

出國報告（出國類別：其他）

赴美國 NAI 公司參訪工作及參加國際 RELAP5 程式使用者年會

服務機關：核能研究所

姓名職稱：戴良哲 副研究員

王正炎 助理工程師

派赴國家：美國

出國期間：102 年 9 月 2 日~102 年 9 月 15 日

報告日期：102 年 10 月 22 日

摘要

為配合「核二廠中幅度功率提昇技術服務案」計畫執行中幅度功率提昇(SPU)後之相關技術分析及審查，故規劃進行本次美國公差行程，首先是赴里奇蘭進行審查工作以及參加在愛達荷福爾斯舉辦的國際會議。里奇蘭的行程是赴 Zachry 公司 Numerical Applications 部門執行 RELAP5-GOTHIC 程式集連通整合及 GOTHIC 應用分析審查工作，將通常用於反應器冷卻水系統的熱水流程式 RELAP5-3D 與一般用於核電廠圍阻體的分析程式 GOTHIC 進行連通整合，兩程式之間可以互相交換各自系統的重要參數，以模擬反應器與圍阻體間在事件中的交互作用，擴展分析程式的應用範圍。另外參加在愛達荷福爾斯舉辦的國際 RELAP5 程式使用者年會(International RELAP5 Users Group; IRUG)及附帶的 RELAP5 程式研討訓練課程，並藉此機會與愛達荷國家實驗室(INL)的研究人員交流 RELAP5 程式的使用經驗及解決在分析中發現的問題。同時在年會中聽取各個 RELAP5 程式使用者的應用經驗以及愛達荷國家實驗室對 RELAP5 程式研發的最新現況，還有了解世界各地使用者回報的問題，以上均可作為本所發展分析技術及引進新版 RELAP5 程式之參考。

關鍵字：REALP5-3D、GOTHIC、國際 RELAP5 程式使用者年會(IRUG)、愛達荷國家實驗室(INL)。

目 次

摘要.....	i
一、目的.....	1
二、過程.....	12
(一)行程.....	12
(二)於 NAI 公司執行程式集連通工作.....	14
(三)參加 IRUG 2013 國際研討會.....	26
三、心得.....	29
四、建議事項.....	30
五、附錄.....	32
附錄 1: 「Coupling Codes with GOTHIC」.....	33
附錄 2: RELAP5 程式使用者年會及研討訓練課程之議程.....	42

一、目的

為配合「核二廠中幅度功率提昇技術服務案」計畫執行中幅度功率提昇(SPU)後之相關技術分析及審查，需要先進熱水流程式的使用經驗，而 RELAP5-3D 程式為世界上廣泛使用之輕水式反應器熱水流分析程式，亦為本所先前引進之重要分析工具，此次將赴 Zachry 公司 Numerical Applications 部門(位於美國華盛頓州 Richland 市)執行 RELAP5-GOTHIC 程式集連通整合以及 GOTHIC 程式應用分析審查工作，擴展本所分析工具之應用層面。另外，亦會參與美國愛達荷國家實驗室 (Idaho National Laboratory, INL) 主辦之 RELAP5-3D 程式使用者年會及研討訓練課程以交流討論程式使用經驗，增進相關人員之工作審查能力。

本次公差行程首先抵達位於美國華盛頓州的里奇蘭 (Richland) 的 Zachry 公司旗下的 NAI 公司 (Numerical Applications, Inc.)，執行 RELAP5-GOTHIC 程式集連通整合及 GOTHIC 應用分析審查工作。

由美國愛達荷國家實驗室 (Idaho National Laboratory, INL) 所發展的 RELAP5-3D 分析程式主要應用於輕水式反應器 (Light Water Reactor, LWR) 的暫態與冷卻水流失事故的分析評估，其通用性的分析能力，使 RELAP5-3D 程式廣泛應用於包含蒸汽、水、非凝結性氣體的核能系統的熱水流暫態模擬。而 RELAP5-3D 中已包含許多模擬一般系統之通用組件模式，如泵、閥門、管路、汽水分離器、蓄壓槽以及控制系統元件等；簡化分析複雜系統時各組件模式化的需求。本所自引進 RELAP5-3D 程式後，除已植入符合美國核管法規 10 CFR 50.46 APPENDIX K 要求的分析模式並進行驗證工作之外，亦建立了台電核能一、二、三廠及龍門電廠之 RELAP5-3D 輸入模式，廣泛應用在各項暫態與冷卻水流失事故的分析評估工作上。請參照表 1 美國核管法規 10 CFR 50.46 APPENDIX K 要求的分析模式表及圖 1 至圖 4 核能一、二、三廠及龍門電廠之 RELAP5-3D 輸入模式節點圖。

另一方面，GOTHIC (Generation of Thermal Hydraulic Information for Containment) 係由 EPRI (Electric Power Research Institute) 出資，NAI 公司負責發展之通用性核能電廠圍阻體熱水流暫態分析程式，亦為目前國際間最新發展的圍阻體分析程式。因 GOTHIC 分析程式應用的彈性大，通用性廣，不受限於不同的反應器或圍阻體型式，目

前皆有 BWR 與 PWR 核能電廠使用 GOTHIC 進行圍阻體相關分析工作。本所自引進 GOTHIC 程式後，已建立了台電核能一、二、三廠及龍門電廠之圍阻體 GOTHIC 輸入模式，廣泛應用在核電廠圍阻體的各種分析評估工作上。請參照圖 5 至圖 8 核能一、二、三廠及龍門電廠圍阻體之 GOTHIC 模式圖。

圍阻體之功能在控制冷卻水流失事故後之輻射物質外洩，故圍阻體應完全包容所有的反應爐冷卻水系統管路和組件，亦作為正常及事故時之生物輻射屏蔽（biological shield）。圍阻體之設計及建造必須能承受冷卻水流失事故及蒸汽管路斷裂事故的流體沖放。但是在事故分析中，圍阻體系統與反應器系統通常是分開處理的，例如在 RELAP5-3D 的反應器冷卻水流失事故分析中，圍阻體僅是用來接受沖放流體的邊界條件，並不隨著時間及沖放流體的狀態而產生變化。同樣的，在 GOTHIC 的圍阻體溫壓響應分析中，沖放進入圍阻體的流體狀態是以隨時間變化的邊界條件設定，沖放流體邊界條件的來源是其他用來模擬反應器的系統程式，如 RELAP5 等程式。

然而在實際事故過程中，圍阻體與反應器間會互相影響，兩者間有複雜的交互作用，但是目前本所發展的圍阻體溫壓響應分析方法論是兩階段式的，先以 RELAP5 程式求出事故中沖放的質量與能量，經過處理後輸入 GOTHIC 模式進行圍阻體分析，程式間的資料交換是以人工方式進行。如果得到 NAI 公司協助，將 RELAP5 與 GOTHIC 程式集連通整合，沖放的質能資料即時由 RELAP5 傳輸至 GOTHIC 計算，GOTHIC 算出的圍阻體溫壓響應又即時回饋給 RELAP5 的沖放邊界條件，預期會有較接近實際的沖放及圍阻體溫壓響應分析，將能改進本所的圍阻體溫壓響應分析方法論，可同時進行反應器與圍阻體系統的暫態或事故分析。

結束在里奇蘭的 NAI 公司的 RELAP5-GOTHIC 程式集連通整合工作後，接著到愛達荷福爾斯（Idaho Falls）參加美國愛達荷國家實驗室（INL）舉辦的國際 RELAP5 程式使用者年會（IRUG）及 RELAP5 程式研討訓練課程，RELAP5 程式使用者年會之議程包括 RELAP5 程式版次修訂時程，程式碼的結構、分析應用報告與使用者問題回覆，並藉著參加研討訓練課程的機會與愛達荷國家實驗室(INL)的研究人員交流 RELAP5 程式的使用經驗及解決在分析中發現的問題，可作為本所發展分析技術及引進新版 RELAP5 程式之參考。

AUDIT REPORT

SUPPLIER HISTORY/OPEN CAR'S :
None

AUDIT TEAM	NAME	TITLE/DISCIPLINE	TELEPHONE NO.
TEAM LEADER	Wang Jong-Rong	QA Manager	886-3-4711400Ext6123
TEAM MEMBER	Dai Liang-Che	Engineer	886-3-4711400Ext6088
TECHNICAL EXPERT			

SUPPLIER PERSONNEL CONTACTED :
Thomas J. Behringer(Senior Vice President) Tunglu Wang(Project Manager) R. Patrick Sheppard(QA) Catherine M. Brouillette(QA) Robert M. Field(Technical Advisor) Michael E. Duffy(SeniorAssociate)

CORRECTIVE ACTION REPORTS (CAR'S)					
CAR NUMBER	TITLE	DATE CLOSED	DATE VERIFIED	WRITTEN THIS AUDIT	PREVIOUS AUDIT/INSPECTION
None					

AUDIT SUMMARY

ENTRANCE MEETING : The scope of this audit is to verify compliance with NQA-1 (10CFD 50 Part B) and the adequacy of S&L quality assurance program relative to the engineering services to INER.

AUDIT CONDUCT : The audit was performed in accordance with the requirements of INER policy and procedures. Audit activities were conducted in the Chicago, IL office from November 1,2010 through November 5,2010. The INER standard audit checklist was used during the course of this audit. Only applicable areas relevant to engineering services in elements of 10CFR.50 appendix B were sampled during this audit.

AUDIT EXIT MEETING : On November 5, the audit exit meeting was conducted and positive

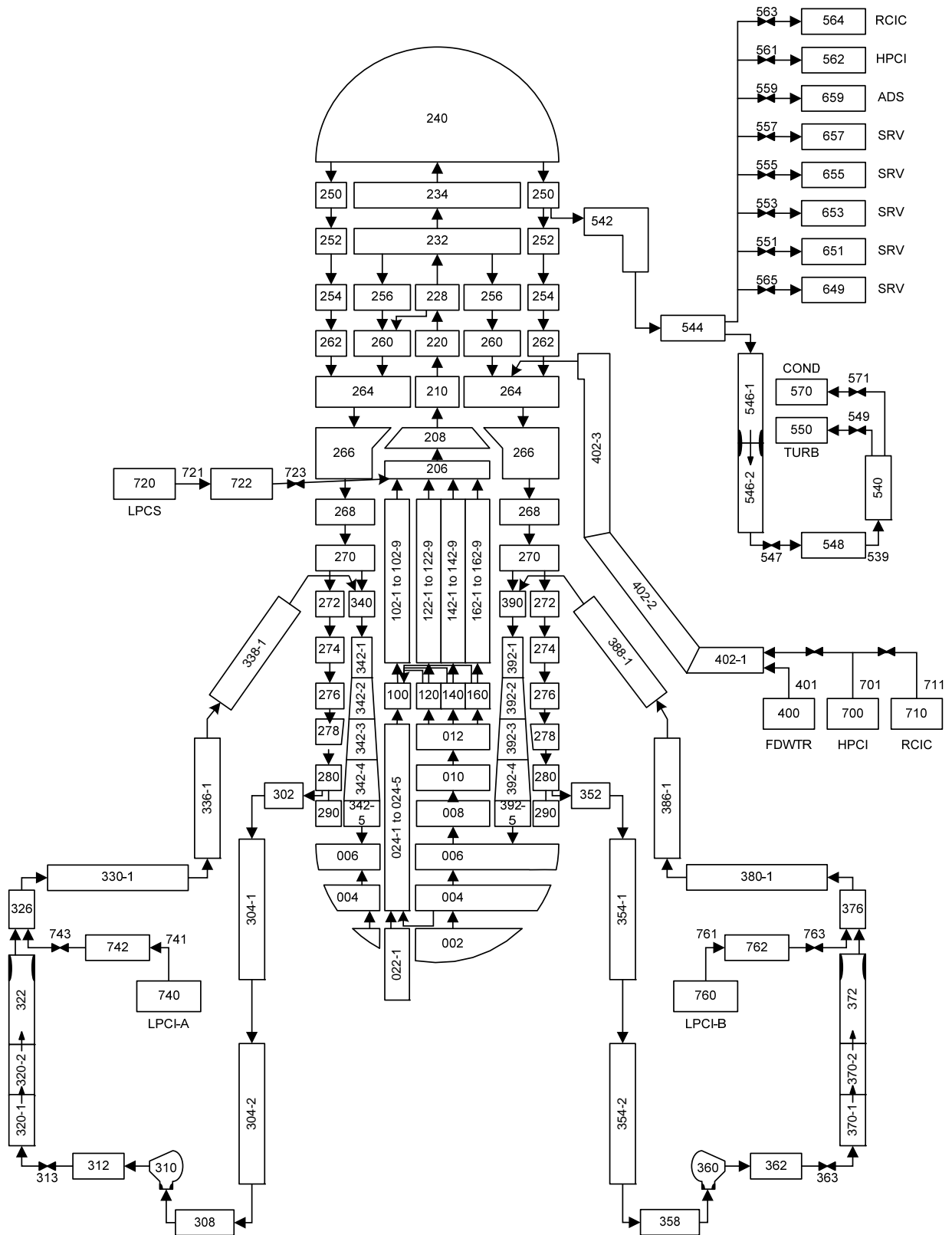


圖 1 核一廠之 RELAP5-3D 輸入模式節點圖

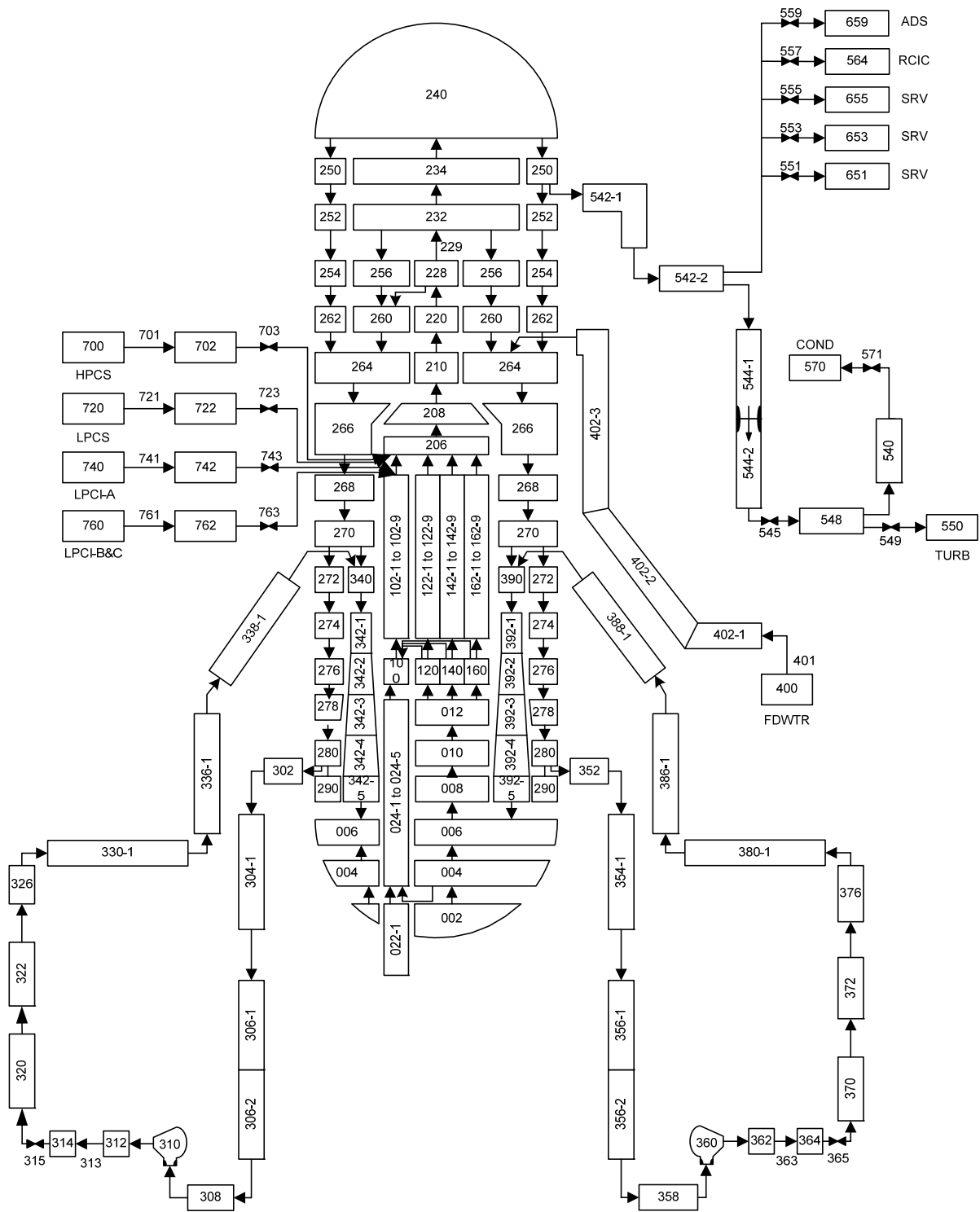


圖 2 核二廠之 RELAP5-3D 輸入模式節點圖

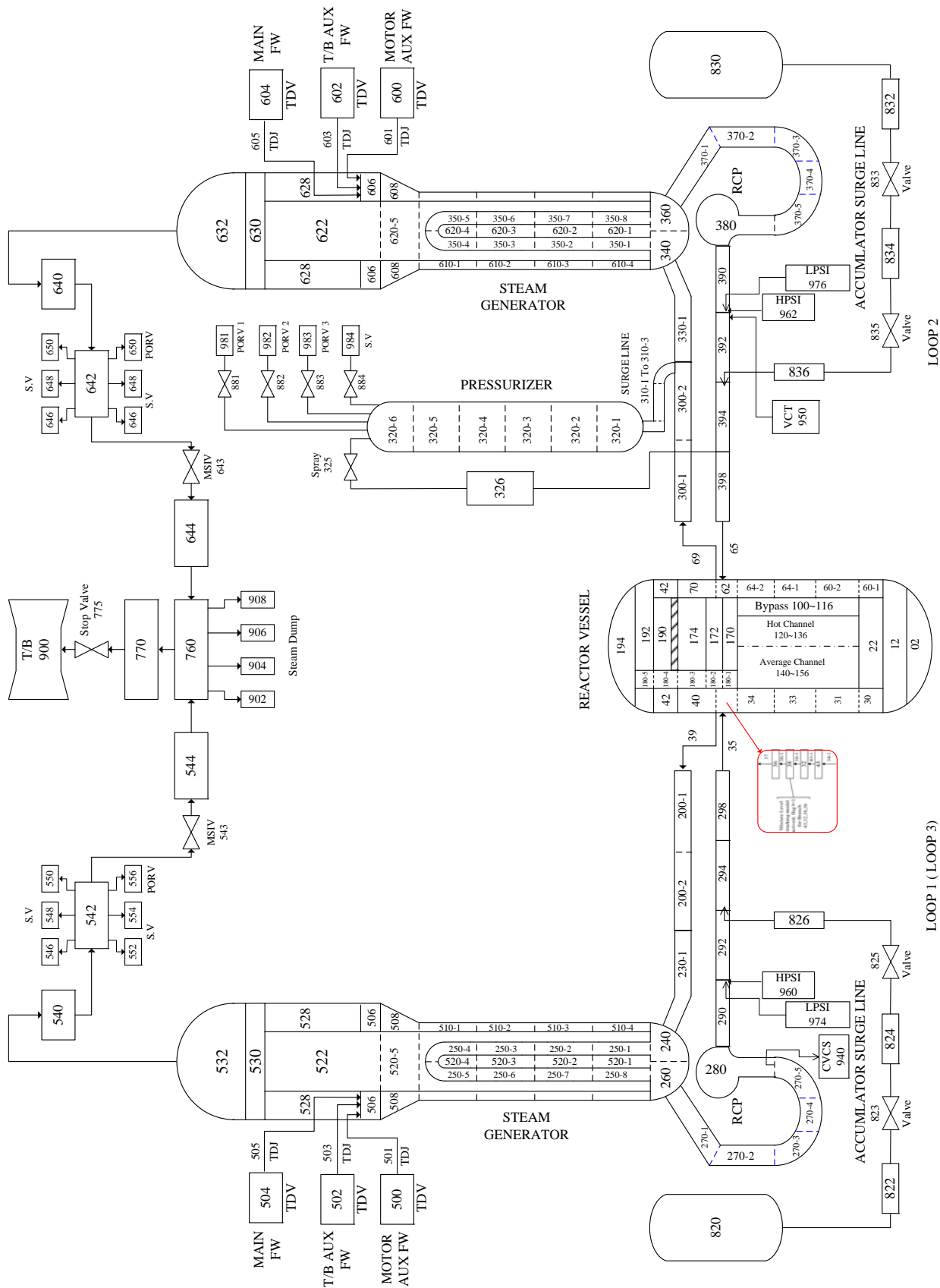


圖 3 核三廠之 RELAP5-3D 輸入模式節點圖

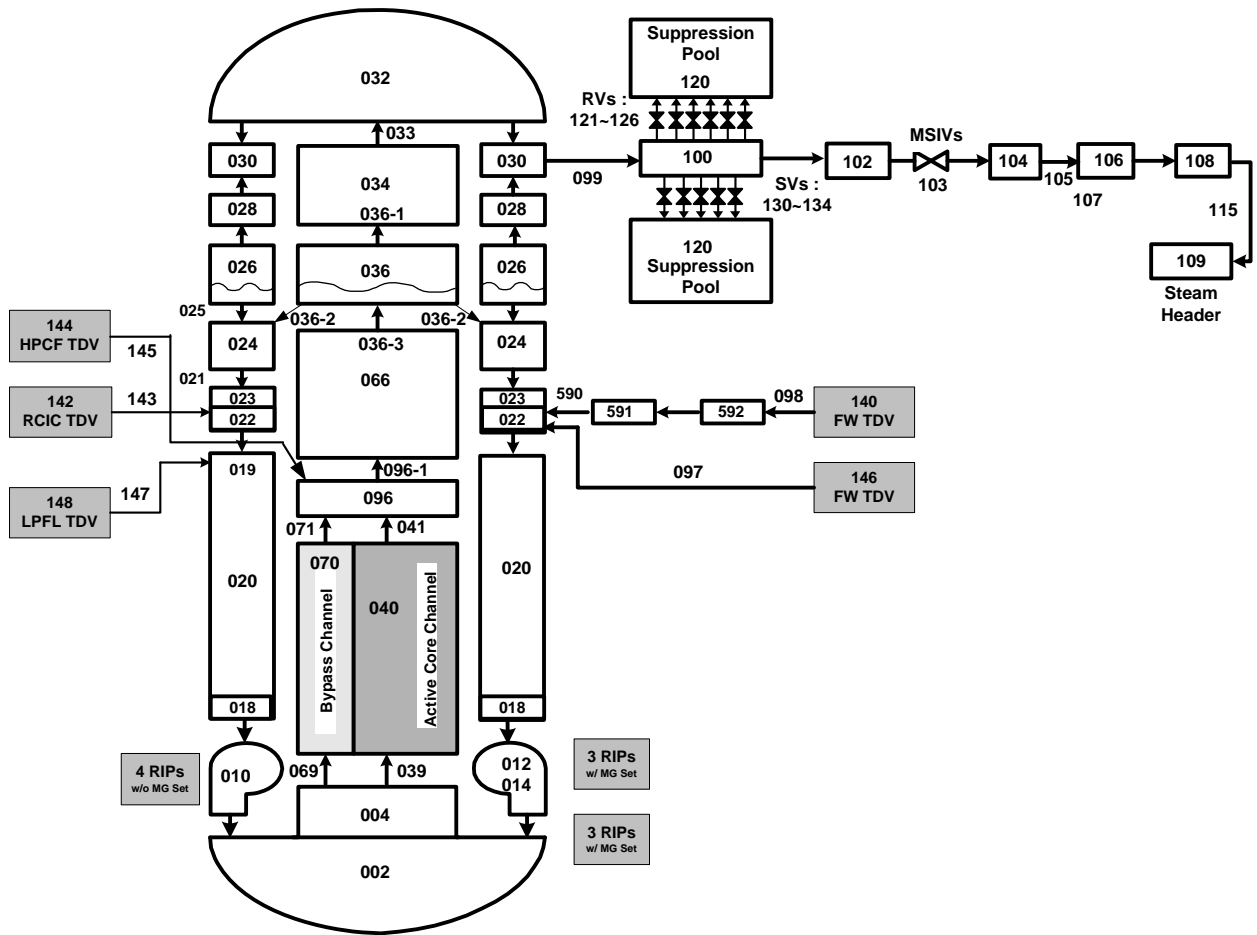


圖 4 龍門電廠之 RELAP5-3D 輸入模式節點圖

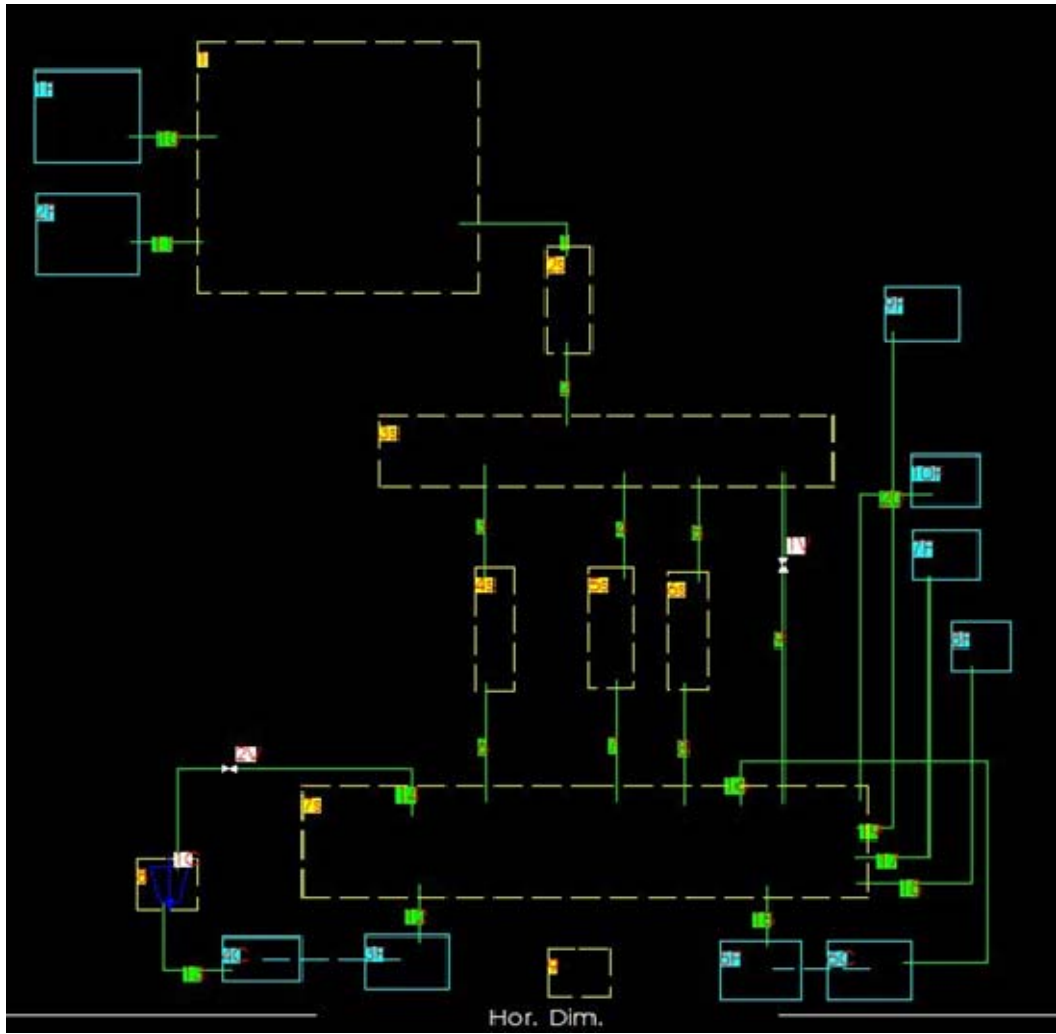


圖 5 核能一廠圍阻體之 GOTHIC 模式圖

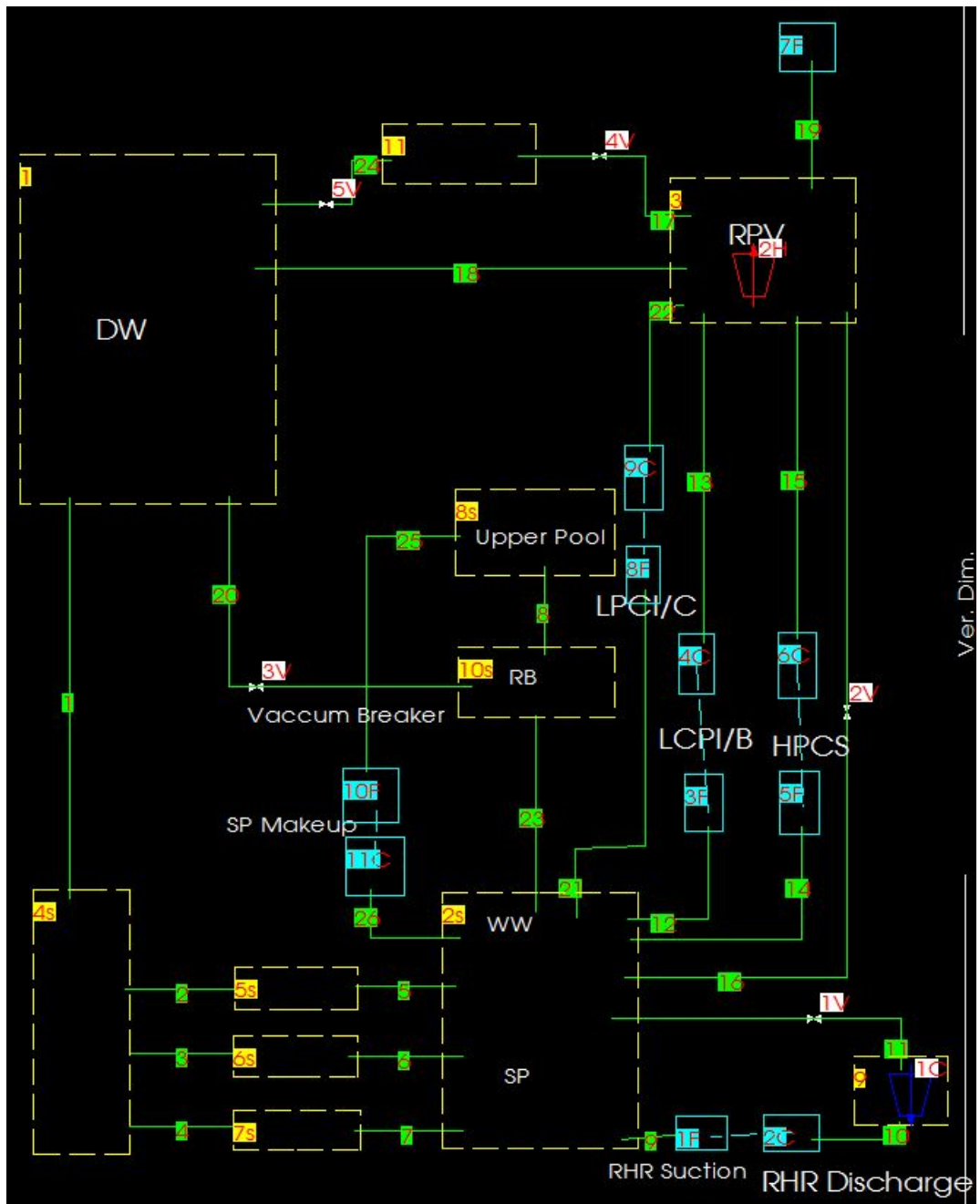


圖 6 核能二廠圍阻體之 GOTHIC 模式圖

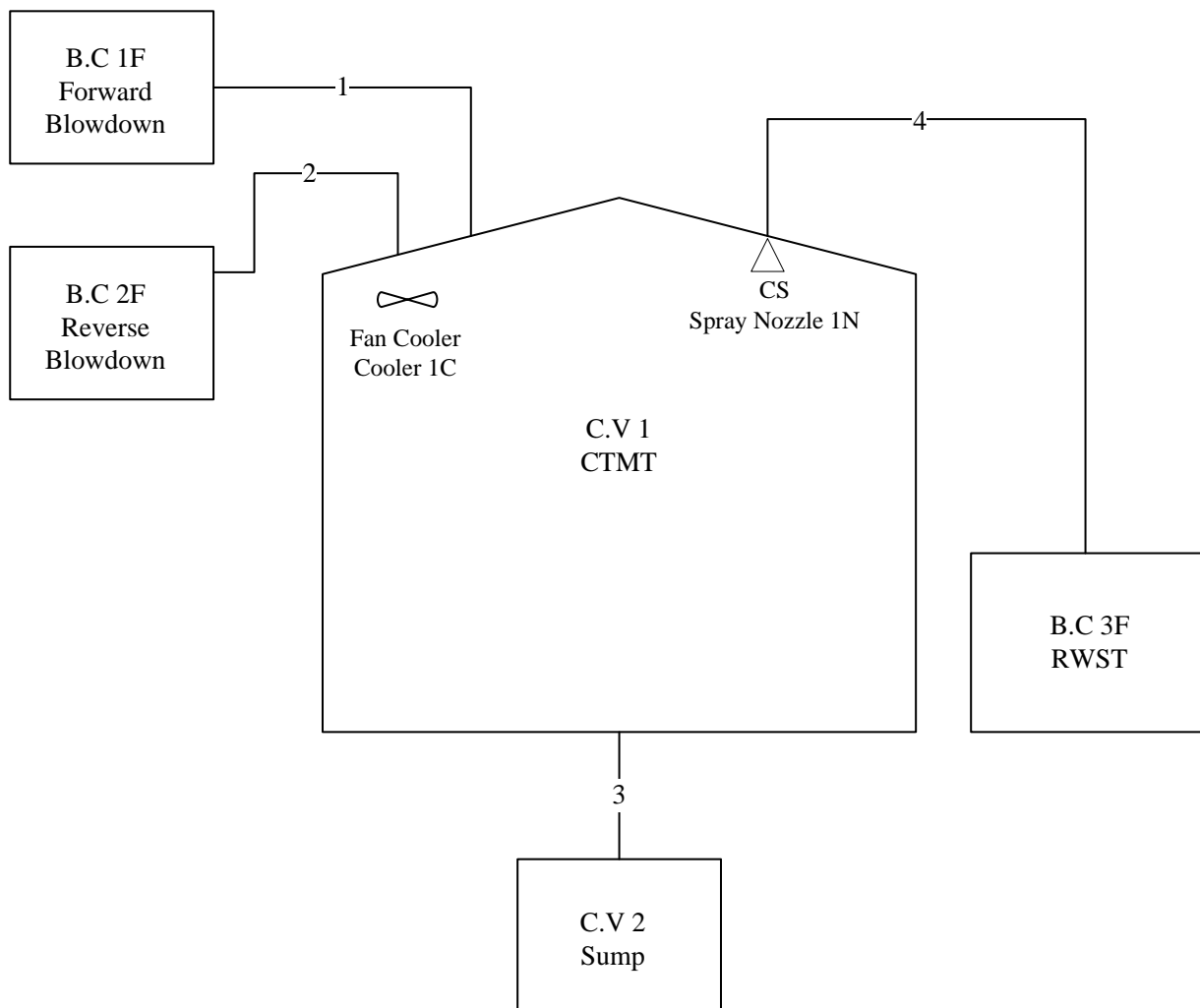


圖 7 核能三廠圍阻體之 GOTHIC 模式圖

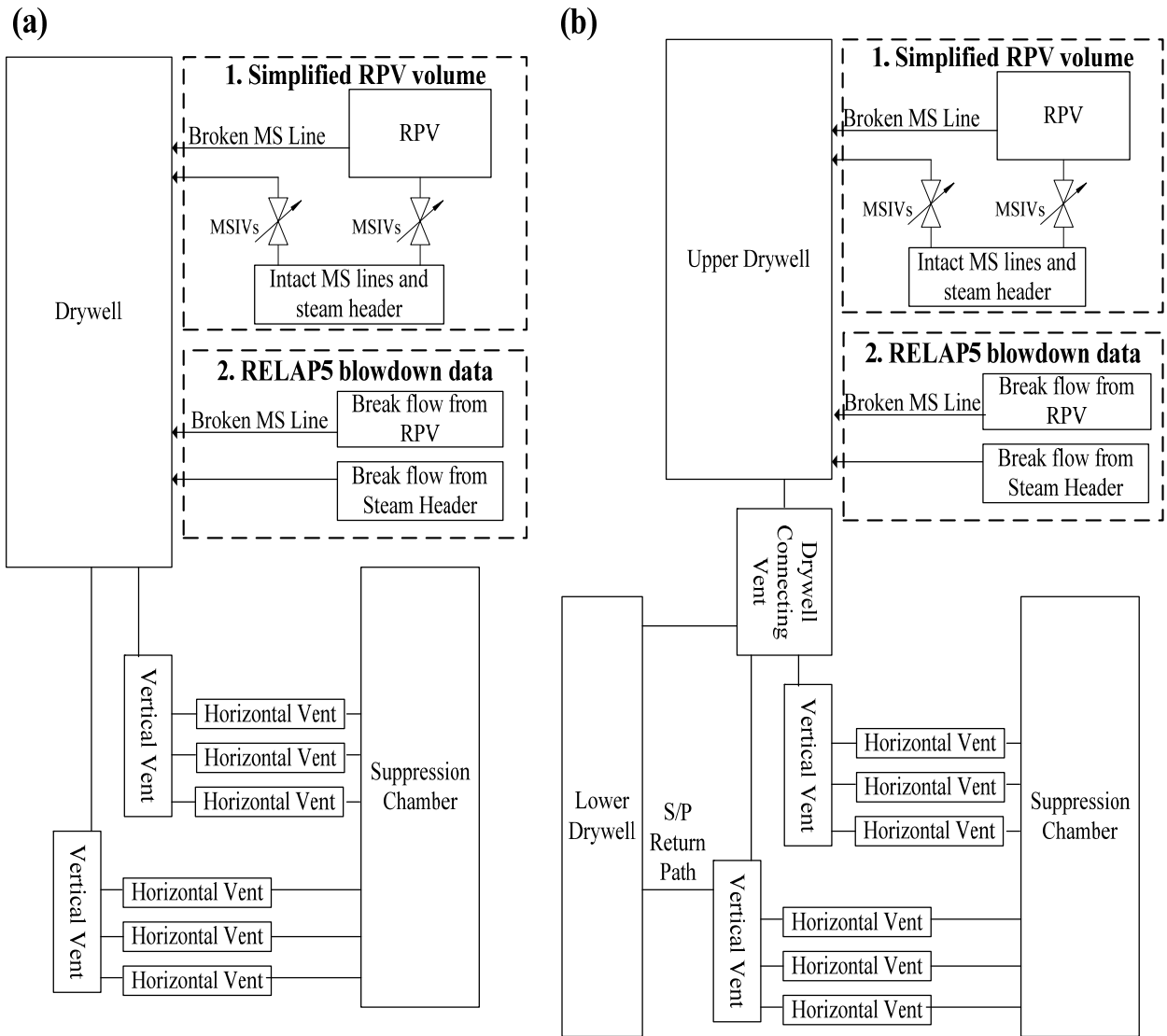


圖 8 龍門電廠圍阻體之 GOTHIC 模式圖

二、過程

(一)行程

本次美國公差，期間從民國 102 年 9 月 2 日（星期一）至民國 102 年 9 月 15 日止共計 14 天，本次出差之行程安排如表 2 所示。9 月 2 日下午搭乘長榮航空 BR 18 班機自桃園機場起飛，橫越太平洋直飛美國舊金山，於舊金山當地時間 9 月 2 日下午抵達舊金山國際機場入境美國，原預定數小時後在於同一日晚間自舊金山國際機場轉機至帕思克（PASCO）國內機場，但因班機延誤，於隔日（9 月 3 日）凌晨方得轉機至帕思克（PASCO）機場，再由帕思克搭乘計程車抵達目的地里奇蘭（Richland）。9 月 3 日下午即進入 NAI 公司開始進行工作，隨後三天（9 月 4~6 日）持續進行 RELAP5-GOTHIC 程式集的連通工作。9 月 6 日下午結束在 NAI 公司的工作後，先飛至鹽湖城（Salt Lake City）再轉機至愛達荷福爾斯（Idaho Falls），準備參加 9 月 9 日至 9 月 13 日舉行之國際 RELAP5 程式使用者年會（IRUG）及 RELAP5 程式研討訓練課程。而於 9 月 13 日下午 IRUG 會議結束後，因原先由愛達荷福爾斯直飛洛杉磯的班機取消，只得更改班機，經由丹佛轉機至洛杉磯，9 月 14 日凌晨從洛杉磯國際機場搭乘長榮航空 BR 15 班機於 9 月 15 日返抵台灣。

表 2、本次公差完整行程

日期	行程	主要工作項目
9/2~9/3	台灣→舊金山 舊金山→里奇蘭	去程
9/3~9/6	里奇蘭	赴Zachry公司進行 RELAP5-GOTHIC連通整合及GOTHIC圍阻 體分析程式之應用
9/6~9/6	里奇蘭→鹽湖城 鹽湖城→愛達荷 福爾斯	搭機行程
9/9~9/13	愛達荷福爾斯	參加國際RELAP5程式使用者年會（IRUG）
9/13~9/15	愛達荷福爾斯→ 丹佛 丹佛→洛杉磯 洛杉磯→台灣	搭機行程 回程返台

(二)於 NAI 公司執行程式集連通工作

本次公差首先抵達位於里奇蘭 (Richland) 的 Zachry 公司旗下的 NAI 公司 (Numerical Applications, Inc.)，執行 RELAP5-GOTHIC 程式集連通整合及 GOTHIC 應用分析審查工作。

在 NAI 公司，由 Nate Carstens 負責與我方接洽，Dr. Carstens 曾於今年 3 月在本所開辦為期一週的 GOTHIC 程式基礎訓練課程，因此我方人員對他並不陌生。

自第一天下午 (9/3) 到第二天上午，先由 Dr. Carstens 先講解 GOTHIC 的連通程序，教材的資料請參見附錄 1: 「Coupling Codes with GOTHIC」，Dr. Carstens 推薦的 RELAP5 與 GOTHIC 程式集的連通方式為 InterProcess Communication，以下縮寫為 IPC，IPC 耦合程序的特點如下：

1. 程式間以同步暫態執行達到完全耦合。
2. 適用於回傳參數與 GOTHIC 計算結果相關的附加程序 (如 RELAP5 程式)。
3. 以 *ipc_write* 及 *ipc_read* 的控制變數形式 (Control Variable forms) 傳遞參數。
4. 附加程序 (如 RELAP5 程式) 可回傳任意數值到 GOTHIC 程式。
5. 附加程序 (如 RELAP5 程式) 可自動啟動，不須另外鍵入指令。
6. 可在 Windows 及 Linux 作業系統下運作。

接下來針對 IPC 耦合程序的特點說明，多個程式間以同步執行方式耦合，即使彼此間的步進時間 (time step) 不同，IPC 仍可同步，以圖 9 來說明，亦可參照附錄 1 的簡報資料第 6 頁，其中 Code A 與 Code B 分別以白色及綠色表示，在 time = 0 時，Code A 與 Code B 交換初始值，分別以白色及綠色箭號標示，之後兩個 Code 各自前進一步，由於兩個 Code 的步進時間不同，步進時間較大的 Code B 先停下來等 Code A，再由 Code B 的初始值與第一步計算後的結果搭配 Code A 的第一次步進時間作內插所得到的參數值傳遞至 Code A，作為 Code A 在第二次步進的起始值，請參照圖 9 中與 Code A 第一步結束對應的綠色箭號。依此類推，直到 Code A 的第三次步進，執行時間方超過 Code B 的第一次步進，這時則反過來由 Code A 的第二次與第三次步進計算後的結果搭配 Code B 第一次的步

進時間作內插所得到的參數值傳遞至 Code B，請參照圖 9 中與 Code A 第三步結束對應的白色箭號，以此方法達成兩個程式碼間不同步進時間的同步。此處要注意的是圖 9 中標示的步進次數除了第一次以外都是 Code A 與 Code B 一起計算的，因此，Code B 的第二次步進在圖 9 中標示是第四次，Code A 的第四次則是兩者合計的第五次，為免混淆，特此說明。

IPC 耦合程序的範例說明請參照圖 10，亦可參照附錄 1 的簡報資料第 8 頁，圖中 ipc1 代表 GOTHIC 的圍阻體模式，ipc2 則是 GOTHIC 的反應器模式，經過 IPC 耦合程序後，ipc1 的模式傳遞圍阻體壓力數值到 ipc2 的壓力邊界條件，作為 ipc2 的反應器模式沖放的圍阻體壓力，請參照圖 10 中的藍色箭號。相對的，ipc2 的模式傳遞反應器的壓力、溫度以及接節的沖放流量到 ipc1 的流體邊界條件，作為 ipc1 的圍阻體模式的沖放邊界條件，如圖 10 中的紅色箭號。

其餘請參考附錄 1 的簡報資料，唯有一點要特別強調的是，*ipc_write* 功能要放在 *ipc_read* 功能前面，否則 IPC 無法讀取數據，程式會出現錯誤停止。

接著進行 IPC 耦合程序的實作練習，Dr. Carstens 以簡單的壓力波傳遞問題作為 IPC 耦合的實作案例，請參照附錄 1 的簡報資料第 17 頁，首先建立單一 GOTHIC 模式的範例，執行計算後畫出壓力在管內不同位置的變化。再來就將問題分成兩部份，以 IPC 耦合後，同樣的畫出壓力在管內不同位置的變化，比較兩者的差異並熟悉 IPC 的耦合程序。

而自第二天 (9/4) 下午起，即開始討論 RELAP5-3D 與 GOTHIC 程式集的連通工作程序，Dr. Carstens 先以之前整合 RELAP5-MOD 3.3 的經驗向我方簡報，整合所需的工具包括 C++、Fortran 等程式語言編譯器，IPC 耦合程序使用的程式為 ipc.c，ipc.c 會在電腦記憶體上開啟特定位址稱為 PIPE，供給耦合的程式集寫入及讀取參數，ipc.c 是以 C 程式語言編寫，使用 C++ 程式語言編譯器編譯後使用。而對於 RELAP5-MOD 3.3 程式，須修改控制暫態執行的 tran.F 副程式，增加對 PIPE 寫入及讀取參數的能力，而 RELAP5 係以 Fortran 程式語言撰寫，修改後的 tran.F 副程式須以 Fortran 程式語言編譯器編譯，但我方對於 RELAP5 的 tran.F 副程式的修改提出意見。因為 NAI 公司對 tran.F 副程式提出的修改部分是直

接對應到破口接節、破口上游體積及破口下游依時體積的編號，與 GOTHIC 傳遞交換的參數名稱也已固定寫在 tran.F 副程式中，如要用在不同的電廠模式或是分析案例，勢必要調整模式配合或再次修改 tran.F 副程式並重新編譯，使用上不方便且缺乏彈性。在與 NAI 公司的人員討論後，決定採取兩階段策略來進行工作。

第一階段先由 Dr. Carstens 仍然依照原本 NAI 公司對 tran.F 副程式提出的修改方法進行連通修改工作，這是因為 NAI 公司只有整合 RELAP5-MOD 3.3 的經驗，對本所使用的 RELAP5-3D 版次尚是首次經驗，雖然須要修改的副程式都同樣是 tran.F，但是隨著版次不同，tran.F 的程式碼也大不相同，而且程式碼編譯的作業系統環境與設定皆不同，RELAP5-MOD 3.3 是在模擬 UNIX 作業系統的 Cygwin 下編譯，RELAP5-3D 已經改在 Windows 作業系統下編譯。故我方先提供可編譯的原始程式碼，並說明 RELAP5-3D 編譯的作業系統環境與設定，還有編譯原始程式碼的程序，由 Dr. Carstens 研究如何修改 RELAP5-3D 的 tran.F 副程式，同時連結 ipc.c。待確定修改成功後，再研究第二階段的連通策略，以求使用上的便利及彈性。

關於連通測試案例，RELAP5-3D 的輸入模式由我方提供，為核一廠再循環管路斷管失水事故案例，對應的 GOTHIC 的輸入模式則因為我方未準備，由 NAI 公司修改相近的圍阻體模式供作測試之用。核一廠再循環管路斷管失水事故的 RELAP5-3D 輸入模式節點圖請參照圖 11，再循環斷管的節點位在圖 11 的左下角，如前一節所述，NAI 公司須要知道破口接節、破口上游體積及破口下游依時體積的編號，而在本案例中破口接節編號為 801 與 802，破口上游體積編號為 302 及 304，破口下游依時體積編號為 614 及 616，傳遞交換的參數則是流量、壓力、比焓值。上述的資料均需要更改在 RELAP5-3D 的 tran.F 副程式中。至於 IPC 測試用的 GOTHIC 的輸入模式節點圖請參照圖 12，圖 12 中編號 1F、2F 為流動邊界條件，接收來自 RELAP5-3D 的上游壓力及比焓值以決定沖放流體的狀態，編號 5、6 的流動路徑則接收來自 RELAP5-3D 的破口流量，流動邊界條件 1F、2F 及流動路徑 5、6 連接的是代表乾井的

編號 2 之控制體積，其壓力將傳遞給 RELAP5-3D 的依時體積 614 及 616，作為破口下游的圍阻體背壓值。

而隔天（9/5）上午，Dr. Carstens 即已研究出修改 RELAP5-3D 的 tran.F 副程式，同時連結 ipc.c 的方法。相關檔案的修改及編譯程序隨即交由我方測試，我方成功編譯後即以前述的 RELAP5-3D 及 GOTHIC 的案例作連通測試，在測試過程中觀察到 RELAP5-3D 模式的依時體積 614 及 616 的壓力隨著 GOTHIC 模式的控制體積 2 之壓力變化，而 GOTHIC 模式的流動路徑 5、6 的流量亦隨著 RELAP5-3D 模式的接節 801 與 802 之流量變化，證明 RELAP5-3D 與 GOTHIC 已連通整合成功。

至此第一階段工作已成功完成，Dr. Carstens 與我方在同日立即進行第二階段工作討論，我方提議使用 RELAP5-3D 的控制變數（Control Variable）來作連通整合，理由如下列幾點：

1. 不必特別保留破口接節、破口上游體積及破口下游依時體積的編號來作連通整合之用，現有 RELAP5-3D 模式不須要大幅修改即可整合。
2. 須保留特定的控制變數號碼供 RELAP5-3D-GOTHIC 耦合用，但是保留控制變數號碼比保留控制體積號碼來的單純，如果需要擴充交換的參數，只要在 tran.F 副程式中增加使用的控制變數數目再編譯即可，不必依據個別案例特別客製化 tran.F 副程式。
3. 控制變數的使用方式非常多樣化，無論是流量、壓力、比焓值等皆可使用控制變數傳遞，除了以上的參數之外，幾乎所有 RELAP5-3D 裡的參數都能透過控制變數交換，因此可處理的問題不限定於失水事故，而且只須在 RELAP5-3D 模式中變更控制變數的設定即可對應新的分析案例。

基於上述理由，故我方提議使用 RELAP5-3D 的控制變數來進行第二階段工作，RELAP5-3D 的控制變數編號從 1 到 999，為避免與已經使用的控制變數重複，選定的控制變數編號自 990 到 999，共計 10 個控制變數，而連通測試用的 RELAP5-3D 的輸入模式仍為同一案例，只是已由我方修改為對應控制

變數 990 到 999。經過 NAI 公司的 Dr. Carstens 數次嘗試，在確定控制變數的內部使用格式後，完成對 tran.F 副程式的修改及編譯。我方成功的重新編譯後即以專屬的 RELAP5-3D 的輸入模式作連通測試，測試中觀察到的現象與第一階段使用接節及體積編號連通的測試結果相同，表示使用控制變數傳遞參數的 RELAP5-3D 與 GOTHIC 已連通整合成功。

至此，RELAP5-3D 與 GOTHIC 的連通整合工作已完成，本段將總結工作內容，首先是修改 RELAP5-3D 的 tran.F 副程式及連結 ipc.c 的編譯程序：

1. 若作業系統非 32 位元版本，須要安裝 Windows Virtual PC，之後則在模擬 32 位元的環境下安裝 C++、Fortran 的程式語言編譯器。
2. 清除先前編譯 tran.F 副程式時產生的中間檔案:tran.for、tran.obj
3. 切換至模擬 32 位元作業系統環境，以 Fortran 程式語言編譯器修改 RELAP5-3D 的 tran.F 副程式之原始檔，修改處之程式碼前後以 cnai 字樣標註。
4. 連通用程式 ipc.c 以 C++ 程式語言編譯器編譯為 ipc.lib，以供編譯 RELAP5-3D 程式之執行檔時連結。
5. 編譯 RELAP5-3D 程式之執行檔須要在命令列模式下以 nmake 指令執行 MAKE File（原始名稱:relap5.mak;連結 ipc.lib 後改名為 r5cpld.mak），ipc.lib 要與 MAKE File 位於同一目錄。
6. 在 MAKE File 所處的目錄下。以命令列模式鍵入下列指令：「nmake /f r5cpld.mak relap5.exe」。
7. 自\test\目錄下複製 RELAP5-3D 程式之執行檔→r5_cpld.exe。

接著，RELAP5-3D-GOTHIC 程式集的連通整合執行程序敘述如下：

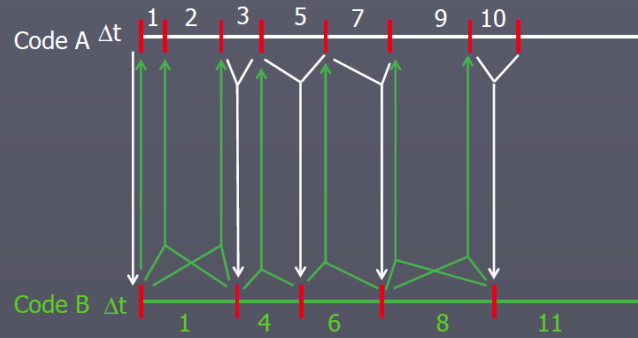
1. 複製執行檔 r5_cpld.exe、蒸汽性質表 tpfh2o、RELAP5-3D 及 GOTHIC 的輸入模式至工作目錄下。
2. 先在命令列模式下執行 RELAP5-3D 程式，鍵入下列指令:r5_cpld.exe -i CS_test-tran.i -o CS_test-tran.o -r CS_test-tran.r，其中-i 參數表示要輸入 RELAP5-3D 輸入模式的檔案名稱，即為 CS_test-

tran.i。-o 參數為 RELAP5-3D 計算輸出的文字格式檔案名稱，本例中為 CS_test-tran.o。-r 參數為 RELAP5-3D 計算輸出的 Restart 檔案名稱，本例中為 CS_test-tran.r。或將指令整合在批次檔內（例如 run.bat），點選後即自動刪除舊的輸出檔案並重新執行上述指令。

3. 成功執行 RELAP5-3D 程式後，會出現 RELAP5-3D 程式的標題畫面如圖 13 所示，值得注意的是此時 RELAP5-3D 程式暫停執行，在等待 GOTHIC 程式啟動。
4. 啟動 GOTHIC 程式，開啟工作目錄下的 GOTHIC 輸入模式。
5. 點選 File 選單下的 InterProcess Communication 選項，將 Auto Start 改為 No，完成後如圖 14 所示。
6. 點選 File 選單下的 Run 按鈕，RELAP5-3D 與 GOTHIC 程式立即開始執行計算，請參照圖 15。畫面左方的 RELAP5-3D 視窗裡的問題時間已開始計數，畫面右方的 GOTHIC 視窗裡的問題時間也已開始計數。RELAP5-3D 與 GOTHIC 程式已同步執行並交換資料。等到 RELAP5-3D 與 GOTHIC 程式集執行完畢，即可觀察個別模式之重要參數的變化。

在里奇蘭的最後一天（9/6）上午由 Stan 博士簡報 GOTHIC 程式的 IPC-應用範例，為 Wolf-creek 電廠的 ECCS 管路分析，因為 NRC 發布 GL 2008-1(Generic Letter)，關於非凝結氣體累積在 ECCS 管路某處，有潛在危害安全的可能。為確切了解非凝結氣體在 ECCS 管路傳遞及累積的狀況，需要模擬 Wolf-creek 電廠的全部 ECCS 管路，包括詳細的尺寸及標高資料均須輸入 GOTHIC 程式以正確模擬非凝結氣體的傳遞效應。但因為整廠 ECCS 管路系統的複雜性，單一 GOTHIC 程式無法處理，因此依照系統別區分成 6 個子系統，由 6 個 GOTHIC 程式處理再由 IPC 相互連通傳遞變數。

IPC – Time Step Control

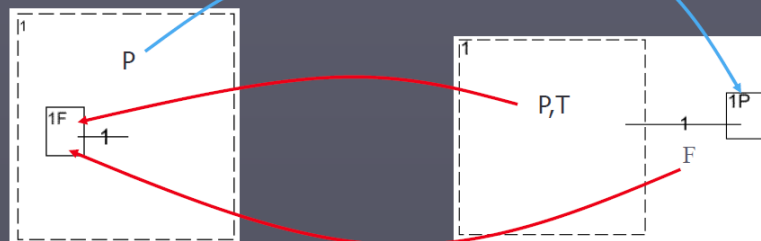


6

圖 9 IPC-Time Step Control 示意圖

IPC

► Example



► ipc1 - GOTHIC Containment Model

► ipc2 - GOTHIC Vessel Model

8

圖 10 IPC 範例示意圖

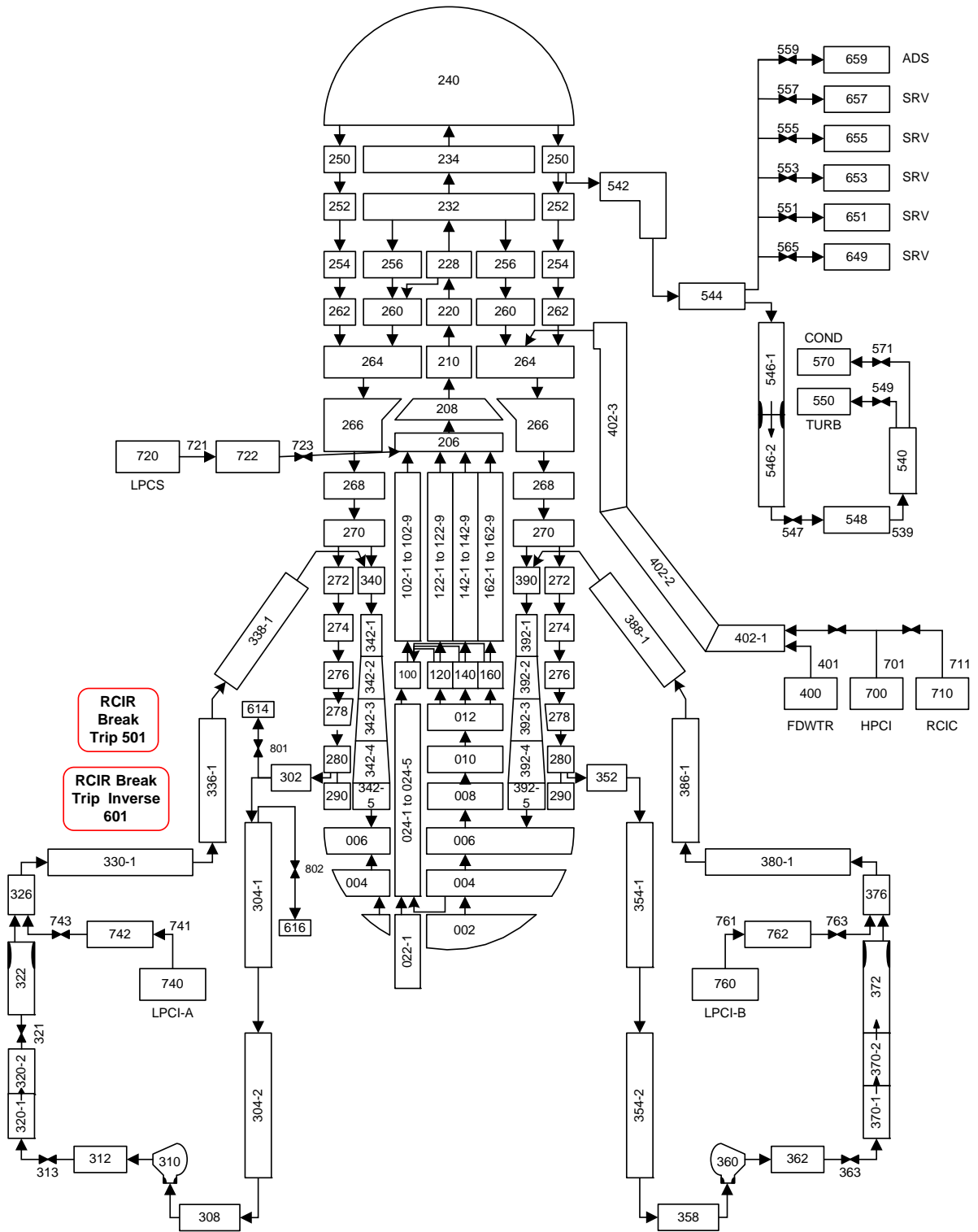


圖 11 核一廠再循環斷管失水事故輸入模式節點圖


```
C:\Windows\system32\cmd.exe
E:\NAI\test>del CS_test-tran.o
E:\NAI\test>del CS_test-tran.r
E:\NAI\test>r5_cp1d.exe -i CS_test-tran.i -o CS_test-tran.o -r CS_test-tran.r
RELAP5-3D:T/Ver:1.3.5  RELAP5-3D INEEL Proprietary Version

      Copyright
    Bechtel BWXT Idaho, LLC
      1997, 1999
    All Rights Reserved

Thermodynamic properties files used by this problem:

Thermodynamic properties file for h2o      obtained from lfn tpfh2o,
tpfh2o version 1.1.1, tables of thermodynamic properties of light water

generated on 07/01/05  at 11:17:07 by stgh2o      1.1 (09/07/91)

Start time: 15:44:18
```

圖 13 RELAP5-3D 程式啟動待機的標題畫面

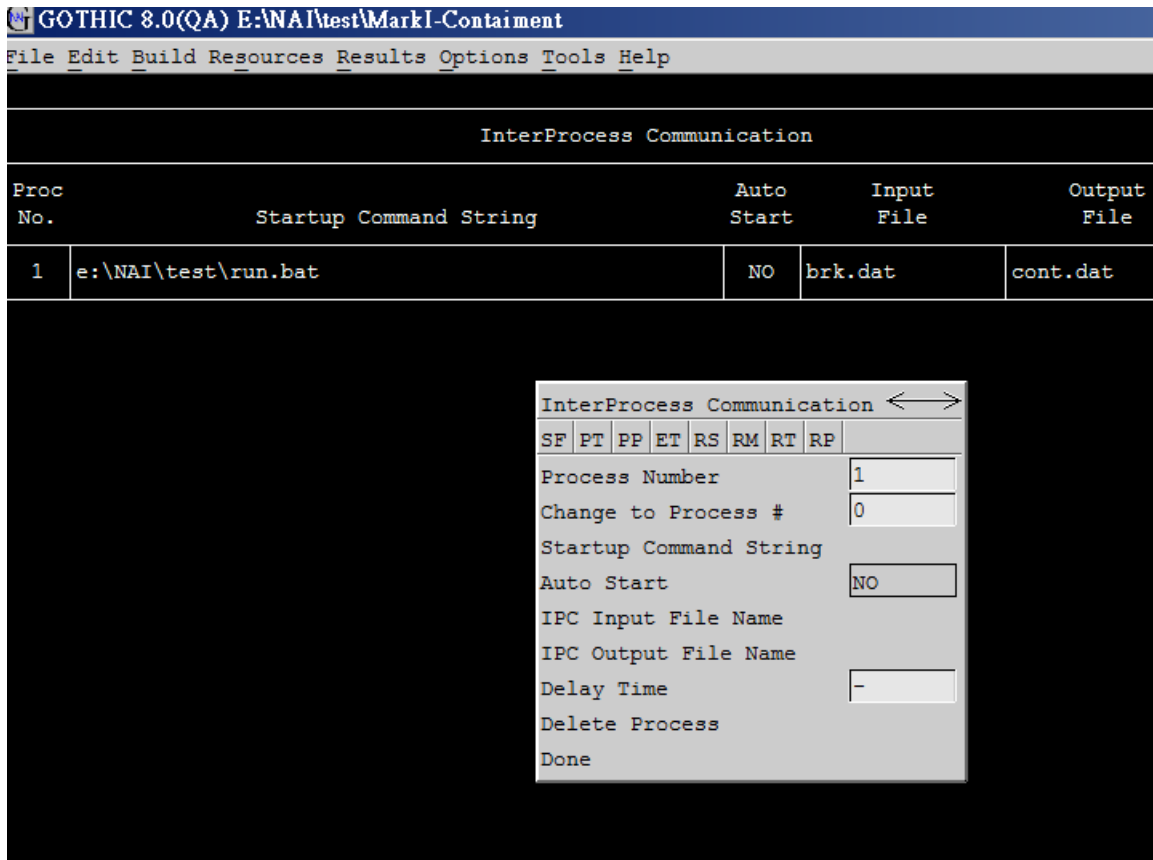


圖 14 GOTHIC 程式 IPC 程序設定畫面

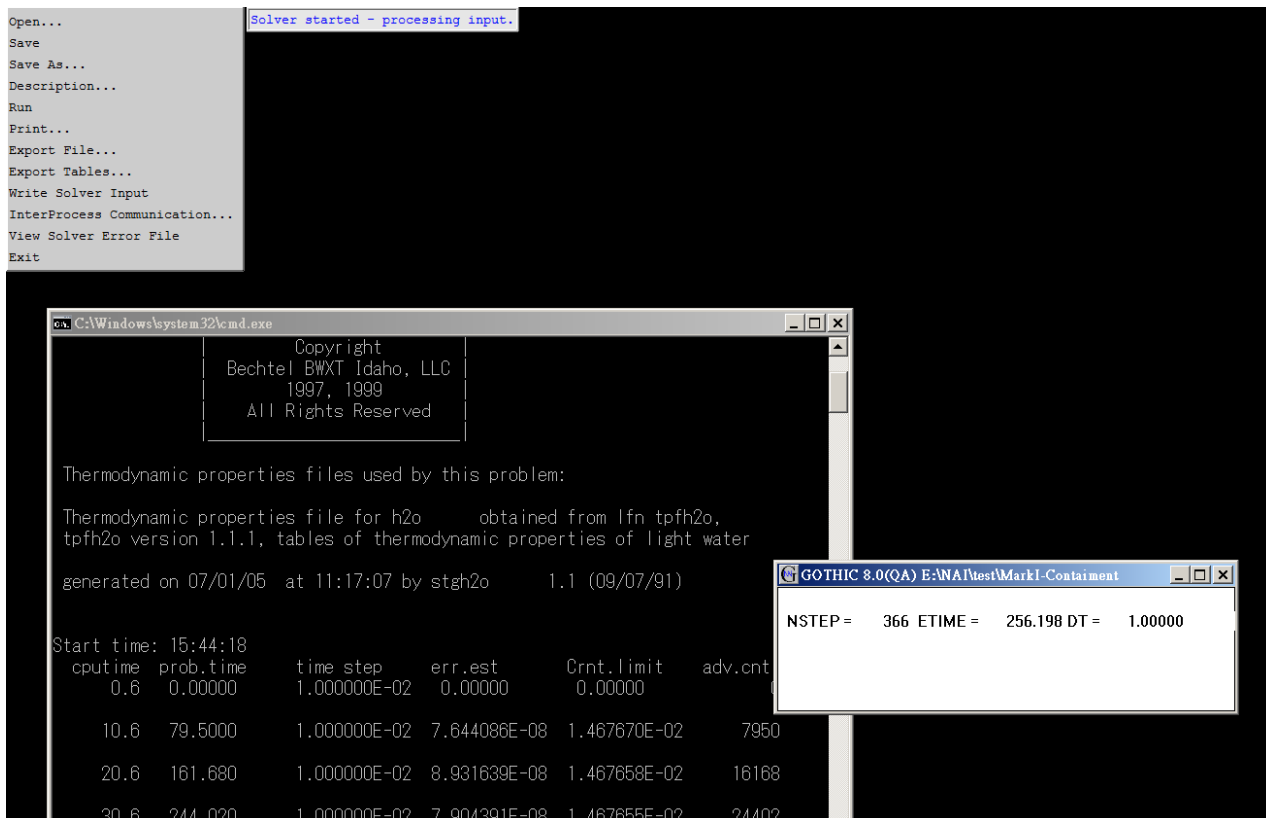


圖 15 RELAP5-3D-GOATHIC 程式集的連通整合執行畫面

(三)參加 IRUG 2013 國際研討會

結束在里奇蘭的 NAI 公司的 RELAP5-GOTHIC 程式集連通整合工作後，接著到愛達荷福爾斯 (Idaho Falls) 參加美國愛達荷國家實驗室 (INL) 舉辦的國際 RELAP5 程式使用者年會 (IRUG) 及 RELAP5 程式研討訓練課程，RELAP5 程式使用者年會之議程包括 RELAP5 程式版次修訂時程，程式碼的結構、分析應用報告與使用者問題回覆，並藉著參加研討訓練課程的機會與愛達荷國家實驗室(INL)的研究人員交流 RELAP5 程式的使用經驗及解決在分析中發現的問題，可作為本所發展分析技術及引進新版 RELAP5 程式之參考。附錄 2 為 RELAP5 程式使用者年會及研討訓練課程的議程。

第一天 (9/9) 至第三天 (9/11) 為 RELAP5 程式的研討訓練課程，上午均由 INL 的講師講解 RELAP5-3D 程式的輸入模式裡各種組件的物理模型及輸入參數，下午的課程安排是上機實作的時間，我方人員則藉此機會與 INL 的研究人員交流 RELAP5 程式的使用經驗並試圖解決在分析中發現的問題。與我方討論的 INL 人員是 Cliff B Davis，Davis 博士曾於多年前來台協助本所發展 RELAP5-3D/K 程式，故雙方不算陌生。

而經過了三天來的密集測試以及與 Davis 博士的討論後，本所在某些非常特殊的應用狀況下的分析問題可藉由引進 Card 1 的 54 61 選項得到初步的解決，但是後續的 RELAP5-3D 程式的物理模式檢驗與輸入模式設定的檢討將是未來重要工作。

接著週四與週五 (9/12~9/13) 則是國際 RELAP5 程式使用者年會 (IRUG)，由於週一已經註冊過了，不須再次註冊，直接進入會場參加上午的議程，首先是 Jim Wolf 博士致歡迎詞及介紹 RELAP5-3D 國際授權使用者的狀況。

接下來是 INL 的 Mesina 博士簡報「Architectural Issues and

Developments」，內容是有關 RELAP5-3D 4.0 版次發展的程式組織架構，本版次與目前本所使用的 1.3.5 及 2.4.2 版次相比，程式組織架構改變的相當多，幾乎可說是重新發展了，舊版次仍使用早期電腦硬體資源有限下發展的節約記憶體之 Bit packing 技術，並以老舊的 Fortran 77 程式語言撰寫。新版次已不再使用讓人容易出錯的 Bit packing，並將 RELAP5-3D 的原始碼以最新的 Fortran 95 程式語言改寫，如此大的更動須要非常嚴謹的程序來控管，Mesina 博士的簡報即聚焦在此方面，雖然與物理模式無關，但是亦與程式能否運作息息相關，不可輕忽。改版後的 4.0 版次可充分利用現有的電腦硬體資源，原本程式上的限制也大幅放寬。

第二個議題是由美國的電力公司 B&W mPower 簡報「RelapManager - A B&W mPower Safety Analysis Tool for Regulatory Acceptance」，B&W mPower 正以 RELAP5-3D 程式發展申照方法論，將來準備向美國核管會（NRC）申照。目前安全分析申照方法論的主流是最佳化估算（Best Estimate），最佳化估算須要以統計方法界定分析工具及電廠參數的不準度，為達到目的，須要大量的分析案例當作統計分析的資料庫，為確保品質並加速作業，必須使用工具程式管理。而 RelapManager 是 B&W mPower 發展的管理工具，用來管理 RELAP5-3D 的輸入模式裡的參數並且批次執行，是發展最佳化估算或品質管理用的利器，因此當場即有與會人員詢問對外授權的可行性。

再來又是 INL 的 Mesina 博士簡報「RELAP5-3D Code Verification Process」，內容是有關 RELAP5-3D 4.0 版次發展過程中的驗證程序。驗證程序必須確認 RELAP5-3D 程式通過與實驗數據的校驗，方能確保 RELAP5-3D 程式的有效性。

在短暫的休息時間後，由 NuScale 公司的 Lucas 博士報告其發展的模組化反應器（Small Module Reactor;SMR），有趣的是簡報中也提到了與本所同樣的問題，亦藉由 INL 的協助得到解決，同樣使用 Card 1 的 54 61 選項。

此外，還有 RELAP5-3D 的中子動態模式改進，RELAP5-3D 的使用者圖形界面程式 RGUI 改進現況，RGUI 原本是以 C 程式語言撰寫，最新改版則改以跨平台的 JAVA 語言改寫，目前還在發展測試中。

下午的議程則有 RELAP-7 程式發展現況及展望，RELAP-7 由 RELAP5 程式演進而來，但改以 C++ 程式語言撰寫，RELAP-7 程式乃是 MOOSE 計畫的一部分，MOOSE 計畫是 Multiphysics Object-Oriented Simulation Environment 的縮寫，是一極具野心的計畫，將各種分析的工具程式以物件導向的方式整合在一起，視問題需求以物件方式來組建分析工具，因而彈性及擴展性均極大。除了 RELAP-7 的發展之外，另外就是歐洲地區的使用者分享其使用經驗。

IRUG 第二天的議程，上午仍是由 INL 的人員簡報 RELAP5 程式的推廣應用，例如與其他程式的連通整合，與實驗用反應器的數據進行校驗等。下午則是 IRUG 的會務時間，並無技術性的議題，我方也因為接駁班機的航班時間也先行離開，結束了本次出國公差行程。

三、心得

(一). 於 NAI 公司之工作心得

結束位在里奇蘭的 NAI 公司 (Numerical Applications, Inc.) 的審查工作行程後，對於 NAI 公司發展的 GOTHIC 程式，其通用性使得 GOTHIC 不僅限於圍阻體分析，亦可應用在許多方面的能力印象十分深刻，例如 NAI 公司向我方簡報的為模擬 Wolf-creek 電廠的全部 ECCS 管路，以了解非凝結氣體在 ECCS 管路傳遞及累積的狀況等案例。而 GOTHIC 程式內建的 IPC 功能，可不需修改 GOTHIC 程式本身即可與其他分析程式集連通整合，更進一步的擴充了其通用能力，NAI 公司對 GOTHIC 程式的應用及發展策略值得本所思考未來發展方向時參考。

(二). 參加 IRUG 會議之心得

本次參加 IRUG 研討會，可看到許多參加的會員仍然使用 RELAP5 程式進行分析，而負責發展 RELAP5 的 INL 也簡報了 RELAP5 大改版後的現況，而在研討會中各會員國分享其自身的工作現況及研究計畫成果，均能對與會人員的未來研究工作方向有所啟發，與會成員間的互動討論亦有助於擴展未來研究領域及保持通暢的聯絡管道。

四、建議事項

此次美國公差地點是位於里奇蘭（Richland）的 Zachry 公司旗下的 NAI 公司（Numerical Applications, Inc.），以及在愛達荷福爾斯（Idaho Falls）參加美國愛達荷國家實驗室（INL）舉辦的國際 RELAP5 程式使用者年會（IRUG），結束行程歸國後有幾點建議：

- (一). NAI 公司發展的 GOTHIC 程式，其通用性及與其他程式集連通的 IPC 功能，還有很大的發展空間，本所應持續密切與 NAI 公司合作，以運用其最新的研發成果，協助本所拓展新的研究領域，建立具競爭性的技術能力。
- (二). 美國愛達荷國家實驗室（INL）成立已超過六十年，為美國境內首屈一指的核能國家實驗室，亦為本所引進的 RELAP5-3D 分析程式之研發單位以及本所執行『核電廠失水事故分析法制化計畫』之技術顧問。本次在解決特殊的應用狀況分析中所發現的問題時，得到 INL 極大的幫助。但是目前本所與 INL 並無持續中的 RELAP5-3D 使用者合約，是藉著參與訓練研討課程及 INL 舉辦國際 RELAP5 程式使用者年會的機會，將議題作為 RELAP5 使用者問題提出，並依賴本所之前與 INL 合作計畫時結識的人脈，才順利得到技術諮詢。但日後恐怕無法隨時得到 RELAP5-3D 的技術諮詢，而 RELAP5-3D 分析程式目前仍是核工組的重要分析工具之一，隨時有支援重大議題分析的可能，建議本所考慮重新建立與 INL 的合作關係，以取得最新版次之 RELAP5-3D 程式及即時性的技術諮詢服務。
- (三). 在愛達荷福爾斯舉行的 IRUG 是分析程式 RELAP5 使用者的國際研討會，會議中涵蓋各個版次的 RELAP5 在核能上的應用，參加 IRUG 大會可以了解 RELAP5 分析程式在核能界的最新發展。綜觀本次 IRUG 大會，有為了以 RELAP5-3D 程式發展最佳化估算申照方法論，特別發

展工具程式 **RelapManager** 來管理大量的分析案例的輸入模式並可批次執行，為品保管理用的利器。也有與其他程式共同構建模擬環境的 **RELAP-7**，與風險評估結合的應用及網路雲端運算等應用，顯示發展 **RELAP5** 分析程式在核能產業中多面向的應用及適應能力是未來的技術趨勢。此一發展方向可作為本所各種分析程式未來應用發展的參考方向。

- (四). 在 **IRUG** 會議中亦了解到美國能源部 (**DOE**) 仍持續資助愛達荷國家實驗室 (**INL**) 發展 **RELAP5-3D** 分析程式及實驗用反應器 (**ATR**)，以期掌握下一世代的新型反應器技術。美國為物產豐富的國家，近年來更因為頁岩氣的成功開採，能源價格大幅下降，但是仍然持續投資在核能技術的發展上，其能源戰略不只立足現在更放眼於未來，以求國家未來長遠的發展。臺灣不像美國具有豐富的資源，能源戰略更須具有遠見及前瞻性，本所應該對臺灣能源政策的制訂扮演積極引導的角色，以求臺灣未來永續的發展。

五、附錄

附錄 1: 「Coupling Codes with GOTHIC」

附錄 2: RELAP5 程式使用者年會及研討訓練課程之議程

Coupling Codes with GOTHIC

1

Coupling Options

- ▶ Standalone executable:
 - ▶ GOTHIC extern control variable
 - ▶ Commonly used with a script
- ▶ Dynamically Linked Library – DLL
 - ▶ GOTHIC extern control variable
 - ▶ Commonly used with a subroutine
- ▶ InterProcess Communication – IPC
 - ▶ GOTHIC IPC Write/Read Control Variable
 - ▶ Commonly used with another code

2

Standalone Executable

- ▶ Any executable
 - Compiled code (any language)
 - Shell script or batch file
- ▶ Access using the *extern* Control Variable form
- ▶ Pass any number of arguments to executable – similar to command line
- ▶ Executable may return single float value to GOTHIC
- ▶ Must be loaded into core for each use
 - May significantly slow GOTHIC simulation

3

DLL

- ▶ Library of subroutines or procedures
- ▶ Access using the *extern* Control Variable form
 - Function:library
- ▶ Pass any number of arguments to executable as a single string
 - DLL function must parse string argument to extract input
- ▶ Executable may return single float value to GOTHIC
- ▶ May be much faster than a standalone executable

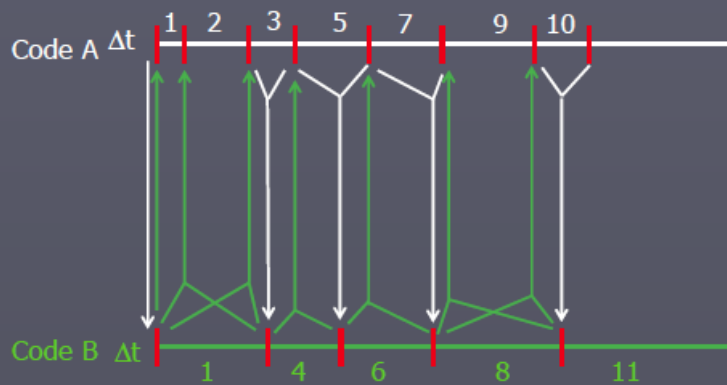
4

IPC

- ▶ Full code coupling with transient synchronization
- ▶ Useful when the variables returned from the side process depend on GOTHIC calculated results.
- ▶ Access using *ipc_write* and *ipc_read* control variable forms
- ▶ Side process may return any number of values to GOTHIC
- ▶ Auto start available for side processes
- ▶ Operational for Windows and Linux.

5

IPC – Time Step Control



6

IPC Time Step Control

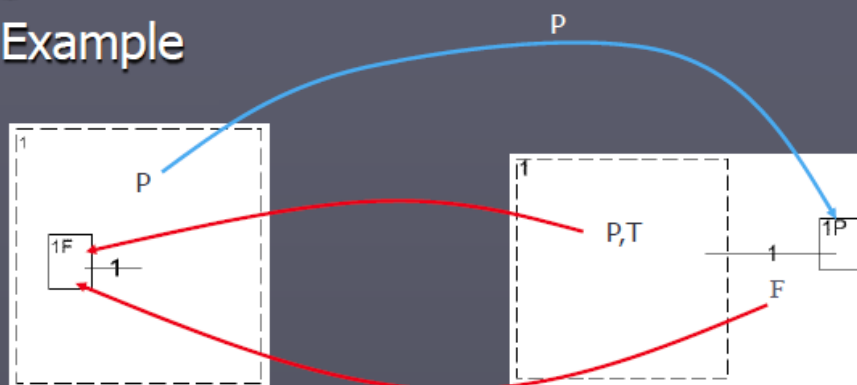
- ▶ Each code runs with its own time step control
- ▶ Each code waits until the other code has advanced to or beyond its current time
- ▶ IPC may not be sufficient for tightly coupled models

Code in lib/ipc.c

7

IPC

- ▶ Example



- ▶ ipc1 - GOTHIC Containment Model

- ▶ ipc2 - GOTHIC Vessel Model

8

IPC

InterProcess Communication				
Proc No.	Startup Command String	Auto Start	Input File	Output File
1	gothic_s ipc2	YES	cont_cond	brk_cond

- ▶ Any number of side processes
- ▶ Side process may be automatically started when **Run** is selected from **File** menu
- ▶ User specifies file names for input and output data
- ▶ Implementation requires consistent modification to side process codes

9

IPC Write

Function Components				
Control Variable 1C				
Write Press				
ipc_write				
Y=ipc_write(ProcX1,a2X2,a3X3,...,anXn)				
#	Gothic_s Name	Variable location	Coef. a	
1		Proc	cp1	1.
2		P	cV1	1.

- ▶ ipc_write control variable form
- ▶ Writes any number of variables to the specified file at the end of each time step.

10

IPC Read

Function Components				
Control Variable 2C				
Read Press				
ipc_read				
Y=G*ipc_read(ProcX1,nvalX2)				
#	Gothic_s Name	Variable location	Coef. a	
1		Proc	cpl	1.
2		1	co	1.

- ▶ ipc_read control variable form
- ▶ Read specified number of variables to the specified file at the end of each time step.
- ▶ Read values are accessible as elements of a float array - Y(n)

11

IPC

▶ Containment

Function Components				
Control Variable 1C				
Write Press				
ipc_write				
Y=ipc_write(ProcX1,a2X2,a3X3,...,anXn)				
#	Gothic_s Name	Variable location	Coef. a	
1		Proc	cpl	1.
2		P	cV1	1.

Function Components				
Control Variable 2C				
Read P,T,F				
ipc_read				
Y=G*ipc_read(ProcX1,nvalX2)				
#	Gothic_s Name	Variable location	Coef. a	
1		Proc	cpl	1.
2		3	co	1.

▶ Vessel Model

Function Components				
Control Variable 1C				
Write P,T,F				
ipc_write				
Y=ipc_write(ProcX1,a2X2,a3X3,...,anXn)				
#	Gothic_s Name	Variable location	Coef. a	
1		Proc	cpl	1.
2		P	cV1	1.
3		Temv	cV1	1.
4		Wjnc	cJ1	1.

Function Components				
Control Variable 2C				
Read Press				
ipc_read				
Y=G*ipc_read(ProcX1,nvalX2)				
#	Gothic_s Name	Variable location	Coef. a	
1		Proc	cpl	1.
2		1	co	1.

12

IPC

Write must precede read

► Vessel

Control Variables								
CV #	Description	Func. Form	Initial Value	Coeff. G	Coeff. a0	Min	Max	Upd. Int. Mult.
1C	Write P,T,F	ipc_wri	0.	1.	0.	-1e+32	1e+32	0.
2C	Read Press	ipc_rea	0.	1.	0.	-1e+32	1e+32	0.

► Containment

Control Variables								
CV #	Description	Func. Form	Initial Value	Coeff. G	Coeff. a0	Min	Max	Upd. Int. Mult.
1C	Write Press	ipc_wri	0.	1.	0.	-1e+32	1e+32	0.
2C	Read P,T,F	ipc_rea	0.	1.	0.	-1e+32	1e+32	0.
3C	Pressure	sum	0.	1.	0.	15.	1e+32	0.
4C	Temperature	sum	0.	1.	0.	0.	1e+32	0.
5C	Flow	sum	0.	1.	0.	0.	1e+32	0.

13

IPC

► Vessel

Fluid Boundary Conditions - Table 1												
BC#	Description	Press. (psia)		Temp. (F)		Flow (lbm/s)		S	J	ON	OFF	Elev. (ft)
		FF		FF		FF		P	O	Trip	Trip	
1P		1.	2C	100				N	N			95.

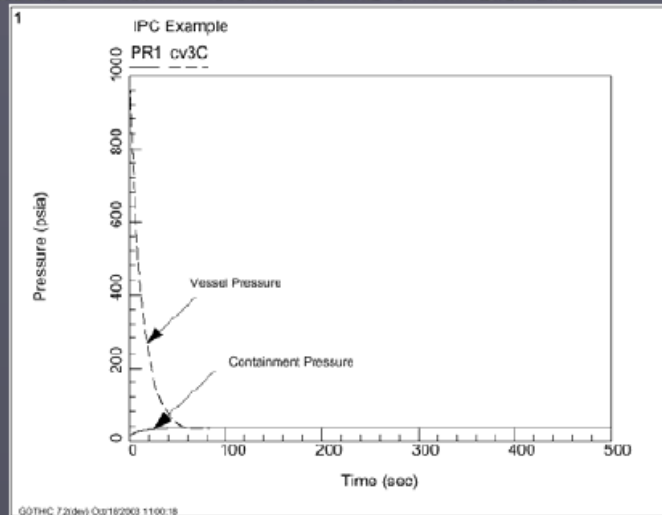
► Containment

Fluid Boundary Conditions - Table 1												
BC#	Description	Press. (psia)		Temp. (F)		Flow (lbm/s)		S	J	ON	OFF	Elev. (ft)
		FF		FF		FF		P	O	Trip	Trip	
1F		1.	3C	1	4C	1	5C	N	N			

14

IPC

▶ Results from combined models



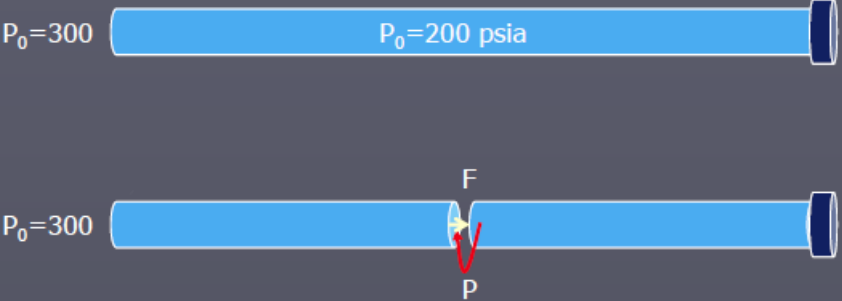
15

IPC – Interface Function

- ▶ Template code provided
- ▶ Establishes communication through pipes.
- ▶ Success couplings
 - ▶ GOTHIC-GOTHIC
 - ▶ GOTHIC-RELAP
 - ▶ GOTHIC-RETRAN
 - ▶ ECCS Piping System

16

IPC – Demonstration Pressure Wave Transfer



附錄 2: RELAP5 程式使用者年會及研討訓練課程之議程

Idaho National Laboratory

RELAP5-3D Introductory Workshop

September 9-11, 2013

Monday

INTRODUCTIONS AND BASIC HYDRODYNAMICS

Description

7:45 – 8:00	Registration
8:00 – 8:15	Introductions
8:15 – 8:45	RELAP5-3D Code Overview
8:45 – 9:00	Flow Regimes
9:00 – 9:45	Flow Models
9:45 – 10:00	Break
10:00 – 11:30	Input for Basic Hydrodynamic Components
11:30 – 12:00	Noncondensable Model
12:00 – 1:00	Lunch
1:00 – 1:30	RELAP5-3D Execution Procedures
1:30 – 5:00	Exercises: Basic Hydrodynamic Components

RELAP5-3D Introductory Workshop

September 9-11, 2013

Tuesday

HEAT/MASS TRANSFER AND HEAT STRUCTURES

Description

8:00 – 9:30	Heat Transfer Models
9:30 – 9:45	Break
9:45 – 10:15	Input for Heat Structures and Material Properties
10:15 – 12:00	Nodalization Exercises (Combining Flow Paths in Parallel and Series)
12:00 – 1:00	Lunch
1:00 – 2:00	Nodalization Exercises (Combining Flow Paths in Parallel and Series – continued)
2:00 – 5:00	Exercises: Basic Hydrodynamics and Heat Structures

RELAP5-3D Introductory Workshop

September 9-11, 2013

Wednesday **OTHER HYDRODYNAMIC COMPONENTS AND PROCESSES**

Description

8:00 – 8:30	Smooth and Abrupt Area Change Modeling
8:30 – 9:00	Component Models
9:00 – 10:00	Special Process Models
10:00 – 10:15	Break
10:15 – 10:45	Trips, Tables, and Control Variables
10:45 – 11:15	Input for Other Hydrodynamic Components, Control Variables
11:15 – 12:00	Output File
12:00 – 1:00	Lunch
1:00 – 1:15	Generic PWR Model Description
1:15 – 3:00	Exercises: Generic PWR
3:00 – 5:00	Exercises: Generic PWR core renodalization

IRUG Presentations

Thursday September 12, 2013

8:00 – 8:30 Registration

Chairman: Jim Wolf

		Presenter
8:30 – 8:45	Welcome and Introduction	Wolf - INL
8:45 -9:15	Architectural Issues and Developments	Mesina - INL
9:15 - 9:45	RelapManager - A B&W mPower Safety Analysis Tool for Regulatory Acceptance	Morgan – B&W mPower
9:45 – 10:15	RELAP5-3D Code Verification Process	
10:15 - 10:30	Break	
10:30 – 11:00	NuScale CHF Testing and Correlations	Lucas - NuScale
11:00 – 11:30	Nodal Kinetics Upgrades in RELAP5-3D	Barber - ISL
11:30 12:00	User Tool Upgrades - RGUI Station and Pygmalion Status	Forsmann - INL
12:00 – 1:30	Lunch	

Afternoon Session

Chairman: TBD

		Presenter
1:30 – 2:00	RELAP-7 Code Development Status Update and Future Plan	Zhang - INL
2:00 – 2:30	Improvements in RELAP5-3D Plot Files	Mesina - INL
2:30 – 3:00	Verification and Validation of a Single-phase Natural Circulation Loop Model in RELAP5-3D	Nicolas Zweibaum - UC Berkeley
3:00 – 3:15	Break	
3:15 -3:45	Overview of the RELAP5-3D Code Activities in ENEA	Parisi - ENEA
3:45 – 4:15	Status of the PHISICS/RELAP5-3D Coupling and Application to Phase I of the OECD/NEA MHTGR-350 MW Benchmark	Gerhard Strydom - INL
4:15 - 4:45	Comparison of MYRRHA RELAP5 mod 3.3 and RELAP5-3D Models On Steady State and PLOF Transient	Diego Castelliti – SCK-CEN
4:45 – 5:15	Developer Guidelines for RELAP5-3D Programming, 2013	Mesina - INL

Friday September 13, 2013

Chairman: TBD

8:00 – 8:30	General Approach to Integration of RELAP with Other Codes with Remote Web Based Execution	Alessi - INL
8:30 - 9:00	PRA Analysis Performed Using RAVEN With RELAP5 -	Rabiti - INL
9:00 – 9:30	Thermal-Hydraulic Analysis Results of a Seismically-induced Loss of Coolant Accident Involving Experiment Out-of-pile Loop Piping at the Idaho National Laboratory Advanced Test Reactor	Doug Gerstner - INL
9:30 – 10:00	Evaluation of Variations in the ATR Axial Power Distribution on Core Safety Margins	Davis - INL
10:00 – 10:15	Break	
10:15 – 10:45	HTTF Scoping Calculations–Bayless INL	
10:45 – 11:15	RELAP5-3D V&V Using HTTF Data	Schultz - INL
11:15 – 11:45	Assessment of RELAP5-3D For Future Reactor Designs	Glenn Roth – INL
11:45 – 12:15	Validation of the Analysis and Validation of a Full Fuel Cycle With Coupled T/H	Alfonsi - INL
12:15 – 1:45	Lunch	

IRUG Business Meeting

1:45 – 2:15	IRUG Business <ul style="list-style-type: none">• Introduction• Approval Of The 2011 Meeting Minutes• Election of New IRUG Chairman	
2:15 – 2:45	User Problems	Anderson - INL
2:45 – 3:15	Status of Next RELAP5-3D Release and Changes Since 4.0.3	Anderson - INL
3:15 – 3:30	Break	
3:30 – 4:00	RELAP5 License and Export Control Status	Smith - INL
5:00 – 5:15	Dates For Next Year's Meeting	Wolf - INL
5:15	Adjourn	