

行政院原子能委員會  
放射性物料管理局委託計畫

「低放射性廢棄物最終處置設施  
場址特性參數與設計建造管制技術之研究」

成果報告

委託單位：行政院原子能委員會放射性物料管理局

執行單位：國立臺北科技大學

中華民國九十八年十二月

## 目錄

目錄.....	2
第一章 前言.....	4
1.1 計畫背景.....	4
1.2 計畫目的.....	4
1.3 研究方法與流程.....	5
1.4 報告內容.....	6
第二章 美國核能法規 NUREG-1200 之中文化作業.....	8
2.1 NUREG-1200 簡介.....	8
2.2 NUREG-1200 第二章「場址特性」內容中文化成果.....	10
2.3 NUREG-1200 第三章「設計與建造」內容中文化作業.....	10
第三章 場址之特性描述.....	11
3.0 場址之特性描述.....	11
3.1 社會與經濟.....	11
3.2 地形與地貌.....	13
3.3 氣象.....	18
3.4 地質與地震.....	21
3.5 地表水.....	27
3.6 地下水.....	31
3.7 地球化學.....	38
3.8 天然資源.....	43
3.9 生態.....	48
3.10 輻射背景偵測：.....	51
3.11 大地工程特性.....	57
3.12 交通狀況.....	66
3.13 其他.....	68
第四章 處置設施之設計.....	82
4.0 處置設施之設計.....	84
4.1 設計目標與功能需求.....	84
4.2 建築設計.....	90
4.3 結構設計.....	97
4.4 土木設計.....	104
4.5 輻射安全設計.....	113
4.6 輔助設施或系統之設計.....	123
4.7 公用設施或系統之設計.....	127
第五章 處置設施之建造.....	138
5.0 處置設施之建造.....	138
5.1 施工特性.....	138

5.2 施工計畫 .....	146
第六章 場址特性調查審查技術之探討.....	150
6.1 國內外有關場址特性調查的規範或研究成果 .....	150
6.1.1 國外場址特性調查的規範或研究成果 .....	151
6.1.2 國內場址特性調查的規範或研究成果 .....	153
6.2 國外處置場場址特性描述暨調查項目與內容之探討 .....	155
6.2.1 國外處置場場址特性之調查項目 .....	155
6.2.2 國外處置場場址特性之調查內容 .....	157
6.3 國內外一般場址特性調查項目與內容之探討 .....	170
6.3.1 國外一般場址特性調查項目與內容 .....	170
6.3.2 國內一般場址特性調查項目與內容 .....	184
第七章 坑道處置設施設計與建造審查技術之探討.....	196
7.1 國內外有關坑道處置設施設計與建造的規範或研究成果 .....	196
7.1.1 國外坑道處置設施設計與建造的規範或研究成果 .....	196
7.1.2 國內坑道設計與建造的規範或研究成果 .....	199
7.2 坑道處置設施設計與建造之理念與功能性考量 .....	203
7.3 坑道處置設施設計與建造之種類與需求探討 .....	210
7.4 坑道處置設施設計與建造之項目與內容探討 .....	213
7.5 各國低放處置措施設計與建造之比較 .....	218
附錄 一.....	223
附錄 二.....	292

## 第一章 前言

### 1.1 計畫背景

我國於 91 年通過「放射性物料管理法」，強化對於核能原料、燃料以及放射性廢棄物的管理。接著於 95 年頒佈「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，低放射性廢棄物最終處置開始具備了相關法源依據，也顯示相關處置的規劃與進度刻不容緩。經濟部於 97.08.29 已公告三處低放射性廢棄物最終處置設施潛在場址，處置設施之型式依據處置場址特性，將在坑道處置方式或近地表處置方式之間擇一進行安全設計及安全分析。

未來潛在申請單位台電公司申請低放射性廢棄物處置設施建照時，物管局將對處置設施設置的安全性進行專業審查。為利於申請單位提出申請文件、加速審查流程，針對低放射性廢棄物處置設施之場址特性、設計與建造建立審查規範，提供處置設施申請單位執行處置計畫的依循，並且做為審查委員執行審查作業之指引，實為當務之課題，亦為國內低放射性處置審查專案現階段之重點工作項目。

### 1.2 計畫目的

低放射性廢棄物最終處置設施之型式依處置場址特性，可採坑道處置方式或近地表處置方式進行安全設計及安全分析，其所涉領域之專業技術需求，需具學術或專業單位提供技術經驗。

爰此，原子能委員會放射性物料管理局(以下簡稱物管局)於今(98)年度執行「低放射性廢棄物最終處置設施場址特性參數與設計建造管制技術之研究」計畫，委託國立台北科技大學與國立中央大學組成之研究團隊針對處置設施的場址特性、設計與建造所涉及的管制技術與管制規範進行研究，參酌核能先進國家之法規，如美國核能法規 NUREG-1200，對照我國低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則相關之細則以及安全分析報告，建立對應的審查導則草案以及相關的研究報告，俾供未來建立低放射性廢棄物處置設施審查導則，提供設施申請單位提出處置計畫之依循、審查委員進行審查作業之指引、以及物管局執行管制作業之參考。

### 1.3 研究方法與流程

本計畫重點工作項目之一—美國核能法規 NUREG-1200 第二、三章內容之中文化，有助提昇國內各界對低放射性廢棄物「處置場址特性描述」、「處置設施之設計」以及「處置設施之建造」等作業之瞭解；而另一重點工作—對照我國低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則所提出的「場址之特性描述」、「處置設施之設計」以及「處置設施之建造」審查導則(RP)草案初稿，可縮短未來建制管制規範的時間。另外，研究成果可提供物管局以及未來低放射性廢棄物處置設施相關計畫申請者、審查委員之參考。

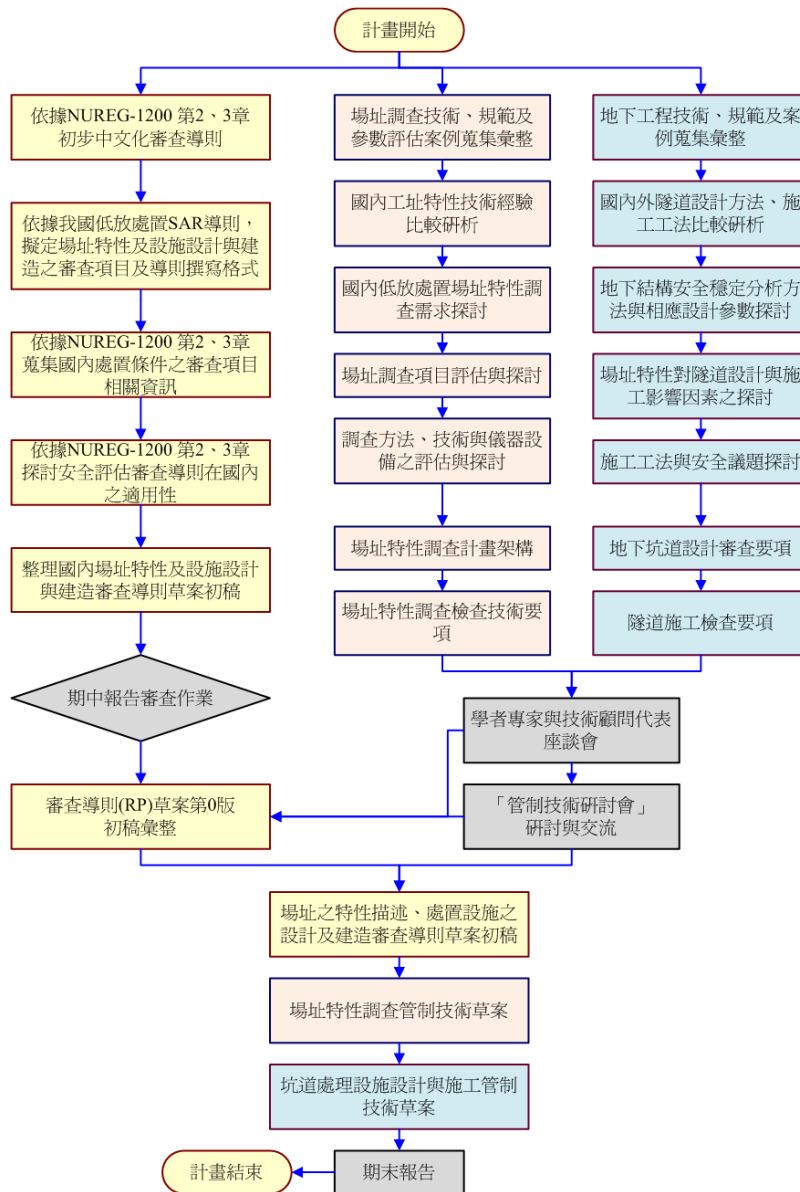


圖 1.1 研究流程圖

## 1.4 報告內容說明

本報告為本計畫成果報告，除本章說明計畫之背景、目的、研究方法與流程外，其餘各章節之架構說明如后：

第二章 美國核能法規 NUREG-1200 之中文化作業：說明 NUREG-1200 與本計畫

直接相關之第二、三章中文化的背景，並將中文化成果附於附錄一、二。

第三章 場址之特性描述：依據 NUREG-1200 中文化之成果，對照我國低放射性

廢棄物最終處置及其設施安全管理規則所提出的「場址之特性描述」審查導則(RP)草案初稿。

第四章 處置設施之設計：依據 NUREG-1200 中文化之成果，對照我國低放射性

廢棄物最終處置及其設施安全管理規則所提出的「處置設施之設計」審查導則(RP)草案初稿。

第五章 處置設施之建造：依據 NUREG-1200 中文化之成果，對照我國低放射性

廢棄物最終處置及其設施安全管理規則所提出的「處置設施之建造」審查導則(RP)草案初稿。

第六章 場址特性調查審查技術之探討：蒐集彙整國外與國內有關處置場場址特

性調查的規範或研究成果，進行說明與比較，以期提供建立符合國內體制與需求之審查技術文件之參考。

第七章 坑道處置設施設計與建造審查技術之探討：蒐集彙整國外與國內有關坑

道處置設施設計與建造的規範或研究成果進行彙整，進行說明與比較，以期提供建立符合國內體制與需求之審查技術文件之參考。

第八章 結論與建議：提出本計畫執行成果之結論與相關之建議。

另外，本計畫以 NUREG-1200 法規為審查導則基本架構之藍本提出第三、四及五章中有關場址之特性描述、處置設施之設計以及處置設施之建造等審查導則草案初稿，然美國有關場址特性、處置設施設計、建造之管理單位、法規制度

皆不同於我國，NUREG-1200 原版本中多處引用美國其他單位訂定之法規、條例或管理規則等，我國可能缺乏對應的法規、條例或管理規則，可能由不同的單位訂有相近者，但因其事業主管目的不同，直接引用可能出現偏頗情事，因此於第三、四及五章原則上按 NUREG-1200 中文版，**將引用美國法規、條例或管理規則以及明顯不合我國國情之規定，皆以斜粗體字型表示**；**部份中文化過程存在疑義者，屬工程邏輯問題者以紅色字體表示，屬文義不清問題者附上原文並以紅色字體表示**；**將 NUREG-1200 審查發現舉例說明之描述，以斜體黑色字型表示**；**將審查導則草案初稿相關章節相互引用者以底線表示**；**本研究增列部份則以斜體灰黑色字型表示**；以利後續編撰審查導則草案時，可直接針對差異處、重要討論之項目等，進行深入探討的參考。

## 第二章 美國核能法規 NUREG-1200 之中文化作業

擷取核能先進國家之相關法規之立法精神與考慮要點，並納入我國工程相關法規與工程環境之需求，為研訂我國 SAR 導則之捷徑。本章即進行美國核能法規 NUREG-1200 「Standard review plan for the review of a license application for a low-level radioactive waste disposal facility」第二、三章之中文化作業。NUREG-1200 之簡介以及中文化成果說明如后。

### 2.1 NUREG-1200 簡介

美國核能法規全部內容共分為 11 章，包括：

#### 第一章 一般資訊

包含 1.0 執照審查流程、1.1 引言、1.2 設施一般描述、1.3 時程表、1.4 制度資訊、1.5 參考資料的引用、1.6 與法規指引的一致性、以及 1.7 主要審查事項之摘要等內容。

#### 第二章 場址特性

包含 2.1 地理、人口統計及未來發展(場址位置及其敘述、人口分佈)、2.2 氣象及氣候、2.3 地質與地震學(含場址地質特性調查、地震調查)、2.4 水文(含地表水文、地下水特性調查)、2.5 土工特性、2.6 地球化學特性、2.7 天然資源(地質資源、水資源)、2.8 生物特性、以及 2.9 運轉前環境監測等內容。

#### 第三章 設計與建造

包含 3.1 主要設計特性、3.2 正常與異常或事故狀況下之設計考慮(含坑道及淺層處置結構設計)、3.3 建造之考慮(建造方法與特性、建造之設備、坑道及淺層處置建造及營運考慮)、以及 3.4 輔助系統與設施之設計(公共系統、輔助設施、防火系統、沖蝕及洪水管制系統)等內容。



#### 第四章 處置設施運轉

包含 4.1 廢料的接收與檢查、4.2 廢料裝卸與暫時貯存、4.3 廢料處置作業、以及 4.4 運轉的環境監測與監管等內容。

#### 第五章 場區關閉計畫與監管

包含 5.1 場址穩定化(地表排水與沖蝕防制、土工技術穩定性、坑道及淺層處置場址的關閉與穩定考慮)、5.2 除污與除役、以及 5.3 後運轉環境監測與監管等內容。

#### 第六章 安全性評估

包含 6.1 輻射的外釋(廢料型式、種類和總量的決定、入滲、放射性核種外釋—正常情況、事故或異常運轉狀況、放射性核重傳播至人類接近區域之地下水、空氣、地表水及其他傳播機制、影響及符合法規之評估)、6.2 保護闖入者、以及 6.3 長期穩定性(地表排水及沖蝕防制、邊坡的穩定性與沉陷及下陷)等內容。

#### 第七章 職業性輻射防護

包括 7.1 職業輻射曝露、7.2 輻射源、7.3 輻射防護設計特性、以及 7.4 輻射防護計畫等內容。

#### 第八章 運轉管理

包括 8.1 組織架構、8.2 申請人資格、8.3 訓練計畫、8.4 緊急計畫、8.5 審查與稽核、8.6 設施之行政及運轉程序、以及 8.7 具體保安等內容。

#### 第九章 品質保證

包括 9.1 設計及建造期的回質保證及 9.2 運轉期的品質保證等內容。

#### 第十章 財務保證

#### 第十一章 參考文獻

依據招標文件之內容，本計畫將以第二章 場址特性以及第三章 設計與建造為主要中文化的對象。

## 2.2 NUREG-1200 第二章「場址特性」內容中文化成果

NUREG-1200 第二章「場址特性」之內容中文化之成果詳附錄一。

## 2.3 NUREG-1200 第三章「設計與建造」內容中文化作業

NUREG-1200 第三章「場址特性」之內容中文化之成果詳附錄二。

### 第三章 場址之特性描述

一、社會與經濟：描述場址及附近地區之行政區交通設施、公共設施、軍事設施、觀光休閒設施、場址所在鄉鎮及週邊鄉鎮之人口數(含流動人口)及人口結構、土地利用情形與開發計畫。

## 3.0 場址之特性描述

### 3.1 社會與經濟

#### 3.1.1 審查範圍

審查委員將審查目前以場址為中心半徑十公里範圍的人口分布、未來發展、城市或鄉鎮的人口狀況、離場址最近的居家與移動人口(transient populations)等，及半徑五十公里內人口超過一萬的城鄉地點、人口狀況與重要的天然環境。

#### 3.1.2 審查程序

##### 3.1.2.1 接受性審查

審查委員遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查 *SAR* 中對人口分布資訊之完整性。

##### 3.1.2.2 安全性評審

評審委員選擇每一個申請案並強調與本 SRP 相關之各種面向的評估要項。*10 CFR 61* 並沒有明確規定人口統計的數字以做為接受的標準。然而，*10 CFR 61* 指出，低放射性廢棄物處置場址的選定，與其人口的成長與未來發展，不能對該設施運作能力達到規定的效能目標造成影響。因此，審查委員必須對目前與未來人口統計數字做出獨立的判斷。審查員必須(一)確定該申請案遵照 *NUREG-1199* 規定與格式提出數據；(二)確認申請人已提出目前與預估人口狀況圖，此圖應由**主要計畫部門(principal compass sectors)**提供，並應足以供作經由大氣途徑(atmospheric pathways)造成之輻射劑量評估(dose assessment)所需；和(三)比對申請人所提出之人口資料與現有獨立之數據(例如，人口普查局資料包括其他任何可能已完成之普查，當地或州立調查局和區域政府議會等)；(四)記錄任何需要進一步說明的重要差異。

審查委員必須比對申請人之**人口發展預估數字**與其它獨立之數據(例如人口普查局資料等)，且必須標註任何申請人對此數據之低估或需要說明的部分。進一步，審查委員需(一)確認申請人提出場址**半徑十公里**內移動人口

數據；(二)評估低放射性廢棄物處置設施與附近的人口聚集處，包括目前已有或預估在設施運作其間會到達一萬人口數以上區域之範圍內的特性；(三)使用範圍內現有相關資料包含土地使用計畫和趨勢、土地使用控制(如土地分區)、成長潛力或其它可能抑制或刺激人口成長的數據。

### 3.1.3 接受準則

#### 3.1.3.1 法規要求

審查委員將依**放射性物料管理法**、**放射性物料管理法施行細則**、**處置安全管理規則**及**運送許可辦法**之要求，決定申請人對接受與檢查廢棄物所提出的程序是否可被接受。本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

**10 CFR 61.50**，「**陸域處置之廢棄物處置場適用規範**」(a)(3)，要求廢棄物處置場址的選定，其人口的成長與未來發展，不能對該設施運作能力達到 **10 CFR 61** 之 **C 部分**所規定的效能目標造成影響。

#### 3.1.3.2 法規指引

無。

#### 3.1.3.3 法規評審準則

如上所示，**10 CFR 61** 並未在執照申請要求中規定人口統計狀況的條件。然而，審查委員必須嘗試去判斷其預估人口成長與未來發展，不致對該設施運作能力達成 **10 CFR 61 條列之 C 部分**所規定的效能目標造成影響。

### 3.1.4 審查發現

#### 3.1.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 **SAR** 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 **10 CFR 61** 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.1.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之人口分布審查。

申請者提供之相關資料已符合 **NUREG-1199** 規定內容與格式之規範，並已提供場址相關之描述與安全評估，這些描述與評估包含人口現況與未來預估人口密度資料。此外，審查委員已比較現有獨立數據，確認申請人對場址範圍內現有與未來預估人口數據(包含移動人口數據)。故申請者提供之相關資料為可接受。

### 3.1.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991
- (3) ---, NUREG-O902, “Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (4) ---, Regulatory Guide 4.19, “Guidance for Selecting Sites for Near-Surface Disposal of Low-Level Radioactive Waste, 1988.
- (5) NUREG-1388, “Environmental Monitoring of Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” 1989

二、地形與地貌：描述場址及附近地區地形與地貌，包括地形高度與起伏趨勢、坡度分布、重要地貌特徵(如河川、山脈、湖泊、海岸線等)，及潛在環境災害分布地區(如崩塌地、沖蝕溝、河川攻擊坡、土石流沖積扇、斷層錯動地形等)。

## 3.2 地形與地貌

### 3.2.1 審查範圍

審查委員將對 *SAR* 中關於場址地質特性的資料加以審查，以判斷這些資料是否足以支持申請者關於各項設施之合適性所獲致之結論。相關資料必須確切與清楚的顯示場址在構造(tectonic)及地質作用(geological processes)方面可符合法規 10 CFR61 訂定的效能目標。特定的審查範圍說明如下：

(1)申請人提出的區域性地質構造、地體構造歷史、區域性應力和地震歷史等描述，審查委員將審查區域性地質構造以及地體構造之活動性，特別是區域性地震發生的可能性以及場址附近可能被誘發活動的地質構造。

(2)提出申請的設施若處於中至高度地震帶，審查委員將評估其地震發生的特性，以確認是否地震與地質構造有關，如地震是否將造成斷層錯動(faulting)或造成斷層相關之褶皺(fault-related folding)。若地震之發生與地質構造有關，則該地質構造可能引致之最大地震必須進行評估，評估時應將下列因素列入考慮：斷層的形態、斷層長度、斷層之位移、斷層滑動速率、斷層移動特性(sense of fault movement)、地震歷史和斷層錯移歷史等。

(3)審查委員將針對場址坐落所在的地體構造進行審查，若有需要，並應分

析該場址地區的火山活動歷史及可能的近期火山活動。分析內容將含每一主要火山活動時期之概述、火山的組成與年代以及附近圍岩的分層狀況。針對申請者所提出的每一座火山，審查委員也將針對礦物學和地球化學進行評估，以及任何與火山相關的破裂或錯移及其發生機制。

(4) 審查委員將檢核地形調查結果，以作為下列情形之佐證：

(a) 破壞性地質作用(destructive geologic processes)；例如塊體滑移(mass wasting)、過度的侵蝕速率(excessive erosion rates)、山崩(landslides)及岩石滑動(rockslides)；(b) 斷層活動性和地表變形等。例如，斷層崖或崩崖(escarpments)、橫斷嶺(shutter ridges)、過陡山谷(oversteepened valleys)和急切河流(sharply incised stream)等，均有可能是破壞性地質作用之表徵，而場址常會因破壞性地質作用而無法被接受。

此項目之審查將與 *SAR* 中其它地質相關主題整合。多種專業的整合審查將在下段討論，包括：水文地質單元、地表及地下水通道或屏障、液化潛能以及大規模坡體破壞等的評估與判定。

審查委員必須認可申請者所提出地層、岩性和地形特性相關資料，這些資料為發展可接受的水文地質模式之基礎，而地表及地下水儲存與流動狀態需根據水文地質模式加以模擬，審查委員將審視申請者提供之資料，是否足以支持其水文地質單元和地表及地下水流路之描述。對地下水流況充分了解，才能確認場址外之輻射傳輸量不會超過法規 *10 CFR61* 的限制。SRP 3.11 節的審查時，基於現地調查和實驗室試驗，審查委員將用到地質資訊的審查結果，以決定是否接受土壤和岩石進行之分層(layering, profiles, and cross-sections)結果，以及設施設計時相關之場址及外來材料工程特性。

## 3.2.2 審查程序

### 3.2.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP，審查委員將審查 *SAR* 中場址地質特性資訊之完整性。若本 SRP 第 2 節所提及的資訊，均來自於申請者完整的文獻研究與適當的場址現地勘查，即可將 *SAR* 視為可接受。諮詢曾於場址附近進行地質調查之民間公司、聯邦政府或當地政府局處，將有助於確保 *SAR* 中地質資料的正確性。

*SAR* 中若能提出充分資訊，使審查委員對申請者的假設、分析和結論做出獨立的判斷，則審查將能快速的完成。也就是說，若 *SAR* 能以符合邏輯的方式提出其數據、理由和結論，審查委員則可免除多餘的延伸判斷或另行搜尋佐證的文獻。*NUREG-1199* 中標題為“區域地質”(Regional Geology)和“場址地質”(Site Geology)的單元，主要目的即在於描述影響場址的地質特

性。因此，所有地質資料與數據的討論、解釋和結論，都必須導向此一目標。地質資訊呈現之不足，將導致補充資料的時間浪費，甚至導致 *SAR* 遭徹底否決。

### 3.2.2.2 安全性評審

當 *SAR* 被評定屬完整並列入備審時，審查委員將以下列三個階段執行審查。

階段一：

審查委員將徹底審查確認，*SAR* 中地質資料說明及結論是否建立在嚴謹的地質分析技術上，而且地質資料的有效性，不超過 *SAR* 或其它文獻提供資料之相關限制。在這個階段審查委員將會與申請人舉行會議，以釐清問題並提出新數據。此會議通常將於建議場址舉行，以利同時舉行場址的現地勘查。

經過 *SAR* 審查及檢驗，審查委員可能對申請人提出補充資訊的要求。所提出的問題及建議都將要求申請人對 *SAR* 未著墨的問題，或資料的不充足部分做出說明，使審查委員能與申請人對於 *SAR* 中所做的說明或結論達成一致的看法。

階段二：

審查委員將評估申請人於第一階段產生問題時的回應，並做出 **安全評估報告 *SER* (Safety Evaluation Report)**。*SER* 可能做出同意申請人的主張，也可能將待解決而未能被解決的問題列為 *SER* 的補充資料。如果審查執照申請的進度，並不允許這些未解決的問題以補充資料呈現於 *SAR*，審查委員可能將這些未解決問題直接列為 *SER* 之審查主張。所謂審查主張，即為審查委員於符合法規 *10 CFR 61* 效能目標之條件下，要求申請人須接受足夠保守之特定解釋或條件。

階段三：

審查委員應評估申請人所建立的 **成果確認計畫 (performance confirmation program)**。這項計畫透過設施建造或廢棄物放置作業期間實際遇到的地表和地下狀況，用以了解地質條件是否符合執照審查中的假設模型。此計畫應在場址建築作業時開始，持續到廢棄物放置溝槽的開挖期，一直到所有處置溝槽永久關閉時。每一個溝槽或開挖都應繪製地質圖，並根據觀察到的改變情況進行分析，這些結果都將依照成果確認計畫由審查委員審查。

### 3.2.3 接受準則

*SAR* 資料若符合 *10 CFR 61* 規定及以下所列準則，可視為通過。

### 3.2.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12*，「**特定技術資訊**」(a)，相關於場址及鄰近地區地質特性敘述部分。
- (2) *10 CFR 61.13*，「**技術分析**」(a)，相關於場址自然特性之定義與區分。
- (3) *10 CFR 61.23*，「**執照頒定標準**」(b) (e) (f)，要求申請者提出可保護大眾健康與安全的保證，並須合理保證符合 *10 CFR 61 C 部分之效能目標*，以及 *D 部分之技術規範*。
- (4) *10 CFR 61 C 部分*，「**效能目標**」，*10 CFR 61.41* 和 *10 CFR 61.44*，要求該設施應該達成的效能目標。
- (5) *10 CFR 61.50*，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a)(1)，訂定符合成為近地表處置場址特性的最低要求。
- (6) *10 CFR 61.50 (a) (2)* 中，要求場址應被特性化(characterized)、模擬(modeled)、分析(analyzed)與監測(monitored)。
- (7) *10 CFR 61.50 (a) (9)* 中，要求構造作用例如斷層錯移、褶皺、地震或火山活動等，其發生頻率或影響程度，對設施符合 *10 CFR 61 C 部分「效能目標」* 的能力造成嚴重影響之場址應避開，無法模擬與預測其長期影響之場址亦應避免。
- (8) *10 CFR 61.50 (a) (10)* 中，要求地表地質作用如塊體滑動、沖蝕、潛移、山崩或風化等，其發生頻率或影響程度，對設施符合 *10 CFR 61 C 部分「效能目標」* 的能力造成嚴重影響之場址應避開，無法模擬與預測其長期影響之場址亦應避免。
- (9) *10 CFR 61.53 (a)*，「**環境監測**」，要求地質資料之取得，以提供界定該場址特性之基本環境數據。

*SAR* 中若能提出充分資訊，使審查委員對申請者的假設、分析和結論做出獨立的判斷，則審查將能快速的完成。也就是說，若 *SAR* 能以符合邏輯的方式提出其數據、理由和結論，審查委員則可免除多餘的延伸判斷或另行搜尋佐證的文獻。*NUREG-1199* 中標題為“區域地質”(Regional Geology) 和“場址地質”(Site Geology) 的單元，主要目的即在於描述影響場址的地質特性。因此，所有地質資料與數據的討論、解釋和結論，都必須導向此一目標。地質資訊呈現之不足，將導致補充資料的時間浪費，甚至導致 *SAR* 遭徹底否決。

### 3.2.3.2 法規指引

*NUREG-0902* 之 4.1 節提供幫助申請人符合規範的法規導引。其中相關



於場址地質特性的部分將被引用。

### 3.2.3.3 法規評審準則

申請人所提出“區域地質”和“場址地質”部分，若均能完成報告並做出完整紀錄，且能符合 *10 CFR 61(a) 、(2) 、(9) 、(10)* 的規範，則此部分將可通過。所提出資訊必須涵蓋該區域與場址的地球物理、地質歷史、地形、地層、岩性、地質構造和地體構造等。更精確地，還必須提出下列各項場址特性：

土壤液化導致之流動跡象(indications of liquefaction-induced flowage features)；喀斯特地形(karst terrain)；斷層(faulting)；結晶變形(crystal deformation)；差異沉陷(differential subsidence)；塊體移動(mass wasting)；局部應力狀態(regional stress regime)和人類活動的影響等。對應上述場址地質，以下之主題亦應納入審查：包括地形、邊坡穩定、流體之注入與抽取(fluid injection and withdrawal)、基岩的溶解(bedrock solutioning)；剪裂帶(shearing)；節理(jointing)；裂隙(fracturing)以及地震活動等作用。以上需針對區域及場址條件評估的資料於 *NUREG -1199* 中有相關說明及討論。

上述資訊必須依照適當的參考文獻作出完整紀錄，包括已出版和未出版數據和資料，以及私人溝通所取得之資訊等。圖說應包括地體構造、地質、地形以及地質構造圖；地層剖面；鑽孔柱狀圖；電測井錄(electrical logs)；以及航空照片。若有需要，特定場址也應於圖面標示油井、瓦斯井、斷層、喀斯特地形特徵、以及反射震測剖面(seismic reflection profiles)等。

## 3.2.4 審查發現

### 3.2.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

審查委員的評估若確認 *SAR* 已符合“接受條件”中的規範與導則，則在 *SER* 報告的結論中將會陳述申請人的資料已充分支持其結論。任何在 *SAR* 中重要缺失未被解決的問題或保留條件，將會在 *SER* 清楚列出，並清楚定義問題的本質。若無重大或未解決的問題，審查委員將會認定申請者在本單元已符合 *10 CFR 61* 之規定為可被接受。

### 3.2.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.4 節*，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之場址地質特性的審查。

場址之地質已被適當地特性化(characterized)，模擬(modeled)與分析(analyzed)，以確保 *10 CFR 61 C 部分*和 *10 CFR 61.50 (a)(2)*之長期效能目標

已被滿足。

場址附近地體構造和地質作用以及地震活動頻率與影響程度不致造成設施無法符合 *10 CFR61 C 部分*和 *10 CFR61.50 (a)(9)(10)*之效能目標。

### 3.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG- O902, Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (3) ---, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.

三、氣象：提供場址附近之氣象資料，包括風向、風速、溫度、濕度、降水量、降水強度、颱風發生之頻率等，並提供有紀錄以來之最大降水量、最高及最低溫度、最大風速。

## 3.3 氣象

### 3.3.1 審查範圍

審查委員將審查可能影響低放射性廢棄物最終處置場址安全設計、建造、運作與關閉作業之區域平均或極端的氣候狀況與現象。審查作業將涵蓋以下章節所提之特定範圍。

#### (1)廣域(regional)資訊

(a)廣域氣候一般性之描述，包括氣團種類、天氣特徵(高、低氣壓系統和鋒系)、一般氣流型態(如風向與風速)，氣溫和濕度、降雨以及綜觀尺度的大氣過程(synoptic-scale atmospheric processes)與局部氣象條件(local meteorological conditions)關係等。

(b)季節性與年極端氣候現象的發生頻率，包括龍捲風、暴雨、雷雨、閃電、冰雹以及空氣汙染高潛勢(high air pollution potential)。

#### (2)局部區域(local)資訊

(a)設計作業及功能評估依據之氣候狀況，包括：

1.設施運作期與安全相關結構物之屋頂，必須能承受之最大雪與冰載重。

2.與天氣相關之放射性輻射傳導參數，包括平均與最大風向量、持

續時間以及降雨強度等。

3.一般天氣相關的場址劣變參數，包括降雨強度與延時、風向量、氣溫與氣壓梯度等。

4.極端天氣相關的場址劣變參數，包括龍捲風、暴雨、雷雨、閃電、冰雹以及極端空氣汙染潛勢(來自場址外之汙染源)

(b)描述場址當地氣候，如氣流、氣溫、大氣中之水蒸氣(atmospheric water vapor)、降雨、霧、大氣穩定度及空氣品質等。

(c)氣候對設施之影響評估，以(1)所列當地氣候參數來評估設施建造、運作和地形效應修正的影響。

(d)因設施建造而改變的場址地形描述及其環境概況，包括場址邊界及緩衝地帶等。

### 3.3.2 審查程序

#### 3.3.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199 美國核子管制委員會規範* 以及本 SRP 審查 SAR 報告中對氣象與氣候資訊之完整性。

#### 3.3.2.2 安全性評審

審查委員將確認 SAR 中有關氣象與氣候基本資訊之完整性與正確性。風與大氣的穩定度資料應以場址現地資料為主，因為氣流與垂直氣溫結構可能因為位置的改變而有明顯的改變，特別是這些資料將成為評估場址大氣擴散條件之輸入資料。其它鄰近有代表性之氣象站的長期監測資料仍應納入參考，因為 SAR 作為設計基準之氣象資料應與場址極端氣候強度與頻率進行比較，而其他相關分析亦將用這些資料來判斷氣象條件是否將成為設計或緊急作業程序的重要限制。當場址現地測量資料以外的資料被使用時，審查委員必須判斷此資料具有多少代表性足以代表現地狀況，以及是否有其它更具代表性的資料可供使用。審查委員將使用下列各官方資料：*美國商業司國家海洋與大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)*之「各州氣象概要(State Climatological Summary)」、*「當地氣候資訊 - 年度概況之比較分析(Local Climatological Data-Annual Summary with Comparative Data)」*和 NOAA 提供的環境資料等。審查委員將運用這些資料來評估使用之氣象站或記錄時期是否具代表性。審查委員必須熟悉所有主要氣象資料的監測位置。

審查委員將確認由申請人提出的地形圖及地形剖面圖，必須清晰可讀並清楚標示，可快速找出審查所需的相關資料。重要的相關位置如設施結構、場址界線和緩衝區皆須在所有地圖及圖表上標明。

審查委員將比較申請人之地形效應評估與如「*氣象學與核子能源-1968 (Slide, 1958)*」中提供之標準評估方法，以決定此大氣擴散模式是否適用於本場址。

審查委員將審查場址所在的地區性氣候概述是否完整與確實。申請人所提出之氣候參數如氣團、一般氣流狀況、壓力模式、鋒系和溫濕度狀況，審查委員皆須逐項與標準參考值(Thom,1958; Department of Commerce, 1968)相比較，以確認其測量地點與記錄時間是否恰當。

審查委員將確認申請者針對綜觀尺度的大氣過程對當地氣象狀況影響之相關描述，並對照「*美國氣象圖集(Climatic Atlas of the United States)*」與「*當地氣候資訊-年度概況之比較分析(Local Climatological Data - Annual Summary With Comparative Data)*」(兩者皆由美國商業司出版)。

因為平均與極端的氣象資訊僅能從區域性氣象站的長期監測資料取得，而該氣象站通常並不鄰近於場址所在，所以審查委員必須先確定資料對場址具有足夠的代表性，再去確認氣象站與其資料之合適性。

### 3.3.3 接受準則

#### 3.3.3.1 法規要求

無。

#### 3.3.3.2 法規指引

無。

#### 3.3.3.3 法規評審準則

無。

### 3.3.4 審查發現

#### 3.3.4.1 引言

無。

#### 3.3.4.2 審查發現範例

無。

### 3.3.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) Slade, D.H., ed., "Meteorology and Atomic Energy – 1968," TID-24190, Division of Technical Information, U.S. Atomic Energy Commission, Washington, DC, 1968.

- (3) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991
- (4) ---, Regulatory Guide 1.23, “Onsite Meteorological Program (Safety Guide 23)”.
- (5) ---, NUREG-1388, “Environmental Monitoring of Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” 1989
- (6) ---, NUREG-0902, “Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (7) Thom, H. C. S., , 「New Distribution of Extreme Winds in the United States」 , Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, pp. 1787-1801, July 1968.
- (8) U.S. Department of Commerce, “Climatic Atlas of the United States,” Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, June 1968.
- (9) ---, “Local Climatological Data-Annual Summary with Comparative Data,” Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, published annually for all first-order National WEATHER Service stations.
- (10) ---, “State Climatological Summary,” Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, published annually by State.
- (11) ---, “Storm Data, Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, published monthly.

四、地質與地震：說明場址及附近地區之地層、地體構造、活斷層、歷史地震等之調查成果等，並說明斷層與地震危害度之調查與評估方法。

### 3.4 地質與地震

#### 3.4.1 審查範圍

審查委員將針對地震與地球物理調查結果進行審查，以確保該低放射性廢棄物處置設施能安全運作並符合法規之效能目標。這些調查主要著重在最大地震潛勢的評估，而評估時應將區域和場址地質狀況列入考量。

審查重點為應由申請人進行之以下調查項目：地震特性(seismicity)，場址與區域地體構造特性，地震活動與地質構造或地體分區間的相互關係，最大地震潛勢，場址地震波傳遞特性，設計基準地震，沉陷和液化潛勢以及地球物理方法等。

### 3.4.2 審查程序

#### 3.4.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP，審查 *SAR* 中對地震調查資訊之完整性。

#### 3.4.2.2 安全性評審

在申請書接受並進入備審時，審查委員將依下列所述執行審查：

- (1) 審查委員將針對地震相關與地球物理相關資料進行評估，並決定相關資料是否能被接受以及是否符合本 SRP 第 4 節的準則。審查委員可視需要召開會議請申請人釐清與資料相關之問題。
- (2) 進行現地勘查以(a)釐清或確認 *SAR* 中所提出的相關資料；(b)檢核場址之地質構造；(c)評估鑽探岩心、探坑(exploratory trenches)、和地球物理探勘資料等。
- (3) 根據現勘和申請文件的資料，審查委員將在必要時向申請人提出補充資料的要求，並且陳述可能與申請人相同或相左的主張。

針對補充資料評估其適合性及完整性並撰寫 *SER*，*SER* 中將包含任何需要進一步調查的待討論之開放性問題，這些問題必須於附加於 *SER* 中。

### 3.4.3 接受準則

#### 3.4.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR61.12*，「特定技術資訊」(a)，相關於場址及鄰近地區區域特性和地震活動。
- (2) *10 CFR61.12(d)*相關於設計基準地震(design basis earthquake)與主要設計條件之關係。
- (3) *10 CFR61.13*，「技術分析」(a)(d)，對場址自然特性所扮演的角色，須清楚界定與區分，並須論證場址設施關閉後即使未進行常態的維護工作亦能維持長期之穩定度。
- (4) *10 CFR61.23*，「執照頒定標準」(b) (e) (f)，要求申請者應提出可保護大眾健康與安全的保證，並須合理保證符合 *10 CFR61 C 部分之效能目標*，以及 *D 部分之技術規範*。
- (5) *10 CFR61 C 部分*，「效能目標」，*10 CFR61.41* 和 *10 CFR61.44* 要求該設施應該達成的效能目標。

- (6) **10 CFR61.50**，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a) (1)、(a) (2)、(a)(9)、(a)(10)，要求：(a)場址可滿足長期效能目標的特點；(b)該場址必須可以被特性化、模擬、分析與監測；(c)避開地震活動將對場址設施達成效能目標能力造成嚴重影響的區域；(d)避開地質作用對場址設施達成效能目標能力造成嚴重影響的區域
- (7) **10 CFR61.53 (a)**，「**環境監測**」，要求取得地震資料以達成環境監測目的。

#### 3.4.3.2 法規指引

法規指引在於協助申請者符合 3.1 節法規要求，由下列文件提供：

- (1) **NUREG-0902**，「**場址之適合性、選址及特性調查**」，關於場址及鄰近地區特性的界定，包括地層、地體構造、地質構造、地震及火山風險，以及提供特定場址調查之指引與建議。
- (2) 「**Standard Review Plan for UMTRICA Title 1 Mill Tailing Remedial Action Plans**」**低放射性廢棄物管理與解除**中，與界定地震或地體構造災害相關部分，以及提供特定場址調查之指引與建議。
- (3) **10 CFR 50 附錄 A**，「**核電場的設計一般準則**」，與安全相關構件設計有關之地震影響。
- (4) **10 CFR 100 附錄 A**，「**核電場的地震和地質準則**」，與取得地震資料並決定場址合適性的各項調查，以及界定低放射性廢棄物處置設施應考慮的地質與地震因子。

#### 3.4.3.3 法規評審準則

有關審查範圍之評估準則，依循下列各節：

##### (1) 地震特性

申請人必須評估所有可得之歷史數據，並詳列場址範圍 **200 哩以內修正麥氏震度(modified Mercalli intensity, MMI)大於或等於第四級(IV)**，或**地震規模大於或等於 3 的所有地震參數**。申請者必須提出標示震央的地圖以顯示這些地震的分佈，以大比例尺的地圖，標出**場址 50 到 5 哩以內**發生的地震，以及地震發生率高的區域。申請者必須列出地震發生的時間、震源深度、震央座標、最大強度、規模和與場址的距離。規模屬於  $m_b$ 、 $m_l$  與  $m_s$  應該清楚標示，相關資料的來源亦必須說明。其它與山崩、地表斷裂和液化等相關之資料亦應一併提及。

##### (2) 場址與區域之地體構造特性

申請人須清楚正確的界定場址區域內所有重要地質構造與地

體構造活動性，以決定地震潛勢。根據地質構造與地震的分佈情形，申請人必須依照歷史記錄，標示出場址附近的地體構造分區(tectonic provinces)，相同地體構造分區內地震潛勢具有一致性。地體構造分區可經由地震型態的研究、地質歷史的變化和現今地體構造而界訂出來。此外，在場址附近的區域若有活動斷層，必須在該區域地圖上標示地體構造分區、與這些斷層相關的地震位置以及相關的地質構造位置等。

(3) 地震活動和地質構造或地體構造分區間相互關係

當 *SAR* 顯示出地震的發生和地質構造或地體構造分區有關時，申請人必須提出其為何有關的理論根據，並將地質構造的特性、地區地體構造模型和歷史地震活動皆納入考量。地震位置和其震源深度應彙整條列，決定該地震位置所使用的方法也應敘明。相關資料呈現應以圖示標明地體構造分區、地震震央、地質構造位置，以及用來定義地體構造分區的相關資訊。所有的地圖皆應使用同一比例尺。

(4) 最大地震潛勢

申請人必須查閱文獻以界定有紀錄可循的**可信最大地震(credible earthquake)**及其地質結構或**歷史記載上最大地震(historical earthquake)**與其地殼變動帶。所謂最大可信地震是指於該地殼活動帶的地質結構下可以合理預期會發生的最大地震。

當最新地質或地震活動證據出現，充分證明會造成比歷史紀錄上最大地震更大的地震時，應針對此問題加以討論，並加以預估可能發生的地震規模。當地震的發生與地質構造有關時，估算在此地質狀況下會發生的最大地震時，必須將地震的破裂長度(rupture length)和斷層的形態(正斷層或逆斷層等)列入考量。另外，若有可能時，地震的頻率(frequency content of the earthquake)也應加以討論。以**場址為中心 200 哩範圍**內所發生過地殼變動所引起的最大地震，其地震規模大於等於 3，則必須提出等震度圖(iseismal maps)。場址的地表震動也應使用適當的衰減模式(attenuation models)加以評估。在評估地表震動時，應使用距離場址最近之地體構造分區相關之最大地震。

(5) 場址的地震波傳遞特性

為了估算場址的地表震動，必須先了解震源至場址的地震波傳遞特性。此外，岩盤上覆材料對於地震波有放大或衰減(amplify or



deamplify)的作用，故應該加以描述。這些覆蓋材料及岩盤的壓力波速或剪力波速(compressional and shear wave velocities)、統體密度(bulk densities)以及剪力模數(shear moduli)的資料應依循 SPR 6.3 節 相關說明加以陳述，計算使用的方法和皆須敘明。

(6) 設計基準地震

申請者必須描述地表和設施位置所關心之深度，其最大地震所造成的震動情形。最大地震造成場址尖峰水平和垂直加速度(peak horizontal and vertical accelerations)必須使用適當的衰減式(attenuation relationships)加以計算。適當的衰減式(attenuation equations)條列於 *NUREG/CR-375*，附錄 C.A.中。地表震動之放大效應(amplification of vibratory ground motion)潛能必須加以討論。在某些狀況下，場址反應譜(site-specific response spectra)應與結構物設計反應譜(design spectra of the structures)進行比較。

在可能的狀況下，應該進行地震災害或然率(probabilistic seismic hazard)之預估，並應記錄這些災害估計的假設狀況與不確定性。根據地震災害或然率研究結果，應能點出哪一個震動源將會對場址造成最重要之影響。

(7) 沉陷與液化潛勢

根據 SRP 5.1.2 節與 6.3 節之規定，靜態與動態條件下地下與回填材料之變形或差異沉陷、液化潛能，以及地表下土壤液化對覆蓋材料穩定度的影響等，皆須加以分析。

(8) 地球物理方法

申請人用以支持其場址地質適合性所使用的地球物理方法，必須加以說明。申請人應說明所使用地球物理方法的適用範圍，以及地球物理數據的取得、處理以及解釋等採用之方法。這些地球物理資料應彙整在地質構造的相關章節中，並做為其解釋之推理基礎。

有一些地球物理調查方法可以用在地下地質的探測，例如電測(electrical)、反射震測(reflection)、折射震測(refraction)、重力(gravity)、以及磁測(magnetic)方法。鑽探資料也同樣可以用來支持以上述地球物理方法所獲致的解釋。

### 3.4.4 審查發現

#### 3.4.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查

委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

審查委員在 *SER* 中必須著重的問題有地體構造分區、斷層活動、最大可能或歷史地震、場址地表加速度之估計、沉陷與液化、以及場址取得執照之合適性。

若審查委員評估結果，證明申請人已符合所有執照申請之規定，則將於 *SER* 中說明申請人所提供之資訊足以支持其場址之地震分析(seismic integrity)之結論。

此外，若有任何需要進一步討論的問題，審查委員必須在 *SER* 中詳述。

#### 3.4.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地震調查資料的審查。

審查的結論如下：

- (1)申請者所提供之地震資訊充分，場址內並無活動斷層(capable faults)存在，將不致影響場區安全。
- (2)設計基準地震已適當定義，而其場址放大效應的可能性也已討論。
- (3)足夠之地球物理探測調查成果以施作並藉以進行場址特性化。
- (4)申請人已符合 *10 CFR 61.41 至 61.44 法規* 規範之效能目標以及 *10 CFR 61.50(a)(1)、(a)(2)、(a)(9)和(a)(10)* 陸域低放射性廢棄物處置設施的技術要求。

#### 3.4.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-O902, "Site Suitability Selection and Characterization," April 1982.
- (3) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (4) ---, NUREG/CR-3756, "Seismic Hazard Characterization of the Eastern United States, Methodology and Interim Results for Ten Sites," D. L. Bernreuter, J. B.
- (5) Savy, R. W. Menstng, and D. H. Chung, Lawrence Livermore National Laboratory, April 1984.

General:

- (6) U.S. Nuclear Regulatory Comntssion, NUREG/CR-3756, "Standard Review Plan for UMTRCA Title 1 Mi11 Tailings Remedial Action Plans," Low-Level Waste Management and Decommissioning, October 1985.

## 五、地表水：說明場址及附近地區之地表水體水文、水質特性、水資源使用狀況及其調查方。

### 3.5 地表水

#### 3.5.1 審查範圍

審查委員將審查 *SAR* 中與地表水文相關的資訊：(1)地表水特性與該場址之相關性；(2)洪氾或潰壩事件之設計基準的需要；(3)設施運作時期和關閉後可能受影響到的地表水使用者；(4)該場址滿足 *10 CFR 61.50* 場址適用性規定的能力。

#### 3.5.2 審查程序

審查委員將取得並使用必要資訊，以確保審查程序的完整，同時，審查者亦將使用並強調 SRP 內容中適用於特定情況下的資料。

##### 3.5.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查其 *SAR* 中對地表水文資訊之完整性。若申請人資料有不適當或不充分之處，審查委員將要求其對該案件提供更多的資料或解釋。審查委員可以建議其所提出的 *SAR* 文件被拒絕或可接受，抑或是備案等待資料的補充。若補充資料充足，則可開始地表水文相關的技術性評估作業。

##### 3.5.2.2 安全性評審

審查委員將決定申請案是否符合 *10 CFR 61.50* 場址適合性要求之規範。委員將驗證 *10 CFR 61.50(a)(5)(2)* 對海岸高災害地區或濕地之規範，以及 *10 CFR 61.50(a)(6)* 上游集水面積最小化(*upstream drainage areas are minimized*)之相關規範 (也就是說，此場址未受易發生洪氾之河流所影響)。

依 *10 CFR 61.50(a)(10)* 要求，場址內未發生無法防護的活動性侵蝕作用 (*active erosion*)

審查步驟將檢驗資料與數據的完整性，並將 *SAR* 提出之資料與現有參考資料逐一比較。以水文圈(*hydrosphere*)的敘述(如地理位置與區域水文特性)為依據，場址洪氾潛在的可能機制必須被界定清楚。若場址所在位置並沒有發表任何相關資料，則申請人必須執行該址洪氾與侵蝕之分析。審查委員將依照 SRP 6.3.1 節之規範步驟審查相關資料，審查指引則可查閱本 SRP 附錄 A 的洪氾和洪氾平原(*flooding and floodplains*)與場址穩定度規範。相關於上

游集水面積最小化之資料則可參閱總結於 SRP 4.3 節之“公眾意見回應 (Response to Public Comments)”。

場址的現勘是必要的審查步驟。審查委員現場的勘查可以獨立地確認場址及其鄰近環境的水文特性。現勘的主要目的如下：

- (1) 讓審查委員認識場址狀況以及地區水文特性和地形地貌 (topography)，
- (2) 可觀察到一些無法量化或具多變性的特質及其相互關係，
- (3) 可即時觀察水文系統受擾動(stress)時期之行為，諸如若遇到大雨情形下的特性，
- (4) 確認申請者對於場址/設施水文介面之評估和描述，
- (5) 與申請者、申請者之工程人員與顧問共同審視具特定水文問題之區域。

除了勘察各項水文特性以外，審查委員若能與申請者之工程設計者討論及溝通特定問題和疑問，並有相互的了解，則可視為現勘的目的順利達成。此外，對於回應審查委員的問題點所需的一般性技術和程序應加以討論。

### 3.5.3 接受準則

#### 3.5.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR61.50*，「陸域處置設施場址之適用規範」(a) (5)，相關於經常性洪氾地區之選址和符合執行規則 *Executive Order 11988* 之「**洪氾平原管理導則(Floodplain Management Guidelines)**」。
- (2) *10 CFR61.50(a) (6)*，相關於上游最小集水面積(minimizing upstream drainage)。
- (3) *10 CFR61.50(a) (10)*，相關於避開侵蝕作用旺盛的區域

#### 3.5.3.2 法規指引

洪氾平原與洪氾之場址適合性規範的導則請查閱本 SRP 附錄 A。*NUREG-0902* 中則提供場址選址與地表水文條件之額外導則。

#### 3.5.3.3 法規評審準則

*SAR* 中提出的資訊接受與否，必須基於資料與圖完整度與適合度的定量評估。如果審查者足以獨立評估洪氾與高強度降雨的效應，則對於結構、設施和侵蝕防護設計的評估與敘述可視為完整。場址地形圖的品質及比例尺大小，需足以獨立進行建造工程前後的排水分析。

上述資料將成為後續水文工程分析的基本資料，這些分析之檢驗可參考 SRP 3.4.4 節、5.1.1 節和 6.3.1 節。因此，資料的完整和明確非常重要。地

圖必須清楚與適當涵蓋分析所需數據。對於地表水及其使用之水文特性描述需詳盡，並需與美國地質調查所(U.S. Geologic Survey, USGS)、國家海洋與大氣管理中心(National Oceanographic and Atmospheric Administration)、水土保持服務機構(Soil Conservation Service)、陸軍工兵團(Corps of Engineers)或適當的州與河川流域管理局(State and River Basin Agencies)等所提出的資料一致。可能會對場址狀況有影響的水庫或水壩設施(已存在或將設置者)，可由 USGS、美國墾務局(U.S. Bureau of Reclamation)、陸軍工兵團或其他管道取得適當相關資料。這些資料通常包括集水區列表、構造形態、附屬設施(appurtenances)、所有權、地震設計和溢洪道設計準則(seismic and spillway design criteria)、水位與庫容關係(elevation-storage relationships)與短期與長期庫容配置(short- and long-term storage allocations)。

審查委員若確認所提資料已清楚符合下列場址適合性之要求，則其資料與分析則屬可接受：

- (1) 場址未設立於經常性洪氾的地區(10 CFR 61.50 (a)(5))並符合執行規則 *Executive Order 11988*，「*洪氾平原管理導則(Floodplain Management Guidelines)*」。
- (2) 上游最小集水面積(10 CFR 61.50 (a)(6))標準程度為：
  - (a) 場址位於低淹水(inundation)潛勢區
  - (b) 需要實施降低洪水問題的洪水防護設施(flood protection measures)機會很少
  - (c) 各種工程設施主要是用來加強場址防洪設計而非補救防洪之不足。
- (3) 場址內未發生無法防護的活潑侵蝕作用(active erosion)(10 CFR 61.50(a)(10))。

申請人所提出洪氾分析資料之接受準則詳述於 SRP 6.3.1 節。

### 3.5.4 審查發現

#### 3.5.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 10 CFR 61 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

評估的結果將包含一般水圈的場址敘述、鄰近場址的地表水使用者、以及根據 10 CFR 61.50 規範決定場址適合性。

#### 3.5.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP 3.5 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢

棄物處置設施之地表水文資料的審查。

該場址坐落於 *Waste City, Pennsylvania*，XYZ 溪之右岸(由上游往下游看)。XYZ 溪之集水區離場址約莫 91 哩(mi)。這條溪為東北流向，其平均河床坡度為 0.0012。XYZ 河流域為重要農作區，大部分為經濟作物與林地圍繞住宅區與工業區[提供參考資料]。

XYZ 溪從 1880 年代開始有洪水記錄資料。1912 年九月曾有洪水發生的紀錄；其它主要洪水發生在 1956 年八月、1961 四月、1963 三月以及 1966 年二月。

從 1907 年 XYZ 溪開始記錄低流速的數據，其最低流速每秒 8.7 ft 的紀錄發生於 1936 年十月。其 7-day 10-year 之流速(flow rate)估計約為 16.7 ft/sec[提供參考資料]。

位於 XYZ 溪的兩個地表水水質(surface-water quality)監測由美國地質調查所(USGS)自 1950 年監測至今。USGS 的分析通常包括所有水質參數。一般來說，含鹼度(alkalinity)，例如碳酸鈣(calcium carbonate)，在整個採樣期間超過美國環境保護局(U.S. Environmental Protection Agency, EPA)家庭用水標準值 20 mg/l。低流速時期硫酸鹽(sulfate)含量超過 EPA 標準值 250 mg/l。

申請者由 XYZ 溪緊臨場址處採取兩組樣本。分析的結果顯示河水並沒有遭受地下水排放的污染。主要成分與示蹤物質從三月至六月逐漸減低，應與該期間逐漸增加的流速有關。

處置設施下游的地表水使用有限，距離最近的用水者是位於設施下游約 1.7 哩處，主要為灌溉之用，每天的使用量為 14 萬加侖。

申請者所提出資料說明該場址目前排水良好且無潮濕低地。申請者分析及審查委員獨立評估顯示，該場址位於 XYZ 溪可能最大洪水水位之上，也就是說場址位處於 100 年和 500 年洪水水位之上。基於 SAR 提供資料和分析結果，以及 NRC 人員的現勘，審查委員認為 SAR 符合 10CFR 60.50(a)(5)之法規規範。此外，因場址所在位置高於有效的洪水水位，因此 SAR 同時符合 10CFR 61.50(a)(6)法規。

基於[提供之參考資料]之資料顯示及現地勘查，該場址現場並無地表作用如侵蝕(erosion)、邊坡滑動(slumping)以及崩塌(landsliding)的現象。審查委員認為符合 10CFR 60.50(a)(10)之法規規範。

### 3.5.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) ---, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0902, "Site Suitability,

Selection and Characterization,” 1982, reprinted 1986.

- (3) ---, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.

因為場址的地質多樣性以及龐大數量的水文學參考資料，不及備載。一般來說，USGS、NOAA、Army Map Service、Federal Aviation Administration 這些單位的地圖、圖表；USGS 對水資源的論文；陸軍工兵團的河流流域報告(river basin reports)；以及其他州立、聯邦或規範單位對於水文特性的描述皆已被參考使用。

## 六、地下水：說明場址及附近地區之地下水體水文、水質特性及其使用狀況、水文地質架構與水文參數等資料及其調查方法。

### 3.6 地下水

#### 3.6.1 審查範圍

審查委員將審查 **SAR** 中所有本 SRP 3.1 節到 3.6 節所訂相關於飽和與未飽和水流狀態(saturated and unsaturated flow regime)的描述與特性，以及蒐集相關資料的使用方法。再者，審查範圍將涵蓋用以確認飽和及未飽和層特性所需使用到的策略、理論根據和資料分析的結果。

關於飽和層資料模擬的發現與獲致之結論，將用於分析由 **LLTB (Technical Branch)** 委員審查本 SRP 3.8 節“水資源”項目下相關資訊與資料。此資訊應包含數值模式(numerical model)中的輸入資料描述、初始邊界條件(initial boundary conditions)以及模擬之物理過程(simulated physical processes)。關於未飽和層物理特性的發現與獲致之結論，也將被用於證實 **LLTB** 審查委員按照 SRP 6.1.2 節“入滲(Infiltration)”和 6.1.5.1 節“地下水移動機制(Transfer Mechanism-Groundwater)”所獲致之審查結論。此資料應包含地下水補注的時間和空間分佈及達到飽和層的水量。

##### (1) 飽和層的特性

飽和層特性的審查範圍包括下列各項：

- (a) 涵蓋說明相關於測量、採樣、符合 **10 CFR 61.12(j)** 要求的品保計畫、採樣地點與採樣頻率決定之邏輯、測量使用的儀器以及監測井的建造等之規格文件。

- (b)現地和實驗室數據分析的步驟
- (c)描述所有可能受影響性之含水層系統、水文參數的空間(spatial)與地層層次(stratigraphic)分佈以及飽和層的平面寬度及厚度等，以符合 **10 CFR 61.12(a)** 規範。
- (d)申請者所提出的概念模式包括補注區和流出區、主要含水系統之側向與地層層次間(lateral and stratigraphic)延伸的評估、含水層間的互動(互通)關係以及欲獲致結論所需之模式充足性，均須適切地達成 **10 CFR 61.50 (a)、(2)、(7)、(8)** 選址規範的目標。

## (2) 未飽和層的特性

未飽和層場址特性的審查包含：

- (a)涵蓋說明相關於測量、採樣、符合 **10 CFR 61.12(j)** 要求的品保計畫、採樣地點與採樣頻率的邏輯、測量使用的儀器等之規格文件。
- (b)現地和實驗室數據分析的步驟
- (c)描述所有可能受影響性之含水層系統、水文參數的空間(spatial)與地層層次(stratigraphic)分佈，包括如特性曲線(characteristic curves)與入滲速率(infiltration rate)等，以滿足 **10 CFR 61.12(a)** 規範之要求。
- (d)申請者所提出的概念模式，包括土壤含水量變化、側向與地層層次間(laterally and stratigraphically)的特性曲線、入滲與滲漏(percolation)速率、流體於不飽和層中整體之移動，以及欲獲致結論所需之模式充足性，均須適切地達成 **10 CFR 61.50 (a)、(2)、(7)、(8)** 選址規範的目標。

## (3) 飽和層的數值分析

飽和層數值分析的審查範圍包含：

- (a)發展數值模式的方法論、理論和根據，包含模式型態的呈現(documentation)、驗證(verification)、校準(calibration)以及其他相關資料等。
- (b)輸入模式的資料包括現地與實驗室測量與分析資料、使用地質統計或其他數據產生技術的資料、外界來源資料和現地的任何修正資料等。
- (c)必須展示其模式所得的結果可適切地代表其執行層面的物理系統(physical system)。
- (d)發展模式的結果包含模擬水頭分佈、速率分佈和所有可能影響含水層之地下水方向，皆適切地達到 **10 CFR 61.50 (a),(2),(7),(8)**



選址規範的目標。

#### (4) 未飽和層的數值分析

未飽和層數值分析的審查範圍包含：

- (a) 所使用之分析模式的方法論、理論和根據，需要的話，使用的資料模式包含模式型態、呈現(documentation)、驗證(verification)、校準(calibration)以及其他相關資料等。
- (b) 輸入模式的資料、產生或簡化(generation or reduction)資料的條件以及外界來源資料和現地或實驗室的任何修正資料等。
- (c) 模擬的結果，包含地下水運動的方向、滲透量、滲漏至飽和層的空間與時間分佈以及異常高或異常低滲透的區域。
- (d) 必須展示其模式所得的結果可適切地代表其執行層面的物理系統(physical system)。

### 3.6.2 審查程序

#### 3.6.2.1 接受性審查

審查委員將遵照 *NUREG-1199* 及本 SRP 規定，針對 *SAR* 中關於地下水特性資料描述的完整性進行審查。審查委員將使用標準評估程序，陳述資料的遺漏、缺點和不當。若資料不適切或不足時，審查委員將要求申請人提供補充資料或提出解釋。審查委員在此階段將對申請資料做出否決或接受或備案等待補充資料的決定。

#### 3.6.2.2 安全性評審

##### (1) 特性描述

審查委員將執行現地勘查、與技術專家討論，並將比較申請資料與相關科學文獻以確定水文地質方面的描述是否正確。

##### (a) 飽和層

審查委員將透過評估試驗及監測計畫以及採樣程序以審查區的資料，審查委員並將評估取樣地點之邏輯，同時驗證這些資料與區的複雜程度是相稱的。審查委員亦將確認蒐集、保存及樣品分析的程序是可被接受的。審查委員必須確定蒐集、保存和樣品的實驗室分析都受到適當的品質控制。審查委員也將評估非申請人設置、用於特性描述之監測設備(包括場址附近的滲出(seeps)、湧泉(springs)以及私人、地方政府或工業水井的特性)。

審查委員將評估申請人進行之含水層試驗，以確保試驗方法採用了正確的假設、分析方法以及試驗程序，*LLTB* 委員將

評估導自試驗之導水係數(transmissivity)、儲水係數(storativity)以及水力傳導係數(hydraulic conductivity)結果是精確的。

審查委員將判斷地下水是否流出表面進入設施中(10 CFR 61.50(a)(8))以及是否因水位的變動造成地下水與廢棄物接觸(10 CFR 61.50(a)(7))。再者，審查委員將確認主要水文參數的描述、地下含水層的範圍、補注-流入區、流速和方位以及流動穿越時間，這些描述均應包含季節性變異及長期趨勢。

(b) 未飽和層

審查委員將評估未飽和層監測計畫和採樣程序的相關資料，並將評估取樣地點之邏輯以及證明這些資訊與未飽和層的複雜程度相稱。

審查委員將確認未飽和層的描述以融合了所需之現地與實驗室資料，包含季節性變異及長期趨勢。審查委員也將使用可接受的方法進行獨立分析，以確認申請人對棲止含水層(perched aquifers)發展的可能性分析結果是適當的。

(c) 概念模式

審查委員將謹慎分析及評估申請人提出之概念性模式，此一概念性模式將描述實際應用範圍內所有的水文地質過程與特性，包含深層滲漏(deep percolation)的潛勢、補注/流出區域、影響區域水文地質過程之異常物理參數、含水層(aquifers)與侷限含水層(confining layers)之分佈、含水層間互制作用以及飽和與未飽和層地下水的移動。

審查委員將審核水文地質概念模式，以判定模式是否具有可攻擊的缺陷、模式的保守程度以及將此一水文地質概念模式納入統一概念模式(unified conceptual model)中資料的適當性。再者，審查委員也將審查申請人所提出之結果是否能適切的滿足 10 CFR 61.50(a)(2)(7)(8)要求的相關陳述。

(2) 數值分析

審查委員將審核申請人於場址及其附近所蒐集數值分析需要的地下水資料。這些資料通常與解析分析或數值分析有關。審查委員將確認選擇的分析模式被適當地呈現(documented)、驗證(verified)及校準(calibrated)，並可適當地模擬場址及鄰近地區的物理系統。

審查委員關於區之審查將從申請人所使用的模擬策略開始。不管申請人選擇解析或數值模式，相關方法都必須加以解釋，審查委

員將審查其模式建立策略，以判斷其是否合乎邏輯且正確無誤(logical and defensible)。

審查委員將審查模式輸入資料產生和簡化方法(reduction techniques)是否合理。輸入資料的修正-模式率定必要過程-需要由審查委員加以審查，以確定新資料是合理的且正確無誤的(realistic and defensible)。

資料審查完成後，審查委員將判斷申請者的結論是否適切地保守或符合實際，且符合 *10 CFR 61.50(a)(2)(7)(8)* 要求。然而，若審查委員認為其結果來自不適當的分析，則審查委員將與申請者溝通其疑慮。另一個作法是，審查委員將決定執行獨立性分析，並將分析結果與申請人之結果作比較，以確定其結果是否保守且無誤。

### 3.6.3 接受準則

#### 3.6.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12*，「特別技術資訊」(a)，相關場址與鄰近區域水文特性之描述。
- (2) *10 CFR 61.12 (j)*，相關判斷處置場址自然特性之品質控制作業的描述。
- (3) *10 CFR 61.50*，「地表處置之場址適合性要求」(a)(2)，相關於處置場址之監測、特性化及模擬。
- (4) *10 CFR 61.50 (a)(7)*，相關水位深度是否足夠使水位不致上升至廢棄物儲存處。
- (5) *10 CFR 61.50 (a)(8)*，相關於地下水由處置場的水文單元(hydrogeological unit)流出場址。
- (6) *10 CFR 61.53*，「環境監測」(a)，關於蒐集至少一年期的場址水文資料，以瞭解其隨季節性變化的特性。

#### 3.6.3.2 法規指引

*NUREG-0902* 提供處置場與鄰近地區地下水流域之特性分析、資料、建議及導則，並概括性描述審查委員可接受的基礎，以實行 *10 CFR 61* 法規要求。其它有利資料包含於 *NUREG/CR-2700*、*NUREG/CR-2917*、*NUREG/CR-3038*、*NUREG/CR-3164* 和 *NUREG/CR-4369*。

#### 3.6.3.3 法規評審準則

為了適當地評估 *SAR* 中地下水特性部份，審查委員必須有至少一年期的飽和與未飽和層的特性監測資料。層的評估資料包含(不局限於)監測井位

(依座標系統)、鑽井和建井資料、水質與水位、水力試驗資料與結果、儲水係數(storativity)、導水係數(transmissivity)和可能的地表補注與流入特性等。

未飽和層的評估應包含(不局限於)採樣地點、土壤樣本含水量測量(moisture content measurements)、用以取得各項特性曲線(characteristic curves)的實驗室分析技術與結果以及入滲(infiltration)、滲漏(percolation)和飽和層水力試驗(saturated hydraulic conductivity tests)結果。

飽和與未飽和層的模擬所需資料應包含(不局限於)概念性模式之描述、方程式和電腦程式碼；驗證(verification)與校準(calibration)的步驟；所有輸入資料與模式輸出之描述；關於遵循 *10 CFR 61.50 (a)(2)(7)(8)* 相關章節之結論。

為了適當地審查本階段 *SAR*，審查委員將同時引用下列 *SRP* 的資料予以審查：

- (1) *SRP 3.3 節*，「氣象與氣候」，年度降雨資料、設計基準降雨事件和地下水流模式所需之“土壤水分蒸發散量(evapotranspiration)”。
- (2) *SRP 3.4 節*，「地質與地震」，受影響區域之分層、顆粒大小、厚度與區域性(regional)及地區性(local)構造特性，包括了含水層(aquifers)和阻水層(aquicludes)。

### 3.6.4 審查發現

#### 3.6.4.1 引言

審查委員將記錄其結論與其結論之依據，並撰寫安全評估報告 *SER*，此為審查的一部分。此報告將包括場址水文之描述(給讀者之背景介紹及所作結果之證明)，報告中還將包含審查委員所使用來執行獨立分析之模式描述以及其結果與結論。若地下水特性可滿足本 *SRP 第 3 節與第 4 節* 的審查程序與接受條件，審查委員將決議並將於 *SER* 中指出此資料與特性的描述已適當地歸納且合理的呈現建議場址與鄰近區域之水文狀況。然而，審查委員若認為其描述及特性歸納並不充足，*SER* 中將記錄其為不足處，並提出其不足之評論之基礎，同時將描述解決其不足的替代方法。

#### 3.6.4.2 審查發現範例

審查委員在 *SER* 報告中之評估，必須支持下列各種結論陳述之類型：

- (1) 審查委員認為申請者已經適當地敘述其水文資料蒐集之品質控制計畫 (*10 CFR 61.12 (j)*)。
- (2) 審查委員認為申請者所執行之設施運轉前地下水監測計畫充分，足以提供場址特性分析之基本資料(*10 CFR 61.53(a)*)。
- (3) 審查委員認為建議場址之地下水流與傳輸情況可被特性化

(characterized)、模擬(modeled)、分析(analyzed)及監控(monitored)(10 CFR 61.50 (a)(2))。

- (4) 審查委員認為建議場址已提供足夠水位深度，所以一再發生的地下水入侵廢棄物處置區將不致產生(10 CFR 61.50 (a)(7))。
- (5) 或者，審查委員認為處置設施是在地下水位之下，且已經確認顯示分子擴散(molecular diffusion)是放射性核種遷移(radionuclide movement)之主要方式，且其移動速率(rate of movement)符合 *Subpart C (10 CFR 61.50(a)(7))*之效能目標。
- (6) 審查委員認為低放射性廢棄物處置設施，未設於地下水位波動的區域(10 CFR 61.50(a)(7))。
- (7) 審查委員認為處置設施所在之水文地質單元，將不會有地下水流入場址地表(10 CFR 61.50(a)(8))。

### 3.6.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-O902, "Site Suitability Selection and Characterization," April 1982.
- (3) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (4) ---, NUREG/CR-2700, "Parameters for Characterizing Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, Hay 1982.
- (5) ---, NUREG/CR-2917, "Review of Ground-Water Flow and Transport Models in the Unsaturated Zone," C A. Oster Battelle Memorial Institute, Pacific Northwest Laboratory, November 1982.
- (6) ---, NUREG/CR-3038, "Tests for Evaluating Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, December 1982
- (7) ---, NUREG/CR-3164, "Subsurface Monitoring Programs at Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, April 1983.
- (8) ---, NUREG/CR-4369, "Quality Assurance (QA) Plan for Computer Software Supporting the U.S. Nuclear Regulatory Commission's High-Level Waste Management Program," G. F. Wilkinson and G. E. Runkle, Sandia National

Laboratories, January 1986.

七、地球化學：說明可能影響場址安全及核種遷移之水化學，土壤與岩石之分類組成及地球化學特性，以及相關之地化模擬資料。地球化學調查因子涵蓋場址及附近地區之無機質成分、有機質含量、氧化還原電位、酸鹼值、分配係數、遲滯因子、離子交換能力、放射性核種之溶解度與化學型態、價數與性質等。

### 3.7 地球化學

#### 3.7.1 審查範圍

審查委員須就 *SAR* 中有關地球化學特性之資料進行審查，決定其是否足以支持申請人對該低放射性廢棄物處置設施適當性的結論。

除了描述天然場址之特性外，地球化學的資料也須用於 *SAR* 其他部分的評估，包括下列 SRP 對應之部分：「廢棄物型式、種類及數量之決定」 (SRP 6.1.1 節)、「放射性核種轉移至人類接近之地點」 (SRP 6.1.5 節)、「闖入者防護」 (SRP 6.2 節) 及 「長期穩定性」 (SRP 6.3 節)。

審查委員須審查下列 *SAR* 章節討論過的範圍，因其與場址之地球化學特性有關。

##### (1) 水化學(Water Chemistry)

針對地下水及地表水系統可能受場址興建、廢棄物處置及區域性降雨之影響，審查委員須審查水化學背景資料，包括採樣、保護、貯存及分析程序，以及前述作業期間之品保與品管程序。

##### (2) 土壤與岩石單元之地球化學(Geochemistry of Soils and Rock Units)

審查委員將審查土壤與岩石單元之分類、礦物鑑定及化學特性之資料，包括採樣、保護、貯存、分析及實驗程序，以及前述作業期間之品保與品管程序。有關溶解度、離子交換及吸附實驗所獲取之資料亦列入審查。

##### (3) 地球化學模擬(Geochemistry Modeling)

審查委員將針對場址地球化學審查其概念模式之發展，以及發展這些概念模式所用之分析程式的選擇與其功能。模式確認之演練、分析程式之資料庫、輸入與輸出之數據，以及分析結果之解釋等亦列入審查。

#### 3.7.2 審查程序

審查作業所需之核管會及其他出版文獻應列於 SRP 之參考文獻章節中。除

了審查申請者在 *SAR* 中所提供資料，場址現地勘查也是整體審查程序中的一部份。

審查委員將獲取並使用必要之資料，用以確認審查程序是否完整。若合適，審查委員對於特定事例，將使用並強調本 SRP 所得之資料。

### 3.7.2.1 接受性審查

審查委員須針對 *SAR* 中有關地球化學資料的完整性進行審查，資料需符合 *NUREG-1199* 及本 SRP 所訂內容，但不限於其所訂範圍。若 *SAR* 包括充分之資料，足以使得審查委員對申請者的假設、分析與結論能進行獨立評估，則本項審查視為完整；亦即，審查委員應能獲得合乎邏輯的引導，從 *SAR* 之數據與前提至 *SAR* 所得結論，審查委員均不需再額外進行廣泛且獨立之文獻蒐集與/或執行大量之計算。

### 3.7.2.2 安全性評審

審查委員將用法規及技術立場來比對申請者所提送文件及方法，及核對申請者參照這些法規與技術立場或建議的替代方法，來確定是否申請者已依循法規及本 SRP 所參照之技術立場。審查委員將證實替代方法是相當於或依參照之技術立場所引述之方法改進。否則，替代方法可能被否決。為協助評估 *SAR* 中之資料，審查委員須考慮從幾個方向取得之資訊(1)與具場址及區域之地球化學專業知識人士進行研討，(2)進行技術文獻回顧，(3)視需要進行現地查訪。

#### (1) 水化學

審查委員將(1)就申請者所訂定之作業程序書，比對其在採樣、保護、貯存及分析作業期間之採樣、保護、貯存及分析程序，以及品保與品管程序；(2)確保分析之可量測程度妥適，且溫度、pH、Eh 及溶氧量為現地測得；(3)依 *NUREG-0902* 之建議，確定申請者已適當分析無機及有機成份、溶解氣體、穩定同位素等；(4)確定已進行之採樣作業至少一年內按季執行。

#### (2) 土壤岩石單元之地球化學

審查委員將(1)就申請者所訂定之作業程序書，比對其在採樣、保護、貯存、分析及實驗作業期間之採樣、保護、貯存、分析及實驗步驟，以及品保與品管程序；(2)確定所有礦物、非晶質固體、礦物被覆層 (coating) 及有機化合物等，會影響重要元素及水中污染物濃度或影響場址穩定性者，均已完成足夠詳細之特性描述，以至於能執行具信心之實驗及模擬作業；(3)確定溶解度、離子交換及吸附實驗計畫已提供適當認知，了解影響污染物遷移及岩石與土壤化學性質之穩定性之作用，並

且實驗的狀況對於預期的場址狀況是適當的，如於 *NUREG-0902* 及 *NRC* 有關溶解度及吸附作用測定之技術立場所列。該技術立場之撰寫係雖針對高放射性廢棄物之處置，也應用於低放射性廢棄物之處置。

### (3) 地球化學模擬

審查委員將(1)針對模式及分析程式，以及程式分析測試發表的事例，經審查其文件來確定概念模式及電腦分析程式能適當用於場址特性調查；(2)將程式分析所用之資料庫(例水複合(aqueous complexation)、礦物溶解度及氣體溶解度反應之熱力學常數，或吸附模式之鍵結常數與分配係數)與已建立及最新之資料比較，確保可接受之品質與完整性；(3)確定模式分析所輸入之資料，是與場址特性調查及相關之實驗室與現地實驗所獲得之數據一致；(4)確定模式分析結果之解釋與所用數據一致；及(5)確保模式分析所用程式之驗證(verification)與校準(validation)是充分的，如 *NUREG-0856* 中所定義的。審查委員將獨立進行系統的部份模擬，若確定這種確認是需要的。

## 3.7.3 接受準則

### 3.7.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12*，「**特定技術資料**」(a)，有關天然處置場址特性之描述的要求。
- (2) *10 CFR 61.13*，「**技術分析**」(a)，有關顯示放射性外釋至一般群體之防護的外釋途徑之分析的要求。
- (3) *10 CFR 61.41*，「**放射性外釋至一般群體之防護**」，有關可能釋放至一般環境之放射性物質濃度的要求
- (4) *10 CFR 61.50*，「**陸域處置之處置場址適合性要求**」，有關近地表低放射性廢棄物處置場址適合性的要求。

### 3.7.3.2 法規指引

法規指引在於協助申請者符合 3.1 節法規要求，由下列文件提供：

- (1) 「**高放射性廢棄物隔離評估之地下水中放射性核種溶解度的測定**」及「**高放射性廢棄物隔離評估之放射性核種吸附作用的測定**」，該文件提供溶解度及吸附作用實驗測定之指引；雖然文件之撰寫是應用於高放射性廢棄物的隔離，該指引也適用於低放射性廢棄物的隔離。
- (2) *NUREG-0856*，「**高放射性廢棄物管理之電腦程式文件化作業的最終版技術立場**」，該文件針對分析作業，說明審查委員可接受之電



腦程式文件化的方法。

- (3) *NUREG-0902*，「**場址之適合性、選址及特性調查**」，該文件提供資料、建議、指引，以及說明針對符合 *10 CRF 61.12(a)*及 *10 CRF 61.50*，審查委員一般可接受的方法。

### 3.7.3.3 法規評審準則

有關列於本 SRP 3.2 節審查範圍之評估準則，依循下列各節：

#### (1) 水化學

所提水化學資料，其水化學數據資料與其他執行相同領域研究相比，若具有完整的討論，且申請者有執行細部調查成果之佐證，則可予接受。採樣、保護及貯存之步驟、分析技術及其偵測極限必須是符合一般技術社群可接受者。有適當之品保與品管程序，諸如分樣、添加、標準與空白樣品，及離子平衡計算均須執行。數據資料的收集至少一年內按季執行以確認季節性變化。數據資料之解釋應合理，且與地質、化學及水文資料一致。

#### (2) 土壤岩石單元之地球化學

所提土壤岩石單元之地球化學方面的資料，與其他執行相同領域研究相比，其土壤岩石之分類、礦物鑑定、化學特性及化學穩定性，若具有完整的討論，且申請者有執行細部調查成果之佐證，則可予接受。採樣、保護、貯存、分析及實驗技術必須是一般技術社群可接受者，並且必須執行適當之品保與品管程序。應執行溶解度、離子交換及吸附試驗，應以諸如 *NUREG-0902* 所建議之方法執行，並且試驗結果具合理之化學及物理狀況範圍，以涵括其結果。實驗結果的呈現應包含實驗程序之不確定性與限制之討論。數據之解釋應合理，且與地質、化學及水文數據一致。

#### (3) 地球化學模擬

所提地球化學模擬方面的資料，若地球化學模擬之討論完整，且與申請者所執行細部調查一致，則可予接受。所使用之概念化學模式應設計為適當呈現其研究中之系統，且用於以概念化學模式預測之分析程式必須依 *NUREG-0856* 進行適當的驗證與校準(V&V)。任何用於此分析程式之數據資料但非由申請者所收集者，必須與已確定及最新之資料一致。輸入之數據與分析結果之解釋必須與已建立且最新的或數據編輯一致。申請者不應基於模擬結果作超出模式及分析程式能力的推斷，並且必須有模式及分析程式不確定性與限制的探討。

### 3.7.4 審查發現

### 3.7.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 *SRP* 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

### 3.7.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.7 節*，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地球化學研究報告。審查委員所考慮之資料取自(1)從場區及附近之鑽孔、水井，以及實驗室與現地試驗所得數據，(2)與對場址及區域地球化學充分認知人員之討論結果，(3)技術文獻的回顧，及(4)審查前監測計畫。場址特性調查需要地球化學數據 (根據 *10 CFR 61.12(a)*及 *10 CFR 61.50*)，並作為展示公眾輻射防護(*10 CFR 61.41*)所需技術分析之輸入(*10 CFR 61.13(a)*)。審查委員接受地球化學研究之基準，為根據所收集的資料，能確保公眾不受放射性釋出的危害。數據的收集與展示是與 *NUREG-0902* 「場址之適合性、選址及特性調查」中的建議一致。

本審查所談論的基本地球化學關切以確認場址合適性之地球化學層面觀點，包括(1)地下水、地表水及降雨之化學組成，因其將影響水中污染物濃度及場址穩定性，及(2)場址岩石及土壤防止發生重大污染物遷移並對場址穩定性造成貢獻。

申請者已提供場址特性調查之水化學方面的資料。該資料建議現有地下水及地表水的化學，以及在淺地表處置場址安置後，這些水體的任何預期化學改變，相對於核管會所規定環境中放射性核種之最大濃度極限，不會增加(或產生不利效應)放射性核種溶解的濃度或不利於場址穩定性。【敘述地下水及地表水化學資料】。

### 3.7.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.(必要列入之參考資料)

八、天然資源：說明場址及附近地區可能存在之重要天然資源，包括地質、礦產、及水資源等。

## 3.8 天然資源

### 3.8.1 審查範圍

審查委員將評估 *SAR* 並建立場址範圍和該區域已知的地質資源資料，而且該地質資源未來的開發，將不會導致處置場符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 轉而失效。

審查委員將分別於其它型態的自然資源，單獨審查建議場址的已知地質資源一項。然而，此審查必須與審查 *SRP 2.7.2 節“水資源”* 的委員共同整合。已知資源的定義與範例於 *NUREG-1199* 中有詳細敘述。

審查委員將審查本 *SRP 3.1 節、3.3 節* 綱要範圍之 *SAR*，主要關於水資源及其使用的描述，以及水資源的開採對健康及環境的影響。

此部分審查的結論與發現結果，*LLTB (Technical Branch)* 委員將依 *SRP 6.5.1 節“轉換機制-地下水”* 用來評估申請案之資料與相關分析。另外，依據 *SRP 6.1.5.1 節*，在此提出的資料與數據必須輸入 *SAR* 的段落中。這部分資料應包含暫態模擬的結果，以顯示地下水流的未來方向、速率、穿透時間(travel time)；相關溶質傳輸的輸入資料矩陣(input data matrices for subsequent solute transport analyses)以及地下水井的潛勢。

#### (1) 水資源的描述

審查委員將審查的水資源描述，包含：

- (a) 場址和區域地下水目前與可能的使用情形描述，包括水井空間分佈及其與地層關係，由重要含水層取水的可能比率(rates of withdraw)，包括能產出大量地下水的棲止水系統(perched aquifer systems)。
- (b) 地表水目前與可能使用情形之描述，包括人類取水或畜牧的消耗、工業使用，和/或任何休閒活動使用。
- (c) 與 *10 CFR 61.12 (h)* 規範相關的水資源描述。

#### (2) 開發的效應

審查委員將審查相關於水資源開發的效應，包含：

- (a) 開發所造成流域改變的分析結果，包括地下水穿透時間(travel time)、流速和方向等。
- (b) 相關於 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 一項，其用來舉證說明開採可能效應之保守境況(conservative scenarios)與境況分析的結果。

### 3.8.2 審查程序

#### 3.8.2.1 接受性審查

審查委員首先執行程序的審查，用以決定申請者是否依照 *NUREG-1199*

及本 SRP 的要求提出申請資料。此審查約需委員兩個工作天(two staff days)。審查委員將進一步考量，申請者是否對可能的資源開發所造成處置設施的效能目標失敗的可能性進行評估，並考量其評估是否完整。

若 SAR 中包含 NUREG-1199 要求的資料，以及審查委員可依據這些資料進行獨立的資料評估，則接受申請案而可開始審查作業。若資料不恰當或呈現不當，導致審查委員可能提出駁回或要求修訂或補充，則申請案的接受時間將因此而延後。

### 3.8.2.2 安全性評審

當資料審查通過後，申請案將列入備審，審查作業可開始執行。針對已知地質資源的存在，首要關切的重點是場址控管機構撤離後，發生非故意侵入(inadvertent intrusion)的可能性，以及資源的開發影響場址符合效能目標的能力，所以審查的執行將依循下列計畫：

- (1) 審查委員將判斷申請者是否已根據 NUREG-1199 建議之資料來源，標明了該區的已知資源。所有地質資源的相關資料必須與地質、水文和地球化學的場址特性相對應(SRP 3.4 節、3.5 節、3.6 節、3.7 節關於 SAR 之審查)。每一項已識別的資源，必須以地質的產狀(geologic occurrence)加以描述。
- (2) 審查委員將確認 SAR 中所提出為 U.S. Geological Survey Circular 831 定義為具經濟價值(economic)、勉強具經濟價值(marginally economic)以及不具經濟價值的(sub-economic)已知資源。依據這些資料，審查委員將考量這些資源的市場價值和目前與未來的資源需求，獨立地評估未來開採的可能性。
- (3) 根據已識別的資源，審查委員將檢查場址侵入(site disruption)的可能性，侵入的情形將可能因為探勘或開採技術，包括(但不限於)螺旋鑽(augering)、鑽孔(drilling)、礦井開採(shaft mining)、剝除開採(strip mining)、推土鏟平(bulldozing)和其它開挖、採石(quarrying)鑽孔注水(injection)和抽水(pumping)、農耕的翻土(uprooting of vegetation)、開炸(blasting)、河川分洪(stream diversion)以及水壩建造(dam construction)等。這些技術的施作將被視為造成場址侵入的可能，或是間接的影響例如造成地下水位的改變或侵蝕作用的增加。
- (4) 審查委員將利用類似 NUREG-1199 中建議之文獻資料並且執行現地勘查。
- (5) 審查作業將確認關於現在與未來資源利用的資料其正確性及保守

性。

- (6) 審查委員將分析申請者針對地質資源的開採導致設施符合效能目標失效的可能性所作的預估。

審查委員將執行現地勘查，以確定場址與區域地下水與地表水的使用情形(用量與型態)，並與當地政府當局和水使用者討論，再比較申請者於技術資料中所提出的數據。審查委員也將比較申請者對場址與區域未來的水使用描述，用以考量儲存於棲止水層系統的、終年流出的(perennial)或其它形式可用之地下水情形。

經現勘與地下水和地表水資源使用的審查之後，審查委員將釐清該提案資料是否足以符合 *10 CFR 61.12 (h)* 的法規要求，以及其是否適切地執行關於水資源開採效應的分析。若資料不足，將會提出相關資料不足的審查意見。審查委員也將確認申請者是否對不足處提供了適當的回覆。若補充資料仍舊不足，審查委員將在 *SER* 中指出，並對未來的分析中如使用申請者資料的後果作出評估。

審查委員將釐清其分析中所使用的數值方法(numerical techniques)是否有完整呈現、經過驗證和校準，且其輸入資料和得到的結果是否與其 *SAR* 中依循 SRP 2.4.1 節、2.4.2 節 所提出的內容一致。審查委員還將釐清申請人是否已執行資料分析。若有需要時，於分析長期的水文系統應考慮現在與未來水利用的效應。依循 SRP 2.1 節 相關於“地理、人口和未來發展”審查，審查委員將確認申請人以現在與未來預估的地下水與地表水的使用情況，配合其研究結果之特性，歸納成整合模式。未來預估的地下水與地表水的取出概況分析，必須相關於其位置和預估抽水計畫之取水率。

審查委員將審查並確認申請者對 *10 CFR 61, Subpart C*，地下水與地表水開採效應的分析及結論，是否適當的保守或有充分的理由。審查委員必須了解，在 *SAR* 其它章節中，可能有相關的分析。若有如此情況，由這些章節所得之相關發現與結論，必需在審查步驟中列為參考。

若審查委員認為申請者的結果並不恰當，將與該申請人溝通。另外，若決定必須由 *NRC* 委員執行獨立的分析，則此分析將包含(不限制於)水流系統之解析或數值模擬。其模擬結果將納入 *NRC* 健康物理學家所執行的輻射劑量計算。然後審查委員將決定申請者的結果是否適當的保守，或有充分理由(defensible)而且合理的保證符合效能目標。

### 3.8.3 接受準則

#### 3.8.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.12**，「**特定技術資訊**」(h)，要求場址已知自然資源之鑑定，及對處置場運轉控制解除關閉後可能的資源開採，造成無故意侵入(inadvertent intrusion)低放射性廢棄物處置場的說明。若經開採將影響低放射性廢棄物的獨立性的已知水資源之描述。
- (2) **10 CFR 61.23**，「**執照頒定標準**」(c)，要求申請者之建議場址，...處置場的關閉和關閉前運轉控制等環節，均能適切地保護大眾健康及安全，並依照 **10 CFR 61.42 效能目標**所規範，提供合理保證安全維護，不致遭受個人無心侵入處置場。
- (3) **10 CFR 61 C 部分**，「**效能目標**」，特別是：
  - (a) **10 CFR 61.41**，「**保護一般人口免於輻射外洩的傷害**」
  - (b) **10 CFR 61.42**，「**個人無故意侵入之防範**」
  - (c) **10 CFR 61.44**，「**處置場關閉後之穩定度**」
- (4) **10 CFR 61.50**，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a) (4)，要求避開擁有已知資源，而其資源若被開採可能導致效能目標失效的地區。
- (5) 開採資源的回收工作(resource recovery)，不可直接或間接影響場址及導致符合 **10 CFR 61 Subpart D** 的各類技術失效，其技術要件包含(但不限於)：
  - (a) **10 CFR 61.52**，「**陸域處置設施運作及處置場關閉**」(a)(7)，相關於邊界和土地調查標線的維護(maintenance of boundary and land survey markers)。
  - (b) **10 CFR 61.52 (a)(8)**，相關於廢棄物放置處周圍及下方之緩衝區的維護。
  - (c) **10 CFR 61.53**，「**環境監測**」(d)，相關於處置場關閉前的環境監測系統。

### 3.8.3.2 法規指引

法規導則用以協助申請者符合 **NUREG-0902** 「**場址之適合性、選址及特性調查**」中 **3.1 節**相關於水資源的確認之法規要求。

### 3.8.3.3 法規評審準則

為了適當地評估 **SAR** 中“水資源的評定”並在需要時執行獨立分析，審查委於將依下列相關事項審查提案資料：

- (1) 目前水資源的使用狀況描述(包含出流(discharge points)的地點與取水率)，包括居家的、工業的和都市中引用水、灌溉、農牧和休閒使用水的取出。
- (2) 申請人使用於評估之概念性與數值模式的描述，包含呈現、驗明、

校準和結果。

審查委員將審查下列 SRP 所列審查項目：

- (1)SRP 3.1 節，「地理、人口與其未來發展」，相關於建議場址附近所有水資源的未來使用預估。
- (2)SRP 3.5 節，「地表水特性」，相關於地表水表徵(surface water features)的描述，包含地點、水量和水文特性(hydrologic characteristics of the features)。
- (3)SRP 3.6 節，「地下水特性」，相關於地下水流動(flow regime)的描述，包括範圍、厚度和所有可能的蓄水系統(all potential aquifer)之物理參數。

### 3.8.4 審查發現

#### 3.8.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，審查委員可依下列指示記錄其審查內容。審查委員必須提出 **安全評估報告(SER)**，記錄其審查的結論與其結論的依據。報告的內容將包含水資源的描述、審查委員執行獨立分析所使用的模式之描寫、其達成結論的證明以及其獨立分析的結果與結論。然而，若審查委員的結論為其水的使用之描述與分析並不適當，則可記錄為不適當，並說明其意見所依據之技術基礎，並描述說明可解決此不適當性的替代方案。

#### 3.8.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP 3.8 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之水資源審查。審查委員判定場址內並無若經開採將導致符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 失效的水資源存在。

### 3.8.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Geological Survey and U. S. Bureau of Mines, Circular 831, "Principles of a Resource/Reserve Classification for Minerals," Washington, DC, 1980.
- (3) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0902, "Site Suitability, Selection and Characterization," Aprtl 1982.
- (4) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low- Level Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

- (5) ---, NUREG/CR-2700, "Parameters for Characterizing Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R.J. Lutton et al., U. S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, May 1982.
- (6) ---, NUREG/CR-3038, "Tests for Evaluating Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R.J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, December 1982. U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-O902, "Site Suitability Selection and Characterization," April 1982.

九、生態：提供場址及附近地區之生態調查資料，包括場址半徑五公里範圍之主要生物種類、數量、分布、組成、棲息地，設施建造與運轉可能影響之保育類野生動物與植物，及可能影響處置場安全之生物活動與人為活動等。

### 3.9 生態

#### 3.9.1 審查範圍

審查委員將審查申請人在 *SAR* 及 *環境報告(Environmental Report, ER)* 中提出的場址地圖、植物與動物目錄(flora and fauna inventories)、概況描述和相互關係。審查工作將著重在陸生與水生的物種、棲地或其生物狀況代表人類可能因為食物鏈關係或意外的接觸而通過該地區，以及是否可能在處置場開始運作之後，對設施的效能造成影響。審查工作將根據申請人在 *SAR* 和 *ER* 所提出的資料，獨立評估這些物種可能的影響，並將考量目前出現的物種和在設施各階段，因為設施運作或前置工作時期，在周圍環境中可能闖入或移入的物種。

審查委員將審查下列 *SAR* 中所提出與生物特性有關的範圍。

##### (1) 場址和鄰近地區

- (a)場址及鄰近地區的地圖，顯示主要植物群的界線、次要生物群的地點、特別的棲地(泉水滲出處(spring seeps)、沼澤(bogs)、陷穴(sink holes)、懸岩表面(cliff faces))、會影響設施效能的物種棲地、場址界線、建築區域和其它可能整地的區域(areas to be cleared)以及緩衝區；另一地圖顯示場鄰近地區中“重要”物種所使用的棲地，其可能因為設施的建造和運作受到影響，以及最近的空照照片，以顯示場址和附近土地區域(詳見 *環境報告 ER*)，作為地圖的補充資料。



- (b)場址的**美國地質調查地形圖(U.S. Geological Survey Topographic maps)** (7-1/2-minute scale 為佳)
  - (c)現地植物物種的資料和孕育該物種之主要農作層(the major vegetation layers；即覆土與基土 overstory and understory)及其組合，相關資料必須足夠詳盡以便識別主要的優勢物種(dominant species)(**ER**)。
  - (d)當地的自然作用 and 人類活動作用(例如農耕、補魚、伐木、放牧和燃燒)和演替階段(successional stage；雜草(weed)、樹林(brush)、**極(pole)**與成熟(mature)階段)的概述(**ER**)。
  - (e)已知對設施效能有重大影響的脊椎動物物種(vertebrate species)清單(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等)。
  - (f)當地有重要影響或為可能的病媒或害蟲之非脊椎動物物種清單(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等)；無須對當地所有昆蟲族群作詳細的調查。
  - (g)相對大量的商業和休閒的重要野生或非野生脊椎動物(important game and nongame vertebrates)之估算(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等)。
- (2) 離場地區(Offsite Areas)
- (a) 主要農耕型態 hydraulically or geologically(geologically) down gradient(詳見 **ER** 現勘和當地顧問、州和聯邦機構等)
  - (b)重要的商業或休閒脊椎動物清單 **ecologically and hydraulically down gradient of the facility to a distance of 5 km**
  - (c)其它已知距離設施 25km 範圍內或遷徙距離以內，對設施效能重要的脊椎動物清單。
  - (d)當地有重要影響或為可能的病媒或害蟲之非脊椎動物物種清單(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等)；無須對當地所有昆蟲族群作詳細的調查。

## 3.9.2 審查程序

### 3.9.2.1 接受性審查

審查委員將審查 **SAR** 中生物特性部份之完整性及是否遵循 **NUREG-1199** 及本 SRP 之規範。

### 3.9.2.2 安全性評審

為了審查申請人對場址與場外區域之生物特性描述及其可能因建造、運作及關閉計畫而受影響，審查委員將獨立地：(1)描述其陸生與水生族群及

其與環境之間的互動關係；(2)描述目前的棲地形態；和(3)確認對設施效能有重要影響之物種。此段落及其它段落與陸生及水生生態有關的審查。將與申請者環境報告的審查與審查委員環境評估密切相關，故將適當地回饋意見以建立本段落中相關資訊之相關範疇。

審查委員將根據申請人所提供的資訊，建立陸生與水生族群及其棲地形態，包括文獻的回顧、現勘取得之資料和與向當地、州和聯邦機構：包含**美國魚類及野生動物協會(U.S. Fish and Wildlife Service)**和**魚類與野生動物指導單位(Director of the State Fish and Wildlife Agency)**諮詢之所得。

審查委員將確認場址附近及場址外區域對場址效能有重要關係的物種。此確認工作將由先前該區已確認之族群及棲地的審查開始。確認的方法及種類包括下列各項：

- (1) 關於商業或休閒價值的物種，審查委員將考量可能因提案計畫而對野生動物或植物以及可能連帶對人類有不利的影響。除了使用申請人的 *ER*，審查委員將會諮詢該地持有該物種產量(harvest levels)完整記錄的機構或組織。
- (2) 審查委員將確認該場址和鄰近地區有任何物種之行為或特性可能對處置場設施效能產生不利影響者。

### 3.9.3 接受準則

*SAR* 資料若符合 *10 CFR 61* 規定及以下所列準則，可視為通過。

#### 3.9.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

*10 CFR 61.12*，「**特定技術資訊**」(a)，相關於場址及鄰近地區之生物特性描述。

#### 3.9.3.2 法規指引

無。

#### 3.9.3.3 法規評審準則

申請人對提案設施場址及附近生態資源的描述需適切詳盡呈現，使審查委員足以評估安全方面的效應。

其描述需包括充足的資料量與足夠的詳盡程度，可允許在確認性分析時獨立地操作資料。

申請人的考量與分析，必須包含所有對設施效能與安全有重要影響的生物物種的相互關係。

申請人還需考量與分析場址鄰近地區的人為因素影響，若適當包括自然變遷，也必須分析可能對設施效能與安全具重要性的大量族群與其行為。

申請人須對其結論提出證明，說明其分析已盡可能囊括可能影響設施效能與安全的物種。

### 3.9.4 審查發現

#### 3.9.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.9.4.2 審查發現範例

審查委員已依據第 2.8 節生態，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之生物特性審查。

申請人已遵照 *10 CFR 61.12(a)* 規範描述且確認該建議場址與鄰近地區之生物特性。

申請人所提出之生物特性資料已完整合理。

### 3.9.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

**十、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。**

### 3.10 輻射背景偵測：

#### 3.10.1 審查範圍

審查委員審查規劃處置場址之運轉前環境輻射監測計畫是否符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及參考 *10 CFR 61.12(1)* 及 *10 CFR 61.53(a)* 內之需求，審查委員將評估申請人提出之運轉前環境監測計畫符合相關目標的情形，包括取得基線數據以了解場址於施工運轉前的輻射特性；確認基線數據與運轉及運轉結束後收集數據相關性的統計方法；以及依“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及參考 *10 CFR 61.53(a)* 所需提供處置場特性之基本環境數據。

審查委員將依**安全分析報告 3.10 節**及其他與運轉前環境監測有關資訊，以審查以下各項目：(1)運轉前環境監測計畫說明，(2)設備、儀器與設施，(3)數據紀錄與統計分析。

### 3.10.2 審查程序

審查委員應取得並採用相關所需資訊，以確保審查的完整性，為因應一些特定案例，審查委員將採用此 SRP 之內容、以及原能會針對環境監測編撰之“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”、並參考 **NUREG-1200 之 2.9 節** 內容作審查。

#### 3.10.2.1 接受性審查

審查委員應審查安全分析報告內運轉前環境輻射監測計畫內容之完整性，以符合本 SRP 並參考 **NUREG-1200** 之規定。

#### 3.10.2.2 安全性評審

審查委員應將申請人提出之文件及方法與法規、法規指引相比較，並証實申請者參用這些指引或推薦之替代方法，以確認申請人依循本 SRP。審查委員應証實這些替代方法與參用之法規指引內容相當或是方法之改進，否則此替代方法將不予准許。

##### (1) 運轉前環境監測計畫說明

審查委員應依計畫內容評估其足以合理保證能取得足夠之資訊，以與未來處置場的表現相比較，符合相關之管制需求與接受準則，來評估環境輻射監測計畫的整體可接受性。評估申請者提供資訊於下列各項是否足夠：

- (a) 環境監測計畫符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及“**環境輻射偵測規範**”之需求？
- (b) 提供之資訊包括對環境監測計畫之說明，以及依“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”之需求訂定修正措施計畫？
- (c) 監測計畫中是否有合宜成份(採用之媒介與分析)？
- (d) 取樣與監測程序是否合宜？
- (e) 各種媒介之取樣/監測位置是否足夠？
- (f) 每種媒介是否至少有一組背景/控制之監測位置？
- (g) 監測程序是否確保具代表性之樣本/量測？
- (h) 取樣/監測/分析之頻率是否足夠建立環境之趨勢？
- (i) 申請人收集之長期監測數據(至少二年期)是否足以評估該區域之環境變異性？

(j)計畫是否因場址特性而包含特定之樣本與分析(例如高背景輻射地區，鄰近之設施或以往污染之地下水等)？

(2) 設備儀器與設施

審查委員應確認用以量測輻射量及取樣放射性與非放射性成份之設備，是否符合監測計畫中量測與取樣之需求；用於儀器校準及實驗室分析之設施，是否足以保證得到適當的方法與靈敏度；以及用於校準之方法與頻率是否足以確保儀器性能需求。審查委員應審查實驗室與現場監測儀器之數量，型式、偵測範圍、準確度、靈敏度及規畫之使用情形；評估儀器校準設施與分析實驗室設施之能力；並詳細審查各種型式現場樣本(例如空氣、水、土壤及生物樣本)之處理與放射化學分析方式。

(3) 數據記錄與統計分析

審查委員應依下述之考量內容，審查數據之處理、記錄與統計分析：

(a)數據之處理、記錄與統計分析程序是否均依標準之技術？例如“環境輻射偵測規範”及參考 *NCRP(National Council on Radiation Protection and Measurement) 第 58 報告* 或美國 *EPA(Environmental Protection Agency) 出版之 EPA-520/1-80-012 號報告*。

(b)選用之單位是否與”游離輻射防護安全標準”中者一致？重要圖之數量是否真實反應量測與計算值的精確性？

(c)量測值與計算值是否有明確區別？

(d)是否有說明數據之整體不確定性？其是否至少在 95% 信任區間？

(e)是否有明確討論數據變化的各種原因？

(f)相關數據是否依類別作適當評估？例如依空間與時間分布的比較。

(g)對包含 10 點以上之數據組是否作過常態分布之測試？

(h)申請人是否有討論於彙總之環境輻射監測數據中略去之其他數據？

(i)於運轉前環境輻射監測數據中，是否有適當方法評估最低可測值？

### 3.10.3 接受準則

#### 3.10.3.1 法規要求

審查此領域與之適用法規包括：

(1) “輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則”

- (2) 可參考 *NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.*

### 3.10.3.2 法規指引

協助申請人符合 3.1 節法規之法規指引，包括：“**環境輻射偵測規範**”

### 3.10.3.3 法規評審準則

以下各節將說明審查此 SRP 中第 1 節與第 2.2 節，需符相關法規之評估準則。

#### (1) 運轉前環境輻射監測計畫說明

若證明申請人對規劃廢棄物處置之運轉前環境輻射監測計畫，能符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及“**環境輻射偵測規範**”之建議，則申請之監測計畫說明可以被接受。其說明應包括選取特定監測媒介之說明，場內場外取樣位置之選取，取樣點之深度與高度，收集頻率，分析之前處理，分析儀器與分析方式，以及最低靈敏度。

審查委員將審查之環境資訊通常包括項目如下：

#### (a) 場址輻射度量與核種濃度，包括輻射相關參數，如下：

1. 場址周圍 10 公里範圍，及 50 公里範圍內超過 10000 人居住之最近社區或城市，其各偵測位置(離地表 1 米處)之輻射強度。
2. 各環境介質(空氣、水、土壤及生物)內主要天然核種(鈾、鈾及鉀)濃度。
3. 落塵中主要核種之濃度(例如鋇，銫及銻)，或附近(50 公里內)核設施排放造成環境介質(例如空氣、水、土壤及生物)中代表核種之濃度。
4. 預期會包含於處置廢棄物中之核種，特別是其於環境中會移動者(例如氫、鎘及鈾)

#### (b) 會影響放射性核種遷移之場址非放射性參數，包括以下項目：

1. 主要無機成份(包括重要之微量元素)與溶解氣體之濃度。
2. 主要有機物，濃解有機碳，總有機碳，總有機鹵素與水質指標有機體(大腸桿菌，鏈球菌)的濃度。
3. 酸鹼度，氧化/還原狀況，總溶解固體，導電度，鹼度，離子強度及密度。
4. 混濁度及膠體狀物質狀態。

#### (2) 設備、儀器與設施

分析實驗室之裝備應足以執行放射性與非放射性成份之例行分析。現場量測之儀器與監測裝置應具備合宜之量測範圍，準確性與靈敏度，足供於例行處置作業中量測直接輻射，以及監測放射性與非放射性之相關成份。其分析能力應足以偵測各輻射指標(例如氫、放射碘)

用以量測輻射強度(或放射性濃度)之儀器設備應包括如下：

(a)直接輻射監測：蓋革偵檢器，微侖琴計，加馬能譜儀，高壓游離腔，以及熱發光劑量計。

(b)放射化學分析：加馬能譜分析儀，低背景阿伐一貝他比例計數器，加馬與阿伐一貝他閃爍偵檢器，以及蓋革尾窗計數器。

申請人應提供監測設備檢查、維護與修理之資訊，環境監測計畫之支援設備，至少應包括管制的區域供儀器設備之貯存，以及管制的區域供儀器校準，並有設施供監測設備與儀器之清潔，修理與除污。

### (3) 數據記錄與統計分析

以適當的單位(毫侖目，毫雷得，微微居里)與有效數字來記錄數據，估計整體活度與活度濃度量測之不確定性。申請者應依循本 SRP 及參考“**環境輻射偵測規範**”(或可接受之替代方法)。

報告內之量測結果應含統計說明(量測值或計算值，樣本數量，平均值，標準差，總不確定性，平均值之信任區間等)。申請人應充分的估計取樣計畫之統計有效性。針對取樣數量與位置，樣本收集之頻率與數量，每一樣本之分析次數，樣本之分析頻率等，均應作統計考量。

## 3.10.4 評審發現

### 3.10.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 3.10.4.2 評審發現範例

審查委員完成【設施名稱】低放廢棄物處置設施之運轉前環境輻射監測計畫審查，依 SRP 3.10 節所述比較其符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”之情形。審查之目的在確保申請人之運轉前環境輻射監測計畫能充分描寫場址施工與運轉前之特性(目前放射性要素之狀況)。

經由審查，審查者認定事項如下：

(1) 申請人依“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”提供運轉前環境監測計畫及改善之規劃方案，審查委員確認包含至少 24 個月之環境基本數據(例如監測直接輻射曝露，空浮成份等)。認

定申請人之說明是可接受的。

- (2) 申請人對輻射監測與環境介質之取樣，所採用之方法，技術及程序、符合“**環境輻射偵測規範**”，係足以確定輻射曝露水平以及獲得具代表性之樣本。
- (3) 現場及實驗室之數據記錄均採用合宜之單位，並包括對統計，統計分析，提報值，行動值與法規限值均有合宜之說明。提供之地圖能清楚顯示取樣點及其與處置單元之相對方位，距離與高度。

申請人員依關鍵曝露途徑之位置與量測之變異性等場址特有數據，確認取樣之位置，樣本之種類及取樣之頻率確為合宜正當。因此審查委員歸納申請人之運轉前環境輻射監測計畫符合上述審查準則，“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”之需求。

### 3.10.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200,“Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，“低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”，Oct. 2004。
- (3) 行政院原子能委員會，“游離輻射防護法”，Jan. 2002。
- (4) 行政院原子能委員會，“游離輻射防護安全標準”，Dec. 2005。
- (5) 行政院原子能委員會，“輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則”，Dec. 2004。
- (6) 行政院原子能委員會，“環境輻射偵測規範”，Dec. 2004。
- (7) National Council on Radiation Protection and Measurements,“Environmental Radiation Measurements,”Reports 50 and 58, Washington, DC, 1976.
- (8) “Upgrading Environmental Radiation Data,”EPA-520/I-80-012, Washington DC, 1980.

十一、大地工程特性：說明場址之大地工程特性與測量方法，並界定影響處置設施設計與建造之地工參數，包括場址地區土壤與岩石的強度、變形性與滲透性等。



## 3.11 大地工程特性

### 3.11.1 審查範圍

審查委員將依據 *10 CFR 61.12(a)* 和 *10 CFR 61.50 (a)* 審查大地工程特性及建議場址特質。審查委員將評估場址資訊以決定場址是否適合設立低放射性廢棄物處置場(LLWDF)，且 LLWDF 必須滿足 *10 CFR 61 Subpart C* 的效能目標。審查作業的目的是在確保：(1)大地工程與地球物理之現地調查以及實驗室和現地試驗是足夠的；(2)建立代表性的土壤與岩層之分層、代表性的剖面圖和決定設計使用之參數，使用之資料詮釋合理且足夠保守；(3)場址之大地工程特性符合本 SRP 之導則與接受準則。審查委員將同時利用 *SAR* 資訊及其它來源之資訊，審查下列事項：(1)場址與借土區特性大地工程與地球物理調查之範圍與結果；(2)使用現地與實驗室試驗，判斷場址材料及借土材料(borrow materials)工程特性之範圍與結果；(3)地下水狀況，包括對 LLWDF 之設計具影響性的滲漏狀況(seepage)；(4)借土材料的選擇；(5)基於 *SAR* 資料所進行之場址地層分層與設計參數選擇。

審查委員將審查與評估下列 *SAR* 資料：

地質學、地震學、地下水狀況和地球化學等。審查委員將決定申請者進行下列總結所使用之地質資訊是否合適：關於場址的大地工程特性是否適於設置 LLWDF 以及土壤或岩坡之穩定性，包括了塊體移動與侵蝕現象。審查委員也將審查地震地質與地質調查，這些調查旨在建立該 LLWDF 的動態設計所需的地表震動特性，同時，審查委員也將審查其建立設計基準地震的程序及分析資料。

審查委員將審查地下水與地表水資訊、每年地下水位波動以及與場址的侵蝕環境有關之洪水資料的確切性。地球化學方面，審查委員亦將評估長期的環境因素(天氣和雨水)對處置場土壤與岩石特性之影響。

上述審查範圍之接受準則及申請的方法則包含於本 SRP 之 2.3 節、2.4 節 和 2.6 節。

審查委員將整合與大地工程特性有關之其它相關 SRPs 以進行安全評估，如與大地工程相關之：(1)處置設施及主要設計特點的描述(SRP 2.1 節)和主要設計準則(SRP 2.2 節)；(2)場址計畫、工程設計圖、建造方法和規格(SRP 2.3.1 節)；(3)回填與覆蓋廢棄物之借土材料特性(SRP 3.3 節)；(4)場址關閉之穩定度考量(SRP 4.1.2 節)和邊坡穩定性(SRP 5.3.2 節)；(5)與長期沉陷(settlement)與下陷(subsidence)有關之場址特性(SRP 5.3.3 節)。

### 3.11.2 審查程序

*NRC* 出版品(*NUREGs*)以及其它列於本 SRP 參考文獻中之出版品，皆將於

審查步驟中使用。除了審查所提供之資料之外，場址現地勘查為一整體審查的程序之一。

### 3.11.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP，審查 *SAR* 內容中大地工程特性資訊之完整性。

### 3.11.2.2 安全性評審

審查委員將決議申請人是否遵照法規規範、法規導則和引自本 SRP 之實務標準，比較申請人提出之使用方法與法規和導則是否相符，並檢視申請人依據法規導則或提出替代方法之參考文獻。審查委員將釐清其所提出之替代方法是否與規範規定之參考文獻相符，或在方法上是否確實能優於原本資料。否則，將不同意替代方法之使用。

#### (1) 現地調查

##### (a) 地質、地球化學及地震之調查

審查委員將依下列項目考量 *SAR* 中之資料與審查委員評估結果：

1. 是否所有確實或可能發生地表或地下沉陷(subsidence)、上升(uplift)或潰陷(collapse)、變形(deformation)、溶洞(solution cavities)或構造弱點(structural weakness)、岩盤中未釋放之壓力(unrelieved stresses in the bedrock)、以及可能因物理或化學特性而不穩定之岩石或土壤，是否已被證明或適當地評估？
2. 所提出與設計基準地震事件相關之資料，是否足以定義出地震規模、the elevation or level at which the design-basis earthquake is defined、水平加速度的最大值、最大速度(maximum particle velocity)、地震延時以及因場址土壤狀況所造成地表震動放大之潛勢？

上述範圍之審查程序詳述於 SRP 3.4 節 和 3.7 節。

##### (b) 大地工程與地球物理調查

審查委員將使用 **法規導則 1.132** 以及其它相關於本 SRP 之參考文獻，審查場址與借土區之大地工程與地球物理調查的範疇與結果。**法規導則 1.132** 主要是針對核能電場所發展之法規，可作為 LLWDF 場址調查之概括性指標。審查委員在現地調查的審查中，依照下列問題，考量申請者資料之足夠性：

1. 申請人使用之探勘技術是否為目前工程實務使用之代表性

技術?其所採樣之樣本是否足以代表現場之土壤狀況?

2.所執行之調查，是否足以涵蓋場址及借土區，並提供足夠詳盡之資訊，足夠以高度可信性定義地下條件及其物理特性。

若審查委員認為場址特性調查不適當或不足以提供高度可信性之調查結果，則將要求施作補充調查。最後的結論有一大部分將根據場址地下狀況複雜度進行之專業判斷。審查委員亦必須確認 LLWDF 場址現地調查所用的儀器及技術，屬於目前使用於大地工程專業領域中之適當方法(見第七節之參考文獻)。

## (2) 現地與實驗室試驗及工程特性

審查委員將針對土壤與岩石工程特性的範疇、方法以及選擇進行審查，這些資訊主要來自各類現地與實驗室試驗。審查委員也將依據下列問題考量申請人資料與數據之充足性：

(a)取樣計畫之數量及品質(擾動與不擾動土樣之回收率等)是否適當足以確認大地工程特性評估關鍵之材料皆已取得?

(b)調查作業(取樣與實驗)是否足以決定場址內不同材料的特性?**法規導則 1.138** 中詳細列出與核電廠相關之實驗室試驗以及待定參數。**法規導則 1.138** 可做為評估 LLWDF 場址大地工程試驗的一般性導則，然而，必須牢記的是調查的範圍必須與設施的設計條件及場址的複雜度相配合。

(c)分析與設計所需要實驗室試驗與現地試驗所獲致之靜態與動態大地工程特性，是否具保守性且可為大地工程專業實務所接受?

審查委員將確認現地與實驗室試驗數據解釋是否保守，這些數據將決定場址不同材料的設計參數。試驗的結果必須使用圖表顯示，並充分展現設計參數數值選擇的保守度。

審查委員若認為調查(取樣和實驗)並不恰當或可信度不足以建立其設計參數者，將被要求進行補充調查。結論將有一大部分將根據場址地下狀況複雜度進行之專業判斷。

## (3) 地下水狀況

審查委員將依循 **SRP 3.5 節** 場址特性研究相關資料進行審查，並依照下列各事項評估 LLWDF 場址之大地工程特性：

(a)地下水位的位址和地下水季節性高度變化的範圍。

(b)相關資料如棲止水(perched)、含水層(aquifer)和受壓水層(artesian)之存在、地下水流動狀況(groundwater movement)、水力傳導係數(hydraulic conductivity)、場址及借土材料入滲特性、水力梯度

(hydraulic gradients) 以及水壓計 (piezometers) 與觀測井 (observation wells) 設置之詳細資料與監測數據記錄。

(c) 依據設計基準水文事件(如可能最大洪水)所決定之設計基準地下水水位。

#### (4) 借土材料

審查委員將審查填方借土材料探勘計畫，是否施作足夠數量之鑽孔、取樣以及探查坑(test pits)等以確立借土之量與品質是合用的。為了確認借土材料為特定目的之使用符合需求，試驗結果及設計參數的建議皆會列入審查。

#### (5) 地層與設計參數(Stratigraphy and Design Parameters)

審查委員將針對探勘位置計畫(location plans)、剖面(cross-sections)、顯示場址土壤與岩層的縱斷面(profiles)進行審查，並與探勘記錄進行比較，以確認所有蒐集之資料(特別是探勘時遭遇的軟弱區)，均已保守地應用於建立土壤與岩層之分層，特別值得注意的是，地層厚以及側向延伸的推估通常具不確定性，而此不確定性在建立土壤與岩層之分層時應保守考量。審查委員還必須考量，申請人是否完整地及保守地解釋取得自調查作業之土壤與岩石特性，以進一步建立設計參數。若其使用之土壤與岩石特性以及地下分層很顯然地不保守，審查委員將要求補充額外資料以驗證申請者提出之建議。

### 3.11.3 接受準則

#### 3.11.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.12**，「**特別技術資訊**」(a)，要求大地工程特性之描述和設施場址與其鄰近地區之特性，以協助顯示已符合 **10 CFR 61 Subpart C 的效能目標**以及 **10 CFR 61 Subpart D 相關技術規範**。
- (2) **10 CFR 61.13**，「**技術分析**」，相關於其分析工作必須能清楚的證明和區分低放射性廢棄物處置場的場址自然特性以及與隔離廢棄物之設計所扮演之角色。
- (3) **10 CFR 61.23**，「**執照頒定標準**」(b) (e) (f)，要求申請者提出可保護大眾健康與安全的保證，並須合理保證符合 **10 CFR 61 C 部分之效能目標**，以及 **D 部分之技術規範**。
- (4) **10 CFR 61 C 部分**，「**效能目標**」，**10 CFR 61.41 到 10 CFR 61.44** 要求該設施之大地工程特性應該達成的效能目標。
- (5) **10 CFR 61.50**，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a) (1)，(a) (2) (a) (7)

到(a) (10)，詳列近地表處置設施必須符合的場址適合性要求，及大地工程特性對場址適合性研判之貢獻。

### 3.11.3.2 法規指引

針對低放射性廢棄物處置設施之大地工程方面，目前並無可引用之法規導則。然而，以下所列的導則將提供大地工程審查建議與引導，其詳盡程度的需求和調查分析的規模，可能會因為個案不同而不盡相同：

- (1) **法規導則 1.132**，「**核電場基礎之場址調查**」，描述場址之大地工程調查計畫，此計畫通常會符合於靜態或動態條件下大地工程效能所需要之評估，並提供建立特定場址調查計畫的一般性導則與建議，同時以特定之導則指導地下探查、鑽孔的間隔與深度以及採樣位置。
- (2) **法規導則 1.138**，「**核電場設計和工程分析之土壤實驗室試驗**」，描述可接受的實驗室試驗，此一試驗將決定大地工程分析及設計有關之土壤與岩石參數與特性。

### 3.11.3.3 法規評審準則

有關列於本 SRP 第 2 節審查範圍之評估準則，依循下列各節：

#### (1) 現地調查

##### (a) 地質工程、地球化學與地震調查

相關調查範圍與技術必須足以提供下列場址大地工程特性審查所需之資料。若地質圖、地質剖面、地質構造、地質歷史與工程地質相關之討論均完整，且調查足以清楚的呈現並支持場址地質狀況之陳述，則可接受地質特性相關的陳述。而在地球化學方面，若針對環境之地球化學作用(如天氣與雨水)對場址土壤岩石的物理及強度特性(特別是土壤與岩石具風化和淋濾(leaching)潛勢之地球化學作用)之影響有充份之討論，則亦屬可接受。而地震學方面，若其討論涵蓋決定設計基準地震事件的方法則亦為可接受。設計基準地震事件的資料，必須包括地震的規模、地震之高程(elevation)與位置(location)、最大水平加速度、最大速度、地震的延時和場址土壤條件對地表震動放大效應之潛勢。

審查委員將依循 SRP 3.4 節和 3.7 節，作為審查以上相關主題之接受準則。

##### (b) 大地工程與地球物理調查

現地調查及取樣計畫必須完整的執行，以定義場址內和借土材料區之土壤與岩石的產狀與特性。**法規導則 1.132** 描述核能電廠之大地工程與地球物理調查。然而，其僅供一般性導則，因為現地調

查規模，必須視 LLWDF 的複雜度及場址地下狀況而定。調查計畫的範疇必須能適當地建立具高度信心度的處置場址大地工程特性。調查計畫必須包含下列各項視為可接受的：

1. 平面圖中應清楚顯示 LLWDF 的輪廓和所有鑽孔、取樣點 (probes)、探查坑(pits)、槽溝(trenches)、等震度線(seismic lines)、水壓計、觀測井和地質剖面的位置。
2. 足夠數量的場址剖面圖，以清楚顯示土壤與岩石分層，以及呈現 LLWDF 設施與地表下材料之相關性。
3. 鑽孔柱狀圖(logs of borings)、取樣點(probes)、探查坑(pits)、槽溝(trenches)以及地球物理調查，必須詳盡且足以符合**法規導則 1.132**。

(2) 現地與實驗室試驗及工程特性

申請人必須遵照**法規導則 1.132** 以及**法規導則 1.138**，提供關於取樣原則以及土壤及岩石參數所需之試驗數量詳盡且定量之討論，這些討論為定義場址及借土區特性所必要。

遵循**法規導則 1.132** 和 **1.138**，若申請人使用現今大地工程專業普遍接受的方法來決定場址及借土區地底下材料之大地工程特性，則相關之敘述與試驗結果視為可接受。廣被接受之土壤指數及工程特性試驗方法的目錄如下：

土壤分類(Soil classification)	冷凍-解凍(Freeze-thaw)
含水量(Water content)	潰散性(Dispersivity)
單位重(Unit weights)	擴散特性(Diffusion characteristics)
孔隙比(Void ratio)	滲透性、水力傳導特性 (Permeability,hydraulic conductivity)
孔隙率(Porosity)	壓密(Consolidation)
飽和度(Saturation)	直接剪力試驗(Direct shear test)
阿太堡限度(Atterberg limits)	三軸壓縮試驗(Triaxial compression tests)
比重(Specific gravity)	單軸壓縮試驗(Unconfined compression tests)
級配分析(Gradation analysis)	相對密度(Relative density)
夯實(Compaction)	特別試驗(週期強度cyclic strength、剪力模數shear modulus
收縮-膨脹(Shrinkage-swelling)	、阻尼damping等)視需要而定

可接受的試驗方法和步驟可參考下列參考文獻，例如由 *American Society for Testing and Materials* 所出版之「*Annual Book of ASTM Standards*」和相關特別技術出版品；由 *U.S. Army Corps of Engineers* 出版的「*Engineering Manual EM 1110-2-1906*」；由 *Institution of Civil Engineers* 出版的「*Geotechnique*」；還有諸如 *University of California* 之 *Earthquake Engineering Research Center* 的各大學研究報告；以及在參考文獻段落中提到的各其它出版資料。

有必要時，應詳細討論現地與實驗室試驗試體準備工作。例如實驗室的三軸壓縮強度試驗，應說明如何決定以及如何於試驗期間控制樣品的度，以及說明孔隙壓力如何改變等。若場址地底材料存在飽和非凝聚土壤(saturated cohesionless soils)和高敏感黏土(sensitive clays)，申請者必須呈現可能會因為液化現象或變形-軟化現象(strain - softening)而可能造成不穩定的地區之土壤已進行與液化潛能評估有關的取樣與試驗。除此之外，申請人還必須呈現土壤的靜態與動態工程特性，例如單壓強度(unconfined compressive strength)、總應力與有效應力剪力強度參數、動態彈性模數、反覆三軸試驗(cyclic triaxial tests)之動態強度參數等，皆得以適當地決定，並且在設計上已使用合理且保守的參數值。這些說明與結果的呈現，必須能解釋這些參數如何用於設計、設計時如何涵蓋試驗資料以及為何設計確實屬於保守。用於設計的參數資料必須製成表格，這些設計用的參數必須忠實呈現現地與實驗室試驗的結果記錄。

### (3) 地下水狀況

SRP 3.6 節詳列地下水狀況資訊的接受準則。低放射性廢棄物處置場址的大地工程特性審查時，將依 SRP 3.2.3 節所提出之資訊，審查資料作為處置場開挖的回填、邊坡穩定度、沉陷/下陷以及場址關閉各方面大地工程評估之合適性與可接受性。

### (4) 借土材料

關於回填用之借土材料相關資料，若能符合下列標準，則可視為接受：(1)能呈現回填用之借土材料範圍(limits)、整地(grades)和邊坡(slope)之相關計畫以及能決定可用之材料形態及數量之鑽孔與探查坑位置；(2)能呈現借土材料的特性乃決定自適當的試驗。借土材料工程特性必須根據實驗室的試驗結果決定之，試驗需以代表性之借土材料夯實至 LLWDF 建造工程所指定之相同密度及含水量。

### (5) 地層及設計參數

處置場地層資訊接受條件為申請人應提供適量之平面與剖面圖，以清楚顯示場址地表下土壤及岩石分層與 LLWDF 設施間之關係。剖面圖必須顯示鑽孔位置和用以建立土壤與岩石分層之鑽孔柱狀圖。分層必須基於所有蒐集得之資料，特別是探勘時發現地層為軟弱或疏鬆的區域。設計參數必須根據該場址土壤與岩石分層以及土壤與岩石材料的試驗結果進行合理及保守的解釋後決定，設計參數選擇時應基於足夠組數之試驗結果。設計參數可以表格方式呈現，也可用圖形表示，並應充份顯示建議設計參數之保守性。

### 3.11.4 審查發現

#### 3.11.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.11.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.11 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之大地工程特性審查。審查的目標在確保：(1)大地工程和地球物理現地調查和實驗室與現地試驗的範疇必須適當；(2)用以建立土壤與岩石分層、設計用代表性剖面以及設計參數的資料解釋必須合理與保守；(3)其場址之大地工程特性必須符合 SRP 3.11 節之導則和通過準則。

在此階段的審查結果審查委員認為：

- (1) 申請人提供了場址之地質特性，包括說明場址表土與地表沉陷潛勢、岩盤中未釋放之應力、岩石或土壤因礦物(mineralogy)種類而可能造成之不穩定以及土壤堆積(deposition)與侵蝕(erosion)歷史。
- (2) 設計基準地震事件已根據規模、加速度、速度、延時和場址放大效應之潛勢適當地定義。
- (3) 大地工程與地球物理調查之執行範疇已確認場址與借土材料之適當性。
- (4) 使用於設計分析之材料靜、動態工程特性是根據適當的現地與實驗室試驗與合理保守解釋獲得的。
- (5) 地下水狀況如地下水水位、變動範圍以及受壓狀況(artesian condition)乃根據適當的調查所確認。
- (6) 借土材料特性乃根據適當的探勘與試驗結果。
- (7) 用於設計之場址分層與設計參數數值是基於合理與保守的解釋所有資料後決定的。



審查委員結論為 **SAR** 提出大地工程特性部分，已提供決定處置設施是否符合規範之效能目標的基本資料，因此滿足 **10 CFR 61.12(a)**、**10 CFR 61.13(a)**、**10 CFR 61.23 (b)(c)(f)**、**10 CFR 61.41 到 10 CFR 61.44**、**10 CFR 61.50(a)(1)**、**(a)(2)**、**(a)(7)到(a)(10)**之相關規範。

### 3.11.5 參考資料

- (1) American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia PA, revised annually.
- (2) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (3) Shannon & Wilson, Inc., and Agabian-Jacobsen Associates, "Soil Behavior Under Earthquake Loading Conditions - State-of-the-Art Evaluation of Characteristics for Seismic Responses Analyses," U.S. Atomic Energy Commission contract W-7405-eng-26' January 1972
- (4) Terzaghi, K., and R. B. Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd edition, John Wiley & sons, New York, 1967.
- (5) U.S. Army Corps of Engineers, Engineering Manual EN 1110-2-1902, "Engineering and design Stability of Earth and Rock-Fill Dams," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, DC, November 1970.
- (6) ---, Engineering Manual EH 1110-2-1906, "Laboratory Soil Testing," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, DC, November 1970
- (7) ---, Engineering Manual EH 1110-2-1907, "Soil Sampling," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington DC, March 1972
- (8) ---, Engineering Manual EM1110-2-1908, "Instrumentation of Earth and Rockfill Dams," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, DC, August 1971
- (9) U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Earth Manual, Denver, CO, 1968
- (10) U.S. Department of the Navy, NAVFAC DM 7-1, DM7-2, and DM7-3, "Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures," Alexandria, VA, May 1982
- (11) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0902, "Site Suitability, Selection and Characterization," April 1982
- (12) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

- (13) ---, NUREG/CR-2700, "Parameters for Characterizing Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, May 1982.
- (14) ---, NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal," P.G. Tucker, U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, February 1983.
- (15) ---, NUREG/CR-3356, "Geotechnical Quality Control: Low-Level Radioactive Waste and Uranium Mill Tailings Disposal Facilities," H.V. Johnson, S.J. Spigolon, and R. J. Lutton, U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, June 1983.
- (16) ---, Regulatory Guide 1.132, "Site Investigations for Foundations of Nuclear Power Plants,".
- (17) ---, Regulatory Guide 1.138, "Laboratory Investigations of Soils for Engineering Analysis and Design of Nuclear Power Plants".

十二、交通狀況：提供場址與附近地區交通運輸系統(包括鐵路、公路、水運等)及運輸能力等資料。

### 3.12 交通狀況

#### 3.12.1 審查範圍

審查委員將會由下列各方面審查場址位置：(1)經緯度和通用麥卡托座標系統(universal transverse mercator (UTM) coordinate system);(2)行政分區和鄰近都市及鄉鎮；和(3)附近重要人造或天然的地形地貌。場址描述之審查則著重於：(1)面積；(2)場址與可能擴充使用區域之土地所有權和/或土地現況；以及(3)場址詳細之地形特徵。

審查委員將使用通過 SRP 1.2 節 審查之相關資料。委員也會需要來自 **美國地質調查所(USGS)** 地形圖、航空照片或遙測影像所獲致之資訊，以及當地區域計畫單位或現地調查所獲致之資料等。

#### 3.12.2 審查程序

##### 3.12.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 相關審查章節，審查委員將審查 **安全分析報告(SAR, Safety Analysis Report)** 中對場址位置與場址描述相關資訊之完

整性。

### 3.12.2.2 安全性評審

審查委員應確定相關數據包括經緯度、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。經由申請人所提供數據或必要時透過現地勘查，審查委員應熟悉包括人造及天然地形地貌等之場址環境。這些資料的準確性對**安全評估報告(SER, Safety Evaluation Report)**中關於輻射外洩及意外發生的情況假設相當重要。

審查委員亦應確認場址與可能擴充使用區域之面積與土地所有權的適法性。

**SER** 將納入經審查為可接受比例尺的場址地形圖，同時應鉅細靡遺地評述場址地形。為確認資料足以充分支持場址地形特性的描述，審查委員將針對高程與地形起伏、坡度和排水狀況等資料詳加審查。

申請人若有任何資料之遺漏或需要說明的情況，審查委員須明確指出，並盡速連絡計畫經理人以解決問題。

### 3.12.3 接受準則

#### 3.12.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.11**，「**一般資訊**」(c)(1)，要求對場址位置之描述。
- (2) **10 CFR 61.12**，「**特定技術資訊**」(a)，要求根據選址與場址特性化工作所獲知的場址自然狀況與人口統計等特性之描述。

#### 3.12.3.2 法規指引

無。

#### 3.12.3.3 法規評審準則

申請人所提數據資料若合乎以下條件，則為可接受：(一)符合 **NUREG1199** 之要旨與格式規範(二)充分符合 **10 CFR 61.111 (I)**和 **61.12(a)** 場址描述之條件規範。

### 3.12.4 審查發現

#### 3.12.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 **SAR** 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 **10 CFR 61** 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

除了依本 **SRP 3.1 節與 3.2 節**所指示完成查核結果以外，對場址地點、處置場本身和鄰近交通運輸路線應總結概述於 **SER**，關於場址參數有任何

不足處均應註明。

審查委員可依下列說明做成審查文件。

#### 3.12.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.1.1 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地點與場址描述之審查。

因申請者提供之相關資料已符合 *NUREG-1199* 規定之內容與格式之規範，並已充分滿足 *10CFR 61.11 (c) (1)*和 *10CFR 61.12(a)*之規定，故其資料為可接受。

#### 3.12.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.

### 十三、其他：

- (一)說明其他足以影響處置設施設計及建造之場址特性因素(如崩塌滑動、侵蝕、洪水、土石流、火山爆發、海嘯等)。
- (二)場址特性調查範圍應以學理上完整之地理區域為準，調查週期與精度應符合一般工程技術規範要求，成果應足以充分說明場址特性。
- (三)調查成果應以適當比例尺之地圖加以說明，歷史資料應加以統計分析並以適當圖表呈現以利審查。原始調查數據得列為報告附冊備查。
- (四)視場址之地域差異性，申請人得提供其他足以影響處置設施設計與建造之場址特性因素補充說明。

### 3.13 其他

#### 3.13.1 審查範圍

*10 CFR 61.50 (a)(5)*規定處置場必須是排水良好、非洪氾區或經常積水的地

區。廢棄物處置場不可位於 **100 年頻率洪氾水平原內、沿海高度災害發生區或濕地**，如 **執行細則 Executive Order 11988 「洪氾平原管理導則」** 所規範。SRP 3.5 節段落 4.3 對於建議場址是否合乎規範提供審查的準則。本 SRP 陳述其通過的基礎在於場址坐落於非洪氾區域並且符合 **執行細則 Executive Order (E.O.) 11988** 所規範。

此導則之目的在補足 **NRC 規範**，並告知 **NRC 審查委員** 對於洪氾平原、濕地及 **10 CFR 61.50(a)** 法規等應有的立場。此文件中的導則及步驟並非必要規範，且非提供符合 **NRC 規定** 之方法。例外於此審查導則可視為隨案件的不同而定之作法。

### 3.13.2 審查程序

#### 3.13.2.1 接受性審查

在評估 **10 CFR 61.50(a)(5)** 的法規要求時，審查委員認為對於在規範中沒有解釋清楚或未被特別定義的部分，應該要提供清楚的名詞定義及解釋。以下則針對此部分做出定義及解釋。

廢棄物處置場範圍(Waste Disposal Area)：當 **10 CFR 61.50** 提到廢棄物處置場不可設立於洪氾平原或濕地時，在選址規定中並未對處置場範圍做出特別的定義。為了釐清這一點，審查委員認為應定義為廢棄物確實放置處(immediate area of waste emplacement)(也就是壕溝或地窖結構)；處置場址在法規 **10 CFR 61.2** 中則被定義為廢棄物處置活動的範圍以及廢棄物確實放置處及其緩衝區。

濕地(Wetland)：當 **10 CFR 61.50** 提到廢棄物處置場不可設立於濕地中時，如 **E.O. 11988** 所規範，然而 **E.O. (Executive Order)** 中並未對“濕地”做出清楚定義。濕地在 **E.O. 11990 「濕地的保護」** 一文中被定義，**E.O. 11990** 出版日期幾乎與 **E.O. 11988** 同時，下列則是 **E.O. 11990** 中對濕地的定義：

一地區若經常被地表水或地下水淹沒，並在正常情況下足以提供大區域種植蔬菜或水生生物，所謂的水生生物為需要終年土壤浸潤或季節性浸潤才能生長或繁殖的生物。濕地通常包含沼澤(swamps)、沼地(marshes)、泥塘(bogs)、以及類似的地區像河灣淤積的泥潭(sloughs)、河床壺穴(potholes)、濕原(wet meadows)、河川淹沒地(river overflows)、泥地(mud flats)和天然池塘等。

審查委員希望在定義濕地時能維持其一貫性，並與其它聯邦單位的定義相同。所以，審查委員必須根據這些定義的方式，並引用 **Executive Orders** 這個為陸軍工兵團單位所慣用規範。在 **10 CFR 61** 中被引用的 **E.O.** 是為了保護洪氾平原和濕地地區不被濫用或做不必要的開發。為了環境的考量，審

查委員認為洪氾平原或濕地的開發，必須要透過其它聯邦或州立單位簽發核准函。為了安全，**法規 Part 61** 的要求必須符合。

審查委員明白不同單位定義濕地的準則經常有所爭議，且目前各準則正在更新中。目前，似乎連非常小的水塘地區都可能被認為是濕地，事實上這種情況可能對低放射性廢棄物處置設施的安全性沒有威脅性；或可透過場址整地(grading)過程而永久去除且不會再度形成。**NRC** 在 **10CFR 61.50** 中的濕地條款，意旨在於避免場址有排水不良的情況，並降低水與廢棄物接觸的風險。當 **10CFR 61** 頒布時，審查委員並未預見這些無關緊要的區域會被列入濕地的定義內。法規訂定時是希望免於廢棄物的放置被浸泡於水中，或避免位於大型濕地區域如沼地(marshes)、泥塘(bogs)、沼澤(swamps)或潮間區(tidal areas)。

基於上述定義及討論，並根據 **10 CFR 61.50 (a)(5)** 審查委員總結，廢棄物處置場不可位於 **100 年頻率洪氾平原或濕地區域**。然而，審查委員認為場址的其它部分(也就是一部分的緩衝區)可位於 **100 年洪氾平原區或濕地區**，但必須符合 **Part 61** 的法規要求。在此情況下，總結文件必須證明洪氾平原或濕地對場址安全與效能有重大影響。此外，如同以下討論，特定場址是否通過審查的最後結論，將視申請者證明該案符合所有選址法規要求的能力如何。若場址有許多濕地區域或因地下水排入場址地表而形成濕地者，則不符合 **10 CFR 61.50 (a)** 的規範。

申請者或可能尋求洪氾平原或濕地要求的除外條款，若申請者認為該設施放置於特定位置並沒有違反 **NRC** 規範的本意時，審查委員將對此特別要求部分作專案的審查。

### 3.13.2.2 安全性評審

#### (1) 洪氾平原

**10 CFR 61.50** 在建立選址要求時，審查委員強調(**USNRC, 1981**)避開 **100 年頻率之洪氾平原** 的必要性，指出避開洪水氾濫區及海岸高災害地區將降低處置場遭受淹水或侵蝕的可能性。選址要件在最後頒訂時，列出了兩項與洪水相關的規定：

- (a) 場址必須符合與 **100 年頻率洪氾平原** 相關之 **E.O. 11988** 規範；
- (b) 排除使用明顯氾濫或排水不良的場址，避免可能發生洪水(或經常淹水)區域，避免可能因廣大上游集水區帶來洪水而導致淹水程度嚴重的區域。

**NUREG-0902(USNRC,1982)** 主要是為了洪氾平原選址提供指導方針而發展，並擴充至其他情況場址適合性要件的建立。在 **NUREG-0902**

中，審查委員已注意到除了 **100 年頻率洪氾平原** 規範外，有其它更多的考量必須被列入評估，其中包括決定建議場址是否座落於洪水有關的區域，決定容易淹水的地區應如何以工程措施加強以保護場址，以及決定若干自然現象(在本案為侵蝕和淤積)發展到何種程度會使特定的預估模型失效。

(a) 洪氾平原的判斷(Floodplain Determinations)

根據 **E.O. 11988** 和 **美國水資源局(USWRC) 導則(USWRC 1978)**，**NRC** 委員遵照執行細則(**E.O. 11988**)執行時，發現在詮釋執行細則內容時，並沒有太多的彈性空間存在。在有合理的或實際可行的替代方案條件下，這些導則討論到避免開發洪氾平原的必要性。在 **100 年頻率洪氾平原**，**執行細則(E.O. 11988)** 要求應考慮各種不同的開發、居住及其他土地使用類型的替代方案。因此，場址是否確實位於 **100 年頻率洪氾平原** 之內最為重要。

所謂 **100 年頻率的洪氾平原**，其指的是緊臨河川水道或水路的低地或平坦地區，該地區在一百年內有可能在任何一年發生一次因氾濫而造成的洪水(**USWRC, 1978**)。此定義必須要加以詮釋，因為實際上任何土地區域在暴雨發生後，皆會為逕流(runoff)掩蓋。區分的基礎在於淹水的程度不同，若洪水深度在規定的最小值之上，則將被定義為洪氾平原。此區分標準可使用 **聯邦緊急災難管理局(Federal Emergency Management Agency, FEMA)** 洪氾平原的相關研究(**FEMA, 1985**)。一般而言，根據洪水氾濫的深度不同，土地即區分為各種不同災害等級。

另外必須區分的是洪氾平原的種類以及構成洪氾平原的因素。參考 **USWRC 導則** 可區分出不同種類的洪氾平原，如河川洪氾平原(riverain floodplains)，沿海洪氾平原(coastal floodplains)，或特別種類的洪氾平原(如沖積扇；alluvial fans)。不同型態的洪氾平原，其計算的程序和洪氾平原的判斷準則也會不同。

在美國許多區域內，已經有洪氾平原範圍圖可供參考。**E.O.11988** 中說明：“在執行前，各單位請先行確認提案處是否位處洪氾平原...，關於洪氾平原位置，可參考**美國住宅與都市發展局(Department of Housing and Urban Development,**

*HUD*) 洪氾平原範圍圖或其它可取得的更詳細的圖。若無法取得相關圖，則各單位必須以現有最好的資料針對洪氾平原進行判斷。”

根據審核執行細則要點，審查委員決定場址是否位處洪氾平原內的第一步為參考出版的洪氾平原範圍圖，若無法取得洪氾平原範圍圖，申請人必須遵照 *USWRC 導則* 自行繪製。如果依照洪氾平原範圍圖顯示廢棄物處置的確座落在 **100 年頻率洪氾平原** 內，此場址將不被接受。若是場址其它部分(如緩衝區)位處洪氾平原內，此場址還是有可能不被接受。最後的決定必須符合 *E.O. 11988* 關於洪氾平原選址的一般性目標及條件。*USWRC 導則* 提供施行 *執行細則(E.O.)* 時的所需條件。*USWRC 導則* 採逐一步驟的方式提供如何審查面對洪氾平原應有之處理方案，包括替代方案的審查。若有合理並可實行的替代方案時，*NRC 委員* 依規範考量的指示，其主要或唯一的目的是在於盡量縮小洪氾平原的使用或開發範圍。若申請者提出洪氾平原的使用申請，必須遵照 *USWRC* 程序提出詳盡的分析及證明。

若場址選在地圖上未被標示為 **100 年頻率洪氾平原** 內，並不代表此申請案必然會被接受。*USWRC* 的程序主要在於界定 **100 年頻率洪氾平原** 位置以確保安全和災區分級。低窪或排水不良的區域(特別是較小河川的流域)並無必要全部圈繪出來。例如，根據 *FEMA* 的規定，對於集水區面積小於一平方哩的小溪流，並不需要進行 **100 年頻率洪氾平原** 之劃設。然而，這樣的低窪地區，卻有可能因受 **100 年頻率洪水** 影響，而造成幾呎的淹水深度。若場址土壤相當的不透水，這樣的地區也有可能經常性的積水。在此一情況下，審查委員可能會認定該區為洪氾可能發生地區而無法通過審查，特別是其它選址條件(例如濕地、高地下水水位等)尚有疑慮時。所以，申請人必須根據以下所述，進一步決定場址並未位於可能發生洪水的區域或高災害發生區，於可能之情況下，申請人應盡早考慮此一選址條件。

(b) 洪水災害的判定(Flood Hazard Determinations)

根據 *FEMA* 導則，洪氾平原的分級與洪水造成的災害有關。若僅是造成淺地表逕流現象並不列入分級內，因為淺地表



逕流所造成的災害較小且容易退去。根據這些風險及災害，**FEMA** 已經對災害區域提供廣泛的討論，並已發展出訂出 **100 年頻率洪氾平原** 的步驟，包含特別區域(如沖積扇)。

然而，審查委員認為 **FEMA** 針對洪水災害的分析，並不一定考慮到洪水對低放射性廢棄物處置設施的潛在問題。大部分的狀況下，必須另外進行分析以說明場址的可接受性。其它必須被討論的部分包括：(1)對於特定地區應使用特別洪水分析程序；(2)**10 CFR 61.50** 其它關於洪氾之要求；(3)大於 **100 年頻率洪水** 所造成的重大災害以及降低洪水災害之工程方法。

(c) 特定區域所使用之特別程序(Use of Special Procedures for Certain Areas)

**NRC** 審查委員分析 **FEMA** 導則顯示，高災害與易發生洪水區，判定洪氾平原必須做額外的考量。因為在導則中僅有對水流深度及流速判別的一般性程序，所以某些特定區域須更精確地計算洪水深度及流速時需要特別的分析。另外，為了評估洪水深度、流速以及潛在的快速變化的發生，其它更詳盡的水文計算技術及特別地形研究是有需要的。可能發生的快速變化包括：侵蝕、淤積、**河流改道(channel avulsion)**和其他潛在的問題。例如，若河流改道情形發生，新的水道可能位於廢棄物儲存放置的地區，同時，**100 年頻率洪氾平原**範圍可能需重新定義。因此，引用系統化的方法進行特定場址區域的水文地質過程全面性的評估是有需要，此方法的範例在 **Rhoads (1986)** 文獻中有相關討論。

(2) **10 CFR 61** 洪水相關法規要求

另有 **NRC** 規範明定避免在洪水或侵蝕地區或不穩定地區設置處置場的必要性。**10 CFR 61.50 (a)(6)**要求上游集水面積最小化之標準。**10 CFR 61.50 (a)(10)**要求應避免不穩定的區域。審查委員總結認為，選址的要求必須做整合性考量，以達成對洪水發生潛能及洪水災害相關的任何有意義的結論。審查委員認為一個場址若能符合下列選址條件，則可消除重大淹水或侵蝕現象的可能：

- (a)上游最小集水面積，遵照 **10 CFR 61.50(a)(6)**規範，最好讓場址的位置遠超過鄰近溪流之洪水水位以上，流經場址的逕流(甚至較大洪水，如可能最大洪水；probable maximum flood, PMF)僅為不具影響力的層流(sheet flow)，這樣的情況下，保護場址不受洪

水或侵蝕，僅需要小型的加強工程；

(b) 遵照 **10 CFR 61.50(a)(5)** 規範，將處置場設於排水良好、**100 年頻率洪氾平原** 之外且不致發生顯著積水處，以使大量逕流接觸廢棄物的潛勢降到最低；

(c) 遵照 **10 CFR 61.50(a)(10)** 規範，將處置場設立於洪水流動速度不具明顯影響性之處，以降低侵蝕作用發生的可能；

(d) 遵照 **10 CFR 61.50(a)(10)** 規範，處置場的座落需位於不發生使預估的效能模式失效之改變處，以使處置場隔離儲存廢棄物的能力是可信的，或廢棄物移動的可能性可精確地監控。

若場址的排水不良，位處低窪地帶或可能遭受洪水侵襲，則必須同時將洪水對地下水位的影響列入評估。**10 CFR 61.50(a)(7)** 禁止廢棄物處置設施位於地下水位高低變動的區間。若處置場位於地下水位會因洪水而上升的區域，並且接觸到儲存的廢棄物，此場址的選擇將不能被接受。在此類案件中，必須引用洪水與地下水位的暫態分析(Transient analysis)，以釐清此場址的適合性。

審查委員認知 **10 CFR 61.50** 所訂定的選址要求均為一般性條件。特別是審查要求中關於上游最小集水面積的限制標準，可能有不同的解釋，多小的集水面積才能滿足要求，常常並不容易決定。審查委員應考慮到規範中僅主觀陳述而未對特定項目明訂最大或最小標準時，選址要求必須綜合各項因素綜合考慮分析。舉例來說，除了極少數的例外，場址上游集水區面積符合規範要求，通常不會發生重大洪水情形，而場址通常屬於排水良好區域，且位於 **100 年頻率洪氾平原** 之外，另外，場址多不會積水且侵蝕作用通常不旺盛。

(a) 重大洪水災害以及降低洪水災害的工程設施

洪水與洪水的流速是否會對處置場長期的效能造成重大的影響，是另一個待解決的課題。如上所述，洪氾平原地點的判斷(例如使用 **FEMA 準則**)主要根據淹水的程度或洪水所造成的風險而定。然而，審查委員認為或許有些場址可符合淹水深度及流速的規定，但卻在大淹水時被嚴重淹沒(也就是，淹水程度大於 **100 年頻率洪水** 時)，所以此項因素必須在選址時列入考量。

審查委員也瞭解，有時重大的風險並非直接與 **100 年頻率洪水** 有關。提供選址規範要求，主要是為了廣泛的檢視場址條件，並盡可能避免該場址因為較小的洪水(**100 年頻率洪水**)而

有重大影響淹水情形發生。LLW(低放射性廢棄物)場址將會被要求以更大的洪水標準來設計保護；其設計洪水基準應為其可能最大洪水 *PMF*。

因此，場址是否能被接受的另一重大決定，則與降低洪水災害相關之工程措施的範疇有關。加強場址防範洪水逕流屬重要課題。審查委員進一步認定選址要求的主要目的，是引導場址選擇朝向其本質即已提供最大程度的防洪能力。這樣的場址本來就位於洪水水位之上而不受重大洪水影響。場址條件良好者，可能僅需要少許加強排水和最小的防洪措施，通常不需依賴大量的工程防護，特別是在場址關閉後。鄰近場址上游集水區(已符合最小集水面積標準)的層流(sheet flow)和小型蝕溝水流(minor gully flows)，僅需用簡易低價的便道或溝渠引流，以遠離處置設施，甚至足以應付重大洪水之發生。此情況下使用工程設施進行洪水防護是可以接受的。然而，會造成場址幾呎深淹水(或急流)的嚴重洪水，特別是大於 *100 年頻率洪水*(包括 *PMF*)，則很難加以採用工程措施抑制。使用堅固且大型的堤防工程或引流構造物來防洪，並不一定能被接受。因為長時間之後地表可能崩解(degradation)，工程結構也將毀壞，場址關閉後若必須依賴這些防洪工程措施，審查委員認為這種作法將無法符合 *10 CFR 61 Subpart C* 的效能目標。審查委員認為應該以場址地點的自然環境及高度的升高，以提供大型侵蝕作用的防護。以上已提出的明顯事實是，許多建議場址並不需要任何重大的防洪措施，即為比較符合條件的場址，而低窪地區、易發洪水以及排水不良的場址則將被否決。

申請者必須證明及確保所採取的防洪工程將不是大規模或不至過於精細。申請者將被要求根據 *10 CFR 61 Subpart C* 的效能目標，顯示其防洪設計僅是合理的加強保護處置設施能安全的隔離廢棄物。為了定義防洪措施的“合理”，可參閱 *NRC* 對“要求的(expected)”或“典型的(typical)”措施所做的比較(*NRC, 1981*)。另一種工程合理度的測試法，為將建議場址所需要的措施與一位於分水嶺且排水優良(僅作需極少量的工程，例如小型排水溝或低淺水道)場址的設計進行比較。

### (3) 濕地 (Wetlands)

建立相關於 *10 CFR 61.50* 濕地的要求條件時，主要關心的要點在

於：(1)避免廢棄物與排水不良、低窪或潮濕地區的停留水(standing water)接觸，(2)必須符合 *E.O.* 所有可用的法規要求。經常飽和之大型低窪地區特別重要，因其很難利用一般的整地工程解決相關問題。

然而，審查委員利用最新發展的 **聯邦單位的導則(FICWD, 1989; EPA, 1991)** 來定義濕地，可能將定義出相當小的濕地(小於 100 平方呎)。將場內僅有小部分獨立的潮濕土壤區，例如表土凹陷(surface depression)或水坑(puddles)等列為限制場址，並非審查委員依據 **10 CFR 61** 進行審查的本意。若上述情況確信不會對安全性有影響，或能完全符合效能目標者，設立廢棄物處置場仍是有可能被接受的。然而申請者必須證明：(1)場址中有無溼地存在；(2)確定證實 **10 CFR 61.50** 法規中的選址要求已完全符合；(3)依照場址基準特性決定濕地對安全與效能的影響。

(a)溼地的判別 (Determination of Wetlands)

**美國聯邦溼地界定委員會(Federal Interagency Committee for Wetland Delineation, FICWD)** 已發展詳細的溼地導則並製成聯邦手冊「**認定並劃分濕地轄區(Federal Manual for Identifying and Delineating Jurisdictional Wetlands, FICWD, 1989)**」。修訂版則為「**溼地界定聯邦手冊之提案修訂(EPA, 1991)**」。此聯邦內部手冊和後來的修訂版本皆提供了定義溼地區域的詳細導則，審查 LLW 處置場址相關溼地部分時這些程序必須遵循。

(b)溼地之要求

審查委員認知 **10 CFR 61.50 (a)(5)** 主要是避免排水不良的場址，特別是因排水不良而造成溼地的場址。審查委員也認為法規的主要目的是避免水與廢棄物的直接接觸，故比起正位於廢棄物處置處的溼地，位於緩衝地帶的溼地對於安全性及設施效能的影響較輕。

1. 緩衝地帶

與洪氾平原相同，審查委員的認為場址的某些部分(如小部分的緩衝地帶)位處濕地地區是可接受的，條件是必須取得適當核准單位的許可，並且所有 **10 CFR 61** 其它的選址要求必須全部符合。必須強調的是，溼地要求必須與其它選址要求作綜合性的分析。例如，場址中若有溼地存在，雖然範圍極小，卻有可能代表有高地下水位或排水

不良的情形；因此這種情況就很難符合 *10 CFR 61.50 (a)(7)*地下水深度的要求和 *10 CFR 61.50 (a)(5)*排水良好的要求。額外的資訊將在以下的 2.3.3 節提出其它需要符合的法規要求。

## 2. 廢棄物放置區

如上所述，廢棄物放置的地點不可位於溼地區域，法規除外情形則需進一步提出討論。

### (c) 溼地的定義

與洪氾平原相同，要決定場址的接受與否，與解決排水、積水和溼地問題的工程措施之範疇有關。場址整地時，多半是用來加強場區排水能力，所以場址排水能力強化及改進排水的程度則成為重要的課題。選址要求的本意為引導選址程序朝向場址環境本身就已排水良好，且並無任何重大積水問題者。場址條件良好者，可能需要少許加強排水措施時，通常不需依賴大量的工程措施來避免及排水問題的再度發生，特別是場址關閉後工程措施通常並無日常維護。精心設計的繁複排水系統(例如礫石排水、抽水系統、重建導流溝渠以及分洪構造物等)通常不被接受。因為長時間(大於 100 年)之後地表可能崩解(degradation)、工程結構物也常將毀壞，審查委員認為，若必須依賴場址關閉後長時期的工程措施，這種作法將無法符合 *10 CFR 61 Subpart C* 的效能目標。審查委員認為所謂的排水良好應該是場址地點本身的自然坡度、位置及高程所提供的條件。以上已提出的明顯事實是，許多建議場址並不需要任何重大的排水及加強工程，即為比較符合條件的場址，而低窪地區以及排水不良的場址則將被否決。

審查委員了解有某些特定的溼地範圍有限，可以很輕易的修正或被消除。若僅需少量的工程措施即可消除排水問題(例如小範圍重新整地)，則可獲取許可。審查委員則可能決議部分場址可設立於這一小部分區域。然而，此溼地若有再次形成的可能，或濕地合併發生高地下水水位的情形，此場址則將不被接受，因為這類濕地必須依靠主動性的維護和/或溼地狀況的監控。這對緩衝區來說特別的重要，因為這樣的區域可能未受觀測或被忽略，而濕地、排水不良或高地下水水位的問題可能相當複雜。這樣的情形下，申請者要證明所有選址條件均能符合

可能相當困難。

再者，審查委員認為，若可由相關負責單位取得許可證，消除指定的溼地區域，則法規中環境方面的規定仍須符合。選址要求中環境條款的用意，旨在依循 *E.O.11988* 和 *E.O.11990* 的要求，審查委員認為必須滿足所有相關於溼地的環境條款規定。

當審查案件中，場址於建造前有小範圍特定溼地存在，並擬予以永久消除時，遵照選址要求審查該案提出之資訊、數據及分析的程序將具場址相關性(site-specific)。然而，審查委員將要求補充額外資料，而且審核其是否與下列其它規範要求相符合：

1. 符合相關的環境法規。申請者必須向相關管理單位確認申請取得所有相關核准函。經過核准授權即可消除溼地區域。
2. 符合 *10 CFR 61.50(a)(5)*。申請者必須確認不存在任何機制使溼地或排水不良情形重新形成。僅能以整地工作(小型開挖或回填)作為消除溼地和防止重新發生的工程措施。
3. 符合 *10 CFR 61.44*。申請人必須確認不需要主動性維護工作來預防溼地的再度形成。工程方法如抽水和礫石排水(gravel drains)是不被接受的。申請人同時必須顯示，日後再度填入額外材料的情況不會發生。
4. 符合 *10 CFR 61.50(a)(7-8)*。申請人必須確認工程填方之前的地下水現況深度，並確認沒有任何水文地質機制會使溼地重新形成或使情況惡化，也需確認地下水不會排出而流入場址表面。
5. 符合 *10 CFR 61.50(a)(7-8)*。申請人必須確認該溼地區域的發生並非因為地表的崩塌 (slumping)、地層下陷(subsidence)、洪水/侵蝕或其它可能在處置場關閉之後造成場址重大改變的現象。舉例來說，石灰岩地形的提出不能被接受，因為將來的地層下陷現象會造成溼地區域。同樣的，緊鄰 **100 年頻率洪氾平原**外的地點，若其積水和排水問題的形成的主因是洪水/侵蝕/下沉，則此一地點可能也不會通過。另外，若發生大於 **100 年頻率的洪水**，則可能造成洪患或侵蝕，而重新造成積水或濕地問題。
6. 符合 *10 CFR 61.50(a)(8)*和 *61.53*。申請人須確認場址內或鄰

近的溼地，對於執行適當監測或採取修正行動的能力無任何負面影響。

### 3.13.3 接受準則

#### 3.13.3.1 法規要求

無。

#### 3.13.3.2 法規指引

無。

#### 3.13.3.3 法規評審準則

無。

### 3.13.4 審查發現

#### 3.13.4.1 引言

##### (1) 洪氾平原

根據審查的準則或執行導則，下列程序必須遵循以決定場址是否符合 *10 CFR 61.50(a)* 和 *E.O. 11988* 中相關洪水或選址的要項。

(a) 執照申請者必須參照出版的洪氾平原範圍圖(例如 *HUD* 與 *FEMA*)，若廢棄物存放位置在洪氾平原上，依 *10 CFR 61.50 (a)(5)* 規定是無法接受的。若處置場的其他部分(例如小部分緩衝區)位於洪氾平原範圍內則可能被接受。關於位於洪氾平原土地使用的答辯、替代方案的評估均必須依照 *E.O. 11988* 和 *USWRC* 的規定提出。其評估作業相當複雜，必須納入下列步驟：

1. 洪氾平原的判定
2. 建議之作為需先經公眾審閱
3. 替代方案的訂定與評估
4. 衝擊之確認
5. 決定縮減、回覆和保存洪氾平原的方法
6. 替代方案的再評估
7. 結果的發表或出版
8. 建議作為之實施

若場址並沒有座落於被指定為洪氾平原的位置，則初步檢視條件已符合。然而，若鄰近於溪流或乾河床之場址必須評估，因為對建議場址而言，*HUD* 或 *FEMA* 洪氾平原範圍圖並不足夠詳細與適切。

(b) 申請人必須執行詳細的場址洪水分析(flooding analyses)，以釐

清該廢棄物處置地點並不位於 **100 年頻率洪水** 影響或容易氾濫的地區。雖然場址其它部份有位於 **100 年頻率洪水** 影響範圍，若申請人能顯示其符合 **E.O. 11988** 所有規範，則此場址是可接受的。證明其可行的方法，應遵照 **USWRC 準則** 中關於替代方案之評估與建議作為之驗證。若場址位於易發生洪患區則可能不會被接受。最後的決議，仍將根據申請人所提出其加強場址自然環境所使用之工程措施可提供適切防洪能力之證明。若場址鄰近溪流並其集水面積小於一平方哩(雖然這樣的面積會被 **FEMA** 定義之 **100 年頻率洪氾平原** 所排除)，仍應執行分析以顯示場址不會經常性受溪流氾濫的影響。

- (c) 申請人必須對 **10 CFR 61.50** 規範的其它相關要求作出評估，如上游最小集水面積的標準、避免侵蝕/淤積作用以及避免洪水引起地下水位升高造成地下水與廢棄物的接觸等。申請者也應顯示場址洪水問題及其他相關現象，將可因小型工程修正而消除，而且由上游集水區流至場址的逕流必須非常少且可輕易導流；場址活潑的地表作用(例如侵蝕、沉積等)將不會影響工程設計構造物的長期效能，且不會使所預估之效能模式失效。

## (2) 溼地

依 **10 CFR 61.50(a)(5)** 要求，審查委員決議廢棄物放置區或處置設備，不可座落在指定溼地區域。然而，若能獲得溼地土地利用許可並且符合其它所有場址規範，處置場的其它部分(例如部分緩衝區)則可位於溼地區域。而場址的部分區域若被判斷是位於溼地內，申請者必須顯示其面積有限，而且僅需用小規模的工程方法即可消除或減緩溼地狀況，而且不需執行長期維護以避免溼地再度形成。溼地通常是高地下水位的指標，故必須提出證明其餘的選址規範和 **E.O.** 的規定皆能符合。相關規範亦包括列於本附錄之規範。

### 3.13.4.2 評審發現範例

無。

### 3.13.5 參考資料

- (1) Environmental Protection Agency, "Proposed Revisions to the Federal Manual for Delineating Wetlands," 56 FR 40446, August 14, 1991.
- (2) Executive Order 1198B, "Floodplain Management," 42 FR 26951, May 24, 1977.
- (3) Executive Order 11990, "Protection of Wetlands," 42 FR 26961, May 24, 1977.
- (4) Federal Emergency Management Agency (FEMA), "Flood Insurance Study,



- Guidelines and Specifications for Study Contractors,” September, 1985.
- (5) Federal Interagency Committee for Wetland Delineation (FICWD), 1989, “Federal Manual for Identifying and Delineating Jurisdictional Wetlands,” U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Fish and Wildlife Service, and U.S.D.A. Soil Conservation Service, Washington, D.C. Cooperative Technical publication.
  - (6) Rhoads, Bruce L., “Flood Hazard Assessments for Land-Use Planning near Desert Mountains,” Environmental Management, Vol. 10, No. I, 1986.
  - (7) U. S. Nuclear Regulatory Commission (USNRC), “Draft Environmental Impact Statement on 10 CFR Part 61, Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste,” September, 1981.
  - (8) ---“Site Suitability, Selection, and Characterization,” NUREG-O902, 1982, Reprinted 1986.

## 第四章 處置設施之設計

本標準審查計畫(SRPs) 第三章的編製在於證明與闡述 LLWDF 設計與建造之技術資訊，其內容必須顯示 *10 CFR 61, Subpart C* 之效能目標以及 *Subpart D* 可引用之技術要件皆可被滿足。在 *NRC* 委員發展各種 SRPs 時，對於某些設計所必須使用之特定專有名詞之意圖與意義必須有清楚的認識，因此，對下列名詞提供定義說明：

主要設計特性(Principal Design Feature) – 陸域處置設施最重要的要求，必須經過審慎的、目標性的計畫來確保建造、運作和處置設施關閉時的安全。

主要設計準則(Principal Design Criteria) – 此準則可用以建立所需之設計、佈局、建造、測試，以及結構、系統與各元件的效能規範，以提供合理保證期陸域處置設施能安全無虞的運作與關閉，對大眾的健康與安全沒有威脅。主要設計準則可能是一個重要突出的標準，根據此標準可做出相關於設計的適合性與可接受性的技術性判斷與決定。申請人建立之主要設計準則應確保能符合 *10 CFR 61* 的效能目標與技術規範。

設計基準(Design Bases) – 用以證明特定功能與特定數值或其範圍的資訊，此特定功能為一個處置設施之結構、系統或元件所呈現，其選定作為控制參數的特定值或值的範圍則為設計的參考。

設計限制(Design Limit) – 一個不可逾越的選定參數，建立此參數用以確保主要的設計條件與設計基準需被符合。

設計基準自然事件(Design-Basis Natural Event) – 在設計時，某些嚴重的自然事件被假設和預估會發生，以此自然事件所加諸於設施之影響力或承載力則可作為設計該設施結構時之安全標準。而此活動之嚴重程度的建立則被

叫做設計基準事件。一個自然發生的事件可能是地殼構造的(地震、火山活動、陸域的破裂 ground rupture)，水文的或氣候的(暴風雨、洪水、龍捲風、海嘯與湖嘯 seiches)。在設計時，通常會以正常運作狀況(短期)與非正常的關閉期狀況(長期)兩者來假設自然事件的發生，並在設計期間根據其發生的可能性建立事件的嚴重程度。

下列之 SRP 說明 *NRC* 委員的審查程式與步驟，以評估設計和建造技術資料之可接受性。

## 第四章 處置設施之設計

### 一、設計目標與功能需求：說明處置設施之設計基準、設計要項及設計規格等。

#### 4.0 處置設施之設計

##### 4.1 設計目標與功能需求

###### 4.1.1 審查範圍

審查委員審查低放射性廢棄物處置場(LLWDF)的主要設計特性，處置場主要設計特性係提供廢棄物的長期隔離、降低處置場關閉後維護工作量以及改進場址自然環境，以保護群眾的健康與安全，以符合 *10CFR61.12(b)-(e)*、*61.13(a)(b)(d)*、*10CFR61.23(b)-(f)*、*10CFR 61.41 -61.44*、*61.50(7) (8)*、*61.51(a)(1)-(6)* 及 *61.52(a)(1)-(10)*。

審查委員評估申請人的處置場或處置單元的主要設計特性包含下列 11 項功能要求：

- (1) 降低雨水滲入處置單元
- (2) 保證處置單元掩蓋物的完整耐用
- (3) 提供覆土、廢棄物及掩蓋物之構造穩定性
- (4) 減少廢棄物與積水的接觸
- (5) 提供在運轉中以及關閉後及安定性
- (6) 促進處置場關閉及安定性
- (7) 減少長期維護的需要
- (8) 提供屏障以防止不慎的侵入處置場
- (9) 合理抑低職業曝露(ALARA)
- (10) 提供適當的處置場現場監測
- (11) 依據 *10 CFR 61.12(b)* 提供適當的緩衝區，以利監測及可能的補救行動

審查委員評估主要設計特性描述的適當性，確認符合 SRP 2.2 的主要設計準則與設計基準，以及 10CFR61.51(a) 的每一項最低技術要求。

###### 4.1.2 審查程序

審查委員將使用本 SRP3.3 節接受準則分別評估該 11 項主要設計特性的描述。委員將取得並使用這些資料用以確保審查程序的完成。並於適用於某特定

案件時使用與強調本 SRP 的資料。

#### 4.1.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查主要設計特性及其功能的描述與分析的完整性。

#### 4.1.2.2 安全性評審

審查委員藉由業者提出申請案資料與本 SRP 資訊比較，以及確認業者資料的工業標準(industry standard)或替代方法。審查委員將評估業者所提出與本 SRP 所述不同的替代方法。替代方法若不具對等性(equivalent)或未能改善本 SRP 的方法，則不易被接受。

委員將審查本 SRP 3.3 節中的主要設計特性以確認該重要特性已被正確地說明與描述。

#### 4.1.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 2 節接受準則之要求。

### 4.1.3 接受準則

#### 4.1.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10CFR61.12 “特定技術資訊 Specific Technical Information”(b) 到 (e)*，要求設計特性的描述、主要設計準則和設計基準自然事件以及相互之間與效能目標的關係，申請人用於設計且將用於建造之法典或標準之描述
- (2) *10CFR61.13 “技術分析 Technical Analyses”(a)(b) 和(d)*，相關於隔絕與隔離低放廢棄物時，其設計特性所扮演的角色說明，和對防止個人的非故意侵入與設施長期穩定之分析。
- (3) *10CFR61.23 “執照簽發標準 Standards for Issuance of a License”(b) 到(f)*，要求申請人提案設計應提出對大眾健康安全之適當保護以及符合 *10 CFR 61, Subpart C* 的效能目標與 *10 CFR 61.51, Subpart D* 之技術要求。
- (4) *10CFR61 Subpart C, “效能目標 Performance Objectives,” 10 CFR 61.41 到 61.44*，說明所設計之處置設施必須能達成的效能目標。
- (5) *10CFR61.50 “陸域處置之場址適合性規範 Disposal Site Suitability Requirements for Land Disposal”(a)(7) 和(8)*，關於所設計之處置設施需確認其相對於地下水位的足夠深度以及其位處水文地質單位(hydrogeologic unit)之位置將不會有地下水洩出處置場的地表。

(6) **10CFR61.51 “陸域處置的場址設計 Disposal Site Design for Land Disposal”(a)**，說明近地表處置場設計的最低技術要求。

(7) **10CFR61.52 “陸域處置設施運作與場址之關閉 Land Disposal Facility Operation and Disposal Site Closure”(a)(1)到(10)**，說明設施運作與場址關閉之最低技術要求。

#### 4.1.3.2 法規指引

沒有法規指引直接被引用到主要設計特性。與某部分主要設計特性相關的指引可參考以下章節。

#### 4.1.3.3 法規評審準則

十一項主要設計特性之設計細節與主要設計準則於本 SRP 第二章中詳述並於其他 SRP 中有更深入的說明。例如，主要設計特性中要求處置單元水的最小滲透量，最初在 SRP 1.4.2 場址特性中提及後，於 SRP 2.2 的主要設計準則和設計基準考量中也有闡明。而針對廢棄物覆蓋系統(waste cover system)水滲透的安全評估，相關資料的要求則於 SRP 5.1.2 中說明。

在本 SRP 中說明主要設計特性的主要理由，是為了確保申請者能在一個章節之內清楚說明所有主要設計特性之間的相互關係，並顯示所有設計特性皆已在完整的 LLWDF 興設計畫中考量。審查委員對於所要求的特定主要設計特性資料的接受與否，以及對設計完整度(假設的有效性、引用的方法、研究與計算的結果等)所評估的結論，將於該執照申請案中所提供之特定資料，於適當的 SRP 審查中做出決定。

##### (1) 水滲透(water infiltration)

申請人針對設施特性與減少水滲透的處置單元設計的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人對特性的描述至少必須包含以下說明：(1)遵照 **10 CFR61.51(a)(4)**，為導引場區降水離開處置單元而設計的廢棄物掩蓋物。(2)遵照 **10 CFR61.51(a)(5)**，為導引場區內降水，場外降水流入場內及地下水離開處置單元而設計的場內排水系統。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.2 與 6.1.2 中詳述。

##### (2) 處置單元掩蓋物完整性

申請人針對處置單元掩蓋物完整性設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其採取的方法 (measures)，使(1)掩蓋物達成預期使用時期及避免連續性維護需求之能力，已符合 **10 CFR 61.51(a)(1)**。(2)掩蓋物抵抗生物擾動與地表剝夷作用之能力已符合 **10 CFR 61.51(a)(4)**。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

### (3) 結構穩定性

申請人針對覆土、廢棄物及掩蓋物結構上穩定性設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 興設計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其廢棄物長期隔離及避免經常維護之需求方面已依循 **10 CFR 61.51(a)(1)** 列入考量。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

### (4) 廢棄物與積水之接觸

申請人針對降低廢棄物與積水之接觸設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其使用之方法 (measures)，依法規 **10 CFR 61.51(a)(6)**，以降低(至可行的範圍)廢棄物在暫時貯存、處置場運轉中以及場區關閉前後期間與積水的接觸。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

### (5) 現場排水系統

申請人針對處置場建造、處置運轉中及關閉後的現場表面排水系統設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其使用方法 (measures)，將可以(1)地表水引導遠離廢棄物(遵照 **10 CFR 61.51(a)(4)** 規範)，(2)以速度與斜度的方法(velocities and gradients) 控制排水系統流出處置單元避免本身之浸蝕 (遵照 **10 CFR 61.51(a)(5)** 規範)。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 3.4.4, 5.1.1, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

(6) 場址關閉及穩定化

申請人針對提供場址設施關閉及其穩定以及避免經常性維護的設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須提出其措施，必須(1)遵照 **10 CFR 61.51(a)(1)** 規範，提供廢棄物長期隔離的保證與避免經常性維護之需求，而這些保證亦能適用於處置場關閉及穩定計畫。(2)必須遵照 **10 CFR 61.51(a)(2)** 規範，提供場址關閉與穩定計畫。(3)依 **10 CFR 61.51(a)(3)** 之規範，有需要時應改善場區自然環境特性。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.1, 5.1.2, 5.2 與 6.3.3 中詳述。

(7) 長期維護

申請人針對避免長期維護的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須依循 **10 DFR 61.51(a)(1)**，說明處置場關閉後，如何避免長期維護之需求。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 5.1.2, 與 6.3.2 中詳述。

(8) 不經意侵入者屏障

申請人針對避免不經意侵入者屏障的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須依循 **10 DFR 61.42**，說明設立之屏障，以避免個人不經意的侵入。其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 與 6.2 中詳述。

(9) 職業曝露

申請人針對將職業曝露合理抑低(as low as is reasonably achievable)的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須依照 **10 CFR 61.12(k)** 及 **10 CFR 61.43** 中之資訊，說明如何合理抑低職業曝露。



其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 6.1, 7.1 與 7.3 中詳述。

(10) 現場監測

申請人必須提供處置場運轉中及運轉後環境監測計畫之說明。

(11) 緩衝區

申請人針對提供掩埋廢棄物與場址界線之間以及被掩埋廢棄物之下適當緩衝區的相關討論應足夠充分，且其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須說明其特性可達成 **CFR 61.51(a)(8)** 之法規規範。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 與 4.3 中詳述。

#### 4.1.4 審查發現

##### 4.1.4.1 引言

審查委員須確認 **SAR** 中所提出之資訊能充分滿足法規要件且與本 SRP 之指示相符。基於這些資訊，審查委員必須能做出完成評估的結論，並依以下說明陳述審查結果。

##### 4.1.4.2 評審發現範例

審查委員遵照 **審查標準計畫 3.1**，已經完成【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之主要設計特性之審查。其審查的目的在確認申請人已提出足夠資料描述處置設施計畫之主要設計特性以達成下列各項：(1)降低處置單元之水滲透情形；(2)確保處置單元掩蓋物之完整性；(3)確保覆土、廢棄物及掩蓋物構造之穩定性；(4)降低廢棄物與積水接觸的可能；(5)於運作及關閉期提供適當之場區排水；(6)促使場址關閉與穩定；(7)減少長期維護的需求；(8)對不可避免的入侵提供障壁；(9)合理抑低職業曝露；(10) 提供適當的現場監測；(11)提供適當的緩衝區以利監測與可能的災害處置行動之進行。

根據其審查，主要設計特性之描述已清楚地整合在處置設施計畫中呈現，委員們決定此部分資料可被接受。其他特定的設計項目與細節則於其他相關 SRP 中說明與評估。

#### 4.1.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulation, Title 10, "Energy ," U.S . Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.

## 二、建築設計：說明處置設施主要結構物、使用需求規劃及其配置。

### 4.2 建築設計

#### 4.2.1 審查範圍

審查委員審查低放射性廢棄物處置場(LLWDF)的主要設計準則，處置場主要設計準則由申請人建立，以合理保證主要設計特性在正常狀況與異常/意外狀況下提供處置廢棄物之長期隔離，降低處置場關閉後連續性維護之需求，並改進場址自然環境特性以維護公眾健康與安全，以符合 *10CFR 61.12(b)-(g)*、*10CFR 61.13(a)-(d)*、*10CFR61.23(a)-(f)*、*10CFR61.40-61.44*、*10CFR61.51(a)*、*10CFR61.52(a)*。

審查委員將針對這些主要設計準則中，關於正常異常/意外狀況及其條件中與 *10 CFR 61* 之效能目標有關的技術需求部分，評估申請人對下列 11 項功能性要求之敘述：(1) 降低雨水滲入處置單元；(2) 保證處置單掩蓋物的完整耐用；(3) 提供覆土、廢棄物及掩蓋物之構造穩定性；(4) 減少廢棄物與積水的接觸；(5) 提供在運轉中以及關閉及安定性；(6) 促進處置場關閉及安定性；(7) 減少長期維護的需要；(8) 提供屏障以防止不慎的侵入處置場；(9) 合理抑低職業曝露(ALARA)；(10) 提供適當的處置場現場監測；(11) 提供適當的緩衝區以利監測及可能的補救行動。

審查委員將(1) 確認符合 *10 CFR 61.12(c)-(d)*關於符合主要設計準則，及其與 *10 CFR 61, subpart C* 中預期目標之關係，考量正常運轉狀況、異常狀況(分別於 SRPs 2.2, 2.3, 2.4 提及之氣象、構造、水文場址特性)、意外狀況；(2) 以於 SRP 6 中提及之分析與評估，確認其主要設計特性之設計，其貢獻與致性符合 10 CFR 61.41 之成果目標與 *10 CFR 61.13* 要求；(3) 核對申請人的評估能保證其在異常事件或意外狀況下不會發生大於 *10 CFR 61* 所訂之暴露等級。

#### 4.2.2 審查程序

審查委員將使用本 SRP 4.3 節之接受準則，其審查將根據每一結構、系統與組件之功能要求以及符合 *10 CFR 61, Subpart C* 之目標之各項條件。

##### 4.2.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查下列各項之完整性：(1) 針對正常狀況、異常狀況與意外狀況主要設計標準之描述；(2) 針對每個設計特性之功能要求；(3) 針對各設計特性之貢獻分析。

##### 4.2.2.2 安全性評審

審查委員審查列於本 SRP 4.3 各主要設計特性之主要設計標準之描述，以確保於正常運轉狀況、異常/意外狀況下，申請者提出之主要設計標準能符合包括各個結構、系統、構成要素之運轉目標。其它關於設計基準、設計極限、設計細節(假設、方法、計算、結果)，當申請者於 SAR 中提出所須設計資訊時，亦可能在本 SRP 或隨後的 SRPs 審查。

審查者將比較申請者依據設計基準事件與意外狀況所發展的主要設計標準。

主要設計特性之短期與長期穩定分析，應考量靜態與動態載重。針對長期穩定考量，異常狀態之設計基準包括(1)最大地震(SRP 2.3.2)(2)可能最大洪流量(PMF)與可能最大降雨量(PMP)(SRP 6.3.1)(3)極端氣像條件(SRP 2.2)。針對短期正常運作之穩定考量，上述事件之載重將獲審查者之許可；但此較不嚴苛之自然狀況必須由審查者證明其各設計基準達到 *10 CFR 61* 之成果目標與技術要求。

審查者將審查申請人對異常事件或意外下，於非限制區之輻射釋放曝露與表現評估分析及模式。審查者需確認於伴隨異常事件或意外下，主要設計標準能確保主要設計特性之需求功能不致發生不可接受的質疑。若導致無法符合如 *10 CFR 61, Subpart C* 之要求或無法成功展現處置設施之運轉表現，則該項質疑將被視為不可接受。

委員將審查申請人對非管制區域內異常事件或意外的輻射外洩暴露效應的評估，以及其功能評估分析與模式。審查委員將決定每一個主要設計準則是否提供合理保證該相關異常事件與意外將不致對主要設計特性之需求功能形成無法接受的挑戰。若這些挑戰將導致 *10 CFR 61 Subpart C* 規範之效能目標無法符合或不能成功建立處置設施的效能，則將評估為不可接受。

#### 4.2.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 4.2.3 接受準則

#### 4.2.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12 特定技術資訊 Specific Technical Information”(b)到(g)*，要求設計特性的描述、主要設計準則和前述各項其相互之間與 *10 CFR 61 效能目標*的關係
- (2) *10 CFR 61.13 技術分析 Technical Analyses”(a)到(d)*，要求 (a)其分析需險時能符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標，(b)於隔絕與隔離

低放廢棄物時，其設計特性所扮演的角色必須清楚的與自然場址特性之角色明顯不同。

(3) **10 CFR 61.23“執照簽發標準 Standards for Issuance of a License”(a)**

**到(f)**，要求申請人提案設計應提出對大眾健康安全之適當保護並合理保證符合 **10 CFR 61, Subpart C** 的效能目標與 **Subpart D** 之技術要求。

(4) **10 CFR 61 Subpart C”效能目標 Performance Objectives,”10 CFR**

**61.40 到 61.44**，說明所設計之處置設施必須能達成的效能目標。

(5) **10 CFR 61.51“陸域處置之場址適合性規範 Disposal Site Design for**

**Land Disposal”(a)**，說明近地表處置場設計的最低技術需求。

(6) **10 CFR 61.52“陸域處置設施運作與場址之關閉 Land Disposal**

**Facility Operation and Disposal Site Closure”(a)**，說明設施運作與場址關閉之最低技術要求。

#### 4.2.3.2 法規指引

沒有法規指引直接被引用到主要設計特性。申請人需使用下列各節資料做為導引。

#### 4.2.3.3 法規評審準則

主要設計項目是在 SRP 3.1 中審查，而其輔助系統則於 SRP 3.4。若申請人選擇在後續的 SRP 中提供要求的設計細節，則本 SRP 可能不會涵蓋主要設計特性的確實設計項目。然而，這個階段的 **SAR** 必須為在 SRP 3.1 之下所審查之所有主要設計特性提供主要設計準則。在本 SRP 的法規評估準則是為了確保申請人之主要設計準則，以建立其設計、測試，和結構、系統的效能要求，或提供合理保證低放廢棄物處置設施得以設計、建造和運作，並且在正常狀況或異常及意外事件的狀況下符合 **10 CFR 61 Subpart C 效能目標**的必要內容。審查委員將確認呼應本 SRP 導則所提供的設計資料是否被適當正確地引用於 SRP 6 將審查的功能評估的分析中。審查委員將於下列章節評估上述所討論的主要設計準則。

##### (1) 水滲透(water infiltration)

申請人針對減少水滲透的主要設計準則，若足以支持於 SRP 6.1.2 中審查的滲透分析設計的相關部分，並且與 SRP 3.1, 3.2A, 3.3A, 3.3.1, 4.3, 5.1A 和 5.1.2 降低水滲透的資料審查一致，則此部分資料的提出可被接受。

至少，主要設計準則必須(1)能被清楚的陳述；(2)與 SRP 3.1 一致之設計特性之描述；(3)提及所有場址表層下之排水系統與處置單元掩蓋物之設計；(4)確認可滲透之降雨分率 (fraction of

precipitation)。

使用於地表下與地表排水系統設計的水文事件必需是最嚴重狀況的事件，無論是溶雪(依當地狀況而定)或可能最大降雨量(PMP)。

功能評估研究需考慮之入滲量的導則，將由**審查委員功能評估技術分組 (Branch Technical Position on Performance Assessment)**提供。功能評估中必須考量的入滲量必須依據長期降雨記錄選擇嚴重的(severe)和長期不變(sustained)的滲水率之後加以建立。對於造成覆蓋物表面滲水增加的事件並不需要分析，然而，對於因為場址氣候地形狀況而可能引起的地表剝蝕(degradation)造成滲入覆蓋物滲水率的改變則必須說明與評估。需提供運作、關閉及主動式機構控制的時期因入滲率增加而實施的補救措施之描述(例如維護或整地)，以顯示此設計特性的功能可以維持。

導向和控制現場降雨或季節性 perched 地下水位離開處置單元的主要設計準則必須說明其地表下排水系統可以控制的流速和地下水位。此最低流速與地下水位必須根據(1)最大溶雪或最大降雨(PMP)所導致的最壞狀況(2)因意外狀況所產生之單一地下排水組合物質(components)的意外堵塞(blockage)。

## (2) 處置單元覆蓋物完整性

若申請人的主要設計準則與 SRP 3.4.4, 4.3, 5.1.1, 5.1.2, 6.1.2, 和 6.3.1 所審查的滲透作用(percolation)、地表與地下排水以及侵蝕保護(erosion protection)分析，以及 6.3.3 沉陷(settlement)和/或沉降(subsidence)評估能具有一致性並支援性，則其確保處置單元覆蓋物完整性的設計準則可被接受。而在附錄 A 中則包含有廢棄物上方土壤覆蓋系統的定位(placement), 夯實(compaction), 與測試(testing)相關額外審查的導則。

主要設計準則至少應(1)清楚說明和(2)與 SRP 3.1 所審查主要設計特性之敘述一致。

處置單元覆蓋物的侵蝕保護之主要設計準則必須至少說明(1)一般運作狀況時的地表水和風速；(2)於長期穩定時考量的異常性地表水與風速以及正常水位。因意外狀況而造成的覆蓋物侵蝕增加的分析則不需要。

確保沉陷和/或沉降並不會影響處置單元覆蓋物完整性的主要設計準則至少應說明(1)評估整體性與差異性沉陷以及預估廢棄物

與填充材料的密度增加狀況；(2)預估覆蓋物材料在掩埋廢棄物仍具致災能力的時期其強度與長期耐受性；(3)相關於最大地震的異常地表震動。對於因意外事件而造成的沉陷與沉降情形增加的分析並不必要。

### (3) 構造穩定性

確保填充材、廢棄物與廢棄物覆蓋物構造穩定的主要設計準則若可支持 SRP 6.3.3 審查的沉陷與沉降分析或與其一致則可被接受。邊坡穩定性的設計考量會在 SRP 6.3.2 中審查。而工程結構的結構穩定性如地底窖室和土壤護堤之混凝土貯存槽(earth-mounded concrete bunker)則於 SRP 3.2A 中審查。

其主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 設計特性審查之敘述一致；和(3)與 SRP 3.2A, 3.3A, 3.3.1, 4.3, 5.1A 和 5.1.2 審查的資訊一致。

確保填充材、廢棄物和廢棄物覆蓋物的結構穩定性之主要設計準則應至少說明(1)廢棄物容器與容器內填充材料之間預知的空隙(voids)容量；(2)因運作而產生的空隙效應；(3)設計基準異常事件對於結構穩定性的效應；和(4)在廢棄物仍然有害時期，因地質化學環境而產生可預知的填充材、廢棄物形態和廢棄物覆蓋材料的剝蝕。對於因意外事件而造成的結構穩定性降低情形分析並不必要。

### (4) 廢棄物與積水之接觸

避免廢棄物與積水接觸的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 4.2, 5.1.1, 5.1.2, 6.1, 6.3.1 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)說明廢棄物之儲藏、開啟和關閉處置單元；(3)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致；(4)處置單元覆蓋物地表下與地表的排水和暫存區域；(5)描述處置單元地面自然材料至放置之排水材料之間相對滲透性與處置單元地面集排水系統特性；和(6)描述暴露於空氣中之儲存廢棄物暫時存放的平臺與覆蓋物的使用。

避免廢棄物與積水接觸的設計基準水文與氣候事件與本 SRP 4.3.1 地表下排水系統中相同。而針對解決運作期主動性排水系統組件意外破壞和任何關閉後的被動性排水系統組件的破壞之設計準則必須加以提出。

### (5) 現場排水系統

可安全控制地表逕流之現場排水系統的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 3.4.4, 5.1.1, 5.1.2, 6.3.1 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)說明運作期(短期)和關閉後(長期)場址地表排水狀況；(3)與 SRP 3.1 Section 4.3.5 審查之設計特性敘述一致；(4)涵蓋地表的排水特性，分流結構(diversionary structures)和表土排水斜坡等。

確保場址地表排水的設計基準水文與氣候事件與本 SRP 4.3.1 地表下排水系統之正常和異常狀況中相同。需要上游蓄水庫破壞或下游排水堵塞可能效應之設計準則來因應意外狀況的分析。

#### (6) 場址關閉及穩定

場址關閉及穩定的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 4.3, 5.1.1, 5.1.2, 5.2, 6.3.2 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

場址關閉及穩定之主要設計準則應至少說明：(1)設計時應提出最終場址關閉計畫中的相關項目；(2)設計基準異常事件對關閉與可能的主動維護規範需求所產生的效應。對於場址關閉後意外事件的效應分析並不需要。

#### (7) 長期維護

避免長期維護需要的主要設計準則若與 SRP 5.1A, 5.1.2, 6.3.1 和 6.3.2 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

主要設計準則必須依下列各項說明與討論可納入之方案來避免長期維護的需求(1)預測材料之耐用度；(2)預測侵蝕作用，(3)所預測排水系統退化(degradation)的效應；(4)預測監控系統的退化，和(5)長期維護規範的設計基準異常事件之效應潛勢。對於長期維護意外事件的效應分析並不需要。

#### (8) 不經意侵入者屏障

不經意侵入者屏障的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 4.3, 和 6.2 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計

特性敘述一致。

不經意侵入者屏障之主要設計準則必須說明標線(markers)、工程屏障和隔離穩定與非穩定廢棄物的材料，其退化比率之可能範圍。若 Class C 廢棄物放置在處置單元覆蓋物頂部以下深度少於 5 米之場址，可能會要求施作侵入者屏障意外效應的分析。

#### (9) 職業曝露

職業曝露的主要設計準則若與 SRP 4.1, 4.2, 6.1, 7.1 和 7.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

減少職業曝露之主要設計準則必須根據 SRP 7.3 之審查資訊說明(1)接收、檢查、管控、儲存和處置開挖區域之 ALARA 合理抑低；(2)對已知較高活性廢棄物之掩蔽需要；和(3)處置非穩定性廢棄物裝載櫃意外破損的預備方案。

#### (10) 現場監測

現場環境監測及監控的主要設計準則若與 SRP 2.9, 4.4, 5.1A, 5.3, 6.1, 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

現場監控系統之主要設計準則必須說明(1)監控系統設備與組件的已知使用壽命；(2)退化的可能速率和各種形式監控設備的失效事件的處置動作；和(3)場址監控系統設計基準異常事件的效應。對於現場監控系統意外事件的效應分析並不需要。

#### (11) 緩衝區

關於緩衝區的主要設計準則若與 SRP 2.4.1 附錄 A 和 SRP 4.3, 4.4 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

緩衝區之主要設計準則必須說明(1)可供監控所需的空間尺寸規範；(2)假使不可接受的輻射線移動發生時可採取正確方法所需的空間尺寸需求。對於緩衝區意外事件的效應分析並不需要。

## 4.2.4 審查發現

### 4.2.4.1 引言



審查委員須確認 **SAR** 中所提出之資訊能充分滿足法規要件且與本 SRP 之指示相符。基於這些資訊，審查委員必須能做出完成評估的結論，並依以下說明陳述審查結果。

#### 4.2.4.2 評審發現範例

審查委員遵照標準審查計畫 SRP3.2 ,正常運作和異常/意外狀況，已經完成【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之主要設計特性之審查。其審查的目的為：(1)確認其主要設計準則與其他章節的資訊一致而且支持其主要設計特性所執行之設計分析與結果；(2) 確保異常事件或意外狀況將不致使功能評估的假設失效或導致處置設施產生無法接受的效能表現；和(3)確認其提案設施主要設計特性的設計基礎與設計基準自然事件是正確無誤的。

基於申請人已達成(1)清楚描述主要設計準則，(2)已適當地描述 SRP 3.1 所審查之正常與異常/意外狀況的主要設計特性其功能需求之間的相互關係，(3)證明其主要設計準則可確保其效能將不至因為異常事件或意外而失效，和(4)證明主要設計準則足以支持用於 **SAR** 報告中效能分析中主要設計特性的貢獻，審查委員總結其審查的目標已經被滿足。

申請人提供關於正常狀況、異常狀況和意外情況之主要設計準則資訊是恰當且能滿足委員審查的目標。委員總結其提供之資料給予合理保證該處置設施已設計恰當且可接受建造並將能滿足法規目標和 **10 CFR 61.12(b) 到 (g)** , **10 CFR 61.13(a) 到(d)** , **10 CFR 61.23(a) 到(f)** , **10 CFR 61.40 到 61.44** , **10 CFR 61.51(a)** , **10 CFR 61.52(a)** 之規範。

#### 4.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulation, Title 10, "Energy ," U.S . Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199,"Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility" Rev. 1, January 1988.

**三、結構設計：說明處置設施主要結構物之結構分類、設計荷重及其組合等。**

### 4.3 結構設計

#### 4.3.1 審查範圍

審查委員將對地下處置窖(Below-Ground Vaults,BGVs)與土堆混凝土庫(Earth Mounded Wncrete Bunkers,EMCBs)之資料進行審查，以確保 **10 CFR 61 Subpart C 效能目標與 10 CFR 61 Subpart D** 之技術要件得以滿足。審查委員將針對下列各項進行相關結構設計之審查：(1)設計需使用之載重和載重組合(2)設計使用之正確工業建築法規和標準，(3)使用於設計與支援設計基礎之分析步驟，(4)申請人提出之主要設計準則及其基礎，和(5)影響設計和 BGV 與 EMCB 結構與組件效能的場址因素(例：地質、水文和大地工程特性)。申請人提出之 BGV 與 EMCB 資料必須與 **NUREG-1200** 之相關部分整合(場址特性、設施運作、場址關閉計畫和機構控管、安全評估、職業輻射曝露防護等)。

本 SRP 的導則是根據 **10 CFR 61** 場址適合性要件已符合的假設，特別是 **61.50 (a)(7)**和申請人所選擇的 BGV 或 EMCB 確實地點相對於水位有足夠的深度，而地下水侵入(終年不斷或其他狀況)廢棄物的情形將不致產生。若提案之設施位於地下水侵入規範不符合的地點，申請人需要結論性的提出其分子擴散(molecular diffusion)為輻射活動之主要媒介且其活動的速率將仍允許 **Subpart C** 的效能目標得已符合。

### 4.3.2 審查程序

審查委員將取得並使用必要的資料已確保其審查步驟得已完整，並將使用且強調本 SRP 之內容對於適用於特定案件之適合性。

#### 4.3.2.1 接受性審查

審查委員依據 **NUREG-1199** 與本 SRP 將審查下列各項之完整性。

#### 4.3.2.2 安全性評審

審查委員藉由業者提出申請案資料與本 SRP 資訊比較，以及確認業者資料的工業標準或替代方法。審查委員將評估業者所提出與本 SRP 所述不同的替代方法。替代方法若不具對等性(equivalent)或未能改善本 SRP 的方法，則不易被核准。

審查委員將於下列各範圍中審查申請人所提出之資料。

##### (1) 荷重與荷重組合(Loads and Load Combinations)

審查委員將審查 BGV 或 EMCB 結構設計使用的荷重與荷重組合之資料。適用的荷重規範於 **NUREG/CR-5041, Section 2.1**，包含靜(Dead)荷重(D)和活(Live)荷重(L)，偶發液態水準和垂直壓力之荷重(F)，水準土壤壓力之荷重(H)，因溫度差異造成的熱荷重(T)，設計基準風壓力產生之荷重(W)，設計基準地震所產生之荷重(E)。保守考量，**偶發液壓荷重(F)**將納入設計，然而，因為在 **10 CFR 61.50**

(a)(7)法規中規範地下水之侵入不可發生，故液壓荷重不允許發生。

因應混凝土結構之設計，可供使用之荷重組合如下：

(a)  $U = 1.4D + 1.4F + 1.7L + 1.7H + 1.7E$

(b)  $U = 1.4D + 1.4F + 1.7L + 1.7H + 1.7W$

(c)  $U = D + F + L + T + E + H$

(d)  $U = D + F + L + T + W + H$

所要求的強度  $U$  必須至少等於以上最大的荷重組合。強度設計方法必須使用於 BGV 和 EMCB 設計鋼筋混凝土結構。

而因應鋼構件(steel members)設計，則建議以使用彈性工作應力方法。可供使用之荷重組合如下：

(a)  $S = D + L$

(b)  $S = D + L + E$

(c)  $S = D + L + W$

(d)  $S = D + L + T + E$

(e)  $S = D + L + T + W$

所要求的強度  $S$  必須至少等於上列最大之荷重組合。

在任一荷重降低其他荷重效果的情形下或考慮差異沉陷、潛變或收縮時，如何決定使用正確的荷重係數，其相關導則條列於 *NUREG/CR-5041* 和下列章節中。

(2) 適用之法規、標準和規範導引

下列法規、標準和規範導引文件，列出全文或部分，皆可適用於 BGV 和 EMCB 之結構設計。

*ACI 349 "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures," American Concrete Institute (ACI, 1985)*

*AISC "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings," American Institute of Steel Construction (AISC, 1981)*

*ANSI A58.1 "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures," American National Standards Institute, (ANSI, 1982)*

*ATC3-06 "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings," Applied Technology Council (ATC, 1978)*

*NUREG/CR-5041 "Recommendations to the NRC for Review Criteria for Alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste*

*Disposal," Volumes 1 and 2, U.S. Nuclear Regulatory Commission, November 1987*

建議於混凝土設計時使用 *ACI349*，在結構設計上可提供的保守主義程度大於使用 *ACI 318*，而建築法規則通常使用於傳統的鋼筋混凝土結構。因為 *10 CFR 61.44* 希望使用這樣的保守主義，所需求的是比一般傳統建築所期待的更加長期的穩定度。在本 SRP 中可瞭解到 LLW 處置設施和核能電廠設施之間其災害程度的固有差異。所以，*ACI349* 中的規定並不適用於 LLW 處置設施而已經被修正或刪除了。舉例來說，包含 *ACI 349* 中修訂之荷重條件(例如龍捲風或一般飛機飛彈已遭刪除)在 3.2.1 中荷重與荷重組合的敘述中十分明顯以及 *ACI349* 中品質保證計畫的要求也以刪除。委員將提出特別的品質保證指導方針，以另外專已為 LLW 處置設施所做的文件來替代之。

(3) 設計與分析步驟

審查委員將審查結構分析與設計以及結構系統與構件的資料，以決定其是否遵循工程實務，並且決定其是否在场址關閉後不需主動性維護工作仍能確得長期穩定性。申請人所需提出的資料包含(1)每一個結構及其基礎之描述，若經破壞將導致場址人員或大眾之輻射危害，並提出支援性計畫與各部分分區結構概述等；(2)設計假設包含邊界狀況和假設之基礎等；(3)設計的分析步驟描述包含電腦程式和申請者針對程式有效性所提出之方法；(4)用以計算設計基準地震力之方法描述；(5)用以確認設計的方法例如計算(calculations)及其結論之描述。

依 *NRC* 委員的經驗，通常在審查核能電廠的結構與構件設計時，其 *SAR* 中所提供之資料通常並不充份。所以引起規範單位的關心與討論並決定採取結構審查(structural audit)來解決。因此委員們建議申請者在 *SAR* 報告之外尚需提出一份設計報告，其中必須包含所有設計之假設與計算。除非委員在進行結構審查時，認定其 *SAR* 中之設計資料不足或有疑問時，此份報告申請者並不需在申請執照時提交。如要另行作出設計報告，申請者必須維持在設計假設和計算時能同時作規則性的記錄，但並不會導致額外的設計工作與計算。

(4) 主要設計準則

審查委員將審查主要設計準則及其所建立之基礎，使申請者可

合理確保所提案之 BGV 和 EMCB 設計將提供處置廢棄物之長期隔離以及將降低場址關閉後持續主動性維護的需求。申請人可選擇建立主要設計準則時顯示其準則完全遵循本 SRP Section 3.2.2 中相關章程標準和法規導引。若與引用的章程、標準與法規導引有差異時則必須由申請人說明之並由 *NRC* 委員評估。

主要設計準則在本 SRP 將僅審查 BGV 和 EMCB 結構設計部分。其他方面的主要設計準則審查歸於 SRP 3.2 中。

#### (5) 場址特性因子之影響(Impacts of Site Factors)

在 *10 CFR Part 61* 重要技術要件中對於此類特性有所討論，例如場址適合性、場址設計、設施運作和場址關閉、環境監測、廢棄物分級和廢棄物特性等，皆為執照申請時法規規範必須說明之要點。在本 SRP 中申請人必須在 BGV 和 EMCB 的結構設計時提供說明場址的特性(例如地質、地震、氣象、氣候、水文和大地工程與地質化學特性等)如何被列入考量。申請人可在其他 SRP 中說明場址特性因子之影響，但在本 SRP 中必須提供在其他單元討論之相關參考資料。

#### 4.3.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

### 4.3.3 接受準則

#### 4.3.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12 特定技術資訊 Specific Technical Information”(b) 到 (g)*，要求設計特性的描述、主要設計準則和前述各項其相互之間與 *10 CFR 效能目標* 的關係
- (2) *10 CFR 61.13 技術分析 Technical Analyses”(a) 到(d)*，相關於應清楚說明設計特性的功能在於能隔離和隔絕廢棄物以及分析運作時期意外闖入者的防護，和長期穩定性等。
- (3) *10 CFR 61.23 “執照簽發標準 Standards for Issuance of a License”(a) 到(f)*，要求申請人提案設計應提出對大眾健康安全之適當保護並合理保證符合 *10 CFR 61, Subpart C* 的效能目標與 *Subpart D* 之技術要求。
- (4) *10 CFR 61 Subpart C”效能目標 Performance Objectives, ”10 CFR 61.40 到 61.44*，說明所設計之處置設施必須能達成的效能目標。
- (5) *10 CFR 61.50, "Disposal Site Suitability Requirements for Land*

*Disposal,"(a)(7)*，相對於所設計之結構必須確保相對於水位之足夠深度。

(6) *10 CFR 61.51“陸域處置之場址適合性規範 Disposal Site Design for Land Disposal”(a)*，說明近地表處置場設計的最低技術需求。

(7) *10 CFR 61.52“陸域處置設施運作與場址之關閉 Land Disposal Facility Operation and Disposal Site Closure”(a)*，說明設施運作與場址關閉之最低技術要求。

#### 4.3.3.2 法規指引

結構設計準則的法規指引參考 *NUREG/CR-5041, Volumes 1 and 2, Sections 2.1 and 2.2*。

#### 4.3.3.3 法規評審準則

有關於本 SRP Section 2 審查範圍之評估準則，依循下列各節：

(1) 荷重與荷重組合

關於荷重和荷重組合的資料若被保守地建立並符合 *NUREG/CR-5041 Sectiona 2.1.1, 2.1.2.3, 和 2.2.2.3* 的一般設計準則和特定設計審查準則者，則該資料可被接受。審查委員將使用最大可容極限(allowable limit) U 作為接受的基礎，此部分在本 SRP Section 3.2.1 混凝土結構設計之荷重組合中載明。至於鋼筋構件之設計，委員將使用 the allowable limit S 作為接受之基礎。

(2) 引用之章程、標準和法規指引

委員將比較申請者引用與本 SRP 3.2.2 中條列之章程、標準和法規指引。申請者需保守詮釋與正確使用這些法條，並需對任何不同的引用提出說明並證明其採用之基礎。審查委員將不接受不當引用不同法規並對申請者提出此決議之理由。

(3) 設計和分析步驟

結構分析與設計和結構系統與構件之資料與其所使用之設計、分析方法和結果均保守且為優良工程實作之代表，並符合 *NUREG/CR-5041 Sections 2.2.1 和 2.2.2, the General Design Criteria and Specific Design Review Criteria* 者，則上述資料可被接受。

(4) 主要設計準則

若其準則符合 *NUREG/CR-5041 Sections 2.2.1 the General Design Criteria* 之原意，並清楚說明及顯示該處置廢棄物可維持長

期安全隔絕以及消除場址關閉後持續主動性維護之需要者，則上述資料可被接受。

其準則符合本 SRP 3.2.2 所條列之章程、標準和法規指引則可被接受。

#### (5) 場址之衝擊因素 (Impacts of Site Factors)

若申請者可清楚定義與評估其衝擊潛勢並顯示該場址因素將不會對所提案之 BGV 和 EMCB 設計與運作有任何有害的影響，完全符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標*，則該提案資料可被接受。

### 4.3.4 審查發現

#### 4.3.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

#### 4.3.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.2，完成申請者提送【設施名稱】地下處置窖【或土堆混凝土庫】結構設計之審查。其審查目標在於確保(1)加諸於工程結構之荷重與荷重組合設計為保守且符合所建立之準則；(2)設計所引用之相關章程和標準經證確詮釋並且對任何差異及其被接受的證明皆有適當的記錄；(3) 所遵循之設計及其分析步驟合理且為優良工程實績之代表；(4)申請人所建立之主要設計準則提供處置廢棄物安全長期隔絕的合理保證並消除場址關閉後主動性維護的需要；以及(5) 場址之衝擊因素包含地質、地震、水文和大地工程特性已被適當評估，而且其場址因素並無對工程結構設計與運作有任何不利之影響。

審查委員因此達成結論，其審查之目標已經符合。

依據其審查，委員達成之結論為申請人所提供之資料已合理保證該 BGV(或 EMCB)有適當之設計，並將通過建造且將符合 *10 CFR 61.12 (b) 到 (e)*、*10 CFR 61.13 (a) 到 (d)*、*10 CFR 61.23 (b) 到 (f)*、*10 CFR 61.41 到 61.44*、*10 CFR 61.50(a)(7)*、*10 CFR 61.51(a)* 和 *10 CFR 61.52 (a)(I) 到 (a)(10)*。

### 4.3.5 參考資料

- (1) American Concrete Institute, ACI 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete," Detroit, MI, 1983.
- (2) ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete

- (3) American Institute of Steel Construction, "Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings," Chicago, IL, eighth edition, 1981.
- (4) American National Standards Institute, ANSI A58.1, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures," New York, 1982.
- (5) Applied Technology Council, ATC 3-06, "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings," Palo Alto, CA, 1978.
- (6) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (7) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (8) NUREG/CR-5041, "Recommendations to the NRC for Review Criteria for Alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal," Vols. I and 2, R.H. Denson, R.D. Bennett, R.M. Wamsley, D.L. Bean, and D.L. Ainsworth, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, November 1987 (Vol. 1) and January 1988 Vol. 2).

四、土木設計：說明處置設施主要結構物之工程材質、屏蔽材料之特性與設計標準(包括處置設施及其覆蓋、回填等)、地表防洪及地下排水系統之設計。

#### 4.4 土木設計

##### 4.4.1 審查範圍

審查委員將審查建造材料包括其品質及耐用度，以及其建造之方法和低放射性廢棄物放置於地下處置窖(BGVs)或土堆混凝土庫(EMCBs)之處置運作等相關資料，已提供其建造與運作將符合 **10 CFR 61 Subpart C** 之效能目標及 **Subpart D** 之技術要求的合理保證。

審查委員將審查其建造材料之資料已決定該提案建造材料是否具備適合其組合、品質及耐用度之特性。這些資料必須以合格測試實驗室所根據正確且熟知之測試法規與標準所得之測試數據和結果作為佐證。審查委員將審查下列各項與建造方法和廢棄物處置運作相關之項目：(1)建造和運作步驟以及確保處置設施安全性之技術，(2)特別針對 LLW 處置之工程結構有關的，可提供工作人員安全之預防措施，和(3)避免對回填材料和關閉之處置窖有長期不利影響所必須執行



之後續運作工作。

針對 BGV 和 EMCB 之特別建造方法和運作特性將於本 SRP 中審查。例如，需要於頂端裝載廢棄物桶之鋼筋混凝土處置窖(vaults that require top loading of waste containers)。對於淺地層溝槽式掩埋之一般處置設施特性(例如，安檢方法、一般場址排水、緩衝區、設施和道路等)則不在本 SRP 的範圍，但仍需在 SAR 報告中於其他 *NUREG-1199* 和 SRP 的章節作適當的說明。然而有些部分雖列於其他 SRP 中但在本 SRP 卻有較多著墨。例如安裝於混凝土窖底下之基礎排水系統以及緊臨處置窖和處置窖頂端回填材料之放置與夯實等。針對特有工程結構特定特性之延伸討論，可提供作為 *NRC* 委員和申請者在技術性審查時之額外導引。

#### 4.4.2 審查程序

審查委員將獲得並使用這些相關資料以確保其審查步驟之完整，將使用並強調本 SRP 中可能適合某些特別案件之資料。審查委員將可在執照簽發後進行場址的拜訪已確保其於設計、建造和運作之階段皆有令人滿意的成果。

##### 4.4.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查主要設計特性及其功能的描述與分析的完整性。

##### 4.4.2.2 安全性評審

審查委員將對申請人 *SAR* 報告中之資料加以審查並決定其提案之工程結構的建造材料是否可維持廢棄物處置環境長期預期狀況，其主要建造方法與運作步驟是否以系統性的、可行的計畫，適當地加以描述與考量，而足以提供維護工作人員與大眾知健康與安全的合理保證。

審查委員將依本 SRP Section 2 及下列章節所述之步驟評估其資料。

##### (1) 建造材料之品質與耐用度

審查委員將評估申請人提案使用於 BGV 或 EMCB 建造之材料種類，以決定其是否在特性、品質和耐用度上可被接受。申請人所提出之資料必須包含該材料在實際使用的記錄上其支援數據記錄與測試結果，在許可之情形下，需依正確與熟知的法規和標準加以測試。測試和支援記錄必須說明材料的品質與耐用度包含其對下列各項之耐受性(resistance) (1)結凍與解凍；(2)溼度；(3)老化；(4)疲勞；(5)硫酸；氯化和酸蝕侵害；(6)有毒物質侵害；(7)磨損；(8)氣溫改變；(9)溼潤與乾燥；(10)輻射；(11)生物分解作用；(12)電解；以及(13)斷裂。以下章節將討論可能使用於 BGV 或 EMCB 之材料種類並提供導引，說明 *SAR* 中應提供之資料。

(a) Portland Cement Concrete 波特蘭水泥混凝土

關於水泥混凝土之資料應包括水泥(cement)之種類、混合水(mixing water)、粗粒和細粒材料(coarse and fine aggregates)與混合物(admixtures)等。建造使用之混凝土必須為高密度低穿透性材料，足以安全支撐所荷重之重量並對抗不利之處置環境。在 *NUREG/CR-504 導引* 中指出，應使用含有減水(water-reducing)混合物的泡沫 V 型水泥(air-entrained Type V cement)的一種混凝土混合物。建議採用 28 天齡期無圍束抗壓強度(the minimum unconfined compressive strength)可達 4000 psi 之標準。委員支援 *美國陸軍工程組織 the U.S. Army Corps of Engineers(COE)* 所建議以上所提之混凝土混合物以及其最低無圍束抗壓強度並同意各個建議之基礎。申請人可提出替代之混凝土混合物，例如 II 型水泥與火山灰(pozzolan replacement)或矽煙(silica fume)的混合以提供對抗硫酸的防護。委員將審查其工程結構之長期保護力是否可與 *COE* 所建議材料所提供之能力相比。

在混凝土混合物裡添加合成纖維以增加耐用度(對抗斷裂、低穿透性等)的做法可被委員接受，只要其實際使用記錄和實驗室測試結果具有低放廢棄物處置環境狀況之代表性並清楚顯示此纖維的添加確實提升長期穩定度。

*NUREG/CR-5041* 提供對下列各項之導引(1)含有與不含減水混合物混凝土之建議坍度範圍，(2)耐久混凝土，(3)混合水，以及(4)混合物等。也條列出混凝土相關法規、測試與標準用以證明其相關材料品質與耐用度之有效性。

(b) 鋼筋

鋼筋(reinforcing steel)與結構鋼(structural steel)可能用於 BGV 或 EMCB 之建造。為了增加結構之長期效益而於低放處置環境中使用鋼筋，審查委員及其顧問建議，該鋼筋需包覆以環氧樹脂或對氧化作用、腐蝕或化學侵害的防護。審查委員將使用 *NUREG/CR-5041* 之導引審查適當之法規與加強鋼與結構鋼之規格。

(c) 防潮障壁 (Moisture Barriers)

防潮障壁可能由許多不同材料所組成，其目的在於減緩液體經由混凝土滲入並保護工程結構避免遭受傷害。

*NUREG/CR-5041* 認為材料的選擇應由申請者根據場址狀況和設計、建造和長期穩定的目標來決定，並不建議某種特定的防潮障壁材料。*NUREG/CR-5041* 也提供包覆塗層和密封劑、彈性薄膜、止水和封縫劑、膨土和噴置混凝土等相關導引。障壁的材料種類選擇將決定引用列於 *NUREG/CR-5041* 中的規格或標準來建立滿意的品質與耐久特性。

(d) Geosynthetics 土工合成材料

審查委員將審查關於申請者所提出土工合成產品的資料。土工合成材料可能包含作為過濾器的低透氣性薄膜(土工薄膜)或可透性纖維織物(土工織物)。因為這些材料實際使用的表現記錄有限且對於 LLW 設施安全所需的長期效益較令人懷疑，所以單獨使用這些合成材料是不能被接受的。因此，土工薄膜或土工織物應與自然形成的耐久性土壤例如黏土和粗顆粒石英土壤顆粒等合併使用。

*NUREG/CR-5041* 說明可取得知土工合成產品形態及其優缺點，並且列出其品質與材料耐用度之控管標準等。

(e) 土壤

凝聚性土壤與非凝聚性土壤兩者都有可能使用於 BGV 或 EMCB 建造時之填土和背填土。因為其對長期穩定度之重要性，土壤材料將分開在 SRP 5.1A 中另行說明。

(2) 建造方法與處置運作

委員將審查申請者對其主要建造方法和運作步驟的描述。其描述需涵蓋(1)構造工程前之場址準備工作(工程結構處地點的調查、整理、排水、開挖和基礎處表土準備)；(2)永久性排水系統(排水鋪層(drainage blanket)、明渠與管渠(perimeter drains and pipes)、集水井(collector sumps))；(3)監測集排水系統之監測井；(4)窖庫建造(板模；引導強化裝置(steer reinforcement placement)；以混凝土料組合連結處(formation of joints in concrete)；混凝土的配方組合；配料、混合和鑄造操作，拆模和防潮障壁之裝置)；(5)廢棄物處置運作(廢棄物袋的裝置，廢棄物袋間隙之填充，處置窖開口的關閉，填料的放置與夯實以及工作人員防護措施)；和(6)關閉個別處置單元。

建造方法和運作步驟將於下列章節討論，相關討論將根據 *NUREG/CR-5041* 之圖表 *Figure 1.1* 的結構概念。*圖 1.1* 的概念並非試圖侷限或控制設計或建造的彈性。眾所周知某特定或特別場址

及其設計狀況將因 **圖 1.1** 中顯示特性之不同而各異。雖然狀況各異但仍可符合 **10 CFR 61 效能目標**者可被審查委員評為通過。申請者需應詳述不同於本 SRP 中所述之建造特性概念以顯示替代性的建造方法和運作步驟完全符合本 **SRP 4.1** 之法規要件。

(a) 結構工程施工前之場址準備

此部分將審查結構工程施工前場址準備的相關討論以決定其計畫建造活動(調查, 整理, 排水, 開挖, 結構基礎表土準備)是否適當。本段落與 **SRP 3.3.1** 不同之處在於說明關於 BGV 或 EMCB 工程建造前的場址準備特定活動, 而 **SRP 3.3.1** 則說明一般性溝槽式廢棄物掩埋之場址設施和地點。**NUREG/CR-5041 Section 2.4** 則更詳細地討論場址準備步驟。**NUREG/CR-5041** 中對基礎表土準備的討論尤其具重要性(鬆散或脆弱土壤及廢石的清除, 滾壓, 基礎材料與高度的鑑定, 基礎表土的防凍和積水的防護)。

(b) 永久性排水系統

審查此部分資料的目的在於安全控制地表和地表下的水能排向工程結構。**NUREG / CR-5041 圖 2.4.1, 2.7.1, 2.7.2 和 2.7.3** 顯示 BGV 排水之必要措施, 而 **圖 1.1, 2.7.1, 2.7.2 和 2.8.1** 則顯示 EMCB 的措施。這些圖中所指出的排水措施包括(1)傾斜的基礎表面使用排水毯, (2)基礎排水渠及排水管, (3)監控集水井, (4)處置窖間排水廊道和排水管, (5)不排水回填層, (6)過濾材料, 以及(7)過濾布(地工合成織物)。申請人須在本 SRP 之下說明將建造安裝的排水系統。此部分可能與 **SRP 5.1A** 中排水措施設計和材料考量的討論有所重疊。申請者不需提供一致的排水措施, 然而, 所提案的措施必須合理討論且保守預估將會發生的滲透和滲濾作用下, 地表水可安全的運輸。

(c) 監控井

審查委員將審查其監控井的描述及其裝置計畫, 監控井將通過管子經由基礎排水和處置窖排水上升至表土頂端。**NUREG/CR-5041 2.4 和 2.6** 中說明應提供的資料(井的尺寸, 建造方法, 井的套管, 井的密封, 和篩等)並提供此部分相關參考資料。

(d) 處置窖建造

審查申請人所提出鋼筋混凝土窖的建造資料以確保安全

和廢棄物的永久保存。對於建造的描述應包含：(1) 板模工廠(結構牆、屋頂等)，包括容許誤差(tolerances)；板模架設順序；驗證數量的工作量，校正，和板模完成；(2)鋼筋的裝配置(品質驗證、尺寸、潔淨度、位置、間隔和埋入深度)；(3)混凝土連結(連結型態、數量、位置、材料品質、和連結處細節)；(4)混凝土配方(建立最大水灰比率的邏輯順序，最少水泥含量、空氣含量、坍度、最大骨材尺寸、強度和混和比例)；(5)配料、混合，以及鑄模操作(混凝土製造、運送和灌模，震動或壓實，修飾，和固化)；(6)拆模(拆除時間之根據，保護，和範本的維護)；以及(7)防潮障壁的裝置(型態、範圍、方法、應用時間、製造商建議之符合性、以及保護該表土之措施)。

*NUREG/CR-5041* 提供正確完成前述處置窖建造工作之導引與建議並且說明相關適用之工業標準。

(e) 廢棄物處置運作

審查委員將審查下列相關運作資料 (1)接收與檢查廢棄物桶；(2)處置，依照廢棄物分級適當的隔離，若有必要，暫存廢棄物；以及(3)廢棄物的永久處置。相關於前述運作之資料在 SRP 4.1, 4.2,和 4.3 有作必要性之說明。本章節則特別說明關於廢棄物置入工程結構中之運作。這些資料包含下列敘述事項(1)廢棄物桶的裝載形式和方法(例如，上方或側邊的裝載)，(2)在結構內充填於廢棄物桶間空隙與上方的材料種類以及填土填入的方式，(3)廢棄物上方填土的夯實步驟，與(4)緊臨處置窖與其上方填料的種類與填入和夯實透水性填料的步驟。*NUREG/CR-5041 Section 2.4*，提供有正確完成這些運作的導引。

(f) 個別處置單元的關閉

將進行審查關閉個別處置單元的建造活動資料並確認其降低水的滲透以及關閉後可接受的長期成果。申請人必須在本 SRP 下特別針對工程結構關閉的建造活動提供資料，並於 SRP 3.3.1 和 4.3 提出類似於淺地和溝槽掩埋方式的關閉活動資料。本 SRP 必須提出的資料敘述包括(1)防止破壞或擾動處置單元之依循步驟；(2)處置窖出口的關閉方法，包括通知負責法規單位作現場檢驗；(3)在完成的處置窖上方填放材料的方法；以及(4)在關閉單元覆蓋完整且適當排水之前的最大容許

時間。*NUREG/CR-5051 Section 2.4* 提供有正確完成這些運作的導引。

前述討論大部份在說明一個地下處置窖的建造和相關的建造活動(例如，處置窖四周的填土工作)。而針對 EMCB 掩埋坑內處置窖上之廢棄物桶放置並未討論(*Information on the placement of waste containers above the vaults in the tumulus portion of the EMCB is not discussed*)。然而，審查委員了解當申請者提出建造 EMCB 時將會在 SAR 中提出此部分資料，目前已在其它部分的 SRP 中有所說明。例如，所需提出的資料關於廢棄物的安置、空間填土、廢棄物包裝旁的填料放置、廢棄物掩蓋、處置單元關閉及其穩定化以及 EMCB 掩埋坑部分(*tumulus portion*)的緩衝區措施皆類似於 SRP 3.3.1 和 4.3 所述。因此，在此階段並未要求 EMCB 的相關資料。

#### 4.4.2.3 要求額外資料

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 4.4.3 接受準則

#### 4.4.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12*, "特定技術資訊," (e) and (f), 要求說明申請者應用於設計與建造陸域處置設施所引用之法規與標準，以及處置設施建造之敘述，其敘述應至少包括處置單元建造的方法和廢棄物定位的方法以及控制地表水與地下水進入廢棄物之方法等。
- (2) *10 CFR 61.12(j)*, 相關於其設計與建造處置設施之品質控制計畫的敘述。
- (3) *10 CFR 61.23*, "執照確保標準," (b)到(f), 要求申請者提出提案之陸域處置設施運作可提供大眾健康與安全以及合理保證符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標*與 *Subpart D 技術要求*的發現結果。
- (4) *10 CFR 61, Subpart C*, "效能目標," *10 CFR 61.41* 到 *61.44*, 說明陸域處置設施運作必須達成的效能目標。
- (5) *10 CFR 61.51*, "陸域處置場址設計," (a)(2), 要求處置場址設計與運作需與場址關閉及其穩定化計畫相符，並且導向合理保證場址關閉後可符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標*。
- (6) *10 CFR 61.52*, "陸域處置場運轉與關閉," (a)(4), 要求廢棄物定位的

方式必須維持其包裝的完整性，減低包裝之間的空隙並使空隙能夠填滿。

(7) *10 CFR 61.52(a)(5)*，要求以泥土或其他物質填滿廢棄物包之間的空隙以減低填方材料之間產生下陷。

(8) *10 CFR 61.52(a)(6)*，要求安置與掩蓋廢棄物的方法，至少可以控制上蓋至表土間輻射劑量比率可以符合 *10 CFR 20.105* 或 *10 CFR 61.30* 的所有規定。

#### 4.4.3.2 法規指引

關於 BGV 或 EMCB 建造與運作的導引均由 *NUREG/CR-5041 Section 2.3 和 2.4* 所提供。而關於建造材料與方法的工業標準也在 *NUREG/CR-5041* 有所說明。申請者可選擇引用某些特定的標準於 SAR 報告中則能有效減少提交的資料範圍。在這樣的情形下，申請者必須指出在特定章節或段落中說明其所引用符合之標準將會被完全遵循並且在有差異的情形下將說明其可行替代步驟之基礎。

#### 4.4.3.3 法規評審準則

有關列於本 SRP Section 2 審查範圍之評估準則，依循下列各節：

##### (1) 建造材料品質及其耐用度

若顯示其使用的建造材料為一般符合 *NUREG/CR-5041 Section 2.3.2 和 2.3.3 the General Design Criteria 和 Specific Design Review Criteria*，則本部分資料可被接受。審查委員將依每案不同情況評估申請人所提出之替代性建造材料以決定其支援性測試結果和數據是否顯示其品質和耐用特性可確保其材料足以對抗本 SRP Section 3.2.1 中所說明之不利之外力。若其支援性資料不足則提案的材料將不予通過，審查委員將提供申請人不予通過的理由。

##### (2) 建造方法和處置運作

若此部分資料反應其 BGC 或 EMCB 建造與運作活動有良好組織及具邏輯性的計畫並且符合 *NUREG/CR-5041 Section 2.4.1 和 2.4.2 the General Design 和 Specific Design Review Criteria* 則可被通過。本 SRP 3.2.2 所述不同的建造方法和運作步驟的產生時，工程結構的建造者也獲得很大的彈性空間。然而，申請者必須說明這些差異點以提供審查委員在審查評估時能確認其符合法規要件。

#### 4.4.4 審查發現

#### 4.4.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

#### 4.4.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.3A*，完成申請者提送【設施名稱】地下處置窖(或土堆混凝土庫)建造材料之品質與耐用度以及建造方法與處置運作之評估。

申請者對其主要建造方法與運作步驟之描述已遵照並反映了組織與邏輯良好之活動計畫，因此應能達成此 BGV(或 EMCB)可安全建造與運作之結果，並符合相關的法規要件。委員計畫於建造與運作活動之初期進行場址之拜訪以確認申請者確實執行其提案之方法與步驟。

根據這些發現，委員總結其提出之建造材料和建造方法與運作步驟可被接受，且可確信已符合 *10 CFR 61.12(e), (f), 和 (j), 10 CFR 61.23 (b) 到 (f), 10 CFR 61.41 到 61.44, 10 CFR 61.51(a)(2), 以及 10 CFR 61.52(a)(4) 到 (a)(6) 的法規要件*。

#### 4.4.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility", Rev. 2, January 1991.
- (3) ---, NUREG/CR-5041, "Recommendations to the NRC for Review Criteria for Alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal, " Vols. 1 and 2, R. H.
- (4) Denson, R. D. Bennett, R. M. Wamsley, D. L. Bean, D. L. Ainsworth, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, November 1987 (Vol. 1) and January 1988 (Vol. 2).



## 五、輻射安全設計：

- (一)安全限值：說明設施內外之輻射限值與輻射防護分區規劃。
- (二)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。
- (三)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：
  - 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。
  - 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。
  - 3. 對較高活度廢棄物之屏蔽設計。

## 4.5 輻射安全設計

### 4.5.1 審查範圍

審查委員將審查 SAR 內與輻防設計有關內容，包括設施之輻射區劃分，例行運轉與意外下核種之分布情形，及設施內之屏蔽設計與劑量分析情形。並針對正常運轉下所採取的合理抑低措施，以保障輻射工作人員。

#### 4.5.1.1 輻射安全設計與屏蔽分析

- (1) 設施設計特性
  - (a) 確保職業輻射曝露合理抑低之設備與設施設計要點
  - (b) 輻射區之劃分，包括正常運轉與事故狀況下之輻射區邊界
  - (c) 設備組件設計特性範例，如參考 NUREG-1199 第 7.1,7.3 節所列之系統，應包括 NUREG-1199 第 7.3 節要求之所有射源位置及設計細節，並標示於清晰易讀依比例尺之設施配置圖上，屏蔽牆厚度應標示於圖上或另外之表格中。
- (2) 廢棄物存量
  - 設施內例行運轉與事故下，放射性廢棄物存量之位置與說明，

須作為設計輻防計畫的基礎。申請人應依其先決定之核種濃度與數量以公布輻射區，並應於輻射計畫中說明公告輻射區之程序。申請人應說明放射源之操作位置及造成之輻射曝露，申請人應依物質的型態為射源，副產品或特殊核物料，以確認其核種。

申請人應提出廢棄物處置存量之安排情形，以及暫貯廢棄物之存量。

### (3) 空浮放射性物質射源

設施內空浮放射性物質射源之形式及濃度，是決定通風系統設計，監測程序及防護人員曝露最重要的因素。經由評估，申請人應書面說明空浮放射性物質射源，其應包括(1)依空浮放射性物質之物理型態之分類(例如氣體或粒子)，(2)列表說明於例行運轉，偶發事件及意外下計算之核種濃度，(3)計算上述情境濃度使用之模式與相關參數，及(4)預期貯存與處置運轉期間依存量幾何形狀之劑量計算。

空浮放射性物質之曝露評估是申請文件中最重要的一環，申請人應提出於不同射源情境下之運轉作業，其空浮放射性物質之劑量計算與評估假設，審查委員應依可用的標準模式審查其計算與假設條件。

### (4) 屏蔽

屏蔽是低放廢棄物處置場確保曝露風險合理抑低最有效的運轉管制方法之一，*NUREG/CR-3343 第 2.6 節*列出如何使用永久與暫時屏蔽。SRP 7.2 審查具潛在曝露之射源特性時，申請人應確定屏蔽之設計準則以及所採用之屏蔽材料。審查委員應審查決定屏蔽參數的方法，包括適宜的電算程式，假設以及申請人採用之計算技術。申請人應確認其採用之屏蔽，幾何位置安排或遙控處理等特殊防護特色，以確保職業曝露之合理抑低，而審查委員應審查這些特色。

申請人應於 *SAR* 內討論執行 *R.G.1.69, 8.8, 及 8.29* 的方法，以說明設計特色，特殊防護特色以及規劃之替代方案。審查委員應審查申請人規劃之輻射與屏蔽設計，以確認運轉中事故時需限制人員占用之區域，並確認需採行之改善作為(*NUREG/CR-3343 之 2.6 節*)，例如申請人可規劃安裝可攜式或暫時性之屏蔽裝置，以確保可接近一些有興趣的區域。

### (5) 通風

參考 *10 CFR 20.1701* 中述及：「持照人於可行狀況下，應採行相關程序或其他工程管制(例如圍堵或通風)，以控制放射性物質在空氣中之濃度」。

申請人應參考 *NUREG-1199 第 3 節* 將人員防護特色納入通風系統之設計中，申請人亦應於任何空氣清淨系統設計中包括人員輻防特色之範例。

(6) 地區輻射及空浮放射性監測儀器

*SAR* 內應說明於正常運轉，運轉中偶發事件及意外狀況下，使用之固定區域監測儀器及連續空浮放射性監測儀器，參考 *NUREG-1199 第 7.3 節* 中說明安裝監測裝置之準則與其他細節。*R.G.8.8* 中(適用於低放廢棄物處置設施之部份)說明於監測中之合理抑低原則，申請人可參考 *ANSI/ANS HPSSC-6.81-1981* 之指引，決定適用於低放廢棄物處置設施固定輻射監測器之位置。

審查委員應評估取得工作區域內具代表性空浮放射性濃度樣本的準則與方法，*SAR* 內應包括決定可能的高輻射區與可能的高空浮放射性濃度區的程序。審查委員可參考 *NUREG/CR-3343 第 2 節(特別著重 2.6 節)* 審查於事故期間及事故後之輻射監測能力。

(7) 運轉程序

審查委員應審查申請人擬訂細部運轉計畫與程序之方法，以確認申請人於擬訂相關計畫與程序時是否已充分描述合理抑低之管理策略，審查委員應確認運轉計畫與程序是否有反映包括以往經驗及其他設計特色與運轉的資訊。審查應審查於特定運轉時說明各種運轉程序執行之準則與條件。審查委員應確認是否申請人有說明運轉程序依合理抑低而作的審核及修正，審查委員應確認申請是否於輻防計畫中有執行對合理抑低的管理策略。

(8) 劑量評估

輻射劑量標準說明列於 *10 CFR 61.43*，申請人應依預期在各輻射區內之詳細占用時間資料，以進行劑量評估，並依運轉、廢棄物操作、維修及檢測等各項主要功能估算年集體劑量人- 命目。申請人應指明執行特定狀況下之劑量評估時所另外發展的劑量減低方法，申請人應針業設施內不同工作類別的人員提出其職業劑量評估，以強調其設計特色與運轉程序會使職對曝露達列可接受之水準。申請人應評估處置操作人員以外之各類人員的曝露。

4.5.1.2 職業曝露合理抑低

審查委員將依此 SPR 審查 SAR，以確認申請人已具有充分之程序及政策，保證職業曝露維持合理抑低。

審查委員應審查將合理抑低程序整合於人員曝露相關活動之管理政策。審查委員應確認申請人之組織架構，人員職掌及相關活動，均足以確保合理抑低之政策與程序，不會受到運轉活動之壓力而有所妥協。審查委員亦應確認設施運轉、訓練、輻防程序之發展及設計審查之合理抑低政策是充分的。

## 4.5.2 審查程序

### 4.5.2.1 接受性審查

審查委員應依「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」及本 SRP 確認 SAR 內輻射安全設計資料的完整性。

### 4.5.2.2 安全性評審

#### (1) 輻射安全設計與屏蔽分析

審查委員應審查申請人採用其以往設計與運轉經驗，以確認設施之設計能減少輻射曝露，審查委員應審查會導至減少職業輻射曝露之設計資料。申請人應提出其所使用各種處置方法之輻射曝露計算值，審查委員應審查於維修與運轉活動中，能減少職業曝露方法之設計程序說明。審查委員亦應確認申請人是否提出充分之機制，由合宜具資格的專業人員審核其輻防設計。

審查委員應審查 SAR 內設施之說明及相關含比例之平面圖，以了解其安全性。審查委員之安全審查應著重於射源項(如 SRP 7.2)，審查委員需確認將存放與處置廢棄物存量之準則符合接受準則，審查委員亦應確認申請人使用之模式假設與計算方式，是否適宜用於其說明之射源及空浮濃度。審查委員需確認管理之存量控制水準是足夠的。

審查委員應審查進出管制計畫。審查委員應確認任何不合宜的安排，應改善設計的區域，不合宜之屏蔽厚度，以及計算中不合宜的假設，審查委員亦應評估計算屏蔽厚度及裝置輻射監測器之程序。大部份用於屏蔽設計之算電程式均在 **橡樹嶺國家實驗室之輻射屏蔽資料中心(Radiation Shielding Information Center at Oak Ridge National Laboratory, RSICC ORNL)**，這些算程式均完成測試與驗證可供使用。

審查委員應以可接受之輻射屏蔽程式評估屏蔽設計之充分程度，審查委員可以 *SDC, G3, QAD 或 MORSE* 等程式驗證相關計

算。

(2) 職業曝露合理抑低

審查委員應審查申請人與政策、設計及運轉相關之合理抑低政策與規劃之程序。

審查委員應審查申請人對合理抑低之管理政策，以及規彙之組織架構，以確認合理抑低計畫之範圍與細節是否充分，可確保維持職業曝露之合理抑低，審查委員亦應確認此計畫能充分確保申請人將持續審查精進合理抑低計畫，且已有適當之機制去執行運轉程序上的必要修正。*NUREG/CR-3343* 之第 2 節提供了低放棄物合理抑低的有關指引。核管會官員於 *R.G.1.8, 8.8, 8.10, 8.29, 8.34 及 8.35* 中，提供了有關人員進用與訓練、發展合理抑低計畫資料、及運轉哲理以維持曝露合理抑低的進一步指引。

審查委員應審查申請人提出之合理抑低政策，以確認其組織架構與人員職掌的充足性。其組織架構應維持輻防組織與運轉部門之區隔，使能獨立執行合理抑低政策。

審查委員應依 *NUREG/CR-3343* 第 2.4 節及 *R.G.8.8* 內容審查 *SAR* 資料的符合情形，確定其組織架構是否已具有輻防主管與組織，能與設計審查委員互相溝通的機制，使減低職業曝露的方法與技術，能納入設施之設計中。若輻防主管仍未任命，則審查委員應審查其設計是否符合 *R.G.8.8* 之指引內容，除非申請人提出可接受之替代方案。

審查委員應確認設計人員是否已依 *NUREG/CR-3343* 第 2.4 節內容受過完整之訓練。

審查委員應確認，如果申請人有採用曾被接受的設計特性時，是否 *SAR* 之規劃設計已由具設施運轉經驗之合宜人員先行審查過。申請人應考量運轉經驗以改良設施之設計，確保職業輻射曝露符合合理抑低。

審查委員應依申請人提出之 *SAR* 執行審查，以確認其未來擬出細部運轉計畫與程序的狀況。審查委員應審查廢棄物之接收與檢查，廢棄物之處理與暫貯，廢棄物處置作業，以及除污與除役作業的運轉計畫與程序，以確認申請人已將合理抑低政策納入運轉計畫與程序中。申請人應於此 *SAR* 內提出預期輻射曝露估計值，而審查委員將依其推導基礎與相關假設，以確認此估計值參考符合 *10 CFR 20 及 10 CFR 61.43* 中合理抑低的規定。

### 4.5.3 接受準則

#### 4.5.3.1 法規要求

此 SRP 審查範圍參考之法規如下：

- (1) 輻射安全設計與屏蔽分析
  - (a) *10 CFR 20.1101*，要求儘合理之努力使參與執照核准作業人員的輻射曝露合理抑低。
  - (b) *10 CFR 20.1201*，要求設計特性，屏蔽，通風系統，監測，及劑量評估等，使能控制職業輻射曝露。
  - (c) *10 CFR 20.1203*，要求設計特性，工程控制，通風系統，監測，及劑量評估等，使能控制空氣中之職業輻射曝露。
  - (d) *10 CFR 20.1906*，要求接收與監測放射性物質之設計特性。
  - (e) *10 CFR 20 Subpart J*，要求(1)標示輻射區，高輻射區及空浮放射性區，(2)以其他指示方式標示量化設施內之放射性物質。
  - (f) *10 CFR 20.1203*，要求限制於限制區內空浮放射性物質之平均濃度，以保護個人之體外劑量。
  - (g) *10 CFR 61.13(c)*，要求評估例行運轉及事故狀況下個人預期受到之曝露。
  - (h) *10 CFR 61.23(j)*，要求提出充分之放射性廢棄物資料供執照申請。
  - (i) *10 CFR 61.52 (a)(6)*，要求限制場區貯存放射性物質造成之劑量率。
- (2) 職業曝露合理抑低
  - (a) *10 CFR 61.11(b)(1) 及(b)(2)*，要求申請人提出組織架構，及包括合理抑低等規劃活動之員工資格
  - (b) *10 CFR 61.12(k)*，要求申請人提出輻防計畫，以確保職業輻射曝露符合 *10 CFR 20*。
  - (c) *10 CFR 61.13(c)*，要求申請人評估於處理、貯存及處置廢棄物，在例行運轉與意外下，其預期之輻射曝露。
  - (d) *10 CFR 61.23(d)*，要求申請人於執照申請時提出充分之職業曝露資料
  - (e) *10 CFR 61.43*，要求申請人於運轉期需符合 *10 CFR 20* 並維持輻射曝露合理抑低
  - (f) *10 CFR 61.52(a)(6)*，要求設施運轉期間維持曝露合理抑低
  - (g) *10 CFR 19.12*，要求申請人能確保於工作人員進入限制區前，能

告知其放射性物質之貯存，傳送與使用，各區內之輻射情形，並指導有關職業輻射曝露之風險，減低曝露之預防措施及程序，以及各式防護裝置的目的與功能。

(h) **10 CFR 20.1101**，要求申請人儘一切努力維持核准之作業之輻射曝露合理抑低

#### 4.5.3.2 法規評審準則

此 SRP 適用之評估準則如下述

##### (1) 輻射安全設計與屏蔽分析

###### (a) 設施設計特性

申請人應提出說明符合所選用設計概念之方法，其說明應包括設計基礎與準則。申請人於說明中應證明其設計概念技術上屬可行。技術上屬可行之說明應顯示其設計屬先進技術，且於設施興建，廢棄物接收及放射性物質處置前，能合理保證完成所有的需求。

若設計符合下述需求則屬可以接受：

1. 申請人提出之設計特性符合“**低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則**”之劑量需求
2. 主要累積曝露之機能，包括接收，操作處理，檢測，貯存與處置放射性廢棄物，均已於設施設計中加以考量。

申請人需將一般場區設施區域及結構之區域，再細分為不同之輻射區，輻射區係依設計劑量率及選擇各區最大劑量率之準則而定。申請人應依預期停留情形及進出管制擬訂各輻射區之最大劑量率。預期於正常運轉及運轉偶發事件下停留之區域應劃分為輻射區，其個人年劑量及集體劑量人-侖目需合理抑低並符合“**游離輻射防護安全標準**”規定之限值。

###### (b) 核種活度

若申請人說明所有之廢棄物存量，貯存量及空浮射源，則其說明是可接受的。廢棄物存量之說明應包括所有可能造成曝露射源位置，依比例精確地標示於設施平面圖上 (**10 CFR 61.52(7)**)，應於圖上標示出輻射曝露之射源近似之大小與形狀。應列表說明存量並包含合宜的量化參數。

申請人應於圖中說明空浮射源，以助於通風與監測系統之設計，並指出由容器或容器開口洩漏之空浮射源。於經常占用之地區，空浮放射性濃度應為 **10 CFR 20.1201(d) 附錄 B** 規範

濃度之一小部份。申請人亦應說明於計算射源數值時所用的各項假設。

(c) 屏蔽設計

審查委員應評估計算屏蔽厚度之假設，採用之計算方法及選用之參數，於計算加馬射源時，有許多可接受的屏蔽計算程式，可很有效的決定合宜之屏蔽厚度。核管會審查委員應使用熟悉之電算程式作屏蔽計算，以確保其可靠性與準確性。

申請人可參考 *ANSI N101.6-1972*，「**混凝土輻射屏蔽**」之指引，依適用於低放棄物處置設施之指引，去製作安裝混凝土屏蔽以供職業輻射防護。

(d) 通風系統

審查委員應評估通風系統符合通風率準則，以確認其可接受性，須確保由低至高潛在空浮放射性區域內以及過濾器與通風口處，其氣流中的放射性均維持合理抑低。申請人若能證明於經常占用區域之空浮放射性物質濃度符合“游離輻射防護安全標準”之規定，則屬可以接受。

(e) 地區輻射與空浮放射性監測系統

地區輻射監測系統：為確認地區輻射監測系統是否可接受，審查委員應評估申請人提出資料參考符合 *10 CFR 20.1001*，*R.G.8.15* 之 *C.4*, *C.5*, 以及 *R.G.8.2* 有關低放棄物處置設施等規定之證據。

(f) 劑量評估

參考符合 *R.G.8.19* 之劑量評估方可接受，申請人應編撰相關假設，計算方式，各輻射區計算之劑量結果，異常劑量率，預期之個人劑量評估值等。申請人應確認運轉與設計考量下的職業曝露行動基準，預估輻射區之結果中應包括預估在各區工作人員的形式之人數。

(2) 職業曝露合理抑低

審查委員應確認以下各項：

- (a) 設計時應納入之措施以減少曝露與在輻射區域內之停留時間
- (b) 確保除役期間之職業輻射曝露能合理抑低的措施
- (c) 設計資料由適合之輻防人員審查
- (d) 指導設計者與工程師納入合理抑低之設計
- (e) 考量已運轉設施及以往之設計經驗



(f) 合宜之輻防專業人員持續執行設施設計之審查

若能確認申請人提出之輻防計畫係參考依循 **10 CFR 61.12(K)** 職業曝露之規定，則此計畫屬可以接受。審查委員須評估相關資料，以証實申請人規劃擬訂之輻防計畫與程序符合 **10 CFR 61.43**，**10 CFR 20.1101** 及 **R.G.8.29** 以確保維持職業曝露合理抑低。審查委員應確認是否輻防計畫係由具資格且完成訓練之合宜人員管理。申請人應擬定程序與策略，以確保職業監測與劑量評估的合理抑低審查，有已建立之實際有效的回饋機制。

#### 4.5.4 評審發現

##### 4.5.4.1 引言

審查委員應確認申請人之申請及修正資料充分，滿足“**低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則**”，“**低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則**”，“**游離輻射防護安全標準**”之規定，並參考滿足 **10 CFR 20** 及 **10 CFR 61**。審查委員可編撰審查意見如下。

##### 4.5.4.2 評審發現範例

審查委員已依 **SRP 7.3** 完成對【設施名稱】低放棄物處置設施設計特性之資料審查。

審查委員之結論為申請人提出有關設計特性的資料，包括主要設計準則之說明，確保廢棄物貯存之功能目標與貯存狀況之曝露合理抑低，均符合相關規定可以接受。

申請人已提出合宜之輻防設計特性，使職業輻射曝露小於法規限度且合理抑低，符合“**低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則**”及“**游離輻射防護安全標準**”之劑量限度。審查委員確認相關設計特性與 **R.G.8.8** 一致，可以接受。

進出控制符合 **10 CFR 20 Subpart G**，可以接受。

申請人已說明限制區內包括【數量】區，申請人依各區預期占用情形與進出管制，導出各區之劑量率準則，申請人依此準則作為輻射屏蔽設計基礎，並依 **R.G.8.8** 要求以選擇設備。申請人於設施運轉期間備有保健物理人員再評估區域進出類別，並監測進入區域人員，符合規定。

申請人已有使用臨時屏蔽(**R.G.8.2**)之行政管制規定，申請人於臨時屏蔽移走時會安裝聲音與燈光警示器以警告相關人員。

申請人已於設施內外，設計有輻射屏蔽，以參考 **R.G.8.8** 保護運轉人員及一般民眾。下述屏蔽設計特性已納入設施之設計【列出屏蔽特性】，這些設計之屏蔽技術維持人員輻射曝露合理抑低，符合 **R.G.8.10** 屬可以接受。

審查委員確認申請人提送之資料，包括輻射源之確認，合宜之標示程

序，空浮放射性物質之評估，均可接受並參考符合核管會之要求。

申請人說明了空浮及所含放射性射源的形式與濃度，申請人採用合宜之放射性射源濃度，作為劑量估、屏蔽需求及合宜通風系統設計之用。

設施內空浮放射性主要係由廢棄物包件滲漏而得，申請人已提出評估並表列例行運轉及意外事故下預期最大之濃度。決定人員防護之基本計算，及儘可能減少空浮放射性通風系統之設計，依評估其他類似設施之設計，此申請採用之射源項屬可以接受。

申請人於屏蔽設計之基本輻射傳送分析，係依下列電算程式執行屬可以接受【列出合宜之電算程式】。

審查委員審查通風系統之設計，申請人設計以維持人員曝露合理抑低，並符合 *NUREG/CR-3343 第 2 節* 之策略。申請人將維持人員曝露合理抑低的方式為(1)維持空氣流動循環由低空浮污染區流向高濃度區，(2)確保負壓或正壓以避免可能污染物的排出或滲入，及(3)設置通風系統之氣結構，使儘可能減少吸入由其他建物排氣孔排出之污染空氣。

申請人輻射監測系統之設計參考符合 *10 CFR 61.12*，功能包括：

- (1)於輻射可能超過限值及人員常占用之地區設置【廠牌】之監測器以監測輻射水平
- (2)於高噪音地區採用【廠牌】之監測器，於超過預設值時具聲音與燈光之警報系統
- (3)於設施內各關鍵位置裝設連續輻射水平記錄之監測器。

申請人提出劑量評估參考符合 *R.G.8.19* 可以接受，劑量評估彙總表格，包括預估之輻射曝露，及劑量評估程序之細節說明。申請人對設計特性與設施運轉會有系統的持續審查，並說明其審查程序，包括程序記錄之歸檔，以及確認執行劑量評估時之合理抑低相關變動。

審查委員，完成針對【設施名稱】與合理抑低原則相關之職業輻射曝露資料之審查。因為申請人提送之資料符合“*游離輻射防護安全標準*”並參考符合 *10 CFR 19.12* 之訓練需求，*10 CFR 20.1101* 與 *10 CFR 61.43* 之合理抑低規定，*10 CFR 61.11(b)(1) 及(b)(2)*，*NUREG/CR-3343* 及 *R.G 1.8* 之組織架構與職責等規定，故審查委員確認其合理抑低政策，設施設計，運轉考量及輻防考量均屬可接受。

設施人員應遵循特定之計畫與程序，以確保設施之運轉能獲致合理抑低的目標。人員防護的工程管制已儘可能實際有效，包含高集體劑量之操作均已仔細規劃，並由受過完整輻防訓練之人員配備合宜設備執行。於此類活動中，申請人將監測人員受輻射曝露與污染之情形，其受輻射曝露之情形將予

以審查，並供未來工作程序與技術之修正參考。

管理階層將依規定定期審查曝露之趨勢，並了解累積曝露最高之工作族群，審查委員須參考這些報告建議設計之修正或程序之改變，均可接受。

#### 4.5.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，"放射性物料管理法"，Dec. 2002。
- (3) 行政院原子能委員會，"放射性物料管理法施行細則"，April 2009。
- (4) 行政院原子能委員會，"低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則"，Oct. 2008。
- (5) 行政院原子能委員會，"低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則"，Oct. 2004。
- (6) 行政院原子能委員會，"游離輻射防護法"，Jan. 2002。
- (7) 行政院原子能委員會，"游離輻射防護安全標準"，Dec. 2005。
- (8) 行政院原子能委員會，"輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業標準"，Dec. 2004。
- (9) 行政院原子能委員會，"游離輻射防護法施行細則"，Dec. 2002。
- (10) 行政院原子能委員會，"輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準"，Dec. 2002。
- (11) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.

六、輔助設施或系統之設計：說明廢棄物暫貯區、廢棄物檢整或處理系統、粉塵與廢水收集排放處理系統、廢棄物傳送系統、分析或偵測系統等之設計，並說明各系統失效時之補救措施。

## 4.6 輔助設施或系統之設計

### 4.6.1 審查範圍

審查委員將審查提案的低放廢棄物處置設施的輔助性設施，包括建築物及道路，其設計應能達成：(1)支持提案設施之運作所需，依照 *10 CFR 61.43* 所規範能直接提供工作人員安全；(2) 依照 *10 CFR 61.43*，*61.42*，*61.44* 所規範能支持

建造需求；(3) 對已完成之關閉措施不會產生負面影響。

審查委員將依據 *10 CFR 61.12(b), (e) 及 (f)* 評估申請者對輔助性建物之描述以確保：(1) 輔助設施的設計基礎及準則適用於處置設施的設計、建造及運作；(2) 適當引用建築法規及工業標準；(3) 在預期的設施運轉年限期間，每一建物均能安全地使用；(4) 這些建物對處置場之主要設計特性或該設施之建造與運作步驟不會產生負面的效應。

審查委員將依下列各點評估申請者所提案之交通系統的描述：

- (1) 總體交通系統的設計、涵蓋道路的配置及用途、建材、交通管制以及控制道路表水的附屬排水系統。
- (2) 可能影響設施整體運作安全的設備及車輛的交通移動。
- (3) 道路的設計、可能在設施進行關閉及穩定措施時產生的影響。
- (4) 道路的設計、可能與緩衝區相關以及對必要時所採取的緩衝措施造成的負面影響。

## 4.6.2 審查程序

審查委員將依據本 SRP 4.3 之接受準則來評估每一輔助性設施。

### 4.6.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 相關審查章節，審查委員將審查輔助設施之描述與分析資料的完整性及其效益。

### 4.6.2.2 安全性之審查

審查委員將在本 SRP 中審查各項輔助性設施之設計基礎與其準則，並且將評估這些基礎與準則是否足以維護處置設施之安全運作。依據申請者之設計準則，審查委員將評估申請者對各項輔助設施的描述，並依照 SRP 3.3.1 將其資料整合於設施配置圖、工程藍圖、與建造規格來共同評估。審查委員將檢視申請者引用的建築法規及工業標準之相關討論。審查委員也將評估申請者之說明與分析是否有任何可能之負面效應影響於設施之設計、建造及運作。審查委員將利用對緩衝區的評估來決定輔助設施對緩衝區的影響性為何。審查委員會利用依照 SRP 5.1 所執行之關閉與穩定化作業計畫評估來決定輔助設施對關閉與穩定化措施可能產生的任何影響。

### 4.6.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

## 4.6.3 接受準則

#### 4.6.3.1 法規要求

適用於本 SRP 審查之相關法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12, "Specific Technical Information," (b), (e), 和 (f)*，要求敘述設計要素、設計準則、設計基準、法規、與標準等與設計的關係以及上述各項之間的相互關係，與 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標，並且敘述陸域處置設施之建造與運作方式，且包括該場區內交通系統。
- (2) *10 CFR 61.13, "Technical Analyses," (c)*，相關於運作時期對工作人員的防護分析以及包含控管、儲存與廢棄物處置時可預期之意外輻射暴露的評估。
- (3) *10 CFR 61.23, "Standards for Issuance of a License," (b) 到 (f)*，要求申請者所提案之設計與其他系統需提供合理保證，需符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標、*10 CFR 61 Subpart D* 之技術要件
- (4) *10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 到 61.43* 說明輔助設施必須達成之效能目標。

#### 4.6.3.2 法規指引

並無法規指引或一般性設計準則可直接引用於輔助性設施安全相關效能的部分。審查委員可參閱 *Section 3.1 "Technical Position Paper on Near-Surface Disposal Facility Design and Operation,"* 特別是 "Access Roads" 的部分。

#### 4.6.3.3 法規評審準則

審查委員將依照下列各節所提出之準則來評估各項輔助性設施之資料：

##### (1) 輔助建築物

輔助建築物之設計若符合下列條件則可被接受：(1)依照 *10 CFR* 法規，需能支持設施之運作；(2)符合相關聯邦，州及地方建築法規與工業標準下建造；(3)在設施運作年限中，當可預期的一般設計基準事件發生時可承受其加諸之荷重，且仍能安全運作；(4)將不干擾設施之運作，包含其關閉及穩定化作業計畫。

##### (2) 道路配置及交通管制

若該提案交通系統足以支持設施之安全運作且不具負面影響，也將不會干擾運作期處置單元之關閉措施與其緩衝區，則其道路配置及交通管制之資料可被接受。其道路系統若與提案設施之關閉與穩定化作業計畫相容則可被接受。而其交通控制必須依循相關工業標準，及其道路必須具有足夠的容量與面積，允許設施設備與

車輛能安全通過。道路配置之設計必須使環境與場址監控及修復作業能在不受影響的緩衝區中進行。

### (3) 道路特性

若其提案之道路足以支持設施之安全運作且不造成負面之影響，以及能與設施之關閉與穩定化作業計畫相容，道路特性之資料可被接受。道路建材必須有足夠的耐久性以負荷運作期間之交通量而不致損壞並且需符合相關工業標準。道路的建材與其特性包括附屬排水工程必須相容於提案設施之最後關閉及穩定化作業計畫。

## 4.6.4 評審發現

### 4.6.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 4.6.4.2 評審發現範例

審查委員已依據本 SRP 3.4.2，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之審查，已確認申請者已提供足夠資料說明各項輔助設施皆因設施設計所需而產生；每一輔助設施之設計皆為其主要設計要素、建造與設施安全運作提供支持性功能；並且這些輔助設施之設計與建造將不會對處置設施的效益造成負面的影響。

審查委員總結其審查之目標已經達成，且其審查支持下列對輔助設施所作之結論。

申請者已正確描述各輔助設施之功能要求，包括處置設施設計、建造及運作所需功能之所有建物與道路。提案各項輔助設施之設計準則與基礎之適合性。各項輔助設施審查委員已決議申請者所決議符合設計準則與基礎且不會抵觸其處置設施之主要設計特性、建造或運作。因此，可合理保證該輔助設施可被審查委員接受並且符合 *10 CFR 61.12(b)*，*(e)* 和 *(f)*，*10 CFR 61.13(c)*，*10 CFR 61.23(b)* 到 *(f)*，以及 *10 CFR 61.41* 到 *61.43*。

根據審查結果，審查委員需能達成各項輔助設施之設計與相關法規及工業標準可被接受之決議。

## 4.6.5 參考文獻

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and

Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

- (3) --- "Technical Position Paper on Near Surface Disposal Facility Design and Operation," November 1982.

**七、公用設施或系統之設計：說明通訊、電力、供水、供氣、照明、廢棄物處理、通風等系統之設計，並說明各系統失效時之補救措施。**

## 4.7 公用設施或系統之設計

### 4.7.1 公用設施或系統之設計

#### 4.7.1.1 審查範圍

審查委員將就提案的低放處置設施中被設計用來輔助設施運作需求以及直接影響到工作人員安全的公用系統加以審查。

委員將評估申請者對公用系統的描述，其內容涵蓋通訊，電力，供水，照明，衛生垃圾處置以及燃料運送系統以確保：(1)每一公用系統的設計基礎及標準對所提案之設施為恰當的；(2)在設計基準事件發生的情況下，各系統仍能如預期正常運作使設施維持正常壽命；(3)公用系統中對其主要設計特性之潛在負面效應已充分說明；以及(4)這些潛在的負面效應將不致嚴重降低或損害設施的安全效能。

#### 4.7.1.2 審查程序

審查委員將根據本 SRP Section 4.3 之接受準則評估各類公用系統。所提出資料的詳細程度必須與該系統對安全運作與廢棄物處置效能之重要性等比增加。

##### 4.7.1.2.1 接受性審查

審查委員將根據本 SRP 及 NUREG-1199 審查其公用系統之敘述與分析的完整性以及其效能。

##### 4.7.1.2.2 安全性之審查

審查委員將審查在本 SRP 中提出之各公用系統的設計準則及其基礎，且將評估資料的適合性及其關於主要設計特性的相容性與影響性，也將評估申請者對因公用設施的功能失常或失效而對設施之設計與安全運作可能造成的負面效應提出說明與評估。

#### 4.7.1.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

#### 4.7.1.3 接受準則

##### 4.7.1.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12, "Specific Technical Information," (b) and (e)*，要求描述設計特性、設計準則、設計基礎、設計相關法規與標準，以及上述各項之間相互關係及其效能目標。
- (2) *10 CFR 61.13, "Technical Analyses," (c)*，關於運作期間對於控管、儲存與廢棄物處置之工作人員保護的相關分析。
- (3) *10 CFR 61.23, "Standards for Issuance of a License," (b) 到 (f)*，要求申請者提案之設計及其他系統提供合理保證，必須符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標與技術規範。
- (4) *10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 到 61.43*，說明公用設施必須達成之效能目標。

##### 4.7.1.3.2 法規指引

與安全效能相關之公用系統並無法規指引可引用。申請者應使用下列章節做為指引。

##### 4.7.1.3.3 法規評審準則

相關於本 SRP 審查範圍的評估規範說明於下列章節中。

###### (1) 通訊系統

若通訊系統之設計與安裝達成下列目標則可被接受：(1)在廢棄物接受、控管與處置運作之所有時間，不論視訊或音訊皆可清晰的聯繫廠區的人員；(2)可與廠區外官方單位維持可靠的聯繫，特別是在緊急應變的時期；(3)需根據一般常見且可接受之作業進行建構；以及(4)不會與設施的設計或運作相抵觸。

###### (2) 電力系統

若電力系統之設計與安裝達成下列目標則可被接受：(1)對於處置場安全運作的要求提供現場的電力。以及(2)需根據一般常見且可接受之作業來建構。

###### (3) 供水系統

若供水系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)對處置場安全運作的要求，例如建造，運作及消防提供足夠用水量；(2)



需根據一般常見且可接受之作業來建構；(3)提供工作人員之飲用水；以及(4)如 SRP 7 所討論，提供工作人員除污用之溫水。

(4) 照明系統

若供水系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)對於處置場安全運作的要求，在建造及運作期間提供充足的照明；(2)對於可預期的意外狀況之要求提供緊急照明；以及(3)需根據一般常見且可接受之作業進行建構。

(5) 衛生垃圾處置系統

若本系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)足以應付預期使用率的規模；(2)符合適用之地方及國家的法條及標準；以及(3)不會與設施的設計或運作相抵觸。

(6) 燃料運送系統

若本系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)提供場區建物設備及處置活動充足的燃料；(2)若火災發生可以與火源隔離；(3)需符合或超越一般且可接受之作業標準；以及(4)不會與設施的設計或運作相抵觸。

(7) 其他公用系統

若任何其他可能需要之公用系統的設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)對所提案之設計有適當的規模；(2)需根據一般常見且可接受之作業進行建構；(3)不會與設施的設計或運作相抵觸。

#### 4.7.1.4 審查發現

##### 4.7.1.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

##### 4.7.1.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4.1 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之公用系統的審查，確認設施設計所需各公用系統的資料已充分提供，且各公用系統已依照其主要設計特性，建造及設施安全運作所需要的支持性功能而設計建造；這些公用系統的設計與建造將不會對設施的效能產生負面的效應。

申請者已證確描述[--名稱--]系統之功能要求，包括所有必須的材料及其組件，因此將達成所要求之功能與荷重容量。審查委員已針對申請者所提案[--名稱--]系統之設計準則與基礎及其設施運作要求評估其適合性。並且決議

該[--名稱--]系統符合主要設計準則與基礎。該系統之設計與主要設計特性或設施安全運作不會互相抵觸。因此，可合理保證該[--名稱--]系統已被審查委員接受並且符合 *10 CFR 61.12(b)* 和 *(e)*，*10 CFR 61.13(c)*，*10 CFR 61.23(b)* 到 *(f)*，以及 *10 CFR 61.41* 到 *61.43*。

根據審查結果，審查委員決議[--名稱--]系統之設計與所有相關法規與工業標準相符，可被接受。

#### 4.7.1.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulation, Title 10, "Energy ," U.S . Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199,"Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility" Rev. 1, January 1988.

### 4.7.2 消防系統

#### 4.7.2.1 審查範圍

審查委員將審查消防系統之資料已確認該系統得以適切地反應可能發生於處置設施之火警意外。申請者針對處置設施特別採取之控制輻射物質的消防措施，必須提出令人滿意的說明。消防系統應包含設備、程序、訓練、管理以及緊急計畫。審查範圍將包含下列各項：

- (1) 假定火災可能發生於處置設施的所有重要區域，至少包括，廢棄物接受區、廢棄物處理區、廢棄物處存區以及處置單元區。
- (2) 用於應變緊急火警之設備。
- (3) 火警發生時應執行之緊急計畫包含所有建立之步驟。

#### 4.7.2.2 審查程序

審查委員必須取得並使用該資料用以確保審查步驟之完整，並將使用且強調本 SRP 之資料亦可適用於某些特定之案件。

##### 4.7.2.2.1 接受性審查

審查委員將依照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查消防系統資料之完整性。

##### 4.7.2.2.2 安全性之審查

審查委員將審查本 SRP 中消防系統資料，是否該申請者已遵照法規與相關可參考導引以及工業標準，並且顯示其使用之方法將可提供合理及可接

受的火災防護。下列段落討論之範圍亦列入審查範圍中。

(1) 意外火災分析

審查委員將審查其假訂在設施內所發生的意外火災相關資料。在假設火警災害時，申請者必須考量在正常運作狀況下所引起的火災，如同 SRP 3.2 中所討論的廢棄物接收區、廢棄物控管區、廢棄物儲存區以及處置區等。申請者也必須考慮以及描述處置設施中可預知之化學環境並且提供資料顯示其發生在預知環境中該提案之消防系統將如何安全地控制意外火災，並且保護設施中工作人員與大眾的健康。

(2) 消防系統

審查委員將審查消防系統相關資料，特別是反應緊急火警時的控管計畫；可供火警應變的程序、材料以及設備；火警時提供場外警示的程序與設備；設施工作人員的訓練包括火災的避免以及火災發生時的保護措施。審查委員將審查消防系統相關層面並將決定該系統是否符合美國消防署(National Fire Protection Association)之 *NFPA 901-1981 "Uniform Coding for Fire Protection,(統一消防法規)"* 所建議之特定方案，以及其他相關導則，並將決定其提案系統是否足以安全地控管所有型態的火災與狀況。

(3) 緊急應變

審查委員將審查火警時如何應變的相關資料以確保災害發生時有適當的措施可採取，可有效率地疏散設施人員，在必要的意外狀況下，可通知充分範圍的大眾可能發生的輻射災害。在 SRP 8.4 審查的結果也將納入本範圍之審查結論中。

#### 4.7.2.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

### 4.7.2.3 接受準則

#### 4.7.2.3.1 法規要求

適用於本 SRP 審查之相關法規如下：

- (1) *10 CFR 61.11, "General Information,"(b)(3) 和(4)*，要求申請者提出之資料包括其人事訓練計畫之描述以及如何維持適當完成訓練的人員數來安全地執行廢棄物接收、控管與處置。
- (2) *10 CFR 61.12, "Specific Technical Information,"(b) 和 (e)*，要求職業性曝露相關之設計特性，包含消防措施和申請者將引用於建造與

陸域處置設施運作之相關法規與標準。

- (3) **10 CFR 61.12, "Specific Technical Information,"(k)**，要求申請人提出之資料包括輻射安全計畫之描述含輻射外洩的控制與監控以確保符合 **10 CFR 61.41** 之效能目標，並需描述正常運作下以及意外發生時之職業性輻射曝露以確保其符合 **10 CFR 20** 之要件並可控制人員、車輛、設備、建物與場址受到污染，其計畫的描述必須包含程序、儀器設置、設施與設備等。
- (4) **10 CFR 61.13, " Technical Analyses,"(c)**，相關於運作時的個人防護，也將包括因意外而造成，含假定之意外火災事件，可預期曝露的評估。
- (5) **10 CFR 61.23, "Standards for Issuance of a License,"(b), (c), (d), 和 (f)**，要求申請者之提案設計與設施運作提供合理保證能符合 **10 CFR 61 Subpart C** 之效能目標與 **10 CFR 61 Subpart D** 之技術要件。
- (6) **10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 到 61.43**，說明消防系統必須達成之效能目標。
- (7) **10 CFR 61.56, " Waste Characteristics,"(a)(4) 和 (6)**，要求所有等級之廢棄物需不具爆炸性與自燃性。

#### 4.7.2.3.2 法規指引

下列法規指引為 **National Fire Protection Association(美國消防總署)** 印製之國家消防法規提供：

- (1) **NFPA 801-1986, "Recommended Fire Protection Practice for Facilities Handling Radioactive Materials"**
- (2) **NFPA901-1981, "Uniform Coding for Fire Protection"**

#### 4.7.2.3.3 法規評審準則

有關列於本 **SRP Section 2** 審查範圍之評估準則，依循下列各節：

##### (1) 意外火警分析

火災與火災對輻射物質存在時發生之效應的考慮至少涵蓋廢棄物接收區、廢棄物儲存區與其處置區等。分析內容應考量可能發生最嚴重火災的位置、可能遭吞噬的材料、可能被吞噬的任何建物的建造安排或區域，以及濃煙與高熱可能造成的影響。若符合上述則其火警分析資料可被接受。

##### (2) 消防系統

消防系統之資料可被接受，若(1)消防程序、材料、設備和系統將可保護工作人員與大眾免於輻射與火警災害，(2)備有預防輻

射與火災災害的計畫，以及(3)有訓練工作人員如何應變與預防火災發生的計畫。用於此消防系統的方法必須符合 *NFPA801-1986* 與 *NFPA901-1981* 提列之建議，包涵建議之施作項目，特別是偵測火警之設備、防止火災的設備(灑水裝置等)、場內及場外預警系統、溼、乾和化學滅火器、泡沫滅火器、人員訓練、建物材料以及輻射廢棄物之控管設施。場內的建築物必須依其各功能性目的符合統一消防法規的要求，特別是廢棄物之接收與儲存區、車輛沖洗設備以及廢棄物之再包裝區域等。

### (3) 緊急應變

若其意外火警分析未指出任何可能對 SRP 8.4 中取得之審查結果與結論有不利的影響，則申請者之火災事件緊急應變措施資料可被接受。於 SRP 8.4 之下審查之緊急應變計畫必須包括火警發生時之適當預警通知與工作人員及附近居民的疏散措施。

## 4.7.2.4 審查發現

### 4.7.2.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 4.7.2.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4.3，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之消防系統資料的審查。審查委員總結其消防系統已按下列目標加以設計：(1)若火災發生時必須使職業性輻射曝露合理抑低；以及(2)必須與設施之輻射安全與緊急計畫工作相容。申請者已提出適當的火災預防與防護的人員訓練計畫。因此，其消防系統符合 *10 CFR 61.11(b)* 和 *(b)(4)*，*10 CFR 61.12(b)(e)*，和 *(k)*，*10 CFR 61.13(c)*，*(d)*，和 *(f)*，*10 CFR 61.41* 到 *10 CFR 61.43* 和 *10 CFR 61.56(a)*，*(e)*和 *(a)*，*(b)*中消防相關規定。

申請者符合上述規定，並已使用下列各建議方案：

- (1) *NFPA 801-1986, "Recommended Fire Protection Practice for Facilities Handling Radioactive Materials"*
- (2) *NFPA 901-1981, "Uniform Coding for Fire Protection"*

根據其審查，審查委員總結該提案消防系統合理且可被接受。

## 4.7.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing,

Office, Washington, DC, revised annually.

- (2) National Fire Protection Association, NFPA 801-1986, "Recommend Fire Protection Practice for Facilities Handling Radioactive Materials," Quincy, MA.
- (3) ---, NFPA 901-1981, "Uniform Coding for Fire Protection," Quincy, MA.
- (4) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

### 4.7.3 侵蝕與洪水控制系統

#### 4.7.3.1 審查範圍

審查委員將審查水文分析及設計細節之記錄文件，依照 **10 CFR 61.51(a)** 之法規要求其設計必須在設施運作期間提供侵蝕與地表洪水的適當防護。與本主題相關的場址設計審查範圍與 SRP 6.3.1 的一致。特別要強調的部分在於記錄資料與分析的審查，依照 **10 CFR 61.51(a)(5)** 和 **(a)(6)** 中之要求，該資料記錄之洪水與地表逕流將不會對場址造成負面影響。

然而，地形的不穩定(Geomorphic instability)與岩石的耐受性(rock durability)在此計畫中並未列入審查，在典型的設施中所預期的一般是短期的運作；上述兩項僅在 SRP 6.3.1 中作長期推論時加以審查。

#### 4.7.3.2 審查程序

##### 4.7.3.2.1 接受性審查

遵照 **NUREG-1199** 以及本 SRP 審查其 **SAR** 報告中對侵蝕和洪水控制系統資訊之完整性。若申請人資料有不適當或不充分之處，審查委員將要求對該案件提供更多的資料或解釋。審查委員可以建議其所提出的 **SAR** 文件可被拒絕或接受，或備案等待資料的補充。

若補充資料被認為充足，則相關的技術性評估將可開始作業。

##### 4.7.3.2.2 安全性之審查

審查委員在評估時將使用與 SRP 6.3.1 所述一致之一般性審查程序。然而，地形的不穩定(Geomorphic instability)與岩石的耐受性(rock durability)在此計畫中並未列入審查。

#### 4.7.3.3 接受準則

##### 4.7.3.3.1 法規要求

有關資料適合性與技術評估的法規可參考 **10 CFR 61.11(c)** 和 **10 CFR**

61.12。與洪水的審查相關之基本接受準則提供於 *10 CFR 61.51 (a)(5)*和 *(a)(6)*，其中要求場址之設計必須足以預防處置單元遭受侵蝕與洪水的傷害。

#### 4.7.3.3.2 法規指引

預測洪峰的可接受方法與設計侵蝕保護特性可參閱 *Draft Regulatory Guide, "Design of Long-Term Erosion Protection Covers for Reclamation of Uranium Mill Sites."*。

#### 4.7.3.3.3 法規評審準則

全面性的地表水洪氾評估與場址設計的侵蝕防護以及能支持所有結論的基本資料與分析皆有其必須性。對於相關本審查範圍所提交的資料、數據與分析評估的接受準則依循下列各節：

##### (1) 場址水文描述

提案資料的接受將以品質的評估為根據，以其資料、數據與地圖的品質與完整性為主。遵照 *10 CFR 61.12* 規範，若可對洪水與密集降雨的效應作獨立的評估，則其結構、設施和侵蝕防護設計的描述視為充足完整。若場址地形圖的品質良好並以足夠的比例尺可使審查委員獨立地分析建造前與建造後的排水模式，則其地形圖可被接受。

##### (2) 洪水測定

因為洪水和/或低放射性廢棄物在沒有覆蓋或保護的不穩定期間造成的風險，審查委員認定最大可能洪水量(the probable maximum flood, *PMF*)與最大可能降雨量(the probable maximum precipitation, *PMP*)可提供防洪要點設計可接受的基準。雖然 *PMF* 的使用對於低放廢棄物設施的運作設計顯然是可接受的，但並非必要。根據不同案件的情況，審查委員將審查以小於 *PMF* 的洪水作為基準的場址設計。使用這樣的洪水基準申請者必須做出記錄才可被接受。資料分析則必須總結性地記錄完整的場址狀況，特別必須考慮罕見洪水規模與其發生所造成的不確定性。

*PMF* 的定義可參閱 *American National Standards Institute/American Nuclear Society Standard ANSI/ANS 2.8-1981* 並且必須將所有鄰近的溪流、河以及場址排水渠納入估算中。

審查委員將審查申請者對於設計基準洪水的規模、水位與速率訂定說明的分析資料。其資料的接受將根據申請者所預測之靜態洪水位與洪峰流量以及預測所使用的計算方法等。

##### (3) 水壩損壞

水壩損壞造成的洪水分析與水力設計的接受準則與 SRP 6.3.1 所提出的內容一致。

#### (4) 洪水控制設計

洪水控制特性必須是(1)能避免處置單元遭侵蝕或洪水，或(2)其設計必須使廢棄物不會因氾濫而由處置區釋出。一般來說，洪水控制措施若能應付 *PMP* 或 *PMF* 的發生，則為可被接受的設計。洪水分析的細節與可接受的方法以及洪水的速率可參閱 *Draft Regulatory Guide, "Design of Long-Term Erosion Protection Covers for Reclamation of Uranium Mill Sites."*。若其假設與計算的設計趨於保守、合理且正確以及/或優於審查委員的獨立預測，則其設計可被接受。

在大部分的狀況下，工程設計可供用於關閉後以及運作期間。如此設計的特定案例包括分流溝渠與石堆堤防 (riprapped embankments)。對於這樣的案件，其設計程序與方法亦在 SRP 6.3.1 中說明。

### 4.7.3.4 審查發現

#### 4.7.3.4.1 引言

若審查委員之評估所根據的是其場址設計中水利工程方面的完整審查，確認法規導則已經符合，其審查文件將遵照 *10 CFR 61 (a)(5)* 和 *(a)(6)*，陳述該洪水分析與調查已適當地訂出場址洪水潛勢的特性並正確地記錄，引用可接受之洪水位基準具保守性，以及/或提出可行之計畫確保處置單元在運作期間將不會受洪水與侵蝕影響。

#### 4.7.3.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4.4，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之洪水控制系統。

在設施運作期間，岩層保護之分流渠 (rock-protected diversion channels) 與防洪堤將被建造以保護場址免於洪水的影響。而截泄溝 (diversion ditches) 則將作為長期防洪設計的一部分。

對場址外與場址內的地區性洪水，*NRC* 委員獨立預測其洪峰流量與速率用以決定其設計特性的適當性。並將這些特性依照 SRP 6.3.1 中所討論的水文程序分析。根據這些獨立分析，審查委員總結，該設施設計符合 *10 CFR 61 (a)(5)* 和 *(a)(6)* 的規範，故其場址水文特性，若以提案之設計特性加強之，將可避免處置單元在運作時遭遇侵蝕與洪水。與審查委員分析有關之補充資料可參閱 SRP 6.3.1，特別是將成為長期設計中的部份特性。



八、設計成果應附適當比例尺之詳細圖說，設計細部資料得列報告附冊備查。

## 第五章 處置設施之建造

一、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。

### 5.0 處置設施之建造

#### 5.1 施工特性

##### 5.1.1 審查範圍

將審查低放核廢棄物的陸地處置時所必須考量與描述的主要建造方法和要素，以確保其安全與設施的效益並須符合 *10 CFR 61* 的 *C 和 D 部分之效能目標與技術要求*。

關於場址計畫(site plan)的設計與建造資料，例如場址地點、地形、地下水位等高線，場址邊界，緩衝區，安檢區域，場址上鐵道及車道，公共線路(utility lines)，建築物，處置單元之概略分佈(general layout of disposal units)，以及工程藍圖，皆必須由申請人提交審查。建造規格必須依各種建造要素清楚且適當地描述其規模與範圍。

審查委員了解建造方法與要素將因特別場址狀況與所選用之建造工具而有所不同。本 SRP 之導引並不意圖限制申請人在選用建造方法、步驟或工具時的彈性空間，但其用意在於說明所需提交資料的形式與範圍，使申請人所計畫之建造與運作呈獻清楚的概念並符合 *10 CFR 61* 之規範。

建造的要素應涵蓋相關於場址準備，水的控制及分流，處置單元之建造，混凝土及鋼筋建造，回填以及關閉各項。在本 SRP 其它章節的有相關資料可作為參考或可直接納入本段落。

下列範例說明了審查委員所期待在 SAR 報告本章節中提出討論的資料形式，而其他相關項目的討論則延伸至其他章節中。

在 SRP4.3 與 5.1.2 之下所審查的 SAR 相關章節中，申請者應描述廢棄物容器週邊所配置的回填材料工程特性。然而，在 SRP 3.3.1 中則必須描述其計畫中確實配置於廢棄物容器週邊回填材料的建造方法。其資料內容應包括：(1)廢棄物容器的堆疊排序計畫；(2)降低可分解木料層板使用的方案以防止未來沉陷情形產生；(3)確保回填材料在置入時維持適當的濕度條件的建造控管計畫；(4)廢棄物容器與回填材料的置入順序計畫，以確保容器之間空隙的填滿，也因此符合 *10 CFR 61* 減少未來填充物間的沉陷的要求。

## 5.1.2 審查程序

審查委員將評估申請者建造及運作低放處置設施時的主要方法及特性，其使用以下各章節之程序並遵照本 SPR Section 4 之接受條件。委員可在執照簽發之後安排場址的拜訪以確認該案由設計階段到建造運作階段有令人滿意的呈現。

### 5.1.2.1 接受性審查

審查委員將依照 *NUREG-1199* 及本 SRP 審查申請人 *SAR* 報告中建造方法與要素之資料完整性。此接受性審查的目的在於決定其是否有明顯的安全問題，以及 *SAR* 報告之資料是否足夠充份，可進一步進行更詳細的審查。

### 5.1.2.2 安全性評審

審查委員將審查 *SAR* 報告，包含相關參考資料，工程藍圖與規格以確保其主要設計及建造要素已經過系統化的整合且為可行之建造計畫；並將指出因與 *SAR* 其他章節資料不一致或因對建造方法與要素之不當討論所衍生出的安全相關問題。

審查委員將依下列各段落所描述之步驟進行審查。

#### (1) 場址準備

審查委員將審查申請者對於建造運作的相關討論，包括低放廢棄物處置的場址準備，以確定其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。這項審查工作將涵蓋其將清理與剝露的土地面積及深度，計畫儲存區域之配置與範圍，以及定義為禁制區的圍籬建造。審查委員將審查某特定場址的特別特性敘述，例如現存井或開放鑿孔的回填。申請者對場址準備程序的描述應以適當的工程藍圖及建造規格詳細配合提供參考。

#### (2) 水的控制及分流(diversion)

審查委員將審查申請者對提案開挖與回填區域的地表水與地下水控制計畫。在適當的部分，申請者應討論在建造控制的方法及分流的要素(例如暫時或永久性堤防，分流溝渠等)，以及工作的時程表。審查委員將同時在個別處置單元的建造階段(依申請人計畫之建造順序)與場址關閉時期考慮其水文控制要件。

#### (3) 建造及處置(disposal)單位

審查委員將審查申請者對個別處置單元以及單元關閉的順序之描述。其描述內容應依下列各項重點涵蓋建造運作至廢棄物置入個別處置單元的確實作法：(1)開挖(被移除的土壤及岩石材料；在

計畫或階段性工程內之界線；坡度與深度或底部的高程；完成地面準備之要件，包含任何不適用材料的判別、將填入混凝土的開挖面；開挖廢土之處理等)；(2)填土區域(界線，坡度以及高度或頂部高程；被填土表面之要件，例如，不在結凍地面填土、地表鬆土提高與填土之接著力並且滾壓整平；填土的材料型態；對於填土層鋪平與濕度控制之要件；大型顆粒材料之移除；以及取得所要求夯實緊密度的現地程序)；(3)填土前細節計畫以導流並控制降雨雨水與開挖之地表逕流(可滲透基礎層之厚度，排水的坡度，集水坑的位置等。)；以及(4)品質控制測試(例如，決定土地密度的測試、填土的濕度、實驗室夯實、級配以及可塑性)，包括測試標準及測試頻率之說明。

(4) 混凝土及鋼筋建造

審查委員將審查申請者處置設施建造使用混凝土與結構鋼材的相關資料。混凝土部分，其資料應包含設計、製造、混合、強化、成形(forming)、運輸、放置、整平與硬化。而結構鋼部分，應包含設計構製以及建物與組件之架設。

(5) 回填(backfilling)

將審查回填相關資料，其資料應說明陸地處置設施中廢棄物包放置之技術要件，以及廢棄物包之間空隙的填充以降低未來開挖空間內沉陷狀況產生的規範。對於使用非凝聚性土壤作為回填材料的導引包含在 SRP 4.3 附錄 A “*NRC Staff Recommendations for Filling Void Spaces Around Waste Containers Emplaced in Low-Level Waste Land Disposal Excavations*”。審查委員將檢查陸地處置開挖之回填作業以決定其是否至少符合上述建議條件，以確保開挖的回填有長期的穩定性。

回填相關資料應包含：(1)廢棄物容器之堆疊放置計畫；(2)限制使用可分解材料的方案以降低未來長期沈陷的發生；(3)必須以建造控制確保其非凝聚性材料之正確級配和溼度狀況，避免放置在廢棄物容器週邊之回填土壤產生**連結**與聚集作用而導致空隙的生成；以及(4)確實置入廢棄物容器與填土材料之建造運作計畫與其順序，(例如，在每一廢棄物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。)

(6) 個別處置單元之關閉

審查委員將審查個別處置單元關閉的相關資料，包括覆蓋在廢

棄物回填土之上的材料建造特性，以確保水滲透的降低與處置設施在建造時期與場址關閉後的效能可被接受。這些材料包含覆蓋在最上層的可耕種覆土以及對抗表土龜裂與其他作用的土層如闖入者的屏障、可透水層與不透水層，以及土工織品等。

對於廢棄物儲存區開挖的覆蓋其眾多的材料型態，申請者應該提供與本 SRP 3.2.3 “Construction of Disposal Units” 之填土區域與品質控制測試說明中相類似的資料內容。申請人應對任何特別考量的材料加以討論，例如在開挖區覆蓋時使用的建造方法將可預防意外混合或遭不同種類材料污染。申請人還須說明與討論闖入者屏障或土工織品材料的特別製造商或其處理或定位的要件等。

審查委員將審查申請者所提出的總體建造計畫與運作順序的記錄資料，包含開發活動(出入口坡道、依廢棄物分級的處置單元區分、分階段回填等。)以及關閉活動皆顯示其處置設施運作安全並具效率，且符合 **10 CFR 61** 的法規要件。

#### 5.1.2.3 要求額外資料

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

### 5.1.3 接受準則

#### 5.1.3.1 法規要求

- (1) **10 CFR 61.12(e)**，相關於申請人所引用於設計與將引用於處置設施建造之法規與標準。
- (2) **10 CFR 61.12(f)**，相關於設施建造，至少包含處置單元的建造與廢棄物置放的方法以及控制地表與地下水接觸廢棄物料的方法等。
- (3) **10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 至 61.44**，說明其建造方法與陸地處置設施特性必須達到的效能目標。

#### 5.1.3.2 法規指引

並沒有法規指引可作為審查委員在審查低放廢棄物陸地處置所有面向的建造事項提供導則。然而，下列所提出的法規指引與 **NUREG** 報告則提供了建造方法及其要素的一般性資料與建議，也說明了審查委員在執行 **10 CFR 61.12(b)**，**(e)**，**和(f)**的法規要件時，一個通過標準的基礎：

- (1) **NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal,"** 提供了淺地掩埋低放廢棄物處置的溝槽設計與建造技術的資料，並建議了處置設施的全面性

建造技術。

(2) *NUREG/CR-3356, "Geotechnical Quality Control: Low-Level Radioactive Waste and Uranium Mill Tailings Disposal Facilities,"*

提出設施建造時大地工程品質控制要件的資料與建議。

(3) *NUREG/CR-5432, "Recommendations to the NRC for Soil Cover Systems Over Uranium Mill Tailings and Low-Level Radioactive Wastes," Volume 3,* 提出土壤覆蓋系統的正確建造方法之導則。

主要為 *10 CFR 61.12 (b), (e) 及 (f)*，可以輔佐參考 *NUREG/CR-3144, NUREG/CR-3356, NUREG/CR-5432*。

### 5.1.3.3 法規評審準則

本 SRP4.2 中之 *NUREG* 報告提供了資料、建議與導引，並且描述了一部分審查委員在執行 *10 CFR 61.12(b), (e), 和 (f)* 的法規要件時，其通過標準的基礎。陸地處置運作的土方工程建造事項已被標準化。在此，因為認知必須維持土方工程建造的彈性才可因現地狀況的不同而在建造時作出調整，故所提出之法規準則之標準化有所不足。因此，本章節的法規評估準則將根據所提供資料的適合性與接受性以及根據申請人是否發展出系統化且可執行的建造計畫來確保處置設施的長期安全目標的工程判斷而訂。

#### (1) 建造方法及程式

審查委員將審查場址準備、水的控制與分流、處置單元建造、混凝土與鋼筋建造、回填與關閉的建造方法與步驟資料。需確認其資料的充足性與可接受性以及確認申請者所提之方法與步驟與下列各 SRP 之相關接受準則相符合：

(a) 3.1, "Principal Design Features" 主要設計特性

(b) 3.2, "Design Considerations for Normal and Abnormal/Accident Conditions" 正常與異常/意外情況之設計考量

(c) 3.4.1, "Utility Systems" 公用系統

(d) 3.4.2, "Auxiliary Facilities" 備用系統

(e) 3.4.3, "Fire Protection System" 火災防護系統

(f) 4.3, "Waste Disposal Operations" 廢棄物處置運作

(g) 5.1, "Site Stabilization" 場址穩定化

(h) 6.2, "Intruder Protection" 闖入者防護

(i) 6.3, "Long-Term Stability" 長期穩定度

#### (2) 相關章程、標準與規格

審查委員將審查在設計與建造時期所引用的相關於設計與建

造章程、標準與規格之資料，並確認這些法規的適合性。可被 *NRC* 委員所接受的相關於混凝土與結構鋼材料的相關法令如下：

(a) *American Concrete Institute, ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures," 1980*

(b) *American Institute of Steel Construction, "Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings," 8th edition, 1981*

(c) *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*

(d) *State and local building, electrical, and fire codes*。

(3) 建造之材料及品質之保證

審查委員將審查建造材料的相關資料。主要包括開挖與填方材料，混凝土與灌漿成分，加強桿(reinforcing bars)，與結構鋼等。若提出使用的材料非 *NRC-licensed* 設施所使用的，則申請人必須提出充足的測試與使用者資料以建立其材料的接受性。審查委員也將審查申請人之品質控制程序與建造技術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。

(4) 場址之計畫、工程藍圖、建設之特性

審查委員將審查場址計畫與表達設計要素的工程藍圖其資料之完整性與適合性。工程藍圖中必須顯示尺寸、剖面與場址界線內各設施之相關位置。所有計畫與工程圖必須以足夠的比例顯示以充分表達設計資料並必須經過合格工程師簽證。申請者必須將完工狀況完整記錄作為建造設施的永久性資料。建造規格必須與設計與運作規範相容與一致。在規格中指定的內容與程序必須遵照所引用之工業章程與標準。

## 5.1.4 審查發現

### 5.1.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 *SRP* 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 5.1.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.3.1，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之建造方法與要素的審查，確保申請人所使用之建造方法足以使處置場址達到長期的穩定，其建造程序與方法將可使所建造之設施符合 10 CFR 61.41, 61.42, 61.43, 和 61.44。

申請者所提出之建造程序及方法符合於處置場址之建造要素，並且與場址準備、水的控制與分流、處置單元的建造、混凝土及鋼筋建造、回填以及處置單元的關閉具有相當關聯性。其所使用之程序與方法將能確保主要設計要素的功能求得以符合。

該場址計畫明確顯示場址邊界、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。其工程藍圖已提供在[場址名稱]之處置設施建造的必要資訊。申請者所提供之建造規格確實根據其處置設施的功能及主要設計規範。遵照本建造計畫，藍圖與規格將可確保處置設施能夠適當地建造並將達到其所預期之安全功能。申請者已提供 SRP 3.3.1 以及 10 CFR 61.12(e), (f)中所規範之資料。申請者將使用的建造步驟與方法已遵照確立之準則、章程、標準、規格、與良好的工程判斷，並且被 *NRC* 委員所接受。這些根據良好的工程判斷與實作經驗、以及所引用的章程、標準、導則、與規格而使用的準則，提供了合理的保證，若在建造與運作期間，設計基準事件或假定之意外事件發生時，所建造的設施將因其特殊設計而有能力承受此負載狀況且不致損害結構整體性及穩定性。

申請者所使用處置設施建造的準則及標準符合 *Regulatory Guide 1.94, American Concrete Institute Code ACI 349 “Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures,”* 以及 *American Institute of Steel Construction “Specification for Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building.”*。

申請者所提供詳實描述處置設施建造方法與步驟可被接受。其步驟與方法已被證實為恰當。並提供其設施建造符合設計要件之合理保證。

申請者之場址計畫明確顯示處置場的位置及範圍。設施總體的配置及處置單元亦已在計畫中說明。

申請者提供之工程藍圖正確且適當地傳達設計的資訊。此藍圖提供了處置場建造之必要資訊，包含位置，型態，結構細節，系統以及陸地處置設施之組成。申請者之工程藍圖確保其設計之陸地處置設施將可適當的建造且將符合所要求的設計標準。其工程藍圖可被接受且已符合 10 CFR 61.12 (e) 及(f)之技術資訊規範。

申請者所提供之建造規格與建立良好之工業條例，標準及規格相容一致



且被審查委員所接受。建造規格的措施提供了合理保證，其建造之處置設施將符合特殊設計的規範。

根據上述發線，審查委員結論為申請者所提案之處置設施建造步驟與方法提供了合理保證，其將符合 **10 CFR 61** 之相關規定。

### 5.1.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility "Rev. 2, January 1991.
- (2) American Concrete Institute, ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures" Detroit MI 1980
- (3) American Institute of Steel Construction, "Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings", Chicago, IL, eighth edition 1981
- (4) American National Standards Institute, ANSI N45.2, "Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilities." New York. 1977.
- (5) ---, 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", New York, 1974.
- (6) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (7) ---, NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal," P. G. Tucker, U.S. Department of the Army, Army Engineers Waterways Experiment Station' February 1983.
- (8) ---' NUREG/CR-3356, "Geotechnical Quality Control" Low-Level Radioactive Waste and Uranium Mill Tailings Disposal Facilities," H. V. Johnson, S. J. Spigolon, and R. J. Lutton, U. S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, June 1983.
- (9) ---, NUREG/CR-5432, "Recommendations to the NRC for Soil Cover Systems Over Uranium Mill Tailings and Low-Level radioactive Wastes," Volume 3, R.D. Bennett and A.F Kimbrell, U. S. Army Waterways Experiment Station February 1991
- (10) ---, Regulatory Guide 1.28, "Quality Assurance Program Requirements (Design and Construction)"
- (11) ---, Regulatory Guide 1.94, "Quality Assurance Requirements for Installation, Inspection, and Testing of Structural Concrete and Structural Steel

During the Construction Phase of Nuclear Power Plants."

- (12) ---, Regulatory Guide 1.143, "Design Guidance for Radioactive Waste Management Systems, Structures, and Components Installed in Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants."

二、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。

## 5.2 施工計畫

### 5.2.1 審查範圍

審查委員將審查低放處置設施在建造時所使用之設備是否完備並確保一個符合 *10 CFR 61* 之處置設施能安全且有效率。審查項目包含以下幾項：

- (1) 設備之種類
- (2) 設備之種類及功能
- (3) 儲存，保存，灌漿以及設備之監控

### 5.2.2 審查程序

審查委員將使用下列章節所述之步驟並遵照本 *SRP Section 4* 的接受準則來評估申請者所提案之建造設備。除了資料的審查以外，也可能在執照簽發之後執行場址的現勘以評估其設備可安全執行其必要功能的能力。

#### 5.2.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 *SRP* 相關審查章節，審查委員將審查建造設備相關資訊之完整性。

#### 5.2.2.2 安全性評審

審查委員將決定申請者是否已提供適當且可接受的建造設備相關資料。委員也將使用下列章節所討論的相關步驟來評估該審查範圍。

- (1) 設備種類

審查委員將審查 *SAR* 中所提出之資訊來判定設備種類(如起重機，怪手，挖泥機及夯實機(compact)，等)以及將使用的設備件

數是否適合於處置設施之安全建造及運作。在本項評估當中，審查委員將考量特定場址特性及需求，以及**設備的效能已完成設計與安全目標**。

#### (2) 設備之特性及功能

審查委員將針對製造商所提供各件設備的規格相對於該設備功能與用途加以審查。例如，將審查廢棄物處理設備是否能夠安全地處理廢棄物容器，將它們由地表置放入開挖處置單元中所規劃的廢棄物堆疊中，並適當的在廢棄物容器空隙中回填以減少未來的沈陷的發生。

#### (3) 存放、維護、替換與檢驗設備

審查委員將評估申請者所提供的設備資料以確保可合理用於儲存，維護，替換及檢驗設施，包括支援性設備，是否可供支持處置運作的安全。審查委員將決定申請者所提案之方案與步驟是否可提供合理保證，其建造與運作活動將不致因不安全事件而中斷或延宕，設備的安全控管或遭污染設備的處置皆有適當的說明。

### 5.2.2.3 要求額外資料

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

## 5.2.3 接受準則

### 5.2.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.12, "Specific Technical Information,"(e)**，相關於申請人所引用於設計與將引用於處置設施建造之章程與標準等。
- (2) **10 CFR 61.12 (f)**，相關於處置設施建造與運作的描述，其內容應至少包含處置單元建造方法與處置單元之建造運作及廢棄物定位所使用的設備。
- (3) **10 CFR 61.12(k)**，相關於輻射安全計畫的描述，其計畫以控制及監控輻射外洩以確保能符合 **10 CFR 61.41 效能目標**與 **10 CFR 20 職業性輻射暴露要點**，並能控制個人、車輛、設備、建物和處置場址的污染等。
- (4) **10 CFR 61.43, "Protection of Individuals During Operations,"**說明運作設備所必須達成之效能目標以達到運作時期對個人的防護。

### 5.2.3.2 法規指引

低放廢棄物處置設施之建造或運作設備並無法規指引可引用。然而，*NUREG/CR-3144 “Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal,”* 中討論了大型建造設備規格與功能，並提供導則以正確選擇使用於低放廢棄物處置設施的設備。

### 5.2.3.3 法規評審準則

由於並無法規指引直接涵蓋建造與運作設備，審查委員之評估主要將根據其工程判斷(engineering judgment)。根據這方面的判斷，委員將總結其提出的資料是否能符合 *10 CFR 61.12(e)*，*(f)*，*(k)* 的規範要求。所必須提出的資料型態與範圍已在本 *SRP 第三節* 中說明，而接受的考量條件則於以下段落討論：

#### (1) 設備之種類

本 SAR 之建造設備資料若涵蓋 *NUREG-1199 Section 3.3.2* 與本 SRP 所指出之主題並詳盡說明其設備種類與其功能，則將可被審查委員接受。申請人必須提供的設備種類資料如下：

- (a) 廠區準備，地表水及地下水之安全控制設備。
- (b) 處置單元的開挖設備
- (c) 材料的拖運設備
- (d) 填方施工及夯實設備
- (e) 低放廢棄物的運輸，處理及定位的設備
- (f) 處置單元回填的設備。
- (g) 混凝土及鋼筋建造的設備。
- (h) 處置單元及場址關閉的設備。

#### (2) 設備之特性及功能

審查委員對設備的製造規格資料接受標準在於建造設備能否提供安全運作的功能並能達成設計目標的能力。

#### (3) 儲存、保存、取代及檢測之設備

接受的標準將根據有關設備的儲存，維護，替換及檢驗的步驟與方法是否恰當。審查委員將決定其是否已提供合理保證，確定其建造及運作活動將不會因重要或必要的設備因損壞不足而中斷，或導致不安全的狀況產生。

## 5.2.4 審查發現

### 5.2.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查

委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

#### 5.2.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.3.2，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施用與建造與運作之設備種類及其功能資料之審查，確保其設備將可符合建造要求且將可安全執行其功能。建造與運作所指定之設備的選擇與使用已確實根據所要求之功能與能力。申請者確認該指定設備的使用將可促使處置設施之建造與運作能安全的執行。

審查委員已審查申請者所提出建造與運作設備的資料並已總結該設備可被接受，因該提出資料已合理保證：(1)可執行應有的功能；(2)符合建造要求；以及(3)將可保證建造與設施運作的安全。

申請者符合 SRP 3.3.2 與 10 CFR 61.12 (e), (f) 和 (k) 並已適當地提供設備種類、規格與功能的資料與設備安全效能之保證。

申請者購買、替換、維護與檢驗設備之過程適當，這些過程的使用將可確認不會因設備不可接受的損壞，中斷或延遲設施之建造與運作。

#### 5.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility" Rev. 2, January 1991.
- (3) ---, NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal, " P. G. Tucker, U.S Department of the Army, Army Engineers Waterways Experiment Station, February 1983.

## 第六章 場址特性調查審查技術之探討

### 6.1 國內外有關場址特性調查的規範或研究成果

低放射性廢棄物最終處置場之申設流程從選擇貯存型式(近地表處置或坑道處置)、選址、場址特性、設計、建造、操作至關閉(圖 6.1-1)，各階段所需提送之文件與審查皆十分複雜且嚴謹，尤其是「選址」與「設計」階段「場址特性」之「調查」、「分析」與「評估」甚為關鍵，將嚴重影響處置場之選擇、設計與未來操作階段，甚至關閉後之安全穩定與障壁成效。因此，以下將分別就國外與國內有關處置場場址特性調查的規範或研究成果進行彙整、比較與說明，以期能建立符合國內體制與需求之審查技術文件。

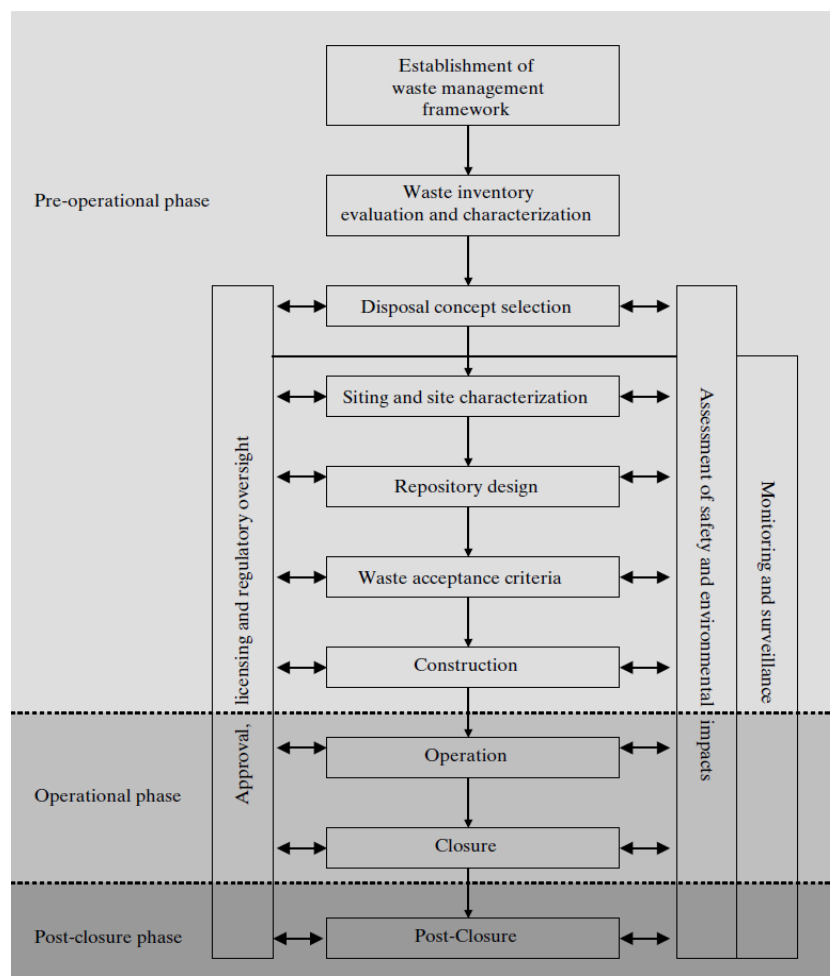


圖 6.1-1 近地表處置場申設流程示意圖 (IAEA, 2003)

### 6.1.1 國外場址特性調查的規範或研究成果

目前國外有關處置場場址特性調查的規範或研究成果以國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA)頒布之文件為首要考量，其次則為美國核能管理委員會(U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC)、芬蘭輻射與核能安全局 (STUK)、澳洲國家健康與醫藥研究委員會 (National Health and Medical Research Council, NHMRC)、中國國家環境保護總局等之規範、技術資料或研究成果可供本案進一步探討，以制定適用於國內場址特性、設計條件與建造環境之審查導則。

#### 1. 國際原子能總署 (IAEA)

- (1) Geological Disposal of Radioactive Waste Safety Requirements (No. WS-R-4, 2006)
- (2) Technical Considerations in the Design of Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste (IAEA-TECDOC-1256, 2001)
- (3) Characterization of Groundwater Flow for Near Surface Disposal Facilities (IAEA-TECDOC-1199, 2001)
- (4) Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste Safety Guide (No. WS-G-1.1, 1999)
- (5) Near Surface Disposal of Radioactive Waste Safety Requirements (No. WS-R-1, 1999)
- (6) Hydrogeological Investigation of Sites for the Geological Disposal of Radioactive Waste (Technical Reports Series No. 391, 1999)
- (7) Principles of Radioactive Waste Management Safety Fundamentals (No. 111-F, 1995)
- (8) Siting of Near Surface Disposal Facilities (No. 111-G-3.1, 1994)
- (9) Siting of Geological Disposal Facilities (No. 111-G-4.1, 1994)
- (10) Site Investigations, Design, Construction, Operation, Shutdown and Surveillance

of Repositories for Low-and Intermediate-Level Radioactive Wastes in Rock Cavities (Safety Series No. 62, 1984)

(11) Criteria for Underground Disposal of Solid Radioactive Wastes (Safety Series No. 60, 1983)

(12) Shallow Ground Disposal of Radioactive Wastes (Safety Series No. 53, 1981)

## 2. 美國核能管理委員會 (NRC)

(1) Standard Review Plan for the review of a license application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility (NUREG-1200, Rev. 3, 1994)

(2) Compilation of Nuclear Safety Criteria Potential Application to DOE Nonreactor Facilities (DOE-STD-101-92, 1992)

(3) Standard Format and Content of a license application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility (NUREG-1199, Rev. 2, 1991)

(4) Tests for Evaluating Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste (NUREG/CR-3038, 1982)

## 3. 其他國家

(1) 芬蘭：Disposal of Low and intermediate Level Waste from the Operation of Nuclear Power Plants (GUIDE YVL 8.1, 2003)

(2) 澳洲：Code of practice for the near-surface disposal of radioactive waste in Australia (No. 35, 1992)

(3) 中國：核技術利用放射性廢物庫選址、設計與建造技術要求(試行，2004)

而其它國外有關一般場址特性調查之規範、準則、手冊或書籍有：



- (1) 日本土木學會，軟岩～調查・設計・施工的基本與事例～，1984。
- (2) 日本土木學會，軟岩的調查・試驗的指針(案)，1991。
- (3) 日本土木學會，隧道在調查計測的評價與利用，1987。
- (4) 日本土木學會，隧道的地質調查與岩盤計測，1983。
- (5) 日本土木學會，隧道標準示方書 山岳工法・同解説，2006。
- (6) Bieniawski, Z. T., Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, 1984.
- (7) Hoek, E. and Brown, E. T., Underground Excavations in Rock, The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1982.
- (8) Hoek, E., Rock Engineering, Evert Hoek Consulting Engineer Inc., Canada, 2000.
- (9) U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations, Washington, 1995.
- (10) U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design Tunnels and Shafts in Rock, Washington, 1997.
- (11) U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design Geotechnical Investigations, Washington, 2001.
- (12) British Standards Institution, Code of practice for site investigations (BS 5930), 1999.

#### 6.1.2 國內場址特性調查的規範或研究成果

雖國內目前尚未建立或制定低放射性廢棄物最終處置設施場之場址特性調查的規範，但目前針對一般場址特性調查的規範或研究成果亦可供本研究案進一步參考，現歸納整理說明如后。

- (1) 工址地盤調查準則(內政部建築研究所，1993)：本準則係採綱要式之條文編列，俾國內建築、土木工程，有一可供遵循之工址地盤調查參考指針。其內容包括總則、調查計畫分段、基本考量、調查方法、調查最小需求、專業人

員資格、作業注意事項、調查報告內容與建議格式等八章，計 70 條。

- (2) 大地工程調查作業準則(交通部台灣區國道新建工程局，1999)：本準則包含地表地質調查、地球物理探勘、鑽探調查、開挖調查、岩石及土壤之室內試驗、現地試驗共六個章節。
- (3) 隧道工程設計準則與解說(中國土木水利工程學會，1999)：本設計準則分成三部份，第一部份為總則，說明設計準則涵蓋的範圍及適用性；第二部份為調查與試驗，針對隧道工程之特性，就工址調查的範圍、項目、進行方法及成果判釋等詳細說明；第三部份為隧道設計，就設計項目、設計理念及注意事項等加以闡述說明。
- (4) 建築物基礎構造設計規範(內政部營建署，2001)：本規範分為總則、基礎載重、基地調查、淺基礎、樁基礎、沉箱基礎、擋土牆、基礎開挖、地層改良、土壤液化評估共十個章節。
- (5) 台灣地區隧道岩體分類系統暨隧道工程資料庫之建立(行政院公共工程委員會，2003)：行政院公共工程委員會有鑑於台灣地區沿用之岩體分類法係因襲國外系統，常無法反映國內特殊之地質條件，且隧道工程相關資料至今仍散佈於各單位中，相關經驗無法有效傳承與保存，因此，彙整國內隧道工程資料，並透過國際隧道工程技術交流方式，參酌國外現行岩體分類系統以及著名隧道工程案例加以研究，以建立台灣地區之岩體分類與支撐系統，供爾後之隧道工程使用。同時利用現代電腦科技功能建立隧道工程資料庫，將台灣過去隧道工程之相關資訊加以保存，提供後續隧道工程之決策與執行上之參考。
- (6) 初等工程地質學大綱(洪如江，2007)：全書分為工程地質學導論、地質作用的動力與岩石之褶皺、工程地質中之材料因素、岩體中之弱面、工程地質中之環境因素、工程地質中之計量化及其應用、工程地質在自然邊坡穩定之應用、各種自然岩石與土壤之簡介、工址調查、工程地質在水庫工程之應用、工程地質在壩工之應用、工程地質在隧道工程之應用、工程地質個案分析舉

例共十三個章節。

## 6.2 國外處置場場址特性描述暨調查項目與內容之探討

### 6.2.1 國外處置場場址特性之調查項目

國際原子能總署 (IAEA) 於 1999 年頒布「近地表核廢料處置場 (Near Surface Disposal of Radioactive Waste)」之安全準則 (Safety Standards) 中有關可接受場址特性要求之項目如下：

- (1) 一般 (General)
- (2) 地質 (Geology)
- (3) 水文地質 (Hydrogeology)
- (4) 地球化學 (Geochemistry)
- (5) 構造地質與地震 (Tectonics and seismicity)
- (6) 地貌 (Surface processes)
- (7) 氣象與氣候 (Meteorology and climate)
- (8) 對人類活動的影響 (Impact of human activities)

而 1994 年頒布「近地表處置設施選址 (Siting of Near Surface Disposal Facilities)」之安全導則 (Safety Guides) 中有關選址所需之場址特性項目包括：

- (1) 一般 (General)
- (2) 地質 (Geology)
- (3) 水文地質 (Hydrogeology)
- (4) 地球化學 (Geochemistry)
- (5) 構造地質與地震 (Tectonics and seismicity)
- (6) 地貌 (Surface processes)
- (7) 氣象 (Meteorology)
- (8) 既有設施 (Man-induced events)

- (9) 廢棄物運輸 (Transportation of waste)
- (10) 土地利用 (Land use)
- (11) 人口分布 (Population distribution)
- (12) 環境保護 (Protection of the environment)

同年頒布「深層處置設施選址 (Siting of Geological Disposal Facilities)」之安全導則 (Safety Guides) 中有關選址所需之場址特性項目則包括：

- (1) 一般 (General)
- (2) 地質 (Geological setting)
- (3) 未來自然改變 (Future natural changes)
- (4) 水文地質 (Hydrogeology)
- (5) 地球化學 (Geochemistry)
- (6) 人類活動事件 (Events resulting from human activities)
- (7) 建設與工程狀況 (Construction and engineering conditions)
- (8) 廢棄物運輸 (Transportation of waste)
- (9) 環境保護 (Protection of the environment)
- (10) 土地利用 (Land use)
- (11) 社會衝擊 (Social impacts)

另 2001 年發表「Technical considerations in the design of near surface disposal facilities for radioactive waste」之報告，則說明設計階段必須獲得之場址特性內容有：(1) 既有基礎設施；(2) 可利用空間；(3) proximity to waste arisings；(4) 地形；(5) 氣候與水文；(6) 地質構造及其特性 (例如：力學、地形、裂隙、斷層、震態等)；(7) 水文地質與地化特徵 (例如：滲透性、地下水流態、水質、遲滯過程等)；(8) 地質演化過程。

而美國核能管理委員會(NRC)於 1991 年頒佈之「申請低放射性廢棄物處置設施之標準格式與內容 (Standard Format and Content of a license application for a

Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility)」與 1994 年頒佈之「申請低放射性廢棄物處置設施之審查導則 (Standard Review Plan for the review of a license application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility)」中有關場址特性之項目包括：

- (1) 地理、人口統計及未來發展 (場址位置及其敘述、人口分佈)
- (2) 氣象及氣候
- (3) 地質與地震學 (含場址地質特性調查、地震調查)
- (4) 水文 (含地表水文、地下水特性調查)
- (5) 土工特性
- (6) 地球化學特性
- (7) 天然資源 (地質資源、水資源)
- (8) 生物特性
- (9) 運轉前環境監測

放射性廢棄物處置場之場址特性調查範圍需視各階段 (選址、設計、建造等) 之功能性需求而異，例如選址階段需調查的範圍為廣域的 (>1000 m) 與場址附近 (100~1000 m)；概念設計階段則為場址附近 (100~1000 m)；基本設計階段除場址附近 (100~1000 m)外，尚需包含地下處置坑之區塊 (10~100 m)；細部設計階段除上述範圍外，尚需包括儲存槽之局部範圍，如圖 5.2-1 所示。

#### 6.2.2 國外處置場場址特性之調查內容

國際原子能總署 (IAEA) 於 1984 年發表「Site Investigations, Design, Construction, Operation, Shutdown and Surveillance of Repositories for Low-and Intermediate-Level Radioactive Wastes in Rock Cavities」之報告，說明場址調查之項目、內容與需取得之參數等。其中，場址調查之項目可概分為 (1) 地質調查；(2) 水文與水文地質；(3) 構造地質；(4) 岩石力學特性；(5) 地形演化，其內容如表 6.2-1 所示。表 6.2-2 則為一般空氣、地表與地下調查技術，而有關水文地質調查之項目與技術詳見表 6.2-3，表 6.2-4 則舉例說明大地、物理與化學方面所需之參數與量測技術。

表 6.2-1 場址特性調查之項目與技術 (IAEA, 1984)

<b>1. Geological setting</b>	
Subjects	Rock types overlying unconsolidated sediments Contact and cross-cutting relationships Tectonic setting; folds, faults and fractures Degree, uniformity and directions of oriented features Geological history
Techniques	Remote sensing Airborne and ground geophysical survey Geological field mapping Geophysical land survey Bore-hole logging
<b>2. Hydrogeology and hydrology</b>	
Subjects	Porosity and permeability Recharge and discharge areas Groundwater velocity and age Hydraulic gradient Water Migration and sorption characteristics Chemistry Geometrical characteristics of aquifers and aquitards Characteristics of surface water bodies
Techniques	Bore-hole logging In-situ tests and measurements Laboratory studies Remote sensing
<b>3. Tectonics</b>	
Subjects	Seismicity Isostatic and lateral movements State of stress Recent fault movements
Techniques	Remote sensing Geological field mapping Geodetic/microseismic survey In-situ tests and measurements
<b>4. Rock mechanics properties</b>	
Subjects	Composition of rocks and fracture-filling materials Physical and chemical properties also with respect to interactions between radionuclides and host rock
Techniques	Field mapping Bore-hole logging In-situ tests and measurements Laboratory studies
<b>5. Geomorphological processes</b>	
Subjects	Weathering Erosion Landslides Sedimentation
Techniques	Remote sensing Geological field mapping

---

表 6.2-2 一般空氣、地表與地下調查技術 (IAEA, 1984)

Investigation techniques	Potential application		
	Airborne	Ground surface	Subsurface
Gravitational	Indication of shape and distribution of rock masses of differing density such as salt diapirs <sup>a</sup> , igneous intrusions and ore bodies. Aid in identifying and interpreting geological structures		Measurement of in-situ rock density which improves the interpretation of regional gravity data
Magnetic	Detection of regional and local variations in magnetic intensity which aid in mapping bedrock, interpreting geological structures, and identifying ore bodies		
Electromagnetic	Assessment of mineral potential and detection of faults and fractures		
Seismic	Not applicable	Identification of different strata including their respective thicknesses and overall structural configuration. Also identification of depth to the underlying crystalline basement, and detection of unlayered rock masses and faults and fractures	
Electrical	Not applicable	Indication of thickness of sedimentary layers, depth of unconsolidated sediments, occurrence of groundwater and detection of certain shear or fracture zones	Indication of lithological variations, rock porosity, groundwater salinity and occurrence of fractures

<sup>a</sup> Structure in which a mobile core, such as salt, has been injected into the more brittle overlying rock through a gravitational mechanism.

表 6.2-3 水文地質調查之項目與技術 (IAEA, 1984)

Subjects	Techniques
Porosity	Bore-hole logging Laboratory tests
Permeability	In-situ tests (pumping and injection tests), packer tests Laboratory tests Model calibration
Groundwater velocity	Tracer tests, water dating, hydrodynamic equations
Hydraulic gradient	Observation of piezometric levels
Natural fluctuations of water levels	Well observations Piezometric observations Meteorological observations
Chemical composition of ground water	Chemical analyses, bore-hole logging
Residence time, age of ground water	Chemical analyses Determination of isotopic composition Hydrodynamic equations
Dimensions and connections of the different hydrogeological systems including those of potable water	Well observations Hydrogeological mapping Bore-hole logging, in-situ tests Chemical analyses
Location of recharge and discharge areas	Remote sensing Hydrogeological mapping Tracer tests Isotopic analysis Water temperature
Interaction between groundwater and wastes	Laboratory tests

表 6.2-4 大地、物理與化學之參數與量測技術 (IAEA, 1984)

Subject	Parameter	Measurement techniques
Rock samples	Mineral and chemical composition	Microscopy (optical, electronic) X-ray diffraction Wet or dry chemical analysis, radiometric methods X-ray fluorescence analysis Atomic absorption spectrometry
	Age	Isotopic analysis
	Sorption properties	Experiments with radioactive or other tracers followed by conventional chemical analysis In-situ tests
Groundwater samples	Chemical composition (includes gas, organic and trace element content)	Wet or dry chemical analysis, radiometric methods X-ray fluorescence analysis Atomic absorption spectrometry Optical spectrometry Gas chromatography
	Acidity-alkalinity (pH)	Electrochemical methods both in the laboratory and field
	Oxidation-reduction potential (Eh)	
	Electrical conductivity	
	Age	Isotopic analysis

美國核能管理委員會 (NRC) 於 1982 年發表「Tests for Evaluating Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste」之報告，亦列表說明低放射性廢棄物處置場之試驗項目、參數與相關規範。表 6.2-5 為低放射性廢棄物處置場場址特性所需參數，而各參數之試驗方法與相關規範請詳見附錄 6。

而法國 Meuse 場址研究調查的地表及地下主要研究調查項目及其取得資料分述如下(劉文忠，2007)：

A. 地表方面研究調查項目：

- a. 區域地震歷史調查分析。
- b. 深井鑽探取樣，量測地層之機械強度、滲透率及擴散性。
- c. 區域性分散式深井鑽探，確認區域地層分布情形。
- d. 二維 (Dimension) 及三維地球物理探測。
- e. 水文地質及地震監測。

B. 地下及地下實驗室研究調查項目：

- a. 沿主豎井地層分佈探測。
- b. 石灰岩層的地下水收集及地下水流速測量。
- c. 岩壁形變量測。
- d. 即時岩層機械性質量測。
- e. 隧道開挖岩壁損壞評估。
- f. 熱傳導試驗。



- g. 黏土膨脹試驗。
- h. 隧道區之地化監測。
- i. 地下水及核種擴散遷移試驗。

C. 研究調查取得資料：

- a. 1,300 km 地震斷層探測。
- b. 27 個深井鑽探，合計 4,200 m 鑽井長度。
- c. 30,000 個岩心樣品，合計長度 2,300 m。
- d. 100 米水平主坑道。
- e. 40 米長之實驗坑道。
- f. 40 個實驗坑道鑽孔，裝設 350 台偵測器。

另有關於水文地質場址特性之調查、試驗、模擬與分析，可參考國際原子能總署 (IAEA) 之相關研究報告。圖 6.2-2 為水文地質調查之流程與目標，其廣域與近域之模擬與分析尺度如圖 6.2-3 所示，圖 6.2-4 則為地下水流動特性之交互影響，而地下水分析模式流程可詳見圖 6.2-5，另選址期間之水文地質考量可參考表 6.2-7。

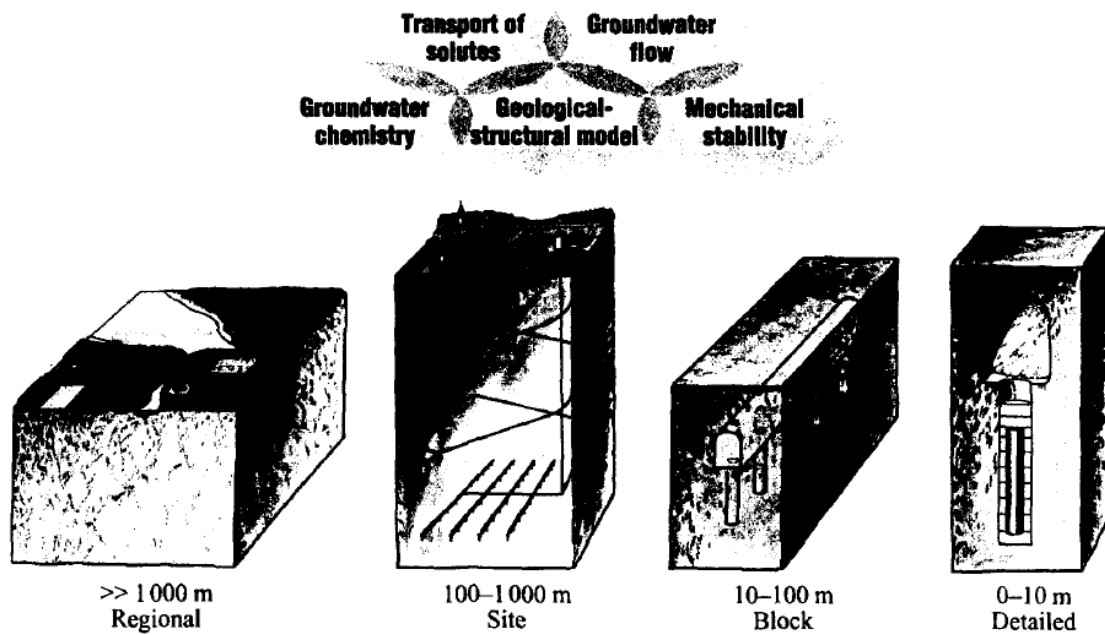


圖 6.2-1 各階段場址特性之調查範圍 (Backblom et al., 1997)

表 6.2-5 低放射性廢棄物處置場場址特性之參數 (NUREG, 1982)

Stratigraphy	Porosities and void ratio
Lithology and soils	Hydraulic potentials and pressures
Structure	Seepage velocity
Geomorphology	Apparent velocity
Ground water system and boundaries	Flow direction
Surface water system and boundaries	Dispersion
Recharge and discharge areas	Pore water age
Visual description	Suction pressures
Soil classification	Suction pressure function
Rock classification	Water-holding parameters
Material zone boundaries	Infiltration capacity
Water zone boundaries	Evapotranspiration
Immediate site boundary	Precipitation
Extended site boundary	Runoff coefficients (runoff)
Color (material color)	Air temperature
Grain-size distribution or parameter (grain-size distribution)	Air pressure
Material densities	Wind speeds and directions
Water content	Partition coefficients
Soil water pH and acidity (soil pH and acidity)	Mineralogy and clay mineralogy
Electrical conductivity or resistivity (electrical resistivity)	Ion exchange capacities
Penetration parameter	Oxidation-reduction potential
Material variability parameter	Natural gamma and spectra (material radioactivity)
Hydraulic conductivities	Soil solubles
Permeability function	Soil organics
Transmissivity	Gaseous constituents
Storativity	Ground water chemistry
Anisotropy	Surface water chemistry
	Atterberg limits
	Specific gravity
	Seismic velocity
Collapse susceptibility	Heaving susceptibility (frost heaving)
Shrinking-swelling parameter	Erodibility parameters (erodibility)
Strength	Monument and point positions
Consolidation relation	Burial unit boundaries
Compaction relation	Material temperature*
Rebound index	

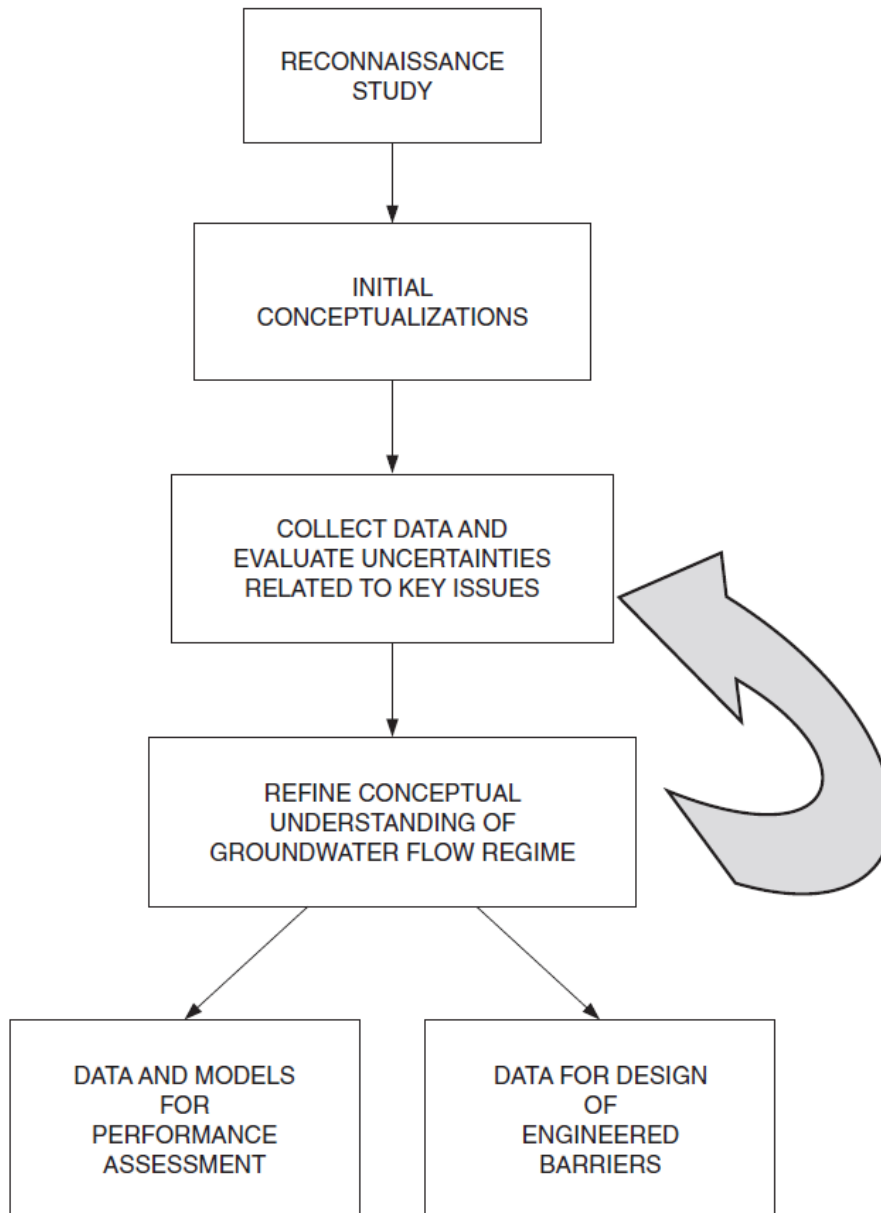


圖 6.2-2 水文地質調查之流程與目標 (IAEA, 1999)

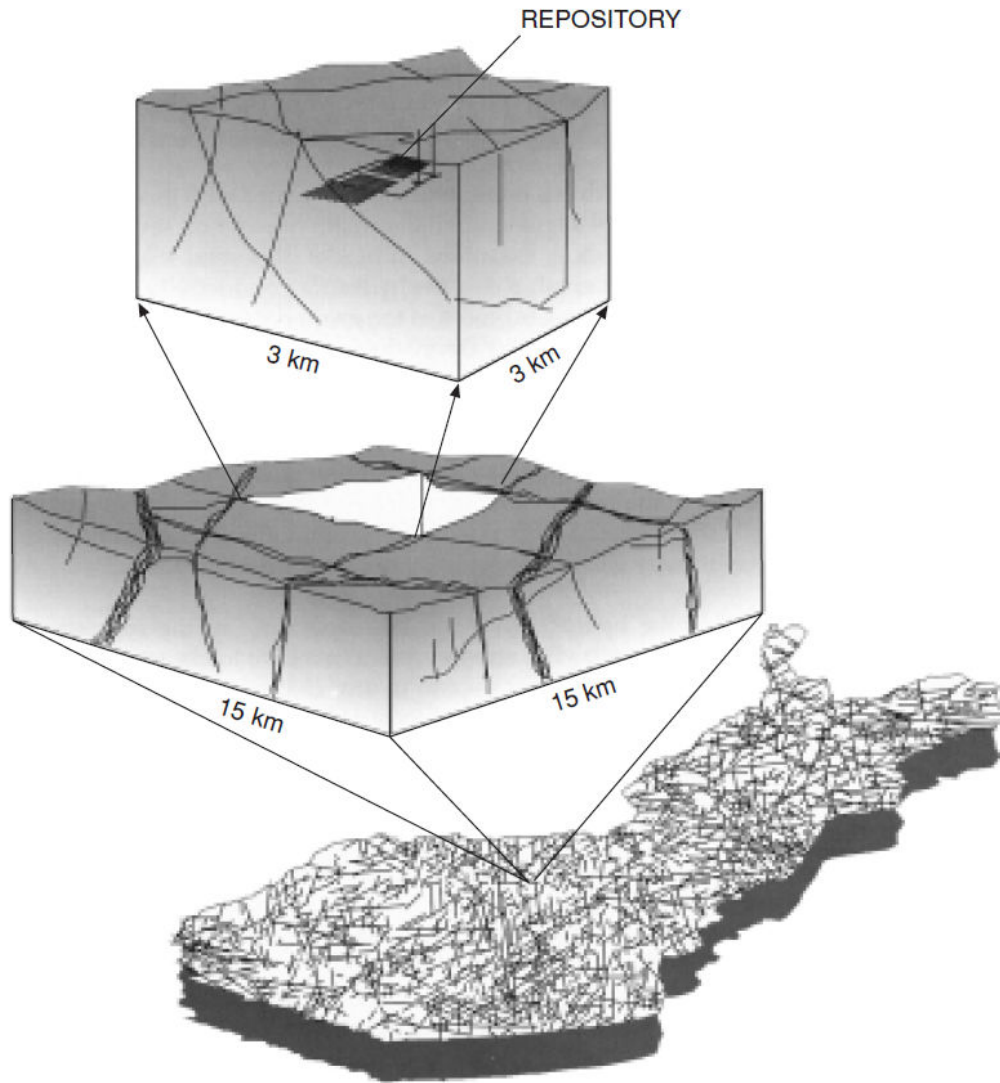


圖 6.2-3 廣域與近域之模擬與分析尺度 (IAEA, 1999)

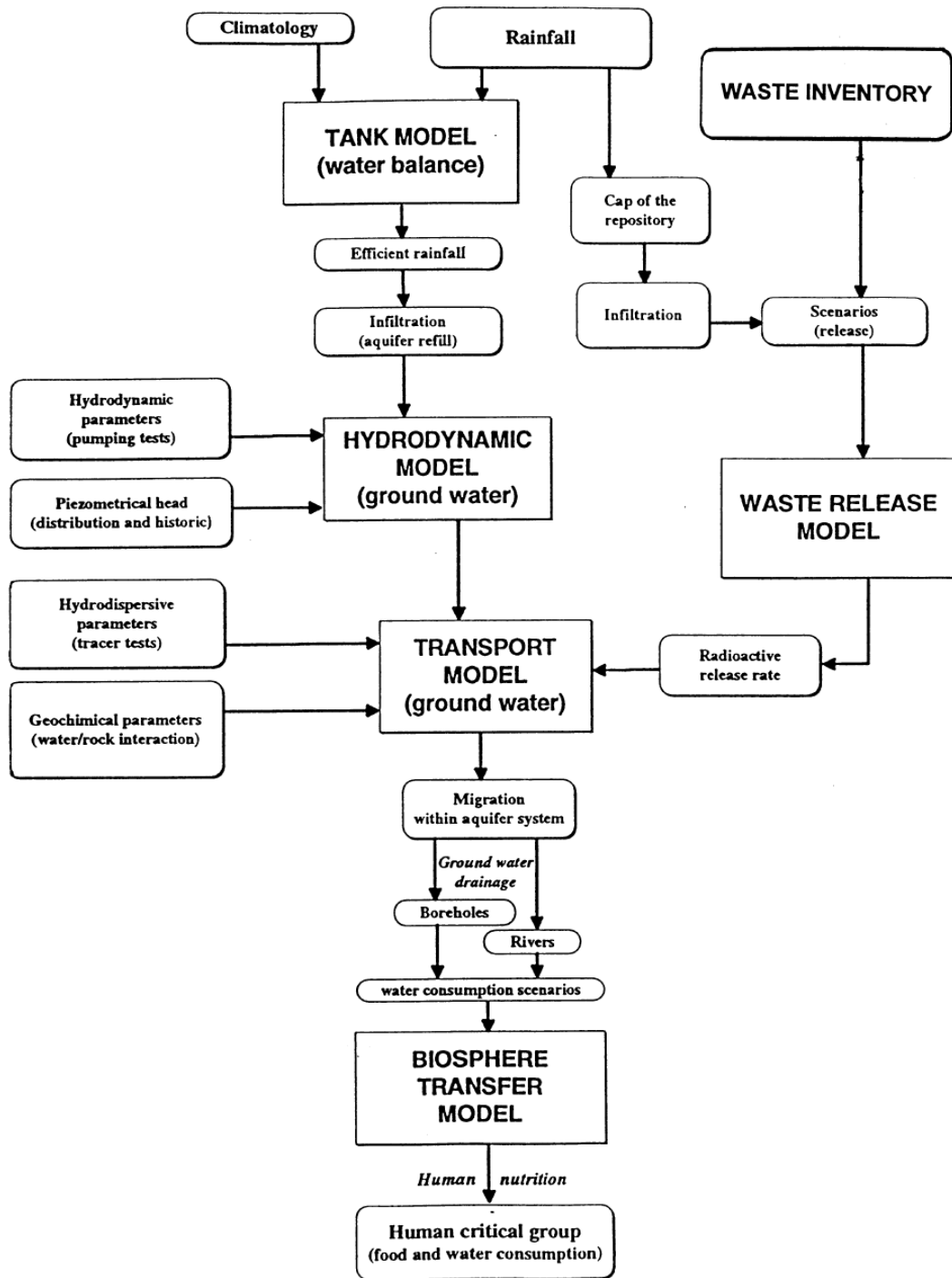


圖 6.2-3 地下水流動特性之交互影響 (IAEA, 2001)

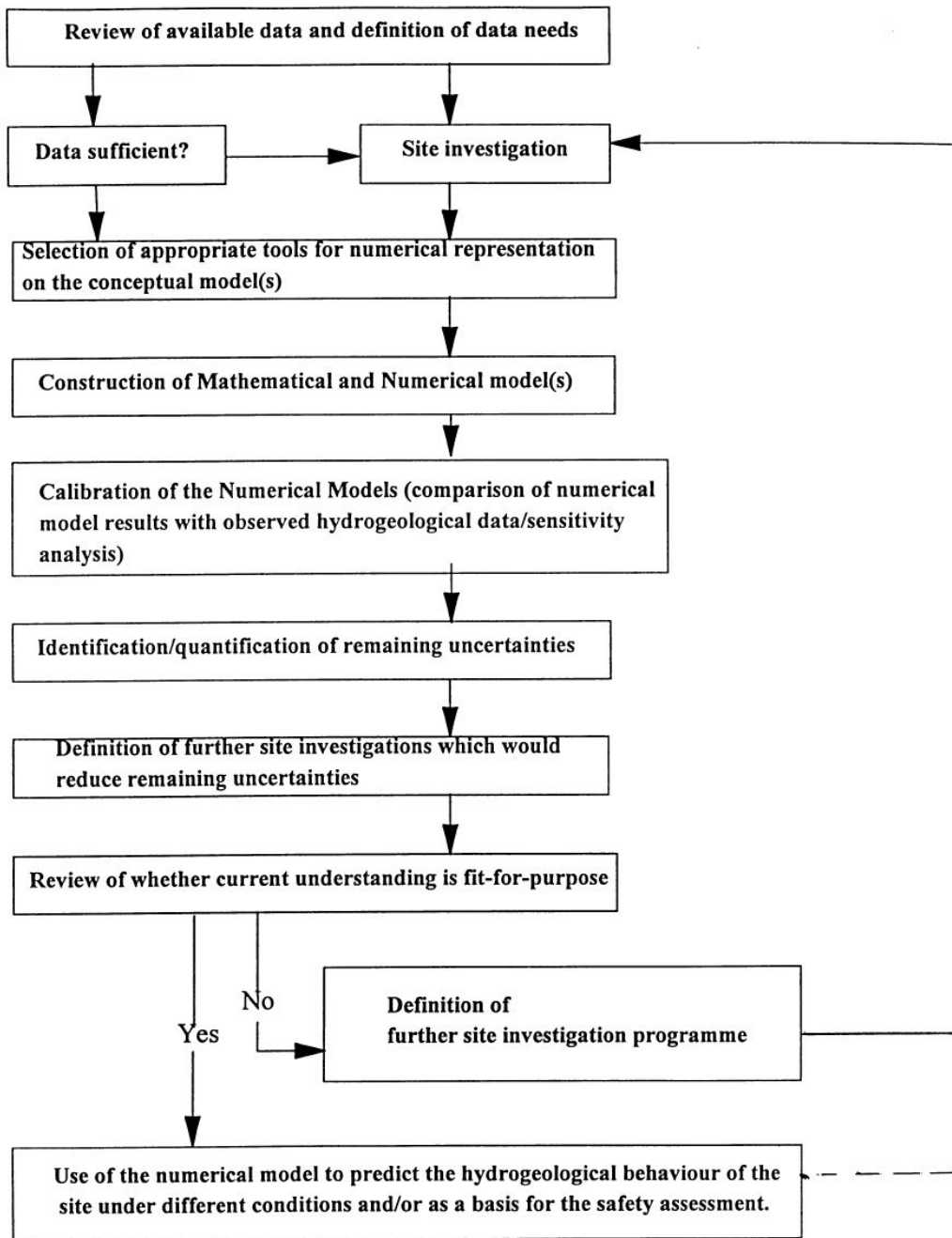


圖 6.2-4 地下水分析模式流程 (IAEA, 2001)

表 6.2-7 選址期間之水文地質考量 (IAEA, 1981)

---

<b>MAP/LITERATURE REVIEW</b>	
Geology	
Topography	
Precipitation	
Evapotranspiration	
Nearest surface water	
Nearest water use or discharge point	
<b>FIELD RECONNAISSANCE</b>	
<b>Preliminary</b>	<b>Intermediate</b>
Type of disposal media	Existing geological faults
Prevailing wind direction	Disposal media
Relief	Sorption capacity
Subsidence	Thickness
Slope stability	Engineering properties
Flooding potential	Permeability
Erosion potential	Effective porosity
Depth to water table	Structure
Depth to fractured bedrock	Hydraulic gradients
	Hydrological budget
	Hydrological complexity
	Adequate water supply
	Monitorability
	Remediability
<b>DETAILED SITE ANALYSIS</b>	
Three-dimensional head distribution	
Disposal media and underlying site geology (including nearest confined aquifer)	
Water chemistry	
Stratigraphy	
Ion exchange capacity	
Moisture content of unsaturated zone	
Soil moisture tension	
Transmissibility	
Natural fluctuation of water table	
Flow data for nearest streams including underflow	
Water table contour map	
Possible measures for groundwater manipulation	

---

西元 1979 年當時世界各國為瞭解放射性廢棄物處置場之可行性，並進一步探討需考量之場址特性、地下水流動模式與溶質之傳輸、工程障壁設計等，而建置一國際性計畫—Stripa，其第三階段之流程與項目如圖 6.2-6 所示，其中技術研究小組分為：(1) 工程障壁；(2) 地質；(3) 地球物理；(4) 地球化學；(5) 水文地質；(6) 地下水流動之數值模擬；(7) 岩石力學；(8) 溶質傳輸共 8 組，表 5.2-8 則為第三階段之試驗內容。(Fairhurst et al., 1993)

表 6.2-8 Stripa 計畫第三階段之試驗內容 (Fairhurst et al., 1993)

Experiment	Measurements	Purpose
"First" simulated drift experiment	Rate and Distribution of groundwater inflow to the array of six 100-m-long boreholes	Comparison with predictions by equivalent porous media and fracture flow models
"Second" simulated drift experiment	Rate and distribution of groundwater inflow to the remaining 50-m-long D boreholes after construction of the 50-m-long Validation Drift	Comparison with predictions by equivalent porous media and fracture flow models, including effects of drift excavation
Fracture distribution in the Validation Drift	Mapping of the fractures in the roof, floor, and walls of the Validation Drift	Comparison with stochastic predictions of fracture patterns by fracture network models
Validation Drift experiment	Rate and distribution of groundwater inflow	Comparison with predictions by equivalent porous media and fracture flow models
"First" radar/saline tracer experiment	Collection of saline tracer in the D boreholes from injections in the H zone, before construction of the Validation Drift	Design of the tracer migration test; calibration of the equivalent porous media and fracture flow transport models; evaluation of effects of drift excavation
"Second" radar/saline tracer experiment	Collection of saline tracer in the Validation Drift from injections in the H zone	Design of the tracer migration test; comparison with predictions by equivalent porous media and fracture flow transport models; evaluation of effects of drift excavation
Tracer migration experiment	Collection of dye and metal-complex tracers in the Validation Drift and in a borehole from injections in the H zone and the "good" rock	Comparison with predictions by equivalent porous media and fracture flow transport models
Monitoring of groundwater head	Distribution of groundwater heads within and around the SCV site during (i) construction of the Validation Drift; (ii) implementation of the validation experiments; and (iii) draining of the T1 borehole	Comparison with predictions by equivalent porous media and fracture flow models

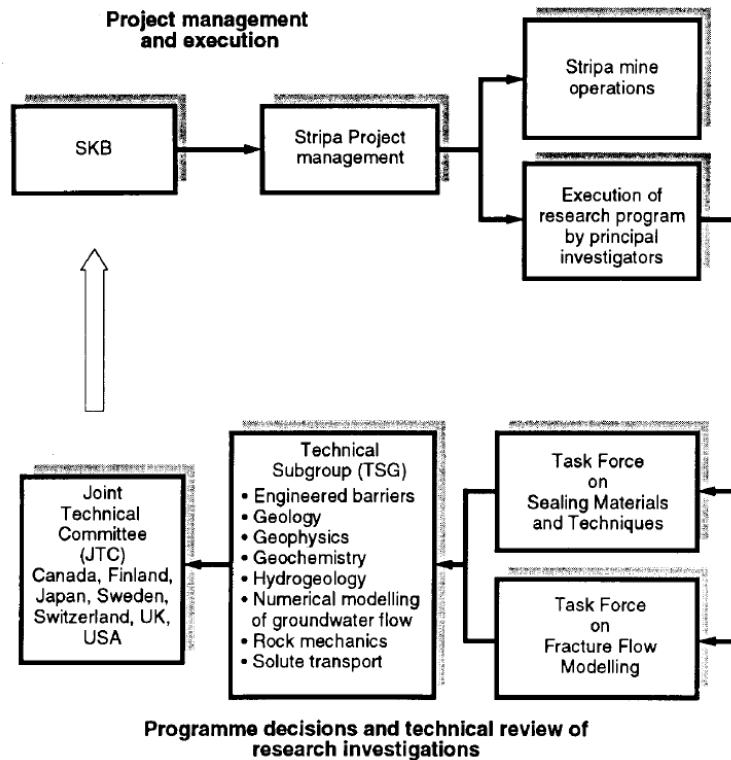


圖 6.2-5 Stripa 計畫第三階段之流程與項目 (Fairhurst et al., 1993)



而韓國政府為確保高放射性廢棄物處置場之可行性與安全性，於 2003 年於 Kaeri 地區設置一地下研究試驗室，其主要研究項目可分為：(1) 岩石力學；(2) 地質；(3) 工程障壁系統；(4) 流體傳輸；(5) 系統設計五大類，詳細研究內容詳見表 6.2-9。(Kwon et al., 2006)

表 6.2-9 韓國地下研究試驗室之研究項目與內容 (Kwon et al., 2006)

R&D items
<ul style="list-style-type: none"><li>● Rock mechanics<ul style="list-style-type: none"><li>– Rock mass classification</li><li>– Rock stress and deformation measurement and analysis</li><li>– Properties and mechanical effects of rock discontinuity and fracture zone</li><li>– Effects of stress change on the hydraulic properties of rock discontinuity</li><li>– Blasting techniques and blasting effect on adjacent tunnels</li><li>– EDZ development and its properties</li><li>– Evaluation of tunnel stability and rock support design</li><li>– Thermal property of rock (heater test)</li><li>– Influence of earthquake on underground facility</li></ul></li><li>● Geology<ul style="list-style-type: none"><li>– prediction of rock boundaries</li><li>– Distribution rock discontinuity and fracture zone</li><li>– Groundwater network and flow characteristics in rock discontinuity</li><li>– Flow test through fracture system</li><li>– Prediction technique of flow rate into tunnel</li></ul></li><li>● Engineered barrier system<ul style="list-style-type: none"><li>– Thermal-hydro-mechanical (THM) behavior of EBS</li><li>– Gas migration in engineered barrier system</li><li>– Contaminant diffusion and chemical buffering of buffer</li><li>– Colloid generation and migration at the interface between buffer and rock</li></ul></li><li>● Fluid migration<ul style="list-style-type: none"><li>– Contaminant migration in rock mass</li><li>– Gas migration in shear zone</li><li>– Contaminant diffusion in rock matrix</li><li>– Colloid migration and retardation in geosphere</li></ul></li><li>● System design<ul style="list-style-type: none"><li>– Demonstration of emplacement technology</li><li>– Tunnel sealing technology</li><li>– Verification of deposition hole drilling</li><li>– Concrete plug design and its application</li><li>– Verification of retrieval operation</li><li>– Verification of transportation method</li></ul></li></ul>

## 6.3 國內外一般場址特性調查項目與內容之探討

### 6.3.1 國外一般場址特性調查項目與內容

美國陸兵工團 (U.S. Army Corps of Engineers, USACE) 於 2001 年出版之「大地工程調查(Geotechnical Investigations)」手冊中，詳細說明一般大地工程於選址、設計與建造各階段工址調查之目的、流程、項目與分析內容等。例如：選址前之區域地質調查流程、資料蒐集與分析項目如圖 6.3-1 所示，圖 6.3-2 則為場址初勘階段之調查流程、資料蒐集與分析項目，而選址階段之調查流程、資料蒐集與分析項目詳見圖 6.3-3，圖 6.3-4 則為設計階段工址調查之目的，其調查流程、資料蒐集與分析項目如圖 6.3-5 所示，另施工階段工址調查之目的詳見圖 6.4-6，其品質確認與調查流程、資料蒐集與分析項目如圖 6.3-7 與圖 6.3-8 所示。

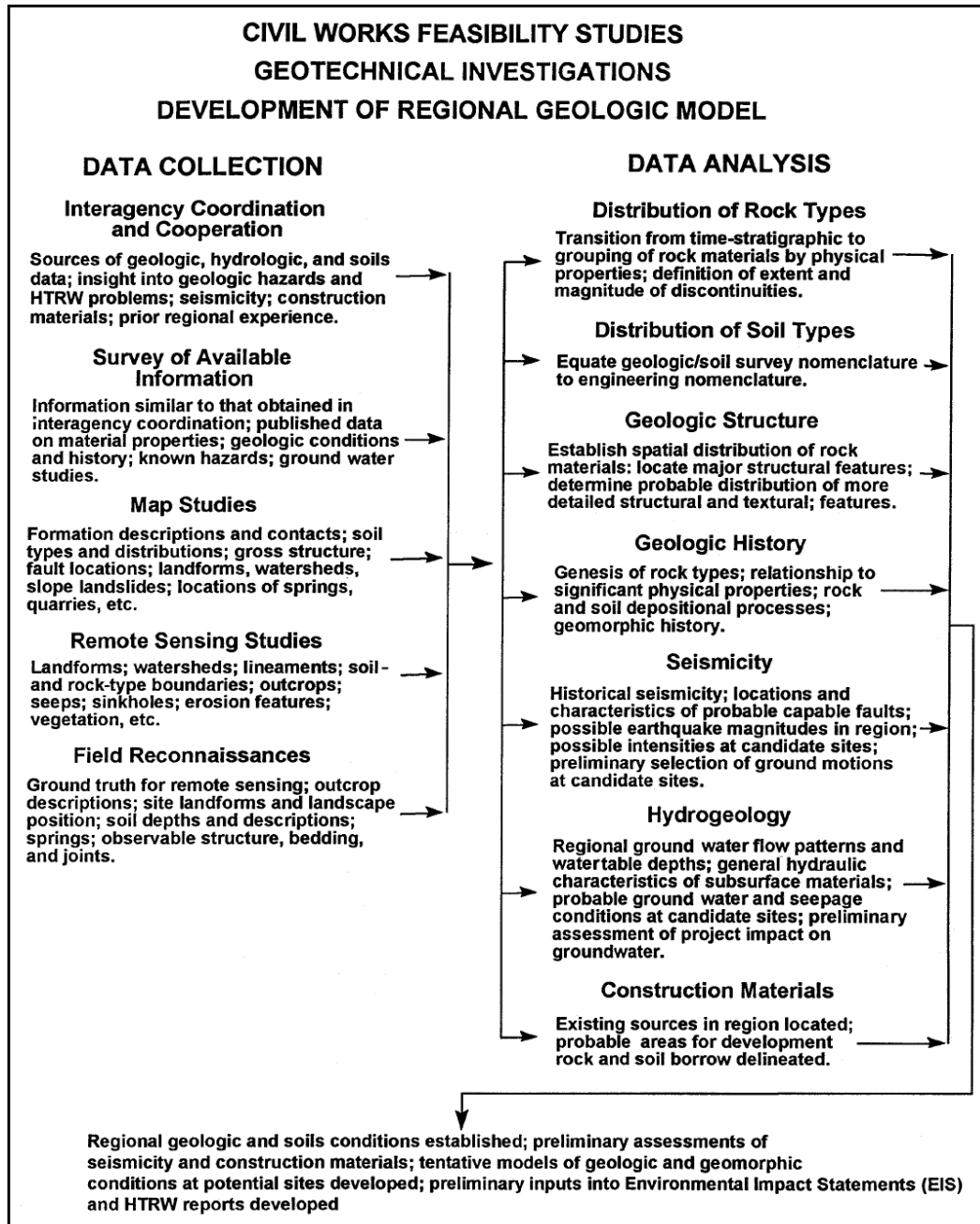


圖 6.3-1 區域地質調查流程圖 (USACE, 2001)

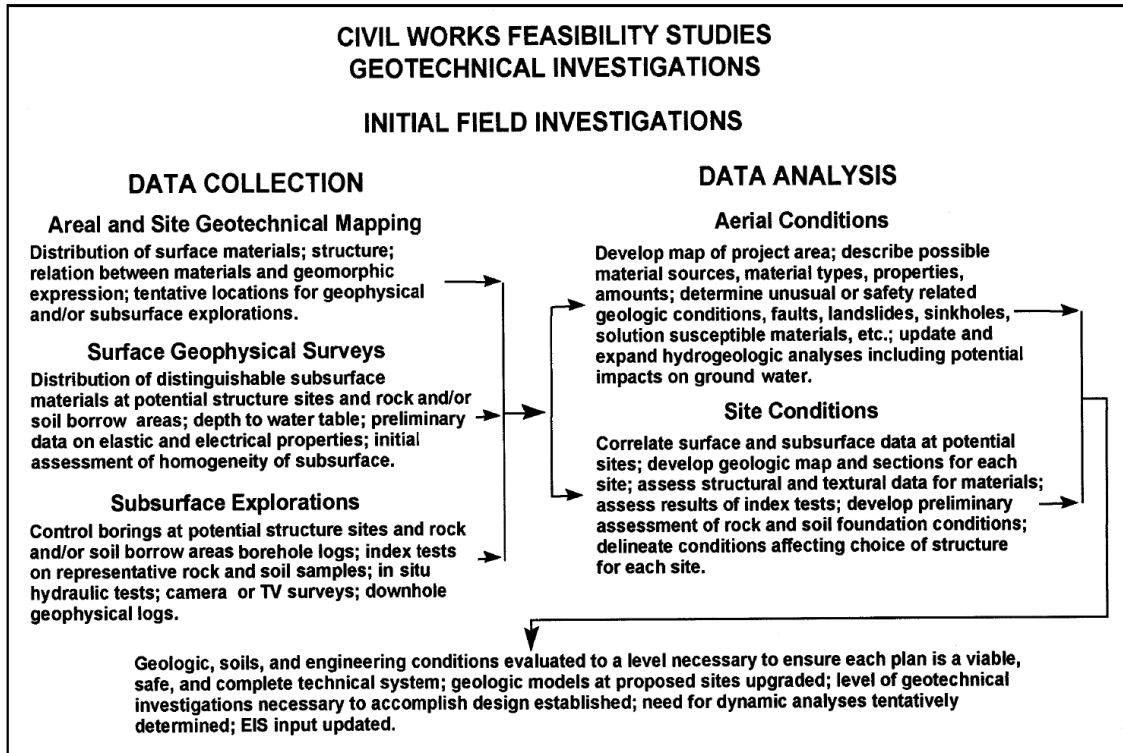


圖 6.3-2 場址初勘階段工址調查流程圖 (USACE, 2001)

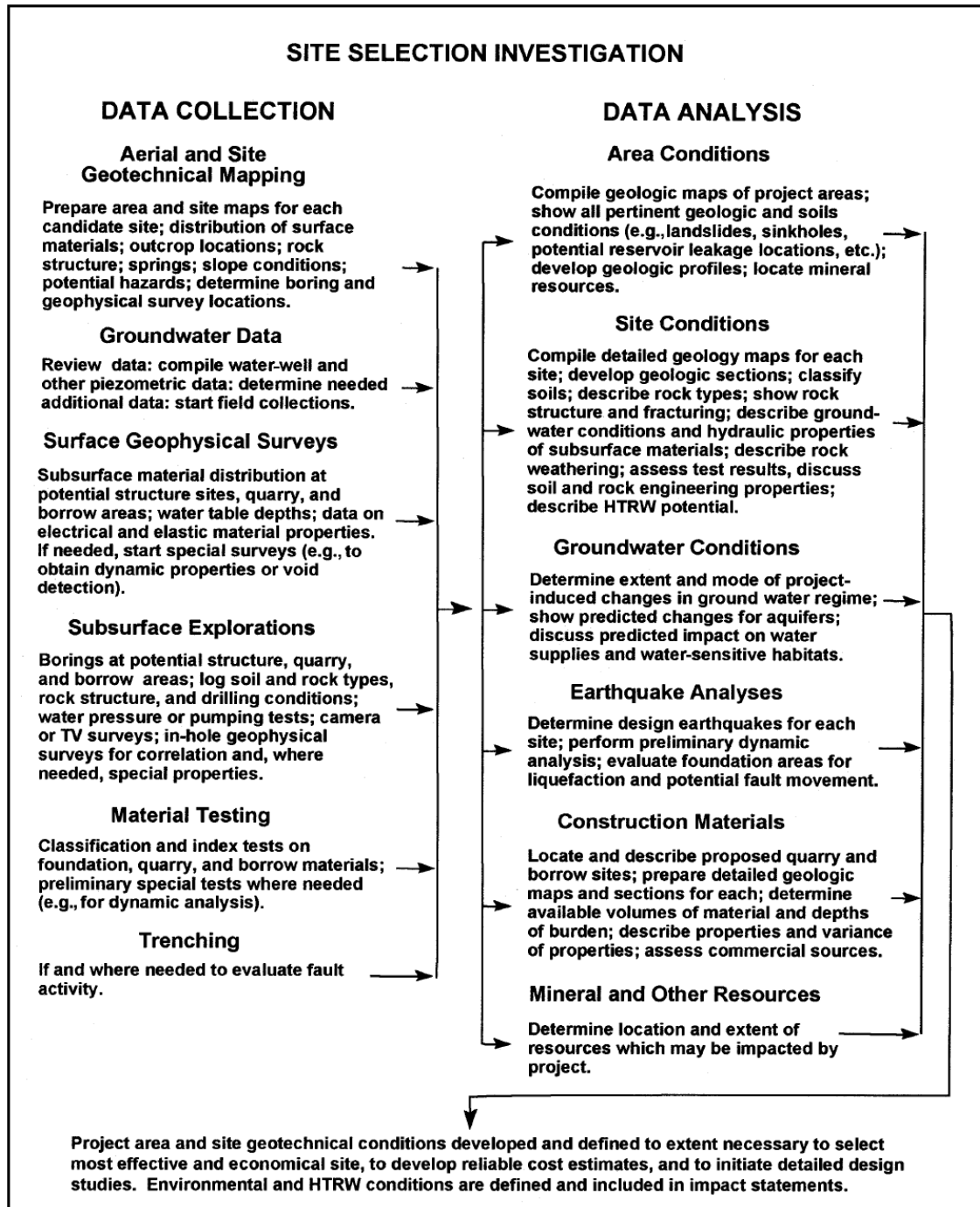


圖 6.3-3 選址階段工址調查流程圖 (USACE, 2001)

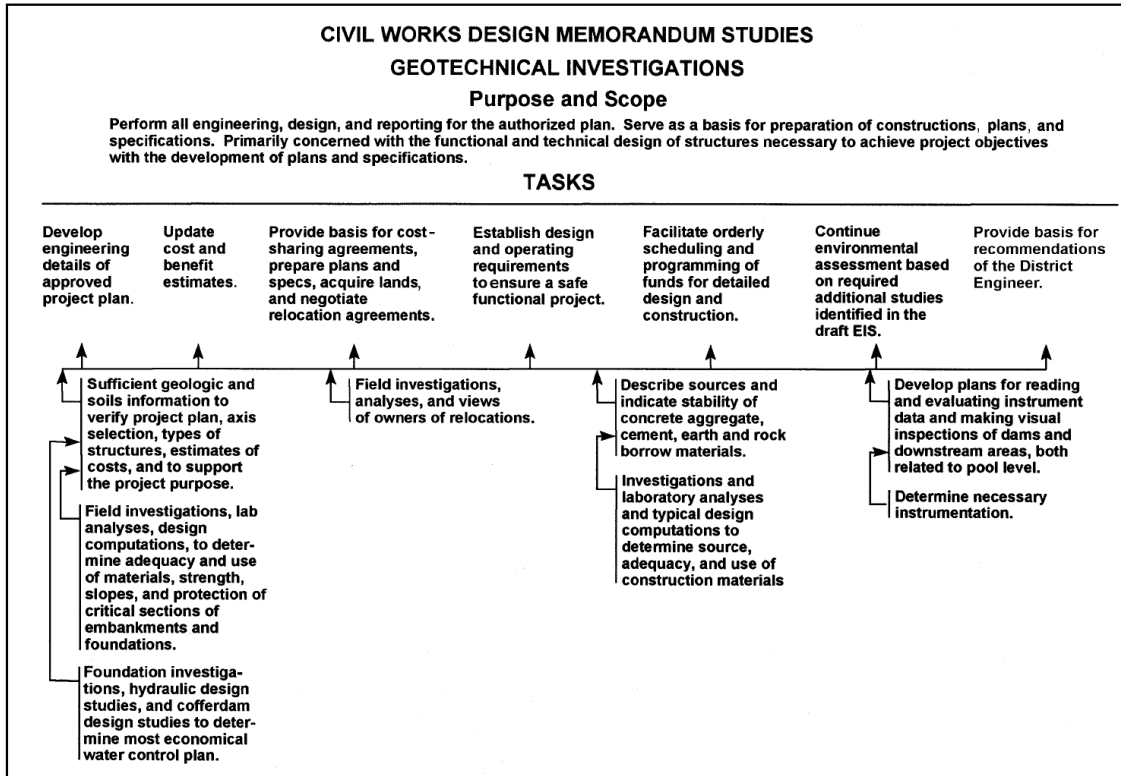


圖 6.3-4 設計階段工址調查目的 (USACE, 2001)

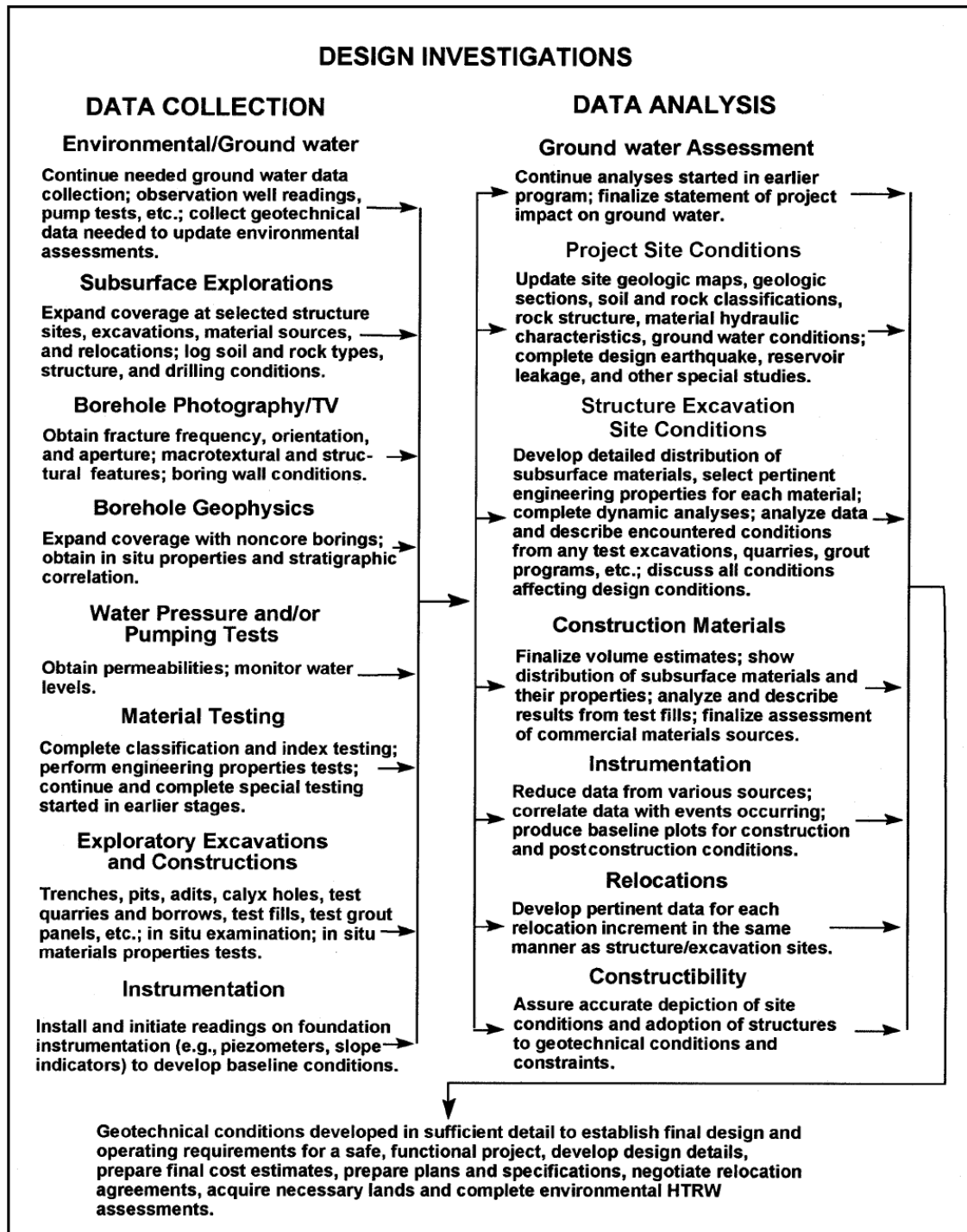


圖 6.3-5 設計階段工址調查流程圖 (USACE, 2001)

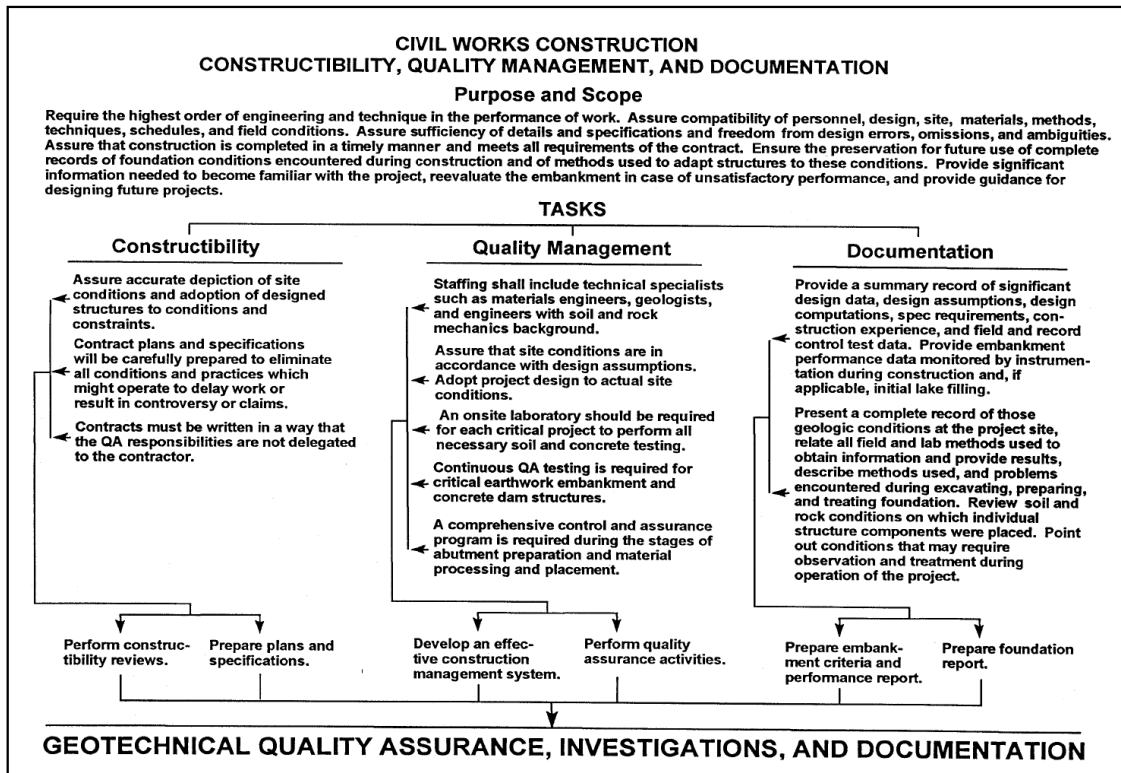


圖 6.3-6 施工階段工址調查目的 (USACE, 2001)

**CIVIL WORKS CONSTRUCTION  
CONSTRUCTIBILITY, QUALITY MANAGEMENT, AND DOCUMENTATION**

**QUALITY ASSURANCE OF GEOTECHNICAL ACTIVITIES**

<u>Excavation Procedures</u>	<u>Foundation/Abutment Treatment</u>	<u>Embankment/Backfill</u>
<p>Grades</p> <p>Unwatering</p> <p>Overburden</p> <p>Rock</p> <p>    Blast patterns/procedures</p> <p>    Fragmentation</p> <p>    Control of wall rock damage</p> <p>Slope stability</p> <p>Support</p> <p>Preliminary cleanup</p> <p>Surface protection</p>	<p>Subsurface</p> <p>    Curtain grouting</p> <p>    Area grouting</p> <p>    Consolidation grouting</p> <p>    Caissons, trenches, slurry walls, etc.</p> <p>Surface</p> <p>    Final cleanup</p> <p>    Dental concrete</p> <p>    Shotcrete</p> <p>    Slurry grouting</p> <p>Drainage</p> <p>    Adits</p> <p>    Drain holes</p> <p>    Relief wells</p>	<p>Material source</p> <p>Material placement</p> <p>Control tests</p> <p>Slope stability</p> <p>Seepage control</p> <p>Diversion and closure</p>

圖 6.3-7 施工階段品質確認之工址調查項目 (USACE, 2001)



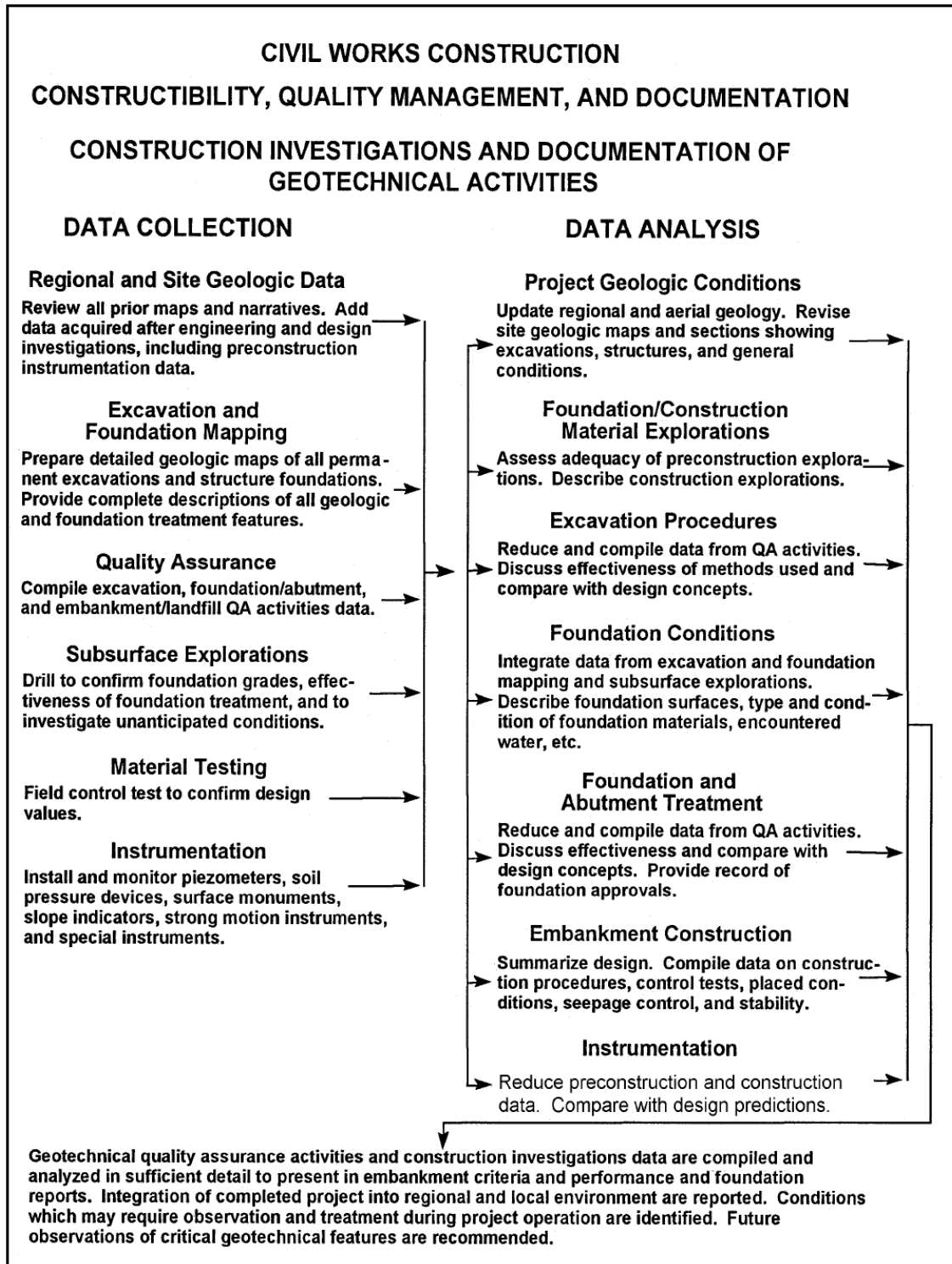


圖 6.3-8 施工階段工址調查流程圖 (USACE, 2001)

而美國陸兵工團 (USACE) 於 1997 年出版之「岩石隧道與豎井 (Tunnels and Shafts in Rock)」工程設計手冊中，則針對不同環境、地質條件與需求之岩石隧道與豎井，建議其地質鑽探適當之鑽孔間距與鑽探總長度如表 6.3-1 所示。

表 6.3-1 岩石隧道與豎井之地質鑽探需求 (USACE, 1997)

	Cost of Borings and Testing, % of Construction	Borehole Spacing	Borehole Length per 100 m Tunnel
Base case	0.4-0.8	150-300 m	15-25 m
Extreme range	0.3-10	15-1,000 m	5-1,000 m
For conditions noted, multiply base case by the following factors:			
Simple geology	0.5	2-2.5	0.5
Complex geology	2-3	0.3-0.5	2-3
Rural	0.5	2-2.5	0.5
Dense urban	2-4	0.3-0.4	2-5
Deep tunnel	0.8-1	Increase borehole spacing in proportion to depth of tunnel	
Poor surface access	0.5-1.5	5-10+	variable
Shafts and portals	NA	At least one each	NA
Special problems	1.5-2	0.2-0.5 locally	variable

另日本土木學會隧道工學委員會於 1996 年出版之「隧道標準示方書 山岳工法・同解説」，則詳細說明山岳隧道之地盤調查準則、流程、項目、方法與需求等。隧道工程或地下坑道之工址調查可概分為：(1)選線階段；(2)設計階段；(3)施工階段；(4)施工後等四個階段，各階段之調查目的、內容與範圍皆有所不同，如表 6.3-2 所示。而圖 6.3-9 則為各階段工址調查之流程、內容與方法，其主要調查方法如表 6.3-3 所示，調查項目則詳見表 6.3-4，表 6.3-5 為主要室內試驗項目與方法，另有關水文地質調查之目的與內容可參考表 6.3-6，表 6.3-7 則為建議隧道周圍環境之調查項目。

表 6.3-2 山岳隧道工址調查目的、內容與範圍 (日本土木學會, 1996)

施工與調查之流程	比較路線之探討	決定路線	開工	竣工
	選線所需的調查	設計、施工計畫所需的調查	施工中的調查	施工後的調查
主要目的	為取得選擇適合於地形、地質及其他環境條件之路線所需的資料，以及為籌劃下一階段調查所需的基本資料。	取得初步設計、施工計畫及估價等所需的基本資料。	施工中可能發生的問題的預測及確認，設計變更、施工管理。 取得供補償及日後所需的資料。	施工中及施工後所發生問題的確認。 取得供補償或變狀對策所需的資料。
調查內容	地形與地質調查、環境調查，以及其他調查。 一般概略性的調查。	地形與地質調查、環境調查，以及其他調查。 精密的地質調查、考慮具體周邊對策之調查，以及工程相關設備等所需之調查等。	地形與地質調查、觀測、環境調查，以及其他調查。 隧道洞內之觀測係以觀察地盤狀態及觀測支撐之行為為主。 隧道周邊的環境調查、觀測係以判別施工的影響及對策的效果為主。	地質調查、觀測、環境調查，以及其他調查。 隧道周邊的環境調查、觀測係以判別施工的影響及對策的效果為主。
調查範圍	包括比較路線之廣泛範圍。	隧道、可能與隧道有關之處所及各該周邊。	隧道內及可能受施工影響的範圍。	以有問題處為中心之影響範圍。

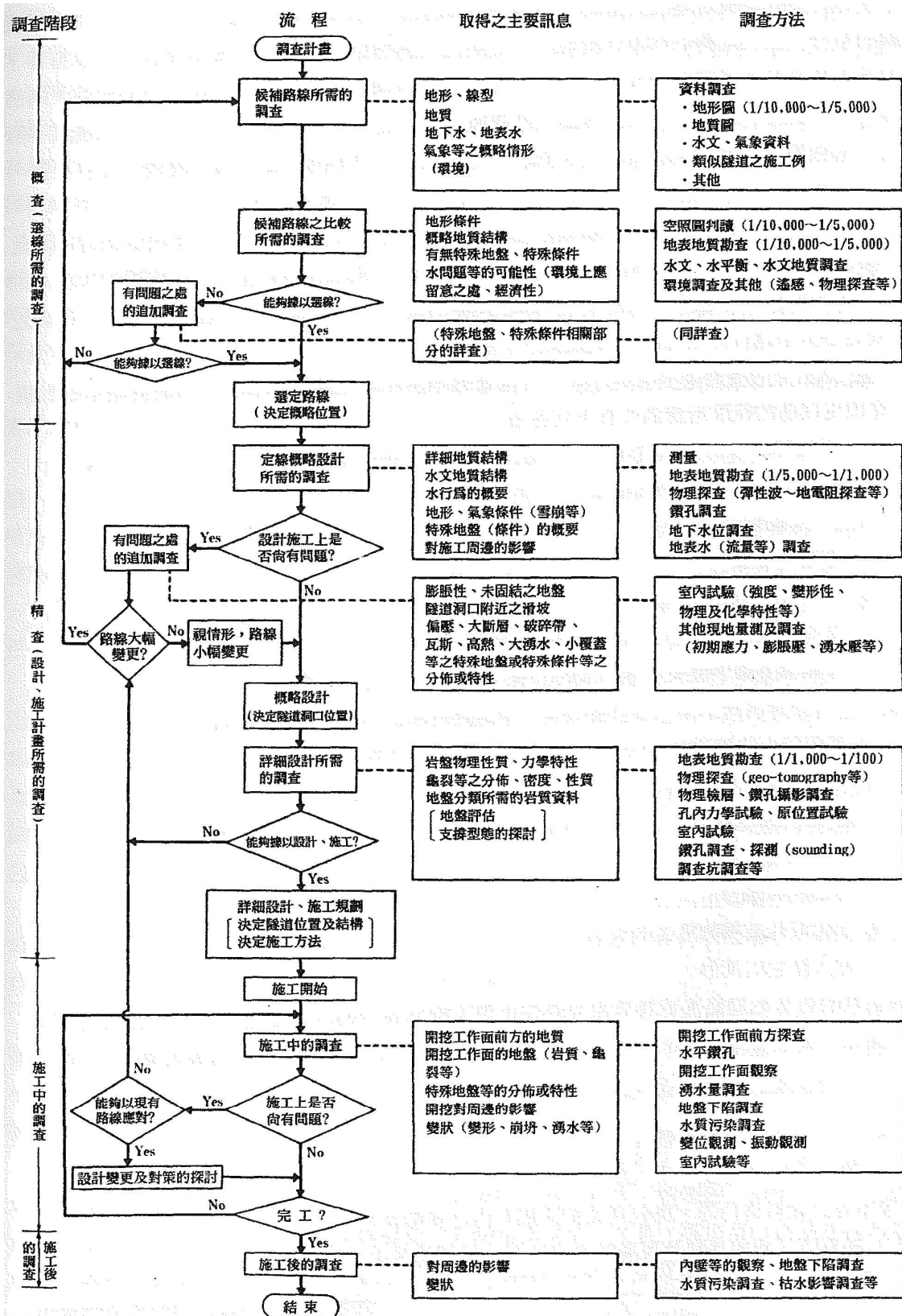


圖 6.3-9 山岳隧道各階段工址調查流程圖 (日本土木學會, 1996)

表 6.3-3 主要地質調查方法 (日本土木學會, 1996)

調查方法	由調查可得知之項目	調查結果在規劃、設計上之利用	調查之存疑項目	
資料調查	<ul style="list-style-type: none"> <li>計畫地區的地形、地質、水文、災害歷史、施工性等之概要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①在候補路線的選定階段，掌握應避開的地形、地質及水文上的存疑項目及存疑地區的概要。</li> <li>②抽出地表勘查及其後在詳查時應加確認的存疑項目。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①因地區而異，有的地區有缺資料的情形。</li> <li>②通常圖說類的精度較低。</li> <li>③圖說類的表示未必與調查目的一致。</li> </ul>	
空照圖判讀	<ul style="list-style-type: none"> <li>①表層地質，尤其滑坡、崩塌地、崖錐堆積物等，隧道洞口附近之不穩定地形、地質。</li> <li>②地質構造，尤其斷層、裂縫等弱面。</li> <li>③人工改變前的表層地質。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>①計畫地區內雖然能夠以均一精度做出調查，但因有誤判的可能，故應在地表勘查時加以確認。</li> <li>②在各勘查階段應再施行判讀，藉以提高精度。</li> </ul>	
地表地質勘查	<ul style="list-style-type: none"> <li>①崖錐、滑坡、崩塌地等之表層地質的分佈、性質形態及穩定性。</li> <li>②基盤地質的分佈、性質形態。</li> <li>③地質構造(褶皺、斷層等)之分佈、性質形態。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①綜合各種調查、試驗結果，編成地質平面圖、斷面圖等，俾明沿線組成地質的分佈、性質形態等。</li> <li>②有關沿線組成地質的安全性、施工性之定性評估。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①由勘查而編成的地質圖類係一種解釋圖，應在其後的調查加以驗證。</li> <li>②受所用地形圖精度的左右甚大。</li> </ul>	
物理探査	彈性波探査(折射波法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地盤的彈性波速度。</li> <li>②起因於斷層、破碎帶等之低速度帶的位置、規模及速度值。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①隧道洞口附近、小覆蓋區間之未固結堆積物、風化層厚度、性質狀態的掌握。</li> <li>②開挖後基岩的狀態(硬度、風化變質、龜裂狀態等)的掌握。</li> <li>③斷層、破碎帶，軟弱層的位置、規模、狀態或連續性的掌握。</li> <li>④天然地盤分類的探討。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①夾有低速度層時，分析不正確。</li> <li>②結果始終為速度分佈；地質分佈、風化變質之程度、龜裂發達程度等的評估，應與其他調查結果一併作綜合性評估。</li> </ul>
	電氣探査(比電阻垂直探査法，比電阻二維探査法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤之比電阻值及比電阻值的斷面分佈狀態。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①崖錐和風化層深度的掌握。</li> <li>②由比電阻值掌握地質結構和岩質。</li> <li>③軟弱夾層之檢出。</li> <li>④斷層之性質形態和規模的掌握。</li> <li>⑤地下水和含水層之分佈、性質形態的探討。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①探査精度因探査地點的地形、地質條件的不同，變化甚大。</li> <li>②係量測比電阻值，與地盤的力學強度無直接關係。</li> </ul>
鑽孔調查	<ul style="list-style-type: none"> <li>①土砂、岩盤的成層狀態與分佈。</li> <li>②斷層、破碎帶及軟弱層的位置、規模、性質形態或連續性。</li> <li>③岩石的種類、風化或變質、裂縫、節理等之性質形態。</li> <li>④有無地下水，湧水壓與其水量。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①直接確認規劃路線沿線的地質，俾明組成地質的分佈、性質形態的詳細情形。</li> <li>②依所採岩石的硬度、風化、變質狀況和龜裂狀況等，探討地盤分類、開挖工法、支撐襯砌及炸藥使用量等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>係點的調查，應與地表勘查、物理探査等的各種調查並用。</li> </ul>	
孔內試驗	標準貫入試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地盤之N值與軟硬或緊密程度。</li> <li>②土壤試體的採取，組成土壤的判別和分類。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①隧道洞口附近、小覆蓋區間之地盤穩定性的探討。</li> <li>②岩盤或支承層深度的掌握。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①近年來，在軟岩地盤中的應用例雖有增加，但通常不能適用於岩盤或礫石層。</li> <li>②N值50以上之硬地盤，不能做仔細的判斷。</li> </ul>
	孔內水平載重試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤之變形係數及彈性係數等。</li> </ul>	地盤之變形分析。	<ul style="list-style-type: none"> <li>①應選定適合於組成地質、鑽孔口徑的機種。</li> <li>②應依據岩心觀察，選定可代表地質狀況的區間。</li> </ul>
	透水試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤的水理特性(透水系數、由試驗方法求得之透水量係數及滯蓄係數)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①含水層的突然湧水和恆常湧水的預測、評估。</li> <li>②未固結地盤中開挖工作面自立性的評估。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①量測值為概略值，應就位數(order)加以評估。</li> <li>②應依地盤條件選定試驗方法。</li> </ul>
	速度檢層PS檢層	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤之彈性波速度的垂直分佈。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①由速度值間接推估岩盤、土砂的界面或岩盤的風化、變質及裂縫之多寡。</li> <li>②掌握以彈性波探査未能獲知的低速度層。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①無地下水時，有時(使用浮游型受振器時)不能量測。</li> <li>②在地下水水面下，有時不能量測低速度層。</li> </ul>
	電氣檢層	<ul style="list-style-type: none"> <li>鄰近孔壁部分之視比電阻值 <math>\rho_a (\Omega \cdot m)</math>。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①依據比電阻值掌握地質分佈。</li> <li>②掌握含水層的地下水蘊藏狀況。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①限於在地下水水面以下量測。</li> <li>②插有套管(casing)區間不能量測。</li> </ul>
孔內電視(borehole television)	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地層的成層狀況，斷層、裂縫的規模、性質形態、走向傾斜。</li> <li>②湧水狀況。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①依據龜裂狀況、走向、傾斜，探討開挖工作面的穩定性。</li> <li>②探討湧水處的性質形態。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>應將孔內充分洗淨。</li> </ul>	
室內試驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>①組成岩石之物理、力學特性：單位重量、彈性波速度、抗壓強度等。</li> <li>②組成岩石之礦物化學特性：黏土礦物含有量、消散(slaking)特性等。</li> <li>③組成土質之物理、力學特性：顆粒組成、含水比、抗壓強度、稠度(consistency)等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①掌握地盤彈性波速度、裂縫等所引起之岩盤的劣化程度。</li> <li>②依據抗壓強度掌握岩盤的力學特性。</li> <li>③膨脹性地盤的預測評估。</li> <li>④探討在隧道洞口附近、小覆蓋地盤未固結堆積物的穩定性。</li> <li>⑤探討未固結地盤開挖工作面的自立性。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①對中硬岩、硬岩，因以無裂縫的試體試驗，故試驗值不能代表地盤的物理性質。</li> <li>②軟岩試驗因含水比的不同，試驗結果有時會有大不相同的情形。</li> <li>③力學試驗易受採取試體的擾亂影響。</li> </ul>	



表 6.3-5 主要室內試驗項目與方法 (日本土木學會, 1996)

試驗項目	由試驗可求得的物理性質	地盤條件				目的
		硬岩	軟岩	土砂		
				黏土質	砂質	
單位體積重量試驗	單位體積重量	△	○	○	○	
自然含水比	含水比		○	○	○	砂質地盤開挖工作面穩定之標準
顆粒試驗	顆粒分佈			○	○	流砂之指標
土粒比重試驗	土粒的真比重			○	○	
稠度試驗	液性、塑性限度 塑性指數			△		
單軸壓縮試驗	單軸壓縮強度、靜彈性係數、靜柏松比 (Poisson's ratio)	○	○	○	○	地盤強度比、數值分析的參考資料
三軸壓縮試驗	凝聚力、內摩擦角		△	△	△	數值分析的參考資料
壓裂試驗	抗張強度	△	△			
點載重試驗		△	△			強度的簡易指標
透水試驗	透水係數				△	含水未固結層之湧水量或開挖工作面穩定之探討
超音波傳播速度試驗	P波及S波速度、動彈性係數、動剛性率、動柏松比	○	△			龜裂係數等之分類指標
消散(slaking)試驗	浸水分解之程度		○			膨脹性之判斷指標
陽離子交換容量試驗(CEC)	蒙脫土(montmorillonite)等含量推估		△			
X線分析	黏土礦物的種類		△	△		

○：經常施行者    △：有時施行者

表 6.3-6 水文地質調查目的與內容 (日本土木學會, 1996)

項目	調查目的	調查內容	調查階段			
			路線選定	施工計畫	施工中	完工後
水 文 調 查 的 細 目	資料	收集地形、地質、水文、地下水利用之相關資料，並掌握調查地區之水文地質結構、地下水概要、疑慮處，藉以擬定調查計畫。	◎	◎	△	△
	案例	參考地盤條件之類似地區及鄰近地區的以往工程，評估對象隧道之湧水及減水、缺水的規模，並探討調查方法的適用性。	◎	◎	△	△
水 文 地 質	《含水層的結構》將地下水容器的水文地質結構（含水量的分佈、規模）及地下水性質形態（地層水、裂隙水）等整理成水文地質圖，藉以預測湧水地點及集水範圍。並擬定有效的水文地質調查計畫。	地表地質勘查 物理探查（電氣探查等） 鑽孔調查 孔內檢層 水質調查（現地、室內）	◎ ○ ○ △ △	◎ ◎ ◎ ◎ ○	○ ○ ○ ○ ○	△ △ △ △ ○
	《含水層的特性》評估含水層的透水係數、滯蓄係數等之水理常數，俾依水理學方法預測湧水量與集水範圍。	單孔式透水試驗〔壓力儀 (piezometer) 法等〕 湧水試驗、灌水試驗 抽水試驗、孔間透水試驗 追蹤劑 (tracer) 試驗、流向流速試驗 減水深調查	△ △ △ △ △	◎ ◎ ○ △ △	△ △ △ △ △	△ △ △ △ △
水 文 環 境	為掌握調查地周邊的水循環系統，實施水文氣象、地表流量、地下水位調查等，並探討水平衡，藉以預測因施工而引起的地下水動態。	水文氣象：降雨量、氣溫 地表流量：河川流量、湖沼蓄水池、堰及用水量、湧泉量 地下水位：觀測井、現有井蒸發散量 隧道湧水量、缺水影響	◎ ◎ ◎ ○	◎ ◎ ◎ ○	◎ ◎ ◎ ○	◎ ◎ ◎ ○
	掌握上列調查所獲得的可能集水範圍及鄰近地區的水源與水利用實際狀態，藉以預測因施工而引起的影響。	水源：湧泉、河川、湖沼、蓄水池、井、有效雨量 水利用：公共給水、下水道、工業用水、農業用水	◎ ○	◎ ◎	○ ○	○ ○
預 測 方 法	預測隧道洞內是否有湧水發生、湧水量、湧水位置及其集水範圍。預測方法的運用，係依據各調查、探討階段訊息的質、量及所需的預測精度及內容而施行。	依施工案例的方法 依地形、水文地質條件的方法 依水理公式的方法 依數值分析的方法	◎ ○ ○	○ ◎ ◎	△ △ △ △	△ △ △ △

◎：應加以實施之調查 ○：最好能夠加以實施之調查 △：必要時最好加以實施之調查

表 6.3-7 隧道周圍環境調查項目 (日本土木學會, 1996)

對象	調查項目	調查事項	留意點
施工前	地形、地質、地盤狀況	地形的狀況與成因、層序、層相、地質構造、地層的時代區分、層厚、壓縮性、透水性	連續性、斷層的有無
	地下水狀況	含水層的分佈與透水性、各含水層的地下水壓與水質及經年變化、地下水的流向與流速、湧泉的分佈與湧水量、地下水的補注狀況	重視事前調查、充分進行水井調查等
	地盤下陷	事業對象區域的年間下陷量與累積下陷量、下陷的範圍、層別下陷量與下陷速度、下陷對建物等的影響	過去施工案例的調查
施工中	地盤及結構物的狀態變化	建物、建造物狀態(結構形式、健全度、用途、位置等)、地形(地面狀態、不穩定地形、地盤的物理性質等)、土地利用狀況(用途、使用狀況等)、地下水狀況(含水比、地下水位等)、有可能發生狀態變化的結構物之鄰近結構物	調查施工前的狀態,對於覆蓋小的區間、滑坡及斷層處應注意調查
	污濁水	排水狀態、流量及水質、排水路徑、水路狀態、管道末端河川狀態(流量、水質、利用狀態等)	調查法令等的規定狀況、污濁水的發生原因、仔細掌握排放前的狀態、影響的程度
	交通障礙	搬運路的狀況(結構、交通量、堵塞狀況、道路管理者、道路周邊的環境等)	交通尖峰時,不能錯車處或退避處等
竣工後	減水、缺水	水利用狀況(用途、使用量)、地下水位、水質(水溫、濁度、含溶成分、臭氣、色等)、水源狀況(種類、供應量、供應路徑、變動等)、有可能發生缺水的鄰近工程	特別注意含水層及不透水層地下水位的變動測定應在開工前調查
	噪音及振動	環境噪音、環境振動 地形、地質(覆蓋、地盤的物理性質) 土地利用狀況(用途、受噪音及振動影響之房屋或設施的分佈)	特別注意城市區近旁的硬質地盤 注意調查隧道洞口及覆蓋小的區間
	礦物污染、重金屬	湧水之 pH、電氣傳導度、水質分析、含有量試驗、溶質試驗(H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	留意礦化帶、礦床 探討礦蘊、湧水處理
	空氣污染	空氣污染物質(濃度分佈、特別是 CO, NO <sub>2</sub> ) 氣象狀況	注意隧道洞口及通風塔周邊

### 6.3.2 國內一般場址特性調查項目與內容

我國交通部台灣區國道新建工程局於 1999 年出版之「大地工程調查作業準則」,建議一般大地工程於可行性評估與規劃階段之工址調查流程如圖 6.3-10 所示,初步及細部設計階段流程如圖 6.3-11 所示。其內容除包含地表地質調查、地球物理探勘、鑽探調查、開挖調查、岩石及土壤之室內試驗、現地試驗等可供參考外,並規範設計階段地質平面及剖面圖之比例尺(精度要求)如下:

- 區域地質圖：1/10,000~1/50,000
- 航照判釋圖：1/5000
- 沿線平縱斷面地質圖：1/1000~1/5000



- 鑽孔平面及柱狀圖：1/2000~1/5000
- 隧道平縱斷面地質圖：1/1000~1/2000
- 隧道洞口平縱斷面地質圖：1/200~1/500
- 重要結構物之基礎或有潛在滑動疑慮之邊坡：1/200~1/500

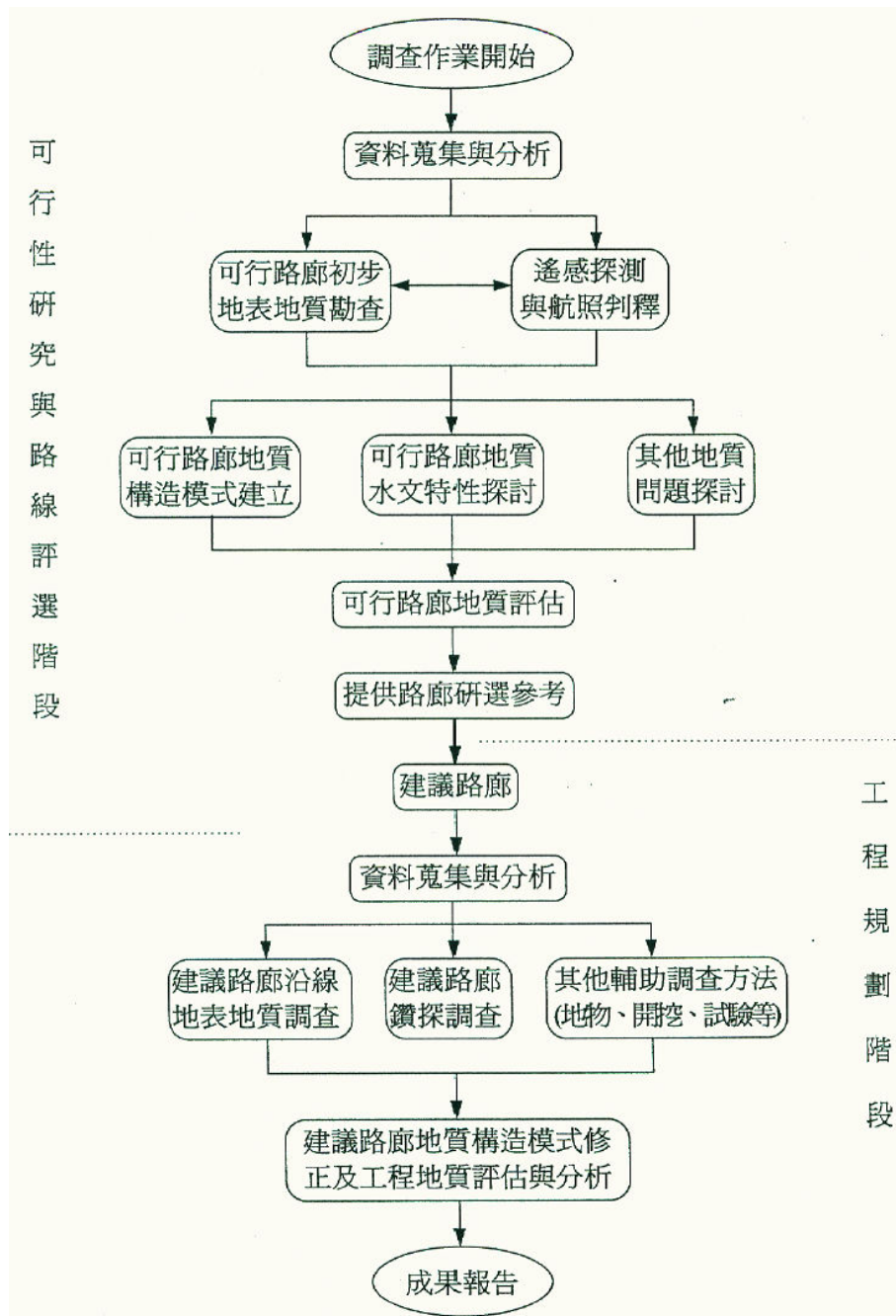


圖 6.3-10 可行性評估與規劃階段之大地工程調查流程圖 (國道新建工程局, 1999)

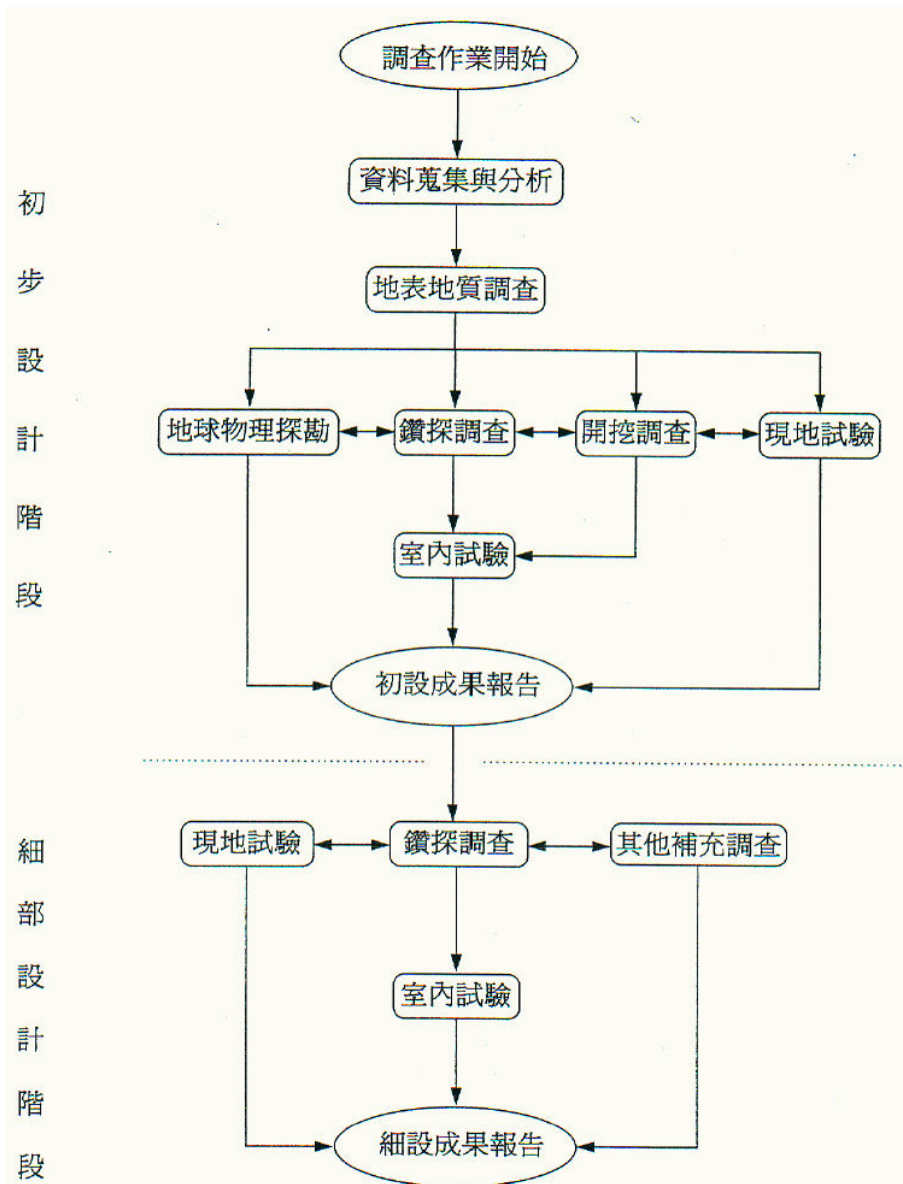


圖 6.3-11 設計階段之大地工程調查流程圖 (國道新建工程局, 1999)

同年，中國土木水利工程學會出刊之「隧道工程設計準則與解說」，第二篇：調查與試驗，亦針對隧道工程之特性，就工址調查的範圍、項目、進行方法及成果判釋等詳細說明。各階段調查之目的、內容與範圍如表 6.3-8 所示，其流程、項目、試驗與方法如圖 6.3-12 所示，而水文地質調查項目可參考表 6.3-9，另需遵守之相關法規則如表 6.3-10 所示，最後依上述調查成果進行地盤等級之評估與分類，詳見圖 6.3-13。

表 6.3-8 隧道各階段調查概要 (中國土木工程學會, 1999)

區分	時機	目的	內容	範圍
選線規劃所需之調查	從比較路線之檢討比較開始，以迄隧道路線之決定為止	提供為選出一適合地形、地質與其他環境條件之路線所必需之必要條件資料與提供編擬次階段調查計畫之資料	地形、地質調查、環境調查、其他。一般為概略調查	涵蓋比較路線在內之廣泛範圍
設計與施工計畫所需之調查	隧道路線決定後至開工為止	提供細部設計、施工計畫、估價等需要之基本資料	地形、地質調查、環境調查及其他。為精密之地質調查，為考慮具體周邊相關措施之調查，為施工設備等之調查	隧道、推估與隧道工程有關之地點以及其周邊
施工期間之調查	施工期間	提供可能在施工中發生之問題之預測及確認、設計變更及施工管理所需之資料。供補償以及獲取日後所需之資料	地形、地質調查、監測、環境調查與其他隧道內監測。以地盤狀態觀測、支撐行為有關之監測為主。隧道周邊之環境調查與監測以工程之影響及對策措施之效果判定為主	隧道內以及有受隧道施工影響之虞之範圍

表 6.3-9 水文地質調查要項 (中國土木工程學會, 1999)

項目		方法	規 劃 階 段			施 工 階 段
			地質構造	水文環境	湧水量	
水文地質 (蓄水層)	構 造	資料調查	√	√	√	
		地表測繪	√	√	√	
		震 測	√			
鑽 探		√	√			
	特 性	水井水位測量		√	√	
抽水試驗				√		
湧水壓測量				√		
水 平 衡		降雨量量測		√	√	
		地表水量量測		√	√	
		地下水量量測		√	√	
水文環境	水 源	湧泉調查		√	√	
		井水位測量		√	√	
		河川流量測量		√	√	
		湖沼水位測量		√	√	
	水 利	農業用水調查		√		
工業用水調查			√			
其他用水			√			
施 工 中		坑內湧水量量測				√
		坑內水溫量測				√
		排水水質量測				√

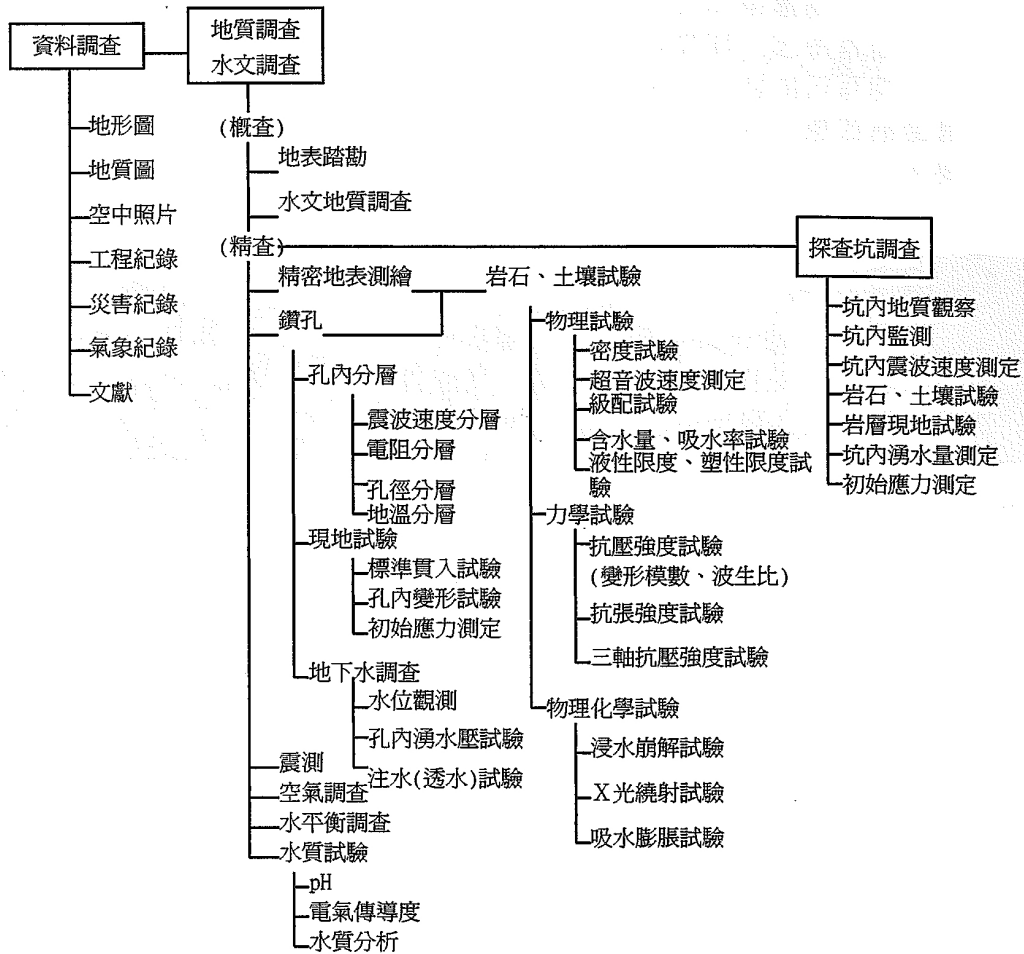


圖 6.3-12 地盤條件調查流程與試驗方法 (中國土木水利工程學會, 1999)

表 6.3-10 相關法規條文 (中國土木工程學會, 1999)

類別	法規	主要規範事項
公害防止	1.空氣污染防治法 2.噪音管制法 3.水污染防治法 4.廢棄物清理法 5.自來水法 6.地下水管制辦法 7.飲用水管理條例	1.規範空氣污染物種類及容許排放之限度。 2.規範於特定區位之不同時段及不同噪音源容許產生噪音值。 3.規範排入地面水體(河川、海洋、湖潭、水庫、池塘、灌溉渠道、排水路或其他體系之水)或地下水體等之水質。 4.規範廢棄物(含一般及事業廢棄物)之清理、處置。 5.規範禁止在水源水質水量保護區內貽害水質及水量之行爲。 6.規範地下水體(含水質、水量)及地盤下陷。 7.規範水源區之水量及水質。
環境保護	1.文化資產保存法 2.國家公園法 3.野生動物保育法 4.區域計畫法 5.森林法 6.風景特定區管理規則 7.山胞保留地開發管理辦法 8.山坡地保育利用條例 9.礦業法 10.漁業法 11.環境影響評估法 12.台灣沿海地區自然環境保護計畫 13.海埔地開發管理辦法	1.規範對古物、古蹟、民族藝術、民俗及有關文物與在自然文化景觀地區內之行爲。 2.規範在一般管制區、遊憩區、史蹟保存區、特別景觀區、生態保護區內之行爲。 3.規範保育及維護野生動物之行爲。 4.規範地理、人口、資源、經濟活動及共同利益間之行爲。 5.規範在保安林、國有林區域內之行爲。 6.規範在風景特定區內之行爲。 7.規範土地開發、利用與保育之行爲。 8.規範山坡地之保育利用之行爲。 9.規範礦業權設定、變更、消滅、抵押等之行爲。 10.規範水產資源合理利用、保育等之行爲。 11.規範開發行爲對環境有不良影響之虞者，需進行環境影響評估。 12.規範沿海自然保護區及一般保護區之保護原則。 13.規範海埔地開發、管理及保育之行爲。
災害防止	1.水土保持法 2.土石採取規則 3.山坡地保育利用條例	1.規範在水土保持區內之行爲。 2.規範土石採取行爲之管理及限制。 3.規範山坡地之保育事項。
水體	1.水利法 2.台灣省(台北市)河川管理規則 3.台灣省排水設施維護管理辦法 4.台灣省海堤管理規則 5.台灣省灌溉事業管理規則	1.規範在水體區域內之行爲。 2.規範在河川區域內之行爲。 3.規範對各種排水設施之行爲。 4.規範在海堤區域內之行爲。 5.規範灌溉系統內之行爲。
都市計畫	1.都市計畫法 2.區域計畫法 3.非都市土地使用管制規則 4.建築法	1.規範在都市計畫區、風景區、土地重畫區等內之施工行爲。 2.規範在區域計畫土地之使用行爲。 3.規範非都市土地之使用行爲。 4.規範都市計畫區、區域計畫區等之建築行爲。
公路	1.公路法	1.規範各級公路使用、管理、限制及占用等之行爲。
鐵路	1.鐵路法 2.大眾捷運法	1.規範鐵路之使用、限制、占用及管理行爲。 2.規範大眾捷運系統使用、管理、限制及占用等之行爲。

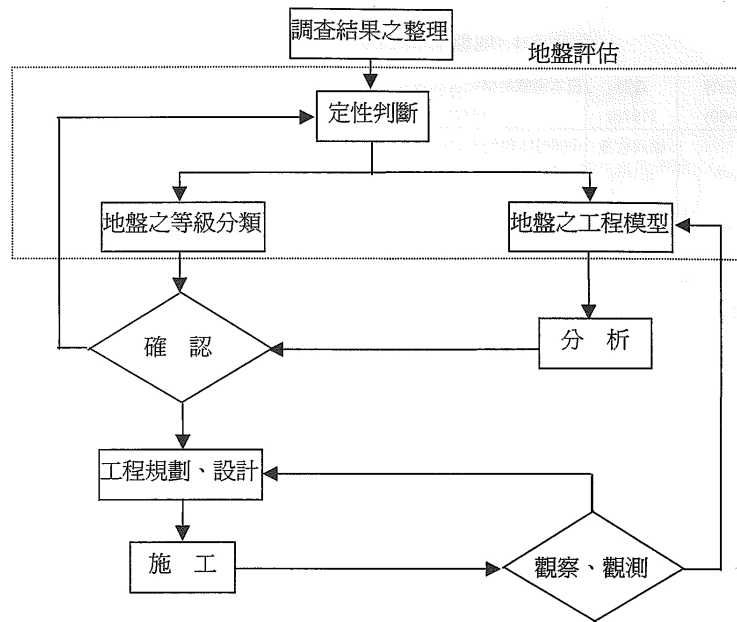


圖 6.3-13 地盤等級評估流程 (中國土木水利工程學會, 1999)

附錄 6 低放射性廢棄物處置場場址特性之試驗項目與相關規範 (NUREG, 1982)

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Air pressure	ASTM	--	--	--
	--	Barometer observations	--	--
	--	--	Weather records	--
Air temperature	--	Thermometer observations	--	--
	--	--	Weather records	--
	--	--	Geological criteria	--
Anisotropy	--	--	Permeabilities	Calculated from $K_V$ and $K_H$
	--	--	--	--
Apparent velocity	--	Tracer studies	--	--
Atterberg limits	ASTM	--	--	--
	CE	--	--	--
Burial unit boundaries	--	Plane surveying	--	--

(Continued)

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Collapse susceptibility	CE	--	--	--
	--	--	Geological criteria	--
	--	--	Grain-size data	Empirical correlation
Compaction relation	ASTM	--	--	--
Consolidation relation	CE	--	--	--
Dispersion	--	Breakthrough curves	--	Column or field test
Electrical resistivity	--	Total salinity of soil	--	--
	--	Surface resistivity survey	--	--
	--	Borehole resistivity survey	--	--
	--	--	Specific conductance	--
Erodibility	CE	--	--	--
	--	--	Agronomical criteria	--

「低放射性廢棄物最終處置設施場址特性參數與設計建造管制技術之研究計畫」成果報告

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Evapotranspiration	--	Evaporimeter or lysimeter observations	--	--
	--	--	Weather records	Empirical calculations
Extended site boundary	--	--	Technical review	--
Flow direction	--	Tracer studies	--	--
	--	--	--	Calculated from K and $\phi$ data
	--	--	Well data	One horizon only
Frost heaving	--	--	Geological criteria	--
	--	--	Grain-size data	Empirical correlation
Gaseous constituents	APHA	--	--	--
	ASTM	--	--	--
Geomorphology	--	--	Geological criteria	--
Grain-size distribution	CE	--	--	--
	ASTM	--	--	--
	--	--	--	Parameters calculated from distribution curve

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Ground water chemistry	APHA	--	--	--
	EPA	--	--	--
	ASTM	--	--	--
	GS	--	--	--
	--	Gas chromatography (organics)	--	--
Ground water system and boundaries	--	--	Geological criteria	--
Hydraulic conductivities	ASTM	--	--	--
	CE	--	--	--
	BR	--	--	--
	--	Pump tests	--	--
	--	--	--	Geological criteria
Hydraulic potentials and pressures	--	--	Grain-size data	Granular soil only
	--	Wells	--	--
	--	Piezometers	--	--
Immediate site boundary	--	Technical review	--	--
	--	--	--	Conformance to regulatory/legal constraints
Infiltration capacity	ASTM	--	--	--
	--	--	Curve number estimation	--



「低放射性廢棄物最終處置設施場址特性參數與設計建造管制技術之研究計畫」成果報告

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Ion exchange capacity	--	Saturation method	--	--
	--	Mehlich method	--	--
Lithology and soils	--	--	Geological criteria	--
Material color	ASTM	--	--	--
	--	Color chart	--	--
Material densities	ASTM	--	--	--
	CE	--	--	--
	--	Gamma-gamma logging	--	--
Material radioactivity	--	Borehole gamma survey	--	--
	--	Gamma spectral logging	--	--
	ASTM	--	--	--
	DE	--	--	Mostly near surface
Material temperature	--	Thermistor	--	--
	--	--	Water temperature	--
Material variability parameter	--	Standard deviation	--	--
	--	Range	--	--
Material zone boundaries	--	Detailed logging, sampling, and analysis	--	--

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Mineralogy and clay mineralogy	ASTM	--	--	--
	--	X-ray diffraction	--	--
	--	Petrography	--	--
Monument and point positions	NOAA	--	--	--
	--	Plane surveying	--	--
	--	--	Control surveys and grids	--
Oxidation-reduction potential	--	Platinum/hydrogen electrode	--	--
	--	--	Geological criteria	Based on color
Partition coefficients	--	Batch leach	--	--
	--	Column test	--	--
	--	--	Geochemical criteria	--
Penetration parameter	ASTM	--	--	--
Permeability function	--	Instantaneous profile	--	Hysteresis is usually ignored

「低放射性廢棄物最終處置設施場址特性參數與設計建造管制技術之研究計畫」成果報告

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Pore water age	--	Radioisotopic ratios	--	Contract the analysis and interpretation to a qualified laboratory
	--	Stable isotopes	--	
	--	Conductivity	--	Contract the analysis and interpretation to a qualified laboratory
	--	Ground water chemistry	--	
Porosities and void ratio	CE	--	--	--
	--	Acoustic logging	--	--
	--	Nuclear logging	--	--
	--	--	Geological criteria	Especially for fracture porosity
Precipitation	--	--	Weather records	--
	--	Rain gage	--	--
Rebound index	CE	--	--	Related to <u>Consolidation relation</u>
	--	--	Geotechnical criteria	--
Recharge and discharge areas	--	--	Geological criteria	--

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Rock classification	ASTM	--	--	--
	--	Durability test	--	--
	--	--	Seismic velocity	Soundness correlation
	--	--	Core logging indices	--
Runoff	--	Stream gaging	--	--
	--	--	Curve number estimation	--
Seepage velocity	ASTM	--	--	--
	--	Tracer studies	--	Calculated from K and n <sub>e</sub> Requires adjustment for retardation
Seismic velocity	--	Surface survey	--	--
	--	Borehole survey	--	--
Shrinking-swelling parameter	ASTM	--	--	Related to <u>Consolidation relation</u>
	--	--	Geological criteria	--
Soil classification	ASTM	--	--	--
	--	Soil taxonomy	--	--
	--	Textural method	--	--

「低放射性廢棄物最終處置設施場址特性參數與設計建造管制技術之研究計畫」成果報告

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Soil organics	--	Sample ignition	--	--
Soil pH and acidity	ASTM	--	--	--
	--	Titration	--	--
Soil solubles	EPA	--	--	--
	APHA	--	--	--
Specific gravity	ASTM	--	--	--
	CE	--	--	--
Storativity	--	Pump test	--	--
	--	Neutron logging	--	--
	--	--	--	Can be estimated
Stratigraphy	--	--	Geological criteria	--
Strength	CE	--	--	--
Structure	--	--	Geological criteria	--
Suction pressure function	ASTM	--	--	--

Parameter	Test or Document by Type of Method			Remarks
	Standard Method	Formalized Guidance	Existing Data	
Suction pressures	--	Tensiometer	--	--
	--	Psychrometer	--	--
	--	Porous element	--	--
Surface water chemistry	--	--	--	Same as for <u>Ground water chemistry</u>
Surface water system and boundaries	--	--	Geological criteria	--
Transmissivity	--	Pump test	--	--
Visual description	ASTM	--	--	--
Water content	ASTM	--	--	--
Water-holding parameters	--	--	Agronomic data	--
	--	--	Suction pressure function	At defined pressures
	--	--	--	Same as <u>Storativity</u>
Water zone boundaries	--	Borehole logging	--	--
	--	Water table measurements	--	--
	--	--	Water contents	--
Wind speeds and directions	--	--	Weather records	--
	--	Anemometer and vane	--	--

## 第七章 坑道處置設施設計與建造審查技術之探討

### 7.1 國內外有關坑道處置設施設計與建造的規範或研究成果

低放射性廢棄物最終處置場一般是建在地表下方 100 公尺深度內的隧道中，利用鋼筋混凝土窖、回填材料等障壁，將核廢料桶貯存於內，即可有效避免核種遷移長達 300 年 (圖 7.1-1)。表面上處置場與通達隧道之設計與建造與一般隧道工程或地下電廠相似，但由於其貯存物質之放射性及其對生物圈之影響等安全因素考量，其設計與建造需考量之因素較多、層面較廣，而規範亦須採用較高標準、嚴謹之等級，且符合國內體制與需求予以妥善制定。因此，以下將分別就國外與國內有關坑道處置設施設計與建造的規範或研究成果進行彙整、比較與說明。

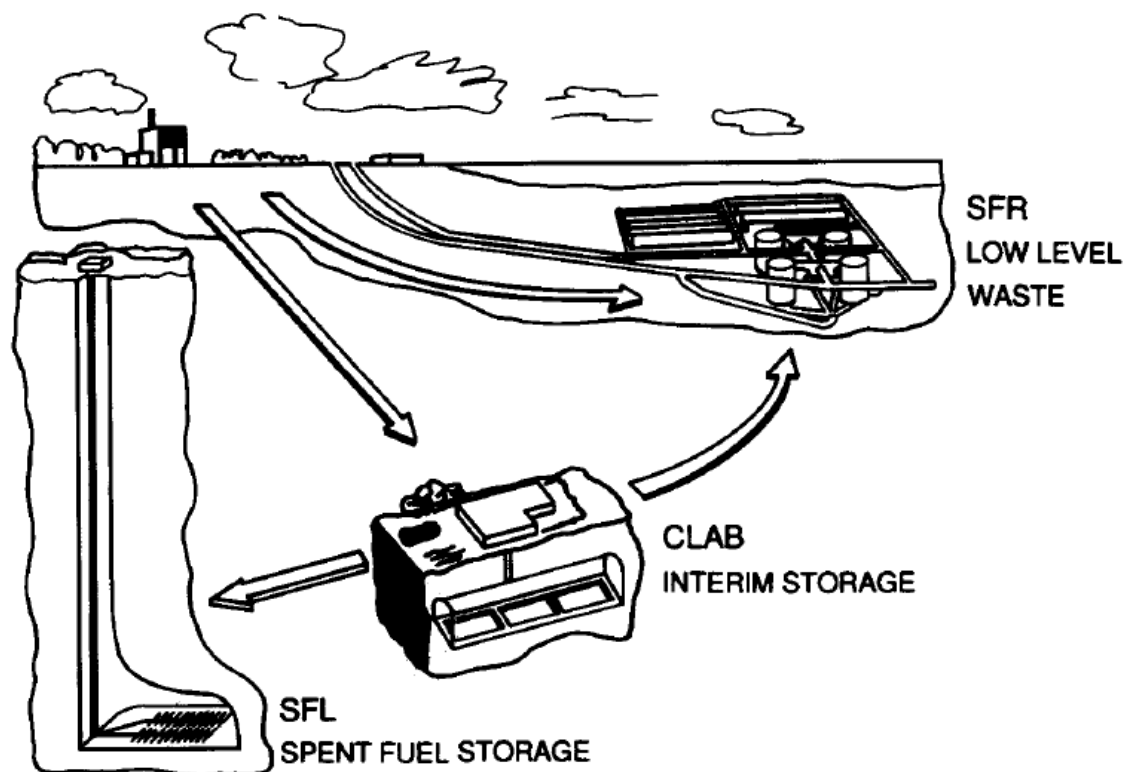


圖 7.1-1 瑞典放射性廢棄物最終處置場示意圖 (Bjurstrom, 1989)

#### 7.1.1 國外坑道處置設施設計與建造的規範或研究成果

目前國外有關坑道處置設施設計與建造的規範或研究成果以國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA) 頒布之文件為首要考量，其次則

為美國核能管理委員會 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC)、芬蘭輻射與核能安全局 (STUK)、瑞士聯邦核能安全監察 (Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, HSK) 等之規範、技術資料或研究成果可供本案進一步探討，以制定適用於國內場址特性、設計條件與建造環境之審查導則。

## 1. 國際原子能總署(IAEA)

(13) The Management System for the Disposal of Radioactive Waste Safety Guide  
(No. GS-G-3.4, 2008)

(14) Remediation Process for Areas Affected by Past Activities and Accidents Safety  
Guide (No. WS-G-3.1, 2007)

(15) Geological Disposal of Radioactive Waste Safety Requirements (No. WS-R-4,  
2006)

(16) Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste Safety Guide  
(No. WS-G-1.1, 1999)

(17) Near Surface Disposal of Radioactive Waste Safety Requirements (No. WS-R-1,  
1999)

(18) Principles of Radioactive Waste Management Safety Fundamentals (No. 111-F,  
1995)

(19) Siting of Near Surface Disposal Facilities (No. 111-G-3.1, 1994)

(20) Classification of Radioactive Waste Safety Guide (No. 111-G-1.1, 1994)

(21) Siting of Geological Disposal Facilities (No. 111-G-4.1, 1994)

(22) Design and Operation of Radioactive Waste Incineration Facilities (No. 108,  
1992)

## 2. 美國核能管理委員會(NRC)

(5) Standard Review Plan for the review of a license application for a Low-Level

- Radioactive Waste Disposal Facility (NUREG-1200, Rev. 3, 1994)
- (6) Standard Format and Content of a license application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility (NUREG-1199, Rev. 2, 1991)
- (7) Review Process for Low-Level Radioactive Waste Disposal License Application Under Low-Level Radioactive Waste Policy Amendments Act (NUREG-1274, 1987)
- (8) A Performance Assessment Methodology for Low-Level Radioactive Waste Disposal Facilities: Recommendations of NRC's Performance Assessment Working Group (NUREG-1573, 2000)
- (9) Criticality Safety Criteria for License Review of Low-Level Waste Facilities (NUREG/CR-6284, 1995)

### 3. 其他國家

- (4) 芬蘭：Disposal of Low and intermediate Level Waste from the Operation of Nuclear Power Plants (GUIDE YVL 8.1, 2003)
- (5) 瑞士：Protection Objectives for the Disposal of Radioactive Waste (HSK-R-21/e, 1993)
- (6) 瑞典：The Swedish Nuclear Power Inspectorate's Regulations concerning Safety in connection with the Disposal of Nuclear Material and Nuclear Waste (SKIFS 2002:1, 2001)
- (7) 澳洲：Code of practice for the near-surface disposal of radioactive waste in Australia (No. 35, 1992)
- (8) 中國：核技術利用放射性廢物庫選址、設計與建造技術要求 (試行, 2004)

而其它國外有關一般地下坑道之設計規範、準則或書籍有：

- (13) 日本土木學會，隧道標準示方書 [山岳工法編]·同解說，1996。

- (14) Bieniawski, Z. T., Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, 1984.
- (15) Brady, B. H. G. and Brown, E. T., Rock Mechanics for Underground Mining, 2nd ed., Chapman & Hall, London, 1993.
- (16) Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design Tunnels and Shafts in Rock, Washington, 1997.
- (17) Hoek, E. and Brown, E. T., Underground Excavations in Rock, The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1982.
- (18) Hoek, E., Kaiser, P. K. and Bawden, W. F., Support of Underground Excavations in Hard Rock, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1995.
- (19) Megaw, T. M. and Bartlett, J. V., Tunnels : Planning, Design, Construction, Ellis Howood Ltd., Vol. 1 & 2, 1982.
- (20) O'Rourke, T. D., Guidelines for Tunnel Lining Design., ASCE, New York, 1984.
- (21) The British Tunnelling Society and the Institution of Civil Engineers, Tunnel Lining Design Guide, Thomas Telford, 2004.
- (22) Whittaker, B. N. and Frith, R. C., Tunnelling: Design, Stability and Construction, The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1990.

#### 7.1.2 國內坑道設計與建造的規範或研究成果

雖國內目前尚未建立或制定低放射性廢棄物最終處置設施場之坑道設計與建造的規範，但目前針對一般隧道設計與建造的規範或研究成果亦可供本研究案進一步參考，現歸納整理說明如后。

- (1) 隧道工程設計準則與解說 (中國土木工程學會, 1999): 本設計準則分成三部份，第一部份為總則，說明設計準則涵蓋的範圍及適用性；第二部份為調查與試驗，針對隧道工程之特性，就工址調查的範圍、項目、進行方法及

成果判釋等詳細說明；第三部份為隧道設計，就設計項目、設計理念及注意事項等加以闡述說明。

- (2) 山岳隧道工程設計與實例手冊 (中華民國隧道協會, 1999): 本手冊包括與隧道工程相關之概述、地質調查、隧道定線、隧道洞口、隧道設計、特殊地質段設計、災變對策、隧道開挖、隧道監測與回饋及結語。
- (3) 公路隧道設計規範 (交通部, 2003): 交通部考量隧道設計規範確有及早訂定之必要, 遂於民國 92 年 3 月委由中華民國隧道協會, 以國道新建工程局委託中國土木水利工程學會所編「隧道工程設計準則與解說(民國 88 年)」為藍本進行複審, 並編訂本規範。複審期間聘請 18 位產官學界之專家擔任審查委員負責審查, 於民國 92 年 11 月始定案, 並由交通部頒布實施。
- (4) 台灣地區隧道岩體分類系統暨隧道工程資料庫之建立 (行政院公共工程委員會, 2003): 行政院公共工程委員會有鑑於台灣地區沿用之岩體分類法係因襲國外系統, 常無法反映國內特殊之地質條件, 且隧道工程相關資料至今仍散佈於各單位中, 相關經驗無法有效傳承與保存, 因此, 彙整國內隧道工程資料, 並透過國際隧道工程技術交流方式, 參酌國外現行岩體分類系統以及著名隧道工程案例加以研究, 以建立台灣地區之岩體分類與支撐系統, 供爾後之隧道工程使用。同時利用現代電腦科技功能建立隧道工程資料庫, 將台灣過去隧道工程之相關資訊加以保存, 提供後續隧道工程之決策與執行上之參考。
- (5) 隧道二次襯砌功能、設計理念與混凝土設計規範之研究與建議對策 (交通部台灣區國道新建工程局, 2000): 基於各隧道對二次襯砌之設計功能需求不同, 二次襯砌仍有許多不同之設計方案可供選擇, 因此本研究中列舉多種設計方案, 提供二次襯砌設計更廣泛之選擇, 最後本研究將提出二次襯砌之方案評選建議準則及評選參考流程, 作為決定二次襯砌設計之參考。其內容包括: 前言、問題特性分析、以處理不確定因素之基本觀念探討二次襯砌之功能與定位、文獻回顧與設計現況、以隧道工程設計之觀念來探討二次襯砌之



功能與設計考量、二次襯砌之類型簡介與分析、混凝土設計規範應用在二次襯砌之探討、案例探討、二次襯砌設計之建議考慮方式共 9 章。

- (6) 潛盾隧道施工技術規範之研討 (中華民國隧道協會, 1999): 潛盾隧道工法係以缺乏自立性地層為主要施工對象之隧道施工法, 為確保都市交通順暢、減少噪音與震動、解決施工用地取得及近鄰施工問題, 潛盾隧道工法已逐漸取代明挖覆蓋工法成為都會區隧道工法之主流, 廣泛地運用在捷運隧道、衛生下水道、輸水幹管、共同溝及其他維生管線之興建上, 對增進都市生活機能、提升人類文明生活水準有極大貢獻。本規範內容包含工程管理、工址調查、施工與設備、環片與襯砌、輔助工法、附屬工程共 6 個章節。
- (7) 軟土潛盾隧道工程設計與實例手冊 (中華民國隧道協會, 2004): 本手冊涵蓋了與軟土潛盾隧道工程相關的工址調查、隧道規劃、設計、施工及展望; 潛盾機選擇和評選模式、應用及設計; 潛盾隧道環片襯砌、工作井、施工輔助工法、施工監測及建物保護等。
- (8) 潛盾隧道設計及施工準則與解說 (中華民國隧道協會, 2009): 本準則使用原則為(1)條文可做為政府、事業單位要求施工設計單位之基本事項; (2)解說內容提供設計及施工數據與資訊, 供相關單位參考; (3)提供政府、事業單位、設計與施工單位共同之依循與標準; (4)從事潛盾隧道工程人員之參考書籍。
- (9) 公路隧道消防法規制訂 (交通部台灣區國道新建工程局, 1997): 本法規為符合本土化使具體可行, 先後邀請相關學者、專家、民間團體、工程實務界暨政府相關機關研討, 經擷取可行意見及研討國外公路隧道法規中有關消防設備配置規定, 提出「公路隧道消防安全設備設施設置規範草案」計八十五條。全文分成三篇, 第一編為總則, 第二編為消防設計, 第三編為消防安全設備設施, 供為臺灣地區公路隧道消防設備設置管理及改善對策之指導基準。
- (10) 公路隧道安全設施準則研訂 (交通部台灣區國道新建工程局, 1998): 本準則之主要目的, 在結合機電、交控、緊急與安全逃生及營運管理等先進技術, 並參酌世界各國之經驗, 針對公路隧道運轉所需之安全設施, 研訂一套適合

國內使用之設置準則。經分析結果，首先將隧道安全設施準則劃分為機電設施、交通監控設施、緊急及安全逃生設施以及營運管理措施四大類。依據上述分類，並參酌世界各國相關之準則，加上各專業領域之知識，整合研訂定出適合國內高速公路隧道使用之「公路隧道安全設施準則」，可供未來相關隧道規劃、設計之參考。

- (11)公路隧道消防安全設備設置規範草案 (交通部台灣區國道新建工程局，2008)：本規範蒐集先進國家如歐盟、美國、日本、澳洲、中國大陸等關於公路隧道消防安全設備設置規範，並分類探討各國設備設置之異同，研擬一套符合我國國情之公路隧道消防安全設備法規。並提出「公路隧道消防安全設備設置規範草案」內容，除訂定我國公路隧道分級規範外，全文共分為五章及附錄 A，第一章「總則篇」、第二章「消防設計篇」、第三章「消防安全設備篇」、第四章「輔助消防搶救上之必要設備篇」、第五章「附則篇」，及附錄 A「火災控制設備」，並以 FDS 完成模擬公路隧道火災排煙情境分析。
- (12)由集集地震液化案例探討液化評估方法本土適用性之研究 (交通部台灣區國道新建工程局，2002)：本研究蒐集整理集集地震液化與非液化案例資料，以案例判定之準確率與至少安全係數誤差兩項指標，驗證現有常用液化評估方法之適用性，結果顯示 NCEER (1996) 法與 Seed (1985) 法表現最佳，JRA (1996) 法與 T-Y 法次之，JRA (1990) 法最不理想。本研究同時發展了一套完整之土壤液化機率評估法，可供土壤液化危害度分析使用。對於幾個特殊液化地區，也進行補充調查與試驗，所得資料可供進一步研究之用。透過現場結構物液化損害調查，確認除地質與地震因素外，地形與基礎型式也是影響損害之重要因素。
- (13)地盤改良設計施工及案例 (中華民國大地工程學會，2006)：本書內容涵蓋台灣地區較常使用之地盤改良工法，例如：淺層攪拌工法、深層攪拌工法、預壓排水工法、灌漿工法、土壤冰凍工法、動力壓密工法、和振動擠壓工法等之設計、施工及案例。

(14)公共工程施工綱要規範 (行政院公共工程委員會, 2001): 行政院公共工程委員會為整合劃一全國公共工程施工規範, 提升工程品質, 特訂定本要點。凡適用政府採購法以辦理新興公共工程及各類房屋建築工程之規劃、設計、施工之機關、法人或團體均適用本要點。主辦機關辦理工程應應用行政院公共工程委員會所訂定之公共工程施工綱要規範 (含完整版、精簡版綱要規範及有關標準化與資訊化措施)。主辦機關自本要點實施日 (90.11.15) 起辦理新興個別計畫之規劃、設計及施工, 應用施工規範之有關措施及內容, 如有所不足或另有特殊情節, 應循施工規範完整版所訂有關編撰格式、編碼架構及編碼規則增刪修撰, 以因應其個案需用。

## 7.2 坑道處置設施設計與建造之理念與功能性考量

德國聯邦政府於 1986 年提出處置場與廢棄物封存之設計需求如圖 7.2-1 所示。美國能源署曾於 1991 年提出處置場初步設計階段之功能評估流程如圖 7.2-2 所示。

而國際隧道協會 (International Tunnelling Association, ITA) 則於 1994 年在 Tunnelling and Underground Space Technology 期刊發表「Underground Repositories for Non-Nuclear Waste: Considerations for Engineering Design」一文, 其內容雖主要係針對“非”放射性廢棄物最終處置場設計所需考量之因素進行探討, 並賦予一般性之建議, 但其考量因素 (圖 7.2-3) 與設計流程 (圖 7.2-4) 之概念與精神仍十分值得本研究案進一步參考, 並加以修改為低放射性廢棄物最終處置場之設計流程。

另國際原子能總署 (IAEA) 曾於 1995 年具體說明放射性廢棄物安全管理之基本原則包含：

- 保障人類的健康 (protection of human health)
- 保護人類及其環境 (protection of humans and the environment)
- 保護範圍超越國界 (protection beyond national borders)

- 保護未來世代 (protection of future generations)
- 減輕未來世代的負擔 (reducing burdens on future generations)
- 建立一國家合法機構 (establishing a national legal framework)
- 控制放射性廢棄物的產生 (control of radioactive waste generation)
- 整合放射性廢棄物的產生與管理 (correlating radioactive waste generation and management)
- 安全設施 (safety of facilities)

而近地表處置場之安全評估則必須考量下列因素 (IAEA, 1999)：

- 暫時貯存使放射性衰減 (interim storage for decay of radionuclide)
- 選擇技術以控制放射性廢棄物 (selection of techniques for condition of radioactive waste)
- 處理廢棄物封存工程 (engineering for handling waste packages)
- 工程障壁 (engineered barriers)
- 天然障壁 (natural barriers)
- 制度上的控制期 (institutional control period)
- 管理上的方法 (administrative methods)

另有關地下坑道或處置場之地盤控制 (Ground-Control)，美國能源署曾於 1987 年針對三處不同岩性 (鹽岩、凝灰岩、玄武岩) 放射性廢棄物最終處置場址之地盤控制設計進行一系列之研究與探討，並提出如圖 6.2-5 所示之流程圖 (Schmidt, 1988)。

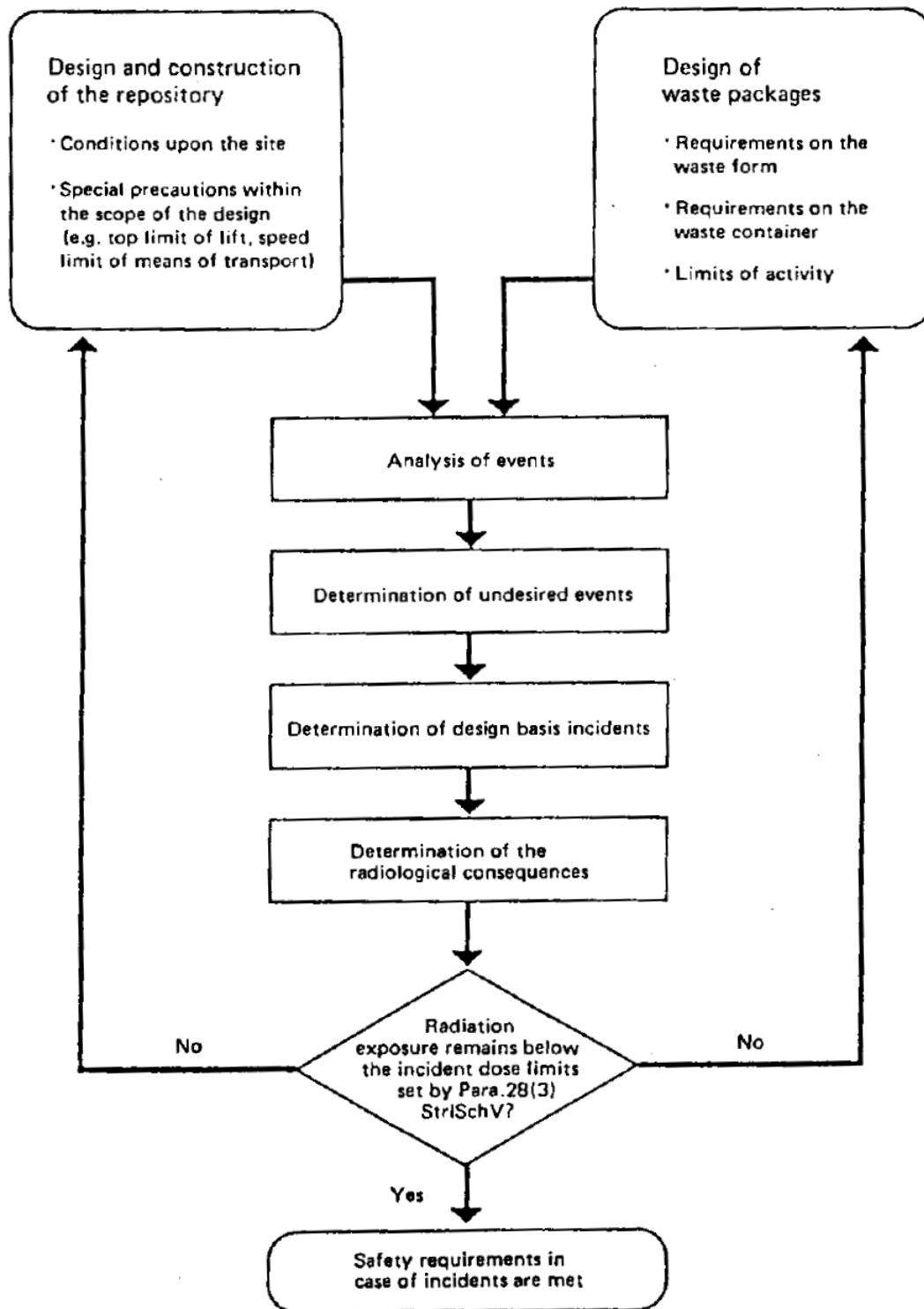


圖 7.2-1 處置場與廢棄物封存之設計需求 (Berg et al., 1986)

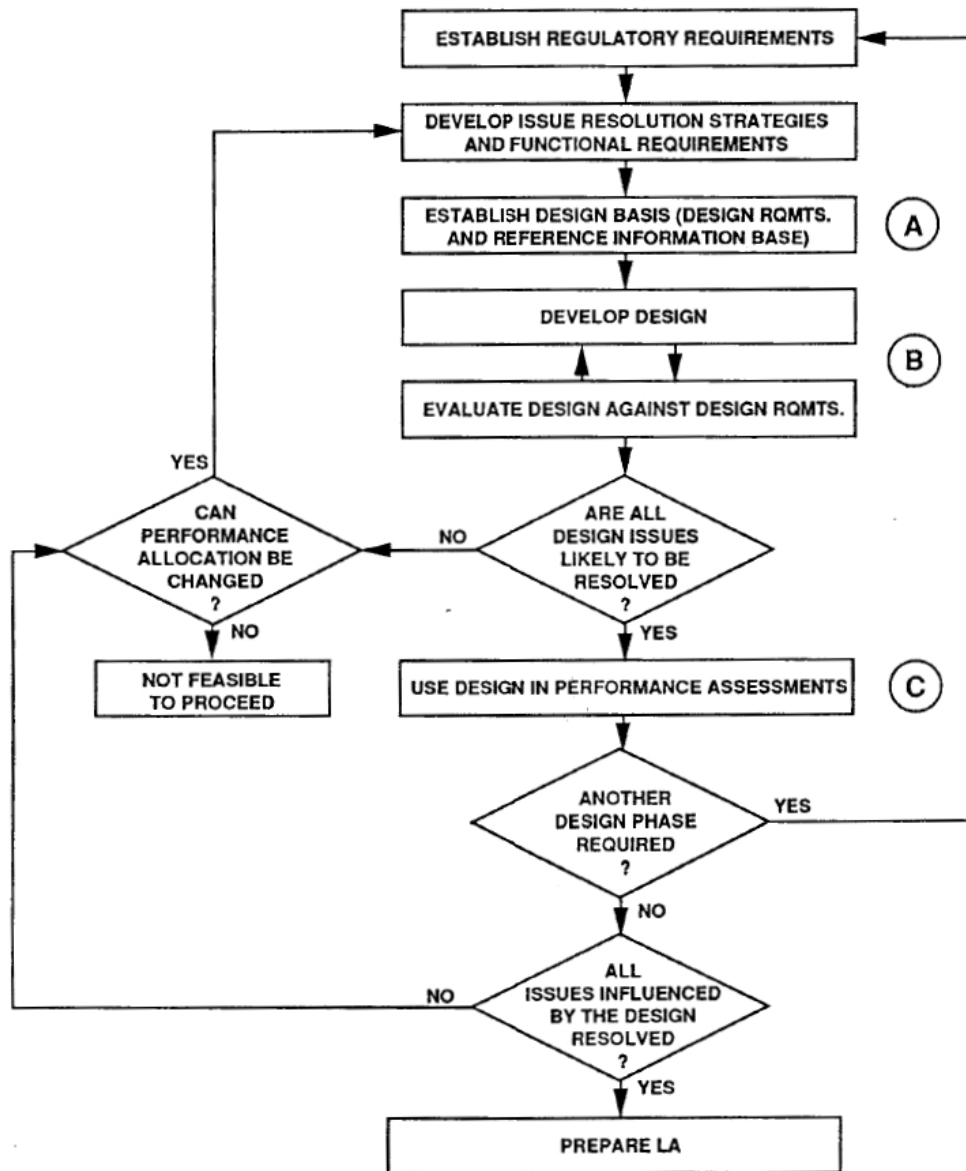


圖 7.2-2 處置場初步設計階段之功能評估流程圖 (Blejwas, 1991)

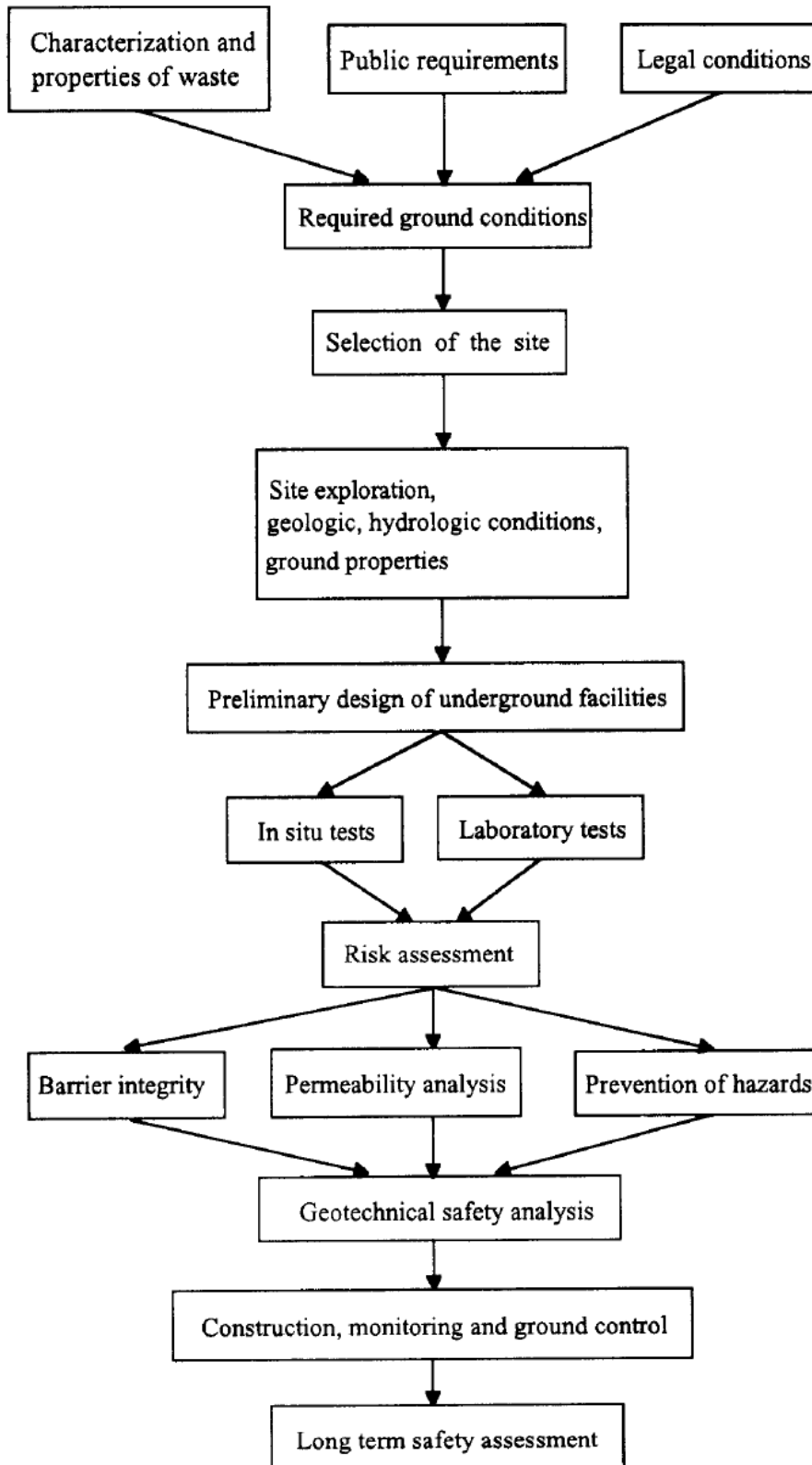


圖 7.2-3 設計地下貯存場之考量因素流程圖 (ITA, 1994)

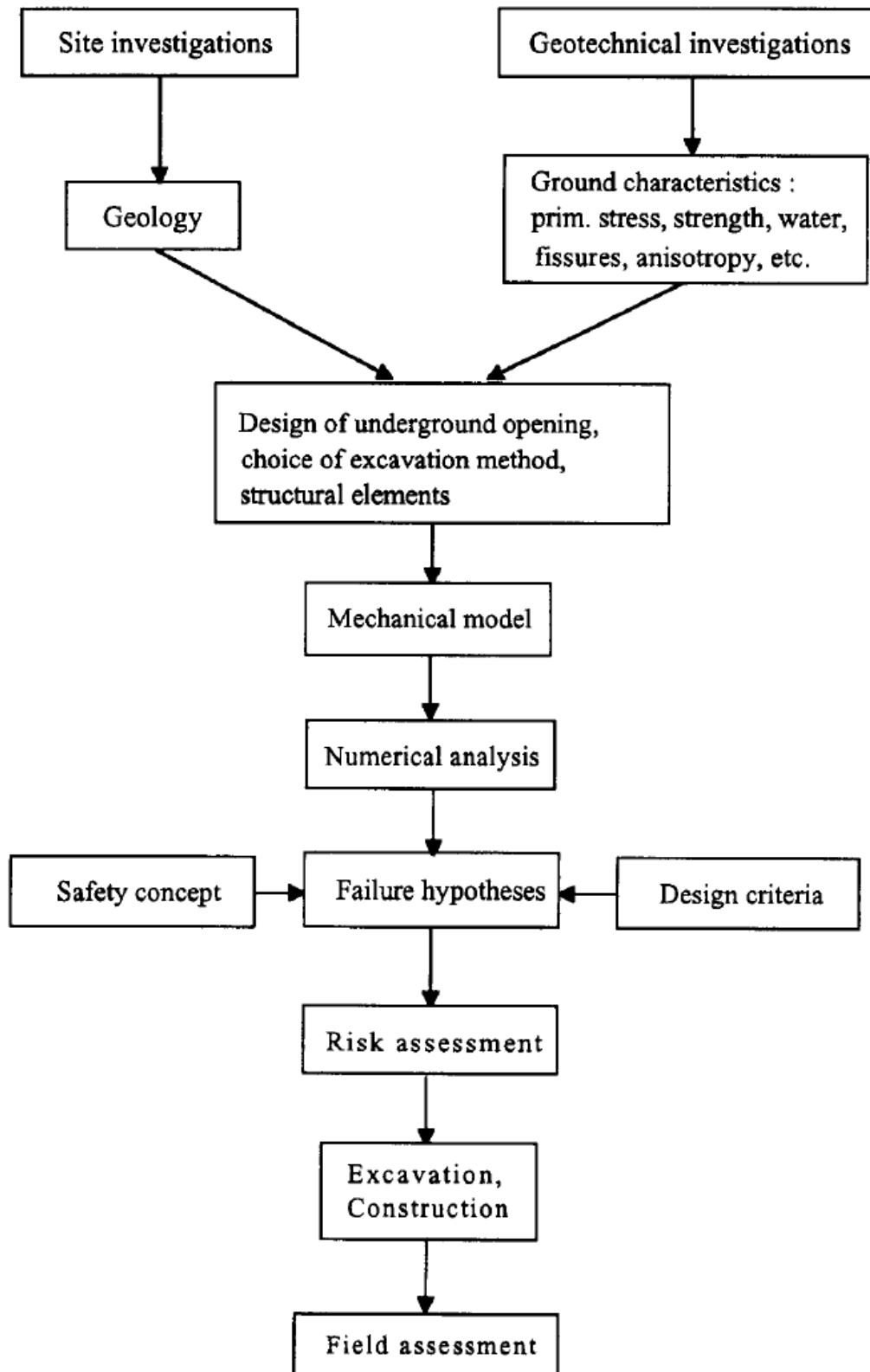


圖 7.2-4 地下貯存場之大地工程設計流程圖 (ITA, 1994)



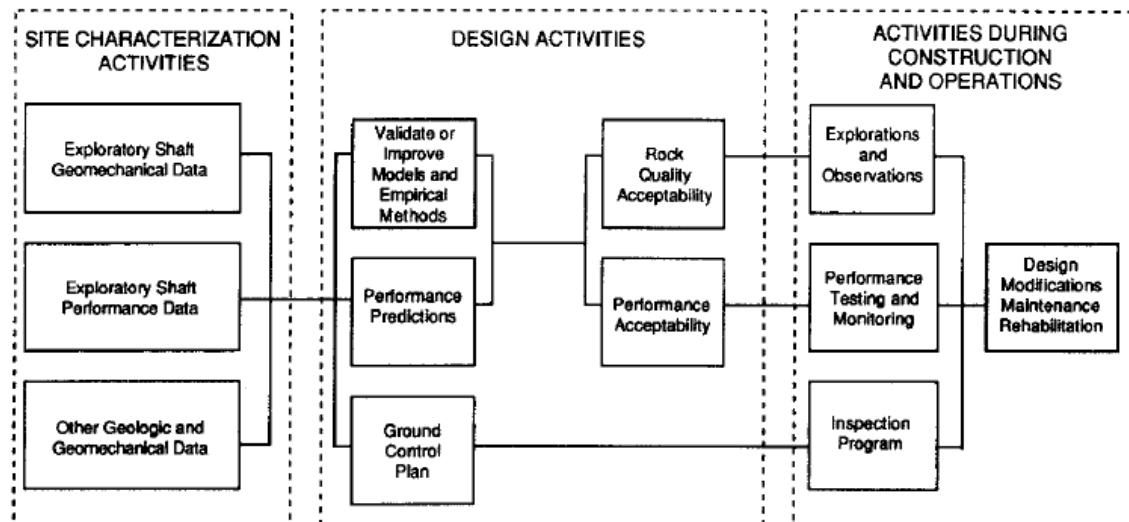


圖 7.2-5 地盤控制之調查、設計與施工流程圖 (Schmidt, 1988)

而我國交通部頒布之「公路隧道設計規範」(2003) 則規範隧道 (或地下坑道) 之設計原則與考量因素如下：

設計原則：

- (1) 隧道設計宜考量隧道周圍地盤之自立性，使其與支撐系統共同形成適當之拱效應，以穩定開挖所造成之變形。
- (2) 支撐系統設計宜考量隧道變形寬容量，採用適當勁度之支撐構件。
- (3) 隧道設計宜保留適當施工彈性，並得依隧道監測資料回饋調整。

考量因素：

- (1) 地盤特性—包括岩性、構造、地下水、弱面特性、隧道軸線與地層位態關係、開挖面自立性與地盤行為等條件。
- (2) 斷面形狀—包括功能上必須之最小行車淨空與附屬設施空間，以及配合地盤、開挖工法及支撐等特性所需之形狀。隧道斷面之幾何形狀應力求圓滑平順，以避免應力集中。
- (3) 一般岩盤隧道設計可不考慮地震影響。但必要時，得視地形、地質及隧道覆蓋深度等條件考慮之。
- (4) 特殊荷重—包括淺覆蓋地形之上載荷重、膨脹及擠壓地盤之異常荷重以及鄰

近邊坡地形之偏壓荷重等。

(5) 施工方法與順序。

(6) 地下水與地表水之影響。

### 7.3 坑道處置設施設計與建造之種類與需求探討

目前世界各國低放射性廢棄物最終處置場大致可分為「近地表處置場 (near-surface disposal)」與「中等深度處置場 (intermediate-depth geologic disposal)」二大類，其中近地表處置場係指利用「地下開挖」方式，由地表向下開挖一槽溝或坑室以作為低放射性廢棄物之最終處置場，如圖 7.3-1 所示。其設計、建造、操作與關閉可參閱國際原子能總署 (IAEA) 於 1984 年發表「Design, Construction, Operation, Shutdown and Surveillance of Repositories for Solid Radioactive Wastes in Shallow Ground」之報告。

而中等深度處置場則指利用「隧道開挖」方式，開挖一通達與服務隧道至預定位置，再開挖儲存槽，如圖 7.3-2 所示。其設計、建造、操作與關閉可參閱國際原子能總署 (IAEA) 於 1984 年發表「Site Investigations, Design, Construction, Operation, Shutdown and Surveillance of Repositories for Low-and Intermediate-Level Radioactive Wastes in Rock Cavities」之報告。

另國際原子能總署 (IAEA) 於 2001 年發表「Technical considerations in the design of near surface disposal facilities for radioactive waste」之報告，則分別針對 (1) 設計階段 (design phase)；(2) 建造階段 (construction phase)；(3) 操作階段 (operation phase)；(4) 關閉階段 (closure phase) 之設計需求說明如下：

#### 1. 設計階段

「場址特性」將嚴重影響處置場細部設計之方向、內容與成果，因此，設計階段必須獲得之場址特性內容有：(1) 既有基礎設施；(2) 可利用空間；(3) proximity to waste arisings；(4) 地形；(5) 氣候與水文；(6) 地質構造及其特性 (例如：力學、地形、裂隙、斷層、震態等)；(7) 水文地質與地化特徵 (例如：滲透性、地下水流態、水質、遲滯過程等)；(8) 地質演化過程。

而有關「工程障壁」之設計需求則包括：(1) 減低廢棄物封存或工程障壁本身之放射性；(2) 限制水或地下水之入滲與沉澱作用；(3) 控制地下水之入滲；(4) 減低民眾闖入之可能性；(5) 提供限制處置場空氣之機制；(6) 提供結構長期穩定；(7) 保護廢棄物封存不致因地下水傾入而分解；(8) 輔助監測系統設計以收集入滲水及其檢驗；(9) 控制處置場表面及土岩交界面之侵蝕；(10) 提供場址附近物理性與化學性環境以減低放射性釋放速率。

## 2. 建造階段

於建造階段，設計者必須考量之資料包括：(1) 完整建造；(2) 建造程序（例如：灌漿或其他回填材料之預備、混凝土之澆置與養護等）；(3) 從耐久性、施工可行性與安全觀點選用建造材料與成分（例如：水泥種類、加勁材料、粗骨材）；(4) 可取得的材料；(5) 臨時排水需求（包括：收集、監測、處理與排放）；(6) 廢棄物的儲存量與類別；(7) the projected temporal history of waste arisings；(8) 施工期間的需求（例如：電力、通訊、通達道路等）。

## 3. 操作階段

而操作階段之設計需求包含：(1) 運輸系統 (Transportation)；(2) 廢棄物處理與管理系統 (Waste processing and management)；(3) 管理、健康與安全 (Administration, health and safety)；(4) 維護與輔助作業 (Maintenance and auxiliary services) 等四大部分。

## 4. 關閉階段

另關閉階段之主要設計項目包括：(1) 堅固；(2) 抵抗侵蝕；(3) 減低水的入滲或流經處置場；(4) 轉換排水系統並加以控制；(5) 關閉材料與其他工程障壁之相容性與耐久性；(6) 操作的與最後的文件與記錄；(7) 侵入障壁；(8) 警告標示；(9) 退役的輔助設施；(10) 緩衝區域（視需要）；(11) 抵抗凍溶或乾溼循環；(12) 通風需求。

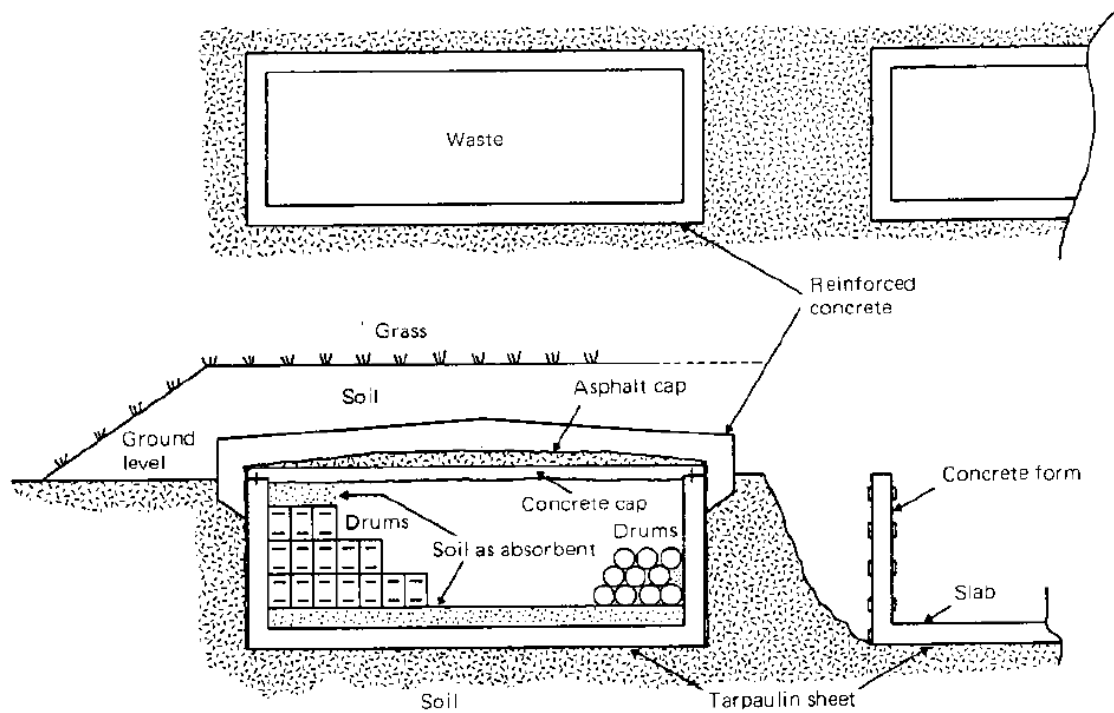


圖 7.3-1 近地表處置場示意圖 (IAEA, 1984)

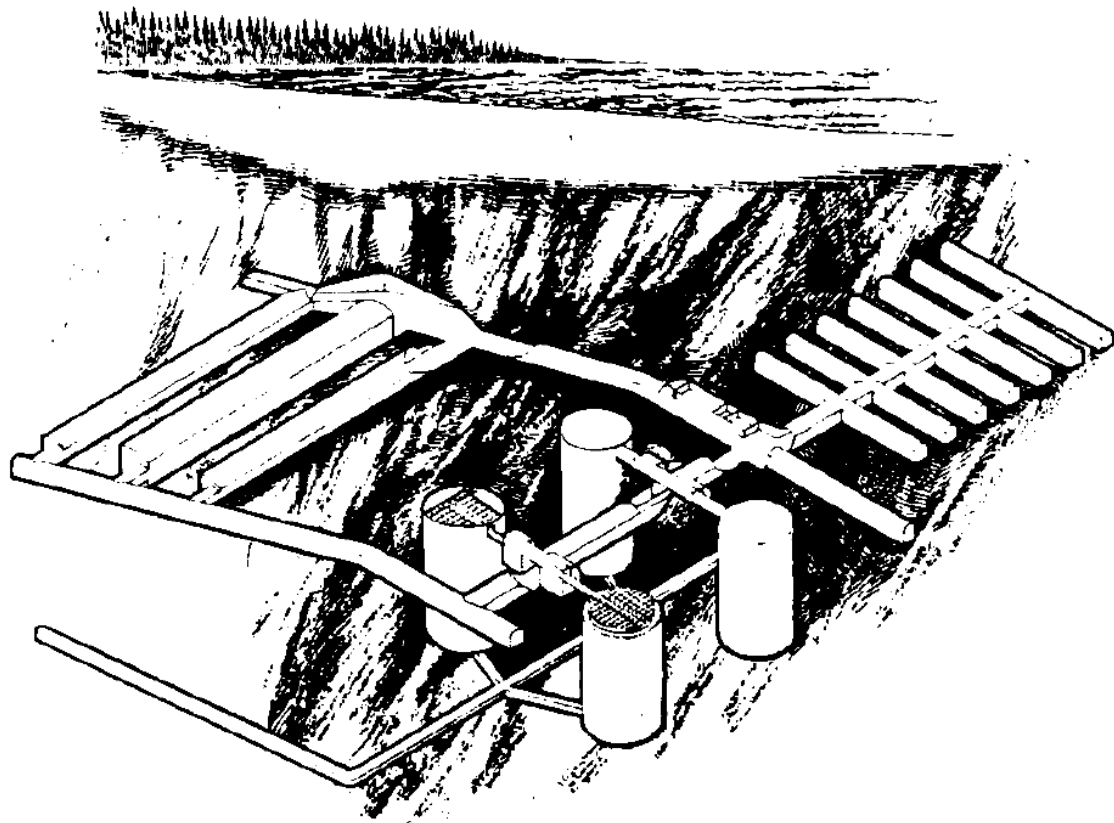


圖 7.3-2 中等深度處置場示意圖 (IAEA, 1984)

## 7.4 坑道處置設施設計與建造之項目與內容探討

國際原子能總署 (IAEA) 於 2001 年發表處置場各設計階段之設計目標、所需資料與安全評估間之相互關係如圖 6.4-1 所示，其認為處置場之設計應分為三階段：(1) 概念設計 (conceptual design)；(2) 基本設計 (basic engineering design)；(3) 細部設計 (detailed engineering design)。分述如下：

### 1. 概念設計

概念設計必須考慮的因素有：安全 (safety)、環境衝擊 (environmental impact)、技術議題 (technical issues)、社會與經濟因素 (social and economic factors) 以及經費 (cost) 等。

此階段必須獲得的資料有：(1) 評估廢棄物存量、一般特性與來源；(2) 場址特性與資料；(3) 安全與管理準則。

### 2. 基本設計

基本設計的主要目的係用來確認概念設計所選擇之場址將來可獲得許可與操作，並證明處置場符合所有安全與設計標準，可於安全與經濟前提下興建與操作。

其設計項目包含：(1) 場址位置；(2) 設施圖；(3) 場址預備工程(包含開挖、排水、整地與道路等)；(4) 通達與維護道路、停車場、圍牆等；(5) 排水系統與受污染水之處理設備；(6) 處置場工程；(7) 限定回填或覆蓋材料；(8) 輻射防護與監測系統；(9) 電力、照明、通風與通訊等其他輔助系統；(10) 消防設備與保全系統。

### 3. 細部設計

細部設計的主要目的係供興建 (construction phase)、操作 (operational phase) 與關閉(closure phase) 三階段之使用，其成果必須確保處置場將來能安全地且有效地操作與關閉。

細部設計必須將前階段之基本設計更進一步地詳細描述設計內容，以符合興建操作與關閉之需求。其設計範圍及項目與基本設計相同，但圖說文件必須標示詳細尺寸、施工步驟與操作流程。

圖 7.4-2 則顯示上述各設計階段之主要設計項目、設計所需資料與安全評估項目之範例供參考。

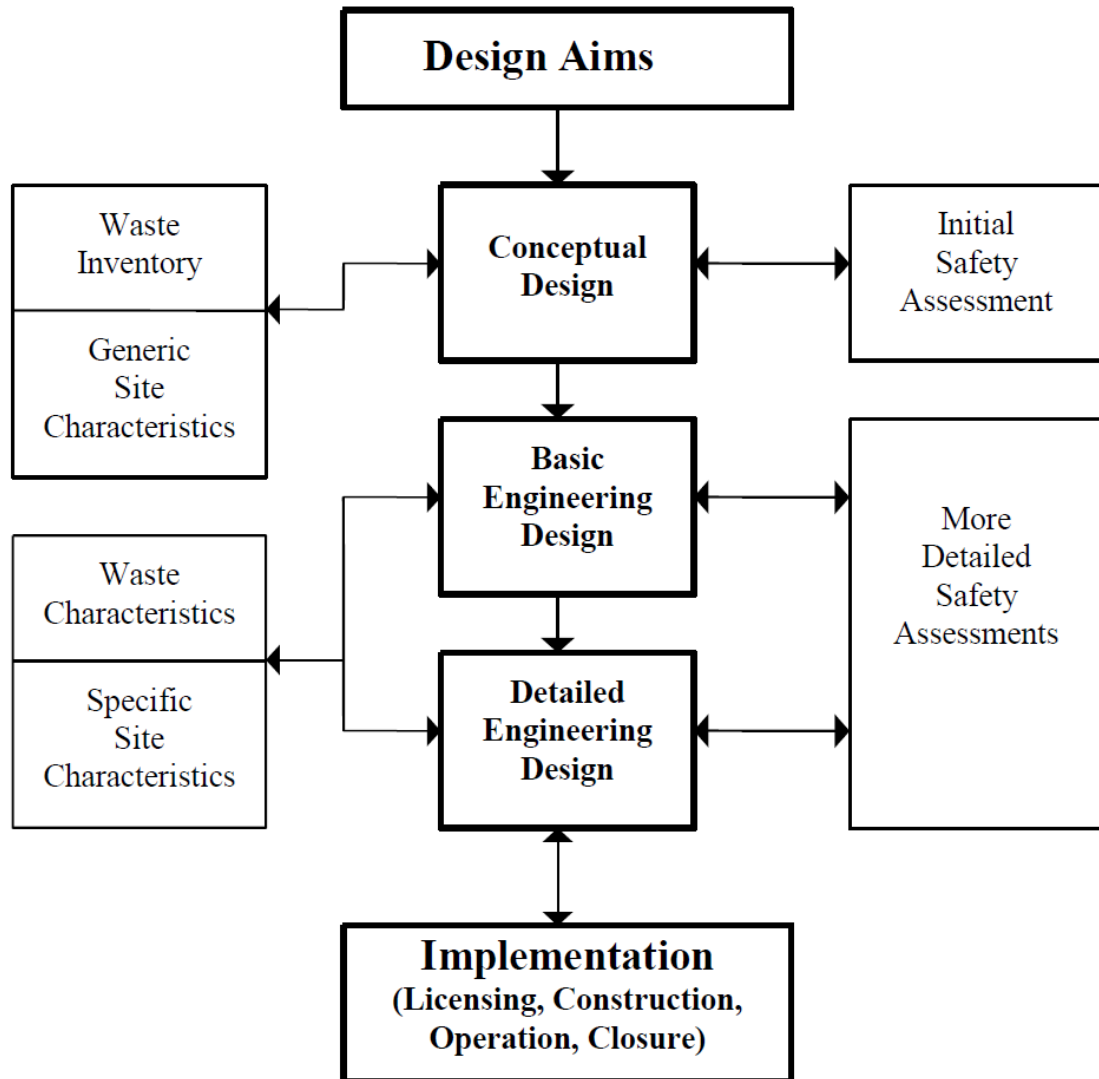


圖 7.4-1 設計階段之設計目標、評估與執行間之相互關係圖 (IAEA, 2001)

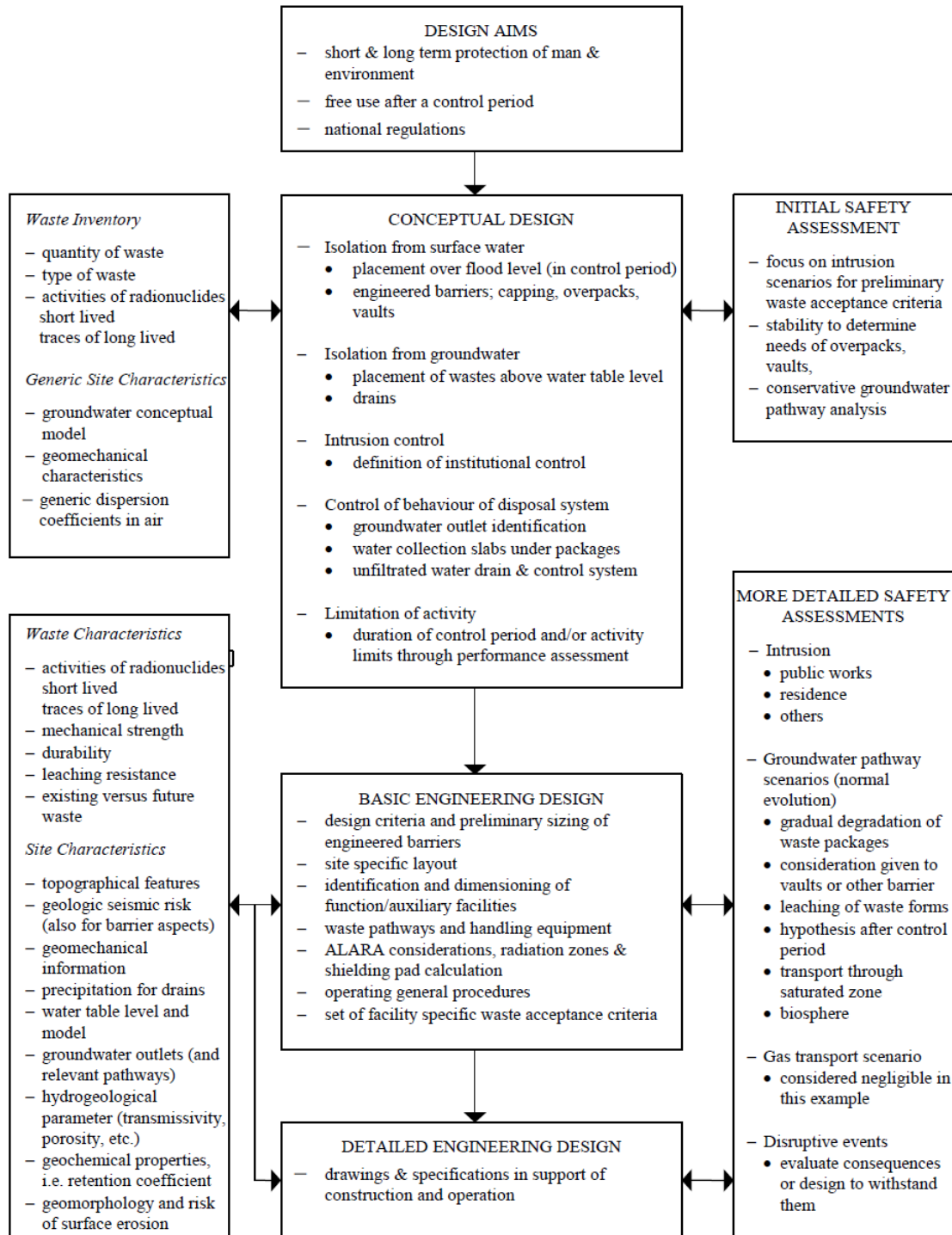


圖 7.4-2 設計過程範例 (IAEA, 2001)

而我國交通部頒布之「公路隧道設計規範」(2003) 則針對隧道 (或地下坑道) 之設計項目及流程等規範如下：

- (1) 隧道設計之基本項目如下：斷面形狀、開挖方法、初期支撐型式及變形寬容量、襯砌、洞口、排水與防水設施、監測系統及其它特殊情況。

(2) 隧道設計得分為初步設計及細部設計兩階段進行，施工期間並得依監測評估結果進行設計調整。

另中國土木工程學會編著之「隧道工程設計準則與解說」(1999) 則說明隧道工程(或地下坑道)之主要設計內容與設計流程，如圖 7.4-3 及圖 7.4-4 所示。

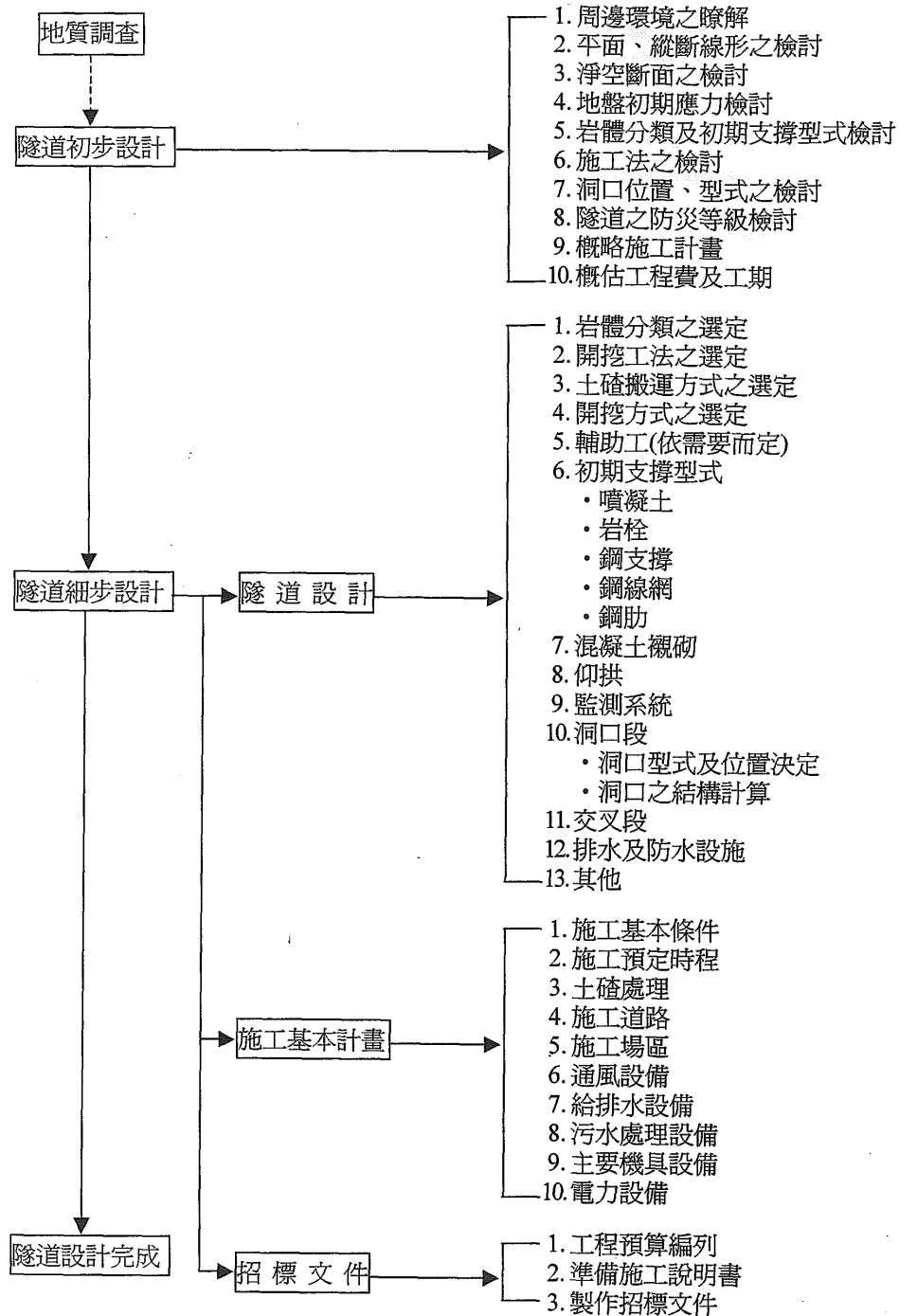


圖 7.4-3 隧道之主要設計內容 (中國土木工程學會, 1999)



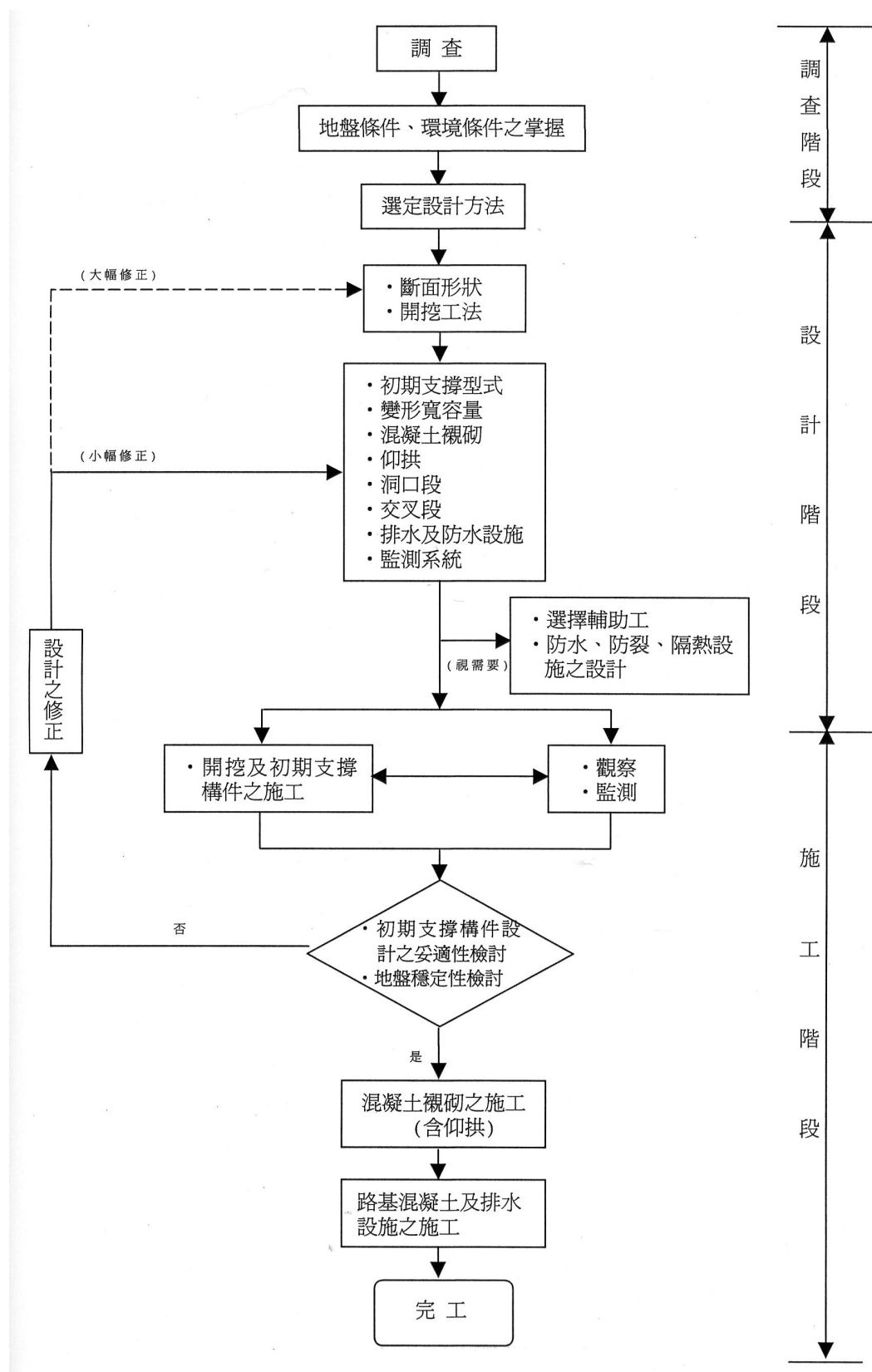


圖 7.4-4 隧道設計流程圖 (中國土木水利工程學會, 1999)

其中有關隧道 (或地下坑道) 之支撐設計方法則分為：初期支撐、襯砌與仰

拱三部份，規範如下 (交通部，2003)：

**初期支撐：**

- (1) 隧道支撐包括初期支撐及襯砌，情況適合時可僅做初期支撐。
- (2) 隧道支撐設計應考量適當之變形寬容量。
- (3) 初期支撐設計方法可概分為經驗設計法和分析設計法等二種，應依據地盤特性、施工方法、支撐架設時間、支撐系統特性與使用經驗及熟悉度等條件，評估其適用性後選用。
- (4) 經驗設計法係套用以往工程經驗之方法，視地盤良窳分級，依據隧道之功能，評析斷面形狀與尺寸、覆蓋深淺、大地應力、開挖方法等因素之影響，再參考以往案例，設計各級地盤之支撐系統。
- (5) 分析設計法係利用數學解析或數值分析等方式，求得隧道開挖面周圍之應力與變形，以設計隧道支撐之方法。

**襯砌：**

- (1) 襯砌係以提供隧道內部安全設施之裝設及短期或長期安全使用為目的。
- (2) 襯砌應依據短期或長期之可能荷重，設計其厚度、強度及加勁材。於洞口段、斷面幾何形狀變化段、交叉段、裝設通風與機電設施等處，應視襯砌應力大小，檢討增加襯砌厚度、強度及配筋。

**仰拱：**

- (1) 當地質不佳，僅以頂拱之支撐可能無法控制地盤變形者，應考慮設置仰拱，將支撐系統閉合。
- (2) 仰拱形狀與厚度應符合構成仰拱構造之力學要求與施工需要。

## 7.5 各國低放處置措施設計與建造之比較

美國能源署曾於 1996 年發表一比較各國低放處置場之報告 (Comparison of Low-Level Waste Disposal Programs of DOE and Selected International Countries)，其中表 6.5-1 彙整各國低放處置場之核准需求與公共審查 (如：公聽會)，表 7.5-2

則彙整各國低放處置場之氣候與降雨量。

如 7.3 節所述，目前世界各國低放射性廢棄物最終處置場大致可分為「近地表處置場(near-surface disposal)」與「中等深度處置場 (intermediate-depth geologic disposal)」二大類，如表 7.5-3 所示，但也有國家 (如：英國) 開始著手研究「深層處置場 (deep geologic disposal)」之可行性。表 7.5-4 與表 7.5-5 則彙整各國低放處置場之廢棄物狀況、工程結構與地表障壁等設計需求。

表 7.5-1 各國低放處置場之核准需求與公共審查 (DOE, 1996)

Program	Policies established by	Final approval agency	Public involvement	Regulator	Operator
U.S. DOE	Federal Government (Department of Energy)	DOE-HQ	Public hearing associated with the programmatic or site-wide Environmental Impact Statement.	Federal Government Agency (DOE-HQ)	Government Agency (DOE) Subcontractors
United Kingdom	Federal Government (Department of the Environment)	Health and Safety Executive	Local planning authority (county or borough) must review the proposal and address written public comments. If it refuses to approve the proposal, the applicant may appeal to the Secretary of State who may overrule the local authority after a public hearing.	Federal Government Agency (Health and Safety Executive)	Government-Owned Corporation (NIREX)
France	Federal Government (Atomic Energy Commission)	French Prime Minister	A "Public Inquiry" is held, making all information available to the public. Written public comments are evaluated by an "Inquiry Commission" appointed by the local administrative court. After a report is completed by the Commission and circulated to the public, communities within a 5-km radius of the project are allowed to vote for or against the project. A negative vote can be overruled by the national Parliament.	Federal Government Agency (Ministry of Industry)	Government Agency (ANDRA) Subcontractors
Sweden	Federal Government (Ministry of Environment and Energy)	Nuclear Power Inspectorate	The local municipal council, as well as the Federal Government licensing agency (Nuclear Power Inspectorate), must approve the licensing of the disposal facility.	Federal Government Agencies (Nuclear Power Inspectorate and National Institute of Radiation Protection)	Private Company (Nuclear Fuel and Waste Management Company)
Canada	Federal Government (Atomic Energy Control Board)	Atomic Energy Control Board	Most new nuclear facilities in Canada are referred to the Federal Minister of Environment for a formal public review by an independent panel, with full opportunity for public hearings, and funding for intervenors.	Federal Government Agency (Atomic Energy Control Bureau)	Generator [Government (Atomic Energy of Canada Limited) owns 90% of existing waste]

表 7.5-2 各國低放處置場之氣候與降雨量 (DOE, 1996)

Program	Disposal Facility	Engineered Structure Feature	Average Annual Precipitation (inches)	Climate
United Kingdom	Drigg Site	Concrete Vault	40-42	Humid
France	Centre de l'Aube	Concrete Vault	27.6-33.5	Humid
Sweden	Swedish Final Repository (SFR)	Rock Cavern	18-20	Humid
Canada	Intrusion Resistant Underground Structure (IRUS)	Concrete Vault	20-30	Humid
U.S. DOE	Hanford	None	6.3	Arid
	Idaho National Engineering Laboratory	None	8.7	Arid
	Nevada Test Site	None	4.9	Arid
	Los Alamos National Laboratory	None	13.2	Arid
	Oak Ridge Reservation	Concrete Tumulus	54	Humid
	Savannah River Site	Concrete Vault	48.8	Humid

表 7.5-3 各國低放處置場之設計 (DOE, 1996)

Program	Disposal facility	Current disposal method
United Kingdom	Drigg Site	Near-surface concrete vaults (since 1988).
France	Centre de l'Aube	Near-surface concrete vaults.
Sweden	Swedish Final Repository (SFR)	Intermediate-depth crystalline rock cavern.
Canada	Intrusion Resistant Underground Structure (IRUS)	Near-surface concrete vaults.
U.S. DOE	Hanford Low-Level Burial Grounds	Near-surface V-trenches and wide-bottom trenches
	Idaho National Engineering Laboratory	Near-surface pits, trenches, soil vaults.
	Nevada Test Site	
	Area 3	Near-surface disposal in subsidence craters from underground nuclear tests.
	Area 5	Near-surface pits, trenches, boreholes.
	Los Alamos National Laboratory	
	MDA G	Near-surface pits and 20-m deep disposal shafts.
	Oak Ridge Reservation	
	Solid Waste Storage Area 6	Above-grade tumulus.
	Savannah River Site	
	Saltstone	Grout in above-grade vaults (covered with soil, clay, and gravel earthen cap).
	E-Area Vault	Above-grade concrete vaults (covered with soil, clay, and gravel earthen cap).

表 7.5-4 各國低放處置場之廢棄物狀況、工程結構與地表障壁設計需求 (DOE, 1996)

Disposal facility	Waste conditioning	Engineered structures and surface barriers
Drigg Site (UK)	As far as reasonably practicable, waste forms must be insoluble in water and not readily flammable. The UK has two major treatment facilities, the Waste Monitoring and Compaction Facility (WAMAC) and the Drigg Grouting Facility. Volume reduction by high-force compaction is performed at the WAMAC Facility and the compacted containers are filled with grout at the Drigg Facility to fill internal voids.	Concrete vault covered with a water-resistant cap and a soil layer planted with a vegetative cover. Engineered clay base beneath the concrete floor slab.
Centre de l'Aube (France)	Waste must be physically stabilized and radionuclides immobilized for specified concentration thresholds. Waste forms must pass strict tests for physical and chemical stability before the waste form will be accepted for disposal. Generators choose from approved treatment methods including incineration, bitumenation, cementation, polymerized resins, etc. Waste must be in ANDRA-approved containers.	Concrete vault covered with a concrete cap, sealed with a polyurethane and multi-layer cap (clay, bitumen, soil, and a vegetative cover). Space between waste containers is filled with grout or gravel (dependent upon the waste-specific activity). Each vault has a drain system which routes any liquids from the vault to a collection tank. The drain system is located in a concrete tunnel which provides access for inspection and repair.
Swedish Final Repository (SFR)	Each type of waste package must be approved by the Nuclear Power Inspectorate (SKI) and National Institute of Radiation Protection (SSI). Ion-exchange resins are solidified with cement or bitumen. Other processing includes incineration, melting, decontamination, and super-compaction to reduce volumes. Waste must be in solid form; have good chemical, thermal, and mechanical stability; have good immobilization properties; and have a low leach rate. The waste container must be grouted inside steel or concrete drums or boxes.	Crystalline host rock of under-sea caverns, fitted with concrete-walled cells. Each filled cell is backfilled with concrete grout.  High-activity waste is disposed in a special cell containing a concrete silo-shaped cavern equipped with internal walls to divide the silo into square shafts. The silo is built on a bed of sand/bentonite (90/10 percent) and the space between the silo wall and the rock is filled with pure bentonite. Once emplaced, waste is surrounded with grout.
Intrusion Resistant Underground Structure (Canada)	Waste is characterized and processed at the Chalk River Waste Treatment Center before disposal. Typical treatment includes incineration, compaction, and solidification. Most drums contain a bitumen waste form produced from liquid-solidification or ash immobilization.	An underground concrete vault with a permeable floor consisting of a 0.3 m thick layer of sand (90%) and clinoptilolite (10%) and a 0.3 m thick layer of sand (90%) and Dochart clay (10%). The clinoptilolite and clay have the capacity to sorb nuclides. The vault is covered by a 1 m thick concrete cap and 1.5 m of sand and soil with a vegetative cover.
U.S. DOE (See Table 8 for specifics of U.S. DOE facilities.)	Requirements are established on a site-specific basis from analytical results of the disposal site performance assessment.	Some sites use near-surface disposal techniques with surface barriers. Other sites use concrete vaults or tumuli in conjunction with surface barriers, if deemed necessary by the disposal site performance assessment.

表 7.5-5 美國 DOE 低放處置場之廢棄物狀況、工程結構與地表障壁設計需求  
(DOE, 1996)

Disposal facility	Waste conditioning	Engineered structures and surface barriers
Hanford Low-Level Burial Grounds	No free liquids are accepted and void space must be minimized (generally less than 10 percent of the package volume). All Category 3 (higher activity inventory) waste must be stabilized. Waste may be stabilized by enclosing it in a high-integrity container (HIC), by processing into a stable waste form, or may be shown by analysis to be inherently stable. Processed waste must satisfy performance testing criteria of the NRC Technical Position on Waste Form.	Near-surface disposal in V-trenches and wide-bottom trenches. The waste is backfilled with soil and a final cover, designed to limit the infiltration rate to less than 0.5 cm/yr, is applied to the parts of the disposal facility containing Category 3 (higher activity inventory) wastes. <sup>19</sup>
INEL Radioactive Waste Management Complex	No free liquids are accepted and void space must be minimized. Combustible wastes are incinerated and the ash is stabilized in cement. Large metal shapes are cut down and some wastes are compacted for volume reduction.	Near-surface disposal in pits, trenches, and soil vaults. An earthen cover is placed over the waste during the operational period. Upon closure, a thick soil barrier with a vegetative cover will be emplaced over the operational cover, giving a total soil cover of 5 m. <sup>20</sup>
Nevada Test Site Area 3	No free liquids are accepted and void space must be minimized. Containers must meet stacking strength specifications. Fine particulates must be immobilized. Where practical, waste must be crushed, shredded, and configured to promote waste minimization and to provide a more structurally and chemically stable waste form. Chemical stability must be documented.	Near-surface disposal in subsidence craters from underground nuclear tests. Wastes are disposed using conventional landfill techniques where each layer of waste is covered with 1 m of fill before additional wastes are disposed in the pit.
Area 5		Near-surface disposal in pits, trenches, and boreholes. An earthen cover is placed over the waste during the operational period. Upon closure, a final cap (not yet designed) will be emplaced to enhance facility performance. <sup>21</sup>
Los Alamos National Laboratory MDA G	No free liquids are accepted and void space must be minimized. Fine particulates must be immobilized.	Near-surface disposal in pits and 20 m deep disposal shafts. Waste is placed in the pits and shafts in lifts and crushed tuff is placed in void spaces, between the lifts, and on top of the waste. Filled pits are covered with at least 3 ft. of crushed tuff and 4 inches of top soil and planted with native grasses. Shafts are topped with 1 ft. of concrete shaped to promote drainage away from the shaft. <sup>22</sup>
Oak Ridge Reservation Solid Waste Storage Area 6	No free liquids are accepted and void space must be minimized. Non-compactible wastes are segregated and compactible waste is compacted. The waste form must be stable under the presence of moisture, microbial activity, and internal factors such as radiation effects and chemical changes.	Above-grade tumulus uses concrete rectangular vaults filled with waste, annular spaces are filled with concrete, pre-cast concrete lid is placed on the vault and sealed with bitumen. The vault is subsequently loaded and stacked onto a curbed concrete pad and capped with natural materials. Surface drainage channels divert surface runoff away from the pad. <sup>23</sup>
Disposal facility	Waste conditioning	Engineered structures and surface barriers
DOE Savannah River Site E-Area Vault	No free liquids are accepted and void space must be minimized. Waste packages must not contain greater than 15% void volume. Fine particulates must be immobilized.	Above-grade concrete vaults covered with soil, clay, and a gravel/earthen cap with a vegetative cover. The vaults have a concrete cover to divert surface runoff away from the vaults. The floor of the vault slopes to a drain which runs to a collection sump, which is monitored for radionuclides during the operational period of the facility. <sup>24</sup>
Saltstone	Decontaminated salt solution from the In-Tank Precipitation and Effluent Treatment Facilities is treated by a grouting facility and permanently disposed in above-grade vaults.	Above-grade concrete vaults covered with soil, clay, and a gravel/earthen cap. The saltstone is poured into the vault, leaving approximately 0.3 m from the top of the vault wall to be filled with uncontaminated grout. After all cells are filled, a permanent concrete roof is installed. On closure, soil is placed between the vaults and clay/gravel drainage system with earthen and vegetative cover installed to route precipitation. <sup>25</sup>

## 第八章 結論與建議

本計畫針對低放射性廢棄物處置設施的場址特性、設計與建造所涉及的管制技術與管制規範，參酌美國核能法規 NUREG-1200，對照我國低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則相關之細則以及安全分析報告，建立對應的審查導則草案，包括本報告第三章「場址之特性描述」審查導則，可供場址特性調查管制技術之參考，第四章「處置設施之設計」審查導則以及第五章「處置設施之建造」審查導則，可供坑道處置設施設計與施工管制技術之參考。

本計畫亦蒐集整理國內外有關場址調查與特性描述之相關報告與法規，說明於第六章，有關處置設施設計與建造之相關報告與法規整理於第七章，可供未來修定審查導則之參考。

為避免我國與美國因法規制度不同、事業目的管理單位權責不一而造成目前整理之審查導則出現誤用或認知偏頗情事，本報告第三、四及五章將引用美國法規、條例或管理規則以及明顯不合我國國情之規定，皆以斜粗體字型表示；部份中文化過程存在疑義者，屬工程邏輯問題者以紅色字體表示，屬文義不清問題者附上原文並以紅色字體表示；將 NUREG-1200 審查發現舉例說明之描述，以斜體黑色字型表示；將審查導則草案初稿相關章節相互引用者以底線表示；本研究增列部份則以斜體灰黑色字型表示。建議後續因針對上述課題，進一步深入研究，可直接針對差異處、重要討論之項目等，進行深入之比較與探討，研訂更完整的審查導則暨管制技術規範。

附錄 一

美國核能法規 NUREG-1200 第二章內容之中文化

### 3.0 場址之特性描述

#### 3.1 社會與經濟

##### 3.1.1 審查範圍

審查委員將審查目前以場址為中心**半徑十公里**範圍的人口分布、未來發展、城市或鄉鎮的人口狀況、離場址最近的居家與移動人口(transient populations)等，及**半徑五十公里內人口超過一萬的城鄉地點**、人口狀況與重要的天然環境。

##### 3.1.2 審查程序

###### 3.1.2.1 接受性審查

審查委員遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查 *SAR* 中對人口分布資訊之完整性。

###### 3.1.2.2 安全性評審

評審委員選擇每一個申請案並強調與本 SRP 相關之各種面向的評估要項。*10 CFR 61* 並沒有明確規定人口統計的數字以做為接受的標準。然而，*10 CFR 61* 指出，低放射性廢棄物處置場址的選定，與其人口的成長與未來發展，不能對該設施運作能力達到規定的效能目標造成影響。因此，審查委員必須對目前與未來人口統計數字做出獨立的判斷。審查員必須(一)確定該申請案遵照 *NUREG-1199* 規定與格式提出數據；(二)確認申請人已提出目前與預估人口狀況圖，此圖應由**主要計畫部門(principal compass sectors)**提供，並應足以供作經由大氣途徑(atmospheric pathways)造成之輻射劑量評估(dose assessment)所需；和(三)比對申請人所提出之人口資料與現有獨立之數據(例如，人口普查局資料包括其他任何可能已完成之普查，當地或州立調查局和區域政府議會等)；(四)記錄任何需要進一步說明的重要差異。

審查委員必須比對申請人之**人口發展預估數字**與其它獨立之數據(例如人口普查局資料等)，且必須標註任何申請人對此數據之低估或需要說明的部分。進一步，審查委員需(一)確認申請人提出場址**半徑十公里**內移動人口數據；(二)評估低放射性廢棄物處置設施與附近的人口聚集處，包括目前已有或預估在設施運作其間會到達**一萬人口數**以上區域之範圍內的特性；(三)使用範圍內現有相關資料包含土地使用計畫和趨勢、土地使用控制(如土地分區)、成長潛力或其它可能抑制或刺激人口成長的數據。

### 3.1.3 接受準則

#### 3.1.3.1 法規要求

審查委員將依**放射性物料管理法**、**放射性物料管理法施行細則**、**處置安全管理規則**及**運送許可辦法**之要求，決定申請人對接受與檢查廢棄物所提出的程序是否可被接受。本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

**10 CFR 61.50**，「**陸域處置之廢棄物處置場適用規範**」(a)(3)，要求廢棄物處置場址的選定，其人口的成長與未來發展，不能對該設施運作能力達到 **10 CFR 61** 之 **C 部分**所規定的效能目標造成影響。

#### 3.1.3.2 法規指引

無。

#### 3.1.3.3 法規評審準則

如上所示，**10 CFR 61** 並未在執照申請要求中規定人口統計狀況的條件。然而，審查委員必須嘗試去判斷其預估人口成長與未來發展，不致對該設施運作能力達成 **10 CFR 61** 條列之 **C 部分**所規定的效能目標造成影響。

### 3.1.4 審查發現

#### 3.1.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 **SAR** 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 **10 CFR 61** 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.1.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之人口分布審查。

申請者提供之相關資料已符合 **NUREG-1199** 規定內容與格式之規範，並已提供場址相關之描述與安全評估，這些描述與評估包含人口現況與未來預估人口密度資料。此外，審查委員已比較現有獨立數據，確認申請人對場址範圍內現有與未來預估人口數據(包含移動人口數據)。故申請者提供之相關資料為可接受。

### 3.1.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste



- Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991
- (3) ---, NUREG-O902, “Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (4) ---, Regulatory Guide 4.19, “Guidance for Selecting Sites for Near-Surface Disposal of Low-Level Radioactive Waste, 1988.
- (5) NUREG-1388, “Environmental Monitoring of Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” 1989

## 3.2 地形與地貌

### 3.2.1 審查範圍

審查委員將對 *SAR* 中關於場址地質特性的資料加以審查，以判斷這些資料是否足以支持申請者關於各項設施之合適性所獲致之結論。相關資料必須確切與清楚的顯示場址在構造(tectonic)及地質作用(geological processes)方面可符合法規 10 CFR61 訂定的效能目標。特定的審查範圍說明如下：

(1)申請人提出的區域性地質構造、地體構造歷史、區域性應力和地震歷史等描述，審查委員將審查區域性地質構造以及地體構造之活動性，特別是區域性地震發生的可能性以及場址附近可能被誘發活動的地質構造。

(2)提出申請的設施若處於中至高度地震帶，審查委員將評估其地震發生的特性，以確認是否地震與地質構造有關，如地震是否將造成斷層錯動(faulting)或造成斷層相關之褶皺(fault-related folding)。若地震之發生與地質構造有關，則該地質構造可能引致之最大地震必須進行評估，評估時應將下列因素列入考慮：斷層的形態、斷層長度、斷層之位移、斷層滑動速率、斷層移動特性(sense of fault movement)、地震歷史和斷層錯移歷史等。

(3)審查委員將針對場址坐落所在的地體構造進行審查，若有需要，並應分析該場址地區的火山活動歷史及可能的近期火山活動。分析內容將含每一主要火山活動時期之概述、火山的組成與年代以及附近圍岩的分層狀況。針對申請者所提出的每一座火山，審查委員也將針對礦物學和地球化學進行評估，以及任何與火山相關的破裂或錯移及其發生機制。

(4)審查委員將檢核地形調查結果，以作為下列情形之佐證：

(a)破壞性地質作用(destructive geologic processes)；例如塊體滑移(mass wasting)、過度的侵蝕速率(excessive erosion rates)、山崩(landslides)及岩石滑動(rockslides)；(b)斷層活動性和地表變形等。例如，斷層崖或崩崖(escarpments)、橫斷嶺(shutter ridges)、過陡山谷(oversteepened valleys)和急切河流(sharply incised stream)等，均有可能是破壞性地質作用之表徵，而場址常會因破壞性地質作用而

無法被接受。

此項目之審查將與 *SAR* 中其它地質相關主題整合。多種專業的整合審查將在下段討論，包括：水文地質單元、地表及地下水通道或屏障、液化潛能以及大規模坡體破壞等的評估與判定。

審查委員必須認可申請者所提出地層、岩性和地形特性相關資料，這些資料為發展可接受的水文地質模式之基礎，而地表及地下水儲存與流動狀態需根據水文地質模式加以模擬，審查委員將審視申請者提供之資料，是否足以支持其水文地質單元和地表及地下水流路之描述。對地下水流況充分了解，才能確認場址外之輻射傳輸量不會超過法規 *10 CFR61* 的限制。SRP 3.11 節的審查時，基於現地調查和實驗室試驗，審查委員將用到地質資訊的審查結果，以決定是否接受土壤和岩石進行之分層(layering, profiles, and cross-sections)結果，以及設施設計時相關之場址及外來材料工程特性。

### 3.2.2 審查程序

#### 3.2.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP，審查委員將審查 *SAR* 中場址地質特性資訊之完整性。若本 SRP 第 2 節所提及的資訊，均來自於申請者完整的文獻研究與適當的場址現地勘查，即可將 *SAR* 視為可接受。諮詢曾於場址附近進行地質調查之民間公司、聯邦政府或當地政府局處，將有助於確保 *SAR* 中地質資料的正確性。

*SAR* 中若能提出充分資訊，使審查委員對申請者的假設、分析和結論做出獨立的判斷，則審查將能快速的完成。也就是說，若 *SAR* 能以符合邏輯的方式提出其數據、理由和結論，審查委員則可免除多餘的延伸判斷或另行搜尋佐證的文獻。*NUREG-1199* 中標題為“區域地質”(Regional Geology)和“場址地質”(Site Geology)的單元，主要目的即在於描述影響場址的地質特性。因此，所有地質資料與數據的討論、解釋和結論，都必須導向此一目標。地質資訊呈現之不足，將導致補充資料的時間浪費，甚至導致 *SAR* 遭徹底否決。

#### 3.2.2.2 安全性評審

當 *SAR* 被評定屬完整並列入備審時，審查委員將以下列三個階段執行審查。

階段一：

審查委員將徹底審查確認，*SAR* 中地質資料說明及結論是否建立在嚴謹的地質分析技術上，而且地質資料的有效性，不超過 *SAR* 或其它文獻提供資料之相關限制。在這個階段審查委員將會與申請人舉行會議，以釐清問

題並提出新數據。此會議通常將於建議場址舉行，以利同時舉行場址的現地勘查。

經過 *SAR* 審查及檢驗，審查委員可能對申請人提出補充資訊的要求。所提出的問題及建議都將要求申請人對 *SAR* 未著墨的問題，或資料的不充足部分做出說明，使審查委員能與申請人對於 *SAR* 中所做的說明或結論達成一致的看法。

階段二：

審查委員將評估申請人於第一階段產生問題時的回應，並做出 **安全評估報告 *SER* (Safety Evaluation Report)**。*SER* 可能做出同意申請人的主張，也可能將待解決而未能被解決的問題列為 *SER* 的補充資料。如果審查執照申請的進度，並不允許這些未解決的問題以補充資料呈現於 *SAR*，審查委員可能將這些未解決問題直接列為 *SER* 之審查主張。所謂審查主張，即為審查委員於符合法規 *10 CFR 61* 效能目標之條件下，要求申請人須接受足夠保守之特定解釋或條件。

階段三：

審查委員應評估申請人所建立的 **成果確認計畫 (performance confirmation program)**。這項計畫透過設施建造或廢棄物放置作業期間實際遇到的地表和地下狀況，用以了解地質條件是否符合執照審查中的假設模型。此計畫應在場址建築作業時開始，持續到廢棄物放置溝槽的開挖期，一直到所有處置溝槽永久關閉時。每一個溝槽或開挖都應繪製地質圖，並根據觀察到的改變情況進行分析，這些結果都將依照成果確認計畫由審查委員審查。

### 3.2.3 接受準則

*SAR* 資料若符合 *10 CFR61* 規定及以下所列準則，可視為通過。

#### 3.2.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR61.12*，「**特定技術資訊**」(a)，相關於場址及鄰近地區地質特性敘述部分。
- (2) *10 CFR61.13*，「**技術分析**」(a)，相關於場址自然特性之定義與區分。
- (3) *10 CFR61.23*，「**執照頒定標準**」(b) (e) (f)，要求申請者提出可保護大眾健康與安全的保證，並須合理保證符合 *10 CFR61 C 部分之效能目標*，以及 *D 部分之技術規範*。
- (4) *10 CFR61 C 部分*，「**效能目標**」，*10 CFR61.41* 和 *10 CFR61.44*，要求該設施應該達成的效能目標。

- (5) **10 CFR61.50**，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a)(1)，訂定符合成為近地表處置場址特性的最低要求。
- (6) **10 CFR61.50 (a) (2)**中，要求場址應被特性化(characterized)、模擬(modeled)、分析(analyzed)與監測(monitored)。
- (7) **10 CFR61.50 (a) (9)**中，要求構造作用例如斷層錯移、褶皺、地震或火山活動等，其發生頻率或影響程度，對設施符合 **10 CFR61 C 部分「效能目標」** 的能力造成嚴重影響之場址應避開，無法模擬與預測其長期影響之場址亦應避免。
- (8) **10 CFR61.50 (a) (10)**中，要求地表地質作用如塊體滑動、沖蝕、潛移、山崩或風化等，其發生頻率或影響程度，對設施符合 **10 CFR61 C 部分「效能目標」** 的能力造成嚴重影響之場址應避開，無法模擬與預測其長期影響之場址亦應避免。
- (9) **10 CFR61.53 (a)**，「**環境監測**」，要求地質資料之取得，以提供界定該場址特性之基本環境數據。

**SAR** 中若能提出充分資訊，使審查委員對申請者的假設、分析和結論做出獨立的判斷，則審查將能快速的完成。也就是說，若 **SAR** 能以符合邏輯的方式提出其數據、理由和結論，審查委員則可免除多餘的延伸判斷或另行搜尋佐證的文獻。**NUREG-1199** 中標題為“區域地質”(Regional Geology)和“場址地質”(Site Geology)的單元，主要目的即在於描述影響場址的地質特性。因此，所有地質資料與數據的討論、解釋和結論，都必須導向此一目標。地質資訊呈現之不足，將導致補充資料的時間浪費，甚至導致 **SAR** 遭徹底否決。

### 3.2.3.2 法規指引

**NUREG-0902 之 4.1 節**提供幫助申請人符合規範的法規導引。其中相關於場址地質特性的部分將被引用。

### 3.2.3.3 法規評審準則

申請人所提出“區域地質”和“場址地質”部分，若均能完成報告並做出完整紀錄，且能符合 **10 CFR61(a)、(2)、(9)、(10)**的規範，則此部分將可通過。所提出資訊必須涵蓋該區域與場址的地球物理、地質歷史、地形、地層、岩性、地質構造和地體構造等。更精確地，還必須提出下列各項場址特性：

土壤液化導致之流動跡象(indications of liquefaction-induced flowage features)；喀斯特地形(karst terrain)；斷層(faulting)；結晶變形(crystal deformation)；差異沉陷(differential subsidence)；塊體移動(mass wasting)；局部應力狀態(regional stress regime)和人類活動的影響等。對應上述場址地

質，以下之主題亦應納入審查：包括地形、邊坡穩定、流體之注入與抽取(fluid injection and withdrawal)、基岩的溶解(bedrock solutioning)；剪裂帶(shearing)；節理(jointing)；裂隙(fracturing)以及地震活動等作用。以上需針對區域及場址條件評估的資料於 *NUREG-1199* 中有相關說明及討論。

上述資訊必須依照適當的參考文獻作出完整紀錄，包括已出版和未出版數據和資料，以及私人溝通所取得之資訊等。圖說應包括地體構造、地質、地形以及地質構造圖；地層剖面；鑽孔柱狀圖；電測井錄(electrical logs)；以及航空照片。若有需要，特定場址也應於圖面標示油井、瓦斯井、斷層、喀斯特地形特徵、以及反射震測剖面(seismic reflection profiles)等。

### 3.2.4 審查發現

#### 3.2.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

審查委員的評估若確認 *SAR* 已符合“接受條件”中的規範與導則，則在 *SER* 報告的結論中將會陳述申請人的資料已充分支持其結論。任何在 *SAR* 中重要缺失未被解決的問題或保留條件，將會在 *SER* 清楚列出，並清楚定義問題的本質。若無重大或未解決的問題，審查委員將會認定申請者在本單元已符合 *10 CFR61* 之規定為可被接受。

#### 3.2.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.4 節*，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之場址地質特性的審查。

場址之地質已被適當地特性化(characterized)，模擬(modeled)與分析(analyzed)，以確保 *10 CFR61 C 部分*和 *10 CFR61.50 (a)(2)*之長期效能目標已被滿足。

場址附近地體構造和地質作用以及地震活動頻率與影響程度不致造成設施無法符合 *10 CFR61 C 部分*和 *10 CFR61.50 (a)(9)(10)*之效能目標。

### 3.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG- O902, Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (3) ---, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application

for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.

### 3.3 氣象

#### 3.3.1 審查範圍

審查委員將審查可能影響低放射性廢棄物最終處置場址安全設計、建造、運作與關閉作業之區域平均或極端的氣候狀況與現象。審查作業將涵蓋以下章節所提之特定範圍。

##### (1) 廣域(regional)資訊

(a) 廣域氣候一般性之描述，包括氣團種類、天氣特徵(高、低氣壓系統和鋒系)、一般氣流型態(如風向與風速)，氣溫和濕度、降雨以及綜觀尺度的大氣過程(synoptic-scale atmospheric processes)與局部氣象條件(local meteorological conditions)關係等。

(b) 季節性與年極端氣候現象的發生頻率，包括龍捲風、暴雨、雷雨、閃電、冰雹以及空氣汙染高潛勢(high air pollution potential)。

##### (2) 局部區域(local)資訊

(a) 設計作業及功能評估依據之氣候狀況，包括：

1. 設施運作期與安全相關結構物之屋頂，必須能承受之最大雪與冰載重。
2. 與天氣相關之放射性輻射傳導參數，包括平均與最大風向量、持續時間以及降雨強度等。
3. 一般天氣相關的場址劣變參數，包括降雨強度與延時、風向量、氣溫與氣壓梯度等。
4. 極端天氣相關的場址劣變參數，包括龍捲風、暴雨、雷雨、閃電、冰雹以及極端空氣汙染潛勢(來自場址外之汙染源)

(b) 描述場址當地氣候，如氣流、氣溫、大氣中之水蒸氣(atmospheric water vapor)、降雨、霧、大氣穩定度及空氣品質等。

(c) 氣候對設施之影響評估，以(1)所列當地氣候參數來評估設施建造、運作和地形效應修正的影響。

(d) 因設施建造而改變的場址地形描述及其環境概況，包括場址邊界及緩衝地帶等。

#### 3.3.2 審查程序

##### 3.3.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199 美國核子管制委員會規範* 以及本 SRP 審查 SAR 報告中對氣象與氣候資訊之完整性。

### 3.3.2.2 安全性評審

審查委員將確認 SAR 中有關氣象與氣候基本資訊之完整性與正確性。風與大氣的穩定度資料應以場址現地資料為主，因為氣流與垂直氣溫結構可能因為位置的改變而有明顯的改變，特別是這些資料將成為評估場址大氣擴散條件之輸入資料。其它鄰近有代表性之氣象站的長期監測資料仍應納入參考，因為 SAR 作為設計基準之氣象資料應與場址極端氣候強度與頻率進行比較，而其他相關分析亦將用這些資料來判斷氣象條件是否將成為設計或緊急作業程序的重要限制。當場址現地測量資料以外的資料被使用時，審查委員必須判斷此資料具有多少代表性足以代表現地狀況，以及是否有其它更具代表性的資料可供使用。審查委員將使用下列各官方資料：*美國商業司國家海洋與大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)* 之「各州氣象概要(State Climatological Summary)」、「當地氣候資訊 - 年度概況之比較分析(Local Climatological Data-Annual Summary with Comparative Data)」和 NOAA 提供的環境資料等。審查委員將運用這些資料來評估使用之氣象站或記錄時期是否具代表性。審查委員必須熟悉所有主要氣象資料的監測位置。

審查委員將確認由申請人提出的地形圖及地形剖面圖，必須清晰可讀並清楚標示，可快速找出審查所需的相關資料。重要的相關位置如設施結構、場址界線和緩衝區皆須在所有地圖及圖表上標明。

審查委員將比較申請人之地形效應評估與如「*氣象學與核子能源-1968 (Slide, 1958)*」中提供之標準評估方法，以決定此大氣擴散模式是否適用於本場址。

審查委員將審查場址所在的地區性氣候概述是否完整與確實。申請人所提出之氣候參數如氣團、一般氣流狀況、壓力模式、鋒系和溫濕度狀況，審查委員皆須逐項與標準參考值(Thom, 1958; Department of Commerce, 1968)相比較，以確認其測量地點與記錄時間是否恰當。

審查委員將確認申請者針對綜觀尺度的大氣過程對當地氣象狀況影響之相關描述，並對照「*美國氣象圖集”(Climatic Atlas of the United States)*」與「*當地氣候資訊 - 年度概況之比較分析”(Local Climatological Data - Annual Summary With Comparative Data)*」(兩者皆由美國商業司出版)。

因為平均與極端的氣象資訊僅能從區域性氣象站的長期監測資料取得，而該氣象站通常並不鄰近於場址所在，所以審查委員必須先確定資料對

場址具有足夠的代表性，再去確認氣象站與其資料之合適性。

### 3.3.3 接受準則

#### 3.3.3.1 法規要求

無。

#### 3.3.3.2 法規指引

無。

#### 3.3.3.3 法規評審準則

無。

### 3.3.4 審查發現

#### 3.3.4.1 引言

無。

#### 3.3.4.2 審查發現範例

無。

### 3.3.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) Slade, D.H., ed., “Meteorology and Atomic Energy – 1968,” TID-24190, Division of Technical Information, U.S. Atomic Energy Commission, Washington, DC, 1968.
- (3) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991
- (4) ---, Regulatory Guide 1.23, “Onsite Meteorological Program (Safety Guide 23)”.
- (5) ---, NUREG-1388, “Environmental Monitoring of Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” 1989
- (6) ---, NUREG-0902, “Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (7) Thom, H. C. S., , 「New Distribution of Extreme Winds in the United States」, Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, pp. 1787-1801, July 1968.
- (8) U.S. Department of Commerce, “Climatic Atlas of the United States,” Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, June 1968.



- (9) ---, “Local Climatological Data-Annual Summary with Comparative Data,” Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, published annually for all first-order National WEATHER Service stations.
- (10) ---, “State Climatological Summary,” Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, published annually by State.
- (11) ---, “Storm Data, Environmental Data Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, published monthly.

### 3.4 地質與地震

#### 3.4.1 審查範圍

審查委員將針對地震與地球物理調查結果進行審查，以確保該低放射性廢棄物處置設施能安全運作並符合法規之效能目標。這些調查主要著重在最大地震潛勢的評估，而評估時應將區域和場址地質狀況列入考量。

審查重點為應由申請人進行之以下調查項目：地震特性(seismicity)，場址與區域地體構造特性，地震活動與地質構造或地體分區間的相互關係，最大地震潛勢，場址地震波傳遞特性，設計基準地震，沉陷和液化潛勢以及地球物理方法等。

#### 3.4.2 審查程序

##### 3.4.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP，審查 *SAR* 中對地震調查資訊之完整性。

##### 3.4.2.2 安全性評審

在申請書接受並進入備審時，審查委員將依下列所述執行審查：

- (1) 審查委員將針對地震相關與地球物理相關資料進行評估，並決定相關資料是否能被接受以及是否符合本 SRP 第 4 節的準則。審查委員可視需要召開會議請申請人釐清與資料相關之問題。
- (2) 進行現地勘查以(a)釐清或確認 *SAR* 中所提出的相關資料；(b)檢核場址之地質構造；(c)評估鑽探岩心、探坑(exploratory trenches)、和地球物理探勘資料等。
- (3) 根據現勘和申請文件的資料，審查委員將在必要時向申請人提出補充資料的要求，並且陳述可能與申請人相同或相左的主張。

針對補充資料評估其適合性及完整性並撰寫 *SER*，*SER* 中將包含任何

需要進一步調查的待討論之開放性問題，這些問題必須於附加於 **SER** 中。

### 3.4.3 接受準則

#### 3.4.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR61.12**，「**特定技術資訊**」(a)，相關於場址及鄰近地區區域特性和地震活動。
- (2) **10 CFR61.12(d)**相關於設計基準地震(design basis earthquake)與主要設計條件之關係。
- (3) **10 CFR61.13**，「**技術分析**」(a)(d)，對場址自然特性所扮演的角色，須清楚界定與區分，並須論證場址設施關閉後即使未進行常態的維護工作亦能維持長期之穩定度。
- (4) **10 CFR61.23**，「**執照頒定標準**」(b) (e) (f)，要求申請者應提出可保護大眾健康與安全的保證，並須合理保證符合 **10 CFR61 C 部分之效能目標**，以及 **D 部分之技術規範**。
- (5) **10 CFR61 C 部分**，「**效能目標**」，**10 CFR61.41** 和 **10 CFR61.44** 要求該設施應該達成的效能目標。
- (6) **10 CFR61.50**，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a) (1)、(a) (2)、(a)(9)、(a)(10)，要求：(a)場址可滿足長期效能目標的特點；(b)該場址必須可以被特性化、模擬、分析與監測；(c)避開地震活動將對場址設施達成效能目標能力造成嚴重影響的區域；(d)避開地質作用對場址設施達成效能目標能力造成嚴重影響的區域
- (7) **10 CFR61.53 (a)**，「**環境監測**」，要求取得地震資料以達成環境監測目的。

#### 3.4.3.2 法規指引

法規指引在於協助申請者符合 3.1 節法規要求，由下列文件提供：

- (1) **NUREG-0902**，「**場址之適合性、選址及特性調查**」，關於場址及鄰近地區特性的界定，包括地層、地體構造、地質構造、地震及火山風險，以及提供特定場址調查之指引與建議。
- (2) 「**Standard Review Plan for UMTRICA Title 1 Mill Tailing Remedial Action Plans**」**低放射性廢棄物管理與解除**中，與界定地震或地體構造災害相關部分，以及提供特定場址調查之指引與建議。
- (3) **10 CFR 50 附錄 A**，「**核電場的設計一般準則**」，與安全相關構件設計有關之地震影響。
- (4) **10 CFR 100 附錄 A**，「**核電場的地震和地質準則**」，與取得地震資

料並決定場址合適性的各項調查，以及界定低放射性廢棄物處置設施應考慮的地質與地震因子。

### 3.4.3.3 法規評審準則

有關審查範圍之評估準則，依循下列各節：

#### (1) 地震特性

申請人必須評估所有可得之歷史數據，並詳列場址範圍 **200 哩以內修正麥氏震度(modified Mercalli intensity, MMI)大於或等於第四級(IV)**，或**地震規模大於或等於3的所有地震參數**。申請者必須提出標示震央的地圖以顯示這些地震的分佈，以大比例尺的地圖，標出**場址 50 到 5 哩以內**發生的地震，以及地震發生率高的區域。申請者必須列出地震發生的時間、震源深度、震央座標、最大強度、規模和與場址的距離。規模屬於  $m_b$ ,  $m_l$  與  $m_s$  應該清楚標示，相關資料的來源亦必須說明。其它與山崩、地表斷裂和液化等相關之資料亦應一併提及。

#### (2) 場址與區域之地體構造特性

申請人須清楚正確的界定場址區域內所有重要地質構造與地體構造活動性，以決定地震潛勢。根據地質構造與地震的分佈情形，申請人必須依照歷史記錄，標示出場址附近的地體構造分區(tectonic provinces)，相同地體構造分區內地震潛勢具有一致性。地體構造分區可經由地震型態的研究、地質歷史的變化和現今地體構造而界訂出來。此外，在場址附近的區域若有活動斷層，必須在該區域地圖上標示地體構造分區、與這些斷層相關的地震位置以及相關的地質構造位置等。

#### (3) 地震活動和地質構造或地體構造分區間相互關係

當 **SAR** 顯示出地震的發生和地質構造或地體構造分區有關時，申請人必須提出其為何有關的理論根據，並將地質構造的特性、地區地體構造模型和歷史地震活動皆納入考量。地震位置和其震源深度應彙整條列，決定該地震位置所使用的方法也應敘明。相關資料呈現應以圖示標明地體構造分區、地震震央、地質構造位置，以及用來定義地體構造分區的相關資訊。所有的地圖皆應使用同一比例尺。

#### (4) 最大地震潛勢

申請人必須查閱文獻以界定有紀錄可循的**可信最大地震(credible earthquake)**及其地質結構或**歷史記載上最大地震**

(*historical earthquake*)與其地殼變動帶。所謂最大可信地震是指於該地殼活動帶的地質結構下可以合理預期會發生的最大地震。

當最新地質或地震活動證據出現，充分證明會造成比歷史紀錄上最大地震更大的地震時，應針對此問題加以討論，並加以預估可能發生的地震規模。當地震的發生與地質構造有關時，估算在此地質狀況下會發生的最大地震時，必須將地震的破裂長度(rupture length)和斷層的形態(正斷層或逆斷層等)列入考量。另外，若有可能時，地震的頻率(frequency content of the earthquake)也應加以討論。以場址為中心200哩範圍內所發生過地殼變動所引起的最大地震，其地震規模大於等於3，則必須提出等震度圖(iseismal maps)。場址的地表震動也應使用適當的衰減模式(attenuation models)加以評估。在評估地表震動時，應使用距離場址最近之地體構造分區相關之最大地震。

(5) 場址的地震波傳遞特性

為了估算場址的地表震動，必須先了解震源至場址的地震波傳遞特性。此外，岩盤上覆材料對於地震波有放大或衰減(amplify or deamplify)的作用，故應該加以描述。這些覆蓋材料及岩盤的壓力波速或剪力波速(compressional and shear wave velocities)、統體密度(bulk densities)以及剪力模數(shear moduli)的資料應依循 SPR 6.3 節相關說明加以陳述，計算使用的方法和皆須敘明。

(6) 設計基準地震

申請者必須描述地表和設施位置所關心之深度，其最大地震所造成的震動情形。最大地震造成場址尖峰水平和垂直加速度(peak horizontal and vertical accelerations)必須使用適當的衰減式(attenuation relationships)加以計算。適當的衰減式(attenuation equations)條列於 *NUREG/CR-375*，*附錄 C.A.* 中。地表震動之放大效應(amplification of vibratory ground motion)潛能必須加以討論。在某些狀況下，場址反應譜(site-specific response spectra)應與結構物設計反應譜(design spectra of the structures)進行比較。

在可能的狀況下，應該進行地震災害或然率(probabilistic seismic hazard)之預估，並應記錄這些災害估計的假設狀況與不確定性。根據地震災害或然率研究結果，應能點出哪一個震動源將會對場址造成最重要之影響。

(7) 沉陷與液化潛勢

根據 SRP 5.1.2 節與 6.3 節 之規定，靜態與動態條件下地下與回填材料之變形或差異沉陷、液化潛能，以及地表下土壤液化對覆蓋材料穩定度的影響等，皆須加以分析。

#### (8) 地球物理方法

申請人用以支持其場址地質適合性所使用的地球物理方法，必須加以說明。申請人應說明所使用地球物理方法的適用範圍，以及地球物理數據的取得、處理以及解釋等採用之方法。這些地球物理資料應彙整在地質構造的相關章節中，並做為其解釋之推理基礎。

有一些地球物理調查方法可以用在地下地質的探測，例如電測 (electrical)、反射震測 (reflection)、折射震測 (refraction)、重力 (gravity)、以及磁測 (magnetic) 方法。鑽探資料也同樣可以用來支持以上述地球物理方法所獲致的解釋。

### 3.4.4 審查發現

#### 3.4.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 **SAR** 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 **10 CFR 61** 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

審查委員在 **SER** 中必須著重的問題有地體構造分區、斷層活動、最大可能或歷史地震、場址地表加速度之估計、沉陷與液化、以及場址取得執照之合適性。

若審查委員評估結果，證明申請人已符合所有執照申請之規定，則將於 **SER** 中說明申請人所提供之資訊足以支持其場址之地震分析 (seismic integrity) 之結論。

此外，若有任何需要進一步討論的問題，審查委員必須在 **SER** 中詳述。

#### 3.4.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地震調查資料的審查。

審查的結論如下：

- (1) 申請者所提供之地震資訊充分，場址內並無活動斷層 (capable faults) 存在，將不致影響場區安全。
- (2) 設計基準地震已適當定義，而其場址放大效應的可能性也已討論。
- (3) 足夠之地球物理探測調查成果以施作並藉以進行場址特性化。
- (4) 申請人已符合 **10 CFR 61.41 至 61.44 法規** 規範之效能目標以及 **10 CFR 61.50(a)(1)、(a)(2)、(a)(9) 和 (a)(10)** 陸域低放射性廢棄物處置設

施的技術要求。

### 3.4.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-O902, “Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.
- (3) ---, NUREG-1199, “Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.
- (4) ---, NUREG/CR-3756, “Seismic Hazard Characterization of the Eastern United States, Methodology and Interim Results for Ten Sites,” D. L. Bernreuter, J. B.
- (5) Savy, R. W. Menstng, and D. H. Chung, Lawrence Livermore National Laboratory, April 1984.

General:

- (6) U.S. Nuclear Regulatory Comntssion, NUREG/CR-3756, “Standard Review Plan for UMTRCA Title 1 Mill Tailings Remedial Action Plans,” Low-Level Waste Management and Decommissioning, October 1985.

## 3.5 地表水

### 3.5.1 審查範圍

審查委員將審查 *SAR* 中與地表水文相關的資訊：(1)地表水特性與該場址之相關性；(2)洪氾或潰壩事件之設計基準的需要；(3)設施運作時期和關閉後可能受影響到的地表水使用者；(4)該場址滿足 *10 CFR 61.50* 場址適用性規定的能力。

### 3.5.2 審查程序

審查委員將取得並使用必要資訊，以確保審查程序的完整，同時，審查者亦將使用並強調 SRP 內容中適用於特定情況下的資料。

#### 3.5.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查其 *SAR* 中對地表水文資訊之完整性。若申請人資料有不適當或不充分之處，審查委員將要求其對該案件提供更多的資料或解釋。審查委員可以建議其所提出的 *SAR* 文件被拒絕或可接受，抑或是備案等待資料的補充。若補充資料充足，則可開始地表水文相關的技術性評估作業。

#### 3.5.2.2 安全性評審

審查委員將決定申請案是否符合 **10 CFR 61.50** 場址適合性要求之規範。委員將驗證 **10 CFR 61.50(a)(5)(2)**對海岸高災害地區或濕地之規範，以及 **10 CFR 61.50(a)(6)**上游集水面積最小化(*upstream drainage areas are minimized*)之相關規範 (也就是說，此場址未受易發生洪氾之河流所影響)。

依 **10 CFR 61.50(a)(10)**要求，場址內未發生無法防護的活動性侵蝕作用 (active erosion)

審查步驟將檢驗資料與數據的完整性，並將 **SAR** 提出之資料與現有參考資料逐一比較。以水文圈(hydrosphere)的敘述(如地理位置與區域水文特性)為依據，場址洪氾潛在的可能機制必須被界定清楚。若場址所在位置並沒有發表任何相關資料，則申請人必須執行該址洪氾與侵蝕之分析。審查委員將依照 SRP 6.3.1 節之規範步驟審查相關資料，審查指引則可查閱本 SRP 附錄 A 的洪氾和洪氾平原(flooding and floodplains)與場址穩定度規範。相關於上游集水面積最小化之資料則可參閱總結於 SRP 4.3 節之“公眾意見回應 (Response to Public Comments)”。

場址的現勘是必要的審查步驟。審查委員現場的勘查可以獨立地確認場址及其鄰近環境的水文特性。現勘的主要目的如下：

- (1) 讓審查委員認識場址狀況以及地區水文特性和地形地貌 (topography)，
- (2) 可觀察到一些無法量化或具多變性的特質及其相互關係，
- (3) 可即時觀察水文系統受擾動(stress)時期之行為，諸如若遇到大雨情形下的特性，
- (4) 確認申請者對於場址/設施水文介面之評估和描述，
- (5) 與申請者、申請者之工程人員與顧問共同審視具特定水文問題之區域。

除了勘察各項水文特性以外，審查委員若能與申請者之工程設計者討論及溝通特定問題和疑問，並有相互的了解，則可視為現勘的目的順利達成。此外，對於回應審查委員的問題點所需的一般性技術和程序應加以討論。

### 3.5.3 接受準則

#### 3.5.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.50**，「陸域處置設施場址之適用規範」(a) (5)，相關於經常性洪氾地區之選址和符合執行規則 *Executive Order 11988* 之「**洪氾平原管理導則(Floodplain Management Guidelines)**」。
- (2) **10 CFR 61.50(a) (6)**，相關於上游最小集水面積(minimizing upstream

drainage)。

(3) **10 CFR 61.50(a) (10)**，相關於避開侵蝕作用旺盛的區域

### 3.5.3.2 法規指引

洪氾平原與洪氾之場址適合性規範的導則請查閱本 SRP 附錄 A。  
NUREG-0902 中則提供場址選址與地表水文條件之額外導則。

### 3.5.3.3 法規評審準則

**SAR** 中提出的資訊接受與否，必須基於資料與圖完整度與適合度的定量評估。如果審查者足以獨立評估洪氾與高強度降雨的效應，則對於結構、設施和侵蝕防護設計的評估與敘述可視為完整。場址地形圖的品質及比例尺大小，需足以獨立進行建造工程前後的排水分析。

上述資料將成為後續水文工程分析的基本資料，這些分析之檢驗可參考 SRP 3.4.4 節、5.1.1 節和 6.3.1 節。因此，資料的完整和明確非常重要。地圖必須清楚與適當涵蓋分析所需數據。對於地表水及其使用之水文特性描述需詳盡，並需與 **美國地質調查所(U.S. Geologic Survey, USGS)**、**國家海洋與大氣管理中心(National Oceanographic and Atmospheric Administration)**、**水土保持服務機構(Soil Conservation Service)**、**陸軍工兵團(Corps of Engineers)** 或適當的 **州與河川流域管理局(State and River Basin Agencies)** 等所提出的資料一致。可能會對場址狀況有影響的水庫或水壩設施(已存在或將設置者)，可由 **USGS**、**美國墾務局(U.S. Bureau of Reclamation)**、**陸軍工兵團** 或其他管道取得適當相關資料。這些資料通常包括集水區列表、構造形態、附屬設施(appurtenances)、所有權、地震設計和溢洪道設計準則(seismic and spillway design criteria)、水位與庫容關係(elevation-storage relationships)與短期與長期庫容配置(short- and long-term storage allocations)。

審查委員若確認所提資料已清楚符合下列場址適合性之要求，則其資料與分析則屬可接受：

- (1) 場址未設立於經常性洪氾的地區(**10 CFR 61.50 (a)(5)**)並符合執行規則 **Executive Order 11988**，「**洪氾平原管理導則(Floodplain Management Guidelines)**」。
- (2) 上游最小集水面積(**10 CFR 61.50 (a)(6)**)標準程度為：
  - (a) 場址位於低淹水(inundation)潛勢區
  - (b) 需要實施降低洪水問題的洪水防護設施(flood protection measures)機會很少
  - (c) 各種工程設施主要是用來加強場址防洪設計而非補救防洪之不足。



(3) 場址內未發生無法防護的活潑侵蝕作用(active erosion)(10 CFR 61.50(a)(10))。

申請人所提出洪氾分析資料之接受準則詳述於 SRP 6.3.1 節。

### 3.5.4 審查發現

#### 3.5.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 10 CFR 61 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

評估的結果將包含一般水圈的場址敘述、鄰近場址的地表水使用者、以及根據 10 CFR 61.50 規範決定場址適合性。

#### 3.5.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP 3.5 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地表水文資料的審查。

該場址坐落於 Waste City, Pennsylvania，XYZ 溪之右岸(由上游往下游看)。XYZ 溪之集水區離場址約莫 91 哩(mi)。這條溪為東北流向，其平均河床坡度為 0.0012。XYZ 河流域為重要農作區，大部分為經濟作物與林地圍繞住宅區與工業區[提供參考資料]。

XYZ 溪從 1880 年代開始有洪水記錄資料。1912 年九月曾有洪水發生的紀錄；其它主要洪水發生在 1956 年八月、1961 四月、1963 三月以及 1966 年二月。

從 1907 年 XYZ 溪開始記錄低流速的數據，其最低流速每秒 8.7 ft 的紀錄發生於 1936 年十月。其 7-day 10-year 之流速(flow rate)估計約為 16.7 ft/sec[提供參考資料]。

位於 XYZ 溪的兩個地表水水質(surface-water quality)監測由美國地質調查所(USGS)自 1950 年監測至今。USGS 的分析通常包括所有水質參數。一般來說，含鹼度(alkalinity)，例如碳酸鈣(calcium carbonate)，在整個採樣期間超過美國環境保護局(U.S. Environmental Protection Agency, EPA)家庭用水標準值 20 mg/l。低流速時期硫酸鹽(sulfate)含量超過 EPA 標準值 250 mg/l。

申請者由 XYZ 溪緊臨場址處採取兩組樣本。分析的結果顯示河水並沒有遭受地下水排放的汙染。主要成分與示蹤物質從三月至六月逐漸減低，應與該期間逐漸增加的流速有關。

處置設施下游的地表水使用有限，距離最近的用水者是位於設施下游約 1.7 哩處，主要為灌溉之用，每天的使用量為 14 萬加侖。

申請者所提出資料說明該場址目前排水良好且無潮濕低地。申請者分析

及審查委員獨立評估顯示，該場址位於 XYZ 溪可能最大洪水水位之上，也就是說場址位處於 100 年和 500 年洪水水位之上。基於 SAR 提供資料和分析結果，以及 NRC 人員的現勘，審查委員認為 SAR 符合 10CFR 60.50(a)(5) 之法規規範。此外，因場址所在位置高於有效的洪水水位，因此 SAR 同時符合 10CFR 61.50(a)(6) 法規。

基於[提供之參考資料]之資料顯示及現地勘查，該場址現場並無地表作用如侵蝕(erosion)、邊坡滑動(slumping)以及崩塌(landsliding)的現象。審查委員認為符合 10CFR 60.50(a)(10) 之法規規範。

### 3.5.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) ---, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0902, "Site Suitability, Selection and Characterization," 1982, reprinted 1986.
- (3) ---, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

因為場址的地質多樣性以及龐大數量的水文學參考資料，不及備載。一般來說，USGS、NOAA、Army Map Service、Federal Aviation Administration 這些單位的地圖、圖表；USGS 對水資源的論文；陸軍工兵團的河流流域報告(river basin reports)；以及其他州立、聯邦或規範單位對於水文特性的描述皆已被參考使用。

## 3.6 地下水

### 3.6.1 審查範圍

審查委員將審查 SAR 中所有本 SRP 3.1 節到 3.6 節所訂相關於飽和與未飽和水流狀態(saturated and unsaturated flow regime)的描述與特性，以及蒐集相關資料的使用方法。再者，審查範圍將涵蓋用以確認飽和及未飽和層特性所需使用到的策略、理論根據和資料分析的結果。

關於飽和層資料模擬的發現與獲致之結論，將用於分析由 *LLTB (Technical Branch)* 委員審查本 SRP 3.8 節“水資源”項目下相關資訊與資料。此資訊應包含數值模式(numerical model)中的輸入資料描述、初始邊界條件(initial boundary conditions)以及模擬之物理過程(simulated physical processes)。關於未飽和層物理

特性的發現與獲致之結論，也將被用於證實 *LLTB* 審查委員按照 SRP 6.1.2 節“入滲(Infiltration)”和 6.1.5.1 節“地下水移動機制(Transfer Mechanism-Groundwater)”所獲致之審查結論。此資料應包含地下水補注的時間和空間分佈及達到飽和層的水量。

(1) 飽和層的特性

飽和層特性的審查範圍包括下列各項：

- (a)涵蓋說明相關於測量、採樣、符合 *10 CFR 61.12(j)*要求的品保計畫、採樣地點與採樣頻率決定之邏輯、測量使用的儀器以及監測井的建造等之規格文件。
- (b)現地和實驗室數據分析的步驟
- (c)描述所有可能受影響性之含水層系統、水文參數的空間(spatial)與地層層次(stratigraphic)分佈以及飽和層的平面寬度及厚度等，以符合 *10 CFR 61.12(a)*規範。
- (d)申請者所提出的概念模式包括補注區和流出區、主要含水系統之側向與地層層次間(lateral and stratigraphic)延伸的評估、含水層間的互動(互通)關係以及欲獲致結論所需之模式充足性，均須適切地達成 *10 CFR 61.50 (a)、(2)、(7)、(8)*選址規範的目標。

(2) 未飽和層的特性

未飽和層場址特性的審查包含：

- (a)涵蓋說明相關於測量、採樣、符合 *10 CFR 61.12(j)*要求的品保計畫、採樣地點與採樣頻率的邏輯、測量使用的儀器等之規格文件。
- (b)現地和實驗室數據分析的步驟
- (c)描述所有可能受影響性之含水層系統、水文參數的空間(spatial)與地層層次(stratigraphic)分佈，包括如特性曲線(characteristic curves)與入滲速率(infiltration rate)等，以滿足 *10 CFR 61.12(a)*規範之要求。
- (d)申請者所提出的概念模式，包括土壤含水量變化、側向與地層層次間(laterally and stratigraphically)的特性曲線、入滲與滲漏(percolation)速率、流體於不飽和層中整體之移動，以及欲獲致結論所需之模式充足性，均須適切地達成 *10 CFR 61.50 (a)、(2)、(7)、(8)*選址規範的目標。

(3) 飽和層的數值分析

飽和層數值分析的審查範圍包含：

- (a)發展數值模式的方法論、理論和根據，包含模式型態的呈現

(documentation)、驗證(verification)、校準(calibration)以及其他相關資料等。

(b)輸入模式的資料包括現地與實驗室測量與分析資料、使用地質統計或其他數據產生技術的資料、外界來源資料和現地的任何修正資料等。

(c)必須展示其模式所得的結果可適切地代表其執行層面的物理系統(physical system)。

(d)發展模式的結果包含模擬水頭分佈、速率分佈和所有可能影響含水層之地下水方向，皆適切地達到 *10 CFR 61.50 (a),(2),(7),(8)* 選址規範的目標。

#### (4) 未飽和層的數值分析

未飽和層數值分析的審查範圍包含：

(a)所使用之分析模式的方法論、理論和根據，需要的話，使用的資料模式包含模式型態、呈現(documentation)、驗證(verification)、校準(calibration)以及其他相關資料等。

(b)輸入模式的資料、產生或簡化(generation or reduction)資料的條件以及外界來源資料和現地或實驗室的任何修正資料等。

(c)模擬的結果，包含地下水運動的方向、滲透量、滲漏至飽和層的空間與時間分佈以及異常高或異常低滲透的區域。

(d)必須展示其模式所得的結果可適切地代表其執行層面的物理系統(physical system)。

### 3.6.2 審查程序

#### 3.6.2.1 接受性審查

審查委員將遵照 *NUREG-1199* 及本 SRP 規定，針對 *SAR* 中關於地下水特性資料描述的完整性進行審查。審查委員將使用標準評估程序，陳述資料的遺漏、缺點和不當。若資料不適切或不足時，審查委員將要求申請人提供補充資料或提出解釋。審查委員在此階段將對申請資料做出否決或接受或備案等待補充資料的決定。

#### 3.6.2.2 安全性評審

##### (1) 特性描述

審查委員將執行現地勘查、與技術專家討論，並將比較申請資料與相關科學文獻以確定水文地質方面的描述是否正確。

##### (a) 飽和層

審查委員將透過評估試驗及監測計畫以及採樣程序以審

查區的資料，審查委員並將評估取樣地點之邏輯，同時驗證這些資料與區的複雜程度是相稱的。審查委員亦將確認蒐集、保存及樣品分析的程序是可被接受的。審查委員必須確定蒐集、保存和樣品的實驗室分析都受到適當的品質控制。審查委員也將評估非申請人設置、用於特性描述之監測設備(包括場址附近的滲出(seeps)、湧泉(springs)以及私人、地方政府或工業水井的特性)。

審查委員將評估申請人進行之含水層試驗，以確保試驗方法採用了正確的假設、分析方法以及試驗程序，*LLTB* 委員將評估導自試驗之導水係數(transmissivity)、儲水係數(storativity)以及水力傳導係數(hydraulic conductivity)結果是精確的。

審查委員將判斷地下水是否流出表面進入設施中(*10 CFR 61.50(a)(8)*)以及是否因水位的變動造成地下水與廢棄物接觸(*10 CFR 61.50(a)(7)*)。再者，審查委員將確認主要水文參數的描述、地下含水層的範圍、補注-流入區、流速和方位以及流動穿越時間，這些描述均應包含季節性變異及長期趨勢。

(b) 未飽和層

審查委員將評估未飽和層監測計畫和採樣程序的相關資料，並將評估取樣地點之邏輯以及證明這些資訊與未飽和層的複雜程度相稱。

審查委員將確認未飽和層的描述以融合了所需之現地與實驗室資料，包含季節性變異及長期趨勢。審查委員也將使用可接受的方法進行獨立分析，以確認申請人對棲止含水層(perched aquifers)發展的可能性分析結果是適當的。

(c) 概念模式

審查委員將謹慎分析及評估申請人提出之概念性模式，此一概念性模式將描述實際應用範圍內所有的水文地質過程與特性，包含深層滲漏(deep percolation)的潛勢、補注/流出區域、影響區域水文地質過程之異常物理參數、含水層(aquifers)與局限含水層(confining layers)之分佈、含水層間互制作用以及飽和與未飽和層地下水的移動。

審查委員將審核水文地質概念模式，以判定模式是否具有可攻擊的缺陷、模式的保守程度以及將此一水文地質概念模式納入統一概念模式(unified conceptual model)中資料的適當

性。再者，審查委員也將審查申請人所提出之結果是否能適切的滿足 **10 CFR 61.50(a)(2)(7)(8)** 要求的相關陳述。

## (2) 數值分析

審查委員將審核申請人於場址及其附近所蒐集數值分析需要的地下水資料。這些資料通常與解析分析或數值分析有關。審查委員將確認選擇的分析模式被適當地呈現(documented)、驗證(verified)及校準(calibrated)，並可適當地模擬場址及鄰近地區的物理系統。

審查委員關於區之審查將從申請人所使用的模擬策略開始。不管申請人選擇解析或數值模式，相關方法都必須加以解釋，審查委員將審查其模式建立策略，以判斷其是否合乎邏輯且正確無誤(logical and defensible)。

審查委員將審查模式輸入資料產生和簡化方法(reduction techniques)是否合理。輸入資料的修正-模式率定必要過程-需要由審查委員加以審查，以確定新資料是合理的且正確無誤的(realistic and defensible)。

資料審查完成後，審查委員將判斷申請者的結論是否適切地保守或符合實際，且符合 **10 CFR 61.50(a)(2)(7)(8)** 要求。然而，若審查委員認為其結果來自不適當的分析，則審查委員將與申請者溝通其疑慮。另一個作法是，審查委員將決定執行獨立性分析，並將分析結果與申請人之結果作比較，以確定其結果是否保守且無誤。

## 3.6.3 接受準則

### 3.6.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.12**，「**特別技術資訊**」(a)，相關場址與鄰近區域水文特性之描述。
- (2) **10 CFR 61.12 (j)**，相關判斷處置場址自然特性之品質控制作業的描述。
- (3) **10 CFR 61.50**，「**地表處置之場址適合性要求**」(a)(2)，相關於處置場址之監測、特性化及模擬。
- (4) **10 CFR 61.50 (a)(7)**，相關水位深度是否足夠使水位不致上升至廢棄物儲存處。
- (5) **10 CFR 61.50 (a)(8)**，相關於地下水由處置場的水文單元(hydrogeological unit)流出場址。
- (6) **10 CFR 61.53**，「**環境監測**」(a)，關於蒐集至少一年期的場址水文

資料，以瞭解其隨季節性變化的特性。

### 3.6.3.2 法規指引

*NUREG-0902* 提供處置場與鄰近地區地下水流域之特性分析、資料、建議及導則，並概括性描述審查委員可接受的基礎，以實行 *10 CFR 61* 法規要求。其它有利資料包含於 *NUREG/CR-2700*、*NUREG/CR-2917*、*NUREG/CR-3038*、*NUREG/CR-3164* 和 *NUREG/CR-4369*。

### 3.6.3.3 法規評審準則

為了適當地評估 *SAR* 中地下水特性部份，審查委員必須有至少一年期的飽和與未飽和層的特性監測資料。層的評估資料包含(不局限於)監測井位(依座標系統)、鑽井和建井資料、水質與水位、水力試驗資料與結果、儲水係數(storativity)、導水係數(transmissivity)和可能的地表補注與流入特性等。

未飽和層的評估應包含(不局限於)採樣地點、土壤樣本含水量測量(moisture content measurements)、用以取得各項特性曲線(characteristic curves)的實驗室分析技術與結果以及入滲(infiltration)、滲漏(percolation)和飽和層水力試驗(saturated hydraulic conductivity tests)結果。

飽和與未飽和層的模擬所需資料應包含(不局限於)概念性模式之描述、方程式和電腦程式碼；驗證(verification)與校準(calibration)的步驟；所有輸入資料與模式輸出之描述；關於遵循 *10 CFR 61.50 (a)(2)(7)(8)* 相關章節之結論。

為了適當地審查本階段 *SAR*，審查委員將同時引用下列 *SRP* 的資料予以審查：

- (1) SRP 3.3 節，「氣象與氣候」，年度降雨資料、設計基準降雨事件和地下水流域模式所需之“土壤水分蒸發散量(evapotranspiration)”。
- (2) SRP 3.4 節，「地質與地震」，受影響區域之分層、顆粒大小、厚度與區域性(regional)及地區性(local)構造特性，包括了含水層(aquifers)和阻水層(aquicludes)。

## 3.6.4 審查發現

### 3.6.4.1 引言

審查委員將記錄其結論與其結論之依據，並撰寫安全評估報告 *SER*，此為審查的一部分。此報告將包括場址水文之描述(給讀者之背景介紹及所作結果之證明)，報告中還將包含審查委員所使用來執行獨立分析之模式描述以及其結果與結論。若地下水特性可滿足本 SRP 第 3 節與第 4 節 的審查程序與接受條件，審查委員將決議並將於 *SER* 中指出此資料與特性的描述已適當地歸納且合理的呈現建議場址與鄰近區域之水文狀況。然而，審查委

員若認為其描述及特性歸納並不充足，**SEER** 中將記錄其為不足處，並提出其不足之評論之基礎，同時將描述解決其不足的替代方法。

#### 3.6.4.2 審查發現範例

審查委員在 **SEER** 報告中之評估，必須支持下列各種結論陳述之類型：

- (1) 審查委員認為申請者已經適當地敘述其水文資料蒐集之品質控制計畫 (**10 CFR 61.12 (j)**)。
- (2) 審查委員認為申請者所執行之設施運轉前地下水監測計畫充分，足以提供場址特性分析之基本資料(**10 CFR 61.53(a)**)。
- (3) 審查委員認為建議場址之地下水流與傳輸情況可被特性化 (characterized)、模擬(modeled)、分析(analyzed)及監控(monitored)(**10 CFR 61.50 (a)(2)**)。
- (4) 審查委員認為建議場址已提供足夠水位深度，所以一再發生的地下水入侵廢棄物處置區將不致產生(**10 CFR 61.50 (a)(7)**)。
- (5) 或者，審查委員認為處置設施是在地下水位之下，且已經確認顯示分子擴散 (molecular diffusion) 是放射性核種遷移 (radionuclide movement) 之主要方式，且其移動速率 (rate of movement) 符合 **Subpart C (10 CFR 61.50(a)(7))** 之效能目標。
- (6) 審查委員認為低放射性廢棄物處置設施，未設於地下水位波動的區域(**10 CFR 61.50(a)(7)**)。
- (7) 審查委員認為處置設施所在之水文地質單元，將不會有地下水流入場址地表(**10 CFR 61.50(a)(8)**)。

#### 3.6.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-O902, "Site Suitability Selection and Characterization," April 1982.
- (3) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (4) ---, NUREG/CR-2700, "Parameters for Characterizing Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, Hay 1982.
- (5) ---, NUREG/CR-2917, "Review of Ground-Water Flow and Transport Models in the Unsaturated Zone," C A. Oster Battelle Memorial Institute, Pacific Northwest Laboratory, November 1982.



- (6) ---, NUREG/CR-3038, “Tests for Evaluating Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste,” R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, December 1982
- (7) ---, NUREG/CR-3164, “Subsurface Monitoring Programs at Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste,” R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, April 1983.
- (8) ---, NUREG/CR-4369, “Quality Assurance (QA) Plan for Computer Software Supporting the U.S. Nuclear Regulatory Commission's High-Level Waste Management Program,” G. F. Wilkinson and G. E. Runkle, Sandia National Laboratories, January 1986.

## 3.7 地球化學

### 3.7.1 審查範圍

審查委員須就 **SAR** 中有關地球化學特性之資料進行審查，決定其是否足以支持申請人對該低放射性廢棄物處置設施適當性的結論。

除了描述天然場址之特性外，地球化學的資料也須用於 **SAR** 其他部分的評估，包括下列 SRP 對應之部分：「廢棄物型式、種類及數量之決定」 (SRP 6.1.1 節)、「放射性核種轉移至人類接近之地點」 (SRP 6.1.5 節)、「闖入者防護」 (SRP 6.2 節)及「長期穩定性」 (SRP 6.3 節)。

審查委員須審查下列 **SAR** 章節討論過的範圍，因其與場址之地球化學特性有關。

#### (1) 水化學(Water Chemistry)

針對地下水及地表水系統可能受場址興建、廢棄物處置及區域性降雨之影響，審查委員須審查水化學背景資料，包括採樣、保護、貯存及分析程序，以及前述作業期間之品保與品管程序。

#### (2) 土壤與岩石單元之地球化學(Geochemistry of Soils and Rock Units)

審查委員將審查土壤與岩石單元之分類、礦物鑑定及化學特性之資料，包括採樣、保護、貯存、分析及實驗程序，以及前述作業期間之品保與品管程序。有關溶解度、離子交換及吸附實驗所獲取之資料亦列入審查。

#### (3) 地球化學模擬(Geochemistry Modeling)

審查委員將針對場址地球化學審查其概念模式之發展，以及發展這些概念模式所用之分析程式的選擇與其功能。模式確認之演練、分析程式之資料庫、輸入與輸出之數據，以及分析結果之解釋等亦列入審查。

### 3.7.2 審查程序

審查作業所需之核管會及其他出版文獻應列於 SRP 之參考文獻章節中。除了審查申請者在 SAR 中所提供資料，場址現地勘查也是整體審查程序中的一部份。

審查委員將獲取並使用必要之資料，用以確認審查程序是否完整。若合適，審查委員對於特定事例，將使用並強調本 SRP 所得之資料。

#### 3.7.2.1 接受性審查

審查委員須針對 SAR 中有關地球化學資料的完整性進行審查，資料需符合 NUREG-1199 及本 SRP 所訂內容，但不限於其所訂範圍。若 SAR 包括充分之資料，足以使得審查委員對申請者的假設、分析與結論能進行獨立評估，則本項審查視為完整；亦即，審查委員應能獲得合乎邏輯的引導，從 SAR 之數據與前提至 SAR 所得結論，審查委員均不需再額外進行廣泛且獨立之文獻蒐集與/或執行大量之計算。

#### 3.7.2.2 安全性評審

審查委員將用法規及技術立場來比對申請者所提送文件及方法，及核對申請者參照這些法規與技術立場或建議的替代方法，來確定是否申請者已依循法規及本 SRP 所參照之技術立場。審查委員將證實替代方法是相當於或依參照之技術立場所引述之方法改進。否則，替代方法可能被否決。為協助評估 SAR 中之資料，審查委員須考慮從幾個方向取得之資訊(1)與具場址及區域之地球化學專業知識人士進行研討，(2)進行技術文獻回顧，(3)視需要進行現地查訪。

##### (1) 水化學

審查委員將(1)就申請者所訂定之作業程序書，比對其在採樣、保護、貯存及分析作業期間之採樣、保護、貯存及分析程序，以及品保與品管程序；(2)確保分析之可量測程度妥適，且溫度、pH、Eh 及溶氧量為現地測得；(3)依 NUREG-0902 之建議，確定申請者已適當分析無機及有機成份、溶解氣體、穩定同位素等；(4)確定已進行之採樣作業至少一年內按季執行。

##### (2) 土壤岩石單元之地球化學

審查委員將(1)就申請者所訂定之作業程序書，比對其在採樣、保護、貯存、分析及實驗作業期間之採樣、保護、貯存、分析及實驗步驟，以及品保與品管程序；(2)確定所有礦物、非晶質固體、礦物被覆層 (coating) 及有機化合物等，會影響重要元素及水中污染物濃度或影響場址穩定性者，均已完成足夠詳細之特性描述，以至於能執行具信心之實

驗及模擬作業；(3)確定溶解度、離子交換及吸附實驗計畫已提供適當認知，了解影響污染物遷移及岩石與土壤化學性質之穩定性之作用，並且實驗的狀況對於預期的場址狀況是適當的，如於 *NUREG-0902* 及 *NRC* 有關溶解度及吸附作用測定之技術立場所列。該技術立場之撰寫係雖針對高放射性廢棄物之處置，也應用於低放射性廢棄物之處置。

### (3) 地球化學模擬

審查委員將(1)針對模式及分析程式，以及程式分析測試發表的事例，經審查其文件來確定概念模式及電腦分析程式能適當用於場址特性調查；(2)將程式分析所用之資料庫(例水複合(aqueous complexation)、礦物溶解度及氣體溶解度反應之熱力學常數，或吸附模式之鍵結常數與分配係數)與已建立及最新之資料比較，確保可接受之品質與完整性；(3)確定模式分析所輸入之資料，是與場址特性調查及相關之實驗室與現地實驗所獲得之數據一致；(4)確定模式分析結果之解釋與所用數據一致；及(5)確保模式分析所用程式之驗證(verification)與校準(validation)是充分的，如 *NUREG-0856* 中所定義的。審查委員將獨立進行系統的部份模擬，若確定這種確認是需要的。

## 3.7.3 接受準則

### 3.7.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12*，「**特定技術資料**」(a)，有關天然處置場址特性之描述的要求。
- (2) *10 CFR 61.13*，「**技術分析**」(a)，有關顯示放射性外釋至一般群體之防護的外釋途徑之分析的要求。
- (3) *10 CFR 61.41*，「**放射性外釋至一般群體之防護**」，有關可能釋放至一般環境之放射性物質濃度的要求。
- (4) *10 CFR 61.50*，「**陸域處置之處置場址適合性要求**」，有關近地表低放射性廢棄物處置場址適合性的要求。

### 3.7.3.2 法規指引

法規指引在於協助申請者符合 3.1 節 法規要求，由下列文件提供：

- (1) 「**高放射性廢棄物隔離評估之地下水中放射性核種溶解度的測定**」及「**高放射性廢棄物隔離評估之放射性核種吸附作用的測定**」，該文件提供溶解度及吸附作用實驗測定之指引；雖然文件之撰寫是應用於高放射性廢棄物的隔離，該指引也適用於低放射性廢棄物的隔離。

- (2) *NUREG-0856*，「高放射性廢棄物管理之電腦程式文件化作業的最終版技術立場」，該文件針對分析作業，說明審查委員可接受之電腦程式文件化的方法。
- (3) *NUREG-0902*，「場址之適合性、選址及特性調查」，該文件提供資料、建議、指引，以及說明針對符合 *10 CRF 61.12(a)*及 *10 CRF 61.50*，審查委員一般可接受的方法。

### 3.7.3.3 法規評審準則

有關列於本 SRP 3.2 節審查範圍之評估準則，依循下列各節：

#### (1) 水化學

所提水化學資料，其水化學數據資料與其他執行相同領域研究相比，若具有完整的討論，且申請者有執行細部調查成果之佐證，則可予接受。採樣、保護及貯存之步驟、分析技術及其偵測極限必須是符合一般技術社群可接受者。有適當之品保與品管程序，諸如分樣、添加、標準與空白樣品，及離子平衡計算均須執行。數據資料的收集至少一年內按季執行以確認季節性變化。數據資料之解釋應合理，且與地質、化學及水文資料一致。

#### (2) 土壤岩石單元之地球化學

所提土壤岩石單元之地球化學方面的資料，與其他執行相同領域研究相比，其土壤岩石之分類、礦物鑑定、化學特性及化學穩定性，若具有完整的討論，且申請者有執行細部調查成果之佐證，則可予接受。採樣、保護、貯存、分析及實驗技術必須是一般技術社群可接受者，並且必須執行適當之品保與品管程序。應執行溶解度、離子交換及吸附試驗，應以諸如 *NUREG-0902* 所建議之方法執行，並且試驗結果具合理之化學及物理狀況範圍，以涵括其結果。實驗結果的呈現應包含實驗程序之不確定性與限制之討論。數據之解釋應合理，且與地質、化學及水文數據一致。

#### (3) 地球化學模擬

所提地球化學模擬方面的資料，若地球化學模擬之討論完整，且與申請者所執行細部調查一致，則可予接受。所使用之概念化學模式應設計為適當呈現其研究中之系統，且用於以概念化學模式預測之分析程式必須依 *NUREG-0856* 進行適當的驗證與校準(V&V)。任何用於此分析程式之數據資料但非由申請者所收集者，必須與已確定及最新之資料一致。輸入之數據與分析結果之解釋必須與已建立且最新的或數據編輯一致。申請者不應基於模擬結果作超出模式及分析程式能力的推斷，並且

必須有模式及分析程式不確定性與限制的探討。

### 3.7.4 審查發現

#### 3.7.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.7.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.7* 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地球化學研究報告。審查委員所考慮之資料取自(1)從場區及附近之鑽孔、水井，以及實驗室與現地試驗所得數據，(2)與對場址及區域地球化學充分認知人員之討論結果，(3)技術文獻的回顧，及(4)審查前監測計畫。場址特性調查需要地球化學數據 (根據 *10 CFR 61.12(a)*及 *10 CFR 61.50*)，並作為展示公眾輻射防護(*10 CFR 61.41*)所需技術分析之輸入(*10 CFR 61.13(a)*)。審查委員接受地球化學研究之基準，為根據所收集的資料，能確保公眾不受放射性釋出的危害。數據的收集與展示是與 *NUREG-0902* 「場址之適合性、選址及特性調查」中的建議一致。

本審查所談論的基本地球化學關切以確認場址合適性之地球化學層面觀點，包括(1)地下水、地表水及降雨之化學組成，因其將影響水中污染物濃度及場址穩定性，及(2)場址岩石及土壤防止發生重大污染物遷移並對場址穩定性造成貢獻。

申請者已提供場址特性調查之水化學方面的資料。該資料建議現有地下水及地表水的化學，以及在淺地表處置場址安置後，這些水體的任何預期化學改變，相對於核管會所規定環境中放射性核種之最大濃度極限，不會增加(或產生不利效應)放射性核種溶解的濃度或不利於場址穩定性。【敘述地下水及地表水化學資料】。

### 3.7.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.(必要列入之參考資料)

## 3.8 天然資源

### 3.8.1 審查範圍

審查委員將評估 *SAR* 並建立場址範圍和該區域已知的地質資源資料，而且該地質資源未來的開發，將不會導致處置場符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 轉而失效。

審查委員將分別於其它型態的自然資源，單獨審查建議場址的已知地質資源一項。然而，此審查必須與審查 *SRP 2.7.2 節“水資源”* 的委員共同整合。已知資源的定義與範例於 *NUREG-1199* 中有詳細敘述。

審查委員將審查本 *SRP 3.1 節、3.3 節* 綱要範圍之 *SAR*，主要關於水資源及其使用的描述，以及水資源的開採對健康及環境的影響。

此部分審查的結論與發現結果，*LLTB (Technical Branch)* 委員將依 *SRP 6.5.1 節“轉換機制-地下水”* 用來評估申請案之資料與相關分析。另外，依據 *SRP 6.1.5.1 節*，在此提出的資料與數據必須輸入 *SAR* 的段落中。這部分資料應包含暫態模擬的結果，以顯示地下水流的未來方向、速率、穿透時間(travel time)；相關溶質傳輸的輸入資料矩陣(input data matrices for subsequent solute transport analyses)以及地下水井的潛勢。

#### (1) 水資源的描述

審查委員將審查的水資源描述，包含：

- (a)場址和區域地下水目前與可能的使用情形描述，包括水井空間分佈及其與地層關係，由重要含水層取水的可能比率(rates of withdraw)，包括能產出大量地下水的棲止水系統(perched aquifer systems)。
- (b)地表水目前與可能使用情形之描述，包括人類取水或畜牧的消耗、工業使用，和/或任何休閒活動使用。
- (c)與 *10 CFR 61.12 (h)* 規範相關的水資源描述。

#### (2) 開發的效應

審查委員將審查相關於水資源開發的效應，包含：

- (a)開發所造成流域改變的分析結果，包括地下水穿透時間(travel time)、流速和方向等。
- (b)相關於 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 一項，其用來舉證說明開採可能效應之保守境況(conservative scenarios)與境況分析的結果。

### 3.8.2 審查程序

#### 3.8.2.1 接受性審查

審查委員首先執行程序的審查，用以決定申請者是否依照 *NUREG-1199* 及本 *SRP* 的要求提出申請資料。此審查約需委員兩個工作天(two staff days)。審查委員將進一步考量，申請者是否對可能的資源開發所造成處置設施的效能目標失敗的可能性進行評估，並考量其評估是否完整。

若 *SAR* 中包含 *NUREG-1199* 要求的資料，以及審查委員可依據這些資料進行獨立的資料評估，則接受申請案而可開始審查作業。若資料不恰當或呈現不當，導致審查委員可能提出駁回或要求修訂或補充，則申請案的接受時間將因此而延後。

### 3.8.2.2 安全性評審

當資料審查通過後，申請案將列入備審，審查作業可開始執行。針對已知地質資源的存在，首要關切的重點是場址控管機構撤離後，發生非故意侵入(inadvertent intrusion)的可能性，以及資源的開發影響場址符合效能目標的能力，所以審查的執行將依循下列計畫：

- (1) 審查委員將判斷申請者是否已根據 *NUREG-1199* 建議之資料來源，標明了該區的已知資源。所有地質資源的相關資料必須與地質、水文和地球化學的場址特性相對應(SRP 3.4 節、3.5 節、3.6 節、3.7 節關於 *SAR* 之審查)。每一項已識別的資源，必須以地質的產狀(geologic occurrence)加以描述。
- (2) 審查委員將確認 *SAR* 中所提出為 *U.S. Geological Survey Circular 831* 定義為具經濟價值(economic)、勉強具經濟價值(marginally economic)以及不具經濟價值的(sub-economic)已知資源。依據這些資料，審查委員將考量這些資源的市場價值和目前與未來的資源需求，獨立地評估未來開採的可能性。
- (3) 根據已識別的資源，審查委員將檢查場址侵入(site disruption)的可能性，侵入的情形將可能因為探勘或開採技術，包括(但不限於)螺旋鑽(augering)、鑽孔(drilling)、礦井開採(shaft mining)、剝除開採(strip mining)、推土鏟平(bulldozing)和其它開挖、採石(quarrying)鑽孔注水(injection)和抽水(pumping)、農耕的翻土(uprooting of vegetation)、開炸(blasting)、河川分洪(stream diversion)以及水壩建造(dam construction)等。這些技術的施作將被視為造成場址侵入的可能，或是間接的影響例如造成地下水位的改變或侵蝕作用的增加。
- (4) 審查委員將利用類似 *NUREG-1199* 中建議之文獻資料並且執行現地勘查。
- (5) 審查作業將確認關於現在與未來資源利用的資料其正確性及保守性。
- (6) 審查委員將分析申請者針對地質資源的開採導致設施符合效能目標失效的可能性所作的預估。

審查委員將執行現地勘查，以確定場址與區域地下水與地表水的使用情形(用量與型態)，並與當地政府當局和水使用者討論，再比較申請者於技術資料中所提出的數據。審查委員也將比較申請者對場址與區域未來的水使用描述，用以考量儲存於棲止水層系統的、終年流出的(perennial)或其它形式可用之地下水情形。

經現勘與地下水和地表水資源使用的審查之後，審查委員將釐清該提案資料是否足以符合 **10 CFR 61.12 (h)** 的法規要求，以及其是否適切地執行關於水資源開採效應的分析。若資料不足，將會提出相關資料不足的審查意見。審查委員也將確認申請者是否對不足處提供了適當的回覆。若補充資料仍舊不足，審查委員將在 **SER** 中指出，並對未來的分析中如使用申請者資料的後果作出評估。

審查委員將釐清其分析中所使用的數值方法(numerical techniques)是否有完整呈現、經過驗證和校準，且其輸入資料和得到的結果是否與其 **SAR** 中依循 **SRP 2.4.1 節、2.4.2 節** 所提出的內容一致。審查委員還將釐清申請人是否已執行資料分析。若有需要時，於分析長期的水文系統應考慮現在與未來水利用的效應。依循 **SRP 2.1 節** 相關於“地理、人口和未來發展”審查，審查委員將確認申請人以現在與未來預估的地下水與地表水的使用情況，配合其研究結果之特性，歸納成整合模式。未來預估的地下水與地表水的取出概況分析，必須相關於其位置和預估抽水計畫之取水率。

審查委員將審查並確認申請者對 **10 CFR 61, Subpart C**，地下水與地表水開採效應的分析及結論，是否適當的保守或有充分的理由。審查委員必須了解，在 **SAR** 其它章節中，可能有相關的分析。若有如此情況，由這些章節所得之相關發現與結論，必需在審查步驟中列為參考。

若審查委員認為申請者的結果並不恰當，將與該申請人溝通。另外，若決定必須由 **NRC** 委員執行獨立的分析，則此分析將包含(不限制於)水流系統之解析或數值模擬。其模擬結果將納入 **NRC** 健康物理學家所執行的輻射劑量計算。然後審查委員將決定申請者的結果是否適當的保守，或有充分理由(defensible)而且合理的保證符合效能目標。

### 3.8.3 接受準則

#### 3.8.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.12**，「**特定技術資訊**」(h)，要求場址已知自然資源之鑑定，及對處置場運轉控制解除關閉後可能的資源開採，造成無故意侵入(inadvertent intrusion)低放射性廢棄物處置場的說明。若經開採



將影響低放射性廢棄物的獨立性的已知水資源之描述。

- (2) **10 CFR 61.23**，「執照頒定標準」(c)，要求申請者之建議場址，...處置場的關閉和關閉前運轉控制等環節，均能適切地保護大眾健康及安全，並依照 **10 CFR 61.42 效能目標**所規範，提供合理保證安全維護，不致遭受個人無心侵入處置場。
- (3) **10 CFR 61 C 部分**，「效能目標」，特別是：
  - (a) **10 CFR 61.41**，「保護一般人口免於輻射外洩的傷害」
  - (b) **10 CFR 61.42**，「個人無故意侵入之防範」
  - (c) **10 CFR 61.44**，「處置場關閉後之穩定度」
- (4) **10 CFR 61.50**，「陸域處置設施場址之適用規範」(a) (4)，要求避開擁有已知資源，而其資源若被開採可能導致效能目標失效的地區。
- (5) 開採資源的回收工作(resource recovery)，不可直接或間接影響場址及導致符合 **10 CFR 61 Subpart D** 的各類技術失效，其技術要件包含(但不限於)：
  - (a) **10 CFR 61.52**，「陸域處置設施運作及處置場關閉」(a)(7)，相關於邊界和土地調查標線的維護(maintenance of boundary and land survey markers)。
  - (b) **10 CFR 61.52 (a)(8)**，相關於廢棄物放置處周圍及下方之緩衝區的維護。
  - (c) **10 CFR 61.53**，「環境監測」(d)，相關於處置場關閉前的環境監測系統。

### 3.8.3.2 法規指引

法規導則用以協助申請者符合 **NUREG-0902** 「場址之適合性、選址及特性調查」中 3.1 節相關於水資源的確認之法規要求。

### 3.8.3.3 法規評審準則

為了適當地評估 **SAR** 中“水資源的評定”並在需要時執行獨立分析，審查委於將依下列相關事項審查提案資料：

- (1)目前水資源的使用狀況描述(包含出流(discharge points)的地點與取水率)，包括居家的、工業的和都市中引用水、灌溉、農牧和休閒使用水的取出。
- (2)申請人使用於評估之概念性與數值模式的描述，包含呈現、驗明、校準和結果。

審查委員將審查下列 **SRP** 所列審查項目：

- (1)SRP 3.1 節，「地理、人口與其未來發展」，相關於建議場址附近所

有水資源的未來使用預估。

(2)SRP 3.5 節，「地表水特性」，相關於地表水表徵(surface water features)的描述，包含地點、水量和水文特性(hydrologic characteristics of the features)。

(3)SRP 3.6 節，「地下水特性」，相關於地下水流動(flow regime)的描述，包括範圍、厚度和所有可能的蓄水系統(all potential aquifer)之物理參數。

### 3.8.4 審查發現

#### 3.8.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，審查委員可依下列指示記錄其審查內容。審查委員必須提出 安全評估報告(SER)，記錄其審查的結論與其結論的依據。報告的內容將包含水資源的描述、審查委員執行獨立分析所使用的模式之描寫、其達成結論的證明以及其獨立分析的結果與結論。然而，若審查委員的結論為其水的使用之描述與分析並不適當，則可記錄為不適當，並說明其意見所依據之技術基礎，並描述說明可解決此不適當性的替代方案。

#### 3.8.4.2 審查發現範例

審查委員已依據 SRP 3.8 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之水資源審查。審查委員判定場址內並無若經開採將導致符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 失效的水資源存在。

### 3.8.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Geological Survey and U. S. Bureau of Mines, Circular 831, "Principles of a Resource/Reserve Classification for Minerals," Washington, DC, 1980.
- (3) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0902, "Site Suitability, Selection and Characterization," Aprtl 1982.
- (4) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low- Level Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (5) ---, NUREG/CR-2700, "Parameters for Characterizing Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R.J. Lutton et al., U. S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, May 1982.

- (6) ---, NUREG/CR-3038, “Tests for Evaluating Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste,” R.J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, December 1982. U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-O902, “Site Suitability Selection and Characterization,” April 1982.

## 3.9 生態

### 3.9.1 審查範圍

審查委員將審查申請人在 *SAR* 及 *環境報告(Environmental Report, ER)* 中提出的場址地圖、植物與動物目錄(flora and fauna inventories)、概況描述和相互關係。審查工作將著重在陸生與水生的物種、棲地或其生物狀況代表人類可能因為食物鏈關係或意外的接觸而通過該地區，以及是否可能在處置場開始運作之後，對設施的效能造成影響。審查工作將根據申請人在 *SAR* 和 *ER* 所提出的資料，獨立評估這些物種可能的影響，並將考量目前出現的物種和在設施各階段，因為設施運作或前置工作時期，在周圍環境中可能闖入或移入的物種。

審查委員將審查下列 *SAR* 中所提出與生物特性有關的範圍。

#### (1) 場址和鄰近地區

- (a) 場址及鄰近地區的地圖，顯示主要植物群的界線、次要生物群的地點、特別的棲地(泉水滲出處(spring seeps)、沼澤(bogs)、陷穴(sink holes)、懸岩表面(cliff faces))、會影響設施效能的物種棲地、場址界線、建築區域和其它可能整地的區域(areas to be cleared)以及緩衝區；另一地圖顯示場鄰近地區中“重要”物種所使用的棲地，其可能因為設施的建造和運作受到影響，以及最近的空照照片，以顯示場址和附近土地區域(詳見 *環境報告 ER*)，作為地圖的補充資料。
- (b) 場址的 *美國地質調查地形圖(U.S. Geological Survey Topographic maps)* (7-1/2-minute scale 為佳)
- (c) 現地植物物種的資料和孕育該物種之主要農作層(the major vegetation layers；即覆土與基土 overstory and understory)及其組合，相關資料必須足夠詳盡以便識別主要的優勢物種(dominant species)(*ER*)。
- (d) 當地的自然作用和人類活動作用(例如農耕、補魚、伐木、放牧和燃燒)和演替階段(successional stage；雜草(weed)、樹林(brush)、極(pole)與成熟(mature)階段)的概述(*ER*)。

- (e) 已知對設施效能有重大影響的脊椎動物物種(vertebrate species)清單(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等)。
  - (f) 當地有重要影響或為可能的病媒或害蟲之非脊椎動物物種清單(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等); 無須對當地所有昆蟲族群作詳細的調查。
  - (g) 相對大量的商業和休閒的重要野生或非野生脊椎動物(important game and nongame vertebrates)之估算(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等)。
- (2) 離場地區(Offsite Areas)
- (a) 主要農耕型態 hydraulically or geologically(geologically) down gradient(詳見 **ER** 現勘和當地顧問、州和聯邦機構等)
  - (b) 重要的商業或休閒脊椎動物清單 **ecologically and hydraulically down gradient of the facility to a distance of 5 km**
  - (c) 其它已知距離設施 25km 範圍內或遷徙距離以內, 對設施效能重要的脊椎動物清單。
  - (d) 當地有重要影響或為可能的病媒或害蟲之非脊椎動物物種清單(詳見 **ER** 和當地顧問、州和聯邦機構等); 無須對當地所有昆蟲族群作詳細的調查。

## 3.9.2 審查程序

### 3.9.2.1 接受性審查

審查委員將審查 **SAR** 中生物特性部份之完整性及是否遵循 **NUREG-1199** 及本 SRP 之規範。

### 3.9.2.2 安全性評審

為了審查申請人對場址與場外區域之生物特性描述及其可能因建造、運作及關閉計畫而受影響, 審查委員將獨立地:(1)描述其陸生與水生族群及其與環境之間的互動關係;(2)描述目前的棲地形態;和(3)確認對設施效能有重要影響之物種。此段落及其它段落與陸生及水生生態有關的審查。將與申請者環境報告的審查與審查委員環境評估密切相關, 故將適當地回饋意見以建立本段落中相關資訊之相關範疇。

審查委員將根據申請人所提供的資訊, 建立陸生與水生族群及其棲地形態, 包括文獻的回顧、現勘取得之資料和與向當地、州和聯邦機構: 包含 **美國魚類及野生動物協會(U.S. Fish and Wildlife Service)**和 **魚類與野生動物指導單位(Director of the State Fish and Wildlife Agency)**諮詢之所得。

審查委員將確認場址附近及場址外區域對場址效能有重要關係的物

種。此確認工作將由先前該區已確認之族群及棲地的審查開始。確認的方法及種類包括下列各項：

- (1) 關於商業或休閒價值的物種，審查委員將考量可能因提案計畫而對野生動物或植物以及可能連帶對人類有不利的影響。除了使用申請人的 *ER*，審查委員將會諮詢該地持有該物種產量(harvest levels)完整記錄的機構或組織。
- (2) 審查委員將確認該場址和鄰近地區有任何物種之行為或特性可能對處置場設施效能產生不利影響者。

### 3.9.3 接受準則

*SAR* 資料若符合 *10 CFR61* 規定及以下所列準則，可視為通過。

#### 3.9.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

*10 CFR 61.12*，「**特定技術資訊**」(a)，相關於場址及鄰近地區之生物特性描述。

#### 3.9.3.2 法規指引

無。

#### 3.9.3.3 法規評審準則

申請人對提案設施場址及附近生態資源的描述需適切詳盡呈現，使審查委員足以評估安全方面的效應。

其描述需包括充足的資料量與足夠的詳盡程度，可允許在確認性分析時獨立地操作資料。

申請人的考量與分析，必須包含所有對設施效能與安全有重要影響的生物物種的相互關係。

申請人還需考量與分析場址鄰近地區的人為因素影響，若適當包括自然變遷，也必須分析可能對設施效能與安全具重要性的大量族群與其行為。

申請人須對其結論提出證明，說明其分析已盡可能囊括可能影響設施效能與安全的物種。

### 3.9.4 審查發現

#### 3.9.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.9.4.2 審查發現範例

審查委員已依據第 2.8 節生態，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之生物特性審查。

申請人已遵照 10 CFR 61.12(a) 規範描述且確認該建議場址與鄰近地區之生物特性。

申請人所提出之生物特性資料已完整合理。

### 3.9.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, “Energy,” U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, “Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 2, January 1991.

## 3.10 輻射背景偵測：

### 3.10.1 審查範圍

審查委員審查規劃處置場址之運轉前環境輻射監測計畫是否符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及參考 10 CFR 61.12(1) 及 10 CFR 61.53(a) 內之需求，審查委員將評估申請人提出之運轉前環境監測計畫符合相關目標的情形，包括取得基線數據以了解場址於施工運轉前的輻射特性；確認基線數據與運轉及運轉結束後收集數據相關性的統計方法；以及依“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及參考 10 CFR 61.53(a) 所需提供處置場特性之基本環境數據。

審查委員將依 **安全分析報告 3.10 節** 及其他與運轉前環境監測有關資訊，以審查以下各項目：(1) 運轉前環境監測計畫說明，(2) 設備、儀器與設施，(3) 數據紀錄與統計分析。

### 3.10.2 審查程序

審查委員應將申請人提出之文件及方法與法規、法規指引相比較，並證實申請者參用這些指引或推薦之替代方法，以確認申請人依循本 SRP。審查委員應證實這些替代方法與參用之法規指引內容相當或是方法之改進，否則此替代方法將不予准許。

#### (1) 運轉前環境監測計畫說明

審查委員應依計畫內容評估其足以合理保證能取得足夠之資訊，以與未來處置場的表現相比較，符合相關之管制需求與接受準則，來評估

環境輻射監測計畫的整體可接受性。評估申請者提供資訊於下列各項是否足夠：

- (a)環境監測計畫符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及“**環境輻射偵測規範**”之需求？
- (b)提供之資訊包括對環境監測計畫之說明，以及依“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”之需求訂定修正措施計畫？
- (c)監測計畫中是否有合宜成份(採用之媒介與分析)？
- (d)取樣與監測程序是否合宜？
- (e)各種媒介之取樣/監測位置是否足夠？
- (f)每種媒介是否至少有一組背景/控制之監測位置？
- (g)監測程序是否確保具代表性之樣本/量測？
- (h)取樣/監測/分析之頻率是否足夠建立環境之趨勢？
- (i)申請人收集之長期監測數據(至少二年期)是否足以評估該區域之環境變異性？
- (j)計畫是否因場址特性而包含特定之樣本與分析(例如高背景輻射地區，鄰近之設施或以往污染之地下水等)？

## (2) 設備儀器與設施

審查委員應確認用以量測輻射量及取樣放射性與非放射性成份之設備，是否符合監測計畫中量測與取樣之需求；用於儀器校準及實驗室分析之設施，是否足以保證得到適當的方法與靈敏度；以及用於校準之方法與頻率是否足以確保儀器性能需求。審查委員應審查實驗室與現場監測儀器之數量，型式、偵測範圍、準確度、靈敏度及規畫之使用情形；評估儀器校準設施與分析實驗室設施之能力；並詳細審查各種型式現場樣本(例如空氣、水、土壤及生物樣本)之處理與放射化學分析方式。

## (3) 數據記錄與統計分析

審查委員應依下述之考量內容，審查數據之處理、記錄與統計分析：

- (a)數據之處理、記錄與統計分析程序是否均依標準之技術？例如“**環境輻射偵測規範**”及參考 *NCRP(National Council on Radiation Protection and Measurement) 第 58 報告* 或美國 *EPA(Environmental Protection Agency) 出版之 EPA-520/1-80-012 號報告*。
- (b)選用之單位是否與“游離輻射防護安全標準”中者一致？重要圖之數量是否真實反應量測與計算值的精確性？

- (c)量測值與計算值是否有明確區別？
- (d)是否有說明數據之整體不確定性？其是否至少在 95% 信任區間？
- (e)是否有明確討論數據變化的各種原因？
- (f)相關數據是否依類別作適當評估？例如依空間與時間分布的比較。
- (g)對包含 10 點以上之數據組是否作過常態分布之測試？
- (h)申請人是否有討論於彙總之環境輻射監測數據中略去之其他數據？
- (i)於運轉前環境輻射監測數據中，是否有適當方法評估最低可測值？

### 3.10.3 接受準則

#### 3.10.3.1 法規要求

審查此領域與之適用法規包括：

- (1) “**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”
- (2) 可參考 *NUREG-1200, “Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility, ” Rev. 3, April 1994.*

#### 3.10.3.2 法規指引

協助申請人符合 3.1 節 法規之法規指引，包括：“**環境輻射偵測規範**”

#### 3.10.3.3 法規評審準則

以下各節將說明審查此 SRP 中第 1 節與第 2.2 節，需符相關法規之評估準則。

##### (1) 運轉前環境輻射監測計畫說明

若證明申請人對規劃廢棄物處置之運轉前環境輻射監測計畫，能符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”及“**環境輻射偵測規範**”之建議，則申請之監測計畫說明可以被接受。其說明應包括選取特定監測媒介之說明，場內場外取樣位置之選取，取樣點之深度與高度，收集頻率，分析之前處理，分析儀器與分析方式，以及最低靈敏度。

審查委員將審查之環境資訊通常包括項目如下：

##### (a) 場址輻射度量與核種濃度，包括輻射相關參數，如下：

1. **場址周圍 10 公里範圍**，及 **50 公里範圍內超過 10000 人居住之最近社區或城市**，其各偵測位置(離地表 1 米處)之輻射強度。



2. 各環境介質(空氣、水、土壤及生物)內主要天然核種(鈾、鈾及鉀)濃度。
3. 落塵中主要核種之濃度(例如鋇，銻及銻)，或附近(50 公里內)核設施排放造成環境介質(例如空氣、水、土壤及生物)中代表核種之濃度。
4. 預期會包含於處置廢棄物中之核種，特別是其於環境中會移動者(例如氫、鎘及鈾)

(b)會影響放射性核種遷移之場址非放射性參數，包括以下項目：

1. 主要無機成份(包括重要之微量元素)與溶解氣體之濃度。
2. 主要有機物，濃解有機碳，總有機碳，總有機鹵素與水質指標有機體(大腸桿菌，鏈球菌)的濃度。
3. 酸鹼度，氧化/還原狀況，總溶解固體，導電度，鹼度，離子強度及密度。
4. 混濁度及膠體狀物質狀態。

## (2) 設備、儀器與設施

分析實驗室之裝備應足以執行放射性與非放射性成份之例行分析。現場量測之儀器與監測裝置應具備合宜之量測範圍，準確性與靈敏度，足供於例行處置作業中量測直接輻射，以及監測放射性與非放射性之相關成份。其分析能力應足以偵測各輻射指標(例如氫、放射碘)

用以量測輻射強度(或放射性濃度)之儀器設備應包括如下：

(a)直接輻射監測：蓋革偵檢器，微侖琴計，加馬能譜儀，高壓游離腔，以及熱發光劑量計。

(b)放射化學分析：加馬能譜分析儀，低背景阿伐一貝他比例計數器，加馬與阿伐一貝他閃爍偵檢器，以及蓋革尾窗計數器。

申請人應提供監測設備檢查、維護與修理之資訊，環境監測計畫之支援設備，至少應包括管制的區域供儀器設備之貯存，以及管制的區域供儀器校準，並有設施供監測設備與儀器之清潔，修理與除污。

## (3) 數據記錄與統計分析

以適當的單位(毫侖目，毫雷得，微微居里)與有效數字來記錄數據，估計整體活度與活度濃度量測之不確定性。申請者應依循本 SRP 及參考“**環境輻射偵測規範**”(或可接受之替代方法)。

報告內之量測結果應含統計說明(量測值或計算值，樣本數量，平均值，標準差，總不確定性，平均值之信任區間等)。申請人應充分的估計取樣計畫之統計有效性。針對取樣數量與位置，樣本收集之頻率與

數量，每一樣本之分析次數，樣本之分析頻率等，均應作統計考量。

### 3.10.4 評審發現

#### 3.10.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

#### 3.10.4.2 評審發現範例

審查委員完成【設施名稱】低放廢棄物處置設施之運轉前環境輻射監測計畫審查，依 SRP 3.10 節所述比較其符合“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”之情形。審查之目的在確保申請人之運轉前環境輻射監測計畫能充分描寫場址施工與運轉前之特性(目前放射性要素之狀況)。

經由審查，審查者認定事項如下：

- (1) 申請人依“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”提供運轉前環境監測計畫及改善之規劃方案，審查委員確認包含至少 24 個月之環境基本數據(例如監測直接輻射曝露，空浮成份等)。認定申請人之說明是可接受的。
- (2) 申請人對輻射監測與環境介質之取樣，所採用之方法，技術及程序，符合“**環境輻射偵測規範**”，係足以確定輻射曝露水平以及獲得具代表性之樣本。
- (3) 現場及實驗室之數據記錄均採用合宜之單位，並包括對統計，統計分析，提報值，行動值與法規限值均有合宜之說明。提供之地圖能清楚顯示取樣點及其與處置單元之相對方位，距離與高度。

申請人員依關鍵曝露途徑之位置與量測之變異性等場址特有數據，確認取樣之位置，樣本之種類及取樣之頻率確為合宜正當。因此審查委員歸納申請人之運轉前環境輻射監測計畫符合上述審查準則，“**輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則**”之需求。

### 3.10.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, “Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility,” Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，“低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則”，Oct. 2004。
- (3) 行政院原子能委員會，“游離輻射防護法”，Jan. 2002。

- (4) 行政院原子能委員會，“游離輻射防護安全標準”，Dec. 2005。
- (5) 行政院原子能委員會，“輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則”，Dec. 2004。
- (6) 行政院原子能委員會，“環境輻射偵測規範”，Dec. 2004。
- (7) National Council on Radiation Protection and Measurements,“Environmental Radiation Measurements,”Reports 50 and 58, Washington, DC, 1976.
- (8) “Upgrading Environmental Radiation Data,”EPA-520/I-80-012, Washington DC, 1980.

### 3.11 大地工程特性

#### 3.11.1 審查範圍

審查委員將依據 *10 CFR 61.12(a)* 和 *10 CFR 61.50 (a)* 審查大地工程特性及建議場址特質。審查委員將評估場址資訊以決定場址是否適合設立低放射性廢棄物處置場(LLWDF)，且 LLWDF 必須滿足 *10 CFR 61 Subpart C* 的效能目標。審查作業的目的是在確保：(1)大地工程與地球物理之現地調查以及實驗室和現地試驗是足夠的；(2)建立代表性的土壤與岩層之分層、代表性的剖面圖和決定設計使用之參數，使用之資料詮釋合理且足夠保守；(3)場址之大地工程特性符合本 SRP 之導則與接受準則。審查委員將同時利用 *SAR* 資訊及其它來源之資訊，審查下列事項：(1)場址與借土區特性大地工程與地球物理調查之範圍與結果；(2)使用現地與實驗室試驗，判斷場址材料及借土材料(borrow materials)工程特性之範圍與結果；(3)地下水狀況，包括對 LLWDF 之設計具影響性的滲漏狀況(seepage)；(4)借土材料的選擇；(5)基於 *SAR* 資料所進行之場址地層分層與設計參數選擇。

審查委員將審查與評估下列 *SAR* 資料：

地質學、地震學、地下水狀況和地球化學等。審查委員將決定申請者進行下列總結所使用之地質資訊是否合適：關於場址的大地工程特性是否適於設置 LLWDF 以及土壤或岩坡之穩定性，包括了塊體移動與侵蝕現象。審查委員也將審查地震地質與地質調查，這些調查旨在建立該 LLWDF 的動態設計所需的地表震動特性，同時，審查委員也將審查其建立設計基準地震的程序及分析資料。

審查委員將審查地下水與地表水資訊、每年地下水位波動以及與場址的侵蝕環境有關之洪水資料的確切性。地球化學方面，審查委員亦將評估長期的環境因素(天氣和雨水)對處置場土壤與岩石特性之影響。

上述審查範圍之接受準則及申請的方法則包含於本 SRP 之 2.3 節、2.4 節和

## 2.6 節。

審查委員將整合與大地工程特性有關之其它相關 SRPs 以進行安全評估，如與大地工程相關之：(1)處置設施及主要設計特點的描述(SRP 2.1 節)和主要設計準則(SRP 2.2 節)；(2)場址計畫、工程設計圖、建造方法和規格(SRP 2.3.1 節)；(3)回填與覆蓋廢棄物之借土材料特性(SRP 3.3 節)；(4)場址關閉之穩定度考量(SRP 4.1.2 節)和邊坡穩定性(SRP 5.3.2 節)；(5)與長期沉陷(settlement)與下陷(subsidence)有關之場址特性(SRP 5.3.3 節)。

### 3.11.2 審查程序

*NRC* 出版品(*NUREGs*)以及其它列於本 SRP 參考文獻中之出版品，皆將於審查步驟中使用。除了審查所提供之資料之外，場址現地勘查為一整體審查的程序之一。

#### 3.11.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP，審查 *SAR* 內容中大地工程特性資訊之完整性。

#### 3.11.2.2 安全性評審

審查委員將決議申請人是否遵照法規規範、法規導則和引自本 SRP 之實務標準，比較申請人提出之使用方法與法規和導則是否相符，並檢視申請人依據法規導則或提出替代方法之參考文獻。審查委員將釐清其所提出之替代方法是否與規範規定之參考文獻相符，或在方法上是否確實能優於原本資料。否則，將不同意替代方法之使用。

##### (1) 現地調查

###### (a)地質、地球化學及地震之調查

審查委員將依下列項目考量 *SAR* 中之資料與審查委員評估結果：

- 1.是否所有確實或可能發生地表或地下沉陷(subsidence)、上升(uplift)或潰陷(collapse)、變形(deformation)、溶洞(solution cavities)或構造弱點(structural weakness)、岩盤中未釋放之壓力(unrelieved stresses in the bedrock)、以及可能因物理或化學特性而不穩定之岩石或土壤，是否已被證明或適當地評估？
- 2.所提出與設計基準地震事件相關之資料，是否足以定義出地震規模、the elevation or level at which the design-basis earthquake is defined、水平加速度的最大值、最大速度(maximum particle velocity)、地震延時以及因場址土壤狀況

所造成地表震動放大之潛勢?

上述範圍之審查程序詳述於 SRP 3.4 節 和 3.7 節。

(b) 大地工程與地球物理調查

審查委員將使用 **法規導則 1.132** 以及其它相關於本 SRP 之參考文獻，審查場址與借土區之大地工程與地球物理調查的範疇與結果。**法規導則 1.132** 主要是針對核能電場所發展之法規，可作為 LLWDF 場址調查之概括性指標。審查委員在現地調查的審查中，依照下列問題，考量申請者資料之足夠性：

1. 申請人使用之探勘技術是否為目前工程實務使用之代表性技術?其所採樣之樣本是否足以代表現場之土壤狀況?

2. 所執行之調查，是否足以涵蓋場址及借土區，並提供足夠詳盡之資訊，足夠以高度可信性定義地下條件及其物理特性。

若審查委員認為場址特性調查不適當或不足以提供高度可信性之調查結果，則將要求施作補充調查。最後的結論有一大部分將根據場址地下狀況複雜度進行之專業判斷。審查委員亦必須確認 LLWDF 場址現地調查所用的儀器及技術，屬於目前使用於大地工程專業領域中之適當方法(見第七節之參考文獻)。

(2) 現地與實驗室試驗及工程特性

審查委員將針對土壤與岩石工程特性的範疇、方法以及選擇進行審查，這些資訊主要來自各類現地與實驗室試驗。審查委員也將依據下列問題考量申請人資料與數據之充足性：

(a) 取樣計畫之數量及品質(擾動與不擾動土樣之回收率等)是否適當足以確認大地工程特性評估關鍵之材料皆已取得?

(b) 調查作業(取樣與實驗)是否足以決定場址內不同材料的特性?**法規導則 1.138** 中詳細列出與核電廠相關之實驗室試驗以及待定參數。**法規導則 1.138** 可做為評估 LLWDF 場址大地工程試驗的一般性導則，然而，必須牢記的是調查的範圍必須與設施的設計條件及場址的複雜度相配合。

(c) 分析與設計所需要實驗室試驗與現地試驗所獲致之靜態與動態大地工程特性，是否具保守性且可為大地工程專業實務所接受?

審查委員將確認現地與實驗室試驗數據解釋是否保守，這些數據將決定場址不同材料的設計參數。試驗的結果必須使用圖表顯示，並充分展現設計參數數值選擇的保守度。

審查委員若認為調查(取樣和實驗)並不恰當或可信度不足以建立

其設計參數者，將被要求進行補充調查。結論將有一大部分將根據場址地下狀況複雜度進行之專業判斷。

### (3) 地下水狀況

審查委員將依循 SRP 3.5 節場址特性研究相關資料進行審查，並依照下列各事項評估 LLWDF 場址之大地工程特性：

- (a) 地下水水位的位置和地下水季節性高度變化的範圍。
- (b) 相關資料如棲止水(perched)、含水層(aquifer)和受壓水層(artesian)之存在、地下水流動狀況(groundwater movement)、水力傳導係數(hydraulic conductivity)、場址及借土材料入滲特性、水力梯度(hydraulic gradients)以及水壓計(piezometers)與觀測井(observation wells)設置之詳細資料與監測數據記錄。
- (c) 依據設計基準水文事件(如可能最大洪水)所決定之設計基準地下水水位。

### (4) 借土材料

審查委員將審查填方借土材料探勘計畫，是否施作足夠數量之鑽孔、取樣以及探查坑(test pits)等以確立借土之量與品質是合用的。為了確認借土材料為特定目的之使用符合需求，試驗結果及設計參數的建議皆會列入審查。

### (5) 地層與設計參數(Stratigraphy and Design Parameters)

審查委員將針對探勘位置計畫(location plans)、剖面(cross-sections)、顯示場址土壤與岩層的縱斷面(profiles)進行審查，並與探勘記錄進行比較，以確認所有蒐集之資料(特別是探勘時遭遇的軟弱區)，均已保守地應用於建立土壤與岩層之分層，特別值得注意的是，地層厚以及側向延伸的推估通常具不確定性，而此不確定性在建立土壤與岩層之分層時應保守考量。審查委員還必須考量，申請人是否完整地及保守地解釋取得自調查作業之土壤與岩石特性，以進一步建立設計參數。若其使用之土壤與岩石特性以及地下分層很顯然地不保守，審查委員將要求補充額外資料以驗證申請者提出之建議。

## 3.11.3 接受準則

### 3.11.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) **10 CFR 61.12**，「**特別技術資訊**」(a)，要求大地工程特性之描述和設施場址與其鄰近地區之特性，以協助顯示已符合 **10 CFR 61 Subpart C** 的效能目標以及 **10 CFR 61 Subpart D** 相關技術規範。

- (2) **10 CFR 61.13**，「**技術分析**」，相關於其分析工作必須能清楚的證明和區分低放射性廢棄物處置場的場址自然特性以及與隔離廢棄物之設計所扮演之角色。
- (3) **10 CFR 61.23**，「**執照頒定標準**」(b) (e) (f)，要求申請者提出可保護大眾健康與安全的保證，並須合理保證符合 **10 CFR 61 C 部分之效能目標**，以及 **D 部分之技術規範**。
- (4) **10 CFR 61 C 部分**，「**效能目標**」，**10 CFR 61.41 到 10 CFR 61.44** 要求該設施之大地工程特性應該達成的效能目標。
- (5) **10 CFR 61.50**，「**陸域處置設施場址之適用規範**」(a) (1)，(a) (2) (a) (7) 到(a) (10)，詳列近地表處置設施必須符合的場址適合性要求，及大地工程特性對場址適合性研判之貢獻。

### 3.11.3.2 法規指引

針對低放射性廢棄物處置設施之大地工程方面，目前並無可引用之法規導則。然而，以下所列的導則將提供大地工程審查建議與引導，其詳盡程度的需求和調查分析的規模，可能會因為個案不同而不盡相同：

- (1) **法規導則 1.132**，「**核電場基礎之場址調查**」，描述場址之大地工程調查計畫，此計畫通常會符合於靜態或動態條件下大地工程效能所需要之評估，並提供建立特定場址調查計畫的一般性導則與建議，同時以特定之導則指導地下探查、鑽孔的間隔與深度以及採樣位置。
- (2) **法規導則 1.138**，「**核電場設計和工程分析之土壤實驗室試驗**」，描述可接受的實驗室試驗，此一試驗將決定大地工程分析及設計有關之土壤與岩石參數與特性。

### 3.11.3.3 法規評審準則

有關列於本 SRP 第 2 節審查範圍之評估準則，依循下列各節：

#### (1) 現地調查

##### (a) 地質工程、地球化學與地震調查

相關調查範圍與技術必須足以提供下列場址大地工程特性審查所需之資料。若地質圖、地質剖面、地質構造、地質歷史與工程地質相關之討論均完整，且調查足以清楚的呈現並支持場址地質狀況之陳述，則可接受地質特性相關的陳述。而在地球化學方面，若針對環境之地球化學作用(如天氣與雨水)對場址土壤岩石的物理及強度特性(特別是土壤與岩石具風化和淋濾(leaching)潛勢之地球化學作用)之影響有充份之討論，則亦屬可接受。而地震學方面，若其討論涵蓋決定設計基準地震事件的方法則亦為可接受。設計基

準地震事件的資料，必須包括地震的規模、地震之高程(elevation)與位置(location)、最大水平加速度、最大速度、地震的延時和場址土壤條件對地表震動放大效應之潛勢。

審查委員將依循 SRP 3.4 節 和 3.7 節，作為審查以上相關主題之接受準則。

(b) 大地工程與地球物理調查

現地調查及取樣計畫必須完整的執行，以定義場址內和借土材料區之土壤與岩石的產狀與特性。**法規導則 1.132** 描述核能電廠之大地工程與地球物理調查。然而，其僅供一般性導則，因為現地調查規模，必須視 LLWDF 的複雜度及場址地下狀況而定。調查計畫的範疇必須能適當地建立具高度信心度的處置場址大地工程特性。調查計畫必須包含下列各項視為可接受的：

1. 平面圖中應清楚顯示 LLWDF 的輪廓和所有鑽孔、取樣點 (probes)、探查坑(pits)、槽溝(trenches)、等震度線(seismic lines)、水壓計、觀測井和地質剖面的位置。
2. 足夠數量的場址剖面圖，以清楚顯示土壤與岩石分層，以及呈現 LLWDF 設施與地表下材料之相關性。
3. 鑽孔柱狀圖(logs of borings)、取樣點(probes)、探查坑(pits)、槽溝(trenches)以及地球物理調查，必須詳盡且足以符合**法規導則 1.132**。

(2) 現地與實驗室試驗及工程特性

申請人必須遵照**法規導則 1.132** 以及**法規導則 1.138**，提供關於取樣原則以及土壤及岩石參數所需之試驗數量詳盡且定量之討論，這些討論為定義場址及借土區特性所必要。

遵循**法規導則 1.132** 和 **1.138**，若申請人使用現今大地工程專業普遍接受的方法來決定場址及借土區地底下材料之大地工程特性，則相關之敘述與試驗結果視為可接受。廣被接受之土壤指數及工程特性試驗方法的目錄如下：

土壤分類(Soil classification)	冷凍-解凍(Freeze-thaw)
含水量(Water content)	潰散性(Dispersivity)
單位重(Unit weights)	擴散特性(Diffusion characteristics)
孔隙比(Void ratio)	滲透性、水力傳導特性 (Permeability,hydraulic conductivity)
孔隙率(Porosity)	壓密(Consolidation)



飽和度(Saturation)	直接剪力試驗(Direct shear test)
阿太堡限度(Atterberg limits)	三軸壓縮試驗(Triaxial compression tests)
比重(Specific gravity)	單軸壓縮試驗(Unconfined compression tests)
級配分析(Gradation analysis)	相對密度(Relative density)
夯實(Compaction)	特別試驗(週期強度cyclic strength、剪力模數shear modulus
收縮-膨脹(Shrinkage-swelling)	、阻尼damping等)視需要而定

可接受的試驗方法和步驟可參考下列參考文獻，例如由 *American Society for Testing and Materials* 所出版之「*Annual Book of ASTM Standards*」和相關特別技術出版品；由 *U.S. Army Corps of Engineers* 出版的「*Engineering Manual EM 1110-2-1906*」；由 *Institution of Civil Engineers* 出版的「*Geotechnique*」；還有諸如 *University of California* 之 *Earthquake Engineering Research Center* 的各大學研究報告；以及在參考文獻段落中提到的各其它出版資料。

有必要時，應詳細討論現地與實驗室試驗試體準備工作。例如實驗室的三軸壓縮強度試驗，應說明如何決定以及如何於試驗期間控制樣品的度，以及說明孔隙壓力如何改變等。若場址地底材料存在飽和非凝聚土壤(saturated cohesionless soils)和高敏感黏土(sensitive clays)，申請者必須呈現可能會因為液化現象或變形-軟化現象(strain - softening)而可能造成不穩定的地區之土壤已進行與液化潛能評估有關的取樣與試驗。除此之外，申請人還必須呈現土壤的靜態與動態工程特性，例如單壓強度(unconfined compressive strength)、總應力與有效應力剪力強度參數、動態彈性模數、反覆三軸試驗(cyclic triaxial tests)之動態強度參數等，皆得以適當地決定，並且在設計上已使用合理且保守的參數值。這些說明與結果的呈現，必須能解釋這些參數如何用於設計、設計時如何涵蓋試驗資料以及為何設計確實屬於保守。用於設計的參數資料必須製成表格，這些設計用的參數必須忠實呈現現地與實驗室試驗的結果記錄。

### (3) 地下水狀況

SRP 3.6 節詳列地下水狀況資訊的接受準則。低放射性廢棄物處置場址的大地工程特性審查時，將依 SRP 3.2.3 節所提出之資訊，審查資料作為處置場開挖的回填、邊坡穩定度、沉陷/下陷以及場址關閉各方

面大地工程評估之合適性與可接受性。

#### (4) 借土材料

關於回填用之借土材料相關資料，若能符合下列標準，則可視為接受：(1)能呈現回填用之借土材料範圍(limits)、整地(grades)和邊坡(slope)之相關計畫以及能決定可用之材料形態及數量之鑽孔與探查坑位置；(2)能呈現借土材料的特性乃決定自適當的試驗。借土材料工程特性必須根據實驗室的試驗結果決定之，試驗需以代表性之借土材料夯實至 LLWDF 建造工程所指定之相同密度及含水量。

#### (5) 地層及設計參數

處置場地層資訊接受條件為申請人應提供適量之平面與剖面圖，以清楚顯示場址地表下土壤及岩石分層與 LLWDF 設施間之關係。剖面圖必須顯示鑽孔位置和用以建立土壤與岩石分層之鑽孔柱狀圖。分層必須基於所有蒐集得之資料，特別是探勘時發現地層為軟弱或疏鬆的區域。設計參數必須根據該場址土壤與岩石分層以及土壤與岩石材料的試驗結果進行合理及保守的解釋後決定，設計參數選擇時應基於足夠組數之試驗結果。設計參數可以表格方式呈現，也可用圖形表示，並應充份顯示建議設計參數之保守性。

### 3.11.4 審查發現

#### 3.11.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 10 CFR 61 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

#### 3.11.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.11 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之大地工程特性審查。審查的目標在確保：(1)大地工程和地球物理現地調查和實驗室與現地試驗的範疇必須適當；(2)用以建立土壤與岩石分層、設計用代表性剖面以及設計參數的資料解釋必須合理與保守；(3)其場址之大地工程特性必須符合 SRP 3.11 節之導則和通過準則。

在此階段的審查結果審查委員認為：

- (1) 申請人提供了場址之地質特性，包括說明場址表土與地表沉陷潛勢、岩盤中未釋放之應力、岩石或土壤因礦物(mineralogy)種類而可能造成之不穩定以及土壤堆積(deposition)與侵蝕(erosion)歷史。
- (2) 設計基準地震事件已根據規模、加速度、速度、延時和場址放大效應之潛勢適當地定義。

- (3) 大地工程與地球物理調查之執行範疇已確認場址與借土材料之適當性。
- (4) 使用於設計分析之材料靜、動態工程特性是根據適當的現地與實驗室試驗與合理保守解釋獲得的。
- (5) 地下水狀況如地下水水位、變動範圍以及受壓狀況(artesian condition)乃根據適當的調查所確認。
- (6) 借土材料特性乃根據適當的探勘與試驗結果。
- (7) 用於設計之場址分層與設計參數數值是基於合理與保守的解釋所有資料後決定的。

審查委員結論為 **SAR** 提出大地工程特性部分，已提供決定處置設施是否符合規範之效能目標的基本資料，因此滿足 **10 CFR 61.12(a)**、**10 CFR 61.13(a)**、**10 CFR 61.23 (b)(c)(f)**、**10 CFR 61.41 到 10 CFR 61.44**、**10 CFR 61.50(a)(1)**、**(a)(2)**、**(a)(7)到(a)(10)**之相關規範。

### 3.11.5 參考資料

- (1) American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia PA, revised annually.
- (2) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (3) Shannon & Wilson, Inc., and Agabian-Jacobsen Associates, "Soil Behavior Under Earthquake Loading Conditions - State-of-the-Art Evaluation of Characteristics for Seismic Responses Analyses," U.S. Atomic Energy Commission contract W-7405-eng-26' January 1972
- (4) Terzaghi, K., and R. B. Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd edition, John Wiley & sons, New York, 1967.
- (5) U.S. Army Corps of Engineers, Engineering Manual EN 1110-2-1902, "Engineering and design Stability of Earth and Rock-Fill Dams," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, DC, November 1970.
- (6) ---, Engineering Manual EH 1110-2-1906, "Laboratory Soil Testing," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, DC, November 1970
- (7) ---, Engineering Manual EH 1110-2-1907, "Soil Sampling," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington DC, March 1972
- (8) ---, Engineering Manual EM1110-2-1908, "Instrumentation of Earth and Rockfill Dams," Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington,

DC, August 1971

- (9) U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Earth Manual, Denver, CO, 1968
- (10) U.S. Department of the Navy, NAVFAC DM 7-1, DM7-2, and DM7-3, "Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures," Alexandria, VA, May 1982
- (11) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0902, "Site Suitability, Selection and Characterization," April 1982
- (12) ---, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (13) ---, NUREG/CR-2700, "Parameters for Characterizing Sites for Disposal of Low-Level Radioactive Waste," R. J. Lutton et al., U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, May 1982.
- (14) ---, NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal," P.G. Tucker, U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, February 1983.
- (15) ---, NUREG/CR-3356, "Geotechnical Quality Control: Low-Level Radioactive Waste and Uranium Mill Tailings Disposal Facilities," H.V. Johnson, S.J. Spigolon, and R. J. Lutton, U.S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, June 1983.
- (16) ---, Regulatory Guide 1.132, "Site Investigations for Foundations of Nuclear Power Plants,".
- (17) ---, Regulatory Guide 1.138, "Laboratory Investigations of Soils for Engineering Analysis and Design of Nuclear Power Plants".

### 3.12 交通狀況

#### 3.12.1 審查範圍

審查委員將會由下列各方面審查場址位置：(1)經緯度和通用麥卡托座標系統(universal transverse mercator (UTN) coordinate system)；(2)行政分區和鄰近都市及鄉鎮；和(3)附近重要人造或天然的地形地貌。場址描述之審查則著重於：(1)面積；(2)場址與可能擴充使用區域之土地所有權和/或土地現況；以及(3)場址詳細之地形特徵。

審查委員將使用通過 SRP 1.2 節 審查之相關資料。委員也會需要來自 **美國地質調查所(USGS)** 地形圖、航空照片或遙測影像所獲致之資訊，以及當地區域計

畫單位或現地調查所獲致之資料等。

### 3.12.2 審查程序

#### 3.12.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 相關審查章節，審查委員將審查 **安全分析報告(SAR, Safety Analysis Report)** 中對場址位置與場址描述相關資訊之完整性。

#### 3.12.2.2 安全性評審

審查委員應確定相關數據包括經緯度、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。經由申請人所提供數據或必要時透過現地勘查，審查委員應熟悉包括人造及天然地形地貌等之場址環境。這些資料的準確性對 **安全評估報告(SER, Safety Evaluation Report)** 中關於輻射外洩及意外發生的情況假設相當重要。

審查委員亦應確認場址與可能擴充使用區域之面積與土地所有權的適法性。

**SER** 將納入經審查為可接受比例尺的場址地形圖，同時應鉅細靡遺地評述場址地形。為確認資料足以充分支持場址地形特性的描述，審查委員將針對高程與地形起伏、坡度和排水狀況等資料詳加審查。

申請人若有任何資料之遺漏或需要說明的情況，審查委員須明確指出，並盡速連絡計畫經理人以解決問題。

### 3.12.3 接受準則

#### 3.12.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.11*，「**一般資訊**」(c)(1)，要求對場址位置之描述。
- (2) *10 CFR 61.12*，「**特定技術資訊**」(a)，要求根據選址與場址特性化工作所獲知的場址自然狀況與人口統計等特性之描述。

#### 3.12.3.2 法規指引

無。

#### 3.12.3.3 法規評審準則

申請人所提數據資料若合乎以下條件，則為可接受：(一)符合 *NUREG1199* 之要旨與格式規範(二)充分符合 *10 CFR 61.111 (I)*和 *61.12(a)* 場址描述之條件規範。

### 3.12.4 審查發現

#### 3.12.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的，並依以下說明陳述審查結果。

除了依本 SRP 3.1 節與 3.2 節所指示完成查核結果以外，對場址地點、處置場本身和鄰近交通運輸路線應總結概述於 *SER*，關於場址參數有任何不足處均應註明。

審查委員可依下列說明做成審查文件。

#### 3.12.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.1.1 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之地點與場址描述之審查。

因申請者提供之相關資料已符合 *NUREG-1199* 規定之內容與格式之規範，並已充分滿足 *10CRF 61.11 (c) (1)* 和 *10CRF 61.12(a)* 之規定，故其資料為可接受。

### 3.12.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content Guide of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

## 3.13 其他

### 3.13.1 審查範圍

*10 CFR 61.50 (a)(5)* 規定處置場必須是排水良好、非洪氾區或經常積水的地區。廢棄物處置場不可位於 **100 年頻率洪氾水平原內、沿海高度災害發生區或濕地**，如 **執行細則 Executive Order 11988 「洪氾平原管理導則」** 所規範。SRP 3.5 節段落 4.3 對於建議場址是否合乎規範提供審查的準則。本 SRP 陳述其通過的基礎在於場址坐落於非洪氾區域並且符合 **執行細則 Executive Order (E.O.) 11988** 所規範。

此導則之目的在補足 *NRC* 規範，並告知 *NRC* 審查委員對於洪氾平原、濕地及 *10 CFR 61.50(a)* 法規等應有的立場。此文件中的導則及步驟並非必要規範，且非提供符合 *NRC* 規定之方法。例外於此審查導則可視為隨案件的不同而定之

作法。

### 3.13.2 審查程序

#### 3.13.2.1 接受性審查

在評估 *10 CFR 61.50(a)(5)* 的法規要求時，審查委員認為對於在規範中沒有解釋清楚或未被特別定義的部分，應該要提供清楚的名詞定義及解釋。以下則針對此部分做出定義及解釋。

廢棄物處置場範圍(Waste Disposal Area): 當 *10 CFR 61.50* 提到廢棄物處置場不可設立於洪氾平原或濕地時，在選址規定中並未對處置場範圍做出特別的定義。為了釐清這一點，審查委員認為應定義為廢棄物確實放置處(immediate area of waste emplacement)(也就是壕溝或地窖結構)；處置場址在法規 *10 CFR 61.2* 中則被定義為廢棄物處置活動的範圍以及廢棄物確實放置處及其緩衝區。

濕地(Wetland): 當 *10 CFR 61.50* 提到廢棄物處置場不可設立於濕地中時，如 *E.O. 11988* 所規範，然而 *E.O. (Executive Order)* 中並未對“濕地”做出清楚定義。濕地在 *E.O. 11990* 「濕地的保護」一文中被定義，*E.O. 11990* 出版日期幾乎與 *E.O. 11988* 同時，下列則是 *E.O. 11990* 中對濕地的定義：

一地區若經常被地表水或地下水淹沒，並在正常情況下足以提供大區域種植蔬菜或水生生物，所謂的水生生物為需要終年土壤浸潤或季節性浸潤才能生長或繁殖的生物。濕地通常包含沼澤(swamps)、沼地(marshes)、泥塘(bogs)、以及類似的地區像河灣淤積的泥潭(sloughs)、河床壺穴(potholes)、濕原(wet meadows)、河川淹沒地(river overflows)、泥地(mud flats)和天然池塘等。

審查委員希望在定義濕地時能維持其一貫性，並與其它聯邦單位的定義相同。所以，審查委員必須根據這些定義的方式，並引用 *Excutive Orders* 這個為陸軍工兵團單位所慣用規範。在 *10 CFR 61* 中被引用的 *E.O.* 是為了保護洪氾平原和濕地地區不被濫用或做不必要的開發。為了環境的考量，審查委員認為洪氾平原或濕地的開發，必須要透過其它聯邦或州立單位簽發核准函。為了安全，*法規 Part 61* 的要求必須符合。

審查委員明白不同單位定義濕地的準則經常有所爭議，且目前各準則正在更新中。目前，似乎連非常小的水塘地區都可能被認為是濕地，事實上這種情況可能對低放射性廢棄物處置設施的安全性沒有威脅性；或可透過場址整地(grading)過程而永久去除且不會再度形成。*NRC* 在 *10CFR 61.50* 中的濕地條款，意旨在於避免場址有排水不良的情況，並降低水與廢棄物接觸的風險。當 *10CFR 61* 頒布時，審查委員並未預見這些無關緊要的區域會被列入

濕地的定義內。法規訂定時是希望免於廢棄物的放置被浸泡於水中，或避免位於大型濕地區域如沼地(marshes)、泥塘(bogs)、沼澤(swamps)或潮間區(tidal areas)。

基於上述定義及討論，並根據 *10 CFR 61.50 (a)(5)* 審查委員總結，廢棄物處置場不可位於 **100 年頻率洪氾平原或濕地區域**。然而，審查委員認為場址的其它部分(也就是一部分的緩衝區)可位於 **100 年洪氾平原區或濕地區**，但必須符合 *Part 61* 的法規要求。在此情況下，總結文件必須證明洪氾平原或濕地對場址安全與效能有重大影響。此外，如同以下討論，特定場址是否通過審查的最後結論，將視申請者證明該案符合所有選址法規要求的能力如何。若場址有許多濕地區域或因地下水排入場址地表而形成濕地者，則不符合 *10 CFR 61.50 (a)* 的規範。

申請者或可能尋求洪氾平原或濕地要求的除外條款，若申請者認為該設施放置於特定位置並沒有違反 *NRC* 規範的本意時，審查委員將對此特別要求部分作專案的審查。

### 3.13.2.2 安全性評審

#### (1) 洪氾平原

*10 CFR 61.50* 在建立選址要求時，審查委員強調(*USNRC, 1981*)避開 **100 年頻率之洪氾平原** 的必要性，指出避開洪水氾濫區及海岸高災害地區將降低處置場遭受淹水或侵蝕的可能性。選址要件在最後頒訂時，列出了兩項與洪水相關的規定：

- (a) 場址必須符合與 **100 年頻率洪氾平原** 相關之 *E.O. 11988* 規範；
- (b) 排除使用明顯氾濫或排水不良的場址，避免可能發生洪水(或經常淹水)區域，避免可能因廣大上游集水區帶來洪水而導致淹水程度嚴重的區域。

*NUREG-0902(USNRC,1982)* 主要是為了洪氾平原選址提供指導方針而發展，並擴充至其他情況場址適合性要件的建立。在 *NUREG-0902* 中，審查委員已注意到除了 **100 年頻率洪氾平原** 規範外，有其它更多的考量必須被列入評估，其中包括決定建議場址是否座落於洪水有關的區域，決定容易淹水的地區應如何以工程措施加強以保護場址，以及決定若干自然現象(在本案為侵蝕和淤積)發展到何種程度會使特定的預估模型失效。

#### (a) 洪氾平原的判斷(Floodplain Determinations)

根據 *E.O. 11988* 和 *美國水資源局(USWRC) 導則(USWRC 1978)*，*NRC* 委員遵照執行細則(*E.O. 11988*)執行時，發現在詮



釋執行細則內容時，並沒有太多的彈性空間存在。在有合理的或實際可行的替代方案條件下，這些導則討論到避免開發洪氾平原的必要性。在 **100 年頻率洪氾平原，執行細則(E.O. 11988)** 要求應考慮各種不同的開發、居住及其他土地使用類型的替代方案。因此，場址是否確實位於 **100 年頻率洪氾平原** 之內最為重要。

所謂 **100 年頻率的洪氾平原**，其指的是緊臨河川水道或水路的低地或平坦地區，該地區在一百年內有可能在任何一年發生一次因氾濫而造成的洪水(USWRC, 1978)。此定義必須要加以詮釋，因為實際上任何土地區域在暴雨發生後，皆會為逕流(runoff)掩蓋。區分的基礎在於淹水的程度不同，若洪水深度在規定的最小值之上，則將被定義為洪氾平原。此區分標準可使用 **聯邦緊急災難管理局(Federal Emergency Management Agency, FEMA)** 洪氾平原的相關研究(FEMA, 1985)。一般而言，根據洪水氾濫的深度不同，土地即區分為各種不同災害等級。

另外必須區分的是洪氾平原的種類以及構成洪氾平原的因素。參考 **USWRC 導則** 可區分出不同種類的洪氾平原，如河川洪氾平原(riverain floodplains)，沿海洪氾平原(coastal floodplains)，或特別種類的洪氾平原(如沖積扇；alluvial fans)。不同型態的洪氾平原，其計算的程序和洪氾平原的判斷準則也會不同。

在美國許多區域內，已經有洪氾平原範圍圖可供參考。**E.O.11988** 中說明：“在執行前，各單位請先行確認提案處是否位處洪氾平原...，關於洪氾平原位置，可參考**美國住宅與都市發展局(Department of Housing and Urban Development, HUD)** **洪氾平原範圍圖** 或其它可取得的更詳細的圖。若無法取得相關圖，則各單位必須以現有最好的資料針對洪氾平原進行判斷。”

根據審核執行細則要點，審查委員決定場址是否位處洪氾平原內的第一步為參考出版的洪氾平原範圍圖，若無法取得洪氾平原範圍圖，申請人必須遵照 **USWRC 導則** 自行繪製。如果依照洪氾平原範圍圖顯示廢棄物處置的確座落在 **100 年頻率洪氾平原** 內，此場址將不被接受。若是場址其它部分(如緩衝

區)位處洪氾平原內，此場址還是有可能不被接受。最後的決定必須符合 *E.O. 11988* 關於洪氾平原選址的一般性目標及條件。*USWRC 導則*提供施行**執行細則(E.O.)**時的所需條件。*USWRC 導則*採逐一步驟的方式提供如何審查面對洪氾平原應有之處理方案，包括替代方案的審查。若有合理並可實行的替代方案時，*NRC 委員*依規範考量的指示，其主要或唯一的目的是在於盡量縮小洪氾平原的使用或開發範圍。若申請者提出洪氾平原的使用申請，必須遵照 *USWRC* 程序提出詳盡的分析及證明。

若場址選在地圖上未被標示為**100年頻率洪氾平原**內，並不代表此申請案必然會被接受。*USWRC* 的程序主要在於界定**100年頻率洪氾平原**位置以確保安全和災區分級。低窪或排水不良的區域(特別是較小河川的流域)並無必要全部圈繪出來。例如，根據 *FEMA* 的規定，對於集水區面積小於一平方哩的小溪流，並不需要進行**100年頻率洪氾平原**之劃設。然而，這樣的低窪地區，卻有可能因受**100年頻率洪水**影響，而造成幾呎的淹水深度。若場址土壤相當的不透水，這樣的地區也有可能經常性的積水。在此一情況下，審查委員可能會認定該區為洪氾可能發生地區而無法通過審查，特別是其它選址條件(例如濕地、高地下水水位等)尚有疑慮時。所以，申請人必須根據以下所述，進一步決定場址並未位於可能發生洪水的區域或高災害發生區，於可能之情況下，申請人應盡早考慮此一選址條件。

(b) 洪水災害的判定(Flood Hazard Determinations)

根據 *FEMA* 導則，洪氾平原的分級與洪水造成的災害有關。若僅是造成淺地表逕流現象並不列入分級內，因為淺地表逕流所造成的災害較小且容易退去。根據這些風險及災害，*FEMA* 已經對災害區域提供廣泛的討論，並已發展出訂出**100年頻率洪氾平原**的步驟，包含特別區域(如沖積扇)。

然而，審查委員認為 *FEMA* 針對洪水災害的分析，並不一定考慮到洪水對低放射性廢棄物處置設施的潛在問題。大部分的狀況下，必須另外進行分析以說明場址的可接受性。其它必須被討論的部分包括：(1)對於特定地區應使用特別洪水分析程序；(2)*10 CFR 61.50* 其它關於洪氾之要求；(3)大於**100**

年頻率洪水所造成的重大災害以及降低洪水災害之工程方法。

(c) 特定區域所使用之特別程序(Use of Special Procedures for Certain Areas)

*NRC* 審查委員分析 *FEMA* 導則顯示，高災害與易發生洪水區，判定洪氾平原必須做額外的考量。因為在導則中僅有對水流深度及流速判別的一般性程序，所以某些特定區域須更精確地計算洪水深度及流速時需要特別的分析。另外，為了評估洪水深度、流速以及潛在的快速變化的發生，其它更詳盡的水文計算技術及特別地形研究是有需要的。可能發生的快速變化包括：侵蝕、淤積、**河流改道(channel avulsion)**和其他潛在的問題。例如，若河流改道情形發生，新的水道可能位於廢棄物儲存放置的地區，同時，**100 年頻率洪氾平原**範圍可能需重新定義。因此，引用系統化的方法進行特定場址區域的水文地質過程全面性的評估是有需要，此方法的範例在 *Rhoads (1986)* 文獻中有相關討論。

(2) *10 CFR 61* 洪水相關法規要求

另有 *NRC* 規範明定避免在洪水或侵蝕地區或不穩定地區設置處置場的必要性。*10 CFR 61.50 (a)(6)*要求上游集水面積最小化之標準。*10 CFR 61.50 (a)(10)*要求應避免不穩定的區域。審查委員總結認為，選址的要求必須做整合性考量，以達成對洪水發生潛能及洪水災害相關的任何有意義的結論。審查委員認為一個場址若能符合下列選址條件，則可消除重大淹水或侵蝕現象的可能：

(a)上游最小集水面積，遵照 *10 CFR 61.50(a)(6)*規範，最好讓場址的位置遠超過鄰近溪流之洪水水位以上，流經場址的逕流(甚至較大洪水，如可能最大洪水；probable maximum flood, PMF)僅為不具影響力的層流(sheet flow)，這樣的情況下，保護場址不受洪水或侵蝕，僅需要小型的加強工程；

(b)遵照 *10 CFR 61.50(a)(5)*規範，將處置場設於排水良好、**100 年頻率洪氾平原**之外且不致發生顯著積水處，以使大量逕流接觸廢棄物的潛勢降到最低；

(c)遵照 *10 CFR 61.50(a)(10)*規範，將處置場設立於洪水流動速度不具明顯影響性之處，以降低侵蝕作用發生的可能；

(d)遵照 *10 CFR 61.50(a)(10)*規範，處置場的座落需位於不發生使預估的效能模式失效之改變處，以使處置場隔離儲存廢棄物的能

力是可信的，或廢棄物移動的可能性可精確地監控。

若場址的排水不良，位處低窪地帶或可能遭受洪水侵襲，則必須同時將洪水對地下水位的影響列入評估。**10 CFR 61.50(a)(7)**禁止廢棄物處置設施位於地下水位高低變動的區間。若處置場位於地下水位會因洪水而上升的區域，並且接觸到儲存的廢棄物，此場址的選擇將不能被接受。在此類案件中，必須引用洪水與地下水位的暫態分析(Transient analysis)，以釐清此場址的適合性。

審查委員認知 **10 CFR 61.50** 所訂定的選址要求均為一般性條件。特別是審查要求中關於上游最小集水面積的限制標準，可能有不同的解釋，多小的集水面積才能滿足要求，常常並不容易決定。審查委員應考慮到規範中僅主觀陳述而未對特定項目明訂最大或最小標準時，選址要求必須綜合各項因素綜合考慮分析。舉例來說，除了極少數的例外，場址上游集水區面積符合規範要求，通常不會發生重大洪水情形，而場址通常屬於排水良好區域，且位於 **100 年頻率洪氾平原**之外，另外，場址多不會積水且侵蝕作用通常不旺盛。

(a) 重大洪水災害以及降低洪水災害的工程設施

洪水與洪水的流速是否會對處置場長期的效能造成重大的影響，是另一個待解決的課題。如上所述，洪氾平原地點的判斷(例如使用 **FEMA 準則**)主要根據淹水的程度或洪水所造成的風險而定。然而，審查委員認為或許有些場址可符合淹水深度及流速的規定，但卻在大淹水時被嚴重淹沒(也就是，淹水程度大於 **100 年頻率洪水**時)，所以此項因素必須在選址時列入考量。

審查委員也瞭解，有時重大的風險並非直接與 **100 年頻率洪水**有關。提供選址規範要求，主要是為了廣泛的檢視場址條件，並盡可能避免該場址因為較小的洪水(**100 年頻率洪水**)而有重大影響淹水情形發生。LLW(低放射性廢棄物)場址將會被要求以更大的洪水標準來設計保護；其設計洪水基準應為其可能最大洪水 **PMF**。

因此，場址是否能被接受的另一重大決定，則與降低洪水災害相關之工程措施的範疇有關。加強場址防範洪水逕流屬重要課題。審查委員進一步認定選址要求的主要目的，是引導場址選擇朝向其本質即已提供最大程度的防洪能力。這樣的場址本來就位於洪水水位之上而不受重大洪水影響。場址條件良好

者，可能僅需要少許加強排水和最小的防洪措施，通常不需依賴大量的工程防護，特別是在場址關閉後。鄰近場址上游集水區(已符合最小集水面積標準)的層流(sheet flow)和小型蝕溝水流(minor gully flows)，僅需用簡易低價的便道或溝渠引流，以遠離處置設施，甚至足以應付重大洪水之發生。此情況下使用工程設施進行洪水防護是可以接受的。然而，會造成場址幾呎深淹水(或急流)的嚴重洪水，特別是大於 **100 年頻率洪水**(包括 **PMF**)，則很難加以採用工程措施抑制。使用堅固且大型的堤防工程或引流構造物來防洪，並不一定能被接受。因為長時間之後地表可能崩解(degradation)，工程結構也將毀壞，場址關閉後若必須依賴這些防洪工程措施，審查委員認為這種作法將無法符合 **10 CFR 61 Subpart C** 的效能目標。審查委員認為應該以場址地點的自然環境及高度的升高，以提供大型侵蝕作用的防護。以上已提出的明顯事實是，許多建議場址並不需要任何重大的防洪措施，即為比較符合條件的場址，而低窪地區、易發洪水以及排水不良的場址則將被否決。

申請者必須證明及確保所採取的防洪工程將不是大規模或不至過於精細。申請者將被要求根據 **10 CFR 61 Subpart C** 的效能目標，顯示其防洪設計僅是合理的加強保護處置設施能安全的隔離廢棄物。為了定義防洪措施的“合理”，可參閱 **NRC** 對“要求的(expected)”或“典型的(typical)”措施所做的比較(**NRC, 1981**)。另一種工程合理度的測試法，為將建議場址所需要的措施與一位於分水嶺且排水優良(僅作需極少量的工程，例如小型排水溝或低淺水道)場址的設計進行比較。

### (3) 濕地 (Wetlands)

建立相關於 **10 CFR 61.50** 濕地的要求條件時，主要關心的要點在於：(1)避免廢棄物與排水不良、低窪或潮濕地區的停留水(standing water)接觸，(2)必須符合 **E.O.** 所有可用的法規要求。經常飽和之大型低窪地區特別重要，因其很難利用一般的整地工程解決相關問題。

然而，審查委員利用最新發展的 **聯邦單位的導則(FICWD, 1989; EPA, 1991)** 來定義濕地，可能將定義出相當小的濕地(小於 100 平方呎)。將場內僅有小部分獨立的潮濕土壤區，例如表土凹陷(surface depression)或水坑(puddles)等列為限制場址，並非審查委員依據 **10 CFR 61** 進行審查的本意。若上述情況確信不會對安全性有影響，或能完全

符合效能目標者，設立廢棄物處置場仍是有可能被接受的。然而申請者必須證明：(1)場址中有無溼地存在；(2)確定證實 **10 CFR 61.50** 法規中的選址要求已完全符合；(3)依照場址基準特性決定濕地對安全與效能的影響。

(a)溼地的判別 (Determination of Wetlands)

**美國聯邦溼地界定委員會(Federal Interagency Committee for Wetland Delineation, FICWD)**已發展詳細的溼地導則並製成聯邦手冊「**認定並劃分濕地轄區(Federal Manual for Identifying and Delineating Jurisdictional Wetlands, FICWD, 1989)**」。修訂版則為「**溼地界定聯邦手冊之提案修訂(EPA, 1991)**」。此聯邦內部手冊和後來的修訂版本皆提供了定義溼地區域的詳細導則，審查 LLW 處置場址相關溼地部分時這些程序必須遵循。

(b)溼地之要求

審查委員認知 **10 CFR 61.50 (a)(5)** 主要是避免排水不良的場址，特別是因排水不良而造成溼地的場址。審查委員也認為法規的主要目的是避免水與廢棄物的直接接觸，故比起正位於廢棄物處置處的溼地，位於緩衝地帶的溼地對於安全性及設施效能的影響較輕。

1. 緩衝地帶

與洪氾平原相同，審查委員的認為場址的某些部分(如小部分的緩衝地帶)位處濕地地區是可接受的，條件是必須取得適當核准單位的許可，並且所有 **10 CFR 61** 其它的選址要求必須全部符合。必須強調的是，溼地要求必須與其它選址要求作綜合性的分析。例如，場址中若有溼地存在，雖然範圍極小，卻有可能代表有高地下水位或排水不良的情形；因此這種情況就很難符合 **10 CFR 61.50 (a)(7)** 地下水深度的要求和 **10 CFR 61.50 (a)(5)** 排水良好的要求。額外的資訊將在以下的 **2.3.3 節** 提出其它需要符合的法規要求。

2. 廢棄物放置區

如上所述，廢棄物放置的地點不可位於溼地區域，法規除外情形則需進一步提出討論。

(c)溼地的定義

與洪氾平原相同，要決定場址的接受與否，與解決排水、積水和溼地問題的工程措施之範疇有關。場址整地時，多半是用來加強場區排水能力，所以場址排水能力強化及改進排水的程度則成為重要的課題。選址要求的本意為引導選址程序朝向場址環境本身就已排水良好，且並無任何重大積水問題者。場址條件良好者，可能需要少許加強排水措施時，通常不需依賴大量的工程措施來避免及排水問題的再度發生，特別是場址關閉後工程措施通常並無日常維護。精心設計的繁複排水系統(例如礫石排水、抽水系統、重建導流溝渠以及分洪構造物等)通常不被接受。因為長時間(大於 100 年)之後地表可能崩解(degradation)、工程結構物也常將毀壞，審查委員認為，若必須依賴場址關閉後長時期的工程措施，這種作法將無法符合 **10 CFR 61 Subpart C** 的效能目標。審查委員認為所謂的排水良好應該是場址地點本身的自然坡度、位置及高程所提供的條件。以上已提出的明顯事實是，許多建議場址並不需要任何重大的排水及加強工程，即為比較符合條件的場址，而低窪地區以及排水不良的場址則將被否決。

審查委員了解有某些特定的溼地範圍有限，可以很輕易的修正或被消除。若僅需少量的工程措施即可消除排水問題(例如小範圍重新整地)，則可獲取許可。審查委員則可能決議部分場址可設立於這一小部分區域。然而，此溼地若有再次形成的可能，或濕地合併發生高地下水位的情形，此場址則將不被接受，因為這類濕地必須依靠主動性的維護和/或溼地狀況的監控。這對緩衝區來說特別的重要，因為這樣的區域可能未受觀測或被忽略，而濕地、排水不良或高地下水位的問題可能相當複雜。這樣的情形下，申請者要證明所有選址條件均能符合可能相當困難。

再者，審查委員認為，若可由相關負責單位取得許可證，消除指定的溼地區域，則法規中環境方面的規定仍須符合。選址要求中環境條款的用意，旨在依循 **E.O.11988** 和 **E.O.11990** 的要求，審查委員認為必須滿足所有相關於溼地的環境條款規定。

當審查案件中，場址於建造前有小範圍特定溼地存在，並擬予以永久消除時，遵照選址要求審查該案提出之資訊、數據

及分析的程序將具場址相關性(site-specific)。然而，審查委員將要求補充額外資料，而且審核其是否與下列其它規範要求相符合：

1. 符合相關的環境法規。申請者必須向相關管理單位確認申請取得所有相關核准函。經過核准授權即可消除溼地區域。
2. 符合 **10 CFR 61.50(a)(5)**。申請者必須確認不存在任何機制使溼地或排水不良情形重新形成。僅能以整地工作(小型開挖或回填)作為消除溼地和防止重新發生的工程措施。
3. 符合 **10 CFR 61.44**。申請人必須確認不需要主動性維護工作來預防溼地的再度形成。工程方法如抽水和礫石排水(gravel drains)是不被接受的。申請人同時必須顯示，日後再度填入額外材料的情況不會發生。
4. 符合 **10 CFR 61.50(a)(7-8)**。申請人必須確認工程填方之前的地下水現況深度，並確認沒有任何水文地質機制會使溼地重新形成或使情況惡化，也需確認地下水不會排出而流入場址表面。
5. 符合 **10 CFR 61.50(a)(7-8)**。申請人必須確認該溼地區域的發生並非因為地表的崩塌 (slumping)、地層下陷(subsidence)、洪水/侵蝕或其它可能在處置場關閉之後造成場址重大改變的現象。舉例來說，石灰岩地形的提出不能被接受，因為將來的地層下陷現象會造成溼地區域。同樣的，緊鄰 **100 年頻率洪氾平原**外的地點，若其積水和排水問題的形成的主因是洪水/侵蝕/下沉，則此一地點可能也不會通過。另外，若發生大於 **100 年頻率的洪水**，則可能造成洪患或侵蝕，而重新造成積水或濕地問題。
6. 符合 **10 CFR 61.50(a)(8)**和 **61.53**。申請人須確認場址內或鄰近的溼地，對於執行適當監測或採取修正行動的能力無任何負面影響。

### 3.13.3 接受準則

#### 3.13.3.1 法規要求

無。

#### 3.13.3.2 法規指引

無。

#### 3.13.3.3 法規評審準則



無。

### 3.13.4 審查發現

#### 3.13.4.1 引言

##### (1) 洪氾平原

根據審查的準則或執行導則，下列程序必須遵循以決定場址是否符合 *10 CFR 61.50(a)* 和 *E.O. 11988* 中相關洪水或選址的要項。

(a) 執照申請者必須參照出版的洪氾平原範圍圖(例如 *HUD* 與 *FEMA*)，若廢棄物存放位置在洪氾平原上，依 *10 CFR 61.50 (a)(5)* 規定是無法接受的。若處置場的其它部分(例如小部分緩衝區)位於洪氾平原範圍內則可能被接受。關於位於洪氾平原土地使用的答辯、替代方案的評估均必須依照 *E.O. 11988* 和 *USWRC* 的規定提出。其評估作業相當複雜，必須納入下列步驟：

1. 洪氾平原的判定
2. 建議之作為需先經公眾審閱
3. 替代方案的訂定與評估
4. 衝擊之確認
5. 決定縮減、回覆和保存洪氾平原的方法
6. 替代方案的再評估
7. 結果的發表或出版
8. 建議作為之實施

若場址並沒有座落於被指定為洪氾平原的位置，則初步檢視條件已符合。然而，若鄰近於溪流或乾河床之場址必須評估，因為對建議場址而言，*HUD* 或 *FEMA* 洪氾平原範圍圖並不足夠詳細與適切。

(b) 申請人必須執行詳細的場址洪水分析(flooding analyses)，以釐清該廢棄物處置地點並不位於 **100 年頻率洪水** 影響或容易氾濫的地區。雖然場址其它部份有位於 **100 年頻率洪水** 影響範圍，若申請人能顯示其符合 *E.O. 11988* 所有規範，則此場址是可接受的。證明其可行的方法，應遵照 *USWRC 導則* 中關於替代方案之評估與建議作為之驗證。若場址位於易發生洪患區則可能不會被接受。最後的決議，仍將根據申請人所提出其加強場址自然環境所使用之工程措施可提供適切防洪能力之證明。若場址鄰近溪流並其集水面積小於一平方哩(雖然這樣的面積會被 *FEMA* 定義之 **100 年頻率洪氾平原** 所排除)，仍應執行分析以

顯示場址不會經常性受溪流氾濫的影響。

- (c) 申請人必須對 **10 CFR 61.50** 規範的其它相關要求作出評估，如上游最小集水面積的標準、避免侵蝕/淤積作用以及避免洪水引起地下水位升高造成地下水與廢棄物的接觸等。申請者也應顯示場址洪水問題及其他相關現象，將可因小型工程修正而消除，而且由上游集水區流至場址的逕流必須非常少且可輕易導流；場址活潑的地表作用(例如侵蝕、沉積等)將不會影響工程設計構造物的長期效能，且不會使所預估之效能模式失效。

## (2) 溼地

依 **10 CFR 61.50(a)(5)** 要求，審查委員決議廢棄物放置區或處置設備，不可座落在指定溼地區域。然而，若能獲得溼地土地利用許可並且符合其它所有場址規範，處置場的其它部分(例如部分緩衝區)則可位於溼地區域。而場址的部分區域若被判斷是位於溼地內，申請者必須顯示其面積有限，而且僅需用小規模的工程方法即可消除或減緩溼地狀況，而且不需執行長期維護以避免溼地再度形成。溼地通常是高地下水位的指標，故必須提出證明其餘的選址規範和 **E.O.** 的規定皆能符合。相關規範亦包括列於本附錄之規範。

### 3.13.4.2 評審發現範例

無。

### 3.13.5 參考資料

- (1) Environmental Protection Agency, "Proposed Revisions to the Federal Manual for Delineating Wetlands," 56 FR 40446, August 14, 1991.
- (2) Executive Order 1198B, "Floodplain Management," 42 FR 26951, May 24, 1977.
- (3) Executive Order 11990, "Protection of Wetlands," 42 FR 26961, May 24, 1977.
- (4) Federal Emergency Management Agency (FEMA), "Flood Insurance Study, Guidelines and Specifications for Study Contractors," September, 1985.
- (5) Federal Interagency Committee for Wetland Delineation (FICWD), 1989, "Federal Manual for Identifying and Delineating Jurisdictional Wetlands," U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Fish and Wildlife Service, and U.S.D.A. Soil Conservation Service, Washington, D.C. Cooperative Technical publication.
- (6) Rhoads, Bruce L., "Flood Hazard Assessments for Land-Use Planning near Desert Mountains," Environmental Management, Vol. 10, No. I, 1986.
- (7) U. S. Nuclear Regulatory Commission (USNRC), "Draft Environmental Impact

Statement on 10 CFR Part 61, Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste,” September, 1981.

- (8) ---“Site Suitability, Selection, and Characterization,” NUREG-O902, 1982, Reprinted 1986.

## 附錄 二

美國核能法規 NUREG-1200 第三章內容之中文化

### 4.0 處置設施之設計

#### 4.1 設計目標與功能需求

##### 4.1.1 審查範圍

審查委員審查低放射性廢棄物處置場(LLWDF)的主要設計特性，處置場主要設計特性係提供廢棄物的長期隔離、降低處置場關閉後維護工作量以及改進場址自然環境，以保護群眾的健康與安全，以符合 *10CFR61.12(b)-(e)*、*61.13(a)(b)(d)*、*10CFR61.23(b)-(f)*、*10CFR 61.41 -61.44*、*61.50(7) (8)*、*61.51(a)(1)-(6)* 及 *61.52(a)(1)-(10)*。

審查委員評估申請人的處置場或處置單元的主要設計特性包含下列 11 項功能要求：

- (1) 降低雨水滲入處置單元
- (2) 保證處置單元掩蓋物的完整耐用
- (3) 提供覆土、廢棄物及掩蓋物之構造穩定性
- (4) 減少廢棄物與積水的接觸
- (5) 提供在運轉中以及關閉後及安定性
- (6) 促進處置場關閉及安定性
- (7) 減少長期維護的需要
- (8) 提供屏障以防止不慎的侵入處置場
- (9) 合理抑低職業曝露(ALARA)
- (10) 提供適當的處置場現場監測
- (11) 依據 *10 CFR 61.12(b)* 提供適當的緩衝區，以利監測及可能的補救行動

審查委員評估主要設計特性描述的適當性，確認符合 SRP 2.2 的主要設計準則與設計基準，以及 10CFR61.51(a) 的每一項最低技術要求。

##### 4.1.2 審查程序

審查委員將使用本 SRP3.3 節接受準則分別評估該 11 項主要設計特性的描述。委員將取得並使用這些資料用以確保審查程序的完成。並於適用於某特定案件時使用與強調本 SRP 的資料。

###### 4.1.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查主要設計特性及其功能的描述與分析的完整性。

#### 4.1.2.2 安全性評審

審查委員藉由業者提出申請案資料與本 SRP 資訊比較，以及確認業者資料的工業標準(industry standard)或替代方法。審查委員將評估業者所提出與本 SRP 所述不同的替代方法。替代方法若不具對等性(equivalent)或未能改善本 SRP 的方法，則不易被接受。

委員將審查本 SRP 3.3 節中的主要設計特性以確認該重要特性已被正確地說明與描述。

#### 4.1.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 2 節接受準則之要求。

### 4.1.3 接受準則

#### 4.1.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10CFR61.12 “特定技術資訊 Specific Technical Information”(b) 到 (e)*，要求設計特性的描述、主要設計準則和設計基準自然事件以及相互之間與效能目標的關係，申請人用於設計且將用於建造之法典或標準之描述
- (2) *10CFR61.13 “技術分析 Technical Analyses”(a)(b) 和(d)*，相關於隔絕與隔離低放廢棄物時，其設計特性所扮演的角色說明，和對防止個人的非故意侵入與設施長期穩定之分析。
- (3) *10CFR61.23 “執照簽發標準 Standards for Issuance of a License”(b) 到(f)*，要求申請人提案設計應提出對大眾健康安全之適當保護以及符合 *10 CFR 61, Subpart C* 的效能目標與 *10 CFR 61.51, Subpart D* 之技術要求。
- (4) *10CFR61 Subpart C, “效能目標 Performance Objectives,” 10 CFR 61.41 到 61.44*，說明所設計之處置設施必須能達成的效能目標。
- (5) *10CFR61.50 “陸域處置之場址適合性規範 Disposal Site Suitability Requirements for Land Disposal”(a)(7) 和(8)*，關於所設計之處置設施需確認其相對於地下水位的足夠深度以及其位處水文地質單位(hydrogeologic unit)之位置將不會有地下水洩出處置場的地表。
- (6) *10CFR61.51 “陸域處置之場址設計 Disposal Site Design for Land Disposal”(a)*，說明近地表處置場設計的最低技術要求。

(7) **10CFR61.52 “陸域處置設施運作與場址之關閉 Land Disposal Facility Operation and Disposal Site Closure”(a)(1) 到(10)**，說明設施運作與場址關閉之最低技術要求。

#### 4.1.3.2 法規指引

沒有法規指引直接被引用到主要設計特性。與某部分主要設計特性相關的指引可參考以下章節。

#### 4.1.3.3 法規評審準則

十一項主要設計特性之設計細節與主要設計準則於本 SRP 第二章中詳述並於其他 SRP 中有更深入的說明。例如，主要設計特性中要求處置單元水的最小滲透量，最初在 SRP 1.4.2 場址特性 中提及後，於 SRP 2.2 的主要設計準則和設計基準考量中也有闡明。而針對廢棄物覆蓋系統(waste cover system)水滲透的安全評估，相關資料的要求則於 SRP 5.1.2 中說明。

在本 SRP 中說明主要設計特性的主要理由，是為了確保申請者能在一個章節之內清楚說明所有主要設計特性之間的相互關係，並顯示所有設計特性皆已在完整的 LLWDF 興設計畫中考量。審查委員對於所要求的特定主要設計特性資料的接受與否，以及對設計完整度(假設的有效性、引用的方法、研究與計算的結果等)所評估的結論，將於該執照申請案中所提供之特定資料，於適當的 SRP 審查中做出決定。

##### (1) 水滲透(water infiltration)

申請人針對設施特性與減少水滲透的處置單元設計的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人對特性的描述至少必須包含以下說明：(1)遵照 **10 CFR61.51(a)(4)**，為導引場區降水離開處置單元而設計的廢棄物掩蓋物。(2)遵照 **10 CFR61.51(a)(5)**，為導引場區內降水，場外降水流入場內及地下水離開處置單元而設計的場內排水系統。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.2 與 6.1.2 中詳述。

##### (2) 處置單元掩蓋物完整性

申請人針對處置單元掩蓋物完整性設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其採取的方法(measures)，使(1)掩蓋物達成預期使用時期及避免連續性維護需求

之能力，已符合 **10 CFR 61.51(a)(1)**。(2) 掩蓋物抵抗生物擾動與地表削夷作用之能力已符合 **10 CFR 61.51(a)(4)**。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

(3) 結構穩定性

申請人針對覆土、廢棄物及掩蓋物結構上穩定性設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 興設計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其廢棄物長期隔離及避免經常維護之需求方面已依循 **10 CFR 61.51(a)(1)** 列入考量。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

(4) 廢棄物與積水之接觸

申請人針對降低廢棄物與積水之接觸設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其使用之方法 (measures)，依法規 **10 CFR 61.51(a)(6)**，以降低(至可行的範圍)廢棄物在暫時貯存、處置場運轉中以及場區關閉前後期間與積水的接觸。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

(5) 現場排水系統

申請人針對處置場建造、處置運轉中及關閉後的現場表面排水系統設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須說明其使用方法 (measures)，將可以(1) 地表水引導遠離廢棄物(遵照 **10 CFR 61.51(a)(4)** 規範)，(2) 以速度與斜度的方法 (velocities and gradients) 控制排水系統流出處置單元避免本身之浸蝕 (遵照 **10 CFR 61.51(a)(5)** 規範)。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 3.4.4, 5.1.1, 5.1.2 與 6.3.3 中詳述。

(6) 場址關閉及穩定化

申請人針對提供場址設施關閉及其穩定以及避免經常性維護的設計特性的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

在設計特性敘述時，申請人至少必須提出其措施，必須(1)遵照 **10 CFR 61.51(a)(1)** 規範，提供廢棄物長期隔離的保證與避免經常性維護之需求，而這些保證亦能適用於處置場關閉及穩定計畫。(2)必須遵照 **10 CFR 61.51(a)(2)** 規範，提供場址關閉與穩定計畫。(3)依 **10 CFR 61.51(a)(3)** 之規範，有需要時應改善場區自然環境特性。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 4.3, 5.1.1, 5.1.2, 5.2 與 6.3.3 中詳述。

(7) 長期維護

申請人針對避免長期維護的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須依循 **10 DFR 61.51(a)(1)**，說明處置場關閉後，如何避免長期維護之需求。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 5.1.2, 與 6.3.2 中詳述。

(8) 不經意侵入者屏障

申請人針對避免不經意侵入者屏障的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須依循 **10 DFR 61.42**，說明設立之屏障，以避免個人不經意的侵入。其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 3.3.1, 與 6.2 中詳述。

(9) 職業曝露

申請人針對將職業曝露合理抑低(as low as is reasonably achievable)的相關討論，若其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於全面的 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須依照 **10 CFR 61.12(k)** 及 **10 CFR 61.43** 中之資訊，說明如何合理抑低職業曝露。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 6.1, 7.1 與 7.3 中詳述。

(10) 現場監測



申請人必須提供處置場運轉中及運轉後環境監測計畫之說明。

#### (11) 緩衝區

申請人針對提供掩埋廢棄物與場址界線之間以及被掩埋廢棄物之下適當緩衝區的相關討論應足夠充分，且其設計特性已清楚的描述並顯示該特性已整合於 LLWDF 計畫中，則此部分資料的提出可被接受。

申請人至少必須說明其特性可達成 *CFR 61.51(a)(8)* 之法規規範。

其它方面的設計特性將於 SRP 3.2, 與 4.3 中詳述。

### 4.1.4 審查發現

#### 4.1.4.1 引言

審查委員須確認 *SAR* 中所提出之資訊能充分滿足法規要件且與本 *SRP* 之指示相符。基於這些資訊，審查委員必須能做出完成評估的結論，並依以下說明陳述審查結果。

#### 4.1.4.2 評審發現範例

審查委員遵照 *審查標準計畫 3.1*，已經完成【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之主要設計特性之審查。其審查的目的在確認申請人已提出足夠資料描述處置設施計畫之主要設計特性以達成下列各項：(1)降低處置單元之水滲透情形；(2)確保處置單元掩蓋物之完整性；(3)確保覆土、廢棄物及掩蓋物構造之穩定性；(4)降低廢棄物與積水接觸的可能；(5)於運作及關閉期提供適當之場區排水；(6)促使場址關閉與穩定；(7)減少長期維護的需求；(8)對不可避免的入侵提供障壁；(9)合理抑低職業曝露；(10) 提供適當的現場監測；(11)提供適當的緩衝區以利監測與可能的災害處置行動之進行。

根據其審查，主要設計特性之描述已清楚地整合在處置設施計畫中呈現，委員們決定此部分資料可被接受。其他特定的設計項目與細節則於其他相關 *SRP* 中說明與評估。

### 4.1.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulation, Title 10, "Energy ," U.S . Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.

## 4.2 建築設計

### 4.2.1 審查範圍

審查委員審查低放射性廢棄物處置場(LLWDF)的主要設計準則，處置場主要設計準則由申請人建立，以合理保證主要設計特性在正常狀況與異常/意外狀況下提供處置廢棄物之長期隔離，降低處置場關閉後連續性維護之需求，並改進場址自然環境特性以維護公眾健康與安全，以符合 *10CFR 61.12(b)-(g)*、*10CFR 61.13(a)-(d)*、*10CFR61.23(a)-(f)*、*10CFR61.40-61.44*、*10CFR61.51(a)*、*10CFR61.52(a)*。

審查委員將針對這些主要設計準則中，關於正常異常/意外狀況及其條件中與 *10 CFR 61* 之效能目標有關的技術需求部分，評估申請人對下列 11 項功能性要求之敘述：(1) 降低雨水滲入處置單元；(2) 保證處置單掩蓋物的完整耐用；(3) 提供覆土、廢棄物及掩蓋物之構造穩定性；(4) 減少廢棄物與積水的接觸；(5) 提供在運轉中以及關閉及安定性；(6) 促進處置場關閉及安定性；(7) 減少長期維護的需要；(8) 提供屏障以防止不慎的侵入處置場；(9) 合理抑低職業曝露(ALARA)；(10) 提供適當的處置場現場監測；(11) 提供適當的緩衝區以利監測及可能的補救行動。

審查委員將(1) 確認符合 *10 CFR 61.12(c)-(d)*關於符合主要設計準則，及其與 *10 CFR 61, subpart C* 中預期目標之關係，考量正常運轉狀況、異常狀況(分別於 SRPs 2.2, 2.3, 2.4 提及之氣象、構造、水文場址特性)、意外狀況；(2) 以於 SRP 6 中提及之分析與評估，確認其主要設計特性之設計，其貢獻與致性符合 *10 CFR 61.41* 之成果目標與 *10 CFR 61.13* 要求；(3) 核對申請人的評估能保證其在異常事件或意外狀況下不會發生大於 *10 CFR 61* 所訂之暴露等級。

## 4.2.2 審查程序

審查委員將使用本 SRP 4.3 節之接受準則，其審查將根據每一結構、系統與組件之功能要求以及符合 *10 CFR 61, Subpart C* 之目標之各項條件。

### 4.2.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查下列各項之完整性：(1) 針對正常狀況、異常狀況與意外狀況主要設計標準之描述；(2) 針對每個設計特性之功能要求；(3) 針對各設計特性之貢獻分析。

### 4.2.2.2 安全性評審

審查委員審查列於本 SRP 4.3 各主要設計特性之主要設計標準之描述，以確保於正常運轉狀況、異常/意外狀況下，申請者提出之主要設計標準能符合包括各個結構、系統、構成要素之運轉目標。其它關於設計基準、設計極限、設計細節(假設、方法、計算、結果)，當申請者於 SAR 中提出所須設計資訊時，亦可能在本 SRP 或隨後的 SRPs 審查。

審查者將比較申請者依據設計基準事件與意外狀況所發展的主要設計

標準。

主要設計特性之短期與長期穩定分析，應考量靜態與動態載重。針對長期穩定考量，異常狀態之設計基準包括(1)最大地震(SRP 2.3.2)(2)可能最大洪流量(PMF)與可能最大降雨量(PMP)(SRP 6.3.1)(3)極端氣像條件(SRP 2.2)。針對短期正常運作之穩定考量，上述事件之載重將獲審查者之許可；但此較不嚴苛之自然狀況必須由審查者證明其各設計基準達到 *10 CFR 61* 之成果目標與技術需要求。

審查者將審查申請人對異常事件或意外下，於非限制區之輻射釋放曝露與表現評估分析及模式。審查者需確認於伴隨異常事件或意外下，主要設計標準能確保主要設計特性之需求功能不致發生不可接受的質疑。若導致無法符合如 *10 CFR 61, Subpart C* 之要求或無法成功展現處置設施之運轉表現，則該項質疑將被視為不可接受。

委員將審查申請人對非管制區域內異常事件或意外的輻射外洩暴露效應的評估，以及其功能評估分析與模式。審查委員將決定每一個主要設計準則是否提供合理保證該相關異常事件與意外將不致對主要設計特性之需求功能形成無法接受的挑戰。若這些挑戰將導致 *10 CFR 61 Subpart C* 規範之效能目標無法符合或不能成功建立處置設施的效能，則將評估為不可接受。

#### 4.2.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 4.2.3 接受準則

#### 4.2.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12 特定技術資訊 Specific Technical Information*”(b)到(g)，要求設計特性的描述、主要設計準則和前述各項其相互之間與 *10 CFR 61 效能目標*的關係
- (2) *10 CFR 61.13 技術分析 Technical Analyses*”(a)到(d)，要求 (a)其分析需險時能符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標，(b)於隔絕與隔離低放廢棄物時，其設計特性所扮演的角色必須清楚的與自然場址特性之角色明顯不同。
- (3) *10 CFR 61.23“ 執照簽發標準 Standards for Issuance of a License*”(a)到(f)，要求申請人提案設計應提出對大眾健康安全之適當保護並合理保證符合 *10 CFR 61, Subpart C* 的效能目標與 *Subpart D* 之技術要求。
- (4) *10 CFR 61 Subpart C*”效能目標 *Performance Objectives*,”*10 CFR*

61.40 到 61.44，說明所設計之處置設施必須能達成的效能目標。

(5) 10 CFR 61.51“陸域處置之場址適合性規範 *Disposal Site Design for Land Disposal*”(a)，說明近地表處置場設計的最低技術需求。

(6) 10 CFR 61.52“陸域處置設施運作與場址之關閉 *Land Disposal Facility Operation and Disposal Site Closure*”(a)，說明設施運作與場址關閉之最低技術要求。

#### 4.2.3.2 法規指引

沒有法規指引直接被引用到主要設計特性。申請人需使用下列各節資料做為導引。

#### 4.2.3.3 法規評審準則

主要設計項目是在 SRP 3.1 中審查，而其輔助系統則於 SRP 3.4。若申請人選擇在後續的 SRP 中提供要求的設計細節，則本 SRP 可能不會涵蓋主要設計特性的確實設計項目。然而，這個階段的 *SAR* 必須為在 SRP 3.1 之下所審查之所有主要設計特性提供主要設計準則。在本 SRP 的法規評估準則是為了確保申請人之主要設計準則，以建立其設計、測試，和結構、系統的效能要求，或提供合理保證低放廢棄物處置設施得以設計、建造和運作，並且在正常狀況或異常及意外事件的狀況下符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標* 的必要內容。審查委員將確認呼應本 SRP 導則所提供的設計資料是否被適當正確地引用於 SRP 6 將審查的功能評估的分析中。審查委員將於下列章節評估上述所討論的主要設計準則。

##### (1) 水滲透(water infiltration)

申請人針對減少水滲透的主要設計準則，若足以支持於 SRP 6.1.2 中審查的滲透分析設計的相關部分，並且與 SRP 3.1, 3.2A, 3.3A, 3.3.1, 4.3, 5.1A 和 5.1.2 降低水滲透的資料審查一致，則此部分資料的提出可被接受。

至少，主要設計準則必須(1)能被清楚的陳述；(2)與 SRP 3.1 一致之設計特性之描述；(3)提及所有場址表層下之排水系統與處置單元掩蓋物之設計；(4)確認可滲透之降雨分率 (fraction of precipitation)。

使用於地表下與地表排水系統設計的水文事件必需是最嚴重狀況的事件，無論是溶雪(依當地狀況而定)或可能最大降雨量 (*PMP*)。

功能評估研究需考慮之入滲量的導則，將由 **審查委員功能評估技術分組 (Branch Technical Position on Performance Assessment)**

提供。功能評估中必須考量的入滲量必須依據長期降雨記錄選擇嚴重的(severe)和長期不變(sustained)的滲水率之後加以建立。對於造成覆蓋物表面滲水增加的事件並不需要分析，然而，對於因為場址氣候地形狀況而可能引起的地表剝蝕(degradation)造成滲入覆蓋物滲水率的改變則必須說明與評估。需提供運作、關閉及主動式機構控制的時期因入滲率增加而實施的補救措施之描述(例如維護或整地)，以顯示此設計特性的功能可以維持。

導向和控制現場降雨或季節性 perched 地下水位離開處置單元的主要設計準則必須說明其地表下排水系統可以控制的流速和地下水位。此最低流速與地下水位必須根據(1)最大溶雪或最大降雨(PMP)所導致的最壞狀況(2)因意外狀況所產生之單一地下排水組合物質(components)的意外堵塞(blockage)。

## (2) 處置單元覆蓋物完整性

若申請人的主要設計準則與 SRP 3.4.4, 4.3, 5.1.1, 5.1.2, 6.1.2, 和 6.3.1 所審查的滲透作用(percolation)、地表與地下排水以及侵蝕保護(erosion protection)分析，以及 6.3.3 沉陷(settlement)和/或沉降(subsidence)評估能具有一致性並支援性，則其確保處置單元覆蓋物完整性的設計準則可被接受。而在附錄 A 中則包含有廢棄物上方土壤覆蓋系統的定位(placement), 夯實(compaction), 與測試(testing)相關額外審查的導則。

主要設計準則至少應(1)清楚說明和(2)與 SRP 3.1 所審查主要設計特性之敘述一致。

處置單元覆蓋物的侵蝕保護之主要設計準則必須至少說明(1)一般運作狀況時的地表水和風速；(2)於長期穩定時考量的異常性地表水與風速以及正常水位。因意外狀況而造成的覆蓋物侵蝕增加的分析則不需要。

確保沉陷和/或沉降並不會影響處置單元覆蓋物完整性的主要設計準則至少應說明(1)評估整體性與差異性沉陷以及預估廢棄物與填充材料的密度增加狀況；(2)預估覆蓋物材料在掩埋廢棄物仍具致災能力的時期其強度與長期耐受性；(3)相對於最大地震的異常地表震動。對於因意外事件而造成的沉陷與沉降情形增加的分析並不需要。

## (3) 構造穩定性

確保填充材、廢棄物與廢棄物覆蓋物構造穩定的主要設計準則

若可支持 SRP 6.3.3 審查的沉陷與沉降分析或與其一致則可被接受。邊坡穩定性的設計考量會在 SRP 6.3.2 中審查。而工程結構的結構穩定性如地底窖室和土壤護堤之混凝土貯存槽(earth-mounded concrete bunker)則於 SRP 3.2A 中審查。

其主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 設計特性審查之敘述一致；和(3)與 SRP 3.2A, 3.3A, 3.3.1, 4.3, 5.1A 和 5.1.2 審查的資訊一致。

確保填充材、廢棄物和廢棄物覆蓋物的結構穩定性之主要設計準則應至少說明(1)廢棄物容器與容器內填充材料之間預知的空隙(voids)容量；(2)因運作而產生的空隙效應；(3)設計基準異常事件對於結構穩定性的效應；和(4)在廢棄物仍然有害時期，因地質化學環境而產生可預知的填充材、廢棄物形態和廢棄物覆蓋材料的剝蝕。對於因意外事件而造成的結構穩定性降低情形分析並不需要。

#### (4) 廢棄物與積水之接觸

避免廢棄物與積水接觸的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 4.2, 5.1.1, 5.1.2, 6.1, 6.3.1 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)說明廢棄物之儲藏、開啟和關閉處置單元；(3)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致；(4)處置單元覆蓋物地表下與地表的排水和暫存區域；(5)描述處置單元地面自然材料至放置之排水材料之間相對滲透性與處置單元地面集排水系統特性；和(6)描述暴露於空氣中之儲存廢棄物暫時存放的平臺與覆蓋物的使用。

避免廢棄物與積水接觸的設計基準水文與氣候事件與本 SRP 4.3.1 地表下排水系統中相同。而針對解決運作期主動性排水系統組件意外破壞和任何關閉後的被動性排水系統組件的破壞之設計準則必須加以提出。

#### (5) 現場排水系統

可安全控制地表逕流之現場排水系統的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 3.4.4, 5.1.1, 5.1.2, 6.3.1 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)說明運作期(短期)和關閉後(長期)場址地表排水狀況；(3)與 SRP 3.1 Section 4.3.5 審查之設計特性敘述一致；(4)涵蓋地表的排水特性，分流結構(diversionary

structures)和表土排水斜坡等。

確保場址地表排水的設計基準水文與氣候事件與本 SRP 4.3.1 地表下排水系統之正常和異常狀況中相同。需要上游蓄水庫破壞或下游排水堵塞可能效應之設計準則來因應意外狀況的分析。

(6) 場址關閉及穩定

場址關閉及穩定的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 4.3, 5.1.1, 5.1.2, 5.2, 6.3.2 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

場址關閉及穩定之主要設計準則應至少說明：(1)設計時應提出最終場址關閉計畫中的相關項目；(2)設計基準異常事件對關閉與可能的主動維護規範需求所產生的效應。對於場址關閉後意外事件的效應分析並不需要。

(7) 長期維護

避免長期維護需要的主要設計準則若與 SRP 5.1A, 5.1.2, 6.3.1 和 6.3.2 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

主要設計準則必須依下列各項說明與討論可納入之方案來避免長期維護的需求(1)預測材料之耐用度；(2)預測侵蝕作用，(3)所預測排水系統退化(degradation)的效應；(4)預測監控系統的退化，和(5)長期維護規範的設計基準異常事件之效應潛勢。對於長期維護意外事件的效應分析並不需要。

(8) 不經意侵入者屏障

不經意侵入者屏障的主要設計準則若與 SRP 3.3.1, 4.3, 和 6.2 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

不經意侵入者屏障之主要設計準則必須說明標線(markers)、工程屏障和隔離穩定與非穩定廢棄物的材料，其退化比率之可能範圍。若 Class C 廢棄物放置在處置單元覆蓋物頂部以下深度少於 5 米之場址，可能會要求施作侵入者屏障意外效應的分析。

(9) 職業曝露

職業曝露的主要設計準則若與 SRP 4.1, 4.2, 6.1, 7.1 和 7.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應：(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

減少職業曝露之主要設計準則必須根據 SRP 7.3 之審查資訊說明(1)接收、檢查、管控、儲存和處置開挖區域之 ALARA 合理抑低；(2)對已知較高活性廢棄物之掩蔽需要；和(3)處置非穩定性廢棄物裝載櫃意外破損的預備方案。

#### (10) 現場監測

現場環境監測及監控的主要設計準則若與 SRP 2.9, 4.4, 5.1A, 5.3, 6.1, 和 6.3.3 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

現場監控系統之主要設計準則必須說明(1)監控系統設備與組件的已知使用壽命；(2)退化的可能速率和各種形式監控設備的失效事件的處置動作；和(3)場址監控系統設計基準異常事件的效應。對於現場監控系統意外事件的效應分析並不需要。

#### (11) 緩衝區

關於緩衝區的主要設計準則若與 SRP 2.4.1 附錄 A 和 SRP 4.3, 4.4 審查之資訊一致並支持其分析，則此準則可被接受。

主要設計準則至少應(1)清楚說明；(2)與 SRP 3.1 審查之設計特性敘述一致。

緩衝區之主要設計準則必須說明(1)可供監控所需的空間尺寸規範；(2)假使不可接受的輻射線移動發生時可採取正確方法所需的空間尺寸需求。對於緩衝區意外事件的效應分析並不需要。

## 4.2.4 審查發現

### 4.2.4.1 引言

審查委員須確認 **SAR** 中所提出之資訊能充分滿足法規要件且與本 SRP 之指示相符。基於這些資訊，審查委員必須能做出完成評估的結論，並依以下說明陳述審查結果。

### 4.2.4.2 評審發現範例

審查委員遵照標準審查計畫 SRP3.2 ,正常運作和異常/意外狀況，已經完成【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之主要設計特性之審查。其審查



的目的為：(1)確認其主要設計準則與其他章節的資訊一致而且支持其主要設計特性所執行之設計分析與結果；(2) 確保異常事件或意外狀況將不致使功能評估的假設失效或導致處置設施產生無法接受的效能表現；和(3)確認其提案設施主要設計特性的設計基礎與設計基準自然事件是正確無誤的。

基於申請人已達成(1)清楚描述主要設計準則，(2)已適當地描述 SRP 3.1 所審查之正常與異常/意外狀況的主要設計特性其功能需求之間的相互關係，(3)證明其主要設計準則可確保其效能將不至因為異常事件或意外而失效，和(4)證明主要設計準則足以支持用於 **SAR** 報告中效能分析中主要設計特性的貢獻，審查委員總結其審查的目標已經被滿足。

申請人提供關於正常狀況、異常狀況和意外情況之主要設計準則資訊是恰當且能滿足委員審查的目標。委員總結其提供之資料給予合理保證該處置設施已設計恰當且可接受建造並將能滿足法規目標和 **10 CFR 61.12(b) 到 (g)**，**10 CFR 61.13(a) 到(d)**，**10 CFR 61.23(a) 到(f)**，**10 CFR 61.40 到 61.44**，**10 CFR 61.51(a)**，**10 CFR 61.52(a)**之規範。

#### 4.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulation, Title 10, "Energy ," U.S . Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199,"Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility" Rev. 1, January 1988.

### 4.3 結構設計

#### 4.3.1 審查範圍

審查委員將對地下處置窖(Below-Ground Vaults,BGVs)與土堆混凝土庫(Earth Mounded Wncrete Bunkers,EMCBs)之資料進行審查，以確保 **10 CFR 61 Subpart C 效能目標**與 **10 CFR 61 Subpart D** 之技術要件得以滿足。審查委員將針對下列各項進行相關結構設計之審查：(1)設計需使用之載重和載重組合(2)設計使用之正確工業建築法規和標準，(3)使用於設計與支援設計基礎之分析步驟，(4)申請人提出之主要設計準則及其基礎，和(5)影響設計和 BGV 與 EMCB 結構與組件效能的場址因素(例：地質、水文和大地工程特性)。申請人提出之 **BGV** 與 **EMCB** 資料必須與 **NUREG-1200** 之相關部分整合(場址特性、設施運作、場址關閉計畫和機構控管、安全評估、職業輻射曝露防護等)。

本 SRP 的導則是根據 *10 CFR 61* 場址適合性要件已符合的假設，特別是 *61.50 (a)(7)* 和申請人所選擇的 BGV 或 EMCB 確實地點相對於水位有足夠的深度，而地下水侵入(終年不斷或其他狀況)廢棄物的情形將不致產生。若提案之設施位於地下水侵入規範不符合的地點，申請人需要結論性的提出其分子擴散 (molecular diffusion) 為輻射活動之主要媒介且其活動的速率將仍允許 *Subpart C* 的效能目標得已符合。

### 4.3.2 審查程序

審查委員將取得並使用必要的資料已確保其審查步驟得已完整，並將使用且強調本 SRP 之內容對於適用於特定案件之適合性。

#### 4.3.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查下列各項之完整性。

#### 4.3.2.2 安全性評審

審查委員藉由業者提出申請案資料與本 SRP 資訊比較，以及確認業者資料的工業標準或替代方法。審查委員將評估業者所提出與本 SRP 所述不同的替代方法。替代方法若不具對等性 (equivalent) 或未能改善本 SRP 的方法，則不易被核准。

審查委員將於下列各範圍中審查申請人所提出之資料。

##### (1) 荷重與荷重組合 (Loads and Load Combinations)

審查委員將審查 BGV 或 EMCB 結構設計使用的荷重與荷重組合之資料。適用的荷重規範於 *NUREG/CR-5041, Section 2.1*，包含靜 (Dead) 荷重 (D) 和活 (Live) 荷重 (L)，偶發液態水準和垂直壓力之荷重 (F)，水準土壤壓力之荷重 (H)，因溫度差異造成的熱荷重 (T)，設計基準風壓力產生之荷重 (W)，設計基準地震所產生之荷重 (E)。保守考量，**偶發液壓荷重 (F)** 將納入設計，然而，因為在 *10 CFR 61.50 (a)(7)* 法規中規範地下水之侵入不可發生，故液壓荷重不允許發生。

因應混凝土結構之設計，可供使用之荷重組合如下：

$$(a) U = 1.4D + 1.4F + 1.7L + 1.7H + 1.7E$$

$$(b) U = 1.4D + 1.4F + 1.7L + 1.7H + 1.7W$$

$$(c) U = D + F + L + T + E + H$$

$$(d) U = D + F + L + T + W + H$$

所要求的強度  $U$  必須至少等於以上最大的荷重組合。強度設計方法必須使用於 BGV 和 EMCB 設計鋼筋混凝土結構。

而因應鋼構件 (steel members) 設計，則建議以使用彈性工作應

力方法。可供使用之荷重組合如下：

- (a)  $S = D + L$
- (b)  $S = D + L + E$
- (c)  $S = D + L + W$
- (d)  $S = D + L + T + E$
- (e)  $S = D + L + T + W$

所要求的強度  $S$  必須至少等於上列最大之荷重組合。

在任一荷重降低其他荷重效果的情形下或考慮差異沉陷、潛變或收縮時，如何決定使用正確的荷重係數，其相關導則條列於 *NUREG/CR-5041* 和下列章節中。

(2) 適用之法規、標準和規範導引

下列法規、標準和規範導引文件，列出全文或部分，皆可適用於 BGV 和 EMCB 之結構設計。

*ACI 349 "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures," American Concrete Institute (ACI, 1985)*

*AISC "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings," American Institute of Steel Construction (AISC, 1981)*

*ANSI A58.1 "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures," American National Standards Institute, (ANSI, 1982)*

*ATC3-06 "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings," Applied Technology Council (ATC, 1978)*

*NUREG/CR-5041 "Recommendations to the NRC for Review Criteria for Alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal," Volumes 1 and 2, U.S. Nuclear Regulatory Commission, November 1987*

建議於混凝土設計時使用 *ACI349*，在結構設計上可提供的保守主義程度大於使用 *ACI 318*，而建築法規則通常使用於傳統的鋼筋混凝土結構。因為 *10 CFR 61.44* 希望使用這樣的保守主義，所需求的是比一般傳統建築所期待的更加長期的穩定度。在本 SRP 中可瞭解到 LLW 處置設施和核能電廠設施之間其災害程度的固有差異。所以，*ACI349* 中的規定並不適用於 LLW 處置設施而已經被修正或刪除了。舉例來說，包含 *ACI 349* 中修訂之荷重條件(例

如龍捲風或一般飛機飛彈已遭刪除)在 3.2.1 中荷重與荷重組合的敘述中十分明顯以及 *ACI349* 中品質保證計畫的要求也以刪除。委員將提出特別的品質保證指導方針，以另外專已為 LLW 處置設施所做的文件來替代之。

### (3) 設計與分析步驟

審查委員將審查結構分析與設計以及結構系統與構件的資料，以決定其是否遵循工程實務，並且決定其是否在场址關閉後不需主動性維護工作仍能確得長期穩定性。申請人所需提出的資料包含(1)每一個結構及其基礎之描述，若經破壞將導致場址人員或大眾之輻射危害，並提出支援性計畫與各部分分區結構概述等；(2)設計假設包含邊界狀況和假設之基礎等；(3)設計的分析步驟描述包含電腦程式和申請者針對程式有效性所提出之方法；(4)用以計算設計基準地震力之方法描述；(5)用以確認設計的方法例如計算(calculations)及其結論之描述。

依 *NRC* 委員的經驗，通常在審查核能電廠的結構與構件設計時，其 *SAR* 中所提供之資料通常並不充份。所以引起規範單位的關心與討論並決定採取結構審查(structural audit)來解決。因此委員們建議申請者在 *SAR* 報告之外尚需提出一份設計報告，其中必須包含所有設計之假設與計算。除非委員在進行結構審查時，認定其 *SAR* 中之設計資料不足或有疑問時，此份報告申請者並不需在申請執照時提交。如要另行作出設計報告，申請者必須維持在設計假設和計算時能同時作規則性的記錄，但並不會導致額外的設計工作與計算。

### (4) 主要設計準則

審查委員將審查主要設計準則及其所建立之基礎，使申請者可合理確保所提案之 BGV 和 EMCB 設計將提供處置廢棄物之長期隔絕以及將降低場址關閉後持續主動性維護的需求。申請人可選擇建立主要設計準則時顯示其準則完全遵循本 *SRP Section 3.2.2* 中相關章程標準和法規導引。若與引用的章程、標準與法規導引有差異時則必須由申請人說明之並由 *NRC* 委員評估。

主要設計準則在本 *SRP* 將僅審查 BGV 和 EMCB 結構設計部分。其他方面的主要設計準則審查歸於 *SRP 3.2* 中。

### (5) 場址特性因子之影響(Impacts of Site Factors)

在 *10 CFR Part 61* 重要技術要件中對於此類特性有所討論，

例如場址適合性、場址設計、設施運作和場址關閉、環境監測、廢棄物分級和廢棄物特性等，皆為執照申請時法規規範必須說明之要點。在本 SRP 中申請人必須在 BGV 和 EMCB 的結構設計時提供說明場址的特性(例如地質、地震、氣象、氣候、水文和大地工程與地質化學特性等)如何被列入考量。申請人可在其他 SRP 中說明場址特性因子之影響，但在本 SRP 中必須提供在其他單元討論之相關參考資料。

#### 4.3.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 4.3.3 接受準則

#### 4.3.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12 特定技術資訊 Specific Technical Information*”(b)到 (g)，要求設計特性的描述、主要設計準則和前述各項其相互之間與 *10 CFR 效能目標*的關係
- (2) *10 CFR 61.13 技術分析 Technical Analyses*”(a)到(d)，相關於應清楚說明設計特性的功能在於能隔離和隔絕廢棄物以及分析運作時期意外闖入者的防護，和長期穩定性等。
- (3) *10 CFR 61.23“執照簽發標準 Standards for Issuance of a License*”(a)到(f)，要求申請人提案設計應提出對大眾健康安全之適當保護並合理保證符合 *10 CFR 61, Subpart C* 的效能目標與 *Subpart D* 之技術要求。
- (4) *10 CFR 61 Subpart C”效能目標 Performance Objectives, ”10 CFR 61.40 到 61.44*，說明所設計之處置設施必須能達成的效能目標。
- (5) *10 CFR 61.50, "Disposal Site Suitability Requirements for Land Disposal,"(a)(7)*，相關於所設計之結構必須確保相對於水位之足夠深度。
- (6) *10 CFR 61.51“陸域處置之場址適合性規範 Disposal Site Design for Land Disposal*”(a)，說明近地表處置場設計的最低技術需求。
- (7) *10 CFR 61.52“陸域處置設施運作與場址之關閉 Land Disposal Facility Operation and Disposal Site Closure*”(a)，說明設施運作與場址關閉之最低技術要求。

#### 4.3.3.2 法規指引

結構設計準則的法規指引參考 *NUREG/CR-5041, Volumes 1 and 2, Sections 2.1 and 2.2*。

#### 4.3.3.3 法規評審準則

有關於本 SRP Section 2 審查範圍之評估準則，依循下列各節：

(1) 荷重與荷重組合

關於荷重和荷重組合的資料若被保守地建立並符合 *NUREG/CR-5041 Sectiona 2.1.1, 2.1.2.3, 和 2.2.2.3* 的一般設計準則和特定設計審查準則者，則該資料可被接受。審查委員將使用最大可容極限(allowable limit) U 作為接受的基礎，此部分在本 SRP Section 3.2.1 混凝土結構設計之荷重組合中載明。至於鋼筋構件之設計，委員將使用 the allowable limit S 作為接受之基礎。

(2) 引用之章程、標準和法規指引

委員將比較申請者引用與本 SRP 3.2.2 中條列之章程、標準和法規指引。申請者需保守詮釋與正確使用這些法條，並需對任何不同的引用提出說明並證明其採用之基礎。審查委員將不接受不當引用不同法規並對申請者提出此決議之理由。

(3) 設計和分析步驟

結構分析與設計和結構系統與構件之資料與其所使用之設計、分析方法和結果均保守且為優良工程實作之代表，並符合 *NUREG/CR-5041 Sections 2.2.1 和 2.2.2, the General Design Criteria and Specific Design Review Criteria* 者，則上述資料可被接受。

(4) 主要設計準則

若其準則符合 *NUREG/CR-5041 Sections 2.2.1 the General Design Criteria* 之原意，並清楚說明及顯示該處置廢棄物可維持長期安全隔絕以及消除場址關閉後持續主動性維護之需要者，則上述資料可被接受。

其準則符合本 SRP 3.2.2 所條列之章程、標準和法規指引則可被接受。

(5) 場址之衝擊因素 (Impacts of Site Factors)

若申請者可清楚定義與評估其衝擊潛勢並顯示該場址因素將不會對所提案之 BGV 和 EMCB 設計與運作有任何有害的影響，完全符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標*，則該提案資料可被接受。

## 4.3.4 審查發現

### 4.3.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 4.3.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.2*，完成申請者提送【設施名稱】地下處置窖【或土堆混凝土庫】結構設計之審查。其審查目標在於確保(1)加諸於工程結構之荷重與荷重組合設計為保守且符合所建立之準則；(2)設計所引用之相關章程和標準經證確詮釋並且對任何差異及其被接受的證明皆有適當的記錄；(3)所遵循之設計及其分析步驟合理且為優良工程實績之代表；(4)申請人所建立之主要設計準則提供處置廢棄物安全長期隔絕的合理保證並消除場址關閉後主動性維護的需要；以及(5)場址之衝擊因素包含地質、地震、水文和大地工程特性已被適當評估，而且其場址因素並無對工程結構設計與運作有任何不利之影響。

審查委員因此達成結論，其審查之目標已經符合。

依據其審查，委員達成之結論為申請人所提供之資料已合理保證該 BGV(或 EMCB)有適當之設計，並將通過建造且將符合 *10 CFR 61.12 (b) 到 (e)*、*10 CFR 61.13 (a) 到 (d)*、*10 CFR 61.23 (b) 到 (f)*、*10 CFR 61.41 到 61.44*、*10 CFR 61.50(a)(7)*、*10 CFR 61.51(a)* 和 *10 CFR 61.52 (a)(I) 到 (a)(10)*。

## 4.3.5 參考資料

- (1) American Concrete Institute, ACI 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete," Detroit, MI, 1983.
- (2) ---, ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete
- (3) American Institute of Steel Construction, "Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings," Chicago, IL, eighth edition, 1981.
- (4) American National Standards Institute, ANSI A58.1, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures," New York, 1982.
- (5) Applied Technology Council, ATC 3-06, "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings," Palo Alto, CA, 1978.
- (6) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.

- (7) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (8) ---, NUREG/CR-5041, "Recommendations to the NRC for Review Criteria for Alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal, " Vols. I and 2, R.H. Denson, R.D. Bennett, R.M. Wamsley, D.L. Bean, and D.L. Ainsworth, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, November 1987 (Vol. 1) and January 1988 Vol. 2).

## 4.4 土木設計

### 4.4.1 審查範圍

審查委員將審查建造材料包括其品質及耐用度，以及其建造之方法和低放射性廢棄物放置於地下處置窖(BGVs)或土堆混凝土庫(EMCBs)之處置運作等相關資料，已提供其建造與運作將符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標及 *Subpart D* 之技術要求的合理保證。

審查委員將審查其建造材料之資料已決定該提案建造材料是否具備適合其組合、品質及耐用度之特性。這些資料必須以合格測試實驗室所根據正確且熟知之測試法規與標準所得之測試數據和結果作為佐證。審查委員將審查下列各項與建造方法和廢棄物處置運作相關之項目：(1)建造和運作步驟以及確保處置設施安全性之技術，(2)特別針對 LLW 處置之工程結構有關的，可提供工作人員安全之預防措施，和(3)避免對回填材料和關閉之處置窖有長期不利影響所必須執行之後續運作工作。

針對 BGV 和 EMCB 之特別建造方法和運作特性將於本 SRP 中審查。例如，需要於頂端裝載廢棄物桶之鋼筋混凝土處置窖(vaults that require top loading of waste containers)。對於淺地層溝槽式掩埋之一般處置設施特性(例如，安檢方法、一般場址排水、緩衝區、設施和道路等)則不在本 SRP 的範圍，但仍需在 SAR 報告中於其他 *NUREG-1199* 和 SRP 的章節作適當的說明。然而有些部分雖列於其他 SRP 中但在本 SRP 卻有較多著墨。例如安裝於混凝土窖底下之基礎排水系統以及緊臨處置窖和處置窖頂端回填材料之放置與夯實等。針對特有工程結構特定特性之延伸討論，可提供作為 *NRC* 委員和申請者在技術性審查時之額外導引。

### 4.4.2 審查程序

審查委員將獲得並使用這些相關資料以確保其審查步驟之完整，將使用並強



調本 SRP 中可能適合某些特別案件之資料。審查委員將可在執照簽發後進行場址的拜訪已確保其於設計、建造和運作之階段皆有令人滿意的成果。

#### 4.4.2.1 接受性審查

審查委員依據 *NUREG-1199* 與本 SRP 將審查主要設計特性及其功能的描述與分析的完整性。

#### 4.4.2.2 安全性評審

審查委員將對申請人 *SAR* 報告中之資料加以審查並決定其提案之工程結構的建造材料是否可維持廢棄物處置環境長期預期狀況，其主要建造方法與運作步驟是否以系統性的、可行的計畫，適當地加以描述與考量，而足以提供維護工作人員與大眾知健康與安全的合理保證。

審查委員將依本 SRP Section 2 及下列章節所述之步驟評估其資料。

##### (1) 建造材料之品質與耐用度

審查委員將評估申請人提案使用於 BGV 或 EMCB 建造之材料種類，以決定其是否在特性、品質和耐用度上可被接受。申請人所提出之資料必須包含該材料在實際使用的記錄上其支援數據記錄與測試結果，在許可之情形下，需依正確與熟知的法規和標準加以測試。測試和支援記錄必須說明材料的品質與耐用度包含其對下列各項之耐受性(resistance) (1)結凍與解凍；(2)溼度；(3)老化；(4)疲勞；(5)硫酸；氯化物和酸蝕侵害；(6)有毒物質侵害；(7)磨損；(8)氣溫改變；(9)溼潤與乾燥；(10)輻射；(11)生物分解作用；(12)電解；以及(13)斷裂。以下章節將討論可能使用於 BGV 或 EMCB 之材料種類並提供導引，說明 *SAR* 中應提供之資料。

##### (a) Portland Cement Concrete 波特蘭水泥混凝土

關於水泥混凝土之資料應包括水泥(cement)之種類、混合水(mixing water)、粗粒和細粒材料(coarse and fine aggregates)與混合物(admixtures)等。建造使用之混凝土必須為高密度低穿透性材料，足以安全支撐所荷重之重量並對抗不利之處置環境。在 *NUREG/CR-504 導引* 中指出，應使用含有減水(water-reducing)混合物的泡沫 V 型水泥(air-entrained Type V cement)的一種混凝土混合物。建議採用 28 天齡期無圍束抗壓強度(the minimum unconfined compressive strength)可達 4000 psi 之標準。委員支援美國陸軍工程組織 *the U.S. Army Corps of Engineers(COE)* 所建議以上所提之混凝土混合物以及其最低無圍束抗壓強度並同意各個建議之基礎。申請人可提出替代之

混凝土混合物，例如 II 型水泥與火山灰(pozzolan replacement)或矽煙(silica fume)的混合以提供對抗硫酸的防護。委員將審查其工程結構之長期保護力是否可與 *COE* 所建議材料所提供之能力相比。

在混凝土混合物裡添加合成纖維以增加耐用度(對抗斷裂、低穿透性等)的做法可被委員接受，只要其實際使用記錄和實驗室測試結果具有低放廢棄物處置環境狀況之代表性並清楚顯示此纖維的添加確實提升長期穩定度。

*NUREG/CR-5041* 提供對下列各項之導引(1)含有與不含減水混合物混凝土之建議坍度範圍，(2)耐久混凝土，(3)混合水，以及(4)混合物等。也條列出混凝土相關法規、測試與標準用以證明其相關材料品質與耐用度之有效性。

(b) 鋼筋

鋼筋(reinforcing steel)與結構鋼(structural steel)可能用於 BGV 或 EMCB 之建造。為了增加結構之長期效益而於低放處置環境中使用鋼筋，審查委員及其顧問建議，該鋼筋需包覆以環氧樹脂或對氧化作用、腐蝕或化學侵害的防護。審查委員將使用 *NUREG/CR-5041* 之導引審查適當之法規與加強鋼與結構鋼之規格。

(c) 防潮障壁 (Moisture Barriers)

防潮障壁可能由許多不同材料所組成，其目的在於減緩液體經由混凝土滲入並保護工程結構避免遭受傷害。*NUREG/CR-5041* 認為材料的選擇應由申請者根據場址狀況和設計、建造和長期穩定的目標來決定，並不建議某種特定的防潮障壁材料。*NUREG/CR-5041* 也提供包覆塗層和密封劑、彈性薄膜、止水和封縫劑、膨土和噴置混凝土等相關導引。障壁的材料種類選擇將決定引用列於 *NUREG/CR-5041* 中的規格或標準來建立滿意的品質與耐久特性。

(d) Geosynthetics 土工合成材料

審查委員將審查關於申請者所提出土工合成產品的資料。土工合成材料可能包含作為過濾器的低透氣性薄膜(土工薄膜)或可透性纖維織物(土工織物)。因為這些材料實際使用的表現記錄有限且對於 LLW 設施安全所需的長期效益較令人懷疑，所以單獨使用這些合成材料是不能被接受的。因此，土工

薄膜或地工織物應與自然形成的耐久性土壤例如黏土和粗顆粒石英土壤顆粒等合併使用。

*NUREG/CR-5041* 說明可取得知地工合成產品形態及其優缺點，並且列出其品質與材料耐用度之控管標準等。

(e) 土壤

凝聚性土壤與非凝聚性土壤兩者都有可能使用於 BGV 或 EMCB 建造時之填土和背填土。因為其對長期穩定度之重要性，土壤材料將分開在 SRP 5.1A 中另行說明。

(2) 建造方法與處置運作

委員將審查申請者對其主要建造方法和運作步驟的描述。其描述需涵蓋(1)構造工程前之場址準備工作(工程結構處地點的調查、整理、排水、開挖和基礎處表土準備)；(2)永久性排水系統(排水鋪層(drainage blanket)、明渠與管渠(perimeter drains and pipes)、集水井(collector sumps))；(3)監測集排水系統之監測井；(4)窖庫建造(板模；引導強化裝置(steer reinforcement placement)；以混凝土料組合連結處(formation of joints in concrete)；混凝土的配方組合；配料、混合和鑄造操作，拆模和防潮障壁之裝置)；(5)廢棄物處置運作(廢棄物袋的裝置，廢棄物袋間隙之填充，處置窖開口的關閉，填料的放置與夯實以及工作人員防護措施)；和(6)關閉個別處置單元。

建造方法和運作步驟將於下列章節討論，相關討論將根據 *NUREG/CR-5041* 之圖表 *Figure 1.1* 的結構概念。*圖 1.1* 的概念並非試圖侷限或控制設計或建造的彈性。眾所周知某特定或特別場址及其設計狀況將因 *圖 1.1* 中顯示特性之不同而各異。雖然狀況各異但仍可符合 *10 CFR 61 效能目標* 者可被審查委員評為通過。申請者需應詳述不同於本 SRP 中所述之建造特性概念以顯示替代性的建造方法和運作步驟完全符合本 SRP 4.1 之法規要件。

(a) 結構工程施工前之場址準備

此部分將審查結構工程施工前場址準備的相關討論以決定其計畫建造活動(調查，整理，排水，開挖，結構基礎表土準備)是否適當。本段落與 SRP 3.3.1 不同之處在於說明關於 BGV 或 EMCB 工程建造前的場址準備特定活動，而 SRP 3.3.1 則說明一般性溝槽式廢棄物掩埋之場址設施和地點。*NUREG/CR-5041 Section 2.4* 則更詳細地討論場址準備步驟。*NUREG/CR-5041* 中對基礎表土準備的討論尤其具重要性(鬆

散或脆弱土壤及廢石的清除，滾壓，基礎材料與高度的鑑定，基礎表土的防凍和積水的防護)。

(b) 永久性排水系統

審查此部分資料的目的在於安全控制地表和地表下的水能排向工程結構。*NUREG / CR-5041* 圖 2.4.1, 2.7.1, 2.7.2 和 2.7.3 顯示 BGV 排水之必要措施，而圖 1.1, 2.7.1, 2.7.2 和 2.8.1 則顯示 EMCB 的措施。這些圖中所指出的排水措施包括(1)傾斜的基礎表面使用排水毯，(2)基礎排水渠及排水管，(3)監控集水井，(4)處置窖間排水廊道和排水管，(5)不排水回填層，(6)過濾材料，以及(7)過濾布(地工合成織物)。申請人須在本 SRP 之下說明將建造安裝的排水系統。此部分可能與 SRP 5.1A 中排水措施設計和材料考量的討論有所重疊。申請者不需提供一致的排水措施，然而，所提案的措施必須合理討論且保守預估將會發生的滲透和滲濾作用下，地表水可安全的運輸。

(c) 監控井

審查委員將審查其監控井的描述及其裝置計畫，監控井將通過管子經由基礎排水和處置窖排水上升至表土頂端。NUREG/CR-5041 2.4 和 2.6 中說明應提供的資料(井的尺寸，建造方法，井的套管，井的密封，和篩等)並提供此部分相關參考資料。

(d) 處置窖建造

審查申請人所提出鋼筋混凝土窖的建造資料以確保安全和廢棄物的永久保存。對於建造的描述應包含：(1) 板模工廠(結構牆、屋頂等)，包括容許誤差(tolerances)；板模架設順序；驗證數量的工作量，校正，和板模完成；(2)鋼筋的裝配置(品質驗證、尺寸、潔淨度、位置、間隔和埋入深度)；(3)混凝土連結(連結型態、數量、位置、材料品質、和連結處細節)；(4)混凝土配方(建立最大水灰比率的邏輯順序，最少水泥含量、空氣含量、坍度、最大骨材尺寸、強度和混和比例)；(5)配料、混合，以及鑄模操作(混凝土製造、運送和灌模，震動或壓實，修飾，和固化)；(6)拆模(拆除時間之根據，保護，和範本的維護)；以及(7)防潮障壁的裝置(型態、範圍、方法、應用時間、製造商建議之符合性、以及保護該表土之措施)。

*NUREG/CR-5041* 提供正確完成前述處置窖建造工作之導

引與建議並且說明相關適用之工業標準。

(e) 廢棄物處置運作

審查委員將審查下列相關運作資料 (1)接收與檢查廢棄物桶；(2)處置，依照廢棄物分級適當的隔離，若有必要，暫存廢棄物；以及(3)廢棄物的永久處置。相關於前述運作之資料在 SRP 4.1, 4.2,和 4.3 有作必要性之說明。本章節則特別說明關於廢棄物置入工程結構中之運作。這些資料包含下列敘述事項(1)廢棄物桶的裝載形式和方法(例如，上方或側邊的裝載)，(2)在結構內充填於廢棄物桶間空隙與上方的材料種類以及填土填入的方式，(3)廢棄物上方填土的夯實步驟，與(4)緊臨處置窖與其上方填料的種類與填入和夯實透水性填料的步驟。*NUREG/CR-5041 Section 2.4*，提供有正確完成這些運作的導引。

(f) 個別處置單元的關閉

將進行審查關閉個別處置單元的建造活動資料並確認其降低水的滲透以及關閉後可接受的長期成果。申請人必須在本 SRP 下特別針對工程結構關閉的建造活動提供資料，並於 SRP 3.3.1 和 4.3 提出類似於淺地和溝槽掩埋方式的關閉活動資料。本 SRP 必須提出的資料敘述包括(1)防止破壞或擾動處置單元之依循步驟；(2)處置窖出口的關閉方法，包括通知負責法規單位作現場檢驗；(3)在完成的處置窖上方填放材料的方法；以及(4)在關閉單元覆蓋完整且適當排水之前的最大容許時間。*NUREG/CR-5051 Section 2.4* 提供有正確完成這些運作的導引。

前述討論大部份在說明一個地下處置窖的建造和相關的建造活動(例如，處置窖四周的填土工作)。而針對 EMCB 掩埋坑內處置窖上之廢棄物桶放置並未討論( **Information on the placement of waste containers above the vaults in the tumulus portion of the EMCB is not discussed**)。然而，審查委員了解當申請者提出建造 EMCB 時將會在 SAR 中提出此部分資料，目前已在其它部分的 SRP 中有所說明。例如，所需提出的資料關於廢棄物的安置、空間填土、廢棄物包裝旁的填料放置、廢棄物掩蓋、處置單元關閉及其穩定化以及 EMCB **掩埋坑部分 (tumulus portion)**的緩衝區措施皆類似於 SRP 3.3.1 和 4.3 所

述。因此，在此階段並未要求 EMCB 的相關資料。

#### 4.4.2.3 要求額外資料

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 4.4.3 接受準則

#### 4.4.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12*, "特定技術資訊," (e) and (f), 要求說明申請者應用於設計與建造陸域處置設施所引用之法規與標準，以及處置設施建造之敘述，其敘述應至少包括處置單元建造的方法和廢棄物定位的方法以及控制地表水與地下水進入廢棄物之方法等。
- (2) *10 CFR 61.12(j)*，相關於其設計與建造處置設施之品質控制計畫的敘述。
- (3) *10 CFR 61.23*, "執照確保標準," (b)到(f)，要求申請者提出提案之陸域處置設施運作可提供大眾健康與安全以及合理保證符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標*與 *Subpart D 技術要求*的發現結果。
- (4) *10 CFR 61, Subpart C*, "效能目標," *10 CFR 61.41* 到 *61.44*，說明陸域處置設施運作必須達成的效能目標。
- (5) *10 CFR 61.51*, "陸域處置場址設計," (a)(2)，要求處置場址設計與運作需與場址關閉及其穩定化計畫相符，並且導向合理保證場址關閉後可符合 *10 CFR 61 Subpart C 效能目標*。
- (6) *10 CFR 61.52*, "陸域處置場運轉與關閉," (a)(4)，要求廢棄物定位的方式必須維持其包裝的完整性，減低包裝之間的空隙並使空隙能夠填滿。
- (7) *10 CFR 61.52(a)(5)*，要求以泥土或其他物質填滿廢棄物包之間的空隙以減低填方材料之間產生下陷。
- (8) *10 CFR 61.52(a)(6)*，要求安置與掩蓋廢棄物的方法，至少可以控制上蓋至表土間輻射劑量比率可以符合 *10 CFR 20.105* 或 *10 CFR 61.30* 的所有規定。

#### 4.4.3.2 法規指引

關於 BGV 或 EMCB 建造與運作的導引均由 *NUREG/CR-5041 Section 2.3* 和 *2.4* 所提供。而關於建造材料與方法的工業標準也在 *NUREG/CR-5041* 有所說明。申請者可選擇引用某些特定的標準於 SAR 報

告中則能有效減少提交的資料範圍。在這樣的情形下，申請者必須指出在特定章節或段落中說明其所引用符合之標準將會被完全遵循並且在有差異的情形下將說明其可行替代步驟之基礎。

#### 4.4.3.3 法規評審準則

有關列於本 SRP Section 2 審查範圍之評估準則，依循下列各節：

##### (1) 建造材料品質及其耐用度

若顯示其使用的建造材料為一般符合 *NUREG/CR-5041 Section 2.3.2 和 2.3.3 the General Design Criteria 和 Specific Design Review Criteria*，則本部分資料可被接受。審查委員將依每案不同情況評估申請人所提出之替代性建造材料以決定其支援性測試結果和數據是否顯示其品質和耐用特性可確保其材料足以對抗本 SRP Section 3.2.1 中所說明之不利之外力。若其支援性資料不足則提案的材料將不予通過，審查委員將提供申請人不予通過的理由。

##### (2) 建造方法和處置運作

若此部分資料反應其 BGC 或 EMCB 建造與運作活動有良好組織及具邏輯性的計畫並且符合 *NUREG/CR-5041 Section 2.4.1 和 2.4.2 the General Design 和 Specific Design Review Criteria* 則可被通過。本 SRP 3.2.2 所述不同的建造方法和運作步驟的產生時，工程結構的建造者也獲得很大的彈性空間。然而，申請者必須說明這些差異點以提供審查委員在審查評估時能確認其符合法規要件。

#### 4.4.4 審查發現

##### 4.4.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 10 CFR 61 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

##### 4.4.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.3A，完成申請者提送【設施名稱】地下處置窖(或土堆混凝土庫)建造材料之品質與耐用度以及建造方法與處置運作之評估。

申請者對其主要建造方法與運作步驟之描述已遵照並反映了組織與邏輯良好之活動計畫，因此應能達成此 BGV(或 EMCB)可安全建造與運作之結果，並符合相關的法規要件。委員計畫於建造與運作活動之初期進行場址之拜訪以確認申請者確實執行其提案之方法與步驟。

根據這些發現，委員總結其提出之建造材料和建造方法與運作步驟可被接受，且可確信已符合 *10 CFR 61.12(e), (f), 和 (j), 10 CFR 61.23 (b) 到 (f), 10 CFR 61.41 到 61.44, 10 CFR 61.51(a)(2), 以及 10 CFR 61.52(a)(4) 到 (a)(6)* 的法規要件。

#### 4.4.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility", Rev. 2, January 1991.
- (3) ---, NUREG/CR-5041, "Recommendations to the NRC for Review Criteria for Alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal, " Vols. 1 and 2, R. H.
- (4) Denson, R. D. Bennett, R. M. Wamsley, D. L. Bean, D. L. Ainsworth, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, November 1987 (Vol. 1) and January 1988 (Vol. 2).



## 4.5 輻射安全設計

### 4.5.1 審查範圍

審查委員將審查 *SAR* 內與輻防設計有關內容，包括設施之輻射區劃分，例行運轉與意外下核種之分布情形，及設施內之屏蔽設計與劑量分析情形。並針對正常運轉下所採取的合理抑低措施，以保障輻射工作人員。

#### 4.5.1.1 輻射安全設計與屏蔽分析

##### (1) 設施設計特性

- (a) 確保職業輻射曝露合理抑低之設備與設施設計要點
- (b) 輻射區之劃分，包括正常運轉與事故狀況下之輻射區邊界
- (c) 設備組件設計特性範例，如參考 *NUREG-1199* 第 7.1,7.3 節所列之系統，應包括 *NUREG-1199* 第 7.3 節要求之所有射源位置及設計細節，並標示於清晰易讀依比例尺之設施配置圖上，屏蔽牆厚度應標示於圖上或另外之表格中。

##### (2) 廢棄物存量

設施內例行運轉與事故下，放射性廢棄物存量之位置與說明，須作為設計輻防計畫的基礎。申請人應依其先決定之核種濃度與數量以公布輻射區，並應於輻射計畫中說明公告輻射區之程序。申請人應說明放射源之操作位置及造成之輻射曝露，申請人應依物質的型態為射源，副產品或特殊核物料，以確認其核種。

申請人應提出廢棄物處置存量之安排情形，以及暫貯廢棄物之存量。

##### (3) 空浮放射性物質射源

設施內空浮放射性物質射源之形式及濃度，是決定通風系統設計，監測程序及防護人員曝露最重要的因素。經由評估，申請人應書面說明空浮放射性物質射源，其應包括(1)依空浮放射性物質之物理型態之分類(例如氣體或粒子)，(2)列表說明於例行運轉，偶發事件及意外下計算之核種濃度，(3)計算上述情境濃度使用之模式與相關參數，及(4)預期貯存與處置運轉期間依存量幾何形狀之劑量計算。

空浮放射性物質之曝露評估是申請文件中最重要的一環，申請人應提出於不同射源情境下之運轉作業，其空浮放射性物質之劑量計算與評估假設，審查委員應依可用的標準模式審查其計算與假設

條件。

#### (4) 屏蔽

屏蔽是低放廢棄物處置場確保曝露風險合理抑低最有效的運轉管制方法之一，*NUREG/CR-3343 第 2.6 節*列出如何使用永久與暫時屏蔽。*SRP 7.2* 審查具潛在曝露之射源特性時，申請人應確定屏蔽之設計準則以及所採用之屏蔽材料。審查委員應審查決定屏蔽參數的方法，包括適宜的電算程式，假設以及申請人採用之計算技術。申請人應確認其採用之屏蔽，幾何位置安排或遙控處理等特殊防護特色，以確保職業曝露之合理抑低，而審查委員應審查這些特色。

申請人應於 *SAR* 內討論執行 *R.G.1.69, 8.8, 及 8.29* 的方法，以說明設計特色，特殊防護特色以及規劃之替代方案。審查委員應審查申請人規劃之輻射與屏蔽設計，以確認運轉中事故時需限制人員占用之區域，並確認需採行之改善作為(*NUREG/CR-3343 之 2.6 節*)，例如申請人可規劃安裝可攜式或暫時性之屏蔽裝置，以確保可接近一些有興趣的區域。

#### (5) 通風

參考 *10 CFR 20.1701* 中述及：「持照人於可行狀況下，應採行相關程序或其他工程管制(例如圍堵或通風)，以控制放射性物質在空氣中之濃度」。

申請人應參考 *NUREG-1199 第 3 節*將人員防護特色納入通風系統之設計中，申請人亦應於任何空氣清淨系統設計中包括人員輻防特色之範例。

#### (6) 地區輻射及空浮放射性監測儀器

*SAR* 內應說明於正常運轉，運轉中偶發事件及意外狀況下，使用之固定區域監測儀器及連續空浮放射性監測儀器，參考 *NUREG-1199 第 7.3 節*中說明安裝監測裝置之準則與其他細節。*R.G.8.8* 中(適用於低放廢棄物處置設施之部份)說明於監測中之合理抑低原則，申請人可參考 *ANSI/ANS HPSSC-6.81-1981* 之指引，決定適用於低放廢棄物處置設施固定輻射監測器之位置。

審查委員應評估取得工作區域內具代表性空浮放射性濃度樣本的準則與方法，*SAR* 內應包括決定可能的高輻射區與可能的高空浮放射性濃度區的程序。審查委員可參考 *NUREG/CR-3343 第 2 節(特別著重 2.6 節)* 審查於事故期間及事故後之輻射監測能力。

#### (7) 運轉程序

審查委員應審查申請人擬訂細部運轉計畫與程序之方法，以確認申請人於擬訂相關計畫與程序時是否已充分描述合理抑低之管理策略，審查委員應確認運轉計畫與程序是否有反映包括以往經驗及其他設計特色與運轉的資訊。審查應審查於特定運轉時說明各種運轉程序執行之準則與條件。審查委員應確認是否申請人有說明運轉程序依合理抑低而作的審核及修正，審查委員應確認申請是否於輻防計畫中有執行對合理抑低的管理策略。

#### (8) 劑量評估

輻射劑量標準說明列於 *10 CFR 61.43*，申請人應依預期在各輻射區內之詳細占用時間資料，以進行劑量評估，並依運轉、廢棄物操作、維修及檢測等各項主要功能估算年集體劑量人- 侖目。申請人應指明執行特定狀況下之劑量評估時所另外發展的劑量減低方法，申請人應針業設施內不同工作類別的人員提出其職業劑量評估，以強調其設計特色與運轉程序會使職對曝露達列可接受之水準。申請人應評估處置操作人員以外之各類人員的曝露。

#### 4.5.1.2 職業曝露合理抑低

審查委員將依此 SPR 審查 *SAR*，以確認申請人已具有充分之程序及政策，保證職業曝露維持合理抑低。

審查委員應審查將合理抑低程序整合於人員曝露相關活動之管理政策。審查委員應確認申請人之組織架構，人員職掌及相關活動，均足以確保合理抑低之政策與程序，不會受到運轉活動之壓力而有所妥協。審查委員亦應確認設施運轉、訓練、輻防程序之發展及設計審查之合理抑低政策是充分的。

### 4.5.2 審查程序

#### 4.5.2.1 接受性審查

審查委員應依「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」及本 SRP 確認 *SAR* 內輻射安全設計資料的完整性。

#### 4.5.2.2 安全性評審

##### (1) 輻射安全設計與屏蔽分析

審查委員應審查申請人採用其以往設計與運轉經驗，以確認設施之設計能減少輻射曝露，審查委員應審查會導至減少職業輻射曝露之設計資料。申請人應提出其所使用各種處置方法之輻射曝露計

算值，審查委員應審查於維修與運轉活動中，能減少職業曝露方法之設計程序說明。審查委員亦應確認申請人是否提出充分之機制，由合宜具資格的專業人員審核其輻防設計。

審查委員應審查 *SAR* 內設施之說明及相關含比例之平面圖，以了解其安全性。審查委員之安全審查應著重於射源項(如 *SRP 7.2*)，審查委員需確認將存放與處置廢棄物存量之準則符合接受準則，審查委員亦應確認申請人使用之模式假設與計算方式，是否適宜用於其說明之射源及空浮濃度。審查委員需確認管理之存量控制水準是足夠的。

審查委員應審查進出管制計畫。審查委員應確認任何不合宜的安排，應改善設計的區域，不合宜之屏蔽厚度，以及計算中不合宜的假設，審查委員亦應評估計算屏蔽厚度及裝置輻射監測器之程序。大部份用於屏蔽設計之算電程式均在 *橡樹嶺國家實驗室之輻射屏蔽資料中心(Radiation Shielding Information Center at Oak Ridge National Laboratory, RSICC ORNL)*，這些算程式均完成測試與驗證可供使用。

審查委員應以可接受之輻射屏蔽程式評估屏蔽設計之充分程度，審查委員可以 *SDC, G3, QAD 或 MORSE* 等程式驗證相關計算。

## (2) 職業曝露合理抑低

審查委員應審查申請人與政策、設計及運轉相關之合理抑低政策與規劃之程序。

審查委員應審查申請人對合理抑低之管理政策，以及規彙之組織架構，以確認合理抑低計畫之範圍與細節是否充分，可確保維持職業曝露之合理抑低，審查委員亦應確認此計畫能充分確保申請人將持續審查精進合理抑低計畫，且已有適當之機制去執行運轉程序上的必要修正。*NUREG/CR-3343 之第 2 節*提供了低放棄物合理抑低的有關指引。核管會官員於 *R.G.1.8, 8.8, 8.10, 8.29, 8.34 及 8.35* 中，提供了有關人員進用與訓練、發展合理抑低計畫資料、及運轉哲理以維持曝露合理抑低的進一步指引。

審查委員應審查申請人提出之合理抑低政策，以確認其組織架構與人員職掌的充足性。其組織架構應維持輻防組織與運轉部門之區隔，使能獨立執行合理抑低政策。

審查委員應依 *NUREG/CR-3343 第 2.4 節*及 *R.G.8.8* 內容審查

*SAR* 資料的符合情形，確定其組織架構是否已具有輻防主管與組織，能與設計審查委員互相溝通的機制，使減低職業曝露的方法與技術，能納入設施之設計中。若輻防主管仍未任命，則審查委員應審查其設計是否符合 *R.G.8.8* 之指引內容，除非申請人提出可接受之替代方案。

審查委員應確認設計人員是否已依 *NUREG/CR-3343 第 2.4 節* 內容受過完整之訓練。

審查委員應確認，如果申請人有採用曾被接受的設計特性時，是否 *SAR* 之規劃設計已由具設施運轉經驗之合宜人員先行審查過。申請人應考量運轉經驗以改良設施之設計，確保職業輻射曝露符合合理抑低。

審查委員應依申請人提出之 *SAR* 執行審查，以確認其未來擬出細部運轉計畫與程序的狀況。審查委員應審查廢棄物之接收與檢查，廢棄物之處理與暫貯，廢棄物處置作業，以及除污與除役作業的運轉計畫與程序，以確認申請人已將合理抑低政策納入運轉計畫與程序中。申請人應於此 *SAR* 內提出預期輻射曝露估計值，而審查委員將依其推導基礎與相關假設，以確認此估計值參考符合 *10 CFR 20 及 10 CFR 61.43* 中合理抑低的規定。

### 4.5.3 接受準則

#### 4.5.3.1 法規要求

此 SRP 審查範圍參考之法規如下：

(1) 輻射安全設計與屏蔽分析

(a) *10 CFR 20.1101*，要求儘合理之努力使參與執照核准作業人員的輻射曝露合理抑低。

(b) *10 CFR 20.1201*，要求設計特性，屏蔽，通風系統，監測，及劑量評估等，使能控制職業輻射曝露。

(c) *10 CFR 20.1203*，要求設計特性，工程控制，通風系統，監測，及劑量評估等，使能控制空氣中之職業輻射曝露。

(d) *10 CFR 20.1906*，要求接收與監測放射性物質之設計特性。

(e) *10 CFR 20 Subpart J*，要求(1)標示輻射區，高輻射區及空浮放射性區，(2)以其他指示方式標示量化設施內之放射性物質。

(f) *10 CFR 20.1203*，要求限制於限制區內空浮放射性物質之平均濃度，以保護個人之體外劑量。

(g) *10 CFR 61.13(c)*，要求評估例行運轉及事故狀況下個人預期受到

之曝露。

(h) *10 CFR 61.23(j)*，要求提出充分之放射性廢棄物資料供執照申請。

(i) *10 CFR 61.52 (a)(6)*，要求限制場區貯存放射性物質造成之劑量率。

(2) 職業曝露合理抑低

(a) *10 CFR 61.11(b)(1) 及(b)(2)*，要求申請人提出組織架構，及包括合理抑低等規劃活動之員工資格

(b) *10 CFR 61.12(k)*，要求申請人提出輻防計畫，以確保職業輻射曝露符合 *10 CFR 20*。

(c) *10 CFR 61.13(c)*，要求申請人評估於處理、貯存及處置廢棄物，在例行運轉與意外下，其預期之輻射曝露。

(d) *10 CFR 61.23(d)*，要求申請人於執照申請時提出充分之職業曝露資料

(e) *10 CFR 61.43*，要求申請人於運轉期需符合 *10 CFR 20* 並維持輻射曝露合理抑低

(f) *10 CFR 61.52(a)(6)*，要求設施運轉期間維持曝露合理抑低

(g) *10 CFR 19.12*，要求申請人能確保於工作人員進入限制區前，能告知其放射性物質之貯存，傳送與使用，各區內之輻射情形，並指導有關職業輻射曝露之風險，減低曝露之預防措施及程序，以及各式防護裝置的目的與功能。

(h) *10 CFR 20.1101*，要求申請人儘一切努力維持核准之作業之輻射曝露合理抑低

#### 4.5.3.2 法規評審準則

此 SRP 適用之評估準則如下述

(1) 輻射安全設計與屏蔽分析

(a) 設施設計特性

申請人應提出說明符合所選用設計概念之方法，其說明應包括設計基礎與準則。申請人於說明中應證明其設計概念技術上屬可行。技術上屬可行之說明應顯示其設計屬先進技術，且於設施興建，廢棄物接收及放射性物質處置前，能合理保證完成所有的需求。

若設計符合下述需求則屬可以接受：

1. 申請人提出之設計特性符合”低放射性廢棄物最終處置及其

### 設施安全管理規則”之劑量需求

2. 主要累積曝露之機能，包括接收，操作處理，檢測，貯存與處置放射性廢棄物，均已於設施設計中加以考量。

申請人需將一般場區設施區域及結構之區域，再細分為不同之輻射區，輻射區係依設計劑量率及選擇各區最大劑量率之準則而定。申請人應依預期停留情形及進出管制擬訂各輻射區之最大劑量率。預期於正常運轉及運轉偶發事件下停留之區域應劃分為輻射區，其個人年劑量及集體劑量人-侖目需合理抑低並符合”游離輻射防護安全標準”規定之限值。

#### (b)核種活度

若申請人說明所有之廢棄物存量，貯存量及空浮射源，則其說明是可接受的。廢棄物存量之說明應包括所有可能造成曝露射源位置，依比例精確地標示於設施平面圖上(10 CFR 61.52(7))，應於圖上標示出輻射曝露之射源近似之大小與形狀。應列表說明存量並包含合宜的量化參數。

申請人應於圖中說明空浮射源，以助於通風與監測系統之設計，並指出由容器或容器開口洩漏之空浮射源。於經常占用之地區，空浮放射性濃度應為 10 CFR 20.1201(d) 附錄 B 規範濃度之一小部份。申請人亦應說明於計算射源數值時所用的各項假設。

#### (c)屏蔽設計

審查委員應評估計算屏蔽厚度之假設，採用之計算方法及選用之參數，於計算加馬射源時，有許多可接受的屏蔽計算程式，可很有效的決定合宜之屏蔽厚度。核管會審查委員應使用熟悉之電算程式作屏蔽計算，以確保其可靠性與準確性。

申請人可參考 ANSI N101.6-1972，「混凝土輻射屏蔽」之指引，依適用於低放棄物處置設施之指引，去製作安裝混凝土屏蔽以供職業輻射防護。

#### (d)通風系統

審查委員應評估通風系統符合通風率準則，以確認其可接受性，須確保由低至高潛在空浮放射性區域內以及過濾器與通風口處，其氣流中的放射性均維持合理抑低。申請人若能證明於經常占用區域之空浮放射性物質濃度符合”游離輻射防護安全標準”之規定，則屬可以接受。

(e)地區輻射與空浮放射性監測系統

地區輻射監測系統：為確認地區輻射監測系統是否可接受，審查委員應評估申請人提出資料參考符合 *10 CFR 20.1001*，*R.G.8.15* 之 *C.4, C.5*，以及 *R.G.8.2* 有關低放廢棄物處置設施等規定之證據。

(f)劑量評估

參考符合 *R.G.8.19* 之劑量評估方可接受，申請人應編撰相關假設，計算方式，各輻射區計算之劑量結果，異常劑量率，預期之個人劑量評估值等。申請人應確認運轉與設計考量下的職業曝露行動基準，預估輻射區之結果中應包括預估在各區工作人員的形式之人數。

(2) 職業曝露合理抑低

審查委員應確認以下各項：

- (a) 設計時應納入之措施以減少曝露與在輻射區域內之停留時間
- (b) 確保除役期間之職業輻射曝露能合理抑低的措施
- (c) 設計資料由適合之輻防人員審查
- (d) 指導設計者與工程師納入合理抑低之設計
- (e) 考量已運轉設施及以往之設計經驗
- (f) 合宜之輻防專業人員持續執行設施設計之審查

若能確認申請人提出之輻防計畫係參考依循 *10 CFR 61.12(K)* 職業曝露之規定，則此計畫屬可以接受。審查委員須評估相關資料，以証實申請人規劃擬訂之輻防計畫與程序符合 *10 CFR 61.43*，*10 CFR 20.1101* 及 *R.G.8.29* 以確保維持職業曝露合理抑低。審查委員應確認是否輻防計畫係由具資格且完成訓練之合宜人員管理。申請人應擬定程序與策略，以確保職業監測與劑量評估的合理抑低審查，有已建立之實際有效的回饋機制。

#### 4.5.4 評審發現

##### 4.5.4.1 引言

審查委員應確認申請人之申請及修正資料充分，滿足“**低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則**”，“**低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則**”，“**游離輻射防護安全標準**”之規定，並參考滿足 *10 CFR 20* 及 *10 CFR 61*。審查委員可編撰審查意見如下。

##### 4.5.4.2 評審發現範例

審查委員已依 SRP 7.3 完成對【設施名稱】低放棄物處置設施設計特性之資料審查。



審查委員之結論為申請人提出有關設計特性的資料，包括主要設計準則之說明，確保廢棄物貯存之功能目標與貯存狀況之曝露合理抑低，均符合相關規定可以接受。

申請人已提出合宜之輻防設計特性，使職業輻射曝露小於法規限度且合理抑低，符合“**低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則**”及“**游離輻射防護安全標準**”之劑量限度。審查委員確認相關設計特性與 **R.G.8.8** 一致，可以接受。

進出控制符合 **10 CFR 20 Subpart G**，可以接受。

申請人已說明限制區內包括【數量】區，申請人依各區預期占用情形與進出管制，導出各區之劑量率準則，申請人依此準則作為輻射屏蔽設計基礎，並依 **R.G.8.8** 要求以選擇設備。申請人於設施運轉期間備有保健物理人員再評估區域進出類別，並監測進入區域人員，符合規定。

申請人已有使用臨時屏蔽(**R.G.8.2**)之行政管制規定，申請人於臨時屏蔽移走時會安裝聲音與燈光警示器以警告相關人員。

申請人已於設施內外，設計有輻射屏蔽，以參考 **R.G.8.8** 保護運轉人員及一般民眾。下述屏蔽設計特性已納入設施之設計【列出屏蔽特性】，這些設計之屏蔽技術維持人員輻射曝露合理抑低，符合 **R.G.8.10** 屬可以接受。

審查委員確認申請人提送之資料，包括輻射源之確認，合宜之標示程序，空浮放射性物質之評估，均可接受並參考符合核管會之要求。

申請人說明了空浮及所含放射性射源的形式與濃度，申請人採用合宜之放射性射源濃度，作為劑量估、屏蔽需求及合宜通風系統設計之用。

設施內空浮放射性主要係由廢棄物包件滲漏而得，申請人已提出評估並表列例行運轉及意外事故下預期最大之濃度。決定人員防護之基本計算，及儘可能減少空浮放射性通風系統之設計，依評估其他類似設施之設計，此申請採用之射源項屬可以接受。

申請人於屏蔽設計之基本輻射傳送分析，係依下列電算程式執行屬可以接受【列出合宜之電算程式】。

審查委員審查通風系統之設計，申請人設計以維持人員曝露合理抑低，並符合 **NUREG/CR-3343 第2節**之策略。申請人將維持人員曝露合理抑低的方式為(1)維持空氣流動循環由低空浮污染區流向高濃度區，(2)確保負壓或正壓以避免可能污染物的排出或滲入，及(3)設置通風系統之氣結構，使儘可能減少吸入由其他建物排氣孔排出之污染空氣。

申請人輻射監測系統之設計參考符合 **10 CFR 61.12**，功能包括：

(1)於輻射可能超過限值及人員常占用之地區設置【廠牌】之監測器以

#### 監測輻射水平

(2)於高噪音地區採用【廠牌】之監測器，於超過預設值時具聲音與燈光之警報系統

(3)於設施內各關鍵位置裝設連續輻射水平記錄之監測器。

申請人提出劑量評估參考符合 *R.G.8.19* 可以接受，劑量評估彙總表格，包括預估之輻射曝露，及劑量評估程序之細節說明。申請人對設計特性與設施運轉會有系統的持續審查，並說明其審查程序，包括程序記錄之歸檔，以及確認執行劑量評估時之合理抑低相關變動。

審查委員，完成針對【設施名稱】與合理抑低原則相關之職業輻射曝露資料之審查。因為申請人提送之資料符合“游離輻射防護安全標準”並參考符合 *10 CFR 19.12* 之訓練需求，*10 CFR 20.1101* 與 *10 CFR 61.43* 之合理抑低規定，*10 CFR 61.11(b)(1)及(b)(2)*，*NUREG/CR-3343* 及 *R.G 1.8* 之組織架構與職責等規定，故審查委員確認其合理抑低政策，設施設計，運轉考量及輻防考量均屬可接受。

設施人員應遵循特定之計畫與程序，以確保設施之運轉能獲致合理抑低的目標。人員防護的工程管制已儘可能實際有效，包含高集體劑量之操作均已仔細規劃，並由受過完整輻防訓練之人員配備合宜設備執行。於此類活動中，申請人將監測人員受輻射曝露與污染之情形，其受輻射曝露之情形將予以審查，並供未來工作程序與技術之修正參考。

管理階層將依規定定期審查曝露之趨勢，並了解累積曝露最高之工作族群，審查委員須參考這些報告建議設計之修正或程序之改變，均可接受。

#### 4.5.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1200, "Standard Review Plan for a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 3, April 1994.
- (2) 行政院原子能委員會，"放射性物料管理法"，Dec. 2002。
- (3) 行政院原子能委員會，"放射性物料管理法施行細則"，April 2009。
- (4) 行政院原子能委員會，"低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則"，Oct. 2008。
- (5) 行政院原子能委員會，"低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則"，Oct. 2004。
- (6) 行政院原子能委員會，"游離輻射防護法"，Jan. 2002。
- (7) 行政院原子能委員會，"游離輻射防護安全標準"，Dec. 2005。
- (8) 行政院原子能委員會，"輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業 準

則”，Dec. 2004。

(9) 行政院原子能委員會，”游離輻射防護法施行細則”，Dec. 2002。

(10) 行政院原子能委員會，”輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準”，Dec. 2002。

(11) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.

## 4.6 輔助設施或系統之設計

### 4.6.1 審查範圍

審查委員將審查提案的低放廢棄物處置設施的輔助性設施，包括建築物及道路，其設計應能達成：(1)支持提案設施之運作所需，依照 *10 CFR 61.43* 所規範能直接提供工作人員安全；(2) 依照 *10 CFR 61.43*，*61.42*，*61.44* 所規範能支持建造需求；(3) 對已完成之關閉措施不會產生負面影響。

審查委員將依據 *10 CFR 61.12(b)*，*(e)*及*(f)*評估申請者對輔助性建物之描述以確保：(1)輔助設施的設計基礎及準則適用於處置設施的設計、建造及運作；(2) 適當引用建築法規及工業標準；(3)在預期的設施運轉年限期間，每一建物均能安全地使用；(4)這些建物對處置場之主要設計特性或該設施之建造與運作步驟不會產生負面的效應。

審查委員將依下列各點評估申請者所提案之交通系統的描述：

- (1)總體交通系統的設計、涵蓋道路的配置及用途、建材、交通管制以及控制道路表水的附屬排水系統。
- (2)可能影響設施整體運作安全的設備及車輛的交通移動。
- (3)道路的設計、可能在設施進行關閉及穩定措施時產生的影響。
- (4)道路的設計、可能與緩衝區相關以及對必要時所採取的緩衝措施造成的負面影響。

### 4.6.2 審查程序

審查委員將依據本 SRP 4.3 之接受準則來評估每一輔助性設施。

#### 4.6.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 相關審查章節，審查委員將審查輔助設施之描述與分析資料的完整性及其效益。

#### 4.6.2.2 安全性之審查

審查委員將在本 SRP 中審查各項輔助性設施之設計基礎與其準則，並

且將評估這些基礎與準則是否足以維護處置設施之安全運作。依據申請者之設計準則，審查委員將評估申請者對各項輔助設施的描述，並依照 SRP 3.3.1 將其資料整合於設施配置圖、工程藍圖、與建造規格來共同評估。審查委員將檢視申請者引用的建築法規及工業標準之相關討論。審查委員也將評估申請者之說明與分析是否有任何可能之負面效應影響於設施之設計、建造及運作。審查委員將利用對緩衝區的評估來決定輔助設施對緩衝區的影響性為何。審查委員會利用依照 SRP 5.1 所執行之關閉與穩定化作業計畫評估來決定輔助設施對關閉與穩定化措施可能產生的任何影響。

#### 4.6.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

### 4.6.3 接受準則

#### 4.6.3.1 法規要求

適用於本 SRP 審查之相關法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12, "Specific Technical Information," (b), (e), 和 (f)*，要求敘述設計要素、設計準則、設計基準、法規、與標準等與設計的關係以及上述各項之間的相互關係，與 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標，並且敘述陸域處置設施之建造與運作方式，且包括該場區內交通系統。
- (2) *10 CFR 61.13, "Technical Analyses," (c)*，相關於運作時期對工作人員的防護分析以及包含控管、儲存與廢棄物處置時可預期之意外輻射暴露的評估。
- (3) *10 CFR 61.23, "Standards for Issuance of a License," (b) 到 (f)*，要求申請者所提案之設計與其他系統需提供合理保證，需符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標、*10 CFR 61 Subpart D* 之技術要件
- (4) *10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61 41 到 61.43* 說明輔助設施必須達成之效能目標。

#### 4.6.3.2 法規指引

並無法規指引或一般性設計準則可直接引用於輔助性設施安全相關效能的部分。審查委員可參閱 *Section 3.1 "Technical Position Paper on Near-Surface Disposal Facility Design and Operation,"* 特別是 "Access Roads" 的部分。

#### 4.6.3.3 法規評審準則

審查委員將依照下列各節所提出之準則來評估各項輔助性設施之資料：

(1) 輔助建築物

輔助建築物之設計若符合下列條件則可被接受：(1)依照 *10 CFR* 法規，需能支持設施之運作；(2)符合相關**聯邦，州及地方建築法規與工業標準**下建造；(3)在設施運作年限中，當可預期的一般設計基準事件發生時可承受其加諸之荷重，且仍能安全運作；(4)將不干擾設施之運作，包含其關閉及穩定化作業計畫。

(2) 道路配置及交通管制

若該提案交通系統足以支持設施之安全運作且不具負面影響，也將不會干擾運作期處置單元之關閉措施與其緩衝區，則其道路配置及交通管制之資料可被接受。其道路系統若與提案設施之關閉與穩定化作業計畫相容則可被接受。而其交通控制必須依循相關工業標準，及其道路必須具有足夠的容量與面積，允許設施設備與車輛能安全通過。道路配置之設計必須使環境與場址監控及修復作業能在不受影響的緩衝區中進行。

(3) 道路特性

若其提案之道路足以支持設施之安全運作且不造成負面之影響，以及能與設施之關閉與穩定化作業計畫相容，道路特性之資料可被接受。道路建材必須有足夠的耐久性以負荷運作期間之交通量而不致損壞並且需符合相關工業標準。道路的建材與其特性包括附屬排水工程必須相容於提案設施之最後關閉及穩定化作業計畫。

## 4.6.4 評審發現

### 4.6.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 4.6.4.2 評審發現範例

審查委員已依據本 SRP 3.4.2，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之審查，已確認申請者已提供足夠資料說明各項輔助設施皆因設施設計所需而產生；每一輔助設施之設計皆為其主要設計要素、建造與設施安全運作提供支持性功能；並且這些輔助設施之設計與建造將不會對處置設施的效益造成負面的影響。

審查委員總結其審查之目標已經達成，且其審查支持下列對輔助設施所作之結論。

申請者已正確描述各輔助設施之功能要求，包括處置設施設計、建造及運作所需功能之所有建物與道路。提案各項輔助設施之設計準則與基礎之適合性。各項輔助設施審查委員已決議申請者所決議符合設計準則與基礎且不會抵觸其處置設施之主要設計特性、建造或運作。因此，可合理保證該輔助設施可被審查委員接受並且符合 *10 CFR 61.12(b)*，*(e)* 和 *(f)*，*10 CFR 61.13(c)*，*10 CFR 61.23(b)* 到 *(f)*，以及 *10 CFR 61.41* 到 *61.43*。

根據審查結果，審查委員需能達成各項輔助設施之設計與相關法規及工業標準可被接受之決議。

#### 4.6.5 參考文獻

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.
- (3) --- "Technical Position Paper on Near Surface Disposal Facility Design and Operation," November 1982.

### 4.7.1 公用設施或系統之設計

#### 4.7.1.1 審查範圍

審查委員將就提案的低放處置設施中被設計用來輔助設施運作需求以及直接影響到工作人員安全的公用系統加以審查。

委員將評估申請者對公用系統的描述，其內容涵蓋通訊，電力，供水，照明，衛生垃圾處置以及燃料運送系統以確保：(1)每一公用系統的設計基礎及標準對所提案之設施為恰當的；(2)在設計基準事件發生的情況下，各系統仍能如預期正常運作使設施維持正常壽命；(3)公用系統中對其主要設計特性之潛在負面效應已充分說明；以及(4)這些潛在的負面效應將不致嚴重降低或損害設施的安全效能。

#### 4.7.1.2 審查程序

審查委員將根據本 SRP Section 4.3 之接受準則評估各類公用系統。所提出資料的詳細程度必須與該系統對安全運作與廢棄物處置效能之重要性等比增加。

##### 4.7.1.2.1 接受性審查

審查委員將根據本 SRP 及 *NUREG-1199* 審查其公用系統之敘述與分析的完整性以及其效能。

#### 4.7.1.2.2 安全性之審查

審查委員將審查在本 SRP 中提出之各公用系統的設計準則及其基礎，且將評估資料的適合性及其關於主要設計特性的相容性與影響性，也將評估申請者對因公用設施的功能失常或失效而對設施之設計與安全運作可能造成的負面效應提出說明與評估。

#### 4.7.1.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 4.7.1.3 接受準則

#### 4.7.1.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12, "Specific Technical Information," (b) and (e)*，要求描述設計特性、設計準則、設計基礎、設計相關法規與標準，以及上述各項之間相互關係及其效能目標。
- (2) *10 CFR 61.13, "Technical Analyses," (c)*，關於運作期間對於控管、儲存與廢棄物處置之工作人員保護的相關分析。
- (3) *10 CFR 61.23, "Standards for Issuance of a License," (b) 到 (f)*，要求申請者提案之設計及其他系統提供合理保證，必須符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標與技術規範。
- (4) *10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 到 61.43*，說明公用設施必須達成之效能目標。

#### 4.7.1.3.2 法規指引

與安全效能相關之公用系統並無法規指引可引用。申請者應使用下列章節做為指引。

#### 4.7.1.3.3 法規評審準則

相關於本 SRP 審查範圍的評估規範說明於下列章節中。

##### (1) 通訊系統

若通訊系統之設計與安裝達成下列目標則可被接受：(1)在廢棄物接受、控管與處置運作之所有時間，不論視訊或音訊皆可清晰的聯繫廠區的人員；(2)可與廠區外官方單位維持可靠的聯繫，特別是在緊急應變的時期；(3)需根據一般常見且可接受之作業進行

建構；以及(4)不會與設施的設計或運作相牴觸。

(2) 電力系統

若電力系統之設計與安裝達成下列目標則可被接受：(1)對於處置場安全運作的要求提供現場的電力。以及(2)需根據一般常見且可接受之作業來建構。

(3) 供水系統

若供水系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)對處置場安全運作的要求，例如建造，運作及消防提供足夠用水量；(2)需根據一般常見且可接受之作業來建構；(3)提供工作人員之飲用水；以及(4)如 SRP 7 所討論，提供工作人員除污用之溫水。

(4) 照明系統

若供水系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)對於處置場安全運作的要求，在建造及運作期間提供充足的照明；(2)對於可預期的意外狀況之要求提供緊急照明；以及(3)需根據一般常見且可接受之作業進行建構。

(5) 衛生垃圾處置系統

若本系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)足以應付預期使用率的規模；(2)符合適用之地方及國家的法條及標準；以及(3)不會與設施的設計或運作相牴觸。

(6) 燃料運送系統

若本系統之設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)提供場區建物設備及處置活動充足的燃料；(2)若火災發生可以與火源隔離；(3)需符合或超越一般且可接受之作業標準；以及(4)不會與設施的設計或運作相牴觸。

(7) 其他公用系統

若任何其他可能需要之公用系統的設計與建造達成下列目標則可被接受：(1)對所提案之設計有適當的規模；(2)需根據一般常見且可接受之作業進行建構；(3)不會與設施的設計或運作相牴觸。

#### 4.7.1.4 審查發現

##### 4.7.1.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

##### 4.7.1.4.2 評審發現範例



審查委員已依據 SRP 3.4.1 節，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之公用系統的審查，確認設施設計所需各公用系統的資料已充分提供，且各公用系統已依照其主要設計特性，建造及設施安全運作所需要的支持性功能而設計建造；這些公用系統的設計與建造將不會對設施的效能產生負面的效應。

申請者已證確描述[--名稱--]系統之功能要求，包括所有必須的材料及其組件，因此將達成所要求之功能與荷重容量。審查委員已針對申請者所提案[--名稱--]系統之設計準則與基礎及其設施運作要求評估其適合性。並且決議該[--名稱--]系統符合主要設計準則與基礎。該系統之設計與主要設計特性或設施安全運作不會互相抵觸。因此，可合理保證該[--名稱--]系統已被審查委員接受並且符合 *10 CFR 61.12(b)* 和 *(e)*，*10 CFR 61.13(c)*，*10 CFR 61.23(b)* 到 *(f)*，以及 *10 CFR 61.41* 到 *61.43*。

根據審查結果，審查委員決議[--名稱--]系統之設計與所有相關法規與工業標準相符，可被接受。

#### 4.7.1.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulation, Title 10, "Energy ," U.S . Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199,"Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility" Rev. 1, January 1988.

#### 4.7.2 消防系統

##### 4.7.2.1 審查範圍

審查委員必須取得並使用該資料用以確保審查步驟之完整，並將使用且強調本 SRP 之資料亦可適用於某些特定之案件。

###### 4.7.2.2.1 接受性審查

審查委員將依照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查消防系統資料之完整性。

###### 4.7.2.2.2 安全性之審查

審查委員將審查本 SRP 中消防系統資料，是否該申請者已遵照法規與相關可參考導引以及工業標準，並且顯示其使用之方法將可提供合理及可接受的火災防護。下列段落討論之範圍亦列入審查範圍中。

- (1) 意外火災分析

審查委員將審查其假訂在設施內所發生的意外火災相關資料。在假設火警災害時，申請者必須考量在正常運作狀況下所引起的火災，如同 SRP 3.2 中所討論的廢棄物接收區、廢棄物控管區、廢棄物儲存區以及處置區等。申請者也必須考慮以及描述處置設施中可預知之化學環境並且提供資料顯示其發生在預知環境中該提案之消防系統將如何安全地控制意外火災，並且保護設施中工作人員與大眾的健康。

#### (2) 消防系統

審查委員將審查消防系統相關資料，特別是反應緊急火警時的控管計畫；可供火警應變的程序、材料以及設備；火警時提供場外警示的程序與設備；設施工作人員的訓練包括火災的避免以及火災發生時的保護措施。審查委員將審查消防系統相關層面並將決定該系統是否符合**美國消防署(National Fire Protection Association)之 NFPA 901-1981 “Uniform Coding for Fire Protection,(統一消防法規)”** 所建議之特定方案，以及其他相關導則，並將決定其提案系統是否足以安全地控管所有型態的火災與狀況。

#### (3) 緊急應變

審查委員將審查火警時如何應變的相關資料以確保災害發生時有適當的措施可採取，可有效率地疏散設施人員，在必要的意外狀況下，可通知充分範圍的大眾可能發生的輻射災害。在 SRP 8.4 審查的結果也將納入本範圍之審查結論中。

#### 4.7.2.2.3 額外資訊要求

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

### 4.7.2.3 接受準則

#### 4.7.2.3.1 法規要求

適用於本 SRP 審查之相關法規如下：

- (1) **10 CFR 61.11, "General Information,"(b)(3) 和(4)**，要求申請者提出之資料包括其人事訓練計畫之描述以及如何維持適當完成訓練的人員數來安全地執行廢棄物接收、控管與處置。
- (2) **10 CFR 61.12, "Specific Technical Information,"(b) 和 (e)**，要求職業性曝露相關之設計特性，包含消防措施和申請者將引用於建造與陸域處置設施運作之相關法規與標準。
- (3) **10 CFR 61.12, "Specific Technical Information,"(k)**，要求申請人提

出之資料包括輻射安全計畫之描述含輻射外洩的控制與監控以確保符合 *10 CFR 61.41* 之效能目標，並需描述正常運作下以及意外發生時之職業性輻射曝露以確保其符合 *10 CFR 20* 之要件並可控制人員、車輛、設備、建物與場址受到污染，其計畫的描述必須包含程序、儀器設置、設施與設備等。

- (4) *10 CFR 61.13, "Technical Analyses,"(c)*，相關於運作時的個人防護，也將包括因意外而造成，含假定之意外火災事件，可預期曝露的評估。
- (5) *10 CFR 61.23, "Standards for Issuance of a License,"(b), (c), (d), 和 (f)*，要求申請者之提案設計與設施運作提供合理保證能符合 *10 CFR 61 Subpart C* 之效能目標與 *10 CFR 61 Subpart D* 之技術要件。
- (6) *10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 到 61.43*，說明消防系統必須達成之效能目標。
- (7) *10 CFR 61.56, "Waste Characteristics,"(a)(4) 和 (6)*，要求所有等級之廢棄物需不具爆炸性與自燃性。

#### 4.7.2.3.2 法規指引

下列法規指引為 *National Fire Protection Association(美國消防總署)* 印製之國家消防法規提供：

- (1) *NFPA 801-1986, "Recommended Fire Protection Practice for Facilities Handling Radioactive Materials"*
- (2) *NFPA901-1981, "Uniform Coding for Fire Protection"*

#### 4.7.2.3.3 法規評審準則

有關列於本 *SRP Section 2* 審查範圍之評估準則，依循下列各節：

##### (1) 意外火警分析

火災與火災對輻射物質存在時發生之效應的考慮至少涵蓋廢棄物接收區、廢棄物儲存區與其處置區等。分析內容應考量可能發生最嚴重火災的位置、可能遭吞噬的材料、可能被吞噬的任何建物的建造安排或區域，以及濃煙與高熱可能造成的影響。若符合上述則其火警分析資料可被接受。

##### (2) 消防系統

消防系統之資料可被接受，若(1)消防程序、材料、設備和系統將可保護工作人員與大眾免於輻射與火警災害，(2)備有預防輻射與火災災害的計畫，以及(3)有訓練工作人員如何應變與預防火災發生的計畫。用於此消防系統的方法必須符合 *NFPA801-1986*

與 *NFPA901-1981* 提列之建議，包涵建議之施作項目，特別是偵測火警之設備、防止火災的設備(灑水裝置等)、場內及場外預警系統、溼、乾和化學滅火器、泡沫滅火器、人員訓練、建物材料以及輻射廢棄物之控管設施。場內的建築物必須依其各功能性目的符合統一消防法規的要求，特別是廢棄物之接收與儲存區、車輛沖洗設備以及廢棄物之再包裝區域等。

### (3) 緊急應變

若其意外火警分析未指出任何可能對 SRP 8.4 中取得之審查結果與結論有不利的影響，則申請者之火災事件緊急應變措施資料可被接受。於 SRP 8.4 之下審查之緊急應變計畫必須包括火警發生時之適當預警通知與工作人員及附近居民的疏散措施。

## 4.7.2.4 審查發現

### 4.7.2.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 4.7.2.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4.3，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之消防系統資料的審查。審查委員總結其消防系統已按下列目標加以設計：(1)若火災發生時必須使職業性輻射曝露合理抑低；以及(2)必須與設施之輻射安全與緊急計畫工作相容。申請者已提出適當的火災預防與防護的人員訓練計畫。因此，其消防系統符合 *10 CFR 61.11(b)* 和 *(b)(4)*，*10 CFR 61.12(b)(e)*，和 *(k)*，*10 CFR 61.13(c)*，*(d)*，和 *(f)*，*10 CFR 61.41* 到 *10 CFR 61.43* 和 *10 CFR 61.56(a)*，*(e)*和 *(a)*，*(b)*中消防相關規定。

申請者符合上述規定，並已使用下列各建議方案：

(1) *NFPA 801-1986, "Recommended Fire Protection Practice for Facilities Handling Radioactive Materials"*

(2) *NFPA 901-1981, "Uniform Coding for Fire Protection"*

根據其審查，審查委員總結該提案消防系統合理且可被接受。

## 4.7.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing, Office, Washington, DC, revised annually.
- (2) National Fire Protection Association, NFPA 801-1986, "Recommended Fire

- Protection Practice for Facilities Handling Radioactive Materials," Quincy, MA.
- (3) ---, NFPA 901-1981, "Uniform Coding for Fire Protection, "Quincy , MA.
- (4) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility," Rev. 2, January 1991.

### 4.7.3 侵蝕與洪水控制系統

#### 4.7.3.1 審查範圍

審查委員將審查水文分析及設計細節之記錄文件，依照 *10 CFR 61.51(a)* 之法規要求其設計必須在設施運作期間提供侵蝕與地表洪水的適當防護。與本主題相關的場址設計審查範圍與 SRP 6.3.1 的一致。特別要強調的部分在於記錄資料與分析的審查，依照 *10 CFR 61.51(a)(5)* 和 *(a)(6)* 中之要求，該資料記錄之洪水與地表逕流將不會對場址造成負面影響。

然而，地形的不穩定(Geomorphic instability)與岩石的耐受性(rock durability)在此計畫中並未列入審查，在典型的設施中所預期的一般是短期的運作；上述兩項僅在 SRP 6.3.1 中作長期推論時加以審查。

#### 4.7.3.2 審查程序

##### 4.7.3.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 審查其 *SAR* 報告中對侵蝕和洪水控制系統資訊之完整性。若申請人資料有不適當或不充分之處，審查委員將要求對該案件提供更多的資料或解釋。審查委員可以建議其所提出的 *SAR* 文件可被拒絕或接受，或備案等待資料的補充。

若補充資料被認為充足，則相關的技術性評估將可開始作業。

##### 4.7.3.2.2 安全性之審查

審查委員在評估時將使用與 SRP 6.3.1 所述一致之一般性審查程序。然而，地形的不穩定(Geomorphic instability)與岩石的耐受性(rock durability)在此計畫中並未列入審查。

#### 4.7.3.3 接受準則

##### 4.7.3.3.1 法規要求

有關資料適合性與技術評估的法規可參考 *10 CFR 61.11(c)* 和 *10 CFR 61.12*。與洪水的審查相關之基本接受準則提供於 *10 CFR 61.51 (a)(5)* 和 *(a)(6)*，其中要求場址之設計必須足以預防處置單元遭受侵蝕與洪水的傷害。

#### 4.7.3.3.2 法規指引

預測洪峰的可接受方法與設計侵蝕保護特性可參閱 *Draft Regulatory Guide, "Design of Long-Term Erosion Protection Covers for Reclamation of Uranium Mill Sites."*。

#### 4.7.3.3.3 法規評審準則

全面性的地表水洪氾評估與場址設計的侵蝕防護以及能支持所有結論的基本資料與分析皆有其必須性。對於相關本審查範圍所提交的資料、數據與分析評估的接受準則依循下列各節：

##### (1) 場址水文描述

提案資料的接受將以品質的評估為根據，以其資料、數據與地圖的品質與完整性為主。遵照 *10 CFR 61.12* 規範，若可對洪水與密集降雨的效應作獨立的評估，則其結構、設施和侵蝕防護設計的描述視為充足完整。若場址地形圖的品質良好並以足夠的比例尺可使審查委員獨立地分析建造前與建造後的排水模式，則其地形圖可被接受。

##### (2) 洪水測定

因為洪水和/或低放射性廢棄物在沒有覆蓋或保護的不穩定期間造成的風險，審查委員認定最大可能洪水量(the probable maximum flood, *PMF*)與最大可能降雨量(the probable maximum precipitation, *PMP*)可提供防洪要點設計可接受的基準。雖然 *PMF* 的使用對於低放廢棄物設施的運作設計顯然是可接受的，但並非必要。根據不同案件的情況，審查委員將審查以小於 *PMF* 的洪水作為基準的場址設計。使用這樣的洪水基準申請者必須做出記錄才可被接受。資料分析則必須總結性地記錄完整的場址狀況，特別必須考慮罕見洪水規模與其發生所造成的不確定性。

*PMF* 的定義可參閱 *American National Standards Institute/American Nuclear Society Standard ANSI/ANS 2.8-1981* 並且必須將所有鄰近的溪流、河以及場址排水渠納入估算中。

審查委員將審查申請者對於設計基準洪水的規模、水位與速率訂定說明的分析資料。其資料的接受將根據申請者所預測之靜態洪水位與洪峰流量以及預測所使用的計算方法等。

##### (3) 水壩損壞

水壩損壞造成的洪水分析與水力設計的接受準則與 SRP 6.3.1 所提出的內容一致。

#### (4) 洪水控制設計

洪水控制特性必須是(1)能避免處置單元遭侵蝕或洪水，或(2)其設計必須使廢棄物不會因氾濫而由處置區釋出。一般來說，洪水控制措施若能應付 *PMP* 或 *PMF* 的發生，則為可被接受的設計。洪水分析的細節與可接受的方法以及洪水的速率可參閱 *Draft Regulatory Guide, "Design of Long-Term Erosion Protection Covers for Reclamation of Uranium Mill Sites."*。若其假設與計算的設計趨於保守、合理且正確以及/或優於審查委員的獨立預測，則其設計可被接受。

在大部分的狀況下，工程設計可供用於關閉後以及運作期間。如此設計的特定案例包括分流溝渠與石堆堤防 (ripped embankments)。對於這樣的案件，其設計程序與方法亦在 SRP 6.3.1 中說明。

### 4.7.3.4 審查發現

#### 4.7.3.4.1 引言

若審查委員之評估所根據的是其場址設計中水利工程方面的完整審查，確認法規導則已經符合，其審查文件將遵照 *10 CFR 61 (a)(5)* 和 *(a)(6)*，陳述該洪水分析與調查已適當地訂出場址洪水潛勢的特性並正確地記錄，引用可接受之洪水位基準具保守性，以及/或提出可行之計畫確保處置單元在運作期間將不會受洪水與侵蝕影響。

#### 4.7.3.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.4.4，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之洪水控制系統。

在設施運作期間，岩層保護之分流渠 (rock-protected diversion channels) 與防洪堤將被建造以保護場址免於洪水的影響。而截泄溝 (diversion ditches) 則將作為長期防洪設計的一部分。

對場址外與場址內的地區性洪水，*NRC* 委員獨立預測其洪峰流量與速率用以決定其設計特性的適當性。並將這些特性依照 SRP 6.3.1 中所討論的水文程序分析。根據這些獨立分析，審查委員總結，該設施設計符合 *10 CFR 61 (a)(5)* 和 *(a)(6)* 的規範，故其場址水文特性，若以提案之設計特性加強之，將可避免處置單元在運作時遭遇侵蝕與洪水。與審查委員分析有關之補充資料可參閱 SRP 6.3.1，特別是將成為長期設計中的部份特性。

## 5.0 處置設施之建造

### 5.1 施工特性

#### 5.1.1 審查範圍

將審查低放核廢棄物的陸地處置時所必須考量與描述的主要建造方法和要素，以確保其安全與設施的效益並須符合 **10 CFR 61**”的 **C 和 D 部分之效能目標與技術要求**。

關於場址計畫(site plan)的設計與建造資料，例如場址地點、地形、地下水位等高線，場址邊界，緩衝區，安檢區域，場址上鐵道及車道，公共線路(utility lines)，建築物，處置單元之概略分佈(general layout of disposal units)，以及工程藍圖，皆必須由申請人提交審查。建造規格必須依各種建造**要素**清楚且適當地描述其規模與範圍。

審查委員了解建造方法與**要素**將因特別場址狀況與所選用之建造工具而有所不同。本 SRP 之導引並不意圖限制申請人在選用建造方法、步驟或工具時的彈性空間，但其用意在於說明所需提交資料的形式與範圍，使申請人所計畫之建造與運作呈獻清楚的概念並符合 **10 CFR 61** 之規範。

建造的要素應涵蓋相關於場址準備，水的控制及分流，處置單元之建造，混凝土及鋼筋建造，回填以及關閉各項。在本 SRP 其它章節的有相關資料可作為參考或可直接納入本段落。

下列範例說明了審查委員所期待在 **SAR** 報告本章節中提出討論的資料形式，而其他相關項目的討論則延伸至其他章節中。

在 SRP4.3 與 5.1.2 之下所審查的 **SAR** 相關章節中，申請者應描述廢棄物容器週邊所配置的回填材料工程特性。然而，在 SRP 3.3.1 中則必須描述其計畫中確實配置於廢棄物容器週邊回填材料的建造方法。其資料內容應包括：(1)廢棄物容器的堆疊排序計畫；(2)降低可分解木料層板使用的方案以防止未來沉陷情形產生；(3)確保回填材料在置入時維持適當的濕度條件的建造控管計畫；(4)廢棄物容器與回填材料的置入順序計畫，以確保容器之間空隙的填滿，也因此符合 **10 CFR 61** 減少未來填充物間的沈陷的要求。

#### 5.1.2 審查程序

審查委員將評估申請者建造及運作低放處置設施時的主要方法及特性，其使用以下各章節之程序並遵照本 SPR Section 4 之接受條件。委員可在執照簽發之後安排場址的拜訪以確認該案由設計階段到建造運作階段有令人滿意的呈現。

##### 5.1.2.1 接受性審查



審查委員將依照 *NUREG-1199* 及本 SRP 審查申請人 SAR 報告中建造方法與要素之資料完整性。此接受性審查的目的在於決定其是否有明顯的安全問題，以及 SAR 報告之資料是否足夠充份，可進一步進行更詳細的審查。

#### 5.1.2.2 安全性評審

審查委員將審查 SAR 報告，包含相關參考資料，工程藍圖與規格以確保其主要設計及建造要素已經過系統化的整合且為可行之建造計畫；並將指出因與 SAR 其他章節資料不一致或因對建造方法與要素之不當討論所衍生出的安全相關問題。

審查委員將依下列各段落所描述之步驟進行審查。

##### (1) 場址準備

審查委員將審查申請者對於建造運作的相關討論，包括低放廢棄物處置的場址準備，以確定其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。這項審查工作將涵蓋其將清理與剝露的土地面積及深度，計畫儲存區域之配置與範圍，以及定義為禁制區的圍籬建造。審查委員將審查某特定場址的特別特性敘述，例如現存井或開放鑿孔的回填。申請者對場址準備程序的描述應以適當的工程藍圖及建造規格詳細配合提供參考。

##### (2) 水的控制及分流(diversion)

審查委員將審查申請者對提案開挖與回填區域的地表水與地下水控制計畫。在適當的部分，申請者應討論在建造控制的方法及分流的要素(例如暫時或永久性堤防，分流溝渠等)，以及工作的時程表。審查委員將同時在個別處置單元的建造階段(依申請人計畫之建造順序)與場址關閉時期考慮其水文控制要件。

##### (3) 建造及處置(disposal)單位

審查委員將審查申請者對個別處置單元以及單元關閉的順序之描述。其描述內容應依下列各項重點涵蓋建造運作至廢棄物置入個別處置單元的確實作法：(1)開挖(被移除的土壤及岩石材料；在計畫或階段性工程內之界線；坡度與深度或底部的高程；完成地面準備之要件，包含任何不適用材料的判別、將填入混凝土的開挖面；開挖廢土之處理等)；(2)填土區域(界線，坡度以及高度或頂部高程；被填土表面之要件，例如，不在結凍地面填土、地表鬆土提高與填土之接著力並且滾壓整平；填土的材料型態；對於填土層鋪

平與濕度控制之要件；大型顆粒材料之移除；以及取得所要求夯實緊密度的現地程序)；(3)填土前細節計畫以導流並控制降雨雨水與開挖之地表逕流(可滲透基礎層之厚度，排水的坡度，集水坑的位置等。)；以及(4)品質控制測試(例如，決定土地密度的測試、填土的濕度、實驗室夯實、級配以及可塑性)，包括測試標準及測試頻率之說明。

(4) 混凝土及鋼筋建造

審查委員將審查申請者處置設施建造使用混凝土與結構鋼材料的相關資料。混凝土部分，其資料應包含設計、製造、混合、強化、成形(forming)、運輸、放置、整平與硬化。而結構鋼部分，應包含設計構製以及建物與組件之架設。

(5) 回填(backfilling)

將審查回填相關資料，其資料應說明陸地處置設施中廢棄物包放置之技術要件，以及廢棄物包之間空隙的填充以降低未來開挖空間內沉陷狀況產生的規範。對於使用非凝聚性土壤作為回填材料的導引包含在 SRP 4.3 附錄 A “*NRC Staff Recommendations for Filling Void Spaces Around Waste Containers Emplaced in Low-Level Waste Land Disposal Excavations*”。審查委員將檢查陸地處置開挖之回填作業以決定其是否至少符合上述建議條件，以確保開挖的回填有長期的穩定性。

回填相關資料應包含：(1)廢棄物容器之堆疊放置計畫；(2)限制使用可分解材料的方案以降低未來長期沈陷的發生；(3)必須以建造控制確保其非凝聚性材料之正確級配和溼度狀況，避免放置在廢棄物容器週邊之回填土壤產生**連結**與聚集作用而導致空隙的生成；以及(4)確實置入廢棄物容器與填土材料之建造運作計畫與其順序，(例如，在每一廢棄物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。)

(6) 個別處置單元之關閉

審查委員將審查個別處置單元關閉的相關資料，包括覆蓋在廢棄物回填土之上的材料建造特性，以確保水滲透的降低與處置設施在建造時期與場址關閉後的效能可被接受。這些材料包含覆蓋在最上層的可耕種覆土以及對抗表土龜裂與其他作用的土層如闖入者的屏障、可透水層與不透水層，以及土工織品等。

對於廢棄物儲存區開挖的覆蓋其眾多的材料型態，申請者應該

提供與本 SRP 3.2.3 “Construction of Disposal Units” 之填土區域與品質控制測試說明中相類似的資料內容。申請人應對任何特別考量的材料加以討論，例如在開挖區覆蓋時使用的建造方法將可預防意外混合或遭不同種類材料污染。申請人還須說明與討論闖入者屏障或地工織品材料的特別製造商或其處理或定位的要件等。

審查委員將審查申請者所提出的總體建造計畫與運作順序的記錄資料，包含開發活動(出入口坡道、依廢棄物分級的處置單元區分、分階段回填等。)以及關閉活動皆顯示其處置設施運作安全並具效率，且符合 **10 CFR 61** 的法規要件。

### 5.1.2.3 要求額外資料

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節 接受準則之要求。

## 5.1.3 接受準則

### 5.1.3.1 法規要求

- (1) **10 CFR 61.12(e)**，相關於申請人所引用於設計與將引用於處置設施建造之法規與標準。
- (2) **10 CFR 61.12(f)**，相關於設施建造，至少包含處置單元的建造與廢棄物置放的方法以及控制地表與地下水接觸廢棄物料的方法等。
- (3) **10 CFR 61, Subpart C, "Performance Objectives," 10 CFR 61.41 至 61.44**，說明其建造方法與陸地處置設施特性必須達到的效能目標。

### 5.1.3.2 法規指引

並沒有法規指引可作為審查委員在審查低放廢棄物陸地處置所有面向的建造事項提供導則。然而，下列所提出的法規指引與 **NUREG** 報告則提供了建造方法及其要素的一般性資料與建議，也說明了審查委員在執行 **10 CFR 61.12(b)**，**(e)**，**和(f)** 的法規要件時，一個通過標準的基礎：

- (1) **NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal,"** 提供了淺地掩埋低放廢棄物處置的溝槽設計與建造技術的資料，並建議了處置設施的全面性建造技術。
- (2) **NUREG/CR-3356, "Geotechnical Quality Control: Low-Level Radioactive Waste and Uranium Mill Tailings Disposal Facilities,"** 提出設施建造時大地工程品質控制要件之資料與建議。
- (3) **NUREG/CR-5432, "Recommendations to the NRC for Soil Cover**

*Systems Over Uranium Hill Tailings and Low-Level Radioactive Wastes," Volume 3*, 提出土壤覆蓋系統的正確建造方法之導則。

主要為 **10 CFR 61.12 (b), (e) 及 (f)**，可以輔佐參考 **NUREG/CR-3144**，**NUREG/CR-3356**，**NUREG/CR-5432**。

### 5.1.3.3 法規評審準則

本 SRP4.2 中之 *NUREG* 報告提供了資料、建議與導引，並且描述了一部分審查委員在執行 **10 CFR 61.12(b), (e), 和 (f)** 的法規要件時，其通過標準的基礎。陸地處置運作的土方工程建造事項已被標準化。在此，因為認知必須維持土方工程建造的彈性才可因現地狀況的不同而在建造時作出調整，故所提出之法規準則之標準化有所不足。因此，本章節的法規評估準則將根據所提供資料的適合性與接受性以及根據申請人是否發展出系統化且可執行的建造計畫來確保處置設施的長期安全目標的工程判斷而訂。

#### (1) 建造方法及程式

審查委員將審查場址準備、水的控制與分流、處置單元建造、混凝土與鋼筋建造、回填與關閉的建造方法與步驟資料。需確認其資料的充足性與可接受性以及確認申請者所提之方法與步驟與下列各 SRP 之相關接受準則相符合：

- (a) 3.1, "Principal Design Features" 主要設計特性
- (b) 3.2, "Design Considerations for Normal and Abnormal/Accident Conditions" 正常與異常/意外情況之設計考量
- (c) 3.4.1, "Utility Systems" 公用系統
- (d) 3.4.2, "Auxiliary Facilities" 備用系統
- (e) 3.4.3, "Fire Protection System" 火災防護系統
- (f) 4.3, "Waste Disposal Operations" 廢棄物處置運作
- (g) 5.1, "Site Stabilization" 場址穩定化
- (h) 6.2, "Intruder Protection" 闖入者防護
- (i) 6.3, "Long-Term Stability" 長期穩定度

#### (2) 相關章程、標準與規格

審查委員將審查在設計與建造時期所引用的相關於設計與建造章程、標準與規格之資料，並確認這些法規的適合性。可被 *NRC* 委員所接受的相關於混凝土與結構鋼材料的相關法令如下：

- (a) *American Concrete Institute, ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures," 1980*
- (b) *American Institute of Steel Construction, "Specification for*

*Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings,” 8th edition, 1981*

(c) *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*

(d) *State and local building, electrical, and fire codes*。

(3) 建造之材料及品質之保證

審查委員將審查建造材料的相關資料。主要包括開挖與填方材料，混凝土與灌漿成分，加強桿(reinforcing bars)，與結構鋼等。若提出使用的材料非 *NRC-licensed* 設施所使用的，則申請人必須提出充足的測試與使用者資料以建立其材料的接受性。審查委員也將審查申請人之品質控制程序與建造技術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。

(4) 場址之計畫、工程藍圖、建設之特性

審查委員將審查場址計畫與表達設計要素的工程藍圖其資料之完整性與適合性。工程藍圖中必須顯示尺寸、剖面與場址界線內各設施之相關位置。所有計畫與工程圖必須以足夠的比例顯示以充分表達設計資料並必須經過合格工程師簽證。申請者必須將完工狀況完整記錄作為建造設施的永久性資料。建造規格必須與設計與運作規範相容與一致。在規格中指定的內容與程序必須遵照所引用之工業章程與標準。

## 5.1.4 審查發現

### 5.1.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 *SAR* 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 *10 CFR 61* 之要求，並且與本 *SRP* 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 5.1.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 *SRP 3.3.1*，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施之建造方法與要素的審查，確保申請人所使用之建造方法足以使處置場址達到長期的穩定，其建造程序與方法將可使所建造之設施符合 *10 CFR 61.41, 61.42, 61.43, 和 61.44*。

申請者所提出之建造程序及方法符合於處置場址之建造要素，並且與場

址準備、水的控制與分流、處置單元的建造、混凝土及鋼筋建造、回填以及處置單元的關閉具有相當關聯性。其所使用之程序與方法將能確保主要設計要素的功能求得以符合。

該場址計畫明確顯示場址邊界、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。其工程藍圖已提供在[場址名稱]之處置設施建造的必要資訊。申請者所提供之建造規格確實根據其處置設施的功能及主要設計規範。遵照本建造計畫，藍圖與規格將可確保處置設施能夠適當地建造並將達到其所預期之安全功能。申請者已提供 SRP 3.3.1 以及 10 CFR 61.12(e), (f) 中所規範之資料。申請者將使用的建造步驟與方法已遵照確立之準則、章程、標準、規格、與良好的工程判斷，並且被 *NRC* 委員所接受。這些根據良好的工程判斷與實作經驗、以及所引用的章程、標準、導則、與規格而使用的準則，提供了合理的保證，若在建造與運作期間，設計基準事件或假定之意外事件發生時，所建造的設施將因其特殊設計而有能力承受此負載狀況且不致損害結構整體性及穩定性。

申請者所使用處置設施建造的準則及標準符合 *Regulatory Guide 1.94, American Concrete Institute Code ACI 349 “Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures,”* 以及 *American Institute of Steel Construction “Specification for Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building.”*。

申請者所提供詳實描述處置設施建造方法與步驟可被接受。其步驟與方法已被證實為恰當。並提供其設施建造符合設計要件之合理保證。

申請者之場址計畫明確顯示處置場的位置及範圍。設施總體的配置及處置單元亦已在計畫中說明。

申請者提供之工程藍圖正確且適當地傳達設計的資訊。此藍圖提供了處置場建造之必要資訊，包含位置，型態，結構細節，系統以及陸地處置設施之組成。申請者之工程藍圖確保其設計之陸地處置設施將可適當的建造且將符合所要求的設計標準。其工程藍圖可被接受且已符合 *10 CFR 61.12 (e) 及(f)* 之技術資訊規範。

申請者所提供之建造規格與建立良好之工業條例，標準及規格相容一致且被審查委員所接受。建造規格的措施提供了合理保證，其建造之處置設施將符合特殊設計的規範。

根據上述發線，審查委員結論為申請者所提案之處置設施建造步驟與方法提供了合理保證，其將符合 *10 CFR 61* 之相關規定。

### 5.1.5 參考資料

- (1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility "Rev. 2, January 1991.
- (2) American Concrete Institute, ACI 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures" Detroit MI 1980
- (3) American Institute of Steel Construction, "Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings", Chicago, IL, eighth edition 1981
- (4) American National Standards Institute, ANSI N45.2, "Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilities." New York. 1977.
- (5) ---, 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", New York, 1974.
- (6) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually.
- (7) ----, NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal," P. G. Tucker, U.S. Department of the Army, Army Engineers Waterways Experiment Station' February 1983.
- (8) ---' NUREG/CR-3356, "Geotechnical Quality Control" Low-Level Radioactive Waste and Uranium Mill Tailings Disposal Facilities," H. V. Johnson, S. J. Spigolon, and R. J. Lutton, U. S. Department of the Army, Army Engineer Waterways Experiment Station, June 1983.
- (9) ---, NUREG/CR-5432, "Recommendations to the NRC for Soil Cover Systems Over Uranium Mill Tailings and Low-Level radioactive Wastes," Volume 3, R.D. Bennett and A.F Kimbrell, U. S. Army Waterways Experiment Station February 1991
- (10) ---, Regulatory Guide 1.28, "Quality Assurance Program Requirements (Design and Construction)"
- (11) ---, Regulatory Guide 1.94, "Quality Assurance Requirements for Installation, Inspection, and Testing of Structural Concrete and Structural Steel During the Construction Phase of Nuclear Power Plants."
- (12) ---, Regulatory Guide 1.143, "Design Guidance for Radioactive Waste Management Systems, Structures, and Components Installed in Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants."

## 5.2 施工計畫

### 5.2.1 審查範圍

審查委員將審查低放處置設施在建造時所使用之設備是否完備並確保一個符合 *10 CFR 61* 之處置設施能安全且有效率。審查項目包含以下幾項：

- (1) 設備之種類
- (2) 設備之種類及功能
- (3) 儲存，保存，灌漿以及設備之監控

### 5.2.2 審查程序

審查委員將使用下列章節所述之步驟並遵照本 SRP Section 4 的接受準則來評估申請者所提案之建造設備。除了資料的審查以外，也可能在執照簽發之後執行場址的現勘以評估其設備可安全執行其必要功能的能力。

#### 5.2.2.1 接受性審查

遵照 *NUREG-1199* 以及本 SRP 相關審查章節，審查委員將審查建造設備相關資訊之完整性。

#### 5.2.2.2 安全性評審

審查委員將決定申請者是否已提供適當且可接受的建造設備相關資料。委員也將使用下列章節所討論的相關步驟來評估該審查範圍。

##### (1) 設備種類

審查委員將審查 *SAR* 中所提出之資訊來判定設備種類(如起重機，怪手，挖泥機及夯實機(compacter)，等)以及將使用的設備件數是否適合於處置設施之安全建造及運作。在本項評估當中，審查委員將考量特定場址特性及需求，以及設備的效能已完成設計與安全目標。

##### (2) 設備之特性及功能

審查委員將針對製造商所提供各件設備的規格相對於該設備功能與用途加以審查。例如，將審查廢棄物處理設備是否能夠安全地處理廢棄物容器，將它們由地表置放入開挖處置單元中所規劃的廢棄物堆疊中，並適當的在廢棄物容器空隙中回填以減少未來的沈陷的發生。

##### (3) 存放、維護、替換與檢驗設備

審查委員將評估申請者所提供的設備資料以確保可合理用於儲存，維護，替換及檢驗設施，包括支援性設備，是否可供支持處



置運作的安全。審查委員將決定申請者所提案之方案與步驟是否可提供合理保證，其建造與運作活動將不致因不安全事件而中斷或延宕，設備的安全控管或遭污染設備的處置皆有適當的說明。

#### 5.2.2.3 要求額外資料

基於審查之需要，審查委員可要求申請者額外提供資料或修改所提送之資料，以符合本 SRP 第 4 節接受準則之要求。

### 5.2.3 接受準則

#### 5.2.3.1 法規要求

本 SRP 審查範圍可應用的法規如下：

- (1) *10 CFR 61.12, "Specific Technical Information,"(e)*，相關於申請人所引用於設計與將引用於處置設施建造之章程與標準等。
- (2) *10 CFR 61.12 (f)*，相關於處置設施建造與運作的描述，其內容應至少包含處置單元建造方法與處置單元之建造運作及廢棄物定位所使用的設備。
- (3) *10 CFR 61.12(k)*，相關於輻射安全計畫的描述，其計畫以控制及監控輻射外洩以確保能符合 *10 CFR 61.41 效能目標與 10 CFR 20 職業性輻射暴露要點*，並能控制個人、車輛、設備、建物和處置場址的污染等。
- (4) *10 CFR 61.43, "Protection of Individuals During Operations,"*說明運作設備所必須達成之效能目標以達到運作時期對個人的防護。

#### 5.2.3.2 法規指引

低放廢棄物處置設施之建造或運作設備並無法規指引可引用。然而，*NUREG/CR-3144 "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal,"*中討論了大型建造設備規格與功能，並提供導則以正確選擇使用於低放廢棄物處置設施的設備。

#### 5.2.3.3 法規評審準則

由於並無法規指引直接涵蓋建造與運作設備，審查委員之評估主要將根據其工程判斷(engineering judgment)。根據這方面的判斷，委員將總結其提出的資料是否能符合 *10 CFR 61.12(e)*，*(f)*，*(k)*的規範要求。所必須提出的資料型態與範圍已在本 SRP 第三節中說明，而接受的考量條件則於以下段落討論：

##### (1) 設備之種類

本 SAR 之建造設備資料若涵蓋 *NUREG-1199 Section 3.3.2* 與

本 SRP 所指出之主題並詳盡說明其設備種類與其功能，則將可被審查委員接受。申請人必須提供的設備種類資料如下：

- (a) 廠區準備，地表水及地下水之安全控制設備。
- (b) 處置單元的開挖設備
- (c) 材料的拖運設備
- (d) 填方施工及夯實設備
- (e) 低放廢棄物的運輸，處理及定位的設備
- (f) 處置單元回填的設備。
- (g) 混凝土及鋼筋建造的設備。
- (h) 處置單元及場址關閉的設備。

(2) 設備之特性及功能

審查委員對設備的製造規格資料接受標準在於建造設備能否提供安全運作的功能並能達成設計目標的能力。

(3) 儲存、保存、取代及檢測之設備

接受的標準將根據有關設備的儲存，維護，替換及檢驗的步驟與方法是否恰當。審查委員將決定其是否已提供合理保證，確定其建造及運作活動將不會因重要或必要的設備因損壞不足而中斷，或導致不安全的狀況產生。

## 5.2.4 審查發現

### 5.2.4.1 引言

審查委員之審查作業應證實 SAR 中所提供之報告內容是充分的，以滿足 10 CFR 61 之要求，並且與本 SRP 之指引內容一致。基於本資料，審查委員應能下結論本項評估是完整的。審查委員能將其審查製成文件如下述。

### 5.2.4.2 評審發現範例

審查委員已依據 SRP 3.3.2，完成申請者提送【設施名稱】低放射性廢棄物處置設施用與建造與運作之設備種類及其功能資料之審查，確保其設備將可符合建造要求且將可安全執行其功能。建造與運作所指定之設備的選擇與使用已確實根據所要求之功能與能力。申請者確認該指定設備的使用將可促使處置設施之建造與運作能安全的執行。

審查委員已審查申請者所提出建造與運作設備的資料並已總結該設備可被接受，因該提出資料已合理保證：(1)可執行應有的功能；(2)符合建造要求；以及(3)將可保證建造與設施運作的安全。

申請者符合 SRP 3.3.2 與 10 CFR 61.12 (e)，(f) 和 (k) 並已適當地提供設備種類、規格與功能的資料與設備安全效能之保證。

申請者購買、替換、維護與檢驗設備之過程適當，這些過程的使用將可確認不會因設備不可接受的損壞，中斷或延遲設施之建造與運作。

### 5.2.5 參考資料

- (1) Code of Federal Regulations, Title 10, "Energy," U.S. Government Printing Office, Washington, DC, revised annually
- (2) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1199, "Standard Format and Content of a License Application for a Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility" Rev. 2, January 1991.
- (3) ---, NUREG/CR-3144, "Trench Design and Construction Techniques for Low-Level Radioactive Waste Disposal," P. G. Tucker, U.S Department of the Army, Army Engineers Waterways Experiment Station, February 1983.