

出國報告（出國類別：實習）

電力事業碳權經營 與溫室氣體減量技術研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：趙德琛 一般工程師

派赴國家：英國

出國期間：99年10月12日至10月23日

報告日期：99年12月21日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：電力事業碳權經營與溫室氣體減量技術研習

頁數 58 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

趙德琛/台灣電力公司/環境保護處/一般工程師/02-23668625

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：99 年 10 月 12 日至 10 月 23 日 出國地區：英國

報告日期：99 年 12 月 21 日

分類號/目

關鍵詞：碳權管理、減量計畫、低碳電力、碳捕捉及封存、生質燃料

內容摘要：(二百至三百字)

行政院已宣示我國減碳目標為 CO₂ 須於 2020 年回至 2005 年，2025 年回至 2000 年的排放水準；由於本公司發電排放之溫室氣體將伴隨經濟成長逐年增加，除採用擴大再生能源及天然氣發電、既有核能機組延役等措施外，尚須於國內外經營碳權，包括投資減量計畫及購買碳權，以彌補碳排放超限額度。

經英國貿易文化辦事處(BTCO)、外國事務部(FCO)、能源及氣候變遷部(DECC)之安排，本次參訪 DECC 本部、Cranfield 與 Nottingham 大學、Mott MacDonald、Environmental Research Management、EcoSecurities、Alstom、及 EDF Energy 等公司。討論議題涵蓋英國減碳策略、CCS 及再生能源發展現況、CDM 計畫、碳資產管理、及電力業之因應策略等項目。

英國電力業者目前除藉由政府之核配與投資 CDM 計畫可獲取碳權外，亦全力發展再生能源、生質燃料混燒及核能發電，以減少直接之排放；CCS 技術方面，除了要求新設火力電廠必須具有 CCS 設施之外，更將選定一家火力電廠由政府補助資金進行大規模之 CCS 試驗。此外，因電力業減碳之支出可反映於電價中，有了各項配套機制，英國電力業在面對溫室氣體減量壓力的同時，得以永續經營。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 次

一、出國目的	1
二、行程紀要	3
三、英國減碳策略	4
(一)能源及氣候變遷部	4
(二)氣候變遷法案及碳預算	5
(三)碳會計	7
四、碳權經營管理	9
(一)CDM 減量計畫	9
(二)歐洲之碳權交易	20
(三)碳權管理	28
五、低碳電力發展	31
(一)再生能源	33
(二)生質燃料	38
(三)碳捕捉及封存技術	43
六、電力業永續承諾	50
(一)EDF Eenergy 電力公司簡介	50
(二)EDF Eenergy 電力公司的永續承諾	54
七、心得與建議	57

一、出國目的

聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)於去(2009)年在哥本哈根召開第 15 次締約國會議(COP15)後，依據哥本哈根協議(Copenhagen Accords)已開發國家應提出 2020 年之排放量目標，開發中國家則須提出國家適當減緩行動(NAMAs)。我國除由各部會提出 NAMAs 外，行政院亦於今年 5 月核定之「國家節能減碳總計畫」中揭示我國減碳目標為 CO₂ 須於 2020 年回至 2005 年，2025 年回至 2000 年的排放水準。本公司發電排放之溫室氣體隨經濟成長將逐年增加，雖然採用擴大再生能源及天然氣發電、既有核能機組延役等措施，均無法達成減量目標，必須於國內外經營碳權，包括投資減量計畫及購買碳權，以彌補碳排放超限額度，並避免溫室氣體減量法通過後因超限排放而遭受罰鍰。

另因溫室效應議題，本公司數項重大火力電源開發計畫頻頻受阻，國外電力事業是否如同我國般對於溫室氣體設有限制，如何進行碳權經營及如何發展 CO₂ 排放減量技術等，均為本公司迫切學習的項目；且本公司已發布「台灣電力股份有限公司碳權經營小組設置要點」，將針對投資/參與減量計畫及購買碳權兩大範疇進行規劃及運作，故本出國計畫將有助於公司未來整體溫室氣體排放減量之規劃作業。

有鑑於英國電力業早已展開碳權經營之業務，且近年來積極發展溫室氣體減量技術，故本計畫派員赴英國實地了解碳權經營及溫室氣體減量技術等理論及實務面，並透過駐台之英國貿易文化辦事處

(British Trade & Cultural Office, BTCO)、英國外國事務部(Foreign & Commonwealth Office, FCO)及英國能源及氣候變遷部(Department of Energy and Climate Change, DECC)安排部分行程，以利更深入了解相關議題發展現況。

二、行程紀要

日期	行程	工作內容
10/12	台北→倫敦	往程
10/13	倫敦→牛津 拜訪 Ecosecurities 公司	學習清潔發展機制 (CDM)之開發及碳權交易機制
10/14 ~ 10/15	牛津→曼徹斯特 拜訪 Alstom 公司 曼徹斯特→倫敦	學習生質燃料及再生能源發電之溫室氣體減量技術
10/16 ~ 10/17		週末 整理資料及準備後續參訪行程
10/18 ~ 10/21	拜訪英國能源及氣候變遷部(DECC)及相關機構(Cranfield 與 Nottingham 大學、Mott MacDonald、Environmental Research Management 及 EDF Energy 等公司)	了解英國之國家減碳目標與策略，並經由與電力業及相關機構會談之方式，學習電力業減碳措施、投資 CDM 計畫、碳資產管理及 CCS 技術發展等事項
10/22 ~ 10/23	倫敦→台北	返程 註：因申請順道觀光 2 日，實際返程日期為 10/24~10/25

三、英國減碳策略

(一)能源及氣候變遷部(Department of Energy and Climate Change, DECC)

DECC 設立於 2008 年 10 月，目的在整合國家之能源政策(業務原屬 Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform，現已改名為 Department for Business Innovation & Skills)及氣候變遷減緩政策(業務原屬 Department for Environment, Food and Rural Affairs)，以因應 21 世紀氣候變遷所帶來對環境及經濟上的巨大衝擊，並對日常生活或工作進行結構性的改變，包括能源的取得、管理及使用，

DECC 主要的工作項目可區分為四大領域：

1. 全球氣候變遷與能源

除了全面地追蹤氣候變遷的狀況外，對於進口的能源，必須確保其供應穩定，並且擁有廣泛的來源。

2. 英國能源供應

為了要在數十年後達到一個安全、可利用的低碳能源環境，英國需要多樣化的能源配比結構，然而無論是從技術或是實質上由地底下取得，在市場架構中必須是具有競爭力的價格。

3. 支持消費者

藉由改善能源效率及強調燃料的缺乏，使消費者得以省下金錢，同時也保護了環境。

4. 創造低碳社會

為了幫助英國邁入低碳經濟，DECC 鼓勵企業把握商機，

並且藉由制定法令以提供誘因及刺激低碳環境的興起。

(二)氣候變遷法案(Climate Change Act 2008)及碳預算(Carbon Budget)

2008 年 11 月英國政府訂定了世界上第一部具有長期減量目標之法案，以防止氣候變遷的危害。該法案採用 2 種方式來達成溫室氣體減量目的：

1. 設定減碳目標—2020 年較 1990 年降低 34%，2050 年較 1990 年降低 80%，詳如圖 1。
2. 以碳預算管控排放—以 5 年為一期訂定期間內之總排放量，前 3 期之碳預算分別為 3,018 百萬公噸 CO₂e(2008-2012)、2,782 百萬公噸 CO₂e(2013-2017)及 2,544 百萬公噸 CO₂e (2018 -2022) ，詳如圖 2；第 4 期的碳預算將在 2011 年春季被提出，並經審核後納入法案中。由第 1 期的碳預算分配來看，電力部門占最大比例(33%)，其次是交通部門(21%)，最少的是公共部門(2%)與工業製程(3%)，詳如圖 3。

要達成上述的目標或預算，可藉由在英國境內的減量行動或從境外購入碳權，但境外碳權將有所限制。此外，根據氣候變遷法成立之氣候變遷委員會(Committee on Climate Change, CCC)，接受政府

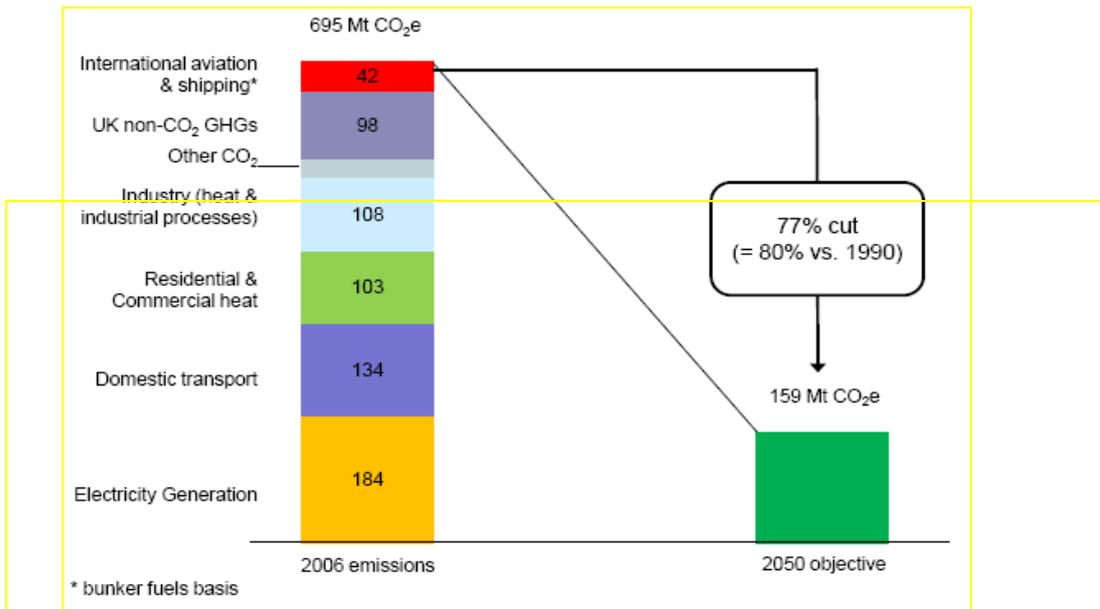


圖 1. 英國氣候變遷法 2050 年減碳目標

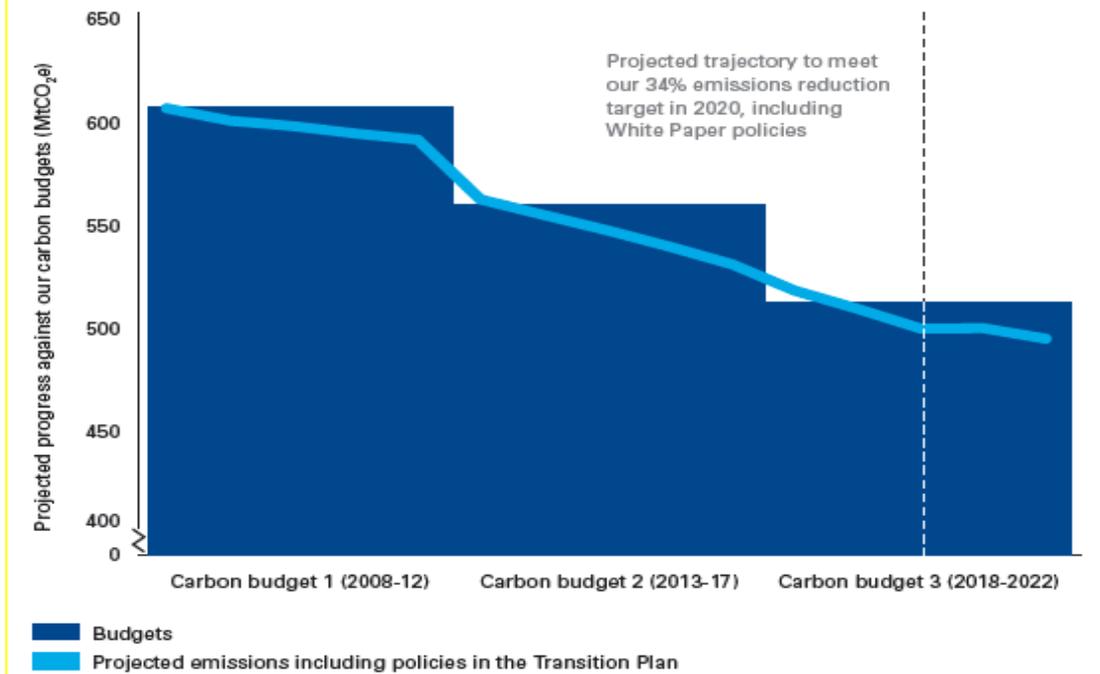


圖 2. 英國 1~3 期碳預算

之定期報告並對政府提供碳預算程度及如何達成之建議，以及向國會提出年度報告，說明符合碳預算之進度。目前 CCC 之主席為 Lord Adair Turner，另外 7 位成員如下(成員介紹詳見<http://www.theccc.org.uk>

[/about-the-ccc/the-committee#top](#)):

- Sir Brian Hoskins
- Lord Robert May
- Professor Jim Skea
- Dr Sam Fankhauser
- Professor Michael Grubb
- Professor Julia King
- Lord John Krebs

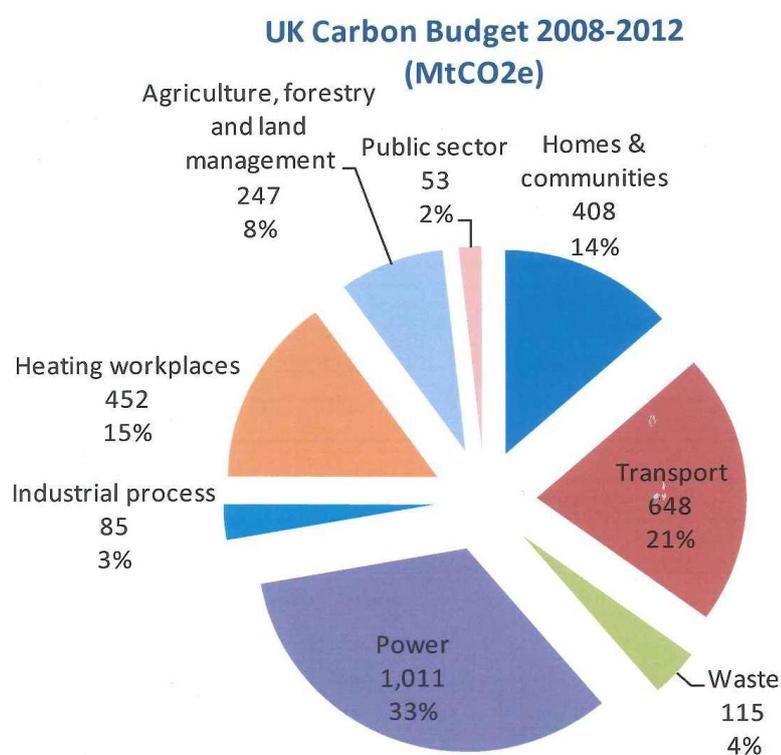


圖 3. 英國第 1 期碳預算分配圖

(三) 碳會計(Carbon Accounting)

英國除了設立獨立的委員會(CCC)來監督之外，亦須採用會計方法來計算及決定是否已達成氣候變遷法所規定的減碳目標或符合碳預算。由於氣候變遷法中對會計方法僅有基本的要求，2009

年國會遂通過碳會計規則(Carbon Accounting 2009)，以建置詳細的碳會計系統。

碳會計系統除了計算英國國內的排放之外，經由排放交易機制買賣境外之碳權亦須納入，整體碳帳戶淨額之計算流程如圖 4 所示，在不超過當期碳預算之前提下，依據國家排放清冊之數據，將總排放量扣除土地利用、土地利用改變及造林(LULUCF)後得到淨排放量，再藉由境外碳權之移入/出進行調整。

此外，系統需產生年報(annual statement)提供當年排放之細部資料與碳帳戶淨額，2008 年之年度排放報告書可由 http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/lc_uk/carbon_budgets/carbon_budgets.aspx 下載。

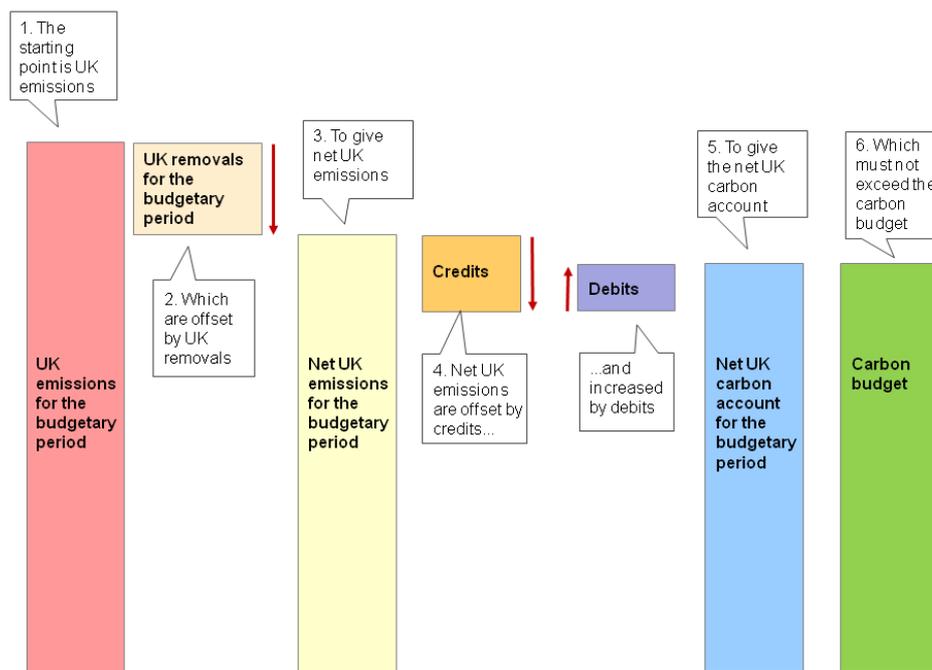


圖 4. 英國碳帳戶淨額之計算流程

四、碳權經營管理

(一) CDM 減量計畫

1. CDM 簡介

京都議定書生效後，條文中第 6 條、第 12 條及第 17 條分別訂出共同減量(Joint Implementation, JI)、清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)及排放交易(Emission Trading, ET)等 3 種彈性減量機制(詳表 1)，供 UNFCCC 附件一國家使用，以達成其減量責任，而其中 CDM 是唯一一個包括開發中國家的彈性機制。由於附件一國家大多數為已開發國家，一來不願意降低生活水準以降低能耗，二來節能技術已經達到一定程度，再深入之難度較大，因此要達成減量目標有其困難，而清潔發展機制允許這些已開發國家藉由在開發中國家進行溫室氣體減量計畫，作為本國達成減量目標的一部分。

CDM 由位於德國波昂的執行理事會(EB)負責管理，如果某計畫在 CDM EB 註冊且其減量成果得到查驗機構之認可，該計畫就能得到等量的「排放減量認證」(Certified Emissions Reduction, CER)，1CER 等於 1 公噸 CO₂。

CDM 計畫共分為 15 類，如表 2 所示，其中第 1 類至第 9 類為工業類別，第 10 類至第 13 類則為排放源之溫室氣體逸散

表1. 京都議定書之溫室氣體排放彈性減量機制

項目	共同減量 JI	清潔發展機制 CDM	排放交易 ET
規範對象	附件一國家	附件一國家 及非附件一國家	附件一國家
減量基礎	以「計畫」為基礎	以「計畫」為基礎	以「配額」為基礎
資金安排	雙邊	單邊 / 雙邊 / 多邊	雙邊 / 多邊
交易單位	排放減量單位 ERUs	排放減量認證 CERs	排放核配額度 AAUs)
排放限制	各締約方有排放減量及交易限制	至少一方無排放減量承諾	各締約方有排放減量及交易限制

表 2. 大型 CDM 計畫類型

	計畫類型
工業類別	1. 能源工業(含再生能源及非再生能源) — Energy industries (renewable - / non-renewable sources)
	2. 能源分配業—Energy distribution
	3. 能源需求業—Energy demand
	4. 製造工業—Manufacturing industries
	5. 化學製造業—Chemical industry
	6. 建築業—Construction
	7. 運輸業—Transport
	8. 礦業—Mining/Mineral production
	9. 金屬製造業—Metal production
排放源之溫室氣體逸散類別	10. 來自燃料(固體、油及氣體)之逸散 — Fugitive emissions from fuels (solid, oil and gas)
	11. 來自鹵化碳及氟硫化物製造程序之逸散 — Fugitive emissions from production and consumption of halocarbons and sulphur hexafluoride
	12. 溶劑之使用—Solvents use
	13. 廢棄物處理及棄置—Waste handling and disposal
造林及農業類別	14. 造林及植林—Afforestation and reforestation
	15. 農業—Agriculture

類別，另有造林及農業等 2 類；由於考量非洲及小島國家只能發展規模較小之 CDM 計畫，因此，另有小型 CDM 計畫 (SSC-CDM)，並區分為再生能源計畫、能源效率提升計畫及其它類型計畫等 3 類。自從 2005 年 10 月 CDM EB 發放了第一個 CER，CDM 計畫開始蓬勃發展，截至 2010 年 9 月，已有 2,373 件計畫在 CDM EB 完成註冊，採用超過 100 種減量技術。若每項註冊計畫均可符合每年度之預期減量額度，預期 2012 年底前核發之 CERs 可達 11 億公噸 CO₂e。

2. CDM 計畫運作程序

(1) 撰寫計畫設計文件(PDD)，內容包括：

- 計畫描述
- 外加性(Additionality)分析
- 方法學(Methodology)和基線(Baseline)描述
- 監測計畫
- 減量計算和計入期(10 年一期或 7 年一期，後者可延續 2 次，即最長 21 年)
- 環境衝擊分析
- 利害相關者的意見

(2) 國家批准(Host Country Approval)

每一個國家都有 CDM 主管機構(DNA)，負責評估和審查

CDM 計畫。DNA 簽發核准文件(LoA)前，應確認計畫未違反國家/地方法令，以及符合國家的永續發展目標。

(3)計畫確證(Validation)

由指定的經營實體(DOE)擔任查驗機構進行評估，決定計畫是否符合 CDM 之要求。以本次參訪的 EcoSecurities 公司為例，其主要業務為 CDM 計畫的開發，不僅與國際間大型查驗機構有合作協議，如 DNV、SGS 及 TUV-SUD 等，亦會與較小規模的 DOE 簽訂契約，如 TUV-Rhineland、TUV-Nord、ERM、KEMCO、KFQ 及 BVC 等業者。

計畫經過 DOE 確認後，PDD 將被上傳至 UNFCCC 網站進行公開閱覽；至各方均無疑問後，DOE 將簽發最後的確證報告。

(4)註冊(Registration)

完成註冊程序才代表 CDM EB 正式接受了經過確證的計畫，在此之前，必須依據減量額度繳交預付款(年減排量在 15,000 公噸 CO₂e 以下可免交)，以進入註冊前的檢查程序(Completeness Check)。檢查程序中可能計畫被要求再審核——經由 3 位 EB 成員審核，而計畫參與者須於 2 週內提出答覆。最後結果可能是同意註冊、計畫修正後同意註冊、或遭到退件而無法註冊。

(5) 計畫融資(Financing)

附件一國家投資 CDM 的資金必須是官方發展或援助之外的資金。

(6) 監測

減碳計畫必須經過特定的程序測量並審計其減碳量，監測系統指的不僅是儀表，也包括組織內職務的運作。不完整的監測系統可能導致 CER 被打折扣，甚至無法被核發。

(7) 查證、認證及簽發 CER (Verification, Certification and Issue CERs)

一個減碳計畫如果沒有經過查驗程序測量和審計其減排量，就無法獲得碳權。因此，CDM 計畫進入運作階段後，計畫參與者定期必須準備一份報告提交給 DOE 申請查證。

查證是由 DOE 獨立完成的，它必須對監測報告上的減碳量進行事後鑑定。DOE 必須確認 CER 是否符合計畫原來標明的原則和條件。通過詳細的審查之後，DOE 將提出對該 CDM 計畫的減排量予以認可的聲明。

認證是對計畫所產生經查證之減量成果的書面保證，認證報告包括要求簽發 CER 的聲明，且在 15 天內，若任何一個計畫參與者或三個以上成員沒有要求重新審查該計畫，則將指示 CDM 登記處簽發 CER。

3. 外加性分析

CDM 計畫對已開發國家而言，本質上只是換個地方實現較低成本之排放減量，而開發中國家在自己的經濟及科技發展過程中，也在不斷實現排放減量，由於此減量與 CDM 計畫無關，因此，CDM 計畫之外加性可定義如下：

(1)計畫活動所產生的排放減量相對於基線情境是外加的，亦即

如果沒有 CDM 之支持，各項財務、技術、融資、風險及人才方面的競爭劣勢與障礙，將無法使所規劃之減量計畫發生。換言之，如果某個計畫活動在沒有 CDM 的情況下仍能正常商業營運，那麼它本身就成為基線情境，故其排放減量亦無任何外加性可言。

(2)如果減量計畫活動能夠將其溫室氣體排放量降到低於基線

情境之排放量，且可證明所規劃的減量活動並不是基線情境，那麼其排放減量就具有外加性。

因減量計畫所獲致之排放減量(CERs)可在交易市場上進行買賣，涉及龐大商業利益，CDM EB 針對減量計畫之外加性要求極為嚴格。為使各界瞭解與熟悉外加性之定義與確認方式，CDM EB 特別公告「外加性論證評估工具」指引，於指引中提供論證及評估外加性的步驟(如圖 5)，包括鑑別計畫活動

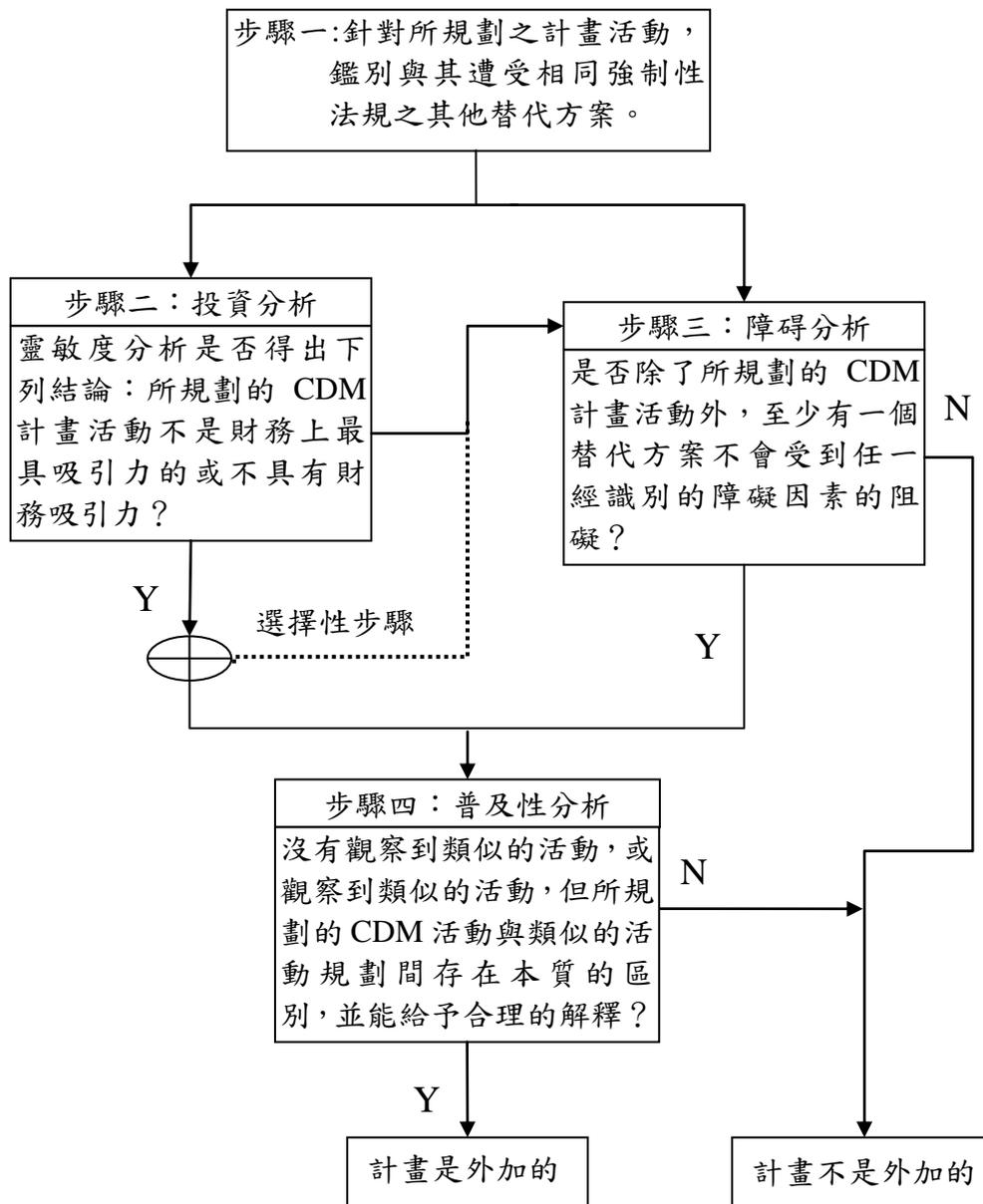


圖 5. 外加性評估步驟

的替代方案、投資分析、障礙分析及普遍性分析等步驟，簡要說明如下：

步驟 1：鑑別替代方案

針對所規劃的減量計畫，鑑別與其遭受相同強制性法規的替代方案。由於 CDM 計畫之外加性係相對於基線情境而言，因此，首先須確認基線候選方案，基線候選方案至少須符合下

列要求：

- (1)能夠獲得現實的與可信的替代方案；
- (2)能提供與 CDM 計畫活動同等質量、特性及應用領域的產出及/或服務；
- (3)須符合強制性的現行法規要求，凡屬法規要求之方案則不予考慮。(如果所規劃的減量計畫本身即屬於現行法規強制要求之事項，則該計畫活動不具有外加性。)

步驟 2：投資分析

由於大部分的 CDM 計畫在外加性之限制下，其經濟或財務方面不如其它基線替代方案，投資分析於是成為外加性論證的重要步驟。投資分析可選用下列 3 種方法：

(1)簡單成本分析法

適用於該 CDM 計畫不產生除 CDM 相關收入以外之財務或經濟收益的情況，簡單的成本分析足以表明，在不考慮 CDM 計畫的排放交易收入時，計畫提案者沒有財政能力去支付相關成本開支，換言之其不具有財務上的吸引力，因此該計畫活動即具有外加性。

(2)投資比較分析法

適用於替代方案也是投資計畫的情況，可以相對比較規劃的 CDM 計畫与其它替代方案的投資效益，例如內部收益

率(IRR)、淨現值(NPV)、益本比或單位服務成本等。如果 CDM 計畫的某項財務指標不如其它替代方案，則不能被視為最有財務吸引力，因此可被視為具有外加性。

(3) 基準分析方法

適用於替代方案不是投資計畫的情況，可將所規劃 CDM 計畫投資效益之財務指標與相關行業之財務基準值相互比較，如果 CDM 計畫活動的財務指標比財務基準值低，則不能被視為具有財務吸引力，因此而具有外加性。

步驟 3：障礙分析

如果上述投資分析尚不足以證明所規劃的 CDM 計畫活動具有財務上的外加性，則需進一步進行障礙分析，具體指出所提之計畫活動實施面臨一些普遍性障礙，而這類障礙對至少一種替代方案的實施不會造成影響。

由於規劃的 CDM 計畫活動，其技術通常比基線候選方案先進，故在國家或區域內尚未商業化應用，因此，在沒有 CDM 支持情況下，將面臨較高之投資/融資風險。此外，因缺乏技術合格的營運/維護人員、配套的技術基礎設施/零配件後勤保障，均將可能造成計畫活動執行之技術障礙。

步驟 4：普遍性分析

如果上述投資分析(步驟 2)或障礙分析(步驟 3)確認了所規

劃的 CDM 計畫之外加性，說明這類計畫在沒有 CDM 的情況下，在地主國將難以實施，則另須分析地主國相關部門或地區之技術或減量活動普及程度，以再次確認計畫活動之外加性。

本步驟之分析重點集中於是否存在任何其它與規劃之計畫活動相類似的活動(已存在或建置中之活動)，所謂類似係指類似的地區、技術、規模、營運環境及融資管道等方面，如果發現類似的活動普遍且正常地開展，則將違背前述財務上缺乏吸引力或面臨障礙等論點，因此必須進一步提出證據，以說明規劃之減量計畫活動与其它類似活動之間存在本質性差異，例如類似活動享有非商業性的優惠政策及獎勵措施，而規劃的計畫活動則無。如果無法舉出充分佐證資料，則該 CDM 計畫活動將不具外加性。

4. DECC 的觀點

英國為 UNFCCC 之附件一國家，諸多企業至非附件一國家進行 CDM 計畫以獲取碳權。能源及氣候變遷部(DECC)認為 CDM 計畫過去有它成功的一面，包括使開發中國家減量，以及創造出 250 億美元的氣候財產(climate finance)，但是也有許多受批評之處，包括：

- 缺乏效率 – 由於管理結構及核可程序的複雜性，導致處理成本過高，並且耗費時間；

- 脆弱的環境完整性 – 某些計畫很容易執行，因而導致風險的產生；
- 不公平的計畫地理位置 – 多數計畫由較進步的開發中國家所掌握。

除了希望針對上述 3 點進行改善外，DECC 提出 2 項 CDM 改革方案：

- (1) 建立標準化的方法，以減少 CDM 處理程序；且減量額度改以績效標準來核發，優於單位排放量者才可獲得減量額度 (參見圖 6)。

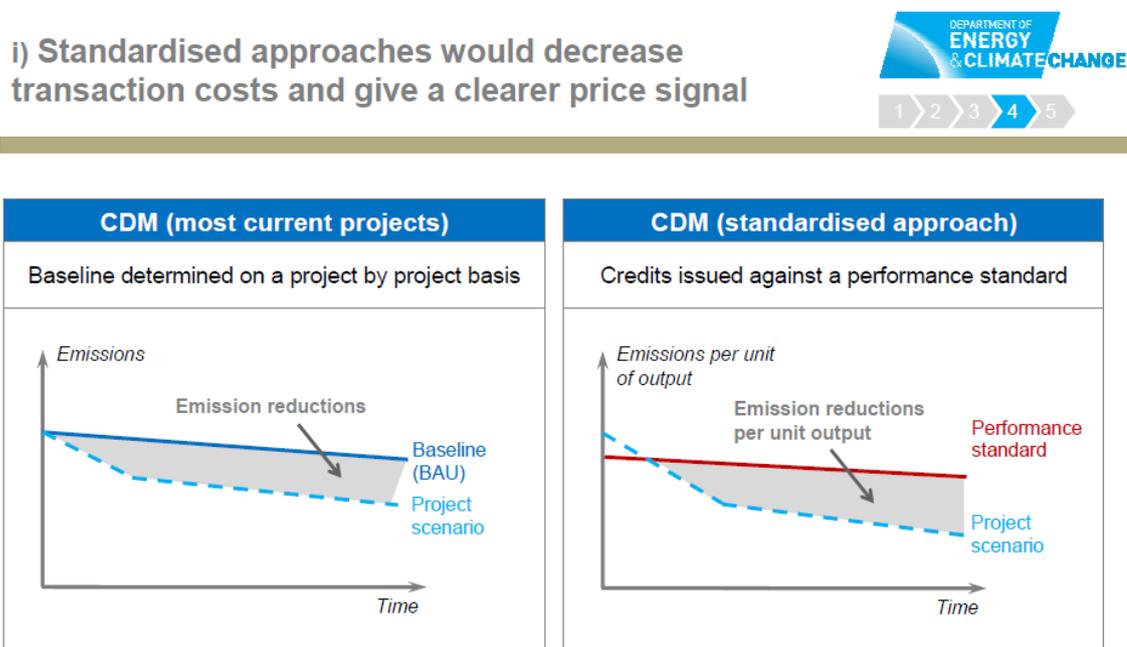


圖 6. DECC 建議 CDM 標準化

- (2) 建立部門別的市场機制，當部門排放高於核配量時，應購買額度，如此可擴大市場規模及加速低碳轉型(參見圖 7)。

ii. New large scale 'sectoral' market mechanisms will help transition away from the CDM & scale up carbon markets

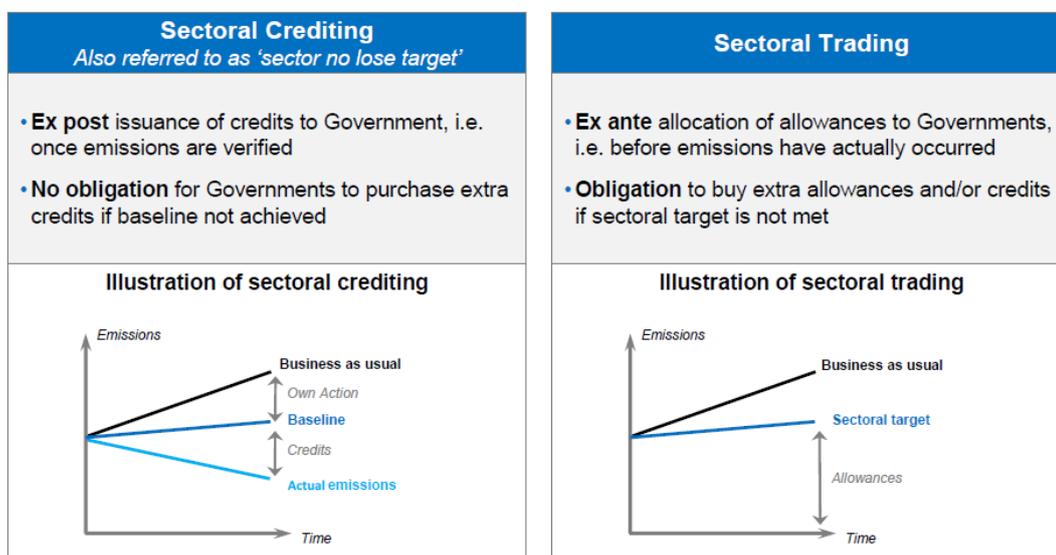


圖 7. DECC 建議建立部門別的市场機制

(二) 歐洲之碳權交易

1. 歐洲氣候交易所簡介

歐洲氣候交易所(European Climate Exchange, ECX)是目前歐洲與國際間針對交易二氧化碳排放權標的最大的一家交易所，其自 2005 年 4 月開始進行，交易標的為歐盟配額(EU Allowances, EUAs)與 CDM 之 CERs 兩種，提供的商品類型有每日期貨(Daily Futures，即現貨，以下通稱為現貨)、期貨和選擇權。世界上超過 90% 以上的碳期權交易都在此進行，同時交易所的交易量也正大幅成長，2009 年的交易量比前一年相比增加了 82%，市場價值達 680 億歐元。

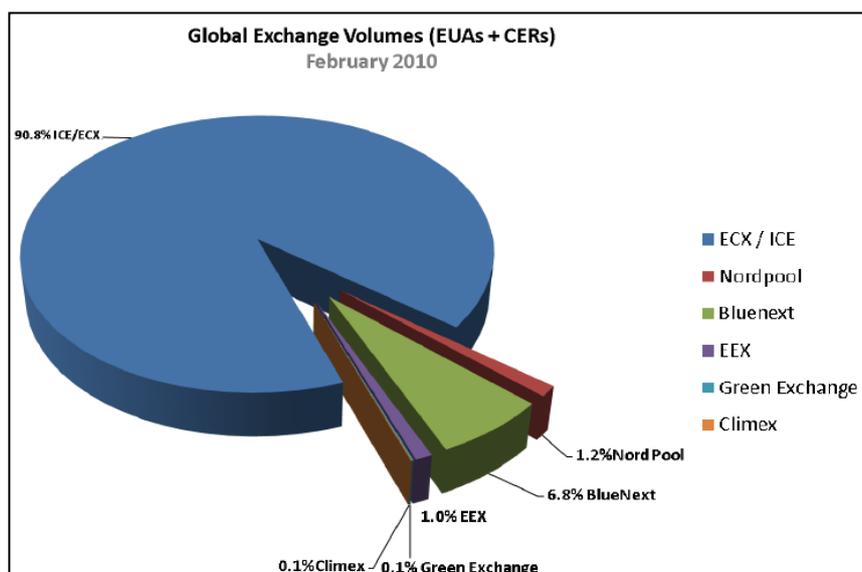


圖 8. 2009 年 2 月全球碳交易市場佔比 (EUAs+ CERs)
 (source : ECX, “How to Trade ECX Emissions Contracts”, March 2010)

ECX 可交易的碳契約陳列在 ICE Future Europe (前國際石油交易所), 兩公司為夥伴關係, ECX 負責掌管產品發展與將排放契約市場化, 而 ICE Future Europe 則負責陳列這些商品在其電子交易平台, 所有契約都在 ICE Clear Europe 進行結算, 享有標準化並受英國金融服務管理局(FSA)管制。

目前已有超過 100 家引領全球的企業已經簽署成為歐洲氣候交易所的成員去交易所內的排放商品, 此外尚有來自世界各地的數千名交易者也透過銀行和券商進到 ECX 的排放交易市場。

此外, ECX 為氣候交易企業集團(Climate Exchange Plc, CLE)的成員之一, 其他成員包括芝加哥氣候交易所(CCX)等, 企業結構如圖 9 所示。氣候交易企業集團 (CLE) 於 2003 年 9 月 18

日在英國的倫敦證券交易所（London Stock Exchange）上市股票，當時資本額為 30 萬英鎊分割成 3 千萬股，每股為 1 便士（pence），直至今日該公司的市值已達 2.517 億元英鎊。根據年度報告指出 CLE 的氣候交易所（ECX 與 CCX）在 2009 年稅前盈餘達 680 萬元英鎊，遠高於 2008 年的 280 萬元英鎊。而 ECX 主要業務的收入從前一年的 2,270 萬元英鎊提升 48%，達 3,360 萬元英鎊。

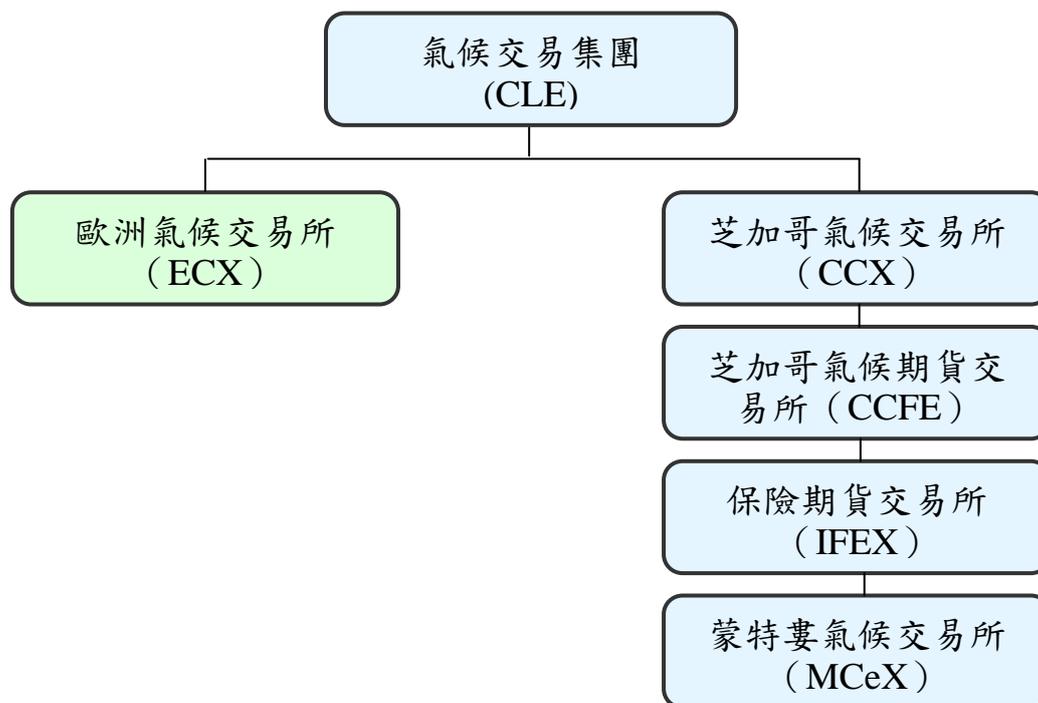


圖 9. CLE 企業結構

2. 交易商品

ECX 產品上市沿革如下：

- 2005 年 4 月上市 EUAs 期貨契約

- 2006 年 10 月推出 EUAs 選擇權契約
- 2008 年陳列出 CERs 期貨和選擇權契約
- 2009 年上市 EUAs 和 CERs 現貨契約

目前交易所內可供交易的標的商品類型如表 3 所示。

表 3. ECX 交易標的商品類型

標的物	交易商品類型	說明
EUAs	現貨（每日期貨, Daily Futures）	歐盟排放交易制度 (EU ETS)
	期貨（Futures）	
	選擇權（Options）	
CERs	現貨（每日期貨, Daily Futures）	清潔發展機制 (CDM)
	期貨（Futures）	
	選擇權（Options）	

3. 參與碳市場交易

參與碳市場的第一步是與任一個結算會員(Clearing Member)建立一份結算協議，(ICE Clear Europe 結算會員如表 4)，結算會員將會進行「了解您的客戶」(Know Your Client, KYC) 和審慎調查(Due Diligence)的程序，批准後將會安排獲得可在 ECX 交易的契約，期間需花費的時間從一星期到數個月不等。一旦獲得所選擇的 ECX/ICE Future 結算會員批准同意後，可透

過 2 種途徑參與交易市場，一種是成為交易所結算會員的客戶
 (不一定要成為交易所的會員)，進行買賣盤下單
 (Order-routing)；另一種是成為交易所會員 (Membership)，2 種
 途徑分述如下：

表 4. ICE Clear Europe 結算會員名單

1	ADM INVESTOR SERVICE, Inc	14	MF Global
2	Bache Financial Limited	15	MACQUARIE
3	Santander	16	MAREX FINANCIAL
4	BARCLAYS	17	Merrill Lynch
5	BHF BANK	18	MIZUHO
6	BNP PARIBAS	19	Morgan Stanley
7	Citigroup	20	NATIXIS
8	CREDIT SUISSE	21	Newedge
9	Deutsche Bank	22	RBC Royal Bank
10	FORTIS	23	SEB
11	Goldman Sachs	24	TRILAND USA INC.
12	HSBC	25	UBS
13	J.P. Morgan		

(1)成為交易所結算會員的客戶，進行買賣盤下單

欲在 ECX 進行排放契約交易第一步是透過 ICE Future

結算會員成為買賣盤下單者，這是進到這個市場中最常見的

方式。成為買賣盤下單者無須支付像是申請費或年費等固定費用給 ECX 或 ICE，只要與任一個結算會員簽署買賣盤下單的結算協議即可，建立結算協議時不需花費任何成本。相反的，結算會員僅在每一次的交易中對客戶收取費用，這個費用依公司交易的信用(credit)和交易量等而決定。買賣盤下單者有效的以其簽約之結算會員的名義進到市場中，可直接透過螢幕在市場中執行自己的訂單。相關流程如圖 10 所示。

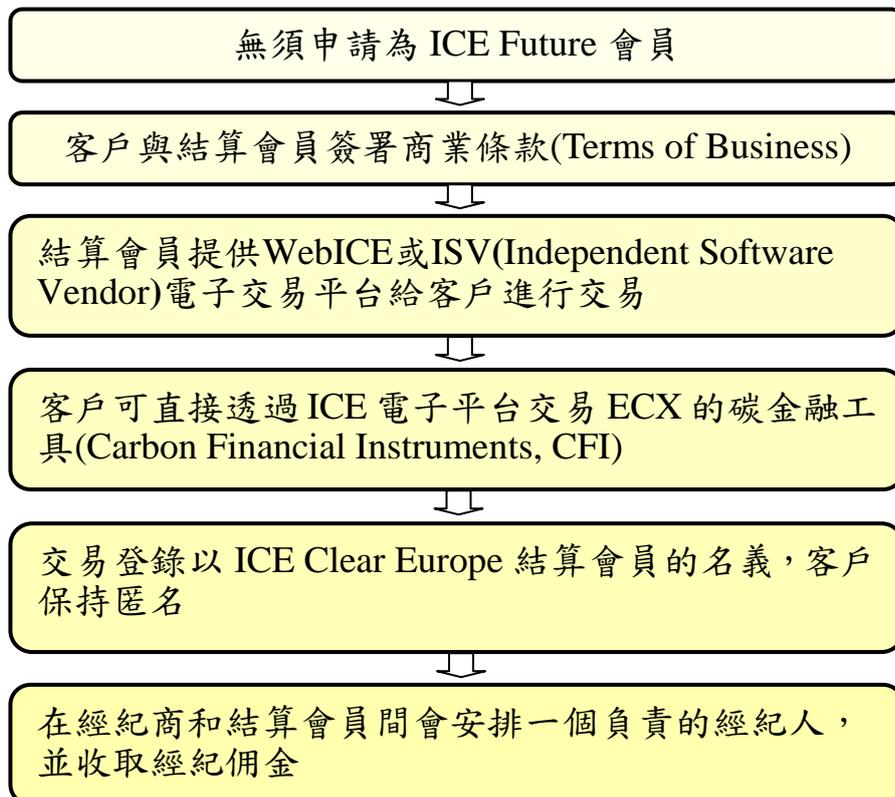


圖 10. 成為買賣盤下單(Order-routing)客戶流程

(2) 成為交易所會員(Membership)

申請成為 ICE Future 的會員通常需要花費 4~6 週的時間，需要選擇成為一般參與會員(General)或是交易參與會員

(Trade Participant Member)，同時需要選擇要成為結算會員 (CM)或非結算會員(NCM)，大多在交易所裡會員為交易參與的非結算會員。會員分類及其權限等說明如表 5：

表 5. ICE Future 會員分類及權限

會員種類	結算身份	交易權限	最小資本額
一般參與	結算會員	為自己公司或客戶公司進行交易和/或結算	£ 2,000 萬
	非結算會員	為自己公司或客戶公司進行交易	
交易參與	結算會員	只為自己公司進行交易和/或結算	£ 500 萬
	非結算會員	只為自己公司進行交易	

非結算的一般參與和交易參與的會員都需要和一個結算會員有結算協議（任一結算會員對申請結算協議的公司進行審慎調查(Due Diligence)程序時，可能包含資本額的審查，此資本額審查不在 ICE Future 的管轄範圍內，須經結算會員批准後才可成為 ICE Future 會員）來進入市場，結算會員會對每一筆交易收取費用，而這個費用依公司交易的信用(credit)和交易量等而決定。成為會員的好處是在交易所裡的交易費較低，以每口 2 歐元的交易費取代每口 2.5 歐元，同時也可以自己透過 ICE Block system 去登錄在 ECX/ICE 的結算交易，相較於買賣盤下單者(Order-routing)其僅能以結算會

員的名義。

會員每年須支付 ICE 會費及排放交易優惠費(Emissions Trading Privilege Fee)來跨足 ECX 的排放市場。值得注意的是，成為一個 ECX 契約的會員，ICE 和 ECX 兩者都收取年費，年費在每年四月支付，而年內較早加入或較晚加入都會依比例有所折扣。成為會員的第 1 年需要收取申請費用，之後只收取會費。

成為交易所會員需要完成下列項目：

- 申請表格
- 電子用戶協議(Electronic User Agreement, EUA)
- 結算會員：完成或進行中成為 ICE Clear Europe 的確保會員；非結算會員：訂定結算協議
- 指派專人(Responsible Individual, RI)進行交易
- 申請完成並正式提交到 ICE Clear Future 的授權、規則與操守委員會進行批准
- 支付申請費用與年費給 ICE 和 ECX

4. 交割機制

ECX 交易的是排放契約，是位在國家登錄平台內一種非實體的商品，因此在實物交割上取得 EUAs 或 CERs 需要一個登錄帳戶，而交割流程如圖 11 所示。

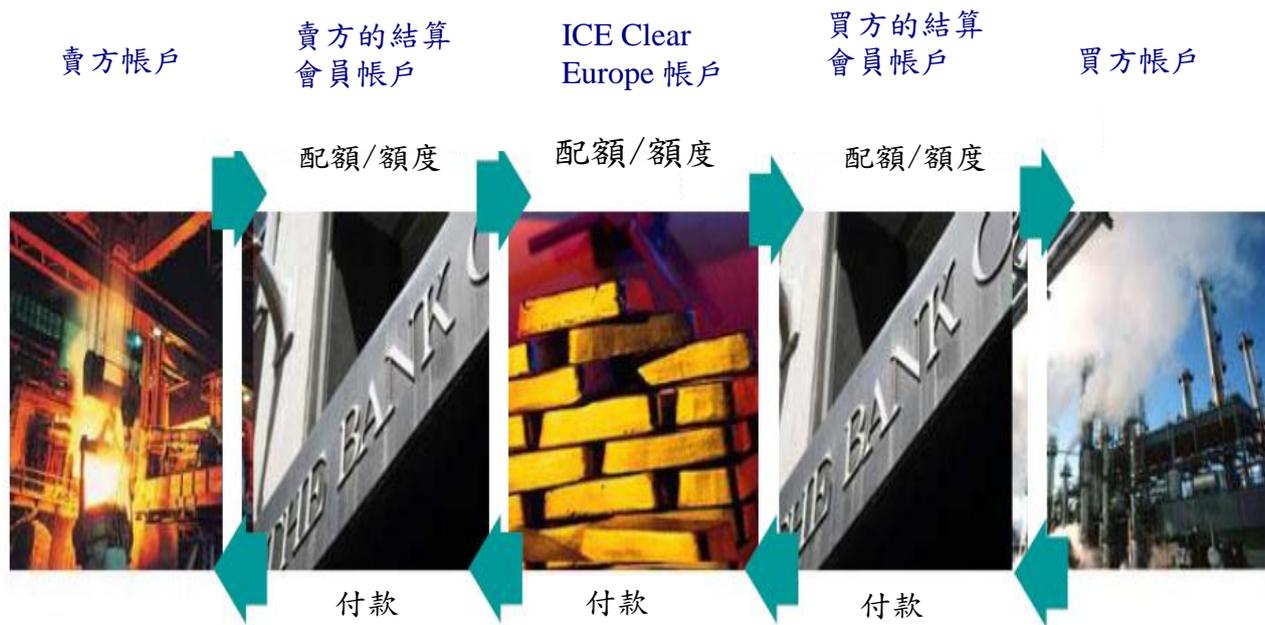


圖 11. ECX 交割機制

(三) 碳權管理

隨著氣候變化的異常及各國對溫室氣體減量的要求日趨嚴格，碳權已成為企業無形卻有價的資產。企業不僅必須獲得碳權來抵減超額排放量，也可以藉由碳權交易來獲利；以京都議定書的清潔發展機制而言，開發中國家如中國、印度等，已從減量計畫獲得龐大之利益。因此，如何善用碳權經營之機制，並轉化為企業的內部資產予以管理，為現代企業在低碳社會中必須面對的課題。

ERM 公司為全球知名的顧問公司，提供對環境、健康與安全、風險及社會議題等項目的顧問服務，其中包括能源與氣候變遷之服務，內容如圖 12 所示，涵蓋 Plan、Measure、Manage 及 Inform 等範疇，可供本公司碳業務發展之參考。



圖 12. ERM 公司能源與氣候變遷之服務範疇

ERM 公司認為氣候變遷帶來的風險可分為 2 個層面：

- 因為氣候改變而造成實體或結構上的損壞風險，如海平面上升；
- 氣候變遷的撞擊效應，產生對組織營運的間接影響，其風險可分為「法規」、「市場」、「財務」及「聲譽」4 類。

為了因應風險，組織應建立碳權管理策略，包括教育 (Education)、量測(Measure)、減量(Reduce)、抵換(Offset)及最 Optimise 等 5 個步驟，隨著逐步執行，組織的碳權管理績效會日益增加，詳見圖 13。在每個步驟中，除「教育」之外，ERM 建議了各步驟執行內容，並以上述風險作橫向的分類(詳見圖 14)，提供本公司參考。

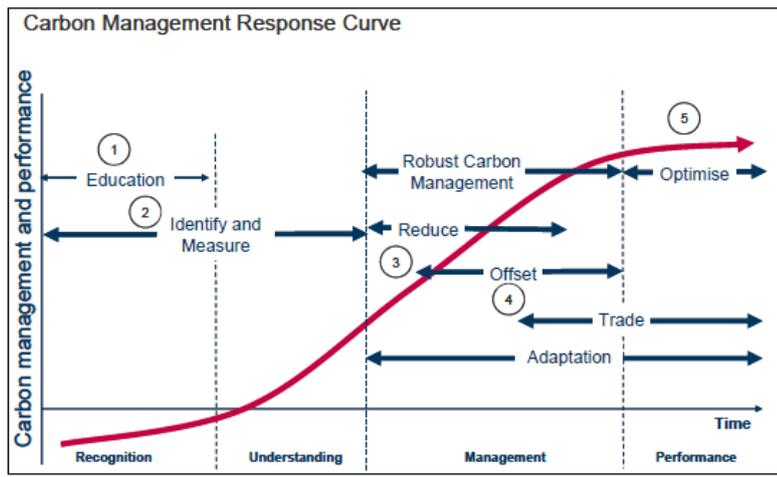


圖 13. 碳權管理步驟與績效之關聯性

5 STEPPED APPROACH TO ESTABLISHING CARBON MANAGEMENT STRATEGY					
	Education 1	Measure 2	Reduce 3	Offset 4	Optimise 5
CLIMATE CHANGE RISK AND OPPORTUNITY CATEGORIES	1 Physical and Structural	Vulnerability Assessment	<ul style="list-style-type: none"> Mitigate Impacts Manage Consequences Adapt to Altered States 		<ul style="list-style-type: none"> New Products and Service Opportunities
	2 Regulatory and Legal	<ul style="list-style-type: none"> Disclosure Emissions Trading COP16 	<ul style="list-style-type: none"> Emissions Trading National Carbon Offset Standard International Law and Policy 		<ul style="list-style-type: none"> Carbon Neutrality
	3 Market	<ul style="list-style-type: none"> Benchmarking Competitors Market Analysis 	<ul style="list-style-type: none"> Low Carbon Production Life Cycle Assessment 		<ul style="list-style-type: none"> Low Carbon Production Embedded Carbon Credits
	4 Financial	<ul style="list-style-type: none"> Emissions Trading AASB 	<ul style="list-style-type: none"> International Markets & Carbon Instruments CDM 		<ul style="list-style-type: none"> Financial Disclosure Carbon Trading
	5 Reputation	Voluntary Action (CDP)	Leverage customers and supply chain		<ul style="list-style-type: none"> Green proving Green washing Independent verification Voluntary Reporting and Disclosure

圖 14. 碳權管理步驟之執行內容與相關風險類別

五、低碳電力發展

為了達成氣候變遷法嚴苛的減碳目標，英國正積極進行低碳能源產業擴展計畫。其中削減電力業的排放及投資低碳電力已成為重要的策略之一。根據英國官方資料，電力部門 2008 年溫室氣體排放量為 219.7 百萬公噸 CO₂e，較 2007 年減少 2.9%，較 1990 年更是減少了 19.8%。2009 年 CO₂ 排放量持續下降至 186 百萬公噸 CO₂e，最終的電力消耗 2008 年的 3,419 億度減少到 3,224 億度。雖然英國政府承認上述數字的下降可能因景氣衰退所造成，但從裝置容量及發電量等指標來看(詳圖 15)，核能及再生能源的成長應該是溫室氣體排放量下降的關鍵因素，同時使電力排放係數從 2008 年的 487.5gCO₂e/kwh 降至 2009 年的 442.2gCO₂e/kwh。

在國際能源總署(International Energy Agency, IEA)的評估中，碳捕捉及封存(Carbon Capture and Storage, CCS)技術如同再生能源一般，是未來減量技術中不可或缺的一環(參見圖 16)，DECC 也持相同的看法，認為缺少了 CCS，將使達成目標變得非常昂貴。雖然英國擁有豐富的再生能源資源，但仍然無法放棄使用化石燃料來發電，因此，積極發展 CCS 即成為重要的減量策略之一。除了推動進行大規模試驗計畫之外，英國政府也籌設國家級的研究機構，如位於愛丁堡的蘇格蘭碳儲存中心(Scottish Centre for Carbon Storage)及設於諾丁漢大學內

的國家碳捕捉及封存中心(National Centre for Carbon Capture and Storage)。

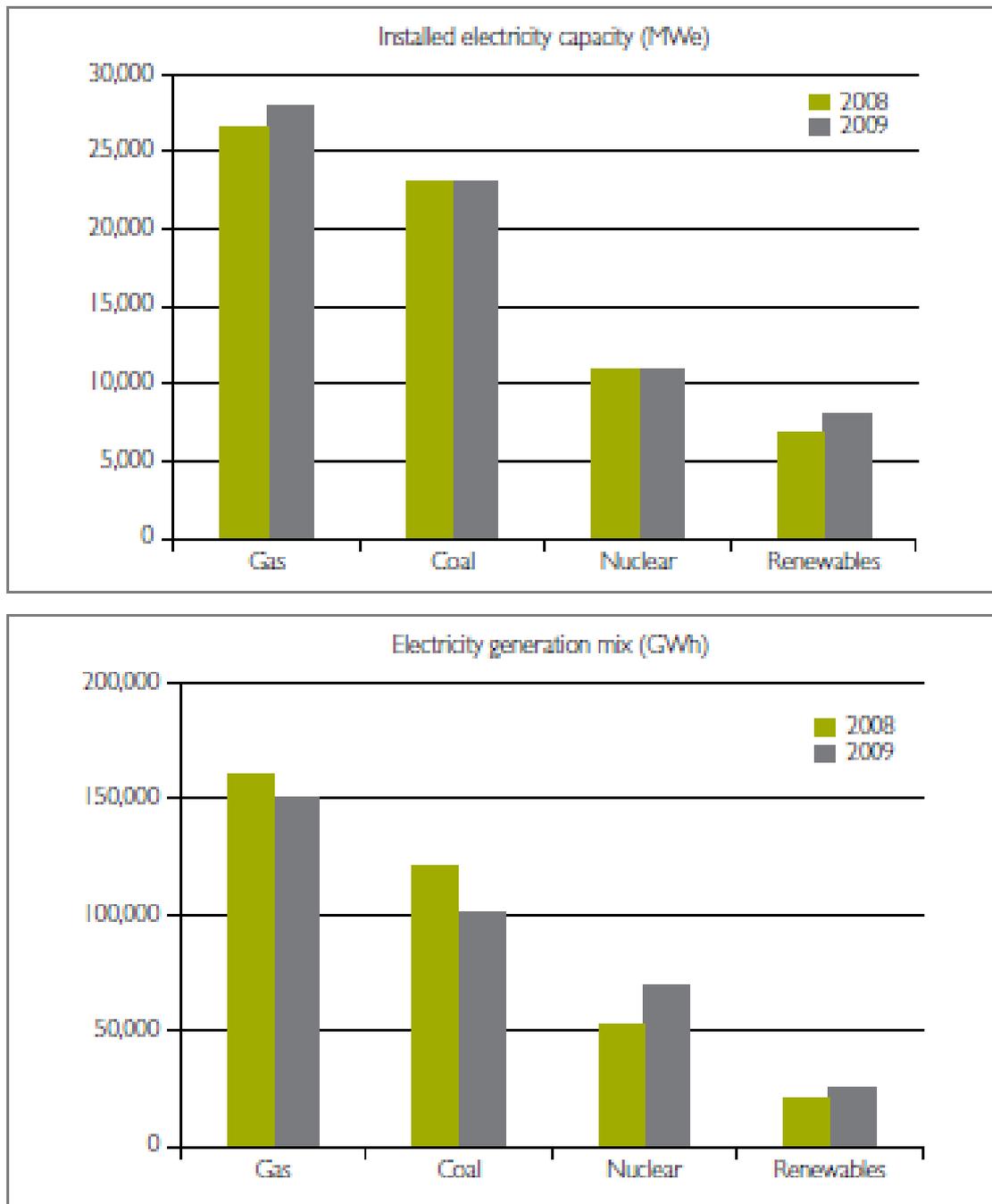


圖 15. 英國電力裝置容量及發電量(2008-2009)

(Source: Government Response to the Second Annual Progress Report of the Committee on Climate Change, Oct 2010)

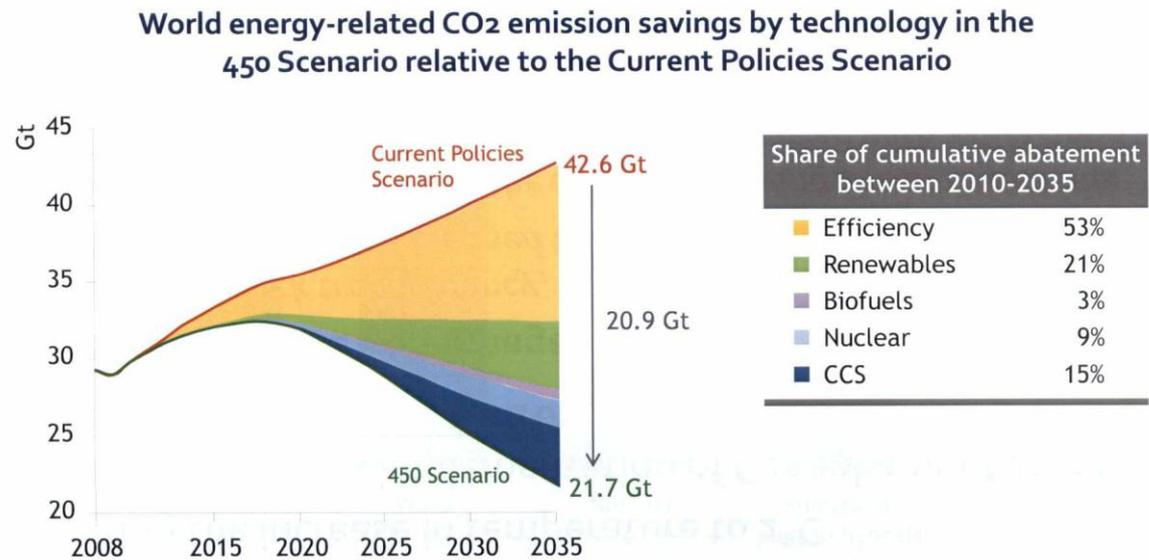


圖 16. IEA 預估未來(~2035 年)各類減量技術之貢獻

(Source: World Energy Outlook 2010, IEA)

(一) 再生能源

2007 年歐盟各會員國達成協議，在 2020 年前至少有 20% 的能源來自再生來源，另包括 10% 的生質燃料用於交通部門；其中英國承諾 2020 年再生能源電力將占全國電力總消費量的 15%。

再生能源種類繁多，如：生質能、燃料電池、太陽能、廢棄物、風力及海洋能等，由於地理位置的條件(英國是歐洲風力最強的地方，且擁有全世界最棒的潮汐和波浪資源)，使得英國在風力發電及利用洋流的能量(波浪與潮汐)發電方面有非常突出的表現；此外，為因應大量再生能源電力的併網需求，考量風力與海

洋能源供應的不穩定性，英國政府積極改善電網結構，包括引進智慧型電網，以及持續著力於基礎建設的投資。

1. 風力發電

英國第 1 座風力發電廠興建於 1991 年，由 10 部發電機組成，每部裝置容量為 0.4MW(總裝置容量為 4MW)。2007 年，風力產業超越水力發電，成為英國最主要的再生能源發電方式，如今英國有 250 家以上的風力發電廠，擁有 2,700 多部風機，其中大部分的發電機為 2 到 3MW。英國政府制定計畫興建足夠的風力發電廠，使總裝置容量達到 39 GW，預估每年營收可達 80 億英鎊。

除了陸域風力，英國也是歐洲最適合離岸風力發電機運轉的地方；離岸之風場具有高風能與穩定風速的雙重優點，且因避免了對陸域環境的負面影響，可藉由較大尺寸的葉片產生更多的電能。英國自第 1 座離岸風力發電廠 Blyth(位於 Northumberland 沿岸的北海海域，擁有兩部 2MW 發電機可供發電)完工後，離岸風力發電產業就迅速擴展，不到 10 年就成為世界領袖；未來 5 年內，離岸風力發電將超越岸上同業，成為英國再生能源的主導勢力。

英國擁有極佳的離岸風力資源，估計覆蓋面積僅倫敦般大小的風力發電廠，即可提供全英國 10% 所需的電力。對離岸風

力產業而言，英國也代表了全球最大的商機所在。2008年10月，Centrica集團位於林肯郡（Lincolnshire）Skegness沿岸的Lynn and Inner Dowsing風力發電廠（總裝置容量為195 MW）啟用營運，英國即超越丹麥，成為全球最大的離岸風力能源生產國。2010年4月，英國的離岸風力發電能力已達1GW，預計在2020年前將達到40GW的發電能力。

至於小型風力系統，可用於住家和辦公室的類型，也扮演重要且不斷成長的角色。全球前10大的小型風力公司中，有5家總部位於英國。產業分析師預測，在2020年前，英國的小型風力業者將擁有1.3GW發電能力，每年帶來7.5億英鎊營收，而在2040年前，發電能力更可高達9GW。

2. 海洋能源 – 波浪與潮汐發電

英國海岸線綿延超過30,000公里，波浪加上潮汐的潛能，意味有龐大的資源可取用。諸如蘇格蘭西岸與奧克尼島（Orkney）之間的朋特蘭灣（Pentland Firth）等地方，一處狹窄地區迫使水以異常快的速度通過；塞汶河口（Severn Estuary）的潮汐，水位升降幅度可高達14公尺，名列世界第二；英國其他地區也還有類似的極端高低潮汐水位線。而且英國海域有取之不盡的波浪起落可用來發電，作為電力能源的來源。

雖然波浪與潮汐科技落後風力發電部門超過10年以上，但

在2020年前，海洋能源科技將有長足發展，為主流發電帶來可觀的貢獻；長期而言，估計它能提供英國總電量最多達20%。英國在此領域已經遙遙領先，目前全球23%的波浪開發和27%的潮汐開發都在英國境內，據「英國再生能源協會」(Renewables UK)的研究顯示，在2030年前，海洋能源可能一年有近10億英鎊的產值。

對波浪和潮汐能源開發來說，海洋能源行動計畫 (Marine Energy Action Plan) 提供成長的藍圖，陳述在未來10年內，適當的支持將如何替波浪和潮汐能源帶來龐大的技術進步。根據計算，波浪科技擁有製造50 TWh電量的實力，足以供應1千1百萬戶家庭，而潮汐流動可發電17 TWh，足以供應4百萬戶家庭的電力。預料在2020年後，這項科技會開始盛行，在降低溫室氣體排放與增加再生能源電能方面，將扮演重要角色。

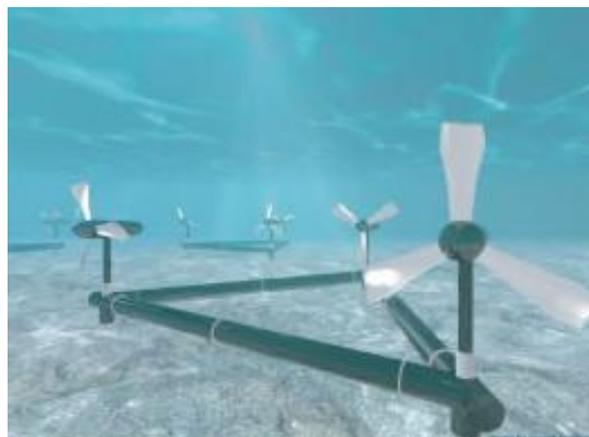


圖 17. 潮流(Tidal Stream)發電
(Source: Cranfield University)

3.未來的電網

對於風力發電與海洋發電而言，由於發電量的不可預測性，使傳統電網有了新需求。此外，英國電網必須考量未來 10 年電力需求增加 60% 的負荷，故既有電網基礎建設亟需大幅汰換或升級。

為了改善電網，以因應再生能源發電供應的不穩定性，英國政府提出的主要承諾之一，就是引進「智慧電網」（Smart Grid）。舊式發電廠能夠控制何時開啟運轉，但再生能源機制依賴風力與波浪的變化。當再生能源供應無虞時，它將讓其優先供應，並確保必要時，也有其他電源可供運用。這將提供業者在需求程度方面更精準的資訊，有助於導引他們做出回應，並確保產生電力的品質。

英國政府在「再生能源策略（Renewable Energy Strategy）」報告中指出，除了花費 47 億英鎊延伸與更新陸地的電網，並將投入 150 億英鎊設立新的離岸傳輸網絡，讓風力、潮汐及波浪發電所提供的電能可及於岸邊，再供應至陸地上的電網。而 DECC 預計到 2020 年英國將有 2,600 萬戶家庭安裝智慧電錶，所需成本約 80 億英鎊，將通過降低電力公司運營成本和消費者節省出的電費中得到補償。

日前英國國家電網公司表示，英國已敲定了併網協議，總計 32GW 的可再生能源電力將於 2020 年前併入英國國家電網。這部分電力可為 2,000 萬戶家庭提供充足電力，同時將幫助英國順利達成 2020 年的再生能源發電目標。誠如英國「再生能源策略」(Renewable Energy Strategy, RES) 所述：「我們主導發展未來的電網，將可自動管控再生能源的反覆多變、節省能源及降低成本；我們應積極投資，發展科技以期達成此一目標。」

(二) 生質燃料

廣義而言，生質能是再生能源的一類，來源為農作物、林木、農業廢棄物或是其他的有機廢棄物(詳參表 6)。由於植物在生長過程中吸收大氣中的 CO₂，燃燒時又被釋放出來，故整體上不會增加大氣中的 CO₂。英國在 2007 年 5 月發布「生質能策略」(UK Biomass Strategy)，建構生質能的永續發展框架，涵蓋範圍包括電力與熱能、交通燃料及工業產品。

表 6. 生質能的分類

Untreated Biomass	Treated Biomass	Energy Crops	Waste Derived Fuels
<ul style="list-style-type: none"> • Fire wood • Forest residues • Straw • Palm Kernels 	<ul style="list-style-type: none"> • Wood pellets • Olive Pellets 	<ul style="list-style-type: none"> • Short rotation crops: <ul style="list-style-type: none"> - Coppice - Willow - Poplar • Cereals • Miscanthus 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultural residues • Demolition wood • Sewage sludge • Refuse derived fuels

對電力部門而言，為了減少燃煤發電廠的 CO₂ 排放量，生質燃料被加入製程中替代部分的化石燃料，稱之為混燒(Co-firing)，依其混燒比例，可分為 10% 以下、10% 以上(多數經驗為 20% 以下之替代燃煤)及完全轉換 3 種形式，圖 18 與圖 19 為 ALSTOM 公司之不同比例的混燒發電製程示意圖，且該公司認為 10%~20% 的混燒可得到最佳的 CO₂ 減量與成本比值。

由於生質燃料往往含有較高的水分，會降低發電的效率，因此存放時應該考量下列因素：

- 燃料種類與性質
- 占用體積與倉庫容量
- 濕度控制
- 儲存時間
- 遞送行程
- 天候狀況

為了解決高水分的問題，研究人員正尋求將生質燃料氣化(Gasification)的方式，再與化石燃料混燒；此方式雖能避免因燃料乾燥所需要的能耗，但是目前系統的可靠度與可利用率相較於前面 2 種製程仍顯不足，且必須投入更高的成本，故尚待觀察後續發展。Cranfield 大學正進行生質燃料氣化的相關研究，其所採用的生質燃料來源非常廣泛，甚至包括石化產品廢棄物(如廢塑膠製

品，請見圖 20)，未來若技術成熟，對我國而言，無異是多了一項兼顧能源與環境的技術工具。

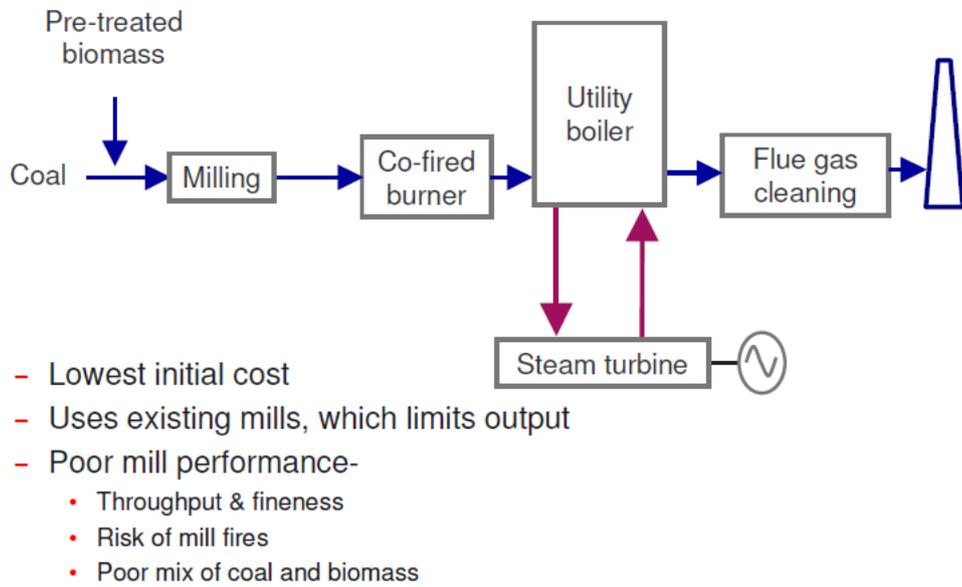


圖 18. 生質燃料混燒(~3%)發電製程

(Source: ALSTOM UK)

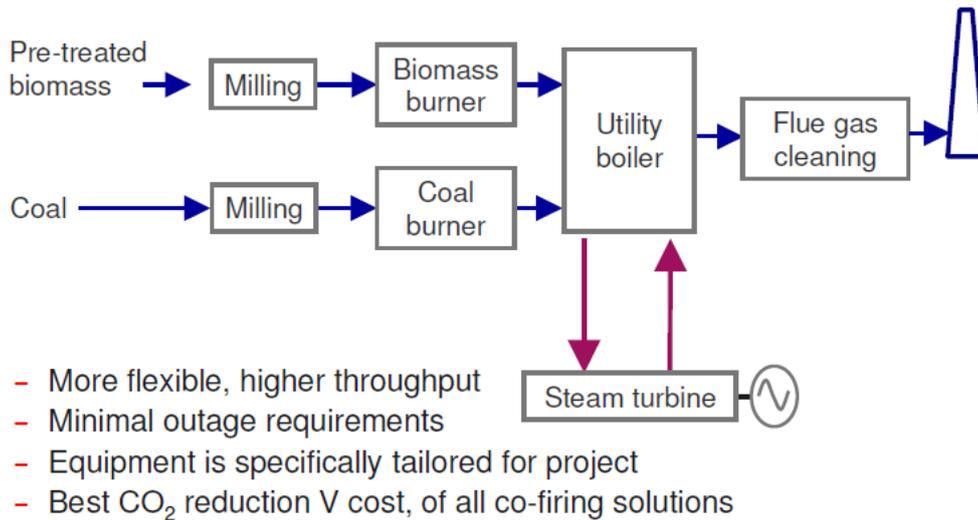


圖 19. 生質燃料混燒(10%)發電製程

(Source: ALSTOM UK)



圖 20. Cranfield 大學氣化程序研究之生質燃料種類

在英國電廠應用生質燃料混燒的經驗中，最為人所知的為 Drax 及 Fiddlers Ferry 電廠的案例，Drax 電廠是全英國最大的燃煤電廠(660MW×6)，而 Fiddlers Ferry 電廠則是首座進行混燒的燃煤電廠(500MW×4)，此二者之生質燃料混燒系統均由英國 ALSTOM 公司負責規劃。依 ALSTOM 公司的經驗，生質燃料混燒設計時主要的參數應包括：

- 生質燃料規範
 - 燃料種類、彈性及耗用量
 - 燃料品質、變異性及掌控
- 鍋爐型式/點火系統
- 燃燒與鍋爐效能
- 對輔助設備的影響
- 廠區配置

- 當地的相關標準
- 健康與安全議題
 - 爆炸、自燃
 - 粉塵
 - 生物性危害
- 飛灰的可銷售度

Fiddlers Ferry 電廠採用的生質燃料包括 wood pellets、palm kernels、olive stones 及 olive cake 等，水分要求在 15% 以內，以 20% 的比例進行混燒，混燒前後各項空氣污染物排放結果比較如圖 21 所示，可發現 CO₂ 下降 20%、SO₂ 下降約 10%、NO_x 與未燃碳 (UBC) 則差異不大。

Emissions - CO₂, NO_x, SO₂ and UBC (Palm Kernels)

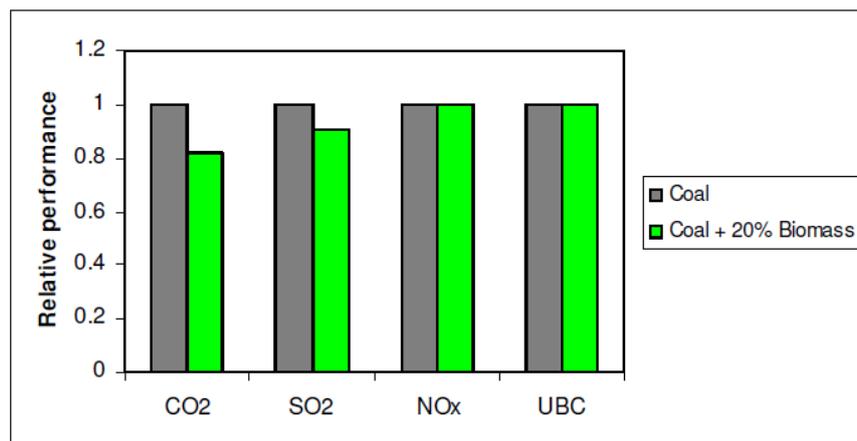


圖 21. Fiddlers Ferry 電廠生質燃料混燒排放情形

(Source: ALSTOM UK)

(三) 碳捕捉及封存(CCS)技術

1. CCS 示範計畫

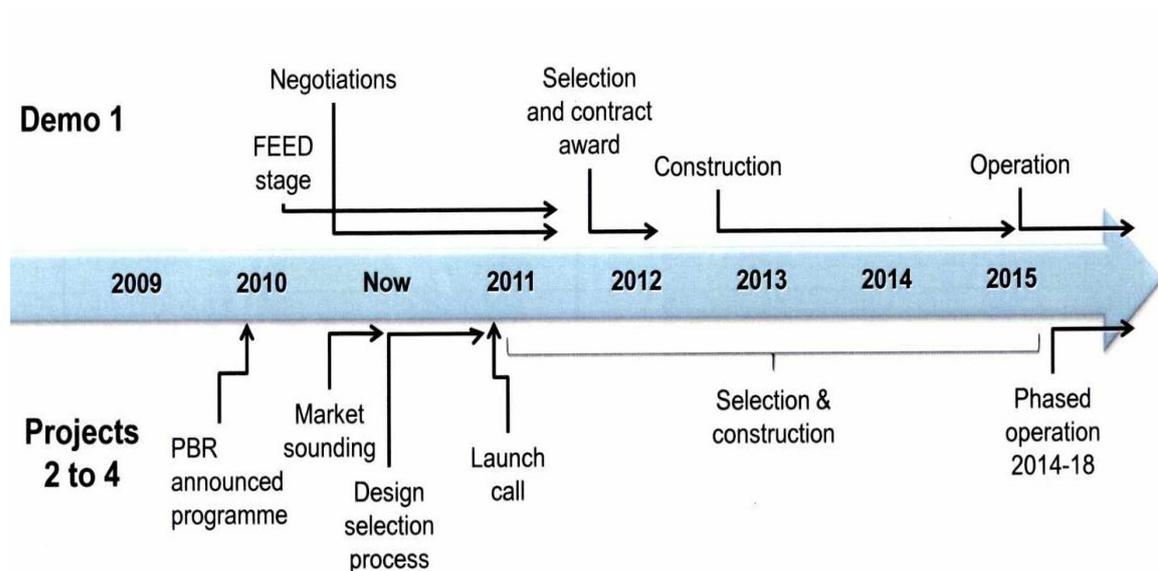
CCS 技術可分為 3 個部分，分別是捕捉、運輸及儲存。鑒於以往的研究或示範計畫對 3 個部分都分頭進行，缺少整合性的計畫，英國政府在 2007 年即規劃進行商業級的 CCS 示範計畫。根據 2009 年英國低碳轉型計畫(UK Low Carbon Transition Plan)所提出的關鍵目標，2010 年在新能源法(Energy Act 2010)中規定了實施低碳轉型所需要的關鍵措施，包括引入新的 CCS 激勵規定，以支持在英國建設 4 個商業 CCS 示範計畫，並要求政府定期發布有關英國 CCS 進展報告。

整個示範計畫分為 2 部分，規劃之時間表如圖 22：

- Demo 1: 選擇 1 家 300MW 級的燃煤電廠進行燃燒後(post-combustion)捕捉及離岸封存之長期示範計畫；計畫預計於 2014 年展開運作，且英國政府於今年 10 月 20 日宣稱補助之資本支出高達 10 億英鎊。
- Projects 2-4: 均為針對燃氣之示範計畫，已於今年 10 月 8 日完成市場調查及蒐集各界意見，預定於年底前對外公告。

Demo 1 一開始有數家電廠競爭，經過初選後在今年 3 月 12 日 DECC 宣布由 E.ON 與 Scottish Power 兩家電力公司進入

決選，並將在明年初決定誰能夠獲得政府龐大之資助；然而就在英國政府宣布補助金額當日(10月20日)，E.ON公司突然宣稱因進度無法符合政府之時間表，決定放棄決選的機會(註：E.ON公司之提案計畫為興建1,600MW之超臨界燃煤電廠)。果真如此，蘇格蘭電力公司(Scottish Power)的Longannet電廠將成為英國(甚至是全世界)首座商業級的CCS示範電廠。



Longannet 電廠為既有之燃煤電廠，將採用挪威 Aker Clean Carbon 公司之碳捕捉技術，將 330MW 機組之煙氣以 Amine 為溶劑去除 CO₂，去除率約為 85~90%。此外，團隊中還包括英國國家電網公司(National Grid)及 Shell 公司；而整個 CCS 系統由英國 Mott MacDonald 公司提供顧問服務，主要工作項目(註：由 Mott MacDonald 公司提供)如下：

- Basis of design for end-to-end scheme –identification of major interfaces
- Technical evaluation of existing power plant and how will interface with the CO₂ capture plant (CCP) from process and operational perspectives
- Optioneering studies:
 - flue gas pre-treatment process upstream CO₂ capture plant (including life costs and performance consideration for different options)
 - cooling options -preliminary design package and cost estimate for the preferred solution
 - effluent treatment and disposal of waste streams from the CCS process -preliminary design package and cost estimate for the preferred solution
 - discharge of the clean flue gas from the CO₂ absorber including air dispersion modeling
- Techno-economic analysis of various options to provide heat and power to CCP
- Preliminary design package for the preferred option to provide heat and power to CCP
- Geotechnical desk study, ground investigation scope (in anticipation of specialist contractor appointment)
- For the overall CCS chain:
 - Operating and shutdown philosophy
 - Metering, Monitoring and Verification (MMV) philosophy
 - Reliability, Availability and Maintainability (RAM) analysis
 - Health, safety and environmental considerations
- Overall project programme (Primavera project planning software)
- Overall project costs (CAPEX and OPEX)
- Risk register for the entire end-to-end CCS scheme

2. CCS 技術相關資訊

(1) 國家 CCS 中心 (National Centre for Carbon Capture and Storage, NCCCS)

NCCCS 甫於今年由英國地質調查機構 British Geological Survey (BGS)與諾丁漢大學(University of Nottingham)共同成立，目標在善加利用各項才能進行研究，幫助英國成為全球 CCS 技術領域中的主要角色。

NCCCS 認為 CCS 技術將產生新的工業，不僅在 2030 年前可抑制 15~40 億公噸的 CO₂ 排放，而且產業價值每年將高達 200 億英鎊。

NCCCS 參與了英國政府與歐盟的許多大型計畫，目前進行中研究如下：

● 捕捉

- 發展高容量吸附劑，以增加捕捉效率
- 新的高溫吸收系統
- 富氧低溫捕捉技術

● 運輸

- 發展壓縮技術，以利 CO₂ 輸送與儲存
- 先進 CO₂ 輸送設備的材料

● 封存

- 封存容量預測
- 鹽水層/油、氣井封存 CO₂ 的模式與實驗研究

- CO₂ 洩漏監測
- CO₂ 封存處之污染及對週遭岩石的影響
- CO₂ 利用與回收
 - 人造光合作用，轉化 CO₂ 成為化學物質以製造磚塊或燃料
- 環境與社會衝擊
 - 生態系統對 CO₂ 釋放的反應，包括遙測技術
 - 公眾對 CCS 的接受度

(2) ALSTOM 與 Mott MacDonald 公司的觀點

在 ALSTOM 公司的潔淨電力策略(Clean Power Strategy)中，CCS 是最後、但是不可或缺的一環，如圖 23 所示，低碳電力的達成順序為：能源配比→效率→CCS。

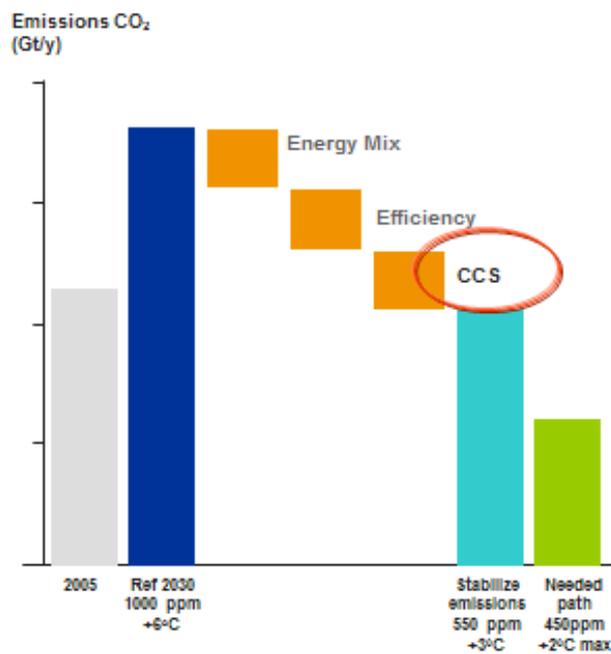


圖 23. ALSTOM 公司潔淨電力策略

CCS 之碳捕捉技術可分為燃燒前(pre-combustion)、燃燒後(post-combustion)及富氧燃燒(oxyfuel combustion)3 種(請參圖 24)，ALSTOM 公司所發展之碳捕捉技術著重在後 2 者(請參圖 25)，其中燃燒後碳捕捉技術係採用冷氨法(chilled ammonia)，已用於美國電力公司(AEP)Mountaineer 發電廠之 CCS 示範計畫，而富氧燃燒技術則正於德國 Vattenfall 電廠中進行試驗。ALSTOM 公司預估 2015 年後各項技術逐漸會商業化，因此正積極推廣先關技術；有關 ALSTOM 公司發展 CCS 之 Roadmap 請參見圖 26。

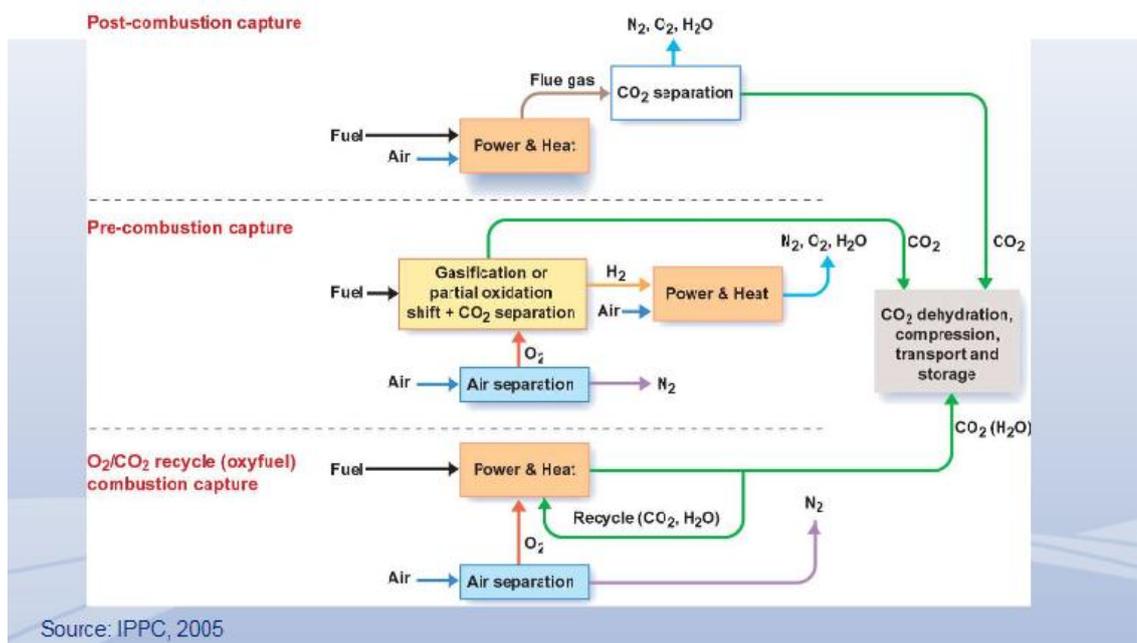


圖 24. CCS 之碳捕捉技術 (Mott MacDonald 公司提供)

Mott MacDonald 公司表示，CCS 產業將是一個複雜的價值鏈，包括 Source、Capture、Transport、EOR、Storage 及

Control 等面向。就目前的發展來看，必須考量技術研發、試驗規模放大及查驗之成本；此外，現在的方法、示範成果及相關立法等將會影響持續投入的信心。

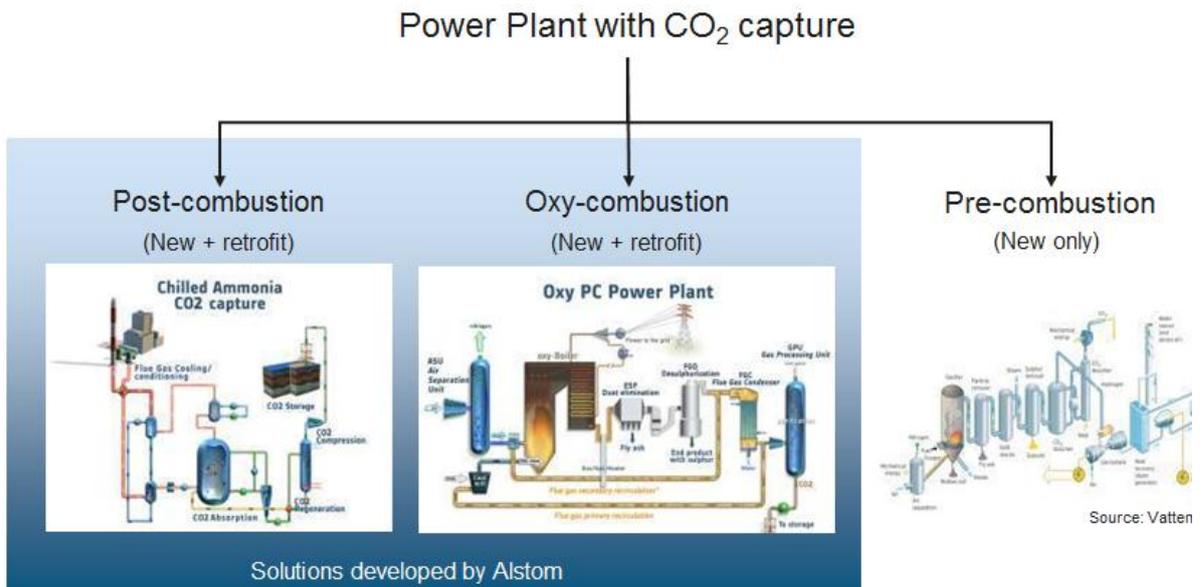


圖 25. ALSTOM 公司 CCS 之碳捕捉技術

	200 ⁵	2010	2015	2020	2025	2030
Capture						
Oxy-Comb.	Pilot / Demo			Commercialisation		
Post-Comb.	Pilot / Demo			Commercialisation		
Transport						
EU, US, Australia	Local, EOR* + demo			Progressive pipeline deployment, depending on validated storage sites**		
Storage						
EU, US, Australia	EOR* + validation of storage sites			Ramp-up to full-scale saline aquifer storage and EOR**		

* Enhanced Oil Recovery
 ** Potential for early EOR projects where infrastructure already exists

圖 26. ALSTOM 公司發展 CCS 之 Roadmap

六、電力業永續承諾

(一) EDF Eenergy 電力公司簡介

EDF Eenergy 為法國 EDF 集團子公司，該集團結構如圖 27 所示。EDF Energy 在 2002 年由 SEEBoard、London Energy 及 SWEB 等 3 家電力公司組成，2009 年再與 British Energy 合併，成為英國最大的電力公司之一，每年供應全英國約 1/5 的用電需求。

EDF Energy 總共擁有 8 座核能發電廠(如圖 28)、3 座火力電廠(詳表 7)及 2 處風力發電場址(Kirkheaton and High Hedley Hope wind farms)。此外，EDF Energy 正申請 Teesside 離岸風力計畫，且於 2002 年起即投資研究潮流發電，已成為 Marine Current Turbines Ltd 公司之策略夥伴；EDF Energy 計畫在 5 年之內將再生能源之裝置容量提升至 1,000MW。

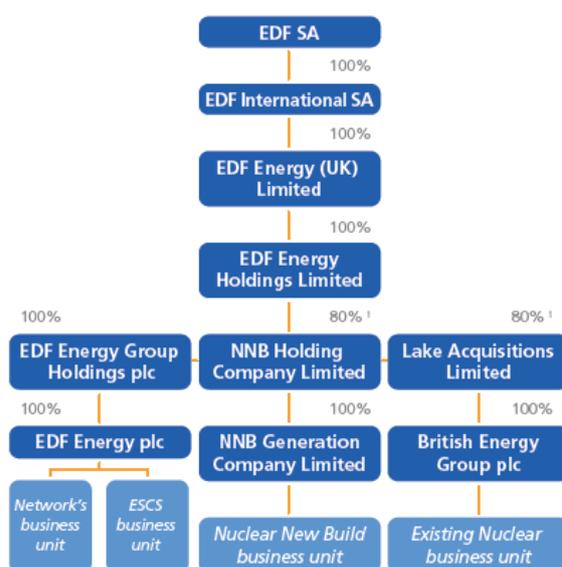


圖 27. EDF 集團結構

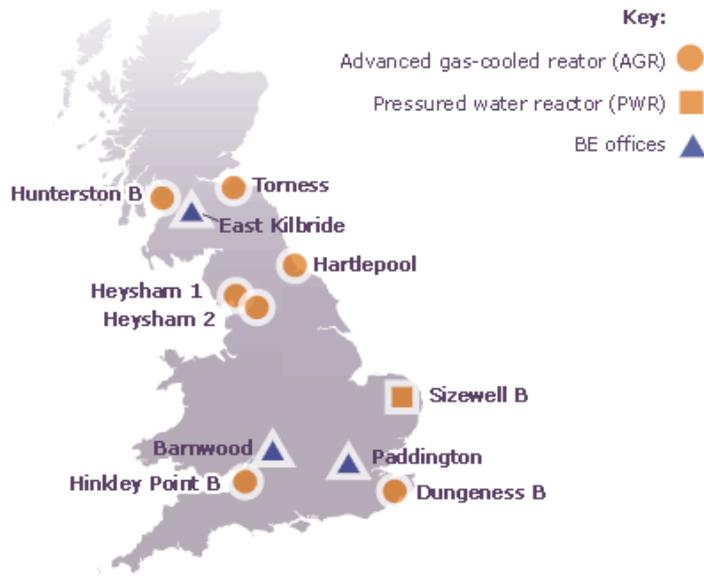


圖 28. EDF Energy 核能電廠位置圖

表 7. EDF Energy 火力電廠資訊

電廠	地點	燃料	商轉年	裝置容量	機組數
Sutton Bridge	Cambridgeshire	Gas-fired	1999	803MW	NA
Cottam	Nottinghamshire	coal-fired	1970	2,008MW	4
West Burton	Nottinghamshire	coal-fired	1970	2,012MW	4

EDF Energy 認為其使命在於將永續能源帶給每個家庭及每個人供應，要達成此一任務就必須提供安全、具有社會責任及競爭力的服務給顧客、群眾、股東及社區，並且要超出他們的期望。

在此原則之下，EDF Energy 建立了 5 項目標：

1. 零災害：確保員工與承攬商的安全，並將內部的健康安全活動擴展到孩童、社區團體及所有的顧客。
2. 顧客的第一選擇：承諾價格競爭力，且在 2012 年前對弱勢顧客持續提供補助，之後將保持較 2007 年多出 4% 的補助額度。
3. 股東的期許：設定 2012 年的獲利將較競爭對手有所成長。
4. 永續的領導者：達成對氣候及社會的承諾。
5. 擁有高績效人力：針對人員工作績效建立顯著的、可量測的改善方法，並且增加員工發展及改善工作和生活技能的機會。

在此 5 項目標之下，EDF Energy 設定了相關衡量指標如表 8-10。

表 8. EDF Energy 績效衡量指標

Ambition	Measure	Unit	2009	2008
Safe for All				
	Lost time incidents rate	Per 100,000hrs worked	0.17	0.33*
	Work-causal ill-health	Per 100,000hrs worked	0.48*	0.58*
	Unplanned Automatic Trip Rate	Per 7,000 hours of operation as defined by WANO	0.82	Data not reported by EDF Energy and is available in the British Energy 2008/2009 CSR Report
Shareholder's Expectation				
	EBITDA	£m	2,702	769*
	Turnover	£m	9,836	6,616*
	Turnover (Electricity)	£m	7,812	4,701*
	Turnover (Gas)	£m	869	860*
	Turnover (Other)	£m	1,154	1,060*
	Net Assets	£m	15,499	3,025*
Customers Choice				
	Preference rate	%	83.1	82.8
	Networks customer satisfaction	%	66.3	64.7
	Distribution customer interruptions	Per 100 customers	191.6	193.9
	Distribution customer minutes lost	Minutes lost per customer per year	229.8	223.9

(註：*為不含 British Energy 之數值)

表 9. EDF Energy 績效衡量指標(續)

Ambition	Measure	Unit	2009	2008
Sustainable Performance				
	CO ₂ from power stations	tonnes/Gwh	785.3*	803.7*
	CO ₂ from building energy use	'000 tonnes	20*	22.5*
	CO ₂ from transport	'000 tonnes	26.1*	25.8*
	CO ₂ per customer account	tonnes	6.05*	6.13*
	Employee involvement	Index %	42*	39*
	Ash to landfill	'000 tonnes	475*	673*
	Street-works waste to landfill	%	7*	19*
	Managed building waste to landfill	%	31.5*	37.9*
	Eligible customers on discounted tariff	No.	158,110	126,723
	Packages of support to vulnerable customers	No.	5,068	632*
	Children educated in electrical safety	No.	287,773	112,980*
	Children registered on Sustainable Schools programme	No.	498,488	53,698*
	CO detectors issued	No.	12,572	2,873*
	Total net generation – elec	All (TWh)	71.6	27.3*
	NO _x emissions	Tonnes	30,649	38,637
	SO ₂ emissions	Tonnes	13,408	12,377

表 10. EDF Energy 績效衡量指標(續)

Ambition	Measure	Unit	2009	2008
Sustainable Performance				
	Collective Radiation Dose (man-Sv reactor)	1 year average collection radiation dose as defined by WANO	0.116	0.174
	Collective Radiation Dose (man-Sv reactor)	3 year average collection radiation dose as defined by WANO	0.117	0.138
	Nuclear Reportable Events	No.	5	Data not reported by EDF Energy and is available in the British Energy 2008/2009 CSR Report
	Number Nuclear Safety Events (scale 2)	No.	1	
	Uranium sent off-site	tonnes	147	
	Amount of Intermediate Level Waste (ILW) generated	m ³	170	
	Amount of Low Level Waste sent off site	m ³	607	
High Performing People				
	Employee engagement survey	% engaged	78	77*
	No. of employees	Headcount	20,077	13,406*
	Number of days lost to sickness	Number	164,181	132,795*
	Number of leavers	Number	1,385	1,733*
	Number of female employees	Number	5,510	4,374*
	Number of working hours	Number	38,172,394	24,239,225

在碳權經營的部分，EDF Energy 公司的人員表示，係由 EDF 集團內的 EDF Trading 公司負責，包括電力、碳權、燃料、船運貨物及衍生性商品等；因未事先安排，無法於此次參訪時進行討論，以了解 EDF 集團內部有關碳權買賣或投資之操作實務。

(二) EDF Energy 電力公司的永續承諾(Sustainability Commitments)

"As we ask ourselves what kind of planet we are leaving our children, so we must also ask what kind of children we are leaving our planet. This is a human challenge not just a technical one. By acting now and acting together, we can rise to the challenge and tackle climate change head-on."

*Vincent de Rivaz
EDF Energy Chief Executive*

身為歐洲主要電力公司中 CO₂ 排放量最低的公司，EDF Energy 認知到氣候變遷、可負擔的能源及供應安全三者是全球性的議題，無論是公司、產業或是國家必須完全轉型；例如發展低碳電力，核能是不可或缺的項目，因為目前尚無法取得長期可負擔的低碳能源。

EDF Energy 內部設有永續發展委員會，由執行長擔任主席，下轄 3 個分組，分別是環境卓越組(Environmental Excellence

Group)、執行組(Delivery Group)及社區投資組(Community Investment Group)，詳如圖 29。EDF Energy 繼 2007 年的「氣候承諾」(Climate Commitment)、2008 年的「我們的社會承諾」(Our Social Commitment)之後，2009 年發布「永續承諾」(Sustainability Commitment)，EDF Energy 認為「永續」係指：

1. 提供社會所需的能源，並兼顧我們賴以生存的自然環境；
2. 為長期取得可負擔的低碳能源；
3. 善盡企業責任，保護需要幫助者，並減少發電對環境的衝擊；
4. 維持長期的永續與企業利益；
5. 改善操作效率，減少資源耗用及廢棄物；及
6. 人力發展及技能轉換。



圖 29. EDF Energy 永續發展委員會

EDF Energy 的「永續承諾」包括「減碳與廢棄物減量」、「發展低碳核能」、「協助我們的顧客」、「打造世界級的文化」及「服務我們社區」等 5 大領域，其內容詳見表 11。

表 11. EDF Energy 電力公司的「永續承諾」

Our Sustainability Commitments		
<p>Reducing carbon and waste</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. We will reduce the intensity of CO₂ emissions from electricity production by 60% by 2020 2. We will cut CO₂ emissions from our offices and depots by 30% by 2012 3. We will cut CO₂ emissions from our transport by 20% by 2012 4. We will eliminate waste sent to landfill from street works by 2020 5. We will reduce the volume of waste from energy billing by 30% by 2020 6. We will send no office or depot waste to landfill by 2020 	<p>Delivering low-carbon nuclear responsibly</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. We will work with Government, NGOs and others to demonstrate real progress towards implementing a long term UK radioactive waste solution 8. We will be open and transparent in our nuclear businesses and demonstrate we can be trusted to act to the highest professional standards in relation to nuclear security issues 9. We will support the development within the UK of the skills necessary to sustain our nuclear businesses by working with schools, universities and other bodies <p>Helping our customers</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. We will reduce the proportion of CO₂ arising from our customers energy consumption by 15% by 2020 11. We will commit to keeping our prices competitive and will provide enduring support for our most vulnerable supply customers 12. We will lead the industry in protecting vulnerable customers from the adverse effects of power cuts 	<p>Building a world class culture</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. By 2012, 100% of our employees will understand how they can help achieve Our Sustainability Commitments and will be participating in Team Green Britain 14. By 2012, we will have attained gold standard from independent experts for our approach to diversity and inclusion 15. We will build external partnerships and physical centres of excellence to develop the current and future skills we need for a sustainable economy <p>Serving our communities</p> <ol style="list-style-type: none"> 16. We will extend our health and safety activity to support children, community groups and our customers 17. We will work with all our suppliers to ensure they meet the 10 principles of the Global Compact to guarantee an ethical supply chain 18. By 2012, 2.5 million young people in the UK will have participated in our Sustainable Schools Programme, learning about the sustainable use of energy



七、心得與建議

1. 氣候變遷議題與其說是環保議題，不如說是能源與經濟的議題。為了避免環保與經濟的衝突，英國政府成立了能源與氣候變遷部 (DECC)，並藉由設立委員會(CCC)專業地予以監督。英國在強制減量的同時，亦客觀規劃未來國家發展(如研訂「英國低碳轉型計畫」，UK Low Carbon Transition Plan)，以及提供經濟誘因與適時補助。相較之下，我國目前缺乏完整配套機制，倉促研擬之行政規則亦無法與國際接軌，政府應師法英國務實規劃我國未來永續發展之道路。
2. 英國電力業的低碳措施，包括再生能源(離岸風力、海洋能源)、生質燃料(混燒)、既有燃煤電廠發展 CCS 計畫、新設火力電廠必須配備 CCS 設施、推動核能發電、採用 CHP 與 Co-gen、提升能源效率及藉由購買碳權抵減排放量。雖然電力業必須面對減量壓力增加投資，但有適當的政策配套，如建立「再生能源義務權證」(Renewable Obligation Certificates)制度、提供高額資金展開 CCS 示範計畫...等。此外，更重要的是減碳成本可反映至電價中，不僅減輕了電力業的負擔(可以增加對減碳技術的投資)，符合市場機制的電價更可以促使民眾或其他產業積極節約用電或投入設置再生能源的行列。
3. 對我國而言，由於缺乏自有能源，對於日後用電需求的增長，應未雨綢繆；在限制碳排放的壓力下，電源開發應突破窠臼，尤其在離岸風力、海洋能源及生質燃料混燒之方面，可適時增加投資，引進

相關技術，不僅有助於減碳目標的達成，亦可增加國內新興產業發展的機會。

4. 英國已展開 CCS 技術整合的商業規模示範計畫，世界各國亦有大型示範計畫進行中，本公司應及早透過國際合作方式全程了解計畫內容，包括操作技術與安全議題等，避免日後引進技術與既有介面整合時發生錯誤，同時可建立技術諮詢管道，以追蹤發展趨勢。
5. 從碳權經營管理的角度來看，EDF Energy 電力公司的做法值得本公司借鏡—藉由獨立之子公司(EDF Trading)進行作業，可靈活運作進行投資或買賣。否則本公司身為國營事業，經營碳權將面對諸多不確定性(如採購法、預算編列...等)，無形中將墊高成本及延宕時效；且本公司涉及溫室氣體減量議題包羅萬象，從機組效率提升到節約用電及植林減碳的工作，範圍既廣且雜，今年成立「節能減碳推動會報」應是整合的第一步，更應積極構思制度面的問題如何解決，俾以更有效、更專業的方式來因應未來的變革。