



軍事教育

試論對4E的 應有認識與挑戰

研究員 陳偉寬、教授 孫國華

提

要

台灣經濟發展可分為幾個階段：1950年代追求自給自足、60年代推動輕工業、70年代發展重工業、80年代推動經濟自由化、90年代資訊產業蓬勃發展等；然21世紀產業再造與全球連結等，正面臨著諸多挑戰。探索台灣的發電方式：燃煤、燃氣、水力、核能等所有的發電各有利弊，世上並不存有「完美的發電方式」，所以對台灣最好的方式，應該是有個「電力組合」，而非太過仰賴單一發電方式。核能具有：發電穩定、單位電力成本便宜的優點；而惡名昭彰的輻射問題及安全問題等是其缺點。臺灣由於環境與自然資源的過度利用，環境敏感地區長期遭受破壞，近年來自然災害因氣候變遷而加劇擴大，造成對民生安全的重大，影響深遠。能源Energy、經濟Economy、環保Environment、生態Ecology這4E的挑戰及其影響…等各種問題，實值得深入探討。而國家能源政策與國家安全息息相關，故亟盼待我國人發揮激盪腦力與智慧，團結合作，國家政經發展始有契機！

關鍵詞：能源政策、經濟發展、環保、生態、核廢料

壹、前言

皆知「能源」影響整體層面廣泛，與國家安全、民生需求、經濟發展、環境保



護、國民健康及永續發展等議題密切相關。我國能源供給98%以上仰賴進口，能源系統型態為獨立型態，且化石能源依存度高，面對傳統能源日益耗竭、國際能源情勢動盪、能源價格波動劇烈、全球氣候變遷衝擊，以及國內能源需求持續成長、能源開發計畫推動不易與能源價格調整爭議等，將是國家安全之一大挑戰。

回顧2019年整體能源消費趨勢可發現，能源消費呈現負成長，降幅為近年來最顯著，且根據經濟部能源局在2020年2月15日發布的最新能源統計中可見，2019年總發電量相較於2018年削減0.5%，是2015年以來首次負成長；^{【註1】}此外，在用電量變化上亦是近四年來首度出現電力消費負成長，以工業部門降幅最多。

在溫室效應的嚴重性，核能的安全疑慮等問題下，再生能源的重要性也越來越受大家重視，但再生能源的成長，似乎沒有呼應到眾人的關注，是：因為成本考量和發電效率嗎？或是民間和台電的投入不足嗎？又或者是台灣的科技沒有那麼進步？還是其實是節省的二氧化碳並沒有想像中的多？當前各國政府在能源政策制定上面，均以追求能源(Energy)、經濟(Economy)、環境(Environment)、生態(Ecology)等4E均衡發展為目標，並依其本身地理環境、自然稟賦、經濟發展歷程之不同，以及國際情勢、能源供應狀況等背景，訂定適合國家發展之能源政策。這些問題在在影響我國未來的生存與發展，確值吾人有所體悟及深入研究！

貳、對4E的體認

「能源發展綱領」以安全、效率、潔淨為我國能源發展之核心思維，以建構安全穩定、效率運用、潔淨環境之能源供需系統，營造有助節能減碳之發展環境，達成國家節能減碳目標，實現臺灣永續能源發展為願景。

一、能源(Energy)安全：

人類為追求工業與經濟發展，大量使用煤、石油、天然氣等化石燃料，不僅產生溫室效應氣體，也造成空氣污染與酸雨，甚至改變了地球原本的氣候型態，造成全球氣候變遷，影響生態環境及人體健康。如欲減緩全球暖化問題，留給後代子孫一個合適的生活環境，短程的措施，是藉節約能源及提昇能源的使用效率，長期則應降低含碳化石能源的使用，以減緩大氣中溫室氣體濃度增加的趨勢。

因此，從確保能源安全(Energy Security)，^{【註2】}進而保障國家安全，如何兼顧經濟、能源與環境以達成永續發展，並積極開發新的替代能源，成為當

註1 <2019臺灣能源情勢回顧>，《風險社會與政策研究中心》，參見rsprc.ntu.edu.tw 1379-2019-open-energy-st-review。檢索日期：民國109年7月26日。

註2 能源安全開始被視為國家經濟安全的重要部份，是在1973年中東爆發以阿戰爭，導致石油危機之後。1974年國際能源組織(IEA)成立，遂正式提出以穩定原油供應和價格為核心的能源安全概念。



前能源政策之重要課題。能源安全已成為非傳統安全的重要課題之一，並成為各國經濟永續成長的關鍵因素之一。

二、經濟(Economy)發展：

經濟發展與國家政治安全、社會安全，並非絕對呈正比關係。決定國家安全的因素很多，但經濟能力的強弱是一個關鍵要素，卻是不容爭議的事實。

台灣經濟發展歷程與發展概況，簡言之，台灣經濟發展大致可分為六個階段：1950年代追求安定與自給自足、1960年代推動輕工業出口擴張、1970年代發展基礎工業與重工業、1980年代推動經濟自由化與發展技術密集產業、1990年代資訊產業蓬勃發展、2000~2010年產業再造與全球連結。^{【註3】}然在1980年代改革開放後，全力投入經濟發展，創造將近10年的9%以上的經濟成長率，至今花了30年才逐步建立起經濟戰略主動且成為亞洲四小龍第一。^{【註4】}然近年來，台灣忽略國際體系和政經局勢的轉變，也失去台灣曾有經濟發展之成就。

回顧1970年代，中國文革結束前的國際態勢，大陸一窮二白，僅能以「大三線」^{【註5】}戰略消極面對美國的威脅，並且在中俄邊界佈署百萬重兵，應對不可預期的衝突與壓力。窮兵黷武但傳統軍事力量落後的中國，僅能以「兩彈一星」-(中共對核彈、飛彈和人造衛星的簡稱)作為核威懾的生存戰略，無法在經濟、文化和價值觀上爭取國際認同。

就2020年經濟展望、綜合評估及分析結果，顯示在國際經濟動能趨緩的逆風下，台灣仍能站穩腳步，維持相當的經濟戰略發展力道。^{【註6】}

三、環保(Environment)抗爭：

根據西班牙《先鋒報》(La Vanguardia)報導指出，因為全球暖化(global warming)問題，所以極地冰層加速融解，讓冰面底下的秘密，因此浮出水面。而美國在冷戰期間，曾經修建過一個秘密基地—世紀軍營，也因此意外曝光。

^{【註7】}科學家說有些冰層融化時，保證會造成海平面上升4~6公尺，那將對未來

註3 行政院經濟建設委員會，《台灣經濟發展歷程與策略》，(臺北：行政院經濟建設委員會出版)。2011/11/01。

註4 亞洲四小龍是指自1960年代末至1990年代期間，亞洲四個發展迅速的經濟體：韓國、臺灣、香港及新加坡。亞洲四小龍在1970年代之前以農業和輕工業(小型工廠)為主導，1970-1990年代經濟發展高速。

註5 毛澤東在上世紀60年代做出了一個重大戰略決策，就是搞三線建設。三線建設，使中國有了一個相對安全的戰略後方，同時也形成了中國的威懾力。中國的三線建設在世界軍事史和經濟史上是史無前例的。見<http://cpc.people.com.cn/BIG5/85037/8627645.html>。

註6 <國際經濟逆風中站穩腳步，2020台灣經濟穩定成長>，《國發會-經濟發展處》，參見https://www.ndc.gov.tw/News_Content.aspx?n=114AAE178CD95D4C&s=BE983DE4F7E6E318。109年1月16日。

註7 <全球暖化是國家安全議題而非環保議題>，參見<https://chaoyisun.pixnet.net/blog/post/64555837-%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9A%96%E5%8C%96%E6%98%AF%E5%9C%8B%E5%AE%B6%E5%AE%89%E5%85%A8%E8%AD%B0%E9%A1%8C%E8%80%8C%E9%9D%9E%E7%92%B0%E4%BF%9D%E8%AD%B0%E9%A1%8C>，2017年04月27日。



造成毀滅性災難，引發族群之間的競爭，因此，五角大廈說過：這是一項國家安全議題，而不只是環境保護議題。【註8】

另者，從台灣環保抗爭運動的歷史進程來觀察，鄰避情結【註9】所造成的理念、利益與行為衝突，一直是剪不斷，理還亂的公共問題，也是社會各界關切的焦點，例如垃圾掩埋場、垃圾焚化爐、火力發電廠、變電所等“鄰避型”公共設施皆是民眾經常抗爭之焦點。雖然行政院環保署仿效日本的運作模式，制定公害糾紛處理法，確立公害糾紛處理制度，然而，至今為止，從台灣各地仍可看到為數不少的社區民眾，高舉對抗污染的鮮明旗幟行環保抗爭。因此，如何有效地化解此等公共設施的規劃、興建與營運過程中所出現激烈的肢體抗爭，乃是當前重要的公共議題。目前台灣社會正面臨著環境保護與經濟發展相互衝突的關鍵時刻，政府在保護弱勢族群與實踐公共利益的十字路口上，亦常陷入進退維谷的困境。此乃當前政府應該努力的方向。【註10】

四、生態 (Ecology) 規則：

「生態」是由水、土、大氣、森林、草地、海洋、生物等多種要素形成的有機系統，它是人類賴以生存、發展的物質基礎。生態安全作為國家安全的重要組成部分，是一個國家賴以持續生存和健康發展的基本前提。尤金奧登：「離開地球後，你就知道地球給了我們多大的恩惠」。當我們脫離地球後，人類是如此的脆弱，只要所需的空氣、水、食物、能源被剝奪後，我們就只有死路一條。【註11】

生態學就是研究地球上生命支援系統。儘管我們現在生活的糧食不再需要自給自給，大部分的人不需要自己耕作採集，但我們仍然在地球上，氣候和降雨影響我們的必需品水源和溫溼度；農作畜牧都仰賴其他生物，我們的任何經濟行為實質上都影響著我們所處的生態。生態學者Emmel. t. c. 歸納出四大規則：【註12】

註8 同上註。

註9 意思為“別在我家後院”，主要是指大家都承認某些公共設施對於整個社會而言必不可少，但是受多種因素的影響，希望這些設施建在他處而非自家附近的現象。

註10 丘昌泰〈從「鄰避情結」到「迎臂效應」：台灣環保抗爭的問題與出路〉，政治科學論叢／第十七期／民國 91 年 12 月／頁 34。

註11 <生態學是什麼？跟我們有什麼關係？>，生態學就是研究地球上生命...，參見<https://medium.com/%E7%94%9F%E6%85%8B%E5%B0%8F%E6%95%99%E5%AE%A4/%E7%94%9F%E6%85%8B%E5%AD%B8%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC-%E8%B7%9F%E6%88%91%E5%80%91%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E9%97%9C%E4%BF%82-c0b45a75c346>。2018年7月24日。

註12 <生態學跟我們生活有什麼關係？>，《生態小教室》，參見<https://medium.com/%E7%94%9F%E6%85%8B%E5%B0%8F%E6%95%99%E5%AE%A4/%E7%94%9F%E6%85%8B%E5%AD%B8%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC-%E8%B7%9F%E6%88%91%E5%80%91%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E9%97%9C%E4%BF%82-c0b45a75c346>。檢索日期：民國109年7月27日。



(一)演化規則-天擇、適者生存：生物不是獨自生存，生態系的動物、植物、微生物間都是彼此相互共同演化。(二)空間規則：生態系中每個生物都生存在其適存的地方，這種空間的安排取決於物種的「生態區位元」，延伸出物理棲所和適應策略。(三)時間規則：各種生物的行為活動都具有規律性，獵食、休息、交配、產卵，隨著季節變換、日夜變換都有各自的習性。(四)代謝規則：生態系中的能量與物質是循環的，物質和能量隨著生物間、地理間轉移。

如：蠅、真菌、細菌，屍體的組織不斷的從大塊組織，經過蛆的啃食，變成更細碎的小組織，在經過真菌、細菌分泌酵素分解為小分子，這些分子又經過真菌利用為繁殖的孢子或是菌絲，在土壤散佈(如圖1)。

這個旅程就是食物鏈，就像是能量傳遞的旅程，生物就像個能量載體，能量經由生產者、消費者、分解者在體內不同形式傳遞著，之間維持著牽連的不同物種的族群量的消長，物種間的食物鏈開始交錯成為食物網，形成平衡的生態系統，當生態中物種越豐富，這個生態系就越平衡。

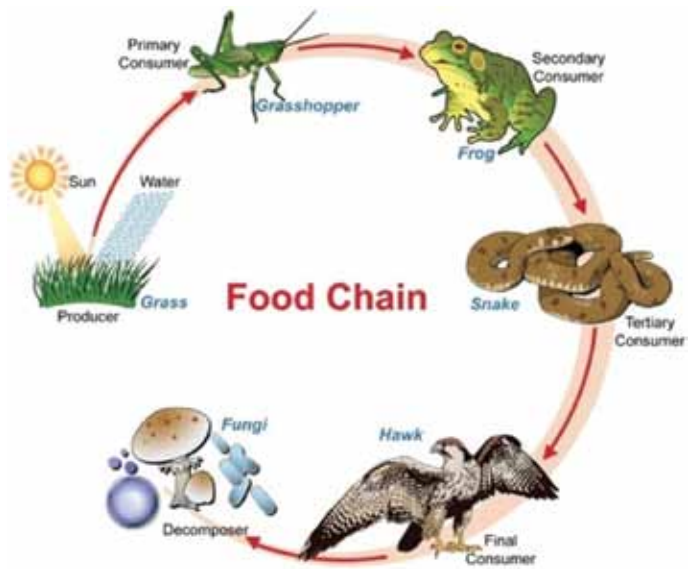


圖1 (引自：Quora)

參、能源、環保、生態對經濟之衝擊與挑戰

一、衝擊：

過去，能源來源從木材、水力、風力、鯨魚，演變成石化燃料、核能時，其實正一步步地減少生態需要面積，直到20世紀的環保運動來臨，告訴我們必須再度使用自然地景來生產能源為止，所以我們又回到在森林砍伐樹木、在丘陵上建築風車的年代。環保現代派認為：絕大多數的可再生能源都是錯誤的，因為它們的生態需要面積太大。想像在21世紀末，一個位在沙漠海岸的城市，它的主要商業是軟體，它的能源來自先進的核能，它的食物由沙漠裡的一棟多層樓房、水耕農業的工廠供應：水耕農作沒有蟲害、使用陽光、LED燈、淡化海水，並從空氣中製造肥料。^{【註13】}該城的金屬來自鐵礦、玻璃來自砂、塑膠



來自石油。它對地球其他地方的野生地景、河流、肥沃土壤的需求幾乎是零。而這些技術在今天都已然存在。

傳統的環保運動，往往必須經過層層妥協，貪婪的商人才願意在獲得國家補助的前提下，進行一些異想天開的環保計畫。環保現代派卻應許更好的未來：環保必須與新科技、商業共同合作。《環保現代化宣言》也代表著環保運動迫切需要的改革，它說我們不要阻止你變成有錢人、不想阻止你採用新科技、不想阻止你脫離沒有電、沒有燈、煙霧迷漫的小茅屋、燒木柴煮食物的悲慘生活。我們也不希望你繼續當自給自足的農夫。我們希望你趕快搬到城市去住、開汽車、用冰箱、有手機、用電腦，因為屆時你就不需要去林子裡伐木、狩獵野生動物取得蛋白質。【註14】

開疆闢土，是人類引以為傲的文明進展。但近幾年，隨著人口迅速增長，過去以往認知的開發，正造成難以逆轉的破壞。從砍伐森林、開路、採礦到都市化，迅速破壞萬物賴以為生的棲地。人類一步步入侵，大自然一步步後退，但是，她也會反撲。【註15】

長久以來，生態學家和經濟學家對發展的看法，針鋒相對——要幫助落後國家的最好方法，是經濟發展；但若不加小心，經濟發展會破壞環境，威脅未來。【註16】發展與環保、現在與未來，如何求取平衡，是難題，更是挑戰。至於環境保護與經濟發展，兩者通常處於對立狀態，在政府的決策過程中往往陷入如何「取舍」或「何者優先」之矛盾，我們認為原則上可從經濟分析的角度做決策依據，比較這項投資案的效益和成本。大多數的企業一碰到環保問題，就認為會增加它的成本，若能開徵環境保護稅(或污染稅)將可迫使很多企業重新檢視、調整其生產程式，或許會比原來的生產程式更節省，甚至能成為企業科技更新、創新及革新之動力來源。

早期由於尚未具有環保的概念，對於環境保護的議題並未加以重視，在這幾十年來的經濟發展過程中，對國內環境造成相當程度的衝擊。咸信經濟成長和環境保護，在大多數人的認知中，彼此是相衝突或不相容的兩件事。台灣地

註13 <環保現代化宣言：擁抱科技與經濟成長，才能減少對環境的衝擊>，《The News Lens 關鍵評論》，2015/11/28，國際。

註14 同上註。

註15 Greenpeace 綠色和平，〈病毒、環境、全球危機——3件您該知道的事〉，參見<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/15396/%E7%97%85%E6%AF%92%E3%80%81%E7%92%B0%E5%A2%83%E3%80%81%E5%85%A8%E7%90%83%E5%8D%B1%E6%A9%9F%E2%94%80%E2%94%80%E4%BB%B6%E6%82%A8%E8%A9%B2%E7%9F%A5%E9%81%93%E7%9A%84%E4%BA%8B/>。檢索日期：民109年7月30日。

註16 <要環境 還是要發展]>，《天下雜誌》，參見<https://www.cw.com.tw/article/5040684>。檢索日期：民109年7月30日。



狹人稠，自然資源不豐富，對追求永續發展而言，比其他國家更有迫切性。」

註17】

二、新的挑戰：

此次「新冠肺炎(COVID-19)疫情」可能對生態環境保護帶來哪些影響？眾人皆亟欲了解，茲分析如後：

- (一)在資源利用方面，疫情發生之後，生產消費出現短暫停頓。相比往常，一季度的資源整體利用水準明顯下滑，包括用能用電用水、交通運輸等，這對緩解資源利用上的壓力是有好處的。【註18】
- (二)在生態環境質量方面，基於疫情防控的需要，口罩、防護服等醫療防護用品使用量激增，隨之直接產生大量的醫療垃圾，對垃圾分類、處理和相關的生態環境保護(水、固廢等)提出額外的需求。尤在部分疫情嚴重的重點疫區，無論是地方生態環境部門，抑或相關行業和單位，短期內都將在生態環境保護上面臨較大壓力。【註19】
- (三)在生產排放方面，短期而言，疫情會帶來兩方面影響。首先是受疫情影響，部分製造業停工停產，各種交通出行下降，一定程度上減輕了排放對環境的壓力，這是好的一面。再者，為了應對疫情防控的需要，防護用品企業正在開足馬力加班加點恢復和擴大生產，隨著疫情持續時間的加長，這部分企業的污染排放可能會增加相應地區完成生態環境保護指標的壓力。【註20】長期而言，當疫情過後，如果生產投資和消費雙雙出現“報復性”增長，將造成排放的大幅反彈，屆時，可能會增加生態環境保護壓力。
- (四)在消費排放方面，為防控疫情，全國基本暫停了餐飲堂食、娛樂等集聚型的第三產業經營場所，其結果是造成經濟產出的直接影響外，還將改變消費模式：其一是向居家消費轉變；其二是向在線消費轉變；其三是消費變得更為分散和碎片化。這些變化就導致社區和家庭的消費排放激增，從而使生活污水排放、用電用能、生活垃圾等方面的排放出現快速增長，進而對相關的環境治理造成壓力。

綜言之，疫情防控對生態環境的影響是較為平穩的，但局部將出現結構性挑戰：部分地區和部分產業的排放增多；疫情防控結束之時將可能出現排

註17 <環保與經濟發展應平衡>，《國家政策研究基金會》，參見<https://www.npf.org.tw/3/14102>。 檢索日期：民109年7月31日。

註18 同上註。

註19 <從環境經濟角度看疫情防控>，《新華網》，參見http://www.xinhuanet.com/politics/2020-02/17/c_1125587110.htm。2020-02-17。

註20 <從環境經濟角度看疫情防控>，《新華網》，參見http://www.xinhuanet.com/politics/2020-02/17/c_1125587110.htm。2020-02-17。



放高峰，產生環境壓力。

肆、能源政策現況與趨勢之探討

專家學者在台北一場戰略學術研究會中針對此一問題，由孫國華博士——曾任中國國民黨智庫顧問，行政院原子能委員會核安委員，經濟部核四諮詢委員，及第5屆中華民國立法委員等職之帶領研討，並與學者們深入以下個問題，吾人試列舉出，以臻拋磚引玉之功：

一、透過政策引導能源轉型：

學術期刊《自然氣候變化》(Nature Climate Change)近日刊出一篇論文，指出「新冠病毒」(COVID-19)肺炎大流行讓今(2020)年4月上旬的全球二氧化碳日排放量跟去年同期相比，平均下降了17%，創下第二次世界大戰以來最大降幅。在4月分的一周，美國的碳排放下降了三分之一；^{【註21】}印度和歐洲的碳排放量分別下降了26%和27%。全球生態逐漸復原中。這份研究是使用69個國家、美國50州與中國30個行政區的經濟活動、能源消耗、製造業與交通運輸等資料，並對照每個國家實施社會隔離的程度所推算出來的，這些地區的碳排放量佔全球的97%左右。從國家來看，中國4月份的碳排放量下滑最多。^{【註22】}臺灣在經濟發展過程中對傳統化石能源依賴程度高，在全球減碳趨勢的道路上，如何透過政策引導能源轉型以降低碳排放，將成為未來能源政策之重要工作。

二、美國再生能源發電量2020年超越燃煤：

美國電力公司要淘汰數百座老舊燃煤電廠，大型風電場的建置成本減逾40%，太陽能發電成本下降80%，潔淨的天然氣，因為技術迎來榮景，價位跌到歷史低點。德國2038年去煤拍板定案：德國將在2022年底前退出核能發電，德國2038年去煤是世界第一個捨棄核能與煤的工業國，2020年，德國約56%的公共電力供給來自再生能源，包括風力、太陽能、生質能源和水力發電，燃煤發電占20%，核能與天然氣各占12%，70%的現役燃煤發電廠營運成本高過新的風電或太陽能發電。^{【註23】}

三、台灣的國家電力政策：

註21 受肺炎嚴重影響的中國大陸，也是世界碳排大國，尤其是在今年二月份的前三周，由於工廠、煉油廠停擺以及航班大減，碳排放就已經比去年同期降低25%。同註11。

註22 <武漢肺炎疫情期間，全球碳排放量下降了17%>，參見<https://www.inside.com.tw/article/19859-carbon-emissions-dropped-17-percent-globally-amid-coronavirus>，2020/05/21。

註23 孫國華博士(Dr. Bill K. H. Sun)，中華民國第五屆立法委員，專業及科技經歷：熱流、核電、能源、環保、數位化控制、專家系統、國家安全等；淡江大學機械與機電工程學系，教授「能源與環保」及「綠色生態」。曾於民國109年7月23日於中華戰略學會專題報告《4E加軍事和政治，綜合觀》講稿。



政府推動能源轉型，設定2025年能源發展政策目標，以展綠、增氣、減煤、非核為轉型路徑，可以確保穩定供電、不會缺電。能源轉型以展綠為首要工作，經濟部能源局說明3年多來政府創造再生能源發展的友善環境，同時全力推動友善綠電發展的基礎建設，並宣示明確的2025年綠電占比達20%政策目標，讓相關產業敢於投資(如圖2)。【註24】都有助於再生能源發展，也是能源轉型穩步向前的主要原因。

台灣2020現行能源占比與2025年比較



圖2 台灣2020現行能源占比與2025年比較

(資料來源：孫國華，民109年7月23日於中華戰略學會專題報告《4E加軍事和政治，綜合觀》ppt.。)

但美國在台商會憂心，台灣電力供應將面臨重大風險：美國商會今(109)年6月10日發表「2020台灣白皮書」，盛讚台灣防疫有成，是全世界最安全的地方之一，並且肯定去年提出的建議有11項獲得解決，追平2年前寫下的史上最佳紀錄。但與此同時，美國商會重申對於台灣2025能源政策能否落實的疑慮，「我們擔憂目前仍有跡象顯示，減煤廢核的速度已遠遠超過增氣、展綠的進度。」【註25】

- (一) 台灣的「2025非核家園」能源政策，預計在2025年做到再生能源20%、燃煤30%、天然氣50%的能源配比。
- (二) 根據臺北市美國商會公佈的《2020台灣白皮書》，「減煤、廢核」的速度已遠遠超過「增氣、展綠」，若在2023年前不盡快採取行動，電力供應將面臨重大風險。【註26】

四、台灣建太陽能發電邁向綠能經濟：

長宏人力仲介公司響應政府綠能政策建置完成太陽能屋頂光電系統；

註24 同上註。

註25 <「減煤廢核速度，遠遠超過增氣展綠進度…」美國商會憂心2025能源政策>，《風傳媒》，參見<https://www.storm.mg/article/2747588>，2020-06-10。

註26 美國商會指出，去年提出82項建議中，有11項獲得解決，例如銀行、化妝品、人資、保險、藥物、科技、資訊媒體、觀光等。美商會執行長傅維廉表示，蔡政府由國發會聆聽並解決美商提出問題，雙方有很好的關係。參見<https://www.chinatimes.com/newspapers/20200611000222-260202?chdtv>。檢索日期：民國109年8月3日。



Google與蘋果來台訂出百分之百使用再生能源的承諾要求。太陽能板下的漁電共生！政府推動漁電共生，但不少養殖業漁民擔心未來要與太陽能業者競爭魚塢的承租，或憂慮在太陽能板下飼養出的漁產品之質與量，真能一如以往？(如圖3)2020年5月水庫開發浮動式太陽能光電和地方生態曾發生衝突：



圖3 台電計畫在苗栗縣永和山水庫開發太陽能光電工程，引起地方反彈，圖為南部阿公店水庫光電工程施工情況。

- (一) 台電在苗栗永和山水庫規畫浮動式太陽光電，建置1.1MW發電容量。

資料來源：〈永和山水庫開發浮動式太陽能光電 地方反彈〉，《聯合報》，參見<https://udn.com/news/story/7324/4583339>。

- (二) 獲核准設立的好水域就有十幾處休閒農場，此案損及居民生存、財產、工作權益，且擔心集電設施、高壓電纜線路、反射光害，和地方生態衝突。永和山水庫供應民生用水，地方居民對這項工程疑慮大，擔心水質、環境都受污染，鄉公所也堅決反對。【註27】

五、台灣光電”與離岸風電挑戰：

- (一) 2010年成立時多晶硅一公斤120美元，太陽能股飆漲，益通漲到1205元，茂迪到985元。2013年兆豐90億元的聯貸，2014國發基金投資德寶7億，2017年國發基金加碼4.25億。寶德能源宣佈破產，國發基金及聯貸銀行團全都慘賠。太陽能產業中國產能全開。台灣益通從1205元跌到成壁紙，茂迪從985跌到3.3元，台積電是大股東認賠殺出，這是台灣第一慘的產業。【註28】
- (二) 中國是世界第一大風電國家、新裝風力發電設備全球最大；中國是全球最大的風力發電提供者。【註29】而台灣風場經濟規模不足，影響採購效率；併網容量不均，看不到市場未來；離岸風電產業本土化國產化，需長期的投資和

註27 永和山水庫自救會」總幹事廖信箕投訴，強調應終止這項計畫；頭份市長羅雪珠、三灣鄉長溫志強也都表達反對立場。〈永和山水庫開發浮動式太陽能光電 地方反彈〉，《聯合報》，參見<https://udn.com/news/story/7324/4583339>>2020-05-2。檢索日期：民109年8月3日。

註28 孫國華博士於中華戰略學會專題報告《4E加軍事和政治，綜合觀》，民國109年7月23日。

註29 在2015年，中國新增風電裝機容量30.5GW，總容量達到145.1GW [6]，發電量186.3TWh，占全國用電量的3.3%。中國在2015年無論是裝機容量還是新增容量，與第二大的市場美國相比都有較大優勢，在十二五規劃中，中國已將風力發電確定為國家經濟增長的一個關鍵組成。來自哈佛大學和清華大學的研究人員發現，到2030年，中國的風力發電可以滿足他們所有的電力需求。



經營才可望成功，國產化非護身符，技術、人力需銜接。

六、能源政策檢驗民主：

咸認地狹人稠的台灣，極不合適發展需要廣大土地的再生能源。蔡總統就職時強調要加速發展綠電及再生能源產業。過去4年再生能源有飛躍性的發展，台灣為國際再生能源投資的熱點。2025年綠能占整體能源20%的目標有信心可以達成，台灣將成為亞太綠能中心。公民投票通過：認同“以核養綠”的理念。“以核養綠”成為全民拯救台灣家園的運動。然以核養綠公投案通過不到24小時，行政院宣示2025年非核家園的目標不變。並宣示核一、核二、核三延長服役與核四商轉已來不及。2020年台灣供電情勢：

- (一) 前政府時期動工的8部大型火力機組有5部在2018年完工商轉。2018年夏天裝置容量比2017年多了160萬瓩，備用容量多4.5%。到2020年5月蔡政府二任時，馬政府執政時所動工的另外三部大型火力機組也將完工，同期核一廠，協和及通霄將屆齡除役。
- (二) 後政府有馬政府留下「發電遺產」（8部火力機組，裝置容量增加15%）。要考慮用電成長，2020年夏季備用容量會低於2018年。台中市長盧秀燕提出將台中火力電廠老舊的4號機組除役、直接拆除，以減少空汙。此一政策國內爭議已久，未來尚有待觀察與檢驗。

七、中國大陸能源政策：

中國大陸於2016年12月由國家發改委和能源局公佈了“十三五”能源發展規劃(2016-20)。在該計劃中，中國大陸決心降低煤炭在能源結構中的比例，將2020年的初級能源消費比例從62%降至58%。中國大陸也致力發展更多的再生能源：到2020年，風能和太陽能的裝機容量將分別達到210GW和110GW。到2020年，非化石燃料的比例應從2015年的12%上升到15%以上。天然氣應占能源消費量的至少10%。【註30】其能源結構(如圖4)。

為了減少溫室氣體排放和解決空氣品質的影響，中國大陸將其能源結構從化石燃料主導地位轉向再生能源和核能。中國大陸的五年計畫實施了積極的再生能源政策，到2020年推動再生能源生產增加到總能源結構的15%。中國大陸並實施電力部門改革的計畫以擴大再生能源發電占比，並鼓勵競爭和提高效率。2017年中國大陸太陽能和風能裝機容量分別增長了71%和11%，煤炭消費則微量增加。在2017年公佈的能源生產與消費革命戰略中並預定到2030年將非化石燃料消費及發電的比重分別提升到20%及50%，並期望到2050年初級能源

註30 <中國大陸國家能源政策評析報告(2019年版)>，參見https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?id=205。2020年01月。



消費中一半以上來自非化石能源。【註31】

八、世界和美國趨勢：

美國今(2020)年可望首次出現再生能源發電量超過燃煤發電現象，部分原因是源自「新冠病毒」(COVID-19)肺炎疫情，【註32】這對因應氣候變遷有深遠影響。

世界和美國各地的居家避疫令造成工廠、零售商、餐館和辦公大樓關閉，致電力需求銳減，而燃煤電廠的成本通常高於天然氣或再生

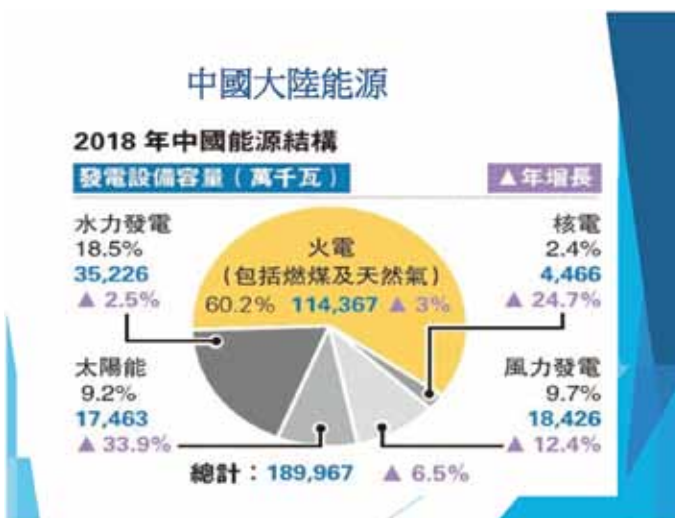


圖4 中國大陸能源結構

(資料來源：孫國華博士，民國109年7月23日於中華戰略學會專題報告)《4E加軍事和政治，綜合觀》ppt。能源發電，所以許多電力公司最早的因應作法就是減少火力發電。美國能源署 (Energy Information Administration--EIA) 的最近報告估計，美國今年的煤炭總消耗量將下滑近四分之一，燃煤電廠預計僅能提供美國19%的用電，首次低於核電和再生能源。【註33】供應美國38%電力的天然氣，因為價格低廉，發電量料將維持穩定。

綜言之，政府非核家園目標，2025年將實現再生能源20%、燃煤30%、天然氣50%的能源配比，但從台電6月下旬(27日下午一點)的用電量為2981萬瓩來看能源發電配比，燃煤占比40.6%，天然氣占比30.7%，核能發電占比12.8%，太陽能發電占比6.6%，水力發電占比3%，而政府寄予厚望的風力發電，占比只有1.2%。廢核減煤之後，用電如何周轉？尚需大家集思廣益，共同解決！

陸、核能的利弊與台灣完美的發電

「核能」可以充分的提供經濟發展與現代化生活所必需的能源，而又不會產生二氧化碳等溫室氣體。在不考慮核安、環保、核廢料與核子擴散等問題的情況下，

註31 同上註。

註32 是一次由嚴重急性呼吸系統症候群冠狀病毒2型 (SARS-CoV-2) 所引發的全球大流行疫情。疫情最初在2019年12月於中華人民共和國湖北省武漢市被發現，隨後在2020年初迅速擴散至全球多國，逐漸變成一場全球性大瘟疫。

註33 <歷來首見！美再生能源發電今年可望超越燃煤發電>，《聯合報》，2020年05月18日。<https://e-info.org.tw/node/224632>。檢索日期：民109年8月1日。



核能發電具有相當的競爭優勢。^{【註34】}惟台灣地狹人稠，核電廠的設置受到居民反對，核廢料最終貯存地點亦缺乏適當場址，將面對自行解決的區域性核廢料處理問題。眾所週知核能的優點有：發電穩定、單位電力成本便宜。^{【註35】}至於缺點，當屬其惡名昭彰的輻射問題、安全問題，例如福島核災的難民流離失所，失去原先的工作、生活、家庭，避難生活相當慘烈。^{【註36】}包括電廠除役之後的土地永遠無法使用，以及核廢料的處理問題。依國內學者觀點，綜整其利弊如下：

一、核能之利：

核能發電不會產生加重地球溫室效應的二氧化碳；亦不會排放大量的污染物質到大氣中，因此核能發電不會造成空氣污染。此其一；使用核能發電可以減少我們對化石燃料的依賴；且核能發電的成本中，燃料費用所佔的比例較低。此其二；再者，核燃料能量密度比較高，故核電廠所使用的燃料體積小，運輸與儲存都較方便。此其三也。

二、核能之弊：^{【註37】}

核電廠投資成本太大，電力公司的財務風險較高。此其一；興建核電廠較易引發政治歧見紛爭。此其二；核能發電廠熱效率較低，因而比一般化石燃料電廠排放更多廢熱到環境裡，故核電廠的熱污染較嚴重。此其三；核電廠會產生高低階放射性廢料。使用過之核燃料，雖然體積不大，但因具有放射線，故必須慎重處理。此其四；核電廠的反應器內有大量的放射性物質，如果在事故中釋放到外界環境，會對生態及民眾造成傷害。此其五也。

三、台灣完美的發電方式：

所有的發電都有優缺點，世上並不存有「完美的發電方式」，所以對台灣最好的方式，應該是有個「電力組合」，而非太過仰賴單一發電方式。首探能以24小時運轉的發電方式如下：

（一）燃煤發電：

燃煤發電最大的優點就是「便宜」，且能24小時穩定運轉——尤其2012年以來，因為美國頁岩氣的競爭，國際煤價幾乎是一蹶不振，在2016年更達

註34 <傳統能源的使用對環境的衝擊>，參見<http://web.yfes.tn.edu.tw/environment/main3.files/3-1.htm>。檢索日期：民109年07月28日。

註35 陳緯庭，〈核能的優點和缺點〉，《核能與我》，參見<https://kts1d5.wordpress.com/%E6%A0%B8%E8%83%BD%E5%84%AA%E9%BB%9E%E5%92%8C%E7%BC%BA%E9%BB%9E/>。檢索日期：民109年8月3日。

註36 「根據日本政府復興廳的統計，截至2018年底為止，震災關聯死亡人數已達3700人。」復興廳是震災過後日本政府成立的特別部門，每半年會進行一次震災關聯的死亡人數報告，這些關聯死亡人數包含了疾病、自殺、環境改變、身體惡化等狀況，特別是福島縣就有2250位占了60%。「這些福島核災的難民流離失所，失去原先的工作、生活、家庭，避難生活相當慘烈。」

註37 陳緯庭，〈核能的優點和缺點〉，《核能與我》，參見<https://kts1d5.wordpress.com/%E6%A0%B8%E8%83%BD%E5%84%AA%E9%BB%9E%E5%92%8C%E7%BC%BA%E9%BB%9E/>。檢索日期：民109年8月3日。



到每公噸48.8美元的「史上最低破盤價」。^{【註38】}此外，由於電廠技術、興建成本控制均已成熟，「節省金錢」的考量，向來是燃煤發電的優勢。

不過，燃煤發電的缺點甚多：首先是醫學已經證明，燃煤產生的懸浮微粒，會造成各種癌症一除了肺癌，我國已有許多醫學研究證實PM2.5與口腔癌和肝癌都有高度相關性。而燃煤產生的二氧化碳與其他溫室氣體，造成的溫室效應與生態影響，更是無法估計。重要的是，台灣多數人或許不知道：燃煤發電，也會產生不少輻射；^{【註39】}這是由於煤在地質年代生成中，同樣也含有微量的放射性元素。雖然煤的放射性物質比例極低，但燃煤發電，需要遠比核電更多的燃料，才能產生同等電量，因此國外近年已經有不少研究指出，燃煤電廠附近亦有明顯的輻射汙染。

(二) 燃氣發電：

燃燒天然氣發電，最大的優點就是「中庸」，^{【註40】}且同樣能24小時穩定運轉。但燃氣發電的缺點也不少，一是發電成本較貴，二是運送與接收都需要特別的設備，且若燃料外洩，也有爆炸釀成巨災的風險。

(三) 水力發電：

水力發電最大的優點就是「看起來很環保」一至少對多數不懂“生態學”的人而言是如此。但是水力發電的缺點，在長年研究生態專家的眼中，同樣也必須歸類到不該被稱為『綠能』的類別裡：國際上有無數水力發電的案例，不只改變了河川水文、若施工不慎則會造成上游坍方、還會造成海岸線侵蝕、根據學術期刊《ScienceDirect》的研究比對分析，水力電廠往往對當地生態產生浩劫。^{【註41】}

更令人擔憂的事實是：水力發電也會造成大量的溫室氣體排放！這是因為水壩有相當深度，因此底層的生物在進行厭氧分解之後會產生甲烷，而甲烷的溫室效應，是二氧化碳的36倍。而且台灣的河川多數都有「枯水期」，因此水力發電並非全年都可以穩定運轉；另外台灣的坡度大且水土保持又差，因此淤積嚴重，所以水庫壽命相當短暫。

(四) 核能發電：

核能發電可說是爭議最多的發電方式，國內「擁核派」與「廢核派」的

註38 但2018年初因亞洲需求增溫，價格已回升至 90 美元上下。

註39 根據英文維基百科：1MW 的燃煤電廠一年可以產生 5.2 公噸的鈾與 12.8 公噸的鈾；而同等發電量的核能電廠，一年會產生 30 公噸的高階核廢料。此外區別還包括燃煤電廠產生的輻射物質會四處逸散，核能電廠則不會。

註40 「中庸」的意思，就是它的「空氣污染」比燃煤低，但還是比太陽能或核能高。

註41 <綠色能源發展危險排行 專家：水力發電最糟糕>，參見<https://e-info.org.tw/node/208205>。2017年11月01日，摘錄自2017年10月30日科技新報報導。



對立與分歧，不下於政治上的對立。面對此敏感議題，讓我們必須先予了解，關於核能發電的事實：

1. 世界第一座商業運轉的核能電廠，是前蘇聯的奧布寧斯克核電，於1954年開始商業運轉，2002年除役。
2. 根據國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)的國際核事件分級表(共分為0~7等級，等級越高表示越嚴重)，全世界的核能電廠至今共有8次5級(含)以上的嚴重事故：7級的分別是1986年蘇聯車諾比(地點在今烏克蘭境內)與2011年的日本福島；^{【註42】}6級的有克什特姆核廢料爆炸事故；至於5級的事件共有五次(包括1979年美國三哩島，其他幾次分別發生在英國、加拿大、瑞士與巴西)。

再者，是無法24小時運轉的電廠，這類發電方式，多半歸屬於「替代能源」或「綠能」：

A. 太陽能：

太陽能的優點，就是其發電能源完全不需要國外進口，而且在發電過程中，幾乎不產生任何汙染。其缺點，除了因為仰賴日照，無法24小時運轉發電之外，太陽能電廠由於需要大量的平面面積，其選址也可能會占用重要的生態區域或農地(因為台灣地狹人稠)，而製造與淘汰太陽能板，也會產生環保問題。^{【註43】}

B. 風力：

風力的優點與太陽能一樣，也是不需要從國外進口，而且在發電過程也幾乎不產生任何汙染。

其缺點則是無法24小時運轉(而且風力發電的發電時間，比太陽能發電更難預測)，而且在台灣用電低峰期的冬季，此時風力反而較強，這問題就算用智慧電網也不易解決。(如圖5)另外風力發電機可能會造成鳥類與蝙蝠的死亡，其噪音問題，也常被當地居民抗議。

以綠能發電而言，最大的缺點就是無法持續發電，而且太陽能板淘汰的廢棄物很難處理；^{【註44】}至於核能發電的缺點雖多，但它未必就是「萬惡」的能源產生方式一例如核廢料至少比二氧化碳容易侷限在一處管理；

註42 2011年3月11日東北大地震的震源，就在核電廠的正前方，地震發生時搖動得十分厲害，雖然核電廠當下緊急啟動外部電源、停止核分裂繼續執行，但在下午3點37分又引發海嘯，導致核電廠六個機組全部泡水，電廠內部的緊急發電機也跟著泡水、或是被沖走，整座核電廠電力全失，開始失控。

註43 盧冠安，〈台灣到底該用「哪種電」？——其實完美的發電方式並不存在，「電力組合」可能更重要〉，《台灣青年的世界之窗》，參見 <https://crossing.cw.com.tw/index.php/article/9647>，2018/03/23。

註44 同註36。



此外從1954年全世界第一座商業核電廠運轉到現在，所造成的人命死傷，還不及一年全球暖化造成的數字。

最後，關於核電（如圖6），美國的「油神」皮肯斯Thomas Boone Pickens Jr.曾說：「我們不是想要核能，而是我們需要，因為我們別無選擇。」。在達成非核家園之前，要兼顧減



圖5 臺中港風力發電站

資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%BA%E4%B8%AD%E6%B8%AF%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E7%99%BC%E9%9B%BB%E7%AB%99>。

碳、減PM2.5與低廉電價，或許核電真的是必要之惡。^{【註45】}但若我們全國有了共識，已決定要完全排除核能發電的選項，也完全沒有問題—但我們同時也必須認知到其他的發電方式，同樣也會有其「缺點」：包括供電穩定度、電價成本、土地利用成本、乃至環境污染的成本與風險等等。

進言之，台灣到底該選擇那種、或哪些發電方式，實難以提出一個「標準正確答案」，唯衷心企盼社會能多點理性討論、少些似是而非或情緒性的彼此攻訐，共同決定台灣能源發展的未來大計。

柒、能源政策與國家安全

回顧2017年數次的供電危機和815大停電，一夜黑暗後，台灣面對能源轉型關鍵時刻。^{【註46】}這是台灣從石油危機結束以來少見的窘境，使產業界快速意識到能源危機近在眼前，不得不審慎評估出走海外，而停電造成的不滿和恐慌，也前所未有地蔓延在各個領域和階層。作為一個能源自給率約3%的島國，我們的能源安全思維需要提高到國家發展的層次，審慎地從「死生之地」的態度，從能源政策、地緣政治、氣候變遷以及系統工程的國家安全層次，思考台灣面臨的能源安全境遇，評

註45 燃氣發電可以減少燃煤發電 1/2 的碳排放，且幾乎不排放 PM2.5，但單位電力的成本遠比核能高上許多，所以若把燃煤電廠全部汰換成燃氣電廠，的確可以大幅減低碳排放和空汙問題，但電價勢必大漲，那麼我們就需要配合核電，才能把整體發電成本壓低。

註46 供電危機和815大停電：讓蔡政府宣示要帶領台灣走向非核家園的政見，受到嚴酷考驗。全民都在追問：台灣是否真的缺電？限電事故為何發生，而未來的能源政策，又該何去何從？https://theinitium.com/article/20170823-taiwan-815-powerfailure1/?utm_medium=copy。



圖6 核三廠全景圖：台電提供

資料來源：<https://newtalk.tw/news/view/2018-12-05/176093>。

估如何投入有限的資源解決當前問題，斷不能一誤再誤。

當前政府期望能於2025年達成非核家園目標，可再生能源備受環境因素制約，風力發電機組便嚴格受到季節影響，環評和公聽會也是不得已的推廣障礙之一；大規模的推廣太陽能種電也受日照影響，地熱或潮汐能也有待驗證時日。唯再生能源的結構脆弱，需要緩衝與調度機制。再者，政府為達成能源轉型政策，在推動能源轉型過程中需確保國家能源供應穩定、兼顧環境永續，並加強資訊公開、公眾參與及政策風險溝通；而確保轉型過程順利，爰我國能源政策的核心價值應兼顧「能源安全」、「綠色經濟」、「環境永續」與「社會公平」四大面向的共同治理與均衡並進。

經濟部指出，^{【註47】}未來在核電使用有困難、燃煤發電受限制等前提下，燃氣及綠能發電皆將成為未來供電主力；而為達成備用容量率15%之供電穩定目標，政府除規劃供給端之因應措施外，並積極推動節約能源以降低電力需求，且打造潔淨能源體系與健康生活環境，帶動新興綠能產業發展與促進綠色就業，落實能源賦權精神促進能源民主與正義，以促進能源永續發展。

進而言之，能源安全與國家安全及民生需求息息相關，但由於台灣幾乎完全沒有自然資源，進口的比例超過百分之99，因此政府將能源政策定為主要施政主軸之一。在此部分，必須有非常高瞻遠矚的規劃，讓國家發展沒有能源欠缺之虞。意識形態反核能，或為環境保護反對燒煤，我們斷不可一切以鬥爭為主，為反對而反對，應與其他政黨攜手與妥協，為民生設想找出一條長治久安、可行的道路來；再者

註47 《能源政策—國家發展委員會》，參見<https://ws.ndc.gov.tw/001/administrator/10/refile/5653/30018/f72db013-9134-4c33-9871-d4a2d5a3d717.pdf>。檢索日期：民109年8月5日。



，今面對中國採取「超軍事手段」交織且綿密的大戰略形成對台灣嚴峻的壓力，台灣需要在有限的資源與行動自由之中排序行動的優先順序。具體能夠提升行動自由和提升國力的是發展經濟與戰略性產業。國家能源政策與國家安全息息相關，故亟盼待我國人發揮激盪腦力與智慧，團結合作，國家政經發展方有契機！

捌、結語

能源、經濟、環保、生態的各種問題探討甚久，臺灣由於環境與自然資源的過度利用，環境敏感地區長期遭受破壞，近年來自然災害因氣候變遷而加劇擴大，造成對民生安全的重大，影響深遠。所以說低碳節能經濟、注重環保生態及永續發展教育，應為臺灣未來最主要的目標。經國先生與前人辛苦經營，將台灣打造成美麗寶島，後續竟無人能再掌握大方向，許百姓安和樂利一個美好的大環境。幾十年努力，要在短短3~5年間轉過來似乎不可能。

近年來在政府、企業及國人共同重視下，節能減碳推動已頗見成效，能源效率亦逐年改善；同時，也推動許多包含陽光屋頂、海陸風力機、智慧節電計畫、耗能產業強制節能等多項供給面低碳開源及需求面節約能源措施。然面對未來，我國能源發展，尚有許多難關亟待克服，唯咸信在全民的齊心努力下，藉由積極多元開源、全民節流、建構更有效率的能源使用機制與可行政策，將為臺灣的永續能源發展奠立下更穩健的發展基石，確保國家之安全。

作者簡介

中華戰略學會研究員 陳偉寬

學歷：空軍官校64年班、空軍指參學院76年班、戰爭學院77年班炸射師資班、中原大學資訊管理碩士。經歷：中隊長、大隊長、國防大學戰爭學院空略組主任教官；現任中華戰略學會研究員，及空軍軍官雙月刊之主筆。專長：國家安全、軍事戰略、領導統御等。

教授 孫國華

學歷：美國柏克萊加州大學工學院機械工程 熱流學博士。經歷：淡江大學機械與機電工程學系、特聘講座教授、中華民國第五屆立法委員。政治、社會經歷：中華民國第五屆立法委員(外交及僑務委員會召集委員，修憲、程序、紀律委員會委員)(2002-2005)立法院顧問(2005-2019)。專業、科技經歷：學術著作及專業報告共136篇(熱流、核電、能源、環保、數位化控制、專家系統、國家安全等)。