한국압력기기공학회 논문집
제10권 제1호 2014년 7월 pp. 25-30

한수원 안전문화 원칙 및 평가 유효성 검증

허남용† · 김영갑* · 송태영*

Effectiveness Verification of KHNP Safety Culture Principles and Assessment

Nam Young Hur†, Young Gab Kim* and Tae-Young Song*

(Received 5 May 2014, Revised 23 June 2014, Accepted 3 July 2014)

ABSTRACT

Korea Hydro & Nuclear Power Co.,LTD(KHNP) was strongly interested in promotion of employee's Safety Culture because it is needed to change the recognition of Safety Culture after the Fukushima accident and Kori-1 blackout event. So, KHNP developed the KHNP Safety Culture Definition, Principles and Attributes and shared them with all employees. By using them, Safety Culture Assessment for a site plant employees was carried out. Through the pilot Safety Culture Assessment in 2012, In 2013, it was expanded to 6 plants and various improvements had been obtained from that. KHNP has been developing a variety of training materials, Safety Culture posters, videos which was designed to give lessons about safety culture with a variety of event cases. And keep trying to form Safety Culture Circumstances In this study, statistic methods are used to verify the effectiveness of KHNP Safety Culture Principles and Safety Culture Assessment.

Key Words : Safety Culture Principles(안전문화 원칙), Safety Culture Assessment(안전문화 평가)

1. 서 론

한수원은 2011년 후쿠시마 원전 사고 및 고리1호기 정전사건 이후에 원전종사자들의 안전에 대한 인식 전환의 필요를 인지하여 직원들의 안전문화 향상에 강한 관심을 갖게 되었다. 이에 따라 한수원은 안전문화에 대한 정의, 원칙 및 실천지침을 개발하여 전 직원에게 공유하게 하였으며 또한 이를 바탕으로 안전문화를 평가하기에 이르렀다. 2012년도의 일부 발전소의 시범평가를 거쳐 2013년도에는 6개 발전소에 확대하여 평가를 수행하였고 다양한 개선사항을 도출하여 활용하고 있다. 또한 안전문화를 증진할 수 있는 다양한 교육교재 개발, 안전문화 포스터 개발, 다양한 사건을 통해 안전문화 관련 사항의 적용 및 교육할 수 있는 안전문화 동영상 등을 개발하고 있으며, 반론자 제도를 도입하여 대부분이 생각하는 반대의 주장을 할 수 있도록 하였고 종사자건의제도(Employee Concerns Program)을 통해 익명으로 안전관련 사항을 두려움 없이 제시할 수 있도록 하는 등 다양한 노력을 하고 있다.

본 논문에서는 개발된 안전문화 원칙 및 속성의 상호 연관성을 분석하고 안전문화 평가 체계의 독립성 등을 평가하여 향후 평가시 반영하고자 한다.

2. 한수원 안전문화 원칙 및 평가

2.1 한수원 안전문화 정의, 원칙 및 실천지침

체르노빌 원전사고 이후 IAEA 등 각종 국제기구, 규제기관 및 원전사업자에 의해 원자력안전문화 증진의 중요성이 알려지기 시작했고, 미국의 Davis Besse 원전 사고 이후 NRC에서 규제검사에 안전문화를 포함하도록 하였다. INPO, IAEA, NRC에서 안

† 책임저자, 회원, 한국수력원자력(주)
E-mail: hurny@khnp.co.kr
TEL: (042)870-5693 FAX: (042)870-5688
* 한국수력원자력(주)

전문화 원칙 및 속성관련요소를 개발하였다. INPO는 8개 원칙에 56개 실천지침을, IAEA는 5개 원칙에 37개 속성, NRC는 9개 특성을 수립하여 활용하고 있다.

한수원은 이들을 분석하고 검토하여 한수원 고유의 원자력안전문화 원칙 및 실천지침을 개발하였다. 특별히 원칙을 뒷바침하는 속성을 실천지침으로 지침화하여 현장감 있는 적용이 용이토록 하였다. 표2와 같이 6개 원칙 24개 실천지침을 정리하였다. 이를 전직원이 공유하고 제반 업무수행시 활용토록 하였으며 안전문화 평가시 이를 활용하고 있다.

Table 1 INPO, IAEA, NRC's Safety Culture Principles & Attributes

구분	INPO	IAEA	NRC
원칙	8	5	-
속성(특성)	56	37	9

2.2 안전문화 평가 체계

안전문화에 대한 평가의 해외사례는 다음과 같다. NRC는 ROP(원자로감시프로그램,Reactor Oversight Program)에 따라 성능저하 사항에 대하여 사업자에게 적절한 근본원인 분석(안전문화 요소 고려 등)을

Table 2 KHNP's Safety Culture Principles & Action Statements

K1 (책임)	원자력안전에 대한 책임은 모두에게 있다.
K1A	모든 업무 수행시 원자력안전을 최우선으로 고려해야 한다.
K1B	원자력안전을 위한 책임을 명확히 이해하고 있어야 한다.
K1C	원자력안전 관련 규정을 철저히 준수해야 한다.
K1D	항상 주인의식을 가지고 업무에 임해야 한다.
K2 (리더십)	관리자는 원자력안전 확보에 솔선수범 한다.
K2A	안전의식이 투철하고 리더십을 발휘해야 한다.
K2B	수직적/수평적 자유로운 의사소통을 장려해야 한다.
K2C	원자력안전 관련 활동에 적극적으로 참여해야 한다.
K2D	안전현안에 관리 및 중재 능력을 발휘해야 한다.
K3 (태도)	항상 의문을 갖는 태도로 업무에 임한다.
K3A	원자력기술의 특별함을 인식하고 신중히 업무를 수행해야 한다.
K3B	실수와 최악의 가능성을 항상 대비해야 한다.
K3C	의사결정시 다양한 의견들을 충분히 검토해야 한다.
K3D	의문이 들면 질문하고, 이상상태는 즉시 보고해야 한다.
K4 (환경)	원자력안전을 중시하는 업무환경을 조성한다.
K4A	조직내 높은 수준의 상호신뢰가 형성되어야한다.
K4B	문책의 두려움 없이 실수를 보고할 수 있어야 한다.
K4C	안전문제를 자유롭게 제기할 수 있어야 한다.
K4D	안전관련 활동을 인정하고 보상해야 한다.
K5 (학습)	학습과 개선활동을 지속적으로 이행한다.
K5A	분야별 직무교육을 주기적으로 실시해야 한다.
K5B	종사자 수준에 맞는 안전교육을 수행해야 한다.
K5C	국내외 운전경험을 적기에 분석하고 활용해야 한다.
K5D	업무 개선활동을 지속적으로 전개해야 한다.
K6 (관리제도)	원자력안전을 위한 제도를 수립·이행한다.
K6A	원자력안전정책이 마련되고 그 가치가 공유되어야 한다.
K6B	사업계획 수립 및 인력 배분 시 안전에 우선 투자해야 한다.
K6C	안전문화 평가 및 자체진단을 주기적으로 시행해야 한다.
K6D	다양한 안전성평가 결과를 발전소 업무 프로세스에 반영해야 한다.

Table 3 Comparing the Safety Culture Assessment Methods

NRC	USA Licensee	IAEA
ROP 시행 중 안전문화 평가	매 연료 교체주기(2년)마다 INPO/WANO 방식의 안전문화 평가	ISCA[1] 실시 → OSART[2] 시행 중 안전문화 평가

수행하도록 요구하거나 안전문화 평가를 수행하도록 요구하고 있다. 특히, 미국 Davis Besse 원전 원자로 헤드열화 사건이 발생하고 본 사건의 주요 원인이 사업자의 안전문화 결여에 기인한 것으로 밝혀진 이후, 안전문화를 규제검사 대상에 포함하도록 다수의 검사 매뉴얼 및 검사 절차서가 개정되었다. 해외 기관별 안전문화 평가방법은 표3에 정리하였다.

한수원은 해외 기관의 안전문화 평가 방법을 참조하여 독립적인 평가방법을 개발하여 적용하고 있다. 먼저 평가는 설문과 면담으로 구분하여 시행한다. 설문은 6원칙 24개 실천지침에 대하여 해당년도 평가 해당 발전소의 직원 및 협력업체 직원을 대상으로 시행된다. 각 항목별로 1~10점을 부여하여 전체적인 안전문화에 대한 인식도를 측정하여 면담평가전에 해당 발전소의 평가요소별 강, 약점을 분석을 한다. 면담평가전에 설문 결과는 참고자료로 면담평가자에게 제공된다. 면담평가단은 8~10명으로 구성되며 교수 및 원자력발전소에 대한 사전지식이 있는 외부인사로 구성된다. 평가자에 대하여는 안전문화 평가 방법 및 기본 지식을 전달하기 위하여 평가전 사전교육을 수행한다. 한 발전소에 대하여 3일의 평가기간이 소요되며 150여명의 직원과 면담 및 현장 관찰 등으로 진행하게 된다.

2.3 안전문화 평가결과

2013년도에 한수원은 6개의 발전소에 대하여 안전문화 평가를 수행하였다. 설문은 발전소당 250~370여명, 면담은 약 150여명을 대상으로 수행하였다. 설문 및 면담에 발전소 업무를 수행하는 협력업체 직원들도 포함시켰으며, 다양한 의견을 듣기 위해 직급별, 직무별 구성원을 적정히 배분하여 평가하였다. 설문은 1943명, 면담은 874명 수행하여, 전체인원 대비 설문은 51%, 면담은 23%의 인원에 대한 안전문화를 평가하였다.

Table 4 Safety Culture Assessment Surveys and Interviewers

구 분		설문	면담	총 인원
A 발전소	한수원	135	127	319
	협력회사	119	21	251
B 발전소	한수원	183	119	329
	협력회사	179	32	321
C 발전소	한수원	139	132	312
	협력회사	118	21	303
D 발전소	한수원	182	131	374
	협력회사	159	20	357
E 발전소	한수원	177	128	351
	협력회사	197	22	243
F 발전소	한수원	152	100	324
	협력회사	203	21	345
합 계		1,943	874	3,829

안전문화 평가에 대한 분석결과 2012년도 대비 책임, 관리자, 종사자, 환경 및 학습분야에서 긍정적 답변이 증가한 것으로 평가되었다. 단, 제도 수립 및 이행 측면은 2012년도다 약간 낮은 결과가 나왔다. 과거대비 안전문화를 중시하도록 경영평가에 반영하였고, ECP(종사자건의제도), 반론자제도, 안전문화 포스터 전파, 안전의 날 행사 등 다양한 안전문화 향상을 위한 노력을 행하고 있으나, 현장 직원들에는 아직 실감있게 체감되지 않는 것으로 보인다.

그림1에서 6개 원칙별 평가결과를 보여준다. 책임이 가장 긍정적으로 보인 반면 제도분야는 낮게 평가되었다. 또한 한 개의 발전소의 결과가 상대적으로

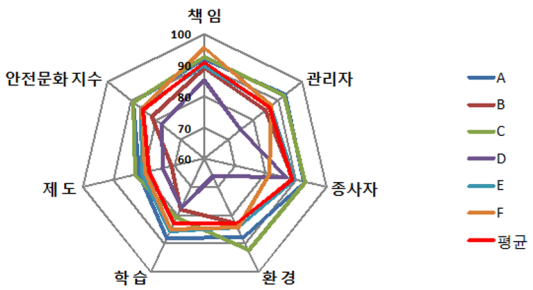

Fig. 1 Safety Culture Assessment Results for 6 Plants

1 IAEA의 안전문화평가 방법으로 SCART(Safety Culture Assessment Review Team)를 최근에 ISCA(Independent Safety Culture Assessment)로 개정함

2 국제적으로 원자력발전소의 조직 및 행정, 훈련 및 자격 등 전반에 대한 안전성을 점검하는 IAEA(국제원자력기구)의 안전점검 기구(Operational Safety Review Team)

낮게 평가되는 특징을 보였다. 6개 원칙을 종합하여 100점으로 수치한 것이 안전문화지수이다. 안전문화지수는 안전문화 평가시 긍정, 중립 및 부정의 응답에 대한 가중치를 주어 수치화 한 것을 말한다. 지수화를 통해 원칙별, 연도별 안전문화평가 결과를 쉽게 비교할 수 있도록 하였다.

3. 검증 방법 및 결과

3.1 한수원 안전문화 원칙의 유효성 검토

안전문화 6원칙(K1: 책임, K2: 관리자, K3 : 종사자, K4: 환경, K5: 학습, K6 : 제도)에 대한 기존 설문 데이터를 통계적으로 분석하여 원칙들 간 상관관계 여부를 확인하고 이를 통해 각 원칙들이 독립적으로 안전문화의 설문 평가항목으로서 대표성이 있는 지를 검증하고자 하였다. 통계적 유효성을 분석하기 위해 범용통계패키지인 미니탭을 사용하였다.

6개 발전소의 6개 원칙들간에 상관관계(Correlation Analysis)결과 표5와 같이 P-value 값이 0.00으로 이들 원칙들간 상관관계는 있지만 피어슨(Pearson) 상관계수가 0.8이하로 강한 상관관계를 가진 원칙은 없었다. 즉, 원칙들 간에 영향을 미친다고 볼 수 없어 6개 원칙은 각각 그 대표성을 가지고 있다고 말할 수 있다.

Table 5 Analysis of the correlation between safety culture principles(P-values are all 0.00)

	K1	K2	K3	K4	K5
K2	0.628				
K3	0.607	0.640			
K4	0.524	0.670	0.590		
K5	0.574	0.549	0.595	0.482	
K6	0.633	0.617	0.630	0.592	0.631

3.2 원칙별 실천지침의 대표성 검증

안전문화 원칙의 유효성을 각 원칙의 실천지침간 상관관계 분석을 통해 검증을 하였다. 원칙별 실천지침들간에 유사한 질문이 많이 내포되어 있으므로 원칙의 대표성 검토와 더불어 원칙내의 실천지침간에 독립성 검토가 필요하다고 하겠다. 원칙과 실천지침간 독립성 검증을 위하여 분산분석(One-Way ANOVA)과 상관관계 분석을 미니탭을 가지고 분석하였다.

발전소A와 C의 설문분석한 것을 95%의 신뢰수준으로 대상을 분석하였다. A발전소의 결과를 그림2에

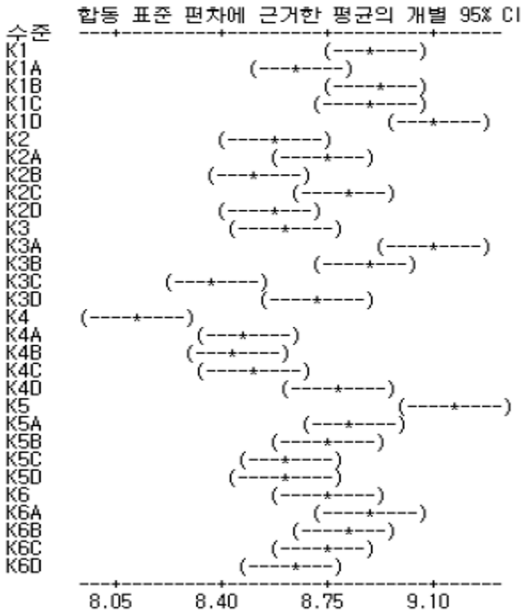

Fig. 2 Analysis of variance for a plant safety culture survey result

Table 6 Comparison of Safety Culture Principles between A and C Plant

	P-value (95% CI)		안전인식 높은항목		안전인식 낮은항목		안전인식 높은순서	
	A	C	A	C	A	C	A	C
원칙1	0.002	0.015	K1D	K1D	K1A	KA1	1	2
원칙2	0.082	0.216	K2C	K2C	K2B	K2B	5	5
원칙3	0.000	0.000	K3A	K3A	K3C	K3C	4	4
원칙4	0.000	0.002	K4D	K4D	K4	K4	6	6
원칙5	0.000	0.000	K5	K5	K5D	K5C K5D	2	1
원칙6	0.271	0.351	K6A	K6A	K6D	K6D	3	3

제시하였으며 C발전소의 평균값은 전체적으로 높게 나타났다. 표6에서는 A발전소와 C발전소의 원칙별 P-value, 안전인식을 분석하였다. 6원칙 중 원칙2와 원칙 6을 제외한 원칙들은 P-값이 0.05보다 낮으므로 원칙들과 실천지침간에 상관관계가 유의한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

여기서 원칙1의 P-value 값은 K1에서 K1D까지의 분산분석에 대한 P-value 값을 나타낸다. P-value 값이 0.05보다 작다는 것은 원칙과 각 실천항목에 대한 결과값이 서로 유의한 차이가 있어 신뢰할 수 있음을 말한다. 특히 K4(원자력 안전을 중시하는 업무환

경을 조성한다)와 실천지침 K4D(안전관련 활동을 인정하고 보상해야 한다), 그리고 K5(학습과 개선활동은 지속적으로 이행한다)와 실천지침 K5D(업무활동은 지속적으로 개선해야 한다)의 경우는 특이한 경향을 보인다. K4의 경우 원칙은 인식수준이 매우 낮으나 실천지침 값들은 높게 나타난다. K5의 경우는 반대의 경우로 원칙은 인식수준이 매우 높으나 실천지침값은 낮게 나타난다. 이것은 K4D와 K5D가 원칙과 매우 관련이 부족함을 나타내, 향후 이를 보완 할 필요가 있음을 보여주었다.

3.3 설문 문항의 적정성 평가

안전문화 원칙별 각 실천지침의 통계적으로 연관성이 있는지를 분석하는 것은 설문항목의 적정성을 평가하기 위한 중요한 지표가 될 것이다. 표7에서는 2013년 안전문화 평가한 전체 발전소의 평가 항목간 상관관계를 분석하였다. 원칙에 대한 속성들의 상관관계 분석에 따른 P-value는 0.00으로 유의미한 결과를 나타냈으며 Pearson 값이 0.5이상이므로 원칙과 실천지침간의 관계는 적절하다고 볼 수 있고 상관계수가 0.8이상인 항목도 9쌍이나 되었다. 이것은 두 실천지침의 내용이 매우 유사하거나 같은 성격을 띄고 있는 것으로 해석될 수 있다. 즉, 중복된 설문으로 간주해서 하나는 빼고 다른 항목으로 대체해도 된다고 생각된다. 또한, 질문을 줄일 필요가 있을 때 한 항목은 생략이 가능하다고 여겨진다. 예를 들어 K2(관리자는 안전 확보에 솔선수범 한다)에서 안전문화 인식이 높게 평가한 사람은 K2A(안전의식이 투철하고 리더십을 발휘해야 한다)에 있어서도 매우 높게 평가하는 상관관계가 나타냈다.

Table 7 Correlation between Safety Culture Principles and Action Statements in 6 Plants.(P-values are all 0.00)

	K1	K1A	K1B	K1C
K1A	0.700			
K1B	0.730	0.730		
K1C	0.612	0.674	0.716	
K1D	0.612	0.647	0.691	0.671
	K2	K2A	K2B	K2C
K2A	0.899			
K2B	0.789	0.805		
K2C	0.742	0.754	0.786	
K2D	0.787	0.798	0.822	0.849
	K3	K3A	K3B	K3C
K3A	0.745			
K3B	0.742	0.754		
K3C	0.690	0.655	0.719	
K3D	0.710	0.721	0.753	0.735
	K4	K4A	K4B	K4C
K4A	0.776			
K4B	0.725	0.739		
K4C	0.739	0.730	0.757	
K4D	0.639	0.735	0.716	0.738
	K5	K5A	K5B	K5C
K5A	0.658			
K5B	0.716	0.766		
K5C	0.642	0.717	0.798	
K5D	0.675	0.709	0.808	0.841
	K6	K6A	K6B	K6C
K6A	0.767			
K6B	0.653	0.690		
K6C	0.752	0.811	0.747	
K6D	0.761	0.817	0.734	0.880

4. 결 론

국내원전은 원자력안전문화 원칙 및 실천지침을 개발하여 2012년 이후로 발전소 안전문화 평가에 적용하여 활용해 오고 있다. 개발된 한수원 안전문화 원칙 및 실천지침의 적합성을 안전문화 평가결과를 통해 검증하고자 하였다. 안전문화 원칙간 상관관계 검토결과 모두 독립적인 의미를 가짐이 확인되었다. 원칙과 실천지침의 유효성은 6원칙 중 원칙2와 원칙6을 제외한 원칙과 실천지침들간에는 상관관계가 있는 것으로 평가할 수 있다.

따라서, 원칙2, 6과 그 실천지침간 연관성 재검토가 필요하다. 또한 설문 문항의 적정성을 항목간 상관관계를 통해 분석하였다. 상관계수는 각 원칙과 실천지침 간 60개의 경우에 대하여 분석하였고, 그 중 9쌍의 경우는 상관계수가 0.8이상의 값이 나왔다. 이 9쌍은 매우 유사한 특성이 있어 안전문화 평가시 한 항목은 생략하여 운영해도 될 것으로 사료된다. 종합하면 개발된 안전문화 원칙 및 실천지침은 적절히 개발되었고 평가에 활용에 문제가 없으나, 본 검증을 통해 도출된 문제점에 대한 개선시 더 효과적인 안전문화 평가가 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Cha Woo Chang, Validation of KHNP's Safety Culture Principles and Evaluation, 2013.11

2. Lee Sang Min and Kim In Ki, KHNP Safety Culture Division, Safety Culture Assessment Report in 2013, 2013.09
3. Kim Young Gab, Hur Nam Young, Nuclear Safety Culture Assessment Report for Kori NPP Unit 2, 2013.09
4. Kim Je Hun, Kim Young Gab, Developement of Definition, Attribute and Consummer-Driven Contents of KHNP Nuclear Safety Culture(Interim Report), 2013.03
5. KHNP Standard Procedure(Standard Safety-1078A), Promotion and Evaluation of Nuclear Safety Culture, 2013.02.19
6. NRC, NUREC/BR-0500, Rev.1 Safety Culture Policy Statement, 2012.12
7. Lee Sang Min and Kim In Ki, KHNP Safety Culture Division, 2012 Nuclear Safety Culture Assessment Report in 2013, 2012.8
8. INPO, Principles for a Strong Nuclear Safety Culture, 2004.11
9. IAEA, Safety Report Series No.75, INSAG-15, 2002.09