

(重點摘要)

# 亞洲/世界 能源展望 2015

探討新形勢下的原油價格,氣候變化對策……



October 2015

The Institute of Energy Economics, JAPAN

(Translated by Zhang Ping)

The Institute of Energy Economics, Japan © 2015

# 重點摘要

## 國際原油市場引起的大變革

### 為何要關注原油價格

從2014年下半年開始的油價大跌、使人們重新認識到原油價格對世界政治、經濟和能源的走勢所起到的重大影響。原油價格，不僅決定著作為世界最大宗能源石油的價格、還因其對亞洲等地的天然氣價格具有指標性意義，影響著世界能源供求的平衡和能源結構的選擇。同時，作為世界最大宗交易商品，原油的價格變動，伴隨著龐大的貿易量產生財富收入的移動，攪動著世界經濟與國際政治的力量平衡。自2012年以來保持在每桶100美元左右的原油價格，因其大跌，重新提高世界對原油價格重要性的關心。

圖1 實質原油價格與OECD的經濟增長率



今後原油價格的走向存在諸多不確定因素。以往，在我們的預測分析中都是以油價中長期攀升為前提來設定具體的價格水平。我們設想今後世界石油需求堅挺，為滿足持續增長的需求就要不斷擴充現有油田，為確保產量就不得不開發成本更高的油田。具體而言，如果今後世界石油需求年平均增加1Mb/d，到2020年累計將增加5Mb/d。目前的國際石油市場，雖存在超過1Mb/d的供給過剩，但考慮上述的需求增加，儘管中東主要產油國有增產的可能性，但現存油田產量會有衰減，有必要開發一定量的“高成本石油”。為此，我們設想2020年原油價格將向著到達或超過\$75/bbl的水平行進。進而2020年以後，從滿足需求的持續增長確保增加供給投資(包括高成本石油)的觀點，我們認為原油價格存在上升壓力，2030年以後將超過\$100/bbl的水平。

鑑於2014年下半年開始的原油價格大跌、使預測(起始點)的價格水平顯著下降。還考慮到頁岩油革命的進展，以及石油輸出國組織(OPEC)中，伊拉克與伊朗等產油國的增產潛力，以及因節能帶來的石油需求增速的減緩因素，不能完全確定今後原油價格會像當

初設想的軌道上升。為此，進行了大幅度抑制原油價格攀升的低價格情景分析，具體請看第4頁所示。由於需求增速的降低和非常規石油的大幅增產，2020年的原油價格停留在\$70/bbl(有時會低於此價格)，其後價格繼續停滯，設想到2030年也只能達到\$75/bbl。2014年下半年原油價格跳水所引起了背景環境因素的變化，從而產生與我們以往設想的遠景趨勢有相當不同的變化結果的可能性。正是為了回答世界對以上問題的關注，我們增加了該項預測分析。

## 原油市場的歷史及當前的油價下跌，原油價格形成的諸要素

回顧原油市場的歷史，這次原油價格的跳水與1980年代的油價暴跌式的“石油危機”有些相似之處。其相似處有三，(1)高油價催生新開發供給源的擴大，(2)並非因經濟危機而產生的需求減少，(3)OPEC產油國間增產競爭(見表1)。因原油市場有其特有的規律，我們預想原油價格遲早還是會上升的。但是這可能意味著，與1980年代具有相似性的油價下跌，不會在短期內結束。

表1 歷次原油價格跳水的異同

	1986年	1998年	2008年	2014年
下跌率	-74%	-34%	-37%	-56%
下跌要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>石油危機後的高油價引起的需求減退、非OPEC供給的增加</li> <li>OPEC內部有關份額爭鬥的激化</li> <li>由於採用沙特的淨回值計價方式，使供求關係趨於緩和</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>亞洲金融危機使新興國家的需求減少</li> <li>OPEC內部超份額生產</li> <li>OPEC的生產份額擴大緩解供求關係</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>金融海嘯引起世界需求銳減</li> <li>沙特等國產油能力的擴充</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>非OPEC供給的增加</li> <li>OPEC維持產量</li> <li>世界需求減速</li> <li>OPEC (伊拉克，沙特，伊朗等)增產</li> </ul>

注：跌價率是指半年內從NYMEX市場的最高價到最低價間下降比率。

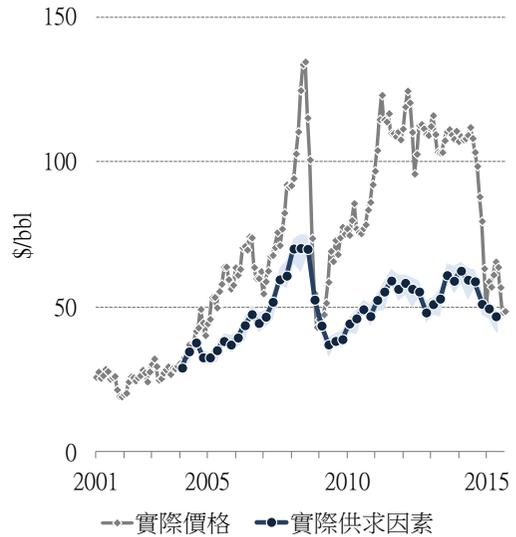
在現實市場(期貨市場等)中，原油價格是由市場參與者對需求，供給，風險，金融投資4個要素的不同“期待”而形成的(圖2)。換言之，原油價格的形成，也反映了除純粹供求關係以外因素的影響。據我們的測算<sup>1</sup>顯示，在2011年開始的價格攀升期間、現實原油價格要高於按供求關係應有的價格水平(見圖3)。今後，在國際石油市場的運行中，還可能受到供求關係以外因素的巨大影響。

<sup>1</sup>柳澤明(2015)《對原油基本定價的再思考—原油價格跳水，供求關係以外的因素巨大》  
[http://eneken.ieej.or.jp/report\\_detail.php?article\\_info\\_\\_id=6284](http://eneken.ieej.or.jp/report_detail.php?article_info__id=6284)。

圖2 形成原油價格的諸要素



圖3 原油實際價格和實際供求因素



注：布倫特 (Brent)原油短期期貨

今後的原油價格，非供求關係因素中地緣政治風險的影響是不可忽視的。活躍在伊拉克-敘利亞的激進組織“伊斯蘭國”(IS)的存在，解除經濟制裁後逐步回歸國際社會的伊朗與其高度警惕的周圍各國的關係，持續以軍事實力改變現狀的俄-烏局勢，從霍爾木茲海峽到馬六甲海峽的海上通道航行安全的問題，脫離供求關係因素而附加於原油價格的風險不勝枚舉。同時還必須關注俄國在中東開始的空襲行動的影響。

## 世界·亞洲能源需求展望

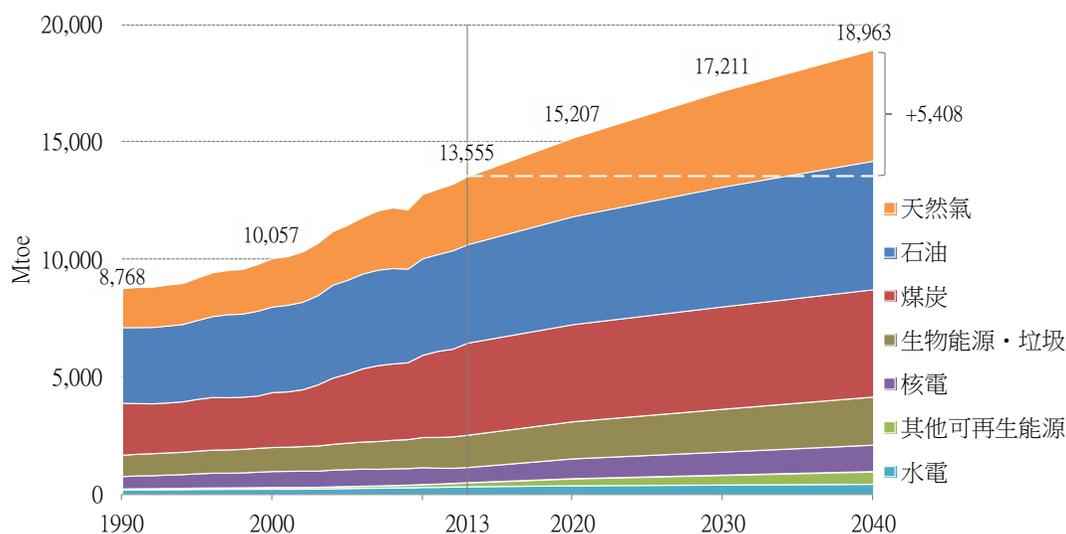
### 能源消費今後27年擴大1.4倍。其大半仍為化石能源

世界一次能源消費，目前的增速雖然有所減慢，但在能源供求相關的社會·經濟·政策·技術引進等的變化趨勢仍將持續為前提的“基準情景”預測結果中，從2013年的油當量13,555百萬噸(Mtoe)將增到2040年的18,963Mtoe，增加5,408Mtoe。其增量超過現在世界最大的消費國中國和第2位美國的消費量的總和。

拉動能源消費增加的主力是非OECD國家，到2040年其消費增量(4,871Mtoe)佔世界增量的90%。其中，中國，印度，ASEAN這3國地區的貢獻率達55%。相比之下，OECD的增量只佔世界增量的5%。

現在，一次能源消費的81%為化石能源(石油，煤炭，天然氣)，今後新增需求的7成仍將為化石能源，因此能源構成不會有大的變化。倍受期待的非化石能源的利用量，其總和與化石能源相比都難望其項背。

圖4 世界一次能源消費



受汽車為主的交通部門需求增加的帶動，2013年每日87.1百萬桶(Mb/d)的石油消費，到2020年代後期將超過100Mb/d，2040年將達到113.7Mb/d。其增量的26.6Mb/d超過中東·北非OPEC目前原油產量的25.2Mb/d。到2040年，石油仍將是第1大能源。

圖5 石油消費增減

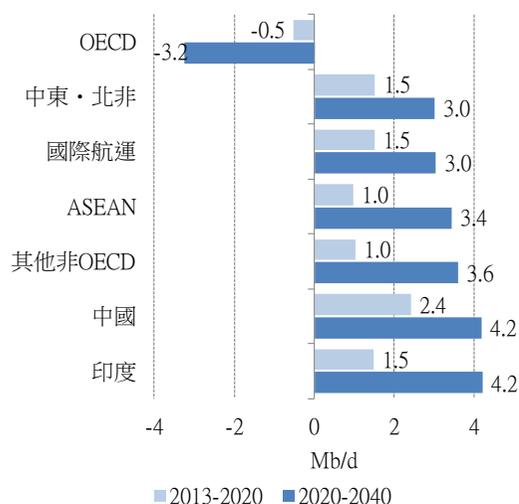
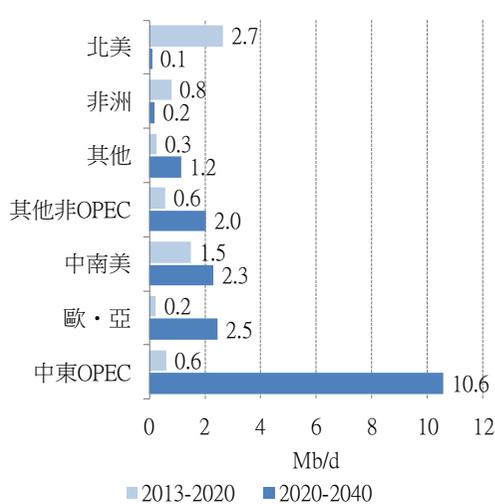


圖6 原油供給增減



目前，因美國非常規石油的產量增加，OPEC重視爭奪市場份額的戰略，新興國家的經濟轉型等使供求關係趨於緩和。但是到2020年前後，美國大幅增產以後，石油供給有極大可能重歸依賴中東為主的傳統產油國的產量調節狀態。石油資源的開發必須要花費相當長的時間和巨額投資，還有不少國家仍限制外資，臨機應變地增加新生產能力並非易事。謹慎地看待目前的價格低落對增產投資的影響，探討戰略性的應對策略尤為重要。

與其他能源相比，天然氣消費的增量最為突出，到2040年將超過煤炭躍為僅次於石油的第2大能源。截至到2006年其半數以上被終端消費部門(居民生活，服務業，工業，非能源消費，運輸業)消費。到2040年，消費量將達到5.75萬億立方米(Tcm)，在其增量的2.23Tcm中，電力部門和終端消費部門顯示基本相同的貢獻率(同為40%以上)。

化天然氣(LNG)的需求，將從2014年的239Mt (0.33Tcm)增2倍多達547Mt (0.74Tcm)，將占到主要地區間天然氣貿易量的46%(2014年為33%)。在非常規資源利用不斷擴展的背景 下，連接產地與消費地的天然氣貿易呈多樣化進展。 LNG起著重要的支撐作用。

進入本世紀其增量曾占到世界能源增量45%的煤炭消費，今後其增幅將大幅回落。2040年達標準煤6,539百萬噸(Mtce<sup>2</sup>)，增幅為17%，是各種能源中增速最慢的。此變化來自經濟成長速度減緩，逐步推進能源消費結構清潔化的中國的影響。另外，預測的後期，印度的影響力將特別增強。世界煤炭消費的大半為發電用的動力煤。在歐洲，受惠於廉價天然氣的地區，出現以氣代煤的趨勢，在亞洲，利用清潔煤炭技術具有重大意義。

圖7 天然氣消費

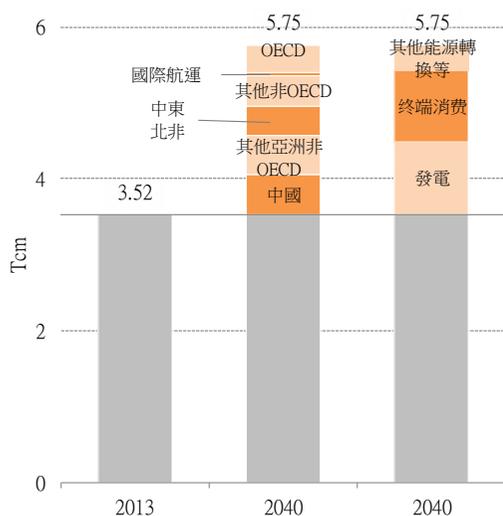
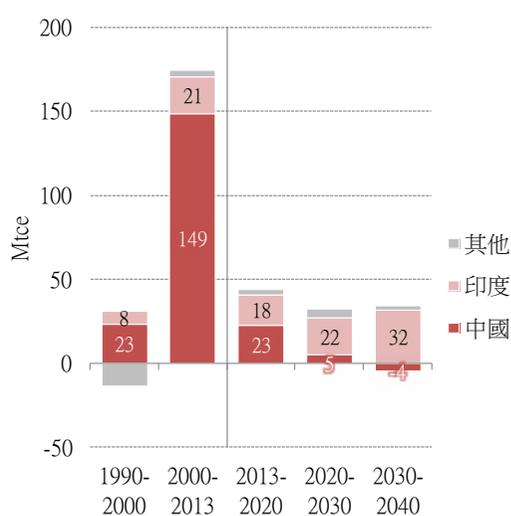


圖8 煤炭消費的增減



注: 各期間年平均增減量

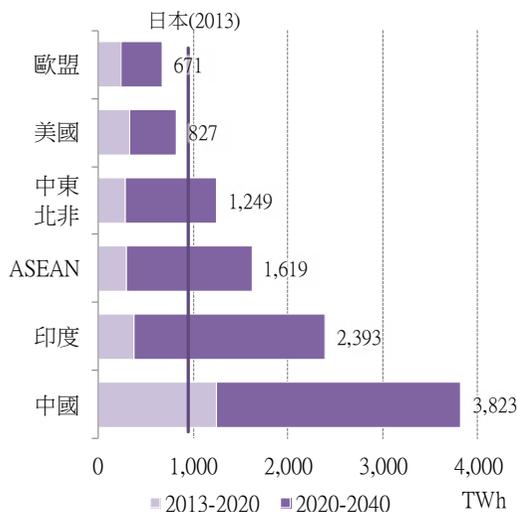
煤炭貿易的增加，以需求不斷擴大的亞洲市場所需的動力煤為主。印度和ASEAN的進口持續擴大取代了以前進口激增的中國。出口國方面，曾經出口激增的印尼，出於內需急速擴大和保護國內資源的原因，其出口量銳減，將會使對澳大利亞的進口依賴增高。

電力的終端消費，除受世界金融海嘯影響的2009年以外，在逐年增加。今後儘管經濟發展階段和地理條件有所不同，各地都會穩步增加。其中，增速顯著的非OECD電力消費量將超過2012年OECD消費量。特別應指出的是，中國和印度的新增消費量將分別達到相當現在日本消費量的4.0倍和2.5倍。

<sup>2</sup> 1Mtce = 0.7Mtce

發電方面，仍將維持以火電為主(近7成) 的電力結構。煤電由於歐美的減少使其比率將降到35%，降7個百分點，同時天然氣發電在所有地區都會增加，其比率將擴大7個百分點達到28%。核電和可再生能源發電將維持現在的構成比率。

圖9 主要地區電力終端消費的增減



注：豎線表明2013年日本的消费量950TWh

圖10 世界發電構成



可再生能源發電的比率，即使到2040年也只佔23%，與當下的22%無大變化。但風電·太陽能發電的發電量，因政策支持和技術開發，將從2013年的789TWh激增到2040年的2,778TWh，將佔總發電量7%。所需的裝機容量，風電998GW、太陽能發電749GW，分別是現在的3.1倍和5.5倍。相比之下，水電的絕對量雖有所增加，但因大規模開發的減少其比率將有所下降。

核電量將從2013年的2,478TWh增到2040年的4,321TWh，與可再生能源相同，到2040年在世界總電量中的佔比將保持現在的11%不變。關於裝機容量，德國到2020年全面廢止，日本截至2040年將削減23GW等，共有7國·地區的核電會遭削減，但同時共有32國（包括13個國家首次引進核電）會增建，世界核電裝機容量將從2013年的389GW擴大到2040年的610GW。

## 邁向節能·低碳

### 節能雖無捷徑卻有定法

節能的5大原則：為實現節能目標，首先(1)理解節能的意義，其次(2)把握能源使用量，(3)節能要付諸行動最重要。另外，當使用家用電器和汽車等時(4)改善能耗，進而(5)推進物聯網(IoT)等最新技術的革新。使用機械設備時，合理使用·運行(減少浪費)和維護保養至關重要。

節能對策多數場合需花費相應的成本同時也產生利益。例如採用節能照明，到2040年累計發生4,000億美元的附加費用，但單計算發電燃料投入的減少也累計發生4,000億美元的利益，相抵會得到超過1萬億美元的超額利益。

圖11 節能的5大原則

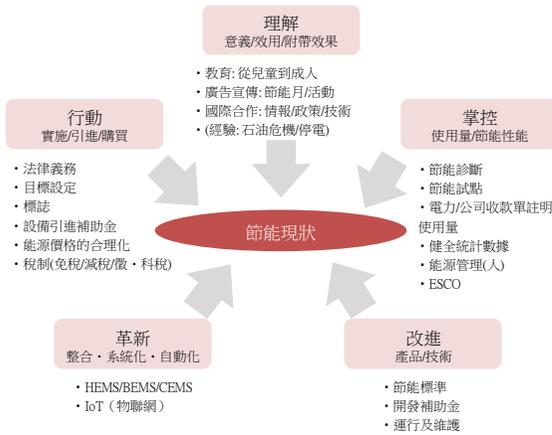
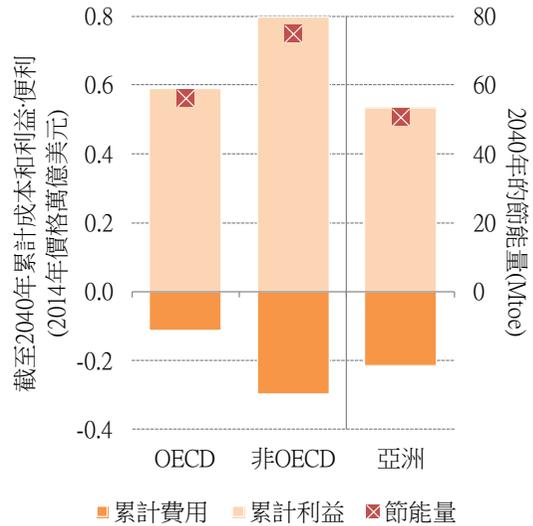


圖12 高效照明的成本·利益和節能



設定最大限度削減CO<sub>2</sub>排放的對策會被現實社會所接受並得到實施的“技術進步情景”中，2040年的能源消費比“基準情景”節減2,567Mtoe，增量的53%將被縮減。以中國和印度為中心的亞洲，佔總節減量的45%，起著重要作用。尤其是節煤量高達74%。再有，除水電以外，對核電及太陽能發電·風電等可再生能源的增加，亞洲的貢獻度達56%。

圖13 一次能源消費

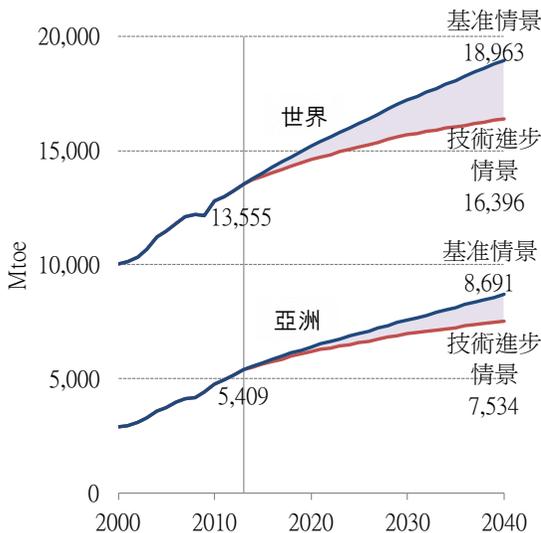
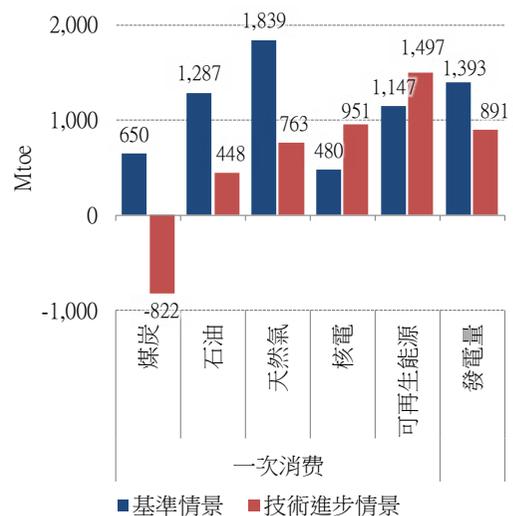


圖14 能源消費增幅[2013-2040年]



變化最大的要數，因電力需求的減少，發電能耗的進步，被其他能源取代等影響引起的發電用煤炭的減少。技術進步情景與基準情景相比，化石能源總共削減3,387Mtoe，但核能增471Mtoe，超過可再生能源增量的350Mtoe。結果，化石能源的比率從2013年的81%降到2040年的70%。

## 低能源價格的效應

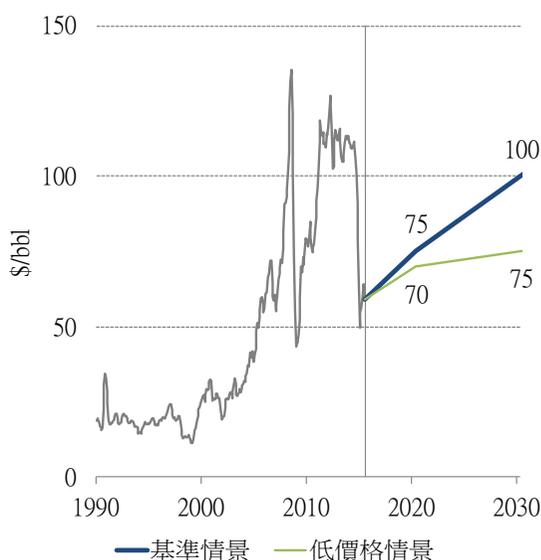
### 節流,開源,低價格改變世界

“低價格情景”進行分析預測的假設前提是，為保障能源的安全供給並應對氣候變化問題，政策性地控制化石能源需求，同時非常規石油和天然氣資源的開採技術進步在全世界得到推廣，大幅提高供給能力使供求趨於緩和。基準情景中設定到2030年再次上升到\$100/bbl的原油價格，在低價格情景設定為\$75/bbl。

表2 設定原油價格的背景

	基準情景	低價格情景
需求	節能·運輸部門燃料替代按現有趨勢進展	節能取得進展 非化石燃料替代取得進展
常規資源供給	國取得和以往相同的進展	OPEC和俄國等產油國家持續增產競爭 OPEC作為壟斷組織實際上被解體
非常規資源供給	美國2020年以後增長速度放慢 其他國家緩慢增產	美國、美國以外均達到最高水平

圖15 原油價的設定



注: 未來值以2014年實際價格計算

低價格情景中，大力推進節能政策的效果大大超過因能源價格下跌帶來的世界經濟的增長(詳見後文)和反彈效應。2030年所需的能源供給量為16,048Mtoe，比基準情景低1,163Mtoe。其中，石油因有些被其他能源替代的影響，2030年的生產量為96.5Mb/d，比現在只增加7.7Mb/d。其中北美為首的非常規石油將大幅增產，中東的增產停留在1.0Mb/d水平，俄國則被迫減產0.8Mb/d。

天然氣同樣受節能的影響，但與石油不同的是用天然氣替代其他燃料的效應。2030年的產量為4,355Bcm，比現在增加825Bcm，但低於基準情景的4,971Bcm。因受其他地區需求壓縮的影響，北美和前蘇聯以及中東等純出口地區會有較大幅減產。

圖16 主要地區原油產量[2030年]

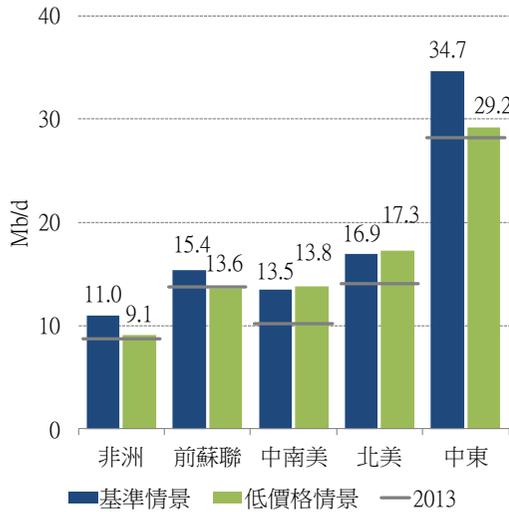
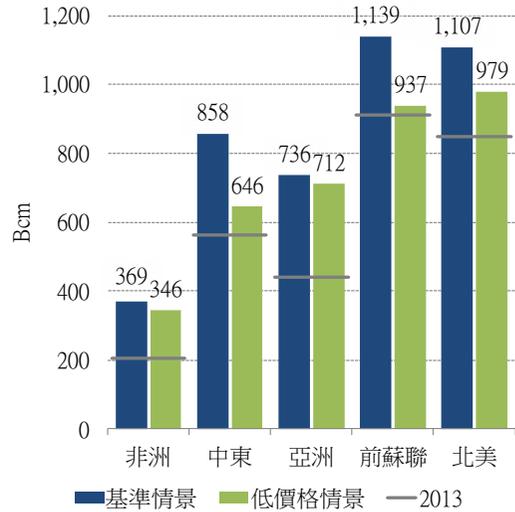
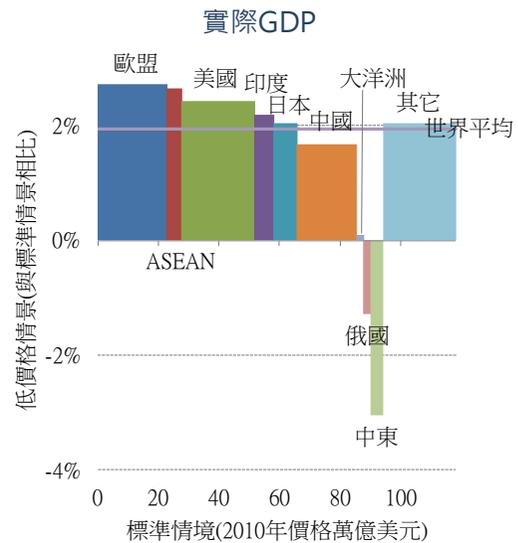
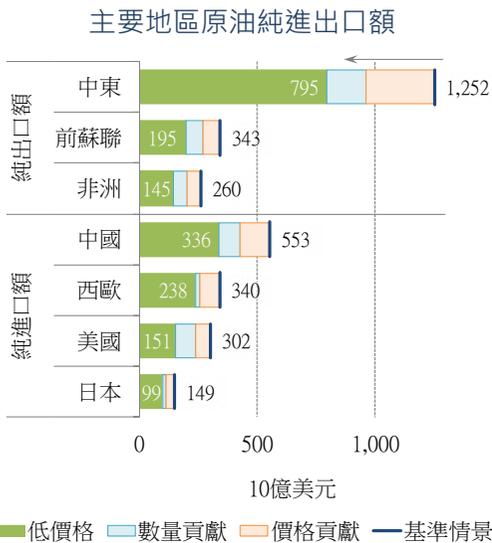


圖17 主要地區天然氣產量[2030年]



原油價格下跌的短期直接影響，表現在財富外流的減少和實際購買力的上升會刺激進口國的經濟。2015年8月的原油價格比去年同期下降\$55/bbl，如果持續55/bbl的價格水平的話，石油純進口國的支付金額每年能節省8,600億美元以上，具有拉升經濟成長1.5%的效應。相反，石油純出口國的經濟會被拉低3.7%，儘管如此，對世界總體經濟會有0.7%的拉升效果。

圖18 能源需求減緩-低價格的影響[2030年]



注：能源價格下跌，化石能源的節減，非常規石油·天然氣資源的開發利用等的綜合效應

在抑製石油需求和原油油價走低的低價格情景中，原油的純出口額·純進口額<sup>3</sup>都會大幅縮減(圖18)。進一步會抑制其他化石能源的純進口額，有助於推動進口國家和地區的經濟，到2030年，為世界整體經濟帶來1.9%的增長效應。另一方面，能源出口額的減少，會對財稅收入嚴重依賴能源出口的中東產油國的經濟帶來巨大打擊。

過度波動的能源價格，對合理的投資以及供需雙方都有傷害，可能影響將來的供求平衡的安定。在石油·天然氣·LNG等領域，促進生產國與消費國加強對話，為市場的健康發展，互通市場預測所需的信息，加深相互理解，將向益於市場的安定和持續的發展。為此，有必要通過國際能源論壇(IEF)等場合，促進國際能源署(IEA)與OPEC的對話，為強化消費國之間的溝通，需加強IEA與石油進口持續增加的中國和印度的合作。

## 氣候變化問題的現實對策

### 僅靠實現自主減排方案還不能大幅削減溫室氣體

世界與能源相關的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放，在基準情景中，到2050年比2013年增加39%達到45.9Gt。另外，技術進步情景之上進一步考慮二氧化碳捕集·封存(CCS)技術的效果時，結果與現在相比減排29%，減少到23.3Gt。但還達不到減半的程度。

基於主要8國·地區<sup>4</sup>的自主減排方案(INDC)推算出的2030年全世界的溫室氣體(GHG)排放量，在與技術進步情景和基準情景進行比較，結果更接近後者。美國和日本的結果接近技術進步情景，歐盟(EU)介於技術進步情景和基準情景之間，另外，中國接近基準情景，印度超出基準情景。期盼各國努力達到技術進步情景，特別是發展中國家有必要加強採取有效措施。

圖19 CO<sub>2</sub>排放和減排的貢獻

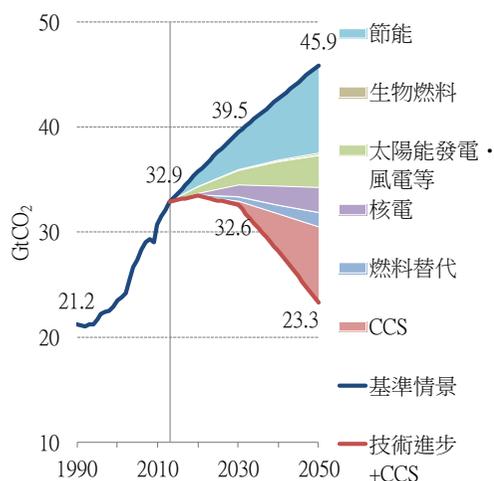
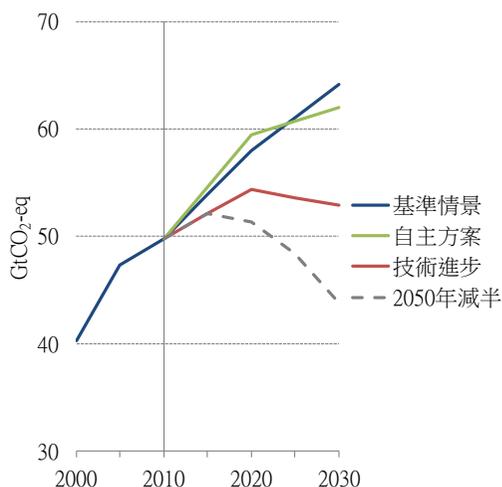


圖20 GHG排放



注：基準情景和技術進步場景+CCS推算因使用能源所排放的CO<sub>2</sub>

<sup>3</sup>當年價格

<sup>4</sup> 2010年的排放量佔全世界的65%

## 利用剩餘時間，考慮今後的技術進步和適應策略來作出周全的對策

在與基準情景相當的情況下，2100年大氣中的GHG濃度將達到760~860ppm CO<sub>2</sub>當量，1850~1900年的平均氣溫上升2.8~4.0度。相比之下，在相當於技術進步情景+CCS的情況下，2100年的GHG濃度為540~600ppm CO<sub>2</sub>當量，氣溫上升1.7~2.4度左右。低於2.5度，也可能達到2度以下，再加適應<sup>5</sup>策略的話，2050年世界CO<sub>2</sub>排放比2013年減半，2100年能達到接近零排放。

以基準情景為基準，推進削減CO<sub>2</sub>等的減排<sup>6</sup>策略，減排成本會增加，同時適應成本和損失額會減少。短期看適應成本和損失額的影響比減排成本要小，但長期看2050年以後其影響會變大。對成本的推算雖然有非常大的不確定性，但考慮基準情景和“2050年減半”情景之間，減排成本，適應成本，損失額的合計(綜合成本)應存在一個最低點。減排成本，適應成本，損失額之間存在牽制互換的關係，不可能尋求三者同時減低。只能尋求綜合成本的最小化，平衡三者利弊才是現實選擇。

圖21 1850~1900年以後的氣溫上升

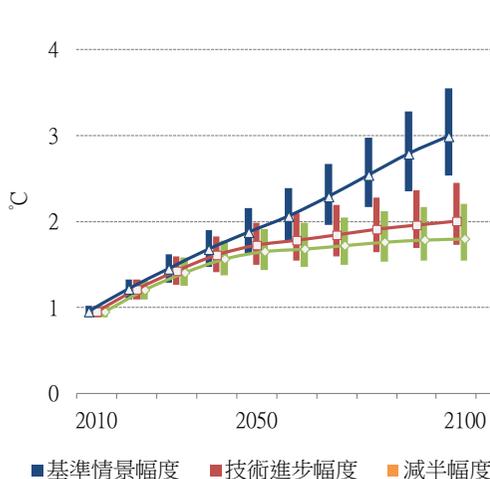
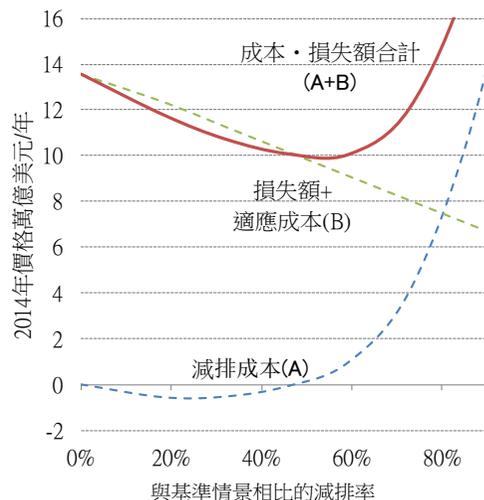


圖22 減排·適應成本和損失額[2100年]



注: 減排成本為我所推算，損失額+適應成本利用DICE2013R模型推算。設定氣候敏感度為3°C。

考慮氣候變動的影響時，長期而言當然需要有極具挑戰性的GHG削減目標。但目前應以接近技術進步情景的500~550ppm範圍為目標，再加上開發可行的低成本的節能技術，低炭技術等，來實現更低的GHG濃度。中長期，積極推進二氧化碳捕集和利用(CCU)特別是人造光合作用技術，新一代核電技術，宇宙太陽能發電，核聚變等新技術的研發，打造各國技術研發合作交流型的世界網絡。

<sup>5</sup> 對氣候變化造成的不良影響，如海面上升，農作物的旱災，新傳染病等危害的對應預防措施。可舉例，河流·海岸的堤壩，貯水池，農業研發，疾病預防醫治等。

<sup>6</sup> 削減人為溫室氣體發生源，或擴大溫室氣體吸收以達到減排的措施