

세계의 放射性廢棄物管理

原子力發電의 定着度가 증가함에 따라 放射性廢棄物問題가 클로우즈업되고 있어, 國際原子力機構(IAEA)는 작년에 「放射性廢棄物에 관한 국제회의」를 미국의 시애틀에서 開催하였다. 다음은 이 회의에서 發表된 論文을 중심으로 日本放射性廢棄物 管理調査團이 作成한 報告書에서 主要國의 放射性廢棄物管理現況을 요약한 것이다.

1. 美國

(1) 基本的인 思考方式

美國에서의 저레벨방사성폐기물처분에 관한 기본적인 思考方式은 다음과 같다.

① 原則적으로 淺層陸地에 處分한다.

② 海洋處分은 현재 고려하고 있지 않으나 만일 육지처분이 여의치 않을 경우를 대비하여 海洋處分도 留保하기를 희망한다.

③ 폐기물의 중간저장은 폐기물을 두번 조작하는 것이 되어 경비가 증가하므로 고려해서는 안된다고 생각한다. 단, 發電所 敷地內에서의 일시저장은 필요하다고 생각되나 이 경우에도 사이트내에서의 저장은 5年 以下로 한다(1次系統에서 사용한 樹脂도 다른 폐기물과 같이 長期사이트保管을 하고 있지 않다).

發電所에서 나오는 폐기물에 대해서는 소각이나 압축에 의한 減容을 하도록 DOE가 적극적으로 지도하고 있다.

(2) 法體系 및 認許可手續

州內에서 발생한 저레벨폐기물은 州의 책임하에 處分한다는 기본방침을 정한 低레벨廢棄物政策法이 1980년에 성립되었고 계속해서 處分場 設置에 있어서는 환경영향평가를 할 것을 10CFR51에, 處分場의 안전목표기술기준을 규정하는 10CFR61이 제정되어 이에 부합하는 體

制와 指針 등이 정비되고 있다(현재 저레벨폐기물처분에 관한 法畧은 미국이 가장 잘 整備되어 있다).

處分場은 州 또는 國家의 所有地에 설치하는 것이 基本要件이므로 州 또는 國家 이외의 者가 처분장을 설치할 경우에는 신청에 앞서 土地利用에 관한 계약을 토지소유자와 체결하여야 한다.

신청자는 처분장설치지점의 氣象, 水分, 地質學的인 환경조사와 이에 따른 안전평가를 하여 10CFR61에 따라 NRC에 신청서를 제출한다. NRC의 심사에는 州 및 인디언種族의 대표도 참가할 수 있다.

또한 處分場을 폐쇄할 경우 설치자는 약 5년간 관리를 한 후 폐쇄계획서를 작성하여 NRC의 승인을 받은 다음 토지소유자인 州(또는 國家)에 그 관리를 移管한다.

(3) 安全評價

10CFR61의 기준은 미국의 어느 지역에 처분장을 설치하여도 安全하고 경제적으로 처분될 수 있다는 것을 안전평가에 의해 확인하도록 설정되어 있다. 10CFR61 作成時 행한 안전평가에서는 광범한 지질조건과 처분조건을 비교평가할 필요가 있었기 때문에 핵종의 土中移行 등은 주로 1차원모델로 행하였으나, 실제 신청의 경우에는 2차원모델로 보다 현실적인 평가를 하

는 것이 가능하다(평가 모델은 여러가지로 제안되어 있다).

또 既設處分場에 대해서도 최근에는 許可更新때에 실시되고 있으며 이와같은 평가의 대부분(10CFR61도 포함하여)은 民間의 엔지니어링 會社에 의해서 수행되고 있다.

(4) 廢棄物의 發生量

저레벨폐기물의 발생량은 全國에서 약83,000 m³(이중 50,000m³은 原子力發電所, 1981年實績)이다.

(5) 處分の 實際

현재 미국에는 6개소의 민간상업처분장이 있는데 그중 2개소는 물의 浸入 등에 대한 對策에 비용이 너무 들어 폐쇄하였고 또 1개소는 처분능력이 다되어서 폐쇄되고 있으며 나머지 처분장은 조업중이나 이중 1개소도 곧 폐쇄될 전망이다. 조업중인 처분장의 개요를 表1에 나타내었다.

그외에 DOE의 軍事施設, 研究所에서 나오는 폐기물의 처분장은 13개소가 조업중에 있으며 10CFR61제정후 設置된 처분장은 없다. 10CFR61에 의한 처분의 개요는 다음과 같다.

① 目標: ● 처분장외의 일반공중이 받는 線量...全身25mrem/年(갑상선 75mrem/年)이하

● 폐쇄후 처분장에 부주의로 들어가서 농업이나 地下水를 이용한 者가 받는 線量...0.5rem/年이하

② 技術基準: 폐기물을 核種과 방사능레벨로 3 단계로 구분하여 처리·처분기준을 정하고 있다(表2).

③ 폐쇄후의 관리: 처분장이 移管된 州(또는 國家)는 폐쇄후 100년정도 모니터링과 처분장의 간단한 유지관리를 한다.

④ 處分費: 처분비용은 직접비용으로 약45만 원/m³, 폐쇄후의 관리비는 地質學的 特性 등 입지조건에 따라 다르나 약 27,000~55,000 원/m³정도로 試算되고 있다(既設의 處分場인 Ri-

〈表1〉 美國內에서 操業中인 處分場의 概要

處分場	사이트 面積 (ha)	總處分量 (m ³) (1981년까지)	年間處分 量(m ³) (1981年)	設 立 操業開始
Richland	40.5	102,169	40,782	1965年
비이티	32	92,638	3,352	1962年
바안웰	105	362,529	39,427	1971年

〈表2〉 技術基準

廢棄物의 分類	廢棄物의 處理基準	處分基準
A	容器에 넣는다. 液体는 固化등	특별한것없음
B	上記外에 處分했을 때의 무게에 견딜 수 있는 기계적 강도를 갖는 포장으로 할것	同 上
C	同 上	地下 5m以下 또는 콘크리트製뚜껑으로 폐기물을 덮을것

chland-US Ecology社 處分場의 처분요금은 약55만원/m³이다).

(6) 앞으로의 計劃

저레벨폐기물정책법에 따라 1986년 1월 이후 부터는 各州가 자기의 州에서 발생하는 폐기물에 대해서는 自己의 책임으로 처분하여야 한다. 이를 위해 各州는 지역마다(6개지역, 단 캘리포니아와 텍사스는 獨自) 협정을 체결하여 각지역마다에 處分場을 設置키로하고 협정체결을 진행 중이다.

이들 지역중 처분장이 있는 곳은 3개소(그중 1개소는 폐쇄전망)이고 대부분의 지역에서는 새로운 처분장을 신설할 필요가 있으나 처분장의 신설은 원활하게 진행되고 있지 않으며 地域外의 폐기물도 계속 既設處分場에 운반, DOE의 처분장에 잠정처분, 發電所사이트에 일시보관 등의 의견도 나오고 있으나 代替案의 검토

를 보류하려는 무드가 강하다.

(7) 기타

저레벨의 淺層處分은 매우 안전하게 실시할 수 있는 것으로서 PA를 용이하게 하고자 必要以上 과대하게 안전대책을 강구하는 것은 PA 면에서 오히려 마이너스효과를 가져온다고 생각하며 미국은 과거의 처분경험과 10CFR61의 規制開發 등으로 저레벨의 處分에 대해서는 충분한 기술을 보유하고 있으므로 外國의 處分에도 협력할 의사를 갖고 있다.

極低레벨에 대해서는 현재 특별한 것(液体신틸레이터의 廢液, 생물폐기물의 H-3, C-14 등)을 제외하고는 수량적인 기준은 없다. 다만 신청자가 신청을 하면 그때마다 심사하여 허가를 한다. 이것을 일반화한 기준을 EPA(환경청)와 NRC가 검토중인데 1984年중에 그案이 公開될 전망이다.

2. 프랑스

(1) 基本的인 思考方式

저레벨폐기물은 淺地層處分을 하며 長半減期인 폐기물에 대해서는 深地層處分을 한다. 海洋處分은 현재 하고 있지 않으나 트리튬을 포함하는 폐기물 등에 대해서는 유효하므로 실시할 수 있는 방도를 남겨두려고 한다.

(2) 處分에 관한 法体系 및 認許可수속

處分에 대한 특별한 法은 없으나 라만슈處分場에서 處分할 수 있는 폐기물의 기준은 규칙으로 정해져 있다. 또 현재 中低레벨용의 새로운 처분장을 건설하려고 하고 있으며 이를 위한 처분장의 設計, 안전목표 등의 기준을 포함하는 指針도 작성하고 있다.

處分場을 신설할때의 수속은 기본적으로 原子力發電所設置의 경우와 같으며 신청자는 예비적인 안전분석서(사이트의 환경에 관한 것, 施設의 설계, 기상, 수리학, 지질학적 특성, 처분장의 容量, 운영방법 등을 기재)를 첨부할

필요가 있고 또한 현지에서 공개히어링을 하여야 한다.

(3) 安全評價

處分場의 설치신청시 행하는 안전평가를 위하여 특별히 정해진 방법은 없으나 현재 既設의 라만슈처분장의 처분용량 확인 등을 위해서 이 처분장의 안전평가를 하고 있다.

(4) 廢棄物의 發生量

1982년 현재 프랑스의 原子力發電所 총 수는 32기이며 여기서 나오는 低(中)레벨폐기물 및 再處理에서 나오는 低레벨폐기물의 총량은 22,000m³이다.

(5) 處分の 實際

현재 조업중인 라만슈처분장의 처분개요는 다음과 같다.

① 處分場의 容量과 年間受入量:

- 容量 40만m³ (이중 23만m³은 이미처분)
- 年間受入量 22,000m³ (1982年)

② 廢棄物의 受入基準:

- β(γ)폐기물 10⁴MPC (MPC는 물의 최대 허용농도)
- α폐기물 2 × 10⁴MPC (단 α에 대해서는 너무 높다는 정부위원회의 의견이 있어 재검토키로 되어 있다)

● 廢棄物處理 모두 시멘트 또는 bitumen으로 固化한 것을 處分한다(잡고체폐기물도 압축한 후 콘크리트용기에 넣어 시멘트로 固化하고 있다)

③ 處分方法: 트렌치를 파서 바닥은 콘크리트매트로 하고 여기에 中레벨폐기물을 넣은 콘크리트모노리스를 만들고 다시 低레벨의 시멘트固化체를 얹은 다음 틈사이에 자갈을 채우고 마지막으로 粘土로서 커버를 한후 그위에 나무를 심는다.

④ 모니터링: 트렌치, 모노리스內的 물과 處分場의 地表水는 각각 수집하여 방사능을 측정하며 또 處分場內的 먼지, 線量의 측정외에 처

분장밖에서도 우유와 물을 측정하고 있다.

⑤ 處分場폐쇄후의 管理: 폐쇄후의 감시기간은 300년 정도로 간단한 모니터링과 메인テナンス을 한다. 300년의 근거는 短半減期核種(30년 이하)의 10半減期(10×30)이다. Sr-90, Cs-137(반감기30년)을 고려한 것은 再處理의 低레벨폐기물을 포함하기 때문이다.

⑥ 處分料金: 22만원~68만원/m³, 평균48만원/m³(방사능레벨, 종류에 따라 다르며 여기에는 제2처분장건설을 위한 적립금도 포함되어 있다).

⑦ 處分場의 운영: 처분장은 ANDRA에 의해 관리되고 있으나 실제의 운영은 CEA, EDF 등이 출자한 STMI가 하고 있다.

(6) 앞으로의 計劃

1988년경이 되면 라만슈처분장의 처분능력이 다되므로 ANDRA는 앞으로의 처분계획을 정부에 제출하였고 현재 정부에서 검토중이나 ANDRA가 검토한 10개소의 후보지중 2개소에 대해 세밀조사하도록 요구하고 있는데 1988년

運開를 목표로 하고 있다.

(7) 기타

방사성폐기물의 法的인 정의는 없으나 2μCi/kg이하의 것은 放射性物質로서의 법적적용을 받지 않는다(신청은 必要). 또 표면오염이 β로 10⁻⁴Ci/m², α로 10⁻⁶Ci/m²이하인 것은 보전성의 허가를 받아 埋立, 금속의 경우 회수, 再利用이 가능하다. 현재 PWC디코미쇼닝연구의 일환으로 메탈의 再利用이 어디까지 가능한가를 검토하고 있다.

3. 英國

(1) 基本的인 思考方式

低레벨폐기물의 處分은 육지처분과 해양처분 두가지로 행한다. 특히 廢爐의 경우를 고려하면 이 두가지방법의 처분이 아니면 곤란하다고 생각하고 있다.

低레벨처분장으로는 현재 드리그처분장이 있으나 이것과 같은 처분장을 하나 더 설치할 것을 희망하고 있다.

(表3) 低레벨廢棄物處分에 대한 各國 現況

	美 國	프 랑 스	西 獨	英 國	스 웨 덴
基本政策	●육지처분 ●해양처분도 유보 중간처장은 되도록 적게	●육지처분(淺層) ●해양처분H-3 등에유효 하다고 생각 ●同 左	●육지처분(深層) ●해양처분은 당분간 생 각치 않음	●육지처분(淺層) ●해양처분	●육지처분(海洋底)
管理實施主体	各州(최종 연방정부)	ANDRA	各州, PTB	NIREX	SKBF
推進開發主体	DOE	CEA		UKAEA-RWMAC	NAK
規制主体	NRC, EPA	ISPNI, SCPRI, SCSIN	주정부규제당국	DOE, MAFF	SKI, SSI
法, 規制	저레벨폐기물 정책법 (1980) 10CFR61(1983)	특별법은 없고 政府通 達에 의한	원자력의 평화이용 및 그 위험방지에 관한 법 (1976) 原子力法-ATG7(1976)	해양투기법(1974) 放射性物質法(1960) 방사성폐기물관리 Command 884(1980)	핵연료의 원자로 장진 에 관한 특별허가법 (1977)
安全評價	지침작성중 10CFR61작성 베이스가 된 환경영향평가보고서 NUREG-0945	라만슈처분장의 13年間 의 경험을 기초로 1980 년부터 실시, 안전성을 재확인	지침작성했음	드리그에 대해서는없음 일반평가. 레포트 (1982)	실사이트에서 실시 했음
폐쇄후 관리	~100年 ~500年(不用意한 침입 자에 대해서)	~300年		不要라고 생각	不 要
費 用	발생자 부담	발생자 부담	발생자 부담	발생자 부담	발생자 부담



(2) 法体系 및 認許可수속

폐기물의 처분에 관한 法体系는 ① 시설에 대해서는 原子力施設法(1965年), ② 처분에 대해서는 核物質法(1960年)과 이에 따른 규칙, 지침 등에 의해서 실시된다. 그러나 英國의 原子力施設은 모두 국영이므로 주무관청의 체크는 이것과 이해관계가 없는 부서가 행하는 것이 원칙으로 되어 있으며 처분시설의 허가는 工業省 原子力檢査院(NII) 이나 處分 그 자체는 환경성과 농업수산식료성이 허가를 하는 시스템으로 되어 있다.

그리고 새로운 지점을 開發할 때는 시설의 허가신청에 앞서 토지개발관련의 허가가 필요하며 이때 다음과 같은 점에 대한 공청회가 열린다.

- ① 住環境(살기 좋은 정도)의 변화
 - ② 교통문제
 - ③ 시설의 지역과의 調和性
 - ④ 지역으로의 경제과급효과
 - ⑤ 安全性
- (3) 安全評價

드리그처분장에 대해서는 특별한 안전평가가 행해지고 있지 않다. 그러나 현재 새로운 처분장의 設置計劃이 추진되고 있으며 그 일환으로 안전평가방법의 개발이 행해지고 있다.

(4) 廢棄物의 發生量

原子力發電所와 再處理의 폐기물 등을 포함한 英國全體的 폐기물발생량은 10만m³/年이다.

(5) 低레벨폐기물처분의 實際

드리그처분장에서의 處分은 다음과 같다.

① 處分할 수 있는 폐기물의 기준 및 폐기물의 處理:

- γ : 表面線量率 0.75rad/h 以下
- β : 60mCi/m³ 以下(1日 埋設分の 평균)
- α : 20mCi/m³ 以下(1日 埋設分の 평균)

固体일 경우에는 포장만 하면 되나 처분장을 유효하게 사용하기 위해서 앞으로는 되도록 압축처리한다.

② 處分施設: 粘土層이 무너지지 않게 트렌치를 파서 埋設後 적어도 1m이상의 表土를 덮는다.

③ 處分場의 容量 및 운영(實施体制): 드리그처분장의 총용량은 150만m³(이중 45만m³를 처분), 年間 폐기물 受入量은 10만m³(1981年 實績)이다. 處分場은 BNFL에 의해 운영 관리되고 있다.

⑤ 處分費用: 27,000원 정도(處分費만).

(6) 앞으로의 處分計劃

英國에서는 앞으로의 폐기물처분계획을 책정하고 추진하기 위해 BNFL, CEGB, UKAEA 등이 협력하여 NIREX를 1982년에 설립하였다. NIREX에서는

- ① 폐기물처분의 장래계획
- ② 處分을 위한 規定基準의 작성
- ③ 처분기술의 R&D

등을 행하는데 당면의 목표는 中低레벨用 육

지처분장을 또하나 더 설치하는 것으로서 현재 100개소 가까운 후보지에서 몇개소의 지점으로 압축하여 사이트의 적성조사를 실시중인데 곧 결정될 전망이다. 지점이 결정되면 안전평가, 허가수속에 적어도 2년간이 소요된다.

(7) 기타

NIREX가 실제로 처분장을 운영할 경우 제 3자기관 설립을 고려하고 있다.

環境省은 다음과 같은 입장을 취하고 있다. 방사성폐기물은 특별취급을 할 것, 즉 너무 안전측면으로 취급하는 것은 오히려 一般公衆에 불안을 주므로 바람직스럽지 못하다. 실제로 지금까지 특별취급했기 때문에 위험한 것으로 간주되어 버렸다(따라서 제 2 처분장의 立地가 좀처럼 잘 성립되지 않는다). 필요한 조치 이외에는 하지 않는 것이 중요하다.

英國에서는 極低레벨이라는 것이 설정되어 있지 않으나 10^{-4} Ci/ton(α 방출체, Sr-90은 제외) 以下는 Radiation Protection Act에 의해서 일반폐기물수준으로 처분할 수 있으며 1자리정도 높은 값이라 할지라도 환경성의 허가를 받아 埋立用, 일반폐기물 또는 대상물에 따라 원료로 再利用이 가능하고 케이스 바이 케이스로 처분할 수 있다.

4. 西 獨

(1) 基本的 思考方式

低레벨폐기물도 中·高레벨폐기물과 마찬가지로 深層處分할 생각이다. 海洋處分에 대해서는 하나의 代替案으로 생각은 하나 淺層處分과 같이 지금으로서는 행할 계획이 없다.

(2) 法体系 및 認許可수속

1976年 原子力法 改正에 의해 「州는 그 영역 내에서 발생한 방사성폐기물의 중간저장소를, 연방정부는 안전을 확보하며 또한 處分施設을 설치해야 한다」고 되어 있다. 연방정부가 설치하는 處分施設에 대해서 州에 許可權이 있으나

실제로는 州는 연방정부의 지도에 따라 규정된 심사를 하게 된다.

현재 處分場의 開設이 늦어지고 있는 것은 이들 認許可上의 복잡한 수속문제에 기인하는 바가 많으며 處分場으로 岩塩鑛山을 利用할 경우에는 미리 鑛山局의 승인을 받아야 한다.

(3) 安全評價

연방정부가 안전평가를 위한 지침을 마련해 놓고 있다. 현재 신청중인 콘라트지점에 대해서는 금년부터 안전평가를 4년정도 걸려서 행할 예정이다. Operation and long term safety 특히 물의 浸入과 이에 의한 放射性核種의 생물권으로의 방출 등에 대해 평가한다.

(4) 廢棄物의 發生量

200mrem/h 以下를 低레벨로 생각하고 있으며 2000년까지의 集積量은 25~50만드림(최대의 경우 80만드림) 정도로 예상하고 있다(반은 200ℓ 드림, 반은 500ℓ 드림).

(5) 低레벨廢棄物處分の 實際 및 앞으로의 計劃

① 앗세 : 앗세處分場에 시험적처분의 취급으로 1968~1978년에 125,000드림(이중 1,300드림은 中레벨)을 처분하였다. 1978년에 시험허가기간이 만료되어 폐기물의 반입이 중단되고 있다. 현재 PTB에 의해 처분재개를 위한 검토가 행해지고 있으며 高레벨폐기물에 대한 R & D가 계속 진행되고 있다.

② 고아레에벤 : 1987년경에 신청을 하여 1992년에 허가가 나올 것으로 전망하고 있다.

③ 콘라트 : 鐵鑛山을 低레벨用 및 廢爐用 處分場으로 신청중이다.

(6) 기타

極低레벨은 독일에서는 free level이라는 표현으로 쓰고 있으며 방사성폐기물에 대한 Ci數에 下限이 없다. 다만 신청하면 원료로 再利用이 가능하다. 10^{-4} μ Ci/g 以下는 자유롭게 운반하여도 무방하다는 기준이 있는데 플랜트의 디코미쇼닝한 후의 콘크리트와 같은 것은 미묘하다.