

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

低放射性廢棄物坑道處置技術  
審查要項研究

計畫編號：98FCMA001

執行單位：核能研究所

計畫主持人：吳禮浩

報告日期：中華民國九十八年十一月

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

低放射性廢棄物坑道處置技術  
審查要項研究

協同研究人員：紀立民、陳誠一

## 中文摘要

我國低放射性廢棄物處置場目前正積極進行選址作業，依據預定時程將於民國 100 年進行建造執照審查。坑道處置為可能的設計概念，審查機關放射性物料管理局爰委請核能研究進行「低放射性廢棄物坑道處置審查技術要項研究」。本研究工作完成(1) 研擬低放射性廢棄物處置設施安全評估審查導則草案；(2) 協助物管局完成本土化審查導則草案第 0 版之研訂；(3) 處置設施建置申請，程序審查作業應完備技術文件建議清單與低放射性廢棄物處置技術關鍵議題文件。相關成果可提供審查機關進行低放射性廢棄物處置場興建申請安全審查作業所需，有助於提升審查品質，確保處置安全。

關鍵字：低放射性廢棄物、坑道處置、審查導則

## **ABSTRACT**

Taiwan is executing an aggressive schedule to select a final disposal site for low-level radioactive waste (LLRW). As scheduled, the licence application for the construction of LLRW repository will be in 2011. Institute of Nuclear Energy Research (INER), which has an experience in technology development for the radioactive waste management, pursue a contract to study safety issues should be considered during design and construction phases for the Fuel Cycle and Materials Administration (FCMA).

The achievements of this study includes follows: (1) draft review plan for safety analysis, (2) compiled draft standard review plan for construction licencing of LLRW repository, and (3) study on technical issues for application documents of LLRW repository. These can benefit the review work of the licence application and also improve the safety of LLRW disposal facilities.

Keyword: low-level radioactive waste, cavern disposal, standard review plan

# 目錄

中文摘要.....	i
ABSTRACT .....	ii
目錄.....	iii
附圖目錄.....	v
附表目錄.....	vi
<b>1. 前言 .....</b>	<b>1</b>
1.1 計畫緣起與目的 .....	1
1.2 研究方法.....	1
1.3 成果效益.....	2
1.4 報告架構.....	2
<b>2. 低放處置設施安全評估審查導則草案研究.....</b>	<b>1</b>
2.1 IAEA 建議的低放處置設施安全評估方法.....	1
2.2 美國 NUREG-1573 建議的低放處置設施安全評估方法 .....	4
2.3 美國 NUREG-1199 架構的低放處置設施功能評估 .....	8
2.4 低放處置設施安全評估審查導則草案研議.....	8
<b>3. 低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告 審查導則草案之研訂 .....</b>	<b>14</b>
3.1 審查導則草案研訂方法 .....	14
3.2 審查導則草案內容 .....	15
<b>4. 低放射性廢棄物處置設施審查案例研析與 技術文件建議清單 .....</b>	<b>24</b>
4.1 WCS 低放射性廢棄物處置執照申請案例.....	24
4.2 處置設施申請重要技術文件建議清單 .....	25

5. 其他計畫成效與審查技術交流.....	38
6. 結論 .....	40
參考文獻 .....	42
附錄 A：低放射性廢棄物處置設施安全評估審查導則草案	
附錄 B：低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則草案	
附錄 C：NUREG-1200 翻譯名詞對照表	
附錄 D：期末報告審查意見及處理情形表	

## 附圖目錄

圖 2-1 ISAM 建議安全評估的步驟 .....	12
圖 2-2 NUREG-1573 建議的功能評估方法（改繪自 NRC, 2000） .....	13

## 附表目錄

表 3-1 我國低放處置 SAR 導則對應 NUREG-1200 比較 .....	17
表 3-2 我國低放處置 SAR 導則對應處置方式比較.....	21
表 4-1 WCS 低放射性廢棄物處置設施申請審查歷程.....	27
表 4-2 WCS 申請案安全分析報告主要內容暨附件.....	29
表 4-3 處置場發展項目/階段可能產出的重要技術文件 .....	34
表 4-4 處置設施設置申請安全分析報告附屬的重要技術文件建議清單 ....	36



# 1. 前言

## 1.1 計畫緣起與目的

行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱核研所)為配合行政院原子能委員會放射性物料管理局(以下簡稱物管局)之業務研發需求，接受委託執行「低放射性廢棄物坑道處置審查技術要項研究」(以下簡稱本計畫)。計畫期程自民國 98 年 3 月 25 日起至民國 98 年 12 月 31 日止，共九個月餘。計畫目標在於依據物管局的構想與需求，協助彙整本土化低放射性廢棄物(以下簡稱低放)處置審查導則(RP)草案第 0 版，暨研擬低放處置設施安全評估審查規範；另蒐集國際低放處置案例，據以檢討本土化低放處置關鍵技術議題，及擬定程序審查技術文件清單，供物管局執行審查作業時參考。

本計畫工作項目如下：

- (1) 研擬低放處置設施安全評估審查導則(RP)草案。
- (2) 協助物管局完成本土化審查導則草案第 0 版之研訂。
- (3) 完成：
  - a. 處置設施建置申請，程序審查作業應完備技術文件建議清單；
  - b. 低放處置技術關鍵議題文件。
- (4) 管制技術人員技術交流。
- (5) 撰寫研究成果報告。

核研所如期依據計畫需求完成各項工作，並將研究心得撰寫為計畫成果報告(以下簡稱本報告)，提供物管局參考。

## 1.2 研究方法

- (1) 資訊彙整與編譯：彙整核研所既有圖書資訊與搜尋網路資訊取得計畫工作所需相關資訊。另針對美國 NUREG-1200 低放處置審查規範進行安

全評估相關內容之摘譯。

- (2) 專業分析：配合計畫需求，由核研所資深研究人員就前述蒐整資料，進行低放處置設施安全評估審查相關重點摘述與整合分析，並歸納國際經驗回饋於我國實際應用，研擬安全評估審查要點。
- (3) 技術研討：計畫執行期間，核研所計畫人員與物管局業務負責人密切聯繫進行互動，以確認管制單位需求與切合本土化審查導則草案第 0 版審查重點。
- (4) 報告撰寫：研究成果與心得撰寫為計畫報告，提送物管局審查後修訂定稿。

### 1.3 成果效益

本報告成果對物管局執行低放射性廢棄物最終處置設施安全管制工作有以下的實質效益：

- (1) 若經濟部選址小組依「[低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例](#)」規定順利選出處置場址，則處置設施經營者於未來三至四年內將提送相關處置場址設置申請文件，屆時物管局將依法展開處置設施安全審查作業。本報告有助於物管局順利推展該審查任務。
- (2) 本報告研擬低放射性廢棄物最終處置設施安全評估審查要點，有助於界定審查作業的範疇與重點。
- (3) 相關資訊彙整成果與研究心得，可提供物管局執行低放射性廢物處置計畫管制之科學技術基準，提升管制之品質與信心。

### 1.4 報告架構

本成果報告第 1 章為前言，說明計畫緣起與目的、研究方法、計畫成效等；第 2 章為低放處置設施安全評估審查導則草案之研究，摘述美國

NUREG-1200 與 NUREG-1573 的技術重點，整合成適於我國應用的審查導則；第 3 章為低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則草案之研訂，說明核研所協助物管局彙整審查導則的工作成果；第 4 章為低放射性廢棄物處置設施審查案例研析與技術文件建議清單，以美國 WCS 申請案為例說明處置設施申請所需的技術文件，並提出本計畫之建議；第 5 章為其他計畫成效與審查技術交流，說明計畫執行期間衍生的核研所與物管局技術交流成效；第 6 章為報告結論。



## 2. 低放處置設施安全評估審查導則草案研究

本章依據國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)以及美國核能管制委員會(U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC)之技術規範，說明低放處置設施安全評估方法以及低放處置設施安全評估的過程與實質意涵。簡言之處置設施安全評估的意義在於：

- 安全評估是系統化分析與判斷處置系統功能與安全的方法。
- 在選擇的場址條件下，針對妥善設計的處置設施，進行預測性的後果分析，再將結果和管制單位的安全標準進行比較。
- 安全評估的結果是場址調查、系統設計、及法規訂定的重要參考，可確保處置設施達到合理的安全保證。

### 2.1 IAEA 建議的低放處置設施安全評估方法

國際原子能總署從 1990 到 1995 執行「Near-Surface Radioactive Waste Disposal safety Assessment Reliability Study (NSARS)」的合作研究計畫(Coordinated Research Project, CRP)，目的在改善安全評估方法的可信度，並藉由特定測試案例執行的相互比較，發展處置設施安全評估相關模式。1996 年，IAEA 決定成立一個新的合作研究計畫，以 NSARS 經驗為基礎，針對規劃(proposed)及運轉中的放射性廢棄物近地表處置設施，審核與強化其使用之封閉後安全評估方法與工具。1997 年 11 月，新的合作研究計畫成立並開始執行，名稱為「Improvement of Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities (ISAM)」。ISAM 計畫以 NSARS 經驗為基礎發展，並致力於提升近地表處置設施封閉後安全評估方法與工具。總的來說，ISAM 計畫的主要目的如下(IAEA, 2000)：

- (1) 對於規劃與運轉中之放射性廢棄物近地表處置設施，提供封閉後安全評估方法與工具之關鍵性評估。
- (2) 強化使用的評估方法與工具。
- (3) 提供評估方法和工具使用的實際經驗。
- (4) 在評估方法與工具使用過程中建立信心。

為了實現這個目標，ISAM 計畫組織 3 個工作群組，分別進行下列的工作：

- (1) 情節(scenarios)發展與辯證(justification)。
- (2) 模式的建立與運跑，包含輸入數據。
- (3) 建立信心。

此外，還特別投注心力在安全評估方法設定的討論與建立共識，其建議的安全評估方法如圖 2-1 所示，圖中清楚地說明安全評估方法最主要關鍵部分彼此間的關係，重要的安全評估步驟說明如下(IAEA, 1999a)：

- 步驟一進行評估背景(assessment context)的完整說明。
- 步驟二進行處置系統的描述。
- 步驟三說明情節的發展過程與辯證。
- 步驟四評估模式的建立與運跑。
- 步驟五到九則是評估結果的計算與解釋。

評估背景必須提供的主要資訊包括：(1) 評估目的；(2) 輻射防護標準；(3) 計算終點；(4) 廢棄物特性；(5) 處置系統特性；(6) 時間範圍。處置系統通常分成處置設施、地質圈、生物圈三個單元進行描述。至於情節發展的重要性，在 IAEA 近地表處置安全評估的安全指引(Safety Guide)清楚的說明(IAEA, 1999b)：情節取決於環境和系統特性，而事件(events)和作用(processes)對處置系統的影響，可以導致放射性核種從廢棄物的初始外釋，

或影響它們傳輸到人類和環境。如何選擇適當的情節與相關概念模式是非常重要的，並且嚴重地影響後續廢棄物處置系統的分析，某些國家的情節係由管制機關指定，雖然經營者也可以有其他的選擇考量；也有部分國家，經營者可以選擇情節，但必須向管制機關證明選擇的適當性。

模式建立與運跑通常經由大量非正式程序(informal process)來處理，而這些程序的假設與決策通常欠缺說明文件，然而對於獨立審查者而言，模式的重要性在於安全評估過程的透明化與可接受挑戰，所以如同其他安全評估的步驟，模式建立與運跑需要提供正規化、可挑戰性以及過程透明，以符合獨立審查之需求，對於評估人員的文件記錄尤為重要。以下兩點為模式建立與運跑過程中，應具備的說明(IAEA, 2004)：

- 確認影響核種外釋、遷移的各種作用，並決定哪一種作用的影響最重要。
- 模式、計算工具及數據的選定足以適用所評估的作用；模式、計算工具及數據之選擇依據為何，例如透過更詳細的分析、經驗數據或專家認定。

一旦數學計算模式建立並運用合適的數據進行運跑，其分析結果通常將與評估背景所設定的準則進行比較，同時亦考量設計與經濟上的限制，評估結果也要考慮各項評估來源可能造成的不確定性(例如情節、模式、數據的不確定性)。由於評估結果必須使社會各階層民眾在某種程度上具備信心，所以評估結果的闡述必須依據不同的階層與目的提出報告，使所有民眾均能了解評估的結果合乎邏輯性、一致性及透明性，且相關疑點或爭議均可獲得解決，如此才能建立民眾對於評估結果的信心。此外，整個安全評估方法的過程應是可回溯的，例如評估背景的修訂，情節的特徵、事件、作用的改變，以及評估參數的更新而重新運算，其目的為使評估結果更能

趨於實際狀況。

## 2.2 美國 NUREG-1573 建議的低放處置設施安全評估方法

NUREG-1573 是美國核能管制委員會在 2000 年 10 月發佈的指導文件 (guidance documents)，全名是「A Performance Assessment Methodology for Low-Level Radioactive Waste Disposal Facilities—Recommendations of NRC’s Performance Assessment Working Group」，在此之前的指導文件，對於低放處置設施應如何的設計與評估，以便能符合 10 CFR Part 61 的要求，並沒有具體的處理方式，這些指導文件內容所載的一般資訊，沒有涉及到許多具體的執行問題與解決這些問題的適合辦法，此外，也沒有明確解決 10 CFR Part 61 整體的數據、設計要求和特定低放功能評估需求 3 者間的關聯性。也就是說，NRC 發佈的指導文件並沒有整合場址特性調查 (site characterization)、設施設計、功能模擬 (performance modeling) 等工作要項，而是獨立地個別作業。

美國 10 CFR Part 61 於 1982 年頒佈後，NRC 隨即展開針對低放處置場各種與功能評估有關的計畫，目標則鎖定在淺地層掩埋 (shallow land burial) 設施，計畫執行後的研究範疇包括廢棄物包件性能與瀝濾、水文地質和水文地球化學之特性與模擬、覆蓋層性能等，同時也研究淺地層掩埋處置場的替代方案，以及制定其他類型低放處置設施 (例如地上處置窖、地下處置窖、土堆混凝土庫、礦坑洞穴) 執照申請的導則。

而最早在 1987 年，NRC 體認到某些類型的評估方法，需要“採購或開發 (acquired or developed)” 以評估符合 10 CFR Part 61 低放處置設施的功能目標 (USNRC, 2007)，為了集中和整合整體低放計畫，並解決需要有個更完整的方法來評估任何低放處置設施設計的功能。因此 NRC 在 1987 年制



定了低放整體功能評估策略，此策略提出一個全面性的系統方法來評估低放處置設施的功能，同時還建議以模組化(modular)方法量化放射性核種通過各種環境途徑的潛在外釋和傳輸。NRC 後來委託美國桑地亞國家實驗室(Sandia Nation Laboratory, SNL)開發的低放功能評估方法(performance assessment methodology, PAM)，即是以此策略為基礎加上額外方法定量評估整個系統模式的不確定性，其成果即為 NRC 在 1989 年 12 月所發佈一系列五冊的 NUREG/CR-5453。

此後不久，NRC 開始執行低放功能評估方案計劃(program plan)，該計畫有兩個主要目標，第一是要提高 NRC 人員進行許可證申請之審查與評估能力，以因應低放政策法修正案要求需在 15 個月內完成審查的規定；第二個目標是要發展 NRC 內部的能力以制定功能評估導則，因為這種導則對低放安全管制確是有必要的。這個計劃得到協定州政府(Agreement States)與 NRC 人員「的確需要」的回應，方便他們在必要時與商業運轉處置設施的開發者(即申請人)進行雙向溝通，此外也審查美國能源部(DOE)的原型許可證申請，以及州政府提出特定的功能評估問題。後續的努力包括在 1992 年的方案計劃，NRC 人員和技術支援的協力承商增強 NRC 在功能評估的專門知識，並進行各種低放模擬的練習和分析，NRC 人員並利用電腦模擬虛擬低放處置系統的“測試案例問題(test case problem)”，同時這項功能評估工作的計畫也與 NRC 其他廢棄物管理領域結盟，如高放射性廢棄物和除役，皆受惠於 NRC 人員的努力，也提高他們功能評估的專業知識。

經過這些努力，確定了若干領域的其他低放功能評估導則可能是必要的，以便能應用於 NRC 低放管制架構。例如，NRC 人員發現，現有的低放處置設施安全分析報告指導文件－ NUREG-1199, NUREG-1200 和 NUREG-1300，並沒有清楚地描述聯辦法規 10 CFR Part 61 提及的數據、設

計要求、細部低放功能評估此三者間的相互關係，這些指導文件其最終目的是要引導低放處置設施的安全性能夠符合 10 CFR Part 61 Subpart C 要求的功能目標，特別是 10 CFR Part 61.41 的要求：「保護公眾免於放射性釋出之危害 (Protection of the General Population from Releases of Radioactivity)」，然而事實上，後續 NRC 人員在進行低放處置設施環境影響說明書(Environmental Impact Statement, EIS)審查以及低放法規制定時，出現許多與功能評估相關，並值得重視的議題，這些議題包括：

- 達成在低放功能評估過程最少要件(minimum elements)的共識。
- 界定場址特性與功能評估資料蒐集之間的關係。
- 入滲率推估、源項外釋行為、混凝土與工程障壁退化之模擬。
- 放射性核種在環境中傳輸之模擬。
- 功能評估模式與電腦模式驗證與確認的有關決策。
- 功能評估模式中使用一般性特定場址數據的有關決策。
- 發展不確定性分析與敏感性分析的方法

在這樣的背景下，為了解決上述這些問題以及發展具共識方法，NRC 發佈一份低放功能評估方法論的指導文件—NUREG-1573，它與之前的指導文件一樣，建議可接受之途徑或方法，以便於遵從 10 CFR Part 61 功能目標。

在 NUREG - 1573，NRC 建議，申請人必須開發和使用可辯護的方法證明低放處置設施的設計已經遵從 10 CFR Part 61.41 處置場封閉後的功能目標，為了協助有意申請者達成此一目標，NRC 針對功能評估的三個關鍵議題提出他們的觀點，這三個議題分別是：

- 可接受的低放功能評估方法(過程)。
- 解釋和執行 10 CFR Part 61 有關低放功能評估的五項管制要求。
- 落實 NRC 功能評估方法論的驗證方法。

在 NUREG - 1573 中 NRC 人員建議，將來在 10 CFR Part 61 執照申請的功能評估過程，需要有系統地整合場址特性數據、設施設計資訊、預期模擬結果。此一過程目的是要建立信心，並利用模式推估低放處置場的功能，提供一個有用的決策框架來評估和辯護所使用數據、假設、模型和程式的適當性，並證明足以遵從 10 CFR Part 61.41 封閉後的功能目標。

為了要達到這個期望的整合目標，NUREG-1573 建議的功能評估過程如圖 2-2，其中包括 9 個步驟，每個步驟的詳細說明可參考物管局委託計畫成果報告(任春平，2008)。NRC 人員指出，這個建議的過程核心特性是反覆執行，首先是結合一般與有限的場址特性資料，支持相對簡單保守的模式和分析，進一步是需要更實際的、場址特性與詳細地分析以減少低放處置設施功能評估的不確定性。初步篩選分析能夠找出最重要的問題和數據需求，然後隨著越來越多的場址和設計資料的收集、模擬假設、概念模式和需求數據重新執行評估。

揭櫫在 NUREG-1573 的功能評估過程，其目的是要公開、透明，所有的數據、假設和模式都能詳細記錄和瞭解。此外，對於這些假設和模式的任何後續修改同樣也能詳細記錄，並適當結合場址調查和評估數據、有根據的技術推理、可靠的專家判斷予以支持。另外，NUREG - 1573 的評估過程加上正式的、依據機率式的不確定性分析，以此作為功能評估決策的基礎，更能提供確定場址特性完整的技術基礎，增強處置場址符合 10 CFR Part 61.41 封閉後功能目標的信心。

為符合機率式風險評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)的使用，NRC 人員指出功能評估技術應用於低放處置設施設計，應該根據處置系統的複雜性、系統功能的不確定性、處置廢棄物型態和種類造成的估計風險，予以適度調整。

## 2.3 美國 NUREG-1199 架構的低放處置設施功能評估

處置設施安全評估是要將場址資料、處置場設計及研究數據加以整合，並依據處置系統情節發展結果，分析模擬處置設施設計是否符合法規安全標準，其結果可作為最終處置場建造依據，這樣的觀念在 IAEA ISAM 計畫，以及 NUREG-1573 所強調的安全評估中均同時出現。美國 NRC 於 80 年代末期發佈的低放處置設施安全分析報告導則－NUREG-1199(USNRC, 1991)，這樣的整合概念卻比較模糊不清，NUREG-1199 首先強調入滲對處置設施的影響，接著說明正常狀況與異常狀況下的放射性核種外釋，惟正常狀況與異常狀況並沒有清楚的定義與判斷，核種外釋考慮的地下水、空氣、地表水以及生物鏈等其他途徑，對於概念模式發展的說明亦不夠詳細，沒有與場址特性、處置設施設計結合，數學模式中輸入數據的使用亦欠缺彈性，簡單地說，NUREG-1199 的內容看不出明顯的安全評估方法，這也是為何 NRC 在 NUREG-1573 中一再提到，在場址特性、設施設計、功能模擬三者間需要整合，而數據、設計要求和安全評估更應該予以串連。我國「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」雖參考 NUREG-1199，但已因應國內環境以及可能的其他替代處置方式而有適度修改，刻正進行低放射性廢棄物最終處置設施安全評估審查導則草擬階段，宜予參考 NUREG-1200 之外，更應導入切合我國低放處置現況的安全評估方法，對即將進行的建置的低放處置設施進行有實質助益的安全把關。

## 2.4 低放處置設施安全評估審查導則草案研議

低放處置設施輻射劑量評估之目的在計算處置設施廢棄物內含放射性核種外釋，經過可能的傳輸路徑後，對工作人員及民眾輻射劑量之影響，

在說明本計畫低放射性廢棄物最終處置設施安全評估審查導則草案的架構前，先摘要 NUREG-1200 第 6.1 節中(USNRC, 1994)，對提供審查指引予審查人員，以進行低放處置設施放射性釋出及對人類可能輻射影響之安全與功能評估的審查重點，再深入說明本計畫低放處置設施安全評估審查導則草案研訂，擬採行的審查內容與步驟。

處置設施生命週期間，應考慮各種可能使人類受到輻射影響之核種外釋情節，包括廢棄物、場址、設計或運轉中之可能情節都應列入考慮。每一情節包含核種釋出量、傳輸機制及途徑，例如地下水、空氣、地表水，直接輻射及生物途徑。放射性聚積對人類所造成之潛在輻射劑量應予認定，並與法規限值進行比較。

安全評估首先需定義完整的可能釋出情節及途徑，再以論證及/或評估，刪除影響較小或不常發生的情節。建立一組有限度的釋出/傳輸情節，可免除對相似微小變化情節的冗長評估。此過程可引述一般研究與分析的結論。

NUREG-1200 強調以數值評估進行安全評估以確認是否符合法規要求，需注意數值方式只是評估法規要求工具的一部份。其他特定的法規要求、申請者的承諾與提出的運轉限制條件(如特定核種的存量限制或廢棄物型態與包裝的的特殊要求)、及申請者的訓練及經驗等。

某些核種傳輸情節的安全評估比較其他情節更具關鍵性。審查人員須重視那些較不容易經由運轉作業變更而進行監測與消除或改善的外釋/傳輸情節。例如，一旦將廢棄物進行處置，其地下水途徑不容易改變，因此，其外釋量很難以其他方式抑制。

NUREG-1200 第 6.1.1 到 6.1.4 各節討論放射性源項及外釋機制；第 6.1.5 節分析輻射釋出後的不同途徑，及在不同位置對民眾造成的影響。傳

輸機制包括地下水、空氣、地表水、生物途徑；最後，第 6.1.6 節討論在人類活動的位置所累積的輻射劑量影響。

NUREG-1200 最後提醒，審查人員應謹記安全評估的計算目的不在於預測處置設施的實際影響。而在於拘限可能影響，以便進行法規決策。因此，對於安全評估的各項分析應充分保守足以進行辯護，儘管如此，審查人員仍應避免整體分析結果過度保守，以致背離合理預期的實況。

綜觀近年來放射性廢棄物最終處置安全評估技術的發展趨勢，一致認為情節分析(/發展)是安全評估的首要步驟，完備的情節分析甚至能夠主導處置設施設計與場址特性調查，因此，雖然我國 SAR 導則參考自 NUREG-1199，但是處置設施之安全評估審查導則的內容建議參考國際趨勢調整，本計畫低放射性廢棄物最終處置設施安全評估審查導則草案詳細內容請參見附錄 A，概要性的說明如下：

審查導則內容說明：(1) 廢棄物描述；(2) 核種傳輸特性(近場、遠場、參數)；(3) 情節分析(方法論、正常狀況、異常狀況、傳輸機制)；(4) 評估計算(概念模型、評估程式、概念模式、參數、輸入資料、輸出資料、不確定性與敏感性分析)；(5) 評估結果，是否符合法規限值。經過上述調整，雖然章節名稱與順序已不同於 NUREG-1200，然其審查內容實已涵蓋我國 SAR 導則第七章第一條的內容，惟更貼近於國際發展趨勢，也有助於對於處置設施安全評估通盤性的理解。

此外，我國 SAR 導則第七章第四條的內容是處置設施長期穩定性分析，要旨是評估並分析處置設施於運轉期間及封閉後之長期穩定性與安全性。關於這項安全性要求，NUREG-1199 明確指引申請者提送 SAR 時，處置設施場址長期穩定性的評估僅需針對「地表排水與侵蝕防護」、「邊坡穩定性」、「沉陷與下陷」等 3 項進行分析即可。唯前述我國 SAR 導則第七章

第四條並無指引申請者進行分析的項目，一旦申請者提交 SAR，審查人員對於處置設施長期穩定性擬分析項目或有不同意見，不但延誤審查時間，對申請者也不盡公平。建議可提醒申請者在提交 SAR 前，可先就此部份參考 SAR 第 3 章「場址之特性描述」內容，提出影響處置設施長期穩定性與安全性之可能事件的說明報告，釐清與審查人員間可能異議。一旦，進入 SAR 的實質審查，審查人員即可針對此部分內容審查每一事件之評估與分析是否符合長期穩定性的安全需求。

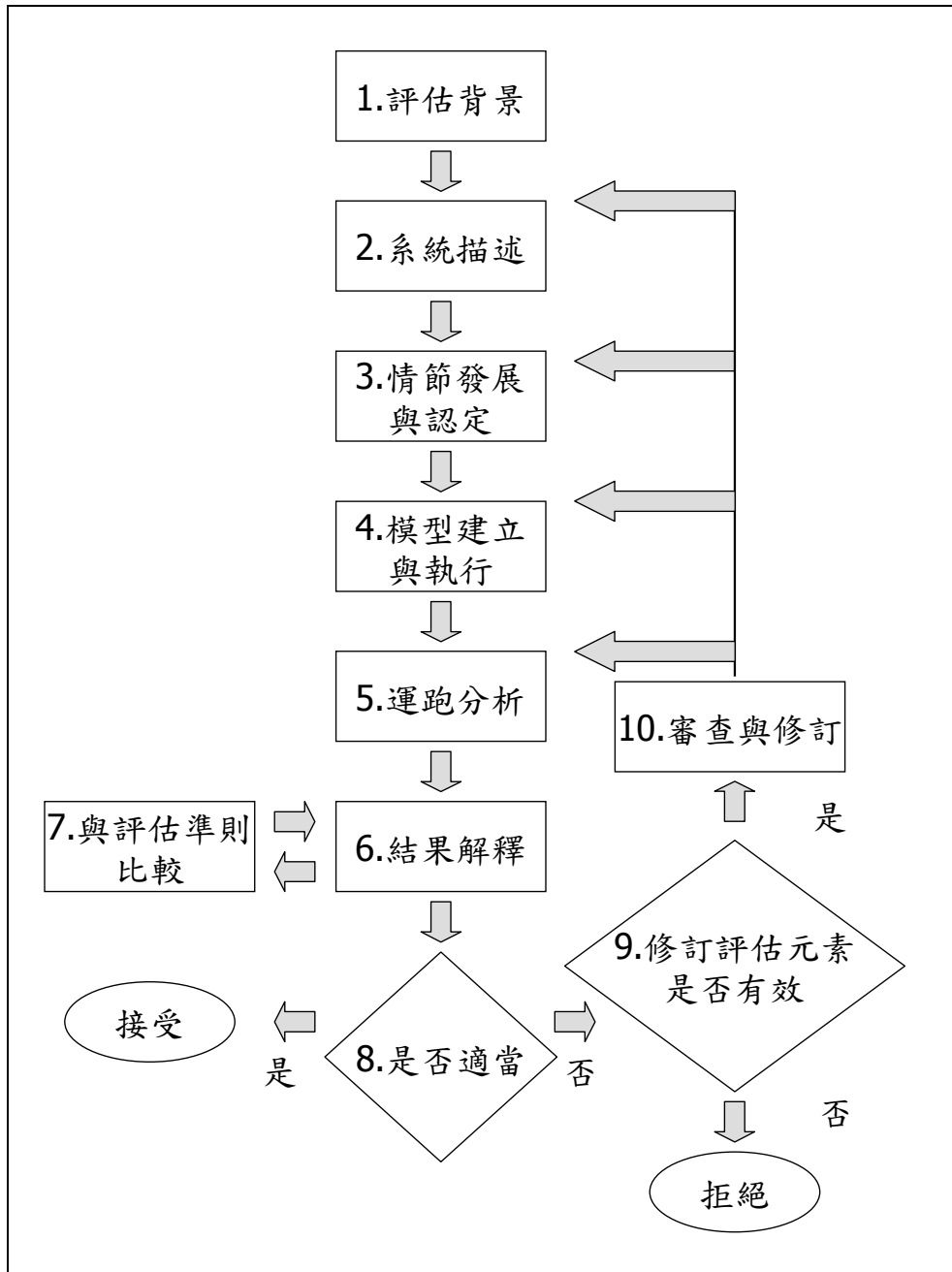


圖 2-1 ISAM 建議安全評估的步驟



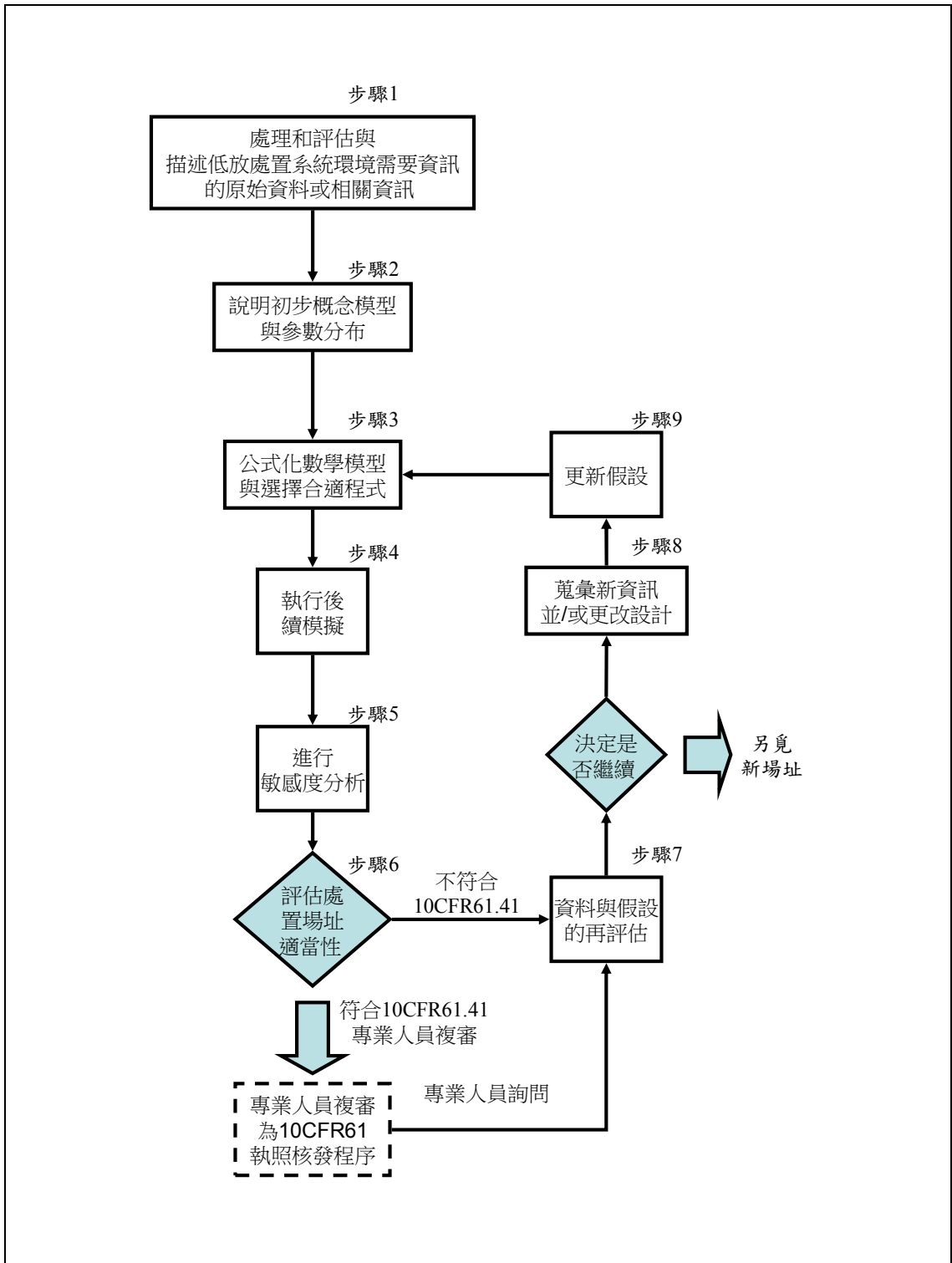


圖 2-2 NUREG-1573 建議的功能評估方法（改繪自 NRC, 2000）

### 3. 低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告

#### 審查導則草案之研訂

本章說明「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」草案之研訂之方法與內容。

#### 3.1 審查導則草案研訂方法

物管局為因應低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查工作之需要爰於本年度邀集相關領域專家以美國低放處置場安全分析報告審查導則 NUREG-1200 為藍本，進行審查要點的編譯。目的建於建立我國適用的審查導則，以提昇審查品質，確保處置安全。

審查導則內容對應安全分析報告導則共分為十三章。除物管局各部門相關管制與法規人員全力投入審查導則技術整合工作外，外部參與的專家學者如下：

安全分析報告導則章節	委員	單位
第一章 概論	楊昭義	核能科技協進會
第二章 設施之綜合概述	楊昭義	核能科技協進會
第三章 場址之特性描述 (3.10)	董家均 尹學禮	中央大學 核能科技協進會
第四章 處置設施之設計 (4.5、4.6)	王泰典 楊昭義	台北科技大學 核能科技協進會
第五章 處置設施之建造	王泰典	台北科技大學
第六章 處置設施之運轉	李境和	義守大學
第七章 處置設施之安全評估	任春平 吳禮浩	中正大學 核能研究所
第八章 處置設施之組織規劃、行政管理及人員訓練計畫	陳衛里	核能科技協進會
第九章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫	尹學禮	核能科技協進會
第十章 保安計畫、意外事件應變計畫及消防防護計畫	尹學禮	核能科技協進會

第十一章 處置設施之封閉及監管規劃	楊昭義	核能科技協進會
第十二章 品質保證計畫	李境和	義守大學
第十三章 參考文獻		物管局

本計畫協助物管局彙整各單位之草案初稿與意見。針對我國低放處置安全分析報告導則對應美國 NUREG-1200 進行比較，詳見表 3-1。其中內容無法完整對應或重複內容的章節以特殊顏色區塊標示。亦針對近地表處置以及坑道處置的差異特性列示於表 3-2。成果提供本案各專家學者參考。

### 3.2 審查導則草案內容

#### 壹、依據

本審查導則係依據「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」訂定，供作為審查安全分析報告之參考。

#### 貳、目的

本審查導則旨在提供低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查之技術規範，使審查者進行審查工作有所依循，亦得使處置設施經營者(申請人)瞭解審查的要點。本審查導則適於近地表與坑道等不同型式的處置設施。本審查導則內容對應安全分析報告共分為十三章，內容包括：概論、設施之綜合概述、場址之特性描述、處置設施之設計、處置設施之建造、處置設施之運轉、處置設施之安全評估、處置設施之組織規劃、行政管理及人員訓練計畫、輻射防護作業與環境輻射監測計畫、保安計畫、意外事件應變計畫及消防防護計畫、處置設施之封閉及監管規劃、品質保證計畫、參考文獻等。其他經主管機關指定之事項而未於本審查導則涵括者，得另由審查委員會議決定其審查要點。處置設施經營者(申請人)所提出之安全分析報告內容應

合於本審查準則內的接受準則，或者有更優良的替代方法，方能通過  
審查。

### **參、審查導則內容概要**

詳如附錄 B。

### **肆、修訂**

本審查導則如有未盡事宜，得視需要修訂之。

表 3-1 我國低放處置 SAR 導則對應 NUREG-1200 比較

我國低放 SAR 導則		NUREG-1200 章節		備註
1.0	概論	1.0	概論	
1.1	緣由及目的	1.1	前言	
1.2	專有名詞	1.2	設施概述	
		1.3	時程	
		1.4	制度性資訊	
		1.5	參考文獻組合資料	
1.3	引用法規及設計準則	1.6	對法規指引之符合	
		1.7	主要審查事項總結	
2.0	設施之綜合概述	2.0	場址特性	
2.1	位置	2.1	地理、人口統計及未來發展	SAR3.12 重複
		2.1.1	場址位置說明	
2.2	處置方式			
2.3	處置容量			
2.4	處置場區之規劃與配置			
2.5	廢棄物來源與特性	6.1.1	廢棄物的形式、種類及數量	SAR7.1 重複
3.0	場址之特性描述			
3.1	社會與經濟	2.1.2	人口分布	SAR3.12 重複
3.2	地形與地貌	2.3.1	場址地質特性	
				SAR3.4 重複
3.3	氣象	2.2	氣象及氣候	
3.4	地質與地震	2.3	地質及地震	SAR3.2 重複
		2.3.1	場址地質特性	
		2.3.2	地震調查	
		2.4	水文	
3.5	地表水	2.4.1	地表水水文	
3.6	地下水	2.4.2	地下水特性	
3.7	地球化學	2.6	地球化學特性	
3.8	天然資源	2.7	天然資源	
		2.7.1	地質資源	
		2.7.2	水資源	
3.9	生態	2.8	生物特徵	

我國低放 SAR 導則		NUREG-1200 章節		備註
3.10	輻射背景偵測	2.9	運轉前環境監測	
3.11	大地工程特性	2.5	大地工程特性	
3.12	交通狀況	2.1.1	場址位置說明	SAR2.1 重複
3.13	其他	2.4.1 App. A	地表水水文 與洪水平原、泛洪及濕地 有關之場址適合性導則	參考
4.0	處置設施之設計	3.0	設計及建造	
4.1	設計目標與功能需求	3.1	主要設計特徵	
4.2	建築設計			
4.3	結構設計			
4.4	土木設計			
4.5	輻射安全設計	7.1 7.2 7.3	職業輻射曝露 輻射源 輻射防護設計特徵	SAR9.1 重複
		3.2	正常、異常及意外情節設計之考量	
		3.2A	地下處置窖與土堆混凝土庫結構設計	
		3.3A	地下處置窖與土堆混凝土庫施工與作業考慮	
4.6	輔助設施或系統之設計	3.4 3.4.2 3.4.4	輔助系統及設施設計 輔助設施 侵蝕及水災控制系統	
4.7	公用設施或系統之設計	3.4.1	公用系統	
4.8	圖說與資料			
5.0	處置設施之建造	3.3	建造考量	
5.1	施工特性	3.3.1	建造方法及特徵	
5.2	施工計畫	3.3.2	建造設備	
6.0	處置設施之運轉	4.0	設施運轉	
6.1	廢棄物接收	4.1	廢棄物接收及檢查	
6.2	廢棄物處理與暫存	4.2	廢棄物裝卸及暫存	
6.3	處置作業	4.3	廢棄物處置作業	
7.0	處置設施之安全評估	6.0	安全評估	
7.1	輻射劑量評估	6.1 6.1.1	放射性外釋 廢棄物的形式、種類及	SAR2.5 重複

我國低放 SAR 導則		NUREG-1200 章節		備註
		6.1.2	數量 入滲	
		6.1.3	正常情況核種外釋	
		6.1.4	意外或非正常運轉情 況下核種外釋	
		6.1.5	核種傳至人類可達地 區	
		-1		
		-2	地下水傳輸機制	
		-3	空氣傳輸機制	
		-4	地表水傳輸機制	
		6.1.6	其他傳輸機制 影響評估與法規符合 性	
7.2	設備操作			
7.3	闖入者防護	6.2	闖入者防護	
7.4	長期穩定性	6.3	長期穩定性	
		6.3.1	地表水排放及侵蝕防 護	
		6.3.2	邊坡穩定性	
		6.3.3	沉陷及沉降	
8.0	處置設施之組織規 劃、行政管理及人員 訓練計畫	8.0	運轉管理	
8.1	管理組織架構	8.1	組織架構	
8.2	人員編制	8.2	申請人資格	
8.3	人員訓練	8.3	訓練計畫	
8.4	審查與稽核	8.5	審查及稽查	
8.5	管理程序	8.6	設施行政及運轉程序	
9.0	輻射防護作業與環境 輻射監測計畫	7.0	職業輻射防護	
9.1	輻射防護計畫	7.1	職業輻射曝露	SAR4.5 重複
		7.2	輻射源	
		7.3	輻射防護設計特徵	
		7.4	輻射防護計畫	
9.2	環境輻射偵測計畫	4.4	運轉期環境監測及監督	
10.0	保安計畫、意外事件			

我國低放 SAR 導則		NUREG-1200 章節		備註
	應變計畫及消防防護計畫			
10.1	保安計畫	8.7	設施保安	
10.2	意外事件應變計畫	8.4	緊急應變計畫	
10.3	消防防護計畫	3.4.3	消防防護系統	
11.0	處置設施之封閉及監管規劃	5.0	場址封閉計畫及監管	
11.1	處置場區穩定規劃	5.1 5.1.1 5.1.2	場址穩定化 地表水排放及侵蝕防護 大地工程穩定性	
11.2	封閉規劃	5.1A 5.2	地下處置窖與土堆混凝土庫場址封閉與穩定性考慮 除污及除役	
11.3	監管規劃	5.3	運轉後期環境監測及監督	
12.0	品質保證	9.0	品質保證	
		9.1	設計、建造及運轉期間品質保證	
		10.0	財務保證	
		10.1	申請人財務資格	
		10.2	資金保證	
13.0	參考文獻			



表 3-2 我國低放處置 SAR 導則對應處置方式比較

我國低放 SAR 導則		近地表處置	坑道處置
1.0	概論		
1.1	緣由及目的		
1.2	專有名詞	—	—
1.3	引用法規及設計準則	—	—
2.0	設施之綜合概述	—	—
2.1	位置	—	—
2.2	處置方式	地表下 30 公尺以內	地表下 30 公尺以上
2.3	處置容量	擴充容量較易	擴充容量較難
2.4	處置場區之規劃與配置	處置區規劃與配置較具彈性	處置場區規劃與配置受限於地質條件
2.5	廢棄物來源與特性	—	—
3.0	場址之特性描述		
3.1	社會與經濟	場區可直接觀察，對民眾有直接衝擊，接受性較低。 施工與維護成本較低。	無法直接察看，相對衝擊性較低，接受程度可能提高。 施工與維護成本較高。
3.2	地形與地貌	平坦地形	崎嶇地形
3.3	氣象	降雨影響大	降雨影響小
3.4	地質與地震	地質條件需求低 地震影響大	地質條件需求較高 更重視地下地質 地震影響小
3.5	地表水	直接受地表水(降雨)影響，因此需特別注意酸雨問題 重視地表水文	較不受地表水影響
3.6	地下水	在地下水位面以上，則不受地下水	更重視地下水文

我國低放 SAR 導則		近地表處置	坑道處置
		影響，若在地下水位面以下，則需考量地下水的影響，包括水質、流速等	
3.7	地球化學		更重視地球化學
3.8	天然資源	—	—
3.9	生態	對生態有較高的衝擊。	
3.10	輻射背景偵測	對背景輻射可能有較大影響	受母岩屏蔽作用，對背景輻射影響低
3.11	大地工程特性	地表開挖與施工較易 重視沖刷、沉陷、液化潛能	坑道施工較地表難 重視岩石強度、岩體性質、岩盤穩定、湧水
3.12	交通狀況	—	—
3.13	其他		
4.0	處置設施之設計	地表設施	地表與地下設施
4.1	設計目標與功能需求		
4.2	建築設計		
4.3	結構設計	覆蓋層荷重	坑道支撐與襯砌需特別注意坑道結構設計
4.4	土木設計	地表防洪排水	地下排水
4.5	輻射安全設計	需考量較多的屏蔽設計	
4.6	輔助設施或系統之設計		重視通風系統
4.7	公用設施或系統之設計		
4.8	圖說與資料	—	—
5.0	處置設施之建造	地面開挖	地下開挖
5.1	施工特性	明挖	隧道工程
5.2	施工計畫		
6.0	處置設施之運轉	地表作業	地下作業
6.1	廢棄物接收		

我國低放 SAR 導則		近地表處置	坑道處置
6.2	廢棄物處理與暫存		
6.3	處置作業		動線規劃
7.0	處置設施之安全評估	未飽和含水層傳輸	飽和含水層傳輸
7.1	輻射劑量評估	需特別考慮直接輻射對場界或一般民眾等的影響	
7.2	設備操作	地表作業	地下作業
7.3	闖入者防護	更重視闖入防護	
7.4	長期穩定性	覆蓋層侵蝕性	回填材料阻隔性
8.0	處置設施之組織規劃、行政管理及人員訓練計畫	—	—
8.1	管理組織架構	—	—
8.2	人員編制	—	—
8.3	人員訓練	—	—
8.4	審查與稽核	—	—
8.5	管理程序	—	—
9.0	輻射防護作業與環境輻射監測計畫		
9.1	輻射防護計畫	地表作業	地下作業
9.2	環境輻射偵測計畫	地面監測	地下監測
10.0	保安計畫、意外事件應變計畫及消防防護計畫		
10.1	保安計畫	更重視設施保安	
10.2	意外事件應變計畫		
11.0	處置設施之封閉及監管規劃		更重視消防措施
11.1	處置場區穩定規劃		
11.2	封閉規劃	覆蓋層封閉	坑道封閉
11.3	監管規劃		
12.0	品質保證	—	—
13.0	參考文獻	—	—

## 4. 低放射性廢棄物處置設施審查案例研析與 技術文件建議清單

美國 Waste Control Specialists(WCS)公司於 2004 年 8 月 4 日向德州環境品質委員會(Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ)提出於 Andrews 郡設置低放射性廢棄物處置場的執照申請，歷經 4 年多的審查，TCEQ 已於 2009 年 1 月 14 日核准該申請案(TCEQ, 2009)；為督促處置作業單位於申照前完備技術文件，有效縮短審查時間並提昇處置場安全性，本計畫擬參考該案例，研析設施設置申請所需之處置技術文件，強化審查要項內容，供程序審查作業參考。

### 4.1 WCS 低放射性廢棄物處置執照申請案例

2004 年 8 月 4 日 WCS 向 TCEQ 提交於近地表處置低放射性廢棄物的授權執照申請。本執照申請要求批准於安德魯斯郡(Andrews County)建造和營運接收契約州(compact states)與聯邦低放射性廢棄物的處置設施。

2009 年 1 月 14 日 TCEQ 核准 WCS 放射性物料第 R04100 號許可證申請的一項命令，並於 2009 年 1 月 20 日簽署這項命令。若無其他異議提出除訴訟程序。則許可證將在訴訟程序完成且申請人已經取得場址所在位置的土地礦產權之後發佈。

本申請案係根據眾議院法案 1567 號，由第 78 屆德州州議會常會議決，成立為期 30 天的窗口成立—從 2004 年 7 月 8 日到 8 月 6 日，讓有意在德州建造低放射性廢棄物處置設施的當事人向 TCEQ 提出申請。

TCEQ 審查人員則依據德州行政法規標題 30 (30 TAC)以下章節中的規定，審查此申請案：

- 第 336 章，放射性物質規定(Radioactive Substance Rule)。
- 第 281 章，申請程序(Application Processing)。
- 第 39 章，公開展示(Public Notice)

除其他特殊考慮外，一個成功的申請程序必須證明與合理地保證設施及其營運者將遵從 30 TAC 下列章節的規定：

- 第 336 章，709 節，技術與環境分析 (Technical and Environmental Analyses)。
- 第 336 章，723 節，功能目標(Performance Objectives)。
- 第 336 章，724 節，放射性外釋時對一般民眾的防護(Protection of the General Population from Releases of Radioactivity)。
- 第 336 章，725 節，無意闖入時的個人防護(Protection of Individuals from Inadvertent Intrusion)。
- 第 336 章，726 節，運轉期間的個人防護(Protection of Individuals during Operations)。
- 第 336 章，727 節，處置場封閉後的穩定性(Stability of the Disposal Site after Closure)。

表 4-1 為 WCS 低放射性廢棄物處置設施申請審查歷程。表 4-2 為 WCS 申請案安全分析報告主要內容暨附件。

#### **4.2 處置設施申請重要技術文件建議清單**

本計畫前期研究心得曾提出處置場發展項目/階段可能產出的重要技術文件(吳禮浩等，2008)(參見表 4-3)。必須強調的是處置發展各階段應完成不同的對應工作項目文件，至於文件是否獨立成冊則視實際的計畫作業需求而定。文件具有多重的目的與效益，包括計畫管

理、意見彙整、工作規劃、操作程序應用、執照/作業申請審核、紀錄保存等。

參考 WCS 案例，在處置場申請階段申請者提出正式的安全分析報告外，主管機關亦得透過申請前的法規定訂或公告，或於審查期間的審查會議，要求申請者提出相關技術細節的附屬報告或文件。對於處置設施設置申請的安全分析報告，有些內容依導則的要求於安全分析報告中略述即可，有些內容可能因重要性高、技術內容複雜、篇幅較大等因素宜以附件的方式加以補充。考量國內實況，本計畫建議配合處置設施設置申請安全分析報告應提出的重要技術文件清單如表 4-4 所示，並分別要求該文件的依據與理由。

表 4-1 WCS 低放射性廢棄物處置設施申請審查歷程

時間	事件	備註
2004/7/8	根據眾議院法案 1567、第 78 屆德州州議會常會，30 天期限開始，允許當事人提出在德州建造和營運近地表 LLRW 處置設施的執照申請。	
2004/8/4	WCS 向 TCEQ 提出在安德魯斯郡之設施計畫的執照申請。	
2004/8/6	30 天申請期限到期。	
2004/9/17	TCEQ 對 WCS 頒布第一次行政缺失 (Administrative Deficiency) 通知。	
2004/10/18	WCS 提送對於第一次行政缺失通知的回覆。	
2004/11/17	TCEQ 認為申請仍然不夠完整，對 WCS 頒布第二次的行政缺失通知。	
2004/12/17	WCS 提送對於第二次行政缺失通知的回覆。	
2005/1/14	TCEQ 認為申請仍然不夠完整，對 WCS 頒布第三次的行政缺失通知。	
2005/1/31	WCS 提送對於第三次行政缺失通知的回覆。	
2005/2/18	TCEQ 認為 WCS 執照申請行政程序完成，並頒布行政完整聲明通知，內容說明後續公共通知 (public notice) 和申請的評估階段。	
2005/3/31	TCEQ 於安德魯斯高中舉行公開會議，並接受對此申請的意見。	
2005/5/2	TCEQ 發表價值評估報告 (Evaluation of Merit Report)，評估申請案的價值以及回應大眾的意見。	
2005/7/20	TCEQ 向 WCS 發出禮貌信 (courtesy letter) 並提供議題的先期通知，對於 WCS 申請的考慮有根本性的重要。	
2005/9/16	TCEQ 頒布的第一次技術缺陷通知，提出意見並要求採取進一步的行動解決 WCS 申請被指出的缺陷。另函 TCEQ 提出標有“機密”的 2 份額外附件，要求解決有關財務資料缺陷的資訊，此由 WCS 指定為“機密”。	
2005/9/20	TCEQ 發布第一次技術缺陷通知附件 3 的修正版，增加的意見係由於編輯錯誤造成無意的遺漏。	
2005/11/30	WCS 答覆第一次技術缺陷通知，附上 WCS 執照申請的變更，是第 9 修訂版，回覆 2005/9/16 第一次 TNOD 機密財務資料，並另函直接提供給 TCEQ 財務管理司。	
2006/1/30	TCEQ 頒布的第二次技術缺陷通知，提出意見並要求採取進一步的行動解決 WCS 申請被指出的缺陷。另函 TCEQ 提出標有“機密”的 2 份額外附件，要求解決有關財務資料缺陷的資訊，此由 WCS 指定為“機密”。	
2006/3/31	WCS 答覆第二次技術缺陷通知，附上 WCS 執照申請的變更，是第 11 修訂版，回覆 2006/1/30 第二次 TNOD 機密	

時間	事件	備註
	財務資料，並另函直接提供給 TCEQ 財務管理司。放射性物質執照申請團隊繼續進行 WCS 申請的技術審查。審查工作預定在 2006 年 8 月 31 日前完成。	
2006/6/5	TCEQ 提醒 WCS，在他的申請文件裏，許多重大缺失依然沒能解決。	
2006/6/30	TCEQ 發布了有關 WCS 未能解決之執照申請問題的關注清單。這些資訊是申照完成前必需的。WCS 現在必須決定是否申請延長時間，如果提出請求，什麼時間需要準備和遞交其它附加資訊。	
2006/8/8	WCS 於 2006 年 8 月 8 日致函，請求延長申請許可證的過程到 2007 年 5 月 31 日，以便充分地回覆第二次技術缺陷通知未解決的問題。	
2006/8/30	TCEQ 同意延期的請求。	
2007/5/1	TCEQ 正式接受對申請的回覆與修正，附上 WCS 許可證申請的變更，為修正版 12c。	
2007/12/10	TCEQ 遞交附函、初始許可證草案和許可令草案給 WCS 審查和評論。	
2008/1/9	WCS 遞交對初始許可證草案和許可令草案的意見。	
2008/8/11	執行主任提交文件給辦公室首席秘書。	
2008/8/13	TCEQ 辦公室首席秘書郵寄技術摘要通知和執行主任的初步決定、最終許可令草案、最終許可證草案，以及 WCS 的初步環境分析草案和相鄰土地與礦產權利人初步決定的通知。在 WCS 公布正式 TCEQ 通知後，公眾將有 30 天期限提出意見和要求聽證。	公開審閱
2008/9/8	德州安德魯斯對申請書與初步決定的公開會議。	
2008/9/16	公眾評議期結束。	
2008/11/19	TCEQ 委員思考礦產權利的訴訟程序 (condemnation proceedings)。	
2008/11/21	TCEQ 委員會發佈執行理事的命令傳送請求給德州的首席檢察官開始訴訟程序以取得低放射性廢棄物處置設施場址預定地點的礦產權的土地。	
2008/12/2	TCEQ 執行理事與辦公室首席秘書提出意見的回覆與建議修正許可證草案。	
2009/1/14	2009 年 1 月 14 日，TCEQ 委員批准一項命令給予 WCS 的申請放射性物質許可證 R04100 號。許可證將在訴訟程序完成且申請人已經取得場址所在位置的礦產權的土地之後發佈。	
2009/1/28	首席秘書辦公室郵寄複審提議給郵件發送清單上的人，以及簽屬許可令和未簽屬許可證草案的複本。	



表 4-2 WCS 申請案安全分析報告主要內容暨附件

		主要內容		主要附件	
1.0	一般 資訊	1.1	提出申請的種類		
		1.2	設施名稱		
		1.3	經營者(申請人)		
		1.4	礦產權	1.4	礦產權
		1.5	許可證號碼		
		1.6	登記代理人		
		1.7	所有人		
		1.8	設施所有權現況的表示		
		1.9	授權人員		
		1.10	負責人		
		1.11	申請的公開地點		
		1.12	合夥人名稱、住址、地點		
		1.13	申請人公司/非法人組織	1.13.2	董事與主要人員的姓名、住址
		1.14	承包商資訊		
		1.15	德州商業公司法	1.15	帳戶狀況證明書
		1.16	商業資訊		
		1.17	TCEQ Core Data Form		
		1.18	支持的決議		
		1.19	擔保契約或其他轉讓	1.19 1.19.2	訴訟程序的請求與開始 申請豁免
		1.20	申請展期或修正		
		1.21	Institutional Information	1.21.1	認證接受轉讓
		1.22	活動描述		
		1.23	遵從法規記錄	1.23	遵從法規記錄
		1.24	現有、到期或臨時許可證/執照		
2.0	場址 特性	2.1	位置與地理		
		2.2	人口統計與社會經濟	2.2.1	考古與文化調查
		2.3	氣象與氣候	2.3.1	氣象與氣候學資料
				2.3.1-2	氣象系統
				2.3.3-1	WCS 德州安德魯斯郡低 放射性處置場址未來氣 候分析
		2.4	地表水水文	2.4.1	氾濫平原(區)研究
				2.4.1-1	F 區最初預備計畫(乾旱 研究)
				2.4.1-2	場址邊界 5 英哩內地表 水體逕流量

主要內容				主要附件	
				2.4.2	國家溼地清單
				2.4.5	水庫計畫
		2.5	地質	2.5.2	地震危害評估
		2.6	大地工程與地球化學特徵	2.6.1	地質報告
				2.6.2	水質分析
				2.6.2-2	土壤調查
		2.7	地下水水文		
		2.8	天然資源		
		2.9	生態	2.9.1	生態評估
		2.10	運轉前的環境監測	2.10.1	放射性監測數據
				2.10.1-2	輻射環境監測計畫
				2.10.1-3	輻射環境監測計畫佐證文件
				2.10.1-4	輻射監測數據佐證文件
2.10.2	非輻射監測數據				
2.10.2-2	非輻射環境監測計畫				
3.0	設計			3.0-3	低放廢棄物處置計算
				3.0-2	低放廢棄物處置繪圖集冊
				3.0-1	低放廢棄物處置工程報告
				3.0-4	規劃與設計程序
		3.1	一般資訊		
		3.2	法規與標準	3.2	法規與標準
		3.3	現地設施	3.3	火災危害分析
		3.4	結構穩定性	3.4.1	以 FLAC 數值模擬評估處置單元結構穩定性
		3.5	處置單元覆蓋層		
		3.6	水的管理	3.6.1	回填區入滲模擬包括蓋層劣化影響
3.7	天然事件的設計考量				
4.0	建造	4.1	建築法規與標準		
		4.2	施工方法與特徵	4.2.1	運轉設備建造
				4.2.3	技術規格
		4.3	施工安全與設備	4.3.3	設備租賃來源建造
		4.4	建造環境監測	4.4.1	結構功能監測計畫
				4.4.2	結構功能矯正活動計畫
5.0	運轉	5.1	廢棄物接收、檢查、接受		
		5.2	廢棄物分析計畫	5.2-1	廢棄物接收計畫

主要內容				主要附件	
				5.2-2	廢棄物分類
		5.3	廢棄物的臨時儲存、處理、操作	5.3.2	運轉流程圖
		5.4	廢棄物處置	5.4.1	處置設施運轉支援訊息
		5.5	運轉與安全	5.4.1-2	大體積廢棄物
				5.5	程序與計畫
				5.5-1	緊急應變特徵
				5.5.2-1	輻射安全計畫與程序
		5.5.2-2	合理抑低設計特徵		
5.6	混合廢棄物				
5.7	運轉環境監測	5.7.1	電子記錄保持系統		
5.8	聯邦設施廢棄物				
6.0	封閉	6.1	法規與管制的考量	6.1.1-1	除役與場址封閉計畫
				6.1.2-1	封閉/封閉後監測計畫
				6.1.5-1	封閉估算
				6.1.5-2	計畫外的封閉估算
6.2	封閉環境監測				
7.0	封閉後與監管	7.1	封閉後	7.1.1	封閉後計畫
				7.1.3	封閉後費用估算
		7.2	監測與監管期	7.2.2	監管計畫
				7.2.3	監管費用估算
		7.3	矯正行動	7.3.2	早期預警與矯正行動計畫
				7.3.2-1	矯正行動配置確定
7.3.3	矯正行動費用估算				
8.0	功能評估			8.0-1	德州契約物料清單
				8.0-2	聯邦設施物料清單
				8.0-3	定性的路徑分析
				8.0-4	工作人員劑量
				8.0-5	意外分析
				8.0-6	詳細路徑分析
				8.0-7	敏感度和不確定性分析
				8.0-8	電腦輸出
		8.1	遵從功能目標		
		8.2	源項		
		8.3	正常與意外條件下的運轉		
8.4	封閉後與監管期				
8.5	監管期後				
9.0	品質	9.1	QA/QC 組織管理與責任	9.0	品質保證

主要內容			主要附件		
	保證與質管	9.2	QA/QC 執行與監測		
		9.3	設計控制		
		9.4	材料、設備的採購與維修		
		9.5	過程、程序與說明		
		9.6	文件管制		
		9.7	檢閱與測試		
		9.8	對危害情形的矯正措施		
		9.9	稽核、檢查與管理控制		
10.0	人事	10.1	組織		
		10.2	申請人與工作人員的技術資格		
		10.3	關鍵職務		
		10.4	訓練計畫	10.4	WCS 訓練計畫
		10.5	WCS 職工安置與保留計畫	10.5	WCS 職工安置與保留計畫
11.0	環境報告與代理技術	11.1	建議計畫的目的與需求	11.1.1	環境報告
		11.2	選址過程描述	11.2.1	選址報告
		11.3	建議計畫的替代方案		
		11.4	建議場址的特性		
		11.5	建議設施的設計		
		11.6	建議設施的環境影響		
		11.7	意外事故的環境影響	11.7	低放運輸影響評估
		11.8	建議計畫的摘要評估		
		11.9	環境測量與監測計畫	11.9.1	生態監測計畫
				11.9.2	生態基線評估
	11.10	遵從狀況	11.10.2	遵從法規記錄	
12.0	財務資格與財務保證	12.1	必要資金	12.1.4-1	封閉/封閉後財務保證附信草案
				12.1.4-2	封閉/封閉後備用信用狀格式草案
		12.2	足夠保險範圍描述		
		12.3	提供財務保證的機制		
		12.4	估計費用計算	12.4.4-3	財務保證的增長需要多年的操作
	12.5	財務資訊			
13.0	階層審查程序	13.1	行政審查		
		13.2	評估審查		
14.0	時程	14.1	申照時程表	14.1-1	TCEQ 審照行動基礎時

主要內容			主要附件	
				程表
			14.1-2	LLRW 處置設施開發大事紀要
	14.2	建造時程表	14.2-1	場址開發運轉前的行動基礎時程表
	14.3	運轉時程表 (接收、處理、廢棄物處置)	14.3-1	運轉的行動基礎時程表
	14.4	封閉時程表	14.4-1	場址封閉的行動基礎時程表

表 4-3 處置場發展項目/階段可能產出的重要技術文件

重要項目/階段	主要產出文件
計畫管理	最終處置計畫書 年度工作規劃報告 年度成果報告 行政管理組織與人員訓練計畫 品質保證管理計畫/紀錄
可行性評估	可行性研究報告
環境影響評估	環境影響說明書 環境影響評估報告
廢棄物特性	廢棄物存量與特性報告
廢棄物包件	廢棄物包件特性報告
場址特性	場址特性調查計畫書 場址特性調查報告
處置設施設計	概念設計報告 基本設計報告 細部設計報告
工程障壁特性	工程障壁特性評估報告
安全評估	建造安全分析報告(初期安全分析報告) 運轉安全分析報告(終期安全分析報告) 安全評估報告
處置設施建造	施工計畫/說明書

續次頁

表 4-3 處置場發展項目/階段可能產出的重要技術文件(續)

重要項目/階段	產出文件
處置設施運轉	廢棄物運送計畫 廢棄物接收準與收費標準 試運轉報告 運轉執照申請書 運轉技術規範 意外事件應變計畫 運轉報告 輻射防護計畫/報告 環境輻射監測計畫/報告 異常或緊急事件報告 更新安全分析報告 換照安全分析報告 換照安全評估報告 保安計畫 消防計畫
封閉監管	封閉及監管規劃報告 封閉計畫 監管計畫 土地再利用或免於監管申請書 輻射安全評估報告
品質保證	品質保證報告
公眾溝通	公眾溝通成果報告 公眾溝通資訊網
財務與成本	財務保證說明報告 處置設施建置成本報告 營運財務報告

表 4-4 處置設施設置申請安全分析報告附屬的重要技術文件建議清單

文件名稱	主要內容	需求原因
廢棄物數量與特性報告	說明處置廢棄物之來源與種類、型態、數量及其分類方式。	作為設施設計、安全評估等相關工作的依據。
廢棄物接收規範	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 說明處置廢棄物內所含核種及其最大比活度。</li> <li>2. 說明接收廢棄物包件及其表面污染最大限值及最大劑量率限值。</li> <li>3. 說明接收廢棄物之各項物理、化學特性之限制。</li> <li>4. 說明處置容器之材質與規格。</li> </ol>	作為設施設計、安全評估等相關工作的依據。
場址特性調查計畫	說明場址社會與經濟、地形與地貌、氣象、地質與地震、地表水、地下水、地球化學、天然資源、生態、輻射背景偵測、大地工程特性等的調查數量、範圍、方法與評估方式。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SAR 導則要求的調查與評估方法可以於調查計畫中詳述，而無需佔用 SAR 之篇幅，於後續提出之 SAR 中僅須明調查成果即可。</li> <li>2. 調查工作的發包與施作曠日費時，藉由事前提出調查計畫之溝通可以避免日後進行審查程序時要求補充調查之困擾。</li> </ol>

續次頁



表 4-4 處置設施設置申請安全分析報告附屬的重要技術文件建議清單(續)

文件名稱	主要內容	需求原因
處置設施設計報告	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 說明設計目標與功能需求、建築設計、結構設計、土木設計、輻射安全設計、輔助設施或系統之設計、公用設施或系統之設計。</li> <li>2. 內容宜包含障壁系統以及後續施工與運轉規劃之說明。</li> </ol>	<p>依概念設計、基本設計、細部設計之程序逐步落實設計內容。藉由充分的討論確保處置系統堅實可靠且經濟有效。</p>
安全評估報告	<p>說明核種傳輸情節、模式評估程式與驗證、核種傳輸途徑、正常與異常狀況之輻射影響、闖入者防護、與長期穩定性等。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 評估工具與方法可以於報告中詳述，而無需佔用SAR之篇幅，於後續提出之SAR中僅須明評估成果即可。</li> <li>2. 安全評估的範疇較具抽象性質，藉由事先的溝通與論證可以增加安全共識。</li> </ol>

## 5. 其他計畫成效與審查技術交流

本計畫依合約規定得由物管局派員參與計畫執行之查訪及技術交流，並由計畫執行單位配合物管局需求，以專題研討方式提供低放射性廢棄物最終處置管制審查有關之技術諮詢和協助。執行工作內容符合計畫書之規劃。

執行期間重要工作情形如下：

### (1) 專題演講

- 98/04/10 朱信忠博士應邀赴物管局專題演講「放射性廢棄物處置安全評估結果之不確定性與參數敏感度分析技術」。
- 98/05/08 張福麟先生應邀赴物管局專題演講「GoldSim 程式在低放射性廢棄物處置安全評估之技術應用」。
- 98/07/15 陳智隆先生應邀赴物管局專題演講「發展具代表性放射性廢棄物處置評估模型之技術驗證」。
- 98/07/17 郭明傳博士應邀赴物管局專題演講「低放射性廢棄物處置設施近場核種傳輸之模擬分析」。
- 98/08/28 紀立民先生應邀赴物管局專題演講「高放射性廢棄物長期貯存策略研究」。

### (2) 參與研討會

- 98/07/24 莊文壽組長及同仁等 12 人赴物管局，參加 98 年「低放射性廢棄物最終處置設施結構安全研討會」。
- 98/10/01 化工組莊組長及同仁等赴原能會出席參加由核能學會與物管局共同主辦之「資訊透明化與公眾溝通研討會」。

### (3) 計畫查訪與工作會議

- 98/05/07，物管局曾漢湘技正與陳建琦工程師來組，進行委託計畫「低放射性廢棄物坑道處置技術審查要項研究」執行進度查訪。
- 98/09/08，物管局林善文組長、黃肇基技正、曾漢湘技正來所例行的計畫查訪作業，雙方除對期中報告內容交換意見，並對「本土化審查導則草案第0版」的彙整作業與配合事項與時程等進行討論。
- 98/10/19 物管局低放射性廢棄物最終處置合作及委託研究計畫整合會議。

### (4) 意見交換與諮商

- 計畫執行期間物管局與計畫執行單位之間多次利用電子郵件就低放射性廢棄物處置與管制技術相關議題進行意見交流。

## 6. 結論

本計畫完成下列研究成果：

- (1) 針對我國「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」第七章「處置設施之安全評估」，提出對應之審查導則草案初稿，同時參考 IAEA ISAM 計畫、美國 NRC NUREG-1573 等技術文件，本土化低放處置特性予以調整，並依據 NRC NUREG-1200 之架構及內容，提出草案初稿，內容涵蓋安全評估相關之「輻射劑量評估」、「闖入者防護」、「長期穩定性」及「設備操作」，各項目撰寫格式架構包括：審查範圍、審查程序、接受準則、評審發現、參考文獻等。
- (2) 依據前項工作執行經驗，配合物管局委託計畫研究成果，協助物管局進行低放處置設施安全分析報告審查導則草案第 0 版之彙整、編排。
- (3) 參考美國德州 WCS 低放處置場安全分析報告案例，研析處置設施建置申請之技術文件需求，強化審查要項內容，建議程序審查作業應完備技術文件清單，作為督促經營者於申照前完備技術文件之重要依據。
- (4) 管制技術人員技術交流：計畫執行期間配合委託單位要求進行工作查訪與技術研討等活動，並參與物管局辦理之處置與管制技術研討會，擴大技術研討層面及經驗學習機會，提高民眾對低放處置場安全信心。

本計畫之研究心得與建議如下：

- (1) 低放處置審查專案為物管局現階段安全管制主軸，建立處置設施設置申請審查規範，可供審查人員依循，並提升最終處置場的安全性，增加民眾信心。
- (2) 低放處置審查專案為物管局現階段安全管制主軸，建立處置設施設置申

請審查規範，可供審查人員依循，並提升最終處置場的安全性，增加民眾信心。

- (3) 現階段「低放處置設施安全分析報告審查導則草案第 0 版」內容涵括低放處置管制相關配套應完備審查技術，可提供處置技術溝通平台會議交流研討之素材。
- (4) 「低放處置設施安全分析報告審查導則草案第 0 版」是低放處置設施審查導則的過渡性文件，如何切合國內環境現況讓審查導則具體化與最適化是反覆而持續進行的過程，未來應隨著後續處置相關資訊與更多專家參與讓審查要項的精度與廣度的增加而逐步精進。

## 參考文獻

1. 吳禮浩、紀立民、陳智隆、陳誠一，2007，低放射性廢棄物坑道處置審查規範草案之研議，物管局委託研究計畫，96FCMA005。
2. 吳禮浩、紀立民、張福麟，2008，低放射性廢棄物最終處置場設計安全考量之研究，物管局委託研究計畫，97FCMA004。
3. 任春平，2008，低放射性廢棄物最終處置功能安全評估模式審查技術之建立，物管局委託研究計畫，97FCMA006。
4. 經濟部，2008，公告「台東縣達仁鄉」、「屏東縣牡丹鄉」、及「澎湖縣望安鄉」等 3 處低放射性廢棄物最終處置設施潛在場址，民國 97 年 8 月 29 日，經營字第 09702611670 號。
5. IAEA, 1999a, Near Surface Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series WS-R-1, IAEA, Vienna.
6. IAEA, 1999b, Model Formulation, Implementation and Data for Safety Assessment of Near Surface Disposal Facilities, ISAM/MDWG/WD01, IAEA, Vienna.
7. IAEA, 2000, Confidence Building in the Safety Assessment of Near Surface Radioactive Waste Disposal Facilities, ISAM/CBWG/WD01, IAEA, Vienna.
8. IAEA, 2001, Technical Considerations in the Design of Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, TECDOC-1256, IAEA, Vienna.
9. IAEA, 2003, Considerations in the Development of Near Surface Repositories for Radioactive Waste, Technical Reports Series No. 417, IAEA, Vienna.
10. IAEA, 2004, Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, IAEA, ISAM vol.1 & vol.2,

11. USNRC, 1982, Licencing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 10 CFR Part 61.
12. USNRC, 1991, Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, Rev. 2.
13. USNRC, 1994, Standard Review Plan for the Review of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, Rev. 3.
14. USNRC, 2000, A Performance Assessment Methodology for Low-Level Radioactive Waste Disposal Facilities: Recommendations of NRC's Assessment Working Group, NUREG-1537.
15. USNRC, 2007, History and Framework of Commercial Low-Level Radioactive Waste Management in the United States, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1853.
16. WCS, 2005, Application for License to Authorize Near-Surface Land Disposal of Low-Level Radioactive Waste, Waste Control Specialists LLC , Revision 7.
17. TCEQ 網站資料  
[http://www.tceq.state.tx.us/permitting/radmat/licensing/wcs\\_license\\_app.html#timeline](http://www.tceq.state.tx.us/permitting/radmat/licensing/wcs_license_app.html#timeline)

附錄 A： 「處置設施之安全評估」 審查導則  
(草案)



## 附錄A：「處置設施之安全評估」審查導則(草案)

### 第七章 處置設施之安全評估

一、輻射劑量評估：說明廢棄物性質與場區之可能核種傳輸路徑及特性，並分別評估運轉期（廢棄物接收、暫存、吊卸、處理、處置、除污排水）及封閉後正常與異常狀況下對工作人員及民眾輻射劑量之影響，並與現行法規做比較，評估項目包括：

- （一）廢棄物描述：包括總數量、總活度、廢棄物特性基本假設等。
- （二）核種傳輸特性：評估處置設施工程與天然障壁在設施運轉及封閉後，地下水滲流、擴散、延散與遲滯吸附等特性參數，以模擬分析地下水滲流機制、核種傳輸及處置設施之長期穩定性。
- （三）正常狀況之輻射劑量：評估處置設施運轉期及封閉後在正常狀況之輻射劑量，包括傳輸機制說明、情節分析、輸入資料、輸出資料、敏感度分析、不確定性分析、評估結果及使用之評估程式。
- （四）異常狀況之輻射劑量：評估處置設施運轉期及封閉後在意外事故或異常狀況下之輻射劑量，包括傳輸機制說明、意外事故或異常狀況之發生頻率、情節分析、輸入資料、輸出資料、敏感度分析、不確定性分析、評估結果及使用之評估程式。
- （五）核種外釋到達人類活動範圍之傳輸機制：包括地下水、空氣、地表水、其他傳輸機制，及直接輻射與向天輻射對個人之曝露，並描述各傳輸機制之概念模式、數學模式及分析所需之參數。
- （六）述明各種傳輸機制之評估結果，是否符合法規限值。

#### 7.1.1 廢棄物描述

##### 1. 審查範圍

審查人員將審查申請者所提出之安全分析報告(SAR)，針對擬置於處置設施內的低放射性廢棄物相關規劃，包含廢棄物數量、物理與化學性質及放射特性。廢棄物規劃需考慮：(1) 運轉期間，

廢棄物運送至處置設施之計畫；以及(2) 處置設施封閉時所產生之廢棄物規劃。

本節審查結論基本上將與情節分析、評估計算等一併考量，以分析申請者估算由處置設施可能之外釋量。

## 2. 審查程序

### 2.1 接受性審查(Acceptance Review)

審查人員將根據「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 評估申請者針對廢棄物規劃之描述以及資料是否完整。若資訊不當或不足，應要求申請者補足資料或提出解釋。等待資料補齊後，決定接受或退回申請文件。

### 2.2 安全性審查(Safety Evaluation)

審查人員審核申請者所提出之廢棄物預估資料是否合理，並判斷所提供資料是否足以進行獨立的安全評估。

- (1) 運轉期間之廢棄物：審查人員審核申請者所提出在處置設施運轉期間預期接收低放射性廢棄物之規劃，並判斷以往廢棄物產生之歷史資料是否適當。審查每一重要之廢棄物產生設施之廢棄物產量，若過去歷史資料與申請者報告中預期之產量有顯著差異者，申請者需特別說明。審查單位應直接向廢棄物產生單位直接確認其目前與未來預計之廢棄物產量。
- (2) 封閉期間之廢棄物：審查人員審核申請者於場址封閉期間所產生於場址內的低放射性廢棄物之規劃，而此部分之規劃為初步預估。

## 3. 接受準則

### 3.1 法規要求(Regulatory Requirements)

審查人員將依「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」第二章、「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」第二章第五項之要求，進行審查。

### 3.2 法規指引(Regulatory Guidance)

針對廢棄物描述，包括總數量、總活度、廢棄物特性基本假設等，目前無適用的法規指引。

### 3.3 法規評審準則(Regulatory Evaluation Criteria)

- (1) 運轉期間之廢棄物：針對廢棄物形式、種類及數量，申請者至少需提供以下資訊以供審查：

1. 欲接收的低放射性廢棄物來源之主要廢棄物組成體積及

活度判定。並進一步確認特定的廢棄物產生設施(如核電廠產生之活化金屬)。

2. 上述廢棄物之物理、化學性質及放射特性。其中至少需包含以下資訊：(i) 年產生體積；(ii) 廢棄物分類；(iii) 主要組成核種之平均濃度；(iv) 化學及物理型態；(v) 螯合劑成分；(vi) 包裝特性(如是否存放於高完整性容器)；(vii) 固化劑。清楚描述其物理及化學型態可對於預估釋出率提供重要資訊(如廢棄物組成是否含有活化金屬、密封射源、離子交換樹脂等)。
  3. 上述討論之年產生體積，須預估其未來趨勢。例如：為固定年產生率或偶然之產生量。廢棄物若是未來預期的來源，如核電廠除役所產生，需特別說明。
  4. 對於主要的廢棄物來源，於處置設施運轉前五年任何影響廢棄物產生率的計畫或變更(如變更廢棄物減容或除役計畫)。
  5. 可能影響處置設施評估之任何針對廢棄物接收、型態、包裝或其他特性的限制。這些限制可能包含場址內特定核種之總場址存量(如 C-14、H-3、Tc-99 或 I-129)或某些 A 類廢棄物之結構穩定要求。以上可能之限制將列入處置設施之運轉執照內之限制條件。
  6. 運轉期間每年預計之總廢棄物體積及活度。
- (2) 封閉期間之廢棄物：審查人員審核申請者提出在處置設施封閉期間，產生低放射性廢棄物之種類、型態及數量等資訊，其內容應至少足以審查人員能獨立判斷潛在的封閉費用與效應。封閉期間的廢棄物資訊至少需包含前節第 2 項所列之內容。

#### 4. 評審發現

審查人員應審核確認所有資料是否滿足「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之要求。根據上述資料，審查人員應可總結申請者之資訊是否完整。將審查過程及結果文件化，包含列出申請者提出之限制條件，此限制條件將列入處置設施運轉執照之條件。

針對廢棄物之種類、型態及數量等資訊，審查人員根據資料可判斷申請者已符合本 SRP 相關規定。若否，應將不足之處提出，並建議是否有其他方式補足或解決方案。

#### 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard

Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility, " Rev. 3, April 1994.

- (2) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，Oct. 2008。
- (3) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」，Oct. 2004。

## 7.1.2 核種傳輸特性<sup>\*1</sup>

### 1. 審查範圍

審查人員將審查申請者所提出之安全分析報告(SAR)，針對處置設施工程與天然障壁地下水滲流(/流動)、擴散、延散與遲滯吸附等特性參數<sup>\*2</sup>數據取得之相關規劃。

此節審查結論基本上將與情節分析、評估計算等一併考量，以分析申請者所估算由處置設施可能之外釋量。

### 2. 審查程序

#### 2.1 接受性審查

審查人員將根據「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」與本 SRP 評估申請者針對處置設施工程與天然障壁傳輸參數之取得方式以及描述資料是否完整。若資訊不當或不足，應要求申請者補足資料或提出解釋。等待資料補齊後，決定接受或退回申請文件。

#### 2.2 安全性審查

審查人員審核申請者所提出之處置設施工程與天然障壁核種傳輸參數(包含水文地質、地球化學及核種釋出數據)的取得資料是否完整合理且具有代表性，若場址參數無法取得，應確認採適當保守假設，若輸入參數存在不確定性或不一致，其數值應與文獻中所得之相似地質介質數值範圍相比較，並判斷所提供資料是否足以進行獨立的安全評估。

- (1) 處置設施工程障壁：審查人員將依據申請者所提出的安全分析報告(SAR)第四章「處置設施之設計」的內容，審核處置設

---

1. NUREG-1200 無對應之章節。

2. 此處內容已涵蓋「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」第七章第一條第(五)項：「核種外釋到達人類活動範圍之傳輸機制」的部分內容，亦即各傳輸機制之概念模式、數學模式及分析所需之參數。

施工程障壁傳輸參數之必要性與完整性，包括參數取得的方法、實驗步驟、數據正確性等資料。

- (2) 處置設施天然障壁：審查人員將依據申請者所提出的安全分析報告(SAR)第三章「場址之特性描述」的內容，審核處置設施天然障壁傳輸參數之必要性與完整性，包括地質模型與地下水流場的分析，參數取得的方法、試驗步驟、數據正確性等資料。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

目前無適用的法規要求。

#### 3.2 法規指引

目前無適用的法規指引。

#### 3.3 法規評審準則

- (1) 處置設施工程障壁：針對處置設施工程障壁的特性參數，申請者至少需提供以下資訊以供審查：

1. 處置設施工程障壁的特性，包括設計、材質、相關尺寸、基本物理特性、化學特性、核種傳輸過程等完整資料，若已於 SAR 第四章相關章節中完整描述，可不需重複。
2. 傳輸特性參數應包括滲透率、導水係數、擴散係數、延散係數、吸附係數等的取得方式，包括所進行實驗室試驗或現地試驗，以及主要依據的相關試驗規範等說明。
3. 上述提供的特性參數與相關資訊，是否足以對處置設施營運不同時期進行獨立評估與計算。

- (2) 處置設施天然障壁：針對處置設施工程障壁的特性參數，申請者至少需提供以下資訊以供審查：

1. 處置設施天然障壁的描述，包括岩性、地質構造、水文地質特性、地球化學等完整資料，若已於 SAR 第三章相關章節中完整描述，可不需重複。
2. 地質模型與地下水流場的分析，包括調查的方法、數據的分析、模型驗證等完整資訊。
3. 傳輸特性參數包括滲透率、地下水流速、導水係數、擴散係數、延散係數、吸附係數等的取得方式，包括所進行實驗室試驗或現地試驗，以及主要依據的相關試驗規範等說明。



4. 上述提供的特性參數與相關資訊，是否足以對處置設施營運不同時期進行獨立評估與計算。

#### 4. 評審發現

審查人員應審核確認所有資料是否滿足「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之要求。根據上述資料，審查人員應可總結申請者之資訊是否完整。

針對核種傳輸特性的取得方法與參考規範資訊，審查人員根據資料可判斷申請者已符合本 SRP 相關規定。若否，應將不足之處提出，並建議是否有其他方式補足或解決方案。

#### 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」，Oct. 2004。

### 7.1.3 情節分析

#### 1. 審查範圍

審查人員將審查申請者所提出之安全分析報告(SAR)，針對處置設施生命週期間，各種可能使人類受到輻射影響之核種外釋情節的建構方法，以及情節的篩選，與廢棄物、場址、設計或運轉相關之可能情節都應列入考慮。每一情節的描述必須包含評估背景、傳輸機制及途徑。

此節審查結論基本上將與評估計算等一併考量，以分析申請者所估算由處置設施可能之外釋量。

#### 2. 審查程序

##### 2.1 接受性審查

審查人員將根據「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 評估申請者針對處置設施核種可能外釋情節之建構方式以及描述資料是否完整。若資訊不當或不足，應要求申請者補足資料或提出解釋。等待資料補齊後，決定接受或退回申請文件。

##### 2.2 安全性審查

審查人員審核申請者所提出之處置設施核種可能外釋情節的建構過程、情節描述、評估背景、傳輸機制與途徑等資料是否完整合理，並判斷所提供資料是否確實反應處置設施核種外釋，並足以提供評估計算以及必要時進行獨立的安全評估。

- (1) 情節建構：審查人員將依據申請者所提出的處置設施核種外釋情節的建構方法進行審查，內容包括情節發展的方法、特徵事件作用報表的建置與篩選、情節的建構與篩選等資料的完整說明。
- (2) 正常情節的描述：審查人員將依據申請者所提出處置設施外釋情節建構的資料，審核處置設施在正常狀況下的核種外釋情節以及描述，情節描述內容須包括，評估背景、核種外釋的傳輸機制與途徑<sup>\*3</sup>，人類所造成之潛在輻射劑量的暴露方式之完整說明。
- (3) 異常情節的描述：審查人員將依據申請者所提出處置設施外釋情節建構的資料，審核處置設施在異常狀況下的核種外釋情節以及描述，造成處置設施異常情節的意外事件須有合理的分析，異常情節描述內容須包括，評估背景、核種外釋的傳輸機制與途徑<sup>\*4</sup>，人類所造成之潛在輻射劑量的暴露方式之完整說明。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

目前無適用的法規要求。

#### 3.2 法規指引

目前無適用的法規指引。

#### 3.3 法規評審準則

- (1) 情節建構：針對處置設施可能的核種外釋情節建構，申請者至少需提供以下資訊以供審查：
  1. 建構核種外釋情節採行的辦法，情節發展的方法論可供參考的文獻很多，例如 IAEA 的 ISAM 計畫有相關完整的論述，申請者在 SAR 中必須完整描述情節建構的方法。
  2. 特徵事件作用報表是完整呈現影響處置設施安全的因

---

3. 此處內容已涵蓋「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」第七章第一條第(三)項：「正常情況之輻射劑量」的部分內容。

4. 此處內容已涵蓋「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」第七章第一條第(四)項：「異常情況之輻射劑量」的部分內容。

素，也是情節建構必要的步驟之一，申請者需在 SAR 中完整說明特徵事件報表的建置過程以及篩選依據。

3. 申請者必須說明依據特徵事件作用篩選結果進行處置設施外釋情節的建構過程，包括假設的理由與依據，情節的篩選過程與依據等。
- (2) 正常情節的描述：處置設施在正常情況下的核種外釋情節說明，此情節必須經過前節所述的完整建構過程，申請者對於正常情節至少需提供以下資訊以供審查：
1. 處置設施核種外釋正常情節的評估背景說明，內容包括情節的合理假設與依據，處置系統的描述，評估的目的與終點，評估時間。
  2. 處置設施在正常情況下核種外釋情節的描述<sup>\*5</sup>，內容包括核種外釋的時間、原因與方式，核種通過工程障壁的途徑與機制，核種經過天然障壁的途徑與機制，核種進入生物圈的途徑與機制，人類接受輻射劑量的途徑、暴露方式與位置。
- (3) 異常情節的描述：處置設施在異常情況下的核種外釋情節說明，申請者對於異常情節至少需提供以下資訊以供審查：
1. 造成處置設施異常情節的因素分析，包括意外事故或異常狀況之發生頻率，以及對處置設施核種外釋的影響。
  2. 處置設施在異常情況下核種外釋情節的描述<sup>\*6</sup>，內容包括核種外釋的時間、原因與方式，核種通過工程障壁的途徑與機制，核種經過天然障壁的途徑與機制，核種進入生物圈的途徑與機制，人類接受輻射劑量的途徑、暴露方式與位置。

#### 4. 評審發現

審查人員應審核確認所有資料是否滿足「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之要求。根據上述資料，審查人員應可總結申請者之資訊是否完整。

針對處置設施正常狀況與異常狀況下的核種外釋情節的建構過程與內容等資訊，審查人員根據資料可判斷申請者已符合本 SRP 相關規定。若否，應將不足之處提出，並建議是否有其他方

- 
5. 此處內容已涵蓋「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」第七章第一條第(五)項：「異常情況之輻射劑量」的部分內容，亦即地下水、空氣、地表水、其他傳輸機制的說明。
  6. 同前。



式補足或解決方案。

## 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」，Oct. 2004。

## 7.1.4 評估計算

### 1. 審查範圍

審查人員將審查申請者所提出之安全分析報告(SAR)，針對處置設施在正常狀況與異常狀況之核種外釋情節，所造成人類輻射劑量的計算，內容包括：地質及水文地質系統之概念模型，描述潛在的核種外釋途徑，以及用於預估核種於地下水之時間與空間分佈的核種傳輸模型、數學模式的說明，評估程式的選用以及不確定性與敏感度分析。

此節審查結論基本上將瞭解各種核種外釋情節的評估結果，是否符合法規限值。

### 2. 審查程序

#### 2.1 接受性審查

審查人員將根據「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 評估申請者針對處置設施核種可能外釋情節之評估計算過程是否完整而結果正確。若資訊不當或不足，應要求申請者補足資料或提出解釋。等待資料補齊後，決定接受或退回申請文件。

#### 2.2 安全性審查

審查人員審核申請者所提出之處置設施核種外釋情節的計算過程、應包括概念模式、數學模式及分析所需之參數、輸入資料、輸出資料、敏感度分析、不確定性分析、使用之評估程式及評估結果，並判斷所提供資料是否確實可執行正確的計算與得到合理的結果，申請者所提供的資料必須足以進行必要時的獨立安全評估。

- (1) 概念模式：針對場址之水文地質、地質、大地工程及地球化學特性進行審查。需注意場址之一般地層及岩石特性、含水層側向延伸及厚度、補注及排水區域、流速及流動時間、水

文地質性質及污染物傳輸特性。經由場址特性調查程序中所得到的場址資訊，用於審查申請者提出之概念模型，其模型以圖表方式描繪核種由處置單元到場址邊界之核種遷移，以及目前已知與未來人類活動區域。概念模型應包含物理環境與傳輸介質及其與規劃工程設計之關係。

- (2) 評估程式、數學模式：評估程式建立之數學模式需能完整描述概念模式。評估程式需進程式開發驗證、程式安裝驗證、人員操作驗證。
- (3) 參數：申請者需完整說明使用於評估計算的參數數據與來源。將審查輸入參數與用於計算核種濃度之數值或解析模型間之相容性，以及場址及其周邊水文地質與地球化學狀況之代表性。分析中之假設值應以量測數據之保守估計。
- (4) 輸入資料、輸出資料：詳述以數學模式計算核種外釋可能造成人體劑量之使用數據，如核種源項的時間與空間分佈、計算時的處置設施配置、人體劑量的計算位置等。
- (5) 敏感度分析、不確定性分析：申請者需對參數進行敏感度分析與不確定性分析，以瞭解參數數值對概念模型的影響，以及評估計算結果的正確性。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

目前無適用的法規要求。

#### 3.2 法規指引

目前無適用的法規指引。

#### 3.3 法規評審準則

- (1) 概念模式：概念模式依據情節分析結果進行整體性核種外釋之概念性描述。
- (2) 數學模式：數學模式以數學方程式或評估程式計算核種外釋可能造成之人體劑量，數學模式需能完整代表前述之概念模式。
- (3) 評估程式：申請者所使用於評估計算的程式需進行下列的驗證：
  1. 程式開發驗證，需依據程式開發之品保程序進行，若是商業軟體則不需進程式開發驗證。
  2. 程式安裝驗證：依據程式開發時的資訊設備軟體與硬體需求進行，確認進程式運跑之資訊設備符合程式運跑需

求。

3. 人員操作驗證：(i) 使用安裝完成的評估程式進行評估程式內附之案例運跑，確認其結果與評估程式隨附之案例運跑結果一致；(ii) 與解析解進行簡單案例分析比較驗證；(iii) 與其他相似程式進行複雜案例比較驗證。
- (4) 參數：數學模式計算使用之參數數據需詳述其參數值與來源，並需注意參數數據合理性與驗證。
- (5) 輸入資料、輸出資料：審查者應確認用於評估計算之輸入參數為合理且足以提供合理之準確度或保守之分析。若場址參數無法取得，應確認採適當保守假設，若輸入參數存在不確定性或不一致，其數值應與文獻中所得之相似地質介質數值範圍相比較。申請者提供的輸入資料應能提供足以進行必要時的獨立安全評估相關資料。輸出資料需能詳細說明評估結果，如劑量的時間分佈、劑量峰值與峰值發生時間等。
- (6) 敏感度分析、不確定性分析：描述參數不確定分析之分佈型態與該型態使用之參數，確認該型態之適用性與使用參數之合理性。不確定性分析運算次數需足以達到穩定的分析結果。

#### 4. 評審發現

審查人員應審核確認所有資料是否滿足「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之要求。根據上述資料，審查人員應可總結申請者之資訊是否完整。

針對處置設施正常狀況與異常狀況下的核種外釋情節的建構過程與內容等資訊，審查人員根據資料可判斷申請者已符合本 SRP 相關規定。若否，應將不足之處提出，並建議是否有其他方式補足或解決方案。

#### 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」，Oct. 2004。

### 7.1.5 評估結果與法規符合性

#### 1. 審查範圍

審查 SAR 中關於個人劑量的計算是否與法規相符，本 SRP

之評審發現與結論主要彙整 SRP 第 7.1.1 節到 7.1.4 節之分析、發現以及結論。

## 2. 審查程序

### 2.1 接受性審查

審查將根據「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 評估申請者針對評估結果與法規符合性的描述以及資料是否完整。若資訊不當或不足，應要求申請者補足資料或提出解釋。此時審查人員得建議退回申請案或接受申請並等待額外資料補齊。

### 2.2 安全性審查

審查申請者所提出之資料是否合理，並判斷所提供之資料是否足以提供進行獨立的安全評估。

### 2.3 分析結果

將審查：(1) 放射性對個人的影響計算；(2) 是否符合法規準則。

(1) 個人放射性劑量計算：劑量評估是否根據本 SRP 第一章所列之法規進行，主要審查項目包括：(i) 正常狀況外釋；(ii) 異常狀況外釋。首先界定申請者應評估之範疇，其次審查評估之細節。

1. 評估範疇審查：首先確認主要接受點所在位置(即主要人類到達處)，之後確認特定放射性曝露介質，最後確認主要攝入途徑。必須注意的是，前述步驟所討論之要件與處置設施設計、運轉以及環境有關。

2. 細部審查：放射性影響評估的細部審查，至少應包含下列項目：

(a) 計算劑量率所使用的概念模型與情節：(i) 處置設施運轉、封閉、監管各階段所伴隨的正常情節；(ii) 非正常情況造成的結果。審查上述概念模型與情節須包含判定主要接受點、曝露介質、與攝入途徑。

(b) 申請者提出針對放射性經由攝入途徑傳輸的計算模式與解析方法，包含特定參數值的選用。

(c) 申請者提出的假設參數包括土地佔用時間、曝露時間、生長季節、使用參數、及生理學與新陳代謝的因素。

(d) 申請者對劑量轉換因子的設定，以決定包括貝他與

加馬輻射造成的直接曝露與因吸入或嚥入造成的放射性體內曝露。

(e) 申請者用於計算影響的電腦程式。

(f) 申請者在前述項次「1. 評估範疇審查」所判定的任一接受點對個人劑量率的計算，以及最大個人曝露。

(2) 法規準則符合性：審查申請者提出的評估是否符合本 SRP 的法規要求。審查內容至少包括：

1. 處置設施運轉、封閉、監管各階段對場外個人的正常影響。
2. 非正常情況對場外個人的影響。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

審查人員將依「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，決定申請人對接受與檢查廢棄物所提出的程序是否可被接受。

#### 3.2 法規指引

本 SRP 審查範圍可應用的法規指引如下：

(1) 「游離輻射防護安全標準」第七條 輻射工作人員職業曝露之劑量限度，依下列規定：

1. 每連續五年週期之有效劑量不得超過一百毫西弗，且任何單一年內之有效劑量不得超過五十毫西弗。
2. 眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。
3. 皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過五百毫西弗。

(2) 「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第八條對設施外一般人所造成之個人年有效劑量，不得超過 0.25 毫西弗，並應符合合理抑低原則。

#### 3.3 法規評審準則

評估申請者針對(1) 放射性對個人的影響；(2) 符合法規準則的預測是否可接受。

(1) 個人放射性劑量計算：申請者至少應提供以下資訊：

1. 判定不同階段的主要接受點與曝露介質。並合理說明假設二者隨時間改變可能的影響。



2. 針對任一曝露介質與接受點判定主要的放射性攝入途徑。
  3. 放射性傳輸於攝入途徑的計算模式與解析方法需完整說明，但模式內定的參數應審慎審查或以場址現地的特定參數取代。
  4. 土地佔用時間、曝露時間、生長季節、使用參數、及生理學與新陳代謝的因素的假設參數需合理並說明參考依據，但仍以更新的數據或場址現地的特定參數取代較佳。
  5. 針對上述假設、模式、或參數，若有更進一步的資訊或現地資料，可經過判斷取代保守假設或者一般性的資訊。
  6. 針對劑量轉換因子，直接曝露或者體外曝露計算方法，需完整說明參考依據。
  7. 驗證電腦程式之輸入是否恰當以及輸出是否完整。
  8. 合理確保所有顯著途徑(對總劑量率貢獻度達5%以上的途徑)均已納入分析。
  9. 資訊應足以判斷各接受點個人所接受之輻射劑量，包括所有釋放/傳輸機制之總和，考量重點包括接受點的位置，以及處置設施各階段期間的劑量。個人最大接收劑量以及接收位置應明確定義。
- (2) 法規準則符合性：申請者根據法規所提出之計畫，需經過審查人員獨立審查後方可接受。審查重點包括：

1. 在正常狀況下，場外特定接收點的個人劑量應符合「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」之要求，並合理抑低。
2. 在意外或非正常狀況下，場外特定接收點的個人劑量應合理抑低。
3. 在主動監管期間，場內個人劑量不能超過「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」之限值，並合理抑低。

在審查個人劑量率時，不只根據數值計算之結果，同時應考量申請者的運轉計畫以及相關的環境監測計畫。如此一來可根據環境監測、過去的運轉經驗以及操作訓練，調整、消除或降低可能的放射性外釋。

#### 4. 評審發現

應審查所有資料是否滿足「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」、「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之要求。根據上述資料，審查人員應可判斷申

請者之資訊是否完整。審查人員可依如下說明作成審查文件。

若申請者已根據 SRP 所述評估輻射影響，審查人員根據資料可判斷申請者是否已依法規完成所有事項，並予以確認。若認為有不適當之分析及結果，審查人員應註明作出此評論的技術基準，並說明解決不當處之替代方法。

## 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」，Oct. 2004。
- (3) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，Oct. 2008。

二、設備操作：依據處置設施之設備特性及操作程序，評估運轉期設備操作之安全性。

## 7.2 設備操作\*<sup>7</sup>

### 1. 審查範圍

審查人員需要審查低放射性廢棄物處置設施運轉期使用的設備特性及操作程序，以確保符合運轉的需求及安全要求。審查人員的評估需包含以下的審查項目。

- (1) 設備形式、規格及性能。
- (2) 設備操作程序、保管、維護、替代及檢查。
- (3) 操作人員資格與訓練計畫。

### 2. 審查程序

#### 2.1 接受性審查

審查人員針對處置設施運轉期之設備特性及操作程序，評估

---

7. NUREG-1200 處置設施安全評估的章節並無此標題，經過內容的比對與合適性探討，比較接近的內容是 NUREG-1200 3.3.2 節內容的部份，特此說明。

申請者針對設備操作安全性規劃是否符合「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 之要求。

## 2.2 安全性審查

對於使用於處置設施運轉的設備，審查人員應判定申請者是否提供適當並可接受的資訊。審查人員評估審查範圍之程序，評定項目包括：

- (1) 審查人員應審查 SAR 中的資訊，以判定是否設備形式(如起重機、固定式天車、壓土機等)及設備組件被適當的使用，以使處置設施安全地運轉。在評估過程中，審查人員應考慮場址特性與需求及設備的功能，應足以符合設計目的與安全目標。
- (2) 審查人員應審查設備製造者的規格說明書，以提供每一設備組件有關的功能及使用方法。例如，審查人員應審查設備的性能，足以安全地將廢棄物罐依設計的堆疊排列方式，搬移置放於開挖的處置單元中，並可適當的將回填材料充填於廢棄物罐的間隙，以增加長期的穩定性。
- (3) 審查人員應評估執照申請者所提供合理的設備操作程序、保管、維護、替代及檢查設施的保證資訊，包括備援設備應足以維持安全的處置運轉。審查人員應判定申請者所提供之規定及程序，是否提供合理的保證，不會發生運轉上不安全的中斷或延遲，且安全的管理或受污染設備的處理可適當的執行。
- (4) 審查人員應評估執照申請者所提供設備操作人員的資格以及訓練計畫的完整資訊。審查人員應判定執照申請者所提供之設備操作人員的資格與訓練計畫是否符合處置設施運轉需求。

## 2.3 要求額外資料

為了符合本 SRP 第 3 節的規定，得要求申請者提供補充資訊或修訂 SAR。

## 3. 接受準則

### 3.1 法規要求

- (1) 「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」
- (2) 「[放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法](#)」。
- (3) 「[放射性廢棄物處理設施運轉人員訓練計畫審查作業要點](#)」。

### 3.2 法規指引

並沒有適用於低放射性廢棄物處置設施運轉設備與操作程序



之法規指引。

### 3.3 法規評審準則

由於沒有完全適用於低放射性廢棄物處置設施之運轉設備與操作程序之法規，所以審查人員主要將基於工程判斷以進行評估。基於判斷結果，審查人員應斷定申請者所提出之資料是否符合「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」以及本 SRP 之要求。

- (1) 審查人員接受 SAR 中運轉設備的資訊，關於設備的型式與其功能在是否已包括足夠的細節說明。
- (2) 審查人員接受設備製造者的規格資訊，必須基於運轉設備的性能足以安全地達成預定的功能及符合設計的目標。
- (3) 審查人員應基於設備操作、保管、維護、替代及檢查之程序與措施的適切性作為接受認定的依據。審查人員應判定是否具有合理的保證，運轉作業不會中斷，及不允許因為重要與必要設備缺乏或故障，而發生不安全的狀況。
- (4) 審查人員認定執照申請者所提供設備操作人員的資格以及訓練計畫的資訊完整性為依據。審查人員應判定設備操作人員的資格與訓練計畫，以及是否有足夠符合資格替代人員以保證處置設施安全運轉。

## 4. 評審發現

### 4.1 引言

審查人員必須核實 SAR 中已具備足夠的說明能滿足「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 之要求。基於 SAR 的內容，審查人員能夠認定所有的資訊是完整且足夠的。審查人員需將審查結果撰寫成下節的審查文件。

### 4.2 評審發現範例

低放射性廢棄物處置場【設施名稱】已根據 SRP 第 7.2 節之內容經過審查，並確保設備操作程序、形式、功能以及操作人員資格均符合運轉需求，並可安全地執行其功能。指定的運轉設備之選擇與使用，均基於設備所需之功能與性能。申請者已保證指定的設備足使處置設施運轉可安全地進行。

審查人員已就申請者所提供之運轉設備資訊進行審查，並認定有關設備可被接受，因為申請者已就有關設備提出(1) 可達成預期功能；(2) 符合運轉需求；(3) 處置設施可安全地運轉之合理的保證。

申請者對於處置設施運轉操作人員資格與訓練計畫的資訊已

符合 SRP 第 7.2 節要求。

申請者已提供關於設備型式、規格與性能之適切資訊，保證設備安全運作無虞。對於設備之採購、替代、維護及檢查等程序均符合規定，且所有程序將不會造成處置設施運轉上不容接受的故障、中斷或延遲。

## 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法」，April 2009。
- (3) 行政院原子能委員會，「放射性廢棄物處理設施運轉人員訓練計畫審查作業要點」，May 2009。
- (4) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」，Oct. 2004。

三、闖入者防護：描述在處置設施營運中、封閉後，防止無意闖入者接近廢棄物所採行之防護設計及措施，並評估其功能。

## 7.3 闖入者防護

### 1. 審查範圍

SAR 所提闖入者防護系統的設計與運作是否足夠保證因疏忽闖入者受到合理保護。闖入者防護系統的設計包括運作<sup>\*8</sup>、步驟以及材料。審查人員需審查 SAR 所提的分析，確保廢棄物處置深度足夠，或者具闖入者障壁系統能有效防護無意闖入至少 500 年<sup>\*9</sup>。

### 2. 審查程序

#### 2.1 接受性審查

- 
8. NUREG-1200 所指運作可包括下列兩者或其中任一項作為：(1) C 類廢棄物處置深度在距離覆蓋層頂部至少 5 公尺以上【近地表處置】；(2) 建造 C 類廢棄物障壁，並可有效防護非刻意闖入達 500 年以上。
  9. 根據 10 CFR 61、NUREG-1200。

審查人員針對系統完整性，評估申請者針對防範非刻意闖入防護系統之設計是否符合「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」與本 SRP 之要求。

## 2.2 安全性審查

審查人員應審視申請者是否根據「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」進行工作，申請者並應提出方法以確保系統具相當之闖入者防護功能性。審查人員評定項目包括：

- (1) 審查廢棄物是否妥善分類與隔離，特別是 C 類廢棄物，其防護系統應提供足夠的保護。
- (2) 營運中採行的防護設計與措施是否足夠，發現無意闖入者的回報與處理程序是否清楚描述<sup>\*10</sup>。
- (3) C 類廢棄物處置深度應距離覆蓋層頂部至少 5 公尺<sup>\*11</sup>以上。申請者則應提出證據詳細說明工程規格、現地作業程序、與管制方法，以確保能依設計深度進行置放。【近地表處置】
- (4) 根據申請者所設計的處置方法，審查人員將檢視是否提供足夠的防護系統以確保無意闖入者受到保護。即使在發生異常設計基準事件(如最大可能洪水或最大可能降水)情況下，申請者仍應確保能維持必要的掩埋深度。【近地表處置】
- (5) 審查廢棄物闖入者防護系統<sup>\*12</sup>長期穩定性之設計(材料類型與性質、外形、厚度、深度、在處置單元開挖區的位置)與施工(方法、特徵、程序、現地品質管控)資訊。
- (6) 根據申請者所設計的處置方法，審查人員將檢視是否提供足夠的防護系統以確保無意闖入者受到保護。審查闖入者工程障壁在處置設施封閉後是否能保持 500 年的功能性與完整性，並根據所有可能得到的資訊檢驗工程障壁是否能滿足需求。審查將檢視所有使用的數據與假設、計算方法以及方法本身之適用性，以及分析結果合理性。

## 2.3 要求額外資料

為了符合本 SRP 第 3 節的規定，得要求申請者提供補充資訊或修訂 SAR。

---

10. 「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」含營運中的闖入者防護。

11. 根據 10 CFR 61、NUREG-1200。

12. NUREG-1200 闖入者防護系統均強調在 C 類廢棄物，此處建議不需特別指定為 C 類廢棄物。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

- (1) 「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第四條第三項：「C類廢棄物應固化包裝，其廢棄物除符合第五條及第六條之規定外，應加強處置區之工程設計，以保障監管後闖入者之安全」。
- (2) 「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第十二條：「低放處置設施之保安與警示設計，應能防止人員誤闖或占用」。

#### 3.2 法規指引

要求重點在本 SRP 符合 3.1 節中有關闖入者防護的法規項目。

#### 3.3 法規評估準則

對應本 SRP 第 2 節中相關的審查準則敘述如下：

- (1) 申請者所提方法應確保 C 類廢棄物在任何時間均被妥善隔離，方能審查接受，以便於(i) 在建立闖入者防護系統的過程將不致破壞 C 類廢棄物的處置；(ii) 同時，A 類與 B 類廢棄物的處置亦不致破壞闖入者防護系統的施工。
- (2) 營運中的保安與警示設計應清楚標示，發現無意闖入者的回報與處理程序應清楚描述
- (3) 將 C 類廢棄物置於距離覆蓋層頂部至少 5 公尺以上深度，可用方法為提供足夠的覆蓋層，或者將 C 類廢棄物置於 B 類與 A 類下方，以提供足夠的處置深度。【近地表處置】
- (4) 續前項，分析應考慮可能影響處置場的天然或異常事件，並證明仍可維持必要的掩埋深度，以及使用於闖入者防護的方法適當、假設與數據合理、施工規範、現地管控以及施工程序確實且合理。【近地表處置】
- (5) 廢棄物將完整的被工程障壁包覆，闖入者障壁系統於處置設施封閉後將至少可維持 500 年以上的完整性與功能性。
- (6) 續前項，分析應明確顯示闖入者障壁經適當設計與施工，並在處置設施封閉後可維持 500 年以上的功能，以及分析中並已考慮天然與異常設計基準事件。

### 4. 評審發現

#### 4.1 引言

應審查所有資料是否滿足「低放射性廢棄物最終處置設施安



全分析報告導則」以及本 SRP 之要求。根據上述資料，審查人員應可判斷申請者之資訊是否完整。審查人員可依下節作成審查文件。

## 4.2 評審發現範例

低放射性廢棄物處置場【設施名稱】已根據 SRP 第 7.3 節之內容經過審查，審查人員獲得結論為闖入者防護系統之設計與建造符合「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」之要求，在處置設施營運中、封閉後，仍可提供足夠的安全防護。同時審查人員認為對於 C 類放射性廢棄物，本處置場所使用之處置方法仍可提供足夠之防護功能。

## 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，Oct. 2008。
- (3) 行政院原子能委員會，「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」，Oct. 2004。

四、長期穩定性：評估並分析處置設施於運轉期間及封閉後之長期穩定性與安全性。分析時應說明分析方法、輸入參數、假設狀況、適用範圍、模式分析結果及不確定性。

### 7.4.1 地表排水與侵蝕防護<sup>\*13</sup>

#### 1. 審查範圍

審查關於水文分析以及細部設計是否符合「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」的長期穩定性要求。細部審查重點包括：

- (1) 場址水文：審查 SRP 第 3 章「場址之特性描述」中關於現地水文特性描述。此外，審查廢棄物所在位置以及主要設計是

---

13. 由於我國 SAR 導則未就影響處置設施長期穩定性之分析項目提出指引，現階段依據我國可能處置設施場址環境，僅參考 NUREG-1200 的內容，考慮「地表排水與侵蝕防護」、「邊坡穩定性」進行 SRP 草案撰述。

否能克服淹水與侵蝕的影響。

- (2) 洪水判定：審查有關場址洪水潛能分析，包括：降水量、降水損失、逕流反應特性、渠道洪水聚積、處置場的最大可能洪水量(probable maximum flood, PMF)與設計洪水量，另外還包括水位分析以及流速分析等。若設計洪水量低於 PMF，則應審查設計洪水量的合理性，另外，排水區域也應一併考量。分析應包含可能的地形變遷造成場址受到洪水與侵蝕的影響，包括：(i) 不穩定性地形的類型；(ii) 地形變化對洪水與洪水流速的影響；(iii) 降低或控制地形不穩定性的改善程序。
- (3) 侵蝕防護設計審查重點如下：(i) 附近溪流洪水的侵蝕防護；(ii) 排水渠道的侵蝕防護；(iii) 土堆、壕溝與覆蓋層邊坡、洞口邊坡的侵蝕防護；(v) 侵蝕防護的耐久性。

尖峰排水量、水位以及洪水流速等是否與設計基準相同亦是審查之重點。

## 2. 審查程序

### 2.1 接受性審查

審查 SAR 中有關地表排水與侵蝕之防護是否符合「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之規範。審查應詳細審閱申請者所提供之資訊是否充足以作為核准之判斷依據。若資訊不當或不足，應要求申請者補足資料或提出解釋。此時審查人員得建議退回申請案或接受申請並等待額外資料補齊。

### 2.2 安全性審查

- (1) 場址水文：SRP 第 3 章已描述審查時一般場址水文審查所應注意的資訊以及數據。應審查申請者所提供資訊是否足以在洪水以及侵蝕議題上提供足夠的安全證據。應注意根據地形、地質條件所設計之天然與工程障壁是否提供足夠的屏障，其次，透過剖面圖瞭解廢棄物掩埋位置的水文特性。
- (2) 洪水判定：
  1. 審查人員以直接分析申請者所提供之資訊與數據，或者可透過過去類似的評估來確認申請者所提供之資料的可用性，以進行最大洪水水位的獨立審查。本工作的基礎是建立在洪水水位保守估計的工程判斷上，因此，申請者評估所利用之參數值，以及各參數的相對敏感度分析皆應列為考量。
  2. 在評估潛在的洪水潛能時，兩部份為審查評估重點。一為場址周遭最大溪流可能造成的影響，其次為防護措施。應進行最大可能降水與最大可能洪水的評估。當獨立審查進

行時，得要求申請者提供基本相關資訊以協助審查工作之進行；

3. 審查地形改變對場址長期防範洪水與侵蝕的影響。需分析洪水與侵蝕造成的不穩定性，特別是洪水水位與流速的估計。

(3) 侵蝕防護設計：審查申請者所提出之各種相關分析或獨立驗證分析。並評估其設計基準是否符合「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」之長期穩定性要求。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

(1) 「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」第七條：處置設施場址，不得位於下列地區：地表或地下水文條件足以影響處置設施安全之地區。

(2) 「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」第十一條：低放處置設施封閉前，其排水與防滲設計，應能防止廢棄物與積水或滲漏水接觸。

#### 3.2 法規指引

並沒有適用於低放射性廢棄物處置設施地表排水與侵蝕防護之法規指引。

#### 3.3 法規評審準則

全面性的評估場址設計對於洪水與侵蝕的防護是必要的。評估重點如下述：

(1) 場址水文：接受條件主要根據現有資訊、數據以及地圖的定性分析。若能詳細評估各種狀況對場址長期穩定性的影響，則洪水與侵蝕防護計畫在處置場的觀點來看是足夠的。若能針對長期穩定性作獨立的建造前與建造後分析，且能提供高品質的地形圖、水文地質圖供其他審查人員進行獨立分析，則地形圖、水文地質圖的分析是可接受的。

(2) 洪水確認：洪水事件的定義對於處置設施長期功能的影響是相當重要的，因為洪水被視為對長期穩定性有重大影響的天然因子之一。當資料不足時，評估不宜採用統計的外插方法，因為可能與現實有太大的落差。PMF 以及 PMP 利用定率式模式消除統計上的不確定，因此其應用上的可信度較高。

利用 PMF 無疑是可用的方式，但審查時這並不是一個必要的手段。基本上，審查應要求場址的設計的最大洪水量需低於 PMF，申請者必須將此一要求文件化。審查人員是否接受

申請者的分析結果，主要看申請者的設計是否符合長期穩定的要求，再者，即使最大水位產生些許變動，處置場是否仍能維持一定的功能。

最大降水量在諸如氣象局等單位都可獲得相關資訊，最大可能洪水則與附近的河川、溪流以及排水設施有關，設計時考量要點如下：(i) 對於場址附近大型河川所可能引發之洪水之淹沒高程與流速必須提供防洪計畫；(ii) 對於設計基準洪水必須提供足夠的排水通道設計。

若有足夠的資料當成分析基礎，則對於防範洪水的設計則視為有效。這些分析主要利用有效的數學模式以及足夠的參數達成。

地形改變造成洪水機率增加也是分析的重點，因為其後果可能造成嚴重的侵蝕並導致核種外釋。分析場址水流時應將可能的地形改變加入考慮，此時引入大量的專業判斷，以探討因地形改變對於場址設計的影響。

- (3) 侵蝕防護設計：防侵蝕設計必須符合長期穩定性之要求，一般而言，若根據 PMF 以及 PMP 設計則視為可接受的設計基準，其他細部規劃，包括洪水流速以及岩石耐久性等，也必須分析。

## 4. 評審發現

### 4.1 引言

若審查程序以水文工程作為標準且符合相關法規之要求，審查結果可文件化如：(1) 洪水潛能已經過詳細的分析與調查，且符合保守的要求；(2) 已充分考慮地表水文、區域水文與侵蝕作用，能確保場址之長期穩定性。

### 4.2 評審發現範例

低放射性廢棄物處置設施【設施名稱】已根據 SRP 第 7.4.1 節進行侵蝕與洪水控制系統審查，並經過詳細檢視各種工程設計與作為後，符合法規之要求，並確認所有設計皆滿足需求，可確認場址在防範洪水上有足夠安全之保證。

## 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「[低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則](#)」，Oct. 2008。



## 7.4.2 邊坡穩定性

### 1. 審查範圍

審查處置設施之邊坡長期穩定性是否符合法規之要求。審查範圍包括天然與工程行為對穩定性可能造成的影響。主要工作包括：(1) 邊坡不穩定而可能影響處置設施安全者，是否已妥善的考慮與評估；(2) 邊坡有關的大地工程方面的資訊是否適當；(3) 邊坡特性已詳細瞭解；(4) 詳細的邊坡設計與分析；(5) 施工期間對填挖邊坡的品質管制；(6) SAR 是否符合本 SRP 所列之要求。

申請者必須確認上述要求已在合理範圍內達成，審查人員根據申請所提供之 SAR 進行分析與評估：(1) 邊坡特性調查是否完備且經過必須的測試；(2) 邊坡特性、設計準則、穩定性分析與分析結果。

審查關於邊坡穩定的特性與處置設施場址的關聯，主要內容包括：(1) 申請者描述處置設施場址所引用之資訊是否恰當；(2) 對於邊坡穩定之結論是否適切；(3) 申請者用於分析地震影響邊坡安全性準則；(4) 是否有足夠分析描述地下水位變動與侵蝕環境的關係；(5) 地球化學長期演變與雨水對於處置設施場址附近土石的影響。

### 2. 審查程序

#### 2.1 接受性審查

根據「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」與本 SRP 作為邊坡長期穩定性審核之基礎。

#### 2.2 安全性審查

審查申請者所提文件是否符合各種法規需求與工業規範，或者在申請書中有替代方案可達到相當於或改善既有規範，否則不應核准。

##### (1) 場址/邊坡區域特性：

1. 場址地質：主要根據 SRP 第三章所述審查場址地質的內容。利用地質相關資料評估場址附近的邊坡特性，並應審核申請者是否已適切的考量周遭各種地質條件對於穩定性可能的影響。
2. 現地調查：審查場址調查所使用之大地工程與地球物理技術是否符合法規要求，並以下列問題當作審核的標準：(i) 探勘技術是否符合工程標準？所採樣本是否具現地代表

性？(ii) 調查範圍是否足夠，並對調查結果具高度信心？審查人員根據調查結果的適切性與充足性決定是否要求作更進一步調查，部份結論可能牽涉專家判斷，端視場址複雜度而定。

3. 測試與土壤參數：依據 SRP 第三章審查現地與室內試驗所得之土壤參數。審查時需確認申請者所提供之資訊是否能滿足以下問題：(i) 分析樣品在質與量上是否足夠且具代表性？(ii) 決定邊坡穩定性之不同材料性質調查是否足夠？(iii) 邊坡穩定分析的材料樣品是否經過適當的實驗室或現地測試？審查應檢視資料是否經過保守的解釋，以建立設計參數。若審查人員發現資料並不充足，應要求補充資料，結果應視邊坡的複雜性作不同程度的專家判斷。
4. 地下水狀況：根據 SRP 第三章的場址特性評估地下水狀況。審查邊坡穩定性時應考慮下列資訊：(i) 邊坡區域的地下水水位面位置以及變動範圍；(ii) 自流井、棲留水、含水層狀況以及地下水流動等資訊；(iii) 邊坡的設計地下水水位須考慮設計基準事件，例如最大可能洪水。
5. 借土材料：若邊坡使用借土材料，則必須以 SRP 第三章進行審核。借土材料的特性對邊坡穩定性，以及處置場的影響必須注意，特別是對排水、地下水水位面以及長期安全與穩定性的影響。
6. 夯實與品管：開挖處的回填工作必須確認夯實工作徹底執行，夯實後材料的強度必須依施工規範妥善控制。

## (2) 邊坡穩定性：

1. 邊坡特性：主要檢視用來設計邊坡所採用之有關土壤與岩石之參數是否足夠，以定義邊坡的安全性與物理特性。另一個則是保守性的檢視，若評審發現所用資訊不足或不夠保守，應要求補足資訊。
2. 穩定性分析：
  - (a) 靜態穩定性：檢視分析方法是否符合標準。當使用商業軟體分析時，可不需驗證其可用性，若使用新的軟體或新的方法，則必須要求可用性報告。另外，必須注意分析是否有足夠保守性，可能的失效因子都應盡量分析，包括長期以及短期的穩定性。
  - (b) 動態穩定性：分析地震可能帶來的影響。分析所使用得參數以及設計基準，必須確保能承受某個地震強度以及地層的移動。目前並沒有一個單一的方法可以完成所有的動態穩定性分析，因此，暫時建議

以靜態穩定的分析方法為之。當審查人員對分析結果存疑時，則需利用相同的參數作獨立的分析。

- (c) 液化潛勢：審查土壤液化之可能性，包括現地與實驗室試驗所得結果對於土壤液化之評估。若審查人員發現場址下方土壤有液化的可能，則可要求針對此一問題作進一步分析。特別是洪水水位與流速的估計。

### 3. 接受準則

#### 3.1 法規要求

「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」第三章場址之特性描述相關內容。

#### 3.2 法規指引

目前並無適用於低放射性廢棄物處置設施之大地工程法規指引。

#### 3.3 法規評審準則

- (1) 場址/邊坡區域特性：有關邊坡區域之特性，其評估接受準則如下：

1. 場址地質：若充足的地質相關工作足以描述場址的地質特性，則其調查結果接受度高。除此之外，因為雨水對地球化學以及地球物理特徵的影響應該列入審查的工作中。
2. 現地調查：現地調查的目的在提高信心，以確認邊坡特性對場址安全的影響。因場址複雜度不同，現地調查也有不同程度的規劃：(i) 場址附近的調查位置(鑽孔、探針、試坑、槽溝、震測線、水壓觀測井)、地質剖面、穩定性調查的邊坡位置等，應有清楚的描述並繪製成圖；(ii) 適當數量的剖面圖展現邊坡的地層。
3. 測試與土壤參數：各項方法與程序若符合相關大地工程專業規範，則可用來決定邊坡材料的性質。一般土壤測試項目如下：

含水量	夯實
單位重	滲透率
空隙比	固結度
孔隙率	直接剪力測試
飽和度	三軸壓縮測試
阿太堡限度	無圍壓縮測試

比重 粒徑分析	相對密度 土壤動態性質測試
------------	------------------

4. 地下水狀況：若地下水資訊包含下列內容且充分考慮地下水對邊坡穩定性設計的影響，則為可接受：(i) 已審慎考慮影響場址邊坡穩定性最重要地下水案例；(ii) 分析與評估場址興建期間抽水狀況的影響；(iii) 地下水變動歷史。
  5. 借土材料：若借土材料與邊坡穩定關係符合下述，則所提供之資訊視為可接受：(i) 借土材料穩定性的佐證資訊；(ii) 適當證明分析中所使用的物理與強度參數經過適當的材料樣品測試；(iii) 借土材料對場址長期穩定性有不利影響時的復原計畫。
  6. 夯實與品管：若材料選擇、夯實準則、溼度、級配、品保測試頻率等均有詳細施工規範，則提供之資訊視為可接受。
- (2) 邊坡穩定性：關於邊坡穩定性的探討應視其是否考量場址長期穩定性。
1. 邊坡特性：邊坡特性討論，應包括下列內容：(i) 包括開挖、天然、洞口以及築堤之邊坡討論，重要位置應有剖面圖與基礎狀況的說明；(ii) 邊坡土壤靜態與動態性質與岩石組成之說明。分析參數應依據實驗室或現地實驗資料；(iii) 邊坡地下水與滲流狀況。
  2. 穩定性分析：若實驗數據顯示邊坡穩定性符合要求，則可將其視為短期與長期穩定性的設計準則。
    - (a) 靜態穩定：靜態穩定性分析應包括：(i) 分析應包括不同的土壤介質以及作用力之邊界與材料特性；(ii) 預期荷重條件下(如長期、地震、洪水)，破壞面(圓弧破形壞或楔型破壞)對應的最小安全係數；(iii) 所引用假設的內在誤差與安全餘裕。
    - (b) 動態穩定：動態穩定性需考量地震對土壤強度的影響，如同靜態穩定度，分析時需考量安全餘裕是否足夠。地震所引發之加速度，震波速度等都是分析的重點，分析時仍以是否滿足保守的條件為原則。
    - (c) 液化潛勢：若土壤介質是飽和、疏鬆且凝聚力差時，應考量其長期穩定性，詳細的分析其與地震強度之關係。未受擾動的樣品應進行現地或實驗室測試以分析液化的可能性。

## 4. 評審發現

### 4.1 引言

應審查 SAR 是否符合「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」以及本 SRP 之要求。其資訊應充足供審查人員完成評估結論。並依下節將審查結論文件化。

### 4.2 評審發現範例

根據 SRP 第 7.4.2 節已完成低放射性廢棄物處置場【設施名稱】邊坡穩定性審查，審查目的在確保下列內容符合要求：(1) 已被列為評估對象的重要邊坡；(2) 邊坡與借土材料的大地工程特性；(3) 邊坡特性已有適當描述；(4) 詳細的邊坡穩定性設計與分析；(5) 建造期間的品質管制；(6) SAR 中的資料與 SRP 第 7.4.2 節要求相符。

審查認定以下內容：(1) 確認天然與人為邊坡之長期穩定；(2) 邊坡穩定性資訊足以提供審查人員進行獨立判斷分析；(3) 對於邊坡分析符合保守原則，且引用數據確實可用；(4) 對於邊坡坡度、受力等分析應合理且保守，對於可能引發之負面效應，有足夠安全係數；(5) 申請者對於借土材料之選用、開挖、夯實等有適當之品質計畫。

短期與長期邊坡穩定性分析資訊符合審查要求。且 SAR 所提供之資訊足夠審查人員進行獨立分析，其穩定性要求應符合相關法規之要求。

## 5. 參考文獻

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，「[低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則](#)」，Oct. 2004。

**附錄 B： 低放射性廢棄物最終處置設施  
安全分析報告審查導則草案(B 版)  
【另冊】**



## 附錄 C： NUREG-1200 翻譯名詞對照表



## NUREG-1200 翻譯名詞對照表\*

英文	中文
acceptability	可接受性
acceptance review	接受性審查
access tunnel	出入隧道
action level	行動基準
active maintenance	主動維護
admixtures	摻料
adsorption coefficient	吸附係數
aggregates	骨材
airborne	空浮
air-lock	氣鎖
air-entrained Type V cement	第 V 型輸氣水泥
alternatives	替代方案
annual dose limits	年劑量限值
annual volumes	年產體積
applicant	申請者
aquifer	含水層
as low as is reasonably achievable (ALARA)	合理抑低
assessment structure	評估架構
atomic energy commission	原子能委員會
auxiliary facilities	輔助設施
auxiliary installations cavern	輔助設備坑道
average concentrations of the principal radionuclides	主要核種的平均濃度
barrier	障壁
bases	基準
BGV(Below-Ground Vaults)	地下處置窖
bentonite	膨潤土
biotic features	生物特色
borrow materials	借土材料
buffer zone	緩衝區
cap	被覆層
cavern disposal	坑道處置
cavern	坑道
chemical and physical form	化學與物理形式
climatology	氣候

closure	封閉
combined handling and storage considerations	混合處理與貯存之考量
compaction	夯實
compliance	符合
concrete casing	混凝土箱
concrete modules	混凝土模組
conductivity	導水係數
connecting tunnel	連通隧道
container	容器
contaminant	污染物
contaminant transport characteristics	污染物傳輸特性
corrective Action	改正行動
coarse aggregates	粗骨材
cover	覆蓋層
criteria	準則
decommissioning	除役
decontamination	除污
decon-waste	除污廢棄物
deep rock cavern vault	深層岩石坑道處置窖
deflections	變形量
degradation	剝蝕
diffusion coefficient	擴散係數
diffusion model	擴散模式
discharge zone	抽水區
dismantlement	拆除
disposal	處置
disposal cavern	處置坑道
disposal unit	處置單元
disposal unit closure and stabilization	處置單元封閉與穩定化
disposal unit excavation cover	處置單元開挖覆蓋層
disposition of unacceptable packages	不被接受包件之處理
drainage	排水
drift	水平坑道
EMCB(Earth-Mounded Concrete Bunkers)	土堆混凝土庫
emanation	射氣
emanation of gamma radiation	加馬輻射之射氣
emergency planning	緊急應變計畫

engineered intruder barrier	闖入者工程障壁
erosion	侵蝕
erosion and flood control system	侵蝕及水災控制系統
evaluation of release	外釋評估
examination of shipping documents	運送文件之檢驗
facility operations	設施運轉
Federal Emergency Management Agency, FEMA	聯邦緊急應變管理局
filling of void spaces	填充包件空隙
filter	過濾層
financial assurance	財務保證
financial qualifications of applicant	申請人財務資格
fine aggregates	細骨材
fire protection system	消防防護系統
fixed contamination	固著污染
flood peaks	洪峰
flow rate	流速
foundation drainage blanket	基礎排水鋪層
fuel delivery systems	燃料油運送系統
funding assurances	資金保證
geochemical characteristics	地球化學特性
geologic resources	地質資源
geology	地質
geomembranes	土工薄膜
geotechnical	大地工程(的)
geotechnical characteristics	大地工程特性
geotechnical stability	大地工程穩定
governing bodies	管轄機構
grading	級配
groundwater characterization	地下水特性
guidance	指引
hydrogeologic properties	水文地質特性
hydrology	水文
identification of accidents or unusual operating scenarios	意外或非正常運轉情節定 義
identification of packages requiring remediation	需補救之包件辨識
inadvertent intruder	疏忽性闖入者

inadvertent intrusion	疏忽性闖入
infiltrating water	入滲水
infiltration	入滲
institute for development & research for physics and nuclear engineering	物理與核子工程研發研究所
institute for energy technology	能源技術研究所
institutional control	監管
institutional information	制度性資訊
interim storage	中期貯存
intruder protection	闖入者防護
inventory	物料存量
issue-oriented	問題導向
land disposal	陸地處置
legislative	法律
license applicant	執照申請者
licensee	執照持有者
licensing process	執照核發程序
licensing standards	發照標準
lithology	岩層
loading cavern	卸載坑道
locating disposal units and boundary markers	處置單元定位與邊界標識
London convention	倫敦公約
long-term stability	長期穩定性
low-level radioactive waste	低放射性廢棄物
mass wasting	塊體崩壞
meteorology	氣象
method of intruder protection	闖入者防護方法
minimum depth of burial	最低限掩埋深度
mixing water	拌合水
monitoring	監測
natural resources	天然資源
near surface disposal	近地表處置
NRC (Nuclear Regulatory Commission)	核能管制委員會 (美國)
nuclear criticality safety	核臨界安全
nuclear environment technology institute	核能環境技術研究所
nuclear safety commission	核能安全委員會
NUREG-1200-rev.3	美國低放處置場標準審查

occupational radioaction exposure	規範 職業輻射曝露
operational environmental monitoring and surveillance	運轉期環境監測及監督
operational responsibilities	運轉責任
operations cavern	運轉坑道
pathway	路徑
perched water table	棲止地下水位
percolation	滲漏作用
performance objectives	功能目標
permeability	滲透率
physical security	設施保安
pipng	管湧
placement	鋪設
post operational environmental monitoring and surveillance	運轉後期環境監測及監管
post-closure	封閉後
postoperational	運轉後
preoperational environmental monitoring	運轉前環境監測
presence of chelating agents	使用的螯合劑
probable maximum flood, PMF	最大可能洪水量
proposed facility	提議設施
protection	防護
public agency for radioactive waste management	放射性廢棄物管理機構
quality assurance	品質保證
quality control	品質管制
radiation protection design features	輻射防護設計特色
radiation protection program	輻射防護計畫
radiation sources	輻射源
radionuclide	核種
ramp	斜坑
receipt and inspection of waste	廢棄物接收集檢測
reception area	接收區
recharge zone	補注區
regulatory	法規
regulatory evaluation criteria	管制評估準則
regulatory guidance	管制導則
regulatory provisions	管制條款

regulatory requirements	法規要求
release rates	外釋率
request for additional information	額外資訊要求
restricted area	限制區
runoff	逕流
safety analysis report (SAR)	安全分析報告
safety evaluation	安全評估
scenario	情節
sea dumping	海拋
seismic investigation	地震調查
seismology	地震
settlement	沉陷
shaft	豎井
shallow land disposal	淺地層處置
silica fume	矽灰
silo	處置倉
site	場址
site characterization plan	場址特性調查計畫
solidification agent	固化劑
source term	源項
stability of slopes	邊坡穩定性
stabilization	穩定化
staff	審查人員
Standard Review Plan (SRP)	標準審查計畫
standards	標準
steady state	穩態
stratigraphy	地層
subsidence	下陷
surface drainage and erosion protection	地表水排放及侵蝕防護
surface water hydrology	地表水文
surveillance	監視
the U.S. Army Corps of Engineers(COE)	美國陸軍工兵團
transfer mechanism	傳輸機制
transient	暫態
travel time	傳輸時間
unrestricted area	非限制區
utility systems	公用系統設施
vault	處置窖

verification of waste classification	廢棄物分類驗證
visual check of the waste package	廢棄物包件之目視檢查
waste acceptance criteria	廢棄物接收準則
waste class	廢棄物分類
waste cover system	廢棄物覆蓋層系統
waste disposal operations	廢棄物處置運轉
waste during closure period	封閉期間之廢棄物
waste during operational period	運轉期間之廢棄物
waste emplacement	廢棄物安置
waste handling and interim storage	廢棄物處理及暫存
waste management facility	廢棄物管理設施
waste packages	廢棄物包件
waste segregation	廢棄物分離
water resources	水資源
water-reducing admixtures	減水劑

\* 部分參考放射性廢料詞彙(物管局，1996)

## 附錄 D： 期末報告審查意見及處理情形表