

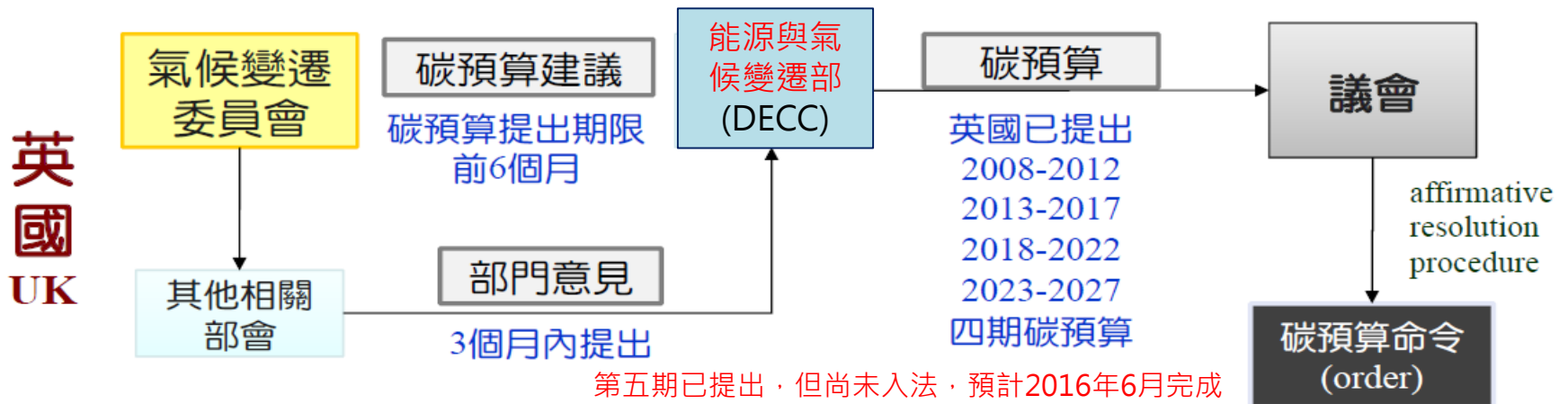
英國碳預算評估方式介紹

郭瑾璋

2016/03/16

英國碳預算

- 英國2008年制定的**氣候變遷法案**(2008 Climate Change Act)，為全球第一個將國家減碳目標入法的國家，而**碳預算(Carbon Budget, CB)**則為英國因應氣候變遷與國家減碳目標，於該法案所建立的核心制度。
 - 全球第一個以**法律形式**實施的國家碳預算，可有效的實施減碳管理及相對應的財政政策；
 - 成立獨立的**氣候變遷委員會**(Committee on Climate Change)，研提碳預算建議，並於每年針對碳預算執行進行監督，對國會提出進展報告；
 - 以**5年為一期**加總的溫室氣體**淨排放量**制定碳預算，作為管制目標，需於每期碳預算**施行前12年**制定(除前三期外)。
 - 將規範對象分為兩大部門：
 - 可交易部門(Traded Sector) – EU ETS所規範之部門，主要為電力與重工業(2012年起涵蓋航空業)。
 - 不可交易部門(Non-traded Sector) – 可交易部門未規範之部門，如交通、農業、建築



英國碳預算研提原則

■ 包含京都議定書函蓋的六種溫室氣體(carbon dioxide, methane, nitrous oxide and the three F-gases: HFCs, PFC and SF6)

■ 碳預算考量原則

— 英國 2050長期減碳目標

— 氣候變遷科學

— 氣候變遷相關科技

— 經濟影響，如產業競爭力

— 財政影響，如稅、公共支出

— 社會影響，如能源貧窮問題

— 能源政策，如能源供應與密集度

— 區域差異

— 歐盟和國際的減量承諾

— 國際航空與海運排放

- “must be set with a view to meeting ... the target for 2050”; and
- Must take into account:
 - “scientific knowledge about climate change;
 - technology relevant to climate change;
 - economic circumstances, and in particular the likely impact of the decision on the economy and the competitiveness of particular sectors of the economy;
 - fiscal circumstances, and in particular the likely impact of the decision on taxation, public spending and public borrowing;
 - social circumstances, and in particular the likely impact of the decision on fuel poverty;
 - energy policy, and in particular the likely impact of the decision on energy supplies and the carbon and energy intensity of the economy;
 - differences in circumstances between England, Wales, Scotland and Northern Ireland;
 - circumstances at European and international level;
 - the estimated amount of reportable emissions from international aviation and international shipping for the budgetary period or periods in question”.
- while “complying with the European and international obligations of the United Kingdom”.

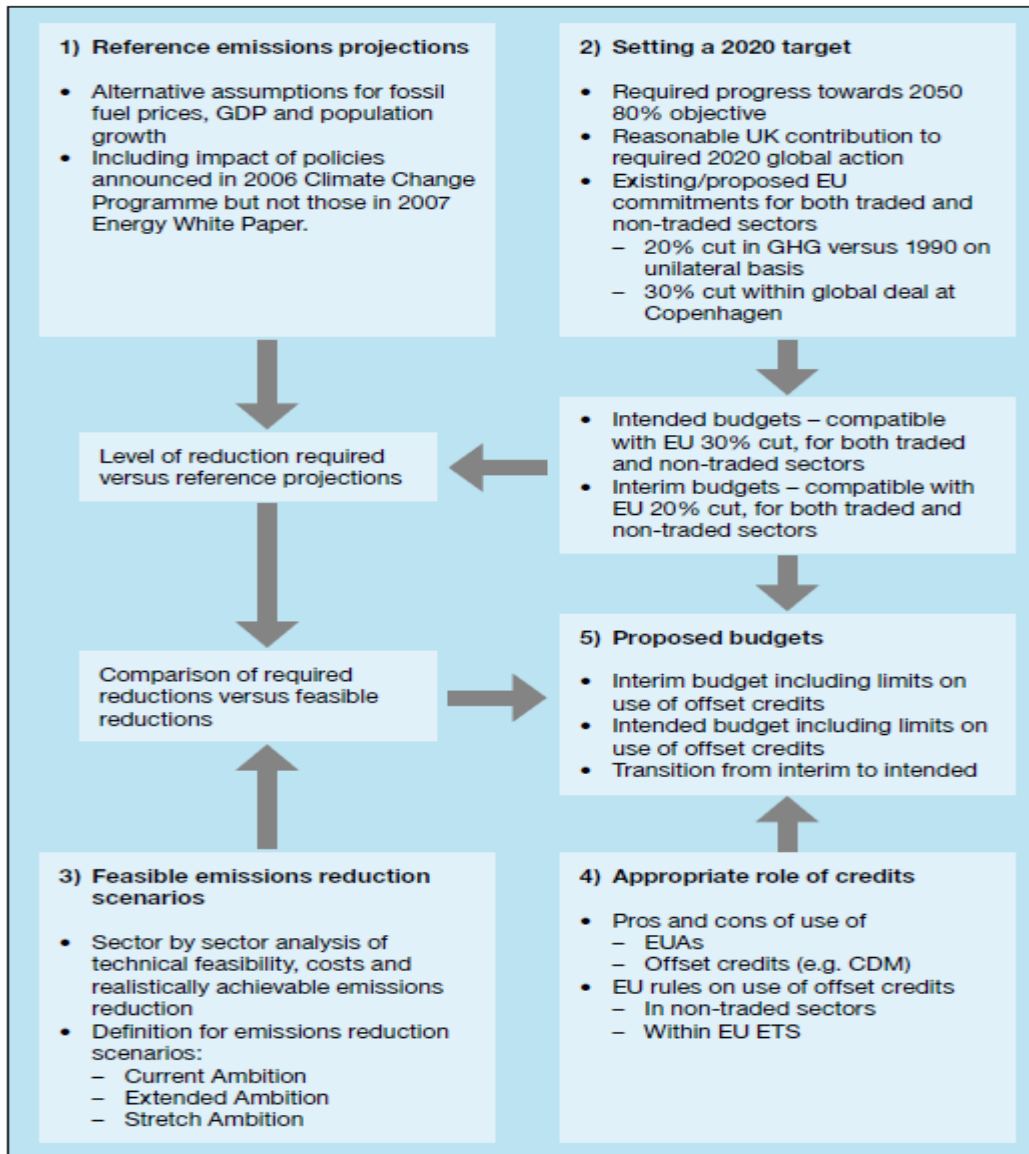
英國1-3期碳預算研提程序

1. 先評估未來可能的碳排放基線(參考情境)。

2.2 達成目標所需之減碳量評估：以基線與中期目標間之差值，計算所需要的減碳量。

3.1 比較可能的減碳量與達成目標所需的減碳量

3. 可能的減量情境：藉由部門技術可行性、成本及可達成之減碳量分析，定義三種減碳情境。



2. 設定中期目標：考量國家長期減碳目標、國家配合全球減量目標應有的貢獻、歐盟減量目標。

2.1 考量過度期與預期的碳預算目標。

5. 研提碳預算建議：考量碳權抵換下的碳預算目標。

4. 探討排放交易與境外碳權的影響。

英國第4期碳預算研提程序

Expected Implementation of UK 2050 target

- 80% reduction in overall emissions (160 MtCO₂e).
 - c. 85% excluding IA&S (120 MtCO₂e).
 - c. 90% for CO₂ excluding IA&S (60-70 MtCO₂e).
- Should be almost entirely achieved via domestic action.

1. 考量全球氣候變遷科學，維持英國2050年長期減碳目標。

Likely/required emissions level in early 2020s

- Emissions projections.
- Recommended measures to 2020 (Extended Ambition scenario).

Feasible pathways during 2020s

- Feasible based on technology availability, capital stock turnover, policy options and consumer acceptability.
- Cost-effective compared to carbon price projections.

2. 重新審視1-3期CB下英國2020年排放量規劃

2. 在前期的基礎下，考量技術可行性、成本效益等因素下，利用MARKAL模型與Bottom-up分析方法評估2020年間可能的減碳路徑。

Indicative target for 2030

- Around 60% reduction v. 1990 from domestic emissions reduction (310 MtCO₂e).
- Around 63% reduction v. 1990 as contribution to global emissions reduction.

4. 考量全球減量路徑下，英國最適減量貢獻；以及考量英國達成2050年目標下，可行及有效的減量措施下，2030年的減量情境(分3個情境)。

Feasible pathways from 2030-2050

Reflecting technology development, capital stock turnover, lead times for consumer behaviour change, etc.

3. 考量英國2050年長期減碳目標。

Implied 2030-2050 path

- 5% reductions per annum – still feasible but challenging.
- Lower 2030 target would make 2030-2050 path excessively expensive and challenging.

3. 考量英國2050年長期減碳目標。

Recommendations on fourth budget period (2023-2027)

- Domestic Action budget of 1950 MtCO₂e to be legislated now and delivered through domestic emissions reduction.
- Global Offer budget of 1800 MtCO₂e as an indicative minimum contribution to a global deal.

5. 考量國內減量與國際減量責任，研提碳預算。

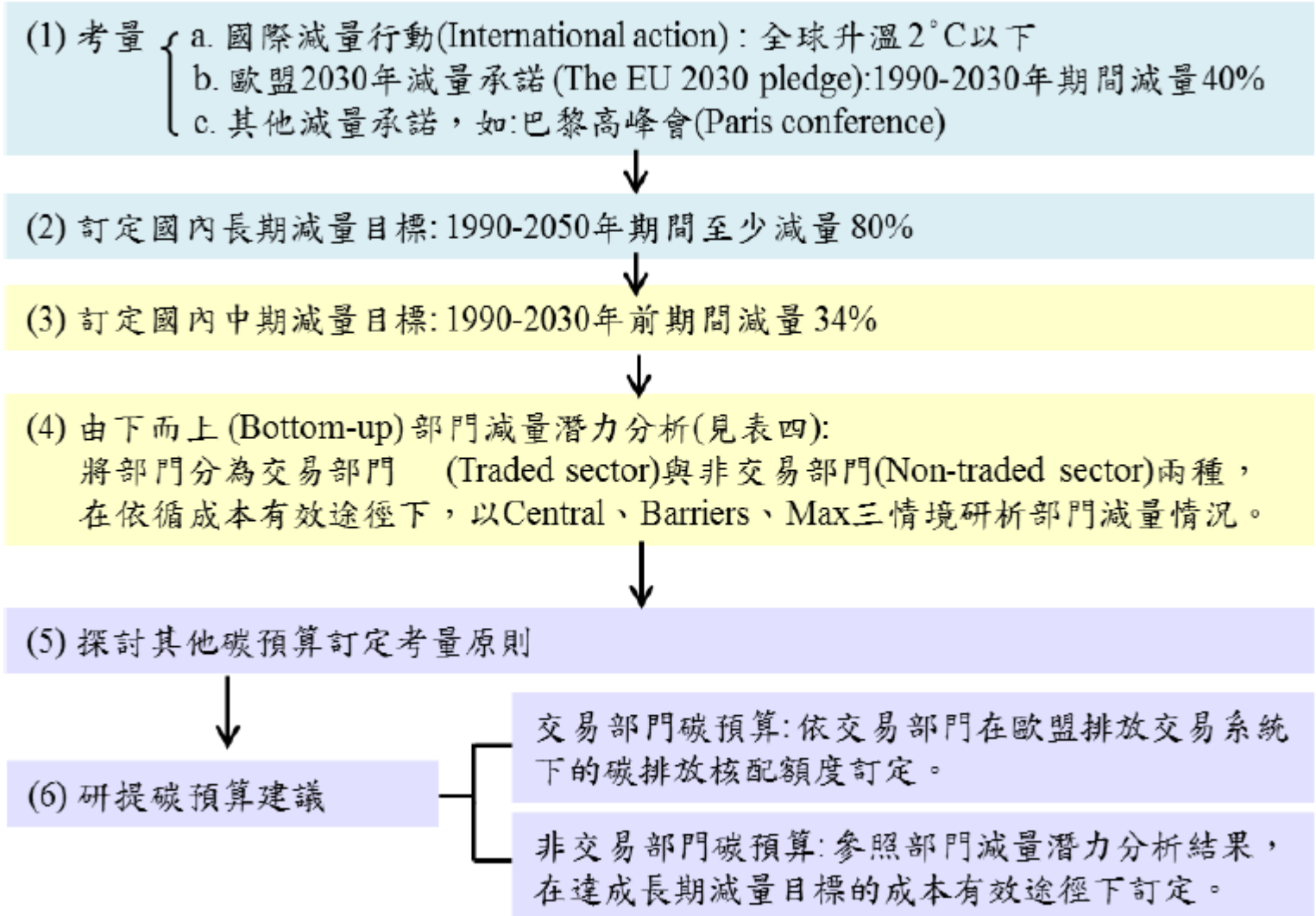
Recommendations on approach to first three budgets and international aviation and shipping

- Tighten second and third budgets to reflect Intended budget for non-traded sector.
- Accept principle that international aviation and shipping will be included in carbon budgets, although continue to exclude for now.

6. 檢討第一期的減量成效與IAS建議。

- UK 2050 target
- UK indicative 2030 target
- Feasibility and economic modelling
- Recommendations and implications

英國第五期碳預算設定程序



資料來源: UK CCC(2015), The Fifth Carbon Budget – The next step towards a low-carbon economy.

各期碳預算分析工具與情境設計

	1 st -3 rd CB	4 th CB	5 th CB
分析工具	<ul style="list-style-type: none"> • DECC Energy Model(基線) • Cambridge Econometrics Model(基線) • UK MACC (Bottom-up analysis) • UK MARKAL 	<ul style="list-style-type: none"> • UK MARKAL Model • Bottom-up analysis 	<ul style="list-style-type: none"> • DECC Energy and emission model(基線) • UK TIMES Model (UKTM) • Bottom-up analysis
基線情境	<ul style="list-style-type: none"> • 政策為2006年氣候變遷計畫(CCP)所宣告之政策，但不包括2007能源白皮書(EWP)新增或重新協議的政策。 	<ul style="list-style-type: none"> • 在能源價格中情境且未來GDP成長預測下，且政策維持在2009年7月低碳轉型計畫(Low Carbon Transition Plan)所列之政策 	<ul style="list-style-type: none"> • 在能源價格中情境且未來GDP成長預測下，且政策維持在2009年7月低碳轉型計畫(Low Carbon Transition Plan)所列之政策。
參考情境	<ul style="list-style-type: none"> • 無 	<ul style="list-style-type: none"> • 以2020年可以達成intended budget為based，沒有其他額外新增措施下，推估2020-2050 	
基線排放推估	<p>(一)重要社經假設</p> <ul style="list-style-type: none"> • 總人口數 • 戶數 • GDP成長率 • 家戶可支配所得 • 平均長期生產力成長率 • 次級部門成長 • 國際燃料價格(煤、油、氣) 	<p>(一)重要社經假設</p> <ul style="list-style-type: none"> • GDP • 人口成長 • 戶數結構 • 燃料價格中案(煤、油、氣) 	<p>(一)重要社經假設</p> <ul style="list-style-type: none"> • 總人口數(2014-2030年)增加10% • 實質GDP成長(2014-2030年)增加47% • 國際燃料價格中案，2014-2030年(煤增加9%、油增加19%、氣增加32%)

各期碳預算分析工具與情境設計

	1st_3rd CB	4th CB	5th CB
減碳路徑情境	<ul style="list-style-type: none"> • Current Ambition：考量減碳成本小於預期的碳價 (£40/tCO₂ in 2020) 或已制定的政策，主要的政策為建築能效提昇、低碳電力。 • Extended Ambition：納入更積極但合理的措施，部分措施成本將較預算碳價高，相關措施與政府未來的承諾方向一致，但仍需透過更具體的政策來推動。主要新增的措施為提高再生能源熱能應用與提高公路運具能效。 • Stretch Ambition：納入現階段政府尚未承諾，但具有可行的減量潛力措施，如新技術的推動、生活型態改變等。主要強化措施為建築隔熱與新的運輸技術(貨車)等。 	<ul style="list-style-type: none"> • Low Abatement：反應關鍵低碳技術因技術發展不如預期、成本較預期高，或政策推動新技術的力道不足。 • Medium Abatement：反應低碳技術滲透率增加。 • High Abatement：針對有潛力技術(如CCS)、永續性技術(如生質能)、成本效益考量技術(如電池成本對電動車的影響)等，積極推動以克服發展限制。 	<ul style="list-style-type: none"> • 中央情景(Central Scenario)：到第五期碳預算期間最有可能採用的技術與措施的排放情景。 • 障礙情景(Barriers Scenario)：指關鍵性減量措施發生不利情況下(例如技術與市場障礙)之情景。 • 最大情景(Max Scenario)：指關鍵措施的最大可能佈署情景。 • 替代情景(Alternative scenarios)：針對每個部門關鍵技術發展的不確定性，以替代方案情境分析在不確定性，如何以不同的技術組合達成中央情境的目標。主要考量的有低碳供熱技術(直接供熱與熱泵間的消長)、低碳運具(氫能與電動車)與CCS(CCS、核能與再生能源)。
碳預算建議案	<ul style="list-style-type: none"> • Interim CB • Indented CB 	<ul style="list-style-type: none"> • Domestic Action CB • Global Offer CB 	<ul style="list-style-type: none"> • Central Estimate

英國第4-5期碳預算設定分析方法

一、第4th 碳預算

- 應用 **MARKAL模型**：模擬在2050減量目標下(Equal or cumulative cost minimum)可能的減碳路徑與減碳成本分析。
 - 考量燃料價格、技術成本與可行性、設置率與永續生質能的可行性；
 - 考量關鍵技術的可行性、低碳力的建置程度(最大潛力)或核能、CCS等差異，設計多種情境，分析其可能的影響；
 - 由MARKAL模型提供多個訊息：技術未來應發展的趨勢與力道、電力密集度、CCS的重要性、生質能結合CCS的潛力等。
- 應用 **Bottom-up Analysis**：
 - 以在能源價格中情境與未來GDP成長預測下，且政策維持在2009年7月低碳轉型計畫(Low Carbon Transition Plan)所列之政策做為參考情境。
 - 應用Bottom-up Analysis，考量各種技術的發展狀況，設計Low Abatement、Medium Abatement與High Abatement三種情境，分析成本有效的減量路徑，其中成本有效是以相對**DECC carbon price projection**而言(2025年**45英鎊**/噸CO₂，2036年**110英鎊**/噸CO₂)。

二、第5th 碳預算

- 應用 **UK TIMES** 模型，模擬在2050減量目標下可能的減碳路徑分析。
- 應用 **Bottom-up Analysis**，考量各種技術發展狀況，設計三種情境，成本有效是以相對政府的carbon value而言(2030年**78英鎊**/噸CO₂，2050年**220英鎊**/噸CO₂)。此**carbon value**是藉由文獻與模型評估全球達到升溫控制在2度C的碳成本，且經過專家群檢視。

英國碳預算時程與內容

碳預算	Budget 1 (2008-2012)	Budget 2 (2013-2017)	Budget 3 (2018-2022)	Budget 4 (2023-2027)	Budget 5 (2028-2032)
Interim budget	3,018	2,782	2,544		
Interim traded	1,233	1,078	985		
Interim non-traded	1,785	1,704	1,559		
Intended budget	3,018	2,679	2,245	1,950 (Domestic Action)	1,725
Intended traded	1,233	1,009	800	690	590
Intended non-traded	1,785	1,671	1,445	1,260	1,135
Proposed tightened budget	3,018	2,749	2,430	1,800 (Global offer)	
Interim traded	1,233	1,078	985		
Intended non-traded	1,785	1,671	1,445		
立法碳預算	3,018	2,782	2,544	1,950	1,725
立法制定時間	2009年	2009年	2009年	2011年	2016年
traded	41%	39%	39%	35%	34%
non-traded	59%	61%	61%	65%	66%
較1990年基準減量比例	23%	29%	35%	52%	57%

碳預算對經濟的影響

1st-3rd CB

Table 11.1 Resource cost estimate of meeting the Intended carbon budget based on Extended Ambition scenario in 2020

	Cost-saving measures (% of GDP)	Positive cost measures (% of GDP)	Total (% of GDP)
Residential buildings	-0.09%	0.11%	0.02%
Non-residential buildings	-0.05%	0.01%	-0.04%
Industry	-0.03%	0.00%	-0.03%
Transport	-0.01%	0.06%	0.04%
Electricity generation		0.20%	0.20%
Total domestic abatement cost			0.20%
Offset credit purchases (30 MtCO ₂ e at £13/tCO ₂ e)			0.02%
Net EUA purchases (25 MtCO ₂ at £40/tCO ₂)			0.05%
Total offset and allowance purchases			0.07%
Total abatement cost			0.28%

Source: CCC MACC analysis

Notes: 2020 GDP projected at £1.8 trillion consistent with Budget 2008 forecasts. Figures may not sum due to rounding. Offset credit price may not include all transaction costs; see Chapter 4: Carbon markets and carbon prices

- Resource cost methodology : 2020減碳成本占GDP 0.28% , 主要來自電力部門。若在高燃料價格, 減碳成本占GDP的比例下降至 0.19%
- 總體模型 (CE modelling) : 2020年GDP減少0.82%
- 一般均衡模型(HMRC modelling) : 2020年GDP減少0.25%。

4th CB

Table 3.7: Estimated costs (as % of GDP) for the Domestic Action budget and indicative 2030 target

	2025	2030
Medium Abatement scenario costs (%GDP)	0.4%	0.5%
Of which:		
Power	0.3%	0.3%
Buildings	0-0.1%	0-0.1%
Industry (including refineries)	-(0-0.1)%	-(0-0.1)%
Transport (domestic)	0-0.1%	0-0.1%
Non-CO ₂ *	0%	0%
International aviation and shipping (credit purchase)**	0-0.1%	0-0.1%
Extended Ambition abatement costs (%GDP)	0.2%	0.2%
TOTAL abatement costs (%GDP)	0.6%	0.6%

Source: CCC analysis.

Notes: Costs of low-carbon electricity are allocated to power for increased demand in the transport sector (which will largely use off-peak electricity) and to buildings and industry for increased demand there (which will generally be peak or seasonal demand). Numbers may not sum to totals due to rounding.

*We expect net abatement costs in agriculture and other non-CO₂ emitting sectors to be negative; in these calculations we assume zero costs due to uncertainties around exact magnitudes.

** Costs for IA&S are indicative. International aviation based on the 'Likely' scenario from our 2009 Aviation Report. International shipping based on DECC's 2050 Pathways Analysis (will be revisited in light of our forthcoming Shipping Report in 2011).

- Resource cost methodology : 2025減碳成本占GDP 0.6%
- 考量減碳措施成本的不確定性 : 2025減碳成本占GDP 0.3-0.8%
- 考量燃料價格的不確定性 : 2025減碳成本占GDP 0-0.7%。

碳預算對經濟的影響

Table 6.3: Estimated costs of meeting the fifth carbon budget under a range of assumptions

Costs as % GDP	Central estimate	High or low fossil fuel prices	Low or high technology costs
Total costs	0.5%	0.1% to 0.8%	0.2% to 0.9%
Of which:			
Power	0.5%	0.3% to 0.7%	0.4% to 0.7%
Industry	0.0%	0.0%	0.0%
Buildings	0.0%	-0.1% to 0.0%	-0.1% to 0.0%
Transport	0.1%	-0.1% to 0.2%	-0.1% to 0.2%
Agriculture, waste and F-gases	0.0%	0.0%	0.0%

Source: CCC analysis.

Notes: The cost estimates presented are based on the resource costs of the measures in our scenarios to reduce emissions. They do not include quantified costs or benefits relating to changes in welfare (e.g. warmer homes or changes in demand for energy services), or impacts on health (e.g. due to improved air quality). We expect net abatement costs in agriculture to be negative; in these calculations we assume zero costs due to uncertainties around exact magnitudes. Numbers may not sum due to rounding.

- 第五期碳預算需比第四期碳預算每年再投入30億英鎊，相當於0.1%的GDP
- Resource cost methodology：2030減碳成本占GDP 0.6%
- 考量減碳措施成本的不確定性：2030減碳成本占GDP 0.2-0.9%
- 考量燃料價格的不確定性：230減碳成本占GDP 0.1-0.8%。

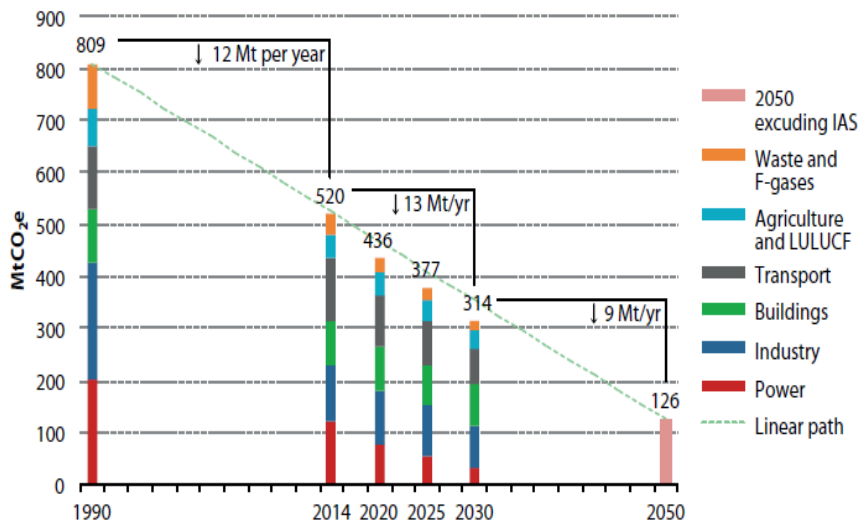
各期碳預算模擬分析總結

- 能源效率與行為改變可大幅降低減碳成本，但因能效提昇仍不足以達成目標，仍需考量燃料替代。
- 因電器化影響，未來電力需求是持續增加的(2050年預估較2014年增加50-135%)，因此大幅降低電力排放密集度是達成長期目標主要的手段。
- CCS對於以最小成本達成2050年目標是相當重要的手段，根據CCC與能源技術研究所(ETI)估計，若無CCS，則成UK 2050年目標的減碳成本將增加一倍，這與IPCC第五期評估報告結果一致。
- 生質能因來源有限，因此永續生質能將扮演輔助其他措施的角色。CCC建議永續生質能應結合CCS，其每年可提供額外20百萬噸CO₂的減量貢獻。
- 工業減碳措施除能效提昇與CCS外，可將化石燃料供熱轉為電力或氫能等低碳燃料。
- 建築與路運減碳措施主要仰賴低碳技術的發展，可由現在持續規劃未來達成完全去碳化的可能性。

英國第5期碳預算下各部門排放趨勢

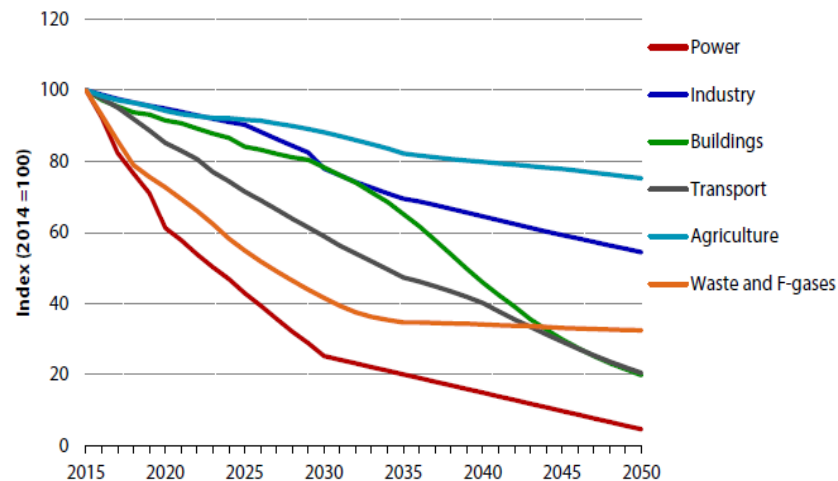
- 電力部門減碳貢獻最大(80百萬噸)，電力碳密集度由2014年450gCO₂/kWh，至2020年降為250gCO₂/kWh，2030年降為100gCO₂/kWh以下。2030年低碳發電(核、再生能源與CCS)占總發電的75%。
- 其次為運輸部門(62百萬噸)，傳統車輛能效由2014年125gCO₂/km，至2020年降至102gCO₂/km，至2030年降至86gCO₂/km。電動車(含plug-in)占2020年新車銷售的9%，占2030年新車銷售達60%，其他包括推動氫能車、改變使用行為。
- 其他減碳貢獻依序為建築(23百萬噸)、工業(17百萬噸)、廢棄物與氟化物(16百萬噸)，最後為農業部門(11百萬噸)。

Figure 3.12: Emissions reductions in the Central Scenario and to 2050



Source: CCC analysis.

Figure 1.14: Central scenario emissions paths to 2050

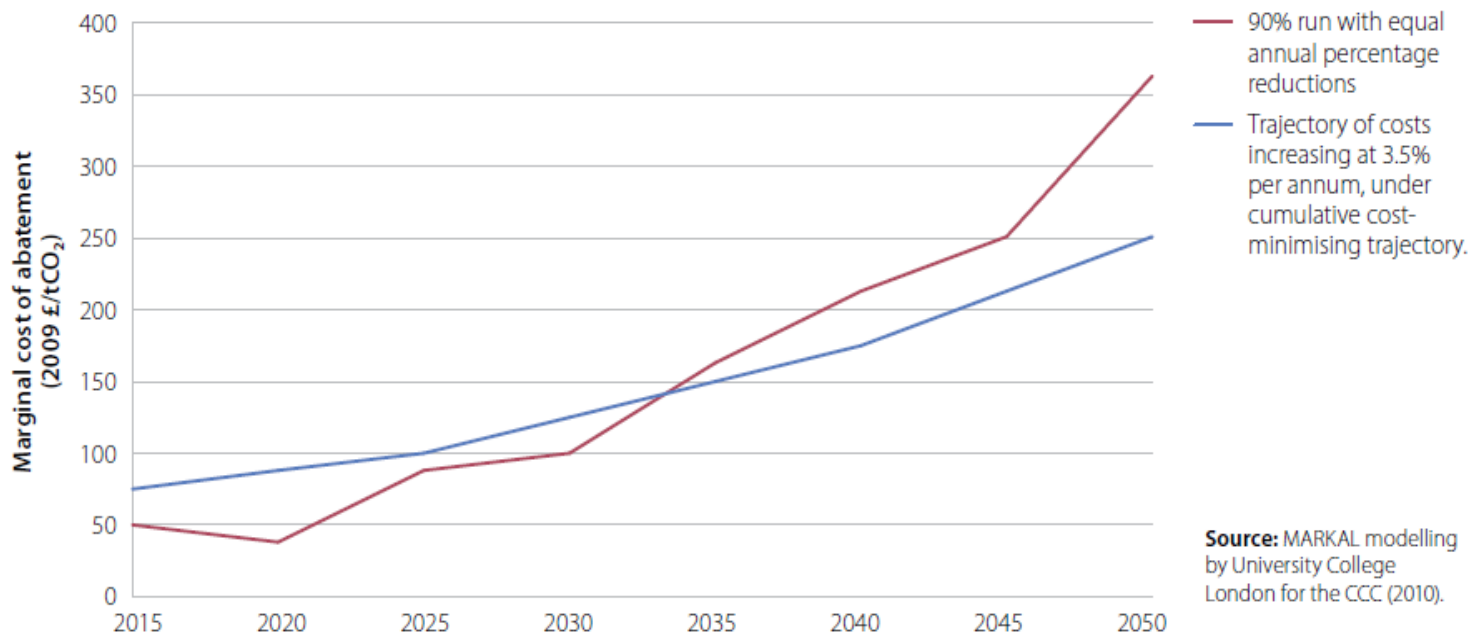


Source: CCC analysis

先期減量有助於降低減碳成本

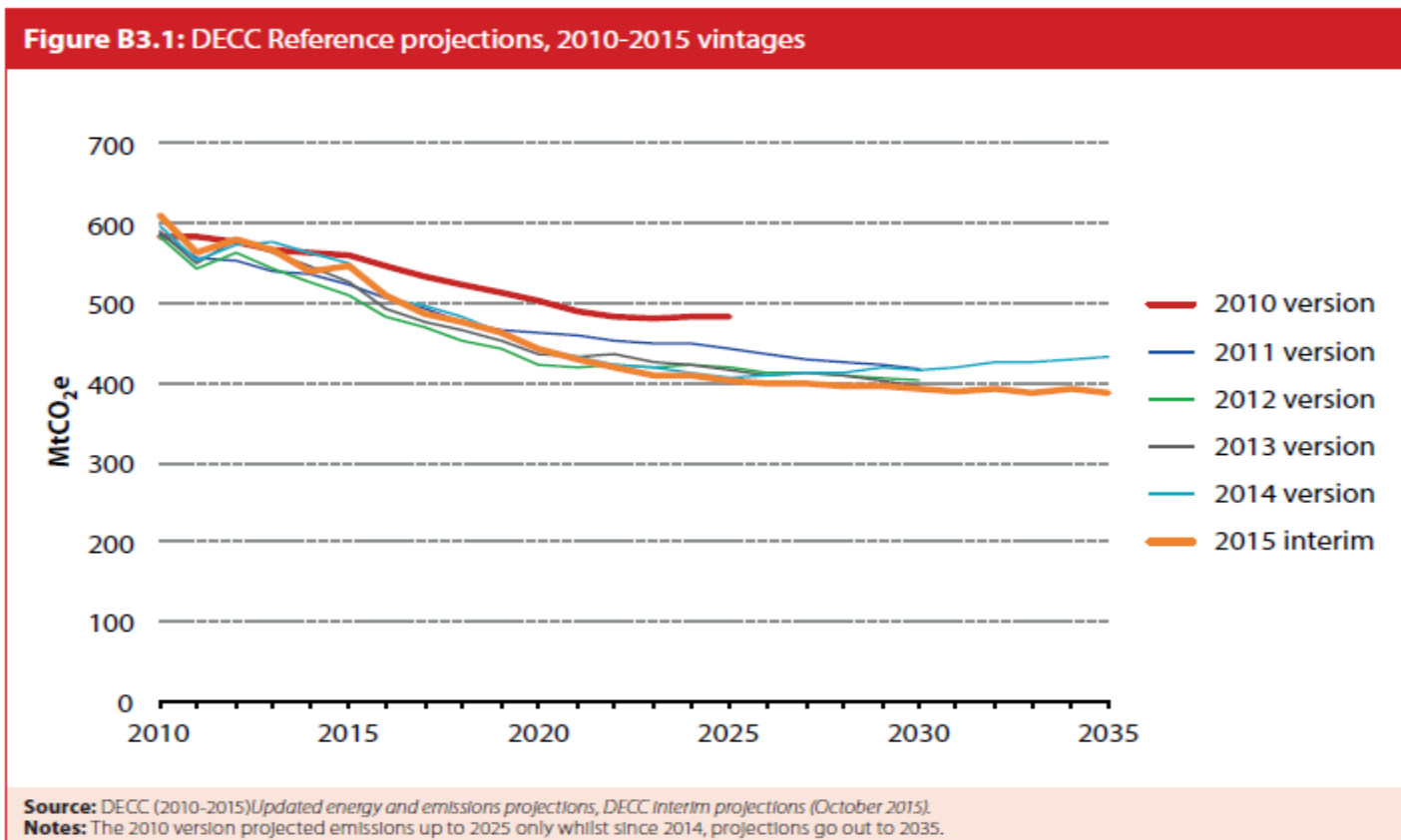
- 以MARKAL模擬，若設定2050年90%減量為主限制式，則在先期有較佳的減量成本，亦即應當在早期採取更多行動，後期可選擇措施變少而減量成本上升。
- 以MARKAL模擬，若設定2050年累計排放量最少為主限制式，則減量曲線較為平滑。

Figure 3.7: Trajectories of marginal costs for cumulative and non-cumulative MARKAL runs (2015-2050)



參考情境會隨時間調整

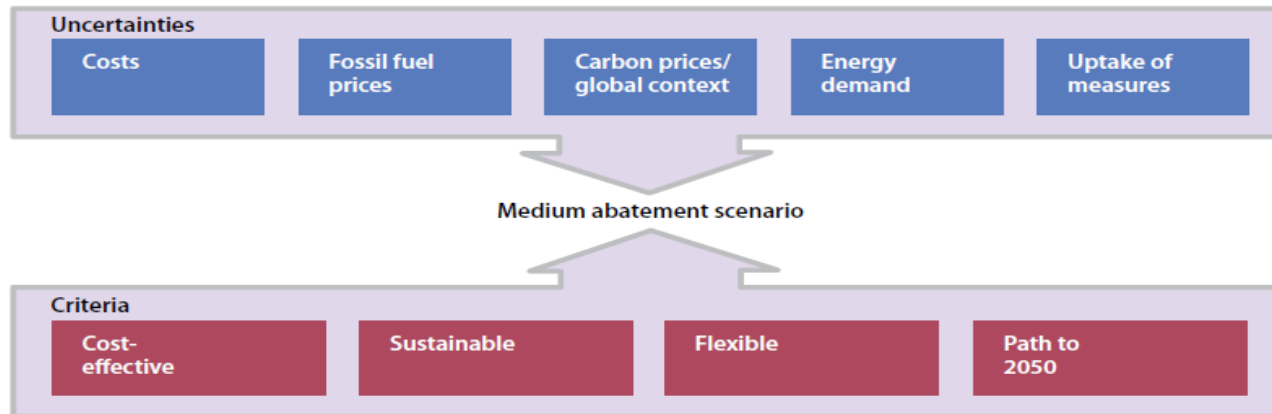
- DECC每年提供的參考情境考量現行已推動措施與計畫中的措施(政府已公告或正處於諮詢階段)，係作為碳預算評估的基礎。
- 但因應實績年變化(如碳統計方式調整、經濟衰退、燃料價格變化、電力市場改革等)影響，參考情境是會隨時間而調整的。



中案保留彈性，可考量不確定性

- 對於未來達成目標的技術組合**是否能精準的描述，並非是必需的**。但從現在起如何規劃達成減碳目標的政策，對於需長時間投資與技術研發來說，是重要的。
- **Medium Scenario**是規劃合適碳預算的最佳情境，除可呈現2020至2030年的顯著進展，具成本效益的可行措施，且保有最大彈性可考量不確定性(因預留其他選項空間、低情境會阻礙新技術的投資與發展或政策推動或面臨較高成本的碳權、高情境可能因新技術仍未達到成本效益而導致成本大幅增加)。
- 應**儘量降低依賴碳權抵換**，因未來各國都會面臨愈來愈嚴苛的減碳，所以低成本的減碳機會將減少；隨時間演進，各國的生產技術差異因技術與資金流通會逐漸縮小；因此2050年的減碳目標主要還是靠國內的減碳措施來達成。

Figure 3.11: Approach to uncertainty



英國碳預算借鑑

- 涵蓋範圍包括京都議定書規定的6種溫室氣體
- 碳預算設定提供決策者多種思維的**靈活性**
 - 1-3期：考量全球減碳協議尚未定案，所以分析二種碳預算(Interim CB與Intended CB)，2009年是以Interim CB作為入法的碳預算，但對於後續英國減碳政策保留應有的彈性空間。
 - 4期：考量全球減碳目標下，英國應負的減碳貢獻，且考量未來carbon credits的定位，分析二種碳預算(Domestic Action與Global Offer)，最後是以Domestic Action作為碳預算入法。
- 減碳情境設定**保有彈性**，以**因應不確定性**
 - 各期碳預算設定均考量未來社經發展、技術演進與政策推動的不確定性，因此每期碳預算都考量3個以上的減碳路徑。
- 碳預算是以達成2050年減量目標的**成本有效路徑**為設定宗旨
 - 各期碳預算目標都確立其符合成本有效的減碳路徑(較市場預期的碳價格低)
- 英國碳預算強調其政策與措施下的減碳成本**對GDP影響將小於1%**，且若透過政策配套措施，可減少對產業競爭力與碳漏損的影響，也可減緩能源貧窮的問題。
- 英國碳預算是以**MARKAL/TIMES能源工程模型**，及**由下而上的部門分析方法**，可確實瞭解各技術的可行性、減量潛力及成本，確認落實目標是可行的。
- 英國碳預算**與國際減排義務與國際減排承諾相銜接**
- 英國碳預算強調主要是以**國內減量為主**，除EU ETS外，不應借重國外carbon credits。

英國碳預算借鑑

■ 需於每期碳預算**施行前12年制定**

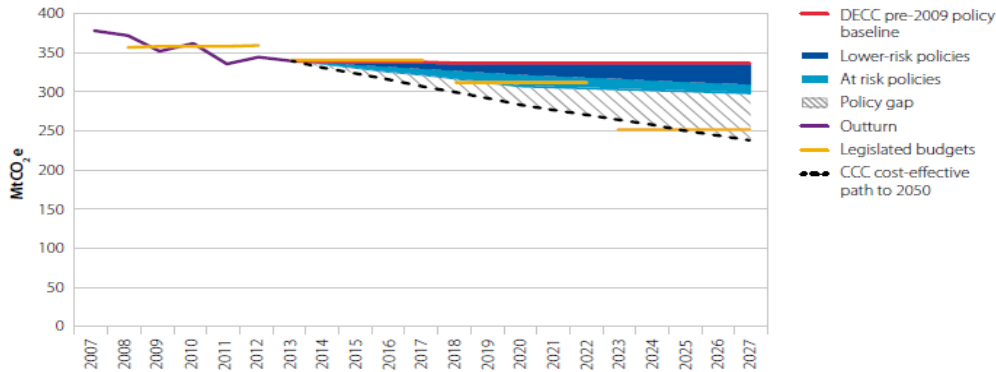
- 因入法，除非特殊考量否則不能調整，提供明確的減碳目標供投資者與決策者參考，降低投資風險，並可促進低碳經濟發展。
- 保留彈性，允許跨部門與技術間不同程度的減量貢獻。
- 透過每期碳預算的執行，家戶、產業、投資者、政府從中可學習更有效的減量措施與方案推動。此外，可加強公眾減碳意識與對政府減碳貢獻的認知。

英國碳預算執行管考

■ CCC會於每年7月向國會提出碳預算執行進展報告

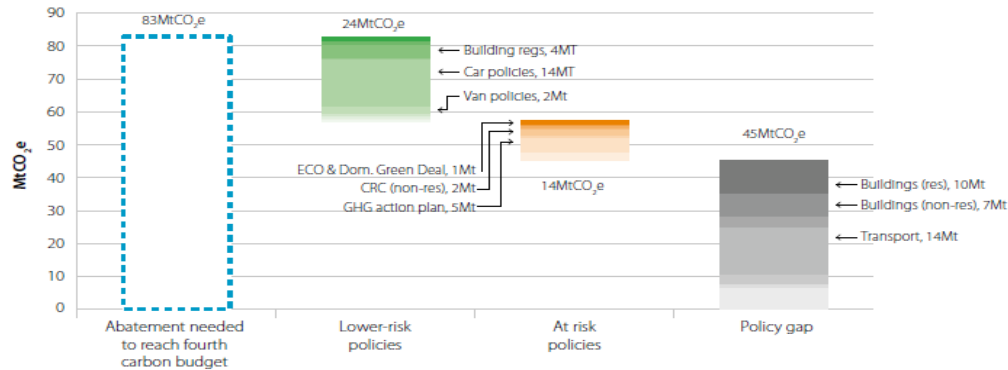
- 第一期目標已達成(低碳政策與經濟衰退的影響)
- 第四期目標尚需再努力，顯示現有的政策規劃仍需再加強。

Figure 1.17: Assessment of current and planned policy against future targets (non-traded sector)



Source: DECC (2013) Updated emissions projections; CCC analysis.

Figure 1.19: Getting from the DECC pre-2009 policy baseline to the fourth carbon budget in 2025



Source: DECC (2013) Updated Emissions Projections; CCC analysis.

Table 2: Non-traded sector traffic light assessment

Indicator for progress to date	Traffic light evaluation of progress	Comments
Buildings		
Implementation		
Uptake of loft insulation	Amber	Progress good until 2012 but very low in 2013 following change in policy framework. Cumulative loft insulation levels in 2013 were 650,000 below our indicator (6.3 million).
Uptake of cavity wall insulation	Amber	Progress good until 2012 but very low in 2013 following change in policy framework. Cavity wall insulation levels at 2.9 million are 45% below our cumulative indicator for 2013 (5 million).
Uptake of solid wall insulation	Red	Very low uptake numbers (170,000 cumulatively by the end of 2013, compared to 500,000 in our indicator). Some success during 2012 (final year of Community Energy Saving Programme) but uptake numbers have fallen under Energy Company Obligation (ECO). Latest evidence suggests available cost-effective potential may be lower than expected.
Uptake of boilers	Green	High uptake of new efficient boilers, with cumulative uptake by 2013 1.8 million higher than our indicator (5.9 million).
Buildings, penetration of low-carbon heat (%)	Red	Progress in buildings is off-track, with 0.3% of heat coming from low-carbon sources in 2012 compared to 0.6% in our indicator trajectory.
Uptake of energy efficient appliances	Amber	Stock penetration for the most efficient appliances is low (e.g. wet appliances A+ or better are 9% of the stock versus 16% in the indicator). However, overall efficiency of the appliances on the market has improved significantly.
Policy		
New energy efficiency financing mechanism	Red	Green Deal introduced in 2013 but very low uptake. Scope for currently unattractive interest rates to fall in future as Green Deal lending is scaled up.
Domestic and non-domestic Renewable Heat Incentive (RHI) schemes in operation	Amber	Delays to Domestic RHI launch, but some progress made in setting standards and improving evidence base. Non-domestic scheme up and running since 2011, but low uptake apart from biomass.

小結

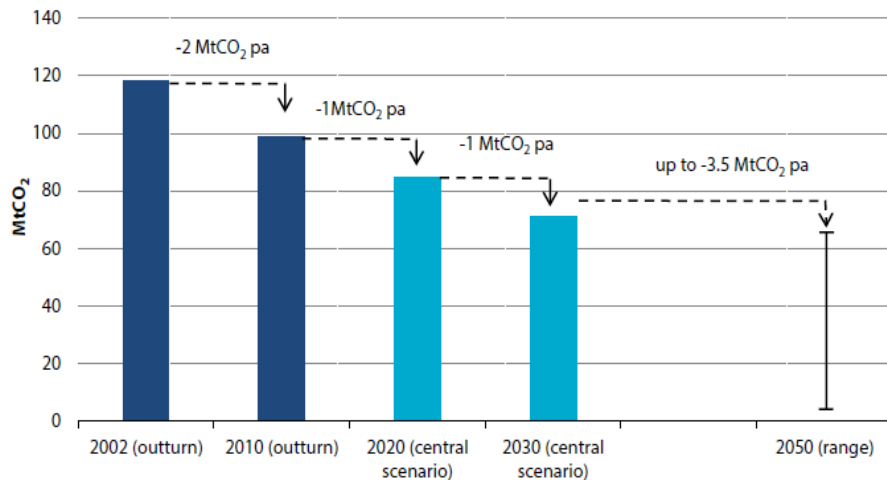
- 英國碳預算由2008年開始執行至今，制度已趨完善，值得我國借鏡。
 - 評估程序，如應用多情境考量不確定性，應用模型與技術規劃考量減碳路徑下的成本與經濟衝擊；
 - 考量原則，如成本有效路徑、產業競爭力影響、社會影響；
 - 儘可能以國內減量為主，減少依賴境外碳權；
 - 制定期程，考量減碳推動相關措施需要時間進行技術佈局(研發、示範與商業化)、基礎建設發展、開發新技術應用市場、提高消費者的接受度與使用行為改變，因此規劃碳預算於預算啟始年前12年入法。我國目前規劃於新一階段排放期開始前2年提出。
 - 管考機制，如除年度排放報告外，每年CCC均需提交進展報告，每期碳預算終結時提交終結報告書。
- 除英國外，法國於2015年7月22日通過「邁向綠色成長之能源轉型法」，透過該法同時導入兩個主要的政策工具：「國家低碳戰略和碳預算」，法國政府已於2015年11月18日通過前三個「碳預算」期，2015-2018年、2019-2023年及2024-2028年，並訂出全國各部門的溫室氣體排放上限。

附件

建築部門

- 推廣低碳供熱系統，包括應用熱泵與供熱網路提供13%家庭與約50%的商業需求；提升建築隔熱效果(包含2020年代時增加150萬個實心牆與200萬個夾壁牆)；提升熱控制與高效率照明和家電之使用。
- 建築部門減量幅度：2002年至2010年平均每年降2 MtCO_{2e}；2010年至2020年平均每年降1 MtCO_{2e}；2020年至2030年平均每年降1 MtCO_{2e}；2030年至2050年平均每年降0-3.5 MtCO_{2e}。

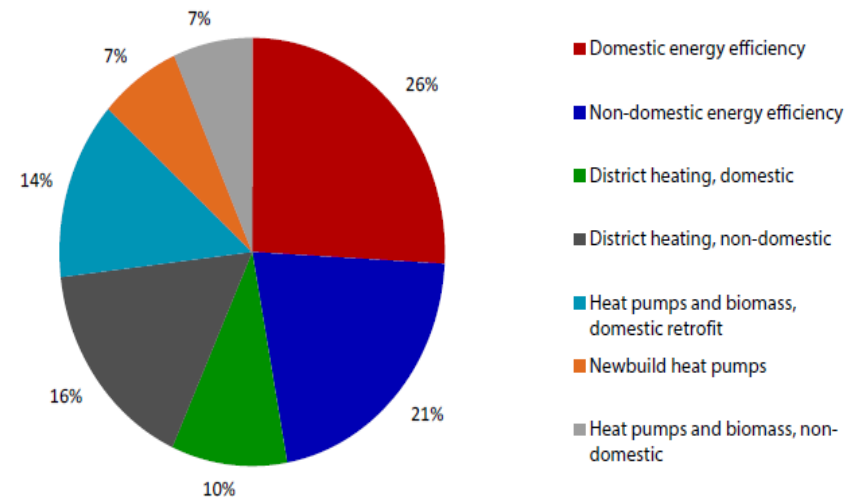
Figure 3.6: Rate of change in direct buildings emissions (2002-2050)



Source: CCC analysis.

Notes: MtCO₂ per annum reductions based on average for the period. Outturn data are temperature-adjusted. 2002 is the earliest year that emissions have been calculated on a temperature-adjusted basis.

Figure 3.5: Total abatement in 2030, central scenario

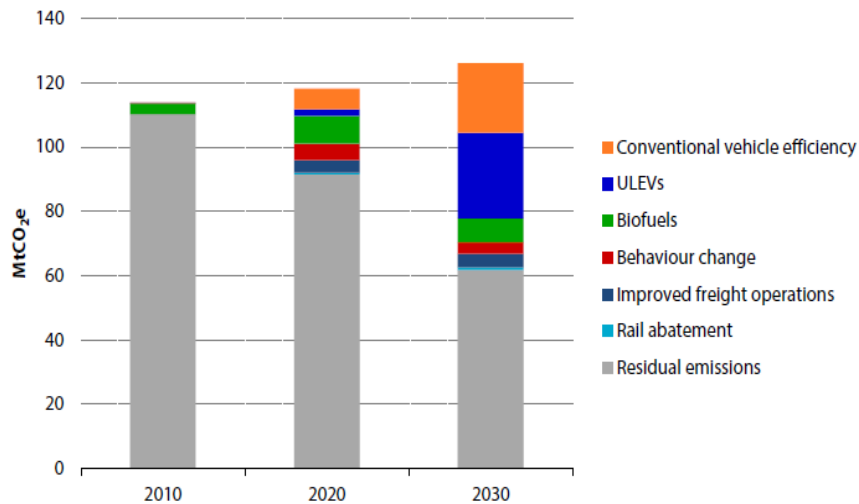


Source: CCC analysis.

運輸部門減碳措施

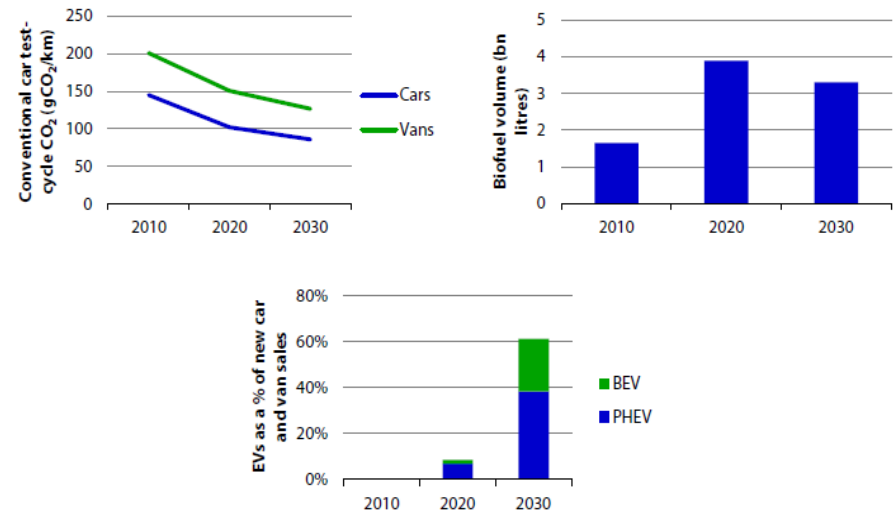
- 新內燃機引擎車輛燃油效率較2010年提昇37%，貨車提昇33%，大貨車提昇24%。
- 電動車至2020年占新車銷售的9%，2030年提昇至60%(約35% PHEV 與25%BEV)。與傳統車輛燃油效率提昇結合後，2030年新車平均的碳密集度為50 gCO₂/km，貨車為 60 gCO₂/km。
- 小型電動HGVs達銷售量的40% (30% PHEV and 10% BEV)，電動巴士達銷售量的25%。
- 氫燃料電池巴士占新車銷售25% 以上。
- 生質燃料替代30億公升的石油及柴油，相當於2030年液體燃料的11%。
- 其他尚包括使用行為改變、鐵路透過電器化使用電池等。

Figure 5.8: UK surface transport abatement under our Central scenario (2010-2030)



Source: CCC analysis.
Notes: Abatement relative to baseline emissions projection.

Figure 5.9: Key transport indicators under our Central scenario (2010-2030)

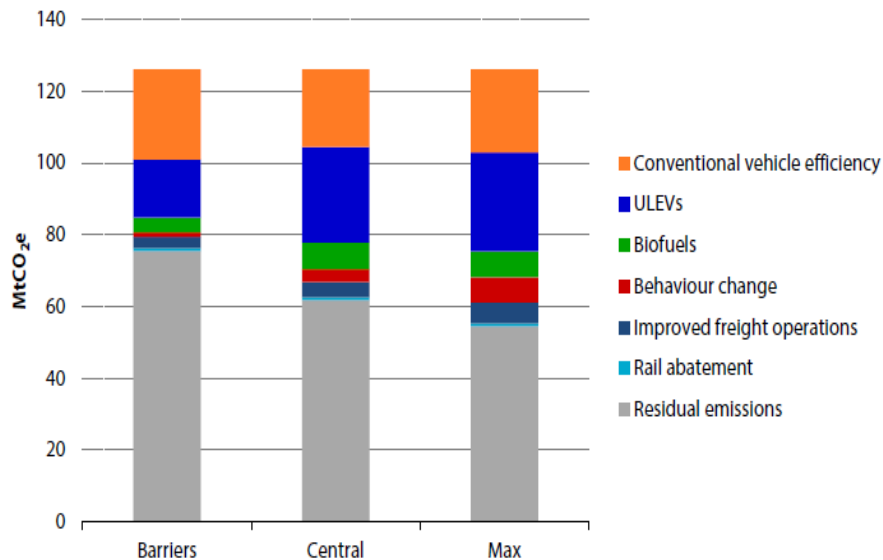


Source: CCC analysis.
Notes: Test-cycle CO₂ intensity is on a WLTP basis.

運輸部門

- 運輸部門考量的替代情境有：Alternative 1 - Hydrogen economy；Alternative 2 - EV success / No hydrogen；Alternative 3 - EV delay / Maximum demand reduction。
- 運輸部門減量幅度：2000年至2010年平均每年降0.6 MtCO_{2e}；2010年至2020年平均每年降2 MtCO_{2e}；2020年至2030年平均每年降3 MtCO_{2e}；2030年至2050年平均每年降1-3 MtCO_{2e}。

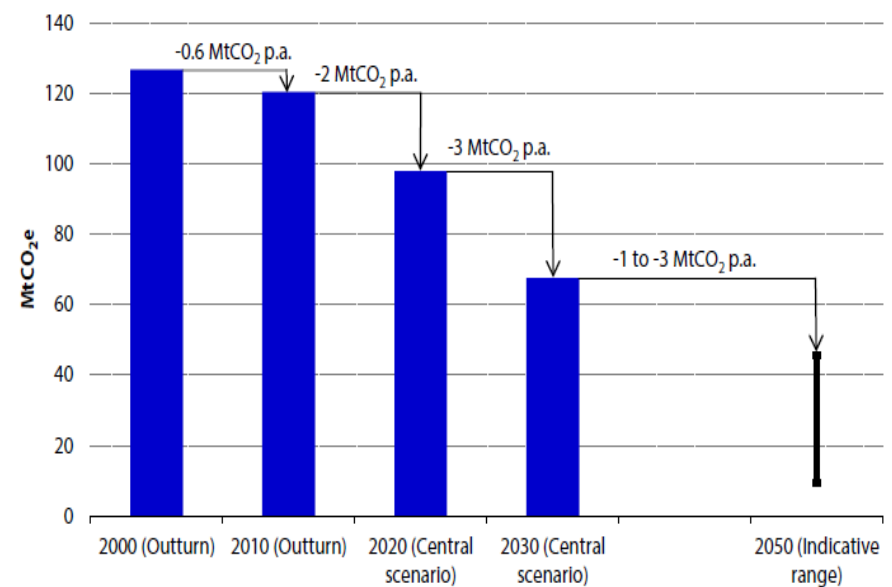
Figure 5.10: UK surface transport abatement in 2030 under our Barriers, Central and Max scenarios



Source: CCC analysis.

Notes: Abatement relative to baseline emissions projection.

Figure 5.12: UK transport abatement and rate of emissions reduction (2000-2050)



Source: CCC analysis.

工業部門

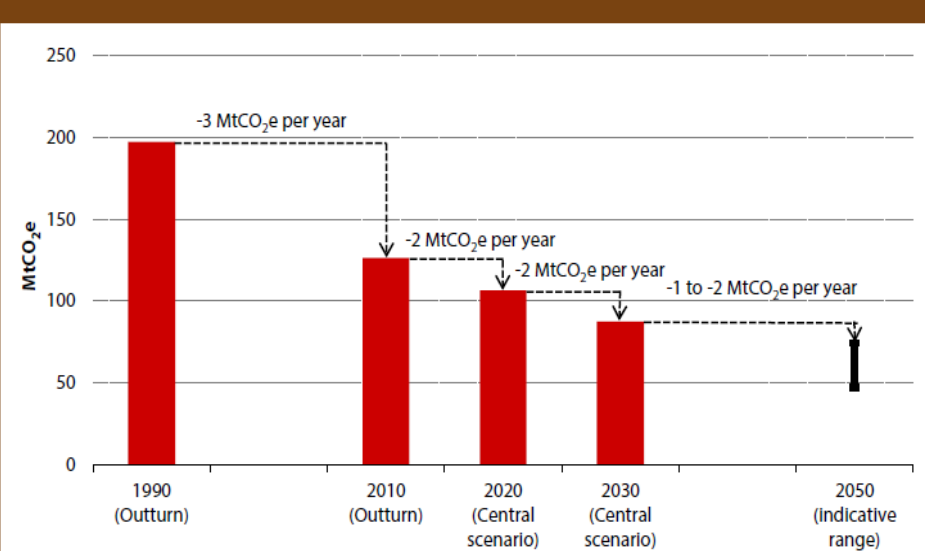
- 工業部門主要措施：提升能源管理與製程熱、採用高效率廠房與設備、廢熱回收、生質能在取暖與製程熱的使用、在產業群聚區域發展CCS等。
- 工業部門減量幅度：1990年至2010年平均每年降3 MtCO_{2e}；2010年至2020年平均每年降2 MtCO_{2e}；2020年至2030年平均每年降2 MtCO_{2e}；2030年至2050年平均每年降1-2 MtCO_{2e}。

Table 4.2: Fifth carbon budget industry scenario GHG emission abatement (MtCO_{2e})

	2020	2030		
		Central	Barriers	Max
Baseline emissions	111	100		
Energy Efficiency	2	5	3	6
Bioenergy for space/process heat	2	4	2	6
Electrification of space/process heat	-	1	1	2
Carbon capture and storage/use	-	3	-	5
Total abatement	4	13	6	19
Remaining emissions	107	88	94	81

Source: DECC interim projections (October 2015); CCC analysis
Note: Figures may not add up due to rounding.

Figure 4.7: UK industry abatement and rate of emissions reduction (1990-2050)

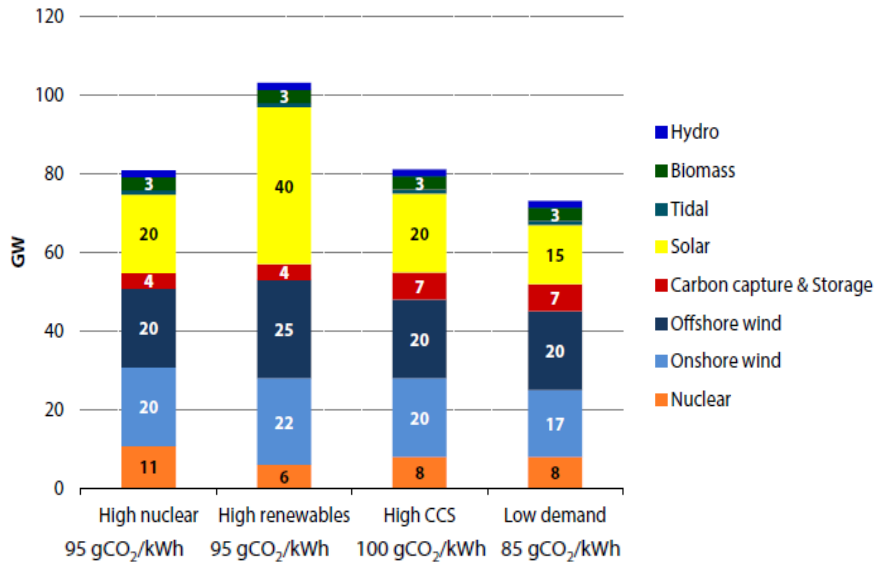


Source: DECC interim projections (October 2015); CCC analysis.

電力部門

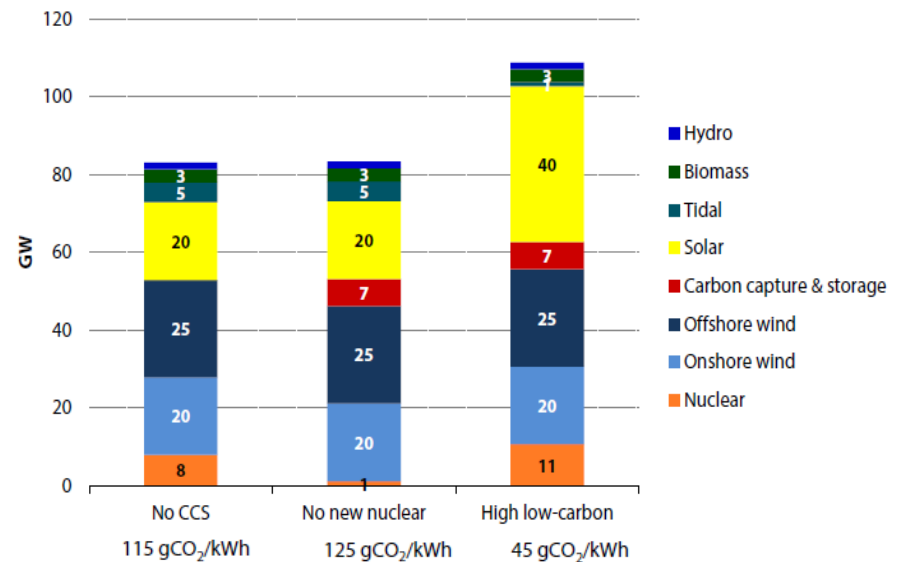
- Low-carbon investments are already committed to 2020. This will reduce the emissions intensity of the power sector from around 450 gCO₂/kWh to 200-250 gCO₂/kWh. Our new scenarios for 2030 are towards the upper end of the 50-100 gCO₂/kWh range that we have previously identified as suitable for 2030. That reflects delays to new nuclear and CCS projects alongside good progress for renewable technologies.

Figure 2.7: Low-carbon capacity for Central/Alternative power sector scenarios in 2030 (GW)



Source: CCC modelling.
Notes: Capacity figures for gas plant, storage and interconnection not shown.

Figure 2.9: Low-carbon capacity in Barriers and Max power sector scenarios in 2030 (GW)



Source: CCC modelling.
Notes: Capacity figures for gas plant, storage and interconnection not shown.