

碳經濟

CARBON ECONOMY

發行人 管中閔
顧問 黃萬翔 吳明機
陳小紅
總編輯 洪德生
執行編輯 黃宗煌 洪瑞彬
編輯委員 李堅明 吳再益
林師模 陳家榮
梁啟源 顧洋
蔣本基 蕭代基
朱麗慧 王金凱
編輯助理 劉光哲 楊晴雯
發行單位 行政院經濟建設委員會
執行單位 台灣經濟研究院
地址 台北市寶慶路3號
台北市德惠街16-8號7樓

專題分析

歐盟實施航空業排放交易發展趨勢及我國因應做法

楊之遠、簡慧貞、吳奕霖、吳俊儀

從歐盟排放交易經驗探討「京都權證」何去何從
陳世杰

UNFCCC新市場機制發展現況與趨勢
李堅明、施欣羽

電力產業之探討
陳寶瑞

研究前緣

糧食、石油與黃金期貨價格之間的GRANGER
因果關係

胡均立、張秀瑜、林唐裕

第29期
2013年5月

NO. 29 May 2013

目 錄

編者的話	1
專題分析	2
歐盟實施航空業排放交易發展趨勢及我國因應做法 /楊之遠、簡慧貞、吳奕霖、吳俊儀	2
從歐盟排放交易經驗探討「京都權證」何去何從 /陳世杰	14
UNFCCC 新市場機制發展現況與趨勢 /李堅明、施欣羽	25
電力產業之探討 /陳寶瑞	42
研究前緣	60
糧食、石油與黃金期貨價格之間的 GRANGER 因果關係 /胡均立、張秀瑜、林唐裕	60
政策動態	85
會議資訊	90
文獻新報	94

～編輯政策～

- ◇ 本刊以溫室氣體減量之政策及其經濟問題為重點，每季定期發行，當季刊登之文稿截稿日期為前一月的 15 日。本刊資料檢索網站：<http://www.cepd.gov.tw> 點選出版品、碳經濟
- ◇ 本刊歡迎關心溫室氣體減量議題之各界先進賢達踴躍賜稿(包括專題分析、時事評論、政策動態報導、研究成果、出席國內外會議心得等)，亦歡迎讀者就本刊相關議題發表讀後建言或心得。專題分析稿件每篇以不超過 6000 字為原則，其餘不拘。
來稿請將電子檔 email 至執行編輯黃宗煌教授：chhuang@mx.nthu.edu.tw、楊晴雯：jp62001@tri.org.tw。
- ◇ 本刊各篇專論刊登前均經編輯委員會審查，本刊編委會保留刪改權力，惟內容不代表發行單位立場。來稿如不允刪改，請作者事前聲明。

編者的話

為減緩氣候變遷的衝擊，聯合國於 1992 年通過「聯合國氣候變化綱要公約」，發展至去(2012)年，杜哈（Doha）氣候會議決議，將展延京都議定書至 2020 年，且努力於 2020 年讓新的議定書生效。在全球節能減碳以及因應氣候變遷的趨勢下，除了既有的京都機制外，其他新市場機制亦逐漸成形(如清潔發展機制、聯合減量，及國際排放交易制度等)。我國當前正面臨核四與油電價格等議題，如何兼顧產業轉型與經濟發展，增加國際參與，值得我國深思，因此本期從國際趨勢以及產業發展等觀點切入，洞察我國未來可行的發展方向。

國際趨勢方面，本期收錄文化大學楊之遠教授等人著作，透過從歐盟立法歷程、航空業排放交易指令，以及歐盟相關回應作蒐集歸納，進而對我國政府部門、航空業者以及國內學界提出具體建議。另一方面，「京都權證」是京都議定書下的產物，該體系在國際碳市場具有舉足輕重的角色，歐盟為碳交易市場推動最成功的地區之一，目前正為解決第三階段低迷碳價進行改革，故本期收錄英國愛丁堡大學陳世杰著作，以京都權證情境為分析基礎，探討歐盟排放交易未來的可能發展。

推動產業發展方面，為加速全球節能減碳行動，聯合國氣候變化綱要公約長期合作特設工作小組，於 2012 年多次舉辦新市場機制會議，並彙整全球主要國家立場文件，因此本期收錄台北大學李堅明等人著作，彙整分析歐盟所提出的新市場機制，並歸納出新市場機制可能面臨的挑戰。此外，電力為現代產業發展的基石，我國能源高度仰賴進口，電力產業的發展格外重要，除了影響民生，亦會對其他產業產生連動效果；故本期收錄行政院經濟建設委員會陳寶瑞參事著作，從市場結構、市場行為、公共政策以及績效等構面進行分析，進而歸納出未來電力產業發展的具體建議。

研究前緣部分，有鑑於氣候變遷速度加劇，自然資源逐漸枯竭，其中糧食價格、石油價格以及黃金價格的波動，對全球經濟有很大的影響。故本期收錄交通大學胡均立教授等人著作，利用時間序列模型，探討糧食價格、黃金價格與石油價格的關聯性，並以 Granger 因果關係檢驗法探究變數之間是否存在因果關係。

專題分析

歐盟實施航空業排放交易發展趨勢及我國因應做法

楊之遠（文化大學土地資源學系教授兼系主任）

簡慧貞（行政院環境保護署溫室減量管理辦公室執行秘書）

吳奕霖（行政院環境保護署溫室減量管理辦公室減量規劃組組長）

吳俊儀（環科工程顧問股份有限公司總經理）

一、前言

1992 年聯合國通過「聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）」，目標是期能將大氣中溫室氣體的濃度穩定在防止氣候系統受到危險的人為干擾的水準上。這一水準應當在足以使生態系統能夠自然地適應氣候變化、確保糧食生產免受威脅並使經濟發展能夠可持續地進行的時間範圍內實現。公約中第四條第一項第 C 款要求所有締約國應全面性採取減緩政策及措施，以減少包括交通部門在內之人為溫室氣體排放。

「聯合國氣候變化政府間專家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）」所出版的「國家溫室氣體盤查指導原則（Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories）」要求各國於盤查溫室氣體排放量時，須納入國內航線之排放量，對於國際航線則僅需以備註方式記載，也就是說，目前國際航線排放量並未明確納入各國減量責任。而依「京都議定書（Kyoto Protocol）」第二條第二項規定，針對限制或減少來自航空燃油所產生的溫室氣體排放，附件一締約國¹應透過「國際民用航空組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）」來進行相關工作，意即目前國際航線的溫室氣體排放未納入京都議定書規範。

ICAO 係依據「芝加哥公約（Chicago Convention）²」所設立之組織，主要功能為訂定與航空安全與效率有關之國際規範及程序。ICAO 下設「航空環境保護委員會（Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP）」，CAEP 曾於 2001 年決議 ICAO 將不會訂定二氧化碳排放標準，也不會加以管制，但 ICAO 鼓勵其會員採用市場機制作為管制溫室氣體之主要工具。2001 年第 33 屆大會上同意針對國際航空業發展一套排放權交易機制，並於 2004 年第 35 屆大會上表示 ICAO 支持各國或國際組織所提之自願交易制度，並將針對如何將國際航空納入各國國

¹ 指京都議定書附件一所列之國家，係屬工業化國家締約方和正在朝市場經濟過渡的締約方。

² 1944 年在美國政府的邀請下，52 個國家於 11 月 1 日至 12 月 7 日參加了在芝加哥召開國際會議，產生了三個重要的協定--《國際民用航空公約》、《國際航班過境協定》和《國際航空運輸協定》，為國際航空運輸多邊管理框架的形成奠定了基礎。其中《國際民用航空公約》（Convention on International Civil Aviation），也稱《芝加哥公約》（Chicago Convention）。

內交易制度提出建議。也因此歐盟於 2005 年起開始規劃將國際航空納入「歐盟排放交易機制 (EU ETS)」中，然而，此舉卻引起導致許多非歐盟籍的 ICAO 會員於 2007 年第 36 屆大會上強烈反對歐盟做法。

由於京都議定書明定國際航空業溫室氣體減量須經由 ICAO 謀求共同減量，但因遲遲未能提出具體管制措施，歐盟對此已提出相當多的批評，再加上歐盟向來於因應氣候變遷上採取主動態度，因此，儘管面對外界責難，歐盟依舊堅持將國際航空納入 EU ETS 中。

二、立法歷程

早在 2002 年，歐洲議會 (European Parliament) 以及歐盟理事會 (European Council) 即表示，若 ICAO 無法針對管制航空業溫室氣體排放取得共識，歐盟將對此採取特定措施。

歐盟執委會 (European Commission) 於 2005 年 3 月到 5 月就如何減緩航空業所造成的氣候變遷影響公開徵求公眾意見 (public consultation)，藉以凝聚各會員國、民眾與產業的共識，結果顯示有超過 80% 的民眾認為應該要降低航空業對氣候的影響，產業界則是同意需要氣候變遷的外部成本內化到航空運輸的價格上，並加強經濟誘因措施。而許多航空公司與相關製造業者於此時即已提出減緩航空業所造成的氣候變遷影響需透過 ICAO 來進行。英國與法國政府認為透過排放交易機制將會是最有效的方法，航空業、製造業與機場雖對排放交易機制作法表示贊同，但要求該機制須非僅侷限於航空部門，要讓其他部門參與，同時僅可規範 CO₂。

於彙整各界意見後，歐盟執委會於 2005 年 7 月委託顧問機構針對將航空業納入 EU ETS 之可行性進行評估。該評估報告針對不同納管對象設計了三種情境，並分析此三種情境對於業者成本、環境以及經濟的影響。報告結論表示將航空業納入對 EU ETS 架構將不會有太大衝擊，但對減緩 CO₂ 排放將有立即的效果。

依據評估報告之建議，歐盟執委會於 2005 年 9 月 27 日公告了歐盟執委會對減緩航空業對氣候變遷影響的計畫 (Communication of the European Commission outlining plans to reduce the impact of aviation on climate change)，歐盟執委會認為，從經濟和環保的角度來看，減緩航空業對氣候的影響的最好方式是將航空業納入歐盟排放交易機制中。

歐盟執委會於 2006 年 12 月 20 日提出將航空業納入 EU ETS 的立法草案，並同時提出了該草案的影響評估報告。該草案於 2007 年 11 月 13 日通過一讀，2008 年 7 月 8 日完成二讀，並於同年 11 月 19 日正式通過為「航空業排放交易指令 (Directive 2008/101/EC)」(立法歷程如圖 1 所示)。依據航空業排放交易指令，所

有往返歐盟會員國之機場、以及起飛自或降落於歐盟會員國機場的國際空運活動，應於 2012 年 1 月 1 日起加入 EU ETS。

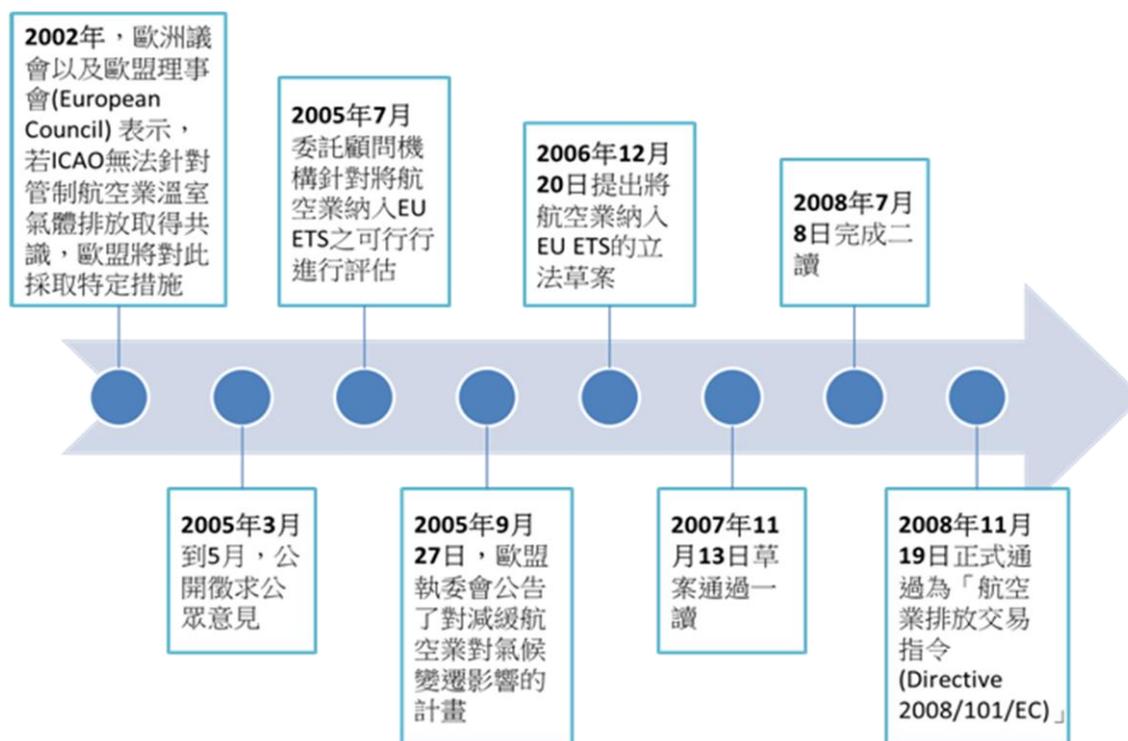


圖 1. 航空業排放交易指令 (Directive 2008/101/EC) 立法歷程

自歐盟執委會公告立法草案之後，歐盟經濟社會委員會 (European Economic and Social Committee)、區域委員會 (Committee of the Regions)、歐洲議會以及歐盟理事會、分別 2007 年 5 月 31 日、10 月 10 日、11 月 13 日以及 2008 年 4 月 18 日提出相關意見。

立法過程中歐盟會員國對草案規劃內容也有不同意見，例如歐盟執委會原規劃分兩階段方式執行，先於 2011 年納入歐盟境內航線，再於 2012 年納入國際航線，但歐洲議會及其環境委員會則是希望能於同一時間點納入境內與國際航線。此外，對於排放上限意見亦不一致，執委會原規劃以 2004 年到 2006 年的年平均排放量為限，歐洲議會則是提議將排放上限訂為平均排放量的 90%，歐洲議會的環境委員會則是建議訂為 75%；最後，針對允許排放額度 (allowance) 核發比例，執委會原規劃 90% 無償分配，歐洲議會提議降為 75%，歐洲議會環境委員會則是建議應降為 50%。

三、航空業排放交易指令 (Directive 2008/101/EC) 的內容

(一) 參與者

有義務參與 EU ETS 者為其所屬機隊有飛行歐洲國際航線的航空業者。未來進出歐洲地區約 4 千家的航空業者皆須強制加入總量管制。該名單由歐洲航管組織 (Eurocontrol) 依據實際飛航資料提供。

目前 EU ETS 僅管制 CO₂ 排放，並於指令附件一中排除特定類型或運量的空運活動 (如官方任務、軍事任務、搜救任務、訓練、運量低於 5700 公斤、連續三季班次少於 243 架次或年排放量低於 1 萬噸等)。

(二) 基準年與排放上限

以 2004 年到 2006 年的平均排放量為基準，2012 年之排放上限為基準年之 97%，2013 年到 2020 年的排放上限為基準年之 95%。

(三) 允許排放額度之分配

額度分配方式包括無償核配以及拍賣。就無償核配部分，無核配採標竿值 (benchmark) 方式分配，分配的基準將統一由歐盟執委會決定，原則上以個別航空業須納入 EU ETS 下之全部航線中客運與貨運所佔之比例決定。航空業者需於 2011 年 3 月 31 日前向其所註冊會員國之主管機關提報該單位於 2010 年從事附件一所列空運活動之數據資料，執委會將於 2011 年 9 月 30 日公布各航空業所獲得無償核配之分配基準，各會員國原則上將於每年 2 月 28 日公布其所屬航空業所獲得之當年核配量。

2012 至 2013 年，總核發量之 15% 將以拍賣方式分配，其餘除保留特定比例 (3%) 予新加入者外，剩下之核發量將免費供航空業者申請；自 2013 年起，原則上維持此分配方式，但拍賣比例得依照整體 ETS 推動情形檢討調整。雖拍賣將於各會員國內舉行，但為避免各會員國間因拍賣規則的不同而造成競爭扭曲³，指令規定執委會應就會原於其境內所舉行的拍賣制定詳細規則。雖規則由歐盟中央統一制定，但各會員國有權決定如何運用拍賣所得收入，惟須向執委會報告拍賣所得收入的使用規劃。

考慮到未來可能新加入或是運量擴充迅速的航空業者，EU ETS 將保留總核發量的 3%，若有未分配完的額度，則將以拍賣方式售出。

(四) 排放交易

現行 EU ETS 的排放上限係依據歐盟於京都議定書下的減量義務所計算，因此現行 EU ETS 參與者所被分配到之排放量，均包含在歐盟減量義務之下，但是如前所述，空運的排放量目前未列京都議定書附件一國家之減量義務中，因此若航空業者將其所獲得之允許排放額度售予現行參與者，將導

³ EU ETS 第一期與第二期允許各會員國自行制定拍賣規則。

致 EU ETS 現行參與者所持有之總允許排放額度量超過排放上限。

考量上述原因，航空業排放交易指令規定現行 EU ETS 參與者不得使用分配給航空業的允許排放額度來滿足其於 ETS 指令下之減量義務，但考量航空業參與排放交易機制之市場規模與成本，指令並未禁止航空業者向現行 EU ETS 購買其所擁有的允許排放額度來符合減量要求，同時也允許使用京都彈性機制⁴所產生的額度，惟其使用比例不得超過 15%。

（五）監督機制與罰則

若屬於歐盟會員國之航空業者，則以核發其營運執照之會員國為其參與 EU ETS 時的管理會員國；若屬非歐盟會員國之航空業者，非歐盟籍之航空公司，將以 2006 年之飛航排放量最多之航線國家，為其參與 EU ETS 時之會員國。

執委會已於 2009 年 1 月 28 日公布應自 2012 年起參與 EU ETS 之航空業者及其管理會員國名單。管理會員國之則認為蒐集其所管理之航空業者所提出的無償核配申請，並轉交予執委會，並依據執委會決議負責分配允許排放額度予航空業者，此外會員國尚須監督航空業者於每年 3 月 31 日提交前一年度排放資料以及於每年 4 月 30 日前繳交（surrender）與其排放量相同之排放額度。

未能提交與實際排放量等量額度的業者，將被處以每噸 100 歐元之罰鍰，於繳交罰鍰後，業者還是必須依規定繳交與實際排放量相同之額度，此規定與現行 EU ETS 之規定相同。此外，若航空業者未履行減量義務，行為嚴重者可能會被處以停飛歐盟航線的處分。

（六）豁免條件

若起飛自有實施特定措施以降低空運對氣候變遷影響的國家、且降落於歐盟會員國機場之航班，執委會可以與該國以及歐盟會員國磋商後，於必要時，使該類航班豁免於 EU ETS 要求之外。

四、引發相關國際爭議及歐盟回應

（一）遭受國際民用航空組織非歐盟籍會員國反對

ICAO 近年來召開相關會議時，非歐盟籍會員國均表達反對態度，認為歐盟此舉並無法達成其所主張的環境目標，因為非歐盟籍會員國的航空業者並不會因此而汰換或更新排放量高的老舊機種，而是將該類機種用於其國內

⁴ 共同履行(Joint Implementation, JI)以及清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM)。

航線，以規避 EU ETS 規範，且此舉恐將導致該會員國採取歧視外國籍航空之措施；開發中國家則是認為任何溫室氣體管制的措施均不應影響開發中國家空運的成長⁵，相關會議重要結論參見表 1。

2010 年 9 月 25 日，美國航空運輸協會（Air Transport Association of America）以及其他航空業者認為歐盟將國際航線納入 EU ETS 的作法違反國際法條、「芝加哥公約」、「京都議定書」及「開放天空協定（Open Skies Agreement）」，並向歐盟法院（Court of Justice of the European Union, CJEU）提出訴訟。

表 1. ICAO 近年召開會議重要結論及聲明

會議時間	會議性質	重要結論及聲明
2007 年 9 月	第 36 屆會議	通過第 A36-22 號決議，呼籲除非會員國間彼此有協議，不然不要履行納入其他會員的排放交易制度。
2011 年 9 月 29 日至 30 日	理事會 （印度新德里）	26 個非歐盟籍國家發表聯合聲明，表示反對民航業被納入歐盟排放交易。
2012 年 2 月 21 日	莫斯科會議	1. 23 國非歐盟籍發表共同聲明，要求歐盟會員國應與 ICAO 共同合作促使國際航空排放減碳。 2. 認為歐盟指令違反芝加哥公約，即每個地區對於其航空領域擁有絕對的自權（sovereignty）。 3. 考慮提出訴訟、檢視 EU ETS 是否符合 WTO 之規範、對歐盟的民航業及飛機機具營運商採取額外徵收的措施。

（二）美國政府通過國內法案，明令美國航空公司不得參與歐盟排放交易機制

美國政府更積極採取一系列反制措施，如美國國務卿希拉蕊柯林頓（Hillary Clinton）與運輸部長雷蒙德拉胡德（Raymond LaHood）於 2011 年 12 月 16 日共同撰擬了一封信給歐盟，表示反對歐盟作法並要求歐盟中止管制航空業碳排放，要求與相關方政府重新談判，同時美國國會亦開始起草國內法案，美國眾議院 2011 年 10 月 24 日通過 H.R2594 號法案，禁止美國民航業參與 EU ETS，2011 年 12 月 7 日於參議院提出，美國總統歐巴馬於 2012 年 11 月 27 日簽署 S. 1256 法案，禁止美國航空公司支付 EU ETS 碳費。

⁵ 施文真，*supra* note 15，at 291。

(三) 中華人民共和國政府亦於國內法案明確反對 EU 採行措施，並得視實際情況採取反制措施

中國民用航空局於 2012 年 2 月向各航空公司發出指令，明令未經政府有關部門批准，禁止中國境內各運輸航空公司參與歐盟排放交易體系，禁止各運輸航空公司以此為由提高運價或增加收費項目，於「中華人民共和國氣候變化應對法」草案第 101 條明列對外反制措施，如下規定：

「中國反對其他國家和地區借氣候變化應對的名義實施任何形式的貿易保護措施，或者對入境、過境的中國民航班機、輪船採取單邊措施徵收碳稅或者類似稅費。

其他國家和國際組織借氣候變化應對的名義，對中國企業採取單邊稅收措施等貿易保護措施，或者對入境、過境中國民航班機、輪船採取單邊措施徵收碳稅或者類似稅費的，中國政府有權根據本國的實際情況採取反制措施。」

(四) 歐盟相關回應

歐盟面對世界各國的抨擊，初期階段仍堅定立場，重要回應如下（爭議及歐盟回應時間序詳見圖 2）：



圖 2. 國際爭議及歐盟回應時間序

1. 美國航空運輸協會的訴訟：2011 年 12 月 21 日，歐盟法院作出判決，表示歐盟制定的航空業排放交易指令，並將國際航空業納入 EU ETS

之作法有效(valid)。判決指出歐盟以統一作法納入起飛自以及降落於歐盟會員國所屬機場航班的作法，與開放天空協定禁止美國和歐洲航空業之間歧視待遇的規定相同。

2. 美國政府之嚴正聲明信函：2012 年 1 月歐盟回應國務卿希拉蕊柯林頓與運輸部長雷蒙德拉胡德 (Raymond LaHood) 共同署名的一封信，表示歐盟將不會放棄管制航空業的措施。

然此議題經過一年多的政治及外交震盪，ICAO 於 2012 年 11 月 9 日會議中已同意以下三個項目做為未來的目標：(1) 將建立一個高層次的政策小組、(2) 將決定一個市場機制（從三個選項中決定）及 (3) 明確提出國際需同意的市場機制。基此具體結論，2012 年 11 月 12 日歐盟委員會發布新聞稿表示已提出新的立法提議，非歐盟籍進入及離開歐洲之民航公司，其 EU ETS 管制相關規定展延一年。換句話說，非歐盟國家的航班於 2013 年不需符合 EU ETS 的規定，估計國際航班至 2014 年 4 月之前不必參與歐盟碳排放交易系統。

五、我國因應作法

(一) 政府部門

面對歐盟單方面採行措施，我國航空業直屬主管機關交通部民航局 2008 年即委託技術顧問機構進行衝擊評估，初步估計所造成成本負擔為單程票費將增加約新台幣 100 元，但此數據係在許多假設情境下所估得，因此，對於實際造成我航空業成本負擔情形，仍持保留態度。但鑑於我國航空公司之航班遠多於歐盟會員國航空公司，因此與歐盟爭取之談判籌碼有限，初步表達暫不主動對外表明立場，惟將持續關注各國與歐盟協商之進展，作為我國援用國際成功案例之立基，以向歐盟爭取我航空業之權益。

另環保署於 2012 年 3 月 3 日召開「歐盟排放交易制度現況專家諮詢會議」，邀集交通部、交通部民航局等政府部門代表、學者專家以及我國航空業代表共同討論針對 EU ETS 目前管制作法我國應如何因應。

(二) 航空業者

目前飛往歐洲地區的航空業者包括中華航空公司及長榮航空公司，業者均表示希望政府能協助業者做出因應，例如航權爭取增設航線轉機點，進而減少航班需繳納之 EU ETS 排放費用，但亦表示此因應做法仍會造成碳洩漏問題，甚至因增加班機起降而造成排放增量問題。

(三) 國內專家學者

國內專家學者自歐盟立法納入航空業排放交易制度起，即從國內經濟產業衝擊、國際航空界相關公約等面向提出初步評析，經濟部推動綠色貿易專案辦公室亦於去(2012)年綠色貿易電子報特刊發表其國際觀察及趨勢分析。相關政府機關如環保署及交通部民用航空局，亦邀請國內專家學者於去年分別召開「因應歐盟碳排放交易機制研商會議」，與會專家學者提出之建議因應做法包括：

1. 由於生質油料(biofuel)不收費，政府相關部門應協助航空公司進行生質油料應用於航空運輸之規劃，此舉不僅為因應 EU ETS 作法之一，且是我國追求長期能源安全(energy security)之重要工作項目。
2. 航空業者及政府相關部門應積極嘗試透過不同管道發聲，例如 ICAO、UNFCCC 等，並與歐盟建立對話平台，以協助解決此單方面徵收稅費之不合理制度。
3. 依歐盟 EU ETS 相關條款，表示倘第三國亦針對其航空業進行相關溫室氣體減量管制，可透過與歐盟協商討論排除於該規範外之可行作法，建議政府應儘速通過溫室氣體減量法，並積極推動各項減量策略及措施，以增加未來國際談判籌碼。

六、結語

歐盟從區域角度，單方面推動全球航空業排放交易制度之作法，雖展現出其主導全球溫室氣體減量議題之企圖心，然此侵犯他國國家自主權之作法，亦引發眾怒，紛紛提出多項嚴正聲明、取消鉅額航空器購買訂單，美國、中國甚至立法進行反制等措施，迫使歐盟做出延緩一年實施的決定。ICAO 雖已承諾這一年將提出全球航空業者共同適用之市場機制，然倘未完成時，歐盟是否仍祭出要求非歐盟籍航空業重回歐盟排放交易制度，建議應持續關注其後續變化。

而未來類似歐盟採取之管制作法可能仍會持續發生，由於目前全球均面臨經濟不景氣的嚴峻環境下，對於出口導向之相關產業將首先面臨衝擊，甚或影響國內經濟發展，政府部門應積極研擬氣候變化之國際因應戰略，提供具體策略，避免國內企業遭受損失。

氣候暖化不是單純之環境議題，從去年(2012)杜哈會議仍無法達成減量共識結果顯示，每年氣候變遷會議已成為國與國之間外交的博弈場所，具有高度的政治意涵。氣候暖化之因應及氣候公約之遵行，必須考量各國經濟結構、資源基礎、科技發展，持續經濟增長及減量成本等因素。由於我國國際地位特殊，既非公約締約國，亦非屬京都議定書附件一國家，目前雖無須受制於國際壓力，但亦應視我國特殊國情、社經背景、自然地理資源限制，化被動為主動，積極發展綠色技術及產業，制定符合國情之溫室氣體減量法令，建構具有台灣特色之低碳生

活家園，不僅可達到追求永續發展目標，亦能增加未來國際之談判籌碼。

參考文獻

施文真（2011）。初探納入航空業之歐盟排放權交易制度與其他國際法義務的互動關係。
政大法學評論第 120 期，pp.271-335。

溫麗琪、羅時芳（2009）。航空業納入歐盟排放交易體系對我國影響之初評。農業與資源
經濟 6:2，pp.1-17。

唐郁淳、劉秋婉、溫麗琪（2012）。綠色貿易趨勢分析：國際航空業納入歐盟碳排放交易
體系。http://www.greentrade.org.tw/newsletter_edms/23685

Amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for
greenhouse gas emission allowance trading within the Community, Impact Assessment of
the inclusion of aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance
trading within the Community,
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation/docs/sec_2006_1684_en.pdf

CE, Giving wings to emission trading, Inclusion of aviation under the European emission
trading system (ETS): design and impacts,
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation/docs/aviation_et_study_en.pdf

Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European
Economic and Social committee and the Committee of the Regions - Reducing the Climate
Change Impact of Aviation {SEC(2005) 1184} ,
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52005DC0459:EN:NOT>

Directive 2008/101/EC, (10),
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0101:EN:NOT>

Directive 2008/101/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008
amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for
greenhouse gas emission allowance trading within the Community (Text with EEA
relevance),

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0101:EN:NOT>

Directive 2008/101/EC, Article 3 b(o)

Directive 2008/101/EC, Article 3c

Directive 2008/101/EC, Article 3e

Directive 2008/101/EC, Article 3d

Directive 2008/101/EC, Article 3d (3)

Directive 2008/101/EC, Article 3d (4)

Directive 2008/101/EC, Article 3f

Directive 2008/101/EC, Article 12 (3)

Directive 2008/101/EC, Article 11a (1a)

Directive 2008/101/EC, Article 18a

Directive 2008/101/EC, Article 12 (2a)

Directive 2008/101/EC, Article 16 (3)

Directive 2008/101/EC, Article 25a (1)

European Commission, Reducing the Climate Change Impact of Aviation, Report on the Public Consultation March-May 2005,

http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation/docs/report_public_cons_en.pdf

EU ETS 第一期與第二期允許各會員國自行制定拍賣規則。

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ%3AC%3A2010%3A260%3A009%3A0010%3Aen%3APDF>

http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/A36_Res22_Prov.pdf

<http://pib.nic.in/newsite/erelease.aspx?relid=76388>

<http://climate-l.iisd.org/news/moscow-meeting-adopts-declaration-on-inclusion-of-international-civil-aviation-in-the-eu-ets/>

<http://www.nbaa.org/ops/environment/eu-ets/20111216-eu-ets-us-state-department-clinton.pdf>

H.R. 2594:European Union Emissions Trading Scheme Prohibition Act of 2011,

<http://www.govtrack.us/congress/bills/112/hr2594>

http://www.caac.gov.cn/a1/201202/t20120206_45737.html

<http://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2011-12/cp110139en.pdf>

<http://www.bloomberg.com/news/2012-01-17/eu-tells-clinton-it-won-t-abandon-carbon-emissions-limits-for-airlines.html>

<http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R42828.pdf>

http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-854_en.htm

<http://www.reuters.com/article/2012/11/12/eu-airlines-ets-idUSL5E8MCAAY20121112>

ICAO, RESOLUTIONS ADOPTED AT THE 33RD SESSION OF THE ASSEMBLY,
http://legacy.icao.int/cgi/goto_m.pl?icao/en/assembl/a33/

ICAO, Assembly Resolutions in Force (as of 8 October 2004),
http://www.icao.int/publications/Documents/9848_en.pdf

ICAO commits to aggressive action on aircraft emissions,

http://legacy.icao.int/icao/en/nr/2007/pio200710_c.pdf

Kyoto Protocol, Article 2, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpchinese.pdf>

Opinion of the Commission pursuant to Article 251(2), third subparagraph, point (c) of the EC Treaty, on the European Parliament's amendments to the Council's Common Position regarding the proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community amending the proposal of the Commission pursuant to Article 250(2) of the EC Treaty, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52008PC0548:EN:NOT>

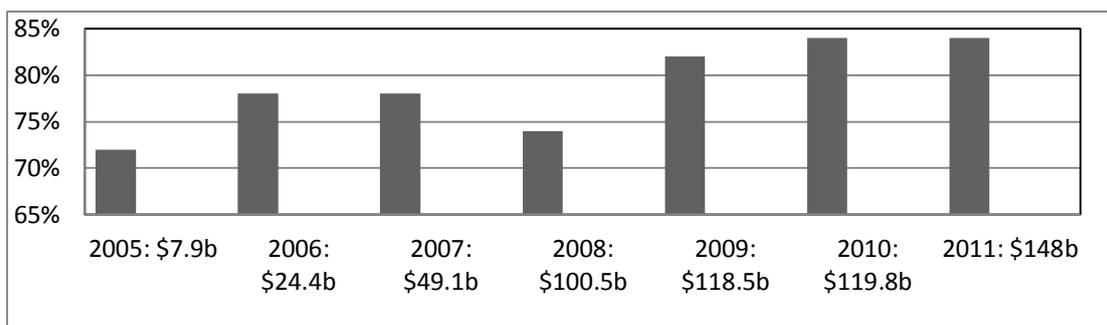
United Nations Framework Convention on Climate Change, Article 2, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convchin.pdf>

從歐盟排放交易經驗探討「京都權證」何去何從

陳世杰（英國愛丁堡大學法學院訪問學者）

「京都權證」(Kyoto credits) 指「經認證的減量額度」(certified emissions reduction units, CERs) 與「排放減量單位」(emission reduction units, ERUs)，是「京都議定書」(The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change) 第 6、12 條規定下的產物，兩者雖是歐盟排放交易體系 (EU ETS)¹ 的配角，但以該體系在國際碳市場具有舉足輕重的絕對份量（參閱圖 1），多年來與京都彈性機制的連結，無疑已為京都權證的市場走向帶來深遠影響。適值歐盟排放交易體系處於第三階段之初，正為解決低迷碳價及提振市場運作而進行改革之際，本文試以該體系使用京都權證情況為分析基礎，探討後者未來的可能發展。

單位：十億美元



資料來源：World Bank, State and Trend of the Carbon Market Report 2011 (p 9), 2012 (p 10)。本文作者繪製。

圖 1. 歐盟排放許可交易市場金額在全球碳市場占比

一、歐盟使用京都權證情況

歐盟排放交易指令前言指出，京都專案機制 (project-based mechanism) 對減少全球溫室氣體排放及提升歐盟排放交易體系運作之成本效率，均有其重要性；² 歐盟連結指令³ 進而修正前述指令，將歐盟排放交易體系與京都彈性機制中包括清潔發展機制 (clean development mechanism, CDM) 與聯合履行 (joint implementation,

¹ 歐盟排放交易體系分階段推動，第一階段：2005-2007 年；第二階段：2008-2012 年；第三階段：2013-2020 年。

² Recital 19, Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, OJ L 275, 25/10/2003.

³ Directive 2004/101/EC of the European Parliament and of the Council Amending Directive 2003/87/EC establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community, in respect of the Kyoto Protocol's project mechanisms, OJ L 338, 13/11/2004.

JI) 連結，使得因執行該兩類專案而產生的 CERs、ERUs，能在歐盟碳市場以 1 個單位 EUA (European Union Allowance, 歐盟排放許可)⁴ = 1 個單位 CER = 1 個單位 ERU 的方式相互抵換 (offset)。連結的主要論點是：增加低成本履約選項的多元性與改善歐盟碳市場的流通性，以減少整體的履約成本；附帶考量則是促使歐盟產業投資與移轉對環境友善的先進技術和專業知識、以及協助開發中國家永續發展。⁵

在歐盟排放交易體系的第一階段，由於 EUA 大量剩餘，價格於 2006 年 5 月起一路崩跌，2007 年單位市值至近零歐元，當時市場尚無使用 CERs 抵換需求，另 ERUs 於 2008 年國際碳市場始見發行，因此排放交易規範實體係自第二階段起才以京都權證進行抵換；隨著 2008 年 8 月歐盟獨立登錄系統 (The Community Independent Transaction Log, CITL) 與國際登錄系統 (International Transaction Log, ITL) 測試成功上線，⁶連結才正式運作。

(一) 使用性質：補充原則

依據「京都議定書」與「馬拉喀什協議」(Marrakech Accords)，專案機制的的使用是「國內行動的補充」(supplemental to domestic action)，因此歐盟就京都權證的量與質設定了若干限制。就量而言，歐盟規定以專案機制所產生權證用以履行義務的比例不得超過 50%，⁷因此能夠在歐盟會員國使用的權證數量，只能據國家排放限額的一定比例，表一為執委會就會員國國家排放分配計畫 (national allocation plan, NAP) 確認後並據以分配使用 JI/CDM 的比例限制，經換算總計歐盟排放交易體系第二階段得抵換的京都權證約 14 億噸二氧化碳當量 (CO₂e)，平均每年約 2.8 億噸；在質方面，連結指令排除核能設施、「土地使用、土地使用改變及林業活動」(LULUCF) 所產生的權證，另對 20 百萬瓦以上大型水力發電專案也有限制抵換條件。⁸

(二) 使用數量：剩餘且不均衡

連結機制實施以來，歐盟排放交易體系即居於京都權證最主要需求市場，世界銀行歷年預估該體系 2008-2012 年需求量占全球比例在 73-80% 之間(參閱圖 2)。表 2 及表 3 進一步分別呈現該體系 2008-2011 年繳回 (surrender) 總數 (含許可與權證) 及 CERs/ERUs 繳回情況，已繳回權證數占繳回總數 7%，且第二階段結束前一年仍有 61% 權證剩餘。雖然國際權證供應持續增加，且歐盟規定部分

⁴ 1 EUA=排放 1 噸二氧化碳當量。

⁵ Recital 3, Directive 2004/101/EC.

⁶ European Commission, IP/08/1246, 06/08/2008.

⁷ Article 11a.8, Directive 2003/87/EC (amended by Directive 2009/29/EC).

⁸ Article 11a.3.(a)&(b) and Article 11b.6, Directive 2004/101/EC.

CERs/ERUs (主要針對三氟甲烷與氧化亞氮) 自 2013 年 5 月起不得用以抵換而可能刺激擠換，9 使 2011、2012 年使用權證大量增加，惟仍可確定權證在第二階段結束時有大量的剩餘。¹⁰

表 1. 歐盟會員國每年使用 JI/CDM 比例限制：2008-2012

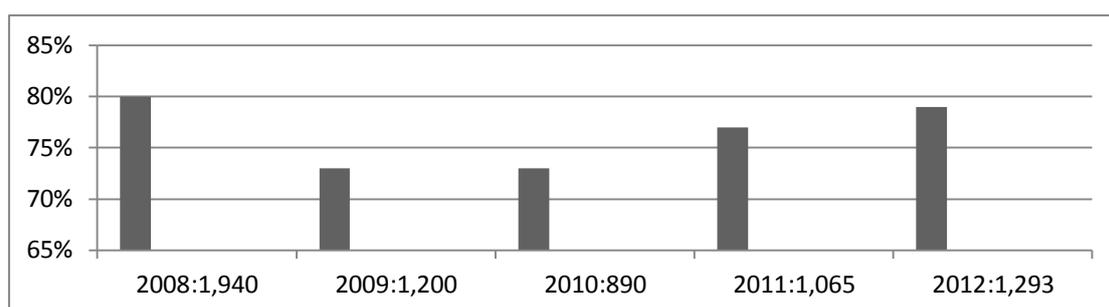
會員國	排放限額 (Mt CO ₂ e)	JI/CDM 比例限制 (%)
奧地利	30.7	10
比利時	58.5	8.4
保加利亞	42.3	12.55
塞浦勒斯	5.48	10
捷克	86.8	10
丹麥	24.5	17.01
愛沙尼亞	12.72	0
芬蘭	37.6	10
法國	132.8	13.5
德國	453.1	20
希臘	69.1	9
匈牙利	26.9	10
愛爾蘭	22.3	10
義大利	195.8	14.99
拉脫維亞	3.43	10
立陶宛	8.8	20
盧森堡	2.5	10
馬耳他	2.1	—
荷蘭	85.8	10
波蘭	208.5	10
葡萄牙	34.8	10
羅馬尼亞	75.9	10
斯洛伐克	30.9	7
斯洛維尼亞	8.3	15.76
西班牙	152.3	≈ 20
瑞典	22.8	10
英國	246.2	8
歐盟總數	2080.93	—

作者製表，資料來源：European Commission, IP/07/1614, 26/10/2007.

⁹ Commission Regulation (EU) No 550/2011 of 7 June 2011 on determining, pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council, certain restrictions applicable to the use of international credits from projects involving industrial gases.

¹⁰ 會員國通報 2012 年繳回數量至 2103 年 4 月截止，歐盟通常於 5 月公布繳回結果，惟已有研究估計，預測第二階段結束時，權證繳回總數約 10.1 億噸二氧化碳當量。請參閱 Gray, Matthew, “The unfortunate fate of the UN offset market”, *Carbon Finance*, 23 January 2013.

單位：Mt CO₂e



作者繪製，資料來源：World Bank, State and Trend of the Carbon Market Report 2008 (p 51)、2009 (p 55)、2010 (p 60)、2011 (p 62)、2012(p 68)。

圖 2. 世界銀行預估歐盟 15 國在 2008-2012 期間之京都權證潛在需求量及其全球占比

表 2. 歐盟排放交易體系 2008-2011 繳回數量 (Mt CO₂e)

2008-11 繳回總數	7,830	100%
CERs 及 ERUs	555	7%
免費核配或拍賣取得之 EUAs	7,275	93%

作者製表，資料來源：European Commission, IP/12/477, 15/05/2012.

表 3. 歐盟排放交易體系 2008-2011 年每年 CERs/ERUs 繳回情況(Mt CO₂e)

每年繳回數量/占比	2008	2009	2010	2011	2008-2011 總數(占比)	第二階段得抵換權證數
CERs 及 ERUs	≐ 82	≐ 81	≐ 137	≐ 255	≐ 555 (7%)	≐ 1,420 (已用 39%，剩餘 61%)
CERs 占比	3.9%	4.1%	6.1%	9.4%	455 (5.8%)	
ERUs 占比	0.002%	0.17%	1.0%	0.4%	100 (1.2%)	

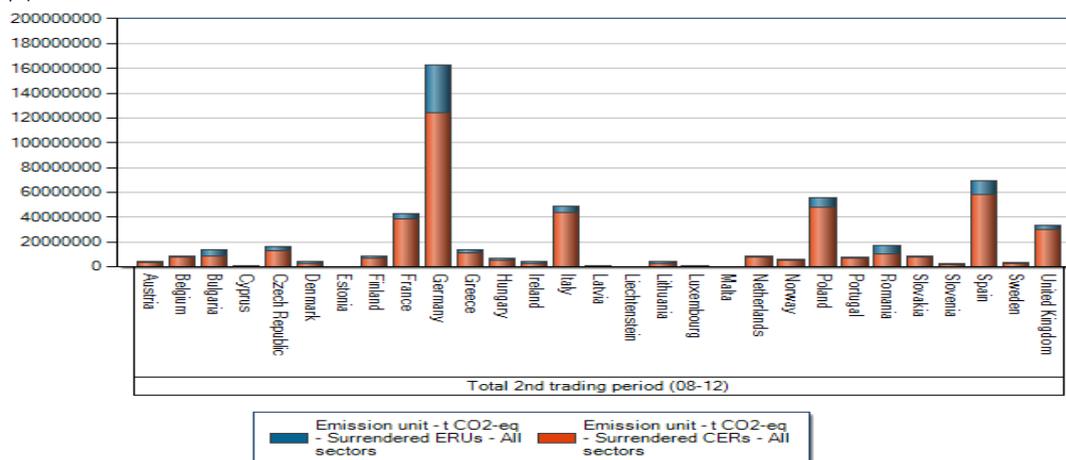
作者製表，資料來源：European Commission, IP/09/794, 15/05/2009; IP/10/576, 18/05/2010; IP/11/581, 17/05/2011; IP/12/477, 15/05/2012; Point Carbon, website: <http://www.pointcarbon.com/aboutus/pressroom/pressreleases/1.1902674>. 檢索日期：11/3/2013。

在權證使用上，也有若干不均衡現象，包括：(1) 於公司層次：小型設施比較不傾向使用抵換，而使用抵換數量排名前端的電力與能源密集公司，則有寧願保留手上剩餘 EUAs，先以在第三國投資所取得 CERs/ERUs 進行抵換；¹¹ (2) 於部門層次：電力部門是權證使用的最大部門(約 352 Mt CO₂e)，高居抵換總數 63%；(3) 於會員國層次：愈大型會員國使用較多的抵換(德、西、波、義、法、英分

¹¹ 此一情況適與指令規定權證使用之補充原則抵觸，顯示企業仍優先考量利潤取得。

居前六，參閱圖 3)，另部分會員國利用積存（banking）與借用（borrowing）規則，增加使用權證的彈性。¹²

單位：t CO₂e



資料來源：European Environment Agency, EU Emissions Trading System (ETS) data viewer.
 〈<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-trading-viewer>〉. 檢索日期：4/4/2013.

圖 3. 歐盟會員國 2008-2011 年 CERs/ERUs 繳回數量

（三）市場價位：釘住 EUAs 但價差漸大

從圖 4 可知，CERs/ERUs 與 EUAs 始終維持一定範圍的價差，並隨著後者漲跌，ERUs 價格又略低於 CERs。CERs 於 2008 年中期創下最高價位（€25）後即呈現向下走勢，惟 2009 年初至 2011 年中，大抵維持約€15 的穩定價位；2011 年中期之後，CERs/ERUs 與 EUAs 受供過於求等因素影響，雙雙一路下滑。2013 年 1 月 24 日，EUA 市場受負面訊息影響，交易價低至€2.81，惟不久回升，¹³預測本（2013）年底前一年的 EUA(the front-year EUA)價位，市場因樂觀期待歐盟應能通過以「延後上市」(back-loading)方式解決大量剩餘 EUA(約 9 億 t CO₂e，實際數量仍待歐盟最後的決定)問題，拉高至€5 水準，且後市看漲；¹⁴在 CERs 價位方面，2012 年慘跌 86%，¹⁵預測本年底前一年價格為€0.35，且將維持接近零

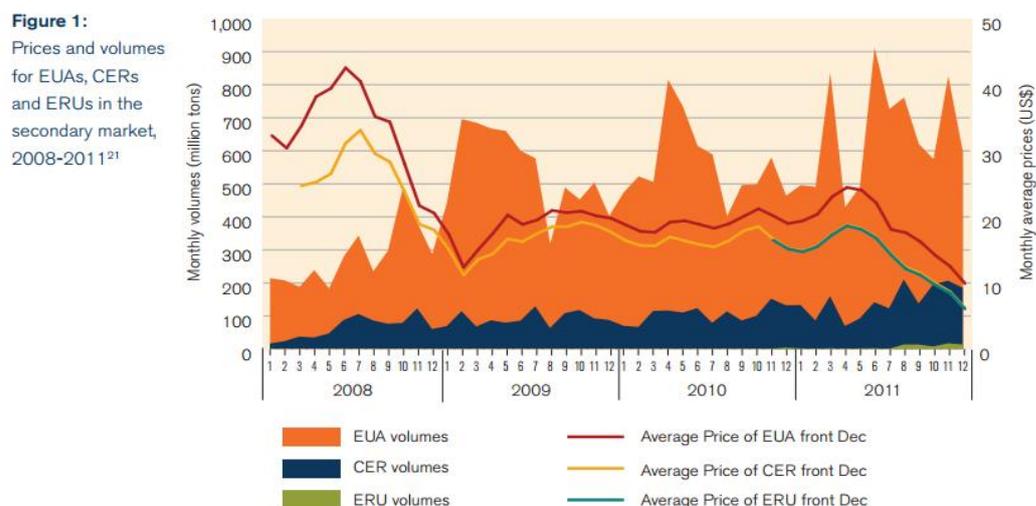
¹² Elsworth, Rob, Bryony Worthington, Damien Morris, “Help or Hindrance? Offsetting in the EU ETS”, Sandbag, November 2012, pp. 24-31.

¹³ Nina Chestney, “EUA contract touched new record low below 3 euros this week”, Reuters, 25/1/2013. 〈<http://www.reuters.com/article/2013/01/25/carbon-price-socgen-idUSL6N0AU4C720130125>〉. 檢索日期：6/4/2013.

¹⁴ Elza Holmstedt Pell, “Carbon breaks €5 as hopes of backloading agreement rise”, *Carbon Finance*, 5 April 2013.

¹⁵ Elza Holmstedt Pell, “CER issuance reaches monthly record as EU ban looms”, *Carbon Finance*, 3 April 2013.

元價位。¹⁶兩相比較，雖都有供過於求現象，惟 EUAs 在政策面有相當支撐而仍維持一定價位，CERs/ERUs 則缺乏利多帶動，因此價差未來可能漸形擴大。¹⁷



資料來源: World Bank, State and Trend of the Carbon Market Report 2012, p 18.

圖 4. 歐盟排放交易體系 2008-2011 年交易市場 EUAs 與 CERs/ERUs 價量

二、歐盟經驗分析及其國際意涵

(一) 權證剩餘有主客觀因素

歐盟連接指令允許歐盟排放交易體系受規範實體購買 CERs/ERUs，向會員國政府繳回以抵換等量 EUAs，長期而言，除了轉換所需行政（交易）成本之外，此種抵換將使 CERs/ERUs 價格貼近 EUAs，而在此之前，CERs/ERUs 相對於 EUAs 享有的價差優勢，應可吸引受規範實體藉增加使用抵換權證，儘量降低履行義務所需成本。實際上，除了價差因素，企業仍有其他考量或限制因素，致整體市場未能在最大程度上使用而充斥相當比例的剩餘權證。

1. 主觀考量

(1) 知識差距與碳管理

CDM/JI 專案有一定執程序/步驟，以取得市場交易的 CERs/ERUs，企業使用抵換權證能力，視其規模大小而異。歐盟排放交易體系第二階段 12,000 個規範實體中，逾 9,000 家為年排放少於 25,000 噸的中小型企業，比例逾 75%，

¹⁶ *Supra* note 14.

¹⁷ ICIS, “EUA premium to CERs widens as emissions phase III approaches”, 19 Oct 2012.

〈<http://www.icis.com/heren/articles/2012/10/19/9605741/emissions/edcm/eua-premium-to-cers-widens-as-emissions-phase-iii-approaches.html>〉. 檢索日期：6/4/2013.

¹⁸這些中小企業實體對如何使用權證抵換，仍有相當知識差距，加上碳管理非屬管理核心，難期利用 CERs/ERUs 抵換達到最佳利益。¹⁹

(2) 交易成本

研究發現，²⁰歐盟排放交易體系內管理排放與完成必要行政工作所花費成本，與公司每年排放量及排放許可交易量有關，排放量 100 萬噸以下公司的整體交易成本與公司規模成正比，排放量超過 100 萬噸者，成本則成反比。就權證市場而言，可合理推論此一論證，即相對於大型企業，中小型企業必須擔付較大交易成本，而此一成本卻是構成使用權證的一大障礙。

(3) 權證積存

歐盟排放指令允許 CDM / JI 權證得在第二階段及第三階段使用，²¹儘管歐盟新規定已為部分權證的抵換設限，但受規範實體並無需於第二階段結束時繳回全部 CERs/ERUs，此舉仍為第三階段使用權證抵換留下若干空間。

2. 客觀因素

從 CDM/JI 專案設計到權證發行，也存在不確定因素與風險，而使企業超越價差考量仍以 EUAs 履行義務，不確定因素／風險包括：²²

- (1) 交易對象的信用
- (2) 契約與法律問題(CERs/ERUs 缺乏標準契約範本、採購契約的執行、對交易對象國內法律規定的瞭解等)
- (3) 數量的不確定性(很多因素可導致 CERs/ERUs 產出不足預期的數量)
- (4) 規則所導致的不確定性(專案主辦國批准、方法論的使用、登記與發行風險等)
- (5) 未來市場價格的不確定性(CERs/ERUs 價格下滑，投資者採取觀望態度)
- (6) 政治風險(國內與國際層面的政治與法制結構、專案主辦國對 CDM/JI 專案基礎建設的情況)

(二) 使用京都權證趨向緊縮

¹⁸ 第一階段僅占 57%，請參閱 Graus, Wina & Monique Voogt, Small Installations within the EU Emissions Trading Scheme: Report under the project “Review of EU Emissions Trading Scheme”, ECS04079, July 2007, p 3.

¹⁹ Gray, Matthew, *supra* note 10; 另研究估計，未使用率約 20%，請參閱 Delbosc, Anaïs, *et al.* (2011) “Assessment of supply-demand balance for Kyoto offsets (CERs & ERUs) up to 2020”, CDC Climat, Research report, p 3.

²⁰ Heindl, Peter, “Transaction Costs and Tradable Permits: Empirical Evidence from the EU Emissions Trading Scheme”, Discussion Paper No. 12-021, Centre for European Economic Research (ZEW).

²¹ Article 9a (2) – (4) of the Directive 2003/87/EC (amended by Directive 2009/29/EC).

²² Ruben Bender, CDM strategy-Point Carbon, Website: www.pointcarbon.com/.../1610_Ruben_Benders.pdf. 檢索日期: 21/3/2013.

歐盟排放交易體系內許可大量剩餘，已成體系能否繼續運作達成政策目標的重要關鍵。2008-2011 年，累計剩餘約 9.5 億噸 CO₂e，研究歸因有二：一為 5.55 億噸 CO₂e 的權證抵換，二為該段期間經濟危機減少排放而造成 4 億噸 CO₂e 剩餘；²³至 2013 年，累積剩餘可能至 20 億噸 CO₂e。²⁴執委會亦認為，造成歐盟排放許可大量剩餘係權證抵換所帶動，若無權證抵換，至 2020 年的剩餘數量僅為目前預估的 25%。²⁵

目前構成歐盟排放交易體系第三階段用以抵換的權證包括：(1) 會員國在其國家排放分配計畫下於第二階段尚未用完且能在第三階段使用的權證；(2) 新進設施 (new entrants) 獲配得使用的權證；(3) 新加入排放交易體系的產業部門與航空部門。就兩類權證而言，CERs 得抵換情況有這樣的劃分，即：2013 年以前完成登記專案所產生的 CERs 得繼續使用，但 2012 年以後完成登記的專案，僅限來自低度開發國家 (least developed countries, LDCs) 專案所產生的權證才能抵換。而在 ERUs 方面，除非該一「京都議定書」附件 B 締約方承諾新的「量化的限制或減少排放」(quantified emission limitation or reduction commitments, QELRCs)，否則該國專案 2012 年以後產生的 ERUs 不得用以抵換。²⁶若以數量表示，2008-2020 年得使用權證抵換情況如表 4，扣除第二階段已使用數估計約 10 億 t CO₂e，第三階段目前至少近 6 億 t CO₂e 抵換總數。

執委會考量體系的有序運作，已於 2012 年 7 月提議修正 2003/87/EC 指令第 10(4)條，²⁷賦與執委會權限調整許可的拍賣時程 (即一般所指的 back-loading)，作為短期救市措施，該案仍在會員國協調中，預計今年內會有結果；就長期結構調整改革方案，執委會同年 11 月向歐洲議會及部長理事會提出「2012 年歐盟碳市場報告」，²⁸並廣作徵詢，俾為日後提案參考。該報告羅列六選項：提高歐盟 2020 年減量目標至 30%、收回第三階段部分許可、及早修正年度線性減量因子、擴大體系規範部門、限制使用國際權證、授權進行價格管理機制。因此歐盟緊縮京都權證的使用，已列入議程討論之中；若以目前歐盟排放許可已大量剩餘情況

²³ Hermann, H. & Felix Chr. Matthes (2012), "Strengthening the European Union Emissions Trading Scheme and Raising Climate Ambition: Facts, Measures and Implications", Öko-Institut, p 25.

²⁴ European Commission Climate Action. (http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/reform/index_en.htm)，檢索日期：7/4/2013。

²⁵ European Commission, Report from the Commission to the European Parliament and the Council: The state of the European carbon market in 2012, COM(2012) 652 final, 14/11/2012, p 9.

²⁶ Draft Regulation establishing a Union Registry pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council, Decisions No 280/2004/EC and No 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulations (EU) No 920/2010 and No 1193/2011；歐盟執委會該一提議 2013 年 1 月已由 Comitology 制度「氣候變遷委員會」通過，仍需歐洲議會與部長理事會審查。

²⁷ European Commission, Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC clarifying provisions on the timing of auctions of greenhouse gas allowances, COM(2012) 416 final, 25/7/2012.

²⁸ *Supra* note 23.

及使用權證所造成問題判斷，2021 年開始的第四階段極可能禁用國際權證或施加更多限制，而第三階段是否另行設限，有待觀察。

表 4. 歐盟排放交易體系 2008-2020 年得使用京都權證抵換情況

區別		CERs/ERUs 數量 (Mt CO ₂ e)	
第二階段定點式設施	既有設施	≐ 1,521	1,451
	新進設施		70
第三階段定點式設施		33	
航空部門		68	
總數		≐ 1,622	

作者製表，資料來源：Hermann, H. & Felix Chr. Matthes (2012), “Strengthening the European Union Emissions Trading Scheme and Raising Climate Ambition: Facts, Measures and Implications”, Öko-Institut, p 38. 〈<http://www.oeko.de/oekodoc/1484/2012-056-en.pdf>〉. 檢索日期：6/4/2013。

(三) 京都權證何去何從

從表 5 可知，2013-2020 年權證供過於求所導致問題將更為嚴重，後續影響值得關注。在歐盟排放交易體系胃納有限及行將緊縮使用情況下，欲借助其他市場規模更小且又萎縮的「京都議定書」附件 B 締約方消化權證，事實上更不可能。歐盟排放交易體系使用權證的經驗顯示，如果京都專案機制要持續有效運作，端賴該體系對權證的需求已無法滿足，必須在國際與內國層面另尋解決之道。

表 5. CERs/ERUs 已／待發行數量：2008-2020 年

單位：百萬單位

權證別	2008-2012 已發行數		2013-2020 累計待發行數
CERs	1,208		6,529
ERUs	623	Track 1: 600	? ²⁹
		Track 2: 23	

作者製表，資料來源：UNEP Risø Centre. 〈<http://www.cdmpipeline.org/overview.htm#6>〉 & 〈<http://www.cdmpipeline.org/ji-projects.htm>〉，檢索日期：8/4/2013。

在國際層面增加整體市場的需求雖較全面而有效，不過聯合國氣候會議於 2020 年以前通過協議至為困難，另亦有倡議各國聯合創設目的在買進回收過多權證的基金，以減少供應權證。30在內國層面，巴西、南非、印度、中國等新興大型開發中國家，不僅已從移轉 CERs 中受惠，也最具吸收權證潛力；為增加誘因，國際社會應基於鼓勵自願原則、容許彈性減碳目標、設計有效措施途徑，以便將權證需求主力的歐盟市場，引導分散至這些經濟體之中。

²⁹ 俄羅斯、烏克蘭及前東歐國家仍有大量透過JI專案轉換成ERUs的配額單位 (assigned amount units, AAUs)。

³⁰ Sampo Seppänen, “Stimulating carbon credit demand”, *Carbon Finance*, 18 March 2013.

三、結論

歐盟排放交易體系使用京都權證抵換的經驗反映出，後者不僅成爲前者市場供需失靈的原因之一，也突顯其仰賴全球排放占比不及 15%、且排放比例漸減的前者，所形成的窘境；特別是「多哈氣候變遷會議」後，日本、加拿大、紐西蘭未加入「第二承諾期」，無異使權證需求市場愈見壓縮，倘國際社會無法提出有效對策，問題將加劇而危及 CDM/JI 機制的運作。歷史總是充滿反諷，歐盟在談判桌被迫接受京都權證的使用，如今因現實運作可能將問題交還國際社會共謀解決。鑒於情勢演變非簽訂議定書時所能預見，歐盟過去幾年使用權證的經驗應予國際社會涉及各方體認到，只有調整立場、改變作法，才能爲解決權證供需問題以及京都機制的存續或改良，帶來新的方向與動力。

參考文獻

- Delbosch, Anaïs, *et al.* (2011). “Assessment of supply-demand balance for Kyoto offsets (CERs & ERUs) up to 2020.” CDC Climate, Research report.
- Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, OJ L 275, 25/10/2003.
- Directive 2004/101/EC of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community, in respect of the Kyoto Protocol's project mechanisms, OJ L 338, 13/11/2004.
- Elsworth, Rob, Bryony Worthington, and Damien Morris (2012). “Help or Hindrance? Offsetting in the EU ETS.” Sandbag, November 2012.
- European Commission (2011). “Supporting a climate for change: The EU and developing countries working together.” Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.
- European Commission (2012). Report from the Commission to the European Parliament and the Council: The state of the European carbon market in 2012. COM(2012) 652 final, 14/11/2012.
- European Environment Agency (2007), EU Emissions Trading System (ETS) data viewer.

Graus, Wina and Monique Voogt (2007). Small Installations within the EU Emissions Trading Scheme: Report under the project Review of EU Emissions Trading Scheme. ECS04079.

Gray, Matthew, “The unfortunate fate of the UN offset market”, *Carbon Finance*, 23 January 2013.

Hermann, H. and Felix Chr. Matthes (2012). “Strengthening the European Union Emissions Trading Scheme and Raising Climate Ambition: Facts, Measures and Implications.” Öko-Institut.

World Bank (2011). State and Trend of the Carbon Market Report 2008-2012.

UNFCCC 新市場機制發展現況與趨勢

李堅明（台北大學自然資源與環境管理研究所副教授兼所長）

施欣羽（台北大學自然資源與環境管理研究所碩士生）

壹、前言

聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, 2012）為促進及激勵全球減碳新動能（new momentum），在現行京都機制之外，倡議「新市場機制」（New Market Mechanism, NMM），引起全球重視。基於此，UNFCCC 長期合作特設工作小組（Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action, AWG-LCA）於 2012 年舉行多次 NMM 會議，並彙整全球主要國家（包括歐盟、日本、中國大陸及美國等國）的意見與立場，提出一份「新市場機制觀點」（Views of the New Market Mechanism）報告，提供各界參考。

由於新市場機制將朝向更寬廣的減碳途徑發展，包括納入雙邊、部門及國家等範疇，這或許可以創造台灣參與國際碳市場機會，以及開創國內減碳新機制，提高國內減碳的成本有效性。基於此，瞭解 NMM 的最新發展趨勢，將可作為政府未來規劃國家減碳機制之參考。

歐盟是 UNFCCC 新制度的主要領導國家，歐盟對 NMM 的倡議內容將是影響未來 NMM 制度設計的關鍵。基於此，本文首先彙整與分析歐盟所提之 NMM 形式與執程序；其次，探討 NMM 未來發展機會與面臨挑戰；最後則提出 NMM 發展對我國氣候政策的啟示，提供政府施政之參考。

貳、新市場機制發展背景與重要性

一、NMM 發展背景

由於溫室效應為全球性議題，UNFCCC 基於成本有效性精神，建立京都機制（Kyoto Mechanism），包括清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）、聯合減量（Joint Implementation, JI）及國際排放交易制度（International Emission Trading, IET）等，¹促進全球減量合作。以 CDM 為例，透過 CDM 促進附件一（承諾約束性減量目標）與非附件一國家（沒有承諾約束性減量目標）的減量合作機制，平均每年可以創造 7 億噸減量額度。顯見京都機制的重要性。然而，現行京都機制仍有其執行上的問題與限制，包括：（1）京都機制存在諸多缺點，例如以

¹ 聯合減量的法律依據為京都議定書第六條；清潔發展機制的法律依據為京都議定書第十二條；國際排放交易制度的法律依據為京都議定書第十七條。

計畫型減量為主，缺乏其他減量型態的考量；(2) 執执行程序繁瑣，交易成本相當高；(3) 京都議定書即將落日等。

基於前述，UNFCCC 一方面為延續現行京都機制執行經驗與成效，另一方面修正現行京都機制的運行模式與程序之缺點，期待後京都時代，擴大與激勵全球更高的溫室氣體減排潛力與能量。遂於南非德班 (Durban) (2011) 舉行的第十七次締約國會議 (COP17) 決議發展 NMM，期待與現行的「京都機制」相輔相承，促進全球達到更大溫室氣體減量效果。

二、NMM 意義及與現存京都機制之關係

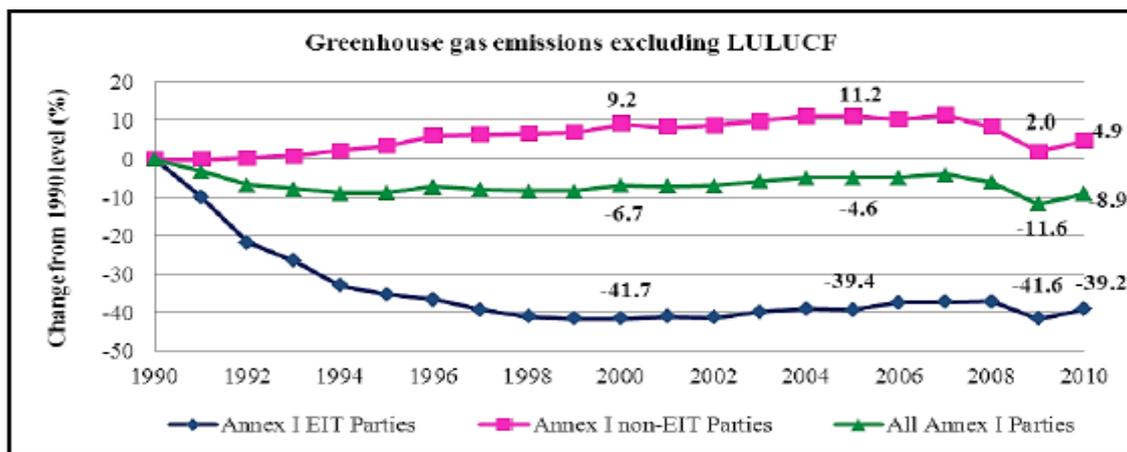
NMM 主要因應 2020 年的新議定書之更嚴格的減量要求，基於成本有效精神，期望創造更多元化的減量途徑。NMM 與現行京都機制類似，但其減量型態有別於現行京都機制。因此，NMM 可稱為是現行機制的延續及互補。

由於現行京都機制已創造碳市場價格，將有助於未來 NMM 的發展，然而，現行 CDM 以減量計畫為基礎，規模較小，限制更大規模減量計畫的誘因。此外，CDM 計畫的基線認定較複雜，往往延宕減量額度核發，提高 CDM 計畫的交易成本(transaction cost)與投資風險。現行京都機制 (如 CDM 與 JI 等) 是以 UNFCCC 為核心的「由上而下」(Top-down) 管理模式，未來 NMM 將更強化與仰賴地主國 (host country) 對 NMM 的管理角色，以確保 NMM 之經濟效率與環境完整性 (environmental integrity)。

三、NMM 發展的重要性

依據 UNFCCC 之杜哈 (Doha) 氣候會議 (2012) 決議，將展延京都議定書至 2020 年，且努力於 2020 年讓新的議定書生效，並於 2021 年開始實施。依據 UNFCCC 的最新統計，所有附件一國家溫室氣體減排率已達到 8.9%，² 超過京都目標 (5.2%)，詳見圖 1。易言之，在 2013-2020 年之間 (新的議定書尚未生效)，如果沒有任何新的激勵機制，將限制全球溫室氣體減排能量。在現行京都議定書架構下，非附件一國家在未來八年仍然沒有約束性減量目標，然而，附件一國家則在未來八年將需要承擔更高的減量責任，以歐盟為例，承諾至 2020 年減排 20% (相對於 1990 年)。由於中國大陸、印度及巴西等非附件一國家的溫室氣體排放量節節高昇，將惡化全球氣候變遷問題。因此，未來八年，如何激勵非附件一國家自發性的減排誘因，以及協助附件一國家以更低成本達到其承諾目標，即凸顯 NMM 的重要性。

² 工業化國家溫室氣體排放量則成長 4.9%；經濟轉型國家(EIT)溫室氣體排放量成長率為-39.2%。(FCCC/SBI/20112/31)。



資料來源：UNFCCC (2012), National GHG Inventory Data for the period 1990-2010.

圖 1. 全球 (1990-2010) 溫室氣體排放趨勢與京都目標達成率

參、新市場機制型態與減量額度核發程序

一、新市場機制型態

新市場機制型態尚在規劃之中，依據 UNFCCC 第十八次會議 (COP18, 2012) 發展趨勢，主要區分兩種型態：

(一) 減量額度型 (credit based)

事先制定一個標竿值 (或門檻值)，透過減量活動，如果實際的效率值低於該標竿值，即可獲得減量額度 (事後取得減量額度)，並可於市場銷售。然而，如果高於標竿值，將不受到任何處罰 (因為沒有失去目標) (no-loss target)。

3

(二) 交易額度型 (trading based)

事先制定一個排放上限目標，並依據該排放總量核發排放額度，透過減量活動，如果實際排放量低於排放上限值，即可獲得減量額度，並可於市場銷售。然而，如果事後查驗結果是排放量高於排放上限 (目標值)，由於排放額度已事先核發，因此，需要至市場買回差額排放量，以遵行其排放上限目標。

圖 2 為交易型 NMM 執行示意圖。假設地主國 2015 年的國家溫室氣體排放基線量為 100，且承諾於 2015 年達到 80 單位排放量，易言之，承諾減排 20 單位，則該地主國於事先取得 80 單位排放額度。倘若該地主國 2015 年經過查證的實際排放量為 70 單位，則該地主國可以銷售剩餘的 10 單位排放額度。反之，如果該地主國 2015 年經過查證的實際排放量為 90 單位，則該地主國需要至碳市場購買不足的 10 單位排放額度。

³ 由於減量額度型是採事後(ex post)核發量額度，因此，如果沒有低於標竿值，並不會核發減量額度，因此，不會傷害溫室氣體減量目標(no-loss target)，故不需要給予任何處罰。

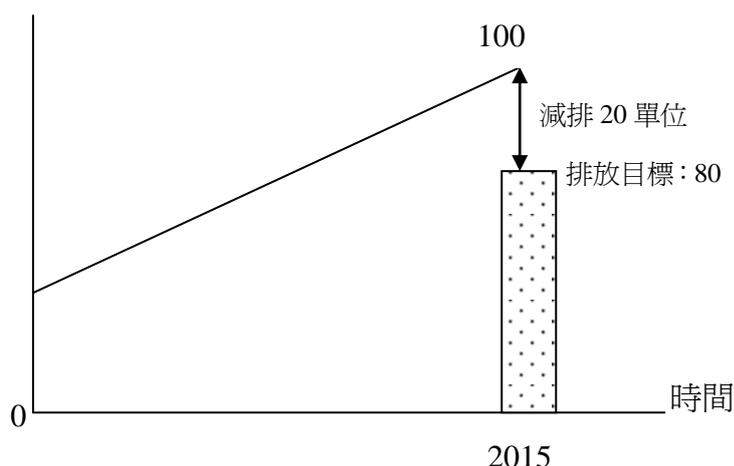


圖 2. 交易額度型示意圖

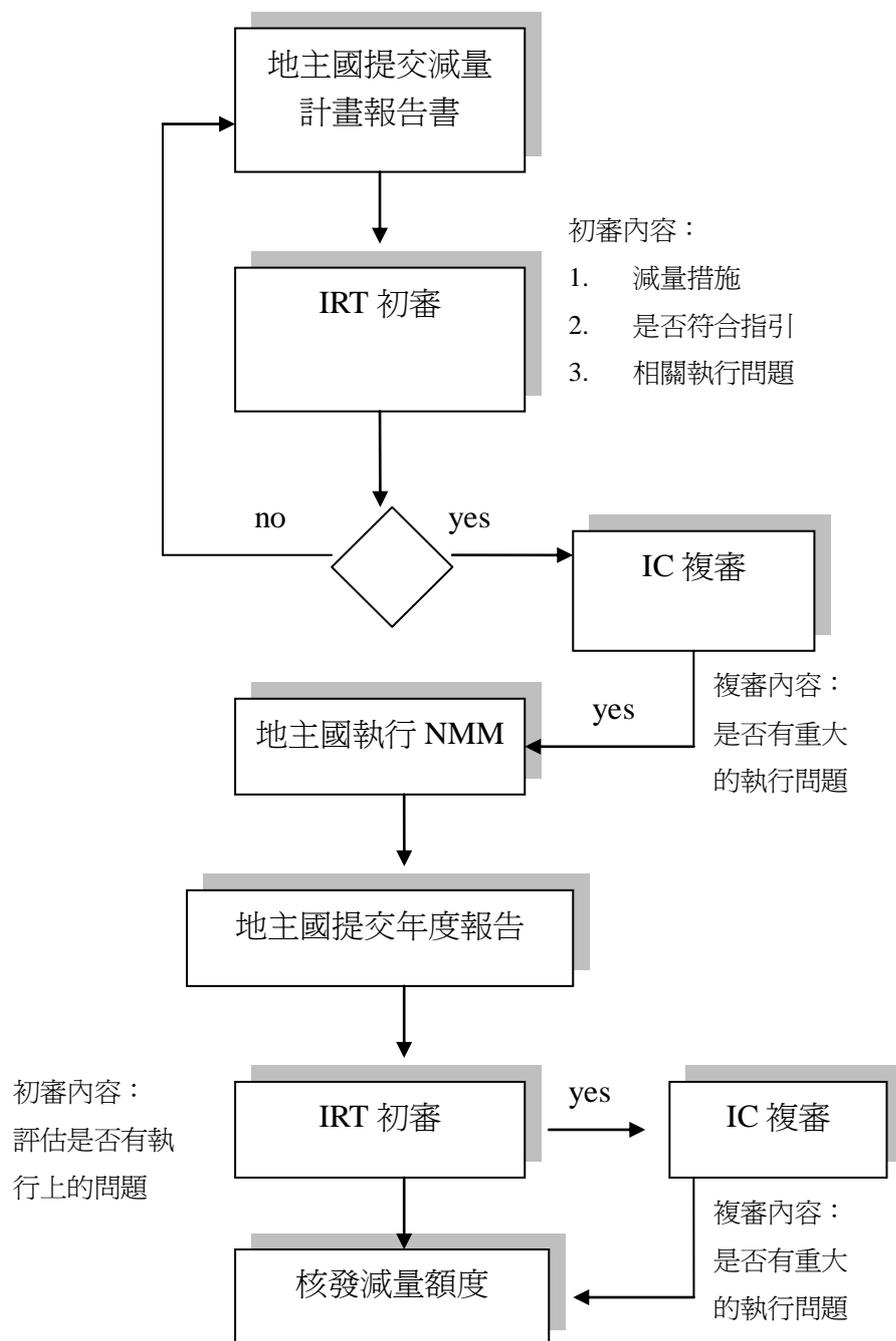
二、NMM 運行架構與 MRV 機制

為確保 NMM 的真實減量效果，歐盟建議一套完整的「可量測、可報告及可查證」(Measurable, Reportable and Verifiable, MRV)制度，其執行步驟說明如下：

- (一) 步驟一：地主國需要準備一份初始報告 (initial report)，內容包括：
 - (1) 範疇界定：依據一般定義，界定所選擇部門與溫室氣體的範疇；
 - (2) 基線推估：在既定的 NMM 形式與程序 (Modality and Procedure, M&P) 下，推估部門或溫室氣體的排放基線；
 - (3) 選擇 NMM 型態：選擇減量額度型或交易額度型；
 - (4) 決定標竿或目標值：依據所選擇的型態，制定標竿值或目標值(亦即排放上限或總量值)；
 - (5) 制定國內行動計畫：制定能夠達到該標竿值或目標值的行動計畫；
 - (6) 碳洩漏風險(carbon leakage risk)評估：評估該部門實施 NMM 可能產生的碳洩漏(亦即其他部門的溫室氣體排放量增加)的潛在風險。
 - (7) 證明符合參與資格。
- (二) 步驟二：UNFCCC 成立一個獨立審查小組 (Independent Review Team, IRT) 進行初審，初審內容包括：
 - (1) 減量措施是否恰當？
 - (2) NMM 計畫是否符合相關指引？
 - (3) 是否存在執行上的問題？
- (三) 步驟三：倘若初審沒有問題，再交由 UNFCCC 成立的執行委員會 (Implementation Committee, IC) 進行複審，複審僅審查該計畫是否有重大的執行問題？
- (四) 步驟四：地主國開始執行 NMM，並提交經第三方查證的年度報告：

- (1) 提交至 IRT 進行初審：評估是否有執行上的問題？
- (2) 再送交至 IC 進行複審：審查是否有重大的執行問題？
- (五) 步驟五：核發減量額度

執行 NMM 的詳細步驟與流程，詳見圖 3。



資料來源：UNFCCC (2012), Views of the New Market Mechanism.

圖 3. NMM 執行架構與 MRV

參、新市場機制執行形式與程序

NMM 執行型式與程序 (Modality and Procedure, M&P) 包括如下作業：(1) 參與者資格與要求；(2) 部門範疇、基線及標竿與目標值設定；(3) 計入期 (或稱執行期長度)；(4) MRV 規定；及 (5) 減量額度核發規定等。分述如下：

一、參與資格與要求

(一) 參與 NMM 的國家需滿足下列條件：

- (1) 需為開發中國家，且是公約的締約國；
- (2) 必須提交部門或該國整體經濟狀況的初步報告；
- (3) 已建立及執行適當的 MRV 制度；
- (4) 已建立國家或參與 UNFCCC 秘書處提供的國際登錄系統；
- (5) 已授權一個負責監督 NMM 計畫執行的主管機關。

(二) 參與 NMM 的法律實體已被該締約國授權。

二、部門範疇、基線及標竿與目標值設定

(一) 確定部門範疇

1. 依據現行部門範疇界定的相關原則或規定，界定 NMM 部門範疇，例如依據 IPCC 盤查指引的範疇界定原則，以利 NMM 執行之相關資料的編制。
2. 針對相同部門，應盡可能使用相同的定義，以防止碳洩漏或扭曲市場競爭力。
3. 如果無法使用一般性的範疇界定，地主國必須使用自己的範疇界定时，則必須提交 IRT 審查其範疇界定合理性。易言之，地主國自行界定的範疇，必須符合下列條件：
 - (1) 合理性 (justification)：與一般性範疇界定的差異性，其理由必須足夠合理，例如已有其他國家採行該範疇界定。
 - (2) 客觀性 (subject)：範疇界定應以特定產品會勞務為標的，不要以特定技術為標的。
 - (3) 完整性 (inclusiveness)：應涵蓋該部門的所有的設施或活動。
4. 初步報告必須載明執行該 NMM 計畫，有助於該國的永續發展和維護環境完整性 (避免碳洩漏或重複計算問題)。基於此，地主國必須詳實分析與量化碳洩漏與重複計算的風險值，同時，也必須說明為防止該風險，地主國已採行的必要防弊措施。

(二) 基線推估方法與準則

必須以相當透明方式，提供完整的基線推估資料，包括提供與合理說明關鍵參數的設定依據。詳細說明如下：

1. 應詳實說明計入期之部門溫室氣體排放基線，且需分列各部門的排放

基線，以 NAMAs 為例，必須分別列出能源、工業、運輸等部門的排放基線資料。

2. 基線推估必須考慮現行 NMM 之形式與程序，以及技術發展。對於新設施或活動的排放基線推估，應以現行設施或活動排放的前 10% 效率，作為推估依據。
3. 針對相同部門，其基線推估應盡可能採行相同的推估方法。
4. 基線推估方法學，應遵行下列原則：
 - (1) 正確性：計入期之溫室氣體排放基線推估，應盡可能正確。
 - (2) 完整性：應納入所有有關的溫室氣體排放源。
 - (3) 可靠性：應以部門實際資料作為基線推估的依據。
 - (4) 敏感性：透過敏感性分析，瞭解基線推估的變異性，作為界定基線推估的風險值。
 - (5) 務實性：對於未來基線趨勢的推估，無法避免地，需要忽略一些無法預期或掌握的變異。
 - (6) 保守性：在各種參數設定下，應選擇較低的基線排放量，作為基線推估值。
 - (7) 充實性：基線推估應涵蓋計入期之前的歷史資料。
5. 基線資料可以相對值或絕對值兩種形式，那一種形式較恰當，決定於部門及標竿或目標值的特性與型態。

(三) 標竿值或目標值決定方法與準則

1. 標竿或目標值設定必須確保能夠達到全球溫室氣體淨減排，基於此，地主國的減排量，不可以完全作為附件一國家的抵換額度。為遵行此準則，標竿或目標值的設定，必須足夠低於基線值。
2. 所謂足夠低於基線值，應參考 IPCC (2007) 第四版科學報告 (第 776 頁) 的相關規定。⁴
3. 基本上，嚴格的標竿或目標值設定，應依據地主國部門及減量行動等條件而定。較高減量潛力及較低減排成本部門，應制定更積極的標竿或目標值。
4. 地主國的初始報告應提供長期政策目標，作為認定標竿或目標值設定合理性的依據。
5. 原則上，標竿值可設定為絕對值會密集度值，然而，長期而言，則應以絕對值作為標竿或目標值。然而，無論絕對或密集度值，均應符合

⁴ IPCC(2007)第四版科學報告指出，拉丁美洲、中東及東亞等國家的溫室氣體排放量應 2020 年達到顯著低於其排放基線，例如減排 25-40%；至 2050 年，則全球均應達到其排放量顯著低於排放基線，例如減排 80-95%。上述目標的達成，才可望於 2100 年達到控制大氣溫室氣體濃度低於 450ppm。

環境完整性。

(四) 計入期長度設定

1. 應為一個固定期間。
2. 該固定期程可與年度 MRV 期程不同。
3. 該固定期程應與地主國（開發中國家）承諾的減量行動期程相一致（2020 年之前），抑或與地主國在新的議定書之減量承諾期程相一致（2020 年之後）。
4. 然而，為符合 NMM 的學習精神(learning by doing)，初期之計入期設定宜較短，待獲取更多經驗，則可以設定較長的計入期。同樣地，計入期的設定，應以不違反環境完整性為原則。

(五) MRV 程序規定

1. 地主國應在提交初始報告給 IRT 之前，負起基線及實際排放量的 MRV 責任，且該 MRV 程序必須符合締約國會議的相關規定（亦即必要經由國際諮詢程序）。
2. 地主國的初始與年度報告均需依據標準格式製作，且相關資料均已符合 MRV 程序後，再提交 IRT，進行評鑑。
3. 符合國際標準的 MRV 程序如下：
 - (1) 提供相關資料監測、報告、蒐集、查證和保留的責任。
 - (2) MRV 程序透明化規定。
 - (3) 資料、來源、品質、風險機率及保守性規定。
 - (4) 實際排放資料的獨立查核機制。
4. 查證人員需為締約國會議及地主國所認證之合格機構的所屬人員。

(六) 減量額度核發規定

1. 地主國已建立符合國際標準，以及能夠與國際交易帳戶（International Transaction Log, ITL）連結的國家登錄平台基礎下，可以由地主國或國際諮詢機構（International Consultation, IC）核發減量額度。
2. 減量額度的核發、移轉與使用均需要符合國際規範與要求，因此，在建立 NMM 的形式與程序時，需要將上述規範與要求納入。
3. 減量額度型之減量額度核發：
 - (1) 必須通過初始與年度報告評鑑。
 - (2) 沒有存在顯著性的執行問題。
 - (3) 實際效率值低於標竿值（或稱差額排放）已被查證，並核發該差額排放量。
4. 交易額度型之減量額度核發：

- (1) 必須通過初始報告評鑑。
- (2) 第一年的減量額度核發應依據其實際排放量與目標量的差額發給。
- (3) 後續年度的減量額度核發，責則應參考其前一年的年度報告評鑑結果。
- (4) 如果年度報告經證明，實際排放量超過目標排放量，則地主國需至市場購買差額排放額度。

彙整前文有關 NMM 執行情序與步驟之完整架構，如表 1 所示。由表 1 可以看出，地主國政府（通常為開發中國家）扮演相當關鍵角色，所有執行情序完全由地主國政府所承辦。此外，所執行的每一項目，均需要符合 M&P 的規範，以及通過完整的 MRV 制度評鑑。

表 1. NMM 完整執行架構

項目	主事者	執行情序	報告型態	審查機構
涵蓋部門或氣體	地主國政府	依據 M&P 的定義與要求	期初報告	IRT
國家執行規劃	地主國政府	1. 參與者資格確定 2. 指定國家主管機構 3. 建立 MRV 與登錄系統 4. 衡量門檻與目標值的達成 5. 評估碳洩漏風險	期初報告	IRT
MRV 規劃	地主國政府	依據 M&P 的定義與要求	期初報告	IRT
決定基線	地主國政府	依據 M&P 的定義與要求	期初報告	IRT
決定門檻或目標值	地主國政府	依據 M&P 的定義與要求	期初報告	IRT
實際排放量監測	地主國政府	符合 M&P 的定義與要求下的國家 MRV 制度	期初報告	IRT
額度核發	地主國政府或 IC	1. 依據 M&P 的定義與要求 2. 遵行評鑑結果	年度報告	IRT
	地主國政府	1. 依據 M&P 的定義與要求 2. 事先核發排放額度，然而，未達到目標，則需要購買。	年度報告	IRT

資料來源：UNFCCC (2012), Views of the New Market Mechanism.

肆、NMM 未來發展類別與倡議目的

一、NMM 未來發展的主要類別

依據目前 NMM 試行計畫，大約可歸納為五種不同類別 (Michaelowa, 2012)，包括計畫基礎 (project based)、部門減量 (sectoral crediting)、部門交易 (sectoral

trading)、政策減量 (policy crediting) 及淨避免排放 (net avoid emission) 等，如表 2 所示。由表 2 可以看出 NMM 型態的多元化，可激勵各種層面的減量行動。主要內容與意義分述如下：

表 2 不同 NMM 型態與特性比較

類別	特性	文獻	進行國家
計畫基礎	類似 CDM 或 JI	CDC Climate (2012) 日本 (2012)	中國、日本
部門減量	制定部門排放標準 (效率標準)	Schmidt et al., (2006) IETA (2010)	AOSIS,EU, Japan, Norway 及巴布亞新幾 內亞
部門交易	制定部門排放總量	Marcu (2009) Butzengeiger et al., (2012)	AOSIS,EU, Japan, Norway 及巴布亞新幾 內亞
政策減量	減量績效超過政策目 標	Roser and deWit (2012)	南韓與瑞典
淨避免排放	減少化石燃料使用	Ecuador (2012)	Ecuador

資料來源：Michaelowa (2012), Can New Market Mechanism Mobilize Emissions Reduction from the Private Sector?

(一) 計畫減量

計畫基礎的 NMM 非常類似現行 CDM 機制，亦即由附件一與非附件一國家，共同開發一個減量計畫。惟，減量額度的認定，主要依據前文 NMM 的 M&P。由此可知，此類 NMM 與 CDM/JI 的主要差異，在於 M&P，亦即額外性 (additionality) 的論證。易言之，NMM 不需要進行額外性論證，因此，可以節省大量交易成本與不必要的爭議，將可以有效促進減量活動的發展。

(二) 部門減量或交易

傳統 CDM/JI 以計畫型態為主，並沒有擴及部門減量額度的計算，無法激勵部門減量計畫發展。所謂部門減量類別係以整體部門的減量績效，作為衡量基準，亦即設定整體部門的排放上限或效率標竿，而非該部門之個別廠商減量目標或效率標竿。以鋼鐵業為例，如果整體鋼鐵業排放量低於排放上限，抑或低於效率標竿，即可以獲得額外排放或減量額度。由於不涉及個別廠商的減量績效，因此，容易執行，可以大幅降低交易成本。此外，亦可促進該產業之廠商間的減量合作，達到整體產業的減量目標。

惟個別廠商對整體產業減量績效如何認定？以及如何分配減量或交易額度？此等問題，將是此類 NMM 需要克服的課題。

（三）政策減量

依據哥本哈根氣候協議（2009），非附件一國家承諾提交國家適當減緩行動（Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs），然而，NAMAs 為自願性，並沒有任何約束力，因此，可能無法真正促進非附件一國家的減量行動與績效。基於此，NMM 再擴及 NAMAs，期望透過 NMM，創造減碳經濟效益，可以提高非附件一國家落實 NAMAs 的誘因。

（四）淨避免排放

淨避免排放類別的 NMM 的 M&P 則更簡單，主要目的在於鼓勵非附件一國家提高能源效率或發展替代燃料，達到降低化石燃料消費目的。因此，只要計算化石燃料減少之二氧化碳減排量，再扣除相關活動或燃料投入的二氧化碳排放量，即可獲得淨二氧化碳減排量。

透過前文 NMM 的 M&P 可知，所有 NMM 類別之目標設定，均由地主國政府決定，地主國政府為促進上述目標的達到，將會配合制定與推動適當的政策與措施，詳見表 3。由表 3 可知，能源部門以饋電價格（Feed-in Tariff, FIT）與再生能源義務（Renewable Portfolio Standard, RPS）；工業部門以碳稅作為提高能源效率的驅動力，另搭配電動馬達效率標準，促進製程改善與汰舊換新；至於建築部門則以建築能耗標準(building codes)、綠色信用貸款(green credit line)及節能權證(energy efficiency certificates)等措施為主。⁵

表 3 不同 NMM 類別之政策與措施搭配比較

部門	政策與措施
能源產品	饋電價格、再生能源義務及綠色信用貸款
工業能耗	碳稅
運輸部門	燃料效率標準、道路費及碳稅
建築	建築能耗標準、綠色信用貸款及節能權證
廢棄物	管制措施
工業製程	電動馬達效率標準

資料來源：Michaelowa（2012），Can New Market Mechanism Mobilize Emissions Reduction from the Private Sector？

二、NMM 倡議目的

透過前文 NMM 未來發展類別與特性，可以歸納 UNFCCC 倡議 NMM 的主要目的包括：

（一）、促進更積極減量承認

⁵ 所謂節能權證係指提高能源效率計畫或活動，經濟第三方查證後，政府將核發一張節能證書。

透過 NMM 計畫，提供更大的減量活動彈性空間，有助於全球承諾更積極的減量目標，最終可以達到 2100 年控制溫升低於 2⁰C(相較於工業革命前)，甚至可以達到低於 1.5⁰C(相較於工業革命前)的目標。

(二)、協助附件一國家達到減量承諾目標

依據「哥本哈根協定」，附件一國家需要提出更積極的「國家減量承諾量化管理目標」(Quantified Emission Limitation and Reduction Commitments, QELRCs)。透過 NMM 計畫，可以協助附件一國家以更成本有效方式，達成其更積極的減量承諾目標。

(三)、促進全球達到環境、社會及經濟完整性

透過 NMM 的適當設計，可以激勵會員國與所有部門投入減量活動，除了達到溫室氣體減量目標之外，亦可以創造新投資與就業機會，同時達到社會與經濟發展目標。

(四)、促進非附件一國家的自願性減排誘因

透過各類 NMM 計畫，提供非附件一國家多元減量額度創造及增加收益的機會，可以提高非附件一國家更積極投入自願性減量的投資誘因。

(五)、促進非附件一國家減排計畫的資金融資

NMM 計畫可以促進附件一國家的資金流入非附件一國家的機會，提高非附件一國家的減排投資的經濟可行性。

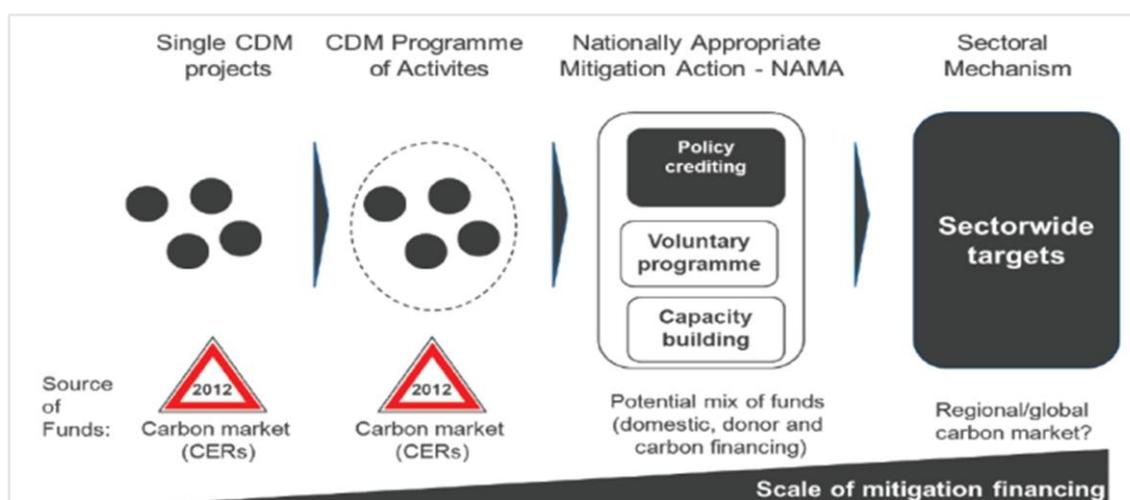
伍、NMM 發展的潛在機會與面臨挑戰

綜合前文分析可知，NMM 發展將為全球溫室氣體減量帶來新動能與機會，然而，其形式與程序尚未明朗，充分諸多挑戰。彙整 NMM 發展的與潛在機會，及其面臨的挑戰如下：(Michaelowa, 2012)

一、NMM 發展的與潛在機會

(一) 擴大減量規模 (upscaling mitigation beyond projects)

傳統 CDM 以計畫型減量為主軸，無法擴展及運輸部門等移動源的減排計畫，因此，透過 NMM 可以將減量計畫擴大規劃型 CDM (program CDM)、NAMAs 及部門減量，如圖 4 所示，提昇非附件一國家的減排潛力與誘因。



資料來源：Michaelowa (2012), Can New Market Mechanism Mobilize Emissions Reduction from the Private Sector?

圖 4. NMM 可以擴大減量計畫規模

(二) 降低交易成本

傳統 CDM 計畫的高交易成本 (transaction cost)，主要來自綿密的行政管制措施、基線界定及監測方法等所產生的費用。此外，時間機會成本也相當高 (計畫開發者需要等待相當長時間，才可獲得減量額度)。因此，透過 NMM 可以制定基線方法學及標準化審核程序，從而，降低交易成本。

(三) 解決額外性問題

CDM 額外性 (additionality) 認定爭議性大，例如減量成本為負的計畫，及國家政策已經在推動的減量活動，均不符合額外性。由於非附件一國家未來將不斷推出減量誘因政策，因此，CDM 現行之額外性規定，宛如成為推動減量誘因政策的障礙。由於 NMM 將簡化與標準化減量額度的認定程序，因此，NMM 可望解決現行 CDM 之額外性認定的爭議，提升全球減量活動的動能。

(四) 有助於全球減量

現行 CDM 所獲得的減量額度，將被用於抵換附件一國家的增排量，易言之，並沒有真正達到全球減量的效果，因而，可能無法達到控制溫升低於 2°C (2100) 之目標。由於，NMM 將採行較具體 (或嚴謹) 的基線 (baseline)，例如效率標竿或排放上限等，不像 CDM 採行虛擬 (或寬鬆) 的「基準情境」 (Business as Usual, BAU)，換言之，NMM 之基線 (例如效率標竿或排放上限) 設定，將低於 BAU 排放量，隱含藉由 NMM 可以達到更高的減量效果。

(五) 可依據各國國情制定市場機制標準

依據現行 CDM 所獲得的減量額度可能低於其實際的減排量，因此，降低

減排投資誘因。然而，NMM 將依據與尊重計畫推動的雙邊國家的國情，設計符合雙邊國家國情的減量額度認定機制或方法，由於，減量額度的認定方法較簡易，以及符合推動國家的國情所需，因此，可望激勵非附件一國家的減量動能，有助於全球減量目標的達成。

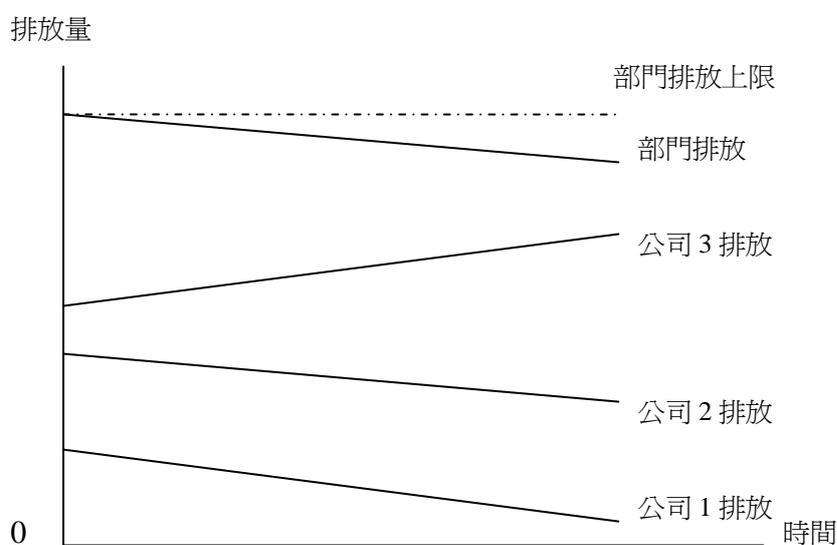
二、NMM 發展面臨的挑戰

NMM 仍存在諸多問題需要克服，彙整 NMM 未來的主要挑戰如下：

(一) 生坐享其成者 (free rider) 問題

以部門減量為例，假設該部門涵蓋三家公司，且各公司設定排放量，及部門排放上限目標(如圖 5 實線所示)，整體部門排放上限，如圖 5 虛線所示。圖 5 顯示，整體部門排放量低於排放上限，因此，該部門可以獲得減量額度。由圖 5 可知，公司 1 與公司 2 均呈現減排的情況，然而，公司 3 則呈現增排情況，卻可能分享整體部門獲得的減量額度，則稱公司 3 為該部門的坐享其成者。

綜合上述可知，如何制定適當的誘因機制？克服部門坐享其成者問題，將攸關部門 NMM 推動。



資料來源：整理自 Michaelowa (2012), Can New Market Mechanism Mobilize Emissions Reduction from the Private Sector?

圖 5. NMM 可能存在坐享其成者

(二) 基線簡化認定問題

為避免重蹈 CDM 高交易成本覆轍，NMM 可能採行簡化基線及額外性認定問題。依據目前規劃中的 NMM 運行政序，將省略 UNFCCC 的綿密管控程序，從而，可能導致減量額度核發浮濫問題，喪失環境完整性，將成為 NMM

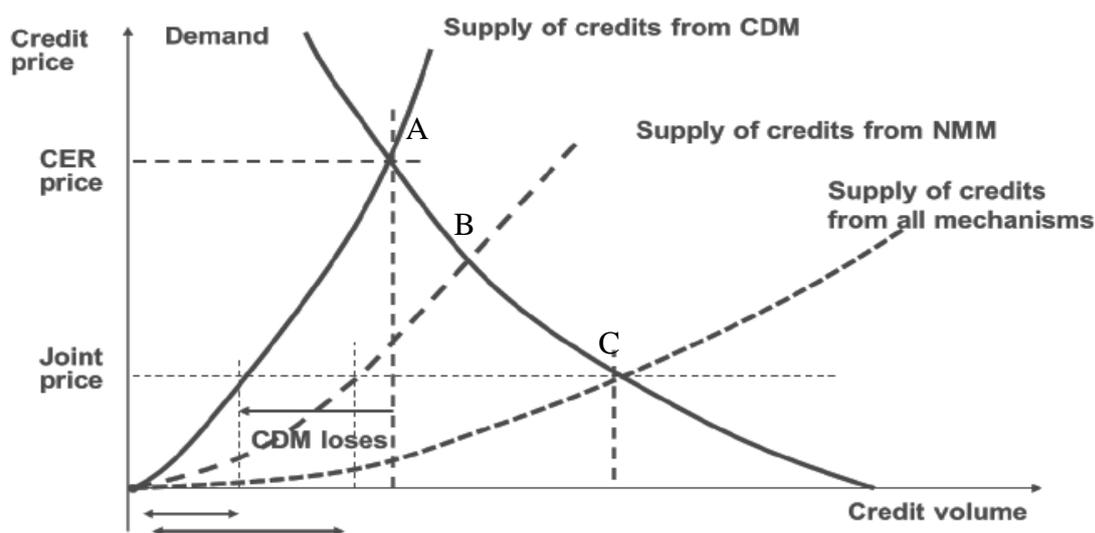
的最大缺點，亦是 NMM 未來面臨的重要挑戰之一。

以部門減量類型為例，基線設定可以採行技術基礎的設定方式，亦即以該部門前 20% 最高效率技術，設定為效率標竿，作為該部門的基線。至於政策減量類型，則需考量政策的滲透率 (penetration rate)，例如饋電價格 (feed-in tariff, FIT) 政策的基線設定，必須考量再生能源技術進步率。

(三) 減量額度可能重覆計算問題

由於現存京都機制已有兩種減量機制 (CDM 與 JI)，引入 NMM 之後，將再創造多種減量機制，結果，市場上將充斥各種減量機制，造成 NMM 與京都機制的過度競爭。圖 6 顯示，透過各種型式創造過多減量額度，導致市場價格低廉，如 C 點所示。由於碳價過低，不利 CDM 及 NMM 發展，及減量技術創新與投資。

然而，真正的關鍵問題，在於不同型式的減量機制，其創造的減量額度可能產生重覆計算 (double counting) 問題，結果將影響全球減量目標的達成。



資料來源：Michaelowa (2012), Can New Market Mechanism Mobilize Emissions Reduction from the Private Sector?

圖 6. 過多減量機制，碳價低廉

陸、NMM 發展對我國氣候政策啟示

UNFCCC 推出新市場機制，承認現行京都機制之外的減量額度，從而，擴大碳市場規模，及效率提升潛力。然而，相關運程序尚位定案，應是未來我國政府參與 UNFCCC 之氣候會議的觀察重點項目之一。同時，NMM 採行更彈性的參與機制，因此，我國也可能藉由新市場機制發展，開拓我國參與國際碳市場的機會，亦是未來我國應密切掌握的方向之一。

依據歐盟提出的 NMM 形式與程序方案內容來看，呈現幾個特色與重點：

1. 存在兩種 NMM 型態：地主國可依據 NMM 計畫特性，選擇減量額度型或交易額度型，前者需要制定效率標竿，後者需要制定排放上限目標。兩種 NMM 型態的相關比較，詳見表 4。
2. 嚴格的 MRV 制度：地主國之初始與年度報告均需要進行 MRV，此外，還需要通過 IRT 的初審以及 IC 的複審，審查程序不亞於現行的京都機制。
3. 透明化的基線資料：要求透明化基線推估的相關參數，以及強化方法學的完備性，可以降低執行與交易成本，促進 NMM 發展。
4. 需要建立符合國際規範的登錄系統：未來參與 NMM 國家，為有效追蹤減量額度的去向，避免產生重複計算的問題，因此，要求地主國需要建立符合國際規範與標準的登錄系統。

表 4. 減量與交易額度型態比較

比較項目	減量額度型	交易額度型
減量額度核發依據	效率標竿	排放上限目標
減量額度核發時機	事後	事前
不遵約的處罰	無	購買排放額度

資料來源：本研究

新市場機制的發展，提供多元的減量經濟誘因，同時，也替我國碳交易市場開創參與國際的新機會。因此，密切追蹤新市場機制發展，掌握我國可以參與的契機，將有助於提升我國減量動能，促進國家減量目標的達成。由於我國已完成國家登錄平台建置，並已建立一套完善的 MRV 制度。此外，政府（環保署）已提出國家適當減緩行動計畫（NAMAs），以及推動先期與抵換專案等政策與制度。易言之，我國已具備 NMM 推動的相關要件，隱含已具備銜接 NMM 的基礎。

綜合上述，NMM 發展對我國氣候政策的啓示如下：

（一） 國內化 NMM

環保署推動的先期與抵換專案推動原則，已奠立我國境內的彈性機制（或稱舅市場機制），政府可在此基礎下，引入 NMM，擴大與開創國內溫室氣體量新動能。

（二） 評估與我國友邦成立 NMM 的可行性

由於推動 NMM 需要該國建立符合國際標準的國家登錄系統，因此，尋找已具推動 CDM 計畫經驗的友邦國家，評估推動雙邊 NMM 的可行性。透過該 NMM 計畫，一方面可以推動實質環保外交，另一方面，可作為我國境內廠商（例如 EIA 減量承諾廠商）抵換其減量承諾，促進國家經濟發展。

（三） 推動兩岸 NMM 模式

由於大陸是當前全球最大的 CERs 供應國，且已建立完善的國家登錄系

統，此外，中國大陸在十二五計畫下，已積極推動碳交易試點工作，未來亦需要開創龐大的減量額度。基於此，透過兩岸「經濟合作框架協定」(Economic Cooperation Framework Agreement, ECFA)機制下，建立兩岸 NMM 模式，提高兩岸減量成本有效性，有助於兩岸經濟發展與合諧。

參考文獻

李堅明 (2012)，聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC) 第十八屆締約國會議 (COP18) 暨京都議定書生效第八屆締約國大會 (CMP8) 出國報告，經濟部能源局。

Michaelowa A. (2012), Can New Market Mechanism Mobilize Emissions Reduction from the Private Sector? Harvard Project on Climate Agreements.

UNFCCC (2012), Views of the New Market Mechanism.

UNFCCC (2012), National GHG Inventory Data for the period 1990-2010.

電力產業之探討

陳寶瑞（行政院經濟建設委員會參事）

電力是現代生活基石。電力輸送使人民彈指之間大放光明，電力廣泛使用大幅改善人民生活品質；電力也是經濟發展的動力，產業均以電力為動力。

愛迪生（Thomas Edison）在 1879 年發明電燈，1882 該年在舊金山開始電力商業化¹，1900 年代美國電力產業發展的主要特點為民間電力公司擁有區域的獨占，供電給當地企業與住民。隨著電力產業成長，變壓器的發明，減少輸電的漏損，讓電力可以輸送較遠的地方，擴大電廠服務範圍。電力產業具有公用事業的特性，因此，在 1907 年美國威斯康新州、喬治亞州及紐約州開始對電力公司加以管制，到了 1930 年代，美國大部分州都成立電力管理委員會管制電力公司，1920 年聯邦政府也開始管制電力公司。

一、市場結構

（一）電力產業特性

電力產業與一般產業不同，其具有特性為：

1. 產銷同步零庫存

電力是以光的速度流動，因此，發電、輸電、配電及電力消費是同時發生。在現行經濟及技術條件，電力儲存成本非常昂貴，電力事業所供應電力無法像一般商品可儲存起來，以滿足客戶突發的需求。因此，電力事業必須有一定的備用容量（reserve margin），以滿足尖峰負載的需求。

2. 以內銷為主的產業

根據維基百科全書的資料，2007 年全球電力外銷為 6,556 億度，占該年總生產的比重不到 4%；2007 年全球電力輸出超過 500 億度的國家有法國（676 億度）、巴拉圭（640 億度）、德國（625 億度）、加拿大（501 億度）²。以外銷為主的南韓、台灣、日本等國沒有電力外銷，因為這些國家屬於海島型或孤立型國家，電力是自給自足。大陸型的國家如歐陸諸國大都以內銷為主，同一國家靠近國界的電廠有多餘的電力透過聯網外銷，部分地區靠近國界卻缺乏國內電廠供應電力，則需自國外進口電力。根據國際能源總署（Interation Energy Agency, IEA）的統計資料，2009 年電力

¹ U.S. Energy Information Administration (2012), Use of Electricity, 8.21
<http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity...>

² Wikipedia (2012), List of countries by electricity export, 8.29

淨外銷為 2300 億度，僅占該年全球電力生產 1.15%。³

有些產業在生產過程大量用電，致其電力成本占其生產成本比重很高，這種產業稱為電力密集產業如鋼鐵業等。透過電力密集產業產品外銷，間接外銷電力。

3. 資本密集產業

電力事業供電必須滿足客戶用電的需求。因此，必須依據尖峰時間用電的需求，準備充分之備用容量，同時為了增加電力系統的可靠性與運轉彈性，需要備用容量以應付急需。此外，電力事業需投資大量昂貴的電力設備及輸配電設備，以傳送電力，以致其固定資產占總資產的比率偏高，此一比率 2011 年台電公司為 93.12%，中鋼公司僅為 44.35%。⁴

美國 1968 年電力業固定資產占營業收入比重高達 430%，而全體製造業僅為 74%，⁵顯見電力產業相對資本密集。根據 2006 年台灣普查資料，該年底實際運用固定資產淨額占營業收入比重，電力業為 311%，製造業僅 45.5%。⁶這顯示台灣電力產業亦是高度資本密集產業。

4. 公用事業

電業所提供電力供全民使用，悠關社會公共利益，具有公用性，是屬於公用事業。特別是電業中輸電及配電具有自然獨占的特性。因此，電業受政府管制，政府賦予電力事業專營權，並要求其有義務對客戶提供用電服務，同時也管制電價。1980 年代以來電力產業自由化成為潮流，有些國家開放電廠競爭，並建立電力批發市場及零售市場，提升電力市場效率。惟輸電與配電業具有獨立性，仍維持公用事業。

5. 傳統電業屬於高污染產業

傳統火力發電特別是燃煤發電大量排放二氧化碳 (CO₂)。根據經濟部能源局資料 100 年台灣平均每度電排放 0.536 公斤，⁷該年發電 2,522 億度，計排放 1.35 億公噸的 CO₂，占全國 CO₂ 總排放量 2.5 億公噸的 53.77%，顯見電力產業大量污染環境。

(二) 電力需求特性

電力需求主要用戶分為三大類，即住宅用戶、商業用戶與工業用戶。

1. 住宅用戶

³ Wikipedia (2012), List of countries by electricity export, 8.29.

⁴ 台灣電力公司 100 年年報，中國鋼鐵公司 100 年年報。

⁵ Weiss, L. W. (1971), Case Studies in American Industry, Second edition, John Wiley & Sons, Inc. P92.

⁶ 行政院主計處 (2008)，95 年工商及服務業普查報告，第一卷總報告，行政院主計處編印。

⁷ 經濟部能源局 (2012)，100 年能源統計手冊。

住家在不同的時間使用電力變化很大。家庭成員早上上班上學，家裏用電量甚少，到黃昏或晚上回家，使用各種電器，如電鍋、電燈、電視機、冷氣機等，耗電量大增。由於電力公司必須滿足消費者尖峰需求，因此，其投資供電設備容量必須能滿足消費者尖峰負載的需求。

2. 商業用戶

商業用戶有固定營業時間，在營業時間電力需求增加，非營業時間電力需求大幅減少。

大的商業用戶注意到如何管理電力需求，惟一般商業用戶面對地方市場競爭，其競爭對手同樣適用電力價格變動，很難認定這類用戶對價格變動特別敏感。

3. 工業用戶

工業用戶用電需求較為穩定，特別是 24 小時營運的工廠，致電力公司對工業用戶備用容量相對較低。

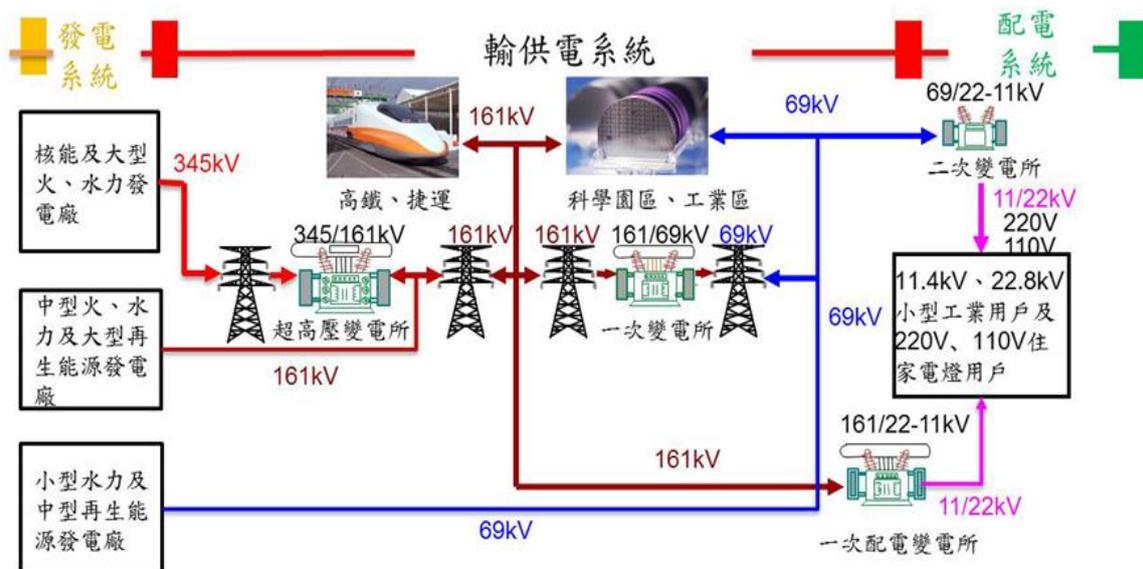
(三) 電力生產

電力產業是很複雜的產業，電廠生產產品—電力，需要透過管線的輸送到客戶端，電力生產可分為三個階段，發電 (generation)、輸電 (transmission) 及配電 (local distribution)，將其電力輸送到客戶端 (見圖 1)。

1. 發電業

發電業指設置電廠，以銷售電能之事業。電廠使用鍋爐、引擎、渦輪或其他類似的機械驅使機械能或化學能轉化為電能 (電力)。

電力的生產有許多的生產方法，但卻生產單一的产品電力。電力的生產可分為火力發電、核能發電、再生能源發電及氣電共生等，火力發電又分為燃煤、燃氣及燃油發電。再生能源主要有水力、風力及太陽能發電等。每一種發電生產成本均不同，對環境的影響也有差異 (如表 1)，如燃煤發電的成本很低，但對 CO₂ 的排放卻很多；燃油發電排放廢氣僅次於燃煤，且發電成本高；燃氣發電排放 CO₂ 遠低於燃煤，惟其發電成本高於燃煤；核能發電成本低，且 CO₂ 排放少，但核安及核廢料處理備受關注；水力發電的生產成本低，但電廠設立影響生態環境，且受水力資源的限制；風力發電成本低但對附近環境也有影響，且發電受風力大小的影響，造成發電不穩定；太陽能發電目前發電設備仍然昂貴，致其發電成本偏高，且受到天候的影響，發電亦不穩定。除水力發電外的再生能源發電成本偏高，往往需要政府補助才能生存。各國往往依其能源政策及自然資源採取不同的發電配比。



資料來源：台電公司網站，2013.4.10

圖 1. 台灣電力公司電力系統流程圖

表 1. 主要發電類別投入、成本及對環境影響

類別		主要投入 (發電設備除外)	生產成本	環境影響	備註
火力	燃煤 燃油 燃氣	煤碳 燃料油、柴油 天然氣	低 中 高	高 (CO2 排放) 中 低	
核能		鈾	低	直接排放汙染低 惟核安、核廢料處 置備設關注	
再生能源	慣常水力		低	電廠設立影響生 態環境	不穩定
	風力	陸域	低	噪音及風場影響 生態環境	不穩定
		離岸	高		
太陽能			高	低	不穩定
汽電共生 (垃圾)		廢氣 垃圾	低		

根據國際能源總署 (Internation Energy Agency, IEA) 統計資料，全球電力生產結構 1973 年燃煤發電占 38.3%、油占 24.7%、水力占 21%、天然氣占 12.1% 為主；2009 年煤占 40.6%、天然氣占 21.4%、水力占 16.2%、核能占 13.4% 為主 (見表 2)。這段期間，全球電力生產結構變動很大。即燃油發電生產比重大幅下滑；由於水利資源成長遲緩，致水利發

電比重下滑；天然氣大幅發現開發，且天然氣發電相對潔淨，致其比重大幅上升；核能發電的潔淨及成本較低，發電比重亦大幅提升。2011 年日本大地震，造成福島核電廠事故，使得各國重新檢討核能發電廠。

表 2. 全球電力生產結構

單位：%

	1973 年	2009 年
煤	38.3	40.6
油	24.7	5.1
天然氣	12.1	21.4
核能	3.3	13.4
水力	21.0	16.2
其他	0.6	3.3
合計	100.0 (61,150 億度)	100.0 (200,550 億度)

資料來源：IEA (2011), Key World Energy Statistics. P. 24

各國自然資源及能源政策不同。因此，各國電力生產結構有所不同。從表 3 看出 2011 年美國電力生產結構煤占 42%，天然氣占 25%、核能占 19%、水力占 8%、其他再生能源占 5%；中國煤占 65%、水力占 22%、風力占 6%、天然氣與油各占 3%；台灣煤占 49%、天然氣占 25%、核能占 17%，油占 4%。

表 3. 2011 年美、中、台電力生產結構

單位：%

	美國	中國	台灣
煤	42	65	49
油	1	3	4
天然氣	25	3	25
核能	19	1	17
水力	8	22	3
其他再生能源	5	6	2

資料來源：U S Energy Information Administration, 網站資料 2012.9.4。經濟部能源局 (2012)，能源統計手冊。

2. 輸電業

輸電業是電力的高速公路，輸電業指設置輸電線路及變電所，輸變電系統任務將分布於各地發電廠所產生之電能有效且可靠的送到配電系統或直接送至高壓用戶。有些國家發電、輸電、配電各自獨立經營，此時，

輸電業提供轉供服務，以收取費用，但不得轉售電能。輸電業具有獨占特性，大部分的國家均為國營，少數國家由民間經營，但政府加以管制。

以台電公司為例，其核能及大型火、水力發電廠產生電力後，需由變壓器升壓至 345KV 利用輸電線路輸送，並透過高壓變電所、一次變電所等，分別降壓為 161KV、69KV，提供科學園區、工業區、高鐵和捷運等大型用戶電力，並透過二次變電所及配電系統再降壓分配提供一般用或民生用電（見圖 1）。

3. 配電業

配電業指設置 69KV 以下之配電線路及配電變電所，以轉供及銷售電能之事業，其對營業區內用戶有供電義務。配電業有一定營業區，政府核定的營業區內設置配電電力網。配電業可向發電業或設置自用發電設備者等躉購電能，售電予營業區域內用戶，並提供配電轉供服務。

4. 綜合發電業

綜合發電業指同時經營發電、輸電及配電業務的電廠、台灣電力公司就是典型的綜合電業。

5. 發電的特性

如前所述，電力公司必須在任何時點滿足用電客戶的需求，電力不像一般商品可以庫存方式來滿足客戶突發的需求。此外，為了應付電廠緊急跳電及系統檢修，電力公司必須擁有相當備用容量，以提供尖峰負載所需的電力。所謂備用容量等於系統淨尖峰能力減系統小時尖峰負載（用電）。淨尖峰能力指各發電機組在正常發電情況下，可提供給系統之最大電力。備用容量率指備用容量占系統小時尖峰負載之百分比。各國考量其電力供需情況，訂定不同的備用容量率，如美國為 15%、南韓為 15%~17%、新加坡為 30%、英國為 20%。台電備用容量率 70 年代初期為 25%，75 年降為 20%，94 年 10 月再降為 16%，⁸101 年 6 月底再降為 15%。為了配合不同時間用電的需求，電廠供電的機組可分為基載、尖載及中載。

（1）基載機組（baseload generating unit）

發電機組特性必須可長時間穩定運轉，基載設備通常是最新、最大、最有效率、致其變動成本低，如燃煤發電、核能發電。基載設備容量占總設備容量 55-65%。

（2）尖載機組（peakload generating unit）

發電機組特性必須是起、停快速，可適時提供電能，允許有較高的

⁸ 台灣電力公司（2012 年），台電公司備用容量檢討，台電及中油公司經營改善小組第 3 次會議資料，5 月 23 日。

變動成本，如抽蓄式水力發電、氣渦輪機。尖載設備容量占 10-15%。

(3) 中載機組 (intermediate-load generating unit)

介於基載機組與尖載機組之間發電特性的機組，適合連續運轉及多次起停，如燃氣、燃油發電。中載設備容量占 15~30%。⁹

(四) 市場占有率

大部分國家電力產業是政府特許的獨占公用事業，特別是輸電、配電屬於具有獨占的管線產業。少數國家如美國電力事業部分公營部分民營，以 2007 年為例，美國有 3,273 家傳統電力事業，其中民營電力事業僅 210 家，但發電能力卻占全國 71%；聯邦政府經營電力事業有 9 家；地方公營電力事業有 2009 家，大都從事供電業務，少數從事發電、輸電；鄉村型電力合作事業有 883 家，從事零售電力；其他電力事業有 162 家。¹⁰由於電力公司在某一地區市場占有率往往高達 100%。1990 年代各國政府推動電力自由化，特別是強調發電的自由化以及電力零售業競爭。

(五) 進入障礙

傳統上綜合電業的電力公司視為公用事業，因此，新廠不易獲得特許，很難進入市場。近年來普遍認為電廠不是公用事業，不需要經過特許設立，電廠可以自由競爭，消除電廠進入障礙。輸電業與配電業是屬於資本密集產業，且是管線獨占公用事業，因此，新廠仍受到限制。

(六) 台灣電力產業

台灣電力產業肇始於 1888 年，台灣巡撫劉銘傳在台北設立興市公司，裝置小型蒸氣燃煤發電機，供應照明。日據時台灣有十餘家小型電力公司，日本政府在 1919 年 7 月設立公營「台灣電力株式會社」，並逐漸將小型電力公司收買合併。1944 年台灣電力系統總裝置容量為 32 萬瓩。光復後中華民國政府接收台灣電力株式會社，並於 1946 年 5 月改組為台灣電力股份有限公司。隨著台灣經濟快速發展，台電開始規劃實施長期電源開發，並建立現代化電力系統加強輸電網路。台電早期以水力發電為主，1962 年起火力發電超過水力發電，1978 年核一廠開始商轉。

電廠為鄰避性設施常引起民眾抗爭，造成設廠的困難。因此，政府乃鼓勵台電向民間購電，因而在 1988 年 7 月訂定「汽電共生系統推廣辦法」，鼓勵製造業者投資汽電共生設備，將多餘的電賣給台電。1995 年開放民間興建電廠 (IPP)，已開放四個階段申請，截至 2012 年 8 月底，計有 9 家民營電廠。由台電向 IPP 購電。2009 年 7 月

⁹ 台灣電力公司 (2012 年)，台電公司備用容量檢討，台電及中油公司經營改善小組第 3 次會議資料，5 月 23 日。

¹⁰ U.S. Energy Information Administration (2007), Electric power Industry Overview 2007, 2012.12.14. <http://www.eia.gov/cneaf/electricity/page/prim2/to2.html>

政府公布「再生能源發展條例」，以推廣再生能源，並由台電向生產再生能源者購電。

截至 2011 年底電力裝置容量（含民營及汽電共生）為 48,750 千瓩（MW），其中台電占 66.2%，民營公司及汽電共生廠占 33.8%。2011 年底發電量計 2521.3 億度，其中台電占 67.4%、民營及汽電共生廠占 32.6%。電力發電量類別，火力發電占 78.6%、核能 16.7%、再生能源 3.6%，抽蓄水力占 1.2%；火力發電中，燃煤占 49.5%、燃氣占 25.8%、燃油占 3.3%。¹¹

二、市場行為

（一）訂價策略

電力業是公用事業，特別是輸配電業更是獨占公用事業。因此，各國政府對電價有不同程度的管制。以美國為例，州設公用事業委員會，定期召開公聽會，評估電力公司的成本與資產，以決定電價費率，其允許公司收入超過其成本，賺取公平報酬率。

電力公司採取差別取價，即對不同的消費群，不同的消費時間收取差別的電價。以 2011 年美國電力用戶的每度電價住宅用戶平均為 11.8 分最高、工業用戶為 6.9 分最低、商業用戶為 10.3 分、運輸用戶為 10.6 分。¹²

住宅用戶的電價最貴的理由為其離峯用電時間甚長，負載因子（load factor）偏低，¹³電廠必須維持充足的備用容量以服務住宅用戶尖峰需求，致其平均成本增加。另一因素電廠供電給住宅用戶，從發電到住宅用戶，需經過電廠升壓、輸電、經過多次變電所，逐漸降壓，最終到客戶，（見圖 1）中間造成的輸電損失以及龐大輸配電設備投資，致住宅用戶的成本相對較高。一般而言，住宅用戶對電需求彈性較低。相對地，工業用戶電價較低的理由，為對電力需求較為穩定，致電廠設備利用率較高；電廠可以 161KV 電壓輸電給大型工廠，以 69KV 電壓輸給中型工廠（見圖 1），亦即以特高壓、高壓供電即工業用戶輸電成本相對較低。

電力支出是工業生產重要成本之一。製造業所生產產品面臨全球市場競爭，如電價較高，可能導致其產品缺乏競爭力。用電較多的工業大戶可以選擇自己發供電，或者選擇電價較低時段（如夜間）生產。顯然工業用戶對電價較敏感。

電力公司除對不同客戶群採取差別取價外，對同一客戶群亦採取不同級距電價及時間電價。

1. 級距電價

¹¹ 台灣經濟部能源局（2012），100 年能源統計手冊。

¹² U.S. Energy Information Administration(2012), Factors Affecting Electricity Prices, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page:electricity...8.21>.

¹³ 電廠負載因子指為電廠產出除以最大產出，即平均負載對設備產能比率或者平均負載對尖峰負載比率。

對同一客戶在不同級距用電每度電價不同。如電力公司採取鼓勵客戶多用電的策略而採取累退費率，即客戶用電愈多每度電價愈便宜。如公司採取節約能源策略，即採取累進費率，客戶用電愈多每度電價愈貴。台電公司 2012 年 10 月非營業用非夏月表燈用電電價為例，其採取累進費率，120 度以下每度新台幣 2.1 元、121-330 度每度 2.68 元、331-500 度每度 3.61 元、501-700 度每度 4.01 元、701 度以上每度 4.5 元。¹⁴

2. 差別取價與時間電價

公用事業的費率上限通常受到政府的管制，電力公司採取差別取價，對不同的客戶收取不同的電價，其電力費率非常的複雜。

以 101 年 10 月台電公司電價為例，其分為二大類低壓供電與高壓、特高壓供電。

(1) 低壓供電

低壓供電有四類，分別為包燈用電、包力用電、表燈用電及電力用電。每一類用電又有不同的收費標準，茲僅就表燈用電加以說明：

① 非時間電價

(a) 非營業用：為一般家庭用電，非夏月用電電價如同前述。

夏月 120 度以下每度 2.1 元、121-330 度每度 3.02 元、331-500 度每度 4.39 元、501-700 度每度 4.97 元、701 度以上每度 5.63 元。

(b) 營業用：非夏月 330 度以下每度 3.02 元、331~700 度每度 3.68 元、701~1500 度每度 4.31 元、1501 度以上每度 4.64 元。夏月 330 度以下、每度 3.76 元、331~700 度每度 4.62 元、701~1500 度每度 5.48 元、1501 度每度 5.92 元。

② 時間電價

(a) 基本電費：分為按戶計收、經常契約、非夏月契約、週六半尖峯契約、離峯契約。每一項再分夏月與非夏月電費。

(b) 流動電費：分為週一至週五的尖峯時間與離峯時間、週六的半尖峯時間與離峯時間、週日及離峯日離峯時間。每一項均分夏月與非夏月電費。

(2) 高壓、特高壓供電

高壓、特高壓供電分為二段式時間電價與三段式時間電價。二段式時間電價包括基本電費與流動電費；三段式時間電價包括基本電費、流動電費（尖峯時間固定）、流動電費（尖峯時間可變動）。每項

¹⁴ 2012 年 10 月台灣電力公司價表。http://www.taipower.om.tw/

再分為若干小項，每一小項均有夏月與非夏月電費。

另台電依尖、離峯不同時段供電成本的差異，分別訂定不同電價，誘導客戶將電力使用從尖峯移到離峯。

（二）負載管理（Load management）

負載管理是一種需求面管理（demand side management），目的是改變用戶端的用電型態與數量。也就是電力公司藉由調節用戶端電力需求量的方式來改善電力系統的負載型態，提升電力機組的運轉效率，以達到調整電力系統發電量的目的。換言之，負載管理目的在縮短系統尖離峯用電的差距，即降低尖峯發電量，提升離峯發電量，使現有電力設備更有效利用，有助於延後投資興建電廠。

負載管理強調需求面的用電調節，電力公司必須與用戶端加強連繫。因此，電力公司首先須瞭解電力用戶的消費方式與用電習慣。晚近智慧電網與智慧電表建構，有助於電力公司掌握用戶端用電的習慣。據此擬定有效負載管理，給予用戶端選擇的自由，電力公司必須提供電力用戶足夠的誘因及教育等方式誘導用戶端調整電力需求，即減少尖峯時間用電需求，增加離峯時間用電需求。電力公司在尖峯時間以尖峯基組發電，邊際成本相對昂貴；在離峯時間，以基載及中載發電，其邊際成本相對便宜。因此，電力公司透過價格機制，鼓勵用戶端降低尖峯用電需求，增加離峯用電需求。就用戶端而言，總用電量不必然減少。

三、公共政策

（一）管制電價

過去電力產業視為公用事業，因此，各國政府對電力產業均加以管制，電力公司必須經過政府特許才能設立，其費率也受到管制，很多國家設立電力管理委員會來管制電力事業，包括電價審查及調整等。1970 年代以後，國際間朝向電業自由化，認為電廠非獨占事業，因而有些國家不在對電廠設立加以管制，但對於輸配電及一般民眾電價仍加以管制。

現行台電公司費率計算係依據民國 58 年立法院審定通過電價公式，其合理投資報酬率在 9.5% 至 15% 範圍。該電價公式迄今未新審定，未能因應目前利率及經濟環境變化。目前電價調整機制是由台電研擬電價調整方案報經濟部，該部能源局審查後，加開電力價格諮詢委員會審議後簽報經濟部。如調整方案未涉及全面性電價調整時，由經濟部核定；涉及全面性電價調整時，由經濟部報院，經行政院主計總處公用事業費率審議委員會審議後報院核定。

截至 101 年 12 月，台電公司調整電價 14 次，其中調降 11 次，最近 3 次調漲，即在 95 年 7 月、97 年 7 月及 101 年 6 月分別調漲。

(二) 降低環境污染

傳統燃煤電廠大量排放 CO₂ 等污染物、污染環境。爲了降低環境染，減少 CO₂ 的排放，除了鼓勵提升電廠效率外，還採取鼓勵再生能源發電與碳捕獲及封存 (Carbon capture and storage, CCS) 等。

1. 鼓勵提升電廠效率

規範新建及汰舊換新發電廠採用高效率機組發電；改善電網結構，提高輸配電能力，降低輸電線路損失。

2. 推廣再生能源發電

再生能源來自天然資源，諸如太陽光、風力、雨水、潮差、地熱等，利用這些天然資源發電，將不會產生 CO₂ 等污染環境。因此，各國政府採取政策鼓勵再生能源發電。1978 年美國通過公用事業管制法 (Public Utility Regulatory Policy Act, PURPA) 規定，電力公司向再生能源業者購買電力其價格不超過迴避成本 (avoid cost)。1990 年以來德國積極推動再生能源收購制度 (Feed-in tariff)，該制度重要內容：(1) 再生能源收購價格基於再生能源發電成本，由於各種再生能源如風力發電、太陽能發電、地熱發電等及其規模不同而成本有異，致其收購價格有別。(2) 保證收購期間 20 年。(3) 費率遞減機制，即基於預期成本下降，收購費率逐年下降。¹⁵

丹麥、西班牙、義大利等國參考德國的作法採取鼓勵再生能源發電。由於各國政府大量使用再生能源發電，促進再生能源技術進步，並使其成本大幅下滑，即朝向市電平價 (Grid parity) 方向邁進。所謂市電平價指太陽能發電成本降至與市場的電價相當，達成市電平價，這是各界期待美好的未來。

2009 年 8 月我國通過「再生能源發展條例」，規劃再生能源發電設備獎勵的總裝置容量爲 650~1000 萬瓩，從 2011 年起依據不同的再生能源及其規模訂定收購價格，收購期間 20 年。

3. 鼓勵電廠採取碳捕獲及封存技術，降低二氧化碳排放

所謂碳捕獲及封存指二氧化碳排放源如發電廠、煉油廠等排放的二氧化碳加以捕獲，運送並注入地下鹽水層、舊油氣田等地下構造加以封存。

根據維基百科全書的資料，從技術面分析，不管是煤碳氣化複循環電廠 (Integrated gasification combined cycle, IGCC)、天然氣複循環電廠 (Natural gas combined cycle, NGCC)、粉煤電廠 (Pulverized coal, PC)，如採用 CCS 將可大幅降低 8 成以上的 CO₂ 排放。¹⁶

¹⁵ Wikipedia (2013), Feed-in tariff, 1.28。

¹⁶ Wikipedia (2013), "Carbon capture and storage", 1.22。

由於利用 CCS 技術減少 CO₂ 排放具有顯著效果。因此，2011 年舉辦聯合國氣候變化綱要公約第 17 屆締約國會議（COP17）中通過 CCS 的模式與程序，納入溫室氣體減量方案中清潔發展機制（CDM）選項，各國競相投入研發與示範規劃。截至 2012 年 3 月底全球共有 75 項大型整合 CCS 計劃，其中 8 項計劃已經正式商轉，7 項計劃正在興建中，惟這些計畫並非電廠。¹⁷根據核研所彙整，截至 2012 年全球電力業規劃中之 CCS 計畫，大型發電計畫有 29 個（其中燃煤 24 個），先導發電計畫有 19 個（其中燃煤 16 個）。¹⁸

我國政府重視 CCS 議題，行政院國家科學委員會在「能源國家型科技計畫」（2009 年～2013 年）下設淨煤主軸專案計畫研究探討 CCS 相關議題。經濟部成立 CCS 研發聯盟研擬 CCS 技術實施策略與對應作法。行政院環保署成立 CCS 策略聯盟，藉由技術研發和配套法規之建立，協助國內推動 CCS 策略。

台灣天然氣仰賴船運進口，其燃料成本明顯高於歐美國家，且未來進口天然氣價格將持續上漲。根據淨煤主軸專案計畫研究，台灣 2020 年 NGCC 的發電成本將高於 IGCC/CCS，因此建議未來可發展 IGCC/CCS 低碳發電基載模組代替 NGCC。¹⁹

（三）核能發電政策

1956 年 10 月全球第一座商業化的核能電廠在英國開始商轉。根據國際原子能總署（International Atomic Energy Agency, IAEA）報導截至 2013 年 1 月中，全球有 31 個國家計有 437 座核能反應爐在運轉。²⁰

核能電廠運轉曾經發生三次事件，分別為 1979 年 3 月美國三哩島事件，1986 年 4 月蘇俄烏克蘭車諾比事件，2011 年 3 月日本福島事件。這三次事件核能專家及政府均詳加檢討事件原因，提出防範之道及經驗分享。以日本福島事件為例，美國核能管制委員會（Nuclear Regulatory Commission, NRC）成立專案針對該事件加以檢討並提出 12 項建議加強核能電廠安全，特別強調獨立核能電廠管制機構的重要性。2011 年 9 月 IAEA 召開大會一致通過「IAEA 核能安全行動計畫」(IAEA Action Plan on Nuclear Safety)，加強核能電廠設施安全營運規範。²¹

¹⁷ 左峻德、陳彥豪（2012），「台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望」，行政院國家科學委員會能源國家型淨煤主軸專案計畫。

¹⁸ 劉家豪、葛復光（2012），「二氧化碳捕獲、輸送與封存技術發展趨勢分析」，碳經濟第 25 期，5 月，P.87。

¹⁹ 同註 17。

²⁰ Wikipedia（2013），Nuclear Power Plant. 3.4.

²¹ OECD（2012），Nuclear Energy Today. NEA No.6885，P.50～51。

福島事件導致民眾關注核能電廠安全、及各國政府檢討核能發電政策。少數國家政策轉向，如德國、瑞士等放棄核電。大多數國家政策維持不變，惟加強核能電廠安全，如美國、英國、加拿大、俄羅斯、南韓、印度、中國、捷克、斯洛代克、芬蘭、阿根廷、巴基斯坦、巴西、南非、羅馬尼亞、保加利亞、伊朗等國。政策方向不明或保留彈性有日本、比利時、瑞典等國。

台灣於 1978 年 2 月核一廠開始商轉，至今已有一座核能電廠六個核電機組。核四廠計畫在 1980 年代提出，因貢寮鄉民反對，到 1992 年核准興建，惟至 1999 年 3 月開始動工。2000 年 10 月 27 日行政院宣布停建核四，經釋憲後行政院於 2001 年 2 月 13 日宣布核四復工。民眾在日本福島事件後對核四疑慮增加，2010 年 2 月 25 日行政院江院長宜樺決定核四公投。

台灣在 2002 年 12 月通過環境基本法，該法第 23 條「政府應訂定計畫，逐步達成非核園目標」。因此，台灣核能政策為確保核能安全，推動穩健減核，打造綠能低碳環境，逐步邁向非核家園。

國內民眾反核主要理由為核能電廠不安全。為什麼有些國家（包括先進國家）不但仍使用核電，還繼續蓋核廠？德國廢核雖然可消除核電安全的風險，惟其代價是電價節節上漲。台灣是獨立電網，廢核除了電價上漲風險外，還要面臨缺電風險。

四、績效

（一）利潤

沒有政府管制的獨占事業會有獨占利潤。電力產業受到政府管制，管制的價格如高於平均成本，則會有利潤；如低於平均成本，則將造成虧損。過去台電公司有相當的利潤，2004 年因國際煤及原油價格上漲，發電成本增加，政府基於穩定物價，致未調整電價，到 2006 年 6 月底台電巨額虧損，2007 年 7 月電價平均上漲 5.8%，並未完全反映燃料成本上漲，台電虧損新台幣 310 億元。由於國際油煤價格持續上漲，2007 年 7 月 1 日僅先調整 1/4，10 月 1 日起再調整第 2 個 1/4，兩階段累計調漲電價 25.2%，2008 年虧損 1014 億元，2009 年虧損降為 14.8 億元，2010 年虧損 352 億元，2011 年虧損擴大為 433 億元。

（二）創新

電力產業創新有電力交易制度創新、智慧電網（smard grid）與碳捕獲及封存。其中碳捕獲及封存已如前述，茲僅就前面二個部分加以分析：

1. 電力交易制度創新

過去各國電力產業是受管制產業，獨占綜合電業電力費率受到管制。

1970 年代末起美國、智利、秘魯、英國、澳洲、紐西蘭、德國等推動電力產業自由化，建立電力市場。如 1992 年美國國會通過能源政策法（Energy Policy Act of 1992. EPACT）。EPACT 賦予聯邦能源管制委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC）規範開放綜合電業電力輸送網，並訂定合理輸電費率。

電力自由化讓低成本電力可取代高成本電力進入市場，使市場發揮效率，有利於提升產業及國家競爭力。電廠透過供電銷售、需求者透過競爭購買，由市場供需決定電力價格，並使價格透明化，有助於需求者決策。電力產業中，發電業及零售業具有競爭功能、輸電業及配電業具有自然獨占功能。因此，電力市場機制建立在電力批發市場與零售市場。

（1）電力批發市場

電力批發市場指每一時段（如 30 分鐘）發電業提供可供應電力數量，電力零售業者及大用戶等出價，由出價最高得標。大用戶可根據其用電量、電價規劃其最適用電需求，以降低其成本。惟業者在批發市場購電有其成本，除了面臨市場不確定、入會費、安裝費外，還需用人成本、專人分析用電需求、市場上供電數量、電價及購電數量。一般而言，用戶端電力負載愈大，向批發市場購電效益愈大。

（2）電力零售市場

電力零售市場消費者可從競爭電力零售商所提供服務及電價等因素來選擇其供應商。零售市場的電價通常有兩種，即時電價（real-time pricing），此一價格基於變動的批發電價，或者依據年平均成本訂價。大都消費者未以即時電價來支付。因此，消費者沒有誘因在尖峰時間降低用電的需求，亦即未能以價格來反映需求量。近年來主要國家逐漸安裝智慧電表，將有助於即時電價制度建立。

2. 智慧電網

傳統電力系統是屬於大型集中式系統，發電廠與用戶端距離遙遠，須藉助輸變電系統提高電壓，透過電力線輸送，並經降壓及變電所配電所供給用戶使用，其中造成線路損失，以及遠距離輸電與大電網互連不易迅速追蹤系統負荷變化，致小故障透過電網擴散造成電力系統癱瘓。晚近美國率先引進資通訊技術，建構智慧電網，提升電力使用效能、電網對再生能源容忍度及高品質電力等。

智慧電網指將資通訊（ICT）與自動化科技運用在電力網路基礎建設，使其在發電、輸電、配電等過程中，可進行自動監測、預防診斷、自我修

復，並可整合風能、太陽能等分散式替代能源，彈性靈活地調配電力供需，減少新建電廠的鉅額投資，降低成本，提升供電可靠度及用電效率。

智慧電網涵蓋智慧發電與調度、智慧輸電、智慧配電、智慧用戶（主要為智慧電表系統基礎建設（Advanced Metering Infrastructure, AMI）、智慧電網環境（為檢討現行電業相關規範）以及智慧電網產業等，各國政府競相投入智慧電網，美國 2007 年通過能源獨立與安全法（EISA）為推動智慧電網法源依據，2009 年聯邦政府投入 45 億美元發展智慧電網相關建設。歐盟已經展開 219 個智慧電網相關計畫，總投資逾 50 億歐元。中國 2011 年 9 月公布「十二五」在智慧電網建設未來 5 年投資 1.5 兆人民幣。我國於 2012 年 9 月通過「智慧電網總體規劃方案」，預計未來 20 年投入新台幣 1399 億元。這些建設完成，預期在 2030 年線路損失率降為 4.42%，減少 CO₂ 排放 114.71 百萬噸／年，再生能源併網容量占比為 30%，智慧電網產業產值將增為新台幣 7,000 億元（註 22）。

智慧電網產業是快速成長產業，全球 2009 年產業為 693 億美元，到了 2014 年將增為 1714 億美元，在同一期間，美國由 214 億美元增為 428 億美元（註 23）。

（三）技術進步

1882 年 9 月紐約愛迪生建立直流（direct current）發電廠生產 560 瓩電力供應 59 位客戶。²²1986 年 Westinghouse, G 以交流（alternating current）發電取代直流發電，擴大電廠供應範圍。1930 年代美國燃煤發電廠的規模約在 20-30 百萬瓦（megawatts, MW）；1950 年代初期新設燃煤廠平均規模在 124 MW；1960 年代中期增為 400MW；1970 年代初期再增為 600MW（註 25）晚近有高達 1000MW 電廠設立。顯示技術進步，致電廠規模不斷擴大。

惟燃煤電廠規模擴大到 800MW，甚至 1000MW，受限於物理、冶金及複雜因素，要確保電廠安全，需要鍋爐、組件、配件、管線等均要跟著擴大，以致其成本大幅增加。根據 Thompson, H. G 等的研究，大規模電廠呈現的是規模報酬不變，小電廠卻有規模經濟。²³

另燃煤電廠技術進步，從亞臨界機組熱效率 34-36%，到超臨界機組的 37~39%

註 22：經濟部能源局（2012），「智慧電網總體規劃方案」。

註 23：Wikipedia（2013），Smart grid, 1.28。

²² Schriber, A.R. & J.W. Brock (2009), The Electricity Industry, from The Structure of American Industry, J.W. Brock (ed.), 12th Edition, P.58。

註 25：同註 14，P.87

²³ 徐恆文（2004），煤炭氣化發電之能源優勢，能源資訊網／節能專家園地。

²⁴進而到超超臨界的 44.5%，也就是說燃料轉換電能的效率提升。

雖然電力產業有技術進步，但相較於其他產業，其技術進步相對緩慢，主要的原因是其投入研究發展支出相對少。以美國為例，1999 年至 2003 年電力產業研究發展支出占其總收入的 0.08%，遠低於同期間製造業的 3.4%；²⁵2010 年台電公司研究發展支出占其總收入 0.43%，亦遠低於台灣研究發展占 GDP 的 2.9%。

（四）電力系統穩定度

電力系統穩定度可以下列指標來判斷：

1. 暫態穩定度

系統穩定的判定是以系統內發電機維持同步運轉情形。系統暫態穩定度是以臨界故障清除時間為指標。也就是以主幹線系統最嚴厲事故之最少臨界清除時間，是否符合臨界清除時間在 4.5 週波以上之規定，系統仍能運轉。

2. 小信號穩定度

當電力系統遭遇干擾如系統阻壓不足，常造成系統低頻振盪，使系統運轉困難和系統不穩定，因而引起跳線、跳機，甚至系統大停電。台電公司系統規劃系統無事故時之阻壓比維持在 3% 以上，幹線 N-2 時空維持在 0% 以上，以抑制系統低頻振盪現象，防止系統大停電。

3. 電壓穩定度

電壓穩定度指在夏季尖峰與中載發電期間台電電力系統，當發生 N-2 或 N-1 事故時，系統仍能維持足夠裕度不發生電壓崩潰的能力。

電力系統穩定度可用停電總次數與電壓驟降次數，科學園區停電次數由 93 年的 15 次，95 年降為 2 次；電壓驟降次數由 92 年 52 次，95 年為 25 次，顯示台電公司電力穩定度提升。

每戶平均停電時間，94 年為 30.19 分，95 年 29.267 分，96 年為 23.909 分，97 年為 20.81 分，98 年略降為 19.246 分，99 年再降為 17.663 分，100 年增為 18.224 分。

五、展望

- （1）電力是現代社會不可缺少的必需品，展望未來，會隨著經濟發展而適度成長。
- （2）傳統電廠大量排放二氧化碳，造成空氣污染。各國政府紛紛採取鼓勵減碳發電，如再生能源發電、開發碳捕獲及儲存（CCS）、智慧電網及

²⁴ 徐恆文（2004），「煤炭氣化發電之能源優勢」，能源資訊網／節能專家園地。

²⁵ 同註 14，P.88。

提高發電機組的效率等，未來這些產業將有長足的成表。

- (3) 核能發電是屬於潔淨能源，惟因核能安全的議題具有爭議性，各國對於核能發電的看法不一。我國未來是否持續使用核能發電要看人民的智慧。
- (4) 電力生產成本受到電力配比的影響，未來電力生產結構的改變將影響其生產成本，進而影響國家的競爭力。

參考資料

- 王京明、錢玉蘭、李鈞元 (1997)。《再生能源發電效益經濟評估》，中華經濟研究院經濟叢書 (32)。
- 台灣電力公司 (2012)。「台電公司備用容量率規劃目標與實際現況之說明」，台電及中油公司經營改善小組第 3 次委員會議資料，5 月 23 日。
- 台灣電力公司 (2010)。《通霄電廠更新擴建計畫可行性報告》。
- 左峻德、陳彥豪 (2012)。《台灣碳捕獲與封存技術經濟評估之現況與展望》，行政院國家科學委員會能源國家型淨煤主軸專案計畫。
- 行政院主計處 (2008)。《95 年工商及服務業普查報告第一卷總報告》，行政院主計處編印。
- 李漢申 (2012)。「經營改善規劃構想」，台電及中油公司經營改善小組第 1 次委員會議資料，4 月 10 日。
- 唐于茹 (2010)。《美國電力產業脫鉤政策之探討—以加州為例》，國立中央大學產業經濟研究所碩士論文。
- 徐恆文 (2004)。「煤碳氣化發電之能源優勢」，能源資訊網節能專家園地。
- 許志義、陳澤義 (1988)。《電力經濟學理論與應用》，第五版，華泰書局。
- 經濟部 (2012)。「智慧電網總體規劃方案」，8 月。
- 經濟部能源局 (2012)。《100 長期負載預測與電源開發規到摘要報告》，4 月。
- 陳澤義 (1994)。《缺電成本之估計及其在分級電價規劃上的涵義：台灣的實證》，中華經濟研究院經濟叢書。
- 劉家豪、葛復光 (2012)。「二氧化碳捕獲、輸送與封存技術發展趨勢分析」，碳經濟第 25 期，5 月。
- 謝智宸 (2011)。「智慧電網下我國電力負載管理制度之展望」。
- Christensen, L. S. and W.H. Greene (1976). "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation." The Journal of Political Economy, Vol. 84, No. 4, Part 1.
- International Energy Agency (2011). "Key World Energy Statistics." www.iea.org.
- OECD (2012). Nuclear Energy Today. Second Edition, NEA No.6885

- OECD (2012). “The Economics of Long-term Operation of Nuclear Power Plants.”
NEA No.7054
- Pérez-Arriaga, I.J. (2009). “Electricity retail.” MIT Open Course Ware, ocw.
mit.edu/.../MITESD_934S10_lec_18.pdf
- Schriber, A. R. and J. W. Brock, (2009). The Electricity Industry. In The Structure of
American Industry, J.W. Brock (ed.), 12th edition, Pearson Prentice Hall.
- SpiewaK.S. (1997). “Power Marketing :Price Creation in Electricity.” Markets,
Http://www.retailenergy.com/articles/price-ss. htm.
- Thompson, H. G., Hovde, D.A., Irwin, L. (1996). “Economies of Scale and Vertical
Integration in the Investor—owned Electric Utility Industry.” The National
Regulatory Research Institute, The Ohio State University, NRRI 96-05
- Weiss, L.W. (1971). Case Studies in American Industry. Second edition, John Wiley &
Sons, Inc.
- U.S. Energy Information Administration (2012). “China.” [http://www.eia.gov/countries/cab.cfm ? fips=CH](http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=CH), 9.26
- U. S. Energy Information Administration (2012). Electricity in the United States.” 8.20
- U.S Energy Information Administration (2007). “Electric Power Industry Overview
2007.” 2012. 12. 14. [http://www.eia .gov/cneaf/electricity/page/prim2/to2.html](http://www.eia.gov/cneaf/electricity/page/prim2/to2.html)
- Wikipedia (2013). “Carbon capture and Storage.” 1.22 ◦
- Wikipedia (2012). “Economics of generation and production of electricity.” 7.31
- Wikipedia (2012). “Electricity generation.” 7.31
- Wikipedia (2013). “Electricity market.” 2.14
- Wikipedia (2012). “Energy demand management.” 10. 1
- Wikipedia (2013). “Feed-in tariff.” 1.28
- Wikipedia (2012). “Integrated gasification combined cycle.” 9.24
- Wikipedia (2012). “List of countries by electricity export.” 8.29
- Wikipedia (2012). “List of countries by electricity production.” 8.29
- Wikipedia (2013). “New Zealand electricity market.” 2.14
- Wikipedia (2013). “Renewable energy.” 1.28
- Wikipedia (2013). “Smart grid.” 1.28
- Wikipedia (2012). “Road management.” 10. 1
- Wikipedia (2012). “Time-based pricing.” 10. 1

研究前緣

糧食、石油與黃金期貨價格之間的 Granger 因果關係

胡均立（國立交通大學經營管理研究所教授兼所長）

張秀瑜（國立交通大學經營管理碩士）

林唐裕（台灣綜合研究院研一所研究員兼所長）

一、前言

新興國家的人口不斷地增加，所得持續成長，使得黃金與石油更快速且大量被開採、使用，造成全球的資源蘊藏量快速下降，根據 1953 年美國地質學家哈伯特 (King Hubbert) 表示，美國石油將於 60 年代末至 70 年代初左右達到高峰，達到高峰之後就會開始下降，即所謂哈伯特頂點 (Hubbert Peak)，而其他的產油國(加拿大、英國、中國)也陸續出現相同的情況 (Hubbert 1982)。許多研究報告也指出全球石油可能於 21 世紀全數用盡；同樣的黃金也是一樣，所以就供需法則來看石油與黃金的價格將持續上漲。

糧食的價格也因為全球總人口數持續增加，但供給量下降，使得價格越來越高。供給量下降的主要原因為：溫室效應造成的氣候異常影響分佈世界各地，在高山地區的農作物生產可能會增加，同時在熱帶和其他一些地區的農作物生產量可能會降低。氣候異常變化嚴重的影響農業生產進而影響全球經濟發展，這是我們面臨的全球性問題。

Darwin et al. (1995) 發現，農民會因應氣候異常問題來更改作物種類，所以氣候變化可能不至於危及全球糧食的生產，但所有農產品創造出來的總效應可能會降低。以美國為例：其東南部多種植玉米，這些地區包括愛荷華州、伊利諾斯州、印第安那州、阿拉斯加州東部、坎薩斯州東部、明尼蘇達州南部和密蘇里州，部分地區的土壤水分減少可能會降低農作物的生產。他們的研究發現顯示：即使農民會適應新的氣候環境，但農作物的供應可能嚴重降低，所以糧食問題也面臨供需不平衡的問題。除了氣候異常使得農作物產量降低之外，在能源有限的情況下，許多國家都開始推動生質燃料計畫，使得越來越多的玉米、糖、植物油或動物脂肪被製造成酒精(乙醇)或生質柴油，而這兩種生質油都可以做為汽車的燃料。

2005 年到 2009 年，生質燃料的產量在這段期間快速的成長，以美國為例：不到兩年的時間酒精產量就成長了一倍，他們利用玉米這項農作物來生產酒精（乙醇），這也減少了全球人類及動物的食用穀物量。同時巴西也利用糖來製造

酒精，藉此提高酒精的產量。歐盟也利用油菜籽油的提煉來增加生質柴油的產量，而其他國家則是用其他種類的植物油來製造生質柴油；這段時間糧食價格也大幅的上漲。國際糧食組織(FAO)公布的國際糧價從 2005 年 9 月到 2008 年 6 月就上升 85%，顯示酒精產量與糧食價格同時呈現上漲的趨勢。

長期來看，供給與需求影響了糧食、黃金與石油的價格趨勢，但短期影響糧食、黃金與石油的價格包括了天災、戰爭、全球經濟的系統性風險，這些因素都會使投資人對未來的不確定因素提高，導致資金紛紛到這些地方來避險，使得價格波動劇烈。

因此，本研究將糧食價格(小麥、玉米、黃豆)、石油價格(西德州原油、布蘭特原油、杜拜原油)與黃金價格，做關聯性分析，試圖找出是否存在因果關係。糧食價格、黃金價格與石油價格的漲跌對全球經濟有很大的影響力，不論是已開發國家或是開發中國家都需要糧食、黃金與石油。本研究利用時間序列模型，來探討糧食價格、黃金價格與石油價格的關聯性，先利用時間序列模型的單根檢定來檢驗時間序列是否穩定；再利用 Granger 因果關係檢驗法來了解各個變數之間是否存在因果關係；最後利用向量自我迴歸模型 (VAR) 與衝擊反應分析來檢驗糧食價格、黃金價格與石油價格之間的衝擊與干擾程度。希望藉此了解糧食價格、黃金價格與石油價格之間的 Granger 因果關係，並提供政府及投資人的投資方向及建議。

二、文獻回顧

過去文獻大多針對油價、金價、匯市、股市與總體經濟指標的關聯性做探討，而研究糧食價格、黃金價格與石油價格之間的關聯性分析較少。過去大家較關心的是油價與金價的連動性，但近年來因為氣候異常因素使得糧食價格屢創新高，故本研究希望透過糧食、黃金與石油的期貨價格來探討之間的關聯性，但在此之前，先回顧過去有關糧食價格、黃金價格與石油價格的相關研究結果。

謝鎮州 (2005) 以 1990 年 9 月至 2006 年 1 月的資料來探討台灣加權股價指數、原油現貨、原油期貨、黃金現貨與黃金期貨之連動關係。運用無母數共整合檢定發現，股價指數、原油與黃金價格三者之間存在長期穩定均衡關係。而從 Granger 因果關係實證發現，原油與黃金價格單向地領先股價指數；原油現貨與期貨、黃金現貨與期貨皆存在雙向的回饋關係；原油現貨與期貨單向地領先黃金現貨與期貨。另由衝擊反應分析得知，原油期貨較具獨立性；股價指數比較脆弱，易受其他變數影響，其影響力也最差；原油現貨與期貨的影響力最顯著。最後由預測誤差變異數分解的實證結果，觀察出股價指數的波動容易受原油現貨及期貨變異的影響；而原油期貨對其他變數波動之解釋能力最強。綜合以上結論，得

知原油價格的影響力最大，故在投資股市時，需正視油價波動所帶來的衝擊。

余佳昇 (2006) 以西德州原油現貨、黃金現貨與英鎊兌美元匯率為研究對象，利用單根檢定、共整合檢定、向量誤差修正模型、衝擊反應分析與預測誤差變異數分解等方法進行實證分析。其結果為下：1.由共整合檢定結果發現，原油現貨、黃金現貨與英鎊兌美元匯率之間至少存在一個共整合向量，顯示長期間具有共同的均衡關係。2.向量誤差修正模型顯示，原油現貨與英鎊兌美元匯率在短期偏離長期均衡趨勢時，將會迅速修正回復為均衡水準。3.發現原油現貨與黃金現貨報酬；英鎊兌美元匯率與黃金現貨報酬分別存在共移現象。4.原油現貨、黃金現貨與英鎊兌美元匯率彼此之間，除英鎊兌美元匯率對於黃金現貨的衝擊反應外，其餘變數間皆存在外溢效果。綜合以上結論，此研究發現以原油及黃金為代表的商品市場明顯比金融市場的匯率居投資主導的地位，此結果可做為投資者在避險或是套利的操作上參考的依據。

胡均立等 (2007) 利用時間序列分析中的向量誤差修正模型 (VECM) 及向量自我迴歸 (VAR) 模型進行分析。相關變數均採月資料，研究期間為 2000 年 1 月至 2005 年 12 月：國際原油價格採西德州，杜拜及北海布蘭特之平均原油價格，總體經濟變數包括：我國消費者物價總指數、躉售物價總指數、失業率，並將油料費、運輸費、石油化學材料及燃氣等四項分類物價指數納入探討，為較完整之衝擊評估。透過單根檢定與共整合檢定，此研究以向量誤差修正模型進行分析。其研究結果顯示：在 VECM(1)模型中，原油平均價格對台灣總體經濟變數有顯著影響，例如躉售物價總指數與油料費、石油化學材料及燃氣分類物價指數等。Granger 因果檢定結果顯示：油價與總體經濟變數間有因果及領先關係存在。衝擊反應函數分析亦顯示，總體經濟變數在前三月均對油價有劇烈之正向反應，隨後並成為永久性衝擊。為瞭解油價對金融市場之影響，此研究亦探討原油價格對金融市場變數（含臺灣加權股價指數、美國道瓊工業指數、及新台幣兌美元匯率）之影響，並採用過去文獻所未採用之日資料予以分析油價之短期影響。結果顯示：國際油價對金融市場變數並無顯著之短期影響。但在衝擊反應中，金融市場變數對國際原油價格變動之反應則約持續 15 日。

Sadorsky (1999) 以向量自我迴歸檢定(VAR)探討石油價格與股票市場的關聯性分析，以 1947 年至 1996 年 4 月的資料來檢驗，結果為石油價格與石油價格的波動皆會影響股市報酬，同時在 1986 年之後，石油價格的變動較利率更能用來解釋股價報酬之預測誤差變異。

Brown and Yücel (1999) 以 1965 年至 1997 年的資料，藉由 Granger 因果關係檢定來探討石油價格的變化如何影響美國的經濟，結果為石油價格上漲時，實質的 GDP 減少，商品物價上漲時，短期和長期的利率也會上漲，對美國經濟不

利。

Gorton and Rouwenhorst (2005) 以 1959 年至 2004 年的資料來探討商品期貨與股市、債市之間的關聯性。其結果為商品期貨的報酬與股市、債市呈現負向關係；與通貨膨脹有正向關係，若以長時間來觀察的話結果更為顯著。

Guo and Kliesen (2005) 以 1984 至 2004 的資料，藉由 Granger 因果關係檢定來探討石油期貨價格對美國經濟的影響，其結果為短期的油價若大幅的波動，不論是上漲或下跌，皆會影響美國的總體經濟，產生負面的影響。

Kang *et al.* (2011) 以 2000 年至 2010 年每日芝加哥商品期貨交易所農產品期貨結算價格，包括小麥、玉米、大豆、大豆油及糙米等，與台灣證券交易所編製集中交易市場之發行量加權股價指數、證券櫃檯買賣中心編製之櫃檯指數、大陸上海證券交易所編製之上證綜合指數、深圳證券交易所編製之深證成份指數之日資料，先進行單根檢定，並將前開時間序列資料取一階差分轉換為穩定的時間序列後進行 Granger 因果關係檢定。檢定後發現，玉米、大豆、大豆油期貨價格變動與台灣上市櫃股價指數變動間均沒有相關性。小麥及糙米期貨價格變動則對台灣證券交易所之發行量加權股價指數變動有單向的因果關係。小麥、玉米、大豆、大豆油期貨價格變動與上證綜合指數及深證成份指數變動有正向的關聯性。上證綜合指數及深證成份指數變動對糙米期貨價格變動有單向的 Granger 因果關係。

Hu *et al.* (2009) 以 1991 年到 2007 年期間每月商品價格，包括進口原油、鋼鐵、銅、鋁、玉米和黃豆價格以及其相關產品的進口價格指數，與台灣的消費者物價指數(CPI)之間的動態關係。利用共同整合檢定、向量自我迴歸檢定、Granger 因果關係檢定及衝擊反應分析檢定後發現，台灣的消費者物價指數和原物料的進口價格指數並未存在著長期的均衡關係，但由短期的 Granger 因果關係分析來看，進口原油價格指數以及玉米價格指數和消費者物價指數存在單向的因果關係。在衝擊反應中，消費者物價指數的波動則平約 20 個月後逐漸趨於穩定。

Yeh *et al.* (2012) 利用多元門檻模型來研究各種國際能源價格衝擊對台灣宏觀經濟活動的影響。透過分離成所謂減少和增加制度的能源價格變化，可以發現能源價格的變化和衝擊對經濟產出來不同影響。其結果為：能源輸出之間有一個不對稱門檻效應。最佳狀態就是石油價格的變化在 2.48%，天然氣價格變化在 0.66%，和煤炭價格變化在 0.25%。在衝擊反應中，石油價格和天然氣衝擊延遲宏觀的經濟活動產生負面影響。

三、研究方法

本論文之分析資料屬於時間序列。時間序列可分為「平穩時間序列」和「非平穩時間序列」。由 Granger 和 Newbold (1974) 提出「假性迴歸」，也就是利用

迴歸方法檢定或估算實證模型時，若採用的時間序列不是穩定的，那迴歸的結果就有可能出現無因果關係的變數，而出現假性迴歸的因果關係，所以利用時間序列模型進行分析時，所有的變數必須是穩定的，才能進行統計檢定。而 Dickey-Fuller 檢定(1979) (DF 檢定)、Augmented Dickey-Fuller 檢定(1981)(ADF 檢定)和 Phillips-Perron 檢定(1988)(PP 檢定)是最常應用的方法；但考量 DF 檢定中假設迴歸式的殘差必須符合白噪音(white noise)，導致迴歸式的殘差如果存在高度自我相關的情況下會影響檢定結果，Schwert (1989)提出的實證結果顯示：PP 檢定與 ADF 檢定皆可以調整移動平均項所造成的白噪音，其中又以 ADF 檢定更好，所以本研究以 ADF 檢定來檢驗數列的單根問題。Dickey and Fuller (1979)第一次提出三種不同的 ADF 自動迴歸模型(AR)為：

模型一：無截距項且無時間趨勢

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

模型二：有截距項但無時間趨勢

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

模型三：有截距項且有時間趨勢

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta_t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Y_t 表示數列 Y 的原始資料； ΔY_t 表示一階差分後的數列； t 表示時間趨勢； α 表示截距項； k 表示落後期數； ε_t 表示殘差項。

最適落後期的選擇，而最常使用的是 AIC 準則(Akaike Information Criterion；AIC) (Akaike, 1987) 與 SBC (Schwarz Bayesian Information Criterion；SBC) (Schwarz, 1978)，AIC 與 SBC 計算出來的值越小越佳；這 ADF 檢定的 3 個模型的虛無假設皆相同為 $H_0: \gamma = 0$ ，序列為非定態，存在單根； $H_1: \gamma < 0$ ，序列為定態，不存在單根；而這三種模型檢定假如都拒絕 H_0 ，則表示此數列不存在單根，也就是穩定的型態；相反的，檢定的結果若都不拒絕虛無假設，表示此數列存在單根，也就是不穩定的型態，故必須將數列差分處理，直到穩定為止，才進行單根檢驗測試。

Granger (1969)提出的因果關係檢定，是檢定兩個變數之間的因果關係。假設有兩個數列 X_t 與 Y_t ，當我們對 X_t 進行預測時，利用所有的資訊去預測 X_t 所得到的結果比除去 Y_t 資訊所得到的結果更加準確時，表示加入 Y_t 對預測 X_t 是有幫助的，這就表示 Y_t 是 X_t 的因(Y_t Granger causes X_t)。相反的如果兩變數是彼此的因，則表示兩個變數之間有回饋關係 (feedback)。

Hsiao (1981)對 Granger 因果關係檢定的版本，是將 Granger 因果關係檢定用在研究分析變數間是否有任何的關聯性，如果兩個變數之間的測試是不變的，那 Granger 因果關係檢定的方程式為：

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^P \alpha_i \Delta Y_{t-i} + u_{1t} \quad (4)$$

用兩個步驟來決定最佳的自變數與交叉遞延期的因果關係，可以利用預測誤差變異 FPE(final prediction error)來做測試。首先，先計算誤差平方和 SSE(4)， $i = 1, 2, \dots, P$ ， u_{1t} 是新增加的白色噪音(white noise)，而評估落後期的 FPE(p) 方程式為：

$$FPE(p) = \frac{SSE}{T-p-1} \left(1 + \frac{p+1}{T}\right) \quad (5)$$

T 是所有觀測的總數，p 是改變落後期 1 到 P，SSE 是誤差平方和，最小值 FPE 是由相對應的 SSE 和 p^* 所決定的，被表示為 $FPE(p^*)$ ，在下一個方程式中做比較。第二個步驟為：

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^P \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^Q \beta_j \Delta X_{t-j} + u_{2t} \quad (6)$$

Y_t 是可控制變數，從公式(5)的落後期設置為 p^* 和 X_t 為調節變數，根據公式(6)，SSE 中的 Y_t 是計算 X_t 的改變從 1 到 Q 並且產生出最小值的 FPE 表示為 q^* ， u_{2t} 是剩下來的期數。最後，對應的二維 FPE 方程式為：

$$FPE(p^*, q) = \frac{SSE(p^*, q)}{T-p^*-q-1} \left(1 + \frac{p^*+q+1}{T}\right) \quad (7)$$

q 是改變 X_t 的落後順序從 1 到 Q， p^* 是前面步驟中計算的最適落後期，當 p^* 是最佳落後值及 q 是落後期數，那麼 $SSE(p^*, q)$ 是平方誤差值的總和。綜合上述，我們可以得出得結論為，假如 $FPE(p^*, q^*)$ 小於 $FPE(p^*)$ ，那麼 X_t 是 Y_t 的因。

Sims (1980) 提出的向量自我迴歸模型(VAR)解決了隱含在變數之間存在因果關係假設，也就是說假設迴歸方程式的內生變數 (因變數) 是受到外生變數(自變數)的影響，而外生變數並不會受到內生變數的影響，在迴歸模型的建立中對於因變數或自變數的判斷是無法認定的。而 VAR 模型將每個變量視為內生變數和他們的互動關係是多元迴歸方程式，而不是一個 VAR 模型中的迴歸方程來表示。VAR 模型的方程式為：

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0 \quad ; \quad E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \Sigma \neq 0$$

其中 Y_t 表示 $n \times 1$ 的內生變數向量; β_i 表示 $n \times n$ 的係數矩陣; α 表示 $n \times 1$ 的常數向量; ε_t 表示 $n \times 1$ 干擾變數, 即過程超前一步預測誤差。

AIC 準則是選取最適落後期的判定準則, 主要是確保假設迴歸式的殘項須符合含白噪音。如果不存在非平穩變量之間共同隨機趨勢, 在第一個不同的 VAR 模型產生後立刻進分析。

$$\Delta Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \tag{9}$$

可以利用 VAR 模型來分析研究, 若其中一個變數受到外生的衝擊時其他的變數對此衝擊的反應程度。根據 Wold 分解定理, 將 VAR 模型中聯立變異恆定矩陣轉換成移動平均線 (MA) 的形式表達。(MA) 顯示, 每個變量的線性組合為白噪聲誤差項的當值和前值。方程式為:

$$\begin{aligned} Y_t - \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} &= \alpha + \varepsilon_t \quad (1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \dots - \beta_m L^m) Y_t = \alpha + \varepsilon_t \\ Y_t &= (1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \dots - \beta_m L^m)^{-1} \alpha + (1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \dots - \beta_m L^m)^{-1} \varepsilon_t \\ Y_t &= \alpha' + \sum_{i=0}^{\infty} C_i \varepsilon_{t-i} \end{aligned} \tag{10}$$

其中 L 代表落後運算因子; α' 表示為 $(n \times 1)$ 的常數向量; C_i 代表 $(n \times n)$ 矩陣; $C_0 = I$ 代表單位矩陣。通常的情況為估計 VAR 殘差視為同期相關的。因此, 可以應用 Cholesky 分解定理來完成殘差正交化過程(orthogonalization), 以消除隨機衝擊項之間的同期相關。也就是說可以將(8)公式調整為三角矩陣, 其模型為:

$$Y_t = \alpha' + \sum_{i=0}^{\infty} C_i K K^{-1} \varepsilon_{t-i}$$

讓 $C_i^* = C_i K$ and $e_{t-i} = K^{-1} \varepsilon_{t-i}$ 。上面的公式可以重新表述為:

$$Y_t = \alpha' + \sum_{i=0}^{\infty} C_i^* e_{t-i} \tag{11}$$

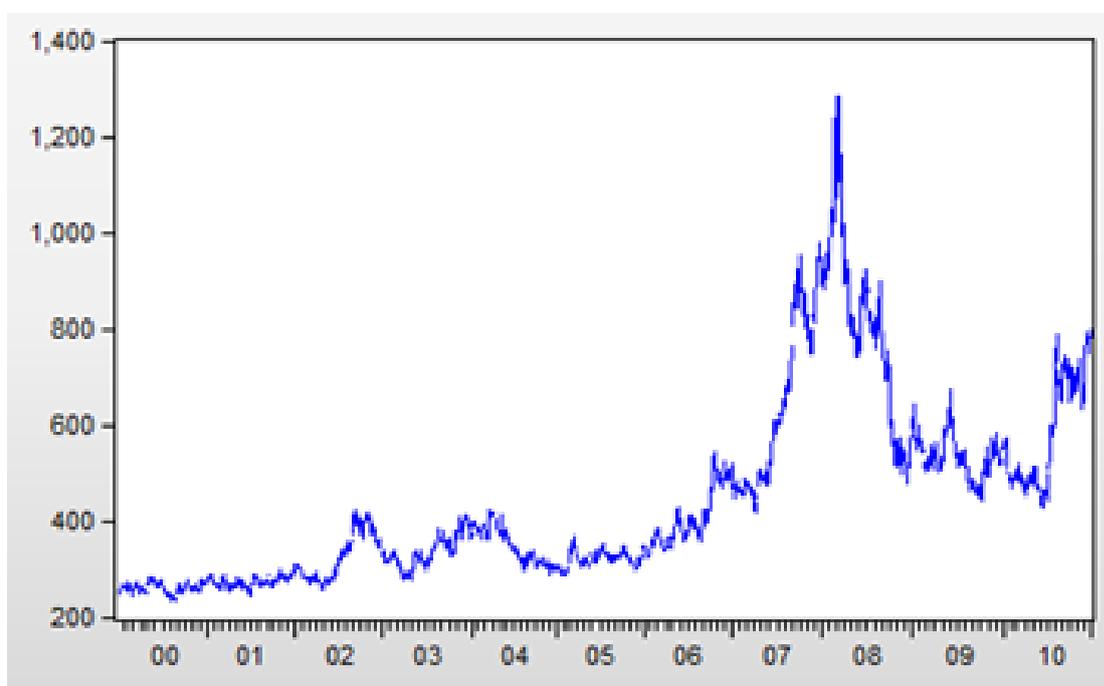
其中 C_i^* 代表影響乘數; e_{t-i} 表示既不自動相關也同時相關。由上列公式可知, 每一個變量都可以寫成隨機衝擊項的函數, 而這些矩陣乘以估計的 VAR 模型產生的殘差是不相關, 這使得它更容易觀察目標變量衝擊其他變量的係數變化。

四、資料來源與實證結果

本研究利用時間序列的方法找出糧食期貨價格、石油期貨價格、及黃金期貨價格的關聯性分析，研究期間從 2000 年 1 月 1 日起至 2010 年 12 月日止，共計 2968 筆日資料，糧食期貨價格包括：小麥、玉米、黃豆；石油期貨價格包括：紐約原油、布蘭特原油及杜拜原油。糧食價格的資料來自於芝加哥期貨交易所 (Chicago Board of Trade 簡稱 CBOT)，它是全球最古老的期貨及期權交易所。芝加哥商品交易所(CME) 和芝加哥期貨交易所、紐約商業交易所及紐約商品交易所 (COMEX) 現在都為芝加哥商品交易集團(CME)下的子公司，目前為全球最大的期權及期貨的交易市場，小麥、玉米、黃豆，每日都在此熱絡的交易。

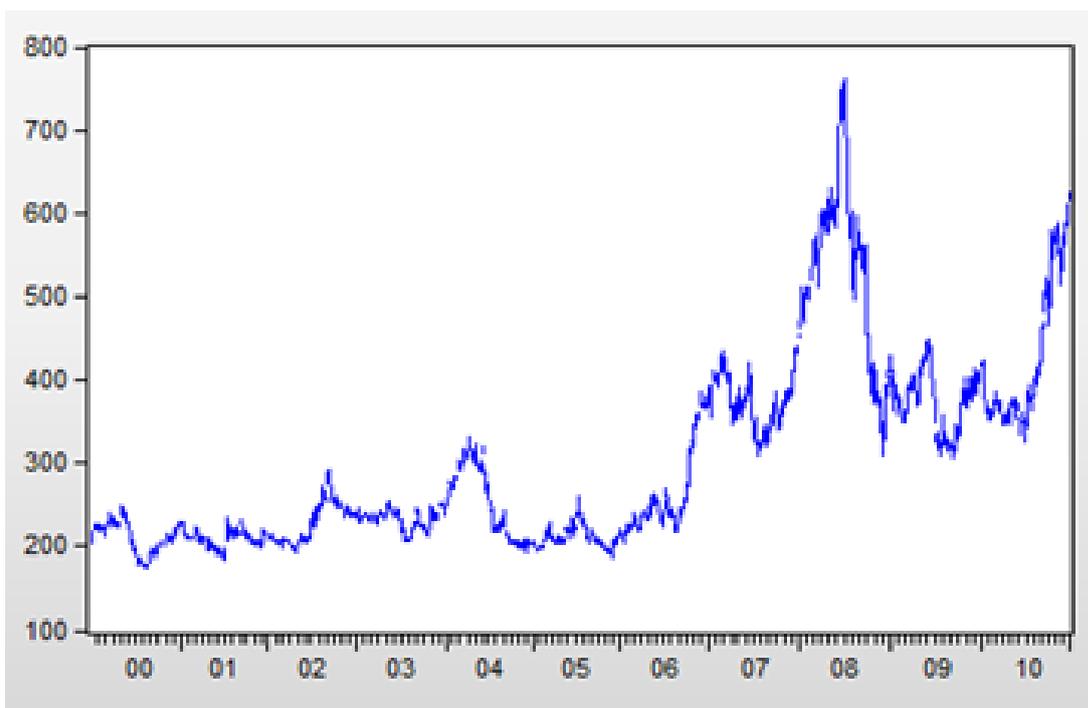
黃金價格與石油價格來自於紐約商品交易所，它的期貨交易分為兩大部分，分別為 COMEX 及 NYMEX。COMEX 提供了全球的黃金與其他貴金屬的每日報價及交易，而 NYMEX 則提供布蘭特原油、紐約原油及杜拜原油的每日價格及交易。

因為美國時間表與杜拜的假日不一樣，所以若有任何一個市場是休市的，那麼當天的資料就會被跳過。每一個商品的歷史走勢在圖 1 到圖 7，除了黃金之外，每一個商品價格的歷史指數都在 2008 年到了高點，主要是 2008 年全球金融海嘯的影響，造成全球投資人信心面不足，資金紛紛跑到美元及黃金去避險，但若就中長期的走勢來看，黃金與石油及糧食期貨價格的關聯性還是很高。



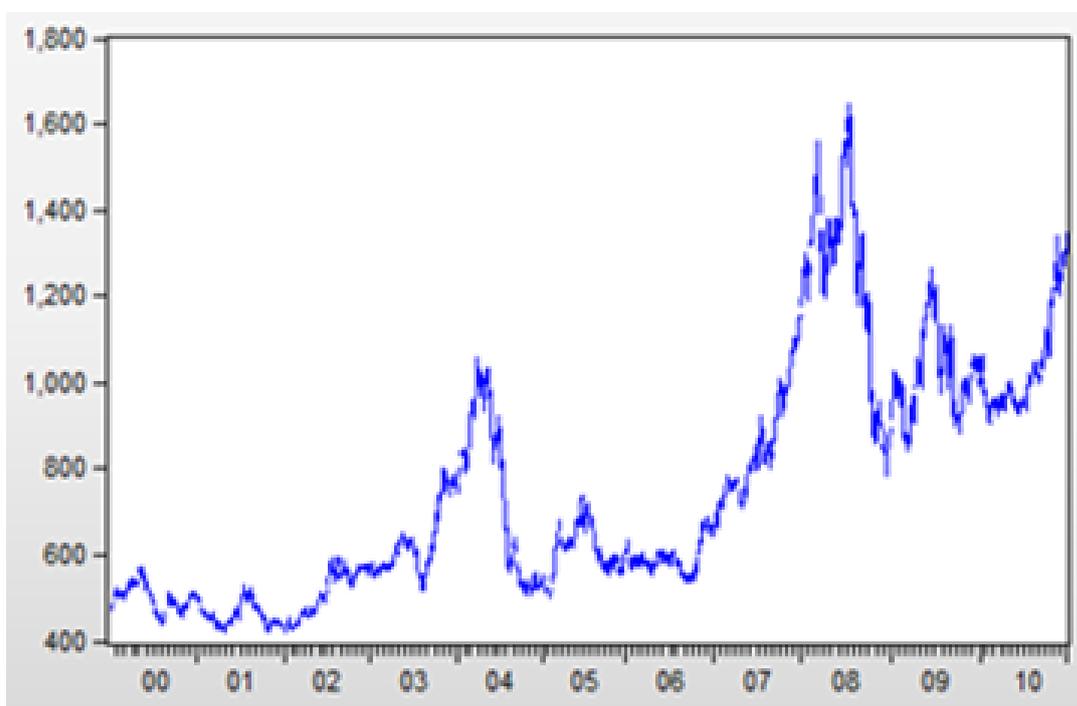
資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 1. 糧食(小麥)期貨價格歷史走勢 (X 軸表示時間，Y 軸表示價格)



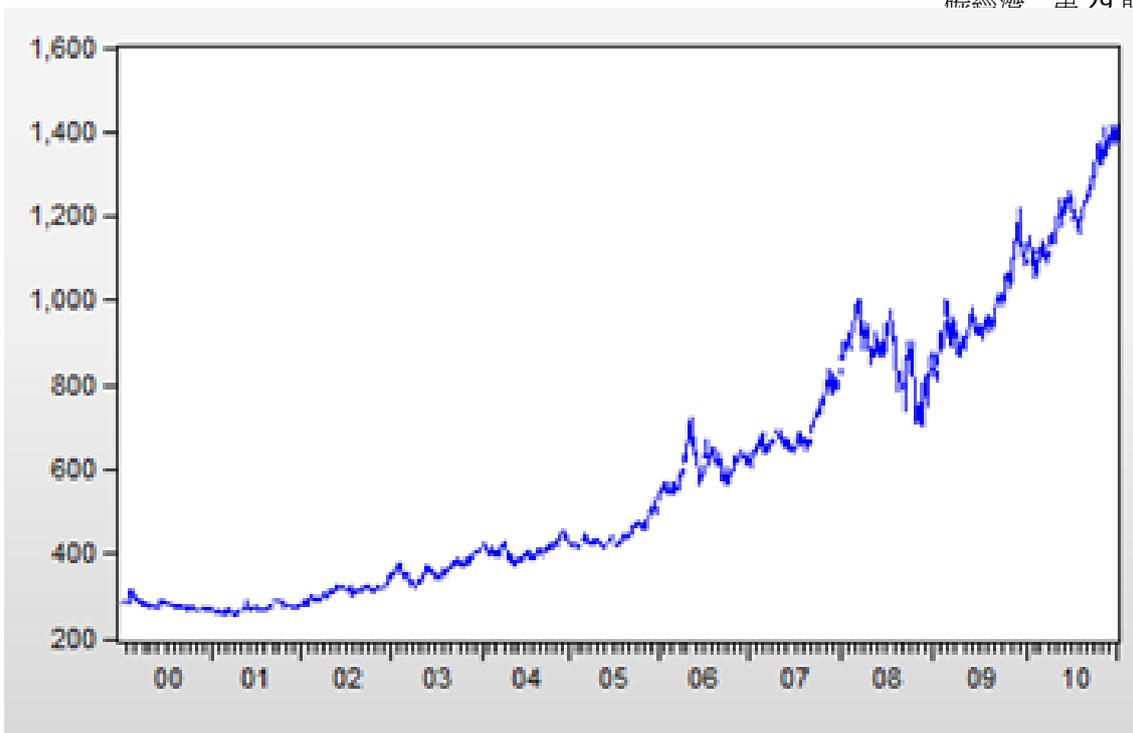
資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 2. 糧食(玉米)期貨價格歷史走勢 (X 軸表示時間, Y 軸表示價格)



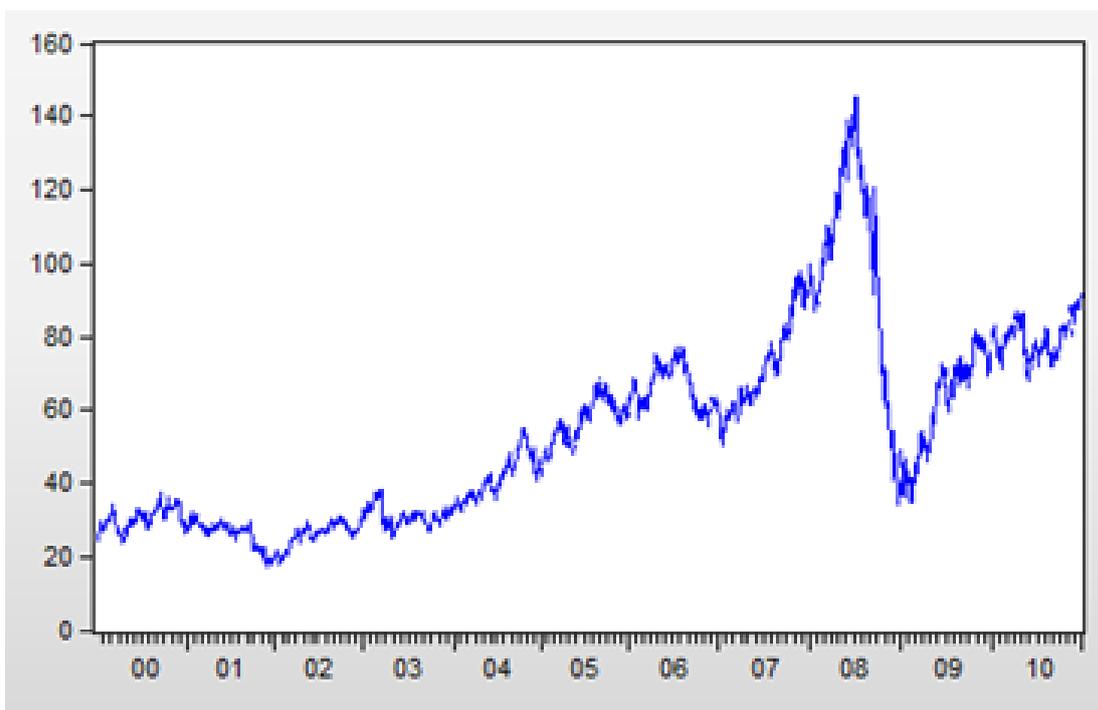
資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 3. 糧食(黃豆)期貨價格歷史走勢 (X 軸表示時間, Y 軸表示價格)



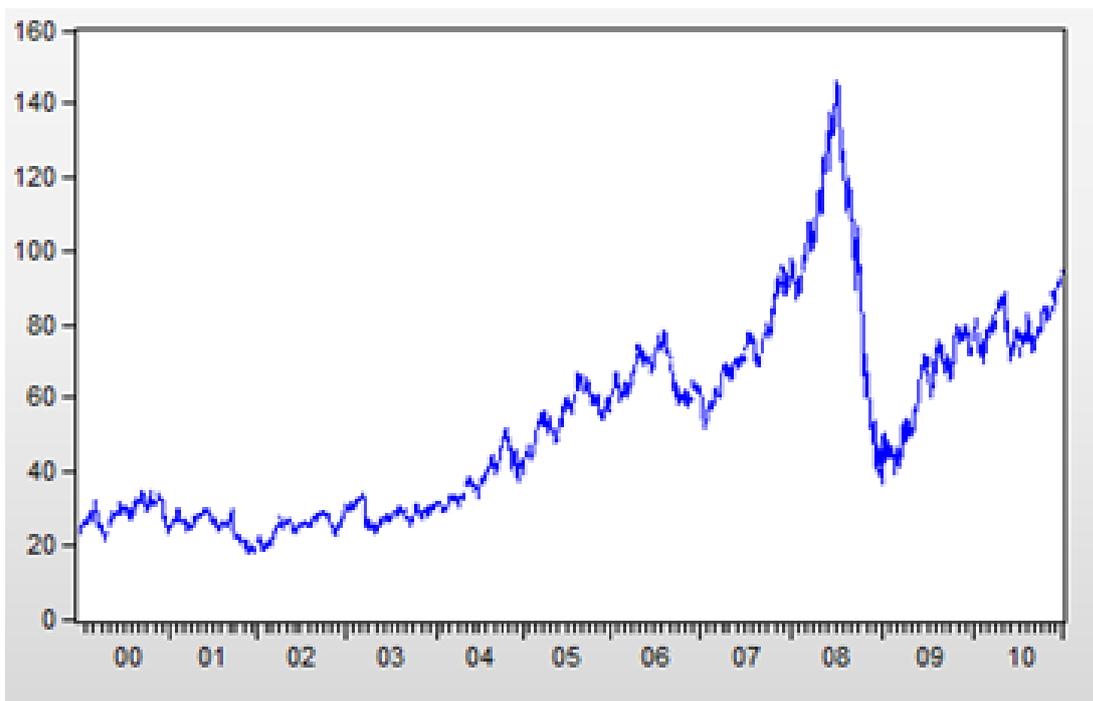
資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 4：黃金價格歷史走勢圖 (X 軸表示時間，Y 軸表示價格)



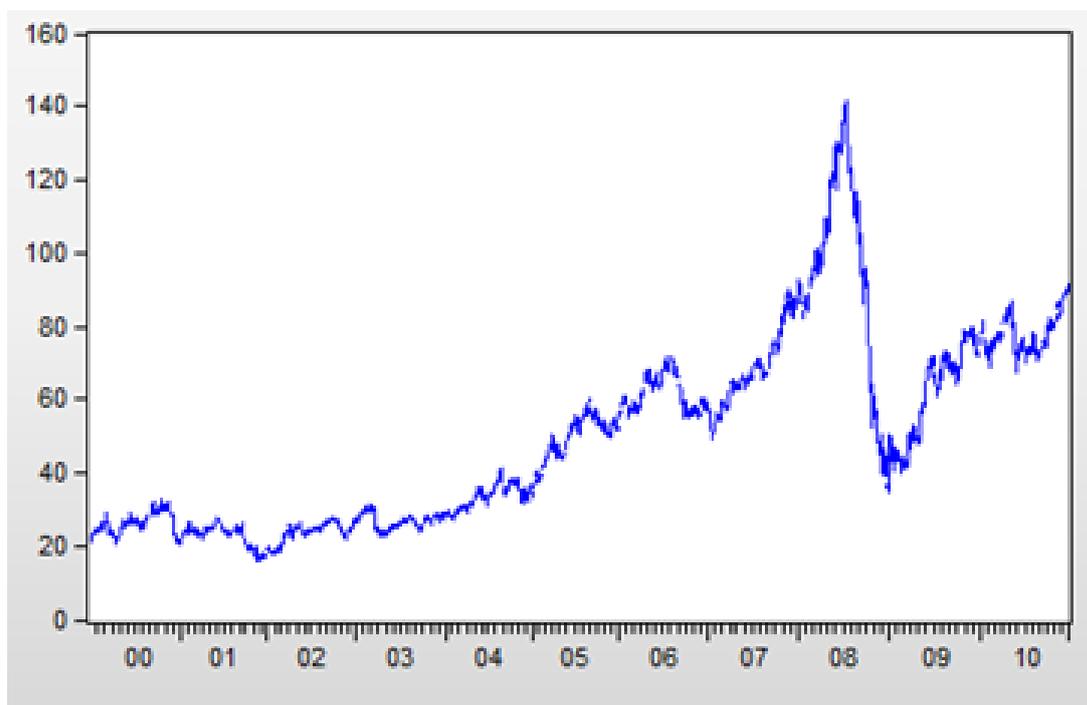
資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 5：原油價格(Westtx)歷史走勢圖 (X 軸表示時間，Y 軸表示價格)



資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 6：原油價格(Bulant)歷史走勢圖 (X 軸表示時間，Y 軸表示價格)



資料來源: Bloomberg 資料庫

圖 7：原油價格(Dubai)歷史走勢圖 (X 軸表示時間，Y 軸表示價格)

爲了避免假性迴歸 (spurious regression)，我們先利用 Augmented Dickey-Fuller (ADF)檢定及 Phillips-Perron (PP) 檢定來檢驗每一個時間序列變數資料是否存在單根(則爲非穩定時間序列資料)。表 1 及表 2 中之單根檢定結果顯示：每一個糧食期貨價格及黃金價格和石油價格皆非穩定的時間序列，所以做一階差分，差分後所有的數列就變成穩定的時間序列。因此，Granger 因果檢定可以檢驗這些一階差分後的數列之間的因果關係。

表 1. ADF 單根檢定

變數	Wheat	Corn	Soybean	Gold	Westtx	Bulant	Dubai
t-Statistic	-1.337338	-0.383508	-0.810122	1.423023	-1.345916	-1.048586	-1.009413
Prob	0.6142	0.9096	0.8156	0.9991	0.6101	0.7377	0.7520
一階差分							
變數	Wheat	Corn	Soybean	Gold	Westtx	Bulant	Dubai
t-Statistic	-50.73235	-49.74684	-50.69337	-50.55516	-54.61816	-54.16748	-53.82136
Prob	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***

註：***表示 1%顯著水準下拒絕具有單根的虛無假設。

表 2. PP 單根檢定

變數	Wheat	Corn	Soybean	Gold	Westtx	Bulant	Dubai
t-Statistic	-1.273211	-0.471801	-0.913221	1.677176	-1.248667	-1.013216	-0.982888
Prob	0.6441	0.8942	0.7846	0.9997	0.6553	0.7506	0.7613
一階差分							
變數	Wheat	Corn	Soybean	Gold	Westtx	Bulant	Dubai
t-Statistic	-50.74828	-49.75561	-50.72804	-50.63692	-54.68452	-54.14608	-53.82058
Prob	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***

註：***表示 1%顯著水準下拒絕具有單根的虛無假設。

由上述單根檢定結果顯示，所有的時間序列數據列都有單根的存在，但在一階差分之後就沒有單根存在了。將一階差分之後取得的數據，然後再做 Granger 因果檢定，檢定中設定最適落後期爲 24 (交易日)，Granger 因果檢定的結果爲未來糧食價格與黃金價格及石油價格的變化的因果關係。

根據 Granger 因果關係檢定的結果列於表 3 中。實證結果顯示，將糧食期貨價格(包括：小麥、玉米、黃豆)與黃金期貨價格及石油期貨價格(紐約原油、布蘭特原油、杜拜原油) 這七種資源相互交叉做分析，分析結果顯示這七種資源的期貨價格間皆具有雙向因果關係，也就是說小麥、玉米、黃豆、黃金及石油都相互具有解釋能力。

表 3. Granger 因果關係檢定結果

虛無假設	F 統計量	P 值	結果
Δ BULANT does not Granger Cause Δ CORN	2.33921	0.0002***	拒絕
Δ CORN does not Granger Cause Δ BULANT	15.2070	< 0.0001***	拒絕
Δ BULANT does not Granger Cause Δ DUBAI	4.38931	< 0.0001***	拒絕
Δ DUBAI does not Granger Cause Δ BULANT	21.2614	< 0.0001***	拒絕
Δ BULANT does not Granger Cause Δ GOLD	1.96778	0.0033***	拒絕
Δ GOLD does not Granger Cause Δ BULANT	17.4558	< 0.0001***	拒絕
Δ BULANT does not Granger Cause Δ SOYBEAN	19.8087	< 0.0001***	拒絕
Δ SOYBEAN does not Granger Cause Δ BULANT	1.98356	0.003***	拒絕
Δ BULANT does not Granger Cause Δ WESTTX	7.30072	< 0.0001***	拒絕
Δ WESTTX does not Granger Cause Δ BULANT	185.216	< 0.0001***	拒絕
Δ BULANT does not Granger Cause Δ WHEAT	1.74951	0.0135**	拒絕
Δ WHEAT does not Granger Cause Δ BULANT	9.53387	< 0.0001***	拒絕
Δ CORN does not Granger Cause Δ DUBAI	9.32426	< 0.0001***	拒絕
Δ DUBAI does not Granger Cause Δ CORN	3.00499	< 0.0001***	拒絕
Δ CORN does not Granger Cause Δ GOLD	2.97893	< 0.0001***	拒絕
Δ GOLD does not Granger Cause Δ CORN	2.05743	0.0018***	拒絕
Δ CORN does not Granger Cause Δ SOYBEAN	42.3248	< 0.0001***	拒絕
Δ SOYBEAN does not Granger Cause Δ CORN	1.83205	0.0081***	拒絕
Δ CORN does not Granger Cause Δ WESTTX	15.6293	< 0.0001***	拒絕
Δ WESTTX does not Granger Cause Δ CORN	2.29468	0.0003***	拒絕
Δ CORN does not Granger Cause Δ WHEAT	4.68193	< 0.0001***	拒絕
Δ WHEAT does not Granger Cause Δ CORN	3.66533	< 0.0001***	拒絕
Δ DUBAI does not Granger Cause Δ GOLD	2.97740	< 0.0001***	拒絕
Δ GOLD does not Granger Cause Δ DUBAI	9.65192	< 0.0001***	拒絕
Δ DUBAI does not Granger Cause Δ SOYBEAN	10.9229	< 0.0001***	拒絕
Δ SOYBEAN does not Granger Cause Δ DUBAI	2.59179	< 0.0001***	拒絕
Δ DUBAI does not Granger Cause Δ WESTTX	3.05871	< 0.0001***	拒絕
Δ WESTTX does not Granger Cause Δ DUBAI	48.9419	< 0.0001***	拒絕
Δ DUBAI does not Granger Cause Δ WHEAT	1.72307	< 0.0001***	拒絕
Δ WHEAT does not Granger Cause Δ DUBAI	5.51366	< 0.0001***	拒絕
Δ GOLD does not Granger Cause Δ SOYBEAN	5.61203	< 0.0001***	拒絕
Δ SOYBEAN does not Granger Cause Δ GOLD	2.10483	0.0013***	拒絕
Δ GOLD does not Granger Cause Δ WESTTX	18.4456	< 0.0001***	拒絕
Δ WESTTX does not Granger Cause Δ GOLD	2.02586	0.0023***	拒絕
Δ GOLD does not Granger Cause Δ WHEAT	2.002	0.0027***	拒絕
Δ WHEAT does not Granger Cause Δ GOLD	2.02028	0.0024***	拒絕

△SOYBEAN does not Granger Cause △WESTTX	2.24835	0.0005***	拒絕
△WESTTX does not Granger Cause △SOYBEAN	17.9033	< 0.0001***	拒絕
△SOYBEAN does not Granger Cause △WHEAT	2.18101	0.0008***	拒絕
△WHEAT does not Granger Cause △SOYBEAN	18.7463	< 0.0001***	拒絕
△WESTTX does not Granger Cause △WHEAT	1.74528	0.0138**	拒絕
△WHEAT does not Granger Cause △WESTTX	10.5859	< 0.0001***	拒絕

註 1.***表示 1%顯著水準，**表示 5%顯著水準。

註 2. △表示一階差分的平穩變數。

表 4. 個別變數間的衝擊反應

期數	dwheat	dcorn	dsoybean	dgold	dwesttx	dbulant	ddubai
1	7.873462	6.693562	8.302984	7.152509	3.391617	2.487228	2.884421
2	7.867592	6.687637	8.299042	7.154803	3.358689	2.436188	2.868796
3	7.868038	6.682044	8.147395	7.15643	3.347106	2.40654	2.848069
4	7.867592	6.687637	8.299042	7.154803	3.358689	2.436188	2.868796
5	7.868712	6.686218	7.912866	7.16077	3.335578	2.39639	2.843148
6	7.873596	6.689016	7.917003	7.163001	3.330707	2.396619	2.837572
7	7.876419	6.687713	7.916419	7.162638	3.320285	2.388145	2.832619
8	7.870923	6.689476	7.91501	7.162178	3.31551	2.389615	2.829694
9	7.871924	6.691667	7.918393	7.162172	3.316751	2.391996	2.82668
10	7.873609	6.694128	7.914883	7.16244	3.31922	2.389153	2.825253
11	7.859239	6.690104	7.913086	7.161245	3.318957	2.387764	2.824458
12	7.855804	6.687656	7.910408	7.161178	3.317248	2.38786	2.82239

衝擊反應分析是用來研究 VAR 模型中，當其中一個變數受到影響或衝擊時，其他變數對此衝擊反應的變化及正向或反向、持續性或跳動性及反應的快慢。

為了解糧食期貨與黃金、石油的價格之間的影响，故利用 VAR 的衝擊反應分析，來觀察變數之間的衝擊反應；其結果顯示，所有變數(小麥、玉米、黃豆、紐約原油、布蘭特原油、杜拜原油及黃金)皆呈互相正向反應，如表 4。

如圖 8 至 14 所示，所有期貨價格之間的關聯性很高。黃豆對其他糧食(小麥、玉米)及黃金都在第四期有較大的衝擊反應，對石油(紐約原油、布蘭特原油、杜拜原油)的部分較大的衝擊反應出現在第 2 期或第 3 期(交易日)，如圖 10；而石油(紐約原油、布蘭特原油、杜拜原油)對黃豆的反應較平穩之外，對其他六種資源的衝擊反應都在 1~3 期就呈現劇烈的反應，如圖 12、13、14 所示。

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

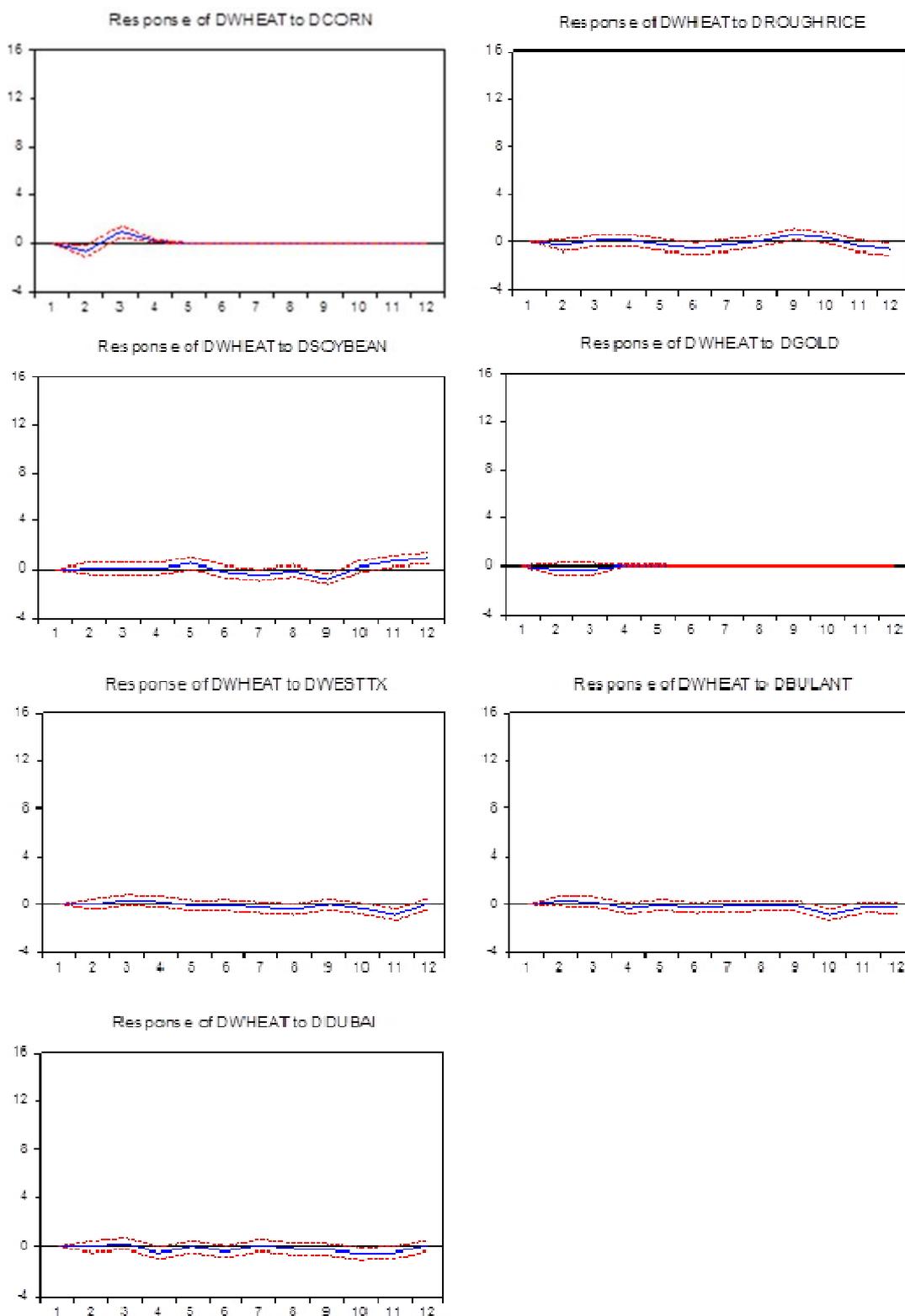


圖 8：小麥與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊的變化

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

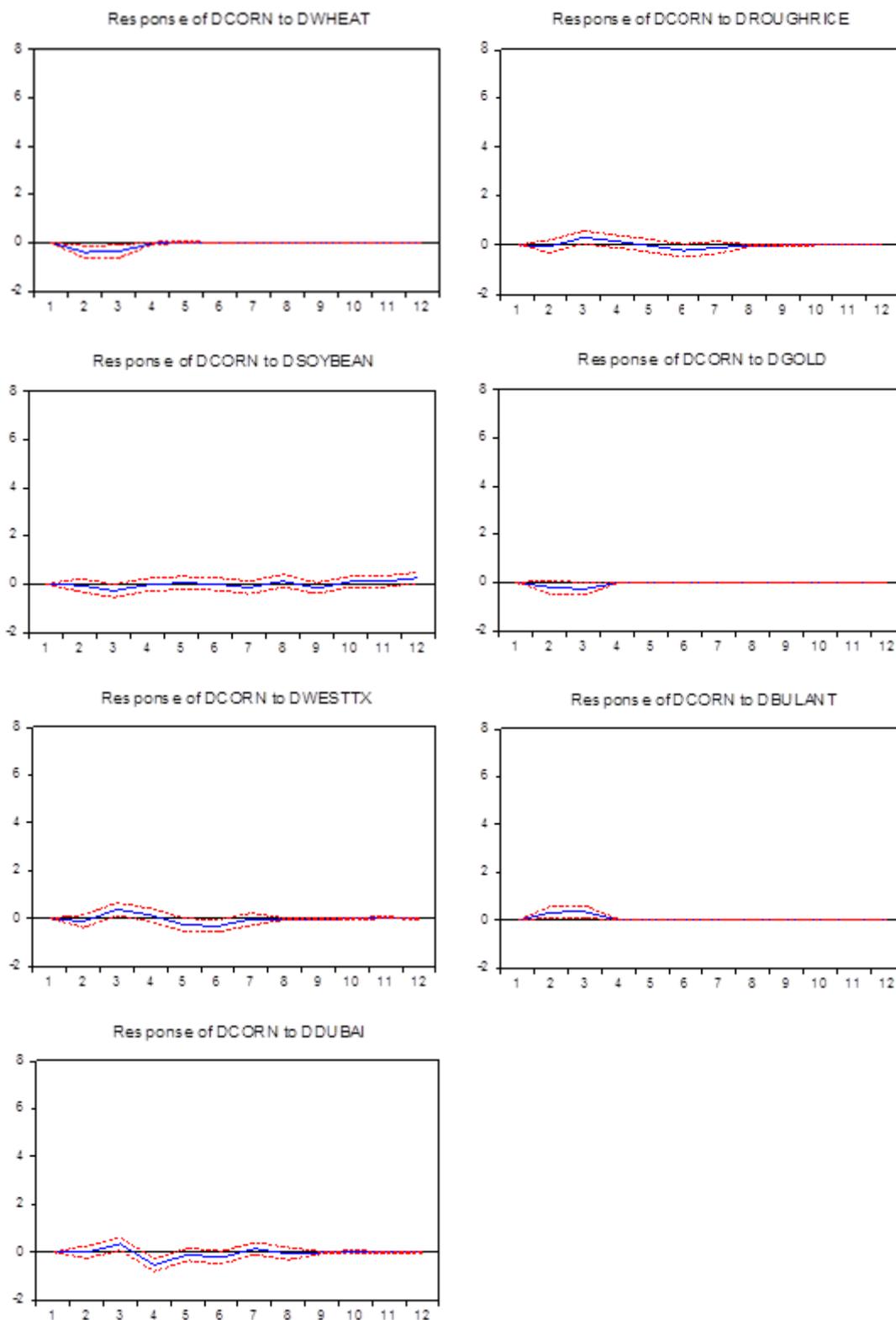


圖 9：玉米與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊的變化

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

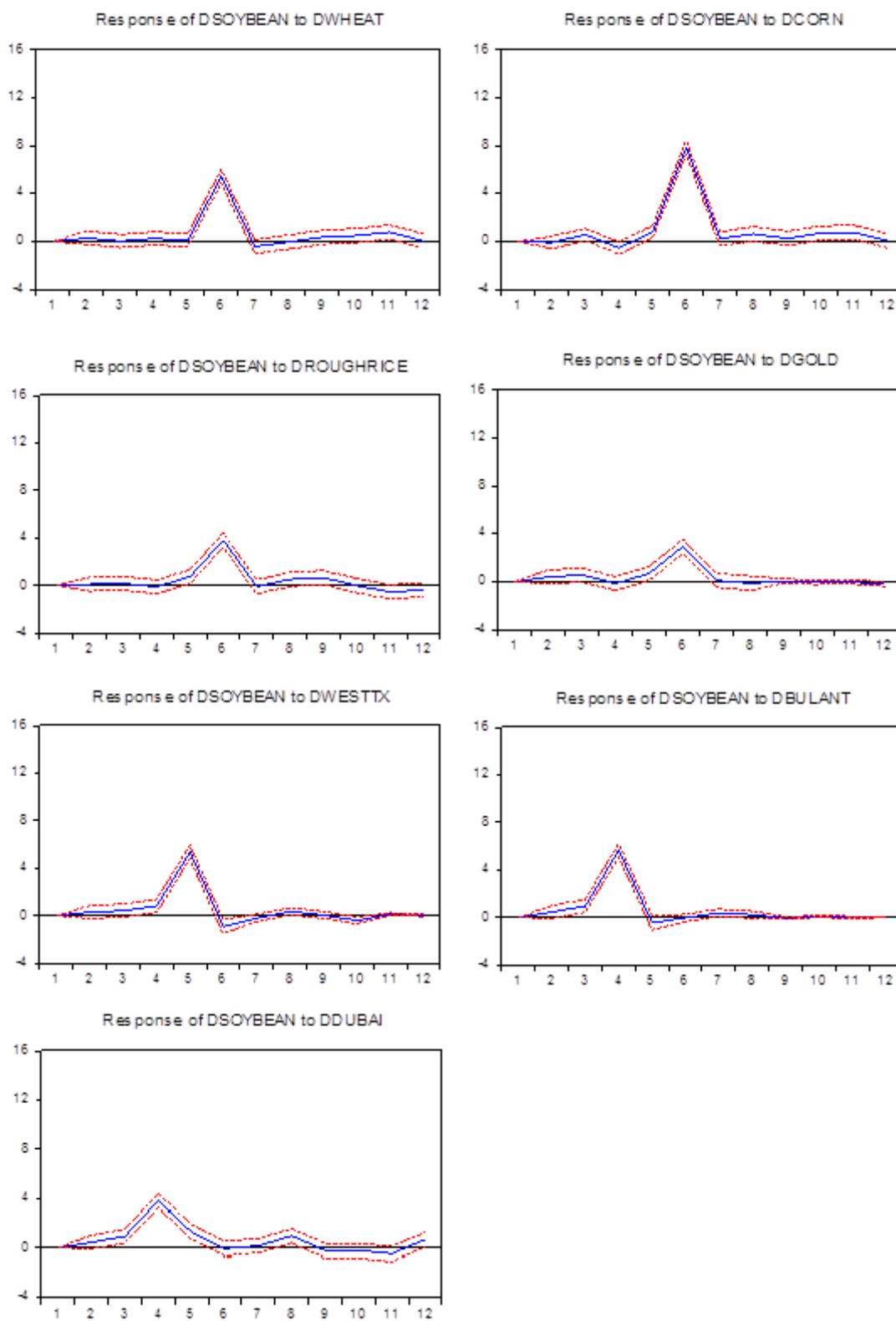


圖 10：黃豆與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊的變化

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

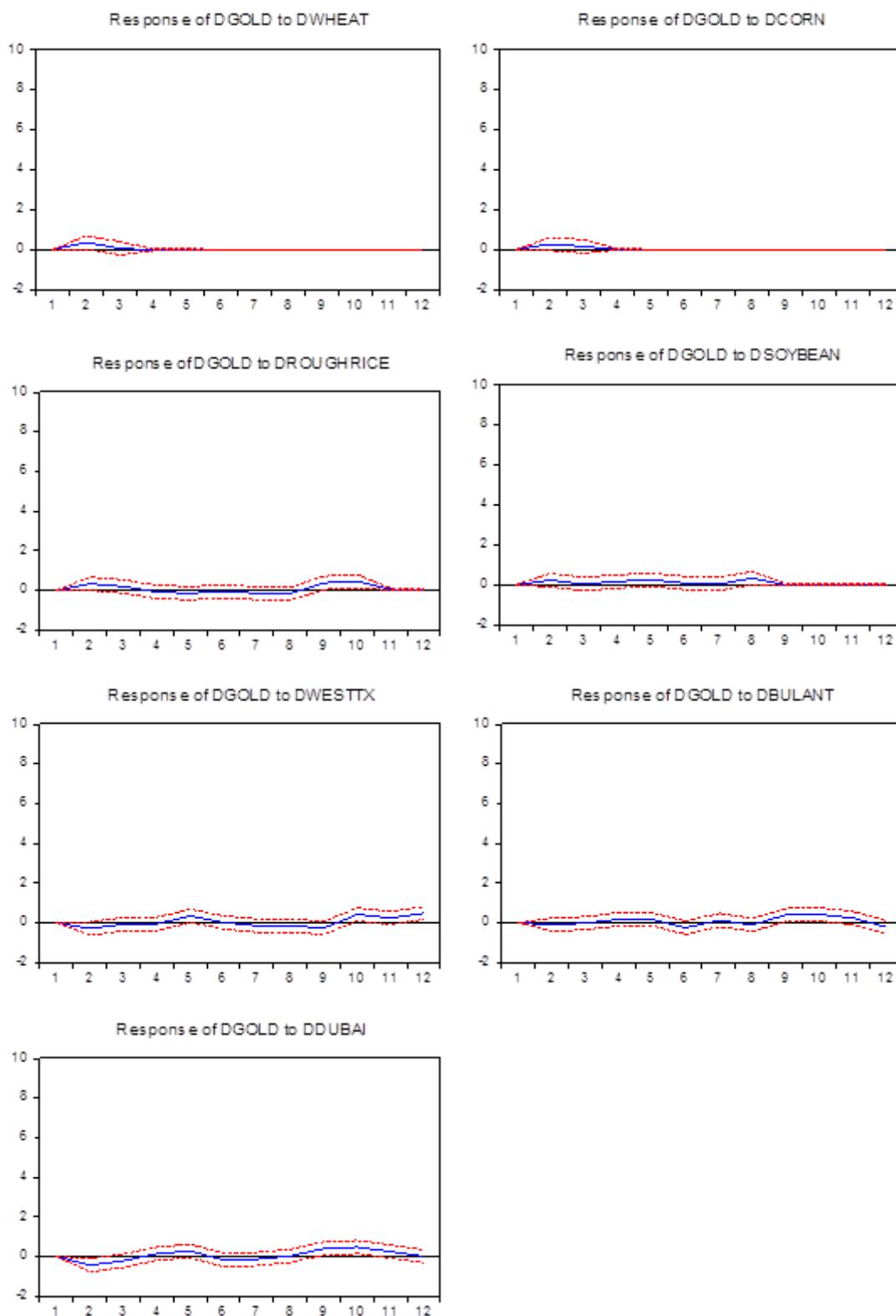


圖 11：黃金與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊的變化

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

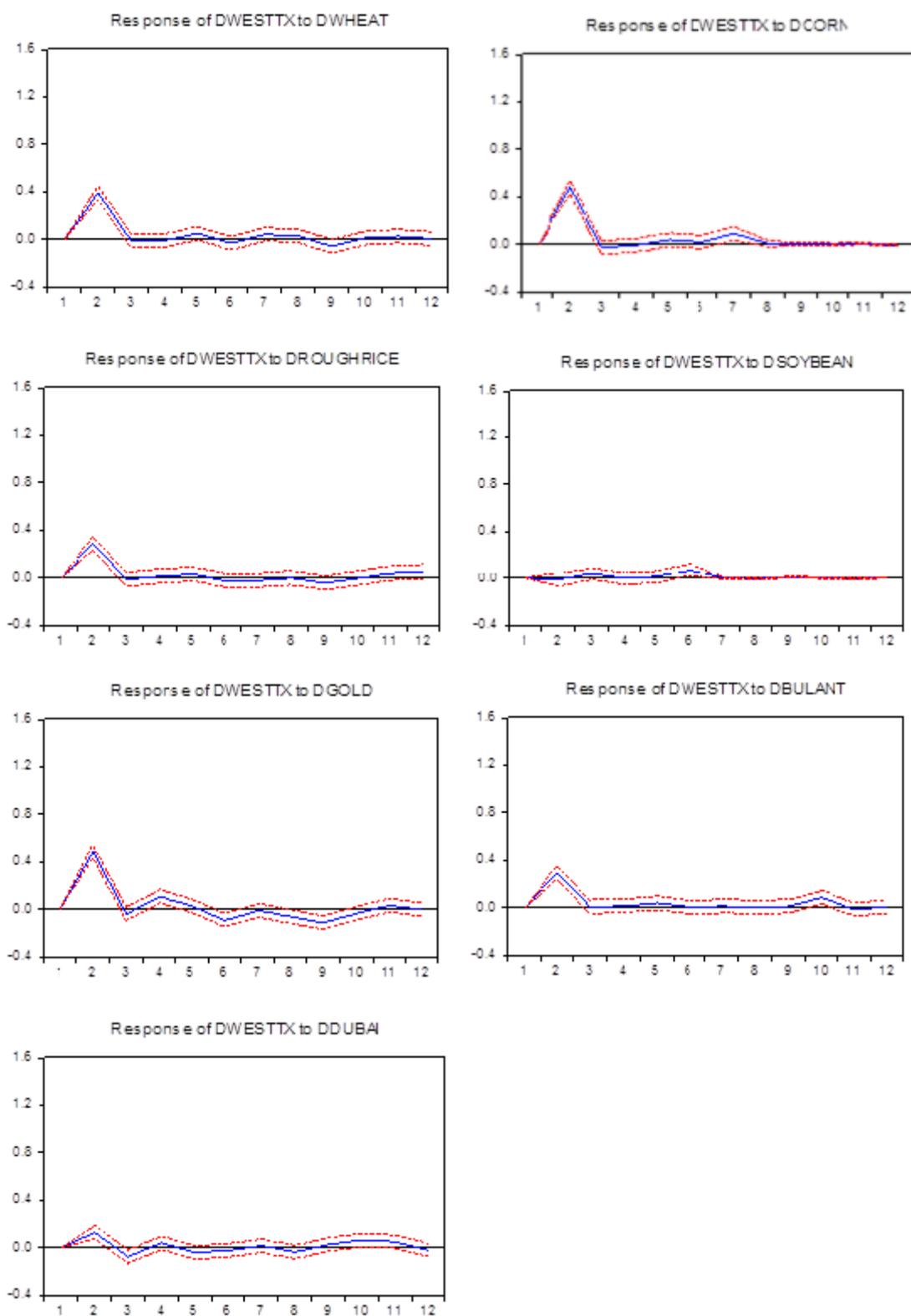


圖 12：紐約原油與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊變化

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

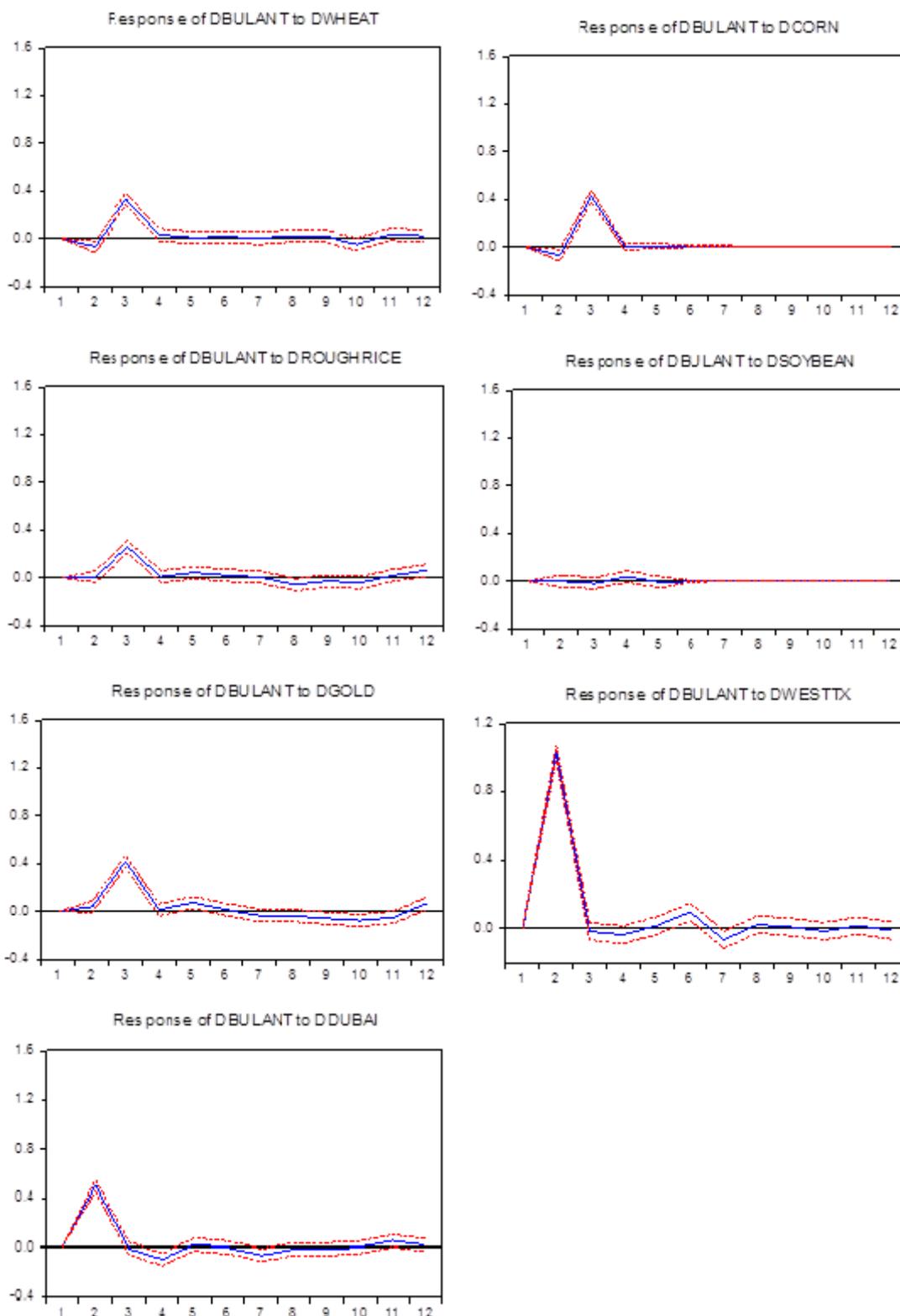


圖 13：布蘭特原油與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊變化

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.

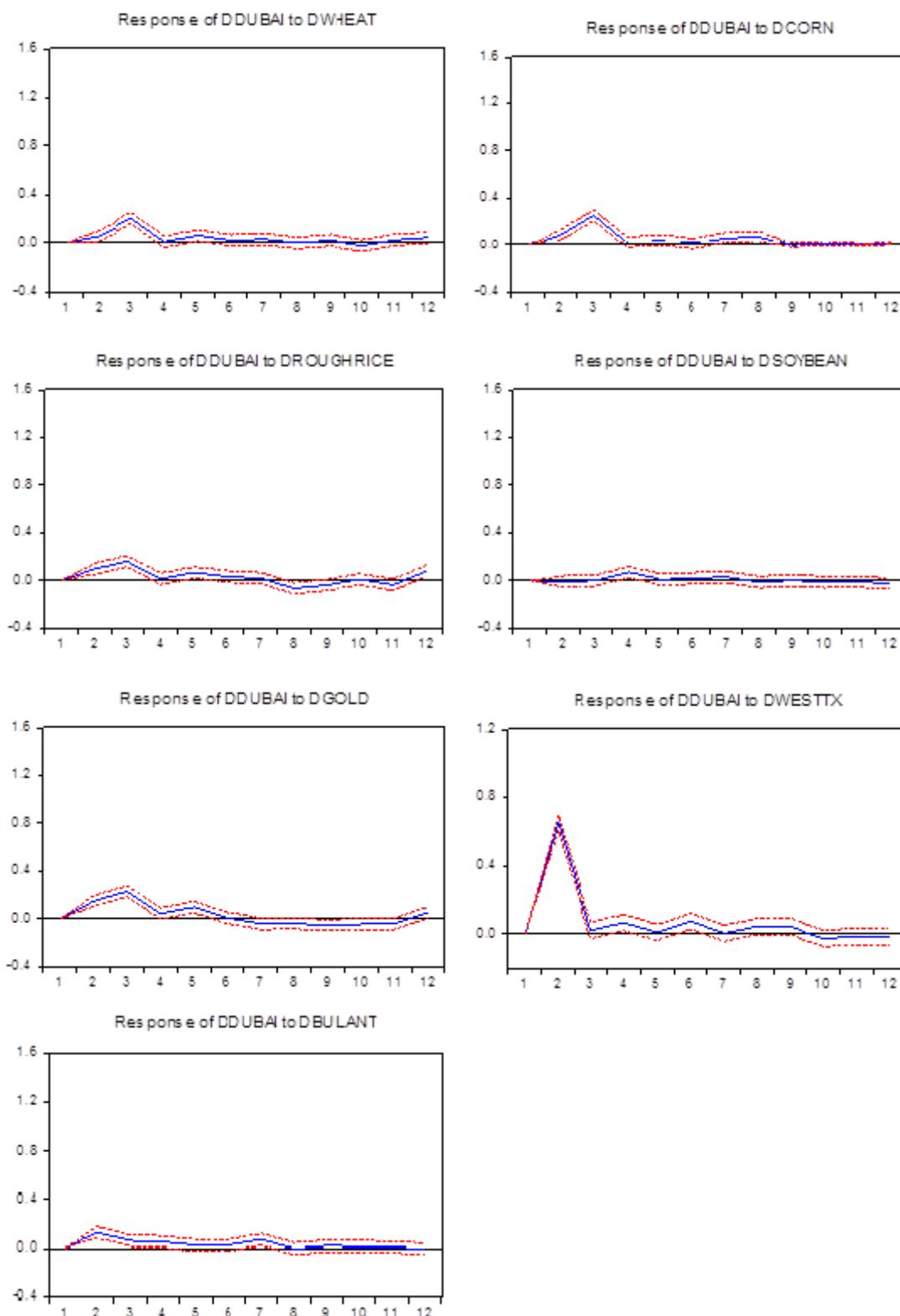


圖 14：杜拜原油與各變數的衝擊反應結果，X 軸表示期間，Y 軸表示衝擊的變化

研究中最適落後期的選擇是利用 SBIC 準則，將所有落後期數的模型中，選擇最小的數值的模型作為最適落後期的模型。其結果為最適落後期皆沒有出現在第 3 期、第 8 期及第 10 期，小麥與玉米及黃金最適落後期在第 2 期；玉米與黃金的最適落後期在第 2 期，玉米與紐約原油的最適落後期在第 6 期，玉米與布蘭特原油的最適落後期在第 2 期，玉米與杜拜原油的最適落後期在第 7、11 期；黃豆與黃金的最適落後期在第 7 期，黃豆與紐約原油的最適落後期在第 5 期，黃豆與布蘭特原油的最適落後期在第 4 期。

五、結論

世界上的自然資源有限，而全球經濟仍持續成長，帶動對自然資源的需求上升，使得糧食與能源的價格在中長期下呈現上漲的趨勢。本研究探討糧食期貨與黃金價格及石油價格之間的關聯性，採用時間序列方法，包括：單根檢定、Granger 因果關係檢定、衝擊反應來進行分析，資料選取期間為 2000 年 1 月至 2010 年 12 月 31 日。主要實證結果如下：

Granger 因果關係檢定發現，小麥、玉米、黃豆、黃金、石油，相互之間皆有因雙向因果關係，衝擊反應也證實，所有的資源之間關聯性都很高，即使從各個資源的歷史價格走勢來看，如圖 1 到 7 所示：2008 年所有的資源價格都來到高點，但因金融海嘯的發生造成所有的資源價格大幅下跌，但就長期趨勢來看，黃金隨著需求越來越多，若無法再找到蘊藏大量的黃金資源，那麼黃金價格勢必越來越高，即使有波動也只是短期的影響。

而雖然持續發現新的石油蘊藏以及油頁岩的提煉技術有所突破，但是石油也因為全球新興市場大幅崛起而被大量開採使用，再加上石油價格及產量受到控制，所以石油價格也是持續上揚。至於糧食的部分因為氣候異常的問題使得產量變少，再加上原物料供給不變但是需求增加，而部份的糧食被利用在替代能源的開發上，所以糧食的供給與需求會越來越失去平衡。在資源有限的環境下，所有的資源價格不斷的往上漲，並開始對人類的生活造成影響。

我們對政府的建議為：糧食、石油、黃金這些資源對全球各國都是非常重要的，尤其台灣對石油的進口依賴度是非常高的，同時對小麥、玉米等大宗穀物的自給率非常低。且因為全球環境的變化，這些資源價格的波動明顯的對人類生活造成影響，例如：最近國內油、電價格雙漲已造成民眾生活上的壓力。而國際糧食也開始因為氣候異常導致供給不足所以部分出口國限制出口或價格上漲。這樣的結果長期會造成部分企業為了提高營利收入會開始裁減人員，導致一連串的惡性循環。我國產官學界宜針對有較高產量、產期較短的作物進行研究。高仰賴能源進口的我國積極發展替代能源，例如：風力發電、太陽能發電等。相對於美元，幾乎所有的資源的價格呈現同向變動，政府基金的配置策略上建議可以分批進場佈局。

我們對投資人的建議為：糧食、石油、黃金的期貨價格之間都有雙向 Granger 因果關係，尤其在資源有限但需求增加的情況下，原物料的價格將會持續往上漲，糧食、石油、黃金的期貨價格都有相關性。在資源有限的情況下，原物料的價格會持續往上漲，所以對於資源、能源的投資，乃至有效率的使用，應該都要能及早佈局。

綜合以上所述，資源價格在中長期下多呈現同向的變動，且相對於美元呈上漲的趨勢。就資產配置的角度而言，我國產官界宜儘早進行全球資源佈局。除了掌握穩定的海外供給來源外，宜適度提高自產能源及糧食的比例，並促進資源的有效率利用。

致謝

作者感謝期刊主編黃宗煌教授及一位匿名審查人的修改寶貴意見，以及台灣綜合研究院研一所李涵茵研究員對國際資源價格走勢預測的經驗分享。本論文初稿寫作期間承蒙國科會研究計畫部分經費補助 (NSC99-2410-H-009-063)，特此申謝。交通大學經營管理研究所碩士生曾怡瑄同學協助本篇論文之校訂，在此一併致謝。

參考文獻

- 余佳昇(2006)，「油價、金價及英鎊兌美元匯率報酬之共移性與外溢效果」，中原大學國際貿易研究所碩士論文。
- 胡均立、高志宏、黃旭淳 (2007)，「國際原油價格對台灣總體經濟變數之影響」，《能源季刊》，第 37 卷第 2 期，104-121 頁。
- [楊長霏 \(2005\)，「以向量自我迴歸模式探討台灣股價及國際油價之關聯性」，南華大學管理科學研究所碩士論文。](#)
- 謝鎮州(2005)，「股票、黃金與原油價格互動關係之研究-以台灣為例」，逢甲大學經濟研究所碩士論文。
- Akaike, H. (1987), "Special Section Factor Analysis and AIC," *Psychometrika*, 52(3), 317-332.
- Brown, S. P. A. & Yücel, M. K. (1999), "Oil Prices and U.S. Aggregate Economic Activity: A Question of Neutrality," *Economic and Financial Review*, Federal Reserve Bank of Dallas (Second Quarter), 16-23.
- Chan, K. (1992), "A Further Analysis of the Lead-Lag Relationship between the Cash Market and Stock Index Futures Market," *Review of Financial Studies*, 5(1), 123-152.

- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J. & Ranases, A. (1995), "World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations," Agricultural Economic Report, No. 703, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979), "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root," *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981), "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root," *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Gorton, G.B. & Rouwenhorst, K. G. (2005), "Facts And Fantasies about Commodity Futures," *Financial Analysts Journal*, 62, 47-68.
- Granger, C. W. J. (1966), "The Typical Spectral Shape of an Economic Variable," *Econometrica*, 34(1), 150-161.
- Granger, C. W. J. & Newbold, P. (1974), "Spurious Regressions in Econometrics," *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Granger, C. W. J. (1981), "Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification," *Journal of Econometrics*, 16, 121-130.
- Granger, C. W. J. (1988), "Some Recent Developments in a Concept of Causality," *Journal of Econometrics*, 39, 199-211.
- Guo, H. & Kliesen, K. L. (2005). "Oil Price Volatility and U.S. Macroeconomic Activity," [Review](#) of Federal Reserve Bank of St. Louis, Issue Nov., 669-684.
- Hsiao, C. (1981), "Autoregressive Modeling and Money-Income Causality Detection," *Journal of Monetary Economics*, 7(1), 85-106.
- Hu, J. L., Fang, C. Y. & Kuo, T. H. (2009), "Linkage of Global Raw Material Prices and Taiwan's CPI Level," *Empirical Economics Letters*, 8(3), 261-270.
- Hubbert, M.K. (1982). *Techniques of Prediction as Applied to Production of Oil and Gas*, Washington, D.C.: US Department of Commerce, NBS Special Publication No. 631.
- Kang, J. S., Hu, J. L., Chen, C. W., "Linkage between International Food Commodity Prices and the Chinese Stock Market," Working Paper, Hsinchu: National Chiao Tung University.
- Phillips, P. C. B. & Perron, P. (1988), "Testing for a Unit Root in Time Series Regression," *Biometrika*, 75(2), 335-46.
- Rosenzweig, C. & Parry, M. L. (1994), "Potential Impact of Climate Change on World Food Supply," *Nature*, 367, 133-138.

- Schwarz, Gideon E. (1978). "Estimating the Dimension of a Model". *Annals of Statistics*, 6, 461–464.
- Schwert, G. W. (1989), "Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation," *Journal of Business & Economic Statistics*, 7(2), 147-159.
- Sims, C. A. (1980), "Macroeconomics and Reality," *Econometrica*, 48(1), 1-48.
- Sardorsky, P. (1999), "Oil Price Shocks and Stock Market Activity," *Energy Economics*, 21, 449-469.
- Yeh, F. Y., Hu, J. L. & Lin, C. H. (2012), "Asymmetric Impacts of International Energy Shocks on Macroeconomic Activities," *Energy Policy*, 44(1), 10-22.

[參考網站]

美國彭博資訊公司 (Bloomberg) : <http://www.bloomberg.com>

國家政策委員會 : <http://www.npf.org.tw>

鉅亨網 : <http://www.cnyes.com>

Mondy DJ 理財網 : <http://www.moneydj.com/iquote/iQuoteChart.djhtm?a=FM200049>

StockQ 國際股市指數 : <http://www.stockq.org/m/america.php>

Yahoo 理財 : <http://tw.money.yahoo.com/>

台灣環境保護聯盟 : <http://www.tepu.org.tw>

行政院農業委員會 : <http://www.coa.gov.tw>

政策動態

✦ 經濟部提供資金協助太陽光電業者搶攻海外版圖

繼美國及歐盟區域對於中國大陸太陽光電產品提出雙反調查及制裁後，其他國家的太陽光電產品需求湧現。經濟部為協助我國業者掌握此一有利時機積極擴大海外市場，本(102)年度加碼提供各項資源，並於 5 月 17 日(五)上午舉辦「促進太陽光電海外市場出口研討會」，以使業者能清楚了解，充分申請利用。

為協助我國太陽光電業者更具國際競爭優勢，經濟部除了推動國發基金成立「綠能與產業設備輸出貸款」，協助提供海外太陽光電廠融資挹注外，更於 4 月 18 日公告「經濟部 102 年度協助太陽光電業者擴大海外市場補助作業要點」，補助項目包括「開拓海外市場商機補助」金額最高新臺幣 3 萬元、「臺灣太陽光電產業品牌推廣補助」金額最高新臺幣 5 萬元、補助業者參與國外太陽光電展覽及刊登有助於臺灣產品宣導廣告費用，「太陽光電產業出口聯盟運作補助」金額最高新臺幣 100 萬元，促進產業合作或結盟建立國際競爭能力、「融資利息補助」金額最高為貸款金額千分之五，提供國外設置案件資金協助，促使國內金融業者投入融資。

「促進太陽光電海外市場出口研討會」中將介紹目前較值得關注地區的投資環境，並讓國內業者快速了解赴海外拓展市場的補助內容及申請辦法，期鼓勵業者能積極尋找策略合作夥伴，以出口聯盟的模式共同開發國外市場。

由經濟部能源局啟動的「太陽光電擴大海外市場行動計畫」已見成效。透過該計畫，能源局歐嘉瑞局長已於去(101)年率團赴日拓銷並促成商機達新臺幣 30 億元；後續並規畫於 5 月底與外交部共同合作舉辦「中東地區高層訪問團」，協助國內業者能加速切入中東地區太陽能市場，與中東各國重要太陽光電主管機關與業者建立合作關係，取得中東電廠設置之合作商機。能源局也特別提醒，符合申請資格參與 5 月底經濟部能源局與外交部合作之「中東地區高層訪問團」活動業者，亦可向經濟部能源局申請「開拓海外市場商機補助」。歡迎有需求的業者盡早洽詢申請，以為爭取海外市場版圖作好更萬全的準備。

資料來源：經濟部能源局

✦ 車輛耗能核章電子化作業系統啟動

為便利民眾與業者辦理車輛耗能核章之申請作業，達到省時、省力、省紙的目標，經濟部能源局已於今日啟動「車輛耗能核章」電子化作業系統，估計全年可節省申請廠商 1 萬小時工作時間，並省紙 5 萬張以上，提升核章品質與行政效率。

能源局表示，我國交通部、環保署及能源局對於出廠車輛要求依相關規定執行必要管制措施，能源局依據「車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法」規定，對於廠商製造或進口之汽(柴)油引擎之小客車(轎式、旅行式)、小貨車(總重量在 2500 公斤以下)、小客貨兩用車及小客車(非轎式、非旅行式)、機器腳踏車均要求須符合耗用能源標準，未達耗能標準的車輛不准進口或在國內銷售；由於國內進口車輛數量龐大，能源局依法對於通過管制標準的進口車輛須進行耗能證明確認核章註記，以便車輛辦理後續申請牌照事宜。

為落實行政院「行政革新」方案，進行業務創新、改良與簡化，提供更便民與快捷的服務，相關車輛耗能證明申請與核章工作，將透過車輛耗能證明核發與核章管理電子化系統(網站 <https://energycert.itri.org.tw/> 首頁如圖示)提供民眾更快更好的服務。

能源局表示，在電子化申請核章業務啟動後，未來廠商無需臨櫃辦理進口車核章業務，立即減少臨櫃的交通往返時間與金錢開銷、臨櫃相關表單填寫與審核等待時間，估

計全年可節省廠商人力至少 1 萬人時，且透過電子化表單可節省相關紙張表單的消耗，並可降低錯誤發生；此外，廠商 24 小時可隨時準備電子化資料上網申請核章業務，並透過核章單位的電子郵件通知，可即時掌控審核結果，進行後續車輛領牌作業，廠商並可透過網站進行核章進度查詢，掌握交車時間，減少交車爭議。

資料來源：經濟部能源局

✦ 經濟部 102 年度太陽光電競標容量目標 90,000 瓩順利達成

經濟部 102 年太陽光電第 1、第 2 及第 3 期競標分別於 102 年 2 月 6 日、3 月 20 日及 4 月 24 日開標，分別得標容量 29.6MW、31.8MW 及 28.6MW，已順利達成 102 年太陽光電競標容量目標。

其中 102 年第 3 期太陽光電發電設備競標作業，於 4 月 24 日進行開標，計有 108 件得標，總計容量 28,579 瓩，其中屋頂型 107 件得標，合計容量為 28,568 瓩；地面型 1 件得標，容量為 11 瓩。

經濟部能源局表示，第 3 期競標申請案件熱烈，經審查符合競標資格者計 245 件，總容量共 60,801 瓩。因 102 年競標容量扣除第 1 期及第 2 期得標容量後，剩餘容量為 28,536 瓩，爰本期得標容量上限為 28,536 瓩。

開標作業開放參加競標者親臨現場觀看，決標方式按折扣率由高至低順序排列，依次選取。另加計最末件得標者容量餘額 43 瓩，總計得標容量為 28,579 瓩，平均得標折扣率為 10.59%。未來得標業者適用之太陽光電躉購費率按其完工時公告費率扣除其折扣額度計之，即公告費率 $X(1-\text{業者投標之折扣率})$ 。

經濟部能源局進一步表示，102 年太陽光電競標已順利達成 90,000 瓩競標容量目標，正進一步檢討提高 102 年目標量之可行性及續辦 102 年競標作業之時程及容量。至於免競標部分，採隨到隨審方式辦理，102 年仍有剩餘容量，有意申請設置者，歡迎依法提出申請。

資料來源：經濟部能源局

✦ 確保核安為不變原則，邁向非核家園需兼顧國家永續發展

隨著核四議題發酵，我國何時能實現非核家園已成為各界關切焦點。能源局說明，臺灣 98% 能源依賴進口，且屬未與其他國家電網相連之獨立電力供應系統，因此，在面臨發展日趨嚴峻的國際能源供需環境下，追求能源多元化以降低對進口能源的依賴、提升能源自主性，是確保我國能源安全的重要政策。而「沒有核安就沒有核電」，則是政府繼續使用核電的首要前提。

能源局強調，能源議題牽動能源安全、民生需求、產業發展、環境保護及永續發展等議題，而在面對傳統能源日益耗竭、國際能源情勢動盪、能源價格波動幅度加劇、全球氣候變遷衝擊，以及國內能源需求持續成長、能源開發計畫推動不易，甚至能源價格調整爭議下，我國能源政策必須以建構安全穩定、效率運用、潔淨環境之能源供需系統為目標。在這共同目標下，如何透過最適當的路徑與時程，同時兼顧能源安全、環境保護與經濟發展的 3E 均衡發展，是我們共同的挑戰。

能源局指出，實現「非核家園」是全民共同的目標，但在朝向非核家園方向邁進時，也需兼顧國家永續發展，避免國家競爭力被能源價格大幅變動，以及國際碳排放的規範所減損。因此，政府在「沒有安全就沒有核電」之不變堅持下，採取「穩健減核」政策，並在「確保不限電」、「維持合理電價」、「達成國際減碳承諾」原則下，規劃有步驟、有配套地穩健減核，包括從供給面低碳開源、穩定電力供應，以及從需求面節能減碳、降低電力需求。能源局最後強調，我國必須先營造有利非核之條件，以逐步降低對核能之

依賴，同時也能給予民生、經濟、產業足夠之調適時間，才能在對國家整體發展衝擊影響最小之情況下，建構低碳綠能發展環境，最終達成非核家園之目標。

資料來源：經濟部能源局

✦ 德國廢核，綠能面臨另類生態難題

德國明鏡周刊報導，梅克爾政府為達成在二〇二二年實現非核家園的目標，正全力發展再生能源；但在衝刺綠能的同時，卻導致若干地區的森林遭到大量砍伐，其中甚至包括被列為世界自然遺產的古老櫟木森林。保育人士認為，這已演成想要保護環境卻反而重創環境的矛盾現象。

發展再生能源，卻使得既有的自然森林遭到嚴重破壞，主要原因是：德國地方政府為興建再生能源的電力輸送網，必須伐除森林以便新的電網通過。同時，在綠能政策掛帥的形勢下，木材價格高漲奇貨可居，國營林業公司或為了巨額利潤或純粹出於官僚心態，毫不心疼地伐除大片森林。

在綠能浪潮下，德國遭殃的不只是森林，還包括田野景觀和自然保護區的生態。諸如：為提高替代能源比重，不少草原和農田被改成玉米田，以生產「生質能源」；許多土地被轉為工業用地，以興建太陽能工廠，或種滿風車以生產風力發電。此外，由於玉米單一作物的大面積轉作，加上不少地方批准業者在自然保護區內架設風力發電廠，都導致自然生態的驟然改變，造成當地鳥類或其他物種難以適應而死亡。

作為全球非核家園的先驅和標竿，德國如何逐步實現「能源轉換」的目標，備受世人重視。也因此，德國在發展替代能源過程中遭遇的問題，不論正面或負面，對於落在後頭甚遠的台灣而言，在在值得借鏡。

至去年為止，德國再生能源占其總發電比率已達百分之廿，並計畫在二〇二二年將比重倍增為百分之四十。反觀台灣，雖然「再生能源發展條例」通過已經將近四年，但行政上缺乏實際相應作為，至今再生能源比率仍占不到百分之一；產業界並不積極，更遑論一般民眾對所謂的「綠能」根本一知半解。以觀念先進且技術成熟如德國，仍不免發生種種為發展再生能源而破壞環境的錯亂景象；若換成在台灣，在毫無宣導或準備的情況下，一旦貿然廢核，而後繼的綠色能源卻無法跟上，未來的紛亂恐難以想像。

發展再生能源來取代核能，是為了環境的永續經營；但為了生產綠能作物、興建綠能電廠及架設電網，卻必須改變生態，而使環境承受更大的壓力。這正是德國環保人士對梅克爾能源政策的質疑。

資料來源：綠色能源產業資訊網

✦ 拚節能 歐盟訂卡車新規

歐盟 4 月 15 日頒布卡車新規範，未來歐洲卡車車體應該比較長、比較圓、更符合空氣動力學，且要採納美國已經上路的創新發明，如此不僅能節省油耗，還能降低車禍率。

歐盟執委會估計，卡車新規範實施後，車主每年可節省約 5,000 歐元（6,600 美元）燃料成本。以傳統卡車每年行車里程 10 萬公里計算，落實新規範的卡車可減少 7% 到 10% 的排放量；此外，歐洲每年發生 300 到 500 件卡車撞死腳踏車騎士與行人意外，這項新提案也有助減少悲劇。

重裝載車輛有稜有角的磚塊外型影響駕駛人視野，多年來，代表卡車車禍受害者的活動團體不斷奔走要求改變。

歐洲道路事故受害人聯合會主席默西，呼籲儘快落實這種改變。他在聲明中說：「卡車在道路安全方面聲名狼藉，事實也正是如此，遭卡車正面撞擊，就像是撞向磚牆一樣。」

歐盟要贏得成員國與議會支持整個程序要花上約 18 個月，在卡車業者遊說反對的

同時，常常削弱了執委會提案的力量。但針對放寬既存法律的卡車車體長度限制，可以立即進行，由於車商設計周期長，未來可以提出相關規定。

一位要求不具名的執委會官員說，改型可能很快。他說，目前美國已經在使用所謂的「船型尾」卡車，也就是可以加到車輛後部的可收回折板。這種造型成本約 2,000 到 3,000 歐元（2,600 到 3,900 美元），但由於可節省燃料，成本一到兩年即可回收。

資料來源：綠色能源產業資訊網

✳ 日本政府開始實施小型家電回收法

日本政府為增加小型廢電子產品中金屬原料的回收率，於 2013 年 4 月 1 日開始實施廢棄小型電子產品回收再利用促進法，即小型家電回收法。

此規範之回收方式由地方政府和認定企業回收小型家電產品，再針對金屬原料如鐵、銅、鋰、鉑等進行資源化利用。

此規範之管制對象定義為在消費者日常所使用的家電產品中可有效收集及搬運，並能抑制回收利用所需成本的產品。

資料來源：產業永續發展整合資訊網

✳ 墨西哥政府嘗試推出綠色環保運輸

墨西哥城市平日交通流量大，每日街道上湧進 1,800 萬人口及 600 萬輛汽車，且根據墨西哥競爭力發展研究中心(Mexican Institute for Competitiveness) 研究報告顯示，墨西哥市的車輛平均車速每小時僅達 17 公里，造成交通阻塞與空氣汙染。

1992 年城市空氣品質只有 8 天為良好，被聯合國評為全世界空氣污染最嚴重的城市；且於 2011 年 IBM 駕駛痛苦指數(driver pain index)研究中被列為分數最低的城市。

為改善全球對墨西哥交通的印象，墨西哥政府耗資 20 億美元以紓緩交通問題，致力於成為環保模範城市，以下為政府的交通政策：

1. 將地鐵交通網擴至 12 線。
2. 補貼出租車汰舊換新以減少排放。
3. 實施自行車共享服務 Ecobici，並興建 1,000 個自行車停放站，採每年收取 24 美元費用，市民即可使用自行車。此計畫於 2010 至 2011 年已減少 105 噸碳排放。
4. 推動路邊停車管理計畫 ecoParq，針對 426 條街道給予更好的停車定價與管理，以減少尋找免費停車位的時間。
5. 建議大型的大學及中學，使用對環境友好的新巴士載運通勤學生。

當地時間 1 月 15 日，美國交通和發展政策學會授予墨西哥城市「2013 年永續發展交通獎」，以表揚墨西哥在過去一年於交通永續發展方面所做的努力與成效，包含快速公路系統、自行車與步行基礎設施、停車區域與公共區域的建設等。

資料來源：產業永續發展整合資訊網

✳ 美國 EPEAT 標章擴大產品認證範圍

EPEAT 全名又稱電子產品環境評估工具 (The Electronic Product Environmental Assessment Tool)，為政府與民間企業綠色採購的指標，評量電子產品是否具有良好環境績效，以協助企業、政府及消費者選擇購買更環保的產品。

EPEAT 於 2006 年 7 月正式實施，最初僅適用於電腦/顯示器等產品，依照自家產品符合環境績效指標項目(強制性項目與選擇性項目)的情況，分為金、銀、銅三個等級。

滿足 23 項基本環保性能標準即可註冊為銅級產品；達成其他 28 項選擇性標準之 50% 可註冊為銀級；達成 75% 者可註冊為金級產品。

於今年 2 月 12 日，在國會領導人、環保組織、製造業者、消費協會的活動上，EPEAT 宣布擴大產品註冊範圍，包含印刷機、複印機及其他影像設備，且必須滿足 33 項環保性能標準，才通過 EPEAT 認證。

目前，占全球影像設備市場 80% 以上的企業逐步註冊旗下所有產品，包含 Canon、Dell、Epson、HP、Lexmark、Ricoh、Xerox、Konica Minolta 及 Samsung。

市場上已有 5.33 億件獲 EPEAT 體系認證的產品售出，迄今已削減相當於美國 1,100 萬輛車全年所產生的溫室氣體排放量、減少超過 394,000 噸有毒廢棄物及近 167,000 噸的固體垃圾，相當於美國近 86,000 個家庭一整年的垃圾總量。

資料來源：產業永續發展整合資訊網

歐盟委員會發布廢塑膠產品綠皮書

塑膠用途廣泛，於 1950 年至 2008 年間，全球每年平均塑膠產品由 150 萬噸增加為 2.45 億噸，已成為全球消費性產品中不可缺少的一部分，但同時亦造成嚴重的環境污染問題。

廢塑膠產品不易被分解，導致固體廢棄物增加。若採焚化處理，將造成空氣污染；若流入海洋中，易發生生物誤食、中毒等問題，光蘇格蘭政府每年必須耗費 8 億台幣處理海洋塑膠污染。因此，減少使用塑膠產品是落實環境保護的重要工作，

目前，全球政府與企業皆紛紛提出因應方案來改善環境污染，如美國麻薩諸塞州康克爾鎮於 2013 年 1 月將販售一次性瓶裝水列為非法，最高罰金為 50 美元，希望鼓勵民眾使用自來水，降低全球性的塑膠污染問題。

歐盟委員會於 3 月 7 日發布廢塑膠產品綠皮書，介紹塑膠在工業生產過程中可發揮的空間，以及提高塑膠回收利用率對經濟增長的潛在效果。歐盟委員會將針對環境影響面公開諮詢及徵求意見，於 2013 年 6 月 7 日截止，並將結果列入 2014 年相關立法建議中。

資料來源：產業永續發展整合資訊網

紐約市政府推動綠色經濟發展計畫

美國紐約於 2013 年 1 月發布促進經濟發展計畫，有鑑於去年颶風珊迪(Hurricane Sandy)對紐約造成重大災情，此計畫將以發展綠色經濟及因應氣候變遷為基礎。

此經濟發展計畫主要任務包括：促進技術創新/轉移/商業化、提供相關就業訓練、投資綠建築/能源效率事業及強化公共建設等。相關策略如下：

1. 促進清潔生產技術轉移。
2. 因應環境危機。
3. 加強公共建設。
4. 加強監督與管理。

州政府將給予公共服務委員會(Public Service Commission)監督與執法權，以持續監管公共設施之維護與建造。

整體而言，紐約發布此次經濟發展計畫，主要係以重建紐約及改善相關公共設施為主，以降低未來天災帶來的損失。

資料來源：產業永續發展整合資訊網

會議資訊

國內會議：

- ✚ 2013 生質能源暨新世代科技學術研討會
主辦單位：修平科技大學能源與材料科技系
時間：102 年 5 月 23 日
地點：修平科技大學A0607 室
資訊：<http://www.emt.hust.edu.tw/2013ACBEST/>
會議主題：1.綠色科技 2.能源技術 3.化學、化工技術
- ✚ 2013 GTEA 綠色科技工程與應用研討會
主辦單位：國立勤益科技大學 化工與材料工程系(所)
時間：101 年 5 月 24 日
地點：國立勤益科技大學 工程館
資訊：<http://gtea2013.ncut.edu.tw/index.php>
會議主題：1.綠色材料 2.綠色化工與資源應用 3.綠色能源與環境 4.建築節能技術
5.綠色節能與冷凍空調 6.綠色設計與生活 7.綠色製造自動化 8.微奈米科技
- ✚ 2013 年第 14 屆永續發展管理研討會
主辦單位：國立屏東科技大學管理學院
時間：102 年 5 月 24 日
地點：國立屏東科技大學 管理學院（屏東縣內埔鄉學府路一號）
資訊：<http://abm.npust.edu.tw/sdm2013/>
會議主題：1. 農企業經營與管理 2.國際企業管理 3.生產與作業管理 4.行銷管理 5.
人力資源與組織管理 6.科技與研發管理 7.知識管理 8.財務管理 9.資訊
管理與電子商務 10.時尚設計與管理 11.餐旅與服務管理 12.城鄉、景觀
與遊憩管理 13.策略管理 14.創新與創業管理 15.決策分析與數量方法
- ✚ 節能績效量測與驗證人員訓練班
主辦單位：財團法人台灣綠色生產力基金會
時間：102 年 5 月 29 日
地點：國立科學工藝博物館 S107(高雄市三民區九如一路797號)
資訊：http://www.go-moea.tw/news_info.asp?id=677
會議主題：1.節能量測與驗證 2.ESCO 專案執行管理能力 3.節能績效驗證方法
- ✚ 微生物能暨廢棄物資源化結合應用論壇
主辦單位：國科會工程科技推展中心
時間：102 年 5 月 31 日
地點：宜蘭大學教稽八樓國際會議室
資訊：<http://niume.niu.edu.tw/people/bio.php?PID=13>
會議主題：1.微生物菌種及菌群群落結構 2.微生物燃料電池的模型 3.燃料電池極板
材質促進 4.微生物能源更進一步發展與應用

- ✚ **政府機關學校 ESCOs 訓練班**
 主辦單位：財團法人台灣綠色生產力基金會
 時間：102 年 6 月 7 日
 地點：國立科學工藝博物館 S107(高雄市三民區九如一路797號)
 資訊：http://www.go-moea.tw/news_info.asp?id=677
 會議主題：1.導入節能績效專案 2.量測與驗證方法 3.經驗分享
- ✚ **溫室氣體排放與能源流程圖研討會**
 主辦單位：台灣綜合研究院
 時間：102 年 6 月 18 日~19 日
 地點：臺大醫院國際會議中心 202 室(台北市中正區徐州路 2 號)
 資訊：<http://www.tri.org.tw/action/events.html>
 會議主題：1.溫室氣體排放統計方法 2.能源流程圖 3.溫室氣體排放統計與預測模型
- ✚ **2013 氣候變遷與能源永續發展論壇**
 主辦單位：財團法人台灣永續能源研究基金會、中國工程院能源與礦業工程學部、逢甲大學
 時間：102 年 7 月 29 日~30 日
 地點：逢甲大學
 資訊：<http://www.greenenergy.fcu.edu.tw/wSite/mp?mp=303103>
 會議主題：1.能源開發與利用技術 2.智慧電網與儲能技術 3.節能減碳新技術 4.再生能源技術與應用 5.企業永續與智慧綠建築
- ✚ **台灣國際太陽光電展覽會**
 主辦單位：外貿協會
 時間：102 年 10 月 30 日~11 月 1 日
 地點：台北世界貿易中心展覽大樓 A、C、D 區(台北市信義路五段 5 號)
 資訊：http://www.pvtaiwan.com/zh_TW/index.html
 會議主題：1.太陽能電池材料 2.太陽能電池晶棒 / 晶圓、矽晶片、各類太陽能電池及模組 3.HCPV (高聚光型太陽光電) 4.BIPV (建材一體型太陽電池模板) 5.DSSC (染料敏化太陽能電池) 6.太陽能發電系統 7.電力轉換系統 8.相關系統設備認證與服務
- ✚ **台灣國際綠色產業展**
 主辦單位：外貿協會
 時間：102 年 10 月 30 日~11 月 2 日
 地點：台北世界貿易中心展覽大樓 B 區展場(台北市信義路五段 5 號)
 資訊：<http://www.greentaiwan.tw/>
 會議主題：1.協助綠色產業至國外參展 2.促進綠色產業國際合作 3.綠色產業廣宣
- ✚ **第十七屆海峽兩岸水利科技交流研討會**
 主辦單位：國立臺灣大學工學院、中國水利水電科學研究院
 時間：102 年 11 月 14 日~15 日
 地點：國立聯合大學八甲新校區(苗栗市南勢里聯大 2 號)
 資訊：<http://pc183.hy.ntu.edu.tw/crossstrait/>
 會議主題：1.洪水災害管理與減災策略 2.水資源調配與規劃管理 3. 水土資源保育 4.水利生態、水環境生態 5.氣候變遷之衝擊與調適策略 6. 新興科技於水利工程上應用

國際會議：

- ✚ **Climate Change and Population Conference 2013**
主辦單位：University of Ghana
時間：102 年 6 月 3~7 日
地點：Accra, Ghana
資訊：<http://www.ug.edu.gh/ccpop-ghana2013/>

- ✚ **ACSEE 2013 - The Third Asian Conference on Sustainability, Energy and the Environment**
主辦單位：The International Academic Forum
時間：102 年 6 月 6~9 日
地點：Osaka, Japan
資訊：<http://acsee.iafor.org>

- ✚ **2013 2nd International Conference on Environment, Energy and Biotechnology (ICEEB)**
主辦單位：CBEES
時間：102 年 6 月 8~9 日
地點：Kuala Lumpur, Malaysia
資訊：<http://www.iceeb.org/>

- ✚ **Energy and Sustainability 2013**
主辦單位：Wessex Institute of Technology; University Politehnica of Bucharest, Romania;
University of New Mexico
時間：102 年 6 月 19~21 日
地點：Bucharest, Romania
資訊：<http://www.wessex.ac.uk/>

- ✚ **ECSEE 2013 - The European Conference on Sustainability, Energy and the Environment**
主辦單位：IAFOR - The International Academic Forum
時間：102 年 7 月 4~7 日
地點：Brighton, United Kingdom
資訊：<http://ecsee.iafor.org/>

- ✚ **World Renewable Energy Congress-Australia 2013**
主辦單位：Promaco Conventions
時間：102 年 7 月 14~18 日
地點：Perth, Australia
資訊：http://www.promaco.com.au/events/WREC_2013/index.html

- ✚ **2013 5th International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2013)**
主辦單位：IACSIT
時間：102 年 7 月 20~21 日
地點：Chengdu, China
資訊：<http://icmet.ac.cn/>

- ✚ **2013 2nd International Conference on Smart Grid Systems (ICSGS 2013)**
主辦單位：IACSIT
時間：102 年 7 月 20~21 日
地點：Chengdu, China
資訊：<http://www.icsgs.org/>
- ✚ **2013 The 2nd SCIEI International Conference on High Energy Physics (ICHEP 2013)**
主辦單位：SCIEI
時間：102 年 7 月 20~21 日
地點：Moscow, Russian Federation
資訊：<http://www.ichep.org/>
- ✚ **Second International Conference on Advanced Materials, Energy and Environments**
主辦單位：Japan-US Friendship Association
時間：102 年 8 月 8~9 日
地點：Yokohama, Japan
資訊：<http://thinfiltechno.net/index.php/icmee-13>
- ✚ **Climate Change, Sustainability and an Ethics of an Open Future**
主辦單位：Societas Ethica
時間：102 年 8 月 22~25 日
地點：Soesterberg, Netherlands
資訊：<http://www.societasethica.info/?l=en&sc=true>
- ✚ **2013 2nd International Conference on Electronics, Mechatronics and Automation - ICEMA 2013**
主辦單位：SCIEI
時間：102 年 8 月 24~25 日
地點：Singapore , Singapore
資訊：<http://www.icema.org/>
- ✚ **2013 International Symposium on Engineering and Natural Sciences (ISEANS)**
主辦單位：Asia-Pacific Education & Research Association
時間：102 年 8 月 29~31 日
地點：Macau, China
資訊：<http://www.iseans.org/index.asp>
- ✚ **2013 3rd International Conference on Energy and Environmental Science (ICEES 2013)**
主辦單位：IACSIT
時間：102 年 9 月 7~8 日
地點：Shanghai, China
資訊：<http://www.icees.org/>

文獻新報

一、中文

- 王震宇(2013),「氣候變遷與環境難民保障機制之研究：國際法規範體系與歐美國家之實踐」,歐美研究,第43卷,第1期,頁149-212。
- 江明晃,張克永,周裕福(2013),「輕型電動車用鋰離子電池充電器設計(上)」,工業材料,第315期,頁141-148。
- 吳建輝(2013),「歐盟做為全球環境行爲者:以其在氣候變化綱要公約之參與爲例」,歐美研究,第43卷,第1期,頁27-87。
- 呂學隆(2013),「兩岸車用動力電池產業發展現況」,工業材料,第314期,頁124-130。
- 呂錫民(2013),「工業部門節能技術與潛力分析:以半導體產業爲例」,冷凍空調&能源科技,第79期,頁56-66。
- 李世凱(2013),「感知無線電發展介紹」,電子月刊,第19卷,第1期,頁112-124。
- 李寧,周家蓓(2013),「使用再生瀝青混凝土之節能與減碳效益探討」,鋪面工程,第11卷,第1期,頁55-66。
- 杜嘉崇,葉榮晟,李艾倫(2013),「刨除料應用於排水瀝青混凝土之研究」,鋪面工程,第11卷,第1期,頁67-72。
- 沈岡陵,葉信富,李振誥(2013),「氣候變異引致降雨強度改變下未飽和邊坡信賴度之評估」,鑛冶,第57卷,第1期,頁38-51。
- 林俊旭,魏逸樺,陳以禮,楊筠(2013),「再生能源發展手段與策略--綠色貿易高峰論壇會議紀實」,經濟前瞻,第144期,頁49-52。
- 洪俊睿,謝登存,劉禮綸,葉勝發(2013),「40Ah大型高能量密度鋰電池研發與技術展現(上)」,工業材料,第315期,頁76-83。
- 唐維,陳億乘,劉子銘,王逸琦,周崇熙(2013),「簡訊:畜產品碳足跡之調查:以臺大鮮乳爲例」,臺灣獸醫學雜誌,第39卷,第1期,頁66-72。
- 孫麗江(2013),「中國發展綠色產業的政策措施選擇」,臺灣經濟研究月刊,第36卷,第3期,頁75-80。
- 康志堅(2013),「離岸風電產品發展趨勢」,電力電子,第11卷,第2期,頁76-82。
- 張世文(2013),「第三波綠色革命--農業自動化」,機電整合,175期,頁20-34。
- 張永鵬,張仕彥,彭德興,劉卓群,康淵(2013),「碳化鈦氫鍍披覆於低碳鋼磨潤特性研究」,先進工程學刊,第8卷,第1期,頁1-8。

- 曹俊漢(2013),「全球治理與氣候變遷：評估哥本哈根會議(COP15)決策機制的衝擊與對策」,歐美研究,第43卷,第1期,頁89-148。
- 莊朝榮(2013),「中國新政看綠色商機與挑戰」,臺灣經濟研究月刊,第36卷,第3期,頁69-74。
- 曾香斐,王朝民,許國榮(2013),「企業如何推動綠色工廠」,量測資訊,第149期,頁51-56。
- 黃冠華,白仁德(2013),「因應氣候變遷,打造低碳城市調適策略之研究」,土地問題研究季刊,第12卷,第1期,頁2-11。
- 黃雅琪(2013),「加強智慧電網政策力道--韓國第一期智慧電網基本計畫內容剖析」,電力電子,第11,第2期,頁66-75。
- 黃榮堯(2013),「目前經濟困境下之公共工程建設方向與策略及臺灣土木水利工程永續發展之觀念與要點」,土木水利,第40卷,第2期,頁57-58。
- 蔡佩珍(2013),「歐美國家促進綠色就業之研究」,經濟研究,第13期,頁401-425。

二、外文

- Christopher Yang (2013) "Fuel electricity and plug-in electric vehicles in a low carbon fuel standard" *Energy policy*, Vol. 56, pg. 51-62.
- Cyril, Voyant; Marc, Muselli; Christophe, Paoli; Marie-Laure, Nivet (2013) "Hybrid methodology for hourly global radiation forecasting in Mediterranean area" *Renewable energy*, Vol.53, pg.1—11.
- Haixiao Huang; Madhu Khanna; Hayri Önal; Xiaoguang Chen (2013) "Stacking low carbon policies on the renewable fuels standard: Economic and greenhouse gas implications" *Energy policy*, Vol. 56, pg. 5-15.
- Jonathan Rubin; Paul N. Leiby (2013) "Tradable credits system design and cost savings for a national low carbon fuel standard for road transport" *Energy policy*, Vol. 56, pg. 16-28.
- J.B. Fang; N. Tu; J.J. Wei (2013) "Numerical investigation of start-up performance of a solar cavity receiver" *Renewable energy*, Vol.53, pg.35—42.
- J.M. Dias; J.M. Araújo; J.F. Costa; M.C.M. Alvim-Ferraz; M.F. Almeida (2013) "Biodiesel production from raw castor oil" *Energy*, Vol.53, pg. 58-66.
- Kraipat Cheenkachorn; Chedthawut Poompipatpong; Choi Gyeong Ho (2013) "Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fuelled with diesel and LNG (liquid natural gas)" *Energy*, Vol.53, pg. 52-57.
- Marsil de Athayde Costa e Silva; Carlos Eduardo Klein; Viviana Cocco Mariani;

- Leandro dos Santos Coelho (2013) “Multiobjective scatter search approach with new combination scheme applied to solve environmental/economic dispatch problem” *Energy*, Vol.53, pg. 14-21.
- Matt Kocoloski; Kimberley A.; Mullins, Aranya Venkatesh; W. Michael Griffin (2013) “Addressing uncertainty in life-cycle carbon intensity in a national low-carbon fuel standard” *Energy policy*, Vol. 56, pg. 41-50.
- Mustahib Imraan; Rajnish N. Sharma; Richard G.J. Flay (2013) “Wind tunnel testing of a wind turbine with telescopic blades: The influence of blade extension” *Energy*, Vol.53, pg. 22-32.
- M. Dios; J.A. Souto; J.J. Casares (2013) “Experimental development of CO₂, SO₂ and NO_x emission factors for mixed lignite and subbituminous coal-fired power plant” *Energy*, Vol.53, pg. 40-51.
- Paul N. Leiby; Jonathan Rubin (2013) “Energy security implications of a national low carbon fuel standard” *Energy policy*, Vol. 56, pg. 29-40.
- Su-Hwa Jung; Won-Mo Koo; Joo-Sik Kim (2013) “Fast pyrolysis of creosote treated wood ties in a fluidized bed reactor and analytical characterization of product fractions” *Energy*, Vol.53, pg. 33-39.
- V. Hody-Le, Caër; E. De, Chambrier; S. Mertin; M. Joly; M. Schaer; J.-L. Scartezzini; A. Schüler (2013) “Optical and morphological characterisation of low refractive index materials for coatings on solar collector glazing” *Renewable energy*, Vol.53, pg.27—34.
- Weidong, Huang; Farong, Huang; Peng, Hu; Zeshao, Chen (2013) “Prediction and optimization of the performance of parabolic solar dish concentrator with sphere receiver using analytical function” *Renewable energy*, Vol.53, pg.18—26.