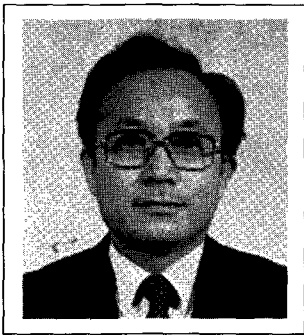


원전운영의 최적화를 위한 개념 · 사례 논의

홍 주 보

한국전력공사 원자력발전처장



이번 심포지엄은 세계적으로 원전을 둘러싼 새로운 환경에 직면하여 원전의 운영실적을 제고하는 데에 초점이 맞춰졌으며, 모든 레벨에서의 원전 운영을 최적화하기 위한 계획된 개념 및 사례가 소개되었다.

최근 전세계적으로 원자력산업계를 둘러싼 변화는 전력사업자나 설비공급자 모두 복잡한 양상을 띠고 있어, 발전소 성능개선을 통한 난국 돌파의 길을 모색하고 있다.

이번 심포지엄은 전년도의 심포지엄에서 논의된 혁신적인 아이디어 및 정보로부터 Outage에 대한 새로운 기준을 가져온 바, 이에 대한 실적분석 및 계속된 대담한 아이디어와 혁신적 해결방안에 대해 토의가 이루어졌다.

이와 병행하여 개최된 웨스팅하우스 공급원전 소유자 그룹(WOG) 정책자문위원회(EAC)에서는 94년도 EAC회의 이후의 주요 활동상황 및 재정현황이 보고되었으며, WOG의

주요 수행 프로그램에 대한 현황소개가 있었다.

주요내용

1. 원전 운영실적

안전 및 규제현황에 있어서 웨스팅하우스사는 안전관련 통계치와 수년 간에 걸쳐 제기된 몇몇 주요 안전성 문제에 대해 발표했다.

이 세션에서는 비용을 절감하면서 안전성을 확보하는 노력들이 심도있게 토의되었는데, 특히 제어봉제어계통, 원자로보호계통(SSPS) 및 고연소도원전연료에 관한 운영실적이 Safety Management Cost 측면에서 검토되었다.

원전연료 성능에 있어서는 웨스팅하우스 공급 원전연료의 신뢰도가 소개되었다.

최근에 원전연료의 중요성이 강조됨에 따라 원전연료 성능에 영향을 줄 수 있는 3가지 요소, 즉 장주기 운전,

미 국 웨스팅하우스사는 매년 자사가 공급한 원자력발전소 운영책임자를 초청하여 발전소 운영경험과 상호 관심사항을 토의하는 심포지엄을 개최하고 있다.

개 요

올해 심포지엄은 5월 21일~5월 25일 까지 미국 플로리다주 아벤츄라에서 개최되었는데, 웨스팅하우스 공급원전 소유자 그룹(WOG) 정책자문 위원회도 같이 열렸다.

고방출 연소도, 출력상승에 관한 문제들이 토론되었다.

특히 웨스팅하우스의 「구조적 근본 원인 접근법」을 사용하여 원전연료 성능에 영향을 줄 수 있는 문제들에 대한 발표가 있었다.

원자로 정비 현황에 있어서는, 계획 예방정비중 각 단계별 시간단축을 통하여 전체 정비기간을 단축하고 이용률을 향상시키는 방안이 토론되었으며, 비교 통계치, 최우수 사례 및 공정 절차 등이 설명되었다.

또한 PWR 가동중 검사, 원자로해 드 관통부 검사, 증기발생기 교체 등도 토론되었다.

증기발생기의 성능은 원자력발전소에 있어서 주요 문제점의 하나로서 원전수명 증가에 따라 교체 이외에 증기발생기의 수명을 연장하는 방안을 강구하는 것이 더욱 더 중요하게 되었다.

증기발생기 현황 세션에서는 이와 관련하여 세계의 증기발생기 성능을 둘러보고, 관련 통계자료 및 장래 정비 선택에 대해 토의하였다.

특히 증기발생기 열화, 교체경험과 함께 관막음 원인 등 증기발생기에 대한 특징이 설명되었다.

2. 일반 세션

가. 웨스팅하우스 현황

웨스팅하우스의 장래 및 Energy Systems의 역할에 대해 토론되었으며, 원자력의 새로운 환경에 부응하여

원자력에 대한 웨스팅하우스의 입장, 과거의 주요한 발전 및 미래 전망 등에 대한 설명이 있었다.

나. 원전 운영개선

94년에 원자력산업의 30년 역사상 처음으로 원전 운영비용이 감소되면서 성능은 계속하여 개선되어 왔다.

세계 평균이용률은 71.6%로서 최고를 기록했으며, 10개의 원전이 98% 이상(영광 1호기는 103%로서 세계 1위)을 차지했다(표 1) <표 2>.

미국의 불시정지율은 전체 원전의 4분의 3 이상에서 평균치 이상의 좋은 실적을 올렸으며(그림 1), 17개 원

(표 1) 평균이용률 세계 상위 10대 원전(94년도)

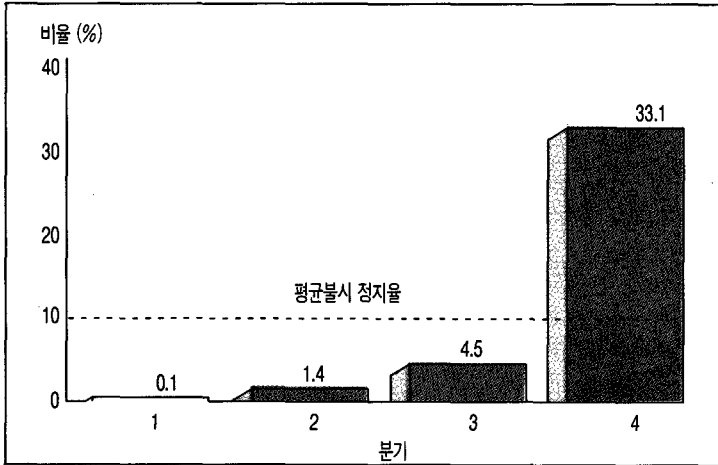
원 전	전 력 회 사	공 급 자	평균이용률
Yonggwang 1	KEPCO	WH	103.0
Callaway	Union Electric	WH	100.4
Beznau 2	NOK		100.2
Takahama 3	Kansai Electric power	MHI	100.0
Ikaka 2	Shikoku Electric power	MHI	99.9
San Onofre 2	Southern California Edison	CE	98.9
San Onofre 3	Southern California Edison	CE	98.5
Ft. Calhoun	Omaha Public Power	CE	98.4
Farley 2	Southern Nuclear	WH	98.3
Prairie Island 2	Northern States Power	WH	98.0

자료 : World Nuclear Performance

(표 2) 미국의 평균이용률 상위 10대 원전(94년도)

원 전	전 력 회 사	공 급 자	평균이용률
Callaway	Union electric	WH	100.4
San Onofre 2	Southern California Edison	CE	98.9
San Onofre 3	Southern California Edison	CE	98.5
Ft. Calhoun	Omaha Public Power	CE	98.4
Farley 2	Southern Nuclear	WH	98.3
Prairie Island 2	Northern States Power	WH	98.0
Catawba 1	Duke Power	WH	97.8
Byron 2	Commonwealth Edison	WH	96.7
Comanche Peak 1	TU Electric	WH	96.0
Vermont Yankee	Vermont Yankee	GE	95.3

자료 : World Nuclear Performance



자료 : World Nuclear Performance

〈그림 1〉 미국원전의 불시정지율(1994)

전은 무고장 운전을 기록하였고, 원전 연료재장전 기간은 계속하여 감소되었다.

이러한 비용 절감은 안전성문제를 야기하지 않았다.

그러나 원전의 운영비용에 대한 압력으로 원자력의 장래를 위하여 좀 더 매진해야 할 것이며, 이와 관련하여 원전의 비용 및 성능에 관한 예측이 토론되었다.

다. 계획예방정비

먼저 페널토론에서 최고의 Outage 기록을 세운 세계 각 원전 (Vandellos, Diablo Canyon, Ringhals, Limerick, North Anna)의 경험발표가 있었으며, Outage 기간단축 및 비용절감에 관한 질의응답이 이루어졌다(표 3).

한편 93년의 동 심포지엄에서 50

일 이하로 대규모 계획정비를 시행토록 하는 Outage 계획이 발표된 이래, 몇몇 원전들이 30일대의 Outage를 달성해 왔으며, 26일의 Outage 사례가 발표되기도 하였다.

웨스팅하우스가 정비 서비스를 제공한 이래 12년 동안 9개의 요소들이 성공을 위한 요건으로 인식되어 왔었다.

이 세션에서는 Outage를 성공으로 이끄는 제반 요소들이 심도있게 토의되었다.

라. 주기연장 경험

미국 Consolidated Edison사의 Indian Point 2는 과거 4년 동안 24개월 주기로 성공적인 운전을 계속해왔다.

24개월 주기 채택을 위해 수반된 많은 요소들이 토론되었으며, 아울러

노심설계, 설정치, 기술지침을 변경하기 위한 616일이라는 연속운전 기록을 가져온 거대한 노력들이 소개되었다.

Indian Point는 12주의 정비계획을 시행하고 있으며, 각 설비들은 정비진단에 따라 서비스를 받도록 계획되어 있다.

품질개선 프로그램이 모든 레벨의 인력을 수반하도록 시행되고 있으며, 운전분야에 있어서 'Zero 운전사고'의 목표를 수립하여, 상당한 양의 시간을 그 목표의 명확한 이해를 위한 훈련에 할애하고 있다.

마. 벤치마킹

Benchmarking, 즉 최우수 운영사례를 조사하고 변화에 대한 자기 자신의 필요성을 평가하는 것은 원전운영을 개선하기 위한 최선의 방법중의 하나이다.

패널 토론에서 세계각지의 성능우수 원전들(미국의 Houston Lighting & Power, Union Electric Company, 스페인의 ENDESA, 캐나다의 New Brunswick Power, 프랑스의 EDF)이 그들의 경험을 발표하였으며, 벤치마킹을 통해 얻는 이점에 대해 토론하였다.

바. 온라인 정비

계획예방정비 기간을 단축하는 효율적인 방법중의 하나는 가동중에 정비를 시행하는 것이다.

이러한 온라인 정비는 최적의 계획을 통해 원전 효율을 개선하면서 동

(표 3) 계획예방정비실적 세계상위 10대 원전

원 전	나 라	공 급 자	연료재장전 기간	평균이용률
Olkiluoto 1	Finland	ABB	12	96.4
Forsmark 3	Sweden	Asea-Atom	19	91.7
Emsland	Germany	KWU	21	93.0
Forsmark 2	Sweden	Asea-Atom	22	90.2
Loviisa 1	Finland	V-O-ACE	22	90.3
Neckar 2	Germany	KWU	22	92.1
Gundremmingen B	Germany	KWU	23	81.4
Isar 2	Germany	KWU	23	90.1
Olkiluoto 2	Finland	ABB	23	92.4
Forsmark 1	Sweden	Asea-Atom	24	87.4

자료: World Nuclear Performance

시에 안전성과 신뢰성을 개선하는 것이다.

이 패널토의에서 이러한 접근법을 성공적으로 채택해 온 각 원전들이 그들의 정비절차에 대해 토론하였으며, 규제측면에서의 과장도 설명되었다.

사. 리엔지니어링

Southern Nuclear는 정비 및 작업 통제과정의 혁신적 개선을 위하여 93년에 리엔지니어링을 조사하기 시작했다.

작년 심포지엄에서 Southern Nuclear는 작업공정을 300개에서 52개로 감소시키면서 생산성을 약 50% 향상시키는 노력의 결과들을 토론했다.

이것은 Southern Nuclear의 3개 부지(총 6기)에 대해 연간 4천만불의 비용 절감을 가져왔는데, 이번 심포지엄에서는 Southern Nuclear의 그동

안의 진전, 문제점 및 향후 예상들에 대해 초점이 맞추어졌다.

Southern Nuclear는 리엔지니어링을 조장하기 위하여 각 부지에 4~6명의 전담팀을 구성하였다.

이들 PIT(Performance Improvement Teams)요원들은 작업환경의 변화를 촉진하고 조장하며 새로운 과정들을 수행토록 하는 키이다.

가장 중요한 개념은 Performance Team이라 불리는 「Self-Directed Multi-Discipling Work Team」의 확립을 포함한다.

Performance Team은 운전을 제외한 모든 정비행위들을 지휘·감독하며, 완전한 수행전에 Pilot Team이 개념 입증 및 문제해결을 위해 활용된다.

예상대로 Southern Nuclear는 변화에 대한 일부 저항을 경험하고 있지

만, 조합원을 포함한 모든 부문의 요원들을 포함시킴으로써 이러한 저항을 관리하고 있다.

마. WOG 정책지문위원회

94년도 EAC 회의 이후 주요 활동 사항 보고에 이어 재정현황 보고에서, 94·95년도 예산편성으로서 회원당 미화 270,000달러(Full Share, 한국 전력공사는 Half share로서 미화 135,000달러)가 확정되었다.

WOG 주요 수행 프로그램 현황 소개에서 중대사고관리 지침 교육자료 개발 및 계전기 신뢰성 시험주기 연장 검토가 있었으며, 원자로 압력용기의 Annealing 및 Alloy 600 재질에 관한 연구과제 발표가 있었다.

결론 및 소감

이번 심포지엄은 웨스팅하우스 및 각 원전 사업자가 한 자리에 모여 O&M 비용, Outage, Reenginring 등 새로운 원전환경에 직면하여 서로의 경험을 공유하고 해결책을 강구하는 상호 모색 및 토의의 장을 제공함으로써 향후 원전 운영에 매우 유익할 것이다.

또한 이번 회의는 최첨단 기기를 사용하여 효율적인 회의를 진행함으로써 매우 인상적이었으며, 특히 O/H, Slide 대신에 최신 영상처리 기법을 채택하여 여러 면에서 배울점이 많았다. 국내 회의 개최시에도 좋은 참고가 될 것으로 생각된다. ☞