

國內 中·低準位 廢棄物 處理·處分 現況 및 對策

*Current Status and its Policy for
the Radioactive Waste Treatment and Disposal*



朴 憲 輝

〈韓國에너지研究所 放射性廢棄物研究室長〉

1. 序 論

우리나라는 1978년 古里原子力 1號機의 商業 運轉이 시작된 이래 4기의 原子力發電所가 稼 動中에 있으며, 2000년까지 총 11기의 原子力 發電所를 건설할 계획이다. 현재 우리나라에서 발생되는 放射性廢棄物은 이같은 原子力發電所 와 研究所 등의 原子力施設 運轉時 發生되는 中·低準位 廢棄物과 高準位 廢棄物로 分類되는 使用後核燃料 外에 病院 및 産業體 등 350여개 의 放射性同位元素 利用機關에서 發生되는 極低 準位 廢棄物 등으로 分類할 수 있다. 本稿에서 는 廢棄物의 主宗을 이루는 原子力發電所에서 發生되는 中·低準位 廢棄物을 중심으로 논의 하기로 한다.

中·低準位 廢棄物은 안전하게 固化處理, 包裝後 生態系로부터 약 300년 以上 隔離·處分되 어야 하는 것으로서 그 發生推定量은 일반적으 로 原子力發電所의 壽命을 30년이라 할 때, 古 里 1호기의 壽命이 다하는 2007년까지 약 50만 드림(容量 200 ㎞)이 누적될 것으로 推算된다.

原子力發電所의 계속적인 增加趨勢에 따라 그 副産物로서 放射性廢棄物의 安全管理가 심각한

문제로 擡頭되고 있다. 이러한 放射性廢棄物은 현재까지 는 모두 發電所 敷地內의 貯藏所에 임 시 貯藏하고 있으나, 가까운 장래에 貯藏容量이 飽和될 것으로 예상되고 있을 뿐 아니라, 包裝 드림이 空氣中에 장기간 露出될 경우 腐蝕하여 放射性物質이 누출되는 危險性도 안고 있어, 이 에 대한 대책이 절실히 要求되고 있다. 뿐만 아니 라, 原子力發電에 따른 放射性廢棄物의 발생 외 에 放射性同位元素 이용기관 의 放射性廢棄物의 발생량도 급증하고 있어, 이에 대한 安全管理는 물론 그 대책 또한 미비한 실정이다.

따라서 장기적 觀點과 國民들의 信賴感 獲得의 觀點에서 볼 때 이상과 같은 放射性廢棄物을 人 間 및 周圍環境으로부터 安全하게 隔離시키기 위한 放射性廢棄物의 處理·處分對策수립이 매 우 시급하다 하겠다.

2. 國內의 放射性廢棄物 管理現況

2.1 處理 現況

原子力發電所에서 發生되는 廢棄物은 氣體, 液 體 및 固體廢棄物로 나누어 볼 수 있는데, 기체 폐기물은 減衰탱크와 活性炭濾過器 그리고 高

性能 HEPA濾過裝置를 사용하여 처리한 후 許容限度 이하로 大氣中에 방출하고 있다. 液體廢棄物은 蒸發·濃縮→ 시멘트固化方法을 쓰고 있다. 한편, 韓國에너지研究所의 '82年 研究結果에 따르면 시멘트고화는 安全性 측면에서 양호한 것으로 評價되었으나 안전성을 좀 더 높이기 위해 아스팔트고화방법을 導入할 필요가 있음을 지적한 바 있다.

固體廢棄物은 보통 壓縮·減容處理되고 있으나, 發電所의 경우 발생량의 약 45%가 可燃性廢棄物이어서 處分面積을 최소로 하기 위해서는 燒却處理工程의 도입이 필요하며, 이에 대한 妥當性 調査는 韓電研究院과 韓國에너지研究所에서 각각 추진중에 있다. 廢이온交換樹脂의 경우는 古理原子力發電所에서는 시멘트遮蔽 드럼내에 貯藏하고, 月城原子力發電所의 경우는 貯藏槽에 貯藏하고 있다. 이 廢이온交換樹脂는 타 폐기물에 비해 발생량은 적으나, 放射能의 대부분을 차지하므로 安全性 確保 측면에서 固化技術의 개발 및 개량이 필요하다. 한편, 固體廢棄物의 包裝은 200ℓ 용량의 일반 드럼을 사용하고 있으며 長期間貯藏時 腐蝕이 문제가 된다.

2.2 處分 現況

放射性廢棄物은 현재로서는 발전소 敷地마다 자체적으로 臨時 貯藏設備를 갖추고 있는 실정이며, 그 용량은 현재 각 호기별 약 10년분에 불과해 年次的으로 확대해야 할 실정에 있다. 그러나 저장중인 包裝드럼의 腐蝕과 날로 늘어나는 방사성폐기물의 綜合管理를 도모하고, 有害期間中 人間 및 周圍環境으로부터 隔離시켜 일반 대중 및 自然環境을 放射線障害로부터 보호하기 위한 방사성폐기물 最終處分の 필요성이 날로 증대되고 있다.

2.3 研究開發 現況

방사성폐기물 처리·처분에 대한 연구개발은 한국에너지연구소가 중심이 되어 遂行하고 있

며, 현재까지 수행되어온 내용으로는 處理面에서 볼 때 HEPA濾過裝置, 酸化窒素氣體處理, 蒸發濃縮, 이온交換, 化學沈澱, 시멘트고화, 아스팔트고화 및 除染 등이며, 處分쪽으로는 處分敷地選定, 放射性同位元素 放出安全性 評價, 처분장에서의 地下核種 移動 등이다.

이외에 원자력발전소에서는 처리에 대한 경험을 가지고 있으며, 動力資源研究所 및 국내 엔지니어링회사는 처분부지 선정을 위한 기초자료와 地質調査技術을 보유하고 있으며, 처분장 설계기술을 위한 기초기술을 확보하고 있다. 그러나 방사성폐기물 관리에 관련되는 기술은 광범위하므로 각 關聯機關 및 業體에서도 專門性에 맞는 분야별로 연구개발 및 전문인력기술의 확보가 필요한 실정이다.

2.4 處理·處分 關係法令 및 技術基準

현행 原子力法과 同法施行令 및 施行規則에는 방사성폐기물에 관련된 일부 條項만이 포함되어 있어 매우 미비한 실정이다. 따라서 방사성폐기물 處理, 設計·建設과 包裝·運送基準 그리고 處分敷地 選定基準 및 설계·건설 및 운영기준과 이에 따른 監視와 環境影響評價基準 등에 대한 制定 및 整備가 있어야 할 것이다.

3. 向後 處理·處分 推進方向 및 對策

3.1 放射性廢棄物 處理·處分 原則

방사성폐기물 管理의 원칙으로는,

- ① 有用한 물질은 가능한한 再活用하여 폐기물의 발생량을 減少시키고,
- ② 半減期가 짧은 放射性核種을 함유한 폐기물은 일단 貯藏하여 放射能 및 崩壞熱의 발생을 감소시키며,
- ③ 液體나 氣體廢棄物은 國際原子力機構가 設定한 基準值 以下로 처리하여 放出시키고,
- ④ 長期管理를 요하는 폐기물은 減容後 固化시켜 처분시 관리에 용이한 형태로 轉換시켜 生態系로부터 隔離시킨다는 것이다. 결국 발생

된 폐기물의 주위환경 汚染 가능성을 排除하도록 처리하여, 폐기물내의 방사성핵종의 移動을 방지하는 것이다.

3.2 處理方向 및 對策

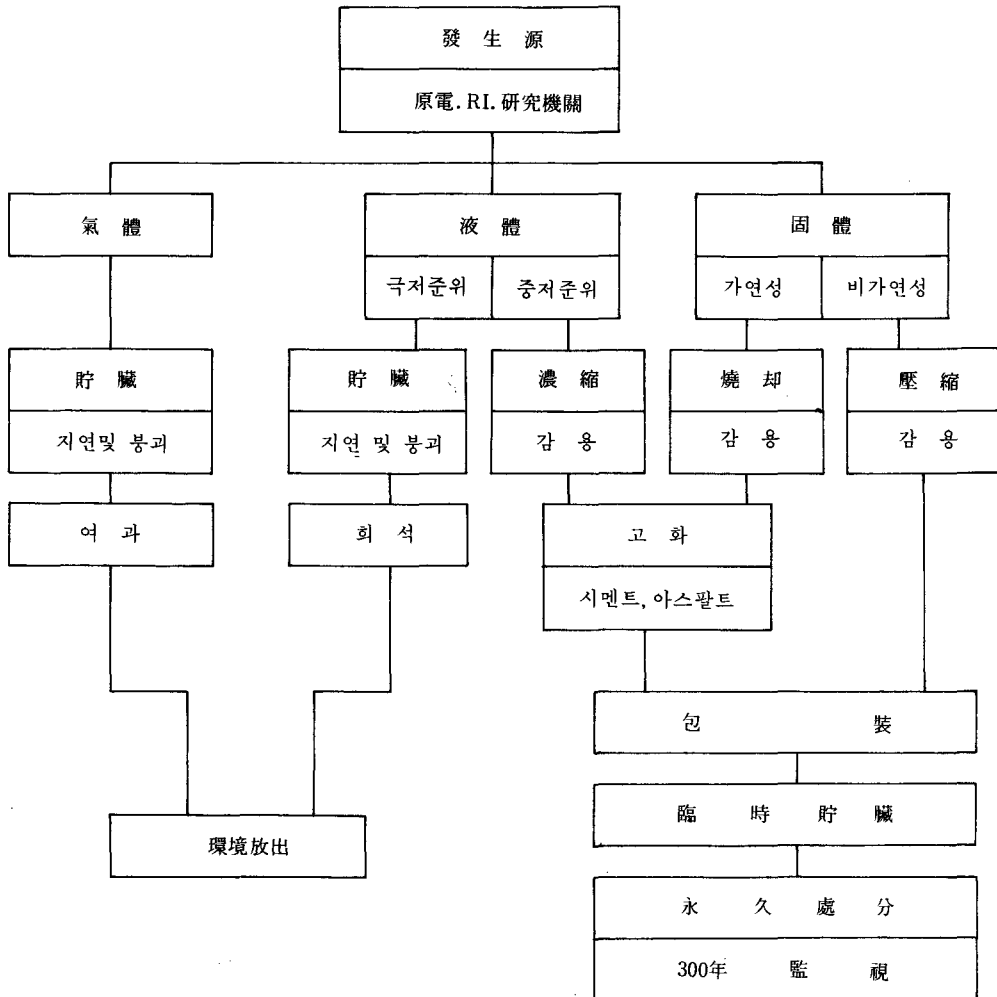
中·低準位 방사성폐기물 처리기술은 그 기술이 실용화되어 있고, 국내에도 상당한 경험이 있으므로 원자력기술 국산화 측면에서 최우선적으로 국내기술에 의해 처리토록 하고 있다.

기체폐기물은 현재 사용되고 있는 減衰탱크 → 活性炭 吸着 → HEPA 濾過裝置에 의한 처리방법이 적합하며, 요드기체와 삼중수소 처리에 관한 기술개발이 필요하다. 액체폐기물의 濃縮은

蒸發濃縮과 이온交換方法을, 固化는 시멘트고화 및 아스팔트고화를 권장하고, 極低準位에 대한 처리(逆滲透壓法 등)와 固化體의 안정성 평가와 包裝方法에 대한 기술개발 등이 필요하다. 고체폐기물은 壓縮處理가 가장 보편적이며 廢이온交換樹脂는 아스팔트 및 시멘트에 固化시키거나 脫水시켜 高性能 容器에 포장 처분하는 것이 가능하다. 장차 可燃性廢棄物에 대한 효과적인 減容方法으로서 고압압축처리 및 燒却處理에 대한 妥當性 分析이 필요하다.

또 再使用 가능한 汚染裝備는 研磨, 高壓水, 超音波 등의 既存 方法으로 제염하며, 장차 鎔

〔그림 1〕 原子力施設 運轉 廢棄物 處理 經路



融除染과 施設解體 및 제염에 대한 연구개발이 필요할 것이다. 그림 1은 原子力施設 運轉廢棄物의 處理經路를 도시한 것이다.

원자력시설 운전 폐기물은 그 放射能準位가 中·低準位에 속하는 폐기물이므로 아래와 같은 처리경로를 갖는다. 즉, 기체폐기물은 貯藏탱크에 일단 貯藏하여 放射能이 減衰한 후, Charcoal 필터나 HEPA 필터 등을 통과시켜 含有 放射能을 基準値 以下로 低減시켜 바깥으로 방출한다. 액체폐기물은 極低準位의 경우 저장탱크에서 일정시간 貯藏하여 방사능이 基準値 以下로 減衰된 후 稀釋·放出하고, 중·저준위 액체폐기물은 蒸發器로 濃縮하여 폐기물의 양을 감소시킨 후 고화처리한다. 고체폐기물은 可燃性廢棄物인 경우 燒却處理하여 부피를 감소시킨 후 시멘트나 아스팔트로 固定化시키고, 非可燃性廢棄物은 壓縮處理하여 부피를 감소시킨 후 드럼에 包裝한다. 이와 같이 固化, 固定化시키거나 포장된 폐기물은 發電所內에 臨時貯藏되지만 追後에는 永久處分시켜야 하며, 영구처분된 폐기물은 최소 300년간 生態系로부터 隔離되어야 한다.

3.3 處分方向 및 對策

중·저준위 放射性廢棄物의 處分技術은 表 1과 같이 크게 陸地處分과 海洋處分으로 나눌 수 있다.

그러나 1984년 10월 제211차 原子力委員會에서 우리나라는 방사성폐기물의 陸地處分方法을 우선으로 한다고 議決한 바 있으므로 陸地處分方法中 주요한 방법의 技術現況을 간단히 살펴보기로 한다. 放射性廢棄物의 陸地處分系統은 방사성폐기물의 特性과 地質環境 및 處分施設의 세가지 구성요소로 이루어지게 된다.

중·저준위 방사성폐기물의 陸地處分은 1940년대 美國에서 淺層埋沒(Shallow Land Burial)이 처음 試圖된 이래 현재 다양한 처분방식이 제시되어 있지만, 本稿에서는 기술개발 및 研究

(表 1) 國外 中·低準位 放射性廢棄物 處分現況

處分方法		特徵	主要開發國
陸地處分	地中 單純 Trench	Clay Trench利用	美, 英, 佛
	埋沒 改良 Trench	(一般Trench) 콘크리트補強	美, 佛
	構造物處分	콘크리트構造物內保管	카나다, 日, 佛
	空洞處分	廢鑛 또는 自然空洞利用	스페인
	巖監層處分	巖監層에 貯藏	西獨, 東獨
	경암층處分	경암層에 廢棄物과 시멘트를 混合해 高壓으로 注入	美國
海洋處分	島峽處分	島峽利用, 地中埋沒	臺灣
	海 洋 處 分	深海(水深4,000m以上)에 處分	美國, OECD/NEA會員國, 日本

가 비교적 상당히 진행되어 외국에서 그 事例를 많이 볼 수 있는 淺層埋沒方式 외에 工學的 施設內 處分(Engineered Facility Disposal) 및 洞窟處分(Rock Cavity Disposal)方式을 紹介하기로 한다.

천층매몰은 地表面에 트렌치(Trench)를 파고 이곳에 폐기물을 넣은 후 그 위를 파낸 흙이나 또는 파낸 흙과 粘土를 혼합하여 약 1m의 두께로 덮는 방식으로 이는 처분장 건설이 간단하고 폐기물 處分作業이 간편하다는 長點이 있으나 地下水 및 地表水와의 接觸이 용이하여, 처분된 폐기물로부터 放射性核種의 누출 가능성이 있게 된다. 自然 및 社會的 環境條件이 천층매몰에 적합한 國家에서는 발생된 폐기물의 특성에 알맞는 敷地를 選定하여 폐기물을 처분하는 것이 가능하나, 적절한 候補敷地가 없는 국가에서는 既存敷地의 自然적 特性에 公學적 시설을 보강하여 폐기물을 처분할 수 있다.

이와 같은 공학적 시설내 처분방식은 工學的 構造物이 폐기물을 생태계로부터 격리시키는 능력이 우수하고 偶發的 侵入에 대한 防壁을 제공하여, 폐기물의 包裝이 손상되었을 때 방사성핵종의 移動을 막아준다는 점에 그 根據를 두고 있다. 공학적 시설내 처분방식은 폐기물을

그 有害期間中 地上 또는 地下의 人工構造物에 넣어 處分한다. 지하공학적 시설내 처분방식은 폐기물로부터의 放射線 遮蔽가 우수하고 처분작업이 용이하며 構造物 侵蝕의 危險이 없다는 특징이 있는 반면 掘擗作業이 필요하다는 점이 단점이나, 지상의 공학적 시설내 처분방식은 처분에 사용되는 裝備가 간단하고 대규모 굴착작업이 필요없어 기술적으로 용이하며 필요시에는 폐기물의 회수가 용이한 반면에, 작업자의 放射線被曝이 크고 構造物의 侵蝕 憂慮가 있다는 것이 단점으로 지적되고 있다.

한편, 중·저준위 폐기물의 洞窟處分方式은 淺層處分概念과 高準位廢棄物의 처분방법인 地層處分(Geological Disposal) 사이에 해당되는 處分概念으로서 天然洞窟, 鑛山 혹은 방사성폐기물 처분용으로 건설된 洞窟貯藏所 등에 폐기물을 처분하는 방식이다. 동굴처분방식은 自然的 혹은 人爲의 事故로부터 폐기물의 隔離 및 防護效果가 크고 처분부지는 運營期間 終了後 폐기물이 埋沒된 깊이까지 穿孔 혹은 굴착되지 않는 용도에는 사용이 가능하며 吸着防壁 혹은 기타 공학적 방벽의 설치가 용이하다는 장점이 있는 반면에, 천층매물에 비해 初期所要費用이 높고 자연동굴의 이용시에는 동굴의 크기와 幾可學的 模型推定에 상당한 不確實性이 있고 廢鑛을 이용하는 경우에는 採鑛時 행하여진 발파·굴착 등에 의한 龜裂의 存在 및 漏水可能性이 있다는 점이 단점이다.

지금까지 본 대로 각 처분방식은 각각 그 특성에 따라 長·短點이 있다. 그러나 우리나라의 社會的·自然的 與件을 고려할 때, 經濟性보다는 安全性을 우선으로 하여 國家保健을 向上시키고 原子力에 대한 國民의 收容意識(Public acceptance)을 높이는 것이 필요하다. 이런 점에서 본다면 經濟性面에서는 優勢하나 安全性面에서는 불리한 천층매물방식보다는 공학적 시설내 처분방식이나 동굴처분을 고려할 수 있다.

그러나 방사성폐기물 처분방식을 확정하기 위해서는 細部 地質調査 및 安全性 評價가 선행되어야 할 것이다.

4. 結論 및 提言

방사성폐기물의 처리·처분은 公共的인 성격이 강하고 經濟性보다 安全性이 우선되어야 한다는 특성을 가지고 있다. 특히, 處分側面에서는 처분되는 방사성폐기물의 放射線準位에 따라 수백년 내지 수십만년의 事後管理를 요하며 주위환경에 대한 처분의 영향이 장기간 경과한 후에야 나타나는 등의 특성을 가지고 있는 만큼 방사성폐기물의 處理·處分, 특히 처분은 長期間에 걸쳐 存立이 保障되고 행위에 대한 責任을 질 수 있어야 할 것이다. 그러기 위해서는 國家主導下에 廢棄物管理가 종합적으로 수행되어야 할 것이다. 1984년 10월 제211차 原子力委員會가 議決한 대로 放射性廢棄物管理 基本原則에 따라 中·低準位 폐기물은 陸地處分으로 하며, 그 處分場은 原子力發電所敷地 外部에 集中的으로 建設하고, 放射性廢棄物의 관리에 소요되는 經費는 廢棄物 發生者가 負擔하여 安全性 確保에 差質이 없어야 할 것이다.

이상 살펴본 대로 中·低準位 폐기물은 그 發生量이 날로 急增하고 있는 만큼 많은 研究開發의 수행과 함께 안전하게 處理·處分시킬 方案을 講究해야 하겠다.

〈參考文獻〉

1. 朴憲輝外, "放射性廢棄物 處理·處分對策 研究", KAERI/RR-447/84, 科技處(1985).
2. 朴憲輝, "放射性廢棄物 綜合管理對策 檢討 報告書", 韓國에너지研究所(1983).
3. 朴憲輝, "國內 中·低準位 放射性廢棄物 永久處分 方案", 韓國核燃料株式會社(1985).
4. 韓弼淳, "放射性廢棄物 管理 現況과 展望", 韓國에너지研究所(1985).