

核能簡訊

NUCLEAR
NEWSLETTER

核二廠螺柱事件始末

中國持續開發核能發電

化石燃料巨獸 掐住日本咽喉

麻省理工學院研究結果：低劑量輻射對健康無影響

國家的前途 從媒體與民眾看待核能與輻射談起



專訪原能會蔡春鴻主委
談核二廠1號機核准重起

封面圖片：日本的綠繡眼

專題報導

- 1 以專業能力管制核安「安全」為核准重起的唯一考量 編輯室
- 10 核二廠螺栓事件始末 編輯室

特別報導

- 14 日本重起大飯3號機 4號機預備中 編輯室
- 16 化石燃料巨獸 招住日本咽喉 編輯室

熱門話題

- 18 MIT研究結果：低劑量輻射對健康無影響 編輯室

核能脈動

- 20 中國持續開發核能發電 文·Takao Nagasaki 譯·朱鐵吉

讀者論壇

- 24 國家的前途 林基興
- 28 福島核能事故分析與安全改進建議 江仁台

核能新聞

- 30 國外新聞 編輯室
- 33 國內新聞 編輯室
- 34 龍門核電廠建廠管制現況報導 編輯室
- 36 原子能ABC — 劑量Dose 編輯室

去年311強震之前，日本已是世界第三大的原油進口國，更是世界第一大的液化天然氣進口國。當時的核能發電共有54部機組，提供了全國1/3的電力。日本原本計畫在2030年前，將提高核能發電占比至總電力的5成以上，以降低對油氣進口的依賴。但受到海嘯核災的影響，在今年5月泊核電廠大修時停機，至7月初重起大飯電廠3號機之前，實現了短短1個多月的「非核家園」。然而「非核家園」的代價卻不小。日本財政部6月20日公布的財報顯示，為了填補減少使用核能發電所產生的電力需求缺口，使得化石燃料等能源進口持續增加，促使日本5月貿易逆差增加至9,073億日圓，連續3個月出現逆差，且逆差數額為史上第三高。

目光轉回台灣，類似的場景出現在你我眼前；核二廠錨定螺栓事件，重起時間每延長1天，就是新台幣1億元的成本。兩個多月的紛擾，已經超過50億元的成本支出。本期編輯室特地走訪台電核發處瞭解螺栓事件始末，讓參與的台電工作者做最直接的解答，提供最透明的相關資訊。核電廠的工作者皆有共識，認真負責的工作態度，一再的檢驗與測試，為民眾的用電提供最安全與安心的環境。

此外，為民眾核能安全把關的原能會，在歷經2個半月的調查、評估、檢驗、再調查、再評估、再檢驗...，一直到確認安全無虞，終於核定核二廠1號機重新起動。蔡春鴻主任委員親自說明：事件發生時，調查和審查是主要工作，專業的嚴謹和電廠的安全是唯一的考量。傳達身為安全管制單位除了秉持專業能力與豐富經驗執行管制評估，也用心嚴謹的監督，無時無刻不以「民眾安全」為第一考慮要件。

今年多次的油電調整，帶動了物價上漲，已使民眾大感吃不消；沒有自產能源的台灣，若真的實現了非核家園，我們所需面對的困境絕對不亞於日本。除了工業經濟無法發展，人民得忍受輪流限電，員工因限電使公司產能縮減而減薪...等。這樣的生活，台灣人民也能如日本的人民默默接受、共體時艱嗎？

出版單位：財團法人核能資訊中心
地 址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電 話：(03) 571-1808
傳 真：(03) 572-5461
網 址：<http://www.nicenter.org.tw>
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發行人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、徐懷瓊、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主 編：朱鐵吉
顧 問：喻冀平
文 編：鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
執 編：羅德禎
設計排版：長榮國際 文化事業本部
地 址：台北市民生東路二段166號6樓
電 話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司 印刷廠
行政院原子能委員會敬贈 廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈 廣告

專訪原能會蔡春鴻主委 談核二廠 1 號機螺栓事件

以專業能力管制核安 「安全」為核准重起的唯一考量

文·編輯室

停機時間的損失和壓力應該由台電自行承擔，管制機關唯一考慮的因素只有「安全」。

Q

核二廠1號機螺栓事件是全球首見，原能會無前例可循。請問原能會是採取何種模式進行管制作業？原能會是否有向國際通報此事件？

A

原能會在接獲台電通報並進行初步調查之後，曾將此事件告知美國和日本的管制機構，一方面因為與核二同型的電廠都在這兩個國家，另方面他們和原能會有密切的合作，希望可以獲得協助提供相關資訊。美方和日方回覆確認，不曾發生過像核二廠這類事件，但有其他系統螺栓損傷的案例可供參考，其中美國1973年有一座壓水式電廠蒸汽產生器基座螺栓曾發生應力腐蝕龜裂事件。

核二螺栓事件非屬需國際通報事件

不過，上面所說和國際上的聯繫並非「通報」，因為根據國際原子能總署國際核能事件分級（INES）制度，要發生二級

或二級以上的事件（故）才需通報，而這次核二廠1號機螺栓事件還不到這個程度。

核二廠1號機螺栓事件雖屬「首例」，但並非「無例可循」。因為過去40幾年國內外的核電運轉歷史中，發生和核二的例子類似的材料損傷的案例不勝枚舉，因此對於如何處理這種事件，包括經過什麼樣的調查和評估程序、根據什麼準則進行評估、以及在排除肇因後及確保安全的情況下考慮電廠恢復安全運轉的程序等，都已經有嚴謹的國際規範和案例可循，國內也有處理材料破損案件的經驗。



▲圖 1 蔡主委陪同立委視察核電廠

發現螺栓斷裂，原能會立即調查評估及追蹤

以下我對原能會處理此事件的管制作業作個簡要說明：核電廠依法規要求訂定嚴謹的「營運期間檢查與測試計畫」，針對不同組件，規範不同的檢驗或測試頻率和方法，核二廠兩部機組的錨定螺栓在國際規範中，是每10年須作一次目視檢查。

當2號機在去年10月檢查時，發現有1根螺栓斷裂後，原能會立即要求台電採用更嚴格的超音波檢測，來執行1號機大修時的錨定螺栓檢測。

今年3月23日當接獲通報在台電檢測中發現有螺栓斷裂，原能會立即派員到現場調查，同時成立專案小組，包括邀請會外專家學者參與審查台電所提出的損壞肇因分析和安全分析報告。從4月3日到5月14日之間共召開4次審查會議，總共提出107項審查意見，並執行兩次專案視察。

在第4次審查會議確認肇因和相關安全議題已澄清，修復後的狀況能符合原設計功能與規範，且台電的機組起動安全評估報告可以接受之後，本會核管處即著手撰寫安全評估報告，同時與每位審查委員逐項清查107項審查意見，確定台電的回覆審查委員都可接受，於6月11日完成安全評估報告。

處理螺栓案長達2個半月，技術面非常嚴謹

這只是完成本案的部分，本會核管處還必須確認其他大修檢測、測試及大修視察議題都完成審查，才在6月18日通知台電提出大修後再起動申請，這中間光是處理螺栓案的時間就長達2個半月，從技術面而言過程非常嚴謹，而且所有相關資料都

公布在原能會的網站（<http://www.aec.gov.tw>）。其中安全評估報告的內容除技術性的評估之外，也記錄原能會專案審查小組委員提出的問題和處理的過程，同時也盡力對事件調查期間各界的質疑提出說明或澄清。

原能會有足夠的經驗和專業能力執行安全管制

雖然原能會已依據安全評估報告的結論，允許台電公司重新起動核二廠1號機，但仍要求台電公司須確實執行評估報告提出的10項後續管制要求和2項後續加強監測方案，其中包括要求核二廠1號機，在未來每次大修時都需要確實執行螺栓超音波檢測。原能會對本案的處理與技術評估的內容後續也將會在國際上接受嚴謹的檢視，如果未來在國際上的檢視或討論發現我們的處理或評估尚有不足之處，我們會及時檢討或採取必要措施。

總之，這次事件雖然是國際上首例，但是原能會有足夠的經驗和專業能力來執行安全管制。

Q

本事件引起各界嚴重關切，質疑聲浪不斷，對原能會管制作業造成哪些困擾？

A

各界關切的原因我歸納為：妳剛剛提到的國際上「首例」以及錨定螺栓在設計上是「與廠同壽」，但是背後更重要的原因，我認為是因為受到日本福島事故的影響，把核二螺栓的事件聯想到



▲圖 2 檢測並安裝新螺栓

核災。

「首例」的部分在上一個問題已講過。

「與廠同壽」的部分，核電廠的設計雖然很複雜，但是它和一般火力電廠或工廠一樣，有些組件需定期更換，到時間即使還沒壞也得換，而有些組件的設計壽命和整廠的預定使用年限一樣，這些組件則要透過定期檢測或視使用狀況作評估，並不代表它一定不會或不能有問題，這也就是為什麼核電廠有嚴謹的「營運期間檢查與測試計畫」的原因。

國際核能重大事故沒有一件是因材料損傷所造成

這個計畫的目的就是要及時發現問題

而即早修復。剛剛提到國內外過去在運轉中或大修時發現材料損傷或設備損壞的案例不勝枚舉，我曾在清華大學開研究所的課程「核能結構材料」，相關案例一個學期都講不完。

重點是歷史上發生「國際核能事故分級」四級以上事故（包括三哩島、車諾比、福島事故）和三級嚴重事件的紀錄裡，沒有一件是因材料損傷所造成。背後的原因絕不是運氣，一方面是因為營運期間檢查與測試計畫有效果，另一方面是即使沒有及時發現，在設計上也有足夠的安全餘裕，使不致影響安全；或有多重安全設備來彌補它的功能或進行保護，而不讓事故發生。

至於有造成哪些困擾？我想，這次事

件受到嚴重關切，在專業上促使我們更用心更慎重釐清問題，同時也讓我們有機會瞭解民眾的看法，我們也儘量在安全評估報告中回應這些看法或質疑。當然在整個過程中也增加了不少工作負擔，不過相信對我和參與的同仁而言，是一個很好的學習機會。

Q

停機1天，台電將超支1億元的燃料成本，原能會對於核准機組重起的時間是否感到壓力？

A

事件剛發生時，調查和審查是我們專案小組的重點工作，那時候專業的嚴謹度和電廠的安全是唯一的考量。最重要的工作是澄清肇因、確認肇因是否已排除，以及確認起動的安全。停機時間的長短不會在我們同仁的考慮之中，我相信

時間的壓力是在台電。

等到澄清肇因、確認肇因是否已排除，以及確認起動的安全等專業工作已經完成，開始進入安全評估報告撰寫的階段，我可以感覺到同仁承受很大的壓力，除了專業嚴謹度的壓力之外，是否有時間的壓力，我不得而知。

管制機關唯一考慮的因素只有「安全」

從主管的角度來看，我們並沒有因為時間的因素而給同仁何時完成報告的壓力，反而會要求高品質的專業內容，因為本案將來在國際間也要受到嚴格的檢視。我們也要求在報告中要對各界提出的質疑有詳細的回應，而且因為要求審查委員簽字，所以與每位審查委員都必須作充分的討論，因此在這樣的要求下，我相信同仁們也無暇去考慮停機1天台電會損失多少了。我再次強調，停機時間的損失和壓力仍然應該由台電自行承擔，管制機關唯一考慮的因素只有「安全」。

管制法規與程序背後都有目的和經驗的累積

在此解釋一下外界有關我們「火速」核准台電起動申請的批評，這是一種誤解。前面提到本案經過超過兩個半月的調查、審查和安全評估的過程，會被外界誤以為「火速」核准的原因，可能是從台電於6月18日上午送起動申請算起，那是對本會行政程序不了解所致。

依照機組大修後起動的管制程序，本會核管處必須在確定所有和大修視察相關議題均澄清，以及起動前依法需滿足的條件均具備的情況下，才會通知台電可以提



▲圖3 原能會執行不預警視察，圖為核二廠主控室

出起動申請，而最後的起動申請許可只是對所有文件作必要的行政程序的確認。換言之，實質的審查在通知台電可以提出起動申請之前都已經完成。相關程序本會在6月20日的新聞稿中有補充說明。

Q

部分立委認為原能會核准重起，未經立法院同意是藐視國會。請問國際間機組重起的管制監督作業都是管制機關自主決定即可嗎？

A

是的，國際上核電廠大修後的起動都是該國的安全管制機關依法自主決定即可。有些人會舉日本在福島事故後核能機組再起動的例子，似乎日本政府更高層以及地方政府都介入再起動的決定。其原因一方面是牽涉到日本政府在福島事故後訂定新的安全標準和壓力測試，因此有別於一般大修後的起動；另一方面，日本電廠多與當地地方政府有簽訂夥伴關係約定，地方政府平時就有人力編制參與電廠的安全監督。

國際原子能總署非常強調管制單位的專業性和獨立性

事實上，世界各國的電廠所在地政府參與核電廠相關事務的模式都不太一樣，但安全管制機關的權責和相關組織體系則都遵行國際原子能總署的安全指引；在這個安全指引中，國際原子能總署非常強調管制單位的專業性和獨立性—其中獨立性包括排除行政單位的干涉，以避免開發和

管制立場的衝突，也包括非專業因素的干擾。

國際原子能總署幾年前開始對會員國提供整體管制效能審查服務（IRRS），對於有核電廠國家的安全管制機關和組織效能進行評鑑。日本是最早接受這項服務評鑑的國家之一，評鑑結果曾指出日本的管制機關因為隸屬於負責能源規劃的經產省（相當於我國的經濟部，屬於能源開發單位），因此不符合獨立性的原則。

這次福島事故後日本政府進行組織調整，已決定在環境省下成立一個獨立運作的「原子力規制廳」；而且國際原子能總署也考慮將原本是自願性的IRRS改為強制性，同時也會要求被評鑑的會員國必須改正缺失，以健全各國的安全管制機關與機制。

原能會審查委員已接受台電提出的事件肇因和相關安全分析

至於所謂「未經立法院同意即同意核二廠重新起動」的部分，由於核二螺栓斷裂的案子受到外界關注，因此立法院教育及文化委員會曾邀請原能會於4月中旬列席作專案報告，這次會議中通過將近30項決議，而原能會接受國會監督當然有責任要盡全力執行這些決議。

事實上不只是這些決議，只要是個別立法委員要求提供資料和說明，我們都會盡全力配合。可是很遺憾的是委員會原排定5月23日要原能會去作專案報告，雖然那時候我們尚未完成安全評估報告，但是核管處告訴我除了幾位委員對台電的回覆還有意見外，對於事件肇因和相關安全分析都認為可以接受，相關進度和技術細

節在我們準備的專案報告書面資料都有描述，可是當天卻因在野黨立委的杯葛而無法開會。

原能會應該，同時也樂意接受立法委員監督

隨後執政黨立委另覓場所要求我們去作報告，也受到阻礙，後來執政黨黨團只好在黨團辦公室召開記者會，在記者會中我簡單報告當時的審查結果。我也特別強調安全沒有藍綠之分，不分政黨原能會都有責任向立委說明。

在此期間有幾位立委詢及進度，我們都表明只要教育及文化委員會排入議程，隨時可以去作專案報告，可惜一直到委員會排定會期期間都沒有機會。而核管處仍然繼續處理安全評估報告的撰寫工作和審查委員的意見。因此在6月11日完成報告之後，我們確實面臨依法行使管制權和執行教育及文化委員會決議的兩難。如果因為要執行專案報告而等到立法院下個會期，雖然台電停機的損失不是原能會的首要考量，但是在安全可以獲得確保的情況下，就不能不考慮了，畢竟停機的損失是要全民買單。

兩難中，原能會核管處選擇依法行政，核准起動

我也不諱言我們的法規會曾作過評估，認為委員會的決議無法律效力，僅為建議性質，因此在核管處完成其他大修起動議題的審查之後，6月18日核管處即依法同意核二廠1號機起動。那兩天正好有預告颱風來襲，因此也有民眾來電關心颱風可

能影響電廠起動的安全性。事實上，從原能會同意起動後，電廠相關人員作起動準備與進行操作程序，逐漸升功率到滿載、併聯等需要大約2天的時間，這中間的過程原能會仍然持續進行監督（譬如併聯的動作還需要核管處的同意）。至於颱風的因素是台電必須注意考量的，法規中有專門針對颱風的因應措施和操作程序，只要台電依照法規操作，安全是可以確保的。

原能會網站特闢專區，提供本案相關資訊

也有人批評應該要對民眾說清楚，澄清所有安全疑慮後才能讓核二起動，這個批評我個人誠心接受。在事件處理過程的兩個多月期間，隨著安全審查的進度我們也盡力利用各種機會（包括媒體）作說明，並回應外界的質疑；原能會也特別在網站上闢專區，提供本案相關資訊，同時彙整Q&A針對外界提出的主要問題作說明。

安全評估報告的內容不同於過去，除了技術性的評估之外，也記錄原能會專案審查小組委員提出的問題和處理的過程，同時也盡力對事件調查期間各界的質疑提出說明或澄清。因為這個事件本身的專業性較高，我必須承認要說明到一般民眾可以看得懂實在不容易，而且專業性的說明和澄清也不是媒體會有興趣的，資料公布在網站的效果也有限，因此在有限的人力、資源和時間的限制下，確實在民眾溝通和說明的部分做得還不夠。

持續努力於資訊公開透明與民眾溝通

我想核能簡訊的讀者很清楚，因為我曾經接受核能簡訊的採訪談到原能會有關資訊公開透明和民眾溝通、民眾參與監督的一些作法，我們把這些工作納入原能會的願景以及重點策略性目標。早期這些工作只有編訓科少數幾個同仁在做，而現在幾乎每個業務單位都要做，可是仍然受限於人力和資源；所以工作重點只能放在核電廠附近的民眾、學校、民間團體和地方政府以及醫療院所人員（包括志工）和他們宣導的對象，接觸面仍十分有限。如何把接觸面再擴大到廣大民眾，是我們長期要努力的方向。

Q

可以預見日後只要有核電廠相關狀況發生，核安管制工作都會遇到類似的嚴峻挑戰，請問原能會將如何因應？

A

我想您的推測是合理的，平常只要是核電廠有發生狀況，本來就容易受到媒體的關注，尤其是日本福島事故後，媒體和民眾對核電廠發生的任何狀況很容易會聯想到核災，所以會特別擔心核電廠的安全，這也是必然的。

原能會能做的事情，一方面加強管制人員的專業能力，尤其是近幾年來國際上積極推動的「預防性管制措施」，目的就是及早發現問題，即時採取行動使事件或事故不會發生。例如國內外其他電廠的經驗回饋、風險告知管制技術與規範、國內已執行多年的管制紅綠燈制度等。



▲圖 4 安裝新螺栓的情形

平常就要建立管制機關的信任度

事實上，近十多年來包括三哩島事故後的經驗回饋、安全文化的推動與落實以及預防性管制措施，已使國內運轉中3座核電廠的營運和安全績效在世界評比名列前茅，但是永遠有加強的空間；另一方面，若發生事件或事故，我們仍會以安全和專業為第一考量，進行嚴謹的評估，並監督電廠完成改善。

至於媒體與民眾的反應，平時就要與地方政府、媒體、民眾多溝通，做好最基本的資訊公開透明，平常就要建立管制機關的信任度，否則等事件或事故發生再溝通是很困難的。理想是如此，實際上要做到有效的溝通是很不容易，不過我們還是要朝理想盡力去做。



▲圖 5 原能會同仁視察核電廠

Q

許多立委與環保團體針對主委個人提出不友善的言論或行動，請說明您的心情？您如何調適、面對？

A

在這一兩個月處理核二螺栓事件的過程中，我確實有許多感觸，不過不是因為有些對我個人的言論。

5月23日下午未能順利在委員會報告，在之後的執政黨黨團記者會我一時情緒激動，有些媒體說是因為我受到委屈，事實上

我是為了核能專業人員長期以來遭遇到的誤解、核能議題的泛政治化以及溝通上的困難感到難過。

我一再強調溝通的重要性，但也充分感受到溝通的困難，尤其核能專業訓練強調的是保守與嚴謹，因此要一個受過核能專業訓練的人「用民眾聽得懂的語言」來溝通，講起來簡單做起來卻不容易。

核能專業資訊的通俗化本來就有其困難度

以這次事件為例，原能會的「核二廠1號機反應爐支撐裙鉸錨定螺栓斷裂事件安全評估報告」公布在網站上，可以說是事件處

理的精華（以專業人員的角度），可是民眾看到的第一個反應一定是：「好專業喔」，接著就不會往下看了。能不能把它改寫成民眾看得懂的语言呢？

在網頁上有另一份「核二廠1號機反應爐支撐裙板錨定螺栓斷裂事件問題與答覆」，理論上應該要扮演這個角色，但是以目前的內容來看，我相信還是沒有辦法達到這個目標。其中的困難不只是語言表達的技巧，有更是語言解讀邏輯上認知的差異。

「確保安全」背後是有很多專業上的依據

譬如說，這段期間常有立委質詢我「如何保證安全」，我們在專案報告的文字上也常會提到「確保安全」。我們的「確保安全」背後是有很多專業上的依據；每一座核電廠都有一份「終期安全分析報告」（FSAR），總共將近20大冊，厚度疊起來大概有一個人高度。內容包括所有安全相關的設計基準、系統描述、安全評估方法、評估結果以及逐條驗證與法規和國際規範的符合度，裡面也有一章明確規範電廠安全運轉的條件，以及在超出運轉條件時必須採取的措施等。

專業的保證才重要，不是「人」的保證

FSAR在電廠申請運轉許可時就是很重要的文件之一，也會經過嚴謹的審查，在核准運轉之後就成為「確保安全」的重要依據。國內的核電廠每隔10年還有一次整體安全評估，除了根據10年運轉歷史來確認或更新FSAR內容外，還要加上老化分析和老化管理。在運轉過程中有任何設計變更或事件，也都是以它為依據，確認變更工程或事

件處理完成後能恢復到原來的設計基礎或比原來更安全，這些條件再加上嚴謹的國際規範才是「確保安全」的依據。

這次事件的處理也是同樣的理念，所以「保證安全」和「確保安全」表面上文字是類似，可是立委要求的卻是「人」的保證；媒體上又有人質疑「個人」無法保證，從專業的角度來看，這種爭議其實不具意義。

原能沒有允許所有螺栓會有2.5mm裂縫還可運轉18個月

有關「與廠同壽」的認知差異。昨天我看到某雜誌給立委的一份問卷調查，其中問到是否認同我有關「專家審查都同意核二廠即使所有螺栓都有2.5mm的裂縫，仍可運轉18個月，安全無虞」的說法。這份問卷顯然也是誤解我的講法。

原能會的審查委員要求台電作的安全分析之中有一項，是假設所有螺栓存在有2.5mm裂縫的情況下，在運轉的過程中受到最保守假設條件產生的交變應力作用，所造成最大的裂縫成長速率不會使裂縫在18個月內成長到臨界裂縫的長度，因此，這一項分析是保障繼續運轉18個月（一個燃料週期）安全的依據之一，這並不表示原能會「允許所有螺栓都有2.5mm裂縫還可運轉18個月」。

事實上，這次事件中有4根螺栓檢測到裂紋顯示，台電仍然被要求更換這4根螺栓，這個例子顯示一項專業工作如果用一般的語言描述，卻可能產生截然不同的認知。類似的例子太多了，我再次強調，加強溝通以獲取民眾的信任是原能會的目標，也是所有政府機關共同的目標。即使有困難，我們仍然必須盡最大的努力去克服。 🌱

核二廠螺栓事件始末

文 · 編輯室

今（2012）年6月18日晚間6時30分，因為反應爐支撐裙板錨定螺栓（圖1）斷裂而停機的核二廠1號機，在完成螺栓更換作業之後，經過4次專案小組審查會議，針對螺栓修復情形進行完整的審查後，原能會正式核准台電重新起動的申請。原能會表示，1號機可以安全運轉至少18個月，到下一次大修時再次進行安全性的確認。

本次螺栓事件引起全國民眾的高度重視，甚至有位老農民因為媒體的相關報導，每天擔憂核二廠螺栓會引發核子危機，竟恐慌到食不下嚥、睡不安寢，最後由兒子陪伴從頭份北上到台電總公司，要求給個真相。經過台電相關人員詳細解說之後，老

農民終於理解其中原委，疑慮全消的安然返家。本刊特別針對民眾最關切的疑問，走訪台電公司核能發電處尋求解答，為讀者整理歸納如下：

錨定螺栓未能「與爐同壽」的原因？

第一，因為錨定螺栓是使用於正常運轉下非腐蝕性的環境，因此當初採購時未選用抗腐蝕材料的螺栓；第二，在核二廠建廠期間，因螺栓曝露在海邊潮濕多鹽分的露天環境中長達7個多月，以致底部混凝土內聚集水氣，造成腐蝕性環境；第三，部分螺栓因當時施工安裝的工具不夠先進，使螺栓表面產生缺陷。這3個條件同時存在而造成初始的龜裂，加上後續運轉期間產生的交變應力，而導致7根螺栓產生疲勞裂紋或斷裂。

這是經過核研所、工研院、美國奇異公司、國內專家學者以及台電公司等國內外單位共同參與探討，所研判出螺栓斷裂的起始原因。

電廠一旦開始運轉後，上述導致腐蝕的因素因為螺栓安裝部位的高溫和乾燥環境而消失，所以更換過後的螺栓以及沒有發生初始龜裂的其他螺栓，就沒有安全上的疑慮，但是仍須確認修復後的狀況可以符合原設計的規範（詳細的確認方式請參考原能會網站公布的安全評估報告）。

這就像是一位有過敏體質的患者（先



天因素），長期住在北部的寒冷潮濕環境（後天因素），就會經常出現過敏不適，若沒有及早治療，症狀可能會日益嚴重；但是如果搬到乾燥溫暖的中南部居住（後天環境改善），過敏體質就不會被誘發，健康狀況獲得改善，便與常人無異。

是不是還有29根螺栓也有問題？

由於外界質疑台電超音波報告作假，檢測標準過寬，原能會要求台電針對113支螺栓全部進行超音波檢測。總計執行過3次超音波檢測，3次的檢測程序書評估的結果都相同，都是合格，確認有問題的螺栓只有這7支。而其他螺栓即使在最嚴苛的故障負載下，也不致於有發生立即斷裂的疑慮。

就如同我們到醫院照x光或超音波，報告的結果需要具備專業資格與判讀經驗的人員，藉由精密的儀器設備進行影像辨識，不能有絲毫的誤判。媒體報導有疑慮的其餘29支螺栓，就是外界錯誤判讀超音波檢測雜訊的結果。

為了檢測其餘螺栓是否也有裂紋，台電公司依據美國工程師協會的規定，編定「螺件之超音波檢測」程序書據以執行，並做成檢測報告。台電公司執行超音波的檢測人員都具有合格的專業高級檢測師執照，檢測過程完全依照美國工程師協會的法規與檢測程序，並在原能會派員監督下，全程錄影以昭公信。

台電為了取信於社會大眾，還將檢測作業資料及報告分別送交第三者——中華民國非破壞檢測協會講師葉博士（具備ASNT UT level III 與中華民國非破壞檢測協會UT高級檢測師資格）與工研院吳博士（具備ASNT UT level III資格）審閱。兩位專業人



▲圖 1 核二廠 1 號機反應爐支撐裙板錨定螺栓示意圖

士都明確認定檢測的結果正確而且符合法規，120支螺栓的完整性都沒有安全疑慮。（註：ASNT：美國非破壞檢測協會；UT：超音波檢測；level III：高級檢測師。）

為什麼地震儀會量到0.29g？

經過國家地震研究中心的測試檢驗，確認這具測到0.29g的地震偵測儀器的確發生故障，以致量到的數據失真。如果當天有異常的衝擊震波發生，其他的地震偵測儀應該也會測量到相近的數值，可是最接近該位置的另一具偵測儀顯示的數值是0.002g，就可以證明是單純屬於零組件的故障。

造成故障的原因，是因為反應爐基座裙板附近的地震儀是長期處於高頻振動的環境，經過一段時間後就可能造成感震器內部零組件疲乏，因而造成零點晃動及訊號的不穩定。



▲圖 2 核二錨定螺栓的實體尺寸長 26 吋（約 66 公分）、直徑 3 吋（約 7.62 公分）

為了加強偵測反應爐的震動情況，台電已新增 8 具振動加速規，搭配既有的地震儀，以建立反應爐基座裙板的完整監測機制。同時，每次機組大修都會執行超音波檢測，以確認反應爐機座的安全。

其他國家好像並不特別重視這個世界首例？

這次事件之所以會成為世界首件案例，其實是因為國外的核電廠依照目前的法規要求，都是以目視（只用眼睛看）檢查的方式，所以無法檢查出螺栓內部的瑕疵。如果他們也用超音波檢測，可能也會發現相同的問題。

台電已經將這次事件的訊息提報世界核能發電協會，作為經驗分享。根據瞭解，美國奇異公司也將發出通告，把這次的經驗告知沸水式電廠業界。美國愛塞隆公司將檢討審視這種經驗的適用性，並依照奇異公司的建議執行。而美國的克靈頓電廠有可能在 2013 年 12 月的大修項目中，增加目視或超



小常識

什麼叫振動引發的高頻訊號

就像盪鞦韆，當你幫忙推力的時機，配合上鞦韆擺盪的速度，即使是很小的力量，也會讓鞦韆越盪越高，這就是推力時機與擺盪速度接近而引發擺盪。可是當你推力的時機，與鞦韆擺盪速度不相配合時，鞦韆就盪不高。所以地震偵測儀放的架子（架子的自然頻率），與振動速度（振動頻率）相配合時，小小的力，偵測到也會被放大。而核二廠地震偵測儀放的架子，已經過改善，不會再與振動速度配合。

音波來檢測錨定螺栓。

重新起動後真的安全嗎？

原能會確認核二廠 1 號機反應爐支撐裙板錨定螺栓斷裂問題，經過檢修與安全評估後足以再運轉 18 個月安全無虞，因此核准核二廠 1 號機重新起動。

原能會針對本案，邀集國內相關領域的專家組成審查小組。並召開 4 次專案小組審查會議，針對大修品質、可靠度及螺栓修復情形進行完整的審查後，原能會才正式核准台電重新起動的申請。

而通過重起的附帶條件是對台電公司提出核二廠 1 號機運轉的 10 項後續管制要求、2 項後續加強監測方案，特別要求未來在每次大修時都需要確實執行螺栓超音波檢測。如果螺栓有裂紋，就可以及時發現；針對核二廠新增設的振動監測系統（含 8 只振動加速規），當結構物發生動態特性改變時，由運轉人員即時監控，並採取相關應變措施，以確保機組運轉的安全。

台電除了依照目前法規以目視檢測錨定螺栓之外，未來每部機連續2次大修都會執行超音波的檢測，以確保反應爐的安全。原能會強調，如果未來國際上發現原能會這次的處理與技術評估有不足之處，也會及時檢討並採取必要的因應措施。

新的螺栓為什麼這麼貴？

螺栓修復作業是台電委由奇異公司以包套方式承作，包括緊急動員專業人員及機具來現場施作，材料費只占總金額約15%，這次到核二廠執行修復工作的奇異公司技術人員共28名（包括奇異技術人員19人、協力廠商9人），提供修復所需的核能級螺栓材料（含奇異公司派員赴工廠監督製程）、工程設計、結構安全分析，以及為符合核能法規所需的品質保證作業等。與一般機械零件螺栓更換不同，因此費用也相對高昂。

錨定螺栓是屬於核能等級的特殊材料，設計規格為美國材料試驗協會第1級高強度材質，螺栓螺紋須經過滾製壓軋成型，再進行熱處理到規定強度。由於規格特殊，國內、外供應商沒有現成庫存，因此委託原設計廠奇異公司緊急安排製造加工，並提出相關品質文件與符合安全的認證。

台電與奇異公司的合約，依照國際慣例規定簽訂技術服務條款，明訂保固期自台電驗收之日起18個月（一個燃料週期）內。目前核二廠正在審查奇異公司的報價，因此最後的價格還未議價完成，也還未支付費用給奇異公司。

結語

核電廠的工作人員一年365天，24小時不間斷的運轉發電，提供給我們無停電之虞的高品質現代生活所需的電力，我們是用電消費者，至少應對他們認真負責的工作態度予以肯定。設身處地來想，福島核災殷鑒不遠，相信沒有一個核電從業人員會希望自己的家人身處在被核災威脅的危險地區。正因為台灣真的很小，萬一發生核子事故，全台灣都會受到影響；不論是電廠運轉人員或是核安管制人員都是繃緊神經全力以赴，不敢輕易拿核能安全開玩笑。

核二廠1號機停機檢修期間，為了穩定電力供應，台電以成本較高的天然氣燃料發電，所增加的燃料成本每天超支新台幣1億元，總計已經超過50億元，這些花費都是要我們全民買單！只希望民眾能相信專業的電廠運轉人員及核安監督機制，否則將如那位頭份老農民，增加許多無謂的煩惱。☘



日本重起大飯 3 號機 4 號機預備中

文 · 編輯室

在日本地方和縣政府同意後，停機的核電隊伍中，有2部獲得日本首相正式通過重起案——大飯3、4號機，其中3號機已於7月初重起。日前在與經產省大臣及其他兩位閣員會談後，日本首相野田佳彥宣布，關西電力公司位於福井縣的大飯核電廠2部機組准予重起。大飯核電廠2部118萬瓩的壓水式反應爐，3號機已在7月初重起，4號

機將在7月中下旬重新歸隊。

為了回應福島事故，日本政府要求全國反應爐進行兩階段壓力測試，以確認防範極端事件的能力。第一階段的測試必須在反應爐停機時執行。在正常營運狀況下，日本反應爐每13-18個月會進行一次停機檢修。最後一部停機檢修的北海道泊核電廠3號機，於2012年5月5日停機。自此



▲日本神戶一景

日本所有可營運的反應爐皆停機閒置，進入零核狀態。

原子力安全保安院早已於2012年2月完成審核，核子安全委員會隨後於3月認可，並在4月由部會通過。雖然最終重起決定權在野田首相和其他3位部長手上，但要地方和縣政府點頭才是關鍵。6月初大飯市長緊隨著福井縣長的核可，也確定通過重起機組。

野田首相表示，「我們現在已經獲得核電廠所在地方政府的諒解，重起大飯核電廠3、4號機應該是政府最後的決定。」然而，他進一步說明，「行政組織還是會更努力實施各類措施，以重新獲得大眾對核電行政管理和安全法規的信心。」

野田表示，重起核電是要維護日本人民的生計。他的決策，是奠基在「全盤、全面性的評估」。關西電力公司供電區域

是日本工業與人口最密集處之一，若核電機組還未重起，在未來的酷暑時會有電力短缺的問題，各界對此一直懷有疑慮。

野田表示，「當談到防災措施時，沒有所謂的100分。但基於我們從福島事故學到的教訓，我們也已實施必要措施，（大飯電廠的）安全標準也有明顯強化。」

日本的無核景況，使得該國不得不轉向其他能源。根據日本原子力產業協會的數據，日本在2012年夏季面臨12%的供電短缺。同時間，化石燃料增加的進口值約為400億美金，等於平均每位日本人每年花費333美金；碳排放量與1990年水準相較，增加14%。

WNN News 2012/06/18



日本核安管制機關改革

因福島事故飽受批評的日本核能管制機關——原子力安全保安院，是推廣核能的經產省附屬機關。事故後由於檢討聲浪不斷，日本政府開始推動設立獨立的核子管制機構。日本下議院通過法令、設置新的核子管制機構的隔天，大飯3、4號機即獲得重起。

在未來規劃下，日本獨立的核子管制局將設置500名行政人員，年預算6億美金。除此之外，日本環境省之下也將設核子安全調查委員會，負責監督核子管制局運作和調查核子事故。

預計上議院將通過此項法案，因此2012年9月新的管制體系將能就位。

化石燃料巨獸 掐住日本咽喉

文·編輯室



日本全數停機的核電機組，截至2012年7月初為止，僅有大飯3號反應爐重新起動。導致全國電力供應受化石燃料宰制，近9成由其提供，日本原油和重油的消費量，創4年來新高。

由美國能源資訊局分析圖表顯示，隨著日本核能發電比重不斷下降，液化天然氣的角色逐漸吃重。圖1顯示，與2011年同期相比，2012年4月液化天然氣用量上升34

%，使日本成為全球液化天然氣消費冠軍國。

另一項替代核電的燃料是石油-原油和重油。日本這類燃料自2011年2月開始，用量加倍，是2008年來的新高（如圖2）。另一方面，日本2011年燃煤用量並未上升，但低碳的水力發電量也無起色。整體的數據顯示日本2012年1-4月電力，9成由化石燃料提供；2011年同期為64%。以往日本核能發電提供約3成電力（如圖3）。

日本轉往化石燃料的大動作，對環境影響尚未可知，但經濟衝擊已經非常明顯——貿易逆差、眾家電力公司拼死鞏固液化天然氣供應鍊。日本這些改變來自福島事故後，陸續關閉50部反應爐，目前絕大多數尚待重起的核可，另外4部則是受重創的福島核一廠機組。眾家核電廠營運公司必須向政府展現防範嚴重事故的能力和通過壓力測試。

同時間，日本政府還需讓獨立管制機關到位，以回應社會各界對於福島事故時主管機關未能發揮功用的譴責，並催生新的能源政策。在一片低氣壓中，已重起的是關西的大飯電廠3號機，已於7月初重新加入發電團隊。☉

WNN News 2012/05/31, <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=6470>

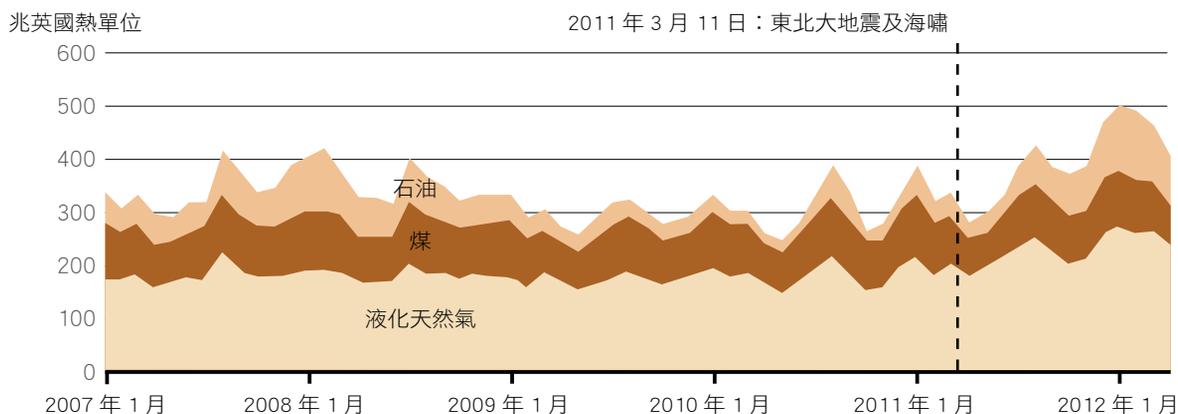


圖 1：日本發電用燃料消費量 (2007年1月-2012年4月)

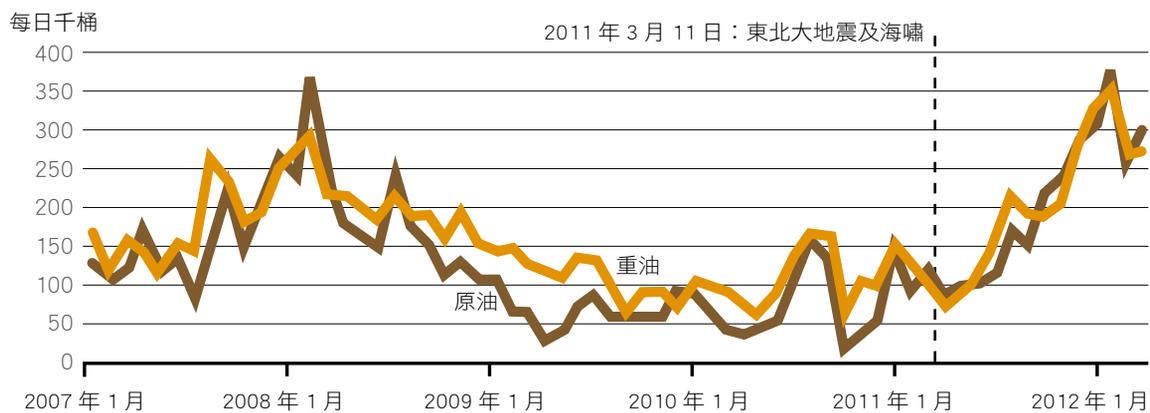


圖 2：日本電力公司原油重油消費量 (2007年1月-2012年3月)

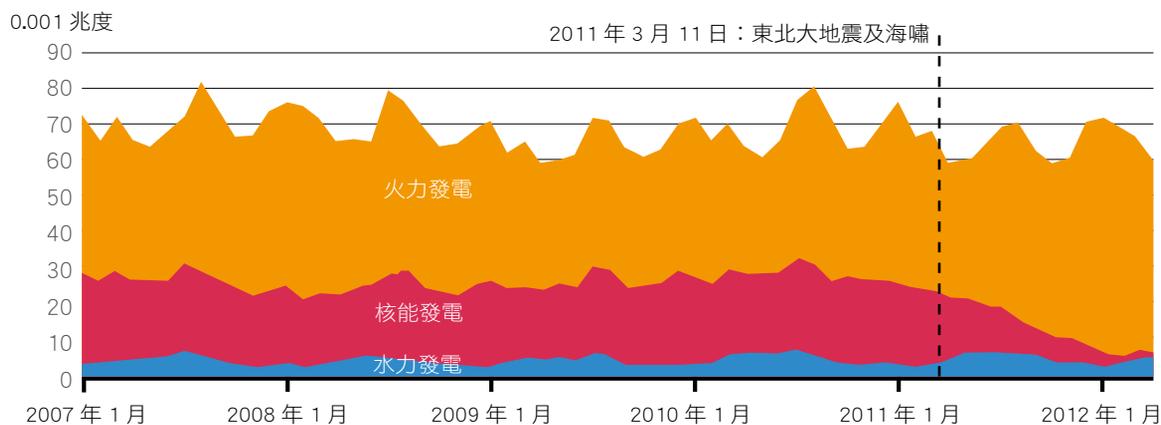


圖 3：日本電力設施每月發電量 - 以來源區分 (2007年1月-2012年4月)

MIT 研究結果： 低劑量輻射對健康無影響

文·編輯部

美國麻省理工學院研究顯示，長期曝露在低劑量輻射的老鼠，DNA並無受損跡象，這個新發現挑戰現有的輻射防護規範。

活體細胞經常受到各種形式和來源的游離輻射照射，這些輻射有可能會損傷DNA，除非這些損傷可以藉由自我修復的機制修補，否則可能導致細胞功能損傷，或產生如癌症的惡性腫瘤。

對多數人而言，來自核子試爆、核電廠運轉操作或是核子事故增加的人造輻射曝露，占總體曝露量並不高，但不見得對每個人皆然。麻省理工學院研究團隊表示，他們的研究就是要提出這個大哉問：「到底要增加多少輻射劑量，才叫做『太多』」？

以日本原爆倖存者的例子來看，輻射對DNA的影響在高劑量下很顯著。但比較少人瞭解，也更難研究的，是較低劑量對健康的長遠影響。現階段普遍的研究方法，是以高劑量的相關影響，來「推斷」低劑量會產生的影響，也就是假設所有劑量，無論多微小，都有相對應的健康風險。這種立論基礎，實務上廣泛應用在各國政府對職業曝露和公眾曝露的管理。

麻省理工學院進行的研究，一組是曝露在低劑量輻射5週的老鼠（低劑量組），另一組是以相同劑量輻射照射1次（1次照射組），最後一組是僅以天然背景輻射劑量曝露（天然背景組）的對照組。研究團隊發現，在各種類型的DNA損傷中，與對照組相比，低劑量組「沒有明顯變化」。

麻省理工學院表示，每個活體細胞的DNA鏈每天至少會面臨1萬次的變化，但是自我修復的機制讓它們可以修正這些改變。曝露在背景輻射400倍等級的輻射下，僅會增加12次的變化。研究推論，持續曝露在高於背景輻射下，不會對幾個主要DNA損傷和損傷反應有明顯影響。

這個研究使用112隻老鼠，全體接受了先前研究會影響DNA的劑量——10.5 cGy（約等同於人類接受105毫西弗的生物效應）。一組在為期5週期間，待在碘125射源附近；另一組則曝露在1.4分鐘的x光射線。研究分析來自動物血液、脾臟、骨髓和胰腺的採樣，檢視DNA損傷和基因對於DNA損傷的反應的表現。

這個研究是採用碘125的曝露，替代核電廠意外事故銻137的放射性物質。論

文結論表示，「整體來說，動物長期、持續曝露在背景輻射400倍的輻射下，並無DNA基本上的損傷、雙鏈破壞或是傷害反應。」

另一位論文作者，貝文英格瓦（Bevin Engelward）指出，他們的研究結果提供了未來研究和重新審視政府機關導則的架構。

他表示：「很有趣的是，雖然日本政府已經疏散了大約10萬名民眾，但他們仍

因沒有擴大疏散範圍而飽受批評。從我們的研究可以看出，沒被疏散的民眾，理應不會顯示多餘的DNA損傷，這用我們實驗室最近研發的技術即可測出。」

WNN News 2012/05/16



中國持續開發核能發電

文 · Takao Nagasaki 譯 · 朱鐵吉

中國2011年的核電開發，由於對新型反應爐建設計畫一度停止審查，稍微停下腳步，但該國並沒有動搖對核電開發的決心，以下介紹中國目前的現況。

中國政府對核電並未動搖其作法

2011年3月16日中國政府針對福島核電事故後，召開常務委員會，迅速採取下列對策：

- 1.核電發展安全第一
- 2.對中長期核電開發，做妥善的調整和改善
- 3.核電安全計畫公布前，暫停包括提案的計畫和核電廠建設的許可審查

之後，4月19日於烏克蘭召開的「核電利用的安全與革新」會議中，胡錦濤主席與張德江副總理強調「中國的能源發展策略，和平應用核能，由於其清潔度高，在能源上富有重要的貢獻，中國利用核能始終堅持安全第一。福島發生核電廠事故後，對社會和人民擔負著責任，應迅速採取必要的因應措施。今後，中國政府會更加有效的持續注意安全措施，嚴格履行國際義務，並和各國及國際組織互相協力，共同促進發展核能安全」。

4月15日至8月5日之間，國家核安全局、國家能源局和中國地震局，聯合對所有正在運轉和建設的核能設施，提出有效的核能安全法規和指引，依據國際原子能總署發表的最新標準，對洪水和地震等嚴峻事故的

防範、環境輻射偵測與緊急應變系統的有效性，各部門應進行安全檢查，確保安全的可靠性。

9月27日溫家寶總理在全國省能源減排活動的視訊會議中，重申「在確保安全的基礎上發展高效率的核能」，表明核能發展的戰略方針。

2012年1月16日，第50屆世界未來能源會議中，溫家寶表明「中國至2015年為止，非化石能源的消費對一次能源^{註1}的消費比例，從2010年的8.3%升高為2012年的11.4%，能源的消費對單位GDP比2010年減少16%，二氧化碳排出量減少17%為目標。核能發電的安全依賴著技術開發，是清潔的能源，安全及有效率的開發核電是將來能源的政策目標。」

（註1：石油、煤、天然氣、核能、水力、風力和太陽能等從自然界直接可以取得的能源，稱為一次能源。利用一次能源產生的電能，稱為二次能源。）

之後，溫家寶總理2012年3月5-14日在全國人民代表大會表明「安全及高效率的發展核能發電」。

2011年核能發電與再生能源的導入狀況

中國過度依賴燃煤發電，環境品質顯著惡化，因此加強水力、核能、風力、太陽能等非化石能源的開發。但是最主要的水力

發電量，2011年比前年減少3.52%；核能和風力發電量分別比前年增加17%和46%。以發電設備容量來看，核能占1.19%，風力為3.84%，核能約占風力的1/3。以設備利用率來看，核能占1.85%，風力為1.55%。由此可見，風力發電「靠天吃飯」並不穩定。鈾的價格已在下降，寄望核能發電將成為主力。

2012年火力發電設備的投資已下降，新增的設備大幅減少。今夏，中國電力將不足4,000萬至5,000萬瓩，未來核能發電量的增加備受期待。

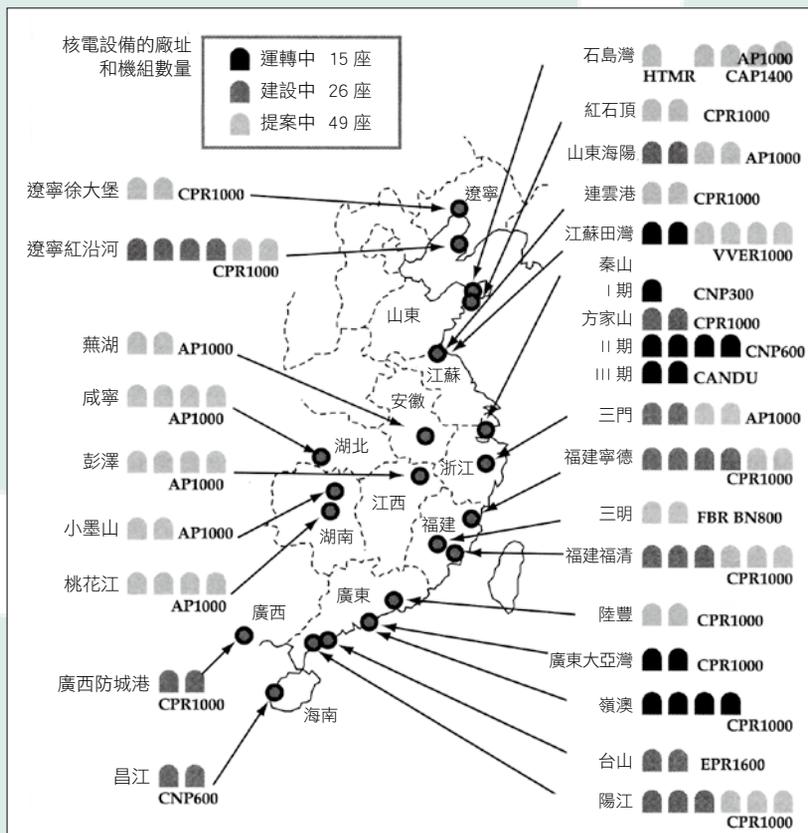
確保核電廠高度設備利用率與安全

2011年福島事故以後，中國對正在運

轉和建設中的核能設施進行安全性大檢查，檢查後確認核能發電具有安全性，設備利用率達87.8%。

這次的大檢查合計找出14點改善方針，部分已完全解決，有一部分尚在進行，其他則列入三年改造計畫中。

2011年中國的核能設備平均利用率，幾乎不受到福島事故的影響，達到87.8%。另外一方面，日本實施停機定期檢查後，並未核准重起，設備利用率從64.6%減到46.3%。中國核電廠建設在順利推動中，8月廣東嶺澳4號機108萬瓩，12月秦山2期4號機65萬瓩均已進入商業運轉。目前，共有15個機組在運轉，發電量為1,255萬瓩，其他，26個機組共2,924萬瓩正在建



▲ 圖 1 2012 年中國核能發電狀況

設。另外，中國的高速實驗反應爐CEFR也在2011年7月21日開始發電，中國核能發電的狀況如圖1所示。

內陸核電廠安全問題引發爭議

福島事故的影響使得反核的聲音在中國出現。2012年2月7日在網路上出現要求停止江西彭澤核電建設計畫的聲浪。各界對內陸核電廠冷卻水源的確保，和內陸核電廠（江西彭澤、湖南桃花江和湖北咸寧）的建設可行性，展開了討論。但是，這些疑問由下列的論點可以說明。

首先，世界上現有438機組的核電廠，其中有半數50.1%是內陸型核電廠，具有良好的安全紀錄。美國西屋公司開發的最新型第3代反應爐AP1000，即是在內陸地區被採用的反應爐。當全部電源喪失，無法得到大量水源供應時，靠著反應爐內水的循環自然對流，以空氣冷卻，是長時間內會自行冷卻的設計。與目前使用中的反應爐比較，發生放射性物質洩漏的機率為1/250。美國核能管制委員會（NRC）的安全要求為大型客機撞擊後，必須滿足DCD19項規範的要求。

二代反應爐設計改良及新式第三代反應爐的競爭

福島事故後，負責反應爐安全評估的中國國家核電技術公司，要求西屋和東芝合作製造的第三代反應爐AP1000具備高度安全性，AP1000未來在中國核電廠將扮演重要的角色。中國對AP1000沒有自主的智慧財產權，但是中國把功率擴大到140萬瓩。上海核工程研究設計院握有開發CAP14000的智慧財產權，預定在2013年4月30日在山東石島灣動工興建，2017年12月31日運轉、連結電網。此項計畫完成後，就有將技術輸出國外的能力。

廣東核電集團及核工業集團公司也改良第2代反應爐CPR1000、CNP600和CNP1000為國產化機組。「第3代反應爐更為安全，但並不代表第2代反應爐安全性有疑慮。」自主開發的AP1000機組成熟度和經濟性等，也帶來部分爭議。核安全局表明「核能安全計畫不是技術路線之爭，是以安全為主軸，美國三哩島事故後，很多改良的第二代反應爐都可延長壽命繼續運轉，以美國的狀況，可能延長至80年的壽命。」

表 1：2011 年中國的發電設備和發電量

年	項目	合計	火力	水力	核能	風力	太陽
2011	設備內容（萬瓩）	105,579	76,546	23,051	1,255	4,050	214
	設備構成（%）	100	72.50	21.83	1.19	3.84	0.203
	發電量（億度）	47,217	38,975	6,626	874	732	9
	和前年的增長（%）	11.68	14.07	-3.52	16.95	48.16	—
	發電量構成（%）	100	82.54	14.03	1.85	1.55	0.019
2010	發電量（億度）	42,279	34,180	6,866	747	494	—
	發電量構成（%）	100	80.84	16.24	1.77	1.17	—

2012年國家能源局對正在運轉和建設的核電廠，公布安全技術開發計畫的設計基準。2013年改良型第2代及國際公認的第3代反應爐的安全基準，需完成含有13項細節的改善計畫。

廣東核電公司的CPR1000反應爐，已改善安全停機設備的耐震值和給水、供電系統。第3代反應爐ACP1000-P及ACPR1000機型，採用第3代最新技術。2011年11月16日，在深圳召開的第13屆中國國際高科技成果交易會發表了相關的新模型。

核工業集團投入鉅資在研究開發、改進第2代反應爐CNP1000，改良能動+受動雙重安全設計。要滿足美國電力公司的用戶要求書URD，導入較為經濟的第3代反應爐ACP1000。

由於福島事故的教訓，中國持有這種第三代反應爐的智慧財產權，可能會輸出至全世界。

2011年10月22日，國際原子能總署與中國國家原子能機構共同在北京設立核能發電國際訓練中心。

期待安全計畫的公布

2011年12月9日中國環境保護部指出，關於「核安全與放射性污染防治的（12-5）計畫與2020年長期目標草案」的核能安全計畫，基本上是可行的。這項核安全計畫已修正，在國務院內審查中，不久將公布。

中國國家核電技術公司理事長王炳華於2012年3月10日表示：「依個人判斷，中央政府今年內會提早再召開審查核電廠計畫」。國家能源局錢智民副局長表示，



中央政府會再開始審查核能發電，2007年發表的計畫目標設備容量為4,000萬瓩。國家能源局張國寶局長也在3月17日表明「各國核能發電的發展依然很熱絡，今年內會再開始審查新的核電廠計畫。」

核電設備製造業近年來均擴大投資，長期停止建設許可證照會增加企業經營困難，因此冀望能儘早開始審查。☪

來源：Takao Nagasaki, Energy Review, No. 377, p.16-17, June. 2012, (Japanese)

國家的前途

從媒體與民眾看待核能與輻射談起

文·林基興

20年前，筆者回國服務，看到國內反對核能的說辭「千奇百怪」，就開始注意相關的人與事。接手負責公益刊物《科技報導》後，筆者開始為文澄清核能與輻射的科學知識。2000年，當時新政府上台後，成立「經濟部核四計畫再評估委員會」；停建核四（後來復工）、「非核家園」立法。筆者曾仔細閱讀該評估委員會的所有紀錄，覺得反對者的科學知識大致匱乏，科學態度也欠嚴謹；但他們的決定卻一再「居上風」。

再看媒體的報導，往往缺乏相關知識，無法辨別誰是誰非，以「聳動」勝出。民眾呢？對於反對者描繪的風險，「

寧可信其有」，結果是社會一片恐慌。

使用超級放大鏡 誇大輻射風險

人生有許多風險，宏觀地審視人生各種風險，有助於平衡資源的投入也讓我們更健康。例如，每年交通事故幾十萬件、死亡幾千人、受傷幾十萬人，醫院急診室常可見這些血淋淋景象。交通工具導致這般重大傷亡，我們仍繼續使用，這是為何？

我國火災一年約1萬次，死亡與受傷各幾百人，民眾到底有多麼努力預防火災呢？也許裝置火災警報器（裡面含有低放射活度的銻-241射源，這是放射性救人的例子），但未必普遍或受重視，民眾反而在樓梯間堆置雜物（甚至易燃物）。

啟人深思的是，國人2010年的10大死因——「肥胖」是頭號殺手。社會是否能像注意「輻射」一般地注意到「肥胖」？民眾擔心輻射致癌，但實際上，生活環境中人為輻射量遠低於天然的。更重要的是，我們周遭的致癌因子大部分是化學的（很少來自輻射）。美國加大生化教授兼國家科學院院士愛姆



斯指出，抽菸是美國癌症頭號元兇。英國生化毒物教授提布列表示，近代許多疾病來自不良的生活方式，首惡也是抽菸。

我國國家衛生研究院溫啟邦教授2008年說，國人致癌因子中，致癌率由大到小依序為吸菸、飲食不當、肥胖、吃檳榔、缺乏運動、喝酒等。我國每人一生罹癌機率約為25%（每百人中，約25人會罹癌）。因此不要隨便歸罪於輻射。

相對地，我國1978年啟用核能發電以來34年，對國家能源貢獻多，對抑制全球暖化也是一大功臣，我國無一人因核能輻射死亡，「核能恐慌」何其荒謬！

核能與輻射相當專業，需要花費相當心力和時間解釋，但民眾可能沒耐心聽，而核能與輻射知識相當無趣，民眾通常缺乏意願去瞭解。

放在蘭嶼的低放射性廢棄物

原能會曾委託民間公正團體，檢查蘭嶼居民的輻射曝露程度，結果沒任何異狀。衛生署資料顯示，1991-1998年間，蘭嶼地區民眾因癌症死亡的人數並無統計上顯著的變化。科學儀器測量結果客觀明確，大家均可檢驗。總之，該環境沒受威脅，蘭嶼民眾只是受到誤導。

但是有人說，「放射性廢棄物暫時貯存於蘭嶼，是歧視少數民族的不義行為」。這是個很敏感的話題，任何非蘭嶼原住民無論怎麼解釋，均可被曲解。事實上，無論放在哪裡，民眾或當地居民總可講出理由反對。就像反對設立核電廠，在人多地地方就被說成「全世界唯一在首都圈設核電廠（亡國危險）」；在人少地方設廠，則為欺負弱勢。總之，動輒得咎。

任何一個國家都需要食衣住行育樂、水、電、能源等，要產生這些東西勢必需要建廠，又會產生廢棄物（人也排放廢棄物），因此需要垃圾處理廠等設施。全國總有某地「享受供應物質的便利」，同樣地，也有某地附近是「處理廢棄物的不便」。因此，不可能全國每人只「享受」而不「負擔義務」。低放射性廢棄物也來自醫藥、農業、工業、學術研究、電力公司等，可說全國人均享受其福祉，為何沒人願意處理（接納）廢棄物？

萬年無解的難題？

民眾常宣稱放射性廢棄物為萬年無解的難題，有人說：「放射性廢棄物要300年才達到半衰期，輻射含量1萬年還不消失，這是多可怕的後遺症！」依其邏輯，土壤中的天然鈾半衰期要45億年，豈不更可怕？

其實，比起其他工業產生的廢棄物，放射性廢棄物實在是「特小巫見特大巫」。燃煤電廠釋放的化學致癌物比放射性廢棄物超過5千倍，燃煤的污染與其廢棄物處理正傷害許多人，卻沒人說那是無解的難題。放射性廢棄物在200年後將失去（衰變）98%的毒性，此時不會比土壤中一些天然礦物更毒。這也比汞、砷、鎘等有毒化學物好多了，因為它們的毒性永遠存在（不會衰變）。

民眾眼中只有放射性廢棄物，「視而不見」的其他毒物其實更多、更傷人。環境汙染及衍生的氣候變遷迫在眉睫，燃煤電廠釋放巨量（約每分鐘15噸）溫室氣體二氧化碳、酸雨與空氣污染成份二氧化硫與氮氧化物、懸浮粒子煙灰、致癌有機化

合物、金屬鉛與鎊等、放射性鈾與鐳等。世界衛生組織指出，全球每年約3百萬人因空氣污染問題而死亡，30%-40%的氣喘（全球約有1億5千萬氣喘患者）及20%-30%的呼吸系統疾病，也由空氣污染所致。每年美國有3萬名幼兒因火力電廠污染而死亡，數十萬人因發電廠污染而有氣喘、心臟及呼吸道毛病。

有些化學品的致死劑量為硒化物0.01盎司（28.35公克）、氰化鉀0.02盎司、三氧化二砷（砒霜）0.1盎司。放射性廢棄物在600年後只剩下1%毒性。放射性廢棄物作成玻璃型態，存放在不銹鋼容器中，由內往外分別為安定劑層、鈦合金保護層、防腐蝕層、結構套層、回填層（遇濕會膨脹）、岩層。這些層層防護使得輻射外洩（污染）非常困難。

世界各式能源中，核能最不傷人

比較全世界各式能源，即知核能最不傷人。世界能源協會統計1969至1996年間，全球發生2次重大核能事故而導致45人死亡。同期間與石油有關的死亡人數為1萬5千人、與煤有關8千人、與水力有關5千人。外部成本反應各能源使用對於環境的衝擊，諸如歐盟2003年等權威的分析結論都指出：核能的外部成本最低（燃煤發電是核能的10倍以上、天然氣發電是4倍）。美國工程院院士科恩宏觀比較各發電方式導致死亡的人數如右表。

「乙烯、苯」是現代生活的基本原料，舉凡衣食住行育樂與衛生保健都會用到，而這些原料大致上來自石油、煤、天然氣等化石原料，都是非常可貴的資源。若拿來燃燒發電，和讓交通工具燒掉，實

電源	首 500 年	最 終
核能		
高放射性廢棄物	0.0001	0.018
氫氣	0	-420 (註)
氫氫等氣體	0.05	0.3
低放射性廢棄物	0.0001	0.0004
煤		
空氣污染	75	75
氫氣	0.11	30
化學致癌物	0.5	70
太陽能		
材料	1.5	5
硫化鎘	0.8	80

註：因為使用核能，挖掉土中的鈾礦而減少氫氣的產生，因此減少遭受氫氣致死者。

在浪費與可惜。但是「鈾」幾無其他用途，拿來當做核能發電原料正是「適得其所」，善盡其用。何況，不使用鈾原料，它也會自然衰變掉。增加核電就可減少浪費石化原料、減少全球暖化、減少酸雨等污染。億萬年才形成的化石原料在幾十年內燒完，這才是耗盡資源而不留子孫吧？

日本核子事故導致台灣恐慌

2011年9月29日，香港城市大學郭位校長（美國工程院院士）發表《福島事故，沒人因輻射死亡》，提到非正式民調指出台灣有半數的民眾認為因福島核事故而死亡者已逾萬。事實上，至今為止，福島事故並無人因輻射死亡；相對地，有2萬人因海嘯而死亡或失蹤。

民眾常以為核能事故會產生嚴重後果，總是以「超級放大鏡」檢視。全球每年2-4個輻射死亡案例，肇因於醫療或產業設備，和核電廠無關。英國前首席科學家金恩爵士，2012年3月下旬表示，乘坐客

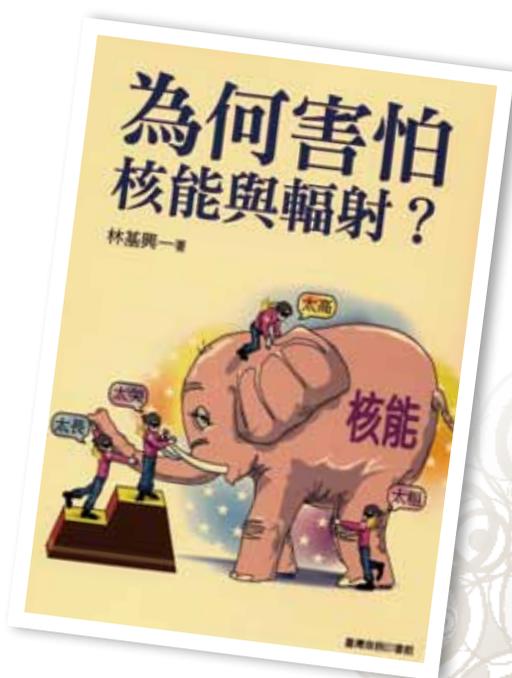
機飛越大西洋，受到的宇宙輻射量，就比在日本福島核電廠旁走動還多。沒有一個人因為核電廠事故而死亡，但在同一週，有30位煤礦工人死亡。

日本疏散遷村的標準是每年20毫西弗，這是日本規範輻射治療時，健康部位所受劑量的萬分之一。以此極不合理的遷村依據，民生與國家均遭逢重創。由廣島與長崎和車諾比爾的經驗，即使受到100-250毫西弗的30位工作者，未來50年內，也沒有罹癌死亡者；至於福島等各地區的劑量遠低於此，更談不上危險。但是國內諸多誇大的報導或言論，將福島描繪成死亡地區一般，導致民眾恐慌而示威抗議等，傷害國家社會甚大。

新書《為何害怕核能與輻射？》

在這鋪天蓋地的恐慌聲下，筆者決心儘快出書澄清其正確的科學知識。今（2012）年5月15日舉辦《為何害怕核能與輻射》新書發表會，書中說明即使人生的風險「靜悄悄地降臨身上的很多」，各式化學品和病菌、火災或車禍等即為例子，而其風險均遠大於核能。其次，核電之外的各式發電往往傷害更深，尤其占大宗的化石燃料每年導致甚多人死亡、全球暖化（迫在眉睫）、酸雨等，為何民眾卻覺得「雖有若無」？

筆者在書中提及，不瞭解核能科技，將導致不必要的「恐核」或「恐輻」。針對「輻射是否導致畸形魚？」、「核電廠幫助製造原子彈嗎？」、「核電廠附近居民致癌率高？」等一般民眾關心的議題，逐一深入說明，期能化解疑慮。



結語

「核能爭議」是個建構出來的議題，若非民眾與媒體一再炒作，大家不會這麼驚慌地以放大鏡檢視它。美國國家工程院院士郭位於2011年9月22日發表文章提到，撇開心理因素與政治炒作，核電廠造成的危害與其他工安隱患相比微不足道。就像「看到別人眼中的刺，但卻看不見自己眼中的樑木」，民眾確已過度注意核能與輻射了。

我國總統在2011年底決定核電廠不延役，這是「眾口鑠金」的結果？相對地，法國已有八成為核電，大部分國民仍支持核電，這可是「眾志成城」？為何國民意向差這麼大？我國需要眾口鑠金或眾志成城？攸關國家的前途、社會的福祉、民眾的健康。國人要如何抉擇呢？

（本文作者為行政院科技會報辦公室研究員、公益科學月刊社理事長）

福島核能事故分析與 安全改進建議

文 · 江仁台

2011年3月11日，在日本發生的福島事故已超過一年。一年多後再回顧和分析事故，全貌可能更清晰。希望在分析後，能有些啟發，增進我們對核能科技與核電廠安全度改進的認知。

福島核能事故回顧

日本福島核能事故，由9級大地震和超級海嘯（浪高13-15公尺，而擋水牆僅高5.7公尺）的天災造成。

地震發生後，第1、2、3號機組立刻正常停機，但正常供電遭大地震損壞。然而，電廠6部機組用過核燃料的大量核分裂產物和中子活化產物，仍產生大量的衰變輻射餘熱，須由電馬達轉動的冷卻供水系統不停的將餘熱帶出。正常供電中斷後，電廠的13座緊急柴油發電機立刻起動，向冷卻系統馬達供電，維持用過核燃料的冷卻。但地震發生後約50分鐘，超級海嘯打入並湧進柴油發電機組，將機組損壞，停止供電。隨後，冷卻系統馬達由備用直流蓄電池供電。

8小時後，直流蓄電池備用電用

完，冷卻系統馬達停止供應冷卻水，輻射餘熱使用過核燃料的溫度急速升高，致使1、2、3號機組大量燃料金屬包管熔毀，但第二重防線壓力槽仍大致完整。第1、3、4號機組內在高溫下產生大量的氫氣造成爆炸，損壞機組外層廠房，第1、3號機組的氫爆還損壞第2號機組外層廠房。此外，第4號機組內多處起火。好在高地上還有3座備用緊急柴油發電機仍完好，可向第5、6號機組冷卻系統馬達供電，使第5、6號機組未受損。

事故發生9日後（3月20日）恢復供電，但第1、2、3、4機組已毀，大量會輻射的核分裂產物已外洩入空氣和排入海水中，造成核災。不幸中的大幸是，無人因此核災死亡。然而超級海嘯卻造成約28,000人喪失生命。

事故分析與改進建議

福島核能事故，既由於擋水牆無法阻擋超級海嘯的高度，大量海水打入、湧進柴油發電機組，將機組損壞，停止供電所造成。第1項改進建議，即是顯而易見，將擋水牆加到

足夠高、足夠強，能發揮擋水牆的設計功能。至於加到多高、多強，則須經過詳細的工程分析，加上足夠的安全餘裕，由核能管制單位訂出核准標準，並由核能管制單位按核准標準嚴格審查。審查通過後，才發核准營運執照。

核電廠雖裝有用蒸氣壓力和重力壓推動的、多項不須用電力推動的緊急冷卻水供應系統，但在停電後，若一切按照設計進行，燃料金屬包管約可耐3日，因緊急冷卻水用完、無後續緊急冷卻水補充。3日後，若未恢復用電與供水，大量燃料金屬包管還是將因溫度升得太高而熔毀。福島事故發生9日後才恢復供電，造成嚴重事故，是難以避免。

因此，第2項改進建議是：為避免長期停電，核電廠應增加備用、置於安全高地、移動式柴油發電機組，在固定柴油發電機組故障時，迅速移入使用，以緊急供電。

核電廠目前使用過的大批舊燃料棒束，仍儲存在廠內的用過燃料儲存池中。福島事故發生後，電廠的用過燃料儲存池也因常期缺電供水冷卻，部分燃料金屬包管因溫度升得太高而產生氫爆。

第3項改進建議是，用過燃料儲存池應遠離海岸與核電廠，並應有獨立的供電系統。此外，應盡量採用由空

氣冷卻的乾式用過燃料儲存。

福島電廠建在受超級海嘯侵襲威脅的海岸旁，並建有6部機組，此次遭超級海嘯侵襲後，損失慘重。第4項改進建議是，新核電廠應避免建在受超級海嘯侵襲威脅的海岸，不應太靠近海岸，並且不應在一地建太多機組。

結論

為避免類似福島核能事故再次發生，改進建議如下：

- 評估、審核，將擋水牆加到足夠高、足夠強。
- 核電廠應增加備用、置於安全高地、移動式柴油發電機組，在固定式柴油發電機組故障時，迅速移入使用，緊急供電。
- 用過燃料儲存池應遠離海岸與核電廠，應有獨立的供電系統，並應盡量採用由空氣冷卻的乾式用過燃料儲存。
- 核電廠應避免建在受超級海嘯侵襲威脅的海岸，不應太靠近海岸，並且不應在一地建太多機組。

（本文作者任職於美華核能協會）

核能新聞

文 · 編輯室

國外新聞

日本調查委員會：福島事故是人為疏失

日本國會組成的福島事故調查委員會報告出爐，直指事故原因乃是人禍。報告指出，福島事故雖然起因於2011年3月11日的東北大地震與海嘯，但東電缺乏危機意識、主管機關喪失監督功能和中央各部會橫向整合失調，很明顯的是人禍。

報告分析，早在福島事故前，就有福島核一廠的緊急應變改善項目提出，但由於主管機關未規範，加上東電自行判定不需要，便未實施。因此海嘯來臨的第一時間內，以福島核電廠人員缺乏訓練和準備的情況來看，發生包含喪失直接電源的電廠全黑事件，根本無力回天。另一方面，日本核安主管機關—原子力安全保安院故步自封，缺乏與國際借鏡的動力。調查委員會指出，若原子力安全保安院願意參考類似美國911事故後的核安標準，「也許可以防止」311福島事故。

提高到國家層面來看，日本政府國家級的緊急疏散計畫過份簡化、未經過檢視。原子力安全保安院理應是整體應變計畫的核心，但卻未充分準備與應變，徹底喪失功能；內閣也不知自身在計畫中的角色。因此事故發生後，內閣跳過原子力安全保安院，直接與東電聯繫。這種違反行政程序的狀態一直延續，甚至沒有法律效力的內閣指揮團隊，還在東電總部成立，使得東電成為內閣

下屬機關。因此事故後，沒有主管機關可以監督福島核一廠，且東電也對諸多細節不願意講清楚說明白。另外，前首相菅直人自行前往福島核一廠，前所未有的干預事故處理程序，使整體指揮系統大亂。緊急應變計畫由於主管機關多年荒怠，疏散居民時造成巨大混亂。調查委員會指出，日本除非歷經管制機關徹頭徹尾的改變，才能確保核能和民眾的安全。

WNN News 2012/07/05

揮別關廠命運 西班牙核電廠獲延壽

西班牙政府表示，為了減少對進口燃料的依賴，及肯定核能對於能源多樣化的貢獻，正式宣布撤銷2013年佳若納核電廠關閉案，佳若納因此可望營運到2019年。佳若納核電廠營運公司聞此表示樂見其成，且應會在9月底前進一步申請營運至2019年的執照。

先前儘管西班牙核安管制機關表示，核電廠繼續營運安全無虞，但西國曾因政治動盪，訂定廢核計畫。新政府上任後，於2011年2月投票解除40年運轉年限的法律強制規定。2012年初，內閣開第一槍，推翻佳若納2013年大限，轉而徵詢核安主管機關的延壽意見。主管機關分析，該電廠只需做些設備改善，持續營運安全並無問題。西國政府此舉，被解讀為核電廠40年運轉期限的公定年限，已經慢慢鬆動：佳若納核電廠於1971年

開始運轉，到2013年中將服役達42年。

WNN 2012/07/03, 2012/05/11

立陶宛與日立集團簽訂新核電廠合約

為了減低對俄羅斯天然氣及電力供應的依賴，立陶宛政府核可新核電廠計畫，經國會通過相關法令後，建廠之路更見順暢。該國與日立集團簽訂協議，日立集團將成為維薩吉娜核電廠計畫的投資者，握有2成股份。奇異-日立集團計畫興建135萬瓩進步型沸水式反應爐，此型已有數座在日本及台灣營運與興建中。

參與新核電廠計畫的還有拉脫維亞（2成股份）、愛沙尼亞（22%股份），兩國各投入約10億歐元，立陶宛則維持38%的股份。預計立陶宛將會在2015年中以前，發出興建一營運聯合執照，投資最終決策也將一起出爐。

WNN News 2012/06/25, WNA Weekly Digest 2012/05/10

新平台防護福島用過核燃料池

為了避免反應爐建築屋頂的殘骸掉入池中，先前東京電力公司在福島核一廠4號機的用過核燃料池鋪設漂浮擋板，現在則進一步強化防護設施，加設鋼板平台。

長13.7公尺、寬11公尺，重達60噸的鋼板平台，是先在在地面組裝之後，再以大型機具鋪設。新平台將與原有擋板結合。東電表示，新平台除了有防止瓦礫掉入的功能外，安全性還更高。除此之外，還可以防止氣候變化影響水池安全。日本的颱風季節即將到來，6月下旬曾有谷超颱風襲擊日本本州

島，在福島核一廠北方通過。

WNN News 2012/06/22

美國通過核電廠功率提昇與延壽案

2012年5-6月美國核能管制委員會通過數件核電廠功率提昇案，與兩件核電廠延壽案。功率提昇的機組，分別是靠近邁阿密的土耳其角核電廠2部反應爐與北卡羅萊納州的雪倫哈里斯反應爐。

美國核管會截至2012年5月底為止，已發出73次執照更新核可。此次獲得延壽20年的2座核電廠，是位在麻州的清教徒核電廠和華盛頓州的哥倫比亞核電廠。麻州的清教徒核電廠為68.8萬瓩，於1999年上線，延壽後可持續運轉到2032年。華盛頓州的哥倫比亞核電廠為117萬瓩的沸水式反應爐，提供該州近一成電力，新執照到2043年到期。

NucNet 2012/06/19, WNN News 2012/05/28, 2012/05/25, NRC website

瑞士啟動處置場諮詢流程

瑞士聯邦政府為該國核能廢棄物最終處置計畫，啟動3個月的公眾意見諮詢流程，有興趣的人士可在9月28日前表達意見。公眾意見徵詢結果將會在2013年呈報給瑞士聯邦政府核可後，做出報告送交國會。

瑞士直到2006年，大部分的用過核燃料均送往國外再處理。2006年之後的高放射性廢棄物和用過核燃料，大多暫貯於伍朗林根的中期貯存設施。瑞士放射性廢棄物主管機關早已於2008年底送出處置場計畫與適合場址供審核，但有關當局認為選址才是優先要務，決定延緩公眾意見諮詢流程。實際的

處置場選址已於2011年底遴選出6處，因此三階段的處置場計畫，方能進入第二階段的公眾參與流程。

NucNet 2012/06/18 WNN News 2012/06/19

俄羅斯證實 欲打入英國商用核電市場

俄羅斯對英國核能市場興趣濃厚，已開始與英國管制機關，就俄式反應器設計評估認證事宜進行討論。俄羅斯國家原子能署認為，英國是歐洲最有潛力的市場，俄國很願意提供技術和資金興建核電廠。一旦英國為期4-5年的設計認證流程啟動，俄羅斯很可能會沿用與土耳其相同的興建一擁有一營運（BOO）合作模式，且最多可扛起85%資金。

至於先前各界傳聞，俄方將買入握有2座英國核電廠址的地平線核電公司，就現在看來，俄國顯然無此打算。但中國和日本東芝集團對該公司虎視眈眈，可能會聯手吃下，在英國興建2座反應爐。

WNA Weekly Digest 2012/06/07

中國大陸通過修訂後核安標準

中國國務院日前原則性通過核能發電新安全規範，確立福島事故後，大陸的新核電廠興建指引。311福島事故後，大陸官方暫停發給新核電廠興建核可，直到確認現有核電廠設計、設址、安全和管理上達到標準，才會重新進行核可。國務院重申，中國大陸核安和放射性污染防制的基礎原則，是將安全和水準列為首要要務。國務院指出，他們對於核電廠抵抗洪水、地震等外部風險的能力，能通過考驗感到相當滿意。中國的核安規範現在已經過證實，與國際原子能總署的

安全規範接軌。

為期14個月的安全分析流程，範疇包括研究用反應爐、燃料循環設施和核電廠。各界關注的焦點，是新的洪災規範和地震安全基準。在這段期間，大多數興建中的反應爐還是持續，其中2部順利連結電網，使得中國大陸興建中反應爐總數達到26部。

WNN 2012/06/01

日本東京電力公司面臨 100 億美金損失

日本東京電力公司2012年財政年度虧損高達近百億美金，其中一半用在福島事故補償金和除污，另一半則是搖搖欲墜的電力市場日漸升高的發電成本。

日本2011年由於消費者自發性實施節電措施、製造業產能減低，導致東京電力公司售電營收減少8.6%。東電2011年4月1日至2012年3月31日止，列出的淨損失為98億美金。

東電採取的諸多止血措施，例如縮減獎金、降低採購成本和維修費用等手段，皆無法抵銷2011年財務年度因採購替代關閉核電廠的化石燃料發電成本上升的衝擊。雖然該公司預期燃料成本會降低，與經濟逐步復甦，但2012財務年度淨損失還是會落在12.5億美金左右。

東京電力公司供應日本近1/3的電力，311事故之前，核能占該公司裝置容量比例27%。然而，日本所有的反應爐除了大飯3號機之外，包含東電旗下機組現在均停機。福島事故後，東電賠償金和除污的大筆爛賬纏身，對於龐大的索賠金，日本政府最近通過125億美金的東電援助案。

WNN News 2012/07/08, 2012/05/14

國內新聞

「國家碘片儲存庫」建置完成，民眾輻射安全防護升級

為強化核安的應備能量，原能會於101年7月4日與國防部共同完成國家碘片儲存庫的建置，整合跨部會資源，做好為民眾輻射安全防護的準備工作。

原能會核能技術處徐明德處長表示，當核子事故發生後，視事故發生的狀況，服用碘片是鄰近核電廠民眾可能需要執行的防護行動之一。原能會已完成增購碘片80萬錠，以因應核災發生後民眾與救災人員安全防護所需。

陸軍化學兵處處長曹君範少將指出，國防部在國內發生核子事故後，擔任支援中心的任務。國防部指定陸軍司令部於南北各擇一處適當的場所儲放碘片。除了建立保安管控機制外，也確保場所溫濕度的控制符合儲存條件，當需要使用時，可迅速送往需要地區供民眾或應變人員使用。

(本刊訊 .2012.07.04)

新聞小辭典

何謂碘片

碘片是碘化鉀的通稱，發生核子事故時服用碘片，是要讓人體先吸收這種無放射性、安全的碘，就不會再吸收放射性的碘，使人體的甲狀腺受到保護。

為保護反應爐 罹患一身病？

有關李桂林先生對媒體提及在核一廠「短時間內接受高劑量輻射」一事，原能會澄清，國內的核電廠對管制工作人員訂有嚴謹程序書，需進入核電廠輻射管制區的工作人員，必須先接受輻防訓練、健康檢查，且需

要配戴人員輻射劑量計記錄個人所接受的輻射量，以確保工作人員不超過年劑量限值。經原能會查證，李先生的體外輻射曝露歷史紀錄，歷年所接受劑量都小於法規所定的年劑量限值，應不致於造成李先生所述的健康效應或症狀。

另有關「原能會對此竟說，核能儀器沒有輻射」，原能會說明：按一般核電廠內使用的儀器，由於設計上並未含放射性物質，本身也不屬於可發生游離輻射的設備，不會產生輻射。即使裝設於高輻射區的儀器因中子活化而產生輕微放射性，一般工作人員也不會接觸，特定維修人員可透過上述管制程序控制人員劑量，應不致造成輻射安全影響。

(本刊訊 .2012.06.27.)

核研所受台電委託兩項研發案與核二螺栓事件無關

台電表示，媒體報導兩標案都屬長期研發計畫案，依政府採購法相關條款採限制性招標，與核能研究所辦理議價，最近一期計畫均於99年4月即已編列研發預算，並分別於101年2月24日及3月20日簽准在案，均在3月24日核二廠反應爐錨定螺栓事件發生之前，顯見與螺栓事件毫無關聯。

上述標案分別是「壓水式反應器壓力槽機率破裂力學安全評估與管制研究」與「含裂紋管件破壞力學評估與結構安全法規整合研究」，自93年即開始推動。

台電表示，原能會早已明文規定，核研所內負責原能會審查相關議案人員，均隸屬「核安管制與技術支援中心」，並嚴格要求不得承接台電計畫，以維持獨立審查立場。

(本刊訊 .2012.07.03)

龍門核電廠建廠 管制現況報導

文 · 編輯室

5月21日原能會查證龍門電廠注意改進事項（3月29日1號機汽機廠房EL.30500消防栓箱太平龍頭脫落致消防水湧出），經查事件肇因是太平龍頭2 1/2”消防管銜接端的螺牙內徑與消防管管子外徑不匹配，導致兩者螺牙無法確實咬牙。採用業界慣用消防管用AB膠黏合及填縫止洩後，雖經水壓試驗，仍發生脫落，已要求電廠全面改善（電廠將全面更換太平龍頭，以便太平龍頭的管徑可配合消防管的管徑，避免脫落）。

5月23-24日原能會執行「龍門電廠電氣工程—安全級可撓性金屬導線管安裝作業品質專案視察」，視察範圍為1號機使用於安全相關設備之具被覆可撓性金屬導線管的相關品質文件、現場安裝作業及檢驗紀錄等視察項目。本次主要視察發現有：

- （1）龍門電廠（含核島區及非核島區）輻射區域安全相關設備所使用之具被覆可撓性金屬導線管，均使用防水型可撓性金屬導線管，並未考量抗輻射能力，以及對於非輻射區域（如核島區HCU設備室）設計使用具抗輻射之可撓性金屬導線管，也發現有使用防水型可撓性金屬導線管的情形；
- （2）對於防水型可撓性金屬導線管可否使用於非輻射區域安全相關設備，以及抗輻射型可撓性金屬導線管的符合性，將

於龍門計畫第47次定期視察再進一步查核及確認。已將前述視察發現及結果撰寫初步報告完成，並上網公開。

5月29日原能會就「龍門電廠電氣與儀控系統支架附焊於RCCV Liner上之改善作業符合性討論會會議紀錄」的處理答覆表。本案主要因RCCV Liner上焊接作業需符合ASME Sec.III Div.2 cc.code相關章節規定，要求台電公司針對與設計相關的現場施工情形，以及已完成安裝的符合性等相關問題，提出澄清說明。台電尚未確實完整答覆外，部分設計相關技術問題仍有待釐清，且濕井等已焊接的支架磨除改善作業的人員資格、作業程序、權責單位等仍有部分無法符合品保作業要求的情形，故其改善方案是否合宜，仍有待商榷。本案要求相關改善計畫待與本會視察員討論確認符合各項品保要求後，再進行現場作業。

6月1日原能會召開「龍門電廠RBSW自動逸氣閥問題解決方案說明」會議，要求台電公司：

- （1）確認泵室水位計設計修改案預定完成日期；
- （2）清查龍門電廠RBSW同類泵有無相同高振動潛在問題；
- （3）確認RBSW渠道排水系統容量是否符合要求及排水系統是否為正式設備；
- （4）要求安全系統的設計修改、料件與施作等均須由權責單位核定與辦理，並符合法規

要求。

6月8日原能會核備龍門電廠變更後「龍門計畫各類建築廠房適用消防設置標準一覽表」申請。同意增設的氣渦輪發電機廠房、廠房共同通風塔及主設備入口遵照「核能電廠消防標準BTP CMEB 9.5-1」及「美國聯邦法規10 CFR 50 App. R」標準設置。另同意變更4棟建築物名稱（受電室改為受電站、訓練中心改為模擬操作中心、近廠指揮中心改為輻射監測中心、資料中心改為文件管制中心）。全案台電公司仍應送內政部消防署核淮。

完成1號機控制棒06-27 FMCRD螺旋桿機構受損查證報告，經查該螺旋桿機構受損是因異物入侵造成，控制棒系統雖已於系統移交前進行沖洗完成，但並無法將大於急停管路直徑的異物移除乾淨。本案因此開立注意改進事項，請電廠澄清進入反應爐心的異物如何去除、未來2號機控制棒系統管路沖洗流程改善及進入反應爐的異物是否影響其餘控制棒機構等問題。

6月25-29日原能會進行龍門電廠第47次定期視察作業，視察項目為：（1）1號機電氣工程（含核島區及BOP）安全級「可撓性金屬導線管」安裝作業缺失改善現



▲ 圖 1 龍門電廠第 47 次定期視察前會議



▲ 圖 2 龍門電廠第 47 次定期視察前會議

況查證；（2）2號機施工後測試作業執行現況查證；（3）1號機試運轉產生的FPR及NCD處理現況查證；（4）核安處駐龍門安全小組稽查作業查證。☉

台電公司提供的工程進度（截至 101 年 6 月底止）					
	總進度	設計	採購	施工	試運轉
比例	100 %	19 %	15 %	58 %	8 %
1.2 號機 合計進度	93.50 %	99.34 %	100 %	97.18 %	40.84 %
預定進度	98.31 %	99.90 %	100 %	98.36 %	91.01 %
差異	-4.81 %	-0.56 %	0%	-1.18 %	-50.17%

【註 1】合計進度 = 1 號機進度 × 52% + 2 號機進度 × 48%

【註 2】本月份合計進度較 101 年 5 月底增加 0.01%

弟弟很好奇的問媽媽：「我們看不到輻射，怎麼知道輻射有多少呢？」

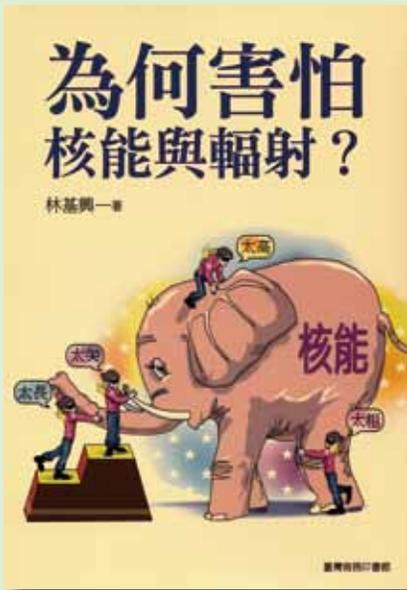
媽媽解釋：「用輻射偵測儀器量測就可以知道喔。我們測量人體所接受輻射的影響是以『西弗』為單位，一般以毫西弗，就是千分之一個西弗來表示。」

台灣地區的年平均天然輻射約為2毫西弗，爸爸到醫院照一次胸部X光大約是0.02毫西弗。而大家誤以為很恐怖的核電廠，運轉一整年大約是0.001-0.015毫西弗，其實輻射劑量非常低呢。」

說明：毫西弗是指人身體所接受輻射量的單位，如同公分是身高的單位。

本文取材自「原子能 ABC」，行政院原子能委員會，99年12月出版

本書以通俗方式解釋核能與輻射的正確知識，
祛除正在污染社會的「核能輻射恐慌」。



出版社：台灣商務印書館 www.cptw.com.tw

作者：林基興

現職：行政院科技會報辦公室研究員

科學月刊社理事長

環保署「非游離輻射預警機制風險評估小組」

主席

學歷：美國華盛頓大學工程博士

經歷：《科學月刊》與《科技報導》總編輯

台灣大學化工所兼課

著作：《電磁恐慌》

語言：法、德、俄、日、英

