

眾 台灣民眾黨
TAIWAN PEOPLE'S PARTY

第七期

台灣的綠能轉型 與非核家園

台灣民眾黨

台灣民眾黨政策智庫

研究通訊

主題：台灣的綠能轉型與非核家園

目錄

核四有問題？核四應該讓他重新啟動嗎？ / 洪宗勝	2
核廢是寶的迷思？ / 賀立維	6
核去核從：福島之後，台灣可以從日本經驗學到什麼？ / 崔愷欣	9
台灣新綠色能源-小水力的發展建言與展望 / 賴融毅	18
地熱發電國際現況及國內進展 / 王守誠	23
深層海水資源利用展望 / 梁乃匡	28
台灣生質能源展望與挑戰 / 張家驥	33
我國的循環經濟政策與產業想像轉變 / 王昱鈞	39

核四有問題？核四應該讓他重新啟動嗎？

摘自 2020 年 9 月 29 日 台灣民眾黨政策智庫諮詢會議

講者：洪宗勝 富昌 OSS 基金會董事長

核四有問題？核四應該讓他重新啟動嗎？

以核養綠公投的主文為：「您是否同意：廢除電業法第 95 條第 1 項，即廢除『核能發電設備應於中華民國一百十四年以前，全部停止運轉』之條文」。由於核一、核二和核三廠將於近期服役屆滿，以核養綠公投的目的就在於讓已進行封存作業的核能四廠起死回生。但以核養綠公投沒有說的是：如果核四要順利運轉，至少要追加 478 億預算，並至少耗時五年，在這一段期間內對台灣能源短缺的問題完全使不上力。如果是這樣，您還贊成重啟核四嗎？（註：核四建廠執照已經於 2021 年到期，若要重啟核四，所有程序必須重來，包含安全分析）

評估核四之前須考量的問題：獨立核安管制機關

台灣有獨立不受政治干擾的核安管制機關嗎？台灣核能界的主要參與者，從原能會、台電、核研所，都是清華大學出身的人，形同球員兼裁判，很難獨立監督。都是由清華背景做研究、清華研究員幫台電送審、最後也是清華教授在原能會審核。

美國又怎麼進行核安管制呢？美國聯邦政府底下有一個核能管理委員會（NRC），由總統提名五名委員，並且任命案需經由參議院同意同時，並且委員的任期跟總統任期錯開。所有有關於核反應爐、核材料和核廢料的重要監管政策都需要由委員會批准。

核四與核一、二、三有什麼不同？

核能一、二、三廠由單一廠商統包設計施工，而且廠商已有營運經驗，使用的設計圖來自國外已經商業運轉的核能電廠。然而核四由台電分包，使用的設計圖沒有前例，很多來自台電自己的創意，設計使用的概念和技術卻一點也不新。台電 1999 年 3 月拿到建照，設計是 25 年前的設計，蓋了 20 年。而且核四兩個原子爐是不同廠商製造，運轉維護方式將會有差異不會完全一樣。

換言之，說核四廠是拼裝車完全不為過。核四完全由台電自行設計建造，核四的關鍵標案廠商，到目前都不敢出面為自己提供的設備背書。2011 年原能會副主委謝得志在立法院拍桌就與核四有關。謝得志的專長是儀控，然而核能四廠打破前例使用全數位儀控，而且由台電自行設計。核四發生過兩次嚴重的火災，都發生在數位控制室。

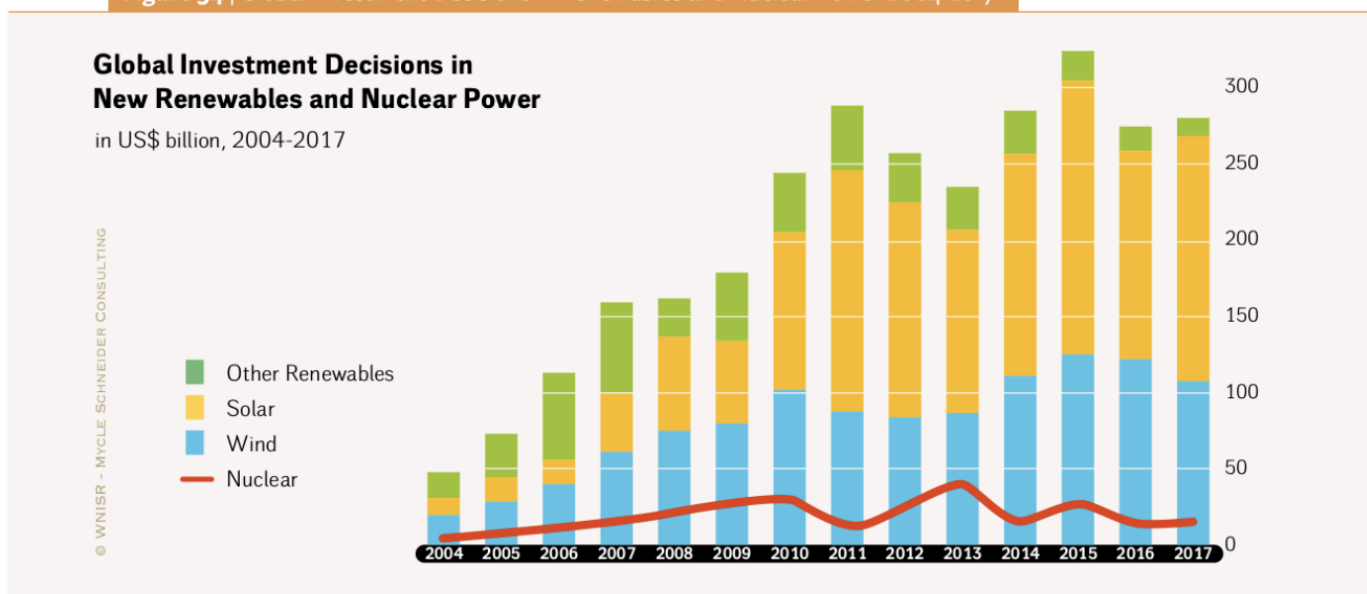
核四 40 年的運轉維護，誰能承擔？台電曾發文給奇異公司，說若重建願不願意來承攬工程？奇異公司回覆說已經解散核能部門了。此外，興建核三廠的西屋公司核電部門也倒閉了。

核能工業已經是夕陽工業

目前全球仍在興建的核能電廠，一座在中國、一座在巴基斯坦（中資與中國承包商），如果仍想建核電廠，意味著要跟中國買技術。全球預定 2065 年達成非核地球的目標，核能已經是夕陽工業了。目前全世界的投資在再生能源的比重是核電的 20 倍。中國的核能發電比重只有 5%。福島核災的事主東電公司目前大力發展離岸風電。日本 Toshiba 公司的核能部門非常虧錢，只好賣半導體部門平衡虧損。全球再生能源投資第一名是中國。歐洲兩大電力輸出國，一個是法國一個是德國。德國廢核以後雖然電價上漲但電力沒有不足。

全世界的風能、光能容量、發電量，都已經遠遠超過核能。所有核廢料的處理成本需要考慮進去。核能的發電成本持續提高，其餘風能、光能成本都在逐漸降低。台灣目前風能和太陽能的容量率都超過核能。尖峰用電時期，太陽能發電可以抵掉兩座核電廠。有沒有核電跟缺電沒有關係。

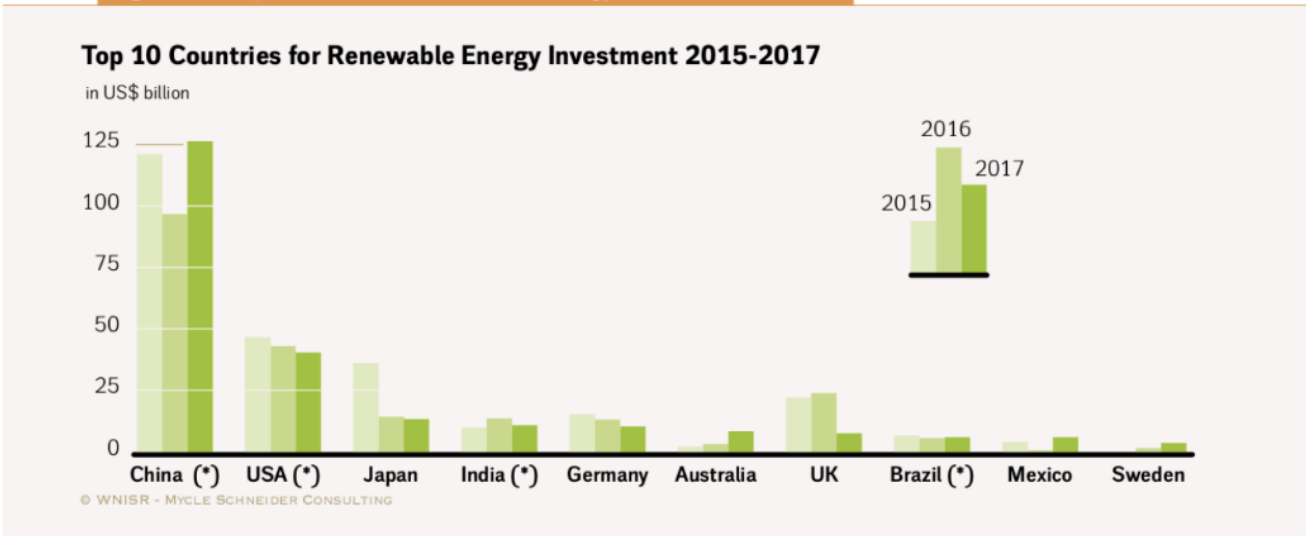
Figure 34 | Global Investment Decisions in Renewables and Nuclear Power 2004-2017



Source: FS-UNEP/BNEF 2018 and WNISR Original Research

（附圖：全球歷年投資風能、太陽能等產業之額度遠遠超過投資核能產業，證明核能已經是夕陽產業。）

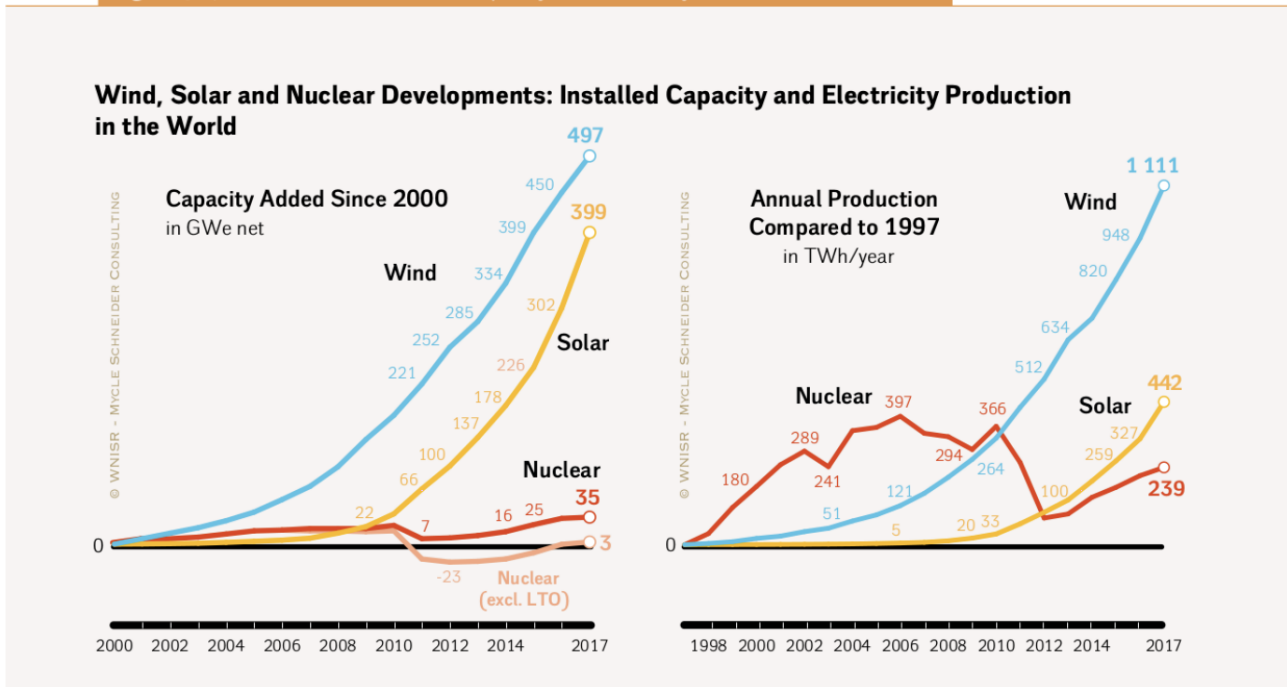
Figure 36 | Top 10 Countries for Renewable Energy Investment 2014-2017



Source: FS-UNEP/BNEF 2018, 2017, 2016

(附圖：中國雖然持續興建核能發電廠，但其再生能源投資比例卻也居各國之首。)

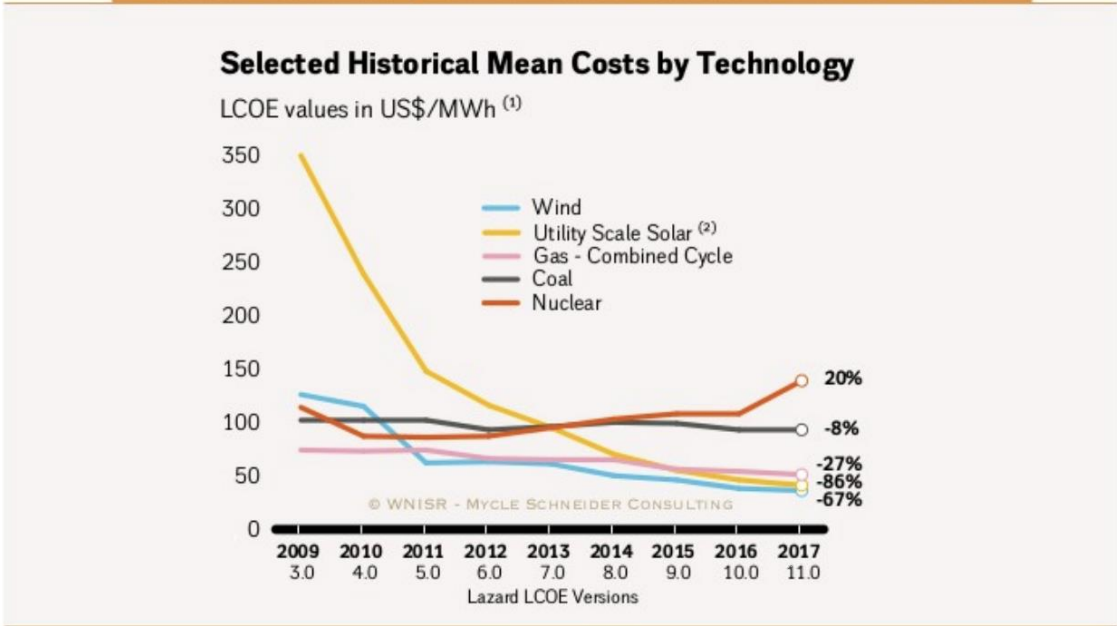
Figure 38 | Wind, Solar and Nuclear Capacity and Electricity Production in the World



Sources: WNISR, IAEA-PRIS, BP Statistical Review, 2018

(附圖：與大約 20 年前相比，風能與太陽能的發電容量和年發電總量皆已經遠超越核能。)

Figure 37 | The Declining Costs of Renewables vs. Traditional Power Sources



Source: Lazard Estimates, 2017⁷³

Notes

LCOE = Levelized Cost of Energy

(附圖：核能發電的成本高於風能和太陽能，亦高於天然氣或燃煤發電。)

核四廠使用的地質資料源自於 1975 年的調查。當時並未考量新店斷層對核電廠安全的影響。核能四廠長達 20 年的施工過程中甚至還發生過 921 地震，地震之後的地質研究資料和建築安全標準都與先前大大不同，按照地震後的地質和法規條件，核四廠根本不應該核發建照。



(左圖：核四廠以及其他三座核能發電廠興建的時候，許多斷層尚未被探勘、發現。)

總結台灣用電的問題根源，仍是台灣的工業電價太便宜，導致產業轉型不成功，因為只會吸引高污染產業。台灣應該應推動智慧電表，並調整供電價格逼產業轉型。

(摘要彙整：林謙 助理)

核廢是寶的迷思？

摘自 2020 年 9 月 29 日台灣民眾黨政策智庫諮詢會議

講者：賀立維 美國愛荷華州立大學核子工程博士、美國加州大學柏克萊分校博士後研究員

核廢是寶的迷思？

核廢料是貽害子孫的世紀之毒，不是寶。許多核能發電廠產生的放射性元素的半衰期長達數十年至數萬年，需要耗費許多時間、土地和資金加以妥善處理，且過程充滿風險。

核廢分三種：使用過的核燃料、核電廠管路設施、以及核能設施使用過的相關用品（如核能設施工作人員使用的衣服、口罩和拖把等）。全世界大部分使用核能的國家處置核廢料的最終方案都是設法深層掩埋，然而實際上卻仍是問題重重，因為找到妥善的土地與安全的技術不容易、耗費資金過高，不然就是面臨社會的反彈。

Fission products 分裂產物	Half life 半衰期	radioactivity (Curie-gram) 輻射劑量
Mo-99	66.7 hrs	474,000
I-131	8 days	123,500
Kr-85	11 yrs	392
Sr-90	28 yrs	141
Cs-137	30 yrs	86.4
Am-243	7370 yrs	0.2
Pu-239	24400 yrs	0.0613
U-235	700 m yrs	0.00000241
U-238	4.5 b yrs	0.000000334

（表為核能電廠各種核廢料的半衰期時間長度。）

台灣目前的使用過高階核廢料都儲存在核一、二、三廠內的爐心與使用過燃料池，其它包含原能會核研所和蘭嶼廢棄物儲存場（低階核廢料）。然而核一、二廠可供儲存使用過的燃料棒的空間已經爆滿，核三廠預計於 2025 年也將全滿。於是國家監督核安的原能會，其屬下的核研所卻去承包台電核一廠的使用過核燃料的乾式儲存工程，偏偏核研所自己所內研究用反應爐的乾式儲存場就連續爆炸過 7 次，最後一次還發生過氫氣燃燒發生火災而造成大漢溪畔 2.3 公頃土地遭受核污染的事件。此事不但有球員兼裁判的問題，還造成人民對原能會角色的質疑。此外至目前為止，此工程一直無法得到新北市政府的水土保持執照，而使核一廠的高階核廢料只能貯存在爐心內以及燃料池內。

早年美國原本要賣台灣核電廠，並承諾將核廢料運回美國，但後來美國也不願處理。

台電在 2002 年承諾存放於蘭嶼的十萬桶低階核廢料於 2016 年底全部遷出，但至今卻原封不動的躺在原地而跳票。核一廠共有六千多束使用過的燃料束，每束有 91 根燃料棒，因此這些六十多萬支的高階核廢料仍留在爐心與燃料池中，每支燃料棒的輻射強度要比蘭嶼十萬餘桶的低階核廢還要高。核廢料運不出核電廠、運不出台灣，最後要怎麼辦？核電專家只有告訴人民，核廢處理一點問題都沒有，他們心裡想的是「您退休、我退休、核電主管都退休，留給子孫煩惱吧！」



暫存位址 / 現存桶數(每桶55加侖) ☢
(統計至2016年1月)



(附圖：台灣遲遲找不到最終儲存場的場址，除了蘭嶼廢棄物儲存場儲存低階核廢料以外，大部分的核廢料都儲存在核電廠內，已經快容納不下。)

結論只有一個：核廢料是一種貽害無窮、貽害子孫、遺害萬年的世紀之毒，絕不是寶。這些宣稱核廢可以放在他家、核廢是寶的專家學者們的良知何在？

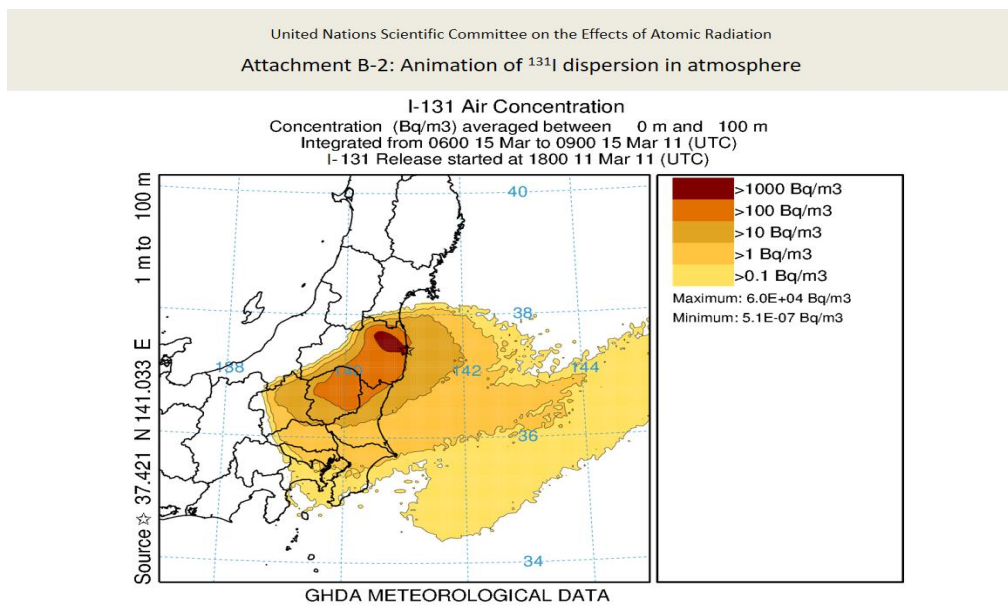
(摘要彙整：林謙 助理)

核去核從：福島之後， 台灣可以從日本經驗學到什麼？

摘自 2020 年 9 月 29 日政策智庫諮詢會議
講者：崔愷欣 綠色公民行動聯盟秘書長

災區除污不等於沒有輻射污染

2011 年 3 月 11 日，因東日本大震災而發生的福島第一核電廠事故，造成大量放射性物質外洩，使東日本地區遭受汙染。初期外洩的放射性物質之中，據估計銫 137 的量達到 6 千兆至 3 萬 7 千兆貝克，為廣島原子彈爆炸的 60 倍左右。福島雖然因為位處西風帶，大半的放射性物質都被吹往海邊，但部分放射性物質還是被帶到內陸地區，通過飯館村、伊達市、福島市、郡山市等地，降雨或降雪之後就沉積在土壤，因而造成長期性的汙染。



(附圖顯示輻射污染暨擴散到海洋也向內陸擴散。)

至今，福島及周遭行政區域整體來說空間劑量降低了，但土壤中的放射性銫的濃度，到現在仍高。換言之，避難指示解除，宣布人可以回去的地方，雖經過除汙，但並不代表已經沒有輻射汙染。

所謂的「除汙」是日本政府為了降低空間劑量，所進行的刨除表土、沖刷屋頂、雨溝等工作。但是在輻射汙染的重災區，成效有限。因為核電廠外洩的放射性物質不是只停留在居家，也飛散到森林、原野。除汙的確會降低若干劑量，但風一吹，它又會飄到居家等處，屆時居家附近的劑量又會再回復。簡言之，「除汙」不可能完全消除汙染，多半只是移動汙染源而已，且作業所產出的含有放射性物質的廢棄物，其後續處理也是一個問題。日本環境省還建議把除汙土「重新利用」於公共事業，例如鋪路等，然而已經引起爭議。

日本原子能學會彙總報告以 1 至 3 號機組熔落核燃料（燃料碎片）全部取出為起點，按照是否撤除所有設施和廢棄物、是否等待放射性物質減少，探討了 4 種情況。取出燃料碎片計劃在 2021 年從 2 號機組開始，但結束時間未定。東京電力福島第一核電站完成反應堆報廢作業、廠區土地恢復利用為止，最短也需要 100 年以上時間。需要花費超過 100 年的最大原因在於，處理和撤除受汙染土壤和地下水等「廠區土地修復」需要花費時間。撤除廠房和設備後，若立即著手修復則將產生大量放射性廢棄物，與全部 6 座反應堆報廢相加將達到約 780 萬噸，也存在輻射量較高、難以開展作業的擔憂。在等待輻射量下降於數十年後啟動作業、或是留下部分地下設施和土壤等的情況下，廢棄物雖有減少，但到土地恢復利用需要一百數十年至數百年時間。

福島核災後，東京電力公司採用多核種去除設備（ALPS）系統進行污水處理，但至今在 89 萬公噸已處理且儲存於 1000 多個儲存桶的污水中，仍有高達 80%（75 萬公噸）的放射性物質濃度超出官方容許排放到海裡的標準，其中 6.5 萬公噸污水中的「鈾-90」濃度超出安全標準 100 倍，部分儲存桶甚至出現超標二萬倍的情況。資料更顯示，東京電力公司至少五年前便已發現 ALPS 系統除汙的計畫不如預期，卻隱瞞至 2018 年 9 月才公開承認此結果。

日本政府和東京電力公司過去宣稱可在 2020 年解決福島輻射污水危機，一直都是不切實際的目標。福島核污水的問題何時能解，目前還沒有答案，眼下能做的，只能先將核污水長期封存於鋼桶中至少到下個世紀，同時發展輻射污水處理科技，以期未來能有解方。

東京電力公司規劃將處理過的污水排放至太平洋，然而此舉將對生態與漁業造成難以估計的傷害，國際呼籲日本政府應放棄把輻射污水排放至海洋中的計畫。

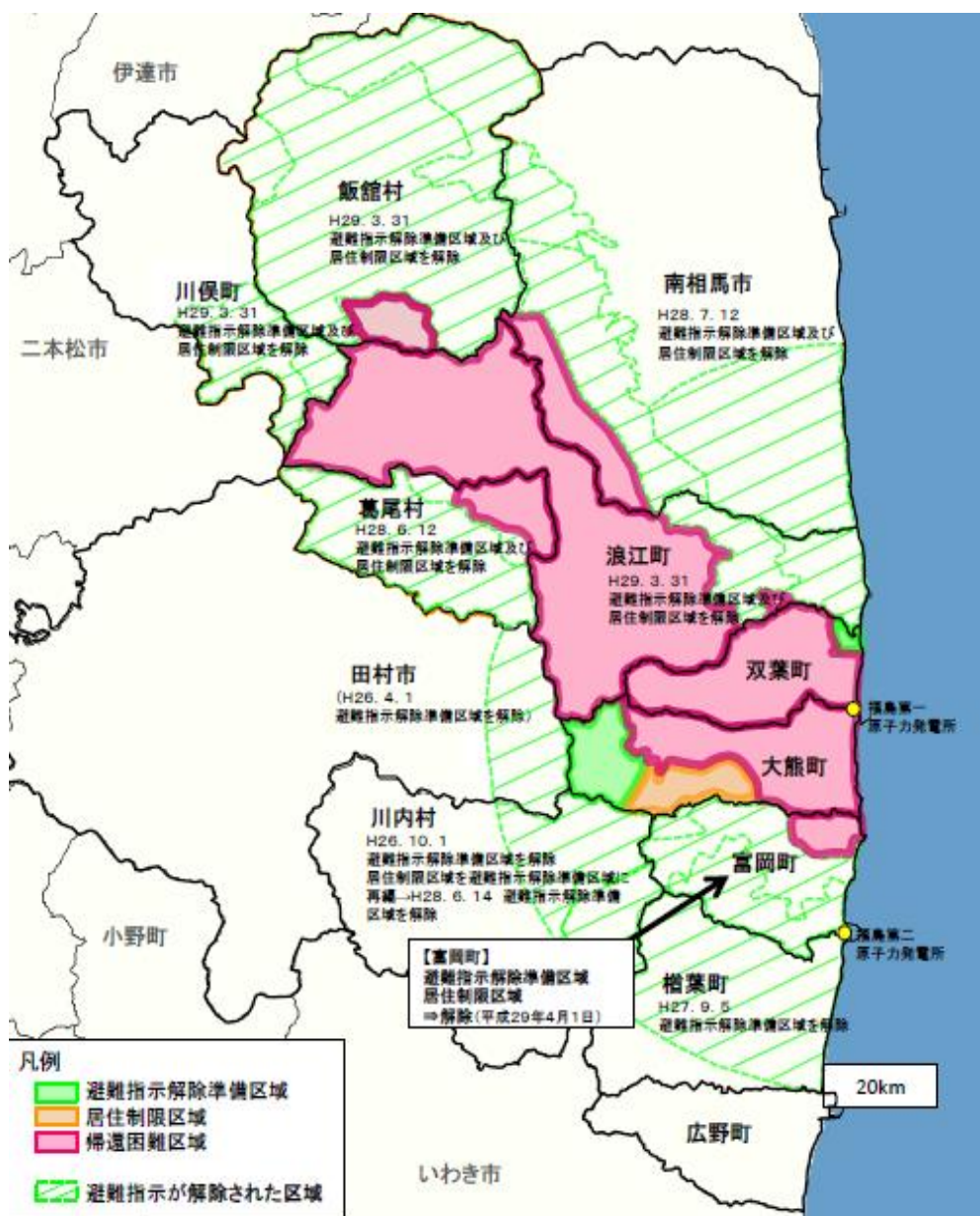
即將面臨的是處理水問題。在第一核電站熔落核燃料（燃料碎片）注水等導致污水持續增加，即便通過淨化設備使之變成處理水，也無法去除放射性物質氚。稀釋後排放入海的處理方法雖被看好，但政府擔心形象受損的漁業相關人士等強烈反對。韓國也表示反對，此事成為外交問題。

災區避難指示解除，居民仍回不了家

居民之所以要撤離，並非因為「爆炸」這種瞬間而立即的傷害。放射性物質會隨著時間衰減，但就因為它看不見、摸不著，且對身體的影響還有很多未知，所以 311 事件之後以關

東或東北地區為主的民眾，被迫過著一種日以繼夜在意輻射值的緊張生活，許多不住在政府下達的避難指示區內的民眾也紛紛「自主避難」。這是一場長期抗戰，民間也因此出現許多市民檢測所，針對空氣、土壤以及食物等，進行長期監測。

居民對返鄉卻步的主要原因在於，政府解除避難指示的標準（20 毫西弗/年）太鬆。ICRP 建議的年受曝限度為 1 毫西弗，日本的原子爐管制法等相關法令都以此為基準下去設定，且日本法令也規定(5 毫西弗/年)的區域為放射線管理區域，禁止一般人，尤其是未滿 18 歲者進入，並施以嚴格的放射線管理。但災後，竟以 20 毫西弗以下為解除避難指示的基準。當避難指示解除，原本被強制避難者，如果選擇不回去，也將變成自主避難者，這個數字在統計上將難以看到，而且他們多半面臨貧窮與被人群孤立的問題。



(附圖：日本政府公布的避難範圍逐漸縮小，但不代表居民就可以放心的回到原居住地過著原本的生活。)

核能事故帶來的是一連串持續的災害，這一些災害包括：居民因為長期離鄉避難之故，多數生活困窘貧窮，尤其是原本從事農業活動者。即使選擇返鄉，仍必須面對嚴峻的現實，包括輻射污染物質持續擴散、污染水持續增加、污染廢土的處理遙遙無期。核能事故產生的放射性不只影響生理機能的健全，更包含因擔憂健康問題導致精神健康受損。

至 2018 年 3 月止，已有 2222 名死者被福島縣政府認定為「核災關聯死」，意指因避難或長期的避難生活而身體狀況惡化或過度疲累所導致的間接性死亡。

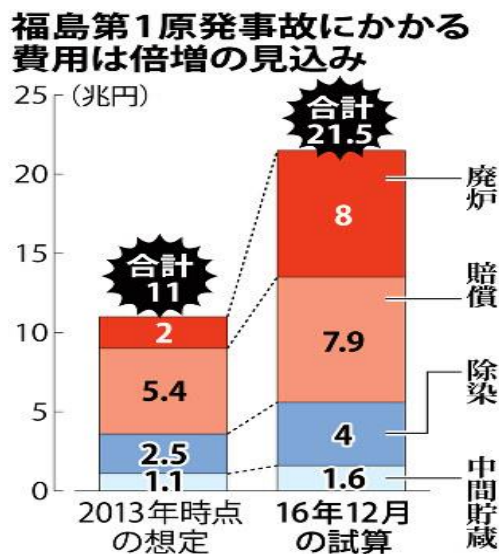
核災善後費用龐大

2016 年 12 月，經濟產業省設置的「東京電力改革/福島第一核電廠問題委員會」，對外公布福島核災相關的賠償、除役、除汙等處理費用將達到 21.5 兆日圓。

2017 年 3 月，日本權威智庫「日本經濟研究中心」就發表了一篇報告，指出福島核災處理費恐攀升到 50 兆至 70 兆日元。主要是官方還沒把輻射污染土的最終處理費，及爐心熔毀的福島第一核電廠 1 至 3 號機和輻射污水的處理費算進去。因為該單位屬保守派智庫，用的和經產省一樣的試算模式，所以發布後引發不小的震撼與漣漪。

要注意的是，官方自己也上調了估算值。福島第一核電廠的除役不知何時才會結束，上述資訊傳達的訊息是，目前所掌握的代價僅是冰山一角；官方若再修正往上估算，一點也不讓人意外。

福島核災善後時程遙遙無期，除汙處理經費也節節升高。截至 2017 年，這場災難造成的損失高達 6 兆 4 千億美金，日本政府 2016 年預估，福島核災的總花費恐超過 1930 億美金，事實上這可能是嚴重低估。依照日本經濟研究院（JIER）2017 年的估算，福島核災未來從除役、除汙到補償的總花費，恐落在 4490 至 6280 億美金之間，福島核災將成為人類史上最昂貴的一次工業災難。



(根據日本民間智庫試算，福島第一核電廠的廢爐成本只增不減。)

日本可能「重啟核電」嗎？

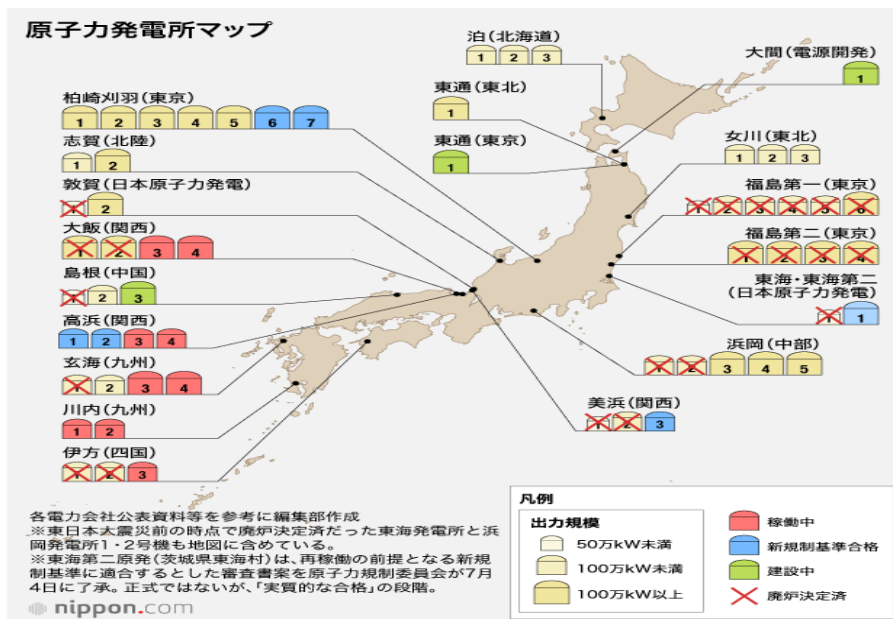
此外，2019年2月橫濱地方法院勒令政府及東京電力公司支付4億1960萬日圓（新台幣1億1708萬元）給152名被迫逃離家園的居民。去年3月，日本西部的京都地方法院裁定政府和東京電力公司有責，需賠償110名居民1億1000萬日圓。然而，東京附近的千葉地方法院2017年9月也對類似案件作出判決，僅認定東京電力公司需負起賠償責任。災難發生後，約1萬2000名懼怕輻射外洩而逃離家園的民眾，先後向政府和東京電力公司提出多項訴訟。

東京電力公司福島第一核電站事故發生後，日本核電政策在加強管制和國民質疑核能的背景下停滯不前。重啟進展不盡如人意，處置第一核電站繼續積存的處理水，以及高放射性廢棄物(核垃圾)最終處理場選定工作持續推遲。

前首相安倍晉三轉變了民主黨政府提出的「零核電」方針。在2014年修訂能源基本計劃時宣佈了將核電作為「重要的基荷電源」，2018年再次修訂時也維持了該方針。不過現實情況是受審查長期化以及安全對策工程推遲影響，重啟的僅限於5座核電站9個機組。老化核電機組接連報廢，從核電乏燃料取出鈾進行再利用的核燃料循環政策也窮途末路，在這樣的現狀下菅義偉政府將以何種的姿態應對備受關注。

安倍首相在2012年年底再次就任首相後，基於核電產業的遊說與自身黨派的利益，就一直主張要大幅重啟核電，但核災後因為社會的不信任，日本核電管制機關也被要求從原本的經產省獨立出來，成為現在的原子規制委員會（NRA）獨立機構，對核電運轉提出更高標準的管制審查要求。同時，各地的公民也從地震、火山風險和其他安全因素提出公民訴訟，阻止各地機組再啟動，也使得部分機組自認無法通過新標準的審查，或運轉利潤不敷成本而直接宣布除役。

在這幾個具體因素下，安倍政府想要大幅重啟核電的宣誓在經過了數年後，目前也只有9座機組通過原子規制委員會的審查並運轉（其中一座遭遇訴訟假處分停轉中），不到核災前的五分之一，但已經除役與確定將要進入除役的共有22座機組。



(附圖為日本全國核能發電廠之營運現況。)

核能產業的前景

今年出版的世界核能產業現狀報告顯示，去年啟用的核能發電廠分別是俄國3座、中國大陸2座及南韓1座，發電量為2兆6570億度，較上年增加3.7%。今年上半年沒有核電廠啟動，法國、德國和美國等國去年決定關閉的核電廠有5座，今年上半年為3座。法國、日本和英國等研究團隊日前報告稱，全球可再生能源發電量在去年首次超越核電核電。太陽能和風力發電增加，但核能因先進國家反應爐相繼報廢而明顯停滯，僅略超過去年發電量。

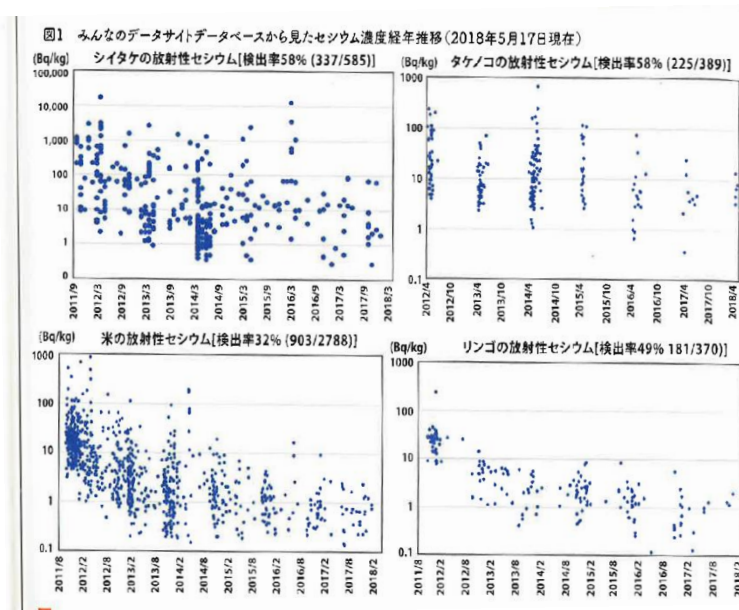
不包含大型水力發電的可再生能源發電量在去年增至2兆8060億度。風力增加12.6%，太陽能增加24.3%。報告指出，從發電成本看，核電每度電需花費15.5分美元（約台幣4.5元），而太陽能和風力則低至4分美元（約台幣1.1元）。

報告還稱，涉及放射性物質發電的核能與其他發電方式相比，新冠肺炎疫情蔓延導致核電廠相關設備檢查延遲對安全性影響更大。

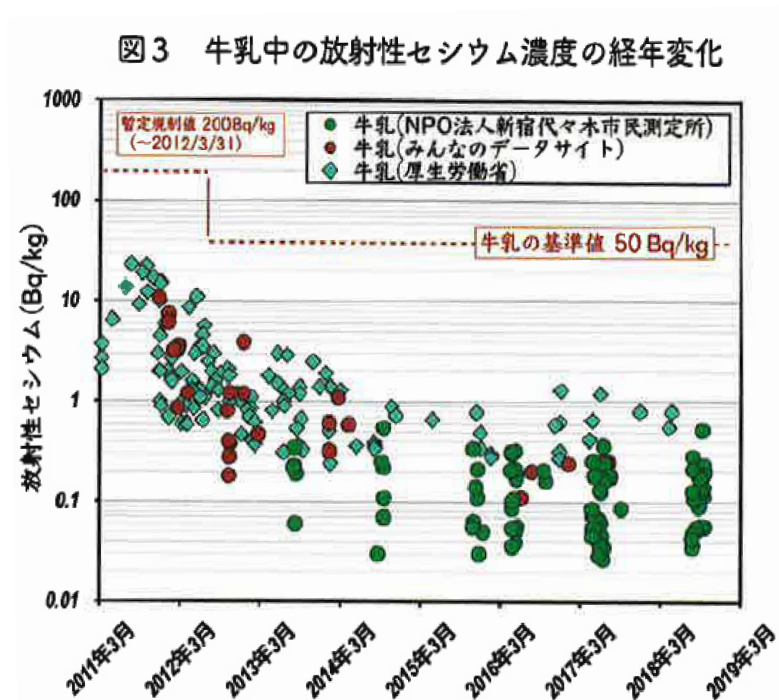
311事件後日本停止興建核電廠，試圖透過海外出口維持產業利益，但2019年1月，日立與英國合作核電廠興建計畫宣告失敗，日本政府和三菱重工也被迫放棄在土耳其的核電建設項目。全球的核電站建設費用大幅膨脹。日本企業在越南和立陶宛的核電站新建項目也相繼被撤銷和停止。

日本食品是否安全？

整體來說，輻射污染的水準持續下降中。市場流通的蔬菜、白米等都在標準範圍內，但糙米相對較高。野菜、菇類、野生動物（熊、山豬、鹿等）雖然持續下降，但仍顯現較高數值。隨著時間推移，魚類已逐漸低於標準值，不過淡水魚仍有超出標準的案例^[1]。



(附圖由左上至右下分別為香菇、竹筍、白米和蘋果之輻射銫檢測量，由此可見輻射量逐年遞減。)



(附圖為牛奶中含有輻射銫濃度歷年變化，由此可見輻射含量逐年遞減。)

政策建議：從地區管制走向高風險品項管制

台灣目前針對日本進口食品採地區管制，但仍有漏洞，應改為高風險品項管制。面對日本進口食品中可能有的輻射污染，政府在沒有解決目前管制上的問題之前，不應以社會大眾的健康為代價來回應日本的施壓，草率調整管制措施，以下為綠色公民行動聯盟認為現行管制應該加強的主張：

1. 進口維持雙證明並增加輻射數值標示

台灣自 2015 年 5 月爭取到日本進口食品必須檢附輻射檢驗證明及官方產地證明，雙證明是日方提供的保障，輔以我國的邊境輻射檢驗，能夠達到雙重的把關效果，因此雙證明必須維持。此外，為增進消費者知情權，消費者除了可從產品標示上辨認產地之外，也應可從標示上得知該產品之逐批輻射檢驗結果，包括驗出數值與檢驗極限值，政府應規範日本進口食品需在標示上讓消費者能夠獲知上述資訊，得以判斷選擇。

2. 加工食品應加強檢驗，風險再分級

過去民眾擔憂來自福島五縣的輻射污染食品可能會在日本其他地區進行加工後輸出到台灣，而台灣對於日本進口加工食品的檢驗率始終只有 5 到 6%，檢驗頻率相對逐批查驗的食品較低，然而加工食品又是進口食品中的大宗，占了九成以上，過低的檢驗頻率引起民眾擔憂。此外，較接近農產品原型，僅經簡單加工的農水產加工食品（如：鮭魚薄片、油漬沙丁魚），未必能經由加工過程減少輻射量，其輻射風險令人憂慮，為使民眾對加工食品的把關更能安心，加工食品的邊境檢驗強度應該加強，並且依風險做分級管理。

3. 簽訂台日合作備忘錄，確立共同釐清風險機制

目前台灣社會對於日本食品生產與環境的源頭風險仍存有諸多疑慮，我們認為台灣不應僅仰賴日本的歷年輻射檢驗資料做風險管理的判斷，台日雙方應該要建立合作機制，確立雙方在食品風險資訊交流合作的方式，應允許台灣能夠由政府、民間團體與專家學者共同參與，到日本針對風險有疑慮的部分進行訪查與檢驗，以獲得更直接的資訊，協助釐清風險。2016 年 12 月 25 日政府召開之座談會四點共同結論中明列：「關於台灣派遣專家前往日本檢測問題，政府將提出檢測清單，與民間共同討論，並依日韓合作原則與日方協商比照辦理。」，政府應落實上述承諾。

4. 應納管其他國家高風險食品，維持進口食品不檢出輻射之承諾

近日有歐洲地區部分進口食品輻射超標之問題，更證實了高風險食品並非限於特定地區，進口食品可能受輻射污染的問題應該檢討，納管其他國家可能的高風險食品。目前政府面對日本進口食品微量驗出輻射，都是要求廠商退關或銷毀。政府未來應滾動式且定期檢討進口食品管理機制，並維持食品輻射檢測不檢出，堅守此項承諾，進口食品即使只是微量驗出人工核種都必須退關或銷毀，避免國人接受到額外的輻射暴露量。

5. 協助地方政府、學術單位及民間成立輻射檢驗機制

目前我國輻射檢驗機制都在原能會核研所、清大或台電，而上述單位在輻射議題受到不少立場公正性的質疑，為使民眾有食品輻射污染疑慮時有其他單位可送驗，以及增加輻射檢驗的可近性，政府應協助地方政府、學術單位或民間設置輻射檢驗機制與設備。

6. 呼籲國內業者及進口商應自主管理 共同守護台灣國人健康

食品安全並非只依靠政府把關即可萬無一失，日本有許多零售通路業者對其商品進行自主管理及資訊揭露，包括制定較諸國家標準更嚴格的販售商品輻射檢驗基準，或是於架上或標示揭露其產品的檢驗數值與檢驗極限值，讓消費者自行判斷選擇，我們呼籲國內進口商、販售日本食品及使用日本進口食材的業者，亦可仿效上述做法，負起業者自主管理的責任，保護自己的消費者，共同維護國人的健康。

[1]

國際標準 (CODEX) 針對碘 131 為 100 貝克/公斤，銫 134+137 為 1000 貝克/公斤。日本食品輸入時，應符合《食品中原子塵或放射能污染容許量標準》(碘 131 乳品在嬰兒食品為 55 貝克/公斤，其他食品為 100 貝克/公斤；銫 134 與銫 137 總和在所有食品為 100 貝克/公斤；乳品及嬰兒食品為 50 貝克/公斤；飲料及包裝水訂為 10 貝克/公斤)。輸臺食品應符合我國標準，始得輸入。

而我國之管理較世界多數國家嚴格。我國對福島、群馬、壱木、茨城與千葉等五縣採「所有」食品暫停輸入，世界上僅有中國大陸亦針對福島等 10 縣地區「所有」食品暫停輸入。其他國家只有針對部分產品管制，而非對「所有」產品；此外，我國對五縣以外各地區 9 大類食品採逐批查驗檢測輻射，在邊境檢驗合格才可以輸入。

衛生福利部亦委託台灣大學毒理學研究所副教授姜至剛團隊執行《108 年度日本食品檢驗與調查研究》，結論為不論是日本輸入還是實際前往福島、群馬、壱木、茨城與千葉等五縣進行採樣，碘-131、銫-134、銫-137 皆符合我國標準。

(摘要彙整：林謙 助理)

台灣新綠色能源-小水力的發展建言與展望

摘自 2020 年 11 月 24 日政策智庫諮詢會議
 講者：賴融毅 同德綠能股份有限公司籌備處

台灣綠能政策及水利推展現況

現今台灣綠能政策主要以蔡總統推動的「五加二產業創新計畫」，此政策目的為加速台灣產業升級，由行政院推動。政府希望在 2025 年以前綠能占比能達到 20%，而現今小水力發電則是作為政策的背景綠能之一。根據統計，目前台灣再生能源產業仍以太陽光電為主，水力排名第二，慣常水力約為 2089MW，未來尚有 111MW 可進行開發。而小水力仍然還處於初期發展階段，並未在此排行榜上。

再生能源售電可選擇方式

目前小水力所發電的電力在 2020 年每度的價格約為 2.86 元，價格取自於躉購費率；躉購費率為每年再生能源條例裡所公告的綠能收購費率。政府因應綠能憑證，因此可以出售綠電給各個科技大廠使用。但目前台電賣給廠商使用的價格約為 3 - 4.2 元，平均估計約為 3.5 元，價格過低，難以發展。而未來可能有綠電競標出現的可能性，不過目前經濟部仍然在研擬當中。

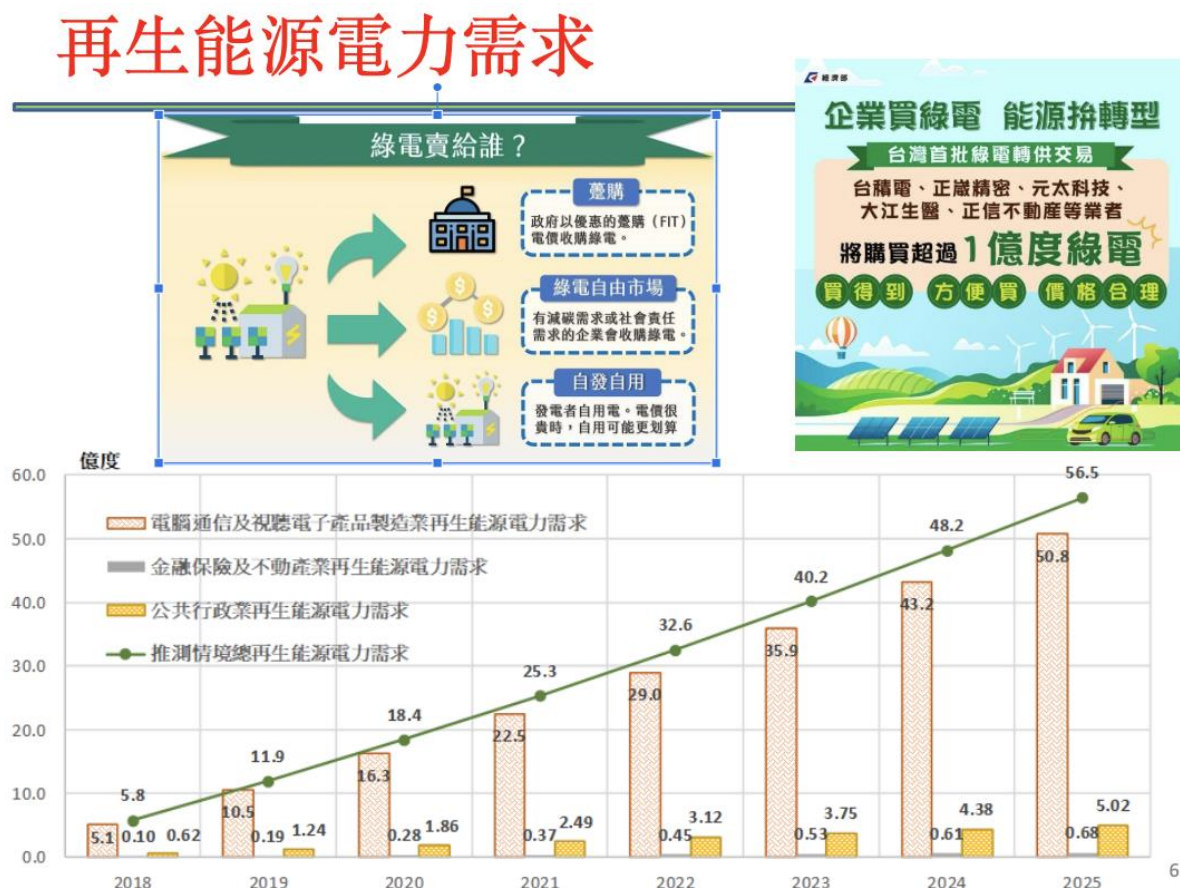
各類再生能源裝置目標				
	2015	2016	2020	2025
太陽光電	842	1,342	8,776	20,000
陸域風力	647	747	1,200	1,200
離岸風力	0	8	520	3,000
地熱能	0	1	150	200
生質能	741	742	768	813
水力	2,089	2,089	2,100	2,150

製圖:MoneyDJ.com

圖為台灣目前各類再生能源裝置目標，單位為 MW

再生能源電力需求

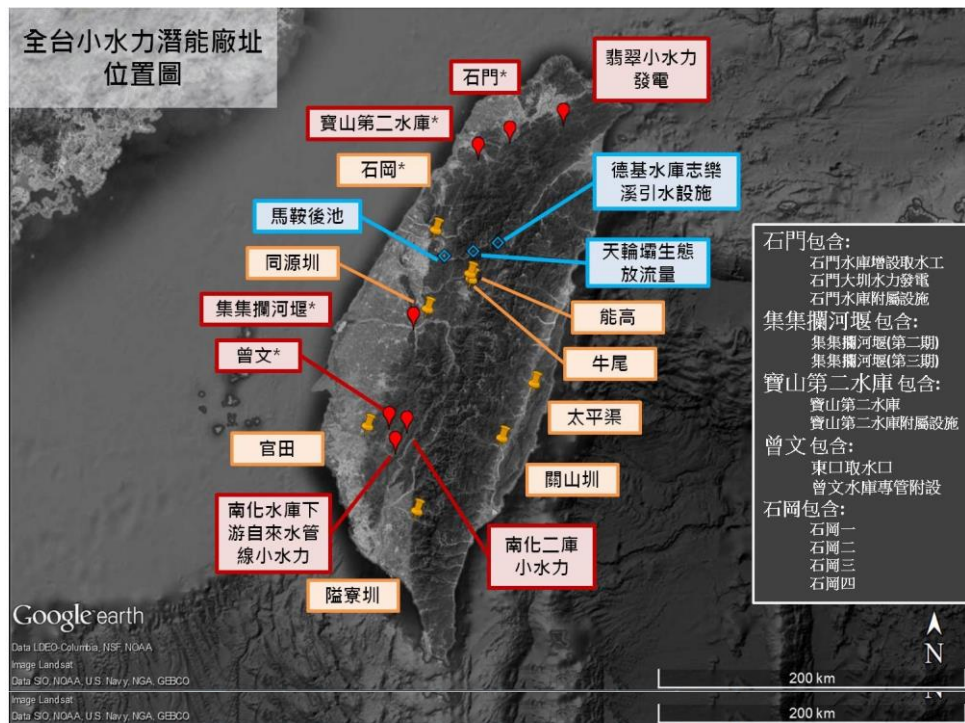
再生能源需求逐年提高，許多企業大廠大量購買綠電。未來整體綠電需求將會快速增加，綠能供應可能不夠。因此，我國政府目前大力推展綠電產業，希望補足未來可能不夠的供應量。



圖為再生能源電力需求統計

台灣小水力潛能規模

根據農委會 2010 年估計約 100KW 以下規模，56 條灌圳潛勢容量共 19MW。而台電於 2017 年調查(大於 100KW)小水力潛能廠址的總共容量約有 26.5MW。此外，根據水利署資料，台灣灌渠設施有 45MW 以上潛能的河川，小水力之潛能高達 412MW 以上。如果未來政府修訂再生能源發展條例，使川流範圍不再被侷限，未來將有更多小水力場址。國內小水力潛能和市場至少約有 100MW，保守初估國內每年 16 - 20 億元的發電收益。

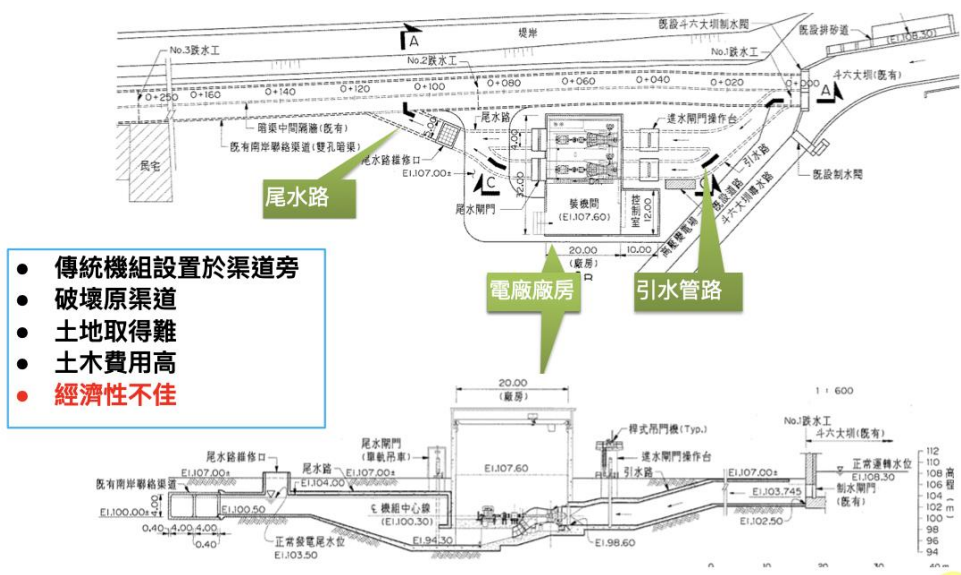


全台小水利潛能廠址位置圖

傳統小水力發電機組渠道小水力缺點

土地取得困難，因為周圍多為稻田，土地價格昂貴。同時，建設機組時有可能破壞原渠道模樣。而土木費用在此地勢建設費用較高。最終，造成了整體傳統機組建設經濟性不佳的問題。

傳統機組於渠道小水力(低落差、大流量)遭遇問題



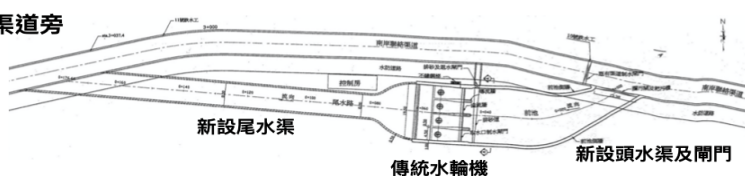
圖為水力發電機組俯視圖

解決方法：川渠水輪機設置渠道內

優點為，土木花費少，建設在水利用地，克服土地問題。投資費用為傳統機組的 20-30%，經濟性優良因為此設備為低水頭、大流量的渠道發電高經濟效益之產品。目前的實驗場只設在花蓮玉里松浦電廠和彰化二水小水力測試計畫。而目前實行的困難在於機組設備貸款困難，資金有限，使得發展此產業上陷入瓶頸。

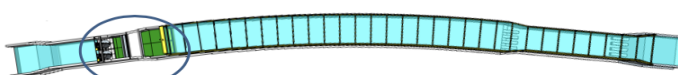
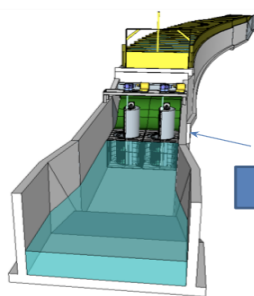
川渠水輪機：解決小水力推展困難痛點

- 傳統機組設置於渠道旁
- 破壞原渠道
- 土地取得難
- 土木費用高
- 經濟性不佳



典型傳統機組小水力電廠配置

改良



- 川渠水輪機直接設於渠道內
- 土木費用少
- 水利用地，用地無問題
- 投資費用只有傳統機組的30%~20%
- 經濟性佳

川渠水輪機組小水力電廠配置

10

川渠水輪機產品簡介

此設備能直接設置於渠道跌水工內的豎軸貫穿流式水輪機。因此不需要破壞原本渠道，也不需要徵收額外的土地造成巨額的花費。並且，此產品能解決渠道的發電問題，使得此設備極具競爭性。此外，此設備噪音小，且不影響附近的河川或是河流生態，因此較不會有環境或是生態影響問題。

小水力優勢和困難

在眾多綠能產業中，小水利為「最綠」的綠能，較無其他綠能產業的外部效應，相較於大水利會影響生態及環境，小水力基本上無這些負面影響。耐用度上，小水力發電設備如果機油妥善設計和製造，將可堪用 30 年以上。而且，小水力發電常能 24 小時連續發電，發電效率可高達 50%。此外，川渠小水力的運轉維護成本較低，不容易損壞。運轉穩定，可連續較高效率進行發電。而目前主要困難為，機組設備的貸款困難，使得小水力在發展和創新上資金不足。

小水力(SHP)發展建言與展望

SHP 經營主體(社區化)：地方及民間單位像是鄉鎮市區公所、農業產銷班、農會、社區發展協會、合作社…等單位可以組成綠能團隊協助經營，或協助此產業的補助推動。而相較於中央政府，地方政府較理解當地狀況，能幫助在地小水力發電的發展。在人才培育上，民間可以試著舉辦小水力發電相關技術的培訓班，增加擁有相關技術的人才，或是推動證照制度，鼓勵人才專研此領域。而能源局可以訂定專責人員制度及專業廠商的認定、請教育部鼓勵大專院校成立能源相關科系和鼓勵民間繼續辦理小水力發電設計競賽。另外，應該利用示範計畫和補助計畫來替代招租方式，鼓勵民間對於小水力發電的投入。且示範和補助計畫也能推動公民電廠的發展。

技術上，政府應該要試圖讓小水力的相關技術本土化，水利署及農田水利署招商時，可以共同研議鼓勵技術本土化的方式。使得未來技術在研發上及取得上，不需要依賴國外技術市場。並且，社區化要同時包含制度化(行政上)和模組化(技術)，在推動 SHP 經營社區化發電時，應該要同步研議如何將行政制度化和技術模組化。而在行政制度化上，應該要朝向簡化流程的方向去辦理，以此提升行政流程效率。而躉購費率未來應該要分級訂定且提高價格並建議仿照日本制度分為五個等級。但根據目前台灣現況，初期可以先暫時分為三個等級。並將最低躉購費率提升到每度 4 元，提升整體產業的未來的發展能力。而初期可以仿照日本建立的鼓勵制度，將有助於推動 SHP 的發展。

未來小水利產業應該採取「產業化聯盟」+「社區化聯盟」的合作模式。由民間來推動社區化聯盟的成立，促進小水力發電社區化的推動。每年舉辦 SHP 社區化研討會，促進此領域上的學術意見交流，並建議政府及民間單位共同促成每年的 SHP 社區化研討會，使得政府和民間在溝通及合作上能有管道且彼此了解各自的發展和政策方向。另外，能源局及科技部可以對於 SHP 研發案給予更多的獎勵或是研究經費，鼓勵此領域的民間企業或是學者在研發相關設備和產業時，能有足夠的資金去運作。建議中央政府提高綠能小水力發電的再生能源占比，於 2025 年達到 9%，將法條鬆綁，使得再生能源發展條例中，小水力的解釋範圍不在侷限於渠道，能包含河川和渠道。

(摘要彙整：王韋傑 助理)

地熱發電國際現況及國內進展

摘自 2020 年 11 月 24 日政策智庫諮詢會議

講者：王守誠 台灣地熱資源發展協會(TGA)秘書長

地熱發電產業目前國際現況

土而其、紐西蘭、肯亞、菲律賓、日本、印尼、冰島和美國等發展快速且日趨成熟。根據 2019 年統計，世界各國地熱發電總量高達 14.6GW，2020 年又再增加 1GW，相當於兩座核能機組，地熱發電已經是國際非常成熟的再生能源技術。



圖為國際地熱資源應用現況

地熱發電的優點

首先，地熱發電可成為基載，運作時能 24 小時無休持續生產，可取代火力發電及核能發電的基載電力功能。而目前火力發電及核能發電仍佔 60% 以上的全國發電總量，但地熱發電的容量因素高，新型地熱發電容量因素為 90% 以上，是太陽能發電容量因素（15-20%）的 6 倍。也就是說，150MW 的地熱發電裝置的總發電量相當於 900MW 太陽能發電裝置。

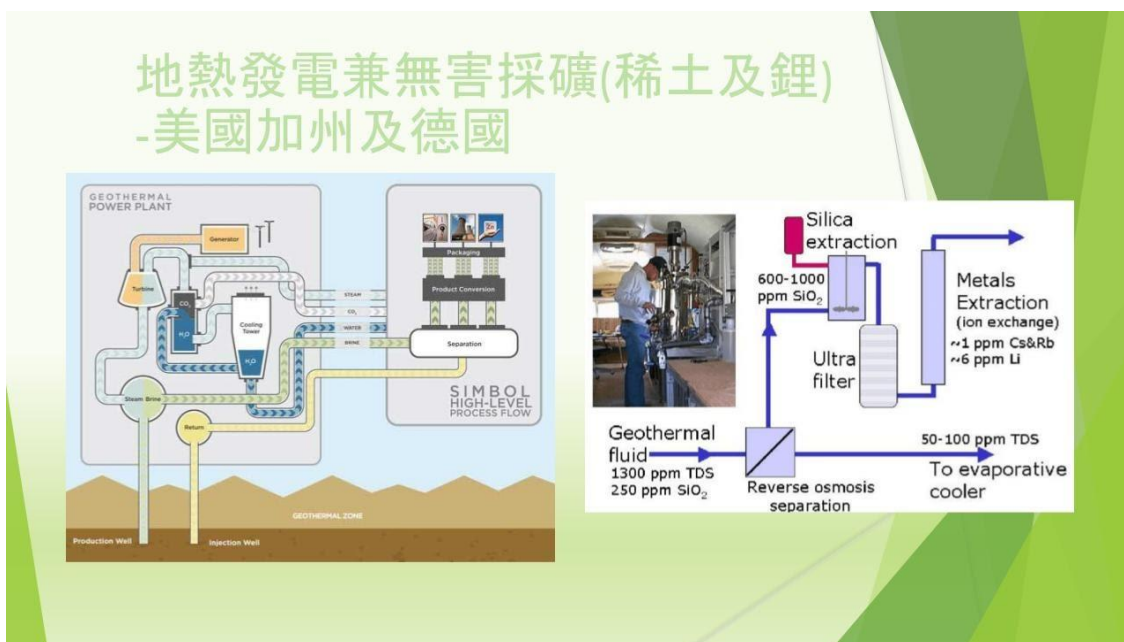
此外，地熱發電的用地面積小，地熱發電佔地（Footprint）小，每公頃地約可設置高達 20MW 的裝置容量（Basosi, 2020），可達到地面型太陽能的 20 倍。如果同時考慮容量因素的差異，一公頃土地，地熱發電量是地面型太陽能的 120 倍。而如果採用 150MW 分散式電廠規劃，保守估計，需要的土地只需要 15 公頃，這樣的面積只能興建 15MW 的太陽能電廠。

另外，地熱發電可以分散式配置在地熱區內的適宜地點，根據聯合國的資料顯示，地熱發電對環境、生態、健康及地景的外部影響是再生能源中最小的 (Green Energy Choices, UNEP 2015) 且對環境極為友善，是紐西蘭的主要電力來源。此外，地熱電廠運轉對於社區相當友善，將使社區可以充分參與此產業，因為發電後的熱水可作為溫泉觀光、農業共生等多種產業循環使用，例如紐西蘭政府以毛利人基金(Māori Trusts)投資民間地熱電廠，促進毛利人參與地熱電廠開發及地熱利用，成為紐西蘭短期內提高再生能源的關鍵。

不僅如此，相較力、水力、核能，電廠開發期動輒 7、8 年乃至 10 餘年；地熱發電開發期較短，規劃得當下 3-5 年即可看到成效。而且，國際上地熱開發技術成熟，只要法規及探勘資料到位，國內及國際合作可期；鑽探工程完成後的發電廠工程，國內技術相對成熟，國產化較容易成功。在資金投入上，相對於規模化發展的離岸風電或火力發電，地熱產業的產業鏈(探勘、鑽井、儲集層管理及發電工程)建置規模較小，使得規模化的資金需求能相對其他綠能產業少。

地熱發電設施在發電以外上的用途

從地熱井取出的熱水可以多元利用：氫氣製造、工業蒸氣利用、住宅建築利用、供應海水淡化廠、溫室農業利用。此外，地熱發電能同時無害採礦，可參考美國加州及德國目前進行的稀土及鋰鹽的提取技術研發計畫。



圖為美國加州及德國在採取稀土及鋰的過程

地熱發電開發兩種發展模式

目前地熱發電從 A 到 Z 的開發模式在國際上主要分為兩種，一種為小規模自主發展的模式(德國模式)，而目前使用此發展模式的國家有比利時、匈牙利和台灣，初期開發規模類似測試廠。另一種為國際投資技術合作的模式(土耳其模式)，國家像是：智利、克羅埃西亞和宏都拉斯，第一步就達到商業規模，有助於縮短產業鏈發展時程。

台灣近期地熱政策的新誘因

現今台灣的探勘資料彙整逐漸公開，由中央地質調查所建立「地熱探勘資料庫」，已經努力在發展中。資料庫是以提供商業規模案場前期參考為目標，將於 2020 年底完成建置。另外，商業電廠重新啟動也將成為一大誘因，目前清水地熱電廠 BOT 已開始發電，2021 年第一季可提升至 4.5MW 地熱發電規模，台灣金崙地熱電廠也即將裝置 0.5MW 的發電設備，預計 2021 年可以達到地熱發電目標的 3.3%，；此外，大屯山地熱 BOT 已進行鑽探階段，將與國際專業團隊合作開發規模 100MW 的地熱電廠群。

2050 年淨零碳排、碳中和已是美日兩國領導人提出的積極目標，對於台灣政府而言，台灣綠能產能的缺口及產業減碳壓力均是必須面對的課題，也成為推動地熱的政策誘因。台灣的「2025 非核家園」政策及台積電等多家公司加入 RE100 聯盟，使得國內對於綠能的需求大量提高，未來地熱產業的發展能幫助國家提升綠能供應量。環評及土地法規的合理化也扮演著地熱發展的重大因素，環保署在 2009-2018 年制定 0.5MW 以上的地熱發電廠都需要列入環評項目，使得地熱發電廠設立過程複雜，直到 2018 年環評修法，使地熱發電廠環評門款放寬至 10MW，民間投資地熱電廠才開始活絡；且都市土地及非都市土地對地熱電廠已大幅放寬使用目的，但政府僅針對太陽能電廠設立專法「太陽能興辦事業計畫」，可容許 2 公頃以下土地作為電廠，其餘電廠興辦事業要達到 10 公頃以上才能申請。

對於政策誘因不足目標落後的現況，民間 NGO 也開始推動地熱產業藍圖，協助產官學界了解地熱產業發展關鍵；目前能源局對於地熱發展目標為 2025 年 200MW，相當於 200~300 億新台幣的投資，需要培養的地球科學、工程專業人才需求超過 300 位。近期民間推動綠能投資的力量才剛進展到地熱能，幫助此產業發展逐漸向目標邁進，但地熱發展需要科學管理法制化，以協助豐富的地熱資源得到足夠的國際投資及合理開發利用。

地熱環境監測與投資風險

1. 誘發地震：近十年瑞典及韓國在鑽井及回注過程中曾引發兩次矚目的地震，導致地熱研發計畫終止，災害性的誘發地震出現在極少地震的地區，當水裂工法(hydro-fracture)或回注過程的流量與壓力超過岩石強度，可能誘發當地已頻臨破裂的斷層。
2. 投資風險：國內從民國 55 年開始進行地熱探勘，但相關資料並未完全收集及公開，對於企業投資而言，找到有確切地熱資源的尋租成本極高，此外國內地熱工程技術還

未有成熟經驗及團隊，在政府相關單位不提供業者擔保的現況下，不易說服銀行以綠能專案融資提供開發計畫所需資金。

3. 社區協力：臺灣百分之九十的地熱區域在原住民區域，但原住民族基本法欠缺可遵行參考的施行細則，若是政府能充分學習紐西蘭經驗，主動參與社區協商及討論合作，對於產業發展將有事半功倍的效益。
4. 探勘技術：資源探勘技術都有不同限制條件，需要結合不同探勘技術的特點才能評估資源條件，國內在資源探勘新技術的實務經驗較少，需要國際合作引進先進的探勘技術，目前此領域有空中磁力探測、高解析微震陣列層析、高解析大地電磁探勘等技術在國內應用。

地點	潛能面積 (km ²)	探勘溫度(°C)	發電潛能(GWe)	單井合理發電量(MWe)
I 大屯火山群	278	236~293	2.7	12~25
II 清水-土場(宜蘭縣)	909	223	7.8	3~12
III 廬山(南投縣)	279	210	2.0	3~12
IV 瑞穗-安通(花蓮縣)	467	195	2.6	3~12
V 霧鹿(台東縣)	571	196	3.3	3~12
VI 知本-金崙(台東縣)	701	214	5.4	3~12
VII 寶來(高雄市)	476	205	3.1	3~12
VIII 關子嶺(台南市)	510	197	3.0	3~12
IX 新竹-苗栗	343	192	1.8	3~12
			31.8	

台灣已探勘及未探勘的潛力區域

國內在 1985 年已有中油公司完成鑽鑿 34 口 1000 米以上地熱探勘井（已公開），及工研院能資所完成百孔以上的地熱鑽探（未公開），並根據相關資料完成基礎地熱調查評估，但可惜當時的調查評估資料並未提供給地方政府做為產業規劃的參考，且由於以往調查未涵蓋近岸海底火山（龜山島、綠島、蘭嶼、基隆海底火山、金山海底火山）等幾處火山型地熱區，台灣地熱資源總量仍被低估。科技部委託台大地質科學系執行國家能源主軸第一期計畫，認為台灣本島有四處地熱資源集中區，其中一處就是有多座活火山的大屯火山群：最近一次的噴

發僅在 1370 年前，近期中研院地震研究更顯示地下 20 公里處有巨大的岩漿庫，而適度的地熱開發具有防災及直接監測的效果，這樣的構想已有美國噴射推進實驗室(JPL)針對黃石公園超級火山進行評估，以地熱發電取熱降溫的技術開發高達 6GW 的地熱潛能，並防止黃石公園超級火山噴發(David C, 2017, Nasa' s Ambitious Plan To Save Earth From A Supervolcano)。

結論

地熱能源開發的附帶效益對於社區發展、產業轉型、長期照顧帶來正面影響，可成為新世代的公共基礎建設。而台灣縮短學習曲線的關鍵，在於學習土耳其模式的發展策略；許多地熱開發地點位於原住民居住環境，未來如果需要開發相關土地，可以參考紐西蘭與當地原住民的合作模式及制度流程。地熱能是台灣豐富的資源之一，未來發展重點在於商業規模、行政效率、先進技術、人才培育，以及系統化解決鑽井風險的挑戰，將可大幅提高台灣綠能供應的量能及穩定性，尤其北台灣是唯一有豐富地熱資源的用電中心，地熱資源將可幫助台北市達到 2050 零碳排放的目標。最後，既有的探勘資料及近期科學研究資料均為地熱能源投資的重要參考，許多尚未評估地熱潛能的火山構造、近岸海底火山、淺層地震群等，若能以政府整合地熱探勘先進技術進行探勘調查，使得資料庫更加完整，便於能源開發商投資評估，政府效能、經濟投資、環境保護、能源穩定將都得到良好助益。

(摘要彙整：王韋傑 助理)

深層海水資源利用展望

摘自 2020 年 11 月 24 日政策智庫諮詢會議

講者：梁乃匡 台灣大學海洋研究所名譽教授

計畫背景

上世紀 70 年代能源危機，美國引領起一股研究海洋溫差發電的熱潮。然而，抽取大量冷海水的問題沒有解決，剛好美國政府由民主黨轉為共和黨執政，使得海洋溫差發電發展進入「冬眠」時期。目前為止研究仍未放棄，仍有兩座岸上型海洋溫差電廠在運作，一座在夏威夷(100KW)，另一座在琉球九米島 50KW。



圖為九米島 50KW 示範海洋溫差電廠



圖為夏威夷 100KW 示範海洋溫差電廠

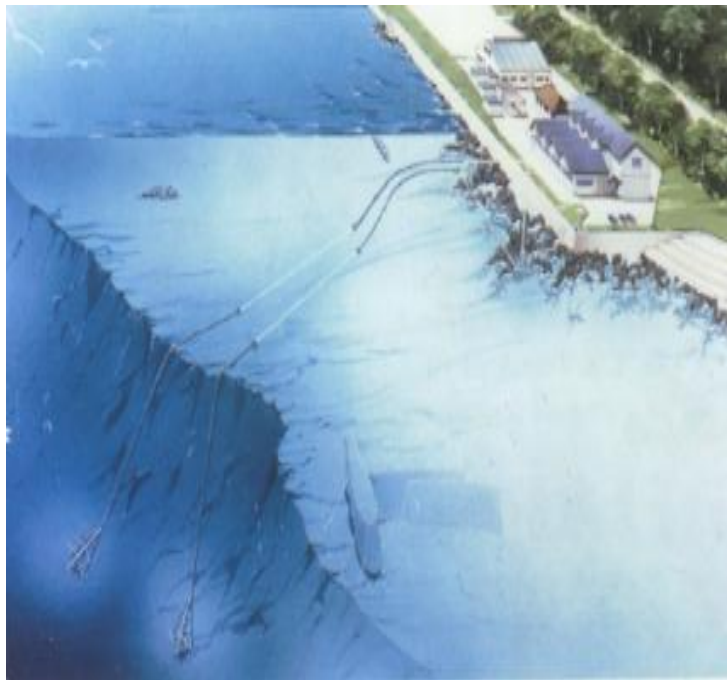
美國夏威夷州由於其地理因素恰好有足夠的溫差，並且無自產能源，因而特別重視海洋溫差發電。在海洋溫差發電進入冬眠後，當地政府在有火山的大島成立夏威夷自然能源實驗室 NELHA，將研發重點轉為深層海水非發電利用。不僅美國夏威夷州，日本也在高知縣建立深層海水利用試驗所，從事深層海水的相關研究。



圖為夏威夷 NELHA 鮑魚養殖池



圖為夏威夷養海藻殖場

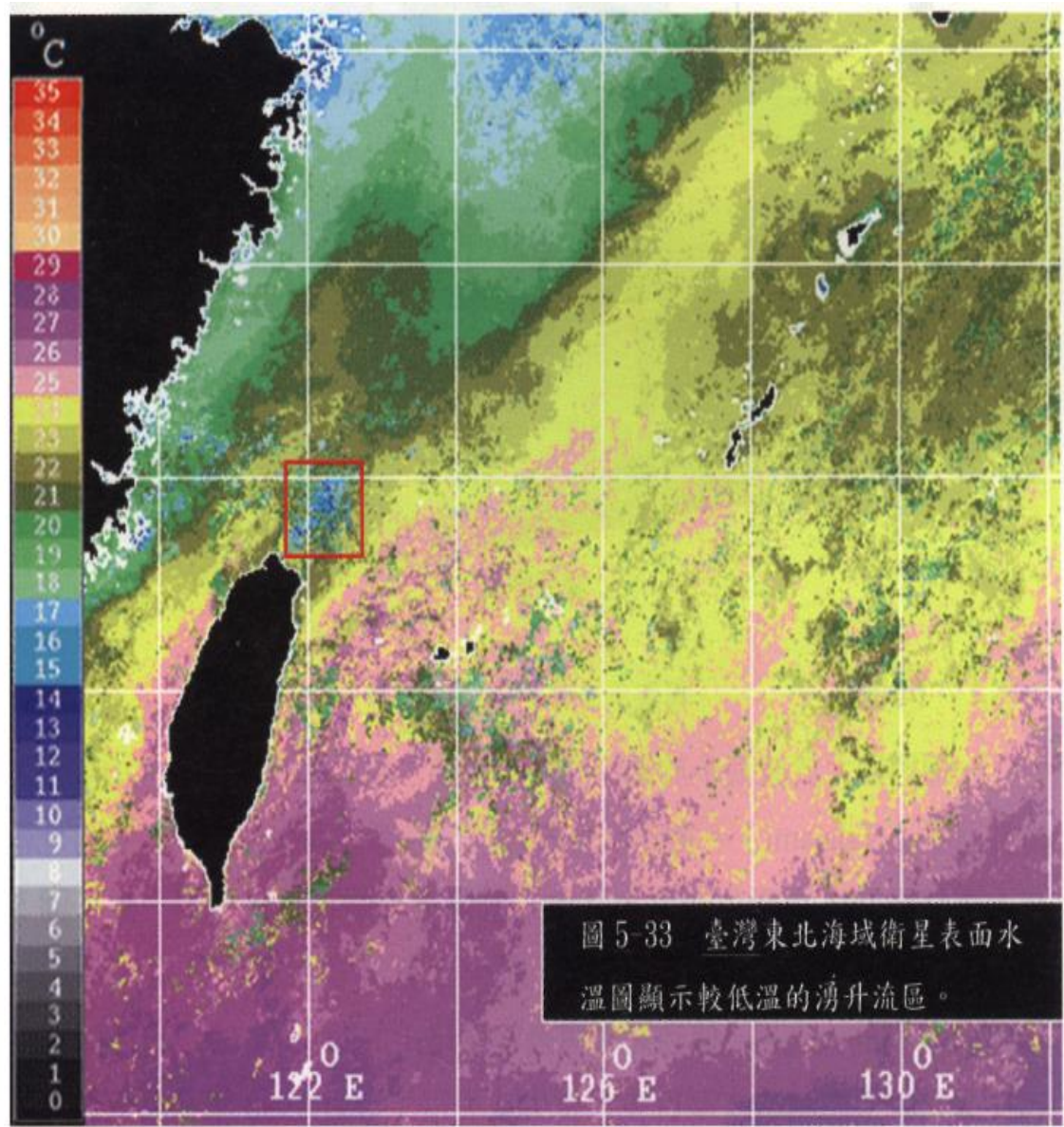


圖為日本高知深層海水利用試驗所示意圖

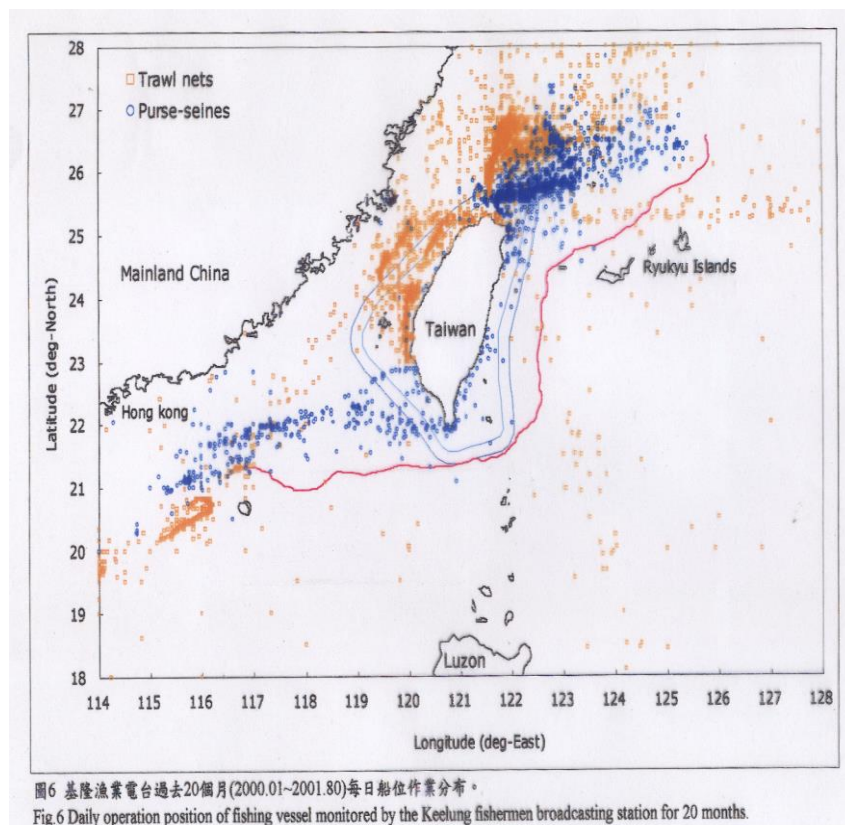
由於深層海水含有豐富的養分，如湧升至海表層就成了滋養海洋生物的沃土，因此世界主要漁場大多分佈在湧升流充沛的海域。湧升流的原理是下層海水因為風的關係向上緩慢移動(5-10 米/天)，使海洋表層溫度降低且養份增加，在海表上層陽光可到達處，水和二氧化碳行光合作用。營養鹽幫助產生浮游植物，它是海洋生物中最低階的食物，從浮游植物的量可估計海洋基礎生產力。主要的湧升流是沿岸風造成，例如南半球秘魯海岸吹南風，由於科氏力海面海水往離岸方向流動，帶動陸棚斜坡附近(水深約 250-300 米)海水上升。如圖所示因有湧升流，秘魯海岸與太平洋赤道中段葉綠素甲濃度偏高。

在沿岸和湧升流海域是主要漁場，除此之外一般大洋很難捕到魚。沿岸海域因陸上河川帶來營養鹽，而一般大洋非湧升流海域十分貧瘠。除了營養鹽量的因素外，在營養鹽豐富的海域，如浮游植物矽(硅)藻會長成較大的聚集體，小魚會吃它，使食物鏈的步數變少，增加了資源轉換的效率。根據研究估計食物鏈的步數，一般大洋5步，沿岸3.5步，湧升流海域最短1.5步。

東非的索馬利亞海岸也是著名的湧升流和漁場，所以才有索馬利亞海盜。因為黑潮和陸棚碰撞，在台灣東北造成小型湧升流區，如圖衛星海表水溫所示，在台灣東北有一小低溫區，這就是湧升流區域。而更證實這區域也是漁場，另一圖為2000年1月到2001年8月間，基隆漁業電台拖網漁船和定置網船船位記錄圖。



台灣附近衛星海表水溫圖(李明安教授提供)



基隆漁業電台拖網漁船和定置網船船位記錄圖

全球目前 900 米水深的溫度都在攝氏 5 度左右，而熱帶海洋的表層水溫在 25-29 度之間，兩者有足夠的溫差就可以發電，而台灣有條件開發此資源。因此，深層海水是人類一項重要的自然資源，台灣是擁有這項資源的最佳地區之一。本文就是探討如何開採深層海水資源，以推展台灣海洋產業新的重要方向。

開發深層水所需之深水管和廉價熱交換器技術

在上個世紀 90 年代前後，國內曾推動海洋溫差發電研究，主要在海洋環境調查、可行性評估和大口徑海底冷水管，當時認為因颱風關係以岸上設廠較為可行。但是，大口徑海底冷水管有技術瓶頸，現在連小口徑取水管因海底地質條件，在台東設管都不順利，使台灣深層海水利用遭遇瓶頸，如何突破是發展海洋產業的重要課題。

深層海水利用的起源是海洋溫差發電，由於海洋溫差發電需要大量的深層海水，所以首先的想法就是離岸式的浮體或船舶，將冷水管和浮體結合在一起。但浮體或船舶最怕颱風，因為颱風巨浪容易造成浮體和冷水管結合處的損壞，甚至整個結構的破損，這是台灣推展海洋溫差發電不利的因素，因此還需要投入更多研發工作。目前國內已有一些新構想，如浮式海洋深水井和防颱海洋深水井。

世界上已有鑽深隧道的技術，只是沒用在海洋溫差發電。台灣若可先做可行性研究，成功後便解決岸上大量取冷海水問題。因無颱風和輸電困擾，且因海水溫度相當穩定，日夜幾乎不變，所以海洋溫差發電頗為穩定，可作為基載電力，能大幅解決台灣電力問題。

由於溫差不大，需要大量熱交換器，造成熱交換器佔成本比重高約三成，目前國內已有的技術係採用鈦合金，成本偏高，但國外有用鋁合金的案例，研發價格較低又合用的熱交換器，是另一項重點方向。

定點及遊牧式海洋發電船

發電船能耐季風波浪，且須有動力，颱風來時和深水井分開，駛回港避風。如防颱海洋深水井成功，可在太平島或綠島建先導型海洋溫差發電廠。建設先導型海洋溫差發電廠，由於規模不大，以至於發電成本高，但太平島或綠島發電的平均成本原本就高，相比之下是一個選項。

遊牧式海洋發電船不須把電輸上岸，而是生產氫或氨等清潔燃料。可以工作的海域非常廣，它能躲避颱風，對於台灣氣候的不穩定也有較好地適應能力。進一步還有創造漁場和降低颱風強度的好處，是未來長遠發展的目標。

經濟評估和發展策略

關於海洋溫差發電，或者深層海水資源利用，實際經濟價值需深入評估。而政府有無推出配合使用氫或氨的政策，是決定遊牧式海洋發電能否商業化發展的關鍵因素。另外，創造人工魚場可增加漁民收入，降低颱風強度可減少災害損失，兩者皆應列入效益估計。建議政府在大量抽取冷海水、降低熱交換器成本、創造人工漁場和減緩暖化等科技問題澄清後，再大力推進。

(摘要彙整：王韋傑 助理)

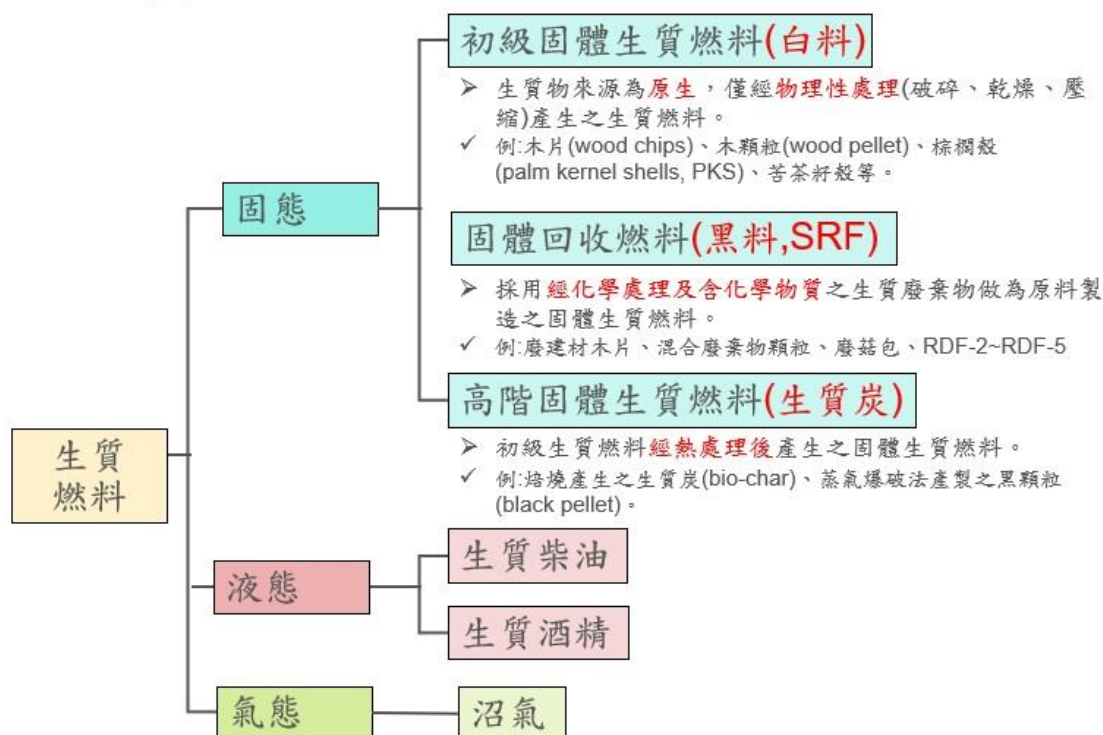
台灣生質能源展望與挑戰

摘自 2020 年 9 月 15 日政策智庫諮詢會議

講者：張家驥 台灣生質能技術發展協會資深研究員

何謂生質能

生質能(biomass energy)為利用天然有機物所組成之生質物(biomass)轉化成生質燃料，再藉由燃燒產生動能、熱或電等能源型式。主要利用農林業剩餘資材(包括作物和糞便)和都市廢棄物(municipal solid waste, MSW) 或事業廢棄物等生質物直接或間接利用產生能源。相較其他再生能源，生質能之應用更為廣泛。生質燃料依型態分為固態(含蔗渣、黑液)、液態、氣態，廢棄物中含有生質物成分者亦可以視為生能源之來源(如生活垃圾、生質廢棄物及廢輪胎等)，經適度處理後產生生質能。

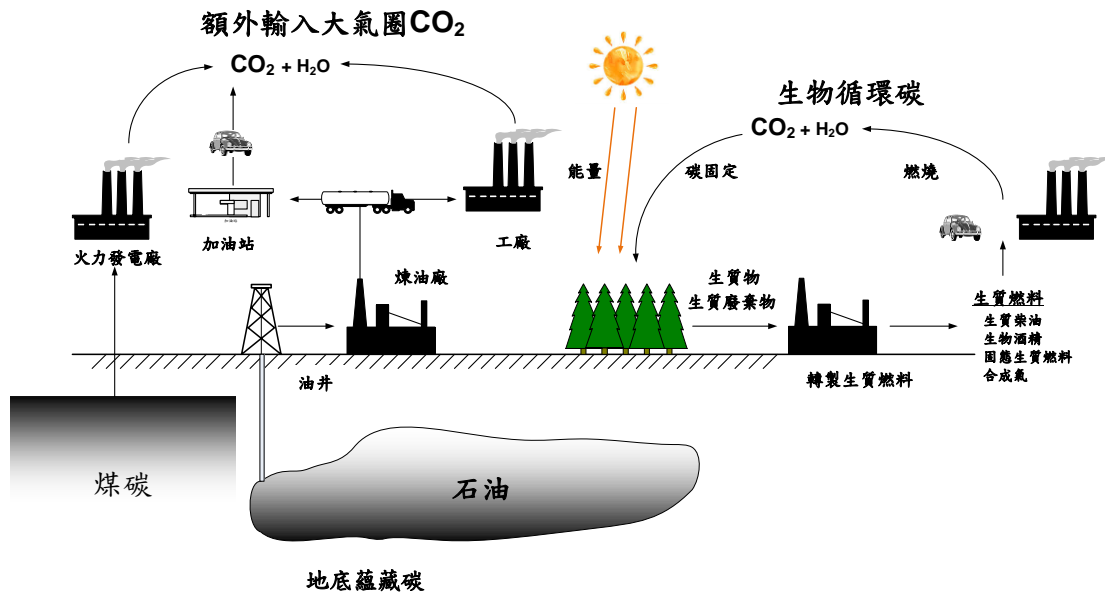


圖一、生質燃料分類

生質能的優點

1. 生質能燃燒後產生之二氧化碳為生物循環碳，與石油、天然氣額外輸入大氣系統之二氧化碳不同，搭配計畫性的種植可吸收產生之二氧化碳，具有碳中和的特性(圖一)。

2. 生質能除了可以利用垃圾、沼氣、木材物及稻殼等再生資材來發電外，亦可開發新再生能源及替代燃料。其使用除了可延長石油、煤及天然氣等化石燃料之使用年限外，也希望降低對化石燃料的依賴並能降低污染問題。
3. 化石燃料使用對溫室效應之衝擊影響遠高於使用生質燃料及適燃性廢棄物製成之燃料(固體回收燃料，solid recovered fuel, SRF)。
4. 生質能源優點：可為基載電力，能源轉換率相較於風能或光電高，並可穩定供給。



圖二、生質能之碳中合原理

臺灣生質能發展

依據再生能源發展條例第三條說明再生能源之定義為「指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源」。而生質能定義為「指農林植物、沼氣及國內有機廢棄物直接利用或經處理所產生之能源」。再生能源發電設備設置管理辦法第三條及第七條說明生質能發電之相關規定如下：

- 生質能發電：100%利用農林植物、沼氣或經處理之有機廢棄物為料源
- 廢棄物發電： 100%利用一般廢棄物或一般事業廢棄物為料源，且發電效率達 25% 以上

我國再生能躉購與生質能相關費率項目(表一)包含生質能發電(含無厭氧消化設備、有厭氧消化設備兩項)與廢棄物能發電兩項。除有厭氧消化設備之生質能發電(沼氣發電)外，另兩項費率仍需適度提高以提升產業投入之誘因，增加生質能發電之佔比。相較於風力、太陽能光電，我國目前生質能源發展目前以沼氣發電發展較為迅速，其他形式之生質能源使用仍需

藉由相關政策與獎勵提升其發展。但我國先前以推動之車用柴油添加生質柴油之政策卻因配套措施不完善下終止，成為全球唯一已使用生質柴油卻停用之國家。

表一、110 年度再生能源（太陽光電除外）發電設備電能躉購費率

再生能源類別	分類	裝置容量級距	躉購費率(元/度)		
風力	陸域	1 瓩以上不及 30 瓩	7.7725		
		30 瓩以上	有安裝或具備 LVRT 者	2.3041	
			無安裝或具備 LVRT 者	2.2721	
	離岸 ^{註1}	1 瓩以上	固定 20 年躉購費率	4.6568	
			階段式躉購費率 ^{註2}	前 10 年 後 10 年	5.3064 3.5206
生質能	無厭氧消化設備	1 瓩以上	2.6884		
	有厭氧消化設備	1 瓩以上	5.1176		
廢棄物	無區分	1 瓩以上	3.9482		
小水力發電	無區分	1 瓩以上不及 2,000 瓩	3.1683		
		2,000 瓩以上不及 20,000 瓩	2.8599		
地熱能	無區分	1 瓩以上	固定 20 年躉購費率	5.1956	
			階段式躉購費率 ^{註2}	前 10 年	6.1710
				後 10 年	3.5685

註 1：離岸風力發電設備適用本表之躉購費率者，於躉購期間當年度發電設備實際發電量每瓩 4,200 度以上且不及每瓩 4,500 度之再生能源電能，依固定 20 年躉購費率之百分之七十五躉購，躉購費率為 3.4926 元/度；躉購期間當年度發電設備實際發電量每瓩 4,500 度以上之再生能源電能，依固定 20 年躉購費率之百分之五十躉購，躉購費率為 2.3284 元/度。

註 2：固定 20 年躉購費率與階段式躉購費率係擇一適用，擇定適用之後不得變更。倘終止契約改依電業法直供或轉供者，須依已躉購期間實際發電量計算並返還固定 20 年躉購費率與階段式躉購費率之差額。

註 3：110 年度起依電業法提撥電力開發協助金之再生能源發電設備，其躉購費率加計「發電設施與輸變電設施電力開發協助金提撥比例」規定之提撥費率。

註 4：經濟部得視再生能源發電技術進步、成本變動、目標達成及相關因素，或視實務需求及情勢變遷之必要，召開審定會檢討或修訂之。

表二、110 年度太陽光電發電設備電能躉購費率

再生能源類別	分類	裝置容量級距	第一期上限費率(元/度)	第二期上限費率(元/度)
太陽光電	屋頂型	1 瓩以上未達 20 瓩	5.6281	5.6281
		20 瓩以上未達 100 瓩	4.2906	4.2906
		100 瓩以上未達 500 瓩	3.9227	3.9227
		500 瓩以上	3.8980	3.8980
	地面型	1 瓩以上	3.7236	3.7236
	水面型(浮力式)	1 瓩以上	4.1204	4.1204

註：經濟部得視再生能源發電技術進步、成本變動、目標達成及相關因素，或視實務需求及情勢變遷之必要，召開審定會檢討或修訂之。

為何使用生質能？

目前國際及國內都朝著減碳、減少依賴化石燃料需求的方向發展，如 2025 非核家園、巴黎協定、溫室氣體減量及管理法。這些都一再的顯示出，國內外對於減碳和減少依賴化石燃料已為不可避免之趨勢。因此，相關產業勢必因該相關趨勢而轉型。此外，環保署設定的新制法規，限制化石燃料排放之粒狀物、硫氧化物與氮氧化物較生質燃料高。而且，越來越多國際品牌要求其供應鏈使用一定比例的綠電，促使廠商勢必未來要使用一定占比的綠電。都有可能推升生質能源產業的發展。

生質能發電之選擇

所謂的綠電即指以再生能源設備，經過經濟部標準檢驗局國家再生能源憑證中心之發電設備及電量查證後，依規定獲得其核發之再生能源憑證者。目前以生質能發電項目僅使用無厭氧裝置生質能(生質燃料直接燃燒發電者)與有厭氧裝置生質能(沼氣發電)兩項符合申請再生能源憑證資格，可為市場上販售再生能源憑證(即一般稱之綠電憑證)。

以廢棄物發電雖申請再生能源憑證較為困難，但其具有較高之躉購費率支撐，且可有同時解決廢棄物處理問題，亦具相當發展性。沼氣發電之高躉購費率，亦可以申請再生能源憑證，其發展競爭力較強。唯其相關配套措施如沼液、沼渣之再利用及完整之農業廢棄物收費處理機制等仍須健全，方可使相關產業投入更具效益。



資料來源：CDP(2015), RE100: The journey to 100%; 中經院彙整

生質燃料的環境效益

我國目前政策偏向以天然氣取代燃煤火力發電與核能發電，由於天然氣仍為化石能源，故亦無法達成長期減碳目標。生質燃料跟燒天然氣而言相比，碳排放量只有 1/10，減碳效益更為顯著。此外，廢棄物能源化環境效益，將能解決廢棄物處理的問題，除了能降低能源消

耗，也能減少廢棄物的累積。並且，生質燃料能減少空氣污染，與化石燃料相比，生質燃料具有低硫分、低雜質、閃火點低之特性，作為替代燃料亦具有減碳及減少空氣污染物排放之效益。

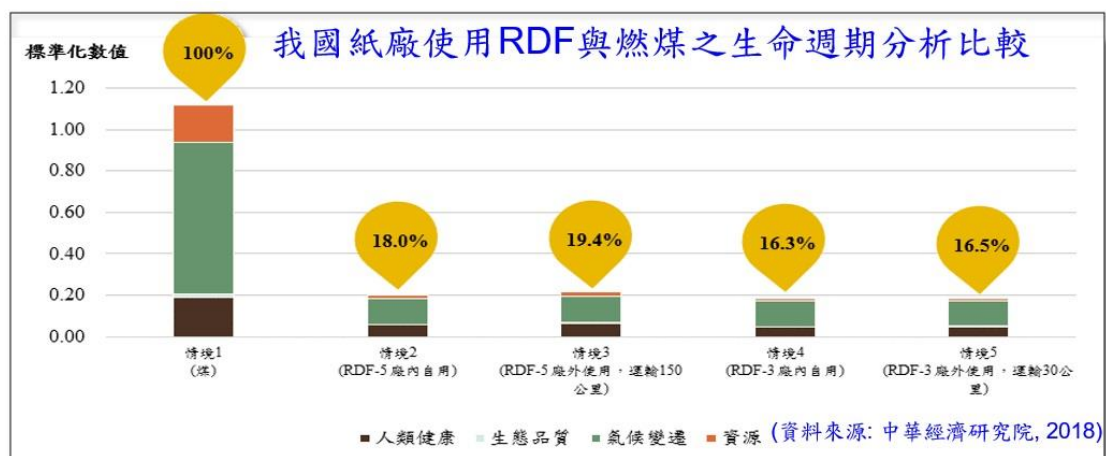
表三、各種發電技術的溫室氣體排放量(OECD/NEA)

發電技術	全生命週期溫室氣體排放量, g-CO ₂ eq/kWh		
	平均	低標	高標
燃煤(褐煤)	1,054	790	1,372
燃煤	888	756	1,310
燃油	733	547	935
燃氣(天然氣)	499	362	891
生質能	45	10	101
太陽光電	85	13	731
核能	29	2	130
水力	26	2	237
風力	26	6	124

資料來源：[The Role of Nuclear Energy in a Low-carbon Energy Future, NEA, 2012](#)。

*OECD: 經濟合作暨發展組織, Organisation for Economic Co-operation and Development

NEA: 國際能源署, [National Environment Agency](#)。



圖三、造紙業廢棄物燃料化之生命週期分析

未來展望與挑戰

未來製造業對於綠電之需求持續，臺灣的綠電需求量亦將持續增長。工業、能源與環保相關部門應進行跨部會整合，依照國家減碳目標，完善相關規範與誘因，如各式生質燃料品質標準、使用生質燃料之減碳方法學、使用生質燃料產熱/電之獎勵措施。政府可以參照日、韓、英的制度，燃油搭配5%生質燃料使用，可以獲得獎勵補助，但目前仍然卡在標檢局，還未通過。同時，應該試著使廢棄物能源化。以瑞典位於瑞典韋斯特羅斯(Västerås, Sewden)的Mälarenergi AB 生質能及電熱共生廠為例，此廠目前現有七座機組，能源轉型流程如下，原先廠內規劃以燃油及燃煤為主(一、二、三、四號機組)，後續為推動生質能及廢棄物能源化，接

連設置全燒生質燃料之專燒爐(五號機組)及全燒 SRF 之專燒爐(六號機組)，近期更針對廢木材新設置鍋爐(七號機組)，目前提供的韋斯特羅斯電力和區域供熱,供熱管線覆蓋率達 98%。此廠房結合傳統電熱和生質能燃料，為值得臺灣學習及反思的創新能源廠房設計。



資料來源：瑞典 Västerås 的 Mälarenergi AB 生質能及電熱共生廠

六號機(Block 6)為世界最大全燒 SRF 循環式流體化床 CFB 發電鍋爐，投資額為 28.5 億瑞典克朗，設備供應商為 Valmet Power AB（原 Metso Power AB），增加之燃料功率為 167 MW，蒸氣壓為 75 bar，蒸汽溫度為 470 °C，燃料用量為每小時 60 噸燃料(SRF)，整體鍋爐效率約為 90%，自 2012 年 6 月開始施工，渦輪機供應商為德國西門子公司，渦輪功率為 46-51 MW 電力，此機組已設置煙氣淨化設備(袋式集塵器/兩階段濕式洗滌)及熱回收設備(功率高達 30 MW)，煙囪高度為 110 m，其 SRF 供應商為芬蘭 BMH Technology(SRF 生產能力約為 480,000 噸/年)，燃料長途運輸以船運(自英國進口 SRF)為主，陸運則為汽車或火車。



(摘要彙整：王韋傑 助理)

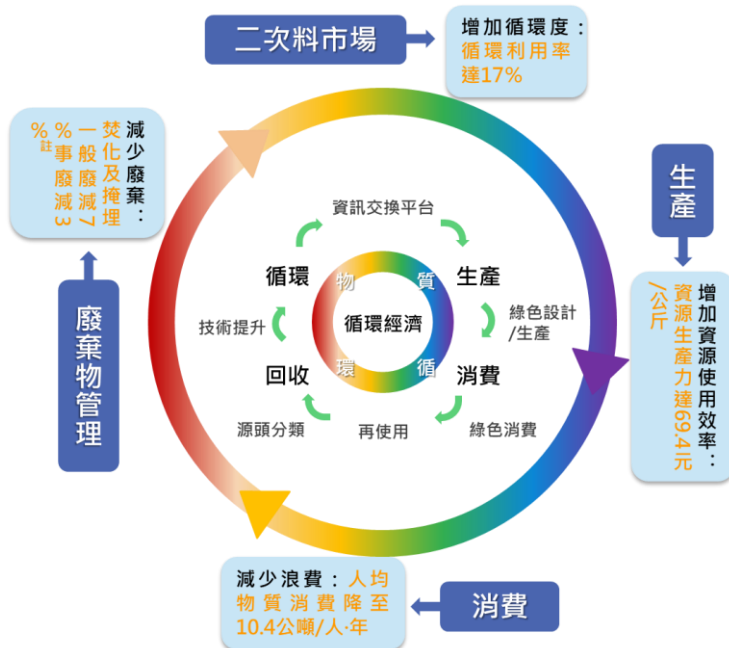
我國的循環經濟政策與產業想像轉變

王昱鈞 研究員

1960年代起，台灣經濟政策由農轉工，走向出口導向、進口替代。工業化的過程中，台灣確實逐漸成為世界供應鏈中的重要中介位置，也帶來龐大的經濟益處，1960~1990做為亞洲快速成長的經濟體，台灣與韓國、新加坡、香港併稱為亞洲四小龍。這四個國家的經濟成長基底，是輕型、小型工業的熱絡，台灣的工業轉型為台灣帶來經濟成長外，也帶來市場中更多的工業終端產品與各種工業與生活的廢棄物。而後，台灣的幾次工業轉型，輕轉重、重轉高科技產業，除了終端產品與廢棄物污染性的升級，台灣的產業界在面對廢棄物處理、環境汙染、環境保護與零浪費的議題，是相對被動及保守的。

面對世界掀起的環保、綠色經濟潮流，「循環經濟」在今年（2020）也被蔡英文總統列為重要的國政目標。循環經濟（Circular Economy）首先由美國經濟學家肯尼斯·波爾丁（Kenneth Ewart Boulding）提出，他認為目前的經濟發展在生產、消費與廢棄的過程中，依賴自然資源的消耗呈現的線性增長經濟。應該把這種經濟活動，轉為符合生態系統的生產方式。

那麼，循環經濟的具體實踐形式為何？台師大環境教育研究所葉欣誠教授，刊登在網站「綠學院」專欄的文章「看懂循環經濟產業的422心法」一文中指出，循環經濟運轉的核心，就是要在目前線性經濟活動中，加入能讓企業獲利的商業模式，這個商業模式的核心內容是「回收」，包含廢棄物的管理、過剩商品的回收、相關服務等等。如此將線性的經濟發展結構，逐漸成為環形的循環經濟結構。從行政院環保署，公布之我國循環經濟政策示意圖（下圖）中，也看出我國的循環經濟政策，也在這個方向上前進。



然而，以產業的「創新」來完成循環經濟的嚮往，是否是個穩健的方向？沒有商業模式的循環經濟沒人做，有商業模式的循環經濟政策真的能轉變目前以線性經濟為主題的台灣企業結構嗎？以桃園市政府政策推動的「循環粒料」使用政策為例，目前桃園市政府以環保局與工業局帶頭，擬將工業煉鋼廠、瀝青廠、焚化爐所產生的廢棄物（包括：氧化渣、瀝青剷除料、焚化爐爐渣等），以補助與政策利多的方式，輔導再加工產業加入，將這些廢棄物加工成循環粒料。輔導廠商生產之循環粒料產品、控制性低強度回填材料（CLSM，Controlled-Low-Strength-Materials），由都發局發包之城市建設項目購買，使用在公共建設的鋪路、管線填充等等工程材料中。

即使桃園市政府傾力執行推動循環利料產業，加入的再加工廠依然不多。阻礙循環粒料產業使用有幾個原因：

- 一、目前循環利料產品僅用於公共道路建設與公共建設，如管線填充、柏油路面，然而比起無時無刻都在產生的工業廢棄物，台灣的柏油路總面積不大，折舊年限長，很可能造成供過於求，公共建設的消費，消化不了不斷產生的大量工業廢棄物。
- 二、另一個更重要的因素，循環粒料的使用，也衝擊原來的原料開發市場。對於瀝青業而言，過去砂石業—瀝青業的生產鏈，有其產業慣性與原料依賴，循環粒料本質上也是添加原料的一種，即使在瀝青中只有一定的比例，仍會影響原本的砂石產業而遭到原產業鏈的排斥。循環粒料廠商就曾表示，他們有時還是會受到瀝青業者以規格不符等理由，不予使用。究其原因，仍有原本商業慣性與競爭的影響。

循環經濟要能逐漸成為台灣經濟的運作系統，不僅僅只是在循環產業上的創新。特別是工業原料產業上，我們希望工業廢棄物能透過轉換，重新進入工業原料市場，進而達到減少廢棄物與減少自然資源使用的目的。然而，僅是用商業利潤與效益思考，終究會落入商業競爭邏輯，循環產業做為新興產業，在市場上更顯弱勢。循環經濟的實踐，要回到台灣對於產業的想像與價值取徑的整體改變。

以傳統經濟的成本與利潤，來衡量循環經濟的效益，終究會落於形式。我們應該將對於環境的正向影響列入產業的正向獲利中，將過去外部化的環境成本與效益，內部化為產業發展的重要思考項目。當政府在推動產業轉型時，除了鼓勵與補助廠商進入循環產業，更重要的是要改變台灣產業的發展邏輯，更傾向環境友善、減少開發、增加資源與物質資源共享機制等等。循環經濟終究會是個價值選擇問題，而非技術問題。

循環經濟的發展對於台灣的整體經濟依然有利基，比起目前正要直起直追的東南亞、南美洲、印度等國，他們正走向工業化的快速興起，台灣比起他們提早面對環境汙染、廢棄物處理的問題。若台灣能在產業發展與技術上，獲得突破，在循環經濟上，台灣也可能逐漸從技術代工轉向為技術出口國，循環經濟也能成為台灣重要的產業轉型契機。

台灣民眾黨政策智庫研究通訊 第七期

中華民國 109 年 5 月創刊

中華民國 110 年 3 月出版

發行人：柯文哲

總顧問：林嘉誠

總編輯：張其祿

副總編輯：孫智麗

監督：陳建璋

主編：徐文路

執行編輯：黃仲綸

文字編輯：林祐生、王昱鈞

美術編輯：黃仲綸

編務行政：王如意

地址：106 台北市大安區忠孝東路四段 142 號 12 樓-8

信箱：contact@tpp.org.tw

統一編號：76345124

戶名：台灣民眾黨

電話：02-27520806

傳真：02-87713492

網址：<https://www.tpp.org.tw/>

眾 台灣民眾黨
TAIWAN PEOPLE'S PARTY