



재난에 안전한 원전을 만들기 위한 안전증진 방안

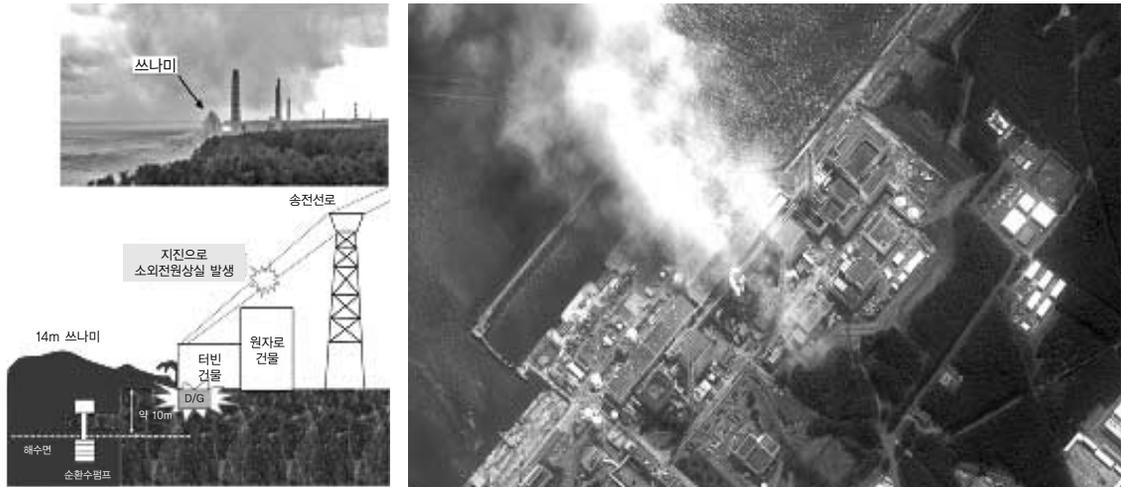


이 춘 우
한국수력원자력(주) 안전처 안전계획팀장

1. 개 황

최근 집단 지성의 힘으로 새롭게 정보의 흐름을 주도하는 위키백과에서 자연재해를 검색해 보면 다음과 같이

나온다. '자연재해(自然災害)는 폭풍, 홍수, 해일, 지진, 산사태 등 자연 현상으로 인해 생기는 인명피해, 재산 손실 및 시설물의 피해가 발생하여 사람의 활동에 영향을 받는 것'을 말한다.



일본 후쿠시마 원전사고

이렇듯 자연재해는 인간의 의지와 무관하게 우리의 삶에 부정적 영향을 미친다. 특히 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 자연재해 앞에서 무기력해지는 경제대국의 모습을 보며, “우리는 안전한가?”라는 우려가 제기되고 있다. 이 의문에 대한 답은 의외로 간단하다. “안전해야만 하고 반드시 안전하게 할 것이다”라는 선언적이며 의지가 담긴 답변이다.

물론, 인간이 만든 모든 문명의 이기에 완벽이란 태생적으로 불가능할 것이다. 완벽하지 않다면 완벽을 향해 끊임없이 노력하여 ‘완벽’이 아닌 ‘완성’을 향해 긴장의 고삐를 놓지 않고 나아가는 것이 인간적인 모습일 것이다. 아울러 원자력발전이 우리나라의 불가피한 에너지 대안일 수밖에 없는 상황에서, 완전함을 문제 삼는 소모적인 논쟁보다는 재난에 안전한 원전을 건설하기 위해서 원자력 안전 증진 대책을 체계적으로 수립하고 이를 지속적으로 추진하며, 원자력 안전의 완성을 향해 끊임없이 정진하는 것이 원전 운영회사 직원 모두의 사명이며 본연의 역할일 것이다.

2. 현황

■ 국내원전의 특성

최근 발생한 후쿠시마 원전사고는 리히터 규모 9.0의 대형 지진과 연이어 발생한 14미터 이상의 해일로 인해 후쿠시마 제1원전의 주요 건물 및 기기가 손상되고, 해수 범람에 의한 침수로 원자로 및 사용 후 핵연료 저장수조의 냉각기능이 상실되면서 일부 원전연료의 손상 및 방사성물질이 누출된 사고이다.

사고가 발생한 후쿠시마 제1원전은 지진으로 인해 외부와의 전기 공급이 모두 상실되었음에도 불구하고 초기에 발전소 내에 설치된 비상디젤발전기와 축전지가 정상 작동하여 원자로 냉각 등 필수적인 안전기능이 유지되었다. 그러나 지진에 이은 대형 쓰나미로 인한 해수 범람으로 비상디젤발전기의 기능이 상실되었으며, 수 시간 후 축전지마저 용량이 고갈되어 원자로 냉각 기능이 완전히 상실되었다. 장시간 외부 전원공급이 늦어짐에 따라, 핵연료봉의 과열로 인해 노심용융이 발생하였고 사고 진행과정에서 고온의 핵연료 피복재와

냉각재와의 반응에 의해 생성된 수소가 폭발하면서 대형 사고로 확대되었다.

과거 미국의 TMI 원전사고(1979년)와 구 소련의 체르노빌 원전사고(1986년)가 인적오류와 설비고장 등 발전소 운영적 요인에 의한 사고라면 이번 사고는 자연 재해 즉 발전소 운영 외적인 요인에 의해 발생된 점에 주목해야 한다. 이는 현재 우수한 발전소 운영 역량을 자랑하는 국내 원전에도 시사하는 바가 크다.

먼저, 이번 사고 원전을 포함한 일본의 비등수로형(BWR)과 국내 가압수형(PWR/PHWR) 원전의 차이점을 이해하는 것이 국내 원전에 적합한 안전성 향상 대책 수립의 출발점일 것이다. 비등수로형인 일본 원전은 핵분열에 의한 에너지로 물을 원자로 내에서 직접 끓여 생성된 수증기를 통해 터빈발전기를 돌려 전기를 생산한다. 반면에 국내 가압수형의 경우 증기발생기라는 열교환기를 통해 간접적으로 물을 끓여 생성된 수증기로 터빈발전기를 돌려 전기를 생산한다.

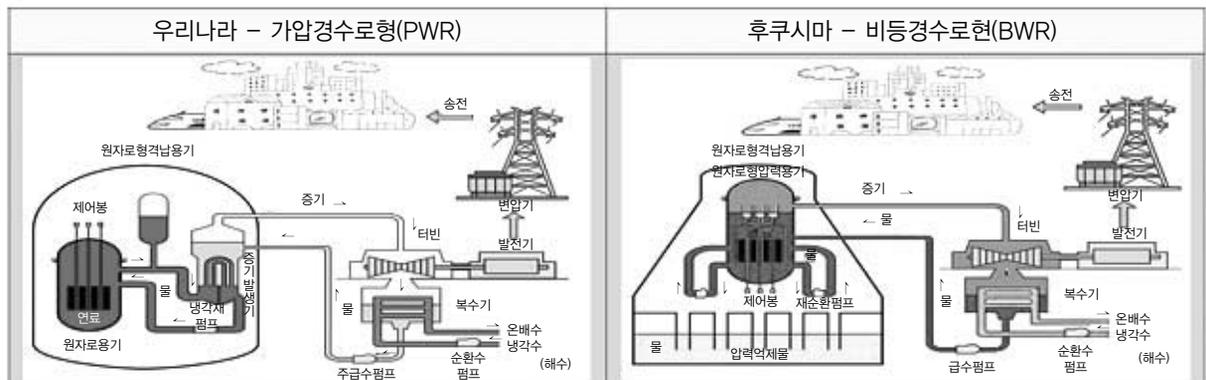
이러한 차이로 국내 원전에서는 방사성 물질이 원자로 등 한정된 공간에만 순환할 뿐 외부로 유출이 되지

않는다. 이와 달리 비등수형은 방사성 물질을 함유한 증기가 직접 터빈까지 이동하기 때문에 방사성 물질의 외부 유출 가능성이 높은 반면 증기발생기가 없어 원전 건설에 적은 비용이 소요된다. 더불어 국내 원전은 모든 전원이 사용 불가능한 경우에도 자연 순환 냉각기능을 통해 노심의 건전성을 유지할 수 있다. 즉, 수증기에서 동력원을 얻어 구동되는 보조 급수펌프로 증기발생기에 냉각수를 공급하면 고온의 원자로와 증기발생기 간 설치 높이차와 냉각수의 밀도차에 의한 자연 순환 유로가 형성되어 장시간 연료를 냉각시킬 수 있는 것이다.

이와 같은 사항을 감안한다면 30여 년 전 원전기술 도입 시 건설비용이 더 소요되더라도 안전성 측면에서 비등수형보다 기술적으로 안전한 가압수형의 선택은 현명한 선택이었다고 판단된다.

■ 원전 안전성 향상을 위한 재난대비 대책

원전전문가들이 지적하는 후쿠시마 원전사고의 교훈을 4가지로 압축하면 ▲해일에 취약한 해안방벽으로 인한 침수 ▲냉각을 위한 전원공급 상실 ▲수소폭발로 인한



원자로형 비교



격납건물 구조

방사성 물질의 환경누출 ▲지진에 취약한 내진성능 등이다. 이러한 교훈사항을 체계적이고 내실있게 구현하고자 정부와 한수원은 5년간 약 1조 원을 투입하여 50개 장·단기 개선대책을 수립하여 추진 중이다. 투자재원이나 기간의 규모가 안전성을 보증하지는 않지만 안전을 최우선한 자원배분이야말로 원자력안전의 첫 단계일 것이다.

개선대책을 살펴보면, 첫째, 가상적인 최대 해일로 인한 원전시설의 침수를 방지하고자, 최대 지진해일 및 폭풍해일을 가정하여 설계의 적절성, 부지고의 적절성, 구조물의 해일 저항능력 및 취수구조물에서의 취수능력을 종합적으로 점검하였다. 보수적으로 산정한 최고 가능 해수위와 비교하여 설계기준의 적정성을 확인하였으며 침수대비 취약설비를 찾아 개선하고 있다.

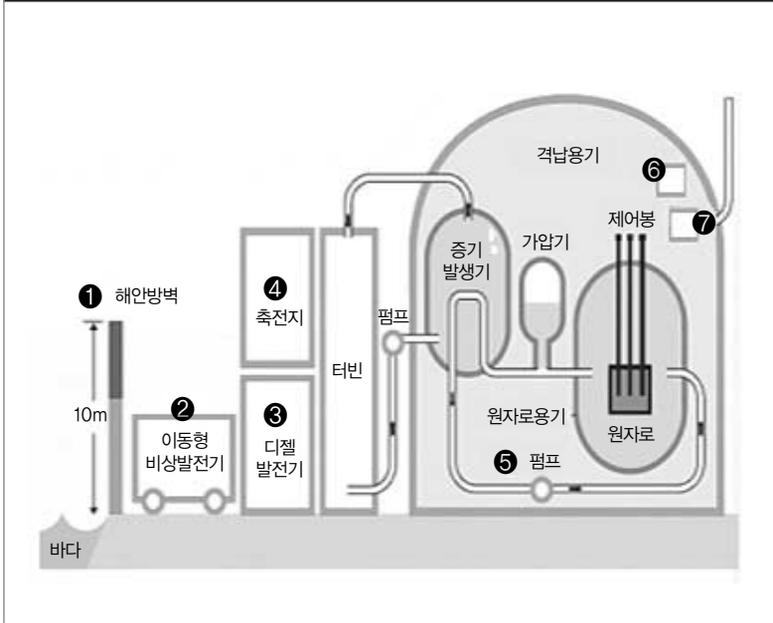
둘째, 어떠한 상황에서도 안전관련 필수 냉각설비를 위한 전원공급을 보증하고자 다양한 전원공급체계를 보강하고 있다. 구체적으로 비상용 설비에 침수 방지방수문을 설치하여 전원장치의 침수 가능성을 원천적으로 차단하고, 차량 장착 이동형 비상발전기 및 비상용

축전지(충전지, 케이블 포함)등을 침수에 안전한 위치에 부지별로 구비하고 있다. 추가 외부 전원공급을 위한 임시전원 연결구를 확보하는 것이다.

셋째, 수소폭발로 인한 방사성물질의 환경노출을 방지하고자 국내 원전은 TMI 원전 사고 후속조치로 수소를 제거하는 설비를 설치하여 운영 중이다. 한국형 원전의 설계에서 격납건물은 수소 폭발에 대해 안전성 측면에서 매우 중요한 역할을 한다. 현재 한국형 원전의 격납건물은 약 120cm 대형철근 콘크리트 구조로 설계되어 강한 수소 폭발 시에도 충분한 견고함을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다. 또한, 이번 사고를 계기로 전원없이 작동하는 피동형 수소제어설비를 추가로 설치하여 중대사고 대처 능력이 더욱 향상될 것으로 기대되며, 격납용기의 압력 상승을 제한하는 격납건물 배기 및 감압 설비 역시 중장기적으로 신규원전을 포함한 모든 원전에 적용할 예정이다.

넷째, 원전 내진성능 강화 또한 원자력안전 성능향상의 주요 목표 중 하나이다. 현행 국내 원전은 지반가속도 0.2g를 설계 지진으로 하여 설계되었으며, 운전

자연재해에 대비한 안전 개선 대책



주요 장단기 개선 추진

- ① 고리원전 해안 방벽을 7.5m에서 10m로 증축
- ② 차량 장착 이동형 비상발전기를 원전 본부별로 1대 씩 확보
- ③ 비상 디젤 발전기 시설에 물을 차단하는 침수 방지용 방수문 설치
- ④ 침수에 안전한 위치에 비상용 축전지 확보
- ⑤ 각종 펌프의 방수화
- ⑥ 전기없이 작동 가능한 수소제거설비 설치, 수소폭발 예방
- ⑦ 격납용기의 압력 상승 막는 배기·감압 설비 설치

자연재해에 대비한 안전 개선대책 개요

기준 지진(0.1g) 이상의 지진 발생 시 절차에 따라 발전소를 정지하고 구조물 및 기기의 건전성을 점검하고 있다. 0.2g의 설계 지진은 규모 6.5정도의 지진이 발전소 바로 아래에서 발생했을 경우 예상되는 세기이다.

그러나 신뢰할 수 있는 원자력 안전은 발생 가능한 최악의 경우라도 대비하는 것이 원칙일 것이다. 따라서 기존 원전의 내진성능을 신형원전 수준인 규모 7.0 지진에 대비할 수 있도록 내진성능을 개선할 목표를 설정하고 있다. 또한 일정 규모(0.18g) 이상의 지진이 감지될 경우 원자로가 자동 정지되도록 설비 역시 개선할 계획이다.

마지막으로, 설비 개선 외에도 결국 자연재해가 인재로 확대되는 것을 막고자 원전 종사자의 안전의식 향상과 비상대응 체제 확립에도 주안점을 두고 있다.

우선, 원전종사자의 머릿속에 있는 안전의식을 실천하는 행동으로 이끌어내고자 '실천적 원자력 안전문화 증진체계'를 구축하고 있다. 국내 원자력 산업계 전체의 안전의식 향상을 위하여 한수원과 협력회사 간에 안전문화 협의체를 구성하였다. 또한 국내 실정에 적합한 안전문화 증진 캠페인과 증진 프로그램도 추진하고 있다. 회사의 조직체계에서도 안전 및 사고 대응을 강화하기 위하여 안전기술본부를 출범시켜 재난대비 전방위 위기관리 대응체제를 구축하고 전사 위기관리 Control Tower 기능을 수행하고 있다. 안전기술본부의 신설로 국내 유관 기관 및 국제 공조체계를 공고히 하는 등 비상대응능력을 한 단계 진보시킬 것으로 기대된다.

3. 향후계획

자연재해의 위협 앞에 인간은 감정적인 생존본능에 따라 자극을 받아 생기는 두려움으로 이성적 판단이 흐려질 수 있다. 감정적으로 공포에 휩싸여 위기상황에 대한 대처가 미흡한 상황은 피해야 한다. 높은 벼랑에서 아래를 바라보는 사람은 추락의 공포를 느끼지만 높은 곳에서 아래로 내려가는 계단을 보는 사람은 공포를 느끼기 보다는 한 계단 한 계단 착실히 내려갈 생각을 먼저 할 것이다.

원전 사업자는 원자력 에너지가 일반 대중에게 막연한 사고 위협만 느끼게 하는 대상이 아닌, 미래 성장을 위해 꼭 필요하면서도 다중의 안전설비와 우수한 운영 능력으로 체계적 관리가 이루어지고 있는 소중한 에너지원으로 인식되도록 해야 한다. 발전소 현장에서 안전하게 양질의 전기 생산에 땀 흘리는 현장 직원들의 가쁜 숨 소리가 들려올 때, 원자력 안전은 오늘도 내일도 지속적으로 유지될 것이다. KEA