면을 페인트로 도포함

(1) 3D모델링

연구대상자의 3D얼굴 형태 및 사이즈에 관한 데이터와 3D얼굴이미지 원 자료를 이용하여 인두모델 5종 각각에 대해 3D모델링을 실시하였다. 3D 설계 s/w(Rhino, Robert McNeel&Associate, 미국)를 이용하여 모델링 과정을 통해 생성된 인두모델 이미지를 산출하였다(그림 II-1). 인두모델 이미지 5종은 검토 및 평가를 통해 반복적으로 개선하였으며, 인두의 30% 크기로 축소된 시제품 제작 및 평가 이후 최종 인두모델 이미지가 결정되었다.



[그림 II-1] 3D모델링의 중간단계 인두모델 이미지(예)

(2) 3D프린팅 및 인두 제작

인두는 3D프린터(Fortus 450MC, Stratasys, 미국)를 이용하여 제작하였으며, 내측부분과 외측부분으로 구분하였다. 인두 내측의 플라스틱 부분은 3D프린팅 절차를 거쳤고, 외측의 실리콘 부분은 실리콘 금형제작, 사상, 퍼티, 프라이머, 실리콘제작 절차를 거쳤으며, 인두제작과 탑코트 절차를 거친 후 완성하였다.

4) 호흡보호구 선정 등 기준의 개선

호흡보호구 선정 등 기준 또는 기술지침의 개선은 1차년도 연구결과를 바탕으로 이루어졌으며, KOSHA Guide H-82-2020(호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침)호에서 누락된 ‘얼굴 형태 및 사이즈’부분을 보완하고자 하였다. KOSHA Guide H-82-2020호는 2020년 개정 과정에서 기존의 3종 KOSHA Guide (화학물질 취급 근로자의 호흡보호구 선정 기술지침, H-150-2014; 호흡

보호구의 올바른 착용방법 및 관리에 관한 지침, H-159-2014; 호흡용보호구의 사용지침, H-82-2015)을 통합시킨 것이었으므로 통합 취지를 유지하면서 누락된 부분을 보완하고자 하였다.

5) 자료의 관리 및 통계분석

이 연구는 2021년 제1차년도 과제에서 사용된 Size Korea 제6차 3D인체 측정조사 DB를 바탕으로 새롭게 구축된 DB(한국인 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 해당 3D머리형상 원자료)를 사용하였다. 과제를 수행하는 과정에서 마련된 자료는 산업안전보건연구원 생체역학실험실 PC로 관리하면서 주로 기술통계를 실시하였으며, 1차년도에 수행했던 t-검정, 상관분석 및 주성분분석(Principal component analysis) 등 통계분석을 수행하면서 분석결과를 확인하였다. 통계분석은 SAS Windows 9.4(SAS Institute Inc., Cary, USA)를 이용하였으며, 유의수준은 0.05이었다.

Ⅲ. 연구결과



III. 연구결과

1. 선행연구

1) 호흡보호구 밀착도 검사 및 패널 연구

한국산업안전보건공단(2020)은 산안법 안전보건규칙에 따라 호흡보호구의 올바른 선정, 지급, 착용, 유지보수 및 관리에 관한 기술적인 사항을 규정하기 위하여 해당 분야(산업보건일반, 산업위생, 산업의학)별로 KOSHA Guide를 마련했었는데 최근에 이들을 통합 정리하여 하나로 개정하였다(부록2 참조). 개정된 KOSHA-Guide(호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침, H-82-2020)는 세 가지(호흡보호구의 올바른 착용방법 및 관리에 관한 지침, H-150-2014; 호흡보호구의 사용지침, H-82-2015; 화학물질 취급 근로자의 호흡보호구 선정 기술지침, H-150-2014) 각각을 폐지하면서 새롭게 통합한 것이다. 개정된 KOSHA Guide는 호흡보호구의 종류, 호흡보호구 사용을 위한 필요조건, 호흡보호구 선정을 위한 고려사항, 호흡보호구의 선정절차, 밀착도검사 및 밀착도 자가점검, 호흡보호구의 사용, 그리고 호흡보호구의 유지·관리로 구성되어 있다. 이 지침에서 호흡보호구의 착용방법은 보호구의 종류에 따라 제시되어 있으며, 밀착도검사 방법은 보호구의 종류에 따라 정성적·정량적 방법으로 구분하였다.

박정근 등(2021b)은 Size Korea 제6차 3D머리측정 조사 자료를 확보하여 머리 인체측정학적 데이터를 탐색적으로 살펴보고, 데이터의 특징(머리측정 항목의 종류, 용어, 데이터의 크기 및 범위)을 파악함으로써 호흡보호구의 선정을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 연구대상자는 3,088명이었다. 연구대상자의 일반적 특징은 남자 52.5%, 가장 높은 분포의 연령그룹 15-39세

(36.7%), 불건강 BMI(건강 체질량지수 범위 밖) 그룹 31.7%, 조사지역 모두 수도권 등으로 나타났다. 머리측정 항목은 45개이었으며, 얼굴수직길이의 평균과 표준편차는 남녀 각각 115.9 ± 7.5 mm, 107.3 ± 6.95 mm로 나타났으나 Size Korea 제6차 3D머리측정 조사에서 누락된 ‘얼굴너비’ 항목은 통계 데이터를 산출할 수 없었다. Size Korea 3D머리측정 조사, 머리측정 데이터의 비교 및 신뢰성, 그리고 연구의 제한점도 고찰하였다. 이 연구를 통해 Size Korea 제6차 3D머리측정 데이터는 국·영문 용어의 표준화, 누락된 일부 머리측정 항목의 추가, 조사대상자의 대표성 보완을 통한 신뢰성 향상 등이 필요한 것으로 나타났다.

박정근 등(2021a)은 호흡보호구의 선정, 밀착도 검사 및 노동자 호흡보호제도의 실효성을 제고시키기 위해 노동자의 얼굴 형태 및 사이즈 DB 구축을 위한 예비조사를 실시하여 얼굴 형태 및 사이즈에 관한 기준 또는 지침의 개선을 위한 근거자료를 제시하였다. 이 연구는 총 2,752명을 대상으로 얼굴측정 기준점(18개 항목)과 얼굴사이즈 정의(21개 항목)를 제시하였고, 한국 노동인구의 얼굴사이즈 DB를 구축하였다. 호흡보호구 밀착도 검사 패널은 이변량 패널과 주성분분석 패널로 구분하여 개발하였다. 이변량 패널은 이 연구에서 구축된 얼굴사이즈 DB의 얼굴너비와 얼굴수직길이 항목으로 구성된 좌표축 각각에 대하여 가장 큰 값(남성 평균 + 2표준편차)과 가장 작은 값(여성 평균 - 2표준편차)으로 이루어진 길이를 4등분하여 10개 구역으로 나뉘고, 10개 구역에 분포된 연구대상자는 전체 연구대상자 중 적어도 95% 이상 포함하도록 하였다. 주성분분석 패널은 얼굴사이즈 DB에 있는 10가지 얼굴사이즈 항목을 이용하여 주성분분석 기법으로 통계분석을 실시한 후, 주성분1 및 주성분2로 구성된 좌표축에 따라 원심이 동일한 2개의 타원으로 구성하고, 2개의 직선을 수직 교차시켜 2개 타원을 총 8개 구역으로 구분하였다. 2개 타원에 분포된 연구대상자는 전체 연구대상자를 적어도 95% 이상 포함하도록 하였으며, 내부 타원은 2개 타원에 분포된 연구대상자의 약 절반을 포함

하도록 하였다. 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리를 중심으로 산안법 상 기준 또는 지침의 개선 방향은 다음과 같았다. 첫째, 기존의 KOSHA Guide에 한국 노동인구의 얼굴 형태 및 사이즈 기준을 추가하여 개정한다. 둘째, 산안법 및 같은법 하위 법규의 특정 조항을 개정한다. 셋째, 한국 노동자 얼굴사이즈 표준 관련 새로운 KOSHA Guide를 제정한다.

한돈희 등(2013)은 선진 외국의 호흡보호구 선정 가이드를 참고하여 화학 물질의 유형, 노출수준, 사용량, 작업장 조건 등을 고려한 ‘화학물질 노출에 따른 호흡보호구 선정 지침(안)’을 제안하였다. 이 연구에서 157개 사업장의 호흡보호구 담당자를 대상으로 호흡보호구 선정에 대한 실태조사를 실시했는데 작업환경측정결과 등을 고려하여 호흡보호구를 적합하게 선정한 담당자는 62%, 부적합하게 선정한 담당자는 35%로 나타났다. 미국, 영국, 독일, 일본의 호흡보호구 선정에 관한 지침을 검토한 결과, 나라마다 호흡보호구 선정에 있어 호흡보호구를 분류하는 방법과 보호계수(Protection Factor, PF)를 이용하는 방법이 동일하였다. 우리나라도 호흡보호구 선정 절차에 보호계수를 이용하는 방법을 도입할 필요가 있다고 하였다. 만약 보호계수를 도입한다면 미국의 할당보호계수(Assigned Protection Factor, APF)를 도입하는 것이 타당하다고 하였다. 왜냐하면 영국과 독일식 보호계수의 정의는 복잡하고 일본식은 보호계수의 범위가 광범위하므로 간단하고 명료한 미국식 할당보호계수를 적용하는 것이 더 바람직할 것이기 때문이라고 보고하였다. 이 연구는 노출기준이 있는 화학물질의 경우 개별 물질에 대해 추천호흡보호구를 제시하였으며, 노출기준이 없는 화학물질의 경우 영국 산업안전보건청(Health and Safety Executives, HSE)의 호흡보호구 사용지침을 응용하여 사업장 유해도 평가를 실시한 후 이에 적합한 호흡보호구를 선정하도록 제시하였다.

김강운 등(2008)에 따르면 보건관리담당자에 대한 설문 분석결과, 보호구 선정의 우선 조건은 보호구 성능이 92.13%로 가장 높았으며, 그 다음 제품의

지명도 64.92%, 저렴한 가격 59.02%로 나타났다. 사업장에서 구입, 지급하는 보호구 중 마스크는 안면부 여과식 방진마스크를 73%로 가장 많이 사용하였다. 작업 시 지급받고 있는 호흡보호구는 방진마스크가 72.17%로 가장 높았으며, 방독마스크 28.17%, 송기마스크 3.33%, 공기호흡기 4.50%로 조사되었다. 호흡보호구 형태로는 안면부 여과식이 47.16%로 가장 높았고, 반면형(양구형) 23.17%, 반면형(단구형) 15.67%로 나타났다.

김강윤 등(2003)은 전통적인 인체측정방법(각 표지점간의 거리, 호 또는 각으로 표현)을 지양하고, 얼굴의 3차원 측정 및 형상해석을 통해 반면형 호흡보호구용 3D test panel을 개발하고자 하였다. 3차원 레이저 스캐너인 RAPID 3D digitizer 장비를 사용하여 얻어진 얼굴의 3차원 형상을 캐드 형식의 파일로 전환하여 형상해석에 이용하였다. 형상해석을 위하여 반면형 호흡보호구와 얼굴 표면이 접촉되는 10개의 표지점을 선정하였다. 10개의 표지점은 코뿌리점, 오른쪽과 왼쪽 앞눈물능선점, 오른쪽과 왼쪽 위 턱점, 오른쪽과 왼쪽 중간뺨점, 오른쪽과 왼쪽 곁절점, 턱끝융기점이었다. 그리고 형상해석을 위하여 프로크루스테스 분석을 실시하였다. 측정된 형상을 병진, 회전, 크기조절 기능을 이용하여 각 좌표점을 중첩시킨 후, 형상의 변이를 측정하거나 다변량 분석 등을 통해 형상을 정량화 시키는 방법이다. PAST 프로그램을 사용하였으며, 프로크루스테스 잔차를 얻었고 이 자료를 SAS 통계 프로그램을 이용하여 판별분석, 군집분석 및 단계적 회귀분석을 수행하였다. 연구결과로서 한국인에 맞는 얼굴형상을 얼굴에 굴곡이 많지 않은 밋밋한 타원형(A), 얼굴에 굴곡이 많고 긴 타원형(B), 둥근 타원형(C), 턱이 밋밋하고 긴 타원형(D) 4가지로 구분하였다.

2) 호흡보호구 시험 등 업무용 인두 개발

Zhuang et al(2010)은 미국 노동인구 얼굴의 크기와 형태를 반영시킨 인두 제작에 관한 연구결과를 보고하였다. 기존의 인두들이 30년이 지난 인체

측정 데이터를 기반으로 제작된 것이었기 때문에 연구의 목적은 현재 미국 노동인구를 대표하는 인두를 개발하고자 하였다. 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 2003년 전국 3,997명의 호흡보호구 사용자를 대상으로 인체측정 조사를 실시하였으며, 그 중 1,013명은 3D 측정기(Cyberware 3-D Rapid Digitizer)로 스캔시켜 측정했는데 새로운 인두는 2003년 인체측정 데이터를 바탕으로 제작되었다.

호흡보호구의 밀착성과 관련된 10가지 얼굴사이즈 측정치는 주성분분석(PCA) 모델을 정의하기 위하여 선정되었는데 PCA 모델은 호흡보호구 사용자를 5가지 얼굴크기 그룹으로 분류하였다. 얼굴크기 그룹 각각에 대한 이상적 얼굴사이즈를 발굴하기 위하여 얼굴사이즈 측정치 평균값을 산출하였으며, 평균값을 바탕으로 각 얼굴크기 그룹에 해당하는 5개의 얼굴 스캔자료를 선정하여 그룹별 대표성 있는 인두를 제작하기 위해 평균값을 산출하였다. 마지막으로 그룹에 따라 5개 얼굴 스캔자료의 평균값을 바탕으로 각각 디지털 3-D 인두를 개발하였다: small, medium, large, long/narrow, short/wide. 5가지 얼굴크기 그룹 중 중형 인두의 10가지 얼굴사이즈 측정치(컴퓨터 3D) 평균값의 경우 최소이마뼈너비는 105 mm이었고, 얼굴너비 141 mm, 아래턱사이너비 118 mm, 얼굴수직길이 120 mm, 눈동자사이너비 62 mm, 머리너비 152 mm, 코높이 21 mm, 코너비 37 mm, 눈구석사이너비 17 mm 그리고 코길이 52 mm 이었다. 모든 측정치는 각 그룹에 따라 표본인구(sample population)에 대해 산출된 평균값으로부터 3 mm 이내이었다.

NIOSH PCA 밀착도 검사 패널을 기준으로 할 경우, NIOSH 중형인두의 10가지 얼굴사이즈 측정치와 기존 4가지 표준인두(Sheffield, Alderson 50, Sierra, NOCSAE)의 해당 측정치를 비교한 결과, Alderson 50 및 Sheffield 인두는 대형 카테고리로 분류되었고 Sierra 및 NOCSAE(미국국립운동표준운영위원회) 인두는 중형과 길고좁은형 카테고리 경계에 위치하는 것으로 분류되었다. NIOSH 이변량 밀착도 검사 패널을 기준으로 할 경우, 모든 표준

인두는 중형 얼굴크기 측정치를 나타내는 7구역으로 분류되었다. NIOSH 중형 인두의 얼굴은 현재의 4가지 표준인두보다 좁고 짧은 것으로 나타났다.

Yu et al.(2012)은 오늘날 중국 노동자를 대표하는 인두를 개발하기 위하여 실시한 연구결과를 보고하였다. 비록 중국 성인의 머리 및 얼굴 측정치에 대한 국가표준이 1981년에 처음 발행되었으나, 인두는 개발되지 않았다. 2006년 3,000명의 민간 노동자에 대한 인체측정 조사가 이루어졌으며, 조사의 일부로서 350명은 3D 측정기(Cyberware 3D Rapid Digitizer)로 스캔 방식으로 측정되었다. 전통적 수동방식과 3D 디지털방식으로 측정된 데이터는 중국 노동자를 대표하는 3D 디지털 인두를 개발하는데 사용되었다.

호흡보호구 밀착성과 관련된 10가지 얼굴사이즈 측정치가 주성분분석(PCA) 모델을 정의하기 위하여 선정되었으며, 호흡보호구 사용자를 5가지 얼굴크기 그룹으로 분류하였다. 얼굴크기 그룹 각각에 대한 이상적 얼굴사이즈 산출을 목표로 얼굴사이즈 측정치 평균값을 계산하였고, 이들 평균값을 바탕으로 얼굴크기 그룹에 따라 5개의 얼굴 스캔자료를 선정하여 그룹별 대표성 있는 인두를 제작하기 위해 5개의 얼굴 스캔자료에 대한 평균값을 산출하였다. 각 그룹에 따라 5개 얼굴 스캔자료의 평균값을 이용하여 디지털 3-D 인두를 개발하였다: small, medium, large, long/narrow, short/wide. 5가지 얼굴크기 그룹 중 중형 인두의 10가지 얼굴사이즈 측정치(컴퓨터 3D) 평균값의 경우 최소이마뼈너비는 106 mm이었고, 얼굴너비 146 mm, 아래턱 사이너비 116 mm, 얼굴수직길이 114 mm, 눈동자사이너비 61 mm, 머리너비 150 mm, 코높이 19 mm, 코너비 39 mm, 눈구석사이너비 18 mm 그리고 코길이 51 mm 이었다. 이러한 디지털 3D 인두의 독특한 사이즈는 인체측정 기준점들 사이뿐만 아니라 3D 스캔 과정에서 생성되는 얼굴표면 윤곽들 사이의 선형길이가 반영된 것이다. 인두에 대한 측정치들은 5가지 각 그룹에 따라 표본인구(sample population)에 대해 수동방식 및 3D 디지털 방식으로 산출된 평균값으로부터 4 mm 이내이었다. 중국 중형 인두는 현재의

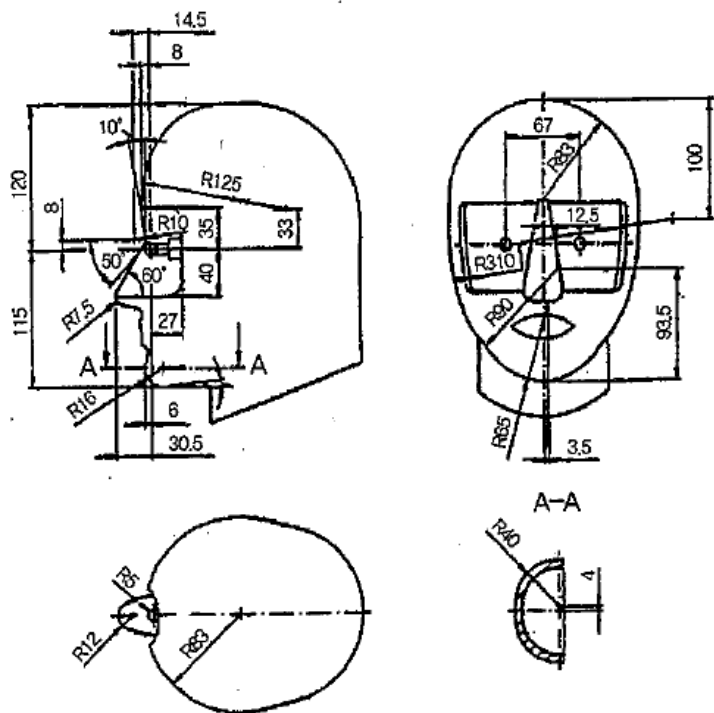
미국 표준인두들과 비교할 경우 더 넓은 얼굴너비, 더 짧은 얼굴수직길이, 더 짧은 코높이인 것으로 나타났으며, NIOSH 중형 인두와 비교할 경우 더 넓고 더 짧은 얼굴인 것으로 나타났다. 중국 PCA 밀착도 검사 패널을 기준으로 할 경우, NIOSH 중형 인두는 중형과 길고좁은형 카테고리 경계에 위치하는 것으로 분류되었고, Alderson 50 표준인두는 중형 카테고리 그리고 NOCSAE (미국국립운동표준 운영위원회) 표준인두는 길고좁은형 카테고리로 분류되었다. 중국 이변량 밀착도 검사 패널을 기준으로 할 경우, NIOSH 중형 인두와 Alderson 50 표준인두는 7구역으로 분류되었고, NOCSAE 표준인두는 9구역으로 분류되었다.

Seo et al(2020)은 7-69세 한국인 얼굴치수를 분류하였고, 한국인을 대표하는 얼굴모형을 마련하였으며, 3D 기법을 이용하여 호흡보호구 시험용 인두를 개발 제작하는 연구를 수행하였다고 보고했다. 연구는 제6차 한국인 3D 인체측정조사 자료(7-69세 4,583명이 참여한 Size Korea database)를 분석하여 얼굴치수를 얻었다. 44가지 얼굴측정치는 Design X s/w를 이용하여 군집화하였고 군집그룹을 형성시켰다. 연구결과로서 세 가지 3D 인두를 소형, 중형, 대형으로 구분하여 개발하였다.

세 가지 인두의 얼굴 너비와 길이는 각각 127.1 mm와 90.6 mm, 143 mm와 104.0 mm, 그리고 149 mm와 120.2 mm이었다. 대형 인두는 얼굴 치수가 특별히 큰 사람들에게 적합한데 성인용 호흡보호구 시험에 사용되어야 한다. 중형인두는 얼굴 치수가 작은 성인 또는 청소년용 호흡보호구의 성능 시험에 적합하며, 소형 인두는 얼굴 치수가 작은 어린이용 호흡보호구의 성능 시험에 적합하다. 이 연구에서 한국 남성 및 여성의 얼굴너비는 각각 150.1 mm, 147.1 mm로 나타났으며, 이들 너비는 중국인 및 미국인 얼굴너비보다 약간 더 넓었다. 한국 남녀의 얼굴 길이는 116.1 mm, 114.0 mm로 나타났으며, 이들 치수는 중국인 및 미국인의 치수와 유사하거나 약간 짧은 것으로 나타났다. 이 연구에서 개발된 마네킨 인두는 호흡보호구 평가에 필수품인데 한국인 일반시민의 얼굴치수에 맞는 호흡보호구의 성능을 시험하는데 사용될 수 있다.

3) 호흡보호구의 안전인증 및 기준 규격

고용노동부(2020)는 산안법 제83조(안전인증기준) 및 관련 규정에 따라 호흡보호구의 안전인증 기준을 고시하고 있으며, 보호구 안전인증 고시(고용노동부고시 제2020-35호)를 통해 방진마스크, 방독마스크, 송기마스크 및 전동식호흡보호구에 대한 안전인증 기준을 규정하고 있다. 안전인증 기준은 보호구 종류에 따라 주로 정의, 성능기준 및 시험방법에 관한 조항으로 구성되어 있다. 방진마스크의 성능 시험방법은 14가지 항목으로 구분하고 있으며, 시험 과정에서 시험인두를 사용한다(그림Ⅲ-1).



[그림 Ⅲ-1] 시험인두 모형 (출처: 고용노동부, 2020)

식품의약품안전평가원(2021)은 보건용 마스크의 품질관리를 위한 표준화된 시험법(분진포집효율시험, 안면부 흡기저항시험, 안면부 누설률 시험)을 제시하는 기준 규격 가이드라인을 마련하였다.

〈표 III-1〉 마스크의 등급 및 기준

등급	기준		
	분진포집효율	안면부 흡기저항	누설률
KF80	80% 이상(염화나트륨 시험)	60 Pa 이하	25% 이하
KF94	94% 이상(염화나트륨 및 파라핀 오일 시험)	70 Pa 이하	11% 이하
KF99	99% 이상(염화나트륨 및 파라핀 오일 시험)	100 Pa 이하	5% 이하

출처: 식품의약품안전평가원(2021)

이 가이드라인의 주요 구성은 마스크의 등급 및 기준, 안면부 누설률 시험법, 마스크의 기준 및 시험방법, 마스크의 크기 기준이었다. 마스크의 등급 및 기준은 〈표III-1〉과 같고, 안면부 누설률 시험법은 시험대상자 선정, 시험검체 및 장비, 시험과정 및 판정으로 이루어지는데 누설률 시험결과(총 50회) 중 46회(92%) 이상이 각각 등급별 기준값(표 III-1) 이하 이어야 한다. 마스크의 기준 및 시험방법에서 안면부 흡기저항 시험에 사용되는 시험인두 모형이 고용노동부의 보호구 안전인증 고시와 동일한 방식으로 제시되었으며(그림III-1), 차압(Pa)을 측정하는 방법이 제시되었다.

2. 3D얼굴 항목 및 데이터의 적합성 검토

1) 3D얼굴 항목 및 데이터의 비교

Size Korea 제6차와 제8차 3D머리형상측정 조사 DB의 3D얼굴 항목 및 데이터를 비교한 결과, 제6차 3D얼굴 항목 및 데이터의 적합성을 검토할 수 없었다. 제8차 조사 DB의 일부 3D얼굴 항목이 측정되지 않았으며, 측정에 포함되었더라도 20대를 제외한 다른 연령층의 3D얼굴항목 데이터가 없었기 때문이었다. 제8차 조사에서 측정되지 않은 3D얼굴 항목은 입너비, 코너비, 코높이, 코길이, 귀구슬사이코밑(호)길이, 귀구슬사이이마호길이, 최대이마뼈너비 및 최소이마뼈너비가 포함되었다(표Ⅲ-2 및 부록1 표A-2).

제8차 조사 DB의 3D얼굴 항목 및 데이터와 비교할 수 없는 점을 고려할 경우, 제6차 조사 DB 중 21개의 3D얼굴 항목 및 데이터가 2021년 제1차년도 과제에서 개발된 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 한국형 밀착도 검사 패널에 여전히 적합한 것으로 나타났다.

〈표 III-2〉 Size Korea 제6차 및 제8차 3D머리형상측정 조사 데이터베이스의 3D얼굴 항목 및 데이터 현황

구 분		항목수	항목명*	비고
계		21		-한국 노동인구 얼굴사이즈 DB 구축에 사용된 항목
3D얼굴 항목 및 데이터	3D측정	14	머리너비, 머리둘레, 입너비, 눈구석사이너비, 눈동자사이너비, 머리두께(눈살뒤통수돌출길이), 코너비, 코높이, 코길이(코뿌리코끝직선길이), 아래턱사이너비, 얼굴수직길이(코뿌리턱끝수직길이), 귀구슬사이머리마루(호)길이, 귀구슬사이코밑(호)길이, 귀구슬사이턱끝(호)길이	Size Korea 제6차 3D머리형상측정 조사 항목
		5	귀구슬사이이마(호)길이, 얼굴너비, 최대이마뼈너비, 최소이마뼈너비, 목둘레	산업안전보건연구원 연구결과 항목
	직접측정	2	키, 몸무게	Size Korea 제6차 3D머리형상측정 조사 항목

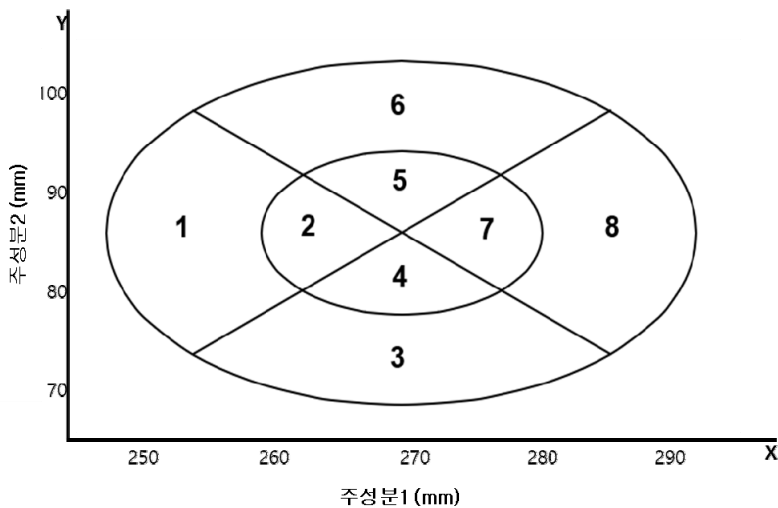
*미출진 항목은 Size Korea 제8차 3D머리형상측정 조사에서 측정되지 않았기때문에 제8차 조사 DB에 해당 데이터가 없었음.

3. 한국형 노동인구 인두 개발

1) 인두의 설계자료 산출

가) 인두모델 개요

한국형 노동인구의 인두는 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널 중 주성분 분석 패널을 바탕으로 설계되었다(그림Ⅲ-2). 주성분분석 패널 개발에 사용된 전체 얼굴항목 데이터(N=2,037명)는 8구역으로 구분되었고, 각 구역에 따라 10가지 얼굴항목의 각각 평균사이즈는 <표Ⅲ-3>과 같았으며, 더 자세한 구역별 얼굴항목 사이즈 정보는 <부록2의 1>과 같다.



[그림 Ⅲ-2] 한국형 밀착도 검사 주성분분석 패널(N=2,037)

(출처: 박정근 등, 2021a)

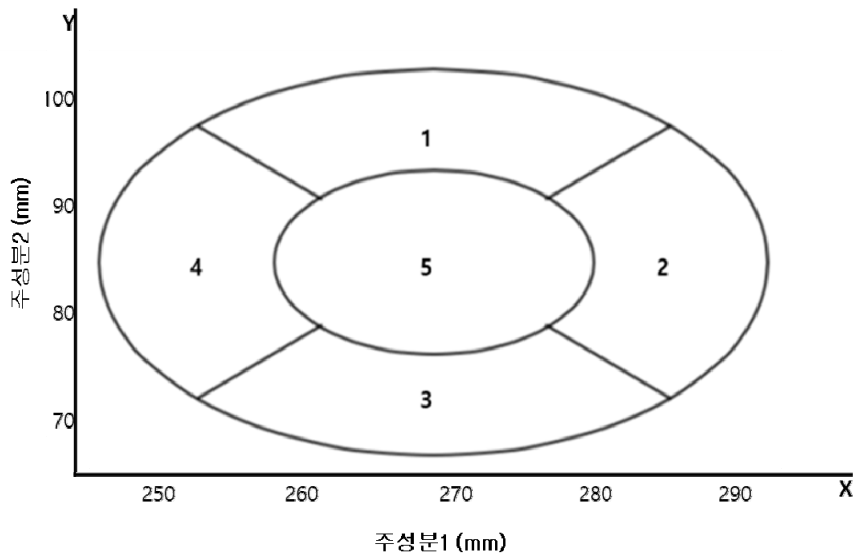
〈표 Ⅲ-3〉 한국형 주성분분석 검사 패널의 구역별 얼굴항목별 평균사이즈(단위:mm)

얼굴항목	구역(N=2,752명)*							
	1 (N=108)	2 (N=880)	3 (N=513)	4 (N=170)	5 (N=199)	6 (N=502)	7 (N=135)	8 (N=122)
최소이마뼈너비(A)	98.2	106.3†1	103.1	104.7	104.8	105.5	107.6	112.6
얼굴너비(B)	127.7	136.2	133.8	135.4	134.5	135.3	138.8	144.3
아래턱사이너비(C)	119.1	128.2†2	111.9	119.3	127.6	134.2	126.1	130.7
얼굴수직길이(D)	102.8	111.0†3	114.1	113.4	111.6	110.9	118.5	122.7
눈동자사이너비(E)	61.7	70.6†3	69.2	68.1	65.7	64.9	69.4	72.9
머리너비(F)	153.8	167.4†2	153.1	157.0	161.4	166.2	161.4	165.0
코높이(G)	11.5	12.3†4	12.3	12.3	13.1	13.5	13.6	14.0
코너비(H)	30.9	33.9†5	35.8	35.7	34.1	34.6	37.8	39.5
눈구석사이너비(I)	29.9	42.2†2	32.5	31.8	30.9	30.0	32.2	33.4
코길이(J)	46.9	53.0†2	51.7	51.2	50.7	50.3	53.8	55.3

*: 123명은 1~8구역 외부에 분포됨; †1=879명; †2=860명; †3=859명; †4=168명; †5=858명.

나) 인두모델 분류

한국형 밀착도 검사 주성분분석 패널의 8개 구역을 재분류한 인두모델 5가지 유형의 분포는 〈그림Ⅲ-3〉과 같다: 유형1(6구역, 길고좁은형), 유형2(8구역, 대형), 유형3(3구역, 짧고넓은형), 유형4(1구역, 소형), 유형5(2, 4, 5, 7 구역, 중형).



[그림 Ⅲ-3] 한국 노동인구 인두모델 유형의 분포

(N= 2,037명; 유형1= 길고좁은형, 유형2= 대형, 유형3= 짧고넓은형, 유형4= 소형, 유형5= 중형)

인두모델 유형에 따라 얼굴항목별 평균 사이즈는 〈표Ⅲ-4〉와 같다. 중형 인두모델의 경우 최소이마뼈너비(A)는 106.0 mm이었고, 얼굴너비(B) 136.1 mm, 아래턱사이너비(C) 126.8 mm, 얼굴수직길이(D) 112.1 mm, 눈동자사이너비(E) 69.5 mm, 머리너비(F) 164.6 mm, 코높이(G) 12.8 mm, 코너비(H) 34.6 mm, 눈구석사이너비(I) 38.3 mm 그리고 코길이(J) 52.5 mm 로 나타났다. 인두모델 유형에 따라 더 자세한 얼굴항목 사이즈 정보는 〈부록2의 2〉와 같다.

〈표 III-4〉 한국 노동인구 인두모텔 유형별 얼굴항목별 평균사이즈(단위:mm)

얼굴항목	인두모텔 유형(N=2,752명)				
	소형(N=108)	중형(N=1,384)	대형(N=122)	길고좁은형(N=502)	짧고넓은형(N=513)
최소이마뼈너비(A)	98.2	106.0 ^{*1}	112.6	105.5	103.1
얼굴너비(B)	127.7	136.1	144.3	135.3	133.8
아래턱사이너비(C)	119.1	126.8 ^{*2}	130.7	134.2	111.9
얼굴수직길이(D)	102.8	112.1 ^{*3}	122.7	110.9	114.1
눈동자사이너비(E)	61.7	69.5 ^{*3}	72.9	64.9	69.2
머리너비(F)	153.8	164.6 ^{*2}	165.0	166.2	153.1
코높이(G)	11.5	12.8 ^{*4}	14.0	13.5	12.3
코너비(H)	30.9	34.6 ^{*5}	39.5	34.6	35.8
눈구석사이너비(I)	29.9	38.3 ^{*2}	33.4	30.0	32.5
코길이(J)	46.9	52.5 ^{*2}	55.3	50.3	51.7

*1=1,383명; *2=1,364명; *3=1,363명; *4=672명; *5=1,362명

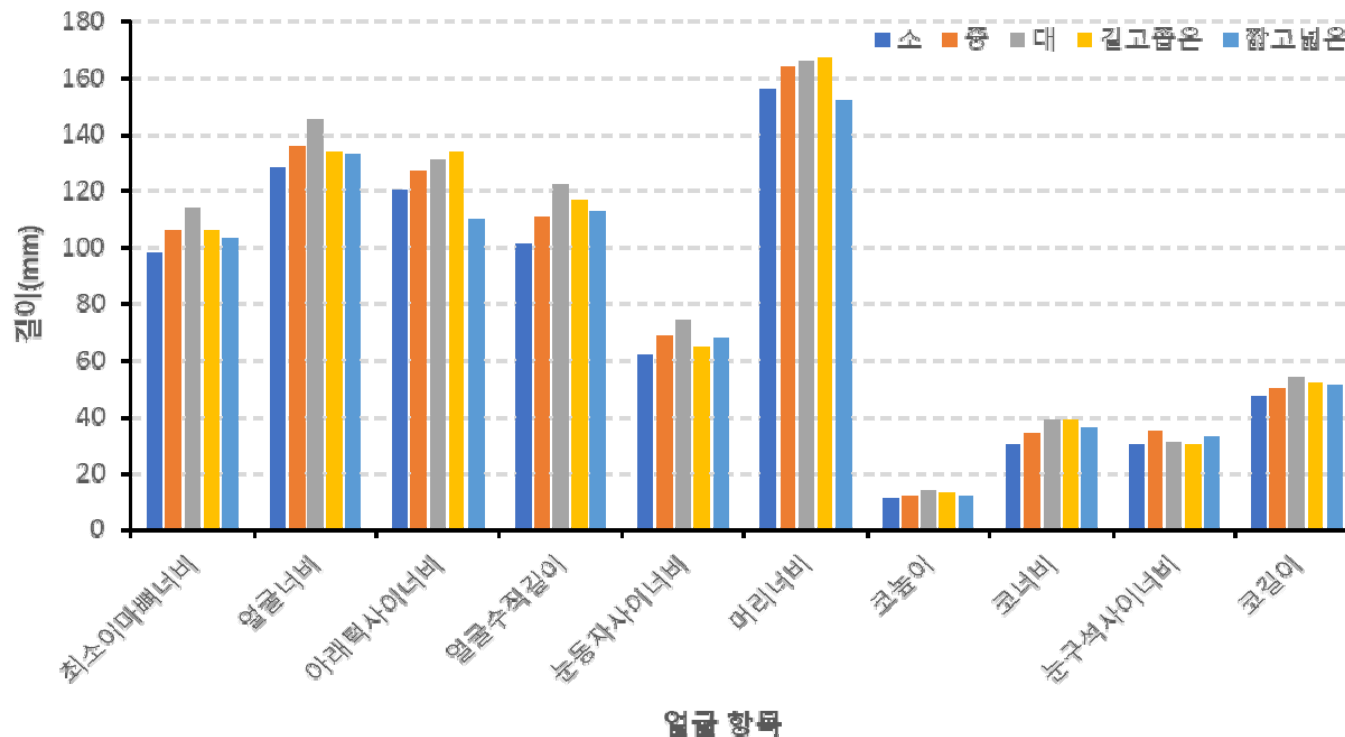
다) 인두모텔 유형에 따라 얼굴항목별 5명의 평균사이즈

한국 노동인구의 인두모텔 유형에 따라 선정된 얼굴항목별 5명의 평균사이즈는 〈표III-5〉와 같으며, 얼굴항목에 따라 유형별 5명 평균사이즈의 특징은 〈그림III-4〉와 같다. ‘최소이마뼈너비’의 경우 소형은 98 mm이고, 중형 106 mm, 대형 114 mm, 길고좁은형 106 mm 및 짧고넓은형 103 mm 로 나타났다. 인두모텔 유형에 따라 더 자세한 5명의 얼굴항목 사이즈 정보는 〈부록 2의 3〉과 같다.

〈표 III-5〉 한국 노동인구 인두모델 유형에 따라 얼굴항목별 5명의 평균 사이즈 (단위:mm)

얼굴항목*	인두모델 유형				
	소형 (N=5)	중형 (N=5)	대형 (N=5)	길고좁은형 (N=5)	짧고넓은형 (N=5)
최소이마뼈너비(A)	98	106	114	106	103
얼굴너비(B)	128	136	145	134	133
아래턱사이너비(C)	120	127	131	134	110
얼굴수직길이(D)	101	111	122	117	113
눈동자사이너비(E)	62	69	74	65	68
머리너비(F)	156	164	166	167	152
코높이(G)	11	12	14	13	12
코너비(H)	30	34	39	39	36
눈구석사이너비(I)	30	35	31	30	33
코길이(J)	47	50	54	52	51

*입너비 추가됨: 소형 40, 중형 49, 대형 57, 길고좁은형 49, 짧고넓은형 49.

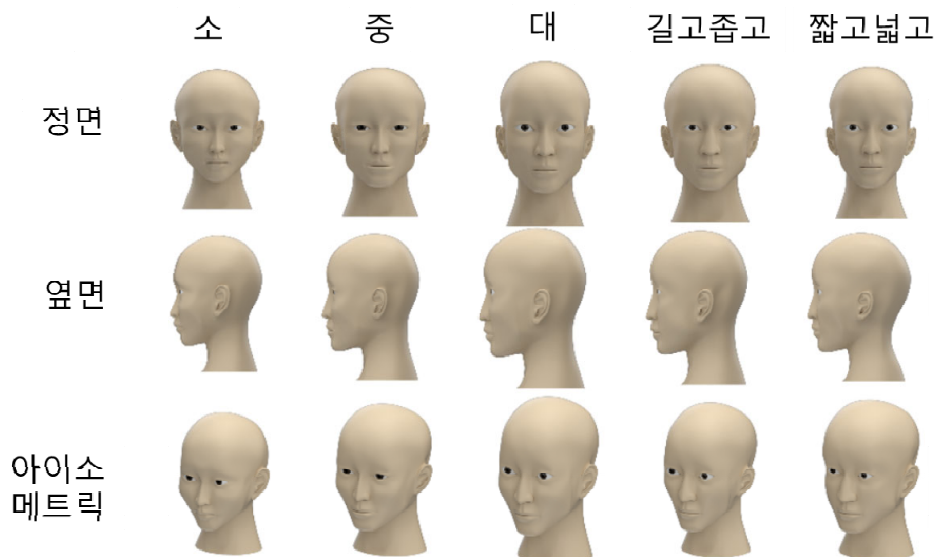


[그림 III-4] 한국 노동인구 인두모델의 얼굴항목에 따라 유형별 5명의 평균사이즈

2) 3D모델링

가) 인두모델 이미지 자료 비교

3D모델링 인두모델 이미지 자료는 산출될 때마다 연구팀이 제공한 얼굴항목 사이즈 데이터 및 얼굴이미지 원자료를 바탕으로 비교 및 평가 후 반복적으로 개선되었는데 얼굴항목별 사이즈 데이터는 주로 유형간 크기를 비교할 때 사용되었으며, 얼굴이미지 원자료는 주로 유형내 또는 유형간 형태를 비교할 때 사용되었다 (그림Ⅲ-5 및 그림Ⅲ-6).



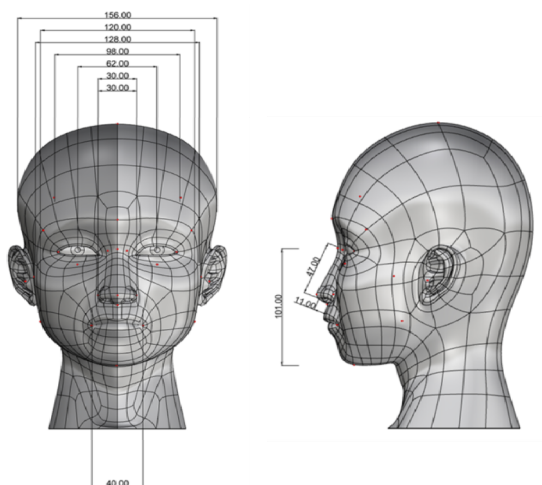
[그림 Ⅲ-5] 3D모델링 인두모델: 각 유형별 정면, 옆면, 아이소메트릭면 특징 비교(예)



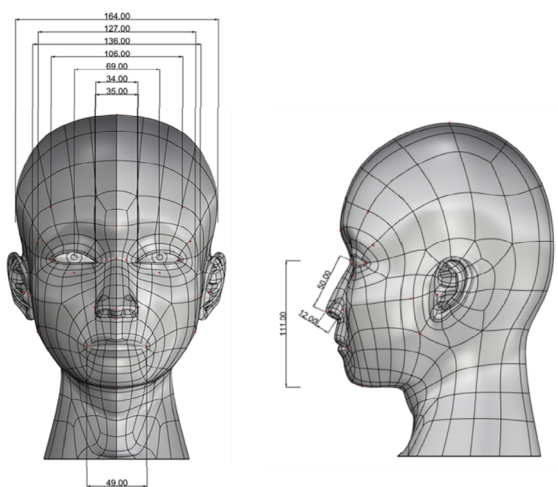
[그림 III-6] 3D모델링 인두모델: 유형 또는 유형그룹별 크기와 형태에 관한 특징 비교(예)

나) 인두모델 이미지 결정

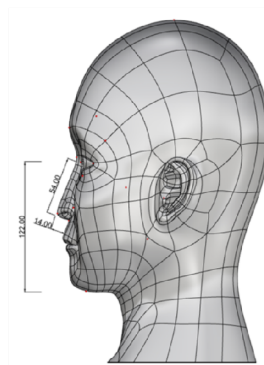
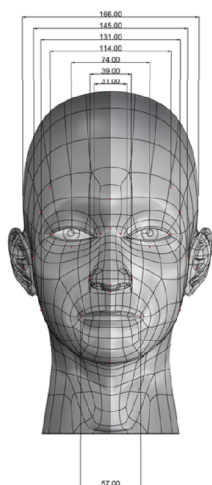
3D모델링 과정에서 인두모델 이미지가 반복적으로 개선된 유형별 인두모델의 정면 및 옆면 이미지 사례는 <그림III-7>과 같다. 인두모델은 각각 29개의 머리측정 기준점(landmarks)이 표시되었으며, 5가지 유형의 크기와 형태가 동시에 비교된 3D모델링 인두모델의 시제품 사진 및 최종 결정된 인두모델 정면 이미지는 각각 <그림III-8>과 <그림III-9>와 같다.



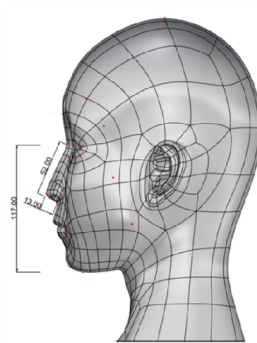
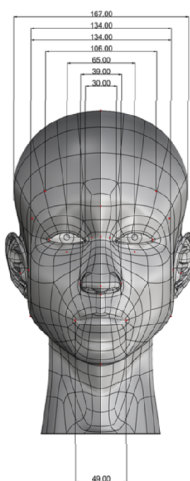
〈소형〉



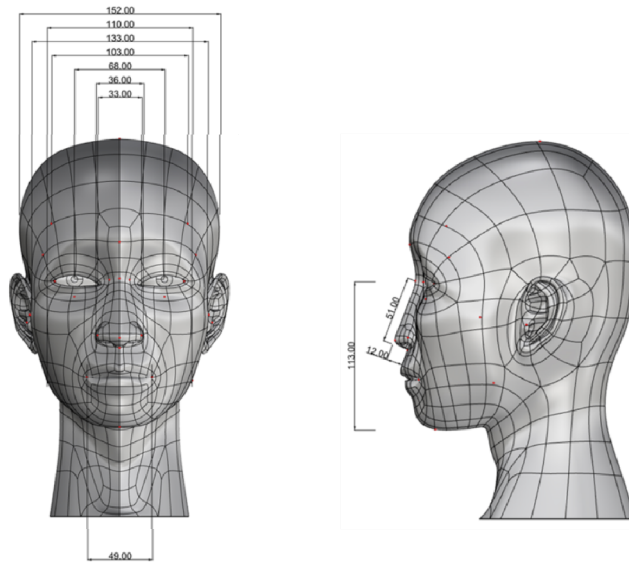
〈중형〉



〈대형〉



〈길고좁은형〉

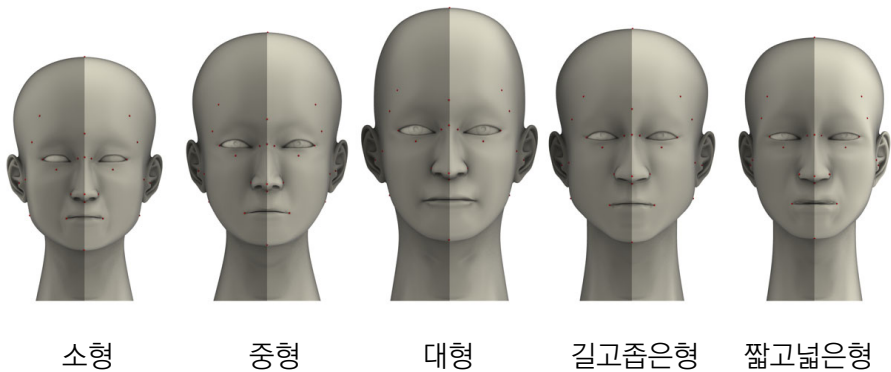


〈짧고넓은형〉

[그림 Ⅲ-7] 3D모델링 인두모델의 유형별 정면 및 옆면 이미지



[그림 Ⅲ-8] 5가지 유형의 3D모델링 인두모델의 시제품 사진



[그림 Ⅲ-9] 5가지 유형의 3D모델링 최종 인두모델 정면 이미지

3) 한국형 노동인구의 인두

3D모델링 과정에서 최종 결정된 5가지 유형의 인두모델 이미지를 바탕으로 3D프린팅을 통해 제작된 한국형 노동인구의 인두는 <그림Ⅲ-10>과 같다.



중형 확대사진



소형

중형

대형

길고좁은형

짧고넓은형

[그림 III-10] 한국형 노동인구 인두: 중형 확대사진 및 5가지 유형

4. 호흡보호구의 선정 등 기준 개정(안)

KOSHA Guide H-82-2020(호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침)호에서 누락된 '얼굴 형태 및 사이즈' 부문에 대해 마련된 주요 개정(안)은 <표III-6>과 같다.

〈표 III-6〉 호흡보호구의 선정 등 기준 개정(안)*

변경전	변경후	비고
호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침 1. 목적 2. 적용범위 〈중략〉	호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침 1. 작동 2. 작동 〈중략〉	
6. 호흡보호구 선정을 위한 고려사항 6.2 호흡보호구 선정 전 고려사항 ----- ----- (8) 밀착형 호흡보호구를 얼굴에 हु터나 기형이 있는 자가 착용하거나 안면부에 머리카락이나 수염이 있는 경우 공기의 누설이 발생할 수 있으므로 착용하지 않아야 한다.	6. 작동 6.2 작동 ----- ----- (9) 인체크기의 특성을 고려하여야 하며, 필요한 경우 인	신설: (9) 항을 신설

변경전	변경후	비고
	체측정을 실시한다. 근로자 머리 및 얼굴의 크기와 형태에 적합한 호흡보호구의 규격과 유형을 확인한다. 한국 노동인구 얼굴의 크기와 형태에 관한 기초정보는 〈부록 C1〉을 참고한다. 얼굴에 흉터, 기형, 수염, 머리카락이 있는 경우 호흡보호구의 밀착수준이 감소될 수 있다.	하면서 (8)항을 삭제 통합 하여 정리함. 아울러 (7) ~ (10)항 순서를 재정리함
〈중략〉	〈중략〉	
	〈부록3. 부록C1〉 한국 노동인구의 얼굴 크기와 형태 기초정보 1. 한국 노동인구의 얼굴사이즈 특징 ----- 2. 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널 ----- 3. 한국형 노동인구의 인두 ----- 〈부록3. 별표C1-1〉 -----	신설
〈중략〉	〈중략〉	

*KOSHA Guide H-82-2020호에서 '얼굴 형태 및 사이즈' 관련 주요 개정 부분은 2곳[부록3의 6-6.2에서 (9)항 및 〈부록3의 부록C1〉]임. 나머지는 오타 정정이거나 소수의 문장 또는 자구에 대한 단순 수정임.

IV. 고찰 및 요약



IV. 고찰 및 요약

1. 3D얼굴 항목 및 데이터의 적합성

Size Korea 제6차 3D머리형상측정조사 DB 중 21개의 3D얼굴 항목 및 데이터는 2021년 제1차년도 연구과제에서 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 한국형 밀착도 검사 패널을 개발할 때 사용되었다. 제6차 3D얼굴 항목 및 데이터가 2010~2013년 조사에서 측정되었기 때문에 2020-2021년에 측정된 제8차 조사 DB의 해당 자료와 비교하여 적합성 및 최신성을 검토하였다.

제8차 조사 DB의 일부 3D얼굴항목이 측정되지 않아 적합성을 비교할 수 없었지만 동 DB의 3D얼굴 항목 및 데이터를 고려할 경우, 제6차 조사 DB의 21개 3D얼굴 항목 및 데이터가 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 한국형 밀착도 검사 패널의 개발에 더 적합하며, Size Korea 3D머리형상측정조사의 전체 DB 중 가장 최신 자료인 것으로 나타났다.

2. 한국형 노동인구의 인두

우리나라 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 분야에서 업무적으로 활용되고 있는 한국인 표준인두는 아직 없었다(박정근 등, 2022). 일부 호흡보호구의 연구자, 인증기관, 시험기관, 제조업체 등에서 호흡보호구의 시험 업무를 수행하는 동안 외국인 인두, 자체제작 인두 또는 인형이 활용되고 있었다. 외국인 인두일지라도 해당 국가의 표준인두인지 일반 시험인두 인지 여부는 확인되지 않았다. 비록 국가 또는 국제 표준에 따라 제작된 인두가 아니지만 한국인 인두를 개발한 연구가 보고되기도 하였다(Seo et al., 2020). 한편, Size Korea DB를 관리하고 있는 한국의류시험연구원 사이즈코리아 센터에 인두

가 전시되어 있다. 성별 및 연령그룹에 따라 제작되어 전시되어 있지만 표준 인두인지 여부는 파악할 수 없었다.

본 연구팀은 ISO/TS 16976-2에 따라 5가지 유형(소형, 중형, 대형, 길고 좁은형, 짧고넓은형)의 한국형 노동인구 인두를 개발하였다. 한국인 표준인두가 마련되기 전까지 국내 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 분야에서 연구·시험·교육용 인두로써 노동자의 안전보건을 위해 활용될 수 있도록 제작되었다. 5가지 유형 중 중형 인두의 10가지 얼굴사이즈 측정치 평균값의 경우 최소이마뼈너비는 106 mm이었고, 얼굴너비 136 mm, 아래턱사이너비 127 mm, 얼굴수직길이 111 mm, 눈동자사이너비 69 mm, 머리너비 164 mm, 코높이 21 mm, 코너비 34 mm, 눈구석사이너비 35 mm 그리고 코길이 50 mm 이었다.

Zhuang et al.(2010)의 보고에 의하면 미국 NIOSH는 2003년에 전국 호흡보호구 사용자 3,997명을 대상으로 인체측정 조사를 실시하였고 그 중 1,013명은 3D 스캐너로 측정했다. 2003년 조사에서 생산된 인체측정 데이터를 바탕으로 5가지 유형(small, medium, large, long/narrow, short/wide)의 새로운 인두를 제작하였으며, 2003년 NIOSH 조사 연구의 일부는 ISO/TS 16976-2가 되었다(ISO, 2015). 미국 NIOSH 중형 인두의 10가지 얼굴사이즈 측정치 평균값의 경우 최소이마뼈너비는 105 mm이었고, 얼굴너비 141 mm, 아래턱사이너비 118 mm, 얼굴수직길이 120 mm, 눈동자사이너비 62 mm, 머리너비 152 mm, 코높이 21 mm, 코너비 37 mm, 눈구석사이너비 17 mm 그리고 코길이 52 mm 이었다.

Yu et al.(2012)에 따르면 중국은 2006년 3,000명의 민간 노동자를 대상으로 인체측정 조사가 이루어졌으며, 조사 대상의 일부로서 350명은 3D 스캔 방식으로 측정되었다. 2006년 인체측정 조사 DB를 이용하여 미국 NIOSH가 수행했던 방식에 따라 5가지 유형(small, medium, large, long/narrow, short/wide)의 새로운 인두가 제작되었다. 5가지 유형 중 중형 인두의 10가지 얼굴사이즈 측정치 평균값의 경우 최소이마뼈너비는 106 mm

이었고, 얼굴너비 146 mm, 아래턱사이너비 116 mm, 얼굴수직길이 114 mm, 눈동자사이너비 61 mm, 머리너비 150 mm, 코높이 19 mm, 코너비 39 mm, 눈구석사이너비 18 mm 그리고 코길이 51 mm 이었다.

본 연구의 한국형 노동인구 인두와 미국 NIOSH 인두 및 중국 인두에 대해 세부적인 특징을 비교하기 어렵다. 예를 들어 단순히 얼굴사이즈 특징 중 얼굴너비의 경우, 한국 인두의 얼굴너비(136 mm)는 미국 인두(141 mm) 및 중국 인두(146 mm)보다 작다. 얼굴수직길이의 경우 한국 인두의 얼굴수직길이(111 mm)는 미국 인두(120 mm) 및 중국 인두(114 mm)보다 작다. 그러나 이들 세 나라 각국의 호흡보호구 사용 노동인구를 대표할 수 있는 인체측정 조사 DB를 이용하였고, 호흡보호구 관련 얼굴의 사이즈 및 형태에 관한 데이터 산출, 밀착도 검사 테스트 패널 개발, 호흡보호구 업무 관련 인두 제작 등 일련의 과정과 연구결과의 산출이 공통적으로 유사하였다는 점은 의미가 있을 것이다.

특히, 본 연구의 인두 관련 연구결과를 국제적으로 널리 알려진 문헌에 이미 보고된 미국과 중국의 연구결과와 비교를 통해 유사점이 확인되었다. 더불어 인두 제작에 사용되었던 얼굴사이즈 데이터 및 밀착도 검사 테스트 패널과 함께 본 연구에서 생산된 연구결과의 특징을 객관적으로 비교하고 확인할 수 있어서 의미가 더욱 컸다.

3. 호흡보호구의 선정 등 기준 개정(안)

2021년에 수행된 제1차년도 과제에서 호흡보호구의 선정 등 기준 또는 지침에 대해 3가지 개선 방향이 제시되었다. 본 연구팀은 3가지 중 ‘안전보건 기술지침(KOSHA Guide H-82-2020, 호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침)을 개정하는 것’이 적절하고 효율적이라 판단하였으며, 해당 기술지침에 대한 개정(안)을 마련하였다. 개정(안)의 주요 내용은 ‘근로자 머리 및 얼굴의 크기와 형태에 적합한 호흡보호구의 규격과 유형을 확인한다’이며, 한

국 노동인구 얼굴의 크기와 형태에 관한 기초정보를 함께 제시하였다. 기초정보는 한국 노동인구의 얼굴사이즈 특징, 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널 및 한국형 노동인구의 인두이었다(부록3. 부록C1 참조).

4. 요약

2021년에 수행된 본 연구의 제1차년도 과제에 사용된 Size Korea 제6차 3D머리형상측정조사 DB 중 21개 항목의 3D얼굴 데이터에 대한 적합성 및 최신성을 검토하였다. 제8차 3D머리형상측정조사 DB의 해당 데이터와 비교한 결과, 제6차 조사 DB의 21개 3D얼굴 데이터가 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 한국형 밀착도 검사 패널 개발에 적합한 것으로 나타났다. 그러므로 제6차 조사 DB의 21개 항목의 3D얼굴 데이터는 한국형 노동인구의 인두 개발에 적합하며, Size Korea 3D머리형상측정조사의 전체 DB 중 가장 최신 자료인 것으로 나타났다.

한국형 노동인구의 인두는 적합성과 최신성이 확인된 Size Korea 제6차 조사 DB의 21개 3D얼굴 항목 및 데이터를 이용하여 ISO/TS 16976-2에 따라 개발되었다. 인두는 21개 항목 중 10개 3D얼굴항목을 선정하여 주성분분석 검사 패널의 8개 구역 개발에 사용된 데이터를 5가지 유형(소형, 중형, 대형, 길고좁은형, 짧고넓은형)으로 재분류하였고, 3D모델링 및 3D프린팅 과정을 거쳐 제작되었다.

호흡보호구의 선정 등 기준의 개정(안)은 KOSHA Guide H-82-2020에서 누락된 ‘얼굴의 크기와 형태’에 관한 정보를 새롭게 보완하는 것이 적절하고 효과적이라 판단하였다. 개정(안)은 근로자 머리 및 얼굴의 크기와 형태에 적합한 호흡보호구의 규격과 유형의 확인이 필요하다는 내용으로 신설하고 한국 노동인구 얼굴의 크기와 형태에 관한 기초정보를 함께 제시하였다. 기초정보는 한국 노동인구의 얼굴사이즈 특징, 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널 및 한국형 노동인구의 인두이었다.

요약하면, 본 과제에서 5가지 유형(소형, 중형, 대형, 길고좁은형, 짧고넓은형)의 한국형 노동인구 인두가 개발되었고 1차 및 2차년도 과제에서 개발된 연구결과를 바탕으로 호흡보호구 선정 등 기준의 개정(안)이 마련되었다. 2021년 1차년도 과제에서 Size Korea 제6차 3D머리형상측정 조사 DB 중 21개 항목의 3D얼굴 데이터를 이용하여 한국인 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널이 개발되었다. 따라서 우리나라에 밀착도 검사 제도가 도입되기 전·후에 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 분야에서 한국 노동인구 3D얼굴사이즈 DB와 호흡보호구 밀착도 검사 패널뿐만 아니라 한국형 노동인구의 인두와 호흡보호구의 선정 등 기술지침 개정(안)이 활용될 경우 노동자 호흡보호 제도의 실효성이 향상될 것이다.

참고문헌

- 고용노동부. 보호구 안전인증 고시, 고용노동부고시 제2020-35호. 2020.
- 국가기술표준원, 제6차 한국인 인체치수 3차원형상측정 조사사업, 최종보고서, 2010. [2022.11.08. 웹사이트확인]. 출처: sizekorea.kr
- 국가기술표준원, 제8차 한국인 인체치수 조사사업, 최종보고서, 2021. [2022.11.08. 웹사이트확인]. 출처: sizekorea.kr
- 김강운, 김현욱, 이중 등. 한국인 얼굴의 3차원 형상해석을 통한 반면형 호흡보호구용 신개념 3D test panel 개발. 한국산업위생학회지 13(3): 217-225, 2003.
- 김강운, 피영규, 이경재 등. 보호구의 지급·착용 실태조사 및 효과적 보호구 관리 방안에 대한 연구. 산업안전보건연구원, 2008.
- 박정근, 김세동, 이은지. 호흡보호구 관련 인두 활용 실태조사 결과. 산업안전보건연구원 기술자료. 2022.
- 박정근, 김세동, 조현민. 한국형 얼굴 DB 구축 및 호흡보호구 선정 기준 연구(I). 2021-산업안전보건연구원-752, 2021a.
- 박정근, 김세동, 조현민. 호흡보호구 선정을 위한 3차원 머리 인체측정학적 데이터의 분석. 한국산업보건학회지 31(4):521-530, 2021b.
- 사이즈코리아센터, 인체치수조사 보고서, [검색일: 2022.11. 08]. 출처: sizekorea.kr
- 서혜경 등. 일개 국내산 의료용 N95 마스크의 밀착도 분석, J Korea Soc Occup Environ Hyg, 30(2):124-133, 2020.
- 식품의약품안전평가원. 보건용 마스크의 기준 규격에 대한 가이드라인. 민원인

안내서, 2021.

식품의약품안전평가원. 의료용 호흡기 보호구 허가·심사 가이드라인. 민원인 안내서, 2020.

식품의약품안전처. 지난주 마스크 생산 7,862만개... 가격은 안정세 지속. 2021.11.17. 연합뉴스. [검색일 2022.08.04.]. 출처: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20211117039600530?input=1195m>

윤충식. 공기중 입자상 물질, 바이오 에어로졸과 마스크에 대한 논점들. 한국 호흡보호구학회 학술집, 9-24, 일산, 2021.

질병관리청. 코로나바이러스감염증-19 발생현황, 2022. [검색일 2022.10.14.] 출처: <<https://ncov.mohw.go.kr>>

피영규, 김승원, 어원석 등. 호흡보호구 밀착도검사 실시실태 및 제도개선에 관한 연구(II). 산업안전보건연구원 위탁연구과제, 2019-연구원-1422, 2019.

한국방송공사(KBS), 마스크 연간 소비량 73억개... 처리는 어찌나?. 2021.11.18. KBS 9시뉴스. [검색일 2022.08.04.] 출처: <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=5328542>.

한국산업안전보건공단, 2022 산업안전보건법령집, 2022.

한국산업안전보건공단, 호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침, KOSHA Guide H-82-2020, 2020.

한돈희, 김현욱, 장영재 등. 호흡보호구 밀착도검사 실시실태 및 제도개선에 관한 연구(I). 산업안전보건연구원 위탁연구과제, 2017-연구원-969, 2017.

한돈희. 호흡기보호구의 밀착도 검사와 안면규격 Panel의 개발, Korean Ind Hyg Assoc J, 9(1):1-13, 1999.

- 한돈희 등. 화학물질 노출 근로자를 위한 호흡보호구 선정 지침 개발. 산업안전보건연구원 위탁연구과제, 2013-연구원-1203, 2013.
- Chen, W, Z Zhuang, S Benson, et al. New respirator fit test panels representing the current Chinese civilian workers. *Ann Occup Hyg*, 53(3):297-305, 2009.
- International Organization for Standardization(ISO). Respiratory protective devices - Human factors- Part 2: Anthropometrics, Technical Specification. ISO/TS 16976-2, 2015.
- International Organization for Standardization(ISO). Respiratory protective devices - Selection, use and maintenance- Part 1: Establishing and implementing a respiratory protective device programme. ISO/TS 16975-1, 2016.
- Seo, H., JI Kim, H Kim, Development of Korean head forms for respirator performance testing, *Safety and Health at Work* 11:71-79, 2020.
- Yu Y, S Benson, W Cheng et al. Digital 3-D headforms representative of Chinese workers. *Ann Occup Hyg* 56(1):113-122, 2012.
- Zhuang Z, S Benson, D Viscusi. Digital 3-D headforms with facial features representative of the current US workforce. *Ergonomics* 53:661-671, 2010.
- Zhuang, Z, B Bradtmiller, RE Shaffer. New respirator fit test panels representing the current U.S. civilian work force. *J Occup Environ Hygiene* 4:647-659, 2007.

Abstract

Establishment of a face dimensions database for Korean labor population and improvement of RPD selection guidelines(II)

Jung-Keun Park, Se-Dong Kim, Eun-Ji Lee

*Work Environment Research Bureau,
Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA*

Objective: This study was to improve the effectiveness of respiratory protective programs regulating selection, use and management of respiratory protective devices(RPD) at work by conducting examination of Korean fit test panels, development of labor population head-forms, and amendment of a KOSHA Guide on RPD selection.

Methods: The study was the 2nd year work of a two-year-project initiated in 2021. The approaches in the study include literature review; examination of 3 dimensional(3D) face dimensions data, which, as part of Size Korea 6th 3D head anthropometric survey DB, were used to establish a 3D face dimensions DB for Korean labor population as well as to develop RPD fit test panels in the 1st year work of the project; development of 5 types of head-forms representing Korean labor population; and amendment of KOSHA Guide H-82-2020. The head-forms were developed in accordance

with the ISO/TS 16976-2. The KOSHA Guide H-82-2020 was amended based on the findings produced in the two-year project.

Results: The 3D face dimensions data of the Size Korea 6th 3D head survey DB, when compared with the corresponding data of the Size Korea 8th 3D head survey DB, were shown to be more likely appropriate in the aspects of applicability or usability. Key reason was that some 3D face items, among the 21 items, were not measured since participants wore a RPD due to COVID-19 in the 8th 3D head survey.

Five types of head-forms(small, medium, large, long-narrow, short-wide) were developed using the 3D face dimensions data of the Size Korea 6th 3D head survey DB. The 3D face dimensions data, which were used for 8 sectors of the principal component analysis test panel, were classified into 5 groups(5 types of head-forms) and then used to calculate average data(mean and standard deviations) for each type of the head-forms. The average data were used to produce the head-forms through a way of 3D modeling and 3D printing technology.

A draft KOSHA Guide was made to add standards or guidances on 3D face dimensions for RPD users at work by revising the KOSHA Guide H-82-2020. The revisions included the addition of 21 3D face anthropometric data, RPD fit test panels, and 5 types of head-forms, which represent for Korean labor population.

Discussion and summary: There were three key outputs in the study: 1) The 3D face dimensions data of the Size Korea 6th 3D head

survey DB were examined to review the appropriateness of those data; 2) Five types of human head-forms were developed using the 3D face dimensions data aforementioned; and 3) a draft KOSHA Guide was made to add information on face shape and dimensions to the KOSHA Guide H-82-2020. It was noticeably shown that the 3D face data of the Size Korea 6th 3D DB were more appropriate rather than those of the Size Korea 8th 3D DB in development of those 5 types of head-forms for Korean labor population. In this respect, it is likely quite desirable that the study outputs including the draft KOSHA Guide can be utilized in the selection, use and management of RPD at work, indicating that such activities can improve the effectiveness of respiratory protective programs at workplaces across the country.

Key words: Respiratory protective device, 3 dimensional face dimensions, Human head-form, RPD selection guideline.

부록

1. 한국인 인체치수조사 데이터베이스 현황 요약
2. 한국형 인두모델 유형별 얼굴항목 사이즈 현황
 - 1) 한국형 밀착도 검사 주성분분석 패널 구역별 얼굴항목 사이즈
 - 2) 한국형 인두모델 유형별 얼굴항목 사이즈
 - 3) 한국 노동인구 인두모델 유형별 선정된 5명의 얼굴항목 사이즈
3. 호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침 개정(안) 전문

부록1. 한국인 인체치수조사 데이터베이스 현황 요약

1979년부터 실시된 한국인 인체치수조사(Size Korea)의 차수에 따라 3D 머리형상측정 조사의 DB 중 3D머리항목 정보를 중심으로 요약한 현황은 <표 A-1>과 같다(사이즈코리아센터, 2022).

〈표A-1〉 Size Korea의 차수별 3D머리항목 주요 현황

조사		연도	나이	참여자	항목수	조사기관
1차		1979	0-45	18,013	117	한국과학기술원
2차		1986	0-51	21,648	80	한국표준과학연구원
3차		1992	6-50	8,886	84	한국표준과학연구원
4차		1997	0-70	13,062	120	한국표준과학연구원
5차	직접 측정	2003-2004	0-90	16,127	122	대한인간공학회 한국의류학회
	3D측정		8-75	5,168	226* ¹	한국표준과학연구원
6차	직접 측정	2010	7-69	14,016	139	강남대학교
	3D측정	2010	20-39	848	204* ²	건국대학교(i-fashion 의류기술센터)
		2011	7-12	1,238		건국대학교(i-fashion 의류기술센터)
		2012	40-69	1,228		(재)아이패션비즈센터
		2013	13-18	1,464		한국표준과학연구원
		2014	70-85	938		서울대학교
7차	직접 측정	2015	16-69	6,413	145	한국디자인진흥원 동서울대학교 대구예술대학교
	3D측정	3D인체측정조사 미실시				
8차	직접 측정	2020-2021	20-69	5,092	137	동서울대학교
	3D측정		20-69	4,545	366* ³	대구예술대학교

*3D머리형상측정 조사 DB의 3D머리항목 수: 1=없음; 2=45개; 3=36개.

Size Korea 제6차 3D머리형상측정 조사에서 측정된 3D머리항목은 45개이었으며, 직접측정 항목 중 머리항목은 6개이었다. Size Korea 제6차 직접측정 조사에서 측정된 머리항목은 10개이었다(표A-2). Size Korea 제8차 3D머리형상측정 조사에서 3D머리항목의 경우 측정계획은 50개이었으나 측정결과는 36개이었고, 나머지 14개는 측정되지 않았다. 측정되지 않은 이유는 COVID-19 팬데믹 상황에서 조사 참여자가 마스크를 착용하였기 때문이었으며, 직접측정 항목 중 머리항목은 11개이었다(국가기술표준원, 2021). Size Korea 제8차 직접측정 조사에서 측정된 머리항목은 16개이었다.

〈표A-2〉 Size Korea 제6차 및 제8차 조사 DB에 포함된 3D머리항목 현황

구 분		항 목 수	머리항목명	비고 (전신항 목수)
6 3 D 차 머 리 형 상 측 정 조 사	직접측정조 사	10	머리수직길이, 얼굴수직길이, 머리두께, 머리너비, 머리둘레, 귀구슬머리위길이, 눈살뒤통수길이, 눈동자사이너비, 목둘레, 목밑둘레	139
	3D	45	머리수직길이, 머리너비, 머리둘레, 입너비, 눈구석사이너비, 눈동자사이너비, 눈살귀구슬수평길이, 머리두께(눈살뒤통수돌출길이), 눈살뒤통수돌출수평길이, 눈살머리마루뒤통수(호)길이(눈살뒤통수돌출보정길이), 귀바퀴사이너비, 코끝뒤통수돌출수평길이, 코너비, 코높이, 코길이(코뿌리코끝직선길이), 코밑턱뼈끝수직길이, 턱끝뒤통수돌출수평길이, 입중심뒤통수돌출수평길이, 목옆머리마루목옆길이, 아래턱사이너비, 머리마루오른쪽귀구슬점수직길이, 머리마루왼쪽귀구슬점수직길이, 머리마루눈살수직길이, 머리마루오른쪽눈초리수직길이, 머리마루왼쪽눈초리수직길이, 머리마루입술수직길이, 머리마루코끝수직길이, 머리마루코밑수직길이, 머리마루코뿌리수직길이, 머리마루아래턱뼈수직길이, 눈초리귀구슬사이수평길이, 눈초리사이너비, 오른쪽눈초리뒤통수돌출수평길이, 왼쪽눈초리뒤통수돌출수평길이, 코뿌리귀바퀴위뿌리수평길이, 코뿌리뒤통수돌출수평길이, 코뿌리코끝수직길이, 얼굴수직길이(코뿌리턱끝수직길이), 오른쪽귀구슬뒤통수돌출수평길이, 왼쪽귀구슬뒤통수돌출수평길이, 귀구슬사이머리마루(호)길이, 귀구슬사이코뿌리(호)길이, 귀구슬사이코밑(호)길이, 귀구슬입술직선길이, 귀구슬사이턱끝(호)길이	204
	직접	6	머리둘레, 귀구슬사이머리위길이, 귀구슬사이너비, 귀바퀴위뿌리귀바퀴뒤직선길이, 목둘레, 목밑둘레	

〈표A-2〉 〈계속〉

구 분			항 목 수	머리항목명	비고 (전신항 목수)
8 차	직접측정 조사		16	머리수직길이, 얼굴수직길이, 머리둘레, 머리두께, 머리너비, 귀구슬사이머리위길이, 귀구슬사이너비, 귀바퀴위뿌리귀바퀴뒤뿌리직선길이, 목둘레, 목밑둘레, 눈살머리마루뒤통수길이, 얼굴너비, 아래턱사이너비, 눈살눈확아래사이수직길이, 눈구석사이너비, 눈동자사이너비	137
	3	D 3D	36	머리수직길이, 머리너비, 머리둘레, 눈구석사이너비, 눈동자사이너비, 눈살귀구슬수평길이, 머리두께(눈살뒤통수돌출길이), 눈살턱끝수직길이, 눈살눈확아래사이수직길이, 눈살이마길이, 얼굴너비, 귀구슬사이너비, 눈살머리마루뒤통수(호)길이(눈살뒤통수돌출보정길이), 귀바퀴사이너비, 턱끝뒤통수돌출수평길이, 아래턱사이너비, 머리마루이마수직길이, 머리마루오른쪽귀구슬점수직길이, 머리마루왼쪽귀구슬점수직길이, 머리마루눈살수직길이, 머리마루오른쪽눈초리수직길이, 머리마루왼쪽눈초리수직길이, 머리마루코뿌리수직길이, 머리마루아래턱뼈수직길이, 눈초리귀구슬사이수평길이, 눈초리사이너비, 오른쪽눈초리뒤통수돌출수평길이, 왼쪽눈초리뒤통수돌출수평길이, 코뿌리귀바퀴위뿌리수평길이, 코뿌리뒤통수돌출수평길이, 얼굴수직길이, 오른쪽귀구슬뒤통수돌출수평길이, 왼쪽귀구슬뒤통수돌출수평길이, 귀구슬사이머리마루(호)길이, 귀구슬사이코뿌리(호)길이, 귀구슬사이턱끝(호)길이	366
	직 접		11	머리수직길이, 얼굴수직길이, 머리둘레, 머리두께, 머리너비, 눈살머리마루뒤통수길이, 귀구슬사이머리위(호)길이, 귀구슬사이너비, 귀바퀴위뿌리귀바퀴뒤뿌리직선길이, 목둘레, 목밑둘레	

부록2. 한국형 인두모델 유형별 얼굴항목 사이즈 현황

1. 한국형 밀착도 검사 주성분분석 패널 구역별 얼굴항목 사이즈

호흡보호구 밀착도 검사 주성분분석 패널 구역별 얼굴항목 사이즈는 <표B-1-1> ~ <표B-1-8>과 같았다. 8개 구역으로 구성된 주성분분석 패널의 각 구역에 따라 10가지 얼굴항목 사이즈의 평균, 표준편차, 최소값 및 최대값을 나타냈다.

<표B-1-1> 주성분분석 패널 1구역 얼굴항목 사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	108	98.2	3.9	84.3	107.7
얼굴너비	108	127.7	3.5	117.5	136.6
아래턱사이너비	108	119.1	6.9	100.0	132.5
얼굴수직길이	108	102.8	5.0	93.1	115.0
눈동자사이너비	108	61.7	3.9	50.0	71.0
머리너비	108	153.8	5.8	138.0	166.0
코높이	108	11.5	2.3	6.0	19.4
코너비	108	30.9	2.7	26.2	39.0
눈구석사이너비	108	29.9	3.5	22.0	41.7
코길이	108	46.9	3.1	40.0	55.0

<표B-1-2> 주성분분석 패널 2구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	879	106.3	5.3	92.1	126.3
얼굴너비	880	136.2	5.6	120.6	160.1
아래턱사이너비	860	128.2	8.8	102.0	157.7
얼굴수직길이	859	111.0	8.8	90.4	137.4
눈동자사이너비	859	70.6	5.2	55.0	85.1
머리너비	860	167.4	8.7	142.5	193.8
코높이	168	12.3	2.3	6.0	20.3
코너비	858	33.9	3.5	25.0	45.8
눈구석사이너비	860	42.2	6.7	22.0	56.3
코길이	860	53.0	4.5	39.6	67.7

〈표B-1-3〉 주성분분석 패널 3구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	513	103.1	4.3	91.0	116.3
얼굴너비	513	133.8	4.7	120.2	149.3
아래턱사이너비	513	111.9	7.3	80.0	132.0
얼굴수직길이	513	114.1	6.8	97.0	134.0
눈동자사이너비	513	69.2	4.3	57.0	84.0
머리너비	513	153.1	6.7	136.0	175.0
코높이	513	12.3	2.4	6.0	18.0
코너비	513	35.8	3.6	27.0	55.5
눈구석사이너비	513	32.5	3.3	23.0	43.0
코길이	513	51.7	3.8	41.0	63.0

〈표B-1-4〉 주성분분석 패널 4구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	170	104.7	3.9	94.9	117.9
얼굴너비	170	135.4	4.1	125.2	152.8
아래턱사이너비	170	119.3	6.8	100.7	138.6
얼굴수직길이	170	113.4	5.8	95.8	127.0
눈동자사이너비	170	68.1	4.0	55.0	81.0
머리너비	170	157.0	6.3	142.0	174.0
코높이	170	12.3	2.4	7.0	19.0
코너비	170	35.7	3.0	29.0	44.0
눈구석사이너비	170	31.8	3.7	23.0	42.3
코길이	170	51.2	3.2	43.0	59.0

〈표B-1-5〉 주성분분석 패널 5구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	199	104.8	3.7	89.1	114.3
얼굴너비	199	134.5	4.0	124.7	144.6
아래턱사이너비	199	127.6	4.7	109.0	140.1
얼굴수직길이	199	111.6	5.7	97.2	129.0
눈동자사이너비	199	65.7	3.6	56.2	74.3
머리너비	199	161.4	5.0	147.3	176.8
코높이	199	13.1	2.3	7.0	20.2
코너비	199	34.1	3.4	23.6	43.0
눈구석사이너비	199	30.9	3.7	23.0	41.2
코길이	199	50.7	3.5	41.1	61.0

〈표B-1-6〉 주성분분석 패널 6구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	502	105.5	4.5	90.4	119.2
얼굴너비	502	135.3	5.4	119.3	151.7
아래턱사이너비	502	134.2	6.0	118.6	159.1
얼굴수직길이	502	110.9	7.4	93.1	133.0
눈동자사이너비	502	64.9	4.2	52.8	76.4
머리너비	502	166.2	5.3	150.2	182.0
코높이	502	13.5	2.2	8.0	21.0
코너비	502	34.6	3.5	23.4	45.0
눈구석사이너비	502	30.0	3.2	20.6	40.2
코길이	502	50.3	3.7	39.8	61.0

〈표B-1-7〉 주성분분석 패널 7구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	135	107.6	3.4	99.3	116.4
얼굴너비	135	138.8	4.3	127.9	152.5
아래턱사이너비	135	126.1	6.4	107.7	143.0
얼굴수직길이	135	118.5	5.8	104.0	134.1
눈동자사이너비	135	69.4	3.9	59.0	79.0
머리너비	135	161.4	5.8	145.0	176.2
코높이	135	13.6	2.3	5.0	19.0
코너비	135	37.8	3.1	27.0	47.1
눈구석사이너비	135	32.2	3.6	22.0	42.7
코길이	135	53.8	3.3	44.2	62.6

〈표B-1-8〉 주성분분석 패널 8구역 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	122	112.6	3.9	103.1	126.3
얼굴너비	122	144.3	4.1	133.6	155.0
아래턱사이너비	122	130.7	7.5	112.0	148.0
얼굴수직길이	122	122.7	5.3	110.0	134.0
눈동자사이너비	122	72.9	4.7	62.0	86.0
머리너비	122	165.0	6.0	148.0	181.0
코높이	122	14.0	2.5	9.0	23.0
코너비	122	39.5	3.7	30.0	56.1
눈구석사이너비	122	33.4	3.7	25.0	44.0
코길이	122	55.3	3.4	47.0	65.0

2. 인두모델 유형별 얼굴항목 사이즈

밀착도 검사 주성분분석 패널의 8개 구역을 5가지 인두모델 유형에 따라 구분한 후 산출된 각 유형별 10가지 얼굴항목 사이즈의 평균, 표준편차, 최소값 그리고 최대값은 <표B-2-1> ~ <표B-2-5>와 같았다.

총 연구대상자 (2,752명) 중 5가지 인두모델을 구성하는 연구대상자는 2,629명 (95%)이었으며, 유형별 구성 비율은 중형이 50%로 가장 높았으며, 짧고넓은형 19%, 길고좁은형 18%, 소형 및 대형이 각각 4%, 4% 순으로 나타났다.

<표B-2-1> 소형 인두모델 주얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위:mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	108	98.2	3.9	84.3	107.7
얼굴너비	108	127.7	3.5	117.5	136.6
아래턱사이너비	108	119.1	6.9	100.0	132.5
얼굴수직길이	108	102.8	5.0	93.1	115.0
눈동자사이너비	108	61.7	3.9	50.0	71.0
머리너비	108	153.8	5.8	138.0	166.0
코높이	108	11.5	2.3	6.0	19.4
코너비	108	30.9	2.7	26.2	39.0
눈구석사이너비	108	29.9	3.5	22.0	41.7
코길이	108	46.9	3.1	40.0	55.0

<표B-2-2> 중형 인두모델 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	1383	106.0	4.9	89.1	126.3
얼굴너비	1384	136.1	5.2	120.6	160.1
아래턱사이너비	1364	126.8	8.4	100.7	157.7
얼굴수직길이	1363	112.1	8.1	90.4	137.4
눈동자사이너비	1363	69.5	5.1	55.0	85.1
머리너비	1364	164.6	8.6	142.0	193.8
코높이	672	12.8	2.4	5.0	20.3
코너비	1362	34.6	3.6	23.6	47.1
눈구석사이너비	1364	38.3	7.7	22.0	56.3
코길이	1364	52.5	4.2	39.6	67.7

〈표B-2-3〉 대형 인두모델 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	122	112.6	3.9	103.1	126.3
얼굴너비	122	144.3	4.1	133.6	155.0
아래턱사이너비	122	130.7	7.5	112.0	148.0
얼굴수직길이	122	122.7	5.3	110.0	134.0
눈동자사이너비	122	72.9	4.7	62.0	86.0
머리너비	122	165.0	6.0	148.0	181.0
코높이	122	14.0	2.5	9.0	23.0
코너비	122	39.5	3.7	30.0	56.1
눈구석사이너비	122	33.4	3.7	25.0	44.0
코길이	122	55.3	3.4	47.0	65.0

〈표B-2-4〉 길고좁은형 인두모델 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	502	105.5	4.5	90.4	119.2
얼굴너비	502	135.3	5.4	119.3	151.7
아래턱사이너비	502	134.2	6.0	118.6	159.1
얼굴수직길이	502	110.9	7.4	93.1	133.0
눈동자사이너비	502	64.9	4.2	52.8	76.4
머리너비	502	166.2	5.3	150.2	182.0
코높이	502	13.5	2.2	8.0	21.0
코너비	502	34.6	3.5	23.4	45.0
눈구석사이너비	502	30.0	3.2	20.6	40.2
코길이	502	50.3	3.7	39.8	61.0

〈표B-2-5〉 짧고넓은형 인두모델 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	513	103.1	4.3	91.0	116.3
얼굴너비	513	133.8	4.7	120.2	149.3
아래턱사이너비	513	111.9	7.3	80.0	132.0
얼굴수직길이	513	114.1	6.8	97.0	134.0
눈동자사이너비	513	69.2	4.3	57.0	84.0
머리너비	513	153.1	6.7	136.0	175.0
코높이	513	12.3	2.4	6.0	18.0
코너비	513	35.8	3.6	27.0	55.5
눈구석사이너비	513	32.5	3.3	23.0	43.0
코길이	513	51.7	3.8	41.0	63.0

3. 인두모델 유형별 선정된 5명의 얼굴항목 사이즈 현황

한국형 밀착도 검사 주성분분석 패널의 8개 구역을 인두모델 유형에 따라 구분한 후 각 유형별 얼굴항목 사이즈의 평균에 가장 근접된 5명 연구대상자의 선정 및 그들의 3D얼굴이미지 원자료에 포함된 유형별 얼굴항목 사이즈 현황은 <표B-3>과 같다.

<표B-3> 한국 노동인구 인두모델 유형별 선정된 5명의 얼굴항목 사이즈(단위: 길이=mm; 몸무게=kg)

번호	연도	나이	성	키	몸무 게	최소이 마뻘너 비	얼굴너 비	아래턱사 이너비	얼굴수 직길이	눈동자사 이너비	머리너 비	코높 이	코너 비	눈구석사 이너비	코길 이	고유번호
1	2010	39	여	1456	50	98	127	122	101	61	157	12	27	28	47	S_k01863_3d 10_0799
2	2012	61	여	1520	56	98	130	113	103	63	157	10	32	27	47	S_k02031_3d 12_0143
3	2010	22	여	1612	45	97	126	115	103	60	155	10	30	35	48	S_k01515_3d 10_0115
4	2010	35	여	1635	68	100	128	123	98	61	159	11	32	30	48	S_k01801_3d 10_0701
5	2010	27	여	1616	50	97	127	127	100	64	153	14	30	33	47	S_k01585_3d 10_0275
소	평균	37		1568	54	98	128	120	101	62	156	11	30	30	47	

1	2010	24	남	1676	66	107	135	127	114	69	169	13	33	34	52	M_k01094_3d10_0081
2	2010	22	여	1602	69	104	135	128	109	69	163	11	30	38	51	M_k01492_3d10_0062
3	2010	22	남	1776	72	104	137	128	112	69	165	13	37	34	48	M_k01109_3d10_0096
4	2010	25	여	1624	58	107	137	129	109	67	163	13	34	38	48	M_k01632_3d10_0382
5	2012	41	여	1596	70	106	136	123	110	69	162	12	35	32	50	M_k03065_3d12_1177
중	평균	27		1655	67	106	136	127	111	69	164	12	34	35	50	
1	2012	46	남	1698	72	112	143	131	120	77	168	15	39	32	54	L_k02666_3d12_0778
2	2012	45	남	1792	79	114	143	127	124	71	167	14	38	32	54	L_k02372_3d12_0484
3	2012	51	남	1735	76	112	147	129	121	72	164	12	40	29	54	L_k02419_3d12_0531
4	2012	42	남	1817	91	117	144	134	121	74	168	15	39	32	54	L_k02521_3d12_0633
5	2012	43	남	1860	87	115	147	133	124	74	163	13	39	29	54	L_k02336_3d12_0448
대	평균	45		1780	81	114	145	131	122	74	166	14	39	31	54	

1	2010	25	남	1675	57	109	136	134	109	65	166	14	34	31	49	LN_k01260_3d10_0368
2	2010	22	남	1660	60	107	136	134	112	65	168	15	35	28	54	LN_k01136_3d10_0154
3	2010	30	여	1654	55	108	137	132	110	64	165	13	36	29	49	LN_k01831_3d10_0731
4	2010	29	남	1613	62	106	134	134	117	65	167	13	39	30	52	LN_k01251_3d10_0359
5	2010	31	여	1549	55	102	133	135	109	62	165	15	34	30	51	LN_k01704_3d10_0486
길쭉	평균	27		1630	58	106	135	134	111	64	166	14	36	30	51	
1	2012	45	여	1623	56	105	135	114	115	68	151	12	35	35	53	SW_k02721_3d12_0833
2	2012	56	여	1542	66	103	132	112	113	68	155	12	34	30	55	SW_k02290_3d12_0402
3	2012	60	여	1543	62	103	134	108	115	70	151	11	37	34	48	SW_k02213_3d12_0325
4	2012	61	여	1552	66	104	133	108	112	70	150	12	38	32	50	SW_k02280_3d12_0392
5	2012	62	여	1497	65	101	133	109	112	65	154	11	36	32	50	SW_k02146_3d12_0258
짧넓	평균	57		1551	63	103	133	110	113	68	152	12	36	33	51	

부록3. 호흡보호구 선정 기준 개선(안) 전문

KOSHA GUIDE
<u>H - xx -</u> <u>20xx</u>

호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침

2022. 11.

〈밑줄친 부분은 수정 또는 정정을 뜻함. 이하 동일〉

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 정종득
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 기술총괄본부 김성철, 안정호
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 박정근, 김세동,
이은지

○ 제·개정 경과

- 2002년 10월 산업위생분야 기준제정위원회 심의
- 2002년 12월 총괄기준제정위원회 심의
- 2004년 8월 산업위생분야 제정위원회 심의
- 2004년 9월 총괄제정위원회 심의
- 2008년 7월 산업위생분야 제정위원회 심의
- 2008년 9월 총괄제정위원회 심의
- 2012년 5월 총괄제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2015년 4월 산업위생분야 제정위원회 심의
- 2020년 7월 산업위생분야 표준제정위원회 심의

○ 관련규격 및 자료

- 산업안전보건연구원 : 화학물질 노출 근로자를 위한 호흡보호구 선정 지침 개발. 2013-연구원-1203, 2013
- International Organization for Standardization(ISO),
Respiratory protective devices - Human factors-Part2:
Anthropometrics, Technical Specification, ISO/TS 16976-2,
2015

- OSHA : 1910. 134, Respiratory Protection, revised 6/8/2011
- OSHA : Small Entity Compliance Guide for the Respiratory Protection Standard, 2011
- NIOSH : Guide to industrial respiratory protection, 1987
- NIOSH : NIOSH Respirator Selection Logic, 2005
- HSE : Respiratory protective equipment at work - a practical guide, 2013
- KOSHA Guide H-150-2014「화학물질 취급 근로자의 호흡보호구 선정 기술지침」
- KOSHA Guide H-159-2014「호흡보호구의 올바른 착용방법 및 관리에 관한 지침」

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 고용노동부 고시, 제2020-35호(보호구 안전인증 고시)

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 20xx년 xx월 xx일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

호흡보호구의 선정·사용 및 관리에 관한 지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다)에서 근로자 건강장해 예방을 위하여 규정하고 있는 호흡보호구의 올바른 선정, 지급, 착용, 유지보수 및 관리에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 유해 작업장에서 일하는 근로자의 건강을 보호하기 위하여 호흡용 보호구를 지급·착용하여야 하는 경우에 적용한다. 다만 다음의 보호구에는 적용하지 아니한다.

- (1) 수중호흡장치
- (2) 항공기 산소장치
- (3) 군용 방독마스크
- (4) 의료용 흡입기와 구급소생기

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다

- (가) “호흡보호구”라 함은 산소결핍공기의 흡입으로 인한 건강장해 또는 유해물질로 오염된 공기 등을 흡입함으로써 발생할 수 있는 건강장해를 예방하기 위한 보호구를 말한다.
- (나) “방독마스크”라 함은 흡입공기 중 가스·증기상 유해물질을 막아주기 위해 착용하는 호흡보호구를 말한다.

- (다) “방진마스크”라 함은 흡입공기 중 입자상(분진, 흙, 미스트 등) 유해 물질을 막아주기 위해 착용하는 호흡보호구를 말한다.
- (라) “송기식 마스크”라 함은 작업장이 아닌 장소의 공기를 호스 등을 통하여 공급하여 흡입할 수 있도록 만들어진 호흡보호구를 말한다.
- (마) “자급식 마스크”란 착용자의 몸에 지닌 압력공기실린더, 압력산소실린더 또는 산소발생장치가 작동되어 호흡용 공기가 공급되도록 만들어진 호흡보호구를 말한다.
- (바) “밀착도 검사(fit test)”라 함은 착용자의 얼굴에 호흡보호구가 효과적으로 밀착되는지 확인하기 위한 검사를 말한다.
- (사) “보호계수(Protection Factor, PF)”라 함은 호흡보호구 바깥쪽에서의 공기 중 오염물질 농도와 안쪽에서의 오염물질 농도비로 착용자 보호의 정도를 나타내는 척도를 말한다.
- (아) “할당보호계수(Assigned Protection Factor, APF)”란 잘 훈련된 착용자가 보호구를 착용했을 때 각 호흡보호구가 제공할 수 있는 보호계수의 기대치를 말한다.
- (자) “밀폐공간”이라 함은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조에서 정한 내용을 말한다.
- (카) “즉시위험건강농도(IDLH, Immediately Dangerous to Life or Health)”라 함은 생명 또는 건강에 즉각적으로 위험을 초래하는 농도로서 그 이상의 농도에서 30분간 노출되면 사망 또는 회복 불가능한 건강장해를 일으킬 수 있는 농도를 말한다.

(타) “밀착형 호흡보호구”란 호흡보호구의 안면부가 얼굴이나 두부에 직접 닿는 호흡보호구를 말한다.

(파) “유해비”라 함은 공기 중 오염물질 농도와 노출기준과의 비로 호흡보호구 착용장소의 오염정도를 나타내는 척도를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 관련고시에서 정하는 바에 따른다.

4. 호흡보호구의 종류

4.1 기능 및 안면부 형태에 따른 호흡보호구 분류

호흡보호구를 기능 및 안면부 형태별로 분류하면 <표C-1>과 같다.

〈표C-1〉 호흡보호구의 종류

분류 종류	공기정화식		공기공급식	
	비전동식	전동식	송기식	자급식
안면부 등의 형태	전면형, 반면형	전면형, 반면형	전면형, 반면형, 페이스실드, 후드	전면형
보호구 명칭	방진마스크, 방독마스크, 겸용 방독마스크 (방진+방독)	전동기 부착 방진마스크, 방독마스크, 겸용 방독마스크 (방진+방독)	호스 마스크, 에어라인 마스크, 복합식 에어라인 마스크	공기호흡기 (개방식) 산소호흡기 (폐쇄식)

(1) 공기정화식은 오염공기가 호흡기로 흡입되기 전에 여과재 또는 정화통을 통과시켜 오염물질을 제거하는 방식으로 다음과 같이 비전동식과 전동식으로 분류한다.

(가) 비전동식은 별도의 전동기가 없이 오염공기가 여과재 또는 정화통을 통과한 뒤 정화된 공기가 안면부로 가도록 고안된 형태이다.

(나) 전동식은 사용자의 몸에 전동기를 착용한 상태에서 전동기 작동에 의해 여과된 공기가 호흡호스를 통하여 안면부에 공급하는 형태이다.

(2) 공기공급식은 공기 공급관, 공기호스 또는 자급식 공기원(공기보관용기 등)을 가진 호흡보호구로서 신선한 호흡용 공기만을 공급하는 방식으로 송기식과 자급식으로 분류한다.

(가) 송기식은 공기 호스 등으로 호흡용 공기를 공급할 수 있도록 설계된 형태이다.

(나) 자급식은 호흡보호구 사용자가 착용한 압력공기 보관용기를 통하여 공기가 공급되도록 한 형태이다.

(3) 마스크의 안면부 형태별로 전면형, 반면형의 구분은 다음과 같다.

(가) 전면형 마스크는 사용자의 눈, 코, 입 등 안면부 전체를 덮을 수 있는 마스크이다.

(나) 반면형 마스크는 사용자의 코와 입을 덮을 수 있는 마스크이다.

4.2 오염물질에 따른 호흡보호구 분류

4.2.1 입자상 오염물질 제거용 호흡보호구

분진, 흙, 미스트 등의 입자상 오염물질을 제거하기 위한 방진마스크는 <표C-2>와 같이 구분한다.

<표C-2> 제거대상 오염물질별 방진마스크 등급 분류

등급	제거대상 오염물질	비고
특급	- 베릴륨 등과 같이 독성이 강한 물질들*을 함유한 분진 등 * 산업안전보건법의 분진, 흙, 미스트 등의 입자상 제조 등 금지물질, 허가 대상 유해물질, 특별관리물질	노출수준에 따라 호흡보호구 종류 및 등급이 달라질 수 있음
1급	- 금속흙 등과 같이 열적으로 생기는 분진 등 - 기계적으로 생기는 분진 등 - 결정형 유리규산	
2급	- 기타 분진 등	

4.2.3 가스·증기상 오염물질 제거용 호흡보호구

- (1) 정화통이 개발되지 않은 일부 화학물질을 취급할 경우 송기마스크 등 양압의 공기공급식 호흡보호구를 착용하여야 한다. 이 때 정화통 미개발 물질여부는 전문가 또는 제조사에 문의하여 확인토록 한다.
- (2) 정화통이 개발된 물질은 상온에서 가스 또는 증기상태의 오염물질을 제거하기 위한 방독마스크로 <표C-3>과 같이 구분한다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조에 따른 관리대상 유해물질 종류별 추천 정화통은 <별표C-1>을 참고한다.

〈표C-3〉 정화통 종류 및 외부 측면의 표시 색

종 류	표시 색
유기화합물용 정화통	갈 색
할로겐용 정화통	회 색
황화수소용 정화통	
시안화수소용 정화통	
아황산용 정화통	노랑색
암모니아용 정화통	녹 색
복합용 및 겸용의 정화통	복합용의 경우 해당가스 모두 표시(2층 분리) 겸용의 경우 백색과 해당가스 모두 표시(2층 분리)

5. 호흡보호구 사용을 위한 필요조건

5.1 호흡보호구의 사용원칙

- (1) 공기 중의 분진, 흙, 미스트, 증기 및 가스 등의 오염된 공기를 흡입함에 따라 발생할 수 있는 중독 또는 질식재해를 예방하기 위하여 가능한 해당 오염물질 제거, 저독성 물질로 대체, 공학적 대책(예를 들면 작업의 포위나 밀폐, 전체환기 및 국소배기, 관리적 대책을 세우는 것을 우선하여야 한다.
- (2) 우선적 대책의 적용이 곤란하거나 단시간 또는 임시작업¹⁾을 행할 때에는 적절한 호흡보호구를 사용하여야 한다.

5.2 사업주의 역할

- (1) 사업주는 근로자의 건강을 보호하기 위하여 필요한 경우에는 작업내용에 맞는 적절한 호흡보호구를 선정하여 지급하여야 한다.¹⁾

1) 단시간 작업: 관리대상 유해물질을 취급하는 시간이 하루 1시간 미만 작업. 단, 이런 작업이 매일 수행되는 경우 제외; 임시작업: 일시적 작업 중 월 24시간 미만 작업. 단, 이런 작업이 매월 행해지는 경우 제외.

- (2) 사업주는 제9항에 기술되어 있는 호흡보호구 착용 및 관리 매뉴얼을 수립·시행하여야 한다.

5.3 근로자의 역할

- (1) 근로자는 사업주가 지급한 호흡보호구를 착용하여야 하고 호흡보호구 보관·세척·훼손 방지·분실 예방 등의 사업주의 조치에 따라야 한다.
- (2) 근로자는 호흡보호구가 손상이 되지 않도록 취급하여야 한다.
- (3) 근로자는 호흡보호구의 기능에 이상을 발견한 때에는 부서 책임자 또는 사업주에게 알려야 한다.

6. 호흡보호구 선정을 위한 고려사항

6.1 작업 시 노출되는 유해인자 정보

호흡보호구 관리자는 근로자에게 노출되는 유해인자에 대해 필요한 정보를 얻기 위하여 산업위생이나 산업독성학에 관한 자료를 참조하고 관련 전문가에게 의견을 들어야 한다.

6.2 호흡보호구 선정 전 고려사항

- (1) 호흡보호구를 선정하기에 앞서 다음과 같이 화학물질의 호흡과 관련한 유해성 및 조건을 알아야 한다.
 - (가) 오염물질의 종류 및 농도와 같은 일반적인 조건 : 고용노동부고시 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준에 따른 노출기준 제정 물질인지 여부를 가장 먼저 확인
 - (나) 오염물질의 물리화학 및 독성 특성

- (다) 노출기준
 - (라) 과거와 현재 노출농도, 최대 노출이 예상되는 농도
 - (마) 즉시위험건강농도(IDLH)
 - (바) 작업장의 산소농도 혹은 예상 산소농도
 - (사) 눈에 대한 자극 혹은 자극 가능성
- (2) 공기 중 오염물질의 농도를 측정한다.
- (3) 호흡보호구의 일반적인 사용조건에는 호흡보호구를 착용함으로써 인한 불편 정도는 물론이고 작업시간, 주기, 위치, 물리적인 조건 및 공정 등 작업의 실체가 포함되어야 한다. 근로자의 의학적 및 심리적 문제로 인하여 공기호흡기 같은 호흡보호구를 사용하지 못할 수도 있다.
- (4) 사업주는 정화통의 교환주기표를 작성하여 근로자가 볼 수 있도록 하여야 한다. 이 주기는 제조사의 도움이나 수명시험을 통하여 만들 수 있다. 착용자가 느끼는 오염물질의 냄새 특성과 관계없이 평가를 실시하고 극한의 온도와 습도에서 실시되어야 한다.
- (5) 정화통은 교환주기표에 따라 교환하여야 하며 냄새에 의존하지 않아야 한다. 하지만 착용자들이 냄새가 나거나 피부에 자극적인 증상을 느끼면 오염지역을 벗어나도록 훈련받아야 한다.
- (6) 작업장 유해물질의 농도는 매일 그리고 시시때때로 변한다. 그러므로 유해물질의 농도가 가장 높은 경우를 고려하여 호흡보호구를 선정해야 한다.
- (7) 공기정화식 특히, 가스 또는 증기 유해물질 종류별 적정 정화통 및 교체주기를 준수하여야 한다. 예를 들어, 노출되는 유해물질에 부적합한 정화통을 사용하거나 파과 후까지 사용해서는 안 된다.

- (8) 한국산업안전보건공단 인증 호흡보호구를 사용하여야 한다.
- (9) 인체크기의 특성을 고려하여야 하며, 필요한 경우 인체측정을 실시한다.
근로자 머리 및 얼굴의 크기와 형태에 적합한 호흡보호구의 규격과 유형을 확인한다. 한국 노동인구 얼굴의 크기와 형태에 관한 기초정보는 <부록C1>을 참고한다. 얼굴에 흉터, 기형, 수염, 머리카락이 있는 경우 호흡보호구의 밀착수준이 감소 될 수 있다.
- (10) 밀착형 호흡보호구는 정성 또는 정량 밀착도 검사를 권고한다.

6.3 호흡보호구의 할당보호계수

- (1) 호흡보호구의 할당보호계수는 <표C-4>와 같다. 할당보호계수는 오염 물질을 제거할 수 있는 정화통이 개발된 경우에 적용하여야 하며 정화통이 개발되지 않은 물질에 대해서는 그 농도에 관계없이 송기마스크 등 양압의 공기공급식 마스크를 착용하여야 한다.

〈표C-4〉 호흡보호구별 할당보호계수

호흡보호구 분류	안면부 형태	할당보호계수(양압)	할당보호계수(음압)
비전동식	반면형	N/A*	10
	전면형		50
전동식	반면형	50	N/A*
	전면형	1,000	
	후드형	1,000	
송기식	반면형	50	N/A*
	전면형	1,000	
	후드형	1,000	
자급식	공기호흡기	10,000	N/A*

* N/A : 해당없음(Not Application)

(2) 할당보호계수의 활용

유해비를 산출하고 유해비보다 높은 할당보호계수의 호흡보호구를 선정한다.

【예시 1】 톨루엔의 노출기준은 50 ppm인데, 공기 중 오염물질의 농도를 측정한 결과 1,500 ppm이다. 어떤 호흡보호구를 선정하여야 하는가?

- ① 유해비 = $1,500 \text{ ppm} / 50 \text{ ppm} = 30$
- ② 할당보호계수가 유해비 30보다 큰 호흡보호구 선정
- ③ 호흡보호구 선정 : 가스·증기용 방독마스크로서 비전동식의 전면형, 가스·증기용 방독마스크로서 전동식 반면형/전면형/후드형 마스크, 모든 형태의 송기식, 자급식 호흡보호구
※ 비전동식 반면형 방독마스크는 선정 불가

【예시 2】 TCE의 노출기준은 50 ppm인데, 공기 중 오염물질의 농도를 측정한 결과는 100 ppm이다. 어떤 호흡보호구를 선정하여야 하는가?

- ① 유해비 = $100 \text{ ppm} / 50 \text{ ppm} = 2$
- ② 보호계수가 유해비 2보다 큰 호흡보호구 선정
- ③ 호흡보호구 선정 : 가스·증기용 모든 종류의 호흡보호구

7. 호흡보호구의 선정절차

7.1. 호흡보호구 선정 일반 원칙

일반적인 호흡보호구 선정 흐름도는 〈그림C-1〉과 같다.

- (1) 산소결핍 작업장소, 밀폐공간, 정화통이 개발되지 않은 물질 취급 및 소방작업

질식위험이 있는 밀폐공간이나 정화통이 개발되지 않은 물질을 취급하는 경우에는 공기호흡기, 송기마스크를 사용하고, 소방작업은 공기호흡기를 사용한다. 이들 작업에서 절대로 방독마스크를 사용하여서는 안 된다.

(2) 독성 오염물질이면 즉시위험건강농도(IDLH)에 해당되는지 여부를 구분한다.

(가) 즉시위험건강농도(IDLH) 이상인 경우 공기호흡기, 송기마스크를 사용한다.

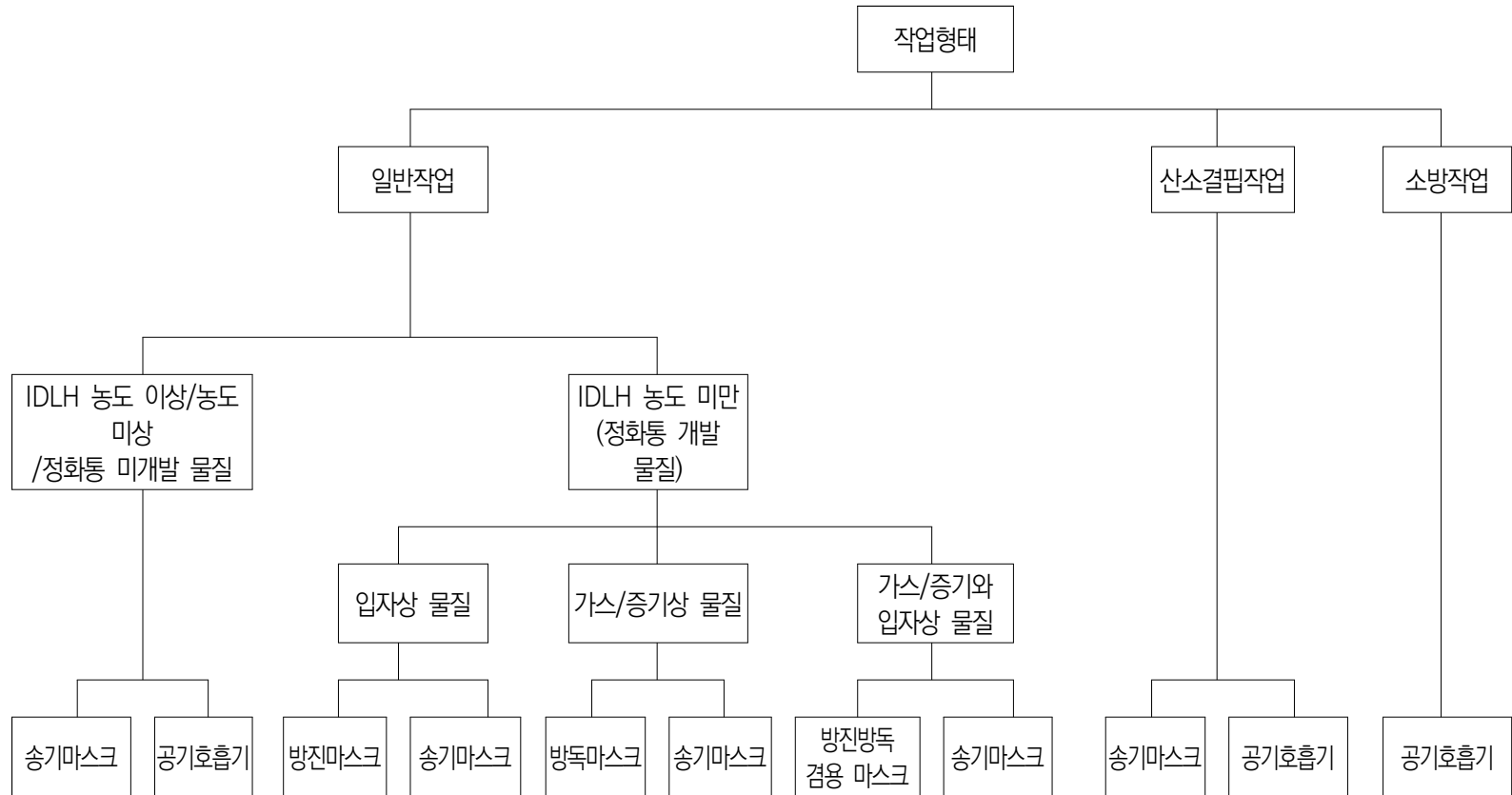
(나) 즉시위험건강농도(IDLH) 미만인 경우 입자상 물질이 존재하면 방진 마스크, 송기마스크를 사용하고, 가스·증기상 오염물질이 존재하면 방독마스크, 송기마스크를 사용한다. 입자상 및 가스·증기상 물질이 동시에 존재하면 방진방독 겸용 마스크 또는 송기마스크를 사용한다.

7.2 노출기준 제정 물질 호흡보호구 선정 절차

오염물질이 고용노동부고시에 따른 노출기준 제정 물질 또는 미 제정 물질인지를 구분하여, 노출기준 제정 물질인 경우에는 <그림 C-2>, 미 제정물질인 경우에는 <그림C-3>의 호흡보호구 선정표 1~5 단계를 작성한다. <그림C-2>와 <그림C-3>은 3단계만 다르고 1, 2, 4, 5단계는 동일하다.

(1) 1 단계

사업장명, 평가일, 평가자, 작업부서 또는 공정, 단위작업장소, 작업위치, 작업내용, 작업시간, 작업주기 등을 기록한다.



[그림C-3] 호흡보호구 선정 일반 원칙

(2) 2 단계

(가) 호흡보호구를 착용하는 사유를 다음에서 선택하여 해당 항목에 체크한다.

- ① 상시 노출위험 : 모든 공학적 작업환경관리방법을 조치 후에도 오염 물질의 흡입 위험이 있다고 판단되는 경우
- ② 단시간 작업 : 현실적으로 작업환경관리가 어려우며 작업 시간이 한 시간 미만인 경우
- ③ 비상대피 : 안전한 곳으로 대피하는 과정에서 호흡보호구가 필요한 경우
- ④ 임시조치 : 작업환경관리 설비를 설치하는 동안 호흡보호구 착용이 필요한 경우
- ⑤ 응급상황/구조: 국소배기장치 등 작업환경관리 설비가 고장인 경우 또는 재해자를 구조하는 경우

(나) 작업장소가 밀폐공간인지, 산소결핍장소인지, 위험물 누출이 가능한 작업인지를 파악하여 밀폐공간작업 항목을 체크한다. 밀폐공간의 예는 <표C-5>와 같다.

- ① 밀폐공간: 밀폐공간이면 ‘예’
- ② 산소결핍 위험: 작업장의 산소농도가 18% 미만이거나 미만일 것 같으면 ‘예’
- ③ 위험물질 방출 위험: 갑작스럽게 유해물질 그리고/또는 질식제의 방출이 우려되면 ‘예’

(다) 밀폐공간이 ‘예’인 경우 밀폐공간 작업 규정을 따른다. 다음의 경우에는 할당보호 계수가 10,000인 자급식 호흡보호구 사용한다.

- ① 산소결핍 위험: ‘예’인 경우
- ② 위험물질 발생 위험: ‘예’인 경우

〈표C-5〉 밀폐공간의 예 및 유해인자

공정 또는 상황	유해인자
- 생물 공정 · 양조 공장 · 발효 공정 · 하수관 작업/장치	- 미생물에 의한 산소 소모와 이산화탄소 및 기타 가스 발생
- 화학반응 · 녹 발생 · 변색 · 산화 · 유리(遊離)/탈가스 반응	- 우연히 혹은 의도적인 화학반응에 의한 산소의 손실 혹은 다른 가스의 방출
- 유지관리 활동 · 탱크 세척 · 슬러지 제거 · 냉동/냉장 시설 수리	- 급작스런 고농도 유해물질의 방출: 유기증기, 냉매가스, 트랩공정의 가스 방출로 산소결핍 초래. 고농도는 마취효과 초래
- 공정 · 공기배기(purging) 공정 · 불활성화 공정 · 유기용제 탈지작업	- 의도적인 고농도 가스/증기 생성으로 산소결핍으로 이어짐. 예를 들어, 불활성 가스, 아르곤, 질소, 일산화탄소, 유기 증기
- 작업공정 · 용접 · 스프레이 · 파이프 내 등	- 작업하는 과정에서 가스, 증기 혹은 입자상 물질이 만들어짐. 예를 들어, 용접흄, 일산화탄소, 이산화탄소, 쉴드가스, 크롬화합물, 유기용제, 이소시아나화합물, 냉매가스

(3) 3 단계

(가) 노출되는 화학물질의 농도를 노출기준 및 즉시위험건강농도(IDLH)와 비교하여 입자상 물질은 〈표C-6〉, 가스·증기상 물질은 〈표C-7〉에 따라 농도별 추천 호흡보호구를 기재한다.

(나) 〈표C-4〉 또는 기타 자료를 이용하여 할당보호계수를 기재한다.

(다) 할당보호계수 칼럼에 적혀 있는 값들 중에서 가장 높은 값을 ‘가장 높은 보호계수’란에 기재한다.

(라) 기본적으로 3 단계에서 추천호흡보호구를 선정한다. 4 단계 이후는 호흡보호구 선정의 기타 참고사항이다.

〈표C-6〉 입자상 물질의 농도별 추천 호흡보호구

농도	입자상 물질		
	·제조 등 금지물질 ·허가대상 유해물질 ·특별관리물질	·금속흡 등 열적 생성분진 ·기계적으로 생기는 분진 ·결정형 유리규산	기타 분진 등
노출기준 미만	특급 방진마스크 이상*	1급 방진마스크 이상*	2급 방진마스크 이상*
노출기준 10배 이내	특급 방진마스크 이상*	특급 방진마스크 이상*	1급 방진마스크 이상*
노출기준 50배 이내	전면형 특급 방진마스크, 전동식 특급 방진마스크, 송기마스크 중 선택	전면형 특급 방진마스크, 전동식 특급 방진마스크, 송기마스크 중 선택	전면형 1급 방진마스크 이상*, 전동식 1급 방진마스크 이상*, 송기마스크 중 선택
노출기준 50배 초과	전동식 전면형/후드형 특급 방진마스크, 전면형/후드형 송기마스크 중 선택	전동식 전면형/후드형 특급 방진마스크, 전면형/ 후드형 송기마스크 중 선택	전동식 전면형/후드형 1급 방진마스크 이상*, 전면형/후드형 송기마스크 중 선택
IDLH 초과시**	송기마스크, 공기호흡기 중 선택		

〈표C-7〉 가스·증기상 물질의 농도별 추천 호흡보호구

농도	가스/증기상 물질
노출기준 미만	방독마스크 이상
노출기준 10배 이내	방독마스크 이상
노출기준 50배 이내	전면형 방독마스크, 전동식 방독마스크, 송기마스크 중 선택
노출기준 50배 초과	전동식 전면형/후드형 방독마스크, 전면형/후드형 송기마스크 중 선택
IDLH 초과시*	송기마스크, 공기호흡기 중 선택

* '이상' 은 등급 또는 할당보호계수가 같거나 높은 호흡보호구를 의미

** IDLH 기준이 설정된 물질은 IDLH를 초과할 경우 반드시 송기마스크, 공기호흡기를 선택

(4) 4 단계

(가) 작업관련 인자

- ① 작업강도 : 작업강도가 높아져 호흡량이 증가하면 보호구 정화통 사용기간이 떨어지고, 땀을 많이 흘리면 호흡보호구가 미끄러져 차단율이 떨어진다. 작업강도는 다음과 같이 분류한다.
 - 경작업 : 시간당 200kcal까지 열량이 소요되는 작업으로 앉아서 또는 서서 기계 조정을 하기 위하여 손 또는 팔을 가볍게 쓰는 일
 - 중등작업 : 시간당 200~350kcal 열량이 소요되는 작업으로 물체를 들거나 밀면서 걸어 다니는 일
 - 중(重)작업 : 시간당 350~500kcal 열량이 소요되는 작업으로 곡괭이질 또는 삽질을 하는 일
- ② 착용시간 : 밀착형 호흡보호구는 장시간 사용시 사용자에게 불편함을 주기 때문에 전동식 호흡보호구를 고려해 볼 수 있다.
- ③ 작업장 온도와 습도 : 과도한 온도와 습도는 착용자에게 고열장애, 발한 및 불편함을 초래할 수 있으므로 냉각 혹은 온열 장치가 구비된 전동식 호흡보호구를 고려한다.
- ④ 전동공구 사용 : 공기를 공급하는 전동공구를 호흡보호구의 공기공급장치에 연결할 경우 보호계수가 감소됨을 고려한다.
- ⑤ 선명한 시야 확보 필요 : 선명한 시야가 필요한 곳에서는 얼굴 전면을 가리는 전면형 호흡보호구는 바람직하지 못하며 충분한 빛을 공급하는 반면형 마스크가 바람직하다.
- ⑥ 명확한 의사소통 필요 : 명확한 의사소통이 필요한 곳에서는 의사소통용 호흡보호구가 필요하다.
- ⑦ 비좁고 복잡한 작업장 : 가볍고 제한성이 없는 호흡보호구를 사용한다.
- ⑧ 폭발위험성이 있는 작업장 : 폭발 가능성이 있는 작업장에서는 재질이 정전기를 일으키지 않는 호흡보호구가 적합하다.
- ⑨ 움직임이 많은 작업장 : 호스가 있는 호흡보호구는 피한다.

(나) 착용자 관련 인자

- ① 얼굴의 크기, 형태, 수염, 흉터 : 얼굴의 크기와 형태의 적합여부를 결정한다. 안면부가 닿는 부분에 수염이나 깊은 흉터가 있어 누설의 우려가 있으면 후드형 호흡보호구를 사용한다.
- ② 안경이나 콘택트렌즈 착용 : 필요한 경우 안경 다리를 집어넣을 수 있는 호흡보호구를 선정한다. 호흡보호구의 밀착성을 방해하면 콘택트렌즈를 권한다.
- ③ 콘택트렌즈 사용자는 공기흐름에 쉽게 눈이 건조해진다.
- ④ 눈, 머리, 청력 및 얼굴 보호: 다른 타입의 개인보호장구의 작동에 영향을 주지 않는 호흡보호구를 권한다. 예를 들어, 한꺼번에 붙어있는 호흡보호구를 선택한다(예, 전동식 헬멧 호흡보호구).
- ⑤ 건강상태 : 폐쇄공포증, 심장질환, 난청, 천식 및 기타 호흡기질환을 고려하여 호흡보호구를 선정한다.

(5) 5단계

밀착형 호흡보호구인 경우 밀착도 검사를 시행한 후에 작업장에서 사용할 것을 권한다.

(가) 호흡보호구 제조사나 판매사의 자문을 통하여 호흡보호구 선정표를 작성한 다음 완성된 호흡보호구 선정표와 물질안전보건자료를 제조사 또는 공급사에게 송부한다.

(나) 제조사 또는 공급사로부터 받은 권장 호흡보호구 자료를 근거로 적절한 호흡보호구를 선정한다.

《 노출기준 제정물질 호흡보호구 선정표 》

<1 단계>

사업장명 :	작업부서 또는 공정 :
평가일 :	단위작업장소(주요발생원) :
평가자 :	작업위치 :
작업내용 :	작업시간 :
	작업주기 : 회/일, 회/주, 회/월, 회/년

<2 단계>

작업환경관리방법:		호흡보호구 착용 사유 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>해당여부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>상시노출위험</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>단시가 노출위험</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>비상대피</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>임시조치</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>응급작업/구조</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table>			해당여부	상시노출위험	☐	단시가 노출위험	☐	비상대피	☐	임시조치	☐	응급작업/구조	☐
	해당여부														
상시노출위험	☐														
단시가 노출위험	☐														
비상대피	☐														
임시조치	☐														
응급작업/구조	☐														
밀폐공간작업 밀폐공간 ? 산소결핍 위험 ? 위험물질 발생 ?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>확실하지 않음</th> <th>아니오</th> <th>예</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table>	확실하지 않음	아니오	예	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	밀폐공간 작업규정을 따를 것. 할당보호계수=10,000인 자급식 호흡보호구 사용	
확실하지 않음	아니오	예													
☐	☐	☐													
☐	☐	☐													
☐	☐	☐													
전문가 도움 3 단계															

<3 단계>

유해인자 (오염물질)	추천 호흡보호구	할당보호계수

가장 높은 할당보호계수

<4 단계>

작업관련 인자	해당여부	해 당 여 부	
작업강도: 경, 중등, 중(重)	☐	선명한 시야 확보 필요	☐
착용시간: 1hr 이상 / 미만	☐	명확한 의사소통 필요	☐
작업장 온도, 습도	☐	비좁고 복잡한 작업장	☐
전동공구 사용	☐	폭발위험 작업장	☐
		움직임이 많은 작업장	☐

착용자 성명 : _____			
착용자 관련 인자		해당여부	
헤드기어, 터반 등		안경이나 콘택트 렌즈 착용	
얼굴의 크기 및 형태		눈, 머리, 귀 또는 얼굴 보호	
얼굴 흉터, 잔주름, 수염		건강상태: 의학적 조언 필요	
이 자료를 호흡보호구 제조사/전문가에게 송부하여 검토를 받으시고, 착용자가 동의한 후 호흡보호구 지급		선정된 호흡보호구 : 공기공급식 · 공기정화식: 여과재 종류 적정여부 호구 _____	
<5 단계>			
밀착형 호흡보호구인 경우 밀착도 검사를 시행 후 작업장에서 사용		평가자 서명: _____	

[그림C-4] 노출기준 제정 물질에 대한 호흡보호구 선정표

7.3 노출기준 미제정 물질 호흡보호구 선정 절차

- (1) 1 단계 : 노출기준 제정 물질의 호흡보호구 선정절차와 동일하다.
- (2) 2 단계 : 노출기준 제정 물질의 호흡보호구 선정절차와 동일하다.
- (3) 3 단계 : GHS MSDS를 확보한 후 <별표C-2>의 절차에 따라 가장 높은 할당보호계수를 구하고 <표C-4>에서 적정한 보호계수를 갖는 호흡보호구를 선택한다.
- (4) 4 단계 : 노출기준 제정 물질의 호흡보호구 선정절차와 동일하다.
- (5) 5 단계 : 노출기준 제정 물질의 호흡보호구 선정절차와 동일하다.

《 노출기준 미 제정물질 호흡보호구 선정표 》

〈1 단계〉

사업장명 :	작업부서 또는 공정 :
평가일 :	단위작업장소(주요발생원) :
평가자 :	작업위치 :
작업내용 :	작업시간 :
	작업주기 : 회/일, 회/주, 회/월, 회/년

〈2 단계〉

작업환경관리방법:				호흡보호구 착용 사유 해당여부 상시노출위험 ☐ 단시가 노출위험 ☐ 비상대피 ☐ 임시조치 ☐ 응급작업/구조 ☐	
밀폐공간작업	확실하지 않음	아니오	예		
밀폐공간 ?	☐	☐	☐		
산소결핍 위험 ?	☐	☐	☐		
위험물질 발생 ?	☐	☐	☐		
전문가 도움				밀폐공간 작업규정을 따를 것 할당보호계수 =10,000인 자급식 호흡보호구 사용	
	3 단계				

〈3 단계〉

유해인자 (오염물질)	유해위험그룹	건강위해도그룹	사용량	비산성/휘발성	할당보호계수
가장 높은 할당보호계수					

〈4 단계〉

작업관련 인자	해당여부	해당여부
작업강도: 경, 중등, 중(重)	☐	선명한 시야 확보 필요
착용시간: 1hr 이상 / 미만	☐	명확한 의사소통 필요

작업장 온도, 습도		비좁고 복잡한 작업장	
전동공구 사용		폭발위험 작업장	
		움직임이 많은 작업장	

착용자 성명 : _____			
착용자 관련 인자	해당여부	해당여부	
헤드기어,터반 등		안경이나 콘택트 렌즈 착용	
얼굴의 크기 및 형태		눈, 머리, 귀 또는 얼굴 보호	
얼굴 흉터, 잔주름, 수염		건강상태: 의학적 조언 필요	

이 자료를 호흡보호구 제조사/전문가에게 송부하여 검토를 받으시고, 착용자가 동의한 후 호흡보호구 지급	선정된	·공기공급식
	호흡보	·공기정화식: 여과재 종류 적정여부
	호구	_____

<5 단계>

밀착형 호흡보호구인 경우 밀착도 검사를 시행 후 작업장에서 사용	평가자 서명: _____
-------------------------------------	---------------

[그림C-5] 노출기준 미 제정 물질에 대한 호흡보호구 선정표

8. 밀착도검사(fit test) 및 밀착도 자가점검(user seal check)

8.1 밀착도 검사

착용자의 얼굴에 맞는 호흡보호구를 선정하고 오염물질의 누설 여부를 판단하기 위하여 밀착도검사를 시행해야 한다.

(1) 밀착도 검사의 목적

- (가) 착용자의 얼굴에 밀착이 잘 되는 호흡보호구를 선정하기 위함이다.
- (나) 어떻게 착용하는 것이 밀착이 잘되는 지를 착용자에게 알려주기 위함이다.

(2) 밀착도 검사시기

- (가) 호흡보호구를 처음 선정할 때
- (나) 다른 제품의 호흡보호구를 착용하고자 할 때
- (다) 얼굴의 형상이 크게 변하였을 때
- (라) 검사주기는 1년에 1회 이상 실시

8.2 밀착도 검사자

밀착도 검사는 밀착도 검사방법 교육 이수자, 밀착도 검사를 수행하는 전문가 또는 업체가 실시토록 한다.

8.3 밀착도 검사의 종류

8.3.1 정성적 밀착도 검사(QLFT)

사람의 오감 즉, 냄새, 맛, 자극 등을 이용하여 호흡보호구 내부로 오염 물질의 침투여부를 판단하는 방법이다.

- (1) 호흡보호구를 착용하고 있는 사람에게 외부에서 감미료(사카린 법)나 쓴 맛(Bitrex법)의 에어로졸, 자극성의 흠(irritant fume 법), 바나나 향의 증기(isoamyl acetate법) 증기를 뿜어준다.
- (2) 호흡보호구 착용자가 호흡보호구 내부에서 맛, 재채기, 냄새를 맡으면 밀착도가 불량하여 '불합격'으로 판정하고 그러하지 아니하면 밀착도가 양호하여 '합격'으로 판정한다.

8.3.2 정량적 밀착도 검사(QNFT)

오염물질의 누설 정도를 양적으로 확인하기 위한 검사이다. 호흡보호구를 착용한 후 호흡보호구의 내부와 외부에서 공기 중 에어로졸의 농도

를 비교하거나 착용자가 호흡할 때 생기는 압력의 차이를 이용하여 새어 들어오는 정도를 양적으로 비교하는 방법이다. 전면형 호흡보호구는 정량적 밀착도 검사를 실시토록 한다.

- (1) 에어로졸이나 압력을 측정할 수 있는 정량적 밀착도 검사 장비를 실험실에 설치하고 작동시킨다.
- (2) 호흡보호구를 착용하고 있는 사람을 실험실과 검사 장비에 노출시키고 호흡보호구 안과 밖의 에어로졸 농도나 압력의 차이를 측정한다.
- (3) 검사를 실시할 때에는 작업할 때를 가정하여 동작검사(exercise regime)를 실시한다.

8.4 밀착도 검사의 기록

밀착도 검사의 기록은 시험 기간 중에 연속적으로 아래와 같은 사항을 기록하여야 한다.

- (1) 밀착도 검사의 형식
- (2) 호흡보호구의 구조와 형식, 모델명
- (3) 피시험자 성명과 시험자 성명
- (4) 검사시기와 결과

8.5 밀착도 자가점검

착용자가 오염지역으로부터 적절히 보호되고 있다는 것을 확인하기 위하여 호흡보호구를 착용할 때마다 아래와 같이 밀착도 자가점검을 시행해야 한다.

(1) 음압 밀착도 자가점검

(가) 호흡보호구의 흡입구나 흡입관을 손바닥이나 테이프로 막는다.

(나) 정화통이나 방진필터가 부착되어 있으면 이 부분을 손이나 테이프로 막는다.

(다) 천천히 숨을 들어 마시고 10 초 정도 정지한다. 이때 안면부가 약간 조여들거나 공기가 안면부 내로 들어오는 느낌이 없다면 밀착도는 좋은 상태이다.

(2) 양압 밀착도 자가점검

배기밸브가 있는 호흡보호구에 대하여 실시한다. 이 방법은 배기밸브가 없는 호흡보호구에 대해서는 시행하기 어렵다.

(가) 배기밸브를 손으로 막거나 마개를 부착하여 막는다.

(나) 착용자는 천천히 숨을 내쉰다.

(다) 안면부의 내부가 약간 양압이 되어 마스크 안면부와 안면과의 접촉면으로 공기가 새어나가는 느낌이 없다면 밀착도는 좋은 상태이다.

(3) 음압 및 양압 밀착도 자가점검 때 주의사항

음압 또는 양압 밀착도 자가점검을 할 때 흡기구 또는 배기밸브를 확실하게 막지 않으면 밀착도 자가점검의 결과는 신뢰할 수 없으므로 밀착도 자가점검을 할 때에는 호흡보호구 착용자를 시험 전에 충분히 교육시킨다.

9. 호흡보호구의 사용 등 교육

9.1 호흡보호구 착용 및 관리 매뉴얼 작성

사업주는 호흡보호구를 적절하게 사용하기 위하여 아래 사항의 착용 및 관리 규정(매뉴얼)을 작성한다.

- (1) 호흡보호구 착용 및 관리규정 책임부서
- (2) 노출 유해인자 및 작업특성
- (3) 호흡보호구의 선정
- (4) 근로자의 훈련 및 교육
- (5) 밀착도 검사
- (6) 보호구 착용 전후 효과평가(건강진단)
- (7) 호흡보호구 사용
- (8) 호흡보호구의 세척, 유지 및 보수

9.2 교육

관리자, 지급자 및 착용자에게 호흡보호구를 항상 올바르게 착용토록 하기 위하여 사용 경험이 있는 유자격자로부터 충분한 교육을 받을 수 있도록 한다.

9.2.1 관리자에 대한 교육

관리자는 호흡보호구가 적절히 사용될 수 있도록 다음과 같은 항목이 포함된 교육을 받아야 한다.

- (1) 호흡보호구 착용 방법
- (2) 노출 유해인자의 성상과 농도
- (3) 호흡보호구를 선택하는 원칙과 기준
- (4) 착용자에 대한 교육방법

- (5) 지급기준 및 지급할 때 유의사항
- (6) 착용상태 모니터링 방법
- (7) 보호구의 보수와 관리

9.2.2 지급자에 대한 교육

보호구 지급업무 담당자에게는 호흡보호구가 각 용도에 따라 올바르게 지급되고 있는 것을 확인할 수 있도록 충분한 교육을 실시하여야 한다.

9.2.3 착용자에 대한 교육

호흡보호구가 올바르게 사용될 수 있도록 각 착용자에게는 다음 항목에 대한 교육을 실시하여야 한다.

- (1) 호흡보호구 착용 필요성 및 건강보호 효과
- (2) 노출 유해인자의 종류, 성상, 농도 및 영향
- (3) 공학적 대책이 수립되지 않았거나 수립되었다 하더라도 유해인자에 노출될 수 있으므로 호흡보호구 착용이 필요하고, 공학적 개선대책이 보호구 착용보다 우선적으로 선행되어야 한다는 설명
- (4) 호흡보호구의 선택방법에 대한 설명
- (5) 선택된 호흡보호구의 작동, 성능 및 제한점 설명
- (6) 호흡보호구의 점검법, 착용법 및 밀착성 점검 등의 지도
- (7) 모든 착용자에 대하여 호흡보호구의 취급방법과 밀착성을 확인하기 위하여 시험환경(호흡보호구의 누설이나 고장 여부를 찾아내기 위하여 만들어진 시험용 챔버 등의 환경)에서의 착용 실습
- (8) 보수와 관리 방법
- (9) 긴급사태시 대처하는 방법
- (10) 특수한 호흡보호구의 필요한 경우의 지도
- (11) 사업주 지급 의무 및 근로자 착용 준수사항에 관한 법규

9.2.4 착용법 지도와 교육

착용 지도와 교육을 각 착용자에 대하여 실시하며, 지도 및 교육내용은 아래와 같은 내용이 포함되어야 한다. 그리고 각 호흡보호구 착용자는 적어도 1년에 1회 이상 재교육 받는다

- (1) 착용방법, 벗는 방법
- (2) 호흡보호구를 밀착시킴으로써 착용자가 느끼는 불편감을 가능한 한 줄이는 것
- (3) 착용자가 호흡보호구 작동 방법 및 특성을 알 수 있도록 교육
- (4) 착용자가 유해환경에서 보호되고 있다는 것을 체험시키기 위하여 유사한 시험환경에서 호흡보호구 착용 훈련을 할 것
- (5) 정화통을 포장에서 개봉시 개봉일자를 정화통 본체에 기재할 것

9.3 호흡보호구의 지급

각 용도에 맞는 적정 호흡보호구를 지정하고 매뉴얼에 따라 지급한다.

9.4 사용 전의 점검

정상작업, 임시작업, 긴급상황 또는 구출할 때 사용하는 호흡보호구를 지급받은 근로자는 보호구가 양호하게 작동되는 지를 확인하기 위하여 사용 전 밀착도 자가점검 등을 하여야 한다.

9.5 사용할 때의 확인 및 주의사항

다음과 같은 경우가 발생한 경우에는 착용자에게 작업장을 신속히 벗어나도록 사전에 교육을 실시하여야 한다.

- (1) 호흡보호구가 충분한 보호성능을 나타내지 않을 때
- (2) 호흡보호구의 고장
- (3) 공기오염물의 누설
- (4) 호흡저항이 증가하여 호흡에 지장을 초래할 때
- (5) 착용한 때에 고도의 불쾌감을 느낄 때
- (6) 착용자에게 어지러움, 구역질, 호흡곤란, 발열 및 한기 등의 증상이 있을 때

10. 호흡보호구의 유지·관리

10.1 유지관리 계획

호흡보호구 착용 및 관리 매뉴얼에는 세척과 소독, 점검, 부품교환과 수리 및 보관의 항목이 포함되어야 한다.

10.2 세척과 소독

- (1) 세척과 소독은 다음과 같은 간격으로 이루어져야 한다.
 - (가) 일상적으로 사용하는 개인 지급용 호흡보호구는 매일 세척
 - (나) 비상 대응용과 때때로 사용하는 호흡보호구는 사용 후 세척
 - (다) 여러 사람이 사용하도록 지급된 호흡보호구는 다른 사람이 사용하기 전
 - (라) 밀착도 검사나 교육 훈련용으로 사용된 호흡보호구는 각 사용 후
- (2) 세척 및 위생관리는 다음과 같은 과정을 걸쳐 실시한다.
 - (가) 모든 분리 가능한 부품(예를 들어, 필터, 정화통, 다이어프램, 밸브)을 제거하고 검사한다. 보수하거나 버릴 것은 버린다.
 - (나) 경세제 혹은 제조업체에서 추천한 세척액이 섞인 따뜻한 물을 가지고 각 부품을 세척한다. 먼지 같은 오물 제거에는 솔을 사용할 수 있다. 부품이 손상되지 않게 주의한다. 세척하는 물은 고무와 플라스틱

부품이 손상되는 것을 방지하기 위해 43.3℃를 넘지 않도록 한다.

(다) 깨끗하고 따뜻하며(43.3℃) 흐르는 물로 각 부품을 행군다.

(라) 부품을 다음의 용액 중 하나에 2분 정도 담근다.

① 50℃의 물 1 L에 세탁 표백액 약 1 mL로 만든 차염소산 용액(염소 50 ppm)

② 43.3℃의 물 1 L에 요오드링크 약 0.8 mL로 만든 세척액(요오드 50 ppm)

(마) 깨끗하고 따뜻하며(43.3℃) 흐르는 물로 각 부품을 행군다.

(바) 깨끗하고 보풀이 없는 천이나 건조한 공기 중에서 부품을 말린다.

(사) 각 부품을 재조립한다.

(아) 모든 부분이 잘 작동되는지 테스트해 본다.

(자) 만약 일회용을 다시 사용하려면 경세제가 섞인 물이나 알코올 와이퍼를 가지고 얼굴이 닿는 부분을 씻어준다. 일회용은 의도한 만큼 사용한 후에는 기본적으로 유지 관리 없이 버리는 것을 우선 생각해야 한다.

(차) 시간적인 여유가 없어서 세척을 하지 못하는 경우에는 자외선 소독기를 비치하고 그 안에 호흡보호구를 넣어 살균하도록 한다.

(3) 미생물의 발생장소에서 착용한 호흡보호구는 70% 소독용 알코올로 살균하여 보관한다.

10.3 점검

(1) 호흡보호구의 착용자 및 관리자는 사용 전후에 호흡보호구가 적절하게 작동하고 있는가의 여부를 확인하기 위하여 점검한다.

(2) 세척과 소독 후 각 호흡보호구가 적정하게 작동되고 있는가, 부품의 교환과 수리를 필요로 하는가 또는 폐기해야 하는가를 결정하기 위하여 점검한다.

- (3) 긴급용 또는 구출용으로 보관되어 있는 모든 호흡보호구의 부품 등은 최소한 월 1회 이상 점검하며, 점검항목은 접속부, 머리끈, 밸브, 연결관, 여과재, 정화통, 사용종료 시기, 재고 유효일자, 조절기 및 경보장치 등의 파손, 손상 및 훼손여부 등이다.
- (4) 공기공급식 호흡보호구의 공기호스 또는 압력공기 공급관과 자급식 공기원(공기탱크)의 용기내부에 들어있는 호흡용공기의 공기질을 6개월 1회 이상 평가하여 아래의 호흡용공기의 기준치<표 B-8>을 넘을 시 필터교체 및 용기내부 검사 또는 용기 내부를 세척한다.

〈표C-8〉 호흡용공기의 기준치

항목	기준치
수분	25mg/m ³ 이하
오일미스트	5mg/m ³ 이하
이산화탄소	1,000 ppm이하
일산화탄소	10 ppm이하
산소	19.5~23.5%

- (5) 호흡용 공기질 평가 및 확인은 반드시 산업위생관리산업기사 또는 소방안전관리자 이상의 자격을 갖춘 자가 하여야 한다.

10.4 부품교환과 수리

- (1) 호흡보호구의 조립, 고장 및 파손에 대하여 당해 교육을 받지 아니한 자에게 부품교환과 수리를 맡기지 않는다.
- (2) 교환된 부품은 당해 호흡보호구 제조업자가 제공한 부품으로 한정한다.
- (3) 수리할 감압밸브 압력조절기 및 경보기 등은 제조업자 또는 기술자에게 의뢰한다.

10.5 보관

- (1) 호흡보호구는 먼지, 직사광선, 과도한 고온·저온·습도 그리고 손상을 줄 가능성이 있는 화학물질을 피해서 보관해야 한다.
- (2) 모든 호흡보호구는 작업환경과 격리되는 깨끗한 장소의 캐비닛에 보관해야 한다.
- (3) 일상적으로 사용하지 않는 호흡보호구 또는 탈출용 호흡보호구는 긴급상황이 발생하였을 때 착용자가 쉽게 접근할 수 있는 장소에 보관해야 한다.
- (4) 일상적으로 사용되는 호흡보호구는 작업벤치, 도구함 혹은 락카에 보관하지 말아야 한다. 이럴 경우 오염, 형태의 뒤틀림, 손상될 우려가 있다.
- (5) 탈출용인 경우에는 반드시 다음과 같이 해야 한다.
 - (가) 작업 장소에서 접근이 가능해야 한다.
 - (나) 보관하는 함에는 “탈출용 호흡보호구”라고 적혀있어야 한다.
 - (다) 조선소에서 호흡보호구를 야드(yard)에 갖고 다니면서 도장작업을 해야 하는 경우에는 반드시 지퍼백에 집어넣어 오염물질이 달라붙지 않도록 보관해야 한다.
 - (라) 가능한 한 제조회사의 지침에 따라 보관해야 한다.

10.6 승인된 호흡보호구의 사용

관련 법령에 의하여 인증받은 호흡보호구를 사용하며 인증이 취소되었을 경우에는 더 이상 사용하지 않는다.

10.7 사용 상황의 감시

관리자는 근로자가 호흡보호구를 적절하게 착용하고 있는가를 확인하기 위하여 정기적으로 그 사용 상황을 감시한다.

10.8 호흡보호구 착용 및 관리 적정성 평가

최소한 매 1년마다 호흡보호구 착용 및 관리에 대한 성과를 평가한다.

〈별표C-1〉

관리대상 유해물질 종류별 추천 정화통

1. 유기화합물

연번	물질명	Cas No.	추천 정화통	비고
1	글루타르알데히드	111-30-8	유기화합물용	
2	니트로글리세린	55-63-0	유기화합물용	
3	니트로메탄	75-52-5	유기화합물용	
4	니트로벤젠	98-95-3	유기화합물용	
5	p-니트로아닐린	100-01-6	검용 (유기화합물/방진)	
6	p-니트로클로로벤젠	100-00-5	유기화합물용	
7	디(2-에틸헥실)프탈레이트	117-81-7	-	방진마스크
8	디니트로톨루엔	25321-14-6 등	검용 (유기화합물/방진)	
9	N,N-디메틸아닐린	121-69-7	유기화합물용	
10	디메틸아민	124-40-3	암모니아용	
11	N,N-디메틸아세트아미드	127-19-5	유기화합물용	
12	디메틸포름아미드	68-12-2	유기화합물용	
13	디에탄올아민	111-42-2	검용 (유기화합물/방진)	
14	디에틸 에테르	60-29-7	유기화합물용	
15	디에틸렌트리아민	111-40-0	유기화합물용	
16	2-디에틸아미노에탄올	100-37-8	유기화합물용	
17	디에틸아민	109-89-7	복합용 (유기/암모니아)	
18	1,4-디옥산	123-91-1	유기화합물용	
19	디이소부틸케톤	108-83-8	유기화합물용	
20	1,1-디클로로-1-플루오로에탄	1717-00-6	-	송기마스크
21	디클로로메탄	75-09-2	-	송기마스크
22	o-디클로로벤젠	95-50-1	유기화합물용	
23	1,2-디클로로에탄	107-06-2	유기화합물용	
24	1,2-디클로로에틸렌	540-59-0 등	유기화합물용	
25	1,2-디클로로프로판	78-87-5	유기화합물용	
26	디클로로플루오로메탄	75-43-4	-	송기마스크

연번	물질명	Cas No.	추천 정확통	비고
27	p-디히드록시벤젠	123-31-9	검용 (유기화합물/방진)	
28	메탄올	67-56-1	-	송기마스크
29	2-메톡시에탄올	109-86-4	유기화합물용	
30	2-메톡시에틸 아세테이트	110-49-6	유기화합물용	
31	메틸 n-부틸 케톤	591-78-6	유기화합물용	
32	메틸 n-아밀 케톤	110-43-0	유기화합물용	
33	메틸 아민	74-89-5	암모니아용	
34	메틸 아세테이트	79-20-9	유기화합물용	
35	메틸 에틸 케톤	78-93-3	유기화합물용	
36	메틸 이소부틸 케톤	108-10-1	유기화합물용	
37	메틸 클로라이드	74-87-3	-	송기마스크
38	메틸 클로로포름	71-55-6	유기화합물용	
39	메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트)	101-68-8 등	검용 (유기화합물/방진)	
40	o-메틸시클로헥사논	583-60-8)	유기화합물용	
41	메틸시클로헥사놀	25639-42 -3 등	유기화합물용	
42	무수 말레산	108-31-6	검용 (유기화합물/방진)	
43	무수 프탈산	85-44-9	검용 (유기화합물/방진)	
44	벤젠	71-43-2	유기화합물용	
45	1,3-부타디엔	106-99-0	유기화합물용	
46	n-부탄올	71-36-3	유기화합물용	
47	2-부탄올	78-92-2	유기화합물용	
48	2-부톡시에탄올	111-76-2	유기화합물용	
49	2-부톡시에틸 아세테이트	112-07-2	유기화합물용	
50	n-부틸 아세테이트	123-86-4	유기화합물용	
51	1-브로모프로판	106-94-5	유기화합물용	
52	2-브로모프로판	75-26-3	유기화합물용	
53	브롬화 메틸	74-83-9	-	송기마스크
54	브이엠 및 피 나프타	8032-32- 4	유기화합물용	
55	비닐 아세테이트	108-05-4	유기화합물용	

연번	물질명	Cas No.	추천 정확통	비고
56	사염화탄소	56-23-5	유기화합물용	
57	스토다드 솔벤트	8052-41-3	유기화합물용	
58	스티렌	100-42-5	유기화합물용	
59	시클로헥사논	108-94-1	유기화합물용	
60	시클로헥사놀	108-93-0	유기화합물용	
61	시클로헥산	110-82-7	유기화합물용	
62	시클로헥센	110-83-8	유기화합물용	
63	아닐린 및 그 동족체	62-53-3	유기화합물용	
64	아세토니트릴	75-05-8	유기화합물용	
65	아세톤	67-64-1	유기화합물용	
66	아세트알데히드	75-07-0	유기화합물용	
67	아크릴로니트릴	107-13-1	유기화합물용	
68	아크릴아미드	79-06-1	검용 (유기화합물/방진)	
69	알릴 글리시딜 에테르	106-92-3	유기화합물용	
70	에탄올아민	141-43-5	유기화합물용	
71	2-에톡시에탄올	110-80-5	유기화합물용	
72	2-에톡시에틸 아세테이트	111-15-9	유기화합물용	
73	에틸 벤젠	100-41-4	유기화합물용	
74	에틸 아세테이트	141-78-6	유기화합물용	
75	에틸 아크릴레이트	140-88-5	유기화합물용	
76	에틸렌 글리콜	107-21-1	검용 (유기화합물/방진)	
77	에틸렌 글리콜 디니트레이트	628-96-6	유기화합물용	
78	에틸렌 클로로히드린	107-07-3	유기화합물용	
79	에틸렌이민	151-56-4	-	송기마스크
80	에틸아민	75-04-7	암모니아용	
81	2,3-에폭시-1-프로판올	556-52-5 등	유기화합물용	
82	1,2-에폭시프로판	75-56-9 등	유기화합물용	
83	에피클로로히드린	106-89-8 등	유기화합물용	
84	요오드화 메틸	74-88-4	-	송기마스크

연번	물질명	Cas No.	추천 정확통	비고
85	이소부틸 아세테이트	110-19-0	유기화합물용	
86	이소부틸 알코올	78-83-1	유기화합물용	
87	이소아밀 아세테이트	123-92-2	유기화합물용	
88	이소아밀 알코올	123-51-3	유기화합물용	
89	이소프로필 아세테이트	108-21-4	유기화합물용	
90	이소프로필 알코올	67-63-0	유기화합물용	
91	이황화탄소	75-15-0	유기화합물용	
92	크레졸	1319-77-3	검용 (유기화합물/방진)	
93	크실렌	1330-20-7	유기화합물용	
94	2-클로로-1,3-부타디엔	126-99-8	유기화합물용	
95	클로로벤젠	108-90-7	유기화합물용	
96	1,1,2,2-테트라클로로에탄	79-34-5	유기화합물용	
97	테트라히드로푸란	109-99-9	유기화합물용	
98	톨루엔	108-88-3	유기화합물용	
99	톨루엔-2,4-다이소시아네이트	584-84-9 등	검용 (유기화합물/방진)	
100	톨루엔-2,6-다이소시아네이트	91-08-7 등	검용 (유기화합물/방진)	
101	트리에틸아민	121-44-8	유기화합물용	
102	트리클로로메탄	67-66-3	유기화합물용	
103	1,1,2-트리클로로에탄	79-00-5	유기화합물용	
104	트리클로로에틸렌	79-01-6	유기화합물용	
105	1,2,3-트리클로로프로판	96-18-4	유기화합물용	
106	퍼클로로에틸렌	127-18-4	유기화합물용	
107	페놀	108-95-2	검용 (유기화합물/방진)	
108	페닐 글리시딜 에테르	122-60-1 등	유기화합물용	
109	포름알데히드	50-00-0	유기화합물용	
110	프로필렌이민	75-55-8	유기화합물용	
111	n-프로필 아세테이트	109-60-4	유기화합물용	
112	피리딘	110-86-1	유기화합물용	
113	헥사메틸렌 다이소시아네이트	822-06-0	검용	

연번	물질명	Cas No.	추천 정화통	비고
			(유기화합물/방진)	
114	n-헥산	110-54-3	유기화합물용	
115	n-헵탄	142-82-5	유기화합물용	
116	황산 디메틸	77-78-1	유기화합물용	
117	히드라진 및 그 수화물	302-01-2	암모니아용	

2. 산알칼리류

연번	물질명	Cas No.	추천 정화통	비고
1	개미산	64-18-6	유기화합물용	
2	과산화수소	7722-84-1	유기화합물용	
3	무수 초산	108-24-7	유기화합물용	
4	불화수소	7664-39-3	아황산가스용	
5	브롬화수소	10035-10-6	아황산가스용	
6	수산화 나트륨	1310-73-2	-	방진마스크
7	수산화 칼륨	1310-58-3	-	방진마스크
8	시아나화 나트륨	143-33-9	-	방진마스크
9	시아나화 칼륨	151-50-8	-	방진마스크
10	시아나화 칼슘	592-01-8	-	방진마스크
11	아크릴산	79-10-7	유기화합물용	
12	염화수소	7647-01-0	아황산가스용	
13	인산	7664-38-2	-	방진마스크
14	질산	7697-37-2	-	송기마스크
15	초산	64-19-7	복합형 (유기화합물/ 아황산가스)	
16	트리클로로아세트산	76-03-9	복합형 (유기화합물/ 아황산가스)	
17	황산	7664-93-9	-	방진마스크

3. 가스상태 물질류

연번	물질명	Cas No.	추천 정화통	비고
1	불소	7782-41-4	-	송기마스크
2	브롬	7726-95-6	할로겐용	
3	산화에틸렌	75-21-8	-	송기마스크
4	삼수소화 비소	7784-42-1	-	송기마스크
5	시아나화 수소	74-90-8	시아나화수소용	송기마스크 권장
6	암모니아	7664-41-7 등	암모니아용	
7	염소	7782-50-5	할로겐용	
8	오존	10028-15-6	유기화합물용	
9	이산화질소	10102-44-0		송기마스크
10	이산화황	7446-09-5	아황산가스용	
11	일산화질소	10102-43-9	-	송기마스크
12	일산화탄소	630-08-0	-	송기마스크
13	포스겐	75-44-5	-	송기마스크
14	포스핀	7803-51-2	-	송기마스크
15	황화수소	7783-06-4	황화수소용	

〈별표C-2〉

노출기준 미제정 물질 호흡보호구 선정절차 3단계

- ① GHS MSDS를 확보하고, 〈표CC-1〉 유해·위험문구(H-code) 분류기준을 이용하여 화학물질의 독성을 확인한다.
- ② 〈표CC-2〉를 이용하여 유해·위험문구(H-code)에 따른 건강유해도그룹(Health Hazard Group, HHG)을 분류하고, 〈표CC-2〉로 분류할 수 없는 입자상 물질이 발생하는 작업공정인 경우에는 〈표CC-3〉을 이용한다.
- ③ 〈표CC-4〉를 이용하여 화학물질의 하루 사용량을 대, 중, 소로 분류한다.
- ④ 입자상 물질인 경우에는 〈표CC-5〉을 이용하여 비산성을, 증기·가스상 물질인 경우에는 〈표CC-6〉 및 〈그림CC-1〉를 이용하여 휘발성을 고·중·저로 분류한다.
- ⑤ 〈표CC-7〉을 이용하여 할당보호계수(APF)를 구하여 기재한다.
- ⑥ 할당보호계수 칼럼에 적혀 있는 값들 중에서 가장 높은 값을 ‘가장 높은 보호계수’ 란에 기재한다.

【예시 1】작업장의 온도가 20℃인 공정에서 노출기준이 제정되어 있지 않은 이소프로논이라는 액상 물질을 1일 17 kg 사용하고 있는데 적합한 호흡보호구는? 단, MSDS 확인 결과 유해문구는 H351, 끓는점은 21 5℃이다.

⇒ ① 〈표CC-2〉에 의해 유해문구가 H351인 경우의 건강유해도그룹은 D이고, 〈표CC-4〉에 의하면 1일 사용량이 17 kg일 경우 사용량 등급은 중에 해당한다. 그리고 〈표CC-6〉을 보면 작업 온도가 상 온이고 끓는점이 150℃ 이상이면 저휘발성에 해당한다.

- ② 건강유해도그룹 D, 사용량 중, 저취발성 등의 조건을 <표 CC-7>에 대입하면 할당보호계수는 50에 해당한다.
- ③ 할당보호계수가 50 이상인 호흡보호구는 비전동식 전면형 방독마스크, 전동식 및 송기식 모든 형태의 마스크 등이고 이들 중에서 선택해서 착용하면 된다.

〈표CC-1〉 유해·위험문구 분류기준

구분	위험문구 (R-phrases)	유해·위험문구 (H-code)	비고
E(4)	Muta cat 3 R40	H341	생식세포 변이원성 2
	R42/43	H334, H317	호흡기 과민성 1, 피부 과민성 1
	R45	H350	발암성 1B
	R46	H340	생식세포 변이원성 1A, 1B
	R49	H350	발암성 1A
D(4)	R26	H330	급성 독성(흡입) 1, 2
	R26/27	H330,310	급성 독성(흡입, 경피) 1, 2
	R26/27/28	H330,310, 300	급성 독성(흡입, 경피, 경구) 1, 2
	R26/28	H330,300	급성 독성(흡입, 경피) 1, 2
	R27	H310	급성 독성(경피) 1, 2
	R27/28	H310,300	급성 독성(경피, 경구) 1, 2
	R28	H300	급성 독성(경구) 1, 2
	R40	H351	발암성 2
	R 4 8 / 2 3 , R48/23/24, R48/23/24/25, R 4 8 / 2 3 / 2 5 , R48/24	H372	특정표적장기 독성(반복 노출) 1
	R 4 8 / 2 4 / 2 5 , R48/25	H372	특정표적장기 독성(반복 노출) 1
	R60, R61	H360	생식독성 1A, 1B
	R62, R63	H361	생식독성 2
	R23	H330 H331	급성 독성(흡입) 2(중기) 급성 독성(흡입) 3(가스, 분진/미스트)
	R23/24	H 3 3 0 / H 3 3 1 , H311	급성 독성(흡입) 2(중기)/3(가스, 분진/ 미스트), 급성 독성(경피) 3
	R23/24/25	H 3 3 0 / H 3 3 1 , H311, H301	급성 독성(흡입) 2(중기)/3(가스, 분진/ 미스트), 급성 독성(경피, 경구) 3
	R23/25	H 3 3 0 / H 3 3 1 , H301	급성 독성(흡입) 2(중기)/3(가스, 분진/ 미스트), 급성 독성(경구) 3
C(3)	R24	H311	급성 독성(경피) 3
	R24/25	H331, H301	급성 독성(경피, 경구) 3
	R25	H301	급성 독성(경구) 3
	R34, R35	H314	피부 부식성/피부 자극성 1
	R36/37	H319, H335	심한 눈 손상성/눈 자극성 2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 3 (호흡기계 자극)
	R36/37/38	H319, H315 H335	심한 눈 손상성/눈 자극성 2, 특정표적장기 독성(1회 노출) 3 (호흡기계 자극)
	R37	H335	피부 부식성/피부 자극성 2 특정표적장기 독성(1회 노출) 3 (호흡기계 자극)
	R37/38	H335, H315	특정표적장기 독성(1회 노출) 3 (호흡기계 자극)
	R41	H318	피부 부식성/피부 자극성 2
	R43	H317	심한 눈 손상성/눈 자극성 1
	R 4 8 / 2 0 , R48/20/21, R48/20/21/22,	H373	특정표적장기 독성(반복 노출) 2
			피부 과민성 1

구분	위험문구 (R-phrase)	유해·위험문구 (H-code)	비고
	R 48 / 20 / 22 , R48/21, R 48 / 21 / 22 , R48/22		
B(2)	R20	H332	급성 독성(흡입) 4
	R20/21	H332, H312	급성 독성(흡입, 경피) 4
	R20/21/22	H332, H312, H302	급성 독성(흡입, 경피, 경구) 4
	R20/22	H332, H302	급성 독성(흡입, 경구) 4
	R21	H312	급성 독성(경피) 4
	R21/22	H312, H302	급성 독성(경피, 경구) 4
	R22	H302	급성 독성(경구) 4
A(1)	R36	H319	심한 눈 손상성/눈 자극성 2
	R36/38	H319, H315	심한 눈 손상성/눈 자극성 2, 피부 부식성/피부 자극성 2
	R38	H315	피부 부식성/피부 자극성 2
※ B(2) ~ E(4) 등급에 분류되지 않는 기타 위험문구 또는 유해위험문구는 “유해성=A(1)”			

〈표CC-2〉 유해·위험문구 분류기준에 따른 건강유해도그룹 분류

건강유해도그룹(HHG: Health Hazard Group)				
A(1)	B(2)	C(3)	D(4)	E(4)
H315 H319 H315+H319	H302 H312 H332 H312+H302 H332+H312 H332+H312+H302	H301 H311 H314 H317 H318 H330 H331 H373 H311+H301 H319+H335 H319+H335+H315 H330/H311+H311 H330/H311+H311+H301 H330/H331+H301	H300 H310 H330 H351 H360 H361 H372 H310+H300 H330+H300 H330+H310 H330+H310+H300	H340 H341 H350 H334+H317

※ B~E에 해당되지 않는 H-Code의 유해성은 A로 분류. " / "는 or, " + "는 and의 의미

〈표CC-3〉 입자상물질 발생 공정별 건강유해도그룹 분류

공정/물질	건강유해도그룹 (HHG: Health Hazard Group)
밀가루 분진	A
곡물 분진	A
목 분진	A
가금류 분진	A
면 분진	B
양모공정 분진	A
고무공정 분진	B
고무 흙	C
굴뚝 청소 (가정)	A
광물오일미스트 (사용한 엔진오일 제외)	B
철 주물 분진	A
용접/절단: 연강	B
용접/절단: 스텐인레스강	D
납 함유 분진 혹은 흙 (예: 납 페인트 제거)	D
납땜 플럭스 흙	D

〈표CC-4〉 하루 사용하는 화학물질의 양 분류

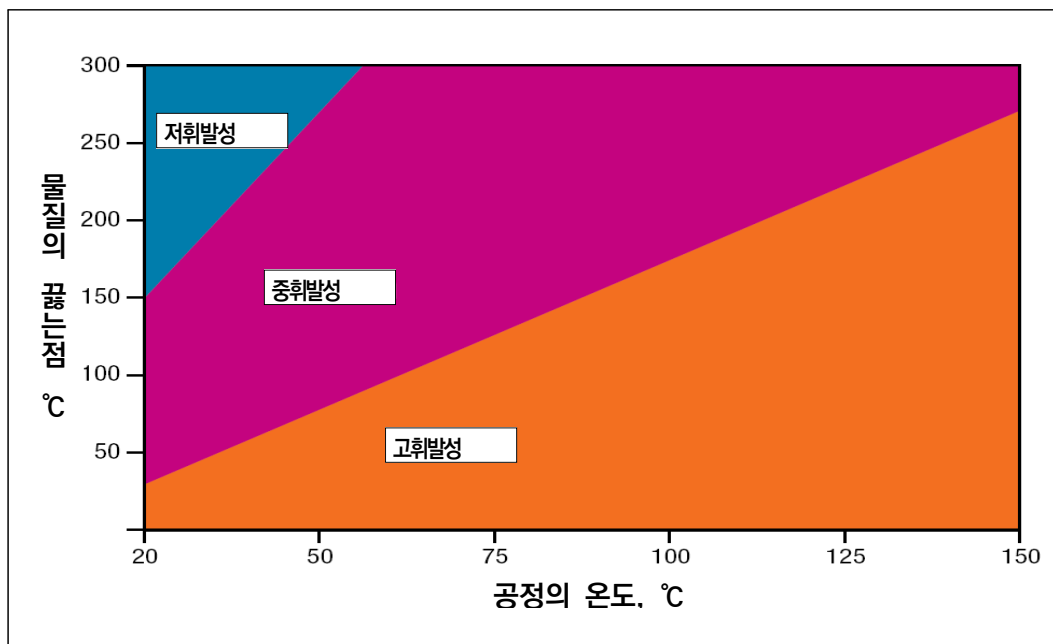
등급	대	중	소
단위	ton, m ³ 단위	kg, L 단위	g, ml 단위
하루 취급량	1ton 이상, 1m ³ 이상	1kg 이상 1,000kg 미만 1L 이상 1,000L 미만	1,000g 미만 1,000ml 미만

〈표CC-5〉 입자상 물질의 비산성 분류

등급	물질의 비산성
고	· 미세하고 가벼운 분말, 흙 혹은 미스트로 취급 시 먼지 구름이 형성되어 수 분 동안 공기 중에 존재하는 경우
중	· 결정상 과립(granule) 고체와 분진으로 눈에 보이며 쉽게 가라앉는 경우 · 작업하는 가까이에 흙이나 미스트가 존재하나 매우 쉽게 사라지는 경우
저	· 먼지 구름이 거의 보이지 않으며 분진이 존재하지 않는 경우 · 펠렛(pellet), 박편(flakes)과 쉽게 부서지지 않는 정제상(pill) 고체인 경우

〈표CC-6〉 증기·가스상 화학물질의 휘발성 분류

구 분	고휘발성	중휘발성	저휘발성
사용(공정)온도가 상온(20℃)인 경우	끓는점<50℃	50℃≤끓는점≤150℃	150<끓는점
사용(공정)온도(X)가 상온 이외의 온도인 경우	끓는점<2X+10℃	2X+10℃≤끓는점≤5X+50℃	5X+50℃<끓는점



[그림CC-1] 끓는점과 사용(공정)온도에 따른 화학물질의 분류

〈표CC-7〉 건강유해도그룹별 할당보호계수

건강유해도그룹	사용량	비산성/휘발성		
		저	중	고
A	소	-	-	-
	중	-	5	10
	대	5	10	50
B	소	-	5	5
	중	-	10	50
	대	10	50	1,000
C	소	-	5	5
	중	10	10	50
	대	50	50	1,000
D	소	10	50	1,000
	중	50	1,000	1,000
	대	50	1,000	10,000
E	소	10	50	1,000
	중	50	1,000	1,000
	대	50	1,000	10,000

〈부록C1〉: 전체 내용이 신설됨

한국 노동인구의 얼굴 크기와 형태 기초정보

1. 한국 노동인구의 얼굴사이즈 특징

총 연구대상 2,752명의 얼굴사이즈 항목은 남녀 각각 〈표C1-1〉 및 〈표C1-2〉와 같았으며, 얼굴사이즈 각 항목의 평균, 표준편차, 최소값, 최대값, 백분위수를 나타냈다.

〈표C1-1〉 한국 노동인구의 남자 얼굴사이즈 특징(단위: mm 또는 kg)

얼굴사이즈	참여자 수	평균	표준편차	최소값	최대값	백분위수		
						5th	50th	95th
아래턱사이너비	1441	128.2	11.0	90	161	109	129	146
귀구슬사이턱끝호길이	1033	343.0	30.2	277	445	307	336	410
귀구슬사이머리위길이	1441	376.0	22.9	294	466	334	376	412
귀구슬사이이마호길이	1456	312.8	11.6	264	352	295	313	332
귀구슬사이코밑호길이	1033	307.6	28.4	255	402	276	300	373
얼굴너비	1456	137.6	5.7	119	160	128	138	147
머리너비	1441	165.1	8.9	136	192	150	166	179
머리둘레	1441	586.1	21.3	520	696	556	584	623
머리두께	1441	194.3	9.2	167	229	180	193	210
눈동자사이너비	1440	69.4	5.5	53	86	61	69	78
입너비	1441	50.7	8.6	31	78	38	50	64
최대이마뼈너비	1456	112.1	5.1	93	133	104	112	120
얼굴수직길이	1441	116.6	7.0	96	143	105	117	128
최소이마뼈너비	1455	107.3	5.1	89	129	99	107	116
눈구석사이너비	1441	35.2	7.4	21	56	26	33	49
목둘레	1394	382.0	30.6	299	598	339	378	435
코너비	1440	36.8	3.3	28	56	32	37	42
코높이	1033	13.6	2.3	6	23	10	14	17
코길이	1441	53.2	3.9	42	68	47	53	60
키	1453	1701.3	66.4	1485	1881	1587	1704	1809
몸무게	1455	67.6	10.8	39	126	51	67	87

〈표C1-2〉 한국 노동인구의 여자 얼굴사이즈 특징(단위: mm 또는 kg)

얼굴사이즈	참여 자수	평균	표준편 차	최소 값	최대 값	백분위수		
						5th	50th	95th
아래턱사이너비	1291	121.6	11.2	80	166	102	123	138
귀구슬사이턱끝호 길이	1007	311.6	16.0	272	414	288	311	337
귀구슬사이머리위 길이	1291	368.4	15.7	312	489	345	367	393
귀구슬사이이마호 길이	1296	299.4	11.0	260	341	281	299	317
귀구슬사이코밑호 길이	1007	282.7	14.0	240	369	262	282	303
얼굴너비	1296	133.2	5.0	117	153	125	133	142
머리너비	1291	158.8	8.5	138	194	145	159	173
머리둘레	1291	564.5	18.4	512	663	537	563	595
머리두께	1291	187.2	8.9	167	229	175	187	202
눈동자사이너비	1291	67.3	4.9	50	84	60	67	75
입너비	1291	46.9	7.9	28	71	35	46	59
최대이마뼈너비	1296	107.9	4.5	88	126	101	108	115
얼굴수직길이	1290	107.8	6.8	90	131	96	108	119
최소이마뼈너비	1296	103.1	4.6	84	120	96	103	111
눈구석사이너비	1291	34.4	6.3	22	54	26	33	47
목둘레	1247	338.6	31.0	277	675	296	335	391
코너비	1290	32.9	3.3	23	47	28	33	38
코높이	1007	12.1	2.3	5	20	8	12	16
코길이	1291	50.3	4.0	40	68	44	50	57
키	1294	1581.9	56.3	1390	1737	1488	1583	1675
몸무게	1296	56.2	8.2	33	127	45	55	70

연구대상자의 21개 얼굴사이즈 항목 중 얼굴너비의 평균과 표준편차는 각각 137.6 ± 5.7 mm, 133.2 ± 5.0 mm이었고, 얼굴수직길이의 평균과 표준편차는 각각 116.6 ± 7.0 mm, 107.8 ± 6.8 mm 이었다.

2. 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널

밀착도 검사 패널은 이변량 패널(Bivariate panel)과 주성분분석 패널(Principal component panel)로 구분하며, 노동자가 사용하는 호흡보호구의 선정, 시험 또는 밀착도 검사에 활용될 수 있다.

1) 이변량 패널

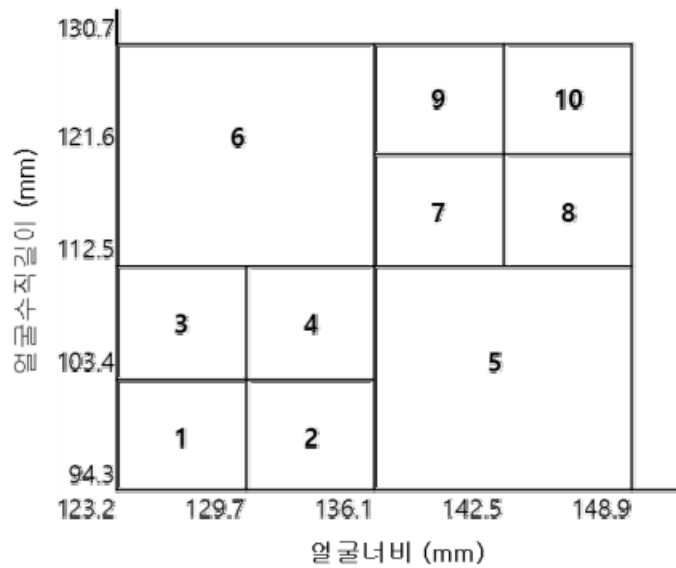
이변량 패널은 한국 노동인구의 얼굴사이즈 DB에 있는 얼굴너비와 얼굴수직길이를 이용하여 개발되었다. 이들 변량 또는 변수의 평균, 표준편차, 최소값, 최대값은 <표C1-3>와 같으며, 이변량 패널은 <그림C1-1>과 같다.

<표C1-3> 한국형 노동인구 이변량 패널 관련 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

얼굴사이즈	구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
얼굴너비	전체	2,752	135.7	5.8	117.5	160.1
	남	1,456	137.6	5.7	119.3	160.1
	여	1,296	133.2	5.0	117.5	152.5
얼굴수직길이	전체	2,731	112.5	8.2	90.4	143.0
	남	1,441	116.6	7.0	95.8	143.0
	여	1,290	107.8	6.8	90.4	131.0

이변량 패널은 연구대상자 2,731명의 95.2%를 포함하였으며, 남녀 연구대상자 각각 94.9%, 95.4%를 포함한 것으로 나타났다. 이변량 패널을 ‘25명 밀착도 검사 모델’에 적용시킬 경우, <표C1-4>와 같이 남녀 각각 12명, 13명으로 선정되고, 10개의 구역에 대해 성별 구역별 인구분포 비율을 고려하여 2~4명이 검사 대상자로 선정되는 것으로 나타났다.



[그림C1-1] 한국형 노동인구의 이변량 패널(N=2,731)

〈표C1-4〉 한국형 노동인구 이변량 패널의 인구분포 (N=2,731) 및 25명 밀착도 검사 대상자 수

구역	인구분포(%)			25명 밀착도 검사 대상자(명)		
	남	여	전체	남	여	전체
1	0.7	6.0	3.2		2	2
2	1.0	11.1	5.8	1	1	2
3	2.4	10.9	6.4	1	1	2
4	9.4	25.4	16.9	1	2	3
5	12.7	18.2	15.3	1	2	3
6	25.2	16.2	20.9	2	2	4
7	21.7	6.2	14.4	1	2	3
8	6.7	0.5	3.8	1	1	2
9	9.0	0.8	5.1	2		2
10	6.1	0.2	3.3	2		2
계	94.9	95.4	95.2	12	13	25

2) 주성분분석 패널

주성분분석 패널을 개발하기 위하여 한국 노동인구의 얼굴사이즈 DB에 있는 10가지 얼굴사이즈 항목을 이용하였다(표 B1-5).

〈표C1-5〉 한국형 노동인구 주성분분석 패널 관련 얼굴사이즈의 평균 및 표준편차

(단위: mm)

구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
최소이마뼈너비	2,751	105.3	5.3	84.3	129.0
얼굴너비	2,752	135.5	5.8	117.5	160.1
아래턱사이너비	2,732	125.1	11.6	80.0	165.8
얼굴수직길이	2,731	112.5	8.2	90.4	143.0
눈동자사이너비	2,731	68.4	5.3	50.0	86.0
머리너비	2,732	162.1	9.3	136.0	193.8
코높이	2,040	12.8	2.4	5.0	23.0
코너비	2,730	34.9	3.8	23.4	56.1
눈구석사이너비	2,732	34.8	7.0	20.6	56.3
코길이	2,732	51.8	4.2	39.6	67.7

ISO/TS 16976-2에 따라 10가지 얼굴사이즈 항목을 사용하여 주성분분석 기법으로 통계분석을 실시하였고, 주성분1과 주성분2에 대한 통계량을 산출하였다. 주성분1과 주성분2 점수 산출에 사용된 고유벡터는 〈표C1-6〉과 같다 (산출 과정에서 식(1)과 식(2)가 사용되었다).

〈표C1-6〉 한국형 노동인구 주성분분석 패널 관련 주성분1 및 주성분2의 고유벡터
(N=2,037명)

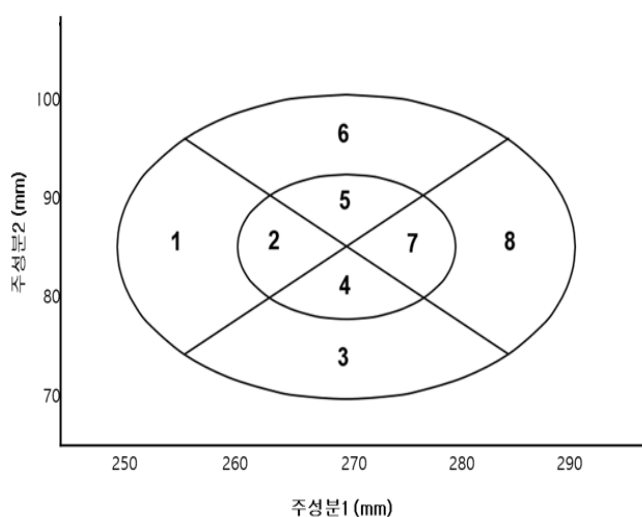
얼굴사이즈	주성분1	주성분2
최소이마뼈너비	0.425905	0.111704
얼굴너비	0.437465	0.053653
아래턱사이너비	0.216894	0.517003
얼굴수직길이	0.379257	-0.145838
눈동자사이너비	0.289425	-0.457620
머리너비	0.249411	0.446659
코높이	0.204913	0.237037
코너비	0.349140	-0.202437
눈구석사이너비	0.120745	-0.424226
코길이	0.334530	-0.100117

〈표C1-7〉 한국형 노동인구 주성분분석 패널 관련 주성분1 및 주성분2 점수의 평균
및 표준편차(단위: mm)

구분	구분	참여자수	평균	표준편차	최소값	최대값
주성분1	전체	2,037	268.1*	10.6	237.6	305.8
	남	1,031	274.7	9.0	246.0	305.8
	여	1,006	261.3	7.3	237.6	290.9
주성분2	전체	2,037	84.3*	9.7	60.3	112.1
	남	1,031	87.0	9.5	61.5	111.4
	여	1,006	81.6	9.1	60.3	112.1

* 주성분분석 통계기법에 사용된 실제 주성분1 평균값: 268.0766416, 주성분2: 84.3364170.

주성분분석 패널은 <그림C1-2>와 같았다. 주성분분석 패널은 연구대상자 2,037명의 95.5%를 포함하였으며(표C1-8), 남자 및 여자 연구대상자 각각 95.1%, 96.1%를 포함한 것으로 나타났다. 주성분분석 패널을 ‘25명 밀착도 검사 모델’에 적용시킬 경우 남자 및 여자는 각각 12명, 13명으로 선정되고, 8구역에 대해 성별 구역별 인구분포 비율을 고려하여 2 - 6명이 검사 대상으로 선정된 것으로 나타났다.



[그림C1-2] 한국형 노동인구 주성분분석 패널(N=2,037명)

〈표C1-8〉 한국형 노동인구 주성분분석 패널 관련 인구분포 (N=2,037명) 및 25명
밀착도 검사 대상자 수

구역	인구분포(%)			25명 밀착도 검사 대상자(명)		
	남	여	전체	남	여	전체
1	0.3	8.0	3.9		2	2
2	31.0	33.1	32.0	3	3	6
3	12.9	25.1	18.6	1	3	4
4	5.3	7.2	6.2	1	1	2
5	6.7	7.8	7.2	1	1	2
6	22.5	13.4	18.2	2	3	5
7	8.2	1.2	4.9	2		2
8	8.1	0.3	4.4	2		2
계	95.1	96.1	95.5	12	13	25

〈별표C1-9〉 주성분 및 주성분분석 패널 분류 결정을 위한 알고리즘

1. 주성분은 다음 식 1) 및 2와 같이 구한다.

$$\text{주성분1} = \sum_{n=1}^{10} W_n M_n \text{ ----- (1)}$$

여기서,

$$W_1 = 0.425905$$

$$W_2 = 0.437465$$

$$W_3 = 0.216894$$

$$W_4 = 0.379257$$

$$W_5 = 0.289425$$

$$W_6 = 0.249411$$

$$W_7 = 0.204913$$

$$W_8 = 0.349140$$

$$W_9 = 0.120745$$

$$W_{10} = 0.334530$$

$$M_1 = \text{최소이마뼈너비(A)}$$

M_2 = 얼굴너비(B)
 M_3 = 아래턱사이너비(C)
 M_4 = 얼굴수직길이(D)
 M_5 = 눈동자사이너비(E)
 M_6 = 머리너비(F)
 M_7 = 코높이(G)
 M_8 = 코너비(H)
 M_9 = 눈구석사이너비(I)
 M_{10} = 코길이(J)

$$\text{주성분2} = \sum_{n=1}^{10} V_n M_n \text{ ----- (2)}$$

여기서,

$V_1 = 0.111704$
 $V_2 = 0.053653$
 $V_3 = 0.517003$
 $V_4 = -0.145838$
 $V_5 = -0.457620$
 $V_6 = 0.446659$
 $V_7 = 0.237037$
 $V_8 = -0.202447$
 $V_9 = -0.424226$
 $V_{10} = -0.100117$
 M_1 = 최소이마뼈너비(A)
 M_2 = 얼굴너비(B)
 M_3 = 아래턱사이너비(C)
 M_4 = 얼굴수직길이(D)
 M_5 = 눈동자사이너비(E)
 M_6 = 머리너비(F)
 M_7 = 코높이(G)
 M_8 = 코너비(H)
 M_9 = 눈구석사이너비(I)
 M_{10} = 코길이(J)

2. 검사 대상자를 8개 구역으로 분류 결정하기 위한 알고리즘

검사 대상자(테스트 패널)를 대상으로 다음과 같이 계산한 후 8개 구역 중 어느 구역에 포함되는지 결정한다.

```
x = 주성분1 - 268.0766416
y = 주성분2 - 84.3364170
기울기값 = 0.4779393 (=7.0592843/14.7702537)
a = 2.55 * 14.7702537
b = 2.55 * 7.0592843
c = 1.02 * 14.7702537
d = 1.02 * 7.0592843
```

```
r1 = sqrt ((x2)/(a2) + (y2)/(b2))
r2 = sqrt ((x2)/(c2) + (y2)/(d2))
```

여기서,

x 및 y: 주성분1 및 주성분2 원좌표를 그들의 평균치 좌표(268.0766416, 84.3364170)에서 (0, 0)으로 평행이동을 위한 새로운 좌표

기울기: 두 개의 타원을 8개의 구역(cell)으로 나누는 2개의 직선 기울기 값

a: 외부타원 큰축 반쪽길이 상수

b: 외부타원 작은축 반쪽길이 상수

c: 내부타원 큰축 반쪽길이 상수

d: 내부타원 큰축 반쪽길이 상수

r1 및 r2: 특정(임의) 데이터 점 또는 검사 대상자의 위치가 외부 및 내부 타원의 바깥, 선상, 안쪽 중 어디에 있는지 결정하는 값. 예를 들면, 외부타원의 경우 $r1 > 1$: 바깥위치, $r1 = 1$: 선상위치, $r1 < 1$: 안쪽위치

```
if x >= 0 and y >= 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) <= 기울기값
then 구역 =8
```

```
if x >= 0 and y < 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) < 기울기값 then
구역 =8
```

```
if x >= 0 and y < 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) >= 기울기값
```

```

then 구역 =3
if x < 0 and y < 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) > 기울기값
then 구역 =3
if x < 0 and y < 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) <= 기울기값
then 구역 =1
if x < 0 and y >= 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) < 기울기값
then 구역 =1
if x < 0 and y >= 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) >= 기울기값
then 구역 =6
if x >= 0 and y >= 0 and r1 <= 1 and abs(y)/abs(x) > 기울기값
then 구역 =6
if 구역 = 8 and r2 <=1 then 구역 =7
if 구역 = 3 and r2 <=1 then 구역 =4
if 구역 = 1 and r2 <=1 then 구역 =2
if 구역 = 6 and r2 <=1 then 구역 =5

```

3. 한국형 노동인구의 인두

Size Korea 제6차 3D머리형상측정조사 DB를 바탕으로 개발된 한국형 3D얼굴사이즈 DB와 한국형 호흡보호구 밀착도 검사 패널의 3D 얼굴항목 데이터를 이용하여 제작된 한국형 노동인구의 인두는 <그림C1-3>과 같다. 이들 인두는 산업안전보건연구원 실험실에 전시되어 있으며, 호흡보호구의 선정, 사용 및 관리 업무 등에서 연구·시험·교육용으로 활용이 가능하다.



중형 확대사진



소형

중형

대형

길고좁은형

짧고넓은형

[그림C1-3] 한국형 노동인구 인두: 중형 확대사진과 5가지 유형

〈부록C2〉

호흡보호구(마스크) 착용 방법

1. 반면형(직결식)

- (1) 미리 머리끈을 넉넉하게 끼운 후 머리카락이나 목에 걸고 면체를 손으로 잡는다.
- (2) 면체를 턱부터 집어넣고 면체가 입과 코 위에 위치하도록 한다.
- (3) 목 뒤로 끈을 걸고, 끈의 길이를 조절하여 면체가 얼굴에 완전히 밀착되도록 한다.
- (4) 마스크를 착용할 때마다 흡입부를 손바닥으로 막은 다음 숨을 들이마시거나 숨을 내쉬어 밀착도 자가점검을 실시한다.
 - (가) 양압 밀착도 자가점검: 배기밸브를 손으로 막고 공기를 불어내어 마스크 면체와 안면 사이로 공기가 새어나가는지 감각적으로 확인한다.
 - (나) 음압 밀착도 자가점검: 흡입부를 손으로 막고 공기를 흡입하여 마스크 면체와 안면 사이로 공기가 새어들어 오는지 감각적으로 확인한다.



(1), (2)



(3)

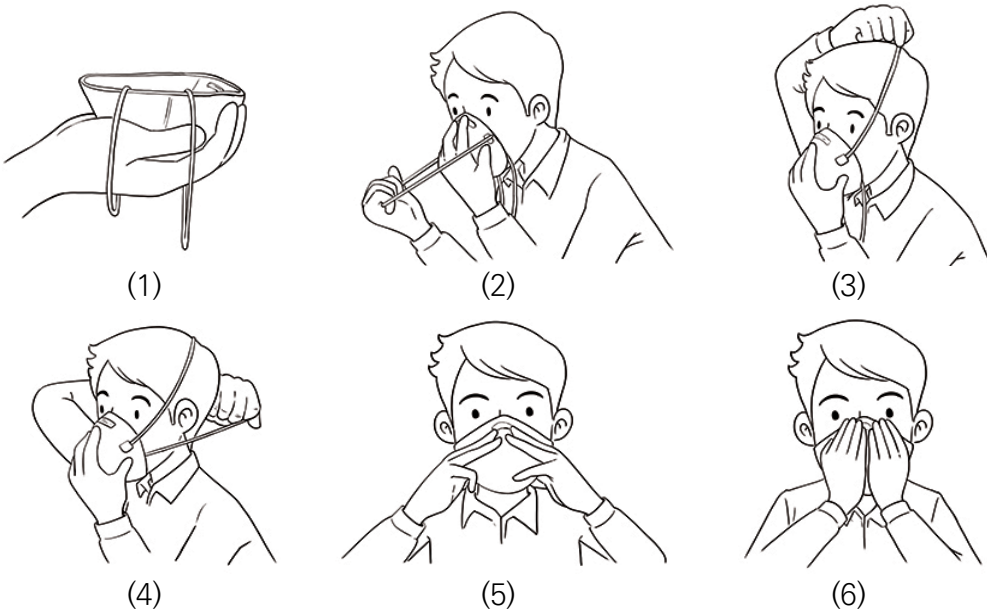


(4)

2. 반면형(안면부 여과식)

2.1 컵형

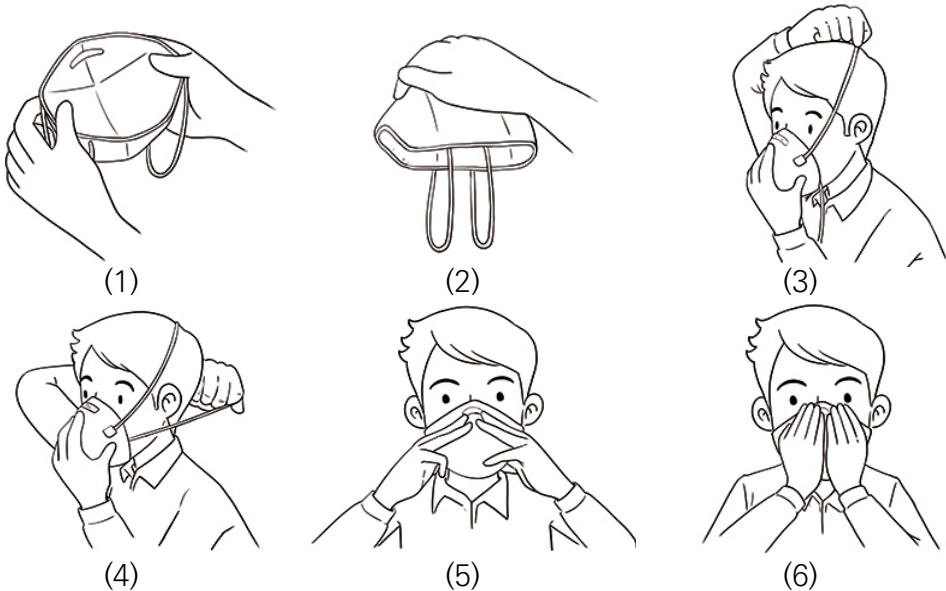
- (1) 그림과 같이 밴드를 밑으로 늘어뜨리고 밀착부분이 얼굴부분에 오도록 가볍게 잡아 준다.
- (2) 마스크가 코와 턱을 감싸도록 얼굴과 맞춰준다.
- (3) 한 손으로 마스크를 잡고 다른 손으로 마스크 위의 끈을 머리의 상단에 고정시킨다.
- (4) 마스크 아래 끈을 목 뒤에 고정시킨다.
- (5) 양손 손가락으로 클립부분을 눌러서 코와 밀착이 잘 되도록 조절한다.
- (6) 양손으로 마스크 전체를 감싸 안고 밀착도 자가점검을 실시하여 조절한다.



2.2 접이형

- (1) 마스크를 컵 모양으로 둥글게 펴 준다.
- (2) 머리 끈을 바깥쪽으로 빼낸다.

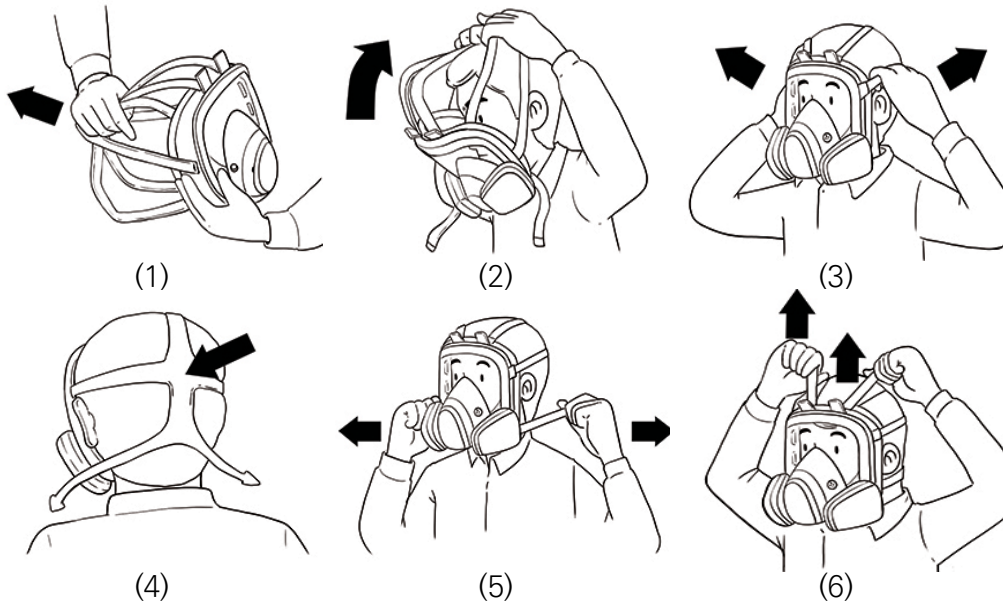
- (3) 한 손으로 마스크를 잡고 다른 손으로 마스크 위의 끈을 머리의 상단에 고정시킨다.
- (4) 마스크의 아래 끈을 목 뒤에 고정시키고 마스크 측면을 고정시키면서 틈새를 최대한 막아 준다.
- (5) 클립이 있다면 양손 손가락으로 클립부분을 눌러서 코와 밀착이 잘 되도록 조절한다.
- (6) 양손으로 마스크 전체를 감싸 안고 밀착도 자가점검을 실시하여 조절한다.



3. 전면형 마스크

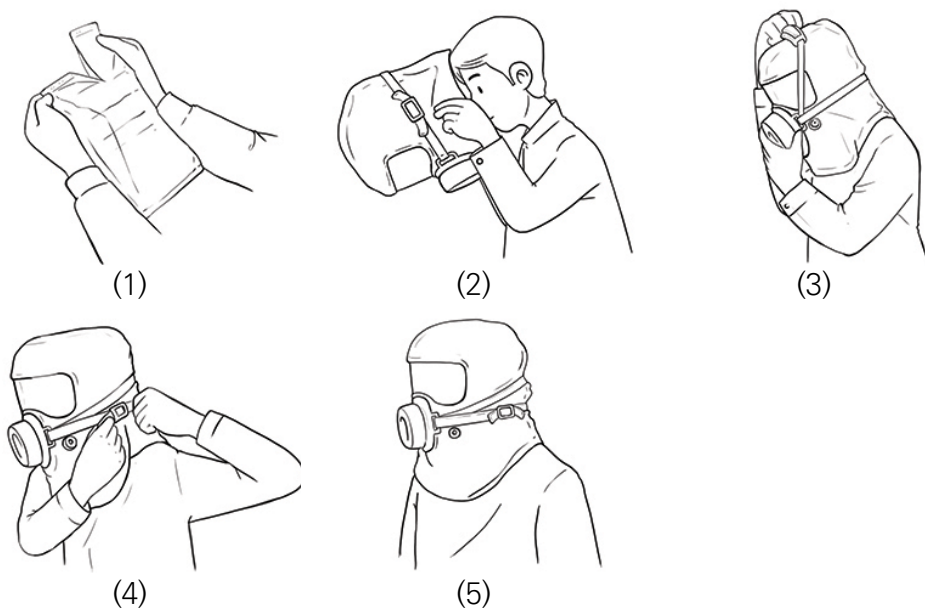
- (1) 내측의 고무를 열고 렌즈 쪽이 아래로 향하게 한 다음 두 손으로 머리 끈을 잡는다.
- (2) 턱부터 집어넣고 마스크를 뒤집어쓴다.
- (3)(4)(5)(6) 머리끈의 길이를 알맞게 조절한다. 이때 너무 심하게 당기면 얼굴이나 머리에 통증이 생겨 장시간 작업에 어려움이 있으며 너무 느슨하게 당기면 누설현상이 생긴다. 따라서 작업하기 간편하고 누설이 생기지 않도록 알맞게 조절해야 한다.

(7) 마스크를 착용할 때마다 밀착도 자가점검을 실시한다.



4. 후드형 마스크

- (1) 봉투를 열어서 마스크를 꺼낸다.
- (2) 안쪽의 고무를 열어서 그림처럼 머리부터 덮어쓴다.
- (3) 마스크를 입에 대고 페트(고정띠)를 머리 위에 고정시킨다.
- (4) 마스크와 얼굴과 밀착이 충분하지 않을 때에는 그림과 같이 머리끈의 양쪽을 잡아당겨 밀착정도를 최대한 높인다.
- (5) 그림 (5)는 착용이 완료된 상태이다.



5. 송기식 마스크

5.1 호스마스크

호스의 끝을 신선한 공기 중에 고정시키고 착용자가 자신의 폐력으로 공기를 흡입하는 ‘폐력 흡인형’과 전동 또는 수동의 송풍기를 신선한 공기 중에 고정시키고 송기하는 ‘송풍기형’이 있다.

- (1) 호스를 정해진 연결부에 연결한다. 작업장 건물에 송기마스크 시설이 되어 있는 경우 송기관이 아닌 다른 가스관의 연결부에 송기마스크를 연결하면 매우 위험하므로 특별한 주의가 필요하다.
- (2) 장착대를 몸에 착용하고 몸에 맞게 조절한다.
- (3) 유량조절장치가 있으면 호흡에 방해받지 않도록 조절한다.
- (4) 호스의 개방 전에 밀착도 자가점검을 통하여 착용상태를 확인한다.

5.2 에어라인 마스크

유량조절장치, 여과장치를 구비한 고압공기용기나 공기압축기 등으로부터 공기를 송기하는 ‘일정유량형’과 일정유량형과 같은 구조이나 공급밸브를 갖추고 착용자의 호흡량에 따라 송기하는 ‘디맨드형 및 압력디맨드형’이 있다.

착용방법은 호스마스크 착용방법과 동일하며 송기관이 아닌 다른 가스관의 연결부에 송기마스크를 연결하면 매우 위험하므로 특별한 주의가 필요하다.

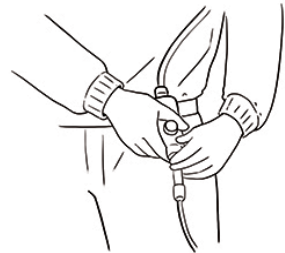
- (1) 전면형 마스크를 착용하듯이 한 손으로 안면부(면체)를 잡고 한 손으로 머리끈을 당겨서 얼굴과 두부에 끼워 넣는다. 턱 부위를 안면부에 끼워 넣을 때는 턱이 충분히 들어가도록 안면부를 잡은 손을 세게 잡아당긴다.
- (2) 얼굴과 두부에 잘 맞도록 머리끈을 조절한다.
- (3) 압력조절기(Regulator)를 조절한다.



(1)



(2)



(3)

6. 공기호흡기

사용자의 몸에 지닌 압력공기실린더, 압력산소실린더, 또는 산소발생장치가 작동되어 호흡용 공기가 공급되도록 만들어진 호흡보호구를 말한다. 자급방법에 따라서 압축공기형, 압축산소형, 산소발생형 등이 있다.

- (1) 바이패스(bypass) 밸브 잠금 상태와 양압조절기 핸들 잠금 상태를 확인한다.
- (2) 공기호흡기를 어깨에 착용하고 몸에 맞도록 조절한다.
- (3) 마스크 호스를 소켓에 연결한다.
- (4) 양압조절기의 핸들을 '대기호흡' 위치에 맞춘다.
- (5) 안면부를 턱부터 집어넣고 머리끈을 머리 위로하여 마스크를 착용한다.
- (6) 양손으로 머리끈을 좌우로 당겨 적절하게 조인다.
- (7) 용기(실린더)밸브를 천천히 열고 압력계 지침이 약 300 kgf/cm²인지 확인한다.
- (8) 양압조절기 핸들을 OPEN하여 '대기호흡' 상태에서 '양압호흡'으로 바꾼다.
- (9) 귀 앞부분의 안면부 머리끈에 손가락을 집어넣어 실린더에서 공기가 들어오는지 즉, 양압상태를 확인한다.



(1)(2)



(3)



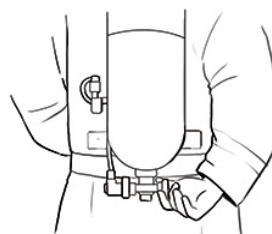
(4)



(5)



(6)



(7)



(8)(9)

〈부록C3〉

밀착도 검사 방법

1. 방진마스크

1.1 정성적 밀착도 검사 방법 - 사카린(Saccharin) 에어로졸법

- (1) FT-10 / FT-10S 또는 동일 형식의 키트를 이용한다.
- (2) 밀착도검사의 수행 전에 보호구 착용 근로자에 대한 민감도검사(sensitivity test)를 실시한다.
 - (가) 키트의 후드를 씌운 다음 묶은 사카린 용액을 분무기(nebulizer)에 넣고 10회에 걸쳐 후드 안으로 주입한다.
 - (나) 근로자에게 맛을 느끼는지 확인한다. 맛을 느끼는 사람에 한하여 밀착도 검사를 실시한다.
- (3) 밀착도 검사를 위해 호흡보호구를 착용한 근로자에게 후드를 씌운다.
- (4) 진한 사카린 용액을 매 30 초마다 후드 안으로 주입하여 후드 안을 에어로졸로 만 시킨다.
- (5) 피검자에게 후드를 쓴 채로 동작검사 6종을 순서대로 실시하게 한다.
- (6) 동작검사를 실시하는 동안 피검자가 맛을 느끼면 밀착도 검사는 불합격으로 처리한다.

※ 동작검사 6종(six exercise regime)

- ① 정상 호흡 : 선 자세에서 60초 동안 정상 호흡을 실시한다.
- ② 깊은 호흡 : 선 자세에서 60초 동안 깊은 호흡을 실시한다.
- ③ 머리 움직임 : 선 자세에서 머리를 좌측 및 우측으로 약 70~80도 정도 돌린 상태에서 한쪽 방향에서 약 5~6초 동안 있으면서 2회씩 정상 호흡을 실시한다. 그 다음 상하방향으로 지면과 약 70~80도 정도로 숙이거나 젖혀서 한쪽 방향에 약 5~6초 동안 있으면서 정상호흡을 실시한다. 머리 움직임 운동은 60초 동안 반복적으로 실시한다.
- ④ 읽기 : 선 자세에서 안면근육이 많이 움직일 수 있도록 크고 천천히 60초 동안 글을 읽는다.
- ⑤ 조깅 : 제자리에서 60초 동안 150~180 회 정도의 조깅을 실시한다.
- ⑥ 정상호흡 : 선 자세에서 60초 동안 정상 호흡을 실시한다.

1.2 정량적 밀착도 검사 방법 - 공기중 에어로졸 측정법

- (1) 피검자는 측정 전 수염을 깎게 하고 흡연자에게는 측정 한 시간 전부터 금연을 시킨다.
- (2) 밀착도 검사를 시행하기 전 현재 사용하고 있는 방진필터나 정화통을 떼어내고 특급 방진필터로 교체한다.
- (3) 마스크 안의 에어로졸을 측정하기 위하여 마스크에 탐침(probe)을 만들어 장착한 다. 미국에서 제작된 마스크들은 밀착도 검사를 위해 각 브랜드별 아답터(adaptor)가 부착된 호흡보호구를 판매한다.
- (4) 측정 실험실의 에어로졸 농도가 낮으면(2,000 particles/cc 미만) 밀착도 검사가 불가능하므로 에어로졸발생장치를 1시간 전부터 측정이 끝날 때까지 작동시켜 에어로졸의 농도를 안정화 시킨다.
- (5) 피검자는 호흡보호구를 착용한 후 좌우 상하로 세차게 흔들어 보호구가 흔들리는지 확인한 다음 착용 후 대략 5분이 경과하여 밀착도 검사에 들어간다. 반드시 양압이나 음압의 밀착도 자가점검을 실시한다.

- (6) 측정장비를 켜고 공기 중 에어로졸 농도를 측정하여 밀착도 검사가 가능한지 확인한다.
- (7) 측정하는 동안 다음의 동작검사를 실시한다.
- (8) 반면형인 경우는 밀착계수(FF: Fit Factor) 100, 전면형인 경우는 FF 500 이상이 나오면 '합격', 그렇지 아니하면 '불합격'으로 판정한다.



※ 동작검사(exercise regime)

1. 안면부 여과식

- ① 허리 굽혔다 펴기 : 50초 동안 발가락에 손이 닿을 만큼 허리를 구부렸다 펴는 동작을 반복하고 가장 허리를 많이 굽혔을 때 2번 숨을 들이 쉰다.
- ② 말하기 : 30초간 시험자가 들을 수 있게 최대한 크고 천천히 말한다. 미리 준비된 지문을 이용하거나 100부터 거꾸로 숫자를 세거나 또는 시나 노래를 부른다.
- ③ 머리를 좌우로 움직이기 : 선 자세에서 30초간 머리를 천천히 좌우로 움직인다. 머리를 최대한 왼쪽과 오른쪽으로 움직인 시점에서 숨을 2회 들이쉰다.*
- ④ 머리를 상하로 움직이기 : 선 자세에서 39초간 머리를 천천히 상하로 움직인다. 머리를 최대한 위와 아래로 움직인 시점에 숨을 2번 들이쉰다.*

2. 직결식(반면형, 전면형)

- ① 허리 굽혔다 펴기 : 50초 동안 발가락에 손이 닿을 만큼 허리를 구부렸다 펴는 동작을 반복하고 가장 허리를 많이 굽혔을 때 2번 숨을 들이 쉰다.
- ② 제자리 뛰기 : 30초간 정해진 장소에서 제자리 뛴을 반복한다.
- ③ 머리를 좌우로 움직이기 : 선 자세에서 30초간 머리를 천천히 좌우로 움직인다. 머리를 최대한 왼쪽과 오른쪽으로 움직인 시점에서 숨을 2회 들이쉰다.*
- ④ 머리를 상하로 움직이기 : 선 자세에서 39초간 머리를 천천히 상하로 움직인다. 머리를 최대한 위와 아래로 움직인 시점에 숨을 2번 들이쉰다.*

* 이 동작을 하는 동안 다른 시점에서 추가적으로 호흡을 더 쉬는 것은 피험자의 자유에 맡긴다.

2 방독마스크

2.1 정성적 밀착도 검사 방법 - Isoamyl acetate 법

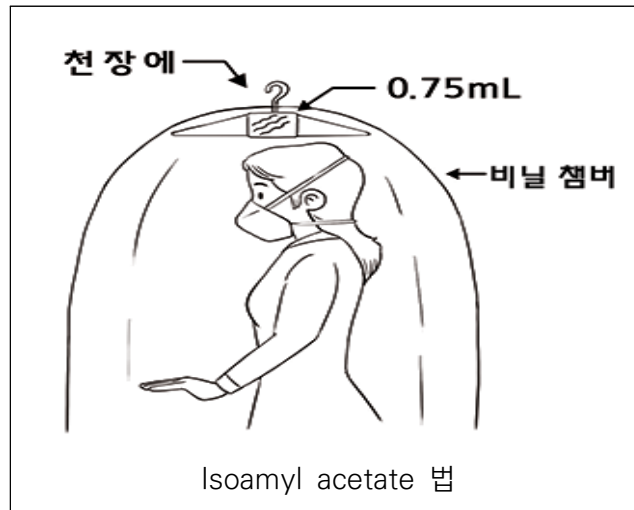
A. 민감도검사

- (1) 1 L의 유리병에 800 mL의 증류수를 넣고 1 mL의 isoamyl acetate를 넣어 30분 동안 흔들어 표준용액으로 사용한다(이 용액은 1 주일 동안 사용할 수 있다).
- (2) 표준용액에서 0.5 mL를 취하여 500 mL의 증류수가 들어 있는 두 번째 유리병에 첨가하여 30 분 동안 흔들어 민감도검사에 사용한다(이 용액은 하루 동안만 사용 가능하다).
- (3) 세번째 유리병에는 blank test를 위하여 500 mL의 증류수만 넣는다.
- (4) 두 번째와 세 번째 병을 각각 2 초 동안 흔들어 피검자로 하여금 바나나 냄새를 맡는지 여부를 확인한다.
- (5) 바나나 냄새를 감지한 피검자를 대상으로 밀착도 검사를 실시한다.
 ※ 민감도 검사는 환기가 잘 이루어지는 방에서 실시하여야 하며, 밀착도 검사를 실시하는 방과 분리된 곳이어야 한다.

B. 정성적 밀착도 검사

- (1) 폭 90 cm(36 인치), 길이 150 cm(61 인치)의 폴리에틸렌 백을 직경 60 cm(24 인치)의 격자에 뒤집어씌운 다음 208 L(55 갤런) 용량의 챔버를 만든다.
- (2) 챔버를 민감도 검사를 실시하지 않은 공간에 피검자의 머리에서부터 20 cm(6 인치)되는 높이에 거꾸로 설치한다.
- (3) 피검자는 마스크를 착용하고 밀착도 자가점검을 실시한 다음 좌우로 세차게 흔들어 흔들리는지를 확인하고 적어도 5 분 동안 편안한지를 점검한 후 밀착도 검사를 실시한다. 만약 편안하지 않거나 흘러내리

- 는 기분이 들 경우에는 다시 착용하고 반복하여 검사하도록 한다.
- (4) 피검자는 10×12 cm(4×5 인치)의 종이 타올을 반으로 접고 순수 원액 isoamyl acetate 0.5 mL를 적신 다음 종이 타올을 갖고 챔버 안으로 들어가 챔버 위에 달린 후크에 매어 달도록 한다.
 - (5) Isoamyl acetate의 농도가 안정된 상태를 유지하도록 2 분을 기다린 후 동작검사 6종을 실시한다.
 - (6) 위와 같이 실시할 경우 챔버 내의 isoamyl acetate 농도는 150 ppm 이다.
 - (7) 바나나 냄새를 맡으면 밀착도 검사에 실패한 것으로 즉시 챔버를 나와 다른 방에서 다른 보호구를 착용하고 위의 사항을 반복한다. 냄새를 맡지 못하면 검사를 통과한 것으로 문제의 보호구를 착용해도 좋으며 측정자는 즉시 종이 타올을 제거하여 측정실의 오염을 방지한다.



연구진

연구기관: **산업안전보건연구원**

연구책임자: 박정근 (선임연구위원, 직업환경연구실)

연구원: 김세동 (연구위원, 직업환경연구원)

연구원: 이은지 (연구원, 직업환경연구원)

연구기간

2022. 01. 01. ~ 2022. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**한국형 얼굴사이즈 DB 구축 및
호흡보호구 선정기준 연구(II)
(2022-산업안전보건연구원-784)**

발 행 일 : 2022년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 직업환경연구실 선임연구위원 박정근

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052-703-0890

팩 스 : 052-703-0337

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-92782-33-1

공공인쇄물 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체