

參加華府台灣產業科技推動協會 10 周年專題研討會心得

2012 年 8 月 24 日

一、前言

華府台灣產業科技推動協會(Taiwanese American Science and Technology Association, TASTA)成立於 2002 年，目的在於促進華府地區我國專業人士與美國友人之間的科技交流，並藉由教育、研究、溝通及人際網絡等方式來促進合作。其成員主要來自高科技公司、企業、政府實驗室、國防研究室及大學學術單位等，駐美代表處歷年來也與該會保持互動與聯繫，以維繫與華府地區科技業僑胞的良好關係。今年正好逢 TASTA 10 周年的年會，現任會長王伯達博士特邀請駐美代表處科技組派員前往演講有關能源方面的議題，筆者有幸被指派與會並針對台灣核能發電的現況，與本協會的專家們分享我國的經驗。

本次 TASTA 2012 年年會於 8 月 18 日假駐美代表處華府僑教文化中心舉行，詳細議程如附件一，其主題為「能源科技之發展趨勢與前瞻」，共計由美國國家核子安全局(National Nuclear Security Administration, NNSA)科學與政策辦公室主任 Dr.

Dimitri F. Kusnezov 發表「研發創新與夥伴關係」的專題演說，並分別由馬里蘭大學能源中心主任 Eric D. Wachsman 教授、美國核管會日本專案小組 Branch Chief, William Reckley、及筆者等三人發表專題報告。以下將簡述四位講者的報告內容及個人心得。



圖一：四位演講者與 TASTA 會長等人合影

二、研討會內容概述

1. 美國國家核子安全局及國家實驗室現況介紹

來自 NNSA 的 Dr. Dimitri F. Kusnezov 為本次年會的主題講員，他首先介紹 NNSA 的核心任務，包括：武器的儲存管理、防止核子擴散、海軍核子動力、緊急應變(Emergency Response)等，其中負責緊急應變的部門，正是 2012 年 7 月份赴台辦理三項相關訓練的單位，筆者在會議期間也向 Dr. Kusnezov 表達感謝 NNSA 對我國的支援。

其次他提到 NNSA 原先由 20 世紀初到冷戰時期係以軍事上的實驗為主，例如位於內華達州的試驗場，就有數百個大大小小的坑洞 (crater)，正是當年多次核子試爆的痕跡。他特別在報告中投影出著名的 Sedan Crater，也正好是原子能委員會前副主委謝得志博士於 2011 年率團訪美時所參觀的地點之一。然而隨時代的進步及冷戰的結束，NNSA 及其實驗室，也開始轉化研究發展的重點以及支援的角色。Dr. Kusnezov 在演講中舉了數個例子來說明，例如：如何以海軍艦艇發射飛彈來擊碎太空中的衛星垃圾，以防止其重新進入大氣層內而造成地面的傷害。又如何利用軟體去模擬太空梭 Columbia 號在發射時即已在機翼出現的異狀，而找到設計上的缺失，只可惜這是事後的推演，挽回 2003 年 Columbia 重新回到地球時被解體的命運。另外在 2010 年墨西哥灣海底油管漏油事件中，NNSA 所屬實驗團隊也提供了有關流體模擬方面的技術支援。此外，各國家實驗室也積極進行技術轉移，並設立特別的研究園區進行學術交流，Dr. Kusnezov 提到加州 Lawrence Livermore National Laboratory(LLNL)正開始一項開放園區的計畫，以吸引各方學術研究人員的參與，這與筆者今年 5 月份到愛德荷州 Idaho National Laboratory (INL)參觀時的先進能源研究中心(Advance Energy Research Center, CAES)，也有異曲同工之妙，這應是各國家實驗室現階段在推廣的工作。

而在核能事故的應變方面，最顯著的工作當屬日本福島第一廠發

生多重核子反應爐損毀的事故後，NNSA 除在總部的應變中心 24 小時與華府內包括白宮等相關單位間的密切聯繫外，並派遣大批人員赴日本福島電廠現場執行空中及地面的輻射偵測，以至於能很清楚地提供輻射外釋的分布圖，以決策當局做為疏散或撤離的依據。從 2011 年 3 月到 5 月間，美國與日本密切的合作，直到最後轉交日本繼續執行後續的監測工作。筆者在隨後的簡報中，也特別向 Dr. Kusnezov 說明我國在日本核子事故之後，也積極加強各方面的做為，包括研究是否向美方 NNSA 購買空中及地面偵測的設備，以備不時之需。

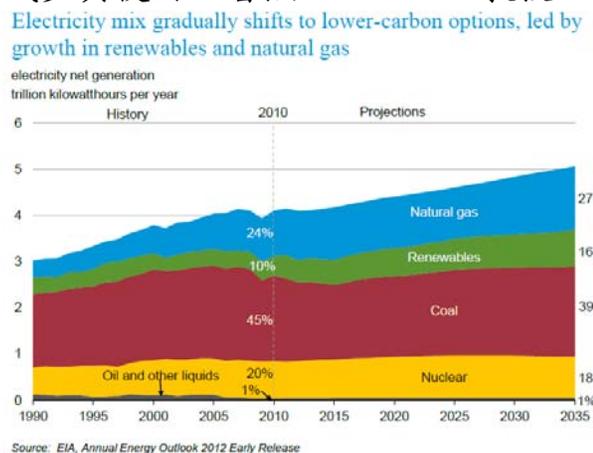


圖二：NNSA 人員整理裝備並準備前往日本執行偵測任務的情形。

2. 綜觀 21 世紀能源

來自馬里蘭大學的 Eric D. Wachsman 教授，首先介紹該校的能源研究中心，其研究的範圍涵蓋了所有形式的能源，包括：太陽能、風能、生質能、核能、化學能、二氧化碳捕捉、燃料電池等，他特別提及核能被視為乾淨能源的一環，故在馬里蘭大學仍保有反應器相關的研究，不過以馬里蘭大學能源研究中心網站上的資料來看，目前其研究重點在於能源政策及核融合相關的技術。Wachsman 教授本身在燃料電池的研究上頗有成就，他也曾於 2005 年及 2009 年分別赴台參加在核能研究所及台灣大學舉辦的學術研討會並發表論文，故也在這場演講中說明固態氧化燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell)的進展，而配合未來燃料的使用，如何利用各種形式能源(含核能)產生氫氣，也是一項重要的課題。

對於未來能源使用的方向，除了傳統上化石能源及核能之外，如何具有一個強有力並平衡的能源組合(portfolio)，增加能源使用效率是每個國家都要面臨的挑戰。他在簡報中展示一張 2009 年由美國電力研究所(Electric Power Research Institute, EPRI)所推測未來數十年的能源使用狀況，每一種能源都占有一定的比例，筆者於會後在網路上搜尋到能源資訊署(Energy Information Administration, EIA) 於 2012 年出版的預測如圖三，基本上可以看出核能在美國的能源使用上，預測從現在到 2035 年仍維持與現在相當的比例，而再生能源及天然氣也逐漸地增高，傳統的碳及油燃料則相對地減少其使用。當然 Wachsman 教授也提到日本福島事件後人民對核能的想法開始有了些變化，而且因為高成本的核能電廠建廠，及低成本頁岩天燃氣(shale Gas)的大量使用，造成美國新的核能電廠計畫有延後的狀況，未來在核能的使用是否能如圖三的預測，可能仍存著在變數。

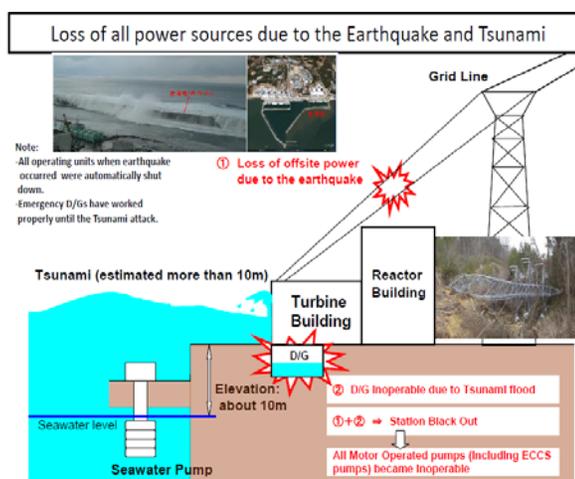


圖三：美國能源使用分布預測圖

3. 日本福島事件後美國管制措施

美國核管會 William Reckley 來自日本福島事故後所設立專案小組 (Japan Lessons Learned Project Directorate, JLD)。在講述核管會的各種管制措施之前，Mr. Reckley 首先以圖片講解 2011 年 3 月 11 日日本福島電廠因地震引發之海嘯，重創電力及冷卻等安全救援功能，最後造成多重機組反應爐及廠房嚴重受損的核子事故。他引用日本原子力保安院(NISA)所發表的圖片(如圖四)。從這張圖上可以看出地震造成了廠外電力的喪失，而超過設計基準兩倍的海嘯則摧毀了緊要海水之冷卻及廠內備用電源之供電能力。Mr. Reckley 提醒聽眾這是 60 年代的設

計，當時可能並沒有考慮超過設計基準時的救援問題。



圖四：福島電廠因地震及海嘯而喪失電力及冷卻

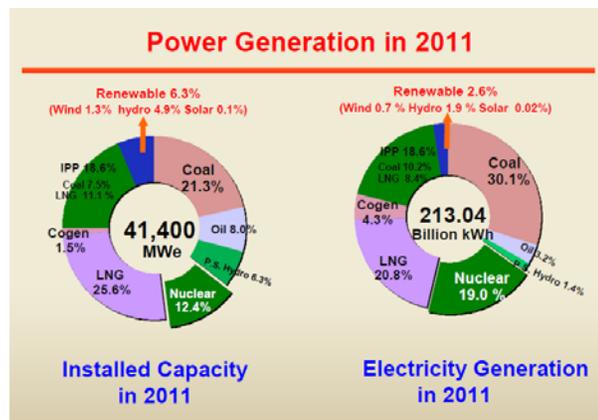
隨後 Mr. Reckley 便開始說明在福島事件發生後，美國核管會除了立即通令各駐廠視察員執行 B.5.b 救援策略的特別現場查證外，核管會委員們亦下令成立近期專案小組(NTTF)，檢討本事故所帶來的各種教訓及經驗回饋，以加強未來核能電廠的安全，NTTF 於 2011 年 7 月 12 日發表了 21 世紀強化核能安全對策，總共分成 12 大類 35 小項的

建議內容，後續又將各個建議事項分成 3 個執行優先次序區塊(Tier)，逐步加以實施。2012 年 3 月份在日本福島事件發生一周年的前夕，美國核管會將 NTTF 小組提出第一優先(Tier 1)的 8 個建議事項，公布了 3 項命令(Order)、1 份要求持照者提供進一步資訊的管制信函(10 CFR 50.44(f) letter)、及規劃兩項法規制定方案，而第二、三優先(Tier 2&3)則陸續開始與工業界做進一步的對話與討論。筆者於會後向 Mr. Reckley 表示我國也密切觀察核管會的後續管制做為，也利用各種可能的機會參加核管會所辦理的公眾會議，收集最新的訊息，以做為我國核能電廠因應日本福島事故而改進的參考，或許未來還可以進一步向他請教相關的問題。

4. 台灣核能發電現況介紹

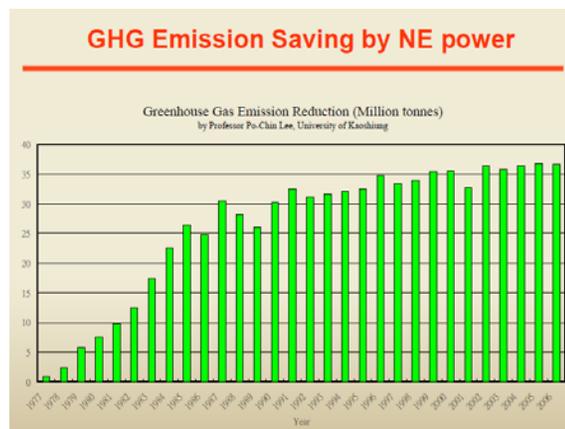
筆者首先指出台灣因為缺乏天然資源，超過 99% 的能源均來自進口，而發電使用的型態就包括各種可能的能源。圖五以 2011 年為例，台灣電力公司總發電裝置容量達到 41,400MWe，總發電量達到 2130 億度電(或 214 Billion kWh)，其中核能的部份佔了 19%，六部運轉中的

核能機組共計發出 421.3 億度電。另一項顯著貢獻者為燃煤發電，其比例超過 40% 以上，這兩種能源加起來構成約台灣電源供應之 60%，故可稱之為基載電力，主要原因為成本、穩定性的考量。至於在再生能源部分，雖然裝置容量可達 6.3%(約 2,600 MWe)，但因受限於天候及穩定性的關係，實際上僅佔有供電量之 2.6%。



圖五 2011 年台灣電力裝置容量及供應量

從台灣公司核安資訊透明化網頁上所取得的年度績效 1，可以看出 2011 年核能電廠的營運指標良好，包括：最多發電度數、最佳容量因數、無任何跳機紀錄、核三廠 2 號機連續 500 天不停運轉、大修工期平均降為 32.9 天、及節省約 3 千 5 百萬公噸的溫室氣體排放。此溫室氣體排放數據係假設若以傳統化石發電廠來取代核能發電後，而產生的溫室氣體排放量。若將上述數據與國立高雄大學李博志 (Po-Chih Lee) 教授於 2009 發表的論文「核能發電自 1977 年到 2007 年對降低溫度氣體排放的影響」²，6 部核能機組自 1990 年代開始，每年可相當於減少溫室氣體排放量均在 3 千到 3 千 5 百萬公噸左右。李教授計算的數據可轉化成為圖六。



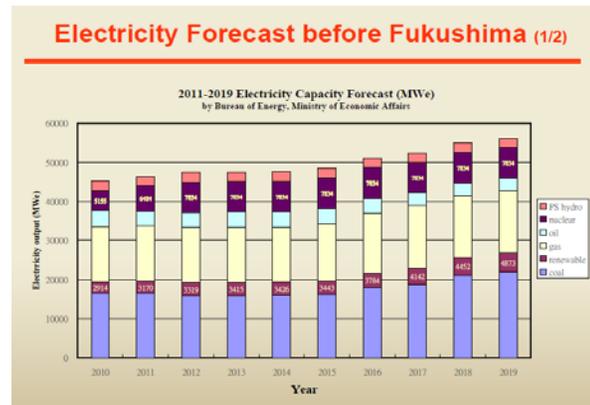
圖六：核能發電對降低溫室氣體排放統計

日本福島第一廠核子事故發生之後，我國管制單位立刻要求台電公司進行核能電廠安全再評估，對運轉的六部機組及建造中的龍門 1 號機及 2 號機做整體性安全總體檢，其中最主要是針對各電廠設計基準事故(Design Basis Accident, DBA)及超過設計基準事故(Beyond DBA)救援策略的再檢討，台電公司也發展出「核能電廠斷然處置措施作業程序」，以便於發生重大天然災害時，電廠人員能利用所有可能的電源或水源保護反應爐的安全，防止造成類似日本福島電廠輻射外釋到周遭環境的情形，以確保我國民眾的安全。原子能委員會所完成之「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」³，已於 2012 年 8 月份正式由行政院核定通過，除已完成近程之改善工作外，並積極督促台電公司追蹤辦理各項待改善之方案。

儘管前述之再評估報告顯示國內核能電廠之運轉，並沒有立即性的安全顧慮，且核能電廠維持高水準的運轉績效，然而經濟部能源局網頁中所顯示的台灣能源新政策中⁴，卻有了重大的轉變，包括：逐漸降低核能的使用、推展 1000 架海陸風力機、推廣陽光屋頂百萬座計畫、促進天然氣合理用等。而隸屬經濟部的台電公司在福島事件前，已規劃執行三座運轉電廠共六部機組之執照更新並送出核一廠之申請案、完成六部機組之小功率提升、並進行中功率提升之申請等。然自福島事件之後，台電公司已撤回核一廠執照申請案、政府宣布現有核電廠不再延役、同時將逐步邁向非核家園的政策，由此觀之，我國核能政策已有了重大的轉變。

然而若檢視 2011 年 1 月份經濟部能源局出版之 10 年長期電源負載預測及電源開發計畫報告中⁵，核能發電及再生能源(風力、太陽能、及水力)均呈現上升的趨勢(如圖七)，這份報告中詳列出 2010 年到 2019 年各個電源開發及上線的預估時程，包括龍門電(核四)廠 1&2 號機原本預計 2011 年及 2012 年商轉，同時也兼顧了再生能源條例的要求(逐漸增加再生能源比例)。當然因為龍門計畫時程延宕，到 2012 年底時

並無法如當初預期可以使兩部機組加入運轉，除圖七本身需要加以修訂，另外若我國依新的能源政策走向，核一廠 1 號機及 2 號機分別在 2018 及 2019 也將停止運轉，能源政策決策部門得另尋替代的方案，以補兩部核能機組的缺口。



圖七 我國 2011-2019 年電源開發規劃

在新能源政策中比較令人憂心的是有關千台風力機及百萬陽光屋頂的發電量，從現在加起不到 1000MWe，到 2030 年要達到 7300 MWe (風力 4200 MWe、太陽能 3100 MWe)的容量，且依現有的運轉紀錄可以看出，裝置容量不等於發電容量，加上風場及日夜光線強度差異之天候限制因素，若沒有一個詳細的規劃來逐步增加再生能源電力，或找出如何儲存能量及提供穩定的供電方式，未來取代核能發電者，很可能仍是傳統的石化燃料，如此一來，每年溫室氣體排放量將增加 10% 以上，政府決心要在 2020 年溫室氣體排放量降回 2005 年水準，2025 年排放量要降回 2000 年水準的目標，挑戰就更為嚴峻了。

筆者於演講完畢後，聽眾提問的內容主要歸納為兩類，其一是有關龍門電廠運轉的時程表及福島事件的因應作為。前者因為台灣電力公司是國營企業，旗下龍門電廠的預算必須通過立法院的審查，前次通過的 1 號機及 2 號機之商業運轉時程分為 2011 年 12 月及 2012 年 12 月，然而因為許多複雜因素造成目前仍無法如期實施，加上因應福島事件所需進行的補強作業，故目前尚未由台電公司正式提出預算增加及延長商轉時程的申請，因此並無法回覆現場聽眾的提問。另外有關因應福島事故的作為，筆者則引用原子能委員會甫上網的報告為基礎，回應相關的問題，基本上我國管制單位會密切追蹤美國核管會對各電廠的要求，督促台電公司各核能電廠採取相同的改善措施。

三、心得與建議

綜合以上各學者專家的演講內容，歸納心得如下：

1. 本次參與華府台灣產業科技推動協會會議，筆者代表駐美代表處與華府地區華人專家有所交流與互動，並得以認識不少科技界及與核能管制從事之卓越人士，擴展了人際網絡，有助於持續駐美代表處與僑胞間之聯繫工作，也增加筆者未來諮詢專業問題的對象。未來若有類似的會議或僑社集會，亦將盡可能地前往參與，以展現我國政府對本地華人專家活動的支持。
2. 由於此次年會參與演講之講者均為各領域的專家，故可以從他們的演說中吸取豐富的知識，而且因為我國與美國之間向來有著密切的合作交流，筆者得以與三位來自國家核子安全局(NNSA)、馬里蘭大學、及美國核管會的專家，均能夠交換有關的經驗，如與 NNSA 間緊急應變合作的訓練及偵測設備採購計畫、馬里蘭大學與我國核能研究所燃料電池的合作、美國核管會派遣專家到我國辦理超越基準事故之救援策略研討會等，因此此一會議雖以華人為主的，仍然能夠與美國專家交換心得並互相受惠。
3. 進入 21 世紀以來，能源的運用及未來的規劃變得愈加具有挑戰性，一般咸信傳統化石燃料總有消耗殆盡的時候，再加上溫室暖化效應有加劇的現象，已逐漸反映在全世界怪異的環境氣候變遷上，故各國無不設法尋找替代或乾淨的能源。從馬里蘭大學 Eric Wachsman 教授的專題報告中，在眾多可能的能源形式中，核能仍是美國能源政策中被視為乾淨能源的一種，且為降低溫室氣體排放策略之考慮選項之一。無論美國電力研究所(EPRI)或能源資訊署(EIA)長期能源預測，均仍將核能列入選項，在自主能源較為稀少的台灣，若在此時就已決定要逐步降低核能的使用，似非一個最佳的選擇，何況我國也訂立了一個降低溫室氣體的目標，放棄核能很可能與此目標背道而馳。
4. 2011 年 3 月發生在日本福島第一核電廠的核子事故，無疑對全世界核

能使用造成了很大的衝擊，因此本次 TASTA 年會的四位演講者均不約而同地提到福島事故在緊急應變、能源政策、管制措施、及核電安全再評估之影響。從去年到現在筆者也盡可能地收集有關的最新資訊，提供國內相關單位參考運用，並預期福島事故的經驗回饋仍然會是未來幾年核能界討論的重點，故將持續密切留意並參與或收集各種會議或專家研討論的訊息，以便能與世界主要核能國家的作為同步。

5. 福島事件發生後的半年之後，經濟部於 2011 年 11 月發表了「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之我國最新能源政策，比較 2011 年 1 月由經濟部能源局所出版之 10 年負載預測及電源開發規劃報告內容，核能的部分產生了戲劇性的變化，此一轉變自然是受到福島事故的衝擊。然而美國核管會 George Apostolakis 委員於 2011 年 12 月訪問台灣時，在清華大學及原子能委員會的兩場演講中都曾提到，在發生日本福島事故之後，各國應更為冷靜面對，在情況沒有完全明朗之前，不要急於訂定核能政策的重大改變。言下之意，似對我國能源政策在事件發生不久後就有明顯的變化，感到有所保留。如今在事故發生一半年之後，各國已獲得更多有關福島事故當時地震及海嘯的衝擊，以及人員因應處置的資訊，此時似乎更為適宜好好討論未來能源運用的時機，故筆者建議能源決策者能在最近一次的能源會議中，重新思考核能在我國未來能源使用上扮演的角色。

參考資料

1. 台灣電力公司，民國 98-100 年年核能營運績效，核能資訊透明化網頁。
2. 李博志教授，核能發電自 1977 年到 2007 年對降低溫度氣體排放的影響，國立高雄大學，2009。
3. 原子能委員會，國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告，民國 101 年 8 月。
4. 經濟部，確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園，民國 100 年 11 月。
5. 經濟部能源局，99-108 年長期負載預測及電源開發規劃摘要報告，民國 100 年 1 月。

Taiwanese American Science and Technology Association
Washington, D.C.

華府台灣產業科技推動協會

2012 TASTA Annual Conference

“The Advances in Modern Energy Technology”
(能源科技之發展趨勢與前瞻)

Time: Saturday August 18, 2012, 1:00 – 5:00 PM

Place: Conference Room, Culture Center of TECRO, 901 Wind River Lane, Gaithersburg, MD 20878

12:30 – 1:00 pm **Registration and Networking**

1:00 – 1:05 pm **Welcome Remarks**

Dr. Bi-Dar Wang (王必達)
President, TASTA

1:05 – 1:15 pm **“Overview: The 10th Anniversary of TASTA”**

Dr. Liu-Hsiung Chuang (莊六雄)
Advisor of TASTA

1:15 – 2:00 pm **Keynote Presentation: “Innovation and Partnership: NNSA and its National Laboratories”**

Dr. Dimitri F. Kusnezov
Chief Scientist and Director,
Office of Science and Policy,
National Nuclear Security Administration,
US Department of Energy

Special Presentations in Modern Energy Technology

2:10 - 3:00 pm ***“Energy Issues in the 21st Century”***

Prof. Eric D. Wachsman

Director of UMERC and

William L. Crentz Centennial Chair in Energy Research,
University of Maryland, College Park

Moderator: Dr. KT Huang (黃光彩)

3:05 – 3:55 pm ***“Lessons Learned and Actions Taken in the U.S.
Following the Fukushima Accident”***

Mr. William Reckley

Chief, Policy and Support Branch,
Japan Lessons Learned Project Directorate,
Office of Nuclear Reactor Regulation

Moderator: Dr. Jerry Chuang (莊子哲)

4:00 – 4:50 pm ***“Status of Nuclear Power Program in Taiwan”***

Dr. Wei-Wu Chao (趙衛武)

Taiwan Atomic Energy Council Representative in DC,
Deputy Director, Science & Technology Division,
Taipei Economic and Cultural Representative Office

Moderator: Dr. Bill Wu (吳倍茂)

4:50 – 5:00 pm ***Closing Remarks***

Dr. Jerry Chuang (莊子哲)

Vice President, TASTA