

Chapter

4 能源

能源使用和人類文明發展息息相關。18 世紀人類發明蒸氣機，催生現代化的工業生產；電力供給立下現代生活的基礎。默默推動這些文明進展的幕後功臣是「化石能源」。

化石能源如何影響國際關係？

- 供需不均和少數掌控
- 石油運輸和地緣關係
- 油價波動和全球經濟

核能發電是否乾淨、安全？

- 臺灣核能發電爭議

替代能源的種類與發展前景如何？

- 替代能源的優勢
- 替代能源的種類
- 臺灣的能源發展前景



- 1 「酷暑的夏日晚上，電力突然中斷，沒有電燈及冷氣、超商收銀機停擺、交通號誌停止運作、網路訊號中斷……」，這些情境突顯了現代社會對能源的依賴。人們可以使用的能源種類和數量有多少？能源取得和利用
- 5 存在著什麼問題？這是有關社會環境的重大議題。

知識充電站

頁岩油 / 頁岩氣

頁岩是形成於水流緩慢或靜止水域的沉積岩，常夾雜有機物質。這些有機物質在高溫高壓下可分解成油或氣，是為頁岩油和頁岩氣。頁岩油 / 氣蘊藏豐富，但開採不易，以往未被當成重要能源。2010 年，美國開採技術有重大突破，頁岩油 / 氣的產量大增，成為另一個重要的化石能源。

4-1

化石能源如何影響國際關係？

- 化石能源是指儲存於地殼中且能作為能源的化石，是由植物和動物的殘骸轉化而成，但它們的生成環境有別。煤炭主要生成於陸地環境，由枯倒的樹木枝幹堆積
- 10 而成（圖 4-1）；石油和天然氣生成於海域，主要為浮游生物和動物殘骸堆積而成（圖 4-2）。此外，近年逐漸受重視的頁岩油和頁岩氣也屬於化石能源。

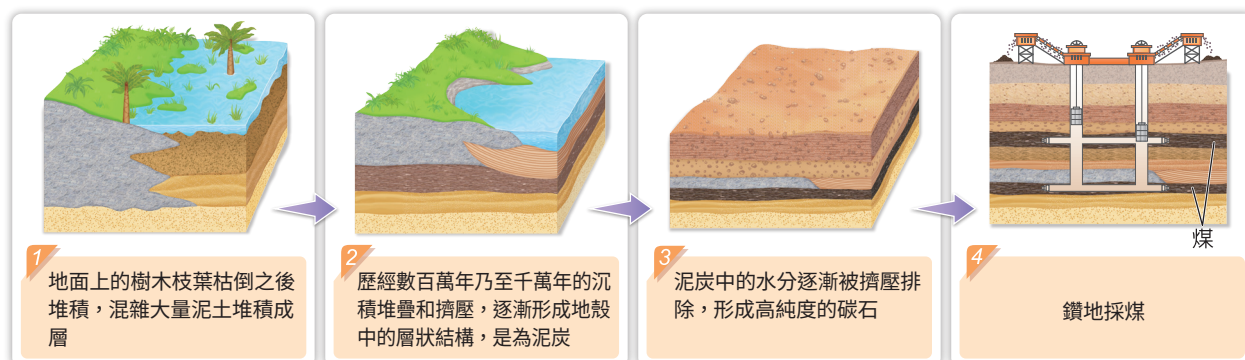


圖 4-1 煤炭生成示意圖

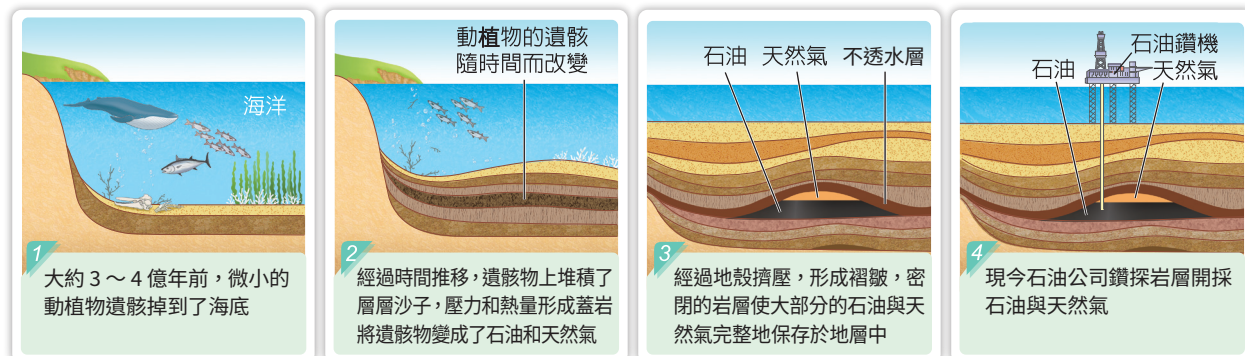


圖 4-2 石油、天然氣生成示意圖。水中生物殘骸在海底堆積形成層狀結構，受海水和岩層的壓力逐漸轉化成石油（液體）和天然氣（氣體），兩者皆為流動性物質，可穿透有空隙的岩層，最後封鎖在密緻的岩層中，形成石油和天然氣儲存於此。

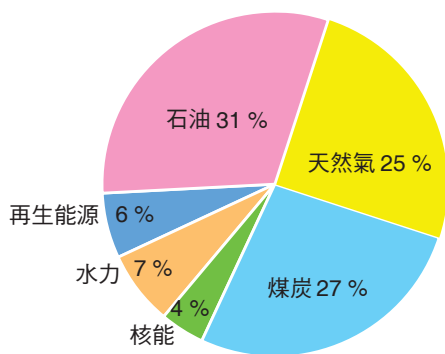


圖 4-3 2021 年全球各種能源消耗比例 (資料來源：英國石油公司，BP)

翻開報章雜誌，發生在世界各地的國際爭端和社會經濟波動，常和化石能源有關，如中東地區的石油戰爭、委內瑞拉的政局動盪。為何化石能源對國際關係有如此重大的影響？

目前化石能源約占據全球能源的 85 %，**石油、煤炭、天然氣**是最重要的 3 種化石能源，三者合計的消耗量占有所有化石能源消耗的 90 % 以上（圖 4-3）。

石油用途非常廣泛，除了作為飛機、汽車的燃料之外，也應用在龐大的石化工業，如：建材、家具、衣服、塑膠、醫療用品等，是各國普遍需要的原物料。

煤炭的消耗量僅次於石油，主要用於工業生產和電力發電，用途較為單純，且煤礦分布遍及全球各洲，取得管道較多元通暢，引發國際衝突的情形較少，天然氣在國際關係的角色地位同樣較低。過去數十年來，石油經常是國際關注或爭議的焦點，主要原因如下：

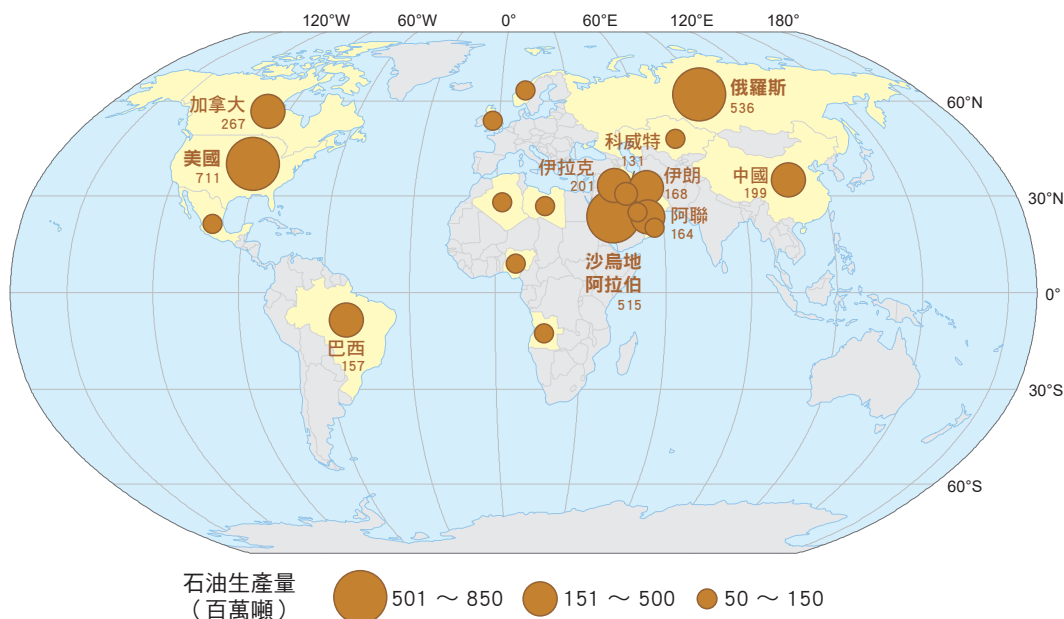


圖 4-4 2021 年全球前 20 大石油生產分布圖 (資料來源：英國石油公司，BP)

註：未標示者，是其產量相對較低，不見得完全沒有生產。

1 供需不均和少數掌控

石油只能形成於特定環境，故分布不均。以地區而言，西亞地區儲藏量最豐富，約占全球總儲量的一半，以國家而言，委內瑞拉、沙烏地阿拉伯和加拿大等 3 個國家的儲藏量合計約占全球的一半。石油生產和供應掌握在少數國家手中（圖 4-4）。

然而，石油是各國普遍需要的能源物資，美國、西歐、日本等已開發國家對於石油的需求尤為殷切（圖 4-5），而中國隨著經濟成長、民眾生活水準提升，對石油的需求快速增加，積極爭取和掌控石油生產，使得國際間的石油爭端是更加複雜。國際間為了石油引發多次戰爭（表 4-1），例如：1990 年伊拉克進軍科威特，以及美國出兵干涉加以驅逐，石油是引發爭奪干涉的主因。2022 年俄羅斯與烏克蘭的衝突，俄羅斯的石油出口受到抵制，然而許多歐洲國家也面臨能源短缺的壓力。石油具有戰略資源的性質，被視為軍事行動之外的另種武器。

表 4-1 石油戰爭

時間	戰役
1932 ～ 1935 年	查科戰爭
1967 ～ 1970 年	奈及利亞內戰
1980 ～ 1988 年	兩伊戰爭
1990 ～ 1991 年	波斯灣戰爭
1992 ～ 2003 年	伊拉克禁飛區衝突
2003 ～ 2011 年	伊拉克戰爭
2004 ～ 至今	尼日三角洲衝突
2012 年	南蘇丹與蘇丹的邊界衝突（黑格里格危機）



從圖 4-5 的各國石油消耗分布來看，哪一洲的石油消耗量最少？你認為該區民眾日常生活的能源主要來自什麼？

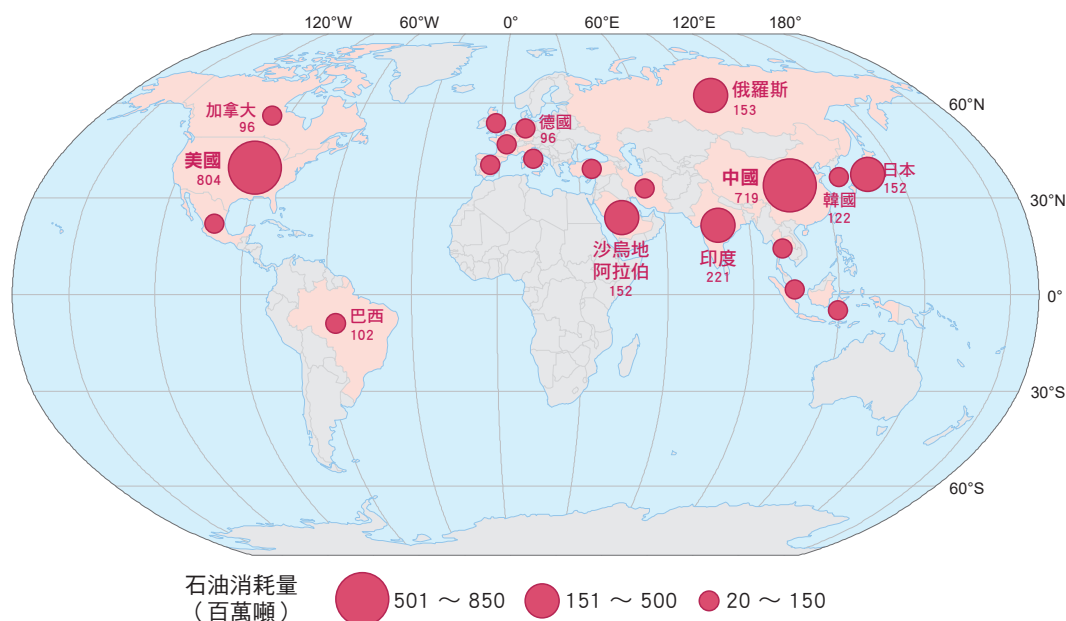


圖 4-5 2021 年全球前 20 大主要石油消耗國分布圖（資料來源：英國石油公司，BP）

註：無標示石油消耗量者，是相對其他國家而言較低，而非沒有消耗。

石油運輸和地緣關係

石油供需之間的不平均，引發大量的石油運輸需求。全世界每天生產的上億桶石油，約有 60 % 藉由海洋運輸，上萬艘大型油輪航行全球，形成固定航線。由西亞到東亞是重要的石油輸送航道，這個航程先後經過荷莫茲海峽、麻六甲海峽乃至臺灣海峽。沿途的新加坡因為位居關鍵位置，近年大力發展石化產業，成為其貿易輸出大宗。臺灣海峽也位居此一通道上（圖 4-6），在國際地緣政治有其重要性。

油價波動和全球經濟

過去 20 年來，世界每日石油生產約在 1 億桶左右，每桶石油價格在 20 ～ 140 美元之間浮動，石油產量和價格波動足以撼動全球政治經濟版圖和國際秩序。

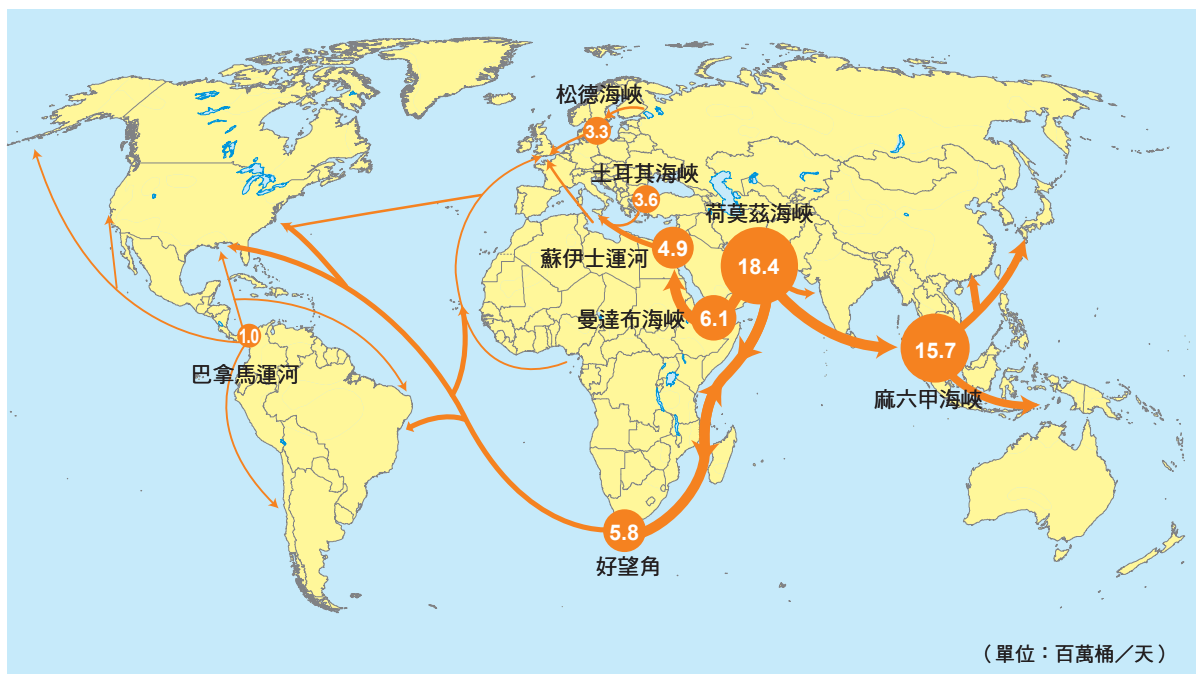


圖 4-6 2019 年全球原油及石油產品海上運輸廊道圖（資料來源：https://www.eia.gov/international/analysis/special-topics/World_Oil_Transit_Chokepoints）

註：土耳其海峽為黑海海峽別稱，是由博斯普魯斯海峽、馬爾馬拉海、達達尼爾海峽組成。

¹ 1991 年蘇聯解體，油價劇跌是眾多原因中的一大關鍵。當年石油是蘇聯的重要經濟收入，1980～1986 年間國際石油價格約跌 2 / 3，使得 1985～1986 年間蘇聯的收入即少了 100 多億美元。美國為首的西方國家以石油價格為武器，重擊仰賴石油為生的蘇聯，加速其解體。

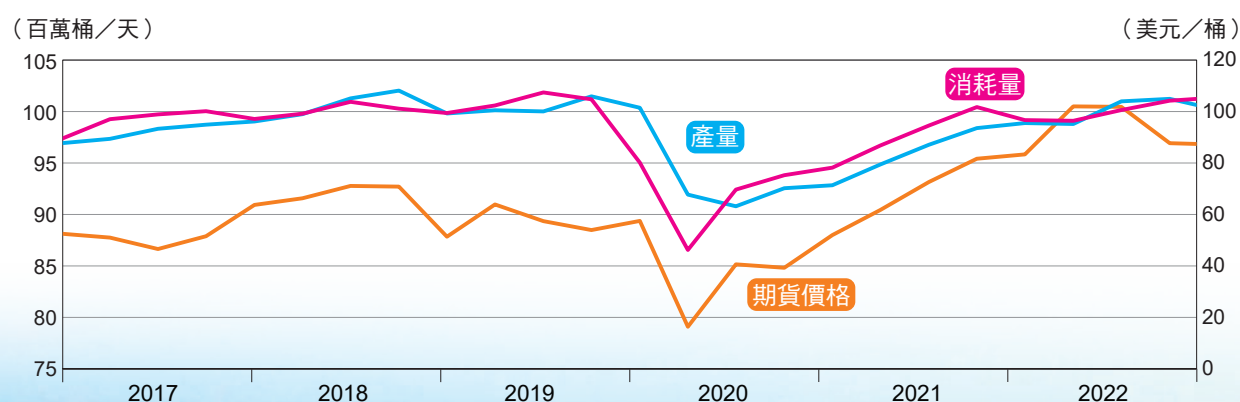
⁵ 2010 年後，美國大量開採頁岩油和頁岩氣，並從石油輸入國成為石油輸出國，對於國際經濟的操控能力更為強大。至於委內瑞拉、伊朗等產油國家，高度依賴石油收入，油價劇降引發社會民生動盪（圖 4-7），進而影響政治局勢。

石油價格起伏牽動國際政治經濟，而石油消費也和國際局勢密切關連。2020 年 3 月全球嚴重特殊傳染性肺炎疫情開始飆升時，全球石油需求驟降，但石油生產無法立刻中斷，源源不絕的石油找不到買家，許多滿載石油的油輪停留在海上（照片 4-1），美國主要的原油期貨價格甚至降到負值。

另一方面，石油消耗驟降使得空氣汙染減緩。2020 年中，中國因應疫情而大規模封城，當地二氧化氮排放約減少 20 %，PM_{2.5} 也降約 17 %，這些數字說明空氣品質和化石能源的消耗密切相關。面對化石能源分布不均、儲存量有限、危害環境等種種問題，發展替代能源是各國共同努力的方向。



石油會用完嗎？
如果用完了，有其他的能源可用嗎？



▲ 圖 4-7 全球石油歷年產量、消耗量與期貨價格變化（資料來源：美國能源信息署，2022）

✓ 照片 4-1 美國加州外海儲油艦隊



4-2

核能發電是否乾淨、安全？

1

配合 2018 年的地方選舉，臺灣舉辦核能公投。核能成為公投議題，顯示社會對於這項能源持有不同看法，必須藉由公投確認主流民意。相對於其他能源發展，為什麼核能發電特別引起爭議？

5

核能發電的原理和火力發電相同，都是將水加熱以產生高溫高壓的水蒸氣，再利用水蒸氣推動渦輪機發電，兩者差別在於能量來源不同，火力發電是利用化石燃料，而核能發電是利用放射性燃料的核分裂連鎖反應產生熱。核反應產生的熱量遠遠高於化石燃料，少量的放射燃料即可產生大量的電，且不會像化石燃料產生大量二氧化碳，許多人認為它是乾淨的能源。然而，也有許多人擔心核能的安全性。支持和反對核能的理由有哪些呢？

10

總結目前相關的論述，支持核能者的理由包括：

15

1 單位成本便宜：核電單位發電成本遠低於化石燃料及其他的可再生能源。

2 乾淨：核能發電可大量減少碳排放，降低溫室效應，減緩全球暖化。

3 永續：地球上的放射物質可以持續供應人類所需。相對於化石原料僅可供數百年使用，核能原料幾乎不會匱乏。

20

4 科技發展：支持者認為目前核能的可能問題，如「核廢料」處理，未來科技發展可以解決，且科技進步可以強化核能發電的安全。

25

1 相對而言，反對核能者也有其理由，包括：

1 成本代價高：核能電廠建造成本高昂，且正常使用年限設定 40 年。電廠除役之後，只能原廠址封存，難以轉做他用。

5 **2 核廢料問題：**燃燒後的核廢料目前尚無永久處理與儲存方式。

3 安全疑慮：反對核電者的最大疑慮是輻射汙染及風險。如 1986 年，前蘇聯車諾比核電廠發生爆炸（照片 4-2）、2011 年日本福島縣核電廠

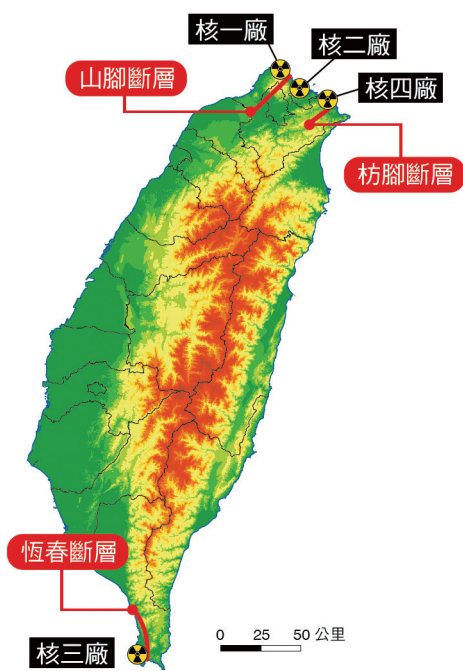
10 輻射外洩，都釀成嚴重後果（照片 4-3）。



➤ 照片 4-2 前蘇聯車諾比核災後景象

✓ 照片 4-3 日本福島核災。1 受到輻射汙染的廢棄物。2 福島的農作物須接受輻射汙染監測。



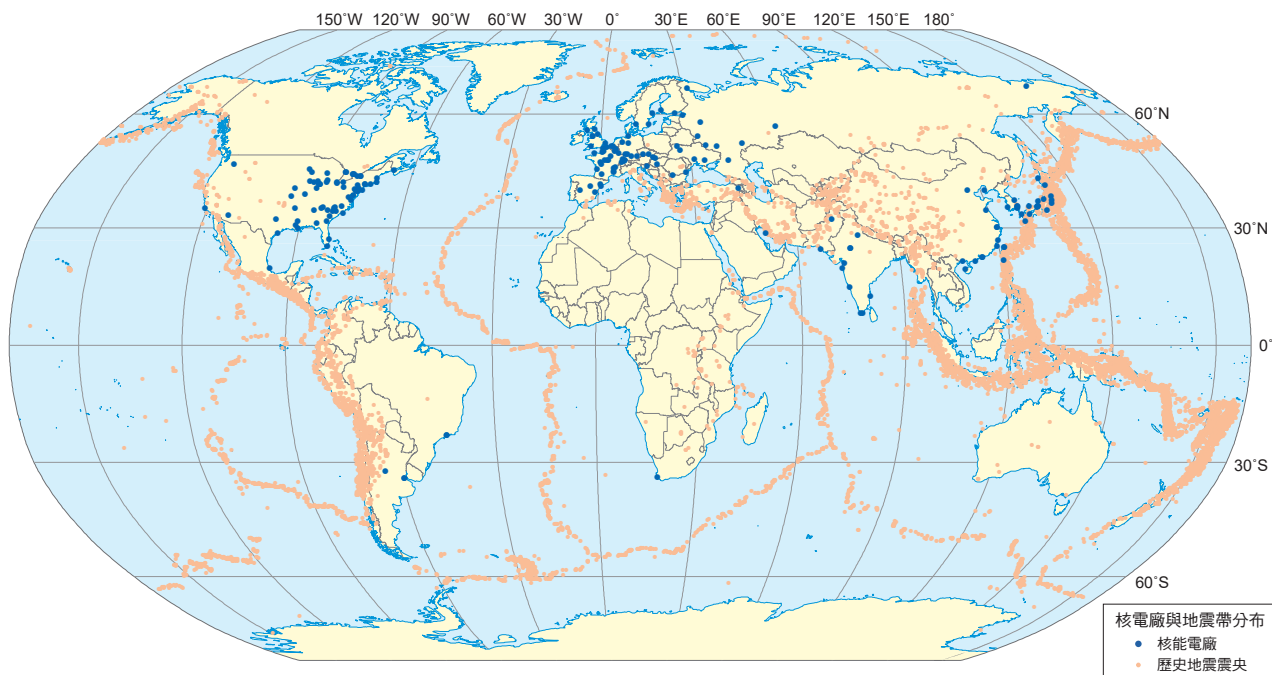


▲ 圖 4-9 臺灣核電廠位置與鄰近斷層分布圖（資料來源：經濟部中央地質調查所）

臺灣核能發電爭議

目前全世界運轉中的核能電廠約有 442 個，規劃及興建中的另有 173 個左右，主要分布在美國和歐洲（圖 4-8），這些地區是全球地震威脅較小、環境災害較少的地區。當歐洲和美國繼續選擇核能發電時，地狹人稠的臺灣是否具備相同的發展條件？

臺灣於 1970 年開始興建核能電廠，目前共計有 4 個核電廠（圖 4-9），其中核一、核二、核四等三廠位於新北市的金山及貢寮，核三廠則位於屏東恆春。目前核一廠已經退役，核二廠已於 2021 年除役，核三廠預計於 2025 年除役。核四廠於 2010 年完工後，因面臨龐大的反核民意，政府於 2015 年正式予以封存，並未啟用。



▲ 圖 4-8 世界核能電廠分布與潛在地震災害（資料來源：美國地質調查局、世界資源研究所）

學生活動 4-1

臺灣核能發展抉擇



1986 年，前蘇聯車諾比核電廠爆炸案；2011 年，日本福島縣核電廠輻射外洩案，臺灣民眾對這些核能事故都耳熟能詳。另一方面，臺灣能源自給率極低、高度仰賴國外進口也是不爭的事實。核能發電在臺灣一直都是個爭議。

2018 年臺灣舉辦首次的核能公投，主要訴求是「以核養綠」，投票結果顯示全臺各鄉鎮市區的支持率幾乎都過半，僅有核電廠或核廢料所在地區，反對票高於贊成票（圖 4-10）。

類似的議題，2021 年再次舉辦的核能公投，訴求是「重啟核四廠」，這次投票結果贊成票並未過半，重啟案未能過關（圖 4-11）。

請參照圖 4-10～圖 4-12，回答下列問題。

1. 2018 年「以核養綠」公投，反對票多於贊成票的鄉鎮是哪些？
2. 社會學界有鄰避（NIMBY）的理論，取字英文”not in my back yard”（別在我家後院）的縮寫。如果公投題目改成「你是否同意在你家所在鄉鎮市區設置核能電廠」，你認為投票結果的贊成和反對票數，何者較多？
3. 圖 4-11 和圖 4-12 分別是核能公投與總統大選的投票結果。根據這兩張圖的資訊，特別是針對苗栗縣和臺南市的部分，你認為臺灣民眾對於核能的態度和政治傾向有什麼關連？請說明你的想法和判斷的依據。

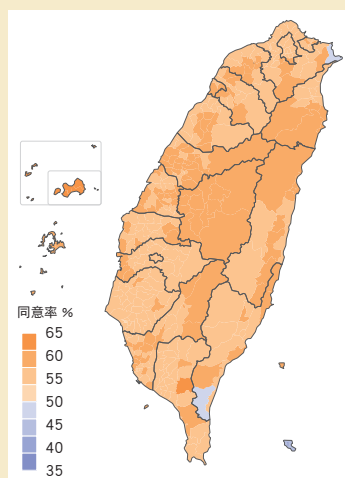


圖 4-10 2018 年臺灣「以核養綠」核能公投投票結果

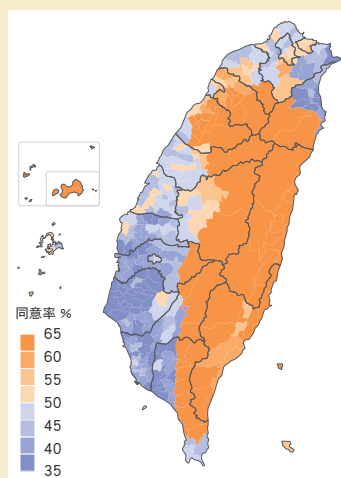


圖 4-11 2021 年臺灣「重啟核四廠」核能公投投票結果

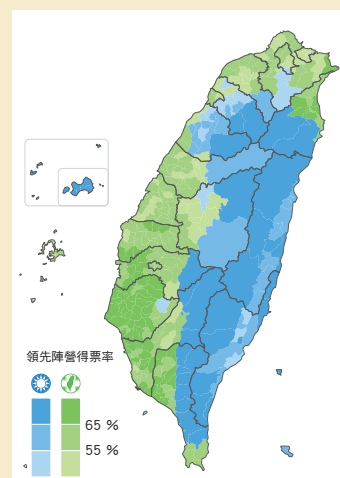


圖 4-12 2020 總統大選主要政黨得票率

4-3

替代能源的種類與發展前景如何？

面對化石能源的諸多問題與限制，到底有哪些替代能源可供選擇？替代能源足以取代化石能源的地位嗎？

替代能源的優勢

相較於化石能源的存量有限與環境衝擊，這些替代能源具有下列發展優勢：

1 屬於再生能源

化石燃料的形成歷史久遠，難以在短期內形成。以煤炭為例，目前人類開採的煤炭大多形成於 3 億多年前（石炭紀），屬於「非再生能源」。為了維繫經濟生產和生活，人類必須開發可以持續供應、源源不斷的能源，亦即「再生能源」（圖 4-13）。



為什麼非洲國家的再生能源消費比例較高？

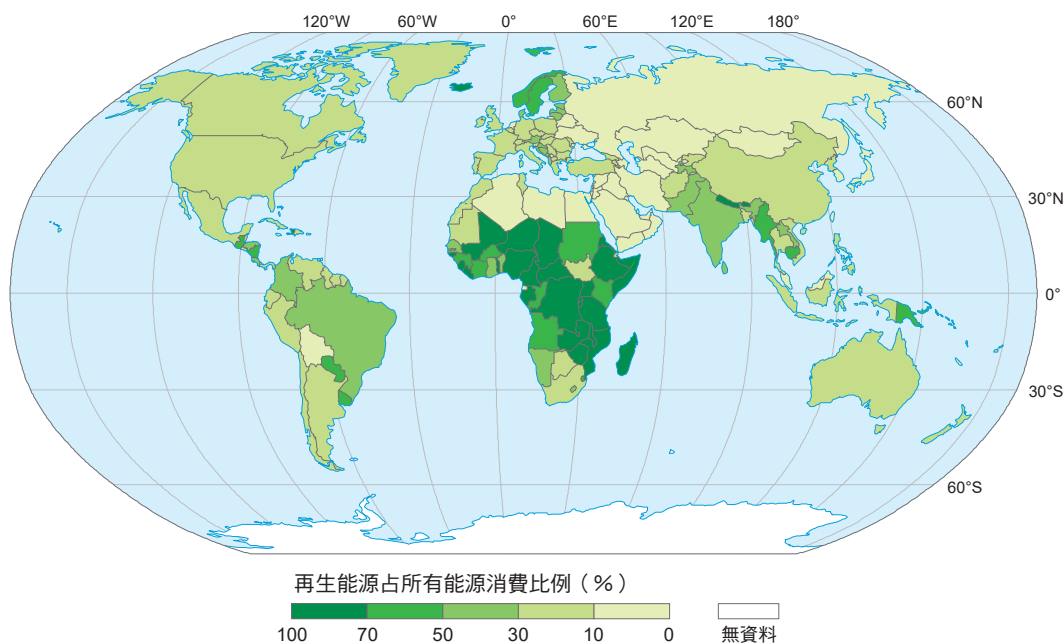


圖 4-13 各國再生能源占所有能源消費比例（資料來源：世界銀行）

1 2 環境衝擊較小

化石燃料的能量主要來自於燃燒炭的過程，這個過程會產生大量的二氧化碳。如前所述，二氧化碳排放是造成全球暖化的主因，如何減少其排放量是全球共識。為了達成此一目標，世界各國積極發展「綠能」作為替代，亦即不會造成環境污染的新能源。這類替代能源對環境的衝擊較小。

替代能源的種類

所謂替代能源是可以取代化石燃料的其他能源，除了核能之外，還包括水力、海洋能、地熱、風力、太陽能等。

1 水力

水力發電是乾淨且可再生的能源，利用水壩蓄水以產生落差，藉由水流高速度推動水輪機，可產生龐大電力（照片 4-4），但其開發有條件限制，包括：河川流量、地形起伏大，足以形成龐大的水庫容量；地質穩定，沒有斷層經過，也不會有大型山崩等；集水區面積夠大、範圍內沒有重要生態敏感區或歷史古蹟等。

✓ 照片 4-4 中國長江三峽大壩



表 4-2 2022 年台電主要水庫有效容量（資料來源：台灣電力公司）

名稱	現有容量 (噸)	有效容量率 (%)
石門水庫	2.05 億	100
德基水庫	1.88 億	98.88
日月潭水庫	1.29 億	97.25
翡翠水庫	3.35 億	92.26
鯉魚潭水庫	1.15 億	85.78
烏山頭水庫	7.91 萬	62.29
曾文水庫	5.09 億	27.92

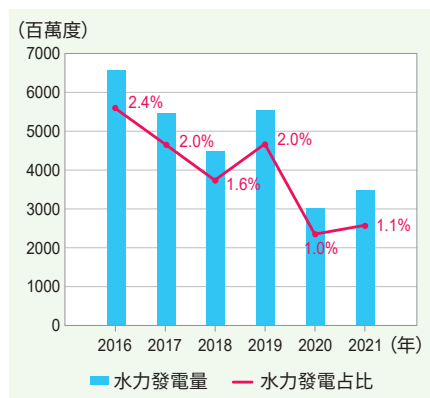


圖 4-15 2016 ~ 2021 年臺灣水力發電量與占比（資料來源：經濟部能源局）

由於滿足這些條件的地點有限，使水力發電的發展受限。2004 年，全世界約有 20 % 的電力供應來自水力，然而隨著各國用電需求增加，這個比例快速下降，2011 年已經降至 16 %。其中，中國、巴西、美國、加拿大具有充沛的水力發電（圖 4-14）。

水力發電雖然屬於較乾淨的能源，但發展限制多。水庫開始蓄水時即面對淤砂問題，以台電主要發電水庫而言，有些容量僅剩下當初設計的 6.8 %（表 4-2），使用壽命有限，且可開發的地點愈來愈少。此外，水庫的龐大壩體及水量，對下游地區有如一顆不定時炸彈，一旦崩潰勢將引發重大災難。臺灣先前開發的水庫幾乎都面臨淤積問題，而新的水庫開發計畫又因環境衝擊問題遲遲無法動工，是以水力發電的比重不增反減（圖 4-15），難以進一步發展為主要替代能源。

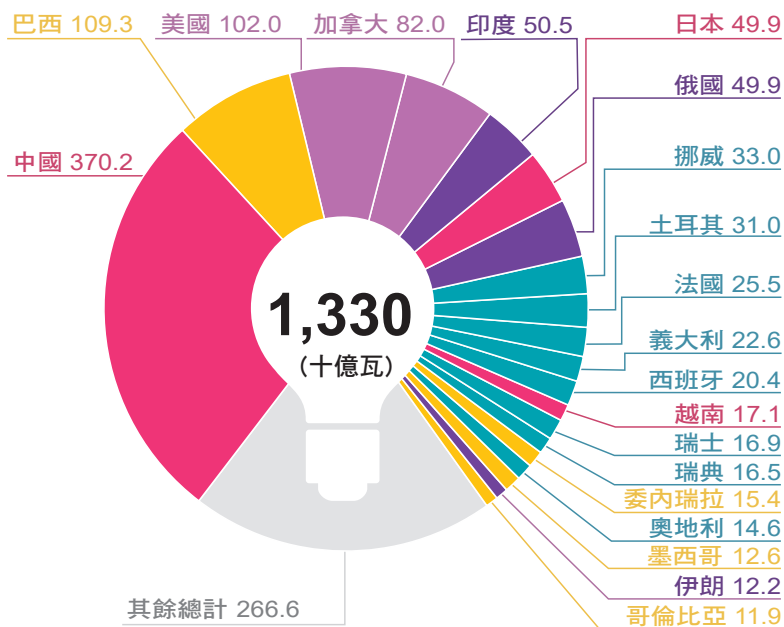


圖 4-14 2020 年世界前 20 名水力發電國家（資料來源：IHA）

2 海洋能

海水流動蘊藏龐大動能，包括潮汐、波浪、海流等都可以用於發電（照片 4-5）。臺灣東北部外海及離岸地區具有發展波浪發電的潛力；黑潮流經的澎湖水道、花東外海及蘭嶼、綠島等地，也有發展海洋能發電的潛力（圖 4-16）。

除了海水流動的能量之外，海水的溫度差異、鹽分差異也具有能量。熱帶地區的表層與 1,000 公尺深處，其海水溫度差距達 25°C ，這種溫差可帶動渦輪機發電，溫差愈大發電效率愈高。海水與淡水之間的鹽分濃度差異會造成電位差異，也可以用來發電。

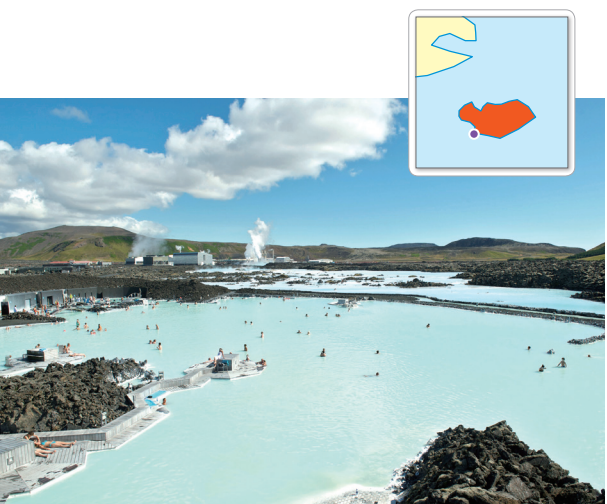
海洋發電具備再生能源的性質，同時發電過程相對潔淨，然而發電機組設備可能產生環境衝擊，包括：轉動的渦輪葉片可能傷及海洋動物、機組運作產生噪音和電磁波、干擾生物棲息環境、影響水質及輸砂、機組遭受海浪侵蝕等，是以海洋發電必須先通過環境衝擊的評估。



圖 4-16 臺灣沿岸海洋能發展潛力

✓ 照片 4-5 法國朗斯潮汐發電站。
 1 全球首座具有商業運轉的潮汐電站。
 2 在渦輪機的作用下，所產生的強大漩渦。

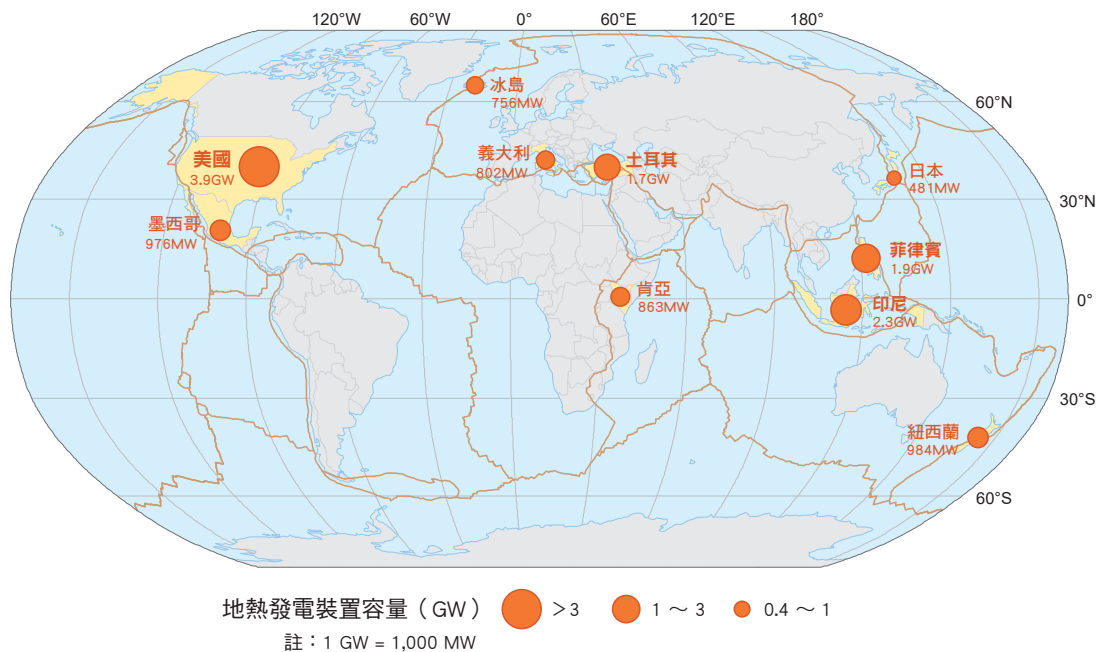




▲ 照片 4-6 冰島雷克雅維克藍湖。後方的 Svartsengi 地熱發電廠將發電後排出的地下熱水匯聚，打造成人造地熱溫泉。

3 地熱

儲存於地殼深處的熱能，透過蒸氣、熱水等形式可以轉換為動能，帶動發電機發電。冰島的地熱發電非常有名，提供全國約 25 % 的能源，其首都雷克雅維克是世界上唯一完全靠地熱提供熱能的都市（照片 4-6）。南半球的紐西蘭因位處火山帶，擁有許多地熱噴泉，其地熱發電提供該國 11 % 能源。臺灣同樣位於火山地震帶，但目前已經找到的地熱資源有限，宜蘭清水地熱發電廠已經開始商業運轉，但尚不足以作為主要能源。就全球的能源需求而言，地熱可以供給的能源比例非常有限，且只存在少數的自然環境及地區（圖 4-17），難以全面推廣。



▲ 圖 4-17 2021 年世界前 10 大地熱發電國家（資料來源：IRENA）

1 4 風力

風力發電能量源自於空氣流動，藉由風力轉動發電機，在地表的分布廣泛、涵蓋範圍大，所受到的自然環境限制少。但風力發電需要仰賴大型的發電機，一支 5 MW（百萬瓦）的離岸風機造價動輒數億元，初期投資金額高，以往風力發電並不普遍。近年來，由於氣候變遷導致各國政府和企業都積極發展綠色能源，在各種獎勵方案之下，風力發電的經濟效益快速提升（照片 4-7）。目前全球風力發電約以每年 10 % 的速率成長，
10 歐洲地區更以每年 37 % 的速率成長（圖 4-18）。



照片 4-7 臺灣首座離岸風力發電機位於苗栗縣竹南鎮，2017 年開始運作，目前最多可供電約 8,000 戶家庭，每年減少的排碳量相當於 40 座大安森林公園的二氧化碳吸收量。

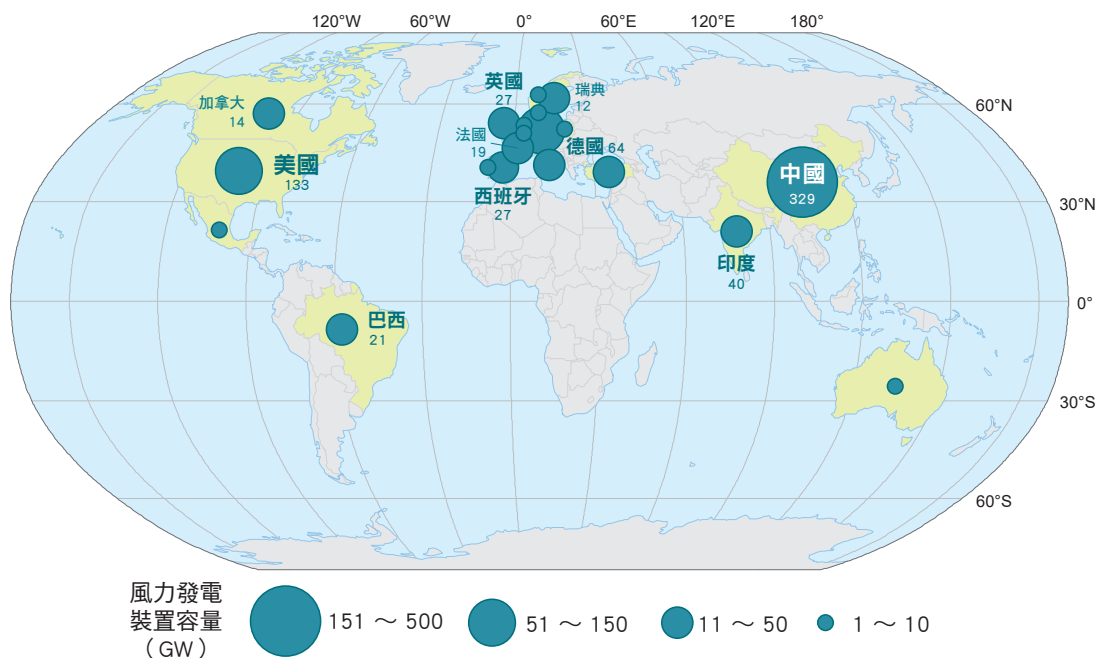
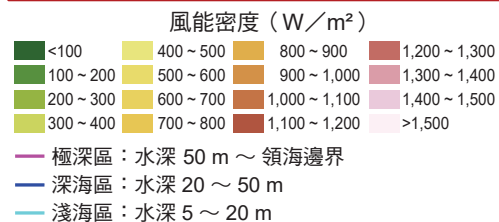
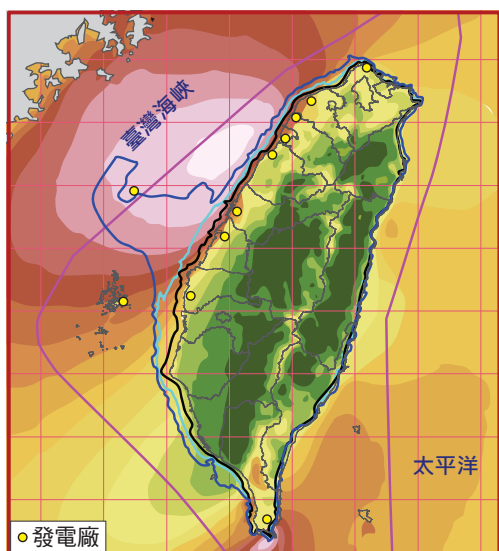


圖 4-18 2021 年世界前 20 大風力發電國家（資料來源：IRENA）



▲ 圖 4-20 臺灣西部沿岸風力發電廠分布圖（資料來源：經濟部能源局風力發電推動方案（2017）；台灣電力公司）

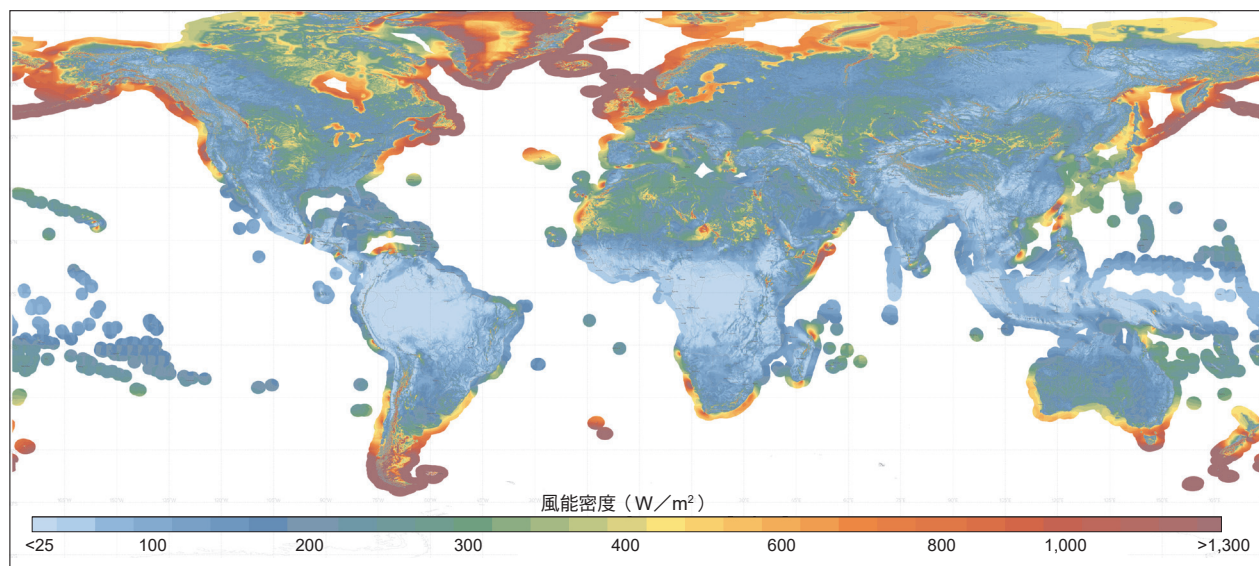
風力發電的運作，受氣流和地形的影響，其發電潛力大小可以利用風能密度（圖 4-19）顯示。臺灣西部臺灣海峽的北端，因為冬季迎接東北季風，且地形上形成風口，風力資源豐富，被認定是全球最具潛力的風力電場場址之一，因此吸引北歐及日本的許多國外廠商前來投資。

目前臺灣西部沿海已經建立約 30 個陸域風力發電系統（圖 4-20），離岸海洋風力機更是快速成長中。2021 年時，風力發電占全臺再生能源的比例為 12.7%，僅次於太陽光電和水力發電。隨著更多海域風力發電機陸續完成，預計 2030 年發電容量可達 52 億瓦，成為重要的綠能來源。

知識充電站

風能密度

本指標是用以估計某一地點的風能潛力，其定義為氣流在單位時間內垂直通過單位面積時所產生的風能大小，數值愈大代表該地具有愈高價值的風能潛力。



▲ 圖 4-19 全球風能密度分布（資料來源：世界銀行）

1 風力發電不僅提供臺灣的電力需求，也因為其綠能特色吸引國際企業來臺設廠，被視為能源發展的明日之星。但風力發電機組會產生低頻噪音，干擾周遭民眾健康，許多陸上風車發展面臨民眾抗爭問題，海域風車的設立則要考慮對海洋生態的影響。臺灣風力發電的其他問題包括：風力大小不定，難以提供穩定供電，且夏季用電高峰期正值一年之中風力最微弱的季節。這些問題顯示風力發電存有限制，必須搭配其他更穩定的能源供應。

5 太陽能

10 太陽的光和熱提供人類照明和熱量（照片 4-8）。近年來由於太陽能光電技術的發展，太陽能可直接用於發電，其開發價值和潛力急劇上升，價格愈來愈低且發電效率愈來愈高，已經具備商業運轉的可行性。

15 陽光普遍照射各地（圖 4-21），太陽能可就地發電、就地使用，減少電力輸送的耗損及輸電系統建設費用，然而其發電過程需要大片面積裝置光電板。所幸太陽能發電規模可大可小，且設置地點彈性大，具有積少成多的特色。



從氣候因素考量，臺灣風力發電的旺季會是四季中的何者？用電的旺季又會是四季中的何者？



照片 4-8 太陽能烤雞。泰國一名攤販利用約一千面鏡子來反射太陽光烤雞，製作過程中還須戴上焊接用的面罩避免受傷。

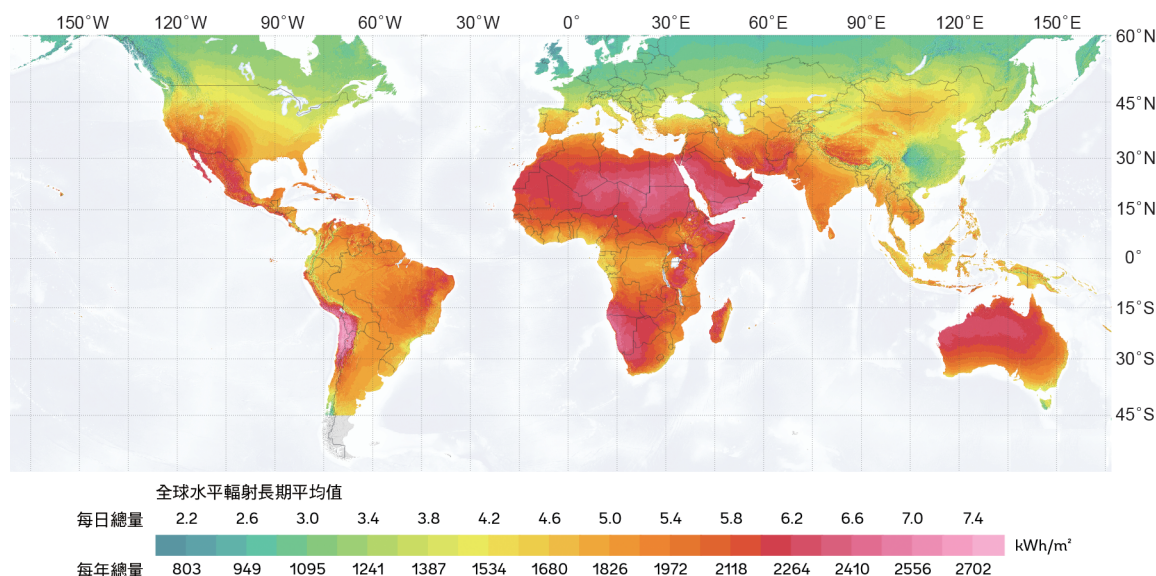


圖 4-21 2019 年全球日照輻射分布圖（資料來源：世界銀行集團；ESMAP；Solargis）

目前政府積極推廣太陽能發電，其中包括利用校園建築的屋頂安裝太陽能板，供應校園用電需求。臺灣西南部地區陽光強烈且降雨天數較少，許多業者結合當地養殖農戶，在魚塢上架設太陽能板，進行所謂的「養水種電」。農戶維持其原有的水產養殖，並可收取權利金，投資的業者負責發電並銷售電力，政府則能落實減碳的目標。此一景觀為臺灣南部農村帶來新風貌。

然而，許多保育團體認為，魚塢種電使得養殖面積和生態棲地空間減少，光電電池腐蝕和面板廢棄物可能破壞環境，這些是推廣太陽能發電所需面對的負面衝擊（照片 4-9）。

6 生質燃料

生質燃料又稱生物燃料，泛指利用生物質（biomass）成分或萃取的固體、液體、氣體等作為燃料。常見的生質燃料作物包括：油棕、玉米、大豆、油菜籽及甘蔗等。這些原料經由提煉轉換為酒精或柴油，替代傳統的化石能源。



太陽能板廢棄物



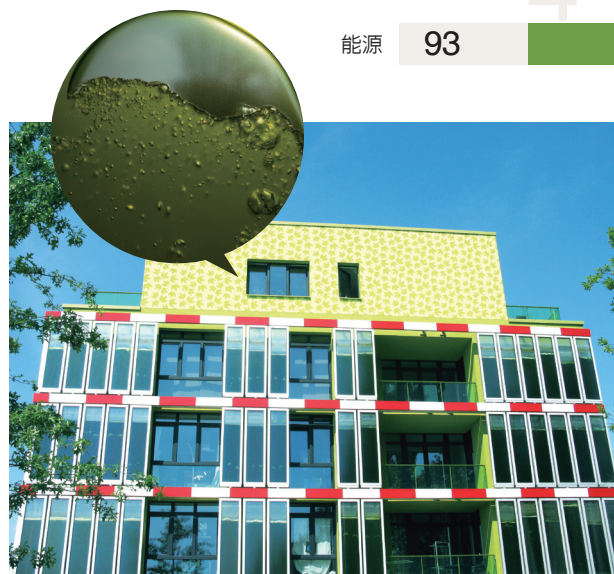
生物棲息空間減少

✓ 照片 4-9 屏東魚塢架設高架型太陽能板及可能造成的影響



1 目前發展生質燃料局限於國土面積廣大的國家，
如：美國和巴西。生質燃料的主要問題在於排擠作用，
現有糧食作物的田地若轉種生質燃料，必將影響糧食生
5 產。為了避免此一排擠效果，使用藻類（如海藻）（照
片 4-10）或纖維素（如稻稈、稻梗、木屑等農、林廢
棄物）生產生質燃料是項新作法。

生質能可取材的來源其實非常多元，包括垃圾處理、農業、工業廢棄物回收處理，都有可能形成生質能。以臺灣養豬事業為例，一頭豬平均每天約可以產生
10 0.1 立方公尺沼氣，全國 600 多萬頭豬每天即可以生產
90 萬度以上的電（圖 4-22）。這類能源因為分散在不同的生產流程和地區，以往並未受到重視。伴隨綠色能源理念的興起，漸漸受到重視，也成為開發對象。



照片 4-10 德國綠建築，使用微藻類夾層玻璃，發電供應建築使用。

圖 4-22 養豬場沼氣發電系統



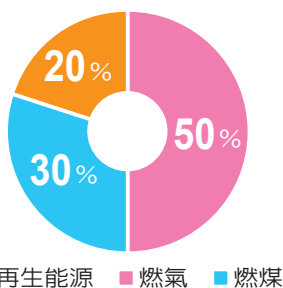


圖 4-24 臺灣規劃 2025 年能源發電占比（資料來源：Trend Force）

知識充電站

碳中和

碳中和是指國家、地區或企業，透過使用替代能源、植樹造林、節能減排等方式，抵消其所產生的二氧化碳等溫室氣體排放，實現正負相抵的「零排放」目標。

臺灣的能源發展前景

雖然目前發展中的替代能源多元，然而人類仰賴化石燃料的現實在短期內難以改變，各種替代能源的供應總量遠低於化石能源（圖 4-23）。替代能源發展需要政府支持（圖 4-24）。近年來，許多歐洲國家紛紛提出碳中和的目標，宣布汽油汽車的落日條款，顯示落實減碳目標的強烈企圖心。我國行政院曾於 2017 年宣告電動車化時程：2035 年禁售燃油機車，2040 年禁售燃油汽車，之後又取消此一規定，顯示綠色能源推動阻力重重。

臺灣自然資源有限，目前能源自給率不及 5%，能源結構脆弱。政府積極發展替代能源，不只是基於經濟和環境因素，也必須顧及國家安全，發展充沛且穩定的能源供應。善用自身的環境資源，提升能源自主，是我國當前的施政重點。

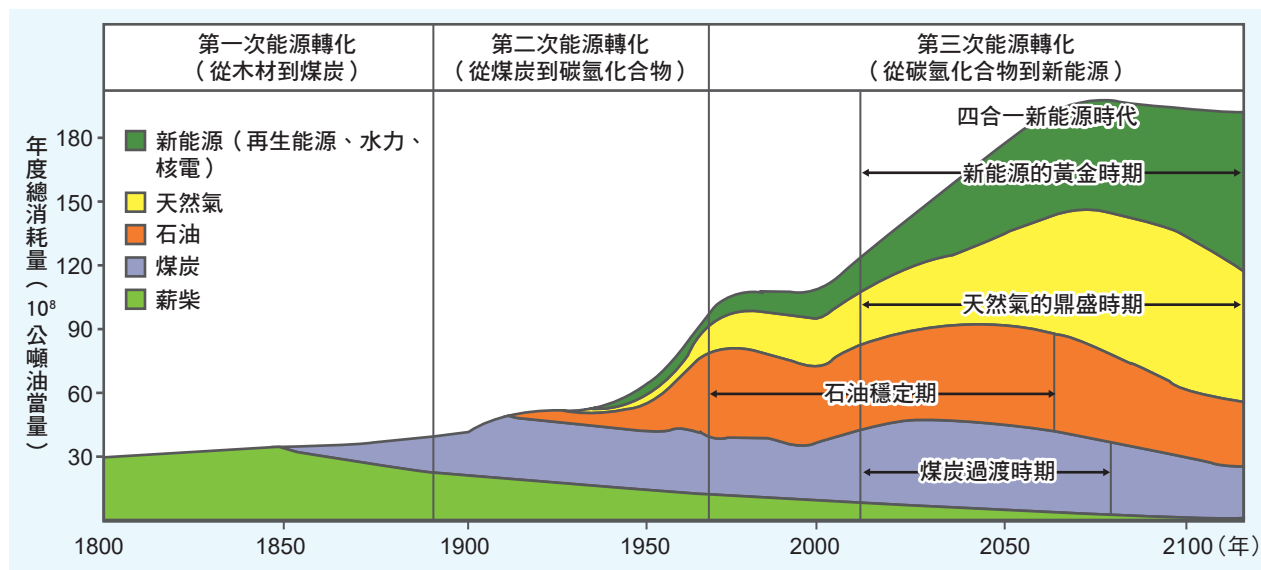


圖 4-23 全球能源消耗的趨勢和預測。全球能源需求預期將持續成長，再生能源的數量和比例都會增加，但化石能源仍為最主要的能源。（資料來源：ScienceDirect）

學生活動 4-2

能源開發與選擇



臺灣化石能源儲藏有限，而風力、海洋、陽光能源則非常豐沛。發展再生能源有助於落實能源自主，並呼應氣候變遷因應的減緩目標。圖 4-25 為民國 39 年至 108 年，臺灣全年發電量，圖 4-26 和圖 4-27 分別為民國 39 年和 108 年的總發電量及能源別結構。請根據這 3 張圖回答下列問題。

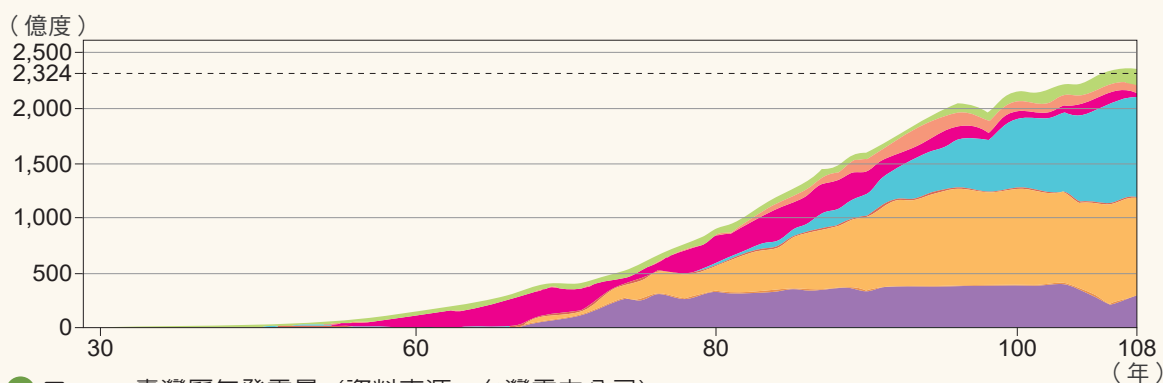


圖 4-25 臺灣歷年發電量 (資料來源：台灣電力公司)

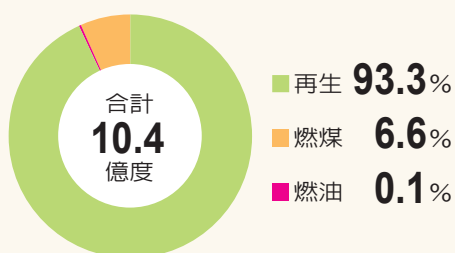


圖 4-26 民國 39 年臺灣總發電量
(資料來源：台灣電力公司)

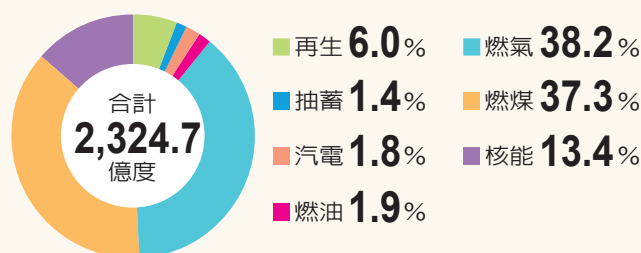


圖 4-27 民國 108 年臺灣總發電量
(資料來源：台灣電力公司)

1. 民國 39 年時，全臺 93.3 % 的電力來自於再生能源。當時的再生能源應該是什麼？
2. 根據圖 4-25 所示，過去 20 年來成長最快速的能源是何者？你認為主要原因是什麼？
3. 民國 74 年，核能發電占總發電比例曾高達 52 %，之後發電量大致不變，但比例逐漸下降。就整體發展趨勢觀察，你認為廢止核能發電的衝擊是可以接受的嗎？
4. 目前政府積極推廣太陽能發電，鼓勵學校利用校舍屋頂設置太陽能板。若你的學校要採取這項行動，你認為有什麼優點和可能的問題？針對可能的問題，你有什麼建議？