

實用發電用反應爐新管制基準

— 概要 —

2013年7月

原子力規制委員會

福島核電廠事故以前安全管制之問題

- 福島核電廠事故以前之問題點為未將嚴重事故納入管制，因此無充分之防備，而且在法規架構上，新的基準無法追溯適用於舊有核電廠，以致無法經常性維持在最高水準之安全性。
- 未充份檢討含外部事件在內之嚴重事故對策，任由事業者自主考量。（國會事故調查委員會）
- 對已取得設置許可之核電廠，在法規架構上無法追溯適用。（國會事故調查委員會）
- 日本對於積極引進國外新知技術、因應不確定風險、提升安全性方面欠缺積極的作為。（國會事故調查委員會）
- 針對地震、海嘯之安全評估，以及包括可能引起事故之火災、火山、斜坡崩塌等外部事件，未進行綜合性風險評估。（政府事故調查委員會）
- 最好建立單一法規體系，避免因適用多個法規及主管官署之分散而衍生誤失。（國會事故調查委員會）

新管制基準之前提為法規之修訂（2012年6月公佈）

- 2012年6月汲取事故之教訓，修訂法規，在「目的」方面除了人員安全以外，再追加環境保護，同時也將嚴重事故納入管制對象，且新基準追溯適用於既有的核電廠。
- 另外，規定修訂後法規之施行日從原子力規制委員會成立日期起10個月以內（2013年7月18日以前）。

○ 法規目的之追加

- 「假定大規模自然災害以及發生恐怖攻擊及其他犯罪行為」
- 「以國民之生命、健康及財產之保護、環保、以及促進我國安全保障為目的」

○ 將重大事故納入安全管制

- 保安措施中納入重大事故對策，作為法令上之管制對象。
- 事業者為提升安全性定期執行綜合安全評估，課予事業者將評估結果等向政府陳報並公布之義務

○ 將新知技術也回饋到既有之設施

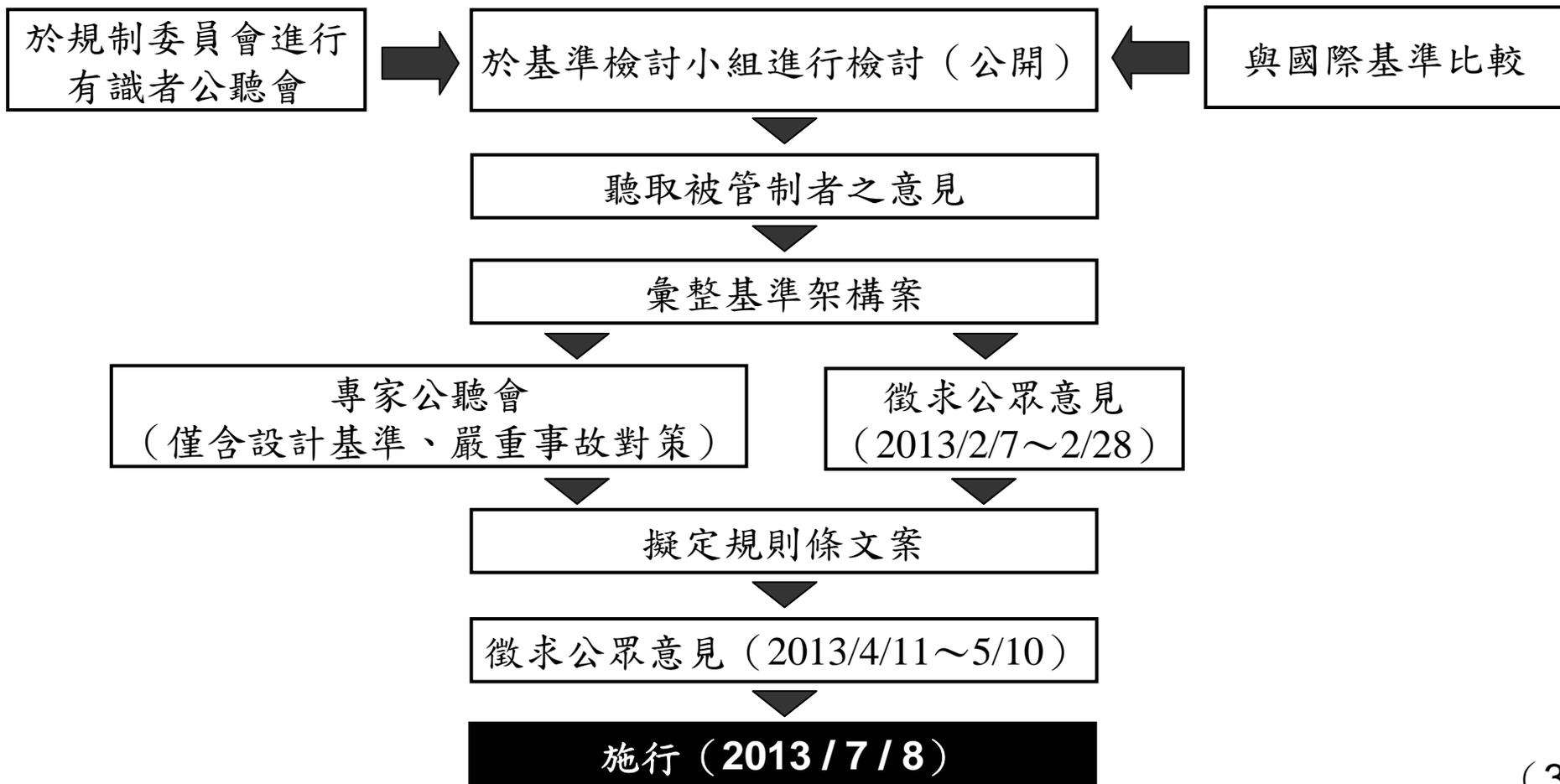
- 對已取得許可之核子設施課予需符合最新管制基準之義務，採行「回饋制度」

○ 核能安全管制一元化

- 將電氣事業法中對核電廠之安全管制（定期大修檢查等）納入「原子爐等管制法」加以整合
- 刪除「原子爐等管制法」之目的、許可等基準中有關核能利用等之計畫性施行相關條文，將「從安全之觀點來管制」加以明確化

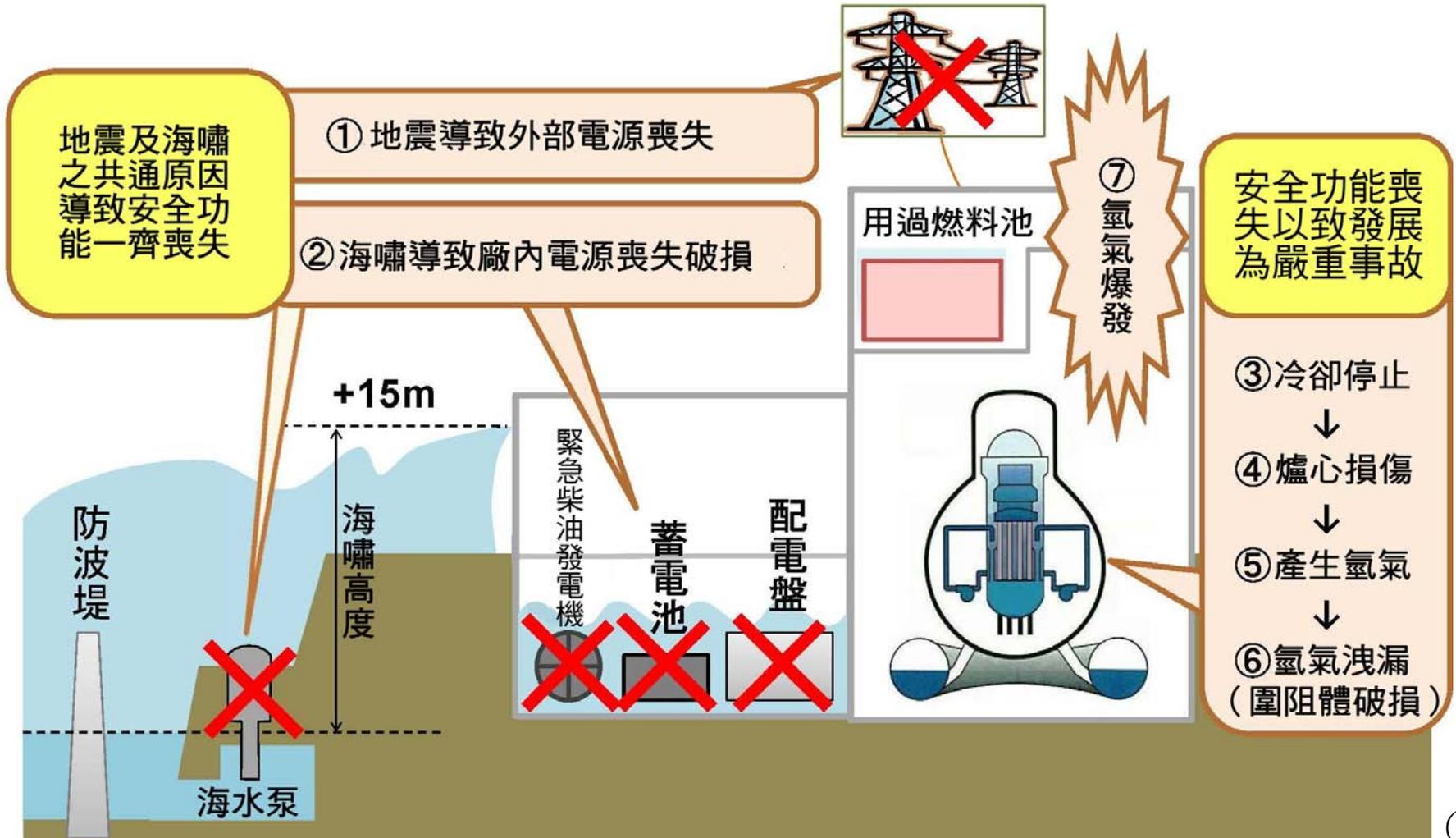
新基準之檢討流程

- 就新管制基準（委員會規則）進行檢討，作為法規修訂後施行（2013年7月）之必要作業。
- 基準之檢討以公開方式進行，並徵求公眾意見2次。



福島第一核電廠之教訓

- 福島核電廠為地震及海嘯等之共通原因導致安全功能一齊喪失。
- 再加上其後無法制止嚴重事故之進展。



新管制基準之基本考量觀點

- 新管制基準以「深層防護」為基本，從防止共同原因導致安全功能一齊全部喪失的觀點，大幅提升自然現象嚴重性之假定與對策。
- 此外，除自然現象以外，對於可能引起共同原因造成安全功能喪失的事件（火災等）亦強化因應對策。

- ① 貫徹「深層防護」
為達成目的，準備有效的、多數的（多層）對策，而且在考慮各個層次之對策時，不尋求仰賴其他層次之對策。
- ② 大幅提升造成共通原因故障所假定之自然現象等，並強化防護對策
地震、海嘯之評估更加嚴格，採行海嘯淹水對策、充分考慮多樣性、獨立性，火山、龍捲風、森林火災及評估亦更加嚴格。
- ③ 強化自然現象以外引起共同原因故障之事件的對策
強化並貫徹火災防護對策，採行內部溢水對策，強化停電對策（電源強化）。
- ④ 在基準中規定必要之「性能」（性能要求）
由事業者依設施之特性選擇可以滿足基準之具體措施。

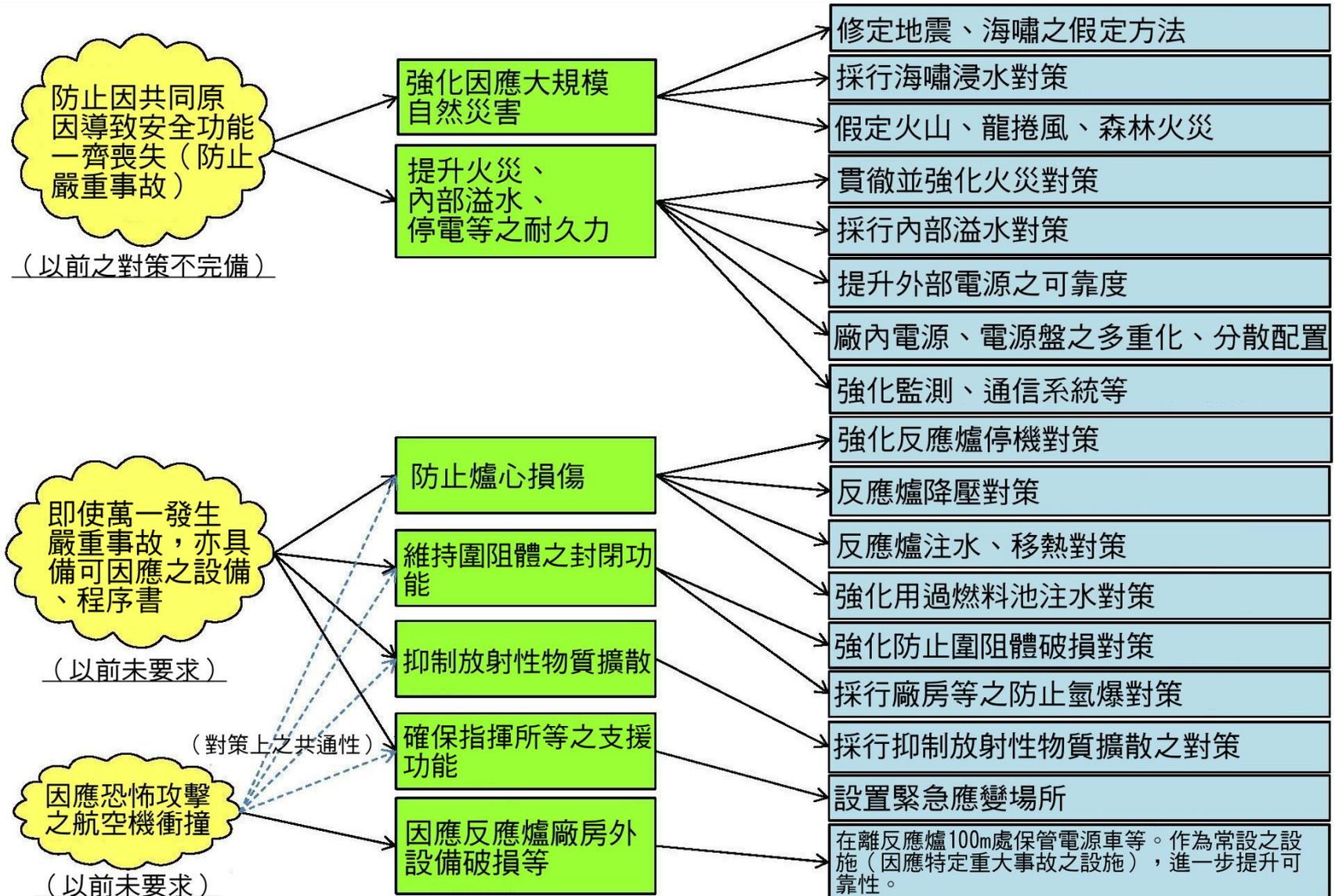
嚴重事故對策、防恐對策基本方針

- 新基準要求對萬一之嚴重事故有所防備，需能防止發展成嚴重事故。
- 法規要求追加恐怖攻擊、航空機衝撞之對策。

- ① 「防止爐心損傷」、「維持圍阻體功能」、「以排氣設施管制排放」、「抑制放射性物質擴散」等多階段之防護措施。
- ② 以可運式設備作為基本之因應方式（美國式），同時配合永久性設備，提升可靠度。
- ③ 強化用過核燃料池之防護對策。
- ④ 緊急應變場所之強化，提升通信可靠度、耐久力，提升含用過核燃料池在內之計測系統的可靠度、耐久力（強化指揮通信、計測系統）
- ⑤ 整合硬體（設備）與軟體（現場作業）並發揮功能至為重要，也要求準備程序書，確保人員配置、實施訓練等。
- ⑥ 要求可運設備分散保管、接續，作為蓄意航空機衝撞之對策。設置特定重大事故等之因應設施，作為提升可靠度之後援對策。

新管制基準之基本考量及主要要求事項

➤ 訂定基準，防止因共通原因導致喪失功能、進而發展成嚴重事故。



舊基準與新基準之比較

- 與舊基準比較，除了強化防止嚴重事故之基準以外，也首度訂定因應萬一之嚴重事故及恐怖攻擊時之基準。

< 舊管制基準 >

防止嚴重事故之基準
<即設計基準>

<確認即使單一設備組件故障亦不會導致爐心損傷>

考慮自然現象
考慮火災
電源之可靠度
其他設備之性能
耐震、耐海嘯性能

<新管制基準>

因應蓄意之航空機衝撞
抑制放射性物質擴散之對策
防止圍阻體破損之對策
防止爐心損傷之對策 (假定多個設備組件故障)
考慮內部溢水 (新訂)
考慮自然現象 (新訂火山、龍捲風、森林火災)
考慮火災
電源之可靠度
其他設備之性能
耐震、耐海嘯性能

新訂 (恐怖攻擊對策)
新訂 (嚴重事故對策)

強化或新訂

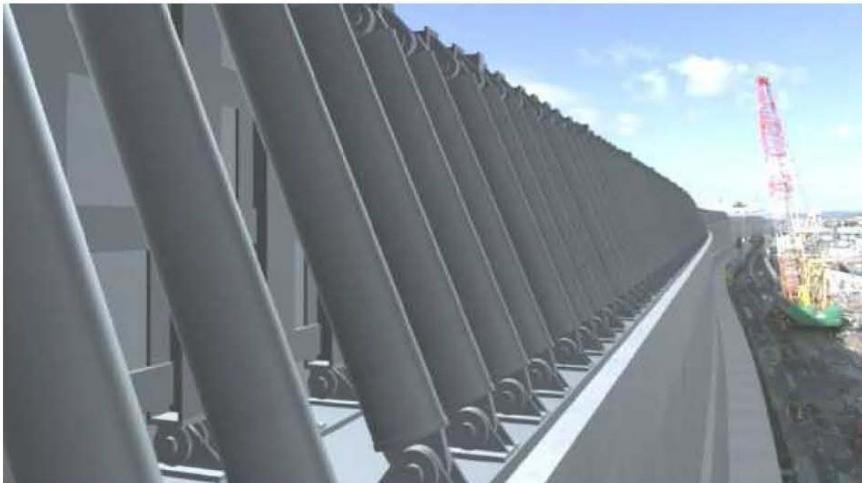
新訂

海嘯對策之大幅強化

- 訂定比「以往最大」還大之海嘯作為「基準海嘯」，要求設置防潮堤等海嘯防護設施，以因應基準海嘯。
- 海嘯防護設施等與反應爐壓力容器等同為耐震設計上最高等級之「S級」，不會因地震造成防止淹水功能等之喪失。

< 海嘯對策之例（海嘯防護之多重化）>

- 海嘯防護壁之設置
（防止廠址內淹水）



- 防潮門之設置
（防止廠房內淹水）



除地震搖動以外、地盤移動及變形之基準亦明確化

- ▶ 因活斷層動作時，建物及內部設備組件有損傷之虞，故要求耐震設計重要度為S級之建物、結構物等必須設置在沒有活斷層等之露頭（註）的地盤上。

（註）所謂露頭係指斷層等未被表土覆蓋而直接露出之場所。開削工事後顯現在預定進行建物、結構物等接地之地盤上的露頭亦包含在內。

安全上重要設施：
具有「停機冷卻封閉」
功能之設施

因建物損傷、內部之
設備組件等損傷、安
全上重要功能有喪失
之虞

斷層等動作

難以預測移動、變形量、
以及地盤往上推力之大小

明確定義活斷層之認定基準

- 對於將來可能會活動的斷層帶，假設無法否定「後期更新世以後」（約12~13萬年前以後）曾有活動（例示①），並要求必要時追溯至「中期更新世以後」（約40萬年前以後），評估其活動性（例示②）

例示①

證據顯示約12~13萬年前有明確的地層及地形面存在時

約12~13萬年前之地層或地形面上可確認「無斷層活動所產生之移動及變形」時，則可判斷不可能是活斷層。

另外，為求慎重，並使此一判斷更為明確，對於約13~40萬年前之地層或地形面上「無斷層活動所產生之移動及變形」進行調查至為重要。

若無移動、變形，則不可能是活斷層。

約12~13萬年前

何謂約12~13萬年前？

約13~40萬年前

此時代因氣候溫暖，海面持續維持比現在更高的狀態下，故此時代所生成之「海成段丘」仍遺留在日本各地。因此，此時代之地層較易發現，故可作為判斷斷層活動性之指標。

約80萬年前

為求慎重，最好進行調查。

例示②

約12~13萬年前之地層及地形面不存在時，或無法明確判斷此時期之活動性時

回溯至約40萬年前，綜合檢討地形、地質、地質構造及應力場等，可確認「無斷層活動所產生之移動及變形」時，則可判斷不可能是活斷層。

此時，地層或地形面之年代為約13~40萬年前期間的任何年代均可。

若無移動、變形，則不可能是活斷層。

約13~40萬年前

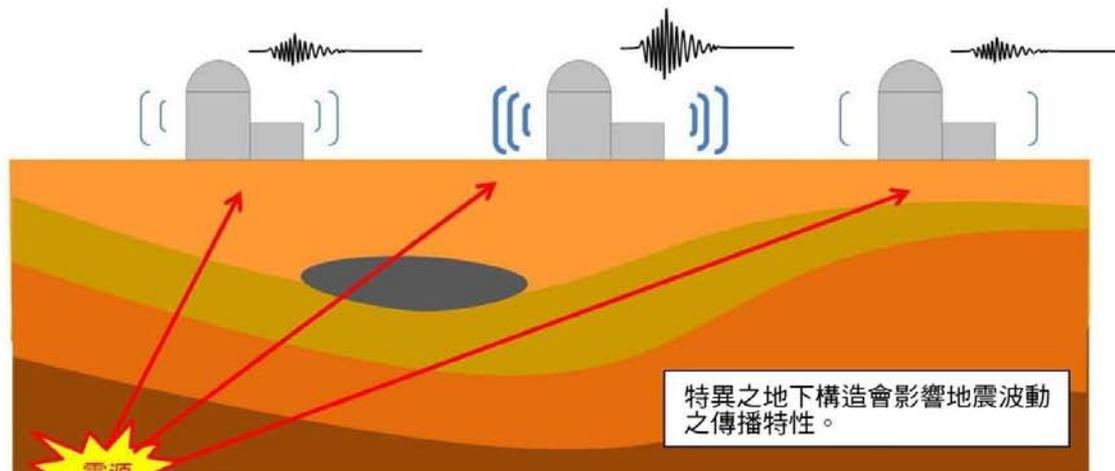
何謂約40萬年前以後？

依據政府之地震調查研究推進本部所彙整之活斷層長期評估方法（暫定版），活斷層從約40萬年前以後到現在，大致持續相同的地殼變動樣式，今後進行同樣活動之可能性相當高。

約80萬年前

訂定更精密之「基準地震動」

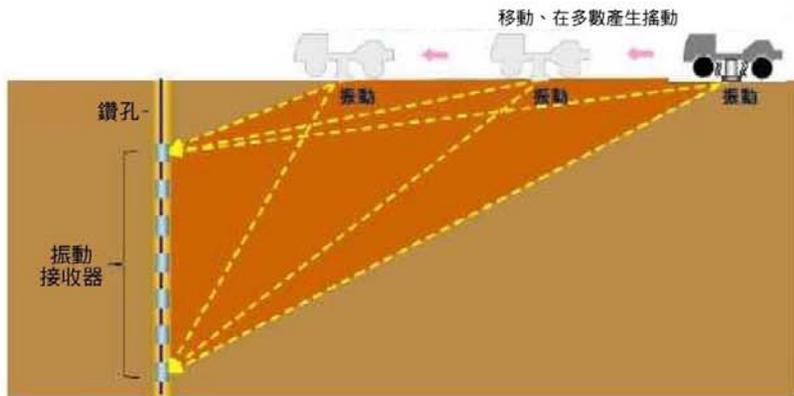
- 鑑於核電廠址之地下構造可能會擴大地震動之振幅，故要求掌握三度空間之廠址地下構造。



< 地下構造調查之例 >

震源

利用引發振動用之車輛使地下產生振動，在鑽孔內之接收器接收振動信號，以解析方式掌握地下構造。



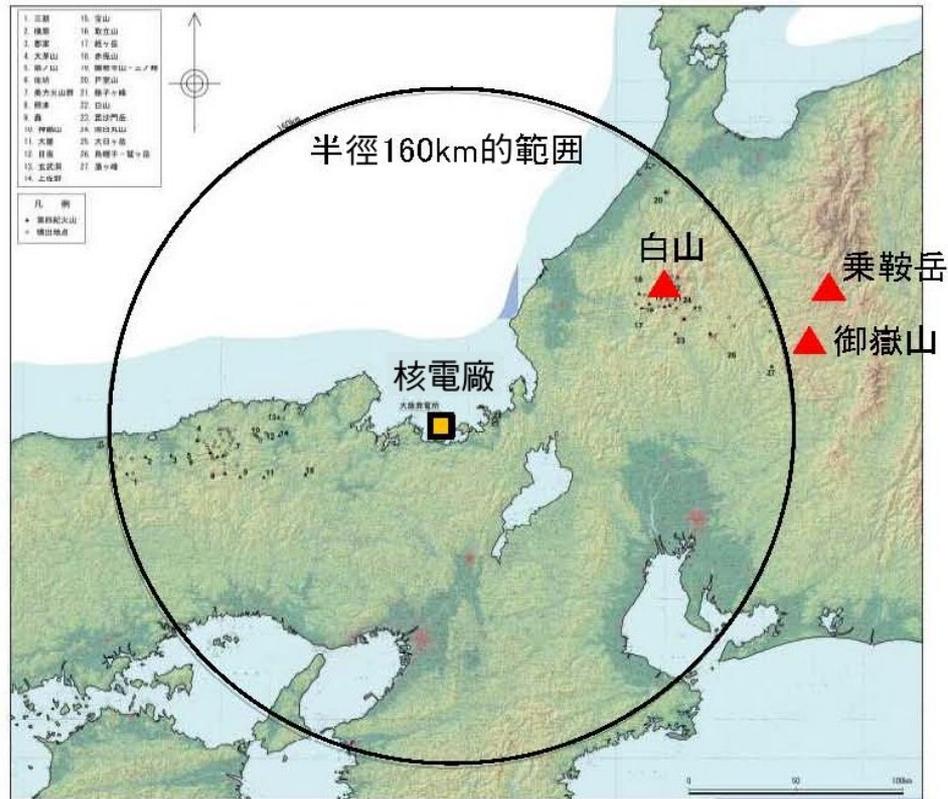
引發振動用車輛

其他自然現象之假定及對策之強化

► 從防止共通原因導致安全功能一齊喪失之觀點，要求就火山、龍捲風、森林火災方面大幅提升假定之事件並擬定防護對策。

(火山之例)

要求調查核電廠半徑160km圈內之火山，評估火山碎流及火山灰到達廠址之可能性及到達時之影響，並事先採行防護措施。



因應自然現象以外事件所造成共通原因故障之對策 (1)

- 對於自然現象以外因共通原因造成安全功能一齊喪失之事件，徹底強化因應停電（電源喪失）之對策。

新基準與舊基準之比較〈電源〉

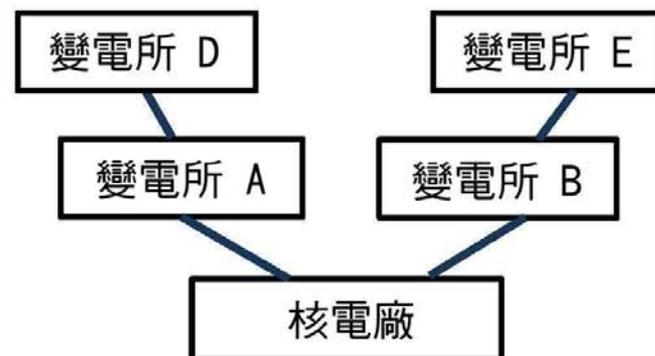
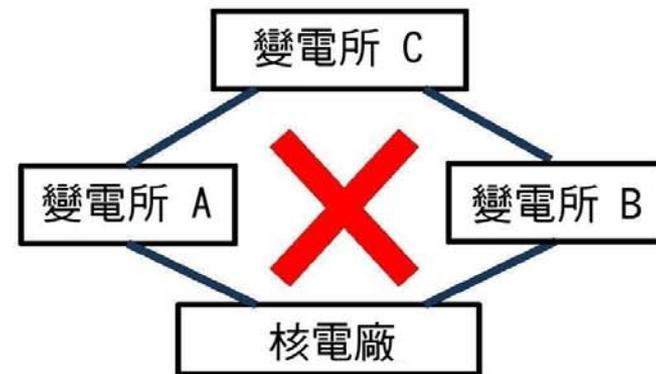
	舊基準	新基準
外部電源	2回線（未要求獨立性）	2回線（要求獨立）
廠內交流電源	永久性設備2台（緊急柴油發電機）	除原有設備以外，再追加永久性設備1台，可運式（電源車2台），並儲備7天的燃料
廠內直流電源	1個永久性系統（容量為30分）	將原有容量增加至24小時，追加1個可運式系統及1個永久性系統（均為24小時容量）

※ 除以上外，對電源盤亦要求不會因共通原因而喪失功能



在山地配置電源車〈可運式交流電源〉

外部電源系統之強化〈在2個以上獨立、相異之變電所等以2個回線以上之輸電線接續〉

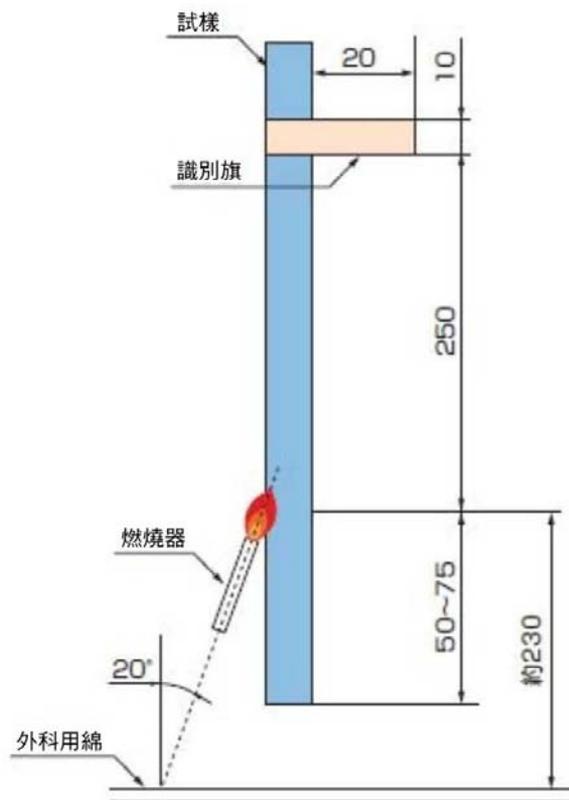


因應自然現象以外事件所造成共通原因故障之對策 (2)

- ▶ 對於自然現象以外因共通原因造成安全功能一齊喪失之事件，強化因應火災、內部溢水等之對策。

(火災對策之例)

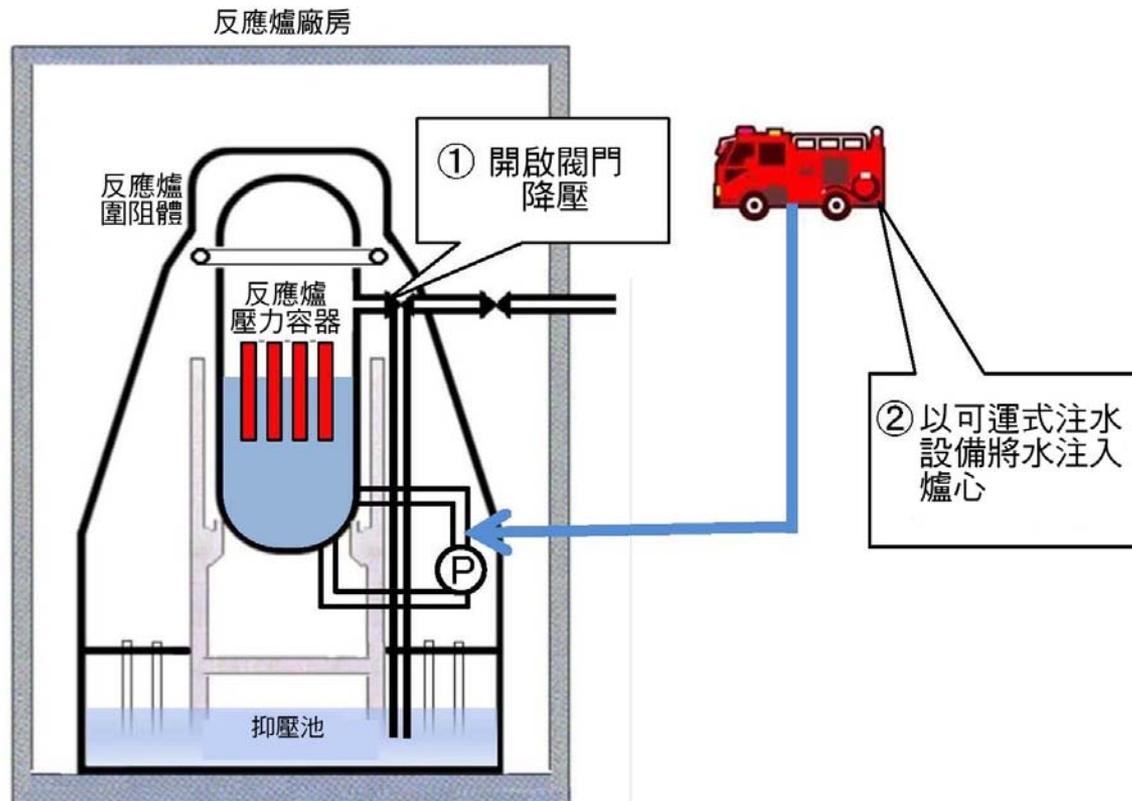
對於具有安全功能結構物之電纜線，要求進行驗證測試，確認其難燃燒性。



自我滅火性驗證測試之例 (UL垂直燃燒測試)

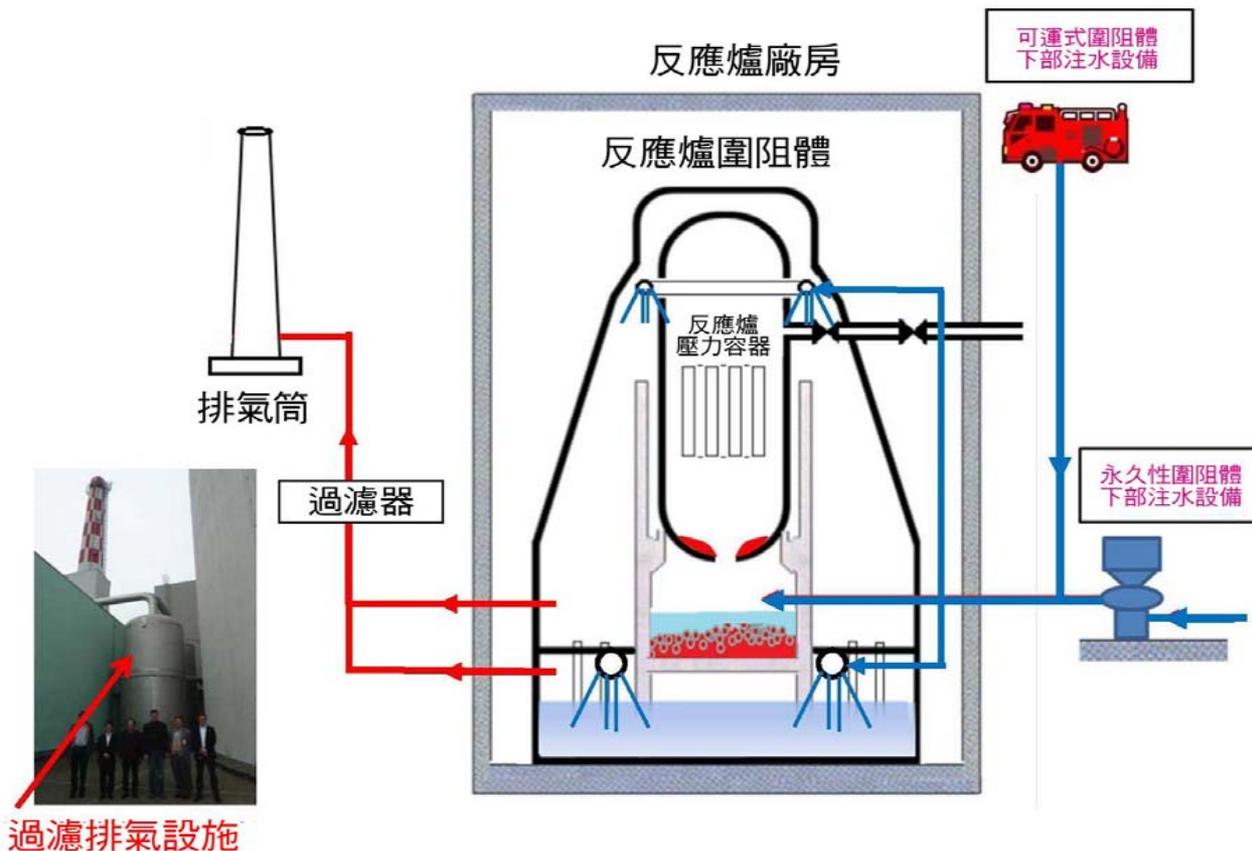
防止爐心損傷之對策

- 要求即使因萬一之共通原因而發生安全功能一起齊失等事故時，亦不會導致爐心損傷。
 - (例1) 即使電源喪失時，亦可利用可運式電源等將安全釋壓閥開啟，使反應爐降壓到能用可運式注水設備等進行注水（BWR）。
 - (例2) 反應爐降壓後，以可運式注水設備將水注入爐心。



防止圍阻體破損之對策

- 要求即使爐心損傷，亦不會導致圍阻體破損。
 - (例1) 設置排氣過濾裝置，降低放射性物質排放，使圍阻體內壓力及溫度下降。
 - (例2) 為防止爐心熔融導致圍阻體破損，在圍阻體下部設置注水設備（泵車、軟管等），將熔融之爐心冷卻。



抑制放射性物質擴散至廠外之對策

- 要求即使圍阻體破損亦能抑制放射性物質等擴散至廠外。

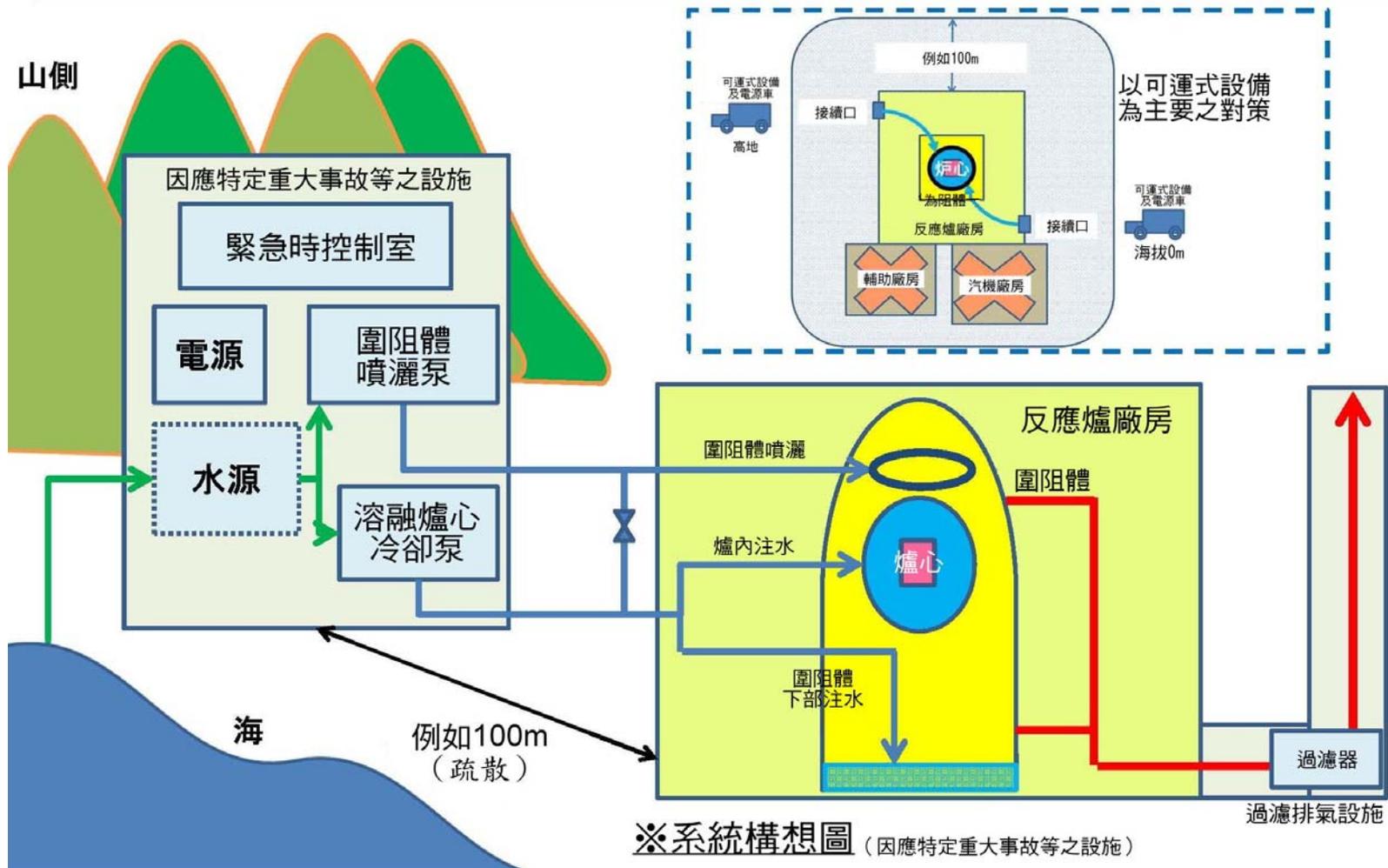
廠房外設置注水設備等（防止因噴水至反應爐廠房而產生放射性物質之氣流（plume））



對策想像圖（大容量泡沫噴水砲裝置）

因應航空機蓄意衝撞等之對策

- 因應蓄意之航空機衝撞等，以可運式設備為主要之對策（可運式設備、接續口之分散配置）。要求設置永久性設備作為後備對策（特定重大事故等因應設施之整備）



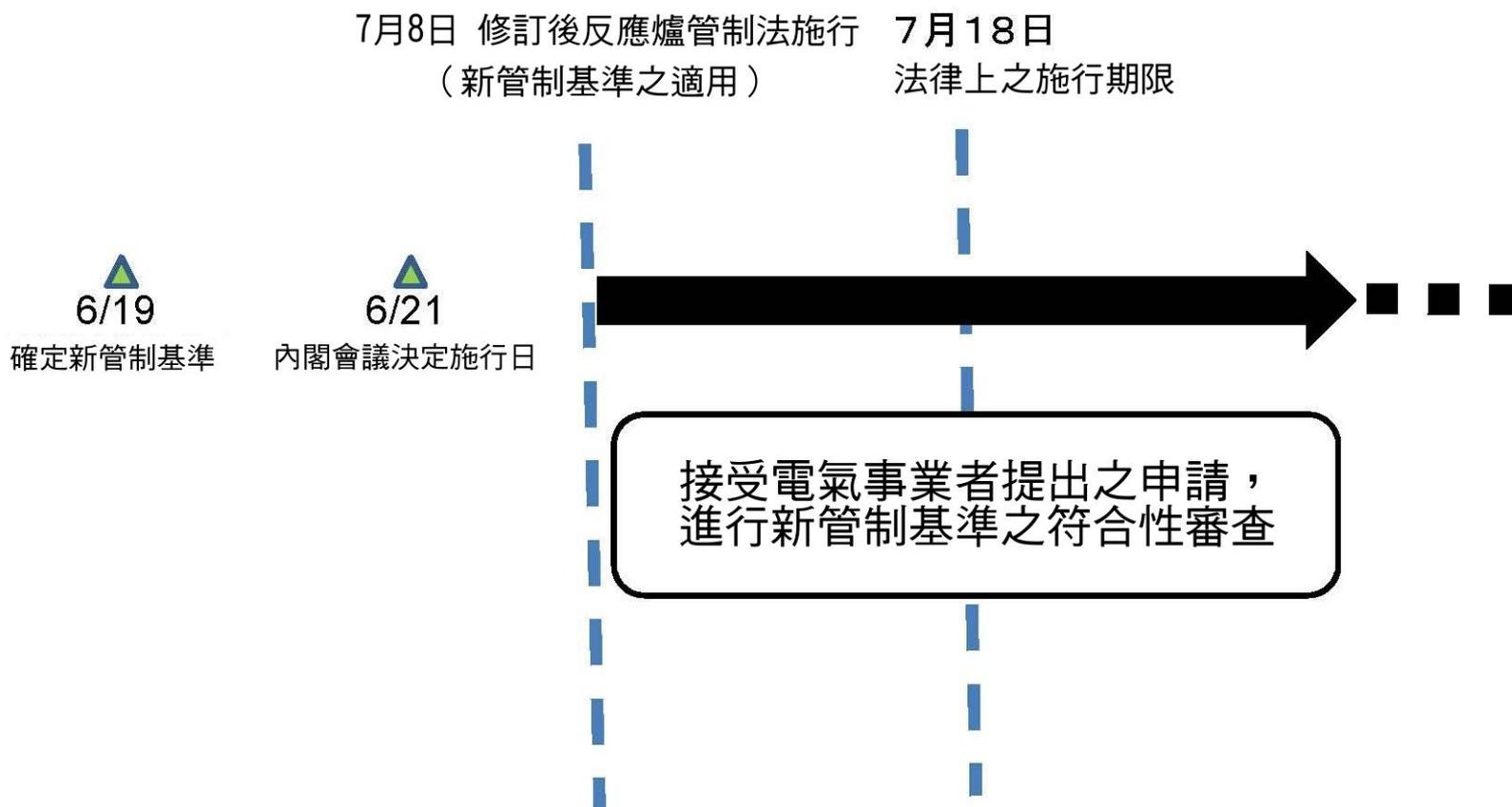
要求符合基準之時限

- 此次記取福島第一核電廠事故之教訓，要求在7月之新管制基準施行階段時具備所有之功能。
- 但是對進一步提升可靠度之後援（Backup）設施，則預定要求施行後5年內需符合新基準。

	要求7月施行時需具備全部必要之功能	對進一步提升可靠度之後援（Backup）設施，要求施行後5年內需符合新基準
使嚴重事故不致發生之功能 （強化）	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 地震、海嘯之嚴格評估 ▪ 地震對策（防潮堤） ▪ 火災對策 ▪ 電源之多重化、分散配置 等 	
因應嚴重事故之功能 （新訂） ※ 含恐怖攻擊及航空機衝撞對策	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 防止爐心損傷（降壓、注水設備及程序書） ▪ 圍阻體之封閉功能（BWR之過濾排氣等） ▪ 緊急應變場所 ▪ 反應爐100m處配置電源車、注水泵等 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 後援設施 <ul style="list-style-type: none"> — 反應爐100m處配置電源車、注水泵，將這些緊急時之控制室常設化（特定重大事故等之因應設施） — 永久性直流電源（第3個系統）

反應爐管制法修訂後之施行日程

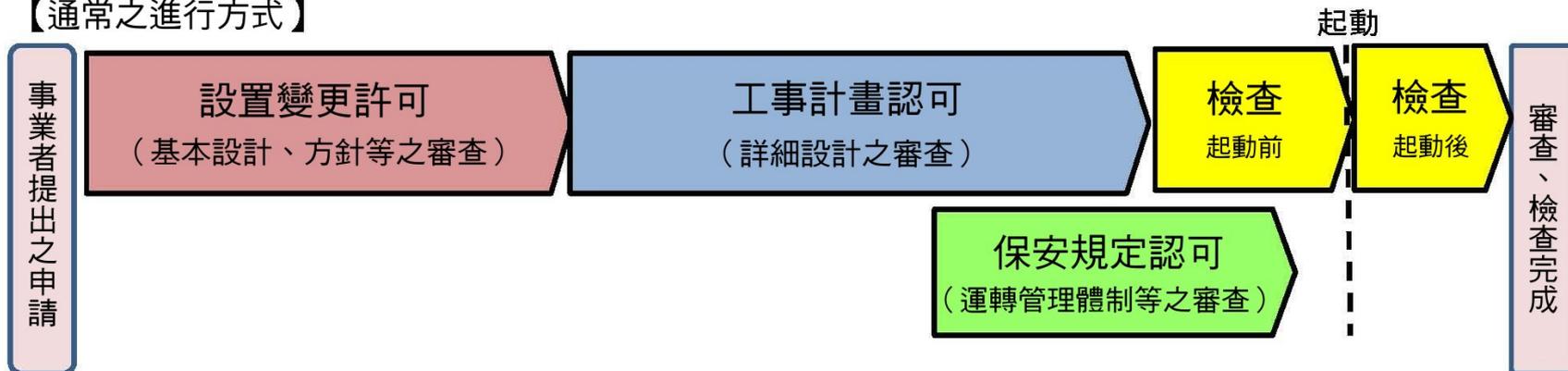
- 修訂後之反應爐管制法自2013年7月8日起施行。
- 新管制措施施行後，接受電氣事業者提出之申請，原子力規制委員會開始進行新管制基準之符合性審查。



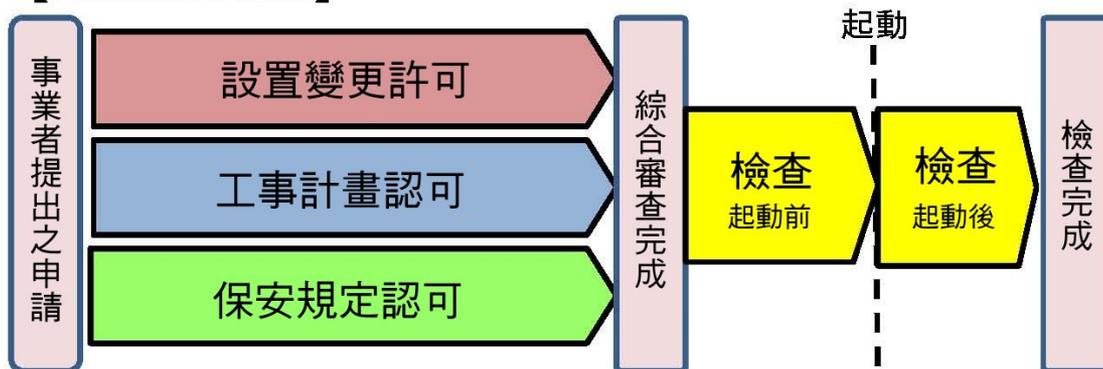
新管制措施施行後目前之審查及檢查進行方式（構想）

- 通常審查時係進行設置許可、工事計畫認可、保安規定認可相關之階段性審查。
- 此次審查係就設備之設計及運轉管理體制等、以及軟硬體之實效性進行綜合性審查，對於設置許可、工事計畫認可、保安規定認可等，則接受事業者同時申請、並進行平行審查。

【通常之進行方式】

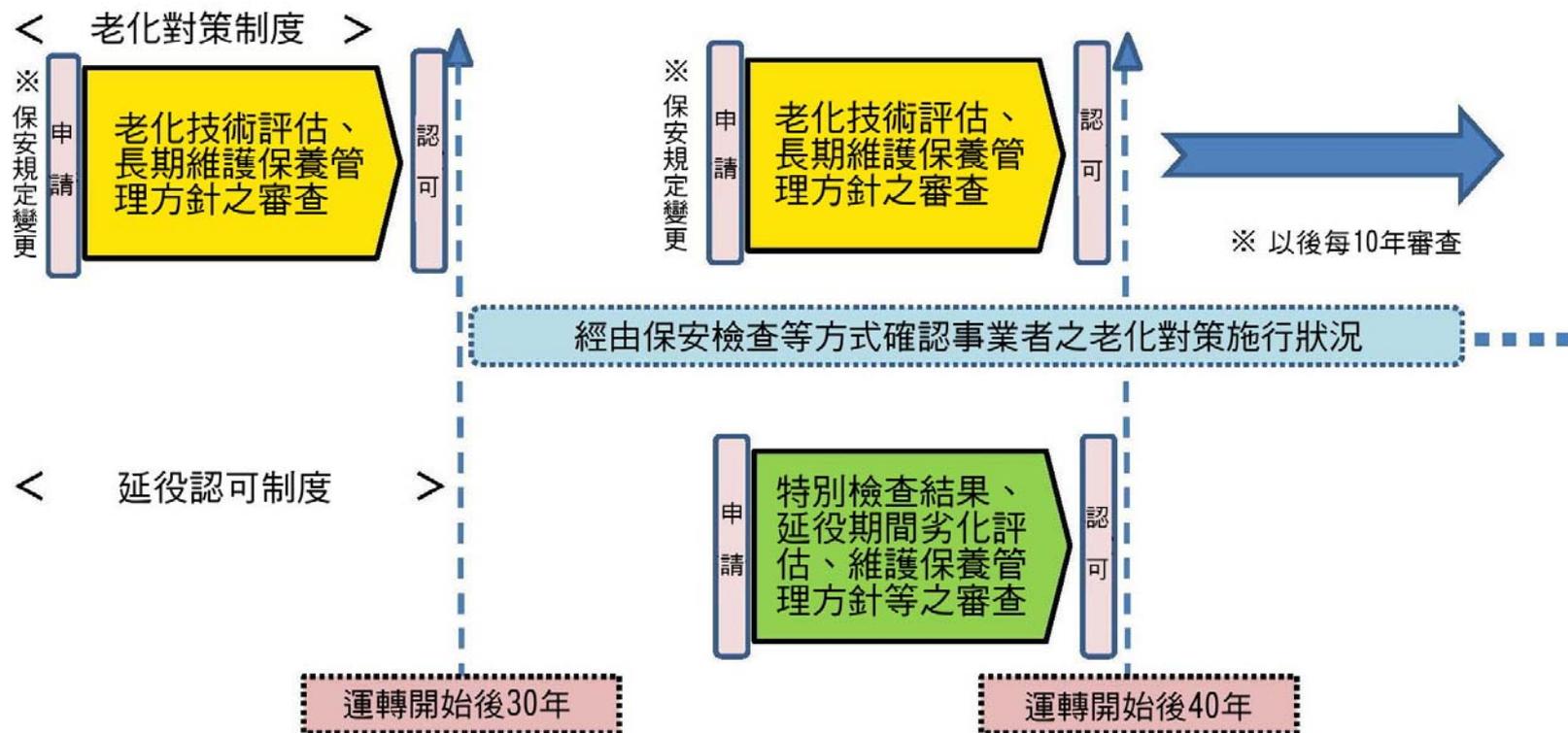


【此次之進行方式】



老化對策及延役認可制度

- 老化對策制度：有關運轉30年以上之反應爐設施，賦與義務訂定每10年之設備組件及結構物劣化評估、以及長期維護保養管理方針，並納入保安規定之認可制度中。
- 延役認可制度：規定發電反應爐運轉期間為40年，滿40年以前若獲得認可則可延役1次，延役上限為20年，具體之延役期間於審查時個別判斷。



延役認可制度

- 延役之認可基準係在考慮延役期間之運轉產生劣化之後，仍能符合最新之技術基準，且於延役期間仍可維持。
- 申請延役之認可時，要求事業者採行以下措施，原子力規制委員會依其結果判斷是否符合認可基準。
 - ① 就劣化現象進行特別檢查
 - ② 延役期間之劣化相關技術性評估
 - ③ 訂定延役期間之維護保養管理方針

< 特別檢查之基本考量觀點 >

通常應維護保養之設備組件除外，要求以前未檢查劣化現象、以及只檢查一部份之設備組件等進行詳細檢查。

< 特別檢查對象設備、部位之例（例：PWR） >

對象設備	對象部位、現在之檢查方法	特別檢查
反應爐壓力容器	僅銲道進行超音波探傷（UT）檢查	母材及銲道（100%爐心區）UT檢查
反應爐圍組體（圍阻體鋼板部分）	洩漏率試驗等	以目視檢查確認塗膜狀態
混凝土結構物	目視及非破壞檢查	以圓柱形試體（Core Sample）確認強度、中性化、鹽分浸透等

安全目標

- 我國舊原子力安全委員會並未訂定世界各國有關核安管制之「安全目標」。
- 原子力規制委會就此進行檢討，於2013年4月獲得共識。

- ① 以舊原子力安全委員會安全目標專門小組之檢討結果（※）作為議論之基礎
 - ※ 爐心損傷機率約 10^{-4} /年
 - 圍阻體功能喪失機率約 10^{-5} /年等
- ② 納入放射性物質造成環境污染之觀點，事故時銻137釋出量大於100兆貝克之事故發生機率應抑低至小於100萬爐年1次左右（恐怖攻擊除外）
- ③ 安全目標應適用於所有發電用反應爐
- ④ 安全目標係原子力規制委員會執行核子設施管制欲達成之目標
- ⑤ 有關安全目標之議論，今後仍將持續進行檢討