

第一章 緒論

1.1 研究動機

原子能的眾多和平用途中，核能發電可說是與我們每天的生活最息息相關、卻也最具爭議性之原子能利用方式。歷經美國三哩島及蘇聯車諾比兩次重大核能事故之後，一般民眾對核能發電的恐懼感更是與日俱增。儘管採行西方設計的商用輕水式核子反應器不可能發生類似蘇聯車諾比災變的意外事故，然而類似三哩島事故的爐心熔損情況，仍然有發生的機會。因此，針對輕水式反應器核電廠在發生嚴重事故時，爐心及圍阻體內所發生的各種現象進行研究及瞭解，有其絕對的必要性。

本論文之目的，即在於利用美國 FAI 公司在電力研究所 (Electric Power Research Institute, EPRI) 支持下所發展之 MAAP4.0.4[4]程式，針對龍門電廠所選用之進步型沸水式反應器 (Advanced Boiling Water Reactor, ABWR)及其圍阻體之設計進行研究，以瞭解此等新型設計，在假想之爐心熔損事故中，其事故現象及相關抑緩措施之效用。ABWR 為商用型沸水式核能電廠當中最最新的設計，雖然其反應器設計與製造廠商為美國奇異公司，但美國目前沒有 ABWR 機組，僅日本東京電力公司(TEPCO)的柏崎刈羽電廠有兩座 ABWR 機組運轉中。

為了解 ABWR 系統在爐心熔損事故中的反應，ABWR 製造廠商在龍門電廠之初期安全分析報告(Preliminary Safety Analysis

Report, PSAR)[6]中，利用 MAAP3.0B-ABWR 程式，分析 ABWR 系統於爐心熔損事故中的反應。MAAP3.0B-ABWR 是 GE 公司以 MAAP3.0B 為基礎，針對 ABWR 系統之特殊設計所發展之版本，相較於舊版之 MAAP3.0B 程式，MAAP4.0.4 中諸多化學、物理現象模式均已經依最新之實驗結果改寫。本研究的目的為針對台電公司與清華大學”ABWR 圍阻體事故下物理現象研究”之合作計畫，建立龍門電廠之 MAAP4.0.4 輸入數據，也希望瞭解，MAAP 程式新舊版本之間的差異，是否會對模擬結果造成重大的影響。本論文之分析結果將與美國奇異公司在龍門計畫 PSAR 內之結果進行比對，以作為評估廠家分析結果之合理性、正確性及保守度之參考。因此本研究的執行可以增加對進步型沸水式反應器嚴重事故現象的瞭解，並提昇台電公司審查龍門電廠終期安全分析報告(Final Safety Analysis Report, FSAR)中，嚴重事故相關章節的能力。

本論文首先將針對核電廠嚴重事故、龍門電廠、以及 MAAP 程式做一簡要介紹，接下來於第二章中說明程式之初期試跑程序，並於第三至六章描述所模擬之四個嚴重事故序列結果，並於最末章中提出對模擬結果之心得及未來建議。

1.2 核電廠嚴重事故現象介紹[7]

輕水式反應器核電廠發生爐心熔損嚴重事故時，反應器冷卻水系統及圍阻體內會發生一連串複雜的物理及化學現象，本章將

對此等現象做一簡單的介紹。

1.2.1 冷卻水系統的反應

對輕水式反應器而言，爐心熔損事故的肇因是由於爐心產生的熱無法移除，也就是所謂的喪失冷卻或/與冷卻水流失(Loss of Cooling or/and Loss of Coolant)。事故一開始時，由於某些原因，爐心產生的熱無法被帶走，因此反應器內的冷卻水不斷被加熱，此時如果冷卻水系統上有破口時，這些高溫的水會經由破口快速流失，這樣的現象稱為沖放(Blowdown)。如果事故發生時，冷卻水系統是完整的，也就是系統上沒有破口可供冷卻水流出時，反應器內的冷卻水溫度會由於爐心產生的熱而逐漸升高以至沸騰，最後由於反應器內壓力過高而使洩壓閥開啟，使氣化的冷卻水由此處流失，這樣的現象稱為沸騰蒸發(Boiloff)。

當沖放或沸騰蒸發不斷持續時，如果反應器無法適時得到冷卻水的補充，最終爐心將會因為冷卻水的流失而露出水面，也就是所謂的爐心裸露(Core Uncover)。由於水蒸氣的移熱效果遠低於液態水，因此露出水面的燃料棒溫度將因為燃料內衰變熱的持續產生而快速升高。當燃料棒護套的表面溫度到達 1300K 時，水蒸氣將會開始和做為燃料棒護套材料的鋯合金發生反應，形成所謂的鋯-水反應(Metal-Water Reaction)，此等反應會放出氫氣，同時會伴隨有熱的產生。如果此時燃料棒仍然無法得到冷卻，當溫度升高到鋯合金的熔點(2200K)時，爐心便會開始熔毀，熔化的護

套和二氧化鈾燃料形成低熔點的合金，如同熔融的蠟燭一般開始往下流動。

隨著爐心融毀的部分不斷加大，最終嚴重損壞的爐心會掉入仍有水存在的反應器壓力槽底部區間(Lower Plenum)，而此處殘存的水會使熔融爐心暫時得到冷卻，但最後仍會因熔融爐心產生的衰變熱及鋯-水反應的化學反應熱而被蒸乾。當這些水被蒸乾後，熔融爐心的溫度再度升高，造成壓力槽結構體的溫度上升。如果此時冷卻水系統仍處於高壓狀態，壓力槽結構體的溫度上升，會使得材料承受應力的能力降低，而壓力槽上的焊道亦有可能因溫度的上升而失效，造成壓力槽底部之通道焊接處無法承受壓力，使通道管路與壓力槽分離；如果系統處於低壓力的狀態，熔融爐心會與鐵形成熔點約 1800K 左右的共熔合金(Eutectic)，最後造成壓力槽底部的熔穿。

在反應器壓力槽底部被熔穿的過程中，壓力槽內的壓力高低，會對接下來的事務發展有重大的影響。如果熔穿時，反應器內已經是低壓狀態，那麼發生的通常是反應器底部某處的器壁因熔穿而破口，然後熔融爐心往下落入圍阻體內的爐穴區(Pedestal)；如果熔穿時，反應器處於高壓狀態，那麼發生熔穿的位置便很可能是在儀器或控制棒通過壓力槽壁的焊道處，此時熔穿的破口面積不大，因此熔融爐心會由於反應器內的高壓而向外噴出，形成所謂的高壓熔融物排放現象(High Pressure Melt Ejection, HPME)，此時向外噴出的熔融爐心會碎裂成很小的顆

粒，快速的放出熱量到圍阻體大氣中，再加上熔融爐心中尚未氧化的銑金屬也會在此時被氧化，而放出大量的化學反應熱，這些熱量會造成圍阻體內的壓力快速上升，對圍阻體的結構造成過大的壓力負荷，而對圍阻體的完整性形成威脅，使圍阻體可能在反應器被熔穿的同時失去完整性。這種現象被稱之為圍阻體直接受熱現象(Direct Containment Heating, DCH)。

1.2.2 圍阻體的反應

在事故的初期，圍阻體的溫度與壓力會因冷卻水系統內能量的排放，而緩慢持續的升高。如果在反應器熔穿後，熔融爐心落入爐穴區，那麼熔融爐心首先會被此處的積水短暫冷卻；如果積水量頗多，甚至可能形成水蒸氣爆炸，使熔融爐心飛散碎裂，附著在圍阻體的結構上。如果此處沒有積水，那麼熔融爐心便會形成熔融爐心池(Molten Core Pool)，直接和此處地板的混凝土發生反應，將混凝土分解熔化，也就是所謂的熔融爐心 混凝土作用(Molten Core Concrete Interaction, MCCI)。MCCI 的過程中，熔融爐心池的散熱，以及混凝土分解所不斷放出的 CO₂、H₂O、H₂、CO 等不可凝結氣體，會使圍阻體內壓力升高。

在反應器尚未被熔穿之前，經由釋壓閥進入抑壓池的能量便已開始造成圍阻體內壓力的升高，一旦反應器底部被熔穿，圍阻體壓力的升高將更形劇烈，若圍阻體的移熱系統無法有效將這些能量移除，最後圍阻體終將因為壓力過高而失效，造成圍阻體內

的分裂產物釋放至外界環境。

1.2.3 分裂產物的外釋

當爐心開始熔毀的初期，惰性氣體如 Kr 及 Xe 以及揮發性較高的分裂產物如 Cs、I 及 Te 會以氣體形式自爐心釋放出來，部分經由釋壓閥進入抑壓池，部分則在爐心附近溫度較低之結構表面凝結，並附著在結構體上。其他揮發性較低之分裂產物則在稍後反應器壓力槽失效時，隨同整個熔融爐心進入圍阻體，並可能在隨之而來的 MCCI 作用中，因化學反應改變其存在的化學形式，在熔融爐心池的高溫下揮發氣化。一旦圍阻體在最後由於高壓而失效，那麼這些分裂產物將可能經由圍阻體失效處釋放至外界環境中。分裂產物在反應器及圍阻體中可能以下面三種型式的其中之一存在：(1)氣體(2)懸浮物(3)沈積物。惰性氣體及分裂產物在熔融爐心中受到高溫時，都可能以氣體形式存在。所謂的懸浮物質是指漂浮在氣體中、大小不一的粒子，可能是固體顆粒，也可能是液滴，懸浮狀態也是圍阻體內分裂產物遷移的最主要形式。沈積物則常見於結構體的表面，可能來自氣態分裂產物由於此處溫度較低而凝結，也可能來自懸浮物質的沈積。

1.3 龍門電廠簡介

龍門電廠隸屬於台灣電力公司，廠址位於台灣東北角海岸的台北縣貢寮鄉，為台灣的第四座核能電廠。電廠採用美國奇異公

司設計之進步型沸水式反應器(Advanced Boiling Water Reactor, ABWR)，屬商用沸水式核反應器第七代產品，廠址共設置兩部機組，每部機組發電容量為 1350MWe。目前我國為世界上第二個採用 ABWR 設計之國家，第一個採用之國家為日本，共計興建兩部機組，分別為柏崎刈羽六、七號機，隸屬於日本東京電力公司，目前均已正式進入商業運轉[8]。

ABWR 之設計針對目前商用沸水式反應器不合乎需求的部分進行改良，主要目的為提高電廠的容量因數、降低爐心熔損機率、減少維修人員劑量等。ABWR 同時引進多項新設計，與傳統沸水式反應器差異最大、同時也是對電廠安全性有著最主要影響的，是反應器再循環水泵的改變以及圍阻體設計。再循環水泵由以往置於反應器外之再循環管路改為裝置於反應器內部，這樣的變更大幅的減少了高度位於爐心以下的大型管路，降低了發生冷卻水流失事故(Loss of Coolant Accident, LOCA)時對爐心冷卻造成的衝擊。圍阻體方面，則引入了可以緩解嚴重意外事故的設計，例如當有熔融爐心落入圍阻體地板時，其所帶來的高溫會使所謂 Lower drywell flooders 的前端管塞融化，而使冷卻水直接流入、覆蓋熔融爐心。在反應器下方的地板改用玄武岩水泥、而非傳統石灰石水泥製作，可大幅度減少熔融爐心與圍阻體水泥基座發生反應(Molten Core Concrete Interaction, MCCI)時，所產生的不可冷凝氣體，因此降低了嚴重事故時，對圍阻體的壓力負載。一旦圍阻體內的壓力接近設計的極限，在濕井內另有一閘門會開啟

釋放壓力，避免圍阻體因過壓而失效。

除以上所介紹者以外，ABWR 另針對控制棒驅動方式進行改良，採用所謂微調控制棒驅動系統(Fine Motion Control Rod Drive, FMCRD)，可對控制棒棒位進行微調，因此可對功率進行更精密的控制。將人因工程納入考慮、採用先進數位化控制技術的控制室設計，使 ABWR 的控制室遠較傳統核電廠控制室更為人性化、訊息更易判讀、操作更容易。在 ABWR 設計中諸如此類改進不勝枚舉，但在本論文中由於模擬程式之能力限制，將僅針對前段中與嚴重事故有較重大相關之改良處進行模擬，以瞭解此等設計是否在嚴重事故發生時，確能發揮預期之效用。

1.4 MAAP 程式介紹

1.4.1 概述

MAAP(Modular Accident Analysis Program)是一針對嚴重事故發生後，反應器爐心、冷卻水系統、以及圍阻體內所發生現象進行模擬之程式。1979 年 3 月 28 日，位於美國賓州三哩島的壓水式反應器發生了首次商業用反應器爐心熔損的事件，根據事後的研究發現，大約有 50%的爐心在事故中熔毀。雖然類似三哩島事故的爐心熔毀，早在 1975 年的 WASH-1400 研究報告中便已提及其發生之可能性，但當時的核能工業界並不認為這樣的事故可能真正發生，直到三哩島事故，才真正改變了核工界之前認為爐

心不可能在任何事故中熔損的觀念。

三哩島事故同時也使核工界意識到，沒有人對爐心熔損時的物理及化學現象有所瞭解，而知識的缺乏使得整個意外的處置過程及應變措施上，缺乏足夠的技術根據。因此事故之後，美國核管會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)、核能工業界以及電力公司均投下大筆經費，從事嚴重事故的研究，希望能夠對爐心熔損時的物理及化學現象有所瞭解，以作為核能電廠在設計安全設施時的參考，期能防止事故的發生、或發生後進一步的惡化，並作為事故發生後應變措施的依據，而 MAAP 程式便是此一時期的產物。在三哩島事故發生後，1980 年 10 月 2 日，美國核管會開始針對輕水式反應器發生爐心熔損時的應變能力，進行管制法規的修訂，為了回應美國核管會的動作，美國核能工業界成立了一個 IDCOR 計畫(Industry Degraded Core Rulemaking Program)從事爐心熔損事故的研究，而 MAAP 便是此計畫中的一部份，由 Fauske & Associates, Inc.(FAI)負責主要的程式發展工作，所得到的成果是 MAAP 的第一個版本，MAAP1。

在 IDCOR 計畫結束之後，MAAP 的程式維護及改進工作由 Electric Power Research Institute(EPRI)接手，實際的模式建立及程式發展工作仍然由 Fauske & Associates, Inc.負責，此時所完成的版本是 MAAP3.0 及 MAAP3.0B，相對於 MAAP3，後來的 MAAP4 則是改進了所使用的物理、化學模式，同時加入了對進步型輕水式反應器(Advanced Light Water Reactor, ALWR)的模擬能力。截至

目前為止，MAAP 最新的版本為 MAAP 4.0.4 版，可模擬的反應器類型包含沸水式反應器(Boiling Water Reactor, BWR)及壓水式反應器(Pressurized Water Reactor, PWR)兩大類。

對反應器製造廠商及電力公司而言，MAAP 可以提供以下幾個用途：

- 1.瞭解設備正常運轉與否對系統之影響；
- 2.意外事故發生之進程、事故序列及發生時間之模擬；
- 3.特設安全裝置(Engineered Safety Feature, ESF)[12]對事故序列之影響；
- 4.事故發生後嚴重程度之評估，如圍阻體壓力、氫氣產生量、分裂產物外釋時間、外釋量等；
- 5.用於核電廠安全度評估(Probabilistic Safety Assessment)時之事故序列分析；
- 6.協助電力公司發展核電廠嚴重事故處理導則(Severe Accident Management Guideline, SAMG)。

1.4.2 MAAP 程式輸入與輸出[1]

MAAP 在執行時，需要以下幾個輸入檔：

1. Input File
2. Parameter File
3. Restart File
4. Report Template File
5. Graphics Input File

Input File 是 MAAP 執行時所必須的最基本的兩個檔案之

一，另一個必須的檔案是 Parameter File。Input File 的用途是定義所欲模擬事故的肇因（例如電廠全黑、大破口 LOCA、飼水泵失效等）、運轉員動作、更改 Parameter File 中的參數、呼叫 MAAP4-GRAAPH 圖形程式介面、增加新的控制邏輯等。Parameter File 的內容則是定義電廠內例如爐心功率、燃料質量、冷卻水流量、圍阻體容積等相關數值，以及 MAAP 中各物理化學模式使用之參數。Restart File 可讓 MAAP 自前次模擬的某個時間點開始繼續運算，而無須重頭開始。Report Template File 用以提供 MAAP 運算結果的輸出樣版。在 Parameter File 中，MAAP 已經預設各輸出檔案內容，但此等內容可以在 Input File 中予以更改，亦可以使用 Report Template File 使輸出檔案內容的控制模組化，方便使用者更改所想要的輸出，而無須每次都去更改 Input File。另外 MAAP4 還提供了圖形化介面的輸出，當程式執行時，在螢幕上同步呈現一電廠圖形，並且即時將運算結果如爐心水位、閘門開關等以動畫方式反應於圖形上，同時將使用者自選之重要參數列於圖形下方，使用者可藉此功能對整個事故的進程有更清晰的概念，並且可在程式運算過程中直接對電廠內部分元件進行調整，以模擬真實電廠中運轉員的動作。而 Graphics Input File 所記錄的，就是此等功能之控制參數。

在結果輸出方面，MAAP 的輸出檔案共計分為以下四個檔案：

1. Log File
2. Event Summary File

3. Tabular Output File

4. Plot Files

在 MAAP4 開始執行時，程式首先會對 Input File 以及 Parameter File 內容進行檢查，檢查結果如果有任何問題，程式會自動停止執行，並且在 Log File 中將有問題的部分以"Error"字樣標註。所有在 Input File 中更改的參數值、新增的運算邏輯、檔案輸出格式、以及程式運算完畢之後的部分重要結果，都會記錄於 Log File。在 MAAP 中，重要事件的發生（如設備失效、爐心裸露、反應器熔穿、圍阻體失效等）是以一個邏輯值來表示與記錄，MAAP 稱之為"Event Code"，例如第 30 號 Event Code 的內容為爐心裸露，當這個 Event Code 的邏輯值被設為 True 時，代表爐心已經裸露，如果這個邏輯值是 False，則表示爐心仍然為冷卻水所覆蓋。Event Summary File 的內容，就是將整個模擬過程中，有發生變化的 Event Code、以及變化的時間做詳細的紀錄。在後續分析時，透過這份紀錄，使用者可以很清楚的知道電廠在什麼時候發生了什麼狀況、接下來又發生了哪些事情。另外在程式運算過程中，每隔固定時間間隔（此間隔由使用者在 Input File 中自訂）MAAP 會自動將重要物理量如爐心燃料的溫度質量、圍阻體內氣體組成、溫度壓力等輸出至 Tabular Output File 中，以方便使用者瞭解在某個特定時刻下電廠的整體狀況。Plot Files 是數個檔案的總稱，在這些檔案中詳細記載了電廠在整個模擬過程中各物理量的變化，其內容為一特定格式之文字檔，包含了時間以及各物理量的數值。相對於前面三個檔案，Plot Files 的紀錄間隔十分頻繁，

所記錄的變數亦十分完整，因此可供瞭解細部的變化，亦可透過適當程式如 Excel 或 MAAP4 光碟內提供之 DATAPLOT 程式對這些檔案進行處理，以繪製各物理量對時間的變化圖，提供後續分析之用。

1.5 輸入檔案準備

在前章關於 MAAP4 介紹中曾經提及，欲使用 MAAP4 進行分析時，Input File 和 Parameter File 是最基本必須準備的兩個檔案。在 Input File 的準備方面，由於模擬不同的事故序列時，其事故肇因、也就是 Input File 中的"INITIATORS"也各不相同，因此必須針對每一個事故序列準備其獨有的 Input File，此部分的準備是以 MAAP4 所提供之範例為藍本，參酌龍門電廠初期安全分析報告中對各事故序列之描述，自行撰寫而成。由於龍門電廠圍阻體結構較近似於 Mark III 型圍阻體，因此 Parameter File 方面是以 MAAP4.0.4 內提供之 Mark III 型圍阻體參數檔範例為基礎，配合龍門電廠初期安全分析報告所使用之 MAAP3.0B-ABWR 參數檔 [5]（經由與台電公司之合作計畫取得），先參考兩個參數檔內對各參數之文字說明，將 MAAP3.0B-ABWR 參數檔之參數值逐一填入 MAAP4.0.4 Mark III 範例檔之相對位置，並在參數值後方加入關於該數值之簡短說明、來源、計算式，並加上一記號，以表示此參數已處理完畢。由於 MAAP4.0.4 新加入許多 MAAP3.0B-ABWR 所沒有的模式、參數，因此在完成前一個步驟

之後，尚有許多未經處理、檢視之參數，這部分則是參考該參數之文字說明，併同龍門電廠初期安全分析報告中的技術資料、MAAP4.0.4 提供之 Mark III、ABWR 之範例檔、以及國聖電廠之參數檔，以決定所使用之數值。

在 MAAP 的模擬當中，圍阻體之區間分割及各區間彼此連通之流徑的設定適當與否，對模擬之結果會有重大之影響，而 MAAP4.0.4 對此部分提供較高之彈性，可由使用者自行決定如何分割圍阻體區間及設定流徑的數目。關於此部分之設定，本論文則是同時參考 MAAP4.0.4 之 ABWR 範例檔、MAAP3.0B-ABWR 參數檔、以及龍門電廠之實際設計，共計分為圍阻體內四個區間、圍阻體外一個區間(即外界環境)、以及 12 組連通此五個區間之流徑。各圍阻體區間之說明及其詳細之資料請見表 1-1、1-2，示意圖請見圖 1-1。各流徑之簡要說明請參見表 1-3，示意圖請參見圖 1-2。冷卻水系統方面，共分為八個區間，各區間之分割則為 MAAP 4.0.4 內定，無法由使用者自行更改，其示意圖請見圖 1-3。

另外在 ABWR 新加入之設計中，被動淹覆器(Passive Flooder, PF)及圍阻體過壓保護系統(Containment Overpressure Protection System, COPS)之用途為緩解嚴重事故發生後之影響，但 MAAP4.0.4 中，未提供此兩系統之模擬能力，同時 MAAP3.0B-ABWR 直接於程式中內建對自動洩壓系統(Automatic Depressurization System, ADS)之模擬能力，但 MAAP4.0.4 已將此

功能取消，因此使用者如有模擬此系統之需要，必須自行於 Input File 中撰寫相關之邏輯。對於此三個 MAAP4.0.4 不直接提供模擬能力之系統，本論文則透過程式之使用者自訂功能，於輸入檔案中撰寫相關邏輯。關於被動淹覆器之模擬，是在流徑設定時，加入一連接乾井連接管及下乾井之流徑，並將該流徑設定為 Failure Junction，意即該流徑平常並不存在，只有在流徑兩端壓力差到達設定值時，方連通其兩端之區間。但由於被動淹覆器之作用點設定值為溫度，而非壓力，因此將該流徑之失效壓力設為一不可能達到之極高值，然後在 User-Defined Event Code 該節中撰寫一邏輯，當下乾井溫度到達 533K 時，將流徑失效壓力更改為 0，此時不論流徑兩端壓差值如何，該流徑將立即開啟，而達到以溫度控制該流徑、以模擬被動淹覆器之目的。圍阻體過壓保護系統之模擬則較為單純，其作法亦是在流徑設定時加入一連通濕井及外界環境之流徑，並將該流徑設定為由壓力控制其連通與否之 Failure Junction。ADS 之模擬，則是在 Input File 中，參照 Parameter File 關於 ADS 系統之說明及範例，撰寫其控制邏輯。龍門電廠之 ADS 動作邏輯共分為兩組，其一為乾井高壓力及爐心低水位同時發生，另一則為爐心低水位信號持續超過 8 分鐘，在 MAAP4.0.4 之範例中，僅介紹前者之寫法，本論文則自行加入後者之邏輯，以期對 ADS 系統之模擬能力更為完整。

表 1-1 圍阻體各區間簡要說明

區間編號	區間名稱	概略說明
1	下乾井(Lower Drywell)	反應器壓力槽下方、由 RPV Pedestal Wall
2	上乾井(Upper Drywell)	圍繞反應器壓力槽側邊之甜甜圈狀區域，位於濕井及乾井連接管上方
3	乾井連接管(Drywell Connecting Vent)	嵌於 RPV Pedestal Wall 內之 10 根鋼製管路，同時連接下乾井、上乾井及濕井
4	濕井(Wetwell)	圍繞於 RPV Pedestal Wall 外側之甜甜圈狀區域，內有約三分之一高度的水，又稱抑壓池(Suppression Pool)
5	外界環境(Environment)	圍阻體以外之區域

表 1-2 圍阻體區間重要參數

	Lower Drywell	Upper Drywell	Drywell Connecting Vent	Wetwell
容積(m ³)	1860.0	5490.0	231.65	9585
地板相對於反應器底部高度(m)	-11.55	7.35	-13.15	-13.15
地板至天花板高度(m)	11.55	9.0	20.5	19.3
截面積(m ²)	88.25	610.0	11.3	506.6
初始溫度(K)	330.1	330.1	308.1	308.1
初始壓力(kPA)	106.9	106.9	106.9	106.9
初始相對濕度	0.2	0.2	1.0	1.0
初始水位(m)	0.0	0.0	7.05	7.05
初始水溫(K)	308.1	308.1	308.1	308.1

表 1-3 圍阻體內各流徑簡要說明

流徑編號	流徑類型	概略說明
1	Junction	Suppression Pool Return Line, 連接下乾井及乾井連接管
2	Junction	連接下乾井及乾井連接管, 發生嚴重事故時, 下乾井之氣體可經由此處進入乾井連接管, 再進入上乾井或濕井
3	Junction	連接上乾井及乾井連接管
4	Junction	Horizontal Vent(Top), 連接乾井連接管及濕井
5	Junction	Horizontal Vent(Middle), 連接乾井連接管及濕井
6	Junction	Horizontal Vent(Bottom), 連接乾井連接管及濕井
7	Failure Junction	連接上乾井及外界環境, 用以模擬上乾井因過壓而失效時的破裂處
8	Vacuum Breaker	真空破除器, 連接下乾井及濕井, 用以消除下乾井與濕井間壓差
9	Failure Junction	連接濕井及外界環境, 用以模擬濕井因過壓而失效時的破裂處
10	Failure Junction	連接下乾井及濕井, 用以模擬 RPV Pedestal Wall 失效時的破裂處
11	Failure Junction	圍阻體過壓保護系統, 連接濕井及外界環境
12	Failure Junction	被動淹覆器, 連接下乾井及乾井連接管

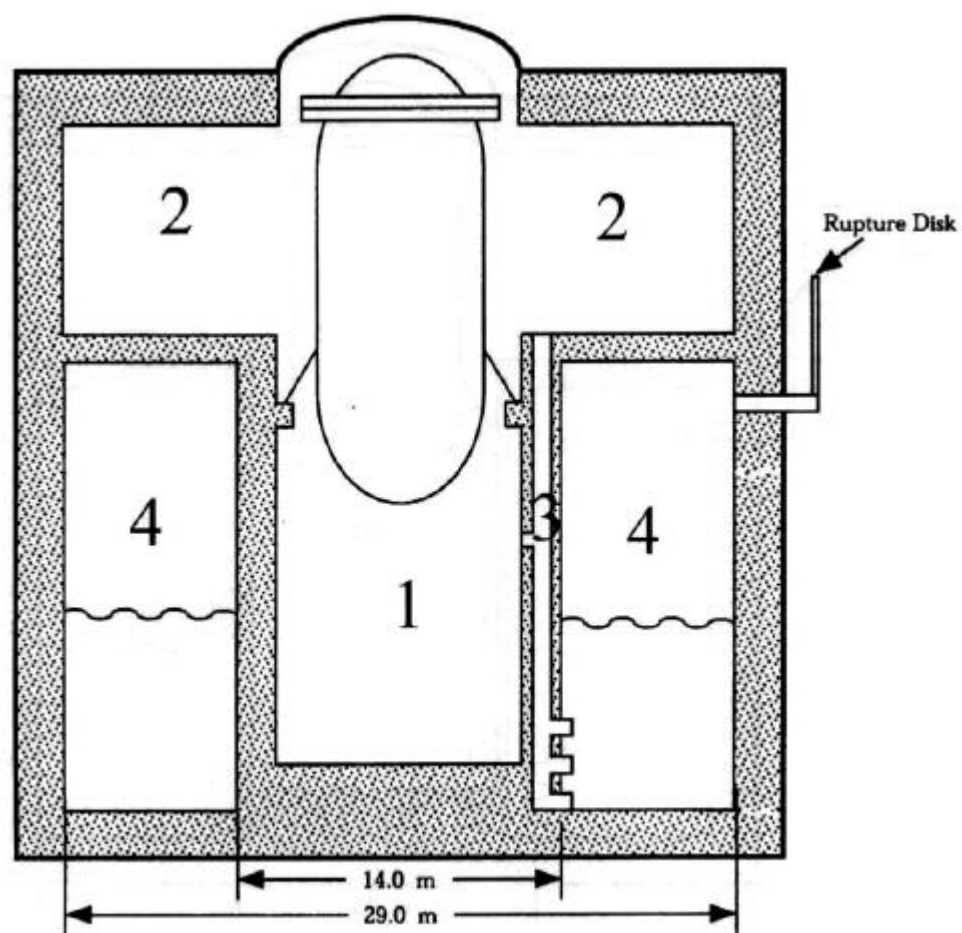


圖 1-1 圍阻體區間示意圖

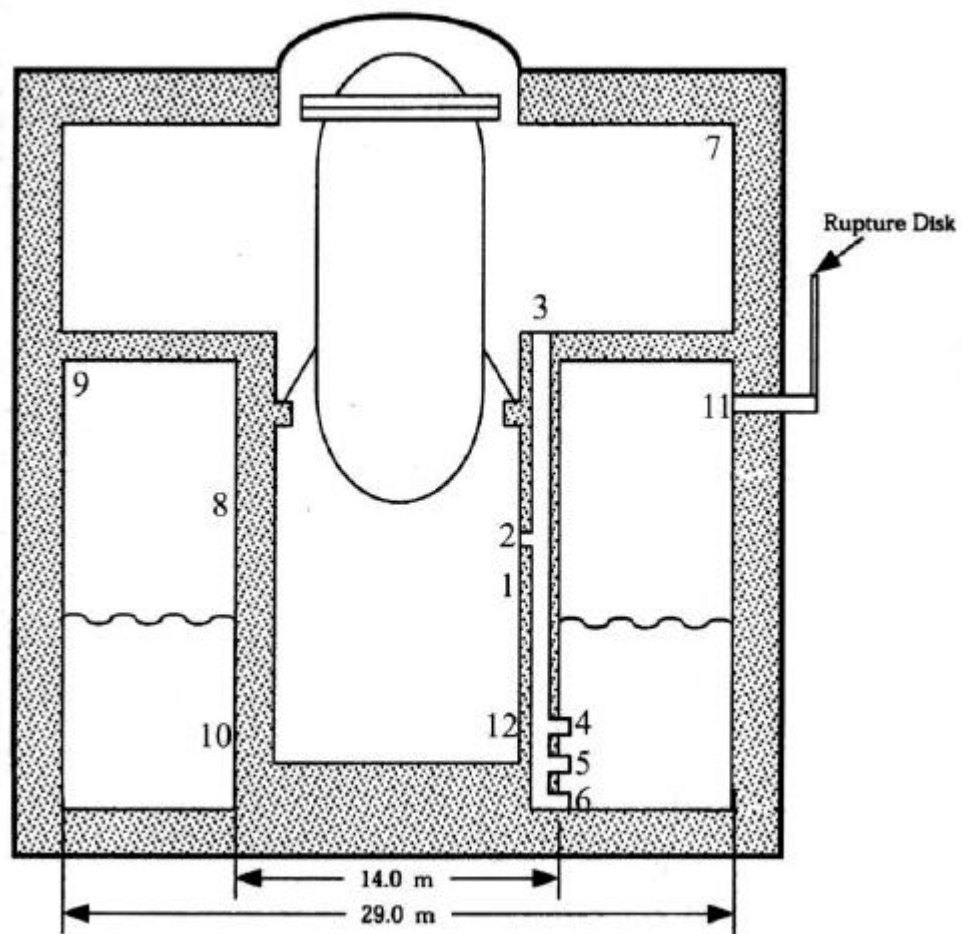


圖 1-2 圍阻體內流徑示意圖

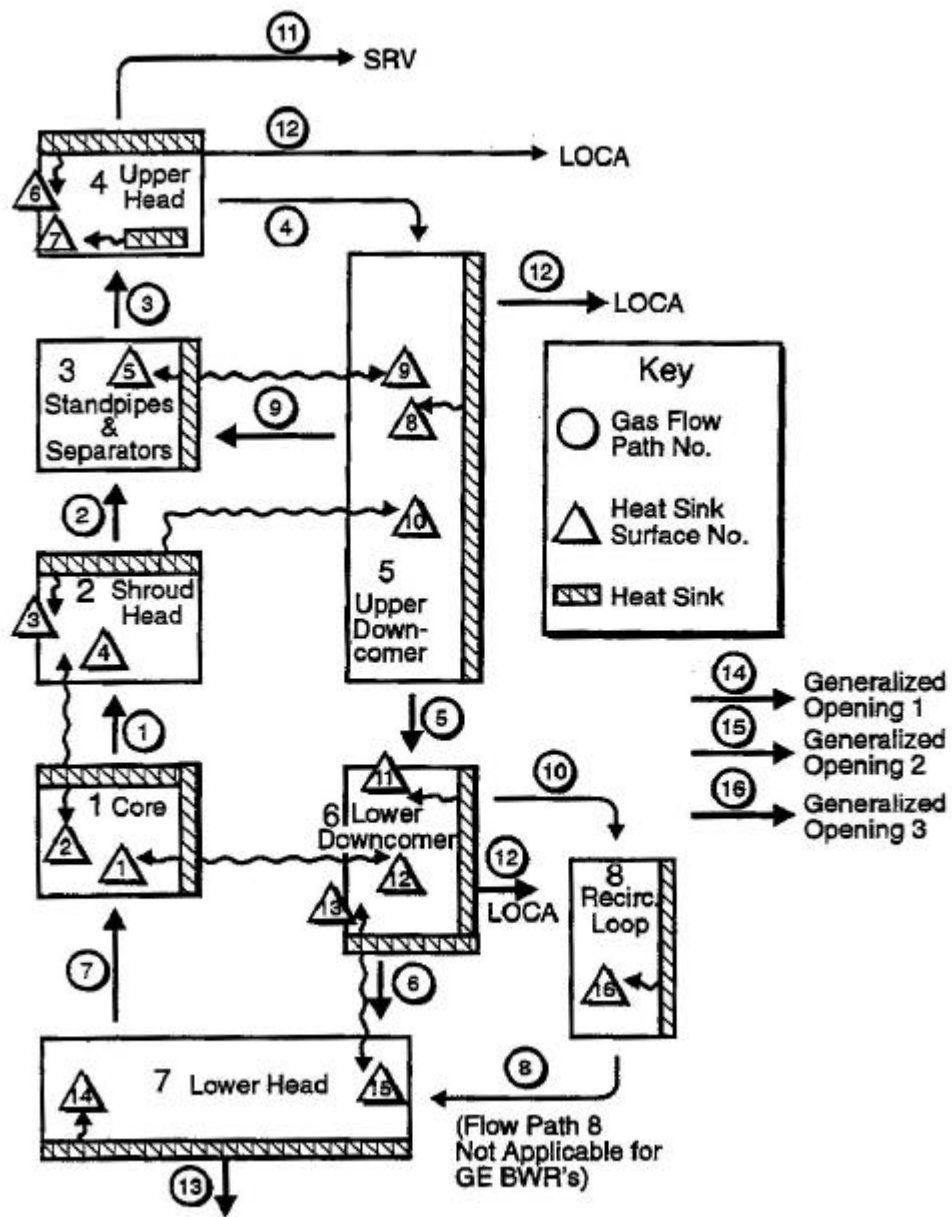


圖 1-3 冷卻水系統區間示意圖