

[Research Paper]

원자력발전소 화재에 대한 관할 지역 소방관의 위험인식: 측정도구의 개발과 타당화

최해연 · 이상규* · 최종안***

한국상담대학원대학교 상담학과 교수, *한국원자력안전기술원 계통평가실 책임연구원, **강원대학교 심리학과 교수

Risk Perception of the Firefighters Responsible for Nuclear Power Plants: Construct Validity

HaeYoun Choi · SangKyu Lee* · Jong-An Choi***

Professor, Department of Counseling, Korea Counseling Graduate University,

*Principle Researcher, Department of Reactor System Evaluation, Korea Institute of Nuclear Safety,

**Professor, Department of Psychology, Kangwon National University

(Received October 2, 2019; Revised October 22, 2019; Accepted October 22, 2019)

요 약

원전의 안전관리에서 화재 대응의 중요성이 강조되는 시점에서, 화재 대응 인력의 심리적 상태와 역량을 체계적으로 접근할 필요가 있다. 본 연구는 원전 관할 지역 소방관들의 위험인식 구성개념을 규명하고, 이를 측정하는 측정도구를 개발 및 타당화 하였다. 원전 관할 소방관을 대상으로 실시된 인터뷰 분석과 문헌연구를 바탕으로 원전 화재에 대한 위험인식의 문항을 개발하였다. 개발된 문항들에 대한 타당화 연구에는 전라남도, 경상북도 및 부산 소재 원전 관할 소방서 및 119안전센터 5곳에서 참가자를 모집하여 총 180명의 소방관들이 참가하였다. 탐색적 요인분석 결과, 원전 화재의 재난적 결과 및 두려움을 반영하는 ‘두려움’, 원전에서의 화재 및 방사능 누출에 대한 대응 절차와 지침의 부족을 반영하는 ‘매뉴얼’, 원전 화재에 대응할 소방 인력 및 안전장치의 부족을 나타내는 ‘대응자원’, 원전 소방활동을 위한 관계 기관과의 공조와 신뢰를 나타내는 ‘신뢰’, 방사능 및 원전 소방 활동에 대한 지식을 의미하는 ‘지식’의 5개 요인 구조가 추출되었다. 최종 선별된 15개 문항으로 구성된 척도의 신뢰도와 타당도를 확인하였다. 본 연구 결과를 바탕으로 원전 관할 소방관들의 위험인식의 구성적 특성에 대해서 논의하였다.

ABSTRACT

As the importance of first responses for fire accidents has grown in the safety management of nuclear power plants, a systematic approach to measure firefighters' psychological states and competence is needed. The current study investigated the construct of the risk perception of the firefighters working near nuclear power plant sites, and then developed and validated a new scale to measure firefighters' risk perception regarding nuclear power plant accidents. The scale items were developed on the basis of literature review and interviews with the firefighters working near nuclear power plant sites. In order to validate the new scale, we recruited 180 firefighters from five fire stations in the vicinity of the nuclear power plants in Jeonnam Province, Gyeongbuk Province, and Busan. The results of exploratory factor analyses revealed that the scale consisted of five factors: "manual" reflecting a lack of response guidelines and manuals for fire incidents and radioactive material release; "fear" reflecting a fear of fire incidents in the nuclear power plants and their catastrophic consequences; "resource" reflecting a lack of protective equipment and manpower for responding to fire incidents in the nuclear power plants; "trust" reflecting trust and cooperation with the counterpart institutions for firefighting in the nuclear power plants; and "knowledge" reflecting the knowledge of radioactivity and firefighting in the nuclear power plants. Further analyses provided statistical evidence supporting for the 15-item scale's internal consistency and construct validity. Finally, We discussed the implication and limitations of the current research.

Keywords : Risk perception, Firefighter, Fire events, Nuclear power plants, Construct validation

† Corresponding Author, E-Mail: jonganchoi@kangwon.ac.kr. TEL: +82-33-250-6856, FAX: +82-33-259-5610

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

원자력발전소(원전)에서의 화재 대응은 그 중요성이 더욱 강조되고 있다. 화재는 원전의 다른 위험요인에 비해 과소평가되어왔지만, 최근에는 화재로 인한 위험이 지진 다음으로 노심손상빈도(Core melt frequency)에 미치는 영향이 큰 것으로 평가된다. 화재로 인해 중요한 케이블들이 손상됨으로써 주요 안전계통 작동에 영향을 줄 수 있고^(1,2) 핵심적인 기반시설의 붕괴와 그로 인해 발생하는 위기는 서로 영향을 미치며 파급되는 연쇄적인 효과를 초래할 수 있다⁽³⁾.

이러한 화재를 예방하고 화재 발생 시 효과적으로 대처하기 위해서는, 화재 상황에 적절히 판단하고 대응하는 사람의 역할이 중요하다. 그러나 기존 원자력과 소방 안전 연구는 기술적 측면의 안전성에 집중되었고, 소방관의 심리상태와 같은 인적 변인에 대한 연구는 매우 적었다^(4,5). 원전 기술이 고도로 발달된 현 시점에 관련 인력의 심리상태와 역량이 원전 안전을 결정하는 핵심요소가 될 수 있다^(6,7). 이에 본 연구는 원전 관할 소방관의 심리 변인 중, 위험인식의 구성개념을 밝히고, 이를 바탕으로 원전 관할 소방관들의 위험인식을 신뢰롭게 측정할 도구 개발을 목적으로 한다.

열, 유독성 물질, 건물붕괴 등 수많은 위험에 직면하지만, 직무수행을 위해 자신의 안전을 희생하는 직무특성을 가진 소방관⁽⁸⁾에게, 위험인식은 효과적인 직무수행 및 심리, 신체적 건강과 직결된 심리적 요인이다. 위험에 대한 현실적인 판단이 이루어지지 않는다면 과도한 위험을 감수하여⁽⁹⁾ 손해와 인명손실을 초래할 수 있다⁽¹⁰⁾. 한편, 과도한 위험인식은 업무수행을 저하하고⁽¹¹⁻¹³⁾, 안전행동에 부정적인 영향을 미칠 수 있다⁽¹⁴⁾.

위험인식에 대한 실증적 연구들은 심리측정패러다임(Psychometric paradigm) 접근이 주류를 이루고 있다⁽¹⁰⁾. 심리측정패러다임 연구들은 위험인식이 과묵적 위험에 대한 '두려움'과 '무지' 두 차원에 의해 결정된다고 제안한다^(15,16). 즉, 특정 위험에 대해 가지는 위험인식은 해당 위험으로 인해 발생할 수 있는 과묵적 결과와 위험에 관한 비통제성으로 인한 두려움, 그리고 위험에 대한 개인적 지식과 친숙도에 따라 결정된다고 설명한다. 원전의 경우, 대형 사고 발생 시 과묵적 재난 가능성과 원전 기술의 난해함으로 인해, 대중에게는 전문적이고 객관적인 위험 평가 결과보다 더 위험하게 인식되는 경향이 있다⁽¹⁷⁾. 이는 위험인식이 주관적으로 구성되며, 여러 심리적 요소들에 영향을 받기 때문이다. 먼저, 원자력 기술에 대한 개인적 지식 수준에 따라 원전 사고에 대한 위험인식에 주요한 차이가 나타난다. 선행 연구들은 일관되게 원자력에 대한 지식과 위험인식 수준 간의 부적(Negative) 상관관계를 보고하여 왔다^(17,18). 원전 근로자들의 위험인식은 주변 주민들에 비해 현저하게 낮게 나타나는데, 이러한 차이는 원전에 대한 지식수준의 차이로 설명되었다⁽¹⁹⁾. 원전 근로자들 사이에도 원전 지식이 풍부

한 근로자일수록 원전의 위험성을 낮게 지각하는 것으로 나타났다. 또한 원전과 관련된 경험 수준도 위험인식에 영향을 미칠 수 있다. 원전 주변 주민들의 원전 사고 및 정보 획득 경험 수준이 원전의 위험인식에 유의한 영향을 미치는 것으로 관찰되었다⁽²⁰⁾. 한편, 원전 운영 주체에 대한 신뢰 역시 위험인식에 유의한 영향을 미친다는 결과도 꾸준히 보고되고 있다. 관련 지식이 부족한 일반인들 사이에서도 원전 사고에 대한 위험인식의 차이를 관찰할 수 있는데, 이러한 차이는 원전 운영 주체에 대한 신뢰로 설명이 가능하다⁽²¹⁻²³⁾. 즉, 원전 운영 주체가 원전을 안전하게 운영하고 사고 발생 시 이를 효과적으로 수습할 능력이 있다고 믿을수록 원전 사고에 대한 낮은 위험인식을 갖는 것으로 밝혀졌다.

이처럼 원전 사고에 대한 위험인식은 주관적으로 구성된 경험으로^(21,22) 다양한 심리적 요인에 의해 영향을 받는다. 전문가와 일반인이 원전 위험에 대한 주관적 해석과 심리적 표상이 상이하듯이, 원전과 관련된 다양한 주체들이 원전 사고에 대해 가지는 위험인식에는 차이가 있을 수 있다. 그런데 지금까지의 이러한 위험인식의 차이와 그 영향에 대한 관심은 매우 부족하였다. 특히 원전 화재 발생 시 일차적 대응 책임을 지고 있는 소방관들이 지니는 위험인식에 대해서는 밝혀진 바가 거의 없었다. 특히 2015년 국내 원자력 발전소 및 관계시설에 설치되는 소방시설의 기술기준을 소방관계법령이 아닌 원자력안전위원회의 원자력관련법령에 따르도록 되어, 관할 지역 소방관들은 원전 내 소방 인력 및 안전관리 인력과 긴밀한 공조 하에 업무를 수행해야 한다. 원전에서의 대형 화재나 위기 시, 원전 관할 소방관들은 화재진압의 책무를 갖지만 이들이 원전 내 화재와 관련하여 어떠한 심리 상태에 있는지는 알려진 바가 없다.

이에 최근 질적 연구방법을 통해 원전 관할 소방관들의 원전 화재에 대한 위험인식을 분석한 결과, 그 양상이 일반인들의 위험인식과는 여러 점에서 구분됨을 확인할 수 있었다. 먼저 원전 주변 소방관들의 위험인식에 영향을 미치는 지식 차원이 포괄적이고 복합적 구조를 가지고 있었다. 원전 주변 소방관들의 위험인식은 원전이나 방사능에 대한 지식 이외에도 원전 화재 대응 역량 및 자원, 대응 매뉴얼 등과 같은 원전 소방 직무 관련 지식들에 의해 결정되는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 원전 관할 소방관들의 위험인식에는 원전 화재 시 협업 조직에 대한 신뢰가 주요한 위치를 차지하고 있었다. 지식과 경험이 부족함에도 원전 화재 진압 업무를 수행해야 하는 소방관들에게 조직에 대한 신뢰와 협업은 안전한 소방 활동에 핵심이기 때문에^(24,25), 조직 내 그리고 조직 간 신뢰가 소방관들의 위험인식에 큰 영향을 미치는 것으로 이해될 수 있다. 이처럼 안전관리 직군에 속하는 소방관들의 위험인식은 위험 대상의 심각성 뿐 아니라 전문적 지식, 조직 내 그리고 조직 간 신뢰, 대응 자원 등 화재 진압 업무와 관련된 다양한 요인들이 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다.

최근 질적 연구 방법론을 통해 원전 관할 소방관들의 위

Table 1. Characteristics of Samples

Characteristics		Exploratory Factor Analysis (N = 90)	Confirmatory Factor Analysis (N = 90)
		N (%)	N (%)
Gender	Male	84 (93.3)	88 (97.8)
	Female	6 (6.7)	2 (2.2)
	Non-respondent	-(-)	2 (2.2)
Age	20's	14 (15.6)	14 (15.6)
	30's	26 (28.9)	25 (27.8)
	40's	30 (33.3)	27 (30)
	≥ 50's	20 (22.2)	22 (24.4)
	Non-respondent	-(-)	2 (2.2)
Work Period	> 1 year	9 (10)	10 (11.1)
	1 to < 5 years	14 (15.6)	12 (13.3)
	5 to < 10 years	15 (16.7)	16 (17.8)
	10 to < 20 years	17 (18.9)	22 (24.4)
	≥ 20 years	35 (38.9)	29 (32.2)
	Non-respondent	-(-)	1 (1.1)
Work Area	Jeollanam-do	35 (38.9)	46 (51.1)
	Busan1	14 (15.6)	11 (12.2)
	Busan2	12 (13.3)	17 (18.9)
	Gyeongsangbuk-do1	15 (16.7)	11 (12.2)
	Gyeongsangbuk-do2	14 (15.6)	5 (5.6)

험인식의 특수성을 탐색하였지만, 해당 결과만으로는 소방관들의 원전 화재에 대한 위험인식을 정확히 규명하기 어렵다. 질적 연구의 특성 상, 연구자들의 주관적 해석이 관여하고, 소수의 대상만이 연구에 포함되었기에 그 결과를 일반화하는데 한계가 존재한다. 기존 원전 관련 위험인식 연구들도 상당수 타당화 절차 없이 개발된 측정도구를 사용하여 연구 결과의 타당성과 일반화 가능성에 제약이 있다. 위험인식의 영향을 실증적으로 밝히고, 위험인식을 형성하는 심리, 환경, 제도 내의 취약성 요인을 찾아 개선하기 위해서는, 기초적으로 신뢰할 수 있고 타당한 측정도구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 심리측정의 양적 방법론을 적용하여 원전 관할 소방관들이 지니는 위험인식의 복합적이고 다면적 특성을 구조화하며, 이를 측정할 수 있는 도구를 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 연구방법

2.1.1 연구 참가자

(1) 문항개발 단계

‘원전 관할 소방관의 심리’ 연구⁽²⁶⁾의 집단토의(Focus group interview) 원자료를 사용하였다. 집단토의에는 전라

남도 소재 원전 관할 119안전센터 및 소방서에 3곳에서 총 18명(남성 93.3%, 평균 연령 43.3세)이 참가하였다. 집단토의는 근무지 현장 모임(On-site meeting) 방식으로, 상담심리전문가에 의해 진행되었고 1시간이 소요되었다.

(2) 타당화 연구 단계

전라남도, 경상북도 및 부산 소재 원전 관할 소방서 및 119안전센터 5곳을 방문하여 연구참가자를 모집하였다. 기관의 사전 동의 후, 근무지 현장을 방문하여 개별 참가자의 연구동의절차를 이행한 후 설문을 실시하였다. 총 201명의 소방관이 연구에 참여하였으며 이 중 신뢰성이 떨어진다고 판단되는 자료 10부, 결측치 자료 11부는 제외하고 최종적으로 180명의 자료를 분석에 사용하였다. 180명의 자료는 무선 배치 방법으로 2개 집단으로 나누어 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석에 각 90명의 자료를 할당하였다. 탐색적 요인분석 응답자는 남성 84명(93.3%), 여성 6명(6.7%)으로 평균 연령은 41.2세(표준편차 = 9.5, 범위 23~60세), 평균 경력 기간은 13.6년(표준편차 = 9.5, 범위 0.1~31.0년)이었다. 확인적 요인분석은 남성 88명(97.8%), 여성 2명(2.2%), 미응답자 2명(2.2%)로 평균 연령은 41.3세(표준편차 = 9.7, 범위 21~58세), 평균 경력 기간은 13.1년(표준편차 = 9.3, 범위 0.1~30.8년)이었다. 연구참여자 특성의 분포를 Table 1에 제시하였다.

2.1.2 자료분석

(1) 문항 개발

집단통의를 통해 원전에 대한 전반적 인식, 원전에서 발생하는 화재에 대한 인식을 중심으로 참여자가 인식하는 위험의 의미와 내용을 파악하였고⁽²⁷⁾ 수집된 자료는 축어록으로 작성되었다. 축어록을 분석하여 지속적인 비교 접근을 통해 구분가능한 현상들을 추출한 후, 이를 범주화시켰다. 문항 개발을 위하여 원자료에서 추출된 현상들 대부분이 위험인식과 관련된다고 판단되었다. 추출된 개념들을 반복적으로 검토하여 범주와 항목을 구조화한 결과, 27개 범주의 146개 항목으로 구분되었다. 이어 유사한 항목들은 의미를 가장 명확하게 드러내는 하나의 문장으로 축약하고 문법에 맞게 문장을 수정하였다. 축약과 선별의 과정을 통해 69개의 항목으로 축약하였다. 이어 위험인식을 구성하는 ‘두려움’과 ‘대응자원’의 두 차원으로 항목들을 분류하며 유사 범주 및 항목을 통합하였고, 문헌연구에서 추출한 문항을 추가하였다. ‘두려움’ 차원에는 원전사고 발생가능성, 심각성, 죽음과 후유증에 대한 두려움, 대응 직무에 대한 전반적 두려움을 반영한 5개 문항들을 포함하였다. 이 중 ‘환경오염과 인명피해를 동반한 원전 사고/화재가 한국에서도 발생할 것이다’, ‘우리 지역에서 원전 화재가 발생한다면, 그 위험이 심각하고, 재난일 것이다’, 그리고 ‘원전 관할지역에 근무한다면, 나는 두려움을 느낄 것이다’의 3개 문항은 원자력 위험 지각⁽²⁸⁾ 연구에서 개발된 문항을 사용하였다. 지식과 신뢰 등, 대응자원 부족으로 인한 위험인식을 측정하기 위해서 ‘장비, 매뉴얼, 정보’, ‘지식’, ‘인력과 권한’, ‘신뢰’ 범주를 반영한 29개 문항이 선별되었다. 이와 같은 과정을 통하여 최종적으로 총 34문항의 예비 척도를 구성하였다. 자료분석은 심리학박사 2명 및 심리학 전공 대학원생 3명에 의해 실시되었고, 원전 관할 소방관 2명에게 내용이 경험과 부합하며 가독성이 있는지 감수받았다.

(2) 척도 타당화

원전 관할 소방관의 원전 화재 위험인식 척도의 요인구조를 확인하기 위하여 34개 예비문항에 대해 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 연구참가자 90명의 자료를 사용하였고 SPSS 21.0을 이용하였다. 이어 탐색적 요인분석 결과의 타당성과 척도의 구성타당도를 평가하기 위하여 확인적 요인 분석을 실시하였다. 탐색적 요인분석에 사용된 자료와는 독립적인 연구참가자 90명의 자료를 사용하였고 AMOS 21.0을 사용하였다. 모형적합도 수준 확인을 위해, 절대적합지수 χ^2 과 Root mean square error of approximation (RMSEA)⁽²⁹⁾와 증분적합지수 Tucker-Lewis Index (TLI), Comparative fit index (CFI), Standardized root mean residual (SRMR) 값⁽³⁰⁾을 활용하였다. 측정모형에서 요인을 설명하는 지표변수들이 내적으로 일치(Internally consistent)하는지 정도, 그리고 요인 내 지표변수 간 상관관이 다른 요인에 속한 지표변수와의

상관보다 높은지 여부를 통해 수렴타당도와 변별타당도를 각각 확인하였다⁽³¹⁾.

2.2 연구결과

2.2.1 탐색적 요인분석을 통한 요인구조

주축요인추출법(Principal axis factoring) 요인 추출 방식과 사각회전(Direct oblimin)을 사용하여 탐색적 요인분석을 실시하였다. 표본적합도를 나타내는 Kaise-meyer-olkin measure (KMO)지수가 .766이었고, Bartlett의 구형성 검증 결과는 $\chi^2 = 2025.388$; $df = 561$, $p < 0.001$ 로 요인분석에 적합한 자료인 것으로 나타났다. 요인 수를 지정하지 않고 분석을 진행한 결과, 고유값이 1보다 큰 요인 10개가 확인되었다. 스크리플롯(Scree plot)과 각 요인의 해석 가능성을 고려하여 최적의 요인 구조를 탐색하였다.

스크리플롯의 하락율만을 고려할 때는 3요인 구조가 유력하였다. 그러나 3요인 구조는 이전 연구 결과를 충분히 반영하지 못하는 문제가 있었다. 문헌연구와 질적연구에서 구분되었던 ‘두려움’과 ‘대응자원’ 관련 문항들이 하나의 요인에 포함되어 구분되지 않았다. 또한, ‘장비, 매뉴얼, 정보’, ‘지식’, ‘인력과 권한’, ‘신뢰’ 등 선행연구들에서 제시되었던 범주들이 명확히 구분되지 못하였다. 이에 기술적 기준에 맞추기보다 논리적 해석을 중심으로 4-6개 요인구조를 비교 검토하였다. 그 결과 5요인 구조가 가장 적합한 것으로 연구자 간 합의가 이뤄졌다. 5요인 구조는 3요인 구조에 비해 대응자원을 보다 세밀하게 구분하여, 선행 연구에서 이론적으로 제시되었던 위험인식의 하위 차원들을 적절히 반영할 수 있는 장점을 가졌다.

요인구조를 보다 명확히 하고자 요인부하량이 .40미만인⁽³²⁾ 문항들과 요인 간 교차부하되는 항목 중 요인 간 부하량의 차이가 .40 미만인 문항들을 삭제하였다. 특정 요인 내에서 의미 중복도가 높은 문항들의 경우에는, 문항 특성을 가장 잘 반영한다고 판단되는 문항을 선별하고 나머지 문항들을 삭제하였다. 마지막으로, 척도의 간결성을 위하여 요인부하량이 높은 순으로 각 3개 항목을 선별하여 최종적으로 15개 문항을 확정하였다.

5개 요인 15개 문항의 요인구조는 Table 2와 같다. 요인 1은 원전 소방활동에 대한 매뉴얼, 원전 화재에 대한 대응 절차와 지침, 방사능 누출에 대한 대응 절차와 지침과 관련된 3개 항목을 포함하고 있다. 원전 화재에 대한 대응 절차와 지침에 대한 내용이므로 요인명을 ‘매뉴얼’으로 명명하였다. 요인 2는 원전 화재 대응에 대한 두려움, 원전 화재 이후 죽음이나 후유증, 재난적 심각성에 대한 내용으로 ‘두려움’으로 명명하였다. 요인 3은 원전 화재에 대응할 소방인력, 전문지식을 갖춘 소방인력, 피폭에 대비한 안전장치의 부족의 내용이었고 ‘대응자원’으로 명명하였다. 요인 4는 원전 소방 활동을 위한 한수원과의 공조, 신뢰, 정보 공유에 대한 항목이 포함되어 ‘신뢰’라고 명명하였다. 요인 5

Table 2. Factor Loadings for the Fire Fighter’s Risk Perception Scale (N = 90)

	Factor1 Manual	Factor2 Fear	Factor3 Resource	Factor4 Trust	Factor5 Knowledge	Communality	M (SD)
Response Procedure and Guidelines for Fire Events in the Nuclear Power Plant (Npp) is Equipped.	1.028	.029	-.004	-.021	-.098	.83	3.93 (1.51)
Manuals for Firefighting in the Npp is Well Equipped.	.868	.004	.070	-.003	.066	.96	4.13 (1.61)
Response Manuals for Radiation Leak is Equipped.	.767	.053	-.030	.215	.012	.78	3.88 (1.56)
The Exposure to Radiation During Fire Fighting in Npp can Lead to Severe Disease or Death.	-.060	.790	.028	-.025	.021	.46	5.86 (1.29)
I am Afraid of Responding to Fire Events in Npp.	-.045	.774	-.186	.029	-.086	.77	5.57 (1.41)
If Fire in the Npp were to Occur in our Area, the Danger is Serious and it will be a Disaster	.164	.627	-.030	-.083	.097	.62	6.26 (1.15)
Manpower Equipped with Professional Knowledge of Npp and Radioactivity is Insufficient.	.059	-.143	.853	-.073	-.031	.81	5.93 (1.34)
There is a Shortage of Manpower for Responding to Fire Events in the Nuclear Power Plant.	-.080	.131	.848	.306	-.136	.83	5.78 (1.48)
Protective Equipments for Fire Events in Npp are Insufficient.	.094	-.162	.699	-.144	.189	.63	5.64 (1.46)
Joint Firefighting Operation Among the Fire Station and Fire Management Manpower in Npp is Well Managed.	.114	-.030	-.052	.864	.112	.42	4.03 (1.43)
When Working Jointly, I have Trust in Counterpart Institutions.	.143	-.017	-.047	.752	.119	.93	3.84 (1.41)
Accurate and Detailed Information on Fire Events in Npp is Shared.	.009	-.092	.180	.535	.007	.76	4.53 (1.6)
I have Knowledge and Experience Needed to Deal with Fire Events in Npp.	-.005	-.176	-.061	.162	.756	.73	4.38 (1.54)
I have Practical Knowledge of the Risks of Radioactivity.	-.016	.197	.032	.003	.700	.50	3.4 (1.54)
I am Well Prepared with Prior Information Needed for Firefighting in Npp.	.276	-.238	.019	.175	.444	.61	4.62 (1.48)
Eigenvalue	5.17	2.73	1.13	0.84	0.75		
Total Variance (%)	34.48	52.69	60.21	65.82	70.79		

는 방사능 및 원전 소방 활동에 대한 지식, 사전 정보 공유에 대한 내용이므로 ‘지식’으로 명명하였다.

원전 관할 소방관의 위험인식 척도의 요인구조와 각 문항의 기술통계값을 Table 2에 제시하였다. 전반적인 위험인식 수준은 7점 척도에서 평균값이 4.79점이었다. ‘두려움’이 5.89점으로 가장 높았으며, ‘매뉴얼’이 3.98점으로 가장 낮게 보고되었다. 특히 ‘두려움’은 다른 4개 요인들과 비교

하여 범위와 표준편차가 작아 연구참가자들 반응의 편차가 적음을 알 수 있다. 15문항의 전체 내적합치도(Cronbach’s α)는 .86이며 매뉴얼 .94, 두려움 .80, 대응자원 .86, 신뢰 .83, 지식 .75로 양호한 신뢰도를 나타냈다.

2.2.2 확인적 요인분석

탐색적 요인분석을 통해 도출된 두려움, 지식, 매뉴얼,

Table 3. Model Fit (5Factors 15items, N = 90)

X ²	CMIN/DF	df	TLI	CFI	RMSEA	SRMR
111.312	1.391	80	.937	.952	.066	.086

Note. CMIN/DF = Normed X²

Table 4. Correlations Among the Factors and Reliability (N = 90)

Factor	1	2	3	4	Cronbach's α
1. Manual					.919
2. Fear	-.204				.809
3. Resource	.098	-.366**			.788
4. Trust	.488**	-.157	.060		.787
5. Knowledge	.556**	-.201	.200	.346**	.720

*p < .05, **p < .001

대응자원, 신뢰의 5요인 구조가 적절한지 구성타당도를 평가하기 위하여 확인적 요인분석을 실시하였다. 각 요인과 지표변수 간의 표준화된 요인부하량을 이용하여 수렴타당도와 변별타당도를 확인하였다. 수렴타당도는 각 요인을 측정하는 지표변수의 요인부하량이 0.4 이상⁽³³⁾, 변별타당도는 각 요인 간의 상관계수가 0.8 이하⁽³⁴⁾ 또는 0.9 이하의⁽³⁵⁾ 조건을 충족하는 것이 일반적이다^(36,37). 먼저 수렴타당도를 확인한 결과, 매뉴얼 지표변수는 .80~.95, 두려움 지표변수는 .50~.85, 대응자원은 .50~.90, 신뢰는 .47~.97, 지식은 .54~1.04로 위에 제시한 기준을 충족하였다. 이어서 변별타당도도 확인한 결과, 5개 요인 간의 부하량이 .10~.67 수준으로 위에 제시한 기준을 충족하였다.

모형의 적합도를 판단하였을 때, TLI .937, CFI .952, RMSEA .066, SRMR .086로 대체로 좋은 적합도를 나타내었다. 확인적 요인분석 결과 모델적합지수는 Table 3와 같다.

요인 간 상관관계를 살펴보면 지식, 매뉴얼, 신뢰의 요인 사이의 상관이 유의하였다. 지식은 매뉴얼 및 신뢰와 상관 이 유의하였고, 매뉴얼과 신뢰의 상관도 높게 나타났다. 그 외, 두려움과 대응자원 사이의 상관도 유의하였고 다른 요인 간 상관관계는 유의하게 나타나지 않았다. 상관분석 결과 및 신뢰도는 Table 4과 같다.

3. 논 의

본 연구는 현직에 있는 원전 관할 소방관 대상으로 수집된 질적, 양적 자료를 활용하여, 소방관들의 위험인식을 측정하는 도구를 개발하고 타당화하였다. 인터뷰 자료를 분석하여 원전 관할 소방관들의 위험인식을 반영하는 문항을 개발하고, 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 실시하여 구성타당도를 확인하였다. 그 결과 총 15문항이 선별되었고, 5요인 구조가 확인되었다. 원전 화재의 재난적 결과 및

두려움을 반영하는 ‘두려움’, 방사능 및 원전 소방 활동에 대한 지식을 의미하는 ‘지식’, 원전에서의 화재 및 방사능 누출에 대한 대응 절차 및 지침과 관련된 ‘매뉴얼’, 원전 소방 활동을 위한 관계 기관과의 공조와 신뢰를 나타내는 ‘신뢰’, 원전 화재에 대응할 소방 인력 및 안전장비의 부족을 나타내는 ‘대응자원’의 5요인이 원전 화재에 대한 소방관의 위험인식을 구성하였다. 방사능이나 직무수행과 관련된 두려움과 함께 보고된 지식, 매뉴얼과 신뢰, 인력과 장비는 모두 원활한 직무 수행의 핵심 자원들이다.

두려움(Dread)과 무지 또는 지식(Unknown or knowledge), 두 차원은 위험인식에 대해 심리측정적 접근을 취한 기존 연구들의 결과와 일치한다⁽¹⁰⁾. 그런데 본 연구에서 확인된 새로운 발견은, 안전 관리 직군에 있는 사람은 이 지식의 차원의 내용과 구조가 보다 더 복잡적이라는 것이다. 선행 연구에서 지식 차원은 주로 기술 또는 위험물 자체에 대해 친숙하지 않거나 그로 인해 가능한 피해에 대한 무지를 중심으로 개념화되었다. 그러나 본 연구 결과에서는 무지의 차원이 대상에 대한 친숙성을 넘어 위험 대응 역량으로서 지식을 포함한다. 일반적으로 직무 관련 지식과 기술은 직무수행에 핵심적인 결정인자로⁽³⁸⁾, 소방관에게 있어 불충분한 지식은 화재 대응 역량의 부족을 의미하고 이는 위험인식의 증가로 나타날 것이다. 이와 관련하여 현재 대한민국의 소방관들이 원전 화재와 관련된 지식을 충분히 보유하고 있다고 보기는 어렵다. 원전 및 위험물안전관리 소방담당자를 대상으로 실시된 연구 결과에서도, 담당자들의 소방안전 사고에 대한 전반적인 지식과 경험, 의식수준이 낮게 나타났다^(26,39). 지식 수준이 낮은 이유의 한 측면은 방사능과 원전에 대한 지식은 방대하여 화재 진압 경험이 많은 소방관조차도 숙지가 어렵고 원전에서의 화재는 빈도가 매우 낮기 때문에 경험을 누적하기 어렵기 때문이다. 또한 부족한 인력, 잦은 보직변경, 교육시간 배정의 한계 등의

계약^(40,41)은 원전 관할 소방관들이 원전 화재에 대비한 전문적 지식과 경험을 개인적 차원에서 축적할 기회를 부족하게 만든다. 이런 지식의 부족은 위험인식으로 연결된다. 더불어 인력과 장비의 부족 문제는 소방관의 현장활동 안전의 확보를 위해 가장 급박한 개선점으로 지적되어 왔다⁽⁴⁰⁾. 화재 현장에서 다양한 업무들과 위험을 수행하기 위해 적절한 전문인력과 이들을 일차적으로 보호할 안전장비는 안전과 직결된 변수로, 인력과 장비는 위험인식의 주요한 구성요인이 된다.

또한 본 연구에서는 위험인식을 구성하는 지식 차원이 원전 화재 시 대응 절차를 제시하는 매뉴얼 요인, 그리고 신뢰 요인과 밀접한 관련성을 나타냈다. 소방 활동은 한 개인의 역량보다는 조직적 대응이다⁽⁴²⁾. 특히 2015년 법령 개정으로 관할 지역 소방관들은 원전의 안전관리 인력과 긴밀한 공조 하에 업무를 수행해야 한다. 이러한 상황에서 체계적인 매뉴얼과 공조기관과의 신뢰와 협력은 안전한 소방관리에 핵심이 될 수 있다. 특히 원전과 방사능에 대한 전문적 지식이 부재하거나 지식 습득에 어려움이 있는 경우에 이러한 조직적 지식체계와 공조 기관에 대한 신뢰의 영향력은 중요할 것이다⁽²³⁾.

원전 관할 소방관들의 위험인식은 일반인들의 위험인식처럼 단순히 원자력 기술의 사고 발생 가능성 또는 피해 정도만으로 결정되지 않음이 본 연구를 통해 확인되었다. 원전 내 사고에 대한 핵심 대응 주제인 소방관들은 원전 화재의 위험을 보다 복합적으로 인식하고 있었다. 즉, 원전 사고와 방사능 피폭에 대한 두려움에 더해, 소방관들은 사고 대응을 위한 지식, 대응 매뉴얼, 대응 자원, 그리고 관련 기관과의 공조를 포괄하는 다면적 위험인식 체계를 가지고 있었다. 따라서 기존의 일반인 대상 위험인식 측정도구가 아닌 원전 관할 소방관들의 위험인식의 다면적 특성을 구체적으로 반영한 측정도구를 개발하였다. 심리 측정 이론이 제시한 절차와 기준을 엄격히 준수하여 개발되고 타당화된 본 측정도구는 이후 원전 관할 소방관 대상 연구는 물론이고, 이외 원전 안전 관리 인력들에 대한 연구에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 본 논문에서는 지식, 매뉴얼, 신뢰 요인 사이에 관계성을 논의하였으나, 어떤 조건에서 어떠한 경로를 통해 각 변인이 영향을 발휘하는지 그 기제를 파악할 수는 없다. 향후 지식, 매뉴얼, 신뢰, 대응자원, 그리고 두려움 현상들 사이에 어떤 역동이 있는지 모델링을 통한 깊이 있는 연구가 필요할 것이다.

4. 결 론

본 연구는 원전 관할 소방관들이 원전 화재에 대해 가지는 고유한 위험인식의 구성개념을 규명하고, 측정도구를 개발하였다. 양적 분석 결과, 원전 관할 소방관들은 화재 진압 직무와 관련된 요소들을 중심으로 원전 사고에 대한

위험인식을 구성하고 있음이 밝혀졌다. 즉, 원전 화재와 관련된 피폭 및 재난적 결과에 대한 두려움 뿐 아니라, 원전 소방활동 관련 전문적 지식, 조직적 지식으로서 매뉴얼, 신뢰, 그리고 인력과 자원의 수준이 소방관들의 위험인식을 구성하고 있었다.

본 연구는 원전 화재에 대한 위험인식이 원전과의 기능적 관계에 따라 상이한 형태로 구성될 수 있음을 실증적으로 증명하고 있다. 기존의 연구들은 일반 시민, 원전주변 주민, 원전 근로자, 원전 주변 소방관, 의료 기관 종사자 등 모든 대상들의 위험인식을 전통적 모형, 즉 두려움과 무지의 2차원의 모형으로 설명하고 측정하였다. 그러나 본 연구 결과가 보여주고 있는 것처럼, 원전과의 기능적 관계에 따라 각 주체들은 나름의 고유한 위험인식 구조를 가질 수 있다. 원전 관할 소방관들은 원전 화재 발생 시 진압 업무의 책임을 맡고 있기 때문에, 그 직무에 합치하는 원전 위험인식 구조를 구성하고 있었고, 이는 전통적 위험인식 구조와는 명확한 차이를 보였다. 따라서 소방관을 포함한 원전 안전 관련 직군의 위험인식을 조사하기 위해서는 이전의 전통적 2요인 위험인식 모델에서 벗어나 본 연구에 제안하는 5요인 모형을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 심리측정적 절차에 따라 신뢰할 수 있는 측정도구가 개발됨에 따라, 향후 원전 화재와 관련하여 위험인식이 소방관의 안전행동과 직무수행, 조직문화, 그리고 심리·신체적 건강에 효과에 대한 체계적 연구가 이루어질 것으로 기대한다.

한편, 본 연구를 통해 밝혀진 원전 관할 소방관들의 위험인식 특성은 보다 효과적인 원전 화재 대응을 위한 실제적인 제도 개선 방향성에 함의를 갖는다. 위험인식은 단순한 느낌이 아니라 심리적, 문화적, 그리고 제도적 요인들의 영향을 받아 구성된⁽⁴³⁾ 내적 현실이며 직무 환경 내 취약성에 대한 신호이다. 따라서 위험인식이 어떻게 형성되고 그 영향이 무엇인지를 밝히는 것은, 원전의 소방안전 관리를 위해 어떤 요소가 우선적으로 개선되어야 하는지를 파악하는데 실증적 근거가 될 수 있다. 본 연구 결과, 소방관들의 높은 위험인식 수준은 인력과 장비뿐 아니라 교육과 경험, 원전 화재와 관련된 대응절차와 지침의 구비, 합동훈련이나 정보 공유 체계의 부족에서 기인함을 파악할 수 있다. 따라서 원전 관할 소방관들의 최적의 위험인식 수준의 형성을 위해서는 특화된 전문 소방 교육과 훈련을 통해 관할 소방관들의 역량과 효능감을 강화할 필요가 있다. 이를 위해서는 체계적인 대응 매뉴얼의 구축이 병행되어야 할 것이다.

원전 관할 소방관들처럼 위험 대응 직군의 위험인식에 대한 연구는 원전 사고 예방과 대응을 위해 앞으로도 지속적으로 체계적으로 이루어져 할 것이다. 이를 기반으로 주요한 위험물 관련 화재에 대한 위험인식도 점검되어야 할 것이다. 위험인식에 관한 실증적 연구는 현재 대응역량이 미비한 곳을 파악하고 이에 대한 선제적 개선을 가능케 함으로써 국가 기반 시설의 안전수준을 높이는데 기여할 수

있을 것이다⁽⁵⁾.

후 기

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구 결과이다(No. 1605002).

References

1. G. E. Apostolakis, "Fire Risk Assessment and Management in Nuclear Power Plants", *Fire Science and Technology*, Vol. 13, No. Suppl, pp. S_12-S_39 (1993).
2. United States Nuclear Regulatory Commission, "Backgrounder on Fire Protection for Nuclear Power Plants", Retrieved from <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/fire-protection-fs.html> (2018).
3. D. Helbing, "Globally Networked Risks and How to Respond", *Nature*, Vol. 497, No. 7447, pp. 51-59 (2013).
4. J. S. Kim and M. S. Kim, "Testing the Causal Relationship Between Employee Commitment and Work Performance : The Case of Fire Rescuers at Local Fire Departments in Gyeonggi-Do", *GRI Review*, Vol. 11, No. 1, pp. 5-22 (2009).
5. W. Y. Park, "Nuclear Safety Analysis with the Performance of NPPs", *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 26, No. 2, pp. 139-172 (2017).
6. M. V. Ramana, "Nuclear Power: Economic, Safety, Health, and Environmental Issues of Near-term Technologies", *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 34 (2009).
7. D. A. Wiegmann, H. Zhang, T. L. Von Thaden, G. Sharma and A. M. Gibbons, "Safety Culture: An Integrative Review", *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 14, No. 2, pp. 117-134 (2004).
8. D. L. McLain and K. A. Jarrell, "The Perceived Compatibility of Safety and Production Expectations in Hazardous Occupations", *Journal of Safety Research*, Vol. 38, No. 3, pp. 299-309 (2007).
9. C. Powell, "The Perception of Risk and Risk Taking Behavior: Implications for Incident Prevention Strategies", *Wilderness & Environmental Medicine*, Vol. 18, No. 1, pp. 10-15 (2007).
10. P. Slovic, "Perception of Risk", *Science*, Vol. 236, No. 4799, pp. 280-285 (1987).
11. M. L. Lima, "On the Influence of Risk Perception on Mental Health: Living Near an Incinerator", *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 24, No. 1, pp. 71-84 (2004).
12. M. Martínez-Córcoles, F. Gracia, I. Tomás and J. M. Peiró, "Leadership and Employees' Perceived Safety Behaviours in a Nuclear Power Plant: A Structural Equation Model", *Safety Science*, Vol. 49, No. 8-9, pp. 1118-1129 (2011).
13. L. L. Rao, Y. Xu, S. Li, Y. Li and R. Zheng, "Effect of Perceived Risk on Nuclear Power Plant Operators' Safety Behavior and Errors", *Journal of Risk Research*, Vol. 20, No. 1, pp. 76-84 (2017).
14. W. Pessemier, "Developing a Safety Culture in the Fire Service", *International Fire Service*, Vol. 7 (2008).
15. P. Slovic, B. Fischhoff and S. Lichtenstein, "Behavioral Decision Theory Perspectives on Risk and Safety", *Acta Psychologica*, Vol. 56, No. 1-3, pp. 183-203 (1984).
16. Y. Lee, "Recent Trends in Risk Perception Research", *The Korean Journal of Experimental Psychology*, Vol. 17, No. 3, pp. 265-277 (2005).
17. P. Slovic, B. Fischhoff and S. Lichtenstein, "Facts and Fears: Understanding Perceived Risk", In *Societal Risk Assessment*, Springer, Boston, MA, pp. 181-216 (1980).
18. H. Kunreuther, "Risk Analysis and Risk Management in an Uncertain World 1", *Risk Analysis: An International Journal*, Vol. 22, No. 4, pp. 655-664 (2002).
19. I. Choi and B. J. Kim, "Developing the Nuclear Effective Safety Index", *Korean Journal of Psychological and Social Issues*, Vol. 13, No. 3, pp. 1-21 (2007).
20. M. Seol and S. Y. Kim, "Does Experience Matter?: The Effect of Local Residents' Experience on Acceptance of Nuclear Power", *Korean Public Administration Review*, Vol. 49, No. 4, pp. 151-179 (2015).
21. G. Cvetkovich and R. Löfstedt (Eds.), "Social Trust and the Management of Risk", *Earthscan*, London (1999).
22. M. Siegrist, "The Influence of Trust and Perceptions of Risks and Benefits on the Acceptance of Gene Technology", *Risk Analysis*, Vol. 20, pp. 195-203 (2000).
23. M. Siegrist and G. Cvetkovich, "Perception of Hazards: The Role of Social Trust and Knowledge", *Risk Analysis*, Vol. 20, No. 5, pp. 713-720 (2000).
24. J. A. Colquitt, J. A. LePine, C. P. Zapata and R. E. Wild, "Trust in Typical and High-reliability Contexts: Building and Reacting to Trust Among Firefighters", *Academy of Management Journal*, Vol. 54, No. 5, pp. 999-1015 (2011).
25. D. J. McAllister, "Affect-and Cognition-based Trust as Foundations for Interpersonal Cooperation in Organizations", *Academy of Management Journal*, Vol. 38, No. 1, pp. 24-59 (1995).
26. H. Y. Choi, S. K. Lee, M. K. Kim and J. A. Choi, "Risk Perception of Fire Fighters Responsible for Nuclear Power Plants : A Concept Mapping Approach", *Fire Science and*

- Engineering, Vol. 32, No. 6, pp. 141-149 (2018).
27. P. Lunt and S. Livingstone, "Rethinking the Focus Group in Media and Communications Research", *Journal of Communication*, Vol. 46, No. 2, pp. 79-98 (1996).
 28. L. Huang, Y. Zhou, Y. Han, J. K. Hammitt, J. Bi and Y. Liu, "Effect of the Fukushima Nuclear Accident on the Risk Perception of Residents Near a Nuclear Power Plant in China", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 110, No. 49, pp. 19742-19747 (2013).
 29. M. W. Browne and R. Cudeck, "Alternative Ways of Assessing Model Fit", *Sage Focus Editions*, Vol. 154, pp. 136-136 (1993).
 30. L. T. Hu and P. M. Bentler, "Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives", *Structural Equation Modeling: a Multidisciplinary Journal*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-55 (1999).
 31. S. Y. Kim, "Fundamentals and Extensions of Structural Equation Modeling", *Hakjisa*, Seoul (2016).
 32. B. G. Tabachnick and L. S. Fidell, "Using Multivariate Statistics", *Harper & Row, Publishers*, New York (1989).
 33. J. Wang and X. Wang, "Structural Equation Modeling: Applications Using Mplus", *John Wiley & Sons* (2012).
 34. J. Sauro, "Assessing the Validity of your Research", Retrieved from <http://www.measuringu.com/blog/validity-research.php> (2014).
 35. R. B. Kline, "Principles and Practice of Structural Equation Modeling", 4th Edition, *The Guildford Press*, New York (2016).
 36. C. Fornell and D. F. Larcker, "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", *Journal of Marketing Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 39-50 (1981).
 37. J. C. Nunnally and I. H. Bernstein, "Psychometric Theory (3rd ed.)", *McGraw-Hill*, New York (1994).
 38. D. A. Waldman and W. D. Spangler, "Putting Together the Pieces: A Closer Look at the Determinants of Job Performance", *Human Performance*, Vol. 2, No. 1, pp. 29-59 (1989).
 39. G. S. Kang and J. W. Choi, "A Study of the Improvement Plan and Real Condition Estimation of Fire Protection Safety Management for Power Plants in Korea", *Fire Science and Engineering*, Vol. 31, No. 2, pp. 61-73 (2017).
 40. J. S. Kim, D. H. Lee and J. T. Park, "Improvement for the Job Safety in the Scene Activities of Fire Fighters", *Fire Science and Engineering*, Vol. 28, No. 1, pp. 58-63 (2014).
 41. C. H. Lee, "A Study about Analysis Regarding Accident Risks Recognition According to Firefighter's Assignment Change : Focused on Gangwon Province", *Master's Thesis*, *Kangwon University* (2015).
 42. S. W. Taylor and M. E. Alexander, "Science, Technology, and Human Factors in Fire Danger Rating: the Canadian Experience", *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 15, No. 1, pp. 121-135 (2006).
 43. P. Slovic, "The Perception of Risk. Risk, Society, and Policy Series", *Earthscan*, London (2000).