

離岸風電策略與相關產業發展座談會  
2012.12.18 / 中技社



# 離岸風力發電的 成本、效益及 產業競爭力

黃宗煌

台灣綜合研究院副院長

# 簡報內容

1. 前言

2. 發電技術的成本比較

3. 產業競爭力比較

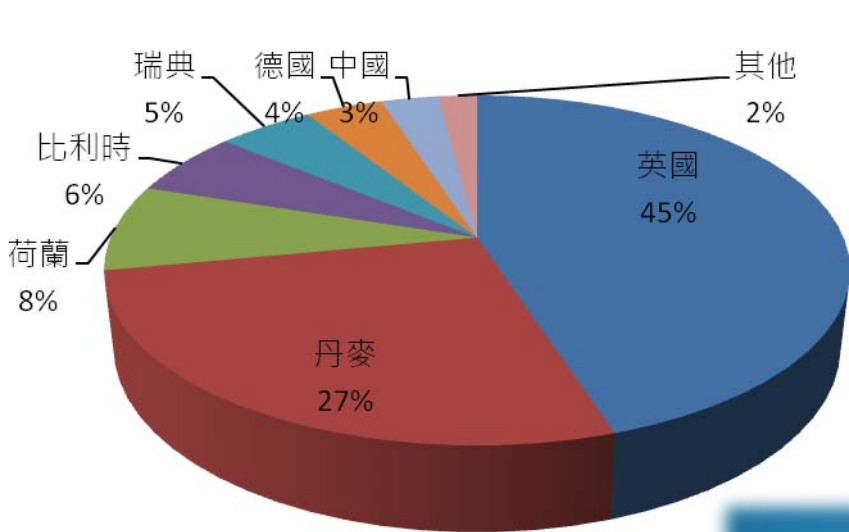
4. 多準則的決策分析

5. 結語與建議

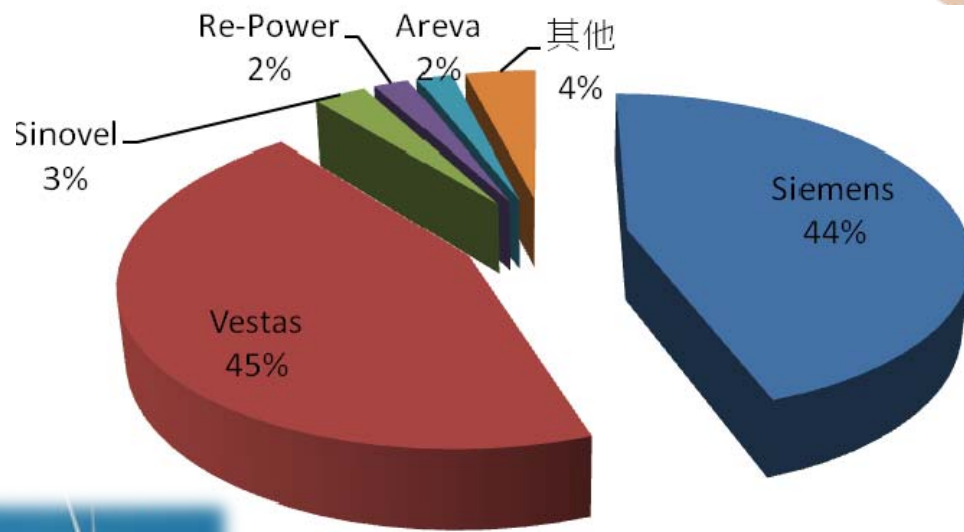
# 1. 前言



# 離岸風力發電裝置容量概況：2010年底



市場份額 (%)

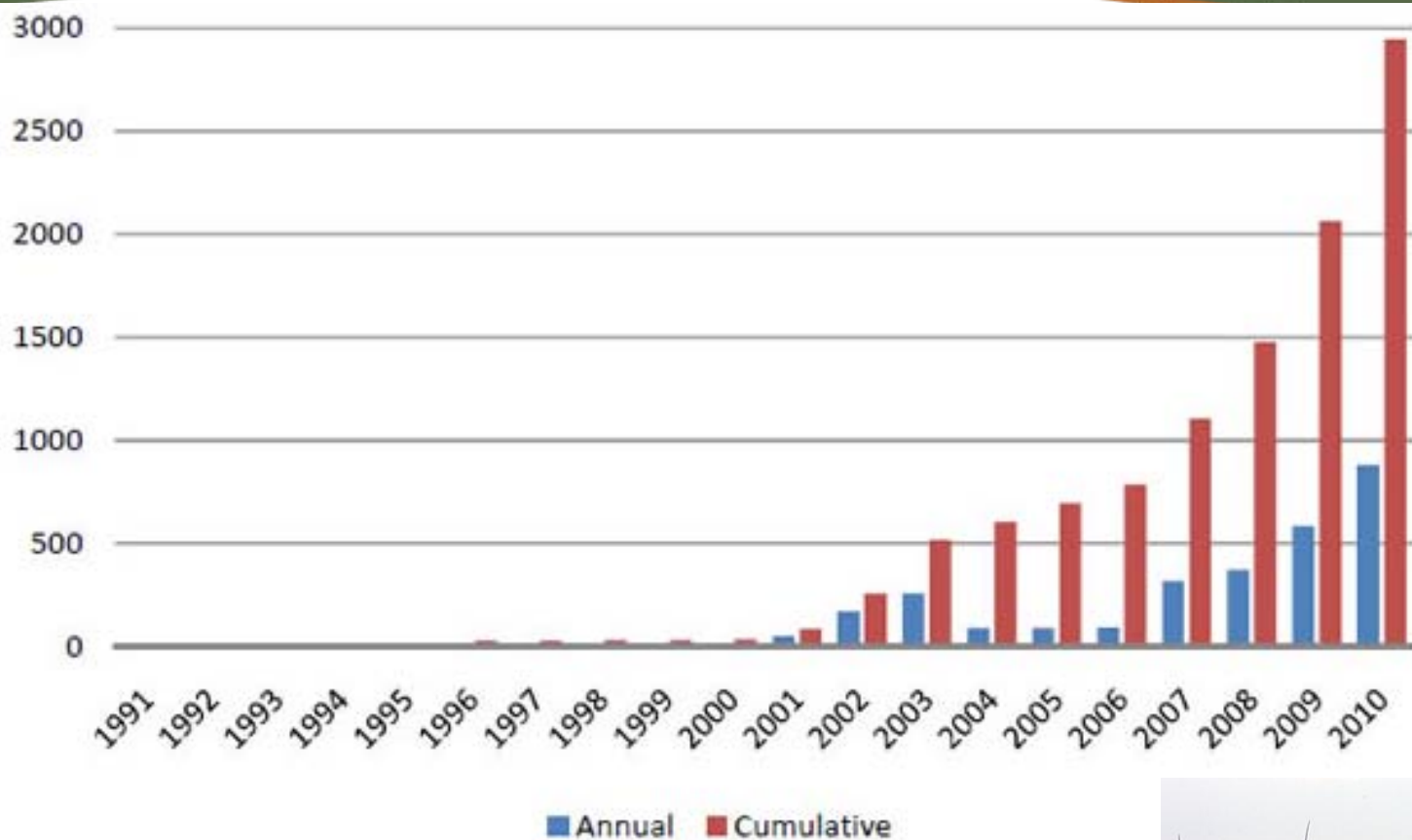


廠牌份額 (%)



# 離岸風力發電裝置容量：2010

裝置容量 (MW)




資料來源：EWEA




# 發展離岸風力發電的動機

- ❖ 落實再生能源發展的政策目標
- ❖ 落實減碳的政策目標，降低發電碳密集度
- ❖ 提升能源自主與安全
- ❖ 充分利用可用風力與風場資源
- ❖ 具國際競爭力，潛在商機可帶動產業轉型
- ❖ 售電價格（NT\$5.56/kwh）有利可圖
- ❖ 促進民間投資，創造就業
- ❖ 其他發電技術容量不能滿足需求



成本

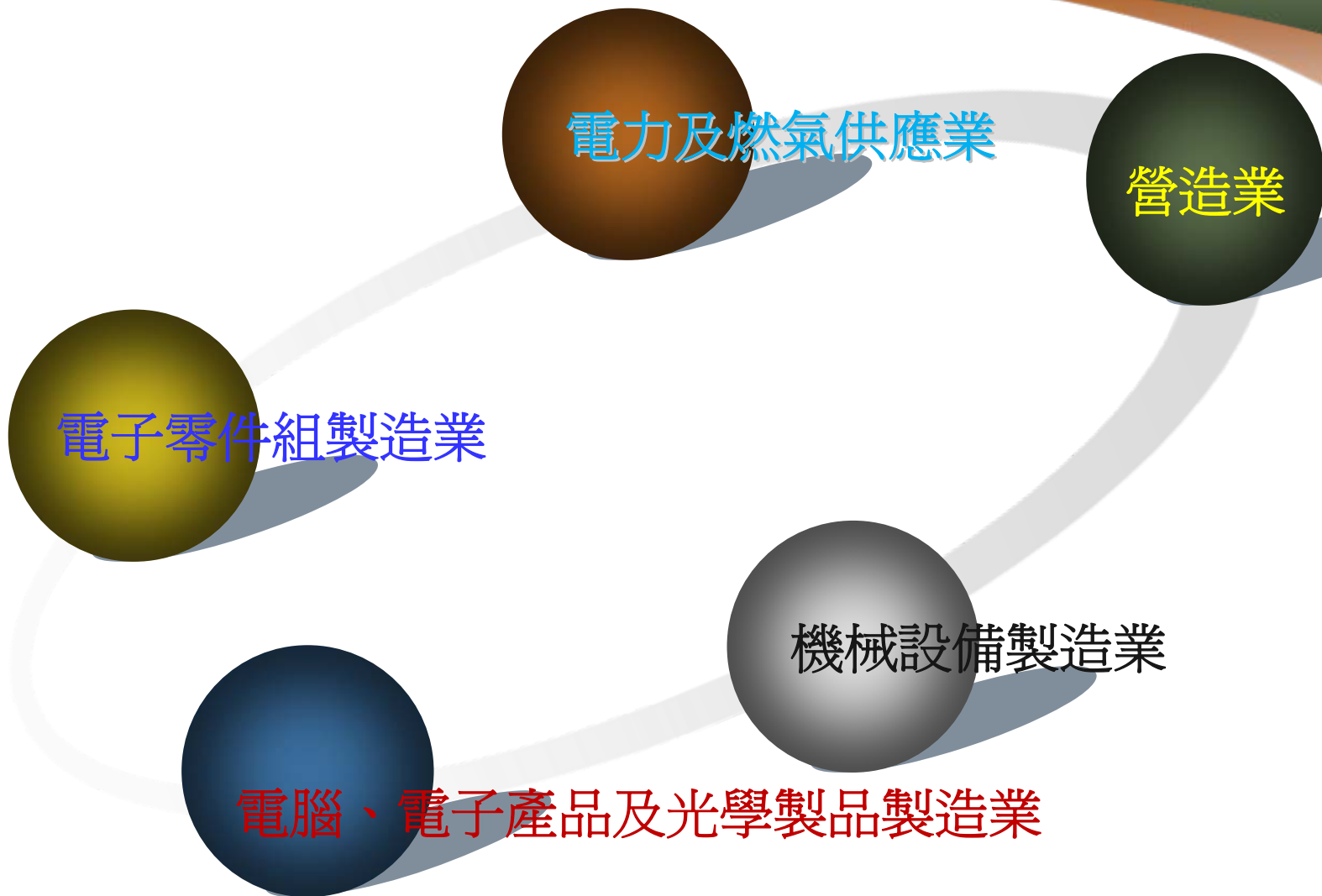


競爭力



多準則  
決策

# 離岸風力發電的關聯產業



## 2. 發電技術的成本比較





# 英國的經驗：離岸風力最大國

- With the opening of Thanet wind farm in the North Sea Britain became the **biggest** offshore wind generator in the world.
- Britain's offshore windpower **costs twice** as much as coal and gas generated electricity.
- At the moment almost 80 per cent of the turbines and platforms have to be **imported** which means they are susceptible to currency fluctuations.
- It also means that Britain is **losing out** on the chance of building a new industry out of their world leading position.
- **The UK is not yet fully benefiting from being a world-leader in the field; in effect UK consumers are subsidising Danish and German wind energy companies.**

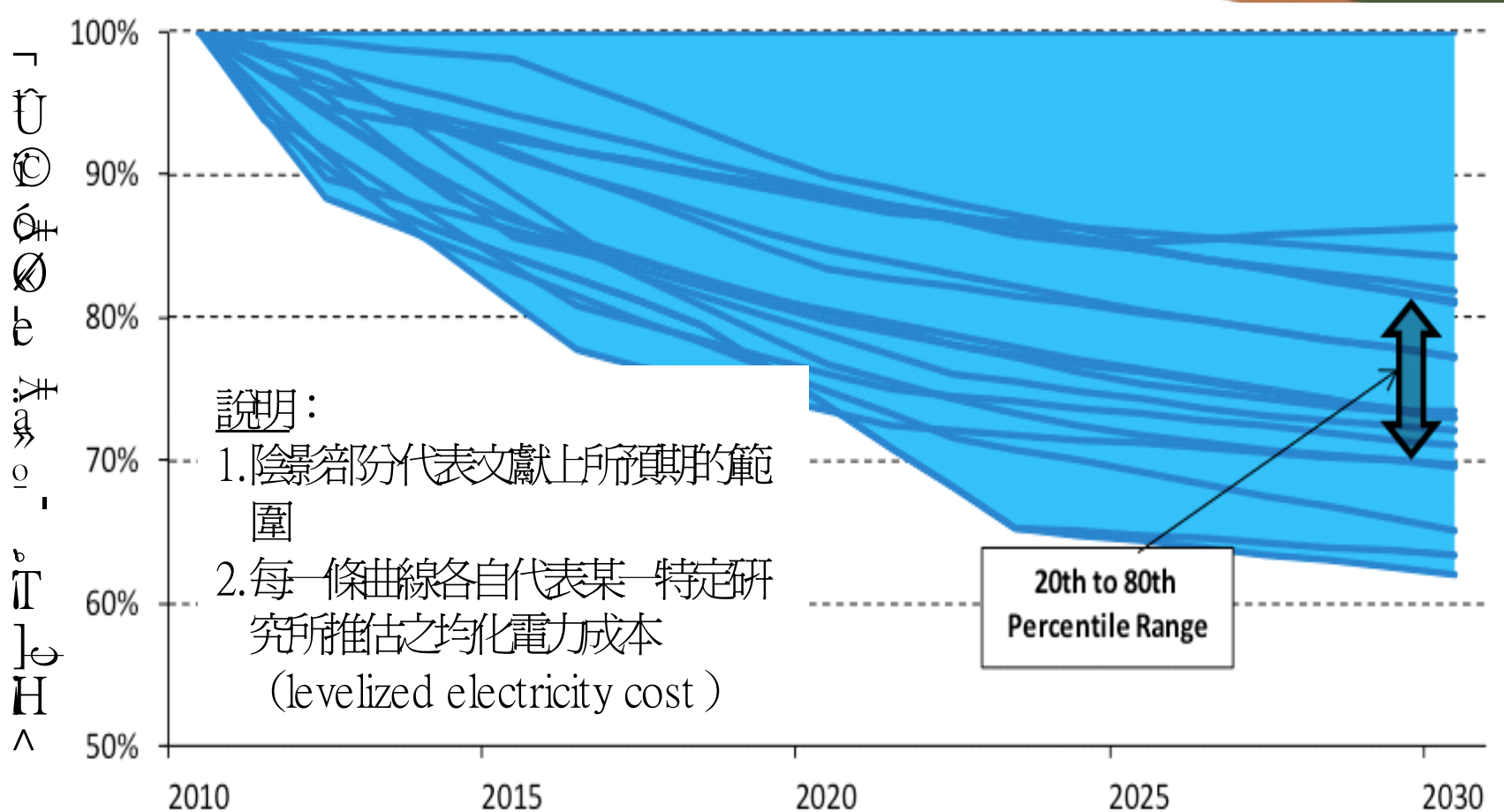
# 影響均化成本計算的因素

在比較不同研究報告所推估之發電的均化成本時，必須特別小心，因為評估結果往往受到許多因素的影響，包括：

- ❖ 目前的時間點（亦即起始點）與有效年限。
- ❖ 假設條件；例如發電的系統邊界（system boundaries）及其涵蓋的支出項目（例如是否包括研發支出、租稅、環境成本、損害成本等）、折現率等。
- ❖ 融資方式與條件；例如政府補貼、獎勵措施等。
- ❖ 發電技術的種類與特性；例如容量因素（capacity factor）。

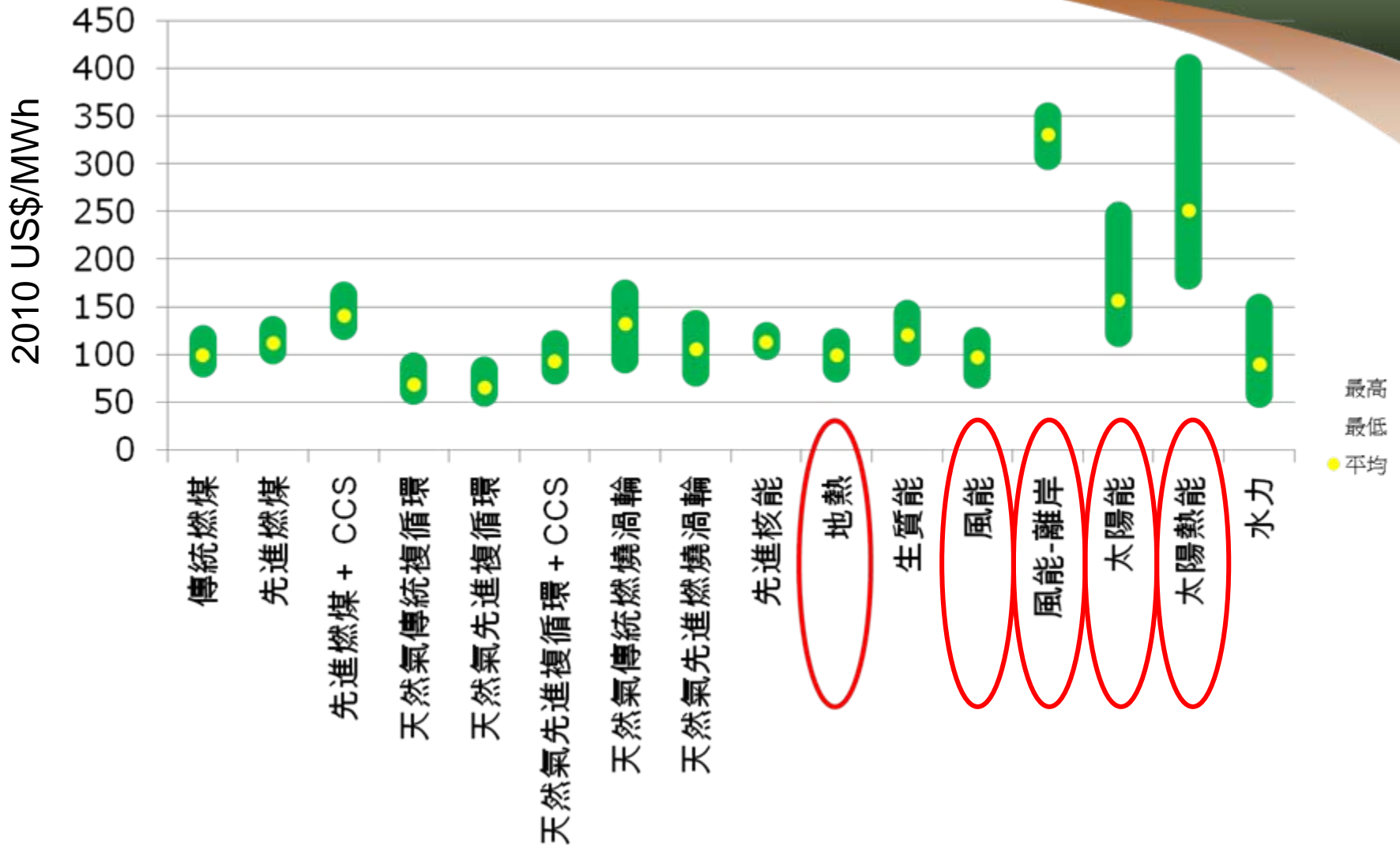
$$LC = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{I_t + M_t + F_t + O_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

# 未來風力發電的成本相對於現在的降幅



Source: E. Lantz, M. Hand and R. Wiser (2012). *The Past and Future Cost of Wind Energy*. Presented at the 2012 World Renewable Energy Forum Denver, Colorado May 13-17, 2012.

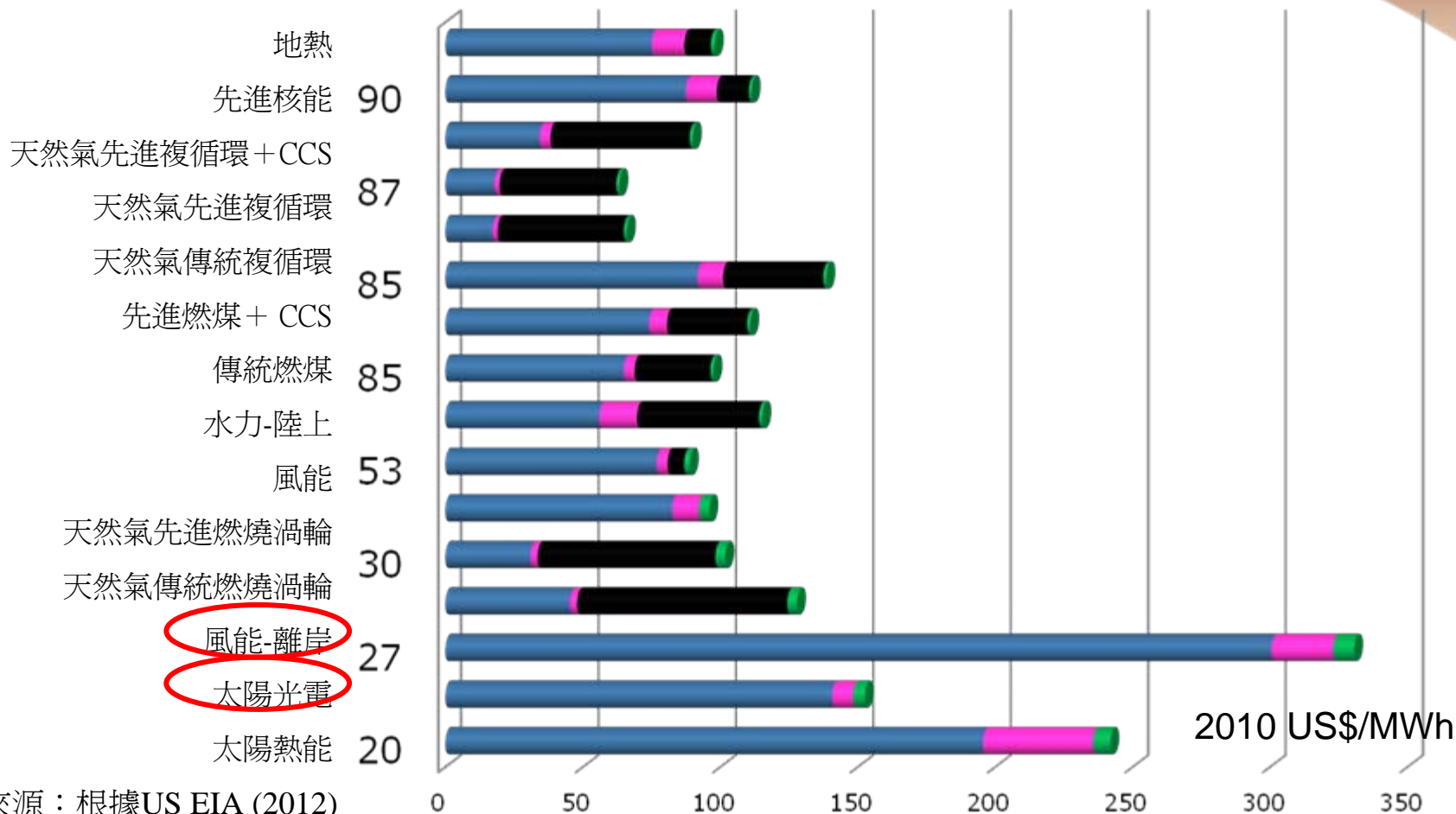
# 美國新發電廠之均化成本比較：2017



資料來源：根據US EIA (2012) *Annual Energy Outlook 2012* 繪製。

# 美國新發電廠之均化成本結構比較：2017

發電系統類別 容量因素(%)



2010 US\$/MWh

■ 均化資本成本 ■ 固定運維成本 ■ 變動運維成本 (含燃料) ■ 輸送投資

資料來源：根據US EIA (2012) *Annual Energy Outlook 2012* 繪製。

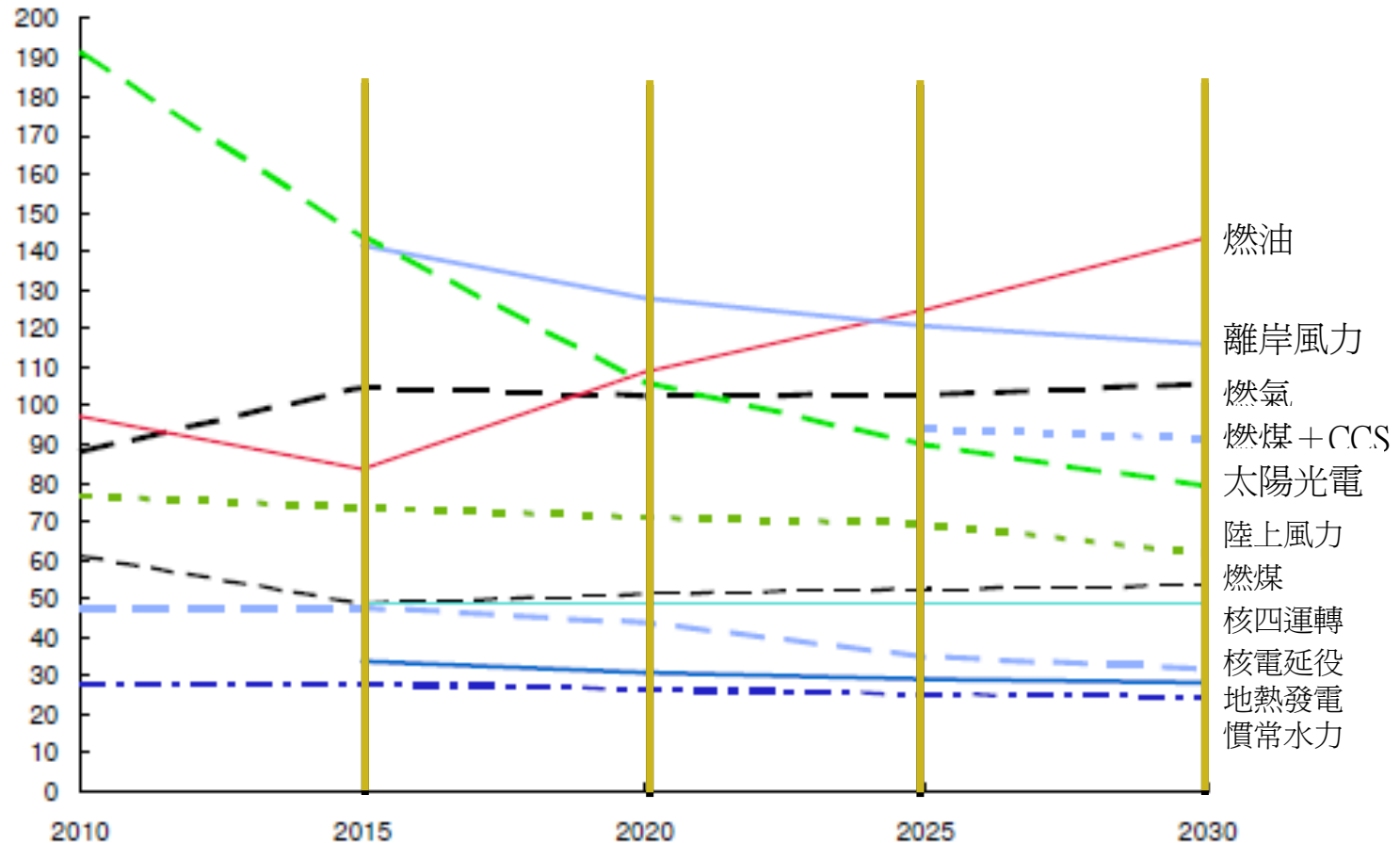
101.12.18

13

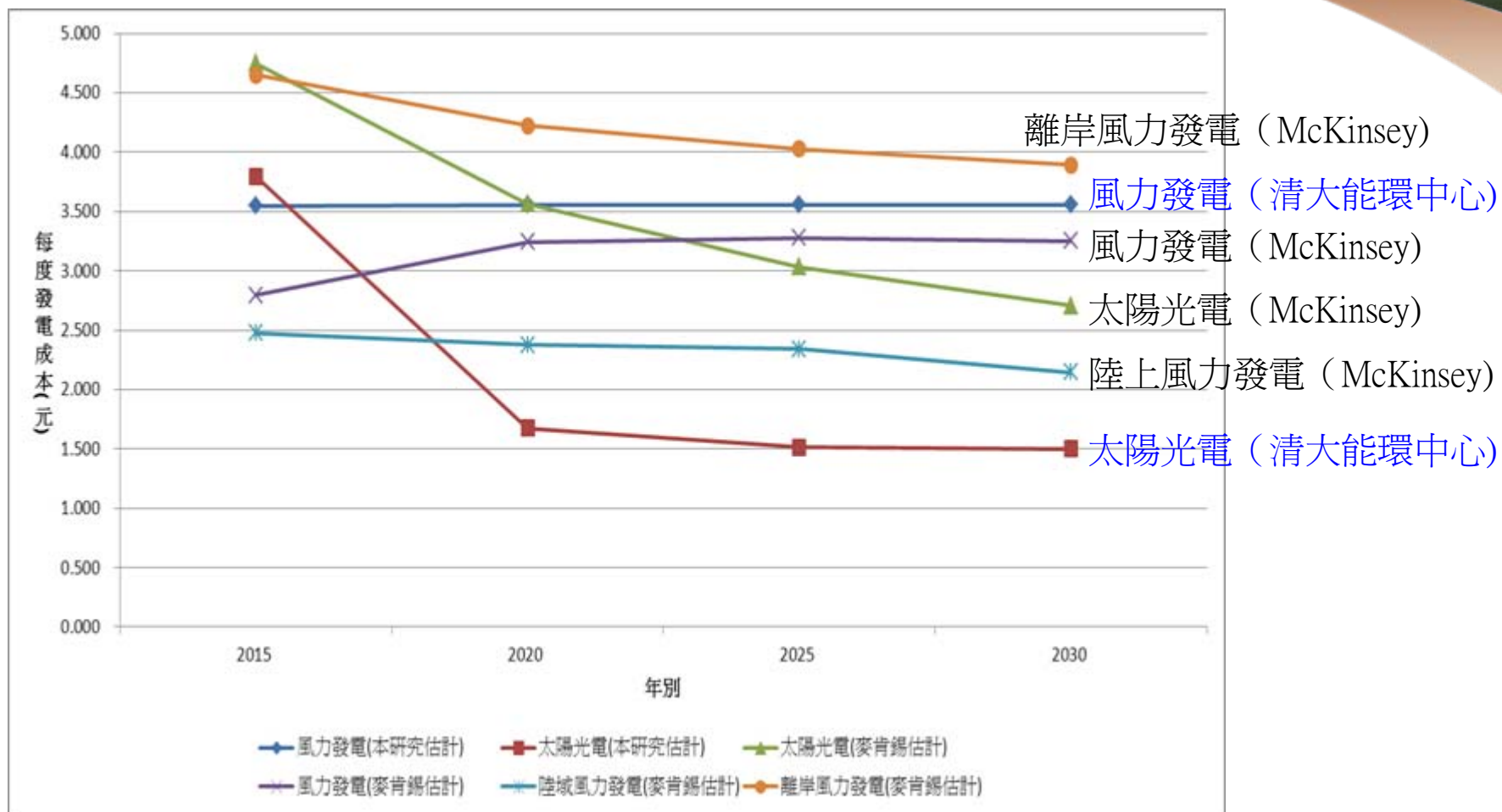
中技社座談

# 未來發電成本預測：麥肯錫公司

發電成本  
(US\$/MWh)



# 未來發電成本預測：清大能環中心（2011）



資料來源：清大能源與環境研究中心（2011）。

### 3. 產業競爭力比較

- 相關產業競爭力趨勢
- EST及特定EST的競爭力
- 附加價值及產業關聯

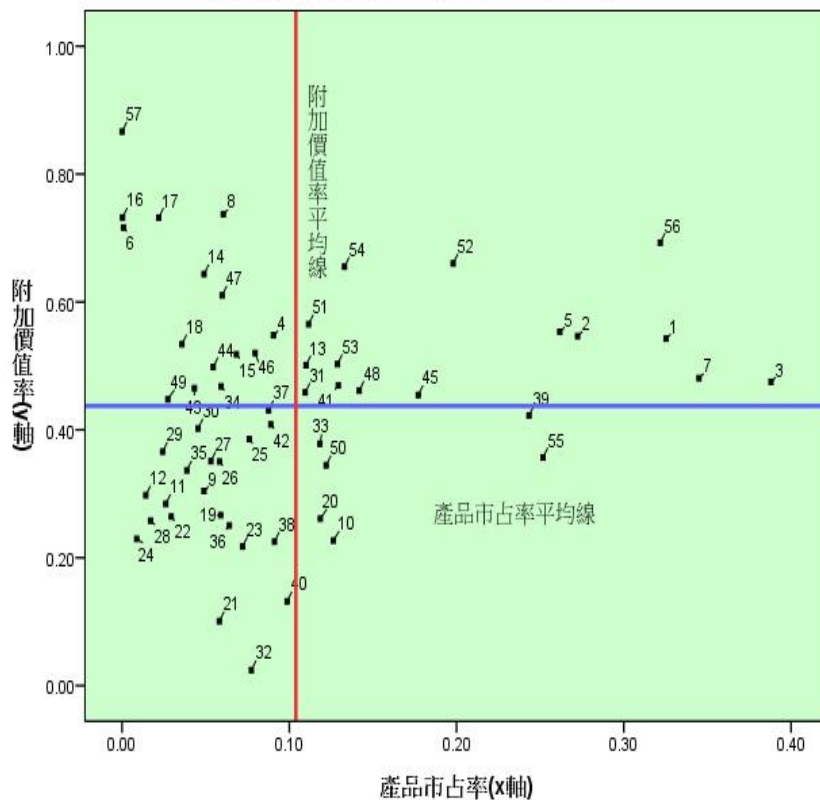




# 產業的國際競爭力：美國

單位:%

美國附加價值率及產品市占率四象限座標圖



- 美國附加價值率前三高產業分別為住宅服務業 (86.65%)、其他農作 (73.73%) 與原油 (73.73%)；而其產品市佔率均低於國內產業均值。

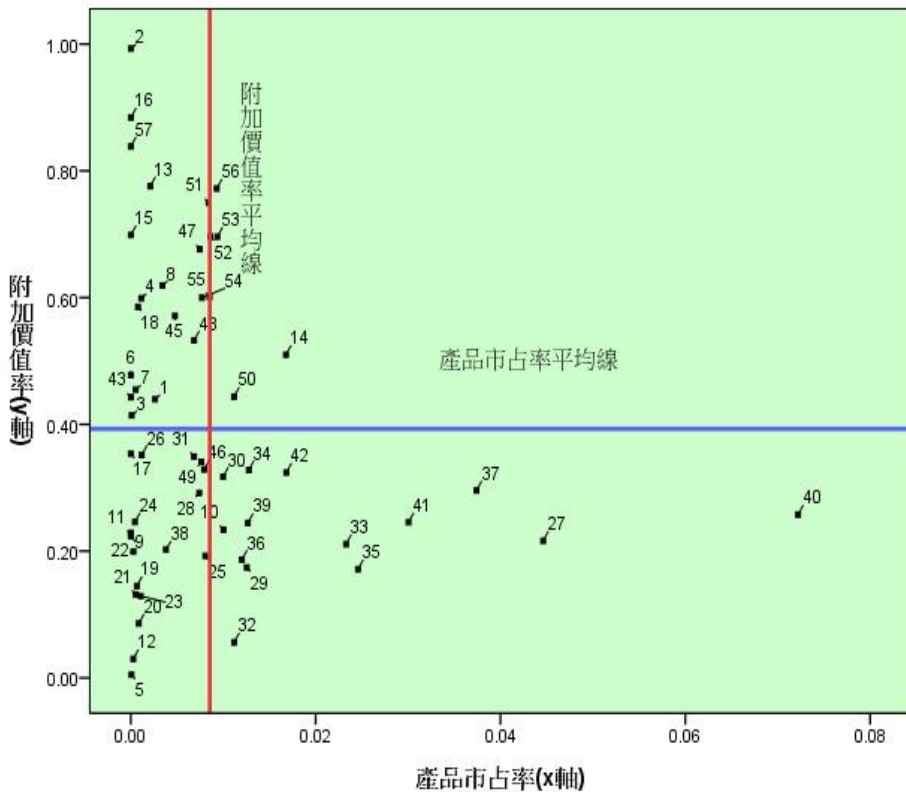
- 由四象限圖可發現，美國產業大多落在第二、三象限；然仍有部分高附加價值率之產業，具有高市占率。

排名	產業	附加價值率	產品市占率
1	住宅服務(57)	86.65	0.00
2	其他農作物(8)	73.73	6.05
3	原油(16)	73.21	0.03
4	天然氣(17)	73.19	2.19
5	甘蔗(6)	71.64	0.08
6	公共行政、教育醫療及其他服務(56)	69.27	32.18
7	金融服務(52)	66.02	19.80
8	工商服務(54)	65.52	13.30
9	漁產(14)	64.36	4.90
10	商品買賣(47)	61.03	5.98
11	通訊服務(51)	56.52	11.15
12	油脂作物(5)	55.33	26.17
13	蔬菜及水果(4)	54.80	9.05
14	小麥(2)	54.66	27.24
15	稻穀(1)	54.26	32.53
16	其他礦產(18)	53.39	3.58
17	造工程(46)	52.02	7.96
18	煤(15)	51.81	6.83
19	保險(53)	50.29	12.88
20	林產(13)	50.11	11.00

# 產業的國際競爭力：台灣

單位：%

台灣附加價值率及產品市占率四象限座標圖



■ 台灣附加價值率前三高產業分別為小麥(99.30%)、原油(88.42%)與住宅服務(83.84%)；而其產品市佔率均低於國內產業均值。

■ 由四象限圖可發現，台灣大多產業多落在第二、三象限；且較少存有高附加價值與高市占率之產業。

排名	產業	附加價值率	產品市占率
1	小麥(2)	99.30	0.00
2	原油(16)	88.42	0.00
3	住宅服務(57)	83.84	0.00
4	林產(13)	77.58	0.21
5	公共行政、教育醫療及其他服務(56)	77.21	0.93
6	通訊服務(51)	74.96	0.84
7	煤(15)	69.90	0.00
8	金融服務(52)	69.65	0.86
9	保險(53)	69.61	0.94
10	商品買賣(47)	67.63	0.75
11	其他農作物(8)	61.92	0.34
12	娛樂及其他服務(55)	60.11	0.85
13	工商服務(54)	59.99	0.77
14	蔬菜及水果(4)	59.90	0.11
15	其他礦產(18)	58.54	0.08
16	自來水(45)	57.11	0.48
17	運輸業倉儲(48)	53.26	0.68
18	漁產(14)	50.98	1.68
19	甘蔗(6)	47.79	0.00
20	纖維作物(7)	45.48	0.05

# 各國產品市占率比較

單位:%

排名	美國		韓國		日本		中國大陸		台灣	
	產業	產品市占率	產業	產品市占率	產業	產品市占率	產業	產品市占率	產業	產品市占率
1	其他穀類作物(3)	3.74	電機及電子產品(40)	7.35	營造工程(46)	6.06	皮革及其製品(29)	6.33	電機及電子產品(40)	8.46
2	纖維作物(7)	3.32	其他運輸工具(39)	4.44	汽車及零件(38)	5.95	成衣(28)	5.47	紡織(27)	5.23
3	稻穀	3.13	紡織(27)	4.17	機械(41)	5.04	其他製品(42)	3.94	金屬製品(37)	4.38
4	公共行政、教育 醫療及其他服務 (56)	3.10	鋼鐵(35)	3.29	電機及電子產品 (40)	4.76	紡織(27)	3.50	機械(41)	3.52
5	小麥(2)	2.62	汽車及零件(38)	3.12	鋼鐵(35)	3.33	電機及電子產品 (40)	3.39	鋼鐵(35)	2.88
6	油脂作物(5)	2.52	機械(41)	2.77	其他運輸工具(39)	2.83	金屬製品(37)	2.43	化學塑膠橡膠製 品(33)	2.73
7	娛樂及其他服務 (55)	2.42	石油及煤產品(32)	2.64	化學塑膠橡膠製 品(33)	2.48	木材製品(30)	2.12	其他製品(42)	1.97
8	其他運輸工具(39)	2.34	化學塑膠橡膠製 品(33)	2.27	商品買賣(47)	2.40	煤(15)	2.11	漁產(14)	1.97
9	金融服務(52)	1.91	非鐵金屬(36)	1.98	非金屬礦物製品 (34)	2.30	畜產品(10)	1.92	非金屬礦物製品 (34)	1.50
10	自來水(45)	1.70	水上運輸(49)	1.91	金屬製品(37)	2.08	非金屬礦物製品 (34)	1.88	其他運輸工具(39)	1.48

- 由產品市占率來看，我國與韓國、日本之市占率高的產業均屬於工業類別之電機及電子產品(40)、機械(41)、鋼鐵(35)。
- 顯示我國與日、韓兩國在產品發展方向相似，其對台灣貿易競爭力會造成嚴重影響，未來應加強關注其競爭力關係與相關產業發展趨勢。
- 以中國大陸來看，市占率較高之產業多偏數傳統產業；以美國來看，則多偏數農業部門產業為主。

# 顯示性比較利益指標(RCA)

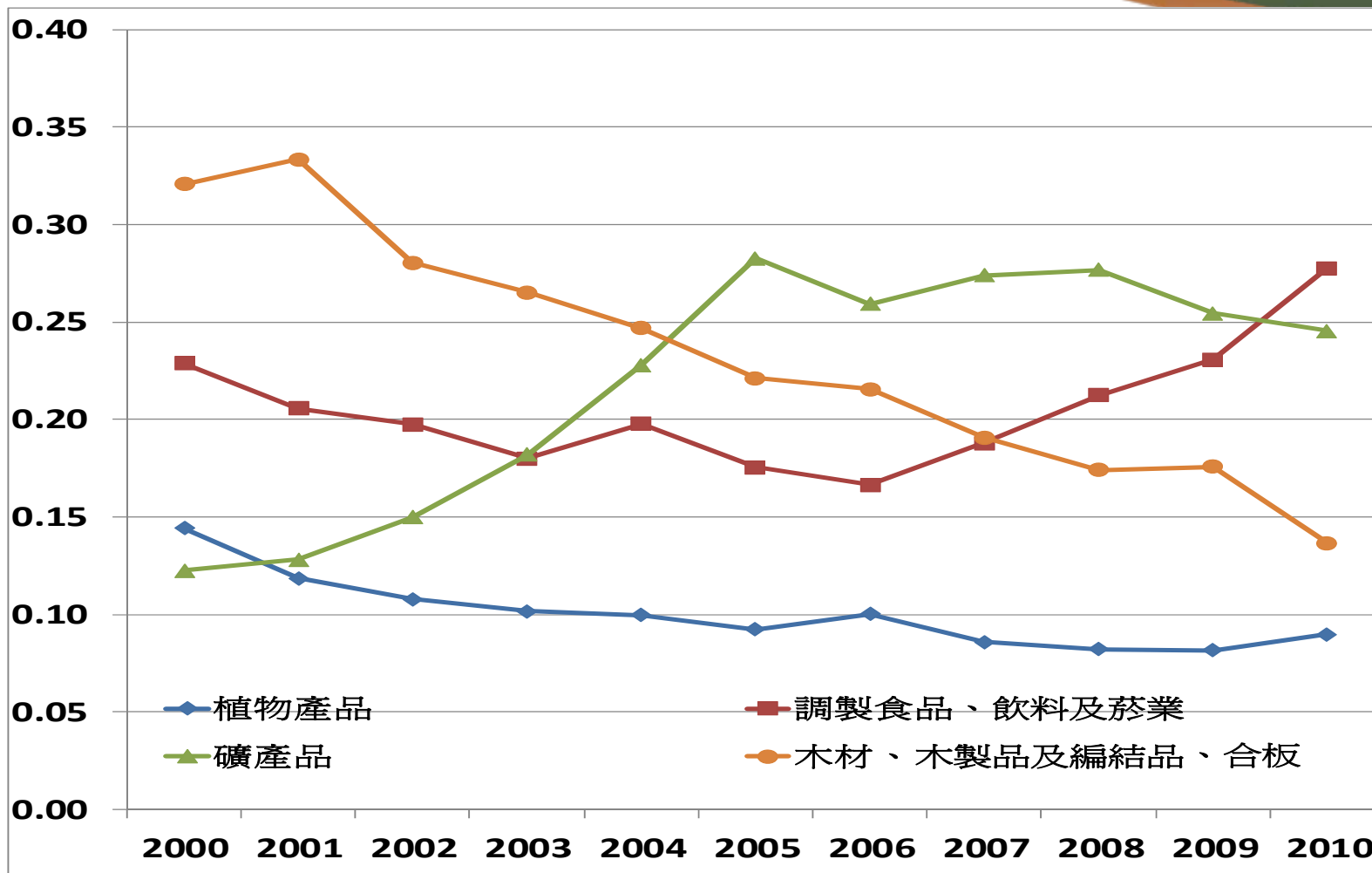
- ❖ 產業的顯示性比較利益指標(RCA) 反映其於國內部門間的競爭力：
  - $RCA > 2.5$ 者：具有最強的競爭力；
  - RCA在1.25到2.5之間者：具有相當競爭力；
  - RCA在0.8到1.25之間者：競爭力較差；
  - RCA小於0.8 者：競爭力最弱。

# 產業競爭力指標：貿易條件(TOT)

❖ 貿易條件為**出口物價指數**與**進口物價指數**的比值：

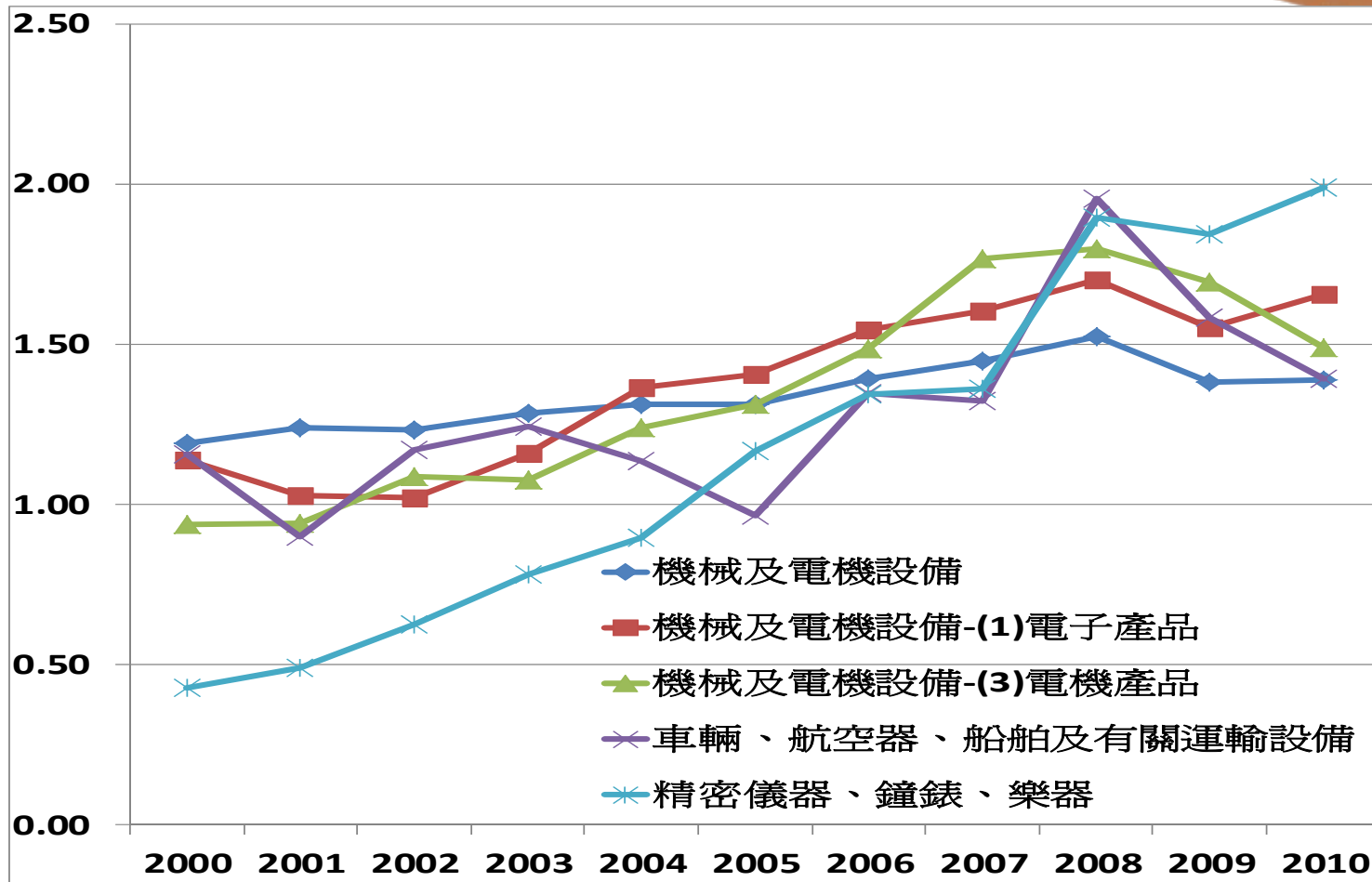
- 比值愈高，表示台灣出口商品的價格比進口商品的價格高，也代表台灣製造的商品具有較高的**附加價值**，故隱含有較高的**國際競爭力**；
- 相反的，如果貿易條件走低，則意味國內商品的附加價值相對低於進口的同類產品，或是產業發展方向出了問題，導致出口的商品，換不回太多的進口資源。凡此均隱含**國際競爭力**較低。

# 競爭力較差之產業：RCA之衡量結果



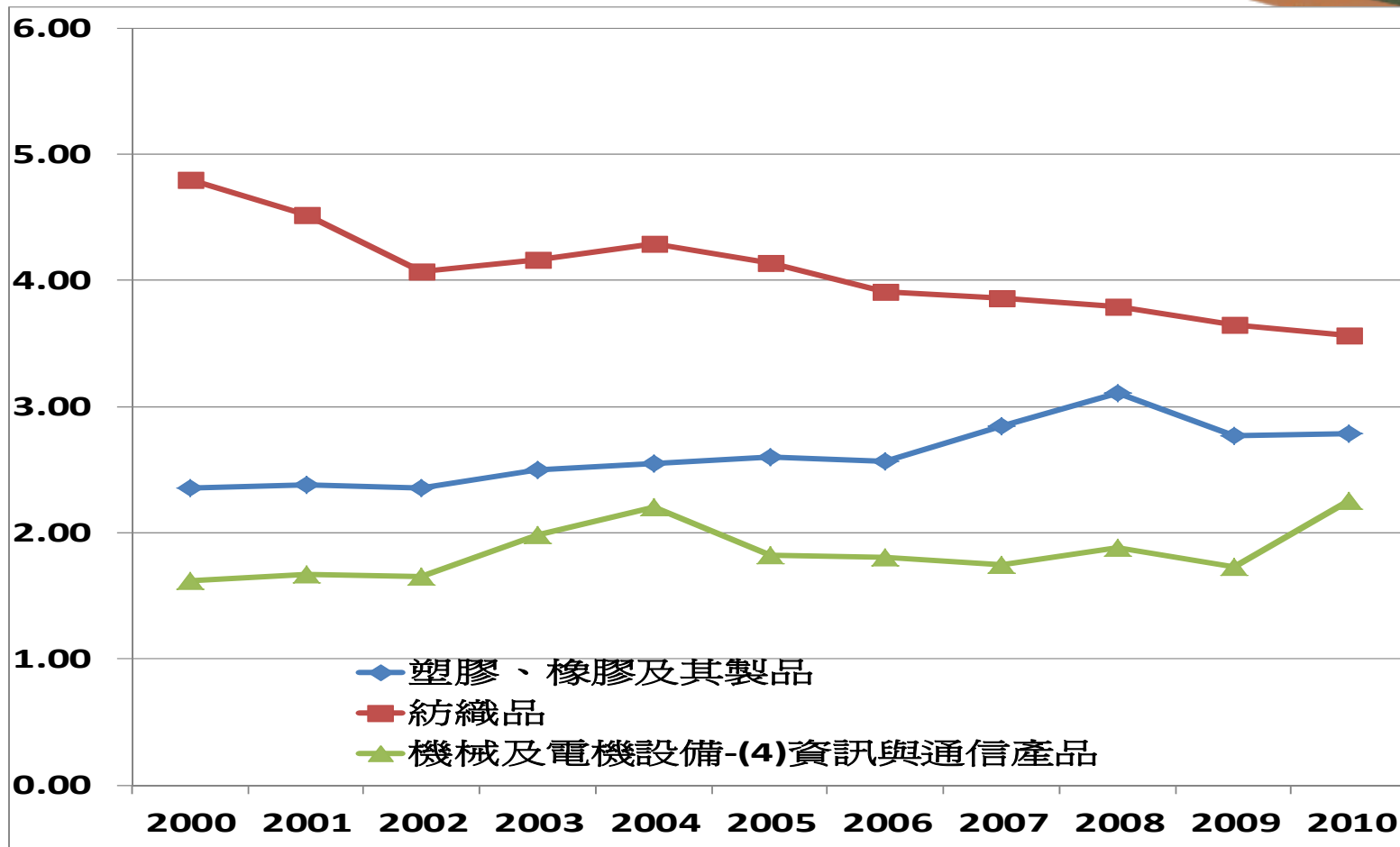
資料來源：黃宗煌（2011）。

# 競爭力較佳之產業：RCA之衡量結果



資料來源：黃宗煌（2011）。

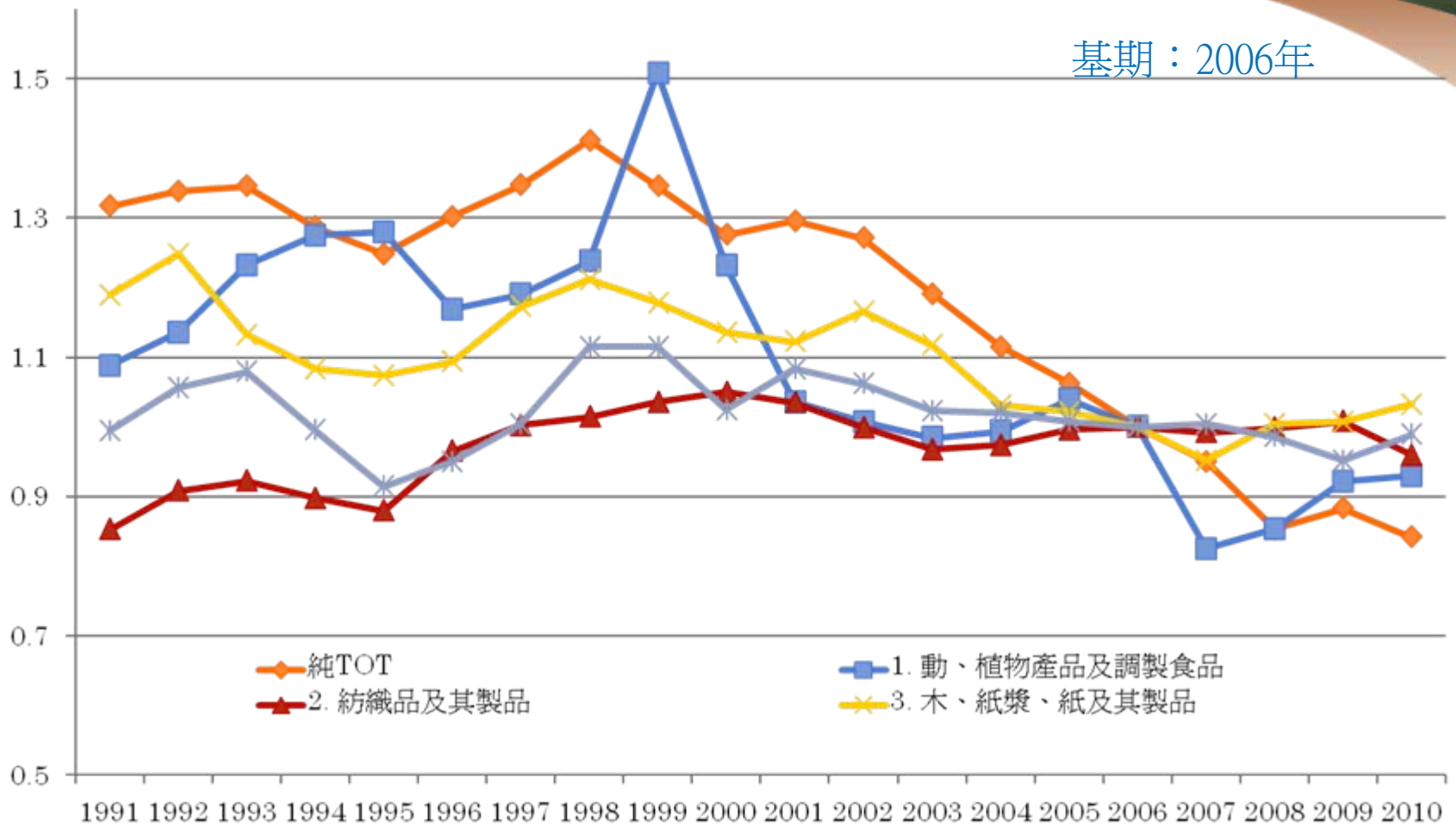
# 競爭力較強之產業：RCA之衡量結果



資料來源：黃宗煌（2011）。

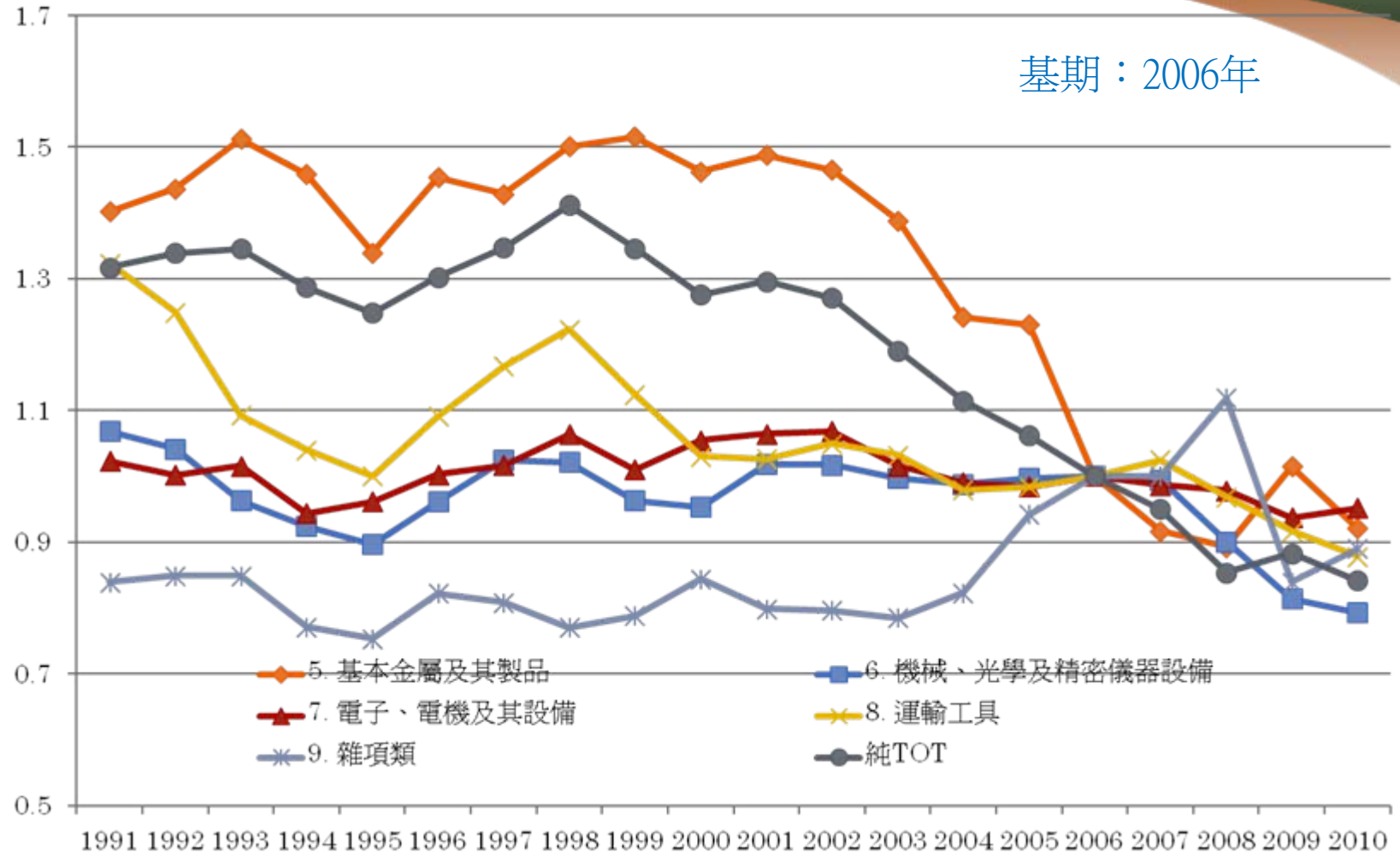


# 各產業之貿易條件（TOT）指數



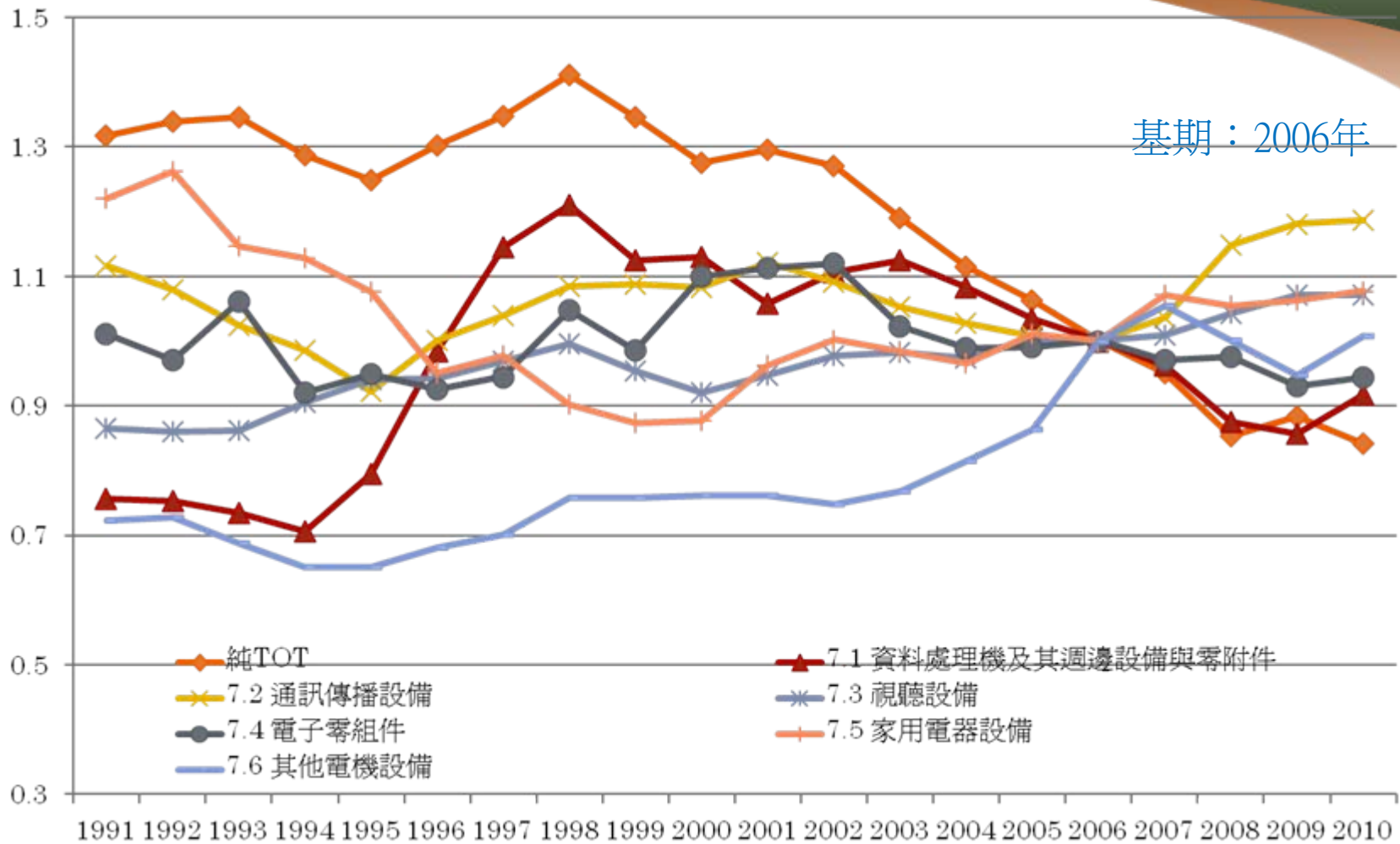
資料來源：黃宗煌（2011）。

# 各產業之貿易條件（TOT）指數



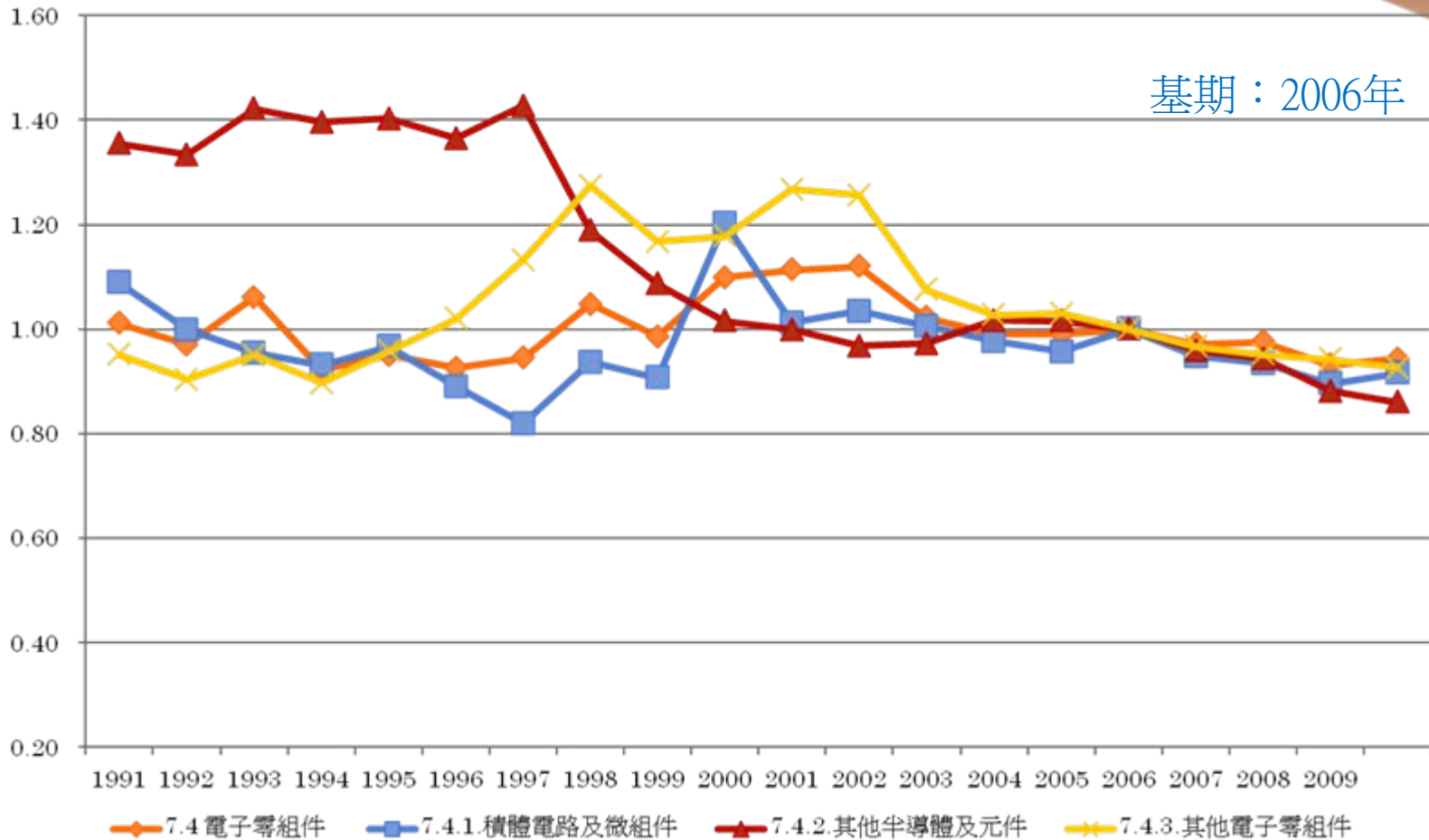
資料來源：黃宗煌（2011）。

# TOT指數：電子、電機及其設備類



資料來源：黃宗煌（2011）。

# TOT指數：電子零組件



資料來源：黃宗煌（2011）。

# 環境友善技術（EST）專利的量與質 (1/2)

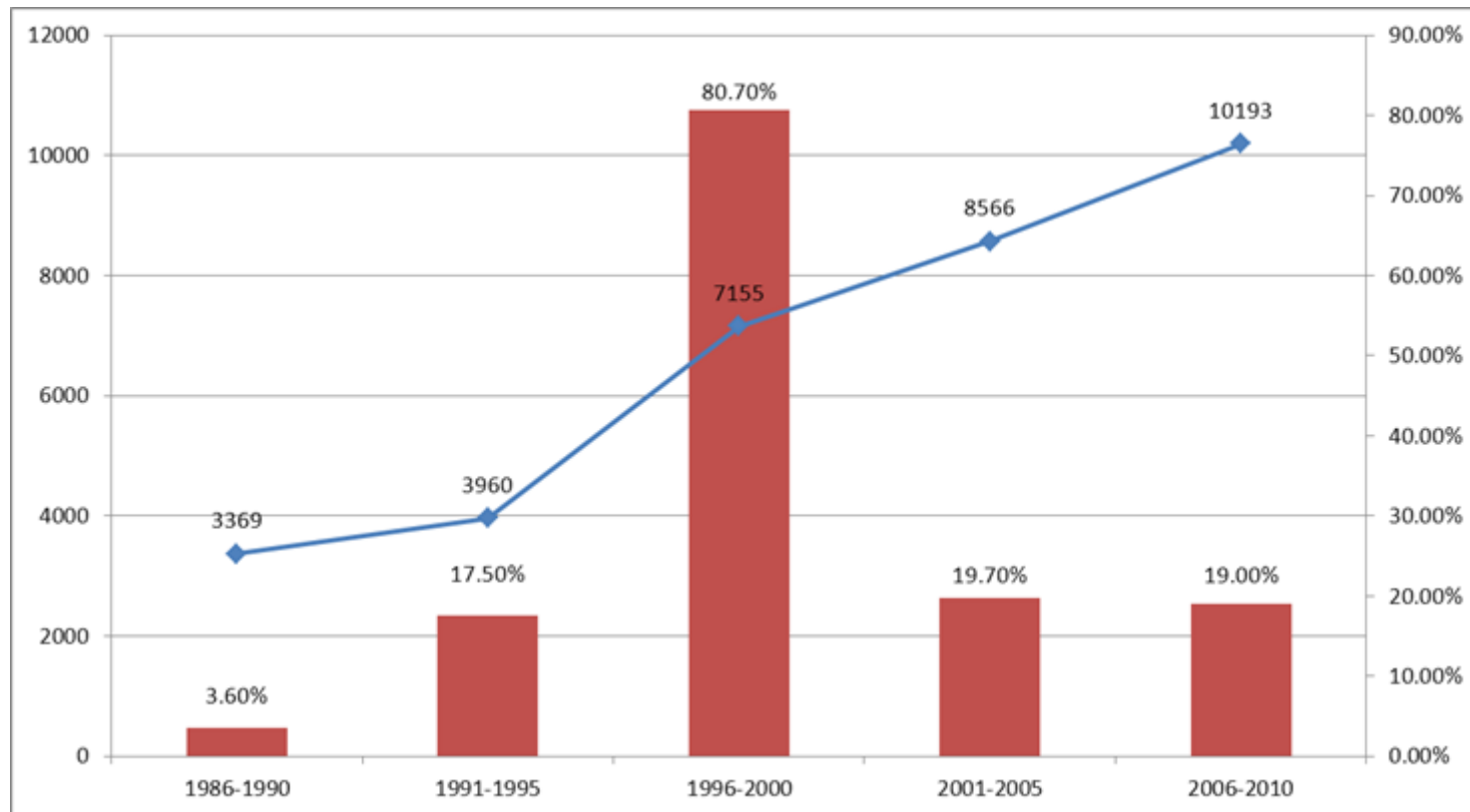
- ❖ **特定EST**領域專利包括太陽光電、LED照明、風力發電、生質燃料、氫能/燃料電池、電動汽車等六類（皆為綠色能源產業旭升方案重點項目）。
- ❖ 「**品質指標**」定義為被引證次數、科學文獻引證數與被核准時間落差的綜合指標(OECD, 2011)。
- ❖ 「**影響力指標**」則以「高引證專利」（即專利引證數之前10%者）指標為主 (Nari, 2011)。高引證專利指標係指各國高引證專利之比重，相對所有專利位居最具影響力專利區的專利比重之比值。

註：（1）以USPTO已核准專利為主，涵蓋時間為1986年起，至2010年止。

（2）整體ESTs專利分類（以IPC為主）參考WIPO環境友善技術的分類架構(Environmentally Sound Technologies, ESTs)，源自於聯合國氣候變化綱要公約(the United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCC)。

# 全球整體ESTs專利發展趨勢： 1986-2010年

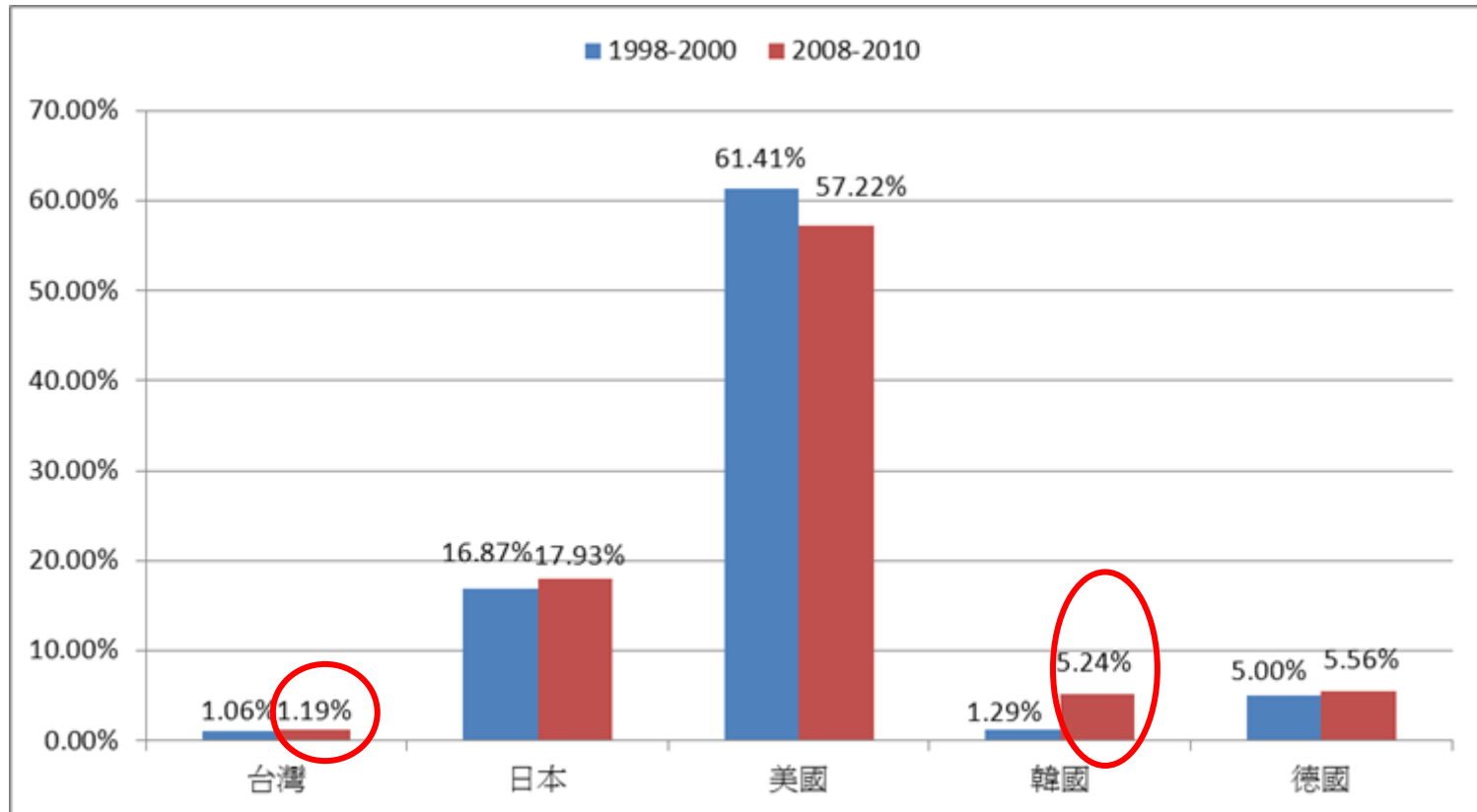
❖ ESTs專利呈現正成長趨勢，近十年亦都維持19%的高成長率。



資料來源：USPTO，台經院(2011)計算結果。

# 整體ESTs專利：數量指標

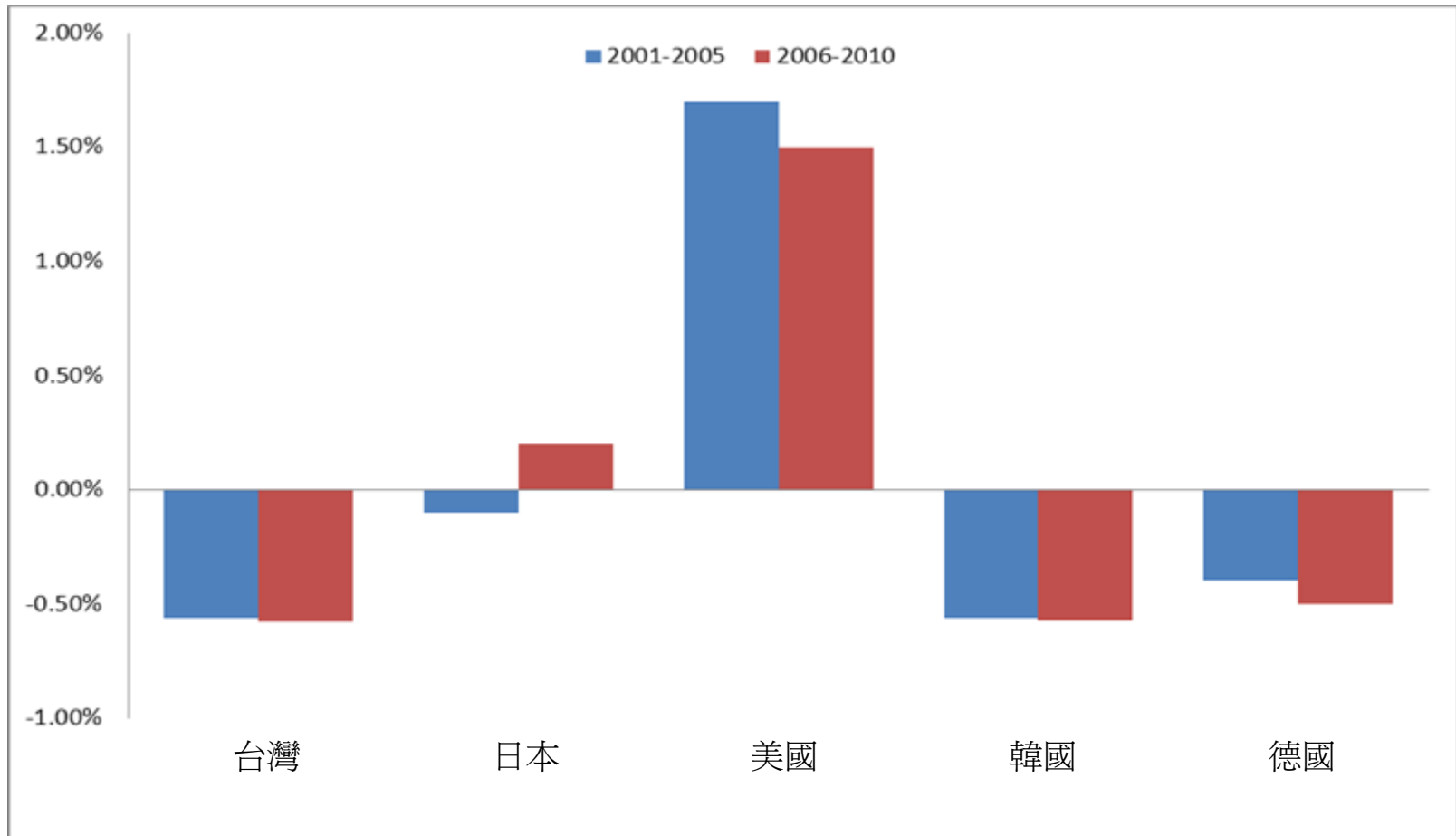
- ❖ 2008-2010台灣整體ESTs專利佔有率為1.19%，優於十年前表現。



資料來源：USPTO，台經院(2011)計算結果。

# 整體ESTs專利：品質指標

❖ 台灣ESTs專利品質為五國中最低。

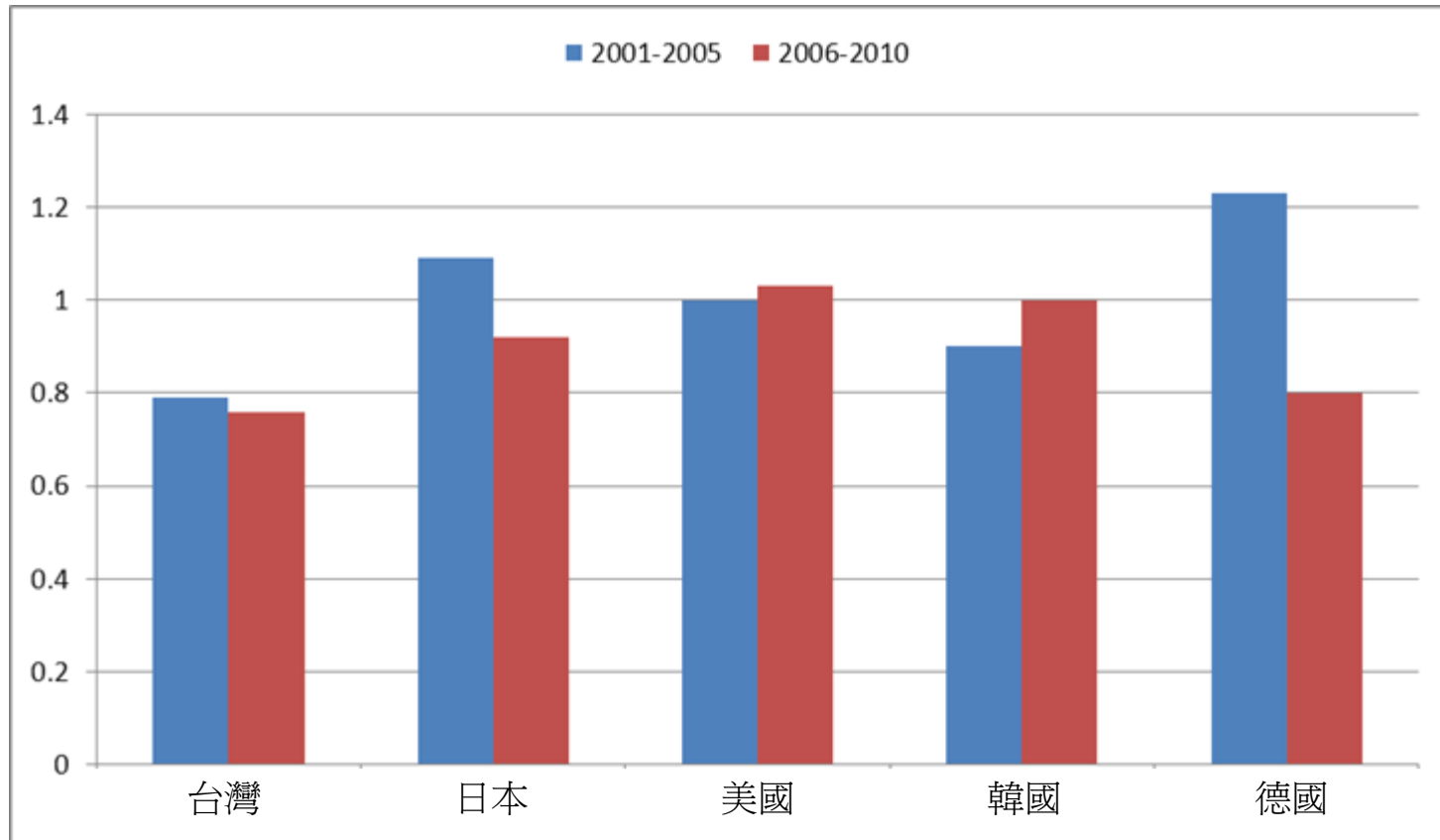


資料來源：USPTO，台經院(2011)計算結果。



# 整體ESTs專利：影響力指標

❖ 台灣ESTs專利影響力位居五國之末。



資料來源：USPTO，台經院(2011)計算結果。

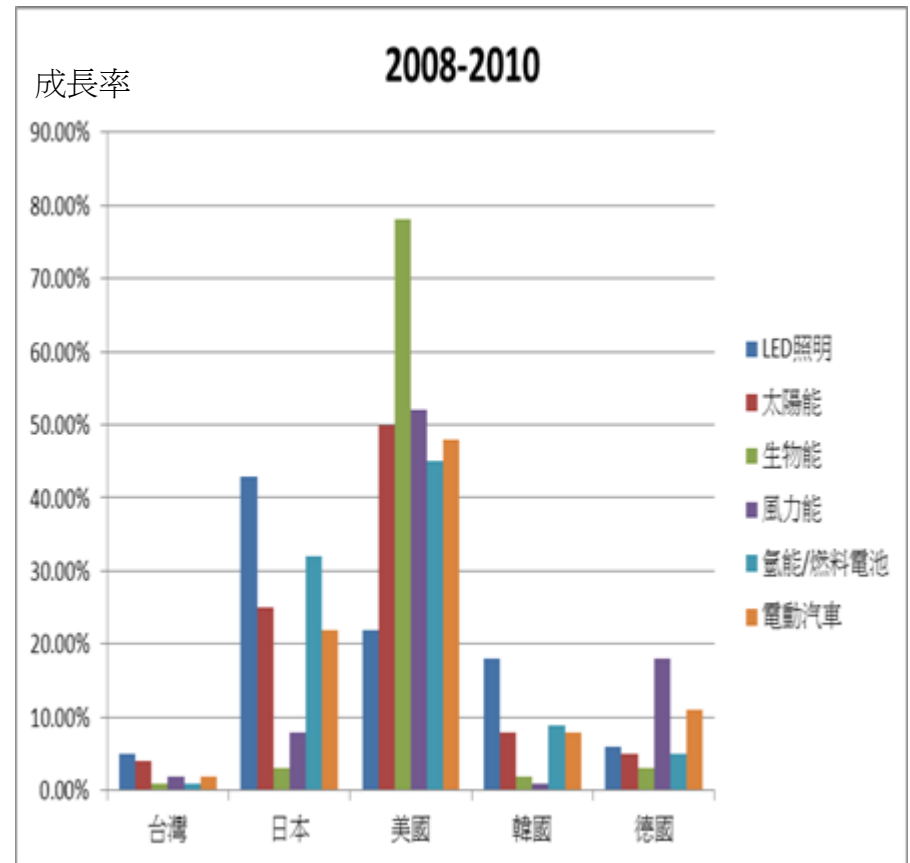
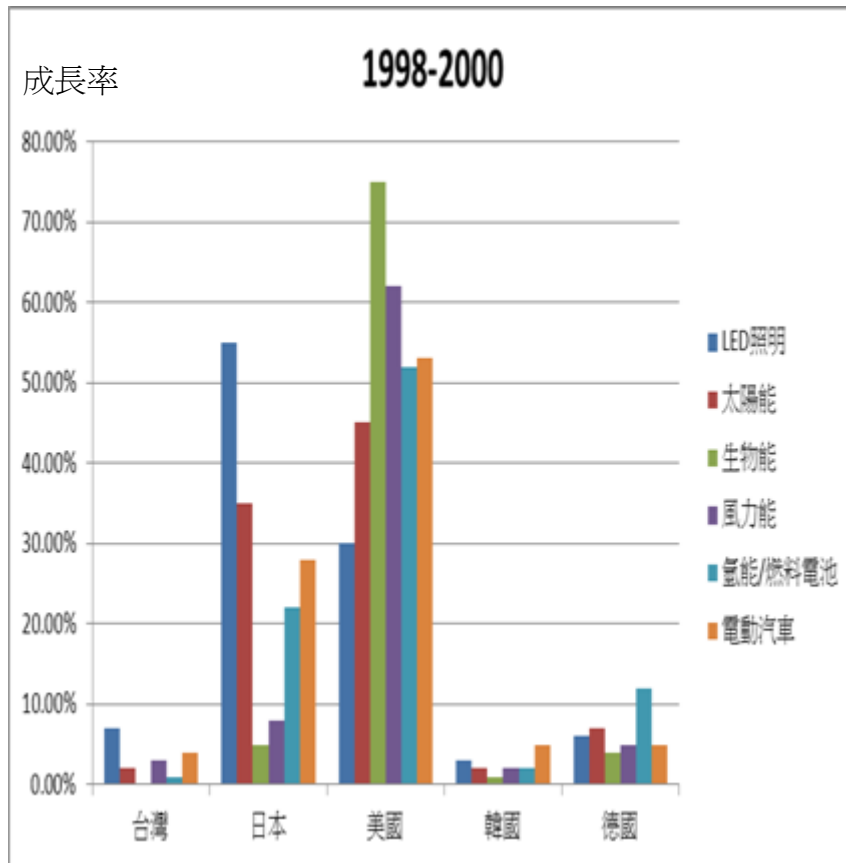
# 近十年全球快速成長的特定ESTs專利領域

ESTs技術	技術大分類	技術中分類	2001-2005	2006-2010	成長率
風力能	Wind energy		158	314	98.73
太陽能	Solar energy	Use of solar heat	104	191	83.65
氫能/燃料電池	Hydrogen (storage)		131	217	65.65
生質燃料	Bio-fuels	From genetically engineered organisms	2033	3190	56.91
電動汽車	Vehicles in general	Charging stations for electric vehicles	319	475	48.90
LED照明	Low energy lighting	Electroluminescent light sources (e.g. LEDs, OLEDs, PLEDs)	711	989	39.10
氫能/燃料電池	Hydrogen (production)		217	254	17.05

資料來源：USPTO，台經院(2011)計算結果。

# 特定ESTs專利：數量指標

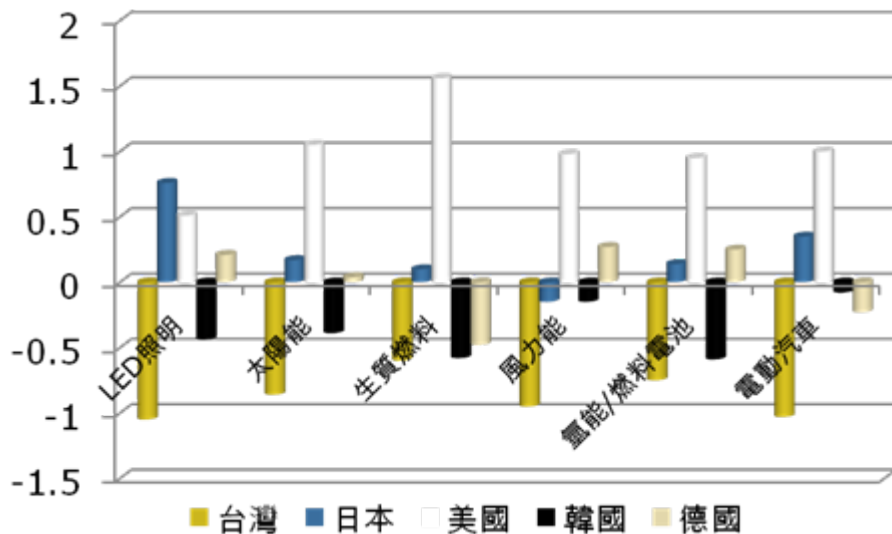
- ❖ 台灣近十年的**特定ESTs**專利技術領域以**LED照明**為主力，太陽能興起，風力與電動汽車則略顯衰退。



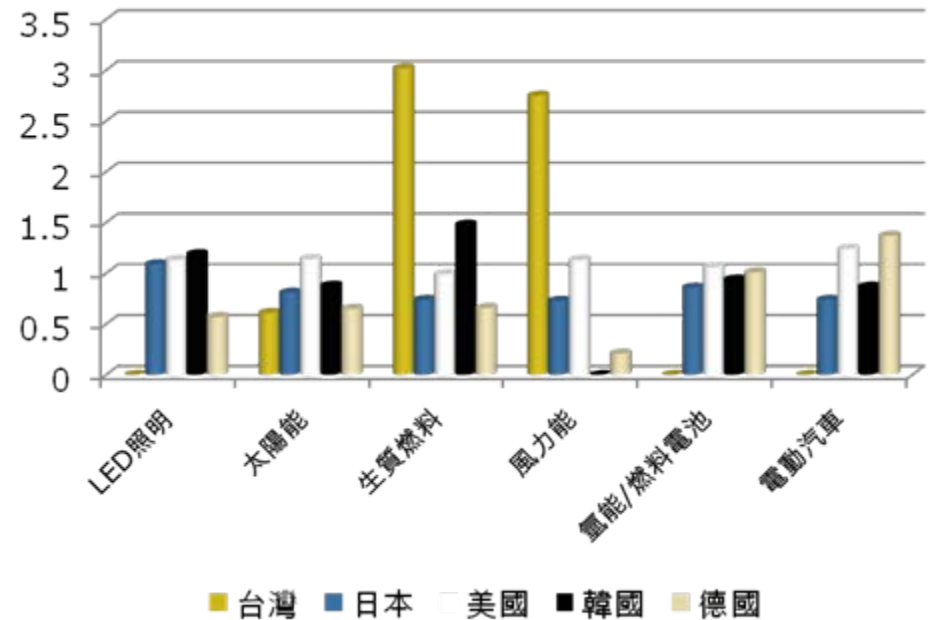
資料來源：USPTO，台經院(2011)計算結果。

# 特定ESTs專利：品質與影響力指標

- ❖ 由品質指標來看，台灣與韓國的專利品質表現較低。
- ❖ 由影響力指標來看，台灣也遠不及其他國家。



各國專利的品質指標



各國專利的影響力指標

資料來源：USPTO; Adapted from TIER (2011/08).

# 我國科技專利的問題

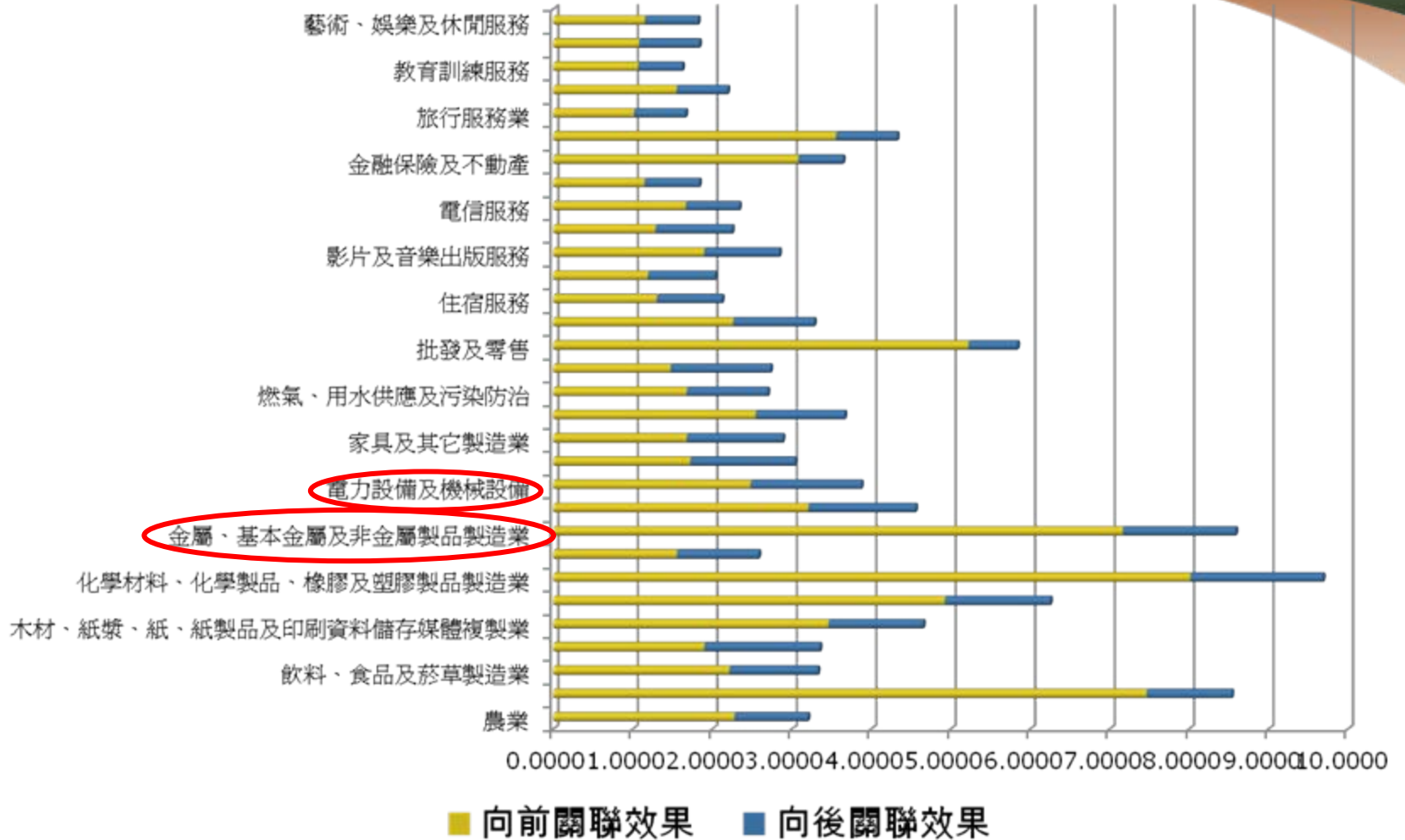
- 台灣在美國申請的專利數目名列前茅，價值卻不大，品質及影響力均有改善空間。
- 台灣對國際的智財權淨支出仍居高不下，在2009至2011年間之年增幅度平均高達14%，2011年總支出攀升至**58億美元**。
- 『台灣的科技產業以**代工**起家，但現在不能再呆呆做代工；台灣應該要有創新能力。台灣也有雲端、奈米等新科技，但**關鍵技術**和**智慧財產**都操控在外國人手上；因此，台灣每年科技預算才新台幣一千億元，卻要花一千七百多億元付權利金。』（朱敬一，2012.12）
- 發展離岸風能應以**掌握關鍵技術**為首要，以**技術輸出**為導向，避免再以**輸入設備**來發電為重點。

## 4. 多準則的決策分析

- 產業關聯效果
- 附加價值
- 減碳效益潛力
- 多準則指標

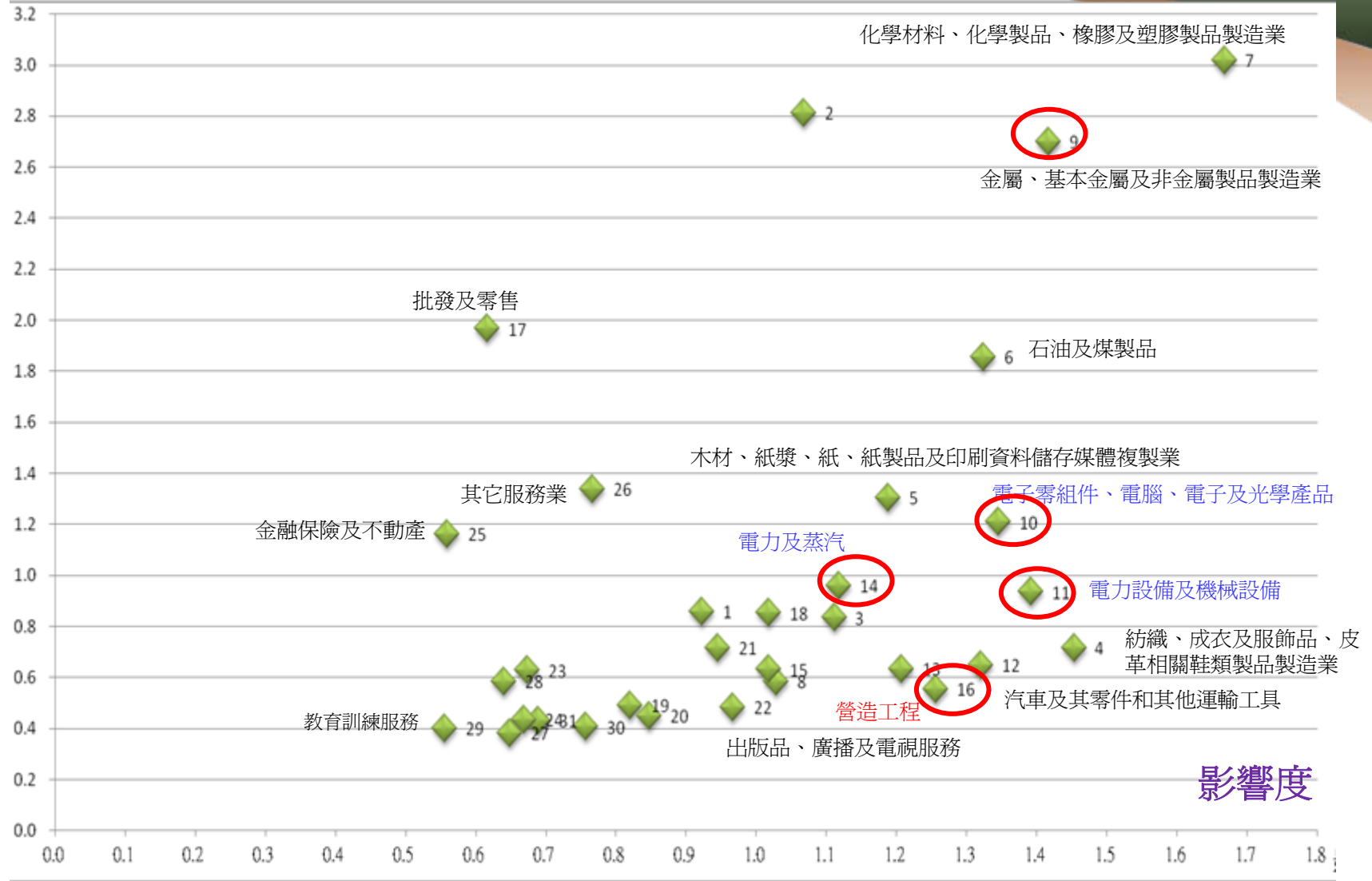


# 各產業之關聯效果



# 各產業之影響度與感應度

感應度



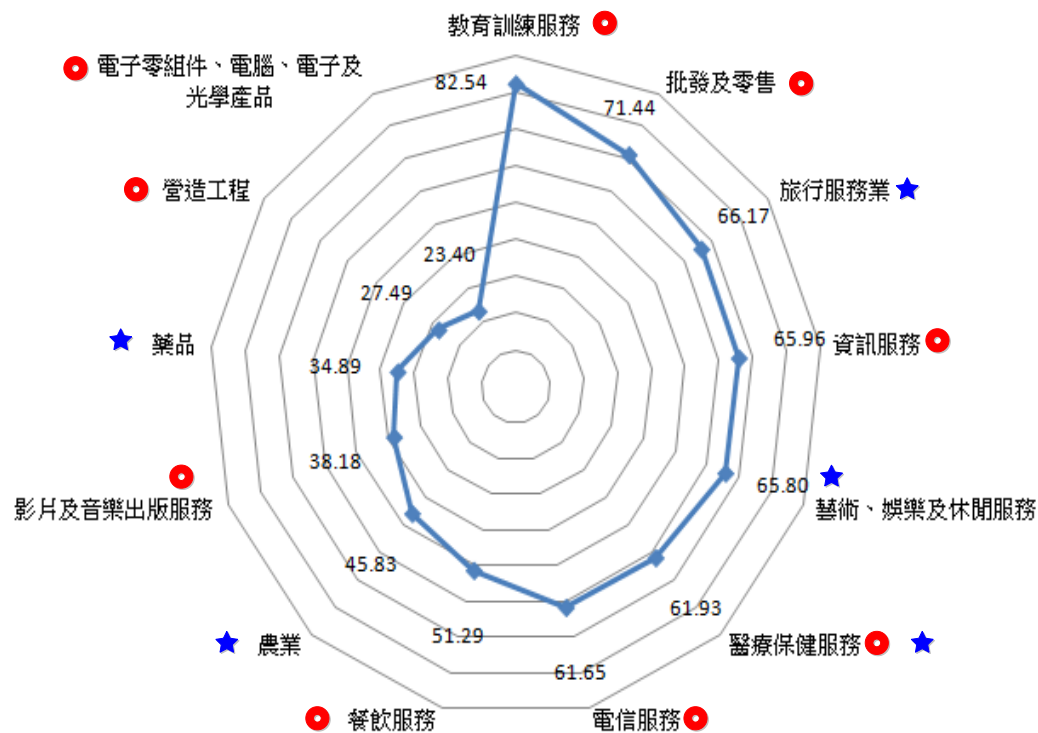
影響度



# 各產業之推動方案及其附加價值率

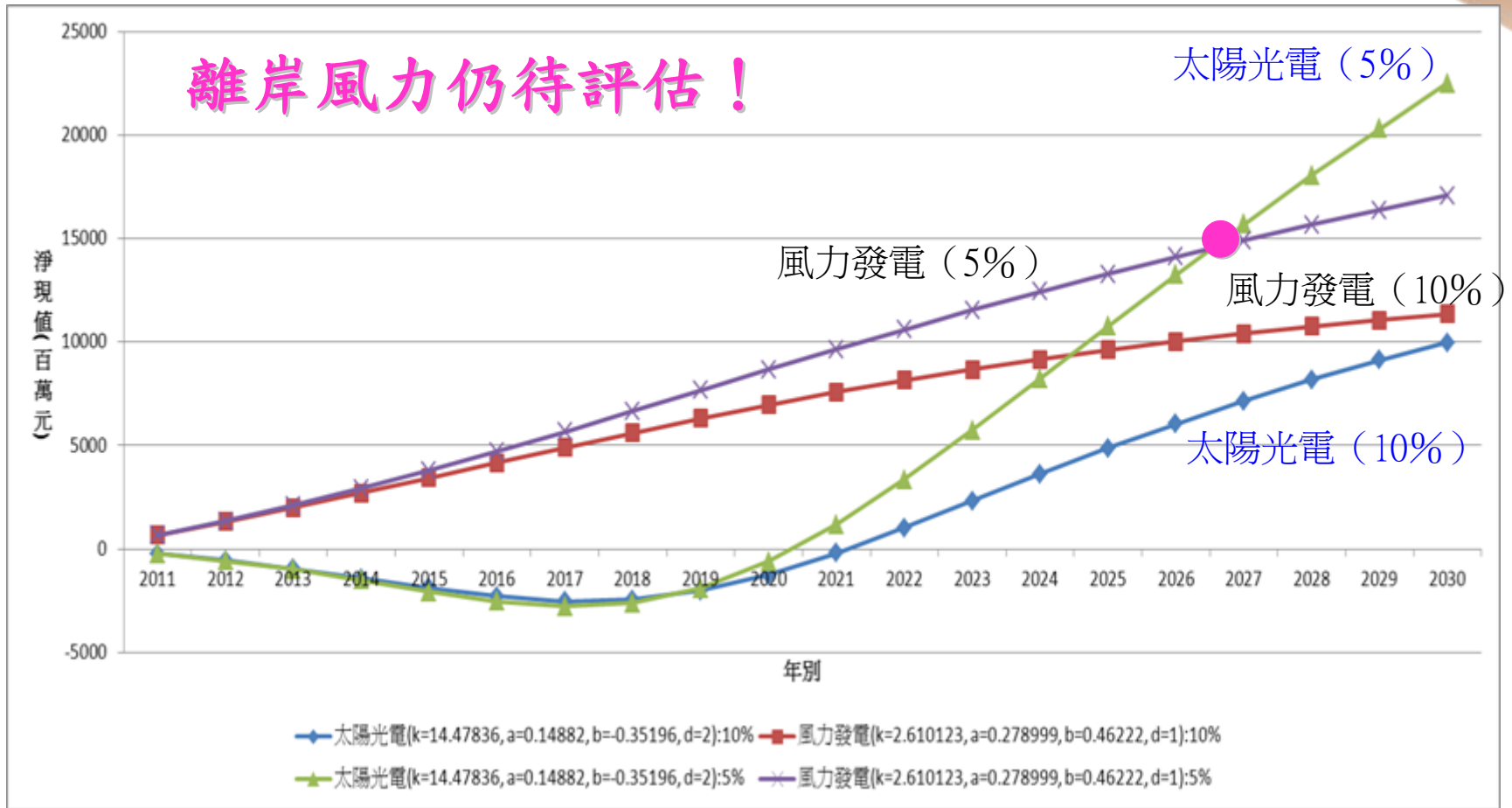
產業別	黃金十年產業推動方案名稱
●教育訓練服務	高等教育輸出行動計畫
●批發及零售	國際物流服務業發展行動計畫
★旅行服務業	觀光拔尖領航方案
●資訊服務	數位內容產業發展行動計畫
★藝術、娛樂及休閒服務	文化創意產業發展方案
●★醫療保健服務	●台灣醫療服務國際化行動計畫 ★健康照護升值白金方案行動計畫
●電信服務	WiMax產業發展行動計畫
●餐飲服務	台灣美食國際化行動方案
★農業	精緻農業健康卓越方案
●影片及音樂出版服務	流行音樂發展行動計畫
★藥品	台灣生技起飛鑽石行動方案
●營造工程	都市更新產業行動計畫
●電子零組件、電腦、電子及光學產品	高科技及創新產業籌資平台行動計畫

★六大新興產業  
●十大重點服務業



資料來源：清大能環中心（2011）製圖。

# 太陽光電及陸上風力發電的淨現值比較： 以CER價格計值



資料來源：清大能源與環境研究中心（2011）。

# 太陽光電與風力發電的產業競爭力評估指標

## 能源基礎建設

研發計畫投入金額

發電量

裝置容量

發電與供電技術效率

節能減碳技術水準

能源供應系統穩定度

## 環境保護

CO<sub>2</sub>減排量

降低CO<sub>2</sub>排放密集度貢獻度

GHG再利用技術成熟度

## 經濟表現

能源科技專利數

裝置容量占全球裝置容量之比例

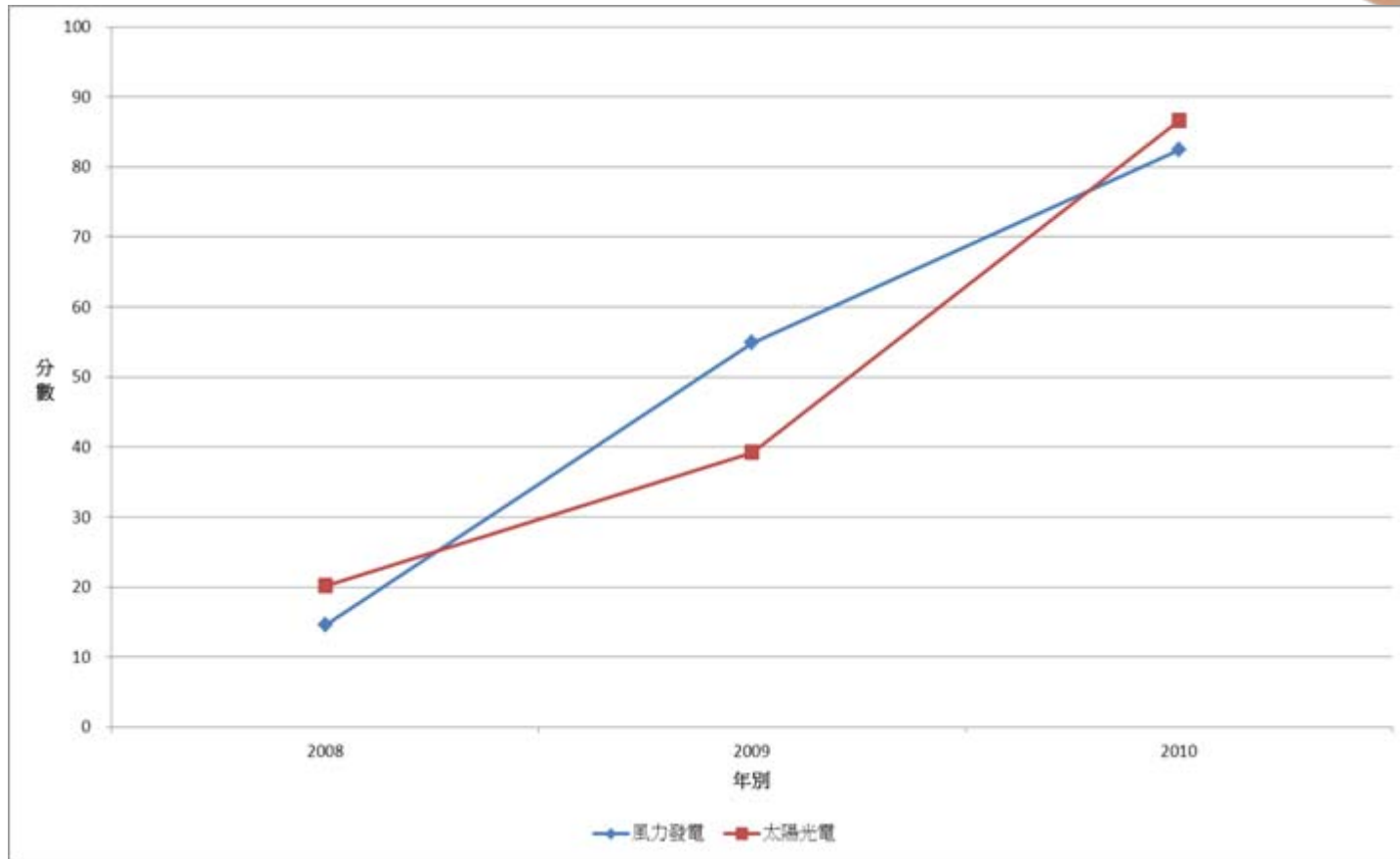
發電量占全球發電量之比例

發電成本

產業關聯效果

# 風力發電及太陽光電的產業競爭力： 2008-2010

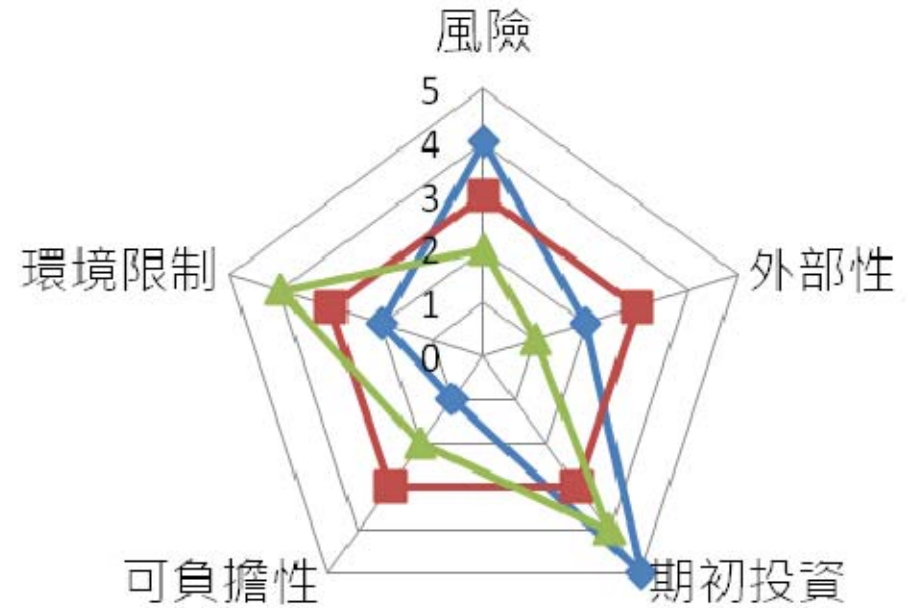
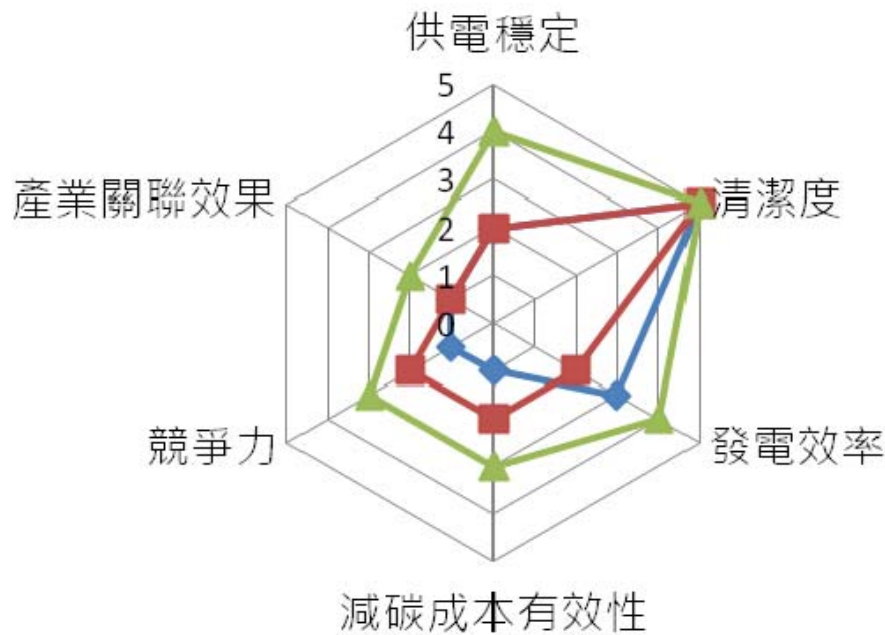
競爭力綜合指標值



資料來源：清大能源與環境研究中心（2011）。

# 風力發電與太陽光電的多準則決策評估

◆ 離岸風力    ■ 陸上風力    ▲ 太陽光電



資料來源：黃宗煌（2012）。



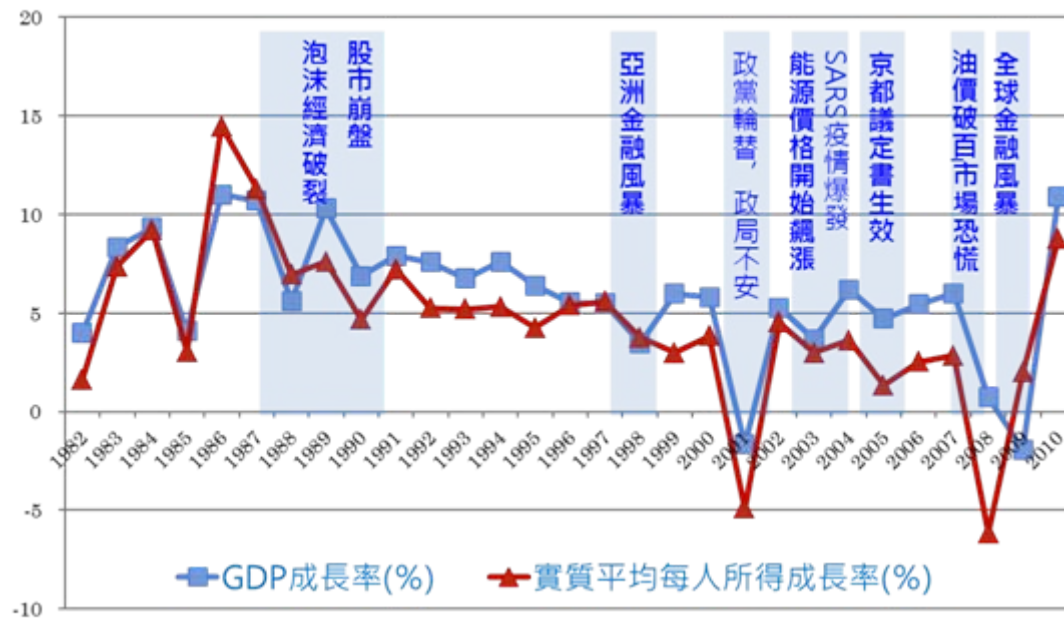
## 5. 結語與建議



# 結語與建議 (1/6)

## ❖ 相關產業之國際競爭力日漸衰退

- 經濟泡沫化後（1988-1990），GDP成長率即告不振，實質人均所得成長率一路下滑，且兩度負成長。
- 整體產業競爭力自1988年以後，就RCA指標而言，少有產業超過2.5，表示產業的境內競爭力有其提升空間。
- 就貿易條件（TOT）指數而言，除少數產業（傳播通訊設備、視聽設備）外，多數產業（包括電子電機、基本金屬等重要產業）均呈明顯下滑趨勢，顯見我產業競爭力有待提升。
- 環境友善技術之專利的品質與影響力均未臻理想。



# 結語與建議 (2/6)

## ❖ 離岸風力發電應延緩全面投資

- 發電成本太高，不符減碳成本有效性原則
- 躉購電價的可負擔程度低
- 存在其他具比較利益的選項
- 產業關聯效果佳，但附加價值率則不然
- 市場競爭力難以迎頭趕上，設備進口壓力大
- 適合颱風密集地區之發電機設計闕如
- 船隻、碼頭及施工經驗均不足，漁民抗議難纏
- 期初資本成本龐大，投資報酬率不具優勢
- 氣候風險高，電力可調度性低
- 減碳效益尚未內部化 (internalization)

### Gulf Offshore Wind or GO-Wind project

- Austin-based **Baryonyx Corporation** proposed to erect 300 turbines in state waters near South Padre Island
- a demonstration project for the larger wind farm that won a federal grant worth about \$4 million dollars from the Department of Energy
- raising fears about the impact on wildlife and scenic views.



# 結語與建議 (3/6)

## ❖ 調整離岸風力發電之技術發展路線，推動示範性計畫，累積經驗

- 在技術研發上，以選擇性發展關鍵技術（如防颱發電機、儲能設備）為重點；
- 在國際競爭上，藉由技術突破，提高成本有效性及國際競爭力，以技術輸出為導向；
- 在國內應用上，短中長期內以試驗設計和經驗累積為主要目的，而不在於供應國內所需電力（用於產氫的可行性猶待評估）。



## 結語與建議 (4/6)

- ❖ 新興科技產業發展宜確保國際競爭力
  - 重點強力扶植，避免過度分散
  - 須通過科學性的比較利益評估
  - 須考慮國內自然資源與環境的限制
  - 加強國際合作與人才養成
- ❖ 審慎評估再生能源發展政策，充分考慮資源及環境因素的限制，發展策略與目標不宜過度樂觀而致影響能源安全
- ❖ 節能減碳之目標、策略及政策，均須堅持**成本有效性原則**（強制性的減碳政策對促進產業轉型與提升競爭力不具成本有效性）

## 結語與建議 (5/6)

- ❖ 對企業的獎勵措施與政策工具應加整合，並建立離岸風能技術與產品發展之**優先順序**，誘發企業的研發投資和能量
- ❖ 降低**環境影響評估**對企業投資的交易成本與不確定性
- ❖ 彈性化研發資金運用以加強國際合作，鬆綁技術人員的薪資管制，積極引進國外人才，並避免人才流失，高級化就業結構
- ❖ 有效運用政府各類基金（包括國家發展基金），定期檢討執行績效，提升專利的附加價值。
- ❖ 須及時並準確掌握競爭對手國的產業、貿易、能源與環境政策的發展及其對我國產業的影響，並長期加強策略性產業與貿易政策的研究。

## 結語與建議 (6/6)

- ❖ 提升**能源生產力**的關鍵在於產業轉型與高值化；提升**能源效率**的關鍵則在於能源使用管理、能源價格合理化、其他要素使用的效率水準；提升**總要素生產力**的關鍵則在於技術創新和人力資本的累積。
- ❖ 加強國內產業競爭力的評估與預警的能力建置，並建立與其他政策（如利率、匯率、自然資源、貿易、環境等）、國際公約、多邊貿易協定等之關聯性。
- ❖ 強化新政策（如GHGs總量管制、能源稅、排放交易、國際能源價格變動、再生能源發展、非核家園等）對產業衝擊與因應對策的事前（ex ante）評估。