



台灣地區的長期能源發展戰略

報告人：吳代院長再益



財團法人台灣綜合研究院

中華民國98年10月15日

報告大綱

- 壹、國際能源發展趨勢
- 貳、我國能源供需現況與面臨課題
- 參、我國長期能源發展戰略方向
- 肆、我國能源結構前景
- 伍、結語

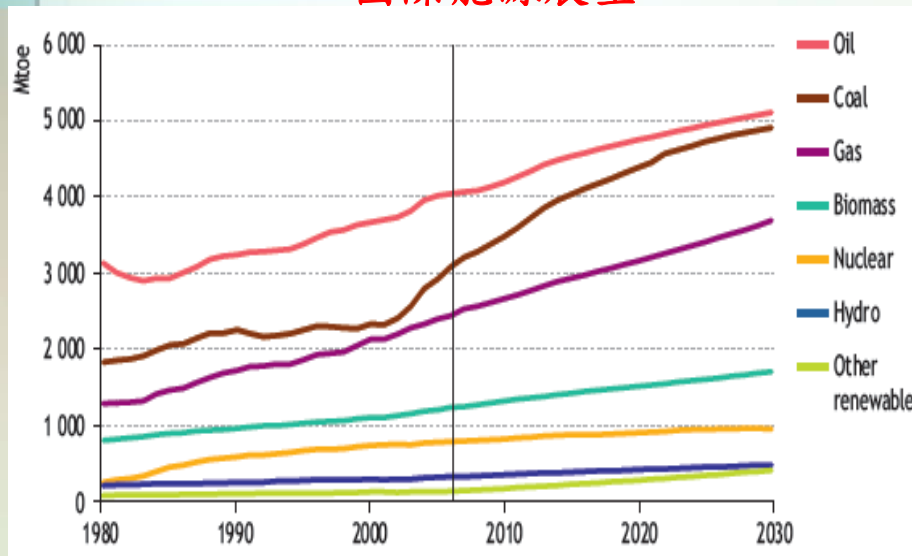
壹、國際能源發展趨勢

一、化石能源使用持續成長

IEA(2008)世界能源展望評估指出：

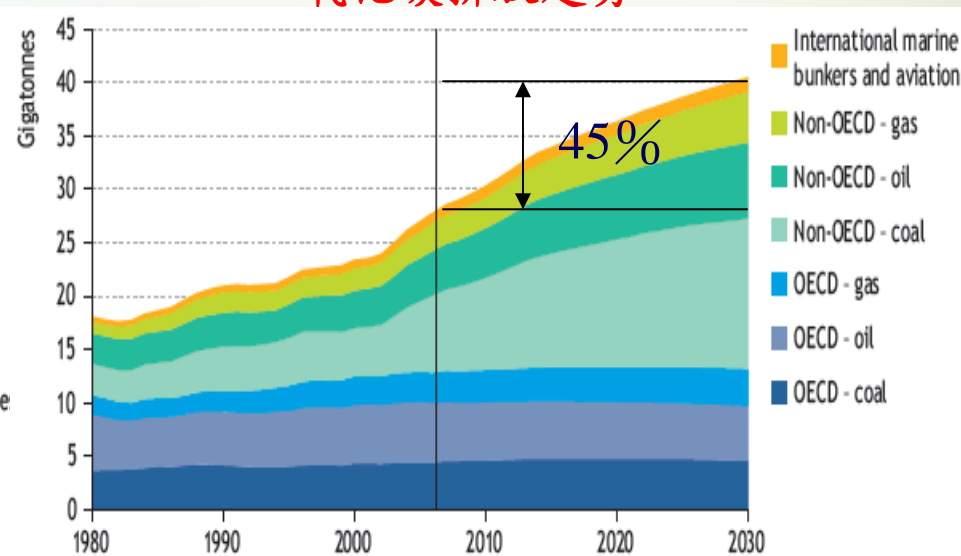
1. 預估至2030年化石能源仍是主要初級能源，成長幅度約佔84%。
2. 預估在2030年間全球能源使用所排放二氧化碳將增加45%。
3. 開發中國家的二氧化碳排放量將於2020年間超過OECD國家。

國際能源展望



資料來源：IEA, World Energy Outlook 2008

二氧化碳排放趨勢

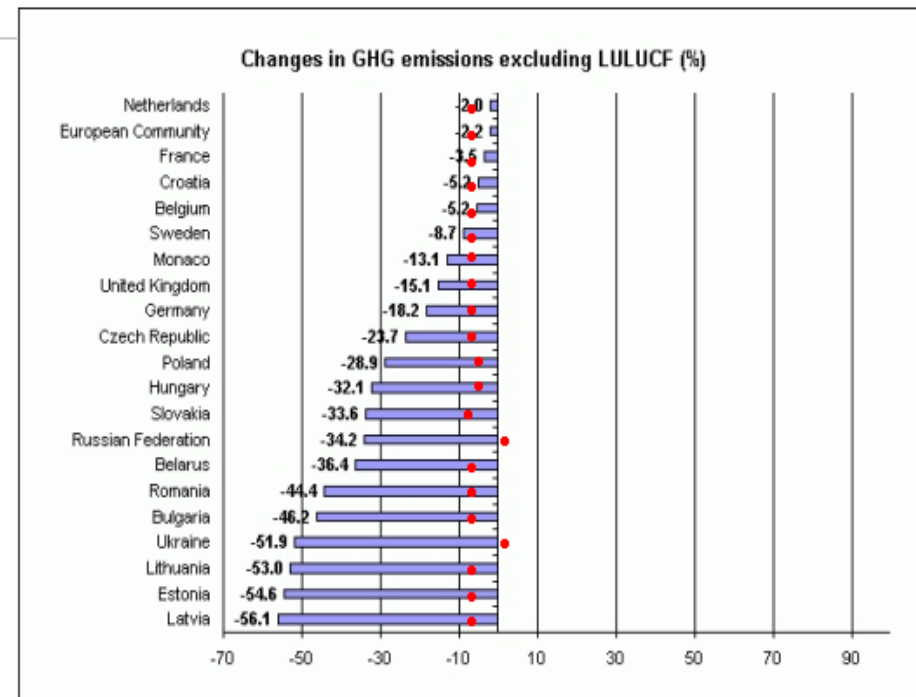
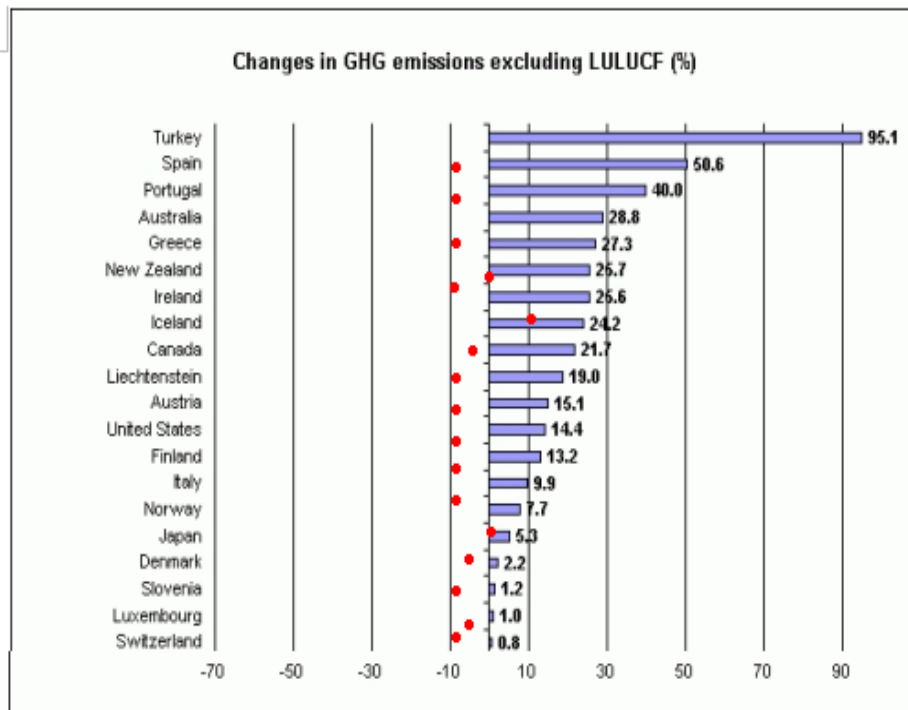


資料來源：IEA, World Energy Outlook 2008

二、溫室氣體減量壓力沉重

- 1990到2005年附件一國家總排放量降低4.7%；主要是東歐經濟轉型國因經濟下滑導致GHG排放量大幅削減37.0%。若排除經濟轉型國家削減量，其餘工業化國家GHG實際增加9.9%。
- 非經濟轉型之工業化國家僅英國、德國、瑞典達成京都第一承諾期減量目標。

第一承諾期減量目標



三、全球能源資源開發已瀕臨供應極限

全球能源資源蘊藏量有限且地理分佈不均，預估化石能源最長可再使用41.6~133年，尋求新的替代能源日益殷切。

項目 \ 能源別	石油	天然氣	煤炭	鈾
總蘊藏量 (2007 年底)	12,379 億桶	177 兆立方公尺	8,474 億公噸	550 萬公噸
產量 (2007 年)	297.5 億桶	2.9 兆立方公尺	63.9 億公噸	3.96 萬公噸
可使用 年數	41.6 年	60.3 年	133 年	138 年

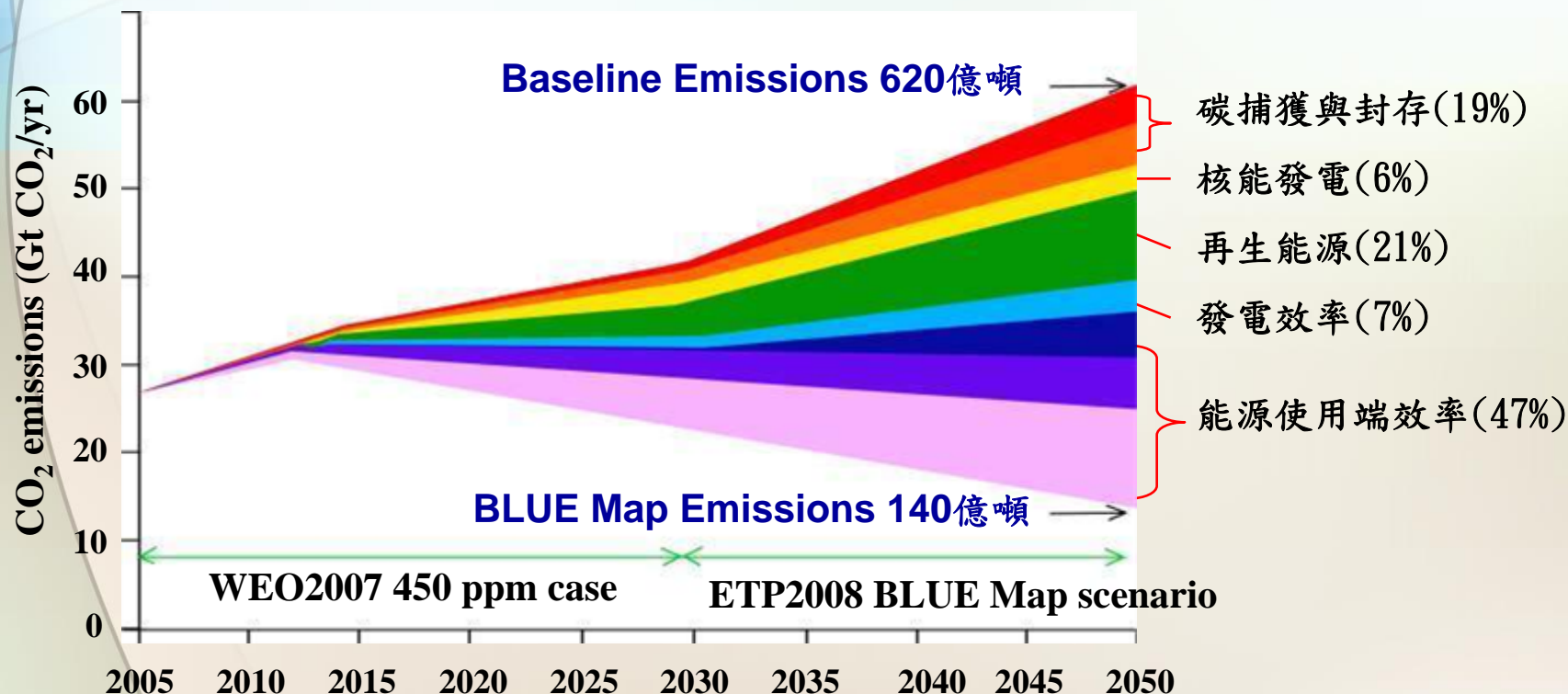
資料來源：1.BP(2008) statistical review of world energy .
2.A joint report OECD NEA and IAEA(Uranium 2007).



四、減碳技術發展趨勢

2008年 IEA Energy Technology Perspective，2050年全球擬降低 480億噸 CO₂ (BLUE Map scenario) 之關鍵技術：

1. 使用端主要為能源效率提升為減少CO₂排放之關鍵，占47%；
2. 在供給端，再生能源占重要地位，其次是碳捕獲與封存。



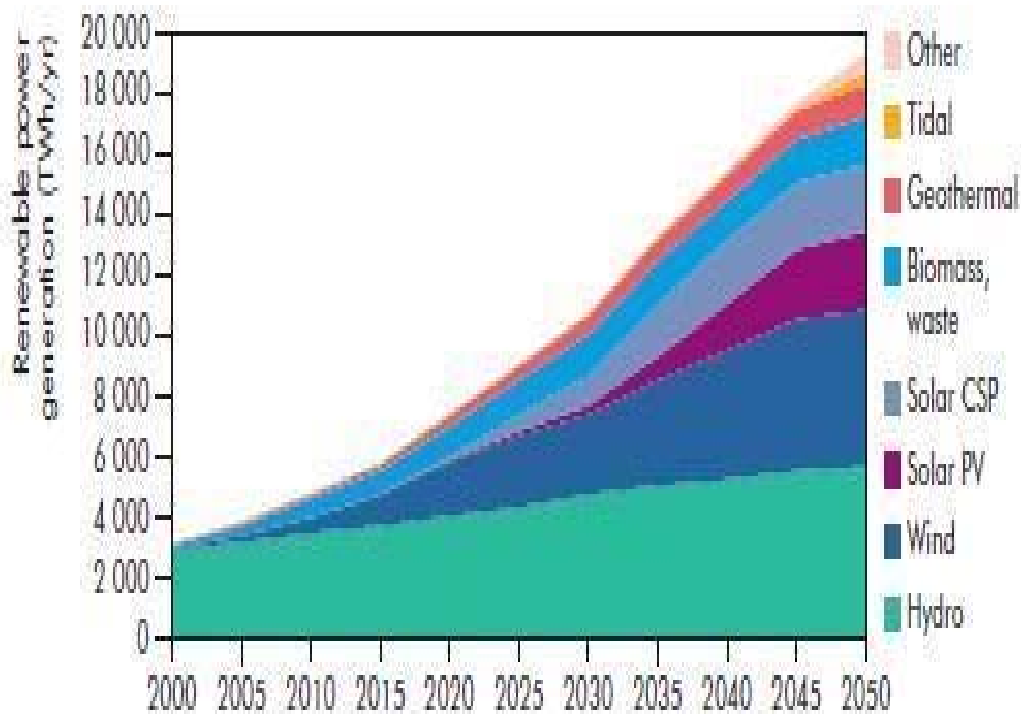
五、全球再生能源發展趨勢

1. 2006年全球新能源投資於達709億美金，兩年來成長2.5倍。
2. 根據IEA統計，全球計有**38**個國家訂定再生能源發展目標。
3. 依IEA2008年能源技術評析情境分析，預估再生能源發電占總發電量比例將由**2005年的18%**提升至**2050年的46%**。

各主要國家再生能源發展目標(占總發電量比重)

國別	發展目標(目標年)
德國	20~30%(2020),50%(2050)
法國	21.0% (2010)
荷蘭	9.0% (2010)
義大利	25.0% (2010)
英國	10.0% (2010), 20.0%(2020)
澳洲	20.0%(2020)
日本	12,320千瓩(2010) 占總初級能源供給7.0%(2010)
美國	占總初級能源供給15% (2020)
韓國	占總初級能源供給11% (2030)
中國	占總初級能源供給20% (2020)

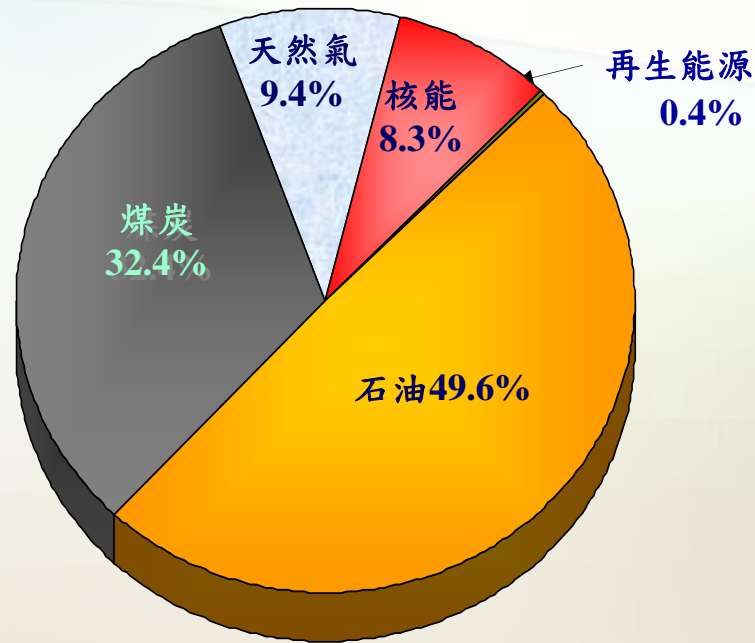
再生能源發電成長趨勢情境分析(2000年~2050年)



貳、我國能源供需現況與面臨 課題

一、我國能源供給結構以化石能源為主，溫室氣體減量壓力沉重

1. 我國天然能資源匱乏，能源進口依存度高達99.2%的獨立能源系統。
2. 2008年我國能源總供給為14,247萬公秉油當量，其中，石油占49.5%，煤炭占32.4%，天然氣占9.4%，核能發電占8.3%，再生能源占0.3%，能源供給結構高度依賴煤炭、石油等化石燃料。

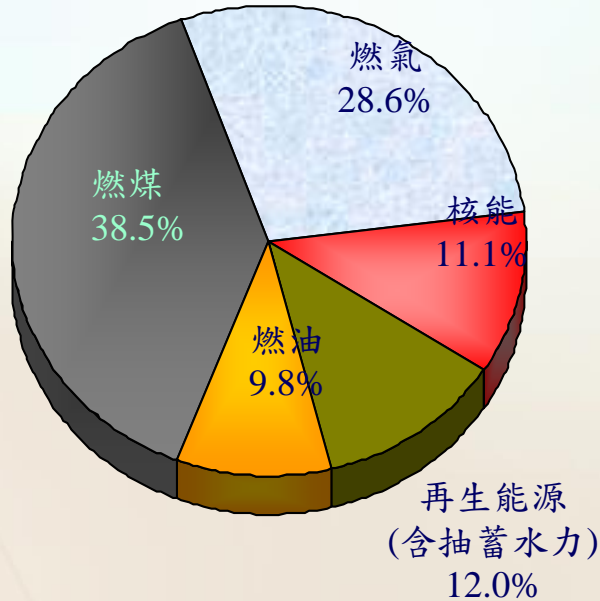


2008年

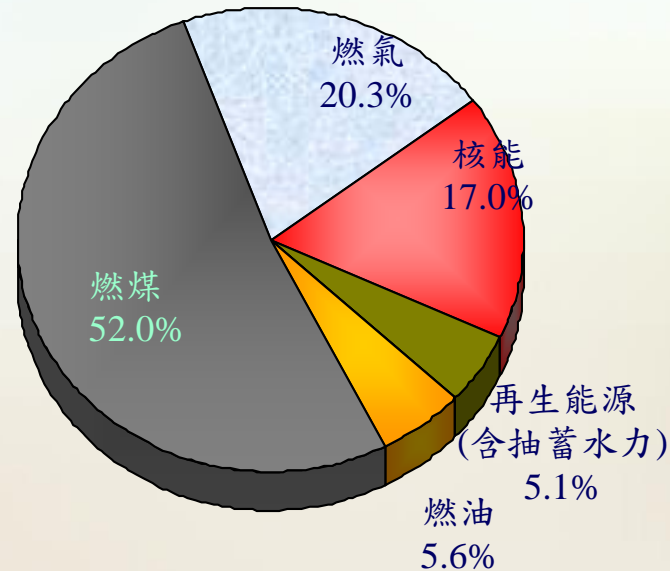
14,247萬公秉油當量

一、我國能源供給結構以化石能源為主，溫室氣體減量壓力沉重(續)

1. 2008年我國總裝置容量4,638.2萬瓩，其中化石能源(燃煤、燃氣、燃油)佔76.9%，核能11.1%，再生能源12.0%；同期我國總發電量238,326百萬度，其中化石能源佔77.9%，核能17.0%，再生能源5.1%，整體發電結構亦高度倚賴化石能源。
2. 我國2008年之電力排放係數為**0.636公斤CO₂e/度**，高於美、法、日、韓等國。



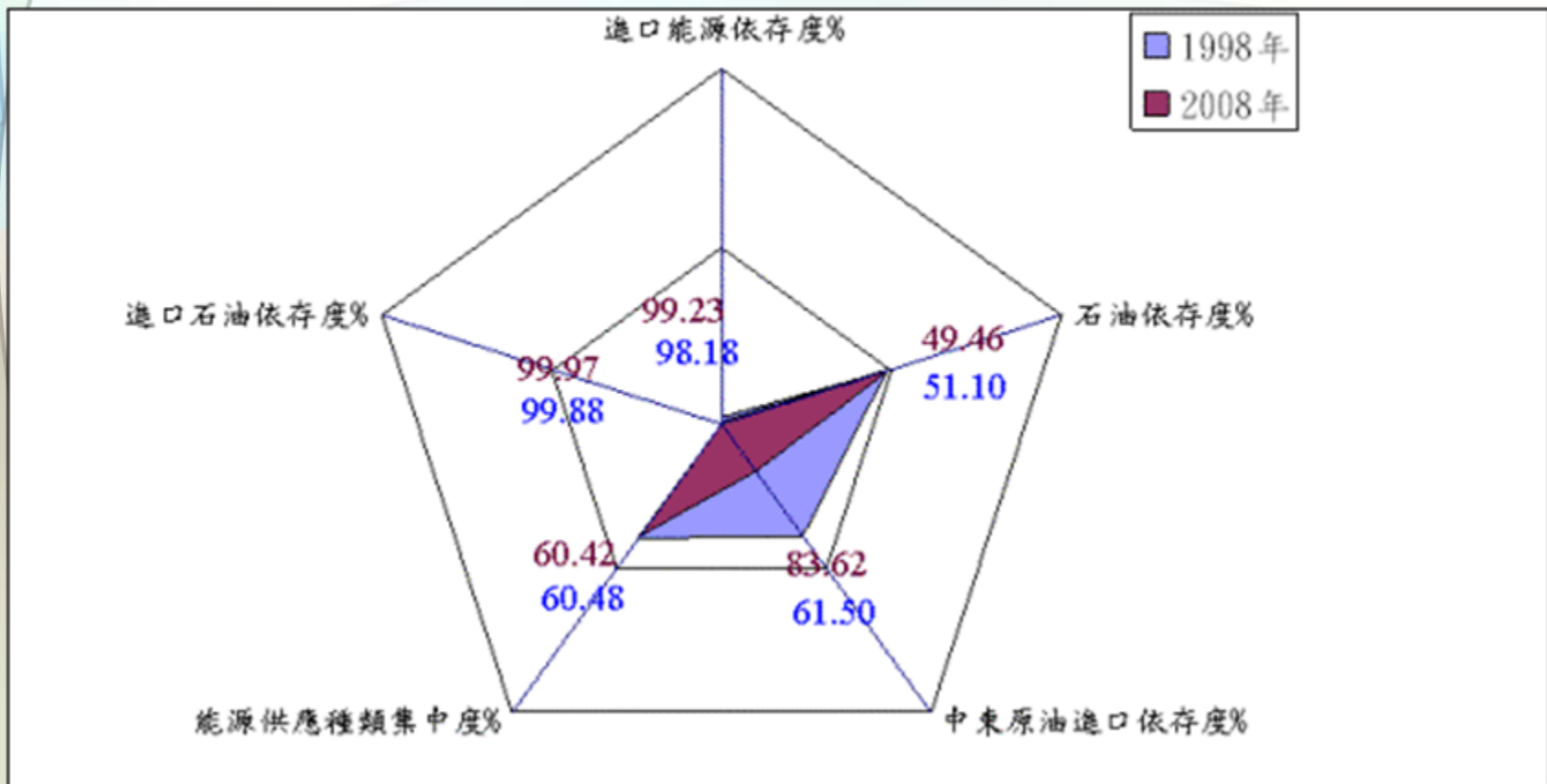
2008年裝置容量結構
4,638.2萬瓩



2008年發電量結構
238,326百萬度

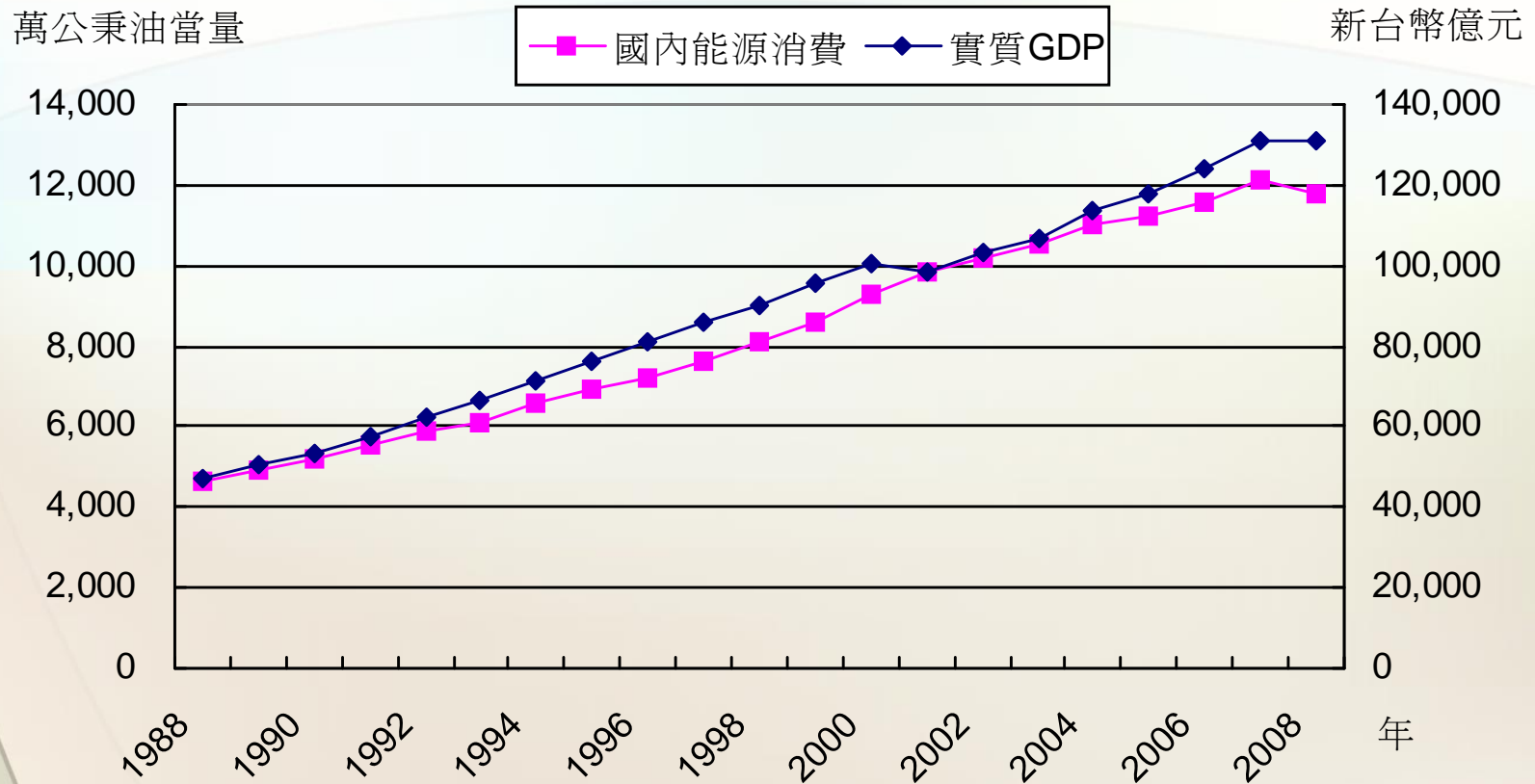
二、我國能源供給高度仰賴進口，能源安全體系脆弱，易受國際能源衝擊影響

1. 我國能礦資源匱乏，能源供給主要仰賴進口，進口能源依存度高達99.23%，且為獨立能源供應體系，欠缺有效的備援系統，致使能源安全度頗為脆弱。另我國初級能源供應以石油及煤炭為主，能源供應種類集中度較鄰近日韓二國為高，達60.42%



三、能源消費持續成長，工業部門占比最高

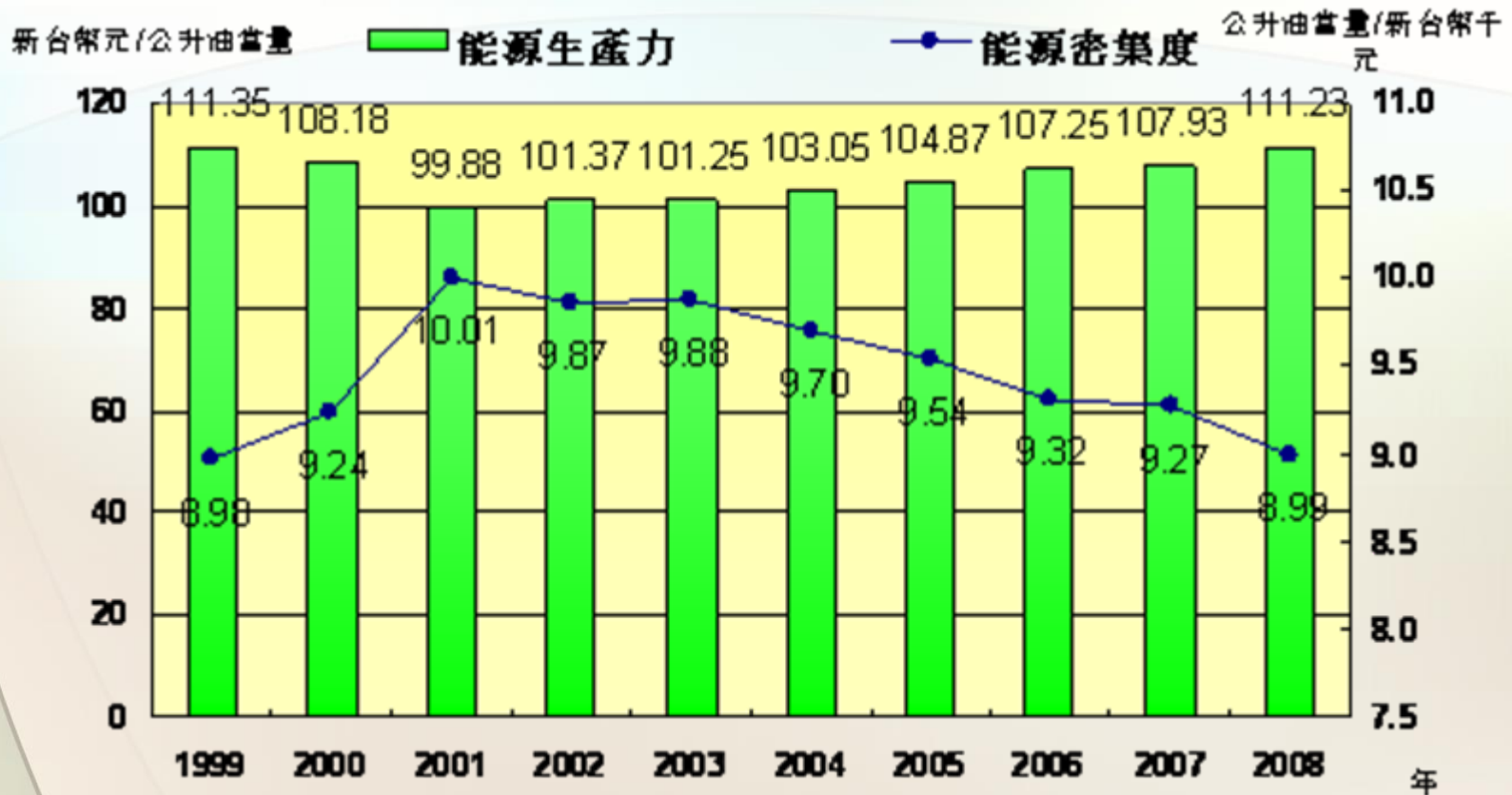
1. 隨著經濟快速成長，我國國內能源消費亦快速成長，2008年我國能源消費為11,768.8萬公秉油當量，相較1988年成長150.51%，平均每年成長4.76%，其中尤以工業部門為主要能源消費部門。



資料來源：經濟部能源局。

四、能源效率雖有改善，然仍較先進國家為高

- 我國能源效率自2001年起，已呈現顯著改善趨勢，2008年我國能源密集度為8.99公升油當量/新台幣千元，較2001年降低10.19%，平均每年降低1.66%。

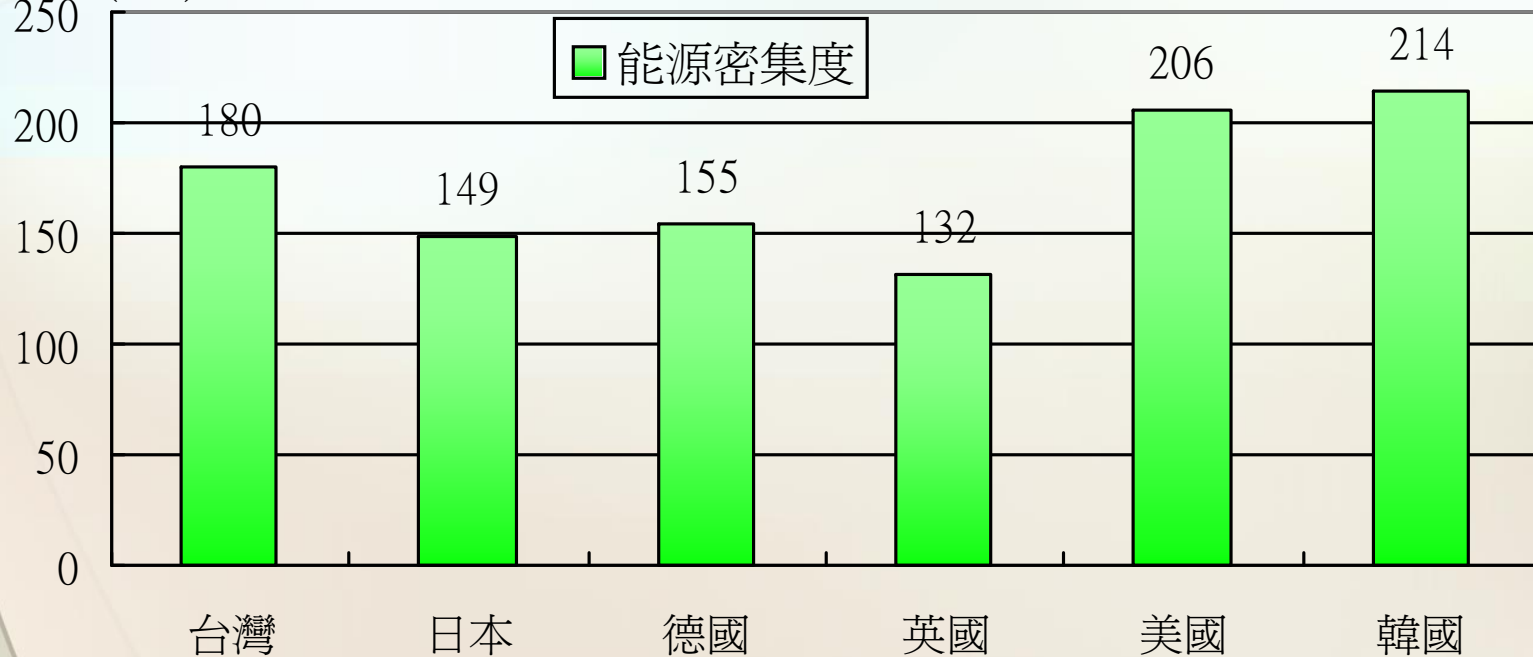


資料來源：經濟部能源局。

四、能源效率雖有改善，然仍較先進國家為高（續）

1. 比較日本、德國、英國等先進國家，我國能源密集度仍相對較高，仍有相當改善空間。

公噸油當量/百萬
美元(PPP)



資料來源：經濟部能源局。

參、我國長期能源發展戰略方向



一、能源、環保與經濟三贏目標

✳ 推動全國二氧化碳排放減量，於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量。發電系統中低碳能源占比由41%，增加至2025年達50%以上

✳ 未來8年以每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年下降20%以上；之後藉由技術突破及相關配套措施，2025年下降50%以上

潔淨

效率

Cool 台灣!

穩定

✳ 建立兼顧滿足未來經濟成長及能源安全的能源系統。

二、我國長期能源發展戰略方向

長期能源發展戰略方向

確保全國能源供應穩定及安全

考量環境衝擊

兼顧經濟發展

建構能源供應安全體系

建構低碳能源發展藍圖

加速低碳產業佈局及強化競爭力

全面提升部門效率、促使能源價格合理化

加強能源科技發展與人才培育

建立全民永續發展共識與全民參與機制

穩定能源供應

1. 提升能源安全議題位階，**強化能源戰略布局**；
2. **促進能源多元化、發展自主性高之再生能源**，以提高能源供應安全度；
3. **積極參與多邊能源國際合作**，強化國內外能源探勘開發合作，擴大參與國際能源資源開發、技術及設備開發與生產，以確保能源供應穩定；
4. 確保穩定煤、油安全存量機制，**建立天然氣供應端與需求端預警連繫機制**，**提高能源自主運輸能量**，以健全能源卸、儲、運管理機制。
5. 因應國際重大能源供需失衡與價格衝擊，**研議設置國家能源安全基金之必要性**，以建構能源安全體系。

改善能源結構

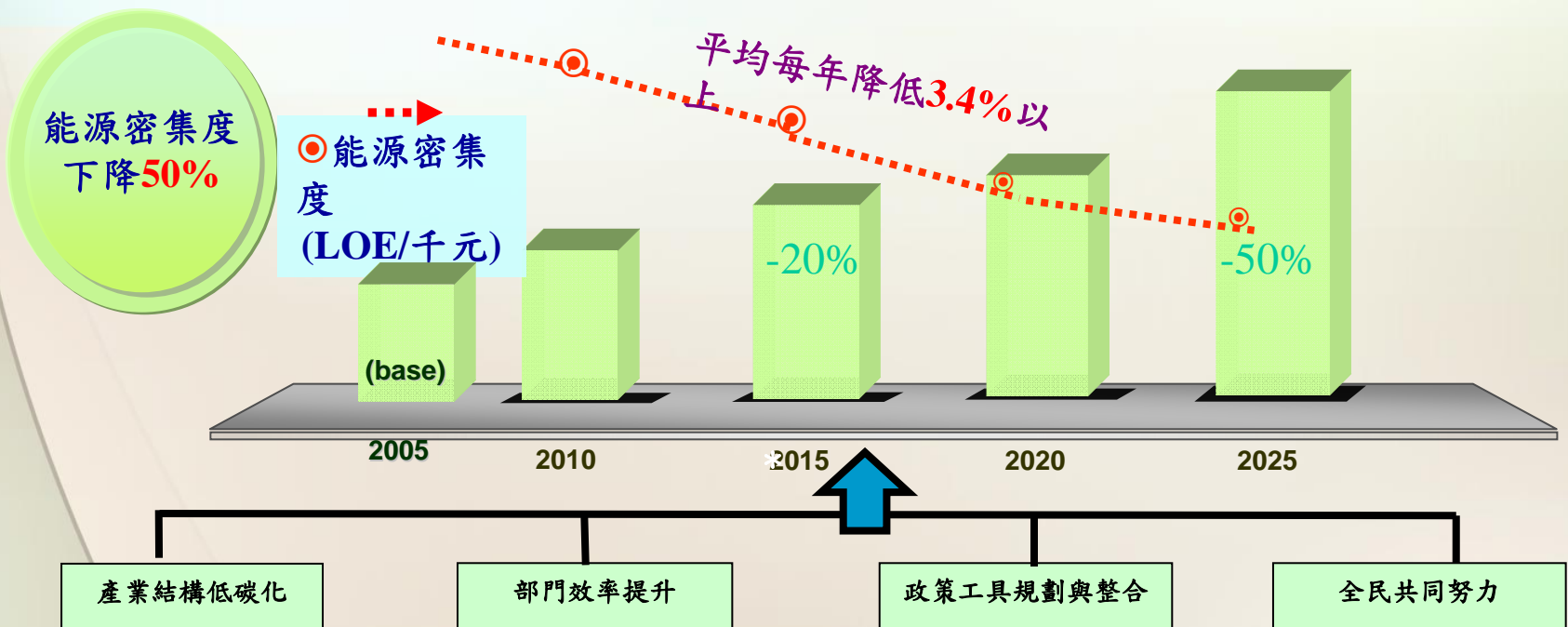
1. **積極發展無碳再生能源**，有效運用再生能源開發潛力，**於2025年占發電系統的8%(裝置容量15%)以上**。
2. 增加低碳天然氣使用，兼顧天然氣供應安全與燃料成本等因素，**規劃天然氣可行最大用量，於2025年占發電系統的25%以上**。
3. 促進能源多元化，兼顧低碳與自主，**推動「核能發電合理使用評估方案」**，增進能源供應安全。

強化安全與高效率電力系統

1. 發展淨煤技術善用煤炭蘊藏，盡早展開境內CCS的相關研究與實地驗證、持續觀察國際間IGCC發展及引進之可行性，並建立示範電廠；未來技術成熟時則期盼能興建低碳排放之燃煤電廠。
2. 加速火力電廠的汰舊換新，訂定電廠整體效率提升計畫，並要求新火力電廠達全球最佳可行發電轉換效率水準。
3. 依電力系統負載特性、環境保護與內外部成本考量，維持適切的基、中、尖載機組比重，並依未來負載需求適時調整，俾利於維持長期電力穩定供電系統。
4. 電力負載預測應配合國土空間發展策略規劃，電源開發方案規劃時，應考量能源使用效率提升，研究擴大時間電價差距，推動需量反應措施，設置智慧型電網及電表（AMI）的節能成效，據以建立安全與高效率電力系統。
5. 持續改善輸配電設備與系統，減少不必要之電力損失，間接減少發電燃料之使用。

提升能源使用效率、落實能源價格合理化

1. 提升整體能源使用效率及降低碳排放密集度，訂定節能減碳目標，**使能源密集度於2025年較2005年降50%以上**，促成綠色產業發展與清潔生產，帶領產業走向更經濟有效且環境和諧之生產型態。
2. 配合**全球溫室氣體管制趨勢及國內二氧化碳減量目標規劃**，應優先**建立低碳能源生產消費經濟模式及調整為高附加價值產業結構**。
3. **落實能源價格合理化**，合理反映內部與外部成本及強化資訊公開，有效運用能源價格之指標性效果，以期達成環保節能效果。



加速低碳產業佈局及強化競爭力

1. **執行產業低碳化相關措施，促使產業逐步邁向「低碳化」**，建構我國高質低排放的新產業鏈佈局，創造綠色就業與消費。
2. **落實「綠色能源產業旭升方案」**，推動技術突圍、關鍵投資、環境塑造、出口轉進及內需擴大等策略，建立關鍵技術群組，提升台灣綠能產業的競爭地位至國際水準，進一步增加投資，健全產業價值鏈，搶占全球市場，引領台灣邁向綠色能源產業大國。

加強能源教育，建立全民永續發展共識

1. **紮根節能減碳環境教育**，推動全民教育宣導及永續綠校園。
2. **普及能源環境教育及培育能源科技人才**，以強化國人節能減碳素養、有效促進節能產業升級發展，提升國際競爭力。
3. **推動全民參與發展「低碳社區」與「低碳城市」**，其內涵將包括低碳能源的使用、節能設施的鋪設、低碳節能綠建築的營造及低碳生活模式的塑造，從而建造再生能源生活圈，引領國民樂活生活典範。



守護地球·事關你我

肆、我國能源結構前景

一、高中低案情境設計

- 能源為經濟發展之基礎，並與國計民生息息相關，經濟景氣的變動對能源需求有著極大的關聯與影響。鑑於2008年能源使用實績值較往年大幅減少，究其緣由，主要應為2008年發生之金融海嘯，影響國際整體經濟情勢，全球經濟成長呈現趨緩現象，我國經濟成長亦受波及；此外，行政院2008年6月核定「永續能源政策綱領」，積極推動節能減碳宣導與措施，亦為提高節約能源成效之因素。
- 面對經濟、能源及環保3E未來變化，本研究採用「3E多目標規劃」模型為基礎架構進行規劃求解，以推估不同經濟成長前景下，我國兼顧能源供應、經濟成長及環境品質三大目標之中長期能源結構、電源結構變化。

二、情境設定說明

政策層面	策略項目	高案	中案	低案
產業政策	經濟成長情形	2009-2012年GDP成長率6% 2005-2015年均成長約4.74% 2015-2025年均成長約4.10% 2005-2025年均成長約4.42%	參考國內外機構經濟成長預測 2005-2015年均成長約4.18% 2015-2025年均成長約3.30% 2005-2025年均成長約3.74% 接近TPC綜研所9711中案	2005-2015年均成長約3.83% 2015-2025年均成長約2.27% 2005-2025年均成長約3.05%
	產業最終消費設定	參考IDB製造業結構調整規劃，適度向上調整	參考IDB製造業結構調整規劃	參考IDB製造業結構調整規劃，適度向下調整
	重大投資	鋼鐵、石化業均發展	鋼鐵、石化業均發展	鋼鐵、石化業有條件發展
環境政策	2025年排放目標	無設定目標	無設定目標	「永續能源政策綱領」 2025年回歸2000年CO ₂ 排放水準 (214百萬公噸)
	2025年CO ₂ 排放量	459百萬公噸	392百萬公噸	260百萬公噸

二、情境設定說明(續)

政策層面	策略項目	高案	中案	低案
能源政策	推廣再生能源	2015年5,200 MW 2025年8,450 MW	2015年5,200 MW 2025年8,450 MW	2015年5,200 MW 2025年8,450 MW
	擴大LNG使用	2015年1,350萬公噸 2025年2,000萬公噸	2015年1,350萬公噸 2025年2,000萬公噸	2015年1,350萬公噸 2025年2,000萬公噸
供給面	核能議題	核能延役 2015年7,844MW 2025年7,844MW	核能延役+新增3部機組 2015年7,844MW 2025年11,894MW	核能延役+新增5部機組 2015年7,844MW 2025年14,594MW
能源政策	提昇能源效率	2025年能源密集度較2005年下降33% (約每年下降2%)	2025年能源密集度較2005年下降40% (約每年下降2.5%)	參酌永續能源政策綱領 2025年能源密集度較2005年下降50% (約每年下降3.4%)
需求面	能源價格合理化	實質電價年調漲2%	實質電價年調漲2%	實質電價年調漲3.5%
	碳匯國際VCS	無境外減量管道	無境外減量管道	境外減量管道 (46百萬公噸)

註：根據台電規劃，核一、二、三原訂於2018~2026年除役，本表延役情境之除役年限延後至2038~2046年；核能新增規劃，預定於2021至2026年每年新增一部機組。

三、規劃結果－經濟成長率

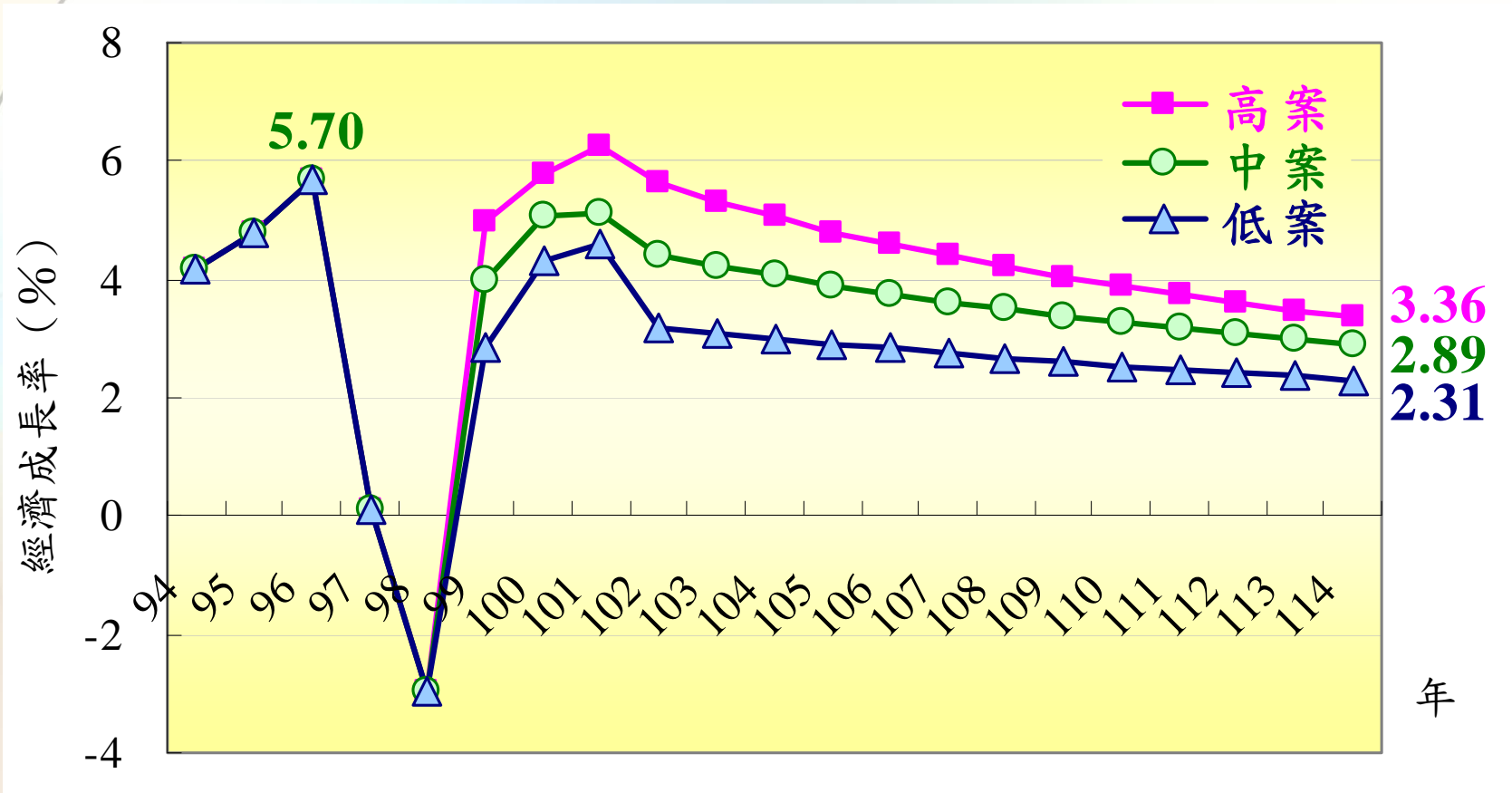
單位：百萬元；%

- ❖ 中案年均經濟成長率為**3.43%**。
- ❖ 高案年均經濟成長率較中案高出**0.77**百分點，為**4.20%**。
- ❖ 低案年均經濟成長率為**2.60%**，較中案低**0.83**百分點。
- ❖ 低案在回歸**2000年214**百萬公噸排放水準又不嚴重影響經濟發展前提下，有**46**百萬公噸（少於基線的**10%**）需透過境外減量策略。

	高案		中案		低案	
	實質GDP	經濟成長率	實質GDP	經濟成長率	實質GDP	經濟成長率
2005	11,809,552	4.16	11,809,552	4.16	11,809,552	4.16
2006	12,376,337	4.80	12,376,337	4.80	12,376,337	4.80
2007	13,082,183	5.70	13,082,183	5.70	13,082,183	5.70
2008	13,098,268	0.12	13,098,268	0.12	13,098,268	0.12
2009	12,709,249	-2.97	12,709,249	-2.97	12,709,249	-2.97
2010	13,339,628	4.96	13,215,078	3.98	13,068,921	2.83
2011	14,113,327	5.80	13,886,404	5.08	13,630,885	4.30
2012	14,996,821	6.26	14,597,387	5.12	14,257,906	4.60
2013	15,839,664	5.62	15,244,165	4.43	14,712,679	3.19
2014	16,682,507	5.32	15,890,942	4.24	15,167,453	3.09
2015	17,525,350	5.05	16,537,720	4.07	15,622,227	3.00
2016	18,368,193	4.81	17,184,498	3.91	16,077,001	2.91
2017	19,211,036	4.59	17,831,275	3.76	16,531,775	2.83
2018	20,053,880	4.39	18,478,053	3.63	16,986,549	2.75
2019	20,896,723	4.20	19,124,830	3.50	17,441,323	2.68
2020	21,739,566	4.03	19,771,608	3.38	17,896,097	2.61
2021	22,582,409	3.88	20,418,385	3.27	18,350,871	2.54
2022	23,425,252	3.73	21,065,163	3.17	18,805,644	2.48
2023	24,268,095	3.60	21,711,940	3.07	19,260,418	2.42
2024	25,110,938	3.47	22,358,718	2.98	19,715,192	2.36
2025	25,953,781	3.36	23,005,496	2.89	20,169,966	2.31

CO ₂ 排放量(百萬公噸)			
	高案	中案	低案
2015	357	327	293
2025	459	392	260

三、規劃結果－經濟成長率(續)



資料來源：本研究。

三、規劃結果—三級產業結構

- ❖ 高、中、低案未來均朝向服務業發展。
- ❖ 高案：大力推廣服務業，使服務業占比高於中案。
- ❖ 低案：因減量目標限制，能源密集度較高之工業（尤其是製造業）占比下降較大，推高服務業占比。
- ❖ 高、低案相較：高案雖偏重服務業，但整體產業仍相對均勻發展，低案則因製造業規模受限於減量壓力，使得服務業占比增加較多。

	高案			中案			低案		
	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業
97	1.2	31.2	67.6	1.2	31.2	67.6	1.2	31.2	67.6
98	1.2	30.9	67.9	1.2	31.0	67.8	1.2	30.9	67.9
99	1.2	30.7	68.1	1.2	30.8	68.0	1.2	30.6	68.2
104	1.1	29.4	69.5	1.1	30.0	68.9	1.1	29.2	69.7
109	1.0	28.2	70.8	1.1	29.1	69.8	1.1	27.8	71.2
114	0.9	26.9	72.2	1.0	28.3	70.7	1.0	26.3	72.6

三、規劃結果－2025年電力裝置容量結構

- 1.我國未來發電裝置容量持續成長，由2008年46,382MW增加至2025年74,761MW(高案)、71,472MW(中案)、61,643MW(低案)。
- 2.我國2025年發電結構低碳能源(燃氣、核能、再生能源)分為44.5%(高案)、60.5%(中案)、68.2%(低案)。

2025年	高案		中案		低案	
	MW	%	MW	%	MW	%
燃煤機組	39,244	52.5	25,939	36.3	17,404	28.2
燃油機組	2,261	3.0	2,190	3.1	2,190	3.6
燃氣機組	16,310	21.8	20,398	28.5	16,404	26.6
核能	7,844	10.5	11,894	16.6	14,594	23.7
抽蓄水力	2,602	3.5	2,602	3.6	2,602	4.2
再生能源	6,500	8.7	8,450	11.8	8,450	13.7
總計	74,761	100.0	71,472	100.0	61,643	100.0

三、規劃結果－2025年電力發電量結構

- 1.高案：我國未來發電量結構低碳能源(燃氣、核能、再生能源) 占比為41.8%，燃煤發電占比56.5%，亟需引進淨煤技術，降低環境衝擊。
- 2.中案：我國未來發電量結構低碳能源(燃氣、核能、再生能源) 占比提高為59.5%，燃煤發電降低為占比59.5%，達成低碳能源結構目標。
- 3.低案：我國未來發電量結構低碳能源(燃氣、核能、再生能源) 占比提高為70.1%，整體環境衝擊為最低，然總發電量降為3,250億度，對於用電需求有所限制。

2025年	高案		中案		低案	
	億度	%	億度	%	億度	%
燃煤機組	2,309	56.5	1,498	38.7	908	27.9
燃油機組	68	1.7	66	1.7	66	2.0
燃氣機組	904	22.1	1,136	29.4	909	28.0
核能	578	14.1	876	22.6	1,075	33.1
抽蓄水力	38	0.9	38	1.0	38	1.2
再生能源	192	4.7	253	6.5	253	7.8
總計	4,089	100.0	3,868	100.0	3,250	100.0

伍、結語

結 語

- 一、**全球氣候變遷**的壓力及**金融海嘯**的衝擊，**將促使煤炭、再生能源、核能等能源**技術變革，**誘發能源技術演進**，全球能源供需配比將趨向另一全新面貌的平衡。
- 二、我國為能源系統孤立之島國，能源產業兼具能源供應安全與溫室氣體減量的重任，且火力電廠在可預期的未來仍將是台灣依重的電力來源，更需進行謹慎與全面的改造工作，無法一蹴可及。基於能源安全與減碳需求，**我國應積極提高火力電廠發電效率，並發展綠能產業，提升台灣的競爭地位**，引領台灣邁向綠色能源產業大國。
- 三、核能為重要的低碳能源，在確保核能安全及妥善處理核廢料前提下，核四應照原訂計畫完工運轉，並檢討現行「非核家園」政策，**進一步評估核能機組延役及新增的可行性**，以作為國家推行『**節能減碳**』政策的重要基石。
- 三、**中長期落實能源合理化**，以漸進方式合理反映外部成本，**將外部成本(包括環境外部成本)內部化**，**將促進節能投資、產業提升能源效率**誘因與能源技術的研發，則將能提高節約能源的邊際效益，有利於節能工作的推動，達成節能減碳的預期目標。



報告完畢
敬請指教