

氣候變遷及京都議定書之對策

行政院國家永續發展委員會

執行長 葉俊榮

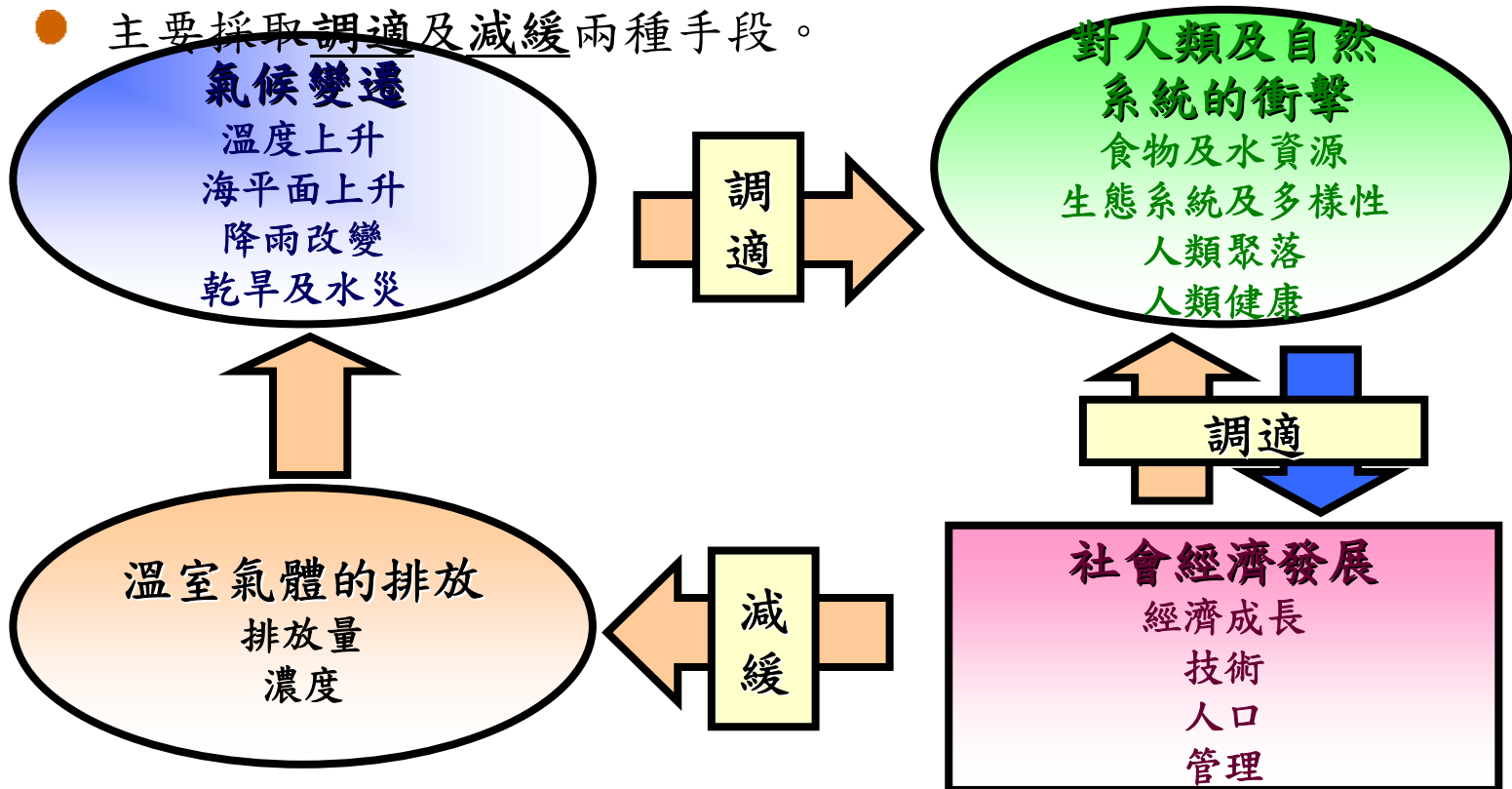
2005年4月



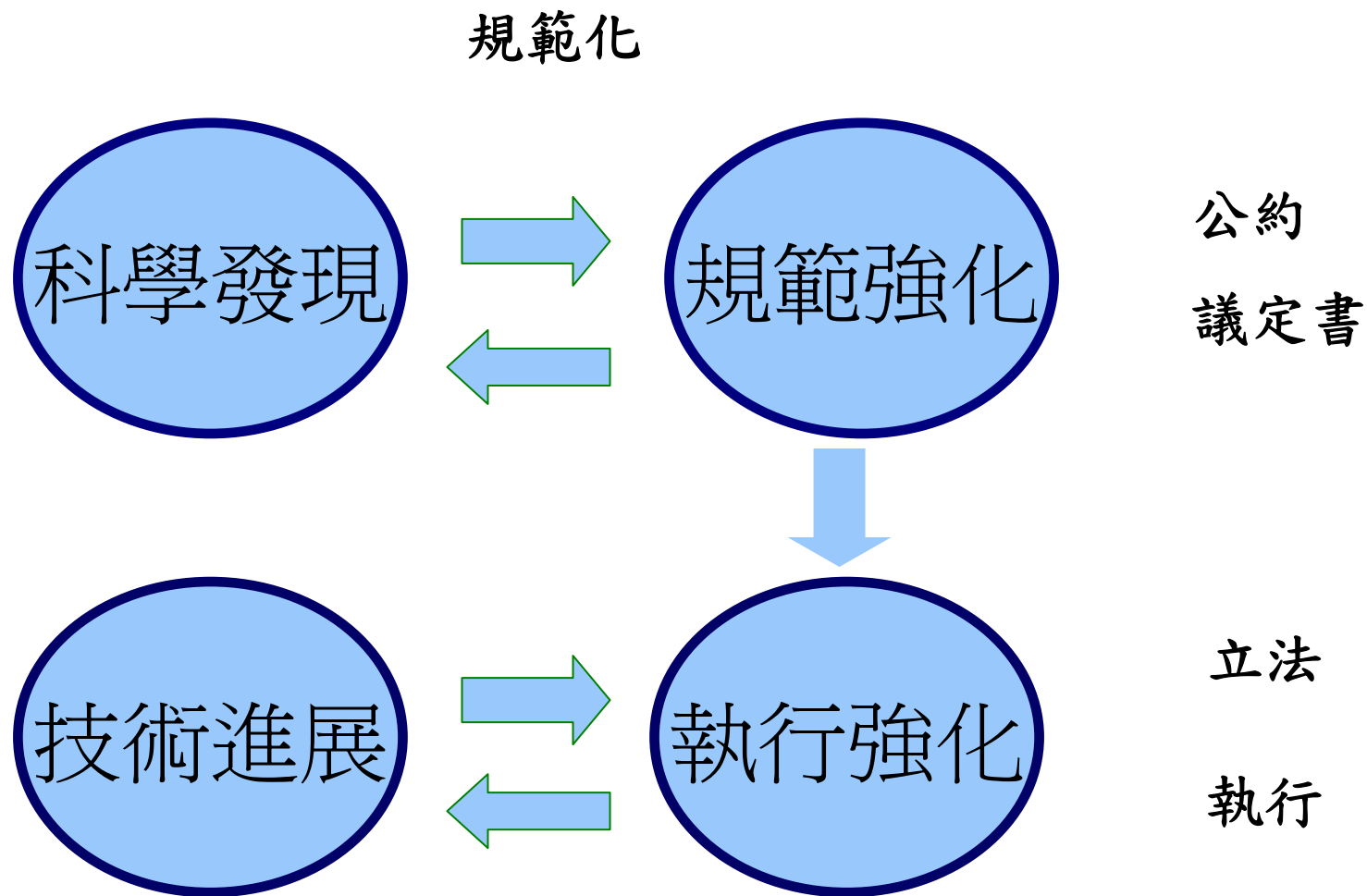
壹、氣候變遷的議題與機制

氣候變遷的四個面向

- 氣候變遷是一個因果循環的架構
- 氣候變遷議題涵蓋4個範疇：1. 氣候變遷 2. 對人類及自然系統衝擊、
3. 溫室氣體的排放 4. 社會經濟的發展
- 主要採取調適及減緩兩種手段。



氣候變遷，規範形成與技術進展的關係





貳、氣候變遷的規範發展



從公約(convention)到議定書(protocol)

生效
1994

1992

聯合國氣候變化綱要公約

全盤原則推動架構

2005.2.16
生效

1997

京都議定書

附件一國家減量責任分配

?

X議定書

非附件一國家減量?

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

締約國大會
COP

聯合國氣候變化綱要公約

- 1992年聯合國通過氣候變化綱要公約，並於1994年3月生效。締約國分為附件一國家(Annex I)與非附件一國家(non-Annex I)兩類，承擔不同責任。
 - **公約目的**：將大氣中溫室氣體的濃度穩定在防止氣候系統受到人為干擾的水準上。亦即在2100年時，將大氣中二氧化碳濃度穩定在工業革命前的2倍約550 ppm。
 - **公約精神**：成員承擔共同但「差異」的責任 (common but differentiated responsibilities)、採用「成本有效」(cost effectiveness) 與「最低成本」(the lowest cost)的原則。
- UNFCCC在IPCC研究成果支持下，目前所要求各國應考慮範疇已涵蓋：氣候變遷衝擊、調適、溫室氣體統計、溫室氣體減量技術、政治社會制度調整、國際合作等。

京都議定書

- **目標**：京都議定書於2005年2月16日生效，規範38個工業化國家與歐盟，應在2008-2012年將溫室氣體排放降至1990年水準平均再減5.2%，依據第3條第9項之規定「將在2005年起開始討論2012年以後承諾期之責任」。
- **制定跨國減量之京都機制**：共同減量(JI)、清潔發展機制(CDM)及排放交易(ET)。
- 採差異減量目標，以1990年排放水準為基準，增減幅度如附：

削減	8%	歐盟(15國)及東歐(保加利亞、捷克、羅馬尼亞等國)
削減	7%	美國
削減	6%	日本、加拿大、匈牙利、波蘭
削減	5%	克羅埃西亞
增加	0%	紐西蘭、俄羅斯、烏克蘭
增加	1%	挪威
增加	8%	澳洲
增加	10%	冰島

共同但「差異」的責任

減量責任
財務技術責任

附件一國家：

主要為OECD
國家，中東歐
經濟轉型國家

日本

彈性機制

資訊責任

非附件一國家：

快速發展中國家
及開發中國家

韓國

彈性機制

?

非締約國家？

台灣

?



參、台灣的處境與課題



台灣與國際環境公約

- 1972年人類環境會議，1992年里約地球高峰會議以來的國際環境公約的快速發展
- 台灣於1971年退出聯合國，與國際環境議題的發展脫勾。
- 台灣在國際貿易與投資方面仍與國際保持密切關連，形成「貿易」與「環境」不均衡的現象。
- 除了華盛頓公約，巴賽爾公約以及蒙特婁議定書外，台灣欠缺因應氣候變化綱要公約這種大型公約的經驗。

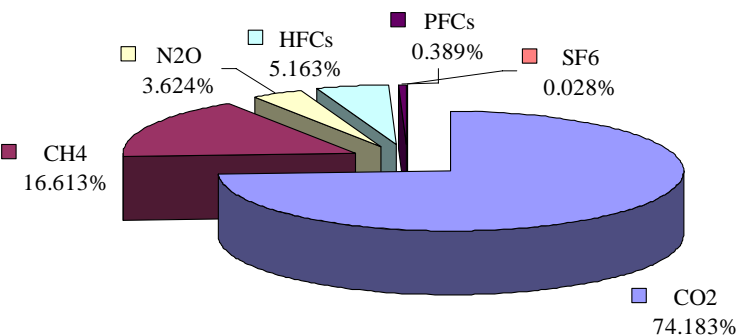
臺灣溫室氣體排放現況

● 1990年整體溫室氣體排放量1億6000萬公噸二氧化碳當量

● 2002年整體溫室氣體排放量3億5200萬公噸二氧化碳當量。

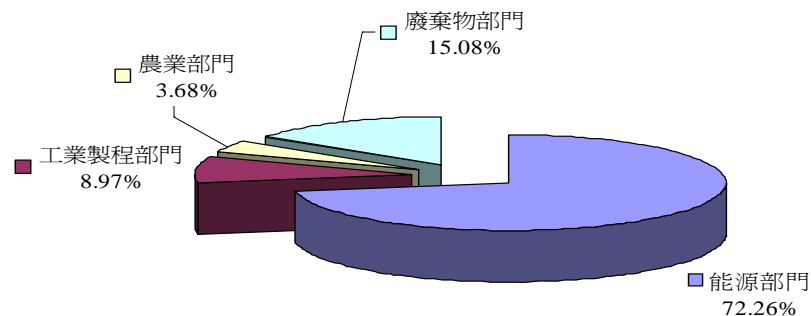
溫室氣體排放(依照種類區分)

以二氧化碳(74.18%)為主



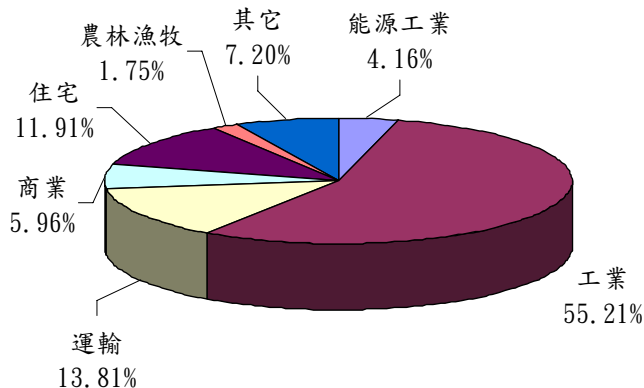
溫室氣體排放(依照部門區分)

以能源部門(72.26%)為主



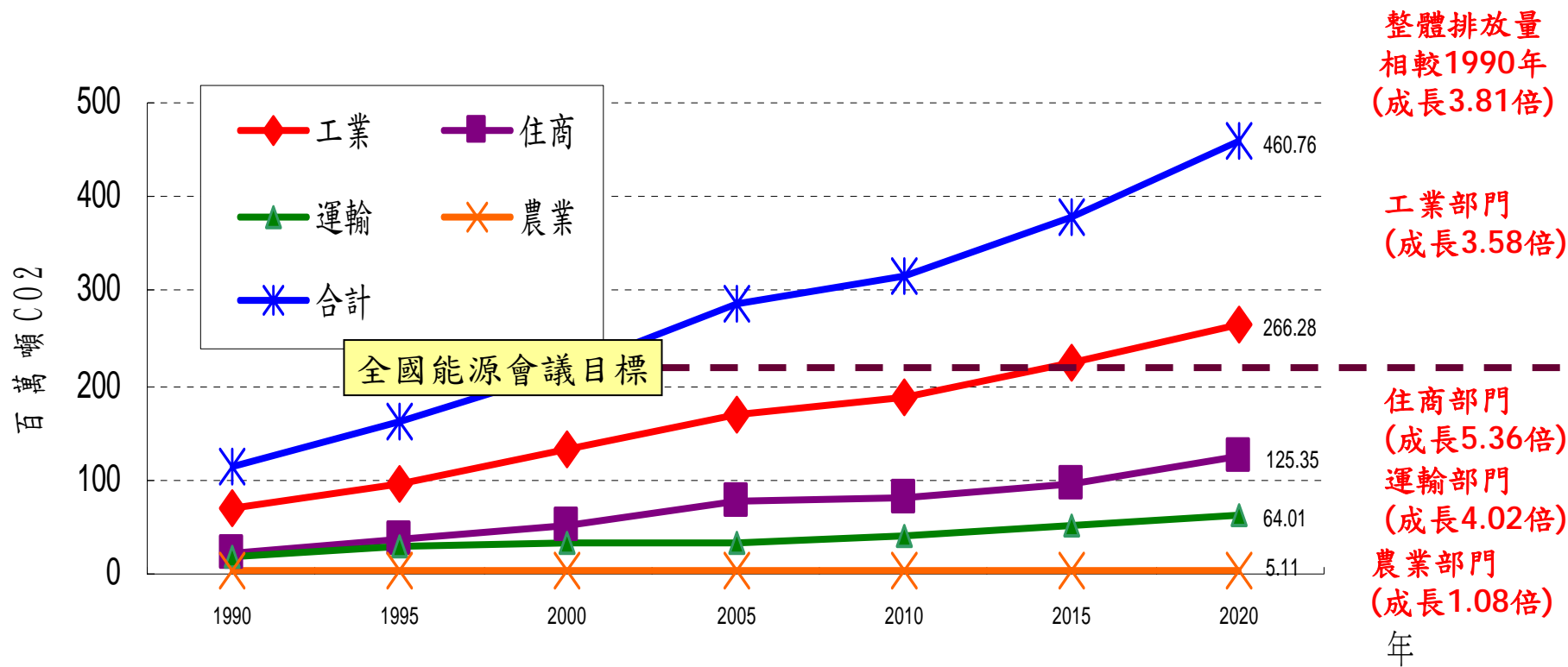
溫室氣體排放(依照產業區分)

以工業(55.21%)為主



我國二氧化碳排放預測

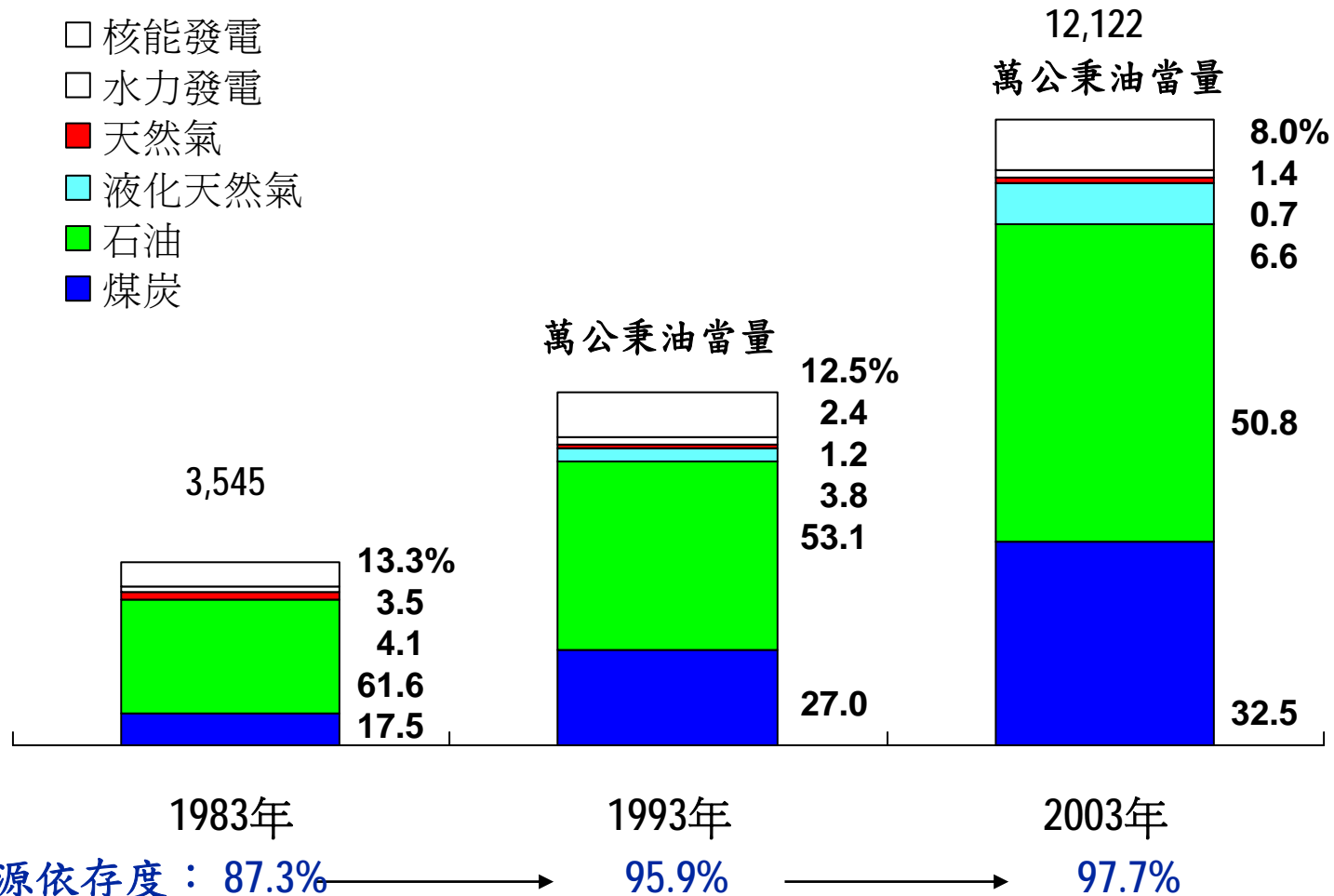
- 根據國內經濟、人口成長率與產業結構等展望資料(Business as Usual, BAU) ，2020年能源燃燒排放的CO₂二氧化碳總量從1990年1億1300萬公噸、2000年2億1800萬公噸快速成長為**4億6100萬**公噸。其中以工業部門為主，而住商及運輸部門則快速成長。



臺灣能源供應結構

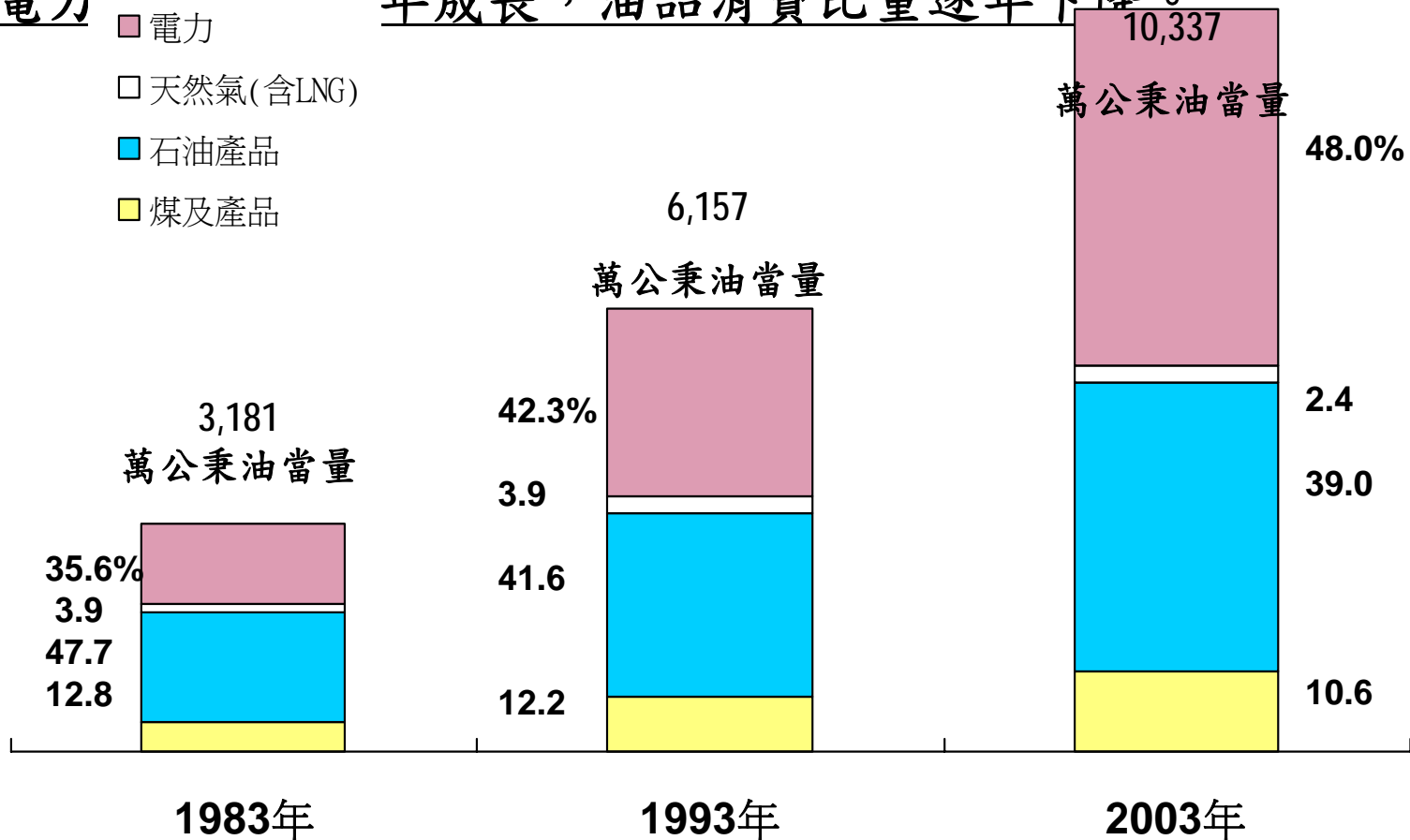
- 自有能源貧乏，**97.7%**依賴進口。
- 1983~2003年能源供給平均成長率為**6.3%**。

- 核能發電
- 水力發電
- 天然氣
- 液化天然氣
- 石油
- 煤炭



臺灣能源需求結構

- 1983~2003年能源消費成長率為 **6.1%**，GDP成長率為 **5%**。
- 電力 消費量逐年成長，油品 消費比重逐年下降。



*電力包括燃煤、燃油、燃氣、水力、核能發電及汽電共生。

能源使用二氧化碳排放指標跨國比較

●我國能源使用CO₂總排放量佔全球0.96%，約為韓國的一半、日本的1/5，排名第22位；每人平均排放量略高於日本及韓國，但低於德國，全球排名第23位。

●我國每單位GDP二氧化碳排放量高於日本及德國，低於韓國。但我國每單位能源CO₂排放量皆高於日本、韓國及德國。
(2001年)

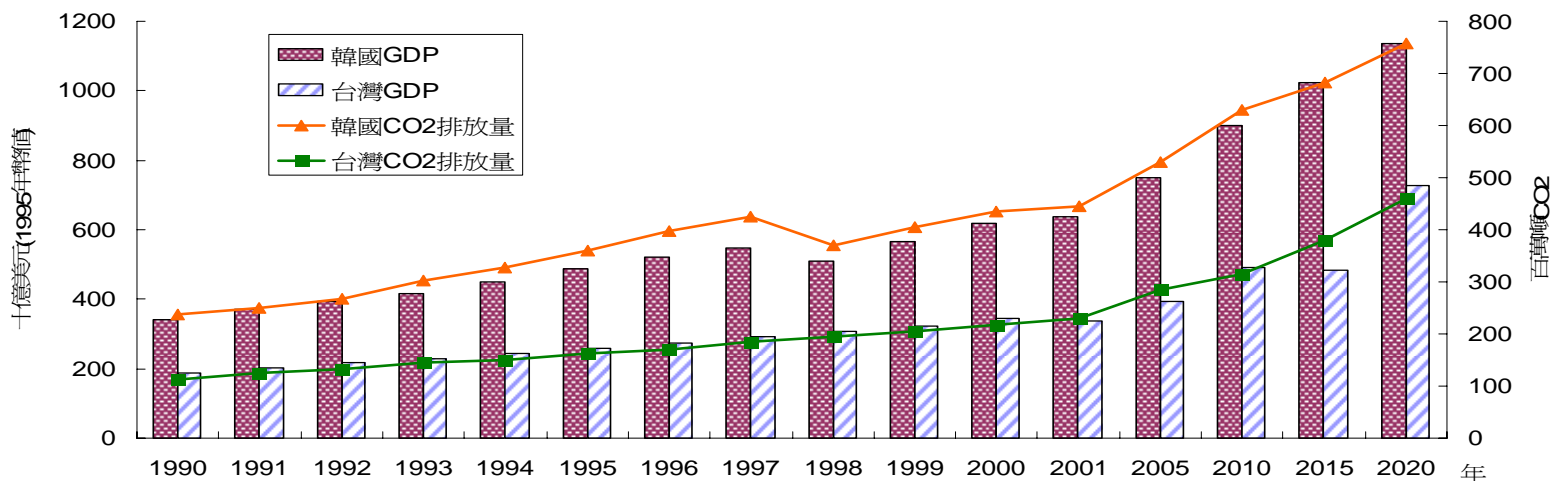
	我國	我國在全球		全球	OECD	日本	德國	韓國
		排名	比例					
排放總量 (百萬公噸CO ₂) a	229.69	22	0.96	24002	12594	1183	862	444
每人平均排放 (公噸CO ₂ /人) c	10.3	23	-	3.9	11.1	9.3	10.5	9.4
人口 (百萬)	23	49	0.37	6103	1139	127	82	47
GDP (十億美元) b	395	19	0.93	42374	24803	3126	1922	675
每人平均GDP (千美元) b	17.7	28	-	6.9	21.8	24.6	23.3	14.3
能源供應 (10 ¹⁵ 焦爾)	3724	23	0.88	425589	223274	20802	14700	8155
每人平均耗能 (10 ⁹ 焦爾)	167.2	30	-	69.7	196.1	171.4	178.5	172.3
每單位GDP排放 (公斤CO ₂ /美元) b	0.58	47	-	-	0.51	0.38	0.45	0.66
每單位能源排放 (公斤CO ₂ /10 ⁹ 焦爾)	61.67	26	-	56.40	56.40	54.25	58.62	54.50

註解：1. 資料來源：IEA/OECD, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2003 Edition.

2.a. 不包括國際航運所排放之二氧化碳、b. 以購買力評價 (PPP) 及1995年美元幣值計

能源使用二氧化碳排放指標跨國比較 (我國vs韓國)

- 1990~2000年（歷史資料）：韓國GDP年成長率6.15%、台灣為6.18%；
韓國CO₂年成長率6.27%、台灣年成長率6.78%。
- 2000~2020年（未來推估）：韓國GDP年成長率3.19%、台灣為3.81%；
韓國CO₂年成長率2.76%、台灣年成長率3.83%。
- 預估韓國CO₂未來排放成長稍微趨緩，主要為鋼鐵業年成長率降低(預計每年成長率為1%)，能源密集度產業(石化業、非金屬、主要金屬產業)占製造業比率由1999年30%降至2020年25%。



參考資料：

- 1.我國與韓國1990至2000年之歷史資料：IEA/OECD, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2003 Edition.
- 2.韓國預估資料：Hoesung Lee and Jin-Gyu Oh, Mitigation Initiatives: Korea's Experiences, Climate Policy, Climate Policy 2(2002)。
- 3.我國預估資料：工業技術研究院能資所，「溫室氣體減量彈性方案及成本分析」期中報告，行政院環境保護署委辦計畫，2004年9

臺灣面對氣候變遷議題的困境

● 能源系統：

- ❑ 高度能源依賴，能源供給系統脆弱；
- 缺乏強制減量措施，主要耗能產業節能成效有待加強；
- ❑ 傳統能源配比较高，替代能源選擇有限；
- 能源價格未能充分反映環境成本，缺乏價格誘因機制。

● 產業結構：

- ❑ 依據現有能源需求推估，我國受限於既有產業結構，溫室氣體排放量仍將持續成長，未見減緩趨勢。

● 整合因應：

- ❑ 氣候變遷需要長期因應，國內欠缺長期調適變遷衝擊策略。
- ❑ 氣候變遷需要整合，國內多偏重部分議題(例如如何減量)，缺乏長期整體的整合觀點。

● 國家定位：

- 京都議定書並未對「非附件一國家」設定減量規範。
- 我國無法簽署相關公約或議定書，無從確定具體權利義務，連彈性機制是否適用亦不明確。



肆、台灣的因應政策



多個層次的政策形成

- 是否接受國際規範？
- 是否及如何形成總體減量目標？
- 如何形成部門減量的配置？
- 如何形成個別減量政策？
- 如何採行適合的政策工具？

面對國際規範的基本態度

- 不是會不會被制裁的問題，而是台灣整體競爭力以及長遠永續發展的問題。
- 不是單純如何應付國際壓力的問題，而是在低碳時代台灣要如何面對未來發展方向的問題。
- 減量目標涉及國際接納度，技術可行性，以及國家整體利益衡量，更必須重視決策過程，必須審慎為之，但強化溝通研討。
- 因應氣候變遷議題不是只有消極的「脫困」思考，更有建立節能產業，導引產業轉型及國民永續生活的積極作用。

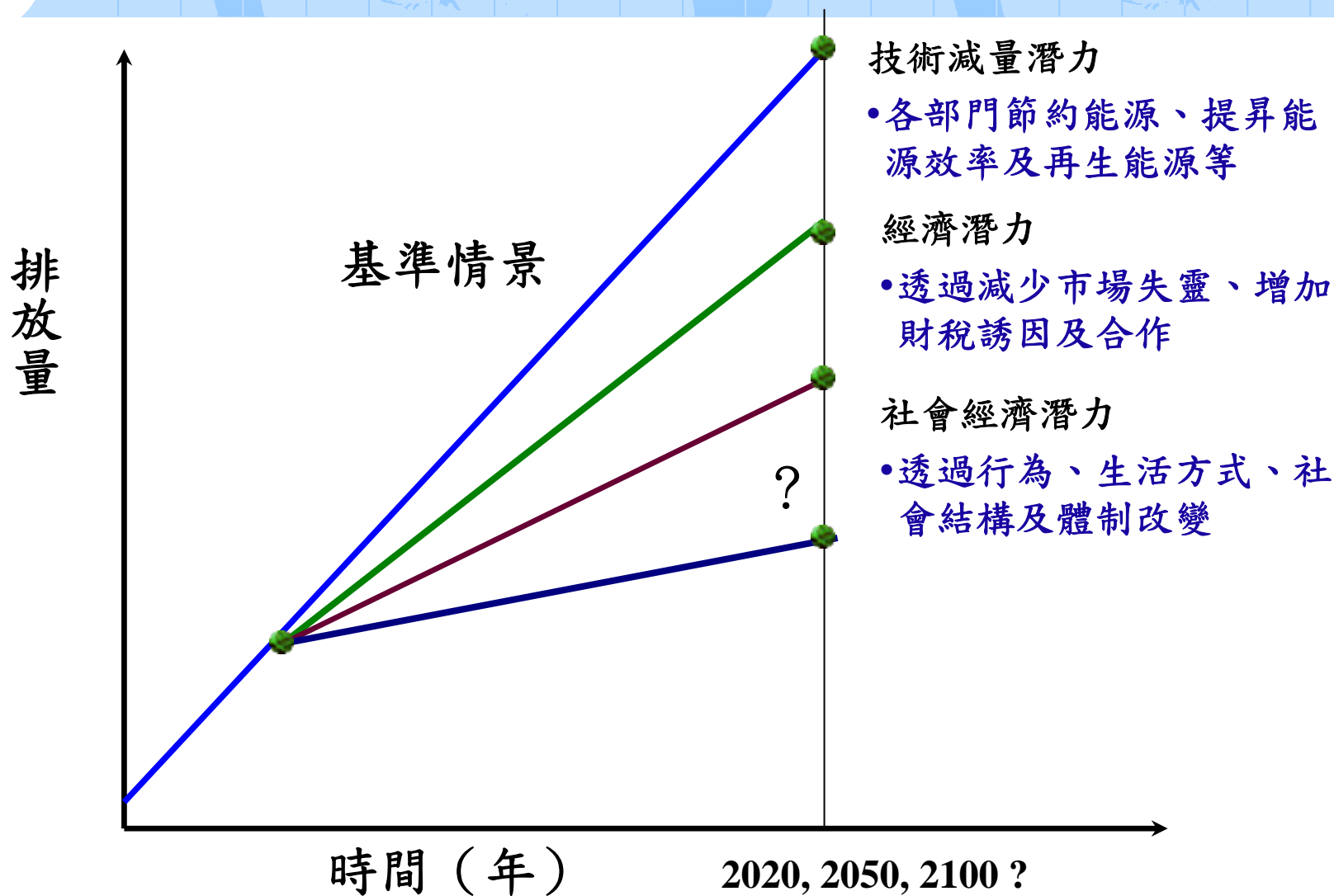
面對循環型議題，必須有全面的思考

- 全面性思考：氣候變遷是循環型議題，必須有全面的思考。
- IPCC(2001)認為溫室氣體減量，應從三個層面著手：

層面	內涵	障礙
技術減量	各種排放部門之節約能源、提升能源效率及推廣再生能源	技術研發能力不足與知識有限
經濟	建立市場、減少市場失靈、增加財稅誘因機制	缺乏競爭、貿易壁壘與資料缺乏
社會經濟	行爲、生活方式、社會結構和體制之改變	個人習慣、社會準則、價值觀念及既得利益

- 社會經濟減量途徑涉及社會制度及型態之改變，最難預估其成效，但卻是不得不走的路。

溫室氣體減量的多元因應途徑

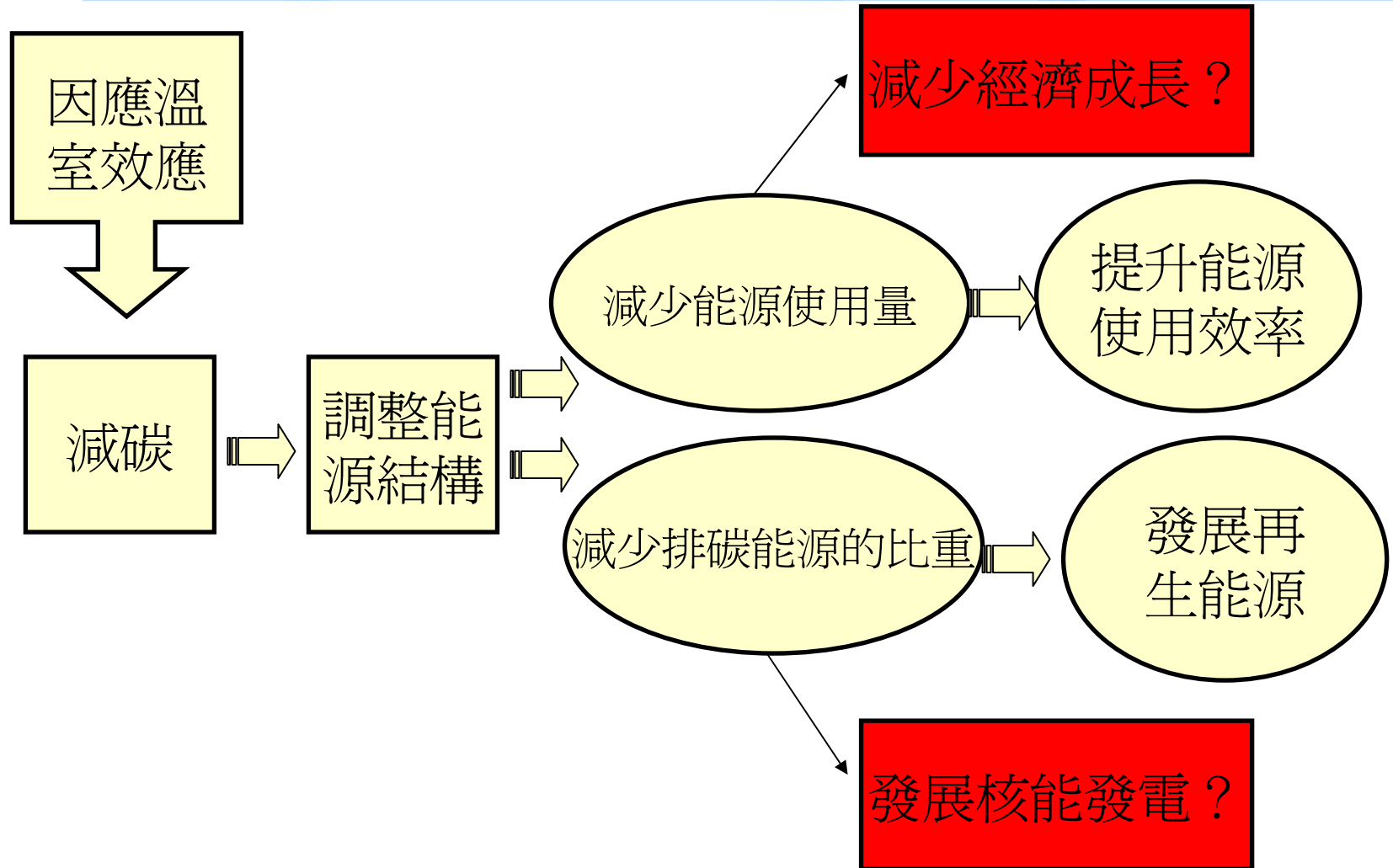


溫室氣體減量的策略—國際觀點

- 依據各主要國家向聯合國氣候變化綱要公約秘書處所提出之國家通訊 (National Communication) 進行彙整。

國家	作法
日本	節約能源、經團連自願減量計畫、Top Runner 能源效率標竿計畫、提升天然氣使用、利用再生能源等。
韓國	能源查核計畫、擴大自然氣使用協議、擴大天然氣使用、促進再生能源市場需求等。
美國	能源之星標章計畫、氣候領袖計畫、溫室氣體自願減量協定、潔淨能源方案、各項減量技術之研發等。
英國	氣候變化稅、氣候變化協定、碳信託基金、交通十年計畫、2010年再生能源發電占比提升至10%。
德國	新車節油標章、低能耗建築、自願性減量協定、補貼及低利融資補助技術研發。提高能源利用效率及促進節約能源。2010年再生能源發電容量占比12.5%，2020年則至少20%等。
新加坡	能源查核、能源標章、大眾運輸系統、潔淨與能源效率技術研發。2012年天然氣發電在占總發電量60%，推動天然氣車輛等。

溫室議題的因應方向結構



能源生產力

地區/國家	(Region/Country)	美金(1995PPP幣值)/公斤油當量
經濟合作暨發展組織	OECD	4.762
中國	China	4.347
法國	France	5.556
德國	Germany	5.556
日本	Japan	5.882
韓國	Korea	3.571
俄羅斯	Russia	1.695
台灣	Taiwan	4.348
英國	United Kingdom	6.250
美國	United States	4.000

資料來源：Key World Energy Statistics, IEA, 2004

提升能源使用效率

- 依照時程規劃：中程(至2010年)以能源生產力計算整體能源效率至2010年較1997年約提高16%，累積節能 1,973萬公秉油當量。長程(至2020年)則以能源生產力計算整體能源效率至2020年較1997年約提高28%，累積節能 4,187萬公秉油當量
- 成立節能技術服務團隊：提昇用電器具能源效率標準、推動能源技術服務業(ESCOs)、扶植節能設備產業(如發光二極體(LED)照明及冷凍空調產業之發展)
- 提升火力電廠熱效率：淨熱效率燃煤39.8%，燃氣51.7%。
- 強化輸配電系統，減少能源消耗：在六輸計畫完成後，161KV輸電損失可由2003年1.77%降低至2009年之1.115%；第五配電計畫完成後，2003-2007年可減少配電線路損失657百萬度。
- 推廣節約電力措施：藉由需求面管理降低電能消耗，預估每年節約用電430萬度。

LED交通號誌燈節能情形

1. 在透過能源研發，提升能源使用效率上，交通號誌從傳統白熾燈具更換LED燈具的政策，便是最好的例子。
2. 白熾燈燈泡為116到165瓦，僅8000小時壽命，而LED燈約為15到23瓦，卻有20年的壽命，足以節省龐大的更換費用。
3. 白熾燈號誌每年約耗2億9048萬度電，而若採行LED燈具則僅需4648萬度，以每度電2.2元計算，節省2億4400萬度電，84%的節省幅度省下約5億3681萬元。
4. 現行全國總共64.6萬盞交通號誌，約有59.4萬盞沒有更換，以每盞LED燈具更換約2930元計算，全面更新約17億4042萬元。即使扣除其他費用，僅需不到3.5年時間，LED燈具所節省的電費足以支應所有的更換費用。

推動再生能源

再生能源發電裝置容量，以**2010年成長至10%目標**。

- 風力發電
- 太陽光電
- 太陽能熱
- 生質能
- 燃料電池
- 促進國內再生能源相關產業發展。

調整產業結構

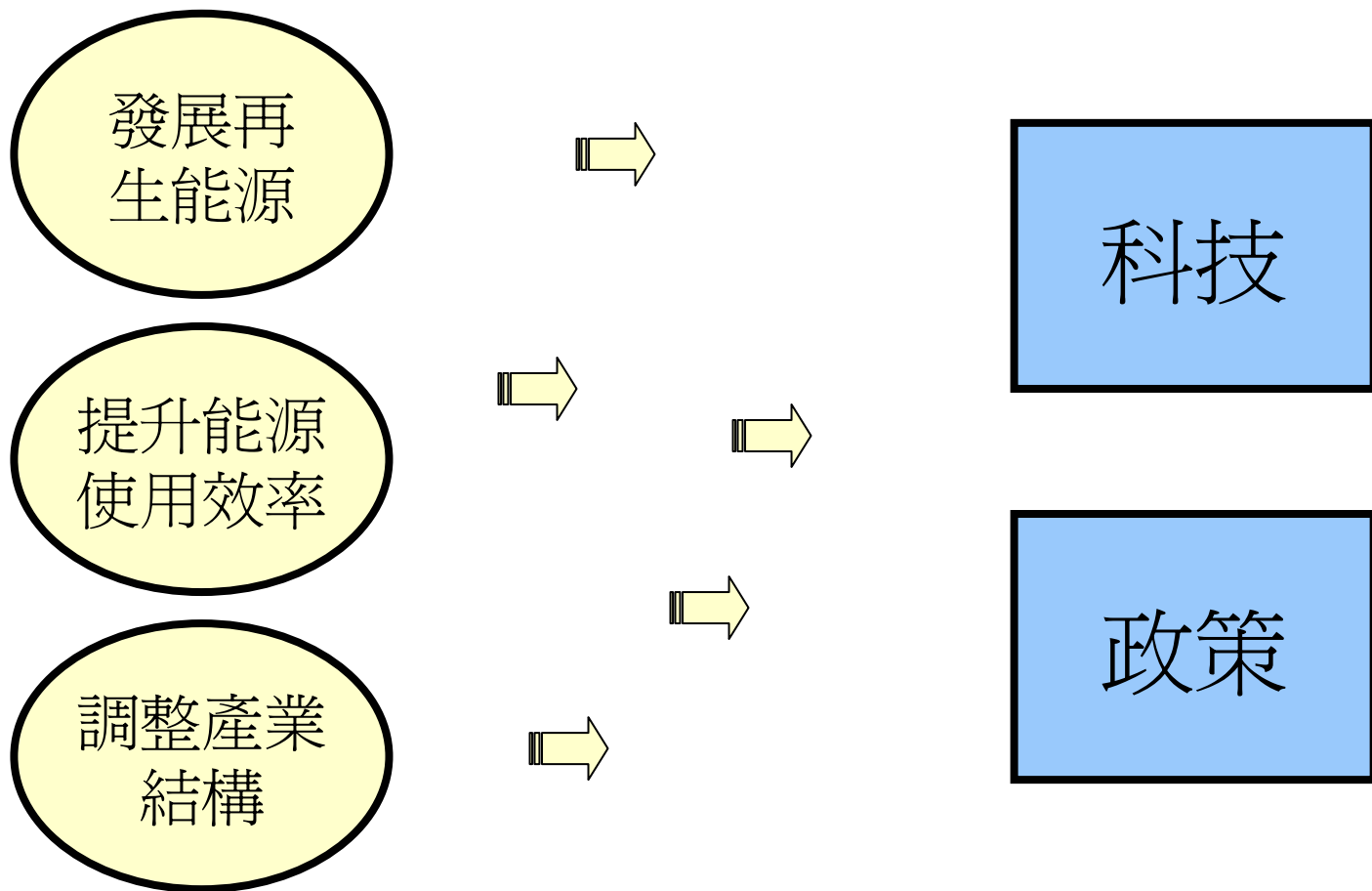
- 產業彼此具有相互支援的關聯，台灣CO₂排放量快速增加，與高耗能產業的擴張導致不良的產業結構有關。
- 從臺灣整體產業結構來看，工業部門的GDP產值約935億6508萬美元，僅佔全國總GDP約三成；能源消費約為30,458,866×10⁷Kcal(佔全國52.3%)，而二氧化碳排放量為1億1579萬公噸（佔全國50.6%）。
- 在工業部門中，能源密集度較高的產業包括石化原料業、水泥業、鋼鐵業、化學製品業與造紙業等，這些產業的能源消費比例佔工業部門的58.03%，CO₂排放比例佔全工業部門的48.49%，為典型的高耗能產業。

高耗能產業消費比例與CO₂排放比例

工業別	能源消費比例	排名	CO ₂ 排放比例	排名	工業部門	能源消費比例	排名	CO ₂ 排放比例	排名
食品菸酒業	3.37	9	3.88	11	橡膠製品業	0.81	16	0.92	18
紡織及成衣服飾業	8.47	4	10.02	3	塑膠製品業	2.74	13	3.23	12
皮革及其製品業	0.24	21	0.28	21	其他非金屬礦物製品業	5.93	5	5.74	4
木竹製品類	0.33	20	0.49	20	水泥業	9.18	3	10.33	2
造紙業	4.3	7	5.29	8	鋼鐵業	23.03	1	24.64	1
印刷業	0.13	22	0.2	22	非鐵金屬業	0.57	19	0.65	19
石化原料業	18.5	2	5.53	6	金屬製品業	1.83	14	2.26	14
基本化工原料業	5.52	6	5.44	7	機械業	0.69	18	0.99	17
化學製品業	3.02	11	2.7	13	電機業	2.95	12	4.6	10
人造纖維業	3.54	8	5.65	5	運輸工具製造業	0.75	17	1.02	16
塑膠原料業	3.05	10	4.67	9	其他製品業	1.05	15	1.11	15

資料來源：中技社：〈我國工業部門二氧化碳排放與能源密集度及生產力變動趨勢分析〉, 2002

溫室議題的因應方向結構



溫室氣體減量之技術—學界觀點1

M. I. Hoffert 等人2002年在*Science*發表*Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet*

● 提出減少二氧化碳排放的五項科技趨勢：

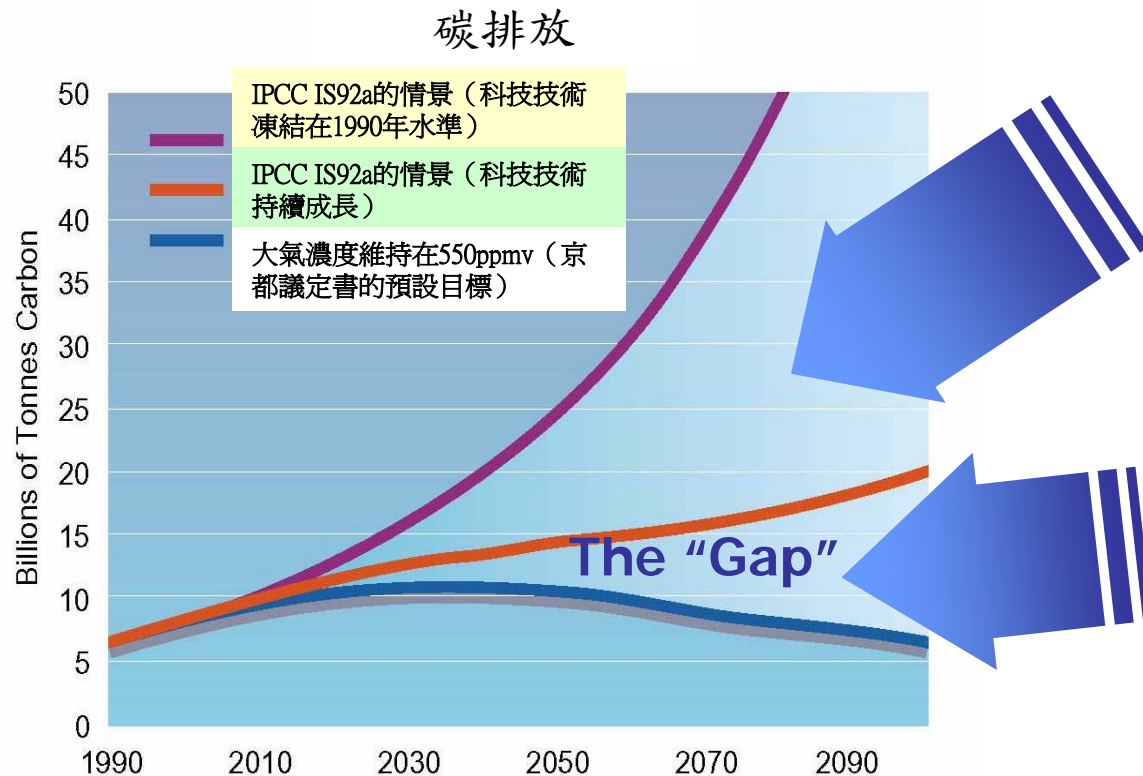
- 提升能源使用效率（**Improving Efficiency**）。
- 減碳與隔離（**Decarbonization and Sequestration**）。
- 再生能源（**Renewables**）。
- 核分裂與核融合（**Fission and Fusion**）。
- 地球工程（**Geoengineering**）：發展改變地球輻射平衡的技術，例如將具反射性的硫酸鹽氣膠放在大氣層中去抵銷溫室效應。

● 強調科技與政治在氣體減量議題重要性：

- 如果地球逐漸暖化，人類也必須發展出更進步之技術
- 改變現有能源系統是長期性議題，需要透過政治解決，也需要有效領導與國際合作。

溫室氣體減量之技術—學界觀點2

- 美國太平洋西北國家實驗室資深科學家Edmonds等人也同樣提出以技術解決溫室氣體排放，藉由能源技術之增進與二氧化碳捕捉(capture)及儲存來達成。



能源技術之增進

- 化石能源
- 能源密集度
- 核能
- 再生能源

二氧化碳捕捉及儲存

溫室氣體減量之技術—產業觀點

- 由各大跨國企業所組成之世界企業永續發展協會（2004）所提出溫室氣體減量觀點，也是以發展再生能源、使用低碳能源、提升能源效率、節約能源、捕捉及儲存等為主。

排放減量



天然氣



核子技術



再生能源



生技產品



碳捕捉與碳儲存

節能與能源效率



大眾運輸



道路運輸



建築



低耗能設備



以創新多元的方式進行

調整科技研發預算配置

- 各國政府能源研發經費佔總研發經費的比例各有不同，日本約14.3%，韓國約9%，臺灣僅佔2.9%卻相形偏低。
- 藉由調整科技研發預算配置，擴大能源研發比重，將有利於透過研發來促進更符合永續的能源政策。

先進國家能源研發經費比較

	美國	日本	德國	荷蘭	韓國	我國
自產能源比率	74% (1999)	20% (1999)	39% (1999)	32% (1996)	2.8% (1999)	3% (2001)
能源R&D (億美元)	30 (2001)	25 (1997)	8.9 (1997)	1.3 (1996)	3.5 (2000)	0.66 (2002)
能源R&D佔政 府科研經費%	7.3% (2001)	14.3% (1997)	5.7% (1997)	5%(1996)	9% (2000)	2.9% (2002)
能源研究主要 領域(政府經 費)	核能(8%) 石化(18%) 節能(27%) 再生(12%) 其他(35%)	核能(75%) 石化(9%) 能源效率(8%) 再生(3%) 其他(5%)	核能(16%) 石化(3%) 能源效率(15%) 再生(6%) 環保(56%) 其他(3%)	核能(13%) 石化(10%) 節能(39%) 再生(16%) 其他(22%)	核能(50%) 能源與環保 (50%)	核能(19%) 節能(39%) 再生(37%) 其他(5%)



伍、推動的組織機制



四大因應機制

- 氣候變遷及京都議定書因應小組
- 氣候變遷因應方案
- 氣候變遷行動計畫
- 溫室氣體減量法

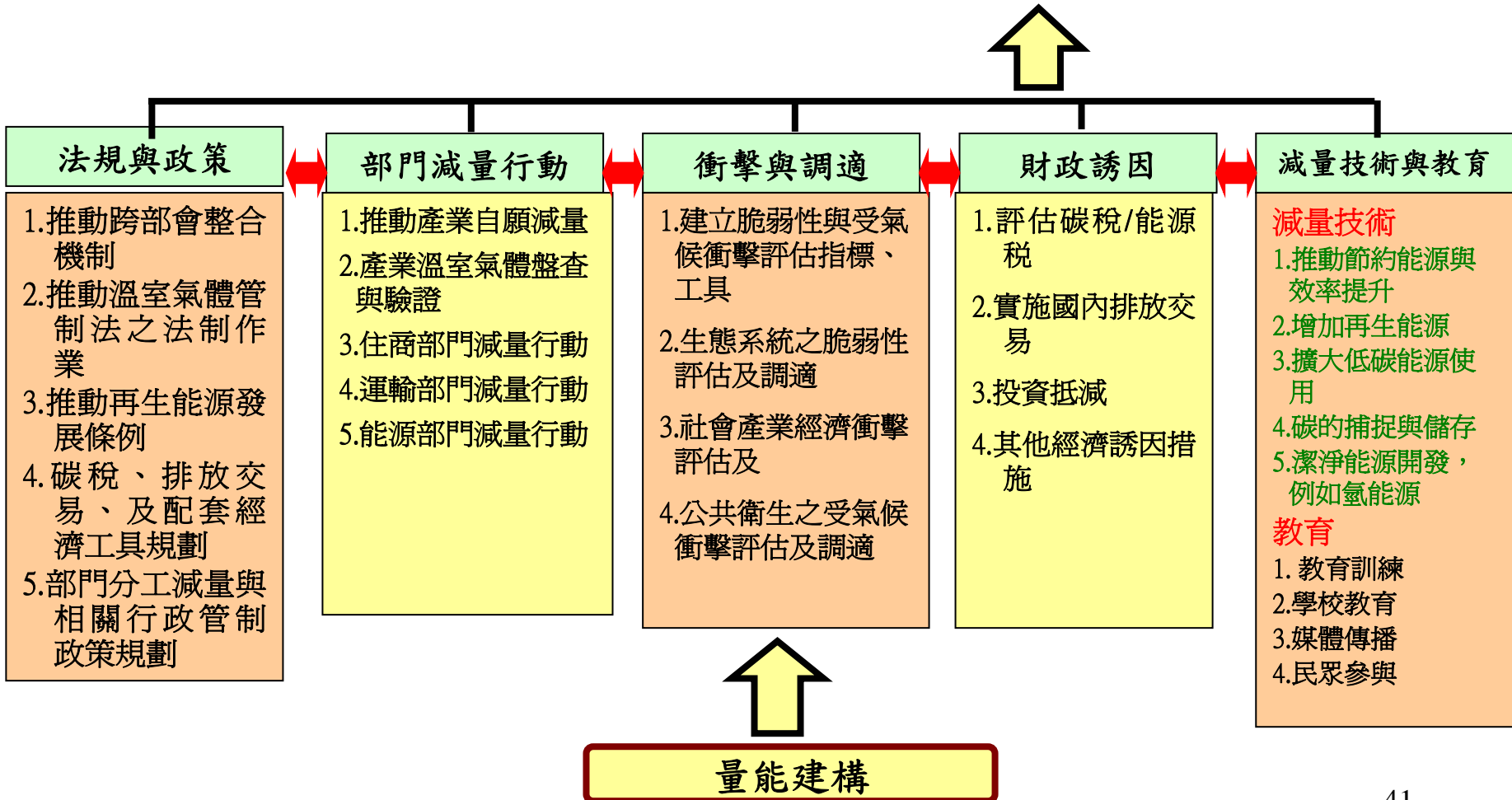
因應氣候變遷之整體架構(1)

- 參考IPCC之評估報告與國內現有氣候變遷暨京都議定書因應小組下，規劃因應氣候變遷整體策略：
 - **建構量能(capacity building)**：積極建構因應氣候變遷及溫室氣體減量之長期量能。
 - **在因應小組機制運作下**：掌握國際環保思潮 / 善盡地球村成員責任 / 擴展環保外交 / 爭取國家利益之精神下，積極從事法規與政策、部門減量行動、衝擊與調適、財稅誘因及減量技術與宣導等工作，彼此間緊密互動。
 - **從臺灣到全球，邁向永續發展**：由在地行動(Local Action)，朝向全球合作及全球共享(sharing)，最終邁向永續發展。

因應氣候變遷之整體架構(2)

永續發展

全球共享/全球合作



跨部會之整合機制

氣候變遷暨京都議定書因應小組組織架構

召集人：行政院院長

執行長：國家永續發展委員會執行長

秘書處 (環保署)

專家諮詢小組

策略分組

議題分組

細部計畫

策略規劃與
對外談判組
(環保署)

部門減量規劃
與策略組
(經濟部)

經濟衝擊調適
與經濟誘因組
(經建會)

科學研究與
教育宣傳組
(國科會)

策略規劃組
(環保署)

對外談判組
(外交部)

管制考核組
(研考會)

能源、工業部
門組
(經濟部)

運輸部門組
(交通部)

住商部門組
(內政部)

農業與森林組
(農委會)

經濟衝擊評估與因
應組
(經建會)

財稅誘因工具組
(財政部)

科技研發組
(國科會)

教育宣導組
(教育部)

因應策略規劃及跨部會協調整合

公約法律研究及對外談判

負責各項推動計畫之管制與考核

能源結構調整與策略規劃、工業部門基線調查及潛力評估與策略規劃、產業結構調整與策略規劃

運輸部門基線調查及潛力評估與策略規劃

住商部門基線調查及潛力評估與策略規劃

農業排放和森林吸收策略

整體經濟衝擊評估及因應

研析財稅誘因工具協助促進溫室氣體減量

科學性研究、衝擊評估及調適技術研發

各相關部會辦理權責議題宣導；教育部研析將防制氣候變遷議題納入國民教育

溫室氣體管制法

- **公、私部門的權責**：由中央擬訂「全國溫室氣體防制基本方案」，確立公、私部門溫室氣體減量合作及分工。
- **防制策略**：規範推動國家溫室氣體盤查、登錄及排放清冊建置；授權訂定排放管制、財稅誘因及排放交易制度；推動溫室氣體減量技術研發等



陸、這是一個趨勢管理的課題

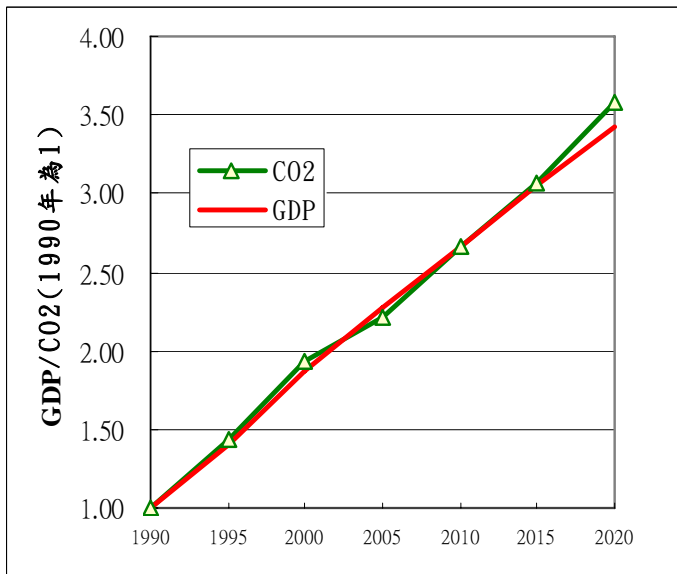


A stylized illustration of a landscape with green hills, a blue sky, and several white, cone-shaped structures resembling wind turbines or towers. The scene is framed by a light blue and green border.

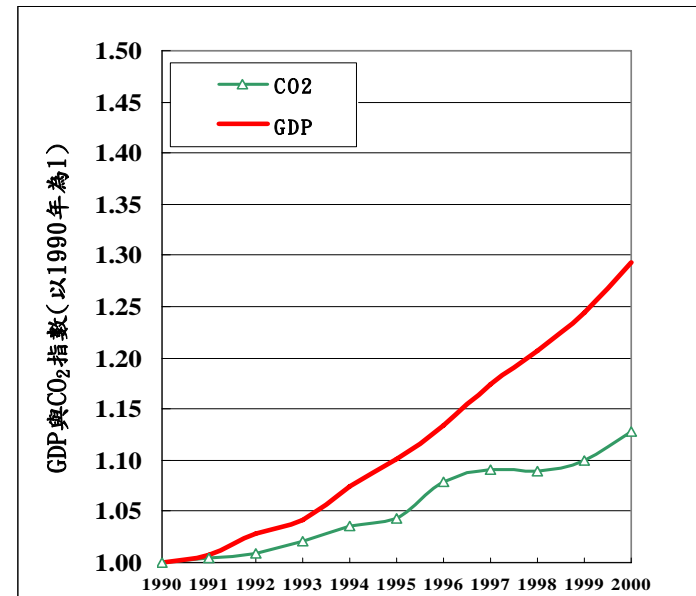
成長的迷思：分離與否？

- 我國CO₂排放成長與經濟成長兩者間為高度相關，即使至2020年仍高度相依存，一般發展中國家均有此現象。
- 已開發國家（OECD國家）於1970年代起開始調整產業結構，發展高附加價值、低耗能產業，並使用低碳能源等策略，促使經濟成長可持續高度成長，而CO₂卻逐漸平緩，形成兩者分離的現象（decoupling）

（我國與一般開發中國家）

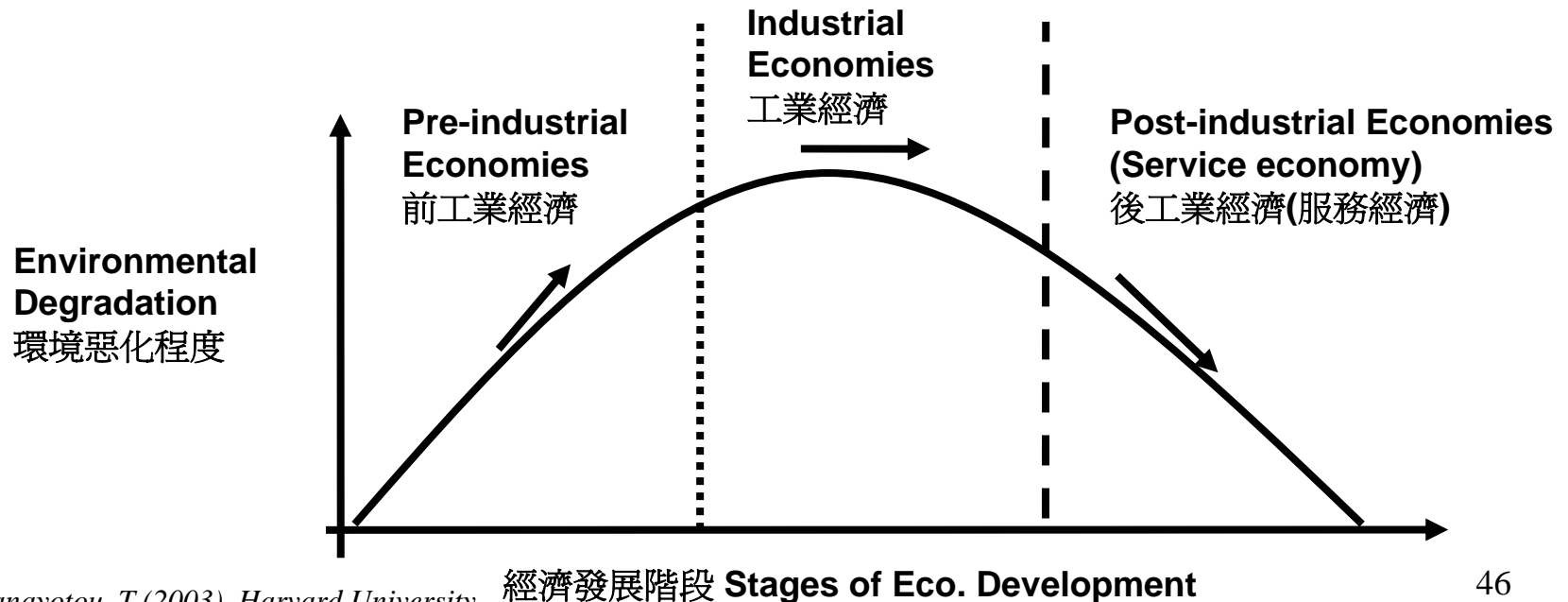


（OECD國家）



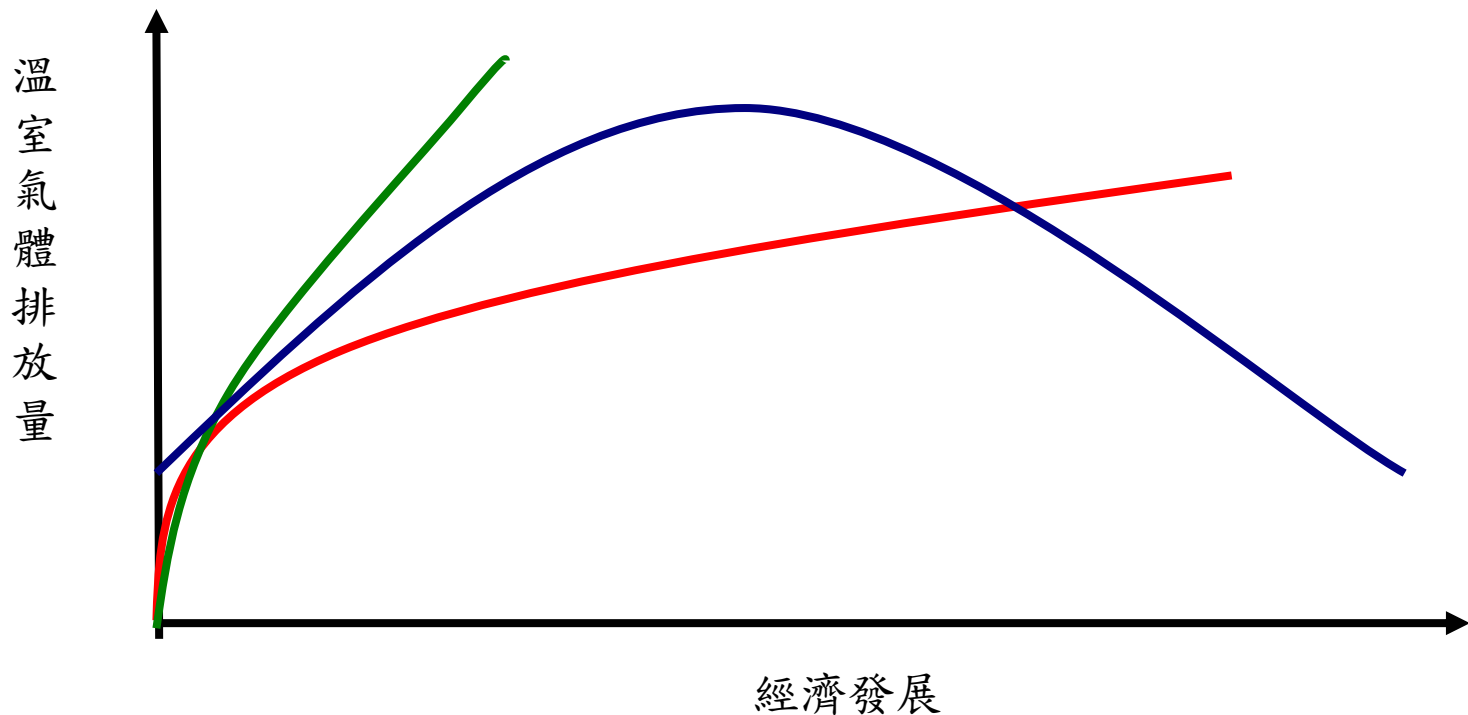
減量途徑之階段作法

- 分階段因應作法：先減緩(mitigation)再減量(reduction)
 - Panayotou (2003)依據環境顧志耐曲線理論(Environmental Kuznets Curve, EKC)，認為國家在處理環境與經濟關連議題，可分為三個階段，環境污染減量都是先減緩污染成長率，才能進行減量。
 - 但是世界銀行(1992)研究指出CO₂要出現EKC現象似乎並不容易，目前僅有英、德出現統計上的顯著。



困境或轉機

- **提升層級，跨部整合**：我國面對氣候變遷議題，積極提升決策層級，並以跨部會整合機制來處理，未來將擬定行動計畫及推動方案，訂定逐期檢視標的。
- **提升能源科技研發契機**：我國應該把氣候變遷視為提升能源科技研發的轉機，希望將臺灣溫室氣體排放量由快速成長(綠線)、緩慢成長(紅線)，逐漸轉變為願志耐曲線(藍線)。



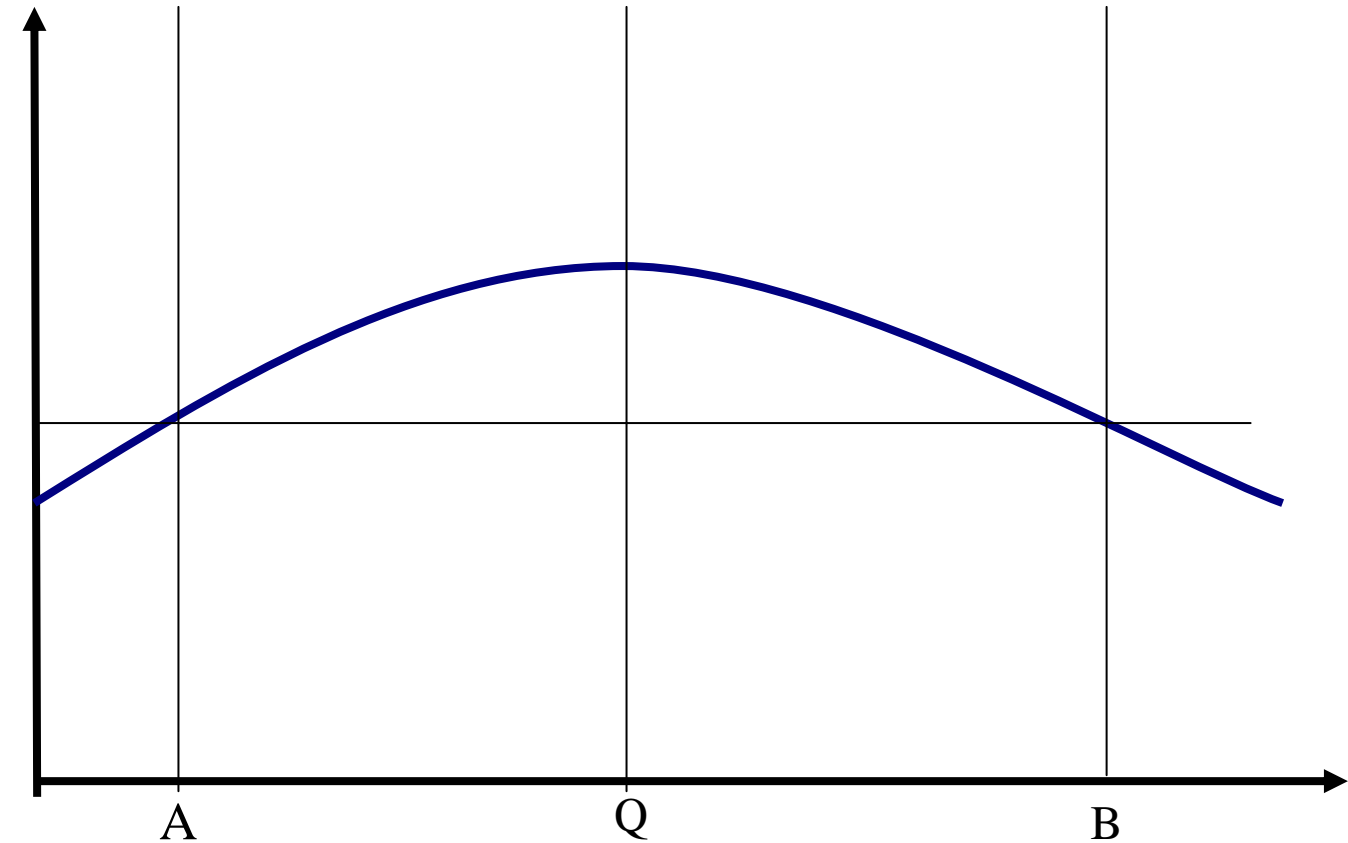
趨勢管理

基準年

轉折年

檢證年

溫室氣體排放量



未來的趨勢與對策

- 台灣所面對的氣候變遷議題，絕不是短期內做得到或做不到的問題，而是十五二十年的結構調整問題，不論科技經濟或社會乃至政治系統都高度相關。
- 台灣在氣候變遷議題上做得夠不夠，是否為國際社會所接受，未必取決於某一量化的減量標準，而是臺灣在這段時間整體的努力度。因此，我們所做的每一項努力都很重要，也都算數。