

放 射 性 廢 棄 物 處 理

趙 鍾 應*

序 言

第二次大戰後 放射線이 人體에 주는 障害의 重大性은 널리 알려져 있다. 放射性을 내는 放射性物質은 適當히 制御하여 有效하게 利用할 수 있고 또 이는 第四의 새로운 “Energy 源”이라 하여 실제로 눈부신 開發을 이룩하고 있으나 이를 利用하고난 廢棄物의 人體에 미치는 障害의 重大性을 고려할때 그 處理가 問題視되지 않을 수 없다. 더욱이 放射性廢棄物은 一般工業廢棄物과 달리 다음의 特徵을 가지고 있다.

1. 人間의 感覺으로 探知할 수 없다.
2. 人體에 대한 障害가 어떤 工業廢棄物에 의한것 보 다도 크다.

3. 破壞하여 없애 버릴 處理方法이 없다(自然崩壞에 依하여 減衰하는 時間을 기다릴 뿐이다). 따라서 放射性廢棄物의 處理는 原子力開發을 平和的으로 이룩하기 위하여 不可缺한 部門이 아닐 수 없다. 그러나 廢棄物 處理의 실제 方法을 評價 決定하는 것은 이에 關與하는 因子가 많을뿐더러 서로 열키어 있으므로 매우 困難하다. 즉 放射性廢棄物의 處理는 原子力開發의 本質의 目標가 될 수 없는 同時에 純粹한 學問의 見地에서 도 成立될 수 없고 社會的 關聯性과의 妥協으로 이루어 지는 것이며 本質的으로 矛盾되는 安定性과 經濟性의 兩立을 必要로하는 宿命的 立場에 있기 때문이다. 核武器實驗이 列強의 協定으로 禁止된 오늘날에도 地球上에는 大略 다음과 같은 放射性廢棄物이 原子力의 平和的 利用의 副產物로 生成되고 있다.

1. R. I. tracer utilization에서 : $10 \sim 100 \text{ c/yr}$
2. radiation source ($10^4 \sim 10^5 \text{ c/yr}$)에서 : 若干
3. fuel reprocessing에서 : $10^5 \sim 10^8 \text{ c/yr}$ (c:curie)

이들이 우리環境에 汚染되지 않게 하기 위하여 國際 原子力機構規定에 맞는 處理를 해야 할 것이나 실제 處理法은 處理할 廢棄物의 性狀, 그 나라의 實情 더욱이 前述한 安定性과 經濟性을 兩立시켜야 하는 見地에서

各樣多色이 아닐수 없다. 現在 各國에서 施行 또는 開發中에 있는 廢棄物의 種類와 그 處理法의 大강을 紹介코져 한다.

放射性廢棄物의 種類

우선 廢棄物을 包含한 狀態에 의하여 固體, 液體, 氣體의 세가지로 나눈다.

1. 固體廢棄物은 放射性同位元素가 汚染된 固體를 말한다. 이는 處理의 便宜上 可燃性(combustible)과 不可燃性(uncombustible)의 두 가지로 나눈다. 放射性 同位元素를 取扱하는 實驗室에서는 대략 다음과 같은 量의 固體廢棄物이 생긴다.

	Volume	Normal level	Normal Density
combustible	0.2l/man-day	10^{-3} mc/l	0.15kg/l
uncombustible	0.1l/man-day	10^{-3} mc/l	1kg/l

2. 液體廢棄物은 放射性同位元素를 包含한 液體狀態의 폐기물을 말한다. 이는 廢棄物을 處理하는 立場에서 水溶液과 有機溶媒로 따로 區分한다. 一般實驗室의 境遇 液體廢棄物은 含有된 放射性同位元素의 activity에 依하여 다음과 같이 區分한다.

Low-level : $10^{-7} \sim 10^{-4} \mu\text{c/ml}$

Medium-level : $10^{-4} \sim 1 \mu\text{c/ml}$

High-level : $1 \mu\text{c/ml}$ 以上

(μc : micro-curie)

이 區分은 絕對的인 것은 아니며 때와 경우에 따라 달리 規定하기도 한다. 아직 우리 나라에는 例가 없으나 fuel reprocessing(燃料再處理)같은 경우에는 1 mc/ml 以上을 high-level 라고 區分하기도 한다.

一般實驗室에서 생기는 液體廢棄物의 量은 大略 다음과 같다.

Low-level : 50l/man-day

Medium level : 50ml/man-day

High-level : 1ml/man-day

3. 氣體廢棄物은 放射性同位元素를 包含한 氣體(몬

* 原子力研究所

지, 煙氣等包含)를 말하며 換氣에 依하여 一般的으로 $3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{man. day}$ 의 處理를 必要로 한다.

放射性廢棄物處理의 原理

序言에서 말한 바와 같이 放射性 廢棄物의 特徵은 人體에 對한 障害가 클뿐 아니라 人間의 五感으로 感知할 수 없는 것이다. 그렇기에 우리는 放射性 폐기물은 適當한 計器에 의하여 深知하고 이를 隔離된 處에 모아서 周圍環境에의 汚染과 人體에의 障害를 막아야 할 것이다. 放射性物質의 또 하나의 特徵으로서 오랜 時間이 經過하면 自然 崩壞하여 그 放射能이 減衰하므로 이 性質을 利用하여 處理할 수도 있다. 그러나 이는 半減期가 짧은 同位元素에는 適用될 수 있으나 一般的으로 모든 경우에 適用될 수는 없다. 어쨌든 放射性廢棄物은 隔離된 指定處에 모아 둘 수 밖에 없으나 經濟的인 면에서나 安全性的인 면에서 보아 貯藏施設을 最少로 維持할 方便이 必要하다.

여기에 放射性廢棄物의 處理가 必然적으로 擡頭하고 그 原理는 다음 세가지로 歸着될 수 밖에 없다.

1. 稀釋法: low-level liquid waste를 多量의 물로 稀釋하여 activity를 MPC(maximum permissible concentration) 이하로 하여 周圍에 放出 廢棄하는 境遇나 氣體廢棄物을 性能이 좋은 filter를 通過시킨후 多量의 空氣로 稀釋하여 放出廢棄하는것 등이 이에 속한다.

2. 濃縮法: 液體廢棄物을 蒸發, 吸着法等을 利用하여 그 容積을 될 수 있는 대로 적게 하거나 不燃性固體廢棄物로 壓縮하는 境遇等이 이에 속한다.

3. 貯藏에 의한 activity 減衰: 이것은 前述한 바와 같이 廢棄物중의 同位元素의 半減期가 짧은 경우에 利用되며 長時間 貯藏하여 activity를 減衰시킨후 MPC 以下の 濃度가 되던 放出廢棄하고 MPC 以上일 때는 一部 남은 半減期가 긴 同位元素의 濃縮을 위하여 다른 處理法으로 移讓하게 된다.

以上 세 가지의 處理原理는 그 때 그 때의 狀況에 따라 적당한 方法이 取擇되어져야 하며 어느 境遇이던 環境에의 廢棄處理 때는 그 activity가 MPC 以下라야 할 것은 물론이다. ICRP(International Committee on Radiological Protection)에서 定한 液體 및 氣體의 MPC는 다음과 같다.

(MPC)_w

Limitations	$\mu\text{C}/\text{ml}$ of wastes
Sr ⁹⁰ , I ¹²⁹ , Pb ²¹⁰ , Po ²¹⁰ , At ²¹¹ , Ra ²²³ , Ra ²²⁴ , Ra ²²⁶ , Ac ²²⁷ , R ²²⁸ Th ²³⁰ , Pa ²³¹ , Th ²³² 및 Th-nat 가 없을 때	3×10^{-5}

Sr ⁹⁰ , I ¹²⁹ , Pb ²¹⁰ , Po ²¹⁰ , Ra ²²³ , Ra ²²⁶ , Ra ²²⁸ , Pa ²³¹ 및 Th-nat 가 없을 때	2×10^{-5}
Sr ⁹⁰ , Pb ²¹⁰ , Ra ²²⁶ , Ra ²²⁸ 이 없을 때	6×10^{-6}
Ra ²²⁶ , Ra ²²⁸ 이 없을 때	10^{-6}
其他의 경우	10^{-7}

(MPC)_a

Limitations	$\mu\text{C}/\text{ml}$ of air
α -emitters 및 Sr ⁹⁰ , I ¹²⁹ , Pb ²¹⁰ , Ac ²²⁷ , Ra ²²³ , Pa ²³⁰ , Pu ²⁴¹ 인 β -emitters 및 Ek ²⁴⁹ 가 없을 때	10^{-9}
α -emitters 및 Pb ²¹⁰ , Ac ²²⁷ , Ra ²²⁸ 인 β -emitters 및 Pu ²⁴¹ 가 없을 때	10^{-10}
α -emitters 및 Ac ²²⁷ 인 β -emitters 가 없을 때	10^{-11}
Ac ²²⁷ , Th ²³⁰ , Pa ²³¹ , Th ²³² , Th-nat, Pu ²³⁸ , Pu ²³⁹ , Pu ²⁴⁰ , Pu ²⁴² Cf ²⁴⁹ 가 없을 때	10^{-12}
Pa ²³¹ , Th-nat, Pu ²³⁹ , Pu ²⁴⁰ , Pu ²⁴² , Cf ²⁴⁹ 가 없을 때	7×10^{-13}
其他의 모든 경우	4×10^{-13}

어떤 處理法에 依하여 放射性廢棄物이 除染, 濃縮되었을 때 除染係數(D.F.=decontamination factor)를 다음과 같이 規定한다.

$$D.F. = \frac{\text{Radioactivity/處理前의 廢棄物容積}}{\text{Radioactivity/處理後의 廢棄物容積}}$$

即 單位容積當 radioactivity의 比이며 만일 activity의 99.9%가 除去되었다면 D.F.= 10^3 , 99.99%가 除去되었다면 D.F.= 10^4 가 된다. 따라서 廢棄物處理法은 싼 값으로 D.F. 値를 올리는데 集約되어야 한다고 말할 수 있다.

固體廢棄物 處理法

前述한바와 같이 固體廢棄物은 處理의 便宜上 可燃性과 不可燃性의 두 가지로 나누나 생기는 過程을 생각하면 放射性同位元素를 취급하는 도중 器械나 紙布에 附着되어 생기는 경우와 液體 및 氣體廢기물을 處理하여 얻은 固形物의 경우를 생각할 수 있다. 前者의 경우는 大體로 汚穢한 것이 많으므로 不可燃性物은 이를 壓縮하여 容積을 적게 하거나 可燃性物일 때는 燒却處理를 하게된다. 그러므로 固體廢기물의 경우에는 容積을 적게하는 一般的 處理法과 高濃度의 것을 단단한 容器에 넣어 廢棄 혹은 貯藏하는 永久的 處分の 두 가지를 생각 할 수 있다. 容積을 減少케하는 處理法은

다음 세가지를 들 수 있다.

1. **壓縮法**: 무색한 不可燃性固體나 또는 濃도가 높은 무색한 固體폐기물의 경우, “鐵筒”같은 容器에 廢棄物을 넣고 壓縮器로 壓縮하여 容積을 적게하고 貯藏 및 廢棄에 便利케 하자는 것이다. 筒으로는 大概 5gallon can 이 使用된다.

2. **焼却法**(incineration method): 可燃性固體를 焼却器(incinerator)에 넣어 焼却處理하므로써 大部分을 氣體로 放出하고 少容積인 灰分으로 바꾸어 處理하는 方法이다. 이 때 특히 注意를 要하는 것은 焼却중에 發散하는 氣體成分이며 H^3 , C^{14} , S^{35} , I^{131} 등은 좋은 例가 된다. 특히 C^{14} 은 半減期가 5600年이나 되므로 $C^{14}O_2$ 로 되어 空中에 퍼지거나 C^{14} 粒子로 飛散하거나 間에 極心한 注意를 要한다. α -emitter 도 空氣中の MPC 가 알므로 U, Pu, Th 등을 包含한 廢棄物의 焼却處理 때는 特別한 注意를 要한다.

그러므로 焼却處理 때는 容積의 減少化(燒却)와 더불어 發生氣體 및 飛散固形物의 處理도 重要な 일이다. incinerator 는 이를 위하여 다음 세가지 重要部分으로 되어 있다.

- ① combustion unit
- ② air-washer 或은 scrubber
- ③ high-efficiency filter

scrubber 로서는 Schreier-Bartolucci scrubber, Pease-Anthony Venturi scrubber 등이 使用되며 filter 로는 AEC filter(absolute filter 라고도 함)가 常用된다. AEC filter 는 원래 美陸軍에서 開發한 것을 改良한 것이며 glass fiber 로 되어 있고 $200^{\circ}C$ 에서도 使用할 수가 있다. incinerator 는 연소부에서 發生한 氣體나 飛散固形物을 scrubber 를 通過시키고 또 性能 좋은 filter 를 통과시켜 回收可能物의 空中 발산을 막고 弱한 activity 의 氣體를 空中에 放出 회색케하는 장치로 되어 있다.

3. **化學抽出法**: 이는 化學藥品을 써서 放射性物質을 抽出해 내는 方法이다. 放射性同位元素를 植物이나 動物에 注入하여 實驗하였을 때 그 動植物을 焼却處理하는 것 보다는 해당成分을 適當한 藥品을 써서 抽出하는 것이 有利할 때가 있다. 또 이온交換樹脂로 放射性廢棄液을 處理하여 目的成分을 吸着시키고 樹脂를 再生하기 위하여 化學藥品을 쓰는 경우도 이 方法에 해당된다.

이렇게 抽出하였을 때는 放射性物質이 抽出液에 移動하여 液體廢棄物이 되므로 液體廢棄物의 處理法으로 다음 處理를 하게된다.

貯藏이나 廢棄에 의한 永久處分法은 海洋投棄와 地中埋沒의 경우가 있다. 經濟적으로 보아 더 以上 處理할 수 없이 濃縮된 固體廢棄物은 최후로 이 方法에 의

하여 處分된다.

1. **海洋投棄**(sea disposal). 固體廢棄物을 drum와 같은 튼튼한 筒에 cement 와 섞어서 넣어 固着시킨다. 이때 廢棄物의 密度는 $1.2g/ml$ 以上이어야 하며 表面에서의 放射能도는 $200mr/hr$ 以下이어야 한다. 200l의 筒에 0.2 curie 까지의 廢棄物을 담을 수 있다. 이런 條件의 固體廢棄物은 海岸에서 100km 以上 떠러지고 水深이 2000m 以上の 바다에 投棄할 수 있다.

그러나 이 方法을 택하고자 할 때는 放射性物質의 溶解 分散性을 고려할 것은 물론 投棄點의 潮流, 海棲動物의 生態 및 이에 關聯된 國際法도 고려하여야 할 것이다. 一般적으로 投棄된 放射能의 5% 程度가 投棄直後에 새어 나온다 하며 從前에는 美, 英 등의 諸國이 이 方法을 實施하였으나 最近에는 거의 택하여지지 않고 國際原子力機構에서도 最近에 와서는 實用될 方法이 못된다고 하고 있다.

2. **埋沒法**(Burial method). 前項과 같이 容器에 담은 最終廢棄物을 一定한 地上區域을 定하여 그 안에 埋沒하는 것이다. 그러나 이때에도 考慮條件은 많다. 即 넓은 burial site(50km 半徑의 面積이 추천된다)가 必要하며 그 區域內는 사람의 出入 및 接近이 禁止되어야 하며 地質學的인 問題 및 地下水의 狀況, 小動物의 生棲狀態 등이 考慮되어야 한다. 또한 邊方이라 할지라도 作業上 輸送道路는 있어야 할 것이다.

이 方法의 長點은 經濟的인 點과 處分이 簡便하다는 點이다. 短點으로는 地下水에의 放射性物質 浸出 및 小動物等에 대한 汚染의 危險性을 들 수 있다.

液體廢棄物 處理法

放射性 廢棄物處理에 있어 普遍的으로 問題되는 것은 이 경우이다. 前述한 바와 같은 activity 에 의한 세가지 level의 區分은 확실히 알아야 處理를 할 수 있으며 그 밖에도 含有된 同位元素의 化學的 性質, 核種 및 半減期 등을 알면 處理에 대단히 有利하다(大概의 경우 確實히는 어려우나 大充은 알아야 한다).

放射性 液體廢棄物의 處理法은 세가지로 大別할 수 있으며 各 方法의 D.F. 값 및 所要費를 比較하면 다음과 같다.

Method	D.F. (normally)	Approx. unit cost \$/m ³	Approx. unit cost, c/normal DF
Flocculation (and precipitation)	$3 \sim 10^2$ (10)	1~3	10~30
Ion-exchange (with or without electrolysis)	$10^2 \sim 10^5$ (10^3)	3~11	0.14~0.2
Evaporation	$10^3 \sim 10^7$ (10^4)	14~22	0.14~0.22

이 밖에 貯藏法 및 冷凍法이 있으나 前者는 處理가

하기 어렵고 後者は 아직 開發中인 方法이다. 前表에서 各 方法의 單位容積 當 處理費와 D.F. 值 當 處理費가 逆比例하니 그때 그때의 處理할 廢液의 狀況에 따라 가장 經濟的인 處理方法을 택하여야 할 것이며, 경우에 따라서는 두가지 以上の 處理法을 兼用할 수도 있다.

1. 凝集, 沈澱法(Flocculation and precipitation method) 대개의 경우 液體廢棄物處理에서는 이 方法을 거치는 것을 通例로 한다. 즉 液體廢棄物의 主處理 또는 前處理過程으로 實用된다.

凝集劑로서는 lime, soda-ash, alminum sulfate, tannic acid 등이 使用되며 대개 50~200ppm 가량 投入한다. 그러나 除染率은 核種에 따라 큰 差異가 있으며 前記凝集劑를 使用한 경우 Sr는 70~90% 除去되는데 비하여 Cs, I, Ru 등은 20~30% 밖에 除去되지 않는다. Cs, I, Ru, 등은 오히려 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{FeSO}_4$ 나 粘土에 의하여 잘 除去되므로 여러가지 核種이 섞여 있을때는 第一段階凝集에서 適當한 核種을 除去하고 第二段階에서 다른 凝集劑를 넣어 나머지 核種을 除去하는 등의 多段階凝集法도 使用되고 있다. 核種에 따라서는 phosphate($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 나 Na_3PO_4 등)가 凝集劑로서 有效할때도 있다. 凝集때나 沈澱때나 廢液의 一般化學成分 및 pH는 重要な 要素이므로 잘 알고 또 適切히 調節할 必要가 있다.

沈澱法때는 溶解積 및 共沈의 一般化學的 原理가 그

대로 適用되며 嚴格한 濾過裝置가 必要하다.

이 方法에 의한 處理를 거친 후 沈降物은 分離하여 固體廢棄物로 處理하고 處理된 廢液은 activity가 (MPC)w를 超過하는 與否에 따라 다른 處理法으로 移讓되든가 放出廢棄하든가 한다.

이 方法은 經費가 적게 드나 D.F. 값이 낮으므로 high-level waste는 이 方法만으로는 處理를 完結하기 困難하다. 대체로 이 方法에 의하면 α -emitter는 잘 제거되나 β -emitter는 除去率이 좋지 않다.

2. 이온交換法. 이온交換樹脂를 넣은 column에 放射性廢液을 통과시켜 放射性物質을 이온交換樹脂에 吸着濃縮시키는 方法이다. 보통 1 容積의 陽이온交換樹脂와 2 容積의 陰이온交換樹脂를 섞어서 使用한다. 廢液중에 固體物이 있으면 이온交換樹脂의 性能을 甚히 弱화시키므로 電氣透析裝置에 먼저 通過시켜 前處理한 다음 樹脂로 處理하면 D.F. 값이 올라간다. 또한 pH 共存이온 등도 適切히 調節하여야 한다.

이온交換樹脂를 使用할 경우 D.F. 값은 높아 좋으나 再生을 양하던 經費가 너무 걸리고 再生하여도 少量이 나다 다시 處理하여야 할 廢液이 생기는 弱點이 있다. 이를 打開하기 위하여 값싸고 比較的 交換能力이 좋은 自然이온交換體가 開發되었다. Mol 研究所(Belgium)의 Lignite, Harwell(英國)의 Vermiculite 開發이 그것이다. Harwell에서의 利用例를 다음에 들어본다.

低廉한 粘土 鑛物의 開發은 우리나라 實情으로 보아

Process	Removal %		Vol for storage (as 100 vol influents)	Cost c/m ³ of effluent
	α	β - γ		
Two step flocculation	99.65	90.89	0.560	75
Two step flocculation and Vermiculite treatment	99.95	99.36	0.718	72
Two step flocculation and electron deionisation	100	99.85~100	0.685	88

특히 留意할 점이라 하겠다.

3. 蒸發法. 이 方法은 文字 그대로 蒸發器를 利用하여 廢液을 加熱 蒸發시키므로써 廢棄物의 容積을 最少로 주리자는 것이다. 이 方法은 D.F. 값은 매우 높으나 經費가 많이 든다는 弱點이 있다. 즉 他方法과의 經費比較로서 알 수 있듯이 蒸發法은 high-level waste 處理에나 利用되며 低, 中-level waste의 處理에는 經濟的으로 合當하지 못하다.

이 方法에서도 蒸氣의 通路에는 glass fiber를 充填하여야하며 蒸發殘渣는 固體廢棄物로서 cement 등과 混合하여 處理한다.

經費를 輕減하기 위하여 完全히 蒸發시키지 않고 半流動體인 sludge로 만들어 cement clay 등과 섞어 固化 處理하는 경우도 있다.

4. 冷凍法. 純粹한 물의 氷點이 水溶液의 氷點보다

도 높다는 것을 利用하여 冷凍에 의한 氷化, 溶融을 되풀이 함으로써 放射性廢液을 濃縮하자는 方法이다. 즉 放射性이온을 包含한 水溶液(廢液)을 冷凍하면 처음에 어는 얼음은 純粹한 H_2O 가 大部分일 것이므로 어느 정도 얼린 다음 얼음을 건져 내고 또 얼리는 作業을 되풀이 하여 廢液을 少量으로 濃縮시키자는 것이다.

5. 貯藏法. 放射性廢液을 一定施設에 放置함으로써 自然崩壞에 의한 放射能의 減衰를 기다리는 方法이다. 雜多한 數十種 放射性 核種을 包含하고 activity가 強한 燃料再處理廢液도 Pu를 分離한 다음 數年 放射하여 두면 半減期가 짧은 核種은 大部分 消滅되고 Cs, Sr, Pm 등 數種의 問題核種이 남을 뿐이다. 이렇게 high-level waste를 長期間 貯藏할에는 特別한 施設과 管理가 必要하나, 半減期가 짧은 核種이 섞여 있는 low-

level waste 는 屋外 pond 에 貯藏하였다가 activity 가 減衰하여 MPC 以下로 되었을때 放出廢棄하는 方法 등이 있다.

6. 稀釋法. 一般實驗室에서 흔히 사용되는 方法이며 low-level 의 液體廢棄物의 경우 이것을 물로 充分히 溶解하여(MPC 以下) 排水口로 放出시키는 方法이다. 이 方法은 low-level waste 以外の 경우에는 適用할 수 없다.

氣體廢棄物處理法

放射性廢棄물이 氣體인 경우에는 人體內 吸入에 의한 危險性때문에 특히 注意를 要한다. 따라서 發生源을 잘 調節管理하고 換氣를 充分히 하고 空氣汚染을 방지하는 施設을 하여야 한다.

核分裂 生成物 중 約 10% 는 Kr^{85} , Xe^{133} , I^{131} 등의 氣體 혹은 揮發性物質이다. 이를 固着시키기 위하여 吸收性이 센 化學藥品과 接觸시키기도 한다. Kr, Xe 와 같은 活性氣體의 處理는 특히 困難하다. 이들을 위하여는 最近 molecular sieve 등에 의한 吸收法 등이 研究되고 있다.

一般的으로 放射性同位元素를 다루고 있는 實驗室은 1 時間에 數回~10 回の 換氣가 必要하며 이 換氣施設의 出口에는 性能이 좋은 filter system 이 있어야 한다. filter 는 前述한 바와 같이 glass-fiber 로 된 AEC filter 가 優秀하다. 放射性同位元素가 固着된 filter 는 許容度가 넘으면 代치하여야 하며 固着廢棄物로 處理한다.

氣體廢棄物 중 특히 問題되는 것은 上記와 같이 固着除去가 困難한 不活性氣體核種 및 (M, P, C)가 알은 α -emitters 등이다. 處理를 끝내고 空中(環境)에 放出되는 氣體의 activity 도 (MPC) 이하가 되어야 할 것은 勿論이다.

High-active waste 의 處理

一般實驗室과 달리 核燃料 再處理의 경우 取扱되는 液體의 activity 가 1curie/ml 나 될때가 있다. 이 경우 high-level 라 함은 大體로 1~1000curie/l 이며 取扱施設도 더욱 嚴格하고 完璧하여야 한다. 즉 換氣施設 등은 物論이고 hot-cell, hood, 遠隔操縱裝置, 特殊한 drain 등이 必要하다.

우리나라에서는 아직 處理하지 않고 있으나 現在 世界의 放射性廢棄物 處理課題는 核燃料 再處理에서 나오는 등의 高濃度廢液處理에 集中되고 있다. 이는 지금까지 記述한 여러 處理法은 탐탁치 않아 더욱 값싸고 安全한 處理法을 찾고자함이다. 以下 開發 혹은 實用上에 있는 몇가지 處理法을 記述하겠다.

1. Glass 化處理. L. C. Watson 등에 의하여 開發된 方法이며 nepheline syenite 를 強酸과 섞으면 gel 이 形

成되고 이는 900°C 에서 마르나 135°C 에서 熔融되며 lime 을 加하면 glass 質이 되어 아주 安定하므로 이에 高濃度廢液을 섞어 安定한 glass 質로 固化시킨다. 이렇게 만든 것은 水中에서도 浸出量이 매우 적어 10^{-4} ~ $10^{-5}\%$ /week 라 한다.

2. Ceramic 化處理. 高濃度廢液(大體強酸性)을 粘土 礦物과 섞고 硼酸 등을 熔劑로 하여 加熱 혹은 熔融하여 ceramic 化 시킴으로써 廢液을 固化處理하는 方法이며 Oakridge(美國)에서 開發되었다.

3. Calcination. Al-U. fuel waste 를 處理하기 위하여 Argonne National Laboratory (美國)에서 發展시킨 fluidized bed 法과 Los Alamos (美國)에서 發展시킨 ceramic sponge 法 등이 있다. 前者는 高濃度廢液上을 400~500°C 로 加熱된 空氣나 水蒸氣를 通過시켜 증으로써 廢液을 酸化하여 流動性固體로 하는 方法이고 後者는 ceramic sponge 를 만들어 廢液을 吸收 乾燥를 되풀이하는 方法이다.

4. Semisolid gel 化. Hanford 에서 發展시킨 方法으로 高濃度廢液을 water glass 와 混合시킴으로써 廢液을 semisolid gel 化하는 方法이다.

5. Montmorillonite 法. 核分裂生成物 중 Ru 以外는 대개 水溶液중 陽이온이 되는 점에 着眼하여 montmorillonite 같은 陽이온交換能이 큰 自然界粘土를 使用함으로써 이온交換 및 吸着에 의한 廢液의 固化處理를 하자는 것이다. Brook Haven(美國)에서 開發 중이며 montmorillonite 는 1000°C 로 加熱하면 交換能力이 없어지고 固着되므로 便利하다.

結 論

廢棄物處理란 處理와 處分(廢棄)을 같이 생각한 것으로서 技術的으로 問題視않되는 일도 社會와이 聯關上 같은 比重으로 考慮하지 않으면 안 될 處地에 있다. 前述한 바와 같이 그 處理法은 分野(生成源, 廢棄物의 性狀)에 따라 各樣各색이며 모든 것에 共通되는 最善의 處理法이란 있을 수 없다.

따라서 處理法의 技術的 考慮과 더불어 다음과 같은 對社會聯關性을 생각하지 않으면 안된다.

1. 處理後 廢液의 放出에 대한 法的 規制.
2. 處理後 濃縮物 處分에 대한 法的 規制.
3. 關係作業員 및 一般大衆의 理解와 態度.
4. 經濟的 問題.

要컨대 가장 低廉한 價格으로 安全하게 그리고 技術的으로는 最大의 D.F. 值를 낼 處理法을 그때에 따라 택하여야 한다. 특히 우리나라와 같은 경우는 最良의 方法이라고 해서 여러 施設을 모두 갖출 수 없는 財政狀態이므로 最良의 處理法을 取擇하기 전에 制限된 處理施設 중 어느것을 設置하여야 할것인가를 먼저 생각

하지 않을 수 없다.

오는 4월부터는 “放射線障害防禦令”이 施行된다고 한다. 이를契機로 放射線에 의한 障害 및 防禦에 대한 社會的 關心은 높아지리라 보며 이는 곧 放射性廢棄物處理의 問題와 한결같이 直結되어 있는 것이다.

우리 原子力研究所에서는 이온交換樹脂를 使用하는 이온交換法에 의하여 廢液을 處理하고 있으며 한편 低廉한 國產粘土를 利用하여 廢液을 處理할 裝置를 現在 施設 중에 있다. 同好諸位의 理解와 聲援을 冀어 마지 않는다.

引用文獻

1. W. A. Rodger; “Radioactive Waste Disposal” TID-4500 (1960)
2. C. A. Mawson; “Processing of Radioactive Wastes” IAEA Review series No. 18. (1961)
3. A. G. Blasewitz; “Treatment of Radioactive Waste gases” Geneva conference. p/397. 18 (1958)
4. P. Dejonghe, et. al “Treatment of Radioactive Effluents at the Mol Laboratories” ibid, p/1976. 18 (1958)
5. 阪田: “歐州에 있어서의 放射性廢棄物處理” JAERI-4021 (1962)
6. T. Tamura, et. al. “Sorption and Retention by Clay Minerals”. TID-7621 (1959)
7. Henry Brynielsson, et. al.; “Radioactive Waste Disposal into the Sea” I. A. E. A. Safety series No. 5 (1961)
8. “Waste Disposal” Reactor Fuel Processing 6 No. 1 p. 44. (1963).

分 會

東洋세멘트工業株式會社	高一龍
靑丘大學	朴元圭
湖南肥料株式會社	金宗洽
忠州工業初級大學	李熙哲
白光藥品株式會社	尹錫吳
忠州肥料工場運營株式會社	金永生
延世大學校 理工大學	金丙郁
서울大學校 工科大学	李載聖
韓國火藥株式會社	朴贊東
韓國유리株式會社	姜容求
株式會社 三養社	許鈴
漢陽大學校 工科大学	鄭雨昌

特別會員

- (1) 忠州肥料工場運營株式會社
- (2) 湖南肥料株式會社
- (3) 大韓石油公社
- (4) 韓國火藥株式會社

團體會員

東洋세멘트株式會社 三陟工場