

火力發電為「目前」台灣最適合的發電模式

一、前言

火力發電於近幾年一直是台灣人民所爭論的議題，如今台灣以火力發電為主，大多數台灣民眾也支持火力發電，但也有人認為核能和再生能源較適合台灣。然而，不同的能源均有其弊端；以火力發電來說，火力會造成大量空汙，影響台灣的生態及人民的生活品質；以核電來說，核電會產生大量的核廢料，不但傷害生物，更對人類健康造成極大的威脅，嚴重甚至重演福島核災；以再生能源來說，其發電成本較高，效率也遠低於其他兩者。那麼台灣應該採取何種發電方式，才能在產生最少外部成本的前提下，達到最高的發電效率？大眾真的了解這些能源嗎？它們造成了哪些環境傷害？我們又是否對這些發電方式有所迷思？下文將從探討台灣的發電方式來比較三者的優缺點，並輔以過去的歷史事件以及近幾年關於此議題的文獻和資料，從中找到支持火力發電的原因及立場，並述說我們的觀點與想法。

二、火力發電介紹

首先，由簡介火力發電的運作原理、特色與利弊開始。

（一）火力發電的運作方式及特色

火力發電的發電原理為利用蒸氣循環的方式，將煤炭、石油、天然氣等燃料進行燃燒，把化學能轉化成熱能，加熱鍋爐裡的水，使其沸騰，接著產生高溫、高壓的水蒸氣，推動汽機，再藉由發電機的幫助，將機械能轉為電能，完成發電。

1

1.火力發電發電機組介紹

（1）汽輪機組發電

化石燃料燃燒後產生熱能，於鍋爐內加熱爐水，使其生成為高溫、高壓之蒸汽，而推動汽機，產生的機械能，發電機將機械能轉成電能。

¹ 台灣電力股份有限公司，〈火力營運現況與績效〉，檢索日期：2022年5月28日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=202>

(2) 氣渦輪機組發電

將天然氣或柴油噴入燃燒筒，和高壓空氣混合後燃燒，產生高溫高壓的燃氣推動氣渦輪機，帶動發電產生電能。

(3) 複循環機組發電

結合上述兩者的機組的發電方式，將氣渦輪機的高溫排氣，直接排入熱回收鍋爐，將爐水加熱產生蒸汽來推動汽機，再透過發電機將機械能轉換成為電能。

(4) 柴油機組發電

將重油或柴油直接送入柴油機的氣缸中壓縮燃燒，燃燒後生成高溫高壓的燃氣就會推動活塞作功，帶動連接轉軸的發電機轉動產生電能。

下圖比較各發電機組優缺點：

發電機具	優點	缺點
汽輪機組	燃料成本低、發電容量大	裝置成本高、啟動較慢
氣渦輪機	啟動能力快速	燃料成本高、效率較低
複循環機組	低空污、高效率、可快速啟動	部份機組採雙燃料方式、轉換時會損失部分能量
柴油機	啟動能力快速	燃料成本高、效率低、發電容量小

表一：各種發電機組比較²

上表簡略介紹台灣火力發電機組特色，並表述出各機組的優勢與劣勢，使我們對火力有更加深入的了解。

2.發電機組的運作時間不同

² wenlu，〈火力發電〉，【MoneyDJ 理財網】，檢索時間：2022 年 5 月 28 日，<https://www.moneydj.com/kmdj/wiki/wikiviewer.aspx?keyid=e8f3caed-3643-4686-9c57-53a121a77a6a>

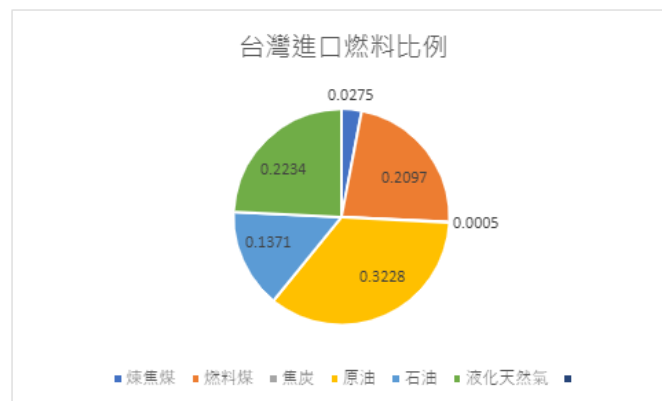
根據運作時長及使用時機，我們能將上述介紹的各機組再以「時間」來區分：

- (1) 基載機組：24 小時可持續不斷發電的機組。通常為氣輪機組。
- (2) 中載機組：一天中可以啟停的機組，發電都有需要的喚醒時間，不是隨開隨用。通常為氣渦輪機組、複循環機組。
- (3) 尖載機組：一天中可以數次啟停，且反應速度快的機組，可以快速開啟。通常為柴油機組。
- (4) 備轉機組：需待機準備應急的機組，有需要就叫他上場。通常為柴油機組。³

3.台灣火力發電特色

(1) 電廠燃料比例

台灣燃料主要依賴進口（占 97.34%），因此火力發電廠大多蓋在海濱，並且其附近有港口，如大潭電廠和三接。下圖為台灣進口燃料的比例圖：



圖一：經濟部能源局網站數據⁴

由上圖可知進口燃料比例中，煙煤—煉焦煤進口量（包含無煙煤）占 2.75%；煙煤—燃料煤（包含亞煙煤）占 20.97%；焦炭占 0.05%；原油占 32.28%；石油產品占 13.71%；（進口）液化天然氣占 22.34%。

(2) 燃煤、燃氣比較

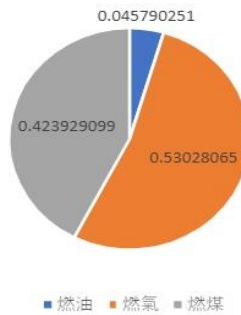
³ 迷津慈航渡，〈基載中載與尖載〉，2015 年 7 月 14 日，【部落格】，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，<https://blog.udn.com/mobile/AMPERP/25930864>

⁴ 經濟部能源局，〈能源統計〉，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/SubMenu.aspx?menu_id=3010

燃氣可 24 小時穩定運轉，且汙染比燃煤低，燃燒時幾乎不產生懸浮微粒，但其成本比燃煤高，運送與接收都需要特別的設備（港口）。若燃料外洩，有爆炸釀成巨災的風險。

燃煤可 24 小時穩定運轉且成本低廉，電廠技術、興建成本控制均已成熟。「節省金錢」向來是燃煤發電的優勢，但造成空汙的情形更嚴重。下圖為台灣火力發電使用的燃料比例：

台灣火力發電使用燃料比例



圖二：台電網站火力發電數據⁵

由上圖可知，目前燃氣所佔的比例較多，台灣已從燃煤的發電模式走向燃氣。

（3） 建廠位置

台灣因火力發電的比例最高，需要多個火力發電廠供民眾用電。下圖為台電火力發電廠位置分布圖：

⁵ 台灣電力股份有限公司，〈今日電力資訊〉，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=196>



圖三：台電火力發電廠位置分布⁶

由上圖可知，發電廠主要分布西南沿海線。而將電廠蓋於此地的是因為人煙稀少對於人的影響較小，且鄰近港口，方便運送燃料入電廠內。

（二）火力發電的利與弊

1.火力發電易造成環境破壞

火力發電的燃料為主要為煤碳、柴油和天然氣。燃燒後，將會排出廢氣，包括二氧化碳、二氧化硫、懸浮顆粒等有害物質。這些廢棄除了會造成酸雨之外，大量排放的溫室氣體也是地球暖化的元兇，懸浮顆粒更與人體心血管疾病、癌症有極大關聯。而加熱後的廢水排到大海之中，對海洋生態環境也會造成嚴重影響。

此外，在 2018 年的深澳電廠事件中，政府將發電廠的規劃橫跨生態保育區，引發人民的反彈；2021 年的珍愛藻礁公投案更是因為燃料接收港坐落於已 7000 年壽命的大潭藻礁旁，引起環保團體的抵抗而發起。

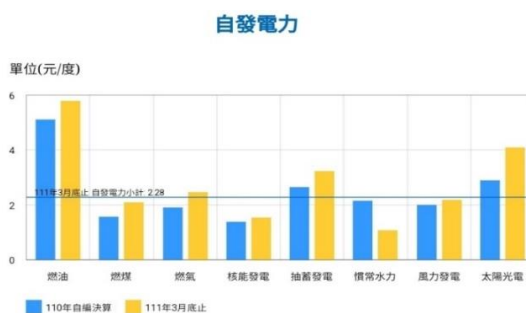
藉由上述兩者事件，可知並非只有火力發電產生的廢棄物會破壞環境，其地點的規劃及燃料接收站的建置，都可能使台灣重要保育的生態受到危害，使台灣失去珍貴的自然資源。

2.火力發電綜合成本較低

⁶ 台灣電力股份有限公司，〈火力營運現況與績效〉，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，

<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=202>

下圖為台電網站電價成本比較圖：



圖四：台電網站電價成本⁷

根據台電的網站，各種發電方式的成本的比較一覽無遺，火力發電的成本少於大多數的再生能源，而台灣常用的火力發電方式燃氣和燃煤，也是火力發電中成本較小的兩者，雖然核能發電的成本顯示最小，但我們少考慮到環境成本，還有儲存核廢料的成本，因為此綜合比較之下，火力擁有較低的經濟成本。

3.火力發電效率最高

我們將台灣主要發電方式的發電效率作比較如下：

發電方式	發電效率
火力發電（燃煤）	43%
核能	32%
天然氣	51%-63%
水力發電	90%
風力發電	30%-50%
太陽能發電	15%-22%

表二：各發電效率比較⁸

⁷台灣電力股份有限公司，〈電價成本〉，檢索日期：2022年5月28日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=196>

⁸〈走進綠能發電新時代，從瑞典到不丹，臺灣跟上了嗎？〉，【中租·全民電廠】，2019年6月10日，檢索時間：2022年5月28日，<https://www.finmart.com.tw/Wiki/ALL/solar16>

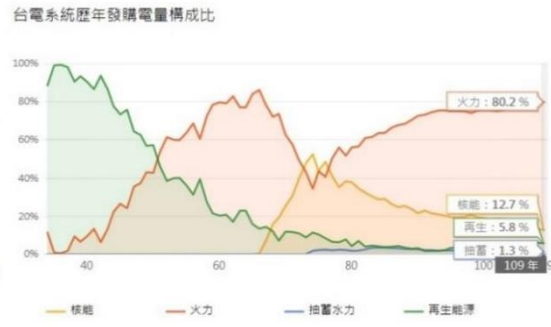
由上圖可以發現火力（尤其是天然氣），其效率高達 50%以上，比起核能的 30%或太陽能的 20%，火力都具有較高效率。而水力發電效率雖然高達 90%，可是水力會被許多因素影響（乾旱，民生用水等），因此，火力發電可以說是最穩定和高效率的發電方式。

（三）為什麼火力發電在台灣的比例較高？

首先解釋發購電量和裝置容量的差異，發購電量為台電發電量減去台電發電廠內用電加上購自民營電廠的電量，也就是貼近我們日常生活實際供電情形。而裝置容量則指的是一座發電機組可容許的最大電力輸出量，這通常表示機組正在全力發電。下圖為台電電力供需裝置容量及發購容量圖：



圖五：台電電力供需裝置容量⁹



圖六：台電電力供需發購電量¹⁰

由上圖可知，以前台灣是以核能為主，然而隨著核能的退役，三十年來火力發電比例不斷上升，即便是現在也有緩慢上升的趨勢，而再生能源會受環境因素而影響發電，占比仍較低，所以目前仍是由火力為台灣的發電主力，占比最多。

三、火力發電的迷思與改善

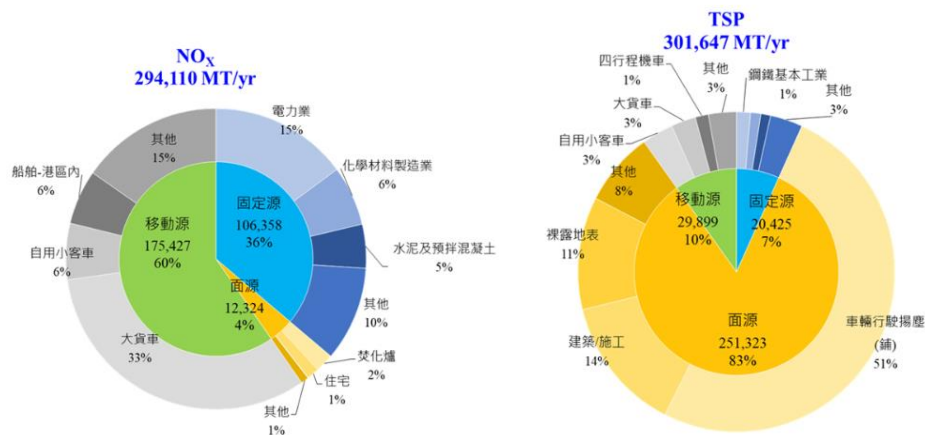
⁹ 台灣電力股份有限公司，〈歷年裝置容量構成比〉，檢索日期：2022年5月28日，
https://www.taipower.com.tw/tc/chart_m/b01_%e7%99%bc%e9%9b%bb%e8%b3%87%e8%a8%8a%e7%81%ab%e5%8a%9b%e7%87%9f%e9%81%8b%e7%8f%be%e6%b3%81%e8%88%87%e7%b8%be%e6%95%88_%e6%ad%b7%e5%b9%b4%e8%a3%9d%e7%bd%ae%e5%ae%b9%e9%87%8f%e6%a7%8b%e6%88%90%e6%af%94.html

¹⁰ 台灣電力股份有限公司，〈歷年發購容量構成比〉，檢索日期：2022年5月28日，
https://www.taipower.com.tw/tc/chart_m/b02_%e7%99%bc%e9%9b%bb%e8%b3%87%e8%a8%8a%e7%81%ab%e5%8a%9b%e7%87%9f%e9%81%8b%e7%8f%be%e6%b3%81%e8%88%87%e7%b8%be%e6%95%88_%e6%ad%b7%e5%b9%b4%e7%99%bc%e8%b3%bc%e9%9b%bb%e9%87%8f%e6%a7%8b%e6%88%90%e6%af%94.htm

在大眾眼裡，火力發電的最大弊端即它造成的空氣汙染，其主要成分為二氧化碳、水蒸氣、以及其他的一些成分比如氮氧化物、硫氧化物等。若是煤發電廠，還會有煤灰的汙染，而煤燃燒後產生的煤塵也必須從鍋爐中排除。然而，火力發電真的是台灣空汙的最大生產者嗎？其實並不然。

(一) 火力並非是所有台灣空氣汙染的最大來源

下圖為 TSP（總懸浮微粒）和 NO_x（氮氧化物）於各行業排放量佔比圖：



圖七：TSP 行業別排放量分類佔比¹¹

圖八：NO_x 行業別排放量分類佔比¹²

根據台灣空氣汙染排放清冊 11.0 版¹³，我們能看出屬於移動源的「交通運輸類」為產生氮氧化物的最大宗，佔 33%，其次才為電力業，佔 15%；而就 TSP 排放量來看，主要排放於面源逸散性污染源為大宗，又其中的車行揚塵(51%)、建築與施工(14%)，裸露地表(12%)為主要排放來源，遠遠高於電力業所佔的比例。

雖然火力發電會造成空氣汙染，但由數據顯示，它並非所有空汙的主因，若需要改善台灣空氣汙染的問題，或許從其他方面著手會有更大的績效。

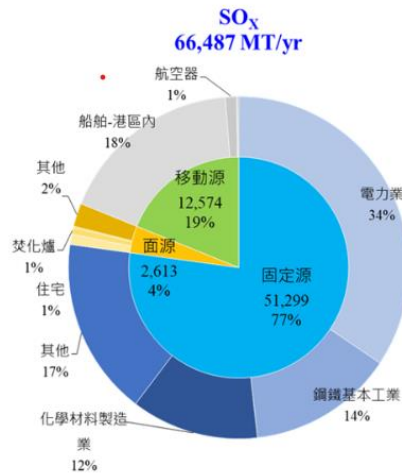
(二) 燃煤空汙處理和改善

下圖為 SO_x（硫氧化物）於各行業排放量佔比圖：

¹¹ 行政院環境保護署，〈空氣汙染排放清冊〉，檢索日期：2022年5月28日，https://air.epa.gov.tw/EnvTopics/AirQuality_7.aspx

¹² 同上註。

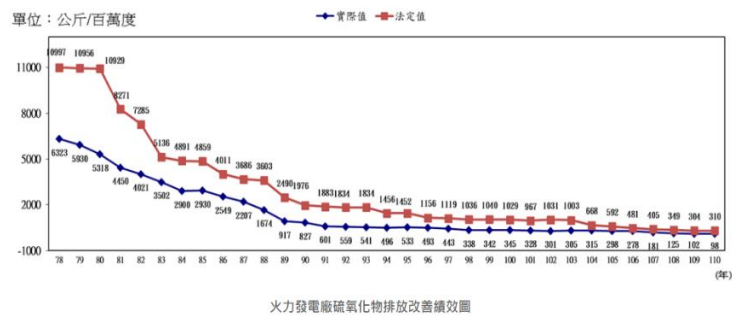
¹³ 臺灣空氣汙染物排放量清冊簡稱 TEDS(Taiwan Emission Data System, TEDS)，收錄了全國不同種類污染源排放至大氣之空氣汙染物。這裡所指之空氣汙染物，是依據空氣汙染防制法定義，具空氣品質標準之各種汙染物或前驅汙染物。



圖九：SO_x 行業別排放量分類佔比¹⁴

由上圖可知電力業為硫氧化物的主要生產者，其中火力發電占比最大。

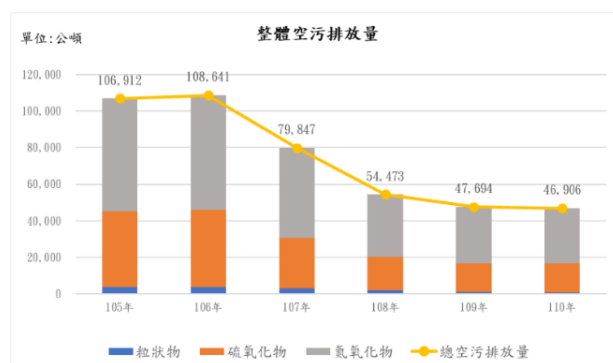
雖然火力發電為硫氧化物的主要生產者，但隨著人民對空汙議題越來越重視，台電也極力遵守中央及地方環保法規加嚴標準，運用更加完善的脫硫石膏技術將煙氣中硫氧化物轉為石膏，再利用於水泥業等其他行業；燃煤廠製造的大量煤灰大多能夠再利用於其他產業，甚至是台電自己的發電設施，大幅增加煤灰的再利用量與比率；而現屬台電的興達發電廠也已在 4 座燃煤電廠完成室內煤廠的的建設，大幅改善煤塵汙染。下圖為火力發電硫化物及整體空汙排放量改善績效圖：



圖九：火力發電硫化物改善績效圖¹⁵

¹⁴ 行政院環境保護署，〈空氣汙染排放清冊〉，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，https://air.epa.gov.tw/EnvTopics/AirQuality_7.aspx

¹⁵ 台灣電力股份有限公司，〈火力電廠環境保護〉，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=216>

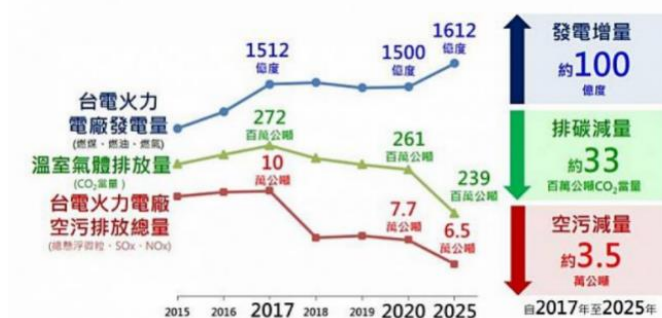


圖十：整體空汙排放量¹⁶

從上圖可知，隨著年份增加，火力發電產生的硫氧化物大幅下降，整體空汙排放量也減少許多，對於未來火力欲以煤氣為主要燃料的台灣，空氣汙染的問題更能有所改善。

(三) 火力發電之碳排放量有減少趨勢

下圖為台灣火力發電碳排放改變的趨勢圖：



圖十一：碳排放趨勢¹⁷

由上圖可知在發電量上升的同時，台灣的碳排放量逐漸減少，而下列三種則是台灣主要用於減少碳排放量的方法：

1. 液化二氧化碳

¹⁶ 同上註。

¹⁷李瑞梅，〈能源轉型 減污減碳〉，【上報】，2017年11月15日，檢索日期：2022年5月28日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=9&SerialNo=28971

將二氧化碳液化，並透過深井注入地下 900 公尺到 1,200 公尺深的玄武岩地層中封存起來，氧化碳會再經化學的作用轉變成為碳酸鹽類，成為構成岩石的主要成分。

2. 汽電共生

汽電共生是能量再利用，主要是可以回收廢熱，像是工廠使用電造成熱，就可以利用熱量來進行發電。

3. 碳捕獲及封存

將化石燃料轉化為能源的過程中，利用捕獲技術將火力發電廠、工廠等排放源所排放的二氧化碳分離，並將其壓縮後，輸送至合適的封存地點進行封存，使二氧化碳與大氣隔絕。

四、其他能源與潛藏危機

上節澄清了火力發電的迷思，接下來將介紹台灣其他的發電方法及其潛藏危機。

(一) 核能

1. 核能發電的優劣勢

核能發電的優勢為發電時不會產生碳排放，而在無外力介入的情形下會長時間進行，高達 18 個月，並能穩定地發電。

然而，由於開採鈾礦會帶來汙染（如汙染飲用水），又開採的來源地又在非洲貧困國家居多，其造成的傷害會影響世界大多數民眾的健康。而鈾礦的加工也十分複雜，經過繁複的分離、萃取與純化程序，去除雜質後才能得出氧化鈾，還需要經過攝氏 800 度的高溫加熱與濃縮加工，才能真正成為可使用的鈾燃料棒，過程中會消耗大量的淡水，也會產生帶有低放射劑量的廢石、廢泥漿與廢水，耗費巨大資源且汙染重重，甚至也造成了碳排放的問題。¹⁸

¹⁸ 綠色和平氣候與能源專案小組，〈核能是什麼？核能發電的原理？核電有那些優點與缺

此外核電廠具有核安問題，像是人為因素造成的車諾比事件，或是天災的福島事件，顯示人們對於核安問題尚未完全掌控。核燃料循環的整個過程都會製造對環境與人體具有危害的核廢料，其對人類文明的威脅可能不亞於過量的溫室氣體，至今 70 年過去，仍沒有任何一個國家可以解決「如何安全處置核廢料」的問題，其處理成本也是十分昂貴。

2.核能發電的潛藏危機

(1).以歷史來看——福島核災

2011 年 3 月 11 日，地震造成的海嘯，使核電廠的供電中斷，無法提供水使燃料棒冷卻，形成了爐心熔毀，大量輻射線外洩。日本政府將福島第一核電廠周圍 20km 圈內的地區作為警戒區域，不得進入，約 10 萬居民撤離，放射性物質隨雨落入土壤，在群馬縣北部和栃木縣北部造成污染，高濃度的污染水中有一部分泄漏進入海洋與地下水，事故發生後全球各地都有發現海水中放射性污染，在 2011 年日本政府尚無法控制防止放射性物質進入國家食糧。¹⁹

(2).核能發電廠均建構於地震帶

位於環太平洋地震帶上的台灣時常因地震發生，造成人心惶惶，害怕如 921 般的大地震再發生一次。從台灣 4 座核電廠的分布來看，它們都建於斷層帶附近，除了核三位於屏東以外，核一、二、四均分布離台北不到 30 公里的北海岸，倘若因地震造成核電廠倒塌，人口眾多的台北勢必無處可逃。此外，根據中央地質調查所的調查，一條長達 2 公里的 S 斷層即位於核四廠的正下方，貫穿整個廠區，而其附近海域更有 70 幾座海底火山（有 11 座是活火山），當地層開始活動，台灣極大可能會因核能造成不可挽回的悲劇。²⁰

點？》，2021 年 3 月 17 日，【Greenpeace 綠色和平】，檢索日期：2022 年 5 月 28 日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/23935/%E6%A0%B8%E8%83%BD%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC%EF%BC%9F%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E7%9A%84%E5%84%AA%E9%BB%9E%E8%88%87%E7%BC%BA%E9%BB%9E/>

¹⁹ 維基百科「福島第一核電廠事故」詞條，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，

<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E4%BA%8B%E6%95%85>

²⁰ 綠色和平氣候與能源專案小組，〈核四究竟有什麼問題？為什麼綠色和平反對續建核

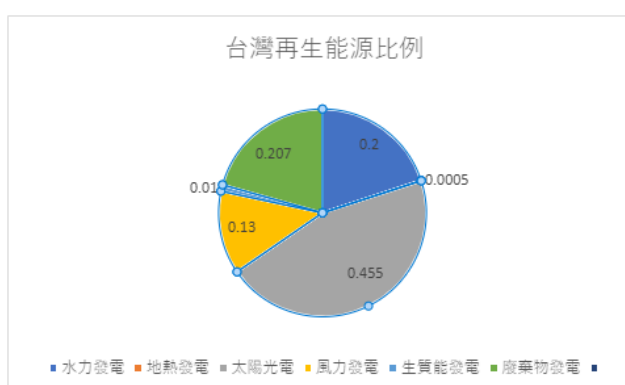
四？〉，2021 年 7 月 29 日，【Greenpeace 綠色和平】，檢索日期：2022 年 5 月 28 日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/26455/%E6%A0%B8%E5%9B%9B%E7%A9%B6%E7%AB%9F%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E5%95%8F%E9%A1%8C%EF%BC%9F%E7%82%BA%E4%B>

(二) 再生能源

1. 台灣常用的再生能源及發電效率

根據再生能源發展條例，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。下圖為台灣常用的再生能源比例：



圖十二：台灣再生能源比例。²¹

台灣以太陽能發電為主，並搭配水力和生質能、廢棄物發電，共占台灣 17% 的發電量。

事實上，再生能源擁有不錯的發電效率，像是風力有著接近五成的效率，水力更是有九成的發電效率，只不過再生能源容易受到環境因素影響，如水力受到乾旱影響，風力受到天候影響，太陽能更是只有在白天能發電。

2. 再生能源的迷思

(1). 再生能源不一定那麼環保

太陽能目前是台灣主要的再生能源之一，但為了能真正貢獻到足夠電力，它們需要廣大的空間與儲能設施，而且壽命只有 20 年，因此根據 IRENA（國際再生能源機構）評估，在沒提到天災人禍導致的損耗，全球於 2050 年後至少將有

[B%80%E9%BA%BC%E7%B6%A0%E8%89%B2%E5%92%8C%E5%B9%B3%E5%8F%8D%E5%B0%8D%E7%BA%8C%E5%BB%BA%E6%A0%B8/](https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204)

²¹ 台灣電力股份有限公司，〈再生能源發電概況〉，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204>

7800 萬噸以上的太陽能光電板因壽命耗盡而除役，之後每年將增加 600 萬噸的新廢棄物。²²

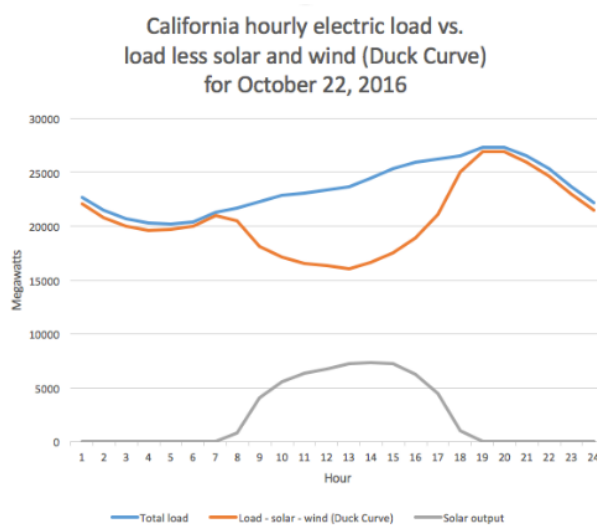
此外，廢太陽能板是多重複合材質組成，雖然理論上聲稱可以 100%回收，但實際再製必須耗上不小的人力物力把每層材料乾淨分開，此舉將導致成本高於新製件，因此基本上絕大多數廢太陽能板都是埋掉跟燒掉，若沒有妥善處理，會對環境造成更大傷害。

(2). 再生能源無法成為主要發電能源

在討論再生能源是否能成為台灣主要發電能源之前，首先先介紹「鴨子曲線」，作為我們討論的重點依據。

(1) 鴨子曲線

下圖為根據美國加州一日所做出來的用電曲線：



圖十三：鴨子曲線²³

此圖的橫軸是當天的 24 小時，縱軸是電網的負載量，以百萬瓩（1MkW）

²² 綠色和平氣候與能源專案小組，〈太陽能式 100%清潔能源嗎？〉，2017 年 4 月 28 日，

【Greenpeace 綠色和平】，檢索日期：2022 年 5 月 28 日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/26455/%E6%A0%B8%E5%9B%9B%E7%A9%B6%E7%AB%9F%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E5%95%8F%E9%A1%8C%EF%BC%9F%E7%82%BA%E4%B%80%E9%BA%BC%E7%B6%A0%E8%89%B2%E5%92%8C%E5%B9%B3%E5%8F%8D%E5%B0%8D%E7%BA%8C%E5%BB%BA%E6%A0%B8/>

²³ 維基百科「Duck Curve CA-ISO 2016-10-22.agr - 鴨子曲線」詞條，檢索日期：2022 年 5 月 28 日，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%B4%A8%E5%AD%90%E6%9B%B2%E7%B7%9A>

為單位。

灰線為太陽的總發電量，可以看出白天為其主要的發電時間，晚上則無法發電。除了早上上班，回家後民眾仍有許多用電需求（如看電視、上網），所以藍線為民眾全日所用掉的發電總量。

這時我們將藍線減掉灰線，顯示出橘線，此為其他化石燃料與核能要發的電量。中午時，因陽光充足而負載下降，看起來就像鴨子的肚子；日落後負載升高，形狀如同鴨子的脖子。

因此我們能推知若間歇性能源佔比發電比率越大，鴨肚子即越大，電力調度的問題就越大，而化石燃料、核能等能源就需因再生能源做大幅度排程調整，若用不好，甚至可能造成大停電。

（2）情境假設——若台灣是個綠電先行的國家

根據上述「鴨子曲線」的論述，我們試著設想台灣是以再生能源為主的國家。因為台灣的再生能源以太陽能發電為主，若要將再生能源作為台灣主要發電來源，太陽能必定是發電佔比的最大部分。然而太陽能是一種間歇性能源，白天有太陽時才能運作，若沒有陽光的存在，則無法發電。

我們假設最好的狀況下，每日的白天均陽光普照，能發揮太陽能發電的最大效率，但一到晚上，太陽能板就無法作用。因此我們須將能快速開啟的燃氣機組於早上 9:00 關閉，下午 3:00 再開啟，而為了配合太陽作息，再讓水力發電機組調整至白天抽水，其他時間發電。因此我們能發現台灣若想讓綠電先行，台灣須購買更多燃氣機組頻繁降載關閉、開啟升載或長時間持續低載運轉，以補足太陽下山後人民的用電量，如此一來，雖我們認為綠能更加環保，但從系統來看，除了發電效率下降，也會產生更多的空氣汙染及碳排放，對台灣的環境更加不利。

五、結論與立場

經過前文的討論，我們可知再生能源雖具有許多潛力，但就台灣現階段而言，再生能源仍不可能成為台灣能源的主力。而火力發電雖許多缺點，但藉由上述資料的討論，我們發現有許多缺點均已被改善。所以，我們最終認為台灣目前仍必須以火力發電為主，並輔以再生能源，才能在最小外部成本下，達到最大的發電效率。理由如下：

（一）火力對環境之危害已改善許多

藉由以上資料，可以知道再生能源雖然看似環保，是以自然為能源發電，但他們在環境上有所限制，若要成為台灣主要發電來源，勢必需要更多設備，甚至要火力發電來補足缺口，以整體來看會造成更多環境汙染。此外，身為台灣再生能源主力的太陽能，其廢氣太陽能板問題更是不容小覷。

核電雖然是低汙染、穩定的發電模式，但核廢料問題對現階段的台灣來說無法解決，只能另找地點建構掩埋場，會對環境造成大量輻射汙染。此外，台灣核電廠均建造在地震帶上，若因地震而倒塌，勢必會造成一場生態浩劫，更會使地狹人稠的台灣發生無法挽回的悲劇。

就火力發電來說，根據以上資料和數據的支持，我們能知道空氣汙染的主因並不完全是火力發電，雖然它是硫氧化物產源的最大宗，也會造成煤灰、煤塵汙染，但透過技術的進步和改善，火力造成的整體環境汙染大幅改善，而其造成溫室效應的問題也透過碳排放的減少可以看出改善許多，不再和以前一樣嚴重。

因此通過三者的比較，我們認為火力發電對環境所造成的傷害較輕微，是最適合目前台灣的發電方式。

（二）火力發電成本低效率高

火力發電是人類最早發明的發電方式之一，因此我們擁有較成熟的發電方式，而科學家們也對火力發電進行各種改良，讓火力成為經濟優惠的發電模式。目前天然氣的發電成本仍較高，不過它是較為新興的火力發電模式，目前台灣已經漸漸從燃煤走向燃氣，而第一時間補上核能發電缺口也是火力，而台灣不選擇再生能源，除了它效率不穩，而且受到環境限制大，技術尚未成熟當下，其成本是大於火力發電的，由此可知火力的台灣最符合經濟效益的發電方式。

七、參考資料

張嘉哲，〈深澳電廠在吵什麼？三大爭議一次看懂 | 生活〉，2018年4月16日，【Newtalk 新聞】檢索日期：2022年5月28日，<https://newtalk.tw/news/view/2018-04-16/120976>

連珮宇、蔡佩蓉，〈乾淨的煤？拆穿深澳電廠六大謊言〉，2018年7月7日，【聯合新聞網】檢索日期：2022年5月28日，https://udn.com/upf/newmedia/2018_data/shenao_power_plant/

林琬寧，〈核廢料不僅不髒，它還更證實核能的乾淨與環保〉，2021年4月11日，【風傳媒】，檢索日期：2022年5月28日
<https://www.storm.mg/article/3588929?page=2>

廣編企劃，〈一圖了解：守護空氣品質，台中火力發電廠如何做到減煤減排？〉，【關鍵評論網】，2021年3月17日，檢索日期：2022年5月28日

日， <https://www.thenewslens.com/feature/taipower-2020/148346>
綠色和平氣候與能源專案小組，〈為什麼核四爭議不斷？臺灣真的需要第四座
核電廠嗎？〉，2021年6月23日，【Greenpeace 綠色和平】，檢索日期：
2022年5月28日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/25521/%E7%82%BA%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%A0%B8%E5%9B%9B%E7%88%AD%E8%AD%B0%E4%B8%8D%E6%96%B7%EF%BC%9F%E8%87%BA%E7%81%A3%E7%9C%9F%E7%9A%84%E9%9C%80%E8%A6%81%E7%AC%AC%E5%9B%9B%E5%BA%A7%E6%A0%B8%E9%9B%BB%E5%BB%A0/>

綠色和平氣候與能源專案小組，〈核能是什麼？核能發電的原理？核電有那些
優點與缺點？〉，2021年3月17日，【Greenpeace 綠色和平】，檢索日
期：2022年5月28日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/23935/%E6%A0%B8%E8%83%BD%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC%EF%BC%9F%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E7%9A%84%E5%84%AA%E9%BB%9E%E8%88%87%E7%BC%BA%E9%BB%9E/>

綠色和平氣候與能源專案小組，〈核四究竟有什麼問題？為什麼綠色和平反對
續建核四？〉，2021年7月29日，【Greenpeace 綠色和平】，檢索日期：
2022年5月28日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/26455/%E6%A0%B8%E5%9B%9B%E7%A9%B6%E7%AB%9F%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E5%95%8F%E9%A1%8C%EF%BC%9F%E7%82%BA%E4%BB%80%E9%BA%BC%E7%B6%A0%E8%89%B2%E5%92%8C%E5%B9%B3%E5%8F%8D%E5%B0%8D%E7%BA%8C%E5%BB%BA%E6%A0%B8/>

綠色和平氣候與能源專案小組，〈太陽能式 100%清潔能源嗎？〉，2017年4
月28日，【Greenpeace 綠色和平】，檢索日期：2022年5月28日

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/26455/%E6%A0%B8%E5%9B%9B%E7%A9%B6%E7%AB%9F%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E5%95%8F%E9%A1%8C%EF%BC%9F%E7%82%BA%E4%BB%80%E9%BA%BC%E7%B6%A0%E8%89%B2%E5%92%8C%E5%B9%B3%E5%8F%8D%E5%B0%8D%E7%BA%8C%E5%BB%BA%E6%A0%B8/>

李瑞梅，〈能源轉型 減污減碳〉，【上報】，2017年11月15日，檢索時
間：2022年5月28日，

https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=9&SerialNo=28971

維基百科「Duck Curve CA-ISO 2016-10-22.agr - 鴨子曲線」詞條，檢索日期：
2022年5月28日，[https://zh.wikipedia.org/zh-](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%B4%A8%E5%AD%90%E6%9B%B2%E7%B7%9A)

[tw/%E9%B4%A8%E5%AD%90%E6%9B%B2%E7%B7%9A](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%B4%A8%E5%AD%90%E6%9B%B2%E7%B7%9A)

維基百科「福島第一核電廠事故」詞條，檢索日期：2022年5月28日，

[https://zh.m.wikipedia.org/zh-](https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E4%BA%8B%E6%95%85)
[tw/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E4%BA%8B%E6%95%85](https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E4%BA%8B%E6%95%85)

行政院環境保護署，〈空氣汙染排放清冊〉，檢索日期：2022年5月28日，
https://air.epa.gov.tw/EnvTopics/AirQuality_7.aspx

台灣電力股份有限公司，〈火力營運現況與績效〉，檢索日期：2022年5月28日，
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=202>

台灣電力股份有限公司，〈電價成本〉，檢索日期：2022年5月28日，
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=196>

台灣電力股份有限公司，〈歷年裝置容量構成比〉，檢索日期：2022年5月28日，

https://www.taipower.com.tw/tc/chart_m/b01_%e7%99%bc%e9%9b%bb%e8%b3%87%e8%a8%8a_%e7%81%ab%e5%8a%9b%e7%87%9f%e9%81%8b%e7%8f%be%e6%b3%81%e8%88%87%e7%b8%be%e6%95%88_%e6%ad%b7%e5%b9%b4%e8%a3%9d%e7%bd%ae%e5%ae%b9%e9%87%8f%e6%a7%8b%e6%88%90%e6%af%94.html

台灣電力股份有限公司，〈歷年發購容量構成比〉，檢索日期：2022年5月28日，

https://www.taipower.com.tw/tc/chart_m/b02_%e7%99%bc%e9%9b%bb%e8%b3%87%e8%a8%8a_%e7%81%ab%e5%8a%9b%e7%87%9f%e9%81%8b%e7%8f%be%e6%b3%81%e8%88%87%e7%b8%be%e6%95%88_%e6%ad%b7%e5%b9%b4%e7%99%bc%e8%b3%bc%e9%9b%bb%e9%87%8f%e6%a7%8b%e6%88%90%e6%af%94.html

台灣電力股份有限公司，〈火力電廠環境保護〉，檢索日期：2022年5月28日，
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=216>

台灣電力股份有限公司，〈再生能源發電概況〉，檢索日期：2022年5月28日，
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204>

經濟部能源局，〈能源統計〉，檢索日期：2022年5月28日，

https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/SubMenu.aspx?menu_id=3010