

國際策略研究中心「重建美國核能領導地位」-摘要報告

2013 年 7 月 22 日

美國國際策略研究中心(Center for Strategies and International Studies, 以下簡稱 CSIS)於 2013 年 6 月發表了「重建美國核能領導地位」研究報告¹，並以國家安全之必要性為其副題，警示美國政府當局及各界，一個走下坡的美國核能工業，將會失去此工業獨特策略之重要性，而且將危及未來對環境之承諾及能源安全之需求，民間核能協進會(Nuclear Energy Institute, NEI)則回應表示²，這份策略報告提供能源決策之重要指引，並且也指出加強核能在未來能源複合選項(energy mix)之迫切性，不僅是優質經濟及生活品質，也對國家安全造成極重要的影響。以下依此研究報告的主要架構，摘要說明國際核能情勢、美國核能工業面臨之挑戰、重建美國核能領導地位建言、經援美國新核反應器之建言等內容。

國際核能情勢綜觀

美國現今擁有 100 部運轉中及 5 部建造中核能機組，仍是全世界擁有最多核能機組的國家，然而因為現有解除管制(deregulation)電價市場機制，及低價天然氣等經濟壓力之影響，而造成核能電廠提前關閉，並削弱業主申請延役或後續新建核能機組的投資意願，因而削減美國本土核能企業的機會。然而世界上其他地區及國家的未來能源藍圖，核能卻呈現不同的面貌。圖 1 顯示 1980 年及 2010 全球核能發電總量的比較，北美(含美國及加拿大)在 80 年代為全年全球最大

Regional Shares of Installed Global Nuclear Generating Capacity

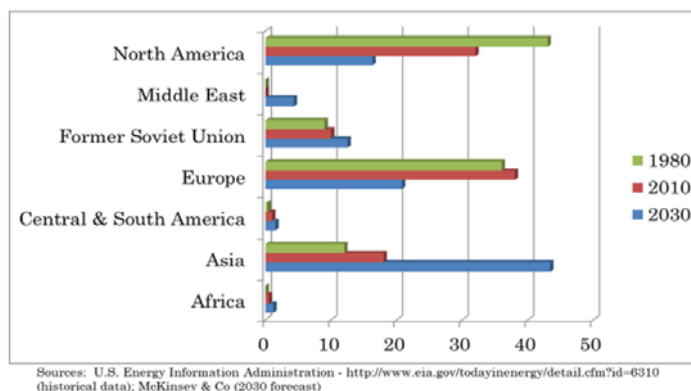


圖 1: 全球核能發電佔比及預測圖
(資料來源: McKinsey & Company³)

核能發電區域，到了 2010 年時，已由歐洲取代成為最多核能發電地區。根據現有各區域的核能展計畫，預測到了 2030 年，亞洲將成為核能發電的龍頭，北美將再進一步落到第三位。而且從趨勢上來看，北美佔全球核能發電比例是節節下降，反觀亞洲、俄羅斯、中東、中南美洲、非洲都呈現升高的狀況。若以個別國的發展來看(如圖 2)，到了 2030 年中國大陸及整個歐洲的裝置容量均達到約 140 GWe，俄羅斯將由 24 GWe 倍增到 50 GWe，美國卻可能由現在 100 GWe 下降到 80 GWe 左右，可明顯看出此消彼長的情形。CSIA 因此指出，美國核能企業要能夠爭取核能擴張的需求，才符合美國的利益，這不僅是從貿易和商業的角度，也是因為伴隨輸出美國原產核能科技及物料，更能確保反核子擴散的政策及核能安全規範的落實。

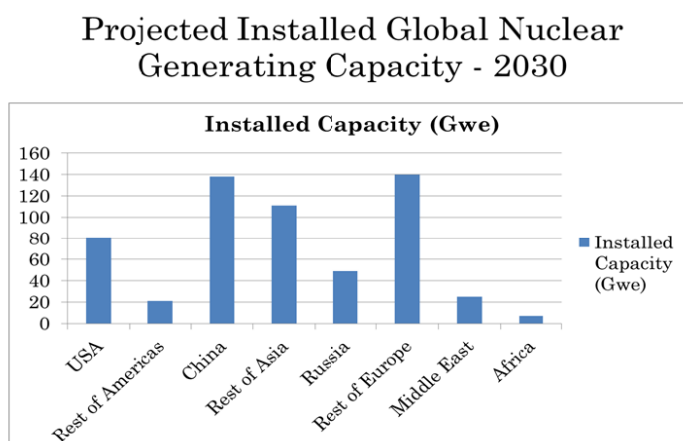


圖 2: 2030 年全球核能裝置容量預測圖
(資料來源: McKinsey & Company³)

CSIS 指出因為政府限制性或甚至於不支持出口之政策，導致美國核能企業卻面臨國際市場競爭上的劣勢，長期下去將使得美國反核子擴散的影響力及全球核能安全標準之削弱。故 CSIS 建議美國聯邦政府應該反轉這種即將發生的衰敗現象，並把它當做一個國家安全的必要課題，美國不能在未來新的核能世紀中變得毫無輕重。

當愈來愈多美國以外的國家擴張其核能計畫之際，也意味著濃縮鈾的需求量將大幅成長，圖 3 是各國濃縮鈾需求之預測，其趨勢與全球各區域核能容量變化的情形相符。而製造濃縮鈾固然可以做為商用核子燃料，卻也是核子武器的原料，故 CSIS 也認為這是另一項國家安全顧慮。在 1960 年代，美國是唯一擁有專門生產低濃縮鈾工廠的國家，如今美國

USEC 公司只能提供全球 20%的低濃縮鈾量，而該公司不久前宣布要關閉這家工廠，其原因即在於無法與更有競爭力的外國廠家相匹敵。相反地，歐洲濃縮鈾公司(Urenco)卻不斷地擴充全球(含美國)市場，俄羅斯也朝設備現代化的方向前進，美國出口濃縮鈾或其他敏感性核子物料的全球配比卻由 1994 年之 29%下降到 2008 年之 10%。更令美國智庫擔心的是隨著商用核能工業的衰弱，亦恐造成海軍負面的傷害(因其擁有 83 座各型艦艇之核子動力用反應器)。

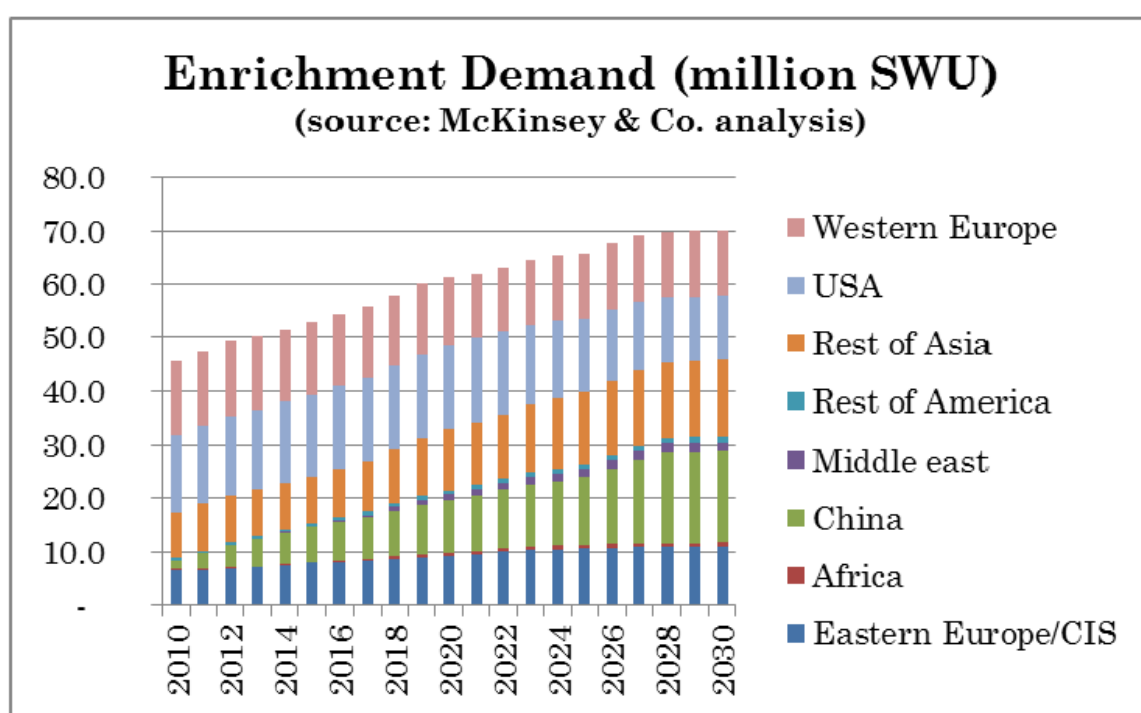


圖 3:全球濃縮鈾需求用量預測圖(2010-2030)

(資料來源: McKinsey & Company³)

最後在美國自家能源安全的議題上，核能目前供應全美用戶約 19% 的電力，而且在電力穩定性及防止空氣污染方面，扮演著中堅的角色。然而未來新增核能機組之不確定因素，加上現有機組執照在 2050 年前即將到期而停止運轉，若此趨勢不變，到本世紀中期中，美國核能全球佔比將由現今之 25%，大幅降低到 2%，確實令人擔憂。

美國核能工業面臨之挑戰

近來美國自產天然氣價格的滑落(如圖 4)，造成自由經濟市場並不看好擴增新的核能機組的，CSIS 專案報告也指出，在許多計劃新建核能電廠的國家中，政府往往扮演著主要的投資者，不同於私人企業，政府有責任以長期角度來看待能源規劃，並加入非經濟的因素，以便與國家整體的利益相結合。如今美國核能產業面對艱鉅的挑戰，CSIS 認為不分黨派，將私人企業的蓬勃發展

導向國家長期能源與安全，聯邦政府有責任來挽回劣勢，這又分成國際市場的競爭及本土投資障礙的移除等兩個面向。

在提升美國核能企業國際出口競爭力方面，首先是針對 123 原子能協議，CSIS 建議採用一致且彈性的談判方式，123 是美國原子能法第 123 節有關美國提供各國核子反應器、設備、特殊核物料、原料、副產品等，最重要之法律依據。美國現今與 22 個國家、歐洲原子能共同體 (EURATOM)、及國際原子能總署(IAEA)簽訂 123 協議，但對於有意開發核能設施的沙烏地阿拉伯、越南等國，美國迄今沒有簽訂此種協定，因而無法參與其投資建設。此外，對於已有協議國家之續約問題上，目前美國國會擬施加更多的限制，使協議之執行益加困難，歐巴馬政策擬採取個案(case by case)方式，但這需要各行政部門間有效率地審視，否則會拖延 123 續約審視時程，或甚至停滯不前。

另一項影響出口的法規是聯邦法 10 CFR 810，這項法規嚴格地規範

prices, 1990-2040 (2011 dollars per million Btu)

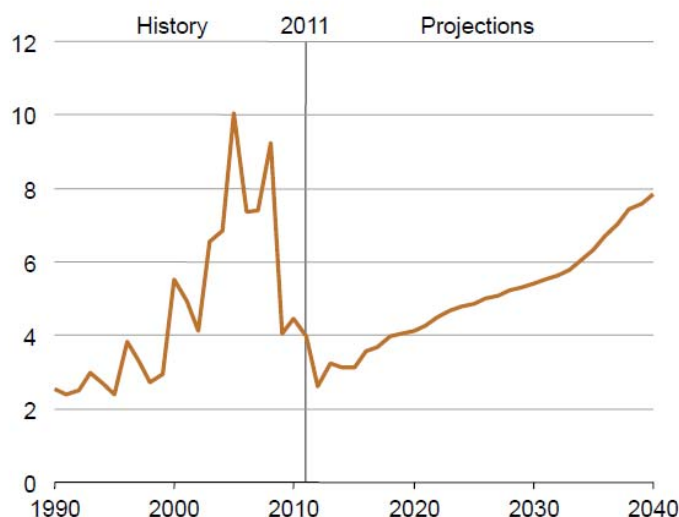


圖 4:美國天然氣價格變動及預測圖

(資料來源: 美國能源資訊署⁴)

美國各項核能設備出口的要求，但 CSIS 學者認為現有的一些行政措施會使得供應商難以符合要求。就算都達到了要求，美國企業競爭力仍面臨一些由政府支持出口國家的挑戰。例如俄羅斯在取得土耳其新建核能計畫時，便提出未來將燃料取回(fuel take-back)的條件，在美國長期失去國際競爭力之後，不同於數十年前的景況，如今美國已成為核子設備及物料之淨進口國家。

根據 IAEA 的統計，全球 60 個尚未擁有核能電廠的國家，陸續向該組織請教如何開發核能的計畫，IAEA 估計未來 20 年內，約有 15 個國家會興建 1 至 2 座核能機組，其中有些國家的資源並不適合大型機組。因此小型模組化反應器(SMR)便可以提供這些電力成長或需求較小的國家，這對於美國的核反應供應商又是一個契機，然而若是美國持續目前這種遲緩的發展步伐，恐怕無法避免被其他國家來分食這個大餅。

回到美國本土所面臨的挑戰方面，CSIS 專題報告以成本、廢料處理、法規、及民意等四個面向加以討論。首先在成本考量方面，大型核能電廠(雙機組)的建廠成本動輒達到 100 億美金，加上長時間的審查及興建，往往不敵其他發電型式，亦即不符合許多小型及較分散之美國企業，其專注於追求短期商業利益的目標，加上美國大部分地區為解除管制，不保證設備投資可以從用戶費率中回收，使得投資者怯步不前，故新建核能電廠的廠家，非得由大型工業公司、財力雄厚、有足夠資金來源、並能容忍長時期的建廠風險及資金回收。

用過核子燃料的處理，是一項阻礙美國核能工業的長久障礙，部分州早已立法在最終處理用過核燃料的議題解決之前，禁止設立新的核能電廠。同時因為長期無法解決此問題，也造成民眾對核能信心的傷害。歐巴馬政府成立之藍帶委員會，其「美國核能未來」最終報告指出，過去失敗地處理用過核燃料的措施，已傷及核能成為未來能源的選項、傷害聯邦與州政府之間的關係、破壞人民的對政府處置能力的信心、以及打擊美國在國際間的地位。另外，如果美國能有效建立用過核燃料最終

處置的能力，將使得「核燃料取回」策略成為一著活棋，美國過去曾成功地運回各國研究用反應器中之高濃縮鈾，如果能夠將類似方式用於核能計畫規模較小的新興國家，將可使各國選擇美國做為合作對象，又可以符合其反核子擴散的思維。當然此類計畫必須經由國會同意在美國境內實施用過核子燃料永久處置的方案。

美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)長期以來建立了優越的全球管制標準，同時也是民眾對核能安全運轉的信心所在。然而美國核能電廠面臨愈來愈多的管制負擔，卻也增加了是否真正達到了增進安全的疑慮，特別是日本福島核子事故之後，NRC 與工業界之間建設性的合作以增進

安全，但也同時強調不會增加核能運轉員不必要的負擔。CSIS 評估認為適當的管制要求確實對工業界有利，但若因管制要求過多而造成成本上揚，將會導致財務壓力而加速現有核能機組的永久停機。圖 5 是假設最壞情況下，美國核能機組總裝置容量下滑的情形。

Increasing Financial Pressures Could Lead to Even More Rapid Reactor Shutdowns by 2030
(Source: McKinsey & Co. analysis)

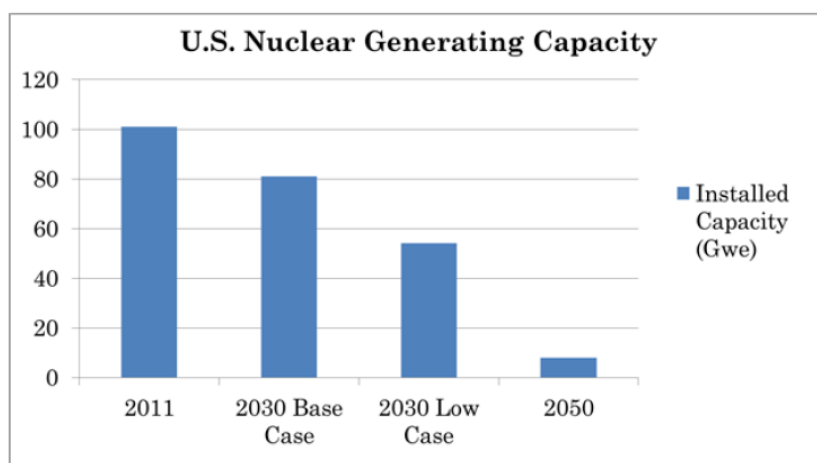


圖 5:美國核能機組裝置容量在財務壓力下之預測圖

(資料來源: McKinsey and Company³)

日本福島核子事故發生後，大眾對核能的信心普遍下滑，雖然民調顯示，大多數民眾仍舊支持核能，但新建核能機組卻不可避免地面臨了阻力。CSIS 報告認為核能電廠持續卓越之運轉及管制、有效及快速解決安全疑慮、提出用過核子燃料之最終處置方案等，將有助再次改變民眾

的觀感。圖 6 是蓋洛普長期對核能所做的民意調查變化。

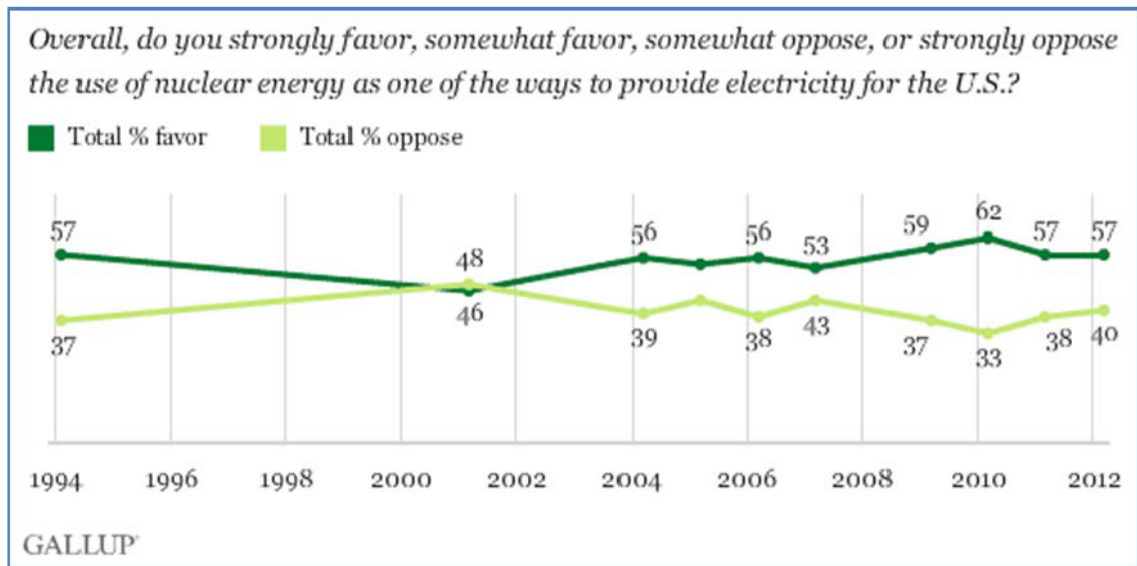


圖 6: 蓋洛普調查美國核能支持民意度變化圖

(資料來源: 美國國際策略研究中心¹)

重建美國核能領導地位建言

經由上述美國核能工業界所面臨的挑戰，以及核能發展日漸下滑的趨勢，國際策略中心認為美國政府應把維持本土核能基礎建議以及海外核能市場之領導地位，當做優先國家利益而加以考量。當然並不是單靠政府就可以達成以上目地，民間亦需創新發展科技，並提供顧客高品質的產品或符合成本及時程的服務。以下再分成強化國際市場競爭力、強力支援小型模組化反應器、解決用過核燃料問題等方面，加以說明。

如何提高美國企業在國際核能市場的競爭力，是 CSIS 核能委員會最優先的建議事項，且認為一個由政府全力支持的大規模核電興建計畫將可以避免成本過高，國際間已有類似案例，而使得其他國家得以大量興建核能電廠。與其把希望放在美國國內的擴張及工業界的支持，CSIS 認為應鼓勵美國企業去國際市場上競爭，更容易達成目標。政府部門應特別檢討以下三方面的政策：

- 123 民用原子能協定：美國應視與個別國家的特定雙邊關係來進行協定之談判，即所謂個案方式(case by case)，而不能一視同仁堅持各國均應遵守反核子擴散條約或是放棄核燃料循環技術之黃金律(Gold Standard)，這種方式應最能支持美國核能出口並應被國會認可。
- 聯邦法規 810 章應加以修訂：此法規要求美國核能輸出設施，即使是例行的商業活動，都應經過能源部的審查許可，而 2011 年能源部又修訂更為嚴峻的條文而使得情況惡化，故 CSIS 建議應加以修法以解除企業界的疑慮。
- 政府進出口財務支援：聯邦政府應發表支持核能科技出口的政策，並確認相關聯邦機構能加以落實並簡化出口審查流程。尤其是美國進出口銀行提供核能科技出口之優惠貸款。

對於近年來能源部重點支持小型模組化反應器的發展計畫，除了美國本土之外，應能夠擴及到國際核能市場，而且此小型反應器可降低建廠成本及時程，具有競爭的優勢。CSIS 建議美國能源部及國防部率先使用這種反應器，特別是國防部的軍事基地以及一些前進指揮中心所需之電力供應。在能源部推動發展小型模組反應器之際，亦可同步由數個廠家研發材料、製造、組裝、運轉技術，同時在發展過程中亦應保持彈性以符合美國核能管制委員會的審照要求。如果美國本土得以成功發展，更能鼓舞廠家推廣到國際市場上，以確保各國能運用此高安全標準、保安、可靠性、及緊急應變之核能科技。

由於歐巴馬政府的反對，1987 年核能廢料政策法案所認定之亞卡山最終處置場計畫，雖已花費數十億美元的經費，但已停止興建並政策性地建議終止後續計畫，故美國政府現階段高放射性用過核子燃料之處置，將依照 2011 年藍帶委員會的總結報告之建議前進，若有具體配合措施，對於提高民眾的信心，以及打破數個州政府的禁令，重新思考新建核能電廠有正面的助益。CSIS 因而強烈建議需確實落實：

- 專案運用由用戶所繳交核能廢料管理之基金
- 建立專責處理核廢料之機構並賦予足夠的權力
- 以共識性為基礎去尋找用過核子燃料最終處置場
- 對於擬採用小型核能計畫的國家，提供燃料出租的選項，這包含該國放棄濃縮鈾及歸還用過核子燃料在內
- 研究新的科技來發展整體性之反應器及燃料循環技術

經援美國新核反應器

CSIS 呼籲美國聯邦及州政府部門，若能夠首先提出財務誘因，即使是少量的計畫，後續將得以開展美國本土新建核能電廠的計畫。CSIS 認為在財務支應方式，政府首先應檢討依據 2005 能源政策法案(Energy Policy Act)所建立的貨款保證計畫，目前並沒有達到預期刺激投資新的核能電廠的目的，此時正是重新審視及修改部分內容的時機，以提供新式輕水式反應器及小型模組化反應器的建造。

其次應擴大並鼓勵外國企業對美國核能電廠之擁有權，如此可減緩一些相對小型核電公司的投資負擔，此部分需要修改美國法規和管制規定，理想狀況下，可使外國投資於 90%之資產設施，唯仍應維持被美國核能管制委員會所認可之本土業主及運轉員來經營運作，且有關安全、保安、設施可靠性等方面，仍由美國業主所控制。

對於鼓勵業者投資核能電廠的另一項誘因可來自於稅務規定之修改，事實上 2005 年能源政策法案即言明聯邦政府應提出獎勵誘導措施，使得與國家利益相關之建設不受聯邦稅法的課稅。以美國現今經濟上之變動性，CSIS 建議主政考慮下列稅務優惠做法：

- 加速相關稅務法規中之折舊規定，使得新的電廠在興建期因折舊而減少的稅務金額，可以抵除興建所需之大量資金。
- 修改相關稅務規定，提出在電廠完成後，可以折抵 30%之投資稅(investment tax)。

- 鼓勵州及地方稅務機關支持免除新電廠前 10 年運轉之財產稅 (property tax)，並在往後 5 年採用較低的稅率。

綜合心得

綜合美國國際策略研究中心研究報告摘要內容，整理如下列心得：

1. 美國境內計有 100 部核能運轉的機組工業，雖然仍是國際間最大的核能工業國，但放眼世界各國興建中的計畫以及本報告對於未來 20 年之預測，美國已明顯地呈現下滑現象，加上其對於核子反擴散管制日趨嚴格，且與各國民用原子能(123)協議簽定進度不如預期，反而造成國際市場競爭力的衰弱，無論是核子原料到整廠設備的輸出，從早期獨大的局面，到現在已陷入劣勢。核能協進會(NEI)最近的報導中⁵，民間組織即大聲疾呼政府應儘速與各國簽定原子能協議，並採取彈性務實的做法，以便美國廠商能與法國、俄羅斯、韓國、日本等國家來爭取 7 仟 5 佰億美金的商機，而美國企業自認為已不再是最強的主導力量了。本次國際策略研究中心所提出示警的報告，是否能引起美國政府及各界的關注，化危機為轉機，重建美國全球核能領導地位，值得持續關注。
2. 美國近年來因大量開採頁岩天然氣，以及蘊藏量樂觀之預估，使得本土天然氣維持低價，已逐漸主導能源市場，再加上歐巴馬政府雖有所謂以上皆是(All-of-the-Above)能源政策，但其近期有關對付全球暖化的演說，提到有關再生能源時仍是以政府補助太陽能板及風車發電為主，鮮少有針對核能之實際獎勵做法，使得核能競爭優勢逐漸降低，2013 年以來連續發生 Crystal River3 號機、Kewaunee 1 號機、San Onofre 2&3 號機停機的負面消息，多少都與經濟的考量有關，在美國電力公司推追求短期商業利益情勢不變的情況下，目前核能工業界似乎在苦撐待變，這也是 CSIS 提出本報告的主要原因之一，其所提政府獎勵及減稅的多項建議，是否會被採行，仍在未定之天，但以私人企業為投資主力的美國，個人預見短期內很難改變這種下滑的劣勢。

3. 由於核子原料及燃料屬於特殊的物料，其運用得宜，可以為各國工業發展及民眾生活帶來很大的助益，但正如一刀之兩面，若是落入有心份子手中，卻將成為大規模毀滅武器的原料，故美國近年來極力推行反核子擴散及核子保安管制工作，這也是 CSIS 專案報告認為美國核能工業維持全球主導的力量，才能有效地落實高品質的核安(safety)、保安(security)及保防(safeguards)管制，因此強而有力核能工業不僅是經濟上的考量，也牽涉到國安層面問題，更何況美國海軍擁有為數可觀的核子動力船艦，核能科技之進步與否直接影響到國防軍力的強度。當然各國的國情不同，不見得都與美國的考量相同，然而因為我國目前擬走向非核家園，將逐步排除核能為能源之選項，將來萬一台灣再度遭到類似 1996 年台海飛彈危機或是海峽封鎖，全國供電問題不足是否也會造成國安的隱憂，也值得我國能源決策者加以考慮。
4. 小型模組化核子反應器之發展，其安全、機動、低成本之特性，加上美國能源部的資助，無疑是現今美國核能界最重要的計畫之一，除了美國本土試圖推廣並取代一些小型的燃煤電廠之外，也有意向國際進軍，特別是爭取一些電力規模需求較小的國家或地區。美國在國際市場逐漸式微的情況下，此小型模組化反應器能否順利推展，可能是未來數年國際商場上的重要挑戰。至於美國是否會仿效俄羅斯，利用所謂用過核燃料運回計畫來爭取更多的商機，如前所述除了商業利益之外，仍有反擴散之國家安全層面的顧慮。我國因核能政策的關係，雖然並沒有投資計畫，然而仍可以在各種國際核能集會的場合中，與發展本型反應器的廠商討論其安全及經濟並重之設計特色。
5. 用過核子燃料之處理也是美國核能工業開展本土核電廠興建之關鍵議題，特別是有數州立法通過，若無法確認用過核子燃料最終處置方式或辦法，禁止在該州興建電廠。美國民意調查所呈現多數人支持核能發電，但高放射性廢料處理是否得宜，也是共同關切的議題。目前冀望國會及行政部門能密切配合，落實執行藍帶委員會之各建議項目，以便能使美國本土核能發電能持續為民眾提供穩定安全之電力。

當然，這是一件長期的工作，據能源部估計可能要到 2048 年才會有最終處置場，這段期間之內我國則應與美國保持最新之資訊交換。

參考資料

1. Center for Strategies and International Studies, "Restoring U.S. leadership in Nuclear Energy- A National Security Imperative", June 2013
2. Nuclear Energy Institute, "Nuclear Industry Sees CSIS Report as Important Guide to Energy Policy Decisions", News Release, July 11, 2013.
3. McKingsey & Company, "Global Commercial Nuclear Power Capacity Outlook for 2030", February 2012.
4. Energy Information Administration, "Annual Energy Outlook 2013- with projection to 2030", April, 2013.
5. Nuclear Energy Institute, "Business Associations Urge Assertive Approach to Nuclear Trade", Nuclear Energy Overview, July 18, 2013.