

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

坑道式最終處置設施安全評估審查要項研究

計畫編號：99FCMA003

執行單位：義守大學

計畫主持人：李境和

報告日期：中華民國九十九年十一月



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

坑道式最終處置設施安全評估審查要項研究

參與本計畫人員：李境和、蔡世欽



# 目 錄

	頁碼
中文摘要·····	iii
ABSTRACT·····	v
1.計畫目的·····	1
2.計畫緣起·····	2
3.執行方法與進度說明·····	3
3.1 主要工作·····	3
3.2 執行方法·····	3
3.3 進度說明·····	4
4.成果·····	5
4.1 韓國低放處置設施功能評估之分析·····	5
4.2 瑞典低放處置設施功能評估之分析·····	6
4.3 IAEA 低放處置設施功能評估之分析·····	6
4.4 分析美國 NUREG-1199 與國內”低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”之異同·····	7
4.5 提出「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(1版)」中第七章內容(不含長期穩定性)及第四章第五節輻射安全設計之研修建議·····	9
4.6 配合物管局研訂「低放處置場安全分析報告審查導則草案」·····	11
5.結論與建議·····	11
參考文獻·····	13
附件 A 韓國低放處置設施功能評估之分析·····	A-1
附件 B 瑞典低放處置設施功能評估之分析·····	B-1
附件 C IAEA 低放處置設施功能評估之分析·····	C-1
附件 D 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)·····	D-1



## 中文摘要

行政院原子能委員會放射性物料管理局(以下簡稱物管局)，為做好國內低放射性廢棄物最終處置管制工作，已訂定了相關法規；為提升審查品質，擬再研訂「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」。因我國極可能採用地下坑道處置方式，擬委託執行「坑道式最終處置設施安全評估審查要項研究」。

瑞典及韓國處置低放射性廢棄物係採地窖方式，與國內可能採取的坑道處置相似；IAEA 於 2004 年出版 ISAM 報告，係為改善低放射性廢棄物處置，適用於各種處置方式。本計畫研究分析瑞典、韓國、IAEA 低放處置設施安全評估內特徵事件作用過程(FEPs ) 之相關資料與其近場、遠場及生物圈功能評估之相關資料。

本計畫獲得下列成果：(1)提出瑞典、韓國、IAEA 在低放處置設施安全評估之重要內容與建議，(2)美國 NUREG-1199 與國內”低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”之異同研究分析結果，(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)。





## ABSTRACT

To regulate well the activities of low-level radioactive waste disposal, Fuel Cycle and Material Administration/ Atomic Energy Council (FCMA) has already promulgated the related regulations. In order to improve the quality of the evaluation, FCMA is going to study and to issue “the evaluation guides for the safety assessment of low-level radioactive waste repository.” Because our country may adopt tunnel methodology for low-level radioactive waste disposal, FCMA plans to contract a project with us, which is “The Studies of the Primary Review Items in the Safety Assessment of Tunnel Disposal Facility”.

The low-level radioactive wastes were disposed by the silo or vault method in Sweden and South Korea, their methods are similar to the tunnel methodology. IAEA published ISAM reports in 2004 and hoped to improve the methodology of low-level radioactive waste repository, they are suitable for various kinds of disposal methods. Therefore, FCMA’s project requires us to study the reports issued by Sweden, South Korea and IAEA, these reports are related to the features, events and processes (FEPs) and the performance assessments of low-level radioactive waste repository.

This project has obtained the following results: (1) the conclusions and suggestions on the safety assessment from the studying of the related reports of Sweden, South Korea and IAEA; (2) the similarities and dissimilarities between US NUREG-1199 and our the safety assessment guides on low-level radioactive waste repository; (3) the suggestions to the draft of “the evaluation guides on the safety assessment of low-level radioactive waste repository.”



# 坑道式最終處置設施安全評估審查要項研究

## 1. 計畫目的

行政院原子能委員會放射性物料管理局(以下簡稱物管局)為做好國內低放射性廢棄物最終處置審查工作，已訂定了相關法規，有「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「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」、「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」(以下簡稱安全分析報告導則)。在「放射性物料管理法」中要求低放射性廢棄物最終處置設施之興建與運轉，都須經原能會審查通過後，始得為之。在「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」及「放射性物料管理法施行細則」中要求申請興建及運轉低放射性廢棄物最終處置設施者，應檢附安全分析報告，送原能會審查。在「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」中要求低放處置設施之設計，應確保其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。

安全分析報告導則係供處置設施經營者(申請人)申請低放射性廢棄物最終處置設施(以下簡稱處置設施)建造執照時所附安全分析報告編撰之依循，報告內容應依(1)處置設施之綜合概述；(2)場址之特性描述；(3)設施之設計；(4)設施之建造；(5)設施之運轉；(6)設施之安全評估；(7)設施之組織規劃、(8)行政管理及人員訓練計畫；(9)輻射防護作業及環境輻射監測計畫；(10)保安計畫、意外事件應變計畫及消防防護計畫；(11)最終處置設施封閉及監管規劃；(12)品質保證計畫及(13)其他經主管機關指定之事項等重要事項規劃章節詳加說明。安全分析報告導則第七章處置設施之安全評估中輻射劑量評估，要求執行6項的評估項目：(1)廢棄物描述、(2)核種傳輸特性、(3)正常狀況之輻射劑量、(4)異常狀況之輻射劑量、(5)核種外釋到達人類活動範圍之傳輸機制、(6)述明各種傳輸機制之評估結果，是否符合法規限值。正常狀況之輻射劑量與異常狀況之輻射劑量，都要求進行「情節分析」。可見第七章處置設施之安全評估是整個安全分析報告導則的中心。

物管局曾委託專家學者，進行美國 NUREG-1200 報告中文化，擬研訂「低

放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」(以下簡稱審查導則)。

發現美國 NUREG-1200 報告主要是考量淺地處置設施，未考慮坑道處置或地窖處置方式；然而，我國極可能採用地下坑道處置方式，因此有必要探討坑道處置審查要項，以建立適合我國最終處置之安全審查導則。由於瑞典及韓國係採處置地窖倉方式，處置低放射性廢棄物；與國內可能採取的坑道處置較相似，故物管局希望(1)研讀分析瑞典、韓國在低放處置設施安全評估之特徵事件作用過程(Features, Events and Processes, FEPs )之相關資料與其近場、遠場及生物圈的功能評估相關資料，(2)提出國內淺地處置及坑道處置在近場、遠場及生物圈的功能評估技術之要求與接受準則，(3)提出「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(1 版)」中第七章內容(不含長期穩定性)及第四章第五節輻射安全設計之研修建議。

## 2. 計畫緣起

國內的核能發電與同位素應用與研究，雖已進行數十年，也產生為數可觀的低放射性廢棄物，但都暫存在各核能電廠低放射性廢棄物倉庫、蘭嶼貯存場及核研所低放射性廢棄物倉庫內，一直未進行最終處置作業。

依我國低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例(以下簡稱選址條例)之規定，經濟部應成立處置設施場址選擇小組，執行選址工作。依低放射性廢棄物最終處置設施場址選址計畫之時程，經濟部選址小組預計於96年12月篩選及提報潛在場址，經濟部公告潛在場址。經濟部選址小組依潛在場址環境影響評估環境背景調查資料及自願場址資料，於97年6月將2處以上建議候選場址遴選報告提報經濟部；經濟部於97年8月29日公告「台東縣達仁鄉」、「屏東縣牡丹鄉」及「澎湖縣望安鄉」等三處低放射性廢棄物最終處置設施潛在場址。經濟部已於98年3月17日將選址小組提送之「建議候選場址遴選報告」公開上網及陳列30日，期間共收到各界意見140件，已於98年11月12日正式答復各界逐項說明意見之採納情形。經濟部原規劃於98年12月底前核定公告「建議候選場址」，惟因澎湖縣政府依據「文化資產保存法」規定將望安鄉東吉嶼場址部分土地公告劃為「澎湖南海玄武岩自然保留區」，造成僅存「台東縣達仁鄉」1處「建議候選場址」之情況。依

選址條例之規定，經濟部應核定公告2 處以上「建議候選場址」，致經濟部未能如期於98 年12 月底前辦理公告「建議候選場址」。

物管局為做好國內低放射性廢棄物最終處置審查工作，已訂定了相關法規。其中安全分析報告導則係供處置設施經營者（申請人）申請處置設施建造執照時所附安全分析報告編撰之依循。物管局為提升低放射性廢棄物最終處置設施的審查品質，擬研訂審查導則，以利未來執行低放射性廢棄物最終處置設施建造執照申請審查作業。有完善的審查制度除可提升審查品質外，亦可督促業者做好安全評估與處置作業。如此才能確保放射性廢棄物處置安全，進而確保人類的安全與環境品質。顯示本計畫「坑道式最終處置設施安全評估審查要項研究」的重要性。

### 3. 執行方法與進度說明

#### 3.1 主要工作

本計畫規劃之主要工作如下：

- (1) 研析瑞典、韓國、IAEA 低放處置設施安全評估的 FEPs 及提出國內淺地處置及坑道處置在 FEPs 上所應考量之內容與建議事項。
- (2) 研析瑞典、韓國、IAEA 低放處置近場、遠場及生物圈的功能評估報告及提出國內淺地處置及坑道處置在近場、遠場及生物圈的功能評估技術之要求與接受準則。
- (3) 分析美國 NUREG-1199 與國內”低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”之異同。
- (4) 提出「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(1 版)」中第七章內容(不含長期穩定性)及第四章第五節輻射安全設計之研修建議。
- (5) 配合物管局研訂「低放處置場安全分析報告審查導則草案」，並協助整合審查導則草案各章節內容。

#### 3.2 執行方法

- (1) 瑞典及韓國係採處置地窖倉方式，處置低放射性廢棄物；與國內可能採取的坑道處置較相似，故擬研讀分析瑞典、韓國在低放處置設施安全評估之特徵事件作用過程(Features, Events and Processes, FEPs ) 之相關資

料與其近場、遠場及生物圈的功能評估相關資料。

- (2) IAEA 出版 ISAM 報告，係為改善低放射性廢棄物處置，適用於各種處置方式，所以擬研讀分析 IAEA 的 ISAM 報告之 FEPs 之相關資料與近場、遠場及生物圈的功能評估相關資料。
- (3) 綜合第 1 項及第 2 項研讀分析結果，提出國內淺地處置及坑道處置在 FEPs 上所應考量之內容與建議事項。
- (4) 綜合第 1 項及第 2 項研讀分析結果，提出國內淺地處置及坑道處置在近場、遠場及生物圈的功能評估技術之要求與接受準則。
- (5) 分析美國 NUREG-1199 與國內”低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”之異同，並參考物管局完成的「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(0 版)」第七章內容及瑞典與韓國之研析資料，提出「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(1 版)第七章內容」之研修建議。
- (6) 為使「低放處置場安全分析報告審查導則」更加完整與一致性，擬配合物管局在研訂「低放處置場安全分析報告審查導則草案」時，協助整合審查導則草案內各章節內容。
- (7) 為能展現研究成果，將參與物管局召開之技術研討會議並報告各階段的工作成果。

### 3.3 進度說明

各項工作進度如預定進度完成，進度如下表；僅協助整合審查導則草案工作項，係配合物管局行政作業之需要。

主要工作項目	年	99	99	99	99	99	99	99	99	99
	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 研析瑞典、韓國、IAEA 低放處置設施安全評估的 FEPs 及提出國內淺地處置及坑道處置在 FEPs 上所應考量之內容與建議事項										

2. 研析瑞典、韓國、IAEA 低放處置近場、遠場及生物圈的功能評估報告及提出國內淺地處置及坑道處置在近場、遠場及生物圈的功能評估技術之要求與接受準則									
3. 提出期中報告					■				
4. 分析美國 NUREG-1199 與國內”低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”之異同									
5. 提出「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(1 版)」中第七章內容(不含長期穩定性)及第四章第五節輻射安全設計之研修建議。									
6. 配合物管局研訂「低放處置場安全分析報告審查導則草案」, 並協助整合審查導則草案各章節內容		■	■	■	■	■	■	■	■
7. 提出期末報告									■
工作進度估計百分比 ( 累 積 數 )		10 (10)	12 (22)	13 (35)	15 (50)	15 (65)	15 (80)	10 (90)	10 (100)

#### 4. 成果

##### 4.1 韓國低放處置設施功能評估之分析

分析韓國資料後，詳細報告如附件 A，獲得下列結語：

- (1) 韓國以公開、透明、公正的方法，成功地覓得低放射性廢棄物處置場址。
- (2) 韓國低放射性廢棄物處置設施的安全評估方法，主要以IAEA的ISAM情節發展為基礎，進行系統性的安全評估。
- (3) 邀請IAEA籌組國際審查團隊，來執行獨立的同行審查，以增加民眾的信心與接受性。
- (4) 韓國規劃了詳細、嚴謹、可行的審查流程，值得國人參考。
- (5) 韓國只對輻射影響，訂定數值化的輻射劑量約束值0.1 mSv/yr，劑量風險約束值 $10^{-6} / yr$ ，為輻射劑量的接受標準；其他主要強調須提供充足、合

理的資料，供審查。

#### 4.2 瑞典低放處置設施功能評估之分析

分析瑞典資料後，詳細報告如附件 B，獲得下列結語：

- (1) 瑞典係採處置地窖倉方式，處置低放射性廢棄物；與國內可能採取的坑道處置較相似。
- (2) SFR 處置系統，以三個互相耦合的矩陣來描述；三個互相耦合矩陣為：處置地窖倉、地質圈、生物圈。這些矩陣的內容，藉著審核不同的國際 FEPs 表，以確保所有 FEPs 都已被充分考慮，再經由專家會議討論其優先程度，做最後的定案。
- (3) 在 R-08-12 報告中，將外部 FEPs 可能引發的特性與對角線元素作關連，這個方法可以將外部與處置系統的 FEPs 結合在一起，使 FEPs 的分析整體系統化，值得未來我國的 FEPs 分析參考。然而所考量的外部因子，大多數以瑞典的自然環境為基礎所提出，與我國目前可能的處置環境差異甚大。因此方法可以參考，內容還是要以本土環境的考量為宜。
- (4) 儘管如此，地窖倉處置方式仍非我國之坑道處置，因此本土坑道式處置設施之 FEPs 相關資料仍需多方蒐集並彙整，方能對功能評估有所幫助。

#### 4.3 IAEA 低放處置設施功能評估之分析

分析 IAEA 資料後，詳細報告如附件 C，獲得下列結語：

- (1) IAEA 在低放處置方面，已出版很多的安全系列報告，包括安全要求與導則，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考。
- (2) IAEA 於 1999 年發佈的“Near Surface Disposal of Radioactive Waste”報告，係針對近地表處置，提出各種安全要求，包括(a)人類健康與環境保護要求、(b)安全評估要求、(c)組織與技術安全要求、(d)廢棄物接收要求、(e)場址要求、(f)處置設施設計要求、(g)建造要求、(h)營運要求、(i)封閉要求、(j)監管要求、(k) 品質保證要求。這些要求都有沒有訂定接受標準，但已相當明確具體，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考。
- (3) IAEA 於 2004 年發表“Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities”的研究報告，內容包括(a)安全評估內容的規定、(b)處置系統的描述、(c)情節的發展與判斷、(d)模式建立與執行、(e)結果分析與信心建立。尤其是情節的發展，韓國或瑞典都加以引用，我國也應依其方



法來執行低放處置安全評估的工作。

#### 4.4 分析美國 NUREG-1199 與國內“低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”之異同

物管局於民國93年發布的安全分析報告導則，係參酌美國NUREG-1199 “Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility”報告研訂的。而美國NRC為審查低放處置設施申請者依NUREG-1199所提出的安全分析報告，研訂了NUREG-1200 “Standard Review Plan for the review of a license application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility”, Rev.3；物管局為研訂審查導則，曾委託專家學者進行美國NUREG-1200報告中文化之工作。

美國NUREG-1199報告主要是考量淺地處置設施，未考慮坑道處置或地窖處置方式；物管局在研訂安全分析報告導則時，雖參酌美國NUREG-1199報告，但也經國內專家學者充分討論後，使國內安全分析報告導則第七章處置設施之安全評估的內容也能適用於坑道處置或地窖處置，故與美國NUREG-1199報告內容的要求不盡相同，比較如表一。因此，美國NUREG-1200報告中文化之工作，尚不足研訂我國第七章處置設施之安全評估的審查導則，需加強(1)情節分析、(2)設備操作安全性及(3)坑道處置長期穩定性的審查要求。

表一、我國與美國對低放射性廢棄物處置設施安全評估之要項比較

中華民國	美國	說明
1. 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：	1. 輻射外釋 (1)廢棄物型式、種類和總量的決定。(運轉期、封閉期) (2)滲透 (3)正常情況放射性核種外釋 (4)意外或非正常	1. 此項內容非常相近。 2. 1988年前，處置情節分析尚未成熟，所以美國未規定需執行情節分析的工作。 3. IAEA(WS-G-1.1) 要求安

<p>(1)廢棄物描述：包括總數量、總活度、廢棄物特性基本假設等。</p> <p>(2)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。</p> <p>(3)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。</p> <p>(4)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。</p>	<p>情況放射性核種外釋</p> <p>(5)放射性核種傳輸至人類可接觸的區域</p> <p>a. 地下水傳輸機制(水流、途徑、概念模式、核種遷移數學模式、輸入參數、分析結果)</p> <p>b. 空氣傳輸機制</p> <p>c. 地表水傳輸機制</p> <p>d. 其他傳輸機制</p> <p>(6)衝擊與符合法規之評估</p>	<p>全評估工作前須確認：(1)影響處置場長期功能的FEPs (2) 影響處置場的可能發生情節。</p>
--	---	--

<p>(5)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。</p> <p>(6)述明各種傳輸機制之評估結果，是否符合法規限值。</p>		
<p>2. 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。</p>		<p>此項是國內所特有。</p>
<p>3. 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。</p>	<p>1. 闖入者防護</p>	<p>此項內容非常相近。</p>
<p>4. 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等。</p>	<p>2. 長期穩定性：(表面排水與浸蝕防護、邊坡穩定性)</p>	<p>美國偏向淺地處置；我國未說明，保留適用於坑道處置。</p>

4.5 提出「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(1版)」中第七章內容(不含長期穩定性)及第四章第五節輻射安全設計之研修建議。

美國 NRC-SRP，是為提供 NRC 審查人員進行低放射性廢棄物處置設施的建造與運轉之安全審查指引。每項 SRP 係由以下列七個部分所組成：(1)

評審的責任、(2)評審範圍、(3)審查程序、(4)接受準則、(5)評審發現、(6)執行、(7)參考文獻。

評審的責任：評審時，所需要的專業職能與負責單位。評審範圍：評審資料範圍，它包含系統、組件、分析、數據有關之資訊的說明。審查程序：說明評審如何進行。接受準則：(1)NRC 法規要求和有關的導則、(2)可接受性之技術依據，需與 NRC 法規指引、工業規則與標準，以及技術立場等要求符合。評審發現：評審結論，應將其納入安全評估報告(SER)中。執行：說明評審人員如何執行 SRP 及其接受準則。參考文獻：列舉出應用於評審過程之參考文獻。

NUREG-1200 研析後，獲得下列結語：

- (1) 國內法規體系與國情不同，不便對每一審查項目都列出「評審的責任」；也不便對審查者限制其「評審範圍」；國內法規也不曾指導審查者如何寫「評審發現」；國內法規中也不曾列出「參考文獻」。因此，此四項不列入所草擬的審查導則中。
- (2) 「審查程序」與「執行」，都是審查作業，合併處理，較能使審查導則簡潔、明確、容易執行。
- (3) 「接受準則」涉及可接受性之技術依據；技術依據須符合 NRC 法規、工業規則與標準、及 NRC 技術立場，再經專家審查認可後，即可接受。但這些技術依據，有時只是性質的說明、資料的要求，並無數值化的接受準則。
- (4) 綜合上述，我國處置安全分析報告審查導則，對每一審查項由「提供資料」與「審查作業」來規範。

參考 NUREG-1200，也參考 IAEA 的 WS-R-1 報告，及國內法規之規定，除研擬合約規定的第七章(不含長期穩定性)及第四章第五節輻射安全設計之審查導則(草案)外，額外協助物管局研訂多項審查導則(草案)，詳如附件 D，摘述完成的各項審查導則名稱如下：

- (1) 第一章 概論之審查導則
- (2) 第二章 設施綜合概述之審查導則
- (3) 第三章 場址特性描述之審查導則(只有 3.10 輻射背景偵測)
- (4) 第四章 處置設施之設計之審查導則(只有 4.5 輻射安全設計)

- (5) 第五章 處置設施建造之審查導則
- (6) 第六章 處置設施運轉之審查導則
- (7) 第七章 處置設施安全評估之審查導則
- (8) 第八章 處置設施之組織規劃、行政管理及人員訓練計畫之審查導則
- (9) 第九章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫之審查導則
- (10) 第十章 保安計畫、意外事件應變計畫及消防防護計畫之審查導則
- (11) 第十一章 處置設施封閉及監管規劃之審查導則
- (12) 第十二章 品質保證計畫之審查導則

#### 4.6 配合物管局研訂「低放處置場安全分析報告審查導則草案」

物管局為研訂「低放處置場安全分析報告審查導則」，已於99年10月22日、11月8日、12日、15日與26日，分別邀請各領域的專家學者討論研修下列各導則：

- (1) 第十章 保安計畫、意外事件應變計畫及消防防護計畫之審查導則  
(99/10/22)
- (2) 第三章 場址特性描述之審查導則—3.10 輻射背景偵測(99/11/8)
- (3) 第四章 處置設施之設計之審查導則—4.5 輻射安全設計(99/11/8)
- (4) 第九章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫之審查導則(99/11/8)
- (5) 第七章 處置設施安全評估之審查導則(99/11/12)
- (6) 第六章 處置設施運轉之審查導則(99/11/12)
- (7) 第二章 設施綜合概述之審查導則(99/11/12)
- (8) 第十二章 品質保證計畫之審查導則(99/11/15)
- (9) 第十一章 處置設施封閉及監管規劃之審查導則(99/11/26)

## 5. 結論與建議

韓國 Wolsong 低放射性廢棄物處置設施係採地窖倉(silo)方式，與淺地處置或坑道處置略有不同。韓國以公開、透明、公正的方法，成功地覓得低放射性廢棄物處置場址。低放射性廢棄物處置設施的安全評估方法，主要以IAEA的ISAM情節發展為基礎，進行系統性的安全評估。韓國政府並邀請IAEA籌組國際審查團隊，來執行獨立的同行審查，以增加民眾的信心與接受性。韓國政府規劃了詳細、嚴謹、可行的審查流程，值得國人參考。韓國對

低放射性廢棄物處置設施，只訂定數值化的輻射劑量約束值 0.1 mSv/yr，劑量風險約束值 $10^{-6}$ /yr，為輻射劑量的接受標準；其他資料都只是現況描述，沒有訂定接受標準；都只強調須提供那些資料，供審查。

瑞典係採處置地窖倉與處置窖兩種方式，處置低放射性廢棄物；處置窖與國內可能採取的坑道處置較相似。SFR 處置系統，以三個互相耦合的矩陣來描述；三個互相耦合矩陣為：處置地窖倉、地質圈、生物圈。這些矩陣的內容，藉著審核不同的國際 FEPs 表，以確保所有 FEPs 都已被充分考慮，再經由專家會議討論其優先程度，做最後的定案。瑞典 SAFE 計畫，主要是為了申請 SFR 低放處置廠運轉執照的更新。其安全評估的更新，也參考 IAEA-ISAM 的 FEPs 表，並放棄原先的事件樹法改用 IAEA-ISAM 的交互作用矩陣法，發展其處置情節。瑞典 SKB 於 1998 年發佈的“Project SAFE: Update of the SFR-1 safety assessment-Phase 1”報告，其中對安全評估的建議，包括(a)一般性建議、(b)廢棄物量預測、(c)處置情節、(d)近場、(e)遠場、(f)核種遷移、(g)生物圈，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考。

IAEA 於 1999 年發佈的“Near Surface Disposal of Radioactive Waste”報告，係針對近地表處置，提出各種安全要求，包括(a)人類健康與環境保護要求、(b)安全評估要求、(c)組織與技術安全要求、(d)廢棄物接收要求、(e)場址要求、(f)處置設施設計要求、(g)建造要求、(h)營運要求、(i)封閉要求、(j)監管要求、(k)品質保證要求。這些要求都有沒有訂定接受標準，但已相當明確具體，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考。IAEA 也於 2004 年發表“Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities”的研究報告，內容包括(a)安全評估內容的規定、(b)處置系統的描述、(c)情節的發展與判斷、(d)模式建立與執行、(e)結果分析與信心建立。尤其是情節的發展，韓國或瑞典都加以引用，我國也應依其方法來執行低放處置安全評估的工作。

美國 NUREG-1200 報告係為協助美國 NRC 人員審查依 NUREG-1199 報告所撰擬的低放射性廢棄物處置設施安全分析報告，但其內容仍強調規定申請者應提供那些資料供審查，再判斷其合理性、正確性、充足性與保守性，決定是否通過。物管局於民國 93 年發布的安全分析報告導則，係參酌美國 NUREG-1199 報告，並經國內專家學者充分討論。所以，為研訂國內安全分

析報告審查導則時，仍應參考美國 NUREG-1200 報告；又為使導則更加周延，也參考 IAEA 的 WS-R-1 報告，並以完成研擬國內處置設施安全評估之審查導則(草案)。

## 參考文獻

1. 原能會物管局，”放射性物料管理法”，物管局，Dec. 2002.
2. 原能會物管局，”放射性物料管理法施行細則”，物管局，July 2003.
3. 原能會物管局，”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”，物管局，April 2004.
4. 原能會物管局，”低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則”，物管局，Dec. 2005.
5. 原能會物管局，”低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”，物管局，Oct. 2004.
6. International Atomic Energy Agency, “Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste,” Safety Guide, Safety Standards Series No. WS-G-1.1, IAEA, Vienna, 1999.
7. Nuclear Energy Agency, “Scenario Development Methods and Practice,” An Evaluation Based on the NEA Workshop on Scenario Development, OECD/NEA, Madrid, Spain, May 1999.
8. Torsten Eng, John Hudson, Ove Stephansson, Kristina Skagius, Marie Wiborgh, “Scenario Development Methodologies,” SKB TR94-28, Nov. 1994.4.
9. Nuclear Energy Agency, “Features, Events and Processes for Geologic Disposal of Radioactive Waste,” An International Database, Radioactive Waste Management, OECD/NEA, 2000.
10. 莊文壽，”情節發展與分析技術之初步探討”，台電核能月刊，Jan. 2002.
11. U.S. NRC, “Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility-Safety Analysis Report,” NUREG-1199R-Rev. 1, 1988.
12. U.S. NRC, “Standard Review Plan for the review of a license application for

- a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility, ” NUREG-1200-Rev.3, 1994.
13. 台電公司，”低放射性廢棄物最終處置設施概念設計(A版)”，台北，2008。
  14. 台電公司，”低放射性廢棄物最終處置設施概念設計(B版)”，台北，2008。
  15. IAEA, “Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities,” IAEA, ISAM vol.1 & vol.2, 2004.
  16. Park, etc., “Wolsong Low-and Intermediate- Level Radioactive Waste Disposal Center: Progress and Challenges,” Nuclear Engineering and Technology, Vol. 41 No. 4, May 2009.
  17. Marie Skogsberg and Roger Ingvarsson, “Operational Experience from SFR-Final Repository for Low and Intermediate Level Waste in Sweden,” SKB, 2005.
  18. Johan Andersson and Golder Grundteknik, “Project SAFE: Update of the SFR-1 Safety Assessment Phase 1,” SKB R-98-43, October 1998.
  19. Per Riggare and Claes Johansson, “Project SAFE: Low and Intermediate Level Waste in SFR-1 (Reference Waste Inventory),” SKB R-01-03, June 2001.
  20. Luis Moreno, “Project SAFE: Gas Related Processes in SFR,” SKB R-01-11, June 2001.
  21. SKB, “Project SAFE: Scenario and System Analysis,” SKB R-01-13, September 2001.
  22. SKB, “Project SAFE: Compilation of data for Radionuclide Transport Analysis,” SKB R-01-14, Nomenber 2001.
  23. M Lindgren etc., “Project SAFE: Radionuclide Release and Dose from the SFR Repository,” SKB R-01-14, October 2001.
  24. SKB, “Project SFR 1 SAR-08: Update of Priority of FEPs from Project SAFE,” SKB R-08-12, March 2008.
  25. Gavin Thomson, etc., “Implementation of Project Safe in Amber, Verification Study for SFR 1 SAR-08,” SKB R-08-13, March 2008.
  26. M. J. Stenhouse, etc. “System Studies in PA: Development of Process Influence, Diagram (PID) for SFR-1 Repository, Near Field and Far Field,” SKI Report 01:30, May 2001.



27. David Savage and Mike Stenhouse, "SFR 1 Vault Database," SKI Report 02:53, April 2002.
28. Philip R. Maul and Peter C. Robinson, "Exploration of Importance Issues for the Safety of SFR-1 Using Performance Assessment Calculations," SKI Report 02:62, June 2002.
29. Antonio Pereira and Benny Sundstrom, "Two Dimensional Near-field Calculations of Radionuclide Releases from the Vaults of the SFR-1 Repository," SKI Report 2004:02, December 2003.



## 附件 A 韓國低放處置設施功能評估之分析

### 1. 前言

自 1986 年到 2004 年南韓政府為選取安全的處置場，已失敗 9 次；改變選址程序後，於 2005 年宣布 Gyeongju 為一候選場址。2007 年 1 月南韓水力暨核能公司(KHNP)向國家核能管制機關(教育科學暨技術部，MEST)，提出設置中低放射性廢棄物處置場申請；教育科學暨技術部委託南韓核能管制單位(韓國核能安全研究所，KINS)審查申請文件，於 2008 年 7 月核准南韓水力暨核能公司，去建造及運轉 Wolsong 中低放射性廢棄物處置場[1]。主要內容有(a)場址篩選、(b)場址特性說明、(c)廢棄物特性說明、(d)處置設施說明、(e)安全評估、(f)審照過程。

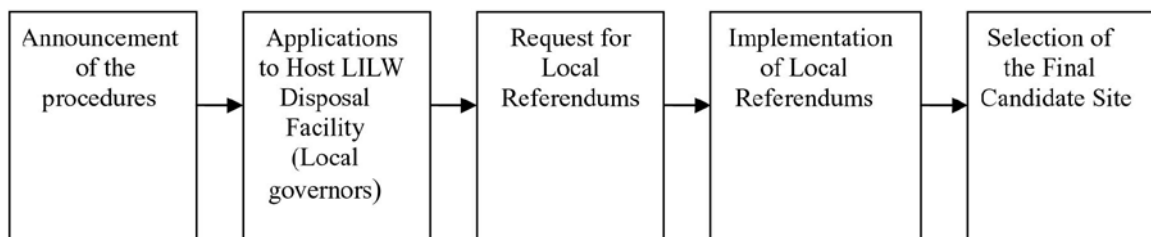
### 2. 場址篩選

韓國政府為了執行依 1986 年版原子能法所規定的計畫，積極進行放射性廢棄物處置設施的場址篩選。從 1986 年到 2004 年為獲得一處置場址，已失敗了 9 次，主要是因為：(1)關心處置設施的安全性、(2)在計畫執行過程缺乏透明度與公正性、(3)在利害關係人間缺乏共識。

2004 年 2 月韓國知識經濟部(Ministry of Knowledge Economy, MKE)宣布新的場址選擇程序，MKE/KHNP 以多種方法努力強化處置設施居民的接受性。結果，有 10 個地區居民自願申請設置處置設施，但最後場址篩選仍然失敗，但缺乏地方政府的初部申請。

2005 年 3 月 11 日，MKE 組織場址篩選委員會(SSC)，以確保場址選擇過程的透明度與公正性。SSC 由 17 位不同領域的民間專家所組成，來主導整個場址選擇過程。另外，也在 2005 年 3 月 31 日發布設置放射性廢棄物處置設施地區的補助法案，以協助設置的地區，包括特殊財務協助、廢棄物進入費、KHNP 總部遷至該地。此法案也強化場址選擇過程的民主性與透明度：(1)設置場址須經公民投票，(2)場址篩選計畫、場址調查結果、及篩選過程須加以公開並透明化，(3)舉辦地方居民討論會。

2005 年 6 月 16 日，MKE 宣布候選場址篩選方法、過程與協助，流程如圖 A-1。到 2005 年 8 月 31 日有 4 個地方政府提出申請設置處置場，分別為：Gunsan、Gyeongju、Pohang 及 Yeongdeok 四縣，都執行了公民投票，如表 A-1。由於 Gyeongju 讚成的百分比高達 89.5%，2005 年 11 月 3 日被選為最後候選場址。



圖A-1 低放處置設施場址篩選過程

表A-1 場址篩選公民投票結果

Classification	Gyeongju	Gunsan	Yeongdeok	Pohang
Number of eligible voters	208,607	196,980	37,536	374,697
Number of actual voters (absentees)	147,636 (70,521)	138,192 (65,336)	30,107 (9,523)	178,586 (63,851)
Voter turnout	70.8%	70.2%	80.2%	47.7%
Percentage of favorite responses	89.5%	84.4%	79.3%	67.5%

### 3. 場址特性說明

#### 3.1 一般資訊

Wolsong 場址位於朝鮮半島東南海岸區，在 Gyeongju 市政廳東南方約 26.5 km 處，面積約 1.1×1.8 km<sup>2</sup>，北有國家公園、南有 Wolsong 核能電廠，地形高約 100~250 m，略向東海傾斜。

依據半徑 1km 的詳細地質調查，Wolsong 場址主要由白堊紀沉積岩(cretaceous sedimentary rocks)、第三紀火成岩與侵入岩(tertiary plutonic rocks and intrusive rocks)所組成。白堊紀沉積岩形成場址的基礎，被第三紀火成岩與侵入岩入侵。火成岩主要由閃長石(diorite)、黑雲母花崗岩(biotite granite)所組成，屬於早期的第三紀入侵岩。

Wolsong 場址的特性調查有水文地質特性、地化特性、地下水模擬；以現場收集的資料為基礎，來執行場址的特性調查。場址特性調查的結果，將用於長期功能分析、處置場的佈置、並當作建造的資訊，也提供環境影響評估的基礎。

#### 3.2 水文地質

水文地質調查的主要目的，是去了解場址的水文地質環境與條件(hydrogeological setting and conditions)，以提供安全評估的輸入參數值。場址的水文地質特性，從地表基礎調查開始執行；地表基礎調查，如地質圖與分析、鑽井工作、水力測試、地球物理調查與解釋。

水文-結構模式，係以水文地質特性為基礎，分為水力土壤區(hydraulic soil domain, HSD)、水力岩石區(hydraulic rock domain, HRD)、水力傳導區(hydraulic conductor domain, HCD)。

經調查，Wolsong 場址的 HSD 之最大裂縫岩石厚度約從 5~20 m、水力傳導係數約 2.6~4.5×10<sup>-6</sup> m/s、平均體孔隙度為 0.34。HRD 是由小的裂隙區、分離裂隙與低滲透性岩石塊所構成的，從地表到深 120m 間之有效水力傳導係數約 7.7×10<sup>-8</sup> m/s，在更深區之水力傳導係數更小約為 6.6×10<sup>-8</sup> m/s，選擇為處置容區的滲透率約 4.5×10<sup>-8</sup> m/s。HCD 包括確定性的裂縫區，並與豎坑聯結，其 HCD 的水力傳導係數假設為 1×10<sup>-7</sup> m/s。

#### 3.3 水文化學

執行水文化學調查，以確認水文化學特性控制地下水的化學條件。環境同位

素(O-18, H-2, H-3, C-13, S-34)也被分析來追蹤水源與溶質；O-18 與 H-2 的分析結果，顯示表面水與地下水來自降雨。地下水的氫濃度隨深度而降低，地下水的氫濃度越高，顯示該地下水為最近的補助水。

地下水中離子分析，存在  $\text{Ca-Na-HCO}_3$  與  $\text{Na-Cl-SO}_4$ ，係因海水噴灑及水與延時的交互作用。地下水的氧化還原條件，其溶氧與 Eh 值隨深度而降低，所以越深的地下水會形成還原狀態。

執行場址的岩石與礦物方面的地化研究，為了提供地化資料給地化模式與安全評估。

### 3.4 地下水流

執行地下水流的數值模擬，將提供 Wolsong 低放處置中心安全評估的輸入參數值。數值模擬第一步驟：觀察地下水水位與水力測試，地下水流狀況在局部區內分析。第二步驟：利用第一步驟模擬的結果，在興建國道、運轉隧道與處置窖下，執行地下水的暫態模擬。第三步驟：假設設施封閉，在數值模擬第二步驟後，地下水的暫態同時被模擬。第四步驟：此階段主要目的，是利用穩態地下水流模擬，來分析設施封閉後的地下水流。

## 4. 廢棄物特性說明

### 4.1 低放射性廢棄物的來源

Wolsong 低放處置場採岩石洞穴形式(rock cavern type)，初步規劃處置 10 萬個包件、全部活度約  $5.63 \times 10^{15}$  Bq，有 6 個處置窖(silo)。韓國低放射性廢棄物產自於商用核能電廠、研究機構、核燃料製造設施、及用過同位素。

韓國目前有 20 部機組運轉產生的低放射性廢棄物，有濃縮廢液、用過樹脂、匣過濾器及雜項固體廢棄物。濃縮廢液以水泥固化、用過樹脂與匣過濾器以屏蔽桶盛裝或以 HIC 桶盛裝、雜項固體廢棄物以壓縮焚化或固化處理。

研究機構產生的低放射性廢棄物，有濃縮廢液、用過樹脂、匣過濾器、雜項固體廢棄物及除役廢棄物。用過樹脂以瀝青固化、雜項固體廢棄物主要以水泥固化，其餘廢棄物仍未處理。

核燃料製造設施產生的低放射性廢棄物，有金屬、木材、石灰廢棄物、雜項固體廢棄物、水泥、複合材料；這些廢棄物被碾碎、壓縮與乾燥。

用過同位素主要產自研究單位、醫院與工業，有未密封廢射源及密封廢射源。未密封廢射源參雜到可燃廢棄物、不可燃廢棄物、匣過濾器、非壓縮射源、有機射源與無機射源。密封射源由處置設施處理。

### 4.2 廢棄物容器與處置容器

廢棄物容器被分為鋼桶、水泥容器、高完整性容器(HIC)及聚乙烯容器四種。鋼桶又分為 2 種，依其容積分為 200 公升與 320 公升；水泥容器分為圓形與方形兩種，容器的物理特性與形式總結於表 A-2。200 公升的廢棄物鋼桶再置於可盛裝 16 桶的水泥處置容器內，再加以處置。可壓廢棄物以 200 公升鋼桶收集，經壓縮後以 320 公升鋼桶盛裝，再置於可盛裝 9 桶的水泥處置容器內，再加以處置。可

盛裝 16 桶與 9 桶的水泥處置容器之物理特性，說明於表 A-3。

表 A-2 中 Kori 4 桶方形水泥容器及圓形水泥容器，用於包裝 Kori 核電廠產生的腐蝕性濃縮廢棄物及用過樹脂廢棄物。C1, C2, 與 C4 圓形水泥容器，用於包裝 Ulchin 核電廠產生的濃縮廢棄物、用過樹脂廢棄物及匣過濾器。聚乙烯容器用於盛裝乾燥化的用過樹脂廢棄物；Kori 核電廠產生的乾燥化用過樹脂廢棄物，以 HIC 桶包裝。

表A-2 廢棄物容器的物理特性與形式

Type	Form	Size (mm)	Weight (kg)*	Note
200L drum	Steel drum	Ø615 x H884	105-400	All wastes
320L drum	Steel drum	Ø713 x H955	250	All NPPs
Circular concrete	C1, C2	Ø1400 x H1300	6,900	Ulchin 1&2
	C4	Ø1100 x H1300	6,000	Ulchin 1&2
	Kori circular	Ø1060 x H1370	3,500	Kori 1&2
Rectangular concrete	4-Pack	L1460 x W1460 x H1180	6,000	Kori 1&2
Polyethylene	Polyethylene	Ø1194 x H1290	2,000	Kori, Ulchin, Younggwang
HIC	Ferralium	Ø1181 x H1289	2,000	Kori

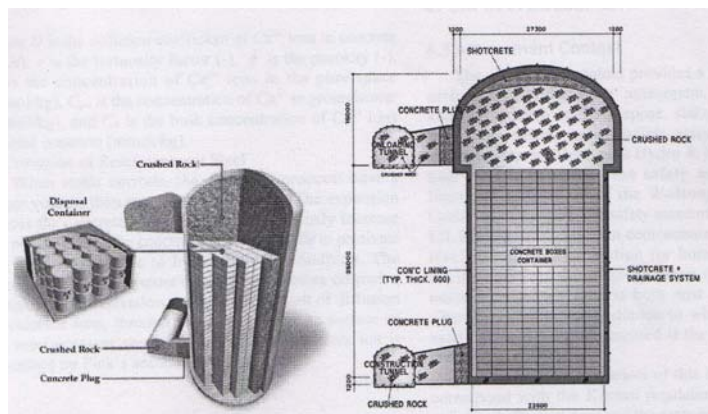
\* including radioactive wastes

表A-3 水泥處置容器之物理特性

Specification	Disposal Containers	
	16-Pack disposal container	9-Pack disposal container
Material	Concrete	Concrete
Size (W × L × H) (m)	2.73 × 2.73 × 1.14	2.4 × 2.4 × 1.21
Max. Weight (container weight) (ton)	18.34 (5.4)	10.81 (4.6)
Density (ton/m <sup>3</sup> )	2.5	2.5

## 5. 處置設施說明

南韓 Wolsong 低放射性廢棄物處置設施，採地窖倉(silo)式處置，如圖 A-2；有 6 個處置窖，可處置 100,000 個廢棄物包件，包件的包裝為水泥容器。地窖倉的工程障壁有：廢棄物體、處置容器、回填材料及水泥處置窖倉。



圖A-2 韓國Wolsong低放射性廢棄物處置窖

在防止水滲入處置設施及降低放射性核種從處置設施外釋方面，水泥處置窖倉扮演一主要角色。但水泥處置窖倉的水滲透係數，會隨其退化而增加。長期後，水泥處置窖倉在防止水滲入及降低放射性核種外釋方面，將喪失其障壁的有效性。

水泥結構物在地表下環境，會因下列的作用而退化：酸的攻擊、硫酸鹽的攻擊、氯腐蝕攻擊、氫氧化鈣的流失、鹼聚集反應與碳化作用。其中以硫酸鹽的攻擊、氯腐蝕攻擊、氫氧化鈣的流失，最易造成水泥結構物的退化。

收集分析處置場地下水，以預估含硫、氯、溶氧、溶解有機碳、酸鹼值及其它離子的含量。硫攻擊方面，水泥結構物的退化速率經分析後，約為  $1.03 \times 10^{-3}$  cm/yr；若處置窖倉的水泥厚度為 60 cm，完全退化之時間約 5000 年；5000 年後，水泥處置窖倉的功能即可忽視。在氫氧化鈣的流失方面，以 PHREEQC 分析經 1000 年後，氫氧化鈣的流失約 2 cm，所以在 5000 年內此退化機制可以忽略。氯腐蝕攻擊方面，其退化速率較硫攻擊快，1400 年後處置窖倉的水泥將因氯腐蝕攻擊，而完全退化；主因是氯腐蝕鋼筋，使鋼筋膨脹引起水泥內應力。

## 6. 安全評估

評估內容提供安全評估的功能架構，內容涵蓋目的、利害關係人、管制架構、評估終點、評估邏輯及時間流程。評估終點需符合韓國管制要求，輻射安全評估計算，須執行到峰值劑量或峰值風險出現的時間。

南韓 Wolsong 中低放射性廢棄物處置設施安全評估中處置情節，係以 ISAM 的情節發展為基礎。所考量的處置情節共有 7 種，包括 2 種參考情節(reference scenario)及 5 種替代情節(alternative scenario)。2 種參考情節分別為正常地下水傳輸情節及氣體傳輸情節；5 種替代情節包括參考情節的各種變化情節及人類入侵情節。發展參考情節，須先有一可信賴的 FEPs 表，再加以篩選與審查。

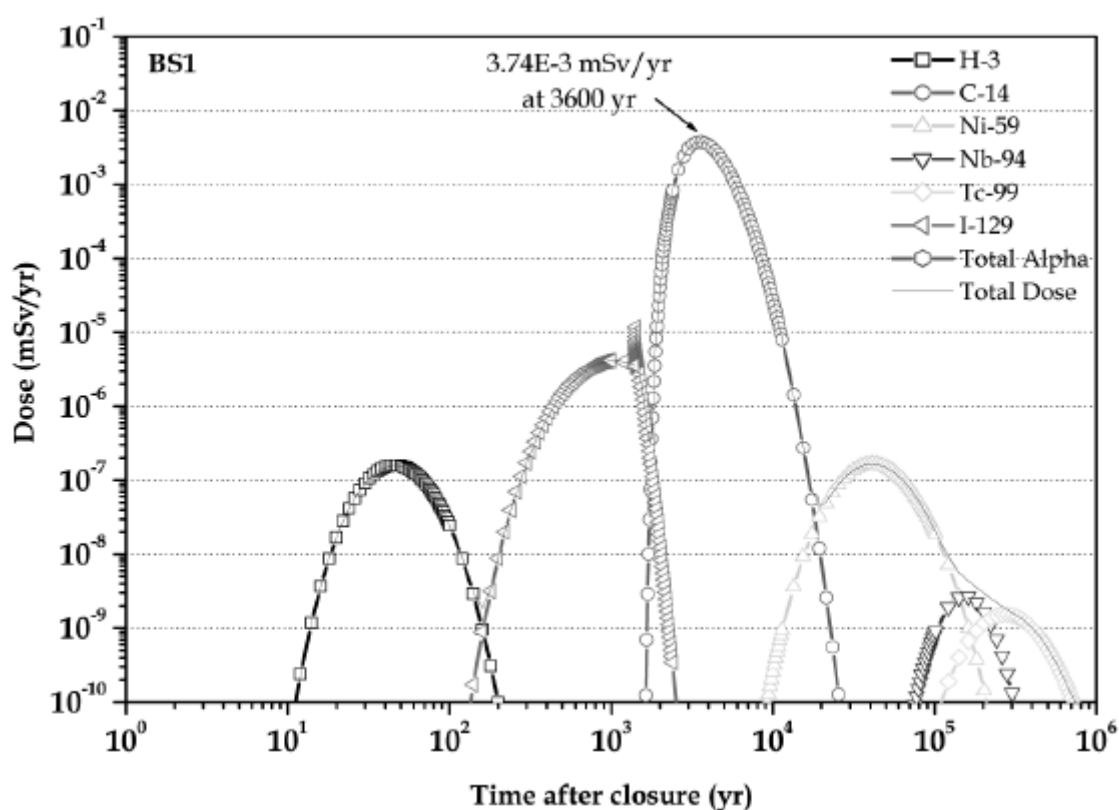
正常地下水傳輸情節，考量工程障壁的安全功能、水泥障壁的退化；地下水滲入處置窖與廢棄物包件接觸後，再依近場地化條件、放射性核種的溶解與傳輸機制，放射性核種由廢棄物體、經處置容器、回填材料、工程混凝土障壁遷移進入近場，傳輸機制考量擴散(diffusion)、移流(advection)、化學吸附及放射核種蛻變，並考量海洋的生物圈；再轉成數學模式，加以評估。

正常氣體傳輸情節，考量處置窖已達水飽和狀態、因化學及生物反應產生 C-14、H-3 及其它揮發性放射性氣體。氣體傳輸考量擴散與大氣的泵效應(atmospheric pumping effects)；放射性氣體從近場障壁，經設計的氣體通風系統及地質裂縫，傳輸到地表生物圈。

替代情節的發展，係改變參考情節的條件，而得到。在初期的發展階段，共發展出 15 種替代情節；經考量發生的機率、不準度及其重要性，篩選出 5 種替代情節，包括人類入侵情節。4 種替代情節分為(1)天然事件使工程障壁快速失效情節、(2)人為事件使工程障壁快速失效情節、(3)近場障壁功能如參考情節，地震引起核種在遠場的快速傳輸、(4) 近場障壁功能如參考情節，水文地質變化引起核種

在遠場的快速傳輸。人類入侵情節又分為 3 種：(1) 假設缺乏處置場資訊，在處置窖上方鑽探，挖出放射性廢棄物之入侵情節；(2) 民眾在處置區上方建屋居住、植樹與農耕之入侵情節；(3) 為開發水資源，假設鑽探水井離處置窖邊 100 m 之入侵情節。

安全評估模式由地下水模式、放射性核種傳輸模式、與生物圈模式所組成。三維地下水模式，計算地下水從處置窖流到地質圈—生物圈介面(GBI)(如海洋或水井)的時間。地下水模擬結果，提供放射性核種傳輸模式的主要輸入參數值；放射性核種傳輸模式是採一維的模式。生物圈模式利用在地質圈—生物圈介面處的放射性核種通量，來計算處置設施所引起的劑量。處置場封閉後，對正常地下水傳輸情節之安全評估的結果，如圖 A-3。



圖A-3 處置場封閉後，對正常地下水傳輸情節之安全評估的結果

## 7. 審照過程

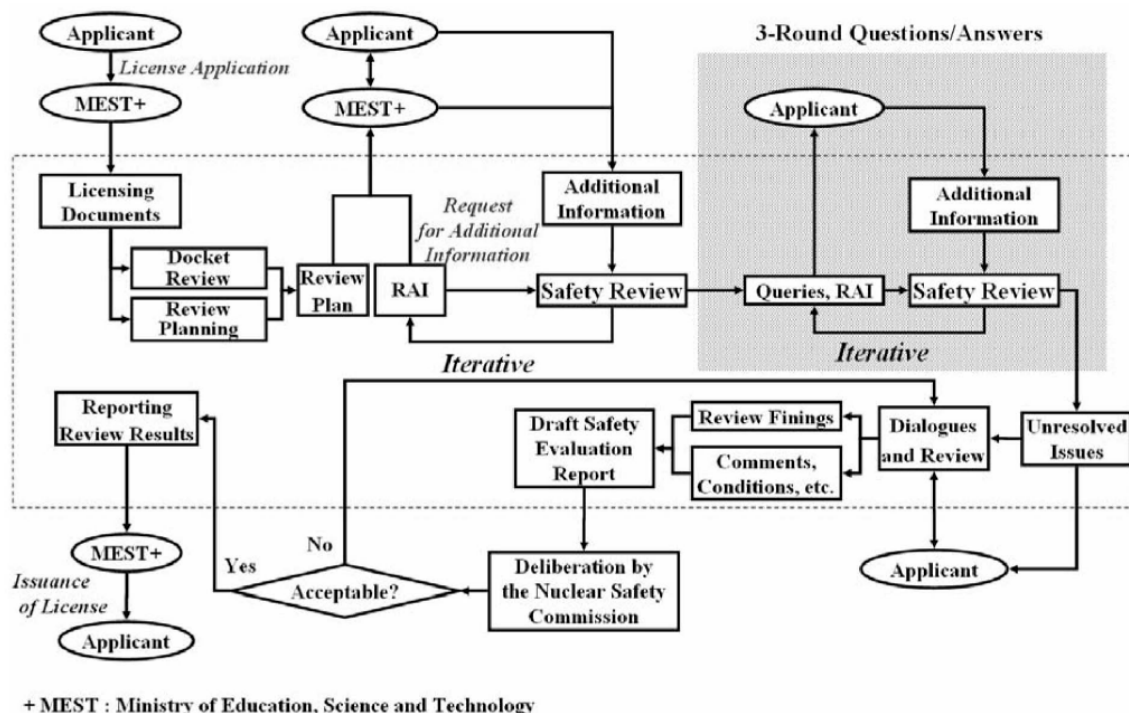
韓國原子能法已建立低放射性廢棄物處置設施建造與運轉許可的基本管制要求：(1) 處置設施位置及其結構、設備與功能，必須確認可防止對人類、物質與一般民眾之輻射傷害；(2) 處置設施的建造與運轉，必須不可妨害去防止人類健康與環境的傷害；(3) 設備與人力必須安全無慮的；(4) 處置設施的建造與運轉，必須使用可用的必要技術。

教育科學與技術部(Ministry of Education, Science and Technology, MEST)也已建立處置場場址、主要結構、安全相關的系統與組件、處置場功能與輻射要求之



詳細技術標準。基本的場址地震設計要求，必須防止因地震引起安全相關功能的失效，必須以地質條件、有害地震的歷史紀錄、場址附近區最近的地震活動為設計的基礎。輻射劑量方面，處置設施在正常自然現象下，所引起的民眾輻射劑量，不可超過 0.1 mSv/yr 的約束輻射劑量，年風險要小於 $10^{-6}$ 。必須進行輻射環境影響評估，並送教育科學與技術部審查。

韓國低放射性廢棄物處置場申照之整體安全審查流程，如圖 A-4。



圖A-4 韓國低放射性廢棄物處置場申照之整體安全審查流程

為增加民眾的信心與接受性，將由 IAEA 籌組一國際審查團隊(IRT)，來執行獨立的同行審查。最後，韓國核能安全所(Korea Institute of Nuclear Safety, KINS) 審查團隊(KRT)將整合審查發現並草擬安全審查報告，送去核能安全委員會確認；若核能安全委員會接受該審查報告，KINS 將把最終安全審查報告送到教育科學與技術部核發執照。

## 8. 結語

從韓國資料研析後，獲得下列結語：

- (1) 韓國Wolsong低放射性廢棄物處置設施係採地窖倉(silo)方式，與淺地處置或坑道處置略有不同。
- (2) 韓國以公開、透明、公正的方法，成功地覓得低放射性廢棄物處置場址。
- (3) 韓國低放射性廢棄物處置設施的安全評估方法，主要以IAEA的ISAM情節發展為基礎，進行系統性的安全評估。

- (4) 邀請IAEA籌組國際審查團隊，來執行獨立的同行審查，以增加民眾的信心與接受性。
- (5) 韓國規劃了詳細、嚴謹、可行的審查流程，值得國人參考。
- (6) 韓國只對輻射影響，訂定數值化的輻射劑量約束值0.1 mSv/yr，劑量風險約束值 $10^{-6}$  / yr，為輻射劑量的接受標準；其他主要強調須提供充足、合理的資料，供審查。

#### 參考文獻

1. Park, etc., “Wolsong Low-and Intermediate- Level Radioactive Waste Disposal Center: Progress and Challenges,” Nuclear Engineering and Technology, Vol. 41 No. 4, May 2009.

## 附件B 瑞典低放處置設施功能評估之分析

### 1. 前言

瑞典低放射性廢棄物處置場 SFR(Swedish Final Repository)自 1988 年 4 月開始營運，第一階段建造的處置容量為 63,000 m<sup>3</sup>，到 2005 年 SFR 共接收了 30,930 m<sup>3</sup>。對民眾產生的輻射劑量非常低，集體劑量約每年 0.1 毫人-西弗(m man-Sv)。SFR 有 5 個岩石處置洞穴(cavern)，處置活度最高的處置洞穴，係以混凝土窖倉(silo)包封廢棄物，周圍再填塞黏土；有 1 個處置洞穴處置脫水樹脂及中放射性廢棄物，脫水樹脂及中放射性廢棄物先以混凝土容器包封，再處置；另外 3 個處置洞穴，直接處置低放射性廢棄物。SFR 係在結晶岩層，內位於 Baltic 海下方 60 m 處。

在瑞典，放射性廢棄物處置場每十年必須執行再評估工作。瑞典核燃料及廢棄物營運公司(Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., SKB)為繼續營運 SFR，執行 SAFE(Safety Assessment of Final Repository for Radioactive Operational Waste)計畫，以評估 SFR 處置系統的功能，提出 SFR-1 重新安全評估報告，供瑞典核能檢查局(Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI)審查，以換發其運轉執照。

### 2. SAFE計畫中的SFR-1安全評估的修正

#### 2.1 前言

SKB 執行第一階段的 SAFE 計畫，是希望去確認為更新安全分析所需要的額外研究議題，及建議如何執行這些研究。此報告的建議與意見，係將先前的安全評估報告再加以評審，並參考管制機關的建議，編撰而成。內容包括：處置場的設計與場址描述、先前的工作與管制審查、運轉與事故、廢棄物量與處置位置、情節與系統分析、系統組件變化分析、放射性核種傳輸、結論與建議[1]。

SKB 於 2001 年年底已完成執行 SFR-1 處置場的 SAFE 計畫，主要完成的工作有：(1) SFR-1 安全評估第一階段的更新，(2) SFR-1 處置廢棄物量的預估，(3) 放射性氣體的相關作用，(4)處置情節與系統分析，(5)放射性核種傳輸資料庫的編撰，(6) 放射性核種的外釋與劑量評估。

#### 2.2 處置場設計與場址描述

SFR-1 處置場位於 Uppland 北端的 Forsmark，鄰近 Forsmark 核能電廠。處置窖位於海床下 60m 深的海床岩石內，離岸邊約 1km，具有兩個通行隧道。

SFR-1 全部處置容量約  $9 \times 10^4 m^3$ 、總活度假設為  $10^{16} Bq$ ；已經處置了  $2.3 \times 10^4 m^3$ ，尚有處置空間約  $6 \times 10^4 m^3$ 。SFR-1 分為四種岩石處置窖：

- (1) 處置窖倉(silo)
- (2) 處置中放射性廢棄物的岩石處置窖(BMA)
- (3) 處置水泥容器的岩石處置窖(BTF)
- (4) 處置低放射性廢棄物的岩石處置窖(BLA)

岩石處置窖(rock vault)其實是一種隧道，值得國人參考。各岩石處置窖都與通行隧道相連接。

較高放射性的廢棄物被設計處置在 SFR-1 之處置窖倉內，設計處置以水泥或瀝青固化的用過樹脂，處置容量 $1.85 \times 10^4 m^3$ 。SFR-1 處置場的佈置圖，如圖 B-1。處置窖倉是水泥圓柱形，高約 50 m、直徑約 30m，如圖 B-2。處置窖倉內以水泥牆隔成方形的垂直束坑，廢棄物包件置放於束坑內，每層約放 4 模組或 16 桶，包件間的空隙以多孔性水泥填塞。處置窖倉外牆厚 0.8m，以強化鋼筋混凝土建造而成。處置窖倉外牆與岩石間鋪設膨潤土，厚約 1.2 m。

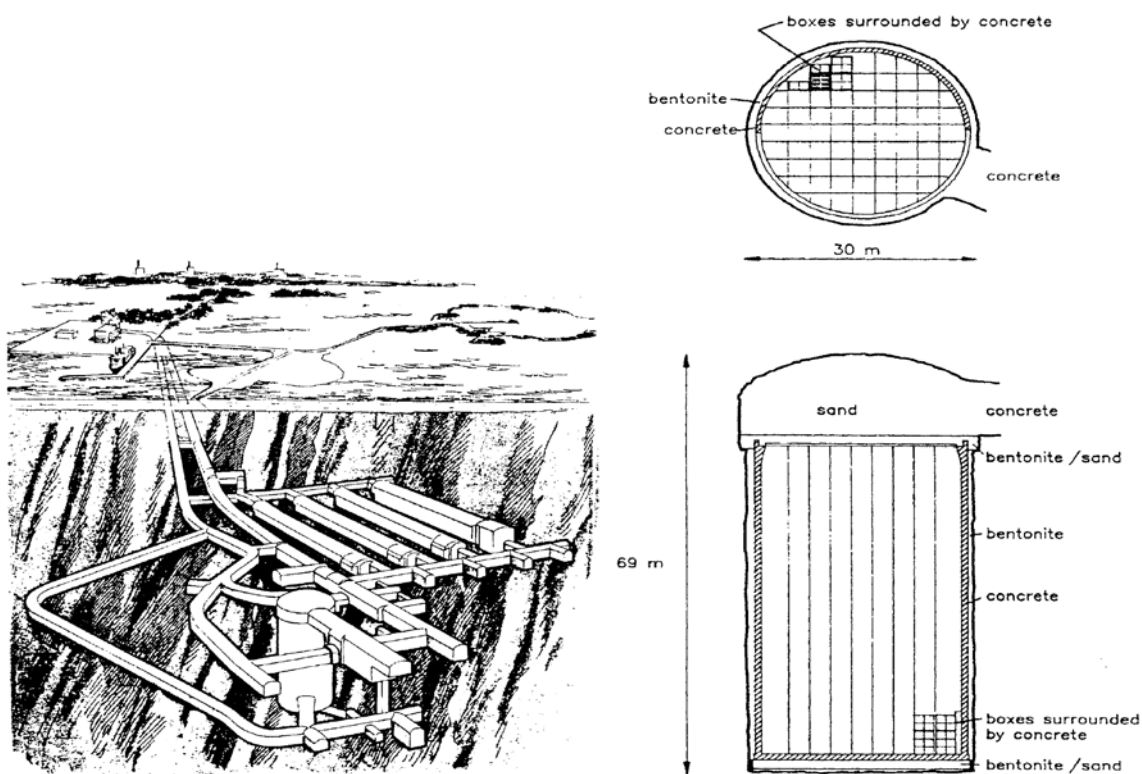


圖 B-1 SFR-1 處置場的佈置圖

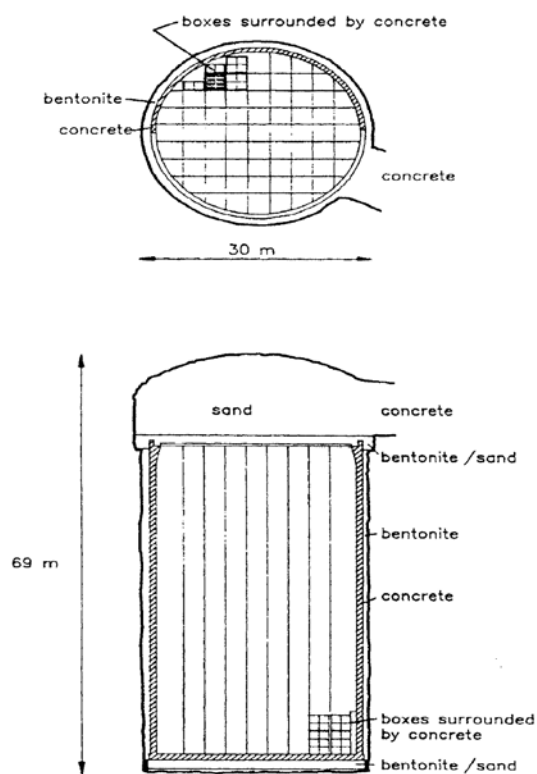


圖 B-2 SFR-1 處置窖倉

活度略小於處置在處置窖倉內的廢棄物，但仍屬於中放射性的廢棄物，則處置在 BMA 岩石處置窖內；廢棄物的種類與包裝和處置窖倉內的廢棄物相同。BMA 岩石處置窖長約 160 m、截面積約 $300m^2$ ，如圖 B-3。BMA 岩石處置窖是混凝土建物，分為 15 區，處置容量約 $1.34 \times 10^4 m^3$ 。混凝土處置窖與岩石壁約有 2m 寬，以砂填塞；混凝土處置窖上層空間，待處置窖貯滿封閉時，再加以填塞。

在 SFR-1 處置場內有兩條 BTF 岩石處置窖，有效處置容量 $7.9 \times 10^3 m^3$ 。處置的廢棄物為脫水的低放射性廢樹脂，以水泥容器盛裝。BTF 岩石處置窖長約 160 m、截面積約 $130m^2$ ，如圖 B-4。BTF 岩石處置窖除底部有水泥板外，無水泥結構體。

低的放射性廢棄物，以鋼桶盛裝，處置在 BLA 岩石處置窖內；BLA 岩石處置窖的有效處置容量約 $1.15 \times 10^4 m^3$ 。BLA 岩石處置窖約 160 m、截面積約 $180m^2$ ，如圖 B-5。

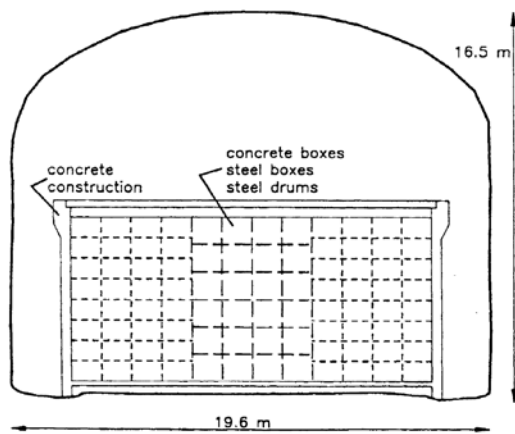


圖 B-3 BMA

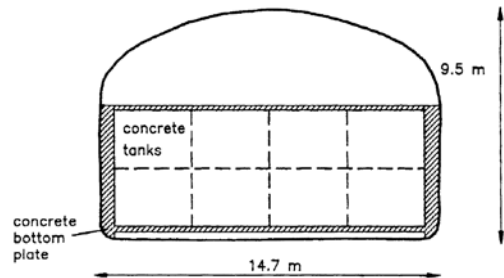


圖 B-4 BTF

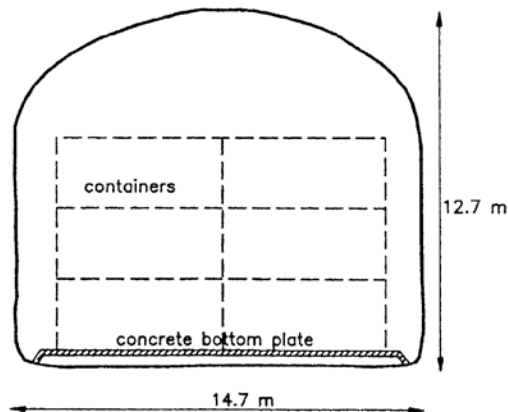


圖 B-5 BLA

### 2.3 SFR-1 安全評估的建議

#### (1) 一般性建議

- (a) 建立資料流程圖，以確認模式與資料間的關係。
- (b) 要能夠描述系統的暫態問題。
- (c) 資料流通與屏除的品保問題，計畫領導者須加以重視。
- (d) 模式的選擇與計算所用的資料，須寫在安全評估報告內。

#### (2) 廢棄物量

- (a) 出版廢棄物的體積、物質、與活度之預測報告。
- (b) 出版難測核種活度計算與其他經計算核種活度之關聯性報告。

#### (3) 處置情節

- (a) 先前的處置情節是以事件樹(event tree)來發展；SAFE 計畫建議改用交互作用矩陣法，來發展系統的處置情節(與 IAEA-ISAM 的建議方法相同)。此方法的步驟如下：

- 採用國際的 FEPs 表，來建構交互作用矩陣。
- 矩陣內的交互作用與作用過成的排序。
- 處置情節的確認。

(b)交互作用矩陣用來檢查何種交互作用與作用過成的重要性，並依此選擇計算案例與模式，進行量的分析。

#### (4)近場

- (a)對 SFR-1 內各種退化機置，必須蒐集其資料並加以描述，如水泥退化、膨潤土退化、瀝青的溶解與腐蝕等；更須說明其速率。
- (b)去發展近場內氣體產生的模式及氣體的傳輸模式，當做計算的基礎。
- (c)須審視放射性核種與螯合劑的交互作用，並了解對放射性核種溶解度與工程障壁吸附核種的影響。
- (d)水泥障壁外高離子濃度及高 pH 值區域的擴轉，須加以調查它對岩石與回填土等特性的影響。
- (e)須審視微生物對工程障壁功能的影響。
- (f)所有的數值模擬需要更詳細；處置場規模的水文地質模式需加以發展，須能詳細描述水流在每一處置處置窖內及它們間的流動。

#### (5)遠場

- (a)須審視地質結構的解釋。
- (b)遠場水文地質的模擬，建議分為三種規模：區域規模、處置場規模、遷移規模。區域規模的模式須能找出何種作用與特性，將影響處置場規模的地下水水流；提供處置場規模的邊界條件。尤其應注意密度變動的影響、確認處置場規模與遷移規模的範圍。
- (c)處置場規模的模式，須在近場中加以描述。
- (d)是否發展遷移規模模式，依處置場規模模擬的結果而定。假如水流的路徑短，就不須發展遷移規模模式；若路徑夠長可能影響核種的外釋，則遷移規模模擬需預估詳細的遷移水流路徑、所需的計算參數、及外釋到生物圈點。

#### (6)核種遷移

- (a)提供資料與模式，以執行第三階段核種外釋的計算。
- (b)在第二階段，核種外釋計算的模式，需以 SFR 的測試計算來驗證。
- (c)氣體外釋經處置窖倉的模式，需要改善。

#### (7)生物圈

- (a)對於處置區，需要發展生態模式。
- (b)底部形態與沉積的良好描述，將對選擇充分的作用與參數值有所幫助。
- (c)需執行局部累積區的研究。
- (d)在水體生態系統 C-14 轉換的詳細評估，須加以執行。
- (e)劑量轉換因子須加以更新。
- (f)須考量外釋放射性核種對非人類生態的輻射曝露。

(8)運轉與事故：可能發生的事件分析，須加以更新。

### 3. SAFE計畫中的FEPs分析方法

#### 3.1 處置系統FEPs

SKB 為更新 SAFE 計畫中的 FEPs，以進一步發展處置情節，於 2008 年提出“Project SFR 1 SAR-08: Update of Priority of FEPs from Project SAFE”報告[2]，SAFE 計畫中的 FEP 分析方法與處置情節篩選方法，都做了些修正與改變。SKB 想要以 AMBER 程式，來驗證 SAFE 計畫以其它程式所執行的 SFR-1 安全評估。

瑞典 SAFE 計畫將處置 SFR 系統分為下面三個次系統：(1)處置地窖倉(廢棄物、處置區、處置設施工程障壁，包括處置設施周圍天然障壁的擾動區)、(2)地質圈(近場與生物圈間的岩石及未固結的物質)、(3)生物圈(自然環境-大氣、土壤、沉積物及表面水；生物體-包括人類)所組成。描述這三個次系統須包括下列資料：

- (1) 近場：如廢棄物起源、本質、數量與特性，放射性核種的量，工程障壁(廢棄物包件、處置單元、處置設施覆蓋物)，及擾動區之特性與範圍。
- (2) 地質圈：如地質、水文地質、地化、地殼構造及地震條件。
- (3) 生物圈：如氣候與大氣、水體、人類活動、動植物、岩石層、地形、地理範圍與位置。

瑞典的 SAFE 計畫將上述三系統分別以互相耦合的矩陣來描述；三個互相耦合矩陣為：處置地窖倉、地質圈、生物圈。在 FEPs 的分析方面，基本上承襲 IAEA-ISAM 所建議的方法，先將 FEPs 進行列表、確認、分類及篩選，然後依照處置設施、地質圈、生物圈等三個次系統分別編號及列表。IAEA-ISAM 是採用交互矩陣方法(Interaction Matrix, IM)進行分析。首先根據每個次系統的特性訂出主要對角線元素(Leading Diagonal Elements, ODEs)，再依據各個元素間的交互作用特性訂出非對角線元素，藉此將系統中需要探討的各種作用描繪成一個完整的矩陣(如圖 3-6)。非對角線的元素部分，是各種不同交互作用特性，依照這些特性在安全評估所需要考量的重要性，分別以不同顏色來標示其優先度。這些顏色及優先程度的說明如表 B-1。優先度數字越高者表示越重要，需優先考慮。圖 B-7~圖 B-9 分別為處置窖倉、地質圈及生態圈三個次系統的交互矩陣圖。

Waste/cement a) Recrystall.	NONE	NONE	Expans./contract	Expans.
NONE	Waste/biomem	NONE	NONE	Expans.
NONE	NONE	Waste/non-solidified	Expans./contract	Expans.
Expans./contract	NONE	Expans./contract	Concrete packaging a) Recrystall.	NI

圖B-6 交互矩陣方法所使用的矩陣圖(灰色部分即為主要對角線元素)







(REP)		
1.1 廢棄物體/水泥	指以水泥固化之淤泥、廢件、廢樹脂等	體積、尺寸、孔隙、孔隙特性等
2.2 廢棄物體/瀝青	指以瀝青固化之蒸發器濃縮液、廢樹脂等	總量、特徵
3.3 廢棄物體/未固化	未固化之廢棄物	總量、組成、表面狀況、化學成分
4.4 水泥包封	以水泥設計之水泥箱包封	型式、有機物質成份及量是否足以提供微生物作用?
5.5 不銹鋼包封	以不鏽鋼製作之鋼桶	
6.6 混凝土回填	填充於窖倉周圍之混凝土	
7.7 混凝土結構	處置設施之混凝土結構物	
8.8 膨潤土障壁	填充於窖倉上部及底部之膨潤土/砂混合物	
9.9 地窖/回填	填充於處置洞穴周圍空系部分之回填材料	
10.10 地下水組成	處置設施中地下水化學成分，包括膠體及溶解氣體	pH、氧化還元電位、離子強度、膠體及懸浮微粒、溶解氣體、可溶性物種濃度
11.11 水文	處置設施中地下水水文條件	地下水流大小、方向、流量、分布、及飽和程度
12.12 氣體	處置設施中氣體及氣體移動行為	流量、方向、分布、及飽和程度
13.13 溫度	處置設施中溫度分布	溫度
14.14 應力	處置設施中應力分布	應力、應變及回脹壓
15.15 生物作用	處置設施中的微生物作用情況	微生物及細菌的總量、型態及移動性
16.16 放射性核種及毒化物	處置設施中的放射性核種及毒化物	總量、物理化學型態
17.17 坑道		
18.18 處置母岩		

表B-3 地質圈的對角線元素說明

元素名稱及編號 (GEO)	說明	變因
1.1 窖倉(Silo)		
2.2 洞穴(BMA)		
3.3 洞穴(BTF)		

4.4 洞穴(BLA)		
5.5 坑道/鑽孔/回填	進出坑道/鑽孔的回填材料	幾何形狀、尺寸、體積、均質度、孔隙及裂隙特性。總量、組成、礦物學、表面特性。
6.6 封塞(plug)	窖倉及處置洞穴之進口封塞情況	型式、有機物質成份及量是否足以提供微生物作用?
7.7 處置設施岩石	處置設施岩石條件	
8.8 處置設施岩石裂隙	處置設施岩石裂隙系統	
9.9 處置母岩	母岩的整體地質條件	
10.10 地下水組成	地質圈母岩及裂隙環境之地下水化學成分,包括膠體及溶解氣體	pH、氧化還元電位、離子強度、膠體及懸浮微粒、溶解氣體、可溶性物種濃度
11.11 水文	地質圈整體之水文條件,包括封塞、鑽孔及裂隙	地下水流大小、方向、流量、分布、及飽和程度
12.12 氣體	地質圈整體之氣體移動狀態,包括封塞、鑽孔及裂隙	流量、方向、分布、及飽和程度
13.13 溫度	地質圈整體之溫度分布狀態,包括封塞、鑽孔及裂隙	溫度
14.14 應力	地質圈整體之應力分布狀態,包括封塞、鑽孔及裂隙	應力、應變及回脹壓
15.15 生物作用	地質圈整體之微生物作用狀態,包括封塞、鑽孔及裂隙	微生物及細菌的總量、型態及移動性
16.16 放射性核種及毒化物	地質圈整體之放射性核種及毒化物狀態,包括封塞、鑽孔及裂隙	總量、物理化學型態
17.17 坑道		
18.18 處置母岩		

表B-4 生物圈的對角線元素說明

元素名稱及編號(BIO)	說明	變因
1.1 地質圈(邊界條件)		
2.2 第四紀沈積物	第四紀沈積物大部分	總量、深度、位置、空間分

	位於地表表層，為空氣、水的交界介面	布、孔隙及裂隙特性，礦物學。 地形基線(等高圖)
3.3 主要生產物	泛指各類植物	
4.4 分解者	指細菌、真菌、蠕蟲、蛇等分解屍體的生物。	
5.5 過濾及飼養者	蚌類、水螅、海棉等具過濾水質功能之生物	物種、數量、位置
6.6 草食動物	泛指各種草食性動物	
7.7 肉食動物	泛指各種肉食性動物	
8.8 人類		
9.9 無		
10.10 第四紀沈積物之水文	第四紀沈積物的整體水文條件	地下水位、水量、水頭、方向、流量、分布、及飽和程度。
11.11 地表水	第四紀沈積物的地表水文條件	地表水、水量、水頭、方向、流量、分布、及飽和程度
12.12 地下水化學成分	第四紀沈積物的地下水化學成分	pH、氧化還元電位、離子強度、膠體及懸浮微粒、溶解氣體、可溶性物種濃度
13.13 氣體/大氣	生物圈大氣層環境的所有氣體行為	流量、方向、分布、懸浮微粒、風速、風場
14.14 溫度	生物圈環境的溫度分布情形	溫度
15.15 放射性核種及毒化物	生物圈環境的放射性核種及毒化物分布	總量、物理化學型態
16.16 外部因子		

### 3.3 外部因子FEPs (EFEPs)分析

先前所提到 FEPs 是屬於處置系統內部的特徵事件及作用。而影響處置設施安全，還包括各種外部的因子。外部因子 FEPs 是處置系統領域外起源的 FEPs，如全球性與立即效應的天然或人類因子。包括：在處置系統領域時間範圍外之處置場設計、運轉與封閉相關的決定。一般來說，外部因子不受到處置系統領域內過程的影響或只輕微影響。在發展處置系統領域的模式，外部因子常表示為邊界條件或初期事件。在 SAFE 計畫中，考量的外部 FEPs 分為以下幾類：

#### (1) 自然氣候變遷

##### ■ 永凍層

- 洪水
- (2) 人類引發之氣候變遷
  - 酸雨
  - 溫室效應
- (3) 起始缺失(initial defect)：這是指處置設施在一開始運作就出現的缺失，因而影響到安全議題。包括：
  - 回填土或回填夯實不足
  - 開放性鑽孔(導致未知的地下水流)
  - 不明物質(如油汗)不慎進入處置系統
  - 與模式不符的設計元件
- (4) 人類的活動：封閉後人類活動與區域措施，可能潛在影響工程與(或)地質障壁之功能，如入侵活動。
- (5) 地殼活動
  - 地震
  - 斷層及斷層移動
- (6) 其他

一般來說，外部因子不同分類的FEP間，較無重要的直接交互作用。在R-08-12中，將外部FEPs可能引發的特性與對角線元素作關連，如此則外部與處置系統的FEPs將可結合在一起，簡化FEPs的分析工作。

舉例而言，「地震」這個外部因子可以連結到表B-3--地質圈的對角線元素編號14.14「應力」。因為如果地震是對處置安全重要的外部因子，那其直接影響是造成處置系統地質圈的應力，因此可以直接與地質圈的對角線元素編號14.14「應力」連結；反之，若地震發生在處置系統之外，且沒有直接對系統產生應力作用，那這個外部因子就無需連結，自然就不予考慮。

瑞典的SAFE計畫根據NEA所提供的外部因子FEPs列表，將與其可能對應的對角線元素作關連，整理如表B-5。

表B-5 外部因子FEPs與對角線元素關連表

	外部因子FEPs	NEA 編號	對應的對角線元素
自然 氣候 變遷	氣候變遷	A 2.07, A 3.024, W 1.061, A 1.12, H 3.1.2	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
	離開 冰河/內冰河 循環	H 3.1.3	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
	斷層	A 2.24, S 036, J 4.2.06, H 2.1.7	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
	未來氣候條件	K 10.04	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
	冰河氣候	K 10.06, A 3.057, A 1.38,	GEO 10.10 GEO 11.11

		A 2.30, J 5.42, N 1.3.6, S 047, W 1.062	GEO 13.13 GEO 14.14
	冰川效應	K 10.16	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
		H3.1.4	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
		A 2.38	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
		J 6.10, N 1.3.7	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
	永凍層	J 5.17, S 059, K 10.13, W 1.063	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
	苔原氣 (tundra climate)	K 10.05	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
	氣候暖化	K 10.09	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
	氣候暖化	K 10.08	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
人類 引發 之氣 候變 遷	未來生物圈環境	K 8.02	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
	全球暖化	A 1.39	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
	溫室效應	K 10.10, A 2.31, A 3.059, W 3.047	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13 GEO 14.14
	人類引發之氣候變遷	K 11.09, N 2.4.9, H 3.1.1, J 6.08	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
起 始 缺 失	回填土不足	J 3.2.11	GEO 10.10 GEO 11.11 GEO 13.13
	遺留汙染物質	J 5.04	REP 6.6 REP 8.8 REP 9.9 GEO 5.5
	回填夯實不足	N 2.2.2	REP 1.1 REP 2.2 REP 3.3 REP 10.10 REP 16.16
	不明物質(如油汙)不 慎進入處置系統	N 2.2.4	REP 6.6 REP 8.8 REP 9.9 GEO 5.5
	材料缺陷	N 2.1.6	REP 1.1 REP 2.2 REP 3.3 REP 16.16
	膨潤土汙染	K 3.24	REP 1.1 REP 2.2 REP 4.4

			REP 5.5 REP 7.7
	緩衝材料置放不足	K 3.23	REP 8.8 REP 10.10 REP 16.16
	施工物質遺留	J 5.03	REP 6.5 REP 7.7 REP 8.8 REP 9.9 REP 10.10 REP 16.16
人類活動	意外闖入	H 5.2.4, A 3.071	REP 11.11, GEO 11.11 REP 16.16, GEO 16.16
	鑽探井噴(blowouts)	W 3.023	REP 16.16
	洞穴探勘(caving)	W 2.085	REP 16.16
	切割(cutting)	W 2.084	REP 16.16
	鑽探流體 (drilling fluid)	W 3.021, W 3.022, W 3.024	REP 10.10, GEO 10.10
	鑽探引發地化環境改變		
	鑽探探勘	K 11.01, A 2.05, J 5.21, W 3.032	REP 16.16
	井注引發地化環境改	W 3.030	REP 10.10, GEO 10.10
	地熱	J 5.34, W 3.007, N 2.3.5, K 11.03	REP 11.11, GEO 11.11 REP 16.16, GEO 16.16
	液體廢棄物	W 3.010, W 3.027, K 11.04	REP 10.10, GEO 10.10
鑽孔再使用	J 5.36, A 2.03	REP 11.11, GEO 11.11 REP 16.16, GEO 16.16	
地殼活動	地震	A .29, A .21, A .045, J .15,	GEO 14.14
	斷層移動	W1.011, K 9.03, K 9.04, K 9.01, K 9.02	GEO 14.14
	產生斷層	A 2.24, S 0367, J 4.2.06, H2.1.7, W 1.010	GEO 14.14
	地震引發之水文反應	W 1.031	GEO 14.14
	處置設施機械損毀	J 4.2 .01	GEO 14.14
	區域地殼活動	H 2.1.1 W 1.012, J 6.14, W 1.003	GEO 14.14
	地震引發之活動	K 9.05, W 1.012, N 1.2.8, H 2.1.6	GEO 14.14
	應力改變引發水文效	K9.06	GEO 14.14

	應		
--	---	--	--

### 3.4 SKI的FEPs彙整

當 SKB 完成 SAFE 計畫之後，管制單位 SKI 同時也發佈了該單位所彙整的 FEPs。SKI 的 FEPs 總計有 24 項，經過兩者比對並逐項檢查，以確定兩者之間一致。這些結果整理如表 B-6 提供參考。

表B-6 SKI的FEPs彙整與交互矩陣一致性比對結果

SKI的 FEPs編號	項目名稱	與SAFE計畫對應的交互矩陣			一致性
		REP	GEO	BIO	
SFR-1	膠體產生(廢棄物包封)	√			√
SFR-2	膠體產生(窖倉壁中及水泥灌漿)	√			√
SFR-3	窖倉壁中之水泥分解	√			√
SFR-4	窖倉壁中之鋼筋混凝土分解	√			√
SFR-5	混凝土塊分解	√			√
SFR-6	瀝青固化體分解	√			√
SFR-7	無機廢棄物分解	√			√
SFR-8	有機廢棄物分解	√			√
SFR-9	近場擴散	√			√
SFR-10	近場膠體遷移	√			√
SFR-11	氣體產生	√			√
SFR-12	近場之氣流	√			√
SFR-13	工程障壁機械衝擊	√	√	√	√
SFR-14	近場輻射效應	√			√
SFR-15	廢棄物核種外釋	√			√
SFR-16	近場水飽和	√	√		√
SFR-17	近場溫度	√	√		√
SFR-18	核種自廢棄物包封外釋	√			√
SFR-19	核種自窖倉外釋及傳輸	√	√		√
SFR-20	近場地下水化學	√	√		√
SFR-21	近場地下水流動	√	√		√
SFR-22	核種活度變化	√			√
SFR-23	近場岩層水化學	√	√		√
SFR-24	窖倉膨土層演化	√	√		√

### 3.5 08-12報告中新修訂的FEPs分析結果



2008年，SKB為了將SFR-1處置設施的評估尺度由10,000年延長到100,000年，因此將SAFE計畫中的FEPs系統重新檢視，並做了局部的修訂。這些修訂主要是在於將原先認為不需考慮的FEPs(優先度為1)，提升至優先度2~3，以納入評估考量中。這些更新之後的FEPs依照處置窖倉、地質圈、生物圈三個次系統分別列表如下：

表B-7 處置窖倉次系統的FEPs分析結果

項目名稱	優先度	是否納入考量?(Y/N)	說明
再結晶	3	Y	
溶解 / 沉澱 (dissolution/precipitation)	1~4	Y	
腐蝕(corrosion)	1~4	Y	
有機物分解(degradation of organics)	1~4	Y	
擴散(diffusion)	1~3	Y	
吸附(sorption)	1~3	Y	
膠體過濾(colloid filtering)	1~3	Y	
水流(water flow)	1~4	Y	
毛細作用(capillary suction)	1~3	Y	
氣體流動(gas flow)	1~3	Y	
熱傳導(heat conduction)	1~3	N	低放廢棄物不會產生衰變熱，沒有熱傳的問題
放熱反應(exothermic reaction)	1~3	N	低放廢棄物中的核種沒有放熱反應的問題
膨脹與收縮 (expantion/contraction)	1~3	Y	
微生物活動(microbial activity)	1~3	Y	
侵蝕(erosion)	1~4	Y	
膨潤土膨脹(bentonite expansion)	1~3	Y	
吸附/離子交換(sorption/ion exchange)	1~4	Y	
水分吸收(water uptake)	1~4	Y	
膨潤土轉化(bentonite transmutation)	1~3	N	低放廢棄物不會產生衰變熱，因此膨潤土的礦物成分

			會因高溫而轉化
膠體形成/穩定度(colloid formation /stability)	1~3	Y	
對流(convection)	1~3	Y	
滲透(osmosis)	1~3	Y	
相變化(phase changes)	1~3	Y	
膠體傳輸(colloid transport)	1~3	Y	
質流(mass flow)	1~3	Y	
重組分配(redistribution)	1~4	Y	
飽和(saturation)	1~4	Y	
雙相流(two-phase flow)	1~4	Y	
水壓交互作用 (water pressure interaction)	1~3	Y	
平流(advection)	1~3	Y	
排放 / 積蓄 (discharge/recharge)	1~3	Y	
平流(氣體)	1~3	Y	
動力學及平衡(kinetics and equilibria)	1~3	Y	
斷裂(cracking)	1~3	Y	
核種衰變	1~3	Y	
汙染物傳輸	1~3	Y	

表B-8 地質圈次系統的的FEPs分析結果

項目名稱	優先度	是否納入考量?(Y/N)	說明
膨潤土膨脹 (bentonite expansion)	1~3	Y	
質流(mass flow)	1~3	Y	
腐蝕(corrosion)	1~3	Y	
排放 / 積蓄 (discharge/recharge)	1~3	Y	
氣體傳輸(gas transport)	1~3	Y	
應力及應變之改變 (stress and strain change)	1~3	Y	
汙染物傳輸	1~3	Y	
生物質流(biomass flow)	1~3	Y	

隧道 / 鑽孔回填 (tunnel/borehole backfill)	1~3	Y	
溶解 / 沉澱 (dissolution/precipitation)	1~4	Y	
腐蝕(corrosion)	1~4	Y	
擴散(diffusion)	1~3	Y	
吸附(sorption)	1~3	Y	
膠體過濾(colloid filtering)	1~3	Y	
侵蝕(erosion)	1~4	Y	
有機物分解(degradation of organics)	1~3	Y	
水流(water flow)	1~3	Y	
毛細作用(capillary suction)	1~3	Y	
鑽孔中流動 (flow in boreholes)	1~3	Y	
氣體流動(gas flow)	1~3	Y	
腐蝕氣體產生(corrosion-gas generation)	1~3	Y	
微生物作用氣體產生 (microbial activity-gas generation)	1~3	Y	
熱傳導(heat conduction)	1~3	N	目前處置方式深層處置，因此地質圈中不會遇到地熱的影響
微生物作用 (microbial activity)	1~3	Y	
吸附(sorption)	1~3	Y	
擴散(diffusion)	1~3	Y	
吸附/離子交換(sorption/ion exchange)	1~3	Y	
膠體過濾(colloid filtering)	1~3	Y	
膠體形成(colloid formation)	1~3	Y	
形變(deformation)	1~3	Y	
岩體擴散(matrix diffusion)	1~3	Y	
氡氣產生(radon generation)	1~3	Y	
離子強度效應(ionic strength effect)	1~3	Y	

水分吸收(water uptake)	1~4	Y	
膠體形成/穩定度(colloid formation /stability)	1~3	Y	
對流(convection)	1~3	Y	
滲透(osmosis)	1~3	Y	
相變化(phase changes)	1~3	Y	
化學反應	1~3	Y	
膠體傳輸	1~3	Y	
重分配(redistribution)	1~3	Y	
水壓交互作用 (water pressure interaction)	1~3	Y	
平流及混合(advection and mixing)	1~3	Y	
飽和(saturation)	4	Y	
雙相流(two-phase flow)	4	Y	
平流(advection)	1~3	Y	
延散(dispersion)	1~3	Y	
氣體溶解(gas dissolution)	1~3	Y	
汙染物傳輸	1~3	Y	
氣體遷移	1~3	Y	
平流-氣體(advection -gas)	1~3	Y	
落石(rock fallout)	1~3	N	
應 力 重 分 布 (stress redistribution)	1~3	Y	
微 生 物 成 長 (microbial growth)	1~3	Y	
輻射照射(irradiation)	1~3	N	低放射性廢棄物的輻射活度不致造成照射的影響
輻射分解(radiolysis)	1~3	N	低放射性廢棄物的輻射活度不致造成輻射分解的影響
鑽 孔 穿 入 (borehole penetration)	1~3	Y	
植 物 根 部 穿 入 (root penetration)	1~3	Y	
膨 脹 與 收 縮 (expantion/contraction)	1~4	Y	

表B-9 生物圈次系統的的FEPs分析結果

項目名稱	優先度	是否納入考量?(Y/N)	說明
排放 / 積蓄 (discharge/recharge)	1~2	Y	
熱傳(heat transport)	1~3	N	我國處置設施場址無永凍層及冰川，因此熱傳導致融點的變化不列入考量
氣體吸收及排放(gas uptake and release)	1~2	Y	
食物供給(food supply)	1~2	Y	
鑽孔侵入 (borehole intrusion)	1~3	Y	
人為影響 (human effects)	2	Y	
冰層(ice load)	3	N	我國處置設施場址無永凍層及冰層的議題
定居(settlement)	1~2	Y	
相變化	1~3	Y	
潛在侵入 (potential intrusion)	1~2	Y	
生物擾動(bioturbation)	1~2	Y	
吸收/排泄(uptake/excretion)	1~2	Y	
人類遷徙(movement)	1~2	Y	

#### 4. 結語

瑞典係採處置地窖倉方式，處置低放射性廢棄物；與國內可能採取的坑道處置較相似。SFR 處置系統，以三個互相耦合的矩陣來描述；三個互相耦合矩陣為：處置地窖倉、地質圈、生物圈。這些矩陣的內容，藉著審核不同的國際 FEPs 表，以確保所有 FEPs 都已被充分考慮，再經由專家會議討論其優先程度，做最後的定案。瑞典 SAFE 計畫，主要是為了申請 SFR 低放處置廠運轉執照的更新。其安全評估的更新，也參考 IAEA-ISAM 的 FEPs 表，並放棄原先的事件樹法改用 IAEA-ISAM 的交互作用矩陣法，發展其處置情節。瑞典 SKB 於 1998 年發佈的“Project SAFE: Update of the SFR-1 safety assessment-Phase 1”報告，其中對安全評估的建議，包括(a)一般性建議、(b)廢棄物量預測、(c)處置情節、(d)近場、(e)遠場、(f)核種遷移、(g)生物圈，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考。

以下是審閱 R-08-12 最新修訂的瑞典 SFR-1 設施 FEPs 內容後，所得到的結論：  
(1) 在R-08-12報告中，將外部FEPs可能引發的特性與對角線元素作關連，這個方

法可以將外部與處置系統的FEPs結合在一起，使FEPs的分析整體系統化，值得未來我國的FEPs分析參考。然而所考量的外部因子，大多數以瑞典的自然環境為基礎所提出，與我國目前可能的處置環境差異甚大。因此方法可以參考，內容還是要以本土環境的考量為宜。

- (2) 處置系統的FEPs交互耦合矩陣中，三個次系統的FEPs已經過專家會議充分討論，因此我國可以參考其內容做篩選。儘管如此，地窖倉處置方式仍非我國之坑道處置，因此本土坑道式處置設施之FEPs相關資料仍需多方蒐集並彙整，方能對功能評估有所幫助。

#### 參考文獻

1. SKB, "Project SAFE: Update of the SFR-1 safety assessment-Phase 1," SKB R-98-43, Oct. 1998.
2. SKB, "Project SFR 1 SAR-08: Update of Priority of FEPs from Project SAFE," SKB R-08-12, March 2008.

## 附件 C IAEA 低放處置設施功能評估之分析

### 1. 近地表處置安全要求(WS-R-1)

IAEA近地表處置安全要求(WS-R-1)[1]，係針對安置於近地表處置設施之固體或固化廢棄物。近地表處置包括多種的處置方法，如地表上工程設施處置、數公尺深簡易土處置窖處置、混凝土窖處置與地表下數十公尺之岩穴 (rock cavern) 處置等。近地表處置場可分為營運前、營運中與封閉後三個階段。營運前階段包括選址、設計與處置場建造。營運階段包括處置場營運與其封閉作業。封閉後階段包括關場後的管制措施 (主動與被動監管)。這些階段之活動應符合安全準則之安全要求。

#### 1.1 人類健康與環境保護要求

- (1) 負責任之放射性廢棄物管理係根據最新國際上同意之放射性廢棄物及輻防原則與要求，建立國家輻防體系，並採取某些措施，以保護人類健康與環境。這些原則與要求均與近地表處置設施會導致輻射曝露的活動有關。對於處置場營運期間與封閉後可能造成人們曝露之各種途徑評估須加以注意，並對符合所建立標準之輻射防護，提供合理之保證。
- (2) 根據國際放射防護委員會(ICRP)與基本安全標準(BSS)之建議，放射性廢棄物近地表處置作業是輻射作業的一部份，因此應以輻防體系正當化、最適化與劑量限制的觀念來管理。放射性廢棄物的產生與管理，應考量整體措施的正當性。
- (3) 在近地表處置場營運期內，輻射防護與處置場工作人員及民眾安全之要求，則與其他處理放射性物質營運設施相似。然而，因為放射性廢棄物處置場在封閉後，將對人類未來健康，具有潛在的危害，因此須要特別的安全要求，以保護後代子孫。
- (4) 國家輻防要求，應用於處置場營運期。
- (5) 處置場營運導致人員輻射曝露之輻防原則，必須最佳化並使個人曝露低於劑量限值。國家法規之工作人員與民眾之劑量限值，應可用於處置場的營運期。
- (6) 應建立封閉後之輻防標準，且須以劑量與 (或) 風險 (risk) 的形式表示。風險的定義是接受劑量之機率與此劑量造成健康傷害效應 (deleterious health effect) 的乘積。
- (7) 應判斷處置場封閉後之可能演進模式，其設計應使民眾之曝露劑量或風險，不得超過每年 1 mSv 劑量限值或等量風險的適當部份值。最近 ICRP 已建議劑量約束值為每年不超過 0.3 mSv。
- (8) 應考慮不太可能發生事件 (即低機率事件) 所引起的輻射曝露，管制機關應決定是否將低機率事件之後果 (outcomes) 與風險約束值作比較，或是將事件發生機率與造成劑量分開考量。
- (9) 封閉後關鍵群 (critical group, 即預期造成最大劑量或風險之群體) 之劑量或風險與安全標準之比較，須加以評估。必須考慮發生於未來的曝露，且以任何時間可能影響處置場之事件分析為基礎，來決定關鍵群。
- (10) 近地表處置設施之長期安全，應經由適當的場址特性、工程設計特性、適當廢棄物型態與成分、營運程序與監管的組合而達成。處置系統之目的，首先是將廢棄物阻隔於人類可接近的環境；其次是控制核種外釋至人類可接近的環境；最後是減輕到可接近環境的任何不可接受外釋的後果。近地表設施封閉後，通常會連續監測一段時間，此期間之連續監測具有某種重要安全因素。

對於地表下數十公尺之岩洞 (rock cavern) 處置，封閉後可不必主動監管 (active institutional controls)，即可達到安全。

- (11) 能否有效與安全隔絕廢棄物，與整個處置系統的功能有關。處置系統的不同組成對安全性之相對貢獻，依處置概念、場址狀況與封閉後處置場的時間而異。因此，廢棄物接收標準與工程障壁設計，常依場址與處置安排而定，應以特定場址安全評估為基礎。然而，替代方案應以一般性評估為基礎，來建立廢棄物接收標準與障壁設計，並對個別處置場建立其他必要的要求。
- (12) 基本安全所敘述之“放射性廢棄物之管理，應提供可接受之環境保護水平”。通常可假設經由適當關鍵群的定義，以保護人類免於廢棄物所帶來之輻射傷害，並符合保護環境之需要。對於放射性廢棄物管理活動所造成之非輻射環境影響，如化學污染或自然生態之變遷，亦應加以考慮。

## 1.2 安全評估要求

- (1) 處置場建造以前，營運者應對計畫處置場整個營運期與封閉後時期，進行可理解的與系統化的安全評估，並應由管制機關來進行審核。除非營運者根據安全評估與其他資料，證明近地表處置場可合理保證符合安全要求，管制機關不得核准其營運。
- (2) 為證明處置場能符合安全要求，安全評估為一迭代過程。在處置場營運前、營運中與封閉後任何其他時間，獲取經驗與監測資料後，有必要更進一步執行安全評估。
- (3) 安全評估是評估處置系統功能的一種程序，評估設施運轉期與封閉後對民眾的可能輻射影響與環境影響。可能輻射影響應包括漸進過程(如工程障壁的劣化)與影響廢棄物隔絕之意外事件。無意闖入者(inadvertent intruder)在主動監管期是可以忽略，但在被動監管期其闖入機率不可以忽略，且闖入機率應隨時間而增加。處置場之可接受性將依安全評估的結果而定，安全評估應合理保證處置場符合設計目標與安全標準。
- (4) 安全評估包括：
  - (a) 所有選擇情況的系統功能估計。
  - (b) 功能評估的信心水準(confidence level)估算。
  - (c) 符合安全要求的整體評估。
- (5) 處置場營運階段與封閉後階段，仍須執行監測工作並證明符合安全要求，必要時須執行改善工作。在處置場計畫與設計階段，應考慮主動監管或不完全有效或不再存在時，仍可確保處置場安全。此期間，確認符合安全要求，應依處置系統未來功能與健全性的現今評估結果而定。此期間之功能評估主要方法是：
  - (a) 對可能影響處置場安全的 FEPs 做系統性審查，並對選出的情況，進行評估。此評估之執行應模擬處置系統未來之行為、系統之各個組成及其周圍環境。
  - (b) 考量處置場之設計與建造品質，在此情況下，對處置系統各個障壁與其他組成之預期功能，進行審查。
- (6) 處置場符合安全要求的信心，應從處置場之設計與建造品質與特性及安全評估結果，去引導出。應證明處置系統為健全的，且能抵抗各種可能事件與失效所產生的效應。經由良好技術與管理原則之執行，來達成處置場的健全性，以降低或減輕不準度的效應。
- (7) 因為預測未來事件，具有先天的不準度，無法對於符合安全標準，提供絕對



保證。可達成的最好方法是合理保證系統可依原先設計來執行，將可達到符合安全標準之要求。符合安全標準之合理保證，最可能的方法是使用多方面的推論（multiple lines of reasoning），也就是以其他處置場將可隔離所設計廢棄物的定性證據，來補充處置場功能的定量評估。所考慮的證據如：相關天然類比研究的結果、健全設計之證據與深度防禦、極限分析（limit or bounding analyses）之使用，及獨立的審查結果。

- (8) 安全評估中所考量的可能與不太可能發生的事件與過程，應經由主管機關決定與認可。
- (9) 在封閉後之安全評估中，係以監管期間所採取的管制措施最為可信。這些管制措施應假設在此期間為有效的，並應在相關執照或授權中應予以註明。
- (10) 近地表處置場的影響評估，應以現存或區域性生物圈接受到放射性物質的假設為基礎。
- (11) 安全評估應經良好的文件化，以確認符合國家標準與國際之建議。營運者應基於足以影響目前執照或授權狀況之真實經驗、重要設計變更或新的安全資訊，來更新其安全評估，並應由主管機關進行審查。

### 1.3 組織與技術安全要求

- (1) 近地表處置場之選址、設計、建造、營運與封閉，應根據本報告的安全要求來實施。國家主管機關應對已存在近地表處置場之營運與封閉後，決定所適用的安全要求範圍。
- (2) 應引進適當的組織與技術安全措施，以達成處置系統符合國家主管機關所建立之安全要求。
- (3) 政府應對近地表處置場各執行階段，在技術、財務與法律上，指定參與與負責的機構。尤其，當處置場封閉後須加以監管，政府更應確認負責監管的機構。
- (4) 在國家安全處置放射性廢棄物的政策與策略之基礎下，管制機關應發布且更新近地表處置申請執照過程中所需的法律、規章、導則、標準暨所需文件。
- (5) 近地表處置場之營運者應對其安全性負全部的責任，並應執行處置安全評估與執行選址、設計、建造、營運、封閉與封閉後所需之各項工作與措施，以符合安全要求及國家之法律架構。營運者從廢棄物產生者(若非廢棄物產生者，或指廢棄物所有人)處接收廢棄物，應建立必要的接收要求，廢棄物產生者包括處置前放射性廢棄物管理設施之操作者。營運者或主管機關應進行必要的研發工作，以確保處置場安全。
- (6) 為證明符合品質保證要求，尤其是廢棄物接收要求，處置場營運者應對廢棄物產生程序，進行定期審核。管制機關也應確認這些程序是有效的，以確保符合這些要求。
- (7) 當處置系統失效或設計錯誤，可能危及處置場安全，營運者應及時通知管制機關，並採取必要的改正行動。
- (8) 為確保處置場之安全管理，營運者應在處置之前，對各階段處置活動(若有必要，包括封閉後監管)，展示充分的財務安排。在處置場營運期間，財務安排應定期審核，時須加以調整。
- (9) 營運者應保存管制機關所指定的記錄。若處置場的責任轉移到另一團體，先前營運者應將可維持良好營運即可完成封閉的所有相關資料。繼承營運者應檢驗相關資料，並須獲得管制機關的認可，以承擔處置場之責任。
- (10) 根據管制機關的適當要求，營運者應提送處置場安全有關之文件。

- (11) 廢棄物產生者應確保廢棄物包件特性，符合管制機關與近地表處置場營運單位所訂定的要求。
- (12) 廢棄物產生者應確保廢棄物包件之運送，符合營運者與管制機關的要求，及運送的適當要求。
- (13) 廢棄物產生者應在運送廢棄物時或經協議的其他適當方法，提供處置營運者所需要的完整資料與文件。
- (14) 放射性廢棄物自產生到處置的各基本管理步驟[如前處理、處理、貯存與調理(conditioning)]是相關的。放射性廢棄物管理任一階段之決策，應考量與安全處置相關聯各步驟之影響與(或)需要性。
- (15) 為應用以上的要求，廢棄物產生者、處置場營運者與管制機關，應根據國家法規，建立合作的工作，包括資訊的交換等。尤其應用在下列文件的交換與審核上，例如管制機關所建立的標準、營運者所建立的規範與廢棄物產生者所提供的技術報告。廢棄物管理與處置方面之過去經驗與未來新發展，應考量法規與連貫性的措施。

#### 1.4 廢棄物接收要求

- (1) 應訂出處置場廢棄物接受條件：根據特定場址，並考量適當的輻防標準、營運條件、預定主動監管期、天然障壁特性要求與工程障壁特性要求而發展出來，應經由管制機關核准。
- (2) 應建立個別廢棄物包件與整個處置場接收廢棄物的放射性核種含量與（或）濃度之授權限制（authorized limits）。
- (3) 廢棄物包件所含的放射性核種型態、特性與含量，應能提供符合授權限制所需要的準確性來決定，並且做成文件。
- (4) 廢棄物包件（或任何廢棄物運用送過程中的外包裝）之體外劑量率與表面污染，應符合運送規定與其他處置場工作人員之輻防規定。
- (5) 廢棄物包件之設計與建造，其機械強度應能充分負擔近地表處置場的設計負載。
- (6) 廢棄物體內可能發生化學、生物或輻射分解過程，產生氣體與（或）熱、腐蝕（有害劣化物質的累積）與物質的膨脹，與廢棄物的含量有關。應建立法規以確保這些過程與產物不致產生廢棄物包件或周圍障壁圍阻特性不可接受的安全危害。廢棄物包件物質的物理與化學特性應適當的做成文件，以確保安全評估中均有考慮這些方面。
- (7) 應限制廢棄物包件內自由水含量。廢棄物或廢棄物體不需要完全乾燥，但其水分含量不應危害處置場廢棄物的隔絕特性。
- (8) 可能會造成化學與生物傷害之處置物質，應符合相關法規，且安全分析應考量這些物質的特性。
- (9) 應建立廢棄物包件可燃性、發火性（pyrophoricity）與其他性質的廢棄物接收標準，減輕火災危害與降低廢棄物包件間火的傳遞。
- (10) 廢棄物包件應與吊卸、運送與安置作業所使用器械相容，且應符合運送規定。
- (11) 包件應證明能確保吊卸、安置、可計數、主動監管的安全，並證明符合指令性規格（prescribed specifications）。因這些原因，近地表處置的每一廢棄物包件應有適當的標記。

#### 1.5 場址要求

- (1) 廢棄物處置系統應能提供廢棄物的隔絕與限制放射性核種外釋的功能，在考量廢棄物特性、監管期及場址之工程障壁、地質障壁後，確保廢棄物處置對

人類與環境的潛在效應可符合可接受限制與整體安全目標。

- (2) 安全評估與處置場設計應考量場址特性。對安全評估與設計很重要的場址特性至少應含以下各項：地質、水文地質、地球化學、構造地質與地震、地表過程、大氣、氣候與對人類活動的影響。
- (3) 選擇場址的地質特性，應能提供廢棄物的隔絕與限制放射性核種外釋的功能，且對處置系統的穩定有貢獻。
- (4) 選擇場址的有利因素包括限制放射性核種自處置場至可接近環境（accessible environment）的特性。
- (5) 處置場的地點，在考量處置場設計與現在、未來可能使用的資源後，應能避免地下水資源遭受不可接受之放射性污染。
- (6) 地下水與處置場地質介質的地球化學特性，應考量其限制放射性核種自處置場向外傳輸的潛在貢獻。同時不應危害到工程障壁的壽命。
- (7) 場址的構造地質與地震特性，應不預期發生顯著的構造地質過程與事件（例如斷層、地震活動與火山活動），其強度足以危害處置場必要的隔絕能力。
- (8) 影響處置處地形穩定性的過程如洪水、侵蝕（erosion）、地滑（landsliding）或風化（weathering），其頻次與強度不應顯著影響處置系統隔絕廢棄物的穩定性。
- (9) 位於地表面上的處置設施，應有很好的排水特性，且其地形與水文地質的特性，使得洪水的可能性很小。應對必要時間內，任何目前與預估未來表面水的蓄積情形及其他預期表面水排水特性的改變，以致影響處置場地下水流狀況有所評估，或經管制機關核准。
- (10) 應評估處置場的氣候特性（尤其降水與蒸發）及預期大氣的極限狀況，對處置場設計與處置場內環境水流的可能影響。亦應考量封閉其後的可能氣候改變所造成的效應。
- (11) 處置場當地或其附近合理預期會發生的活動，應不可能危害處置場的隔離能力。尤其應考量場址及其附近的可能資源與開發。
- (12) 應建造與保養處置場的良好通路，以確保廢棄物能運送之處置場。在處置場所在地之可預見未來的開發及區域計劃，應考量處置場的土地使用與所有權。

#### 1.6 處置設施設計要求

- (1) 在考量廢棄物特性、場址特性與適用於處置場之安全標準下，處置場的設計應能提供必要期限內之適當隔離。
- (2) 處置場的設計，應考量封閉期後最少必要的積極保養，與天然特性的補足的情況下，降低其環境影響。設計應考量營運要求、封閉計畫、其他與廢棄物隔絕有貢獻與處置場穩定性有關的因素。
- (3) 近地表設施可包括工程障壁，加上安置介質及其環境，以隔絕廢棄物於人類環境外。工程障壁包括廢棄物包件與其他人造設施如處置窖（vaults）、覆蓋、墊襯（linings）、灌漿與回填，以阻止或延遲放射性核種自處置場傳輸至周圍環境。
- (4) 儘管處置的定義是將廢棄物安置於業經核准的地方，而不打算再取出，然而某些國家的司法仍規定處置場的設計應考量再取出性。若規定要考量處置場之再取出能力，在設計過程應考量不可危害處置場之長期功能。
- (5) 近地表處置場應實施監測計畫，以確認處置系統在營運期間與封閉後（若有必要）之圍阻能力。監測計畫不可危害處置場之長期功能。

#### 1.7 建造要求

- (1) 近地表處置場的建造包括以下活動：場址準備、建築與結構的設立、開挖、壕溝或廢棄物處置模組的建造、排水網路、岩洞開鑿、地下建築與監測系統的設置。
- (2) 應經適當主管機關之授權，處置場始得動工建造。亦即詳細設計業經核准，執造審查程序業已完成，且適當的品質保證計畫業已建立。在營運期間，亦可進行處置場之擴充建造工程，以提供接收更多廢棄物的處置空間。在建造期間，任何必要的處置場變更設計，均需主管機關的核准。
- (3) 部分的建造工程是與安全有關。應於詳細設計中，敘述使用材料的適當規格、技術與管制方法。若建造工程延伸至營運期間，對保持處置場開始營運營運部分的完整性，應有所準備。

#### 1.8 營運要求

- (1) 近地表設施的營運包括含有試運轉(commissioning)、廢棄物接收、廢棄物安置(waste emplacement)、工程及其所有相關工作。根據執照所採取的設計或主管機關的授權，亦可包括廢棄物的暫存與最後固化包裝(final conditioning)。非經主管機關授權，不得開始營運。
- (2) 為達到安全營運的目的，應實施應業經認可的技術與管理原則。尤其在適運轉與安置廢棄物期間應維持適當的管制。具備資格人員應適當的補充與訓練，有效的安全措施亦應建立。
- (3) 主管機關應對必要的環境監測計畫(包括外釋的監測、體外曝露與營運期間環境影響評估)提供導則。以確保處置場營運的檢查，是根據執照中註明之程序或法規授權來實施。
- (4) 處置場營運或任何以後階段所使用營運資料應予以記錄。主要營運資料[至少應包括容器的證明、廢棄物包裝的安置地點、放射性核種含量、主要廢棄物特性、委託人(consignor)與創設人(originator)的證明資料]應依主管機關之規定進行保存。應考量記錄的形式，以確保資料在必要時可以取得，不致中斷或與遺失。
- (5) 為確保處置場營運安全且符合國家法規，營運者應準備一套規定，納入限值與狀況。這些規定應考量下列事項：
  - (a) 職業工作人員與民眾在正常與意外事件之防護標準；
  - (b) 安全評估所使用的的極限假設；
  - (c) 營運法規標準。
- (6) 為確認處置場所觀察到的營運限制與狀況，營運者應根據書面程序與指示來實施。這將確保對處置場安全的適當關心，尤其是在變更儀器與營運程序時。
- (7) 營運者應對事件中指令性活動，建立一套程序：
  - (a) 緊急情況或非例行事件；
  - (b) 不符合廢棄物接收標準之廢棄物接收。  
當必須向主管機關報告時，應建立其程序。
- (8) 在處置場例行營運之前，營運者應提出試運轉計畫，以確保處置場與其相關設備儀器功能，達到業經核准之設計規格。
- (9) 營運者應確保廢棄物符合由營運單位所建立且經主管機關核准的處置場廢棄物接收標準。
- (10) 廢棄物產生者應承諾，提供處置場營運者所委託處置廢棄物之已符合或足可符合廢棄物接收標準的資料。這些資料應包括處置場吊卸作業之適當方法的所有營運決策必要資料。廢棄物產生者應依據營運者或主管機關規定，提供

委託處置廢棄物之相關文件。

- (11) 應根據營運程序與指導及處置場的概念設計所建立的限值與狀況來安置廢棄物。
- (12) 在營運期間，營運者應負責適當監測系統之設立與保養，以監測處置場之外釋物質。
- (13) 營運者應建立適當的處置場場內緊急應變計畫。若有必要，亦應建立處置場場外緊急應變計畫。
- (14) 營運者應訂出與分析處置場安全營運所需執行的工作與活動。營運者應實現組織架構，並且清楚的敘述其責任與個人授權。各階層組織之幕僚適當人數目與其所需資格與經驗，應予以公佈。營運者應補充適當專業的人員，並確保人員所需訓練範圍能與這些標準專業一致。
- (15) 訓練計畫之建立，應確保所有階層的處置場營運人員具備所需能力。訓練計畫應確認對與安全有關的活動，提供這些活動所需知識與實務經驗，並培養安全文化的發展。訓練計畫應定期更新，以納入系統功能分析索取得的經驗。為減少人為錯誤，在營運期間應實施連續性再訓練計畫。訓練計畫應使營運人員對與安全有關的處置場設計特性，得到高程度的了解。
- (16) 為防止人們之非授權行動，危害到處置場的安全，應考慮所有合理的預防辦法。應有確保唯有指定人員始可進入場址的措施。對於非授權人員進入安全敏感區域，應有偵測與阻止的措施。安全措施的水平應可反映對處置場或廢棄物可能損害的程度。為得到及時的援助，應建立相關措施與適當的聯絡。
- (17) 為符合管制需求，營運者應進行定期與系統性的審查，並更新處置場安全評估及擬送主管機關核准之封閉計畫。若有必要，處置場的安全應進行再評估。定期與系統性的審查應包括以下相關措施與文件：
  - (a) 處置場的營運；
  - (b) 環境影響評估；
  - (c) 對工作人員與民眾所造成輻射劑量的限制。
- (18) 其他如權責、品質保證審核結果、營運狀況(包括實驗測試、環境取樣與分析的頻率、工作人員的健康與安全與記錄保存等)，營運者應根據管制需求進行審查，並送管制機關核准。審查所需的頻率亦應考量。

#### 1.9 封閉要求

- (1) 在停止接收廢棄物及安置廢棄物作業已完成後，封閉是提供處置系統最後結構的組織性行動。
- (2) 至少在開始封閉作業之前，營運者應檢附詳細的封閉計畫，送主管機關核備，執行前應獲得主管機關的核准。詳細的封閉計畫應包括使用可顯示處置場封閉後安全功能之可用資料與更新的安全評估。封閉計畫應敘述處置場封閉後所有管制措施，包括輻射監測計畫、偵測計畫與記錄保存系統，且應說明負責執行的組織。
- (3) 封閉計畫應列出封閉方法(包括所使用之材料與技術)與處置場之預期功能。為增加安全評估的信心，封閉方法應按照可用材料與技術，達成最佳化。
- (4) 封閉程序應包括多餘結構、系統與儀器的去污、移除與密封，除污廢棄物的處置，處置檔案的更新與必要之連續監測的實施。
- (5) 對地表上或靠近地表的處置，封閉應包括處置系統或結構的最終覆蓋的安置。對坑道(tunnel)或岩洞處置而言，封閉應包括處置場通路[例如豎坑(shafts)、橫坑(drifts)]的密封。

- (6) 根據不造成未來子孫不當負擔的原則，在可能監管期間，封閉計畫應與必要的處置場通路單元之保養與修復具一致性。
- (7) 封閉計畫應包括封閉前各階段在未來可能需要改正行動之記錄資料的整理(collation)、或承諾將於未來進行處置場之安全評估。封閉計畫應含有某些必要的資料，以確保未來子孫可知道處置場的存在。
- (8) 封閉作業完成後，管制機關應根據國家法規，確定封閉作業是以可接受的方式來執行，封閉後的處置場保持良好的狀況，文件可以取得，封閉後的管制已有所準備。

#### 1.10 監管要求

- (1) 就合理性而言，根據不造成未來子孫不當負擔的原則，封閉後處置場的安全不應依賴於採取必要的擴充與連續性之主動監管措施。然而，處置場封閉後之繼續管制，可以增進置場安全，尤其是防止入侵(intrusion)。監管可分為主動監管[例如監測(monitring)、偵測(surveillance)作業；若有必要，含改正行動]與被動監管(地使用的管制)兩種；甚或兩種監管的組合。
- (2) 監管的性質與時間長短，為確保符合安全標準之一種方法，應由主管機關訂定或同意。監管期的長短應考量廢棄物的放射性衰變與其潛在危害性、預估活動與資料保存的過去經驗。
- (3) 處置場的安全評估，應考量主動監管與被動監管的期程與有效性。營運者應證明，處置場在監管期後取消管制措施，影響處置場隔絕與(或)圍阻能力的事件所造成的輻射後果(consequences)，應符合指令性的安全標準。
- (4) 應清楚的確認負責實施主動監管與被動監管的組織。如以下各段敘述，該組織應根據封閉計畫進行有效管制，以阻止入侵者進入處置場，並對處置場做必要的維修保養，監測處置場與地方環境的狀況，保存記錄與必要時採取改正行動。
- (5) 某些國家採用的主動監管期，自數十年至數百年不等。為增強場址符合國家法律與規定的信心，管制機關可自由裁量(discretion)或於法律中明文規定，要求進行連續的主動監管。
- (6) 負責組織應採取措施，降低人員、動物、植物進入處置場，避免因入侵而危害處置場的隔絕性。
- (7) 負責組織應實施適當的保養計畫。處置場的保養可能需要例行與非例行的工作。例行或計畫性的預防保養可包括定期檢查排水系統以確保其連續功能，覆蓋植物的保養，移除會損害覆蓋完整性之深根植物，定期檢查/修復安全圍籬，儀器的保養(若必要的話，替換之)。可能需要的非例行工作可包括不正常的嚴重天候狀況造成侵蝕(erosion)的損害修復，潛伏動物所造成的損害修復，或可接近障壁劣化的修復。
- (8) 負責組織應實施適當的封閉後監測計畫，並經由主管經關核准。此計畫應處理：
  - (a) 處置場及其周圍區域之輻射或其他監測資料，以證明並無不可接受的輻射影響(例如可能與滲濾限值有關)，且儘可能的確定安全評估所做的假設；
  - (b) 其他系統參數的量測，以確定處置場預期的隔絕功能。
- (9) 若在環境中偵測到非計畫外釋的放射性物質，若有必要，應採取干預措施，以控制外釋與減輕其效應。
- (10) 負責組織應實施被動監管，經由限制處置場土地進行某些活動一段時間，以確保處置場保養知識的保存與土地使用限制的必要記錄之保存。

- (11) 主管機關應認知到被動監管措施，是對封閉後近地表處置場附近之內容特性長期保持關切的一種方法系統。記錄保存可達到此目的。對不同區的記錄進行複製保存進行國際合作是有益的。

#### 1.11 品質保證

- (1) 應對於所有與安全有關之處置場活動、結構、系統與組成，建立範圍廣泛之品質保證計畫。包括處置場自規劃、選址、設計、建造、營運、安全評估過程各階段、封閉、長記錄保存與監管活動所有相關活動。這將對確保符合相關法規與安全標準有所幫助。
- (2) 品質保證計畫的內容應考量所有與安全有關之處置場活動、結構、系統與組成之潛在效應，且應適當地設計。應根據處置場營運與封閉後階段之系統性安全評估結果，確認對營運與處置安全重要之處置場活動、結構、系統與組成。
- (3) 自建造開始至主動監管結束為止，應有指定的營運者負責全部的責任。營運者應負責建立與實施全部的品質保證計畫，包括得到主管機關的核准。營運者可委託其他機關，建立與實施所有(或部分)的品質保證計畫，在不危害簽約的義務與法律責任的情況下，營運者仍須對品質保證的整體效益負責任。
- (4) 在選址階段，所有與選址相關的活動應建立品質保證計畫。對於可證明場址達成必要的品質資料，應建立文件並予以保存。
- (5) 為確保在安全上不致產生不可接受的後果，在處置場設計、建造與營運階段，應特別對障壁設計廢棄物特性與營運程序的變更，設計一套管制流程。
- (6) 廢棄物接收的品質保證計畫，應認知到與處置場安全有關的接收廢棄物，與處置場營運者與接收廢棄物產生者的活動有關。
- (7) 廢棄物產生者應提供符合處置場營運者廢棄物接收規定的必要文件，包括任何處理的適當功能與特性、放射性核種含量的決定、委託文件的準備或其他影響處置安全的行動。
- (8) 營運者應審查廢棄物產生者所提出品質保證計畫與各項資料的品質，以確保接收廢棄物特性具有可接受的適當水平。包括廢棄物產生或處理階段之操作與程序的稽查 (audits) 與檢查 (checks)。
- (9) 應對處置場封閉與封閉後各階段有相關的結構、系統、組成與活動，提出品質保證計畫。此計畫應對各階段可能影響未來處置場安全的重要資料，提供收集與保存。
- (10) 主管機關應對放射性廢棄物的近地表處置，訂定品質保證規定。原則上，近地表處置設施設計、建造與營運之品質保證規定，應與其他核能設施相似。然而，某些活動(例如廢棄物接收、封閉與封閉後各階段)可能需要特別強調。管制機關應審查營運者的品質保證計畫與系統性檢查其實施狀況與品質管制記錄。

## 2. IAEA-ISAM計畫

國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA) 於 1999 年發布「低放射性廢棄物近地表處置安全評估導則」(WS-G-1.1)[2]，供各國在執行及管制低放射性廢棄物近地表處置安全評估之參考。該導則要求執行者在申請設置低放射性廢棄物最終處置設施時，必須提出該設施的安全評估報告。安全評估工作前須確認下列事項：

- (1) 影響處置場長期功能的特徵(feature)、事件(events)及過程(processes)(FEPs)。
- (2) 影響處置場的可能發生情節。
- (3) 核種可能遷移至人類與環境之各種途徑。
- (4) 廢棄物、場址特性及工程材料與結構之資料正確性。
- (5) 處置概念及數學模式之合理性與正確性。

IAEA 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)，以改善安全評估方法的可信度。借著執行特殊測試案例的相互比較，進行處置設施安全相關物理過程模式的發展。1996 年，IAEA 決定成立一個新的合作研究計畫，以建立 NSARS 的經驗，其特殊重點為將用於規劃及現存近地表放射性廢棄物處置設施封閉後安全評估方法與工具的審核與強化。1997 年 11 月，新的合作研究計畫，稱為「Improvement of Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities (ISAM)」，開始被執行。ISAM 計畫以 NSARS 經驗為基礎加以發展，並致力於設施封閉後安全評估方法與工具的關鍵性評核。為測試 ISAM 計畫方法，執行三種案例測試：現有的措施(地窖設施 vault facility)、古老措施(1960 年代建立的處置窖、豎井及地窖，RADON facility)及未來為報廢密封射源的處置措施(豎井設施 borehole facility)[3]。

ISAM 計畫的主要目的如下：

- (1) 提供規劃及現存近地表放射性廢棄物處置設施封閉後安全評估方法與工具的關鍵審核。
- (2) 強化使用的方法與工具。
- (3) 在使用的方法與工具中建立信心。

ISAM 計畫主要工作如下：

- (1) 安全評估內容的規定
- (2) 處置系統的描述
- (3) 情節的發展與判斷
- (4) 模式建立與執行
- (5) 結果分析與信心建立

## 2.1 安全評估內容

安全評估內容須包括：(1)目的、(2)法規的要求、(3)評估終點、(4)評估邏輯、(5)處置系統特性、(6)時間範圍。

安全評估目的：大部份放射性廢棄物處置設施安全評估之主要目的，為展示人類健康與環境防護的可接受水平在現在與未來都可達到。除了安全的整體展示外，也有其他不同的目的。在任何特別案例內，執行安全評估的目的，從測試處置概念初期理想的簡單計算，到支持處置執照申請或現有設施需要詳細、場址特性安全評估，而異。還有額外的目的，如量化接收標準的推導。安全評估結果的對象須進一步確認。安全評估的一般目的及對象特性(如管制者、運轉者、廢棄物產生者、民眾、地方、區域及國家政客)在界定評估終點、處置系統的假設及安全評估情節的確認與判斷上，扮演一重要角色。

安全評估法規要求：說明法規的劑量或風險的要求。很多國家法規要求，都



參考國際的建議，如 IAEA 的「Principles of Radioactive Waste Management」、「the Safety Requirements for Near Surface Disposal of Radioactive Waste」、「the Safety Guide on Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste」及 ICRP 77 與 81 報告。

安全評估終點：安全評估的終點須符合其目的及相關的法規要求，併考量評估的假設，如時間規模及關鍵群體。

評估邏輯：必須考量下列事項：(1)安全評估整體方法的特性(如系統性、疊代性、透明性)，(2)被採用假設的特性(如真實性、謹慎的)，(3)安全評估資料的可用性(如一般性、場址特有性)，(4)處理不同不準度所採取的方法(如情節、模式與資料)。

處置系統特性：廢棄物處置系統可被視為由下列部分所組成：近場、地質圈及生物圈。廢棄物處置系統的描述，對現今系統提供有用的概念，並對任何相關的基本假設加以文件化。

時間範圍：放射性廢棄物處置，須確保現在與後代具有相同的防護水平。在安全評估中，需要考量時間相關的因子如：(a)運轉時程、(b)監管時程(主動監管時程與被動監管時程)、(c)自然與人類引起的環境改變、(d)工程障壁系統的退化、(e)重要放射性核種的半衰期。確認安全評估方法中的本質限制與不準度，及處置設施功能受到大規模環境改變的影響，確認其長期預估的科學可信度之限制。安全評估的有興趣時間規模，為下列參數的函數：廢棄物處置系統的特性、影響處置系統的外在因素、及在廢棄物內放射性核種的壽命。

## 2.2 處置系統的描述

處置系統的描述須包括：(1)組成與資料、(2)資料適用性、(3)資料文件化、(4)資料不準度。

處置系統組成與資料：處置系統可認為由(1)近場(廢棄物、處置區、處置設施工程障壁包括處置設施周圍天然障壁的擾動區)、(2)地質圈(近場與生物圈間的岩石及未固結的物質)、(3)生物圈(自然環境-大氣、土壤、沉積物及表面水；生物體-包括人類)所組成。各組成須包括下列資料：

- (1) 近場：如廢棄物起源、本質、數量與特性，放射性核種的量，工程障壁(廢棄物包件、處置單元、處置設施覆蓋物)，及擾動區之特性與範圍。
- (2) 地質圈：如地質、水文地質、地化、地殼構造及地震條件。
- (3) 生物圈：如氣候與大氣、水體、人類活動、動植物、岩石層、地形、地理範圍與位置。

資料適用性：須確認所整理的資料適用於安全評估。處置設施的長期安全，依設計的多重障壁系統的特性而定。多重障壁系統的特性，如下列之選擇：特殊處置場址、某深度的主要地質、工程與天然障壁的特殊性質。

資料文件化：所有資料源必須文件化與文獻化，以確保資料的適當審核可被維持。

資料不準度：描述處置系統須確認兩種重要不準度的來源，並加以文件化。分別為與系統特性現已存在的的不準度、與未來發展存在的的不準度。

## 2.3 情節的發展與判斷

放射性廢棄物營運管理之目的與國際間公認的原則為，清楚聲明放射性廢棄物之處理須保護現在與未來人類健康與環境，不可增加後代子孫不當的負擔。所以放射性廢棄物處置設施封閉後安全評估的主要工作，是去確認處置廢棄物對後代子孫與環境有什麼潛在影響。安全評估也須考量未來條件可能變成什麼樣子？某些事項可能無法清楚知道。依處置廢棄物的特性，封閉後的安全評估需關心在好幾千年時程內，廢棄物對人類與環境的影響。

一個放射性廢棄物處置系統的封閉後安全評估中，情節產生的主要目的，是利用具科學良好的專家判斷。並不嘗試去預估未來，係以趨勢分析來認定顯著的變化，在探討的變異中，去研究不準度特殊來源的重要性。因此，強調是提供未來狀況的有意義說明，以支持決策過程。情節的產生，對於安全評估是重要的，有下列理由：

- (1) 情節提供執行安全評估的內容。未考慮場址未來的狀況，是無法分析放射性廢棄物處置系統的長期功能。
- (2) 情節影響模式的發展與資料收集的工作。
- (3) 情節提供處置場開發者、管制者及對處置場安全性有興趣的團體間，一個重要的溝通管道。
- (4) 情節對封閉後安全評估之信心建立方面，是非常重要的；也是安全評估獨立審查者的關注的焦點。

在大部分的安全評估中，初期考量發展一個單一的參考情節(reference scenario)；然後再發展替代情節(alternative scenarios)，以研究從參考情節略作改變或大改變情節的影響。事實上，在某些案例，替代情節可約略視為參考情節的靈敏度分析。參考情節常被認為(不是永源)是安全評估中最可能的情節；也常被認為是替代情節影響比較的標準驗證情節。在很多安全評估中，某些術語取代參考，如正常演變(normal evolution)、設計(design)、基本案例(base case)、中心(central)。相似地，改變演變(alter evolution)及惡化演變(deteriorated evolution)也被用於取代替代(alternative)。主要的問題是確保任何使用的名詞都有定義且能清楚解釋其目的。

情節與方法已成為安全評估獨立審查者注意的焦點。對應此背景，採取系統化安全評估架構，期望能提供安全評估假設合理性外部審查的正式基礎。此種方法可幫助提供確保評估已有效描述所有可能相關的 FEPs，並考量這些 FEPs 的組合可以產生不同品質的輸出。除此之外，一個系統化方法須能提供處置系統未來演變相關不準度的展示。

對於系統化情節產生方法，某些基本要求需要確認。尤其，此方法期望確保下列事項：

- (1) 透明度(Transparency)：包括處理專家判斷及文件化的計畫。
- (2) 可理解性(Comprehensiveness)：需考慮所有可能顯著影響處置系統及放射性核種外釋的 FEPs。
- (3) 相關未來演變的描述。
- (4) 關鍵議題的確認。

(5) 系統真實性的研究。

一個 FEPs 表對近地表處置設施是重要的，因為在多數情節產生方法中，FEPs 表是一項共同初期的工作。IAEA 情節工作群(Scenario Working Group)決定採用 NEA 的 FEPs 表並加以修正，使它適用於近地表處置設施，當作 ISAM 的 FEPs 表。安全評估的一般目的，是決定什麼事項會影響處置廢棄物，其對個人與環境的影響為時間的函數。這要求考量(1)放射性核種從處置設施如何外釋？(2)核種遷移的路徑，(3)及他對人類的影響。為達到此目的，可發展一處置系統組件分類，分為內部與外部兩部份，如圖 C-1。

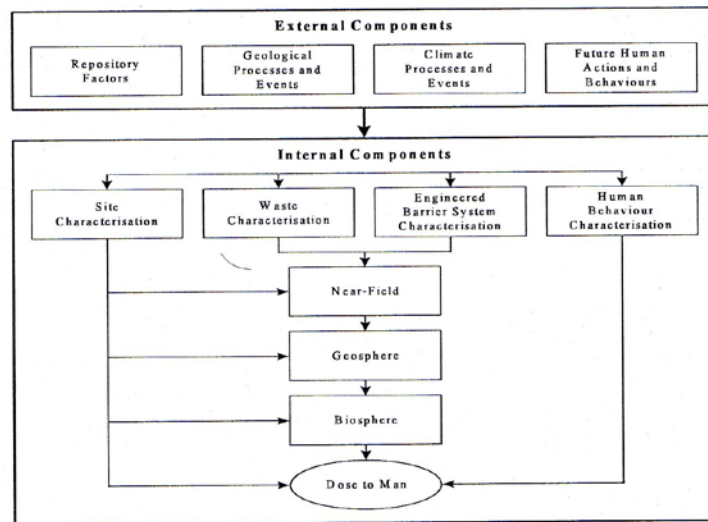


圖 C-1 處置系統組件分類

FEP 表之分類圖，如圖 C-2，包括與污染物外釋、遷移及曝露(放射性核種及污染因子)相關的過程。這也須考量處置系統(廢棄物、工程與天然障壁、及人類行為)的特性、事件與過程，將引起系統的演變(環境因子)。除此之外，也有來自處置系統外部的過程與事件(外部因子)。這些外部因子(外部 FEP)常被考慮為產生 FEP 的情節；改變外部因子狀態，可以產生不同的情節。

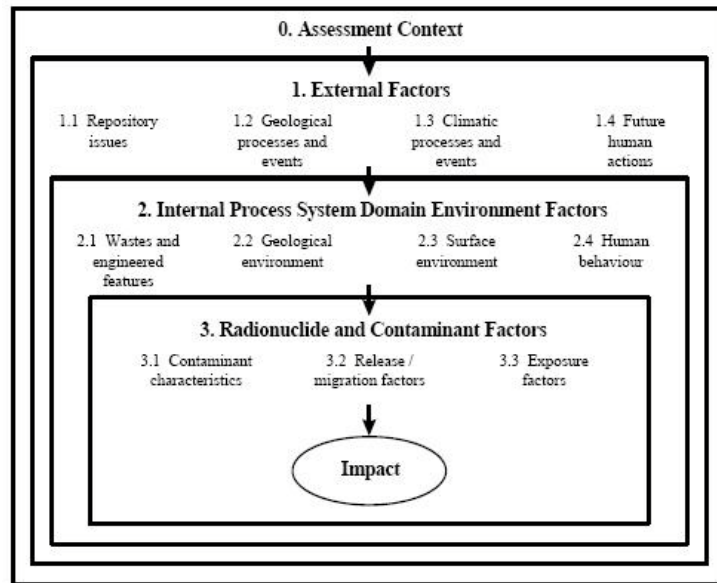


圖 C-2 ISAM 的 FEP 表之分類圖

ISAM 的 FEP 表之四層結構如下：第 0 層：評估內容、第 1 層：外部因子、第 2 層：環境因子、第 3 層：放射性核種/污染物因子。每一層分類定義，列於表 C-1。ISAM 的 FEP 表為與近地表處置設施長期安全評估相關 FEPs 的表，期望它成為一可理解且在合理的範圍。ISAM 的 FEP 表由 141 個 FEPs 所組成；每一 FEP 都有一號碼 x.y.zz，分別代表層(layer, x)、類(category, y)、數(number, zz)。每一 FEP 由下列三部份組成：

- (1) 定義：界定 FEP 的範圍，需要時包括技術性的定義。
- (2) 評論：在 FEP 名字之下，給討論的 FEP 或議題更多特殊的評論。評論不是必要的。
- (3) 例子：與特殊 FEP 相關的特殊例子及 FEP 的主要概念。FEP 表隨時間可以更新，當做與遇到近地表處置系統相關的新 FEP。不是所有 FEP 都有例子。

表 C-1 ISAM FEP 表之分層與分類

<p>第 0 層：評估內容</p> <p>(a) 分析者所考量的因子，以決定分析的範圍，包括與法規要求相關的因子、計算終點的定義、安全評估特殊階段的要求。</p> <p>(b) 此決定會影響安全評估特殊階段的現象範圍。</p> <p>(c) 第 1、2、3 層有關於處置系統領域，係由廢棄物、工程與天然障壁。</p>
<p>第 1 層：外部因子</p> <p>(a) 外部因子是處置系統領域外起源的 FEPs，如更全球性與立即效應的天然或人類因子。包括在處置系統領域時間範圍外之處置場設計、運轉與封閉相關的決定。</p> <p>(b) 一般來說，外部因子不受到處置系統領域內過程的影響或只輕微影響。</p> <p>(c) 在發展處置系統領域的模式，外部因子常表示為邊界條件或初期事件。</p> <p>(d) 該層分類如下：</p>

<p>1.1 處置場議題：設計與廢棄物位置的決定，及與場址調查、運轉與封閉的事件。</p> <p>1.2 地質過程與效應：從廣泛的地質背景資料及長期的作用，所引起的作用過程。</p> <p>1.3 氣候過程與效應：與全球氣候改變及後續區域效應相關的過程。</p> <p>1.4 未來人類的活動：封閉後人類活動與區域措施，可能潛在影響工程與(或)地質障壁之功能，如入侵活動。</p> <p>(e) 一般來說，外部因子不同分類的 FEP 間，較無重要的直接交互作用。</p>
<p>第 2 層：環境因子</p> <p>(a) 處置系統環境因子發生在空間與時間領域內的特性與過程，其主要效應是決定領域內物理、化學、生物與人類狀況的演變，以預估放射性核種遷移與外釋及後續對人類的曝露。</p> <p>(b) 該層分類如下：</p> <p>2.1 廢棄物及工程特性：這些組件間的特性與過程。</p> <p>2.2 地質環境：環境內的特性與過程，包括水文地質、地質力學及地質化學的特性與過程。</p> <p>2.3 地表環境：環境內的特性與過程，包括近地表含水層、未固結沉積層，但不包括人類活動與行為。</p> <p>2.4 人類行為：個人或人群的特性與習慣，如關鍵人群。</p> <p>(c) 環境因子內不同分類 FEP 間的交互作用，可能是非常重要。</p>
<p>第 3 層：放射性核種/污染物因子</p> <p>(a) 放射性核種因子是直接影響放射性核種在處置系統環境裡的遷移與外釋，或直接影響關鍵人群劑量的過程。</p> <p>(b) 該層分類如下：</p> <p>3.1 污染物特性：在封閉後安全評估中所考量的放射性毒素及化學毒素物質的特性。</p> <p>3.2 外釋/遷移因子：直接影響放射性核種在處置系統領域內的遷移與外釋的過程。</p> <p>3.3 曝露因子：從環境中放射性核種濃度，直接影響關鍵群體劑量的過程與條件。</p>

#### 2.4 模式建立與執行

評估模式對安全評估的透明度與可防禦性是重要的，常被聚焦在獨立審查者的關心；因此，須使評估模式的發展與建立過程，正常化、透明化與可防禦性；尤其下列兩件工作，需要加以文件化。

- (1) 影響放射性核種外釋與遷移的各種過程，都必須經過確認；並決定何種過程是最重要的。
- (2) 適當模式、工具與資料的選擇，需可代表這些過程，並具有選擇的正確性；如經由更詳細的分析使用、實驗的資料、或專家的判斷。

概念模式發展、數學的簡化、使用計算機執行的過程，如圖 C-3。

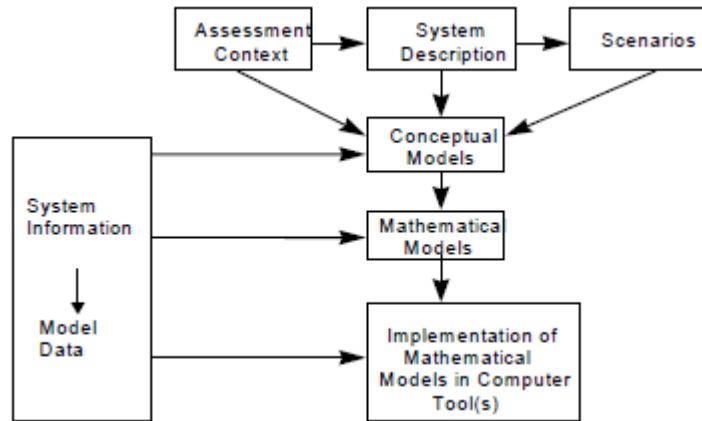


圖 C-3 模式建立與執行過程

#### 2.4.1 概念模式發展

概念模式發展式安全評估過程中一個決定性的階段，需要描述處置情節中的 FEPs；也就是要說明放射性核種如何從處置設施外釋到人類可接觸的環境(只是性質的說明，而非量的說明)。圖 C-4 為放射性核種外釋、傳輸與曝露的概念模式；圖 C-5 為生物圈的概念模式。處置情節的量化分析，必須使用數學模式；數學模式係從概念模式推導出來的。

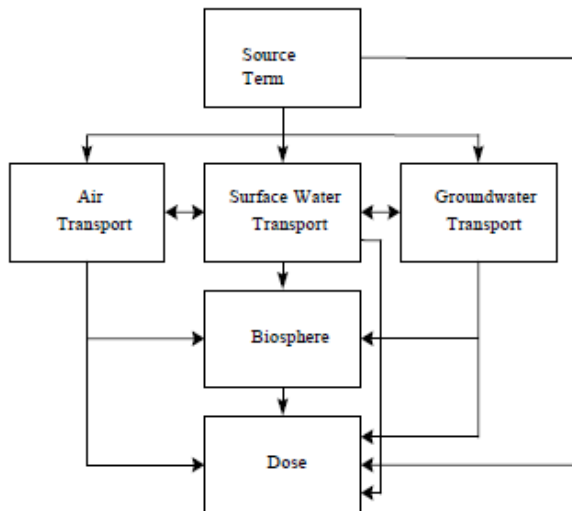


圖 C-4 放射性核種外釋、傳輸與曝露的概念模式



圖 C-5 生物圈的概念模式

概念模式也可定義為：一組性質的假設，用於描述特定目的系統或子系統。這些假設至少須有(1)系統的幾何形狀、(2)初期與邊界條件、(3)時間的相依性、(4)相關物理與化學作用之特性。模式的範圍與描述是必要的，以記錄其假設，便於未來的應用與發展。

#### 2.4.2 數學模式的發展

數學模式係將概念模式的假設轉換成數學式子，通常以耦合代數、微分及/或積分方程式來表示，這些方程式在特殊範圍，具有初期與邊界條件。這些方程式的解，通常具有時間與空間的相依性。

需要數學模式有兩個目的：(1)描述處置系統的發展、(2)描述放射性核種從處

置系統轉移的現象。由於計算與資料的限制，為了執行靈敏度與不準度的大量計算，通常會簡化幾何結構。很多因素會影響模式的複雜性，如圖 C-6。通常需要某種程度的簡化，以便將概念模式轉換成數學模式，可以考量下列數種簡化的方法：

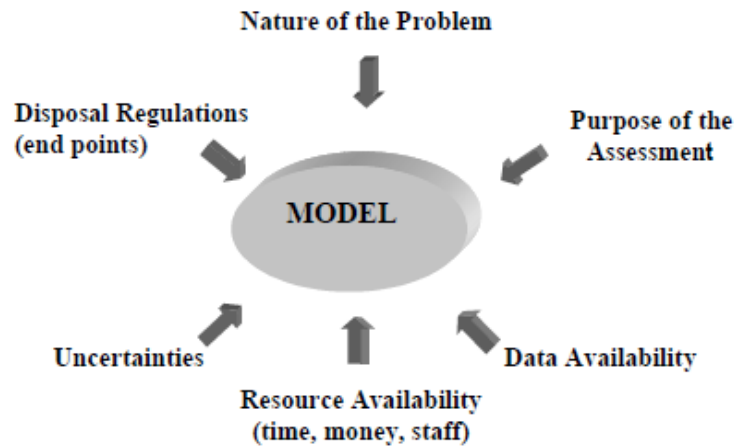


圖 C-6 影響模式複雜性的因素

- (1) 幾何或結構的簡化，如考量核種在均值介質中同向性傳輸，可以以一維傳輸來簡化。
- (2) 交互作用與過程的省略，如忽略化學作用的動態項目。
- (3) 利用喜好解的方法，來簡化模式，如排除非線性的部分。

IAEA-ISAM 提供的數學模式有：容器失效模式(分為一般失效與局部失效)、水泥障壁退化模式、放射性核種從廢棄物體外釋的模式(分為洗刷外釋、擴散外釋、溶解外釋)、放射性核種在近場中傳輸模式(分為氣體外釋、液體外釋、固體外釋)、地下水流模式、污染物在飽和與未飽和介質中的傳輸模式、生物圈模式。

### 2.5 結果分析與信心建立

安全評估信心建立之目的，係為了提供容易了解的性質與量化的證據；使安全評估建立在良好科學與技術原理的基礎上，並有系統地執行。建立信心的措施，包括下列各項：

- (1) 安全評估的結果與國家法規的要求及國際導則比較。
- (2) 從詳細的模擬，很多指標的比較，可用於說明模擬的結果。這些指標包括：
  - (a) 天然背景輻射
  - (b) 污染物的天然背景濃度
  - (c) 其他活動所引起的風險
  - (d) 無法觀察到健康影響的污染物濃度
- (3) 簡單的計算與詳細模擬結果比較。簡單的計算通常較明顯、較容易被民眾接受與瞭解。
- (4) 靈敏度分析，也可對安全評估結果，提供建立信心的方法。
- (5) 除了特殊區域清晰的描述外，也執行其它的測量，將提供信心。

### 3. 結語

- (1) IAEA 在低放處置方面，已出版很多的安全系列報告，包括法規與導則，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考。
- (2) IAEA 於 1999 年發佈的“Near Surface Disposal of Radioactive Waste”報告，係針

對近地表處置，提出各種安全要求，包括(a)人類健康與環境保護要求、(b)安全評估要求、(c)組織與技術安全要求、(d)廢棄物接收要求、(e)場址要求、(f)處置設施設計要求、(g)建造要求、(h)營運要求、(i)封閉要求、(j)監管要求、(k)品質保證要求。這些要求都有沒有訂定接受標準，但已相當明確具體，可供國內訂定低放處置設施安全分析報告審查導則參考，摘述於本報告的 4.1 節。

- (3) IAEA 於 2004 年發表“Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities”的研究報告，內容包括(a)安全評估內容的規定、(b)處置系統的描述、(c)情節的發展與判斷、(d)模式建立與執行、(e)結果分析與信心建立。尤其是情節的發展，韓國或瑞典都加以引用，我國也應依其方法來執行低放處置安全評估的工作。

#### 參考文獻

1. IAEA, “Near Surface Disposal of Radioactive Waste,” Safety Standards Series No. WS-R-1, 1999.
2. IAEA, “Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste,” Safety Standards Series No. WS-G-1.1, 1999.
3. IAEA, “Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities,” IAEA, ISAM vol.1 & vol.2, 2004.



附件 D 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)

物管局於民國 93 年發布的安全分析報告導則，係參酌美國 NUREG-1199 報告，並經國內專家學者充分討論。所以，為研訂國內安全分析報告審查導則時，仍應參考美國 NUREG-1200 報告；又為使導則更加周延，也參考 IAEA 的 WS-R-1 報告，以完成研擬國內處置設施安全評估之審查導則(草案)如下。

第一章 概論之審查導則(草案)

1.1 緣由及目的：說明申請單位之需求及處置設施設置之目的與規劃。	
內 容	說 明
<p>依國內低放射性廢棄物的現況及法規之要求，說明執行低放射性廢棄物處置之緣由與目的。</p> <p>由於低放射性廢棄物處置作業，可分為場址篩選、處置設施建造、處置設施運轉、處置設施封閉、封閉後的觀察與監管、免於監管等階段。除場址篩選階段外，各階段都得向主管機關，提出低放射性廢棄物處置安全分析報告，申請核准；所以必須說明所提出的安全分析報告之目的。</p> <p>低放射性廢棄物處置方式，依場址特性可能採用不同的處置方式，所以須說明處置方式與處置規劃。</p> <p>綜合上述說明，提出低放射性廢棄物處置安全分析報告申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 說明此安全分析報告之申請目的。</li> <li>2. 法規的要求。</li> <li>3. 國內低放射性廢棄物產生與貯存現況。(申請建造執照、運轉執照與運轉執照換照時提出)</li> <li>4. 此處置場低放射性廢棄物處置狀況。(申請運轉執照換照、封閉許可、監管許可及免於監管許可時提出)</li> <li>5. 低放射性廢棄物處置場址的篩選經過(申請建照執照時，才須提出)。</li> <li>6. 低放射性廢棄物處置的目的。(申請建照執照時，才須提出)</li> <li>7. 處置方式、時程與工作規劃。(申請建造</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第一章第一項緣由及目的之要求。</li> <li>2. 清楚說明此安全分析報告之申請，係為何種執照或許可而提出。</li> <li>3. 無論執行低放射性廢棄物處置設施建造、處置設施運轉、處置設施封閉、封閉後的觀察與監管或免於監管等作業，都須符合法規之要求，所以申請者應列出相關法規及其重要內容，以彰顯申請者了解法規並避免違背相關法規之規定。</li> <li>4. 低放射性廢棄物處置，以國內低放射性廢棄物為標的，所以須提出現況資料，才能顯現此份安全分析報告之目的</li> <li>5. 說明處置場址經妥適篩選，符合低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例第四條之規定。</li> <li>6. 說明處置的目的，除解決低放射性廢棄物問題外，亦能促進輻射安全。</li> <li>7. 處置方式、時程與工作規劃，涉及廢棄物處置安全，所以須事先提出說明。</li> </ol>

<p>執照、運轉執照與運轉執照換照時提出)</p> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安全分析報告之申請目的，是否清楚說明。</li> <li>2. 是否符合國內法規的要求。</li> <li>3. 國內低放射性廢棄物現況，是否正確。</li> <li>4. 篩選出的低放射性廢棄物處置場場址，是否符合低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例第四條之規定，不屬於不得設置之地區。</li> <li>5. 低放射性廢棄物處置目的是否明確。</li> <li>6. 處置方式是否清楚說明、處置時程是否合理與工作規劃是否可行。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清楚說明此安全分析報告之申請目的，較能彰顯安全分析之重點。</li> <li>2. 符合國內法規的要求，才能確保安全。</li> <li>3. 了解現況，才能彰顯申請者有能力執行其計畫。</li> <li>4. 確認處置場場址符合規定，以避免造成無法執行處置作業的窘境。</li> <li>5. 處置目的明確，以彰顯其輻設作業計畫之正當性。</li> <li>6. 處置方式、時程與工作規劃妥適，才能確保處置安全並能使工作順利進行。</li> </ol>
<p>1.2 專有名詞：應使用政府機關所頒訂之專有名詞，若非常用或自行編譯之專有名詞，應明確定義並加註原文，以利對照。</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>為清楚說明安全分析報告之內容並避免誤解，報內容之專有名詞應使用政府機關所頒訂之專有名詞並加註原文，以利對照。故申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安全分析報告內容，所使用的專有名詞。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 專有名詞之解釋說明，是否正確。</li> <li>2. 若非常用或自行編譯之專有名詞，是否加註原文。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第一章第二項專有名詞之要求。</li> <li>2. 專有名詞的正確說明，將有助於審查者、管制者與關心民眾，瞭解此份安全分析報告之內容。</li> </ol>
<p>1.3 引用法規及設計準則：(1)撰寫報告時所採用之各種資料，其調查、分析、推估之方法，凡於現行法規中有規定者，應從其規定。(2)按報告章節次序詳列撰寫報告時所引用的國內外法規及技術規範，並註明其名稱、公（發）布單位、日期及版次。</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>為確保報告內所採用的各種資料之正確性，要求各種調查、分析與推估之方法，應依報告章節次序詳列說明所引用的國內外法規及技術規範，故申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在本節中，彙整各章節所引用的國內外法規及技術規範，並註明公（發）布單位、名稱、日期、版次及(出現的章節)。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 彙整的各章節國內外法規及技術規範，每一文獻是否註明公（發）布單位、名</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第一章第三項引用法規及設計準則之要求。</li> <li>2. 引用法規及設計準則之正確性，將可加速審查，並確保作業安全。</li> </ol>

稱、日期、版次及(出現的章節)；是否正確。	
-----------------------	--

第二章 設施綜合概述之審查導則(草案)

2.1 位置：描述場址之地點、面積及場界，並以適當比例尺之地圖說明。	
內 容	說 明
<p>為確保處置場址地點等相關資料的完整性及準確性，申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>處置場場址地點的經緯度與麥卡托(universal transverse mercator (UTM) coordinate system)座標。</li> <li>處置場場址隸屬的行政區及鄰近的鄉、鎮(市)。</li> <li>場址附近重要人造或天然的地形地貌。若有地質調查所的地形圖、航空照片或遙測影像，請提供。</li> <li>場址詳細之地形特徵(含高程與地形起伏、坡度和排水狀況等資料)。</li> <li>場址面積及場界。</li> <li>可接受比例尺的場址地形圖。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>若有任何資料之遺漏或需要說明的情況，須明確指出並儘速要求申請人以解決問題。</li> <li>場址位置經緯度、UTM 座標、相關都市鄉鎮位置、行政分區等資料是否完整而正確。</li> <li>場址附近重要人造或天然的地形地貌與場址詳細之地形特徵，是否準確。</li> <li>場址面積及場界是否明確。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>依低放處置安全分析導則第二章第一項位置之要求。</li> <li>有明確的場址經緯度與 UTM 座標，將可容易描述場置場各設施的位置。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>有明確的處置場場址隸屬的行政區及鄰近都市或鄉鎮資料，較易了解處置場附近地區之發展。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>有明確的場址附近重要人造或天然的地形地貌，較容易了解處置場場址受表面水與氣象的侵蝕影響。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>有詳細場址之地形特徵，可評估處置場場址的排水功能。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>有明確的場址面積及場界，較容易了解場址內各系統佈置及管制區與監測區規劃的正確性。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>地形圖之比例尺，以能清楚顯示場址地形的特性。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>明確指出遺漏的資料或需要說明的地方，以順利審查此份安全分析報告。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>場址位置與場址描述相關資訊之正確性，較易了解處置場各設施的位置與附近地區之發展。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>準確的場址附近重要人造或天然的地形地貌與場址詳細之地形特徵，較容易了解處置場場址受表面水與氣象的侵蝕影響與排水功能。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。</li> <li>有明確的場址面積及場界，較容易了解場址內各系統佈置及管制區與監測</li> </ol>

	區規劃的正確性。NUREG-1200 之 2.1.1 節也有此項要求。
2.2處置方式：說明廢棄物處置之型式及採用之緣由。	
內 容	說 明
<p>為長期隔離廢棄物、降低處置場封閉後維護工作量，確保處置場安全，申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 以 2.1 節提供的場址附近重要人造或天然的地形地貌與場址詳細之地形特徵，說明廢棄物處置之型式及採用之緣由。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 廢棄物處置之型式，是否可降低雨水滲入處置單元、減少廢棄物與積水的接觸、減少長期維護的需要、促進處置場封閉後的穩定性。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第二章第二項處置方式之要求。NUREG-1200 之 3.1 節也有此項要求。</p> <p>2. 處置方式關係整個處置場的設計，所以須先了解採用處置方式的緣由。</p>
2.3處置容量：說明處置設施可處置廢棄物的總體積量、各核種之總活度、及每年之處置量。	
內 容	說 明
<p>處置廢棄物的總體積量、各核種之總活度及每年之處置量，涉及處置場的評估作業。所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 處置設施的分區規劃及各區處置廢棄物的體積量。</p> <p>2. 各區規劃處置廢棄物的重要核種活度及總活度。</p> <p>3. 每年各類廢棄物處置量的預估。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 處置設施的各處置區是否有足夠空間處置廢棄物。</p> <p>2. 各區規劃處置廢棄物的重要核種活度及總活度，其預估是否合理。</p> <p>3. 是否確實考量運送、檢查與處置作業等能力，來預估每年各類廢棄物的處置量。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第二章第三項處置方式之要求。</p> <p>2. 依低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則第九條規定，低放處置設施應依廢棄物分類特性分區處置。所以須提供各分區處置廢棄物的體積量、重要核種活度及總活度。</p> <p>3. 每年各類廢棄物處置量，將影響運轉中工作人員的輻射劑量，所以須加以預估。</p> <p>1. 各處置區需有足夠空間處置廢棄物，才能確保順利運轉。</p> <p>2. 各處置區內重要核種活度及總活度，涉及各處置區之設計。</p> <p>3. 每年各類廢棄物處置量的預估合理，才能使設施順利運轉。</p>
2.4處置場區之規劃與配置：說明處置場區內各設施及作業之規劃，並以適當之比例尺繪製設施配置圖，圖上應標示比例尺、方位、區域名稱及設施名稱，標明輻射管制區域之劃分情形，並附必要之剖面圖或透視圖。	
內 容	說 明
<p>處置場區之規劃與配置，涉及處置場運作能否安全進行及緊急作業之可行性。所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 處置場區內各設施之佈置與功能及其作業規劃。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第二章第四項處置方式之要求。NUREG-1200 之 1.2 節也有此項要求。</p> <p>2. 各設施之佈置與功能及其作業，涉及處置安全及作業之方便性。並有適當</p>

<p>2. 處置場區內各設施之適當比例尺配置圖，圖上應標示比例尺、方位、區域名稱、設施名稱，並清晰標明輻射管制區域之劃分情形。</p> <p>3. 處置窖及其周圍之工程障壁之剖面圖。</p> <p>4. <b>各重要設施與場址</b>之相互關係及作業流程，包括作業人員、廢棄物與設備之移動作業等。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 各設施之佈置與功能及其作業規劃，是否明確。</p> <p>2. 處置場區內各設施之配置圖，是否可清楚標示各設施、輻射管制區、監測區、及作業動線。</p> <p>3. 處置窖及其周圍之工程障壁之剖面圖，是否清晰，是否標示其範圍、材質與功能。</p> <p>4. <b>各重要設施</b>之作業流程，是否合理；避免廢棄物在無屏蔽處滯留過久。</p>	<p>比例尺配置圖，可明確顯示各設施之位置與關係。</p> <p>3. 處置窖及其周圍之工程障壁，涉及處置安全，需要更詳細的剖面圖。</p> <p>4. 瞭解各設施間之相互關係及作業流程，可確保作業順利與安全。</p> <p>1. 各設施之佈置及作業，涉及處置安全及作業之方便性，所以需要明確說明。</p> <p>2. 處置場區內各設施有清楚的配置圖與作業動線，讓審查者容易瞭解其適當性。</p> <p>3. 處置窖及其周圍之工程障壁，涉及處置安全，需要有更詳細的結構剖面圖。</p> <p>4. 各設施間之作業流程，不會使廢棄物在無屏蔽處滯留過久，將可降低工作人員的輻射劑量。</p>
<p>2.5廢棄物來源與特性：(1)說明處置設施接收廢棄物的來源與種類、型態、數量及其分類方式。(2)說明接收廢棄物內所含核種及其最大比活度。(3)說明接收廢棄物包件與其表面污染最大限值及最大劑量率限值。(4)說明接收廢棄物之各項物理、化學特性之限制。(5)說明處置容器之材質與規格。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p> <p>處置廢棄物的來源與特性，涉及處置安全，所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 說明處置設施接收廢棄物的來源與種類、型態、數量及其分類方式。</p> <p>2. 場址封閉時所產生廢棄物的來源與種類、型態、數量及其分類方式。</p> <p>3. 說明廢棄物的接收標準：包含所含核種與其最大比活度、廢棄物包件與其表面污染最大限值及最大劑量率限值、廢棄物之物理與化學特性之限制。物理與化學特性須包括：(a)化學及物理型態、(b)螯合劑成分、(c)固化劑。</p> <p>4. 說明處置容器之材質、規格與包裝特性(如是否存放於高完整性容器)。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 處置設施接收廢棄物的來源，須說明產生單位、產生過程與預估的年產生體積；接收廢棄物的種類與型態、數量及其分類方式，須說明分類的依據，其廢棄物的種類、型態與數量是否合理，是否符合廢棄物產生之歷史資料。</p> <p>2. 場址封閉時所產生廢棄物的來源與種</p>	<p style="text-align: center;">說 明</p> <p>1.依低放處置安全分析導則第二章第五項處置方式之要求。NUREG-1200之6.1.1節也有此項要求。</p> <p>2. 明確說明接收廢棄物與場址封閉時所產生廢棄物的來源與種類、型態、數量及其分類方式，可促進處置場的正常運轉。</p> <p>3.有明確的廢棄物接收標準，可確保設計的安全性。</p> <p>4. 處置容器的適當選擇，可減緩放射性核種的外釋。</p> <p>1. 接收廢棄物的來源，盡可能涵蓋國內放射性廢棄物產生單位、其產生的各類廢棄及其產量，才能解決低放射性廢棄物的問題。</p> <p>2. 處置場封閉時所產生廢棄物，也應規</p>

<p>類、型態、數量及其分類方式，是否合理，是否預留處置區。</p> <p>3. 接收廢棄物內所含核種及其最大比活度，不得超過低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則中 C 類廢棄物的比活度上限值；除非獲得主管機關的特別核准。</p> <p>4. 廢棄物包件表面污染最大限值，不得超過放射性物質安全運送規則中工業包件表面污染限值；離廢棄物包件表面外 3 公尺處最大劑量率限值，不得超過 10 mSv/hr。</p> <p>5. 廢棄物之物理與化學特性，必須符合低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則中第五條及/或第六條之規定。</p> <p>6. 處置容器之材質與規格，應與廢棄物具有相容特性，並說明其正常情況下之壽命及其壽命的評估方法。高完整性容器必須維持至少三百年之結構完整性。</p>	<p>劃能在現場處置。</p> <p>3. 超 C 類廢棄物非經主管機關核准，不得於低放處置設施進行處置。</p> <p>4. 為確保廢棄物運送安全，廢棄物包件表面污染值，不得超過放射性物質安全運送規則中工業包件表面污染限值；為確保運送中發生意外時可妥善處理，依放射性物質安全運送規則之規定，廢棄物包件表面外 3 公尺處最大劑量率限值，不得超過 10 mSv/hr。</p> <p>5. 廢棄物之物理與化學特性，影響處置核種遷移之速度，必須符合低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則之規定。</p> <p>6. 處置容器的適當選擇，可減緩放射性核種的外釋；在有效壽命內，除容器的擴散外，可防止核種的外釋。</p>
--	--

### 第三章 場址特性描述之審查導則(草案)

3.10 輻射背景偵測：說明運轉前環境輻射背景偵測結果及偵測方法。	
內 容	說 明
<p>若有處置場運轉前的輻射背景偵測結果，未來可與運轉中、封閉後的輻射偵測結果相比較，可顯示處置場之影響。所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 運轉前二年以上環境輻射背景偵測結果：連續性環境直接輻射監測結果、累積劑量之環境直接輻射監測結果、運轉時放射性核種可能擴散途徑之環境試樣取樣分析結果(包括水樣、食物樣、土樣、草樣、空氣樣)。</p> <p>2. 偵測方法：</p> <p>(1) 環境直接輻射：說明偵測儀器之名稱、性能、偵測範圍與偵檢靈敏度。</p> <p>(2) 環境試樣：說明試樣種類、取樣頻次、取樣地點、取樣方法、試樣保存、分析方法、偵檢靈敏度。</p> <p>3. 建立運轉後環境試樣紀錄基準及環境試樣調查基準之預警措施。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第三章第十項位置之要求。依輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第十七條之規定。NUREG-1200 之 2.9 節也有此項要求。</p> <p>2. 依輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第十七條之規定，須提報運轉前二年以上環境輻射背景偵測結果。輻射背景偵測包括直接輻射與環境試樣分析。</p> <p>3. 偵測方法涉及環境輻射背景偵測結果的正確性與可靠性。</p> <p>4. 依輻射防護之規定，試樣分析結果超過紀錄基準值，則須加以記錄；若超過調查基準值，則應採取調查行動的預警措施。所以在執行運轉前二年以上的環境輻射背景偵測後，應參考其結果，建立運轉後環境試樣紀錄基準</p>

<p>(二)審查作業</p> <p>1. 環境輻射背景偵測結果：</p> <p>(1)採樣/監測/分析的頻率是否適當足以建立環境趨勢。</p> <p>(2)有意義的資料是否能真實反映測量值或計算資料的正確性。</p> <p>(3)是否於足夠數量的地點實行採樣與監測、是否至少有一個背景/控制(background/control)的監測位置。</p> <p>2. 偵測方法：</p> <p>(1)直接輻射儀器校正和實驗室分析的設施，是否可適切確保儀器效能、方法的有效性與敏感度。</p> <p>(2)記錄及統計分析程序是否根據標準化技術。進行常態分佈測試的資料點是否超過十點？</p> <p>(3)資料的整體不確定度是否被陳述，是否至少在 95%的信心水準以內。</p> <p>(4)資料變動性的來源及被刪除的資料，是否被清楚討論。</p> <p>(5)在運轉前環境監測資料小於可偵測值時，是否以適當的方法加以評估。</p> <p>3. 建立預警措施：</p> <p>(1)環境試樣紀錄基準值及環境試樣調查基準值，是否合理、可行。</p> <p>(2)環境試樣濃度超過環境試樣調查基準值，採取的調查行動與預防措施，是否合理、有效。</p>	<p>及環境試樣調查基準之預警措施。</p> <p>1. 環境輻射背景偵測結果，須具有環境趨勢，以便與未來比較；有意義的資料，須能反映其正確性，採樣與監測至少有一個遠離場址的背景/控制監測位置。</p> <p>2. 偵測方法涉及環境輻射背景偵測結果的正確性與可靠性，所以要求偵測儀器、校正及分析方法，需要符合科學的方法。對於資料的變動性與被刪除的資料，需要加以確認。</p> <p>3. 環境試樣紀錄基準值及環境試樣調查基準值須大於儀器的最低可測值，才有意義；監測結果超過環境試樣調查基準，可能達到處置場的約束劑量，所以須採取調查行動與預防措施。</p>
---	---

#### 第四章 處置設施之設計之審查導則

<p>4.5 輻射安全設計：(1)安全限值：說明設施內外之輻射限值與輻射防護分區規劃。(2)處置設施結構之輻射屏蔽分析：說明處置設施輻射屏蔽結構體構造強度、比重、厚度等有關資料，針對處置廢棄物含有核種之活度、比活度及分布情形，進行輻射屏蔽分析評估。(3)職業曝露合理抑低：說明設施正常運轉期間，合理抑低工作人員輻射劑量所採行之設計或措施，至少應包括下列各項：(a)輻射監測區域規劃、輻射管制區劃分及輻射防護設備之使用等。(b)廢棄物接收、暫貯、檢整、搬運、處置及控制中心等作業區職業曝露合理抑低之設計。(c)對較高活度廢棄物之屏蔽設計。</p>	
內 容	說 明
<p>輻射安全設計不但要確保工作人員與一般民眾的輻射劑量在法規限值內，也應依輻射防護之要求，使工作人員與一般民眾的輻射劑量合理抑低。所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 安全限值</p> <p>(1)提出設計概念，包括設計基礎與準則。</p>	<p>1.依低放處置安全分析導則第四章第五項輻射安全設計之要求。NUREG-1200之7.1節與7.3節也有此項要求。</p> <p>2. 訂定各輻射區之安全限值，可促進各輻射屏蔽之設計，並管制人員之進</p>

<p>(2)為使工作人員劑量合理抑低，輻射管制區再細分為不同之輻射區，並定出各輻射區之最大輻射劑量率。</p> <p>2. 處置設施結構之輻射屏蔽分析</p> <p>(1)屏蔽之設計準則</p> <p>(2)各輻射管制區內廢棄物所含各核種之活度、比活度及分布情形。</p> <p>(3)各輻射管制區輻射屏蔽結構體之構造強度、比重、厚度等有關資料</p> <p>(4)屏蔽參數與計算程式</p> <p>3. 職業曝露合理抑低：</p> <p>(1)輻射監測區域規劃、輻射管制區劃分及輻射防護設備之使用等。</p> <p>(2)廢棄物接收、暫貯、檢整、搬運、處置及控制中心等作業區職業曝露合理抑低之設計。</p> <p>(3)對較高活度廢棄物之屏蔽設計。</p> <p>(4)人員污染防護之設計。</p> <p>(5)人員、物料進出設計。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 安全限值：</p> <p>(1)處置場輻射安全設計：在場區外，民眾的年有效劑量不得超過 0.25 毫西弗；在場區內，是否考量輻射源(加馬輻射與空浮)、工作環境、及占用時間，將輻射管制區分區管制，並訂定工作人員的輻射劑量行政管制值；該輻射劑量行政管制值，是否符合合理抑低。</p> <p>(2)是否考量各輻射管制區內工作人員之占用時間與人數，及合理抑低原則，訂定其劑量率限值。並對該管制區之屏蔽與通風設計，是否考量合理抑低。</p> <p>2. 處置設施結構之輻射屏蔽分析</p> <p>(1)屏蔽之設計準則：各輻射管制區之屏蔽設計，是否考量合理抑低；該區之計算最大輻射劑量率，是否小於其限值。</p> <p>(2)各輻射管制區內廢棄物所含各核種之活度、比活度及分布情形：是否考量運轉期間各廢棄物接收區、暫存區、再處理包裝區之最大廢棄物量，及可能的最大活度與比活度。</p> <p>(3)各輻射管制區輻射屏蔽結構體之構造強度、比重、厚度等有關資料：輻射屏蔽結構體之構造強度與比重，是否一併</p>	<p>出，以確保工作人員知輻射安全。</p> <p>3. 輻射屏蔽設計與分析，涉及未來是否能安全運轉，所以須提相關資料供審查。</p> <p>4. 輻射防護除須確保工作人員與一般民眾之輻射劑量低於游離輻射防護安全標準之限值外，也必須使劑量合理抑低。為使職業曝露合理抑低，須考量設施設計與管制作業，採取合理抑低措施。</p> <p>1. 處置場場區外民眾劑量須小於低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則第八條之規定，低放處置設施之設計，應確保其對設施外一般人所造成之個人年有效等效劑量，不得超過 0.25 毫西弗。為使職業曝露合理抑低，輻射管制區須分區管制。</p> <p>2. 輻射屏蔽分析，必須使用正確參數與計算機程式，才能得到正確分析與正確的屏蔽設計。</p>
--	--



<p>被考慮在建築物結構體。</p> <p>(4)屏蔽參數與計算程式：輻射屏蔽厚度之計算，是否利用可接受的屏蔽計算程式，其屏蔽參數之假設是否合理，並計算各輻射管制區之輻射劑量率。</p> <p>3. 職業曝露合理抑低</p> <p>(1)輻射監測區域規劃：輻射監測區域內的劑量率是否都小於 0.5 微西弗/小時。</p> <p>(2)輻射管制區，是否依輻射劑量率的狀況，再加以細分；每一種輻射管制區內，是否裝設區域輻射監測器與空浮監測器；監測器安裝位置，是否為人員經常到達的地方；監測器之刻度，是否涵蓋預期事故之最大劑率值；各監測器讀值看板，是否裝設在進入管制區之入口明顯處。各輻射管制區的通風，是由低空浮區流向高空浮區，且高空浮區在排放口需裝設過濾器與空浮連續監測器。高空浮區排放口，在測到超過排放限值時，是否有警報，是否可自動關閉排放並停止作業。</p> <p>(3)進入管制區，是否經過輻射防護管制站；管制站是否備妥合適的防護衣、防護手套、防護鞋套、防護面具、及各種人員劑量偵測儀器；在出管制站前，是否裝設全身污染偵測設備，及洗滌、沐浴設備。</p> <p>(4)廢棄物接收、暫貯、檢整、搬運、處置及控制中心等作業區職業曝露合理抑低之設計：各作業區是否考量其方便性、減少污染、減少停留時間、避免接觸廢棄物的設計。</p> <p>(3)對較高活度廢棄物之屏蔽設計：經屏蔽後之高輻射區，是否允許人員進入與維修相關設備；是否有利用遙控操作高輻射源的設計。</p>	<p>3. 職業曝露合理抑低，須考量設施設計與管制作業，採取合理抑低措施。輻射監測區與各種管制區都需加以監測，在管制區更須進行人員進出管制與防護。對較高活度廢棄物，須加以屏蔽，並利用遙控方式操作。</p>
---	--

### 第五章 處置設施建造之審查導則

<p>5.1 施工特性：說明施工規劃概要，包括所遵循之法規、標準、規範、施工階段及施工範圍等。</p>	
<p>內容</p> <p>處置設施可能一面開挖新處置窖、一面接收廢棄物進行處置、另可能將貯滿廢棄物的處置窖進行封閉作業，所以其施工</p>	<p>說明</p> <p>1. 依低放處置安全分析導則第五章第一項施工特性之要求。</p>

<p>與一般建物可能不同，必須說明施工規劃。所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵循之法規、標準、規範：說明引用國內外的法規、標準與規範。下列法規僅供參考。 <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)建築技術規則。</li> <li>(2)低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則</li> <li>(3)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</li> <li>(4)American Concrete Institute, ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures," 1980</li> <li>(5)American Institute of Steel Construction, "Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings," eighth edition, 1981</li> <li>(6)American National Standards Institute, ANSI N45.2.5, "Supplementary Quality Assurance Requirements for Installation, Inspection and Testing of Structural Concrete and Structural Steel During the Construction Phase of Nuclear Power Plants," 1974</li> <li>(7)工業安全衛生法規</li> </ol> </li> <li>2. 施工階段：說明處置場施工階段的劃分及施工順序。</li> <li>3. 施工範圍：每個施工階段的範圍。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 引用之法規、標準、規範是否適當，是否列出引用的重點。</li> <li>2. 施工階段的劃分是否合理，各階段的施工次序是否適當。</li> <li>3. 每個施工階段的範圍是否明確。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 正確引用國內外法規，將可確保施工品質。</li> <li>3. 處置場之施工，需分階段進行；若做好施工階段的劃分，處置作業才容易進行，並可降低工作人員劑量。</li> <li>4. 每個施工階段若有明確的施工範圍，更能顯示施工規劃的正確性。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 引用之法規必須正確且適當，故需列出引用之重點。</li> <li>2. 施工階段的劃分合理及施工範圍明確，處置作業才容易進行，並可降低工作人員劑量。</li> </ol> </li> </ol>
<p>5.2 施工計畫：處置設施之建造應擬具可行施工計畫，包括工程經營管理、施工佈置、施工材料、施工方法、施工機具設備、施工程序(含與處置作業並存之施工程序)、施工時程、工業安全衛生、水土保持與環境保護、品管與品保方案及緊急應變處理等。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p>	<p style="text-align: center;">說 明</p>
<p>處置場之施工，需分階段進行，故應擬妥可行的施工計畫，並提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第五章第二項施工計畫之要求。NUREG-1200之3.3節也有此項要求。</li> <li>2. 工程經營管理適當，才能順利進行並</li> </ol>

<p>1.工程經營管理：說明工程經營管理組織、權責與管理作業、場址計畫、建造資料及其藍圖。</p> <p>2.施工佈置：說明場址邊界、管制區域、保全區域、緩衝區、操作區以及處置設施的總體配置。</p> <p>3.施工材料：說明回填材料，混凝土與灌漿成分，鋼筋與<b>構造鋼材</b>等材料之特性、規格、<b>檢驗作業方法與標準</b>。</p> <p>4.施工方法：</p> <p>(1)說明場址準備、水的控制與分流、處置單元建造、混凝土與<b>鋼材施工</b>、回填與封閉的<b>施工</b>方法與步驟。</p> <p>(2)廢棄物容器週邊回填材料的<b>施工</b>方法：應包括：(a)廢棄物容器的堆疊排序計畫；(b)降低使用可分解材料以防止未來沉陷；(c)確保回填材料在置入時維持適當的含水量；(d)廢棄物容器與回填材料的置入順序計畫以確保容器間隙空間的填滿。</p> <p>5.施工機具設備：</p> <p>(1)設備形式：(a)場址整備、地面水與地下水安全控制設備；(b)處置單元開挖與<b>支撐</b>設備；(c)材料搬運設備；(d)填充及壓實設備；(e)低放射性廢棄物搬運、處理及置放設備；(f)處置單元回填設備；(g)鋼材及混凝土<b>施工</b>設備；(h)個別處置單元及場址封閉設備。</p> <p>(2)設備規格及性能</p> <p>(3)設備保管、維護、替代及<b>檢查等作業程序</b>。</p> <p>6.施工程序(含與處置作業並存之施工程序)</p> <p>7.施工時程</p> <p>8.工業安全衛生</p> <p>9.水土保持<b>計畫核定本與環境影響評估報告</b>。</p> <p>10.品管與品保方案：說明品質控制程序與<b>品質保證方案，各建造工項之檢核項目與檢核標準、不合格之處理流程等</b>。</p>	<p>確保施工品質。</p> <p>3. 施工佈置明確，可避免施工錯誤發生。</p> <p>4. 施工材料符合法規、特性與規格，才能確保各項工程滿足其功能。</p> <p>5. 場址準備、水的控制與分流、處置單元建造、混凝土與<b>鋼材施工</b>、回填與封閉的建造方法與步驟資料，必須正確，以防止未來沉陷。</p> <p>6. 施工機具設備必須考量場址特性，選擇適當的設備、性能，並做好維護及檢查，才能使處置作業順利並確保其功能。</p> <p>7. 施工程序正確，才能確保長期穩定並減少未來沉陷作用。</p> <p>8. 施工時程規劃良好，處置作業才能順利。</p> <p>9. 處置建造必須符合勞工安全衛生法規，故須提出工業安全衛生資料。</p> <p>10. 處置建造必須<b>依水土保持法與環境影響評估法相關規定程序審議完畢，並提送水土保持計畫核定本與環境影響評估報告</b>。</p> <p>11. 處置建造有良好的品管與品保方案，才能確保其功能。</p>
--	--

## 11. 緊急應變處理

### (二) 審查作業

1. 工程經營管理：(a) 建造參考資料，工程藍圖與規格、場址準備，水的控制及分流，處置單元之建造，混凝土及鋼材施工，回填，以及封閉各項作業，是否經過系統化的整合且為可行之建造計畫。(b) 工程藍圖是否顯示尺寸、剖面與場址界線內各設施之相關位置。(c) 所有計畫與工程圖是否以足夠的比例顯示，以充分表達設計資料並經過技師簽證。(d) 建造規格是否與設計與運轉規範相容一致。
2. 施工佈置：場址邊界、管制區域、保全區域、緩衝區、操作區以及處置設施的總體配置是否明確。
3. 施工材料：
  - (1) 坑道處置窖或淺地處置窖建造材料的特性、品質和耐用度等資料，是否可被接受；測試是否依正確與熟知的法規和標準進行。
  - (2) 建造使用之混凝土必須為高密度低穿透性材料，足以安全支撐所負載之重量並對抗不利之處置環境。
  - (3) 鋼材需以環氧樹脂或抗氧化物質包覆。
  - (4) 建造材料是否使用核准的材料，若提出使用非核准的材料，則須提出充足的測試資料以建立其材料的接受性。
4. 施工方法
  - (1) 場址準備：低放廢棄物處置的場址準備是否建立適當的方法以保護公眾健康及安全與水土資源並控制侵蝕及堆積作用的發生。場址準備的描述應以適當的工程藍圖及建造規格詳細配合與參考。
  - (2) 水的控制及分流：開挖及回填區之地表水與地下水控制計畫是否適當。個別處置單元的建造階段與場址封閉時期，皆應考慮水的控制及分流。
  - (3) 處置單元建造：(a) 開挖(界線、坡度與深度或底部的高程；不適用材料的判別，需回填混凝土的開挖區域；開挖廢土之處理等)、(b) 填土區域(界線、坡度以及高度或頂部高程；填土前的表面處理；填土的材料種類；對於填土層鋪平與含

12. 處置建造難免會發生意外事故，故須事先擬妥緊急應變處理方案。

1. 處置建造的工程管理，包括場址準備，水的控制及分流，處置單元之建造，混凝土及鋼材施工，回填，以及封閉各項作業及相關工程藍圖與規格。有妥善管理規劃，才能確保施工順利。
2. 施工佈置明確，才能發揮其功能。
3. 施工材料符合規定，才能確保施工品質。
4. 施工方法正確，才能確保場址的功能與安全。

水量控制之要件；大顆粒材料之移除；  
現地夯實度檢驗程序)、(c)開挖區導引與  
控制降雨及地表逕流的配置細節、(d)  
品質控制試驗(例如，工地密度、填土的  
含水量、級配、塑性及夯實試驗，包括  
試驗標準及試驗頻率之說明)等之描述  
是否確實。

(4)混凝土與鋼材施工：混凝土是否包含設計，製造，拌合，鋼筋，成形(forming)，運輸，澆置，完成面與養護。構造鋼材是否包含設計，構製以及建物與組件之架設。

(5)回填：回填資料 (a)廢棄物容器之堆疊放置計畫、(b)可分解材料限制的方案、(c)非凝聚性回填材料適當級配和含水量狀況之控制以避免空隙的生成、(d)廢棄物容器與填土材料之置入運作計畫與其順序，(例如，在每一廢料層放妥之後填入填土，以確保空隙被填滿；而非完成所有廢棄物堆疊之高度後才進行填土作業) 是否正確完整，以確保開挖的回填有長期的穩定性。

(6)個別處置單元之封閉：封閉資料，包括覆蓋在廢料回填土之上的材料特性，是否足以降低水入滲，同時確保處置設施在建造時期與場址封閉後的效能可被接受。

5.施工機具設備：是否足以安全地履行其預期功能。

(1)設備的形式(如起重機、挖泥機、岩石破碎或切削機、壓土機等)及設備組件是否被適當的使用，使處置設施安全地建造及操作。

(2)設備規格及性能：設備的規格說明書，是否已提供每一設備組件有關的功能及使用方法。設備的性能，是否足以安全地將廢棄物罐依設計的堆疊排列方式，從地表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，以減少未來沉陷作用。

(3)設備保管、維護、替代及檢查：是否提供合理的保證，不會發生建造及操作上不安全的中斷或延遲，且安全的管理或受污染設備的處置可適當的處理。

5.施工機具設備正確，才能確保處置的功能。

<p>6.施工程序(含與處置作業並存之施工程序):是否正確完整,以確保開挖的回填有長期的穩定性,以減少未來沉陷作用。</p> <p>7.監測計畫與回饋設計計畫:包括監測作業之目的、項目、儀器設備之安裝、計讀之頻率、監測資料之處理流程以及與設計結果之比對、監測預警系統(含預警值、行動值與相應之應變處理措施),以及回饋設計作業流程等。</p> <p>8.施工時程:是否符合處置量的需要。</p> <p>9.工業安全衛生:是否工業安全衛生之規定。</p> <p>10.水土保持與環境保護:施工計畫是否符合水土保持及環境影響評估相關規定,另外,其是否落實水土保持計畫核定本與環境影響評估報告相關之承諾。</p> <p>11.品管與品保方案:品質控制程序與建造技術是否足以確認建造品質,不致降低而影響處置設施之穩定度及其結構之整體性。</p> <p>12.緊急應變處理:是否充分考量意外事件的發生,其應變處理計畫是否合理可行。</p>	<p>6. 施工程序正確完整,才能確保處置場穩定安全。</p> <p>7. 施工時程符合處置量的需要,才能解決廢棄物問題。</p> <p>8. 處置建造必須符合勞工安全衛生法規,才能確保工人安全。</p> <p>9. 處置建造必須符合水土保持及環境保護相關規定。</p> <p>10. 處置建造有良好的品管與品保方案,才能確保其功能。</p> <p>11. 處置建造難免會發生意外事故,有合理可行的緊急應變處理方案,才能減輕意外事故的傷害。</p>
---	--

### 第六章 處置設施運轉之審查導則(草案)

<p>6.1廢棄物接收:描述處置設施接收廢棄物之相關作業程序,包括下列各項:(1)廢棄物運輸規劃,包括廢棄物由貯存地點運送至處置設施,以及設施內的運輸規劃。(2)運送文件之查驗。(3)廢棄物盛裝容器之檢視。(4)運輸設備之污染偵檢與除污。(5)容器表面劑量率及核種之偵檢。(6)廢棄物相關文件之管理與保存。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p> <p>為確保處置安全,運來的廢棄物必須符合廢棄物接受標準、廢棄物的分類。不合法規與執照條件的廢棄物,必須被禁止進入場址處置區。所以申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 廢棄物運輸規劃:包括廢棄物由貯存地點運送至處置設施,以及設施內的運輸規劃。</p> <p>2. 廢棄物交運文件的格式</p>	<p style="text-align: center;">說 明</p> <p>1. 依低放處置安全分析導則第六章第一項廢棄物接收之要求。NUREG-1200之4.1節也有此項要求。</p> <p>2. 廢棄物妥善運輸規劃,以確保運送安全。</p> <p>3. 低放射性廢棄物輸入輸出過境轉口運送廢棄轉讓許可辦法之規定,放射性廢棄物運送,必須有主管機關核准的交運文件。</p>

<p>3. 廢棄物包件的查驗<b>方法</b></p> <p>4. 運輸設備之污染偵檢與除污<b>說明</b></p> <p>5. 廢棄物包件的非固著性污染、輻射劑量率及核種之偵檢<b>方法</b></p> <p>6. 廢棄物分類驗證<b>方法與程序</b></p> <p>7. 廢棄物體穩定度之<b>說明</b></p> <p>8. 不被接受包件之處理<b>方式說明</b></p> <p>9. 廢棄物相關文件管理與保存之<b>方式與年限</b></p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 廢棄物運輸規劃，是否符合放射性物質安全運送規則之規定；是否符合低放射性廢棄物輸入輸出過境轉口運送廢棄轉讓許可辦法；是否符合交通部危險物品運送之規定。</p> <p>2. 廢棄物交運文件的<b>格式</b>：是否與「低放射性廢棄物輸入輸出過境轉口運送廢棄轉讓許可辦法」中「放射性廢棄物交運文件」具有相同內容。</p> <p>3. 廢棄物包件的查驗<b>方法</b>：查驗說明是否包括包件上之標示、標誌及廢棄物交運文件，是否正確描述包件的尺寸、種類與廢棄物的內容物。</p> <p>4. 運輸設備之污染偵檢與除污<b>說明</b>：污染偵檢是否說明污染限值及超過污染限值之除污作業。貝他、加馬發射體及低毒性阿伐發射體之污染限值為4貝克／平方公分；其他發射體污染限值為 0.4 貝克／平方公分。</p> <p>5. 廢棄物包件的非固著性污染、輻射劑量率及核種之偵檢<b>方法</b>：是否正確說明非固著性污染、輻射劑量率與核種偵檢方法。非固著性污染與輻射劑量率須符合下列規定；主要核種之偵檢結果，須與交運文件所記載值之誤差在 10% 以內。</p> <p>(1)非固著性污染：貝他、加馬發射體及低毒性阿伐發射體之污染限值為4貝克／平方公分；其他發射體污染限值為 0.4 貝克／平方公分。</p> <p>(2)輻射劑量率：低放射性廢棄物包件時，於無屏蔽情況下，其表面外三公尺處之</p>	<p>4. 廢棄物包件符合規定，才能確保處置安全。</p> <p>5. 運輸設備之污染，須符合規定，以避免污染環境。</p> <p>6. 廢棄物包件的非固著性污染與輻射劑量率，必須受到限制，以確保工作人員安全。廢棄物包件內核種，須能加以檢驗，以確保處置安全。</p> <p>7. 廢棄物分類與成分，必須獲得驗證，以確保處置安全。</p> <p>8. 廢棄物體穩定度必須符合規定，以確保處置安全。</p> <p>9. 不被接受的包件，須獲得妥善處理，以確保處置安全。</p> <p>10.處置文件與紀錄，必須永久保存，應有妥善的管理與保存方法。</p> <p>1. 廢棄物運輸規劃必須符合相關法規之規定。</p> <p>2. 廢棄物的交運文件須符合「低放射性廢棄物輸入輸出過境轉口運送廢棄轉讓許可辦法」之規定。</p> <p>3. 廢棄物包件的查驗，必須正確，以確保運送及處置安全。</p> <p>4. 運輸設備之污染須有限值，以免污染環境。</p> <p>5 廢棄物包件的非固著性污染與輻射劑量率，須有限值，以確保工作人員安全。包件內主要核種，須要能被驗證，以確保處置安全。</p>
---	---

<p>最大輻射劑量率，應小於每小時十毫西弗。</p> <p>6. 廢棄物分類驗證<b>方法與程序</b>：是否有能力執行廢棄物分類，並確保沒有危害物質在低放射性廢棄物包件中。</p> <p>7. 廢棄物體穩定度<b>說明</b>：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中第二章之規定。</p> <p>8. 不被接受包件之處理<b>方式說明</b>：是否有適當的程序，足以處理不被接受處置及無法在處置場補救的廢棄物包件。</p> <p>9. 廢棄物相關文件管理與保存之<b>方式與年限</b>：依低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則第十五條之規定，低放處置設施之重要結構體、系統與組件之設計、製造、安裝、測試及維護等紀錄，應永久保存備查。故文件之管理與保存是否合理與可行。</p>	<p>6. 廢棄物分類與成分，必須能被驗證，以確保處置安全。</p> <p>7. 廢棄物體須符合低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則中第二章之規定，以確保其穩定度。</p> <p>8. 處置場運轉，難免會接收到不符合規定的包件，應有適當的處理程序，以確保處置安全。</p> <p>9. 低放處置設施之重要結構體、系統與組件之設計、製造、安裝、測試及維護等紀錄，應永久保存備查。所以，要有妥善的管理與保存規劃。</p>
<p>6.2 廢棄物處理與暫存：說明處置設施接收廢棄物後，廢棄物處理與暫存作業程序，包括下列各項：(1)廢棄物處理：由接收區將廢棄物轉運至暫存區或處置區之作業（包括除污、再固化、再包裝、吊卸等）。(2)廢棄物暫存：暫存區之使用規劃及暫存作業。</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>廢棄物被接收，可能不便立即處置，為確保廢棄物被安全處理與適當分離，也確保有足夠的儲存空間，所以要有廢棄物處理與暫存規劃，故申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 廢棄物<b>處置前</b>處理：由接收區將廢棄物轉運至暫存區或處置區之作業（包括除污、再固化、再包裝、吊卸等）</p> <p>(1)<b>處理方式與規劃</b>。</p> <p>(2)定義、確認與分離 A 類、B 類與 C 類廢棄物之操作<b>說明</b>。</p> <p>(3)貯存期間<b>受損</b>廢棄物包件之修補<b>方式</b>。</p> <p>(4)處理獨特容器(不尋常的重量、形狀與輻射強度)之<b>說明</b>。</p> <p>(5)從貯存區再取出廢棄物包件之<b>方式</b>。</p> <p>(6)廢棄物除污產生的廢棄物，其處理、貯存與處置之<b>方式</b>。</p> <p>(7)在除污作業過程，用於減少廢棄物產生之方法。</p> <p>(8)減低<b>工作人員</b>曝露與劑量的方法及紀錄保存之<b>說明</b>。</p> <p>(9)因應緊急設備失效、意外事件及極端自然現象之偶發性<b>說明</b>。</p> <p>2. 廢棄物暫存：暫存區之使用規劃及暫存作業<b>說明</b>。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第六章第二項廢棄物處理與暫存之要求。NUREG-1200 之 4.2 節也有此項要求。</p> <p>2. 廢棄物處置前，須先進行分類、除污、修補、再包裝與暫存的處理作業，為確保未來處置安全，故須提報相關資料供審查。</p> <p>3. 廢棄物暫存時間不宜太長、避免雨水接觸、可有效測試廢棄物包件的容器</p>



<p>(1) 貯存空間有效利用之說明。</p> <p>(2) 在處置前，廢棄物可以放在貯存區的最長許可時間。</p> <p>(3) 可有效測試廢棄物包件的容器與內容物之貯存空間。</p> <p>(4) 在廢棄物包件進出貯存區，為維護工作人員安全之說明。</p> <p>(5) 特別廢棄物的貯存輻射防護說明。</p> <p>(6) 廢棄物的貯存準則。</p> <p>(7) 貯存期間，維持廢棄物包件可處於適合處置狀態的說明。</p> <p>(二) 審查作業</p> <p>1. 廢棄物處理</p> <p>(1) 是否可同時適當處理與分離 A 類、B 類與 C 類廢棄物。分離程序必須提供任何包件的防護，免於損害。</p> <p>(2) 在所有的處理階段，須提供工人的防護，尤其強調在處理高放射性與實體危害的廢棄物之程序。</p> <p>(3) 處理偶發性意外受損包件及再包裝之處理程序是否合理。</p> <p>(4) 使用的設備是否符合工業標準，並可安全處理廢棄物及達到其預定的設計功能。</p> <p>(5) 從貯存區再取出廢棄物包件之程序與過程是否合理。</p> <p>(6) 運送車輛卸下廢棄物後，必要時執行車輛除污。除污作業過程，是否可有效減少廢棄物產生；其處理、貯存與處置之過程與程序是否合理。</p> <p>(7) 在處理與貯存廢棄物時，工作人員曝露是否合理抑低；紀錄保存之程序是否符合輻射防護法規。</p> <p>(8) 在處理與貯存廢棄物時，緊急設備失效、偶發性意外事件及極端自然現象之處理程序與過程是否合理。</p> <p>2. 廢棄物暫存</p> <p>(1) 貯存空間是否可有效利用。</p> <p>(2) 廢棄物接收後是否可盡快處置。</p> <p>(3) 是否有足夠空間測試廢棄物包件的容器與內容物。</p> <p>(4) 廢棄物的貯存準則是否可反應即時處置廢棄物的需求；是否可維護工作人員安全，並合理抑低。</p> <p>(5) 輻射防護計畫內容須特別描述的廢棄物，其貯存是否可避免人員靠近。</p> <p>(6) 在貯存期間，是否可維持廢棄物包件免於與水接觸。</p> <p>(7) 使用的貯存設備是否符合工業標準，並</p>	<p>與內容物、並維護工作人員之輻射安全，故須提報相關資料供審查。</p> <p>1. 廢棄物處理的程序，須可進行廢棄物分類、可處理高放射性廢棄物、維護工作人員的輻射防護、可處理受損包件、與意外事件。</p> <p>2. 處置設施內的廢棄物暫存空間有限，所以須有效利用、廢棄物盡快處置、可測試廢棄物包件的容器與內容物、維護工作人員安全、避免廢棄物與水接觸、貯存設備要符合規定。</p>
---	--

符合預定的安全功能。	
6.3處置作業：說明處置設施進行廢棄物處置之作業程序，包括下列各項：(1)處置區之分區規劃：(a)廢棄物依其種類、型態、活度及預期進場處置時程分別規劃處置分區及相關處置方式。(b)各類廢棄物之處置及各該處置分區完成處置配合之可能施工設備、設施、管制、輻射防護與監測。(c)減少廢棄物體堆置空隙之方法。(2)處置區內處置單元覆蓋、回填：(a)覆蓋、回填作業所用結構物、設施與屏蔽材料可能料源、施工設備、施工方法及施工程序。(b)處置單元有關設施之運轉、維護與監測評估。(3)處置單元封閉及穩定化：(a)處置單元之封閉條件、期程及其封閉計畫。(b)處置單元封閉後之營運、檢查及監測。(c)檢查、監測成果之分析評估與處置單元可能需要之改善措施。(4)處置區內非處置單元區域之運轉及其封閉、覆蓋、回填之材料、步驟及設備：說明覆蓋、回填材料種類、特性、實施步驟及使用設備。(5)處置區分區標示：包括標示方法、內容及標示物之材質。(6)其他相關作業之說明。	
內 容	說 明
<p>處置作業包含：(1)為維護廢棄物包件完整性的安置程序、處置單元的清理佈置、減少包件間的空隙、及廢棄物的分類與分離；(2)廢棄物安置後填補包件間空隙的程序；(3)個別處置單元之覆蓋；(4)定位處置單元與標示處置單元邊界的程序；(5)個別處置單元的封閉與穩定化；及(6)設置處置設施緩衝區。涉及處置作業安全，故申請者須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 處置區之分區規劃<b>說明</b>：</p> <p>(1)廢棄物依其種類、型態、活度及預期進場處置時程分別規劃處置分區及相關處置方式。</p> <p>(2)各類廢棄物之處置及各該處置分區完成處置配合之可能施工設備、設施、管制、輻射防護與監測。</p> <p>(3)減少廢棄物體堆置空隙之方法。</p> <p>2. 處置區內處置單元覆蓋、回填<b>說明</b>：</p> <p>(1)覆蓋、回填作業所用結構物、設施與屏蔽材料可能料源、施工設備、施工方法及施工程序。</p> <p>(2)處置單元有關設施之運轉、維護與監測評估。</p> <p>3. 處置單元封閉及穩定化<b>說明</b>：</p> <p>(1)處置單元之封閉條件、期程及其封閉計畫。</p> <p>(2)處置單元封閉後之營運、檢查及監測。</p> <p>(3)檢查、監測之<b>規劃</b>與處置單元可能需要之改善措施。</p> <p>4. 處置區內非處置單元區域之運轉及其封閉、覆蓋、回填之材料、步驟及設備：說明覆蓋、回填材料種類、特性、實施步驟及使用設備。</p> <p>5. 處置區分區標示<b>說明</b>：包括標示方法、</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第六章第三項處置作業之要求。NUREG-1200之4.3節也有此項要求。</p> <p>2. 處置區必須依廢棄物種類、型態與活度妥善規劃，才能順利運轉，必須提出分區規劃等資料供審查。</p> <p>3. 處置單元處置完成後，須進行回填與覆蓋，所以須提出覆蓋與回填等相關資料供審查。</p> <p>4. 處置單元完成回填作業後，須進行封閉作業與地質穩定化，所以須有完善的封閉計畫等相關資料供審查。</p> <p>5. 處置區內非處置單元區域，也須覆蓋與回填，所以須提相關資料供審查。</p> <p>6. 為防止人為的無意入侵，處置設施封</p>

<p>內容及標示物之材質。</p> <p>6. 其他相關作業之說明：<b>責任劃分的組織架構、人員的訓練與資格。</b></p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 處置區之分區規劃</p> <p>(1)處置分區與相關處置方式是否考量廢棄物種類、型態、活度及預期進場處置時程來規劃。</p> <p>(2)廢棄物處置的施工設備、設施、管制、輻射防護與監測，是否考量不同的處置分區與處置方式。</p> <p>(3)廢棄物體堆置是否充分考量減少廢棄物體間空隙之方法、避免包件損害、減少工作人員在安置作業時的曝露。</p> <p>2. 處置區內處置單元覆蓋、回填</p> <p>(1)覆蓋、回填作業所用結構物、設施與屏蔽之材料、施工設備、施工方法及施工程序，是否可減少工作人員的曝露、屏蔽資料與覆蓋回填材料是否正確、施工設備是否符合工業標準、施工方法及施工程序是否根據共同接受的工業程序安全地操作。</p> <p>(2)處置單元有關設施之運轉、維護與監測評估，是否考量減少工作人員劑量；維護與監測是否考量長期穩定性。</p> <p>3. 處置單元封閉及穩定化</p> <p>(1)封閉及穩定化程序、過程、材料與設備，是否可確保進行中的作業不會干擾已完成的處置單元。</p> <p>(2)個別處置單元封閉與處置設施最後封閉與穩定化計畫是否相匹配。</p> <p>(3)封閉方法是否包含：(a)廢棄物覆蓋材料應適當地填補與壓密，以減少滲水並促進排水，連結到設施地表水管理計畫；(b)適當的植物種植，或使用耐久、高品質碎石或類似方法進行腐蝕控制。</p> <p>(4)處置單元封閉的程序，是否提供一制式的檢查計畫，包括不良植物成長的辨識、沉降、蓄水、滲水、不良表面水的排放。</p> <p>(5)封閉的處置單元是否從使用中的處置單元分開，如此一來使用中單元的作業才不會被干擾，要求的設備將可以運送與操作。</p> <p>(6)使用中廢棄物處置區的排水，是否被導引離開完成與封閉的處置單元。</p> <p>(7)填充與出借區的位置與進入點，是否加以規劃與管制，使其使用才不會干擾完成處置單元的完整性。</p>	<p>閉後，須對處置區分區，作永久性標示，所以須提相關資料供審查。</p> <p>1. 處置區之分區規劃，須考量廢棄物種類、型態、活度及預期進場處置時程來規劃；並須考量施工設備與方法，以減少廢棄物體間空隙及工作人員在安置作業時的曝露。</p> <p>2. 處置單元回填與覆蓋須有正確的材料、設備、方法，以減少工作人員的曝露與長期穩定性。</p> <p>3. 處置單元封閉程序、過程、材料與設備須正確，以確保不會干擾已完成的處置單元、長期穩定性、減少滲水、不會破壞工程障壁。</p>
---	--

<p>(8)路與交通控管，是否導引車輛遠離已安裝入侵障壁工程的完成與封閉處置單元。</p> <p>4. 處置區內非處置單元區域之運轉及其封閉、覆蓋、回填之材料、步驟及設備</p> <p>(1)處置區內非處置單元區域(稱為緩衝區)，是否有一個足夠的區域，可充分進行環境偵測作業。</p> <p>(2)緩衝區覆蓋、回填材料種類、特性、實施步驟及使用設備是否清楚說明。</p> <p>(3)廢棄物不得處置在緩衝區的任何地方。</p> <p>(4)其他廢棄物處置活動是否不會干擾緩衝區的偵測與減緩行為。</p> <p>(5)緩衝區離整個處置設施是否有<b>足夠的緩衝距離</b>。在地下水下游的緩衝區，是否有較寬廣的空間。</p> <p>(6)緩衝區資料是否清楚展示：場址的地質與地形、土壤與岩石特性、地表水與地下水的方向深度與速率、水井與使用水的位置、足夠的空間去執行設計時考慮的減緩措施。</p> <p>5. 處置區分區標示<b>說明</b></p> <p>(1)<b>所說明</b>的程序、材料與設備，是否可準確定位處置單元與處置場設施邊界，並精確提供處置單元與設施邊界的永久地圖與標記。</p> <p>(2)處置場上是否有三個永久調查標記控制站，並提供水平與垂直的控制。</p> <p>6. 其他相關作業之說明</p> <p>(1)是否有清楚責任劃分的組織架構圖。</p> <p>(2)是否承諾雇用受過訓練與具經驗的合格人員去執行處置作業。</p>	<p>4. 非處置單元區域也須妥善覆蓋與回填，並須減緩核種的遷移。</p> <p>5. 為防止人為的無意入侵，處置設施封閉後，須對處置區分區，須作永久性標示。</p> <p>6. 對處置作業，須有清楚責任劃分的組織架構與合格的運轉人員，才能確保處置安全。</p>
--	---

### 第七章 處置設施安全評估之審查導則(草案)

<p>7.1 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。</p>	
<p>內 容</p> <p>一、廢棄物描述：包括總數量、總活度、廢棄物特性基本假設等。</p> <p>廢棄物為處置設施安全評估的重要資料，應提供充足資料供審查，以確保處置安全。為妥善描述處置的低放射性廢棄物，本節內容應提供下列資料，若在其他章節已提出可免提供，但請說明出處。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 申請處置設施前，國內各設施已產生的低放射性廢棄物：內容包括廢棄物種</p>	<p>說 明</p> <p>1. 依低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則(以下簡稱為低放處置安全分析導則)第七章第一項輻射劑量評估項目(一)之要求。</p> <p>2. 廢棄物為處置設施安全評估的重要資料，應提供充足資料供審查，故應</p>

<p>類、數量、特性、活度及貯存位置。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 國內已存在或可能新增設施，預估可能產生的低放射性廢棄物及其未來趨勢：內容包括廢棄物種類、數量、特性及活度。</li> <li>3. 廢棄物種類資料，包括廢棄物的來源、處理方式、固化劑、螯合劑成分、盛裝容器(是否為高完整性容器)、及其分類。</li> <li>4. 廢棄物數量資料，包括廢棄物處理後的體積、重量及包裝後的數量。</li> <li>5. 廢棄物特性資料，包括廢棄物的組成及其物理與化學特性、自由水含量、抗壓強度、滲濾指數、耐火性、耐水性、耐候性、耐輻射、耐菌性等資料。</li> <li>6. 廢棄物活度資料，包括主要核種(含難測核種)的名稱、半衰期、推估處置時之活度及平均濃度。</li> <li>7. 處置設施內的廢棄物之處置相關規劃。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. 處置設施運轉期間，接收、貯存及處置廢棄物之規劃。</li> <li>9. 處置設施封閉時所產生之廢棄物規劃。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 若提供資料不當或不足，應要求申照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。</li> <li>2. 提供資料中廢棄物種類、數量、特性、活度之預估資料，是否合理？是否足夠用於設施之安全評估？</li> <li>3. 已產生的廢棄物資料，是否足以判斷運轉期間預期接收低放射性廢棄物規劃之適當性？</li> <li>4. 場址內特定核種之總存量(如 C-14、H-3、Tc-99 或 I-129)或某些 A 類廢棄物之結構穩定性之要求，可列入處置設施之運轉執照內之限制條件。</li> <li>5. 處置設施場址封閉時所產生之廢棄物之種類、型態及數量等資訊，應至少足以判斷封閉計畫的合理性。</li> </ol>	<p>提供已產生及未來可能產生的低放射性廢棄物相關資料。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 廢棄物種類涉及不同的處置方式與設計，故須詳加說明；且符合處置安全管理規則第四條之規定。</li> <li>4. 廢棄物數量涉及處置設施的規模與安全性，故須詳加說明。</li> <li>5. 廢棄物特性涉及處置設施安全評估的各項合理假設，故須詳加說明。</li> <li>6. 廢棄物活度涉及處置設施的安全性，故須詳加說明。</li> <li>7. 廢棄物分類分區處置，以提升處置安全。</li> <li>8. 運轉期間，接收、貯存及處置廢棄物之規劃，涉及工作人員之輻射劑量評估。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> <li>9. 處置設施場址封閉時也會產生低放廢棄物，必須預留處置空間，故必須事先規劃。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置廢棄物的預估量，若明顯不當或不足，將影響處置場的安全設計。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> <li>2. 處置廢棄物的預估量，涉及處置場的安全評估，故資料必須合理。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> <li>3. 運轉期間預期接收低放射性廢棄物之妥善規劃，以確保可妥善處置廢棄物。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> <li>4. 場址內某些特定核種之總存量射及處置場安全；A 類廢棄物結構穩定性，涉及整個處置場的穩定度。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> <li>5. 涉及處置場是否能妥善封閉。NUREG-1200 之 6.1.1 節也有此項要求。</li> </ol>
<p>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</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(二)之要求。</p>

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。

核種藉水與空氣介質的傳輸，外釋到人類的活動範圍。水介質是重要的傳輸機制，所以須提供水與核種在工程障壁與天然障壁間的滲流、擴散、延散等特性，及其流場與流量等資料；對處置場的安全評估甚為重要，至少應提供下列資料供審查。

(一)提供資料

1. 處置場址附近的氣象資訊：水從處置設施覆蓋層(或坑道壁上層)的地表滲漏到處置單元之滲漏分析數據與滲漏分析方式。
- (1)滲漏分析數據：包含地質統計技術、近似值、處理、數據產生及/或消去、保守估計、以及為達到較佳模擬結果而將現地資訊或實驗室數據所做之最佳化調整。
- (2)滲漏分析方式：其描述包含文件、假設、驗證及校正。
2. 提出滲漏時進入處置單元之水流體積以及滲漏之時間與空間分佈之預測。包括最大降雨量、可能降雨之時間分佈。
3. 評估工程覆蓋層(或坑道壁上層)材料的侵蝕、穴居動物、植物生態對滲漏之影響。
4. 覆蓋層(或坑道壁上層)之工程設計：包含厚度、橫向延伸、材料粒徑、邊坡、總孔隙度與有效孔隙度、水力傳導係數以及含水量與毛細勢能與水力傳導係數之關係。
5. 工程障壁材料與天然障壁對地下水之擴散與延散參數值。
6. 工程障壁材料與天然障壁對重要核種的遲滯吸附參數值。
7. 預估滲漏引起的地層下陷。

(二)審查作業

1. 若提供資料不當或不足，應要求申照者補足資料或提出解釋。等待資料補齊

2. 水從處置設施覆蓋層(或坑道壁上層)之滲漏特性資料，將用於後續核種釋出之分析，也將間接協助審查者進行覆蓋層設計之審查工作。

3. 滲漏進入處置單元之水流體積及滲漏之時間與空間分佈，有助於核種溶解濃度預估。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。
4. 工程覆蓋層(或坑道壁上層)材料的侵蝕、穴居動物、植物生態可能增加覆蓋層之滲漏，其影響須加以評估。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。
5. 覆蓋層(或坑道壁上層)之工程設計得當，將減少水流滲漏。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。
6. 擴散與延散將影響水流滲漏。低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(二) 有此項要求。
7. 核種的遲滯吸附涉及核種的外釋率。低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(二) 有此項要求。
8. 滲漏可能引起地層的下陷，影響長期穩定。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。

1. 覆蓋層滲漏分析數據與滲漏分析方式，若明顯不當或不足，將影響處置

<p>後，決定接受或退回申請文件。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 用於估算場址滲漏量之數據及分析技術是否合理，驗證覆蓋層系統之物理特性並確認其數值足夠保守或真實。</li> <li>3. 覆蓋層(或坑道壁上層)是否具降低滲漏及導引滲漏水流遠離廢棄物之能力。</li> <li>4. 擴散、延散與遲滯吸附參數值是否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。</li> <li>5. 水流透過覆蓋層(或坑道壁上層)系統導致之下陷效應預估是否合理。</li> </ol>	<p>場核種外釋分析與場址長期穩定性。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 覆蓋層(或坑道壁上層)之設計若能導引滲漏水流遠離廢棄物，將降低核種外釋率並能維持場址長期穩定性。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。</li> <li>3. 地下水擴散、延散與核種遲滯吸附，將影響核種外釋濃度，需合理準確或保守。NUREG-1200 之 6.1.5.1 節也有此項要求。</li> <li>4. 滲漏可能引起地層的下陷，影響長期穩定。NUREG-1200 之 6.1.2 節也有此項要求。</li> </ol>
<p>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。</p> <p>處置設施核准運轉後，包含五個時期，分別為運轉期，封閉期，觀察及監測期，主動監管期(或稱監管期)及被動監管期(或稱被動期)。</p> <p>運轉期間，將接收廢棄物進行處置，對場外民眾有直接曝露的風險；對場內工作人員，可能造成體內曝露與體外曝露。曝露途徑有地下水、空氣、地表水、直接輻射、生物等途徑。</p> <p>場址封閉期時，對場址內土地除污及/或結構拆除，仍會產生一些放射性廢棄物並須處置。對場外民眾有直接曝露的風險；對場內工作人員，可能造成體內曝露與體外曝露。</p> <p>為降低對民眾與工作人員之輻射劑量，所以處置場須採多重障壁的防護措施。須評估處置設施運轉期及封閉後在正常狀況下對民眾與工作人員之輻射劑量，為使輻射劑量評估合理及保守，須提供下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置設施運轉期及封閉後在正常狀況</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(三)之要求。</li> <li>2. 放射性核種由廢棄物體傳輸至人類</li> </ol>

之核種傳輸機制說明：包含地下水、空氣、地表水、直接輻射、生物及其他傳輸機制。

- (1)地下水：(a)定義並量化處置單元中重要核種藉地下水外釋之排放點、(b)考慮整合劑之影響或其他可能提高放射性核種遷移之化學媒介時，所使用的放射性核種外釋模型及參數值、(c)滲漏進入處置單元之水量與放射性核種外釋之關係資料。
- (2)空氣：(a)定義並量化處置單元中重要核種藉空氣外釋之排放點與排放區域、(b)廢棄物分解產生的放射性氣體、處置單元或集水坑積水之蒸發氣體、(c)場址污染土壤、地表、與建築物之釋出空浮、(d)植物根部或穴居動物或昆蟲挖掘造成污染物之空浮、(e)封閉作業時，建築物除污或拆除作業造成污染物之空浮。
- (3)地表水：(a)處置單元中的排水、排水層或集水坑以及有可能接觸到廢棄物之地表水、(b)場址污染土壤、地表、與建築物透過地表水傳輸之污染物、(c)植物根部或穴居動物或昆蟲挖掘之污染物經地表水的傳輸、(d)封閉作業時，建築物除污或拆除作業透過地表水傳輸之污染物。
- (4)直接輻射：(a)廢棄物運送車輛之加馬輻射、(b)部分場址運轉時之加馬輻射、(c)主動監管期間，處置單元上衰減之加馬輻射與場址污染地表或建物之加馬輻射。
- (5)生物：定義並定量直接經由生物途徑將污染物外釋及傳輸至場址外，如穴居動物由場址帶走污染物後，被獵人宰食。

## 2. 正常情節(或稱設計情節)分析：

- (1)選用國際常用的低放射性廢棄物處置的特徵事件過程(FEP)通用表(如 IAEA 或國際組織)。
- (2)經學者專家就處置場的氣候與地質特性、周圍環境及處置場設計，從國際常用的 FEP 通用表篩選出與該處置場正常情況相關的 FEPs，並記錄任何 FEP 被排除的原因。
- (3)選出處置系統的重要組件(如廢棄物體、各種工程障壁(近場)、天然障壁(遠場)、生物圈等)，分析並說明重要組件的特徵、正常情況下重要組件經常發生及緩慢發生的事件、各重要組件間的互相作用過程。

的途徑有地下水、空氣、地表水、直接輻射、生物；涉及輻射劑量的計算，所以須提供其相關資料供審查。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。

3. 正常情節(或稱設計情節)常被認為是安全評估中處置場最可能的情節。IAEA 為使處置場安全評估具有可理解性、透明度、確認關鍵的議題、有系統的執行評估工作，於 2004 年發佈“Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities,”報告，建議在執行劑量評估之前，先進行情節分析。



<p>(4)因放射性核種在各重要組件內傳輸可分為氣體、液體與固體的形態；考量選出的 FEPs，以合理的邏輯方法，繪出放射性核種傳輸的路徑，並建構出氣體傳輸正常情節、液體傳輸正常情節、固體傳輸正常情節。</p> <p>3.提出正常情節輻射劑量評估程式及其輸入資料與輸出資料。</p> <p>4.對正常情節輻射劑量評估程式的參數，進行敏感度分析。</p> <p>5.對敏感度高的參數，考量參數的分布狀況，進行個人有效劑量的不確定性分析。</p> <p>6.民眾與工作人員之輻射劑量評估結果。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 若提供資料不當或不足，應要求申照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。</p> <p>2. 正常狀況之核種傳輸機制說明：</p> <p>(1)提供的核種傳輸機制(地下水、空氣、地表水、直接輻射、生物)資料是否足以供進行獨立的安全評估。</p> <p>(2)放射性核種傳輸機制是否合理且保守。</p> <p>3. 正常情節分析：</p> <p>(1)篩選出與該處置場正常情況相關的 FEPs，是否經由專家學者所確認：被排除的 FEPs 之原因是否合理。</p> <p>(2)處置設施重要組件的特徵事件與過程是否已充分考量。</p> <p>(3) 氣體傳輸正常情節、液體傳輸正常情節、固體傳輸正常情節是否合理。</p> <p>4. 正常情節輻射劑量評估程式的輸入資料是否符合場址資訊與合理性，其輸出資料是否合理。</p> <p>5.是否進行參數敏感度分析與不確定分析，分析結果是否合理。</p>	<p>4. 電腦評估程式及其輸入資料之正確性涉及輻射劑量評估的正確性，輸出資料涉及電腦程式的正確性，都需加以審查。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p> <p>5. 處置場安全評估參數相當多，又具不準度；為簡化不確定性分析，僅對敏感度高的參數，考量其參數的分布。所以需進行參數敏感度分析。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p> <p>6.由於處置場安全評估參數的不準度，為了解評估結果超過法規限值的風險，需要執行劑量的不確定性分析。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p> <p>7. 有民眾與工作人員輻射劑量之評估結果，才能判斷是否符合法規之規定。</p> <p>1. 正常狀況輻射劑量評估之資料，若明顯不當或不足，將影響處置場的安全評估。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p> <p>2. 核種傳輸機制(地下水、空氣、地表水、直接輻射、生物)資料若合理保守且足以進行獨立的安全評估，將可確保處置場之安全性。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p> <p>3. 經由專家學者所確認 FEPs，較能獲得完整與合理的處置情節；處置設施重要組件的特徵事件與過程充分考量，才能建構出完整與合理的處置情節；合理的處置情節，才能進行合理且可理解的劑量評估。2004 IAEA-ISAM 有此項要求。</p> <p>4. 電腦評估程式的輸入資料之正確性涉及輻射劑量評估的正確性，輸出資料涉及電腦程式的正確性。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p> <p>5. 處置場安全評估參數相當多，又具不準度；為簡化不確定性分析，僅對敏</p>
--	--

	<p>感度高的參數，考量其參數的分布。NUREG-1200 之 6.1.3 節也有此項要求。</p>
<p>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。</p> <p>處置設施在運轉期，封閉期，觀察及監測期，主動監管期及被動監管期，可能發生人為或天然的意外事件。這些人為或天然的意外事件，通常發生的機率都很低，若其發生所產生的後果影響輕微，則可忽略不計；若發生所產生的後果影響嚴重，則應評估其影響。故此處的異常狀況之輻射劑量，係針對發生機率低後果影響嚴重的人為或天然意外事件，對民眾與工作人之輻射劑量評估。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置設施運轉期及封閉後，意外事故或異常狀況之預測：包括事故種類(如運轉時廢棄物從吊車墜落；封閉後發生有害地震、海水淹沒處置場、人類無意入侵處置場)及發生頻率。</li> <li>2. 處置設施運轉期及封閉後，依事故種類說明意外事故或異常狀況之核種傳輸機制。</li> <li>3. 異常情節(或稱替代情節)分析：處置設施運轉期及封閉後，意外事故或異常狀況之處置情節。 <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)選用國際常用的低放射性廢棄物處置的特徵事件過程(FEP)通用表(如 IAEA 或國際組織)。</li> <li>(2)經學者專家從國際常用的FEP通用表篩選出與該處置場異常情況相關的FEPs。</li> <li>(3)選出處置系統的重要組件(如廢棄物體、各種工程障壁(近場)、天然障壁(遠場)、生物圈等)，分析並說明重要組件的特徵、異常情況下重要組件發生的事件、各重要組件間的互相作用過程。</li> <li>(4)考量選出的異常情況相關的 FEPs 及各重要組件與其間的特徵與作用過程，以合理的邏輯方法，繪出放射性核種傳輸的路徑，並建構出異常情節。</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(四)之要求。</li> <li>2. 人為或天然的意外事件，雖發生機率低，若後果影響嚴重，則應評估其影響。所以應提供事故種類與發生頻率之預測，供審查。2004 IAEA-ISAM 有此項要求。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</li> <li>3. 意外事故或異常狀況之核種傳輸機制，涉及輻射劑量的計算，所以須提供其相關資料供審查。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</li> <li>4. 處置設施運轉期及封閉後之異常情節，應合理建構，並評估意外事故或異常狀況之輻射劑量。2004 IAEA-ISAM 有此項要求。</li> </ol>

<p>4.提出異常情節輻射劑量評估程式及其輸入資料及其輸出資料。</p> <p>5.對異常情節輻射劑量評估程式的參數，進行敏感度分析。(若正常情節已分析過的參數，可不必再進行敏感度分析)</p> <p>6.對敏感度高的參數，考量參數的分布狀況，進行個人有效劑量的不確定性分析。</p> <p>7.考量事件發生的機率，提出民眾與工作人員之輻射劑量(風險)評估結果。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 若提供資料不當或不足，應要求申照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。</p> <p>2. 事故種類與發生頻率之預測是否可考量場址特性及氣象條件，其參考文獻及假設是否合理。</p> <p>3. 異常狀況之核種傳輸機制是否合理且保守。</p> <p>4. 異常情節建構是否經由專家學者所確認、意外事故或異常狀況之重要組件特徵事件與過程是否已充分考量、異常情節建構是否合理。</p> <p>5. 異常情節輻射劑量風險評估程式的輸入資料是否符合場址資訊與合理性，其輸出資料是否合理。</p> <p>6.是否進行參數敏感度分析與不確定分析，分析結果是否合理。</p>	<p>5. 電腦評估程式及其輸入資料之正確性涉及輻射劑量評估的正確性，輸出資料涉及電腦程式的正確性，都需加以審查。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>6. 處置場安全評估參數相當多，又具不準度；為簡化不確定性分析，僅對敏感度高的參數，考量其參數的分布。所以需進行參數敏感度分析。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>7.由於處置場安全評估參數的不準度，為了解評估結果超過法規限值的風險，需要執行劑量的不確定性分析。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>8. 有民眾與工作人員輻射風險之評估結果，才能與其他風險做比較。</p> <p>1. 異常狀況輻射風險評估之資料，若明顯不當或不足，將影響處置場的安全評估。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>2. 異常情節取決於事故種類，異常狀況輻射風險評估受到發生頻率的影響。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>3. 核種傳輸機制資料若合理保守，將可確保處置場之安全性。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>4. 經由專家學者所建構出的異常情節，才能建構出完整與合理的異常處置情節；合理的處置情節，才能進行合理且可理解的劑量風險評估。2004 IAEA-ISAM 有此項要求。</p> <p>5. 電腦評估程式的輸入資料之正確性涉及輻射劑量風險評估的正確性，輸出資料涉及電腦程式的正確性。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p> <p>6. 處置場安全評估參數相當多，又具不準度；為簡化不確定性分析，僅對敏感度高的參數，考量其參數的分布。NUREG-1200 之 6.1.4 節也有此項要求。</p>
<p>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</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(五)之要求。</p>

式、數學模式及分析所需之參數。

地下水、空氣、地表水、其他傳輸機制概念模式、數學模式及分析所需之參數的正確性，影響處置設施之輻射劑量安全評估，故請提供下列資料，供審查。

(一)提供資料

1.地下水

- (1)依場址地質及水文地質特性，描述潛在的核種遷移地下水途徑。
- (2)地下水之流場、流速與流向之分布與數值。
- (3)核種藉地下水之傳輸模式。
- (4)人類或生物圈可能接觸到地下水位置及場界位置之核種濃度。

2.空氣

- (1)估算大氣傳輸及放射性核種外釋到大氣之延散，所使用的模式、電腦程式與計算方式。
- (2)大氣傳輸及擴散模式應包括：(a)放射性核種釋出之時間與頻率變化之計算方式，(b)放射性核種釋出高度，(c)放射性污染源之幾何形狀，(d)再懸浮射源之排放率及基準，(e)考量射源與監測點間之地形及結構之影響，(f)關鍵群體與鄰近場址外監測點之位置及高度，(g)放射性污染雲煙(plume)濃度的計算方式，(h)以處置場址為中心，十六個 22.5 徑度扇形區域中，每個區域之人口分佈，(i)空氣傳輸與擴散模擬之移除機制與微粒沉積速率，(j)用於量化移除機制、乾濕沉積速率及單位面積沉積量之計算模式。
- (3)可代表場址環境並用於大氣傳輸與擴散分析之氣象數據。
- (4)預估空浮的表面沉積濃度與場址外個人的劑量。

3.地表水

- (1)核種遷移的所有可能的地表水概念模式。
- (2)用於分析場址下游適當位置核種濃度之具有空間與時間分佈的地表水傳輸模式。
- (3)地表水傳輸模式之源項輸入參數，須包括地表水釋出速率、與地下水介面之源項。
- (4)經地表水傳輸模式計算所得的核種濃

2. 地下水傳輸機制為放射性核種外釋處置場的主要機制，與場址地質及水文地質特性有關，且地下水之流場涉及外釋核種的濃度，影響場外民眾劑量甚巨，故應提供場址地質及水文地質特性、核種遷移地下水途徑、地下水之流場、流速與流向之分布與數值及地下水之傳輸模式等資料，供審查。NUREG-1200 之 6.1.5.1 節也有此項要求。

- 3.放射性核種藉空氣傳輸，應考量場址之氣象數據、大氣傳輸及擴散模式，故應提供相關資料，以便審查。NUREG-1200 之 6.1.5.2 節也有此項要求。

- 4.地表水傳輸應考量場址的地表環境及地表水與地下水的介面，才能獲得較正確的評估結果。NUREG-1200 之 6.1.5.3 節也有此項要求。

<p>度。</p> <p>4.其他傳輸機制：包括直接輻射、向天輻射與生物傳輸。</p> <p>(1)加馬輻射的曝露模式(含電腦程式、污染源、接受者的模型建構)。</p> <p>(2)在運轉期間，場外個人的曝露。主要考量的情節有二：(a)廢棄物運送至場區的載運車輛停車曝露，(b)吊掛作業所可能產生之曝露。</p> <p>(3)在主動監管期間，工作人員的劑量分析，主要途徑來自場址土壤的直接輻射；場外個人的劑量分析，除來自場址土壤的直接輻射外，亦須考量向天輻射。</p> <p>(4)在被動監管期間，須考量人員無意闖入的劑量分析。</p> <p>(5)生物傳輸機制分析，包含由處置設施遷移出去的受污染生物，成為食物鏈的一環。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 地下水</p> <p>(1)若提供地下水資料不當或不足，應要求申照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。</p> <p>(2)是否完整並清楚定義核種傳輸之所有可能的地下水途徑。</p> <p>(3)地下水概念模式中之水文地質、地質及地球化學資訊是否與安全分析報告中場址特性之數據一致。</p> <p>(4)地下水模式之輸入參數值是否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。</p> <p>(5)確認地下水模式之程式符合物理、化學及數學原則(並經過驗證)，且正確地使用程式。</p> <p>2. 空氣</p> <p>(1)空氣途徑分析資料是否完整。</p> <p>(2)大氣傳輸及延散所使用之模式與計算方式之描述是否正確。</p> <p>(3)模式是否可模擬由射源至監測位置之大氣傳輸及延散。</p> <p>(4)大氣傳輸模式內參數的靈敏度分析，確保可有效預估其傳輸行為。</p> <p>(5)地表釋出與通風口有效釋出、不同幾何污染源，以及模擬長短時間之計算方式是否可被接受。</p> <p>(6)量化移除機制、乾濕沉積速率、面沉積</p>	<p>5.直接輻射與向天輻射主要以加馬輻射影響民眾與工作人員之輻射劑量，因此加馬輻射的曝露模式與人劑量之資料，應送審查。NUREG-1200之6.1.5.4節也有此項要求。</p> <p>1. 地下水資料，若明顯不當或不足，將影響處置場的安全評估。須考量可能的地下水傳輸途徑、水文地質、地質及地球化學資訊、保守資料。NUREG-1200之6.1.5.1節也有此項要求。</p> <p>2. 空氣傳輸機制須考量大氣傳輸及延散所使用之模式、傳輸模式內參數的靈敏度分析、射源釋出方式、量化移除機制、乾濕沉積速率、面沉積及雲煙之數學方法、氣象資訊等資料之正確性與合理性。NUREG-1200之6.1.5.2節也有此項要求。</p>
--	---

<p>及雲煙之數學方法(須考慮核種釋出的類型、場址降水資料、污染源到接受點的距離、空氣穩定度分級)。</p> <p>(7)由乾濕沉積導致表面污染之計算方式(須考慮核種種類特性、場址氣象情況與地理環境)。</p> <p>(8)空氣傳輸與擴散模式中使用之氣象資訊是否合理且足夠。</p> <p>(9)模式中，場址及其環境之氣象數據是否具有代表性。</p> <p>(10)風速與風向之量測時間及間隔是否合理。</p> <p>(11)用於計算空氣傳播及擴散之延散參數及空氣穩定度等級是否正確。</p> <p>(12)大氣傳輸及擴散模式應符合下列要求：(a)模式中使用之場址輸入數據具代表性；(b)模式已考慮場址之物理特性，如結構、不規則地形、乾濕沉積，(c)模式已考慮釋出放射性核種之物理及化學特性。</p> <p>3.地表水</p> <p>(1)若提供地表水資料不當或不足，應要求申照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。</p> <p>(2)係數選擇與參數使用是否採用保守原則，未來所有可能的地表水改變(降水量變化或已知未來建造水井、水庫、取水口等)是否能於計算中反應。</p> <p>(3)藉地表水核種遷移分析是否包括：(a)描述延散特性及在正常與意外情形下於現存或未來使用者位置地表水環境的稀釋能力，(b)提供現存或未來使用者位置在正常與意外情形下，年平均與最大濃度(意外時)估計與基準，(c)定義可能污染地表水使用者之途徑，與(d)描述數據之參考來源。</p> <p>4.其他傳輸機制</p> <p>(1)若提供加馬輻射與經由生物途徑的傳輸的描述及資料不當或不足，應要求申照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。</p> <p>(2)加馬輻射的傳輸機制中屏蔽增建因子與其數學模式，體外曝露模式，射源模式，輸入參數是否正確。</p> <p>(3)加馬輻射與生物傳輸之相關假設，是否保守。</p>	<p>3. 地表水傳輸機制須考量未來所有可能的地表水改變、可能污染地表水使用者之途徑、係數選擇與參數使用等資料之保守性與合理性。NUREG-1200之6.1.5.3節也有此項要求。</p> <p>4. 其他傳輸機制需考量直接輻射、向天輻射與生物傳輸。直接輻射與向天輻射，主要以加馬輻射影響民眾與工作人員之輻射劑量。加馬輻射的傳輸須考量屏蔽增建因子、數學模式，體外曝露模式，射源模式與輸入參數。加馬輻射與生物傳輸之假設，須具保守性。NUREG-1200之6.1.5.3節也有此項要求。</p>
<p>六、述明各種傳輸機制之評估結果，是否符合法規限值，提供下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第七章第一項輻射劑量評估項目(六)之要求。</p>

<p>1. 彙整 7.1 中一至六節之分析結果。確認最大個人劑量位置，主要放射性曝露介質，主要攝入途徑。</p> <p>2. 劑量評估分為(1)運轉期與封閉後正常情節最大個人劑量，(2)運轉期與封閉後異常情節最大輻射劑量(風險)。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 運轉期正常情節工作人員最大個人劑量，須小於游離輻射防護安全標準之職業輻射年有效劑量。</p> <p>2. 運轉期與封閉後正常情節場外一般民眾最大個人劑量，須小於低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則中第八條之規定，場外一般民眾年有效劑量，不得超過 0.25 毫西弗。</p>	<p>2. 彙整 7.1 一至六節之分析結果，並列出最大個人劑量位置，主要放射性曝露介質，主要攝入途徑；及運轉期與封閉後正常情節最大個人劑量與異常情節最大輻射風險，以便審查。NUREG-1200 之 6.1.6 節也有此項要求。</p> <p>1. 工作人員最大個人劑量須符合游離輻射防護安全標準之規定。</p> <p>2. 一般民眾最大個人劑量，須符合低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則之輻射防護設計值。</p>
<p>7.2 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。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p> <p>處置設施內重要設備之良好特性、正確地使用操作，涉及處置場運轉安全，所以要求評估運轉期設備操作之安全性，故應提供下列資料供審查：</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 說明廢棄物桶暫存與處置之吊升或堆貯設備的特性、功能與使用方法。</p> <p>2. 說明填充廢棄物桶間隙之填充機設備的特性、功能與使用方法。</p> <p>3. 說明處置設施內公用系統與輔助系統中電力、供水、廢水收集等設備的特性、功能與使用方法。</p> <p>4. 說明並表列處置設施內重要設備之<b>已完成的</b>操作與維護程序書。</p> <p>5. 評估處置設施內重要設備之使用壽命，並說明更換作業之方法。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 處置設施內重要設備的特性與功能，是否考量場址特性與要求，足以符合設計目的與安全目標。</p> <p>2. 檢視重要設備之操作與維護程序書，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。</p> <p>3. 重要設備使用壽命之評估是否合理。</p>	<p style="text-align: center;">說 明</p> <p>1. 依低放處置安全分析導則第七章第二項設備操作之要求。</p> <p>2. 吊升、堆貯、填充設備為處置設施內重要設備，應提出它們的特性、功能、使用方法、操作與維護程序書，供審查。</p> <p>3. 處置設施內電力、供水、廢水收集等設備會影響處置設施的正常運轉與安全，應提出它們的特性、功能、使用方法、操作與維護程序書，供審查。</p> <p>4. 提出處置設施內重要設備之操作與維護程序書之目錄，以確保可安全操作。</p> <p>5. 評估處置設施內重要設備之使用壽命，以避免運轉作業中斷。</p> <p>1. 重要設備的特性與功能應符合場址特性與要求，操作與維護程序書應合理保證運轉作業不會中斷，在使用壽命前應執行更換作業。</p>
<p>7.3 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</p>	

採行之防護設計及措施，並評估其功能。	
內 容	說 明
<p>在處置設施營運中，只要有堅固的場界圍籬與標示，即可防止無意闖入者接近廢棄物；在處置設施封閉後，則須提供合理的防護措施，才能防範非刻意之入侵行為。因此須提供下列資料，供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置場界圍籬與標示的材質與方法。</li> <li>2. C類廢棄物處置位置與深度之規劃。</li> <li>3. C類廢棄物障壁的材質、設計與施工方法。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置場界圍籬與標示的材質、維護與設置方法，是否能夠堅固保存至處置場免於監管期，並能確保其功能。</li> <li>2. 坑道處置，C類廢棄物須處置在坑道最內部，不易接觸的位置；淺地處置，C類廢棄物須處置在覆蓋層頂部下方至少5公尺以上。在C類廢棄物處置區是否建造防止入侵者障壁系統，妥善區隔，達到防護之目的。</li> <li>3. 入侵者工程障壁在場址封閉後是否能保持500年的功能性與完整性，是否能滿足需求。並檢視所有使用的數據與假設及計算方法之適用性，以及分析結果之合理性。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第七章第三項設備操作之要求。</li> <li>2. 處置設施營運中，在場界建置堅固的場界圍籬與標示，即可防止無意闖入者接近廢棄物，所須提出圍籬與標示的材質與方法，供審查。</li> <li>3. C類廢棄物是低放處置場處置廢棄物中含放射性核種比活度最高者，其輻射影響也最大，須防止無意闖入者接近它。因此其處置位置與防護障壁資料，須提供審查。NUREG-1200之6.2節也有此項要求。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 圍籬與標示能夠堅固保存至處置場免於監管期，涉及其材質、維護與設置方法。免於監管期後，則民眾可跨越場界至覆蓋層上方，所以場界圍籬與標示，僅提供警示，而非防止入侵。</li> <li>2. C類廢棄物是低放射性廢棄物中含放射性核種比活度最高者，其輻射影響也最大，須防止無意闖入者接近它。所以須處置在不易接觸的位置，在其處置區須建造防止入侵者障壁。NUREG-1200之6.2節也有此項要求。</li> </ol>
<p>7.4 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等。</p>	
內 容	說 明
<p>安全分析報告提出可能影響處置設施長期穩定性與安全性的事件，應審查每一事件評估與分析是否符合長期穩定性的安全要求。影響處置設施長期穩定性的因素有：水的侵蝕、邊坡穩定性、地層沉陷與下陷，因此須提供下列資料供審查，以確保處置場封閉後之長期穩定性與安全性。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水的侵蝕</li> </ol> <p>(1)處置場可能洪水之預估分析：包括：降</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第七章第四項設備操作之要求。</li> <li>2. 洪水或上游水庫毀損，可能引起處置場的水侵蝕，須了解其可能性及防護</li> </ol>



<p>水量、降水損失、逕流反應特性、渠道洪水聚積、不穩定性地形的類型、水位分析、流速分析、處置場的最大可能洪水量(probable maximum flood, PMF)、設計洪水量與降低或控制地形不穩定性的改善程序。</p> <p>(2)上游若有水庫，提供水庫的位置與大小、水庫瞬間損壞提出尖峰流量、分析水庫損壞的影響。</p> <p>(3)侵蝕防護設計：包括附近溪流洪水的侵蝕防護、排水渠道的侵蝕防護、壕溝與覆蓋層邊坡的侵蝕防護、隧道上層的侵蝕防護、侵蝕防護的耐久性。</p> <p>2. 邊坡穩定性</p> <p>(1)場址/邊坡區域特性：(a)場址地質對於穩定性可能的影響、(b)場址調查所使用之大地工程與地球物理技術、(c)邊坡穩定性材料與土壤參數、(d)邊坡區域的地下水位面位置以及變動範圍、(e)邊坡使用借土材料的特性、(f) 夯實工作與夯實後材料的強度。</p> <p>(2)邊坡穩定性：(a)邊坡所採用之有關土壤與岩石之參數、(b)邊坡靜態穩定性分析、(c)地震及地層移動的邊坡動態穩定性分析、(d)場址下方土壤液化分析。</p> <p>3. 地層沉陷與下陷</p> <p>(1)場址特性、處置場建造、運轉以及處置單元開挖相關資訊。</p> <p>(2)長期可能發生沉陷區域之模擬與分析。</p> <p>(3)沉陷之監控與改善計畫。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 水的侵蝕</p> <p>(1)設計洪水量須大於 PMF；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。</p> <p>(2)上游水庫的影響，必須是在處置場洪水設計可容許範圍內。</p> <p>(3)資料是否足以在洪水以及侵蝕議題上提供足夠的安全證據。侵蝕設計應能合理確保處置場封閉的長期穩定，免於主動維護的需求。</p> <p>(4)為了防範風蝕與水的侵蝕，壕溝覆蓋層之設計應審慎考量，包括坡度與厚度等。</p> <p>2. 邊坡穩定性</p> <p>(1)場址/邊坡區域特性：(a)是否有充足的地質相關工作足以描述場區的地質特性。(b)是否有場址附近的調查位置(鑽</p>	<p>措施，以確保處置場的長期穩定性與安全性。NUREG-1200 之 6.3.1 節也有此項要求。</p> <p>3. 邊坡穩定性與場址地質、施工開挖、邊坡穩定性材料、夯實作業與邊坡設計等有關，故須提出相關資料供審查。NUREG-1200 之 6.3.2 節也有此項要求。</p> <p>4. 地層沉陷與下陷影響處置場的長期穩定性與安全性；處置場建造開挖，可能造成場址地層沉陷與下陷，所以須加模擬與分析，並提出改善計畫，這些資料須提出供審查。NUREG-1200 之 6.3.3 節也有此項要求。</p> <p>1. 防範洪水或上游水庫毀損的水侵蝕，須確認設計洪水量大於 PMF。侵蝕設計須能合理確保處置場封閉的長期穩定性。NUREG-1200 之 6.3.3 節也有此項要求。</p> <p>2. 邊坡穩定性與場址地質、施工開挖、邊坡穩定性材料、夯實作業與邊坡設計等有關。所以場址/邊坡區域特性資料與穩定性分析，須充正確、保守、</p>
--	--

<p>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，剖面圖展現邊坡的地層。(c)邊坡穩定性材料與土壤參數之測試，是否符合相關大地工程專業規範。(d)是否充分考慮地下水對邊坡穩定性設計的影響。(e)借土材料穩定性與強度參數，是否經過適當的材料樣品測試。(f)材料選擇、夯實準則、溼度、級配、品保測試頻率等是否均有詳細施工規範。</p> <p>(2)邊坡穩定性：(a)邊坡土壤是否經具有靜態與動態性質與岩石組成之說明，分析參數是考量實驗室或現地實驗資料。(b)邊坡靜態穩定性分析，是否包括不同的土壤介質以及作用力之邊界與材料特性、預期荷重條件下的最小安全係數。(c)動態穩定性分析，是否包括地震所引發之加速度與震波速度之分析。(d)場址下方土壤液化分析是否經現地或實驗室測試。</p> <p>(3)確認天然與人為邊坡之長期穩定。</p> <p>(4)邊坡分析符合保守原則，且引用數據確實可用。</p> <p>(5)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。</p> <p>(6)借土材料之選用、開挖、夯實等有適當之品管計畫。</p> <p>3. 地層沉陷與下陷</p> <p>(1)開挖相關資訊是否足夠供審查者進行沉陷與下陷相關事項審查。</p> <p>(2)長期可能發生沉陷區域之模擬，是否合理且保守、是否考量其不確定性。</p> <p>(3)岩層中是否有潛在溶解洞穴可能造成下陷？</p> <p>(4)防止沉陷與下陷之材料是否已經過詳細與合理的實驗與分析？所提供之數據是否足以支持相關之設計？</p>	<p>合理，並有適當的品保計畫，以確保場址的長期穩定。NUREG-1200 之 6.3.3 節也有此項要求。</p> <p>3. 處置場建造開挖，可能造成場址地層沉陷與下陷，內部岩層的溶解也可能造成下陷，所以要有足夠資訊顯示其沉陷與下陷的程度，及防止沉陷與下陷的相關設計。NUREG-1200 之 6.3.3 節也有此項要求。</p>
---	---

第八章 處置設施之組織規劃、行政管理及人員訓練計畫之審查導則(草案)

<p>8.1管理組織架構：說明處置設施管理組織架構，包括編組、功能、責任與權限，並說明各項運轉作業之人力運用。</p>	
<p>內 容</p> <p>處置設施高層管理、技術組織及主要的承包商，負責場址特性調查、設施設計、建造、試運轉與運轉之作業，為確保有足夠的技術資源，須提出處置設施管理組織架構與運轉作業人力運用資料，供審</p>	<p>說 明</p> <p>1. 依低放處置安全分析導則第八章第一項管理組織架構之要求。NUREG-1200 之 8.1 節也有此項要求。</p>

<p>查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置設施管理組織圖：說明管理階層、工程技術人員、包商、與技術支援單位，在場址特性調查、處置場設計、建造與運轉之編組、功能、責任與權限。</li> <li>2. 管理階層、工程技術人員與包商間如何分層負責、實施與互動溝通之說明。</li> <li>3. 重要職位的一般性的資格與量化的需求、教育背景、工作經驗及特殊教育背景與經驗之說明。</li> <li>4. 場址特性調查、設施設計、建造、試運轉、運轉與封閉等作業之人力運用規劃。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置設施管理組織圖是否有效地描述組織負責履行專案的功能、責任與權限。</li> <li>2. 管理階層、工程技術人員與包商間之分層負責、實施與溝通連繫，是否可無誤的傳遞且有管理的控制機制。</li> <li>3. 對處置場各階段，是否有符合資格、有經驗及可立即雇用的人員，可以履行專案的責任。</li> <li>4. 場址特性調查、設施設計、建造、試運轉、運轉與封閉等作業，是否有監督計畫；人力運用，是否有測試計畫。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 有明確責任的管理組織，處置設施才能順利進行。</li> <li>3. 管理階層、工程技術人員與包商間之溝通良好，才能使作業順利進行。</li> <li>4. 重要職位的資格與經驗要求，以確保處置作業正確地被執行。</li> <li>5. 有良好的人力運用規劃，才能使作業順利進行。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 管理組織的責任與權限，須明確，處置設施才能順利進行。</li> <li>2. 管理階層、工程技術人員與包商間之溝通能無誤地被傳遞，才能使作業順利進行。</li> <li>3. 有有經驗及可立即雇用的人員，才能使作業順利且正確的被執行。</li> <li>4. 各階段都有監督機制，有人員測試計畫，才能確保作業正確地被執行。</li> </ol>
<p>8.2人員編制：說明處置設施人員編制、權責及資格，包括編制員額、職稱及每一運轉班次人數，各級主管人員之權責與資格，管理、監督及輻射防護人員之權責與資格等。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p> <p>處置設施內各種人員編制，涉及處置作業是否能順利被執行，故須提出編制人員、主管人員及輻射防護人員之權責、資格及人數資料，供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 處置設施內編制人員的職稱、權責、資格人數及每一運轉班的配置。</li> <li>2. 處置設施主管人員之權責與資格。</li> <li>3. 處置設施管理、監督及輻射防護人員之權責與資格。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 編制人員的職稱、權責、資格人數是否合適；每一運轉班的配置人力，是否可勝任工作。</li> <li>2. 處置設施主管人員之權責與資格，是否明確，是否可勝任工作。</li> <li>3. 處置設施管理、監督及輻射防護人員之權責與資格，是否清楚描述。</li> </ol>	<p style="text-align: center;">說 明</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第八章第二項人員編制之要求。</li> <li>2. 處置設施內編制人員、主管人員、管理、監督及輻射防護人員之權責與資格須明確，以利處置作業之進行。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 編制人員、主管人員、管理、監督及輻射防護人員須合適並能勝任工作。</li> </ol>

8.3人員訓練：針對處置設施之運作提出人員訓練計畫，包括各項作業之訓練規劃、訓練課程內容、訓練週期及授課人員資格、訓練成效評估及資格檢定辦法。	
內 容	說 明
<p>有經驗並經嚴格訓練之人員執行處置作業，才能確保處置安全。所以須提出工作人員訓練和再訓練計畫等相關資料，供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.各項作業之訓練規劃、訓練課程內容、訓練週期及授課人員資格。</li> <li>2.場區正式訓練與在職訓練的承諾，全體工作人員在開始接收放射性廢棄物之前均將經過合適的訓練。</li> <li>3.考量場區安全與輻射防護的臨時參訪者導覽程序。</li> <li>4.人員再訓練計畫：說明其性質、範圍；以及這種再訓練的頻率。</li> <li>5.訓練成效評估及資格檢定辦法。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.各項作業之訓練規劃、訓練課程內容、訓練週期及授課人員資格，是否對設施的每個職位人員都是足夠的。</li> <li>2.訓練計畫是否明確訂定時程。且期程應能配合開始運轉的日期。</li> <li>3.參訪者導覽程序，是否考量場區安全與輻射防護，導覽人員是否經過訓練。</li> <li>4.人員再訓練計畫說明，是否合理。</li> <li>5.訓練成效評估及資格檢定辦法，是否可確實執行。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.依低放處置安全分析導則第八章第三項人員訓練之要求。NUREG-1200之8.3節也有此項要求。</li> <li>2.妥善的人員訓練和再訓練計畫，且在開始接收放射性廢棄物之前，可完成全體工作人員訓練，才能確保處置安全。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.人員訓練和再訓練計畫，對設施的每個職位人員都必須是足夠的，且應配合開始運轉的日期。若訓練成效，能確實審核改進，更能增進處置作業安全。</li> </ol>
8.4審查與稽核：說明處置設施各項作業之審查與稽核程序，包括運轉作業之內部審查與安全措施之稽核、作業程序或系統變更之審查、審查與稽核文件之管制等。	
內 容	說 明
<p>對攸關安全的重要運轉活動、設施的變更案件、意外事件之評估、設施運轉之評估等，進行審查與稽核，將促進處置設施的安全，故應提出下列審查與稽核規劃資料，供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.處置設施各項作業之審查與稽核程序。</li> <li>2.設施內部人員之審查與稽核規劃。</li> <li>3.獨立安全審查小組規劃。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.處置設施各項作業之審查與稽核程序：是否包括運轉作業之內部審查與安全措施之稽核、作業程序或系統變更之審查、審查與稽核文件之管制等。</li> <li>2.設施內部人員之審查與稽核規劃，是否</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.依低放處置安全分析導則第八章第四項審查與稽核之要求。NUREG-1200之8.5節也有此項要求。</li> <li>2.妥善審查與稽核程序，可確保審查與稽核品質。</li> <li>3.內部人員之審查與稽核，建立內部審查與稽核機制，可提升管理效率。</li> <li>4.獨立安全審查小組，可進行獨立審查與稽查作業，提升處置安全。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.運轉作業、作業程序、系統變更都得經審查與稽核作業；審查與稽核文件應妥善保管與管制。</li> <li>2.內部人員可即時對議題事項，進行審</li> </ol>

<p>包括(1)針對議題事項提供跨學科審查的安排、(2)說明場內可執行審查與稽核人員之資格與層級、(3)審查與稽核活動應予以記錄，其結果應陳送適當的管理階層人員。</p> <p>3. 獨立安全審查小組規劃，是否包括(1)檢查設施運轉特性、核管會議題、有關安全改善的設施設計與運轉經驗，(2)設施運轉與維修活動的監視，(3)運轉分析與設施活動(包括維護和修改)計畫的獨立審查與稽查，(4)總結其活動俾向管理階層提出整體品質與安全運轉方面的建議。</p>	<p>查與稽核作業。</p> <p>3. 獨立安全審查小組，可客觀執行審查作業，提出有用的建議。</p>
<p>8.5管理程序：說明設施安全運轉相關作業活動之管制與管理程序，包括設備管制、維護管理、工安、品保及人員與車輛出入之污染管制等。</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>設施安全運轉相關作業活動之管制與管理程序，可分為兩大類：(1)行政管理程序，提供涉及設施安全運轉之重要活動的管制；(2)運轉程序，確保作業活動在例行、異常和緊急情況時均可在安全的狀態下進行。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 行政管理程序：</p> <p>(1)審查與核准程序</p> <p>(2)設備管制程序</p> <p>(3)維修有關管制程序</p> <p>(4)緊急計畫程序</p> <p>(5)臨時變更程序</p> <p>(6)設施人事標準層級相關程序，包括場內關鍵人員的權限與責任(場區經理、經理助理；以及場區輻射管制及安全人員)</p> <p>(7)訓練和導覽程序</p> <p>(8)進入管制區相關程序</p> <p>(9)品保/品管程序</p> <p>2. 運轉程序：</p> <p>(1)系統運轉程序</p> <p>(2)廢棄物接收與檢查程序</p> <p>(3)廢棄物處理、貯存與處置程序</p> <p>(4)壕溝設計與建造程序</p> <p>(5)車輛檢查與放程序</p> <p>(6)異常、臨時與緊急程序</p> <p>(7)儀器校驗程序</p> <p>(8)設施維修程序</p> <p>(9)環境監測，採樣和測試程序</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 行政管理程序與運轉程序資料是否完整。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第八章第五項管理程序之要求。NUREG-1200之8.6節也有此項要求。</p> <p>2. 行政管理涉及審查、核准、設備管制維修、緊急計畫、變更、訓練、進入管制區及品保/品管等多種作業，為求標準化，須訂定相關程序。</p> <p>3. 處置設施運轉作業，包括廢棄物接收與檢查、處理、貯存與處置、系統運轉、壕溝設計與建造、車輛檢查與放行、異常與緊急事件、儀器校驗、設施維修、環境監測，採樣和測試等多種作業，為求標準化，須訂定相關程序。</p> <p>1. 行政管理程序與運轉程序的完整性，可確保相關作業，獲得妥善執行。</p>

2. 設備管制、維護管理、工安、品保及人員與車輛出入之污染管制等是否確實可行。	
---	--

第九章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫之審查導則(草案)

9.1 輻射防護計畫：依處置設施之作業特性、處置放射性廢棄物之活度與特性，並參考「游離輻射防護法」相關規定撰寫輻射防護計畫，內容應包括輻射防護管理組織與權責、人員防護、醫務監護、地區管制、輻射源管制、放射性物質廢棄、意外事故處理、合理抑低措施、紀錄保存及其他主管機關指定事項等。	
內 容	說 明
<p>低放射性廢棄物處置設施，若有完善的輻防計畫，將可減少工作人員與場外民眾的輻射曝露。依游離輻射防護法施行細則第二條之規定，擬訂輻射防護計畫，應參酌(1)輻射防護管理組織與權責、(2)人員防護、(3)醫務監護、(4)地區管制、(5)輻射源管制、(6)放射性物質廢棄、(7)意外事故處理、(8)合理抑低措施、(9)紀錄保存及(10)其他主管機關指定事項規劃，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1. 輻射防護管理組織與權責</p> <p>(1)書面之管理政策聲明。</p> <p>(2)管理組織之組成、人數、權責與運作。</p> <p>(3)輻射防護人員之配置。</p> <p>2. 人員防護</p> <p>(1)區域輻射監測器、連續空浮監測器之配置與儀器說明。</p> <p>(2)人員劑量監測儀器說明。</p> <p>(3)管制區之進出管制說明。</p> <p>3. 醫務監護</p> <p>(1)工作人員健康檢查與醫務監護之措施。</p> <p>4. 地區管制</p> <p>(1)管制區及監測區之劃分規劃。</p> <p>(2)細分管制區為若干不同程度的管制區，並說其分區標準。</p> <p>(3)說明監測區與各種管制區之管制作為。</p> <p>(4)監測區之輻射監測佈置</p> <p>5. 輻射源管制</p> <p>(1)低放射性廢棄物暫存區之輻射偵測等管制措施。</p> <p>(2)廢棄物進出暫存區之登記與輻射偵測作業。</p> <p>(3)廢棄物處置量之規劃與登錄作業。</p>	<p>1.依低放處置安全分析導則第九章第一項輻射防護計畫之要求。</p> <p>2.輻射防護管理組織與權責明確，輻射防護計畫才易執行。</p> <p>3.輻射防護計畫之目的，係為降低工作人員的輻射劑量，所以對工作人員的輻射曝露須加以監測。</p> <p>4.依游離輻射防護法第十六條之規定，輻射工作人員因一次意外曝露或緊急曝露所接受之劑量超過五十毫西弗以上時，雇主應即予以包括特別健康檢查、劑量評估、放射性污染清除、必要治療及其他適當措施之特別醫務監護。</p> <p>5. 依游離輻射防護法第十條之規定，依輻射工作場、輻射作業特性及輻射曝露程度，輻射工作場劃分為管制區及監測區。管制區內應採取管制措施。</p> <p>6.低放射性廢棄物處置場之輻射源為低放射性廢棄物，所以其暫存區與處置區須加以管制。</p>

<p>6. 放射性物質廢棄</p> <p>(1)放射性廢氣的排放<b>流程與標準</b></p> <p>(2)放射性廢液的排放<b>流程與標準</b></p> <p>(3)放射性固體的除污<b>流程與標準</b></p> <p>7. 意外事故處理</p> <p>(1)處置場接收、貯存與處置作業中，意外事故(如墜桶事故、無意闖入處置區與貯存區)之處理規劃。</p> <p>8. 合理抑低措施</p> <p>(1)將合理抑低原則納入設施/設備之設計與運轉程序。</p> <p>(2)指派專人負責協調合理抑低計畫。</p> <p>(3)建立定期審查方法以確定合理抑低計畫之有效性。</p> <p>(4)規劃員工合理抑低之訓練。</p> <p>9. 紀錄保存</p> <p>(1) 職業輻射曝露紀錄與保存系統</p> <p>(2) <b>輻射作業的紀錄保存</b></p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 輻射防護管理組織與權責</p> <p>(1)輻射防護管理組織是否由(a) 設施經營負責人或其代理人、(b) 輻射防護業務單位之業務主管及至少二名以上之專職輻射防護人員、(c) 相關部門主管，所組成的輻射防護管理委員會。管理委員至少七人，其工作職掌是否明確。</p> <p>(2)輻射防護管理組織中各級輻射防護人員，是否依輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準中附表一之規定配置。</p> <p>(3)<b>管理組織的運作是否符合輻防法規要求。</b></p> <p>2. 人員防護</p> <p>(1)區域輻射監測器、連續空浮監測器之配置是否在工作人員經常工作的地方，設置的儀器是否適當。</p> <p>(2)<b>人員劑量計</b>是否依工作性質，給予適當的劑量<b>監測</b>，是否便於配帶與計讀。</p> <p>(3)管制區之進出管制，是否可避免污染的擴散，偵測儀器的配置是否恰當。</p> <p>3. 醫務監護</p> <p>(1)工作人員健康檢查是否規劃定期實施，檢查結果之處理規劃是否適當；工作人員<b>特別</b>醫務監護之措施是否適當。</p> <p>4. 地區管制</p> <p>(1) 管制區及監測區是否依處置場放射性廢棄物之接收區、貯存區與處置區及其作業之輻射曝露程度而劃分，劃分是否適當。</p> <p>(2)細分管制區是否考量合理抑低。</p>	<p>7. 處置場的廢氣與廢液之排放，須符合游離輻射防護安全標準之排放限值，超過者必須回收並經固化處理後處置。</p> <p>8. 意外事故須妥善規劃處理，以降低工作人員的輻射曝露。</p> <p>9.輻射防護除須確保工作人員的輻射劑量，符合游離輻射防護安全標準之限值外，並應考量社經因素，合理抑低工作人員的輻射劑量。</p> <p>10. 依游離輻射防護法第十五條第四項之規定，雇主對輻射工作人員實施劑量監測結果，應依主管機關之規定記錄、保存、告知當事人。</p> <p>1. 輻射防護管理組織之組成、人數與權責及輻射防護人員之配置，須符合輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準第四條之規定。</p> <p>2. 工作人員的輻射監測，必須有代表性；個人劑量也應適當度量與保存，確保工作人員之輻射安全。</p> <p>3. 醫務監護須符合游離輻射防護法第十六條之規定。</p> <p>4 地區合理分區與管制，可降低工作人員的輻射劑量，並達合理抑低的目的。</p>
---	---

<p>(3) 監測區與各種管制區之管制作為是否適當。</p> <p>(4) 監測區之輻射監測佈置是否具有代表性。</p> <p>(5) 暫存區之輻射偵測等管制措施，是否能避免工作人員或參觀人員無意的闖入。</p> <p>5. 輻射源管制</p> <p>(1) 廢棄物進出暫存區之登記與輻射偵測作業，是否能區分廢棄物的種類與處置位置的適當性。</p> <p>(2) 廢棄物處置量之規劃與登錄作業，是否可使工作人員劑量合理抑低、廢棄物處置紀錄是否可永久保存。</p> <p>6. 放射性物質廢棄</p> <p>(1) 氣體放射性物質的排放，是否符合游離輻射防護安全標準中空氣排放的限值，是否合理抑低。</p> <p>(2) 液體放射性物質的排放，是否符合游離輻射防護安全標準中水排放的限值，是否合理抑低。</p> <p>(3) 固體放射性物質的廢棄或再使用，是否符合規定、合理抑低。</p> <p>7. 意外事故處理</p> <p>(1) 是否有適當的意外事故之預防規劃</p> <p>(2) 意外事故之處理規劃，是否有充足的處理工具、適當的處理人力及善後的處理能力。</p> <p>8. 合理抑低措施</p> <p>(1) 設計時是否考量減少工作人員曝露與在管制區內之停留時間</p> <p>(2) 廢棄物接收、暫存與處置作業及封閉作業之職業輻射曝露是否採合理抑低的措施。</p> <p>(3) 是否有專人負責協調合理抑低計畫。</p> <p>(4) 是否建立定期審查方法，以確定合理抑低計畫之有效性。</p> <p>(5) 合理抑低訓練是否可落實。</p> <p>9. 紀錄保存</p> <p>(1) 職業輻射曝露紀錄之保存是否能確保保存三十年以上，並至輻射工作人員年齡超過七十五歲以上，在他處是否有備份系統。</p> <p>(2) 輻射監測作業保存紀錄是否適當</p>	<p>5. 低放射性廢棄物處置場之輻射源為低放射性廢棄物，所以其暫存區與處置區需要加以管制。</p> <p>6. 處置場的廢氣與廢液之排放，須符合游離輻射防護安全標準之排放限值，並合理抑低。</p> <p>7. 意外事故之處理，須有充分準備，才能妥善處理。</p> <p>8. 設計與作業時都要考慮合理抑低措施，且要妥適檢討、協調與訓練。</p> <p>9. 依游離輻射防護法之規定，職業輻射曝露紀錄須保存三十年以上。</p>
<p>9.2 環境輻射偵測計畫：應依原能會九十一年十二月二十五日發布「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」第十九條第二項規定撰寫環境輻射監測計畫。</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>



<p>環境輻射監測分為：運轉前、運轉期、場址封閉後之環境輻射監測。</p> <p>依「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」第十九條第二項規定，環境輻射監測計畫應載明下列事項：</p> <p>(一)監測項目，包括連續性環境直接輻射監測、累積劑量之環境直接輻射監測及運轉時放射性物質可能擴散途徑之環境試樣，且敘明試樣種類、取樣頻次、取樣地點（應以地圖標示）、取樣方法試樣保存、分析方法、偵檢靈敏度及相關參考文件。</p> <p>(二)監測結果評估方法，包括飲水，食物攝食量等劑量評估參數與劑量評估方法。</p> <p>(三)品質保證及品質管制執行方法說明。</p> <p>(四)環境試樣放射性分析之預警措施。(五)其他經主管機關指定之事項。故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1.監測項目</p> <p>(1)運轉期與場址封閉後連續性環境直接輻射監測：說明監測位置、所用設備與儀器、設備與儀器之性能、設備與儀器之維護。</p> <p>(2)運轉前、運轉期與場址封閉後累積劑量之環境直接輻射監測：說明監測位置、所用的累積劑量計與其性能。</p> <p>(3)運轉期與場址封閉後放射性物質可能擴散途徑之環境試樣：敘明試樣種類、取樣頻次、取樣地點（應以地圖標示）、取樣方法、試樣保存、分析方法、偵檢靈敏度及相關參考文件。</p> <p>2.監測結果評估方法</p> <p>(1)飲水與食物攝食量等劑量評估參數：說明監測區域內民眾飲用水的來源與處置場運轉前三年的每人年平均用水量。說明監測區域內民眾的主要食物種類與處置場運轉前三年的每人年平均攝取量。</p> <p>(2)飲用水試樣中的放射性核種濃度。</p> <p>(3)主要食物試樣中的放射性核種濃度。</p> <p>(4)劑量評估方法：說明劑量轉換因子及劑量評估方法。</p> <p>3.品質保證及品質管制執行方法說明。</p> <p>(1)飲用水與主要食物之取樣地點、數目、頻率與取樣方法。</p> <p>(2)飲用水與主要食物樣品之保存、處理與偵測分析方法。</p> <p>(3)樣品分析，包括儀器校正、操作程序、結果判讀。</p> <p>(4)劑量評估方法，包括劑量轉換因子及劑</p>	<p>1.依低放處置安全分析導則第九章第一項輻射防護計畫之要求，及。輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第十九條第二項之規定。</p> <p>2.環境輻射偵測計畫需要有完整的監測項目，才能得到所需的監測資料。</p> <p>3.有完整的監測結果及監測區域內民眾飲水與食物攝食量的調查，才能得到較佳的民眾劑量評估。</p> <p>4.樣品分析及劑量評估等需要經過嚴謹的品管作業與品質保證作業。</p>
--	---

<p>量計算方法。</p> <p>(5)樣品取樣與分析及劑量評估方法之稽核。</p> <p>4.環境試樣放射性分析之預警措施</p> <p>(1)建立環境試樣紀錄基準值及環境試樣調查基準值。</p> <p>(2)環境試樣濃度達調查基準值，建立調查行動的預警措施。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1.監測項目</p> <p>(1)運轉期與場址封閉後連續性環境直接輻射監測之位置、所用設備與儀器、設備與儀器之性能、設備與儀器之維護，是否適當。</p> <p>(2)運轉前、運轉期與場址封閉後累積劑量計之佈置位置、所用的累積劑量計與其性能，是否適當。</p> <p>(3)試樣種類、取樣頻次、取樣地點、取樣方法、試樣保存、分析方法、偵檢靈敏度及相關參考文件，是否適當與足夠。</p> <p>2.監測結果評估方法</p> <p>(1)監測區域內民眾飲用水的來源與年平均用水量及主要食物種類與年平均攝取量，之調查資料是否具代表性。</p> <p>(2)飲用水試樣中的放射性核種濃度之分析是否正確。</p> <p>(3)主要食物試樣中的放射性核種濃度之分析是否正確。</p> <p>(4)劑量轉換因子是否正確，劑量評估方法是否合理。</p> <p>3.品質保證及品質管制執行方法說明。</p> <p>(1)飲用水與主要食物之取樣地點、數目、頻率與取樣方法，是否具有代性。</p> <p>(2)飲用水與主要食物樣品之保存、處理與偵測分析方法，是否正確。</p> <p>(3)樣品分析中儀器校正、操作程序、結果判讀，是否合理。</p> <p>(4)劑量轉換因子及劑量計算方法，是否符合品保規定。</p> <p>(5)樣品取樣與分析及劑量評估方法之稽核，是否符合品保規定。</p> <p>4.環境試樣放射性分析之預警措施</p> <p>(1)環境試樣紀錄基準值及環境試樣調查基準值，是否合理、可行。</p> <p>(2)環境試樣濃度超過環境試樣調查基準值，採取的調查行動與預防措施，是否合理、有效。</p>	<p>5.監測結果雖未達游離輻射防護安全標準之限值，但若超過試樣紀錄基準值，則須加以記錄；若超過環境試樣調查基準值，則應採取調查行動的預警措施。</p> <p>1.監測位置、所用設備與儀器、設備與儀器之性能、設備與儀器之維護，涉及環境輻射監測的正確性與代表性。試樣種類、取樣頻次、取樣地點、取樣方法、試樣保存、分析方法、偵檢靈敏度，涉及試樣分析的正確性。</p> <p>2.監測區域內民眾飲水與主要食物攝食量的調查，具有正確性與代表性；且試樣分析，具有正確性，才能得到較佳的民眾劑量評估。</p> <p>3.飲用水與主要食物樣品從取樣開始到分析結果及劑量評估方法，都須經嚴謹的品管作業與品質保證作業。</p> <p>4.環境試樣紀錄基準值及環境試樣調查基準值須大於儀器的最低可測值，才有意義；監測結果超過環境試樣調查基準，可能達到處置場的約束劑量，所以須採取調查行動與預防措施。</p>
---	---

<p>10.1 保安計畫內容至少應包括下列各項：(1)保安組織之目的、編組、管理及訓練。(2)保安區域劃定、周界實體阻隔物及警報監視系統。(3)門禁管制、進出人員查核、保安通訊設施。(4)保安系統測試維護及各項紀錄保存。</p>	
內 容	說 明
<p>低放射性廢棄物處置場保安計畫的主要目的，係為防止故意人為的破壞行動，需要有防破壞的設計、設備、系統、組織及管制，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.保安組織之目的、編組、管理及訓練。</li> <li>2.保安區域劃定、周界實體阻隔物及警報監視系統。</li> <li>3.門禁管制、進出人員查核、保安通訊設施，應提出詳細圖說。</li> <li>4.保安系統測試維護及各項紀錄保存。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保安組織之目的是否明確；編組人數、資格、證照是否適當；編組是否考量白天、夜間及例假日之異同；保安人員是否為專責人員；管理及訓練規劃是否足夠。</li> <li>2. 保安區域劃定，包含保安距離是否適當；周界實體阻隔物是否可有效防止入侵；警報監視系統的位置是否適當、是否可發揮其功能。</li> <li>3. 門禁管制位置應考量防災功能、保安人員空間容量是否適當，門禁管制圖說是否明確；進出人員查核是否有效；保安通訊設施是否可發揮其功能、是否可與當地執法單位快速聯繫、是否方便場區運轉人員與安全人員之聯繫。</li> <li>4. 保安系統之設計是否考量與消防系統的整合與顯著性及測試維護之頻率是否適宜。</li> <li>5. 保安各項紀錄保存方式與期限是否適當。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十章第一項保安計畫之要求。NUREG-1200之8.7節也有此項要求。</li> <li>2. 保安計畫除需要有實體保安設施外，還要有嚴密的保安組織與管制，且其測試維護及各項紀錄都須妥善保存，以便追查。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保安計畫包括保安組織、實體保安設備、保安管制、及其測試，都須符合預期設置目的並發揮其功能。</li> </ol>
<p>10.2 意外事件應變計畫內容至少應包括下列各項：(1)意外事件應變組織及權責。(2)建造、運轉及封閉階段中，可能發生事故之分析。(3)意外事件應變設施之設備及功能。(4)意外事件應變措施之重要事項。(5)意外事件應變功能之維持。(6)意外事件應變計畫相關資料。</p>	
內 容	說 明
<p>放射性意外事件應變計畫之主要目的，為消弭輻射曝露可能造成健康與安全影響，以保護民眾。理想的計畫對不預期的事件不會過度反應或反應不足，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 意外事件應變組織及權責。</li> <li>2. 建造、運轉及封閉階段中，可能發生事</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十章第二項意外事件應變計畫之要求。NUREG-1200之8.4節也有此項要求。</li> <li>2. 妥善的意外事件應變計畫，須包括應變組織及權責、應變設備、應變措施、</li> </ol>

<p>故之分析。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>意外事件應變設施之設備及功能。</li> <li>意外事件應變措施之重要事項。</li> <li>意外事件應變功能之維持。</li> <li>意外事件應變計畫相關資料。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>意外事件應變組織及權責是否明確，應變組織人力是否充足，<b>意外事件的通報程序是否清楚說明，是否在適當地點標示通報程序。</b></li> <li>建造、運轉及封閉階段中，可能發生事故之分析，是否足夠、是否有潛在事故未被分析。事故分析，對場區外民眾之輻射劑量若超過<b>0.25</b>毫西弗，是否有緊急應變程序。<b>緊急應變程序應考量地震、颱洪與火災。</b></li> <li>意外事件應變設施之設備及功能，是否適用於預期的意外事件，其功能是否可減輕輻射的曝露。</li> <li>意外事件應變措施之重要事項，是否有效並可即時處理意外事件。</li> <li>意外事件應變措施功能，是否可維持到意外事件消弭為止。</li> <li>意外事件應變計畫相關資料，是否有氣象資料及緊急應變行動基準。</li> </ol>	<p>事故分析能力、發揮應變功能。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>意外事件應變計畫中應變組織、應變設備、應變措施，不可有反應不足的現象；所以組織及權責需要明確、組織人力要充足、須有緊急應變程序、設備與措施要能發揮其功能。</li> </ol>
<p>10.3 消防防護計畫內容至少應包括下列各項：(1)消防工作之組織及行政管理。(2)火災災害分析及影響評估。(3)防火設計及措施。(4)火警偵測及消防能力評估。(5)相關單位之消防及救護支援。(6)防火及消防有關設備之維護及管理。(7)防火及消防有關之人員訓練。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p> <p>消防防護計畫除能適切地反應可能發生於處置設施之火警意外，也要能控制輻射物質外釋的消防措施，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>消防工作之組織及行政管理。</li> <li>火災災害分析及影響評估。</li> <li>防火設計及措施。</li> <li>火警偵測及消防能力評估。</li> <li>相關單位之消防及救護支援。</li> <li>防火及消防有關設備之維護及管理。</li> <li>防火及消防有關之人員訓練。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>消防工作之組織及行政管理，是否適切。<b>編組人數、資格、證照是否適當；編組是否考量白天、夜間及例假日之異同。</b></li> <li>火災災害分析及影響評估，是否考量火災可能發生於處置設施的所有重要區</li> </ol>	<p style="text-align: center;">說 明</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>依低放處置安全分析導則第十章第三項消防防護計畫之要求。NUREG-1200 之 3.4.3 節也有此項要求。</li> <li>妥善的消防防護計畫，至少須包括消防組織、行政管理、各建築物防火設計及措施、火警偵測設備與預警系統、消防設備、火災災害分析、影響評估及人員訓練，才能達到消防的目的。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>消防防護計畫中消防組織、行政管理、防火設計及措施、火警偵測設備與預警系統、消防設備等，要考量火災可能發生於處置設施的所有重要區域並發生嚴重災害，還有能力處理。</li> </ol>

<p>域，至少包括廢料接受區、處理區、貯存區，及處置區；影響評估，是否評估放射性核種外釋外，也評估化學物質的外釋。</p> <p>3. 防火設計及措施：應考量不影響場內低放射性廢棄物之安全，處置場內的建築物是否依其功能，都採防火設計及措施。</p> <p>4. 火警偵測及消防能力評估：火警偵測設備與位置是否適當，消防設備(消防車、撒水設備、化學滅火設備或泡沫滅火設備)之防止火災能力是否足夠。是否考量消防用水的回收處理，及可操作性。</p> <p>5. 處置場附近鄉鎮之消防及救護支援，是否可即時提供，防止火災能力是否足夠。</p> <p>6. 防火及消防有關設備之維護及管理，是否訂定維護及管理程序。</p> <p>7. 防火及消防有關之人員訓練，是否有訓練計畫，訓練內容是否足夠。</p>	
---	--

### 第十一章 處置設施封閉及監管規劃之審查導則

11.1 處置場區穩定規劃：提出場區穩定規劃，以確保處置設施穩定之設計或措施。	
內 容	說 明
<p>坑道式處置或淺地掩埋處置場址的封閉與穩定化，係為延緩核種遷移及防止處置區蹋陷，所以需要對結構功能進行監測、處置區周圍設置過濾層與排水系統、處置區上方施作廢棄物覆蓋層系統，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p><b>1.地質障壁功能監測：</b></p> <p>(1)土工特性</p> <p>(2)水文地質</p> <p>(3)現地應力</p> <p><b>2.工程障壁結構功能監測計畫：</b></p> <p>(1)結構功能參數監測的範疇、廣度與持續時間</p> <p>(2)監測儀器的型式與位置</p> <p>(3)監測頻率與紀錄資料的評估</p> <p>(4)建立量測參數限值所使用的方法</p> <p>(5)當趨近於限值時的改善措施程序。</p> <p>(6)監測參數，至少包括：荷重、應力、變形、應變，以及排水集水池的水位與流量。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第十一章第一項處置場區穩定規劃之要求。NUREG-1200之5.1節也有此項要求。</p> <p>2. 結構穩定是處置場址穩定的基礎，所以需要監測；監測的範圍、儀器、位置、及監測參數限值，都須詳加說明，以確保場址穩定。</p>

<p>3. 處置單元周圍與下方的過濾層與排水系統</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)過濾層材料選擇、級配、鋪設及夯實，以防止內部侵蝕及管流發生。</li> <li>(2)廢棄物包件周圍回填料的選擇與鋪設。</li> <li>(3)排水管類型、尺寸與特性，以及建立排水能力的輔助計算結果。</li> <li>(4)排水管道抵抗腐蝕、沉澱物結成硬殼、及阻塞的能力，以及恢復阻塞或無效排水管道的措施。</li> <li>(5)內部排水規定(如混凝土處置窖地板坡度；排水管道開口型式、尺寸與形狀；可接受性的測試方法)。</li> <li>(6)集水池類型、位置、及配置，以及決定收集水流流量與化學組成之程序。</li> <li>(7)具代表性基礎排水鋪層與混凝土處置窖週圍排水帶的細節說明，包括限制區與非限制區鋪設與夯實排水回填料的程序，以及回填料的接受基準(例如須達到特定的相對密度)。</li> </ol> <p>4. 廢棄物覆蓋層系統</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)處置單元頂層(材料、頂層支撐以及減少廢棄物到頂層蓋板之間空隙的規定、促進排水的斜坡措施與防止入滲的裂隙填充與控制、以及假定有闖入者時，闖入者障壁所倚賴的支持基準)。</li> <li>(2)低滲透性覆蓋層材料(例如地工薄膜、膨潤土板、及粘土)及相應的工業標準與工程特性(例如滲透係數的範圍)。</li> <li>(3)鋪設方法(土壤的移除厚度、夯實程度、及鋪設溼度的控制)。</li> <li>(4)可接受的測試方法與頻率，以說明廢棄物覆蓋層系統可限制其表面的輻射劑量率。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <p>1.地質障壁功能監測：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)地工特性</li> <li>(2)水文地質</li> <li>(3)現地應力</li> </ol> <p>2. 工程障壁結構功能監測計畫：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)確定計畫範疇與內容是否足以驗證重要結構設計的假設；是否符合一般設計準則與特定設計準則之規定。</li> <li>(2)監測儀器的型式與位置是否足以確認</li> </ol>	<p>3. 處置單元周圍與下方的排水，除可減緩核種的外釋外，也可防止處置區的蹋陷。</p> <p>4. 廢棄物覆蓋層的妥善設計與施工，除可降低入滲水外，也可防止無意的闖入並減緩處置區的蹋陷。</p> <p>1. 結構功能若能妥善監測，可預防場址的蹋陷，增加穩定度。</p>
--	--

<p>結構功能與穩定性。</p> <p>(3) 監測頻率與紀錄資料的評估，是否合理。</p> <p>(4) 建立量測參數限值所使用的方法是否正確。</p> <p>(5) 當監測值趨近於限值時的改善措施，是否有效。</p> <p>(6) 監測參數：荷重監測是否可發覺沉陷；應力監測是否可發覺結構混凝土或鋼筋應力超過參數限值；變形應變監測是否可發覺工程結構內的應變超過參數限值；排水集水池的水位與流量監測是否發現水位異常提升與流量異常增加。</p> <p>3. 處置單元周圍與下方的過濾層與排水系統，是否能在入滲水或地下水與廢棄物接觸前加以處理，並能安全的收集與移除任何水流。</p> <p>4. 廢棄物覆蓋層系統：是否能提供抗輻射、降低入滲、積水、及侵蝕等必要防護，並且能防止疏忽性闖入，及不需要主動維護而能維持長期穩定性。</p>	<p>2. 若能在處置單元周圍與下方，加強排水設計，使入滲水或地下水與廢棄物接觸前，就加以收集、移除與處理；除可減緩核種的外釋外，也可防止處置區的蹋陷。</p> <p>3. 妥善的廢棄物覆蓋層除提供輻射防護外，也可減少滲水量及侵蝕並能防止疏忽性闖入。</p>
<p>11.2 封閉規劃：說明處置設施之封閉規劃，包括除污規劃、輻防設計、檢查及監測規劃、輔助設施拆除規劃與二次廢棄物之處理方式。</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>處置場封閉前，須先進行除污工作，除可減少廢棄物產量外，並可在免於監管時確保場址的乾淨，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一) 提供資料</p> <p>1. 除污規劃</p> <p>(1) 場址、設備與結構的污染調查規劃：須考量的污染源有：(1) 廢棄物包件表面的污染，(2) 廢棄物包件部份裂損造成例行的氣體或微粒釋出，(3) 未完全清除的意外洩漏。</p> <p>(2) 設備或地上結構物的拆除程序</p> <p>(3) 被污染的場址、設備與結構之除污與拆除所產生廢棄物的描述，並預估其體積活度</p> <p>2. 輻防設計</p> <p>3. 檢查及監測規劃</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第十一章第二項封閉規劃之要求。NUREG-1200之5.2節也有此項要求。</p> <p>2. 除污規劃是處置場封閉前的重要工作，須對場址、設備與結構加以除污。除污後會產生放射性廢棄物，須預估其特性與活度，以便加以處理處置。</p> <p>3. 在除污與封閉作業中，須考量工作人員的輻射曝露，鈷須有輻防設計。</p> <p>4. 除污作業後，須有輻射檢查及監測，才能確認除污作業之完成。</p>

<p>4.輔助設施拆除規劃</p> <p>5.二次廢棄物之處理方式：除污與拆除所產生的廢棄物之處理與處置程序</p> <p>6. 大地工程穩定</p> <p>(1)整地計畫：在處置單元上方鋪設適當坡度的覆蓋層，以導引地表水流遠離處置單元，並將場址的長期沉陷及/或下陷納入考慮。</p> <p>(2)處置場址邊坡保護工與排水工的穩定作業：所有天然與人工邊坡應能在監管期間，得以少量的維護作業來維持其長期穩定性。</p> <p>7.場址封閉前之地質障壁與工程障壁現況調查與鑑定作業規劃</p> <p>8.監管前至少五年之觀察及監測管理作業規劃</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1.除污規劃</p> <p>(1)場址、設備與結構的污染調查規劃：(a) 污染調查儀器的敏感度與精確度及調查人員的資格是否適當。(b) 每一場址污染調查網格是否至少含五個等距加馬輻射量測值及土壤取樣點。加馬輻射係在地面上方 1 公尺處量測，核種濃度量測則採取地表下 15 公分內的土樣進行分析。</p> <p>(2)設備或地上結構物的拆除程序，是否可避免二次污染，是否可將無污染物分離。</p> <p>(3)除污與拆除所產生廢棄物與其預估的體積活度，是否合理。</p> <p>2. 封閉除污輻防設計：是否已考量(1)減少在輻射區的停留時間、(2)改善須週期性查驗的組件之進出便利性、(3)確保除污作業的職業輻射曝露合理抑低。</p> <p>3. 檢查及監測規劃：</p> <p>(1)場址、設備與結構之表面污染值是否低於(a)貝他、加馬及低毒性阿伐發射體 0.4 貝克/平方公分，(b)其他阿伐發射體 0.04 貝克/平方公分。</p> <p>(2)在封閉後場址上，民眾之個人輻射劑量每年不得超過 0.25 毫西弗，並應合理抑低。</p>	<p>5.為避免產生二次廢棄物並降低廢棄物產量，輔助設施拆除須加以規劃。</p> <p>6. 除污與拆除所產生的廢棄物，須就地處置，其處理與處置須符合處置場之規定。</p> <p>7. 處置場封閉後，須進行整體場址的大地工程穩定化作業，以減緩場址的長期沉陷及/或下陷。</p> <p>1. 除污工作涉及偵測儀器性能、調查方法、拆除方法，及可能產生的廢棄物，須妥善規劃除污工作。</p> <p>2.為減少除污與封閉工作人員劑量，須加以輻防設計。</p> <p>3.輻射檢查及監測，通常須進行污染偵測與直接輻射的度量，並限制其輻射劑量。</p> <p>4. 輔助設施被污染的程度可能較小，拆除時要避免被污染，成為放射性廢棄物。</p> <p>5. 除污與拆除所產生的廢棄物須就地處置，故須符合處置場的廢棄物接受準則、及廢棄物最終處置設施運轉的要求。</p> <p>6.處置場封閉後，為使場址穩定，須進</p>
---	--



<p>4.輔助設施拆除規劃：是否可避免二次污染，是否可將無污染物分離。</p> <p>5.除污與拆除所產生的廢棄物之處理與處置程序，須符合處置場的廢棄物接受準則、及廢棄物最終處置設施運轉的要求。</p> <p>6. 大地工程穩定</p> <p>(1)整地計畫，是否可導引地表水流遠離處置單元，是否可減緩場址的長期沉陷及/或下陷。</p> <p>(2)處置場址邊坡保護工與排水工的穩定作業：所有天然與人工邊坡在監管期間，是否可以以少量的維護來維持其長期穩定性。</p> <p>7.場址封閉前之地質障壁與工程障壁現況調查與鑑定作業規劃</p> <p>8.監管前至少五年之觀察及監測管理作業規劃：(a)發現監測水井放射性核種超過排放標準時，是否有適當的處理規劃。(b)發現處置場監測設備、防止無意入侵標示、覆蓋層被侵蝕等不良現象，是否有修補之規劃。</p>	<p>行大地工程穩定作業。</p>
<p>11.3 監管規劃：說明處置場區封閉後之監管規劃，包括監管期、處置場區管理及環境監測措施。</p>	
<p style="text-align: center;">內 容</p> <p>依低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則第 14 條之規定，低放處置設施完成封閉後，應對處置管制地區進行至少五年之觀察及監測。五年之觀察及監測後，封閉的處置場可能需再進入主動監管期或被動監管期。所以處置場區封閉後需有妥善的監管規劃，故須提出下列資料供審查。</p> <p>(一)提供資料</p> <p>1.監管期處置場區管理：說明主動監管期或被動監管期之監管作業。</p> <p>(1)主動監管之管理作業</p> <p>(2)被動監管之管理作業</p> <p>2.監管期環境監測措施</p> <p>(1) 放射性與非放射性的環境監測規劃</p> <p>(2) 監測設備與儀器</p> <p>(3) 監測組織與人員權責</p> <p>(4) 監測品質保證與品質管制</p> <p>(二)審查作業</p>	<p style="text-align: center;">說 明</p> <p>1. 依低放處置安全分析導則第十一章第三項監管規劃之要求。NUREG-1200 之 5.3 節也有此項要求。</p> <p>2. 至少五年之觀察及監測期、主動監管期或被動監管期之管理與監管作業，涉及未來土地再利用，應加以說明。</p> <p>3. 監管期環境監測，涉及放射性與非放射性的環境監測，需要有適切的設備與儀器、負責監測的組織與人員權責、及良好的品保與品管。</p>

<p>1.監管期處置場區管理：主動監管期或被動監管期之監管作業，是否合理。</p> <p>2.監管期環境監測措施</p> <p>(1)放射性與非放射性的環境監測規劃：(a)是否包含適當的目視觀察頻率，發現下列跡象時並加以記錄：下陷、積水、覆蓋層裂隙、侵蝕及/或侵蝕溝、過量的地面變形如邊坡蠕動及異常的動植物活動。(b)是否對不同的監測參數訂定行動基準，以進行潛在問題評估與行動基準的改善。</p> <p>(2) 監測設備與儀器：是否與運轉時期所用的測量與取樣方法一致，是否具有耐久性並能維持長期功能。</p> <p>(3) 監測組織與人員權責，是否明確。</p> <p>(4) 監測品質保證與品質管制，是否適當。</p>	<p>1. 良好的五年觀察及監測期之管理作業，可即時採取補救措施；主動監管期或被動監管期之監管作業，除可採補救措施外，並可驗證各障壁之功能。</p> <p>2. 監管期環境監測之結果，用於決定是否可進入被動監管或免於監管，所以監管期環境監測需妥善規劃。</p>
--	--

## 第十二章 品質保證計畫之審查導則(草案)

12.1 品保政策與組織	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <p>1. 品保政策。</p> <p>2.組織的描述與圖表，相互關係，與對執行品質相關活動的所有組織之責任與職權的範圍，包括申請人組織與主要契約人(顧問公司、營造商與營造管理者)。</p> <p>3. 品保執行機構的獨立程度，與負責執實執行品保功能的個人職權。</p> <p>4. 為確保適當執行品保方案之組織條款。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 是否提供公司整體品保政策的簡要總結。</p> <p>2. 組織圖表是否清楚地界定所有現場與非現場的組織成員，他們在品保方案的範圍(如設計、工程、採購、製造、建造、檢查、測試、儀器、管制、運轉與維持)、責任劃分、及品保組織(包含檢查人員)運作。</p> <p>3. 具有品保方案整體職權與責任者，是否清楚地界定其營運管理的職位；是否獨立於負責執行任務的組織；是否可直接</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第一項品保政策與組織之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</p>

<p>接觸管理層級；是否有權中止不滿意的 工作；是否有權參與每天的重要活動； 是否可免除於成本與時程之責任及非品 保相關之義務。</p> <p>4. 品保方案的政策文件與制定，是否由公 司最高決策人員所建立。</p>	
12.2品保方案	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 品保方案之範圍。</li> <li>2. 定義品保方案之條款。</li> <li>3. 執行品保方案之綱領性條款。</li> <li>4. 適當性人員資格之條款</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 品保方案之範圍： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)影響設計、建造與運轉品質的活動，是否在此品保方案之承諾內。</li> <li>(2)測試計畫與電腦程式計畫，是否在此品保方案之承諾內。</li> <li>(3)必要時將提供特殊設備、環境條件、技術或過程，是否可以確保達成功能目標之承諾。</li> </ol> </li> <li>2. 是否根據設計、建造及運轉結果的重要性，來定義品保方案。</li> <li>3. 執行品保方案之綱領性條款，是否包括： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)經由報告、會議或稽核，經常評估計畫的狀態。</li> <li>(2)事先規劃的及文件化的年度評估績效與確認，及改正改正行動的追蹤。</li> </ol> </li> <li>4. 負責執行品保方案人員的資格，是否符合下列事項： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)訓練了解品質相關手冊、指引與程序書。</li> <li>(2)須訓練去了解活動的原理、技術與要求，並須經測驗合格。</li> <li>(3)經正式的訓練與資格認定，認定文件包含內容與目的及參與日期。</li> <li>(4)須經熟練測試，且須發展出接受準則以決定個人是否經適當地訓練與資格認可。</li> <li>(5)資格證明書須清楚地描述：(i)可執行項目、(ii)每項測試之認可標準。</li> <li>(6)有再訓練、再測驗與再認證的管理計畫，來維持熟練度。</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第二項品保方案之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</li> </ol>

12.3設計管制	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 品保方案的設計活動範圍。</li> <li>2. 所有設計活動與輔助分析的個人與團體責任。</li> <li>3. 使設計活動可有效管制之條款。</li> <li>4. 設計文件適合性之驗證或檢驗條款，此設計文件包含所有電腦程式之文件資料。</li> <li>5. 變更設計之管制條款。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設計控制計畫的範圍，是否包含與設計文件之準備與審查有關的設計活動。(設計文件含適用法規要求的正確翻譯與設計、採購與程序文件的設計基礎。範圍包含：現地設計工程；物理、地震、壓力、熱量、大地工程與相關的電腦程式；材料一致性；現職檢查、維修與更換的可及性；品質標準等。)</li> <li>2. 準備、審查、核准與驗證設計等文件，是否描述組織責任(如系統敘述、設計輸入與標準、設計藍圖、設計分析、電腦程式、規格與程序書。)</li> <li>3. 規劃與執行場址特性，含審查、核准與驗證分析及結論，是否描述組織責任；核准設計文件內的錯誤與缺陷，包括設計方法(如電腦程式)，是否以文件記載並採取行動以確保所有錯誤與缺陷都被更正；。</li> <li>4. 設計文件適合性之驗證或檢驗條款，是否包含下列事項： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)為了文件的審查、核准、外釋、分配與再版，包括設計介面，以確保結構、系統與組件間的幾何與功能相匹配；建立並描述參與設計組織間及跨越技術的溝通管道、程序與管制的內外設計介面。</li> <li>(2)建立文件化程序，去驗證設計圖與規格的完整性與空間的正確性。</li> <li>(3)建立程序，要求設計圖與規格經由品保組織審查。</li> <li>(4)為決定設計驗證的方法(設計審查、替代計算或測試)，建立其指引與標準。</li> <li>(5)設計驗證活動之程序：(a)驗證者符合資</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第三項設計管制之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</li> </ol>

<p>格，驗證者或其直屬監督者對設計皆無直接責任。(b)除了對原型或領先產出組件的資格測試外，在採購、製造或建造外釋給其他組織用於其他設計活動之前，設計驗證需要事前完成。(c)設計文件建立程序管制，以反應安全分析報告的承諾；程序管制的設計文件包括(不限於)規格、計算、計算機程式、系統說明、含流程的圖說、管路與儀器圖、控制邏輯圖、電機單線圖、主要設施的結構系統圖、現場安排、及設備位置。(d)程序書中須確認驗證者的責任、被驗證的區域與特性、被驗證的相關考量與文件的範圍。</p> <p>5. 設計與規格變更，包括現場改變，容易受到相同設計的管制，將適用於原設計。</p>	
12.4 工作說明書、程序書及圖件	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確保取得文件符合適用的法規要求、技術要求與品保方案要求之條款。</li> <li>2. 取得文件的審查與核准之條款。</li> <li>3. 影響品質的活動，都已依文件化的工作說明書、程序書及圖件的方式，來描述與完成之條款。</li> <li>4. 工作說明書、程序書及圖件的量化及品質之可接受準則條款。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否建立程序書，可確保採購文件適用於法規、技術、工業標準、測試與檢查、管理與報告要求。</li> <li>2. 文件的審查與核准，是否確認組織責任。</li> <li>3. 影響品質的活動，是否已被文件化說明書、程序書與圖說事先說明；是否已經由這些文件，來完成執行。</li> <li>4. 建立程序書，以確保說明書、程序書與圖說包含了量化接受標準(如相關的體積空間、容忍度與作業限制)與品質接受標準(如製品的樣品)，以決定重要活動是否被令人滿意地執行。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第四項工作說明書、程序書及圖件之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</li> </ol>
12.5 文件管制	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確保與品保相關文件(包括被修改的文</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第五項文件管制之要求。</li> </ol>

<p>件)都被充分審查、經授權人員核准後才外釋、在預定活動的地點分發及使用的文件之條款。</p> <p>2. 防止無意地使用過時及廢棄文件之條款。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 品保相關文件(設計文件、採購文件、說明書與程序書、品質保證與品質管制手冊、技術報告)是否已建立審查、核准及發行之程序並授權人員核准後才可外釋；是否已建立品保文件分發與使用程序，以確保開始工作前在執行地點，文件是可用的。</p> <p>2. 是否建立一個主要表或相等的文件管制系統，以確保在工作區域，過時與廢棄的文件將被即時移除，且都使用現行版本。</p>	<p>NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</p>
<p>12.6 採購材料、設備及服務之管制</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>(一)提供資料</p> <p>1. 購買材料設備與服務、選擇供應者之管制條款。</p> <p>2. 確保材料與設備於安置或使用前，在工廠現址可以取得符合材料與設備要求的文件證明之條款。</p> <p>3. 材料、零件與組件之確認與管制條款。</p> <p>4. 確保錯誤與有缺陷的品目不被使用之條款。</p> <p>5. 確保特別過程的可接受性之條款，如處置窖與廢棄物包封容器的防滲水、回填土之夯實作業等。</p> <p>6. 確保特別過程會由合格人員使用合格之程序與設備執行之條款。</p> <p>7. 影響品質活動的檢查之條款；包含品項與被涵蓋之活動。</p> <p>8. 個人或團隊執行檢查所建立之組織責任與資格。</p> <p>9. 書面檢查程序書內提出的先決條件，此程序具有評估檢查結果與文件化之條款。</p> <p>10. 確保結構、系統與組件在服務時能滿意地被執行之測試條款。</p> <p>11. 書面檢查程序書內提出的先決條件，具有評估檢查結果與文件化之條款。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第六項採購材料、設備及服務管制之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</p>

12. 測試人員所建立的人員資格認證計畫。
13. 確保工具、儀器、器械與其他測量與測試工具在規定的時間間隔內被適當地確認、管制、校準與調整之條款。
14. 管制物品處理、貯存、運送、清潔、保存與運輸之條款，根據工作與檢查指引去防止損害、遺失與因環境條件所引起的變形，環境條件如溫度或濕度。
15. 顯示物品檢查、測試與操作狀態之條款，以避免無意地使用及未經檢查與測試。

#### (二) 審查作業

1. 是否明確說明購買材料、設備與服務的組織責任；購買材料、設備與服務，是否依採購程序書；供應者之選擇，是否已文件化並建檔。
2. 為確保材料與設備於安置或使用前，可取得符合要求的材料與設備。在接收時，須加以檢查；並要求供應者提供品保紀錄。
  - (1) 在接收時，是否檢查下列事項：(a) 材料、組件與設備，需確認符合購買文件及接收文件之規定。(b) 材料、組件、設備的接受紀錄，在其使用或安裝前，有詳細說明。
  - (2) 供應者是否完成下列紀錄：(a) 確認購買項目與特殊採購要求(如，規範、標準與規格)之文件。(b) 確認任何不符採購要求的文件。(c) 不符採購要求項目與標明為「現況接受」或「修理」之項目的敘述。
3. 管制材料(含耗材)、零件與組件是否已建立確認與管制程序書，包含組織的責任。
4. 材料(含耗材)、零件與組件管制程序書，是否確保無論在項目上或可追蹤至項目的紀錄上都經過確認，以避免不當或瑕疵項目的使用。
5. 處置窖與廢棄物包封容器的防滲水、回填土之夯實作業等特殊製程，是否建立程序書及可接受的基準；是否建立品保組織責任與人員資格。
6. 特殊製程的程序、使用的設備與品保人員資格，是否已建立、建檔與持續更新。
7. 是否建立檢查計畫程序書，描述檢查範

圍、提供決定檢查設備正確性要求的標準、決定何時需要檢查或定義何時及如何執行檢查。

8. 是否建立檢查的組織責任：個人執行檢查，除了那些執行或直接監督被檢查的活動外，不直接對負責檢查活動的直屬監督者報告。是否建立檢查者之資格認可計畫，檢查者之資格與證明書需持續更新。
9. 是否建立檢查程序書、說明書或檢查表，檢查結果須被文件化與評核，並由負責的個人或團體決定其可接受性。檢查書表，須提供下列資料：
  - (1)被檢查的特性與活動之確認。
  - (2)檢查方法之描述。
  - (3)負責執行檢查的個人或團體之確認。
  - (4)接受與拒絕的標準。
  - (5)要求的程序書、圖說及規格與版次之確認。
  - (6)記錄檢查者或資料記錄者，及檢查作業之結果。
  - (7)必要測量與測試設備之說明，包含精確的要求。
10. 是否建立測試管制計畫：說明測試範圍，包括安裝與先期作業前的證明測試；提供決定測試設備的精確要求之標準；決定何時要求測試或如何與何時執行測試活動之標準。此測試管制計畫，是否可展示場址地質、水文與地球化學的環境本質特性，足以符合長期隔離功能。
11. 測試程序書或說明書，是否提供下列資料。測試結果須被文件化與評核，及由負責的個人或團體決定它們的可接受性。
  - (1)在適用設計與採購文件內的要求與接受限值。
  - (2)執行測試之說明書。
  - (3)測試先決條件，如校準的儀器、充分的測試設備與儀器，包含它們準確性要求、測試項目的完整性、合適與受管制的環境條件，及資訊蒐集與貯存條款。
  - (4)強制檢查的舉行點，便於擁有者、契約人或檢查人(如要求)見證。



<p>(5)接受與拒絕的標準。</p> <p>(6)文件化或紀錄測試資料的方法與結果。</p> <p>(7)確保已符合測試先決條件之條款。</p> <p>12.是否建立測試人員資格認可計畫，以便這些個別執行的測試及其認證能被持續進行。</p> <p>13.是否建立測量與測試設備管制計畫：說明管制範圍、控制的儀器種類、測量與測試程序書(包括測試設備的校正、校正頻率、校正標準、調整、維護與管制、被標示以指示下次校正的到期日)。</p> <p>14.是否由具合適訓練的人員建立管制物品處理、貯存、運送、清潔、保存與運輸之程序書，以避免因環境條件(如溫度或濕度)引起材料、組件與系統之傷害、損失或惡化。</p> <p>15.是否建立物品檢查、測試與操作狀態程序書，以顯示結構、系統與組件在製造、安裝與測試方面的檢查、測試與運轉狀態。未符合的、無效的、或機能失常的結構、系統與組件之狀態，須要被文件化與確認，以避免無意的誤用。</p>	
12.7 改正行動	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <p>1. 管制使用或處置不相容材料、零件與組件之條款。</p> <p>2. 確保不利於品質的條件被及時辨識與更正，並採取防止重覆的措施之條款。</p> <p>(二)審查作業</p> <p>1. 是否建立材料、零件與組件不符合規定之處理程序書：須確認未符合項目、敘述未符合的地方、說明未符合項目之解決方法並限期改善。</p> <p>2. 是否建立一個有效的改正行動計畫，說明不利品質的重要條件、其肇因及採取的更正活動，以防止重複發生，並將作業文件化，向直屬管理者與上層管理者報告。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第七項改正行動之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要求。</p>
12.8 品保紀錄	
內 容	說 明
<p>(一)提供資料</p> <p>1. 品保紀錄(提供影響品質活動的證據)的確認、保留、再取出與維護之條款。</p>	<p>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第八項品保紀錄之要求。NUREG-1200 之 9.1 節也有此項要</p>

<p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否說明品保紀錄之範圍，包含審查、檢查、測試、稽核與材料分析之結果；工作功能之偵測紀錄；人員、程序書與設備之認可紀錄；與其他文件。</li> <li>2. 品保紀錄必須貯存在完全密封的金屬櫃中，而不能放置於開放的鋼架上。設施樓板也不被允許用來貯藏紀錄。在任何時候，皆需維持設施通道與迴廊的暢通。在整個紀錄貯存設施內，禁止抽煙及飲食。</li> </ol>	<p>求。</p>
<p>12.9 稽查</p>	
<p>內 容</p>	<p>說 明</p>
<p>(一)提供資料</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 證實所有各事項符合品保方案及決定品保方案有效性的稽核之條款。</li> <li>2. 稽核、文件與審查稽核結果之責任與程序；並指派管理層級來審查與評估稽核結果。</li> </ol> <p>(二)審查作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否事先建立稽核的書面程序書或檢查表，才執行稽核與監測。稽核與監測須由訓練過的人員執行，這些人員不直接負責稽核區品質的達成。稽核與監測結果，需被文件化，並經負責該稽核區管理者的審查。</li> <li>2. 稽核作業由品保組織中被認可與測驗過的稽核人員來領導。稽核團隊的會員包括具有稽核區域的技術專家人員(不須是品保組織的人員)。品質趨勢與品保計畫有關的結果報告，須提供給管理者，以便於審查、評估、採更正行動與後續行動。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依低放處置安全分析導則第十二章第九項稽查之要求。NUREG-1200之9.1節也有此項要求。</li> </ol>

參考文獻

1. IAEA, "Near Surface Disposal of Radioactive Waste," Safety Standards Series No. WS-R-1, 1999.
2. IAEA, "Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste," Safety Standards Series No. WS-G-1.1, 1999.
3. IAEA, "Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities," IAEA, ISAM vol.1 & vol.2, 2004.
4. U.S. NRC, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility-Safety Analysis Report," NUREG-1199R-Rev. 1, 1988.
5. U.S. NRC, "Standard Review Plan for the review of a license application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," NUREG-1200-Rev.3, 1994.