

譯者簡介：

李筠慧

政大日文系畢業，現擔任貿易公司日文採購業務助理。

第 8 章 基於製造物責任法的損害賠償請求

第 1、製造業者的責任

本核災事故是因本件各號機核反應爐等（以下稱「本核反應爐等」）的缺陷而發生，侵害原告們的權利。因此本核反應爐等依製造物責任法（以下稱「PL 法」）需負損害賠償責任（PL 法第 3 條）。

首先，為了防止因事故導致的放射性物質外洩，被告們作為主要契約人所製造的本核反應爐等被放置於鋼鐵製覆蓋容器內部，此鋼鐵製覆蓋容器則存放於水泥建造的核反應爐建築物中。因為核反應爐建築物只不過是包覆容器的牆壁，所以依民法 242 條兩者沒有結合事實，維持個別的獨立性。因此本核反應爐等符合 PL 法的對象「製造暨加工動產」、「製造物」（PL 法第 2 條第 1 項）。

接著，PL 法上定義的「缺陷」是指製造物「欠缺一般應有的安全性」（PL 法第 2 條第 2 項）。

本核災事故是因本次的地震海嘯破壞了本核反應爐，發生各種故障，各號機經過各道程序之後，最後喪失全部電源，造成氫爆。

日本為世界屈指可數的地震大國，福島第一核電廠設置位址的太平洋沿岸經常伴隨地震發生海嘯。因此核電廠一旦發生事故，就會造成毀滅性核災，所以當然會期待核電廠不會因為地震海嘯造成事故。實際上，目前有多起要求核電停止運轉的核電訴訟經常以耐震性問題為主要爭論點進行爭辯。

因此，核反應爐「一般應有的安全性」必須含有「不會因地震、海嘯而

發生事故」這項最重要的要素。所以，現實中因為不能夠承受本次的地震、海嘯而發生了本次的核災事故，就算只看上述事實，也可說本核反應爐欠缺一般應有的安全性，應當能夠認可製造物有缺陷。

另外，本核災事故發生當下是緊急事態，現場關係人、東京電力本社關係人，以及政府關係人等眾多人員的判斷介入其中，不難想像這些人員拼命努力將事故控制在最小限度。不能說這些人員全部的判斷及作業都是完美的，不可否認地當中會有幾個判斷錯誤、作業錯誤吧。

但是，本核災事故的發生原因，追根究柢來說還是因為本核反應爐的缺陷，不能承受本次的地震、海嘯。就算有人為疏失，在各事故調查委員會報告書中可以清楚地知道人為疏失只不過是伴隨事故所產生的現象。本核災事故的原因並非人為疏失。

如以上所述，本核反應爐因為不能夠承受本次的地震、海嘯而發生了本次的核災事故，就算只看上述事實，應當能夠認同本核反應爐的缺陷。而且本核反應爐還有耐震設計基準後檢查的不完備、老朽化、Mark I 型既有缺陷等重大問題。以下就關於本核反應爐的諸多問題，先敘述關於反應爐安全性應當考慮到的地震、海嘯相關見解，列舉上述的問題點，詳細敘述過後可以明瞭本核反應爐欠缺「一般應有的安全性」，是有缺陷的。

第 2、關於本核反應爐的諸多問題

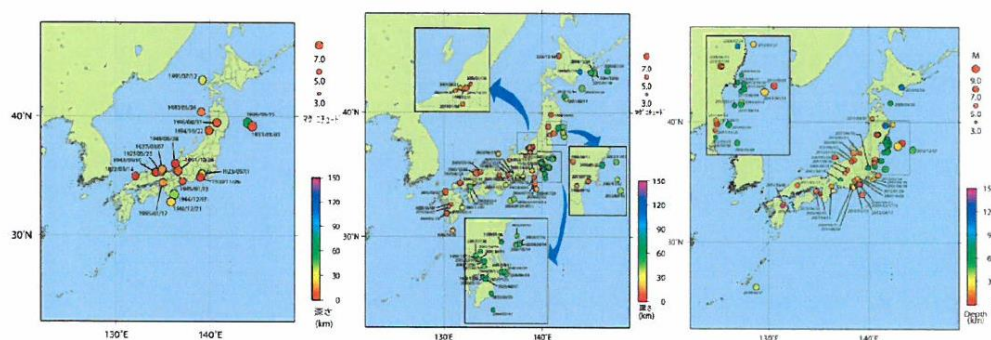
1、地震、海嘯的相關見解

「缺陷」要考慮到發生地震、海嘯的可能性

日本的地震、海嘯災害

依 PL 法第 2 條第 2 項，製造物的「缺陷」定義為「考慮到該製造物的特性、其一般可預見地使用型態，其製造業者提交該製造物時其他相關事項，該製造物欠缺一般應有的安全性。」為了判斷核反應爐「一般應有的安全性」所考慮到的事情當中，不可排除可能發生會影響核反應爐的地震、海嘯

嘯。日本是世界屈指可數的地震大國，舉例來說日本列島及其周邊在明治以後到 1995 年間的 127 年，有 19 件地震、海嘯，出現 100 位以上死者、失蹤者，1996 年到 2013 年 8 月為止的 17 年中，造成人員受害的地震達到 126 件（氣象廳受害地震資料）。另外明治以後到 2013 年 8 月為止發生的主要地震災害，震央分布四散在日本列島及其周圍的各地。在近代地震觀測開始之前（1884 年以前）日本列島各地也都發生的震災害，1850 年代（安政時期）發生多起芮氏 7 至 8 程度的大地震。（地震調查研究推進本部《日本地震活動第 2 版》）



日本附近主要災害地震震央分布

左：明治～1995 年、中央：1996～2005 年、右：2006～2013 年 8 月

（出處：氣象廳災害地震資料）

伴隨地震發生的海嘯，使日本列島，尤其是沿海地區遭受到很大的災害。1836 年明治三陸地震帶來的災害造成北海道、東北地方有 2 萬 2000 名死者，流失、半毀房屋有 1 萬戶以上，另外 1960 年的智利地震在北海道、福島縣到沖繩的太平洋沿岸造成 142 名死者的災情（內閣府《關於繼承災害教訓調查報告書》）。

因為是在發生地震、海嘯可能性極高的國家及地區設置核電廠，有鑑於核反應爐的長期使用年限以及其蘊含的高危險性、引發事故所造成的災害嚴

重性、廣大的範圍及持續性，核反應爐「一般應有的安全性」應解釋為至少在遭受到可設想到的所有地震、海嘯時，其機能、性質不會導致發生放射性物質外洩在內的重大事故。

將地震、海嘯對策作為設計基準現象的必要性

核子安全委員會所決定的核電耐震設計基準「關於發電用核子反應爐設施的耐震設計審查方針」（1981年）及其改訂版（2006年）中明確記載著「發電用核子反應爐設施必須要有充分的耐震性，在面對可假想的任何地震時，地震不會成為導致重大事故的誘因。」、「在設施的使用期間中，針對發生可能性極為稀少、對設施有重大影響，適合作為假想的地震，必須設計為設施不會因地震造成其安全機能的損害。」2006年的改訂版中也訂下了海嘯的相關基準「在設施的使用期間中，針對發生可能性極為稀少，適合作為假想的海嘯，設施的安全機能也不會因海嘯而有受到重大影響的疑慮。」這樣的基準即稱為「設計基準現象」，也就是在進行核反應爐的設備設計時，在其使用壽命期間可能發生、可以假定的事故現象。核反應爐必須設計成在發生可預想具明顯代表性的設計故障以及人為過失時，可以自動檢查錯誤並啟動安全設備。

將地震、海嘯對策作為重大事故對策的必要性

2006年版的方針解說裡也提及「剩餘風險」，也就是「因超出預估的地震對設施造成影響，導致發生設施重大損傷、大量放射性物質從設施散擴散，或是因其影響結果導致周邊民眾有被放射線照射的風險。」在這種情況下的核電設計「要適當地考慮可能會發生超出預估的地震，必須充分認識『剩餘風險』的存在，不僅要做到基本設計，更要進一步，應當合理地在能夠執行的範圍內盡力縮小風險。」在核電安全性方面，明確地記載了應該考慮可能會發生超乎想像的地震、海嘯。

這是基於重大事故對策中確保安全的想法。如同前述，重大事故為「在

安全評價中大幅超出預想的設計基準現象，例如爐心受到重大損害的情況。」另外，就算萬一發生了重大事故，有效活用現有機能、機器以防止發生重大事故，在重大事故情況加重時減緩影響的措施就稱為事故管理。

以「一般應有安全性」為前提的先見之明

如上所述，核反應爐的製造物「一般應有的安全性」，就算遭受可想像的地震、海嘯(設計基準現象)，也應當保有不會導致重大事故的機能、性質。另外，發生超出設計基準現象的情況下，也應當要有防止重大事故的發生，防止其影響擴大的安全性。

但是本次 2011 年 3 月 11 日發生的地震及其海嘯，導致本件的各號機喪失全部電源，核反應爐冷卻困難，1~3 號機為核反應爐事故，4 號機是核反應爐建築爆炸，已使用過的燃料池暴露於外部環境，使大量放射性物質外洩的事故。因此很明顯的本件的核反應爐製造物欠缺「一般應有的安全性」。

從 1960 年代設置第一核電廠到發生本次地震、海嘯為止，陸續發表了地震、海嘯相關的新見解，根據這些見解，被告無論如何也沒辦法說不能想像會發生使第一核電廠喪失全部電源及其引發的爐心損毀這等重大事故的地震與海嘯。以下敘述地震、海嘯的相關見解。

關於地震的見解

板塊構造論與地震研究的發展

1966 年 7 月 1 日東京電力向內閣總理大臣提出的第一核電廠 1 號機「核子反應爐設置許可申請書」的附件文書中記載設置用地附近「可認為是低地震活動的地區」。在這樣的認識基礎下，1 號機的耐震性可承受地震波加速度 265 伽，是比較小的數值。判斷第一核電廠用地為低地震活動性的理由可以指出當初作為根據的研究結果是舊資料，進行近代地震觀測之後福島核電地基附近的地震活動並不活躍。(甲 1・64 頁)

但是 1 號機設置之後，地震研究有了長足的進步。

首先 1968 年歐美確立了說明地球表層的地震・火山活動與地質地形變動原因的「板塊構造論」，此後的數年之間也適用於日本列島。板塊構造論的理論是地球表面覆蓋著厚度數十公里的十幾塊岩層，這些板塊各自以一年數公分的速度移動。日本列島及其周邊有太平洋板塊、菲律賓海板塊、歐亞板塊三個板塊，如果加上在歐亞板塊東日本側的北美板塊的話就有四個板塊。太平洋板塊從東南東的方向一年約以 8 公分的速度向歐亞大陸接近，在板塊交界處沒入大陸的板塊裡，而這個沒入的部分就是千島海溝、日本海溝。根據板塊構造論，可以說北海道沿海到三陸沿海、茨城縣沿海會反覆發生芮氏 7~8 的大地震。1968 年十勝海域地震（芮氏 7.9）發生時瞭解了這個概念，1973 年根室半島海域地震（芮氏 7.4）就依據這個理論而得到預測。

（甲 1・64 頁）

另一方面，1960 年代中期確定了「地震斷層模型論」，闡明了地震如何發生的結構。以日本列島太平洋側來說明的話，板塊交界處之間會產生擠壓的力量，在岩層變形的同時也蓄積了彎曲變形的能量。當岩層不能夠承受這個力量時，就會引發破壞，釋放出能量，這個現象就是地震。岩層破壞會沿著岩層破裂面急速摩擦移動，稱為斷層運動，引起斷層運動的範圍稱為震源。震源的斷層運動會以波動搖動大地，這個波動稱為地震波。1970 年代中期以後漸漸可以計算特定地點的地震波。（甲 1・64 頁）

根據板塊構造論與地震斷層模型論，確立了一種地震類型會在板塊邊界發生，是板塊與板塊摩擦移動所造成的地震。而第一核電場處於福島縣，幾乎是在太平洋中央的位置，離千島海溝到日本海溝的大規模板塊邊界非常近，考慮到上述的理論，福島第一核電廠正可說是位於板塊地震帶威脅的前線。

關於板塊地震

板塊地震特色與過去實例在《日本地震活動》(地震調查研究推進本部

1999 年)及其第 2 版(2009 年)有如下的記述。

首先，太平洋板塊沒入的千島海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝地附近會發生芮氏 7~8 程度的大地震。像這樣的大地震是因為隨著太平洋板塊沒入大陸板塊，大陸板塊會被拖引，到了極限的時候大陸板塊急速抬升的斷層運動而發生的大地震。1968 年的十勝海域地震(芮氏 7.9)、1994 年的三陸海域地震(芮氏 7.6)、2003 年十勝海域地震(芮氏 8.0)就是這種類型的地震。斷層長達 100 公里以上，地震規模就會到芮氏 8 的程度。

另外，板塊之間很少會因為一般的板塊地震震源範圍同時發生連鎖破壞而發生巨大地震。舉例來說，1707 年元祿地震(芮氏 8.1)的震源範圍被推定比 1923 年關東地震(芮氏 7.9)來的大，可以認為是這種連鎖型的地震。869 年在東北海域發生的貞觀海嘯(芮氏 8.3)也有可能是這種巨大地震而導致的。國外的部分，1960 年的智利地震(芮氏 9.5)、2004 年的蘇門答臘海域地震(芮氏 9.1)也被認為是連鎖型的巨大地震。

板塊地震會使面對板塊邊界的沿岸地區遭受到海嘯災害。除了伴隨激烈搖動的大地震之外，引發出比預想更加巨大海嘯的普通地震稱之為「海嘯地震」。海嘯地震是板塊邊界的一部份斷層面慢慢發生摩擦錯動，影響到海底地殼變動而發生海嘯。因為摩擦錯動是慢慢發生的，雖然地震搖動比較弱，但因為斷層運動的規模大，所以會引發大海嘯。1896 年的明治三陸地震就是海嘯地震的例子之一。明治三陸地震的地震規模若以搖動為基準來計算是芮氏規模 7 的程度，但以海嘯紀錄所求出的數值來說則相當於芮氏 8.2。另外，1605 年慶長地震所引發從關東到九州的太平洋沿岸海嘯也被指出是海嘯地震。

地震活動的長期評估

三陸沿海到房總沿海的長期評估

包含第一核電廠設置地點的地區在內，具體預測了會發生板塊地震。

2002年7月，政府機關地震調查研究推進本部（以下稱「地震本部」）地震調查委員會發表了「關於三陸沿海到房總沿海地震活動的長期評估」（以下稱為「長期評估」）。地震本部是以1995年阪神・淡路大地震為契機，為了能夠協助防災，收集、整理、分析研究機關、研究者的地震相關資料，進行了綜合性的評價。沿著日本海溝的地區，包含三陸沿海到房總沿海的太平洋沿岸，因為過去曾多次發生大地震，地震本部地震調查委員會以長期觀點評價了地震發生可能性、震源區域的型態等等，將這些歸納成長期評估。部分相關概要如下。

沿日本海溝發生的地震主要是板塊地震，偶而會因板塊內部破壞而發生地震。靠近三陸沿海北部到房總沿海海溝的區域曾發生過芮氏8等級的地震。有1611年三陸海域地震、1677年11月房總海域地震、1896年明治三陸地震，這些地震都因海嘯而帶來巨大災害，也是上述的海嘯地震。也就是說，斷層緩慢錯動，人所感覺到的搖動也小，但發生的海嘯規模卻很大的地震類型。因為三陸沿海北部到房總沿海整體在400年之間發生過3次同樣類型的地震，每133年就會發生1次芮氏8程度的地震。除了這些地震以外，三陸沿海北部到房總沿海的個別區域也曾發生出現複數死傷者的地震災害。其中福島縣沿海在1938年福島縣東方海域發生過幾次地震，是逆斷層型及正斷層型，芮氏7.5程度的地震，但因為過去400年間沒有其他事例，在400年以上的間隔中可能會發生這種地震。

基於過去的事例，長期評估中預測了靠近三陸沿海北部到房總沿海海溝的地震發生時期及規模，推論發生芮氏規模8程度板塊大地震的機率在30年內是20%，50年內是30%。福島縣沿海方面，如上述福島縣東方海域芮氏規模7.4程度的地震，推測發生機率在30年內是7%以下，50年內是10%以下。地震發生位置雖然被認為會在1611年地震及1896年地震的斷層，長約200公里，寬約50公里，位在沿著南北延伸的海溝，但過去很少發生同樣的

地震案例，不能斷定這種類型的地震只會發生在特定的三陸海域，有同樣構造の板塊交界海溝附近也有發生這類地震的可能性，無法特定出發生地點。

宮城縣沿海的長期評估

地震委員會在 2000 年公開發表宮城縣沿海的長期評估。該評價中，2001 年～2020 年地震發生機率約 80%，規模方面，推測如果是只在宮城縣沿海海域發生破壞的話會達到芮氏 7.5，如果與東邊靠近三陸沿海南部海溝の海域發生連鎖效應的話會達到芮氏規模 8.0 的程度。兩個海域同時有地震活動的情況，在 1793 年曾經發生過海嘯使岩手縣大槌到宮城縣の牧鹿半島流失房屋，福島縣相馬與盤城出現死者，是芮氏規模 8.0～8.4 的地震。（島崎邦彥《超巨大地震、貞觀地震與長期評估》岩波書店《科學》2011 年 5 月號）

推想本次地震的可能性

根據氣象廳本次地震為逆斷層型，壓力軸是西北西－東南東方向，在太平洋板塊與大陸板塊交界發生的地震。地震規模芮氏 9.0，宮城縣栗原市觀測到的最大震度為 7 級。另外海嘯的部分，在北海道、東北地區、關東地區的太平洋沿岸分別觀察到宮古 8.5 公尺以上、大船渡 8 公尺以上、石卷鮎川 7.6 公尺以上、相馬 7.7 公尺以上相當高的海嘯。震源範圍推論是從岩手縣海域延伸到茨城縣海域，長度 400 公里以上，寬度 200 公里，最大滑動量有 20 公尺以上。滑動量最大的區域位於地震本部所評價過的靠近三陸海域南部海溝、三陸海域北部到房總海域海溝的一部份，包含三陸海域中部、宮城縣海域、福島縣海域、茨城縣海域在內（《平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋海域地震の地震活動》第 7 報）。並且氣象局也發表「以比一般地震還要複雜的方式連續發生三個巨大的破壞。」（同第 15 報）。依據東京大學地震學名譽教授島崎邦彥《超巨大地震、貞觀地震與長期評估》：「我認為破壞是從發生機率最高的『靠近三陸海域南部海溝』海域開始，擴大到東西、南北。錯動最大地點在這個海域內，另外是鄰接東邊的『靠近三陸海域北部到房總

海域海溝』的這塊海域。」此外島岐指出東北地方的太平洋海域地震以芮氏規模 9.0 來說地震波較弱，「發生普通地震的同時『日本海溝附近』也發生了海嘯地震。」（《儘管做了預測，比預想災害更巨大的海嘯》岩波書店《科學》2011 年 10 月號）

綜觀下來，地震結構及其類型可以透過板塊結構論及地震研究的進步來瞭解，另外也公開發表了板塊地震、海嘯地震、連鎖大地震等概念為一般大眾所理解。根據長期評估，包含本地震的震源地區在內，沿日本海溝具體區域的板塊地震預測、海嘯地震預測，都推論在評價發表後 30 年內有 20% 的機率會發生至少芮氏規模 8 程度的大地震。因此，根據這樣的見解，應當可以設想到會發生如本次地震震源包含福島縣海域在內的大地震。也就是說被告與東京電力、國家機關經常共有情報，基於最新見解負責定期檢查、維修、後檢查，最遲在長期評估發表的時候就可預見會發生使第一核電廠喪失全部電源，引發爐心損壞的重大事故程度的地震。

關於海嘯的見解

第一核電場設置 1 號機時所設想的海嘯

1966 年 1 號機設置許可申請書中記載預定地南方 50 公里小名濱港的潮位，「最高潮位 O.P.（小名濱港工事基準面）+3.122 公尺（1966 年 5 月 24 日智利地震海嘯）」「最低潮位 O.P. - 1.918 公尺（1966 年 5 月 24 日地震海嘯）」。1993 年 3 月發生北海道南西海域地震海嘯，通產省資源能源廳對電事連（電氣事業聯合會）要求海嘯安全評價，1994 年 3 月東京電力報告第一核電廠的潮位上昇 O.P. + 3.5，其中舉出 1611 年以後 13 次的地震海嘯文獻紀錄，相互比較之後福島地方發生過最大海嘯是智利地震海嘯。2000 年 2 月電事連使用當時最新方法計算海嘯，考慮誤差為預想水位的 1.2 倍、1.5 倍、2 倍，分析是否會對核電非常用機器造成影響。發現第一核電場在預想水位 1.2 倍的情況下海水幫浦馬達會停止運轉，影響冷卻機能。

土木學會的海嘯評價

2002 年土木學會核子土木委員會海嘯評價小組制訂「核子發電廠的海嘯評價技術（以下稱「土木學會評價」）。根據國會事故調查報告書，此土木評價是初期的核電建設之後，將急速進步的海嘯預測技術標準化，以集結核能發電廠的安全設計為目的而整理出來的評價。土木學會評價中是以伴隨未來在板塊邊界附近發生的地震而來的海嘯為對象，基於過去地震發生狀況等等的地震學看法，在合理位置按照海嘯發生型態預設波源。也就是從過去的海嘯所算出的模型，考慮不確定性後找出使海嘯規模變成最大的條件，大致的設想數值約是過去最大海嘯高度的兩倍。

但是土木學會評價僅對東北地方過去所留下約 400 年的文獻資料進行評價，沒有考慮到更長間隔所發生過的海嘯，被認為「因為是用缺乏科學根據的方法所算出的海嘯發生頻率，低估了海嘯風險。」另外也被指出「不考慮目前為止沒有發生過大海嘯的海域未來會發生大海嘯的想法。」（島崎邦彥《儘管做了預測，比預想災害更巨大的海嘯》）

另外，東京電力依照土木學會評價將第一核電的海嘯預想潮位提高到 O.P.+5.7 公尺，在跟保安院報告的同時，也將 6 號機的非常用海水幫浦馬達提高了 20 公分。

地震本部的長期評估

如前述，2002 年 7 月地震本部地震調查委員會發表了「關於三陸沿海到房總沿海地震活動的長期評估」，預測出包含第一核電在內的沿日本海溝海域在 30 年內有 20% 的機率會發生芮氏規模 8 程度的海嘯地震。其規模以海嘯震度（以海嘯高度來推測的震度）約是芮氏規模 8.2 左右，是以明治三陸地震的數值為基準（島崎）。與土木學會評價不同的地方在於明確表示日本海溝各處都會發生海嘯地震。因為板塊的沒入，理由是難以想像只有北部及南部會發生海嘯，只有中部不會發生海嘯的情況（同）。

淹水學習會資訊分享

2006 年 1 月保安院及獨立行政法人原子力安全基盤機構設置了淹水學習會。其設立契機是因為 2004 年的南亞海嘯使印度清奈核電廠的非常用海水幫浦不能運轉，且 2005 年 8 月宮城縣海域地震使女川核電發生了超出基準的震動，於是有了確定會發生超出想像情況的問題意識。

2006 年 5 月 11 日的學習會中東京電力就第一核電 5 號機預想外海嘯報告了檢討狀況，表示 O.P.+10 公尺的海嘯有使非常用海水幫浦喪失機能導致爐心損壞的危險性，O.P.+14 公尺的海嘯會導致非常用柴油發電機、外部交流電源、直流電源全部都無法使用，有喪失全電源的危險性。在淹水學習會分享資訊的同時，2006 年 8 月 2 日第 53 回安全情報檢討會中，保安會的相關負責人的發言：「從危險評估結果來看我想剩餘風險是很高的，以防萬一，要收集資訊並思考個別的對應方式。對於海水幫浦的影響方面，危險的確立幾乎等於爐心損壞的機率。」該安全情報檢討會資料中記錄了：「假設地基水平+1 公尺的情況，都無法否認每樣設備有浸水的可能性。另外實施了第一核電 5 號機、1、2 機的現場調查，確認上述檢討結果是否妥當。」

東京電力對預想海嘯的變遷

2006 年 9 月因改訂耐震設計審查指南的關係，東京電力將預想海嘯提高了 40 公分，達到 O.P.+6.1 公尺，到 2009 年 11 月為止實施了提高海水幫浦馬達機器的策略。

2006 年 10 月 6 日，保安院向電力業者就後檢查耐震安全性評價實施計畫書舉辦意見會，會中保安院的相關負責人以口頭表達了以下的內容：「保安院不僅要確認後檢查（海嘯預想修正）的結果，也要確認其對策。既然是自然現象，就應該要考慮到會有發生超出設計預設的情況。對於沒有多少能力抵抗海嘯的設備，會希望採取具體的物理性策略。就海嘯而言，海嘯高度與地基高度是數十公分的話就不太需要改變，在評估上是 OK 的，可是因為

海嘯是自然現象，很有可能發生超出設計所預設的海嘯。在超出設想的情況下，因為非常用海水幫浦機能喪失導致爐心損壞的緣故所以不夠安全。這次保安院希望能藉由這個場合，確實地公告給各公司理解並請傳達給各公司的高層。」東京電力內部方面到負責核電部門的副社長為止都共同分享了以上的內容。

2007年4月4日保安院海嘯後檢查會議中，東京電力就第一核電的採取對策方針，檢討了海水幫浦的封水化及建物設置的對應策略。

2008年10月東京電力接受了獨立行政法人產業技術總合研究所（當時）的佐竹健治正在準備中的關於869年貞觀海嘯的論文，指出福島也有可能會發生非常大的海嘯（東京電力報告書）。在那之後，東京電力計算出貞觀海嘯的波高在第一核電的地點是O.P.+9.2公尺，並在2009年9月向保安院報告。

另外，東京電力在2008年5月左右基於地震本部的長期評估，公司內部使用明治三陸海域地震的海嘯波源模型進行試算，算出第一核電1號機～4號機的主要建物地基南方淹水高度達O.P.+15.7公尺，並掌握到4號機核電建物周邊會淹水2.6公尺（東京電力報告書）。

設想本次海嘯的可能性

如上，根據地震本部的長期評估，預測到會發生海嘯震度8.2程度的海嘯，東京電力就第一核電用地可能面臨的海嘯從設想的O.P.+3.122公尺逐漸變成O.P.+3.5公尺、O.P.+5.7公尺、O.P.+6.1公尺、O.P.+9.2公尺，每次改變數值時都向內閣總理大臣、通產省資源能源廳、保安院等等機關報告。在這期間，2006年在淹水學習會中曾表示第一核電有遭受O.P.+10公尺海嘯會導致爐心損壞、O.P.+14公尺海嘯會導致喪失全電源的危險性。並且在2008年左右的時候，東京電力公司內部算出可設想的海嘯達到O.P.+15.7公尺。

另外，根據東京電力的最終報告書，本次地震所發生的海嘯，調查其殘留痕跡高度的結果，海嘯波及到主要建物用地為止（1~4 號機 O.P.+10 公尺，5、6 號機 O.P.+13 公尺），淹水區域達到主要建物用地的全域。淹水高度方面，1~4 號機 O.P.約 11.5~15.公尺。

本次地震所引發的海嘯高度，東京電力及國家機關已經有所設想也分享了相關資訊，並非超過會帶來嚴重事故的海嘯高度。因此，在東京電力與國家機關經常分享資訊的情況下，基於最新見解負責定期檢查、補修作業、後檢查等等的被告們，在淹水學習會中認識到其危險，保安院要求對策的時間點，就可以預見會發生第一核電廠喪失全交流電源導致爐心損壞帶來重大事故的海嘯。

小結

如上所述，藉由地震研究的顯著發展，對於應當會到來的大地震預測了其類型、規模與位置。另外，也有伴隨大地震而來的海嘯評估及影響核反應爐的相關研究，讓國家及業者瞭解認識，甚至國家機關也具體地指出了危險性及提出改善指示。身為製造物的核反應爐，其安全性應當要考慮到這些相關見解的存在。根據這些見解，本次地震及海嘯是在可以設想的範圍內。

2、耐震後檢查的不完備

日本核電耐震設計基準至目前為止有過三階段的大改變。還沒訂下耐震設計基準的階段，訂下最初的「發電用核子反應爐設施的相關耐震設計審查指南」階段（以下稱「舊指南」），再來是改訂了舊指南的「新指南」階段。

2006 年訂定新指南之後，保安院立即向全國核電業者要求依照新指南實施既有核電廠的耐震安全性評估（以下稱為「耐震後檢查」或「後檢查」）。但是東京電力在本核災事故發生之前，只稍微實施了第一核電廠的耐震後檢查。而且，雖然掌握到有很多無法達到新指南要求的機器及管線，卻幾乎沒

有進行耐震補強工程。

也就是說第一核電廠是在無法承受強大且長時間地震震波的狀態下，面對了本次的地震。

耐震安全性評估的變遷

核電廠的耐震設計

核電廠耐震設計是指，設計的建築物、機器、配管，就算在地基遭受到設想中最強地震震動的情況下，各種構造的扭曲與應力能夠在容許範圍內，防止輻射線外洩的安全機能不會受到損壞。地震是地下岩盤發生破壞，釋放出地震波的現象，到達地表的地震波稱為地震震動。地震震動搖動了建築、土木、機械等等構造後，構造內會發生大大小小的新變形（扭曲）與力（應力），變形與力如果超出構造的強度就會造成損壞及機能故障。

扭曲分為會恢復原狀的「彈性變形」與維持變形狀態的「塑性變形」。雖然理想狀況是不管受到多麼強烈的地震影響，核電廠所有設施都可以在彈性變形範圍內，但在現實上是不可能的，受到某種程度以上強烈地震震動影響，多少會有塑性變形（也就是多少有損傷），如果可以維持各設備機器的安全機能就算是好的情況。

關於核電廠的耐震設計，核電廠的各建築物及管線依重要性高低分為 A（As）、B、C 等級，比一般建築物耐震力各加強了 3 倍、2 倍、1 倍的強度（As 等級的機器管線類增加 20% 強度）。設想地震則以古文獻及目前為止的地震紀錄作為基礎，設定出該地區「設計用最強地震」。特別是重要性高的機器（覆蓋容器、核反應爐容器、控制棒），對「設計用極限地震」（雖然不能想像會發生，是為了以防萬一所設想的強震）仍然可發維持機能。

如此一來，耐震設計的出發點即為適當設定做為耐震設計基準的最強地震與極限地震。因此首先必須要正確設想出會帶來最強地震震動的強震，適當評價震源至核電廠用地的地震波傳播。再來也必須要適當評價地震所引發

的搖動。以核反應爐建物來說的話，要分析建築物的地基到上層是如何因地震而震動（以下稱「地震應對分析」、算出各部位的變形與應力。關於設置在核反應爐建物內的機器、管線，則會透過地板的震動進行地震應對分析。

另外，可以用位移、速度、加速度三種方式來看地震震動。位移是指地面移動了幾公分，速度是指每秒移動幾公分，加速度是指每秒變化了多少 cm/s 的速度來移動。

耐震設計基本架構 3 階段的變遷

如同前述，第一核電廠耐震設計方針的基本架構在建設當初經歷了三階段的大改變。

首先是 1 號機到 3 號機申請設置許可的 1966~1971 年時期，沒有為了安全規範的耐震設計基準，東京電力獨自設定出用來確認維持安全機能的地震震動（機能維持檢討用地震震動），以經驗主義來做審查。接著如第 2 之 1 敘述過的，當時地震科學尚未成熟，認為用地周遭的地震活動並不頻繁，核電廠的耐震設計中應該要確認維持安全機能的地震震動最大加速度僅僅只有 265GAI（加速度單位），耐震性能明顯低落。

接著，1981 年核子安全委員會決定了舊指南，作為核反應爐設置安全檢查當中的耐震設計方針的審查根據。因此要確認正在運轉的 1~6 號機耐震性是否符合舊指南。

再加上 2006 年時大幅改訂舊指南，制定了新指南，全面提高了標準，被要求按照新指南作出耐震安全性評估。

因為以上變遷，第一核電廠耐震設計基準的地震震動最大加速度從建設時的 265GAI 提高到 370GAI、600GAI。但是從以下的敘述可以了解到，在本次地震發生時實際上可以說是並不具備可以承受 600GAI 地震震動的設計。

第一核電場建設當初的耐震脆弱性

1 號機當初預想的地震波

為了新建 1 號機，1966 年 7 月 1 日東京電力向內閣總理大臣提出「福島核子發電廠核子反應爐設置許可申請書」。該申請書的附件 6 中寫道：「福島縣周邊除了會津附近以外，幾乎沒有發生明顯的地震災害，以全國來說可以說是地震活動性（seismicity）低的地區之一。」、「福島核子發電廠用地附近可以認為是福島縣內地震活動性（seismicity）低的地區。」、「福島發電廠用地附近過去並沒有震災經驗。」

依據以上的認識，認為：「A s 等級與 A 等級的設計受到底部最大加速度 0.18g 的地震震動是安全的。」「A s 等級設施受到比 0.18g 高出 1.5 倍加速度的地震震動時，確認不會損失機能。」0.18g 是 179GAL，0.18g 的 1.5 倍（=0.27g）相當於 265GAL。以 265GAL 作為最大加速度，比起較早的敦賀核電廠 1 號機考慮以 1948 年芮氏規模 7.1 的福井地震最大加速度 368GAL 來做機能維持檢島用地震震動來說是相當低的。簡單來說，敦賀發電廠比福島發電廠堅固了 1.4 倍左右。

以上第一核電廠設置位址的地震活動性相關看法及耐震設計基本方針，在 1966 年 11 月 17 日被核子委員會委員長向內閣總理大臣提出報告時直接沿用並加以承認。因此，這樣數值低估的地震震動設想顯然是天真的，當初基於此設想的耐震設計也明顯地不夠安全。

而且在那之後因應地震科學發展、累積的地震觀測資料、耐震標準的提高，必須要修正耐震安全性及進行耐震補強，可是第一核電廠如同下述並沒有進行最低限度的改善。因此機械設備直到本次地震發生為止仍然存在著耐震脆弱性。

1 號機設置後的狀況

第 2 之 1 曾提過板塊構造論與地震斷層模型論等理論，地震研究有了很大的進展。另外 1970 年代後半以後，也可以做到計算出特定地點的地震震動。

根據最新見解，第一核電廠面臨千島海溝至日本海溝的大規模板塊沒入邊界區域，明顯地受到板塊地震的威脅。所以可以預想到大地震的地震震動最大加速度超過 265GAL 的可能性很高，但是沒有藉由核子相關人士修正選址條件與耐震設計，第一核電廠到 1971 年 12 月提出的「核反應爐設置變更許可申請出（6 號機）」為止，重複使用完全同樣的內容進行申請增設各號機。

耐震後檢查的不完備

後適用與後檢查

如同前面說過的，雖然耐震設計審查基準從個別經驗主義式的審查轉變到舊指南、新指南的時代，但是對於在訂定指南之前已經許可設置的核電廠來說，並不存在稱為「後適用」的溯及既往法律原則。不過管理當局向電力業者要求大概做一下「耐震後檢查」，讓既有核電廠按照新指南確認是否安全。

這時透過地震應對分析等所發現不符合新指南規定的設施，慣例上是業者自主進行補強工程後重做一次分析，當作符合了新指南規定，做出「耐震後檢查」報告。

舊指南的制定與耐震後檢查

舊指南中關於耐震設計用的地震震動方面，在開放基岩表面（假設發電廠地基的地下基岩面上沒有表層及構造物，基岩面沒有明顯高低差，幾乎都是平面的寬廣表面）制定了 S1、S2 兩種基準地震震動。舊指南並規定了耐震重要度分類，A 等級設施對 S1 地震震動必須維持在彈性範圍內，As 等級設施對於 S2 地震震動可容許一部份進入塑性範圍，但要求保持安全機能。

制定舊指南後過了 11 年，1992 年 5 月資源能源廳公益事業部（當時）透過電事連對核電業者要求報告後檢查結果。東京電力對這個要求在 1994 年 3 月提出了 1~6 號機各個的「耐震性評估結果報告書」。

該報告書中，第一核電廠的各號機都得到兩個評價：①輸入從 S1 地震震動所求得的模擬地震波，計算負荷量及應力的結果，因為夠安全，所以確保了耐震安全性。②輸入 S2 地震震動所求得的模擬地震波檢討結果，表示可以設施安全機能。但是各號機在重要管線評估點當中，超過發生應力值之容許值 70% 的點是複數存在的，大約佔了 90% 以上的部分。

基準地震震動如果只大了一點點，也可以判斷得出步符合規範的結果。

新指南後檢查的致命性不完備

新指南

核子安全委員會在 2011 年 7 月設置耐震指南檢討分科會（以下稱「分科會」），開始舊指南改訂作業，2006 年 9 月 19 日正式決定新指南。

新指南跟舊指南最大的不同之處在於，基準地震震動（S1 與 S2 合併為 Ss、檢討用地震、地震震動評估方法等等）、活斷層的評估期間（過去 5 萬年改為 12~13 萬年）、垂直方向地震震動（上下動）的個別評估、耐震重要度份勒（A 等級與 As 等級合併成為 S 等級）、地震伴隨現象（周邊斜面崩壞、海嘯）。重要度 S 等級的設施被要求在受到基準地震動 Ss 地震力的情況下要能夠保持安全機能。也導入了比 Ss 低了一定程度的彈性設計用地震震動 Sd。

另外取代了舊指南所設想芮氏規模 6.5 直下型地震的基準地震震動 S2-N，新指南導入「制定非特定震源地震震動」（並非標準加嚴，這點被指出是藉由電事連發揮影響力。）

耐震後檢查指示

核子安全委員會決定新指南的隔天，2006 年 9 月 20 日保安院要求核電業者針對運轉中及建設中的核電廠，按照新指南提出耐震後檢查的實施計畫並加以實施。此時保安院也制定耐震後檢查基本想法、評估方法、確認基準的「後檢查規定」。

2007 年 7 月 16 日發生新瀉縣中越海域地震（芮氏規模 6.8）之後，保安

院指示核電業者修正實施計畫，以盡早確實完成評估。同年的 12 月 27 日要求中越海域地震的相關看法要反映在耐震後檢查。

東京電力對於以上要求，在同年 8 月 20 日報告耐震後檢查實施計畫的修正結果，2008 年 3 月 31 日提出第一核電廠 5 號機及第二核電廠 4 號機的耐震後檢查中期報告書。2009 年 4 月 3 日提出第二核電廠 1~3 號機的中期報告書，同年 6 月 19 日提出第一核電廠 1~4 號機及 6 號機的中期報告書。

保安院檢討了這些後檢查中期報告書的妥當性，2009 年 7 月 21 日整理出第一核電廠 5 號機的評價。

保安院對東京電力耐震後檢查的評價

對於東京電力第一核電廠 5 號機中期報告，保安院首先評價基準地震震動 S_s 的制定與地震震動評估方法是妥當的，5 號機核反應爐建築物及機器、管線在面臨基準地震震動 S_s 時可以確保耐震安全性。

應爐建築物之外，可以「停止」、「冷卻」反應爐，「封閉」放射性物質也就是安全上最重要的 S 級設備當中不超過 7 個（核反應爐壓力容器、核反應爐覆蓋容器、支撐爐心構造物、去除餘熱幫浦、去除餘熱配管、主蒸氣管線、插入式控制棒）。而且還限制了各設備的評估對象部位。對象設備只在被限定的部位做耐震後檢查是不夠的，無論如何也不能說可以確認 5 號機整體的安全性。現在保安院自己「今後的檢討課題」載明①8 個主要設施（包含核反應爐建築物）以外，安全上最重要的設施的耐震安全性評估妥當性②確認 8 個主要設施中期報告當中的評估對象之外的部位評估結果。

關於這一點，電事連及保安院認為：「機器評估是中期評估，舉出主要設備的一個例子來表示認為大致沒有問題，這並不是以確認發電廠設備耐震安全性為目的的評估。」儘管如此，東京電力在各號機的中期報告當中極力宣傳透過耐震後檢查已經確認可以確保安全上重要的建物、機器、管線的耐震安全性，在 5 號機之後包含 3 號機同樣也進行了不夠充分的耐震後檢查，

保安院做了東京電力中期報告的評估，公開表示確認了耐震安全性。

耐震後檢查實際作業情況

本次核電事故發生時，第一核電廠各號機當中，除了 4、5 號機的少部分以外，機器・管線沒有進行後檢查及耐震補強工程。國會事故調查委員會（設立於國會的東京電力福島核電廠事故調查委員會）要求東京電力回答關於本次核電事故發生時第一核電廠機器・管線的預定分析評估及進行狀況、預定耐震補強工程及進行狀況，關於 1~6 號機都只得到「正在設備廠實施耐震安全性評估」為大意的回答。（甲 1・73 頁）

在這樣的狀況下，東京電力在內部會議中已經體認並檢討耐震補強工程必須的設備。舉例來說①1 號機核反應爐輔助機械冷卻水管線在建設當時是耐震等級 B 級，因為現在認為是必須要耐震 S 等級，可以想見面臨基準地震震動 Ss 時是無法確保耐震安全性的。②1 號機水壓控制 unit 耐震支座金屬部分及焊接部分，拉力及剪力組成的應力計算出來超過比評估基準值還高。③基於柏崎刈羽核電廠的耐震補強工程，第一核電廠、第二核電廠也討論必須增設管線、電路、導管、支撐構造物等等。其他必須進行耐震補強工程的設備還有很多。

根據東京電力內部資料，本次核電事故發生時，最終報告書預定是在 2016 年 1 月提出。2006 年的耐震後檢查指示約早了 10 年。另外本核電事故發生時分析作業準備不可或缺的「管線測量裝設圖」及「等角視圖」都還非常不齊全。提出耐震後檢查指示過後經過了 4 年半，所發生的狀況顯示確保安全意識的低落。

保安院雖然也擔憂耐震後檢查進度落後，以口頭敦促，但沒有進一步管理。

確認耐震 S 級設備耐震安全不足

本次核電事故後，東京電力就 5 號機全部的耐震 S 等級設施，進行一

次審查，應答比（本次地震載重與設計時的應答值的比）超出設計裕度（設計基準值與計算值的比）的設備會透過基準地震震動 S_s 進行分析評估。其評估結果發現 5 號機除了供水系統管線本體及支撐部位以外，核反應爐冷卻水再循環系統、核反應爐隔離時冷卻系統、高壓注水系統等等，支撐部位的發生應力計算值全都超出評估基準值。

這樣的事實，在發生本次核電事故之前，不僅是未完成耐震後檢查的 5 號機管線沒有確保其耐震安全性，本件各號機管線顯然也有沒有確認耐震安全性的地方。此外，這些地方並非耐震後檢查中期報告中作為檢查對象的 S 等級，再次顯示中期報告中耐震安全性的確認並不充足。

1 號機因地震損壞

第一核電廠 1 號機不是由海嘯造成損壞，而是由地震造成的可能很高。（甲 11 田中三彥《福島第一核電廠 1 號機核反應爐建築物 4 樓的嚴重損壞代表甚麼意思—重新思考因地震震動造成 IC 管線損壞的可能性》岩波書店《科學》1055 號）。以下敘述其論據。

1 號機最初是在 4 樓發生氫爆

從 2011 年 10 月 18 日東京電力所拍攝的影片及 2012 年 8 月、10 月東京電力使用氣球拍攝調查損壞狀況的照片來看，發現第一核電廠核反應爐建築物 4 樓有嚴重的損壞。

關於第一核電廠 1 號機 4 樓的損傷，東京電力一開始的說明是核反應爐建築物 5 樓發生大規模氫氣爆炸，其伴隨的強風劇烈地吹進 4 樓。

東京電力的事故調查最終報告書中，有如下的記述。另外底線是由原告的訴訟代理人所添加上去的。

「核反應爐建築物 4 樓設置緊急用冷凝器本體(將蒸氣凝結成水的機器)，因為 5 樓氫氣爆炸的影響，北側天花板產生破損開口，緊急用冷凝器上部北側因為強風使保溫材脫落及瓦礫散亂。另外，雖然緊急用冷凝器南側的

保溫材嚴重脫落，5樓發生的氫氣爆炸強風直接吹過核反應爐建築物的機器出入口側，而損壞了緊急用冷凝器。」

但是國會事故調的報告書中，從第一核電廠作業員 B 聽到的說法紀錄是，作業員 B 在地震發生前，在 5 樓一邊操作天花板起重機，一邊使用機器出入口（以下稱「大型物品搬入口」），將機材從 1 樓搬到 4 樓，結束機材搬運作業後，用蓋子關上 5 樓的大型物品搬入口後，下來到 4 樓，馬上就遇到了洪水。（國會事故調報告書 228~229 頁）。

也就是說，在 1 號機核反應爐建築物發生氫爆之前，5 號機大型物品搬入口是用沉重的鐵蓋關閉著的。

東京電力所作的事務最終報告書中就如同底線所標示的，要能夠吹過（機器出入口、大型物品搬入口）是以沒有蓋上鐵蓋為前提。所以，東京電力最終報告書與國會事故調中作業員 B 的說法紀錄互相矛盾。

假設 5 樓大型物品搬入口蓋上鐵蓋的話，5 樓發生氫爆的時候，鐵蓋應會發揮防止強風吹入 4 樓的效果，4 樓應當不會有嚴重的損害。

那麼氫爆是在哪裡發生的呢？從 4 樓的損壞狀況來看，很自然的會認為氫爆應當不是在 5 樓發生的，而是在 4 樓。4 樓發生的爆炸強風吹飛了上方 5 樓的大型物品搬入口，被吹到 5 樓或是核反應爐建築物外的某個地方。

氫氣的發生原因

核反應爐建築物 4 樓最初發生氫爆，問題是氫氣是如何進入 4 樓的？

核反應爐建築物 4 樓有 IC 系統管線。本來氫氣就會隨著燃料損傷的水—鋯反應在核反應爐壓力容器中產生。IC 系統管線直接連結到該核反應爐壓力容器。因此，假設這些 IC 系統管線當中有任何一條管線因為地震震動的關係產生小破孔（Small Break，貫穿管壁的小龜裂），因為燃料損傷而在核反應爐壓力容器當中產生的氫氣有可能會從該破孔繼續外洩到核反應爐建築物 4 樓。

洩漏的氫氣因為比重比較小，會移動到天花板附近，但因為 5 樓大型物品搬入口有鐵蓋蓋著，所以應當不會移動到 5 樓，大部分都留在 4 樓。因為 IC 本體及相關管線設置在 4 樓靠西側牆壁的區域，是用很厚的水泥牆壁包圍的高密閉性空間。

氫氣從 IC 系統管線的破孔洩漏的情嚇嚇，其溫度與氫氣供給源的核反應爐壓力容器法蘭盤附近的內部溫度幾乎相同。一般來說，水—鋯反應在燃料包覆管溫度 900 度左右時會開始變得明顯，被推測至少是在 900 度左右。因此，假設接近 900 度的氫氣從 IC 系統管線破孔持續外洩到核反應爐建築物 4 樓的話，密閉性高的 4 樓空間有可能因為自然起火發生氫氣爆炸。

另外東京電力認為的 5 樓氫氣爆炸說中也有著「起火源是什麼？」這種沒有解釋清楚的根本性問題。1 號機的核反應爐建築物最上層的 5 樓是相當簡樸的構造，推斷核反應爐建築物 5 樓被初春冷空氣包覆著，室溫在爆炸前一刻不會變得太高，很難想像會自然起火，在沒有什麼起火源的 5 樓，應該不會發生氫氣爆炸。但是東京電力最終報告書裡寫著「因為某種原因起火」，沒有給出 5 樓發生氫爆契機的具體起火源。

對政府事故調報告書的批判

政府事故調的報告書當中，認為 IC 系統管線沒有破損（政府事故調「中期報告」84~87 頁），其根據在於每個都是大規模破孔（斷頭式破損）。但是核電事故中成為問題的管線破損並不是只限於斷頭式破損的大規模破孔。

1 號機事故沒有發生大規模破孔的現象可以從東京電力公開發表的數據中看到，應該注意的地方在於，不會立即顯示核反應爐的壓力及水位變化的 IC 系統管線是否有破損，燃料損壞、燃料融解，最終發生氫爆時是否有產生相關的小規模破孔。但是政府事故調的報告書中卻沒有任何答案。

對東京電力報告書的批判

東京電力用原本紀錄的實地震動進行 1 號機緊急用冷凝器的地震應對解析，推定確認發生應力十分低於評估基準值（東京電力報告書附加資料「6—7」），1 號機核反應爐建築物中所設置的緊急用冷凝器本體、主要管線及主要閘門，以目視的方式確認沒有使反應爐喪失冷卻的損傷（東京電力報告書 100 頁），認為 IC 系統管線沒有因為地震震動受到損傷。