



중준위 및 고준위 방사성폐기물(HAW)의 효율적 저장 관리를 위한 지침 개발

영국은 천층 처분에 부적합한 일부 저준위 방사성폐기물을 포함하여 지층 처분의 대상인 중준위 및 고준위 방사성폐기물의 효율적인 저장 관리를 위한 지침을 3년간의 방대한 노력 끝에 성공적으로 개발하여 그 결과를 최근 공개했다

방사성폐기물은 보통 방사능의 세기에 따라 저준위, 중준위, 고준위 폐기물로 분류된다. 그리고 저준위 폐기물은 영국을 포함하여 대부분의 나라들이 지하 수십 미터에 동굴식의 처분장에 처분하거나 또는 지표를 얇게 파서 콘크리트 구조물을 만들어 그 속에 처분하는 이른바 천층 처분 방식으로 폐기물을 영구 처분한다.

반면, 천층 처분에 부적합한 중준위 및 고준위 폐기물은 지하 수백 미터의 암반에 터널을 만들어 처분하는 이른바 지층 처분을 하는 것을 기본으로 하고 있다. 그러나 이러한 지층 처분은 까다로운 부지 조건과 안전성 입증을 위한 오랜 기간 동안의 기술 개발, 그리고 부지 확보에 필수적인 지역의 수용성 확보 등으로 인해 보통 수십 년의 시간이 필요하며, 이러한 이유 때문에 아직까지 전 세계적으로 지층 처분장이 운영되는 곳은 한 곳도 없다.

현재 전 세계적으로 지층 처분장 건설에 필요한 부지를 확보한 나라는 스웨덴과 핀란드 두 나라뿐이고, 나머지는 모두 부지 선정을 위한 지질 조사 또는 처분장 건설 계획 수립을 하는 초보적 단계에 있다.

영국도 현재 지층 처분장 건설에 필요한 부지 선정을 위해 전국을 대상으로 공모 중에 있다. 따라서 지

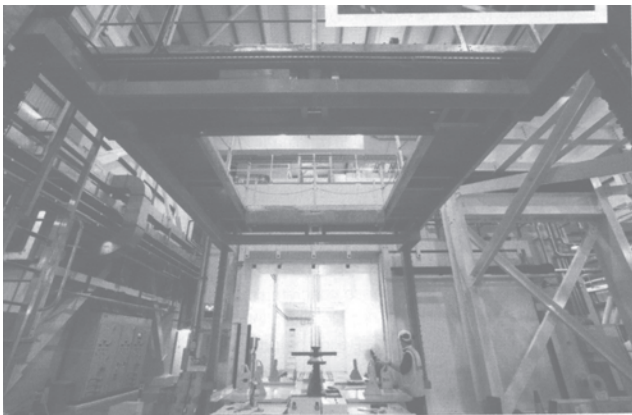
층 처분장 운영은 2040년 이후에나 가능할 전망이다. 상황이 이렇다보니 중준위 및 고준위 폐기물은 발생된 시점에서 처분에 이르기까지 수십 년에 이르는 기간 동안 안전하고 효율적으로 저장 관리하는 것이 필수적인 과정이 되었다.

영국의 잉글랜드와 웨일스 역시 'highly-active waste'로 표시되는 중준위 및 고준위 폐기물의 최종적인 관리 해법으로 지하 수백 미터의 암반에 터널 형태로 건설되는 이른바 '지층 처분 시설(Geological Disposal Facility: GDF)'의 건설을 계획하고 있다.

그러나 아직은 기술 개발 단계에 있을 뿐이며, 지층 처분장 건설에 필요한 부지를 제공하겠다는 지역도 아직은 없기 때문에 지층 처분 시설이 운영되기 위해서는 앞으로도 오랜 시간이 필요하다. 이러한 상황은 최종 처분 방식으로 GDF를 건설할 것인지 아니면 다른 처분개념을 채택할 것인지 아직 정책을 결정하지 못한 스코틀랜드의 경우도 마찬가지이다.

영국에 있어서 'highly-active waste'(HAW)는 고준위 폐기물과 중준위 폐기물 외에 로브에 있는 저준위 폐기물 처분장에 처분할 수 없는 일부 저준위 폐기물도 포함된다.

영국의 원자력산업계가 3년의 노력 끝에 최근에



스코틀랜드의 Dounreay 원자력 시설 부지에 있는 중준위 폐기물 저장 시설

내용은 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」(Industry Guidance on the Interim Storage of Higher Activity Waste Package)은 천층 처분에 적합하지 않은 모든 고준위 및 중준위 폐기물과 일부 저준위 폐기물을 대상으로 하여 이들 폐기물이 최소한 100년 이상 안전하게 저장 관리하는 데 필요한 저장 개념, 방식, 절차, 시설 등을 기술한 일종의 매뉴얼로서, HAW가 발생하는 민간 및 국방 원자력 시설, 연구 시설, 병원 등 영국의 모든 원자력 관련 기관에 제공하기 위해 개발되었다. 참고로 이 매뉴얼은 인터넷 (www.tinyurl.com/ndahawguidance)을 통해서도 볼 수 있다.

「HAW의 중간 저장에 관한 지침」의 핵심 요건은 폐기물을 공학적인 안전 방벽 기능이 갖춰진 시설물 속에 넣어 GDF가 운영될 때까지 안전하게 저장 관리하는 것이다. 이 지침은

폐기물의 포장 및 저장 시설과 관련된 여러 가지 기술적 문제들을 모두 포함하고 있다.

이 지침의 목적은 폐기물이 수십 년 이상 안전하게 저장 관리하는 데 필요한 여러 가지 조건과 그 과정에서 발생할 수 있는 여러 가지 문제점, 그리고 그에 대한 대처 방안 등을 일목요연하게 정리하여 영국의 여러 HAW 발생자들에게 제공하는 데 있다.

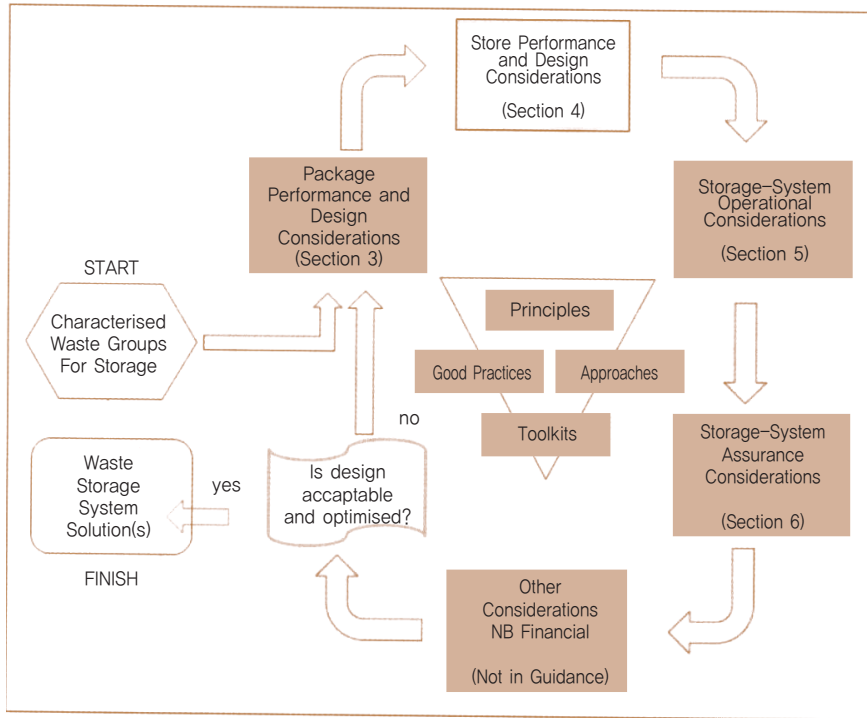
이를 위해 이 지침은 폐기물 포장물에 대한 성능과 모니터링 및 검사, 그리고 폐기물 저장 시설에 대한 모니터링, 검사, 환경 관리, 재포장 작업 등 폐기물의 안전 저장과 관련된 모든 분야를 광범위하게 다루고 있다.

한편 영국에서 고준위 폐기물은 사용후핵연료 재처리 시설이 운영되고 있는 셀라필드에서만 발생되고 있는데, 이번에 개발된 지침은 이러한 고준위 폐기물보다는 영국에 있는 대다수의 원자력 시설에서 발생되고 있는 중준위 폐기물에 좀 더 초점을 맞추고 있다. 그렇지만 이 지침은 이러한 중준위 폐기물뿐만 아니라 장기 관리가 필요한 모든 폐기물에 다 적용할 수 있도록 되어 있다.

영국에서 발생하는 HAW는 현재 발생된 시설의 부지 내에 저장 시설을 만들어 관리하고 있다. 특히, 정부 기관인 원자력폐지청(NDA)이 소유하고 있는 원자력 시설에만 약 60,000개에 이르는 HAW 포장물이 관리되고 있다. 이 중 대부분은 셀라필드에 있는 원자력 시설 부지에서 관리되고 있는데, 이 저장 시설에는 영국에서 가장 오래된 폐기물 포장물이 포함되어 있다. 그러나 오래 전에 만들어진 이 저장 시설은 100년이라는 오랜 시간 동안 폐기물을 안전하게 저장할 수 있도록 만들어진 시설은 아니다.

영국에서는 현재 폐쇄 상태에 있는 노후 원자력 시설의 해체 과정에서는 물론, 현재 운영 중인 원자로(주로 신형 가스냉각로인 AGR 원전)가 앞으로 노후되어 폐쇄하게 될 경우까지 포함하여 향후 수십만 드럼 이상의 HAW가 발생할 것으로 예상되고 있다. 이에 따라 이번에 개발된 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 기존의 저장 시스템에 대해서는 물론, 향후 구축할 저장 시스템에 대해서도 적용할 수 있도록 되어 있다.

「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 지난 2011년 8월에 최초로 발행되어 관련 산업계와 기타 여러 이



〈그림 1〉 HAW의 통합적 저장 관리를 위한 지침의 구성 요소

해 관계자들에 의해 시험적으로 운용된 바 있다. 이러한 시험 적용 결과를 바탕으로 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 2012년 말에 열린 세미나를 통해 보완 및 개정되었다. 이 세미나에는 방사성폐기물 저장 시설의 운영자들은 물론 규제 기관도 함께 참석하여 서로의 의견을 나누는 뜻깊은 자리가 되기도 했다. 또한 국제원자력기구(IAEA)에서도 참석하여 개발된 지침을 독립적으로 검토 및 평가(peer review)하기도 했다.

세미나에서 발표된 내용에는 폐기물 포장물의 부식 문제, 염의 축적 문제, 폐기물의 포장기법, 습기 제거 기법, 평가 기법 등 다양한 주제가 다루어짐으로써 개발된 지침의 기술적 문제에 대한 이해를 높이는 데 많은 도움이 되었다.

NDA의 방사성폐기물 책임자인 James McKinney는 “이 지침을 개발하는 데 많은 사람과 기관이 참여하여 여러 가지 기여를 했고, 또한 여러 관계자들로부터 검토 및 코멘트를 받아 보완 및 개선하는 과정을 거치면서 이 지침은 매우 유용한 것으로 인정을

받을 수 있었다”고 말했다.

영국 원자력산업계의 관련 전문가들로 구성된 ‘통합 프로젝트팀(Integrated Project Team)’이 지침 개발을 주도했으며, 지침 개발이 일차적으로 완료된 지금 이 팀은 ‘저장시설 운영포럼(Store Operations Forum)’으로 재구성되어 개발된 지침을 더욱 정교하게 다듬고 계속적으로 보완해 나가는 역할을 다하고 있다. 지침에 대한 의견이나 코멘트는 이메일(strategy@nda.gov.uk)을 통해 운영포럼에 전달할 수가 있다.

HAW의 중간 저장에 관한 지침의 주요 내용

「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 포장된 HAW를 장기 저장하는 과정에서 발생할 수 있는 모든 기술적 문제와 그 해결 방안을 제시하고 있다. 이를 통해 HAW 저장 시설을 실제로 설계하고 운영하는 데 실질적인 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 이들 기술적 문제 중 일부는 단기적인 성격의 문제도 있으

나, 대부분은 여러 세대에 영향을 줄 수 있는 상당히 장기적인 관점의 문제들이다.

또한 지침은 여러 가지 관련법과 인허가 및 규제 요건 등도 충분히 고려하여 개발되었다. 개발된 지침은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 크게 4개의 섹션으로 구성되어 있다.

영국에서 발생하는 HAW는 그 종류가 대단히 다양하고, 저장 방안 또한 규격화 내지는 표준화 되어 있지도 않다. 이들 폐기물은 전후 초기에 만들어진 여러 가지 연구 시설 및 실험 시설, 그리고 마그녹스(Magnox)형의 노후 원전에서 주로 발생된 것들이다. 그 결과 폐기물의 종류와 형태가 매우 다양하고, 또 시설마다 발생하는 폐기물의 특성도 독특하다. 이에 따라 폐기물의 처리 및 컨디셔닝 방법도 폐기물의 종류와 특성에 맞게 여러 가지로 개발하여 개별적으로 적용하지 않으면 안 된다.

이러한 특성을 고려하여 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 먼저 모든 폐기물에 공통적으로 적용할 수 있는 큰 골격의 프레임워크를 구축한 다음에, 각 폐기물의 종류별 및 특성별로 적용할 수 있는 개별적인 해결책을 제시하는 방식으로 개발되었다.

해결책은 그동안의 폐기물 저장 시설의 운영 경험이나 연구 개발의 결과를 반영하여 만들었는데, 공통적으로 적용할 수 있는 기법과 해결책은 ‘툴킷(toolkits)’에서 제공하고, 개별적인 기법과 해결책은 ‘툴(tools)’에서 제공하는 형식으로 지침을 개발했다.

안전한 저장 시스템을 구축하기 위해서는 무엇보다 저장 시스템을 구성하는 각각의 구성 요소 간의 상호 반응과 관계는 물론, 시간이 경과함에 따라 폐기물 포장물의 건전성과 저장시설의 건전성이 어떻게 변화하는가에 대한 프로세스를 전반적으로 잘 이해할 수 있어야 한다.

이번에 개발된 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 폐기물 포장물과 관련된 문제점은 물론, 저장 시설과 관련된 문제점, 특히 각 저장 시설 간의 서로 다른 점은 물론, 심지어는 하나의 저장 시설 내에서 발생하는 문제점까지 모두 파악하여 기술하고 있다.

그리고 이러한 문제점들을 해결하기 위한 공통의

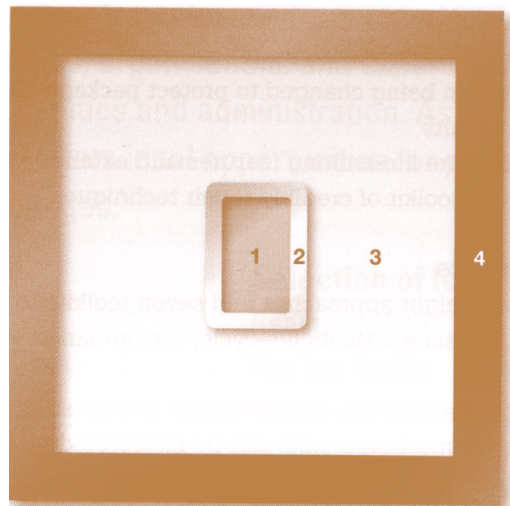
원칙 중에서 특히 실행 가능하고 적절한 일련의 원칙(즉, '어프로우치')과 해결 방안 옵션(즉, '툴킷')을 이용할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라, 저장 시설 운영 경험과 기술 개발 결과, 그리고 규제 기관의 코멘트에 근거하여 만든 이른바 '모범 사례(good practices)'에 대해서도 잘 정리해 놓았다. 폐기물 포장물에 대한 일반적 개념과 형태를 <그림 2>에서 볼 수 있다.

이번에 개발된 지침은 폐기물의 종류별 특성과 같은 저장 시스템 설계에 영향을 주는 여러 가지 요인들을 고려했다. 예를 들어, 작업자가 손으로 직접 접촉하여 취급할 수 있는 폐기물 포장물은 작업자가 손으로 직접 접촉하지 못하고 원격 조종으로 취급할 수 밖에 없는 폐기물 포장물에 비해 통상적으로 더 쉽게 관리 및 보관할 수 있다.

전체 프레임워크 관점에서 다음과 같은 원칙들이 이번에 개발된 지침에 적용되었다.

1. 생애 전 주기 관리

폐기물 포장물은 컨테이너의 제조 단계에서부터 폐기물 처분 시설의 폐쇄 단계에 이르기까지 생애 전



<그림 2> 다중 방벽에 의한 폐기물 저장 개념

1. 제 1방벽: 폐기물의 안정화
2. 제 2방벽: 저장 용기(컨테이너)
3. 제 3방벽: 폐기물 저장 환경 관리
4. 제 4방벽: 저장 시설 구조물



주기 동안 안전하게 잘 관리되어야 한다. 중간 저장이란 임시 저장의 일종이기 때문에 중간 저장 시설에 저장된 폐기물 포장물은 회수가 가능해야 하며, 회수 후 처분 시설로 운반하여 영구 처분하거나 또는 필요시 다른 저장 시설로 옮겨 계속적으로 저장할 수 있도록 해야 한다.

2. 올바른 포장-올바른 저장

폐기물 포장물을 설계할 때는 폐기물 저장 시설의 설계 요소를 고려해야 하고, 반대로 폐기물 저장 시설을 설계할 때는 폐기물 포장물의 설계 요소를 고려해야 한다. 폐기물의 형태, 폐기물 저장 용기(컨테이너), 폐기물 저장 환경, 폐기물 저장 구조물 등으로 이루어지는 폐기물 저장 시스템의 안전성은 기계나 장치 등의 개입이 최소가 되도록 피동형 안전성 구조가 되어야 하며, 모니터링이나 작업자의 개입도 최소가 되도록 설계되어야 한다. 또한 과도하지도 말고 그렇다고 부족하지도 않게 설계를 함으로써 들어가는 비용이 적정하도록 해야 한다.

3. 폐기물 발생량의 최소화

폐기물 저장 시스템을 구축할 때는 지속 가능하거나 재활용이 가능한 재료나 자원을 최대한 활용함으로써 저장 시스템의 설계에서부터 저장 시설의 철거에 이르기까지 생애 전 주기에 걸쳐 폐기물의 발생량이 최소가 되도록 해야 한다.

4. 사후 조치보다 예방이 최선책

폐기물 저장 시스템은 안전 성능을 유지하는 데 있어서 인위적인 개입이 최소가 되도록 해야 한다. 또한 폐기물 저장 시스템은 요구되는 성능이 잘 발휘되고 있다는 것을 입증하고, 저장 시스템이 시간이 지남에 따라 어떻게 변화하게 될 것인지를 예측할 수 있도록 하기 위해 정기적이고 규칙적으로 적절한 모니터링과 검사를 해야 한다.

5. 설계의 유연성 확보

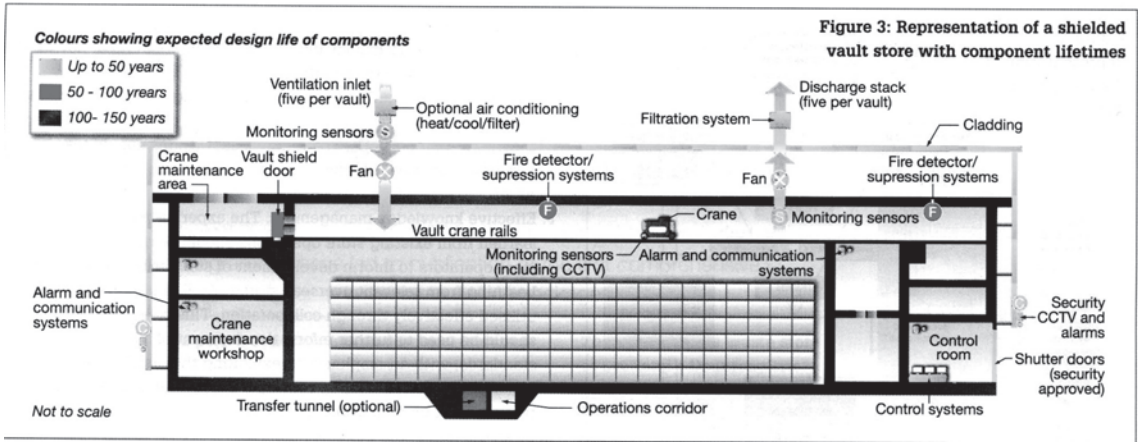
폐기물 저장 시스템은 장차 발생할 수도 있는 미래의 불확실성을 고려해야 하고, 또한 예상치 못한 비상 상황에 적절히 대처할 수 있도록 하기 위하여 유연성 있게 설계되어야 한다. 또한 저장 시스템은 영국 전역에 있는 폐기물 포장물과 저장 시설들을 고려하여 그들과 조화를 이루도록 설계되어야 한다.

6. 효과적인 지식 관리 시스템 구축

기존의 저장 시설 운영을 통해서 얻은 교훈과 경험은 매우 소중한 자산이므로 저장 시설 운영자를 포함하여 관계자들 간에 정보를 서로 공유함으로써 표준 지침 개발 및 시스템 설계에 반영할 수 있도록 해야 한다. 또한 저장 시설과 관련된 해외의 교훈과 경험도 매우 소중한 자산이 될 수 있으므로 이에 대해서도 서로 정보를 공유함으로써 효율적으로 활용할 수 있도록 해야 한다. 이러한 정보를 이용하여 계속적으로 저장 시스템을 개선해 나갈 수 있도록 적절한 기록 관리가 처음부터 끝까지 이루어지도록 해야 한다.

한편 이번 에 개발된 지침의 목적을 전략적 관점에서 살펴보면 다음과 같다.

- ① 재포장 작업의 필요성이 최소화 되도록 하면서, 폐기물 포장물 및 저장 시설의 성능은 최대화 될 수 있도록 중간 저장 시스템의 표준화를 추구
- ② 폐기물 포장물의 장기 관리를 위한 공통적인 일련의 원칙을 세우고, 영국의 모든 원자력 산업계가 이를 함께 적용할 수 있도록 적극적으로 장려
- ③ 폐기물 저장 시스템의 기획, 설계, 모니터링 및 검사와 관련된 추진 계획을 널리 공지
- ④ 이해 관계자들이 폐기물의 포장, 저장, 운반, 처분 등 시스템을 구성하는 요소들 간의 관계가 매우 중요하다는 사실을 인식할 수 있도록 노력



〈그림 3〉 볼트 방식의 HAW 저장 시설 개념도(색깔은 구성 요소의 예상 설계 수명을 의미)

HAW의 중간 저장에 관한 지침의 주요 섹션

1. 폐기물 포장물의 성능 및 설계

「HAW의 중간저장에 관한 지침」에서 ‘폐기물 포장물의 성능 및 설계’ 부분은 다음을 포함하여 6개의 모범 사례, 3개의 원칙, 그리고 5개의 해결 방안에 대한 옵션을 기술하고 있다.

- ① 기존의 입증된 컨테이너의 설계, 재료, 봉합재, 그리고 개선 방안에 대한 ‘툴킷(toolkits)’을 포함하여 폐기물 포장물의 바람직한 설계 절차에 대한 설명 등 폐기물 포장물의 설계 원칙
- ② 9가지의 기본적인 안전 기능에 입각한 폐기물 포장물의 성능 향상을 위한 적용 원칙
- ③ 원자력해지청(NDA)의 방사성폐기물관리국(RWMD)이 최근에 수행한 연구 결과에 입각하여 폐기물 포장물이 시간이 지남에 따라 어떻게 변화해가는가를 규명하기 위한 성능 평가 기법
- ④ 생애 전 주기 기간 동안의 폐기물 포장물의 관리 기법

2. 저장 시설의 성능 및 설계

지침의 ‘저장시설 성능 및 설계’ 부분에서는 다음을 포함하여 6개의 모범사례, 4개의 원칙, 그리고 6개의 해결방안에 대한 옵션이 기술되어 있다.

- ① 저장 시설의 설계 방법
- ② 최소 100년 동안 저장 시설을 운영하기 위한 지속적 관리 방법(〈그림 3〉 참조)
- ③ 저장 환경 관리 방법
- ④ 습도와 온도 관리 등 저장 시설이 위치한 특정 환경하에서의 저장 시설의 운영 조건 및 제한에 관한 사항

3. 저장 시스템의 운영

지침의 ‘저장 시스템 운영’ 부분에서는 바람직한 폐기물 저장시스템의 운영을 위해 다음을 포함하여 7개의 모범사례, 8개의 원칙, 그리고 4개의 해결방안에 대한 옵션이 기술되어 있다.

- ① 폐기물 포장물의 이동 방법
- ② 폐기물 포장물의 정치(emplacements) 방법
- ③ 폐기물 포장물의 안전 기능을 지속적으로 유지하기 위한 방법
- ④ 믿을만한 보수 방법을 포함하여 수명 기간 동안 저장 시스템을 유지 관리하기 위한 방법

4. 저장 시스템의 품질보증

지침의 ‘저장 시스템 품질보증’ 부분에서는 다음을 포함하여 5개의 모범 사례, 8개의 원칙, 그리고 7



개의 해결 방안에 대한 옵션이 기술되어 있다.

- ① 진행 중인 모니터링과 검사 결과를 쉽게 볼 수 있도록 폐기물 저장시스템에 대한 베이스라인을 세팅하는 방법
- ② 저장시스템을 체계적으로 모니터링하고 검사하는 방법
- ③ 규정된 신뢰 수준에 도달하기 위한 모니터링 및 검사의 횟수를 결정하는 방법
- ④ 저장 시스템의 수명 기간을 보증하는 데 도움이 될 수 있는 자재의 저장을 위한 전략적 보관 방법
- ⑤ 속에 아무 것도 들어 있지 않은 일종의 더미 포장물을 포함하여 방사성 오염이 안 된 각종 샘플을 관리하기 위한 최적의 방법
- ⑥ 정부 기관인 방사성폐기물관리국(RWMD)이 행하는 주기적 적합성 검토와 같은 공식적인 품질 감사 수행 방법
- ⑦ 효율적인 지식 관리 방법의 중요성에 대한 설명
- ⑧ 관련 인력 및 기술의 유지 관리 방법

HAW의 중간 저장에 관한 지침의 개발 배경

이번에 개발된 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」의 초안은 원자력폐지청(NDA)과 영국 원자력산업계에서 파견된 인력으로 구성된 팀이 작성했다. 그 중에서도 주도적인 역할을 한 사람은 Magnox의 폐기물 포장에 관한 책임 컨설턴트인 Mark Tearle(현재는 영국 원자력규제국에 근무중)이다. 또한 프로젝트 관리 지원 업무는 Magnox의 폐기물 프로그램 매니저인 Dave Stretton과 Sellafield의 전략팀장인 Bernard Wheeler, 그리고 NDA의 통합 폐기물 관리팀장인 James McKinney가 담당했다.

이번에 개발된 「HAW의 중간 저장에 관한 지침」은 영국의 방사성폐기물 관리 대안 도출을 위한 공론화 위원회(CoRWM)의 권고안에 따라 영국 및 스코틀랜드 정부가 방사성폐기물 관리 정책을 개발하면서

그 일환으로 만들어졌다. CoRWM은 약 3년에 걸쳐 수행된 공론화 결과에 따라 지난 2006년 영국 정부에 다음과 같은 요지의 내용을 담은 권고보고서를 제출했다.

“잘 짜여진 고준위 폐기물의 중간 저장 계획은 고준위 폐기물의 장기 관리 전략을 추진하는 데 있어서 대단히 중요한 역할을 할 것으로 생각한다. 고준위 폐기물을 지층 처분하는 장기 관리 전략은 사회적 및 윤리적 측면을 포함하여 여러 가지 불확실성이 많기 때문에 지층 처분장 건설 계획이 지연되거나 또는 실패할 경우에 대비하여 보다 안전하고 견고한 중간저장 시설을 건설하여 운영하는 것이 반드시 필요하다”

이에 따라 영국 및 스코틀랜드 정부는 최소 100년 동안 HAW를 안전하게 저장할 수 있는 중간 저장 시설을 건설하는 것이 필요하다고 생각했다.

2009년에 CoRWM은 기존의 저장 방법보다 좀 더 전략적인 저장 방법을 개발할 것을 권고했다. 이에 따라 NDA는 2009년에 영국의 모든 원자력산업계가 공통적으로 채택하여 이용할 수 있는 통합적이고 표준화된 저장 시스템 개발의 중요성을 인식하고 추진 계획을 검토했다.

이러한 배경하에 Site Licence Companies와 지층 처분 시설 건설 책임 기관인 RWMD, 그리고 EDF Energy, Ministry of Defence, Atomic Weapons Establishment, 기타 관련 기관에서 전문가들이 파견되어 통합 프로젝트팀(IPT)이 구성되었다.

규제 기관과 CoRWM은 옹저버의 자격으로 지침 개발에 참여하였고, 워크숍 참석과 지침 초안에 대한 코멘트 등을 통해 지침 개발에 많은 도움을 주었다. 결과적으로 150명에서 200명 정도의 전문가들이 이 지침 개발에 참여를 하였다고 볼 수 있다.👤

.....

- 자료 : <NEI> Feb. 2013
- 번역 및 감수 : 김형준 박사/ 한국방사성폐기물관리공단

World Data

Dec. 31, 2012 기준

POWER REACTORS BY NATION

Nation	# Units	Net MWe	# Units	Net MWe	# Units	Net MWe
	(in operation)		(forthcoming)		(total)	
Argentina	2	935	1	692	3	1 627
Armenia	1	375	0	0	1	375
Belarus	0	0	2	2 400	2	2 400
Belgium	7	5 885	0	0	7	5 885
Brazil	2	1 901	1	1 275	3	3 176
Bulgaria	2	1 906	0	0	2	1 906
Canada	19	13 472	0	0	19	13 472
China	15	11 658	42	41 840	57	53 498
Czech Republic	6	3 678	0	0	6	3 678
Finland	4	2 716	1	1 600	5	4 316
France	58	63 130	1	1 600	59	64 730
Germany	9	12 058	0	0	9	12 058
Hungary	4	1 889	0	0	4	1 889
India	20	4 391	7	4 894	27	9 285
Iran	1	915	0	0	1	915
Japan	50	44 104	3	3 002	53	47 106
Mexico	2	1 300	0	0	2	1 300
Netherlands	1	487	0	0	1	487
Pakistan	3	725	2	600	5	1 325
Romania	2	1 300	2	1 240	4	2 540
Russia	33	23 643	11	9 610	44	33 253
Slovakia	4	1 816	2	810	6	2 626
Slovenia	1	666	0	0	1	666
South Africa	2	1 800	0	0	2	1 800
South Korea	23	20 697	5	6 600	28	27 297
Spain	7	7 068	0	0	7	7 068
Sweden	10	9 303	0	0	10	9 303
Switzerland	5	3 238	0	0	5	3 238
Taiwan	6	4 884	2	2 600	8	7 484
Turkey	0	0	4	4 600	4	4 600
Ukraine	15	13 107	3	2 850	18	15 957
United Arab Emirates	0	0	4	5 600	4	5 600
United Kingdom	16	9 213	0	0	16	9 213
United States	103	103 198.3	10	11 690	113	114 888.3
Totals	433	371 458.3	103	103 503	536	474 961.3

POWER REACTORS BY TYPE, WORLDWIDE

Reactor Type	# Units	Net MWe	# Units	Net MWe	# Units	Net MWe
	(in operation)		(forthcoming)		(total)	
Pressurized light-water reactors (PWR)	271	250 650.1	85	89 239	356	339 889.1
Boiling light-water reactors (BWR)	83	78 059.2	6	8 056	89	86 115.2
Gas-cooled reactors, all models	15	8 025	1	200	16	8 225
Heavy-water reactors, all models	48	23 945	7	4 492	55	28 437
Graphite-moderated reactors, all models	15	10 219	0	0	15	10 219
Liquid-metal-cooled reactors, all models	1	560	4	1 516	5	2 076
Totals	433	371 458.3	103	103 503	536	474 961.3

* 출처 : (Nuclear News), March 2013