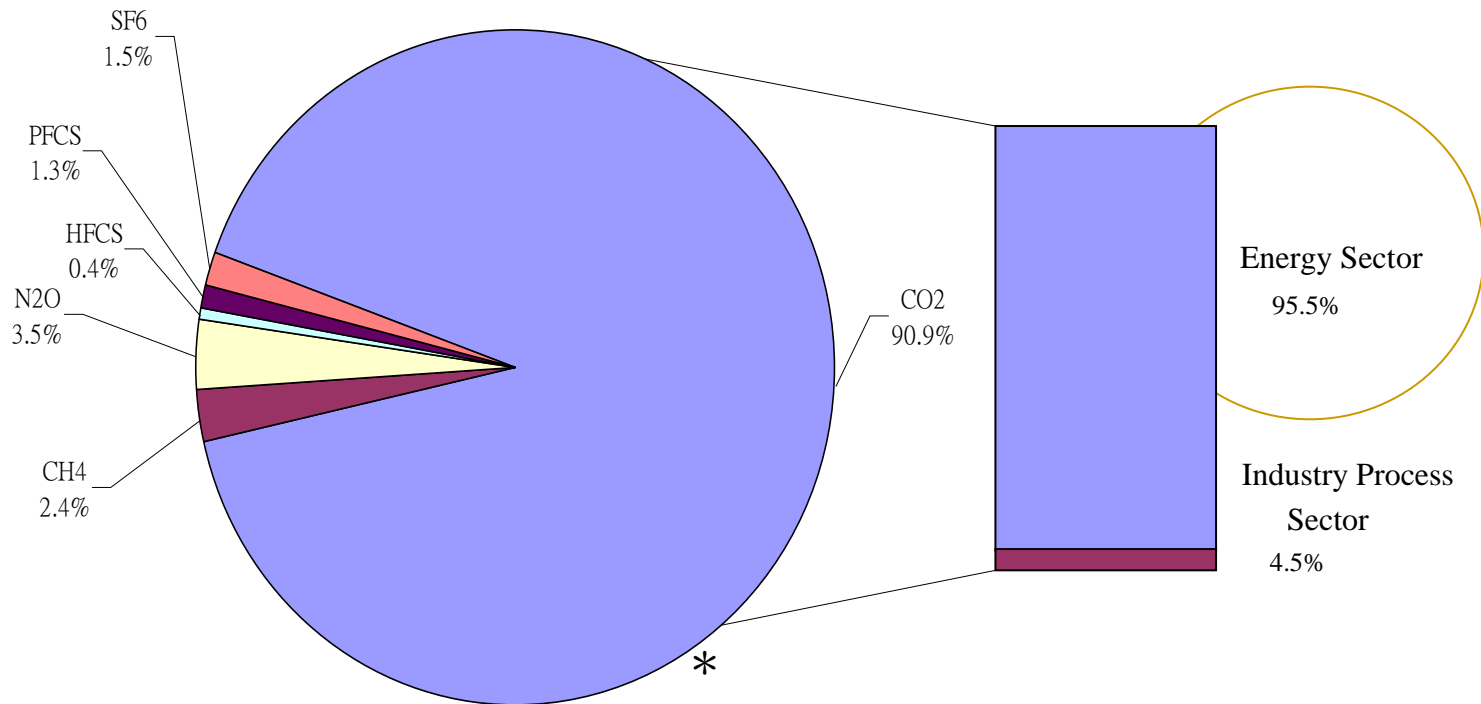

台灣發展低碳經濟與社會的挑戰

顧洋教授

國立台灣科技大學化學工程系

台灣溫室氣體排放結構

- 統計2006年溫室氣體總排放量為306百萬噸CO₂當量，其中約 86.8% 來自能源燃燒所排放的二氧化碳。

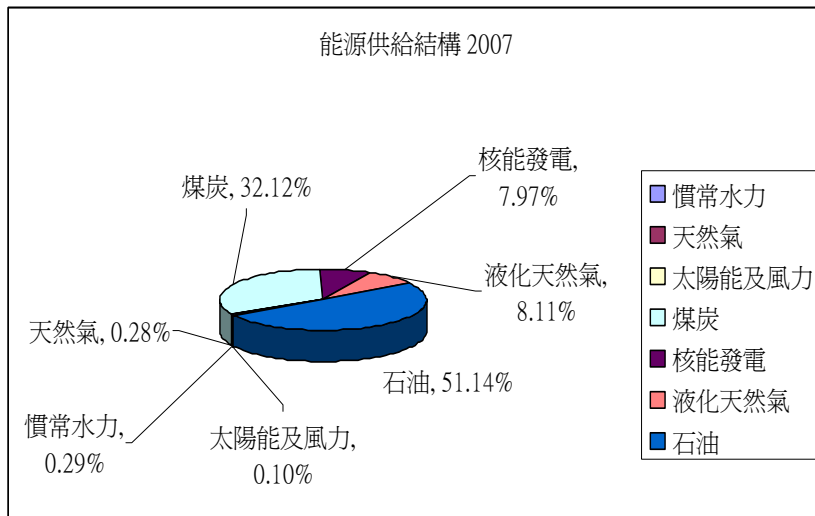


台灣能源供給現況

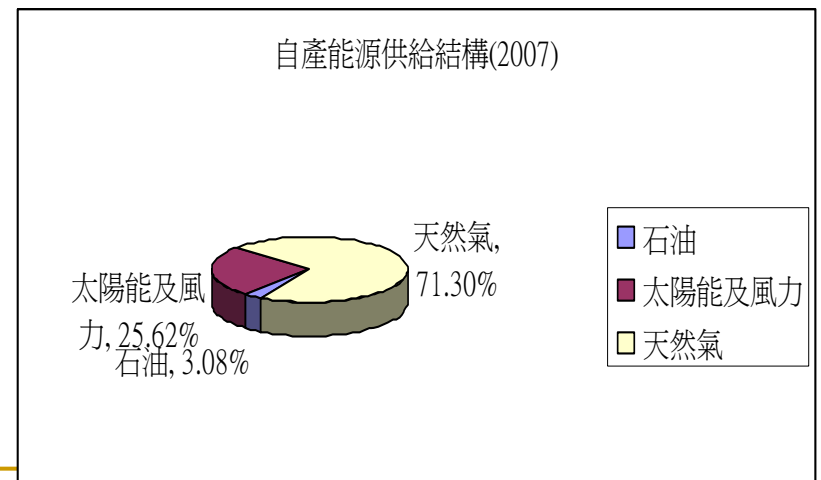
由近年來和能源安全相關之各種指標來看，台灣能源安全度有惡化趨勢。能源安全度之風險因子有(1)進口能源依存度(2)能源集中度。而這些指標，台灣有逐漸惡化的傾向。

進口能源依存度

台灣自產能源比例僅佔0.68%，進口能源佔99.32%，如包含準自產之核能發電，則自主能源比例可達8.65%，自主能源比例仍低。



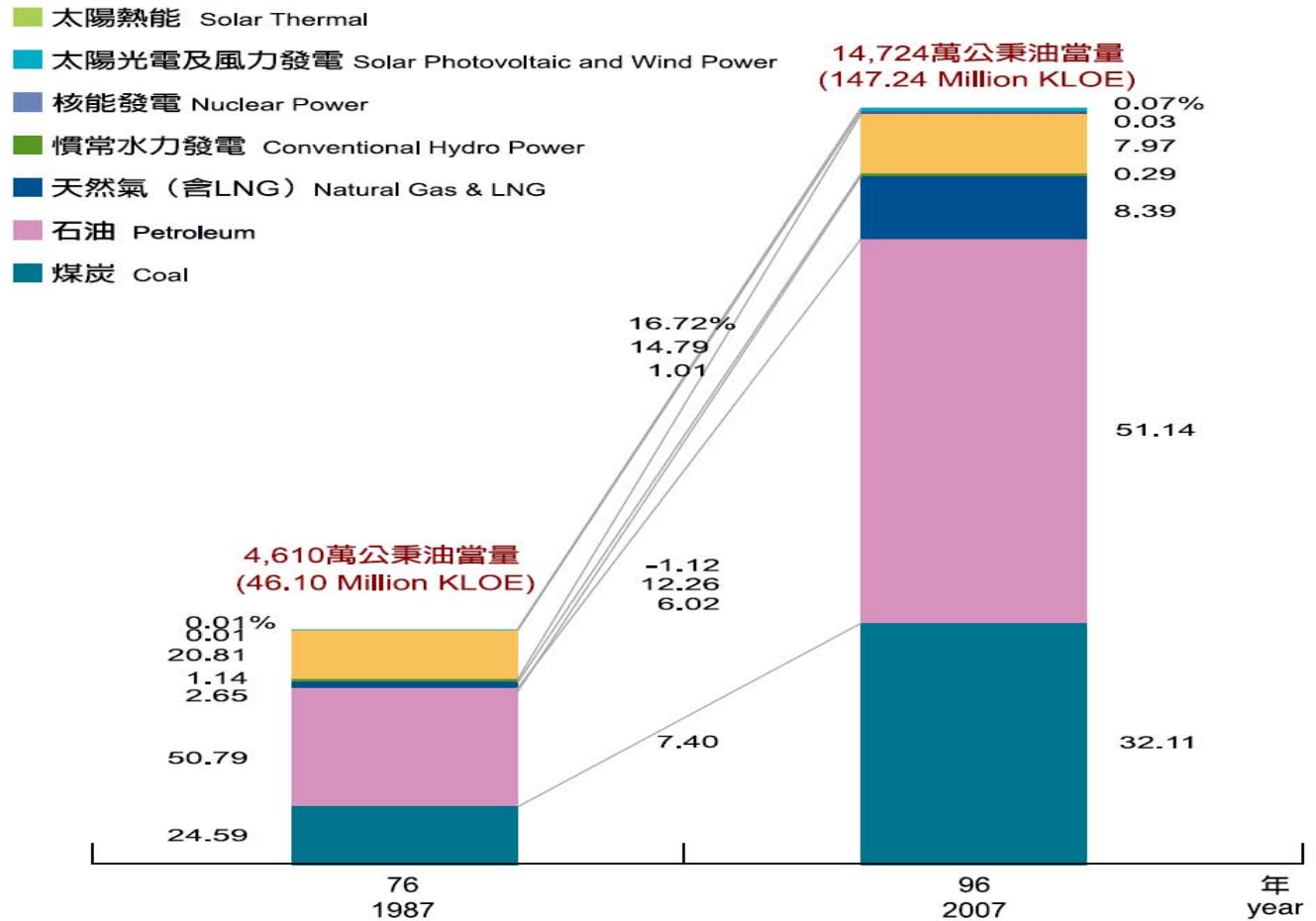
2007能源供給結構



2007自產能源供給結構

能源供給結構 Structure of Energy Supply

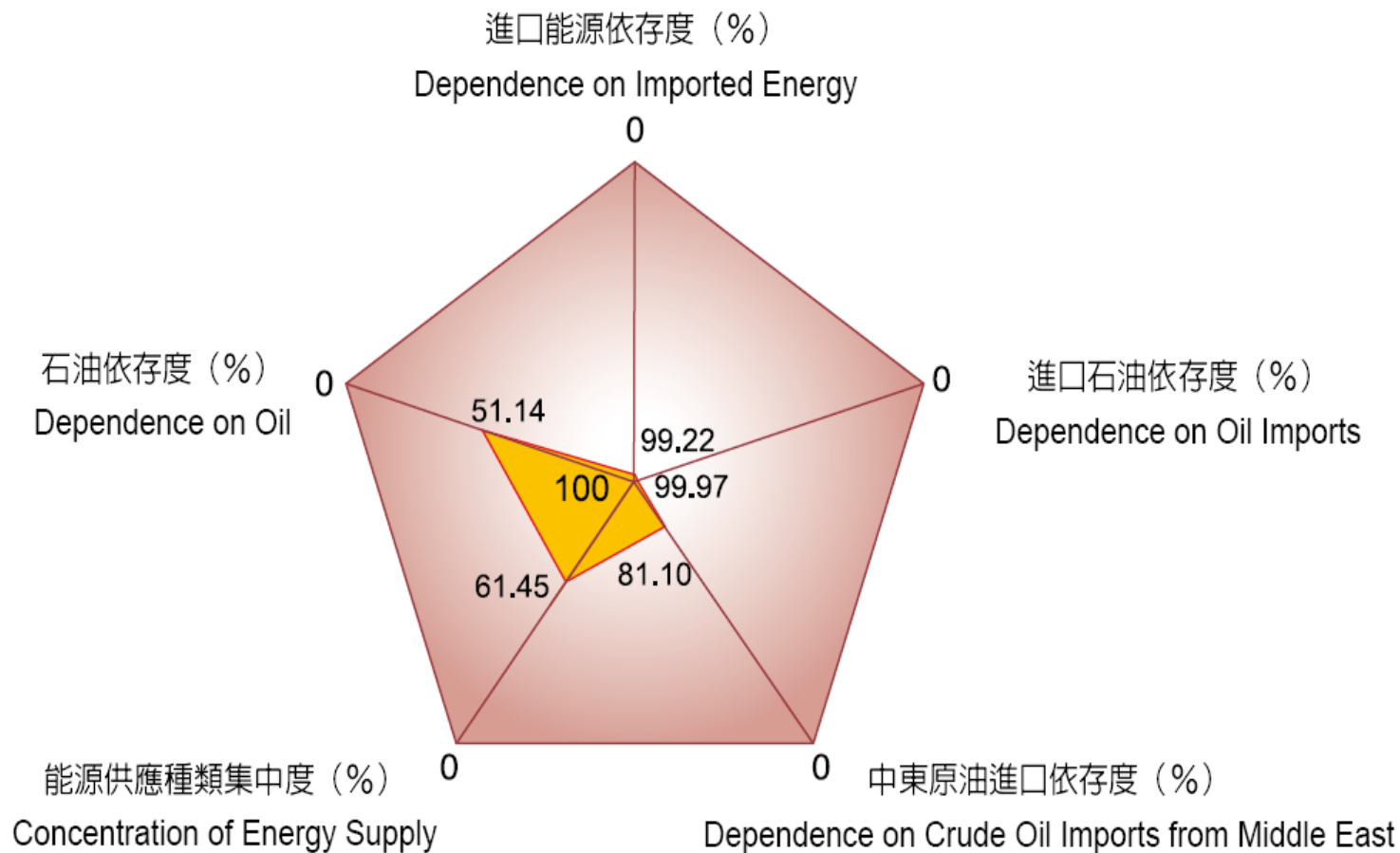
- 我國能源供給快速成長，平均年成長率約5.98%。
Energy supply increases rapidly with average annual growth rate of 5.98%.



資料來源：台灣能源統計手冊2007（能源局出版）

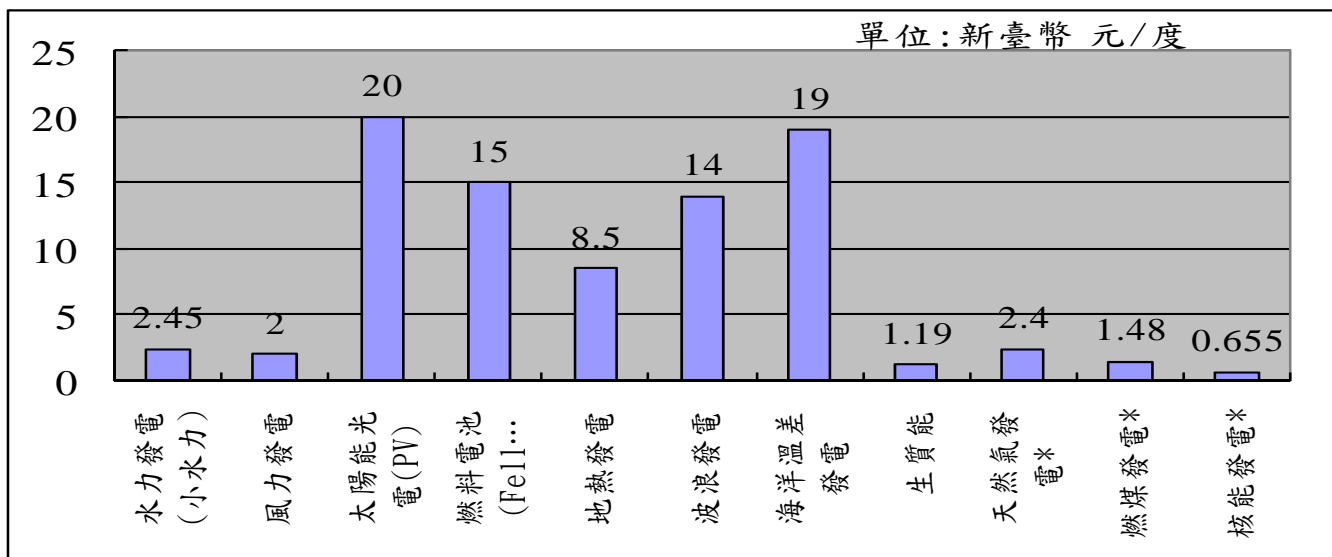
能源安全度 <96年>

Energy Security Indicators (2007)



能源多元化

目前不含水力的再生能源占能源總供給的比率僅0.76%。成本偏高是原因之一，其中成本最低的風力發電每度在2元左右，高於台電平均發電成本（1.33元/度）。太陽光電的成本則更高達每度17元到23元。再生能源的發展其實也受地理限制，有實施上的困難，易言之，再生能源短期間並無法供應基本負載。



台灣能源使用現況

能源生產力（每單位能源使用量可生產的GDP）：

1. 異於1980-1999年能源生產力增加43.8%的成果，能源生產力在1999-2006年間不昇反降，1999-2006年能源生產力降低幅度達3.4%，同期間能源密集度（能源使用量/GDP）增加3.43%。
2. 主要原因有二，一是能源密集產業（註1）佔全國能源消費比重由1996年的31.8%大幅提高到2006年的35.9%。另一為低於國際水準的能源價格所致（註2）。

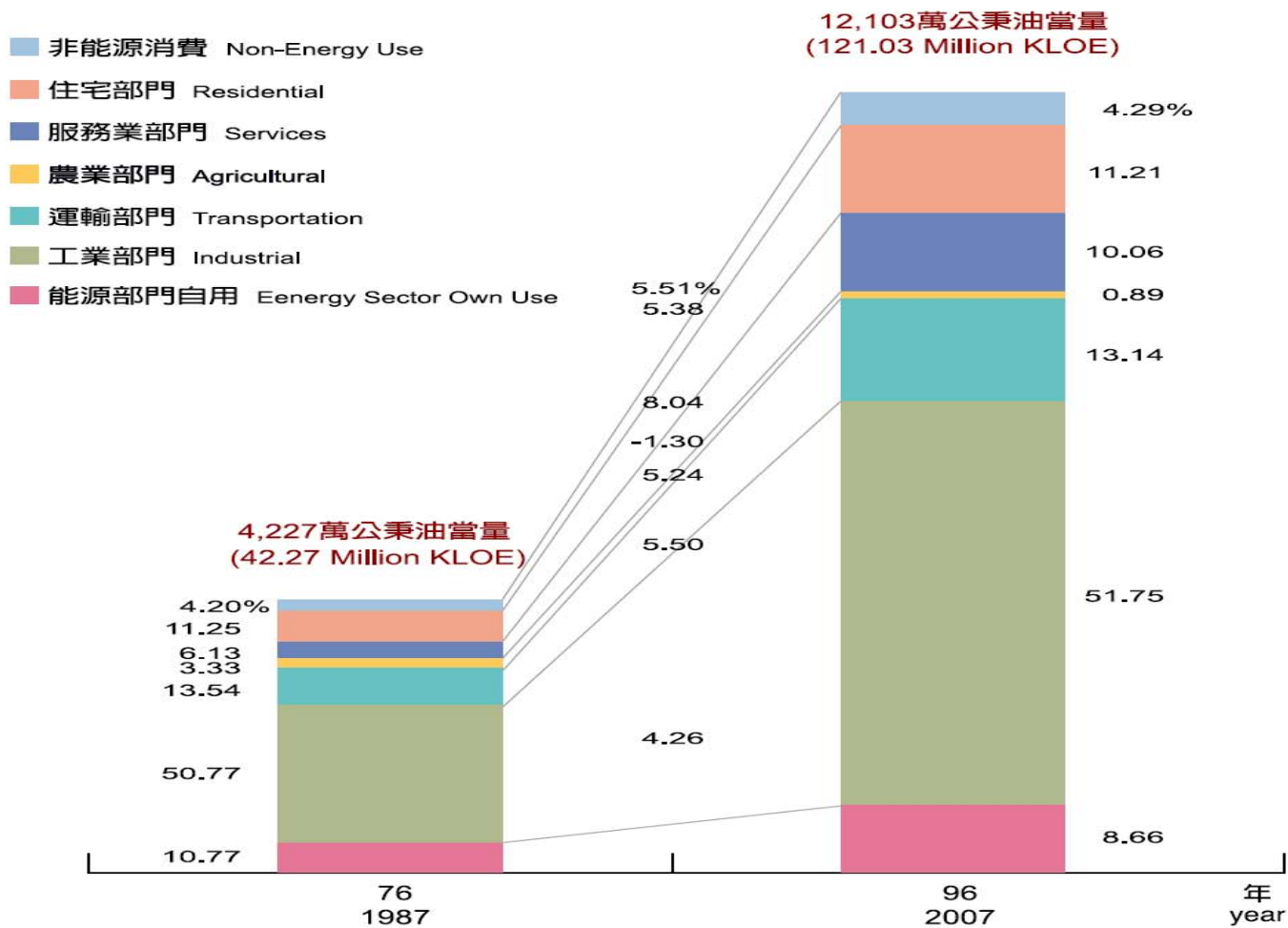
註1:能源密集產業:該產業能源支出佔總產值之比重，大於整體產業平均數。

註2:梁啟源，台日改善能源效率之比較分析與策略研擬，工業技術研究院分包學術機構研究計畫，97年3月

國內能源消費結構（部門別）

Structure of Total Domestic Consumption (By Sector)

- 住宅、服務與運輸部門之能源消費均大幅成長
Energy consumption grows significantly in residential, services, and transportation sectors.



資料來源：台灣能源統計手冊2007（能源局出版）

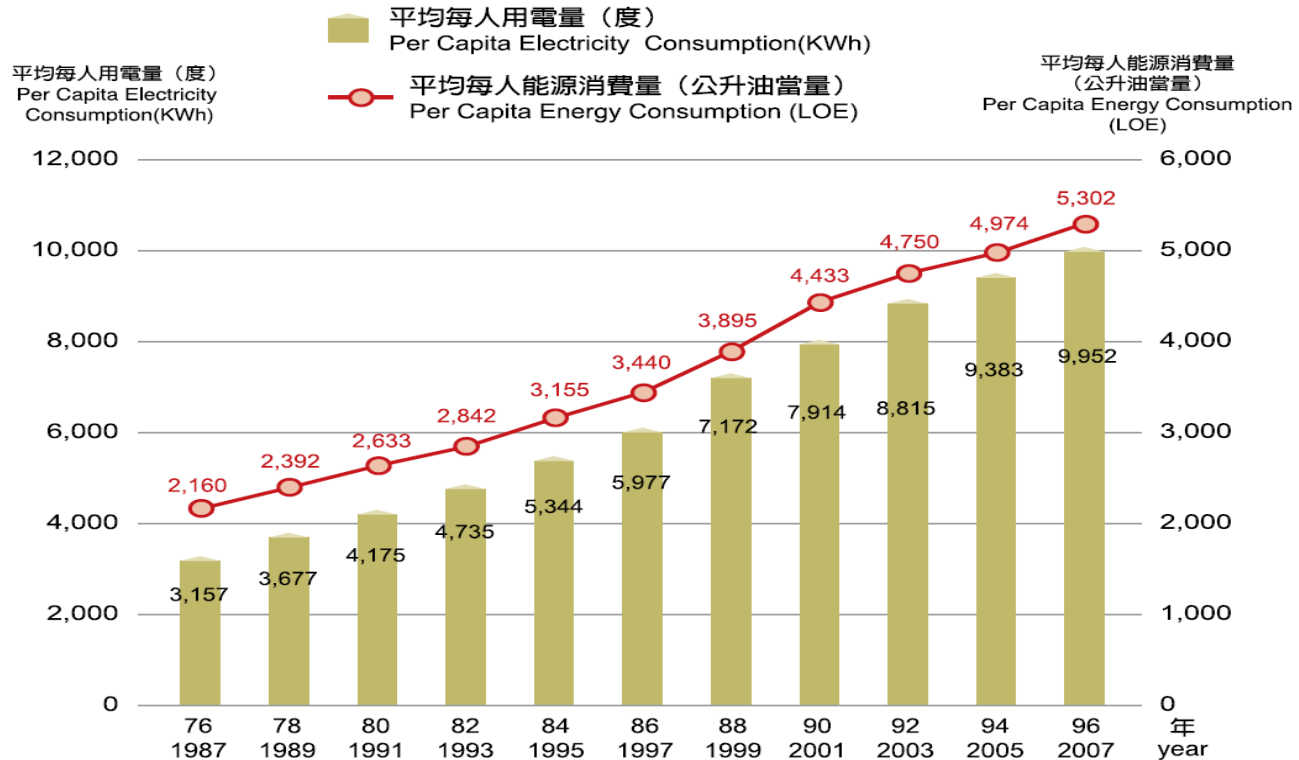
平均每人能源消費量與用電量 Per Capita Energy Consumption and Per Capita Electricity Consumption

在76-96年間
1987~2007



平均每人能源消費量年平均成長率 4.6%
Average annual growth of per capita energy consumption: 4.6%

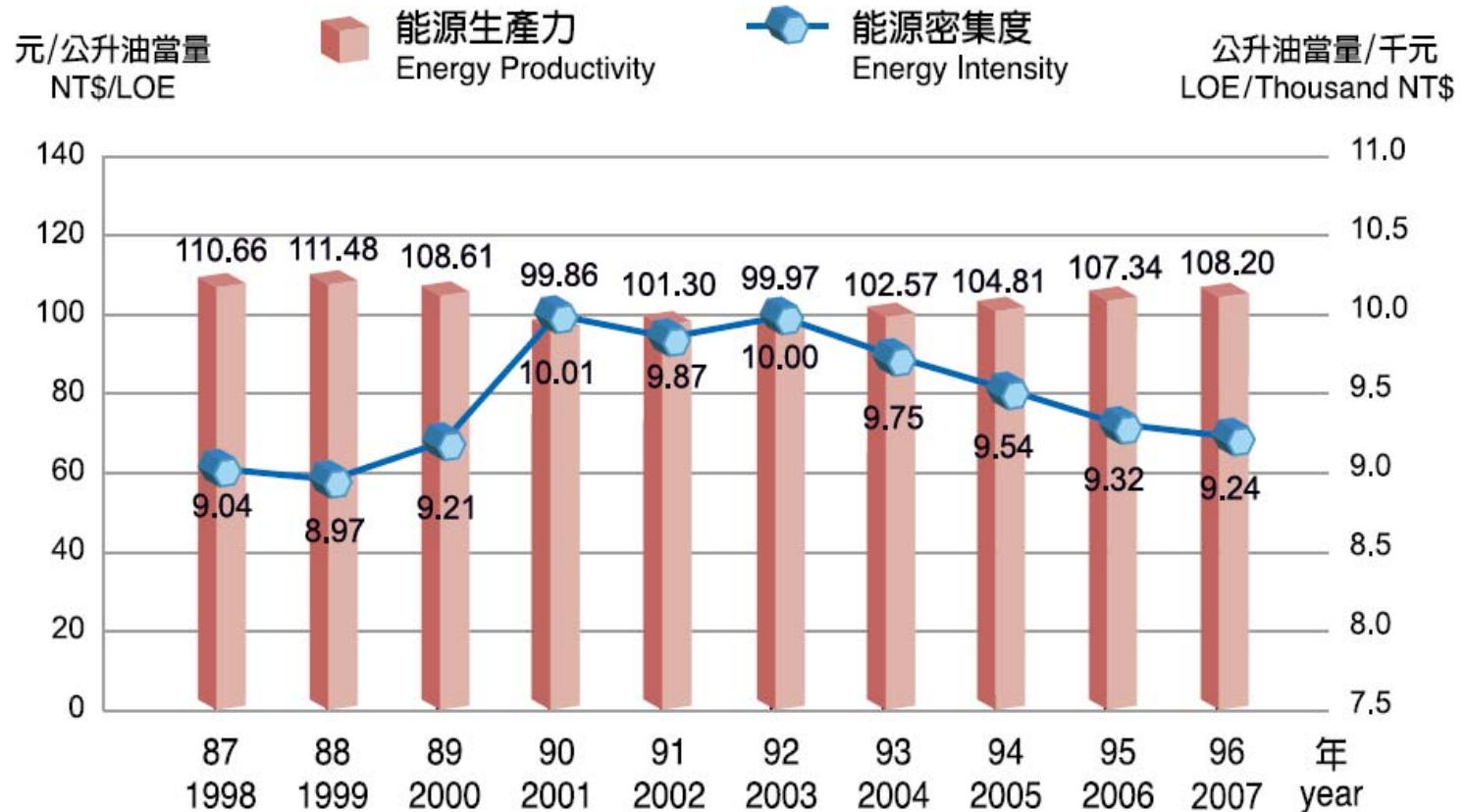
平均每人用電量年平均成長率 5.9%
Average annual growth rate of per capita electricity consumption: 5.9%



資料來源：台灣能源統計手冊2007（能源局出版）

能源生產力與密集度

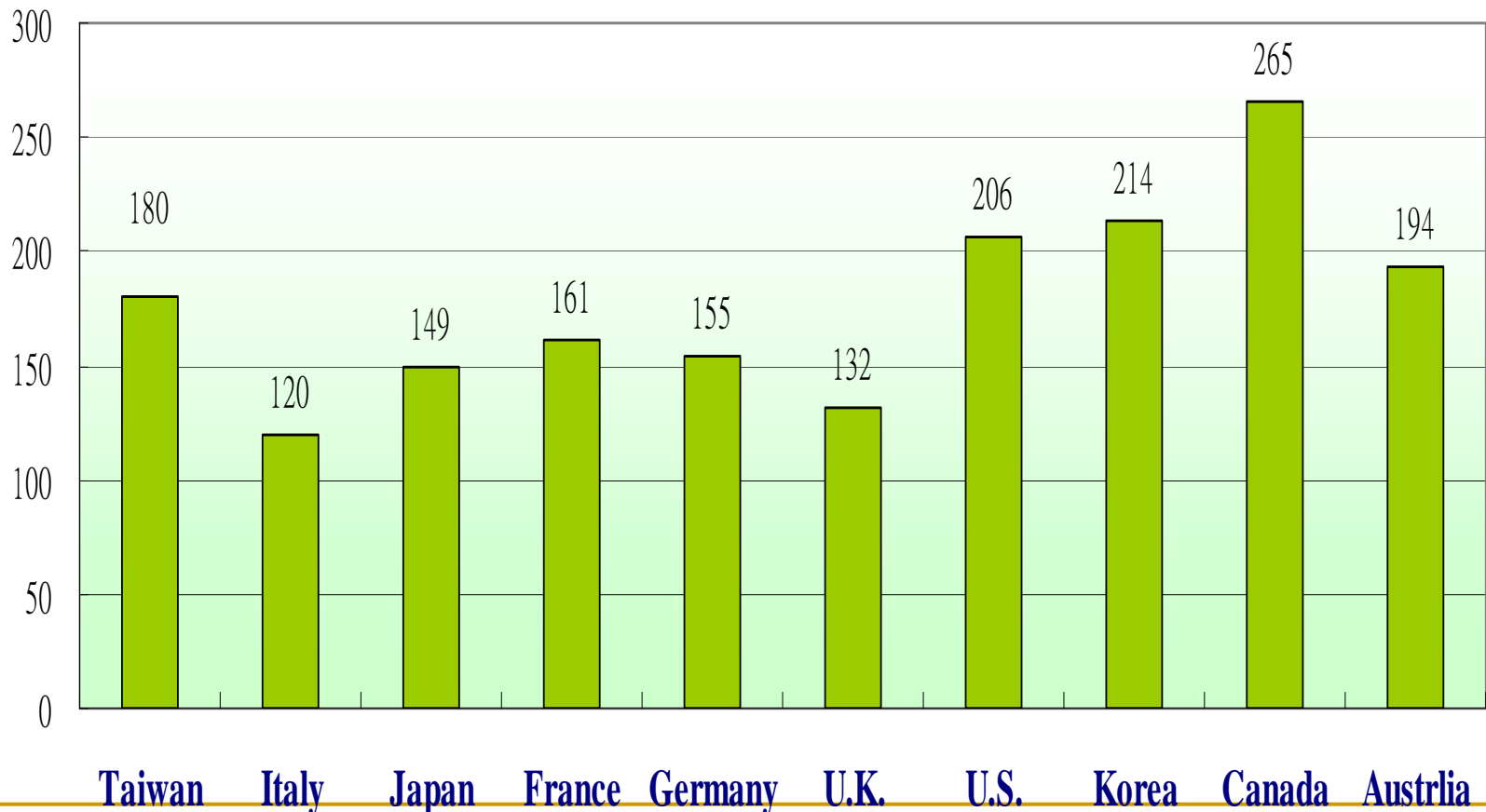
Energy Productivity and Energy Intensity



資料來源：台灣能源統計手冊2007（能源局出版）

台灣能源密集度與其他國家之比較

unit : toe/million
dollars GDP(PPP)



source : IEA/OECD, KEY WORLD ENERGY STATISTICS, 2008.

臺灣CO₂與GDP之成長(1996-2006)

| 年度 | CO ₂ 成長率(%) | GDP成長率(%) | 所得彈性 (CO ₂ 成長率/GDP成長率) |
|-----------|------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 1990-1999 | 6.65 | 6.59 | 1.01 |
| 1999-2006 | 4.29 | 3.8 | 1.13 |

資料來源：CO₂資料來自工研院能源與環境研究所；GDP資料取自中華民國國民所得，行政院主計處歷年資料

台灣能源供需的問題

供給：147.24 MKLOE

| 類別 | % |
|-----|------|
| 石油 | 51.1 |
| 煤炭 | 32.1 |
| 天然氣 | 8.4 |
| 核能 | 8.0 |
| 再生 | 0.4 |

高碳來源
比例過高

工業比
重極高

消費：121.03 MKLOE

| 類別 | % |
|-----|------|
| 工業 | 51.7 |
| 運輸 | 13.1 |
| 住宅 | 11.2 |
| 服務 | 10.1 |
| 能源 | 8.7 |
| 農業 | 0.9 |
| 非能源 | 4.3 |

- 關鍵在經濟與結構性問題
- 科技不能提供大部分解但可支援管理與決策的落實

能源使用及二氧化碳排放指標跨國比較

- 2006年能源使用CO₂排放量為 270.33百萬噸，占全球 0.96% 排行全世界第22名，人均CO₂排放量 11.87噸，排行全世界16名。
- 自1990年以來台灣CO₂排放量增加快速。

| | 台灣 | 排名 | 全球 | OECD | 日本 | 韓國 | 美國 | 中國 |
|---|---------------|-----------|--------|--------|----------|---------|-----------|----------|
| 排放總量 ^a (百萬公噸CO ₂) | 270.33 | 22 | 28,003 | 12,874 | 1,212.70 | 476.10 | 5,696.77 | 5,606.54 |
| 人口 (百萬) | 22.78 | 47 | 6,536 | 1,178 | 127.76 | 48.30 | 299.83 | 1,311.80 |
| GDP ^b (十億美元) | 602.02 | 17 | 57,564 | 31,158 | 3,538.13 | 1013.90 | 11,265.20 | 8,684.98 |
| 每人平均GDP ^b (千美元) | 26.43 | 24 | 8.81 | 26.45 | 27.69 | 20.99 | 37.57 | 6.62 |
| 能源供應 (Mtoe) | 107.88 | 21 | 11,796 | 5,537 | 527.56 | 216.50 | 2320.70 | 1,878.74 |
| 每人平均排放 (公噸CO ₂ /人) | 11.87 | 16 | 4.22 | 10.93 | 9.49 | 9.86 | 19.00 | 4.27 |
| 每人平均耗能 (toe/人) | 4.74 | 23 | 1.80 | 4.70 | 4.13 | 4.48 | 7.74 | 1.43 |
| 排放密集度 ^b (公斤CO ₂ /美元) | 0.45 | 51 | 0.49 | 0.41 | 0.34 | 0.47 | 0.51 | 0.65 |
| 每單位能源排放 (公噸CO ₂ /toe) | 2.51 | 31 | 2.39 | 2.32 | 2.30 | 2.20 | 2.45 | 2.98 |

說明：a. 不包括國際航運排放CO₂。

資料來源：International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2008.

2012年之後，若國際要求台灣溫室氣體減量目標為25%，倘一步到位因應，則整體產業物價的上漲率將高達2.26%，經濟成長率將減少1.57%，對台灣經濟的影響將極為嚴重。若以漸進法及早因應，負面影響將減少一半以上。

不同二氧化碳減量方式對台灣經濟的影響

| | 屆時一步到位因應 | 以漸進法及早因應 |
|-----------------------------------|----------|----------|
| CO ₂ 減量(%) | -25.77 | -25.31 |
| 產業物價(GDP平減數)成長率(%) | 2.26 | 1.01 |
| 經濟成長率(%) | -1.57 | -1.19 |
| 年平均邊際社會減量成本以1999年價格計算 (新台幣元/噸) | 1,734 | 1,186 |

註1：以課徵碳稅為工具來達到CO₂減量目標。

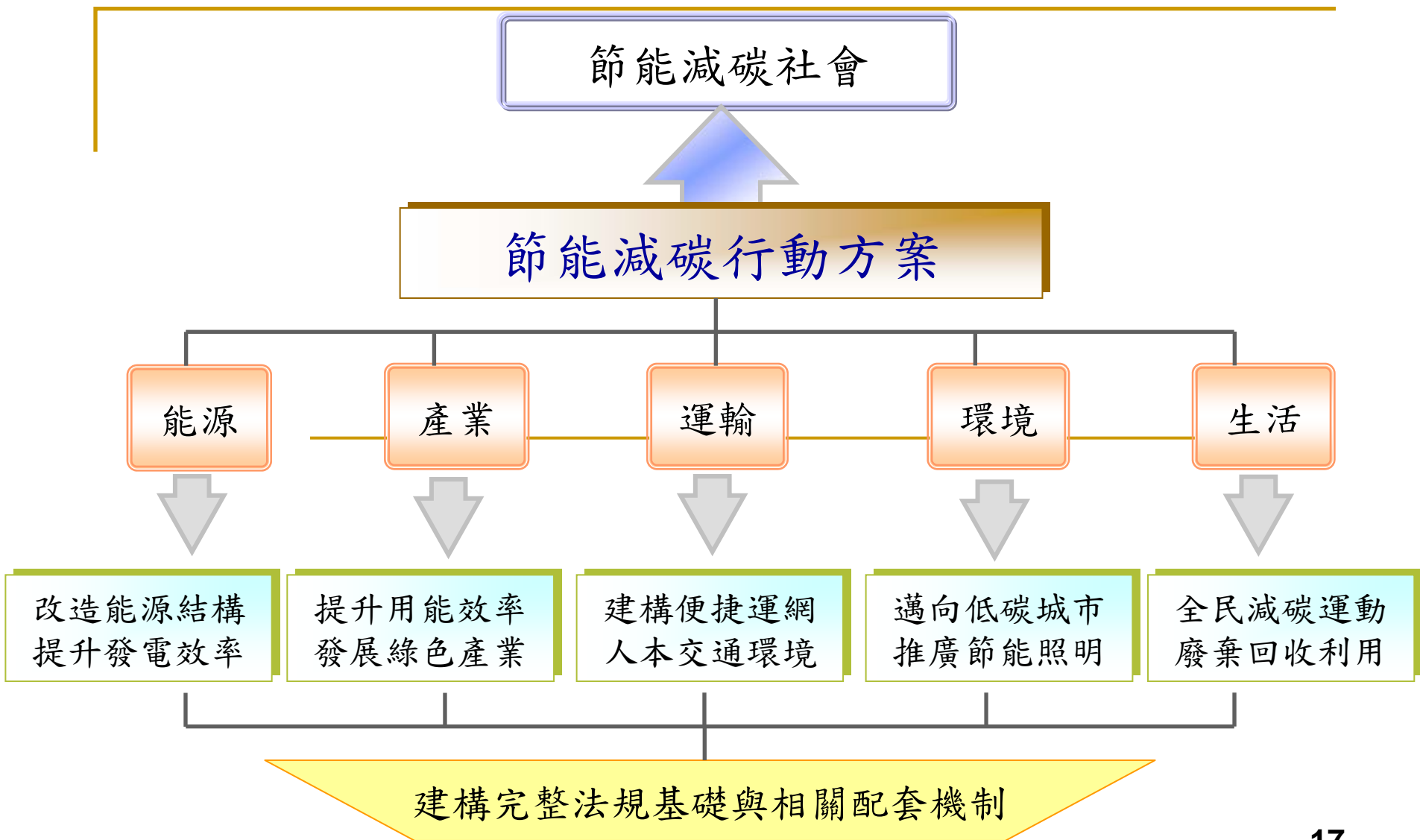
註2：漸進法為以22年分年累進方式課徵。

資料來源：梁啟源，「台灣永續發展之能源價格政策」，台灣經濟預測與政策，中研院經濟所，96年3月。

台灣發展低碳經濟與社會的挑戰

- (1) 降低對化石能源的依賴，建立更為永續的能源供應體系
- (2) 提高能源使用效率及生產力，建立更為永續的產業體系
- (3) 調整能源價格機制，以促進能源價格合理化及能源產業自由化
- (4) 開發穩定、充足、潔淨的低碳替代能源

永續能源政策綱領 – 節能減碳行動方案



永續能源政策綱領內容及行動策略 (1/4)

| 主軸 | 行動策略 |
|--------------------------------------|--|
| <p>目標</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ 全國二氧化碳排放減量目標：於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量。 ■ 提高能源效率：期望未來8年每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上；並藉由技術突破及配套措施，2025年下降50%以上。 ■ 發展潔淨能源：發電系統中之低碳能源占比由40%增加至2025年的55%以上。 ■ 確保能源供應穩定：建立滿足未來4年經濟成長6%及2015年每人年均所得達3萬美元經濟發展目標的能源安全供應系統。 |
| <p>「淨源」： 推動能源結構改造與 效率提升。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 積極發展無碳再生能源：有效運用再生能源開發潛力，於2025年占總發電量8% (裝置容量15%)以上。 ● 增加低碳天然氣使用：於2025年占發電系統之裝置容量25%以上。 ● 促進能源多元化：將核能作為無碳能源的選項。 ● 加速電廠的汰舊換新，訂定電廠整體效率提升計畫，並要求新電廠達全球最佳可行發電轉換效率水準。 ● 透過國際共同研發，引進淨煤技術及發展碳捕捉與封存，降低發電系統的碳排放。 ● 促使能源價格合理化：短期能源價格反映內部成本，中長期以漸進方式合理反映外部成本。 |

永續能源政策綱領內容及行動策略 (2/4)

| 主軸 | 行動策略 | |
|-----------------------------------|-------------|---|
| <p>「節流」： 推動各部門的實際之節能減碳措施。</p> | <p>產業部門</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於2025年下降30%以上。 ● 核配企業碳排放額度，賦予減碳責任，促使企業加強推動節能減碳產銷系統。 ● 輔導中小企業提高節能減碳能力，建立誘因措施及管理機制，鼓勵清潔生產應用。 ● 獎勵推廣節能減碳及再生能源等綠色能源產業，創造新的能源經濟。 |
| | <p>運輸部門</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 建構便捷大眾運輸網，紓緩汽機車使用與成長。 ● 建構「智慧型運輸系統」，提供即時交通資訊，強化交通管理功能。 ● 建立人本導向，綠色運具為主之都市交通環境。 ● 提升私人運具新車耗能水準，於2015年提高25%。 |
| | <p>住商部門</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 強化都市整體規劃，推動都市綠化造林，建構低碳城市。 ● 推動「低碳節能綠建築」，全面推行新建建築物之外殼與空調系統節能設計與管理。 ● 提升各類用電器具能源效率，於2011年提高10%~70%，2015年再進一步提高標準，並推廣高效率產品。 ● 推動節能照明革命，推廣各類傳統照明器具汰換為省能20~90%之高效率產品。 |

資料來源：台綜院，能源政策與溫室氣體減量政策協調推動之整體規劃，經建會委託計畫期中報告。

永續能源政策綱領內容及行動策略 (3/4)

| 主軸 | 行動策略 | |
|--|---|--|
| <p>「節流」： 推動各部門的實際之 節能減碳措施。</p> | 政府部門 | <ul style="list-style-type: none"> ● 推動政府機關學校未來一年用電用油負成長，並以2015年累計節約7%為目標。 ● 政策規劃應具有「碳中立 (Carbon Neutral)」概念，以預防、預警和篩選原則進行碳管理。 |
| | 社會大眾 | <ul style="list-style-type: none"> ● 推動全民節能減碳運動，宣導全民朝「一人一天減少一公斤碳足跡」努力。 ● 從中央、地方政府到鄉鎮村里，自機關學校到企業及民間團體，發揮組織動員能量，推動無碳消費習慣，建構低碳及循環型社會。 |
| 法規基礎 | <ul style="list-style-type: none"> ● 推動「溫室氣體減量法」完成立法，建構溫室氣體減量能力並進行實質減量。 ● 推動「再生能源發展條例」完成立法，發展潔淨能源。 ● 研擬「能源稅條例」並推動立法，反應能源外部成本。 ● 修正「能源管理法」，有效推動節能措施。 | |

永續能源政策綱領內容及行動策略 (4/4)

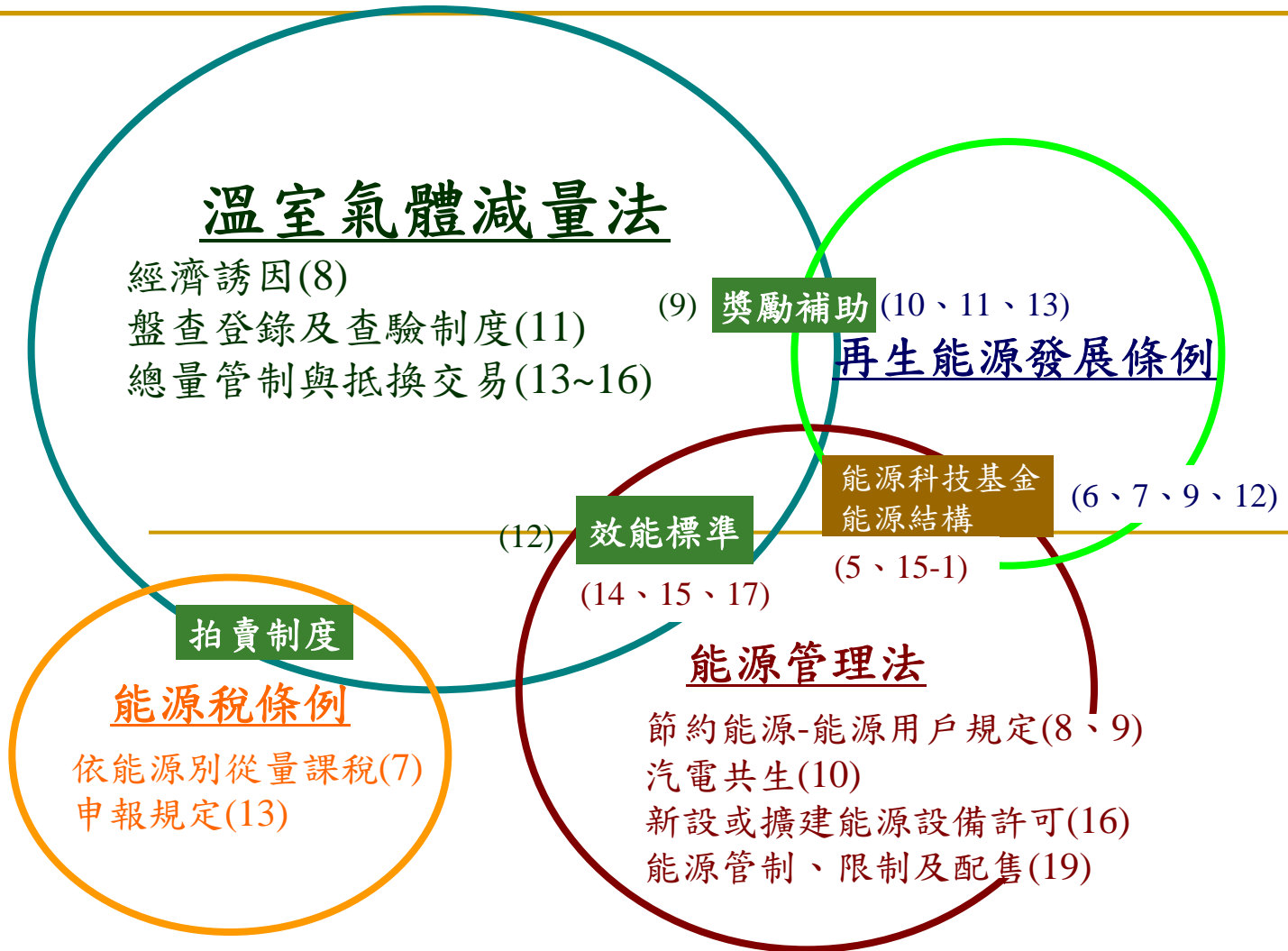
| 主軸 | 行動策略 |
|---|---|
| 配套機制 | <ul style="list-style-type: none">● 建立公平、效率及開放的能源市場，促使能源市場逐步自由化，消除市場進入障礙，提供更優質的能源服務。● 規劃碳權交易及設置減碳基金，輔導產業以「造林植草」或其他減碳節能方案取得減量額度；推動參與國際減碳機制，透過國際合作加強台灣減量能量。● 能源相關研究經費四年內，由每年50億元倍增至100億元，提升科技研發能量。● 紮根節能減碳環境教育，推動全民教育宣導及永續綠校園。 |
| <p>後續推動：</p> <ul style="list-style-type: none">● 各部門依據此綱領項目，擬定具體行動計畫，並訂定各工作項目量化目標據以推動。● 各部門行動計畫績效，須符合各部門規劃分配之節能減碳額度，以達成全國二氧化碳排放減量目標。● 訂定追蹤管考機制，定期檢討執行成果與做法，以實現整體節能減碳目標。 | |

資料來源：台綜院，能源政策與溫室氣體減量政策協調推動之整體規劃，經建會委託計畫期中報告。

台灣節能減碳因應策略主軸

- ✦ **確立法制基礎**
加速完成溫室氣體減量法、再生能源發展條例、能源稅條例等立法工作。
- ✦ **提升減量管理**
推動產業溫室氣體盤查、登錄、查證、先期自願減量行動等能力建構工作。
- ✦ **提升市場機制**
依法授權推動GHG總量管制與排放交易機制；適時導入能源稅或碳稅，反應GHG排放社會成本，從而規劃完善綠色稅制。
- ✦ **提升社會行為**
強化氣候變遷教育宣導工作，採複式動員模式，推展全民節能減碳運動。
- ✦ **強化氣候變遷衝擊評估及調適策略**
- ✦ **擴展氣候變遷國際交流合作契機**

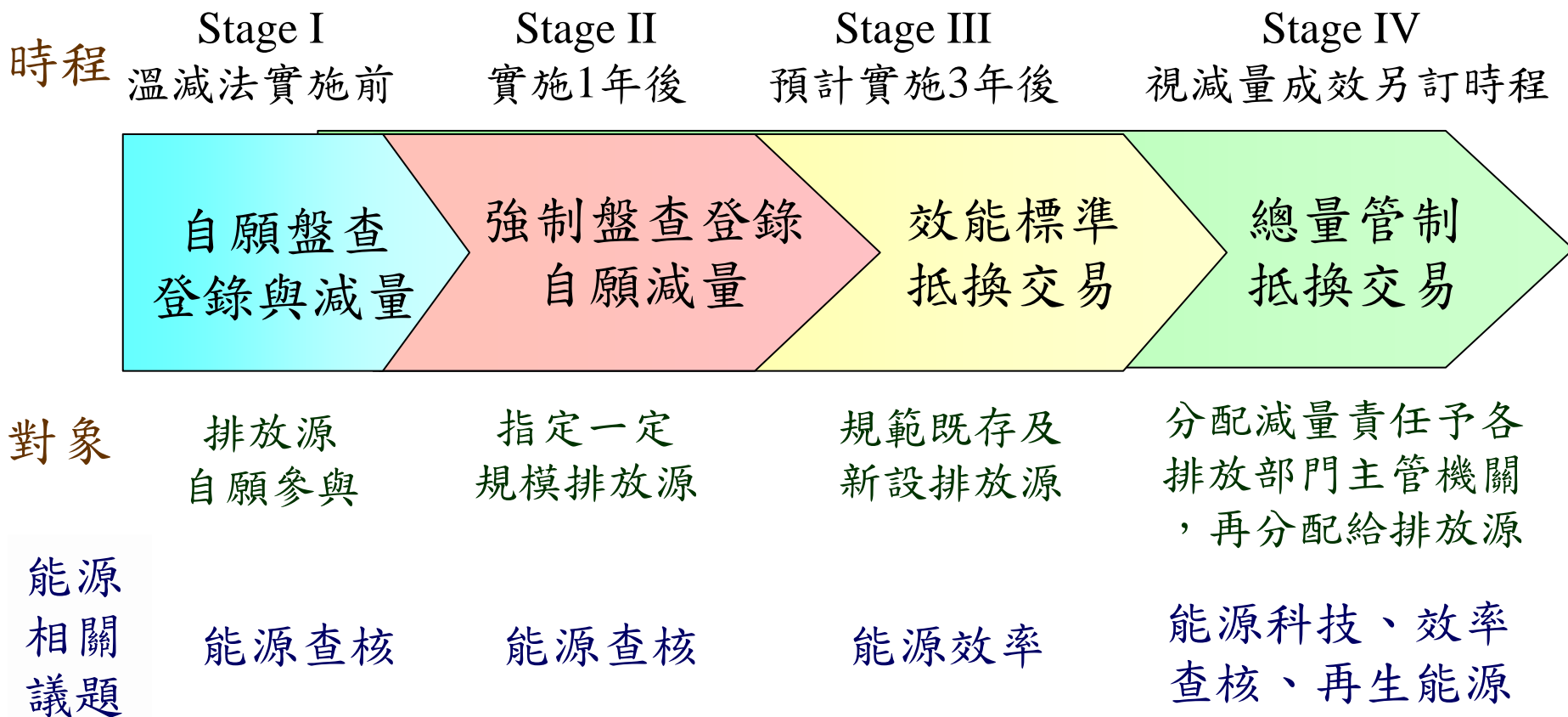
因應主軸一：確立法制基礎



能源法規與溫減法關聯性示意圖

因應主軸一：確立法制基礎

□溫室氣體四階段減量管理策略



因應主軸 二：提升減量管理

溫室氣體減量法

銜接

推動國內先期減量計畫

歷年盤查
輔導成果

溫室氣體
盤查管理
技術手冊

硬體建設

國家溫室氣
體登錄平台

查證管理

- 查驗機構
管理分工
- 查證指引

審議規範

- 部會權責分工
- 各類減量類型
審議分工
- 各類審議原則
- 申請書件格式

修正與吸納
歷年既有執行成果基礎

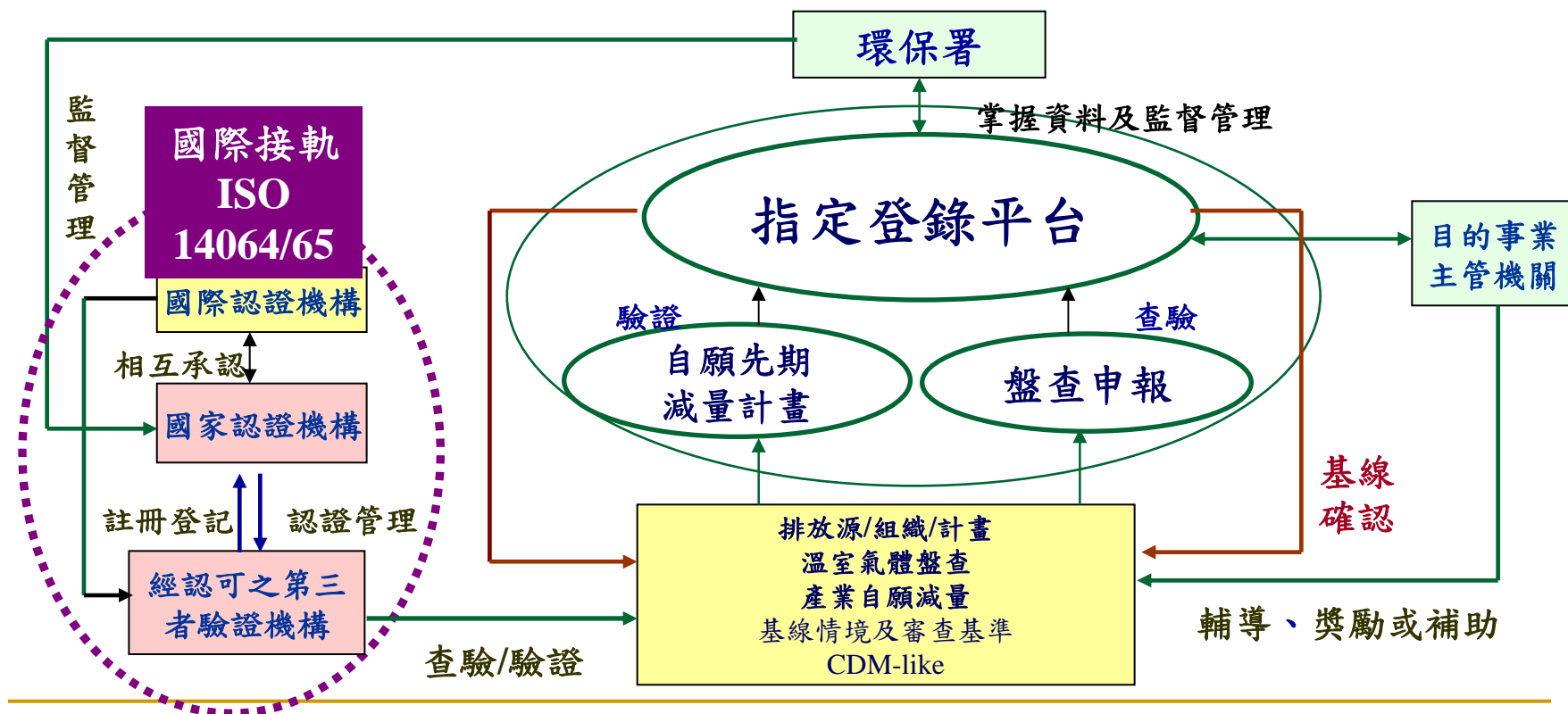
新增強化查驗/審議之內容

未來願景

現階段工作

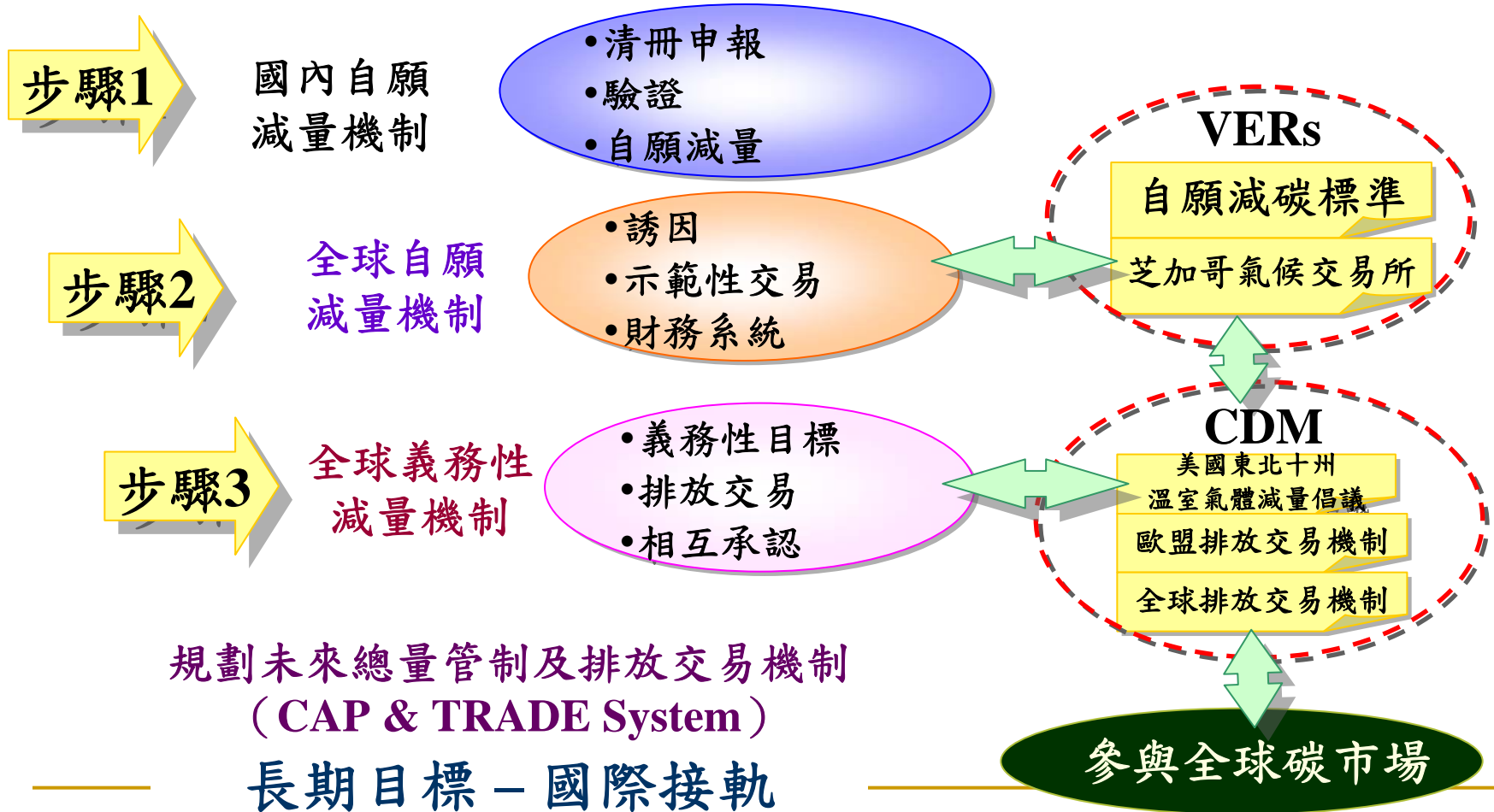
因應主軸二：提升減量管理

- 參考清潔發展機制 (CDM)、自願減碳標準 (VCS)、ISO14064/14065 等，建立具政府共識之自願先期減量認定、審議及查核機制，研議減量額度後續抵換交易之管理制度。



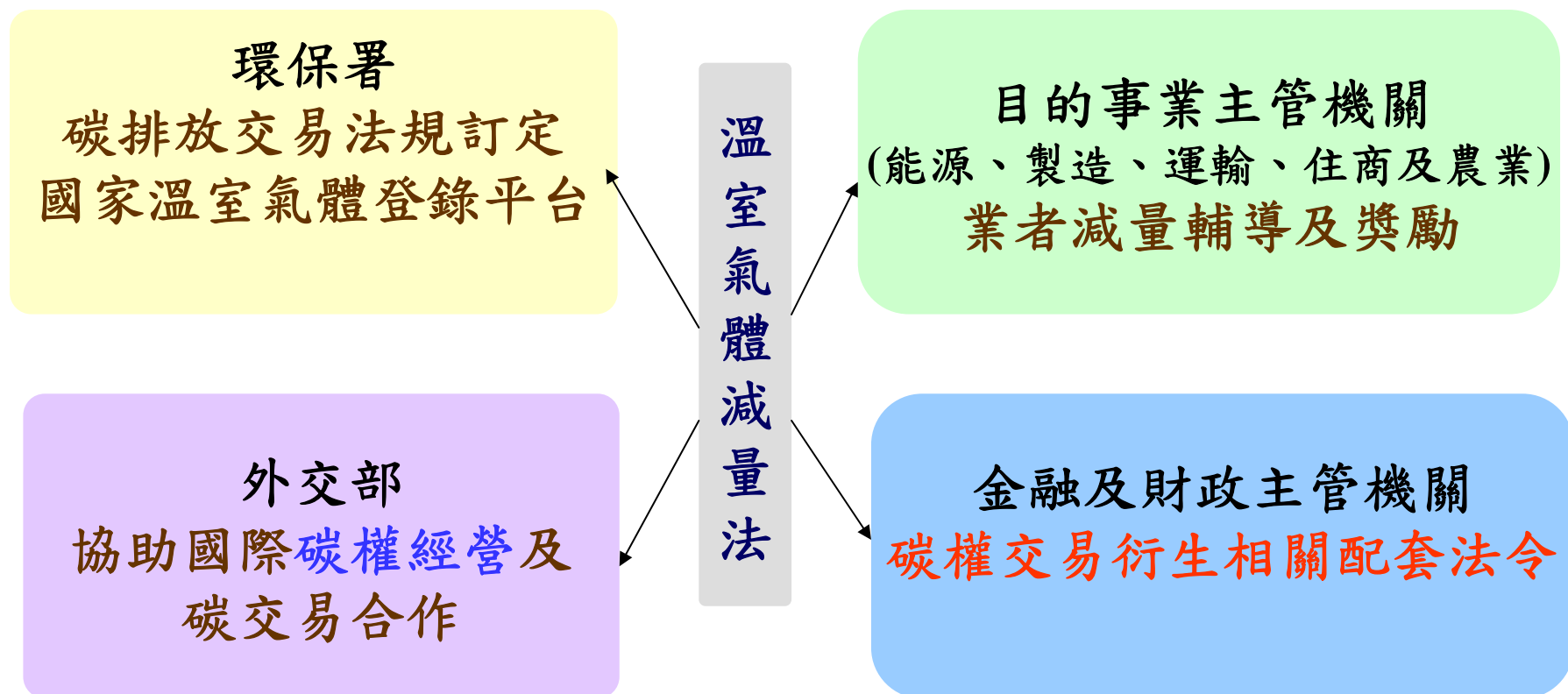
因應主軸三：提升市場機制

□ 推動與國際碳交易市場之接軌



因應主軸三：提升市場機制

□GHG排放交易規劃：部門分工



因應主軸 四：提升社會行為



擬定「節能減碳無悔措施 全民行動方案」

- **目標：**鼓勵全國民眾採取自動自發行爲，實踐「節能減碳無悔措施」，使成爲一種國民的時尚與新的文化運動
- **實施對象：**由政府機關及公職人員率先動員與實踐，規劃各級政府機關、企業、學校、民間團體、村里長、民眾都能共同響應。

結語

- 溫室氣體及相關能源議題已由道德與永續訴求，成為影響國家競爭力之重要議題。
- 以目前的溫室氣體排放及能源供需情形顯示，若不能有效因應未來溫室氣體減量的國際趨勢及能源價格的不穩定，台灣勢必將面臨極為嚴重的經濟及社會衝擊。
- 台灣應積極從法治面、市場面、技術面之發展建立社會共識，考量未來低碳經濟與社會的建構。
- 台灣應考量本身環境特性及技術優勢，積極參與未來許多與溫室氣體減量及能源供需相關之專業領域發展與商機。