

一. 目的:

出國任務 為前往英國羅浮堡大學(Loughborough University) 進修再生能源系統技術碩士。

目標 為研習再生能源系統相關技術，因本公司近年來積極開發再生能源相關計畫，尤其在各上級機關的關心下，公司已投入相當的人力及物力，但因本國並無再生能源相關科系，因此目前參與再生能源之相關人員大都未受本科之相關正規教育，因目前世界各國均積極發展再生能源，尤以英國發展更為快速，特別在大學教育方面更是績效卓著，故前往羅浮堡大學就讀再生能源系統科技研究所，回國後貢獻所學相信對公司必有極大助益。

希望能 就以下五項領域作深入研究：

- (1). 風力發電技術 之研究。
- (2). 太陽光電系統之研究。
- (3). 生質能發電技術 之研究。
- (4). 水力能發電技術 之研究。
- (5). 再生能源整合系統之研究。

二. 過程:

主要課程如下:

項次	課程
1.	再生能源概論:
2.	風力發電(一)(二)
3.	水力發電
4.	生質能
5.	太陽能(一)(二)
6.	再生能源系統整合及永續發展政策與環境管理
7.	論文

1. 再生能源概論:

目前全球能源使用仍以石化燃料為主，約佔 85%(石油、煤、天然氣)，如圖一所示。

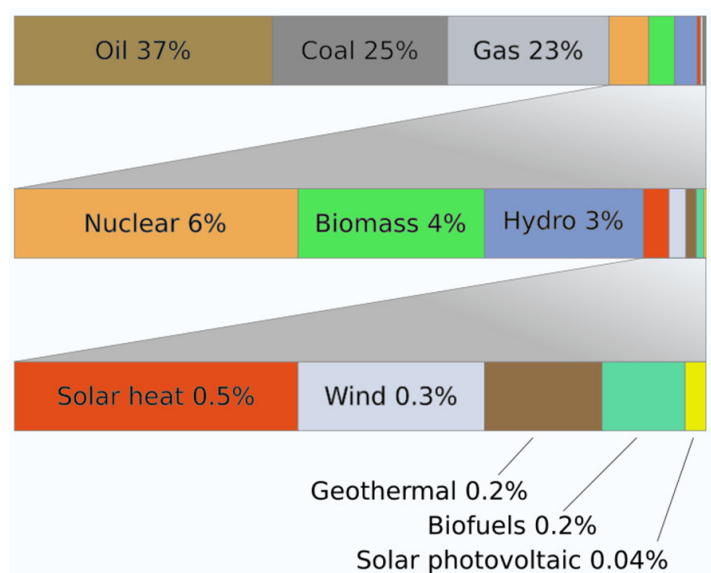


圖 1

但燃燒石化燃料將產生溫室氣體，如圖 2 所示。現在已有很多證據顯示這些溫室氣體與全球氣溫上升有關，圖 3 顯示近 140 年來地球表面溫度變化情形。

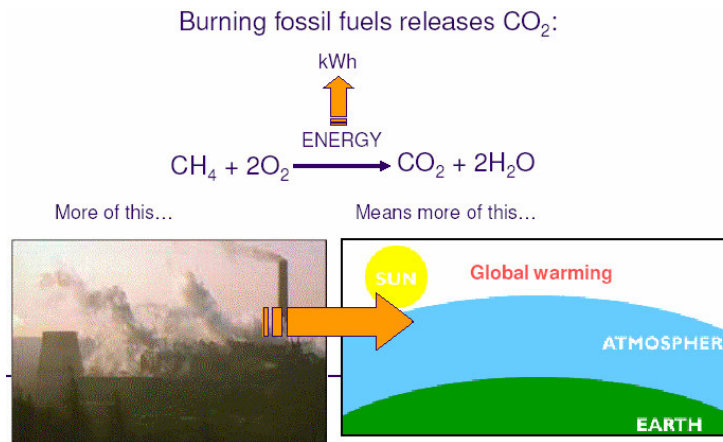


圖 2

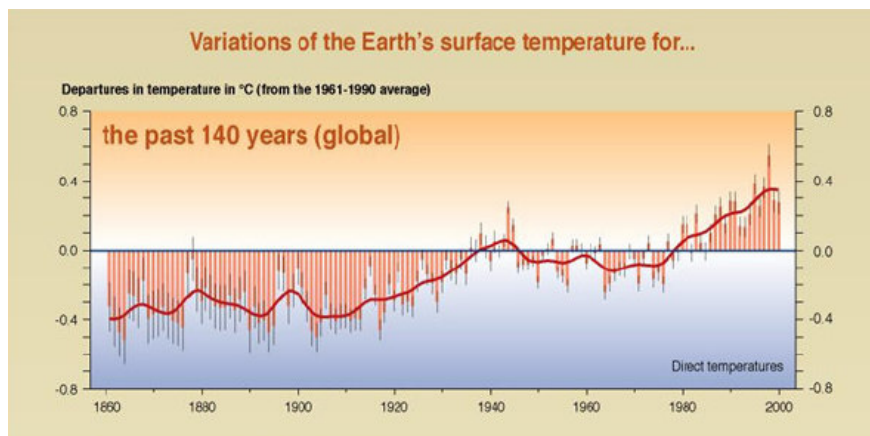


圖 3

對抗全球暖化目前所能採取方式:

1. 降低能源需求
2. 提高能源使用效率
3. 使用再生能源

圖 4 顯示目前所能採用之再生能源方式，其中種類繁多，某些已具有實用價值，某些則尚在研究發展中，目前比較成熟且具有發展性的有太陽能、水力能、風能、生質能，這四種再生能源也是本課程主要之研究內容。

這四種能源方式與地理環境息息相關，必須先調查各地區蘊藏之情形，以獲取最大能源效益。

圖 5 說明風能大約在地表兩公里以內為高度愈高風速愈大。

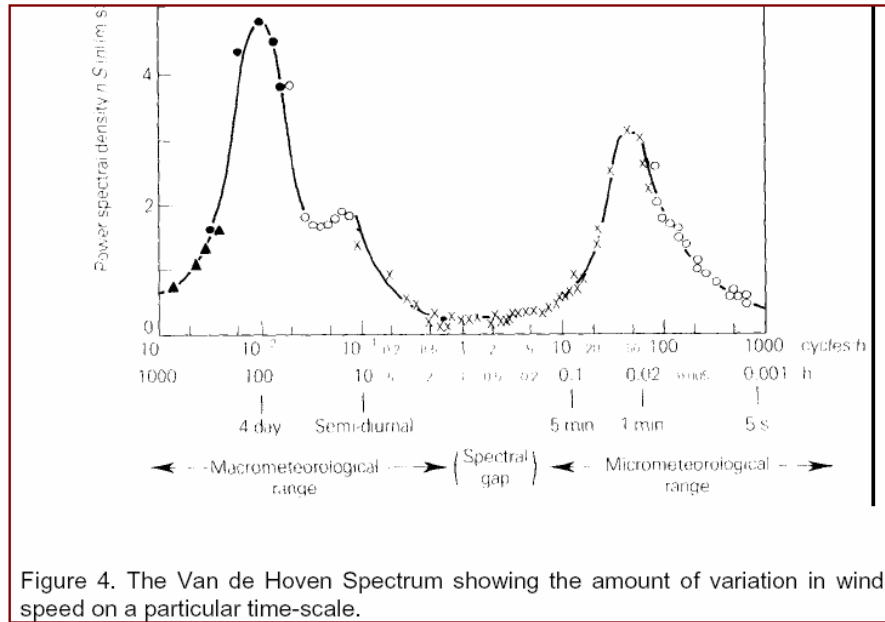


圖 6

圖 6 為 Van de Hoven Spectrum 說明 10 分鐘平均風速最適合當量測數據，過長或過短均易造成波動過大，難以分析處理之情況。

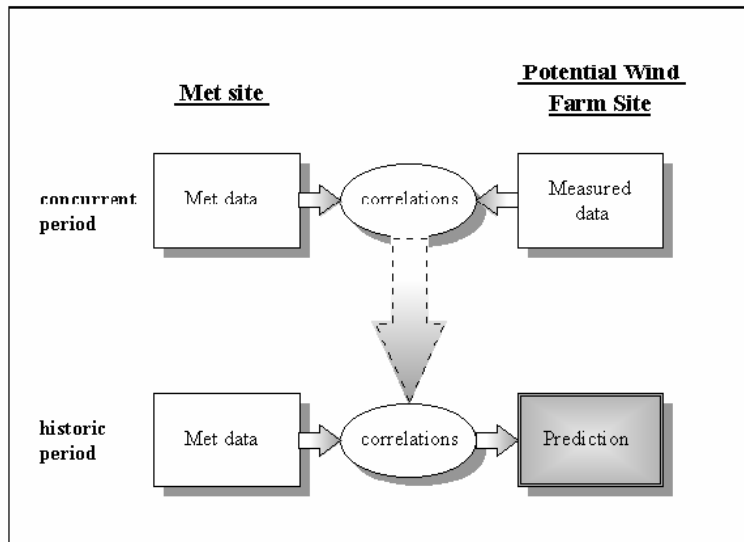


圖 7

圖 7 為 MCP 技術，可根據氣象站數據及現場測風計，來推估現場風能狀況，並作為風場評估之依據。

(2). 最大風能效率:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A U_\infty^3$$

P_w 為風機所蘊藏之能量, ρ 為空氣密度, U_∞ 為風速。

C_p 為風能係數, P 為風機所能產生之能量。

$$C_p = \frac{P}{P_w}$$

The Betz Limit

$C_p = 16/27 = 0.593$

亦即風機理論最大效率為 0.593

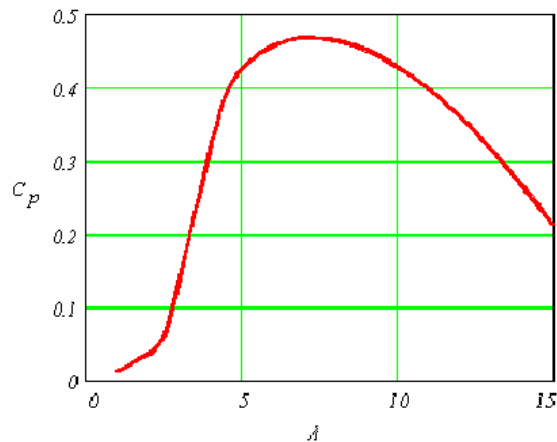


Figure 29 $C_p - \lambda$ performance curve for a 3-blade turbine

圖 8

依圖 8 $C_p - \lambda$ curve, 風機最大應用效率為 0.47.

圖 9 為同步發電機與感應發電機之優劣比較, 目前大型機組已無純感應發電而以 DFIG 為主。

Table 1: The advantages and disadvantages of synchronous and induction generators

Synchronous Generators	Induction Generators
<p>Advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • More efficient • Reactive power flow can be Controlled • Suitable for variable speed operation through an electronic interface • Suitable for connection to very weak networks <p>Disadvantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • More expensive • Responds to gusts in an oscillatory manner • Requires precise synchronisation to the mains • May lose synchronism under severe network transients • Never used now for fixed speed operation 	<p>Advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Less expensive • More rugged and robust • Responds to gusts in a non-oscillatory way • Small change of speed with applied torque reduces stress in drive-train and spikes in power fed into network • Can be simply synchronised to the mains <p>Disadvantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumes Reactive Power • Requires power factor correction • Not suitable for connection to very weak electrical networks

圖 9

(3). 風能計畫

- a. 廠址勘查與選擇
- b. 風能評估
- c. 環境影響評估
- d. 計畫作業
- e. 簽訂售電合約
- f. 工程細部設計
- g. 經濟效益評估
- h. 投資效益評估及財務規劃

(4). 離岸風力發電

圖 10 為英國離岸風機裝置情形

Table of UK Offshore Round 1 Sites

Location	Status	Capacity	Developer	Type
North Hoyle	Operating (Dec 2003)	60 MW	npower (Vestas 2 MW)	Single
Scroby Sands	Operating (Dec 2004)	60 MW	E.ON (Vestas 2 MW)	Single
Kentish Flats	Operating (Sep 2005)	90 MW	Elsam (Vestas 3 MW)	Single
Barrow	Operating (Sept 2006)	90 MW	Centrica/DONG (Vestas 3 MW)	Single
Gunfleet Sands	Approved	30 turbines	GE Energy	Single
Lynn/Inner Dowsing	Construction Started	60 turbines	Centrica	Double
Cromer	Approved	30 turbines	Norfolk Offshore Wind/EDF	Single
Scarweather Sands	Approved	30 turbines	E.ON UK Renewables/Energi E2	Single
Rhyl Flats	Approved	30 turbines	npower renewables	Single
Burbo Bank	Operating (Oct 2007)	30 turbines	DONG (Siemens 3.6MW)	Single
Solway Firth	Approved	60 turbines	E.ON UK Renewables	Double
Shell Flat	Submitted	90 turbines	ScottishPower/Tomen/ Shell/Elsam	Triple
Teesside	Submitted	30 turbines	Northern Offshore Wind/EDF	Single
Tunes Plateau *	Submitted	30 turbines	RES/B9 Energy	Single
Ormonde *	Submitted	30 turbines	Eclipse Energy	Single

* These two projects were outside the original Round 1 process but conform to its terms. Ormonde is an innovative wind-gas hybrid project.

Shell WindEnergy

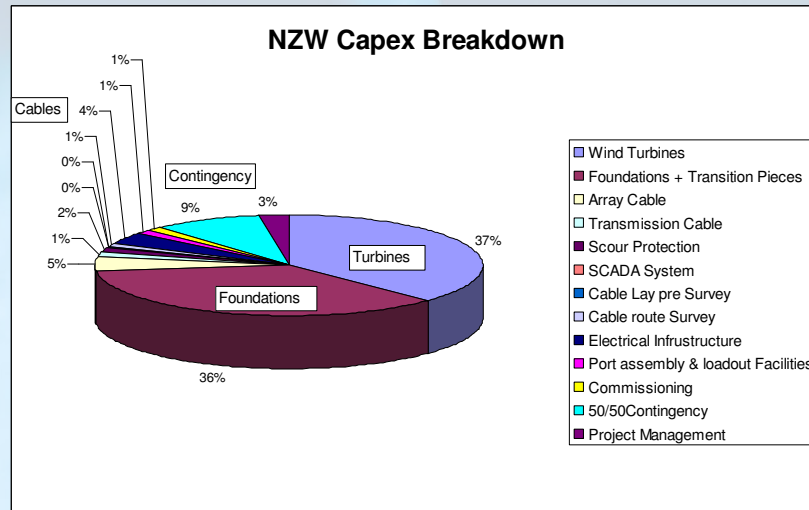
A Shell Renewables company



圖 10

圖 11 是英國一個 offshore 風場之建造成本分析表，其中風機價格與基礎價格大致相同。

Major Capex Items – NSW 108MW Farm



• Actual £1.35M /MW for turnkey wrap

Shell WindEnergy

A Shell Renewables company



圖 11

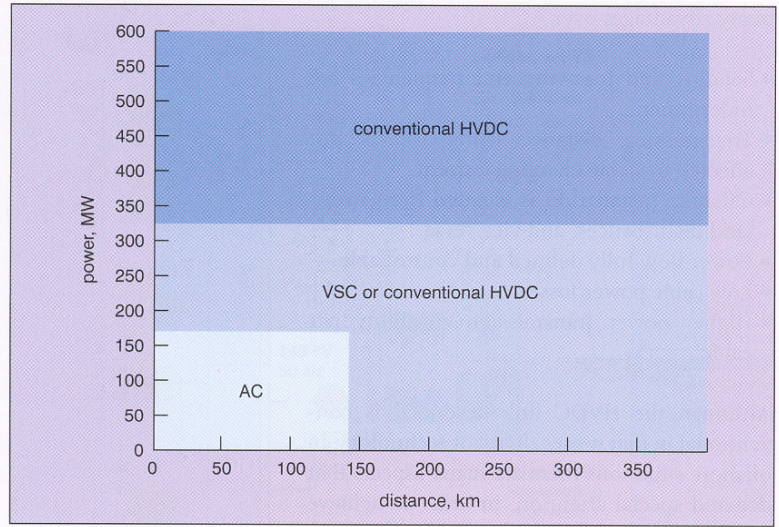


圖 12

圖 12 為輸電線路傳輸方式之適用方式，交流較適用於短距離較低功率之傳輸，若為長距離大功率則較適用 HVDC。

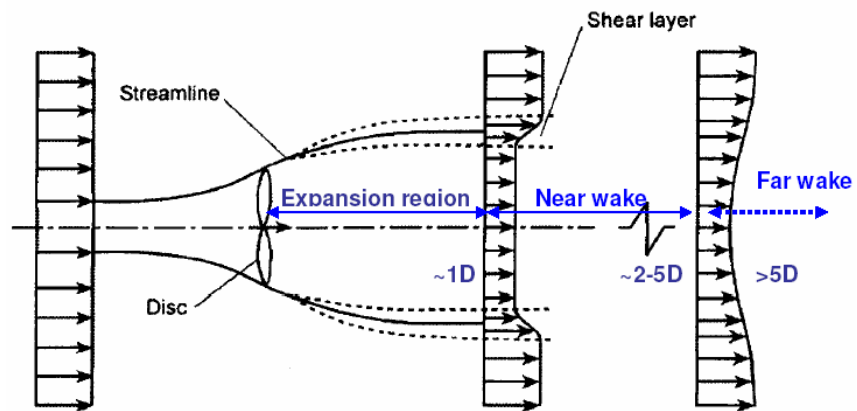


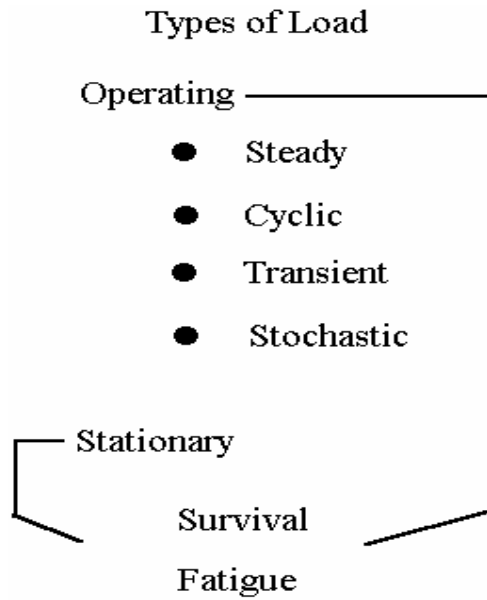
Figure 2: Development of a wind turbine wake downstream of the rotor disc.

圖 13

圖 13 為風力發電尾流損失說明圖，一般均需 5 倍葉片轉子直徑，才能接近恢復其原速度，對 Far wake 而言，其風機後方速度為：

$$\left(\frac{\Delta U}{U_0}\right)_{y,f} = \left(\frac{\Delta U}{U_0}\right)_{0,f} \exp\left[-\frac{(y/R)^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

其中 y 為風機後方距離， R 為轉子半徑， σ_y^2 為風機尾流標準差。則可計算轉子後方之風速。



風機負載可分為操作負載及固定負載:

操作負載可分

1. 穩定負載: 來自於非剪力之風。
2. 週期性負載: 來自於風剪力，葉片通過塔時之力，迎風未對正之力。
3. 暫態性負載: 來自於陣風。
4. 隨機性負載: 來自於擾流。

固定負載:

1. 極大風速
2. 葉片停機負載
3. 尾流負載

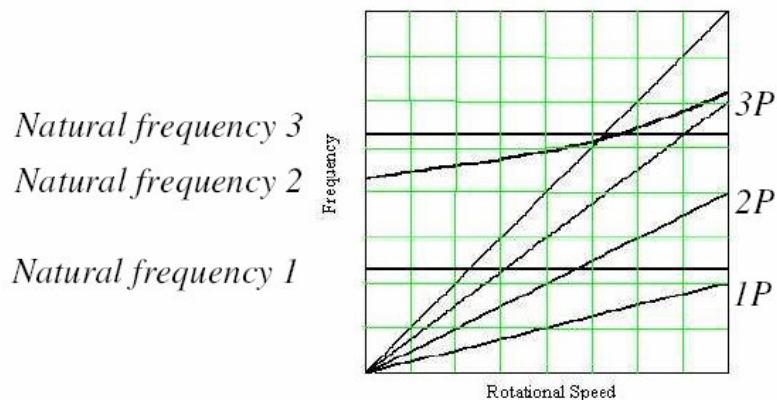


Figure 12: An example of a Campbell Diagram.

圖 14 為 Campbell diagram 說明風機運轉轉速須避開 1P 及 3P，以免產生共振效應，若無法避免也須快速通過。

4. 水力發電:

水力發電共可分為

- (1). 水輪機發電
- (2). 潮汐發電
- (3). 波浪發電

(1). 水輪機發電已有上百年的歷史，波浪發電已有研究型機型，而潮汐發電在法國已有商用機行運轉中。

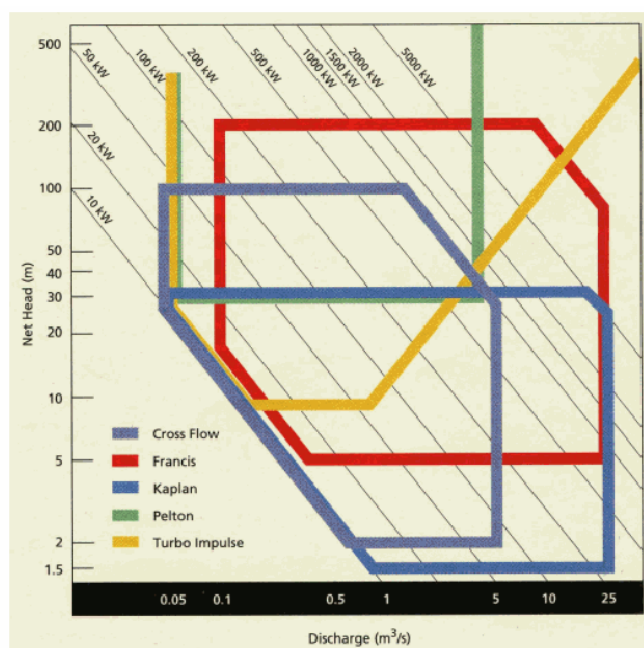


Figure 19. Turbine selection charts for small to large-scale turbines.

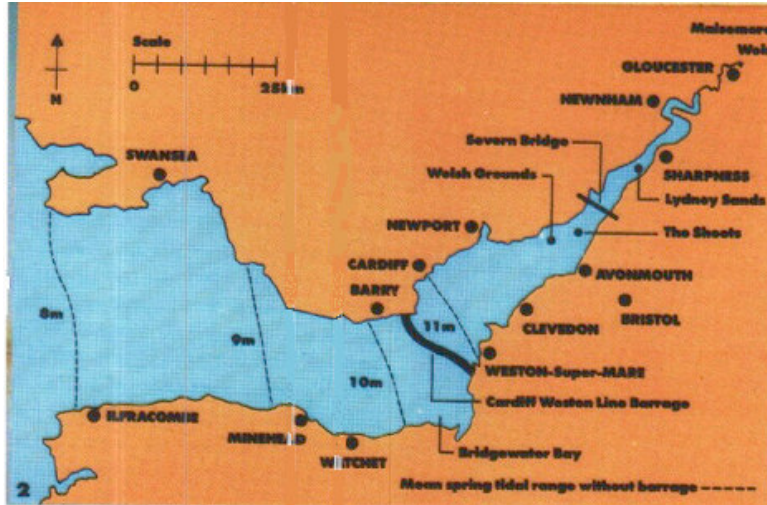
圖 15

圖 15 為水輪機中水頭與流量所對應之機型。

(2). 潮汐發電歷史悠久，西元 1100 年在英國及西班牙已有潮汐磨枋，地球某些地區潮汐較高是因為以下幾個增強效應

a. 漏斗效應

漏斗效應如下圖所示之 Seven Estuary，因河口灣愈往上游則愈窄，潮汐則愈高。



b. 共振效應:

河口灣共振週期與潮汐週期相等時，則會有共振效應，一般河口灣之長度及深度須符合以下等式:

$$L/h^{0.5} = 35000 \text{ m}^{0.5}$$

c. 科氏效應:

科氏效應起因於地球自轉。

d. 大氣壓力:

大氣壓力差異最大可造成數十公分之潮差。

e. 暴風:

暴風(Storm) 可推動水至海岸線上，並增強潮差。

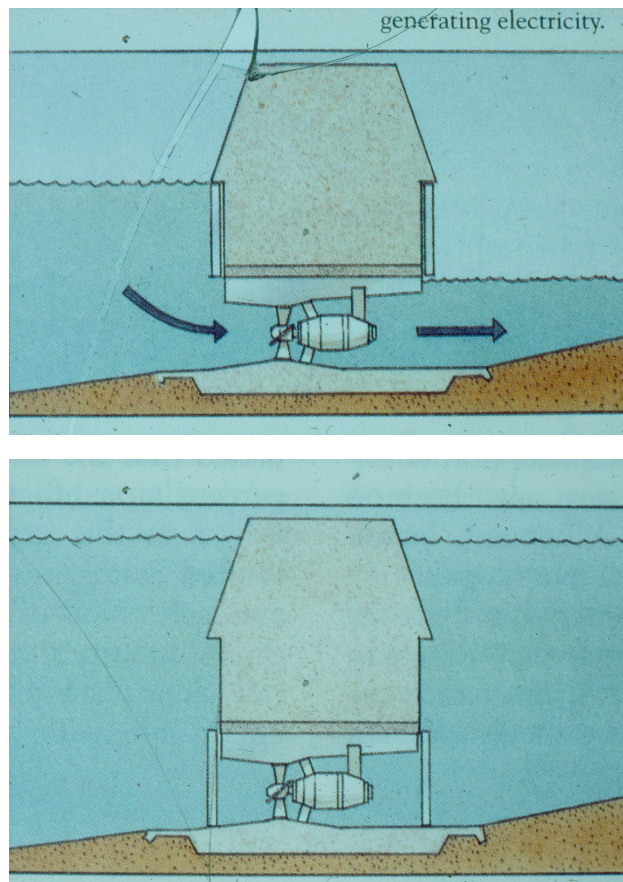
潮汐發電種類:

a. Tidal barrage:

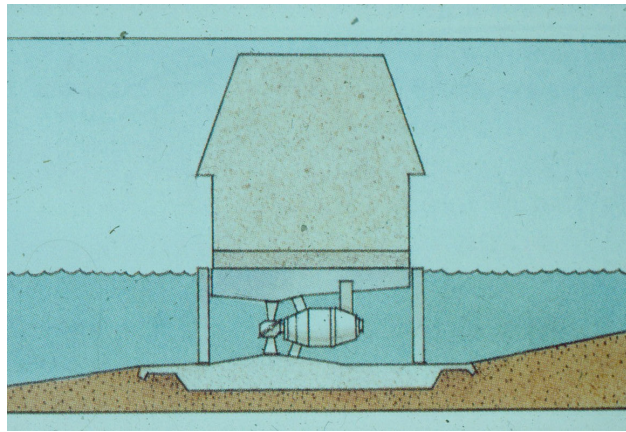
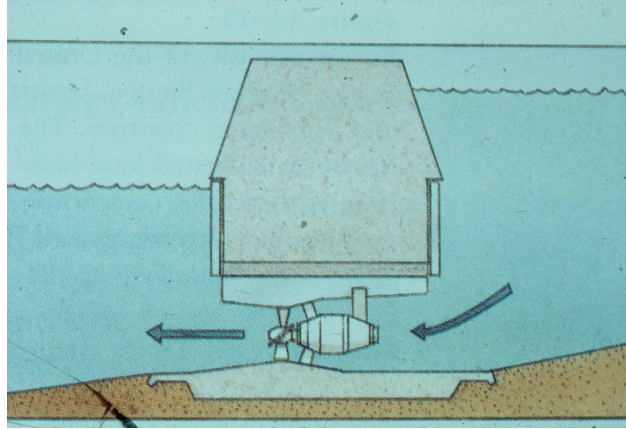
將河口攔住並裝置 Kaplan 水輪機之發電方式: 如下圖所示:



圖 16



Tidal barrage 運轉原理如上圖及下圖所示：
可分為漲潮發電及退潮發電及雙向發電。



其斷面形狀及尺寸，如圖 17 所示。

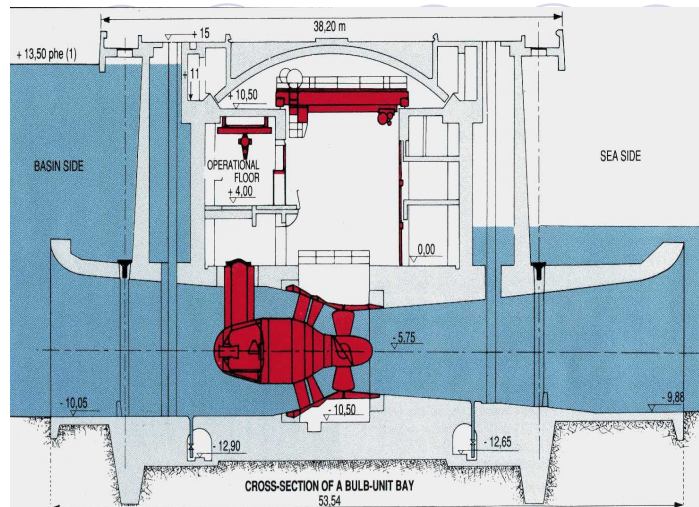
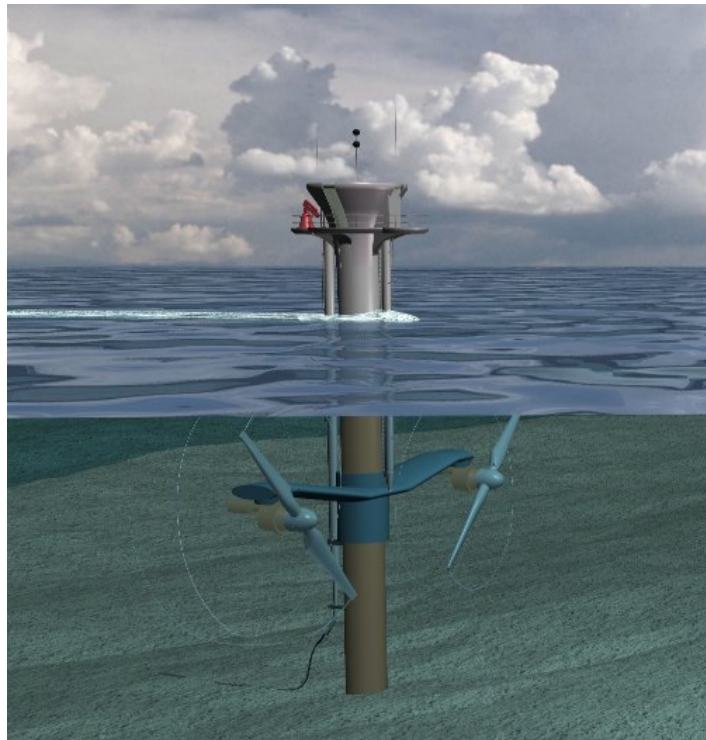


圖 17

b. 洋流技術(MCT)如下圖所示



MCT 在 2003 年開始歐洲安裝。



圖 18

c. 圖 18 為洋流擺臂發電，圖 19 為其安裝照片。



圖 19

d. 海洋溫差發電(OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION), 可分為 CLOSE 和 OPEN TYPE 兩種, 如圖 20,21。

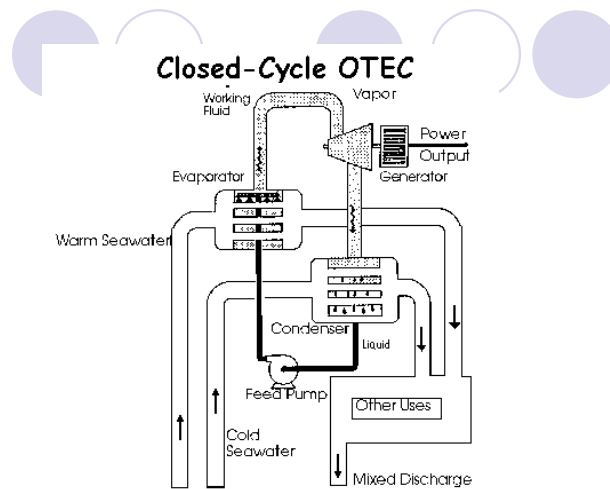


圖 20

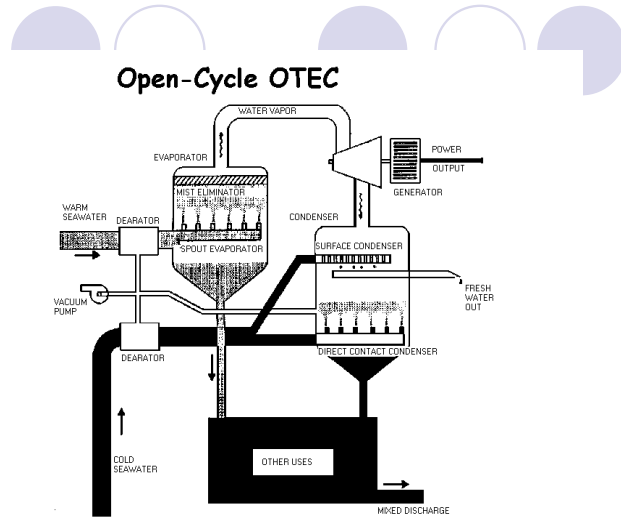


圖 21

效率約為 8.6%

NREL in USA says OTEC not economic

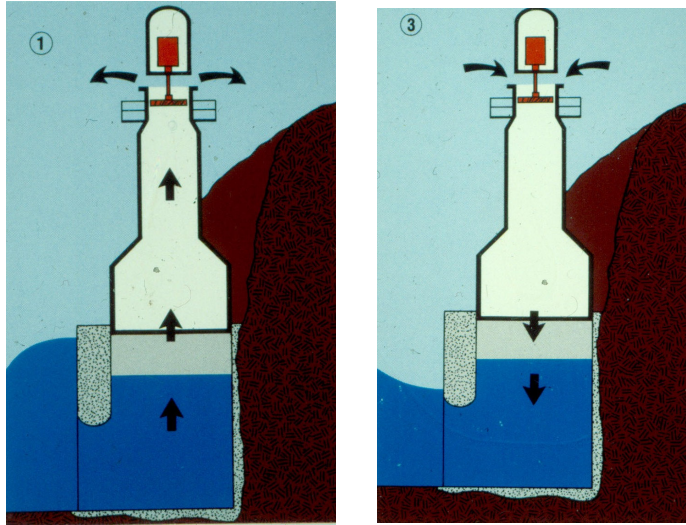
(3). 波浪發電:



圖 22

圖 22 為全球波浪能源的蘊藏量，台灣附近最高約為 20kw/m，並不算是優良波浪發電場地。

最常見的波浪發電為 Oscillating Water Column，如下圖所示，由波浪所形成空氣壓力，推動 wells turbine.



其餘均在發展中，如下圖。

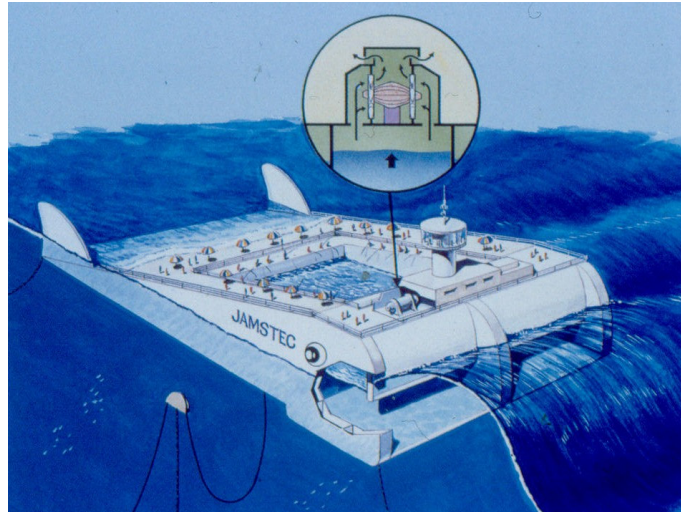
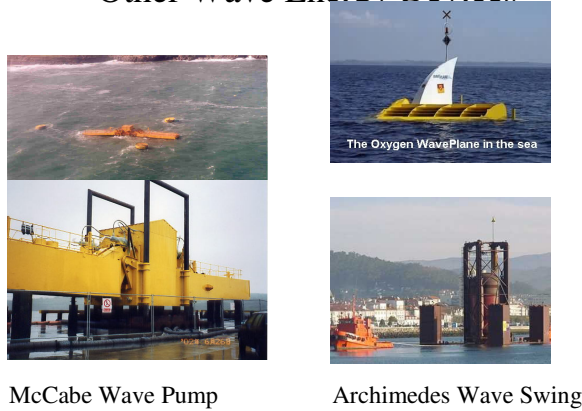


圖 23

Other Wave Energy Devices

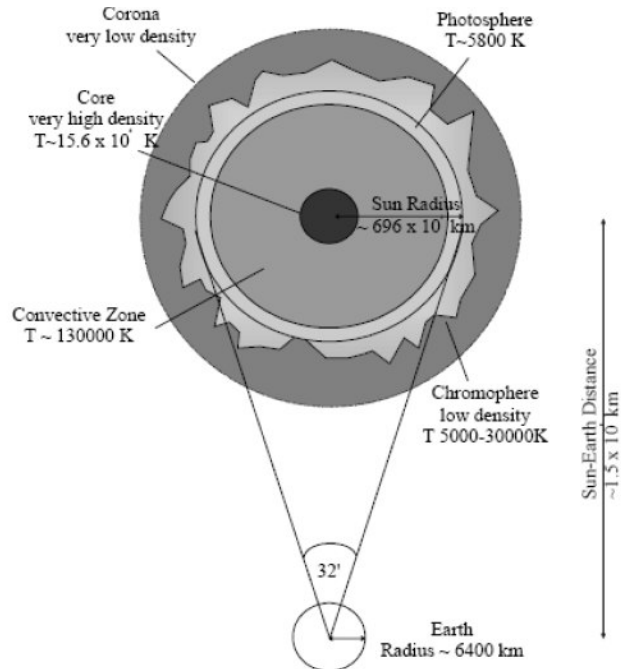


McCabe Wave Pump

Archimedes Wave Swing

圖 24

4. 太陽能:



Schematic of the Structure and Dimensions of the Sun-Earth System

圖 25

圖 25 為太陽與地球系統說明圖，於地球海平面所能吸收太陽能為 174,000TW，因受大氣層影響，海平面尖峰光能強度為 1KW/m^2 ，平均 24 小時年光能強度為 0.2KW/m^2 ，估計 24 小時年平均能量為 102,000TW。

圖 26 為太陽能與地球能源相關關係說明圖，以廣義的太陽能而言，幾乎所有能源均來自太陽。

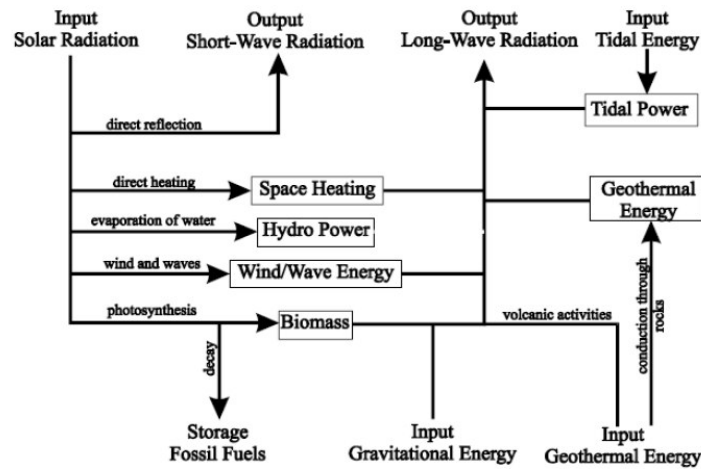


Figure 7. Energy Flows of the Planet Earth. The graph illustrates the importance of the solar radiation with respect of the eco system, nearly all forms of energy are based on this.

圖 26

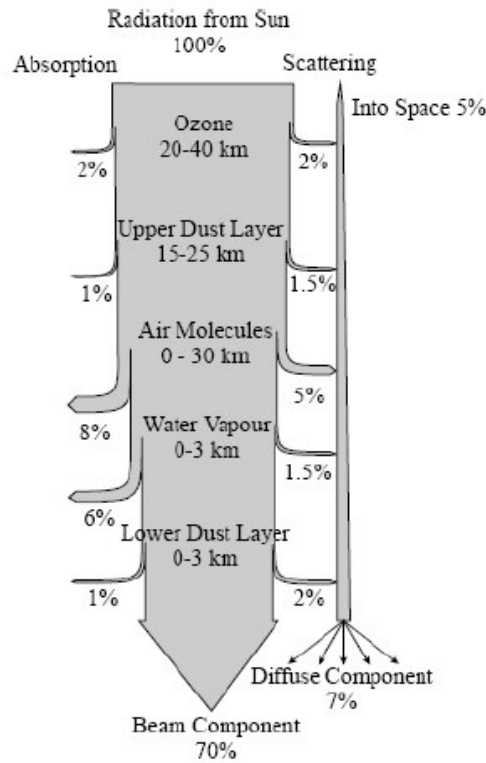


圖 27

太陽能照射至地面前將損失部分能量，實際抵達地面約為 70%。此圖引伸出大氣質量(air mass)AM 的概念，其值為實際通過大氣距離與大氣厚度的比值，Air Mass 的一般常用值如圖 28 所示。

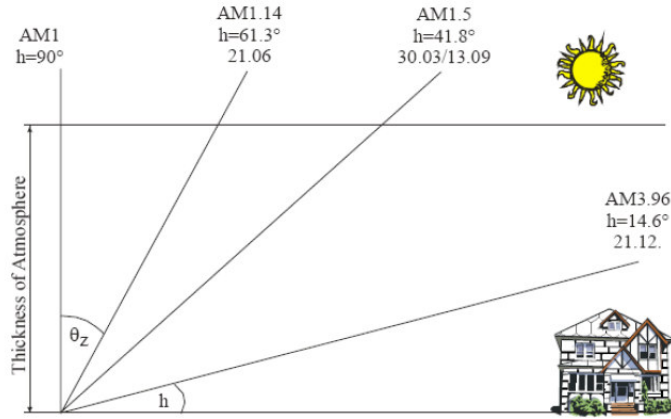


Figure 10. Illustration of the Air Mass. The AM depends on the angle of incidence and is defined as the ratio of the actual path through the atmosphere and the thickness of the atmosphere. In Loughborough the AM varies from 1.14 to 3.96 for noon, it is obviously higher in the morning and the afternoon because of lower elevation angles of the Sun.

圖 28

AM 值一般跟隨高度角而變，如下式:

$$AM \approx \frac{1}{\cos(90 - h)}$$

現今太陽能的發展以 PV 為主，目前絕大多數的電力系統的太陽能板均為矽晶太陽能板，亦可分為單晶與多晶。

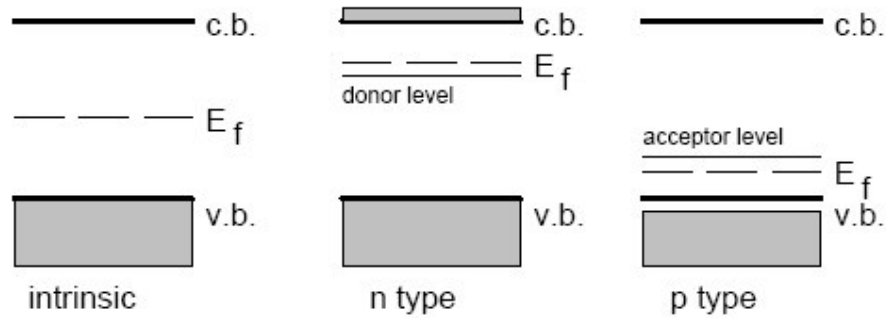


Figure 8: n and p type semiconductors

圖 29

矽晶太陽能板係將矽晶加入硼而形成 P 型半導體，或加入磷而形成 N 型半導體，結合之後形成 P-N Junction.

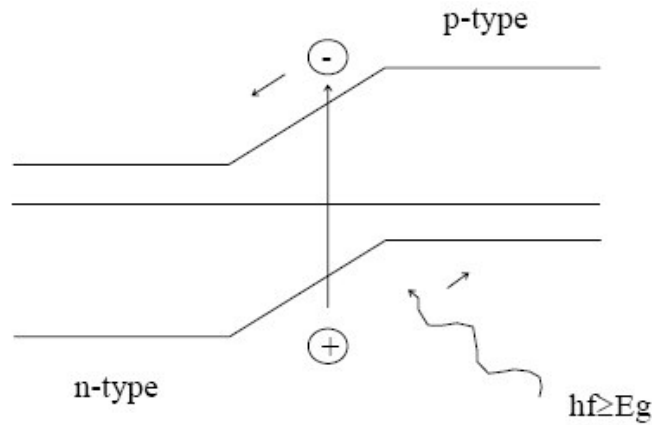


Figure 14: Photo Current Flow

圖 30

圖 30 顯示當 $hf > E_g$ 時 photon 遊走的方向，太陽能電池中於某一面積 A 所產生之電流如下式：

$$I_L = A \int b(E)SR(E)d(E)$$

其中 $b(E)$ 是 spectral irradiance ($W m^{-2}$ per unit energy) 且 $SR(E)$ 是 spectral response ($A W^{-1}$) both for light of energy E.

全部電流總值為 photo-current 減去 Dark current 如下式：

$$J = J_L - J_o(e^{qV/kT} - 1)$$

這就是理想二極體方程式(ideal diode equation)

其 IV-curve 如圖 31 所示。

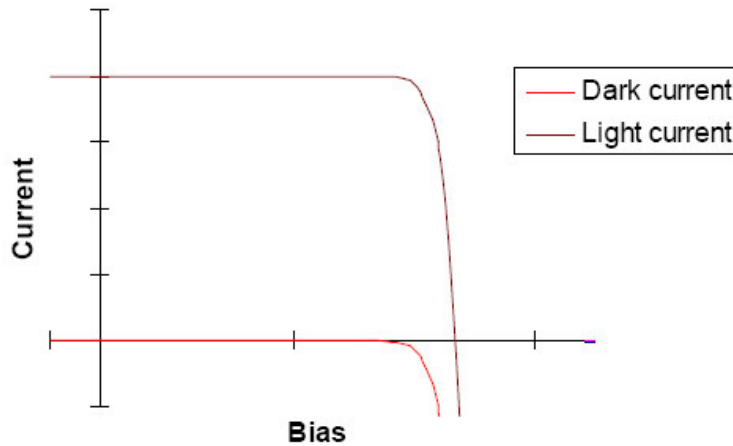


Figure 16: I-V Characteristic of Ideal Diode

圖 31

以下為 PV 效率計算式

$$\eta = \frac{J_{MPP} V_{MPP}}{P_{inc}}$$

一般係以 Maximum power point 為計算基礎， P_{inc} 為 incident light power density.

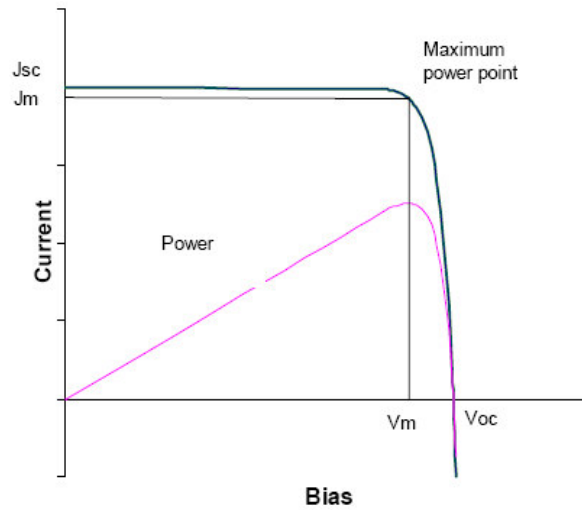


Figure 17: Current-voltage and power-voltage curves

圖 32

矽晶太陽能電池構造如圖 33 所示。

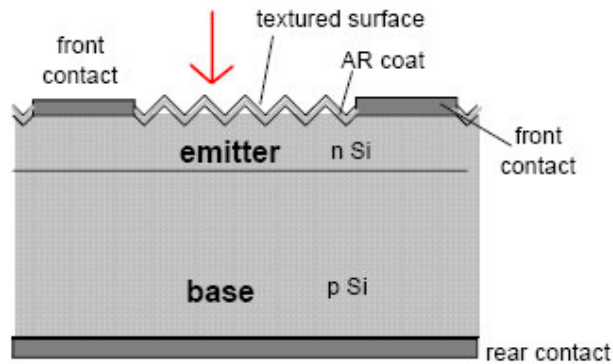


Figure 25: Typical device structure

圖 33

一般常用 PV 系統如圖 34 及圖 35 所示。

圖 34 為將自身產生的電與市電並聯，圖 35 為售高價電給電力公司，並使用電力公司便宜的電。

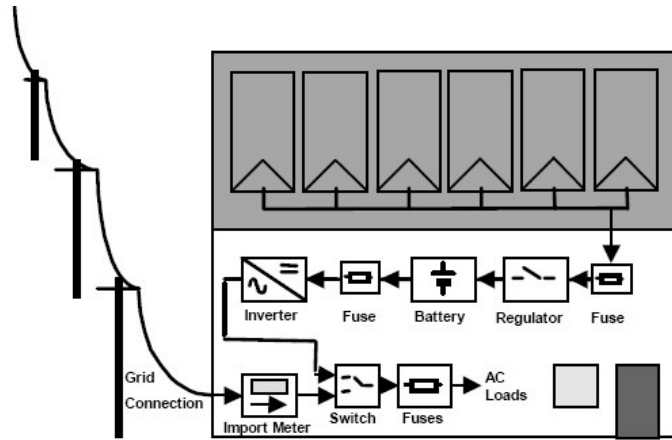


Figure 5 Grid Back-Up PV System

圖 34

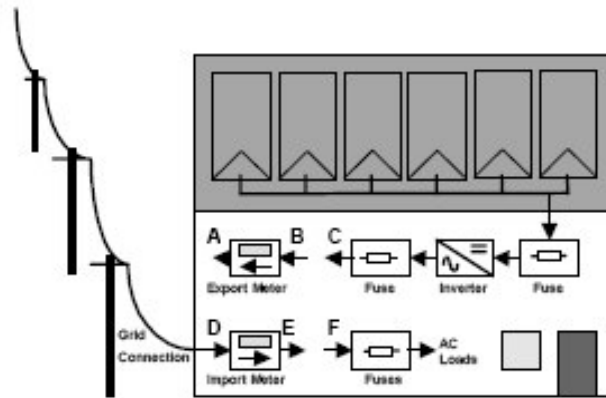


Figure 6 Grid Connected PV System

圖 35

PV 市場如圖 36 所示，PV 產量逐年提高。

圖 37 顯示 PV 價格逐年降低。

圖 38 為矽晶之結構圖，共可分為 front contact、emitter、base、rear contact 共四層。

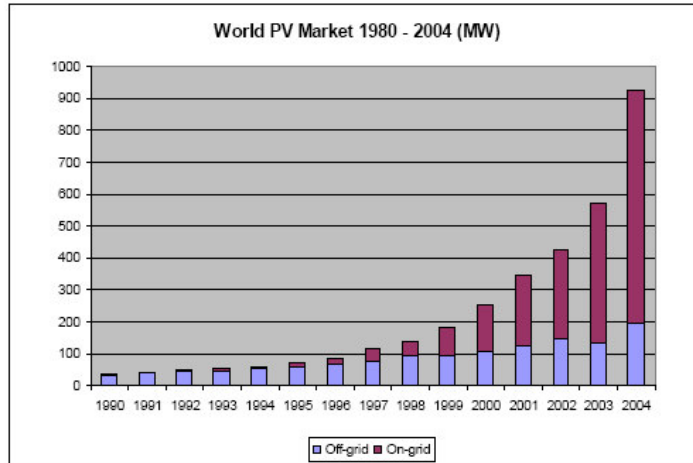


Figure 1: Growth of the global PV market, 1990 - 2004

圖 36

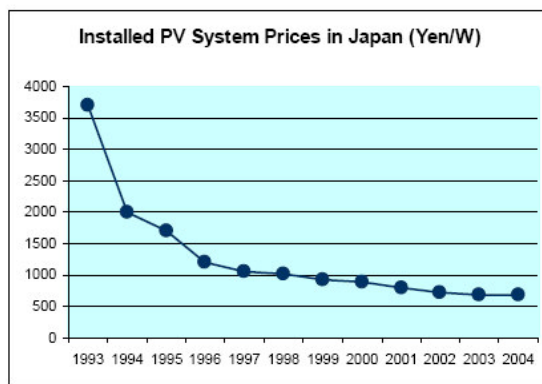


Figure 2: PV system cost decline, 1993-2004 (This example is for residential systems in Japan of 3 – 4 kWp size)

圖 37

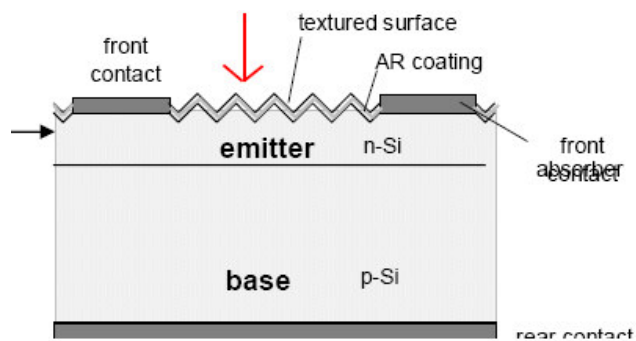


Figure 3: Elements of a solar cell, shown for crystalline silicon technology

ich
the

圖 38

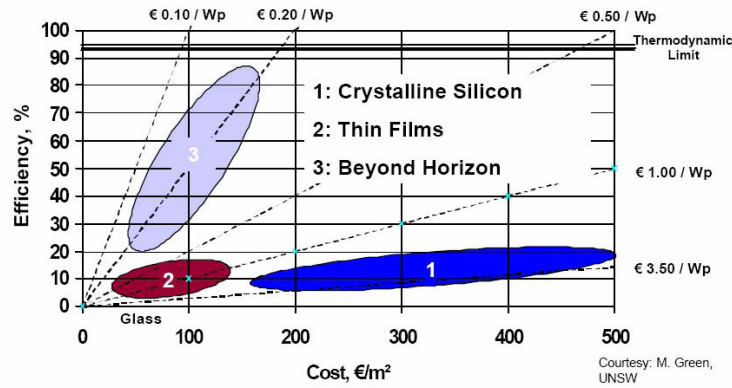
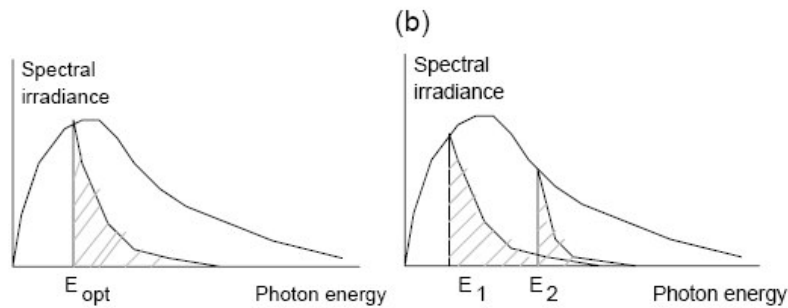


圖 39

Comparison of estimated costs achievable with different PV technologies as a function of manufacturing cost (€/m²) and conversion efficiency [Courtesy M. Green, UNSW].

圖 39 係太陽能發展各代之發電成本及發電效率圖，其中第一代矽晶成本較高，第三代仍在發展中，目前全球科學家均致力於發展。

另有一種發展中也很有潛力的是 Multiple Junction 或 Tandem Solar Cells，如圖 40 所示:



Schematic of power available (shaded area) from solar spectrum using (a) one and (b) two band gaps

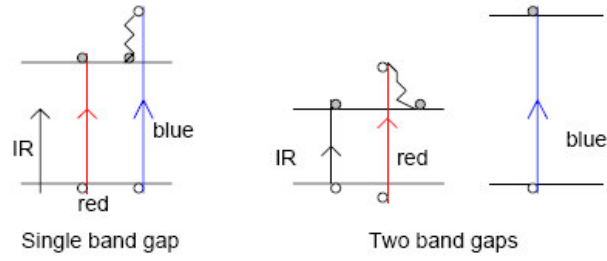
圖 40

Multiple Junction 所能吸收較高能量說明如圖 41 所示，multiple junction 可吸收更多的光譜照射能量，最佳理論效率可達 42%。

以下係一些第三代較新的太陽能電池:

a. 染料敏化太陽能電池:

如圖 42 所示，係由瑞士一大學教授所發明，並已授權數家公司在具續發展中。



3 Photon absorption in single gap and two gap system

圖 41

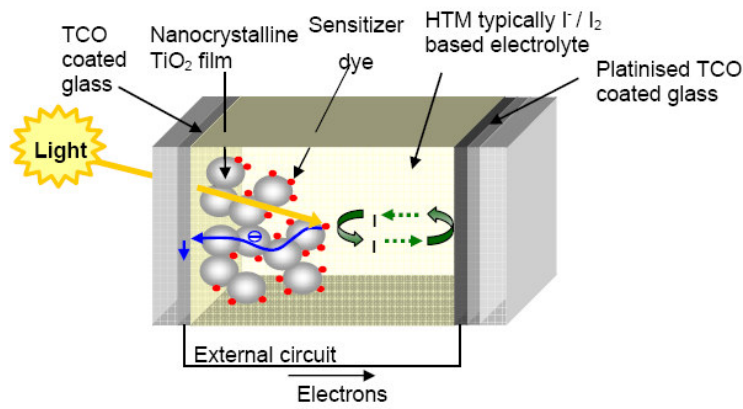
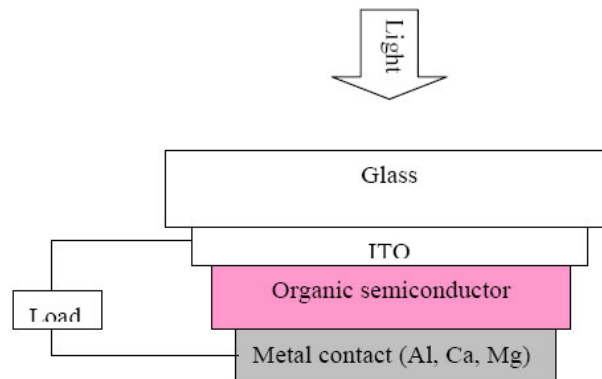


Fig. 47. A schematic presentation of a dye solar cell showing its various components

圖 42

b. 有機太陽能電池(organic solar cell)
其原理如圖 43 及 44.



A planar configuration of organic solar cell.

圖 43

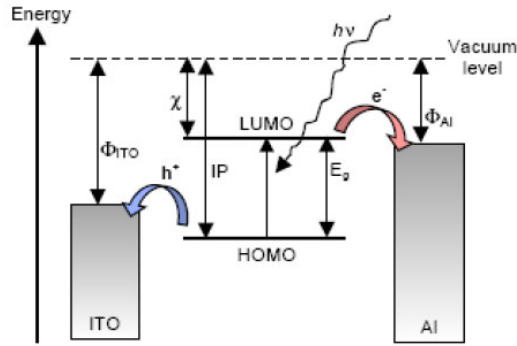


Fig. 51 . Energy levels representation of solar cell action in organic PV device.
 Φ : workfunction, χ : electron affinity, IP: ionisation potential, E_g : optical bandgap.
 [H. Spanggaard, F.C. Krebs / Solar Energy Materials & Solar Cells 83 (2004) 125–146].

圖 44

c. 薄膜太陽能電池(Thin Film Solar Cell)

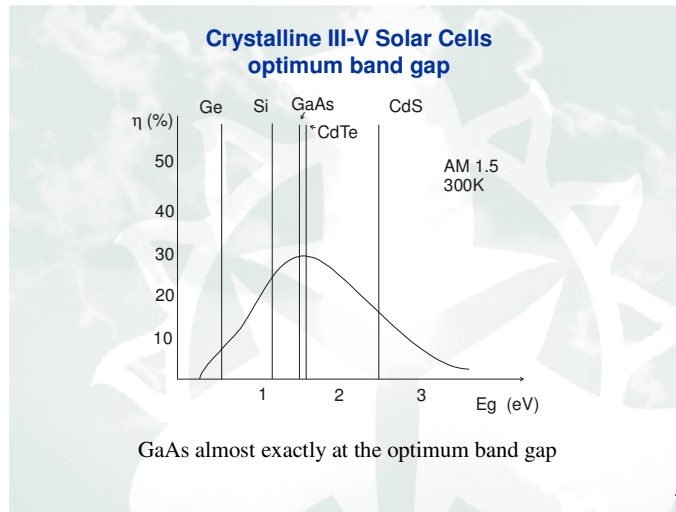


圖 45

其實矽晶太陽能電池 band gap 並非最佳，最佳的反而是 GaAs，如圖 45，薄膜太陽能電池目前轉換效率低，並且衰退快，但具有未來性，不似矽晶發展已達極致，已無再發展可能。

5. 生質能:

生質〔**Biomass**〕是指所有行光合作用的生物物質〔不論是否仍為生物〕，生質能則是指運用各種轉化程序，從生質中轉化成有用的能源。

生質能就是把各種農林漁牧的產品或廢料，包括人類生活產生的有機廢棄物〔垃圾、污水〕，予以轉化。使變成有用的燃料，化工原料及熱能。

人類很早以前就已經在運用「生質能」例如燃燒油膏、木材以獲得光能、熱能，只不過這個名詞是新創的，而且直到近幾年能源危機發生後才慢慢受到重視，事

實上現在非洲較未開化的地區，大部分還是用生質能。

生質能的價值也可以由一些研究報告顯示：欲生產煉製乙烷類燃料時，採用玉米比採用重油便宜 6 倍，採用垃圾比用重油便宜 28.5 倍。

生質能是人類運用科技所自製的唯一再生能源，也可以說是最具有潛力的新能源；人類開發生質能時，經過轉化處理，不但產生生質能，還同時幫了大自然的忙，把人類製造的廢棄物予以處理。

生質能的優點如下：

- 1、紓緩能源危機，減少對石油類能源的依賴，同時增加自產能源，有助於能源自給自足。
- 2、生質能的原料可以說是取之不盡，用之不竭，而且來源廣泛。
3. 開發生質能可有效減少廢棄物對自然環境的污染，同時減輕垃圾污水及公害問題。
- 4、開發生質能可有效利用資源，以廢物利用方式，增進資源運用的效率。

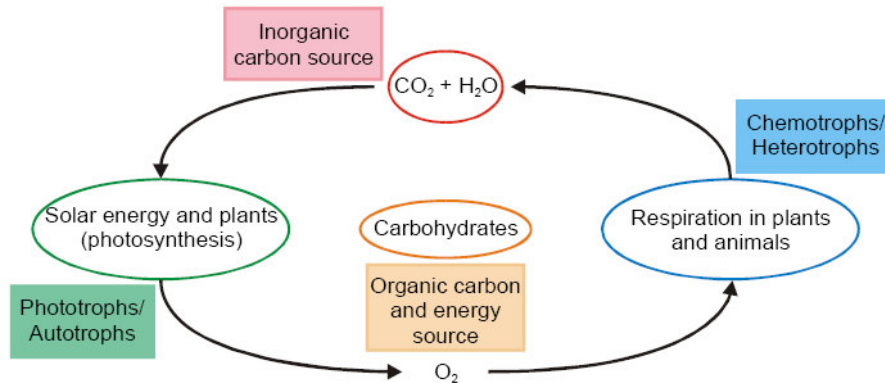


Figure 15. The Carbon Cycle.

圖 46

圖 46 為地球上一般碳循環，由氧開始經由動植物的呼吸作用形成二氧化碳及水，後經太陽能及植物的光合作用，又形成氧氣。

Table 2. Energy Consumption person/year in Giga J (10^9)

Country	Consumption
India	10
Germany	180
United Kingdom	170
USA	370

圖 47

圖 47 為幾個重要國家每人每年所消耗的能量，據估計每年每人所消耗的能量以

每年 2% 的速度成長。

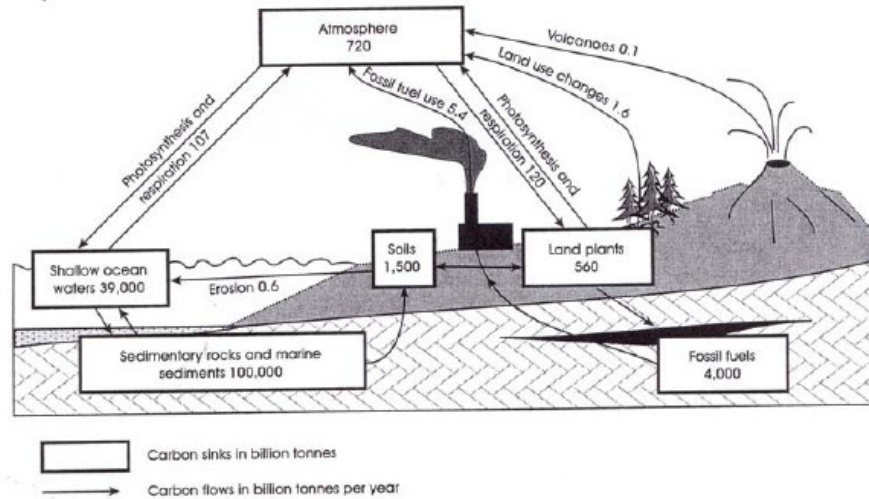


Figure 3(b). Mass transfer in the Total Carbon Cycle in 10^9 tonnes/annum. (Arrows represent fluxes).

圖 48

圖 48 為全球碳循環以圖面及量來表示，可顯示出全球的碳大多來自海洋。

Biomass	Energy MJ/Kg
Wood (air dry)	15
Dung	15
Straw	13-18
Coconuts, shells and stones	20
Refuse	9
Paper and cardboard	17
Coal	29
Petroleum	42
Gas	55

圖 49

圖 49 為各種生質能所含熱能一覽表

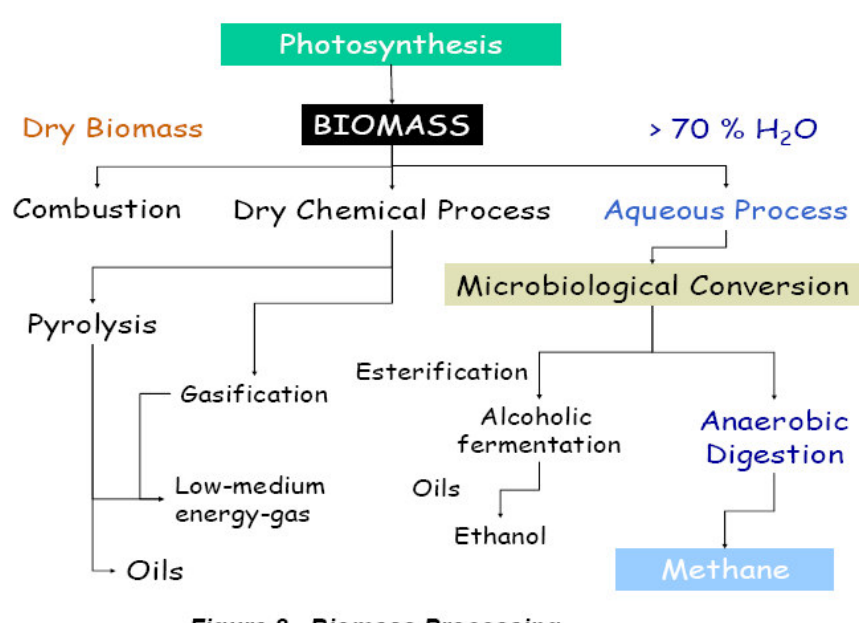
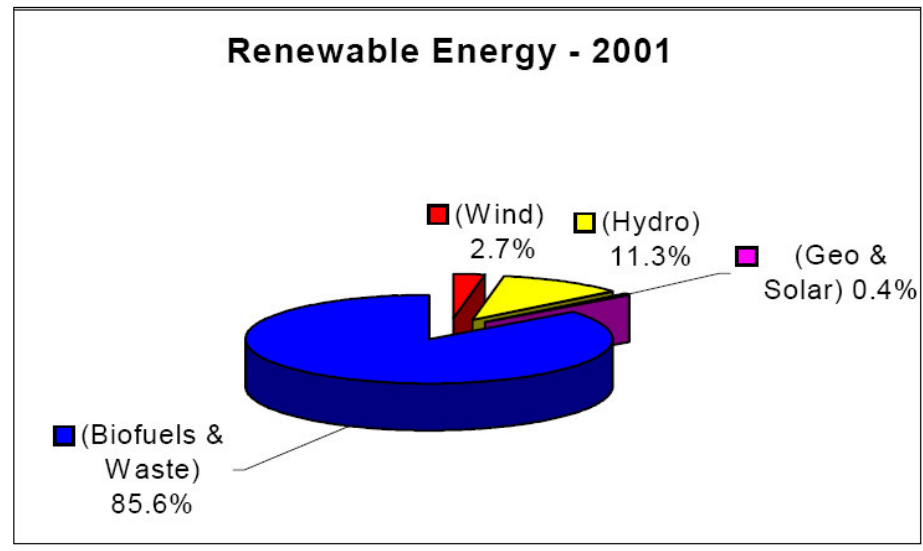


Figure 8. Biomass Processing.

圖 50

圖 50 為各種生質能能源之形式，其中以燃燒、油、瓦斯、酒精、甲烷為主。



上圖為目前再生能源中，各能源所佔比，其中生質能所佔比仍為最高。

圖 51 為如何將有機物經厭氧消化過程形成甲烷之過程，較常用於污水處理場。

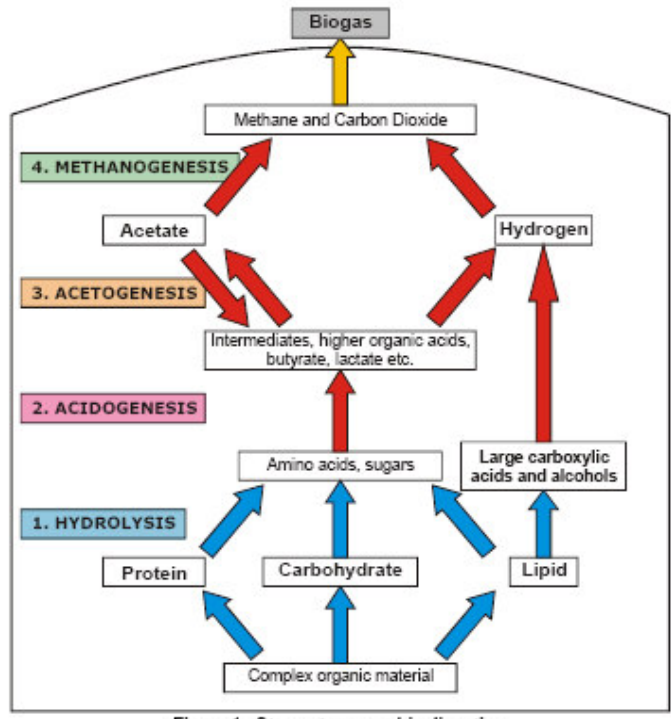


Figure 1. Stages to anaerobic digestion.

圖 51

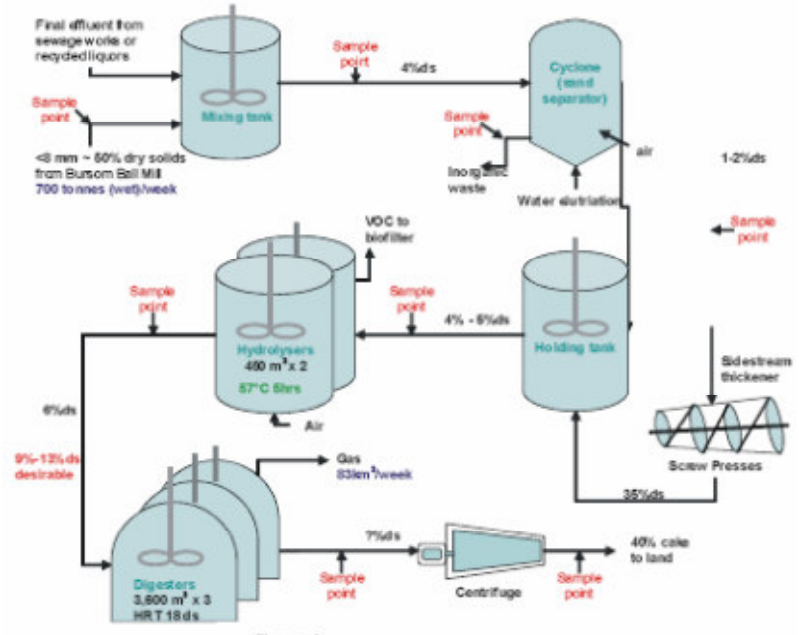


Figure 3.

上圖為厭氧消化流程圖，普遍應用於各種污水處理廠。

6. 再生能源系統整合課程:

再生能源普遍均有些困難應用於使用端，均大量使用 Inverter 及 Converter，而各種能源之發電機特性詳如圖 52。

Generator characteristics by energy source				
Energy source	Typical unit size	Variable	Predictable	Dispatchable
Coal	500 MW	No	Yes	Yes, but requires several hours notice
Nuclear	500 MW	No	Yes	No – best run at constant output
Gas	Up to 500 MW	No	Yes	Yes, but affects the gas network
Hydro with reservoir	Up to 500 MW (40MW in Scotland)	No	Yes	Yes and fast response
Pumped-storage Hydro	Up to 500 MW	Yes	Yes	Yes and fast response, both pumping and generating
CHP	Up to 100 MW	Usually	Usually	Normally no. Yes with heat store.
Crops and waste	Up to 40 MW (in UK)	No	Yes	Yes, but too small
Wind	2 MW	Yes	Partly	No
Landfill gas	1 MW	No	Yes	Yes, but too small
Run-of-river hydro	Some kW (in UK)	Yes	Partly	No
Photovoltaic	1 kW	Yes	Mainly	No
Wave	No examples	Yes	Partly	No
Tidal	No examples	Yes	Yes	No

圖 52

7. 論文:

論文為分析風力發電機之運轉數據，以時間序列函數，找出發電機輸出與發電機軸承溫度之關係，並以轉移函數來表示，以期能事先預知發電機故障，提前維修降低損失。

狀態監測愈來愈重要，特別是我門將風力發電機由陸地移至海上時，此論文係採用蘇格蘭 Ardrossan 風場之 SCADA 資料，使用 MATLAB 的系統識別工具箱，以產生轉移函數，也就是發電機溫度為發電機輸出之函數。

當轉移函數在產生過程中，所使用之模組為 ARX 模組，因此可導出有價值的移轉函數，並經過一到驗證程序來驗證其可靠度。

當實施此運轉數據分析時，發現有些數據是不可靠即不合理的，必須加以預先處理，所以在使用前數據必須先” Detrended” 和 “Filtered”，而最後所採用的溫度並非發電機軸承溫度，而是發電機軸承溫度與機艙溫度差來做分析，以達較高之吻合度。

當執行轉移函數時，發現軸承溫度大都受到過去溫度所影響，而較少受到發電機輸出所影響，本研究所採用之模組為 ARX222，因為考慮到其複雜度較低而可靠度也夠高之目的。

當 SCADA 資料以單部機每月之 10 分鐘運轉資料來執行時，每筆資料約為 4 千多筆，最後產生移轉函數，用以用於監測風機之用。



Figure 2: The Power Transfer from Wind Turbine to Generator

圖 53

圖 53 為風機由風機葉片傳送至發電機之過程。

$$P_E = P_W \cdot \eta_W \cdot \eta_T \cdot \eta_G \quad \text{-----(1)}$$

P_E 為發電機之淨輸出。

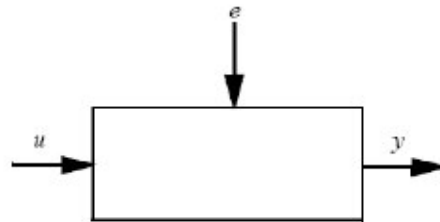


Figure 3: Input Signal u , Output Signal y , and Noise e

圖 54

圖 54 為轉移函數之標準型式。

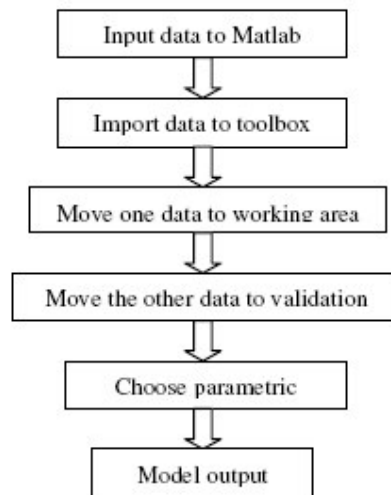


Figure 4: The Procedure of System Identification

圖 55

圖 55 為系統識別之流程。

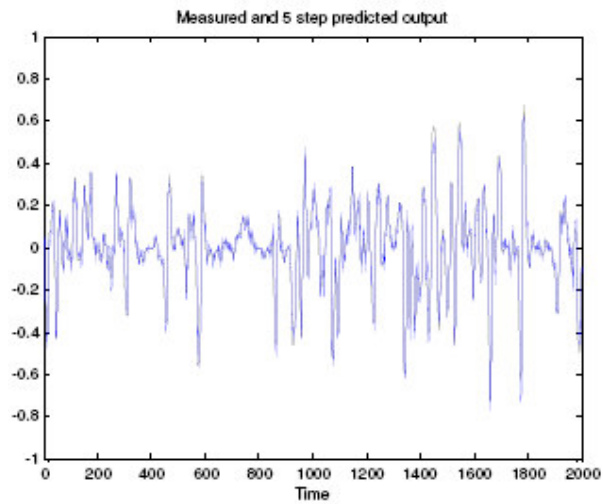


Figure 8: Figure After Detrend and Filter

圖 56

圖 56 為 Detrended 及 Filtered 之後之 data。

Table 2: The model & order and fit

model & order	ARX 10101	ARX 441	ARX 222	ARX 100
fit	73.28	72.46	69.88	67.12

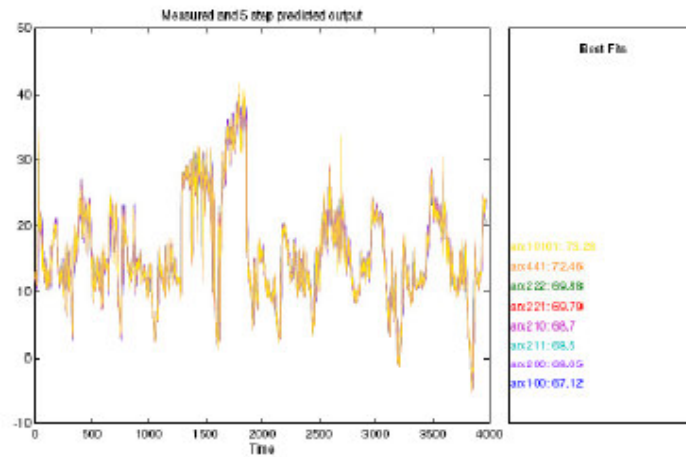


Figure 9: Figure of Different Kinds of Order

圖 57

圖 57 為各種 Model 之 order 還有 Fit 的比較，ARX10101 的 fit 最高，但因項次太高，而不利於分析，最後還是採用 ARX222。

Table 3: Prediction Data and Measure Data

Time Date	Generator Power	Temperature difference	ARX100	ARX222
2006/9/1 02:40	353.7	11	-	-
2006/9/1 02:50	663.5	11	10.9901	-
2006/9/1 03:00	1161.9	12	10.9901	-
2006/9/1 03:10	1674.3	13	11.9892	12.5207
2006/9/1 03:20	1771.9	15	12.9883	13.7009
2006/9/1 03:30	1909	17	14.9865	15.9984
2006/9/1 03:40	1872.2	19	16.9847	17.66
2006/9/1 03:50	1840.2	19	18.9829	19.6948
2006/9/1 04:00	1915.1	21	18.9829	19.0272
2006/9/1 04:10	1610.4	21	20.9811	21.5473

圖 58

圖 58 為預測值與量測值之對照。

For ARX222:

$$y(t)=1.259y(t-1)-0.2617y(t-2)-0.0008745u(t-2)+0.0008165u(t-3)\text{-----}(6)$$
 and the fit is 69.88

上式為本次之轉移函數，即可應用於風機之狀態監測之用。

三. 心得:

1. 以台灣來說，所有再生能源中，以風力發電最有潛力，目前也發展得很好，太陽光電也很適宜裝置於中南部，雖然目前成本較高，但也最有潛力，生質能中之植物燃燒也很有潛力，可惜台灣地狹人稠，土地地價高，厭氧消化使用於污水處理廠在台灣已非常普遍，水力之波浪及潮汐發電在台灣較不可行，但可持續觀察世界各國之發展情形。
2. 英國有很多再生能源示範村或示範社區，很具參觀價值，可惜台灣並無此種社區，該種社區電力大都來自風力、水力、太陽能及生質能，且水資源能自給自足，垃圾回收再利用也做的很好，台灣應具備這種條件成立此種社區。
3. 英國國民普遍保守，較珍惜自然資源，於再生能源教育已有十幾年的歷史，有如本校已有 16 年的歷史，所收學生遍佈全球五大洲，可惜台灣並無此領域之課程，甚為可惜。
4. 雖然多數再生能源較不具經濟優勢，但因英國人較具環保意識，普遍較有意願安裝再生能源系統，若日後石化燃料價格上升，及再生能源價格持續降低，早晚再生能源會具經濟優勢。
5. 歐洲對於安裝太陽光電非常熱衷，政府都有很多獎勵措施，反觀台灣政府獎勵措施誘因不足，以致安裝率不高。

四. 建議事項:

1. 風力發電運轉資訊之分析很有潛力，本公司可以花一部份之資源，從事此項工作，尤其是公司機組日漸增多，運轉維護費用之控制變得非常重要，可收集各風場運轉資訊，逐步建立資料庫，建立自有運轉維護技術，降低成本。
2. Microgeneration 可能在往後會變得無法避免，本公司可朝此方向預作研究，其用意就是較小型發電設備並聯於用戶端，因容易影響用戶壓降及 reactive power，需要仔細規劃。
3. 其實 Biomass 也很有發展性，可成立一小型生質能發電廠，主要是要有一塊地種植高粱桿之類作物，可每年收割並送至小型發電廠燃燒發電，英國已有幾座此型之發電廠。
4. 東京議定書及碳交易未來一定愈來愈重要，可花點時間精力，加以研究，對公司一定很有幫助。
5. 薄膜液晶太陽光電很具前景，各國均在競相發展，台灣也不該缺席，除持續關注其發展外，機關學校也可納入研究發展之項目。
6. 對公司而言，再生能源資研習為不可避免之趨勢，除持續派員至國外學校研習外，也可派員至國外相關機構研習，以取得多方面之新知識。