

원자력 비중 확대에 따른 도전과 과제

이 태 호

한국수력원자력(주) 안전기술처장



서론

정부는 지난 8월 27일 ‘저탄소 녹색 성장’의 주춧돌로서 제1차 「국가에너지기본계획」을 확정하였다. 건국 이래 최초로 수립된 20년 단위의 장기 에너지 계획이다. 핵심 내용은 저탄소, 녹색 성장을 에너지 부문에서 뒷받침하고 고유가와 온실가스 감축에 전략적으로 대응하는 것이다.

1978년 고리 1호기가 발전을 시작한 이래 30년 동안 원자력 발전은 우리나라 경제의 석유 의존도 및 에너지 수입 부담을 완화하고 값싼 전기를 안정적으로 공급하는데 크게 기여했다. 지난 25년간 소비자 물가는 186% 상승했으나 전기 요금은 11.4% 상승에 그쳤다.

고유가와 온실가스 감축에 효과적으로 대응하기 위해 원자력의 역할을 강화하는 것은 피할 수 없는 선택이 되었다.

따라서 정부는 점진적으로 원전의 활용을 확대하여 2030년에는 전체 발전 설비 중 원전 비중을 설비 기준 41%(발전량 기준 59%)까지 증가시킬 계획이다. 또한 원자력을 수출 산업으로 육성하여 신성장 동력으로 창출하기 위해 핵심 기술 자립을 3년 앞당겨 2012년까지 완료하기로 했다.

2008년도 한국원자력문화재단이 리서치앤리서치에 의뢰하여 전국 20세 이상 성인 남녀 1,000명을 대상으로 실시한 원전에 대한 국민들의 의식 변화를 보면, 원전 필요성은 92.5%, 원전 비중을 늘려야 한다는 의견은 67.5%로 상승하였다.

원자력 발전에 대한 긍정적 인식이 확산되고 있는 것으로 판단할 수 있으며 원전 종사자의 역할도 보다 적극적으로 이루어져야 함을 시사한다고 볼 수 있다.

이에 본고에서는 원자력의 비중

고려대 전기공학과 졸업
부산대 전기공학과 석사
서울대 과기정책과정 수료

한전 고리 제1발전소 기술부장, 기술기획처 기술 기획부장, 울진 제1발전소 안전부장, 경영기획처 원자력정책실장, 원자력정책처장, 안전기술처장 (2007~)

2008~2030년 국가에너지기본계획 주요 내용

	2007년	2030년
에너지원단위(TOE)	0.341	0.185
석유 등 화석에너지 비중	83%	61%
신(新)재생에너지 비중	2.4%	11%
선진국 대비 에너지기술 수준	60%	최고
석유·가스 자주개발률	4.2%	40%
원전 설비비중 (원전 발전비중)	26% (36%)	41% (59%)



에너지원단위는 국내총생산(GDP) 1000달러를 생산하기 위해 소비된 에너지량. 석유·가스 자주개발률은 국내 소비량에서 자체 생산량이 차지하는 비중. 자료: 지식경제부

<그림 1> 국가에너지기본계획

확대라는 국가적인 정책 결정에 따라 한국수력원자력(주)가 향후 추진해야 할 계획 및 도전 과제에 대해 논하고자 한다.

원전 사업자의 도전 과제로는 가동중인 20기 원전에 대해 지속적으로 안전성을 증진시키고, 경제성을 제고하는 것이다.

또한 신규 원전을 적기에 건설해야 하며, 중·저준위 방사성폐기물 처분장의 성공적인 준공과 사용후 연료의 안정적 관리를 위한 국민적 공감대를 이끌어 내는 것이다.

아울러 국내에서의 성공적인 원전 사업을 바탕으로 원전의 해외 수출을 통해 신성장 동력을 창출하는 것이다.

원전 사업자의 도전 과제

1. 가동 원전 안전성 증진 및 경제성 제고

원전 가동 30주년을 맞이한 우리나라의 원자력 발전은 설비 용량으로 세계 6위, 발전량으로는 세계 5위의 원자력 강국으로 도약했다.

지난해 국내 원전 이용률은 90.3%로 2000년 이후 8년 연속 90% 이상의 높은 이용률을 유지해왔다. 이는 2007년 기준으로 전 세계 원전 평균이용률인 77.5%를 크게 상회하는 수준으로 우리나라의 우수한 원전 운영 능력을 보여주는 것이다.

이런 성과는 그동안 안전을 최우선으로 하는 경영진의 탁월한 리더십과 원전 안전 운영을 위한 원전 근무자들의 부단한 노력이 있었기에 가능했다.

한국수력원자력(주)는 원전의 가동중 안전성을 확보하기 위해 다양한 방안을 강구하여 시행하고 있다.

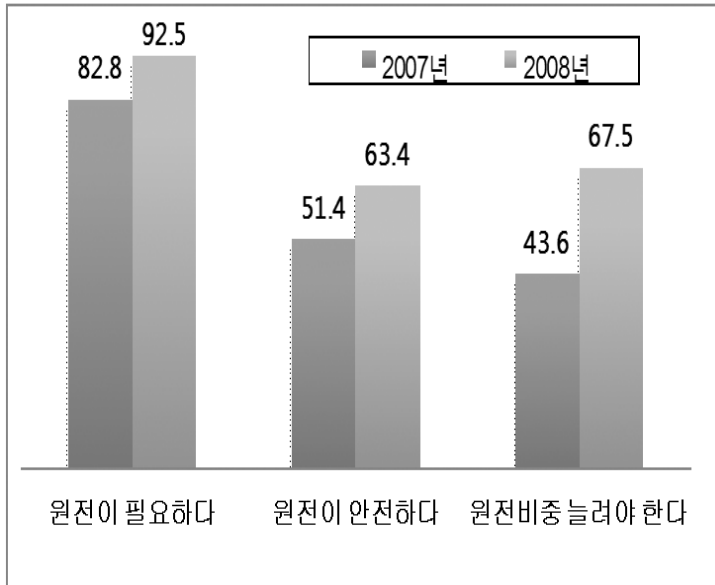
조직 및 인력을 최적화하고 각종 운영절차서 등을 적합하게 개선하고, 정비 품질 향상 및 취약 설비 개선을 통해 설비 신뢰도를 제고해왔다.

주기적 안전성 평가 및 확률론적 안전성 평가 등의 종합 안전성 평가를 시행하여 안전성 확인은 물론 지속적으로 안전성을 개선하고 있으며,

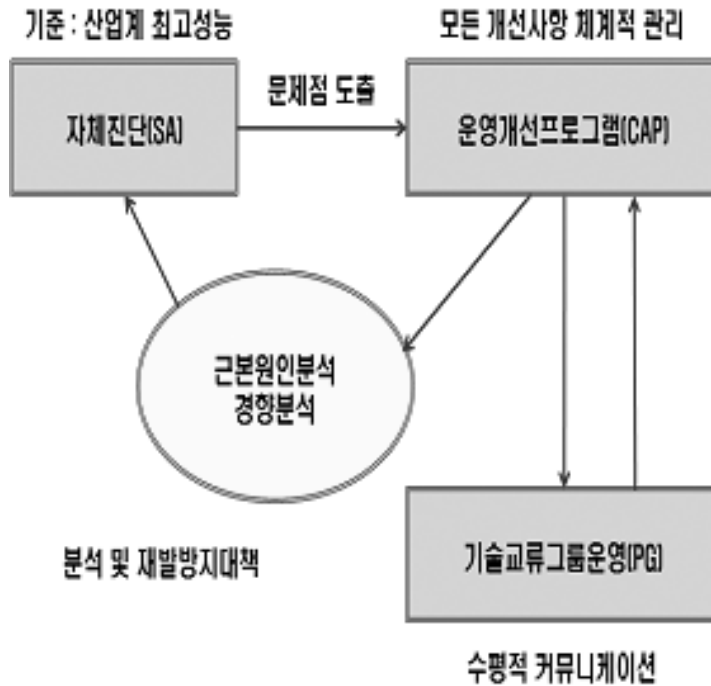
국내외 운전 경험 및 사고 사례를 철저히 분석하고 원전 운영에 반영하여 유사한 사례가 재발하지 않도록 하고 있다.

아울러 IAEA, WANO, INPO¹⁾ 등과의 국제 협력도 적극 추진하여

1) IAEA : International Atomic Energy Agency, INPO : Institute of Nuclear Power Operations, WANO : World Association of Nuclear Operators



<그림 2> 원자력 발전 국민 의식 변화



<그림 3> 원전 선진 운영 프로세스 개념

신기술을 확보하고 운영 경험을 교류하고 있으며, 원전 설비와 운영 전반에 대해 수시로 안전 점검을 시행하고 그 결과를 피드백하여 안전성을 개선하고 있다.

또한 지난 5월 13일부터 7월 4일까지 총 8주 동안 원전 가동 30년을 맞이하여 IAEA, WANO, INPO 등 국내외 전문가 40여명이 참가한 가운데 「가동 원전 종합 안전 점검」을 실시하였다. 원전 운영자가 자발적으로 발전소 안전성을 총체적으로 점검함으로써 안전 수준을 확인하고 잠재적인 문제점을 도출하기 위해서였다.

점검 결과 가동 원전 20기의 안전성을 확인하였으며, 우수 사례 61건과 개선 사항 46건을 도출하여 안전성 증진에 활용하고 있다.

한국수력원자력(주)는 법적으로 지켜야 할 기준뿐만 아니라 세계 최고의 수준과 비교하여 아주 사소한 문제점이라도 발굴하여 심각한 사건으로 진행되는 것을 방지하고자 자체 진단(Self Assessment) 프로세스와 운영 개선 프로그램(Corrective Action Program)을 개발하여 운영하고 있다.

자체 진단에 의해 도출된 문제점은 운영 개선 프로그램을 통하여 원인분석, 시정 조치 및 조치 결과에 대한 유효성 평가를 통하여 철저히 관리하고 있다.

또한 기술 교류 그룹(Peer Group)을 통하여 세계 최고 수준의 성능 달성을 목표로 발전본부 조직간 수평적 의사 소통 활성화,

<표 1> PSR 결과에 따른 원전 안전성 증진 사항 이행 현황(2008.7.31. 기준)

구 분	고리1	월성1	고리2	고리3,4	영광1,2	영광3,4	울진1,2	합계
완 료	40	6	8	11	6	2	0	73
추진중	0	21	15	11	19	14	18	98
합 계	40	27	23	22	25	16	18	171

최상의 프로세스 개발 및 표준화로 원전 운영을 지속적으로 혁신하고 있다.

원전의 안전성 증진을 위해 원전의 초기 가동 후 매 10년마다 주기적안전성 평가(PSR²⁾)를 수행하고 있다. 현재 고리 1~4호기, 월성 1호기, 울진 1,2호기와 영광 1~4호기의 평가가 완료되어 현재의 유효한 기술기준에 적합한 원전 안전성을 입증하였다.

또한 PSR 결과에 의해 도출된 안전성 증진 사항을 이행하고 있으며 반기별로 이행 현황을 정부에 보고하고 있다.

국내 원전은 높은 지진 안전성을 확보하기 위해 내진 구조로 설계되었으며, 호기별로 10여개의 지진 계측기를 설치하여 지진을 상시 감시할 수 있는 설비를 운영 중에 있다.

2007년도 7월 16일 일본 니가타 지진과 관련하여 ‘활동성 단층에 대한 지속적인 모니터링 시행’, ‘지진 감시 설비 최적 운영 방안 수립’, ‘지진 및 지진 해일에 대비한 대응 태세 보완’, ‘지진으로 인한 화재 발생시 대응 대책’을 수립하

여 시행하고 있다.

한국수력원자력(주)는 현재의 원전 안전성 및 운영 수준에 만족하지 않고 한 단계 도약하기 위해 현재 수준을 진단하여 세계 최고의 수준에 도달하기 위해 노력하고 있다.

2007년 말 기준으로 세계 최상위권의 원전 운영 회사인 미국의 Exelon을 분석해 보면 이용률 94.5%, 호기당 고장 정지율 0.18회, 계획 예방 정비 일수 23.7일을 기록했다. 이는 인적 역량 강화, 고장 정지 감소, 지속적 프로세스 및 이용률 개선이라는 시사점을 알려 주었다.

따라서 한국수력원자력(주)는 2014년까지 전 원전의 WANO 안전 성능지표를 세계 상위 25%이상으로 끌어 올리고, 원전 이용률 94%, 연간 호기당 고장 정지율을 0.2회 이하로 설정하여 목표 달성을 위한 세부적인 액션 플랜을 금년 말까지 수립하여 시행할 계획이다.

2. 신규 원전 적기 건설

정부는 국가에너지기본계획에 따라 2030년까지 원전 설비 비중을 현재 26%에서 41%로 확대하기로 했다.

한국수력원자력(주)는 현재 신고리 1~4호기와 신월성 1,2호기, 총 6기가 건설중에 있으며, 신울진 1,2호기 건설을 준비 중에 있다.

신규 원전을 건설하기 위한 원전 부지는 현재 6기가 확보되어 있으며, 2024년 이후 준공되는 신규 원전 부지는 원전 1기 건설 기간 약 13년을 고려하여 2012년까지 공정하고 투명한 절차와 민주적 의견 수렴을 통해 신규 원전 부지를 확보할 예정이다.

한국수력원자력(주)는 원전 건설의 경쟁력을 제고하고 원전의 적기 건설을 위하여 건설 공정 최적화, 미자립 핵심 기술 및 원전 핵심 기자재 국산화를 추진하고 있다.

원자로 냉각재 배관 자동 용접 등 최신 신기술·신공법 적용을 통하여 건설 공정을 최적화하고 미자립 핵심 기술인 원자로 냉각재 펌

2) PSR : Periodic Safety Review

<표 2> 원전 안전 및 운영 수준 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> - 우수한 원전 운영 능력 - 성공 경험을 보유한 직원 내부 역량 - 다수기·이종 노형 등 풍부한 경험 	<ul style="list-style-type: none"> - 예측/예방 정비 기반 부족 - 근본 원인 분석 및 문제 해결 능력 부족 - 경험·Know-How만으론 성장 한계
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> - 원전의 중요성 증대 - 후발 도입국의 기술 수요 증대 - 견고한 국내 원전 기술 인프라 	<ul style="list-style-type: none"> - 설비 투자 집중기 도래 - 준조세 비용, 건설로 재무 구조 악화 - 성숙기 경험 인력의 세대 교체 진행

프, 계측 제어 설비 및 핵심 설계 코드를 개발하여 국내외 원전 건설 수요를 선점하기 위해 기술 자립을 추진하고 있다.

또한, 정부의 방침에 따라 APR1400 이후 미래 노형인 APR+ 개발을 2012년까지 조기에 완료하기로 하였다. APR+는 안전성 측면에서 APR1400 대비 10배 향상, 경제성 측면에서는 GenIII³⁾+ (3세대)

노형과 대등하거나 우월한 수준인 APR1400 대비 10% 향상을 목표로 하고 있다.

또한 정부는 당초 계획보다 3년 앞당겨 2012년까지 순수 국산 원자력발전소 원전 기술 확보를 추진하고 있다.

3. 방사성폐기물 관리

원자력사업의 원활한 추진을 위

해서는 가동 원전의 안전성 제고 못지 않게 원전 운영 과정에서 불가피하게 발생하는 방사성폐기물 관리가 매우 중요하다. 특히 사용후연료의 안전한 관리는 원전 확대를 위하여 넘어야 할 핵심 과제다.

정부는 제253차 원자력위원회(2004.12.17)에서 국가방사성폐기물관리방침을 확정하 바 있는데, 중·저준위 방사성폐기물처분시설 건설을 우선 추진하여 2008년까지 준공하고, 사용후연료는 국가 정책 방향, 국내외 기술 개발 추이 등을 감안하여 추후 검토 결정하되 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하도록 했다.

아울러 2016년까지는 원전 부지별 사용후연료 임시 저장 능력을 확충하여 부지 내에 안전하게 관리하도록 했다.

가. 중·저준위 방사성폐기물 관리

중·저준위방사성폐기물처분시설(월성원자력환경관리센터)은 2005년 11월 3일 주민 투표를 통해 경상북도 경주시 양북면 봉길리가 최종 후보 부지로 선정되었다.

이후, 2006년 1월 2일 예정 구역 지정 고시를 거쳐 동굴 처분을 처분방식으로 선정했으며, 지난 2008년 7월 31일 건설 및 운영 허가를 취득하였다.

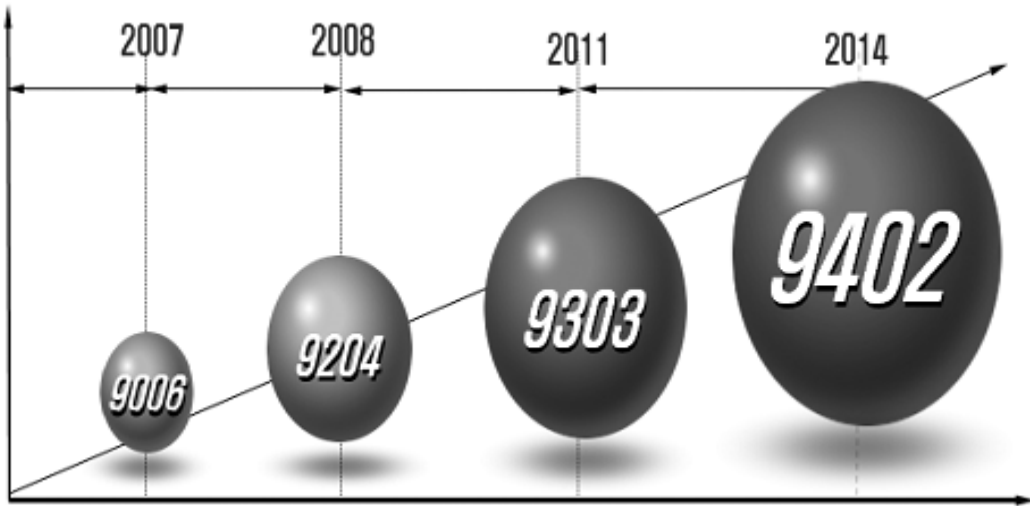
선정된 동굴 처분 방식은 해수면 이하 80~130m에 견고한 지하 암반 내 또는 지하의 동굴에 콘크리트 구조물을 만들고 방사성폐기물 드럼을 저장하는 방식이다.

중·저준위 방사성폐기물 처분 시설은 총 64만평의 부지에 2010년 6월말까지 1단계 준공을 목표로 10만 드럼을 처분할 수 있는 규모로 건설되며, 향후 총 80만 드럼 규모로 단계별로 증설할 예정이다.

중·저준위 방사성폐기물 처분 시설은 정부의 엄격한 규제 요건을 만족하도록 건설·운영할 계획이다.

이와 함께 방사성폐기물 처분에 따른 환경 영향을 주기적으로 감시하여 처분장의 안전 운영을 점검하고 민간환경감시기구 등에 그 결과를 투명하게 공개하여 운영에 대한 신뢰성을 제고할 계획이다.

3) GenIII+ : 가동 중인 원자로에 비해 성능, 안전, 경제성 면에서도 우월한 차세대 원자로



〈그림 4〉 원전 안전 운영 중 · 장기 목표

나. 사용후연료 관리 국가 정책 수립

국내 원전 부지 내 저장된 사용후연료의 저장 공간 포화를 대비하여 고리 및 영광 본부는 확장 공사를 완료하였으며, 울진과 월성은 현재 공사중으로 각각 2008년 말, 2009년까지 준공할 예정이다.

사용후연료 관리는 첫째, 폐기물로 취급하여 직접 처분하는 방법과 둘째, 자원으로 인식하여 재활용하는 방안, 셋째 중간 저장하는 방법이 있다.

국내외 기술 개발 추이 및 소내 저장 가능 연도 등을 감안하여 충분한 논의를 거쳐 조기에 사용후연료에 대한 관리 정책이 수립되어야 할 필요가 있다.

따라서, 우리나라의 사용후연료

관리 방침은 자원의 효율적 활용, 주민 수용성 및 운영 편의성, 국제 정치 외교 여건 등을 고려하여 국민적 공감대하에 국가적 차원에서 유리한 방안으로 추진해야 한다.

4. 신성장 동력으로 원전 수출

프랑스, 러시아 등 주요 선진국들은 원전 산업체를 국영 기업 형태로 운영하여 국내외 원전 건설을 국가 주도로 적극 추진하고 있다.

원전 공급사는 국가 정책 및 내부 사정에 따라 업체 간에 전략적으로 협력을 하고 있다. 예를 들어 독일의 최대 기업인 지멘스는 정부의 반원자력 정책으로 인해 위기를 맞았으나, 프랑스의 프라마톰과 합병하여 세계에서 가장 큰 원

자력 산업체인 AREVA그룹을 만들었다가 미쯔비시와 또다시 합작 회사를 설립하였는데 이것이 ATMEA⁴⁾이다.

그리고 일본의 도시바는 미국의 대표적인 원자로 제조 업체인 웨스팅하우스를 인수하여 원자력 설계·제조 기술의 고도화를 도모하고 있다.

우리나라는 원자력 관련 기자재 및 기술 용역을 수출하고 있으며, 2008년 6월 기준으로 약 9억 달러가 넘는 누계 수출액을 기록하였다. 이를 바탕으로 원전 플랜트 산업을 수출하고자 지속적인 노력을 하고 있으며 현재 중국, 동남아시아, 중동 및 아프리카 지역 등에 원전 수출을 추진하고 있다.

가동 원전인 OPR1000과 건설

4) ATMEA : AREVA와 일본의 미쯔비시중공업이 원자력 부문에서 제휴한 합작 회사

<표 3> 사용후연료 원전 부지 내 저장 현황

(단위 : 톤)

구 분	현재(2008년 6월 말 기준)			확장 계획		
	저장 용량	저장 실적	저장 가능 년도	확장량	저장 용량	저장 가능 년도
고 리	2,253	1,671	2016년	-	2,253	2016
영 광	2,686	1,543	2016년	-	2,686	2016
울 진	5,980	5,282	2008년	684	2,326	2017
월 성	1,642	1,214	2009년	3,460	9,440	2018
합 계	12,561	9,710	-	4,144	16,705	-

중인 APR1400의 입증 기술로 자체 노형을 확보하고, 지속적인 건설 공기 단축 및 안정적인 인프라를 확보하고자 한다.

또한, 반복 건설을 통하여 설비 개선 및 모듈화로 건설 원가를 절감하고 가격 경쟁력을 확보하여 2010년까지 1개 프로젝트 이상 수주를 목표로 하고 있다.

결론

우리나라는 1978년 4월에 고리 1호기의 상업 운전과 함께 올해로 원전 가동 30년을 맞이하였다. 원자력 발전량은 세계 5위, 설비 용량으로 6위의 규모로 현재 20기가 운전중이며 전력 공급의 약 35.5%를 담당하고 있다.

국내 원전 이용률은 세계 최고 수준이며 운영 및 정비 기술도 원자력 선진국 수준에 도달하고 있어 국제 사회는 우리나라를 경쟁력 있는 원전 공급국으로 평가하

고 있다.

2030년까지 신규 원전 건설을 계속적으로 추진하기 위해서는 가동 원전의 안전성을 확보하고 원전의 경제성을 제고시키는 것이 무엇보다 중요하다.

완벽하게 중·저준위 방사성폐기물을 관리해야 하며, 사용후연료 관리에 대한 국가 정책을 조기에 수립하는 것이 필요하다.

또한 원전 건설 및 가동 기수 증가에 따라서 통합 인허가 제도 도입, 선진 규제 기법에 의한 정기 검사 제도 개선 등과 같은 규제 체제가 변화되어야 한다.

원전 사업자는 인적 자원의 전문화를 위한 인력 양성, 신규 원전 부지 및 투자 재원을 확보하여 국가에너지기본계획이 차질 없이 이행되도록 해야 한다.

한편, 국제적인 원자력 르네상스를 맞이하여 원전 해외 진출의 호기를 적극 활용하여 원전 수출을 신성장 동력으로 적극 육성해

야 한다.

아울러, 원자력 산업계에서는 원전에 대한 국민 수용성을 향상시키기 위해 공동으로 노력해야 한다.

인력의 고령화 및 설비 노후화에 따라 설계와 건설에서 경험 있는 인력을 확보해야 하며 위조품에 대한 국제 공조 체제를 구축하여 원자력 산업 기자재의 품질을 확보해야 한다.

설비 제작을 위해 지속적으로 신기술을 개발해야 하며 국제간 협력을 통해 원자력 기술의 자립과 기자재 국산화를 이루어내야 한다.

이에, 한국수력원자력(주)는 세계 최고 수준의 원전 안전성을 확보하고 경제성을 지속적으로 개선함으로써 원자력에 대한 국민의 믿음을 보다 공고히 하여 정부의 '저탄소 녹색 성장'의 실현에 적극 부응하기 위해 최선을 다해 노력할 것이다. 