

제 199회 원자력 안전메시지

한빛1호기 사건 원안위 특별조사결과

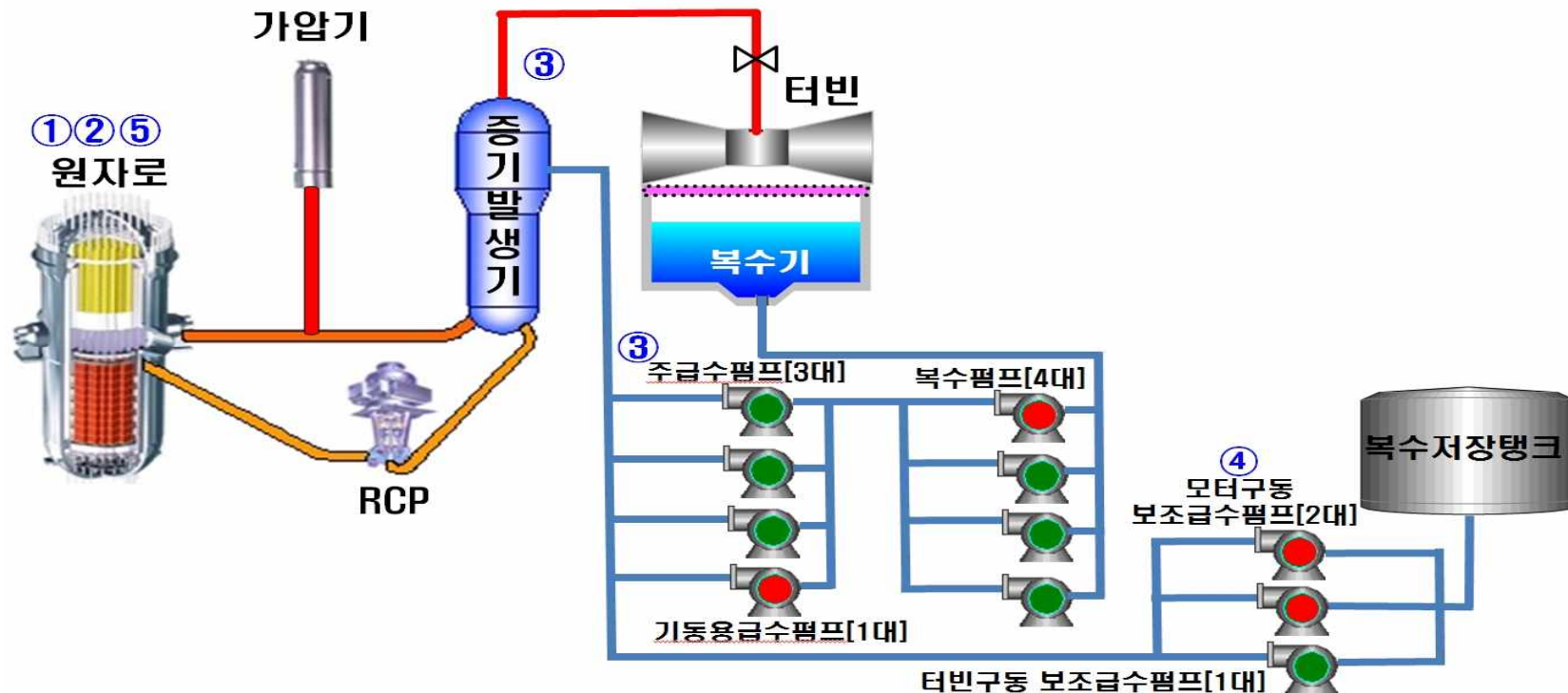
품 질 안 전 본 부
안 전 처

○ 사건 개요

제 목	부주의한 제어봉 인출에 따른 원자로 수동정지
발생 일시	2019년 5월 10일 10:31
발생 호기	한빛1호기
일자	발 생 사 항
19.5.10(금) 03:00	◦ 한빛1호기 제24차 계획예방정비 기동 초기단계 중 제어봉 제어능 측정시험 수행
10:27	◦ 제어봉 집합체 1개가 순간고착되어 12단 편차 발생
10:31	◦ 제어봉 편차해소를 위해 제어봉을 100단까지 올림 - 무자격자인 정비원이 제어봉 조작 - 반응도계산 오류 : (-) 697pcm(원자로차장 계산값) , (+) 390.3pcm(사후 KINS계산값) ◦ 열출력 약18%까지 급증하여 원자로 냉각재온도 상승 (291.7℃ → 302.6℃) ◦ 증기발생기 고-고수위로 주급수펌프 정지, 보조급수펌프 자동기동
10:32	◦ 제어봉 즉시 삽입 및 열출력 수준의 발전소 안정상태 유지
22:02	◦ 열출력 상승으로 인한 운영기술지침서* 적용 → 원자로 수동정지

* 운영기술지침서 3.1.10항 적용 : 열출력이 정격열출력의 5% 초과시 즉시 원자로 트립차단기 개방

○ 사건 개략도



- ① 제어봉 인출(10:30~10:31) → ② 원자로 출력 0%에서 약 **18.1%까지 증가** → 원자로냉각재온도 상승
 → ③ 증기발생기 내 물이 열 교환에 의해 팽창되어 수위 고-고 신호(78%)로 모든 주급수펌프 정지
 → ④ 보조급수펌프 자동기동 → ⑤ 원자로 수동정지(운영기술지침서 3.1.10항 적용)
- 발전팀장이 원자로냉각재온도 상승을 인지(10:31), 제어봉을 삽입하여 원자로 출력은 10:32경 5% 이하로 감소, 11:02경부터는 0% 수준으로 유지

◉ 원안위 특별조사 결과



사건 조사결과

- ◉ 핵연료 건전성 조사결과 모두 건전한 것으로 확인
- ◉ 제어봉 구동설비 건전성 조사결과 제어봉 고착 원인 → 유동성 부유물질(크러드)



안전문화 결여측면 문제점

- ◉ 다수의 안전관련 절차위반
- ◉ 운영개선프로그램 부실운영
- ◉ 안전보다 공정준수가 더 중시되는 조직문화



원자력안전법 위반

- ◉ 무자격자 반응도 조작 → 원자력안전법 제84조(면허 등) 위반
- ◉ 운기침 미준수 → 원자력안전법 제26조(운영에 관한 안전조치 등) 위반
- ◉ 원안법 위반자를 특정하여 기소의견으로 검찰 송치(7.2)

1 핵연료 건전성 조사 결과

- ◎ 원자로냉각재 방사능 준위변화
- ◎ 컴퓨터 코드해석에 의한 핵연료 건전성평가

핵연료
건전성 확인

• 사건전후 냉각재 내 특정핵종의 방사능이력에 특이사항 없음 (Xe^{133} , Kr^{85m} , I^{131}) 확인

• 핵연료중심온도와 피복재 변형률이 모두 기준을 만족함을 확인

- ◎ 핵비등이탈률(DNBR) 허용기준 만족여부평가

핵연료봉
건전성 확인

• 평가값 : 7.37(기준 : 1.23 이상)으로 여유도 충분

* DNBR : 원자로냉각재 비등으로 연료봉 표면에 기포가 과도하게 생성되어 열제거 능력이 크게 감소하는 기준값으로부터의 여유도(Departure from Nucleate Boiling Ratio)

2 제어봉 구동설비 건전성 조사 결과

- ◎ 임계전 정기검사시 성능시험 결과
- ◎ 원자로헤드 육안점검 결과



**설비
건전성 확인**

• 제어봉 위치지시계통시험과 제어봉낙하시간 측정시험 모두 허용기준 만족

• 육안점검시 이물질을 채취·분석한 결과 유동성 부유물질(크러드)로 확인

- ◎ 해외사례* 분석
- ◎ 설비 제조사(Westinghouse)에 검토의뢰



**크러드 또는
단순결쇠오작동
원인으로 확인**

* NUREG/CR-5555, Westinghouse TB-06-17 등에 따르면 '80~'06년 약 19건의 크러드 등으로 인한 제어봉 고착 등 동작불량 사례 확인

3 안전문화 결여사항 조사 결과 - 1

- ◎ 작업자 교대시 인수인계 부실
- ◎ 비정상상황 처리절차 미준수



안전관련
절차위반

• 근무자교대시 **중요작업전회의** 대부분 **미 실시** 또는 부실하게 운영

• 작업오더·작업계획서 미작성 및 작업전회의 미개최

- ◎ 운전경험 반영체계의 부실운영
- ◎ 안전문화 점검결과 개선사항 전파·이행관리 시스템 미작동



운영개선
프로그램
부실운영

3 안전문화 결여사항 조사 결과 - 2

- ◎ 과도한 연속근무, 비체계적 교육시스템
- ◎ 공정준수가 우선시되는 조직문화



안전중심
조직운영
노력부족

- 24시간 진행되는 시험시, **운전원 외 인력**은 장시간 **격무에 노출**

- 경험이 부족한 운영인력 등에 대한 **교육프로그램 부재**

- 발전량 감소시 평가에 감점부여하는 등 **안전보다 공정준수가 중요시** 되는 **관행 조성**

4 원자력안전법 위반사항 조사 결과

◎ 무자격자인 정비원이 SRO면허자의 **지시·감독 없이** 제어봉을 일부 **조작**한 사실 확인



**원안법
제83조 위반**

◎ 노물리시험 중 열출력 5%초과시 즉시 정지하지 않은 **운영기술지침서 미준수** 사실 확인



**원안법
제26조 위반**

○ 사건 원인분석

» 원전 주제어실(MCR) 근무형태/환경

- MCR은 소수 근무자들만 근무하는 폐쇄된 공간으로 절차서 미준수 등의 관행이 만연하기 쉬운 환경

» 발전소 운전원 교육훈련 미흡

- 운영기술지침서, 절차서 내용 숙지 및 이행의 중요성 등에 대한 운전원의 교육 부실

» 안전 최우선 문화 결여

- 안전을 최우선으로 여기는 조직문화 결여로 인해 설계 안전성을 지나치게 확신하는 등 안전 불감증 만연

» 규제기관의 대응역량 미흡

- 한수원의 운영기술능력에 대한 규제기관의 검사체계가 미흡하고 원안위 현장대응능력이 부족하여 초기 상황파악 지연

1 안전을 저해하는 제도 및 시스템 개선

분야	문제점	대책
법령위반	❶ 무면허자에 의한 제어봉 조작	① 원전 주제어실에 CCTV 설치
		② 원자로 면허제도 개선
	❷ 운영기술지침서 준수의무 위반	③ 안전조치 위반시 처벌강화
인적오류	❸ 제어봉의 과도한 인출로 인한 출력초과	④ 비정상상황 즉시확인 및 자동정지
		⑤ 제어봉 위치편차 발생 방지
		⑥ 안전성 관련 절차서 개선

2 안전이 우선되는 환경 조성

분야	문제점	대책
안전문화	❶ 안전을 최우선으로 하는 조직문화 미비	① 쉼 원전 안전문화 특별점검
		② 안전 중심의 성과평가 제도
		③ 경영진 안전문화 협의체 운영
	❷ 장시간 연속 근무 등 인적오류 유발 환경	④ 장시간 연속 근무 금지
	❸ 비상 상황시 관리자의 부적절한 판단	⑤ 관리자에 대한 안전 리더쉽 교육
		⑥ 고위 간부 자격요건 강화

3 사업자의 운영기술능력 혁신 유도

분야	문제점	대책
운영역량	① 원전 비상 상황시 발전팀 대응역량 부족	① 발전팀 조직 개편
		② 발전과장 등 운전원 확충
		③ 발전팀장 수동정지권 부여
		④ 운전원 안전역량 강화
	② 열 출력 초과 등 이상상황 조기탐지 실패	⑤ 한수원 원격감시 체계 강화
		⑥ 기동단계 특별지원팀 운영

4 규제기관의 대응체계 강화

분야	문제점	대책
규제기관 대응역량	① 원전 이상 상황 조기 확인 실패 및 초기대응 미흡	① 규제기관 현장 대응 역량 강화
		② 검사관·검사원 전문역량 강화
		③ 원전 상시 감시체계 구축
		④ 원전 사건보고 체계 개편
		⑤ 원전 이상상황 지자체 전파 확대
	② 형식적인 운영기술검사	⑥ 운영기술능력 중점 검사제 도입
		⑦ 기동운전 적절성 사후 검사
	③ 규제기관의 안전문화	⑧ 원안위·KINS 안전문화 요인 발굴



원자력 안전!
모든 목표와 행위에서 최우선입니다.

 **한국수력원자력주**