

공기호흡기와 공기충전실 관리체계 및 직업환경 개선을 위한 델파이 연구

김수진 · 정진혁 · 함승헌^{*†}

서울특별시소방학교 소방과학연구센터 책임연구원, *가천대학교 의과대학 길병원 직업환경의학과 교수

Delphi Study on the Management System and Occupational Environment Improvement of SCBA and Charging Rooms

Soo Jin Kim · Jin Hyeok Jeong · Seunghon Ham^{*†}

Senior Researcher, Fire Science Research Center, Seoul Metropolitan Fire Service Academy,

^{*}Professor, Dept. of Occupational and Environmental Medicine, Gil Medical Center, College of Medicine, Gachon Univ.

(Received September 07, 2022; Revised October 06, 2022; Accepted October 11, 2022)

요 약

이 연구는 소방관들이 사용하는 공기호흡기와 공기호흡기 충전실의 관리체계와 환경을 개선하기 위한 정책실행의 우선순위를 평가, 제언하는 것이 목적이다. 전문가 패널 21명에 대해 3회에 걸친 인터뷰와 2회 델파이 조사를 진행하였다. 선행연구 결과와 전문가 인터뷰를 통해 공기호흡기와 충전실의 관리체계와 환경개선안을 1차로 도출하였다. 개선안은 자원, 공기호흡기와 충전실 관리시스템, 공기호흡기 관련업무, 공기충전실 관련업무, 법과 제도를 포함한 5개 분야로 분류하여 제시하였고 정책의 중요도와 실행가능성을 동시에 고려하여 분석함으로써 정책실행의 우선순위를 도출하였다. 델파이조사 분석결과 1순위는 구조대원을 대상으로 수난구조를 할 때 원치 않게 한강물 음용지 양과 관련증상 발생시 조치내용 매뉴얼에 내용을 추가하는 것이었고, 2순위는 재난현장 표준작전절차 재난현장 복귀절차단계에 오염제거 의무 명시였다. 다음으로 재난현장 오염물질의 건강영향 위험성 교육실시로 조사되었다. 이 연구 결과는 실제 소방 공기호흡기와 공기충전실 등 소방관 개인보호장비의 체계적 관리시스템 운영과 정착을 위한 중·장기 소방정책 실행에 적극 활용 될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate and suggest priorities for policy implementation to improve the management system and environment of self-contained breathing apparatus (SCBA) and charging rooms used by firefighters. The study included 15 experts and three interviews, and two modified Delphi surveys were conducted. Based on the results of previous research and expert interviews, the management system and environmental improvement plan for the SCBA and charging rooms were first derived. The improvement plan was presented in five areas, including resources, the SCBA and charging room management system, SCBA related work, SCBA charging room related work, and laws and regulations. The priority of policy implementation was derived by simultaneously analyzing the importance and practicality of the policy. Consequently, the first priority was to add contents to the manual for measures to prevent unwanted drinking of the Han River water and related symptoms for rescue workers during hardship rescue. The second priority was to specify the duty of decontamination in the disaster scene standard handling procedure and disaster scene return procedure stage. The next step was to investigate by conducting education on the risk of health effects of pollutants at disaster scenes. The results of this study can be utilized in the implementation of mid- to long-term fire policies for the systematic operation and establishment of a systematic management system for firefighters' personal protective equipment, such as SCBA and charging rooms.

Keywords : Firefighter, Self-contained breathing apparatus (SCBA), Charging room, Occupational working environment improvement, Delphi

[†] Corresponding Author, TEL: +82-32-458-2634, FAX: +82-504-439-9025, E-Mail: shham@gachon.ac.kr

1. 서론

화재, 수난사고 등 재난현장에서 소방관들이 사용하는 공기 호흡기는 긴급상황의 최일선에서 마지막 순간까지 소방관의 생명을 지켜주는 가장 중요한 개인보호장비 중 하나이다^(1,2). 따라서 공기호흡기의 올바른 사용과 관리는 소방관 개인의 건강과 안전에 직접적으로 연관되어 있다⁽³⁾. 공기충전기는 연 2회 법령에 근거하여 한국소방산업기술원에서 공기호흡기 용기 내부와 충전공기 품질에 대한 검사를 받는다⁽⁴⁾. 그러나 공기호흡기를 충전하는 환경의 차이를 고려하여 공기호흡기에 충전된 공기에 대한 성분 평가는 시행되지 않고 있다.

공기호흡기와 공기충전기의 올바르지 못한 사용과 관리는 공기호흡기 내부공간의 부식을 유발하게 할 수 있고, 부식이 발생하였을 경우 소방관의 호흡기로 이물질이 유입될 수 있는데 이는 소방관의 건강을 위해할 수 있는 위험요인으로 작용할 수 있다⁽⁵⁾. 또한 매연 등으로부터 차단되지 않는 청결하지 못한 환경에서 공기호흡기 용기를 충전하는 경우, 안전범위 이내의 공기성분이 유지되지 않는 등 호흡기를 포함한 건강에 급·만성적으로 영향을 줄 수 있다. 특히, 파일럿 실험에서 측정된 매연이 유입되는 충전 환경에서 측정된 공기호흡기 용기 내 공기의 성분 중 하나인 일산화탄소가 호흡용 공기의 기준치에 육박하여 측정되었는데, 일산화탄소에 노출된 소방관에서 파킨슨병 발생률이 일반인구 집단에 비해 10배 정도 높다는 연구결과가 있고⁽⁶⁾ 직업관련성으로 알려져 있어 소방관에서 소량의 일산화탄소 노출이라도 최소화할 필요가 있다⁽⁷⁾. 실제 해외 30대 재직 소방관에서 조기 발현된 파킨슨병 사례가 있다. 왼손잡이 남성으로 초기에 왼쪽(left-side) 강직을 포함한 관련 징후와 증상이 나타나 그는 결국, 소방관이 된지 8년만에 은퇴하였는데, 그가 보인 관련 증상으로는 떨림(resting tremor), 강직(rigidity), 서동증(bradykinesia), 보행장애(gait disorder), 연하곤란(dysphagia), 발성장애(hypophonia)를 보여 일반화된 불안장애의 기준을 충족하고 있었다. 소방관에서 파킨슨병을 유발하는 원인이 되는 유해인자를 밝히는 역학연구는 국내·외적으로 전무한 상태지만, 화재현장에서 다양하게 발생하는 일산화탄소, 톨루엔, 망간, 납 등에 노출되었을 때 파킨슨병 발생을 높일 가능성이 있다고 보고된 바 있다^(7,8).

공기호흡기는 크게 화재진압용과 수난구조용 두 가지로 구분되며, 수난구조대를 제외한 대부분의 공기호흡기 충전은 육상에 설치되어 있는 공기충전실에서 충전한다. 일부 민간에서 공기압축기를 이용하여 공기호흡기 충전을 한 용기를 구조자가 사용하여 질식사고가 발생한 경우도 있었으나, 소방기관에서는 법정 규정장비를 사용함으로써 이러한 문제가 발생하는 경우는 없었다. 그러나, 공기호흡기를 충전하는 공간이 일부는 차량 매연이 유입되는 공간에 설치 운영되는 경우가 있어 이에 대한 환경개선이 필요하다. 특히 소방서 특성상 일산화탄소가 포함되어 있는 차량 매연에 노출되어 있기 때문에 차고지에 설치되어있는 공기호흡기 충전실은 공기충전 중에 가스가 유입될 수 있다.

그동안 국내에서 발표된 소방 공기호흡기 연구는 다섯 건이

있었다. 그 중 공기호흡기용 압축공기가 실린더에 미치는 영향을 조사하여 실린더 내부 금속표면이 수분에 의한 부식발생을 확인하였고⁽⁹⁾, 두 번째 연구에서는 국내·외 압축공기 기준을 비교·검토하고 화재진압·구조대원을 대상으로 공기호흡기 착용 시 이상증상 여부를 조사하였다⁽¹⁰⁾. 다른 연구에서는 공기호흡기 용기부식의 원인을 규명하기 위한 실험연구를 통해 공기호흡기 용기관리의 중요성을 강조하였고⁽¹¹⁾, 호흡보호장비 시스템 개선을 통한 효용성 증대에 관한 연구를 통해 소방공무원의 호흡보호장비 관리시스템 개선을 제안하였으며⁽¹²⁾, 소방 공기호흡기 착용에 따른 반복 소방 활동이 체온 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향에 대한 연구도 있었다⁽¹³⁾. 이렇듯 우리 현실에서 소방관 공기호흡기와 충전기에 대한 다양한 연구가 부족한 실정이며, 소방관이 사용하는 공기호흡기와 공기충전실의 관리체계와 공기호흡기 충전실의 직업환경 개선을 위한 정책실행에 대한 연구는 아직 발표된 바 없다.

따라서 이 연구의 목적은 소방관들이 각종 재난현장에서 생명줄로 사용하고 있는 소방 공기호흡기와 충전실의 관리체계와 소방관들의 직업환경을 개선하기 위한 소방정책의 우선순위를 평가하고 제안하는 것이다.

2. 연구방법

2.1 연구설계 및 기간

연구의 디자인은 인터뷰 조사기법을 이용한 질적연구와 델파이 조사기법을 이용한 단면연구로 구성된 복합적인 방법(mixed methods)으로 설계되었다. 연구 기간은 2021년 10월 25일부터 11월 22일까지 기간 중 28일간 총 3회에 걸쳐 수행되었다.

2.2 인터뷰 및 델파이조사 참여대상

인터뷰 조사대상은 서울소재 24개 소방서에 근무하는 공기호흡기 충전 및 관리 실무자와 교대근무의 형태로 화재진압 업무와 인명구조 업무를 담당하는 소방관 40명을 대상으로 화재현장에서 공기호흡기와 공기충전기 관리·운영체계 개선방안 항목개발을 위하여 심층 인터뷰를 수행하였다. 또한, 두 차례에 참여한 델파이조사 대상은 패널선정이 매우 중요하여 해당분야의 전문적 지식과 연구·실무경험을 가지고 있는 전문가로 구성하였고, 산업위생기술펙, 산업보건학을 박사과 소방공무원을 포함하여 총 21인으로 구성하였다. 특히 산업위생기술펙과 박사는 소방분야 직업환경 개선을 위한 연구수행에 있어 다년간 유경험자였고, 소방공무원 선정대상은 방화복과 공기호흡기 등 소방 개인보호장비 전문가로 다년간 활동하였고 동시에 실화재훈련 국제자격인증을 받거나 교육과정을 이수한 자로 공기호흡기와 충전기의 관리 운영 등 안전분야에 전문성을 인정받은 자로 해당분야 전문가를 델파이조사 패널로 선정하였다. 델파이조사 응답자는 관련학과 교수 1명, 산업보건학 박사 2명, 소방방재학 석사 6명, 산업위생기술펙 2명, 소방실무 경험이 풍부한 근무경력 10년 이상의 소방공무원 10명이었

고 특히, 소방공무원 10명은 공기호흡기와 공기충전기 등 개인보호장비 업무분야 전문인력풀에 포함되어 있어 전문가 자격으로 델파이 조사에 대상자로 선정하였다.

2.2 델파이조사 방법 및 수행내용

2.2.1 인터뷰 내용

화재발생과 출동실태, 소방관의 화재현장 유해물질 발생과 직업적 노출수준에 대한 위험도 인식, 공기호흡기 용기의 사용과 관리실태, 공기호흡기 면체의 사용, 세척과 관리실태, 공기호흡기 세트 교육훈련 실태, 공기충전기 설치, 사용, 충전과 관리환경, 공기호흡기 용기검사와 정비실 운영, 공기호흡기 사용과 관리에 대한 개인별 건강신념 등 공기호흡기와 공기충전기 전반에 대하여 인터뷰를 실시하였고 현 실태와 문제점을 도출하여 델파이 조사문항에 반영하였다.

2.2.2 델파이조사 방법 및 내용

이 연구는 구조화된 설문지를 이용하여 세 차례에 걸쳐 두 번의 정책 델파이 조사를 수행하였다. 델파이조사는 정책실행의 우선순위를 결정하기 위해 다회차에 걸쳐 의견조율과 합의를 통해 최종적으로 정책을 결정하는 방법이다⁽¹⁴⁾. 첫 번째 단계로 이루어진 인터뷰는 2021년 10월 25일부터 11월 9일까지, 2회차 델파이조사는 11월 10일부터 15일까지, 3회차 델파이조사는 11월 17일부터 22일까지 조사를 진행하였다. 우선 공기호흡기(self-contained breathing apparatus, SCBA)와 충전실의 관리체계 및 직업환경 개선을 위한 전문가 심층인터뷰를 통해 1차적으로 평가항목을 도출하였고 이 과정에서 현장실무자들의 교차검토가 수행되었다. 1단계 인터뷰를 수행하기 위해 서울시 소방관을 대상으로 수행하였던 공기호흡기와 공기충전기 사용 및 관리실태 조사 설문결과, 충전환경 차이에 따른 공기호흡기 충전공기질 평가 실험결과 및 선행연구 문헌검토를 진행하였고 설문·실험·문헌검토 내용을 기반으로 인터뷰를 수행하였다. 1단계에서 설문결과, 실험결과와 문헌검토 내용은 다음과 같다. 소방관의 화재현장 유해물질 발생과 직업적 노출수준의 위험도 인식, 공기호흡기 용기의 사용과 관리실태, 공기호흡기 면체의 사용, 세척과 관리실태, 공기호흡기 세트 교육훈련 실태, 공기충전기의 사용, 관리 및 충전실 설치와 운영환경, 공기호흡기 용기검사와 정비실 운영시스템, 공기호흡기 사용과 관리에 대한 건강신념 결과와 육상과 수상에서 유해물질 유입 차단유무 즉, 공기호흡기 충전환경 차이에 따른 공기호흡기에 충전되는 공기성분의 농도평가 결과, 한강 수질 평가결과 자료를 이용하여 40명의 전문가들을 대상으로 인터뷰 수행과 논의과정을 통해 총 27개의 델파이 항목을 최종 개발하였다. 1단계 인터뷰 인터뷰 결과 개발된 평가항목은 크게 5개 분야로 분류하였다. 평가항목 중 첫 번째로 조직, 인력, 예산분야에서는 5개 평가항목으로 구성되며 공기호흡기와 공기충전기 관리·운영체계 개선을 위한 ① 유해물질 차단 공간에 공기충전실 설치 운영, ② 통합 공기충전실 권역별 설치 운영,

③ 수난구조대 공기충전실 등 근무공간 환경개선, ④ 전문인력 채용 및 전문직제 보강, ⑤ 전문인력풀 편성과 체계적 운영이 포함되었다. 두 번째, 공기호흡기와 공기충전실 사용, 관리, 환경 등 개인보호장비 관리시스템 개선으로는 ⑥ 별도 독립공간에 공기충전실 설치 운영, ⑦ 수원근접 수난구조대 공기충전실과 근무공간 환경개선, ⑧ 전문가양성과 소방정책 참여전문가 소방인력풀 인센티브 제공, ⑨ 공기호흡기용기 부족없는 현장관리시스템 운영, ⑩ 재난현장 표준작전절차(SOP) 재난현장 복귀절차단계 오염제거 의무명시, ⑪ 재난현장 오염물질 건강영향 위험성 교육실시, ⑫ 유해물질 차단공간에 개인보호장비 보관구역 확충, ⑬ 재난현장 오염물질 건강영향에 따른 현장단계 개인보호장비 1차제염 실시 SOP 추가, ⑭ 공기호흡기 등 개인보호장비 선정시 적합성시험 수행으로 적정크기 보호구선정·제공시스템 구축, ⑮ 가칭 소방장비정비창의 조직신설을 포함하였다. 세 번째로 공기호흡기 세트 사용, 교육, 세척 관련업무 등의 세부항목으로는 ⑯ 공기호흡기 충전시 수행 급기상황의 지속적인 직장교육 실시, ⑰ 공기호흡기 배정시 재직소방관을 대상으로 사용·세척·수리·관리 교육프로그램 운영시스템 확립, ⑱ 공기호흡기 용기보관법, 안전·위생검사, 매뉴얼 등의 반복교육, ⑲ 구조대원 맨몸 수난구조시 가능한 한강물 음용하지 않도록 하는 내용의 매뉴얼 추가, ⑳ 공기호흡기와 충전실 등 개인보호장비의 체계적 운영을 위한 소방장비 전문교육과정 개발, ㉑ 수난구조대 내 공기호흡기 세척공간 마련 등 근무환경 개선 필요를 포함하였다. 네 번째 공기충전실 관련업무 수행을 위한 세부항목으로는 ㉒ 공기충전기 업무수행을 위한 교육수료 예비인력풀 확대, ㉓ 공기충전실 필터의 적정 교환주기와 설치환경 등 권고기준에 대한 반복 직장교육 실시를 포함하였다. 마지막으로, 법과 제도분야에서는 ㉔ 바지선에 위치하는 수난구조대의 경우, 밸런스 탱크 등의 밀폐공간 내부의 정기적 청소를 위한 규정 마련, ㉕ 재난현장 표준작전절차의 개정, ㉖ 공기호흡기 세트에 대한 기술기준 마련, ㉗ 소방장비정비창 신설을 위한 행정기구 설치 조례 등의 개정 또는 제정을 포함하였다(Table 1). 2단계 델파이 조사는 최종 개발된 27개 조사항목을 21명의 전문가를 대상으로 중요도와 실행가능성을 구분하여 각 항목 중에 5개 항목이 채택되어 1~5순위에 번호를 기입하는 방법으로 우선순위를 평가하였고, 2단계 결과를 평균과 중앙값, 표준편차로 정리하였다. 3단계 델파이 조사에서는 2차에서 조사된 델파이 조사 결과를 취합한 후 3단계 조사시 델파이조사 참여자들의 의견 차이를 조정함으로써 합의점을 이루어나갈 수 있도록 2단계 조사 취합결과를 함께 제시하여 27개 조사항목을 3단계 조사에서 다시 평가하도록 하였다(Figure 1). 이렇게 취합된 결과를 1순위 5점부터 5순위 1점을 부여하여 각 항목별로 원순위의 합, 평균, 표준편차, 중앙값을 산출하였고 최종 우선순위는 Figures 2와 3의 수식에 의거 산출된 점수를 기준으로 우선순위를 제시하였다. 더불어 델파이 참여 패널들의 기타 의견을 자유롭게 수렴하였다.

Table 1. Expert Delphi Survey Items for Improving the Management, Operation System of SCBA and Charging Room

No	Evaluation Items of Delphi Survey
[Organization, Manpower, Budget Field]	
1	Installation and operation of an SCBA* charging room in a smoke-blocking space for fire vehicles
2	Installation and operation of integrated air charging rooms in Seoul or nearby forest areas by region
3	Improvement of working space environment such as air charging room for lifesaving rescue team
4	Reinforcement of advanced organization and special recruitment of professional manpower for systematic operation such as SCBA and SCBA charging room
5	Organization and operation of a non-permanent professional manpower pool such as SCBA, etc
[Improvement of Personal Protective Equipment Management System such as SCBA and SCBA Charging Room Use, Management, Environment, Etc]	
6	Installation and operation of an SCBA charging room in a separate, independent space where smoke is blocked in the fire fighting garage (implementation according to laws and regulations)
7	Improving the environment in the SCBA charging room and working space of the rescue team near the water
8	Fostering internal firefighting experts and providing incentives to the fire manpower pool of experts participating in firefighting policies
9	Operation of a field management system without shortage of SCBA respirator containers for field activities
10	Disaster scene SOP** procedure emergency decontamination duty specified at the stage of disaster scene return procedure
11	Conducted education on the risk of health effects of pollutants at disaster scenes
12	Expansion of storage area for personal protective equipment in a space separated from the fire fighting garage in the fire department and blocked from vehicle fumes
13	Addition of SOP for the primary decontamination of personal protective equipment in the stage of evacuation from disaster scenes according to the health effects of pollutants from disaster scene
14	When selecting personal protective equipment such as an SCBA, suitability tests are performed to select the appropriate size of the product, protective equipment, and establishment of a system for providing
15	Firefighting equipment organization (tentative name) established
[Detailed Items such as SCBA Set Use, Education, and Cleaning Related Tasks]	
16	Conducting continuous workplace education in contraindicated situations when charging the SCBA
17	Establishment of operating system for use, washing, repair, and management training programs for incumbent firefighters when SCBA is assigned
18	Repeated training on container storage method, safety and hygiene inspection, manual, etc.
19	Added content to the manual to avoid inhaling the Han River water as much as possible in case of emergency water rescue for rescue workers
20	Development of a specialized training course for firefighting equipment for the systematic operation of personal protective equipment such as SCBA and charging room (Fire Academy)
21	There is a need to improve the working environment, such as providing a cleaning space for SCBA in the rescue team
[Detailed Items for Performing Work Related to the SCBA Charging Room]	
22	Expansion of the reserve manpower pool that has completed training for SCBA charger work
23	Recommendation standards such as proper replacement cycle and installation environment of SCBA filling room filters, repetitive workplace training
[Law, Regulation, Program Filed]	
24	In the case of a rescue team located on a barge, provision of regulations for regular cleaning inside confined spaces (balance tanks, etc.)
25	Revision of SOP for disaster scenes
26	Preparation of technical standards for SCBA respirator sets by Korea Fire Industry and Technology Institute
27	Amendment or enactment of the Seoul Metropolitan Government Ordinance on the establishment of administrative organizations, etc.

*SCBA: Self-Contained Breathing Apparatus, **SOP: Standard Operation Procedure

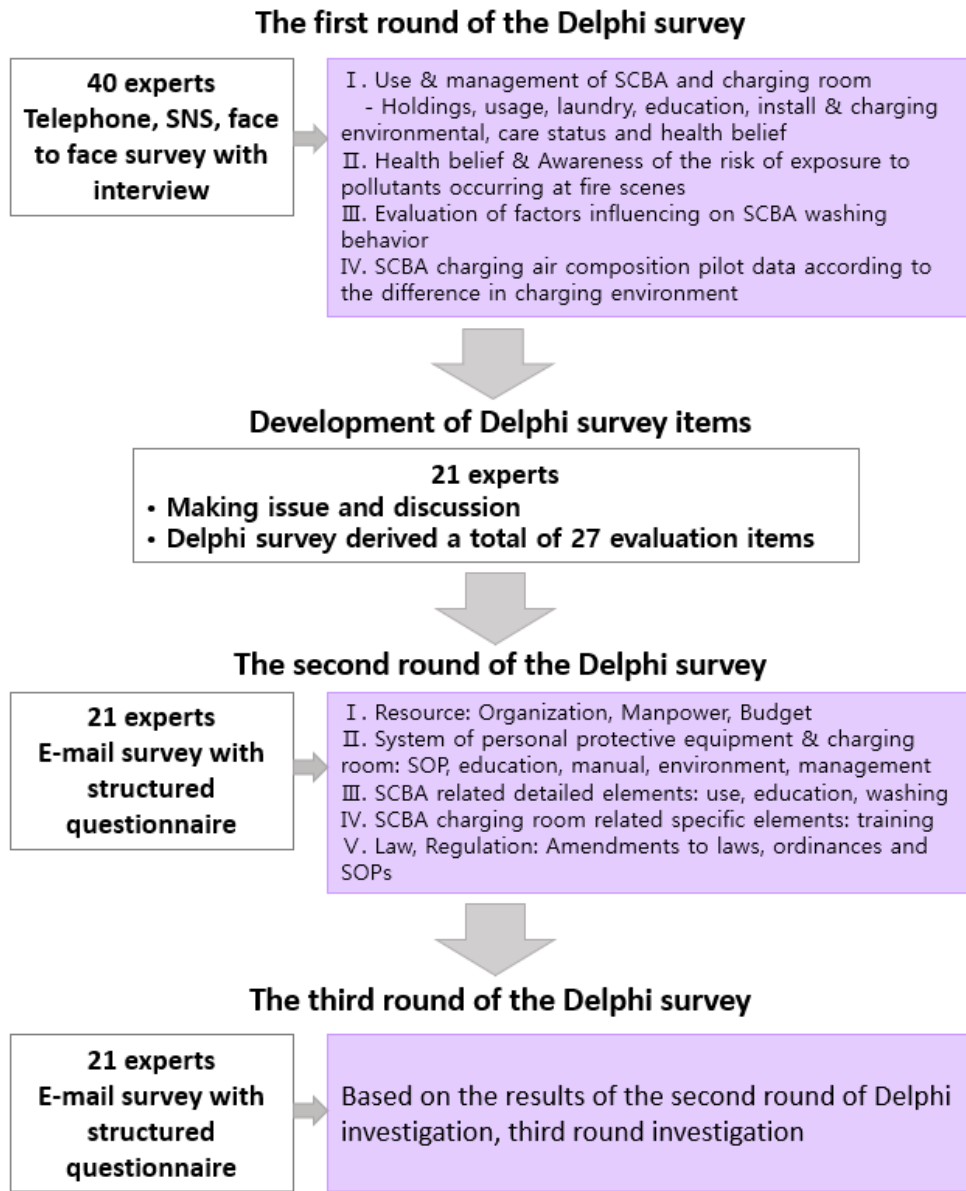


Figure 1. Flow of Delphi survey.

$$\text{Importance index}(I)^\dagger = \frac{I_{5\text{points}} \times 100 + I_{4\text{points}} \times 75 + I_{3\text{points}} \times 50 + I_{2\text{points}} \times 25 + I_{1\text{points}} \times 0}{I \text{ total}}$$

$I_{5 \text{ points}}$: Respondents with 5 points of importance
 $I_{4 \text{ points}}$: Respondents with 4 points of importance
 $I_{3 \text{ points}}$: Respondents with 3 points of importance
 $I_{2 \text{ points}}$: Respondents with 2 points of importance
 $I_{1 \text{ points}}$: Respondents with 1 points of importance
 $I \text{ total}$: Total number of respondents

† Importance index ($0 \leq I \text{ index} \leq 100$)

Figure 2. Calculation of the importance index.

$$\text{Practicability index}(P)^\ddagger = \frac{P_{5\text{points}} \times 100 + P_{4\text{points}} \times 75 + P_{3\text{points}} \times 50 + P_{2\text{points}} \times 25 + P_{1\text{points}} \times 0}{P \text{ total}}$$

$P_{5 \text{ points}}$: Respondents with 5 points of practicality
 $P_{4 \text{ points}}$: Respondents with 4 points of practicality
 $P_{3 \text{ points}}$: Respondents with 3 points of practicality
 $P_{2 \text{ points}}$: Respondents with 2 points of practicality
 $P_{1 \text{ points}}$: Respondents with 1 points of practicality
 $P \text{ total}$: Total number of respondents

‡ Practicability index ($0 \leq P \text{ index} \leq 100$)

Figure 3. Calculation of the practicality index.

2.3 분석방법

조사내용은 소방 공기호흡기와 공기충전실 관리체제와 직업환경 개선안에 대한 ‘중요도’ 평가, ‘실행가능성’ 평가 실시 후 ‘중요도’와 ‘실행가능성’을 종합적으로 고려하여 우선순위를 선정하였다. 정책안의 중요도와 실행가능성 지수는 1점에서 5점까지 부여하였는데 5점은 중요도와 실행가능성이 매우 높음을 의미하는 반면, 1점은 전혀 중요하지 않고 실행가능성이 매우 낮음을 의미한다. 이를 기반으로 중요도와 실행가능성 지수를 도출하는데, 각 부여된 점수(5, 4, 3, 2, 1점)에 대한 가중치는 100, 75, 50, 25, 0을 각각 부여하였다⁽¹⁴⁾. 중요성과 실행가능성 지수를 구하는 수식은 Figures 2와 3과 같다. 우리 연구에서는 중요성과 실행가능성 평가지수에 대하여 각 항목 별로 총합계, 평균, 중앙값을 산출하였다. 또한, 델파이조사 분석 결과 평가지표였던 중요도 지표와 실행가능성 지표의 각 중앙값이 모두 2.5점 미만인 경우 조사항목을 채택하지 않고, 3점 이상인 경우에는 채택하도록 하였다.

전문가 1차 인터뷰를 통해 도출된 평가항목은 크게 5개 분야에서 27개 항목으로 도출하였다. 첫째는 소방차원에 해당하는 조직·인력·예산 분야이고, 둘째는 공기호흡기와 공기충전실의 사용, 관리, 환경 등 개인보호장비 관리시스템 개선이며, 세 번째는 공기호흡기 세트의 사용, 교육, 세척 관련 업무 등의 세부항목, 네 번째는 공기충전실 관련 업무 수행을 위한 세부 항목이며, 마지막은 법과 제도이다(Table 1).

3. 연구결과

3.1 델파이조사 참여자의 인구사회학적 현황

델파이조사 응답자는 총 21명으로 남성 18명(85.7%), 여성 3명(14.3%) 이었고, 평균연령은 42.1세(표준편차 ± 8.4세) 중앙값 41세이었고, 직업과 자격별 구분으로는 교수 1명, 박사 2명, 석사 6명, 산업위생기술사 2명, 소방실무 경험이 풍부한 소방공무원 10명(소방학교 화재교관 3명 포함)으로 평균경력

은 15.6년(표준편차 ± 8.3), 중앙값 14년이었다.

3.2 중요도 및 실행가능성의 우선순위 결과

총 21명의 결과를 취합하여 실행가능성의 우선순위 합을 산출하였다. 먼저 ‘중요도’ 우선순위 합에서 가장 높은 점수가 나온 항목은 ‘12. 소방청사 내 소방차고지에서 분리되어 차량 매연에서 차단되는 공간에 개인보호장비 보관구역 확충’이었으며 모든 평가위원이 매우 중요하다인 5점으로 평정하여 40점으로 평가되었고, 두 번째로 높은 점수가 나온 항목은 ‘1. 소방차량 매연차단 공간에 공기충전실 설치 운영’으로 39점이었다. 세 번째로 높은 점수가 나온 항목은 두 가지였는데 ‘10. 재난현장 표준작전절차 재난현장 복귀절차 단계 오염제거 의무 명시’와 ‘14. 공기호흡기 등 개인보호장비 선정 시 적합성시험 수행으로 제품 적정크기, 보호구 선정·제공시스템 구축’으로 37점이었다. 네 번째로 높은 점수가 나온 항목은 네 가지였고 ‘6. 소방차고지 내 매연이 차단되는 별도 독립공간에 공기충전실 설치·운영(법령근거에 따른 실행)’, ‘11. 재난현장 오염물질의 건강영향 위험성 교육실시’, ‘공기호흡기 충전 시 수행금지 상황의 지속적인 직장교육 실시’, ‘공기호흡기 배정 시 재직소방관을 대상으로 사용·세척·수리·관리 교육프로그램 운영시스템 확립’으로 36점이었다. 그 다음으로 높은 항목들은 ‘9. 현장 활동용 공기호흡기 용기 부족 없는 현장관리 시스템 운영’, ‘13. 재난현장 오염물질의 건강영향에 따른 현장철수단계 개인보호장비 1차 제염 실시내용의 SOP 추가’, ‘23. 공기충전실 필터의 적정 교환주기 및 설치환경 등 권고기준 반복적 직장교육 수행’, ‘7. 수원근접 수난구조대 공기충전실 및 근무공간 환경개선’, ‘20. 공기호흡기와 충전실 등 개인보호장비 체계적 운영을 위한 소방장비 전문교육과정 개발(소방학교)’, ‘21. 수난구조대 내 공기호흡기 세척공간 마련 등 근무환경 개선 필요’, ‘24. 바지선에 위치하는 수난구조대의 경우, 밀폐공간(밸런스 탱크 등) 내부 정기적 청소를 위한 규정 마련’이 29점으로 공동순위로 평가되었다(Table 2). 델파이 조사의

Table 2. Delphi Findings on Importance Priority

Evaluation Items	Evaluation Scale			
	2 nd Delphi Analysis Result		3 rd Delphi Analysis Result	
	Mean ± SD*	Median	Mean ± SD	Median
[Organization, Manpower, Budget Field]				
1. Installation and operation of an SCBA** charging room in a smoke-blocking space for fire vehicles	4.9 ± 0.33	5	4.9 ± 0.33	5
2. Installation and operation of integrated air charging rooms in Seoul or nearby forest areas by region	2.3 ± 1.20	2	1.9 ± 0.78	2
3. Improvement of working space environment such as air charging room for lifesaving rescue team	3.3 ± 1.20	3	3.1 ± 1.17	3
4. Reinforcement of advanced organization and special recruitment of professional manpower for systematic operation such as SCBA and SCBA charging room	2.8 ± 1.39	2.5	2.6 ± 0.99	2.5
5. Organization and operation of a non-permanent professional manpower pool such as SCBA, etc	3.0 ± 1.12	3	2.6 ± 0.86	3

Table 2. Continued

Evaluation Items	Evaluation Scale			
	2 nd Delphi Analysis Result		3 rd Delphi Analysis Result	
	Mean ± SD*	Median	Mean ± SD	Median
[Improvement of Personal Protective Equipment Management System such as SCBA and SCBA Charging Room Use, Management, Environment, Etc]				
6. Installation and operation of an SCBA charging room in a separate, independent space where smoke is blocked in the fire fighting garage (implementation according to laws and regulations)	4.6 ± 0.70	5	4.5 ± 0.71	5
7. Improving the environment in the SCBA charging room and working space of the rescue team near the water	3.8 ± 1.20	4	3.6 ± 0.86	4
8. Fostering internal firefighting experts and providing incentives to the fire manpower pool of experts participating in firefighting policies	4.0 ± 1.00	4	4.0 ± 1.22	4
9. Operation of a field management system without shortage of SCBA respirator containers for field activities	3.8 ± 1.09	3.5	4.3 ± 0.66	4
10. Disaster scene SOP*** procedure emergency decontamination duty specified at the stage of disaster scene return procedure	4.4 ± 0.99	5	4.6 ± 0.70	5
11. Conducted education on the risk of health effects of pollutants at disaster scenes	4.5 ± 1.00	5	4.5 ± 0.71	5
12. Expansion of storage area for personal protective equipment in a space separated from the fire fighting garage in the fire department and blocked from vehicle fumes	4.9 ± 0.33	5	5.0 ± 0.00	5
13. Addition of SOP for the primary decontamination of personal protective equipment in the stage of evacuation from disaster scenes according to the health effects of pollutants from disaster scene	4.0 ± 1.32	4.5	4.3 ± 0.66	4
14. When selecting personal protective equipment such as an SCBA, suitability tests are performed to select the appropriate size of the product, protective equipment, and establishment of a system for providing	4.8 ± 0.66	5	4.6 ± 0.70	5
15. Firefighting equipment organization (tentative name) established	3.6 ± 1.32	4	3.6 ± 1.41	4
[Detailed Items such as SCBA Set Use, Education, and Cleaning Related Tasks]				
16. Conducting continuous workplace education in contraindicated situations when charging the SCBA	4.0 ± 1.12	4.5	4.5 ± 0.50	4.5
17. Establishment of operating system for use, washing, repair, and management training programs for incumbent firefighters when SCBA is assigned	4.1 ± 1.27	5	4.5 ± 0.50	4.5
18. Repeated training on container storage method, safety and hygiene inspection, manual, etc.	3.5 ± 1.41	3.5	3.6 ± 0.99	3.5
19. Added content to the manual to avoid inhaling the Han River water as much as possible in case of emergency water rescue for rescue workers	2.9 ± 1.36	3	3.0 ± 1.12	3
20. Development of a specialized training course for firefighting equipment for the systematic operation of personal protective equipment such as SCBA and charging room (Fire Academy)	3.5 ± 1.41	3.5	3.6 ± 1.11	4
21. There is a need to improve the working environment, such as providing a cleaning space for SCBA in the rescue team	3.4 ± 1.49	4	3.6 ± 0.86	4
[Detailed Items for Performing Work Related to the SCBA Charging Room]				
22. Expansion of the reserve manpower pool that has completed training for SCBA charger work	3.3 ± 1.09	3	3.1 ± 0.93	3
23. Recommendation standards such as proper replacement cycle and installation environment of SCBA filling room filters, repetitive workplace training	4.1 ± 1.27	4.5	4.1 ± 0.93	4
[Law, Regulation, Program Filed]				
24. In the case of a rescue team located on a barge, provision of regulations for regular cleaning inside confined spaces (balance tanks, etc.)	3.8 ± 1.48	4.5	3.6 ± 1.11	4
25. Revision of SOP for disaster scenes	3.1 ± 1.62	3	3.1 ± 1.27	3
26. Preparation of technical standards for SCBA respirator sets by Korea Fire Industry and Technology Institute	3.1 ± 1.36	3	3.0 ± 1.32	3
27. Amendment or enactment of the Seoul Metropolitan Government Ordinance on the establishment of administrative organizations, etc.	3.8 ± 1.39	4	3.6 ± 1.32	4

*SD: Standard Deviation, **SCBA: Self-Contained Breathing Apparatus, ***SOP: Standard Operation Procedure

목적에 부합하도록 2차 조사 결과에 비하여 3차 조사 결과에서는 대부분의 항목들에서 표준편차가 감소되었다.

‘실행가능성’ 우선순위의 합에서 가장 높은 점수가 나온 항목은 ‘10. 재난현장 표준작전절차 중 재난현장 복귀절차 단계 오염제거 의무 명시’와 ‘11. 재난현장 오염물질의 건강영향 위험성 교육 실시’가 각 38점으로 평가되었다. 두 번째로 높은 점수가 나온 항목은 ‘19. 구조대원 수난구조 시 가능한 한강물을 음용하지 않도록 매뉴얼에 내용 추가’였으며 37점으로 평가되었고, 세 번째로 높은 항목은 ‘17. 공기호흡기 배정 시 재직소방관 대상 사용·세척·수리·관리 교육프로그램 운영시스템 확립’으로 33점이었으며, 네 번째로 높은 항목은 ‘23. 공기충전실 필터의 적정 교환주기 및 설치환경 등 권고기준 반복적 직장교육 수행’, ‘13. 재난현장 오염물질의 건강영향에 따른 현장단계 개인보호장비 1차제염 실시내용 SOP추가’로 각 32점으로 평가되었다. 그 다음으로 높은 항목들은 ‘16. 공기호흡기 충전 시 수행금기 상황 지속 직장교육 실시’, ‘18. 용기 보관법과 안전·위생검사, 매뉴얼 등 반복 교육’이 각 31점이었고, ‘25. 재난현장 표준작전절차(SOP) 개정’, ‘20. 공기호흡기와 충전실 등 개인보호장비 체계적 운영을 위한 소방장비 전문교육과정 개발(소방학교)’ 순서로 평가되었다(Table 3). 델파이 조사의 목적에 부합하도록 2차 조사 결과에 비하여 3차 조사 결과에서는 대부분의 항목들에서 표준편차가 감소되었다.

3.3 중요도 및 실행가능성에 대한 델파이 조사결과

중요도와 실행가능성을 모두 고려하여 평가된 델파이 조사 결과 우선순위에서 가장 높게 나온 항목은 ‘19. 구조대원 수난구조 시 가능한 한강물을 음용하지 않도록 매뉴얼 내용에 추가’ 항목으로 중요성보다는 실행가능성에서 더 높게 평가되었다. 다음으로 ‘10. 재난현장 표준작전절차 재난현장 복귀절차 단계 오염제거 의무 명시’, ‘11. 재난현장 오염물질의 건강영향 위험성 교육실시’, ‘16. 공기호흡기 충전기 수행금기 상황 지속 직장교육 실시’, ‘17. 공기호흡기 배정시 재직소방관 대상 사용·세척·수리·관리 교육프로그램 운영시스템 확립’, ‘13. 재난현장 오염물질의 건강영향에 따른 현장단계 개인보호장비 1차 제염’, ‘23. 공기충전실 필터의 적정 교환주기 및 설치환경 등 권고기준 반복적 직장교육 수행’, ‘18. 용기보관법, 안전·위생검사, 매뉴얼 등 반복 교육’ 항목이 뒤를 이었다. 10번과 11번 항목은 중요도에서 평균 각 4.6, 4.5점과 실행가능성은 평균 4.8점으로 매우 높았다. 또한, 16번과 17번 항목도 중요도에서 평균 각 4.5점과 실행가능도에서는 평균 각 4.3점, 4.1점이었다. ‘12. 소방청사 내 소방차고지에서 분리되어 차량매연에서 차단되는 공간에 개인보호장비 보관구역 확충’ 항목의 경우 중요성에서는 평가위원 모두 5점 만점으로 평가하였으나, 실행가능성 항목에서는 평균 2.1점으로 절반 이하의 평가를 하여 유일하게 중요성 대비 실행가능성이 낮게 평가된 항목이었다(Table 4).

4. 고찰 및 제언

이 연구에서 수행한 델파이 조사의 제도개선(안)에서 중요도 지수와 실행가능성 평가결과 값이 높다는 것은 중요하면서도 실행이 우선되어야 하는 소방행정의 책임을 의미하는 것이다. 따라서 델파이조사 결과 높은 점수가 나왔던 각 항목별로 소방정책 이행을 위한 구체적 실행방안에 대하여 공기호흡기와 충전실 관리체계 개선과 환경개선으로 나누어 정책제언을 하고자 하며, 델파이 조사 결과 중요도와 실행가능성 평가결과가 동시에 높게 나온 우선순위별 항목별로 개선대책을 제시한다.

4.1 공기호흡기(SCBA)와 공기충전실의 체계적 관리시스템 개선을 위해 조치가 필요한 사항

첫째, 연구결과 27개 평가항목 중 구조대원 수난구조시 가능한 한강물을 음용하지 않도록 하는 내용을 매뉴얼 추가가 가장 우선순위로 조치가 필요한 항목으로 도출되었다. 구조대원이 긴급을 요하는 수난구조 상황에서 개인보호장비를 착용하지 못하고 인명구조업무 수행 중 원치 않게 한강물을 음용하는 경우가 발생할 수 있다. 이때 수난구조업무 종료 후 구조대원에게 복통, 설사 등이 발생할 수 있는데, 이런 응급증상 발현 시 구조대원이 대응할 수 있는 기준이 없어 이에 대한 지침 마련과 교육이 필요하다. 실제 긴급 수난구조 시 수질성분은 당시 한강물 또는 하천의 조류와 기상상황에 따라 큰 차이를 보이며, 응급증상은 개인의 면역과 건강상태에 따라 달라지기 때문이다⁽¹⁵⁾. 아직까지 수난구조 중 개인보호장비 미착용 발생상황의 규모와 수난구조 중 음용한 물로 인해 비정상적인 생체반응을 경험한 구조대원의 역학적 특성에 대해 조사된 바 없어 앞으로 연구가 필요하겠다. 둘째, 재난현장 표준작전절차 재난현장 복귀절차 단계에서 오염을 제거하는 의무가 중요한 항목으로 도출되었다. 이는 화재현장 복귀단계에서 개인보호장비 긴급제염 시행을 제도화함으로써 교차오염을 예방하고 1급 발암물질로 상향조정된 소방관 직업군에게 직업적 노출을 최소화 할 수 있는 조치이다⁽¹⁶⁾. 미국 NFPA 1851에서는 화재 현장에서 복귀전에 긴급제염을 규정하고 있고, 이것을 근거로 소방관들은 실제 현장에서 긴급제염을 실시한 후에 복귀준비를 한다. 따라서, 재난현장 복귀단계에서 긴급제염은 소방활동 현장에서 발생한 다양한 유해물질 제거와 공기호흡기 등 개인 보호장비를 통한 교차오염을 방지하고자 하는 것이 그 목적이다⁽¹⁷⁾. 셋째, 재난현장 오염물질의 건강영향 위험성에 대한 교육이 세 번째로 중요한 것으로 도출되었다. 공기호흡기와 공기충전기 사용과 관리실태 결과에 의하면, 소방관들이 화재현장에서 발생하여 직업적으로 노출되는 유해물질의 위험성을 인식하는 수준이 근무년수가 증가할수록 오히려 감소한 것으로 분석되었다. 이는 소방관들 스스로 직업적 노출을 감소시킬 수 있도록 재난현장에서 발생하는 오염물질 노출의 인체영향에 대한 인지율을 향상시키기 위한 중재 또는 정책이 필요하다고 볼 수 있다. 이를 중재할 수 있는 정책 중 하나로 화재 등 재난현

Table 3. Delphi Findings on Practicality Priority

Evaluation Items	Evaluation Scale			
	2 nd Delphi Analysis Result		3 rd Delphi Analysis Result	
	Mean ± SD*	Median	Mean ± SD	Median
[Organization, Manpower, Budget Field]				
1. Installation and operation of an SCBA** charging room in a smoke-blocking space for fire vehicles	2.9 ± 1.36	3	2.9 ± 1.27	3
2. Installation and operation of integrated air charging rooms in Seoul or nearby forest areas by region	1.9 ± 1.05	1.5	1.6 ± 0.70	1.5
3. Improvement of working space environment such as air charging room for lifesaving rescue team	2.6 ± 1.49	2.5	2.9 ± 0.93	2.5
4. Reinforcement of advanced organization and special recruitment of professional manpower for systematic operation such as SCBA and SCBA charging room	2.1 ± 1.17	2	2.0 ± 1.00	2
5. Organization and operation of a non-permanent professional manpower pool such as SCBA, etc	3.0 ± 1.12	3.5	3.4 ± 0.86	4
[Improvement of Personal Protective Equipment Management System such as SCBA and SCBA Charging Room Use, Management, Environment, Etc]				
6. Installation and operation of an SCBA charging room in a separate, independent space where smoke is blocked in the fire fighting garage (implementation according to laws and regulations)	2.8 ± 1.20	3	3.0 ± 1.00	3
7. Improving the environment in the SCBA charging room and working space of the rescue team near the water	2.8 ± 1.39	3	2.8 ± 1.00	3
8. Fostering internal firefighting experts and providing incentives to the fire manpower pool of experts participating in firefighting policies	3.0 ± 1.41	3.5	3.3 ± 1.39	3.5
9. Operation of a field management system without shortage of SCBA respirator containers for field activities	3.3 ± 1.48	3.5	3.6 ± 0.86	4
10. Disaster scene SOP*** procedure emergency decontamination duty specified at the stage of disaster scene return procedure	4.3 ± 1.30	5	4.8 ± 0.43	5
11. Conducted education on the risk of health effects of pollutants at disaster scenes	4.1 ± 1.36	5	4.8 ± 0.43	5
12. Expansion of storage area for personal protective equipment in a space separated from the fire fighting garage in the fire department and blocked from vehicle fumes	2.1 ± 1.17	2	2.1 ± 0.93	2
13. Addition of SOP for the primary decontamination of personal protective equipment in the stage of evacuation from disaster scenes according to the health effects of pollutants from disaster scene	3.9 ± 1.17	4	4.0 ± 0.50	4
14. When selecting personal protective equipment such as an SCBA, suitability tests are performed to select the appropriate size of the product, protective equipment, and establishment of a system for providing	2.5 ± 1.12	2.5	2.6 ± 0.86	3
15. Firefighting equipment organization (tentative name) established	1.4 ± 0.70	1	1.6 ± 0.70	1.5
[Detailed Items such as SCBA Set Use, Education, and Cleaning Related Tasks]				
16. Conducting continuous workplace education in contraindicated situations when charging the SCBA	3.8 ± 1.20	4	4.3 ± 0.83	4.5
17. Establishment of operating system for use, washing, repair, and management training programs for incumbent firefighters when SCBA is assigned	4.0 ± 1.22	4.5	4.1 ± 1.05	4.5
18. Repeated training on container storage method, safety, hygiene inspection, and manual etc.	3.6 ± 1.32	4	4.3 ± 0.83	4.5
19. Added content to the manual to avoid inhaling the Han River water as much as possible in case of emergency water rescue for rescue workers	4.4 ± 1.32	5	4.6 ± 0.70	5
20. Development of a specialized training course for firefighting equipment for the systematic operation of personal protective equipment such as SCBA and charging room (Fire Academy)	3.5 ± 1.00	4	3.6 ± 1.11	4
21. There is a need to improve the working environment, such as providing a cleaning space for SCBA in the rescue team	2.9 ± 1.54	2.5	3.1 ± 1.36	3

Table 3. Continued

Evaluation Items	Evaluation Scale			
	2 nd Delphi Analysis Result		3 rd Delphi Analysis Result	
	Mean ± SD*	Median	Mean ± SD	Median
[Detailed Items for Performing Work Related to the SCBA Charging Room]				
22. Expansion of the reserve manpower pool that has completed training for SCBA charger work	3.5 ± 1.00	3	3.3 ± 0.66	3
23. Recommendation standards such as proper replacement cycle and installation environment of SCBA filling room filters, repetitive workplace training	3.9 ± 1.27	4.5	4.0 ± 1.00	4
[Law, Regulation, Program Filed]				
24. In the case of a rescue team located on a barge, provision of regulations for regular cleaning inside confined spaces (balance tanks, etc.)	2.9 ± 1.27	3	2.8 ± 1.09	3
25. Revision of SOP for disaster scenes	3.8 ± 0.66	4	3.8 ± 0.83	4
26. Preparation of technical standards for SCBA respirator sets by Korea Fire Industry and Technology Institute	2.1 ± 0.78	2	1.9 ± 0.60	2
27. Amendment or enactment of the Seoul Metropolitan Government Ordinance on the establishment of administrative organizations, etc.	1.5 ± 0.71	1	1.8 ± 1.09	1

*SD: Standard Deviation, **SCBA: Self-Contained Breathing Apparatus, ***SOP: Standard Operation Procedure

Table 4. Delphi Survey Results Considering the Importance and Practicality Priority

Evaluation Items	Evaluation Distribution				
	Importance		Practicality		Total
	Mean ± SD*	MD**	Mean ± SD	MD	PR***
[Organization, Manpower, Budget Field]					
1. Installation and operation of an SCBA**** charging room in a smoke-blocking space for fire vehicles	4.9 ± 0.33	5	2.9 ± 1.27	3	10
2. Installation and operation of integrated air charging rooms in Seoul or nearby forest areas by region	1.9 ± 0.78	2	1.6 ± 0.70	1.5	27
3. Improvement of working space environment such as air charging room for lifesaving rescue team	3.1 ± 1.17	3	2.9 ± 0.93	2.5	21
4. Reinforcement of advanced organization and special recruitment of professional manpower for systematic operation such as SCBA and SCBA charging room	2.6 ± 0.99	2.5	2.0 ± 1.00	2	26
5. Organization and operation of a non-permanent professional manpower pool such as SCBA, etc	2.6 ± 0.86	3	3.4 ± 0.86	4	21
[Improvement of Personal Protective Equipment Management System such as SCBA and SCBA Charging Room Use, Management, Environment, Etc]					
6. Installation and operation of an SCBA charging room in a separate, independent space where smoke is blocked in the fire fighting garage (implementation according to laws and regulations)	4.5 ± 0.71	5	3.0 ± 1.00	3	11
7. Improving the environment in the SCBA charging room and working space of the rescue team near the water	3.6 ± 0.86	4	2.8 ± 1.00	3	18
8. Fostering internal firefighting experts and providing incentives to the fire manpower pool of experts participating in firefighting policies	4.0 ± 1.22	4	3.3 ± 1.39	3.5	12
9. Operation of a field management system without shortage of SCBA respirator containers for field activities	4.3 ± 0.66	4	3.6 ± 0.86	4	8
10. Disaster scene SOP***** procedure emergency decontamination duty specified at the stage of disaster scene return procedure	4.6 ± 0.70	5	4.8 ± 0.43	5	2
11. Conducted education on the risk of health effects of pollutants at disaster scenes	4.5 ± 0.71	5	4.8 ± 0.43	5	3

Table 4. Continued

Evaluation Items	Evaluation Distribution				
	Importance		Practicality		Total
	Mean ± SD*	MD**	Mean ± SD	MD	PR***
[Improvement of Personal Protective Equipment Management System such as SCBA and SCBA Charging Room Use, Management, Environment, Etc]					
12. Expansion of storage area for personal protective equipment in a space separated from the fire fighting garage in the fire department and blocked from vehicle fumes	5.0 ± 0.00	5	2.1 ± 0.93	2	15
13. Addition of SOP for the primary decontamination of personal protective equipment in the stage of evacuation from disaster scenes according to the health effects of pollutants from disaster scene	4.3 ± 0.66	4	4.0 ± 0.50	4	6
14. When selecting personal protective equipment such as an SCBA, suitability tests are performed to select the appropriate size of the product, protective equipment, and establishment of a system for providing	4.6 ± 0.70	5	2.6 ± 0.86	3	12
15. Firefighting equipment organization (tentative name) established	3.6 ± 1.41	4	1.6 ± 0.70	1.5	24
[Detailed Items such as SCBA Set Use, Education, and Cleaning Related Tasks]					
16. Conducting continuous workplace education in contraindicated situations when charging the SCBA	4.5 ± 0.50	4.5	4.3 ± 0.83	4.5	4
17. Establishment of operating system for use, washing, repair, and management training programs for incumbent firefighters when SCBA is assigned	4.5 ± 0.50	4.5	4.1 ± 1.05	4.5	5
18. Repeated training on container storage method, safety and hygiene inspection, manual, etc.	3.6 ± 0.99	3.5	4.3 ± 0.83	4.5	8
19. Added content to the manual to avoid inhaling the Han River water as much as possible in case of emergency water rescue for rescue workers	3.0 ± 1.12	3	4.6 ± 0.70	5	1
20. Development of a specialized training course for firefighting equipment for the systematic operation of personal protective equipment such as SCBA and charging room (Fire Academy)	3.6 ± 1.11	4	3.6 ± 1.11	4	12
21. There is a need to improve the working environment, such as providing a cleaning space for SCBA in the rescue team	3.6 ± 0.86	4	3.1 ± 1.36	3	17
[Detailed Items for Performing Work Related to the SCBA Charging Room]					
22. Expansion of the reserve manpower pool that has completed training for SCBA charger work	3.1 ± 0.93	3	3.3 ± 0.66	3	18
23. Recommendation standards such as proper replacement cycle and installation environment of SCBA filling room filters, repetitive workplace training	4.1 ± 0.93	4	4.0 ± 1.00	4	7
[Law, Regulation, Program Filed]					
24. In the case of a rescue team located on a barge, provision of regulations for regular cleaning inside confined spaces (balance tanks, etc.)	3.6 ± 1.11	4	2.8 ± 1.09	3	18
25. Revision of SOP for disaster scenes	3.1 ± 1.27	3	3.8 ± 0.83	4	16
26. Preparation of technical standards for SCBA respirator sets by Korea Fire Industry and Technology Institute	3.0 ± 1.32	3	1.9 ± 0.60	2	25
27. Amendment or enactment of the Seoul Metropolitan Government Ordinance on the establishment of administrative organizations, etc.	3.6 ± 1.32	4	1.8 ± 1.09	1	23

*SD: Standard Deviation, **MD: Median, ***PR: Priority, ****SCBA: Self-Contained Breathing Apparatus, *****SOP: Standard Operation Procedure

장에서 발생할 수 있는 유해물질들을 인지할 수 있도록 신입자 교육과정과 재직자를 대상으로 하는 교육과정에 포함되어 모든 소방관들이 스스로의 안전과 건강관리를 인지할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다^(18,19). 넷째, 공기호흡기 충전 시 수행금지 상황을 지속적으로 소방관들을 대상으로 직장교육을

실시하는 것이 중요한 이슈로 도출되었다. 이는 공기호흡기 세트의 사용, 교육 세척관련 업무에 대한 세부사항 중 하나이다. 소방장비법 등 관련법령에서도 규정하고 있으나 관리적 측면에서 접근하자면 법령·규정 제정사실을 전파·교육하지 않는다면 행동으로 이행되기 어려우므로 직장교육 프로그램을

적극 활용해야 할 필요가 있다. 다섯째, 공기호흡기 배정 시 재직소방관을 대상으로 공기호흡기 세트의 사용, 세척, 수리, 관리에 대한 교육프로그램 운영시스템이 확립되는 것이 중요한 것으로 도출되었다. 한 연구에 의하면 공기호흡기 세트를 배정받을 때 세척방법에 대한 교육을 받았을 때 복귀전에 화재가 발생한 소방활동 현장에서 긴급제염을 수행할 확률이 높았고 통계적으로 유의한 것으로 나타났다⁽³⁾. 이는 교육을 받은 그룹은 그렇지 않은 그룹보다 스스로 직업적 노출을 제거하는 행동을 할 확률이 높아진 다는 것이므로, 공기호흡기에 대한 체계적인 교육은 반드시 필요하다고 하겠다. 여섯 번째로, 재난현장 오염물질 발생이 건강에 미치는 영향에 대하여 현장단계에서 개인보호장비에 대한 1차제염을 실시할 수 있도록 재난현장 표준작전절차(standard operation procedure, SOP)를 추가하는 것이 중요하다고 의견이 모아졌다. 이는 개인보호장비 중 하나인 화재현장 소방 특수방화복의 교차오염 저감을 위한 선행연구에서도 가장 중요하고 우선적으로 개선이 필요한 항목으로 도출된 바 있다⁽²⁰⁾. 현재 소방청에서 제작한 각 시·도 소방본부에 배포한 재난현장 표준작전절차인 SOP 108 출동대 복귀절차, SOP 200 화재대응 공통 표준작전절차, SOP 201의 화재대응 안전관리 부분에서 현장제염에 대한 내용이 포함될 수 있도록 개정함으로써 화재현장에서의 교차오염을 경감시키고 소방관의 직업적 누적 노출을 감소시키는데 기여할 것이다. 또한, 체계적이고 소방보건과 안전 측면에서 소방관 개인보호장비 관리체계를 유지하는 데 필수적인 항목 중 하나일 것이다. 일곱 번째로 공기충전실 관련업무 수행에 대한 내용으로 공기충전실 필터의 적정 교환주기와 설치 등 법령에서 규정하는 권고기준에 대한 반복적인 직장교육 수행이 중요하다고 의견 합의가 이루어졌다. 실제 대도시 소방관을 대상으로 한 연구에 의하면, 공기충전실 필터의 적정 교환시기(교체주기) 인지유무 조사결과 56.2%가 모른다고 응답하였고, 공기충전기 필터를 교환해야 될 시점에 교환하지 못해서 업무에 지장을 받은 적이 있는지에 대해 9.0%가 있었다고 조사된 바 있었다. 이 조사결과는 공기호흡기와 충전기를 사용하는 소방관을 대상으로 하는 반복적인 직장교육의 필요성을 보여준다고 볼 수 있겠다. 여덟 번째로 공기호흡기 용기보관법, 안전 · 위생검사, 매뉴얼 등에 대한 반복교육이 중요하다는 의견과 현장활동시 용기부족없는 공기호흡기 현장관리시스템 운영이 공동으로 도출되었다. 대도시 소방관을 대상으로 조사한 결과에서, 개인보호장비나 호흡보호장비 안전관리 매뉴얼 숙지유무에서 41.0%가 모른다고 대답하였고, 공기호흡기 세트의 사용 · 보관 · 관리 방법의 인지도는 35.8%였고, 공기호흡기 용기보관법을 적정하게 인지하고 있는 비율은 35.4%로 전반적으로 낮은 수준이었다. 또한, 소방활동 중 공기호흡기 용기부족으로 한 번이라도 업무수행에 어려움을 경험한 자는 35%로 조사되어 시스템 운영의 개선이 필요하다고 볼 수 있겠다. 마지막으로, 장기적으로는 공기호흡기 등 소방관 개인보호장비를 체계적으로 관리 · 운영할 수 있는 가칭 소방장비정비창의 신설 필요로 의견이 모아졌다. 현재 일부 시도에서 시범적으로 운영하고 있

으나 그 시스템이 체계적으로 확립되어 있지 않아 업무의 전문성과 효율성이 모두 떨어진다. 따라서, 텔파이조사 항목에서 제안된 가칭 소방장비정비창에서는 화재 · 구조 · 구급 모든 분야를 아울러 장비와 차량을 포함하여 구매, 정비, 수리, 점검, 폐기 등의 기능과 더불어 포스트 코로나19 시대에 특히 감염관리를 위한 장비관리 업무도 포괄적으로 관리하는 시스템 구축이 필요할 것이다.

4.2 공기호흡기 관리와 공기충전실 직업환경 개선을 위해 필요한 사항

텔파이 조사 27개의 평가항목 중 공기호흡기 관리와 공기충전실 직업환경 개선을 위해 필요한 부분에 해당되는 평가항목에서 가장 우선순위로 도출된 내용은 첫째, 소방차량 등에서 나오는 매연이 차단되는 공간에 공기충전실을 설치 운영해야 하는 항목으로 도출되었다. 이 항목은 텔파이 조사 결과 중요성에서 중앙값 5점의 높은 점수였으나 실행가능성에서 중앙값 3점으로 다소 낮았다. 이는 서울지역의 협소한 소방청사 부지로 인해 공간확보의 어려움으로 기인된 결과라고 사료된다. 실제 육상 소방기관에 설치중인 공기충전실 운영환경을 실험을 통해 확인한 결과 매연 등으로부터 차단되지 않는 공간에 설치된 공기충전실에서 충전한 공기호흡기 공기성분에서 일산화탄소가 일부 안전범위를 초과하여 검출된 바 있다. 그러나 매연 등으로부터 차단되는 별도의 공간에 설치된 공기충전실에서 충전을 한 경우 측정된 공기질 4가지 항목(일산화탄소, 이산화탄소, 수분, 오일미스트)이 모두 정상범위였다. 따라서 소방차량 등 매연으로부터 차단되는 소방청사 공간에 공기충전실을 설치 운영해야 하는 이유이며 이는 소방관들의 직업환경 측면에서도 중요한 부분 중 하나이다. 소방청사는 유해물질 유입차단을 위한 공간구성과 배치가 필요하다. 이를 위해 국내에서는 소방청 훈령 ‘소방청사 부지 및 건축기준에 관한 규정’에서 오염구역(hot zone), 전환구역(warm zone), 비오염구역(cold zone)으로 구분하여 소방청사를 건축 설계하도록 규정하고 있으나 이 기준에 근거하여 행정절차를 이행하는데 현실적인 어려움이 많을 것으로 사료된다. 우리 연구의 전문가 조사결과에서도 상기 평가항목이 매우 중요하지만 실행가능성이 높지않은 결과가 도출된 맥락과 연결된다고 볼 수 있겠다. 둘째, 소방청사 내 소방차고지에서 분리되어 차량매연에서 차단되는 공간에 개인보호장비 보관구역 확충이 두 번째로 필요한 항목 도출되었다. 이 항목에서 중요도는 평가위원 모두 5점으로 높게 평가되었으나, 실행가능성 항목이 평균 2.1점으로 산출된 것은 실제 예산이 수반될 수 있어 ‘실행가능성’ 측면에서 어려움이 있을 수 있다는 의견을 반영되었을 것이다. 도출된 이 항목은 차량 매연에 포함되어 있는 1급 발암물질 중 하나인 디젤 배기가스로부터 오염되지 않은 개인보호장비를 보관하기 위함이다. 서울시 소방관을 대상으로 한 연구에 의하면, 개인보호장비를 보관하는 공간이 차량매연으로 차단되지 않는 경우가 20%로 조사된 바 있다. 이러한 환경은 소방관으로써 화재현장에서의 직업적 노출뿐만 아니라, 소방청사의 구

조직 문제로 발생하는 간접노출에 해당된다. 특히 소방관이라는 직업노출이 국제암연구소(international agency research on cancer, IARC)에서 규정하는 Group 2B에서 Group 1으로 상향 조정됨에 따라 또 다른 직업적 노출을 가능하면 저감시킬 수 있는 환경개선이 무엇보다 중요하고 필요하다. 따라서 개인보호장비 보관장소의 간접노출 문제는 소방청사의 구조변경을 통해 직업환경을 개선할 수 있을 것이다. 전문가 조사결과에서도 상기 평가항목에서 중요도는 평균과 중앙값 모두 5점의 매우 높은 점수였으나, 실행가능성은 중앙값 2점으로 절반 이하였다. 그만큼 실제 현실적용에 어려움이 있어 개선에 많은 기간과 노력이 필요함을 의미한다. 셋째, 수난구조대 내 공기호흡기 세척공간 마련 등 근무환경 개선 항목이 세 번째로 필요한 항목으로 도출되었고, 수원에 근접해 있는 수난구조대의 공기충전실과 근무공간 환경개선 항목이 네 번째로 필요하다는 합의가 이루어졌다. 서울에 소재해 있는 수난구조대는 한강 바지선 형태의 근무환경을 갖추고 있다. 수원이 가까이 있어 연중 근무환경이 습도가 높아 청결한 관리를 하지 않을 경우 곰팡이, 세균이 증식하기 매우 좋은 환경을 갖추고 있어 체계적인 관리가 중요하다고 할 수 있겠다. 이번 조사과정에서 수난구조대 근무환경의 열악함이 자세히 조사되었다. 공기호흡기의 충전공기 구성성분 중 하나인 수분의 안전범위는 25 mg/m³ 이내로 규정되어 있다. 그러나 일부 파일럿 실험을 통해 수난구조대 공기충전실에서 충전한 공기호흡기 수분은 안전범위를 초과하여 충전되는 것을 확인하였다. 이는 향후 생물학적으로 미생물 또는 곰팡이 등이 용기 내에 증식될 가능성을 높이며 이것을 재난현장 등에서 소방관이 사용하게 될 경우, 건강영향을 초래하게 될 수 있다. 따라서 충전공기 중 수분함량을 안전범위 이내로 낮출 수 있도록 노력해야 하며, 이를 위해 공기충전기 수분필터의 적정기능 유지여부 확인 등 산업위생전문가의 중재와 개인이 필요할 것이다. 이번 델파이 조사결과, 수난구조대 근무환경 개선의견의 목소리가 있었다. 수난구조대 공기호흡기 충전실 바로 옆 밀폐공간 중 하나인 밸런스 탱크가 위치하는데 여기에서 황화수소가 검출되었고 이 공간에서 발생하는 악취가 충전되는 공기호흡기 bombe 내부로 역류되어 공기호흡기 착용 시 냄새의 흡입 등 불편감이 있는 것으로 확인되었다. 또한, 밸런스탱크에서 나오는 벌레가 근무 중인 사무실과 대기실로 이동함으로써 위생적이지 못한 근무환경임을 확인하였다. 이는 향후 밸런스탱크를 포함한 수난구조대 청사 내에 존재하는 밀폐공간의 정기적인 청소가 필요할 것이다.

이 연구는 소방관들의 산업보건학적 측면에서 공기호흡기와 공기호흡기 충전실에 대한 시스템과 직업환경 개선 이슈를 처음으로 다루었다는 데에 의의가 있다. 공기호흡기는 오래전부터 용기 내 이물질 발견, 부식의 문제가 지속적으로 제기되어오고 있다. 이 연구에서는 더 나아가 공기호흡기와 공기호흡기 충전실에 대하여 시스템접근과 직업환경적으로 시급히 제도 개선이 필요한 제안을 정책실행에 적용할 수 있도록 도출한 연구이다. 따라서 이 연구를 출발점으로 삼아 공기호흡기와 공기호흡기 충전기를 포함한 개인보호장비 운영과 관리

에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

5. 결론

소방관의 기본적인 개인보호장비 중 하나인 소방 공기호흡기와 충전실의 관리체계 및 환경개선을 위하여 현재 시점에서 우선적으로 중요하면서도 실행가능성이 높은 소방정책들을 도출하였다. 또한, 도출된 소방정책에서 공기호흡기와 공기충전실의 체계적 관리시스템과 직업환경 개선의 논점으로 나누어 개선하여 실행하여야 할 소방정책들을 구체화하여 제시하였다. 이 연구결과에서 구조대원이 개인보호장비 없이 수난구조 시 가능한 한강물을 먹지 않도록 하고, 원치 않게 음용 후 복통, 설사 등 증상발현 시 응급조치를 매뉴얼에 추가해야 하는 것이 가장 우선순위로 도출되었고, 재난현장의 오염물질 건강영향 위험성 교육과 재난현장 복귀절차단계에서 오염제거 의무를 명시함으로써 소방관 개인이 공기호흡기를 포함한 개인보호장비를 철저히 사용하고 관리할 수 있는 행동변화와 시스템 구축이 필요함을 보여주었다. 이 연구결과는 향후 소방 공기호흡기와 공기충전기(실) 등 소방관 개인보호장비를 포함한 소방정책 이행을 위한 로드맵 설정과 단계별 기획, 실행과 시스템 정착에 활용될 수 있을 것이다.

References

1. H. Park, J. Park, S-H Lin and L. M. Boorady, "Assessment of Firefighters' Needs for Personal Protective Equipment", *Fashion and Textiles*, Vol. 1, No. 8, pp. 1-13 (2014). <https://doi.org/10.1186/s40691-014-0008-3>.
2. IFSTA, "Essentials of Fire Fighting and Fire Department Operations, 5th Edition", pp. 180-198 (2008).
3. H. S. Park, S. Ham, J. H. Jeong, S. J. Kim and H. Woo, "Examination of Factors Influencing SCBA Washing Behavior among Firefighters in Metropolitan", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 19, No. 4, pp. 1-9 (2022). <https://doi.org/10.3390/ijerph19042240>.
4. NFA, Regulation "Standard Notice on Safety Management of Respiratory Protection Equipment" (2011).
5. Y. Choi, "Controversy over Detection of Foreign Substances in 'Air Respirator Container', a Lifeline of Firefighters", *FPN*, Available From: https://www.fpn119.co.kr/sub_read.html?uid=60347§ion=sc72 (accessed March 2, 2022).
6. S. Ye, H. Kim, K. J-C, J. E. Kim, S. Park, Y. Lee and E. H. Ha, "Parkinson's Disease among Firefighters: A Focused on the Potential Effects of Exposure to Toxic Chemicals at the Fire Scene", *The Korean Society of Biological Psychiatry*, Vol. 24, No. 1, pp. 19-25 (2017).
7. S. K. Kim. "Parkinson's Disease", *Occupational Health*, Vol. 381, pp. 31-53 (2020).

8. D. D. Spencer, R. J. Robbins, F. Naftolin, K. L. Marek, T. Vollmer, C. Leranath, R. H. Roth, L. H. Price et al., "Unilateral Transplantation of Human Fetal Mesencephalic Tissue into the Caudate Nucleus of Patients with Parkinson's Disease", *N Eng J Med*, Vol. 327, No. 22, pp. 1541-1548 (1992). <https://doi.org/10.1056/NEJM199211263272201>.
9. C. W. Lee, Y. J. Lee, S. H. Hyun, J. M. Sung, Y. S. Song, D. M. Choi and M. O. Yoon, "A Study on the Actual Condition for Air Repirators Using Air-breathing", *Fire Science and Engineering*, Vol. 18, No. 4, pp. 16-21 (2004).
10. C. W. Lee, Y. J. Lee, S. H. Hyun, J. M. Sung, Y. S. Song, D. M. Choi and M. O. Yoon. "A Study on the Effect of Compressed Air-breathing Upon Human", *Fire Science and Engineering*, Vol. 18, No. 2, pp. 95-102 (2004).
11. S. H. Oh, "A Study on the Prevention of Air Repirator", Gachon University, Kyunggi-do, pp. 1-32 (2012).
12. I. K. Hwang, "A Study on the Enhancement of Effectiveness through Improvement of Respiratory Protection Equipment System", University of Seoul, Seoul, pp. 1-83 (2019).
13. D. H. Yoo, "Effects of Body Temperature and Stress Hormone Waering Firefighters' Personal Protective Equipment with Self Contained Breathing Apparatus in Repetitive Firefighting", *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 28, No. 2, pp. 1033-1044 (2019). <https://doi.org/10.35159/kjss.2019.04.28.2.1033>.
14. M. K. Rayens and E. J. Hahn, "Building Consensus using the Policy Delphi Method", *Policy Polit Nurs Pract*, Vol. 1, No. 4, pp. 308-315 (2000). <https://doi.org/10.1177/152715440000100409>.
15. S. J. Kim, "Assessment of using, Management of Self-Contained Breathing Apparatus and SCBA-charged Equipment · Room", Fire Science Research Center, Seoul Metropolitan Fire Service Academy, Seoul, pp. 29-36 (2021).
16. P. A. Demers, D. M. DeMarini, K. W. Fent, D. C. Glass, J. Hansen, O. Adetona, M. H. Andersen, L. E. B. Freeman, et al., "Carcinogenicity of Occupational Exposure as a Firefighter", *Lancet Oncol*, Vol. 23, No. 8, pp. 985-986 (2022). [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(22\)00390-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(22)00390-4).
17. W. F. Kenneth, A. Barbara, R. Jennifer, R. Shirley, T. Christine, S. Deborah, S. Bertke, S. Kerber et al, "Contamination of Firefighter Personal Protective Equipment and Skin and the Effectiveness of Decontamination Procedures", *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 14, No. 10, pp. 801-814 (2017). <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1334904>.
18. S. J. Kim, "Disease Prevalence and Direct, Indirect Exposure to Hazardous Substances among Metropolitan Firefighters in Korea", Doctoral's Thesis, Seoul National University, Seoul, pp. 51-59 (2021).
19. H. E. Oh, S. J. Kim, H. Woo and S. Ham, "Associations between Awareness of the Risk of Exposure to Pollutants Occurring at Fire Scenes and Health Beliefs among Metropolitan Firefighters in the Republic of Korea", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 19, No. 14, pp. 8860-8876 (2022). <https://doi.org/10.3390/ijerph19148860>.
20. S. J. Kim and S. Ham, "Delphi Study on the Reduction of Cross-contamination and Improvement of Management System on Firefighting Protection Suit", *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 32, No. 2, pp. 182-194 (2022). <https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2022.32.2.182>.