

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 低放射性廢棄物處置場全系統安全評估程式及重要參數之 分析研究 研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 98-2623-E-009-003-NU  
執行期間：98年01月01日至98年12月31日  
執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：葉弘德

計畫參與人員：學士級-專任助理人員：曾俞方  
碩士班研究生-兼任助理人員：蔡其珊  
博士班研究生-兼任助理人員：陳彥如  
博士班研究生-兼任助理人員：李玳儀  
博士班研究生-兼任助理人員：黃璟勝

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 03 月 01 日



## 摘要

低放射性廢棄物處置場址設置之前，需先進行候選場址的環境安全評估，包含調查、蒐集處置場址之水文地質資料，根據場址及低放射性廢棄物的特性，挑選合適的模式模擬或預測低放射性廢棄物的可能遷移與宿命，並進行安全評估。本研究採用 GoldSim 軟體的核種傳輸模組，建構一低放射性廢棄物處置場的全系統安全評估模式，模擬的情節，為核種自處置場外釋，經由地下水層遷移而進入生物圈。模擬過程中，曾遭遇模式中的一些參數不易蒐集的困難或具有高度不確定性，因此，模式中的重要參數有必要進行敏感度分析，以幫助量化、評估低放射性廢棄物最終處置場安全的不確定性及其成因，經執行敏感度分析，結果顯示處置場址選址時，地層構造中母岩的特性宜列為首要考量，其次需考量水層的流量和延散度。對於高度不確定性的參數，在模擬時，宜改以機率分佈的方式設定數值，可提供較可靠的分析結果。

關鍵詞：低放射性廢棄物、安全評估、敏感度分析、機率式分析

## Abstract

The safety assessment for candidate sites of low-level radioactive waste should be made before its installation. The work includes collecting the hydrogeological data in the field, selecting an appropriate model based on the field and wastes properties for simulating the release process, and finally performing the environmental safety assessment. In this research, the radionuclide transport module in the GoldSim software is adopted to assess the total system safety. The scenarios for safety assessment of the nuclides include the release from the waste tank, migration with the groundwater flow, and arrival to the biosphere. The deterministic models might not provide reliable results if some input parameters required in the model are highly uncertain and not easy to determine. The sensitivity analyses of important input parameters to the model response should therefore be examined for quantifying and assessing the uncertainty in the total system safety assessment model. The results indicate that the partition coefficient of the nuclides in the rock seems to be the most important parameters involved in the site selection for the low-level radioactive waste and both the flow rate and dispersivity of the aquifer are the next. Moreover, it is suggested defining the uncertain parameters as probability distributions for obtaining a more reliable result in the simulation.

Keyword: low-level radioactive waste, safety assessment, sensitivity analysis, probability analysis

# 目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
一、前言.....	1
1.1 計畫緣起與目的.....	1
1.2 研究目的與重點.....	1
二、文獻探討.....	2
三、研究方法與過程.....	3
3.1 全系統安全評估模式.....	3
3.2 敏感度分析.....	5
四、結果與討論.....	6
4.1 核種子代機制模擬結果.....	6
4.2 機率式模擬結果.....	6
4.3 敏感度分析結果.....	8
五、結論與建議.....	10
5.1 結論.....	10
5.2 建議.....	10
六、參考文獻.....	11

## 圖目錄

圖 3.1	使用 GoldSim 放射性核種傳輸模組建構全系統安全評估模式示意圖.....	4
圖 3.2	在原料物件內定義核種資料、地下水及母岩的物理特性，使用放射性核種傳輸模組可進一步設定特定核種的子代產物.....	4
圖 3.3	設定敏感度分析的獨立變數範圍.....	5
圖 4.1	Cs-137 於抽水井中濃度-時間分佈圖，機率模擬貯存桶劣化模式（均勻分佈）.....	6
圖 4.2	Cs-137 於受體中劑量-時間分佈圖，機率模擬貯存桶劣化模式（均勻分佈）.....	7
圖 4.3	Cs-137 於抽水井中濃度-時間分佈圖，機率式模擬貯存桶劣化模式與 Cs-137 於母岩中分配係數值(皆為均勻分佈).....	7
圖 4.4	Cs-137 於受體中劑量-時間分佈圖，機率式模擬貯存桶劣化模式與 Cs-137 於母岩中分配係數值(皆為均勻分佈).....	7
圖 4.5	重要參數對於抽水井的 Cs-137 核種濃度敏感度分析龍捲風圖.....	8
圖 4.6	使用假設案例參數模擬核種 Cs-137 在抽水井的濃度分佈圖.....	8
圖 4.7	分配係數使用下限值 0.005 m <sup>3</sup> /kg，模擬核種 Cs-137 在抽水井的濃度-時間分佈圖.....	9
圖 4.8	四個獨立變數對於抽水井的 Cs-137 核種濃度敏感度分析 x-y 分佈圖（不含分配係數）.....	9

# 一、前言

## 1.1 計畫緣起與目的

放射性廢棄物為具有放射性或受放射性物質污染之廢棄物，包括備供最終處置之用過核子燃料。我國於 2006 年頒佈「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，作為最終處置設施場址設置及選址之法源依據，場址設置條例明定行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)為主管機關、經濟部為主辦機關，應成立處置設施場址選擇小組，執行選址工作，並在 2009 年三月公告兩處建議候選場址。在處置場址設置之前，需先調查、蒐集處置場址的水文地質條件，根據放射性廢棄物特性，挑選合適的模式，模擬放射性廢棄物的可能遷移與宿命，最後進行候選場址的環境安全評估。低放射性廢棄物經減容、固化等前處理後，以固化廢料體的形式存於貯存桶內，再以多重障壁之工程設計存放於地表、坑道、或淺地層處置場，確保核種與生物圈隔絕，並進行長期的場址監測。然而，低放射性廢棄物存放於最終處置場後，也有可能受環境或人為因素影響，使貯存桶或工程障壁毀損，發生核種外釋的情形，若核種經由地下水遷移回到生物圈，可能會危害環境生態和人類健康。

本研究計畫內容構想，源自去年度(九十七年度)計畫：「低放射性廢棄物最終處置天然障壁安全評估及其重要參數之研究-地下水及表面水程式篩選及國內資料之蒐集」的成果。在去年度計畫中，我們蒐集國內外較常用之水文模式，例如 HELP、MODFLOW、FEHM 等地下水與表面水的水流模式，及 MT3D、BLT-MS、GoldSim 的污染傳輸模組等溶質傳輸模式，瞭解其理論架構，並進行模式的功能測試。使用模式進行安全評估時，需根據放射性廢棄物特性、貯存桶或工程障壁的破裂行為、及場址水文地質條件等設定相關的參數。在現實環境中，這些參數可能具有高度不確定性或遭遇蒐集困難的情形，若採用定率模式 (Deterministic model) 分析，可能使模式模擬結果趨於保守。GoldSim 軟體支援機率式參數取樣，包含蒙地卡羅取樣技術 (Monte Carlo sampling technique) 或拉丁超立體取樣方法 (Latin Hypercube sampling method)，可執行動態的機率模擬 (dynamic probabilistic simulation)。因此，本年度計畫採用 GoldSim 機率式模擬軟體，建構低放射性廢棄物處置場的全系統安全評估模式。

## 1.2 研究目的與重點

本研究中採用 GoldSim 軟體，建構一個全系統安全評估模式，可用於模擬低放射性廢棄物處置場中，放射性核種自貯存桶外釋後，經由地下水體流動至遠場之傳輸途徑，並評估核種進入生物圈的風險。研究目的，為培養建構全系統安全評估模式之能力，包含準備模擬過程中需輸入的參數資料、瞭解模式中的假設、及 GoldSim 軟體使用功能上的限制，並期望本研究成果可提供低放射性廢棄物處置場進行安全評估之參考。

本年度研究重點為：

- (1) 使用 GoldSim 軟體架構機率式全系統安全評估模式；
- (2) 採用 GoldSim 軟體的放射性核種傳輸模組，模擬核種分裂的子代機制；
- (3) 針對模式中重要參數進行敏感度分析 (Sensitivity analysis)，量化模擬過程中的不確定性。

## 二、文獻探討

進行全系統安全評估時，依照假設情節或模擬案例，可能牽扯到數個不同領域的專業模式。例如，郭明傳、田能全、盧俊鼎（2007）進行離島淺地層處置之安全評估及虛擬案例探討時，使用 HELP 程式計算處置場覆蓋層的合理入滲量、FEHM 程式計算處置環境之地下水流流場，再以 BLT-MS 程式評估放射性核種的釋出與傳輸。低放射性廢棄物最終處置場安全評估模式，大致上應分成概念模式、射源釋放模式、地下水流動與傳輸模式、空氣傳輸模式、地表水傳輸模式、食物鏈模式、輻射劑量模式、非故意侵擾之情節及模式整合等（施清芳，1998）。安全評估分析者必須謹慎選用各相關模式或計算程式，詳細瞭解各模式中輸入、輸出參數，整合各模式，才能進行模擬分析或安全評估，由於需使用數個模式，各模式間的「連結介面」也關係到評估的成敗。

GoldSim (GoldSim Technology Group, 2007) 軟體技術的開發源自 1990 年，美國能源部 (United States Department of Energy) 委託高得聯合公司 (Golder Associates) 開發一套機率模擬軟體，以輔助民用放射性廢棄物管理署 (Office of Civilian Radioactive Waste Management) 應用於放射性廢棄物安全處置的決策及管理。早期的版本，是 DOS 版的 RIP (Repository Integration Program) 與 STRIP (Strategic Planning Simulation and RIP)，於 1999 年改成圖形化視窗版的模擬軟體 GoldSim，以機率式模擬功能為基礎，功能也擴充至商業性的策略規劃和風險管理。2004 年 GoldSim 的技術團隊由高得聯合公司獨立，另成立一個新公司名為「GoldSim 技術團隊」(GoldSim Technology Group)。GoldSim 軟體的操作設計，以圖形與物件導向為主體，現今包含兩種版本的傳輸模式：污染傳輸模組 (Contaminant transport module, CT Module) 與放射性核種傳輸模組 (Radionuclide transport module, RT Module)。GoldSim 軟體為多個國家，例如美國、日本、台灣、法國、西班牙等，採用作為進行放射性廢棄物處置與管理之評估工具。

GoldSim 軟體的工作平台，以圖形與物件導向為主體，採用由上而下 (top-down) 的思考邏輯，避免分析者迷失於細節程序，同時方便整合系統內各事件或程序提供的資訊，觀察巨觀的系統現象或行為。在 GoldSim 的架構下，可使用軟體內建的模組，進行污染傳輸模擬、風險評估分析等，也可經由動態連結 (dynamically linked library, DLL) 功能，使用自行提供的外部程式進行模擬，再以 GoldSim 軟體為介面將各模式整合，做全系統的模擬分析。行政院原子能委員會所屬的核能研究所，為執行國內低放射性廢棄物處置場安全評估工作，於 2005、2006 年間，與美國桑地亞國家實驗室 (Sandia National Laboratories, SNL) 合作，利用 GoldSim 的動態連結功能，發展出一套以 BLT-MS 與 GoldSim 耦合的模式 (Mattie et al., 2007；田能全與郭明傳，2006)，針對低放射性廢棄物場置場中放射性核種，自貯存桶劣化的地方，經由水體的流動外釋至遠場環境問題，模擬與評估相關的傳輸途徑與安全性。蔡顯修、彭永昌、陳啟明 (2009) 與蔡顯修、蕭向志、陳啟明 (2009) 以 FEMWATER 程式進行地下水流場模擬，再利用 GoldSim 進行放射性核種傳輸模擬，分別探討低放射性廢棄物於淺地層與坑道式兩種處置設施之全系統安全評估。

### 三、研究方法與過程

我們去年度的計畫，曾使用 GoldSim 軟體的污染傳輸模組進行簡易的模擬，在本年度計畫中，更進一步添購放射性核種傳輸模組，此模組除了包含污染傳輸模組所具備的功能之外，更可用於模擬核種分裂的子代機制與貯存桶或工程障壁的破裂行為。本研究即採用 GoldSim 的放射性核種傳輸模組，建立全系統安全評估模式，並進一步針對模式中的重要參數做敏感度分析。

#### 3.1 全系統安全評估模式

圖 3.1 為使用 GoldSim 軟體進行假設案例的全系統安全性評估示意圖。假設案例情節為核種由腐蝕劣化的處置容器中外釋，經由地下水層的傳輸，進入下游抽水井內，最終井水被人類取用而進入生物圈。在原料物件 (Material) 內需定義核種資料、地下水及母岩的物理特性，如圖 3.2 所示。使用放射性核種傳輸模組設定核種資料，可進一步針對特定核種定義至多四種子代產物。本研究選用低放射性核種 Sr-90 與 Cs-137 進行分析，同時於模式中考慮 Cs-137 分裂為子代 Ba-137m 之機制。處置場址岩體的容積密度 (Bulk density) 假設為  $2830 \text{ kg/m}^3$ ，孔隙率 (porosity) 為 0.001，現實中，核種在母岩中分配係數 (Partition coefficient) 的變動範圍可能非常大，在定率式分析時宜採用較保守的分配係數值，假設核種 Sr-90、Cs-137 及 Ba-137m 於母岩中的分配係數分別為  $0.01 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、 $0.01 \text{ m}^3/\text{kg}$  與  $6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ 。

全系統安全評估模式可分為三個主要部分：(1) 源項模式：GoldSim 程式中的源項物件 (Source) 需給定處置容器資料、障壁數量與形式，並提供五種障壁損毀模式 (Failure mode)，模擬容器腐蝕劣化與工程障壁破損情形，分別為即刻、均勻、韋伯 (Weibull)、指數、使用者自訂、表列值，本研究中假設處置窖底面積為  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ ，總儲存量存有 1000 個 55 加侖桶 (0.2 L)，貯存桶劣化模式為均勻分佈，自模擬起始時間 25 年後，貯存桶開始有損壞情形，在 60 年後所有貯存桶全面劣化，由貯存桶開始破裂後的持續時間估算，核種自貯存桶洩漏之速度為  $1.06 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$ 。(2) 地質圈傳輸模式：使用管流物件 (Pipe) 模擬核種於地下水層中的傳輸情形，在管流物件中，設定地下水層的參數與物理特性，如長度、截面積、延散度 (Dispersion)、流量等，可計算在特定時間下，核種於水層中的總質量或在特定時間、空間 (管流末端) 下的核種濃度。使用團塊物件 (Cell) 與管流物件之質量通量連結，可模擬地下水層下游抽水井內特定時間的核種濃度與質量。考慮一案例，假設其地下水層延散度為 200 m，水層流量  $5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ ，位於處置場址下游 2000 m，有一口水井以  $9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  速率持續抽水以供民用。(3) 生物圈劑量模式：受體物件 (Receptor) 提供劑量 (Dose)、風險 (Risk)、及危害指數 (Hazard index) 等三種方式，評估核種外釋經由遷移到井水中，被人類取用後對人類或生物圈的影響。本研究選用劑量作為評估指標，劑量的計算方式為 (施清芳，1998)

$$D = C_w \times I_w \times DCF \quad (1)$$

其中  $C_w$  代表井水中的核種濃度， $I_w$  為每人每年飲用水量假設為  $0.73 \text{ m}^3$ ， $DCF$  為攝入之劑量轉換因子，Sr-90 和 Cs-137 之  $DCF$  分別為  $3.85 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$  和  $1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$ 。

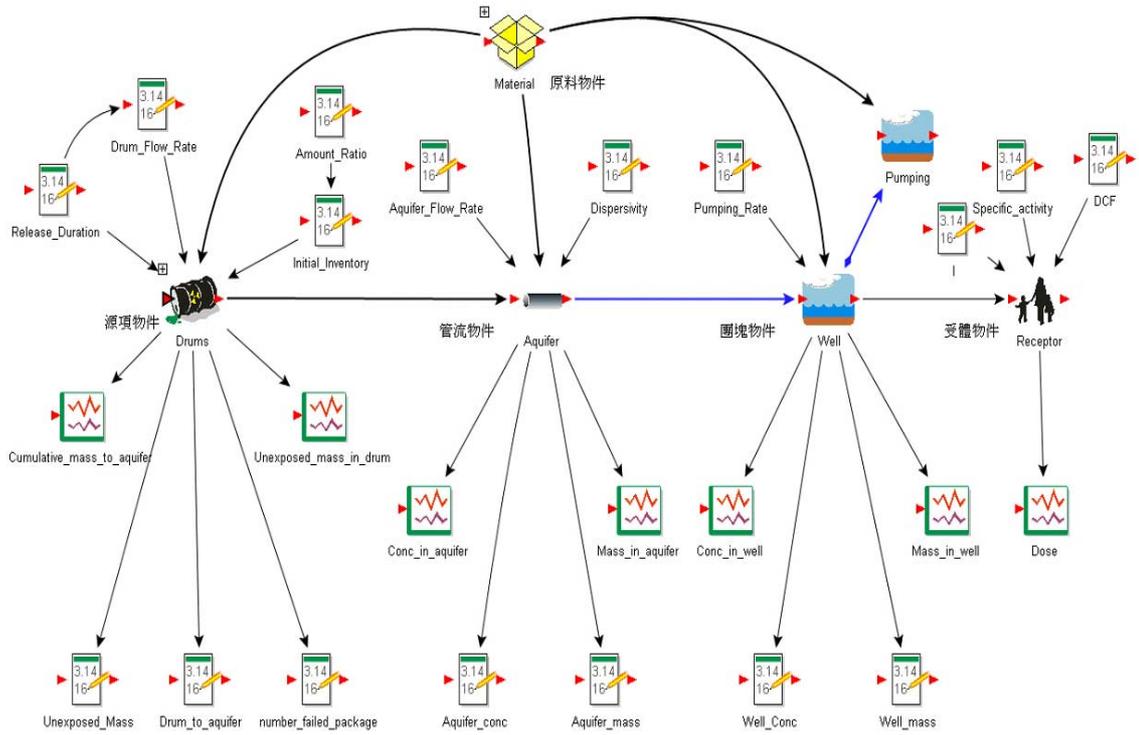


圖 3.1 使用 GoldSim 放射性核種傳輸模組建構全系統安全評估模式示意圖

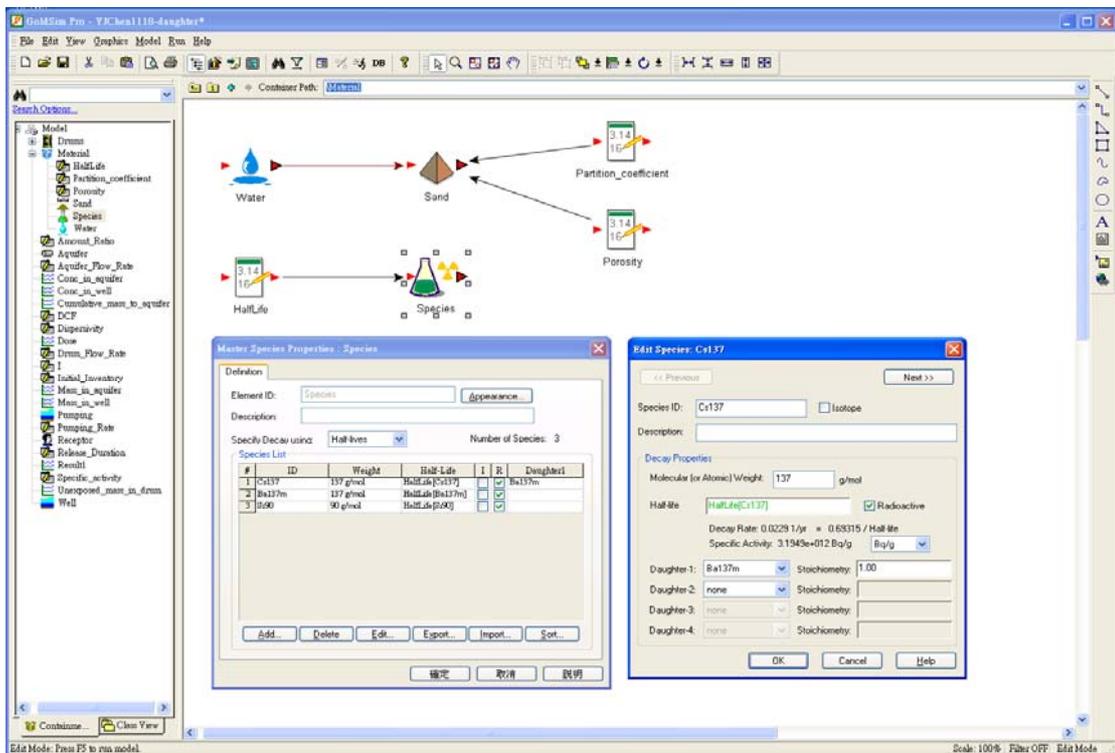


圖 3.2 在原料物件內定義核種資料、地下水及母岩的物理特性，使用放射性核種傳輸模組可進一步設定特定核種的子代產物

### 3.2 敏感度分析

敏感度分析藉由每次擾動模式中一個輸入參數（或獨立變數）的值，觀察其對模式輸出結果的影響，經由敏感度分析，可反應參數的不確定性對模式模擬結果的影響。圖 3.3 為進行敏感度分析時，設定獨立變數範圍的對話視窗。本研究中設定獨立變數之上、下限值分別為擾動正、負 50% 的中間值，GoldSim 會進行數次定率式模擬，每次僅在變數設定範圍內，改變一個獨立變數的數值，並固定其他獨立變數為其中間值，得到模式輸出結果隨獨立變數變化的情形。需特別注意的是，GoldSim 的敏感度分析功能，只能對單值的模式輸出結果和獨立變數進行分析，即不能設定為向量 (vector) 形式，缺點為每次只能分析一個核種在一個特定時間點下的敏感度。GoldSim 提供兩種敏感度分析的圖形輸出結果，分別是龍捲風圖 (Tornado chart) 與 x-y 函數圖 (x-y function chart)。繪製龍捲風圖時，將每個獨立變數的上、下限所對應的模式輸出範圍，以橫向長條圖表示，依長條圖的長短由上而下依序排列，形成類似龍捲風形狀，最上方長條圖對應的獨立變數，其變數的擾動（或不確定性）對於模式輸出結果的影響最顯著。繪製 x-y 函數圖時，先計算每個獨立變數由下限到上限的各取樣點所對應的模式輸出值，為方便同時比較不同單位、不同大小範圍的獨立變數，x-y 函數圖的 x 軸採用標準化 (normalized) 的獨立變數值，範圍介於 0 到 1 之間；y 軸為對應的模式輸出值。x-y 函數圖可看出模式輸出結果，在給定的獨立變數範圍內的變化情形。

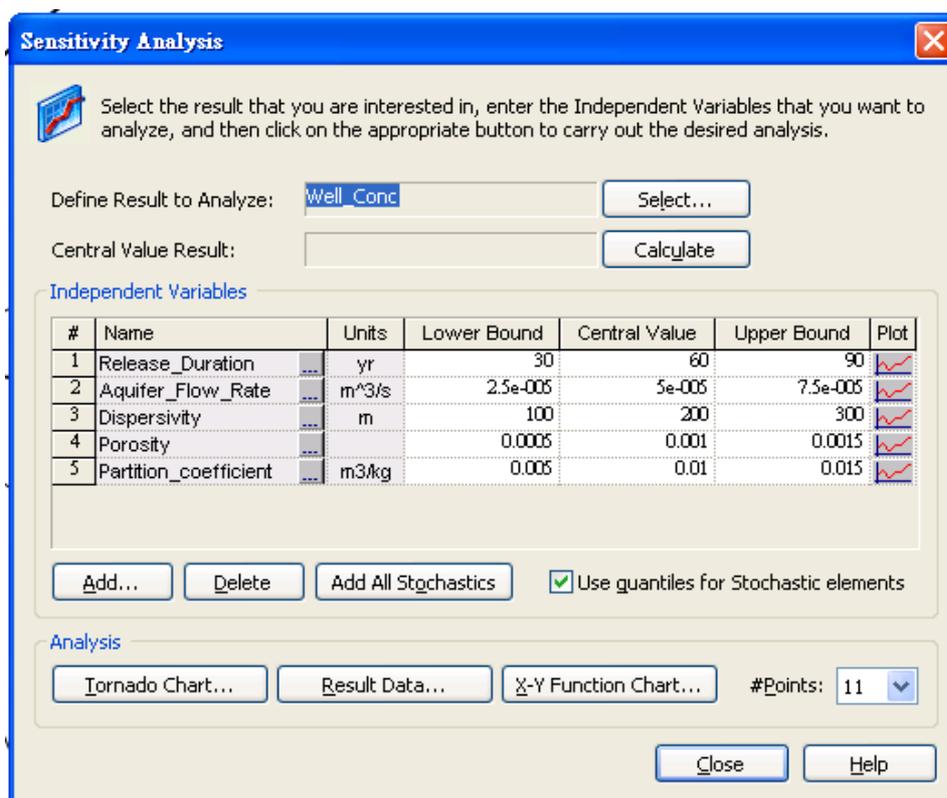


圖 3.3 設定敏感度分析的獨立變數範圍

## 四、結果與討論

### 4.1 核種子代機制模擬結果

本研究選用低放射性核種 Sr-90、Cs-137 及其子代 Ba-137m 進行分析，在模擬時間內，Sr-90 與 Cs-137 在水層中的瞬時最大質量約為  $10^7$  g，而 Ba-137m 的瞬時最大質量約為 10 g，水層末端（或水井內）之 Ba-137m 濃度與 Sr-90 與 Cs-137 濃度相比約小於 6 個數量級。故選用 Cs-137 為代表，進行後續分析。

### 4.2 機率式模擬結果

前述建構全系統安全模式時，使用均勻分佈的機率模式描述貯存桶劣化行為，其餘參數皆以定值表示，進行機率模擬的過程中，選用拉丁超立體取樣方法。圖 4.1 和圖 4.2 分別說明以機率方式模擬 200 個實現值（realization）時，核種 Cs-137 在水井中濃度與受體中劑量隨時間分佈情形，濃度和劑量最高峰約出現在時間 900 年。此外，我們另以機率方式設定核種於母岩的分配係數為均勻分佈，三個核種於母岩中的分配係數之機率分佈最小值與假設案例相同，即 Sr-90、Cs-137 及 Ba-137m 的分配係數分別為  $0.01 \text{ m}^3/\text{kg}$ 、 $0.01 \text{ m}^3/\text{kg}$  與  $6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ ，機率分佈之最大值則分別假設為其最小值的 10 倍，其餘參數皆以定值表示。分析結果如圖 4.3 和圖 4.4 所示，分別代表核種 Cs-137 在 200 次實現值模擬中，水井中濃度與受體中劑量隨時間變化情形，可看出濃度與劑量之分佈曲線有顯著差異，代表若母岩之分配係數值具高度不確定性時，可能對模擬結果影響甚大。

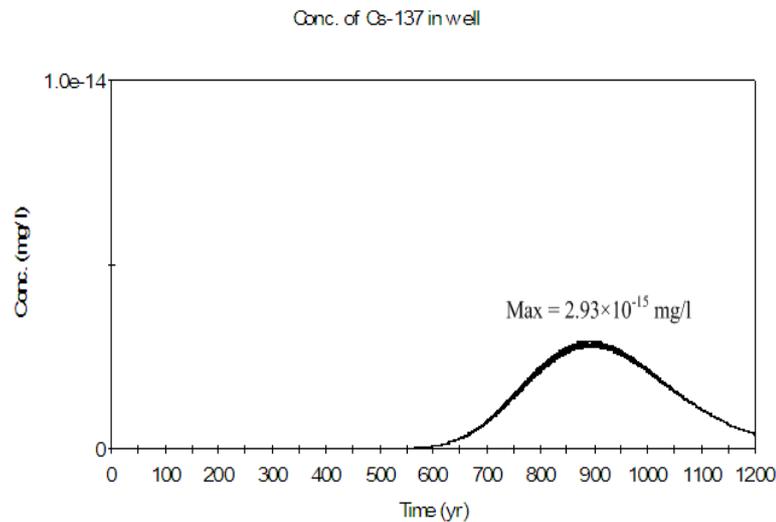


圖 4.1 Cs-137 於抽水井中濃度-時間分佈圖，機率模擬貯存桶劣化模式（均勻分佈）

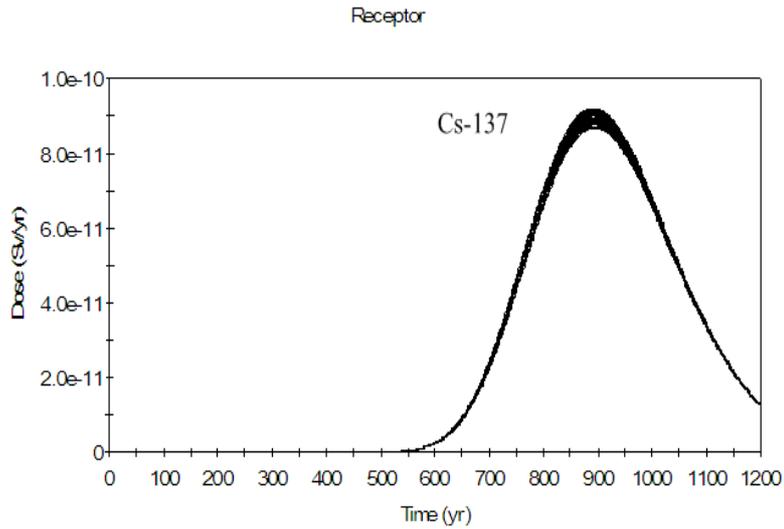


圖 4.2 Cs-137 於受體中劑量-時間分佈圖，機率模擬貯存桶劣化模式（均勻分佈）  
Conc. of Cs-137 in well

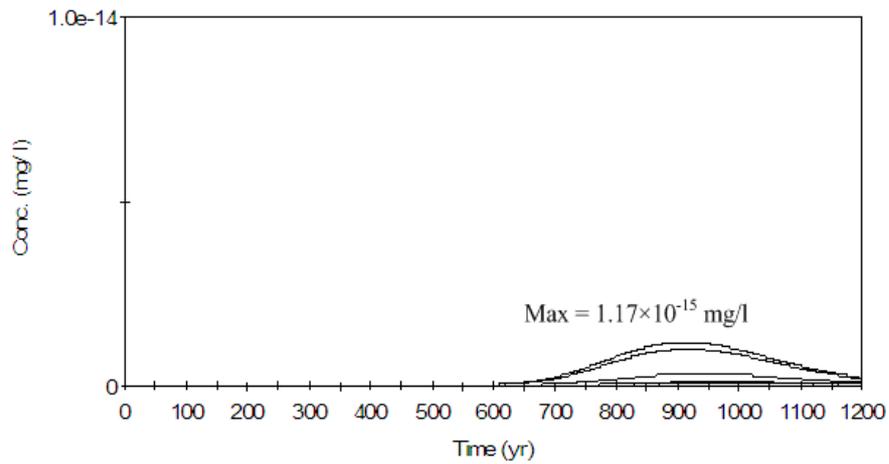


圖 4.3 Cs-137 於抽水井中濃度-時間分佈圖，機率式模擬貯存桶劣化模式與 Cs-137 於母岩中分配係數值（皆為均勻分佈）

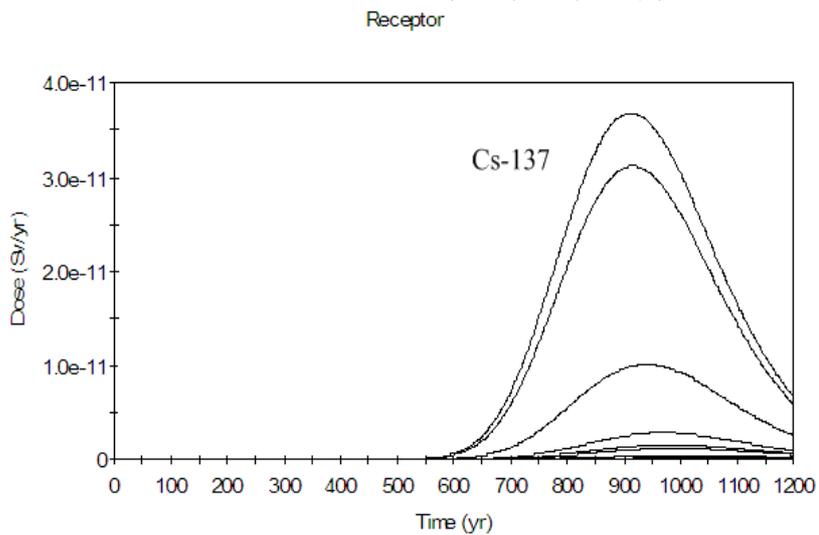


圖 4.4 Cs-137 於受體中劑量-時間分佈圖，機率式模擬貯存桶劣化模式與 Cs-137 於母岩中分配係數值（皆為均勻分佈）

### 4.3 敏感度分析結果

本節僅選用半衰期較長的核種Cs-137進行敏感度分析。設定時間為900年時，討論五個獨立變數包含貯存桶開始破裂後的持續時間、地下水層的流量、延散度、孔隙率、以及核種在母岩的分配係數，對於抽水井中核種Cs-137濃度變化的敏感度分析。圖4.5為敏感度分析之龍捲風圖，可看出負擾動Cs-137核種於母岩中的分配係數，會使水井中濃度顯著提高。此外，較大的地下水層的流量和延散度，也會提高水井中濃度。圖4.6為使用假設案例設定之參數值模擬核種Cs-137在抽水井的濃度分佈圖。圖4.7中將分配係數設定為下限值 $0.005 \text{ m}^3/\text{kg}$ ，固定其他四個參數值，模擬核種Cs-137在抽水井的濃度分佈，和圖4.6相比較下，其核種濃度峰值約提高5個數量級 (order)。從圖4.8的x-y分佈圖，可清楚比較除了分配係數之外的四個參數對於水井濃度的影響，提高地下水層流量50%，在900年時水井中的濃度值與原先相比提高約3個數量級；若水層延散度提高50%，水井中的濃度值約提高1個數量級。

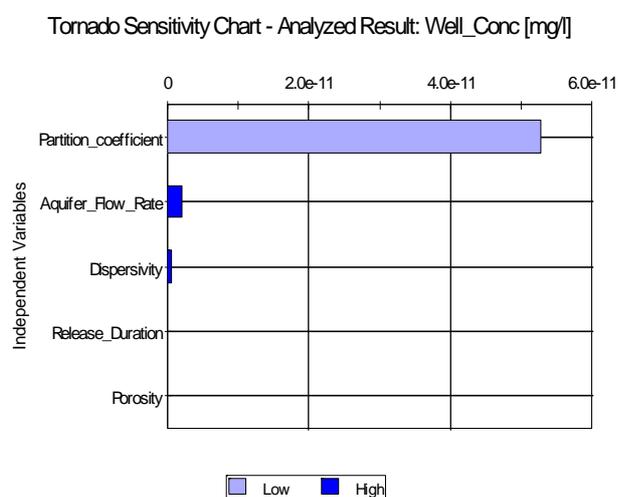


圖 4.5 重要參數對於抽水井的 Cs-137 核種濃度敏感度分析龍捲風圖

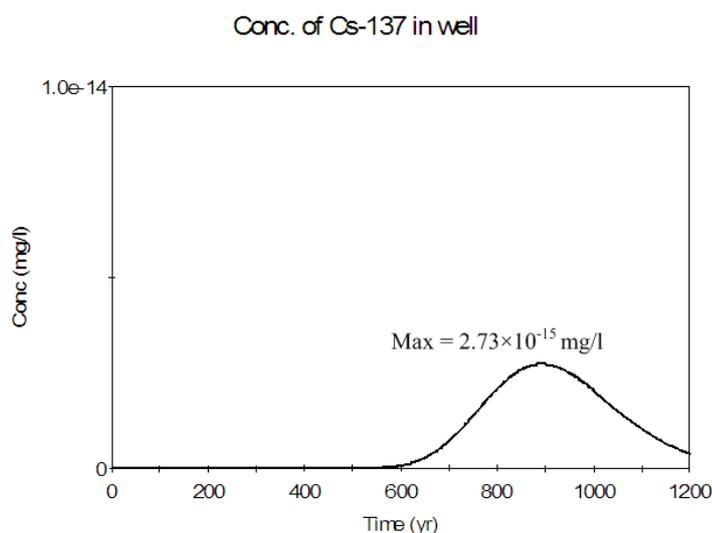


圖 4.6 使用假設案例參數模擬核種 Cs-137 在抽水井的濃度分佈圖

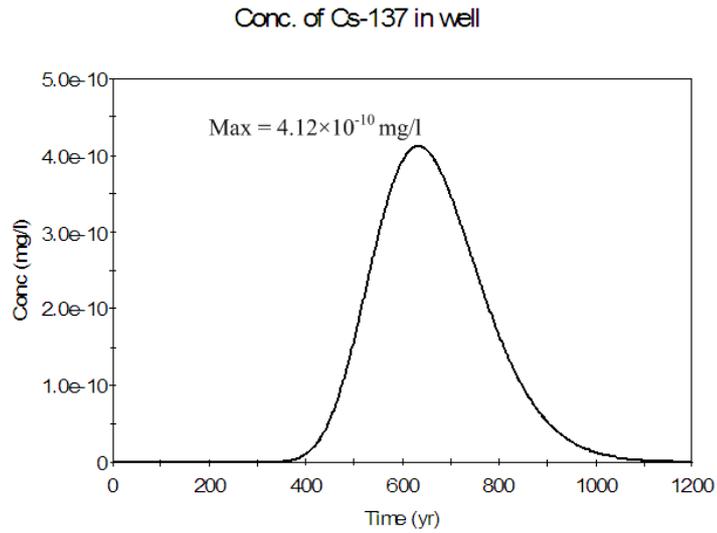


圖 4.7 分配係數使用下限值 0.005 m<sup>3</sup>/kg，模擬核種 Cs-137 在抽水井的濃度-時間分佈圖

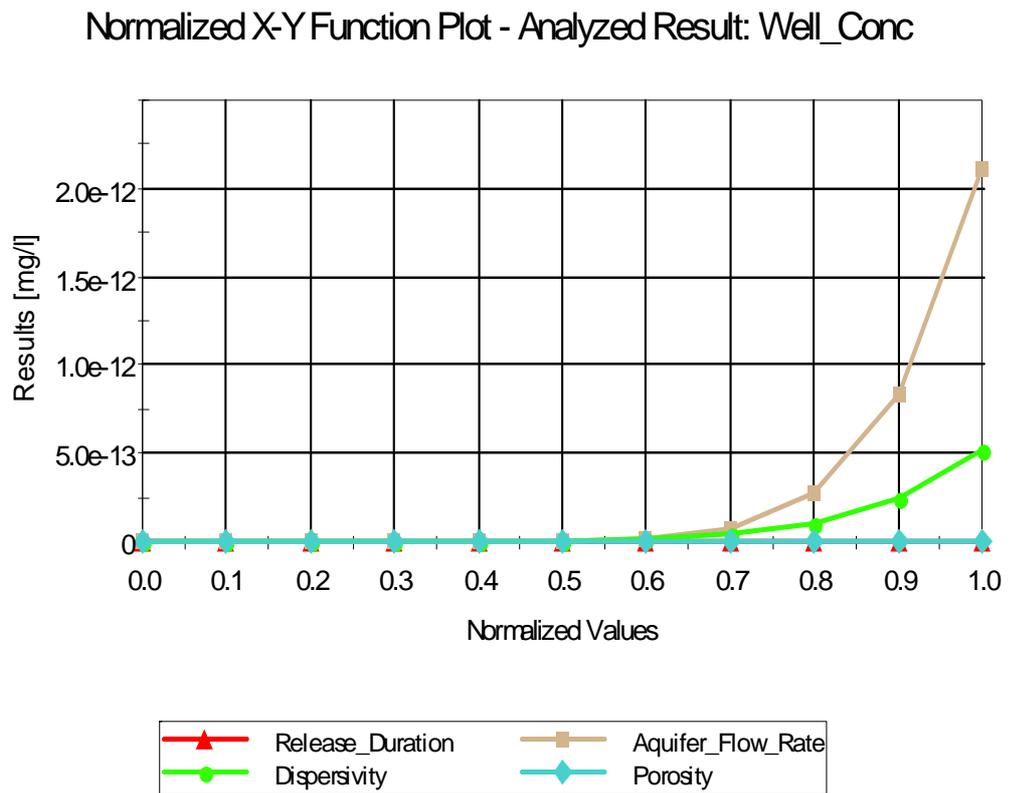


圖 4.8 四個獨立變數對於抽水井的 Cs-137 核種濃度敏感度分析 x-y 分佈圖（不含分配係數）

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

本研究使用 GoldSim 軟體的放射性核種傳輸模組，建構機率式全系統安全評估模式，此模組可模擬核種分裂的子代機制。研究中，另針對模式內重要參數進行敏感度分析，量化模擬過程中的不確定性。分析結果顯示，核種於母岩中的分配係數為核種外釋進入生物圈最重要的影響參數，較小的核種分配係數代表核種於母岩中的流動度較大，分配係數對於水井中濃度與生物圈受體劑量的影響，可能涵括數個數量級。因此處置場址選址時，地層構造中母岩的特性應為首要考量，其次需考量水層的流量和延散度。對於敏感度較大且高度不確定性的參數，可考慮使用機率式模擬，得到過於保守的模擬結果。

### 5.2 建議

1. 對於敏感度較大且高度不確定性的參數，建議使用機率式模擬，避免得到過於保守的定率模擬結果。
2. 目前架構於 GoldSim 軟體內的敏感度分析功能，每次僅能分析單一核種於固定時間的輸入參數對模式輸出結果之敏感度，而無法一次分析數個輸入參數的敏感度隨時間變化。實際上，針對各參數所求得的敏感度數值，可能會隨時間變化，因此未來可建議 GoldSim 技術團隊新增此功能，以提供更完整的敏感度分析。
3. GoldSim 軟體可用管流物件簡易模擬一維的污染物傳輸情形，未來若需模擬較複雜的二維或三維的污染傳輸，可利用 GoldSim 的動態連結功能，評估適合耦合的地下水流與生物圈相關的模式後，進行更符合現地狀況的模擬。

## 六、參考文獻

- 低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例，民國 95 年 5 月 24 日公布。
- 郭明傳、田能全、盧俊鼎，2007。低放射性廢棄物淺地層處置之安全評估案例探討，台電核能月刊，294。
- 施清芳（1998），低放射性廢料陸地最終處置場安全評估模式建立概念，核研季刊，第 29 期，第 92-100 頁。
- GoldSim Technology Group, 2007, “GoldSim User’s guide”, Version 9.6, Washington, USA
- Mattie, P.D., R.G. Knowlton, and B.W. Arnold, 2007. A user's guide to the GoldSim/BLT-MS integrated software package: A low-level radioactive waste disposal performance assessment model, Sandia National Lab., SAND2007-1354.
- 田能全、郭銘傳，2006。BLTMS-GoldSim 低放處置機率式分析模式之建立，台電核能月刊，288。
- 蔡顯修、彭永昌、陳啟明，2009。淺地層低放射性廢棄物處置設施之安全評估案例探討，第七屆地下水資源及水質保護研討會，台灣大學，台北市，論文集第 L-7-L-23 頁。
- 蔡顯修、蕭向志、陳啟明，2009。坑道式低放射性廢棄物處置設施之安全評估案例，第七屆地下水資源及水質保護研討會，台灣大學，台北市，論文集第 L-24-L-41 頁。

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告評估表

## 計畫主持人自我評估表

※計畫主持人請於專題計畫結束時詳填本自評表，並隨同專題研究成果報告一併送本會評審

計畫編號：98-2623-E-009-003-NU97WFA0600193

計畫名稱：低放射性廢棄物處置場全系統安全評估程式及重要參數之分析研究

## 評審委員複評表

先生惠鑒：

隨函附上專題研究成果報告乙份，原計畫申請書及成果報告評估表等資料，敬請撥冗惠予審查，並請於\_\_月\_\_日前擲還本評估表及附件。本會各委員及職員均負不對外洩案件內容之責任，亦請對外合密。非常感謝您的協助。

國科會 敬啓 年 月 日

一、研究內容與原計畫相符程度說明(如低於 50，請將不符處說明於後) ■ 已對假設情節，作全系統安全評估與模式中參數敏感度分析 ■ 唯模擬過程中，有些參數值可能不盡符合現實情況，例如分配係數範圍、裂化時間等，有待進一步數據蒐集	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
二、本研究達成預期目標概要(請從報告中指出其最主要的項獻，複選) ( ) 創新之發現 (✓) 實驗原型或系統之建立 ( ) 理論之指導或模式建立 ( ) 人才培育 ( ) 技術水準之提升 ( ) 其他(請說明) ( ) 新技術在國內之再現 ( ) 未獲具體結果，(請填下欄)	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
三、本研究如未獲具體結果，其主要原因為何？(必要時請用另紙書寫)	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
四、本研究之學術參考價值：(本成果較具應用價值) ( ) 極高 ( ) 高 (✓) 中 ( ) 普通 ( ) 低 請列示應送參考機構名稱： 原子能委員會	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
五、本研究之應用推薦價值： ( ) 極高 (✓) 高 ( ) 中 ( ) 普通 ( ) 低 如可能，請建議送交那些單位或業者參考： (✓) 可立即推介 ( ) 尚需進一步研究 ( ) 不宜推介	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
六、本研究可申請專利項目之說明： 可 ( ) 發明 ( ) 新型 ( ) 新式樣 不可，請說明：目前研究架構均建立於 GoldSim 商業軟體	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
七、本專題計畫應再進一步研究之需要性： ( ) 不需再研究 (✓) 應再進一步研究，其研究之方向與目標： GoldSim 中動態連結功能與污染物於碎裂岩層中傳輸模擬功能探討	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
八、本研究發表之建議： ( ) 否：( ) 機密性 ( ) 成果層次尚需再加強 (✓) 是，且刊載於何種刊物為宜？ 部分內容已發表於第七屆地下水資源及水質保護研討會 ( ) 本會 Proceedings 季刊 ( ) 本會科學發展月刊 ( ) 可發表於其他國內外期刊	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：
九、綜評：(請就本研究之核定經費額度與報告之結果，成效，主要發現及其他有關價值等作一綜合評估，本欄請務必填寫。若空間不夠，請書於背面或另紙書寫) ■ 本研究之核定經費為 739000 元 ■ 本計畫執行成果可供作放射性廢棄物處置場址進行全系統安全評估之參考，在工程應用上，頗具參考價值。 ※ 對本研究成果報告自評等第：( ) 極佳 (✓) 佳 ( ) 中 ( ) 可 ( ) 劣	( ) 同意自評結果 ( ) 不同意 請說明：  ※ 複評等第：( ) 極佳 ( ) 佳 ( ) 中 ( ) 可 ( ) 劣

計畫主持人簽名：\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

評審委員簽名：\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日