

【2015年核能學會後福島改善研討會】

日本核能電廠在福島事件後 重新啟動的現況與挑戰

清華大學原科中心

報告人 許文勝 | 104年10月15日

前言

- ▶ 2011年3月福島核災後，日本核電廠全面停止運轉，一般家庭及工業**用電成本不斷增加**，對國家經濟及產業競爭力造成極大衝擊。
- ▶ 若此問題未獲解決，能源進口成本大增，電費可能面臨持續性調漲，對民生與產業發展產生深遠且長期的影響。



- ▶ 為解決此情況，日本政府重新檢討能源政策，積極推動核電廠的重新啟動。
- ▶ 在2014年4月通過的新《能源基本計劃》中，已明確將核電定位為「**重要基載電源**」，表述核電屬低碳能源，不僅營運成本相對低廉，更具備高效率穩定供應性，亦不排放溫室氣體，因此在確保安全無虞的前提下，決議**重啟核電廠**。



- ▶ 而日本政府為重拾民眾對核能安全的信心，停運中之核電廠機組欲恢復運轉，須經過由原子力規制委員會(NRA)所訂立的 - 標榜世界最嚴格核電廠檢驗標準「**新規制基準**」之**認可**，並在**獲得地方政府同意**後，才能重啟運轉。

※ 有關取得地方政府同意：

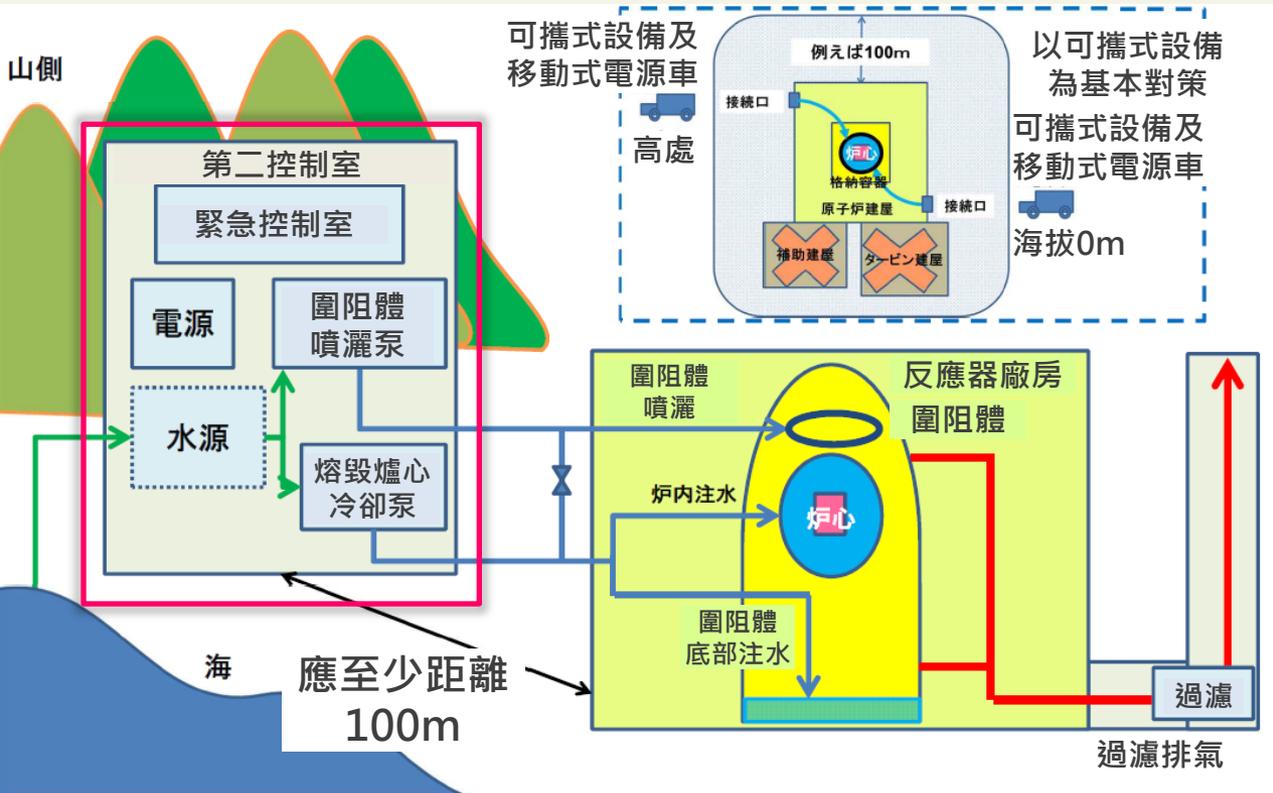
- 雖無法律明文規定，但基於「**原子力安全協定**」，日本核電廠重啟動須經過**地方政府**(核電廠所在鄉鎮及縣市政府)**同意**，而且地方政府有義務為半徑30km內居民制定“**防災避難計畫**”。

新規制基準之基本概念(1/3)

- ▶ 汲取福島第一核電廠事故經驗教訓與日本國內外新知技術，以「**深度防禦**」為概念，充分考量**多樣性**及**獨立性**，**大幅強化原有設計基準並增訂防護對策**，以防止嚴重事故發生及減緩其造成之影響。
 - 自然災害方面：更加嚴格評估假想地震及海嘯、採行海嘯淹水對策、增訂火山、龍捲風、森林火災之評估。
 - 其他共因失效引起事件方面：強化廠內火災防護對策、提升廠外電源可靠性、廠內電源及配電盤多重/分散配置、採行廠內淹水對策、強化監測及通訊系統。

新規制基準之基本概念(2/3)

- ▶ 增訂因應**恐怖攻擊之飛機衝撞對策**，作為提升**可靠性**之後備對策，新設置**第二控制室**。



< 第二控制室 >

- 為專門因應飛機蓄意衝撞或其他恐怖攻擊之**S等級耐震設施**。
- 應設置在距離反應器廠房**100m以外處**，避免同時遭受攻擊。
- 以可攜式設備為基本對策，並採分散保管、連接，並配置**移動式電源車、水箱車**。
- 設施內設備包括：注水泵、過濾排氣、發電機、柴油儲存槽等，並設有能進行反應器降壓冷卻**遠端操作之緊急控制室**。
- 在失去外援情況下，設施功能應至少能維持**7天**。

※ 第二控制室應於新規制基準實施後5年內(2018年7月前)建造完成。

新規制基準之基本概念(3/3)

- ▶ 採行**Backfit**制度，既有核電廠亦須符合新規制基準，積極應用新知技術，以維持電廠最高安全性。
- ▶ 即使萬一發生嚴重事故，亦具備下述可因應對策：
 - **停機**（強化反應器停機）對策
 - **冷卻**（防止爐心熔毀）對策
 - **包封**（防止圍阻體破損）對策
 - **抑制放射性物質擴散**對策

✓ 為確保指揮功能，主控室以外須另設置**緊急時對策所**

藍字：重新檢視原有<設計基準>
紅字：新訂<嚴重事故對策>

【強化交流電源】

- 廠外電源輸配電線採 2 迴路之設計，並由獨立的 2 個變電所供電
- 緊急柴油發電機須能連續運轉 7 天

【緊急時對策所】

- 具備免震功能
- 即使發生與福島事故相同規模的放射性物質外釋，亦能確保人員適居性

【增加應評估之自然現象】

- 不會因龍捲風、火山、森林火災而使電廠安全性受到影響

【圍阻體降壓冷卻對策】 **【熔毀爐心冷卻對策】**

- 利用移動式泵浦及大容量水箱車供水

【確保緩和嚴重事故所需之水源】

- 確保水源多種利用方式

【抑制放射性物質向核電廠外擴散】

- 廠房外設置放水砲塔 / 注水設備

【圍阻體降壓冷卻對策】

- 圍阻體過濾排氣(BWR於新規實施後即時適用；PWR則具5年緩衝期)

【反應器停機失敗時對策】

- 增設在反應器停機失敗時，使反應器功率降低之設備

【海嘯防護對策】

- 設置防波堤，將重要設施設置在高處，並防海嘯沖入廠址內

【基準海嘯】

- 評估以往最高海嘯溯上高度，訂定更具有餘裕的基準海嘯

【廠內淹水】

- 不會因廠內淹水(如管路/儲水槽破裂，水/蒸汽洩漏)而損及安全設施功能

【廠內火災對策】

- 防止火災發生並減緩火災影響，確保電廠安全性不受損害

【第二控制室】※

- 設置緊急控制室，執行熔毀爐心冷卻及圍阻體降壓冷卻操作
- 恐怖攻擊、飛機衝撞之對策

【緩和嚴重事故所需之電源】

- 配備發電機裝載車及蓄電池，並設置第2個固定直流電源系統

【防止氫爆對策】

- 安裝降低氫氣濃度之設備

【熱移除功能喪失時】

- 藉由圍阻體再循環單元移熱

【建立更嚴格的活斷層認定標準】

- 禁止在活斷層上方建蓋核電廠
- 若無法明確判斷 1 2 ~ 1 3 萬年前的斷層活動時，應回溯至 4 0 萬年前

【訂定更精確的基準地震】

- 掌握三度空間之廠址地下構造
- 不鎖定地震源，制定地震動

新規制基準之主要對策

※第二控制室應於實施後 5 年內完成建造。

日本核電廠重啟動須提出之申請

三項申請書需同時提出以供NRA審查
並依NRA審查意見必要時再提出《補充說明書》

反應器設置變更許可 (基本設計 & 安全對策)

新規制基準要求增加<設計基準設備>及<因應嚴重事故設備>之基本設計方針及有效性評估結果。

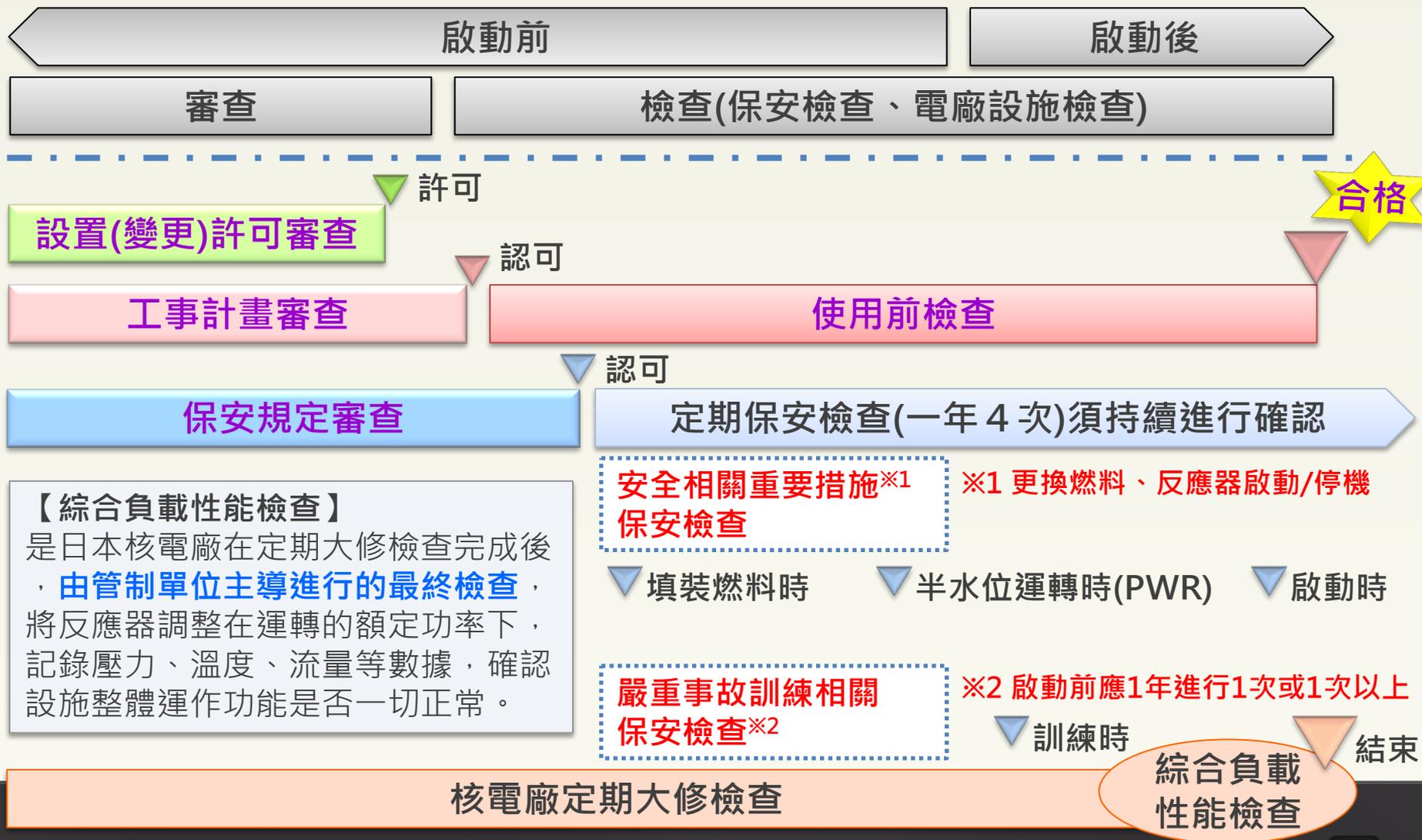
工事計畫認可 (詳細設計)

新規制基準要求記述因應嚴重事故對策所需具備功能、設備之詳細設計內容，如泵浦的容量、揚程、數量等。
(※ 通過認可後才開始施工。)

保安規定變更認可 (運轉管理之體制 & 組織架構)

新規制基準要求增加有關因應嚴重事故對策之組織架構及設備的運用管理。

NRA 審查及檢查流程



日本核電廠重啟動

The Nuclear Restart in Japan

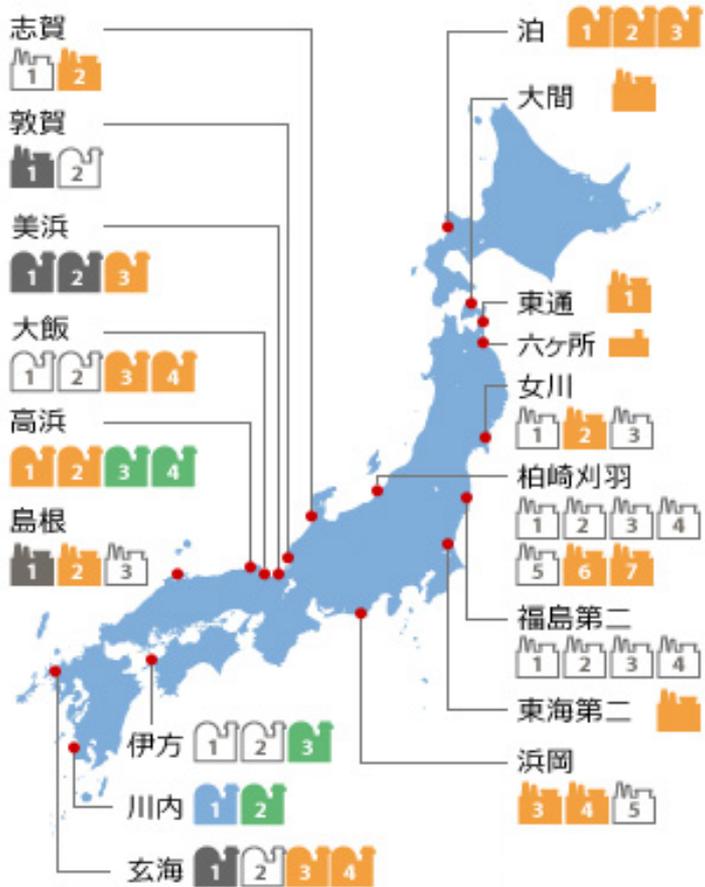
日本核電廠重啟動之沿革

2011年	3月	福島第一核事故	首度 零核電
2012年	5月	泊核電廠3號機停止運轉	
	7月	大飯核電廠3、4號機重啟動	重啟動
2013年	7月	實施新規制基準	再次 零核電
	9月	大飯核電廠3、4號機停止運轉	
2014年	9月	川內核電廠1、2號機符合新規制基準	
2015年	2月	高濱核電廠3、4號機符合新規制基準	
	7月	伊方核電廠3號機符合新規制基準	
	8月	川內核電廠1號機重啟動	實施新管制 基準後首例 重啟動

結束近兩年零核電狀態

新規制基準適合性審査現況

原子力施設 新規制基準適合性審査状況



▶ 目前審査中の：

- 13座核電廠，計20機組
- PWR>>> 5座核電廠，計10機組
- BWR>>> 8座核電廠，計10機組

▶ 目前審査通過の：

- 九州電力川内2號機 (鹿兒島縣)
- 關西電力高濱3、4號機 (福井縣)
- 四國電力伊方3號機 (愛媛縣)

▶ 已恢復運轉の：

- 九州電力川内1號機 (鹿兒島縣)

※ 目前通過審査的電廠均為PWR且集中在日本西半部地區。

※ BWR電廠較多的東半部地區整體審查進度較為落後。

< NRA審查方針 > PWR列為優先審查對象

理由

安全審査で先行する原発

	序盤	中盤	後半	内定合格	合格
川内1,2号機(九州)	●	→	→	→	→
高浜3,4(関西)	●	→	→	→	→
伊方3(四国)	●	→	→	→	
大飯3,4(関西)	●	→	→		
玄海3,4(九州)	●	→	→		
泊3(北海道)	●	→			
柏崎刈羽6,7(東京)	●	→			
島根2(中国)	●	→			
女川2(東北)	●	→			
浜岡4(中部)	●	→			

(注) カッコ内は電力会社

(圖資料：2015/7/4 日本經濟新聞)

- ▶ 2013年7月實施新規制基準後，同年7月底前提出重啟動安全審査申請的核電廠均為PWR，即使(BWR)東電柏崎刈羽核電廠6、7號機亦於7月底前提出申請，NRA仍然決議**優先審查PWR電廠**，而推延對BWR電廠的審查。
- ▶ PWR與BWR電廠審查**涉及不同專業**，若審查團隊於同一時期對PWR與BWR進行審查，需要投入更多人力。
- ▶ **BWR汽機**等設備會**直接接觸到含放射性的蒸汽**，故需要**大範圍的安全管理**。

※ BWR電廠在未裝設圍阻體過濾排氣裝置前將無法通過NRA的認可；PWR則具有5年的緩衝期。

九州電力川內 1、 2 號機 (鹿兒島縣)

- ▶ 九州電力川內核電廠位在鹿兒島縣薩摩川內市久見崎町
- ▶ 川內 1、 2 號機 (PWR ， 額定發電功率89萬kW ， 分別在 1984、 1985年開始運轉)
- ▶ 川內 1 號機是日本實施新規制基準以來，首座重啟的核能機組(2015/8/11)



川內 1 號機申請重啟動經過

2011年	5月	大修停機
2012年	9月	NRA成立
2013年	7月	NRA實施新規制基準
		同日川內核電廠便立即提出「反應器設置變更許可」、「工事計畫認可」及「保安規定變更認可」之申請。
2014年	3月	NRA認為川內核電廠針對各項災害之因應措施最為完整，因此列為優先審查對象。
	9月	通過「反應器設置變更許可」
	11月	獲得地方政府同意
2015年	3月	通過「工事計畫認可」，開始「使用前檢查」
	5月	通過「川內核電廠保安規定變更認可」
	7月	裝填核燃料
	8月11日	重新啟動運轉

重啟動
申請手續
歷時兩年

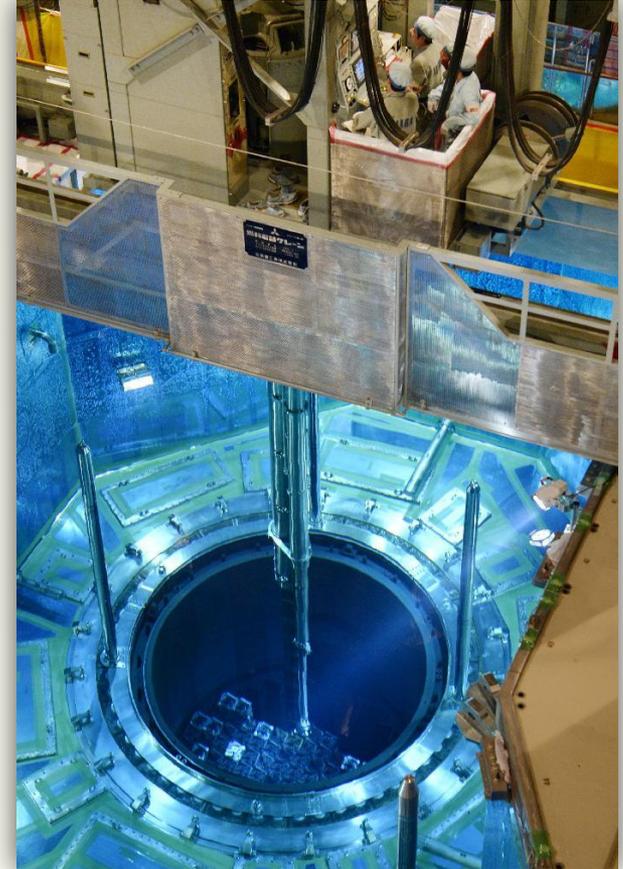
川內 1 號機重啟動後動態

8 月	11 日	重啟運轉，達到臨界
	14 日	開始供應一般家庭及企業用電
	20 日	二次側冷卻系統 冷凝水泵出口附近水質出現異常警報（導電率數值 / 鹽分濃度上昇）
	21 日	經檢查後，發現是冷卻蒸汽用25mm海水管路有5根洩漏，研判因管路微小破裂，導致 微量海水滲進冷凝器內 。在使用冷凝水除礦器去除雜質後，即不再對電廠運轉造成影響，亦無輻射外釋疑慮。
	29 日	輸出功率達到100%
	31 日	開始全功率運轉
9 月	9 日	NRA進行最後的使用前檢查
	10 日	完成所有必要檢查，取得NRA檢查合格證書，開始正式 商轉

依規定在開始商轉13個月內須接受定期大修檢查，川內1號機預計明年10月將暫時停止運轉。

川內 2 號機進入重啟動最後準備階段

- ▶ 9月13日 完成反應器核燃料裝填作業。
- ▶ 目前NRA正進行使用前檢查，預定10月15日重新啟動，11月中旬開始商轉。
- ▶ 有望成為實施新規制基準後，日本核電廠重新啟動第二例。



川內2號機24小時進行燃料裝填(2015.9.12)

關西電力高濱 3、4 號機 (福井縣)

- ▶ 關西電力高濱核電廠位在福井縣大飯郡高濱町
- ▶ 高濱 3、4 號機 (PWR ， 額定發電功率87萬kW ， 1985年開始運轉)



高濱核電廠重啟動審查動態

- ▶ 2015年2月繼川內核電廠之後成為通過新規制基準適合性審查的第二例，關西電力原預計爭取今年11月重新啟動。



樋口英明法官

然而，2015年4月福井地方法院承審法官樋口英明做出「**不准重啟**」的假處分裁定。

此為**日本法院禁止核電廠機組重啟的假處分首例**。

該假處分裁定為“**即刻生效**”，雖高濱3號機8月份開始使用前檢查，但法院**若不改變裁定，高濱3、4號機將無法重啟**。

- ▶ 關西電力對該項裁定提出抗告，目前全案審理中尚未定案。

四國電力伊方 3 號機 (愛媛縣)

- ▶ 四國電力伊方核電廠位在愛媛縣西宇和郡伊方町
- ▶ 伊方 3 號機 (PWR ， 額定發電功率89萬kW ， 1994年開始運轉)



伊方核電廠重啟動審查動態

- ▶ 2015年7月 伊方3號機成為日本通過新規制基準的第三例。
- ▶ 9月2日 伊方町鄰近的八幡濱市大城一郎市長表示若伊方3號機符合下述條件，即同意核能機組重新啟動：
 - 符合新規制基準（已符合）
 - 四國電力公司需有堅決的意志確保不會發生事故，並研擬預防「人為過失」對策，具備安全運轉的足夠能力。
 - 取得伊方町環境監測委員會的同意。
- ▶ 此為伊方核電廠30km半徑內的7市町中，第一個對伊方3號機組重啟動表明立場的。若之後四國電力能順利取得地方同意，預計最快於今年冬天重新啟動。

新規制基準 < 老舊核電廠申請延役 >

- ▶ 依據2013年7月實施的改正「原子爐等規制法」，原則上將核電廠的運轉年限設定為40年，但若經過嚴格的安全檢查，並符合新標準規定要求（取得NRA認可），最多可延役一次，延長20年的運轉年限。
 - ▶ 今年3月，在日本老化的7座核能機組中，有5座決定除役：
 - 關西電力美濱1號機（1970年11月運轉）
 - 關西電力美濱2號機（1972年7月運轉）
 - 日本原子力發電敦賀1號機（1970年3月運轉）
 - 九州電力玄海1號機（1975年10月）
 - 中国電力島根1號機（1974年3月）
- ✓ 關西電力高濱1、2號機則決定申請延役。

老舊核電廠申請延役 & 重啟動

- ▶ 今年 5 月，NRA 認為分開審查效率太低，決議一併進行老舊核電廠申請延役與重啟動的審查。
- ▶ 老舊核電廠除了須符合新規制基準適合性審查外，亦須進行延役審查，確認反應器或設備是否有劣化情形。
- ▶ NRA 審查方針：針對老舊電廠 < 火災對策 > 作重點審查：
 - 因老舊電廠設計較舊，大多使用非耐燃性電纜。
 - 1 座核能機組的電纜使用量可長達數百公里，如何防止電力電纜延燒的火災對策成為申請延役之重大課題。

關西電力高濱1、2號機火災對策作法

- 原打算使用防火塗料，但NRA考量會有分布不均及管理問題，質疑其有效性。
- 經檢討後，放棄使用防火塗料，改採用能防止延燒材質的**防火包覆**。
- 關西電力表示即使改用防火包覆，施工工期與費用不會有太大的變化。

滅火設備

海龍滅火
藥劑噴嘴

泵浦

海龍滅火設備

滅火設備

自動撒水頭

火警探測器

自動撒水設備

減緩火災的影響

防火包覆

電纜托網

電纜托網
的防火包覆

日本核電廠重啟動 所面臨之挑戰

New nuclear safety standards

來自民意的挑戰(1/2)

川內 1 號機重新啟動前後之 8 月份民意調查：

NHK (8月12日) 民意調查顯示：

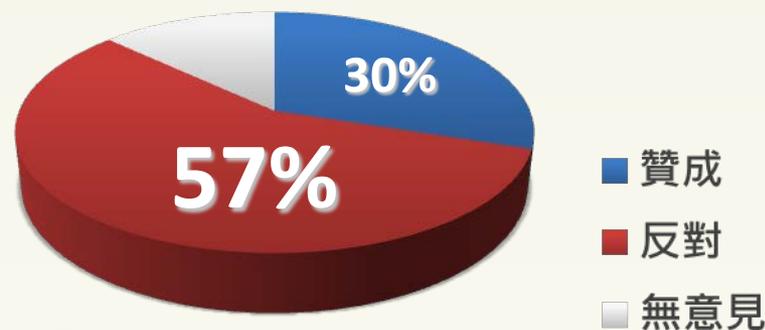
- 「贊成」 17%
- 「**反對**」 48%
- 「無意見」 28%

每日新聞 (8月8~9日) 民意調查顯示：

- 「贊成」 30%
- 「**反對**」 57%



每日新聞 8 月份民意調查



仍有多數民眾
反對重啟核電

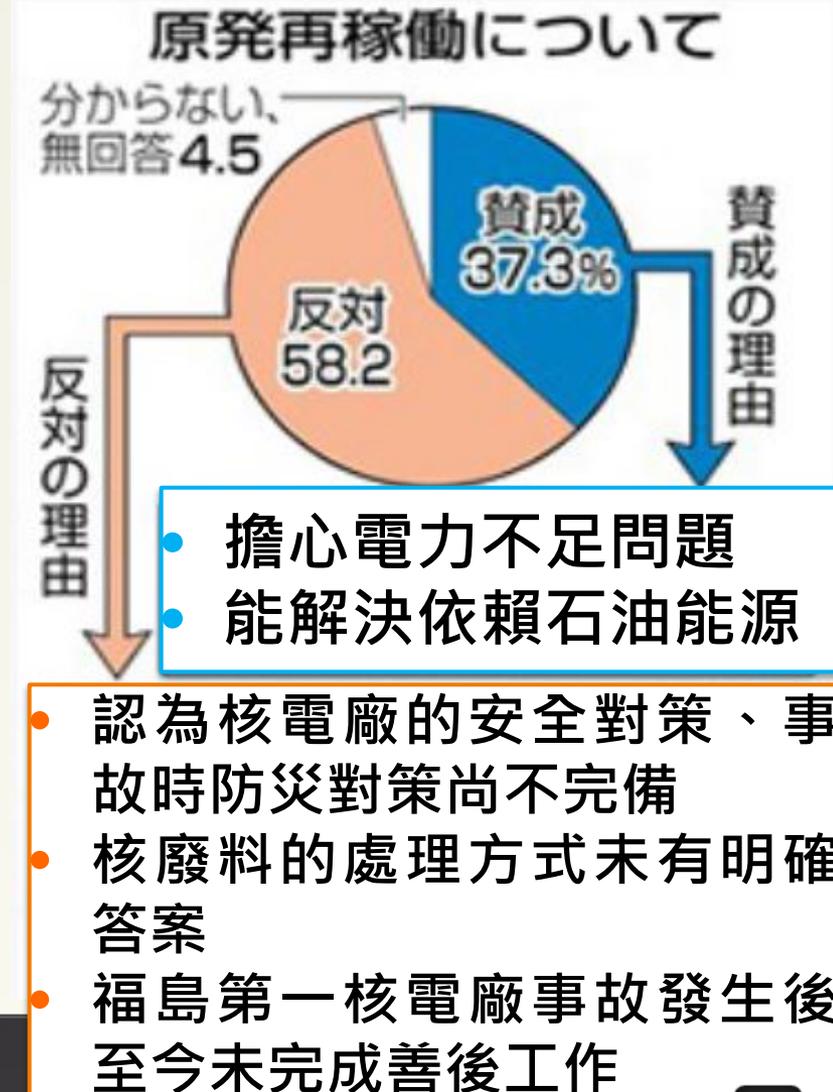
來自民意的挑戰(2/2)

9月份民意調查：

全國世論調查會（9月12~13日）針對核電廠重新啟動進行之全國民意調查顯示：

- 「贊成」37.3%
- 「反對」58.2%
- 「無意見」4.5%

- ※ 川內1號機重新啟動過後1個月後，回答“反對”的民眾超過半數，達58.2%
- ※ 贊成的僅占37.3%，但比先前有上升趨勢。
- ※ 其中以20~30歲的年輕族群贊成比例最高，近畿與四國地區贊成的也比反對的來得多。



來自媒體的挑戰

「重啟動」倉促上路，福島教訓何在？

- ▶ 「安全基準」虛有其名，事故對策不完備。
- ▶ 是否重啟動涉及高度政治判斷，NRA的角色僅限於安全審查，不應越俎代庖。
- ▶ 給予免震重要棟緩衝期的作法，問題重大。

- 講談社「現代商業」2014年7月

來自司法單位的挑戰

- ▶ 2014年12月 高濱 3、4 號機附近 9 位居民以「安全對策不完備」、「若發生嚴重事故將侵害到居民生存權利」為由，組團聲請停止高濱 3、4 號機重啟動的假處分。
- ▶ 2015年4月 福井地院裁定高濱 3、4 號機「不准重啟動」之假處分。
- ▶ 現況：關西電力在經由司法程序撤銷這項假處分之前，即使已通過日本政府標榜「世界最嚴格」之 NRA 新規制基準的認可，仍無法重啟高濱 3、4 號機。



來自地方政府的挑戰(1/2)

- ▶ 一般核電廠均會與所在地方鄉鎮及縣市政府締結「**原子力安全協定**」。
- ▶ 該安全協定內容主要關於放射性廢棄物處理及事故時之因應。但反應器如有增設或變更情況時，在重啟動前需得到地方鄉鎮及縣市政府的同意。
- ▶ 此安全協定雖非法律規定，但若核電廠未得到當地政府同意，強行重啟核電廠將會遭遇困難，不能忽視當地民意與縣市長所握有相關法令之許認可權限。

來自地方政府的挑戰(2/2)



福井縣 西川一誠 知事

表示「以現狀來看要日本零核電是不可行的」，認為應在確保安全情況下，善加利用既有的核電廠。強調「政府應承擔起責任，避免事故發生」，並將此作為判斷高濱核電廠3、4號機重啟的重要條件之一。



愛媛縣 中村時廣 知事

今年8月30日接受大分合同新聞採訪，針對是否同意四國電力伊方核電廠3號機重啟動時表示：「還未到作決定的階段」。將以「中央政府的想法」、「四國電力公司所做的努力」以及「當地民眾的理解」作為判斷依據。

後續執行追蹤問題

- ▶ 依據新規制基準作為提升可靠度之後備對策，核電廠應於新規制基準實施後 5 年內完成：
 - 第二控制室
 - 圍阻體過濾排氣裝置（PWR）
 - 第二套固定式直流電源系統

人員退休的隱憂

- ▶ 員工高齡化
- ▶ 核工人才不足（人才斷層、流失、退休...）
- ▶ 經驗及專業技術傳承困難

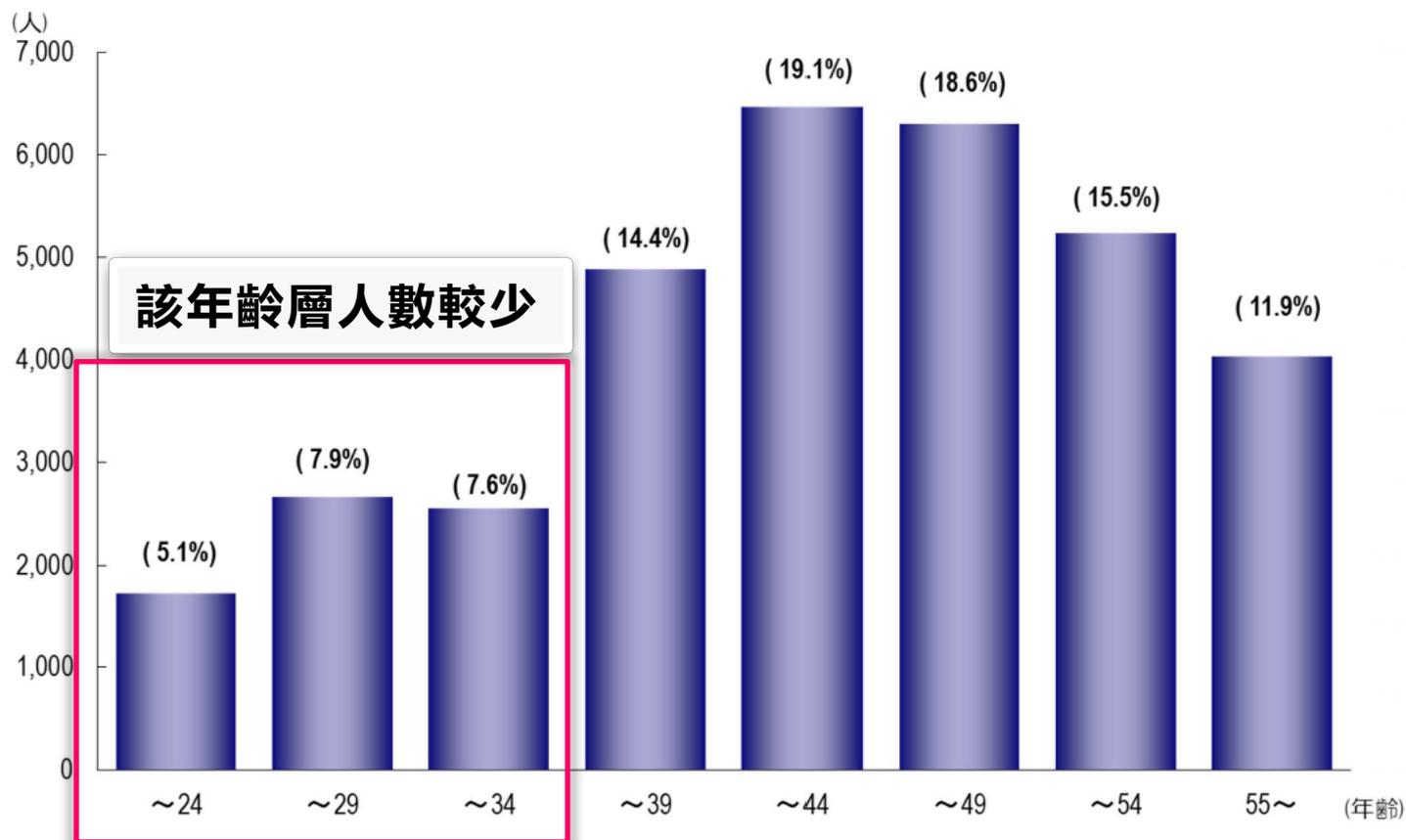


員工高齡化

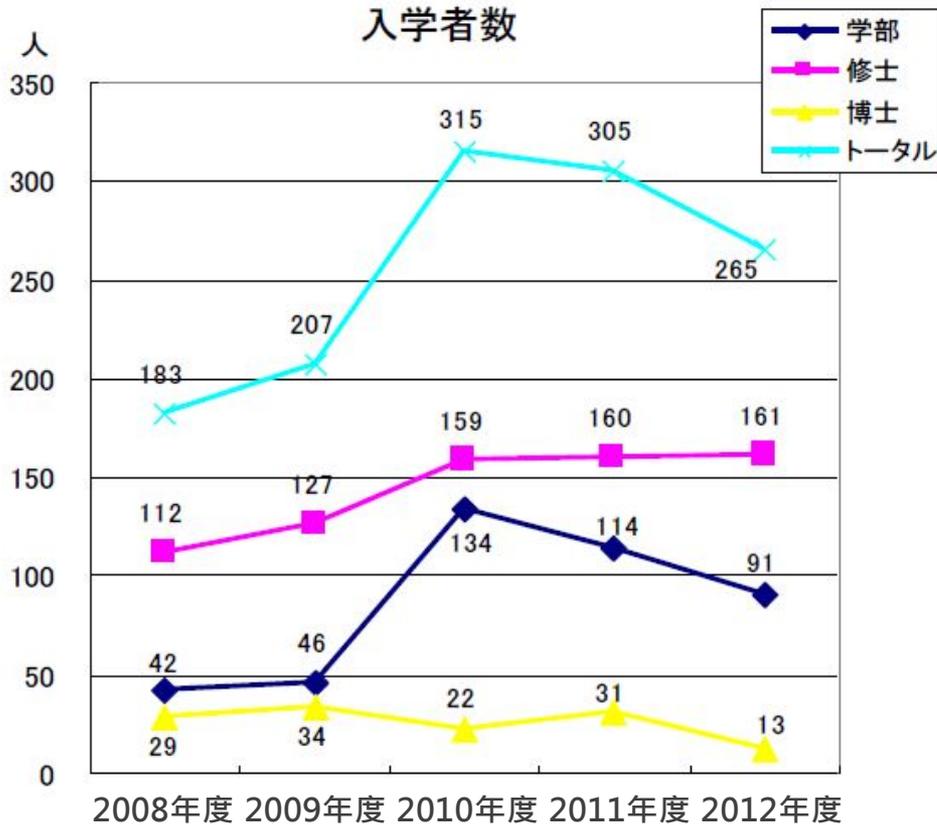


社員の年齢構成（単独）＜2014年度末＞

東京電力公司統計資料



核工人才斷層



2012年度大學部入學人數減少約2成



福島核事故後参加核能相關就職説明會學生銳減

結論

- 停止核電：電力供給捉襟見肘，電價上漲，貿易逆差持續惡化，溫室氣體減排目標深受影響，日本經濟大受打擊。
- 重啟動：重要契機，可望藉由安全運轉經驗的累積重拾民眾對核能的信心。

簡報結束 敬請指教

Thank you for your listening

