

出國報告（出國類別：其他）

## 2018 東京 MAAP 程式研討會暨 MUG 會議出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：蕭伯彬 助理研究員  
陳承賢 技術員

派赴國家：東京

出國期間：107 年 4 月 23 日~107 年 4 月 27 日

報告日期：107 年 5 月 25 日



## 摘要

此次參加東京電力公司舉辦之 MAAP 程式使用者研討會(MUG, MAAP Users Group)，討論內容豐富，主題囊括了(1)MAAP 程式在 PRA 的應用：如何利用 MAAP 程式來協助核電廠 PRA 分析模擬。(2)圍阻體通風過濾排氣系統的模擬：FAI 的 Chan Y. Paik 博士講述 MAAP 程式計算通風過路排氣系統計算原理。(3)MAAP 程式在新版(5.05 版)的精進更新：沸水式反應器新開發的計算模組，可以模擬反應器執行開蓋、半水位等情況。(4)MAAP-DOSE 輻射劑量模型：講述 MAAP 程式計算輻射劑量的原理基礎。(5)MAAP 程式之不準度分析：FAI 公司對於 MAAP 程式內參數的不準度分析。(6)熔渣池模式精進：沸水式反應爐在嚴重事故過程中，熔渣重置(relocation)現象的模擬等。

本次研討會其中一項議題為 MAAP 程式在 PRA 的應用，尤其在一階與二階 PRA 之分析，可針對事故序列分析、成功準則、人因分析等進行相關的參數回饋，大幅提升 MAAP 程式的使用範圍而不再侷限在嚴重事故模擬領域。此外，MAAP 程式在輻射劑量評估具有相當的分析能力，不僅可以計算廠區內輻射劑量，同時可以配合當地的大氣資料進行廠外輻射劑量的計算，在未來可以輔助核電廠輻射劑量相關之分析研究。持續參加此會議對於本所未來在使用 MAAP 程式進行核能電廠嚴重事故模擬具有相當顯著之能力提升。

# 目 次

摘 要 . . . . .	i
一、目 的 . . . . .	1
二、過 程 . . . . .	2
三、心 得 . . . . .	17
四、建 議 事 項 . . . . .	18
五、附 錄 . . . . .	19
(一)附件一 . . . . .	19

# 一、目的

日本福島事故發生之後，如何預防與妥善處理嚴重事故與精進嚴重事故程式之模擬便成為重要的技術議題。因此，參與「MAAP 程式使用者(MUG)研討會」，除了可以掌握目前日本對於福島事故之最新研究現況也可以得到其他國外嚴重事故專家對於 MAAP 程式之使用經驗與技術發展現況，對於所內執行委託計畫，如「核二廠輔機廠房事故輻射狀況之重估工作」或使用 MAAP 程式進行圍阻體通風過濾系統之模擬分析，具有相當程度之幫助。

出國預算計畫：

台電委託計畫 05A1680401，核二廠輔機廠房事故輻射狀況之重估工作

## 二、過 程

此次行程於 2018/04/24 至 2018/04/26 止，共計 3 天，會議議程於附件一。本次公差地點為東京電力公司系統分析部門(TEPSYS)參加 MAAP 程式使用者(MUG)研討會，以下針對研討會主要內容分成六個部份進行說明。

### (一) MAAP 程式在 PRA 的應用

本議題之講演者為 Jeff Gabor 先生(如圖 1)，Jeff Gabor 先生為美國工程顧問公司-Jensen Hughes 公司之副總裁(Vice President)。由於核電廠完整 PRA 依事故演進的情節概可分成三個主要的步驟，分別為一階(Level-1)的反應器冷卻水系統分析、二階(Level-2)的圍阻體完整性及輻射源項分析，以及三階(Level-3)的災害後果分析。而 Jeff Gabor 先生主要針對 MAAP 程式在一階與二階 PRA 之分析，其說明如下：

1. 事故序列分析(AS, Accident Sequence Analysis)-事故演進參數，如欲觀測參之時機點、溫度、壓力。
2. 成功準則(SC, Success Criteria)-在量化爐心熔損機率(Core Damage Frequency, CDF)與早期輻射大量外釋頻率(Large Early Release, LERF)時所需之成功準則與事件時機點。
3. 人因分析(Human Reliable Analysis, HR)-針對運轉員動作與釐清事件當下電廠狀態(爐心熔損或 RPV 破裂)之時間來定義人因失敗事件與其機率。
4. LERF 分析-根據電廠當下情況(包括圍阻體排氣與圍阻體失效)來判定該事故情節是否會導致早期輻射大量外釋。
5. 功能相依(Function Dependency)-根據電廠暫態，如壓力，溫度，水位來排除或判定系統劣化情況。
6. 結構能力分析(Structure Capability Analysis)-RPV 底部失效或穿越管失效與反應器廠房失效之時機點。

由於 PRA 分析是很複雜的工作，參與分析人員除了須熟悉電廠系統、也必須瞭解風險評估分析、天然災害對電廠之衝擊等，因此美國核能協會 (Nuclear Energy Institute, NEI) 在 1990 年訂定了「安全度評估同行審查導則」，美國機械工程師協會 (American Society of

Mechanical Engineer, ASME) 也在 1998 年開始制定「安全度評估標準程序」，因此美國核管會也要求核能電廠須據以執行「安全度評估標準程序」。而 Jeff Gabor 先生針對「安全度評估標準程序」的三個要求與 MAAP 程式的適用性進行說明如下：

1. 電廠所有系統反應與運轉人員動作在 PRA 分析的成功準則需有定義且具有資料來源。如在 MAAP 程式分析中，對於爐心開始熔損的定義為爐心溫度超過 1800°F；而判定分裂產物外釋進入穩定狀態(stable state)則須觀察運跑時間至少 36 小時。
2. 對於反應器熱水流計算、結構分析與其他工程基底(engineering bases)計算需提供 CDF 與 LERF 之量化數據、電廠系統與人因動作之重要準則、不準度分析。而 MAAP 程式可用來分析熱水流計算來提供 PRA 分析所需之量化數據，例如在暫態與 LOCA 事件中爐心熔損的時機、減緩策略是否有效，另外也可評估核種外釋之時間點與釋放量。不過 Jeff Gabor 先生提到 MAAP 程式仍有能力上的限制，如在預期暫態未及停(ATWS)事件中，MAAP 程式無法針對主系統短期之中子暫態進行精確的模擬，因此在此案例中，MAAP 程式無法完整提供 PRA 所需之量化結果。
3. 事故序列模擬結果文件化。針對每一事故序列需包含事故序列描述與所有結果，因此比較好的做法是建立制式的品保文件來確保每一次運跑的品質、輸出檔案之特定關鍵參數與程式本身的維護文件。而 MAAP 程式具有完整的輸出參數檔，包括降壓時機、爐心未被水覆蓋時機、爐心開始熔損時機、RPV 破裂時機、安全注水系統對於事故緩和之效果等。



圖 1、Jeff Gabor 先生

## (二) MAAP 在圍阻體通風過濾排氣系統之模式介紹

本議題之講演者為 Chan Y. Paik 博士(如圖 2)·Chan Y. Paik 博士為 FAI(Fauske & Associates, Inc)公司發展 MAAP 程式在技術方面之重要推手，目前為 FAI 公司之副總裁(Vice President)。針對核能電廠之圍阻體通風過濾排氣系統(Filtered Containment Venting System, FCVS)，Chan Y. Paik 博士介紹了 MAAP 程式內之 FCVS 排氣模式，並講解了 MAAP 程式中懸浮微粒(aerosol)在排氣過程中的沉積模式。FCVS 系統(圖 3)主要用於核能電廠在嚴重事故下進行排氣的設備，當電廠須執行圍阻體排氣降低圍阻體壓力時，有可能會將放射性氣體也一起排放至環境，因此排氣裝置有一套洗滌(scrubbing)之設計可降低放射性氣體外釋至環境之劑量。

在 MAAP5.03 之後的版本就具備了模擬 FCVS 系統之能力，其模擬特點包含了懸浮微粒之除汙因子(decontamination factor)為懸浮微粒尺寸的函數、分裂產物在外釋過程中經過圍阻體水池(如抑壓池)之洗滌與不同形式之碘化合物(元素碘與有機碘)計算等，這些模擬特點使 MAAP 程式具備了圍阻體濕式排氣與乾式排氣之模擬能力；另外 Chan Y. Paik 博士也說明 MAAP 程式在紊流狀態下之懸浮微粒模式，該模式計算了懸浮微粒在圍阻體排氣管內，由於旋動摩擦效應(eddy impaction)與慣性效應(inertial impaction)所造成的沉積，此沉積的量會影響分裂產物外釋時，懸浮微粒排放至環境的量，進而影響電廠周圍的輻射劑量。此模式如圖 4 所示，該模式考慮了排氣管路中所有可能存在摩擦損失與局部損失，另外也包含了排放氣體排放時之臨界流(critical flow)計算，而這些考量皆會影響該模式之沉積效應計算。



圖 2、Chan Y. Paik 博士

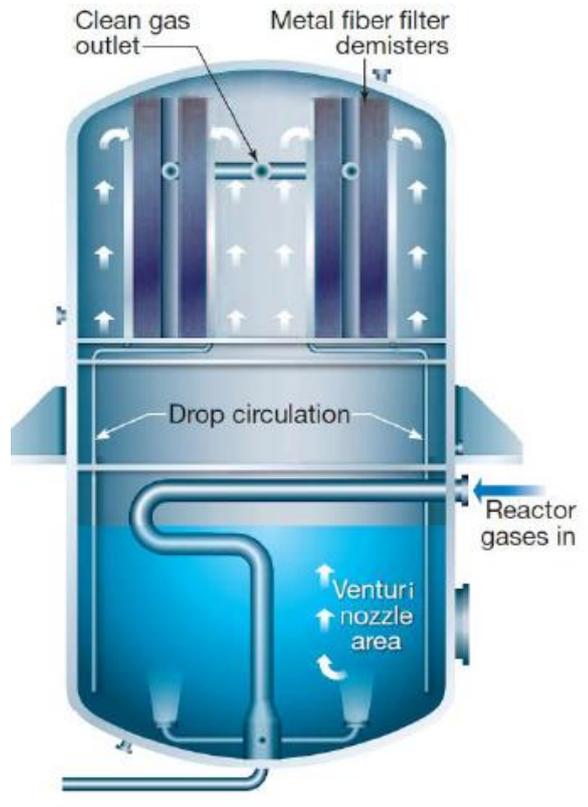


圖 3、FCVS 系統示意圖<sup>[1]</sup>

## Turbulent Aerosol Deposition in Pipes (continued)

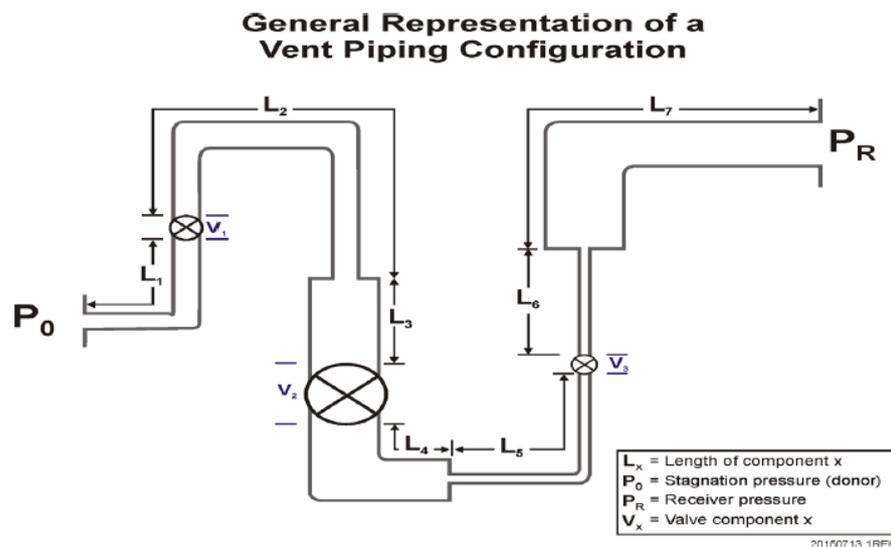


圖 4、懸浮微粒模式沉積效應示意圖<sup>[1]</sup>

[1] "Overview of MAAP Generic Filtered Containment Vent System Model", C. Paik, FAI.

### (三) EDF 公司在 MAAP 程式之精進

本議題之講演者為 Jeremy Bittan 先生(如圖 5)。Jeremy Bittan 是法國電力公司 (Electricite De France) 嚴重事故的主持人，主要推動嚴重事故相關的計畫與研究。Jeremy Bittan 先生本次針對精進 MAAP 程式之計算速度為主題進行介紹。

MAAP 程式定位為嚴重事故評估程式，在 EDF 公司內部，MAAP 程式用來發展嚴重事故處理導則(SAMG)、決定電廠在事故下的熱流暫態條件(如壓力、溫度)與決定電廠在嚴重事故下之安全設備評估(如 FLEX 策略)。而當法國的核能電廠出現緊急情況時，在 EDF 公司與法國輻射防護暨核能安全研究所(The Institute for Radiation Protection and Nuclear. Safety, ISRN)的專家或利用相關安全分析程式在極短時間內，針對電廠狀態進行計算，並評估出電廠的熱流目前熱水流情況、爐心是否有被水覆蓋與爐心是否開始熔損並放出分裂產物等重要電廠指標。而這些結果必須快速並可信賴。由於 MAAP 程式的其中一項特點為計算快速，且可輸出電廠熱水流與分裂產物的情況，因此 EDF 公司選擇 MAAP 程式來作為危機處理工具(crisis tool)。並且為了確保 MAAP 程式在熱水流計算與分裂產物外釋計算準確，EDF 公司使用了 CATHARE 程式來驗證 MAAP 程式在熱水流的計算，也使用了 COSAQUE 程式來驗證 MAAP 程式在分裂產物外釋的計算，並把重要的一些驗證結果回饋給 FAI 公司。

由於核能電廠在緊急狀況下的現象可能極為複雜，因此若能快速地評估出電廠當下情況並立刻做出決策來因應是件重要的課題。因此 EDF 公司著手開始修改 MAAP 程式內部的源程式(source code)，就以下要點來進程式修改：

1. 減少反應器廠房的節點與流徑。
2. 增加程式最大計算步階(maximum time steps)。原始 MAAP 程式設定值為 0.2，增加到 0.5。
3. 修改編輯選項(flag)。如將 O<sub>3</sub> 計算模式取消，由於此計算對重要結果無影響，並可加快計算速度。
4. 針對源程式進行修改，優化程式運作並合理減少程式行數，EDF 公司共修改了超過 50,000 行的程式。

精進後的 MAAP 程式，針對 PWR 型態之反應器模擬冷端管路破口的 LOCA 事故，其運跑事故序列之精進前後差異如圖 6 所示。根據圖 6 可知在前期計算速度幾乎快了一倍，而在

RPV 失效後計算速度更好，最後計算終結時，計算所使用的時間比原始的程式還少了約 2/3。藉由 EDF 公司對 MAAP 程式的精進，可在確保計算結果正確情況下之計算時間縮短，對於核能電廠緊急狀況處理，可提供及時的技術分析。



圖 5、Jeremy Bittan 先生

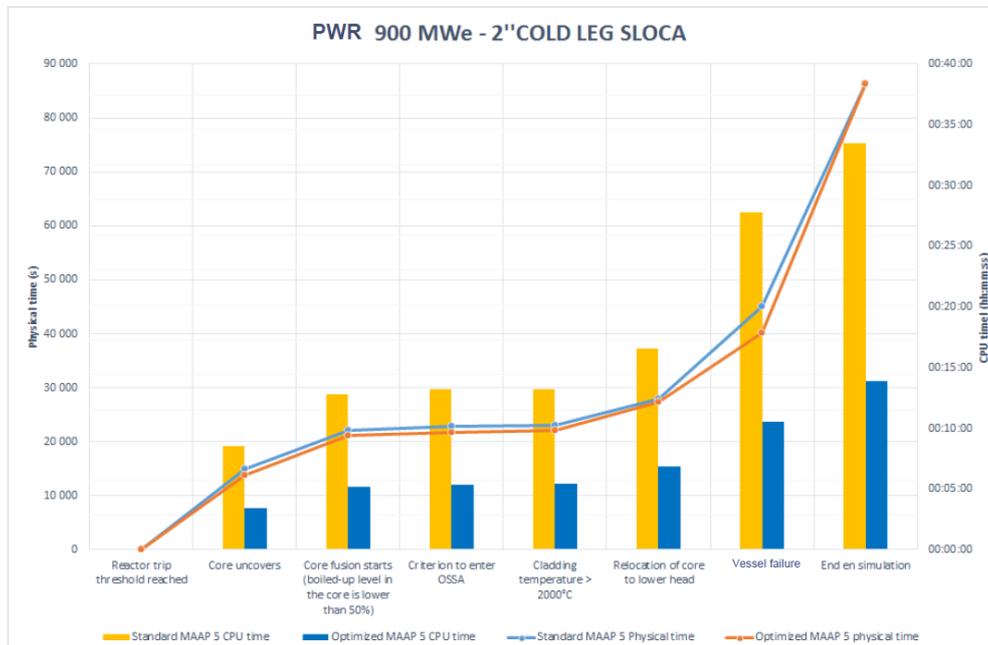


圖 6、運跑事故序列之精進前後差異圖<sup>[2]</sup>

[2]“Use of MAAP within EDF: Industrial Applications & Research Activities”, J. Bittan, EDF

#### (四) MAAP 在 5.05 版之模式精進

MAAP 程式在 5.05 中對於 BWR 爐心冷卻系統(reactor cooling system, RCS)進行了分析模型的精進，希望改善模型的精細程度能夠針對福島事故進行更準確的研究。在模型的精進方面可以分成幾個部分，包含：1. 增強爐心熔融模型。2. 加強壓力槽(reactor pressure vessel, RPV)底部的模型設計精細度。3. 加強壓力槽外熔融物質重置模型等。除了計算模型的改進外，還加入了被動式圍阻體冷卻系統(passive containment cooling system, PCCS)可供使用者進行安全分析時使用。

MAAP 5.04 版本中發展了一種新的 RCS 模型，提供了更詳細的節點設定以及模擬關閉條件的能力，新版的 RCS 節點設定如圖 7。新版的模型除了提供更詳細的節點外，還可以對電廠進行開蓋模擬，研究當 RPV 頂部爐穴打開時發生的嚴重事故。新版的 RCS 模型建立，利用 PRA 案例來進行分析模擬，可以發現較舊有模型計算結果略有增強。

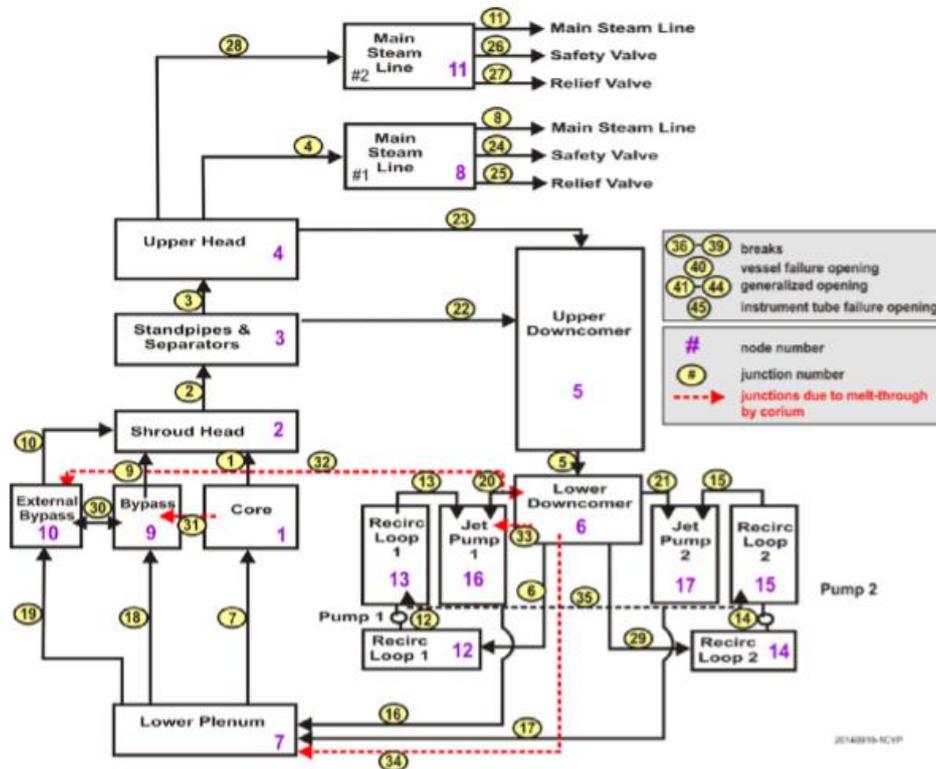


圖 7、MAAP5.04 RCS 節點設定圖<sup>[3]</sup>

針對節點幾何特性上也做了一些精進，若是金屬外殼熔化，外殼節點可以返回到多孔節

點。增加了燃料閘與水棒的雙重氧化區間。側邊的物質重置上也採用更精進的力學分析方法，而燃料閘、水棒熔融的鈾金屬利用薄膜流動來進行分析模擬，同時也更新了 BWR 控制棒的氧化模型來提供更準確的結果。在熔渣重置現象上，以前只考慮簡單的通道流量和修改的摩擦因數的方式來進行模擬，現在採用更精準計算方式。

在燃料棒喪失冷卻後，護套表面溫到開始加熱，會造成燃料棒開始形變、倒塌、甚至熔融等情況，在 MAAP 5.05 版時有做更詳細的結構分類，如圖 8。新的模型更考慮到熱傳方面的影響，可以由使用者來設定 TBOTCRUST，此參數用在考慮若是變成熔融狀態時，上方的物質是否可以經由熔融物的間隙通過，若是下方節點的溫到高於 TBOTCRUST 設定值時，則該節點則保持為阻塞節點(IGTYP=4)，來在該節點的熔融物可以向下移動。當金屬熔體從節點重新定位並且節點的孔隙度變得大於用戶定義的截斷孔隙度以用於堵塞時，允許完全凝固的節點返回到多孔節點。但是在某些條件會阻止凝固節點返回到多孔節點：1. 節點位置在水下：這種情況避免熔渣池內的阻塞節點像 TMI-2 的情況再次成為多孔節點。2. 節點溫度高於特定溫度(例如：ZrO<sub>2</sub> 熔化溫度)。這種情況表明結構部件不再存在於固態中。因此，節點不可能返回到其他幾何狀態(IGTYP = 1, 2 或 3)

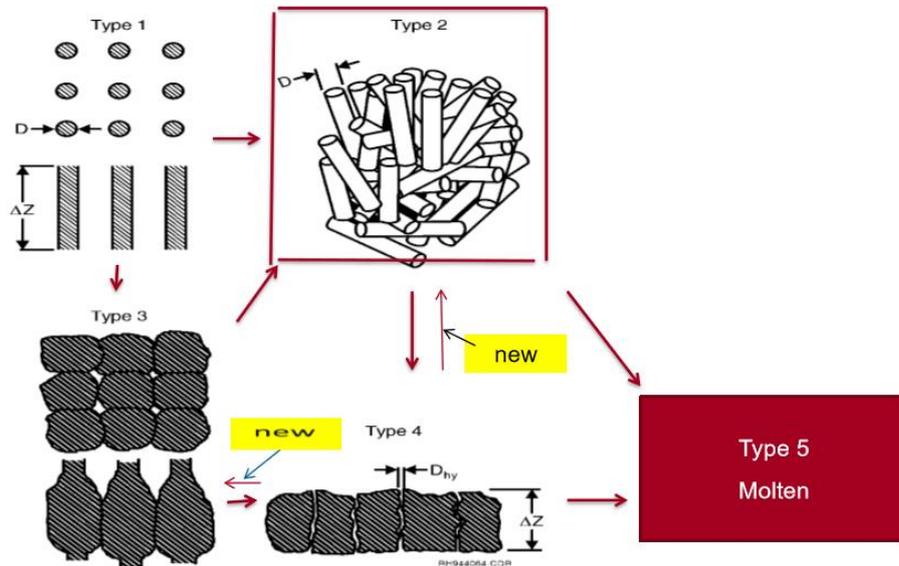


圖 8、MAAP 5.05 版燃料棒的熔融結構分類<sup>[3]</sup>

在 BWR 控制棒的 B<sub>4</sub>C 氧化模型建立，由更多的研究實驗顯示氧化反應對於模擬氫氣產生的總量有所影響。由最新的研究顯示可以知道 B<sub>4</sub>C 氧化對福島核素評估的影響在爐心產生

的總氫質量方面很小，圖 9 為氫氣產的模擬結果。

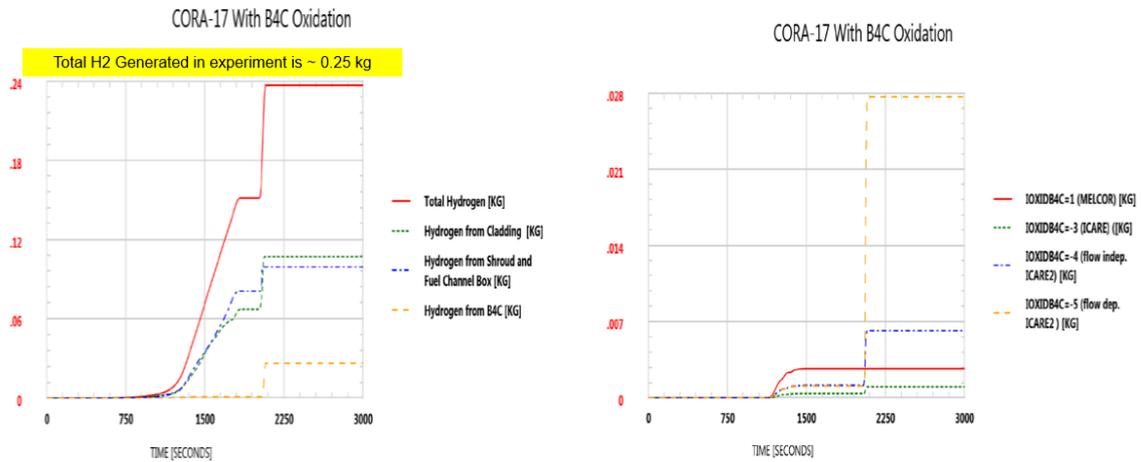


圖 9、MAAP 模擬 CORA-17 氫氣產結果<sup>[3]</sup>

進行福島事故研究的時候，發現控制棒或是導管進出的通道是之前忽略的部分，因為這些導管的通道可能會造成 RPV 失效，所以在 MAAP5.04 之後開始針對此部分的模擬進行加強。樣本模型如圖 10。在福島事故後，更要求能加入多被動式緊急注水系統，故 MAAP 程式進行了被動式的緊急系統設計模型加強，如蓄壓槽、重力注水系統等，如圖 11。MAAP 5.05 增加很多精進的模型，未來在使用上可以考慮到更多的情況，在模擬嚴重事故上能提供使用者更好的幫助。

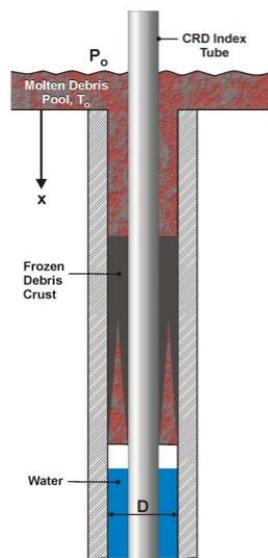


圖 10、MAAP5.04 控制棒通道模型<sup>[3]</sup>

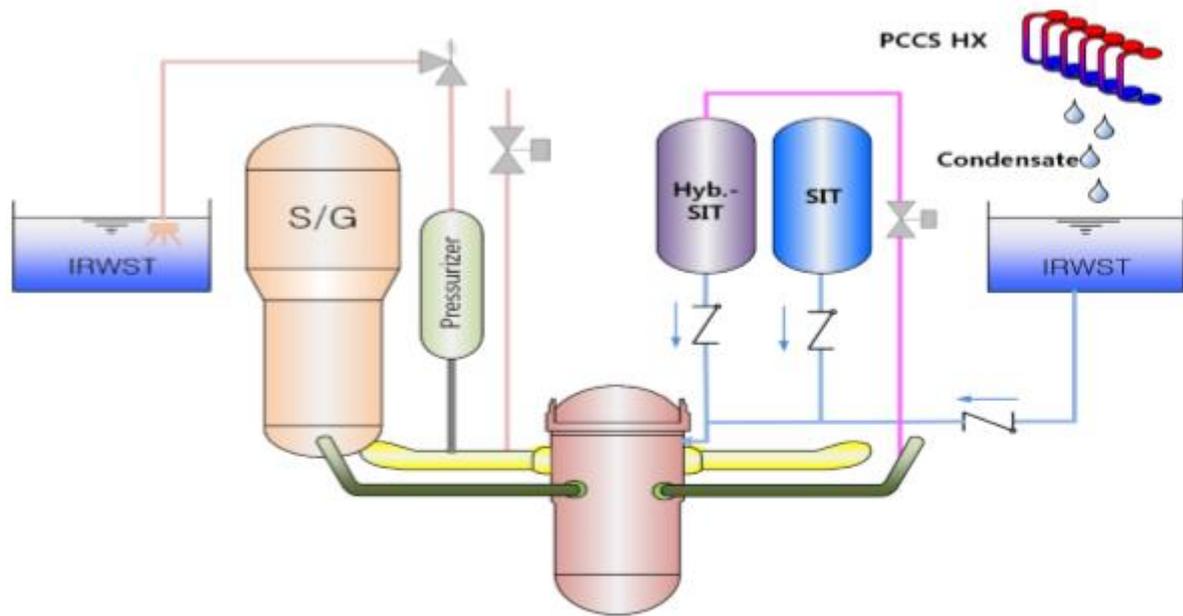


圖 11、MAAP5.05 被動式緊急注水系統模型<sup>[3]</sup>

[3] "MAAP v5.05 Overview and Planned Model Improvements" C. Paik, FAI

## (五) MAAP 在 5.05 版熔渣池計算模式精進

圖 12、圖 13 為福島事故的熔渣影像。圖像 12 顯示在福島二號機 RPV 底部保留了約 80% 的熔渣及碎片，顯示了底部基座結構對於爐心熔毀所造成的熔渣產生了一些限制，但仍有較低溫的熔渣離開了 RPV。圖像 13 顯示在福島 3 號機的情況，有很大部分的熔渣從 RPV 底部掉落，而且 RPV 底部基座結構損毀非常嚴重，很多控制棒的通道壁嚴重變形，但是沒有顯示有直接影響乾井(drywell)的證據。

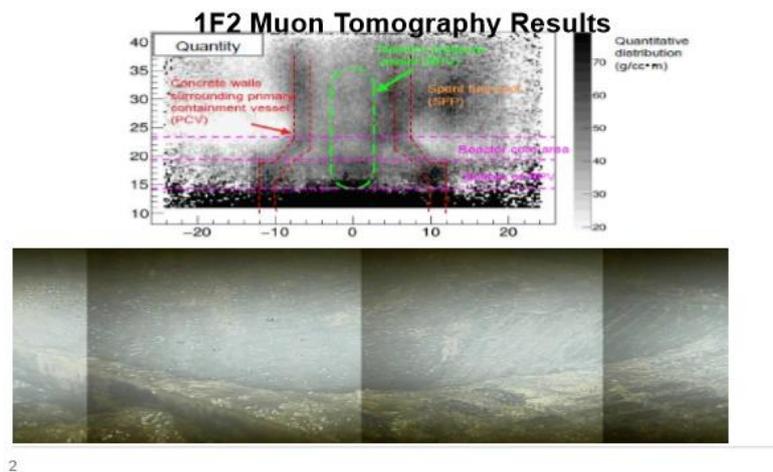


圖 12、福島 2 號機壓力槽底部影像<sup>[4]</sup>



圖 13、福島 3 號機壓力槽底層熔渣影像<sup>[4]</sup>

FAI 為了能更有效模擬福島事故，因此在 RPV 底部跟圍阻體間的熔渣處理模型上進行了

提升。模型的精進上分成幾個地方：1. 在較低的熔渣分層上先進行是否會影響壓力槽底部的固體分率。2. 考慮儀器導管對於 RPV 失效安全的影響。3. 熔渣池與 RPV 底層的交互作用，包含熔渣池可能被底層的水池再次進行冷卻以及可能在熔渣形成時產生較大的熔渣碎片。4. RPV 底層空間的熔渣可能進行再次重置的可能，建立新的計算模型如圖 14，在新模型的建立上考慮了新的熔渣行為，在 RPV 底部失效後可能產生類似熔渣雨的行為模式圖 15。

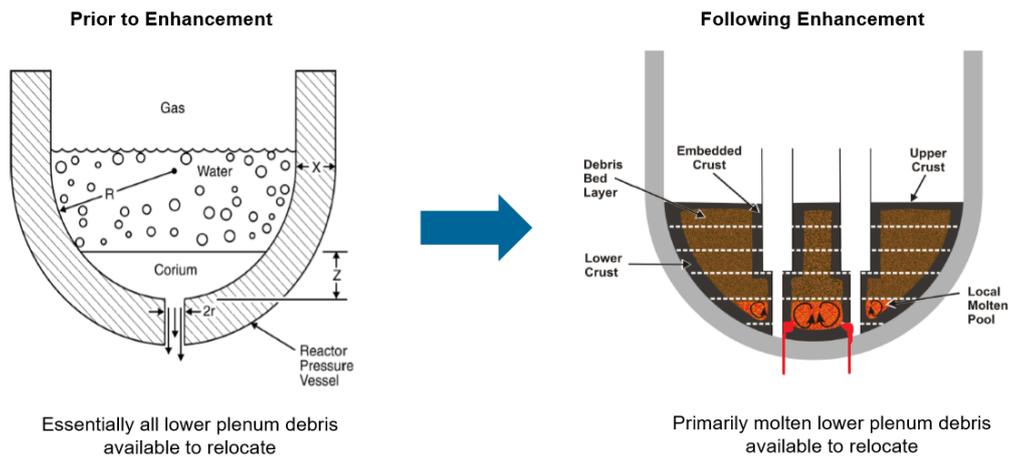


圖 14、熔渣池底部計算模型示意圖<sup>[4]</sup>

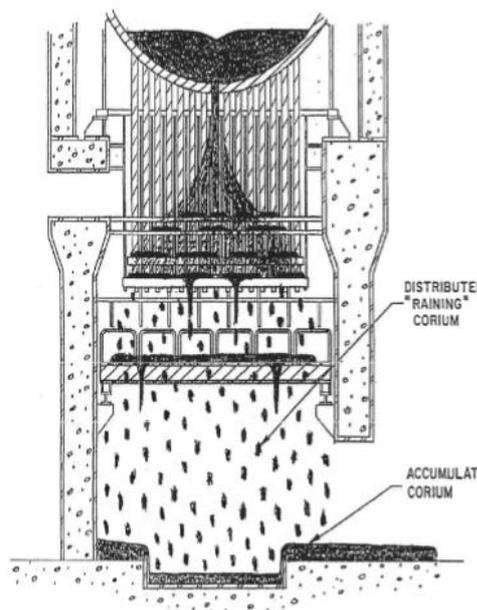


圖 15、熔渣池底部失效計算模型示意圖<sup>[4]</sup>

[4]”Enhancing Debris Relocation Modeling”, D Luxat, Jensen Hughes

## (六) MAAP-DOSE 輻射劑量模型

在 MAAP 程式發展到 MAAP4 時，已經有提供計算輻射劑量的子程式，使用者可以在主程式模擬完後進行劑量分析。發展到 MAAP5 時，FAI 已經將 MAAP5-DOSE 模擬方式建置在主程式內提供使用者進行使用，所以現在使用 MAAP5 程式進行嚴重事故案例模擬分析時可以同時進行電廠內、外輻射劑量分析。

MAAP5-DOSE 是用來評估核電廠內部、外部的輻射劑量率以及興趣點的輻射劑量，如圖 16 所示。通常在計算時分成內部來源：承諾有效等效劑量(Committed Effective Dose Equivalent, CEDE)以及外部來源，深度等效劑量(Deep Dose Equivalent, DDE)，而兩者的加總為總有效等效劑量(Total Effective Dose Equivalent, TEDE)。

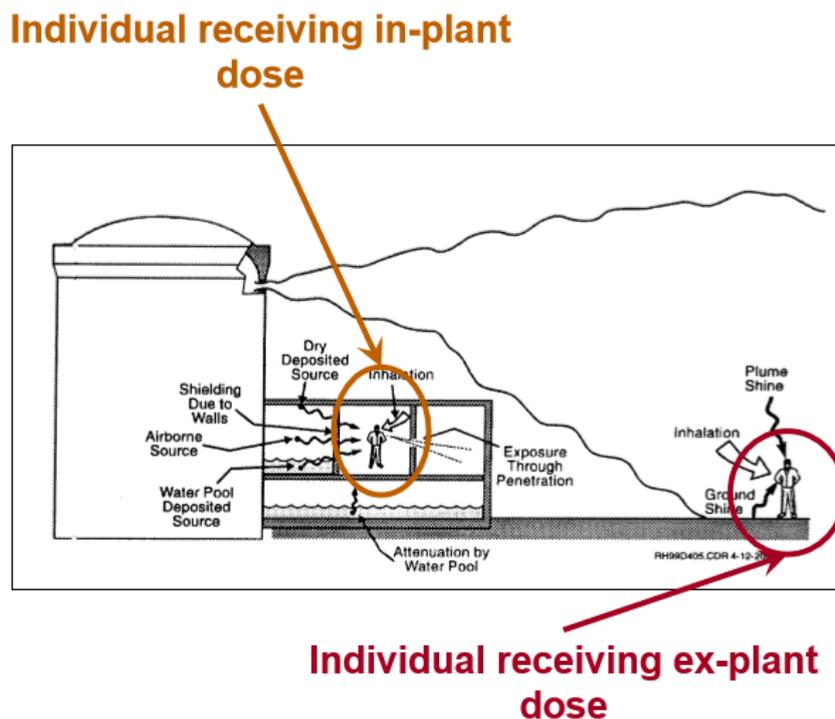


圖 16、MAAP5-DOS 劑量計算示意圖<sup>[5]</sup>

MAAP5-DOS 的計算模型方法可以分成兩種，一種為劑量轉換因子(Dose Conversion Factor, DCF)另一個為點核仁法(Point Kernel methodology)。劑量轉換因子方法是利用劑量轉換因子將均勻分佈的放射性核素活性濃度轉換為劑量(包含吸入、侵入、地表照射、向天輻射)，轉換因子資料是基於美國 NRC RG 1.183 進行設計基礎放射性後果分析，利用替代輻射源項(Alternative Source Term, AST)進行模擬計算。另一種為點核仁法，點核仁法是利用計算從射

源到接收劑量位置的距離，利用點射源的方式來加以計算分析，可以用於各種幾何模型，但此方法不適用替代輻射源項應用程序。要通過 MAAP5-DOS 來計算電廠釋放得分裂產物對於環境的影響還要考慮到大氣稀釋因子(atmospheric dilution factor,  $\chi/Q$ )，模擬方式如圖 17 所示。

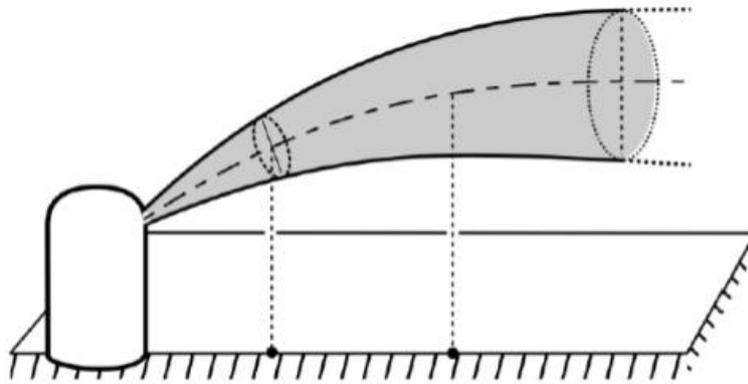


圖 17、MAAP5-DOS 模擬電廠釋放分裂產物對環境影響示意圖<sup>[5]</sup>

MAAP5-DOS 可以計算分裂產物在電廠或是環境中的位置分布，了解分裂產物在節點內的移動軌跡，讓我們能更容易了解在嚴重事故下分裂產物外釋的情況。MAAP5-DOS 在分裂產物的分類上總共分成 18 群，如下表 1 所示，使用者可以針對自己興趣的分裂產物來進行個別的研究。未來在使用 MAAP 模擬嚴重事故時也可以同時分析分裂產物外釋對於廠內、外人員的劑量影響。

表 1、MAAP5-DOS 分裂產物分類表<sup>[5]</sup>

18 Fission Product Chemical Group	
Group 1	Xe + Kr
Group 2	CsI + RbI
Group 3	TeO <sub>2</sub>
Group 4	SrO
Group 5	MoO <sub>2</sub>
Group 6	RuO <sub>2</sub> , TcO <sub>2</sub> , RhO <sub>2</sub>
Group 7	BaO
Group 8	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> , NbO <sub>2</sub> , AmO <sub>2</sub> , CmO
Group 9	CeO <sub>2</sub> , NpO <sub>2</sub> + PuO <sub>2</sub>
Group 10	Sb
Group 11	Te <sub>2</sub>
Group 12	UO <sub>2</sub>
Group 13	Ag
Group 14	I <sub>2</sub>
Group 15	CH <sub>3</sub> I
Group 16	Cs <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>
Group 17	RuO <sub>2</sub>
Group 18	PuO <sub>2</sub>

[5] "MAAP5-DOSE Modeling" D. Luxat, Jensen Hughes

### 三、心得

- (一)、參加東京電力公司舉辦之 MAAP 程式使用者研討會，討論議題囊括了嚴重事故領域各項最新的進展與 MAAP 程式的使用心得交流。對於所裡未來針對運轉中或停機下的機組進行事故模擬有很大的助益。
- (二)、本次研討會其中一項議題為 MAAP 程式在 PRA 的應用，尤其在一階與二階 PRA 之分析，可針對事故序列分析、成功準則、人因分析等進行相關的參數回饋，大幅提升 MAAP 程式的使用範圍而不再侷限在嚴重事故模擬領域。因此這項議題讓我們在 MAAP 程式與 PRA 分析的結合提供一個嶄新的思維。
- (三)、由於 MAAP 程式在 FCVS 系統的模擬相當精細，除了考慮到排氣時的熱水流分析計算之外，也針對分裂產物在 FCVS 系統內的洗滌效應、沉積效應有相當程度的計算。本次研討會針對 FCVS 系統的討論非常熱切，這是由於日本在福島事件之後，在核能電廠裝設 FCVS 系統的需求日益熱切，因此在本次研討會視其為一討論重點，東京電力公司系統分析部門(TEPSYS)內也有相當多的人員對於 FCVS 系統甚有研究，因此日後國內若有裝設 FCVS 系統的需求，可就日本經驗進行參考。
- (四)、MAAP5.05 程式新增非常多的功能以及設定，使用者可以有更多的模式來進行事故上的分析。增強的部分包含增強爐心熔融模型、壓力槽底部的模型設計精細度、加強壓力槽外熔融物質重置模型、被動式圍阻體冷卻系統可供使用者進行安全分析時使用。MAAP 程式的加強在未來進行分析嚴重事故案例時，提供給我們更多的彈性、準確度。
- (五)、藉由福島事故給予我們更多關於爐心熔毀後的資訊，建立新的熔渣重置模型。新的熔渣重置模型建立可以提供我們更多分析上的思路，我們可以針對不同的壓力槽失效模式進行分析以及研究，依照模擬後的現象結果做更多的物理現象上的討論。
- (六)、MAAP-DOS 模式的使用在模擬嚴重事故上可以讓我們了解到不同的分裂產物在電廠內、外的遷移模式，讓我們計算釋放出的分裂產物對於廠內、外以及環境、人員的輻射影響。「核二廠輔機廠房事故輻射狀況之重估工作」計畫中，MAAP-DOS 可以輔助計畫執行，提供輻射劑量的評估。MAAP-DOS 未來也可以用在制定規範，分析各種情況下分裂產物可能造成的影響，用來制定更安全的輻射工作環境。

## 四、建議事項

### (一)、程式應用對於輻射計算模擬的幫助:

MAAP 程式在輻射劑量評估具有相當的分析能力，不僅可以計算廠區內輻射劑量，同時可以配合當地的大氣資料進行廠外輻射劑量的計算。因此，MAAP 程式在未來可以輔助核電廠輻射劑量相關之分析研究。

### (二)、電廠除役人才之培訓:

本次雖然是參加 MAAP 程式嚴重事故使用者研討會，但 TEPSYS 人員仍有大致針對福島電廠在現況進行說明，包含了設備除汙、拆除等進程。核一廠即將進入除役階段，因此參考日本電廠之除役工作對於國內日後除役規劃、工作應有相當大的助益。

### (三)、與日方核安資訊交流:

本次參加 MAAP 程式嚴重事故使用者研討會，TEPSYS 人員提及為了有效反映核能電廠突發之緊急事故，建立了一套工具可提供圍阻體排氣時機進行有效之決策建議，對方提到由分析、設計到製作都全部都是由東京電力公司自行完成，並也包含動態圖形的方式顯示事故發生流程，此功能與所裡發展之的緊急應變支援系統(ERSS)相似，因此，雙方可多加強核能資訊交流與經驗回饋，增進核能安全相關技術。

### (四)、積極參加國際研討會:

持續派員參加國際技術交流會議，以了解目前全世界最新的嚴重事故模擬主題與 MAAP 程式研究成果，避免閉門造車而不知目前國際發展趨勢，參加國際技術交流研討會可對國內核安技術注入活水，進而提升國內核能安全之分析技術。

## 五、附 錄

### (一) 附件一

## MAAP 程式研討會暨 MUG 會議議程

Tuesday April 24th.		
Time	Topic	Lead
9:00 am	WELCOME	T. KINDRED, EPRI
9:15 am	MAAP USER GROUP – PROJECT AND BUSINESS UPDATE <ul style="list-style-type: none"> <li>• EPRI PROJECT BUSINESS REPORT</li> <li>• UPDATE ON CURRENT MAAP USER GROUP OBJECTIVES AND DELIVERABLES</li> </ul>	T. KINDRED, EPRI
10:00 am	THE ROLE OF MAAP IN DEVELOPING A PRA	J. GABOR, JENSEN HUGHES
10:30 am	BREAK	ALL
11:00 am	THE ROLE OF MAAP IN DEVELOPING A PRA (CONT'D)	J. GABOR, JENSEN HUGHES
12:00 pm	BREAK	ALL
1:00 pm	EXAMPLE INDUSTRY APPLICATIONS OF MAAP IN DEVELOPING PRA SUCCESS CRITERIA	J. GABOR, JENSEN HUGHES
2:00 pm	OVERVIEW OF MAAP FILTERED CONTAINMENT VENT SYSTEMS MODELS	C. PAIK, FAI
3:00 pm	BREAK	ALL
3:30 pm	EDF USE OF MAAP FOR PRA AND CRISIS ANALYSES	J. BITTAN, EDF
4:00 pm	MEMBER PRESENTATION	MEMBER
4:30 pm	MEMBER PRESENTATION	MEMBER
5:00 pm	ADJOURN	ALL

Wednesday, April 25 <sup>th</sup>		
Time	Topic	Lead
9:00 am	WELCOME DAY 2	ALL
9:05 am	RECENT INDUSTRY APPLICATIONS FOR FCVS	R. WACHOWIAK, EPRI
9:35 am	MAAP5 ACCIDENT TOLERANT FUEL (ATF) MODELS	C. PAIK, FAI
10:30 am	BREAK	ALL
11:00 am	RECENT INDUSTRY APPLICATIONS OF MAAP5 WATF: NEI BENEFITS STUDY	J. GABOR, JENSEN HUGHES
12:00 pm	BREAK	ALL
1:00 pm	MAAP5 DOSE MODELS	D. LUXAT, JENSEN HUGHES
2:00 pm	INDUSTRY APPLICATIONS OF MAAP5-DOSE	D. LUXAT, JENSEN HUGHES
3:00 pm	BREAK	ALL
3:30 pm	DEVELOPMENT OF DESKTOP SA SIMULATOR AND FAST-RUNNING DECISION MAKING SUPPORT TOOL USING MAAAP	D. FUJIWARA, TEPSYS
4:00 pm	MEMBER PRESENTATION	MEMBER
4:30 pm	EDF MAAP5 MODEL DEVELOPMENTS	J. BITTAN, EDF
5:00 pm	ADJOURN	ALL

Thursday, April 26th		
Time	Topic	Lead
9:00 am	WELCOME	ALL
9:05 am	MAAP UNCERTAINTY ANALYSES AND APPLICATIONS	R. WACHOWIAK, EPRI
9:45 am	ENHANCEMENTS TO BWR DEBRIS RELOCATION MODELING	D. LUXAT, JENSEN HUGHES
10:30 am	BREAK	ALL
11:00 am	MAAPv5.05 OVERVIEW AND PLANNED MODEL IMPROVEMENTS	C. PAIK, FAI
12:00 pm	BREAK	ALL
1:00 pm	MEMBER PRESENTATION	MEMBER
1:30 pm	MEMBER PRESENTATION	MEMBER
2:00 pm	MEMBER PRESENTATION	MEMBER
2:30 pm	ADJOURN	ALL

TEPSYS address: 2-37-28 Eitai, Koto-Ku, Tokyo, Japan.