

能源與科技

Ch.5 再生能源(1)

尋找未來的新能源
邁向氫能源社會



- 《聯合國氣候變遷綱要公約》（United Nations Framework Convention on Climate Change，縮寫作UNFCCC或FCCC），於1992年5月在紐約聯合國總部通過的一個國際公約，1992年6月在巴西里約熱內盧召開的有世界各國政府首腦參加的聯合國環境與發展會議期間開放簽署。1994年3月21日，該公約生效。

— [維基百科全書](#)

京都議定書

為了遏止人為的全球氣候暖化對人類造成的威脅，世界各國曾於1997年達成協議《京都議定書》，於2005年2月16日正式生效。

➤ 廢氣排放控制：

二氧化碳、甲烷、一氧化二氮（笑氣）、氫碳氟化合物、全氟化碳、六氟化硫。

➤ 目標：

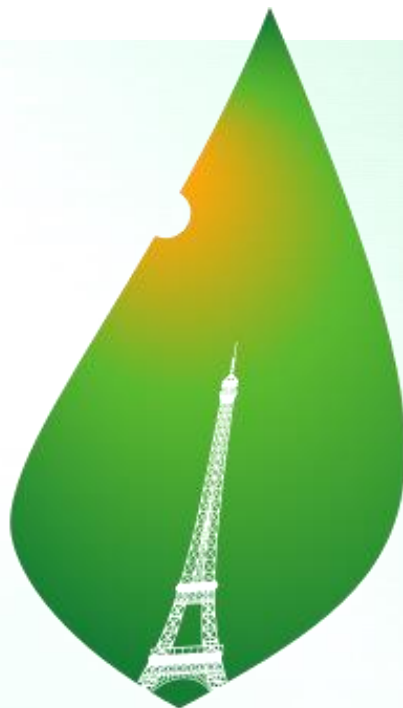
以1990年數字為基準，對三十五個工業國家指定數據目標與廢氣排放限制，要求限期達成。

- 聯合國氣候變遷綱要公約締約方自1995年起每年召開締約方會議（Conferences of the Parties, COP）以評估應對氣候變化的進展。1997年，《京都議定書》達成，使溫室氣體控制或減排成為已開發國家的法律義務。按照2007年通過的《峇里島路線圖》的規定，2009年在哥本哈根召開的締約方會議第十五屆會議誕生一份新的《哥本哈根協議》。2015年12月12日由195國於在2015年聯合國氣候峰會中通過《巴黎協定》，取代京都議定書，冀望能共同遏阻全球暖化失控趨勢。

2015年聯合國氣候峰會

- 每年，聯合國《氣候變化綱要公約》 UNFCCC 的195個締約國齊聚一堂，針對全球暖化問題進行協商。隨著《京都議定書》將於2020年到期，各國代表必須共同擬定出具法律約束力的協定。
- 2015年11月30日至12月11日，締約國大會於法國首都巴黎近郊的勒布爾熱舉行第21次締約方會議，為了接手2020年到期的《京都議定書》。自1995年於柏林第一次召集締約國大會以來，2015年是第二十一次召開會議，故簡稱為「COP 21」或「CMP 11」。

2015年聯合國氣候峰會



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

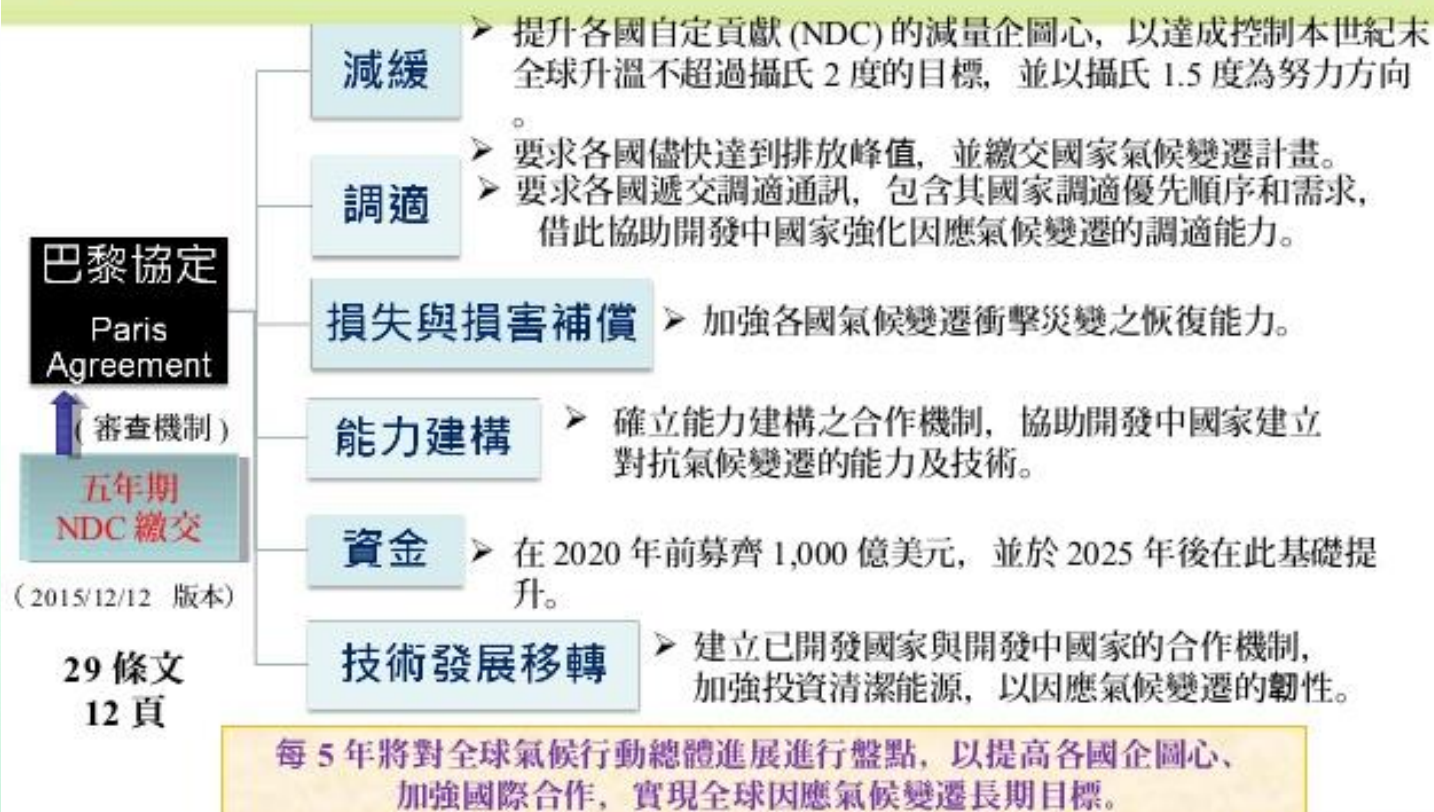
《巴黎協議》

繼 1997年《京都議定書》後，於2015全球氣候變遷大會，195個締約國簽訂的《巴黎協議》，這份協議也是第一個具法律約束力的協議。究竟《巴黎協議》的內容為何？又會對全球造成什麼影響呢？



氣候政策的討論中，場外的公民團體一直都是發聲的要角之一。圖為2014年9月21日「全民氣候大遊行」的紐約站。圖／路透社

巴黎協定重點



會議成果

- 終於2015年12月12日，聯合國氣候變化框架公約近200個締約國一致同意通過《巴黎協議》。這次會議達成的即《[聯合國氣候變化框架公約](#)》
- 協議第二條指明將通過以下內容「加強《公約》」：
 1. 把全球平均氣溫升幅控制在工業化前水平以上低於1.5°C之內，同時認識到這將大大減少氣候變化的風險和影響；
 2. 提高適應氣候變化不利影響的能力並以不威脅糧食生產的方式增強氣候抗禦力和溫室氣體低排放發展；
 3. 使資金流動符合溫室氣體低排放和氣候適應型發展的路徑。

《巴黎協議》重點

- 重點一 溫度漲幅控制在 2度內
- 締約的 195個國家承諾將溫度漲幅控制在與前工業化時期相比攝氏 2度內，他們更希望能進一步控制在攝氏 1.5度內。
- 1.5度是引爆點：根據德國科學家舍恩胡貝爾(John Schellnhuber)的研究，《巴黎協議》之所以希望可以進一步將溫度漲幅控制在攝氏 1.5度內背後有科學原因，因為攝氏 1.5度相當於氣候變遷的「引爆點」，要是現今溫度高於前工業化時期攝氏 1.5度，人類將會面臨嚴重威脅。根據目前資料，全球平均溫度已經高於前工業化時期攝氏 1度，而且造成暖化的溫室氣體排放量至今仍未大幅下降。對於許多在巴黎參與氣候變遷活動的環保組織而言，如果各界沒有具體行動打擊氣候變遷，攝氏 1.5 度這個門檻一點意義也沒有。
- 重點二 每五年檢查一次
- 《巴黎協議》中規定，每五年會對各國進行一次總檢查，看看各國在打擊氣候變遷上有沒有進步。目前第一次總檢查會在 2023年舉行。

《巴黎協議》重點

■ 重點三 弱勢國可申請補償

在《巴黎協議》中還有所謂的「損失與損害」(loss and damage)條款，可以讓因為氣候變遷而受到經濟損失的弱勢國家申請補償。這個條款也將美國力推的「無涉責任與賠償」(liability and compensation)納入，意即富國不用擔心要為受到氣候變遷產生重大損失的國家負責或賠償。此外，各界也論及要提供發展中國家資金，幫助他們適應氣候變遷並發展再生能源。可惜的是，這個部分的協商雖然有納入《巴黎協議》，但並不具法律效力。

重點四 各國自發減少碳排放

早在全球氣候變遷大會開幕前，就有超過 180個國家承諾要減少碳排放，用聯合國的術語來說就是「預期國家自主貢獻」(intended nationally defined contributions, INDCs)，但這些措施在避免全球升溫上仍不夠，而且各國的自主貢獻並沒有法律效力，只能當作長期目標來看。此外，各國也承諾在 2050-2100年間達到溫室氣體零排放量。聯合國氣候科學小組表示，各國一定得在 2070年前讓溫室氣體排放量達到零，這樣才能避免危險的全球暖化。

16.4 未來能源技術概述

- ◆ 很明顯地我們有必要開發不是基於燃燒化石燃料的能源技術。
- ◆ 我們把這些技術劃分為兩個基本類型：
 1. 核能
 2. 再生能源

16.4 未來能源技術概述

16.4a 核能

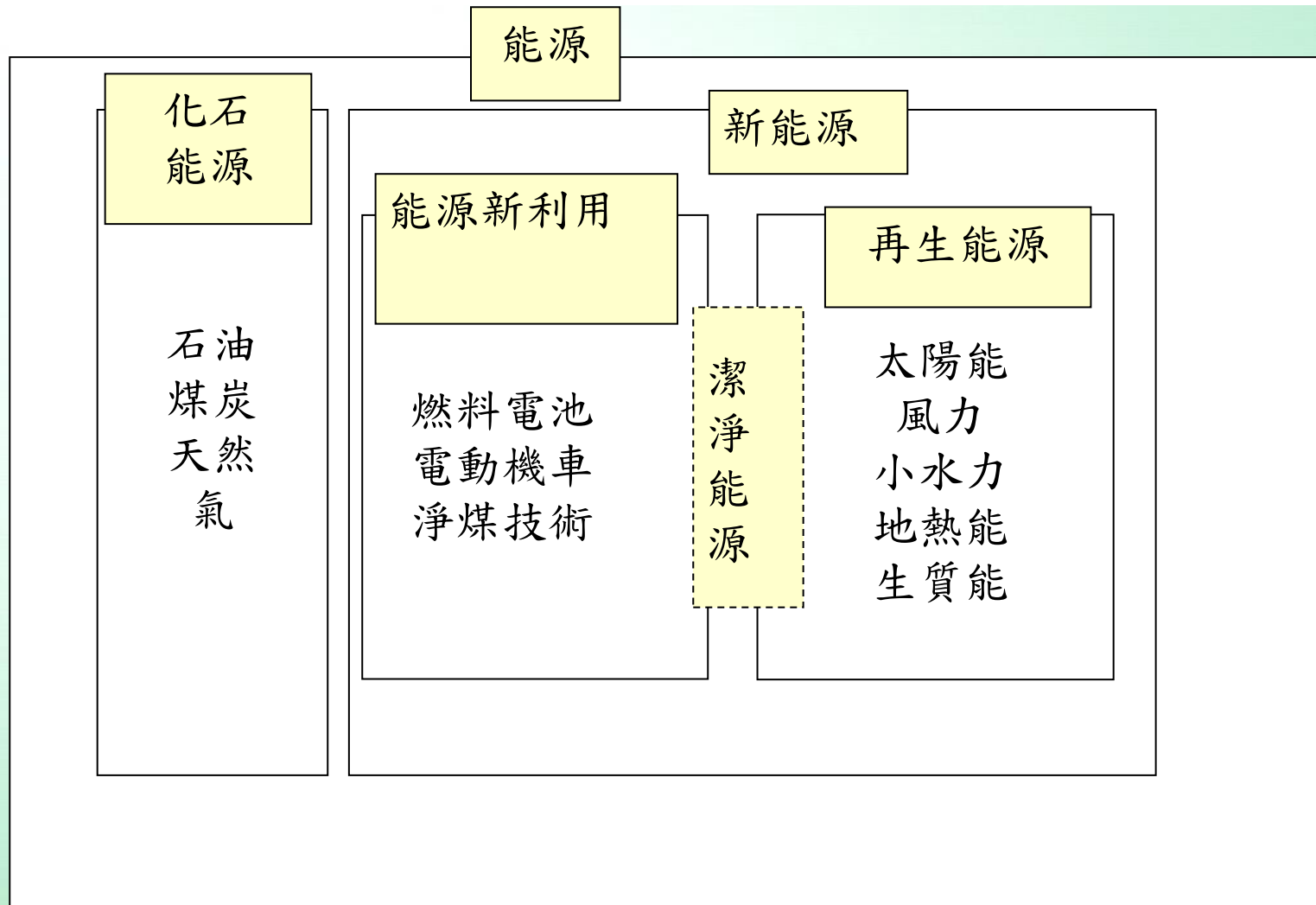
- ◆傳統熱中子反應器是一個很完善的技術，已為我們目前的能源需求做出顯著的貢獻。
- ◆可以進一步開發 ^{232}Th 作為能量來源，擴展這些可能性，而且已被提升為在環境上更具吸引力的選擇。

再生能源

- 太陽能
- 風力
- 波浪能
- 地熱
- 海水溫差



能源與再生能源關係圖



資料來源：工研院能資所

再生能源

台灣目前使用的再生能源有：

- 風力
- 太陽能
- 地熱
- 生質能

可能發展的再生能源有：

- 海水溫差
- 波浪
- 潮汐
- 黑潮

表 16.2 不同來源之電力的目前成本。

能源資源	成本 (US\$/MJ)	成本 (US\$/kWh)
太陽能（光電）	0.084	0.30
潮汐 / 波浪	0.028	0.10
地熱	0.022	0.08
核能（分裂）	0.018	0.065
風力	0.017	0.06
石油	0.017	0.06
水電	0.014	0.05
天然氣	0.011	0.04
煤炭	0.007	0.025

16.4 未來能源技術概述

16.4b 太陽能

◆ 太陽能可以透過兩種方式提供我們的能源需求：

1. 太陽熱能
2. 光電池

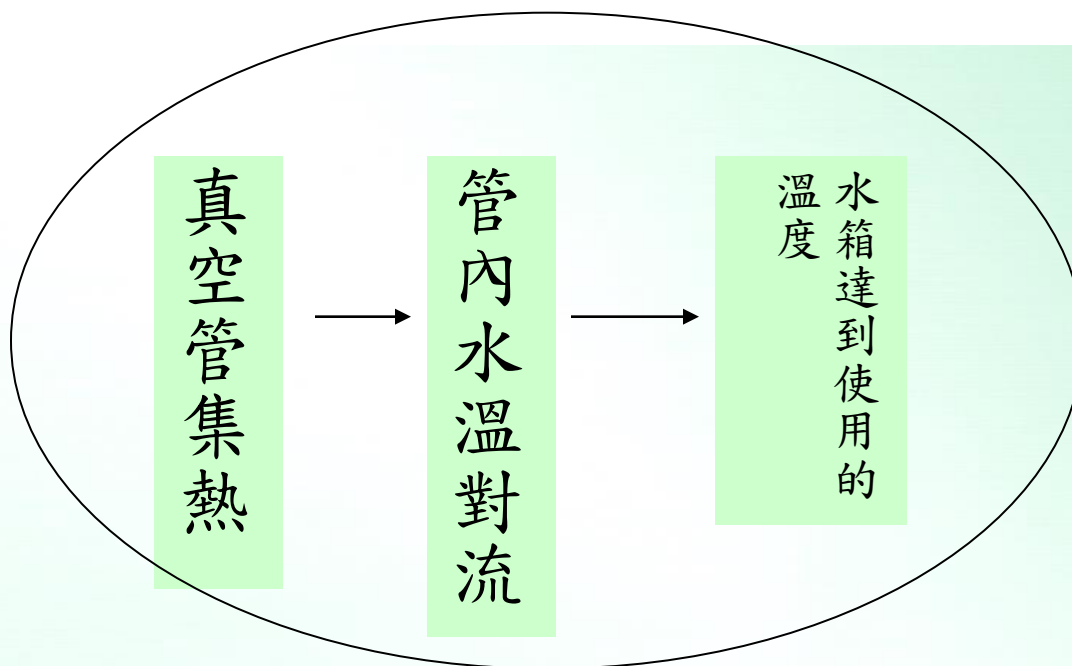
◆ 近年來世人開始對太陽能光電發電有很大的興趣，而且也在改進的技術上有過大量的研究。

◆ 光電的實際問題在於它的效率還很低以及成本相當高。

◆ [2:39] 光電城市_熔鹽太陽能發電廠

◆ [3:31] 撒哈拉沙漠太陽能發電計畫

太陽能熱水器原理



太陽能熱水器 資料來源：工研院能資所

太陽熱能發電-原理[2:57]

利用聚焦吸熱，熱量傳遞水的原理，可分為兩種

線槽式系統

- 1.線槽式拋物面聚焦鏡
- 2.線焦集熱管
- 3.固定式效率低



集中塔式系統

- 1.碟型反光面鏡
- 2.焦點處設置發電機系統直接發電
- 3.構造複雜，成本較高



太陽光電池原理

1. 光能轉換成電能。
2. n (薄)型及 p (薄)型半導體材料。
3. 光子撞擊半導體表面，造成電子擴散，引出電流。
4. 透過直/交流轉換器，轉成交流電，至家庭或工業用使用。



太陽光電池的限制

1. 材料：一般太陽電池效率不高，未來將朝向使用串疊型太陽電池。
2. 土地：在台灣需有30000平方公里的土地來裝設光電池接收器，才符合經濟效益。
3. 成本：裝置成本仍偏高。
4. 日夜氣候：光能量密度無法連續使用。

太陽熱能應用範例

熱水系統

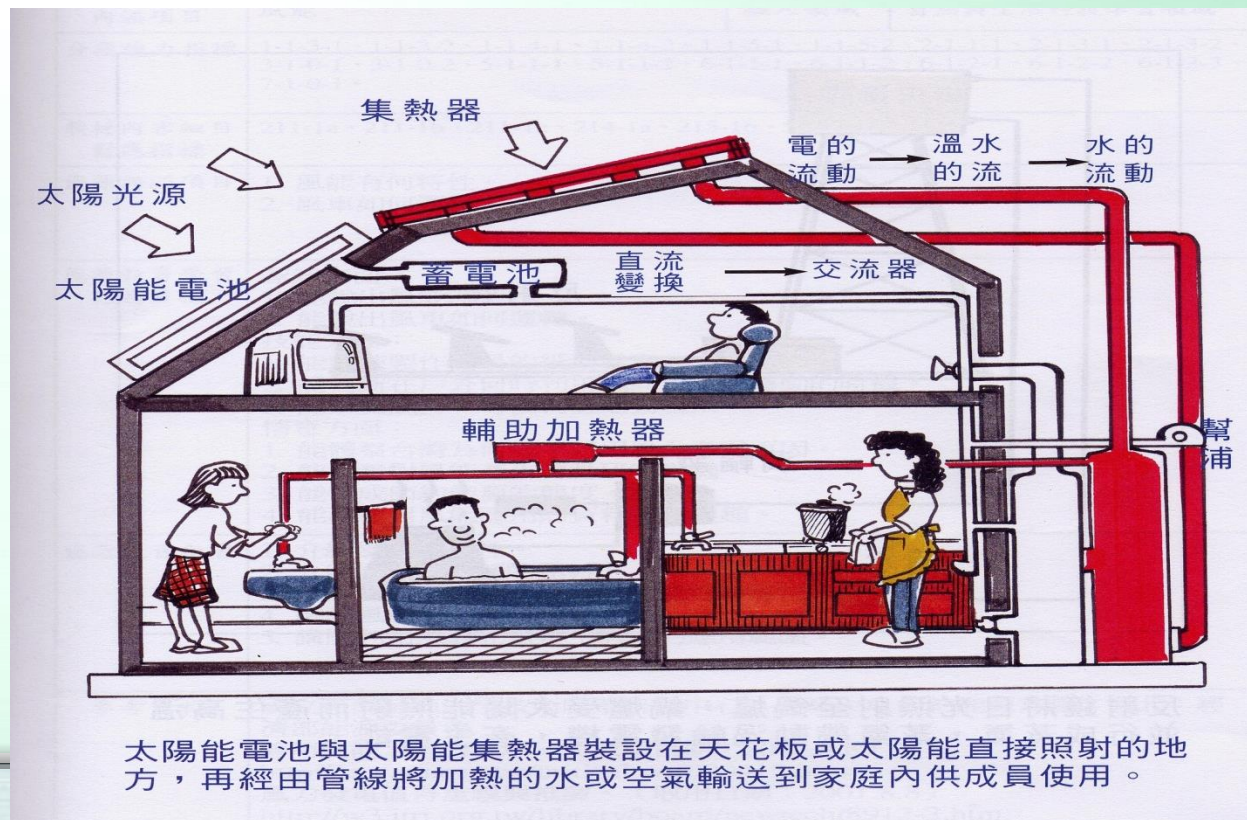
溫水游泳池

太陽能溫室

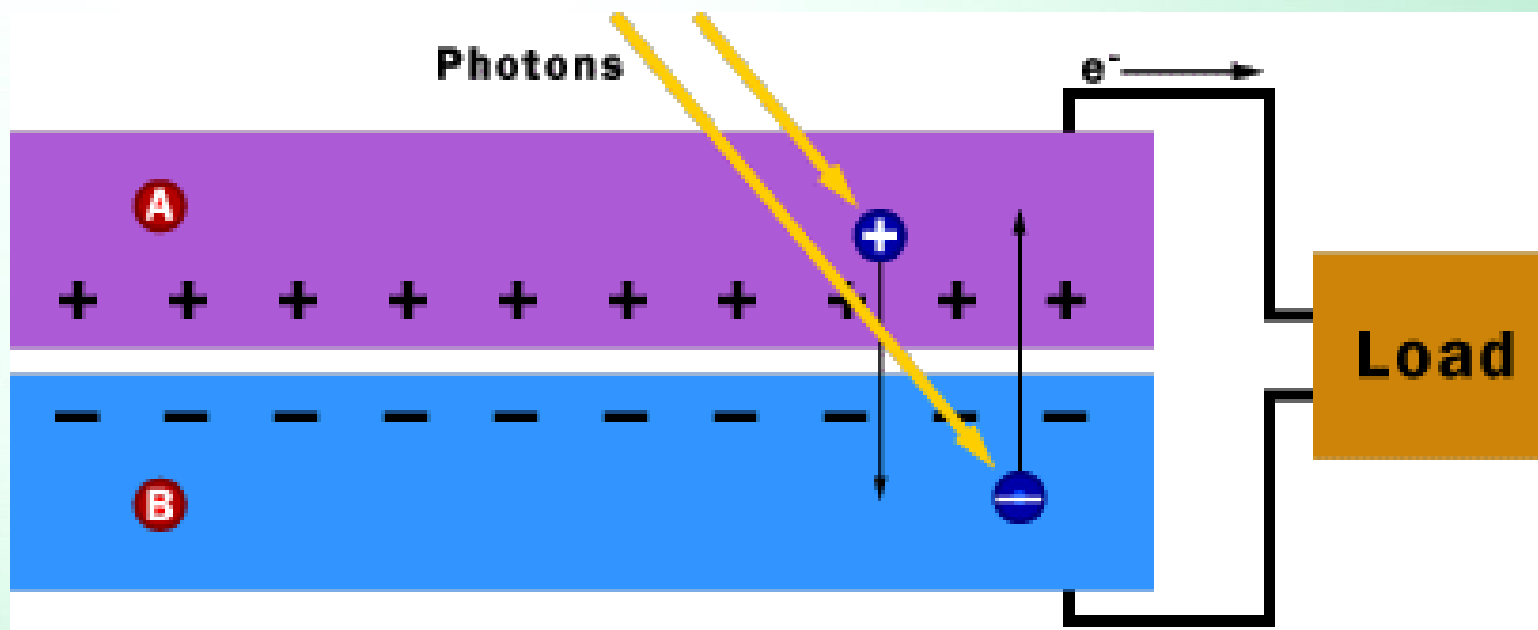
太陽能發電系統



太陽能溫室使用的概圖



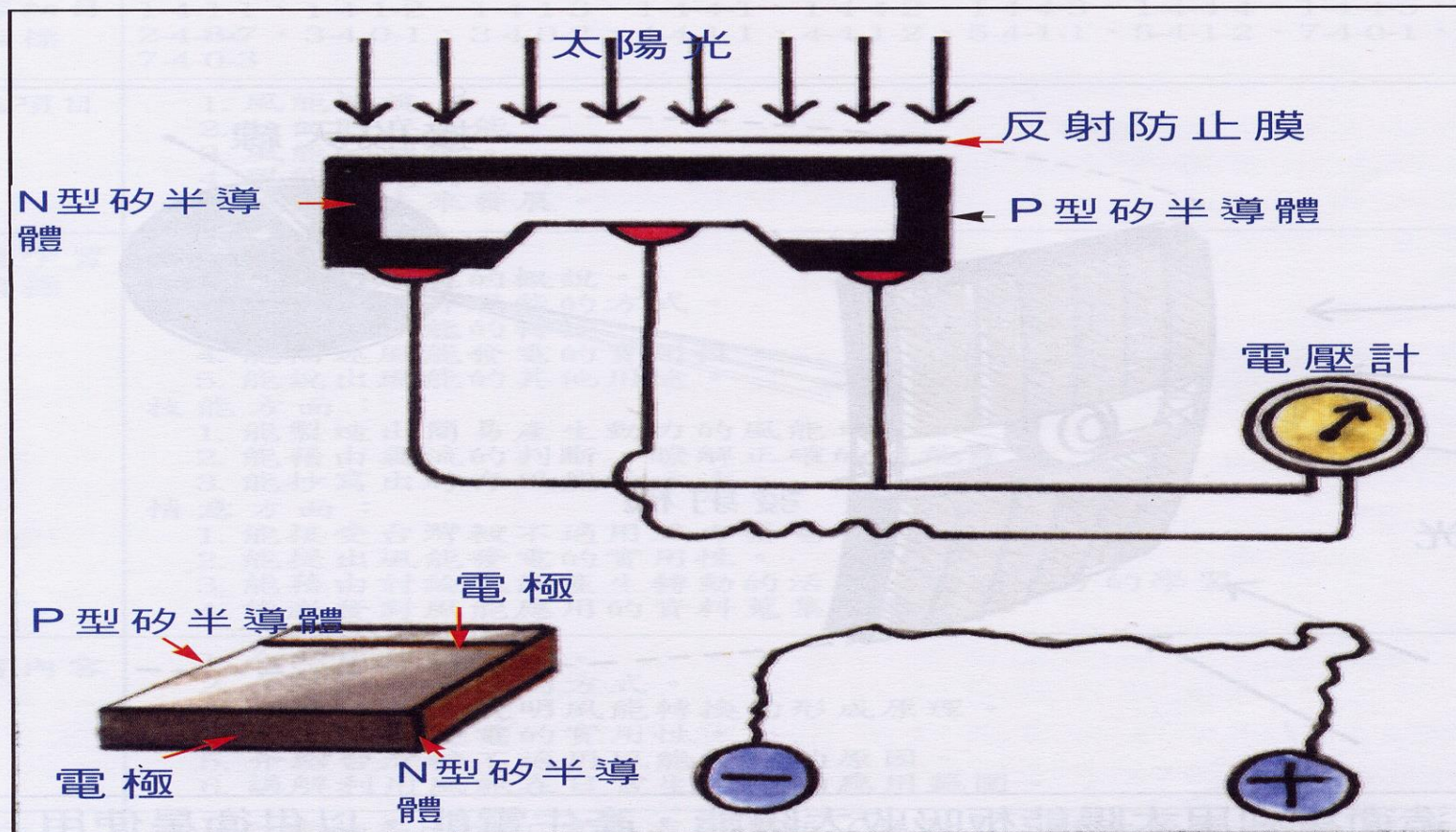
太陽能電池



Ⓐ n-型半導體

Ⓑ p-型半導體

太陽能電池的作用原理



當陽光照射矽晶片時，引起電子與電洞的相互流動，穿越N型層與P型層間的界面，因而產生電流。

太陽光能應用範例

電子產品

計算機



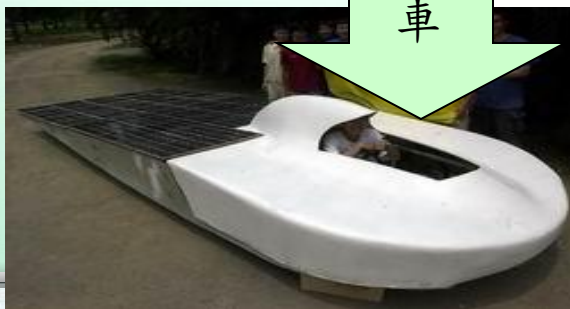
公共設施

路燈



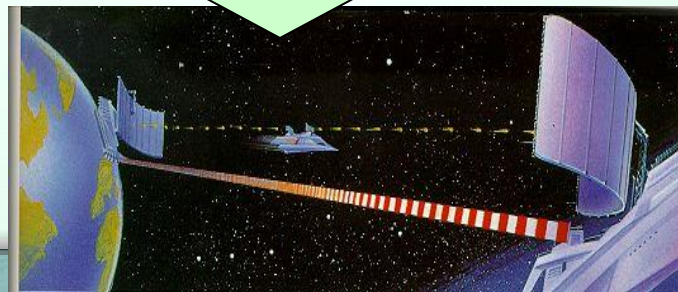
生活科技

太陽能車




太空

衛星



太陽能的優缺點及限制

優點	缺點
<p>1.普遍性：照射面積廣</p> <p>2.永久性：估計至少還有六百萬年期限</p> <p>3.無污染性：無危險及污染性</p> 	<p>1.能量密度低：需要高品質的儲能設備</p> <p>2.穩定性差：受日夜氣候影響</p> <p>3.裝置成本過高：受光面必須到達一定的規模才能有所成效</p>

太陽能

- 台灣地區雖地處亞熱帶，惟因氣候因素，日照強度不如同緯度其他地區理想，加以台灣本島地狹人稠，寸土寸金，且夏秋期間颱風頻仍，再加上太陽能電池等設備投資費用昂貴，限制了台灣地區太陽能應用條件。
- 太陽能的科技，應用甚廣，例如太陽能的計算機、手錶，在市面上很普遍，另外利用太陽能來驅動的熱水器和太陽屋，在外國亦可見到不少，而太陽能的交通工具，在一些科技較先進的國家亦有研究發展，例如美國、日本，這些交通工具包括飛機、汽車。現今人類最關注的能源問題，太陽能發電廠亦能夠幫助去解決，太陽能的供應源源不斷，是一種非常清潔的能源，不會引起污染，更不會耗盡自然資源或導致全球溫室效應。

16.4 未來能源技術概述

16.4b 太陽能

- ◆ 對開發高效率的光電池來講，資源是有限的，諸如鈹、鎘、碲……等很重要的元素都是稀少且昂貴的。
- ◆ 一個可行的選擇可能是利用更普通的材料，如果是設備較便宜但犧牲效率。例如鋁充電蓄電池
- ◆ 而根據地球不同的位置，太陽能的可用性也有不同的變化。

太陽能光伏發電系統建置重要條件

依據台灣地區光伏發電系統運行資料統計顯示，2016年全年的日平均發電量約為3~4 kWh/kWp，年平均發電量約為1,000~1,500 kWh/kWp。

台灣地區的太陽能光電發電系統建置重要條件考量如下：

- 1.日照充足：**太陽能電池模組/陣列的設置方式應避免圍建築物遮蔭，必須無光障害，太陽能電池模組/陣列的架設必須面向南方，傾斜角度為 $22\sim 25 \pm 10$ 度(台灣地區通常採用23.5度)。
- 2.週邊環境：**應考量建築物空間、鹽害、雷害、風況、天候、溫度、防潮、排水及地盤結構狀況等重要因素。
- 3.建築結構：**樑、柱等位置應考量載重設計，如需架設於外牆，則需考量其強度設計。
- 4.電氣設備：**了解電氣設備現況，確保電氣設備的安全性，以掌握建置時電氣配線與施工路徑。
- 5.監控系統：**監控系統軟體架構與規範必須明確，以智慧型控制策略及管理，結合HMI+PLC+網頁型功能是必須的。

缺點與展望

- 太陽能電池夜間無法發電，也容易受雲層移動干擾（夜間無法發電可以預測，但雲層移動干擾不好預測）。但由於太陽能電池的發電尖峰通常接近電力使用尖峰，因此要到較高的安裝量才會造成問題，目前多採取天然氣發電來調節，因為天然氣發電的反應速度快；而大部分的地區，太陽能與風能具有互補性，太陽能電池與水力發電、抽蓄發電廠的互補性更高。
- 未來的應變方案為研發高效能的電池技術以儲存太陽能，例如蓄電池、飛輪裝置、壓縮空氣等；若將能源儲存系統與太陽能電池裝置在社區或家庭，則可以大幅增加供電穩定性。

- 另外，利用衛星發電亦可避免此二項干擾，例如美國和日本兩國提出的「衛星太陽能發電廠」計畫 (Satellite Solar PowerStation, SSPS)，目標是將具有太陽能電池或熱能發電系統的衛星，發射到太空中一個能夠不斷接受太陽光的地方，例如在赤道附近上空，便可以連續不停且穩定地接收太陽能，在轉換為電能後，以微波的方式傳回地球。

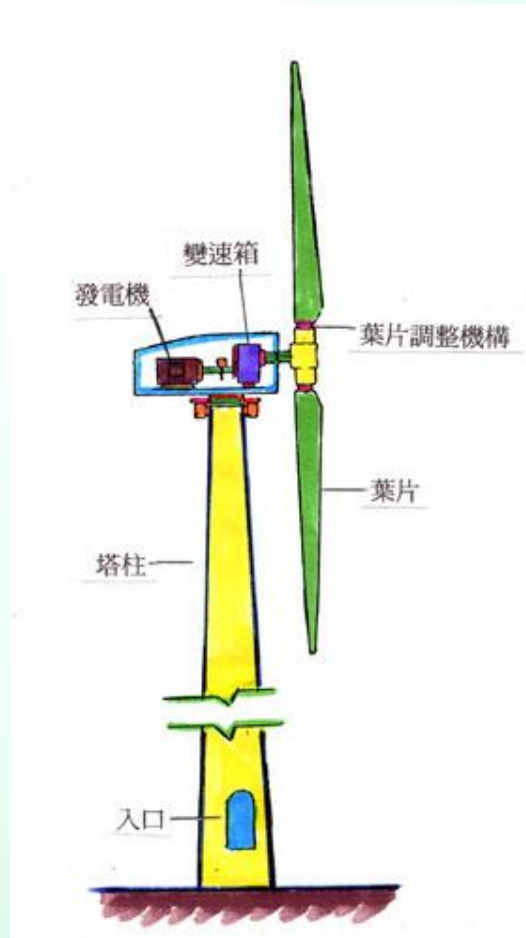
16.4 未來能源技術概述

16.4c 風能

- ◆ 風能的可能用途十分廣泛，雖然當地的地理和氣候的考量非常重要。全球的總可用功率限制，風能利用的主要困難。
- ◆ 未來能源結構中，風能很可能是一個重要貢獻，但有種種因素令風能不能滿足我們所有的能源需求。

發電方式（四）

風力發電



16.4 未來能源技術概述

16.4d 水電能

◆與風能一樣，水電能也是一個在過去被廣泛利用的成熟技術。基於以下的考量，有待解決的兩個方面是：

1. 對環境的影響
2. 壽命問題

16.4 未來能源技術概述

16.4e 潮汐能和波浪能

- ◆ 可以利用潮汐能的地點是相當有限的，而且很可能它只能扮演某些地區性的因素，而不是全球能源的主要成分。如法國和加拿大已經在利用潮汐能發電。
- ◆ [\[0:55\]The Hopewell Rocks Tidal Exploration at Bay of Fundy's](#)
- ◆ 波浪（可能還有洋流）或許比較普遍，但同樣的，波浪能的利用對很多國家來說，很可能也只是能源生產的一小部分而已。
- ◆ [\[2:30\] 環保再生能源—海洋能：](#)

16.4f OTEC 和鹽度梯度

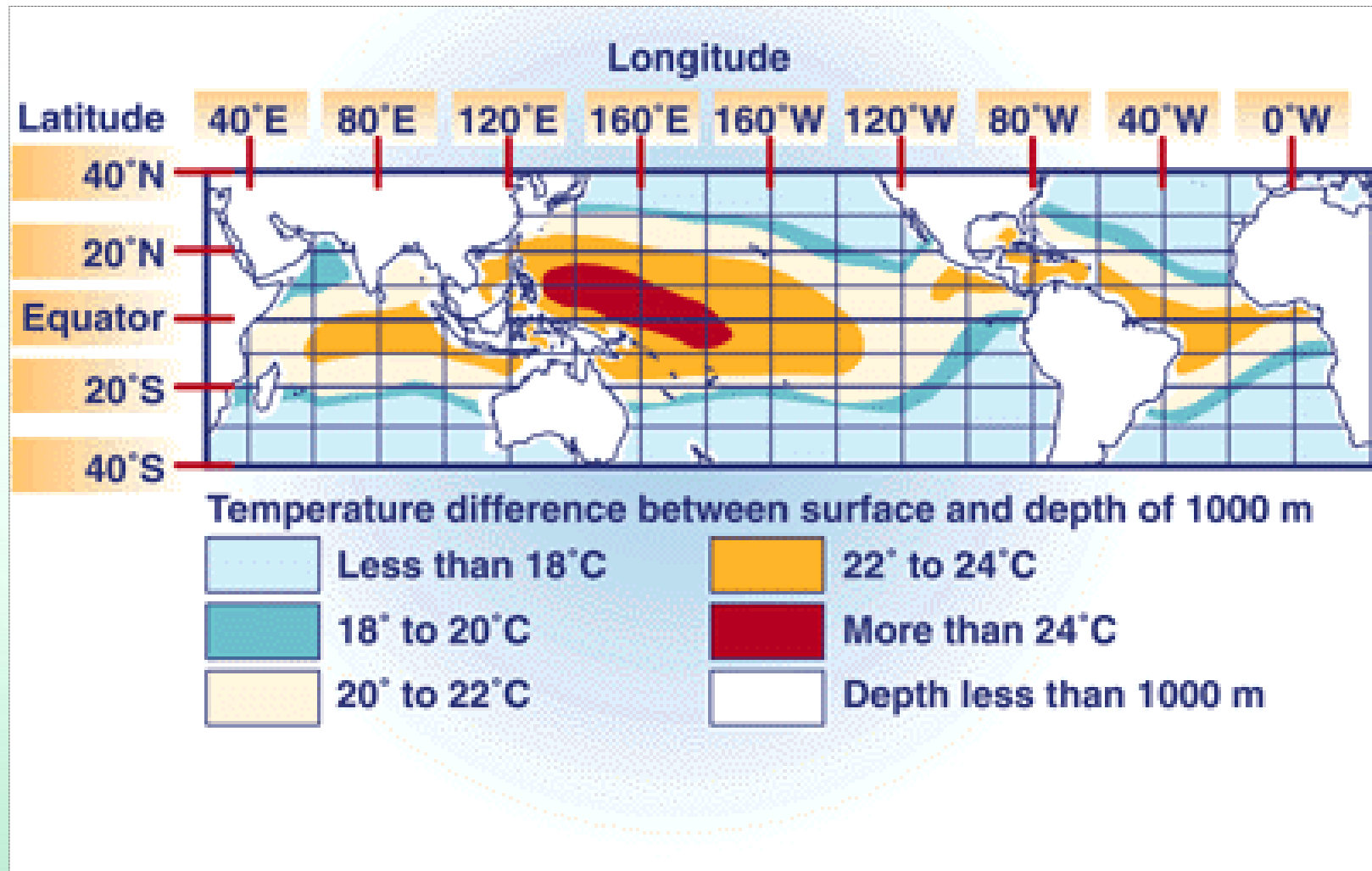
- ◆ 海水溫差發電法 Ocean thermal energy conversion (OTEC)。是一種可再生能源，主要是利用表層海水與深層海水的溫度不同來進行發電。我們也可以利用從海洋的鹽度梯度得來的能量。
- ◆ 海洋溫差發電是利用熱交換的原理來發電。首先需要抽取溫度較高的海洋表層水，將沸點很低的工作流體（working fluid，如氨、氟利昂等）在熱交換器裡面蒸發氣化，然後推動渦輪發電機而發出電力；再把熱的工作流體蒸氣導入另外一個熱交換器，利用深層海水的冷度，將它冷凝而迴歸液態，這樣就完成了一個循環。周而復始的工作。

◆ 海洋溫差發電廠取得深層低溫海水時，並不需要計算從深海抽取的電力，而是利用連通管原理讓深層海水自動補充到海面高度，因此只是將水排出電廠，而非從深海抽取，因此在計算取水的能量損耗時，只計算海水與排水管的摩擦力損耗。

◆海水溫差發電法的條件

通常海水表面溫度約在攝氏20餘度，為了有足夠的溫差進行發電，通常冷水管〈也就是引深層海水的那條管子〉深度要達到海平面下1,000公尺深。在北回歸線地區表面海水溫度約23至28度，1,000公尺深處溫度僅約4度。例如台灣東部海底地形陡峭，離海岸不遠處海水深度即達1,000公尺（某些地點在離海岸3到4公里處即達1,000公尺），因此適合此發電法。

全球適合溫差發電的海域



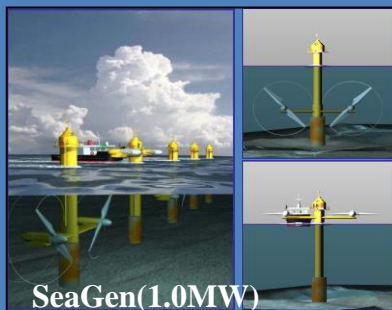
[海水溫差發電](#) - 維基百科，自由的百科全書

我國海洋能源技術發展趨勢

■ 經研究評估，國內海洋能源開發以「海流發電」與「海洋溫差發電」較具優勢，主要原因為

1. 兩者之可裝置容量估計可達千MW級。
2. 黑潮流與海洋溫差能均屬於穩定之能源，優於不穩定的波浪發電。
3. 此兩種海洋能源在國際上均仍處於測試示範階段，尚未有正式運轉之電廠。

■ 若我國投入研發腳步，未來在技術上必能與國際領先技術相匹敵，對於未來產業市場的開拓有實質助益。



Establish the development of ocean current energy



Establish the development of OTEC

◆ 技術問題

岸基式海水溫差發電法中最為關鍵的技術就是冷水管，首先，它必須深入海平面下約1,000公尺的深處，第二，它的管徑必須夠大，才能引入較多海水確保發電效率。離岸式海水溫差發電法，則較無深海抽水問題，但需要錨定海上作業平台與海底電纜。

目前該資源的低效率與開發上預期的技術困難，可能在一段時期會限制其使用。

◆ 優點

- 不消耗任何燃料
- 無廢料
- 不會製造空氣汙染、水汙染、噪音汙染
- 整個發電過程幾乎不排放任何溫室氣體，例如二氧化碳
- 全年且一天中所有時間段皆可發電，十分穩定
- 副產品是淡水，可供使用

◆ 缺點

- 資金龐大
- 發電成本高
- 深海冷水管路施工風險高
- 影響周遭海域生物的生存權

16.4 未來能源技術概述

16.4g 地熱能

- ◆ 地熱能源已經被廣泛開發了，在大多數情況下有賴於技術的成熟。
- ◆ 儘管總可用功率是有限的，但也可能有新的技術能夠更好地利用這種資源。
- ◆ [2:26] 地熱能_台灣的地熱發電

地熱

- 台灣位處環太平洋火山帶，多處山區顯示具有地熱蘊藏，根據台灣地熱資源初步評估結果，全台灣地區有近百處顯示具溫泉地熱徵兆，但較具開發地熱潛能者有26處，理論蘊藏量約有100萬瓩，其中大屯山區約具50萬瓩，惟因係屬火山性地熱泉，其酸性成分太高或蒸氣含量太少，較不具發電價值。因此，如能克服地熱酸性成分高與蒸氣含量少兩項科技發展上之瓶頸，則地熱發電在台灣地區將會有較好的發展前景。
- [2:15] 地熱能_台灣的地熱與溫泉
- [6:03] 地熱發電源源不絕 台灣具備強大潛力

16.4 未來能源技術概述

■ 16.4h 生質能

- 生質能的廣泛定義即指所有有機物，經各式自然或人為化學反應後，再燂取其能量應用，例如由農村及都市地區產生的各種廢棄物，如牲畜糞便、農作物殘渣、城市垃圾、及工業廢水等，皆可經由直接燃燒應用，或由微生物的厭氧消化反應而產生沼氣後再行應用。
- 目前台灣地區的生質能發電應用有：
 1. 垃圾焚化發電。
 2. 沼氣發電。

16.4 未來能源技術概述

生質能

- ◆ 生質能的可行性取決於效率，也就是，在進行轉換生物物質為可用的燃料時，輸入能量與輸出能量的比值。
- ◆ 發展一個使用纖維素來生產乙醇的高效率流程，可能會使生物燃料更普遍地被使用。
- ◆ 利用都市廢棄物來生產能源，是一個較次要的因素。
- ◆ [1:35] Biomass 生質能發電

垃圾焚化爐

- 廢熱回收鍋爐：
垃圾焚化所產生的高溫廢氣，由鍋爐冷卻並回收其熱能，產生蒸汽。
- 熱能利用：
由鍋爐產生之蒸汽，主要供蒸氣渦輪發電機發電，部分供廠內其他附屬設備用。



未來的能源



16.5 高效的能源利用

◆ 未來的能源，應是具有環保意識、高效率且經濟的能源生產，高效地利用這種能量，也是一個永續未來的不可少的必要步驟。

◆ 所討論的因素有三種分類方式：

1. 能源的節約
2. 能源的高效配送
3. 能源的儲存

16.5 高效的能源利用

16.5a 節約

- ◆ 善用所產生的能源有助於緩解對能源生產的需求。
- ◆ 幾乎所有的能源生產和使用都有一定程度的環境影響，減少能源使用就能減少這種影響。

16.5 高效的能源利用

16.5a 節約

- ◆ 節能可以在不同層面上實施，從國家政府的能源政策和國際間的合作努力，到地區上的政策、商業和工業上的做法，最後到個人的行為。
- ◆ 改善的環境品質以及長期的能源安全都是我們努力節能的額外好處。

16.5 高效的能源利用

16.5b 配送

- ◆ 大規模的電力配送是我們能源使用的主要部分，電網把能源生產設施與用戶連接起來。
- ◆ 近年來替代能源的實施（例如風能、太陽能和潮汐），使得電力的高效率分配更加複雜。

16.5 高效的能源利用

16.5c 儲存

◆最合適之能量儲存技術的性質取決於許多因素：

1. **初始和最終能量的形式**：能量儲存通常涉及電能的儲存，以及將電能作為最終產物的需要。
2. **尺寸和 / 或重量的限制**：如果能量儲存系統必須是便攜式的，那麼能量儲存單元的尺寸就非常重要。
3. **能量儲存的總容量**：假如尺寸是一個很重要因素（例如在車輛），那麼能量密度就必須很高。
4. **最大可用功率**：從能量儲存系統中提取能量的速度通常是一個重要的考量因素。

16.6 結論

- ◆ 我們未來能源的選擇將決定於下列諸多因素的考量
 - 科學
 - 技術
 - 環境
 - 經濟
 - 政治

- ◆ 所謂環保的或綠色的能源生產方式對環境的影響可能比最初所認為的更大。

新能源科技發展歷程

The 1 st Generation	The 2 nd Generation	The 3 rd Generation
<ul style="list-style-type: none">■ Hydropower 水力發電技術■ Biomass Combustion 生質物燃燒技術■ Geothermal Energy 地熱	<ul style="list-style-type: none">■ Solar Heating and Cooling 太陽熱能利用技術■ Wind Power 風力發電技術■ Solar Photovoltaics 太陽光電技術■ Modern Form of Bioenergy 生燃料轉化技術	<ul style="list-style-type: none">■ Concentrating Solar Power 高效能太陽能技術■ Ocean Energy 海洋能技術■ HDR/EGS 乾熱岩地熱系統■ Integrated Bioenergy System 整合型生質能系統

資料來源: Renewables in Globe Energy Supply, IES 2007

HDR: Hard Dry Rock; EGS: Enhanced Geothermal System)

❑ 未來全球技術發展趨勢

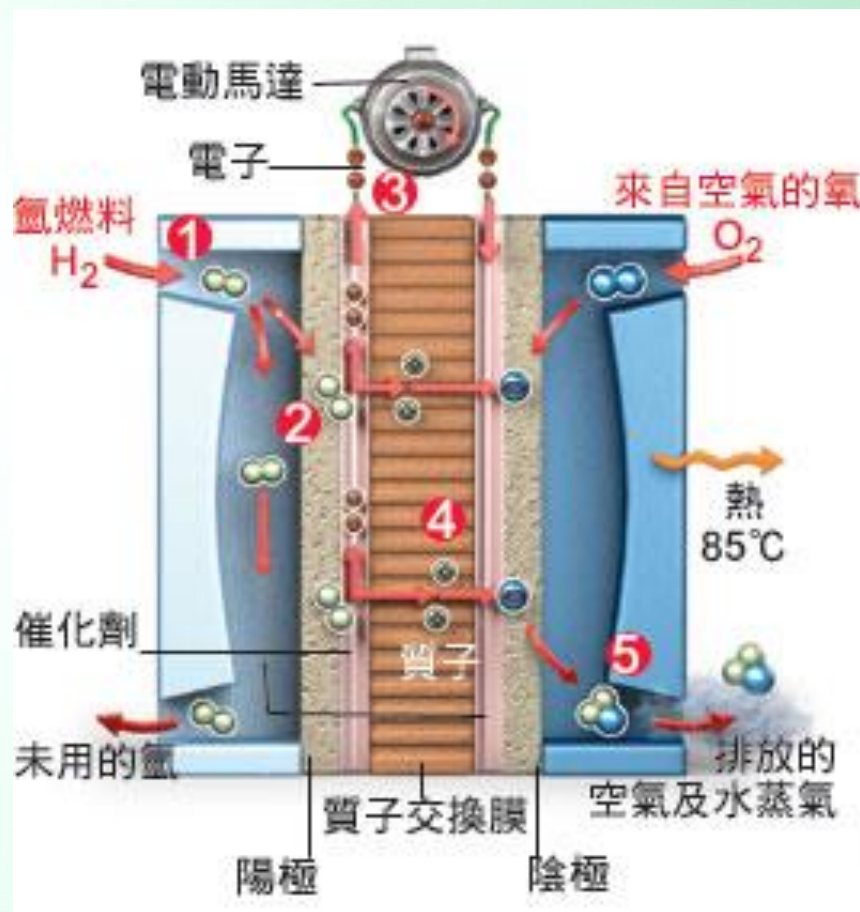
- 波浪能(Wave Energy)：發展商品化設備，規劃建置大型電廠。
- 溫差能(Ocean Thermal Energy)：提升冷水管鋪設技術與熱交換器效率，並建置電廠。
- 潮汐能(Tidal Energy)：利用新技術減少生態衝擊。建置大型發電廠(中國300MW，韓國254MW)
- 海流能(Ocean Current Energy)：發展MW級設備，降低裝置建造成本，提升轉換效率。規劃建置大型發電廠及開發深海流能利用技術。

[2:43] 海洋能 - 黑潮發電

[1:30] 台灣之光！黑潮發電計畫

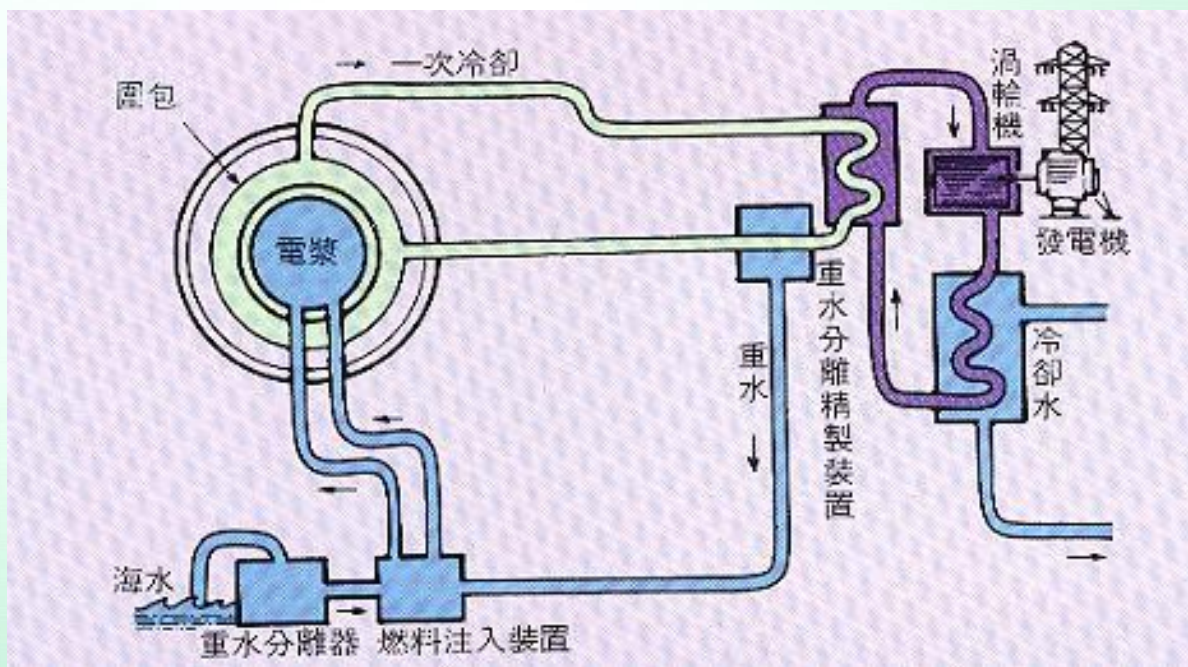
燃料電池

1. 氫氣進入
2. 陽極催化劑將氫分成電子與質子
3. 電子流出可用來驅動馬達
4. 質子穿越薄膜到達陰極
5. 陰極上的催化劑將質子、流回的電子與空氣中的氧結合起來形成水



核融合

目前核融合仍在實驗中，下圖為概念圖，核融合的主要原料是氘，可以由海水中取得，核融合反應的產物為沒有放射性的氦



未來最理想的能源

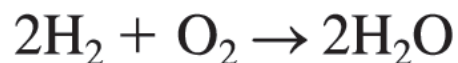
- 太陽能是未來人類最合適、最安全、最環保、最理想的替代能源。資料顯示：太陽每分鐘照射地球的能量相當於人類一年所耗用的能量。
- 未來大規模的太陽能開發利用，有可能開闢新能源領域，從而將人類帶出傳統的燃料時代。
- 除了太陽能之外，目前科學家也在利用一些自然現象產生的能，如對閃電、地震、火山爆發、海嘯產生的能量加以收集利用，將使人類利用能源進入更寬廣的視野。

15.1 簡介

- ◆ 氫是一種能量儲存機制，就像電池一樣。雖然製造氫的有機過程看起來有點像製造生物燃料的過程，但氫並不是一種初級能源，因為自然界中並沒有天然存在之氫的明顯來源。
- ◆ 像所有產生可用能量的方法一樣，氫氣的使用從生產到最終應用，必須詳細觀察才能充分理解其在未來能源經濟中的可行性。

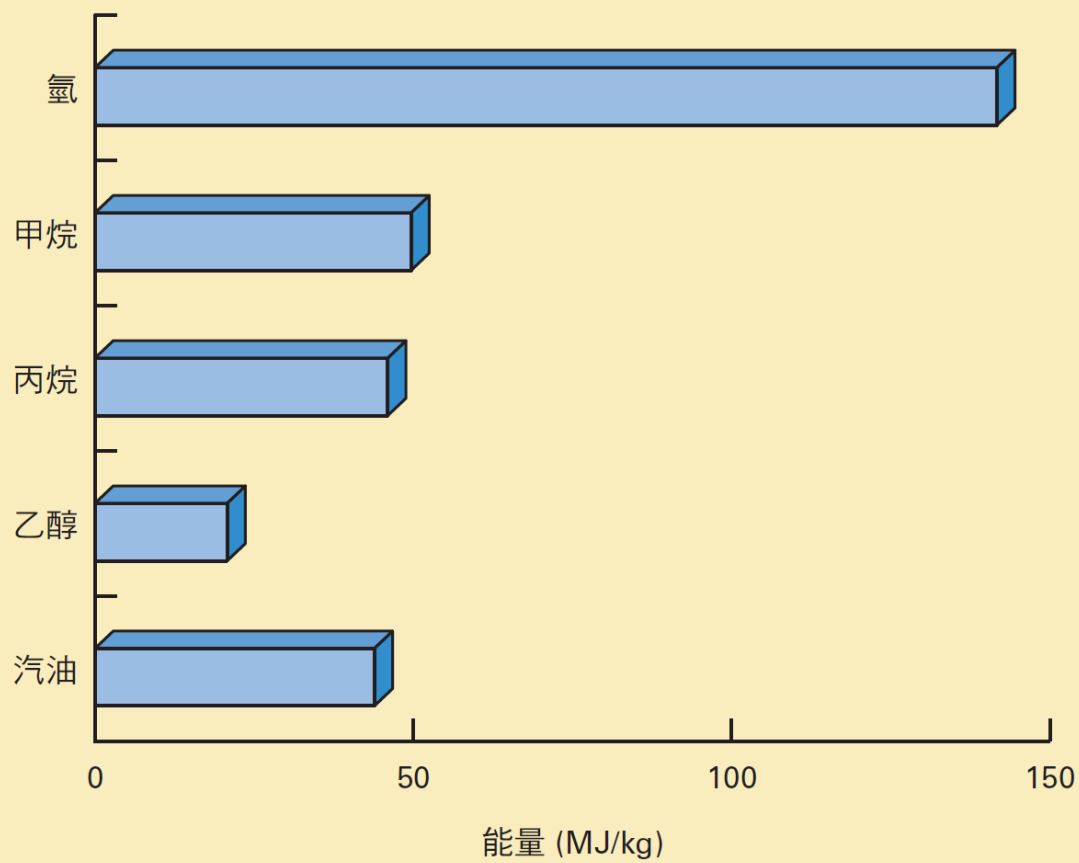
15.2 氫的性質

- ◆ 將氫與氧結合而形成水可以產生能量：



(15.1)

- ◆ 氫在標準溫度和壓力（STP = 室溫且壓力為 101 kPa）下是氣體，而且占了大量的體積。
- ◆ 有一種方法就是將氫氣壓縮，同時將溫度維持在室溫。另一種方法是將氫氣液化成為液體，並將其維持在很低的溫度。



© Cengage Learning 2015

圖 15.1 各種燃料的能源含量（每公斤）。

表 15.1 STP 下汽油和氫的比能量和體積能量密度。

燃料	每公斤能源 (MJ)	每立方米能源 (MJ)
汽油	44.5	34,800
氫	142	11.8

© Cengage Learning 2015

15.3 製氫的方法

◆ 製氫有四種基本方法：

1. 電解
2. 水的熱分解
3. 化學反應
4. 生物過程

15.3 製氫的方法

15.3a 電解

◆ 電解是製氫最為人所周知的方法。它利用電來將水分子分解為氧原子和氫原子。

◆ 總反應為

◆ 氫氣 $2\text{H}_2\text{O} + \text{能量} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$ (15.2) 解
而形成



Based on http://www.greencarcongress.com/images/standard_electrolysis.png

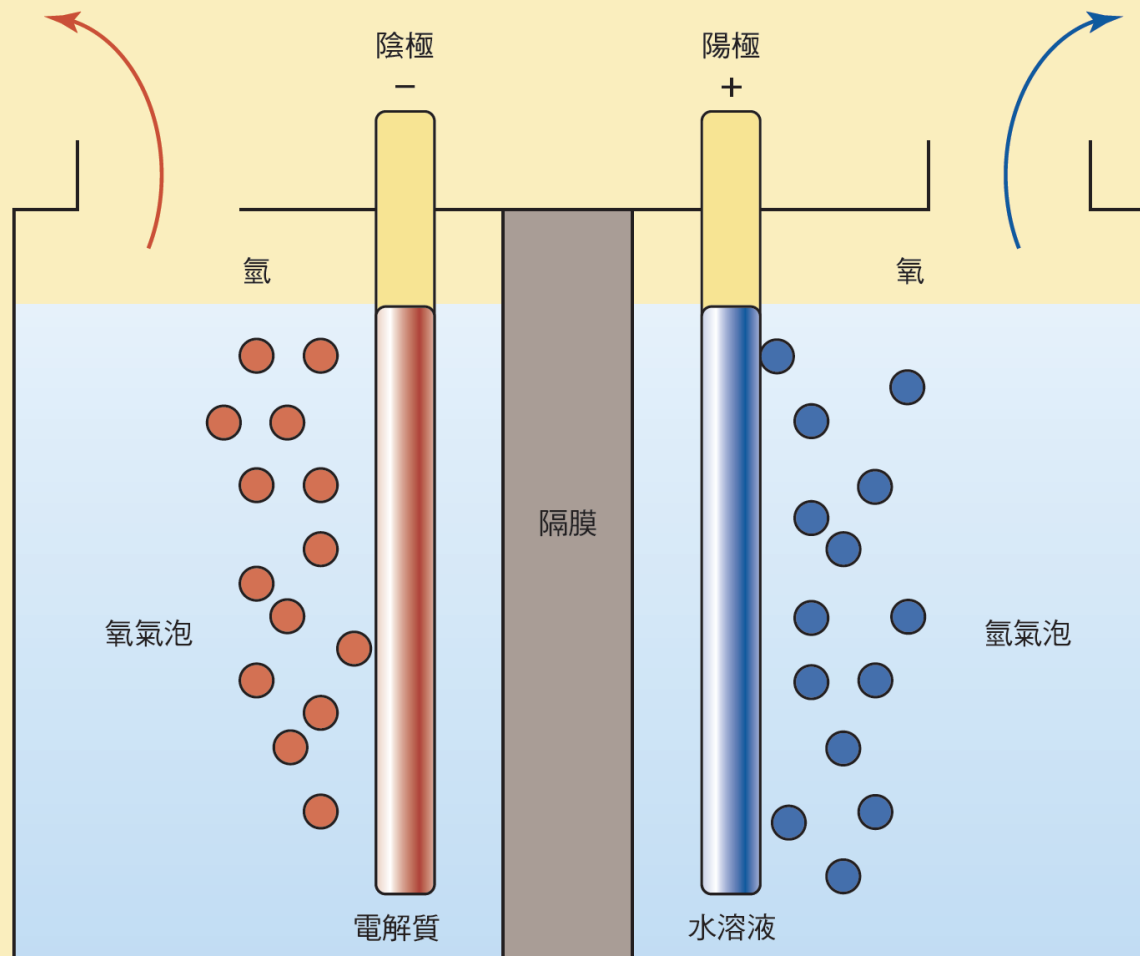


圖 15.2 基本電解槽。

15.3 製氫的方法

15.3a 電解

- ◆ 帶負電荷的 OH^- 離子被陰極排斥並經由水而流到陽極，發生下列反應



- ◆ 水的導電率會因離子化合物如 H_2SO_4 、 KOH 等溶解所產生的帶電離子而增加。

15.3 製氫的方法

15.3b 水的熱分解

- ◆ 水的熱分解對應於方程式 15.2 中所給出的反應，其中的不同在於能量是以熱能而非以電能的形式提供。
- ◆ 一種常見的方法就是硫-碘熱化學循環。開始時是先將硫酸加熱，導致下列反應



15.3 製氫的方法

15.3b 水的熱分解

- ◆ 二氧化硫再與碘和水結合，加上更多的熱後形成如下反應



- ◆ 所產生的硫酸用於燃料反應，碘化氫則被進一步加熱而得到碘



- ◆ 碘再用於燃料反應最後產生淨氫。

15.3 製氫的方法

15.3c 化學反應

◆ 蒸汽重整（steam reforming）是一種氫氣在甲烷與水的高溫反應期間產生的過程

◆ 此反應 | $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ (15.8)

◆ 產生氫氣 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (15.9)

$\text{H}_2\text{O} + \text{C} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}$ (15.10)

15.3 製氫的方法

15.3d 生物過程

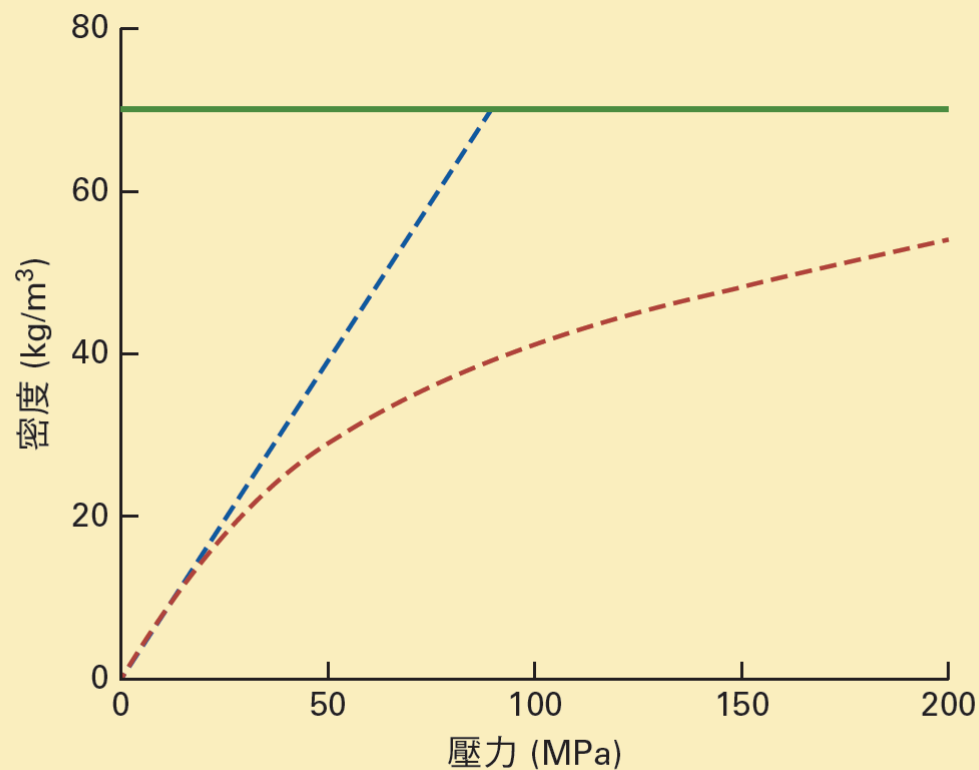
◆ 這些過程類似於烓產生的生物過程，亦即生物燃料產生的過程。

15.4 氫的儲存與運輸

◆ 氫氣一旦產生，就必須轉運到配送和 / 或使用它的地點，因而它必須以一個很適當的形式儲存起來。

◆ 有三種可能的方法：

1. 壓縮氫氣 (CHG)
2. 液態氫 (LH_2)
3. 金屬氫化物



© Cengage Learning 2015

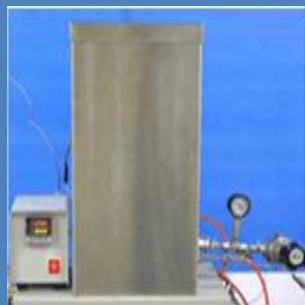
圖 15.3 氫氣的密度壓力關係，顯示氫氣的密度（紅線）以及理想氣體定律關係式（藍線），綠線表示液態氫的密度。

我國氫能發展趨勢

1. **產氫技術**：包括以化石燃料蒸汽重組技術為主之工業規模產氫；小型重組反應器技術；薄膜反應器、電漿重組技術及再生能源轉化等較先進產氫技術。
2. **儲氫技術**：包括工業儲氫皆利用高壓儲氫槽；低壓儲氫罐及金屬儲氫材料製作，開發先進儲氫材料。
3. **定置型燃料電池系統**：開發天然氣、甲醇及液態石油氣(LPG)重組器，可整合定置型燃料電池系統發電。



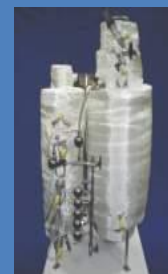
Pd/Ag membrane enhanced hydrogen reformer (ITRI)



Membrane enhanced methanol reformer (Green Hydrotec)



Hydrogen storage (H Bank)



3 kW NG reformer (ITRI)



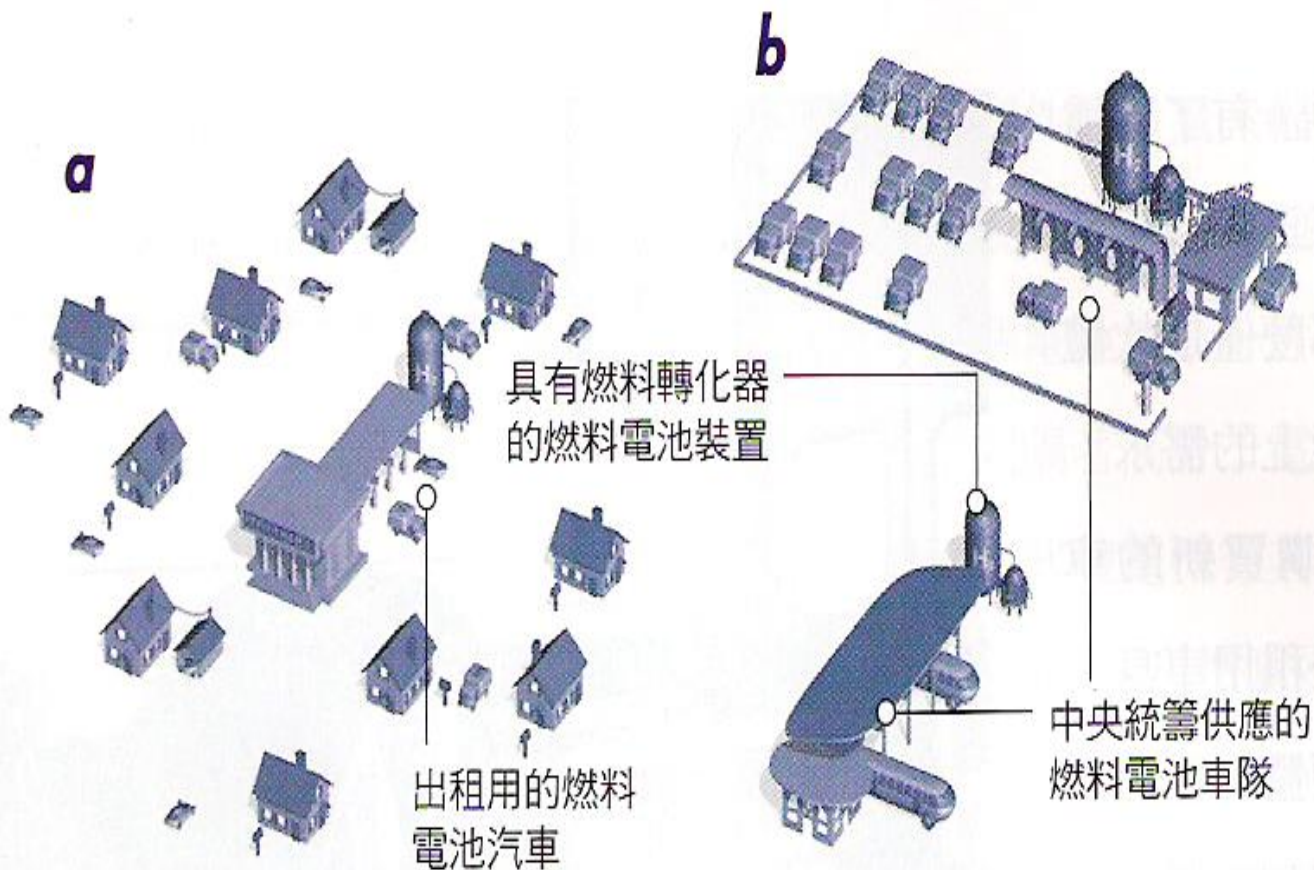
1kW methanol reformer (ITRI)

邁向氫能源社會

數年內

a 少數正在進行測試的原型車，可以租用給居住在氫燃料站附近的居民。

b 每天都會返回車庫的運輸用及商業用車隊，例如公共汽車、郵件貨車及快遞貨車等，開始由各地的中央氫燃料站補充燃料。



[4:09] [氫氣製造原理](#)

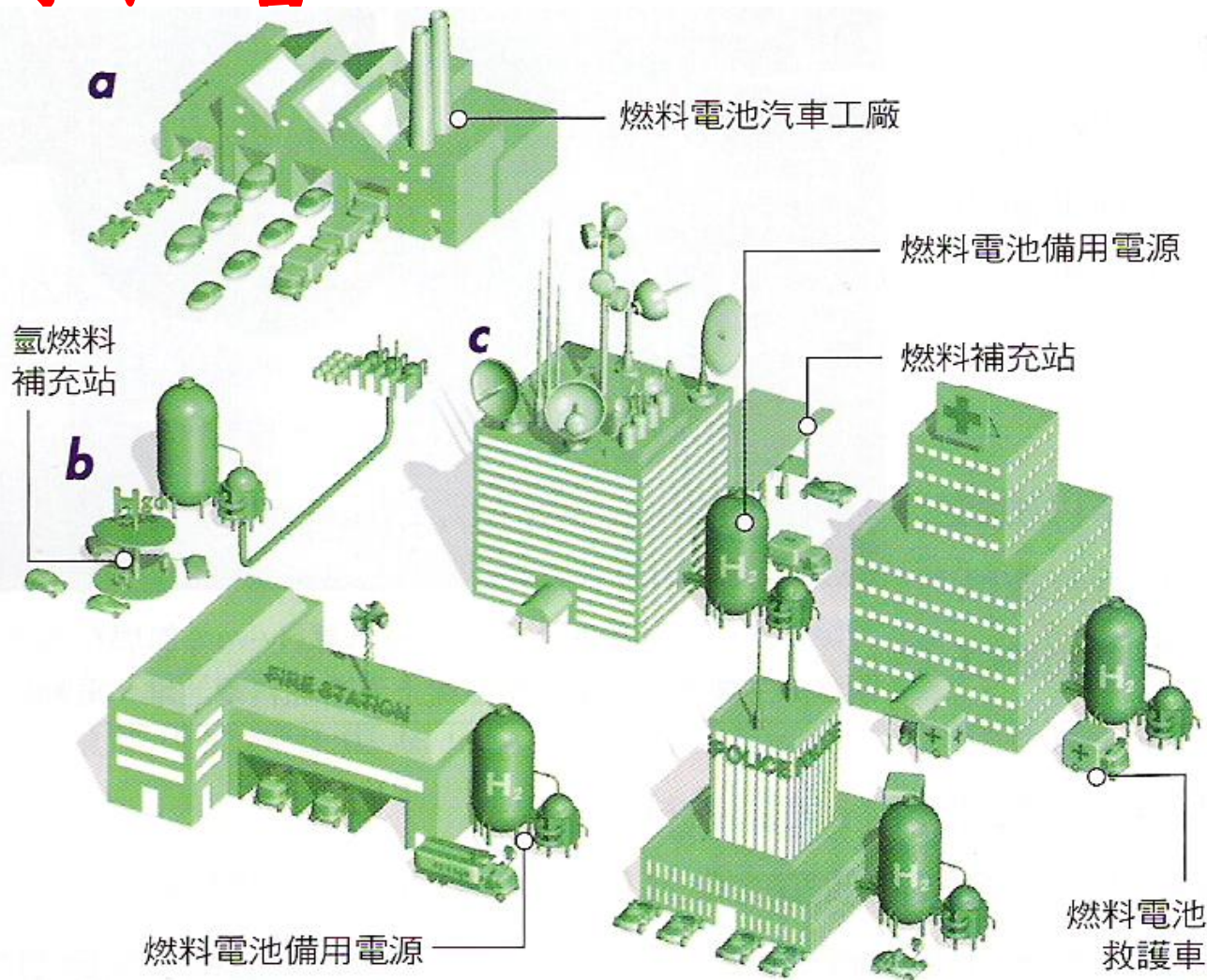
邁向氫能源社會

10年內

a 車廠製造出以燃料電池為動力的「滑板型」底盤及數款「扣上式」車身。

b 建有天然氣轉化器（化學裂解裝置）的氫燃料站，為初期生產的汽車提供氫燃料。

c 能夠將天然氣轉化為氫氣並供給燃料電池使用的固定式電力產生裝置，開始裝置在需要高度可靠、「優質」能源的企業中，提供給資料通訊、連續生產線或緊急醫療等方面使用。舉例來說，救護車及緊急用車輛就可在醫院的燃料電池裝置補充燃料。



邁向氫能源社會

10年後

a 固定式轉化器及燃料電池裝置普及到更多企業中，最後，每個家庭還可將多餘的電力賣給所謂「分散式電力系統」中的電力網路。這些裝置將開始在各地為員工提供氫燃料。

b 有更多使用電解器的氫燃料站陸續成立。

c 大型組裝工廠推出三種大小的燃料電池滑板型底盤（小型、中型、大型）。

d 經銷商銷售各種形式的新車身，供車主用於自己原本使用的滑板型底盤。

e 各地區的工廠製造各種車身供應當地市場（例如在印度或中國生產牽引機與貨車）。

