

嚴重核子事故處理程序(運轉值班)

講師：核技組 陳新儒

學習目標

- 了解嚴重事故的物理現象
- 熟悉URG的內容
- 熟悉SAMG的架構及執行程序

要求成效

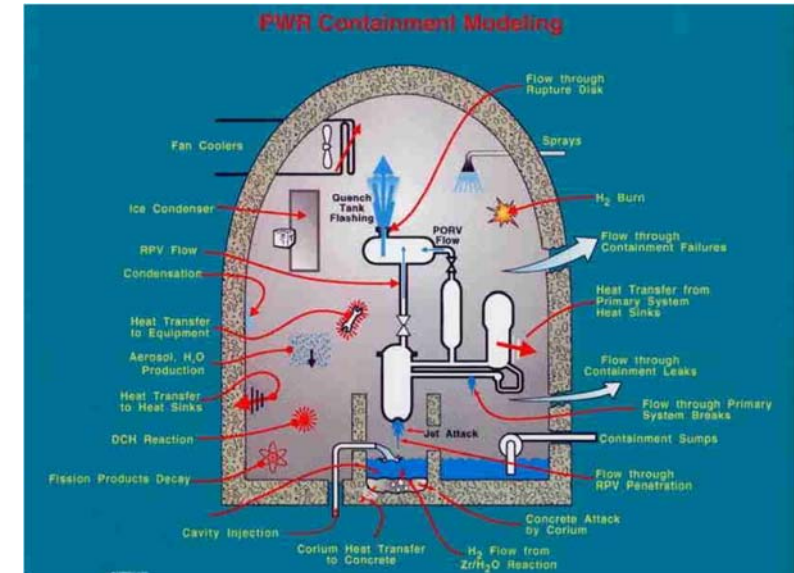
- 須能陳述嚴重事故的物理現象
- 須能清楚URG的救援策略。
- 須能建議AMT的救援行動決策。

訓練內容

- 一. 嚴重事故的物理現象
- 二. 斷然處置程序指引|URG簡介
- 三. 嚴重事故處理指引|SAMG簡介
- 四. AMT事故處理指引
- 五. 100年演習範例
- 六. 100緊計演習評核意見經驗回饋

一.嚴重事故的物理現象

Severe Accident Phenomena in PWR

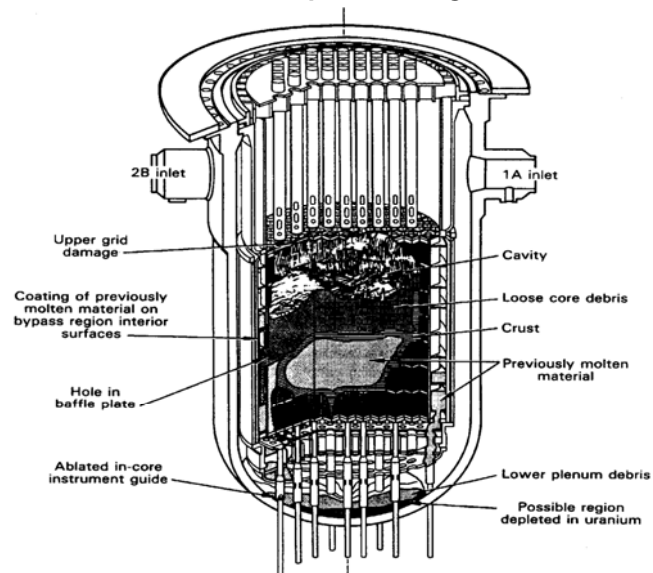


June 9 - 10 2011

Professor Jason Chao

6

TMI core was partially melted



June 9 - 10 2011

Professor Jason Chao

7

Accident Progression - Phase 1 第一階段

- Major features: Initiation of clad oxidation & control rod melting 主要特徵：護套氧化及控制棒熔化
 - Oxidation: Reaction of exposed metallic surfaces (Zirconium clad) to steam 氧化：鉍-蒸汽反應
 - ❖ "Run-away" exothermic oxidation at temperatures greater than ~1200C
 - Control rod melting 控制棒熔化
 - ❖ Ag-In-Cd alloy melting temperature ~ 800C

Effects of Phase 1 Features on Accident Progression

- Heat of reaction causes significant increase in fuel assembly heat up rate 氧化反應之熱量加速燃料溫度上升
- Potential melting a downward “candling” of molten control rod & clad material 熔蠟現象減少流徑
 - Refreezes at lower elevation, reducing coolant flow area
- Major source of hydrogen to containment

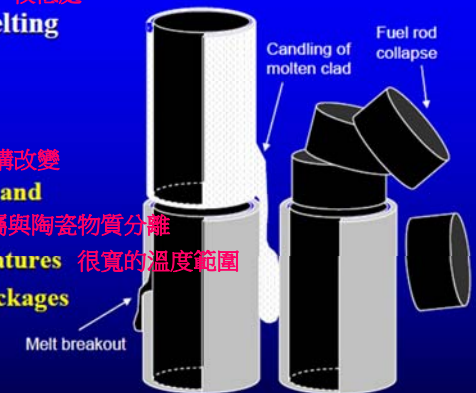
$$\text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{ZrO}_2$$
 鎂水反應產生H2

Accident Progression Phase 2 第二階段

主要特徵：燃料熔化及移位至RV較低處

- Major feature: Fuel melting and relocation to lower elevations of the RV:

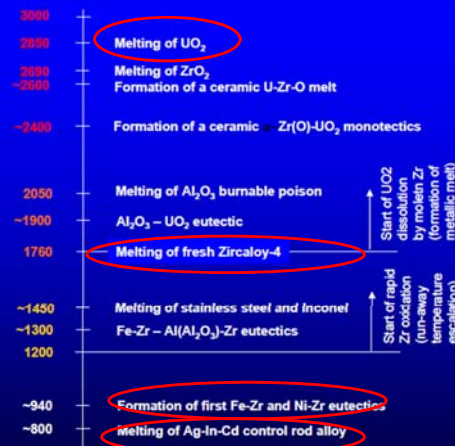
- Major changes in core geometry 爐心幾何結構改變
- Separation of metallic and ceramic materials 金屬與陶瓷物質分離
- Wide range of temperatures 很寬的溫度範圍
- Formation of local blockages 局部流徑阻塞



Accident Progression Phase 2

- Core ‘melting’ and relocation affected by eutectic interactions among various core materials

共熔現象(熔點降低)影響爐心熔化及移位



Eutectic : Of, relating to, or formed at the lowest possible temperature of solidification for any mixture of specified constituents. Used especially of an alloy whose melting point is lower than that of any other alloy composed of the same constituents in different proportions.

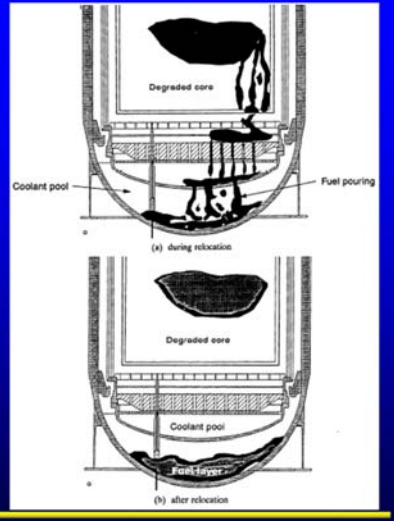
Accident Progression - Phase 3 第三階段

主要特徵：爐心熔渣侵蝕RV底蓋

- Major features: Molten Debris Attacks Lower Head
 - TMI-2 lower head did not fail in spite of molten pour of a considerable mass of material TMI RV底蓋未熔穿
 - Molten material submerged in pool of water
 - Crust formation against inner surface of lower head wall provided an insulating layer that limited heat transfer
 - Debris coolability in lower head remains a major area of research
 - Lower head penetrations important for some reactor vessels RV底蓋的穿越孔是可能的失效點

Accident Progression Phase 3

- Major uncertainties include:
 - Configuration of relocating debris/melt
 - Temperature of relocating material
 - Crust formation and heat transfer mechanisms on lower head surface



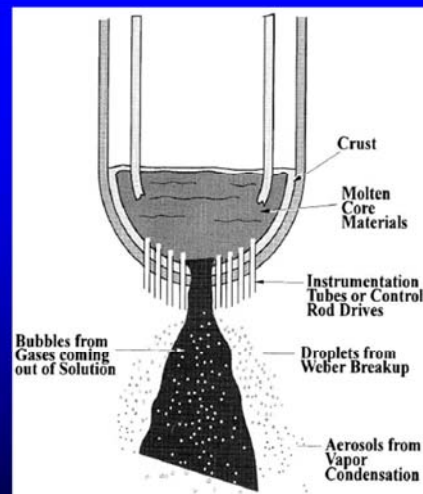
Transition to Ex-vessel Period of Accident Progression 熔渣流出RV的階段

主要特徵：爐心熔渣移位至圍阻體

- Major features: Core debris relocation into containment
 - If vessel failure occurs at high-pressure 高壓RV失效
 - Possibility of melt dispersal and thermal interactions with containment atmosphere ("High-Pressure Melt Ejection" and "Direct Containment Heating": HPME / DCH)
 - Vessel failure at low pressure results in gradual "pour" of debris onto containment floor 低壓RV失效
- After vessel failure, thermo-chemical interactions between molten core debris and concrete can dominate containment response. RV失效後MCCI主宰圍阻體的反應

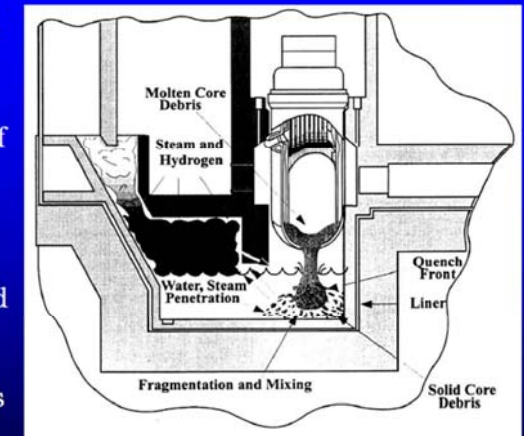
High Pressure Melt Ejection 高壓熔渣射出

- Can be the cause of largest pressure increase in a PWR containment
- Combines:
 - RV blowdown from high pressure
 - Steam and H_2 generation from melt-coolant interactions
 - Airborne debris particles directly heat containment atmosphere



Low Pressure Melt Release 低壓熔渣外釋

- Debris "pours" out of RV lower head onto containment floor (cavity)
- May interact with water (if present) and quench
- Beginning of core-concrete interactions

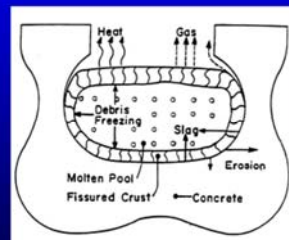


Molten Core-Concrete Interactions (MCCI)

- Exothermic chemical reactions between core debris and concrete 產生大量水泥
- Large quantities of gas generated by concrete decomposition 分解氣體
- Physical and chemical interactions between concrete decomposition gases and core debris release non-volatile fission products 分解氣體與熔渣作用
- Vertical and horizontal erosion of concrete basemat destroys containment foundation 侵蝕圍阻體基座

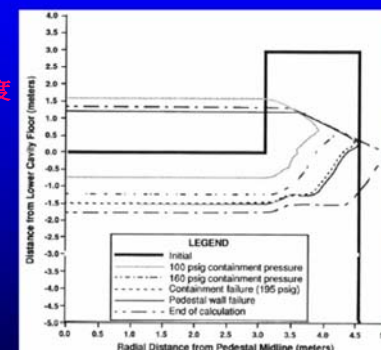
Property	Basalt (Siliceous) Concrete	Limestone Concrete
Solidus Temp (C)	1350	1420
Liquidus Temp (C)	1650	1670
Ablation Temp (C)	1450	1500

* Major components lost by decomposition: SiO₂, CaO, MgO



Effects of MCCI on Accident Progression

- Containment Structure Penetration 圍阻體穿越孔
- High local atmosphere temperatures 高的局部大氣溫度
 - Potential for local heating of containment pressure boundary
- Non-condensable gas generations 不凝結氣體產生
 - Significant contributor to containment pressure late in an accident sequence



Other Severe Accident Phenomena of Interest to Level 2 Analysis 其他事故現象

- Creep rupture of reactor coolant system pressure boundary during in-vessel core degradation RCPB的潛變破裂
- Hydrogen combustion in containment 圍阻體內氫氣燃燒
- Steam explosion 水蒸汽爆炸

核子事故因應重要方法及觀念

□ 簡易衰變熱計算公式

$$\dot{Q} = 0.095 \dot{Q}_0 t^{-0.26}$$

$$\dot{Q} = \text{Decay heat generation rate}$$

$$\dot{Q}_0 = \text{Reactor power level before shutdown}$$

$$t = \text{Time elapsed since shutdown (sec)}$$

□ 3300MWt的機組，停機後1小時：

- Feed&Bleed所需流量 W_{sat} 一般在1000~2000gpm
- Steaming所需流量 W_{vap} 一般在100~200gpm

□ 二次側Dryout時間

$$\Delta t_{DO} = \frac{m_W h_{fg}}{0.095 \dot{Q}_0 t_L^{-0.26}}$$

Δt_{DO} = Interval to dryout

m_W = Total water mass in 2nd side when loss of cooling

h_{fg} = Latent heat of vaporization

□ 銻水反應之H₂量預估

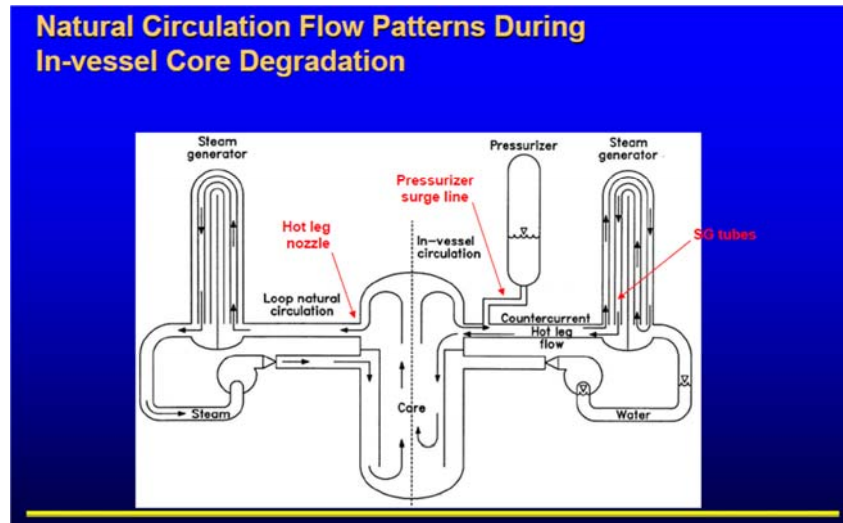
- Boildown階段會產生大量的氫氣。
- Recovery階段會產生額外的氫氣。
- Recovery階段注水率大時，在短時間會有高H₂產生率，但總H₂量反而較低。(建議注水量> W_{sat})

□ Eutectic共熔效應

- UO₂可被熔融的護套液化，液化溫度1800°F，遠低於UO₂熔點

□ 熱氣體自然循環導致的Creep Rupture

- Hot Leg及PZR surge line之溫度及內外差壓遠高於SG U-tube，較易發生。SG U-tube之Creep Rupture會導致輻射物質直接外釋。
- 防止SG U-tube之Creep Rupture的方法是SG補水及RCS降壓。



□ SG灌水(>71.2%WR)可避免發生U-tube的Creep Rupture。

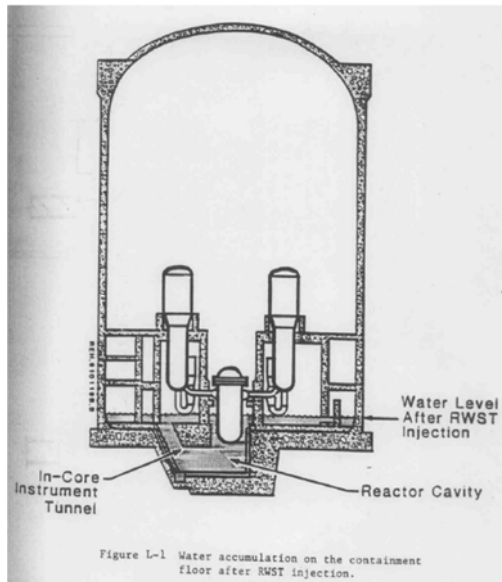
- U-tube的Creep Rupture需有高溫高差壓的條件才會發生。

□ RCS降壓(<400psig)可避免RPV失效時高壓熔渣噴出，導致DCH。

□ RCS降壓(例如開啟PORV)時需注意圍阻體是否可能導致H₂燃燒。

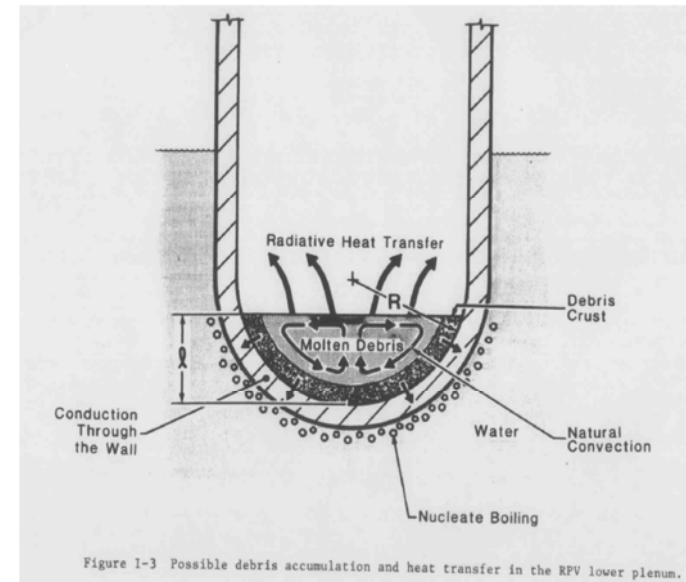
RCS 降壓的正面效應

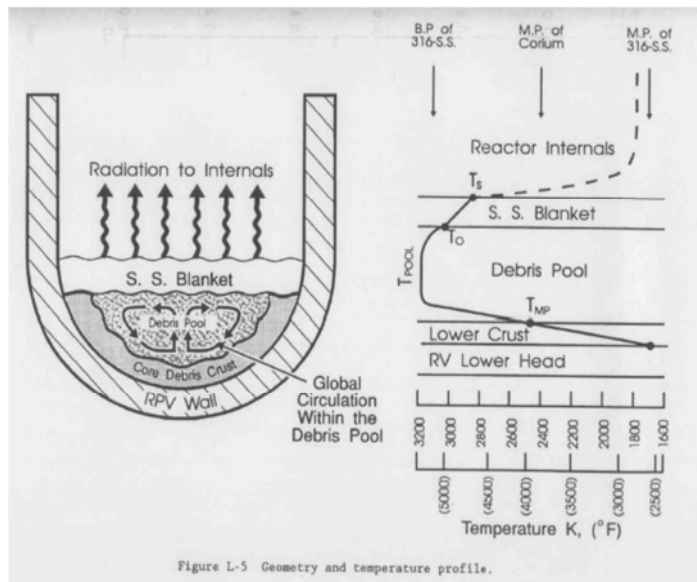
- 防止S/G U型管的破管 ---- RCS與S/G之壓差小於 500 psid
- 允許CCP注水 ---- 小於196.8 kg/cm²(2800 psig)(P01)
- 允許蓄壓槽注水 ---- 小於46.40 kg/cm²(660 psig)(P03)
- 防止高壓熔融物噴出 ---- 小於 28.12 kg/cm² (400 psig) (P14a)(參考變更說明編號30，p.32)
- 允許RHR泵注水 ---- 小於30 kg/cm²(425 psig)(P02)



□ 可燃氣體的控制

- TMI有50%有效護套氧化，產生7.3~7.9%氫氣。
 - 水蒸氣存在時，H₂無法完全燃燒，燃燒最高壓力可以降低。
 - Steam達53%時H₂不會燃燒。(釋放蒸氣至圍阻體，只要其分壓略大於1atm，則可避免H₂燃燒)
 - 圍阻體噴灑動作時，可導致完全燃燒及較高的壓力。
- ## □ 圍阻體灌水可大為延長RPV底部熔穿的時間。
- 灌水至BK-LI112、212顯示40公分，可確認Cavity滿水。

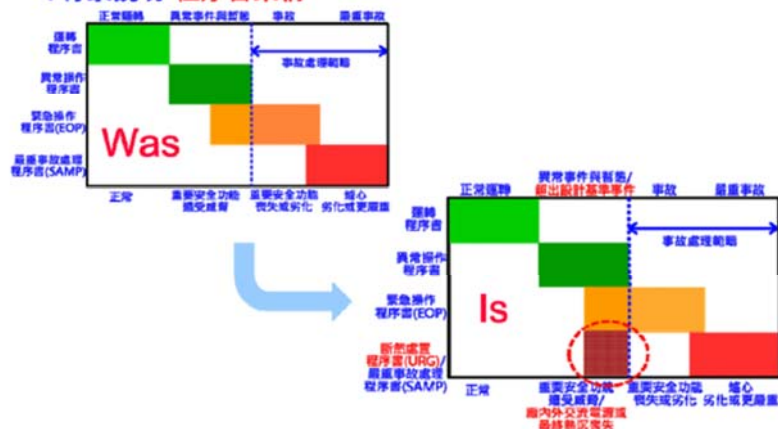




二.斷然處置程序指引URG簡介

台電公司斷然處置措施之定位

一. 背景說明-程序書架構



啟動時機

下列三項條件其中之一成立時，立即執行「機組斷然處置程序指引」，進入注水前之先備準備程序：

- 條件一、反應爐或蒸汽產生器喪失以蒸汽驅動補水以外之電力驅動補水能力時。
- 條件二、機組喪失廠內外交流電源(包括喪失廠外電源、廠內緊急柴油發電機(EDG)、第五台EDG、氣渦輪發電機等固定式電源)
- 條件三、機組強震急停，且同時中央氣象局發布海嘯警報。

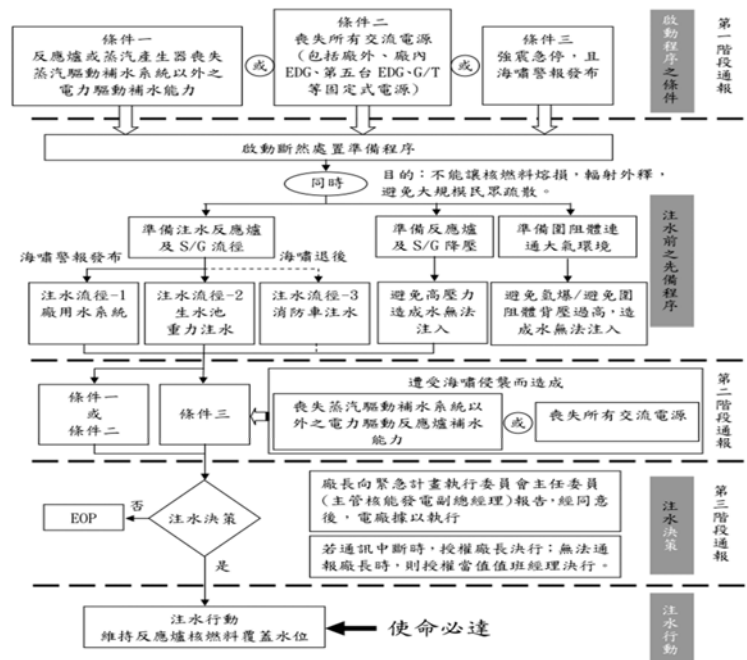
機組斷然處置程序定義：

- 當發生機組喪失廠內外交流電源或反應爐/蒸汽產生器補水狀況時，必須採取決斷行動做好廢棄反應爐的準備。於1小時內，將所有可資運用的水源排列完成，經判斷「短時間」無法恢復安全冷停機之注水與冷卻功能，立即將可用水源注入反應爐或蒸汽產生器，確保核燃料受水覆蓋，防止放射性物質外釋，避免大規模民眾疏散。
- 「短時間」之定義：在電廠技術人員不論是(1)無法由參數徵候判斷反應爐實際狀態(包括水位、溫度等)，而憑藉判斷的是電廠與機組的整體狀態與救援資源的整備情形狀況下；或是(2)仍有儀表參數可判斷機組狀況下；電廠技術人員判斷，維持機組安全冷停機之注水與冷卻功能之搶救恢復，顯然在反應爐燃料完整性或是圍阻體完整性達到瀕危狀況前，已無法達成。
- **注水前之先備程序**：當機組斷然處置程序啟動三條件其中之一成立時，立即執行注水前之先備準備程序。此時需在1小時內，對反應爐注水流徑、蒸汽產生器補水流徑等，完成設備列置之準備程序。若發布海嘯警報，則戶外設備列置工作需於海嘯退潮安全無虞後一小時內列置完成。
- **機組斷然處置程序決策點**：決定將生水、消防水、溪水、井水或海水注入反應爐、蒸汽產生器或用過燃料池。
- **圍阻體排氣洩壓決策點**：(1)圍阻體可能過壓，或(2)需降低圍阻體壓力以降低 RCS 或圍阻體背壓、加大 RCS 或圍阻體補水流量，須採取圍阻體排氣策略。

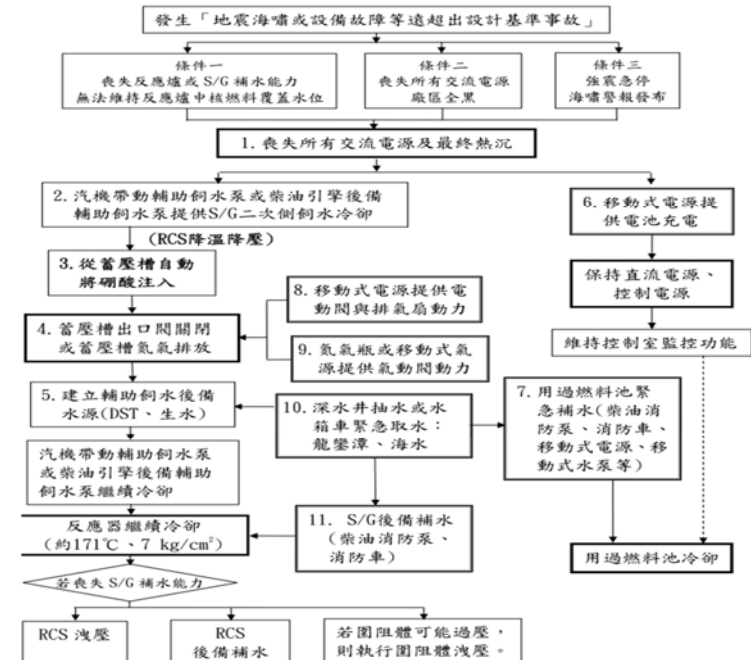
通報機制

- 第一階段通報：斷然處置程序開始啟動。以電話通報台電公司緊執會、原能會核安監管中心及核三科。
- 第二階段通報：機組喪失廠內外交流電源，或喪失以蒸汽驅動補水以外之電力驅動反應爐或蒸汽產生器補水功能。以電話通報台電公司緊執會、原能會核安監管中心及核三科。
- 第三階段通報：以電話通報台電公司緊執會、原能會核安監管中心及核三科。
 - 進行圍阻體排氣。
 - 決定將生水或海水注入反應爐或蒸汽產生器，並取得允許後決行。

附件一、斷然處置執行條件流程及通報時機



附件二、核三廠斷然處置爐心冷卻流程圖



主要策略

階段	策略	時限
第一階段	策略 MS.1-01 蒸汽產生器後備補水 策略 MS.1-02 第5部柴油發電機供電二部機 策略 MS.1-03 生水（消防水）注水入蒸汽產生器 策略 MS.1-04 蓄壓槽注水反應爐 策略 MS.1-05 水壓測試泵注水反應爐 策略 MS.1-06 生水（消防水）注入反應爐	1小時內 （若發布海嘯警報，則戶外設備列置工作需於海嘯退潮安全無虞後一小時內列置完成。）
第二階段	策略 MS.2-01 延長直流電源供電時間 策略 MS.2-02 沉水泵排水操作 策略 MS.2-03 480V 移動式柴油發電機引接 策略 MS.2-04 移動式空壓機供給用過燃料池補水閥 策略 MS.2-05 用過燃料池緊急補水（須於2小時內完成） 策略 MS.2-06 機動性水源對 CST 注水 策略 MS.2-07 機動性水源對 RWST 注水 策略 MS.2-08 4.16kV 電源車引接	8小時內
第三階段	策略 MS.3-01 緊急進水口垃圾清運 策略 MS.3-02 NSCW 馬達更換	36小時內

輔助策略

- 附件四、由一個電源同時提供給2個緊要匯流排
- 附件五、主要安全相關設備電力負載及長期冷卻需用單串設備負載
- 附件六、喪失所有電力時監測爐內熱電偶
- 附件七、喪失所有電力時監測一、二次側重要參數
- 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑
- 附件九、蒸汽產生器補水水源
- 附件十、汽機帶動輔助飼水泵喪失控制電源時運轉指引
- 附件十一、利用消防水補S/G指引
- 附件十二、用過燃料池緊急補水/噴灑策略
- 附件十三、移動式空壓機供給儀用空氣指引
- 附件十四、移動式柴油發電機供電指引
- 附件十五、清運海嘯過後NSCW水池進水口垃圾雜物的作業程序
- 附件十六、廠用海水泵馬達（NSCW）緊急更換程序

替代電源

- 策略 MS.1-02第5部柴油發電機供電二部機
- 策略 MS.2-01 延長直流電源供電時間
- 策略 MS.2-03 480V移動式柴油發電機引接
- 策略 MS.2-03 480V移動式柴油發電機引接策略 MS.2-03 480V移動式柴油發電機引接
- 策略 MS.2-08 4.16kV電源車引接
- 附件四、由一個電源同時提供給2個緊要匯流排
 - 第五台柴油發電機同時提供給2個緊要匯流排（五台柴油發電機連續運轉額定為7159 kW，若同時提供給2個緊要匯流排時，短時間最大負載不得大於7875 kW，須依附件五進行適當的分配）
 - A/B台柴油發電機同時提供給2個緊要匯流排（A/B台柴油發電機連續運轉額定為7000 kW，若同時提供給2個緊要匯流排時，短時間最大負載不得大於7700 kW，須依附件五進行適當的分配）
 - 廠外電源經第一個緊要匯流排提供給第二個緊要匯流排
- 附件五、主要安全相關設備電力負載及長期冷卻需用單串設備負載

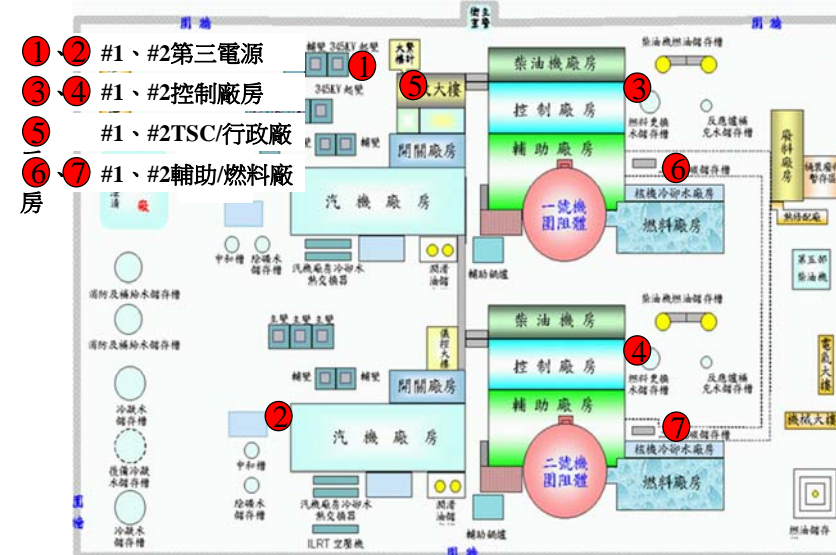
附件十四、移動式柴油發電機供電指引

- 供電第三電源：提供BH-P020使用。
- 供電至輔助廠房126’及燃料廠房126’ MCC：
 - EC-P102 (NH-E13-F5)，EC-P112(NH-E13-H5)
 - BH-HV039 (A-PH-E07-E3及A2B)、BH-HV051 (A-PH-E03-I2及I1A)
 - BH-HV101 (A-PH-E04-F1)、BH-HV102 (A-PH-E04-F2)
 - KC-P006 (A-PH-E03-D3)
 - ZA-P031 (A-PH-E03-J3B及F2-08)
 - C-PK-N001 (A-PH-E04-G2)
 - PA系統PA-PAB（輔機間、控制間、柴油機間、燃料廠房PA）及PA-PAH（圍阻體PA）之電源。
 - BH-HV045 (B-PH-E03-I2及I1A)
 - BH-HV201 (B-PH-E04-F4)、BH-HV202 (B-PH-E04-D1)
 - GT-HV401A (B-PH-E07-D2及B2A)
 - KC-P007 (PH-E03-D3)
 - ZA-P033 (B-PH-E03-H1B及F2-10)
 - D-PK-N001 (B-PH-E04-G2)
 - PA系統PA-PAA（輔機間、控制間、柴油機間、燃料廠房PA）及PA-PAK（圍阻體PA）之電源。

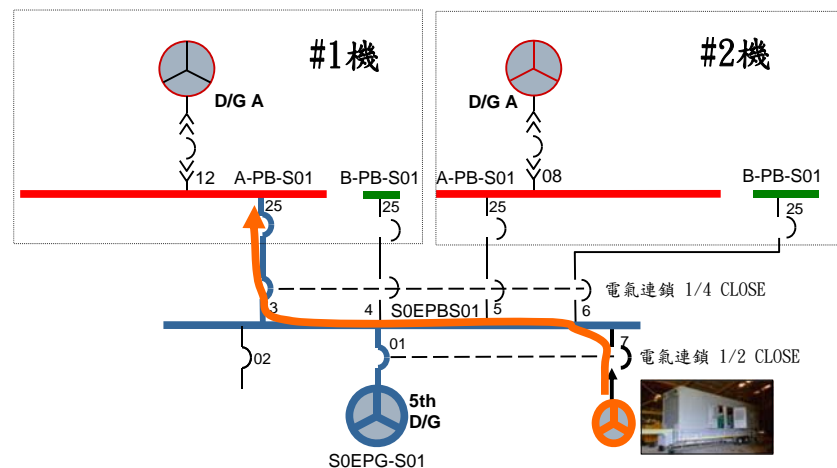
附件十四、移動式柴油發電機供電指引

- 供電至控制廠房80' :
 - AP-P100 (A-PH-E01-B2)
 - GK-F022 (A-PH-E01-A4)、GK-F023 (A-PH-E01-E3)、GK-F033 (A-PH-E01-E1)
 - A-QB-F001 (A-PH-E01-A2)
 - A-PK-N002 (ZJ-F004內標示「A-PK-N002」之斷路器)，需運轉電池室緊急排風扇GK-F033。
 - AP-P101 (B-PH-E01-B2)
 - GK-F024 (B-PH-E01-A4)、GK-F025 (B-PH-E01-E3)、GK-F034 (B-PH-E01-E1)
 - B-QB-F002 (B-PH-E01-A2)
 - B-PK-N002 (ZJ-F003內標示「B-PK-N002」之斷路器)，需運轉電池室緊急排風扇GK-F034。
- 供電至行政廠房(參照行政廠房柴油發電機單線圖E-NE-DAA)：依需要將行政廠房設備NOEQD-F001、交換機電源送電 (NOE-NE-F005)。將NOENH-F001A改由移動式柴油機供電。
- 供電至TSC (參照TSC單線圖O-E-NH-DBX)：依需要將NOEZN-MP104 CB2、CB3、CB4、CB5 “ON”，將TSC相關設備送電。

480V移動式柴油發電機之配置位置



4. 16kV移動式柴油發電機供電路徑



4. 16kV移動式柴油發電機供電至
1機4. 16kV開關箱A-PB-S01

替代氣源

- 附件十三、移動式空壓機供給儀用空氣指引

CST補水

- 策略 MS.2-06 機動性水源對CST注水
- 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑
- 3. CST後備補水
 - a. 生水→AL-HCV006→眼鏡型盲板→ AL-HCV004/HCV005→AP-HV102/HV202 →CST
 - b. 消防車→消防水帶→AP-V719上游管路AP-017-4" -GCD快速接頭→AP-V719→AP-V020→CST

RWST補水

- 策略 MS.2-07 機動性水源對RWST注水
- 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑
- 8. RWST後備補水路徑：消防車→消防水帶→BN-V633上游管路BN-005-4" -HCD快速接頭→BN-V633→BN-V005下游管路BN-005-4" -HCD眼鏡型盲板（需查證切換至流通位置）（BN-V005須關閉）→RWST。若需以消防車載運硼酸水，可於消防車取水時，打開消防車上的人孔，將適量的硼酸加進人孔。欲配置2500ppm硼酸水，每1000公升水需加入14.3公斤硼酸。）

最終熱沉

- 策略 MS.3-01 緊急進水口垃圾清運
- 策略 MS.3-02 NSCW馬達更換
- 附件十五、清運海嘯過後NSCW水池進水口垃圾雜物的作業程序
- 附件十六、廠用海水泵馬達（NSCW）緊急更換程序

蒸汽產生器補水

- 策略 MS.1-01蒸汽產生器後備補水
- 策略 MS.1-03生水（消防水）注水入蒸汽產生器
- 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑
- 1. 蒸汽產生器後備補水（參考附件十一）
 - a. 蒸汽產生器正常可由汽機帶動輔助飼水泵補水，水源來自CST、DST及生水。汽機帶動輔助飼水泵喪失控制電源時，可依附件十手動調節FC-UV002控制轉速。
 - b. 若汽機帶動輔助飼水泵不可用，另有後備柴油引擎帶動輔助飼水泵，水源可來自CST、DST及生水，蒸汽產生器壓力須降至60kg/cm²以下。
 - c. 連接至消防水系統，可由柴油消防泵補水。消防水泵額定流量1500 gpm，蒸汽產生器壓力須降至9kg/cm²以下。
 - d. 使用消防車（出口水壓約6-10 kg/cm²）補水，流量約200gpm，蒸汽產生器壓力須降至6kg/cm²以下。
- 2. 蒸汽產生器洩壓：如無電、無儀用空氣，可用手動開啟S/G PORV。
- 3. CST後備補水
- 9. 蒸汽產生器補水後備水源：
 - 附件十、汽機帶動輔助飼水泵喪失控制電源時運轉指引
 - 附件十一、利用消防水補S/G指引

蒸汽產生器補水後備水源

9. 蒸汽產生器補水後備水源：
- 50000噸生水池→AM-V1145 (C) /V1139 (C) →AM-V1060 (O) →AM-V1167 (O) →AM-V1273 (O) →AL-HCV006 (C) →AL-HCV004 (C) /AL-HCV005 (C) →AFW PUMP→S/G
 - 2000噸生水池→AM-V1151 (O) /V1152 (O) →AM-V1171 (O) /V1208 (O) →AM-V1173 (O) →AM-V665 (C) →AM-V664 (C) →AM-V666 (C) →AL-HCV006 (C) →AL-HCV004 (C) /HCV005 (C) →AFW PUMP→S/G
 - 5000噸消防水槽→KC-V1111 (O) →KC-V1138 (O) →KC-V1131 (C) →AM-V1099 (O) →AM-V1098 (O) →AM-V1096 (O) →AM-V1172 (O) →AM-V1173 (O) →AM-V665 (C) →AM-V664 (C) →AM-V666 (C) →AL-HCV006 (C) →AL-HCV004 (C) /HCV005 (C) →AFW PUMP→S/G
 - 生水管若發生斷管，應盡速隔離避免水源流失及土石流，並立即派員修護。5萬噸生水池傳送泵AM-P107、P108、P109出口管路已增設出水口，若下游生水管路斷管，可安裝臨時管路連接至2千噸生水池或接至廠內。
 - 後備水源之補充，可以#2、#3深水井抽水，或以水箱車由龍鑾潭取水，或於泵室碼頭抽取海水。

附件九、蒸汽產生器補水水源

- 水源：CST、DST、消防水槽
- 後備水源：2千噸生水池、5千噸消防水槽、5萬噸生水池x2、#2、3號深水井(移動式柴油發電機供電)、龍鑾潭、水箱車可於泵室碼頭抽取海水
- 龍鑾潭取水：以一部消防水箱車攜帶一台移動式消防水泵、2條3”硬式進水管及20條以上2-1/2”消防水帶，由龍鑾潭東側(台26線，國家公園標示牌旁)進入。以移動式消防水泵連接16條消防水帶至台26線，供水消防水箱(庫)車
- 泵室碼頭抽取海水：以一部消防指揮車或器材車載運一台移動式消防泵及13條2-1/2”消防水帶至泵室碼頭，佈置移動式消防水泵及配置消防水帶至二道門保警崗旁，另指派一部消防水箱(庫)車於二道門保警崗旁做中繼，起動移動式消防水泵，補海水至消防水箱車。再由消防水箱車配置消防水帶至廠內需要用水之處所，加壓送水。

反應爐補水

- 策略 MS.1-04蓄壓槽注水反應爐
 - 策略 MS.1-05水壓測試泵注水反應爐
 - 策略 MS.1-06生水（消防水）注入反應爐
 - 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑
4. RCS後備補水路徑：
- RWST→重力→RHR泵(流徑通過)→RCS (路徑閥門均為正常開啟)
 - RWST→BH-V001→BH-P020→BH-V061→BH-V063→BH-V712→BG-V799→RCP軸封注水 (RCS須降壓至77kg/cm²以下，並參考附件十四以移動式發電機供電至BH-P020。RCP喪失軸封注水及CCW冷卻且軸封溫度曾大於110℃，則不可建立RCP的後備軸封注水。此時可將BG-V095、BG-V096關閉，列置SI流徑注水反應爐。)
 - 消防車→消防水帶→BL-V715上游管路BL-532-4”-HCD快速接頭→BL-V715→BL-V023→BL-V014→BG-V242→CCP→SI進口管路(閥可手動開啟。若需以消防車載運硼酸水，可於消防車取水時，打開消防車上的人孔，將適量的硼酸加進人孔。欲配置2500ppm硼酸水，每1000公升水需加入14.3公斤硼酸。)
5. RCS洩壓：由PZR PORV或爐頂排氣閥洩壓，DC電源需移動式柴油發電機充電(參考附件十四)。執行反應爐緊急洩壓時，需考慮同時執行圍阻體排氣，避免圍阻體過壓。

圍阻體排氣

- 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑
7. 圍阻體洩壓：經由GT-HV401A→GT-HV402→GT-F017→大氣。執行圍阻體排氣時須以電話通報主管核能副總經理、台電公司緊執會、原能會核安監管中心及核三科。(GT-HV401A可於未喪失AC電源前提早開起，或參考附件十四以移動式柴油發電機供電。GT-HV402 DC電源需移動式柴油發電機充電，氮氣瓶或移動式空壓機供給AOV，參考附件十三、移動式空壓機供給儀用空氣指引。GT-HV402亦可於現場手動開啟。)

圍阻體灌水

- 附件八、超出設計基準時蒸汽產生器、反應爐、圍阻體之熱移除及洩壓路徑

6. 圍阻體後備灌水：

- a. RWST→重力→BH-HV102、101，HV201、202→再循環集水池(參考附件十四以移動式柴油發電機供電給MOV)
- b. 消防水系統→消防閥KC-XV111→三個分支KC-XV113、XV114、XV115→打入圍阻體 (KC-CP301盤可以移動式排煙機及汽油發電機供給110VAC電源，或以備用蓄電池提供24VDC電源。以氮氣瓶或移動式空壓機供給AOV氣源(參考附件十三)，或以手輪操作。)
- c. 消防車→消防水帶→BN-V633上游管路BN-005-4" -HCD快速接頭→BN-V633→BK-V031、V032、HV107、HV207→圍阻體噴灑管路(BN-V005下游管路BN-005-4" -HCD眼鏡型盲板需切換至封閉位置。若需以消防車載運硼酸水，可於消防車取水時，打開消防車上的人孔，將適量的硼酸加進人孔。欲配置2500ppm硼酸水，每1000公升水需加入14.3公斤硼酸。)

用過燃料池補水

- 策略 MS.2-04 移動式空壓機供給用過燃料池補水閥
- 策略 MS.2-05 用過燃料池緊急補水(須於2小時內完成)
- 附件十二、用過燃料池緊急補水/噴灑策略
 1. 補水策略
 2. 噴灑策略
 3. 用過燃料池水沸騰時間估算

水災因應

- 策略 MS.2-02 沉水泵排水操作

機組參數監控

- 附件六、喪失所有電力時監測爐內熱電偶
- 附件七、喪失所有電力時監測一、二次側重要參數

三.核三廠嚴重事故處理指引簡介

定 義

□嚴重事故

- 為無法建立適當爐心冷卻且爐心出口溫度大於649°C (1200°F) 時之核子事故，包括燃料棒失效、爐心熔損、分裂產物外釋到RPV、圍阻體、甚至到大氣環境的事故。

□嚴重事故處理指引

- 嚴重事故發生時，幫助運轉員及TSC人員利用電廠現有的設備來診斷、因應、減緩事故嚴重性、終止事故的指引。

為什麼需要嚴重事故處理指引？

□為什麼需要嚴重事故處理指引？

- 超出設計基準之事件(DBA)會發生
- EOP沒有涵蓋處理嚴重事故之程序（在EOP570.42、570.20形成迴圈，走不出來）

□為什麼是指引而非程序書？

- 事故期間電廠可能之系統狀況太多
- 事故期間可能發生之物理及化學狀況太多
- 救援措施之負面效應依電廠現況而定
- 需評估正負面效益

因應雙機組事件及長時間人力替換的AMT人員編制

	AMT第一組	AMT第二組	職責
AMT小組長	運轉經理 -高起	核技經理 -王德義	負責評估AMT成立時機、督導AMT遵循SAMGs、建議大隊長適當決策及預測救援行動
運轉聯絡組	機動支援班值 班主任	機動支援班值 班主任	與控制室連絡取得運轉即時資訊，提供即時資訊給安全分析評估組分析評估。
安全分析組	核技課長 -陳新儒	安評課課員 -范湧	確認移轉至SAMGs、決定SAMG分項、決定SAG分項、最佳化救援時機、系統回復優先次序。控制參數趨勢、系統狀態評估。
反應器評估組	核工課長 -顏行中	核技組人員 -黃正宏	確認反應爐停機、確認燃料損壞及請TSC/緊執會協助提供圍阻體大氣樣本、預估釋放率等資訊。
輔助安全分析組人員	核技組人員 -羅仕翰	核技組人員 -魏志安	輔助圖判讀，事故變化預測

SAMG的進入及離開

進入條件

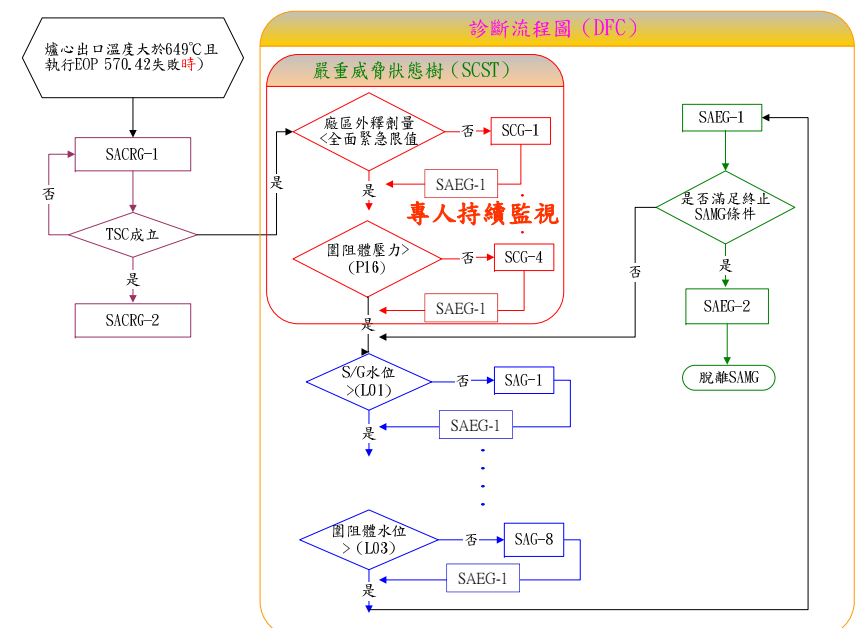
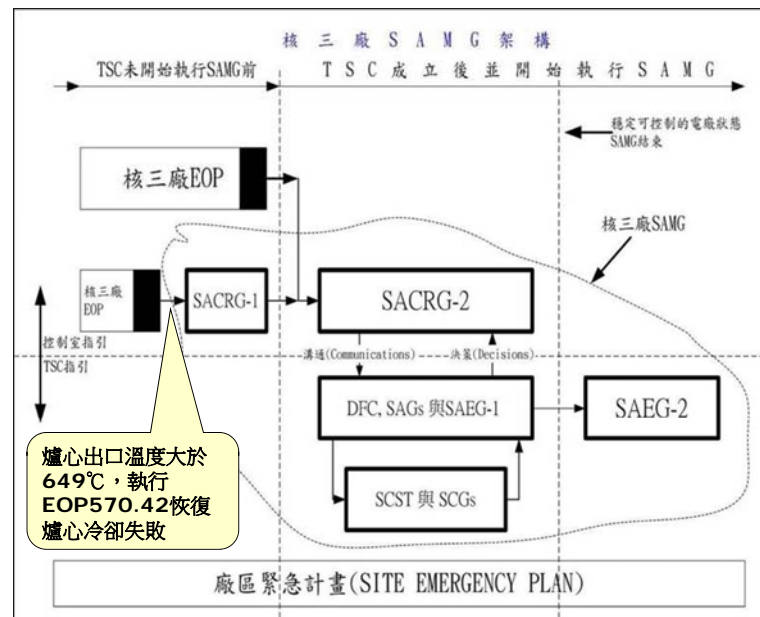
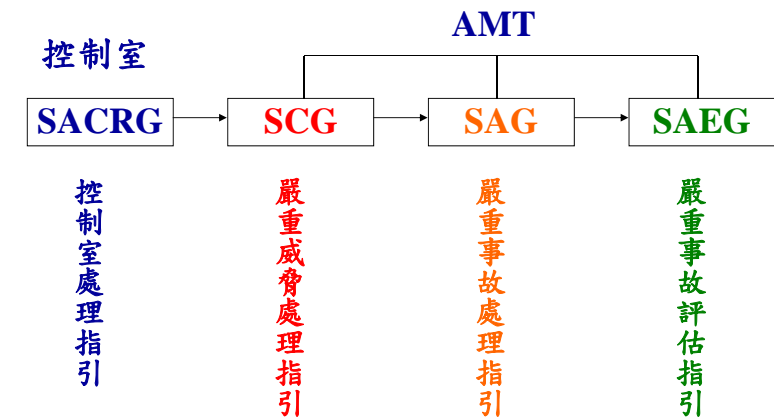
- 電廠發生地震海嘯或其他遠超出設計基準事故，TSC認為須進入嚴重核子事故處理程序時。
- 電廠遵循EOP處理機組事故狀況，當執行EOP 570.42恢復爐心冷卻失敗且爐心出口溫度大於649℃（1200°F）時。

□TSC須綜合考量程序書1450，以及程序書1451「機組斷然處置程序指引」之內容決定救援措施。救援目標是在爐心發生熔損以前，完成反應爐降壓補水及圍阻體逸氣補水兩大目標，等待修復救援設備及建立長期冷卻能力。即使仍然發生爐心熔損，也可繼續使用本事故處理指引中之嚴重威脅指引及嚴重事故指引，維持圍阻體之完整性，並將分裂產物之外釋量儘可能降低。

離開條件

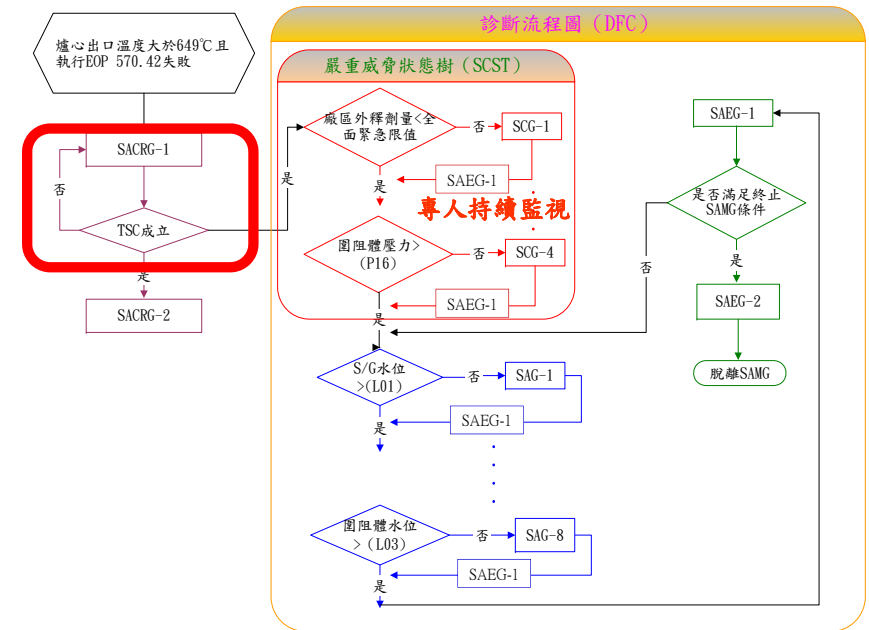
- RPV淹灌到TAF以上
- 建立長期冷卻能力(RHR Hx)
- 達到穩定狀態(P_{CTMT} , T_{CORE} , $H_2\%$, Radiation)

SAMG架構



四、事故處理指引

-DFC、SGCRG-1、SGCRG-2、SCST、SCG、SAG、SAEG-1、SAEG-2



SACRG-1程序

- 移除未起動ESF設備之控制電源
- 控制氫氣控制設備 (啟用氫氣分析儀、停用氫氣再結合器)
- 查證TSC狀態 (SACRG-1步驟4：若控制權轉移至TSC，進入SACRG-2)
- 嘗試降低RCS壓力
- 繼續嘗試建立爐心冷卻
若RCS降壓成功，則可能會有可用之爐心冷卻方法，因此必須跟著嘗試再建立爐心冷卻。
- 控制圍阻體蒸汽含量
在TSC未成立之前並無法評估最佳氫氣的控制策略，因此必須維持圍阻體內蒸汽含量以防止氫氣燃燒。
- 控制圍阻體水量
為了能在RPV失效之前提供圍阻體足夠之水量，以完成其相關目的，此步驟是非常重要的，但是必須注意RWST的水量還是以爐心冷卻為主要之使用對象。
- 建立有效的圍阻體隔離
- 控制S/G水量
- 控制有效的二次側壓力邊界隔離

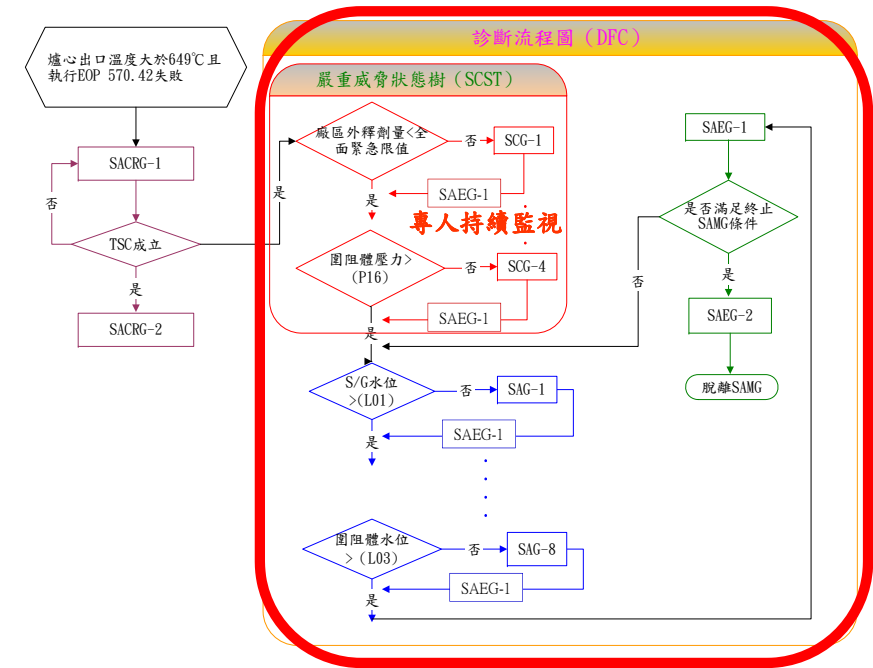
控制權由控制室轉移至TSC

□SACRG-1中步驟4

- a. AMT已開始執行DFC與SCST並準備好進行策略之建議。
- b. 控制室進入SACRG-2

SACRG-2程序

- 1) 依據TSC之指示啟用任何非運轉中之元件
- 2) 查證潛在之外釋路徑
- 3) 評估儀控之反應
- 4) 評估電廠設備
- 5) 通知TSC水量即將用盡之水槽
- 6) 執行TSC指示之動作
- 7) 回到步驟1)



DFC(診斷流程圖)

DFC (診斷流程圖)：排定救援優先順序

- 控制正在進行之分裂產物外釋
- 防止圍阻體邊界失效
- 使電廠達到穩定可控制狀態。

DFC(診斷流程圖)

- 當爐心出口溫度大於649°C (1200°F)，且執行 570.42恢復爐心冷卻失敗，則須進入DFC。
- 診斷流程圖可區分成四部分：
 - 嚴重威脅狀態樹 (SCST, SCG) 之監測
 - 嚴重事故指引 (SAG) 的評估
 - TSC長期監視 (SAEG-1)
 - 嚴重事故指引的終止 (SAEG-2)

TSC指引及DFC/SCST相關參數		
指引	說明	DFC/SCST參數設定值
SAG-1	S/G注水	所有S/G水位>71.2%WR (L01)
SAG-2	RCS降壓	RCS壓力<28.12kg/cm ² (400 psig) (P14)
SAG-3	RCS注水	爐心溫度<371°C(T01)
SAG-4	圍阻體注水	圍阻體水位>40cm(L02)
SAG-5	降低分裂產物的外釋	未來四天內廠區外釋劑量達到:<全身累積劑量:1mSv 甲狀腺累積劑量:5mSv
SAG-6	圍阻體溫度壓力控制	圍阻體壓力<0.22 kg/cm ² (3.1 psig) (P15)
SAG-7	降低圍阻體氬氣濃度	圍阻體氬氣濃度<4% (H02)
SAG-8	使圍阻體淹水	圍阻體水位>6.65 m(L03)
SCG-1	減緩分裂產物外釋	未來四天內廠區外釋劑量達到:<全身累積劑量:10mSv 甲狀腺累積劑量:50mSv
SCG-2	圍阻體降壓	圍阻體壓力<7.73 kg/cm ² (110 psig) (P04)
SCG-3	控制氬氣燃燒	圍阻體氬氣濃度處於下頁圖1中嚴重威脅區域外
SCG-4	控制圍阻體真空	圍阻體壓力>-0.35 kg/cm ² (-5 psig) (P16)

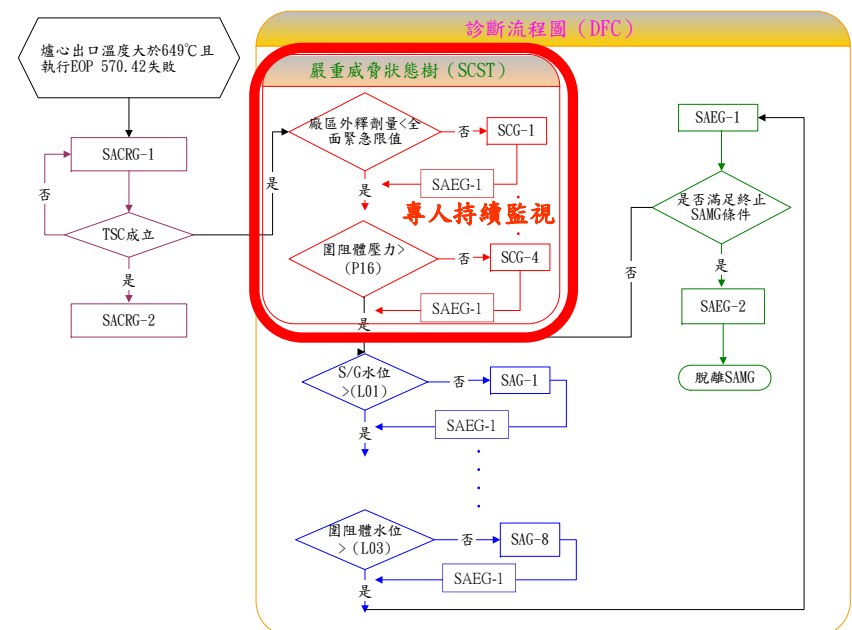
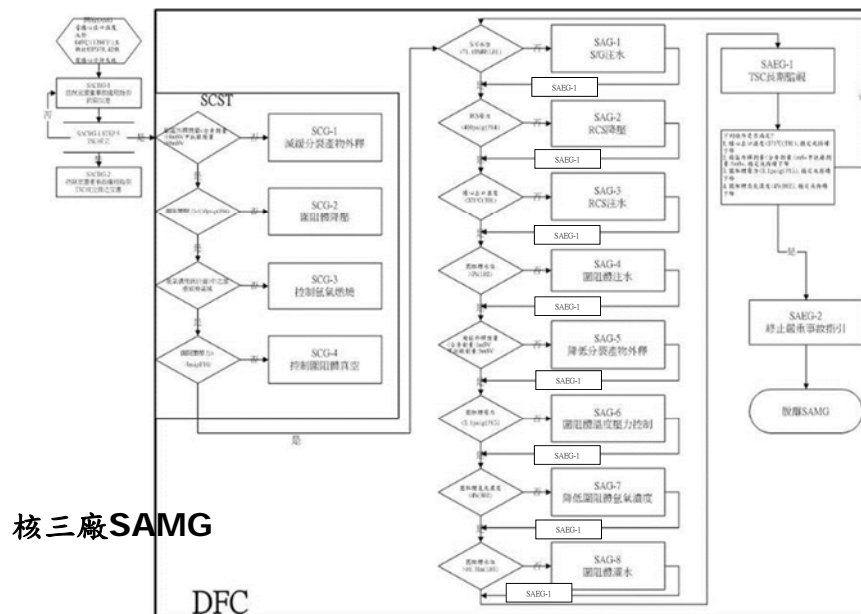
SAG與SCG的差異

SAG

- ❑ 需先考量措施之正負效益，如造成之負面效益大於正面效益時，則可不執行該措施
- ❑ 並不要求控制參數需低於該指引的設定值才可離開該SAG

SCG

- ❑ 不需考慮策略所造成之負面效應
- ❑ 當控制參數低於該SCG設定值時，才可離開，再進入下一個SCG參數監視
- ❑ 需要四個控制參數皆低於SCST的設定值時，才可進入SAG



嚴重威脅狀態樹 (SCST)

- 進入DFC後，TSC首先就會進入SCST
- SCST是作為確認圍阻體分裂產物邊界是否受到嚴重威脅之工具
- SCST包含四個嚴重威脅指引
 - SCG-1：減緩分裂產物外釋
 - SCG-2：圍阻體降壓
 - SCG-3：防止氫氣燃燒
 - SCG-4：防止圍阻體真空

SCG-1：減緩分裂產物外釋

- 目的：
 - 為減緩嚴重事故過程中大量分裂產物之外釋
- 進入條件：
 - 當廠區輻射強度於未來四天內達到全身累積劑量大於10 mSv或甲狀腺累積劑量大於50 mSv進入

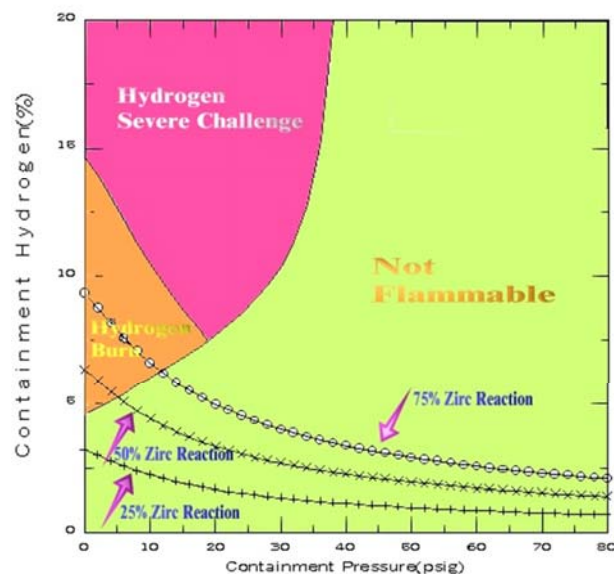
SCG-2：圍阻體降壓

- 目的：
 - 為防制圍阻體因為過壓而威脅圍阻體結構之完整性
- 進入條件：
 - 當圍阻體壓力大於7.73 kg/cm² 時
- 造成圍阻體過壓的原因
 - 動態嚴重事故（氫氣燃燒）：防止此現象發生
 - 長期蒸氣或不可凝結氣體持續聚集：減緩壓力上昇速率

SCG-3：控制氫氣燃燒

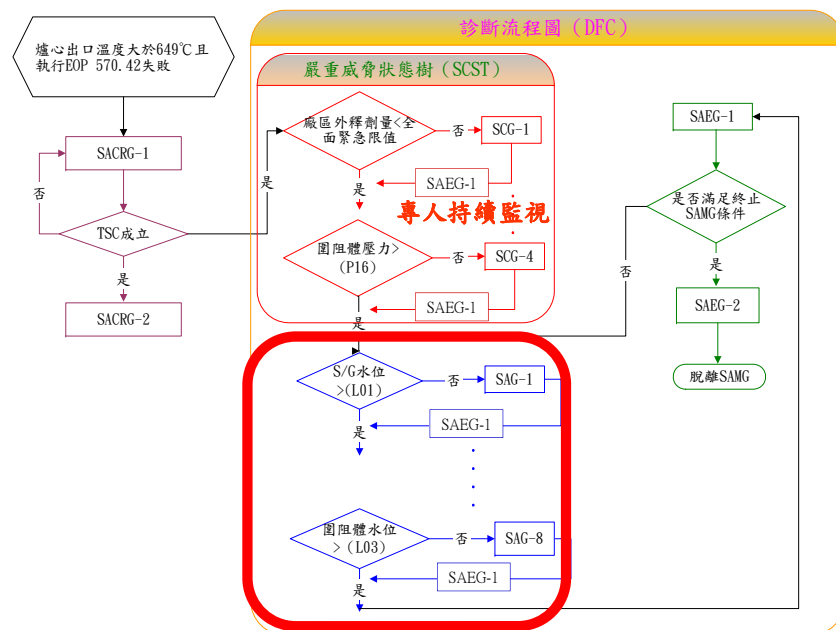
- 目的：
 - 防止圍阻體由於氫氣燃燒而威脅結構之完整性
- 進入條件：
 - 圍阻體氫氣濃度在CA-3嚴重威脅區域時

CA-3



SCG-4：控制圍阻體真空

- 目的：
 - 防止圍阻體因為真空而威脅圍阻體結構之完整性
- 進入條件：
 - 當圍阻體壓力低於設計基礎之最低壓力設定點（-0.35 kg/cm²）時
- 造成圍阻體真空的原因
 - 當不可凝結氣體由圍阻體裂縫或排氣外釋，且裂縫被隔離或停止排氣後，因蒸氣使得圍阻體壓力高於大氣壓力，但如啟動圍阻體熱沈，蒸氣將被冷凝而使圍阻體壓力低於先前之壓力，而造成真空。



SAG介紹

- 評估系統是否可用-表格
- 評估正負面效應之影響
- 決定執行策略最佳方法或排定恢復系統設備之優先順序
- 不需完全執行即可進行下一-SAG
- 注意負面效應
- 監視長期顧慮
- 範例說明 (SAG-1)

8個嚴重事故處理指引

- SAG-1 S/G(蒸汽產生器)注水
- SAG-2 RCS降壓
- SAG-3 RCS注水
- SAG-4 圍阻體注水
- SAG-5 降低分裂產物的外釋
- SAG-6 圍阻體溫度壓力控制
- SAG-7 降低圍阻體氫氣濃度
- SAG-8 使圍阻體淹水

依據SAG訂定之行動決策有4個重點

- 以現有之電廠狀況是否可以執行策略？
- 執行策略後所產生之正負面效應其平衡點為何？
- 如何確定策略已成功地執行？
- 執行策略所必須注意之長期顧慮因素為何？

SAG-1 S/G注水

□ 目的

- (1) 保護S/G管束，防止其發生潛變破裂
- (2) 沖洗因管束洩漏而進入S/G之分裂產物
- (3) 提供RCS熱沉

□ 進入條件

S/G水位 < 71.2 % WR

□ 參考之計算輔助圖

CA-2：長程衰變熱移除所需的注水流量

可能的負面影響	適用情況	緩和措施
S/G因熱震而導致外殼損傷	補水至乾且熱之S/G時。 若S/G寬幅水位低於27.7%(L16)	1) 限制最初10分鐘進入S/G之注水流量為100gpm 2) 每次僅補水至一個蒸乾的S/G，直到其S/G寬幅水位有指示，以儘量減輕S/G管束失效造成的後果 3) 僅補水至可隔離之S/G，以減輕S/G管束失效造成的後果
分裂產物經由洩漏之S/G管束外釋	補水至管束破裂或洩漏之S/G時	1) 僅補水至完整的S/G 2) 執行RCS降壓，以減少一次側至二次側之洩漏量（參考SAG-2，RCS降壓） 3) 將蒸氣排放至冷凝器使S/G降壓
S/G管束潛變破裂	對低水位之S/G降壓時。 若在執行降壓措施的S/G寬幅水位低於14.7%WR(L08)，且RCS壓力大於S/G壓力（此列之修改請參考變更說明編號26，p. 28）	1) 每次僅對一個S/G降壓，以儘量減輕S/G管束失效造成的後果 2) 一旦S/G壓力低於補水水源之關斷水頭，即儘速建立補水流量。若S/G水位低於27.7%WR(L16)S/G注水流量在最初10分鐘內限制於100gpm 3) 執行RCS降壓（參考SAG-2，RCS降壓）

SAG-2 RCS降壓

□ 目的

- (1) 防止高壓熔融物噴出
- (2) 當S/G乾涸後，防止S/G產生破管
- (3) 允許RCS由低壓注水源補水
- (4) 加大由任何離心泵注水到RCS的補水量

□ 進入條件

RCS壓力 > 400 psig

□ 參考之計算輔助圖

CA-2：長程衰變熱移除所需的注水流量

CA-3：圍阻體內氫氣燃燒

RCS 降壓的正面效應

- 防止S/G U型管的破管 ---- RCS與S/G之壓差小於 500 psid
- 允許CCP注水 ---- 小於196.8 kg/cm²(2800 psig)(P01)
- 允許蓄壓槽注水 ---- 小於46.40 kg/cm²(660 psig)(P03)
- 防止高壓熔融物噴出 ---- 小於 28.12 kg/cm² (400 psig) (P14a)(參考變更說明編號30，p.32)
- 允許RHR泵注水 ---- 小於30 kg/cm²(425 psig)(P02)

可能的負面影響	適用情況	緩和措施
氫氣燃燒所造成圍阻體完整性的嚴重威脅	RCS排氣造成圍阻體氫氣濃度增加時 • 參考CA-3 圍阻體內氫氣燃燒 若爐心尚未再灌水則使用50%鋁合金氧化曲線 若爐心已再灌水，則使用75%鋁合金氧化曲線	<ul style="list-style-type: none"> • 停止主動性熱沉的使用，使圍阻體成為蒸氣惰化狀態的環境 • 利用S/G或調壓槽輔助噴灑系統 • 隔離所有潛在點火源，以防止氫氣的燃燒 • 啟動點火源(參考SAG-7降低圍阻體氫氣濃度)
過壓造成圍阻體完整性的嚴重威脅	RCS排氣至圍阻體時 • 假若圍阻體的壓力大於5.8 kg/cm ² (82.5psig)(P05)	<ul style="list-style-type: none"> • 利用S/G或調壓槽輔助噴灑系統 • 啟動圍阻體熱沉(參考SAG-6圍阻體溫度壓力控制) • 使用一個調壓槽PORV，以減緩圍阻體壓力上升速率
分裂產物經由S/G外釋	使用破管或者洩漏的S/G進行RCS降壓時	<ul style="list-style-type: none"> • 使用完整的S/G • 使用調壓槽PORV或調壓槽輔助噴灑系統 • 使用蒸氣排放取代S/G PORV，提供分裂產物額外的刷洗 • 維持S/G水位高於71.2%WR(L01)
喪失S/G二次側水量	若執行RCS降壓之S/G補水流量不足時 • 假若S/G飼水流量小於CA-2"長程衰變熱移除所需的注水流量"的設定值	<ul style="list-style-type: none"> • 維持S/G水位高於71.2%WR (L01) • 使用調壓槽PORV或者調壓槽輔助噴灑系統
圍阻體分裂產物外釋(參考變更說明編號31，p.33)	所有釋放至圍阻體之RCS降壓路徑 • 圍阻體喪失完整性的情況下(隔離失敗)	<ul style="list-style-type: none"> • 建立圍阻體之完整性(隔離圍阻體) • 使用S/G或PZR輔助噴灑進行RCS降壓 • 增加圍阻體噴灑量以及風扇冷卻器之流量

SAG-3 RCS注水

□ 目的

- (1) 在爐心已裸露之後，移除儲存之熱能
- (2) 以下列方式移除衰變熱：
 - 持續注水，蒸發為蒸汽，由RCS開口處排出或
 - 注水到完整的RCS，建立與蒸汽產生器之熱傳路徑
- (3) 防止或延緩RPV損壞
- (4) 提供水以沖洗由爐心熔渣所釋放的分裂產物

□ 進入條件：爐心出口溫度 > 371℃

SAG-3 RCS注水(續)

参考之計算輔助圖

CA-1：以RCS注水措施挽救爐心

CA-2：長程衰變熱移除所需的注水流量

CA-3：圍阻體內氫氣燃燒

CA-5：圍阻體水位與注水體積關係

可能的負面影響	適用情況	緩和措施
氫氣燃燒所造成的圍阻體完整性嚴重威脅	RCS注水造成圍阻體氫氣濃度增加時： <ul style="list-style-type: none">若正將水注入裸露的爐心參考CA-3'圍阻體內氫氣燃燒' 若爐心尚未再補水則使用50%銻合金氧化曲線 若爐心已再補水，則使用75%銻合金氧化曲線	<ul style="list-style-type: none">將RCS冷卻水初始注水水量加至最大，使氫氣產生量降至最少控制主動式之熱沉使圍阻體成為蒸氣惰化狀態隔離所有點火源以防止氫氣燃燒啟動點火源(參考SAG-7降低圍阻體氫氣濃度)
蒸汽產生器管束潛變破裂	RCS注水時： <ul style="list-style-type: none">若在任何蒸汽產生器寬幅水位低於14.67%WR(L08)且RCS壓力大於蒸汽產生器壓力	<ul style="list-style-type: none">將蒸汽產生器注水開到最大打開RCS排氣(Vent)路徑控制RCS初始注水量，使一二次側之壓差低於500psid(變更說明編號33，p.35)關閉蒸汽產生器動力釋壓閥及蒸汽排放(Dump)閥
圍阻體淹水	由圍阻體外水源進行RCS注水時： <ul style="list-style-type: none">當RCS有一無法控制之開口並準備注入大量的水參考CA-5“圍阻體再循環集水池水位與注水體積關係”以決定可能會損失的重要設備及監視能力	<ul style="list-style-type: none">以ECCS再循環模式使用泵，防止圍阻體再循環集水池水位上升將注水流量限制在CA-2“長程衰變熱移除所需的注水流量”之值，限制圍阻體再循環集水池水位上升速率
圍阻體過壓嚴重威脅	RCS所有注水方法 <ul style="list-style-type: none">發生MCCI時(參考CA-3'圍阻體內氫氣燃燒')	<ul style="list-style-type: none">限制RCS注水流量以限制圍阻體壓力上升使圍阻體之熱移除量達到最大
輔助廠房適居性	所有再循環管路破裂時	<ul style="list-style-type: none">設置可攜式屏蔽(portable shielding)評估在此區域限制動作之影響通知該區域工作人員
熱端管路潛變破裂	當RCS降壓不足，且使用CCP注水時	<ul style="list-style-type: none">CCP延後注水先使用蓄壓槽注水

SAG-4 圍阻體注水

目的

確認RPV底部之外圍已經有水冷卻。

進入條件

圍阻體水位 < 40cm

參考之計算輔助圖

CA-5：圍阻體水位與注水體積關係

CA-6：RWST重力補水

CA-7：圍阻體降壓對氫氣濃度的影響

可能的負面影響	適用情況	緩和措施
RCS注水水源不足(變更說明編號43，p.45)	使用RWST對圍阻體注水 <ul style="list-style-type: none">若爐心沒有再補水且RWST水位小於11.7%(L09)	<ul style="list-style-type: none">增加RWST的再補水速率控制圍阻體注水流量，以維持RWST水位大於11.7%(L09)
使用圍阻體噴灑可能使氫氣濃度升高，若氫氣燃燒將嚴重威脅圍阻體完整性	使用圍阻體噴灑時 <ul style="list-style-type: none">若在CA-7中“未來氫氣威脅”的區域，則圍阻體降壓時會產生氫氣燃燒的威脅	<ul style="list-style-type: none">控制噴灑流量，以維持圍阻體空氣中蒸氣含量防止氫氣燃燒隔離所有潛在的點火源，以防止氫氣的燃燒使用不會降低圍阻體壓力的注水路徑
圍阻體過壓嚴重威脅(變更說明編號34，p.36)	圍阻體所有注水方法 <ul style="list-style-type: none">發生MCCI時(參考CA-3'圍阻體內氫氣燃燒')	<ul style="list-style-type: none">限制圍阻體注水流量以限制圍阻體壓力上升使圍阻體之熱移除量達到最大
若逆止閥洩漏可能使分裂產物外釋	使用RWST的重力補水時	<ul style="list-style-type: none">依據CA-6“RWST重力補水”監視RWST的水位和圍阻體的壓力，以確保不會回流至RWST執行圍阻體降溫

SAG-5 降低分裂產物的外釋

□ 目的

減緩分裂產物外釋

□ 進入條件

當廠區輻射強度於未來4天內達到全身累積劑量大於1mSv或甲狀腺累積劑量大於5mSv進入時進入

□ 參考之計算輔助圖

CA-2 長程衰變熱移除所需的注水流量

CA-5 圍阻體水位與注水體積關係

CA-7 圍阻體降壓對氫氣的衝擊

SAG-6 圍阻體溫度壓力控制

□ 目的

- (1) 防止圍阻體高壓力對圍阻體完整性所造成的威脅
- (2) 防止圍阻體高溫度對圍阻體穿越管封環的威脅
- (3) 降低圍阻體惡劣環境對圍阻體設備和儀器的威脅
- (4) 降低懸浮微粒分裂產物的濃度
- (5) 減緩從圍阻體外釋的分裂產物

□ 進入條件

圍阻體壓力大於3.1 psig

□ 參考之計算輔助圖

CA-5 圍阻體水位與注水體積關係

CA-7 圍阻體降壓對氫氣濃度的影響

可能的負面影響	適用情況	緩和措施
因圍阻體降壓可能使氫氣濃度增加，若氫氣燃燒則嚴重威脅圍阻體完整性	執行圍阻體降壓時 • 若在CA-7中“潛在氫氣威脅”的區域，則圍阻體降壓時會產生氫氣燃燒的威脅	• 根據CA-7，調整圍阻體的降壓 • 隔離所有潛在的點火源，以防止氫氣的燃燒
RCS注水水源不足（變更說明編號43，p. 45）	使用圍阻體噴灑時 • 若爐心沒有再補水且RWST水位小於(L09)%	• 增加RWST的再補水速率 • 控制圍阻體噴灑流量，以維持RWST水位大於11.7% (L09) • 使用風扇冷卻器 • 以再循環模式使用噴灑泵
圍阻體過壓嚴重威脅（變更說明編號34，p. 36）	使用圍阻體噴灑時 • 發生MCCI時（參考CA-3'圍阻體內氫氣燃燒'）	• 控制圍阻體噴灑流量以限制圍阻體壓力上升 • 使圍阻體之熱移除量達到最大
圍阻體淹水	使用圍阻體噴灑時 • 參考CA-5“圍阻體再循環集水池水位與注水體積關係”以決定可能會損失的重要設備及監視能力	• 調整噴灑泵節流量以降低圍阻體再循環集水池水位增加率 • 以再循環模式使用噴灑泵 • 使用風扇冷卻器

SAG-7 降低圍阻體氫氣濃度

□ 目的

- (1) 在圍阻體中視需要啟動設備來點燃氫氣，防止氫氣局部大量聚集，導致圍阻體可能會失效或
- (2) 經由維持圍阻體空氣中蒸汽含量以預防氫氣燃燒

□ 進入條件

圍阻體氫氣濃度大於4%

□ 參考之計算輔助圖

CA-3 圍阻體內氫氣燃燒

CA-7 圍阻體降壓對氫氣濃度的影響

SAG-8 使圍阻體淹水

□ 目的

- (1) 提供淹蓋爐心熔融物的水源
- (2) 提供水源以冷卻反應爐爐穴中之爐心熔渣

□ 進入條件

在其他策略已經無效，且圍阻體水位小於**6.65 m**

□ 參考之計算輔助圖

- CA-5 圍阻體水位與注水體積關係
- CA-6 RWST重力補水
- CA-7 圍阻體降壓對氫氣濃度的影響

SAEG-1：TSC長期監視

□ 目的：

- 主要目的：提供所有已經執行過指引的任何長期顧慮，以確保它們能被TSC監視
- 次要目的：為證實先前執行之策略，對目前嚴重事故指引目標仍然是最佳之方法

□ 進入條件：

- 離開每一個SAG或SCG之前，或
- 由診斷流程圖最底端位置進入

SAEG-1：TSC長期監視

□ 確認正在執行策略與相關之長期顧慮

- 比對電廠現況與DFC參數之設定點，以提供判定現行策略之效率
- 如果任何策略被終止，其長期考量則不需繼續監視

□ 評估恢復設備之需求性

- TSC需要先評估變更系統的潛在效益與負面效益
- 系統交換期間有可能發生電廠狀態變差的情形

SAEG-2：終止嚴重事故指引

□ 目的：

- 提供TSC終止SAMG時，確認電廠狀態之工具，及長期復原中需注意之事項

□ 進入條件：

- 電廠狀態已經處於穩定、可控制之狀態，才可進入
 - 當圍阻體分裂產物之外釋已經被減緩，任何之外釋已被控制
 - 爐心與圍阻體因適當之移熱而維持於長期穩定之狀態時

SAEG-2：終止嚴重事故指引

- ❑ 決定電廠是否穩定的參數共有四個
- 爐心出口氣體溫度----<371 ℃

■ 廠區外釋劑量值-----廠區輻射強度於未來4天內
全身累積劑量小於1mSv且甲狀腺累積劑量小於
5mSv

■ 圍阻體壓力值-----<0.22 kg/cm²

■ 圍阻體內氫氣濃度 ---<4%

五、100年演習範例

核三廠一號機事故行動決策評估報告
(第1次-停機後20分鐘)

嚴重事故處理小組

100.08.04 ：

機組狀況(一)		
RCS <div>■ 壓力：_____kg/cm² ■ 爐心出口溫度：_____℃ ■ <input type="checkbox"/>過熱 <input type="checkbox"/>飽和 <input type="checkbox"/>次冷____℃ ■ RVLIS寬幅水位：_____%</div>		圍阻體 <div>■ 壓力：_____kg/cm² ■ 氫氣濃度：_____ % ■ 圍阻體水位：_____m</div>
重要水槽 <div>■ RWST水位：_____ % ■ CST水位：_____ m</div>		用過燃料池 <div>■ 水位：_____ % ■ 溫度：_____℃</div>
S/G 壓力 <div>■ A：_____kg/cm² ■ B：_____kg/cm² ■ C：_____kg/cm²</div>	S/G 寬幅水位 <div>■ A：_____ % ■ B：_____ % ■ C：_____ %</div>	廠界外釋劑量 <div>■ 全身劑量：_____mSv ■ 甲狀腺劑量：_____mSv</div>

機組狀況(二)

- 強震急停，喪失161kV/345kV外電。
- 海嘯侵襲，NSCW泵馬達進水短路故障。
 - 預期導致CCP/RHR/CS/CFC/SFPC/EDGA/B不可用。
- 地震後依據程序書582執行設備/系統評估查核。
- 以TDAFWP搭配SG PORV，執行RCS降溫降壓中。

機組狀況(三)

- 關鍵設備：
 - 1)AC電力：G/T、5th EDG
 - 2)爐心移熱：AL-P019 -CST
(AL-P020、消防水系統、消防水槽)
 - 3)RCS注水：BH-P020 -RWST

建議採行之運轉對策

1. 海嘯過後，應儘速搶修NSCW系統。
 - 設法恢復EDG A、B，增加可用電源，並恢復CCW、EChW之可用，以建立CCP、RHR、CS、CFC、SFPC等系統的冷卻能力。
2. 預期喪失CCW，儘速對RCS降溫降壓，以避免發生Seal LOCA。

核三廠一號機事故行動決策評估報告
(第4次-停機後50分鐘)

嚴重事故處理小組

100.08.04 :

機組狀況(二)

- NSCW泵馬達進水短路故障，搶修中。
- 廠區全黑，建立480VAC移動式柴油發電機供電第三電源匯流排中。
- 以TDAFWP搭配SG PORV執行RCS降溫降壓中。
- 控制廠房80呎蓄電池室淹水，喪失緊要DC電源。

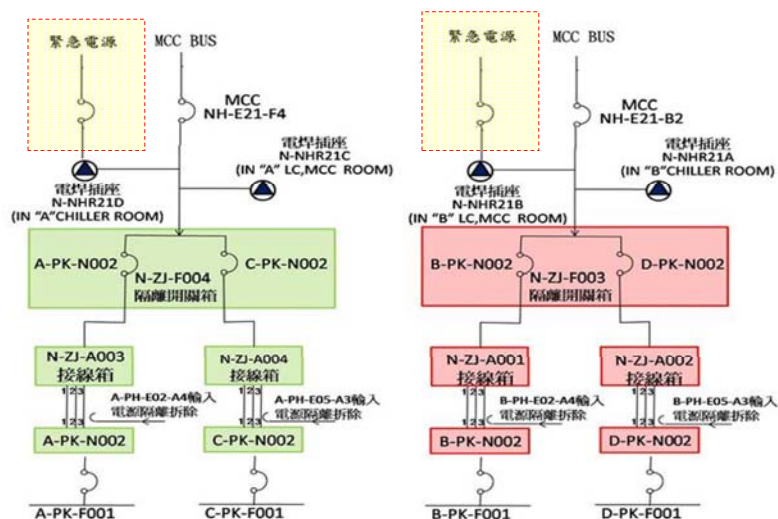
建議採行之運轉對策

- 目前以汽機帶動AFWP補水至SG移熱，喪失SG水位監視，為避免SG滿水，或是爐心移熱不足，建議設法量測下列重要參數：

■ SG A、B、C的寬幅水位	■ CST水位
■ SG A、B、C的寬幅壓力	■ RWST水位
■ TDAFWP流量	
■ RCS寬幅壓力	■ 爐心熱電偶
■ SFP水位	■ SFP水溫

 由控制室7300卡片櫃送電壓量取電流值，轉換工程值。
- 優先將電池室抽除積水，以移動式柴油發電機跨接充電至PK系統，恢復主要參數指示。
 - 須進行設備之清洗、乾燥，確認供電迴路可用。
- 預期汽機帶動AFWP會因無法控制而跳脫，AL-PO20是安全關鍵設備，應先確認可用性。

A/B/C/D安全串充電機



核三廠一號機事故行動決策評估報告 (第6次-停機後570分鐘)

嚴重事故處理小組

100.08.04 :

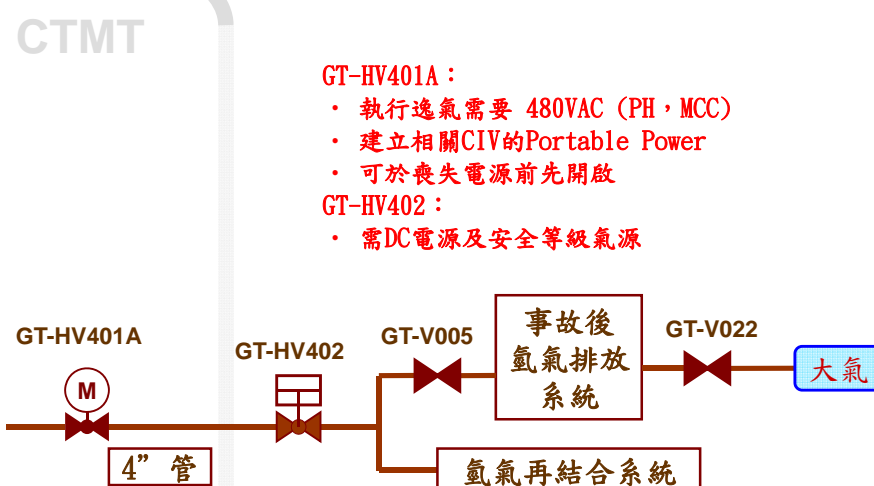
機組狀況(二)

- NSCW泵馬達進水短路故障，搶修中。
- 緊要DC電源恢復，由移動式柴油機供電。
- 廠區全黑，完成以480VAC移動式柴油發電機供電第三電源匯流排。
- S/G移熱失效，RCS長期喪失冷卻，燃料裸露。

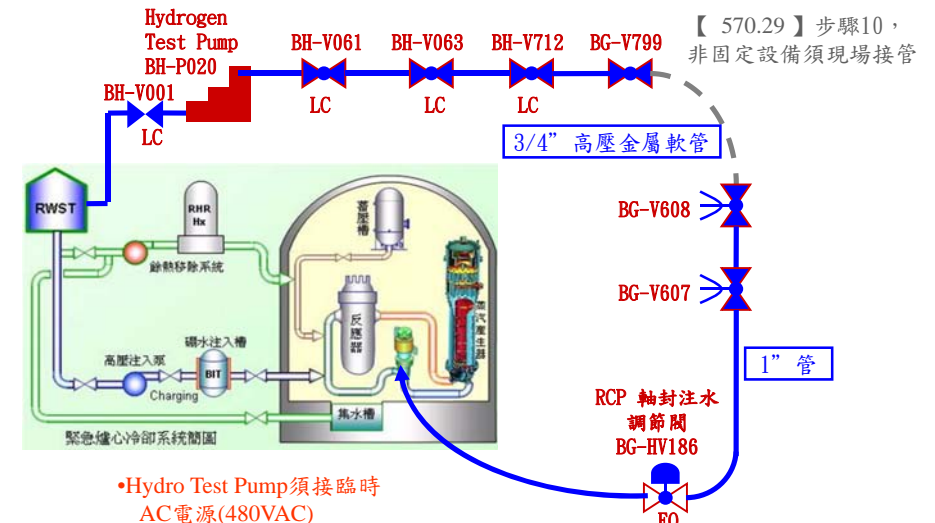
建議採行之運轉對策

- 1) 依據1450嚴重事故處理指引，須執行SAG1(SG補水)、2(RCS洩壓)、3(RCS注水)、4(圍阻體注水)、6(圍阻體洩壓)，均與斷然處置相關。
- 2) SG補水策略：
 - SG補水主要目的在防止SGTR，在執行RCS洩壓及圍阻體洩壓策略後，預期不會有一、二次側高差壓的狀況，SGTR不會發生。
 - SG暫不補水，保留消防車進行RCS注水及圍阻體注水。
- 3) RCS注水策略：(依序建立)
 - 圍阻體洩壓策略(經由GT-HV401A→GT-HV402→ GT-F017→大氣)
 - RCS洩壓策略(PZR PORV)
 - RCS注水策略(“BH-P020注入RCS”及“消防車經反應爐補水系統注入RCS”兩策略並行，須注意加硼操作，避免再臨界。)
- 4) RWST再補水策略：消防車→BN-V005下游盲板→RWST

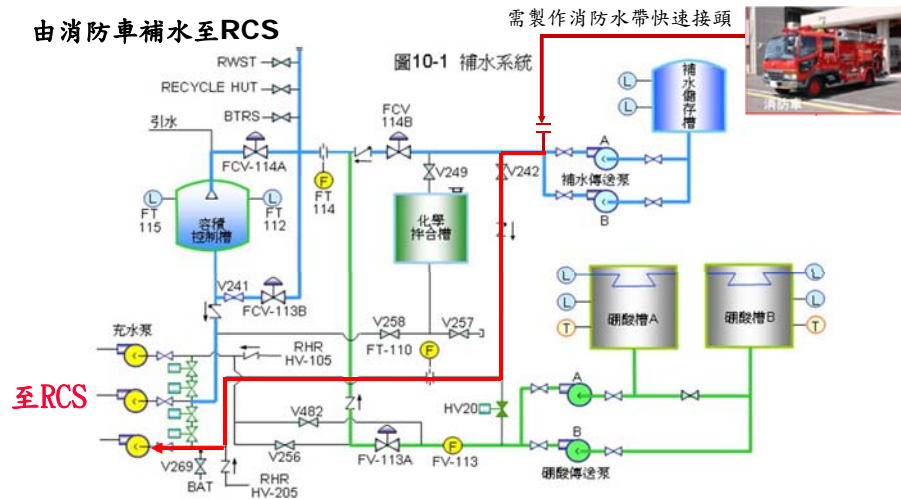
CTMT後備逸氣路徑



由Hydro Test Pump建立RCP軸封注水路徑補充RCS水量



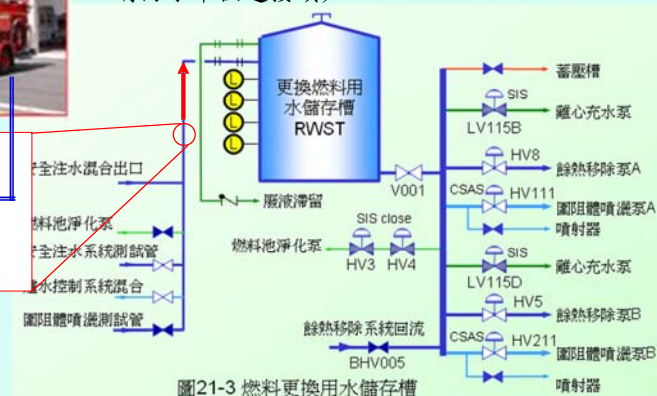
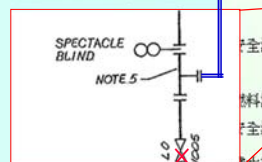
由消防車補水至RCS



121

消防車補水至RWST

1. BN-V005下游眼鏡型盲板改為暢通
2. 手動關閉BN-V005
3. 消防車水帶接至BN-V005下游沖洗盲版(需製作消防水帶快速接頭)



21

第三核能發電廠

核三廠一號機事故行動決策評估報告 (第7次-停機後635分鐘)

嚴重事故處理小組

100.08.04 :

機組狀況(二)

- NSCW泵馬達進水短路故障，搶修中。
- 緊要DC電源恢復，由移動式柴油機供電。
- 廠區全黑，完成以480VAC移動式柴油發電機供電第三電源匯流排。
- 圍阻體洩壓中，RCS洩壓補水中，爐心水位高於TAF。

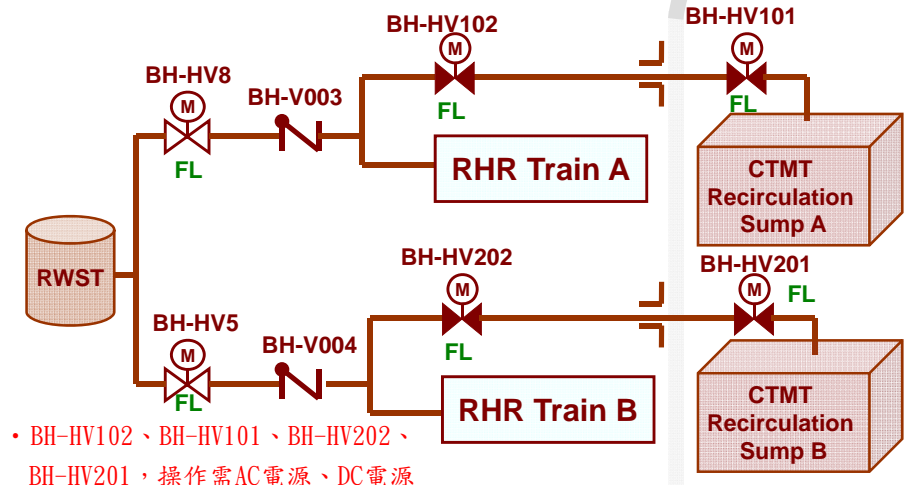
建議採行之運轉對策

1. 圍阻體後備灌水方式：

- RWST→重力→BH-HV102、101，HV201、202→再循環集水池(移動式柴油發電機供電給MOV)
- 消防車→快速接頭→消防閥KC-XV111(手動開啟)→三個分支KC-XV113、XV114、XV115(在消防盤以蓄電池送電開啟)→打入圍阻體)
- 消防車→BN-V005下游T型管盲板→BK-V031、V032、HV107、HV207→圍阻體噴灑管路(T型管盲板需安裝快速接頭，BN-V005下游眼鏡型盲板需切換至關閉位置。)

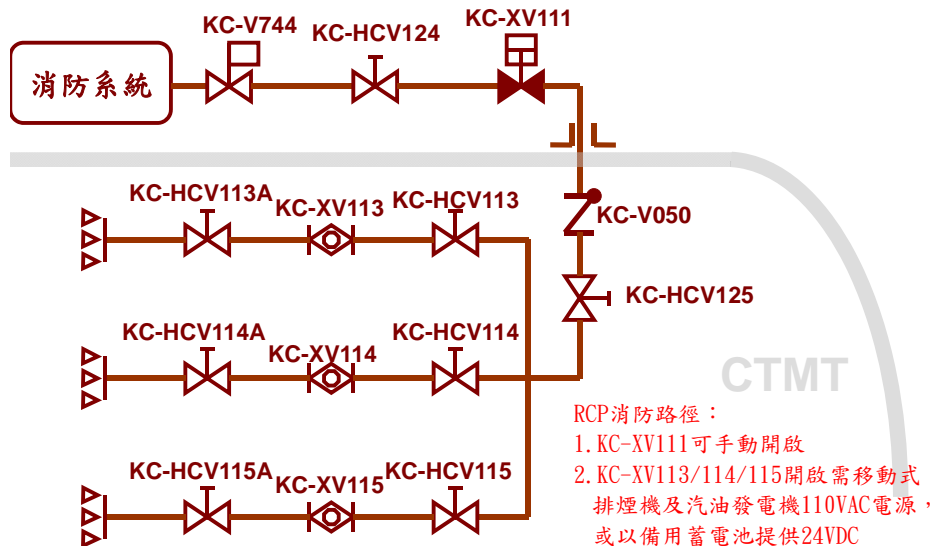
決策採方案B

RWST重力補水至CTMT



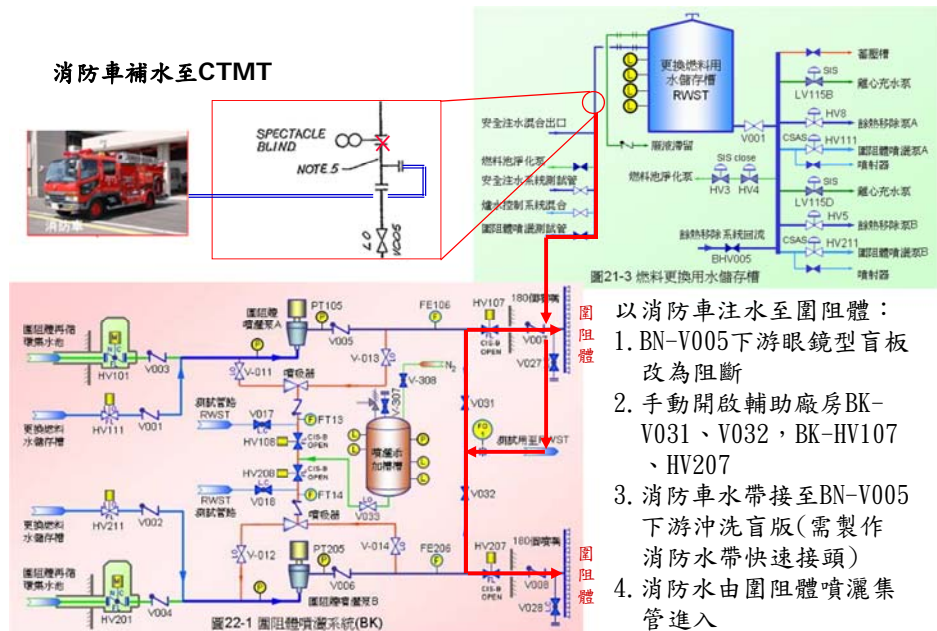
126

消防水經RCP消防管路補至CTMT



127

消防車補水至CTMT



六、緊計演習評核意見經驗回饋

100年核三廠演習AEC評核意見

評核建議事項	電廠答覆意見及改正措施	緊執會及評核委員審查意見
1.事故處置時間之紀錄，除記載發生之時刻與分鐘外，建議亦填註年月日。	遵照辦理及改進，爾後事故處置白板時間之紀錄，將注意需填註年月日。	同意電廠答覆意見，並列下次演習查証項目。
2.海嘯後，建議提出海嘯淹沒水位高程和受波及設備損害狀況之初步評估報告。	遵照辦理，爾後將針對海嘯後淹沒水位高程和受波及設備損害狀況，請OSC說明初步評估報告。	同意電廠答覆意見，並列下次演習查証項目。
3.新聞稿內容確實在會議中討論與修正，確認資訊正確明瞭。	遵照辦理，爾後將持續及精進新聞稿討論之模式。	同意電廠答覆意見。
4.國際核能事件分級時，僅就分級架構圖作簡短報告後即定案，建議宜審慎討論佐證，確定等級後才發布。	遵照辦理及改進，爾後將依建議，審慎討論佐證事故狀況，確定等級後才發布。	同意電廠答覆意見，並列下次演習查証項目。

100年核三廠演習台電評核意見

評核建議事項	電廠答覆意見及改正措施
1. 海嘯過後，路況不明，消防車或救援車輛可能無法進入廠區，應考量後備因應選項。	路況不良時，可以工具車（山貓、堆高機等）清除路障。請緊執會於編寫劇本時，考量將路況列入演習範圍
2. 二部機同時發生事故，TSC如何處置，應列入考量或下次演練2部機事故之運作。	請緊執會編寫劇本時列入考量。
3. 斷然處置應由控制室執行，且應有專人執行AMT不應負責斷然處置之評估。	依據發處統一處理原則及方式，機組斷然處置程序指引程序書已於100年11月30日改版完成，由EOP/AOP指引進入1451斷然處置程序，並由控制室執行初期閥位列置，實際注入生水等斷然處置操作，需由TSC評估經核能部門副總同意後執行，斷然處置評估及執行方式已有明確規範。
4. 核三廠一次側消防水應演練灌水路徑。	利用消防車補水至RWST，及由Hydro Test Pump建立RCP軸封注水路徑補水至RCS，劇本已有納入推演，但因限於時間緊促，未安排實際操演。
5. 建議電廠多裝設CCTV以監控廠區及廠內之狀況。	本廠已調查需求，計劃於廠區加裝監視器。預定104年12月31日前完成。
6. 斷然處置措施的概念，執行方式，執行時機，應由何人負責，都需要進一步的尋求共識。	依據核發處統一處理原則及方式，機組斷然處置程序指引程序書已於100年11月30日改版完成。斷然處置行動決策分三階段執行，斷然處置執行方式/執行時機/決策機制，1451程序書已有明確規範。

敬請指教

自我評量

1. 請說明SAMG進入條件
答：

- 電廠發生地震海嘯或其他遠超出設計基準事故，TSC認為須進入嚴重核子事故處理程序時。
- 電廠遵循EOP處理機組事故狀況，當執行EOP 570.42恢復爐心冷卻失敗且爐心出口溫度大於649℃（1200°F）時。

2. 請說明斷然處置啟動時機。

答：下列三項條件其中之一成立時，立即執行「機組斷然處置程序指引」，進入注水前之先備準備程序：

- 條件一、反應爐或蒸汽產生器喪失以蒸汽驅動補水以外之電力驅動補水能力時。
- 條件二、機組喪失廠內外交流電源(包括喪失廠外電源、廠內緊急柴油發電機(EDG)、第五台EDG、氣渦輪發電機等固定式電源)
- 條件三、機組強震急停，且同時中央氣象局發布海嘯警報。

3. 請說明SAG及SCG的一項主要差異。

答：SCG：

- 不需考慮策略所造成之負面效應
- 當控制參數低於該SCG設定值時，才可離開，再進入下一個SCG參數監視
- 需要四個控制參數皆低於SCST的設定值時，才可進入SAG

SAG：

- 需先考量措施之正負效益，如造成之負面效益大於正面效益時，則可不執行該措施
- 並不要求控制參數需低於該指引的設定值才可離開該SAG