

行政院原子能委員會
放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

低放射性廢棄物最終處置場輻射安全
評估審查技術之建立

計畫編號：942005FCMA003

受委託機關（構）：行政院原子能委員會核能研究所

計畫主持人：張柏菁

報告日期：中華民國九十四年十二月十二日

低放射性廢棄物最終處置場輻射安全評估審查技術之建立

方新發

摘 要

低放射性廢棄物最終處置問題之解決，已是我國民眾關注焦點，且為國家政策既定目標。物管局扮演非常重要的角色，必須審查低放射性廢棄物最終處置設施的執照申請與安全分析報告。本計畫的目的即建立一具科學基礎且經驗證的審查技術，支援物管局的審查工作，使審查結果為公眾及請照者所接受。本計畫工作共分為2期，第一期將先建立合用技術，且由物管局確認可行；第二期工作，則將所建立技術實用化於指定的案例中，並辦理訓練班將審查技術轉移給物管局。此報告為第一期的期末報告。

關鍵字：低放射性廢棄物、最終處置、安全分析

To establish a radiation safety assessment technology for the licensing of
low level radioactive waste final disposal site

Hsin-Fa Fang

Abstract

The people in Taiwan are very concerned with the problem of low-level radioactive waste final disposal. To solve the problem is one of the important goals of Taiwan government. Fuel cycle and material administration (FCMA) has to review and approve the application for construction license of final disposal facilities. The purpose of this project is to establish the radiation safety assessment technology to support the FCMA on the licensing of low-level radioactive waste final disposal site. The development of the technology must be based on science and be verified such that review results by FCMA are accountable to the public and the license applicant. The work of this project is divided into two stages. In first stage, we will establish an approved technology, which is suitable to the FCMA review work. In second stage, we will use the technology to evaluate the cases assigned by FCMA. A training course will be held for FCMA staffs that may help them to use the technology in the review work. This is a report for the work of the first stage.

Key words: Low-level radioactive waste, final disposal, and safety assessment

Institute of Nuclear Energy Research

目 錄

	頁次
一、 前言.....	1
二、 執行方案.....	3
三、 執行概況.....	4
3.1 國際低放射廢棄物處置場安全評估程式蒐集與介紹.....	4
3.2 篩選標準與結果.....	11
3.3 PRESTO-EPA-CPG/POP 基本操作.....	13
四、 檢討與建議.....	31
五、 參考文獻.....	32
六、 附錄.....	35
附錄 1 NEA 有關低放射性廢棄物處置重要程式介紹.....	35
附錄 2 94 年 8 月 17 日物管局計畫報告內容.....	49

圖目錄

頁次

圖 3-1 PRESTO 進入畫面	13
圖 3-2 PRESTO 開啟新檔選擇 CPG/POP 畫面.....	14
圖 3-3 PRESTO 開啟舊檔選擇 CPG/POP 畫面.....	15
圖 3-4 PRESTO 選擇 Title 輸入畫面.....	16
圖 3-5 PRESTO 選擇 Control 輸入畫面.....	17
圖 3-6 PRESTO 選擇 Control- Leaching Option 輸入畫面.....	17
圖 3-7 PRESTO 選擇 Site- Chacteristics 輸入畫面.....	18
圖 3-8 PRESTO 選擇 Site- Plant & Animal 輸入畫面.....	19
圖 3-9 PRESTO 選擇 Site-Human Uptake 輸入畫面.....	19
圖 3-10 PRESTO 選擇 Site- Cover & Waste 輸入畫面.....	20
圖 3-11 PRESTO 選擇 Site- Vert. Zone & Aquifer 輸入畫面.....	20
圖 3-12 PRESTO 選擇 Site- Atmosphere 輸入畫面.....	21
圖 3-13 PRESTO 選擇 Basement 輸入畫面.....	22
圖 3-14 PRESTO 選擇 Source- Nuclide List 輸入畫面.....	22
圖 3-15 PRESTO 選擇 Source- Uptake 輸入畫面.....	23
圖 3-16 PRESTO 選擇 Source-Transport 輸入畫面.....	23
圖 3-17 PRESTO 選擇 Source- Inventory 輸入畫面.....	24

圖 3-18-1 PRESTO 選擇 Source- HECF-Ingestion 輸入畫面.....	24
圖 3-18-2 PRESTO 選擇 Source- HECF-Inhalation 輸入畫面.....	25
圖 3-18-4 PRESTO 選擇 Source- HECF-Surface 輸入畫面.....	26
圖 3-19 PRESTO 結果產生畫面.....	27
圖 3-20 PRESTO 輸入與報告印出選擇畫面.....	27
圖 3-21 PRESTO 統計圖選擇風險畫面.....	28
圖 3-22 PRESTO 統計圖選擇途徑與核種畫面.....	29
圖 3-23 PRESTO 依核種比較風險畫面.....	29
圖 3-24 PRESTO 依曝露途徑比較風險畫面.....	30

表目錄

頁次

表 3-1 ISAM 用於 LLW 安全評估的範例程式 (Example Code)	7
--	---

一、前言

低放射性廢棄物最終處置之解決問題，已為社會民眾關注焦點，且國家政策既定目標。行政院原子能委員會放射性物料管理局（簡稱物管局），負責全國放射性物料處理、貯存與處置設施之建造、運轉與除役（或封閉）之審核與發照，目前正積極推展我國低放射性廢棄物最終處置相關工作及法規制訂。台電已於民國 92 年 12 月 25 日提出低放射性廢棄物最終處置計畫書，預定於五年內（民國 97 年）由行政院核定場址。十年內（民國 102 年底前）開始處置作業。依據「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法（民國 93 年 4 月 7 日）」規定，低放射性廢棄物最終處置設施執照申請者應填具申請書，並檢附安全分析報告及財物保證說明，送主管機關審查。而主管機關則應於收到上述書件後，於一年內作成審查結論公告之[1]。依據核能研究所接受物管局的合作計畫書，明確說明其目的在於建立一具科學基礎與公信力的低放射性廢棄物最終處置場輻安評估審查技術，尋求適當的工具，以支援物管局的審查工作，使審查結果為公眾及業者所接受[2]。

世界上，第一個低放射性廢棄物最終處置場，係位在美國田納西州橡樹嶺，建於西元 1944 年，距今有超過六十年。目前，全世界已經有超過 100 處以上的低放射性廢棄物最終處置場址運轉經驗，而且

國際原子能總署（IAEA）會員國還有 42 個正在發展中的場址，已經累積相當多的經驗[3~4]。

我國在物管局及先進的努力下，亦累積不少有關低放射性廢棄物最終處置研究成果[5~12]，值得參考。為建立一具科學基礎與公信力的低放射性廢棄物最終處置場輻安評估審查技術，今年度計畫擬定的工作分為四部份：

1. 蒐集國、內外低放射性處置場場址請照與審查之資訊，及使用於審查之評估技術。
2. 研究適合我國低放射性廢棄物處置場封閉後輻安評估程式應有之條件。
3. 評估引進或建立可行之審查評估程式，篩選出可行方案。
4. 完成技術評估與建立報告，由原能會物管確認所建立技術符合審查工作需求。

本報告所擬定的篩選程式標準，已在今（94）年度八月十七日，前往物管局報告階段性成果時，初步提出（期末報告內容見附錄 1）。目前初步選定 PRESTO-EPA-CPG/POP 作為審查評估程式。

二、執行方案

本計畫預期兩年完成，第一年的工作重點為建立可行技術，篩選出一個可行的評估程式；第二年則是將技術實用化並且轉移給物管局。依照計畫規劃的第一年工作內容，首先蒐集國、內外低放射性處置場場址請照與審查之資訊與使用於審查之評估技術，其工作目的為借重國外經驗，統合國內已有研究成果，將現有低放射性廢棄物處置場請照與審查的資料系統整理，以作為技術建立之基礎；再來，建立適合我國低放射性廢棄物處置場封閉後輻安評估程式應有之條件；藉以篩選出適合我國國情且能與國際接軌的審查評估程式；這些成果與物管局溝通後，由確認所建立之審查技術符合審查工作需求。第二年開始是對所建立的審查技術深入探討，包括使用評估參數探討與敏感度分析；並且將技術實用化，與物管局商訂情節，評估造成劑量；最後辦理訓練班或研討會將技術轉移給物管局。

當初步完成評估程式資訊蒐集及文獻探討，先將比較重要的程式整理出簡要的說明，於 94 年 8 月初，寄送給物管局參考，並在 94 年 8 月 17 日前往物管局一同討論，定出篩選程式可能標準。藉此，篩選出可用於低放射性廢棄物審查的輻射安全評估程式。為便利技術轉移給物管局，並已建立所選定程式的操作手冊。

三、執行概況

依照計畫申請書，所擬定之工作內容，先廣廣泛蒐集可用於地放射性廢棄物審查之計算評估程式，再與物管局先進討論用於審查時，所需要評估程式應有條件。當然，所篩選出的程式 PRESTO-EPA-CPG/POP，會做較詳細的研究，並在此報告中簡要說明其操作。

3.1 國際低放射廢棄物處置場安全評估程式蒐集與介紹

為瞭解低放射性廢棄物處置可能造成的危害，須將不同設計、場址選擇、建置、程序或情節造成的風險結果適當地量化，以幫助決策者或審查者進行評估及判斷。在安全考慮之設計下，低放射性廢棄物處置後，經過依段很長的時間，因工程障壁損壞，致使放射性核種從工程屏障釋出，到天然岩石土壤，再到生物圈，最後再進入人體造成危害，整體程序非常複雜。要將風險量化，須將評估脈絡、系統描述及釋出情節整理成概念模式。再將概念模式轉化成數學模式，然後才可將這些數學模式整合建立所需要的電腦程式計算工具。在建立概念模式及數學模式時，應充份瞭解系統，將系統資訊反應在模式建構上。而所建構的計算工具亦能從系統資訊中，獲得適用的模式數據。據研究，為解決低放射性廢棄物處置的安全評估，世界上已經發展超過 320 個以上的相關程式，其主題涵蓋：放射性核種清單(radionuclide

inventory)、腐蝕(corrosion)、滲出 (infiltration)、地球化學 (geochemistry)、地質力學 (geomechanics)、熱傳 (heat transfer)、地下水流 (groundwater flow)、核種遷移 (radionuclide migration)、生物圈模式 (biosphere modelling)、安全評估 (safety assessment) 及場址發展 (site evolution) 等[13]。這些程式可分成四大類：近場 (Near field) 程式、遠場 (Far Field) 程式、生物圈 (Biosphere) 程式及系統層級 (System-level) 程式[14-16]。

近場涵蓋包括廢棄物體之工程障壁，近場程式依模式建立的處理程序，不同近場程式需要不同詳細程度的廢棄物資料。但基本上，近場程式需要的廢棄物資料涵蓋物理、化學及放射性等三種方面之描述資料。物理描述包括實體型式 (例如碎片、水泥、活化金屬等)、容器類型、廢棄物型式或容器的尺寸、廢棄物體積。還有一些物理性質包括：飽和水電導度 (saturated hydraulic conductivity)、密度 (density) 濕度殘留特性 (moisture retention characteristics) 與溼度含量 (moisture content)。化學及放射性性質描述包括各種物質清單、溶解度、半化期、pH 值、氧化還原參數 (redox parameters)、主要與次要離子濃度。某些近場程式並不包括計算放射性核種流量，其評估結果輸出為滲透水流 (infiltration water flow)，但可轉為其它近場程式或系統層級傳輸程式的輸入使用。

遠場即所謂地質圈 (Geosphere)，分析程式模擬地下水流及污染物在地質圈中的傳輸。遠場程式所需資料包含水文 (如水頭、電導度和孔隙度) 及化學參數 (如分配係數)，以及場址詳細的地質資料。典型的地下水污染傳輸分析程式所需要參數還包括廢棄物特定污染物清單、延滯因子 (或分配係數)、溶解度和水文性質。

地質圈評估程式可依據四個標準分類：

- 基本模擬方法 (解析或數值模擬)；
- 地下水流模式 (飽和、不飽和及破裂帶水流)；
- 解相 (solved phases) 數目 (多相、單相)；
- 地下水傳輸能力 (Transport capability) 有無。

生物圈程式評估範圍涵蓋放射性核種釋出到生物圈的遷移情形，及產生的輻射衝擊。依照管制要求，評估計算的結果可為最大的個人劑量，或是健康風險。生物圈程式使用從遠場程式所得的輸出數據，做為計算潛在放射性曝露輸入資料。

在生物圈程式的發展方面，從 1970 年代晚期開始有放射性廢棄物處置評估的生物圈程式[17、18]。1990 年代後開始有一些國際性合作計畫，如 BIOMOVIS、BIOMASS 等[19-22]，提升對生物圈長期之作用程序及模式建立的瞭解，促進此類程式的迅速發展。

系統層級程式功能在於整合一個處置系統主控放射性核種行為

的所有重要特徵、事件和作用程序 (FEPs)，以期準確描述系統內各方面的交互作用與關係。許多系統層級程式的輸入參數必須從近場和地質圈程式獲得。系統層級程式通常是基於由上而下的方法。

國際原子能總署在 1997 年的研究計畫「近地表處置設施安全評估方法改進 (簡稱為 ISAM)」，目標在於：(1) 提供用於放射性廢棄物近地表處置設施封場後安全評估方法與工具之關鍵評論；(2) 加強此類的方法與工具；(3) 建立使用方法與工具的可信度。計畫研究成果整理成兩大冊，第一冊為安全評估方法與工具的回顧與加強，第二冊為測試案例，可說是近來低放射性廢棄物處置安全評估方法集大成者[15、16]。ISAM 對近場、遠場、生物圈及系統層級等類評估程式，有清楚的說明，並提供各個分類可用於低放射性廢棄物處置的範例程式 (詳見 3-1)。

表 3-1 ISAM 用於 LLW 安全評估的範例程式 (Example Code)

近場	遠場	生物圈	系統層級
BARRIER	DARF	GENII-S	AMBER
HELP	FEMWATER	RESRAD	PRESTO-EPA-CPG
DUST	GRDFLX	TAME	GTM-1
SOURCE1 and SOOURCE2	MIGRAD		GOLDSIM
UNSAT-H	MODFLOW-96 PORFLO TOUGH2		

而經濟合作暨發展組織（OECD）的核能署（NEA），對於核能相關的程式亦有相當詳細的收集。從 NEA 電腦程式服務資料銀行，查閱研究其可用於低放射性廢棄物處置的電腦程式（Data Bank Computer Programs Service，<http://www.nea.fr/html/dbprog/>），可以查到非常多的可應用程式，對程式也有詳盡的介紹。研究擷取認為比較重要的幾個程式整理後，在 94 年 8 月 9 日已經寄給物管局曾漢湘先生，見附錄 2。從物管局的基本需求來看，為便於審查工作執行，所需要的程式應為系統層級，所以從 NEA 及 IAEA 找到比較重要的程式，介紹如下：

AMBER

AMBER 是一個較具彈性的軟體，可讓使用者建立自己的動態間隔模式，以描述污染物在整個系統中的遷移及結果。系統中每一個間隔皆為被模式化。間隔間轉移為線性的，每一次轉移採施主控制，也就是從物質移出的間隔存在的量直接決定，並隨時間而變。為研究的傳輸污染物物質，在間隔內是均勻的。此軟體已經過一系列的測試，驗證通過。

NUTRAN

NUTRAN 是一個 4 個電腦程式之系統，為計算深層地質之核廢料貯藏庫之放射性核種，經由地下水攜帶後對人體之劑量。NUTRAN

由組成之程式，包括 FORTRAN 語法之 ORIGEN1 和 BIDOSE；和 PL/I 語法之 WASTE 和 PLOT。ORIGEN1 由橡樹嶺國家實驗室開發，以產生會隨時間改變之放射性核種存貨清單。BIDOSE 計算所有釋入於生物圈之放射性活度對人體之劑量。WASTE 係模型放射性核種從貯藏庫之釋出和它們在 subsurface 的遷移。接著 PLOT 結合 BIDOSE 和 WASTE 的執行結果：每釋出 MWe-yr 造成之劑量及以 MWe-yr 為單位之廢棄物的釋出量。如此可以獲得劑量及其圖形。

NUTRAN 模型結合以下特點：貯藏庫之空洞以水再填滿；廢棄物本體之滲透；放射性元素的溶解在廢棄物中；廢物運輸由地下水通過貯藏庫、周圍的地層，和毗鄰之含水層；經由水井取得被污染之地下水；廢棄物在水面及其附帶的生態系之遷移；人體接受暴露與劑量的機制。模型將三維之地下水流場以一維之水流路徑(stream tube)之網絡。stream tube 方法對細小不連續點(例如，斷層、鑿孔)允許一個相對地，比較直接的表示法；以避免遇到需採用之有限元素或有限差分方法來解決之與時間有關之溶質遷移問題。核種之遷移可以 Green 函數方法，得到直接的解答。生物圈之遷移，則以沉積、水和土壤隔間之系統模型之，並以這些隔間裡的放射性核種濃度計算對人體之劑量。

PRESTO

PRESTO 模型之目的，在於提供一個非特定場址之篩選模型，以評估從處置操作結束之後之 1000 年期間，放射性核種之遷移、接著而來的暴露、對當地靜態人口的健康衝擊。所考慮的暴露情節，包括正常釋出(包括滲漏和運作的時的溢出)、人的闖入和有限的農事或開墾。從溝槽到個人或群體之途徑和過程，包括：地下水遷移、陸上水流、侵蝕、水面稀釋、懸浮、大氣傳送、沉積、吸入、體外暴露、和攝取污染的牛肉、牛奶、莊稼、水。本程式可以計算群體劑量、個人劑量、及對入侵者和農夫的劑量。本程式使用美國 EPA 開發之生命表方法，以計算群體人口經過 1000 年期間之癌症死亡來表現出累積健康效應。本程式使用 DARTAB 模型，但修改成可以從放射性核種濃度和攝取量，估計人類健康危險度。PRESTO 追蹤放射性核種經由表面和表層下之遷移；人體之暴露，包括體外暴露、吸入、和攝取(以 1 年為基準)。本程式之方法學是宿命型的，其中物理學上的遷移過程係分開建立詳細的模型。PRESTO 已發展多樣版本，美國環保署開放提供 PRESTO-EPA-CPG/POP 網路下載且已經驗證。

GOLDSim

GoldSim 全系統模擬分析軟體係由美國高得聯合公司，於 1990 年代初期接受美國能源部委託，為雅卡山高放射性廢料處置計畫發展之系統模擬工具，最後於 1999 完成視窗版之模擬環境，並名為 GoldSim。

早期的 GoldSim 係以污染物傳輸(contaminant transport)分析為基礎進行發展並建立主體分析架構，而經過逐年的擴充及修正並加入核種傳輸分析的功能。GoldSim 分析架構的建立採取由上而下(top-down)的方法，其觀念在於分析初期以建立正確的系統主架構為目標，待架構成熟完整後再逐步探討各參數或因子的影響性。此分析法則對於複雜龐大的系統可有效的專注於主要目標之上，並能提高分析效率。此外，GoldSim 以圖形介面建構分析模式的方式，在提供設計人員進行概念檢討及程式偵錯時能更有效率。同時，進行模式概念的溝通說明或設計的展示，或提供雙向的交流上更能達到事半功倍的效果。利用 GoldSim 進行模式的建構，係將不同特性的元件(element)依功能及目的，組合成概念模式中不同的獨立模式，並依各獨立模式的關聯性，按設計及需求加以連結或回饋運算組成，對於特殊研究所需之功能，亦可自行撰寫程式與其連結，擴充其運用的領域。

3.2 篩選標準與結果

計畫準備建立的時候，即考量是否自行建立，限於時間短暫與經費因素，且國際上可應用且經驗證的程式已相當多，所以決定篩選既有程式，以建立我國低放射性廢棄物最終處置場輻射安全評估審查技術。經過內部研究，於 94 年 8 月 17 日曾至向物管局報告（內容見附錄 2）與討論，認為篩選程式應考慮標準如下：(1) 審查工作需求- 需

為全系統層級，以便利審查作業進行；(2) 產生或更新版本時間- 有在更新表示仍是受用的程式，且相關程式計算表現方式有很多的發展，也有一些新的觀念方法引入，新一點的程式雖不一定較好，但有加分作用；(3) 可獲得性-應為已有公開版本，最好能快速獲得；(4) 應用彈性- 越有彈性的程式能產生的邊際效益會越大，輸入的項目與操作功能也會越複雜，不過還是正向看待程式的應用彈性；(5) 比對驗證- 所要應用的程式必須要有比對驗證過，才能確認評估結果沒有問題；(6) 透明公信力- 由國際認可的程式，審查結果比較容易說服民眾及請照者接受；(7) 操作性- 操作輸入與指定輸出內容應該清楚，人機介面應友善，避免人為操作錯誤發生；(8) 參數定義明確- 避免應誤會原意輸入錯誤參數；(9) 人力費用- 在合乎需求的狀況下，所費人力費用越低越好。

從審查需求來看，從可獲得性來看，程式必須為系統層級，所以所討論的程式限縮至 AMBER、GOLDSim、NUTRAN、PRESTO、UTM-1 等。AMBER、GOLDSim、PRESTO 在 2000 年以後都有更新版本，表示至今仍受用；AMBER、GOLDSim 核研所已有購入，分別使用於生物圈劑量評估及全系統評估，但 PRESTO 可從美國環保署網站下載，相對於非核研所的人 PRERSTO 可獲得性較佳。PRESTO 不僅可用在低放射性處置，亦可用在 NORM、TENORM 等的風險評

估；而 AMBER、GOLDSim 更可動態操縱污染物傳輸過程，彈性更大。上述的系統層級程式皆已有驗證，從 ISAM 報告所舉的範例程式思考，IAEA 國際專家比較認可的可能是 AMBER、GOLDSim、PRESTO、UTM-1，而以 AMBER 最多國家使用，測試報告也最多。既為 IAEA 等國際機構認可為範例程式，公信力應無問題，但 PRESTO 為國家機構產生且一般人較容易取得，就民眾層次而言，應有比較透明而有公信力；AMBER、GOLDSim、PRESTO 皆為視窗介面操作性佳，但 AMBER、GOLDSim 彈性大可自由改變程序，需較長學習時間。PRESTO 可免費下載，輸入項目完全表單化，在人力與費用考量上是比較有利的。

在綜合考量之後，認為 PRESTO 應是短時間內要建立低放射性廢棄物處置安全評估審查技術，比較好的選擇。AMBER 在國際通用情形及受測驗證的條件上較優，會是第二選擇。

為確認 PRESTO 應用於低放射性廢棄物處置安全評估的可行性，先引入試用，詳細瞭解程式功能，已經建立技術報告[23]。下一章節中，將簡要介紹 PRESTO 的操作。

3.3 PRESTO-EPA-CPG/POP 基本操作

安裝完成後，視窗程式的程式集中會出現  標示，點選之後，即可進入 PRESTO-EPA-CPG/POP 操作系統，如圖 3-1 所

示。

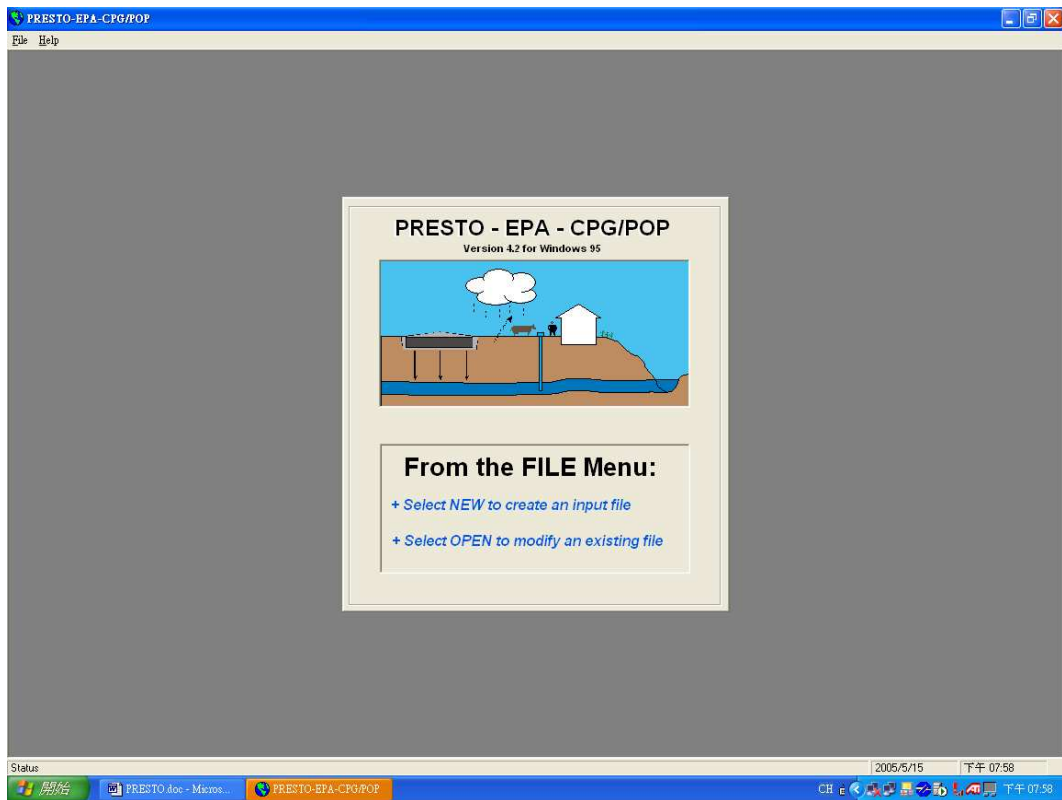


圖 3-1 PRESTO 進入畫面

一開始的畫面即可選擇建新檔案或開舊檔案修改，但很快就跳過。一般要開始工作，先點到 File 目錄，或按住 Alt 鍵再按 F 鍵。再點選要建新檔案 (New)，或開舊檔案 (Open) 修改。若點 New 開啟新檔，則會出現如圖 3-2 畫面，可選擇 CPG 或 POP 情節輸入檔。CPG 情節估算關鍵群體接受的輻射劑量，POP 情節估算一般人群的累積健康效應。如果選擇開啟舊檔，則會出現如圖 3-3 畫面，檔案資料夾中的 *.cpg 為 CPG 情節檔案， *.pop 為 POP 情節檔案。

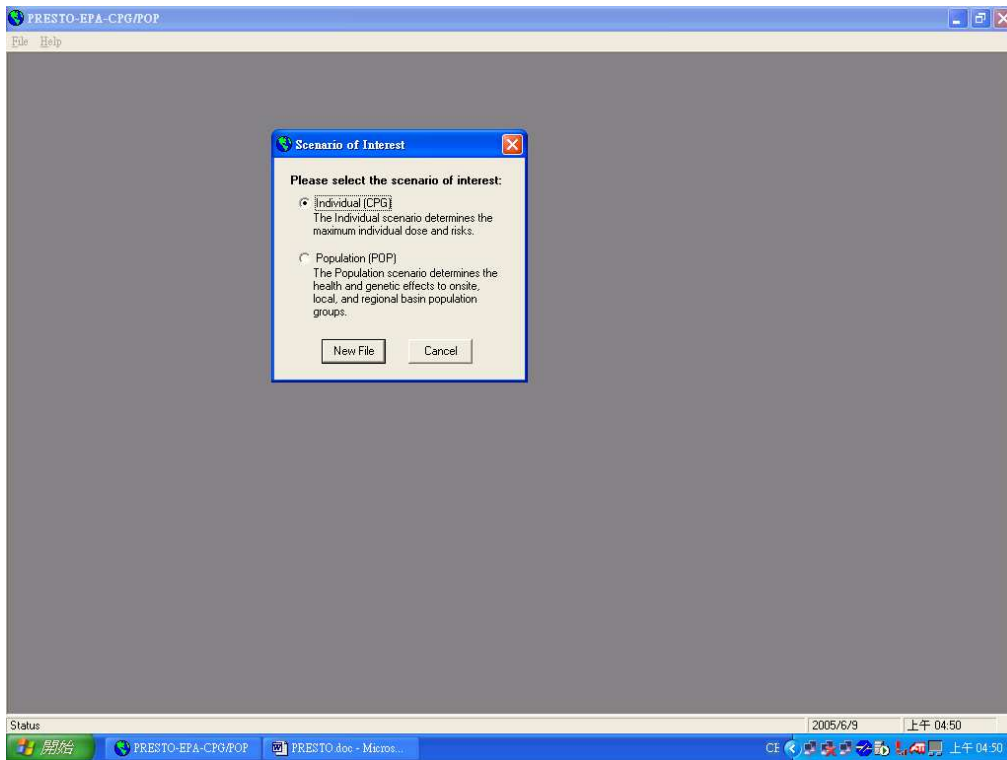


圖 3-2 PRESTO 開啟新檔選擇 CPG/POP 畫面

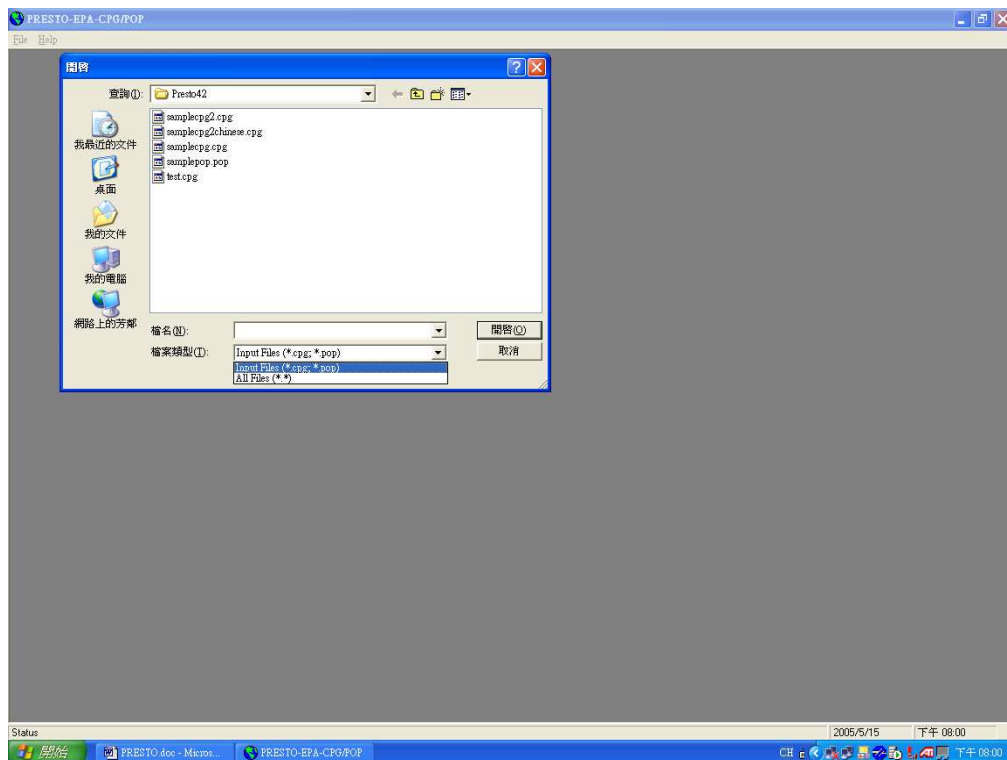


圖 3-3 PRESTO 開啟舊檔選擇 CPG/POP 畫面

PRESTO 輸入參數的種類很多，可分為 6 個範疇，一進入選擇的

情節後，會如圖 3-4 所示，視窗上顯示 6 個標牌包括：Title、Control、Site、Basement、Source 及 Results。這些選擇可以讓使用者，以較邏輯和有組織的方式，修改或觀看參數。一開始會出現 Title，可以輸入工作標題及註釋。

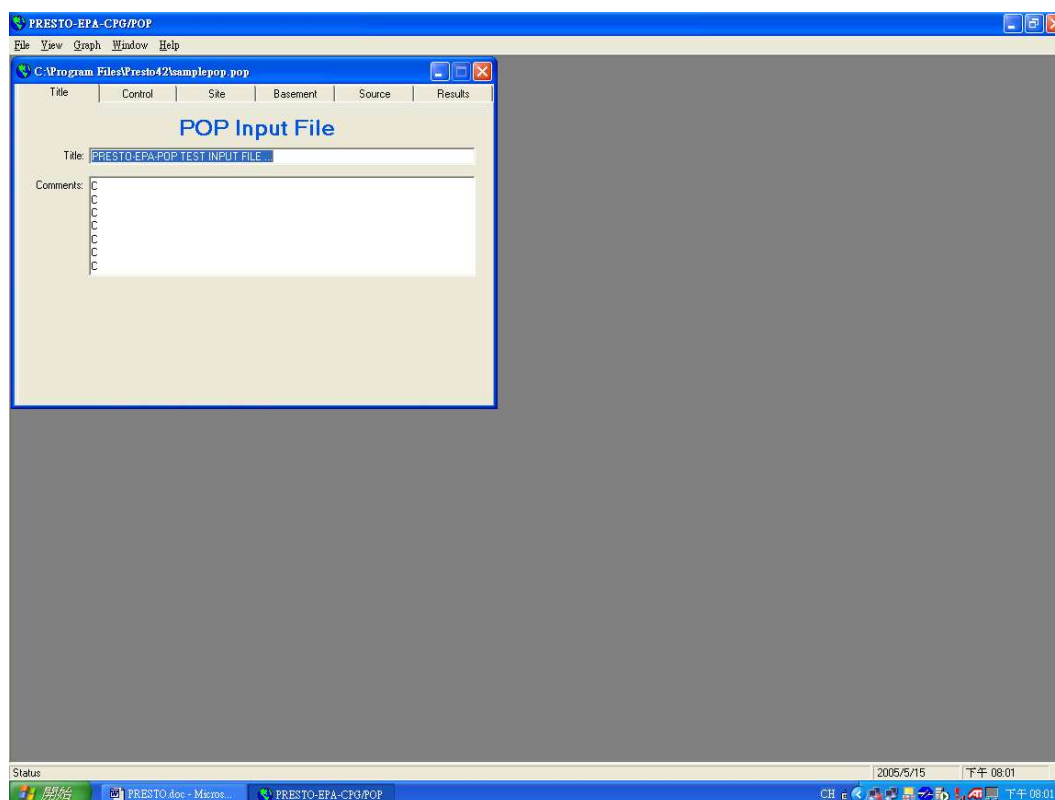


圖 3-4 PRESTO 選擇 Title 輸入畫面

選擇 Control 標牌，畫面如圖 3-5 所示。Control 標牌下的參數主要為情節發生的時間，包括：模擬的年數；有效溶濾收集年數；場址封閉後管制年數；廢料罐失效之前的年數；廢料罐完全失效的年數；農業使用的年數；廢棄物壕溝蓋失效第一年和最後一年的分率。另外一個特別的是溶濾形式選擇，如圖 3-6 所示，可選擇：化學交換、土水化學交換、釋出分率等。

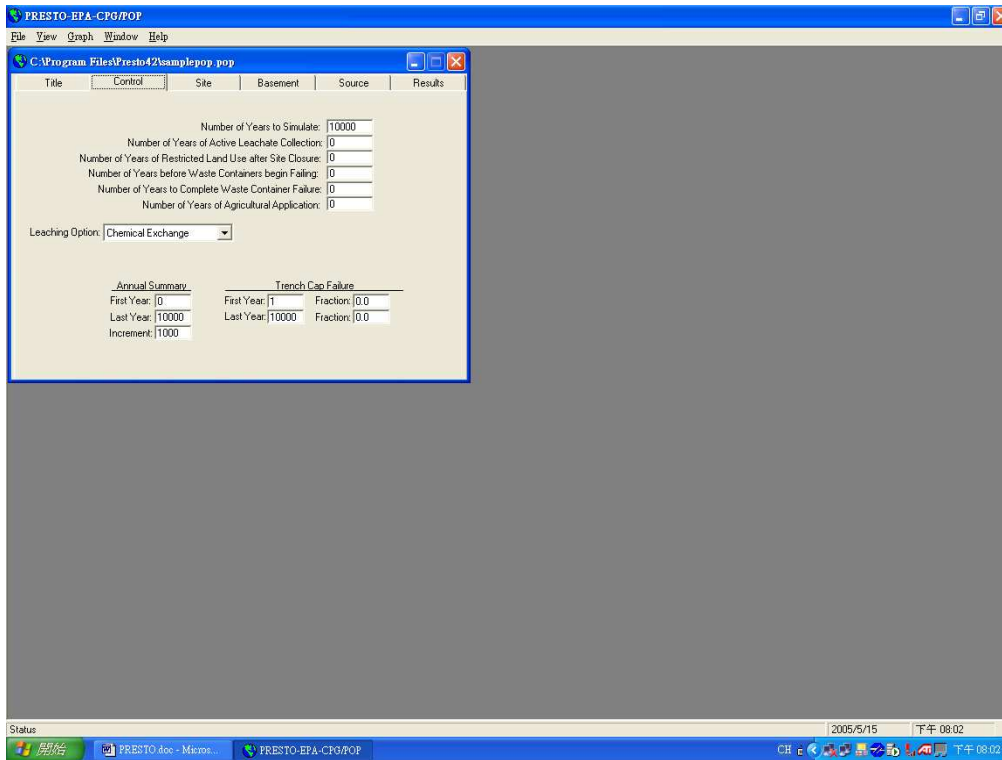


圖 3-5 PRESTO 選擇 Control 輸入畫面

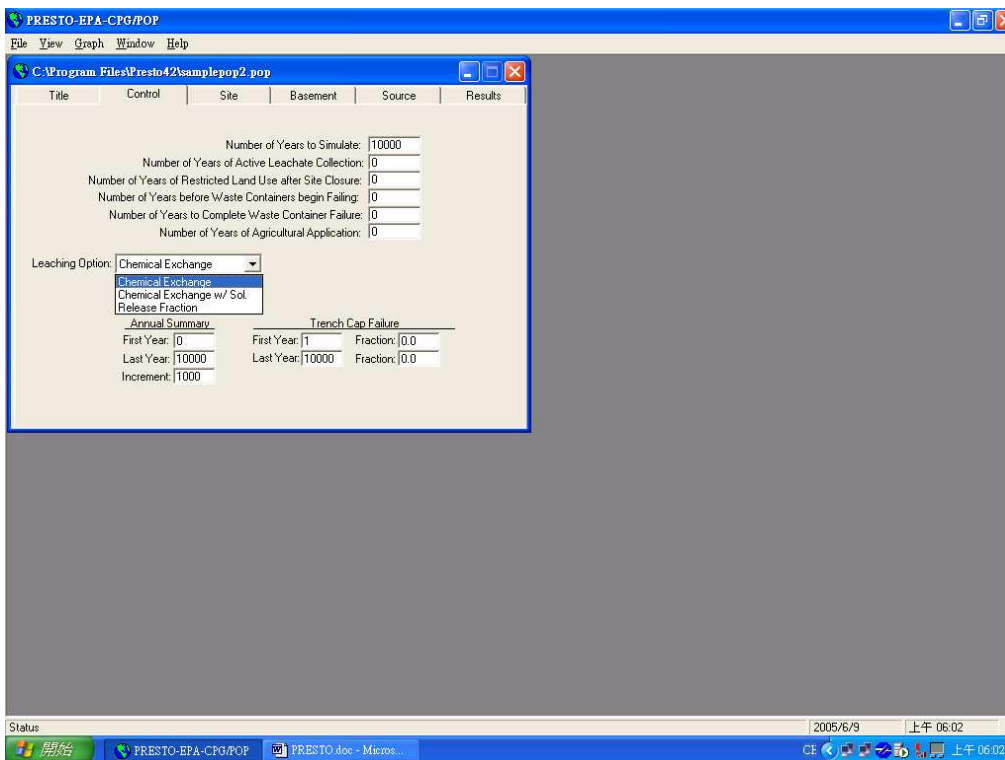


圖 3-6 PRESTO 選擇 Control- Leaching Option 輸入畫面

Site 標牌下主要輸入的為場址參數，其下又可分為六大類：特性

(Characteristics)、動物與植物 (Plants & Animal)、人類攝取 (Human Uptake)、覆蓋與廢棄物 (Cover & Waste)、垂直帶與水體 (Vert. Zone Aquifer)、大氣 (Atmosphere) 等。其輸入畫面如圖 3-7~圖 3-12 所示。

The screenshot shows a software window titled "Input File 1" with a tabbed interface. The "Site" tab is selected, showing a list of input parameters for site characteristics. The parameters are arranged in two columns with corresponding input boxes. At the bottom, there are several buttons for selecting different categories of characteristics.

Parameter	Input Box
Total Annual Precipitation:	<input type="text"/>
Annual Flow Rate of Stream:	<input type="text"/>
Distance from Site to Local Pop:	<input type="text"/>
Distance between Well & Stream:	<input type="text"/>
Rainfall Factor:	<input type="text"/>
Soil-Erodibility Factor:	<input type="text"/>
Crop Management Factor:	<input type="text"/>
Erosion Control Practices Factor:	<input type="text"/>
Sediment Delivery Ratio:	<input type="text"/>
Slope Steepness-Length Factor:	<input type="text"/>
Fraction of Residual Saturation:	<input type="text"/>
Fraction of Total Annual Precipitation for Infiltration Calculation:	<input type="text"/>
Top Soil Layer Precipitation Run-off Fraction:	<input type="text"/>
Bottom Soil Layer Precipitation Run-off Fraction:	<input type="text"/>
Active Depth of Soil in Surface-Contaminated Region:	<input type="text"/>
Width of the contaminated site measured perpendicular to groundwater flow:	<input type="text"/>
Length of contaminated site parallel to groundwater flow:	<input type="text"/>

Buttons at the bottom:

- Characteristics (selected)
- Plant & Animal
- Human Uptake
- Cover & Waste
- Vert. Zone & Aquifer
- Atmosphere

圖 3-7 PRESTO 選擇 Site- Characteristics 輸入畫面

Input File 1

Title	Control	Site	Basement	Source	Results
Agricultural Productivity		Amount of Daily Water Consumption		Delay Time between Harvest & Consumption	
Pasture Grass:	<input type="text"/>	Dairy Cows:	<input type="text"/>	Pasture Grass:	<input type="text"/>
Other Veg.:	<input type="text"/>	Dairy Goats:	<input type="text"/>	Stored Feed:	<input type="text"/>
Exposure Time in Contaminated Air		Feed Consumption		Produce (Ind.):	
Pasture Grass:	<input type="text"/>	Dairy Goats:	<input type="text"/>	Leafy Veg. (Pop.):	<input type="text"/>
Crops:	<input type="text"/>	Beef Cattle:	<input type="text"/>	Produce (Pop.):	<input type="text"/>
Transport Time from Animal Feed to Local Population:			<input type="text"/>	Irrigation Rate:	
Transport Time from Animal Feed to Human Receptor:			<input type="text"/>	Fraction of Precip. that Infiltrates:	
Time from Animal Slaughter to Human Consumption:			<input type="text"/>	C-14 Fractional Equil. Ratio:	
Weathering Removal Decay Constant:			<input type="text"/>	Fraction of Year that Crops are Irrigated:	
Absolute Humidity:			<input type="text"/>	Fraction of Year Animals Graze on Pasture Grass:	
Root Depth:			<input type="text"/>	Fraction of Animal's Daily Feed that is Fresh Grass:	
Characteristics		Plant & Animal		Human Uptake	
Cover & Waste		Vert. Zone & Aquifer		Atmosphere	

圖 3-8 PRESTO 選擇 Site- Plant & Animal 輸入畫面

Input File 1

Title	Control	Site	Basement	Source	Results
Human Uptake of Leafy Vegetables:		<input type="text"/>	Human Uptake of Meat:		<input type="text"/>
Human Uptake of Produce:		<input type="text"/>	Human Uptake of Fish:		<input type="text"/>
Human Uptake of Cow Milk:		<input type="text"/>	Human Uptake of Soil:		<input type="text"/>
Human Uptake of Goat Milk:		<input type="text"/>	Human Inhalation Rate:		<input type="text"/>
Human Uptake of Drinking Water:		<input type="text"/>	Onsite Population:		<input type="text"/>
			Offsite Population:		<input type="text"/>
			Fraction of Drinking Water Supplied from Well:		<input type="text"/>
			Fraction of Drinking Water Supplied from Stream:		<input type="text"/>
			Fraction of Irrigation Water Supplied from Well:		<input type="text"/>
			Fraction of Irrigation Water Supplied from Stream:		<input type="text"/>
			Fraction of Animal Drinking Water Supplied from Well:		<input type="text"/>
			Fraction of Animal Drinking Water Supplied from Stream:		<input type="text"/>
Characteristics		Human Uptake		Atmosphere	
Cover & Waste		Vert. Zone & Aquifer		Atmosphere	

圖 3-9 PRESTO 選擇 Site-Human Uptake 輸入畫面

Input File 1

Title Control Site Basement Source Results

Thickness Density Porosity Permeability

Cover:

Waste:

Average Slope Avg. Slope Length Pellicular Water Deficit Gravity Water Deficit

Cover:

Component of Porosity Equivalent Upward

Pellicular Water Gravity Water Diffusivity Hydraulic Conductivity

Cover:

Absorbing Waste Activated Metals Solidified Waste

Release Fraction:

Waste: Containerized Fraction:

Cover & Waste Vert. Zone & Aquifer Atmosphere

Characteristics Plant & Animal Human Uptake

圖 3-10 PRESTO 選擇 Site- Cover & Waste 輸入畫面

Input File 1

Title Control Site Basement Source Results

Vertical Zone Aquifer

Thickness:

Porosity:

Density:

Permeability:

Fraction of Water Saturation:

Groundwater Velocity:

Dispersion Angle:

Allow Aquifer to Stream Flow:

Cover & Waste Vert. Zone & Aquifer Atmosphere

Characteristics Plant & Animal Human Uptake

圖 3-11 PRESTO 選擇 Site- Vert. Zone & Aquifer 輸入畫面

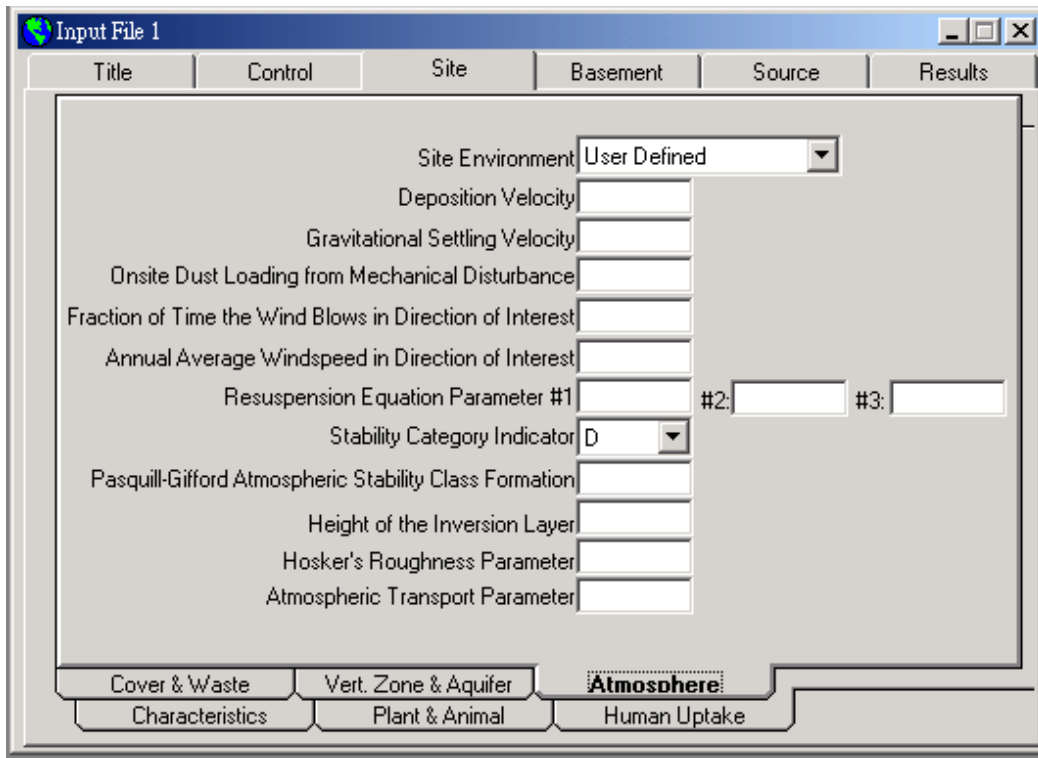


圖 3-12 PRESTO 選擇 Site- Atmosphere 輸入畫面

Basement 標牌下主要輸入的為居住地下室內造成氬氣呼吸劑量的相關參數，如圖 3-13 所示。

選擇 Source 標牌下主要輸入的為曝露源參數，其下又可分為五大類：核種表 (Nuclide List)、攝取 (Uptake)、傳輸 (Transport)、清單 (Inventory)、健康效應轉換因子 (HECF) 等。HECF 標排右側又有四類標牌：攝入 (Ingestion)、吸入 (Inhalation)、空浸 (Immersion) 及地表 (Surface)。各類輸入畫面如圖 3-14~圖 3-18-4 所示。每類項下都有許多應輸入參數，詳細可參考附錄 1。

Input File 1

Title Control Site **Basement** Source Results

Rn-222 Emanation Fraction for Contaminated Soil:

Depth of Basement below Surface:

Thickness of Concrete Floor in the Basement:

Porosity of Concrete Floor:

Length of Basement Perimeter:

Negative Indoor House Pressure:

Perimeter Shrinkage Crack Width:

Basement Ventilation Rate:

Area of Basement Floor:

Basement Occupancy Fraction:

Outdoor, Onsite Occupancy Fraction:

圖 3-13 PRESTO 選擇 Basement 輸入畫面

Input File 1

Title Control Site Basement Source **Results**

Number of nuclides selected: 3
 (Use the mouse or press the space bar to select nuclides.)

AC-223	AC-224	AC-225	AC-226	AC-227	AC-228	AG-102	AG-103	AG-104	AG-104M
AG-105	AG-106	AG-106M	AG-108	AG-108M	AG-109M	AG-110	AG-110M	AG-111	AG-112
AG-115	AL-26	AL-28	AM-237	AM-238	AM-239	AM-240	AM-241	AM-242	AM-242I
AM-243	AM-244	AM-244M	AM-245	AM-246	AM-246M	AR-37	AR-39	AR-41	AS-69
AS-70	AS-71	AS-72	AS-73	AS-74	AS-76	AS-77	AS-78	AT-207	AT-211
AT-215	AT-216	AT-217	AT-218	AU-193	AU-194	AU-195	AU-195M	AU-198	AU-198I
AU-199	AU-200	AU-200M	AU-201	BA-126	BA-128	BA-131	BA-131M	BA-133	BA-133I
BA-135M	BA-137M	BA-139	BA-140	BA-141	BA-142	BE-10	BE-7	BI-200	BI-201
BI-202	BI-203	BI-205	BI-206	BI-207	BI-210	BI-210M	BI-211	BI-212	BI-213
BI-214	BK-245	BK-246	BK-247	BK-249	BK-250	BR-74	BR-74M	BR-75	BR-76
BR-77	BR-80	BR-80M	BR-82	BR-83	BR-84	C-11	C-14	CA-41	CA-45
CA-47	CA-49	CD-104	CD-107	CD-109	CD-113	CD-113M	CD-115	CD-115M	CD-117
CD-117M	CE-134	CE-135	CE-137	CE-137M	CE-139	CE-141	CE-143	CE-144	CF-244
CF-246	CF-248	CF-249	CF-250	CF-251	CF-252	CF-253	CF-254	CL-36	CL-38
CL-39	CM-238	CM-240	CM-241	CM-242	CM-243	CM-244	CM-245	CM-246	CM-247

Nuclide List Uptake Transport Inventory HECF

圖 3-14 PRESTO 選擇 Source- Nuclide List 輸入畫面

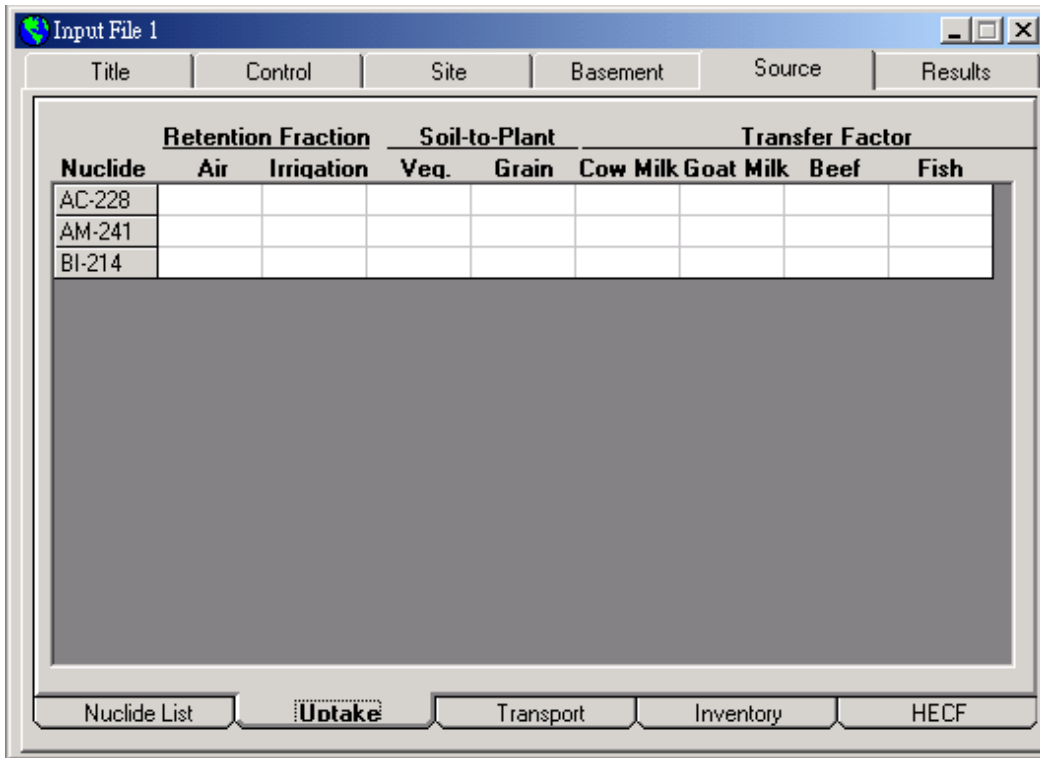


圖 3-15 PRESTO 選擇 Source-Uptake 輸入畫面

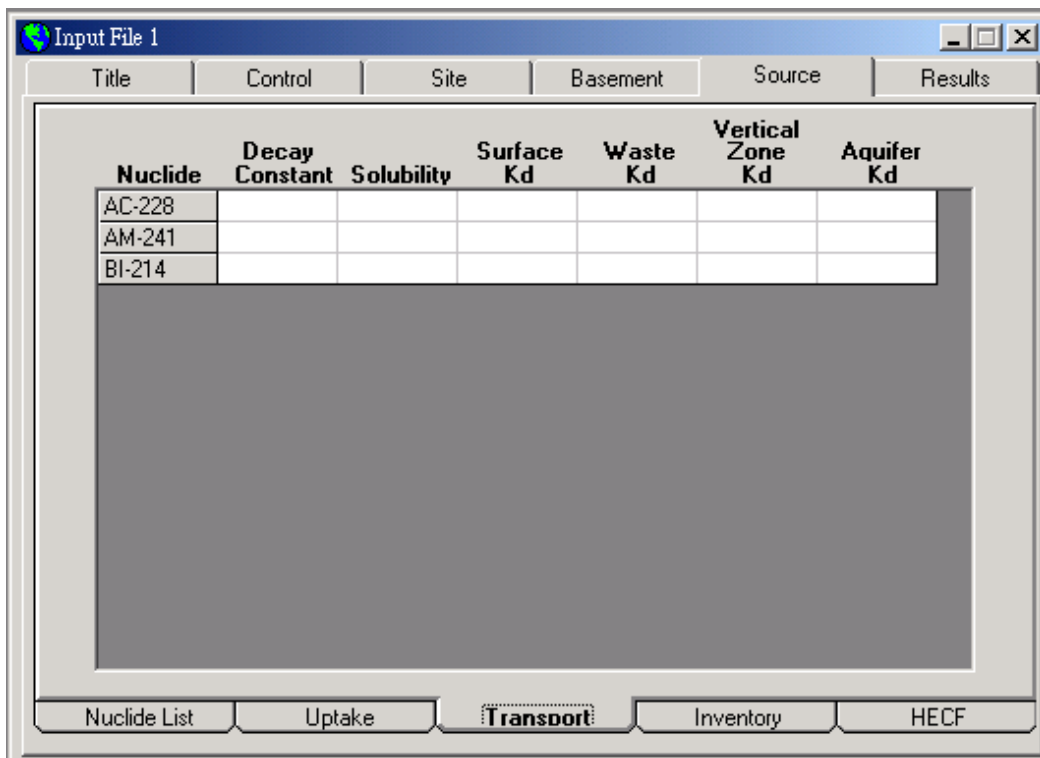


圖 3-16 PRESTO 選擇 Source-Transport 輸入畫面

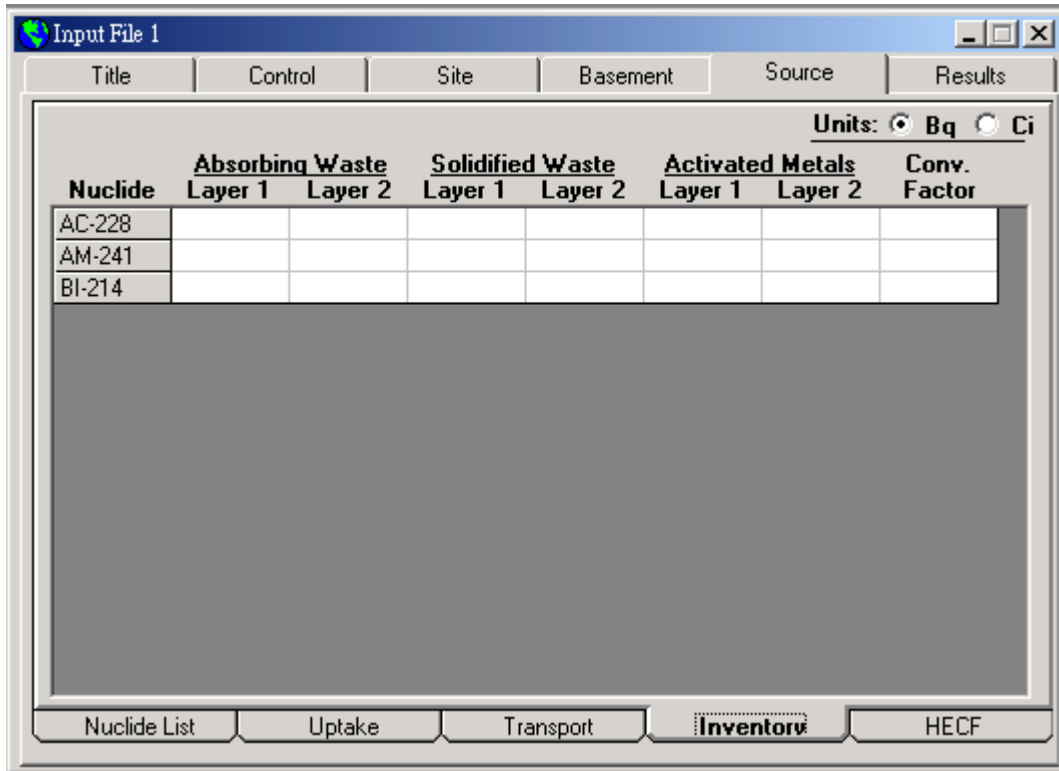


圖 3-17 PRESTO 選擇 Source- Inventory 輸入畫面

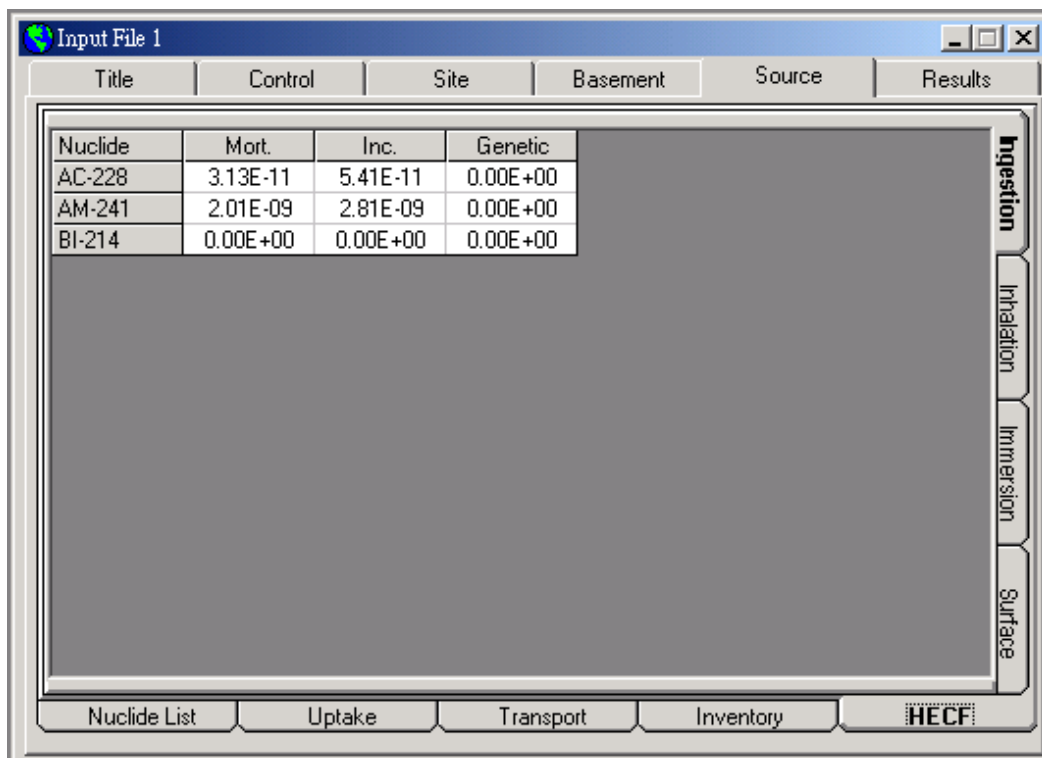


圖 3-18-1 PRESTO 選擇 Source- HECF-Ingestion 輸入畫面

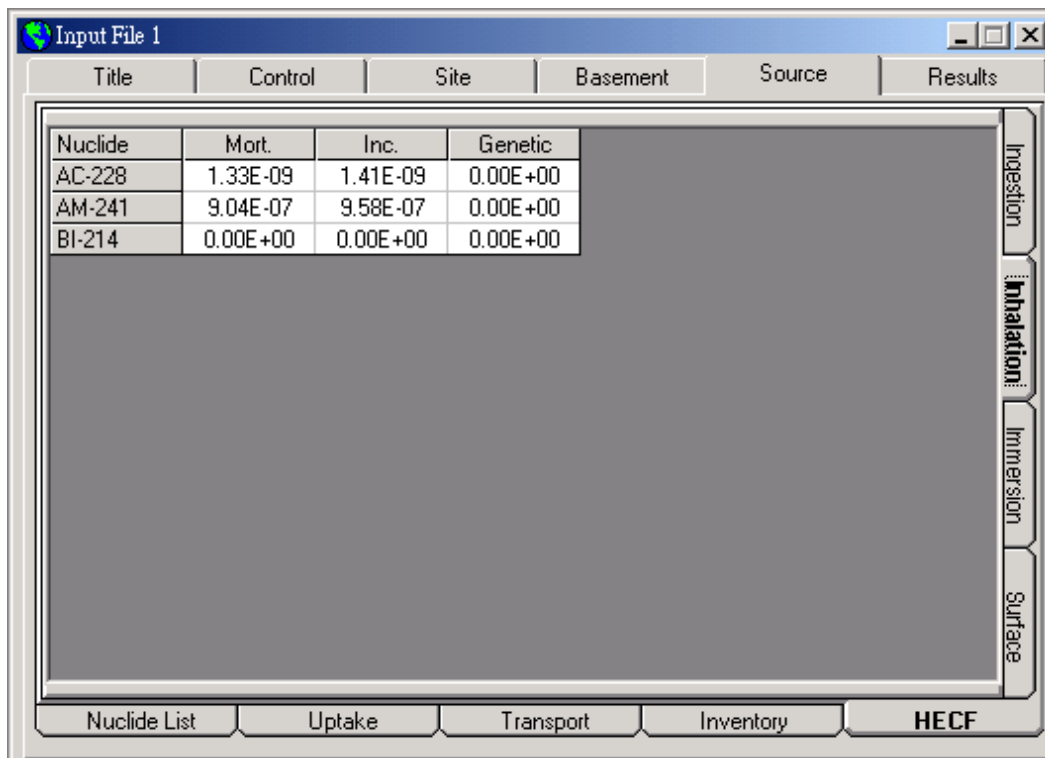


圖 3-18-2 PRESTO 選擇 Source- HECF-Inhalation 輸入畫面

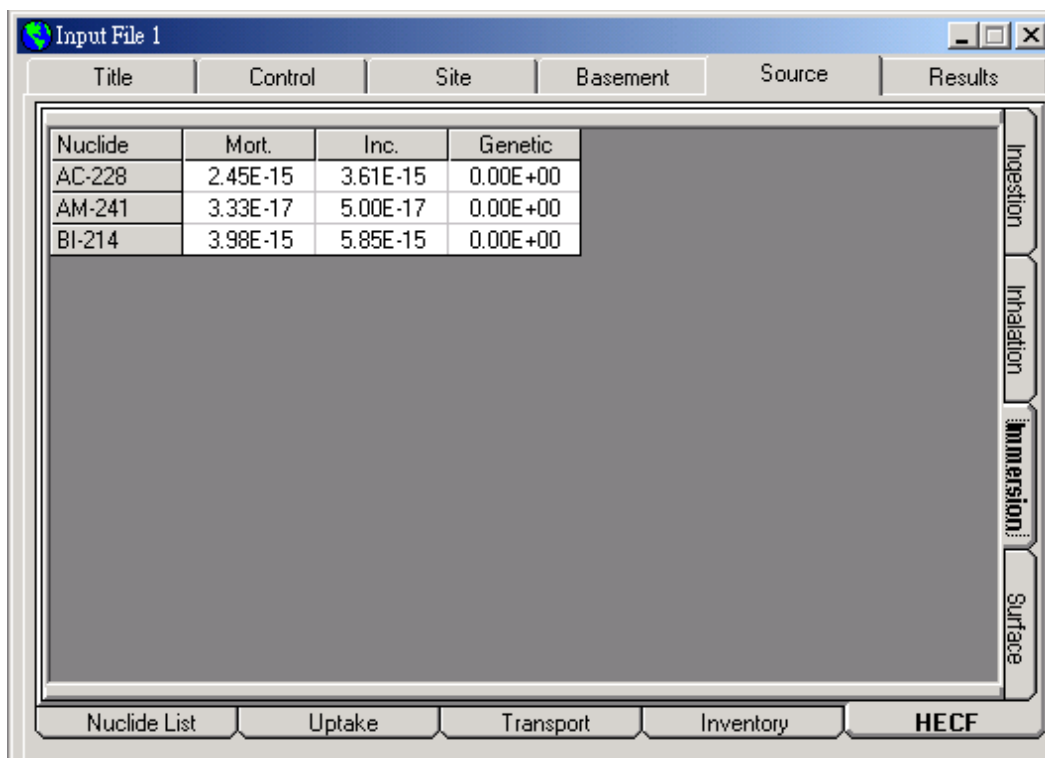


圖 3-19-3 PRESTO 選擇 Source- HECF-Immersion 輸入畫面

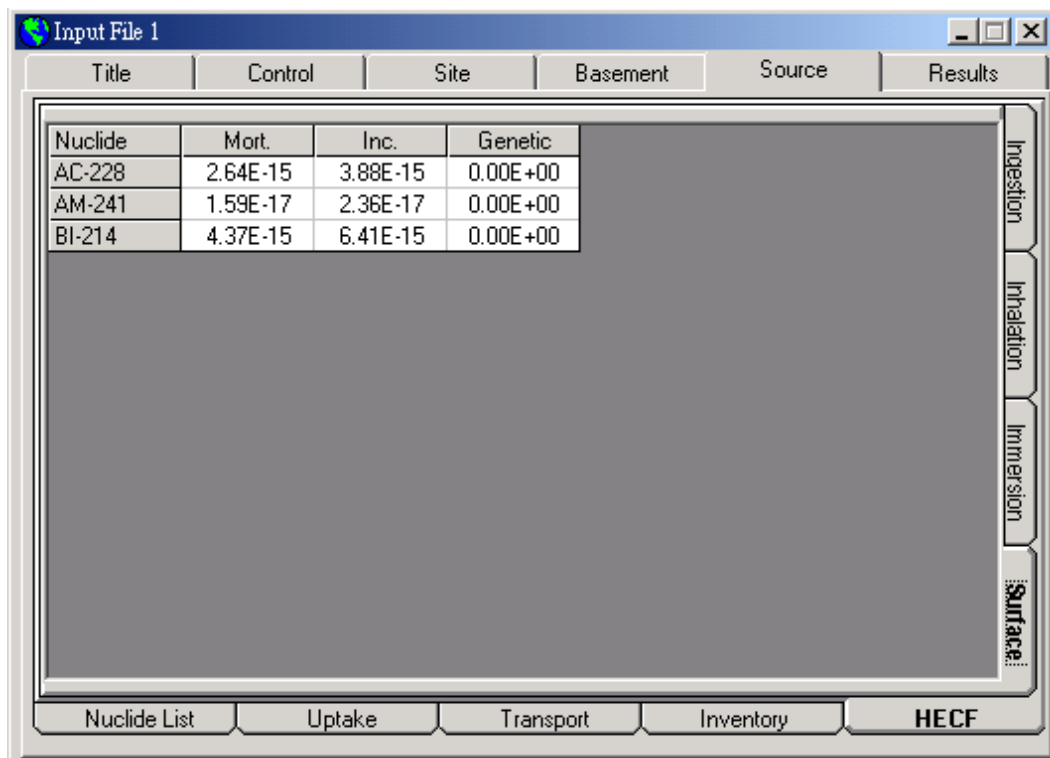


圖 3-18-4 PRESTO 選擇 Source- HECF-Surface 輸入畫面

輸入資料需經處理，才可顯示結果，處理步驟為到 File 目錄下的 Process 或按住 Ctrl 鍵再按 R 鍵即可。處理過後，即可選擇 Results 標牌，其下主要計算出的各項結果，可分為六大類：滲透 (Infiltration)、起始計算 (Initial Calculation)、子核校正 (Daughter Correction)、全年總結 (Annual Summary)、總風險總結 (Total Risk Summary) 及健康效應 (Health Effects) 等，畫面如圖 3-19。PRESTO 所得結果，可以選擇連同輸入項一起印出，或單選輸入、結果印出，如圖 3-20 所示。

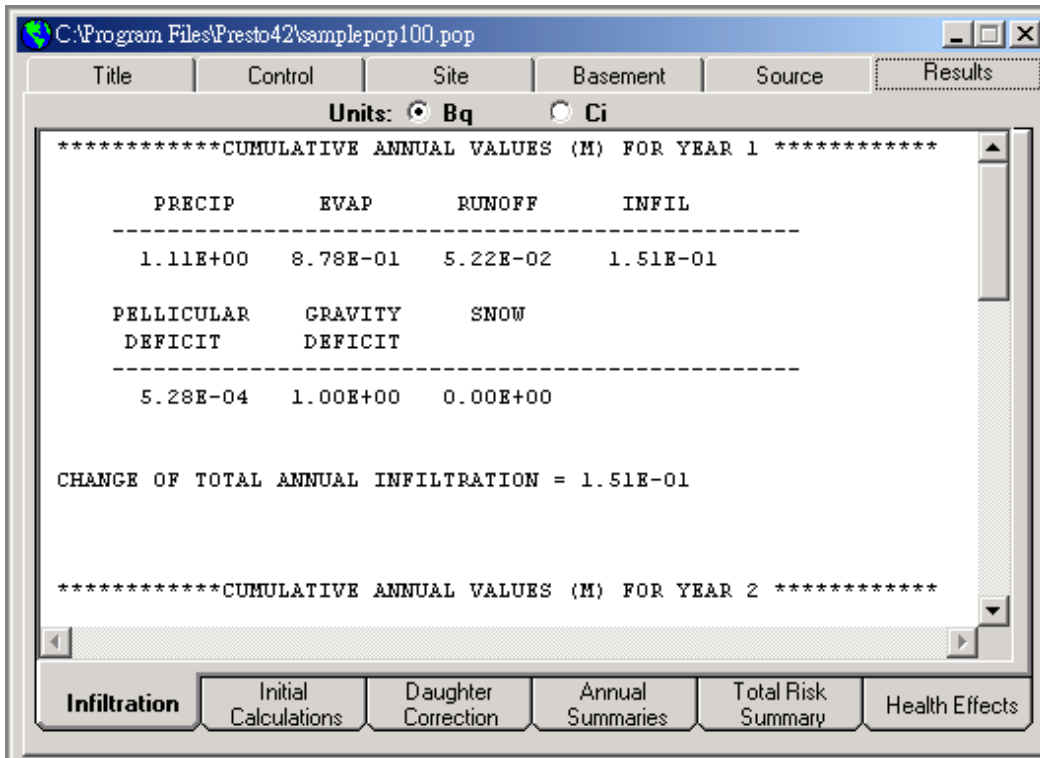


圖 3-19 PRESTO 結果產生畫面

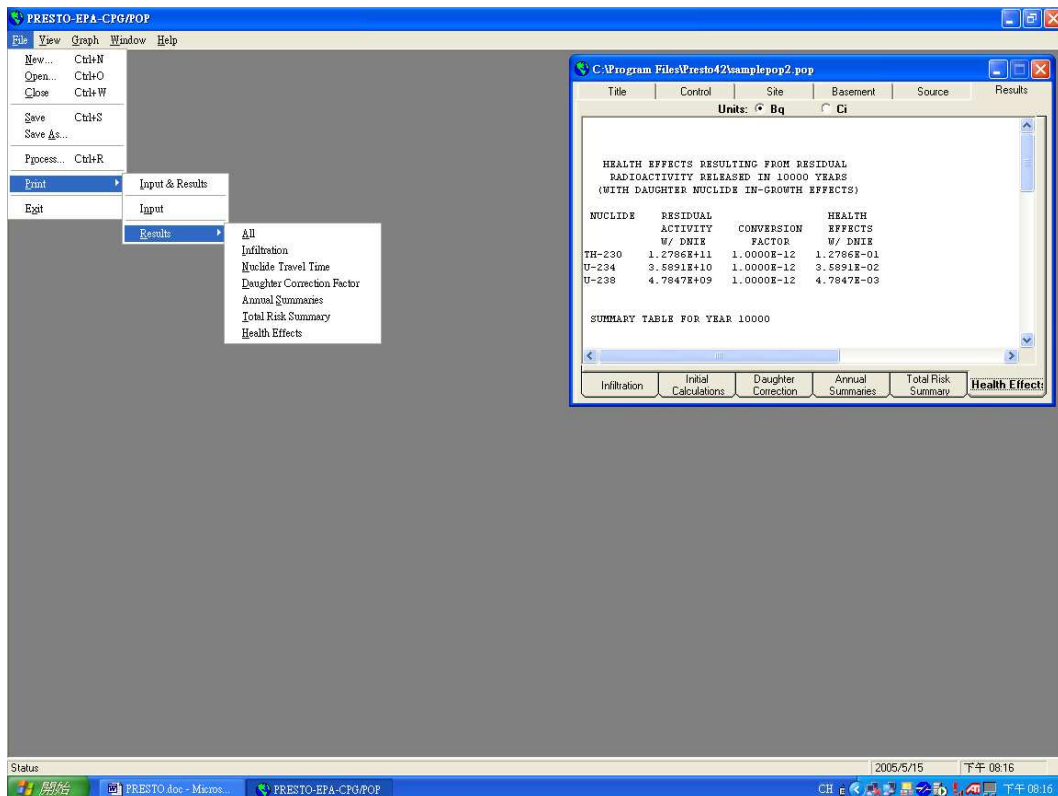


圖 3-20 PRESTO 輸入與報告印出選擇畫面

PRESTO-EPA-CPG/POP 可以繪製致死癌症 (Fetal Cancer Risks) 與基因風險 (Genetic Risk) 統計比較圖，從 Graph 目錄下點選即可。如圖 3-21 所示，點選後會出現如圖 3-22 畫面，有依核種製圖 (Nuclide Graph) 及依曝露途徑製圖 (Pathway Graph) 兩種選擇。選擇後，點選 Nuclide Graph 牌版，即可出現如圖 3-23 的比較圖。點選 Pathway Graph，即可出現如圖 3-24 的比較圖。

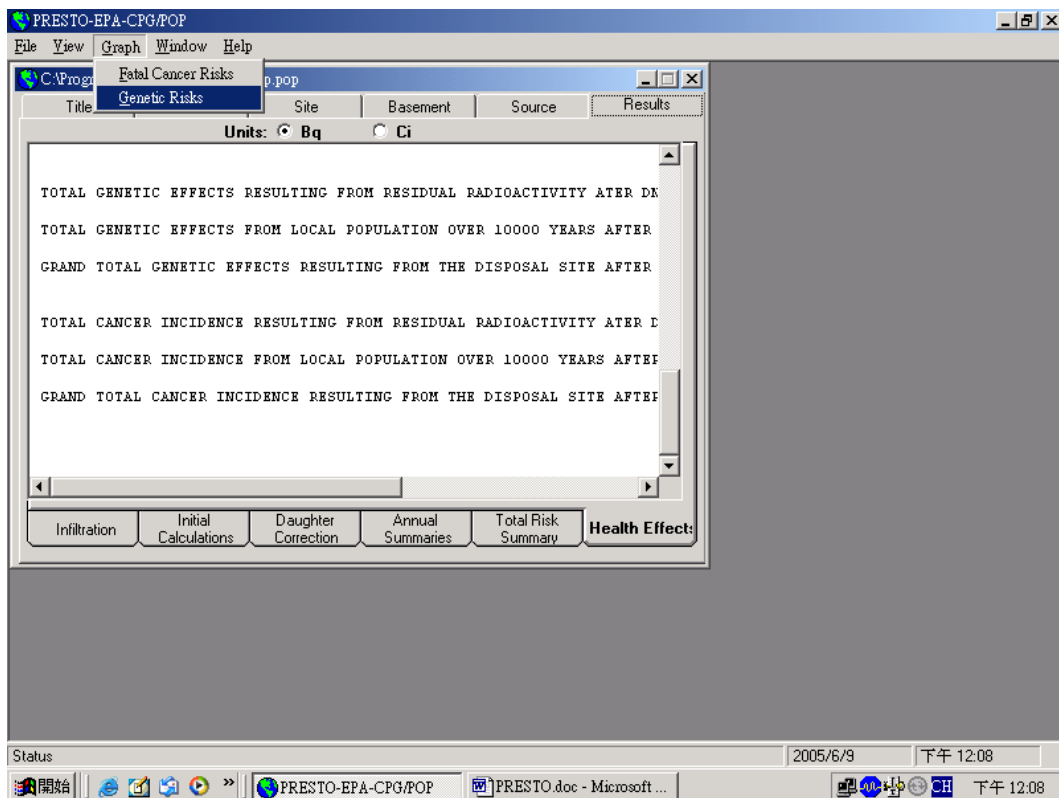


圖 3-21 PRESTO 統計圖選擇風險畫面

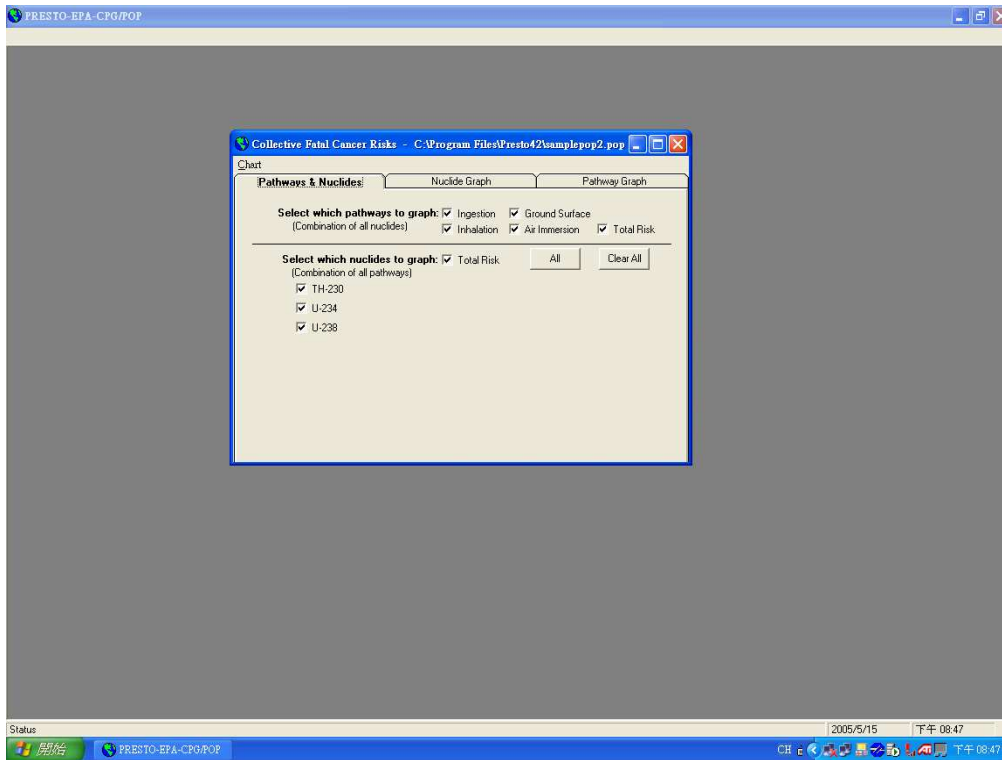


圖 3-22 PRESTO 統計圖選擇途徑與核種畫面

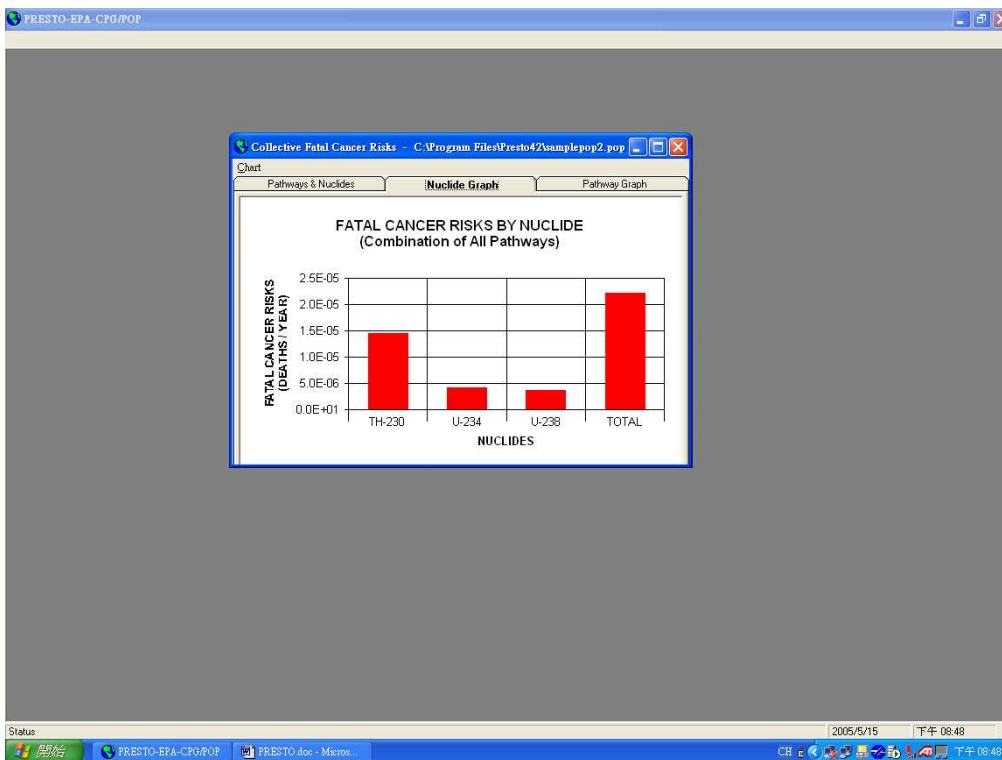


圖 3-23 PRESTO 依核種比較風險畫面

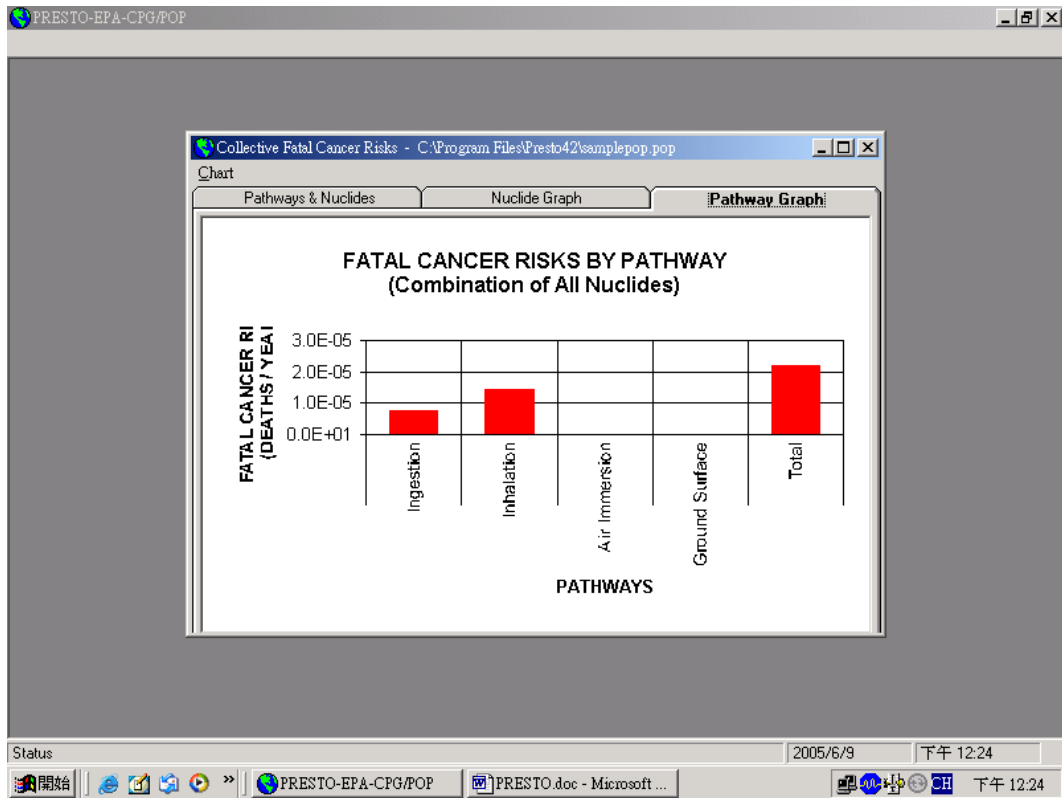


圖 3-24 PRESTO 依曝露途徑比較風險畫面

而要特別講的是 PRESTO 產生的報告無法直接另存檔案，如果不在程式中看，必須透過列印步驟產生報告，直接使用其結果整理報告有些困擾。可以利用 Arcobat，於列印步驟轉成 PDF 檔，再轉成其他文件格式加以利用。

四、結論與建議

放射性廢棄物處置問題，不論在我國或是國際上都是一個非常重要的議題。對於評估技術的建立，亦是各國努力的目標，但是相關的研究議題，隨時間而愈形龐大。因此，審查技術建立藉助國際經驗與成果，就顯得非常重要。很幸運地，IAEA 成立研究計畫，將低放射性處置安全評估的方法學，於 2004 年完成出版。依照其所認定的範例程式，大量縮減篩選評估程式所需要的工作與時間。

依照定出的篩選原則，所選出的 PRESTO，當然和其他程式一樣，不是完美的，但應是短時間內要建立一個經驗證且具公信力低放射性廢棄物處置安全評估的審查技術，比較好的選擇。有關 PRESTO-EPA-CPG/POP 評估所需使用的參數，應該再進一步詳細的研究，未來可整理出完整表格，讓請照者依照主管機關要求，提供所需要的評估數據。

五、參考文獻

參考文獻

1. 台灣電力股份有限公司核能後端營運處 (2004) , 低放射性廢棄物最終處置計畫書 , 中華民國九十三年一月。
2. 核能研究所 (2005) , 低放射性廢棄物最終處置場輻射安全評估審查技術之建立 , 行政院原子能委員會專題研究計畫申請書。
3. Kyong Won Han, Jorma Heinonen, and Arnold Bonne (1997), A., Radioactive waste disposal: Global experience and challenges, Int. At. Energy Agency Bull. **39** 133.
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2002) , Scientific and Technical Basis for the Near Surface Disposal of Low and Intermediate Level Waste, Technical Reports Series No. 412, IAEA, Vienna.
5. 許俊男 (2001) , 低放射性廢料處置場場址安全評估之驗證與分析—核種遷移參數之建立 (四年總結報告) , 計畫編號 : 902001FCMA003 , 原子能委員會放射性物料管理局。
6. 施清芳 (2003) , 低放射性廢棄物隧道最終處置管制規劃計畫 , 計畫編號 : 902003FCMA004 , 原子能委員會放射性物料管理局。
7. 泰興工程顧問股份有限公司 (1998) , 低放射性廢料長期安全貯存之可行性研究 (期末報告) , 原子能委員會放射性物料管理局。
8. 陳英鑒 (1993) , 低放射性廢料淺地處置安全分析評估程式研究 ,

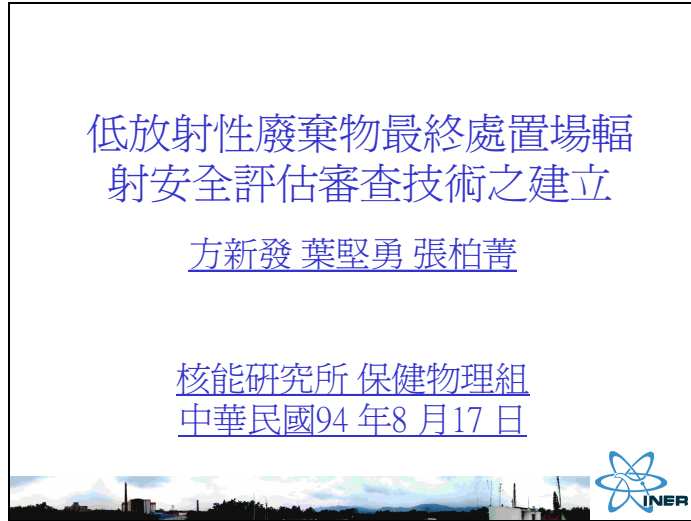
- RWA-817628，原子能委員會放射性物料管理局。
9. 陳英鑒（1997），低放射性廢料隧道處置環境劑量評估研究，
INER-1601，核能研究所。
 10. 尹學禮（1991），建立低放射性廢料最終處置審查規範（期末報告），RWA-807128，原子能委員會放射性物料管理局。
 11. 趙文成（1996），低放射性廢料最終處置場土木工程技術審查準則，FCMA-8504，原子能委員會放射性物料管理局。
 12. 簡錦樹（1996），低放射性廢料最終處置場水文地質概念模式審查計數之建立，RWA-8413，原子能委員會放射性物料管理局。
 13. J. Ashton, T.W. Broyd, M.A. Jones, N.C. Knowles, S.K. Liew, C.S. Mawbey, D. Read and S.L. Smith(1993), “A Directory of Computer Programs for Assessment o Radioactive Waste Disposal in Geological Formations, Second Edition. CEC Report EUR 14201/1&2 EN. Commission of the European Communities, Luxembourg.
 14. Idaho National Engineering Laboratory (1992), “Input Data Required for Specific Performance Assessment,” DOE publication LLW-137.
 15. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2004) , Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities (ISAM)- Volume 1: Review and enhancement of safety assessment approaches and tools, IAEA, Vienna.
 16. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2004) , Safety

- Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities (ISAM)- Volume 2: Test case, IAEA, Vienna.
17. U. Bergstrom, O. Edlund, S. Evans and B. Rojder (1982), BIOPATH- A computer code for calculation of the turnover of nuclides in the biosphere and the resulting doses to man, Basic description, Studsvik Report NW-82/261.
 18. H. Grogan (1985), Biosphere Modeling for a HLW Repository-, Scenario and Parameter Variations, Nagra Technical Report NTB 85-48. Nagra, Baden, Switzerland.
 19. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (1993) ,Validation of Environmental Model Prediction (VAMP)- A programme for Testing and Improving Biosphere Models Using Data from Chernobyl Fallout, IAEA, Vienna.
 20. BIOMOVS (1993), Final Report. BIOMOVS Technical Report No. 15, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm, Sweden.
 21. NEA (1993), PSACOIN Level 1B Intercomparison- NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France.
 22. BIOMASS (2001), “Reference Biosphere,” for Solid Radioactive Waste Disposal: Volume II- Example Reference Biosphere, IAEA, Vienna.
 23. 方新發，低放射性廢棄物處置輻射影響評估程式- ESTO-EPA-CPG/POP 操作手冊，INER-OM-0759，核能研究所。

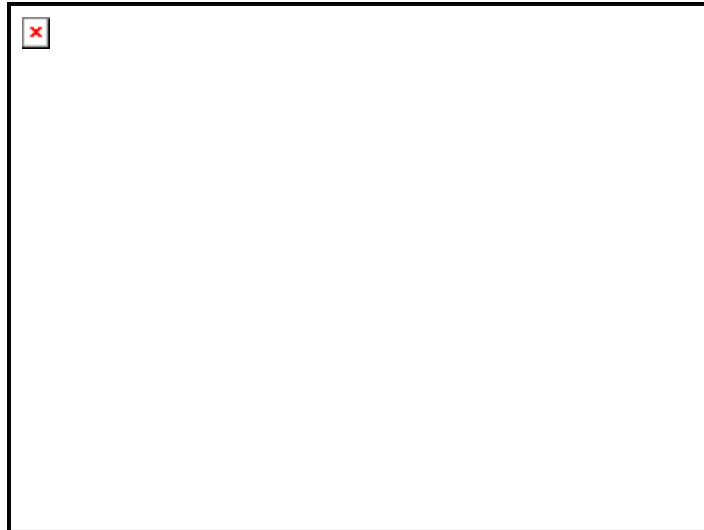
六、附錄資料

附錄 1 94 年 8 月 17 日物管局計畫報告內容

投影片 1




投影片 2



投影片 3

前言


- 目的
- 計畫內容
- 工作時程
- 經費



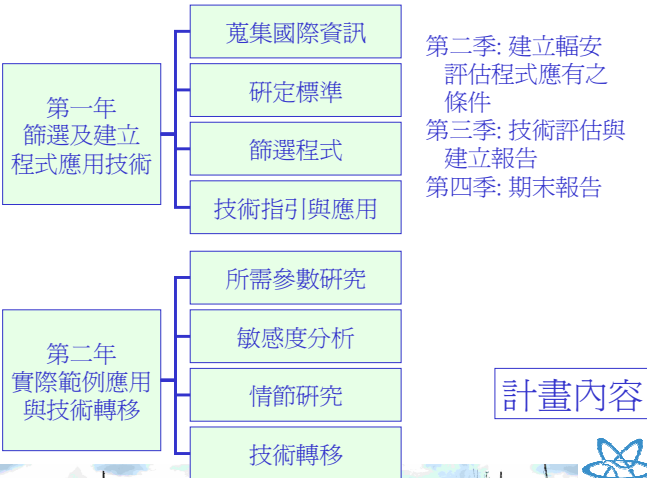
投影片 4

目的

本計畫的目的即建立一具科學基礎且經驗證的審查技術,支援物管局的審查工作,使審查結果為公眾及請照者所接受。本計畫工作將先建立適合用於輻低放射性廢棄物最終處置射安全評估審查之技術,且由物管局確認可行。



投影片 5



第一年
篩選及建立
程式應用技術


- 蒐集國際資訊
- 研定標準
- 篩選程式
- 技術指引與應用

第二年
實際範例應用
與技術轉移

- 所需參數研究
- 敏感度分析
- 情節研究
- 技術轉移

第二季: 建立輻安評估程式應有之條件
第三季: 技術評估與建立報告
第四季: 期末報告


計畫內容



投影片 6

工作時程


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		蒐集國、內外低放射性處置場場址請照與審查之資訊與使用於審查之評估技術									
			研究適合我國低放射性廢棄物處置場封閉後輻安評估程式應有之條件								
			評估引進或建立可行之審查評估程式, 篩選可行方案								
					完成技術評估與建立報告, 由原能會物管確認所建立技術符合審查工作需求						
										撰寫期末報告	



投影片 7

物管局 經費-共58 萬元整

- 消耗性器材及藥品費用: 25,000 元
- 委請國內外專業技術支援及計畫執行研究有關費用: 400,000 元
- 報告印刷裝訂: 15,000 元
- 電腦設備週邊維修及升級等: 82,000 元
- 共同管理費: 58,000 元



投影片 8

工作進度

1. 蒐集資訊-本所、物管局、PRESTO、NEA、IAEA



Radioactive Waste Safety Appraisal
An International Peer Review of the Licence Application for the Australian Near Surface Radioactive Waste Disposal Facility
Report of the IAEA International Review Team





TECHNICAL REPORTS SERIES NO. 417
Considerations in the Development of Near Surface Repositories for Radioactive Waste



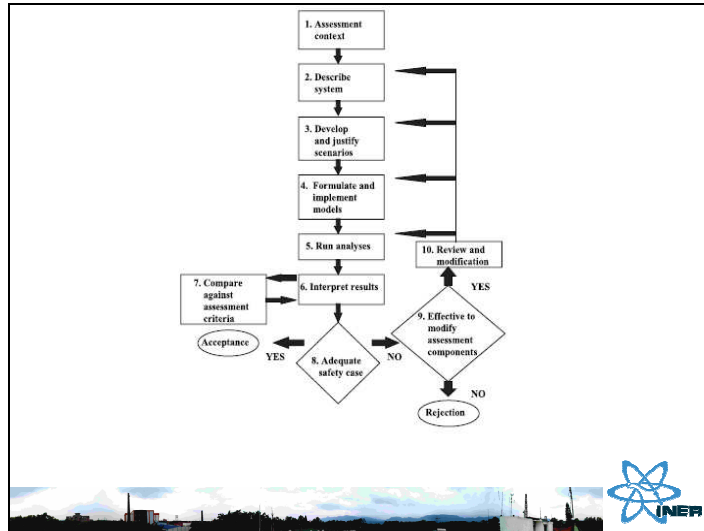


Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities
Results of a coordinated research project
Volume 1: Review and assessment of safety assessment methodologies and tools
Volume 2: Tools
ISAM





投影片 9



投影片 10

表 1-2 ISAM 用於 LLW 安全評估的範例程式 (Example Code)

Near field	Geosphere	Biosphere	System level
BARRIER	DRAF	GENII	AMBER
DUST	FEMWATER	RESRAD	PRESTO-EPA-CPG
HELP	GRDFLX	TAME	GTM-1
SOURCE1 and SOURCE2	MIGRAD		GOLDSIM
UNSAT-H	MODFLOW-96		
	PORFLO		
	TOUGH2		
	VAM2D		


投影片 11

2. 研定篩選標準
3. 篩選程式-NEA 擷取13 個程式應用與方法加以描述說明,已傳送給物管局(曾漢湘),可能約8/17 前往報告討論。未來產生篩選報告。
4. 技術指引與應用-完成「PRESTO-EPA CPG /POP 操作手冊」。

投影片 12

篩選標準


- 篩選標準項目
- 評比方式
- 參與對象



投影片 13

篩選標準項目


1. 審查需求- 系統層級 法規要求
2. 操作簡單- 避免人為失誤
3. 定義明確- 避免糾紛
4. 應用彈性-
5. 比對驗證- 評估計算結果科學上可接受
6. 應用實績- 確定可被使用於低放審查
7. 透明公信- 可說服申請者,並可讓公眾信任
8. 費用人力-



投影片 14

評比方式


- 入選程式
- 研究議題、公開
- 會議、問卷調查、訪談
- 計分、分級、必要條件



投影片 15

參與對象


- 物管局
- 核研所
- 原能會
- 台電及合約商
-



投影片 16

PRESTO介紹


- 簡介
- 下載安裝
- 硬體要求
- 操作
- 報告



投影片 17

PRESTO簡介

- PRESTO-EPA- CPG/POP係由PRESTO-EPA-CPG與 PRESTO-EPA-POP結合。CPG 為 critical population group縮寫。程式計算經由大氣、地下水、地表水傳輸途徑；飲水、魚、蔬菜、牛奶及肉食物鏈及空浸與直接體外曝露等途徑造成的輻射曝露。程式中內建含有825個放射性核種資料，但使用者同次可選擇核種，最大數目為40。
- 輸入輸出表單化



投影片 18


- 程式雖為低放射性廢棄物而發展，但美國EPA還可用在天然或加速器產生放射性廢棄物（Naturally occurring or Accelerator produced Radioactive Material，NARM）、清除後仍留在土壤中的殘餘放射性核種、人工濃集天然放射性物質（Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials，TENORM）的農地應用、施加TENORM廢棄物的土地回復使用等用途。



投影片 19

PRESTO 程式家族

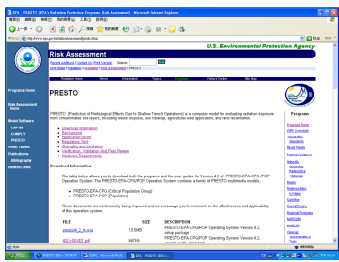

Code	Purpose
PRESTO-EPA-POP	Estimates cumulative population health effects to local and regional basin populations from land disposal of LLW by shallow methods; long-term analyses are modeled (generally 10,000 years).
PRESTO-EPA-DEEP	Estimates cumulative population health effects to local and regional basin populations from land disposal of LLW by deep methods.
PRESTO-EPA-CPG	Estimates maximum annual whole-body dose to a critical population group from land disposal of LLW by shallow or deep methods; dose in maximum year is determined.
PRESTO-EPA-BRC	Estimates cumulative population health effects to local and regional basin populations from less restrictive disposal of below regulatory concern (BRC) wastes by sanitary landfill and incineration methods.
PATHRAE-EPA	Estimates annual whole-body doses to a critical population group from less restrictive disposal of BRC wastes by sanitary landfill and incineration methods.
PRESTO-EPA-CPG-POP	Estimates maximum doses, risks, and cumulative population health effects from LLW disposal sites, contaminated soil sites, land application sites, or emergency response sites.



投影片 20

下載安裝

- 可由美國環保署輻射防護計畫中輻射風險評估的網站下載
(<http://www.epa.gov/radiation/assessment/presto.html>)

投影片 21

表 2-1 美國環保署 PRESTO 相關程式及文件下載

FILE	SIZE	DESCRIPTION
prestov4 2 m.exe	13.5MB	PRESTO-EPA-CPG/POP Operating System Version 4.2, setup package
402-r-00-007.pdf	647Kb	PRESTO-EPA-CPG/POP Operating System Version 4.2, users's guide, main text
402-r-00-007_app.pdf	647Kb	PRESTO-EPA-CPG/POP Operating System Version 4.2, users's guide, appendices
dcom98.exe	1.17MB	Microsoft patches for Windows 95 and 98
mdac_typ.exe	7.51MB	Microsoft data access components 2.5 setup software for Windows 95 and 98 patches
readme.wpd	2.2KB	PRESTO-EPA-CPG-POP Operation System installation instructions

注意所使用之作業系統要在Windows上，如果是Window 95或Window 98要下載[dcom98.exe](#)及[mdac typ.exe](#)安裝。



投影片 22

硬體要求

- ❖ IBM相容電腦；
- ❖ CPU要在Pentium級以上；
- ❖ RAM 16MB以上；
- ❖ 硬碟可用空間10MB以上。

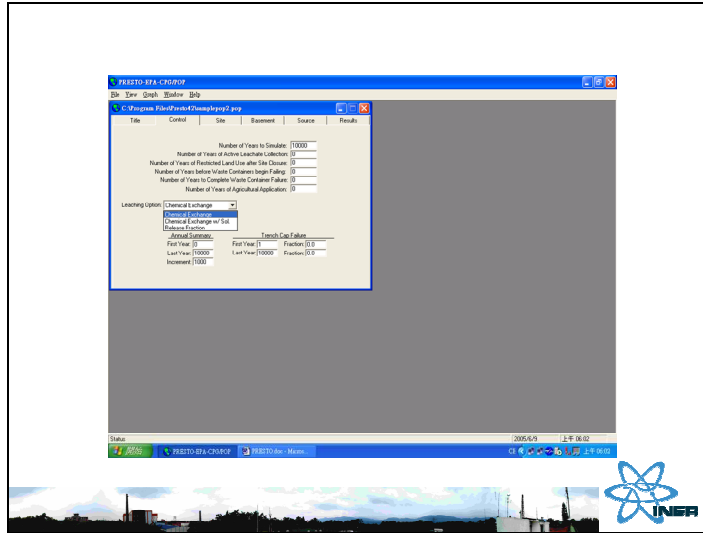


投影片 23

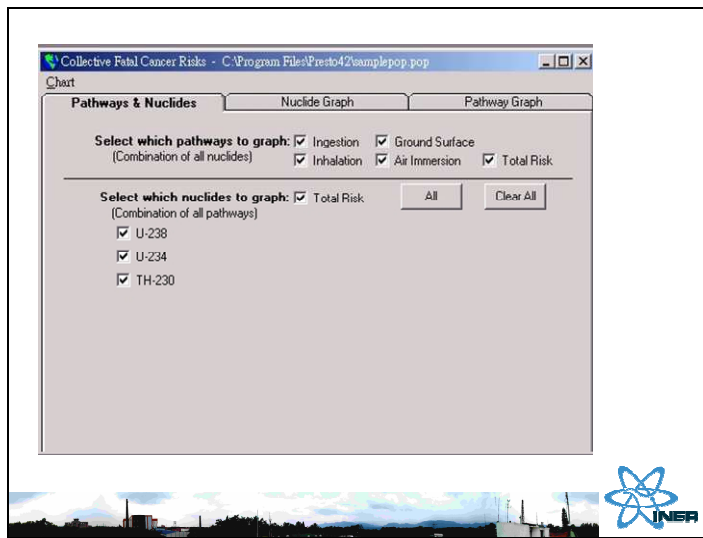
PRESTO 操作



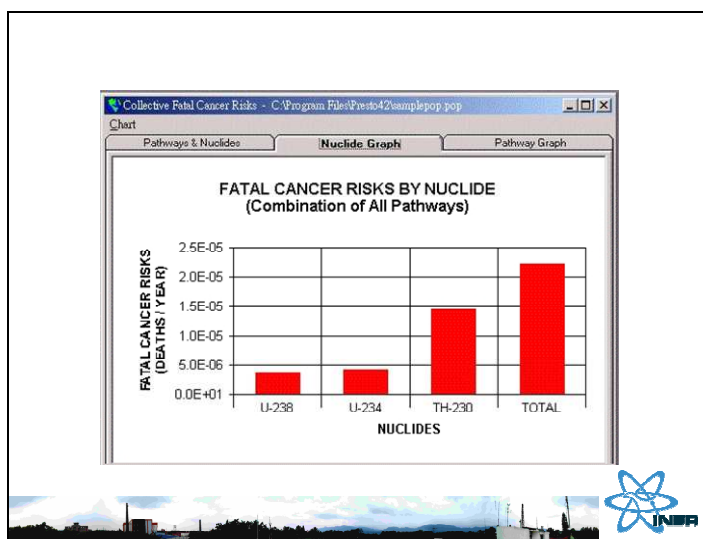

投影片 24



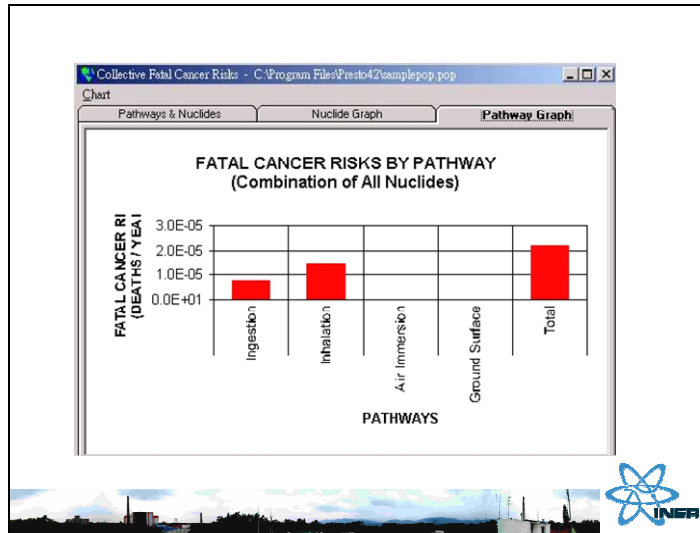
投影片 25



投影片 26



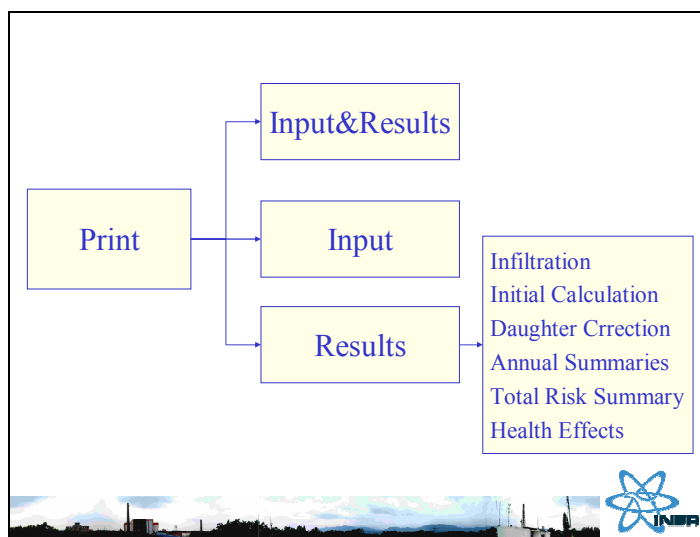
投影片 27



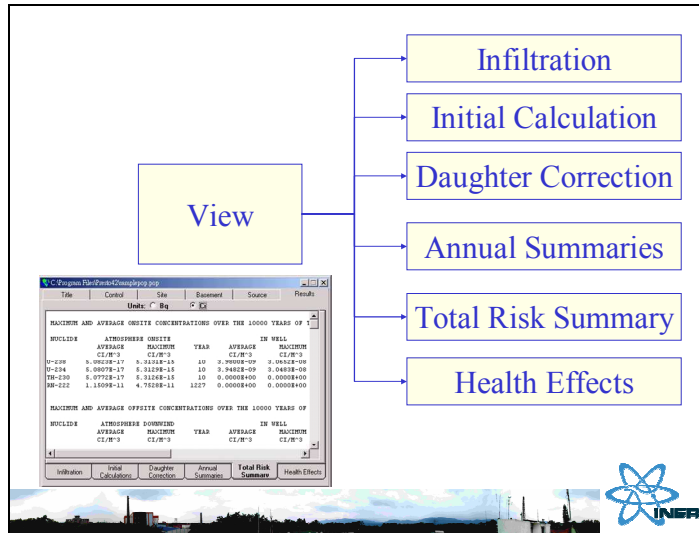
投影片 28



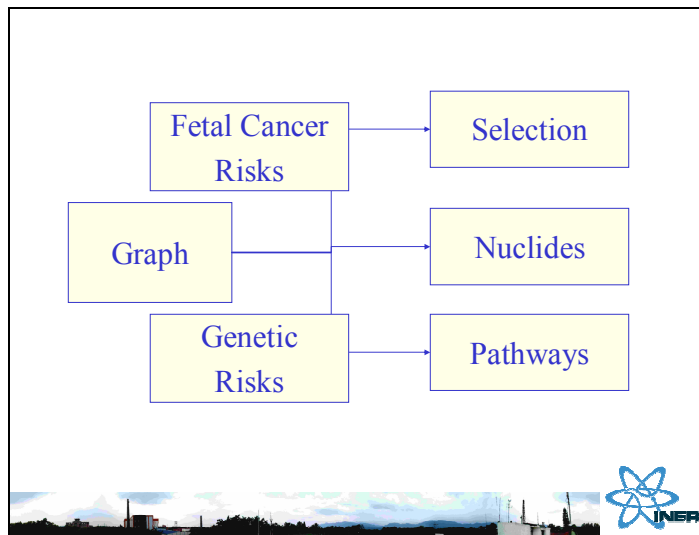
投影片 29



投影片 30



投影片 31



投影片 32

未來工作方向

1. PRESTO可為一個相當不錯的system-level評估程式。
2. 加速完成篩選
3. 開始參數探討

投影片 33



附錄 2 NEA 有關低放射性廢棄物處置重要程式介紹

有關低放射性廢棄物處置的安全評估程式非常多，核能總署（Nuclear Energy Agency, NEA）及國際原子能總署（IAEA）[1-2] 都曾對這些程式加以評估。在此挑選列出部分加以介紹，做為程式篩選程式的基礎，並讓參與相關工作或讀者看到一些例子。

A. 近場程式

ACT-ARA

程式以母核種與子核種的時間函數計算射源項活度。而且每一次的"可能的排放"都被產生。最後，程式確定每一個同位素於關心的時間範圍內可能的整體排放。ACT-ARA 程式隨時間變化的母核種蛻變及子核種產生，修正初始射源項。每一個子核種計算所得的活度係基於蛻變系列母核種活度。時間段均勻地分佈在 10 個對數程級。蛻變常數、半化期、筆活杜、被認定的子核種及產生率被放在 IS30、IS50、IS60、IS90 及 IS106 資料檔中。可能排放的活度，係以每個時間區間排放率及被侵入的可能性計算。排放率為階段函數，從初始排放率到最終排放率，在特定時間改變。於主動管制期間後排放可能性為非零（non-zeroing），且由 Wisconsin Regression 函數模式化。每一個同位素總體可能排放，由所有時間的可能排放總和而得。

BLT-FEMWATER

BLT 程式解決從被包裝的廢棄物中污染物排出與傳輸問題。每一個容器一個有其獨特性質（即失效或局部失效時間，如凹洞），每一廢棄物形式可能有其獨特排放特性。廢棄物形式排放被 4 個物化性質所限制：溶解度、擴散性、崩解、及表面沖刷的分隔。廢棄物形式釋出行為可視為傳輸對流/擴散方程式的射源項。傳輸從次地表處置到地下水途徑以二維傳輸建立模式。對流/擴散傳輸方程式與空間變異射源（廢棄物形式）以二維有限元素分析解決。時間演進由使用者供應輸入(user supplies control)控制。建議使用 Euler 系統，但 Cranck-Nicolson 及詳盡時間階對數也有供應。容器效能經由實驗關係是及使用者供應輸入數據計算。廢棄物形式釋出特性利用幾何相關（長方體或圓柱廢棄物形式）分析解決方法模擬成擴散方程式。崩解係經由一個輸入數值來指定崩解率來建立模式。分隔沖洗釋出利用使用者供應之值模擬。所有案例接要檢查預防溶解度限制被超過。

DISPOSAL-SITE.

-DISPOSAL SITE ECONOMIC 模式計算平均廢棄物產生者價格或處置設施向廢棄物產生者收取每立方英尺廢棄物平均價格。為一個比較不同廢棄物場址和處置技術組合經濟吸引力的對策 產生價格所計算涵蓋所有需要的費用，包括發展、建構、運轉、封閉、照顧場址到監管期間結束，及對發展者與出借者金錢上的回報。以私有或公有

金融方式為計算基礎，有六種可供選擇的處置技術，包括淺地處置 (shallow land disposal), 中深度處置 (intermediate depth disposal), 地上或地下窖式處置 (above or below ground vaults), 模組化水泥罐處置 (modular concrete canister disposal), 及 土坵水泥碉堡 (earth mounded concrete bunkers) 等，可選擇私人或公共方式發展。經濟模式所結合的預設費用資料，來自於由概念設計報告 (DOE/LLW-60T, June 1987, Rodgers Associated Engineering Corporation 研究)。所有費用以 1986 美元價格為準，金額必須將通膨等變動因素修正。建照時的利息，可為。可為私有發展者的資本或轉成公共發展者的借貸。所有餘建造時的資金費用，私部門以直線減少方式，於場址操作期減低。

WAPPA

WAPPA 為 Waste Package Performance Assessment programme 縮寫，用來當作評估廢棄物包裝設計的相對與絕對效能，以在眾概念設計中，指引或選擇的初步設計，及支援發照工作。WAPPA 為地質處置場一個核廢棄物包裝屏障剝蝕程式。WAPPA 包含 5 個個別的剝蝕程序模式。(輻射、熱、機械、侵蝕和溶濾)，源自內部廢棄物蛻變與外部貯存處壓力及流體。模式建立方法為屏障整體化和程序連續化，並允許於 5 個程序模式連續運作的每一個時間段，修正廢棄物包裝。水穿透到廢棄物包裝及其對屏障的效應，其接觸通道為輻射狀向

內。WAPPA 模式描述與預測每一個屏障和整體廢棄物包裝的圍堵容量漏失，於不同時間與不同空間的程度，在任何時間達隔離後的 100 萬年。輸入項包括每一個組成的輻射的幾何形狀與材料性質、每一個程序模式化的剝蝕率，即與時間相關的邊界條件（流體、流量、機械壓力及溫度），及廢棄物包裝/貯存處介面。輸出項目將廢棄物包裝組成的整體的殘餘狀態，以時間函數定量化；及計算熱與放射性核種輸出到貯存處的通量。在每一個時間點的其他輸出項包含：廢棄物包裝內部的溫度與核種濃度數據圖表、放射性核種在廢棄物中之殘餘等。

B.遠場程式

2D-SEEP、3D-SEEP

2D-SEEP and 3D-SEEP 為核廢棄物安全評估，計算飽和-不飽和時間相關或穩定態可滲透地質中的地下水流。2D-SEEP 可用二維卡笛兒或圓柱座標系統。3D-SEEP 可用所有 3 維空間尺度，且可建立複合幾何形狀及複雜型式的地質模型。所使用的是 Galerkin 有限元素方法 地下水流模式係以 Darcy's 定律來建立單相流，及簡化雙孔模式用於破碎介質。2D-SEEP 解決熱導和對流程式，係使用 Bubnov-Galerkin (向上流權重) 有限元素方法。水流和熱傳輸程序，係經由流體密度與黏性結合在一起。3D-SEEP 可處理非均勻有無規則邊界的流域，及局部非等向性多變的程度。

FFSM

FFSM (Far Field State Model)預測核廢棄物貯存場址，相當長時間區間的近似地質和氣候狀態。FFSM 的目的是要定量描述某些事件和程序對一個或更多廢棄物隔離系統天然屏障效能的改變。程式所處理的屏障為貯存位置周圍的地質環境，而生物圈組成會影響放射性核種釋出的部分也列入考慮（如氣候參數）。這些處理的部分位在廢棄物或處置場影響的範圍之外，稱之為遠場。模式可以機率性架構的處理在這些屏障中天然或人為導致的改變，其論述多現象的累積和交互作用的效應。FFSM 內含 15 個子模式，以敘述評估場址時個別或結合的重要現象。這些子模式包括為偵測到特性(undetected features), 氣候 (climate), 世界冰川作用 (worldwide glaciation), 當地冰川作用 (local glaciation), 地形起伏 (folding), 鹽水擴散 (salt dispersion), 岩漿事件 (magmatic events), 斷層 (faulting), 生物圈狀態 (biosphere state), 地區變形 (regional deformation), 造地程序 (geomorphic processes), 崩解方向 (dissolution fronts), 局部崩解 (localized dissolution), 探測開採或鑽井 (solution mining, and drilling) . FFSM 可用確定性模式以評估交互作用或計算單點數值，也可用機率模式以做未來改變的統計估算。機率式模式係基於使用者供應輸入，利用蒙地卡羅模擬產生輸出機率性，大多以便數或不確定度參數的機率性密

度函數型式。

CHEMTARD

CHEMTARD 為一個可以模擬化學物種於飽和孔隙介質中的遷移。此程式使用直接的方法，結合大量作用項目於傳輸方程式中，使內含平衡化學與流體力學傳輸的強烈交互作用。組合程式允許水錯合作用、對流與擴散傳輸、可逆沈澱溶解作用、離子交換或表面錯合作用吸附、放射性衰變、氧化還原反應多重層次傳輸及廣泛為邊界狀態。

C. 生物圈程式

GENII-S

GENII-S 是 GENII 與 SUNS 軟體結合之後之產品。SUNS 當時被開發之目的為簡化以蒙地卡羅方法應用在不確定性分析方法於各種的問題。GENII-S 程式集之中的 GENII，包括將 ICRP 建議之體內劑量學模型建入 Hanford 使用之環境途徑分析模型中之程式。GENII 即 CCC-0601，包括 Hanford 劑量學系統(Generation II)之七個相關程式及伴隨的數據資料庫，目的在於估計，因例行性、意外性釋出放射性核種進入空氣或水中；因洩漏或除污行動，而對個人或群體可能造成的輻射劑量。GENII 系統包括：交談式下拉選單，使用者可以較有效率地述說產生情節及數據輸入檔所需的參數；體內和體外劑量因子產生器；環境劑量學程式。並提供用戶下拉式輔助選單以描述輸入參數

及其可能的選擇。GENII-S 可分析遠場和近場情節引起之環境污染。遠場情節針對的是由射源處向外，近場情節針對的是射源處之接受者。GENII-S 可計算年劑量、約定劑量和累積劑量從急性和慢性，從地面或被舉起的來源對空氣或水和從土壤或表面的最初的污染，可評估之暴露途徑，包括直接暴露曝：水介質(游泳、划船，漁事)、土壤(表土和沒入的射源)、空氣(半無限和有限雲煙幾何)，吸入途徑和入途徑。另外，GENII-S 可執行 10,000 年遷移分析，以應用於起因於定期釋出，而可能造成的輻射劑量的回顧計算；及為預期劑量計算為目的者，譬如，選址設施、環境影響聲明和安全分析報告。HEDL 在 1995 年 3 月貢獻的額外的數據給 CCC-0601/GENII。這些數據的目的，在於改進污染土壤在數百年後之劑量計算中所需處理的衰變鏈序。空氣傳播之計算，由於短半衰期之特性，所以大部份未受影響。該數據以及原來 CCC-0601/GENII 提供的數據，均包括在這個 GENII-S 裡。其它資料更新也許由請求天才包裹和伴隨獲得文學描述資料變動和合併這些資料集 GENII-S 目錄替換更舊的版本(參見 P.D. Rittmann 在參考)。敏感性和不確定性分析殼層(SUNS) 提供以一次計算的結果，執行敏感性和不確定性分析之能力。免除以手動方式連接 GENII 程式結果和敏感性和不確定性分析程式。SUNS 主要特點有：

- 1) 所有模式之數據，以交談式全畫面輸入,
- 2) 一個方便的輔助系統,

3)在 SUNS 殼層中，可去修改設定選擇 4) 資料文件可以格式化的列印, 5) 充分的內部文件管理、6)資料輸入、編輯和輸出之處理與監看均有一致的介面, 7) 能從一次運跑中，產生確定型輸出區塊(例如，參數分析之結果)及重覆性試驗之結果, 8) 除一般輸出檔之外，另有一 ASCII 碼之測試輸出檔(作為資料回應, 偵錯, 和非表格式輸出檔), 9) 統計產品資訊的世代, 包括極小值和最大值、平均值、變更數數在 additionto 原始數據及排序數據之簡單和部份相關係數 10) 可產生畫圖式輸出, 包括直方圖、累增和補全累增分佈函數、散佈圖, 和 x-y 圖, 11) 工具(以一致的用戶界面) 對援助在式樣設施, 和 12) 可以由使用者指定的菜單選擇可利用運跑任何 DOS 程式或批次檔。

RESRAD

本程式計算場址特有之殘餘放射性物質之法規限值、輻射劑量和現場居民之癌症風險(會接受最大量暴露之個人)。所謂法規限值(guideline)是指如果場址將行非限制使用時，可接受的放射性核種濃度或水平。法規限值以土壤中殘餘放射性核種的濃度表示；土壤是指非經固化處理之一般地表原本材料，也許包括瓦礫和殘骸。法規限值根據以下原則：(1) 總有效等效劑量對可能的土地利用不應該超出 100 mrem/yr，對現在和未來的土地利用不應該超出 30 mrem/yr；(2) 劑量應符合 ALARA 原則。本程式考慮九種環境圖途徑：直接暴露、吸

入塵土和氡氣、攝入植物、肉、牛奶、水產、土壤和水。RESRAD-BUILD 版本 2.36 使用途徑分析模型，設計以評估工作或居住在曾被放射性物質污染建物中之個人，可能招致的輻射劑量。在建物內的放射性物質可以下列機制被釋放到室內空氣中：擴散(氡氣)，人為施力之脫離(除污行動)，或腐蝕(非固定式的表面污染)。RESRAD 使用途徑分析方法：土壤中放射性核種濃度與關鍵群體中成員之劑量之間的關係，以一個路徑總和(pathway sum)來表示。該路徑總和為各路徑因子(pathway factors)乘積之總和。路徑因子對應於用以連接環境之各成分隔間之路徑區段；在環境之各成分隔間之間，放射性核種可以傳遞或輻射線可以傳播。

RIVER-RAD

RIVER-RAD 評估放射性核種，釋入河流後可能的命運。該程式使用簡單的模型，目的在於，就估計對人的輻射劑量，提供決定可能比較重要的表水途徑、適當的傳播機制及關鍵放射性核種之指引。

RIVER-RAD 使用隔間式線性遷移模型。程式中河流系統模型被劃分成相等的大小的河流體(隔間)，每個河流體有一沉積隔間在它之下。放射性核種的移動由一系列的隔間之間遷移、水和沉積隔間之間遷移代表。在隔間之內(包括水和沉積隔間)，假設放射性核種為均勻分佈。水隔間允許向上揮發，水隔間之間放射性核種遷移則由河流流

速決定。被吸附在水和沉積隔間的放射性核種之遷移則由沉澱和再懸浮之速度決定。能由使用者指定之所有所有放射性核種衰變鏈系之放射性衰變和衰變產物之增建在遷移計算中均有納入。各個核種允許有其獨特的輸入和移除速率。揮發和放射性衰變在模型中以常數線性率考慮之。

D. 全系統程式

NUTRAN

NUTRAN 是一個 4 個電腦程式之系統，為計算深層地質之核廢料貯藏庫之放射性核種，經由地下水攜帶後對人體之劑量。NUTRAN 由組成之程式，包括 FORTRAN 語法之 ORIGEN1 和 BIDOSE；和 PL/I 語法之 WASTE 和 PLOT。ORIGEN1 由橡樹嶺國家實驗室開發，以產生會隨時間改變之放射性核種存貨清單。BIDOSE 計算所有釋入於生物圈之放射性活度對人體之劑量。WASTE 係模型放射性核種從貯藏庫之釋出和它們在 subsurface 的遷移。接著 PLOT 結合 BIDOSE 和 WASTE 的執行結果：每釋出 MWe-yr 造成之劑量及以 MWe-yr 為單位之廢棄物的釋放量。如此可以獲得劑量及其圖形。NUTRAN 模型結合以下特點：貯藏庫之空洞以水再填滿；廢棄物本體之滲透；放射性元素的溶解在廢棄物中；廢物運輸由地下水通過貯藏庫、周圍的地層，和毗鄰之含水層；經由水井取得被污染之地下水；

廢棄物在水面及其附帶的生態系之遷移；人體接受暴露與劑量的機制。模型將三維之地下水流場以一維之水流路徑(stream tube)之網絡。stream tube 方法對細小不連續點(例如，斷層、鑿孔)允許一個相對地，比較直接的表示法；以避免遇到需採用之有限元素或有限差分方法來解決之與時間有關之溶質遷移問題。在每一條 stream tube 中，核種之遷移可以 Green 函數(脈衝反應)的方法，得到直接的解答。生物圈之遷移，則以沉積、水和土壤隔間之系統模型之，並以這些隔間裡的放射性核種濃度計算對人體之劑量。

PRESTO II

PRESTO-II 就廢棄物之淺地和溝槽處置，評估可能的健康效應。模型之目的，在於提供一個非特定場址之篩選模型，以評估從處置操作結束之後之 1000 年期間，放射性核種之遷移、接著而來的暴露、對當地靜態人口的健康衝擊。所考慮的暴露情節，包括正常釋出(包括滲漏和運作的時的溢出)、人的闖入和有限的農事或開墾。從溝槽到個人或群體之途徑和過程，包括：地下水遷移、陸上水流、侵蝕、水面稀釋、懸浮、大氣傳送、沉積、吸入、體外暴露、和攝取污染的牛肉、牛奶、莊稼、水。本程式可以計算群體劑量、個人劑量、及對入侵者和農夫的劑量。本程式使用美國 EPA 開發之生命表方法(life-table approach, CCC-422/RADRISK)，以計算群體人口經過 1000

年期間之癌症死亡來表現出累積健康效應。本程式使用 DARTAB 模型，但修改成可以從放射性核種濃度和攝取量，估計人類健康危險度。PRESTO-II 追蹤放射性核種經由表面和表層下之遷移；人體之暴露，包括體外暴露、吸入、和攝取(以 1 年為基準)。本程式之方法學是塑命型的，其中物理學上的遷移過程係分開建立詳細的模型。PRESTO-II 從實驗決定出來的滲透率和每小時降雨雪值，計算通過溝槽蓋帽之滲滲。各水域間之滲滲，係由一個參數型 evapotranspiration 方程式來決定；該方程式要求數個場址變數之輸入值。至於溝槽中之水平衡則以有限元素方法計算。

GOLDSim

GoldSim全系統模擬分析軟體係由美國高得聯合公司（Golder Associates Inc., GAI）於1990 年代初期接受美國能源部（Department of Energy）委託，為亞卡山（Yucca Mountain）高放射性廢料處置計畫發展之系統模擬工具，其間歷經RIP（Repository Integration Program）、STRIP（Strategic Planning Simulation and RIP）等不同階段的研發及架構介面的更新，最後於1999 完成視窗版之模擬環境，並名為GoldSim。早期的GoldSim 係以污染物傳輸(contaminant transport)分析為基礎進行發展並建立主體分析架構，而經過逐年的擴充及修正並加入核種傳輸分析的功能。GoldSim 分析架構的建立採取

由上而下(top-down)的方法，其觀念在於分析初期以建立正確的系統主架構為目標，待架構成熟完整後再逐步探討各參數或因子的影響性。此分析法則對於複雜龐大的系統可有效的專注於主要目標之上，並能提高分析效率。此外，GoldSim 以圖形介面建構分析模式的方式，在提供設計人員進行概念檢討及程式偵錯時能更有效率。同時，進行模式概念的溝通說明或設計的展示，或提供雙向的交流上更能達到事半功倍的效果。利用GoldSim 進行模式的建構，係將不同特性的元件(element)依功能及目的，組合成概念模式中不同的獨立模式，並依各獨立模式的關聯性按設計及需求加以連結或回饋運算組成，對於特殊研究所需之功能，亦可自行撰寫程式與其連結，擴充其運用的領域。