

原子力の 效用性 및 安全性과 放射性廢棄物 處分場 選定の 技術的側面

姜 昌 淳

〈서울大學校 原子核工學科 教授〉

序 論

1990년말 현재 世界 原子력발전은 29개국에서 총 413기로 총용량 3.18억kW가 운전중에 있다. 우리나라는 1991년 8월 현재 9기의(762만kW) 원전이 運轉되고 있으며 2기(200만kW)가 建設中이고, 3기(270만kW)가 計劃中에 있다. 1990년 原子력발전에 의해 생산된 電力量은 총 528억9천만kWh로서 전체 발전량 1,076억6천만kWh의 49.0%를 차지하였다. 이에 추가로 2006년까지 新規 原子력 13기, 11,500 MWe가 追加 建設될 예정이다.

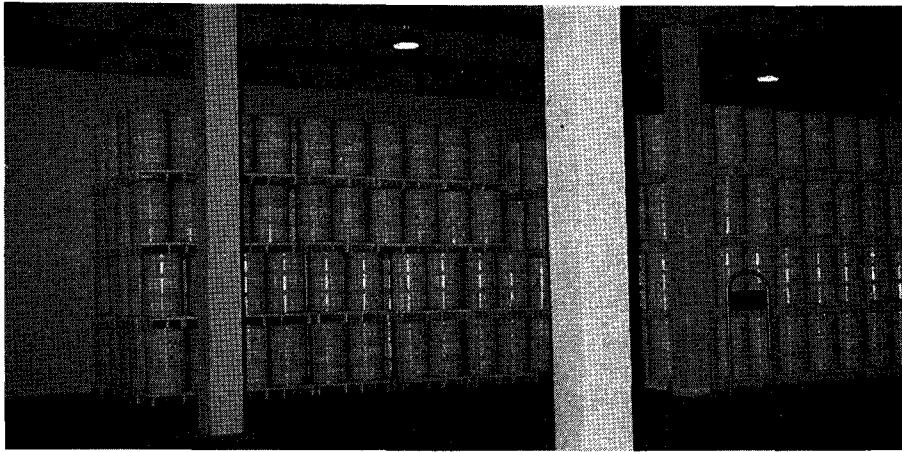
原子力の 效用性

국가의 산업발달과 생존권의 확보에 에너지 安定供給이 기본문제로 등장하고 있다. 화석에너지자원은 그 부존지역이 일부 국가에 偏重되어 있어 종종 공급불안정을 초래하고, 따라서 이의 需給은 국제정치적인 영향을 받을 수밖에 없다. 原子력은 화석연료에 비하여 에너지 밀도가 높아 偏蓄효과가 크고 (석탄에 비하여 300만배), 발전비용중 연료비 비중이 작으며, 使用後核燃料을 재활용하게 되면 에너지의 해

의 의존도를 감소시킬 수 있는 것이 특징이다. 따라서 賦存자원이 빈약한 가운데 경제성장을 계속해야하는 우리로서는 原子力を 통한 安定된 에너지수급이 중요한 과제로 부각되고 있다.

原子력발전의 經濟性は 도입 초기에서부터 다른 전력원(석탄, 석유)에 비해 우위를 지켜왔다. 그러나 安全規制 강화에 따라 추가 안전계통에 의한 비용증가, 建設기간의 연장 등으로 建設비가 增加되어 1980년대 중반이후 석탄발전의 추격을 받게 되었다. 이러한 가운데에서도 原子력은 認許可의 합리화, 설계의 표준화, 建設공기의 단축으로 建設단가를 절감하고, 利用率 개선과 보수기간의 단축으로 경제성 향상을 지속적으로 추진하고 있다. 결과적으로 原子력 經濟性は 앞으로도 석탄화력에 비해 계속 優位를 점할 것으로 전망된다.

原子력은 發電單價에서 연료비가 차지하는 비율이 매우 낮고, 燃料費 구성면에서 우라늄 연료가 차지하는 비용이 작아서 기술에 의한 準國산에너지로 생각되고 있다. 그러므로 原子력은 소비성 에너지라기보다는 技術集約形 에너지이기 때문에 우리나라와 같이 천연자원이 빈약한 반면에 우수한 人力을 소유한 나라로



서는 기술인력에 의존하여 에너지수급을 해결하는 것은 당연하다고 할 수 있다. 관련산업에 주는 波及효과 또한 매우 크다.

환경문제는 갈수록 심각하게 擧論되고 있다. 화석연료의 연소로 발생하는 산성비, 분진, 유독가스와 같은 공해유발요인을 고려할 때 원자력발전의 우위성을 생각할 수 있고, 다량의 이산화탄소의 발생으로 인한 温室효과와 감소에도 이바지하고 있다.

原子力の 安全性

모든 문명의 利器는 兩面性이 있어서 좋은 점이 있으면 반드시 나쁜점을 수반한다. 원자력발전도 例外는 아니어서 그 효용성은 충분히 인정이 되나 이와 부수되는 안전성이 문제가 되고 있다. 따라서 원자력의 효용성과 그 안전성은 항상 함께 相對적으로 검토되어야 하며, 원자력의 이용은 안전성을 前提로 한 당위성의 우위에 바탕을 두어야 한다.

원자력 이용에서 또하나 특이하고 신중히 고려되어야 하는 분야는 對民弘報이다. 원자력의 개발은 그 專門性 때문에 소수의 기술집단에 의하여 수행되고 있으므로 대국민 홍보가 매우 重要하다. 여러나라의 경우 원자력 대민홍보의 부족으로 인하여 원자력이용이 制限되거나 閉止되는 국가도 있다. 앞으로 원자력에 대한 여론의 주요쟁점의 하나로 방사성폐기물 處分문

제가 예상되는 바, 그 안전성문제에 대해서 철저한 對策이 요구된다.

放射性 廢棄物 處分

원자력발전소의 運轉과 더불어 발생하는 사용후핵연료 및 방사성폐기물은 시간이 가면서 계속 증가한다. 그러므로 기존 저장능력은 限界에 이르게 되고 결국은 저장시설을 확장하거나 혹은 처분시설을 建設하여야 한다. 사용후핵연료의 경우는 추가 저장시설을 부지內에서 확장하든지 혹은 부지 밖에 건설하여야 한다. 방사성폐기물에는 고준위폐기물과 중저준위폐기물이 있다. 高준위폐기물은 사용후핵연료 再處理하는 과정에서 발생하는 폐기물이며, 그 외의 폐기물은 中低준위폐기물로 분류하고 있다.

현재 우리나라를 포함하여 대부분의 나라에서 사용후핵연료는 그 안에 포함되어 있는 핵분열성 물질과 방사성 동위원소를 再使用할 수 있다고 판단하고 있기 때문에, 폐기물이라기보다는 자원으로 생각하여 再處理 時까지 사용후핵연료 자체로 臨時貯藏하고 있다. 따라서 사용후핵연료를 재처리를 하지 않는 한 고준위폐기물은 발생하지 않는다.

고준위폐기물은 방사선 준위가 높을 뿐만 아니라 半減期가 매우 길어서 영구처분 방법의 결정에 매우 신중을 기하고 있다. 처분방법은

지금도 계속적으로 研究되고 있으며, 아직까지 最終적으로 어떠한 방법이 좋은지 결정을 내리고 있지 못하고 있다. 현재 연구되는 方法으로는 다음을 들수 있다.

- 1) 폐기물을 集合하여 에너지源으로 再活用하는 방법(열전지 등)
- 2) 반감기가 매우 긴 超우라늄계열을 가속기나 연구용원자료를 사용하여 핵변환시켜 安定元素로 바꾸는 방법
- 3) 그리고 永久處分방법으로는,
 - 海底深層에 처분하는 방법
 - 宇宙空間으로 추출하는 방법
 - 현재의 地殼層(tectonic structure)에 처분하는 방법
 - 安定된 巖石을 合成하는 방법 (synroc 등)

중저준위 방사성폐기물은 原電 운전 중이나, 산업체 및 학교 그리고 병원 등에서 동위원소를 사용하면서 生成되며, 대부분의 경우 반감기가 짧아서 시간이 경과함에 따라 그 방사선 준위가 급격히 減少되는 것이 특징이다. 그 처분방법으로는 地中, 淺層 및 洞窟처분을 원칙으로 하고 있다.

放射性廢棄物 處分場 選定에서 考慮할 基本原則 및 條件

방사성폐기물 처분장 건설에 대한 基本原則은 다음과 같다.

- 1) 정상상태, 비상사고시 또는 폐쇄후의 방사선 漏出을 최소로한다.
- 2) 폐기물의 모든 단계에 걸쳐 발생하는 방사선이 인간과 주위 환경에 미치는 惡影響을 최소로한다.
- 3) 처분장 선정으로 인하여 주민들에 주는 물질·정신적 被害를 최소로 한다.
- 4) 처분장 선정으로 주위의 가용가능한 天然資源의 훼손을 최소로 한다.

위에서 언급한 기본원칙을 충족시킬 수 있도록 적합한 敷地 선정이 이루어져야 한다. 처분장 부지의 적합성을 판단하기 위해 고려하여야

할 基本條件은 다음과 같다.

- 1) 처분장은 폐기물로부터 방출되는 방사성 핵종의 流動을 초소화시킬 수 있는 物理的 특성을 갖추어야 한다.
- 2) 처분장과 그 주위에 있는 地下水의 유동을 제한하고, 이를 위하여 지층기반암의 물리적 특성을 파악하여야 한다.
- 3) 처분장의 기능을 저해하는 地盤運動, 火山 또는 地震活動이 있어서는 아니된다.
- 4) 強風, 暴雨, 暴雪 등의 극심한 자연재해와 인공적인 재해가 처분장의 기능을 저해해서는 안된다.

따라서 처분장 建設은 우선 최적부지 및 기반암을 선정한 후, 이에 적합한 처분시스템을 선정한다. 자연 원래의 機能을 바탕으로 하여야 하며, 자연 원래의 기능만으로 앞의 절에서 언급한 기본원칙을 수행할 수 없을 때에는 工學的 방호벽 등 인공적 요소를 加味함으로써 기본원칙을 만족한다. 따라서 부지는 최적의 水文 및 地質學的 조건을 만족시키는 것이 안전성 측면에서 우선적으로 이루어져야 한다.

방사성폐기물의 特徵중의 하나가 長期間 인간과 환경에 영향을 미치는 것이다. 처분장을 閉鎖하고 난 후에도 폐기물로부터 長壽命의 방사성핵종이 누출될 確率이 있다. 따라서 폐기물처분장의 閉鎖後에도 制度的인 監視와 방사성핵종의 環境으로의 漏出을 막을 수 있어야 한다. 제도적 관리기간은 안전성 평가결과에 따라 결정하지만 최소 300년이상으로 한다. 제도적 관리기간 後에도 처분장 주변의 주민이나 다른 외부인이 처분장으로 들어오는 것을 防止하고, 처분장으로부터 방사성핵종의 주위환경으로 漏出되는 것이 없어야 한다.

氣象, 地質 및 水文學的 對象地域 選定基準 條件

기상학적 요건으로 처분부지 降雨 및 暴雪 등의 심각한 장애가 없는 지역에 위치하여야 하며, 落雷가 빈번한 곳이나 회오리 바람, 태풍 등의 심각한 장애가 없는 지역에 위치하여야

한다. 처분부지가 海岸에 위치한 경우에는 태풍, 돌풍, 해일 등에 의한 해수 氾濫이 없는 지역에 위치하여야 한다.

지질학적 요건으로 地表面과 지표면 밑의 지층구조에 관한 요건으로 나눌 수 있다. 지표면은 강우가 있을 때 빗물이 고이지 않고, 내부 排水 또는 透水가 잘안되는 지역이어야 한다. 특히 淺層처분인 경우에는 기후의 변화 또는 침식작용, 풍화작용 등의 영향으로 앞으로 수백년 동안 심한 表土의 변화나 그 우려가 없는 지역이어야 한다.

지층구조는 방사성핵종의 이동을 충분히 遲延할 수 있는 지층 또는 광범위한 균질 기반암 내에 위치하여야 하고 수리학적 환경 및 지층구조가 均一하고 단순한 지역에 위치하여야 한다. 특히 洞窟처분의 경우에는 처분장은 균열이 많이 발달된 암반, 단층 및 습곡지역과 같이 透水性이 높은 지층구조에 위치해서는 안된다. 기반암 및 지층은 불투수성이거나 투수성이 적은 암반이어야 하며 이온 交換性은 커야 한다. 특히 동굴 처분의 경우는 구조적으로 동굴이 안정되고 應力이 작은 신선한 기반암에 위치하여야 한다. 풍화, 침식, 침강, 산사태, 화산 및 水의 분포상태 및 수자원의 이용가능성에 대한 조산작용 등과 같은 지표면의 변동으로 인하여 처분시설로부터 폐기물의 방사성핵종 移動이 현저히 증가할 것으로 예측되는 지역에 위치해서는 안되며 주변 地層은 가능한 한 방사성핵종 및 수분 吸着力이 크며 특히 長壽命핵종들의 이동을 지연시키는 성질을 갖는 천연방벽지역이어야 한다.

地震學的 요건으로 처분부지는 처분시설의 안전성을 위하여 장기간에 걸쳐 역사적으로 지진 발생 빈도, 규모 및 震度가 낮고 또한 앞으로 그와 같이 예상되는 지역에 위치하여야 한다. 지진의 발생에 의해 방사성 핵종의 이동속도를 증가시킬 가능성이 있는 斷層지역이나 그와 같은 지역에 인접하여서는 안된다.

처분부지의 수문학적 요건은 表層水와 地下 요건으로 나눌 수 있다. 표층수의 경우 처분장 인접지역의 지표면에는 지하수로 충전될 수 있

는 지표수체가 가능한 한 分布하지 않아야 하며, 처분장과 가장 가까운 표층수와의 거리는 방사성핵종이 표층수역으로 移動하는데 수백년이 걸릴만큼 충분하여 방사성물질 放出에 의한 환경영향이 없어야 한다. 처분부지는 100년 정도의 頻道를 가지는 홍수, 댐의 파손, 해수의 작용이나 기타 인위적인 사고로 인한 내수면 氾濫時의 예측수위보다 상부에 위치하여야 한다.

처분장주위의 지하수위는 해수작용, 단층작용 등의 자연현상에 의한 변동과 季節的인 변동이 크지 않아야 한다. 특히 천층처분인 경우 처분장 주위의 지하수위심도는 처분트렌치 하부보다 적어도 3m 이하 되는 곳에 위치하여야 한다. 처분장 주위의 지하수 유동 및 유속은 작아야 하며 帶水層은 지하수 유동계통상 가능한 다른 대수층과 연결되어 있지 않아야 한다. 또한 처분장 주위의 지하수 유동계통내에서 방사성핵종의 예상정체시간은 그 핵종이 인간생활권내로 들어오기 전에 충분한 減衰가 이루어질 수 있도록 길어야 한다.

其他 技術的 選定基準 要件

生態學的 요건으로 처분부지에는 희귀하거나 滅種위기로 인하여 보호하여야 하는 동·식물이 서식하고 있거나 기타 중요한 생태계가 존재하여서는 안된다. 처분부지는 처분된 폐기물에 접촉할 가능성이 있는 뿌리깊은 植物을 자연적으로 도태시키거나 인위적으로 제거시킬 수 있는 지역이어야 하며 처분장 周圍의 땅을 파는 포유동물, 곤충 및 뱀 등이 처분된 폐기물에 到達하지 못하도록 폐기물을 처분할 수 있는 지역이어야 한다.

처분부지는 가능한 한 굴착작업 및 이에 관련된 試錐시설이 없는 지역에 위치하여야 하며 가능한 한 주위에 굴착작업 등 地下 작업이 없는 지역에 위치하여야 한다. 또한 軍事活動으로 인하여 처분장 안전 운영에 영향을 미치는 지역이거나 그로 인한 방사성핵종 移動의 증가가 예상되는 지역에 위치하여서는 안되며, 처

분시설 건설시 발생하는 토양 및 암석을 운반하고 또한 폐기물과 대형용기 등을 안전하게 수송하는데 적합한 交通條件을 갖춘 지역이어야 한다.

후보지역 도출시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

1. 수문학 및 지질학적 측면에서 고려해야 할 사항

- 지역내의 지표수 및 지하수 특징
- 계획된 지표수 및 지하수 개발의 영향
- 상수원 (우물과 샘)
- 지역의 지표면 및 연속층과 단층을 포함하는 깊이에서의 지질학적 특성
- 처분될 폐기물로부터 유출되는 방사능을 포함할 지층의 수용능력
- 과거 지진의 역사
- 현존하는 광산과 동굴에 대한 침수, 바위 표면의 creep을, 기계적 강도, 과부하의 압력에 견디는 능력, 기체의 조성
- 눈, 비, 풍향 및 풍속, 기온 홍수 등의 기상자료

2. 사회적 측면에서 고려되어야 할 사항

- 고용효과
- 주거지역 상가 건립효과
- 관광 및 레크레이션 시설효과
- 지역 계획과 관계
- 지역 긴급시설 건설효과

3. 농업 및 어업의 측면에서 고려되어야 할 사항

- 현재 부지의 경작 활용
- 경작에 필요한 주변지역 및 표층수의 활용
- 어로에 이용되는 표층수의 활용
- 숲 및 삼림 상황

4. 경관 및 자연보전의 측면에서 고려되어야 할 사항

- 국립공원이나 뛰어난 자연경관지역
- 그린벨트 지역
- 역사적 고적지
- 지질학적이거나 지문학적으로 특이한 지형
- 천연작물 또는 재배작물 및 동물의 서식과 생태계 상태

5. 기타 계획수립시 고려되어야 할 사항

- 주변 지역의 인구의 크기 및 분포
- 주변 주거지의 크기 및 분포
- 도로망
- 철도망
- 현재의 교통량 수준 및 개발과 관련된 교통량
- 도로 용지(rights of way)의 존재
- 위험물질 취급공장이나 폭발물의 위험물질을 저장지역의 분포
- 파이프망과 전원망의 실태
- 공항
- 방위시설
- 소음도 및 냄새
- 다른 원자력시설
- 부지 및 주변 지역의 다른 계획되어진 활용 방안
- 부지나 부지주변의 광물 자원의 존재 여부

候補敷地 選定節次

후보부지 선정절차는 우선 대상지역을 결정하고, 결정된 대상지역 내에 구체적인 후보부지를 선정하게 된다. 대상지역 선정은 두 가지 방법을 組合하여 결정한다. 우선 대상지역을 screening 과정을 통하여 선정한다. 지질학적 측면과 수문학적 측면 그리고 자연경관의 측면에서의 screening 과정을 통하여 처분 不可 지역을 제외시킨다. 地質學的 측면에서 고려되어야 하는 것은 후보 지역의 지하수, 지표수 및 상수원에 대한 내용을 들 수 있다. 또한 자연景觀의 측면에 있어서는 후보 지역이 국립공원 지역 혹은 역사적, 고고학적으로 중요한 가치를 지니는 지역이어서는 안된다.

다음으로는 不可 지역을 제외한 후보지역에서 앞에서 기술한 여러가지 부지선정 기준 要件에 加重值를 설정하여, 이에 따른 상세검토를 거치고 또한 실제조사를 통하여 각 후보지역에 대한 우선순위를 결정하고 이에 따라 후보지역을 폐기물처분장 대상 地域으로 선정한다.