

한국수력원자력(주)의 원전 운영 혁신

이병식 | 한수원(주) 정비기획처 엔지니어링실 원전운영혁신부장

개요

이 보고서에서는 한수원, 원전운영혁신팀(K-SET : KHNP Special Engineering Task Force Team)이 2005년 9월부터 현재까지 수행한 업무를 간략하게 나타내고자 한다.

한수원(주)는 K-SET을 구성 운영하여 선진 엔지니어링 프로세스 및 프로그램을 한수원에 효과적으로 적용하고, 운영 개선 프로그램(Corrective Action Program), 자체 진단(Self Assessment) 및 인적 행위 개선 프로그램(Human Performance Improvement Program) 등과 같은 강력한 성능 향상 프로그램의 도입 및 정착을 통하여 지속 발전 가능한 원전 운영 기반을 구축하고 있다.

원전 운영 혁신 추진 관련 변화의 범위는 엔지니어링 분야뿐만 아니라 성능 향상, 교육 훈련, 관리 및 리더십 분야까지 확대되었다. 이러한 변화는 매우 높은 위험과 복잡성을 가지고 있어 경영진의 혁신에 대한 명확한 비전과 리더십이 요구되었으며 변화로 인한 위험도를 최소화하기 위하여 세부적인 변화 관리 계획서(Change Management Plans)를 수립, 이행하였다.

배경

2001년 4월 1일 한수원이 설립된 이래, 한수원의

경영진 및 관리자들은 엔지니어링의 능력을 향상시키는 것이 매우 중요하다는 것을 인식하였다.

그 당시 한수원은 화력발전소 운영 방식과 유사한 발전소 운전 및 정비 두 개의 큰 축을 중심으로 운영해 왔다.

오랫동안 지속되어 왔던 이러한 방식은 운전 및 정비 분야, 특히 고장 정비 분야에서 높은 성능을 달성할 정도로 잘 운영되어 왔으나, 여전히 설비 결함 및 인적실수 사전 예방에는 잠재적인 취약점을 가지고 있었다.

또한 종합적이고 체계적인 성능 감시, 추이 분석, 평가, 근본 원인 분석 및 해결, 매일 또는 긴급 고장 정비로부터 중장기 계획 작업의 수행 및 피드백 하는 부분에서도 체계적인 관리 및 선진화가 요구되었다.

이에 한수원은 엔지니어링 능력을 육성하고자 하는 계획의 일환으로 최근 현장 경험 있는 많은 엔지니어를 미국 및 캐나다의 우수 원전에 1년간 해외 장기 파견 교육을 시키고 있다(현재까지 35명 교육 완료, 21명 교육 중, 21명 파견 대기 중).

한수원은 또한 2003년 7월 각 발전소에 계통기술팀을 신설하였으며, 2005년 5월 계통기술부 및 정비기술부로 확대 개편하여 엔지니어링 조직을 강화하였다.

한수원의 외형적인 원전 운영 실적은 세계 원자력계의 상위 수준을 유지하고 있으며, 2005년 및 2006

년도 20기의 전체 평균 이용률은 각각 95.5%, 95.8%였다.

그러나 WANO의 안전 점검(Peer Review) 및 IAEA OSART 등과 같은 외부 기관의 점검시 작업 관행 및 행동 양식(Behavior), 형상 관리, 엔지니어링 능력, 산업안전, 화재 방호, 기본 수칙 준수, 리더십 및 관리 부분에 대한 취약점이 반복 지적되고 있다.

이는 회사의 운영 체계 및 프로세스, 조직 문화와 협력 업체를 포함한 모든 종사자의 생각 및 행동이 세계적 수준으로 선진화되지 않으면 완벽하게 해결할 수 없는 문제이다.

정비 규정(MR) 및 위험도 기반 규제(RIR) 등과 같은 새로운 규제 환경 역시 단위설비 중심의 정비 위주에서 계통, 프로그램 및 프로세스 중심의 관리를 요구하고 있어 엔지니어링 운영 체제로 변화하는 것이 반드시 필요하다는 것을 인식하게 되었다.

외형적인 규모 및 운영 실적뿐만 아니라 세계 수준의 선진 운영 체계 및 프로세스 구축을 위한 원전 운영 혁신이 필요하다는 것을 보여주고 있다.

운영 혁신 주요 내용

1. 원전운영혁신팀(K-SET) 운영

한수원의 엔지니어링 능력을 체계적으로 발전시키기 위하여 2005년 9월 미국 및 캐나다에서 1년 이상 엔지니어링 분야에 교육 훈련을 받은 8명의 한수원 직원과 미국 원전에서 본 분야에 폭넓은 경험과 지식이 있는 4명의 외국 전문가 및 미국원자력발전협회(INPO)에서 주재원을 역임한 팀장 등 총 13명으로 엔지니어링제도정착팀(2006년 2월 원전운영혁신팀으로 개칭, 영어로는 K-SET : KHNP Special Engineering Task Force Team)을 구성하였다.

K-SET이 구성된 후 우선적으로 차이 분석을 수행하였으며, 26개 분야 개선필요 사항들을 효율적으로 관리하기 위하여 설비 신뢰도(ER), 형상 관리(CM), 성능 향상(PI) 및 리더십/관리(LVM) 등 4개로 대분류하였고, 팀 운영도 4개 소그룹으로 편성, 대분류된 각 항목을 담당하였다.

K-SET이 발족된 이후 원전운영혁신위원회에서

요구하는 추가 업무로 인해 K-SET의 활동 영역은 확대되어 갔다.

확대된 업무를 효율적으로 수행하기 위해 K-SET 조직은 2개의 팀으로 확대 재구성되었는데, 하나는 선진 운영 기술 도입을 위한 절차서 개발 업무를 담당할 프로세스 개발팀과 또 다른 하나는 개발된 프로세스의 적용을 위한 교육, 의사 소통, 멘토링 및 코칭 등 효과적으로 변화를 이끌어갈 수 있도록 발전소 조직을 지원하기 위한 변화 관리 지원팀이다.

2. 차이 분석(Gap Analysis)

본 프로젝트의 초기 단계에서 고리 2발전소 조직 운영 및 업무 수행 실태를 세계 최우수 원전의 표준과 비교함으로써 한수원 조직의 강점 및 개선점이 무엇인지를 도출하기 위해 직원 인터뷰, 자료 검토 등을 통한 차이점 분석을 수행하였다.

이 차이점 분석이 한수원 조직 어느 특정 분야가 특별히 취약하다는 것을 나타내는 것은 아니며, 다만 세계 최고 수준에 도달하기 위해 성능이나 프로세스의 개선점을 찾는 것이 주목적이었다. 차이 분석은 다음과 같은 단계로 구분하여 추진하였다.

- 엔지니어링 기능의 결정
- 엔지니어링 기능의 우선 순위 부여
- 세계 최우수 사례(Best Practice) 확인
- 면담 및 분석 기법 개발
- 성능 기준과의 차이점 및 우수 사례 결정
- 차이점을 해소하기 위한 조치 사항 도출
- 조치 사항들의 우선 순위 부여
- 조치 사항 담당자 지정 및 승인
- 차이 분석 최종 보고서 작성

팀원들에 의해 발전소 운영 관련 약 120개 기능 중 26개의 중요 차이점을 분석하게 되었고 도출된 26개의 차이점들을 팀원들의 투표 과정을 거쳐 우선 순위를 결정하였으며, 최종적으로는 미국원자력협회(NEI)에서 개발한 표준원전 운영 관리 모델(SNPM : Standard Nuclear Performance Model)과 비교 분석을 통해 차이 분석 결과의 타당성을 검증할 수 있었다.

차이 분석 주관 부서 선정 및 SNPM과의 차이점들

도시한 도표는 별첨 1, 2와 같다.

3. 종합개발계획서(Master Plan)

도출된 26개 차이 분석 항목에 대한 우선 순위 결정 및 조치계획들은 각각의 유효성을 확인하고 효과적인 이행을 위해 종합 개발 계획서(Master Plan)가 필요하였다.

2005년 11월, K-SET은 엔지니어링 분야 뿐만 아니라 발전소 조직 개선을 포함한 26개 차이 분석 분야에 대한 조치 항목을 개발하였으며, 이러한 조치 항목은 다음과 같은 4가지 주요 항목을 포함하여 종합 개발 계획서에 의하여 통합 관리하였다.

- 리더십 및 변화 관리(Leadership/Change Management)
- 설비 신뢰도(Equipment Reliability)
- 형상 관리(Configuration Management)
- 성능 향상(Performance Improvement)

그러나 초기의 종합 개발 계획서는 K-SET의 업무 범위 관리와 진행현황을 효과적으로 관리하는 데 몇 가지 문제점이 발견되었다.

그리하여 K-SET 팀은 2007년 1월 프로젝트 관리 개념을 도입하여 산출물(Deliverable) 중심으로 종합 공정 계획서를 개정하였다.

개정된 계획서에는 본사 및 사업소 조직 개선, 관리자 및 감독자 교육 등이 추가되었으며, 프로젝트 관리의 효율성을 위해 차이 분석 26개 항목에 대하여 각각 다음과 같이 총 6단계로 종합 개발 계획서를 구성하였다.

- 변화 관리 계획서 개발 및 승인
- 변화 관리 계획서 이행을 위한 절차서 개발
- 시범 발전소 시범 적용 및 유효성 평가
- 전사 적용을 위한 표준 기행 절차서 개발
- 전사 이행
- 유효성 평가 및 지속적인 개선

변경된 종합 공정표의 범위와 일정을 준수하기 위해 프로젝트 관리 지침서를 개발하여 원전운영혁신 위원회에서 승인하였으며, 프로젝트 관리 지침서는 범위와 일정에 대한 성과 차이를 주기적으로(월 1회) 평가하여 원전운영혁신위원회에 보고하도록 하여 프

로젝트 관리의 효율성을 향상시켰다.

4. 변화 관리(Change Management)

차이 분석 초기 단계에서, 한수원은 조직의 목적을 달성하기 위한 중요한 변화를 이행하고 조정하는 효과적인 절차를 갖고 있지 않았으며, 이것이 첫 번째 개선 필요 사항이었다.

K-SET은 원자력 산업계의 우수 사례를 바탕으로 변화 관리 프로세스와 절차서를 개발하였다.

이 개발된 프로세스는 또한 미국 하버드대학교 John Kotter 교수에 의해 제공된 기본 개념을 활용했다.

이러한 변화 관리 접근 방법은 차이 분석 결과 개선 필요 항목 종결을 위해 널리 사용되고 있어 선진 엔지니어링 프로세스 및 프로그램 도입과 동시에 프로세스를 체계적이며, 효율적으로 정착시키기 위한 도구로 인식되었다.

따라서 K-SET은 변화로 인한 위험도를 최소화하며 변화를 성공적으로 정착시키기 위해 차이 분석 결과로 도출된 26개 분야 전체에 대해 변화 관리 계획서를 개발하였다.

각 변화 관리 계획서에는 위험도 및 복잡성 분석, 의사 소통 및 교육 훈련 계획, 위험 완화 대책, 상세 일정, 예산, 유효성 평가 등이 포함되었다.

이러한 도구를 효과적으로 활용하기 위해 K-SET 팀원들에게 우선적으로 변화 관리 교육을 시행하였으며, 전사 적용을 위한 표준 지침으로 개발되어 활용 중에 있다.

5. 원전운영위원회(Steering Committee)

2005년 말 원전 운영 혁신 프로젝트를 효율적으로 진행하기 위하여 광범위하면서도 효과적인 의사 결정 기구의 운영 필요성이 증대되었다.

이는 K-SET 업무 범위가 엔지니어링 범위만이 아닌 전반적인 원전 운영 기반 프로세스 혁신으로까지 확대되었기 때문이었다.

2006년 3월 원전 운영 혁신의 비전을 달성하고 변화의 올바른 방향 결정과 변화의 추진력을 지원받기

위하여 본사 처(실)장으로 구성되고, 발전본부장이 주관하는 원전운영혁신위원회(이하 '운영위원회')를 구성했다.

운영위원회의 원활한 운영을 위해 지침서를 작성, 활용하였으며, 처음에는 운영위원회가 한 달에 한 번 본사에서 운영되었으나, 최근에는 발전본부장의 지시로 원전 운영 혁신에 대한 이해 확산 및 자발적인 참여를 독려하기 위해 각 사업소에서 순회하며 개최되었다.

6. Senior Management Training

변화의 성공 여부는 종사자가 변화의 필요성을 얼마나 공감하고 깊이 인식하느냐 하는 것과 관리자들이 동일한 비전을 갖고 소속 직원들을 움직여 변화의 방향으로 전진할 수 있도록 동기 부여 및 변화의 필요성을 지속적으로 강조하고 격려하는 데 달려 있다.

원전운영혁신위원회 결정 및 요구에 따라 K-SET은 3일 과정의 관리자 교육 프로그램을 개발하였으며, 2006년 3월 이후, 팀은 총 12회 걸쳐 관리자 교육을 시행하였다. 또한, 한전기공 관리자도 교육 과정에 참여하도록 하였다.

교육 기간 중에 참석자들은 한수원의 현재 성과와 작업 관행에 대해 문제점을 공유하고, 새로운 용어들과 선진 프로세스/프로그램, 관리 및 리더십 관련 사항들이 소개되었고, 참석자들은 왜 한수원이 변화가 필요한지 토론 시간을 갖도록 했다. 교육 과정은 다음의 모듈로 구성되었다.

- 변화하는 원자력산업과 한수원(변화의 필요성)
- 형상 관리와 여유도 관리
- 관리, 리더십, 관리 지침(Expectation), 안전 문화
- 운영 개선과 원인 분석
- 자체 평가
- 설비 신뢰도
- 중요 운전 결정

위 주제들 외에 교육 과정 첫 시간에 한수원의 변화 필요성에 대한 본부장의 특강이 있었으며, 대한항공의 안전 문화 개선 사례 연구가 소개되었다.

이 사례 연구는 과정의 둘째 날 저녁에 참석자들을 4개의 소그룹으로 나누어 수행되었으며, 다음날 아

침, 각 소그룹은 참석자들에게 그들의 결론에 대해 발표를 했다.

동일한 과정과 내용이 과장급을 대상으로 '원전 운영 혁신 감독자 과정'이 현재 진행되고 있다.

원전 운영 혁신의 비전을 확산시키기 위해 전 사업소 및 본사를 여러 차례 방문하여 일반 종사자 및 노조 간부들에게 교육을 실시하였으며, 또한 전사적으로 개최되는 워크숍에 참석하여 운영 혁신에 대해 필요성을 설명하고 동참을 유도하였다.

7. 본사 및 사업소 조직 개선

26개 분야 차이 분석 결과에 대한 조치 계획의 개발 및 이행과 더불어, 발전본부장은 선진 엔지니어링 프로세스가 체계적이고 효과적으로 이행되도록 하기 위해 본사 및 사업소 조직을 개편하고자 하였다.

발전본부장의 요청에 따라, 먼저 본사와 발전기술원에서 인터뷰를 통해 본사 조직에 대한 검토가 수행되었다.

K-SET은 또한 EDF, British Energy 및 미국 원자력 발전 회사의 조직 구조를 한수원 본사 조직과 비교, 검토하였다.

검토 결과 주요제안으로는 외부의 독립적인 안전 자문을 구성, 발전본부장에게 직접 보고하는 제도, 본사 조직 내에 전문 지식을 갖춘 프로그램 및 기기 전문가 보유, 설계 엔지니어링 기능 강화 등이 포함되었다.

발전본부 본사 조직 검토를 토대로 K-SET은 본사 기능 정립과 사업소 간 업무 관계의 연계성 강화를 위한 발전본부 관리 모델을 개발하였다.

발전본부 관리 모델 기능정의에 따라 시범 사업소인 고리2발 신규 조직의 역할과 책임이 작성되었고 조직 개편을 위한 변화 관리 계획서가 수립되었다.

2006년 5월 K-SET은 고리2발을 대상으로 조직 개편을 위한 신규 프로세스와 프로그램 교육을 수행하였다.

2006년 8월, 고리2발 조직이 개편되었고, K-SET 지원 및 멘토링을 통해 고리2발 변화 관리 준비팀 운영을 거쳐 16개 신규 개발 프로세스가 적용되었다.

조직 개편과 신규 개발 프로세스의 적용 등 변화로

인한 영향이 매우 클 것으로 예상하였으나 별다른 문제 없이 빠르게 조직 운영이 안정되었다.

고리 2발을 제외한 타발전소 조직 개편을 효과적으로 준비하기 위해 자체 학습 조직을 구성하였으며, 실제 조직 개편이 이루어진 고리2발의 경험을 습득하기 위해 시범 발전소 벤치마킹을 시행중에 있다.

고리2발을 제외한 본사 및 사업소 조직 개선은 노사 합동으로 시범 사업소 조직개선 전반에 걸친 종합 평가 후 향후 추진 방향 및 일정을 재정립할 예정이다.

8. 시범 사업소 적용 선진 프로세스 유효성 평가

2007년 2월, K-SET은 전사 확대 적용시 신규 프로세스 적용에 대한 경험 및 교훈을 제공하고 피드백을 얻기 위해 시범 사업소에 적용중인 프로세스에 대한 유효성 평가를 수행하였다.

자체 진단 팀은 팀장, 외국 엔지니어를 포함한 10명의 팀원, 1명의 외부 전문가(WANO-TC)를 포함하여 12명으로 구성되었다. 유효성 평가는 K-SET이 작성한 '자체 진단 절차서'를 사용하여 수행되었다.

자체진단에 의해 도출된 개선 필요 사항을 요약하면 다음과 같다.

- 신규 개발된 절차서를 이행하기 위하여 발전소장의 지속적인 관심과 동기 부여가 중요하며, 계약자를 포함한 모든 종사자에게 정확히 전달되고 교육되어야 한다.

- 시범 사업소가 신규 개발된 절차서를 원활히 적용할 수 있도록 K-SET은 이들 절차서가 시범 사업소에서 완전히 정착될 때까지 멘토링 및 코칭을 지속적으로 수행해야 한다.

- 신규 개발된 절차서를 이행하는 데 있어 K-SET과 발전소 경영진들의 주기적인 멘토링, 관찰 및 자체 진단은 매우 중요하다.

K-SET은 개선 필요 사항의 조치 계획을 수립하여 고리2발전소에서 운영중인 운영 개선 프로그램(CAP)으로 발행하였다.

9. 성능 평가(Assessment of Performance)

한수원의 경영진은 우수한 운영 실적에도 불구하고

고 세계 최고의 발전 회사가 되기 위한 조직과 프로세스 개선 작업을 착수했다.

시작은 시범 사업소인 고리2발전소에 엔지니어링 프로세스를 구축하는 데 중점을 두었으나, 개선의 범위가 운영 기반 프로세스, 본사를 포함한 전사 조직 개선, 교육 및 작업 관리 분야로 확대되었다.

K-SET은 연간 실적 보고서를 작성하여 운영혁신 위원회에 보고하였으며, 결과적으로 지난 1년 6개월 동안 뛰어난 성과를 거둔 것으로 평가되었다.

하지만, 여전히 K-SET 과 한수원의 가장 큰 위험과 도전은 도출된 차이 분석의 조치 계획을 일관성 있게 지속적으로 이행하는 것이다.

10. 향후계획(Future Plan)

K-SET은 마스터 플랜에 따라 26개 차이 분석에 대한 변화 관리 계획을 이행할 것이며 주요 업무는 다음과 같다.

- 26개 차이 분석에 대한 57개 절차서 개발 및 시범 사업소 적용 지원
- 조직 개선과 무관하게 적용 가능한 선진 프로세스 전사 확대 적용 지원
- 시범 사업소 조직 개선에 대한 종합 평가 결과를 반영하여 전사 조직 개선 추진 방향 및 일정 등 재정립
- 선진 운영 기술 개발 및 정착 관련 지속적 교육 시행

결론

한수원은 외형적 운영 실적에 만족하지 않고 내면의 취약점을 개선하고 원전 안전 운영 기반을 튼튼히 다지기 위한 세계 수준의 운영 체계 및 프로세스를 구축하고 있다.

도출된 26개 차이 분석 조치 내용들이 경영진의 지속적인 지원으로 변화 관리 계획에 따라 효과적으로 이행 및 정착될 경우 원전 운영 안전성 확보 및 설비 신뢰도 향상으로 '국민과 함께 하는 원자력 시대' 창조와 원자력 사업 해외 진출을 조속히 앞당길 수 있다고 본다.

<참고 자료>

1. NEI Standard Nuclear Performance Model
2. Change Management Procedures (NMC, Entergy, Exelon)
3. John P. Kotter on What Leaders Really Do
4. Exelon Management Model
5. Exelon Corporate and Braidwood Procedures
6. The Effectiveness Review Report on Pilot Plant Reorganization
7. K-SET Foreign Engineer's Annual Report

붙임 1 - 26개 차이분석 주관부서 선정

분류	번호	제 목	본사 주관(◎) 및 협조(○)				
			발전처	정비기획처	안전기술처	품질보증실	PI실
운영기반 프로세스	LVM-1	본사/사업소 조직개선	◎	◎	○		
	LVM-2	변화관리(Change Management)	◎	○	○	○	
	LVM-7	기술교류그룹(Peer Group)	○	○	◎	○	
	LVM-8	인적행위(Human Performance) 개선	◎	○	◎	○	○
	TR-1	엔지니어링 교육훈련	◎	○	○		
	TR-2	엔지니어링 자격부여	◎	○	○		○
	PI-1	운영개선 프로그램(CAP)	○	○	◎	◎	○
	PI-2	기술정보 관리(OE)	◎	○	○		○
	PI-3	자체진단(Self Assessment)	○	○	◎		○
	PI-4	원인분석(Cause Analysis)	○	○	◎	◎	
	PI-5	성능지표(PI) 개선	○	○	○	◎	○
	IT-1	엔지니어링 워크스테이션(EWS)	○	◎	○	○	○
엔지니어링 프로세스	CC-1	형상관리(Configuration Management)	○	◎			○
	CC-2	형상변경관리	○	◎			○
	CC-3	안전성평가	○	◎			
	WM-1	계획예방정비 관리개선	○	◎			
	WM-2	작업계획서 개선	○	◎			○
	ER-1	계통성능감시계획(SMP)		◎			○
	ER-2	계통건전성 평가보고서(SHR)		◎			○
	ER-3	중장기 계통개선 계획(LTAM)	○	◎			○
	ER-4	예방/예측정비(PM/PdM)	○	◎			○
	ER-5	설비신뢰도(ER) 프로세스	○	◎			○
	MS-1	공급자 및 계약자 관리	◎	○	○	○	○
	OP-1	중요운전결정	◎	○	○		
	OP-2	설비문제해결(Troubleshooting)		◎			○
	OP-3	정비작업의 노심반응도 영향검토		◎	○		

