

行政院原子能委員會放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

日本低放廢棄物處置安全標準研究

計畫編號：101FCMA006

報告編號：101FCMA006-07

執行單位：核能研究所

計畫主持人：周鼎

子項工作負責人：邱鎧盛

報告作者：邱鎧盛

報告日期：中華民國 101 年 12 月

(本頁空白)

日本低放廢棄物處置安全標準研究

邱鎧盛

摘要

日本原子力安全委員會(Nuclear Safety Commission, 簡稱 NSC)基於放射性廢棄物處置的安全考量, 在 1985 年規定要求放射性廢棄物在尚未衰變至無害程度以前, 必須經過安全評估並採行適當的處置方式, 以工程障壁、天然障壁及監管措施等等, 將放射性物質與人類生活圈做有效的隔離。

NSC在2004年6月修正了放射性廢棄物處置安全管制的共同重要事項, 主要由於處置的長期安全考量, 具有很高的不確定性, 有必要參酌採用風險機率概念方式, 進行放射性廢棄物處置的安全評估, 同時依不同發生頻率的事件之對應情節, 採取不同的劑量限值, 讓安全評估更具科學的合理性; 對應情節包括基本情節、變動情節及人為或稀有事件情節, 劑量限值分別為: $10 \mu\text{Sv/y}$ 、 0.3 mSv/y 及 $10\sim 100 \text{ mSv/y}$ 。

關鍵詞: 放射性廢棄物處置、工程障壁、風險機率

目錄

前言.....	1
日本低放射性廢棄物處置的安全要求.....	3
結語.....	7
參考文獻.....	10

圖目錄

圖 1 日本放射性廢棄物的分類及最終處置概念圖	8
圖 2 日本本州青森縣六個所村低放處置場	8
圖 3 低放射性廢棄物處置逐步控制概念圖	9

(本頁空白)

前言

低放射性廢棄物問題的解決之道在於興建處置設施將廢棄物埋藏於地下，藉多重障壁，安全地隔離放射性廢棄物於人類生活環境之外，此種處置方式已獲國際原子能總署之認可與推薦，目前營運中的處置場計有八十處，分屬三十四個國家，顯見在技術上並無困難。

日本的放射性廢棄物區分為第一種與第二種放射性廢棄物，相對於我國則稱為高放射性與低放射性廢棄物，其中低放廢棄物處置可區分淺地壕溝處置(簡稱壕溝處置)、淺地混凝土窖掩埋處置(簡稱淺地掩埋處置)及餘裕深度(50m~100m)的坑道處置(簡稱淺地坑道處置)三種方式，日本放射性廢棄物的分類及最終處置概念方式如圖1。

日本為核能科技先進國家，對於低放射性廢棄物最終處置之規劃不遺餘力。六個所村(Rokkasho-Mura)處置場位於日本本州青森縣(如圖2)，於1992年12月由日本核燃料公司(JNFL)負責開始營運，第一期已處置近20萬桶低放射性廢棄物，接收來自核能電廠與再處理廠之低放射性固化廢棄物。六所村處置場有兩個主要設計目標：一為早期以工程障壁確保放射性核種侷限於處置場內，在低放射性廢棄物置放處置設施後，再以水泥漿將空隙填滿，以防止水與廢棄物桶接觸。此外，在處置窖底鋪設多孔隙混凝土層，可將滲透水予以收集、偵測後排放，以防止水與廢棄物桶接觸；二為確保長期處置之安全

性，處置場建於岩層上方，處置層上方覆以至少 2 公尺厚膨潤土與砂之混合層，再以一般土壤回填。此種設計可確保處置場在地下水之上方，且將來土地再利用時也不易被破壞。另外，日本核燃料公司針對核能電廠產生高活度低放射性廢棄物之處置，已於 2001 年 5 月規劃進行地下 50~100 公尺之坑道處置，並展開地質調查與相關研究；六所村處置場對參訪民眾設有作業接待區，可安排民眾到作業現場就近觀摩廢棄物掩埋作業，以增加民眾對放射性廢棄物處置安全的信心。

日本低放射性廢棄物處置的安全要求

日本NSC在1985年訂定放射性廢棄物處置的基本安全考量，要求對放射性廢棄物未衰變至無害程度前，必須經安全評估採行適切的處置方式，以工程、天然障壁及監管措施，有效的將放射性物質與人類生活圈有效隔離。

為符合上述之基本安全考量，淺地掩埋處置分成4個階段加以有效管理，以確保其安全（如圖3）。第一階段為處置設施的運轉期，從設施完成接收廢棄物開始至往後的25~35年之間，工程障壁在這一階段必須能有效的將廢棄物包封，同時要監測有無放射性物質自工程障壁外漏，若有放射性物質外漏則必須檢查處置窖並加以修護。第二階段是第一階段結束後的25~30年，此時處置設施已停止接收，處置窖周邊構築檢查坑道並加以覆土，處置窖及覆土在此階段要能有效抑制放射性物質的遷移，並要監測放射性物質漏出的情況。第一、二階段期間必須對處置區之地面排水、地下水及周邊地區直接輻射進行監測。第三階段則是第二階段結束後開始，直到第一階段結束後約300年的時間，主要靠天然障壁即地層抑制放射性核種向人類生活圈遷移。從第一階段至第三階段整個期間，處置區及周圍地區應進行定期檢查及環境監測，並於處置區設定保全區域以管制人員的進出，以有效防止人為的挖掘破壞等行為。

日本放廢處置設施監管期對一般民眾的輻射劑量法規限值為1 mSv /y。但處置設施進入免於監管的第四階段其輻射劑量限值為10 μ Sv /y，因此，第三階段真正所需時間有多長，取決於處置場何時可將對一般民眾的輻射劑量下降到10 μ Sv/y而定，前述300年為考量低放廢棄物淺地掩埋處置特性所建議的具代表性的參考期限。以日本六個所村場區之淺地掩埋處置而言，由安全評估之情節評估顯示，人類在處置場區的挖掘行為是影響監管期長短的關鍵。

六個所村淺地掩埋處置設施經長期的安全評估結果，其中最主要的劑量來自居住於處置區所受之體內及體外曝露劑量，所以長期的監管措施的重點，在於防止民眾不當進入處置區居住。整體而言，1 號及 2 號掩埋處置設施各情節合計之劑量分別低於 2 μ Sv /y 及 1 μ Sv /y，均符合法規 10 μ S /yr v 要求。JNFL 在六個所村計劃處置 300 萬桶時，考量所產生劑量的合併效應，以目前 1 號及 2 號掩埋處置設施所產生的合併劑量推估，若處置 300 萬桶及淺地坑道處置設施所造成的一般民眾劑量應已接近 10 μ Sv /y。

日本NSC在2004年6月修正放射性廢棄物處置安全管制的共同重要事項，主要為處置的長期安全考量，具有很高之不確定性，有必要參酌採用風險機率概念方式，進行放射性廢棄物處置的安全評估，依不同發生頻度的事件之對應情節，採取不同的劑量限值，讓安全評估

更具科學的合理性，所考量的各情節分述如下：

1. 基本情節：劑量限值為 $10\ \mu\text{Sv}/\text{y}$ ，考量在正常情況下處置設施的工程障壁，能如預期有效的將放射性廢棄物和人類生活圈隔離，地層隆起或侵蝕及氣候變遷所引起的地下水條件變動範圍較小，其評估情節確實而採用之評估數據適當。

2. 變動情節：劑量限值採用為 $0.3\ \text{mSv}/\text{y}$ （國際輻射防護委員會（ICRP）81號報告，對放射性廢棄物處置建議的輻射劑量），考量在正常情況下，處置設施的工程障壁發生比預期較早的劣化，地層隆起或侵蝕及氣候變遷所引起的地下水條件變動範圍較大，其評估情節具科學的合理性，而採用之評估數據範圍適當。

3. 人為或稀有事件情節：（ICRP）81 號報告認為，若人員闖入會導致廠址周遭的劑量高至要正當化現有的準則，便應在貯存場的開發階段盡合理的努力來降低人員闖入的機率或限制其後果。於此方面，委員會建議現行約為 $10\ \text{mSv}$ 的年劑量可作為通用的參考水平，若劑量低於此水平，干預便不可能正當化。反之，現行的 $100\ \text{mSv}$ 可作為通用的參考年劑量，若超過此值，便應將干預正當化。類似的考量適用在相關器官的劑量超過確定效應閾值的情況。

因此，日本對人為或稀有事件情節劑量限值定為 $10\sim 100\ \text{mSv}/\text{y}$ ，考量人為的偶發處置區挖掘行為，或是突發的大規模的地震對地下水

造成極大變動的情節。由於未來人類挖掘行為的不可預測性，只可採用現代的挖掘行為作為預想的評估情節。

我國低放處置並未採用風險機率概念方式評估，而以大部份國家所普遍採用的決定性評估方式，我國的低放處置設施的輻射劑量限值為0.25 mSv/y，此與美國的低放處置設施的安全評估和輻射劑量限值相同。國內雖未採用風險機率概念方式評估，但日本基本情節的劑量限值為 $10 \mu\text{Sv/y}$ 值得供為國內評估監管期長短的參考，另其人為或稀有事件情節的劑量限值範圍10~100 mSv/y，亦可供處置設施異常事件評估之劑量限值之參考。

結語

放射性廢棄物的存在是既成的事實，來自醫、農、工、研業者的放射性廢棄物與未來核能電廠除役拆廠產生的廢棄物，均須予以妥善處置。日本NSC考量處置的長期安全，具有很高之不確定性，為了讓放射性廢棄物處置安全評估更具科學的合理性，參酌採用風險機率概念方式，進行放射性廢棄物處置的安全評估，依不同發生頻度的事件之對應情節，採取不同的劑量限值，唯，由於未來人類行為的不可預測性與氣候變遷自然災害發生機率估算之困難，欲對風險加以評估，在執行上恐難落實。

放射性廢棄物處置的基本原則，為下一個世代由今日放射性廢棄物處置行動所受到的保護水平應等同於這個世代所受到的保護水平，此意味著要使用現有自健康損傷推導出的風險和劑量標準，所以應將這些劑量或風險標準應用至適當定義臨界群體的未來劑量預估值，以實現對下一個世代的保護，這些評估不應視為對未來數百年健康效應的量度，對於更長的時間，它們代表處置系統能夠承受的防護指標。

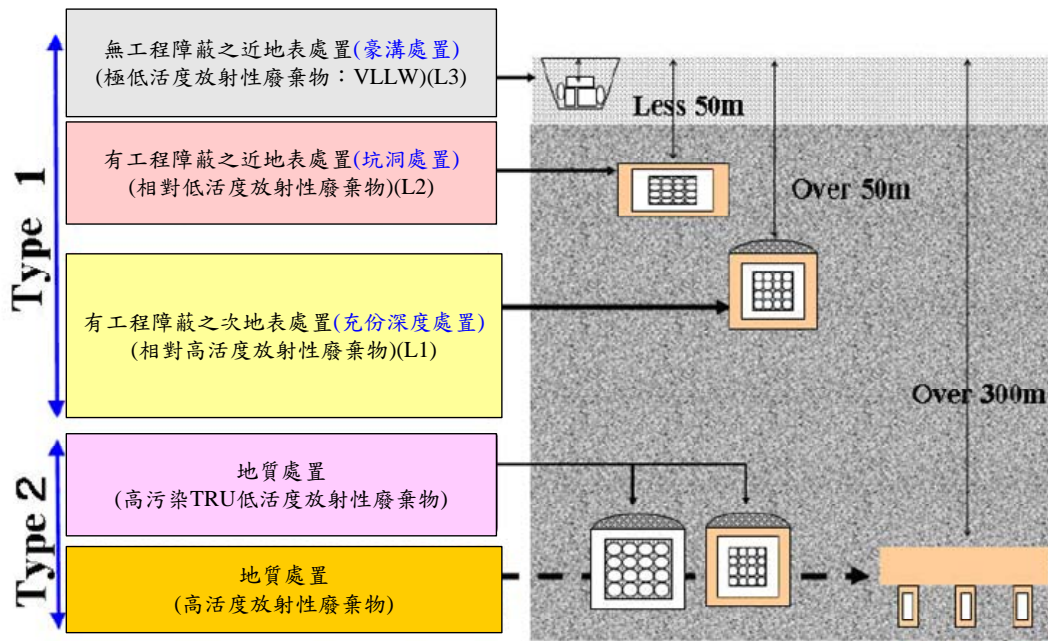


圖 1 日本放射性廢棄物的分類及最終處置概念圖



圖 2 日本本州青森縣六個所村低放處置場

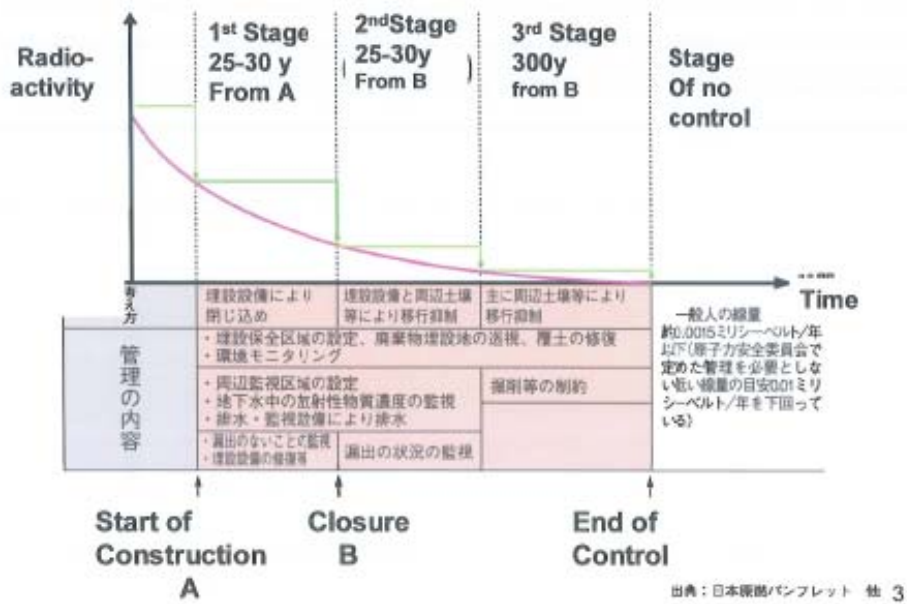


圖 3 低放射性廢棄物處置逐步控制概念圖

參考文獻

1. Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste , (ICRP Publication 81) Approved by the Commission in September 1999
2. 劉文忠簡任技正，研習日本放射性廢棄物最終處置選址作業及安全管制報告，2000.01
3. 第二種廢棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方，平成22年8月9日，原子力安全委員会決定
4. 日本原燃産業株式會社，1989，六個所村低放射性廢棄物貯藏設施-廢棄物掩埋事業許可申請書（一部補正）之概要