

탁월성을 향한 지도력

Leadership for Excellence

–제15차 INPO CEO회의 주제발표문 요약 소개–

지난해 말 미국 애틀란타에서 열린 제15차 INPO사장단회의에서는 탁월성을 향한 지도력(Leadership for Excellence)이란 주제하에 4개의 논문이 발표되었다. 이 논문들에는 여려가지 어려운 여건속에서도 원자력산업의 안전성 및 경제성을 제고하여 침체 분위기에서 벗어나려는 미국 산업계의 의욕이 잘 나타나 있다. INPO사장단회의는 INPO회원사의 최고경영자들이 원전의 경제성 및 안전성 증진을 위한 정보 및 상호관심사 교류를 목적으로 운영하는 연례회의이다.



미국의 Limerick 원자력발전소



국 원자력산업계는 EPRI, NEI, INPO 등의 지원하에 대외기관과의 관계, 규제법률 및 규제 활동에 대한 대응 등 3개 분야에서의 운전비용 최적화, 산업계와 개선을 목표로 한 「경제성 향상을 위

한 전략계획」을 수행함에 있어서 괄목 할 만한 성과를 이룩하였다.

원자력산업 운영실적개선

1. 운전 및 정비비용

과거 9년간 운전 및 정비비용은 약간씩 개선되고 있으나 원자력이 경쟁력을 갖기 위해서는 더 많은 개선이 필요하다(그림 1).

2. 발전단가

그림 2의 개개의 막대그래프로 표시되는 발전단가는 발전소에 따라 큰 차이가 있다. 이는 많은 발전소에서 경제성 증진의 여지가 있다는 것을 의미한다(그림 2).

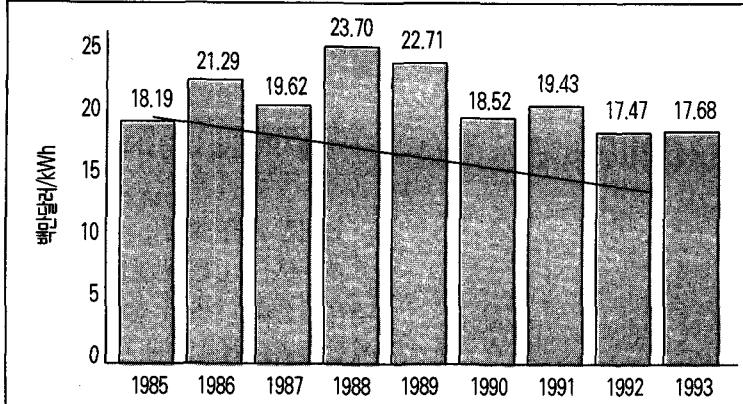
3. 산업계의 조직개편

산업계의 또 다른 성과는 ANEC, NUMARC, USCEA 등을 통합하여 창설한 원자력에너지협회(NEI : Nuclear Energy Institute)의 등장이다.

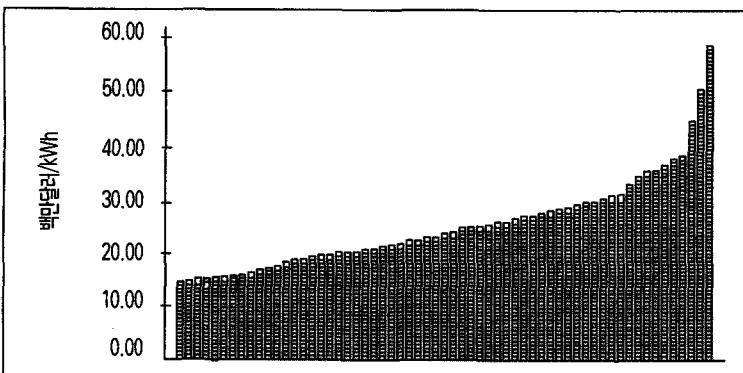
NEI의 주요 과제중의 하나는 규제 활동상의 문제점 해결을 위한 산업계 지원에 있는데, 이러한 노력의 일환으로 최근 규제기관과 사업자에게 모두 유익한 「원자력규제활동 비판보고서」가 발간된 바 있다.

4. 폐기물 문제

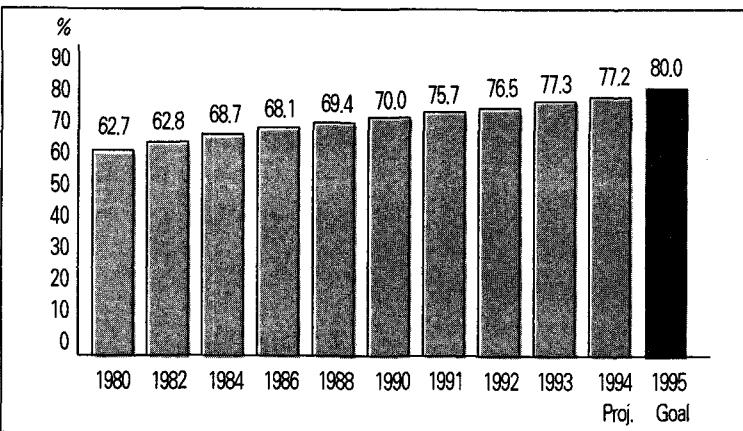
산업계는 1998년까지 미 에너지성이 사용후연료를 떠맡아야 할 책임을 꾸준히 인식시켜 왔으며, 앞으로도 이



(그림 1) 인플레를 고려한 산업계 연평균 운전 및 정비비용('93년 불변가격)



(그림 2) 3년 평균('91~'93) 발전단가('93년 기준)



(그림 3) 가용률

문제를 해결하기 위한 노력을 계속할 것이다.

5. 원자력발전소 건설 진전

1994년 6월 TVA사의 Watts Bar 1호기가 고온기능시험을 성공리에 수행하여 1995년에 상업운전이 계획되어 있다.

이는 1993년도 Commanche Peak 2호기의 상업운전개시와 더불어 팔목할 만한 성과이다.

아울러 NRC가 GE사의 ABWR과 CE사의 System 80+의 두가지 Advanced LWR 설계를 승인하였다.

6. 국제활동

국제활동과 관련하여 INPO는 옛 소련과 동유럽에서의 안전활동에 참여하였다.

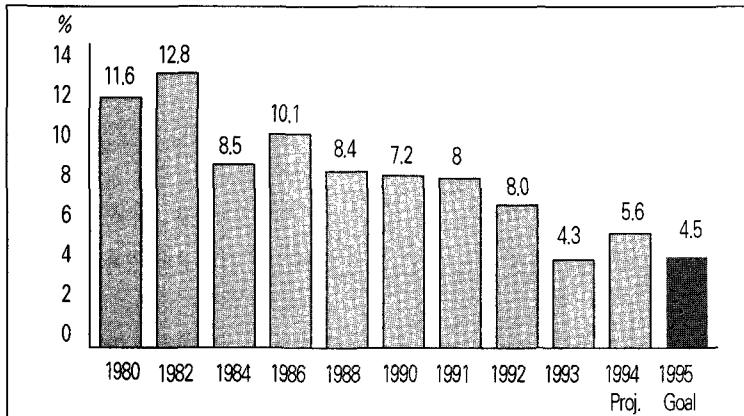
이 프로그램은 미 에너지성이 주관한 것인데 INPO는 1989년에 이 프로그램에 참여하여 큰 성과를 거두어 왔다.

노력의 초점은 옛소련 및 동구권의 소련형 원자로 운전원의 비상운전능력을 증진하는데 맞추어졌다.

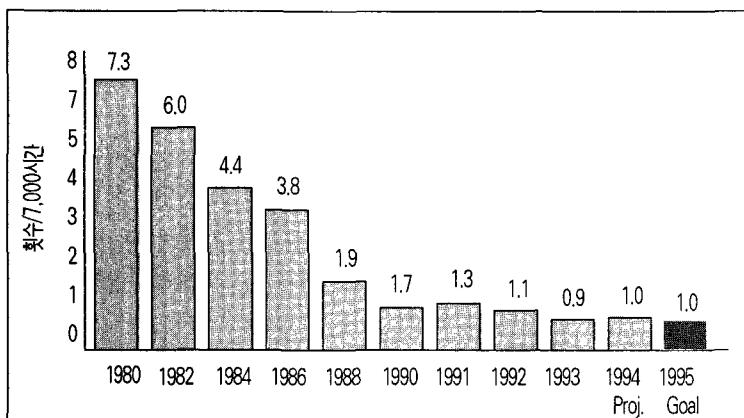
WANO의 활동과 관련해서는 1993년도의 동경총회에서 Peer Review를 WANO의 정기 프로그램으로 승인하였고, 1994년도에 7개 원전이 자발적으로 Peer Review를 수용하였으며, 1995년도에 9개 원전이 신청하였다.

7. 원자력산업 운영지표

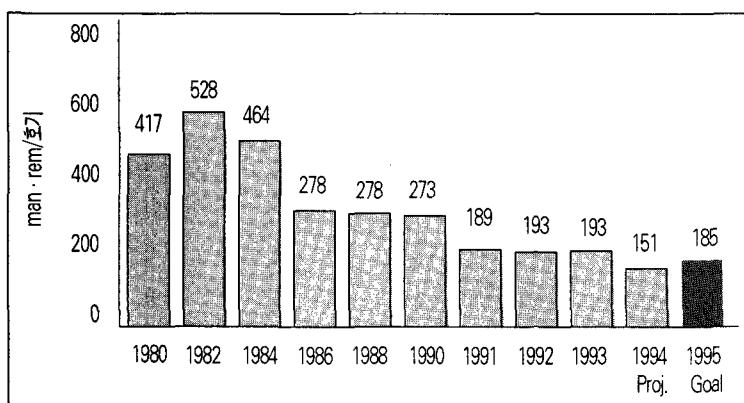
미국 원자력산업은 1990년대 들어



〈그림 4〉 비계획 손실기동률



〈그림 5〉 불시정지횟수/7,000시간



〈그림 6〉 장치선탈(기압경수로)

운영실적이 점진적으로 꾸준히 상승하고 있다.

가. 이용률

1994년도의 평균 이용률은 약 77.2%가 될 것으로 추정되고 있다.

원전의 이용률(Capability Factor)은 꾸준히 증가하고 있으며, 1995년도의 목표인 80%도 달성 가능할 것으로 판단되고 있다.

나. 비계획 손실 가동률

1994년도의 계획되지 않은 가동률(Un-planned Capability Loss) 손실은 5.6%가 될 것으로 추정되는데 계획에 없던 발전소 정지와 정비기간 연장에서 비롯된 것이다(그림 4).

다. 불시정지

불시정지횟수 또한 지속적 감소추세를 보이고 있으며, 1994년도 평균 불시정지 횟수는 1회이다(그림 5).

라. 집적선량

1994년도의 집적선량은 151man-rem으로 추정되며 지속적인 감소추이를 보이고 있다(그림 6).

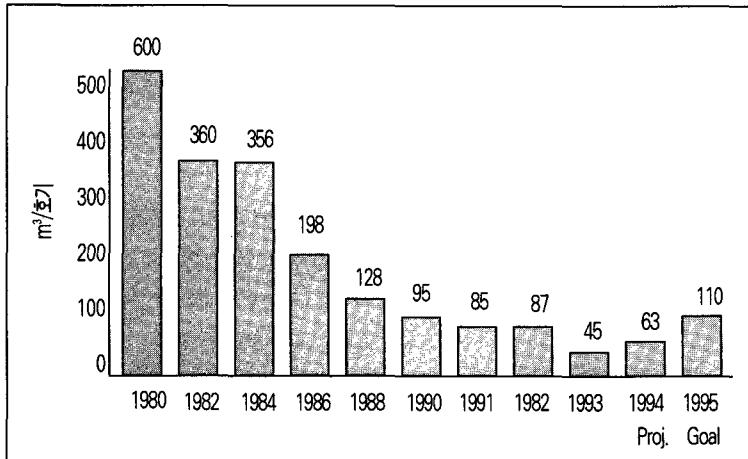
마. 저준위 고체폐기물 발생량

지난 수년간 기술의 발전과 폐기물 발생량 저감노력으로 상당한 성과가 이루어지고 있다(그림 7).

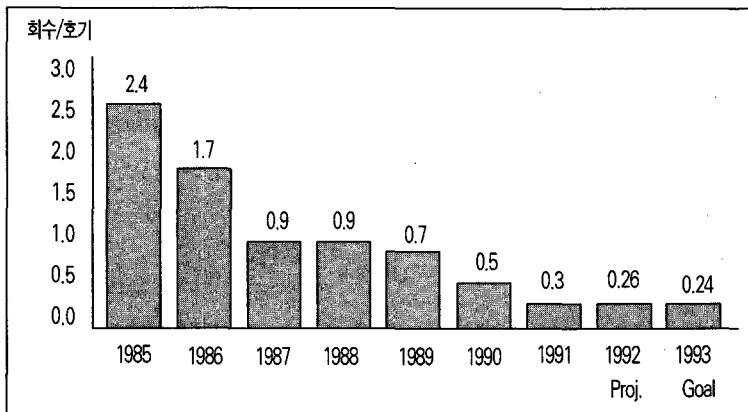
바. 중요사건

지난 9년간 중요사건(Significant Event)은 현저한 감소추세를 보이고 있으며, 1993년 말 기준 평균 0.24회를 기록하였고, 사건의 심각도 또한 낮아지고 있다(그림 8).

사. 계획예방정비기간



(그림 7) 저준위 고체폐기물 발생량(가입경수로)



(그림 8) 산업계 연평균 중요사건 발생횟수

계획예방정비기간(Refueling Outage Time) 또한 꾸준히 단축되고 있다. 계획예방정비기간의 단축으로 산업계의 경제성이 개선되고 있다.

이러한 향상은 사업자가 계획예방정비활동의 안전성과 효율성 증진에 초점을 맞춘 결과이다.

1994년도의 평균 계획예방정비기

간은 60일이 될 것으로 추정되고 있다(그림 9).

아. 주기이용률

그림 10은 계획예방정비계획이 잘 수립되고 관리되어 그 기간이 짧게 수행되었을 때 다음 한 주기이용률(Cycle Capacity Factor)이 오히려 더 양호해지는 한 결과를 보여주고 있다.

이러한 결과는 어느 한해에만 나타난 것이 아닌 과거의 전반적 경향이다.

경영진과 고위간부 양성

원자력산업계에서 고위간부의 양성은 원자력의 안전성과 경제성을 증진시키는데 필수적인 요소이나, 산업계는 고위간부의 양성에 큰 노력을 기울이지 않는 것으로 나타났다.

원자력관계 고위간부(본부장·발전소장·부소장 등 약 175명)를 조사대상으로 한 통계치는 고위간부가 너무 자주 교체된다는 것을 보여주고 있다.

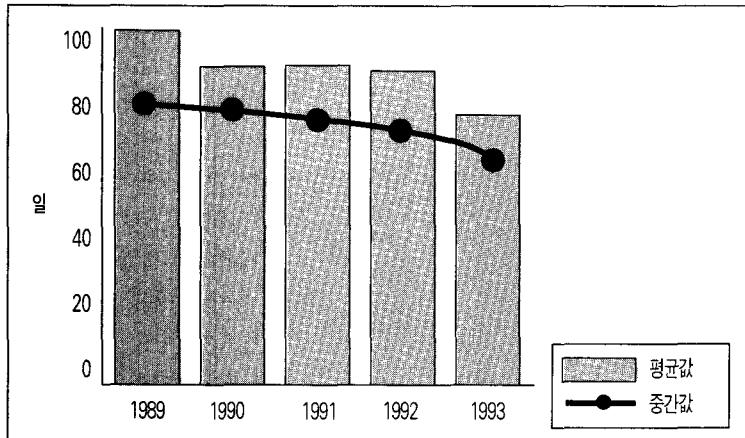
그림 11에서 보는 바와 같이 교체율(Turnover Rate)은 상당한 증가를 보이고 있는데, 이는 175직위중 59명이 교체되었음을 의미하는 것이다. 이 중에서 발전소장과 본부장의 교체율은 1년에 약 38%에 달하고 있다.

통계치를 좀더 세분화해 보면 은퇴 등의 자연적인 교체에 의한 것이 아닌 예상하지 못한 교체(Unexpected Turnover)는 62 내지 64%에 달한다는 것을 알 수 있다(그림 12).

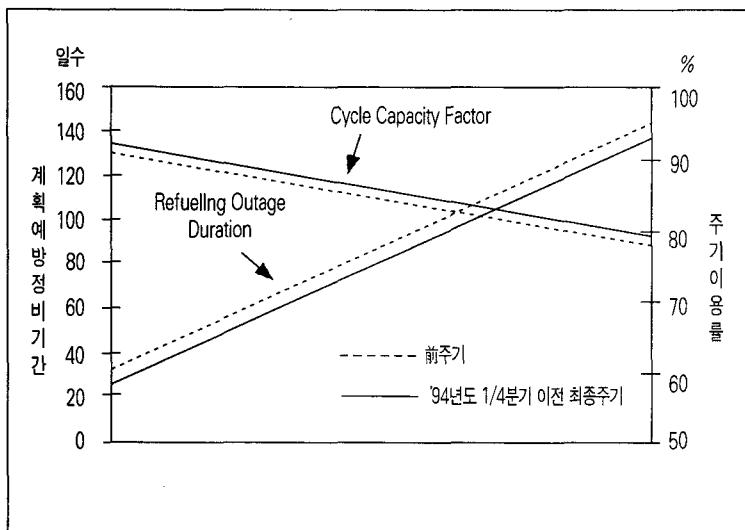
이러한 예상치 못한 교체는 주로 운영실적의 저조에서 비롯되고 있다.

특히 문제는 고위간부의 교체가 타발전소 고위간부 교체라는 부정적 파급효과를 유발하는데 있다.

공석이 생겼을 때 충원하는 방식을 살펴보면 약 38~50%가 외부인사 영입방식을 택하고 있기 때문이다(그림 13).



〈그림 9〉 계획예방정비기간



〈그림 10〉 계획예방정비기간 대비 주기이용률

물론 조직에 새바람을 불어넣기 위한 외부인사 영입은 바람직스러운 것 이지만, 원자력산업계와 같이 복잡한 기술을 다루는 분야에서 고위간부의 빈번한 교체는 다음과 같이 결코 바람

직하지 못하다.

첫째, 재발되거나 장기간에 걸친 실 적저하 문제 등을 파악하고 많은 자원 을 투입하여 여러가지 개선 프로그램 을 적용하여야 하나, 고위관리자의 빈

변한 교체시 일상적인 당면문제에만 연연하는 경향이 생긴다.

둘째, 경영진이 자주 바뀌는 발전소에서는 직원들이 경영진의 지시에 순응하지 않으려는 태도를 보였다.

셋째, 안전하고 경제성 있는 원전운영에 필수적인 경험이 일천하다.

INPO에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 관리 및 지도력 개발위원회를 구성하고 지난 8, 9월에 핵심 개발요소를 결정한 바 있다.

이 요소들은 1989년도에 개발된 「원자력발전소 직원의 전문성 향상 원칙」에 기초하고 있는데 가까운 미래에 사업자들이 이 원칙과 비교하여 그들의 경영진과 고위간부의 양성과정을 자체평가해야 할 것이다.

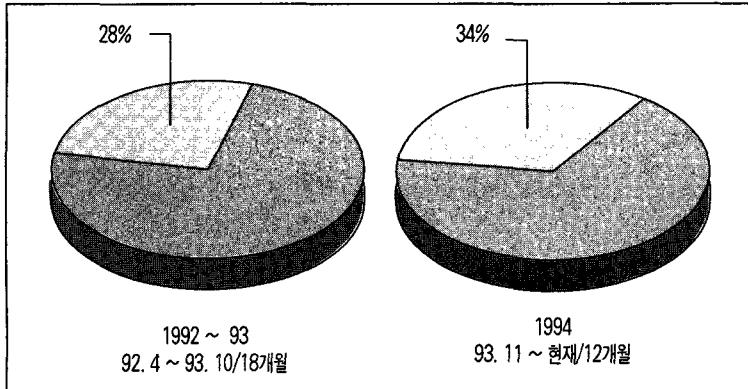
사업자의 자체평가 노력은 INPO 점검시 평가할 계획이다.

보수적 의사결정

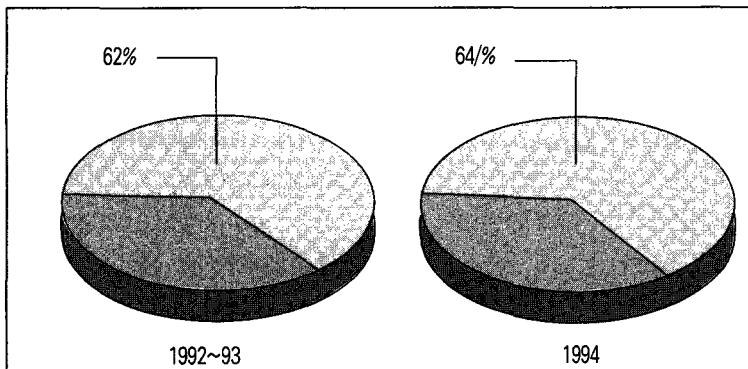
보수적인 의사결정은 과거에도 여러 차례 사업자들의 조명을 받은 바 있다.

그럼에도 불구하고 이 문제를 다시 거론하는 것은 최근 원자력이 에너지 시장에서 우위를 점할 수 있도록 종사자들을 지속적으로 노력하게 해야 할 필요성이 대두됨에 따라 안전성에 대한 주문이 모호해질 우려가 크기 때문이다.

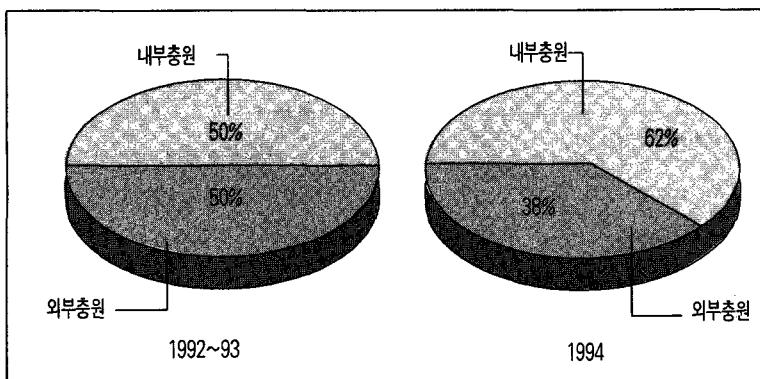
이와 관련하여 1994년 4월에 발생 한 미국 셀렘원전의 불시정지사건은 우리에게 시사하는 바가 크다고 할 수



(그림 11) 전체 연간 교체비율



(그림 12) 퇴적, 승진, 정상적인 순환실작 등에 의하지 않은 예상치 못한 교체율



(그림 13) 내부총원 대비 외부총원

있다.

1. 사건개요

- △ 1994년 4월 7일, 75% 출력으로 운전중, 6대의 순환수펌프중 5대 운전중
- △ 순환수펌프의 흡입구가 해초로 막힘. 순환수펌프 트립되기 시작. 복수기 진공도 감소.
- △ 원자로냉각재계통 변수 악화되기 시작. 설정치 이하로 냉각재 온도 감소.
- △ 이러한 과정상태에서 발전과장은 보수적 경로를 채택하지 않고 경험이 부족한 운전원에게 제어봉 인출을 지시. 원자로 출력 급증. 발전소 정지.
- △ 주증기차단밸브 닫힘. 1차계통 온도/압력 급상승. 가압기 압력 방출밸브 개폐동작 반복. 가압기 만수상태.
- △ 2차계통 온도/압력 급상승. 주증기관 방출밸브 고장으로 자동 불능. 주증기관 안전밸브 작동.

2. 사고원인

조사결과 제어봉을 인출하는 동안 약 20%의 출력증가가 있었다는 것이 확인되었으며, 이 사건의 원인은 크게 4가지로 압축된다.

가. 정지에 대한 운전원의 중압감
운전원은 발전소를 정지시켜서는 안된다는 것에 대해 중압감을 갖고 있었다.

안전과장과 기타 운전원은 주제어 실에 위치하지 않고 순환수계통을 회복하기 위하여 터빈밸딩에 위치하고 있었다.

발전부장은 순환수펌프 정지논리 회로를 우회시켜 펌프를 재기동하기 위하여 주제어실을 떠나 있었으며, 복수기 진공이 악화되고 1차계통 온도가 떨어지고 있음에도 터빈을 정지시키지 않았다.

나. 상환판단 착오

주제어실 운전원 및 발전과장이 발전소의 전체상황을 파악하지 못하였으며, 운전원들은 여러 차례나 순환수 펌프의 운전댓수를 파악하지 못했다.

원자로 운전원은 전기계통을 조작하기 위해서 원자로 운전에 전념할 수 없었다.

발전과장은 명확한 지침없이 제어봉인출을 지시하였고, 적절히 감독하지 않았으며, 발전소 정지후 발전소를 안정하게 유지하는데 전념하지 않고 비상계획에만 몰두하였다.

다. 장기적인 설비고장 방치

설비의 장기적인 고장이 사건을 더욱 악화시켰다.

셀렘원전의 경우 발전소의 정비와 설비의 변경 등이 운전부서의 요구에 적절히 부응하지 못하였으며, 운전원들 또한 설비의 문제점에 대해 문제의식을 갖지 않았다.

설비의 장기적인 고장이 과도상태 동안 운전원의 조치를 더욱 어렵게 하였다.

이러한 문제점들로 인하여 운전원들은 원자로나 터빈을 정지시키는 것을 꺼려하게 되는데, 그 이유는 운전원의 조치가 추가설비의 동작을 요구하게 되는 것이고, 추가설비의 완전한 성능발휘에 확신을 가질 수 없기 때문이다.

라. 원전 운영관리 미흡

셀렘원전의 경영진에 문제가 있었다.

이러한 종류의 과도상태(해초유입)가 처음이 아니었음에도 불구하고 이 문제를 근본적으로 해결하려는 시도가 없었다.

이러한 상황에 대처할 수 있는 비상계획, 운전원 교육훈련 및 특별한 지시사항 또한 전무하였다.

급격한 출력감소에 따른 터빈정지 관련 지침 및 훈련도 적절하지 못하였다.

과거경험(해초유입시 발전소를 정지시키지 않고 과도상태를 벗어났을 때 경영진은 당시 운전과를 칭찬한 적이 있음)이 운전원들로 하여금 보수적 조치를 취하지 않고 「영웅적」 노력을 하도록 유도한 측면도 없지 않다.

3. 셀렘원전의 문제점

셀렘원전의 사건은 원전사업자에게 다음과 같은 중요한 메시지를 전하고 있다.

△ 주제어실 요원들의 보수적 의사 결정의 중요성

△ 모의제어반 등 훈련

△ 설비상 문제점의 장기 방치시 종사자에 미치는 심리적 영향

4. 사건의 교훈

보수적 의사결정의 풍토가 자리잡은 발전소와 그렇지 못한 발전소는 지극히 상식적인 것으로 생각되는 다음과 같은 4가지 차이점이 있다.

가. 보수적 의사결정에 대한 최고경영자의 관심

때때로 중요한 지시사항이 모두가 볼 수 있도록 발전소 정문에 게시되기도 하고, 아침회의에서 간부들에게 유인물로서 배포되어 토론되기도 한다.

이러한 방식은 의도는 좋으나, 각각의 경우에 요구되는 개인의 협신을 유발하는데 큰 효과를 거둘 수는 없다.

지시사항이 중요한 것이라면 고위간부는 담당자에게 직접 전달하는 것이 필요하다.

나. 핵심보직자(발전과장 등)의 임명과 능력개발

많은 핵심보직자가 보수적 의사결정 습관을 몸에 익히지 않고 있다.

이 점은 사전발생시, 발전소 평가시, 발전과장을 위한 세미나시에 발견되고 있다.

발전과장은 보수적 의사결정을 몸에 익혀야 하며, 이러한 덕목은 교육훈련과 개발활동을 통해서 체득할 수 있는 것이다.

그러나 중요한 것은 발전과장의 선정에 있다.

면허를 소지했다고 모두 발전과장

의 자격을 갖추고 있다고 볼 수는 없으며, 발전과장의 선정기준은 아무리 엄격하다고 하여도 지나치지 않는다.

다. 보수적 의사결정에 대한 지시사

항 하달 횟수

발전소장은 지시사항에 대하여 주기적으로 환기시킬 필요가 있다.

또한 교육과정(모의조종훈련 포함)에 이러한 지시사항이 포함되어야 하며, 보수적 의사결정을 내려야 할 시기, 보수적 의사결정 사례에 대한 토의가 이루어져야 한다.

발전과장(운전원)과 발전소 고위간부는 보수적 의사결정을 주제로 한 토의를 활성화할 필요가 있다.

라. 보수적 의사결정에 대한 지시사

항의 일관성 유지

지시사항의 일관성 결여로 운전원들은 경영진의 의도를 쉽게 파악하지 못하게 된다.

심지어 운전원들은 일관성 없는 지시에 대해 냉소적 반응을 보이기도 한다.

운전원들은 때로 경영진의 지시가 「안전제일주의」의 원칙에 위배되며 운전원들이 제기하는 설비의 문제점이 적절히 수용되지 않고 있다고 생각한다.

운전원들은 보수적인 의사결정에 따라서 발전소를 정지 또는 출력을 감발했을 경우에 경영진이 이를 긍정적으로 수용해 줄 것을 기대하고 있다.

경영진은 특정한 결과를 평가할 때 그 결과가 도출된 과정을 검토할 필요

가 있다.

목표를 달성하기 위하여 발전소를 반드시 운전상태로 유지해야 한다는 부담을 안겨서는 안된다.

항공산업계에서 조종사에게 보수적 의사결정을 권고하는 것처럼, 원자력산업계 또한 주제어실 요원의 보수적 의사결정에 최대한의 지원과 관심을 기울일 필요가 있다.

원자력산업의 경쟁력 증진을 위한 공동노력

원자력산업은 그 특수성으로 인하여 사업자 모두가 한 배를 타고 있다고 볼 수 있다.

원자력산업계는 TMI사고 직후의 암울했던 상황을 극복하고 오늘날까지 미국 전력산업에 큰 기여를 하고 있다.

그러나 아직까지도 원전운영의 탁월성을 지향해 나가는 과정에서 개선의 여지가 많음을 인식해야 한다.

이 점에서 원자력산업계는 TMI 직후의 각오를 새롭게 해야 한다.

15년전 원자력산업계는 생존의 위기 즉, 안전성 문제에 직면했었다.

오늘날은 또다른 생존의 문제에 직면하고 있는데, 이는 원자력의 경쟁력에 관한 것이다.

원자력산업계의 미래는 기술, 규제, 정치에 의해서 결정되는 것이 아니고 시장성에 의해서 결정될 것이다.

원자력산업계는 그동안 안전·운전

경험·경제성 증진 등의 분야에서 인상적인 협력을 해 왔으며, 이 협력을 지속시킴으로써 원자력산업이 보다 경쟁력을 갖출 것이라고 생각된다.

에너지시장 환경이 경쟁적으로 되었다 하더라도 원자력산업계의 협력은 결코 감소되어서는 안되며, 미국 원전 상호간 뿐만 아니라 전세계 원전으로 확대되어야 한다.

한 원전이 부실하게 운영되고 폐쇄된다면 나머지 원전에 부담을 주게 되어, 궁극적으로 원자력발전 단가의 상승을 유발하게 된다. 이는 원전의 안전성에도 결코 도움이 되지 않는다.

그러나 상호협력이라는 원자력계의 훌륭한 전통이 현재 심각한 도전에 직면하고 있으며 분열의 징후가 나타나고 있다.

원자력산업계는 지엽적인 문제에 대하여 경쟁할 것이 아니라 원자력산업 전체의 경쟁력 제고를 위해서 상호 협력을 더욱 공고히 해 나가야 한다.

안전성 측면 이외에도 산업계가 협력을 해야 할 필요성은 또 있다. 지난 수 차례의 CEO 회의에서 밝혀진 것처럼 원자력의 경제성과 탁월성간에는 밀접한 상관관계가 있다.

그리고 이러한 탁월성은 INPO의 협력프로그램 등을 통하여 회원사간에 공유됨으로써 원자력의 경쟁력을 증진시킬 수 있는 것이다.

즉 상호협력만이 안전성과 경제성의 증진이라는 두 가지 목표를 동시에 달성시켜 줄 수 있는 것이다. ☺