

2008년도 원전 방사선 안전 관리 실적

종사자 방사선량 관리 · 방사성폐기물 관리 · 환경관리

강덕구

한국수력원자력(주) 안전기술처장



지난 한해 어려운 여건 속에서도 원전 안전 최우선 경영의 기치 아래 원전 이용률 92%발전 정지 호기 당 0.4회를 목표로 한 “9204”를 무난히 달성하였고 1월 계속운전을 시작한 고리 1호기가 한주기 무고장 운전을 기록하였으며, 원전 종사자의 피폭 방사선량 또한 원전 운영 30년 이래 가장 낮은 호기 당 0.51 맨 · 시버트를 기록한 소중한 성과를 거둔 한 해였다.

종사자 방사선량 관리 분야

1. 종사자 방사선량 관리

2008년 총 20기의 원전 운영에 따른 방사선 작업 종사자 10,840명의 총방사선량은 10.137맨 · 시버트(man · Sv)였으며, 호기 당 평균

방사선량은 0.51맨 · 시버트로 1978년 고리 1호기 가동 이후 가장 낮은 수치를 나타냈다.

총 방사선량은 당해년도에 수행된 계획 예방 정비 횟수 및 작업 물량에 따라 크게 좌우되는데, 2008년도의 경우 총 15개 호기에서 연 461일간의 계획 예방 정비 작업이 수행됨으로써 총 18개 호기, 연 762일간의 2007년도 실적(총방사선량 12,807맨 · 시버트)보다 크게 감소하였다.

<그림1>에서 볼 수 있듯이 국내 원전과 세계 원전¹⁾의 호기 당 평균 방사선량을 비교해 볼때 우리 원전이 낮은 수준을 유지하고 있으나 세계 원전의 방사선량 또한 지속적으로 감소하고 있다.

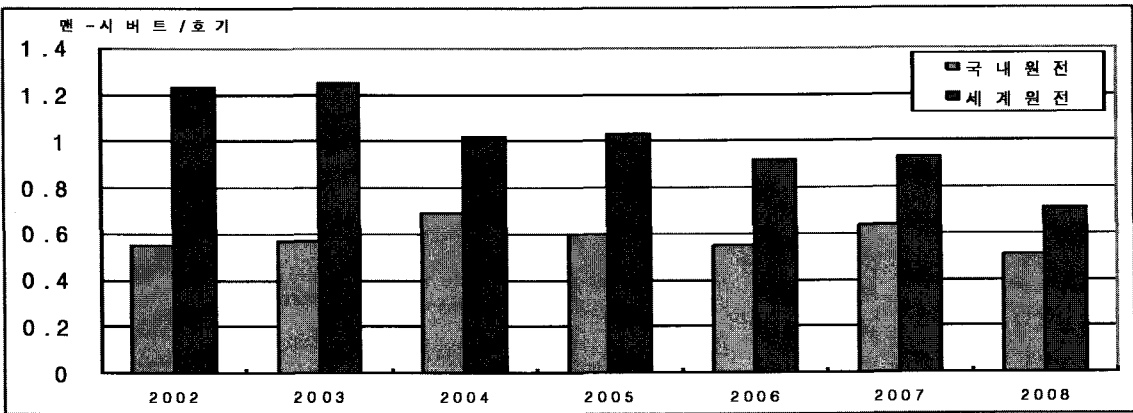
한편, 원전 종사자의 연간 개인 평균 선량은 0.94 밀리시버트(mSv)

연세대학교 행정대학원 졸업

한전 홍보실 전력홍보부장, 홍보실장
한수원(주) 원자력발전기술원 중저준
위기술실장, 한강수력발전처장
안전기술처장(2009~)
한국동위원소협회 이사

<표 1> 연도별 방사선량

연 도	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
총방사선량 (맨·시버트)	9.315	10.288	13.025	11.930	10.958	12.807	10.137
호기당 평균 방사선량 (맨·시버트/호기)	0.55	0.57	0.69	0.60	0.55	0.64	0.51
종사자 수(명)	8,346	8,741	9,867	9,810	10,154	11,366	10,840



<그림 1> 국내 원전과 세계 원전의 호기당 평균 방사선량 비교

로 총방사선량과 마찬가지로 1978년 고리 1호기 상업 운전 이후 가장 낮은 값을 기록하였으나 1999년 이후 자체 관리 기준치로 운영해 온 연간 20 밀리시버트를 초과한 종사자가 2명 발생하였다.

2008년도의 개인 선량 분포를 분석하여 보면 전체 종사자의 79%가 일반인에 대한 연간 법적 제한치인

1 밀리시버트 이하의 낮은 방사선 피폭을 받았고 15 밀리시버트 이상 피폭자는 0.36%에 불과하였다.

이와 같은 방사선량 관리 실적은 1991년부터 수립, 추진해온 중장기 방사선량 저감화 계획의 적극적 이행과 방사선량의 대부분을 차지하는 계획 예방 정비 기간 중의 방

사선량 저감을 위한 ALARA²⁾ 위원회/실무위원회의 적극적인 저감 활동, 방사선 안전 관리 워크숍 등을 통한 방사선량 저감 기술 정보의 공유 등 방사선 작업에 종사하는 조직과 구성원 전체의 체계적인 방사선 저감 노력에 기인한 것으로 보여진다.

1) 2008년 세계 원전 호기당 평균 선량은 2008년 9월까지의 선량임

2) As Low As Reasonably Achievable

<표 2> 연도별 종사자 개인 평균 선량

연 도	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
개인 평균 선량(mSv)	1.12	1.18	1.32	1.22	1.08	1.13	0.94

2. 방사선량 평가 신뢰도 제고 및 방호 교육 개선

종사자 방사선량 평가 신뢰도 및 기술력 향상을 위하여 『원전 종사자 C-14 내부 피폭 선량 평가 기술 개발』 연구를 2008년 9월 완료하고 표준기술행정절차서에 반영을 준비하고 있으며 『피부 피폭 선량 평가 프로그램 개발』 또한 2008년 5월 완료하고 영광2발전소에서 시험 운영을 거쳐 표준기술행정절차서 제정을 추진하고 있다.

아울러, 2007년 10월부터 수행하고 있는 『원전 종사자 수족 선량계 방사선량 측정 및 평가 기술 개발』 연구를 진행하고 있으며, 4월 24일부터 이틀간에 걸쳐 충북 단양에서 20개 기관 약 100여명이 참

여한 제12차 피폭 방사선량 평가에 관한 워크숍을 개최하여 피폭 선량 평가에 관한 기술 능력 제고 및 관련 기관과의 유대를 강화하는 기회를 가졌다.

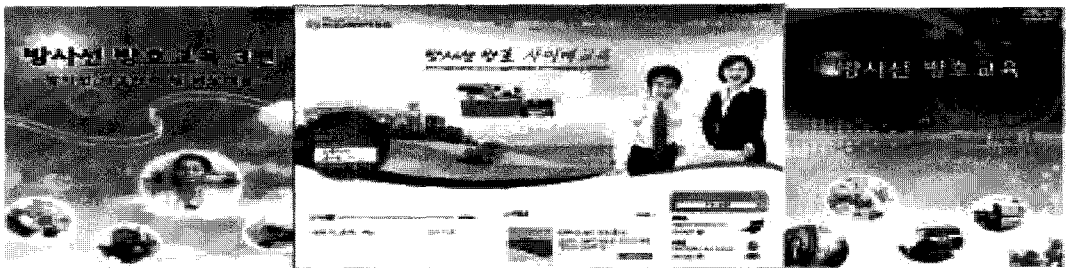
종사자 방사선 방호 교육 분야에서는 신규 방사선 작업 종사자 및 수시 출입자 교육을 위한 동영상 교재 3편을 제작하여 전 원전에서 활용중이며, 종사자에 대한 연간 재교육 6시간 중 4시간에 대한 사이버 교육 시스템을 개발하여 2009년 1월부터 운영에 들어갔다.

한수원 종사자는 사내 그룹웨어 시스템 또는 원자력교육원 사외 홈페이지를 통하여, 협력회사 종사자는 원자력교육원 사외 홈페이지를 통하여 수강할 수 있도록 함으로써 강의식 위주의 집합 교육 형태로

이루어지던 방호 교육의 틀을 획기적으로 개선하는 전기를 마련하였다.

3. 방사선 안전 관리 전문가 육성 및 기술 교류

2008년도에도 사내 방사선 안전 관리 요원의 기술 능력 향상을 통한 원전 방사선 관리 신뢰성 제고를 위하여 원자력교육원의 기본 교육 과정 및 12개 국내 위탁 과정으로 구성된 실무 교육 과정과 3개 해외 위탁 교육 과정으로 이루어진 전문 교육 과정을 운영함으로써 연 인원 약 240명의 방사선안전관리원이 실무 및 전문 교육 과정, 해외 위탁 교육을 이수하였으며, 국내외 위탁 교육자 전달 교육을 통해 교육 효과를 제고할 수 있도록 하였다.



<그림 2> 2008년 개발한 동영상 교육 교재 3편 및 방사선 방호 사이버 교육 시스템

〈표 3〉 기체 방사성폐기물 배출에 의한 주민 선량 평가

원전 부지	고 리	월 성	영 광	울 진
주민 선량(mSv)	0.0046	0.00826	0.00956	0.00187

또한 2008년 5월에는 35개국 약 1,200여명의 방사선 분야 전문가가 참석한 제6차 세계동위원소 대회에서 원전의 ALARA 이슈라는 타이틀의 Scientific Track 및 홍보 부스를 운영하여 우리 원전의 우수한 방사선 안전 관리 기법들을 세계에 알렸으며, 7월에는 원자력발전기술원에서 사내 및 협력사들이 참여한 방사선 안전 관리 워크숍을 개최하여 원전 종사자의 방사선 피폭 저감 및 방사성폐기물 관리의 안전성 향상 등 관련 정보 교류 및 토론의 기회를 마련하였다.

이와 같은 교육, 훈련 강화 및 기술 교류를 통하여 원전 종사자의 총방사선량과 개인 선량을 지속적으로 저감하고 원전의 방사선 안전성을 확고히 할 수 있었다.

또한 2007년 3월 발생한 고리 1호기 정비 작업자의 경미한 화상 사건을 계기로 원전 인근 6개 협약 병원에 방사성 오염 환자를 격리하여 치료할 수 있는 격리 병실 설치를 추진하여 2008년도에 기장병원 등 4개 병원에 격리 병실 설치를 완료하였고, 2009년 2월중에 2개 병원의 격리 병실을 준공할 예정으로

있다.

방사성폐기물 관리 분야

1. 기체 방사성폐기물

기체 방사성폐기물 방출은 크게 다음 두 가지 방법으로 관리하고 있다.

첫째, 발전소 부지 경계에서 교육과학기술부 고시 제2008-31호(방사선방호 등에 관한 기준)에서 정하는 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 배출을 제한한다.

기체 폐기물은 여과 및 감쇄 장치를 이용하여 기체 폐기물 중의 방사성 물질의 양을 배출관리 기준보다 훨씬 낮게 처리하고, 외부로 배출하기 전에 방사성 물질의 종류 및 농도를 측정하여 인근 주민이 거주하는 지역에서 법이 정한 배출 관리 기준을 초과하지 않음을 확인한다.

또한 배출 중에도 방사선 감시기를 통해 연속적으로 감시하여 방사능 농도가 설정치 이상이 되면 자동으로 배출을 차단시키도록 되어 있다.

둘째, 발전소 인근에 거주하는 주

민에 대한 선량 기준치를 절대 넘지 않도록 배출을 제한한다.

발전소 인근 주민에게 얼마나 영향을 주었는지 여부는 배출되는 방사성 물질의 종류별 방사능의 양, 기상 상태, 사람의 생체 신진 대사, 반경 80km 이내 지역 사회의 산업 활동 등 사회 생활 자료를 활용하여 국내 사회 환경에 적합하게 국제적인 기준으로 개발된 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 프로그램(ODCM)을 사용하여 확인한다.

2008년도 기체 방사성폐기물은 연간 호기당 평균 3.94테라베크렐(TBq)이 배출되었으며 이로 인한 발전소 인근 주민에 대한 방사선 영향을 평가한 결과는 〈표 3〉과 같으며 최대 0.00956 밀리시버트(mSv)로 평가되었다.

방사선에 관하여 세계 최고 권위 기관인 국제방사선방호위원회가 일반인에 대해 권고한 선량과 원자력법에서 정한 일반인의 연간 선량 한도가 1 밀리시버트이고, 원자력 시설이 없어도 우리 인간이 자연으로부터 받는 연간 선량이 약 2.4 밀리시버트인 점을 감안해 본다면 원자력발전소에서 나오는 기체 방사

<표 4> 액체 방사성폐기물 배출에 의한 주민 선량 평가

원전 부지	고리	월성	영광	울진
주민 선량(mSv)	0.0000052	0.0000520	0.0000072	0.0000370

성폐기물로 인한 방사선 영향은 거의 무시할 정도이다.

2. 액체 방사성폐기물

액체 방사성폐기물 방출 역시 크게 두 가지 방법으로 관리하고 있다.

첫째, 발전소 부지 경계에서 교육과학기술부 고시 제2008-31호에서 정하는 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 한다.

액체 폐기물은 증발, 여과 및 이온 교환 방법 등으로 방사성 물질을 제거한 후 배출하기 전에 시료를 채취하여 방사성 물질의 종류 및 방사능 농도를 측정하여 배출

여부를 결정한다.

또한 배수구에서는 방사선 감시기를 통해 연속적으로 감시하고 방사능 농도가 설정치 이상이 되면 배출을 자동으로 차단시키도록 되어 있다.

원전의 액체 폐기물을 법정 허용치 이내로 배출하고 있으나, 기존 처리 설비의 성능 향상, 절차서 보완, 종사자 교육 훈련 등을 통해 지속적으로 방사능 배출을 최소화하는 개념을 도입하여 관리하고 있다.

2008년도에 가동중인 원전으로부터 배출된 액체 폐기물의 배출량은 연간 호기 당 평균 0.000083 테라베크렐로 매우 낮다.

둘째, 발전소 인근 주민에 대해서

도 물론 기준치를 넘지 않도록 관리한다.

발전소 인근 주민이 기준치를 초과하는 영향을 받았는지 여부는 기체 폐기물과 같이 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 프로그램(ODCM)에 해당 자료를 입력하여 평가한다.

2008년도 발전소 인근 주민에 대해 액체 방사성폐기물에 의한 방사선 영향을 평가한 결과는 <표 4>와 같으며, 발전소 주변 주민이 전신에 받은 방사선의 양은 최대 0.000052 밀리시버트로 나타났다.

3. 중·저준위 고체 방사성폐기물

고체 방사성폐기물은 액체 폐기

<표 5> 중·저준위 고체폐기물 발생량(단위 : 드럼)

구분	고리	영광	울진	월성	계	
2008년 도분	농축폐액	35	101	65	0	201
	폐수지	30	40	0	126	196
	폐필터	0	0	0	10	10
	잡고체	1,289	1,039	1,632	549	4,509
	슬러지	20	138	126	98	382
	계	1,374	1,318	1,823	783	5,298
누계	39,351	19,564	15,329	7,535	81,779	

<표 6> 사용후연료 저장 관리 현황

구분	시설 용량 (다발)	저장량		예상 포화 연도
		톤	다발	
고리(4기)	6,004	1,685	4,184	2016
영광(6기)	7,418	1,623	3,888	2016
울진(6기)	6,572	1,294	3,055	2017
월성(4기)	325,632	5,481	289,640	2009
계	345,626	10,083	300,767	-

물 처리에 사용된 여과재, 이온 교환 수지와 액체 폐기물 증발기의 농축 폐액, 그리고 방사선 작업자가 사용한 작업복, 공구, 제염지 등의 잡고체로 구분할 수 있다.

폐기물은 종류별로 적절한 처리를 통하여 안전성을 높이고 발생량을 줄일 수 있도록 노력하고 있다.

2008년도에 가동중인 원전에서 발생된 고체 방사성폐기물은 총 5,298드럼(200리터 드럼 기준)으로서 전년(6,018 드럼) 대비 720드럼이 감소하였다.

수원은 중·저준위 방사성폐기물을 유리화함으로써 처분 안전성을 제고하고 방사성폐기물 드럼 발생량을 줄이고자 노력하고 있다.

유리화 설비는 2009년 3분기부터 울진 5·6호기에서 발생하는 가연성 폐기물과 농축 폐액을 처리하기 위한 안전성 입증을 위해 시운전 시험이 추진되고 있다.

2008년 중·저준위 방사성폐

기물 발생 현황은 <표 5>와 같다.

4. 사용후연료

사용후연료는 그 속에 포함된 핵분열 생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 상당 기간동안 방사선과 열을 방출하므로 고농도의 붕산수가 채워진 사용후연료 저장조에 저장한다. 사용후연료 저장량이 증가됨에 따라 저장 효율을 높이기 위해 기존 저장대를 조밀저장대로 교체 및 추가 설치하고 있다.

2006년도에는 고리 4호기 및 영광 3, 4호기에 조밀저장대를 설치하였고 2007년 2월에 영광 1호기 저장대를 조밀저장대로 교체하였으며, 2008년에는 울진 3, 4호기 저장대를 조밀저장대로 교체하였다.

근래에는 수중에 저장하는 기술 외에도 콘크리트로 방사선을 막고 공기로 열을 제거하는 기술을 이용

한 건식 저장 방법이 발달하여 해외의 여러 원전에서 사용되고 있다.

우리나라에서도 월성 원자력발전소에 이러한 공기 냉각식 콘크리트 구조물 형태의 건식 저장 시설을 1992년, 1998년, 2002년 및 2006년 4회에 걸쳐 건설하였으며, 기존 건식 저장 시설보다 부지면적이 적게 소요되는 조밀 건식 저장 시설을 현재 건설 중에 있다.

현재 원전 부지별로 2008~2016년까지의 저장 능력을 확보하고 있으며, 제 253차 원자력위원회(2004.12.17)의 의결에 따라 사용후연료를 발전소 내에 2016년까지 저장할 수 있도록 조밀저장대 설치 및 건식 저장소 건설 계획을 수립하고 저장 능력 확장사업을 추진하고 있다. 2008년 말 현재 사용후연료의 저장 관리 현황은 <표 6>과 같다.

〈표 7〉 환경 방사능 조사 내용

구분	환경 매체	조사 항목	주 기	지점수(원전별)
환경 방사선	공간 선량률	감마선량(ERMS)	연속	10~12 개소
		감마선량(휴대용 측정기)	월, 분기	22~49 개소
		집적선량	분기	42~43 개소
육상 시료	공기	전베타, 감마핵종, ^{14}C , ^3H	주, 월	10 개소
	토양	감마핵종, ^{90}Sr	분기, 반기	12~15 개소
	물	전베타, 감마핵종, ^3H	월, 분기	10~19 개소
	우유	감마핵종, ^{14}C , ^3H , ^{90}Sr	월, 분기	1~2 개소
	농산물	감마핵종, ^{14}C , ^3H , ^{90}Sr	반기, 년	8~12 개소
	솔잎, 쭉	감마핵종, ^{90}Sr	반기	6~8 개소
	육류	감마핵종, ^{14}C , ^3H	반기	2 개소
해양 시료	해수	전베타, ^3H , ^{90}Sr	월, 분기	4~9 개소
	해조류 등	감마핵종, ^{90}Sr	반기	15~23 개소

환경 관리 분야

원자력발전소 운영이 주변지역 및 주민에게 미치는 방사선(능) 영향을 조사하여 주민들이 받게 되는 방사선량이 연간 선량 한도 이내로 충분히 안전하게 유지되고 있는지 확인함으로써 주민 안전을 확보할 뿐만 아니라 만약의 경우 환경의 방사능 오염을 조기 탐지하여 오염이 최소화되도록 노력하고 있다.

조사는 원자력발전소에서 환경 실험실을 운영하면서 환경 시료 채취 및 분석·평가를 시행하고 있으며 조사 결과의 객관성과 신뢰성을 제고하기 위해 원자력발전소가 소재한 지역의 대학교에 환경 방사능

조사 업무의 일부를 위탁하고 있다.

한편 원자력발전소 소재지 별로 민간 주도로 민간환경감시기구를 설립하여 주요 환경 방사능 항목에 대한 독자적 감시를 수행하고 있다.

조사 대상은 방사선량률 및 방사능 농도이며, 방사선량률은 원자력발전소 주변에 고정 설치된 환경방사능감시기를 통해 연속적으로 감시하고 있고 휴대용 방사선량률 측정기를 이용하여 추가적인 측정을 수행하고 있다.

방사능 농도는 원자력발전소 주변 지역의 공기, 토양, 물, 농산물, 해산물, 해수 등의 시료를 환경 방사능 조사 계획에 따라 채취하여 시료별 전처리 과정을 거쳐 고순도

감마핵종분석기, 저준위알파베타계수기 등을 이용하여 방사능을 분석하고 있다. 조사 내용은 〈표 7〉과 같다.

원자력발전소는 조사 결과를 ‘원자력발전소 주변 환경 방사능 조사 및 평가보고서’에 수록하여 정부, 지자체 등에 배포하고 있으며 연간 1회 환경 방사능 감시 결과를 주민 설명회를 통해 이해당사자에게 설명하고 있다.

2008년도 상반기 원전 주변 공간 감마 선량률은 평균 81~123 nGy/hr로서 예년 및 원자력발전소가 없는 일반 지역과 유사한 값을 보이고 있다.

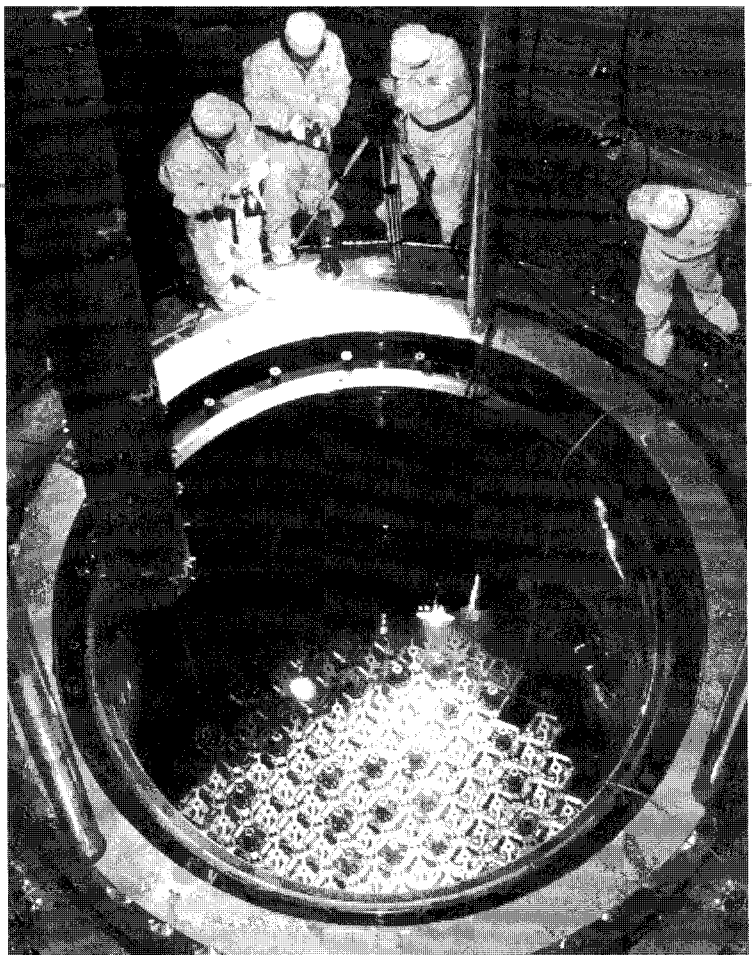
한편 원전 주변 토양, 물, 농축산

물, 해수, 해저 퇴적물 등 20여종의 환경 시료를 분석한 결과 14C, 3H, 95Nb 등 원자력발전소 운영에 의한 인공 핵종이 일부 검출되고 있으나 그 양이 극히 미약하여 환경에 미치는 영향은 무시될 정도였다.

일반 환경 조사는 1986년부터 한전 전력연구원, 서울대학교 및 원전 소재 지역 대학이 참여하여 '원전 주변 환경 조사 지침'에 따라 원전 주변 인근 육상 및 해역에 대해 생물학적, 화학적, 물리학적 조사 등을 실시하고 있다.

2008년도까지 22년간의 조사 결과를 종합해 볼 때, 고리, 월성, 울진 원전 주변의 수질은 환경법에서 정한 해역별 수질 기준 I등급을, 영광 원전은 I~II등급을 유지하고 있으며, 해양 생태계 중 온도 변화에 민감한 해조류나 저서 동물의 출현 종수나 현존량은 전반적으로 자연 생태계와 유사한 군집 구조를 나타내고 있다.

또한 원전 주변 해역의 해양 생태계 서식 환경을 보호하기 위해 주변 해역에 방치되어 있는 그물 등의 폐 어구, 불가사리와 같은 유해 생물 등을 주기적으로 제거하고 있으며, 원전에서 배출되는 온배수의 안전성과 유용성을 홍보하고 어민 소득 증대에 기여하기 위해 영광·월성 원전 부지 내 온배수를 이용한 양식장에서 어민들이 선호하는 고급 어·패류를 양식하여 지속적으로 원전 주변 해역에 방류하



지난 한해 어려운 여건 속에서도 원전 안전 최우선 경영의 기치 아래 원전 이용률 92%발전 정지 호기 당 0.4회를 목표로 한 "9204"를 무난히 달성하였고 1월 계속운전을 시작한 고리 1호기가 한주기 무고장 운전을 기록하였으며, 원전 종사자의 피폭 방사선량 또한 원전 운영 30년 이래 가장 낮은 호기 당 0.51 맨·시버트를 기록한 소중한 성과를 거둔 한 해였다.

고 있다.

맺음말

2008년도 원전 방사선 안전 관리의 종사자 방사선량 관리, 유리화 설비 운영 허가 취득 및 중·저준위 폐기물의 영구 처분 시설로의 인도 준비를 비롯한 모든 분야에서 알찬 성과를 거두었던 것으로 평가된다.

그러나 이러한 결과에 만족하지 않고 원전의 방사선 안전성 확보는 한수원이 추구하는 최우선의 가치

임을 깊이 새겨 최신의 기술과 설비/제도의 개선, 운영 능력 향상을 바탕으로 원전 방사선 안전 관리에 무결점을 추구하고자 한다.

2009년도에는 월성 1호기 압력관 교체 공사에 따른 종사자 피폭 방사선량 관리 및 방사성폐기물 관리와 2009년 7월을 목표로 하고 있는 중·저준위 폐기물 드럼의 영구 처분 시설로의 최초 인도, 유리화 설비의 적기 운영 등 원전의 안전 운영 및 방사선 안전성 제고에 최선을 다하고자 한다. ☸