

## 2015 年秋美國核能新聞集錦

2015 年 9 月 28 日

歷經了史上最炎熱的八月，隨著 9 月 23 日教宗 Francis 風塵僕僕造訪美國華府，總算帶了涼爽的秋意，然而全球氣候變遷就成為教宗與歐巴馬總統交談的話題，教宗 Francis 盛讚美國因應氣候變遷所做的努力<sup>1</sup>，其中於 2015 年 8 月 3 日歐巴馬總統宣布美國環保署(EPA)制定清潔電力計畫(Clean Power Plan)<sup>2</sup>，目標訂於 2030 年前將全美溫室氣體排放量，比 2005 年排放水準減少 32%，可說是其任內重要的環保施政項目之一，而歐巴馬所提能源多樣化 (All-of-the-Above)的政策中，核能仍是不可或缺的一塊，美國核能業界也多堅信核能是因應氣候變遷的重要因子，以下即根據 2015 年中核能新聞報導，摘要整理美國核能發展現況及未來展望。

### 核能是因應氣候變遷及反核武擴散的利器

曾於 2009-2014 年間擔任美國能源部副部長之 Daniel Poneman(如圖 1)於 2015 年 9 月 11-13 日舉行之世界核能協會(World Nuclear Association, WNA)年度大會上，發表核能是對抗全球暖化及核武擴散的利器之看法<sup>3</sup>，他指出依據國際能源署(International Energy Agency, IEA) 最新發表之核能發展藍圖報告，顯示為了控制本世紀內全球氣溫上升不超過攝氏 2 度，從現在開始到 2050 年前，全球核能發電機組容量應從 396 GW 增加至 930 GW，如此可以減少二氧化碳排放量達 13%，才能扼止地球溫室效應之增長。而 2015 年 12 月份全球 190 多國將於巴黎集會，將於聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)架構下，歷史性地討論如何能於本世紀結束前，控制全球溫升於攝氏 2 度之內，Poneman 強烈建議核能應扮演關鍵的角色，如此才能扭轉因氣候變遷而造成嚴重後果的逆勢。至於在全球關注的伊朗核子發展的議題上，他認為如果核能工業界能夠在供應足夠量的鈾原料，保證伊朗及其他非擴散簽約國可充分取得民用核燃料之原料，將可有效降低核武擴散的風險，而上述的保證將架構於國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)核子保防及反擴散的規範。Poneman 前副部長目前任職於燃料濃縮公司 Centrus Energy 之總裁，他任內曾於 2011 年 12 月造訪台灣，除拜會政府高層及參訪核能電廠，並於國立台灣大學以「迎接明日的能源挑戰」向莘莘學子發表演講。



圖 1: Daniel Poneman 於 WNA 年會發表演講  
(資料來源: Getty Images)

## 核能是達成清潔電力計畫目標之五個重要理由

美國核能協進會針對 EPA 清潔電力計畫之實施，認為核能絕對是重要的關鍵，在其 2015 年 9 月 3 日出版之核能周報中提出五個重要的理由<sup>4</sup>，且佐以圖片加以闡釋，重點說明如下：

1. 核能發電提供了全美 20% 之電力，且在無碳排放能源中佔 63%，美國環保署(EPA)清潔電力計畫目標訂於 2030 年前將全美溫室氣體排放量，將比 2005 年排放水準減少 32%，將使得核能機組變得更有價值。

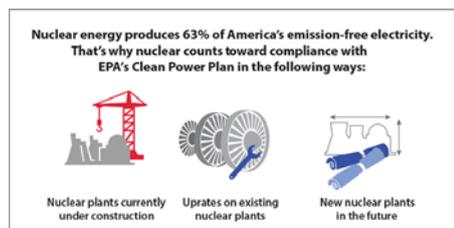


圖 2：核能佔無碳排放能源之 63%  
(資料來源：美國核能協進會網站)

2. 核能發電每年避免了 5 億公噸的碳排放(相當於減少了 1 億 3 仟 5 佰萬車輛排放量)，若捨棄這項重要的貢獻因子，清潔電力計畫將無法實現，若是沒有於 30 個州的核能電廠(99 部機組)，全美各州之電力事業造成碳排放將至少增加 27%。

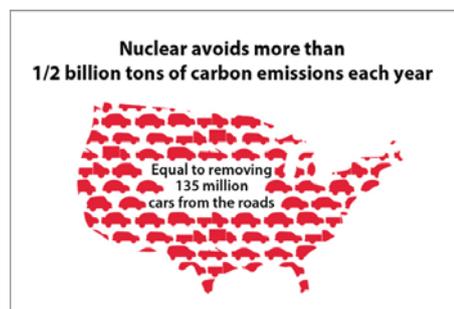


圖 3：核能發電避免大量的碳排放  
(資料來源：美國核能協進會網站)

3. 事實證明關閉核能電廠將增加碳排放，以威斯康辛州 Kewaunee 核能電廠為例，其運轉期間每年可避免 4.4 百萬噸的碳排放，該電廠於 2012 年 5 月永久停機運轉之後，2013 年威斯康辛州之碳排放量隨即從 41.2 百萬噸增加到 47.7 百萬噸。

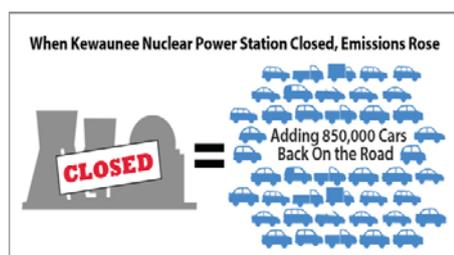


圖 4：關閉核能發電增加了碳排放  
(資料來源：美國核能協進會網站)

4. 核能發電是電力網之重要角色，且是最可靠的能源，除了每 18-24 個月之短暫燃料更換之外，它可提供連續的電力，且全美電力公司均具有價格穩定及可靠性良好之紀錄，簡言之，核能是有效、可用、可靠、乾淨及有力的能源。

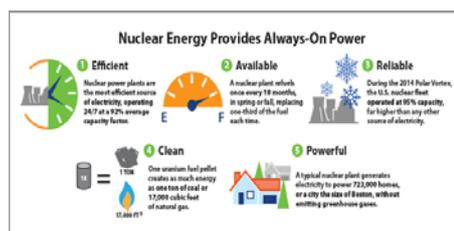


圖 5：核能發電之優勢  
(資料來源：美國核能協進會網站)

5. 再生能源並不能完全取代核能，雖然 EPA 清潔電力計畫推動再生能源，近年來美國再生能源也有增長，然而它不能成為提供連續電力的唯一來源。且風能與太陽能是屬於間歇性之電力，在沒有風或沒有陽光的狀況下，常需要燃氣電廠的補充。另在土地的使用方面，在產生相同電力的基礎上，風力發電所需土地為核能發電之 360 倍，太陽能需要 40 倍大小的土地。

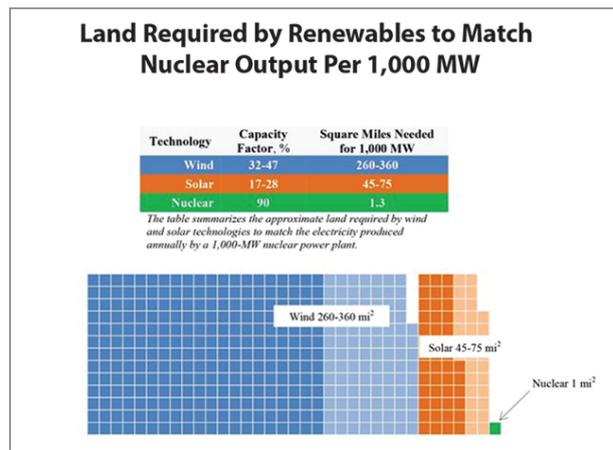


圖 6：再生能源使用土地面積比較  
(資料來源：美國核能協進會網站)

### 美環保首長重申清潔電力計畫需要核能

華爾街日報(Wall Street Journal)於 9 月 22 日舉辦的一場早餐論壇中，美國環保署(EPA)署長 Gina McCarthy 重申清潔電力計畫需要核能電廠持續的運轉<sup>5</sup>，以達成降低碳排放的目標，她表示 EPA 期待美國的能源混比是能夠涵蓋所有可以提供清潔電力的能源，而又同時能對經濟成長有幫助。在她被訪問的過程中提到，核能在今天已經扮演了降低碳排放的角色，而環保署清潔電力計畫也指出各州現有核能電廠所提供之大量基載電力應繼續運轉，而核能確實是零碳排放的能源。McCarthy 署長認為新建核能電廠是必須的，然而也瞭解其建廠成本對於工業界確實是項挑戰，不過若美國持續朝著減少碳排放的目標前進，大家認真考慮增加新機組，她預測未來將可以相對地降低成本。在同一場餐會中，歐巴馬總統之氣候及能源政策顧問 Brian Deese 亦加入討論，相對於 McCarthy 以美國為重點，他以全球市場發展來看核能的角色，推測核能將是各國過渡到清潔能源的選項。其中他特別以中國大陸為例，目前



圖 7：環保署長 Gina McCarthy(右 2)及白宮顧問 Brian Deese(左 2)參加華爾街日報論壇  
(資料來源：Dow & Jones Company)

前有 28 部運轉中核能機組，及 24 部正興建中，另外還有數十部正在籌畫中，這將是其降低碳排放措施中不少或缺的一環。在中國大陸積極推動核能計畫時，美國及世界其他各國應瞭解這不一定要在經濟發展和降低溫室氣體排放之間做一選擇(換言之經濟發展和降低溫室氣體排放可以同時達成)。

## Watts Bar 2 號機測試完成現況及未來運轉預測

根據兩則核能網路新聞(Time Free Press)的報導<sup>6,7</sup>，田納西流域管理局(Tennessee Valley Authority, TVA)所屬之 Watts Bar 2 號核能機組繼今年 7 月間完成熱功能測(hot function test)後，已於 9 月初完成一系列之壓力測試，這包括結構完整性測試(Structure Integrity Test)及整體性洩漏率測試(Integrated Leakage Rate Test)，TVA 發言人 Scott Brooks 表示，本項測試共計涵蓋 200 多個管閥、電纜穿越器、氣鎖門及其他各式開口等，均未發現任何顯著的缺失，也證明了其施工優良且符合嚴格的工業標準及品質保證。9 月 23 日 TVA 又宣布完成燃料裝填前重要的功能測試，這項名為整體性安全功能測試(Integrated Safeguards Test)主要在於驗證電廠系統能在各種情形下，將機組安全停機，TVA 核能總管(Chief Nuclear Officer) Joe Grimes 表示通過這項測試，證明安全系統均能夠依據設計而執行功能，保障了反應器安全，也就進一步維護民眾與員工的健康與安全，此外在測試中也使顯示電廠核能從業人員準備好未來 1&2 號雙機組之運轉。核能新聞月刊(Nuclear News)今年 9 月份的內容指出<sup>8</sup>，TVA 已於 8 月 12 日向美國核管會(NRC)提交要求核發 Watts Bar 2 號機運轉執照之信函，並表示重要的測試已大半完成，而核管會稍早已授權核子反應器署署長，在確認機組安全無虞後即可核發執照。核能新聞月刊預估在 10 月 NRC 可發出執照，而 Watts Bar 2 號機於 11 月便可裝填燃料，於 2016 年初開始正運轉，這也將是美國在進入 21 世紀之後，第 1 個新加入運轉的核能機組。TVA 預期本機組每年可以為旗下電力設施省下 2 億美金的燃料費，也可以幫助 TVA 符合新的碳排放限值。



圖 6：TVA 資深副總裁 Mike Skaggs 在 Watts Bar 2 號機圍阻體中  
(資料來源：Chattanooga Time Free Press<sup>6</sup>)

## 能源部出口管制法規生效

美國核能協進會(NEI)於今年 9 月 3 日指出<sup>9</sup>，能源部(DOE)依據聯邦法規 10 CFR Part 810 而修訂核能技術輸出控制(export control)規定，已經於 8 月底正式生效，這項修訂也是 1986 年以來較大的改變。負責供應及國際計畫的 NEI 副總裁 Daniel Lipman 希望能源部能及時並有效地改進核能輸出的審照作業。美國政府係依據 10 CFR Part 810 法規來管制核能技術之輸出，唯根據研究指出，經過比較各國的法規及制度，美國的輸出管制較為複雜且效率較差，造成美國出口核能技術的競爭力處於

劣勢，這也是為什麼能源部要開啟這項改進有關授權(審查)流程的計畫，此名為「流程改進計畫」(Process Improvement Program)包括：跨部會審核流程應符合 ISO9001 之認證、電子審照流程、及提供管制指引等，目前 NEI 與美洲核能學會(ANS)正與 DOE 合作來研發出一套符合新修訂 10 CFR Part 810 法規的實施指引。Lipman 副總裁進一步說明前述之改進計畫，將可支持美國核能界的多項利益，包括：數以千計的工作機會、核能工業基礎的強化、美國核能技術之領先地位、美國在全球核能市場的影響力、核子保安及反擴散等。目前全球有 67 部建造中核能機組，世界核能協會(WNA)網站顯示計畫中的機組亦有 160 部，美國商務部則預估未來 10 年內國際核能市場，包括設備及服務將有高達 7 仟 4 佰億美元的商機。

此外根據美國國家核子安全總署(National Nuclear Security Administration, NNSA)網頁資料，10 CFR Part 810 法規使能源部長能夠授權輸出那些不會危及美國利益之核能技術，這項一般性授權(General Authorization)包括了協助及移轉核能技術到那些被指定的目的地，NNSA 進一步說明這些得到授權的目的地係依據是否與美國簽訂核能和平利用合作協定、反核子擴散的紀錄、及與美國核能貿易等考量因素，而 10 CFR Part 810 法規附件 A 中，台灣則與國際原子能總署及其他約 50 國一起列名於其中。至於不列於上述一般授權名單的國家，或是涉及到敏感性技術如：濃縮、再處理、鈾燃料、重水製造等，則必須依個案(case by case)加以處理及授權。

## 能源部開始規劃「後亞卡山」之未來

根據環境和能源(E&E)出版社 9 月 9 月日的報導指出<sup>10</sup>，能源部的一個特別團隊將開始籌劃與接收和儲存用過核子燃料相關的策略，這個團隊的成立，係根據歐巴馬政府兩年前由藍帶委員會(Blue Ribbon Commission, BRC)報告中所建議事項之一，亦即在 2048 年時設立一個永久性的用過核子燃料處置場，而該報告對於先前的亞卡山(Yucca Mountain)處置場的未來命運卻未多做著墨。現任能源部長 Ernest Moniz 也是當年 BRC 的成員之一，委員們建議要以共識為基礎(consent-based)的方式來尋找一個以上的暫時集中儲存場及最終處置場。到目前為止，德州及新墨西哥州的少數社區提出願意提供暫時儲存的構想，唯 Moniz 部長強調這些暫時或最終處置場的計畫，必須得到國會的同意以及更多的授權後，才能實施及興建這些設施。報導中也指出前述的特別團隊將由能源部核能署副助理部長 Andrew Griffith 來領導執行這項任務，而他則直接向代理助理部長 John Kotek 負責，Kotek 是接任前任助理部長 Peter Lyons 的人選，也曾是藍帶委員會的成員之一。

## 美國 TerraPower 公司與中國大陸簽署備忘錄

由微軟公司投資於 2008 年成立之 TerraPower 公司於 2015 年 9 月 22 日與中國大陸核工業集團公司(CNNC)簽署了開發「波行式反應器」(Traveling Wave Reactor, TWR)的備忘錄<sup>11</sup>，這份文件也註明兩個公司將共同合作完成 TWR 之設計及推廣至商業用途。TerraPower 總裁 Lee McIntire 表示這項創新民用核能合作之目的是因應未來安全、環境、和成本的考量，備忘錄提供了雙方合作的契機且合作正邁入正軌中。另微軟董事長 Bill Gates 在簽字結束後應邀發言時說，TWR 是 TerraPower 與 CNNC 聯合開發的第四代核能技術，雙方的合作將有利於中國大陸和全球的清潔能源。

據 NucNet 報導 TerraPower 這個新型之 TWR 反應器<sup>11</sup>，是屬於金屬鈉冷卻之快滋生反應器，採用鈾鋯合金燃料，可以使用天然鈾、乏鈾、輕水式反應器之用過核燃料、及鈾燃料，其燃料再裝填之週期長，機組可利用率設計值可高於 90%，且使用運轉可維持 100 年而不用裝填燃料或從反應器中移除任何用過燃料。另根據 TerraPower 公司的網頁資訊，此型燃料與滋生(Burn-Breed)快反應器的概念源自 1950 年代，唯到了 2006 年才正式開始由該公司利用分析和模擬軟體來工程設計。目前模擬分析結果顯示 TWR 的優點如下：

- 提供燃料使用率 50 倍(相對於輕水式反應器)，即以較少的燃料產生較多的電力，且反應器使用末期時產生較少的廢料。
- 不用燃料再處理，未來不需要濃縮廠，此可降低核子擴散並降低核能成本。
- 在運轉時可將乏燃料轉化成可用之燃料，這使得這種便宜而含有高能量的燃料來源可以提供全球電力所需。

TerraPower 公司重啟以美國為基地之快滋生反應器燃料製程，目前與美國愛達荷州國家實驗室(Idaho National Laboratory, INL)正在建置實驗室規模之燃料製造廠，並將在 INL 之進步型試驗反應器(Advanced Test Reactor, ATR)中進行一連串的試驗，該公司並計畫與 AVERA 燃料商合作建造全尺寸之

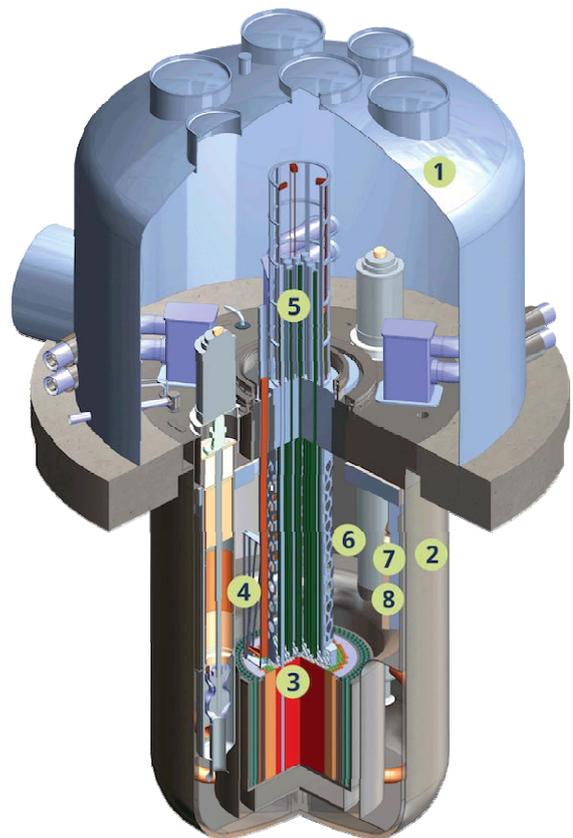


圖 7: TWR 原型機組概念圖 (1)圍阻體天頂;(2)反應器槽體;(3)反應器爐心;(4)爐內燃料裝填機;(5)控制及安全棒組件;(6)一次側液態鈉池;(7)中間熱交換器;(8)反應器直接輔助冷卻系統。

(資料來源：TerraPower 網站)

TWR 測試燃料束。目前計畫目標為 2020 年代中期達成 660MWe 原型機組之起動，其後為商業化之推廣。

## 創新型核反應器技術及審照研討會

美國核管會(NRC)與美國能源部(DOE)2015 年 9 月 1-2 日於馬里蘭州 Bethesda 市舉行一場創新型核反應器研討會<sup>12</sup>，其目的在於從技術與管制的角度來探討如何更有效率並安全地推展新型反應器(TerraPower TWR 為一例)，而這分成近期和遠程的展望，從試驗、驗證、及建造原型(prototype)反應器來建立最恰當的審照流程。具體討論的題目包括：研發推展及管制之角色分工、檢討現行法規政策及實務、現有核能計畫及支援推動創新反應器的現況、推廣新反應器面臨的挑戰、檢討技術法規的斷層及關鍵需要、如何改進現有之審照流程及實務運作等。本項研討會係由 NRC 新反應器署主辦，署長 Glenn Tracy 表示這將是未來一系列討論的開端，本次主要在於資訊交換，未來還需要各界提供建議，以便能朝向分享觀點、達成共識、確認挑戰、及開創機會。



圖 8：NRC 新反應器署署長 Glenn Tracy 於研討會中提問  
(資料來源：NRC 網站)

此項 NRC 與 DOE 合辦之研討會共吸引約 300 人與會，超過原先期望人數的一倍<sup>13</sup>，顯示各界對創新核反應器在美國本土推展之重視。能源部主管核能部門的代理助理部長 John Kotek 強調核能對美國電力供應的重要性，特別是未來在清潔電力計畫中之(吃重)角色，他列舉能源部持續資助的計畫，包括：研發創新型反應器、提供國家實驗室之測試、支援小型模組化反應器(Small Modular Reactor, SMR)之開發及申照作業、資助大學研究計畫等。美國核管會主席 Stephen Burns 則從該會過去 40 年的演變過程中，對專業人員面對各種反應器設計的挑戰而均能夠完成審查任務，以打破有人質疑 NRC 無法審查輕水式反應器以外設計的說法，雖說如此，有不少人在會中提出 NRC 現有的審查及預算架構，並不是面對未來創新反應器審照的最佳做法，其中



圖 9：NRC-DOE 研討會與會人員(左至右): Glenn Tracy, John Kelly, Stephen Burns, John Kotek, William Ostendorff  
(資料來源：NRC 網站)

以 1990 特別預算法案 Omnibus Budget Act of 1990 規定，核管會 90% 之費用來自於執照者，僅有 10% 為國會撥付，而運轉機組執照者顯然不會期望其繳交費用被用於其他與機組運轉不相干的活動(例如：國際合作、部會間合作、新反應器的審查預備等)，造成許多計畫可能會因為缺乏資源(經費)而無法實施，故一般咸認 NRC 的預算架構需要由國會來加以修訂。研討會中有人建議何不由能源部每年 300 億美元的預算中分出一小部分，指定由 NRC 來發展審查創新型反應器的標準規則，不過其適法性可能得等待法規專家來謹慎研究。

### 美國核管會終止與國家科學院之癌症風險先導研究

美國核管會於 9 月 9 日發佈新聞<sup>14</sup>，表示在考量實用性及所需時間及有限之經費等因素後，已停止與國家科學院(National Academy of Science, NAS)間有關核能電廠附近居民癌症風險之先導研究(pilot study)，然而核管會也表示美國各核能電廠的運轉均能持續符合嚴格的法規要求及輻射外釋標準，該會與各州政府單位例行性之環境取樣分析，數據顯示其劑量值甚低，而無法觀測到可能增加居民癌症的風險。主管核管會研究部門的署長 Brain Sheron 表示，由於 NAS 估計至少得等到 2020 年才可能有些研究成果，而其花費相當金額才能完成此項研究工作，在考量經費來源主要為國會核撥的狀況下，核管會必須做些取捨。核管會年度預算之 90% 係向自持照者收取的視察及審查費用，其他 10% 來自國會的核撥。核管會這項宣布已引起各方的討論，美聯社記者 Stephen Singer 的報導則補充指出<sup>15</sup>，原來在 1990 年即已由國家癌症研究院(National Cancer Institute)發表 52 個核能電廠癌症死亡率的報告，該結論指出並沒有數據顯示電廠附近居民得到較高癌症的機會，核管會與 NAS 的研究原本打算來更新這份 1990 年的報告。其實過去幾年核管會已花費 1.5 百萬美元來進行先期性的規劃，後續實際由 NAS 執行之研究時間預計約 8-10 年，金額將達到 8 百萬美元，核管會評估認為時間太久且花費太高，不值得再繼續執行，然而反核團體 Beyond Nuclear 卻認為這項終止研究的決定是令人吃驚的，因為相對於每年 10 億美元的預算，8 百萬像是一桶水中之水滴(微不足道)，其發言人 Linda Gunter 認為事有蹊蹺，核管會所說的原因並不具有公信力。來自康乃狄克州 Waterford 郡州議員卻憂心當地居民的癌症問題，因為除了 Millstone 核能電廠之外，此地區亦是海軍潛艇基地，其中有不少是核子潛艇，原本以為透過核管會的研究可以瞭解到量化之癌症風險，但現在卻充滿變數。美聯社 Stephen Singer 的這份報導也引述 2001 年一份報告，顯示已除役之康州 Yankee 電廠周遭的放射性核種之測量值小到可以忽略。

## 參考資料

1. The Wall Street Journal, “Pope Francis Praises Obama on Climate Change in White House Visit”, September 23, 2015.
2. EPA News Release, “Obama Administration Takes Historic Action on Climate Change/Clean Power Plan to protect public health, spur clean energy investments and strengthen U.S. leadership”, August 3, 2015.
3. World Nuclear News, “Nuclear Power Can Address Two ‘Existential Threats’, Says Former US Official”, September 16, 2015.
4. Nuclear Energy Institute, “Reasons Nuclear Energy Is Vital to EPA’s Clean Power Plan”, September 3, 2015.
5. Nuclear Energy Institute, “EPA Chief Reiterates Clean Power Plan Needs Nuclear in the Mix”, September 24, 2015.
6. Chattanooga Time Free Press, “Watts Bar passes critical tests for Unit 2 startup”, September 4, 2015.
7. Chattanooga Time Free Press, “Watts Bar unit passes key test”, September 24, 2015.
8. Nuclear News, “Two More Milestones for Watts Bar-2’s Startup Were Met”, September, 2015.
9. Nuclear Energy Institute, “DOE Export Rule on Nuclear Energy Technology Takes Effect”, September 3, 2015.
10. Associated Press, “US Regulators End Study of Risk of Cancer at Nuclear Plants, Citing Length, Cost of Review”, September 9, 2015.
11. NucNet, “TerraPower Signs Agreement with China for TWR Development”, September 24, 2015.
12. NRC News Release, “NRC, DOE Host Advanced Reactor Workshop Sept. 1-2 in Bethesda”, September 8, 2015.
13. Rod Adam, “Licensing Advanced Reactors in the United States”, The Energy Collective, September 3, 2015.
14. Hannah Northey, “Nuclear Waste: DOE Takes First Step Toward a Post-Yucca Future”, Greenwire, September 9, 2015.
15. NRC News Release, “NRC Ends Work on National Academy of Sciences Cancer Risk Pilot Study”, September 8, 2015.