

台灣能源安全指標及能源脆弱度研究

研究單位：核能研究所能經策略中心

研究成員：葛復光研究員兼主任

黃揮文副主任

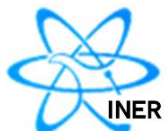
楊皓荃助理研發師

馮君強副工程師

韓佳佑副工程師

2017.08.10

集思交通部會議中心，台北



台灣能源安全指標研究

台灣能源脆弱度研究

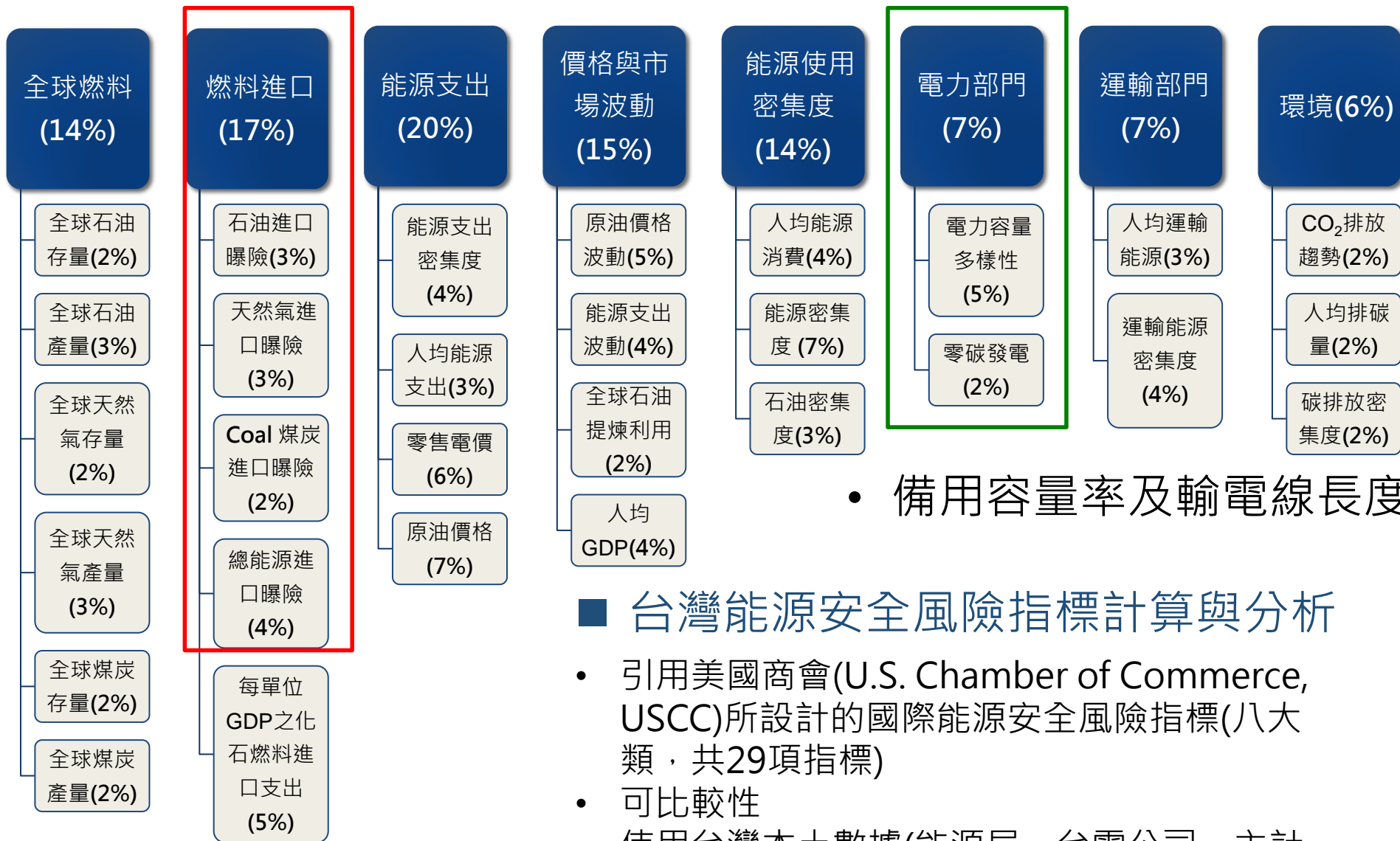
電力系統備用容量率

結論與建議



- **台灣能源安全指標研究**
- 台灣能源脆弱度研究
- 電力系統備用容量率
- 結論與建議

美國商會國際能源安全風險指標



- 備用容量率及輸電線長度

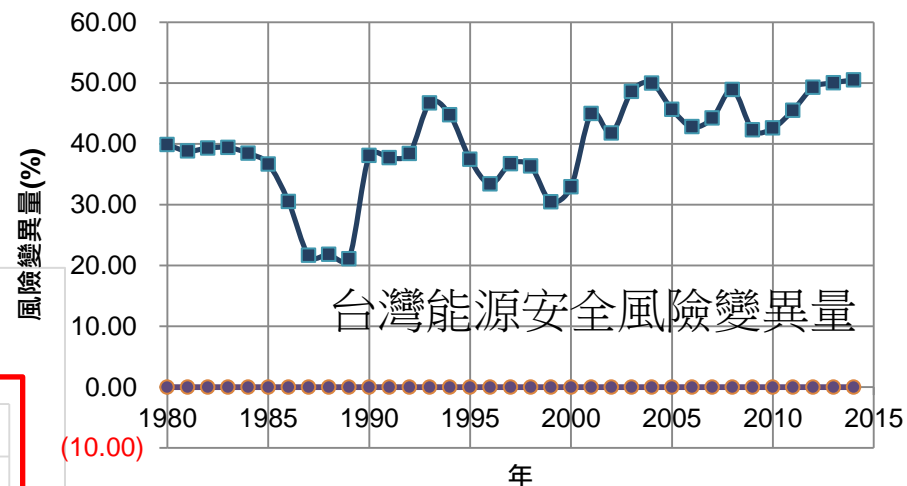
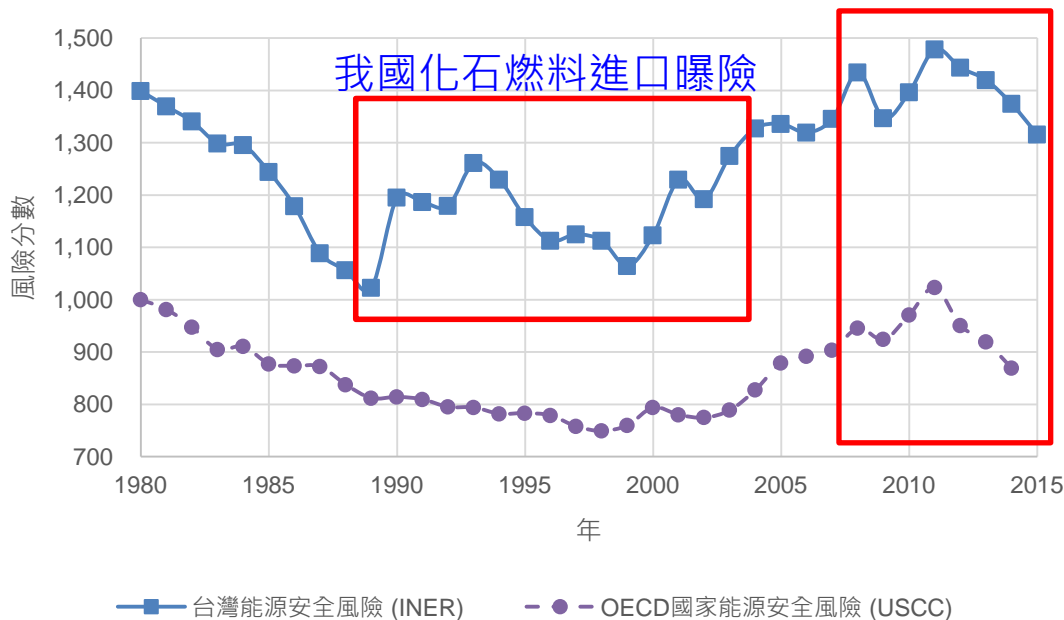
■ 台灣能源安全風險指標計算與分析

- 引用美國商會(U.S. Chamber of Commerce, USCC)所設計的國際能源安全風險指標(八大類，共29項指標)
- 可比較性
- 使用台灣本土數據(能源局、台電公司、主計總處)
- 完成台灣本土化歷史年能源安全風險分析

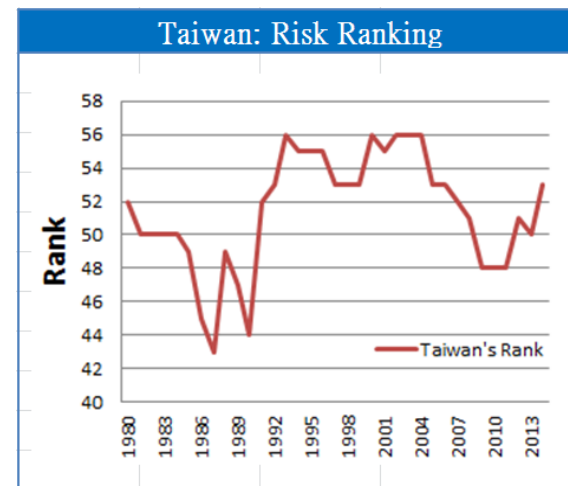
台灣能源安全風險指標計算與分析

- 引用美國商會(U.S. Chamber of Commerce, USCC)所設計的國際能源安全風險指標，
- 使用台灣本土數據(能源局、台電公司、主計總處)

能源安全風險分析

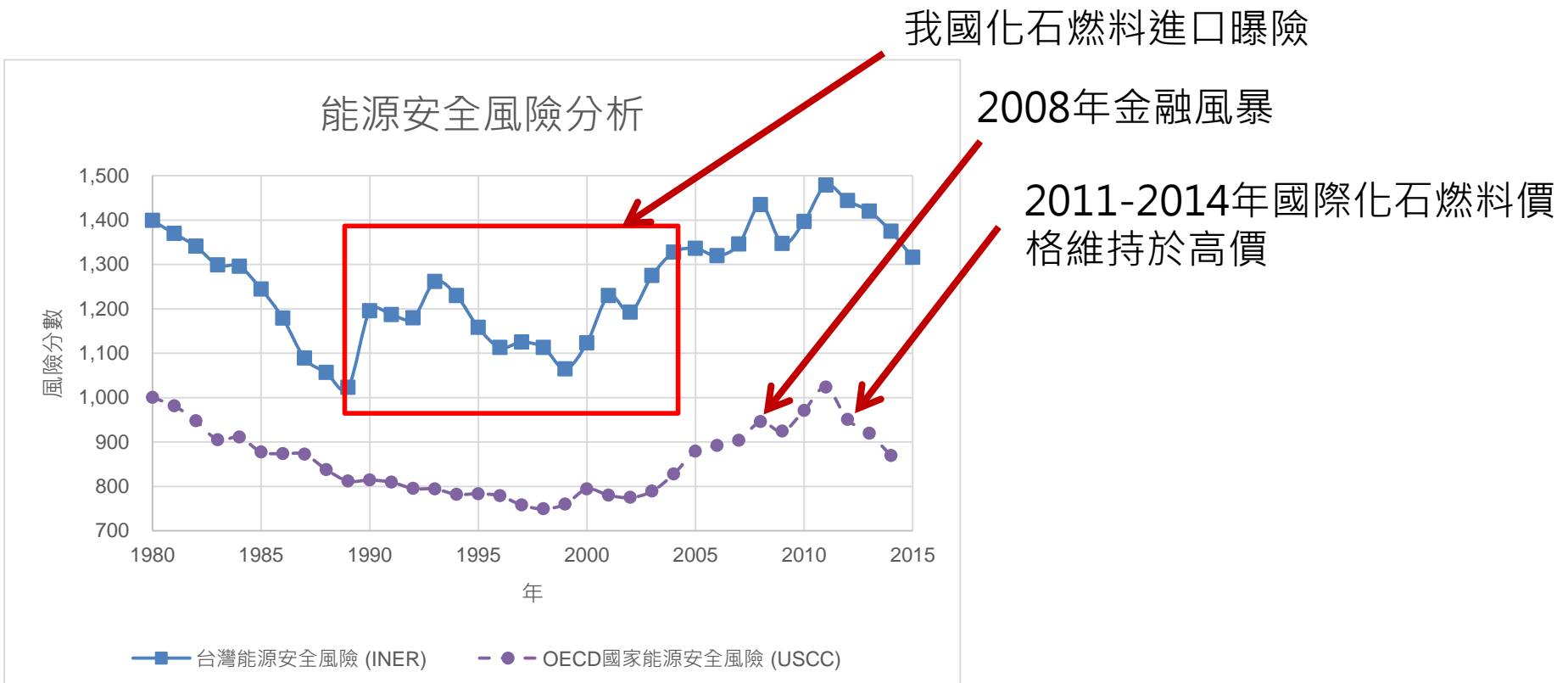


■ 台灣能源安全風險變異量 ● OECD基準



台灣能源安全風險指標計算與分析

- 引用美國商會(U.S. Chamber of Commerce, USCC)所設計的國際能源安全風險指標，
- 使用台灣本土數據(能源局、台電公司、主計總處)



燃料進口曝險-考慮自由度(自由之家資料)、供應多樣性與進口化石燃料占比

- 印尼1998年之前為自由度不佳之國家，近年逐漸改善
- 卡達長期為自由度不佳之國家(中東國家與卡達斷交)



我國天然氣進口曝險

● 我國天然氣進口曝險(INER)



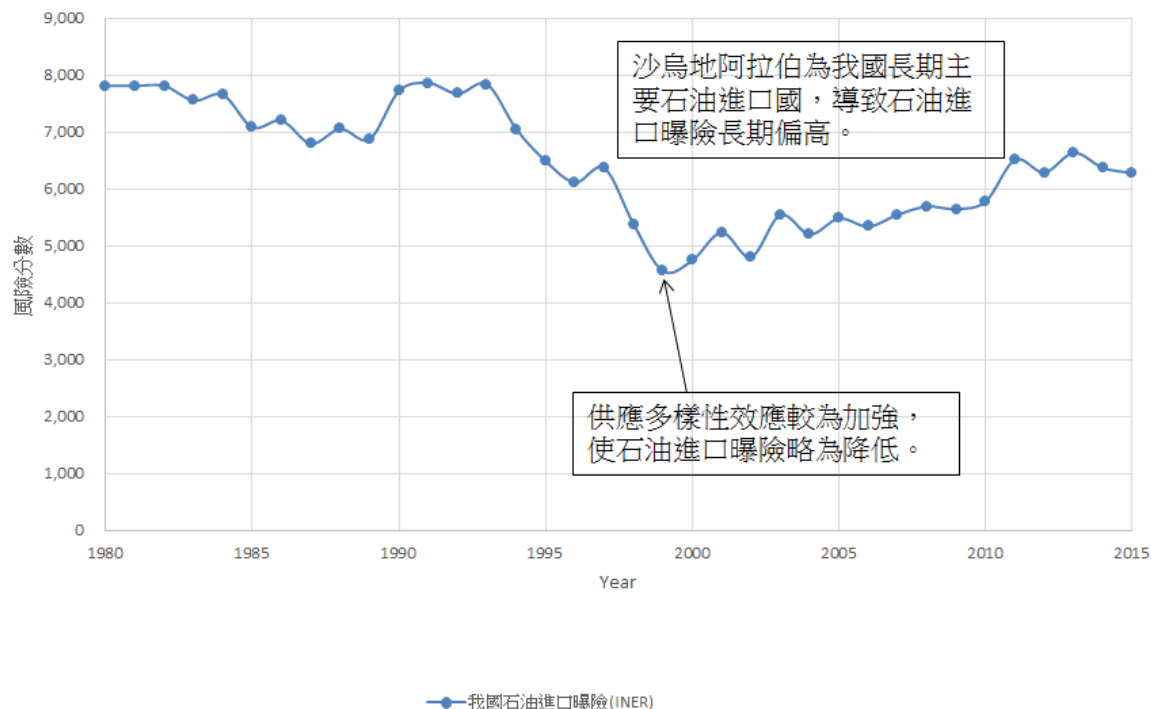
- 自由之家(Freedom House)是國際性的非政府組織，總部位於美國華盛頓特區，致力於民主、政治自由以及人權的研究和支持，其最知名的是對各國民主自由程度的年度評估。

能源安全風險分析



我國煤炭進口曝險

- 我國於2001-2005年間大量由中國進口煤炭，導致高煤炭進口曝險。其後主要煤炭進口轉換為澳洲與印尼，煤炭進口曝險降低
- 中國自由度不佳
- 印尼1998年之前自由度不佳，近年逐漸改善

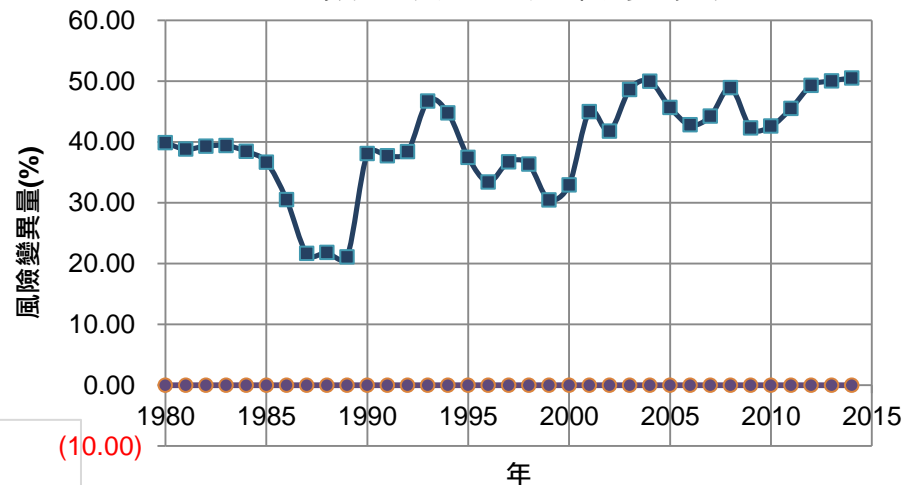


我國石油進口曝險

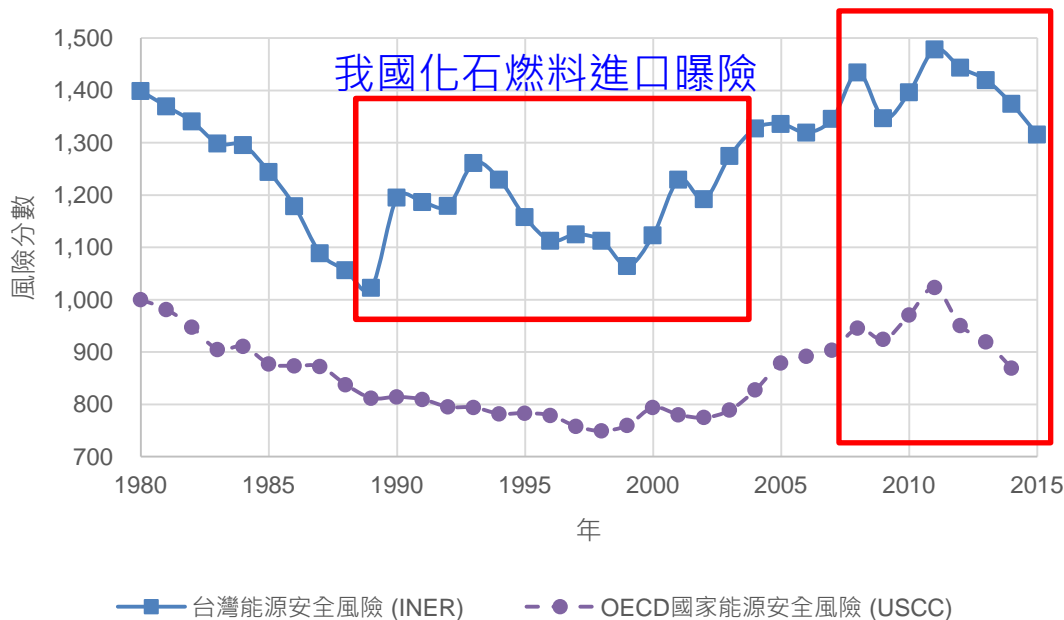
- 沙烏地阿拉伯為我國長期主要石油進口國，導致石油進口曝險長期偏高。
- 1998年起開始供應多樣性，使石油進口曝險略為降低，2000年起自由度風險效應再度惡化(沙烏地阿拉伯為自由度不佳之國家)

台灣能源安全風險指標計算與分析

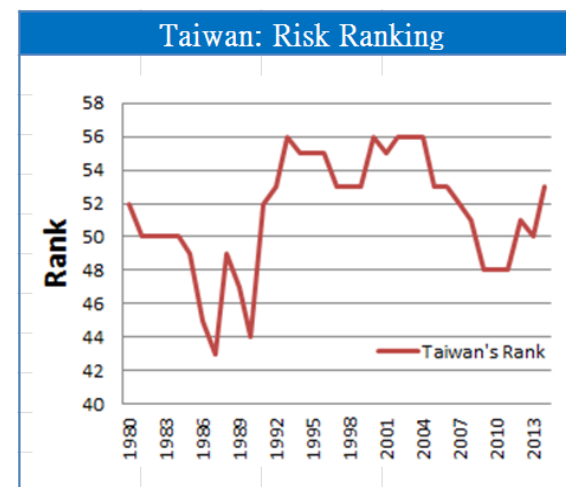
台灣能源安全風險變異量



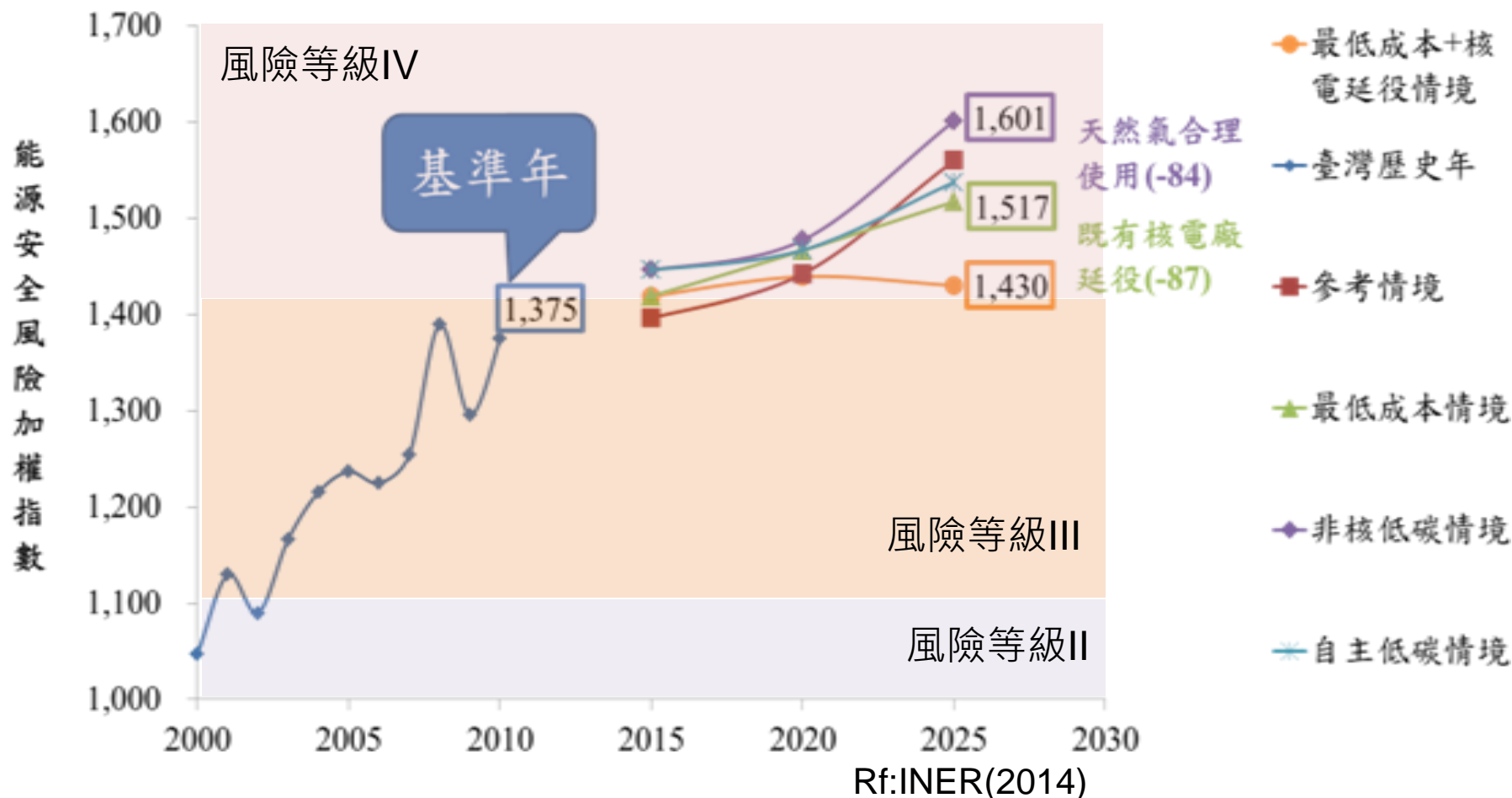
能源安全風險分析



台灣能源安全排名



臺灣未來年各情境能源安全風險趨勢



註：風險等級I至風險等級IV為USCC對全球75個能源消費國所訂定的能源安全風險範圍。

擴大天然氣及非核對能源風險之影響

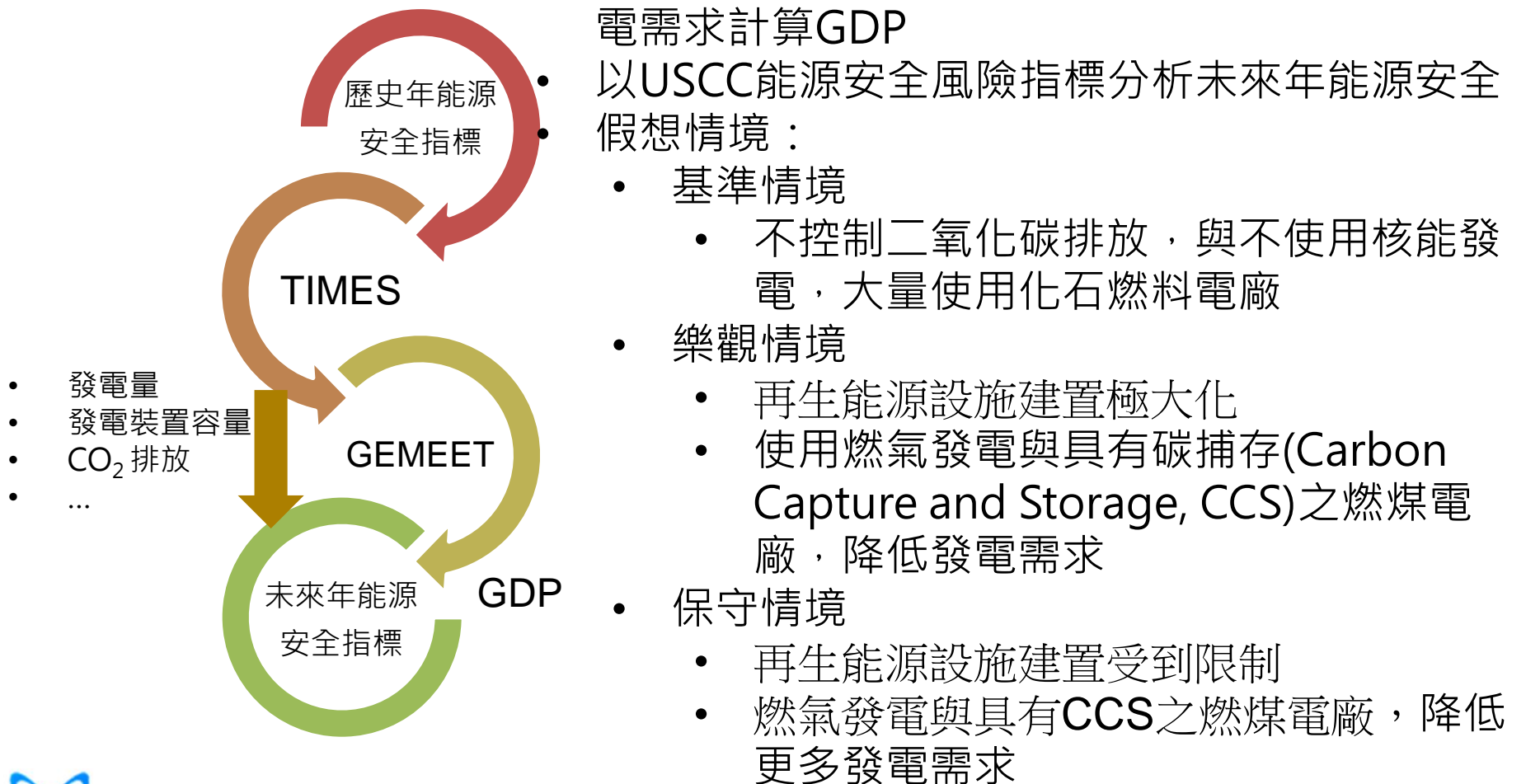
各種情境下，重要指標的表現(2025)



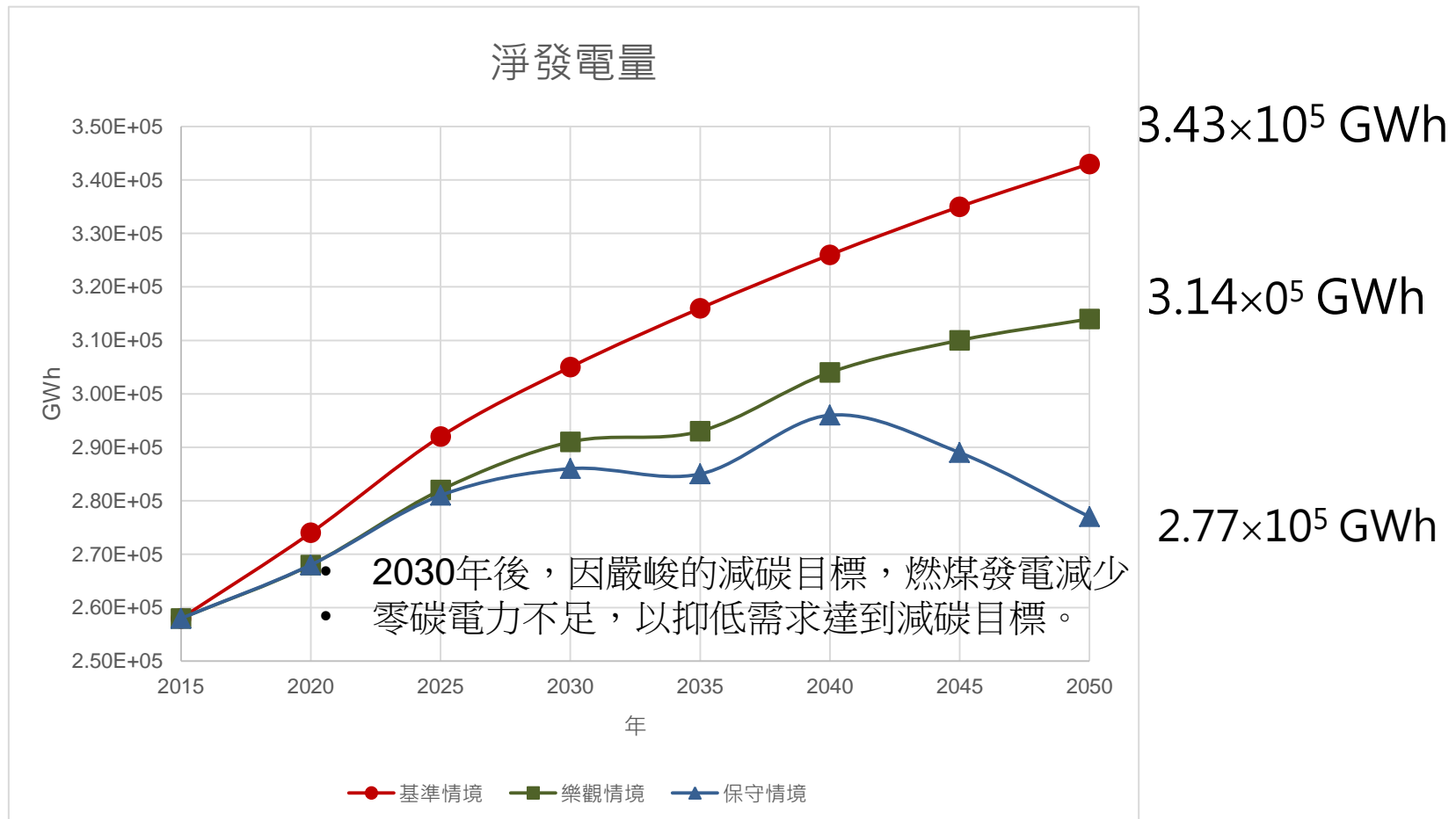
「在零核且大量使用天然氣的情況下，能源安全風險最差；如降低天然氣使用量並延役

既有核電廠，則會有較佳的能源安全風險表現。」 Rf:INER(2014)

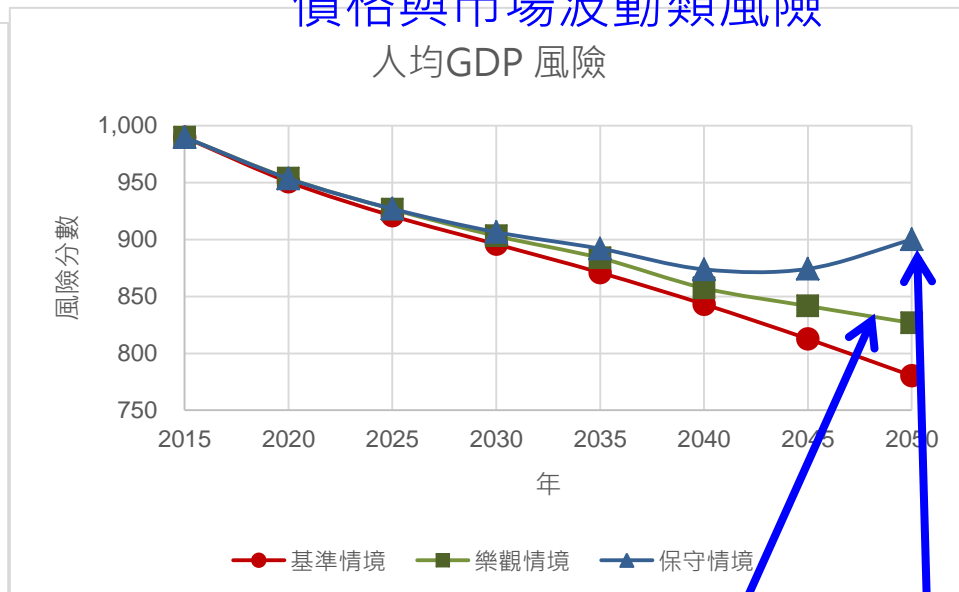
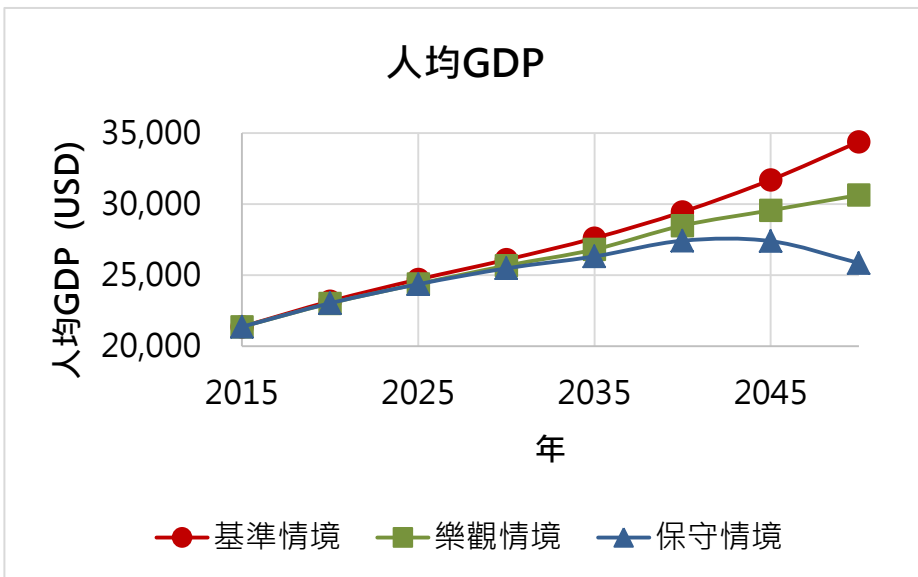
以TIMES、GEMEET模擬未來年之情境 2025年後廢核電



- 樂觀情境與保守情境符合政府減碳政策目標
 - 我國國家自主決定預期貢獻(INDC)
 - 2030年溫室氣體排放量為當年溫室氣體排放量BAU 減量 50%
 - 溫室氣體減量及管理法 (溫管法)
 - 2050年溫室氣體排放量降為2005年溫室氣體排放量50%以下

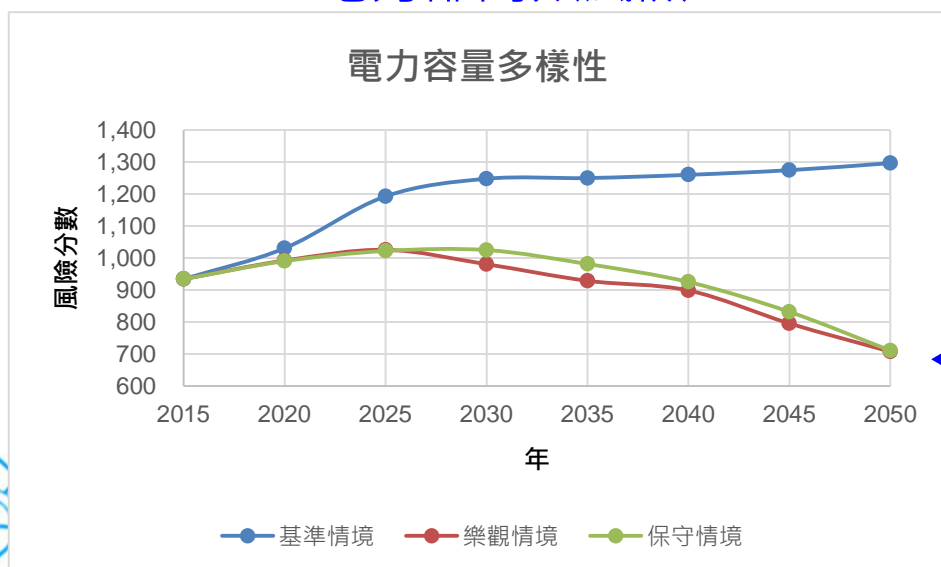


價格與市場波動類風險



減碳情境降低用電需求，人均GDP下降，人均GDP風險上升。

電力部門類風險



保守情境抑低用電需求更多，人均GDP於2045年後負成長，人均GDP風險大幅增加。

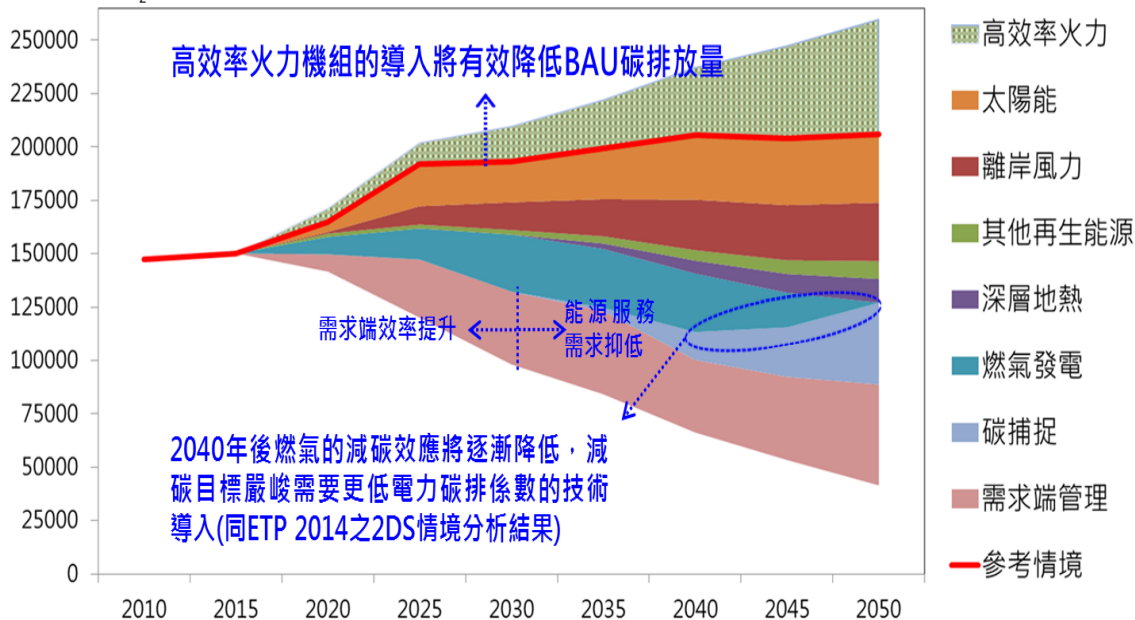
樂觀情境與保守情境建置再生能源設施，電力容量多樣性風險下降。

電力部門減碳稜鏡圖

(再生能源中期達標、長期保守之減碳情境)

- ◆ 中期減碳策略(2030)：需求管理(36%)、再生能源(36%)、燃氣發電(28%)
- ◆ 長期減碳策略(2050)：再生能源(48%)、需求管理(29%)、CCS發電(23%)
- 相較於ETP_2016*我國因缺少核能、CCS與生質能，中期減碳需仰賴更多的太陽能及燃氣發電，而長期減碳則需仰賴CCS及深層地熱。中期減碳過渡依賴太陽能，也導致2025年我國太陽光電與風力占總發電量達15%，明顯高於WEO_2015**新政策情境之8.96%及450情境之11.41%，顯示我國減碳技術較為侷限。

單位：CO₂Kt

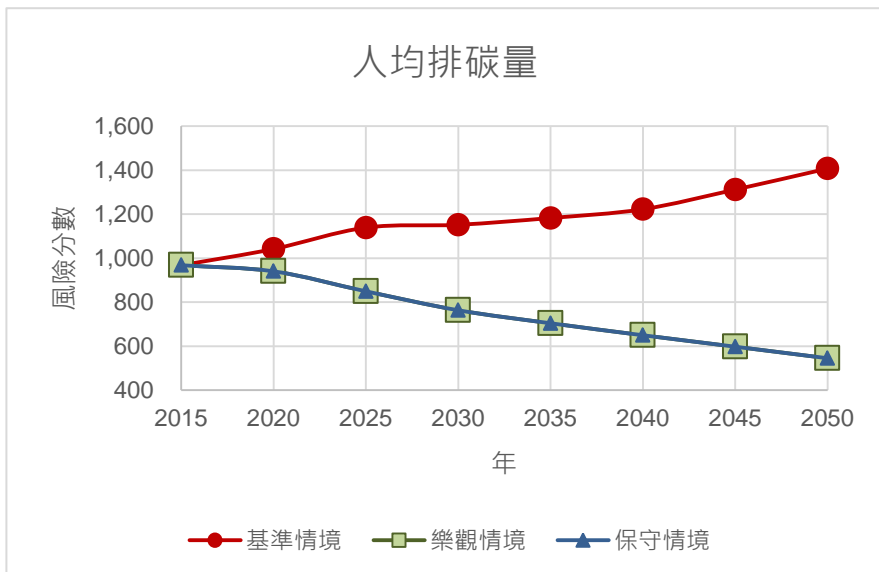


減碳比例(%)	2030		2050	
	TIMES	ETP*	TIMES	ETP*
太陽能	20	12	19	16
風力	14	18	17	15
其他再生能源	2	8	5	8
需求端管理	36	32	29	28
燃氣發電	28	2	-	2
碳捕捉	-	8	23	12
深層地熱	-	-	7	-
生質能	-	4	-	6
核能	-	16	-	13

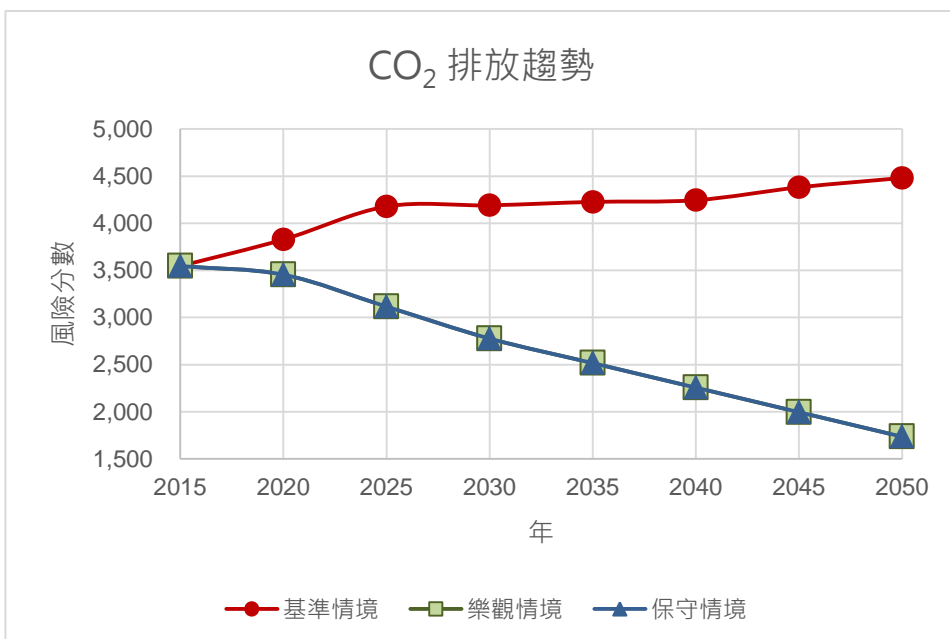
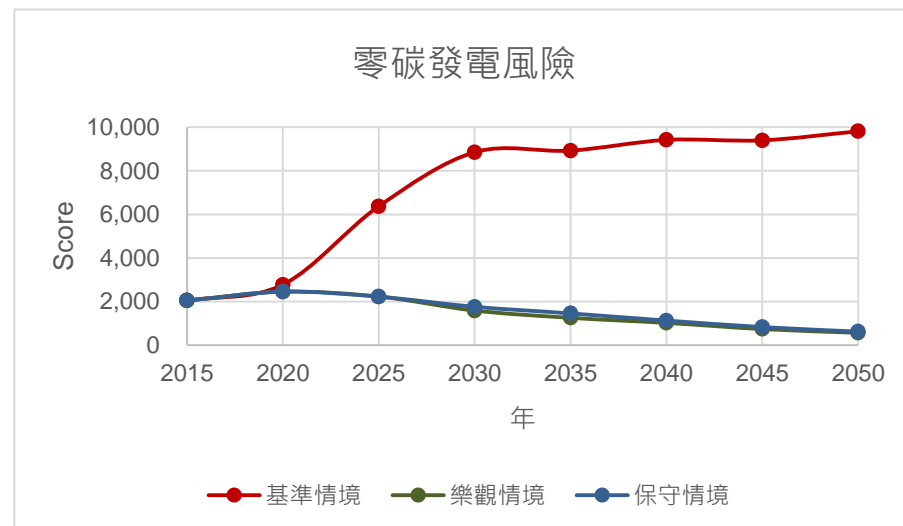
註*：International Energy Agency(IEA), Energy Technology Perspectives(ETP) 2016, OECD/IEA

註**：International Energy Agency(IEA), World Energy Outlook(WEO) 2015, OECD/IEA

環境類風險



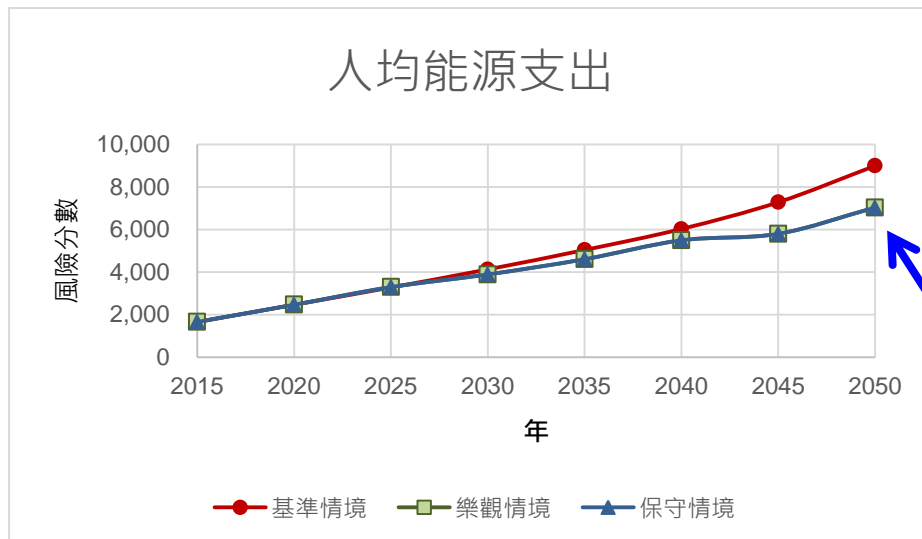
電力部門類風險



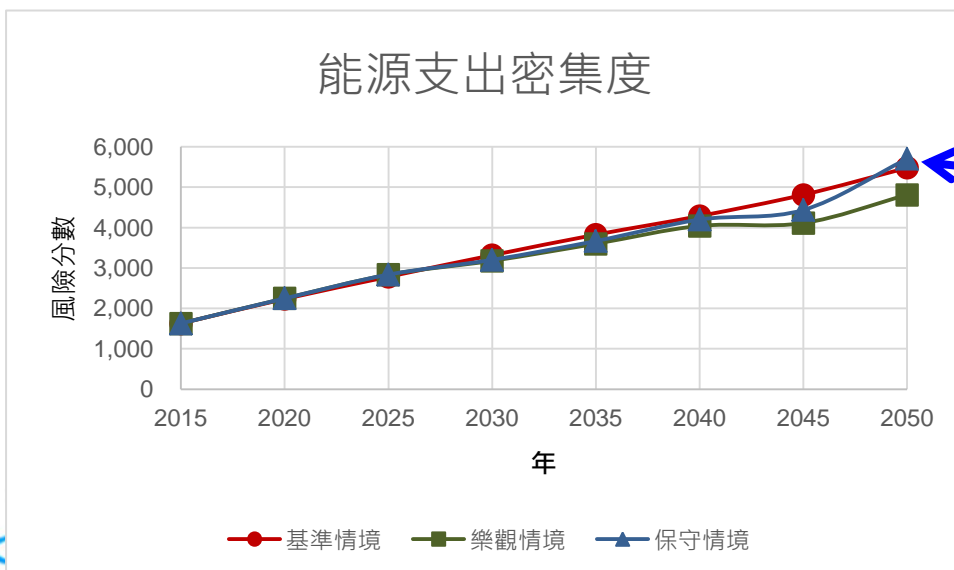
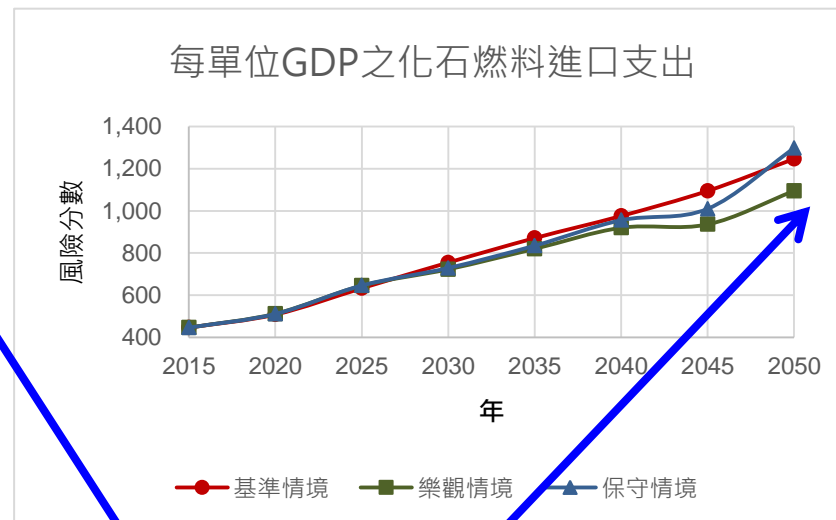
- 樂觀情境與保守情境遵循政府減碳政策目標，因此三項環境風險指標皆較基準情境為低。

參考2015年世界能源展望(WEO)之2020年至2040年低油價情境預測，核研所迴歸推估至2050年，化石燃料價格2020年後將明顯上揚。

能源支出類風險

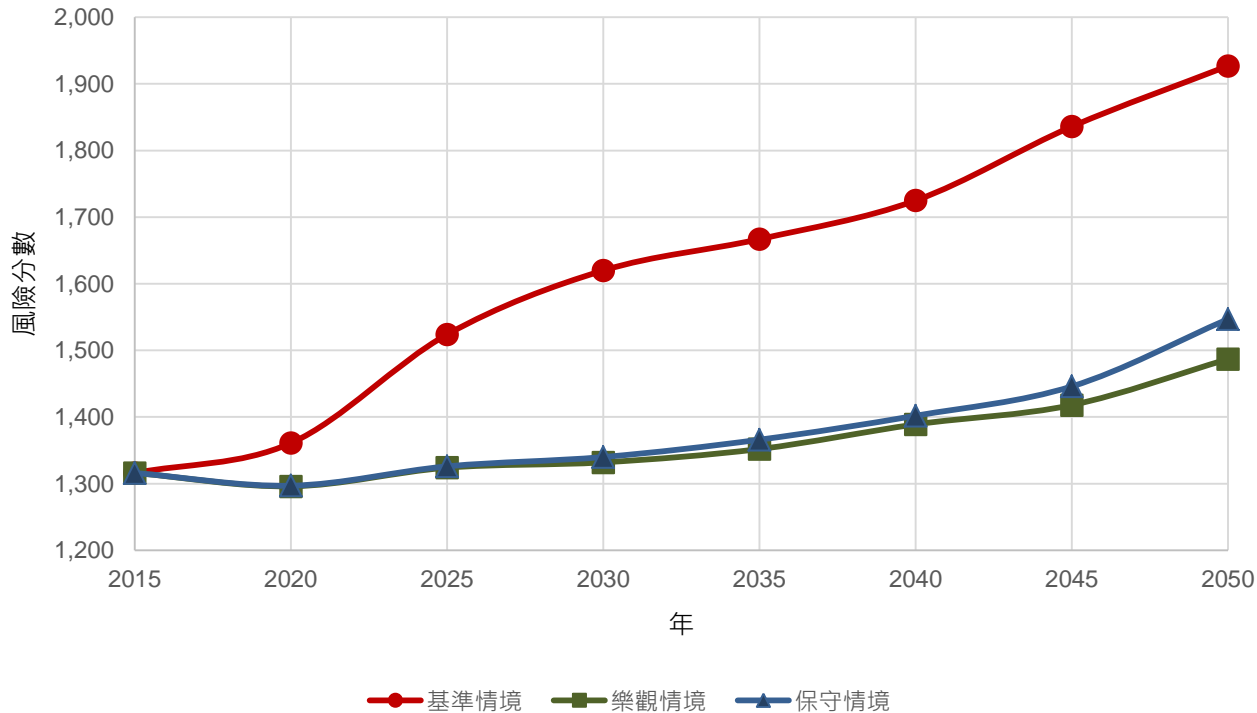


燃料進口類風險



樂觀情境與保守情境仍需使用大量化石燃料，長期而言，能源支出類風險逐年升高。

未來年能源安全風險分析



環境與電力容量
多樣性風險降低

化石燃料價格上
漲風險增加

- 雖然相對應於2015年，樂觀情境與保守情境能源風險在2050年皆上升。
- 然而相對應於2050年之基準情境，樂觀情境與保守情境風險仍有相當程度之改善，顯示建置再生能源設施可有效降低能源安全風險。
- 在**非核且減碳政策**的條件下，樂觀情境與保守情境因為受到高化石燃料價格與降低用電需求的原因，我國經濟將大受影響，保守情境之人均GDP甚至於後期呈現負成長。顯示**減緩經濟成長(甚或負成長)**為達成溫減法減碳目標可能之代價。

- 台灣能源安全指標研究
- **台灣能源脆弱度研究**
- 電力系統備用容量率
- 結論與建議

◆ 能源脆弱度指標

- 能源密集度

 - 能源密集度結構分析

- 能源進口依存度

- 能源密集製造業之能源成本佔比及經濟表現

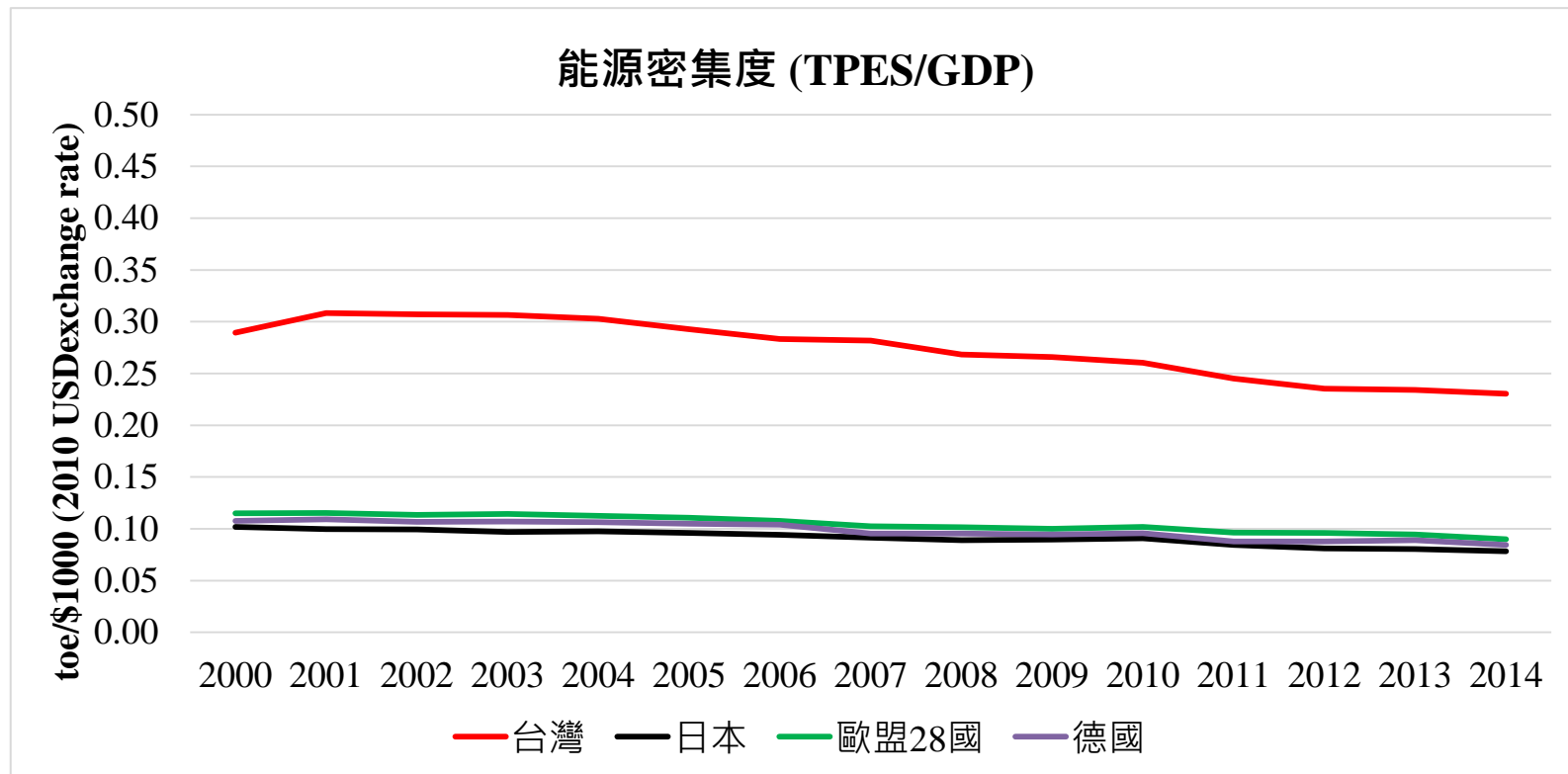
- 加戶能源開支佔比

- 能源替代彈性



能源密集度 (2000-2014)

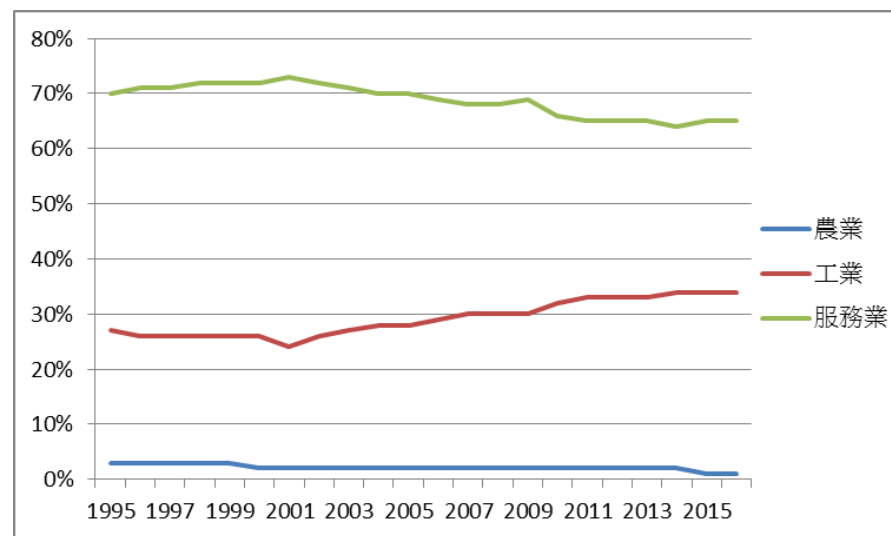
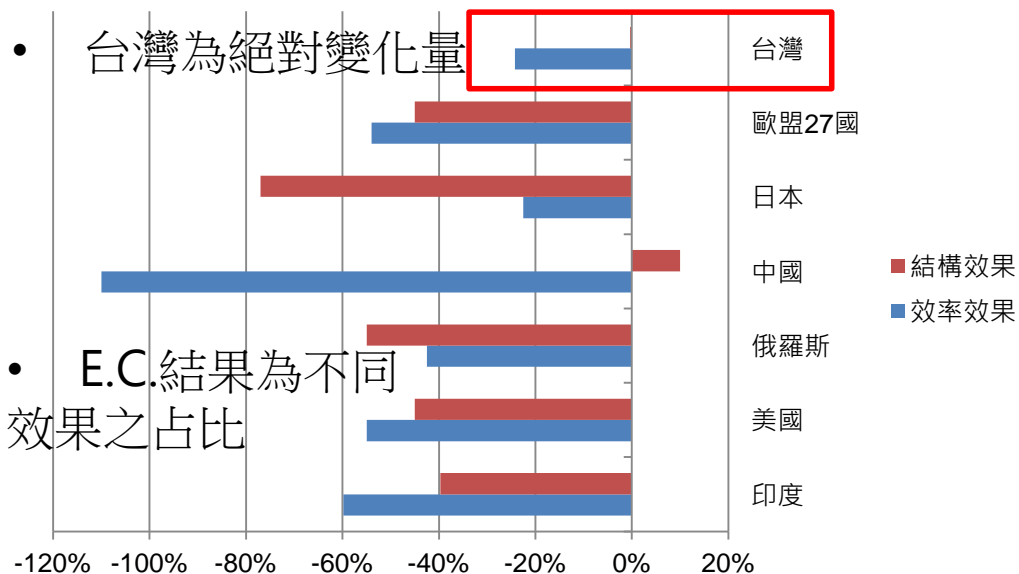
- 台灣能源密集度高於日本及歐洲國家許多，且 2012 至 2014 未持續下降。若產出以 GDP PPP 衡量，台灣約為 0.14，日本德國皆約為 0.11。
- 能源密集度明顯下降主因為製造業部門產業結構變化，轉型至以非屬能源密集的電子電機業，且電子電機業的 GDP 快速成長及占比提高，使工業的能源密集度於 2002~2012 間的年改善率在 5% 左右 (核研所，2014)。



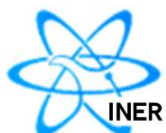
資料來源：OECD ilibrary; 核研所繪製(2017)。

能源密集度因素分解分析

- 世界各國能源密集度改善原因幾乎都是產業結構轉型及效率改善併進，除了中國因往能源密集產業轉型，所以結構效果反而惡化能源密集度。
- 台灣工業轉往資訊電子業等較低能源密集工業，但**整體產業轉型卻由服務業轉向工業**，使得結構效果對整體能源密集度影響不大，主要還是以各產業的效率改善效果為主



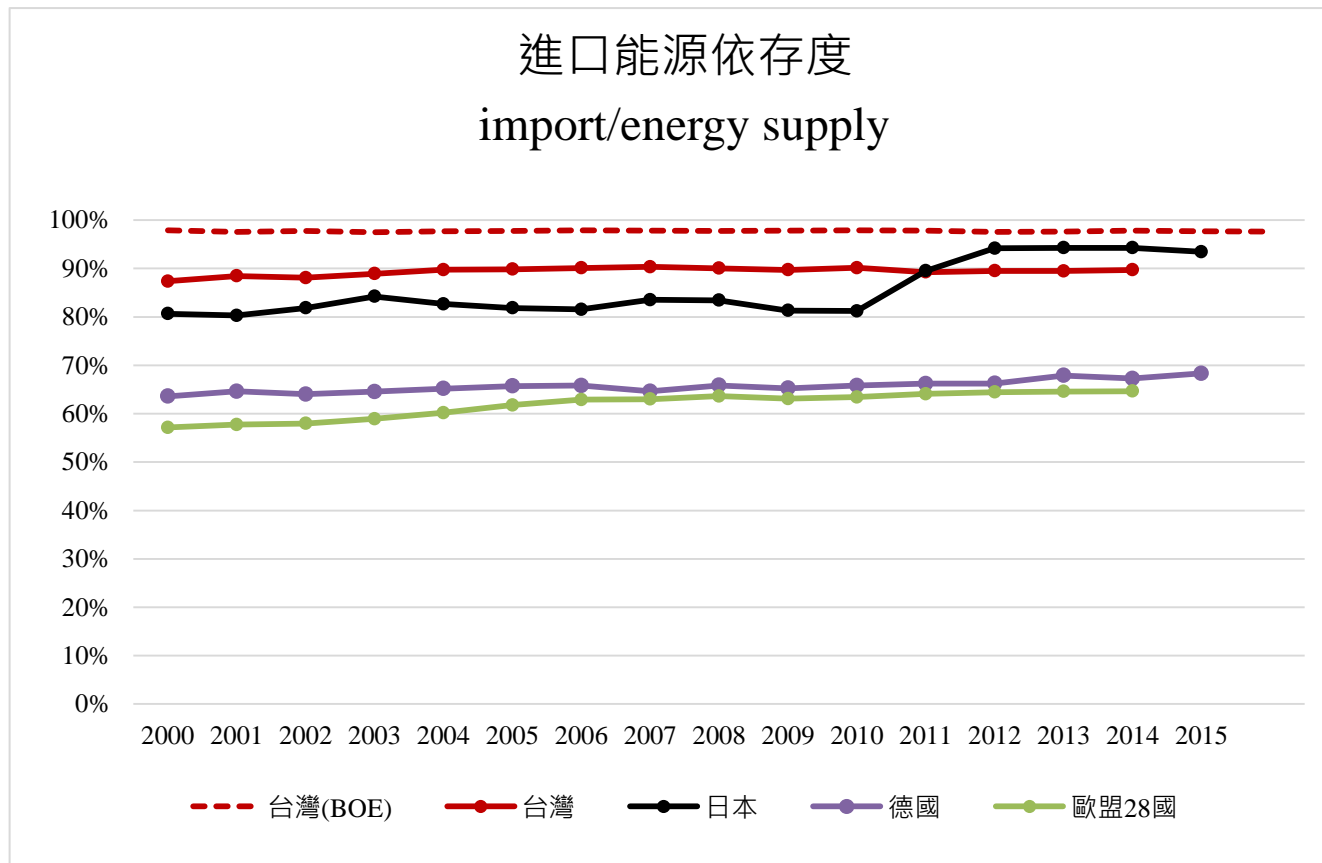
資料來源：INER(2017)



- 資料來源：E.C.(2017); WIOD Environmental Accounts and Socio Economic Accounts;台灣能源局及主計總處;核研所，臺灣能源期刊(2016)。
- 台灣的統計區間為2002年~2014年，其他地區的統計區間為1995年~2009年

進口依存度 (2000-2015)

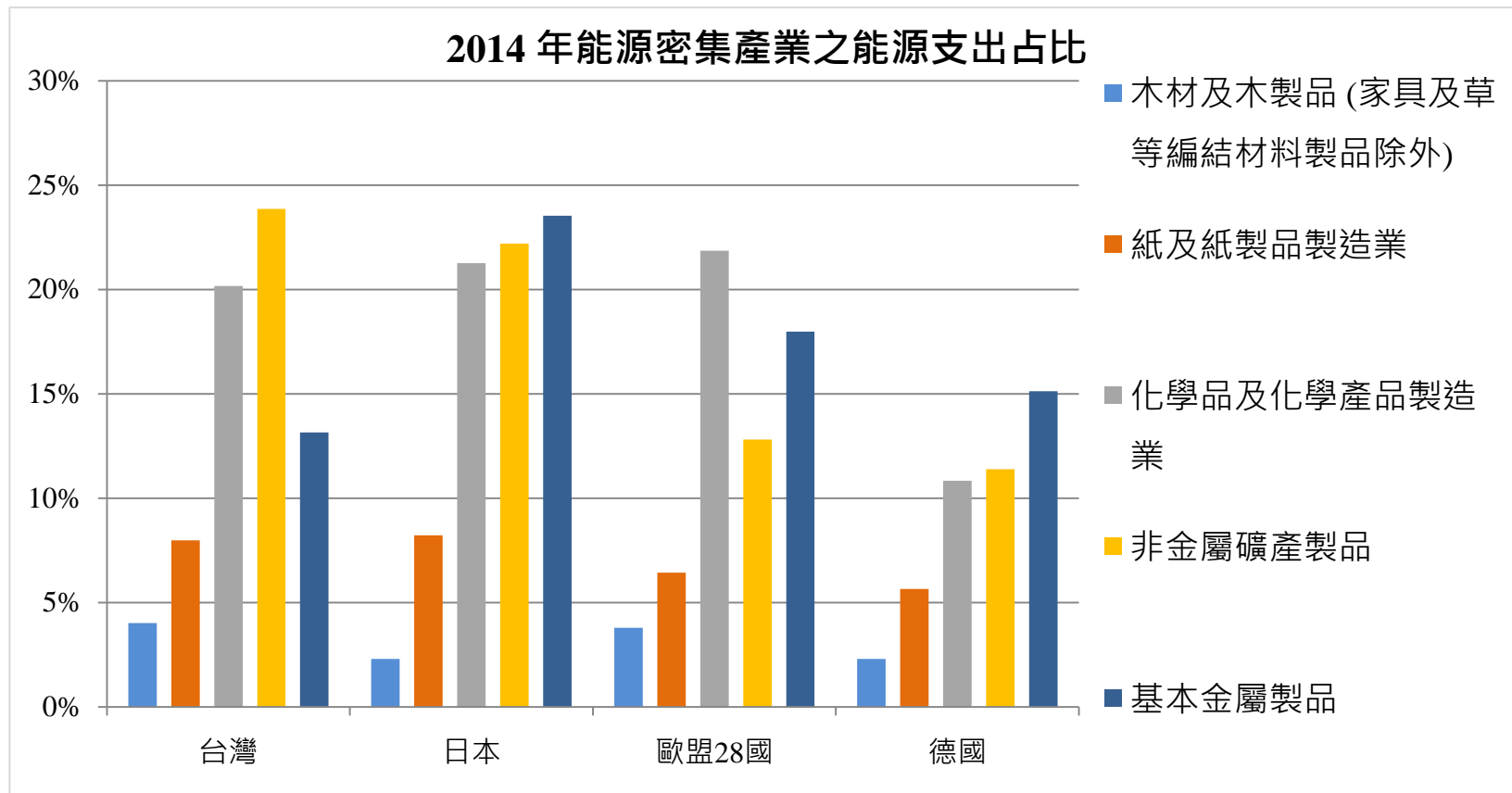
- 台灣能源進口依存度都在 90% 左右 (OECD視核燃料為準自主能源;能源局進口數據則含核燃料，故進口依存度高達近98%)。
- 日本 2011 年因為福島事故，能源進口依存度由 80% 增加至 95% 左右。



資料來源：The world bank, OECD ilibrary, 能源局; 核研所繪製(2017)。

各能源密集產業之能源投入占比 (2014)

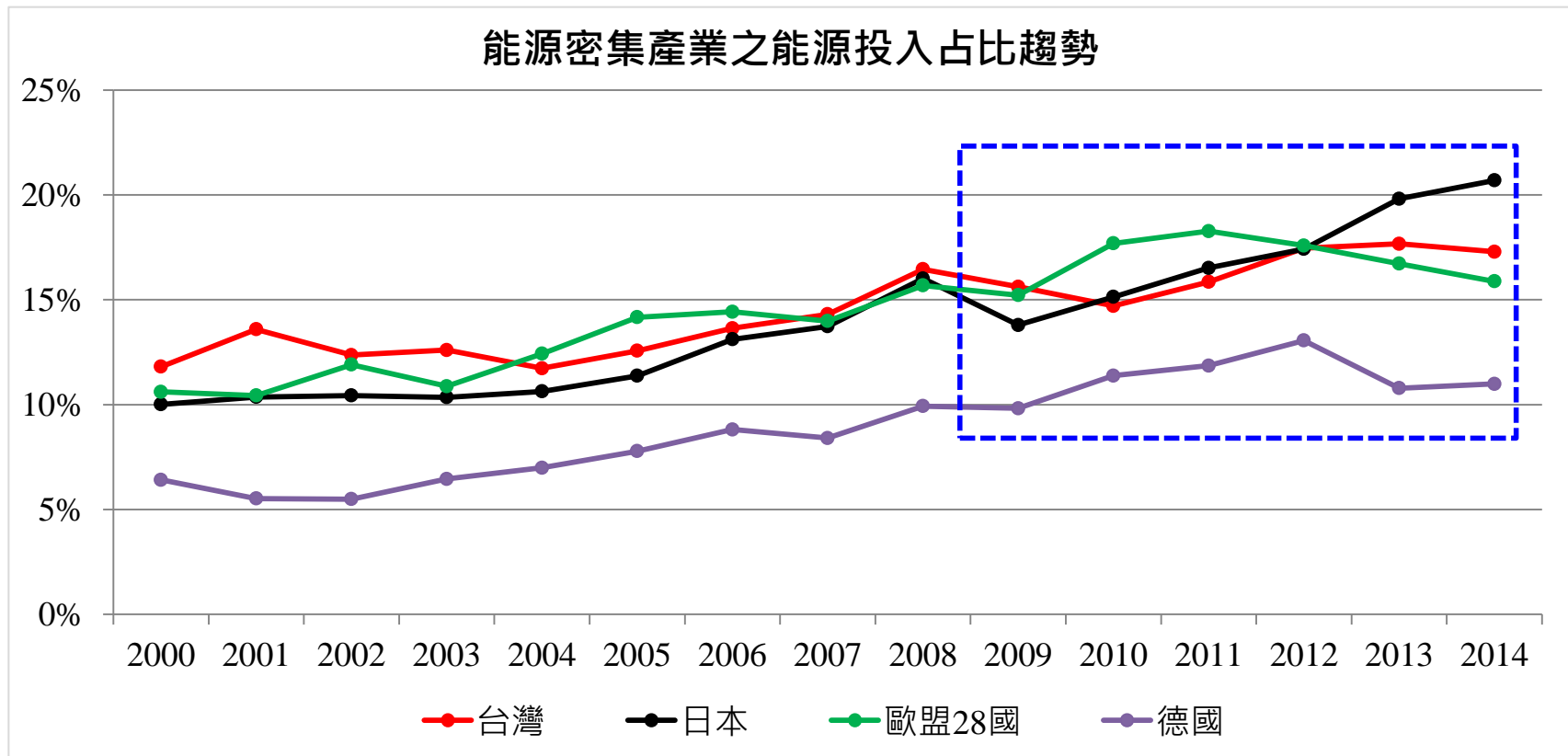
- 台灣、日本、歐盟及德國之能源密集產業的能源投入占比有相同的趨勢，皆以化學、非金屬礦產及基本金屬製品等三個產業的能源投入占比較高。



資料來源：WIOD (2016) Use table;核研所研究(2017)。

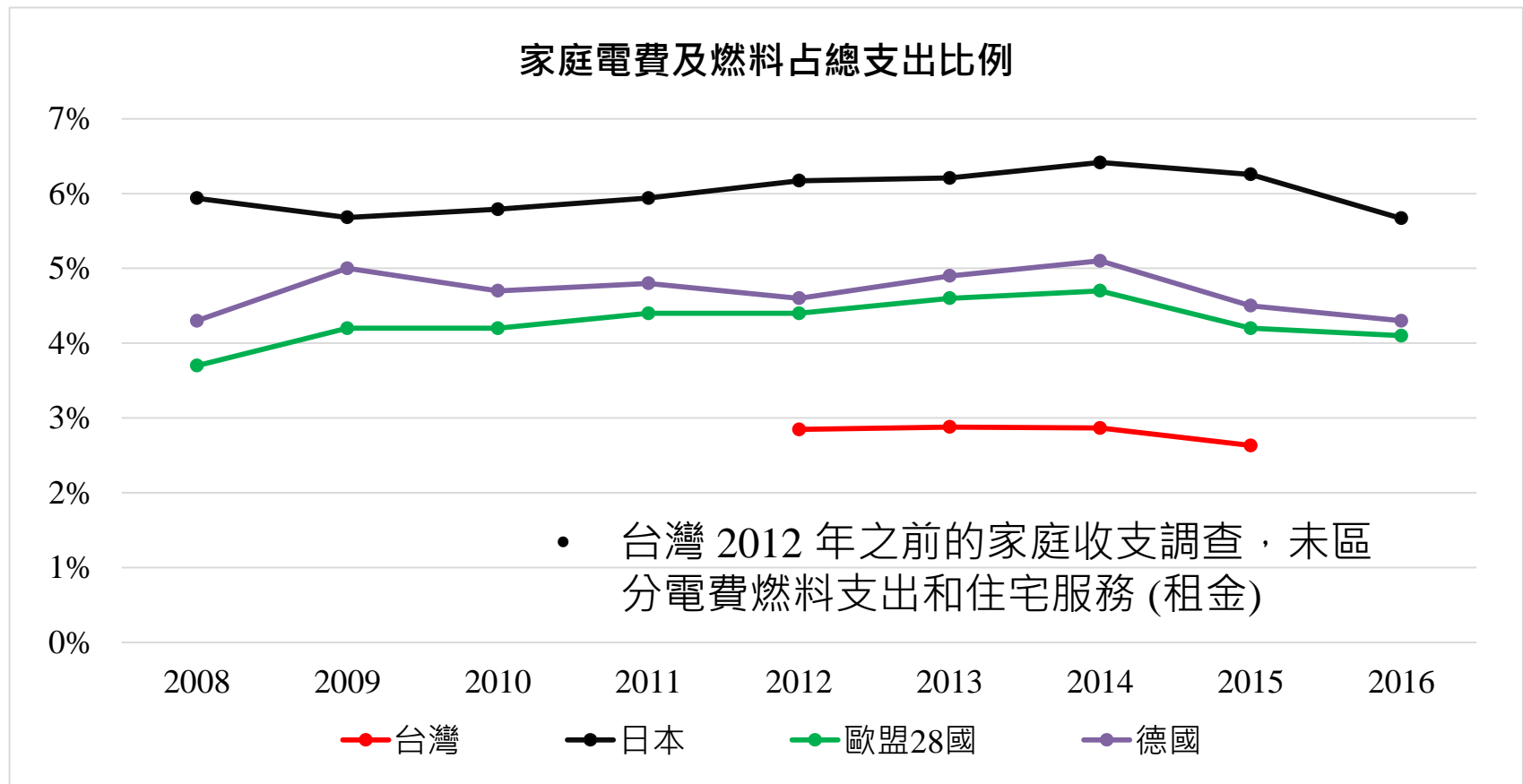
總能源密集產業之能源投入占比 (2000-2014)

- 台灣的能源密集產業之能源投入占比呈上升趨勢與日本、歐盟較為接近。
- 日本自 2009-14 年占比節節升高，主因為當時進口能源價格持續維持高檔，加上日本進口能源依存度提高，導致能源支出大幅增加。



家戶開支之能源占比 (2008-2016)

- 台灣之電費及燃料占比較歐盟、德國及日本低，最高為日本。



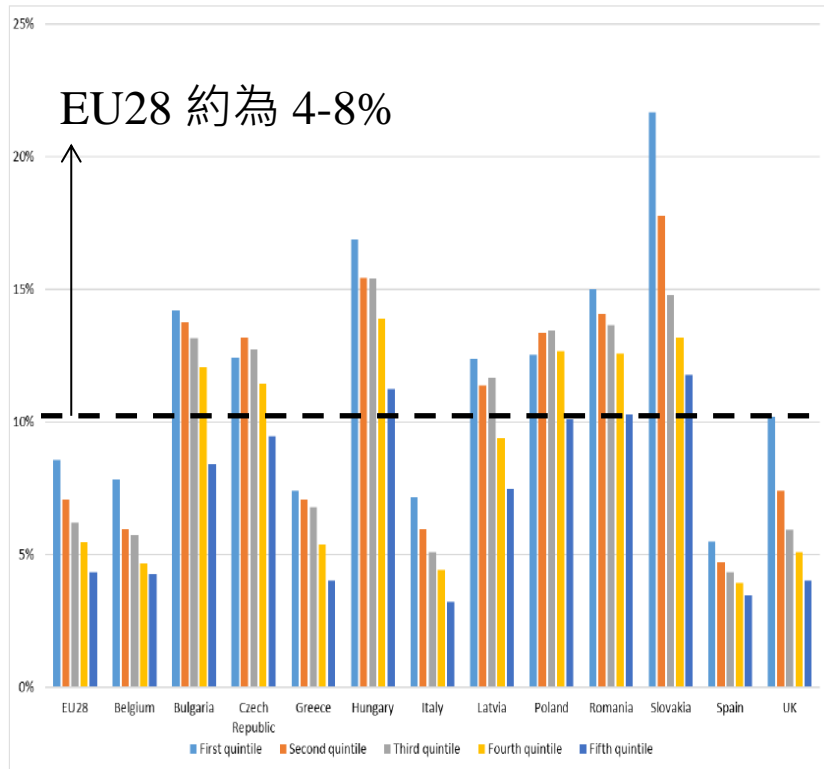
資料來源：Eurostat；核研所研究 (2017)。



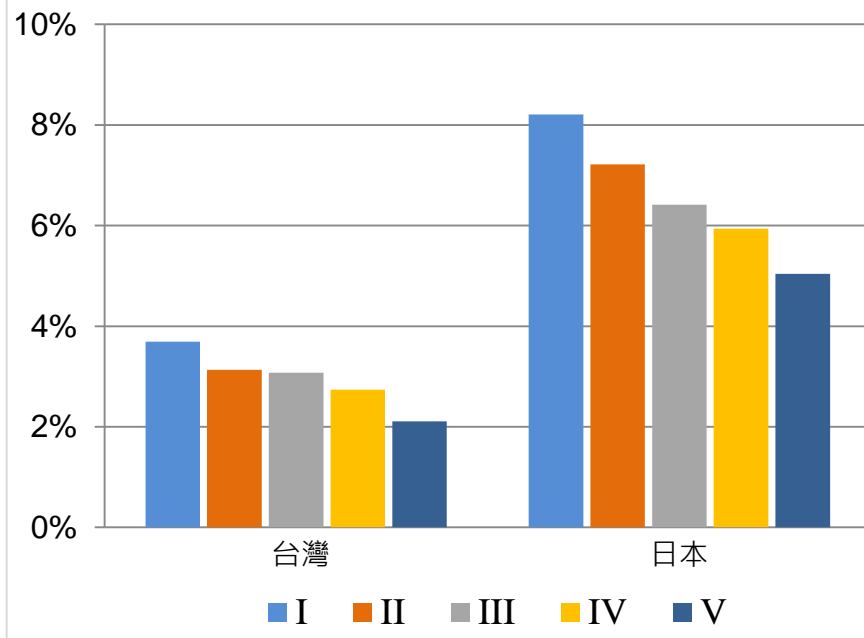
2015 年家戶開支之能源占比 (五級收入級距)

- 從家戶開支之能源占比來看，若將收入分為五級級距，日本與歐盟較為相似。
- 而台灣各級距能源支出占比僅為日本一半，且不同所得級距差異較小。

Figure IV.3: Share of household expenditure on fuel by income quintile, 2014



2015 電費及燃料支出占總支出比例 (所得五等分)



Source: Eurostat, Structure of consumption expenditure by income quintile (COICOP level 2).

Note: Data unavailable for Austria, Croatia, Cyprus, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Ireland, Lithuania, Luxembourg, Malta, the Netherlands, Portugal, Slovenia and Sweden.

資料來源：Eurostat, IEEJ, 主計總處；核研所繪製 (2017)。

能源與要素間之替代彈性

- E.C. (2017) 以能源與要素之間的替代彈性來反映能源的脆弱度。彈性越大，當能源價格上漲時，要素替代能源的能力越高，能減緩能源價格造成的衝擊也就越大。
- E.C. (2017) 整理過去相關國家替代彈性之文獻 (如下表)。台灣能源與要素間的替代性處於平均值左右，代表台灣在受到國際能源價格衝擊時，要素替代能源抵銷衝擊之能力與各國相近。

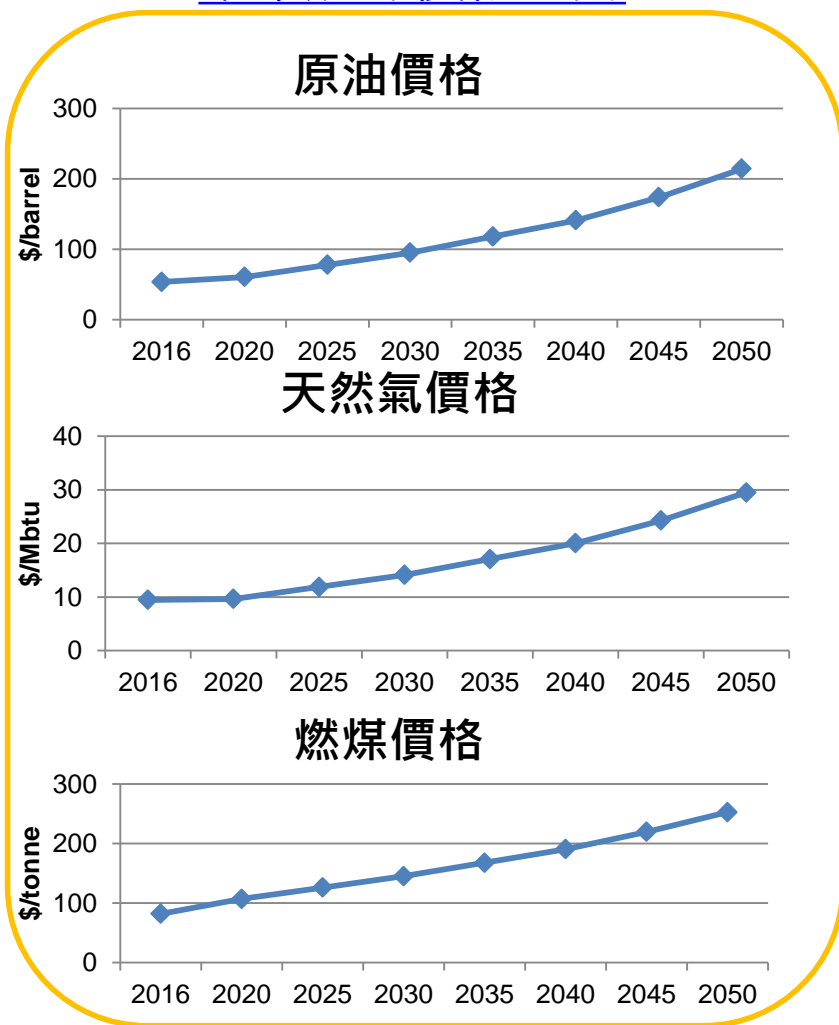
Table V.2 Energy elasticity of substitution with other production factors

Author	Date of Publication	Production Sample	Production factors	Countries						
				Taiwan	Greece	Canada	China	Germany	Multi - country	
Chang	1994		K-E	0.87						
Chang	1994		KL-E	0.42						
Christopoulos	2000	1970-1990	KL-E		0.25					
Jaccard and Bataille	2000		K-E			0.17				
Su et al	2008	1980-2000	KL-E				2.59			
Su et al	2012	1979-2006	K-E				0.67			
Su et al	2012	1979-2006	KL-E				0.76			
Shen & Whalley	2013	1979-2006	K-E				0.55			
Shen & Whalley	2013	1979-2006	KL-E				0.69			
Lv et al	2009	1980-2006	K-E				0.47			
Roy et al	2006	1980-1993	KL-E							0.28
Markandya, Pedroso, Galinato	2008									0.5
Okagawa-Ban	2008	1995-2004	K-E							0.1
Okagawa-Ban	2008	1995-2004	KL-E							0.52
Kemmfert	1998	1960-1993	K-E					0.65		
Kemmfert	1998	1960-1993	KL-E					0.46		

資料來源：E.C. (2017)。

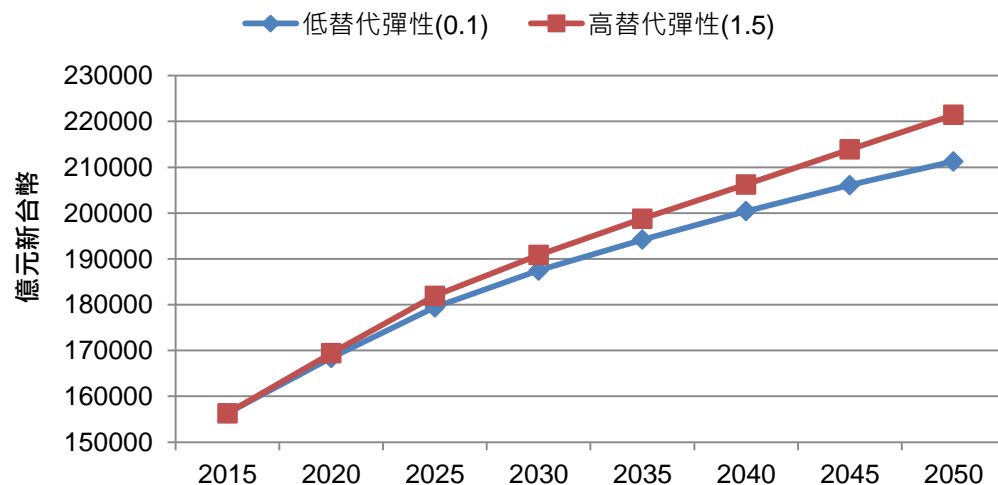
台灣替代彈性模擬結果

未來能源價格趨勢



- 本研究利用本中心建置完成之動態可計算一般均衡 GEMEET CGE 模型，進行在面對未來能源價格之衝擊下，不同替代彈性之模擬。
- 在未來相同之能源價格上漲趨勢下，替代彈性越低，所受到之經濟衝擊也就越大。

實質 GDP

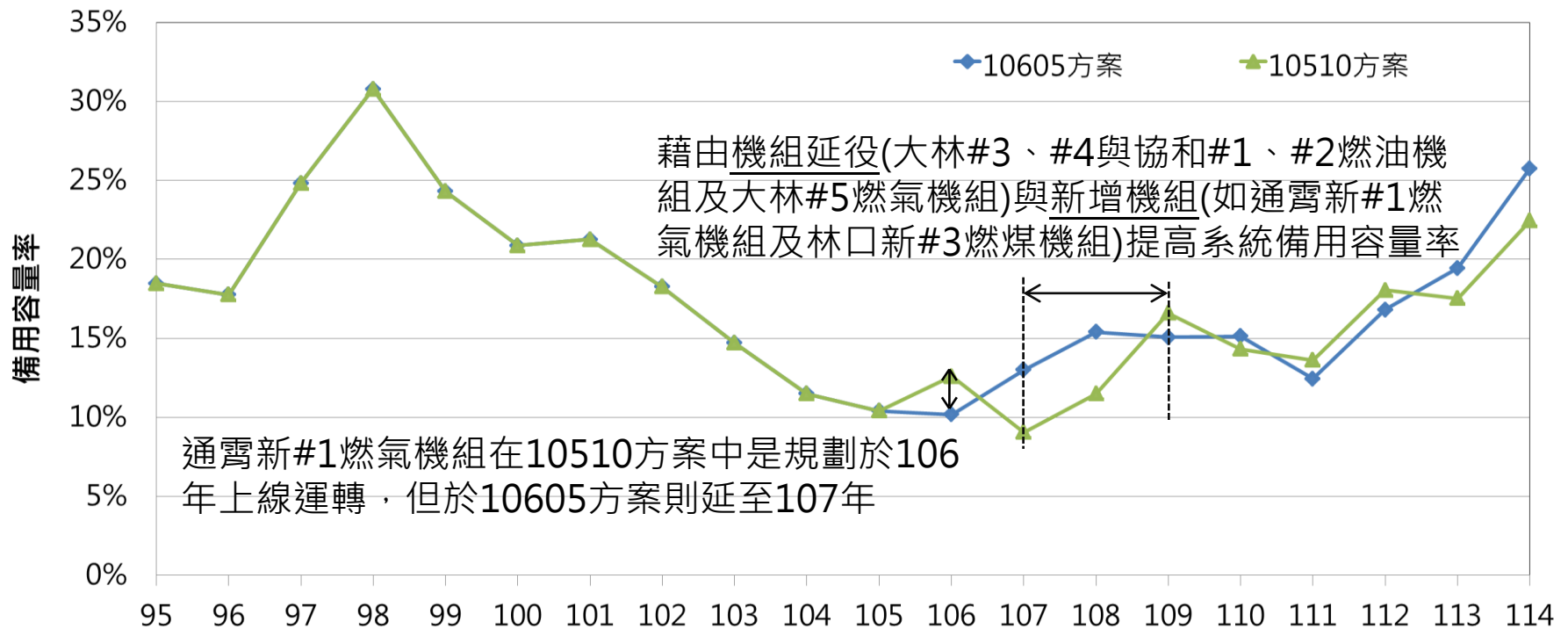


資料來源：核研所(2016)。

- 台灣能源安全指標研究
- 台灣能源脆弱度研究
- **電力系統備用容量率**
- 結論與建議

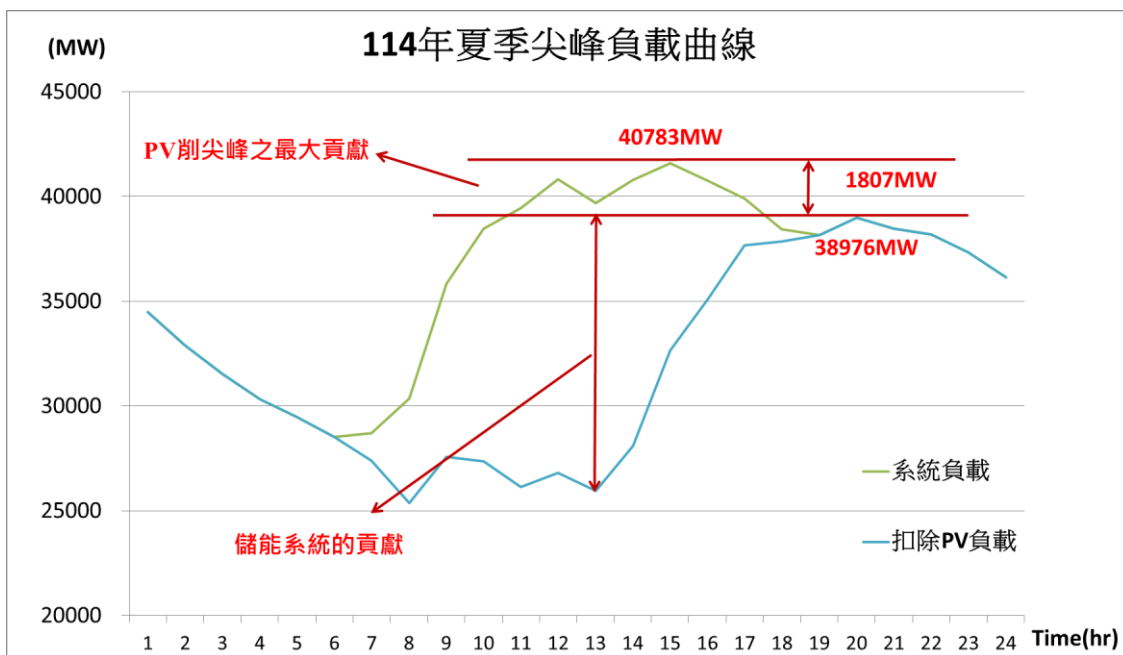
備用容量

- 目前台電藉由機組延役與新增燃氣及燃煤機組提高系統備用容量率，但於107年前仍低於目標值15%。
- 近日備轉容量大都低於所預估之備用容量，主要為部分機組為故障、工程延宕、歲修、運轉限制及小修等因素。



太陽光電之容量價值 (Capacity Credit)

- 若以105年夏季第一尖峰與第二尖峰負載差距4.4%估算，114年第二尖峰約為38,976MW，而兩個尖峰之差距(1,807MW)將影響太陽光電之容量價值。
- 若依台電現行假設PV之容量價值(20%)，則2025年PV最多設置9GW，超過之裝置容量若無儲能，對於第二尖峰幾無貢獻。



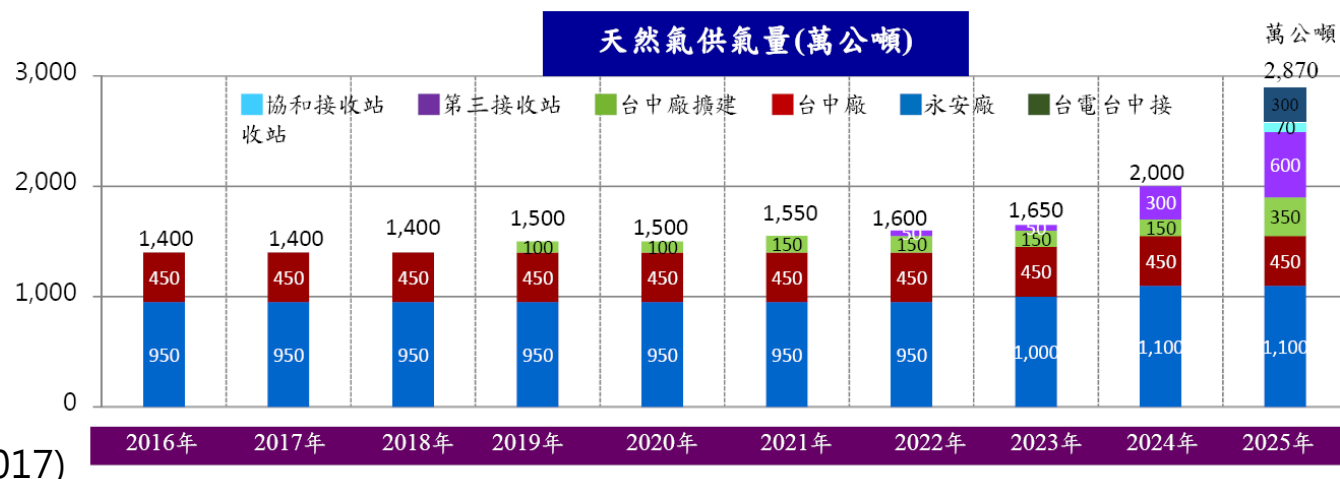
2025年20GW PV之容量價值

114年40783MW 兩尖峰差距	PV於正常日照下夏 日的最大CC
4%	8.2%
4.4%	9.0%
5%	10.2%
6%	12.2%
8%	16.3%

資料來源: 台電(2017)

- 台灣能源安全指標研究
- 台灣能源脆弱度研究
- 電力系統備用容量率
- **結論與建議**

- 非核減煤及擴大天然氣至50%是影響能源安全的主要因素。
 - 天下沒有白吃的午餐-對能源安全及可負擔電價之影響。
 - 應關注變動式再生能源發電高佔比對能源安全之影響。
 - 1990後我國能源安全大體呈持續惡化趨勢，長期亦是。
 - 備用容量率105-106年最低
- 能源密集產業為影響能源脆弱度之主要因素。
 - 台灣過去十幾年之整體產業轉型由服務業轉向工業，使得結構效果對整體能源密集度影響不大
- 家戶能源開支占比明顯低於先進國家。能源替代彈性則相仿。



感謝聆聽，敬請指教



能源資訊與國際動態
@ENaboutW



Related Link:

能源資訊平台：<http://eip.iner.gov.tw/>

臉書粉絲專頁-能源資訊與國際動態：<https://goo.gl/V8ZxVv>



網路調查平台 2015/10/09~2015/10/30 1,222份有效樣本

數量指標

發電來源	填答高於2014年實績的受訪者比例	填答等於2014年實績的受訪者比例	填答低於2014年實績的受訪者比例
燃煤發電	14.5%	4.6%	80.9%
燃氣發電	19.9%	4.1%	75.9%
核能發電	33.1%	5.1%	61.8%

強度指標

發電來源	總強度指標	正強度指標	負強度指標
燃煤發電	-10.8%	0.9%	-11.8%
燃氣發電	-8.0%	1.2%	-9.2%
核能發電	-2.1%	4.1%	-6.3%

極端指標

發電來源	電力組合填答最小值(0%)的受訪者比例	電力組合填答最大值*的受訪者比例
燃煤發電	5.0%	0.1%
燃氣發電	4.8%	0.0%
核能發電	15.1%	0.3%

*自主情境的最大值為92.81%。

民眾希望減少使用的相對程度

高
↑
↓
低

燃煤發電

燃氣發電

核能發電

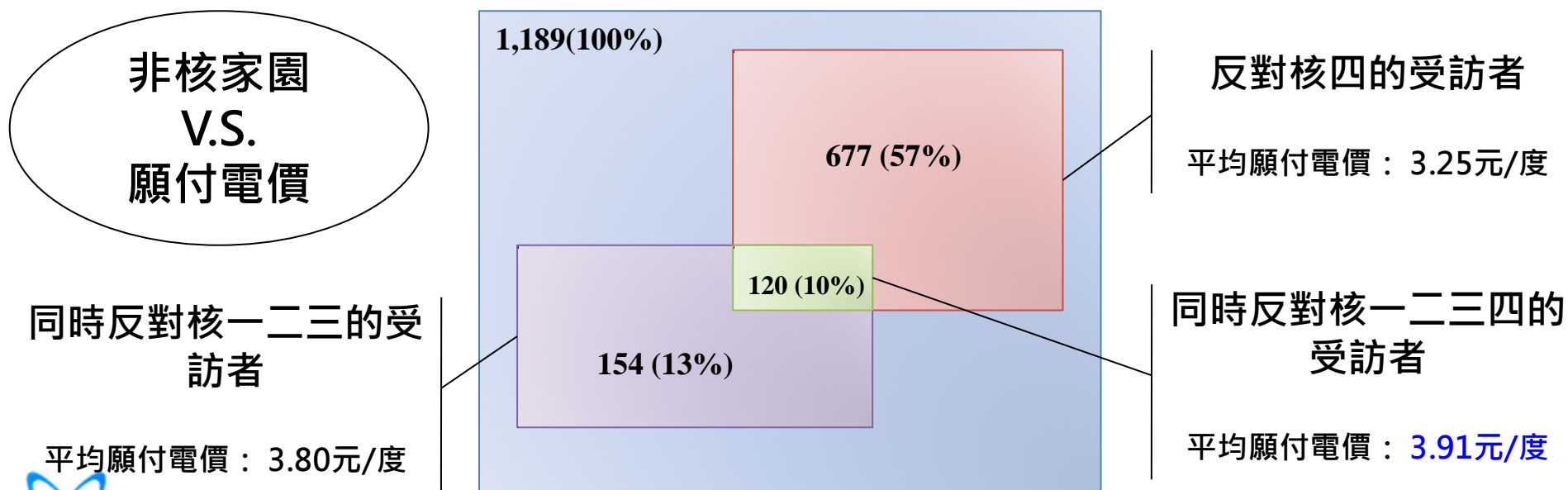
由於核電的極端反對者較多，若欲降低執行上的困難度，可提高其減少使用的順位。



電力願付價格



- 本研究導入電力願付價格機制除為反映民眾對於電價的期待外，並希望透過理性的科學工具結民眾的心理訴求，提出客觀且兼顧民眾意向的電力結構調整方案。
- 核研所2016年針對電力願付價格進行調查分析並獲得有效樣本**1,189**份，其中，受訪者對於核能意向及願付電價抽樣調查的分析如下：



Source:我國再生能源政策與民眾願付電價對電力供應結構之影響
 · 核研所，2016環境資源經濟年會

