

원전에서 조직 위험요소의 상황적 맥락을 고려한 인적오류 관리방안 제고

나미령[†] · 김사길 · 이용희

한국원자력연구원 계측제어 · 인간공학연구부

(2014. 11. 25. 접수 / 2014. 12. 22 수정 / 2015. 1. 8. 채택)

A Study on Human Error Countermeasures considering Hazardous Situational Context among Organizational Factors in NPP

Meiling Luo[†] · Sa-Kil Kim · Yong-Hee Lee

I&C and Human Factors Division, Korea Atomic Energy Research Institute

(Received November 25, 2014 / Revised December 22, 2014 / Accepted January 8, 2015)

Abstract : Most incidents and accidents involved human during operating NPPs have a tendency to be structured by complicated and various organizational, individual, and environmental factors. The salient feature of the human error in NPP was extremely low frequency, extremely high complicated and extremely serious damage of human life and property. Our research team defined as 'rare human errors'. To prevent the rare human errors, the most researchers and analysts insist invariably that the root causes be made clear. The making them clear, however, is difficult because their root causes are very various and uncertain. However, These tools have limits that they do not adapt all operating situations and circumstances such as design base events. The purpose of this study is to improve the rare human error hazards consider the situational context. Through this challenging try based on evidences to the human errors could be useful to prevent rare and critical events can occur in the future.

Key Words : rare human error, unsafety case method, situational context of organization factors, nuclear power plant(NPP)

1. 원전 인적오류 발생 특성

원전에서 발생하는 인적오류는 발생빈도가 낮는데 비해 고위험도의 성향을 갖고 있어¹⁾, 희귀성 인적오류라는 새로운 접근이 필요하다. 본 연구에서는 실제 사건/사고로 연결될 가능성이 낮으나 사건/사고가 발생할 경우 심각한 인명 및 재산 손실을 유발할 수 있는 오류를 희귀성 인적오류로 구분하였다. 희귀성 인적오류의 대표적인 사례는 TMI 원전 노심융융사고(1979), 체르노빌 원전 화재폭발 사고(1986), 신고리 1호기 안전주입 살수사건(2009), 일본 후쿠시마 사태(2011), 고리 1호기 전원상실 및 은폐 사건(2012) 등이 있다.

원전에서 발생하는 인적오류의 또 다른 특성은 단일 위험요소가 아닌 여러 가지의 위험요소들(hazards)이 구조적으로 연관되어 사건/사고로 전개된다는 것이다.

Kim 등은 인적오류에 영향을 줄 수 있는 요소를 개인, 조직, 환경 등 3가지로 분류하였다²⁾. 개인 요소에는 종사자의 스트레스, 피로, 적극성 등이 있고, 조직 요소에는 대표적으로 의사소통, 부적격자의 선발, 팀 사기, 상벌제도 등이 있으며, 환경 요소에는 소음, 진동, 조명 등이 해당된다. 이중에서도 특히 조직 요소는 직접적으로 인적오류로 발생되기까지 인과관계로 설명하기에는 논리적 한계가 있으며, 가시적이지 않아 사건/사고를 발생시키기까지 일정 시간동안 잠복 혹은 지연될 수 있다.

원전에서 발생하는 대부분의 인적오류는 근본원인을 도출하기 어렵고, 여러 요소들의 구조적인 조합으로 개연되는 특성을 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 원전에서의 희귀성 인적오류의 발생구조를 조직적인 맥락에서 해석하고, 효과적인 관리방안을 제안하였다.

[†] Corresponding Author : Meiling Luo, Tel : +82-42-868-4925, E-mail : luomeiling@kaeri.re.kr

I&C and Human Factors Division, Korea Atomic Energy Research Institute, 1045 Daeduk-Daero, Yuseong-gu, Daejeon 305-353, Korea

2. 인적오류 관리방안 조사

2.1 관리적 접근

미국 INPO(Institute of Nuclear Power Operations)에서는 관리적 접근방법의 일환으로 기존 사건/사고에 대한 분석 결과를 활용할 수 있도록 하는 HPES(Human Performance Enhancement System)를 개발하였다. 국내에서는 이와 유사하게 K-HPES(Korea-Human Performance Enhancement System)를 개발하여 인적오류 사례를 수집 관리하고 있다. 사건/사고의 원인을 도출하고 원인에 대해 집중적으로 관리함으로써 인적오류에 의한 사건/사고 재발을 방지하는데 노력을 집중하고 있다³⁾. Jung 등은 K-HPES 방법을 이용하여 웹기반 인적오류 분석 및 경향파악을 통하여 근본원인 도출에 집중하고 있다⁴⁾. 하지만, 원전에서는 대부분의 희귀성 인적오류들로 근본원인을 도출하는 것이 어려워 직접적으로 원인을 다루어 효과적으로 재발방지를 확신하기는 어려운 실정이다. 인적오류 예방 및 관리를 위한 HPES의 활용은 위험요소들 간의 관계를 명확히 파악하기 어렵고, 분석자의 지식과 경험에 따라 분석결과가 달라질 수 있다는 문제점이 있다.

2.2 시스템 안전성 평가적 접근

HRA(Human Reliability Analysis)는 인적행위를 확률적으로 산정하여 관리에 활용하는 것을 목적으로 하는 방법이다. 확률적 인간 신뢰도분석 방식으로 THERP (Technique for Human Error Rate Prediction), CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)과 같은 방법들을 예로 들 수 있다. 이런 방법들은 인적오류 행위 확률을 근간으로 분석하게 된다. 주로 원전 운영경험과 타산업계에서 사용하는 유사한 인적행위에 대한 오류확률을 전문가 판단 등을 통해 산정한다. HRA 방법은 분석자의 경험과 상황분석에 근거한 주관적 판단을 피할 수는 없으며, 분석자가 사건/사고에 대한 상황 분석을 얼마나 충분히 하였는지가 분석 결과의 질을 결정하는 중요한 기준이 되고 있다.

2.3 구조적인 접근

Safety Case 방법은 운영사의 공식적인 안전대책의 일환으로 조직차원의 안전관리를 위한 정책, 자원배분, 실행절차 등을 규정하여 모든 안전관리 활동에서 안전이 보장됨을 밝히는 문서화된 근거자료를 만들어 가는 증거기반 접근(evidence-based approach) 방법이다⁵⁾. 영국 HSE(Health and Safety Executive)에서는 항공, 철도, 원자력, 의료 산업 등 안전을 중시하는 산업에 적용하

고 있다⁵⁾. Yellow Book은 영국 철도 산업의 안전계획과 모범사례를 통하여 대표적인 Safety Case를 작성하였으며⁶⁾. ROGS는 호주 철도 가이드라인에 Safety Case에 포함되어야 할 위험도 평가의 추적 항목을 정의하였다⁷⁾. 국내 철도산업 분야에서는 조직차원의 SMS (safety management system)정책과 자원배분, 실행절차를 규정하여 업무활동의 안전성을 보장하고 있다⁸⁾. 최근 국제원자력기구(IAEA)에서도 방사성 폐기물 처리 분야에 Safety Case를 적용하고 있다⁹⁾. Safety Case 방법은 안전요구, 증거자료, 시스템 설계를 포함한 3개의 요소들로 구성되어 조직적인 요소가 개입된 안전현안을 효과적으로 설명 및 분석할 수 있으며, 통합적인 안전관리의 차원에서 접근이 가능하다. Safety Case의 장점은 아래와 같다.

1) 시스템에 내부에 존재하는 불안전 요소를 인식하고, 합리적인 시스템 구조를 구성하여, 기술적인 정보를 통합할 수 있다.

2) 시스템의 안전을 증명하는 근거를 제시하여, 시스템과 상관되는 안전성 입증에 가능하다.

이와 같은 맥락으로 원전 희귀성 인적오류 대비 위험요소들로 조합된 사건/사고의 구조적인 상황을 충분히 설명할 수 있어, 경로의 안전 또는 위험을 입증하여 인적오류에 대하여 관리적 접근을 하는데 용이하다.

2.4 체계적인 위험성 접근

Leveson은 사고의 원인과 결과의 체계적인 구조에 국한된 기존의 사고 이론을 시스템 측면으로 확대하여 제어 주체의 프로세스 모델이 정확하지 않을 경우 사고가 발생한다는 STAMP(Systems Theoretic Accident Modeling and Process) 이론을 제시한 바가 있다¹⁰⁾. 이 이론은 조직적 위험요소를 포함한 시스템 전체의 위험요소를 시스템의 제어과정과 제약조건 측면에서 체계적으로 관리할 수 있는 방법으로, 원자력을 포함한 대형체계 산업에서 폭넓게 활용되고 있다. 이 이론을 Safety Case에 접목시키면 안전성에 대한 입증은 하는 것과 반대로 사건/사고를 전개되는 시나리오의 위험성을 입증하여 사전에 인적오류의 발생가능 경로를 관리하는 대처방안을 제시할 수 있다.

이와 같이 인적오류 관리방안 현황을 조사하고 그 내용을 정리하여 희귀성 인적오류를 관리 제안점을 정리하면, 첫째, 인적오류가 발생하는 것을 예방하는 사전관리를 위해 희귀성 인적오류를 발생할 수 있는 위험요소에 대한 사전 관리접근이 되어야 한다. 둘째, 희귀성 인적오류는 위험요소의 통계적인 접근이 어려움으로 상황적 맥락에서 사건/사고로 전개될 수 있는 가능성을

입증하는 방법으로 관리방안이 제시되어야 한다.

3. 희귀성 인적오류의 구조적 접근방법

3.1 Unsafty Case method 의 제안

Unsafty Case Method는 사건/사고가 발생할 수 있는 원인관계를 구조화하여 그 원인구조의 타당성을 충분히 설득력 있는 증거 기반으로 주장한 것을 말한다. Safty Case가 안전성을 입증하는 방법과 반대로 어떤 사건/사고 발생경로의 위험성을 입증하는 방법이다. 본 연구에서는 희귀성 인적오류로 발생될 수 있는 사건/사고를 Unsafty Case로 정의하고, Unsafty Case의 예측 가능한 모든 시나리오를 추정사례로 정의하였다. 추정사례에 영향을 미치는 위험요소들을 분석하여 각 사례별 위험요소의 구조적 맥락을 고려한 관리대책을 마련하고자 하였다. 이와 같이 Unsafty Case Method는 Unsafty Case에 대한 위험성을 논리적 구조로 입증하여 예방측면에서 희귀성 인적오류 위험요소 관리대책을 제시하는 방법이다.

Unsafty Case Method를 통해 희귀성 인적오류 위험요소를 관리하는 절차는 Fig. 1과 같다. 유사 사건/사고의 재발 개연성을 시나리오로 미리 도출하여 예방하고자 하는 의미에서 경험사례를 선정하여 Unsafty Case를 개발하고 구조적인 접근 방법을 통해 관리방안을 제시하는 Unsafty Case Method는 총 6개의 단계로 구성되었다.

- Step 1. Unsafty Case 개발
- Step 2. 모든 사고 발생 가능 추정사례 도출
- Step 3. 모든 추정사례의 타당성 검증
- Step 4. 각 추정사례별 위험요소 분석
- Step 5. 각 추정사례 별 위험요소 관리방안 마련
- Step 6. 위험요소 관리방안 결정

Step 1에서는 발생된 사례 또는 유사사례를 기반으로 예측 가능한 Unsafty Case를 개발한다. Step 2에서는 선정된 Unsafty Case의 모든 위험요소를 파악하고, 이 위험요소들이 사건/사고로 전개될 수 있는 모든 경로를 파악한다. 이때 사건/사고로 전개될 수 있는 경로를 추정사례라고 정의한다. Step 3에서는 추정사례의 타당성을 검증한다. 검증 방법은 전문가 검토, 기존 사례 검토, 시뮬레이션 검토 등이 있다. Step 4에서는 모든 추정사례 전개에서 집중적인 관리가 필요한 사항을 도출한다. 추정사례 전개 위험요소 중 관리 가능성, 관리 용이성, 경제성 등을 고려하여 선정한다. Step 5에서는 희귀성 인적오류발생차단 측면에서의 유효한 관리방안을 도출한다. Step 6에서는 도출된 관리방안에

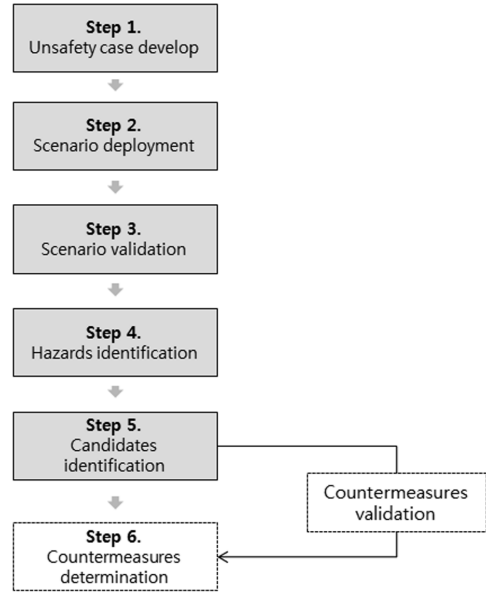


Fig. 1. Steps proposed for unsafty case method.

대한 유효성 검증을 통하여 최종 관리방안을 결정한다. 각 역무분야의 관리방안에 대하여 SD(system dynamics) 시뮬레이션을 통한 민감도 분석을 하여 관리방안을 검증한다.

3.2 Unsafty Case Method의 적용 사례

Unsafty Case Method는 6개의 단계 절차로 구성되었으며, 그 내용을 설명하기 위하여 고리 SBO 사건을 기반으로 Unsafty Case를 개발하였다. 희귀성 인적오류 예방 측면에서 관리방안을 도출하기까지의 절차를 아래와 같이 단계별로 설명하였다.

Step 1. Unsafty Case 개발

대표적인 인적오류 사례로서 원전 고리 1호기 SBO (Station Black-Out) 사례를 참고하여 개발하였다. 발전기의 보호계전기 시험 중 전원 상실 및 비상발전기 기동실패로 전체 전력공급이 중단된 본 사례는 이후 이어진 은폐/위반과 무관하게 전형적인 복합적 오류구조가 외부전원 미복구상태 및 사용불가 상황을 파악하지 못한 것을 주원인으로 EDG(Emergency Diesel Generator) 고장 및 외부전원까지 완전히 상실되는 SBO사고의 경험을 기준으로 발생 가능한 모든 경로를 구조적으로 도출하고, 이에 대한 관리를 보완하는 방안을 도출하기 위해 선정된 사례이다.

Step 2. 모든 사고 발생 가능 추정사례 도출

이 단계에서는 SBO사고의 모든 위험요소 및 경로를

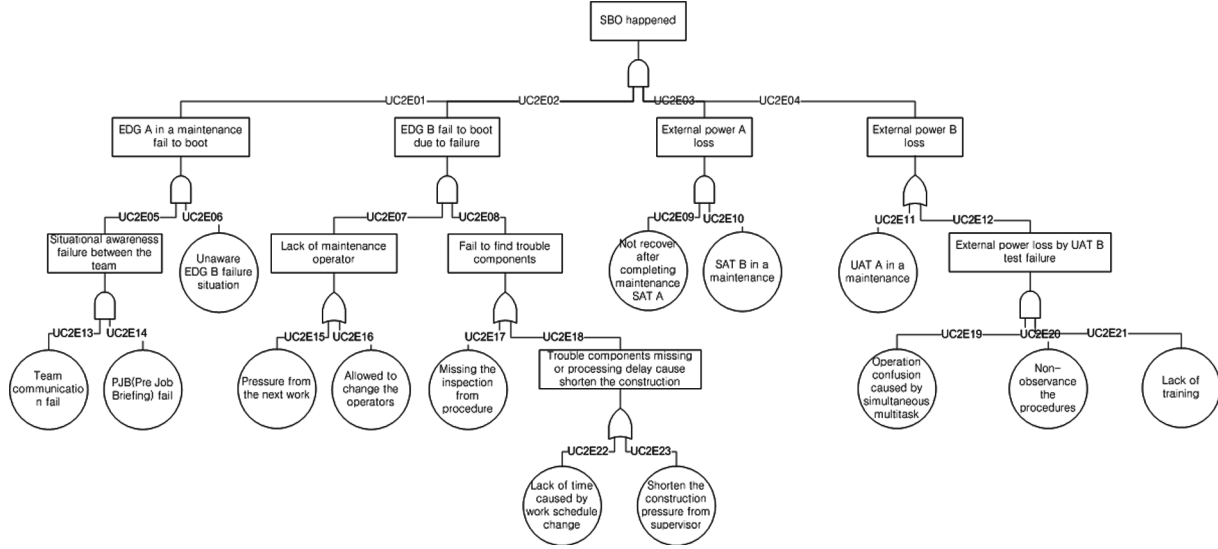


Fig. 2. SBO accident fault tree.

Table 1. SBO accident hazards

Division	Detailed hazards
Organization factors	team communication fail PJB(Pre Job Briefing) fail Fail to find trouble components(EDG B) Pressure from the next work Lack of time caused by work schedule change Shorten the construction pressure from supervisor Operation confusion caused by simultaneous multitask Non-observance the procedures Lack of training
Person factors	Not recover after completing maintenance SAT A Allowed to change the operators
Environment factors	SAT B in a maintenance UAT A in a maintenance Missing the inspection from procedure

파악하고 사건/사고로 전개될 수 있는 총 13건의 추정 사례를 FT(fault tree) 형태로 구조적으로 설명하였다 (Fig. 2). Table 1에서는 위험요소를 망라하였고, Table 2에서는 SBO사고로 전개될 수 있는 추정사례의 일부를 정리하였다.

Step 3. 모든 추정사례의 타당성 검증

이 단계에서는 전 단계에서 도출된 모든 SBO 발생 추정사례의 타당성을 검증하기 위해 FT의 각 노드(node)별로 그 타당성을 입증하고자 하였다. 각각 추정사례들은 Fig. 2에 있는 FT 구조를 기반으로 전개되기 때문에 그림과 같이 23개의 근거코드(UC2E01~UC2E23)를 부여하

Table 2. SBO accidents scenario(example)

Scenario No.	Level	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
	Scenario 1	SBO happened	· EDG A in a maintenance fail to boot · EDG B fail to boot due to failure · External power A loss · External power B loss	· Situational awareness failure between the team · Unaware EDG B failure situation · Lack of maintenance operator · Fail to find trouble components · Not recover after completing maintenance SAT A · SAT B in a maintenance · UAT A in a maintenance	· Team communication fail · PJB(Pre Job Briefing) fail · Pressure from the next work · Missing the inspection from procedure	
...						
Scenario 12	SBO happened	· EDG A in a maintenance fail to boot · EDG B fail to boot due to failure · External power A loss · External power B loss	· Situational awareness failure between the team · Unaware EDG B failure situation · Lack of maintenance operator · Fail to find trouble components · Not recover after completing maintenance SAT A · SAT B in a maintenance · External power loss by UAT B test failure	· Team communication fail · PJB(Pre Job Briefing) fail · Missing the inspection from procedure · Trouble components missing or processing delay cause shorten the construction · Operation confusion caused by simultaneous multitask · non-observance the procedures · Lack of training	· Shorten the construction pressure from supervisor	

Table 3. Scenario node evidence(example)

Evidence No.	Evidence		
	Theory	Case study	Expert judgment
		...	
UC2E22	-	Report of the Expert Mission to Review the Station Blackout Event that Happened at Kori 1 NPP, IAEA, 2012	work overload during the maintenance period for a long-term
UC2E23	-	Report of the Expert Mission to Review the Station Blackout Event that Happened at Kori 1 NPP, IAEA, 2012	work overload during the maintenance period

였다. 따라서 모든 노드의 전개를 각 근거코드 별 이론, 발생사례, 전문가 판단, 모델검증 등 방법으로 근거를 마련하였다. Table 3에서 추정사례 근거의 일부를 확인할 수 있다.

Step 4. 각 추정사례별 위험요소 분석

Table 1에서 정리된 위험요소를 인적자원관리 요소, 제도 및 문화적 요소, 구성원 상호작용 요소, 직무특성 및 절차 요소 그룹으로 구분하였다(Fig. 3). 각 시나리오 중 해당되는 그룹별 1순위, 2순위의 위험요소를 선정하여 차별화된 관리가 수행될 수 있도록 하였다. 인적 자원관리에는 조직 인력의 충원과 유지, 활용, 개발과 관련하여 계획적이고 조직적인 관리활동 체계를 말하는데, 인적자원관리의 중요한 과제는 조직의 목표와 개인의 목표가 조화를 이루도록 하는 것이며 대표적인 위험요소에는 부적격자의 선발, 적성을 고려하지 않는 배치, 내용이 부적합한 훈련 등이 있다. 제도 및 문화적 요소에는 동기부여가 부족한 팀 사기, 공평하지 못한 상벌제도, 과도하게 높은 상호신뢰도 등과 같이 안전문화적인 관점에서 관리 가능한 요소들로 구성되었다. 구성원 상호작용에는 부족한 의사소통, 오류 유발

이 가능한 인터페이스 등 종사자-종사자, 팀-팀, 종사자-팀간의 인터페이스에 영향을 주는 요소들로 구성되었다. 직무특성 및 절차 요소에는 불명확한 작업방법, 불명확한 절차 등과 같은 직무 특성으로 인해 발생 가능한 오류 요소들로 구성되었다.

Step 5. 각 추정사례별 위험요소 관리방안 마련

앞서 정리된 각 위험요소 그룹별 네 가지 역무분야로 구분하여 제공하였다. 각 역무분야별 담당자를 명시하여 희귀성 인적오류를 예방하기 위한 기준 제공하였다. 네 가지 역무분야는 각각 종사자 안전역량 관리, 종사자 안전역량 교육, 현장감독, 안전정책/규정/규칙이 있다(Table 4).

종사자 안전역량 관리는 인사관리 부서 내 안전역량 담당자의 역할로 조직 내 모든 종사자(최상위 관리자 포함)에게 필요한 안전역량을 파악하고 종사자의 안전역량 수준을 분석하여 필요한 안전역량을 교육부서에 요청하는 기능을 수행한다. 종사자 안전역량 교육은 교육훈련관리 부서 내 안전역량 담당자의 역할로 조직 내 모든 종사자(최상위 관리자 포함)에게 요구되는 안전역량 교육훈련을 계획하고 실행 및 평가하는 기능을 수행한다. 현장 관리감독은 운영부서 내 안전관리 담

Table 4. Countermeasures identification(example)

Management area	Countermeasures(example)
Employees safety competency management	Reflects the results of evaluation of the nature/disposition to adjustment personnel
Employees safety competency training	Defines the Vertical structure organization communication procedure et al.
Site supervision	Proposes an electronic bulletin board to share maintenance situation et al.
Safety policy · regulation · rule	Promulgate the regulations to share the maintenance situation et al.

Scenario No.	Scenario						HAZARDS							
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Human resource management		System and Organizational Culture		Members interaction		Task Characteristics and Procedures	
							ranking 1	ranking 2	ranking 1	ranking 2	ranking 1	ranking 2	ranking 1	ranking 2
1-SBO happened	- EDG A in a maintenance fail to boot - EDG B fail to boot due to failure - External power A loss - External power B loss	- Situational awareness failure between the team - Unaware EDG B failure situation - Lack of maintenance operator - Fail to find trouble components - Not recover after completing maintenance SAT A - SAT B in a maintenance - UAT A in a maintenance	- Team communication fail - PJB(Pre Job Briefing) fail - Pressure from the next work - Missing the inspection from procedure				N/A	N/A	Lack of motivation	N/A	Lack of communication	N/A	Simultaneous multitask	Lack of hazard identified
2-12 SBO happened	- EDG A in a maintenance fail to boot - EDG B fail to boot due to failure - External power A loss - External power B loss	- Situational awareness failure between the team - Unaware EDG B failure situation - Lack of maintenance operator - Fail to find trouble components - Not recover after completing maintenance	- Team communication fail - PJB(Pre Job Briefing) fail - Missing the inspection from procedure - Trouble components missing or processing delay cause shorten the construction	- Shorten the construction pressure from supervisor			N/A	N/A	Lack of motivation	N/A	N/A	N/A	Simultaneous multitask	Lack of hazard identified

Fig. 3. Hazard factors classification(example).

Table 5. Management measures comparison

Name	Management purpose	Management characteristics	Example
Unsafty case method	Prevent recurrence of similar SBO accident	Parallel software management and hardware management	Facilities improvement for enhancement communication system et al.
IAEA	Prevent recurrence of SBO accident	Additional software management for hardware management	Enhance safety inspection, reliability et al.
NSSC	Prevent recurrence of SBO accident	Focus on hardware management	Safety inspection et al.

당자의 역할로 직무가 수행되는 현장에서 직무수행이 안전하게 수행되도록 작업환경, 작업자, 작업방법 등을 수시로 관리 및 감독하는 기능을 수행한다. 안전 정책/규정/규칙 관리는 정책 혹은 기획부서 내 안전 정책/규정/규칙 관리 담당자의 역할로 현행 정책/규정/규칙의 실효성을 파악하고 개정, 신설, 폐지되어야 하는 정책/규정/규칙을 수시로 마련하는 역할을 한다.

4. Unsafty Case Method에 대한 실용성 토의

4.1 관리방안의 실용성 검토

최종 도출된 관리방안의 실용성을 확인하기 위하여, 타 기관(NSSC, IAEA) 관리방안과 비교 검토하였다¹³⁾¹⁴⁾. 각 기관에서 제시한 관리방안과 비교를 한 결과 관리의 목적으로부터 특성상 차별화된 것을 확인할 수 있다(Table 5).

각 기관에서의 관리방안과 비교검토를 통한 결과 Unsafty Case Method의 아래와 같은 장점을 확인할 수 있다.

- 1) 근본 원인에 국한되지 않는 관리대안 도출

Unsafty Case Method는 SBO로 전개될 수 있는 12개의 추정사례에 대한 관리방안을 고려한 반면 타 기관 관리방안은 SBO가 발생하는 근본 원인을 차단하고 예방하기 위한 관리대책에 머물고 있었다.

- 2) 관리 용이한 구체적인 관리대안 제시

Unsafty Case Method를 통한 관리방안은 종사자 안전역량 관리, 종사자 안전역량 교육, 현장 관리감독, 안전 정책·규정·규칙 4개 분야를 나누어 관리대상, 관리방안을 구체화하여 제시하고 있어 기존 관리방안의 안전문화 도모를 위한 관리대책, 안전문화 확산 등 상위 단계에서의 관리대안을 보다 구체화하였다.

4.2 Unsafty Case Method의 향후 활용방향 및 제약점

Unsafty Case Method는 사고사례로부터 경험적인

관리방안을 사전 도출하여 예방 차원의 관리가 가능하며, 빈도 기반의 확률론적 접근을 전제하지 않는다는 장점이 있다. Unsafty Case를 선정하는 단계부터 관리방안을 도출하는 과정을 Unsafty Case Report로 작성하여 경험사례에 대한 관리가 가능할 뿐만 아니라 향후 Unsafty Case DB를 구축하여 경험집을 만들어 사용자에게 제공할 수 있다. 또한 관리방안을 사용자별 기술기준서로 작성하여 희귀성 인적오류를 사건/사고 발생이전에 예방하는데 활용할 수 있다.

Unsafty Case Methods의 제약점은 FT의 노드별 근거마련하기에는 원전 시스템을 잘 알고 있으며 안전관리에 능통한 전문가가 확보된 경우에만 가능하다. 원인추적이 명확하지 않으므로, 희귀성 인적오류로 인한 사건/사고의 유효성 검증은 실제 데이터가 아닌 SD 방법밖에 적용할 수 없기 때문에 간접적인 검증에 불과하다.

4.3 결론

원전에서의 희귀성 인적오류를 발생시키는 요소는 복잡하고 다양하며, 단일요소가 직접적인 원인이 되지 않으며 발생빈도가 낮으므로 정량적인 접근이 쉽지 않다. 본 연구에서는 기존 안전관리 방안을 기반으로 원전에서의 희귀성 인적오류 특성을 고려한 관리가 용의하고, 근거가 있고 지속적으로 진행할 수 있는 새로운 안전관리 방안을 제고하고자 하였다. Unsafty Case Method는 Unsafty Case DB를 구축해 나가는 방식으로 이미 발생한 사건/사고를 기반으로 구조적인 분석을 통해 유사 사건/사고에 발생가능 추정사례를 도출하여 예방 측면의 지속적 관리가 가능할 것으로 사료된다. 하지만 시나리오 구축의 과정에서 기준근거를 마련하여 Unsafty Case의 위험성을 입증하는 것이 현재로서 가장 어려운 점이며, Unsafty Case Method를 통하여 도출된 관리방안을 현장(예, 원전 운영사) 관리에 접목시키는 과제가 남아있다. 추후 원전 운영사의 Unsafty Case 전담 인원이 희귀성 인적오류에 대한 안전관리방안을 지속적으로 관리하는 것이 중요하다고 판단된다.

Acknowledgements: This research was supported by the nuclear energy research and development project (Grant. 2012M2A8A-4004256) funded by the Ministry of Education, Science and Technology.

References

1) Y. H. Lee, "A Comparison of the Recent Human Errors in

- Nuclear Power Plants”, Ergonomics Society of Korea Conference, Vol.2012, No.5, pp.88-292, 2012.
- 2) S. K. Kim et. al., “An Analysis on Human Error Mechanism using System Dynamics: Organizational Factors Aspect”, KAERI/TR-5410, 2013.
 - 3) Y. S. Jung, J. S. Lee and S. J. Oh, “K-HPES for Human Error Management in the Nuclear Power Plants”, Ergonomics Society of Korea Conference, Vol.2008, pp.318-324, 2008.
 - 4) Y. S. Jung, E. M. Kim, J. M. Ku and J. S. Lee, “A Method to Analyse Human Errors at the Nuclear Power Plants”, Ergonomics Society of Korea Conference, 2012.
 - 5) THE Health Foundation, “USING SAFETY CASES IN INDUSTRY AND HEALTHCARE”, 2012.
 - 6) RSSB, “Yellow Book 3, Independent Safety Assessment”, 2000.
 - 7) ROGS, “The Railways and Other Guided Transport Systems (Safety) Regulations”, 2006.
 - 8) W. Jung, J. B. Wang and C. W. Park, “Guideline on the Risk Assessment for Railway Safety Case” The Korean Society for Railway Conference, 2008.
 - 9) IAEA, “The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste”, Specific Safety Guide 23, 2012.
 - 10) N. G. Leveson, “A New Accident Method for Engineering Safer System to Appear in Safety Science”, Elsevier Science Ltd, 2003.
 - 11) M. L. Luo, S.K. Kim and Y. H. Lee, “A Development of Case-based Unsafety Cases for the Prevention of Rare Human Error Event in Nuclear Power Plants”, Autumn conference of the KOSOS, 2014.
 - 12) S. K. Kim, M. L. Luo and Y. H. Lee, “How to Cope with Rare Human Error Eventsinvolved with Organizational Factors in Nuclear Power Plants”, Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting, 2014.
 - 13) IAEA, “Report of the Expert Mission to Review the Station Blackout Event that Happened at Kori 1 NPP”, IAEA-NSNI, 2012.
 - 14) NSSC, “Review the Station Blackout Event that Happened at Kori 1 NPP”, 2012.