

## 방연마스크에 대한 사용자 인식, 인증 현황 및 착용성 조사

손현우\* · 박영은\*\* · 이응우\*\*\* · 김은지\*\* · 최영보\*\*\*†

\*충북대학교 안전공학과  
28644 충북 청주시 서원구 충대로 1  
\*\*충북대학교 빅데이터 협동과정  
28644 충북 청주시 서원구 충대로 1  
\*\*\*한국항공우주연구원  
34133 대전광역시 유성구 과학로 169-84  
(2022년 6월 21일 접수, 2022년 7월 18일 수정본 접수, 2022년 7월 22일 채택)

## Investigation on Users' Perception and Certification Status and Donning of Smoke Masks

Hyunwoo Son\*, Yeongeun Park\*\*, Eungwoo Lee\*\*\*, Eunji Kim\*\* and Youngbo Choi\*\*\*†

\*Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk, 28644, Korea

\*\*Department of Bigdata, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk, 28644, Korea

\*\*\*Korea Aerospace Research Institute 169-84, Gwahak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34133, Korea

(Received 18 June 2022; Received in revised from 18 July 2022; Accepted 22 July 2022)

### 요 약

화재로 인한 인명 피해를 줄이기 위해, 화재 대피용 방연마스크에 대한 관심과 보급이 증가하고 있다. 하지만 시중에 유통되는 방연마스크의 성능 인증 여부와 일반인들이 방연마스크를 적절하게 착용할 수 있는지에 관한 조사가 충분하지 않기 때문에, 방연마스크가 화재 현장에서 피난안전성을 실제로 높일 수 있는지 판단하기가 쉽지 않다. 본 연구는 방연마스크에 대한 일반 사용자의 인식 현황 및 사용 경험을 조사하고, 교육 필요성을 분석하였다. 또한 국내에서 유통 중인 방연마스크 제품들이 국내외 성능 기준에 따라 인증되고 있는지 조사하였다. 아울러 실험을 통해 방연마스크의 착용 신속성 및 활동 편의성을 평가하였다. 235명의 응답자 중 방연마스크를 실제 사용해 본 응답자는 22%에 그치고, 23%는 방연마스크를 모름에도 불구하고, 93%의 응답자는 방연마스크가 화재 피해를 줄일 수 있다고 기대했다. 국내에서 유통 중인 54개의 방연마스크 중 약 41%의 제품이 성능 인증을 받지 않은 것으로 조사되었다. 국내외 다양한 성능 기준들 중에서 ASTM E 2952 및 KFIS 024만 방연마스크의 착용 신속성을 30초 이내로 규정하고 있다. 그런데 4가지 형태의 방연마스크를 대상으로 착용 신속성을 실험한 결과, 후드형 방연마스크와 자급식 방연마스크는 30초 이내로 착용하기 어려운 것으로 나타났다. 정화식 방연마스크에 비해 자급식 방연마스크를 착용하면, 의사소통의 어려움과 심리적/물리적 불편감을 더 많이 느끼는 것으로 나타났다. 한편, 방연마스크의 착용 교육을 받은 경우, 착용 시간은 약 19%, 오착용 횟수는 약 89% 감소하여, 적절한 착용 교육과 훈련이 매우 중요하다는 것을 확인할 수 있었다.

**Abstract** – Smoke masks have attracted great interests and have been supplied widely for the improvement of the safety during fire evacuation. However, there is not sufficient research on the practical utility, certification status and easy-donning about commercial smoke masks, therefore it is difficult to determine the actual usefulness of the smoke masks. In this study, we conducted a survey on users' perceptions and experiences about the smoke masks, and investigated the status of certification of 54 commercial smoke masks. We also performed donning tests and examined degrees of discomfort for 4 types of the smoke masks. Although 22% of 235 respondents had experienced the smoke masks before the test, and 23% of the respondents did not know the smoke masks, 93% of the respondents expected that the smoke masks could protect users from fire smokes and toxic gases. It was found that 41% of the commercial smoke masks did not certify according to domestic or overseas performance standards. Most certification standards have not effectively regulated maximum wearing time for the smoke masks. Only ASTM E 2952 and KFIS 024 had specific

† To whom correspondence should be addressed.

E-mail: ybc@cbnu.ac.kr

‡ 이 논문은 광운대학교 교재교육 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

standards for the maximum wearing time of 30 s. As a result of donning tests for 4 types of smoke masks, the wearing time of the hood-type mask and self-contained smoke mask exceeded 30 s, therefore these types of smoke masks might increase the required safe evacuation time. On the other hand, it was also found that short education about the donning could reduce the wearing time by 19% and numbers of improper wearing by 89%.

Key words: Smoke mask, Donning test, Certification standards, Evacuation safety

## 1. 서 론

최근 대형 고층건물과 지하구조가 연결된 건축물이 증가하면서, 화재 위험성 및 화재 가혹도가 상승하고 있다[1]. 소방청에서 집계한 2011~2020년 화재 통계에 의하면, 화재 발생건수는 2011년 43,875건에서 2020년 38,659건으로 감소했지만, 같은 기간 동안 대형 화재는 2건에서 18건으로 9배 증가했다. 인명피해 역시 2011년 1,861건에서 2020년 2,282건으로 22.6% 상승했다[2].

화재사고의 사망자는 대부분 대피와 탈출 과정에서 연기에 의한 질식이나 복사열에 의한 화상 등으로 발생한다[3]. 특히 많은 연구에서 화재 연기 및 독성가스를 화재로 인한 인명피해의 주된 원인으로 분석하고 있다[4-8]. 미국 메릴랜드주 화재사고 사망자 463명을 분석한 연구에 의하면 사망자의 48%는 혈중 일산화탄소의 농도가 50%를 초과하여, 심각한 일산화탄소 중독을 겪은 것으로 알려졌다[9].

화재 연기 및 유독가스 흡입에 의한 인명피해를 줄이기 위해, 화재 대피용 방연마스크(이하 방연마스크)의 보급과 사용을 늘리기 위한 움직임이 활발해지고 있다[10,11]. 현재 산업안전보건기준에 관한 규칙 제241조에서는 화재감시자에게 의무적으로 방연마스크를 지급하도록 규정하고 있으며, 일반 근로자에게도 방연마스크의 보급을 확대하고 있다. 또한 2021년 4월 기준 45개의 각급 지방자치단체에서는 화재대피용 방연마스크 비치 및 지원에 관한 조례를 시행하여, 다중이용시설 등을 대상으로 방연마스크의 비치를 권장하고 있다. 아울러 대형 건물 등의 화재 시 방연마스크를 효과적으로 보급할 수 있는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다[12,13].

하지만 화재 대피 시 방연마스크의 실질적 효용성에 대해서 충분한 연구가 이루어지지 못했으며, 방연마스크에 대한 인식과 실태 파악 및 올바른 착용법 교육의 필요성 등에 대한 분석이 부족한 실정이다. 또한 현재 국내에는 형태 및 보호 방식이 상이한 많은 종류의 방연마스크가 유통되고 있지만, 체계적인 분류와 성능인증기준이 명확하게 검토되지 못하였다[14]. 아울러 방연마스크를 착용하는데 소요되는 시간에 대한 연구가 충분하지 않기 때문에, 화재 피난안전성을 정량적으로 분석하는데 필요한 피난소요시간(Required safe egress time, RSET) 및 피난허용시간(Available safe egress time, ASET)을 산정하고 대응 절차를 수립하는데 어려움이 있다. 마지막으로 위급상황에서 방연마스크를 착용할 때 발생할 수 있는 신체적, 물리적 불편감을 충분히 분석하지 못하고 있다. 그렇기 때문에 방연마스크의 보호성능, 착용성 및 활동성과 사고 발생 시 대응절차에 대한 연구가 수행되고 있다[14,15,16].

이에, 본 연구는 방연마스크에 대한 인식 수준과 사용 경험 및 선택 기준 등에 대한 설문조사를 통해, 방연마스크에 대한 인식 현황을 체계적으로 분석하였다. 또한 방연마스크에 관한 다양한 국내외 인증기준[17-20]을 비교하고, 국내에서 유통 중인 방연마스크의 인증 현황을 조사하였다. 마지막으로 형태별 대표 방연마스크에 대한 착용 신속성 및 활동성 시험을 수행하여, 방연마스크 착용에 소요

되는 시간을 파악하고, 착용 방법 교육의 효과와 방연마스크 착용으로 인해 발생하는 불편감을 분석하였다.

## 2. 연구방법

### 2-1. 설문조사

화재 대피용 방연마스크의 인식 현황을 확인하기 위해 20세 이상의 성인남녀 235명을 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였다. 연구목적에 충실히 달성하기 위해 설문 문항은 Table 1과 같이 응답자 기본 정보, 방연마스크에 대한 인식 수준, 선택 기준, 성능 인증 기준, 교육의 필요성으로 분류하였으며, 총 18개의 세부 문항을 명목, 서열, 리커트 척도를 사용하여 구성하였다. R 프로그램(ver. 4.1.2)을 활용하여 설문 결과에 대한 기술적 통계분석을 실시하였다[21-23].

### 2-2. 방연마스크의 유통 현황 및 인증기준 조사

포털과 나라장터 검색을 통해, 국내에서 인터넷으로 판매되는 54개의 방연마스크 제품을 조사하였다. 조사된 방연마스크의 유형은 필터를 통해 화재 연기와 유독가스를 여과하는 정화식 방연마스크와 산소를 직접 공급하는 자급식 방연마스크로 구분하였다. 정화식 방연마스크는 착용자의 얼굴 부위를 덮는 형태에 따라 후드형(Hood type), 안면형(Face type), 반면형(Half-face type), 호흡기 보호형(Respiratory protection type) 및 손수건형(Handkerchief type)으로 분류하였다. 자급식 방연마스크는 산소 발생 방식에 따라 화학반응형(K-type)과 압력용기형(P-type)으로 분류하였다. 분류된 방연마스크 제품이 여과할 수 있는 가스의 종류, 사용 시간, 유통기한의 표기 여부 및 인증현황을 조사하였다. 아울러 방연마스크의 국내외 성능 기준을 비교하여 주요 성능 요구사항을 검토하였다. 국내 성능 기준은 한국산업표준(Korean industrial standards M 6766, KS M 6766) 및 한국소방산업기술원표준(Korea fire institute standards 024, KFIS 024)을 검토하였으며, 국외 성능 기준은 미국 재료시험협회 기준(American Society for Testing and Materials E 2592, ASTM E 2592)과 영국산업표준(British standard european norm 13794 & 403, BS EN 13794 & 403)과 일본산업표준(Japan industrial standard M 7651, JIS M 7651)을 검토하였다.

### 2-3. 착용 신속성 및 활동성 시험

방연마스크의 피난 안정성 향상 효과를 검토하기 위해 유형 및

Table 1. Category of survey and number of questions

| Major category                                 | Number of questions |
|--|---------------------|
| Respondent Information                         | 4                   |
| Awareness level of smoke mask                  | 3                   |
| Criteria for choosing a smoke mask             | 5                   |
| Smoke mask performance certification standards | 4                   |
| The need for smoke mask education              | 2                   |

형태별로 분류된 방연마스크 제품 중 대표적인 4종류(Face, Hood, K, P-type)의 제품을 선정하여 착용 신속성 및 활동성에 대한 실험을 수행하였다. 실험 절차는 현재 국내외에서 적용되고 있는 안전성 평가 기법인 KFI 인정기준, KS M 6776, EN 403, EN 13794, ASTM E 2952 중 착용 및 활동성 시험방법을 참고하여 구성하였다.

착용 신속성 실험은 총 48명을 대상으로 진행하였으며, 방연마스크의 포장을 제거하고 착용을 완료하는데 소요된 시간을 측정하였다. 착용 완료는 피실험자가 자의적으로 판단하게 하였으며, 착용 완료 시 오착용한 부분을 기록하였다. 이때 착용법 교육 및 훈련의 효과를 검토하기 위해, 실험 전에 방연마스크 착용 방법에 대한 교육 및 훈련을 받은 집단과 방연마스크 및 유사 장비에 대한 교육과 사용 경험이 없는 집단으로 분류하여 실험을 진행하였다. 아울러 화재 대피 상황에서는 연기나 전기 차단 등에 의해 시야가 제한될 수 있기 때문에, 조명을 조절하여 시야가 충분히 확보되는 환경과 시야가 제한된 환경에서의 착용 시간을 비교하였다.

활동성 실험은 방연마스크를 착용한 16명의 피실험자가 다음과 같은 3가지 활동을 수행하면서 느끼는 불편함을 조사하는 방식으로 진행하였다. 먼저, 피실험자가 허리를 숙인 대피 자세로 최대한 빠르게 15 m를 이동하게 했다. 이어서, 자유로운 자세의 속도로 5분간 이동하게 하면서 간단한 질문에 대해 응답하는지 여부를 관찰하여 의사소통의 원활함을 평가했다. 이후 이동을 마친 피실험자에게 6 m 거리에서 100 mm 크기의 문자를 읽도록 하고, 문자를 읽지 못하거나, 잘못 읽은 수를 측정하여 시야 확보의 원활함을 평가했다. 이후 모든 활동을 마친 피실험자가 체감한 물리적 또는 심리적 불편함과 호흡의 어려움 여부를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 설문조사 결과

설문 응답자 235명의 연령분포는 40대가 76명(32%)으로 가장 많지만, 30대가 72명(31%), 50대 46명(20%), 20대가 36명(15%), 60대 5명(2%)으로 고르게 나타나, 본 설문이 다양한 연령대의 의견을 반영하였음을 알 수 있다. 또한 신뢰수준 95%, 오차한계 10%에 해당하는 표본 크기는 97명 이상으로 산출되었기 때문에, 본 연구의 표본 수는 모집단을 대표하기에 충분한 것으로 판단하였다.

Table 2에 나타난 설문 분석결과, 방연마스크가 화재 피해를 경감시킨다는 응답자는 218명(93%), 방연마스크의 성능과 안전성에 대한 인증 및 교육/훈련이 필요하다는 응답자는 각각 234명(99%), 229명(98%)으로 나타났다. 이를 통해 대다수의 응답자들이 방연마스크의 효과에 대해 긍정적인 의견을 갖고 있으며, 성능 인증과 교육을 필수적으로 요구한다는 것을 알 수 있다. 하지만, 방연마스크

**Table 3. Survey results of the important criteria for the selection and certification of the smoke masks**

|                        | Selection criteria for smoke masks | Certification criteria for smoke masks |
|------------------------|------------------------------------|--|
| Protection performance | 177 (75%)                          | 191 (81%)                              |
| Convenience            | 126 (54%)                          | 108 (46%)                              |
| Thermostability        | 108 (46%)                          | 111 (47%)                              |
| Portability            | 82 (35%)                           | 68 (29%)                               |
| Protection time        | 58 (25%)                           | 86 (37%)                               |
| visibility             | 49 (21%)                           | 71 (30%)                               |

에 대해 알고 있는 응답자는 182명(72%)이고, 사용 경험이 있는 응답자는 52명(22%)에 불과한 것으로 나타났다. 이는 많은 응답자들이 방연마스크를 정확하게 잘 모르면서, 일반적인 지식이나 관념에 기초하여 방연마스크의 효과에 대해 긍정적으로 생각하고 있다는 것을 나타낸다.

Table 3는 방연마스크 선택 시 고려해야 할 중요한 요소와 인증 기준에 포함해야 할 요소에 대한 설문조사 결과이다. 응답자들은 연기, 유독가스에 대한 보호 성능(177명), 착용 편리성 및 신속성(126명), 내열성 및 난연성(108명), 휴대 편의성(82명)을 방연마스크의 선택 시 중요한 요소로 선택하였다. 또한 방연마스크 인증 제도의 중요한 요소로 연기, 유독가스에 대한 보호 성능(191명), 내열성 및 난연성(111명), 착용 편리성 및 신속성(108명), 사용 시간(86명)이 포함되어야 한다고 응답하였다. 이는 응답자들이 방연마스크의 보호 성능 뿐만 아니라 착용 시 편의성, 신속한 착용성 등도 중요하게 고려한다는 것을 의미한다.

#### 3-2. 방연마스크의 인증기준의 비교

방연마스크는 유형에 따라 서로 다른 인증기준이 적용된다. 정화식 방연마스크는 KS M 6766, EN403, ASTM E 2952이 인증 기준으로 적용되며, 자급식 방연마스크에는 KFIS 024, EN 13794, JIS M 7651이 적용된다. Table 4는 이러한 인증기준들의 주요 평가 항목을 비교한 결과이다. 각 기준은 공통적으로 사용시간, 보호 가스 종류, 열, 강도, 부식, 호흡 저항을 평가하고 있다. 하지만 활동성에 대한 평가 기준은 자급식 방연마스크에 대해서만 규정되어 있으며, 정화식 방연마스크에 대해서는 규정하고 있지 않았다. 특히, 착용 신속성의 경우 ASTM E 2952과 KFIS 024만 30초 이내 착용을 규정할 뿐, 다른 기준들은 명확한 기준 없이 신속한 착용만을 권장하고 있다.

#### 3-3. 방연마스크 제품의 인증현황 및 성능 표시 실태

국내에서 유통되고 있는 방연마스크의 인증현황과 성능 표시 현

**Table 2. Results of the survey on the perception of smoke masks**

| Survey questions  | Answer    |           |         |        |
|---|-----------|-----------|---------|--------|
|   | Yes       | No        |         |        |
| Do you know the smoke masks?  | 182(77%)  | 53(23%)   |         |        |
| Do you have experience with the smoke masks?                              | 52(22%)   | 183(78%)  |         |        |
| Survey questions  | Answer    |           |         |        |
|   | Always    | Sometimes | Rarely  | Never  |
| Do the smoke masks help to reduce damages in fire?                        | 159 (68%) | 59 (25%)  | 13 (5%) | 4 (2%) |
| Do you need certifications for performance and safety of the smoke masks? | 205 (87%) | 29 (12%)  | 1 (0%)  | 0 (0%) |
| Do you need education and training to the smoke masks?                    | 183 (78%) | 46 (20%)  | 5 (2%)  | 1 (0%) |

**Table 4. Comparison of evaluation items between domestic and foreign standards for the smoke masks**

| Evaluation items     | Air-purifying Respirator |        |             | Self-contained Respirator |          |            |
|----------------------|--------------------------|--------|-------------|---------------------------|----------|------------|
|                      | K S M 6766               | EN 403 | ASTM E 2952 | KFIS 024                  | EN 13794 | JIS M 7651 |
| Protection time      |                          | 15 min |             | 10 min                    | 5 min    | ×          |
| Chemical capacity    | 6 ea                     | 4 ea   | 6 ea        |                           | -        |            |
| Donning ability      | ×                        | ×      | ○           | ○                         | ○        | ○          |
| Convenience          | ×                        | ×      | ×           | ○                         | ○        | ○          |
| Thermostability      | ○                        | ○      | ○           | ○                         | ○        | ×          |
| Durability           | ○                        | ○      | ○           | ○                         | ○        | ○          |
| Corrosion resistance | ○                        | ○      | ○           | ○                         | ○        | ○          |
| Respiratory rate     | ○                        | ○      | ○           | ○                         | ○        | ○          |

**Table 5. Status of certification and unmarked items related to performance in the commercial smoke masks**

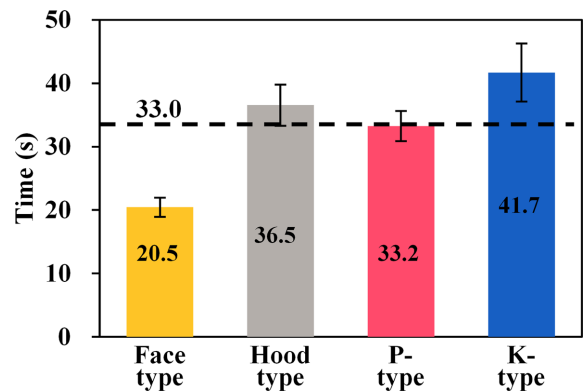
| Somke mask type           | Certified product           | Non-certified product | Unmarked items related to performance |                 |                 |    |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|----|
|                           |                             |                       | Chemical capacity                     | Protection time | Expiration date |    |
| Air-purifying Respirator  | Hood type                   | 16                    | 9                                     | 9               | 8               | 13 |
|                           | Half-face type              | 3                     | 7                                     | 8               | 7               | 7  |
|                           | Handkerchief type           | 6                     | 2                                     | 3               | 5               | 4  |
|                           | Respiratory protection type | 3                     | 1                                     | 0               | 0               | 1  |
|                           | Face type                   | 2                     | 0                                     | 1               | 1               | 0  |
| Self-contained Respirator | K-type                      | 2                     | 1                                     | 3               | 2               | 3  |
|                           | P-type                      | 0                     | 2                                     | 2               | 1               | 2  |
| Total                     | 32                          | 22                    | 26                                    | 24              | 30              |    |

황을 Table 5에 나타내었다. 조사한 방연마스크 54개 중 약 41%(22개)의 방연마스크가 인증을 받지 않은 제품인 것으로 나타났다. 또한 방연마스크의 성능과 직접적인 관련이 있는 여과 가스 종류, 사용시간, 유통기한을 표기하지 않은 제품은 각각 48%(26개), 44%(24개), 56%(30개)로 나타났다.

이와 같이 인증을 받지 않거나, 주요 성능이 표시되지 않은 방연마스크 제품들은 화재 연기와 유독가스에 대한 보호 기능을 담보하기 어렵고 방연마스크에 대한 불신을 초래할 위험이 높다. 아울러 방연마스크의 착용 신속성과 활동성에 대한 평가가 부족하기 때문에 ASET 및 RSET을 통해 신속한 화재 대피의 효과를 분석하는데 어려움이 있을 것으로 판단된다.

**3-4. 착용 신속성 및 활동성 평가 결과**

Fig. 1은 4가지 형태의 방연마스크 착용에 소요된 시간을 비교한 결과이다. 포장이 간단하고, 착용 방법이 비말 마스크와 매우 유사한 안면형(Face type) 방연마스크의 착용시간이 20.5초로 가장 빠르게 나타났다. 착용 전 필터의 마개를 제거하고, 착용 후 별도의 조임끈을 이용해 고정하는 형태인 후드형(Hood type)의 착용 시간은 36.5초로 나타났다. 반면, 고무줄로 고정하는 형태이기 때문에 착용 자체는 간단하지만 압력유기를 정돈하고, 개방하는 과정에서 시간이 소요되는 P-type 방연마스크는 착용시간이 33.2초로 나타났다. 화학물질을 포함하고 있기 때문에 다른 방연마스크 제품과 다르게 압축포장되어 있어 포장지의 제거가 어렵고, 착용 전 호흡백에 공기를 불어넣어야 하며, 착용 후 별도의 조임끈을 이용해 고정해야 하는 K-type 방연마스크의 착용시간이 41.7초로 가장 긴 것으로 나타났다. 이와 같이, 안면형(Face type)을 제외한 방연마스크들이 ASTM E 2952 및 KFIS 024에서 규정하고 있는 30초 이내의 착용시간 기준을 충족하지 못한다는 것으로 나타났다. 따라서 대피



**Fig. 1. Comparison of wearing times between different types of the smoke masks.**

시 일반인이 익숙하지 않은 복잡한 형태의 방연마스크를 착용할 경우, 착용에 많은 시간이 소요되어 피난소요시간(RSET)이 증가하기 때문에, 화재 피난에 부정적인 영향을 미칠 수도 있다고 판단된다.

Fig. 2는 방연마스크 착용 교육의 효과를 분석하기 위해 방연마스크 착용 교육을 받은 집단과 방연마스크 착용 교육을 받지 않은 집단의 착용 소요시간을 비교한 결과이다. 방연마스크 착용 교육을 받은 경우(29.5초), 교육을 받지 않은 경우(36.4초)에 비해 약 19% 착용시간이 감소하였다. 이에 대해 독립 T 검정 수행 시 P값이 0.037로 0.05보다 작기 때문에 착용 교육이 유의미하다고 판단할 수 있다.

하지만 방연마스크의 각 형태별로 착용 교육의 효과를 분석할 경우, Hood 및 K-type 방연마스크의 P값이 0.05를 초과하여 유의미한 차이가 발생하지 않은 것으로 나타났다. Hood 및 K-type 방연

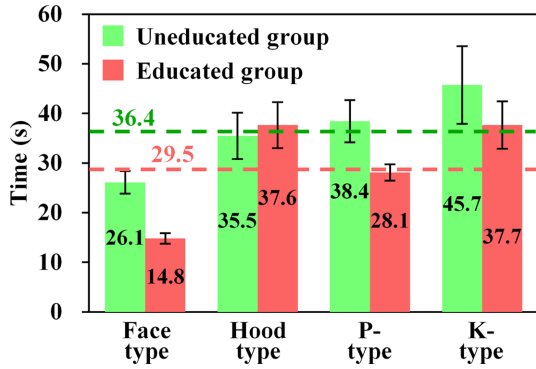


Fig. 2. Comparison of wearing times between educated and uneducated groups.

Table 6. Numbers of improper wearing

| Types of the smoke masks | Numbers of improper wearing |                  |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|
|                          | Educated group              | Uneducated group |
| Face type                | 0                           | 6                |
| Hood type                | 1                           | 12               |
| P-type                   | 3                           | 7                |
| K-type                   | 0                           | 11               |
| Total                    | 4                           | 36               |

마스크는 착용 절차가 비교적 복잡하여, 단시간의 교육만으로는 충분한 효과를 나타내기 어렵기 때문에, 교육에 따른 유의미한 착용 시간의 차이가 발생하지 않았다고 판단된다. 또한 피실험자가 착용 완료를 스스로 판단하도록 하였기 때문에, 미교육 집단은 정상적인 착용을 하지 않은 상태에서 시간이 측정된 사례가 많았던 것도 영향을 미쳤다고 판단된다. 구체적으로, Table 6에 나타난 것과 같이 교육 집단의 오착용 횟수는 4회로 미교육 집단의 총 36회에 비해 약 89% 낮은 것으로 나타났으며, 특히 미교육 집단에서는 Hood 및 K-type의 경우 1명의 피실험자를 제외하고는 모두 오착용한 것으로 나타났다.

Fig. 3는 화재 시 시야가 충분히 확보되지 못하는 상황을 가정하여, 시야 확보 여부에 따른 방연마스크의 착용시간을 비교한 결과이다. 교육 집단의 경우 시야가 확보된 상황에서의 착용시간(27.1초)이 시야 미확보 상황에서의 착용시간(32.0초)에 비해 약 13% 낮았다. 반면 미교육 집단의 경우, 시야 유무에 따른 착용시간에 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 미교육 집단은 시야가 확보되지 않

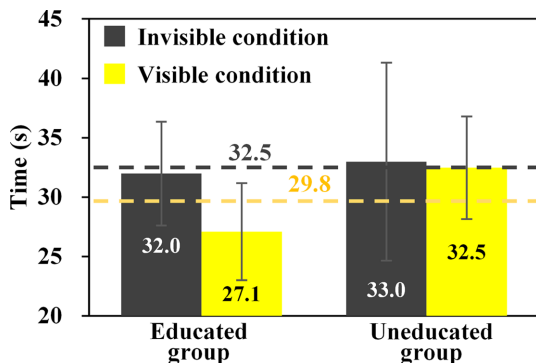


Fig. 3. Effect of sight conditions on the wearing times of the educated and uneducated groups.

Table 7. Types and numbers of discomfort that experimenters experienced during the test

| Discomfort types            | Face type | Hood type | P-type | K-type |
|-----------------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| Physical discomfort         | 5         | 7         | 5      | 11     |
| Psychological anxiety       | 7         | 6         | 12     | 12     |
| Loss of visibility          | 1         | 0         | 1      | 0      |
| Difficulty in respiration   | 4         | 7         | 6      | 6      |
| Difficulty in communication | 3         | 0         | 16     | 3      |
| Total numbers               | 20        | 20        | 40     | 32     |

을 경우 방연마스크의 형태와 착용방법을 정확히 확인할 수 없어 정상적인 착용을 하지 못하고, 빠르게 착용하는 것에만 집중하였기 때문에 이러한 결과가 발생하였다고 판단된다.

Table 7은 활동성 실험의 동작을 수행하는 중 피실험자가 느끼는 불편감을 조사한 결과이다. 피실험자들은 정화식 방연마스크에 비해 자급식 방연마스크에 대해 더 많은 불편감을 느낀 것으로 나타났다. 특히 P-type 방연마스크를 착용했을 때 가장 큰 불편감을 느끼는 것으로 나타났다. 피실험자들은 P-type 방연마스크의 압력용기에서 산소가 공급되며 발생하는 소음에 의해 의사소통의 어려움을 겪고, 심리적인 불안감을 느낀다고 하였다. 한편 K-type 방연마스크는 화학 반응에 의해 열이 발생하며 방연마스크 내부의 온도가 증가하기 때문에, 물리적, 심리적 불안감이 발생하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구는 화재 대피 시 방연마스크의 인명피해 감소 효과를 면밀하게 검토하기 위하여, 방연마스크에 대한 일반 사용자의 인식과 국내에서 유통되는 방연마스크의 인증현황을 조사하였다. 또한 방연마스크의 착용 신속성 및 활동성 실험을 통해, 교육에 따른 착용 시간의 차이를 비교하고, 방연마스크 착용 시 발생하는 불편감을 분석하였다.

설문조사 결과 235명의 응답자 중 90% 이상이 방연마스크의 화재 대피 효과와 교육 및 인증 제도의 필요성에 대해 긍정적인 의견을 나타냈지만, 방연마스크를 실제로 사용한 경험이 있는 응답자는 22%에 불과했다. 또한 응답자들은 방연마스크의 선택과 인증 기준으로 열, 연기 등에 대한 보호 성능 뿐만 아니라 착용 신속성 및 착용감을 중요하게 고려하는 것으로 나타났다.

국내외 인증 기준들은 방연마스크의 보호 성능을 담보하기 위해 구체적인 시험항목을 제시하고 있지만, 착용성과 활동성에 대한 평가는 미흡한 것으로 조사되었다. 특히 일부 기준에서만 30초 내의 착용을 규정하고 있으며, 정화식 마스크에 대한 활동성 기준이 없는 것으로 나타났다. 아울러 국내에서 유통되는 54개의 방연마스크 제품 중 약 41%가 미인증 제품인 것으로 조사되었다.

착용 신속성 실험 결과, 안면형 방연마스크를 제외하고는 모두 30초 이상의 착용 시간이 소요되기 때문에, 화재 대피 시간을 증가시키는 요인으로 작용할 수 있다. 방연마스크의 착용 교육은 착용 시간을 약 19% 감소시키며, 오착용을 약 89% 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 아울러 활동성 실험 결과, 방연마스크 착용자는 의사소통의 어려움, 시야 감소, 심리적 불안함 등의 불편감을 느낄 수 있기 때문에, 화재 대피의 난이도가 상승할 우려도 있다.

따라서 방연마스크의 효과를 높이기 위해서는, 성능이 인증된 제품의 유통을 확대하고, 올바른 착용법 교육과 훈련을 지속적으로 실시해야 할 것이다.

## References

- Kim, H. Y., Yoo, Y. H. and Rie, D. H., "A Study on the Operation Plan of Evacuation Shelter to Improve Evacuation Performance of Existing Underground Subway Station," *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, **17**, 159-164(2017).
- NFA, "National Fire Agency Statistical Year Book" (2021).
- Kwon, S. J., Kim, H. C., Hwang, T. H. and Lee, J. M., "High-Rise Building Evacuation Simulation Based on Physical Stamina of Evacuees," *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, **21**, 11-18(2021).
- Cone, D. C., Van Gelder, C. M. and MacMillan, D., "Fireground use of an Emergency Escape Respirator," *Prehospital Emerg. Care*, **14**, 433-438(2010).
- Giebultowicz, J., Rużycka, M., Wroczynski, P., Purser, D. A. and Stec, A. A., "Analysis of Fire Deaths in Poland and Influence of Smoke Toxicity," *Forensic Sci. Int.*, **277**, 77-87(2017).
- Stec, A. A., "Fire Toxicity – The Elephant in the Room?," *Fire Saf. J.*, **91**, 79-90(2017).
- Stefanidou, M., Athanaselis, S. and Spiliopoulou, C., "Health Impacts of Fire Smoke Inhalation," *Inhal. Toxicol.*, **20**, 761-766 (2008).
- Song, J., Kwon, H., Lee, Y. and Moon, I., "A Study on Prevention of Accidents of Carbon Monoxide Leak from Gas Boilers," *Korean Chem. Eng. Res.*, **50**, 277-281(2012).
- Berl, W. G. and Halpin, B. M., "Human Fatalities from Unwanted Fires," *Johns Hopkins APL Tech. Dig.*, **1**, 129-134(1980).
- Davis, J., Sims, L., Sesek, R. F. and Gallagher, S., "Developing Empirical Donning Times for Smoke Hoods," *Athens J. Technology Eng.*, **2**, 231-240(2015).
- Han, W. H., "Study on Stagnation Factors Analysis and Improvement Methods through an Evacuation Experiment," *Fire Sci. Eng.*, **32**, 57-66(2018).
- Ham, E. G. and Roh, S. K., "A Study on the Design of Evacuation Route at Subway Station Using Simulation Analysis," *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, **10**, 1-7(2010).
- Seo, D. G., Hwang, E. K., Kim, J. H. and Kim, W. H., "An Experimental Study on the Cognition of Evacuation Sign in Large Exhibition Space," *Korean Soc. Hazard Mitig.*, **16**, 29-34(2016).
- Mo, C. M., Kim, Y. S., Kim, B. K. and Park, Y. H., "An Experimental Evaluation on the Performance of the Fire Escape Masks," in *Proceedings of KIFSE Annual Spring Conference*, 77-80(2012).
- Seol, J. W., Chae, C. K., Lee, K. J., Moon, M. H. and Ko, J. W., "A Study on Development of Functional Recommendation for Planning Emergency Response Using Model-based Approach," *Korean Chem. Eng. Res.*, **55**, 195-200(2017).
- Noh, J. H. and Park, Y. H., "Evaluation on the Wear Fit and Activity of Emergency Escape Breathing Devices for Ship Accidents," *Fire Sci. Eng.*, **33**, 79-84(2019).
- ASTM E2952-14, "Standard Specification for Air-Purifying Respiratory Protective Smoke Escape Devices (RPED)," (2017).
- BS EN 13794, "Respiratory Protective Devices. Self-contained Closed-circuit Breathing Apparatus for Escape. Requirements, Testing, Marking," (2002).
- BS EN 403, "Respiratory Protective Devices for Self-rescue. Filtering Devices with Hood for Escape from Fire. Requirements, Testing, Marking," (2004).
- JIS M 7651, "Closed-circuit Oxygen Self Rescuers," (1996).
- Lee, W. J., Kwon, S. Y. and Lee, C. S., "Research on the Current Status of Installation and Awareness of Fire Extinguishers and Awareness of Fire Extinguishers," *Fire Sci. Eng.*, **29**, 26-32(2015).
- Lee, W. J. and Lee, C. S., "A Survey Study on the Learner's Recognition about the Descending Life Lines for the Fire Emergency Escaping Purpose," *Fire Sci. Eng.*, **32**, 73-81(2018).
- Yun, Y. J. and Park, D. J., "A Study on the Development of Assessment Index for Catastrophic Incident Warning Sign at Refinery and Petrochemical Plants," *Korean Chem. Eng. Res.*, **57**, 637-651(2019).

## Authors

**Hyunwoo Son:** Mr, Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea; cbnushw@gmail.com

**Yeongeun Park:** Ms, Department of Big data, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea; duddms116@gmail.com

**Eungwoo Lee:** Ph.D, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea; lewguy@naver.com

**Eunji Kim:** Ms, Department of Big data, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea; eungee1220@gmail.com

**Youngbo Choi:** Associate Professor, Department of Safety Engineering, Department of Big data, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea; ybc@cbnu.ac.kr