

하나로에서의 안전 문화 활동

Safety Culture Activities in HANARO

임인철, 박 철, 황 승 렬, 최호영, 전병진

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

하나로는 1995년에 최초 임계에 도달한 이후 지금까지 매해 운전시간이 길어지고 이용자의 수도 증가하면서 순조롭게 운영되고 이용되고 있다. 이렇게 순조롭게 운영되고 있는 데에는 운영자 및 이용자의 안전 문화 의식 증진이 기여한 바가 크다. 본 논문에는 하나로 운영조직에서 지금까지 안전 문화 의식의 고취를 위해 노력한 활동을 소개하고, 안전 문화의 증진과 확산을 위해 노력을 계속해야 하는 부분에 대하여 기술하였다.

ABSTRACT

The yearly operation time and the number of users in HANARO are increasing since its initial criticality has been achieved in 1995. This achievement is partly in debt to the spread of safety culture to operators and reactor users. In this paper, the activities done by the reactor operation organization on safety culture are described, and their further efforts identified to be necessary for the improvement and dissemination of safety culture and are presented.

1. 서 론

TMI 및 체르노빌 원전에서의 사고 발생 이후, 원자력 시설에 대한 법적 규제는 강화되어 왔다. 한편, 법적 규제가 갖는 한계성을 극복하기 위하여 원자력 관계자들은 안전 문화의 중요성을 강조해 왔다. '안전 문화'라는 용어는 1986년 IAEA 안전시리즈 No.75-INSAG-1으로 발간된 국제 원자력 안전 자문단의 '체르노빌 사고에 대한 사고후 검토 회의 요약 보고서'에서 처음으로 소개 되었으며, 1988년에 발간된 안전시리즈 No.75-INSAG-3, '원자력 발전소의 기본 안전 원칙'에서 개념이 더욱 확장되었다.

원자력 시설의 하나인 연구용 원자로를 발전용 원자로와 안전에 대한 인식의 측면에서 비교할 때에 일반적으로 아래와 같은 차이가 있다고 할 수 있다.

- (1) 발전용 원자로가 상당히 잘 짜여진 법적 요건에 의해서 규제를 받는 데 비하여 연구용 원자로의 규제에 대한 구체적 기준은 아직 미비하여 주로 발전용 원자로에 대한 요건을 준용하

여 규제 행위가 수행되고 있다.

- (2) 연구용 원자로 계통은 발전용 원자로에 비하여 상대적으로 간단하고 이에 따라 안전성도 높다.
- (3) 연구용 원자로의 방사선원향은 발전로의 경우보다 작다.
- (4) 연구로의 경우에는 운전 목표 달성에 대한 부담이 발전로보다 적어 필요시에 안전성 확보를 위한 원자로 정지에 대한 부담이 적다.

이러한 연구용 원자로의 일반적인 특징 외에 하나로는 안전성 또는 안전 문화의 측면에서 아래와 같은 특징을 지니고 있다.

- (1) 광범위한 운전 영역에서 핵연료 피복재가 손상되더라도 핵분열 생성물의 누출은 무시할 정도이다.
- (2) 원자로 정지시 노심의 붕괴열은 냉각계통 혹은 수조를 통한 자연 대류에 의해 제거되도록 설계되어 있어 능동 기기의 작동이나 운전원의 동작을 요구하지 않는다.
- (3) 원자로의 운영에 참여하고 있는 조직원의 50% 정도가 설계 단계부터 하나로에 대한 경험을 가지고 있어 원자로 안전성 확보를 위해 무엇이 필수적인가를 조직 전체가 잘 알고 있다.

위와 같은 안전성 측면에서의 연구용 원자로의 일반적 특징 및 하나로의 특징을 고려할 때에 하나로의 경우에 안전 문화 측면에서 관심을 기울여야 할 사항은 아래와 같다고 생각된다.

- (1) 규제 기관의 정기 검사나 품질 감사에서 지적이나 권고 받은 사항은 아니나 현장 경험을 통해 안전성 향상을 위해 필요하다고 생각되는 사항들을 계속 발굴하고 이에 대한 대처를 능동적으로 실시해야 한다.
- (2) 운영에 종사하는 요원들이 원자로의 고유 안전성과 원자로 계통에 대하여 잘 알고 있다는 것이 반대로 안전 문화 증진에 오히려 저해 요소가 될 수 있다. 따라서, 하나로에 대하여 익숙하다는 것이 안전 문화 증진의 속도에 확실한 도움이 되도록 여러 면에서 노력이 필요하다.

하나로에서의 안전 문화 정착과 발전을 위한 노력은 지속적으로 수행되어 왔으며 이 지속적인 노력에는 국제 협력도 큰 역할을 하였다. 본 논문에서는 그간 하나로를 운영하는 조직에서 하나로에서의 안전 문화 정착을 위해 수행한 업무 내용을 소개하고 앞으로 안전 문화의 증진을 위해 추진해야 한다고 생각되는 업무를 기술하였다.

2. 하나로에서의 안전 문화 활동

2.1 안전 문화 활동의 시기적 구별

지금까지 하나로에서 행해진 안전 문화 활동은 두 시기로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 시기는 원자로 최초 임계가 달성된 1995년부터 1997년까지의 시기이며, 두 번째 시기는 그 이후부터 지금까지의 시기이다.

첫 번째 시기는 처음으로 대형 연구용 원자로를 운전하면서 경험을 축적해 가는 시기로서 이 시기에 이루어진 주요 안전 문화 활동은 다음과 같다.

- (1) 원자로가 최초 임계에 도달하기 전에 하나로 운영에 필요한 절차서들은 이미 준비되어 있었다. 그러나, 그 체제 및 내용은 발전용 원자로의 것을 모방한 것이었다. 따라서, 실제로 이들 절차서에 따라 운영을 하다보니 여러 가지 개선할 점들이 나타났고, 이들 개선점을 반영하여 절차서의 개정 작업이 광범위하게 수행되었다. 이 개정 작업은 현장에서의 경험을 조직원들이 공유하고 문서로서 제도화하는 중요한 경험이었다.

- (2) 원자로 출력 운전을 수행하다 보니 설계 및 시운전 단계에서 예측하지 못하였던 현상들이 발생하였다. 새로운 계통을 추가하거나 기존의 계통을 수정하여 원자로의 안전성을 높이는 일들이 수행되었다.
- (3) 하나로 운영 조직은 크게 세 분류의 인력을 통합하여 구성되었다. 즉, 하나로의 설계 및 시운전에 종사하던 인력, 서울의 TRIGA를 운영하던 인력 및 연구소의 다른 시설 운영에서 하나로 운영으로 업무를 바꾼 사람을 구성되었다. 이들은 오랜 시간 동안 조금씩 다른 조직과 관행에 따라 일하던 사람들이라 서로의 방법을 이해하고 업무를 원활하게 같이 수행하는데는 시간이 필요하였다.

두 번째 시기의 안전 문화 활동은 첫 번째 시기보다는 체계적으로 수행되었다. 1998년부터 FNCA(Forum for Nuclear Cooperation in Asia, 과거에는 ICNCA(International Conference on Nuclear Cooperation in Asia)라고 불림)의 원자력 안전 문화 분과 활동에 참여하기 시작하면서 체계화된 안전 문화 활동 및 평가 방법론을 습득하게 되었다[1,2,3]. FNCA는 일본이 주도적 역할을 하고 있는 아시아 태평양 연안 9개국의 지역 협력체로서 7개의 분과로 운영되고 있는데 그 중의 하나가 안전 문화이다. 이 시기의 주요 안전 문화 활동을 소개하면 다음과 같다.

- (1) 1998년에는 FNCA의 안전 문화 분과에서 개발한 조사표를 활용하여 운영팀원의 안전 문화 의식 조사가 수행되었다.
- (2) FNCA 안전 문화분과에서 정한 안전 문화 평가 인자(SCI: Safety Culture Indicators)를 이용하여 매해 안전 문화의 진척 상황을 점검하고 있다.
- (3) 운영팀원을 대상으로 안전 문화를 주제로 한 세미나나 토의가 자주 열려 안전 향상을 위한 주제가 소속원에 의하여 자발적으로 도출되고 실천되고 있다.

따라서, 안전 문화에 대한 인식을 가지고 안전 문화 활동이 구체적으로 이루어지기 시작한 시기는 1998년 이후라고 할 수 있다. 이 시기에 이루어진 안전 문화 활동을 FNCA의 안전 문화 평가 인자에 따라 나누어 기술하면 아래와 같다.

2.2 FNCA의 안전 문화 평가 인자를 이용한 하나로 안전 문화 활동 소개

FNCA의 안전 문화 분과에서 추천한 안전 문화 평가 인자와 이를 이용하여 하나로 안전 문화 활동 상황을 소개하면 아래와 같다.

(1) 조직의 안전 문화 증진 방안을 모색하기 위한 관리자와 조직원과의 회합 실시

원자력 연구소에서 하나로를 운영하고 있는 하나로 운영팀에서 관리자와 조직원간의 회합에는 두 가지가 있다. 한가지는 운영팀 전체 요원이 참석하는 전체 회의이고, 다른 회의는 일 년에 두 차례 열리는 운영팀 최고 관리자와 조직원간의 개별 면담이다. 전체 회의는 일 년에 한 번 또는 두 번 열리는데, 이 회의에서는 운영 조직이 당해연도에 할 일에 대한 토론 또는 연간 업무 결과에 대한 토의가 진행된다. 안전 문화에 대한 체계적 접근이 처음으로 시작된 1998년 이래로 전체 회의에서는 안전 문화의 증진을 위한 방안이 토론되고 있다. 운영팀 최고 관리자와 조직원간의 개별 면담은 일 년에 2회 이루어진다. 이 면담에서 조직원은 자기가 하고 싶은 업무의 종류와 관리자에게 바라는 사항을 이야기할 기회를 갖는다. 이 개별 면담은 조직원이 안전 문화 향상을 위한 제언을 하는 좋은 기회이기도 하다. 원자로 운전과 이용자 지원 업무를 담당하고 있는 운전 부서에서는 2001년부터 안전 문화를 부서 brainstorming의 상시 논제로 하고 있다. 운전 부서의 brainstorming에서 도출된 안전 문화 향상을 위한 제안은 부서 자체적으로 이행하거나 다른 부서에 건의하여 꾸준히 현장에 반

영되고 있다.

(2) 인적 오류 인자와 안전 문화에 대한 교훈을 분석하는 체제

하나로의 운전과 계통 관리 업무 중에 발생하는 비정상 상황들은 내부통신문, 원자로 불시 정지 보고서, 작업의뢰서 및 부적합 사항 보고서의 형태로 문서화된다. 이들 문서는 운영팀 내 관련 부서에 회람되고 삼 년에 한번씩 행해지는 원자로 운전 면허 소지자에 대한 법정 재교육 시에 교육 교재의 재료로 활용된다. 운영팀을 구성하고 있는 주요 부서에서 행해지고 있는 일간 회의 및 주간 회의는 업무 수행 중에 발생한 실수와 이로부터 얻은 교훈을 서로 나누는 좋은 기회가 된다.

1999년 말부터는 운영 요원들을 전문 분야대로 묶어 몇 개의 전문 그룹을 운영팀 내에 조직하였다. 전문 그룹 회의는 서로의 경험을 나누고 다른 사람의 조언을 구하는데 기여를 하고 있다.

이러한 체제를 운영함으로써 얻은 효과는 표 1에 있는 원자로 불시 정지 통계에서 바로 알 수 있다.

표 1. 1997년 이후 하나로 불시 정지 통계

연 도	요인별 원자로 불시 정지 횟수				
	운전원 실수	실험자 실수	계통상 문제	정전	전체
1997	4	0	10	3	17
1998	1	0	9	2	12
1999	0	0	7	2	9
2000	1	1	5	0	7
2001	0	0	2	2	4

위 표 1에서 안전 문화에 대한 체계적인 접근이 시작된 1998년 이후 운전원의 실수에 의한 원자로 불시 정지 횟수가 크게 감소하였음을 알 수 있다. 계통상의 문제에 의한 원자로 정지는 주로 가상 열출력의 이상 상승에 의하여 발생하였는데 계통의 설계 개선이 이루어지고 원자로 기동시 출력 증가 방법을 개선하여 그 수가 현저히 감소하였다[4].

(3) 안전 문화 향상을 위한 교육·훈련

안전 문화 향상을 위한 교육은 1998년부터 시작되었다. 그 첫 번째로 1998년에 안전 문화의 개념을 기술하고 있는 IAEA의 보고서인 Safety Series No.75-INSAG-4가 번역되어 운영팀 조직원들에게 배포되었고, 1999년에는 IAEA Safety Report Series No.1인 “안전 문화의 관행과 실례”가 번역되어 배포되었다. FNCA 안전 문화 workshop이 종료되고 나면 workshop에 다녀온 출장자가 팀 세미나를 개최하여 안전 문화의 최근 동향과 안전 문화 관련 아시아 각국의 연구로 현황을 운영팀 요원들에게 들려주는 것이 안전 문화 교육의 큰 부분이 되었다. 2001년부터는 원자력 안전 기술원의 안전 문화 전문가를 매년 초청하여 2시간씩 안전 문화에 대한 세미나를 개최하고 있다. 2001년에는 안전의 실천에 있어 조직원간의 의사 소통이 큰 요소임을 인식하고 의사 소통에 대한 교육을 전 운영팀원을 대상으로 4시간 실시하였다. 또한, 2001년 중반부터는 운전원에 대한 자체 교육을 연간 계획을 세워 시행하고 있는데 안전 문화의 증진에 자체 교육 프로그램의 강화가 크게 기여할 것으로 생각된다.

(4) 안전 문화를 토의하기 위한 규제자, 계약자 및 이용자와의 회의

규제 기관과 안전 문화와 관련된 공식적인 대화는 정기검사, 품질 감사 및 인허가 변경 신청시에 주로 이루어진다. 2001년말에 행해진 정기 검사에서 시설 안전에 중대한 영향을 미치는 사안과 관련된 지적은 없었으나 원전 시설에 비해 운영 인력, 경험 및 자료가 부족하므로 종사자의 안전 문화 의식과 운영 관리를 강화하는 것이 필요함을 요청 받았다. 이에 하나로 운영과 관련된 각종 규정과 절차서 등을 종합적으로 검토하고 분석하여 전반적인 문서 체계를 재확립하는 업무를 수행하고 있으며 시설운영관리에 필요한 대책들을 마련하고 실천하고 있다.

하나로 안전에 영향을 미칠 수 있는 계약자들은 중요 계통의 수리나 주요 부품의 공급을 담당하는 외부인을 들 수 있다. 이들이 제공하는 역무에 대해서는 역무 시방서에 역무가 원자로 안전과 관련되어 있음을 기술하고 있고 품질 보증 절차에 따라 검사를 실시하고 있다. 또한, 현장 작업시 시행하는 역무 제공자를 대상으로 한 방사선 안전 관리 교육과 운영 요원의 근접 관리가 이들의 안전한 역무 수행을 보장하는 주요 수단이다.

1999년 하나로의 이용과 안전에 대한 주요 업무를 심의하던 원자로 운영위원회가 운영에 대한 사항을 심의하는 하나로 운영위원회와 안전에 대한 업무를 심의하는 하나로 안전심의위원회로 분리되면서 원자로를 이용하는 실험의 안전 수행을 감독하는 기능이 강화되었다. 또한, 이용자의 편의를 도모하고 이용자의 조사 시험 요청 사항을 조기에 체계적으로 파악하여 안전에 대한 사항을 검토하고 조언할 수 있도록 이용 실험 절차의 개정이 진행되고 있다.

(5) 조직원의 안전 문화에 대한 인식도를 파악하기 위한 조사 또는 행동 양식 연구의 수행

FNCA 안전 문화 분과에서 개발한 안전 문화에 대한 설문지를 활용하여 1998년도에 하나로 운영팀 조직원을 대상으로 안전 문화에 대한 인식도 조사가 이루어졌다[5]. 그 이후 안전 문화의 증진을 위한 여러 가지 조치가 취해져 관리자 및 조직원의 안전 문화에 대한 인식은 향상되었을 것으로 짐작되나 이에 대한 구체적인 조사는 수행된 바 없다.

(6) 안전 문화 활동을 위한 적절한 자원의 투입

안전 문화 활동에 필요한 자원은 물질적 자원과 인적 자원으로 나눌 수 있다. 1995년 출력 운전을 시작한 이래로 조직원들의 안전에 대한 인식과 현장에서의 안전한 작업 수행에 필요한 물적 투자는 계속되었고 앞으로도 계속될 예정이다. 안전 문화와 관계된 주요한 물적 투자를 예로 들자면 핵연료 취급 장비의 지속적인 개선, 운전원 제어 컴퓨터의 개선, 파손핵연료 감지 계통의 개선 및 1차 계통 기기실 계단 설치 등을 들 수 있다. 안전 문화 활동을 주 업무로 하여 운영팀의 안전 문화 활동을 상시 파악하고 분석하는 인력이 필요하나 안전 문화에 대한 물적 투자에 비하여 안전 문화 활동에 필요한 인력의 확충은 인력 운영의 여건상 빨리 이루어지지 않고 있다. 안전 문화에 대한 교육·훈련을 강화하여 각 업무에 종사하는 개개인의 안전 문화에 대한 인식을 높이는 것으로서 이러한 어려움에 대처하고 있다.

3. 하나로에서의 안전 문화 증진을 위한 중점 추진 과제

지금까지 하나로에서 수행된 안전 문화 활동을 소개하였다. 1995년의 원자로 최초 임계 달성 이후 안전 문화의 증진을 위해 여러 가지 노력을 경주하여 왔으나 앞으로도 할 일이 많이 남아 있다. 주요한 업무를 기술하면 아래와 같다.

(1) 안전 문화와 관련된 원자력 연구소 예규의 마련

하나로의 안전은 하나로 운영 조직만의 문제가 아니다. 이를 인식하고 원자력 연구소 소규

의 하나인 취업 규칙에 아래와 같은 사항을 2002년에 새로이 삽입하였다.

“특히, 연구소는 원자력 이용 시설의 운영에 있어서는 방사선 위해로부터 직원, 출입자 및 주민을 보호하는 대책을 수립하고 안전을 최우선으로 하는 안전문화 정착을 위해 지속적으로 노력하여야 한다.”

이의 세부적 실천을 위해 하나로의 안전 문화 지침을 소규의 하위 규정인 예규로 만드는 업무를 수행하고 있다.

(2) 하나로 이용자의 안전 문화 의식 고취

하나로의 안전 문화 증진은 운영자만의 노력으로 이루어지지 않음을 인식하고 이용자의 안전 문화 의식 고취를 위해 운영팀에서 주도적으로 시행하고 있는 안전 문화 관련 세미나를 이용자에게도 개방하고 있다. 이용자의 참여를 증진하기 위한 노력을 계속해야 한다.

(3) 규제 기관과의 대화 기회 확대

발전용 원자로의 경우에는 규제 기관에서 파견된 주재관이 있어 원자로의 안전과 관련된 대화를 나누고 서로 이해의 폭을 넓힐 수 있는 기회가 연구용 원자로의 경우보다 많다. 정기 검사나 품질 감사 이외에 규제 기관과 정기적으로 만날 수 있는 기회가 지금보다 많아진다면 하나로에서 수행되는 업무의 안전성 증진과 상호 이해와 협조의 폭이 넓어질 것으로 생각된다. 이는 하나로에서의 안전 문화 증진에 크게 기여할 것으로 생각된다.

(4) FNCA 안전 문화 Workshop의 유치 추진

1998년부터 참여하고 있는 FNCA 안전 문화 분과 회의를 연구소에서 유치함으로써 아시아 지역 기구에서 우리나라의 위상에 걸맞는 역할을 함과 동시에 하나로 운영에 있어서의 안전 문화를 한 수준 끌어 올리는 계기를 마련할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 정부의 출연금에 의한 기관고유사업으로 수행되었기에 감사의 뜻을 표한다.

참고 문헌

- [1] C. Park, et al., "Review of Safety Culture in the HANARO", presented at the ICNCA Safety Culture Workshop, Sydney, Australia, Jan. 1998.
- [2] I.C. Lim and S.Y. Hwang, "An Update on Safety Culture Activity Indicators for HANARO", presented at the 4th FNCA Safety Culture Workshop, Shanghai, China, Sept. 2000.
- [3] C. Park and I.C. Lim, "Progress on Safety Culture Indicators for HANARO", presented at the 5th FNCA Safety Culture Workshop, Tokyo, Japan, Sept. 2001.
- [4] 최호영 외, “하나로에서의 원자로 열출력 이상 상승 방지에 대한 연구”, 2002년 춘계 원자력 학회, 광주 조선대학교, 2002.
- [5] C. Park, "Survey Results on Safety in HANARO", presented at the ICNCA Safety Culture Workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, May 1999.