

원전 인적오류 예방을 위한 안전 역량, 행동 지표 및 측정 방법 개발: 예비 연구

문광수 · 김사길* · 이용희* · 장통일**

중앙대학교 심리학과 · *한국원자력연구원

(2015. 12. 30. 접수 / 2016. 1. 7. 수정 / 2016. 1. 8. 채택)

Development of Safety Competences, Behavioral Indicators and Measuring Methods for Preventing Human-Error in Nuclear Power Plants: A Preliminary Study

Kwangsu Moon · Sa Kil Kim* · Yong-Hee Lee* · Tong Il Jang**

Department of Psychology, Chung-Ang University

*Korea Atomic Energy Research Institute

(Received December 30, 2015 / Revised January 7, 2016 / Accepted January 8, 2016)

Abstract : The purpose of this study was to develop safety competences, a set of behavioral indicators of each competence and measuring methods of behavioral indicators for preventing human error of nuclear power plants(NPPs). The safety competences and behavioral indicators were derived from the five steps consisted of derivation of preliminary competence items through literature review, content analysis, interview(FGI, BEI), examination of content validity and decision making of final indicators. The results showed that 13 core safety competences and 35 behavior indicators were derived finally. In addition, the methods of measuring safety competences or behavioral indicators such as Behaviorally Anchored Rating Scale (BARS), Behavior Observation Scale (BOS) were developed and suggested.

Key Words : safety competence, behavioral indicator, human error, nuclear power plant, BARS, BOS

1. 서론

원자력발전소(이후, 원전)와 같이 고신뢰도가 요구되고 상호 긴밀하게 연결된 체계에서의 인적오류(human error)는 대규모의 체계 손실(system loss)을 일으킬 가능성이 있다. 이러한 체계 손실 사건은 단순히 체계 자체의 신뢰성(reliability) 문제 외에 국민들의 원전에 대한 수용도(acceptance)에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 보다 사전적이며 적극적인 대비와 관리가 필요하다¹⁾.

원자력안전기술원(KINS)의 원전안전운영정보시스템(OPIS)에서는 원전의 사고 원인 분석 자료를 제공하고 있다. 구체적으로 OPIS에서 제공되는 정보는 사건의 발생 원인에 따라 인적, 기계, 전기, 그리고 계측 부분으로 분류하고 원전 계통(system)의 관점에서 해당사건

의 결과에 결정적인 영향을 미친 근본 발생원인 및 대응방안을 제공하고 있다²⁾. OPIS의 보고에 따르면 2010년부터 2014년까지 최근 5년간 인적오류에 기인한 국내 원전의 불시정지 사례는 전체 사건의 약 20%로 계속 결합 38.5% 다음으로 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 비록 이러한 정보들도 추후 유사한 인적오류 사건을 예방하는 데 필요한 정보를 제공할 수 있지만, 개별 사건의 사후 분석을 통한 수동적인 대응/보완 방법으로 새로운 인적오류에 대한 적극적인 예방은 어렵다고 할 수 있다.

그리고 원전에서 인적오류 예방을 위한 시스템 설계 대책이 수립되고 있지만 아무리 설계가 잘 되어 있다고 할지라도 근로자의 직무수행은 인적오류로부터 완전히 자유로울 수 없다³⁾. 그리고 Nyssen과 Blavier⁴⁾는

* Corresponding Author : Tong Il Jang, Tel : +82-42-868-8732, E-mail: tijang@kaeri.re.kr

I&C / Human Factors Research Division, Korea Atomic Energy Research Institute, 989-111, Daedeok-daero, Yuseong-gu, Daejeon 34057, Korea

복잡한 시스템에서 발생한 사고의 대부분이 인적오류에 기인한다는 것은 일반적으로 알려진 사실이라고 하였다. 앞서 OPIS의 원인분석에서 인적오류 비율이 더 높을 것으로 예측되나 실제로 그 비율이 낮은 이유는 무엇보다도 인적오류 발생 시 개인에게 책임을 지게 하는 징계위주의 현실이 반영되었을 가능성이 있다⁵⁾.

최근 원자력분야에서는 원인분석 이외에 인적오류 저감을 위한 대책 수립³⁾, 예방 기술⁵⁾에 대한 일부 연구들이 진행되어 왔고, 현장에서도 작업 전 회의, 의사소통 재확인, 자기진단, 동시 확인 등 15개 인적오류 예방 기법을 교육하고 활용하게 하고 있다⁶⁾.

그러나 원전의 총체적인 인적오류 저감화를 위해서는 잠재적인 원인의 파악, 대처 기술, 대응 방안에 대한 개발 외에도 종사자들의 직무 수행에 대한 체계적인 관찰과 관리가 필요하다. 즉 원자력 분야와 같은 고신뢰도/대형/복합 체계에서는 종사자의 인적오류에 대한 대처기술이 다양한 측면에서 개발 및 관리되어야 충분한 안전성을 확보할 수 있다.

이와 관련하여 NUREG-0711(Rev. 3)에서 제안하는 원자력 인간공학 업무의 기본 항목은 크게 4가지 범주와 12개의 항목으로 구성되어 있다(Fig. 1 참조). 4번째 범주인 이행과 운영(Implementation & Operation)에 인간 수행도 모니터링(Human Performance Monitoring)이 제시되어 있다. 비록 NUREG-0711이 설계와 관련된 업무에 중점을 두고 있지만, 포괄적인 인간 수행도 모니터링의 목표 달성을 위해서는 사전에 근로자의 수행의 종류와 기준을 확립하고 이를 관찰 혹은 측정할 수 있는 방법들이 개발되어야 한다. 비록 원자력 분야에서는 이에 대한 관심은 증가하고 있으나 경험적 연구는 부족한 상황이다.

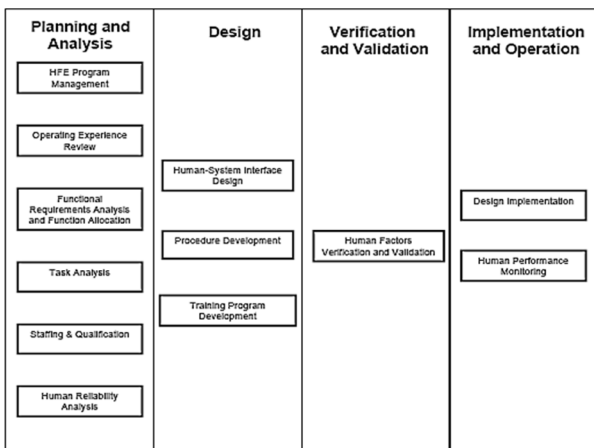


Fig. 1. HFE(Human Factors Engineering) program review model (NUREG-0711, Rev.3, 2012).

본 연구에서는 원전에서의 인적오류 예방을 위해 현장에서 근로자의 수행을 지속적, 체계적으로 관리할 수 있도록 안전 역량(safety competence)이라는 개념을 도입하였다. 안전 역량이라는 용어는 의료계에서 환자의 건강과 안전의 체계적 관리에서 사용되어 왔으며, 원자력 계에서는 1999년 OECD/NEA 워크숍⁷⁾에서 안전 역량이라는 용어가 제시되었다. 일반적으로 역량은 “성공적인 직무 수행에 기여하는 종사자의 지식, 기술, 능력 그리고 다른 속성과 특징들의 집합”으로 정의된다⁸⁾. 이러한 정의에 기초하여 본 연구진들은 안전 역량을 “안전한 직무 수행과 팀, 조직의 안전 향상에 기여하는 개인의 내적 특성들(지식, 기술, 능력, 동기, 태도 등)의 집합”으로 정의하였다. 높은 안전 역량을 보유한 종사자들은 개인의 성공적인 직무 수행 외에 팀과 조직의 안전 향상을 위해 추가적인 자발적 노력(extra discretionary effort)을 보인다고 할 수 있다.

안전 역량의 현장 적용을 위해서는 반드시 역량을 효과적으로 관찰, 측정할 수 있어야 한다. 역량을 구조화하는 다양한 방법들이 있으나 어떠한 방법을 취하던 한 역량이 어떤 행동들로 구성되는지를 명확하게 제시하는 것이 중요하다. 그렇지 않으면 역량은 추상적, 주관적 개념으로 남게 되고 활용이 어려워진다. 따라서 역량의 핵심적 요소이면서 그 존재 여부와 양적 판단이 가능한 실질적 행동지표를 제시, 측정, 평가해야 역량 관리가 가능하다.

이에 본 연구에서는 행동 지표를 “안전 역량이 표출되는 즉 역량을 확인할 수 있는 신체적, 언어적 핵심 행동(critical behavior)들”로 정의하였다. 일반적으로 대부분의 조직에서 인적 자원의 역량 증진을 위해 각 핵심 역량들과 정의에 대해서는 제시하지만 각 역량별 행동 지표(behavioral indicator)와 이러한 행동들을 어떻게 측정하고 평가할지에 대한 구체적인 정보를 제시하지 못하고 있어, 체계적으로 역량이 관리되지 않는 경우가 많다.

안전 역량과 행동 지표는 한 조직의 안전문화(safety culture) 수준과도 관련이 되어 있다. 안전문화는 개인의 언행이나 조직의 안전관리 체계 등으로 드러난다. 즉 종사자의 안전과 관련된 지식, 기술, 태도와 같은 보이지 않는 각 역량들은 행동으로 표현 될 수 있다. 안전 역량이 행동으로 발현되지 않는다면 이는 안전문화가 정착되지 않은 것이라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 원자력 종사자의 안전 역량을 도출하고 각 역량을 확인할 수 있는 행동지표를 개발하였다. 그리고 이러한 역량과 행동 지표를 측정, 평가할 수 있는 방안에 대해 제시하였다.

2. 방법

본 연구에서 안전 역량과 각 역량별 행동 지표 결정은 문헌 검토, 내용 분석, 인터뷰, 내용타당도 검증, 최종 도출의 5단계를 거쳐 이뤄졌다.

2.1 문헌검토

안전 역량과 행동지표 도출을 위해 Strategic Success Modeling (SSM)을 사용하여 기초 역량 모델(지식, 기술, 태도, 동기, 신념, 신뢰, 성향, 책임감, 가치, 윤리)을 산정하였다⁹⁾. 그리고, 다양한 안전 관련 문헌, 자료(철도, 항공과 같은 고신뢰 조직 안전관련 자료, IAEA, INPO, KINS, 그리고 일반산업계의 안전 이론 및 연구 등)를 조사하였다. 이를 바탕으로 125개 예비 역량 관련 항목이 도출되었다.

2.2 내용분석

도출된 125개 예비 항목들에 대한 1차 내용분석(content analysis)을 실시하였다. 내용분석은 각 항목들이 사전에 설정한 역량 모델에 부합하는지를 파악하고 단어, 주제, 속성 등을 바탕으로 항목들 범주화 하였다. 이러한 판단은 본 연구진 4명의 합의를 통해 진행하였으며, 각 항목들이 각 범주에 적합한지에 대한 평가자간 신뢰도를 산출하여 80% 이하의 항목들은 재논의 하였다. 범주화 후 각 범주 내 유사 항목들을 정리하였고 범주에 적합한 역량을 명명(labeling) 하였다. 이를 통해 16개 역량, 85개 행동지표로 축소하였다.

2.3 인터뷰

내용 분석을 통한 축소 항목을 가지고 현장 실무경력이 많은 원전 운영사 퇴직 종사자들 6명 그리고 원전 설계사 현업 종사자들 3명을 대상으로 행위역량 도출을 위한 표적 집단 면접법(FGI: Focus Group Interview), 행동 사건 면접법(BEI: Behavior-Event Interview)^{10,11)}를 실시했다. FGI는 일정한 자격기준을 가진 소수의 응답자와 집중적인 대화를 통하여 정보를 찾아내는 면접조사 방법을 말한다. BEI는 역량을 개발하는 한 가지 방법 중의 하나로 훌륭한 수행자와 보통의 수행자 간의 차이를 발견할 수 있는 가장 유연한 방식이다. BEI의 목표는 근로자들이 그들의 직무를 수행하는 데 대한 매우 상세한 기술을 얻는 것이다. 인터뷰 진행자는 인터뷰 대상자들을 대상으로 특정 직무 상황에서의 전체적이고 구체적인 행동과 생각 등에 대한 진술을 도출한다. BEI는 이미 발생했거나 발생할 수 있는 특정 사건에 대해 피면담자에게 사건 발생 과정에서 필요한 역량 관련

행동을 추출해내는 방식으로 진행하였다.

이를 바탕으로 현장 경험에 비추어 불필요하거나 실제로 갖출 수 없는 역량과 행동 지표들을 제거 및 수정하였다. 이 과정을 통해 16개 역량, 85개 지표에서 15개 역량, 58개의 행동지표가 도출되었다.

인터뷰 진행 후 도출된 역량관련 행동 지표들을 다음의 5가지 기준을 가지고 재평가를 실시하였다. 각 기준은 상, 중, 하(1-3점)로 평가되었고 5개 모두 중 이상(평균 2점 이상)으로 평가되고 3개 이상의 기준이 상으로 평가되었을 때 행동 지표로 선택되었다. 재평가 결과 14개 역량 48개의 행동 지표가 도출되었다.

- 원전 종사자가 공통적으로 보여야 할 행동인가?
- 각 역량을 대표할만한 핵심적인 행동이나 반응인가?
- 관찰 및 측정이 가능한지?
- 상호배타, 독립성을 갖추고 있는지?
- 교육/훈련 혹은 피드백을 통해서 변화 및 개발 가능성이 높은가?

2.4 내용 타당도 검증

내용타당도 검증을 위한 전문가 집단은 3명에서 10명 정도가 적당한 것으로 알려져 왔다¹²⁾. 이에 본 과제에서는 앞서 인터뷰에 참여했던 원전 운영사 퇴직 종사자 4명, 원전 설계사 현업 종사자 2명, 그리고 본 연구진 2명(심리학, 안전공학 박사)을 포함하여 총 8명이 내용 타당도 검증에 참여하였다.

각 역량별 행위 역량 항목에 대한 내용타당도 점수는 4점 척도로 4점(매우타당하다), 3점(타당하다), 2점(타당하지 않다), 1점(매우 타당하지 않다)로 하여 행위 역량 항목에 대한 점수를 산정하였다. 1-2점과 3-4점 두 가지로 구분하여 3-4점의 비율을 계산하여 각 항목들에 대한 내용타당도 점수(Content Validation Index: CVI)를 산출하였다¹²⁾. 타당도 점수가 0.8 이상의 합의가 이뤄진 경우 유의한 항목으로 선정하였다^{13,14)}. 전체적으로 0.91의 CVI 값을 보였다.

3. 결과

3.1 최종 도출된 역량과 행동 지표

이상의 과정을 바탕으로 근로자 대상 총 13개 역량, 35개의 핵심 행동 지표들이 최종적으로 도출되었다(Table 1 참조). 구체적으로 도출된 13개의 역량은 의사소통, 안전관련 사안보고, 의문을 갖는 태도, 안전 개선 효과 확인, 안전최우선 의사결정, 적절한 자원 활용, 발전소 전체 영향 고려, 조언/충고 및 지원, 안전 교육/훈

Table 1. Developed competencies and behavioral indicators

Competencies/Definition	Behavioral Indicators
Safety Communication: Creates an atmosphere in which timely and high quality information flows smoothly both up the plant and down, inside and outside the plant; encourages open expression of safety related ideas and opinions.	<ul style="list-style-type: none"> - Expresses one's own opinion, knowledge, and experience freely in the safety-related meetings and conversations. - Refrains from immediate judgment and criticism of others' ideas, delivering criticism in a way that demonstrates sensitivity to the feelings of others. - Asks open-ended questions that encourage others to give their points of view. - Cooperate with other departments, external organization and relevant institutions and open or provide safety-related documents and information.
Reporting Safety-Related Issues: Report the safety-related issues promptly to the peers and supervisors without hesitation and anxiety of blame.	<ul style="list-style-type: none"> - Stop work and report promptly when unexpected situation or plant response occurred and a procedure or work document is unclear or cannot be performed as written. - Report promptly on small questions about safety, violation, and near-miss.
Questioning Attitude: Employees avoid complacency and continuously challenge existing conditions and activities in order to identify discrepancies that might result in error or inappropriate action. Employees are watchful for assumptions, anomalies, values, conditions, or activities that can have an undesirable effect on plant safety.	<ul style="list-style-type: none"> - Give a question during pre-job briefings and job-site reviews to identify and resolve unexpected conditions (e. g., Is right method to work safely?; Which human error can arise?). - When other employee have raised the question for the safety, didn't show negative reaction to the question (denial, neglect, threats, etc.). - Check that activities that could affect reactivity are conducted with particular care, caution, and oversight.
Checking Effects of Safety Improvement: Employees shows extra discretionary effort to improve plant safety related objects such as material, tools, work document and equipment and so on.	<ul style="list-style-type: none"> - Check, consider and improve the position and tags of material, tools, equipment, work document and etc. - Make sure that there is any effect after improvement and report the effect verbally or through document.
Decision Making Considering Safety as Top Priority: Always consider safety as top priority in all decision making situation	<ul style="list-style-type: none"> - Always mention that safety is a top priority to all of the business. - To ensure safety, conservatively access and carefully determine work procedure rather than traditional decision making - Check the possibility of human error before job performance and applied human error prevention technique suitable for the job
Appropriate Application of Resource: Check, classify and apply personnel, equipment, tool and time necessary for the safe work performance.	<ul style="list-style-type: none"> - Check sufficient qualified personnel are available to maintain work hours within working hour guidelines during all modes of operation. - Check tools, equipment, procedures, and other resource materials are available to support successful work performance, including risk management tools and emergency equipment. - Check staffing levels are consistent with the demands related to maintaining safety and reliability.
Considering Effects on Whole Plants: Consider effect of individual job performance on the safety of other system and whole plant.	<ul style="list-style-type: none"> - Consider potential undesired consequences of their actions prior to performing work and implement appropriate error reduction tools. - Prior to authorizing work, verify procedure prerequisites are met rather than assuming they are met based on general plant conditions. In addition, cooperate related other team. - Aware that latent conditions can exist, addresses them as they are discovered, and considers the extents of the conditions and their causes.

Suggestion/Advice/Support: provide actively care for all member's safety and accept other's care with sincerity	<ul style="list-style-type: none"> - Presenting the advice and suggestion when the peers and boss presented opinion contrary to safety, or doing unsafe behavior. - Presenting the advice and help when the peer, supervisor and manager did not fulfill their safety responsibility.
Safety Training/Education: Believe that continuous learning about safety prevent accident and participate training and education actively.	<ul style="list-style-type: none"> - Participate in regular safety education and training voluntarily. - Provide for necessary education and training content required for his/her team.
Respecting Others' Opinion: Listen courteously others' opinion and accept it as much as possible	<ul style="list-style-type: none"> - Listen courteously others' (boss, subordinates, colleagues, partners) opinion in safety-related conversations and meetings. - Recommend suggestion of various safety related concern, question posed and accommodate this.
Management of Stress and Fatigue: Maintain the body and mind in a healthy state and practice fatigue/stress management action voluntarily	<ul style="list-style-type: none"> - In order to maintain the body and mind in a healthy state, practice fatigue/stress management action (nondrinking, nonsmoking, exercise, etc.). - The measurement index of physical and psychological fatigue and stress exist within the normal range.
Preparing Crisis Situation: Prepare the possible crisis situation in their job performance and participate related education and training	<ul style="list-style-type: none"> - To respond calmly in the event of a crisis situation, participate in relevant training (e.g., severe accident, harsh environments). - Know and can explain the coping guideline about crisis situation - Excessive tension in unexpected situations such as sudden stop is not appeared.
Accountability: Demonstrates an understanding of the link between one's own job responsibilities and overall plant safety and goals, and performs one's job with the broader goals in mind. Demonstrates a high level of dependability in all aspects of the job.	<ul style="list-style-type: none"> - Performs assigned work in accordance with safety standards and complies with all safety policies and procedures. - Strives to achieve the highest level of performance and takes responsibility for own actions and decisions. - Helps and supports fellow employees in their work to contribute to the plant's overall success and safety. - Looks beyond the requirements of one's own job to offer suggestions for improvements.

련, 상호의견 존중, 피로/스트레스 관리, 위기상황 대응, 그리고 의무/책임 완수였다. 그리고 각 역량별로 2-4개의 행동지표가 도출되었다.

3.2 역량 측정 및 평가 방법

앞서 도출된 역량과 해당 행동지표들에 가장 적절한 측정 방법이 개발되어야 한다. 행동 관찰의 경우, 행동 차원(빈도, 지속성), 관찰 가능성, 발생 기반(수행, 상황)에 근거하여 측정방법을 결정한다. 행동관찰에 주로 사용되는 척도로는 핵심행동 체크리스트(Critical Behavior Checklist: CBC), 행동기준 평정 척도(Behaviorally Anchored Rating Scale: BARS), 행동 관찰 평정척도(Behavior Observation Scale: BOS), 혼합 표준 척도(Mixed Standard Scale: MSS) 등이 있다¹⁵⁻¹⁸⁾. 이러한 방법들 중 일반적으로 역량을 측정하고 평가할 때. 평가

자와 피평가자들에게 안전 타당도가 높고¹⁸⁾ 빈번하게 사용되는 BARS와 BOS를 기반으로 본 연구에서 도출된 역량 측정을 위한 도구를 개발하였다. BARS와 BOS는 핵심 행동 체크리스트와 같이 자주 발생하는 행동은 아니지만 일정기간 동안의 관찰과 경험을 통해서 평가할 수 있고, 행동에 대한 구체적인 기술이 가능한 역량에 대해 사용할 수 있다.

BARS는 다양한 높이를 가지도록 척도를 따라 나열한 기준점(anchor)에 주요 직무수행차원을 의미하는 행동 진술문들을 수직으로 배열한 형태로, 연속선의 가장 위쪽에는 직무수행차원 내에서 가장 효과적인 행동을 제시하고 반대로 그 연속선의 가장 아래쪽에는 가장 비효과적인 행동진술문을 제시한다. 즉, BARS는 실제로 수행하는 구체적 행동에 근거하여 직무수행을 측정하는 방식으로, 행동적 관점에서 평가할 차원과 척도 상 수준들을 명확히 정의내리기 위해 서로 다른 수준의 행동진술문을 사용한다. 이처럼 BARS는 특정차원과 기준점들을 행동용어로 기술하므로 평가자들에게 평가 척도상의 수치가 의미하는 바와 평가 차원에 대해 보다 일관된 이해를 할 수 있다. 하지만 수준별 행동 진술문을 개발하는데 많은 인원, 시간, 비용이 소요된다는 단점을 가지고 있다.

일반적인 BARS의 개발은 1) 평가할 직무 혹은 역량 규명, 2) 행동진술문(지표) 추출, 3) 진술문을 직무수행 수준으로 재분류, 4) 행동진술문에 점수부여, 5) 문항과 척도를 통한 구조완성의 5단계를 거친다¹⁹⁾. Fig. 2에는 본 연구에서 개발한 ‘안전 개선 효과 확인’ 역량에 대한 BARS 척도가 예로 제시되어 있다.

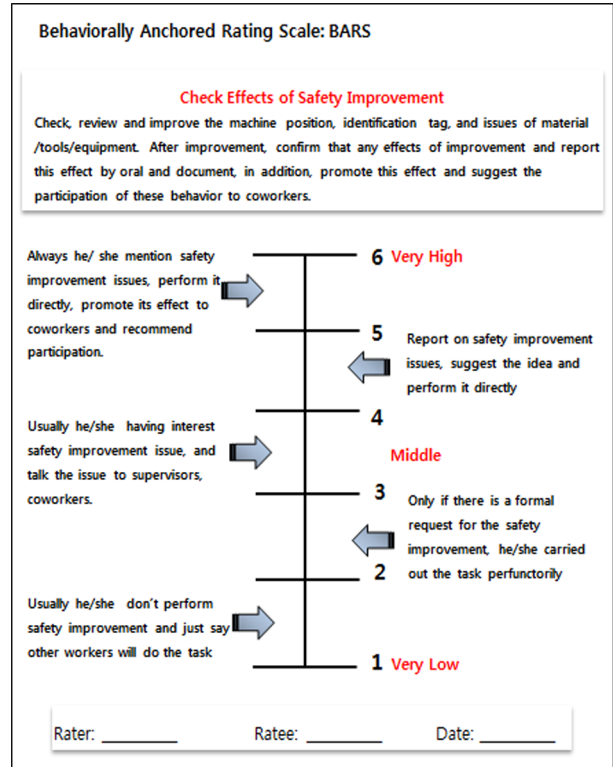


Fig. 2. Example of behaviorally anchored rating scale on the “check effects of safety improvement” competence.

BOS는 BARS의 단점을 줄이고자 개발된 행동 평가 척도로 역량에 해당하는 행동지표들이 제시되고 근로자의 행동을 관찰하여 척도상의 행동 지표를 어느 정도의 빈도로 행하였는가를 5점-7점 척도에 따라 평정하는 방식이다. BARS는 한 역량에 대하여 수준별 행

Competences	Behavioral Indicators	Scale				
		Never Perform	Rarely Perform	Sometimes Perform	Frequently Perform	Always Perform
		1	2	3	4	5
Safety Communication	Expresses one's own opinion, knowledge, and experience freely in the safety-related meetings and conversations.					
	Refrains from immediate judgment and criticism of others' ideas, delivering criticism in a way that demonstrates sensitivity to the feelings of others.					
	Asks open-ended questions that encourage others to give their points of view.					
	Cooperate with other departments, external organization and relevant institutions and open or provide safety-related documents and information.					
Accountability	Performs assigned work in accordance with safety standards and complies with all safety policies and procedures.					
	Strives to achieve the highest level of performance and takes responsibility for own actions and decisions.					
	Helps and supports fellow employees in their work to contribute to the plant's overall success and safety.					
	Looks beyond the requirements of one's own job to offer suggestions for improvements.					

Fig. 3. Example of behavior observation scale on the “safety communication” and “accountability” competences.

동 지표로 평정하지만, BOS는 한 역량에 대하여 기대되는 우수한 여러 행동들을 가지고 평정하기 때문에 차원에 대한 신뢰성이 더 높은 편이다. 그리고 평가자 자체로 직무 수행 과정에서 근로자에게 요구되는 우수한 역량 관련 행동들이 무엇인가를 제공할 수 있고 근로자의 강점과 약점에 대하여 구체적인 피드백이 가능하다. 하지만 BOS의 경우 각 행동에 대한 최고 점수(항상 수행한다)에 해당하는 행동 빈도가 실제로 어느 정도인지(80%, 혹은 90% 이상?) 명확하지 않기 때문에 평가자의 주관적인 기준에 영향을 더 많이 받을 수 있다는 단점이 있다.

Fig. 3에는 본 연구에서 개발한 안전 의사소통과 의 무책임완수 역량에 대한 BOS 척도가 예로 제시되어 있다.

4. 논의

원전에서 발생할 수 있는 인적오류의 예방을 위해서는 근로자의 수행에 대한 지속적인 모니터링(Human Performance Monitoring)이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 원전 종사자들의 안전역량과 역량별 행동 지표를 개발하고 이를 측정 평가할 수 있는 방안을 제시하였다. 문헌 검토, 내용 분석, 인터뷰, 내용타당도 검증을 거쳐 13개 역량, 35개의 핵심 행동 지표들이 최종 도출되었다. 그리고 행동지표의 지속적인 측정, 평가를 위해 여러 행동 측정 방법 중 BARS와 BOS의 개발 예시를 제시하였다.

본 연구를 통해 개발된 역량과 행동지표의 추후 활용 방안을 모색해보면 다음과 같다. 우선 원전에서 인적오류 예방을 위해 사용하고 있는 관리자 관찰 프로그램에 사용될 수 있을 것이다. 특히 본 역량을 인사과과의 반영과 같은 행정적 목적이 아닌 안전 역량의 개발에 초점을 맞춰 사용한다면 피관찰자인 근로자들의 거부감도 적을 것으로 판단된다.

다음으로 역량과 행동 지표 측정 자료를 바탕으로 교육, 훈련 요구 분석(need analysis)의 기초 자료를 제공하여 인적오류 예방 교육 훈련 프로그램 개발 혹은 프로그램 선택에 도움을 줄 수 있을 것이다. 측정과 평가를 바탕으로 개선이 필요한 역량에 교육, 훈련을 집중한다면 좀 더 효과적이고 효율적인 교육, 훈련이 가능할 것이다. 근로자 역시 역량 개발 혹은 증진이 필요한 교육의 필요성에 공감할 가능성이 높기 때문에 교육 참여 및 교육 효과 역시 더 좋을 것으로 판단된다.

이외에 서론에 언급하였듯이 안전 역량과 행동 지표는 한 조직의 안전문화(safety culture) 수준과도 관련이

있기 때문에 원전의 간이 안전문화 평가나 정밀 안전문화 진단에 본 역량 측정 자료를 사용할 수 있을 것이다. 그리고 역량 기반 인적 자원 관리(Human Resource Management)의 안전 영역에서의 활용도 가능할 것으로 판단된다.

하지만 본 연구 결과를 실제 현장에 적용하기 위해서는 후속 연구 혹은 추가적인 작업이 필요하다. 우선 역량 모델 개발 시 일반적으로 20명 가량을 대상으로 인터뷰를 실시²⁰⁾하는 경우가 일반적이다. 하지만 본 연구에서는 9명을 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 그리고 내용 타당도 검증을 위해 원전 운영사 퇴직 종사자들, 원전 설계사 현업 종사자들, 그리고 본 연구진이 참여하였지만, 현재 원전에 종사하면서 다양한 직무를 수행하고 있는 재직자들을 대상으로 한 타당도 검증은 이뤄지지 못하였다. 따라서 본 연구에서 도출된 역량과 행동지표에 대한 추가적인 인터뷰와 내용 타당도 검증을 실시할 필요가 있다.

추가적으로 본 연구에서 개발된 BARS와 BOS를 가지고 현장 실무에서의 적용 가능성을 검증하는 연구가 필요하다고 할 수 있다. 각각의 행동 지표들은 다른 행동 차원(빈도, 지속성, 잠재기 등), 관찰 가능성, 행동 발생 기반(일상 업무, 상황 의존)을 가지고 있다. 따라서 현장 검증을 바탕으로 각 행위 지표들의 관찰 가능성과 관찰 상황, 적절한 측정주기와 평가자(자기, 동료, 상사, 부하) 선정이 필요할 것으로 판단된다. 특히 행동 관찰은 관찰할 수 있는 직무행동에 초점을 두기 때문에 관찰 빈도가 중요하다. 평가자의 기억용량의 한계로 인해 최신성 편향(regency bias)가 발생할 가능성이 높기 때문에 가능한 자주 측정하는 것이 좋다. 하지만 현실적으로 어느 정도 자주 측정하는 것이 가능한지에 대한 파악이 필요하다. 즉 가장 효과적이고 효율적으로 측정, 평가할 수 있는 방법에 대한 결정이 필요하다고 할 수 있다.

이외에 효율적인 역량관리를 위해서는 일반적으로 5-7개의 핵심역량이 추천되고 있다. 본 연구에서 도출된 13개의 역량을 빈번하게 측정한다는 것은 현장 실무자들에게 부담으로 작용할 수가 있다. 따라서 지속적인 현장의 피드백을 바탕으로 각 역량의 중요도와 수행정도에 대한 파악이 필요하다. 이를 바탕으로 중요하고 자주 수행되는 역량을 파악하여 역량 별 우선순위가 결정된다면 이러한 주요 역량들을 우선적으로 관리할 수 있을 것이다.

그리고 본 연구에서는 근로자들에게 필요한 안전역량과 행위지표를 개발하였다. 추가적으로 관리자, 임원, 경영진들에게 필요한 안전 역량의 개발과 팀 단위

로 이뤄지는 원전의 업무 특성을 고려할 때 팀 안전 역량 역시 개발이 필요할 것으로 판단된다.

실질적인 적용 측면 외에 이론적인 측면에서 원전분야에서 안전 역량(safety competence)이라는 개념에 대해 본 연구에서 최초로 제안하였기 때문에 그 정의에 대해 아직 학문적 공감대가 형성되어 있지 않다. 따라서 안전 역량 개념에 대한 정의와 하위 요인들, 직무 역량과 공통점 및 차이점에 대한 이론적 연구가 더 필요하고 여러 안전 관련 연구자와 실무자들의 논의가 필요한 상황이다.

이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 원전 종사자들의 인적오류를 예방하고 지속적으로 안전 직무 수행을 측정, 평가하는데 필요한 기초자료를 제공했다는 의의를 가지고 있다. 그리고 앞서 언급한 안전 역량 관련 후속 연구들이 이뤄진다면 원전 인적오류 예방에 더욱 실질적인 도움을 줄 수 있을 것이다.

감사의 글: 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(원자력 인적오류 대처기술 개발, No. 2012 M2A8A-4004256).

References

- 1) Y. H. Lee, "A Review on the Human Error Research Issues from the Recent Events in Nuclear Industry", Academic Conference of Ergonomics Society of Korea, p. 149, 2011.
- 2) KINS, OPIS, <http://opis.kins.re.kr>.
- 3) D. H. Lee, "A Review on ISO Standards Applicable for a Human Error Tolerant Control Center Design", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 161-168, 2011.
- 4) A. Nyssen & A. Blavier. "Error Detection: A Study in Anaesthesia", Ergonomics, Vol. 49, pp. 517-525, 2006.
- 5) D. H. Lee, S. N. Byun and Y. H. Lee, "Short-term Human Factors Engineering Measures for Minimizing Human Error in Nuclear Power Facilities", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 26, No. 4, pp. 121-125, 2007.
- 6) J. J. Park, J. H. Yun and T. Y. Song, "An Analysis on Actual Utilization of Human Performance Tools in NPP Maintenance Field", Academic Conference of The Korea Society for Energy Engineering, p. 83, 2014.
- 7) OECD NEA, "Assuring Nuclear Safety Competence into the 21st Century", Workshop Proceedings Budapest, Hungary, 12-14, October, 1999.

- 8) D. C. McClelland, "Testing for Competence Rather than for Intelligence", American Psychologist, Vol. 28, pp. 1-14, 1973.
- 9) A. F. Marrelli, J. Tondora and M. A. Hoge, "Strategies for Developing Competency Models", Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research, Vol. 32(5-6), pp. 533-561, 2005.
- 10) M. R. Lynn, "Determination and Quantification of Content Validity", Nursing Research, Vol. 35, No. 6, pp. 382-385, 1986.
- 11) D. C. McClelland, "Identifying Competencies with Behavioral-event Interviews", Psychological Science, Vol. 9, No. 5, pp. 331-339, 1998.
- 12) M. R. Lynn, "Determination and Quantification of Content Validity", Nursing Research, Vol. 35, No. 6, pp. 382-385, 1986.
- 13) J. Kim, "Development of Competency and Behavioral Indicator of an Administrator in long-term Care Facility", Journal of Korean Academy of Nursing Administrative, Vol. 14, No. 4, pp. 477-487, 2018.
- 14) S. Youk, "Nursing Competency and Indicator Development by Emergency Nurse's Clinical Labor", Korean Journal of Nursing Administrative, Vol. 9, No. 3, pp. 481-494, 2003.
- 15) B. Sulzer-Azaroff and D. Fellner, "Searching for Performance Targets in the Behavioral Analysis of Occupational Health and Safety: An Assessment Strategy", Journal of Organizational Behavior Management, Vol. 6, No. 2, pp. 53-65, 1984.
- 16) R. S. Atkin and E. J. Colon, "Behaviorally Anchored Rating Scales: Some Theoretical Issues", Academy of Management Review, Vol. 3, pp. 119-128, 1978.
- 17) W. C. Borman and M. D. Dunnette, "Behavior Based Versus Trait-oriented Performance Ratings: An Empirical Study", Journal of Applied Psychology, Vol. 60, pp. 561-565, 1975.
- 18) K. R. Murphy and J. Cleveland, "Understanding Performance Appraisal: Social, Organizational, and Global-based Perspective", C.A.: SAGE Publication, 1995.
- 19) T. Y. Han, "Personnel Assessment and Performance Management: Evaluation Psychology for Performance Improvement", Seoul: Sigmapress, 2015.
- 20) H. J. Ahn and E. S. Choi, "Overview of the Concepts and the Approach of Competency Modeling", Social Science Study, Vol. 42, pp. 43-59, 2003.