

出國報告(出國類別：其他)

## 第 31 屆國際煤炭運輸暨貿易會議 (Coaltrans)

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：徐振湖/燃料處處長

派赴國家：西班牙

出國期間：100 年 10 月 14 日至 100 年 10 月 20 日

報告日期：100 年 12 月 20 日

## 報告內容

### 目錄

壹、出國緣起與任務：第 3 頁

貳、出國行程：第 4 頁

參、工作內容

一、2011 年歐洲煤炭產業概況：第 5 頁

二、國際煤炭貿易市場展望：第 10 頁

三、2011 年亞洲煤市概況及未來展望：中國大陸、印度  
及印尼：第 21 頁

四、中國大陸煤炭產業概況：第 29 頁

五、煤炭在驅動的經濟成長下所扮演的角色：趨勢與挑  
戰：第 31 頁

六、核能已復興了嗎？：第 36 頁

七、淨煤技術介紹：第 40 頁

八、頁岩氣：近期美國革新造成全球性的衝擊：第 44  
頁

九、Drummond Company, Inc. 介紹：第 47 頁

十、Alpha Natural Resources 介紹：第 49 頁

肆、結論與建議：第 51 頁

## 壹、出國緣起與任務

第 31 屆國際煤炭運輸暨貿易會議(Coaltrans)於 2011 年 10 月 16 日至 10 月 18 日在西班牙(Spain)馬德里(Madrid)召開，會中針對全世界煤炭供需情勢作深入之探討分析，世界主要煤炭供應商、貿易商、運輸商以及各國主要煤炭用戶，均派員出席會議。本次會議主要議題如下：

- (一)2011 年發生於澳洲之洪災及日本地震與海嘯災害及隨後之核能危機等事件對煤炭業界之影響。
- (二)在全球對核能之不信任感增加之際，煤炭在能源市場所可能扮演之角色。
- (三)中國大陸及印度煤炭需求遽增對亞太地區及世界煤炭市場之影響。
- (四)碳補捉封存(Carbon Capture Storage, CCS)技術對未來煤炭業發展之影響。
- (五)煤炭海運市場之現況分析及展望。
- (六)新的煤炭供應來源國之簡介及既有煤源國之最新發展。

本次會議針對燃煤供需現況與展望以及航運市場趨勢作整體介紹，所獲資訊對本公司燃煤採購及營運策略之研擬，頗具參考價值。

## 貳、出國行程

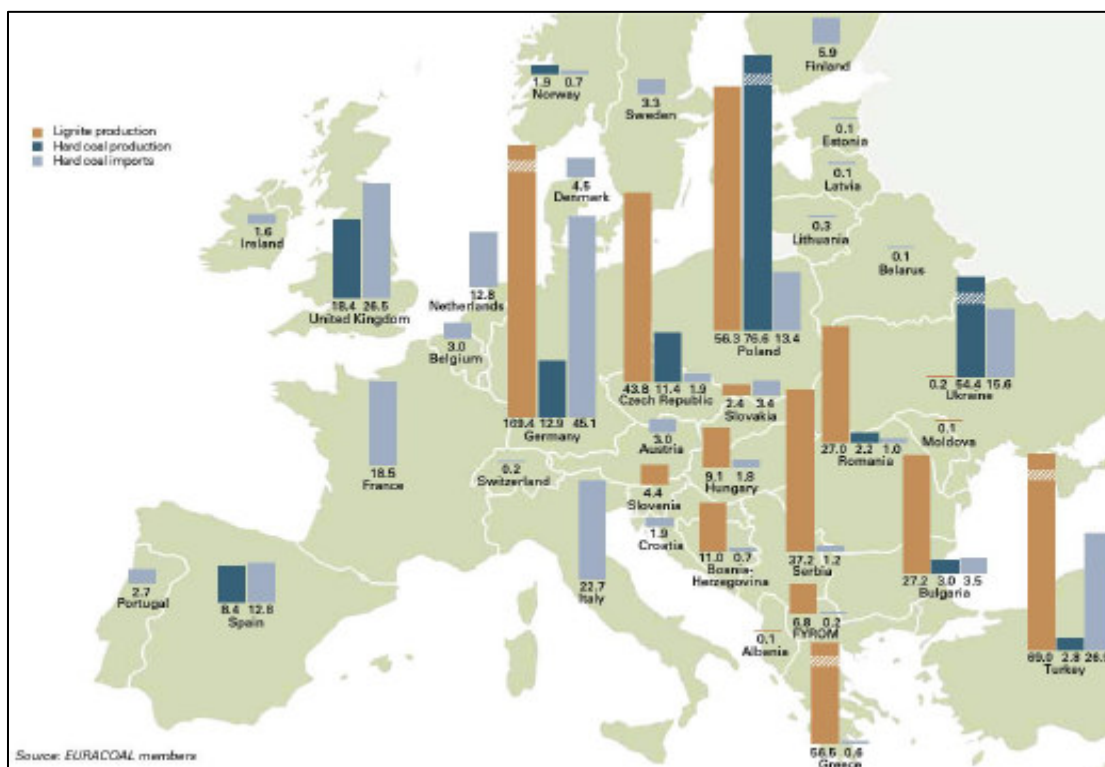
日期	工作地點	工作內容
10月14日~ 10月15日	台北→馬德里	往程
10月16日~ 10月18日	馬德里	出席第 31 屆國際 煤炭運輸暨貿易會 議
10月19日~ 10月20日	馬德里→台北	返程

## 參、工作內容

### 一、2011 年歐洲煤炭產業概況

#### (一)2010 年歐洲無煙煤及褐煤產量及進口量：

2010 年歐洲硬煤(Hard Coal, 即無煙煤與煙煤)產量總計 1.33 億公噸，其中產量前 3 名國家分為波蘭 7,660 萬公噸，其次為烏克蘭 5,440 萬公噸及英國的 1,840 萬公噸。在褐煤(Lignite)產量部分，2010 年歐洲共計生產 3.96 億公噸，其中德國以 1.694 億公噸產量排名第 1，土耳其 6,900 萬公噸排名第 2，希臘 5,650 萬公噸排名第 3。煤炭進口部份，2010 年總計進口 1.88 億公噸硬煤，其中前 3 名國家分別為德國 4,510 萬公噸，義大利 2,270 萬公噸及英國的 2,650 萬公噸。煤炭為歐盟最重要之能源來源。



## (二)歐洲煤炭與褐煤協會 (The European Association for Coal and Lignite, Eurocoal)簡介：

### 1、背景：

歐洲煤炭與褐煤協會，其前身為歐洲固態燃料協會 (European Solid Fuels Association)，至 2011 年 10 月為止，其成員共有來自 20 個國家，總計 35 個會員(如下圖所示)：

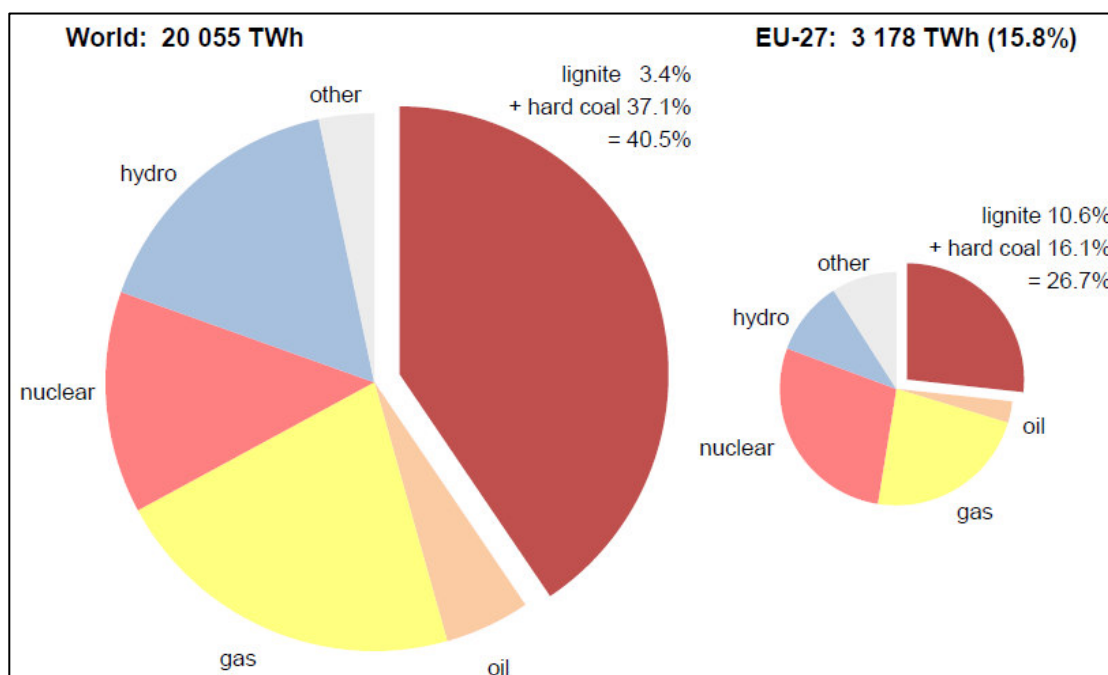
■ COALPRO - Confederation of UK Coal Producers (GBR)	■ ISFTA – Institute for Solid Fuels Technology & Applications (GRC)
■ DEBRIV - Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein (DEU)	■ Mátrai Kraftwerke (HUN)
■ GVSt - Gesamtverband Steinkohle (DEU)	■ PATROMIN - Federation of the Romanian Mining Industry (ROU)
■ MMI - Mini Maritza Istok (BGR)	■ Premogovnik Velenje (SVN)
■ PPC - Public Power Corporation (GRC)	■ RMU Banovici D.D. (BIH)
■ PPWB - Confederation of the Polish Lignite Producers (POL)	■ Swedish Coal Institute (SWE)
■ ZPWGK - Polish Hard Coal Employer's Association (POL)	■ TKI - Turkish Coal Enterprises (TUR)
■ ENEL (ITA)	■ Ukrvuglerobotodavtsy - All-Ukrainian Coal Employer's Association (UKR)
■ ZSDNP - Czech Confederation of Coal and Oil Producers (CZE)	■ Vagledobiv Bobov dol EOOD (BGR)
■ APFCR - Coal Producers and Suppliers Association of Romania (ROU)	■ VDKI - Verein der Kohlenimporteure (DEU)
■ BRGM - French Geological Service (FRA)	■ Coaltrans Conferences Limited (GBR)
■ CARBUNIÓN - Federation of Spanish Coal Producers (ESP)	■ EMAG (POL)
■ Coallmp - Association of UK Coal Importers (GBR)	■ Finnish Coal Info (FIN)
■ D.TEK (UKR)	■ Golder Associates (GBR)
■ EPS - Electric Power Industry of Serbia (SRB)	■ Geocontrol (ESP)
■ GIG - Central Mining Research Institute (POL)	■ ISSeP - Institut Scientifique de Service Public (BEL)
■ HBP - Hornonitrianske bane Prievidza (SVK)	■ KOMAG (POL)
	■ University of Nottingham (GBR)

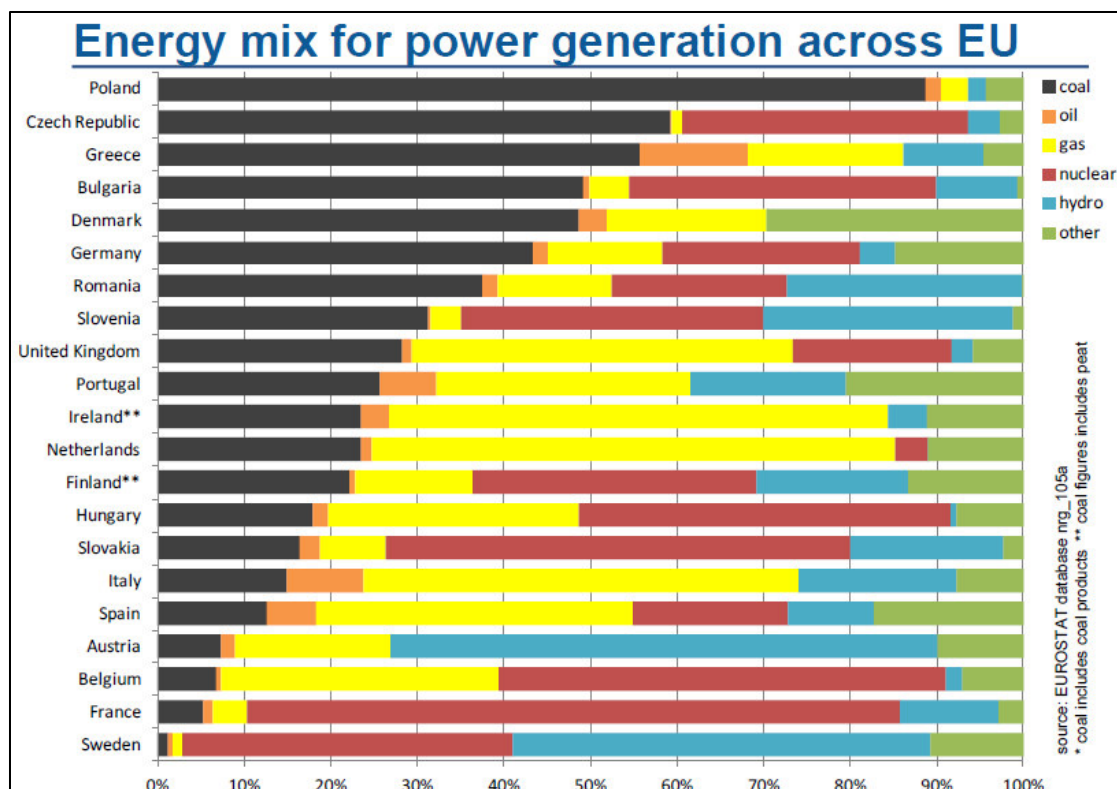
### 2、成立宗旨：

歐洲煤炭與褐煤協會成立之主要宗旨為強調歐洲煤炭工業對於能源供應安全的重要性，並確保所有煤炭同業(煤炭生產商、進出口商、貿易商及煤炭使用者)皆能受到妥適的服務，因此其成員除歐盟成員外(EU-27)亦包含其它歐洲能源相關同業。

### (三)歐洲電力來源(2009)：

依據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)公布之「IEA Key World Energy Statistics 2011」資料顯示，2009 年全球約 40.5%發電量來自硬煤(31.7%)及褐煤(3.4%)，總發電量為 20.055 兆度，其中歐盟(EU-27)發電量為 3.178 兆度，約占全球發電量 15.8%，煤炭則約占歐盟發電量 26.7%(硬煤占 16.1%，褐煤占 10.6%)。另依歐盟統計局(Eurostat)資料顯示，2009 年歐盟主要電力來源包含煤炭、天然氣、核能、水力及其它(詳下圖所示)：

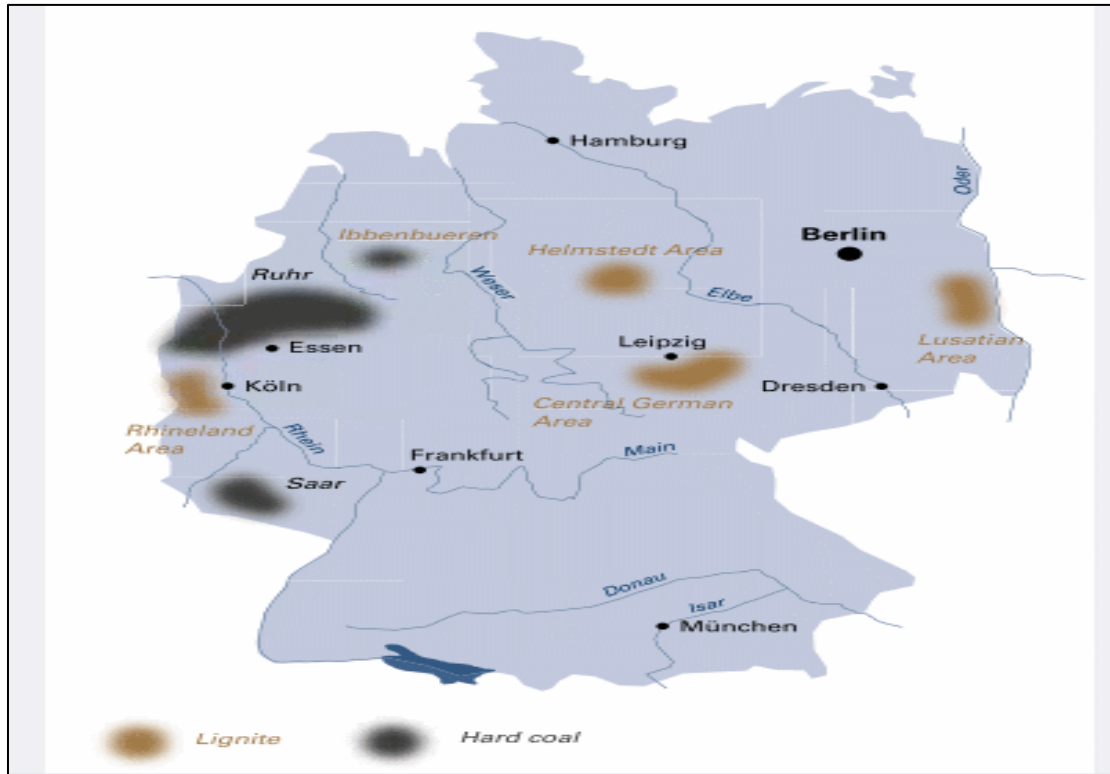




#### (四) 歐洲煤炭產業概述：

煤炭不僅是歐洲發電來源之一，亦是歐洲最重要的本土能源，在 2010 年，煤炭總產量為 5.29 億公噸，其中硬煤 1.33 億公噸，褐煤 3.96 億公噸。此外，煤炭開採除創造了 25.5 萬個直接的工作機會外，亦間接提供了 63.8 萬個就業機會，且煤炭產值更高達約 270 億歐元。在褐煤產量上，2010 年德國共產出 1.7 億公噸，成為全球最大褐煤生產國。德國褐煤四大生產區分別為 Rhineland 地區(鄰近 Cologne、Aachen 及 Mönchengladbach)、Lusatian 地區(鄰近 south-eastern Brandenburg 及 north-eastern Saxony)、Central German 地區(鄰近 south-east of Saxony-Anhalt 及 in north-west Saxony) 及 Helmstedt 地區(鄰近 Lower Saxony)，詳細位置如下圖所示：





其中 Rhineland 地區 2010 年約產 9,070 萬公噸居冠，Lusatian 地區 5,670 萬公噸居次，其後為 Central German 地區的 2,000 萬公噸及 Helmstedt 地區之 200 萬公噸。

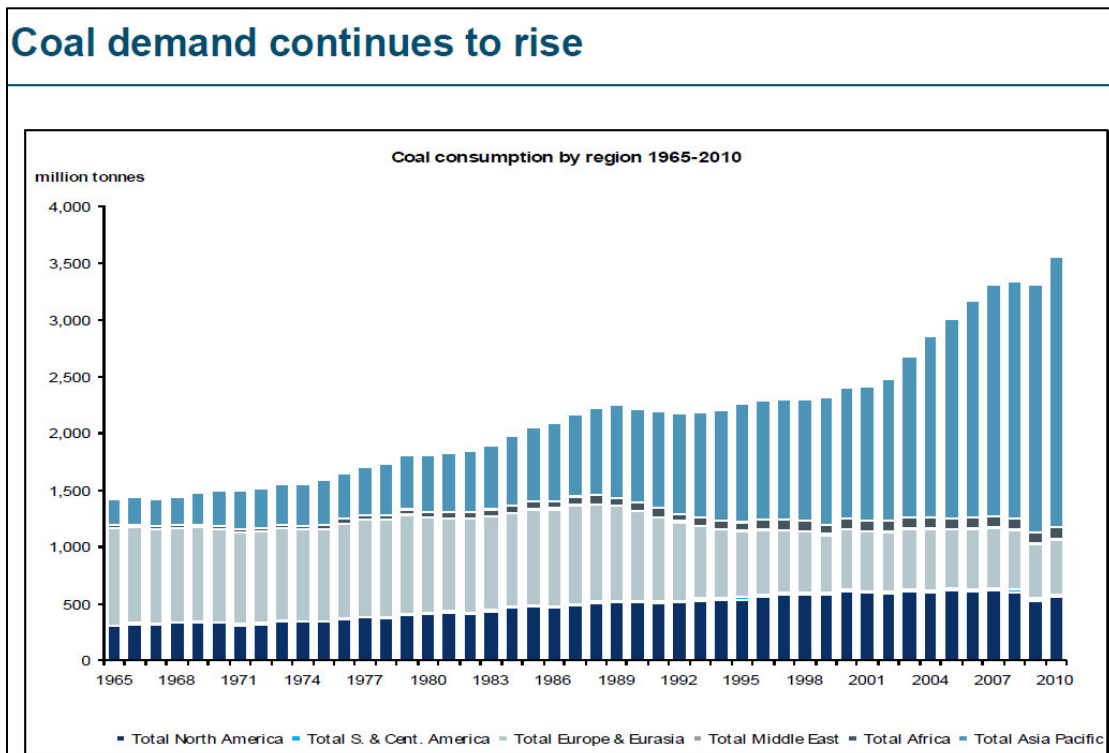
## 二、國際燃煤貿易市場展望

在國際燃煤貿易市場，目前值得關注的幾項議題分別如下：現貨市場(physical market)與金融市場(financial market)的發展、燃煤與其他商品(commodities)間的關係及未來市場發展的主要趨勢與參與者的套利機會等。

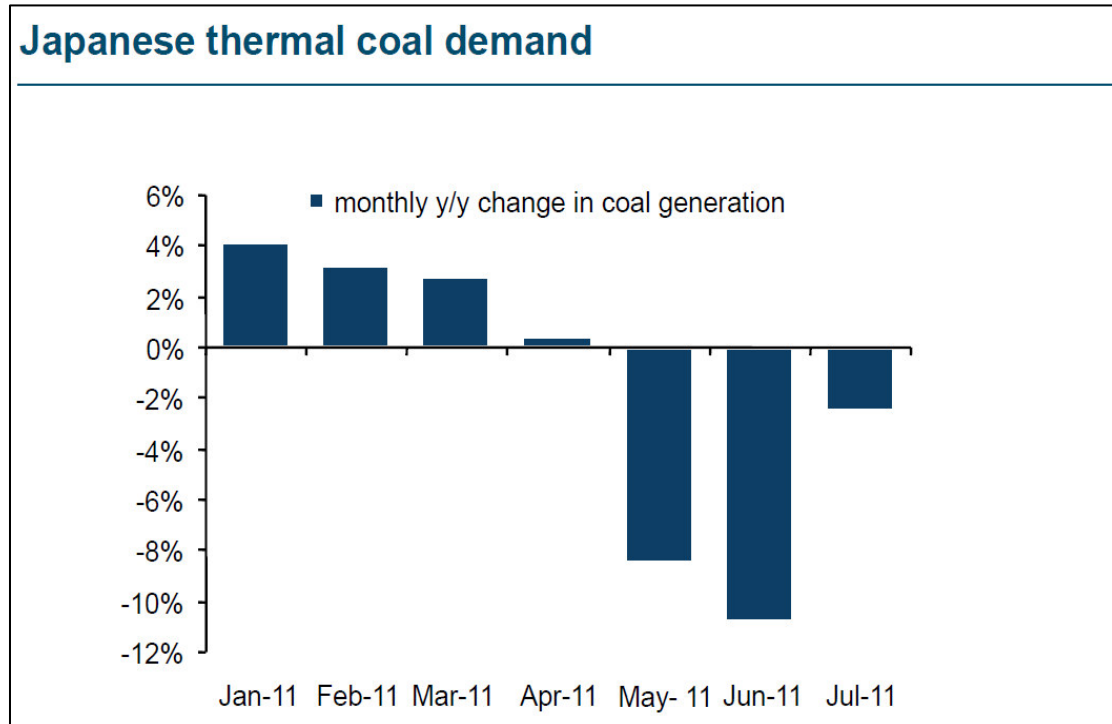
### (一)現貨市場與金融市場的發展：

就國際燃煤貿易市場來說，近幾年有幾項重要的發展是值得注意的，主要有天然災害、中國大陸需求的崛起及低廉的海運費等因素。

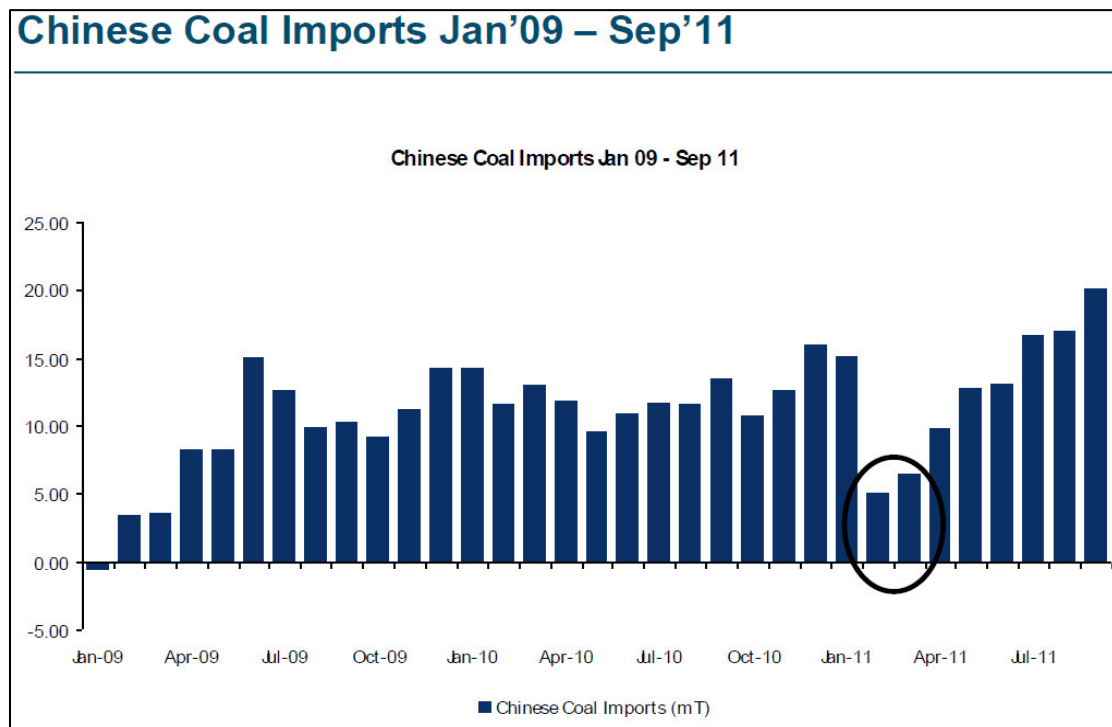
- 1、首先從下面的燃煤消費量圖來看，燃煤的消費量自 1965 年起即不斷成長，特別是從 2004 年起，消費量更是有大幅且快速的成長，而從地域別來看，亞太地區是消費量成長最迅速及數量最大的地域，目前消費量占比已達全球消費量的 50%以上，而歐洲區域的消費量則呈現明顯的衰退趨勢。



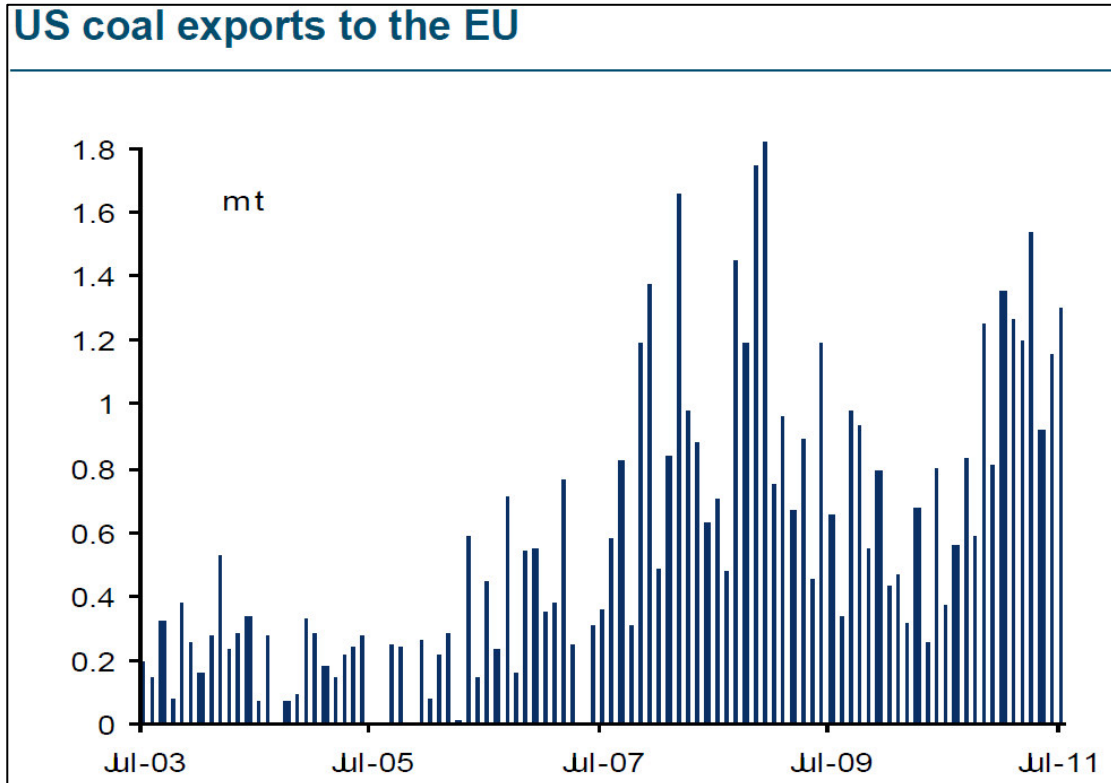
2、在天然災害對市場的影響來看，可以下圖的日本燃煤發電量趨勢圖為例，在今(2011)年 311 震災發生前，每月的燃煤發電量仍可維持正成長，但自 4 月起受到震災損壞電廠設備的影響下，即反轉成為負成長，甚至在夏季尖峰前負成長的幅度分別達 8%及 10%。



3、中國大陸需求的崛起部分可以從以下中國大陸燃煤進口量的趨勢圖看出端倪，中國大陸自 2009 年成為燃煤淨進口國後，每年的燃煤進口量均維持穩定的成長，以今(2011)年為例，除了 1 月及 2 月因政府抑制通膨政策之故，使進口量略微低於正常水準之外，從 3 月起進口量即大幅成長，甚至在 5 月之後進口量即超過往年之水準。



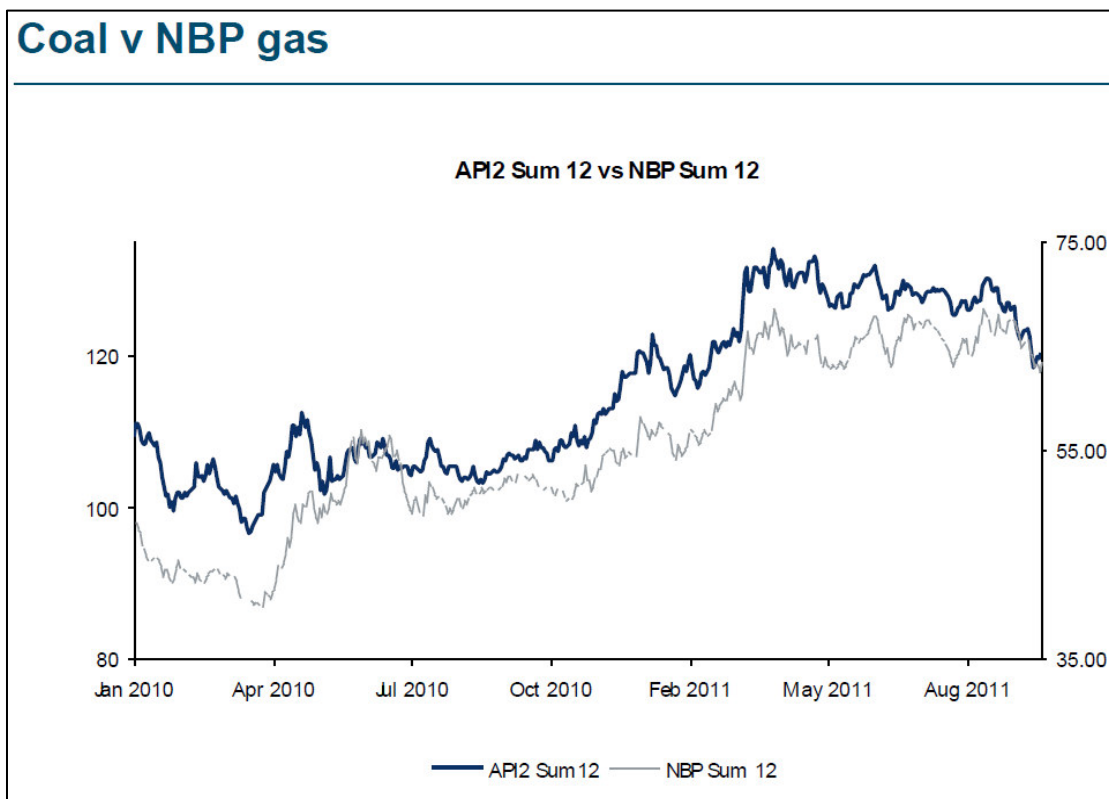
4、低廉的海運費部分，則以下面美國煤炭進口至歐盟之趨勢圖來看，在 2007 年 7 月以前，受限於海運費用之因素，使美國煤炭出口至歐盟的數量並不多，但之後由於海運市場價格大幅滑落，美國煤至歐盟國家的到岸價格具競爭性，使得數量有相當程度的成長。



## (二) 燃煤與其他商品間的關係：

### 1、 燃煤價格與天然氣間的關係：

以歐洲市場為例，首先，下圖為 API2 指數與 NBP 指數的比較，可以看出兩者之間的走勢十分類似，並且仔細觀察可以發現，天然氣的價格走勢微幅領先燃煤價格走勢，因此可以推論，天然氣價格與燃煤價格兩者間有前後連動的關係存在。



說明：

#### a、 API2 指數：

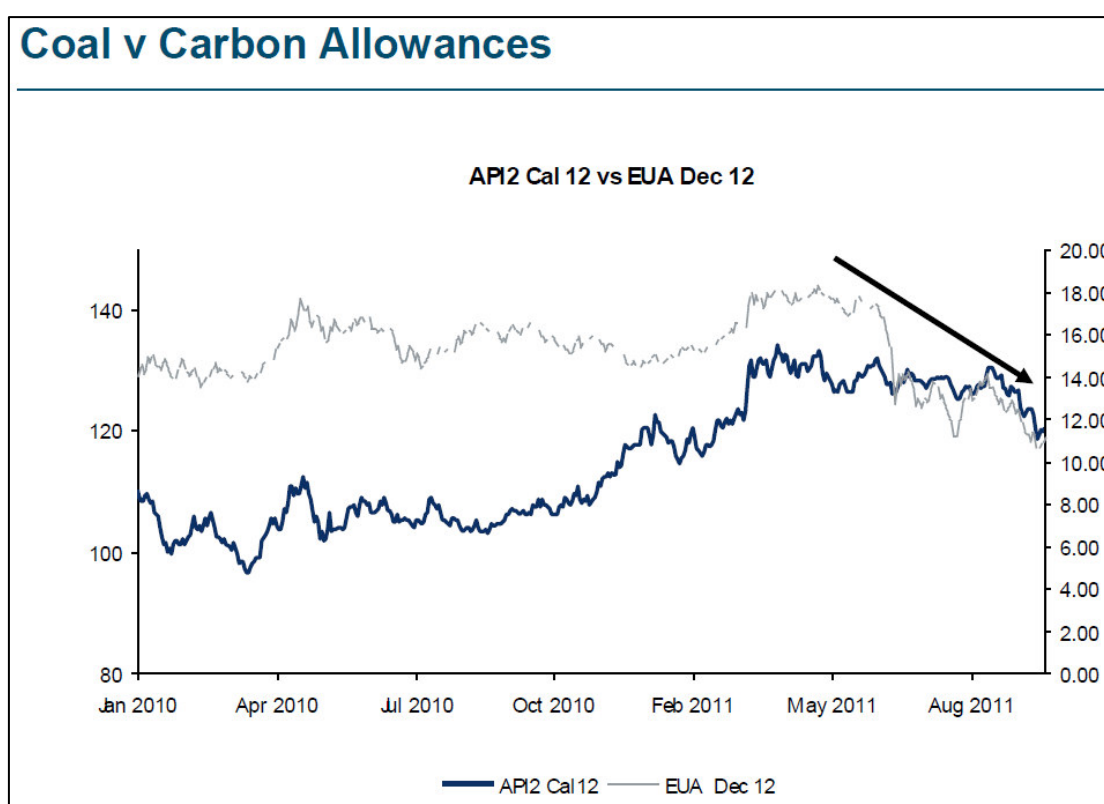
為西北歐燃煤進口到岸(CFR)價格的指標，價格條件係為西北歐 3 個重要燃煤進口 港，即荷蘭阿姆斯特丹 (Amsterdam)、鹿特丹 (Rotterdam)及比利時安特衛普 (Antwerp)，3 者合稱 ARA 之燃煤到岸價格，熱值基礎為 6,000kcal/kg N.A.R.。

#### b、 NBP 指數：

係於洲際交易所(Intercontinental Exchange， ICE)倫敦交易市場進行交易的英國天然氣到岸期貨價格。

## 2、燃煤價格與碳排放權價格間的關係：

由下圖 API2 指數與 EUA 指數的趨勢圖來看，兩者間的關係亦是十分密切，且在今(2011)年 5 月以前，燃煤的價格走勢略微領先碳排放權價格走勢。惟值得注意的是，在 5 月歐洲債信危機暴發後，已經使碳排放權價格呈現了急速下跌的態勢，甚至其跌勢更領先了燃煤價格的跌勢。



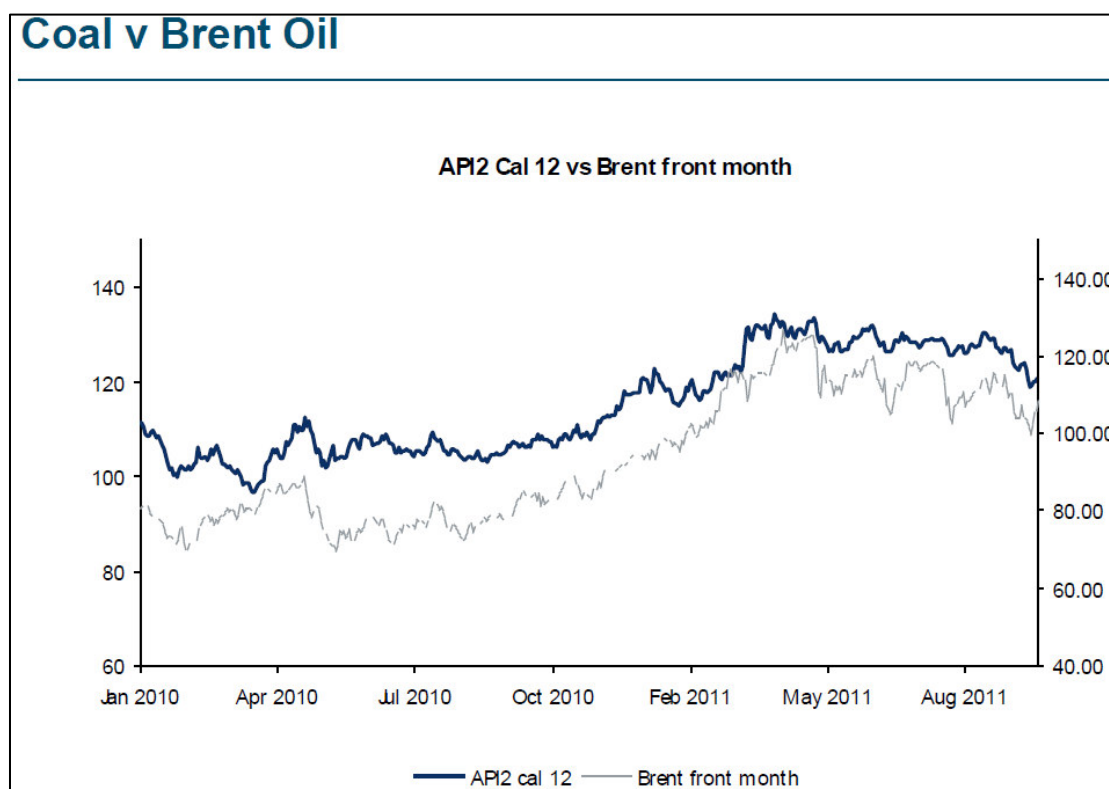
說明：

### a、EUA 指數：

係於歐盟排放貿易體制下 (European Union Emission Trading Scheme, EU ETS)所進行碳排放交易之單位價格指標，1 個歐盟排放單位(EU Allowance Unit, EUA)為 1 公噸二氧化碳。

### 3、燃煤價格與原油價格間的關係：

API2 指數與 Brent Crude Oil 指數進行比較，我們可以發現，在原油價格與燃煤價格的前後連動關係類似於天然氣價格與燃煤價格的前後連動的關係，而且原油價格先行變動而後帶動煤炭價格變動的情況更為明顯，由 2 個時間點更可看出此一趨勢，其一為 2010 年底至 2011 年初，燃煤價格緊跟在原油價格之後上漲，而另一個時間點就是在今(2011)年 5 月歐洲債信危機暴發後，隨著原油價格逐步走緩，燃煤價格亦緩步下跌。



說明：

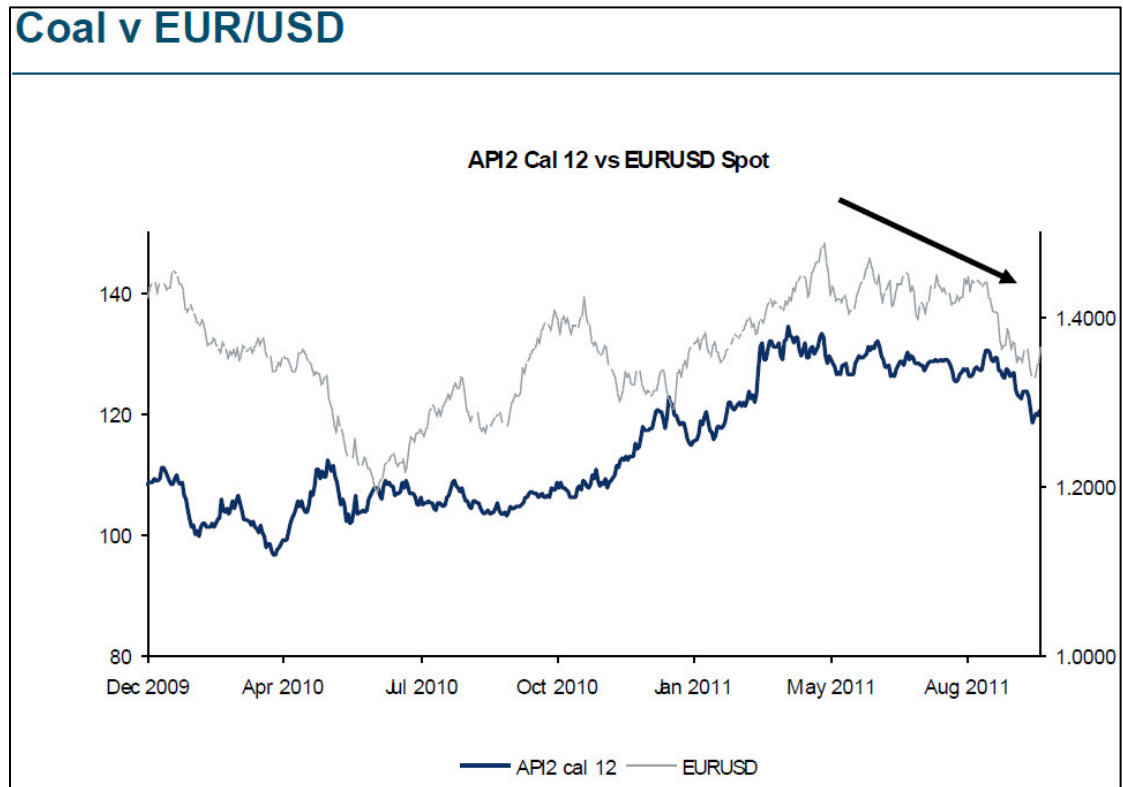
#### a、Brent Crude Oil 指數：

為倫敦國際石油交易所(International Petroleum Exchange, IPE) 進行交易北海布蘭特原油期貨之價格。



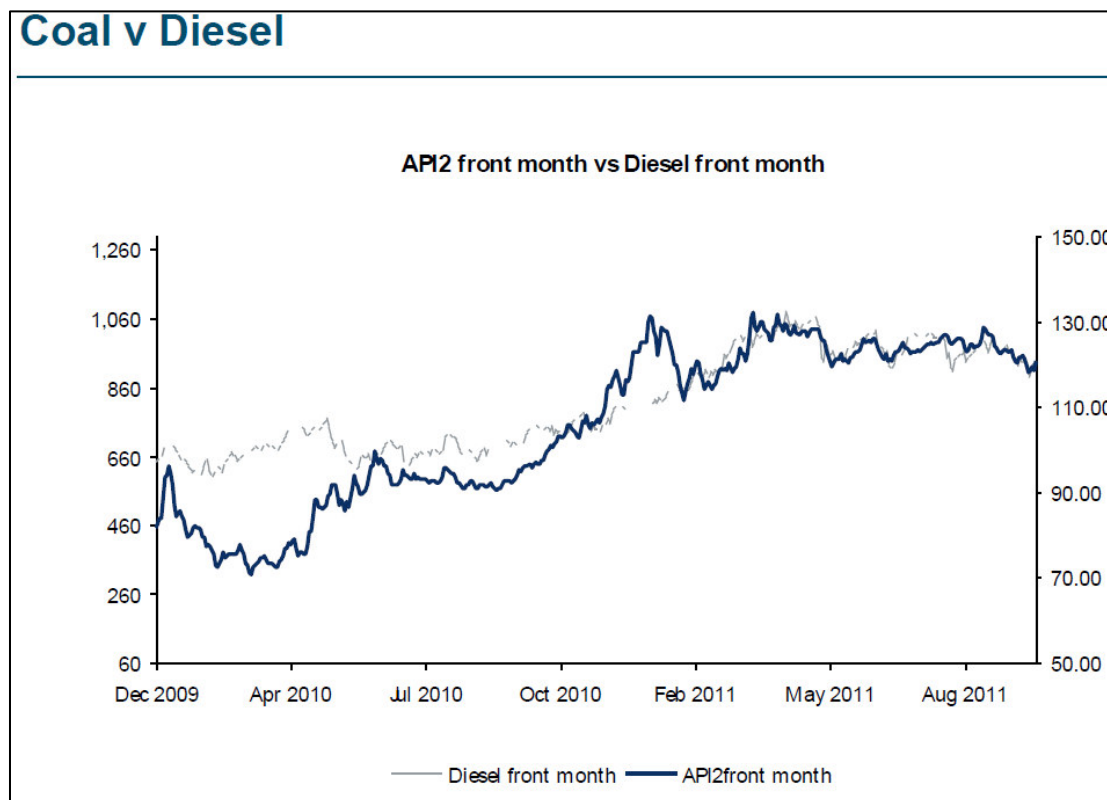
#### 4、燃煤價格與匯率間的關係：

以 API2 指數與歐元兌美元匯率進行比較，兩者間並沒有相當明顯的連動關係，但若關注在今(2011)年 5 月歐洲債信危機發生後，兩者間則呈現同樣的走勢。



## 5、燃煤價格與柴油價格間的關係：

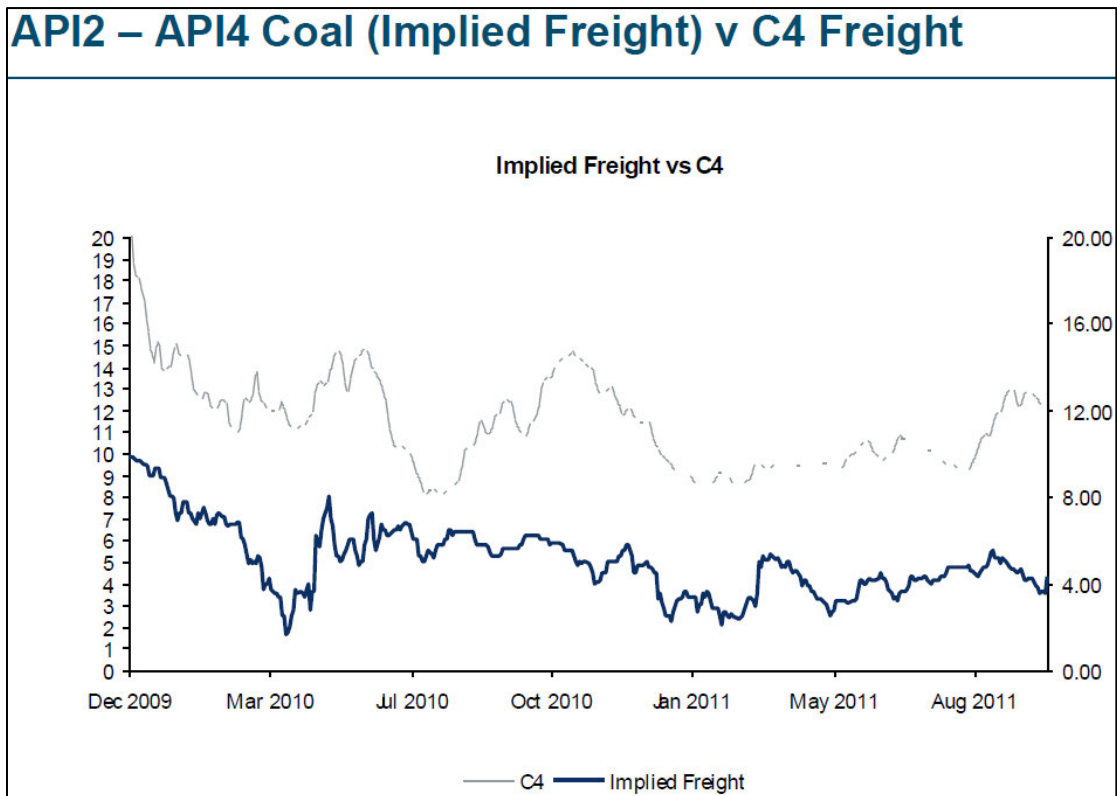
由下圖很明顯的可看出 燃煤與天然氣及原油價格相同的價格走勢。



### (三)未來市場發展的主要趨勢與參與者的套利機會：

#### 1、市場的套利機會部分：

可以從海運市場進行觀察，下圖所表示是 C4 海運費期貨市場價格與 API2 - API4 指數之差異比較，由於 API2 係為歐洲燃煤進口到岸(CFR)價格指數，而 API4 則為南非燃煤出口價格(F.O.B.)指數，故 2 者間之差異即隱含為南非燃煤至歐洲之運費價格。由圖中即可看出，海運費價格的走勢是緊跟著海運費期貨市場價格進行變動，故若能預先判斷海運費期貨市場價格的變動，即可有機會在燃煤金融市場進行海運費套利活動。



說明：

#### a、API4 指數：

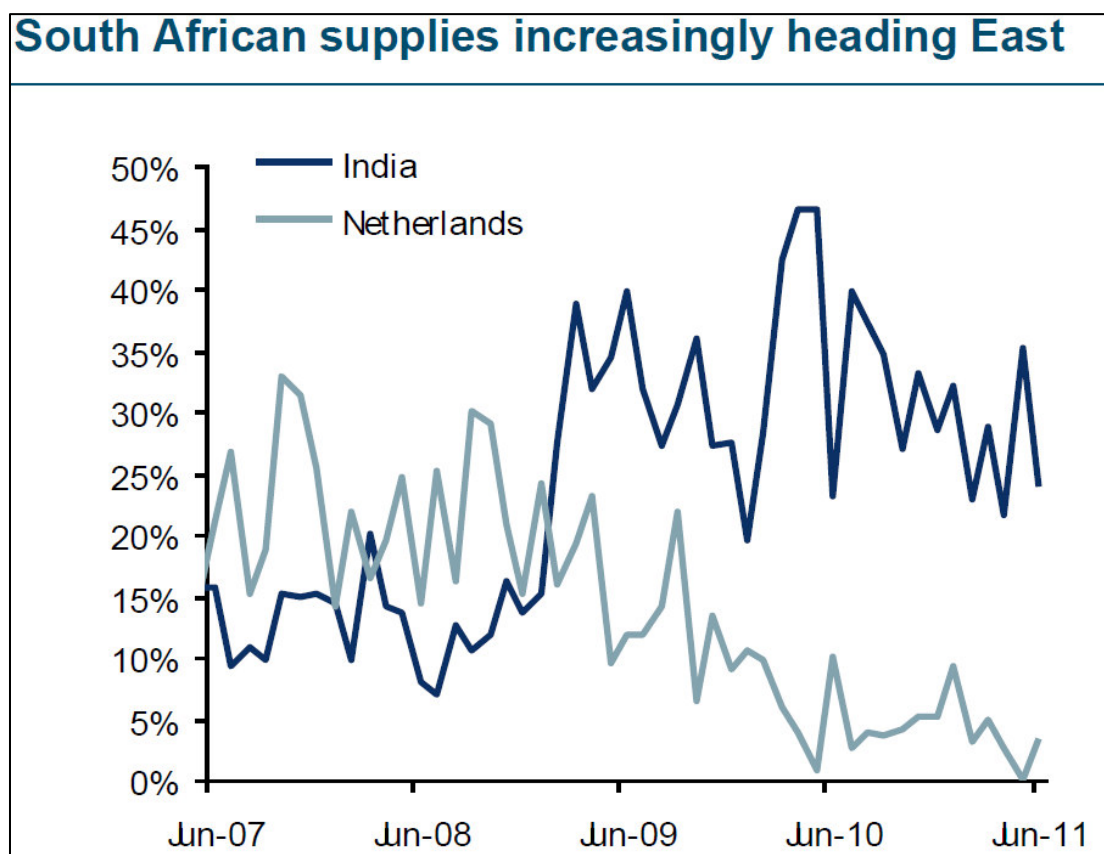
為南非燃煤之出口價格指數的指標，價格條件為南非燃煤出口港 Richards Bay 之燃煤離岸 (F.O.B.) 價格，熱值基礎為 6,000kcal/kg N.A.R.。

#### b、C4 海運費期貨市場指數：

由南非燃煤出口港 Richards Bay 至荷蘭燃煤進口港鹿特丹 (Rotterdam) 之海岬型 (Cape Size) 船舶海運費價格指標。

## 2、未來市場發展的主要趨勢：

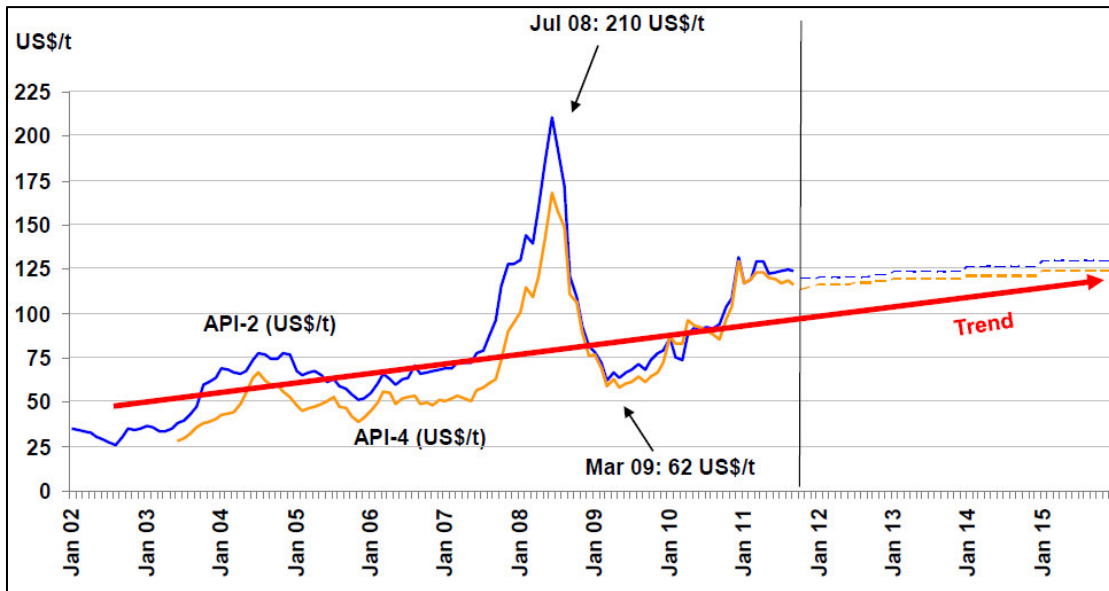
近來一個值得觀察的趨勢是南非燃煤出口逐漸由歐洲市場轉向亞洲市場，由下圖的南非燃煤出口比例即可看出，在 2009 年之前，歐洲仍是南非燃煤的主要出口市場，但自 2009 年開始亞洲則取代了歐洲成為南非燃煤主要的出口市場，且所占的出口比重仍在持續增加中。



### 三、2011 年亞洲煤市概況及未來展望：中國大陸、印度及印尼

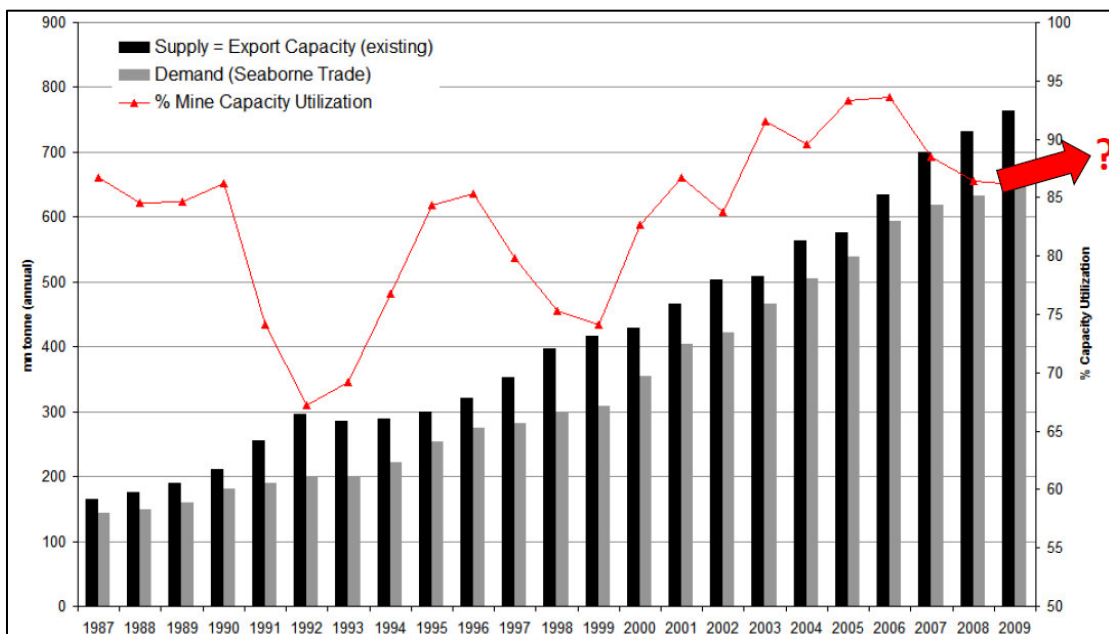
#### (一)主要煤價指數走勢(2002 年 1 月~2011 年 10 月)：

過去 10 年煤價波動大，但預測長期趨勢將持續上升。



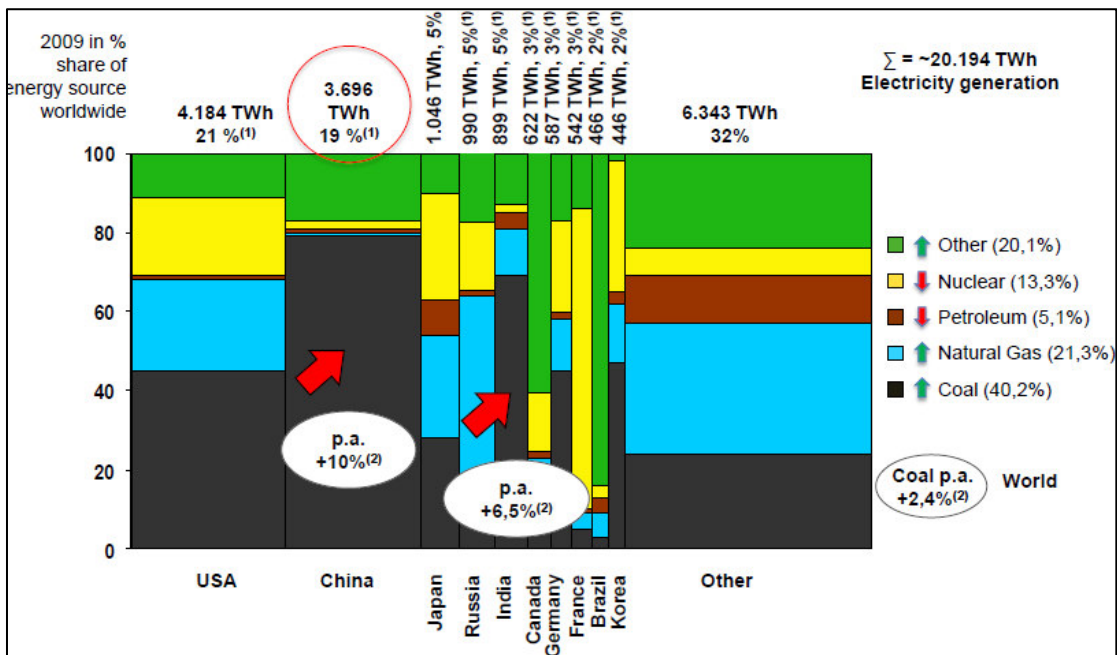
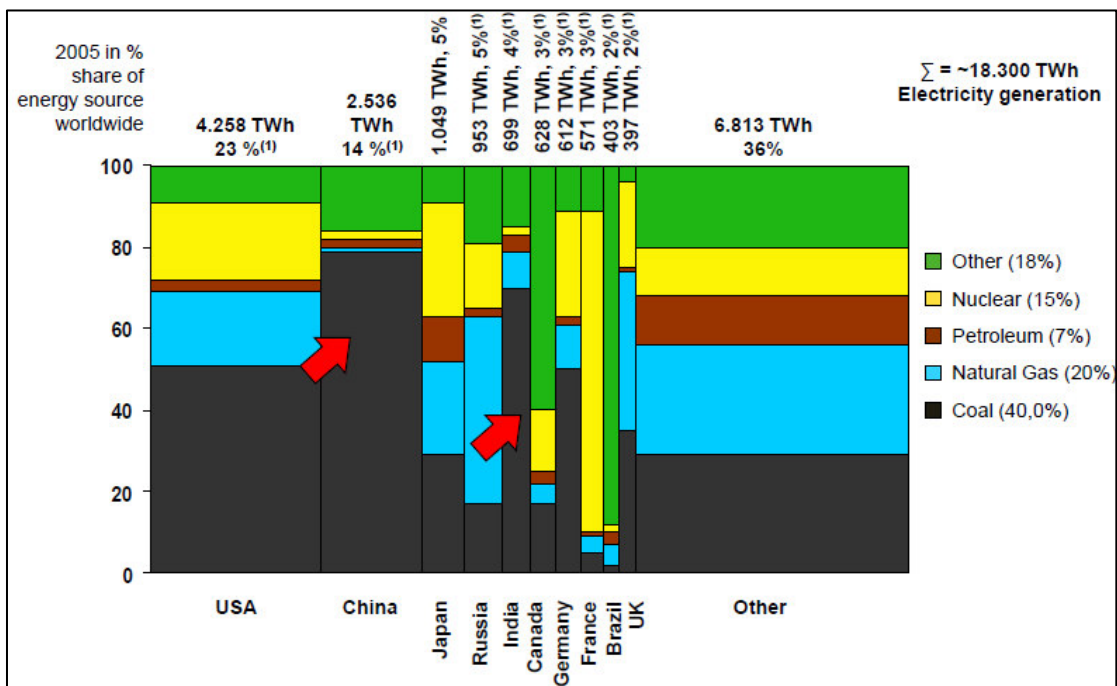
#### (二)煤價與出口煤產能利用率之關聯(1987 年~2009 年)：

由線圖看出，煤價與出口煤產能利用率似乎呈現負相關；2010/11 年出口煤產能仍舊吃緊，預計 2012/13 年之後將緩和。



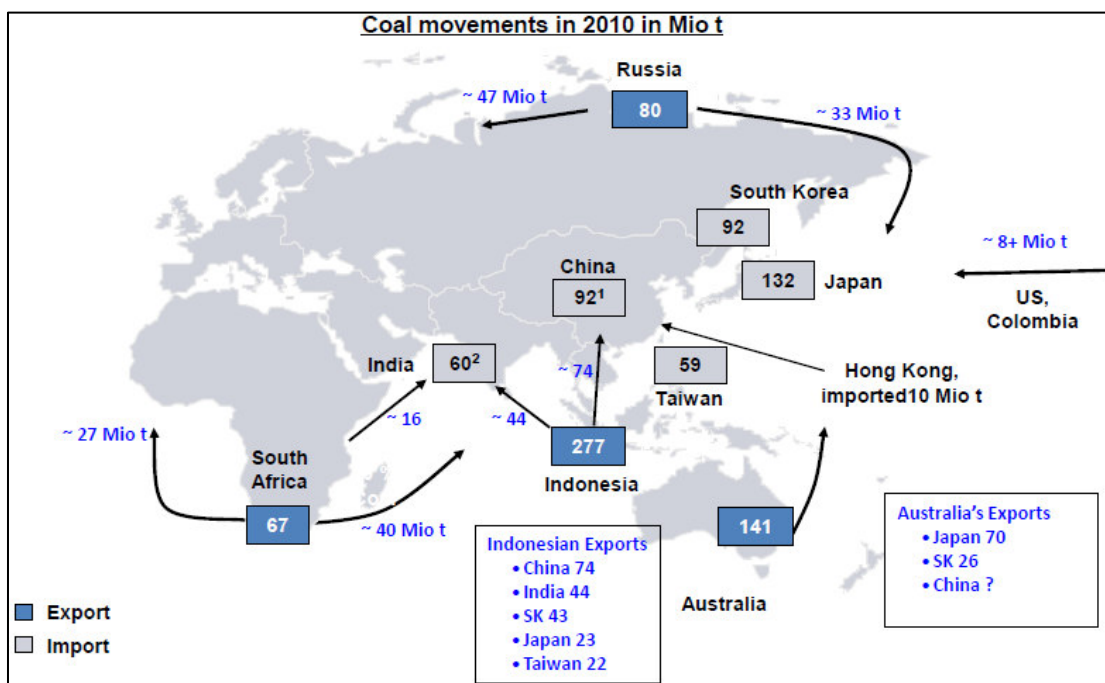
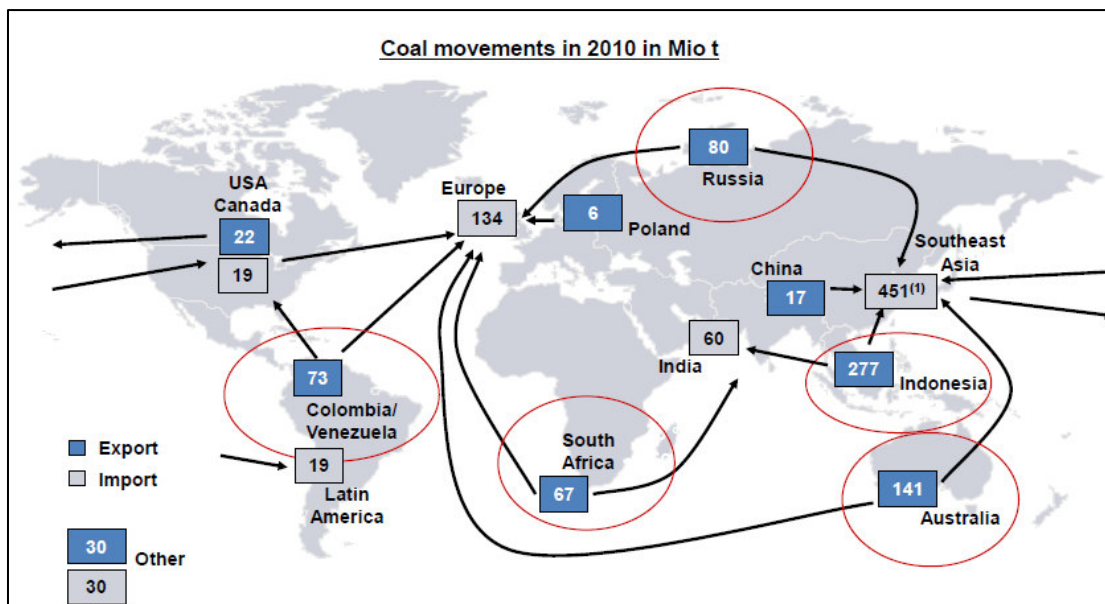
(三)中國大陸及印度用煤需求帶動全球用煤量成長：

2005 年至 2009 年，中國大陸發電量年成長率約為 10%，印度發電量年成長率約為 6.5%；全球發電量占比部分，中國由 14%成長至 19%，印度由 4%成長為 5%。在全國發電能源配比方面，中國大陸燃煤發電約占 80%，印度約 70%。由以上數據可看出中、印兩國在 2005 年至 2009 年間用煤需求大幅成長，成為全球用煤量上升的主要因素。



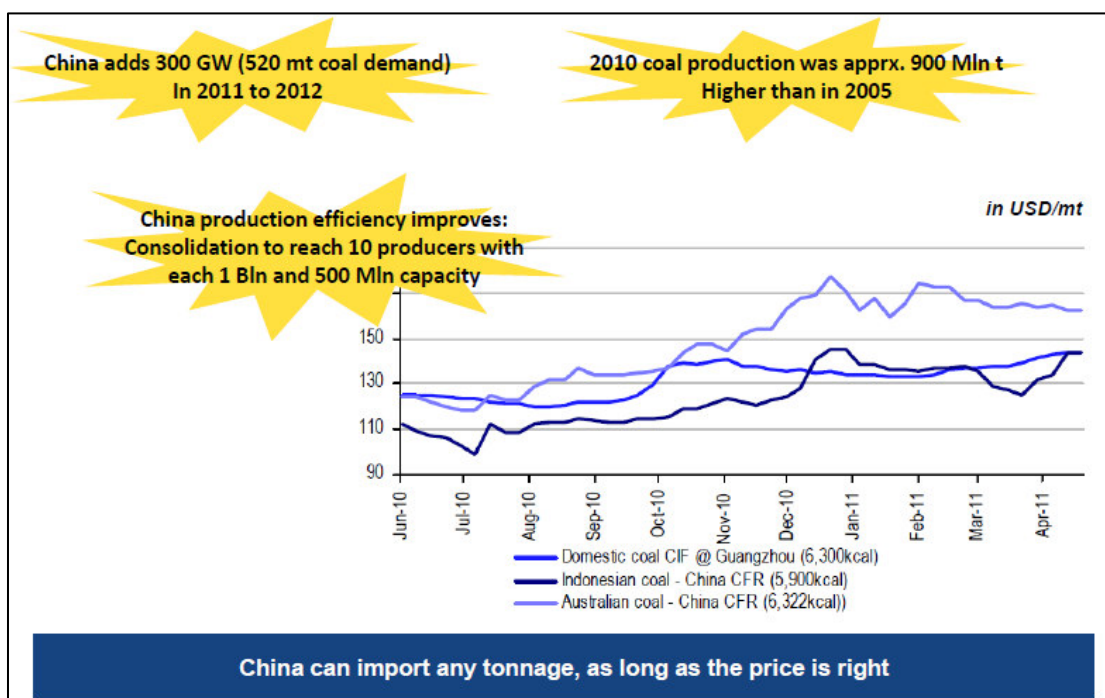
(四)2010 年全球及亞洲市場煤炭交易流向分析：

在目前全球 5 大主要燃煤出口國：印尼、澳洲、俄羅斯、哥倫比亞及南非之中，又以供應亞洲市場為主的印尼、澳洲及南非相對重要，影響亞太地區煤炭供需之平衡。



(五) 中國大陸本地煤價及進口煤價走勢：

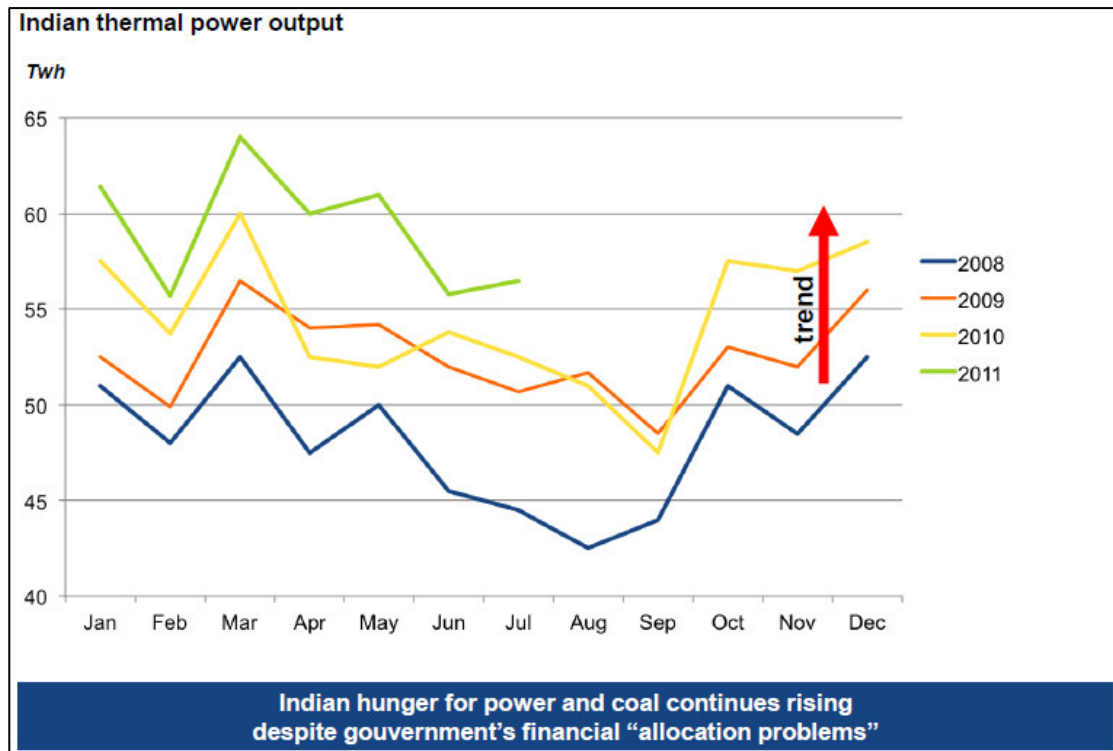
中國大陸本地煤炭產量逐年成長，需求亦同步增加；政府當局積極整合上游礦區之下，產出效益擴大，惟仍趕不上需求成長速度，故國際煤價相對本地煤價低廉時，中國大陸隨時會進場採購。





(六)印度燃煤發電成長趨勢(2008年~2011年7月)：

近年來，印度國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)每年均以 7~9%速度增加，成長速度可比擬中國大陸；該國快速的經濟成長亦反映在燃煤發電需求上，呈現逐年上升之趨勢。

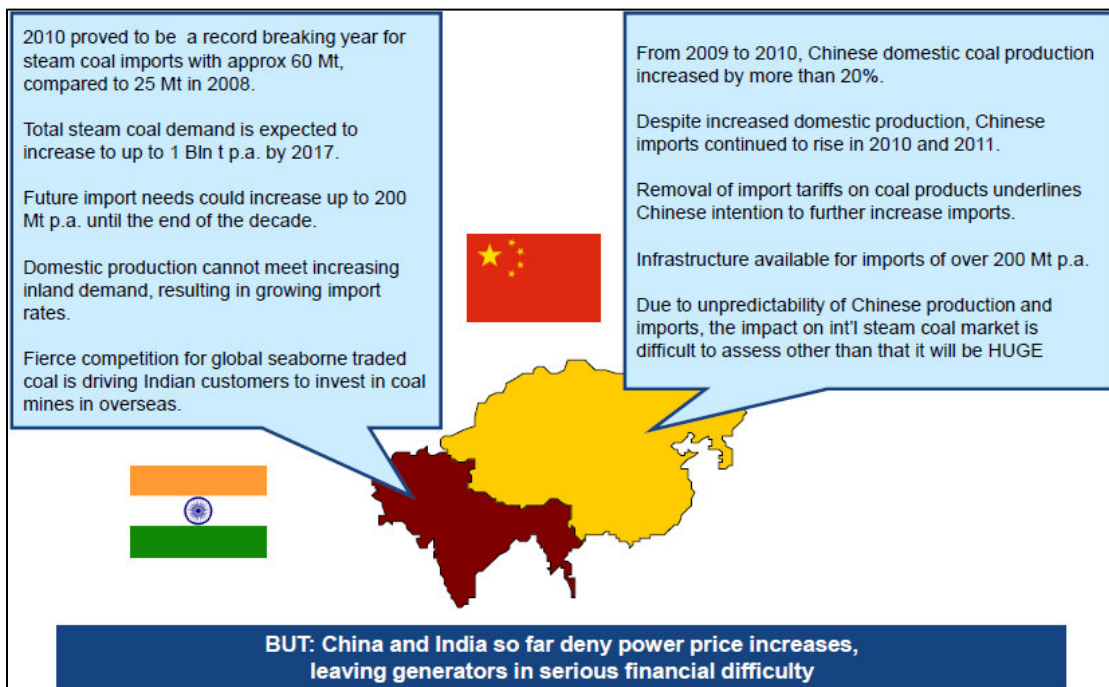


(七)印度及中國大陸燃煤需求展望：

印度在 2010 年燃煤進口量達到 6,000 萬公噸，相較 2008 年的 2,500 萬公噸成長 240%。預計到 2017 年印度燃煤總需求量將上看 10 億公噸；然而國內煤炭產出趕不上需求成長速度之下，預估 10 年內燃煤進口量將成長到 2 億公噸。有鑑於國際燃煤市場競爭日益激烈，印度亦積極尋求海外煤礦投資機會。

中國大陸在 2009 到 2010 年之間，本地煤炭產量成長超過 20%，同時需求也持續增長，為增加進口煤炭供應，政府當局擬調降進口稅率。基礎建設方面，目前可負荷每年超過 2 億公噸的進口量。中國大陸燃煤產出或進口需求的不確定性，都連帶影響國際煤市動向。

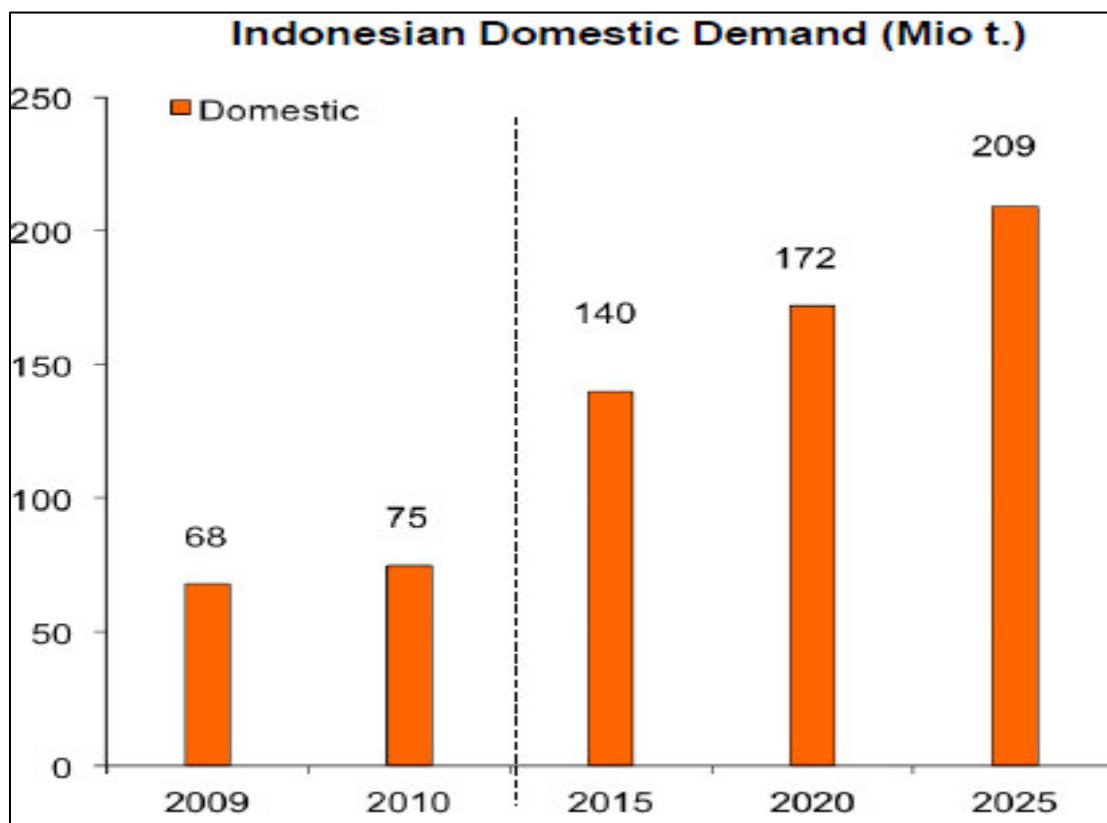
不論在印度或中國大陸，發電業者都面臨電價調漲受限且低於發電成本，而浮現財務問題。



(八)印尼概況：

印尼在 90 年代之前無燃煤出口，然近年來由於國際燃煤需求大增，加上印尼產煤成本為全球最低，出口量大幅提升，從 2001 年的 6,700 萬公噸，成長至 2010 年超過 2.7 億公噸。印尼 2011 年產出預估約 3.4~3.7 億公噸，其中約 8,500 萬公噸將先滿足國內需求。

自政府開始施行新的價格政策，採用 HBA 價格指數作為出口價格依據後，出口至印度之煤價漲幅最高達到 3 成；另外印尼政府有意自 2014 年起禁止熱值低於 5,100kcal/kg (G.A.D.) 的煤炭出口之計畫，預估將影響年出口量超過 1 億公噸。



### (九)亞洲市場未來發展：

雖然現今全球皆重視環保議題，強調節能減碳，惟考量實務面，燃煤發電具低成本之優勢，短期內仍有其重要性及無可取代性。預期印度及中國大陸進口仍會持續增加，但成長幅度波動亦大。

亞洲市場供給方面，印尼在低生產成本優勢之下，出口預計持續增加，惟其國內需求水準亦須關注；若考量替代供應國，美國及哥倫比亞均在候選名單內，惟海程較遠仍是一大問題。

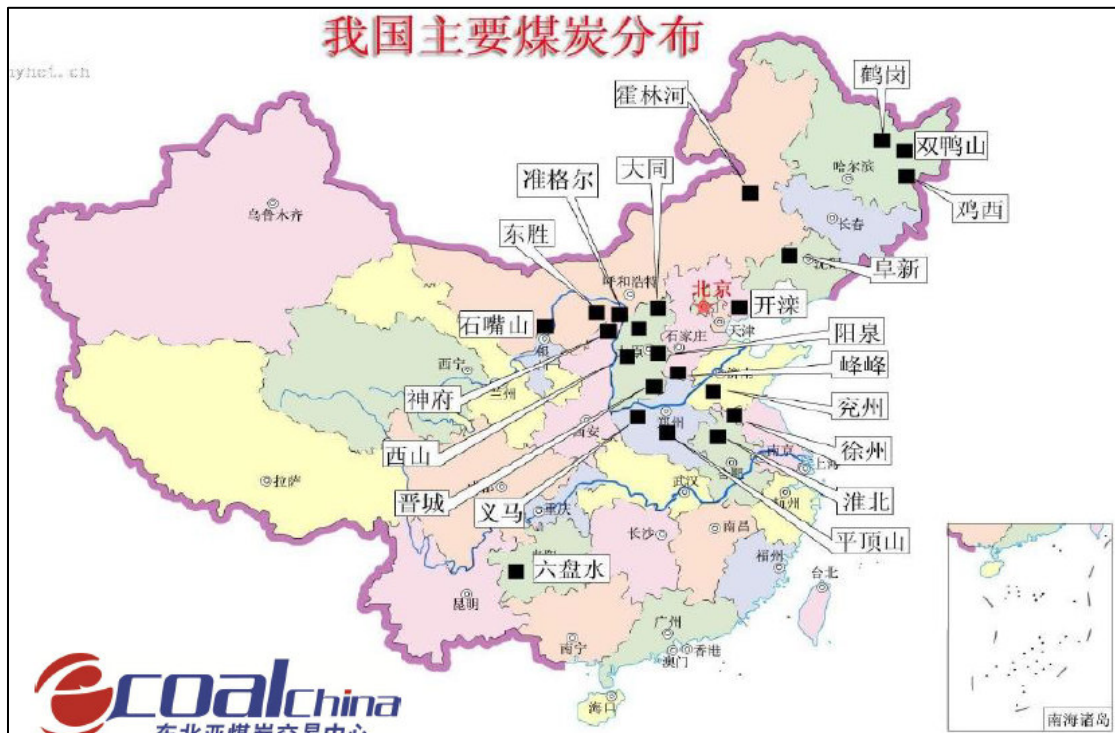
對亞洲的買家而言，外匯市場波動大，匯率波動影響購煤成本且避險不易，此乃隱性風險；若航運市場運費仍維持低檔，煤源選擇增加亦將增添採購複雜性。除此之外，主要煤源國印尼的燃煤出口政策，如強制基準價格政策、國內市場義務條例(Domestic Market Obligation, DMO)、及未來預計實施的低熱值煤出口禁令，對買方均有重大影響。在中國大陸及印度方面，進口需求則與國內煤價及電價政策有密切關係。

儘管未來供需情勢有許多不確定性存在，無可否認的是，亞洲在全球燃煤市場仍扮演著舉足輕重的地位。

#### 四、中國大陸煤炭產業概況

##### (一) 中國大陸煤炭蘊藏：

中國大陸主要煤炭蘊藏分別分布在內蒙古 290 億公噸，占比 25%，山西 266 億公噸，占比 23%，陝西 165 億公噸，占比 14%，新疆 161 億公噸，占比 14%，上述地區占中國大陸煤炭總蘊藏量的 76%。分布圖如下：

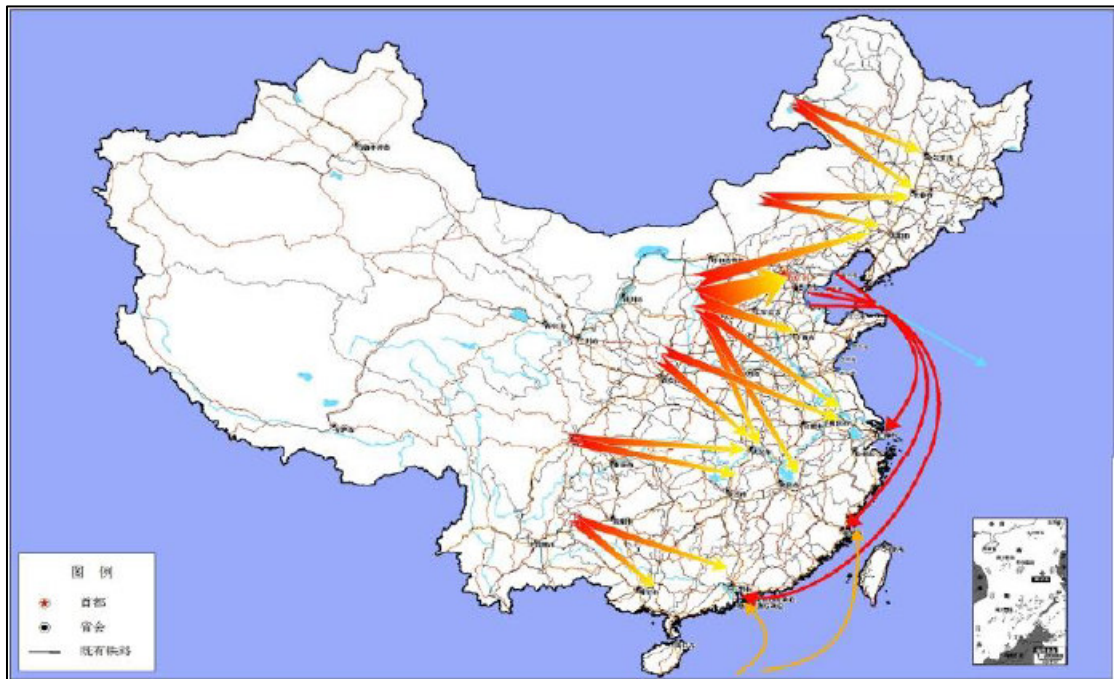


##### (二) 未來五年中國大陸煤炭需求：

至 2015 年以前，中國大陸煤炭生產量將達 40.5 億公噸，而消耗量將達 43.5 億公噸，淨進口則為 3.3 億公噸。然而，中國大陸為一價格敏感國家，即進口量依國際燃煤價格決定，當國際市場價格走跌時進口量多，反之，則進口量減少。

中國大陸雖然煤炭蘊藏量極為豐富，然而生產地區與消費地區無法達到平衡。煤炭產區以西北部地區為主，而

消費則以東南沿海地區為主。因此，為了達到經濟及運輸效益，中國大陸必須進口煤炭以達到東南沿海地區之需求，預估未來5年進口百分比，將由目前5%增加至超過10%。由下圖可看出中國大陸煤炭消費以東南沿海地區為主。



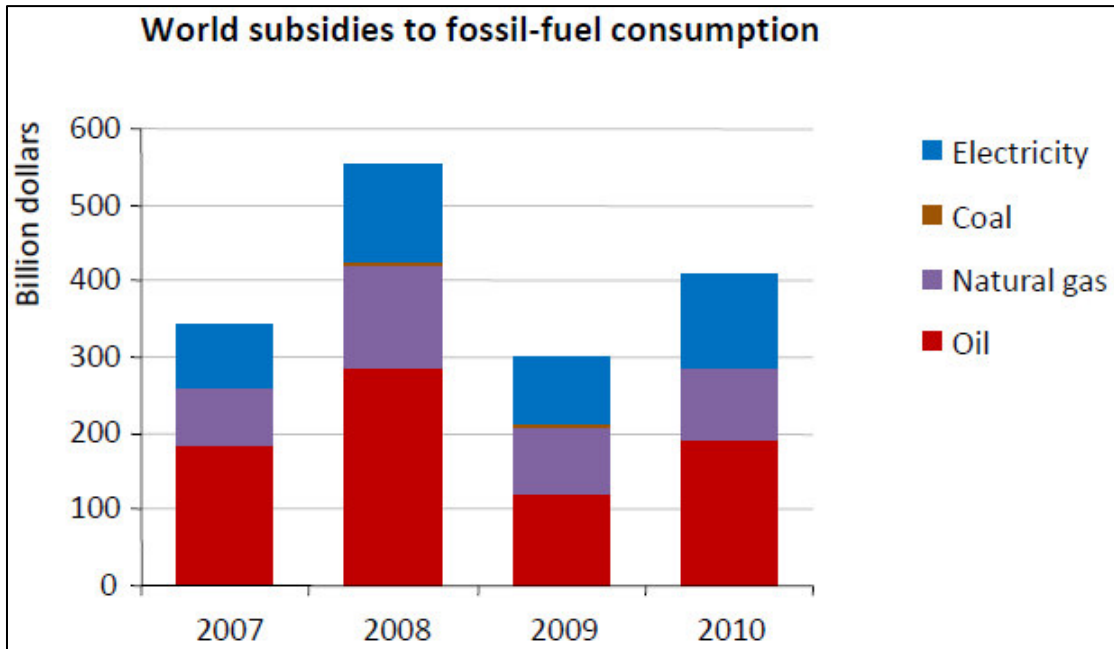
### (三) 中國大陸煤炭交易新趨勢：

由「國家發展暨改革委員會」組成研究團隊，經過2年時間研究，發表關於中國大陸煤炭流通體制之研究報告，報告內容主要可歸結於以下2點：

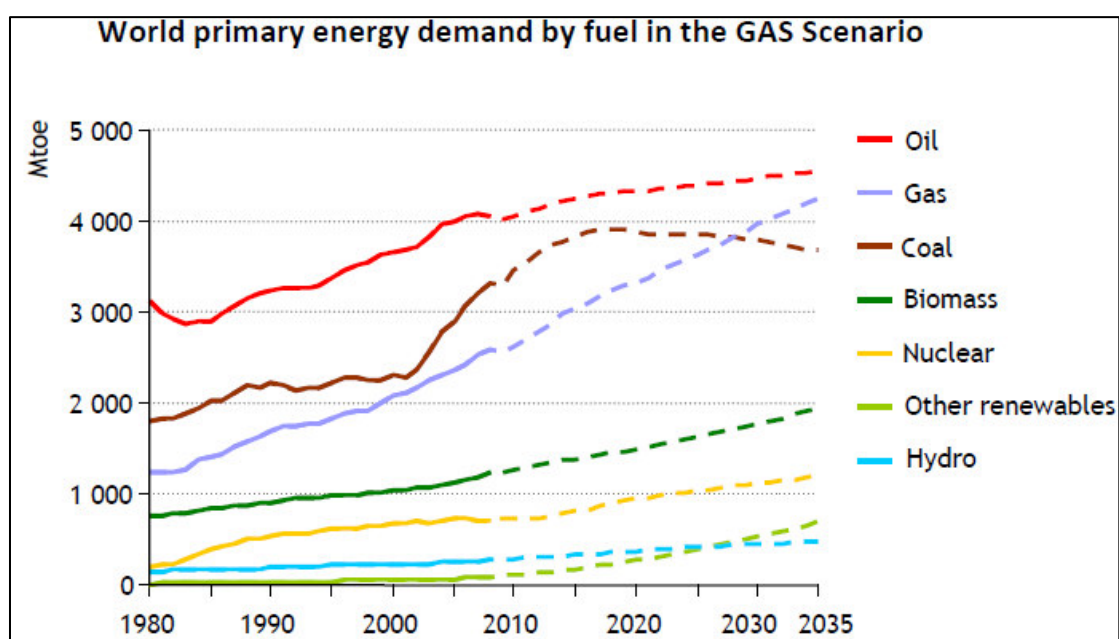
- 1、中國大陸需要建立全國性及地方性的煤炭交易；
- 2、中國大陸需要建立煤炭儲存及分配中心。

## 五、煤炭在驅動的經濟成長下所扮演的角色：趨勢與挑戰

(一)由於高能源價格時代來臨，使得化石燃料之政府補貼總額愈來愈多，但對煤炭之補貼相較之下就小了許多。可見煤炭價格較其他化石燃料價格低廉甚多。全球化石燃料之補貼金額，隨著能源價格高低而變動。

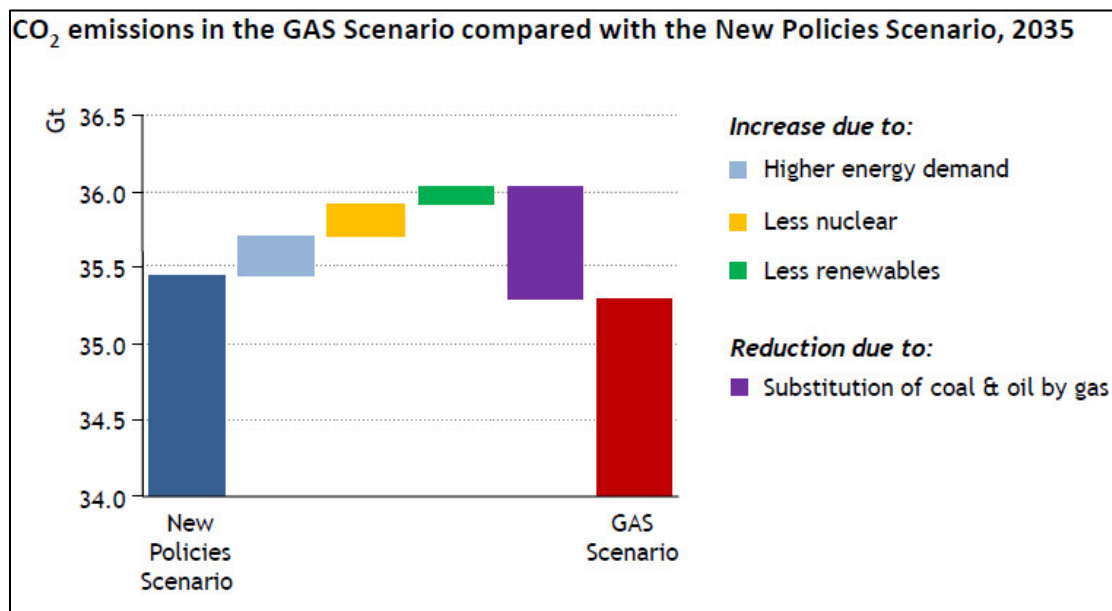


(二)國際能源總署(International Energy Agency, IEA)規劃之「Gas Scenario」係指各國增加 50%之天然氣使用量，天然氣需求量每年以 2%的速度成長，自 2030 年起天然氣需求將超過煤炭需求，而全球能源需求每年則是以 1.2%的速度成長，故到了 2035 年時天然氣需求將占全球能源需求之 25%。

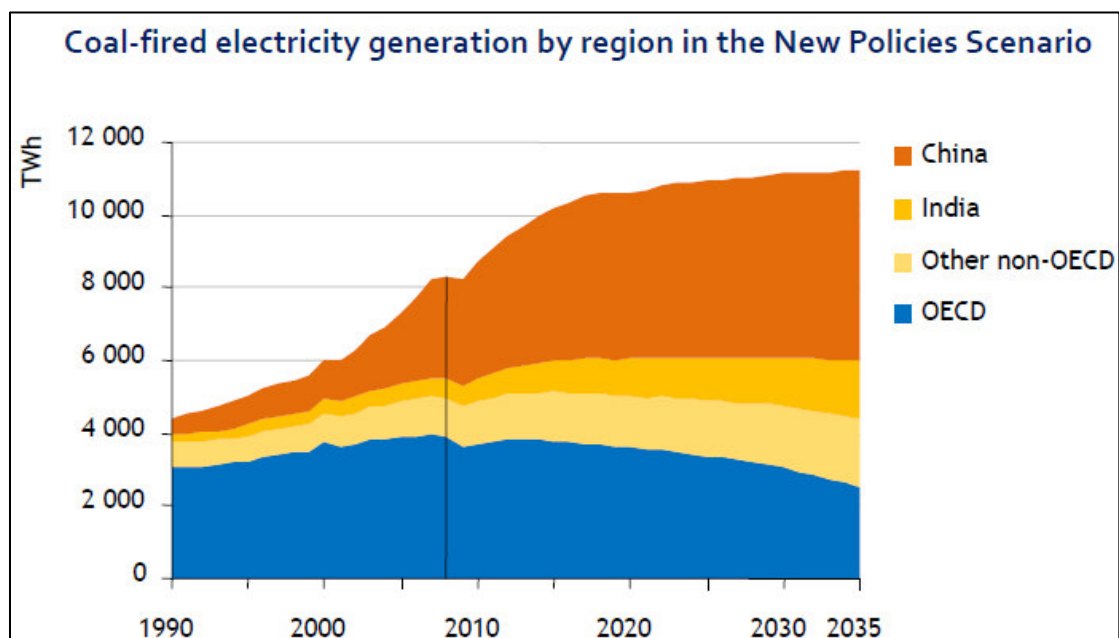




(三)國際能源總署所規劃之「New Policies Scenario」係指廣泛之國家能源政策，其中包括保證減少二氧化碳排放及特定國家逐年減少化石燃料補貼。「Gas Scenario」與「New Policies Scenario」2種情境下，二氧化碳排放至2035年藉由天然氣取代煤炭及石油之情形下，二氧化碳排放量將減少7.4億公噸，惟其效用被能源需求之增加、減少核能發電及再生能源減少所增加之二氧化碳排放量予以抵銷，致二氧化碳排放量僅減少1.6億公噸。

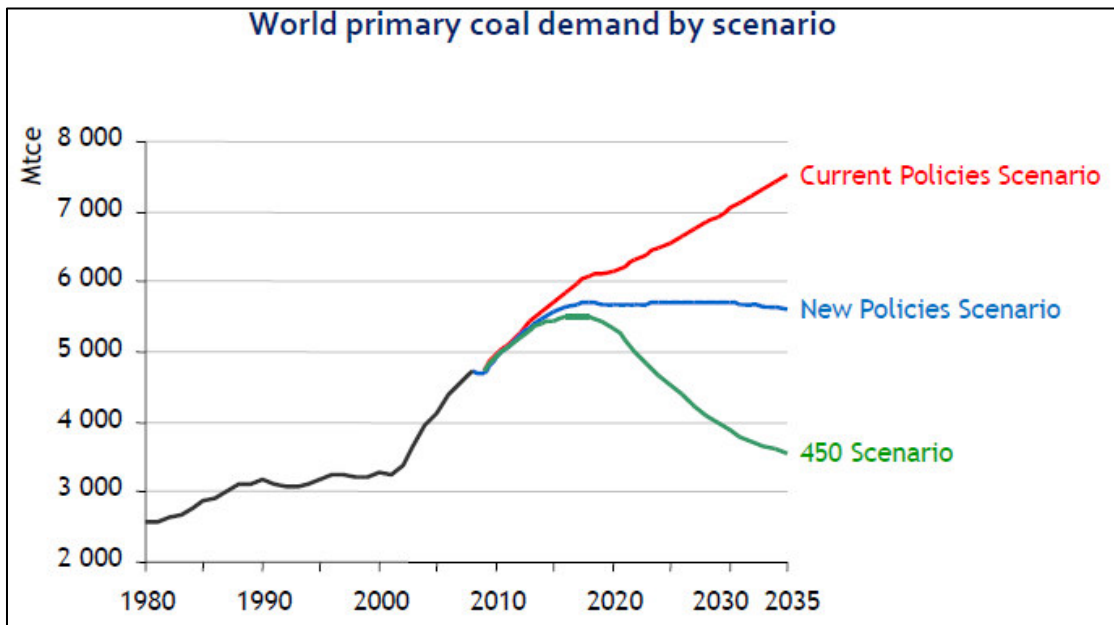


(四)「New Policies Scenario」下，全球煤炭需求之增加主要係在中國大陸、印度及印尼，約占總增加需求之 90%。燃煤發電係全球發電之支柱，雖經濟合作與發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 國家減少燃煤發電，然減少的幅度不及其他地區大幅增加之幅度，其中中國大陸增加 600GW 燃煤發電裝置容量，較美國、歐洲及日本現有之燃煤發電裝置容量為高。



(五)國際能源總署使用 World Energy Model (W.E.M.)將「Current Policies Scenario」、「New Policies Scenario」及「450 Scenario」三種不同之境況套入 W.E.M.得到全球煤炭需求：

2008 年至 2035 年全球煤炭需求在三種不同情境情形下，平均成長率分別為 1.7%、0.6%及-1.0%。因此，全球煤炭需求是否持續成長，與各國為符合二氧化碳排放標準所訂定之能源政策息息相關。



說明：

- 1、「Current Policies Scenario」，係依據「World Energy Outlook」2009 年版本及更早的版本下，各國家之能源政策基礎。
- 2、「450 Scenario」，係依國家不同之經濟開發程度，將全球各國分為三大群組，並嚴格訂定各群組逐年二氧化碳排放標準。

## 六、核能已復興了嗎？

由於今(2011)年發生於日本 311 震災所引發的福島事故引發全世界對核能議題關注，故於會中邀請英國皇家國際事務研究所(The Royal Institute of International Affairs, Chatham House)的核能專家 Mr. Malcolm Grimston 以「核能已復興了嗎？」為主題進行簡報。

Grimston 先生認為評估電力供應時，通常考量供應安全、經濟性、環境接受度及社會/政治接受度等 4 層面，因此渠以此 4 層面分析過去核能發展起起落落的 3 個階段，分別為：

### (一)第 1 階段(1960 年代~1980 年代)：興起

#### 1、供應安全：

因能源短缺、石油輸出國組織 (Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC)興起、天然氣仍未大幅擴展以及對煤礦工會壯大之疑慮等因素而受到嚴重衝擊。

#### 2、經濟性：

油價於 1973 年成長 4 倍，於 1979 年成長 2 倍。

#### 3、環境接受度：

並非主要考量，但開始關注酸雨及區域性空污等問題。

#### 4、社會/政治接受度：

社會及政治對核能的反應皆相對溫和。

此時期由於各國主要的核電廠興建計畫使得 1980 年代約有 200 部核能機組開始運轉，核能成為 1970 年代及 1980 年代成長最快的能源。1990 年代成長則大幅減少，主要成長來自改善現有電廠的發電效率。

## (二)第 2 階段(1980 年代~2005 年)：衰落

### 1、供應安全：

石油輸出國組織 衰退、發現大量天然氣 (蘊藏量提升 3 倍)、石油危機後的全球經濟衰退造成裝置容量過多。

### 2、經濟性：

油價崩跌使其他能源成本下降、改用低成本的高效率新技術 如 複循環 燃氣渦輪機 (Combined-Cycle Gas Turbine, CCGT)、較嚴格的法規等許多因素造成核能成本增加、電業自由化造成的影響。

### 3、環境接受度：

仍非主要考量，但對輻射的疑慮使核能發電成本增加。1992 年里約公約使氣候變遷成為英國大量採用天然氣的驅動因素，並於 1990 年代在減少二氧化碳排放方面達到重大成效。

### 4、社會/政治接受度：

三哩島及車諾比事故後產生諸多問題。義大利、瑞典及德國決定逐步廢止核能發電，荷蘭、英國及瑞士則中止新建機組，很多國家制定阻止發展核能的政策或法規。

1980 年代美國興建核電廠的隔夜成本(overnight cost)由三哩島事故前的每度電 1,000 美元左右大幅上漲至接近每度電 2,500 美元。此期間核能的衰退使得截至 2011 年 8 月全球核能電廠約有 87%的裝置容量已營運超過 15 年。

## (三)第 3 階段(2005~2011 年)：再起

### 1、供應安全：

中東的動盪及俄羅斯分別於 2005 年及 2006 年中斷對烏

克蘭與白俄羅斯供應天然氣與燃油，使得國際供應安全疑慮增加、很多已電業自由化的國家備載容量不足、認知到再生能源間歇性問題的挑戰。

## 2、經濟性：

油價於 2008 年達到每桶 147 美元高點，下跌後仍於 2011 年回漲至超過每桶 100 美元，而天然氣與燃煤價格亦高漲。原料鈾價格雖也上漲，但僅占總成本很小之比例。

## 3、環境接受度：

對溫室氣體排放及其後果的疑慮持續成長。

## 4、社會/政治接受度：

政治氛圍有重大改變，公眾對核能也感到較自在。

儘管 2003 年美國 Entergy、Exelon 及 Dominion 電力公司皆信誓旦旦要在美國申請新建核能機組，布希政府的官方報告亦認為第 1 部新建機組可於 2010 年完成，然而全球實際興建中的核電廠主要還是在中國大陸、俄羅斯及印度。

## (四)第 4 階段(未來)：興或衰？

### 1、供應安全：

未來之能源仍有短缺之疑慮，例如英國未來 20 年將有 30GW 的裝置容量停止營運且碳氫化合物又有地緣政治問題。然而核能亦因為原料鈾為有限資源、若有類似福島的事件可能造成機組無法延役或被迫終止運轉等，而有供應安全問題。

### 2、經濟性：

將更深入探討自由化市場是否能同時兼顧環境接受度及供應安全。即使在福島事故前核能電廠的興建成本已大

幅成長，而近年興建中幾個新型式電廠都有超預算問題，如芬蘭 Olkiuoto-3 的 1,600 MW 演進型壓水式反應爐機組 (Evolutionary Pressurized Reactor, EPR)，已由原先預期於 2009 年 5 月花費 30 億歐元，至今已延遲 4 年且預估總成本約為 56 億歐元(約每瓩 5,000 美元)、法國 Flamanville-3 的 EPR 機組於今年 7 月重估，預期商轉年將延後 4 年，總成本由原先之 34 億歐元增為 60 億歐元、台灣龍門電廠的先進沸水式反應爐電廠 (Advanced Boiling Water Reactor, ABWR) 亦已較原排程延後 5 年，總成本也可能由原估算之 37 億美元增加至 74~91 億美元。

### 3、環境接受度：

重點在於福島事故是否會使輻射安全被更客觀的評估。即便在核能復興的狀態下，國際對氣候變遷的責任都很難達成，福島事故後日本已經表示將減緩原 2020 年以前減排 25% 之承諾，德國更進口捷克與波蘭的燃煤電力，這些都可能使氣候變遷問題更形嚴重。

### 4、社會/政治接受度：

對福島事故的反應並不一致。日本、德國、瑞士及義大利調整政策；中國大陸、法國、韓國、英國及美國暫緩但並沒有重大改變。

即便假設能源效率大幅提升，世界能源委員會 (The World Energy Council) 預測 2030 年的電力需求仍將較 2010 年增加 39%，因此 Grimston 先生認為未來電力供應的發展主要的問題在於如果不使用核能，我們還能使用什麼能源，以及我們是否能將輻射風險適度等比例量化。

## 七、淨煤技術(Clean Coal Technology)介紹

根據 2011 年美國能源資訊部 (U.S. Energy Information Administration, EIA)對 1990 年~2035 年能源需求的預測，液態燃料在滿足全球能源需求上仍將持續扮演者主要的角色(其次為煤炭)，然而在未來石油供給面的不確定因素下，全球蘊藏豐富的煤炭若能透過創新用煤科技的應用與流程的改善，除可因應節能減碳的環保潮流外，亦是確保未來能源供給安全的主要選項之一。

本節將介紹一家澳洲能源跨國公司，Linc Energy Limited (Linc)，目前所致力發展之淨煤科技，即地下煤炭氣化技術(Underground Coal Gasification, UCG)，同時介紹該技術所帶來的相關創新及商業化發展潛力。

### (一) Linc 公司介紹：

Linc 為一家多角化的能源服務上市公司，總公司設在澳洲布里斯班(Brisbane)，在全球各地擁有許多石油、天然氣、煤炭及頁岩氣等礦物資產。

Linc 目前為全球地下煤炭氣化技術、氣態液態燃料轉換技術(Gas to Liquids, GTL)及二氧化碳驅油技術(Enhanced Oil Recovery, EOR)等能源解決方案的領導廠商。

依據美國能源資訊部的資料，全球能源需求主要仰賴石油供應，到 2035 年占比為 29%(占比最高)，然而在世界主要產油國的產量逐年遞減及可行的替代液態燃料仍顯不足的情況下，石油供需不均的問題將更為嚴重。鑑於石油的供需缺口在 2010 年之後將逐步擴大，Linc 未來著重於 3 項主要事業：煤炭、油氣及潔淨能源或燃料，Linc 認為在全球豐富的煤炭蘊藏量下，若能透過地下煤炭氣化技術與氣態液態燃料



轉換技術整合運用，將煤炭轉變成燃燒性佳及更符合環保的合成液態燃料(如柴油)，同時透過二氧化碳驅油技術的應用，提高原油的開採率，為將來的石油供需缺口提供一項創新的能源解決方案。

## (二)Linc 淨煤科技介紹：

### 1、地下煤炭氣化技術(UCG)：

係將處於地下的煤礦層透過一系列反應(涉及氧氣、熱、壓力、煤炭特性及水的控制)將煤炭轉變成合成氣體的一種用煤技術。

#### (1)地下煤炭氣化技術(UCG)的價值：

- a、可應用於閒置 (stranded)、煤層過深、煤炭品質不佳、不適合出口或以一般方式開採之煤礦，Linc 公司參考世界能源委員會 2007 年的數據認為：UCG 的應用能使全球煤炭筆蘊藏量由 9,000 億公噸提升到 1.5 兆公噸。
- b、UCG 生產之合成氣體(Syngas)可作為潔淨能源及燃料的生產原料。
- c、無須以開挖方式開採煤炭(Low Surface Disturbance)。
- d、合成氣體製造過程對環境污染程度較小，例如無煤灰及表層或地下水污染問題。
- e、投資成本相對於傳統煤炭氣化技術為低。

#### (2)合成氣體(Syngas)應用上的多樣性：

合成氣體為煤炭氣化後產生的可燃性氣體，具有多種用途，主要成分包含氫氣(H<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、一氧化碳(CO)及二氧化碳(CO<sub>2</sub>)等，非常適合許多下游產業作為生產原料，Linc 公司目前專注於氫氣的應用，如搭配英國 AFC 公司生產的

氫燃料電池提供 UCG 廠所需的電力，而發電過程的副產物為乾淨的水；透過 FT 合成反應爐生產潔淨柴油及飛機用燃料；將合成氣體作為氣渦輪發電機組的燃料，如 Linc 在烏茲別克的 UCG 廠，每日生產 100 萬立方公尺的合成氣體作為鄰近裝置容量 600MW 發電機組之燃料。

## 2、氣態轉換液態燃料技術(GTL)

目前 Linc 在澳洲 Chinchilla 設置了 GTL 反應爐，並結合 UCG 設備生產潔淨的液態燃料，該廠亦於是目前全世界唯一 UCG 與 GTL 的液態燃料生產示範廠，Linc 公司總裁於 2011 年 3 月使用該 UCG to GTL 整合技術所生產的合成柴油開車橫渡澳洲(約 6,000 公里路程)。

## 3、二氧化碳驅油技術(EOR)

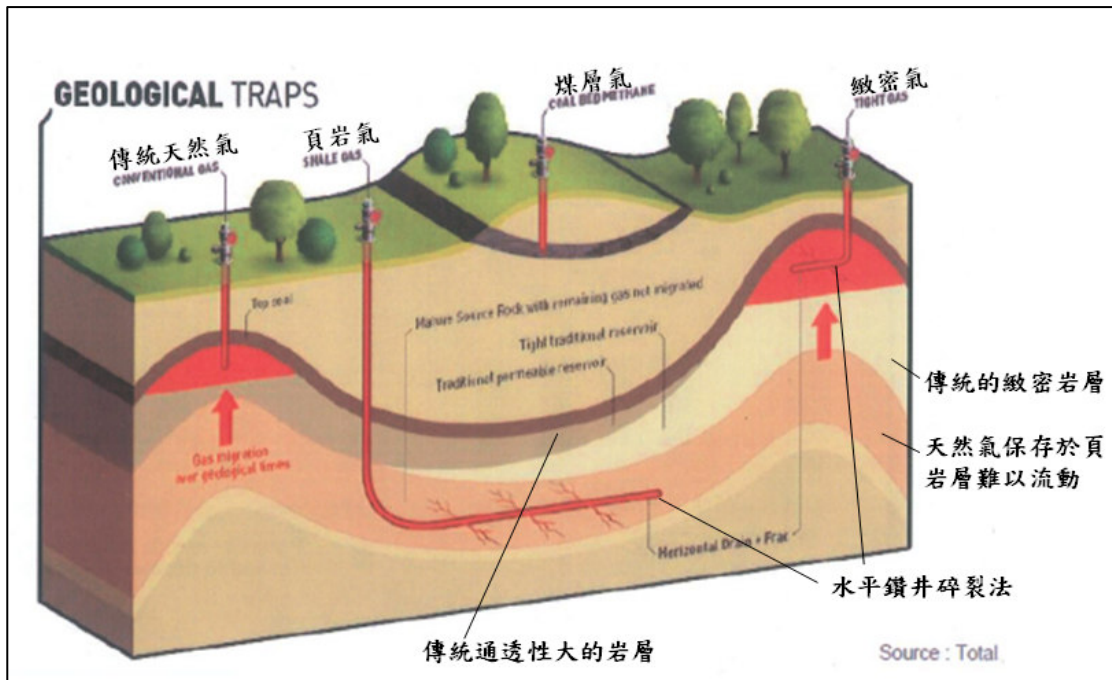
簡而言之，即是將二氧化碳注入油層(通常為油田處於開採的最後階段)中，以提高採油率。

二氧化碳是一種在油和水中溶解度很高的氣體，當在攝氏 31 度及 72 標準大氣壓力(atm)的環境下將成為超臨界狀態，此狀態之二氧化碳呈現非液體非氣體狀態，具有黏度低、流動性好、擴散性強等特點，這種狀態最適合與油液相溶，當二氧化碳大量溶解於原油時，可使原油體積膨脹、黏度下降，使採油率提升之效果相當顯著(約可提升 10%~20%)。Linc 作法係在生產 UCG 合成氣體的過程中，將二氧化碳隔離抽取出來後注入位於 UCG 廠附近的油層。這項技術不僅能滿足油田開發需求，同時兼具驅油範圍大及成本低的效益，還能解決二氧化碳排放的問題，可視為碳補捉封存 (Carbon Capture Storage, CCS)技術的一種。

雖然該公司之淨煤技術上仍處於測試示範階段，在商業化的過程中尚有許多問題必須克服，但在目前替代能源選擇有限及減少溫室氣體排放的趨勢下，該公司之淨煤科技之商業化發展值得繼續追蹤。

## 八、頁岩氣：近期美國革新造成全球性的衝擊

(一)非傳統天然氣為天然氣產業的新領域，其包含頁岩氣、緻密氣及煤層氣，下圖為傳統天然氣及非傳統天然氣的地層分布簡圖：



(二)美國近期大幅開發國內蘊藏豐富之頁岩氣，從而限制並降低對液化天然氣(LNG)進口之需求，原因如下：

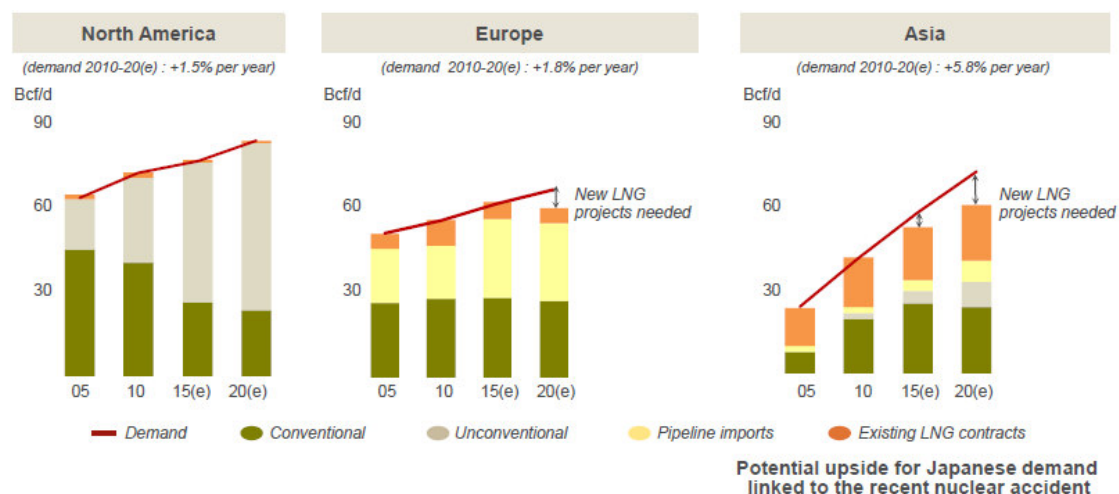
- 1、美國頁岩氣產量超過 150 億立方英尺/天(billion cubic feet/day, bcf/d)，約占美國天然氣產量 25%；
- 2、美國頁岩氣資源與其傳統天然氣相當；
- 3、可有效限制生產成本。

(三)天然氣市場日漸吃緊：

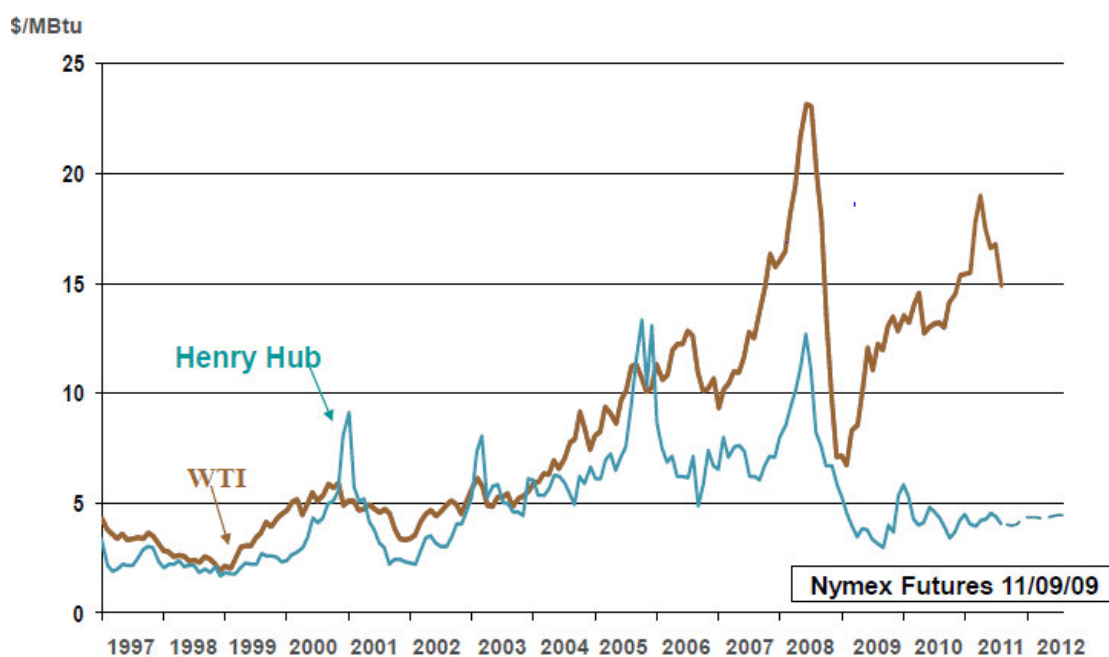
- 1、2010 年~2020 年各地區天然氣需求量年平均成長率分別為：北美洲 1.5%、歐洲 1.8%及亞洲 5.8%。

2、受到近期核能事故影響，日本未來天然氣需求量大幅向上修正。

3、歐洲及亞洲未來將更加仰賴液化天然氣。



(四)美國對頁岩氣的開發趨使 Henry Hub(HH)天然氣期貨價格走低，近期 HH 天然氣價格均在 3~5 美元/百萬英熱單位(Million British thermal unit, MBtu)震盪，下圖為近 15 年西德州原油(West Texas Intermediate, WTI)期貨價格及 HH 天然氣價格之歷史趨勢圖。



(五)頁岩氣的發展對環境的衝擊：

- 1、對土地的衝擊(地上設施的安裝數目、水平鑽井的長度及需鑽掘大量井)。
- 2、持續發展對水資源的管理(廢水處理及化學物質處理)。
- 3、港埠物流的發展亦對附近環境造成影響。
- 4、美國對全球天然氣市場造成衝擊。

(六)頁岩氣為全球性的潛力資源：

- 1、依國際能源總署 2009 年預測全球頁岩氣蘊藏量為 6,000 兆立方英尺(trillion cubic feet, tcf)(約 1,260 億公噸)。
- 2、依 IHS CERA 2009 年預測全球頁岩氣蘊藏量為 5,000~16,000 兆立方英尺(約 1,050~3,360 億公噸)，其中北美為 3,810 兆立方英尺、拉丁美洲為 2,100 兆立方英尺、歐洲為 560 兆立方英尺、次撒哈拉非洲地區為 280 兆立方英尺、中東及北非為 2,500 兆立方英尺、俄羅斯為 630 兆立方英尺、中國大陸為 3,500 兆立方英尺及澳洲為 2,590 兆立方英尺。

## 九、Drummond Company, Inc.介紹

Drummond Company, Inc. (Drummond)於 1935 年由 Mr. H. E. Drummond 所創立，主要業務為煤礦開採、煤炭採購、煤炭處理及銷售、煤炭相關之衍生性商品。Drummond 握有超過 20 億公噸之煤炭蘊藏量，2010 年約運送 2,700 萬公噸之煤炭。

該公司主要生產符合美國潔淨空氣法案(Clean Air Act)1990 年修訂版第 2 階段要求之低硫煤（或稱為 Compliance Coal），該公司在美國之煤礦營運主要在阿拉巴馬州，國際性之煤礦營運則在哥倫比亞，藉由此兩礦區所生產之煤炭供應美國與歐洲所需。該公司在美國約有 75 年之煤礦開採經驗，而在哥倫比亞則有超過 16 年之經驗。

Drummond 為美國最大之商用焦炭 (Merchant Coke)生產商，該公司之子公司 ABC Coke(Alabama By-product Corporation)每年生產 75 萬公噸之可售焦炭。

Drummond 在美國阿拉巴馬州擁有生產冶金煤之 Shoal Creek 礦區、生產焦炭之 ABC Coke 公司，以及生產冶金煤、燃煤、PCI 煤之 Twin Pines 礦區。

Drummond 在 1980 年代後期購得哥倫比亞北部重要之煤礦蘊藏量採礦權(Mining Right)，在 1990 年代初期進行開發，Mina Pribbenow 礦區在 1995 年開始生產。Drummond 在 1997 年併購 El Descanso 礦區，2003 年再接管 Dupela project 之 Rincon Hondo 與 Similoa，這些礦區所產煤炭之熱值與 Mina Pribbenow 類似，透過這些併購，使 Drummond 成為哥倫比亞 2 大煤商之一(另一家為 BHP Billiton、Anglo American 與 Xstrata 共同平均持有之 Cerrejon)。

該公司在哥倫比亞所生產之燃煤 品質優於其他國際市場燃煤，該礦區之燃煤係目前哥倫比亞外銷燃煤中具有最低硫份與灰份之燃煤之一。該礦區之燃煤符合全球硫份法規，氮氧化物(NOx)之排放量亦相當低，故廣為需要降低硫份與 NOx 排放之電力公司所喜愛。Drummond 之關係企業行銷哥倫比亞燃煤至歐洲、地中海、美國、南美、亞洲之 15 個國家。

Drummond 在哥倫比亞之營運包括接近 La Loma 之 Mina Pribbenow 與 El Descanso 露天開採礦區、加勒比海之 Puerto Drummond 深水海港(鄰近 Santa Marta)，以及煤炭運送處理廠。Drummond 利用部分更新過之 Colombian National Railroad System 與 National Highway，將煤炭從 120 英哩遠之礦區運送至 Puerto Drummond 深水海港，該港可以停泊所有大小船隻，從輕便型(Handy Size)船舶到最大之海岬型(Cape Size) 船舶皆可停泊。

由於 Drummond 過去在哥倫比亞所進行之重大投資，使該公司在哥倫比亞之煤炭運送量由 1995 年之 100 萬公噸大幅增加為 2010 年之 2,400 萬公噸。

Drummond 於 2011 年 6 月 15 日與日本伊藤忠商社(ITOCHU Corporation)簽署協議，將渠 100% 掌控之子公司 Drummond International, LLC 之 20% 權益以 15.235 億美元之價格轉給伊藤忠商社，伊藤忠商社新成立之 ITOCHU Coal Americas Inc. 子公司將接收此權益，全案已於 2011 年 10 月 19 日完成，Drummond International, LLC 負責 Drummond 在哥倫比亞礦區之生產及運輸基礎設施。



## 十、Alpha Natural Resources 介紹

Alpha Natural Resources(ANR)於 2002 年成立，2005 年股票初次公開發行(Initial Public Offering)，以募集 2.5 億美元支付公司併購其他公司所衍生之債務，在 2011 年已成為世界第 5 大煤炭(包含燃煤與冶金煤)供應商，在冶金煤銷售方面，則為全球第 3 大。該公司在不到 10 年內，煤炭供應量由 2005 年之 2,670 萬公噸大幅上升至 2010 年之 8,480 萬公噸，約成長了 200%。

ANR 在 2002 年成立後不久便進行首次之大型併購，以 6,290 萬美元取得 Brink's Company 在維吉尼亞州之礦區，在 2003 年 1 月接管 Coast Coal Company，3 月接收 Coal International，11 月再購買 Mears Enterprises, Inc.。2009 年接收 Foundation Coal，使其可利用 Cumberland Mine Railroad 將煤炭運至賓夕法尼亞州。

ANR 在 2011 年 1 月以 71 億美元併購了美國煤炭銷售金額第 4 大之 Massey Energy Compan(Massey)，在 2011 年中完成相關程序。Massey 主要之營運區域在 Central Appalachia，包括西維吉尼亞州、維吉尼亞州、肯塔基州，煤炭蘊藏量約為 23 億公噸，原煤年處理能力為 6,800 公噸，是 Central Appalachia 最大之煤炭生產商。

在併購 Massey 後，ANR 目前為美國第 2 大之煤炭生產商(美國最大煤炭生產商為 Peabody Energy)，擁有 Central Appalachia(CAPP)、North Appalachia(NAPP)、Power River Basin(PRB)及 Illinois Basin(ILB)等 4 個礦區，煤炭蘊藏量約為 51 億公噸，管理 150 個礦區及 40 座煤炭處理廠。

ANR 每年可出口 2,500 至 3,000 萬公噸之煤炭，藉由併購 Massey，使其煤炭之出口港更加多元，計有在美國東岸之 Dominion Terminal Associates、Lambert Point、Chesapeake Bay Piers、Pier IX，美國墨西哥灣區紐奧良之 International Marine terminal、Unites Bulk Terminal、Associated Terminals，以及五大湖區之 Great Lakes ports，使其煤炭出口更具彈性。另為利於煤炭運送，該公司之 Alpha Shipping & Chartering, LLC 並有長期傭船契約，將煤炭、焦煤、穀物、鐵礦、鐵氧鋁礦等大宗物資運往 11 國之客戶。

#### 肆、結論與建議

- 一、從國際能源總署(IEA)在本次會議中的報告預測得知，全球燃煤需求在短期至中期，除非各國政府對減少二氧化碳排放上採取嚴格的管制政策（即國際能源總署所提「450 Scenario」情境），否則在煤炭需求上每年仍將以穩定的速度成長，特別是新興國家近年來在發電能源上對燃煤的高度依賴，已超過已開發國家所減少燃煤需求，因此，在可預見的未來，煤炭仍將在國際能源市場上占有極為重要的角色。
- 二、由近來亞太地區的燃煤供需情勢可以看出，隨著中國大陸及印度經濟的快速成長，對燃煤需求亦大幅增加，預期這兩國的燃煤需求仍將有進一步成長。雖然中國大陸及印度本身均有極豐富的煤炭蘊藏，但受限於產煤區與消費區間的運輸條件限制及新礦區的開發趕不上需求成長的速度等因素，使國內燃煤需求無法得到滿足，致兩國燃煤使用者轉向國際市場採購，由於其採購數量相當龐大，已使中國大陸及印度成為帶動亞太地區燃煤價格變動的主要原因，且可預期此一趨勢短期內將不會有顯著的改變。
- 三、近年來歐洲，特別是西歐及北歐部分，因考慮降低溫室氣體排放，對燃煤需求逐漸在減少，發電能源轉向核能、天然氣及再生能源等，雖然在今(2011)年日本福島事故後，歐洲興起一股檢討核能之風潮，但實際進行政策調整的僅有德國、瑞士及義大利等國，包括法國及英國在內的多數歐洲國家則仍維持其核能政策，且在減少溫室氣體排放的前提下，多數歐洲國家的新建發電機組

使用天然氣作為燃料，因此，在可預見的未來歐洲的燃煤需求減少之趨勢，將不會有明顯的改變。

四、歐洲燃煤價格部分，自今(2011)年歐洲債信危機發生以來，價格即呈現下跌之局面，加上歐洲因國際商品(commodities)市場交易較亞太地區發達，使價格受此類金融事件之影響更為深刻，且歐洲燃煤價格與天然氣及原油價格有很高的聯動性，故目前雖然歐洲燃煤價格仍舊維持跌勢，惟近來在西方國家對重要產油國伊朗實施出口制裁措施，已對原油價格產生抬升的效果，後續對歐洲燃煤價格甚至是亞太地區燃煤價格的影響，將是近期值得關注之重點。當然，就如前述第二點所提，在亞太地區燃煤價格部分，中國大陸及印度今(2011)年第4季至明(2012)年第1季在進口煤需求的變化上，亦是不可忽略的一部分。

五、從本次會議的各項資訊可得知，未來燃煤在全球能源市場上仍占有極重要的地位，因此如何確保本公司能取得安全穩定的燃煤來源及兼顧公司的成本效益將是一項重要的課題，就如前述第四點中所提，本公司所處的亞太地區燃煤市場深受中國大陸及印度的影響，因此在本公司燃煤採購策略的制訂上，這兩國的能源情勢發展將是重要且需持續關注的標的。此外，在國際能源總署的預估中，天然氣的重要性持續增加，已有許多國家將天然氣作為新的發電能源，惟天然氣與原油相同，目前生產地域並不如燃煤普遍，因此天然氣在未來勢將成為各國競逐之目標，而本公司未來亦將逐步加重天然氣發電之比例，如何獲得充足的天然氣以提供穩定的供電對本公司將是一重要之課題。最後，在減少碳排放的議題上，

但由此次在南非所召開「聯合國氣候變化綱要公約第 17 次締約國大會暨京都議定書第 7 次締約國會議 (COP17/CMP7)」所達成之結論，雖然各國間對減碳實施方法上仍存有歧見，但全球對減少碳排放上仍存有一定之共識，台灣不可能自外於此潮流之外，因此本公司除加重天然氣發電之比例外，未來新建燃煤電廠設計上均已保留安裝碳補捉封存 (CCS) 設備之空間；除了採取上述措施之外，相關的淨煤技術值得持續進行關注。