



以核養綠公投說明會

從風險的角度看國家能源政策

李 敏

國立清華大學 工程與系統科學系 教授

2018年9月29日



能源 電力 風險



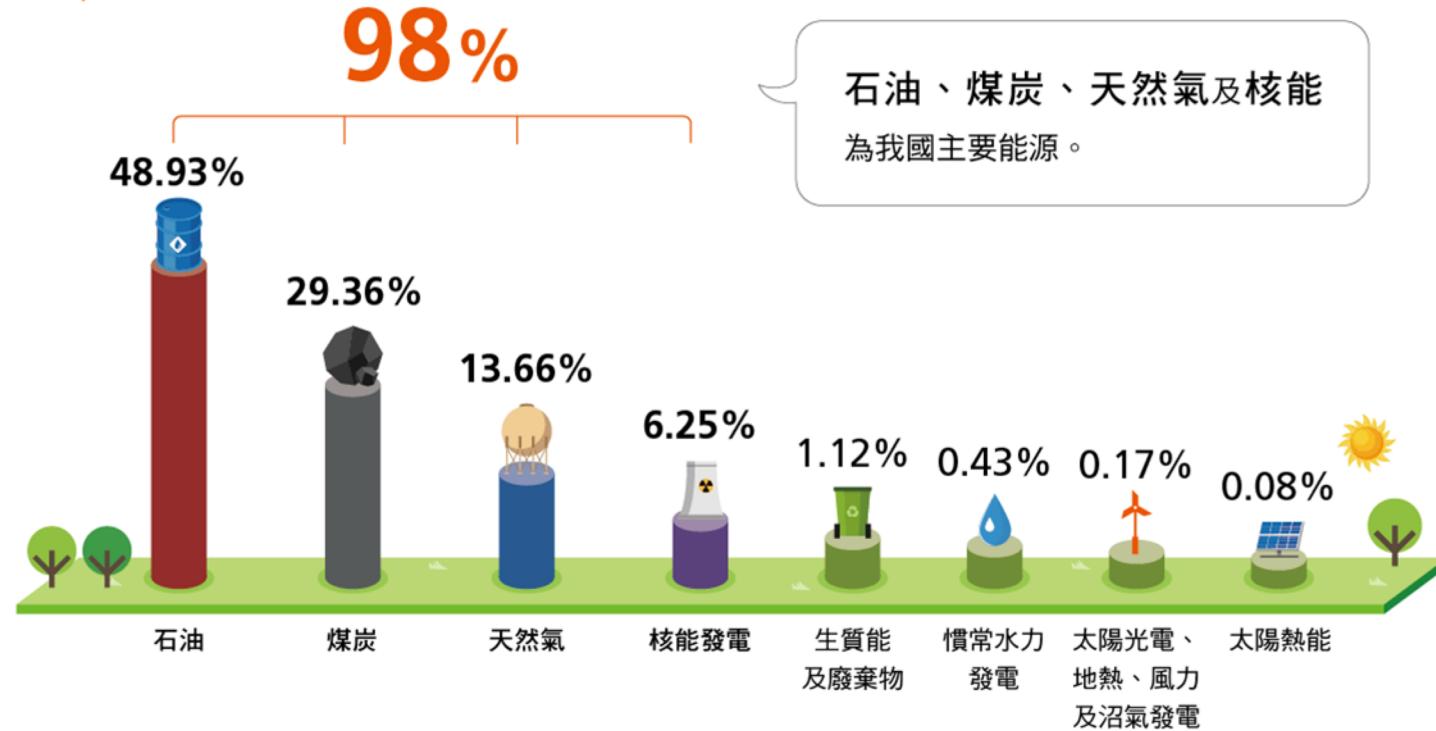
能源：人類文明直接或間接的動力

初級能源：化石燃料（石油，天然氣，煤），
核能，再生能源（風力，水力，太陽能，地熱，
生質能……）

二次能源：電力，氫能……

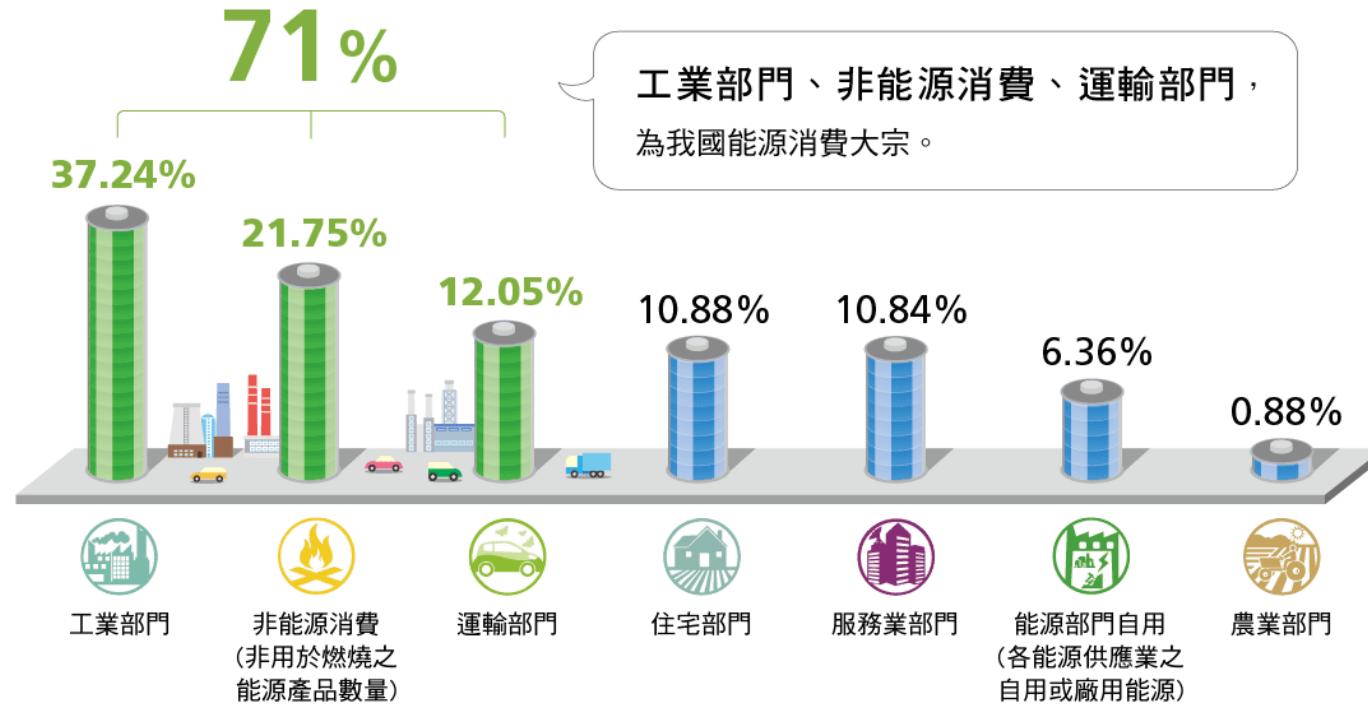


哪些能源是供給大宗？



https://www.moeaboe.gov.tw/ECW_WEBPAGE/InfoVisualize/3minEnergyConcept/index.html

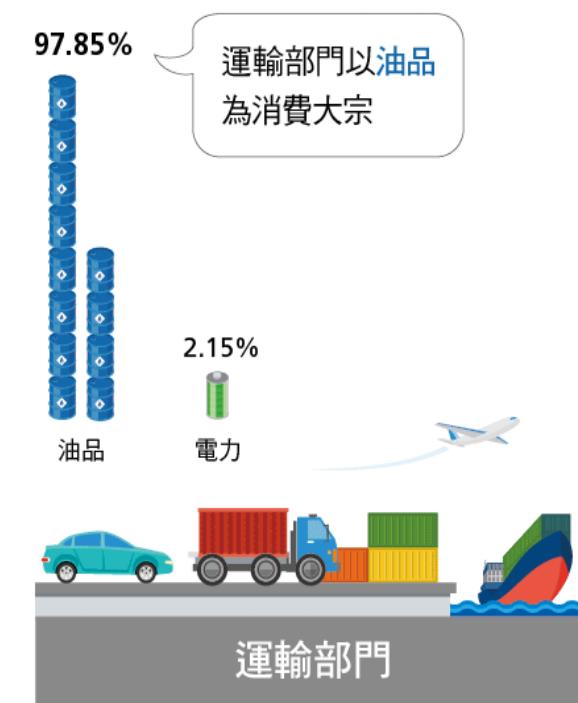
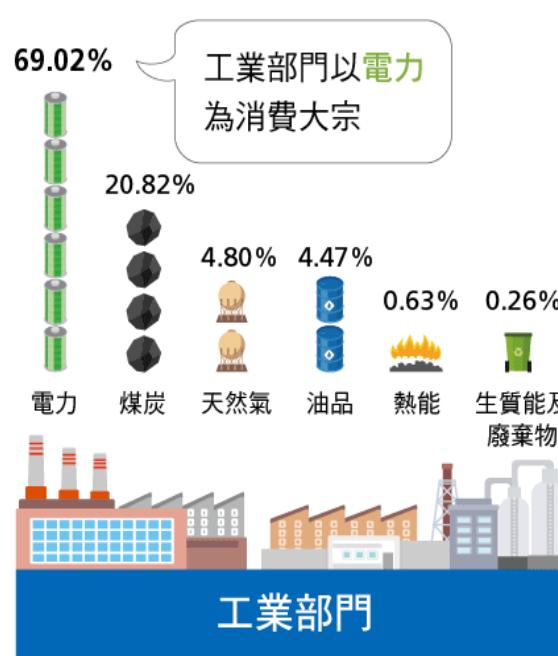
哪些部門是能源消費大宗？

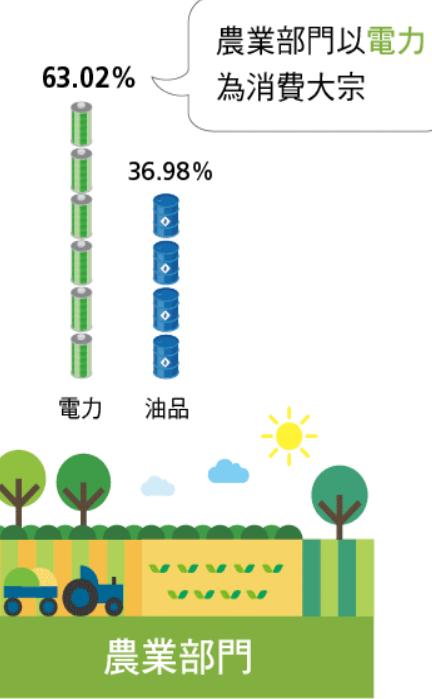
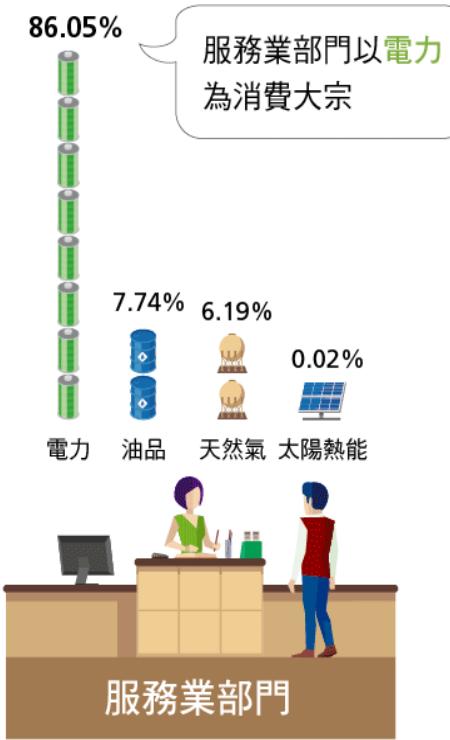
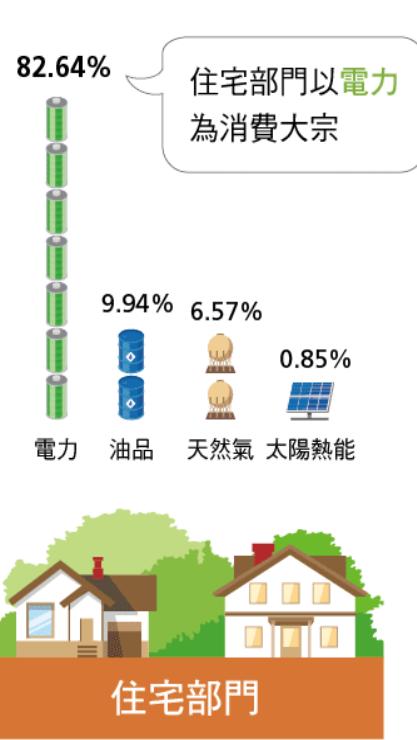


https://www.moeaboe.gov.tw/ECW_WEBPAGE/InfoVisualize/3minEnergyConcept/inpage03.html

各部門的大宗能源需求是什麼？

運輸部門以油為主要能源，其餘部門皆以電為消費大宗。







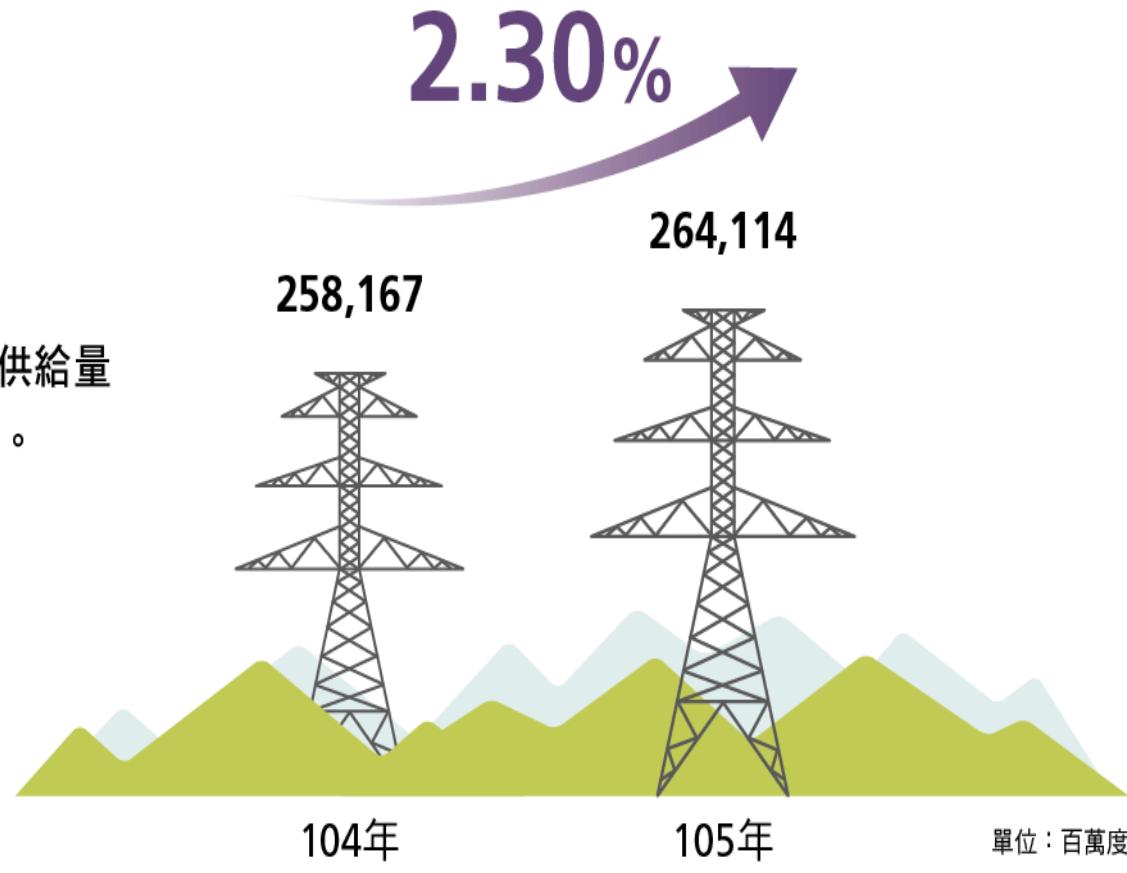
能源政策

電能使用方便,清潔,安全

隨著人類文明的演進,二次能源
(電力)的使用逐漸增加

我國電力總供給量成長多少？

105年我國電力總供給量
較上年成長2.30%。





我國電力從哪來？

78%

燃煤發電及燃氣發電為我國電力
供給主要來源。

45.44%

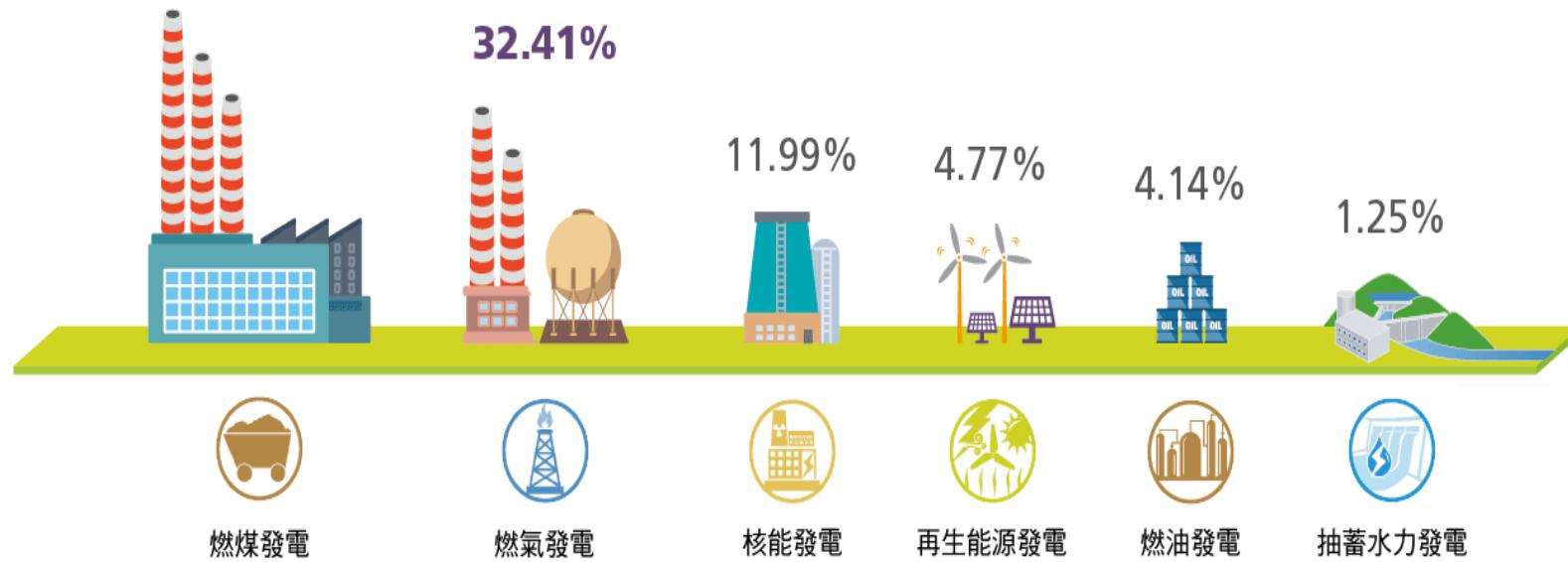
32.41%

11.99%

4.77 %

4.14%

1.25%

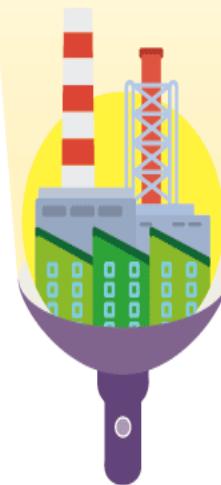


https://www.moeaboe.gov.tw/ECW_WEBPAGE/InfoVisualize/3minEnergyConcept/inpapge04.html

72%

工業部門及服務業部門為我國電力
消費大宗。

53.13%



工業部門

19.25%



服務業部門

18.53%



住宅部門

7.41%



能源部門自用

1.14%



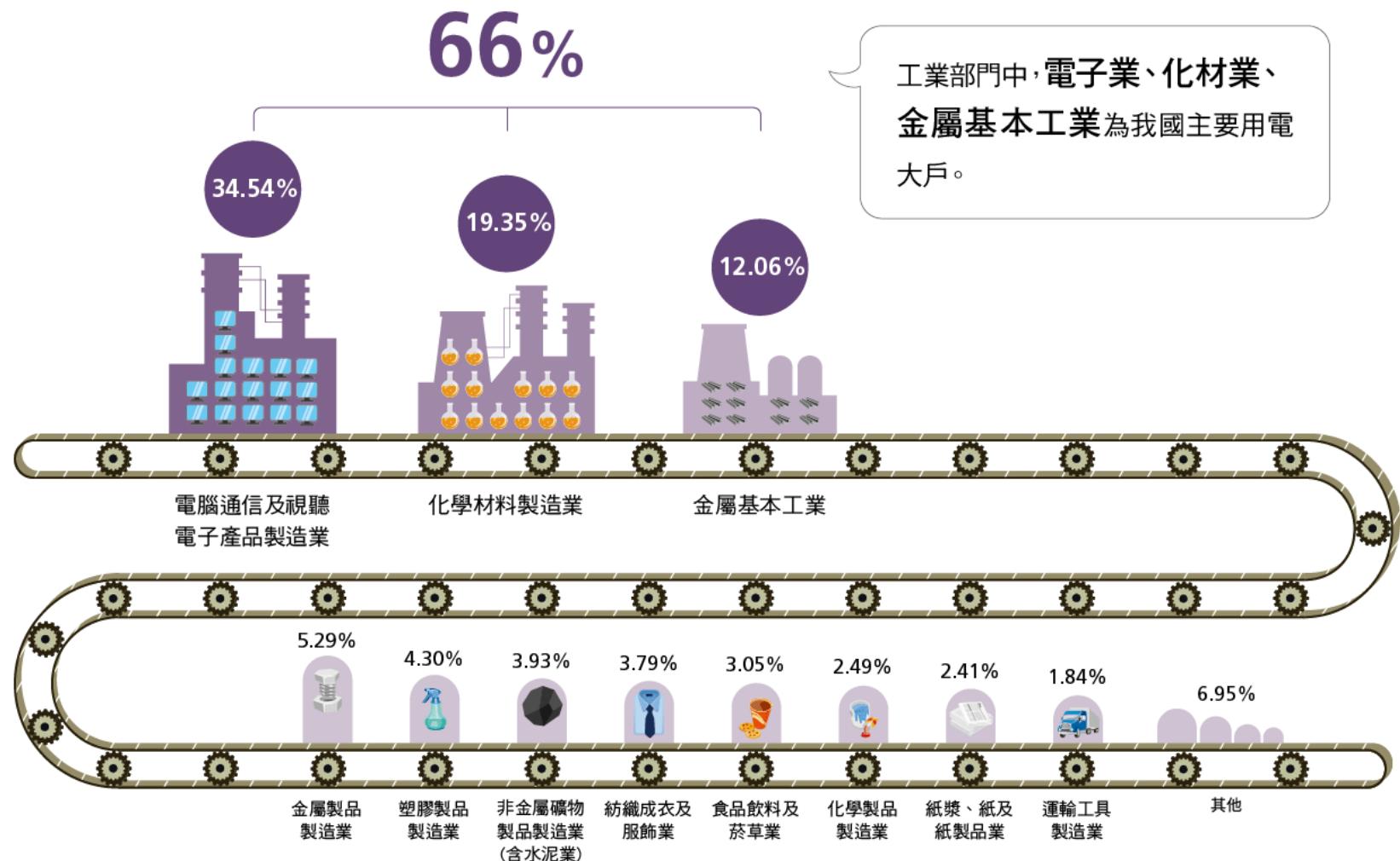
農業部門

0.53%



運輸部門

https://www.moeaboe.gov.tw/ECW_WEBPAGE/InfoVisualize/3minEnergyConcept/inpage04.html



資料來源：經濟部能源局，2016年能源統計手冊&能源平衡表。

https://www.moeaboe.gov.tw/ECW_WEBPAGE/InfoVisualize/3minEnergyConcept/inpapge04.html



全台灣用電過去 5 年的增加量，約三分之一由台積電貢獻

台積電評估，5 奈米製程用電會是目前主流製程的 1.48 倍

2020 年量產的 5 奈米製程，南科用電增幅極為驚人，從原本規劃的 152 萬瓩，增加至 222 萬瓩，大幅增加 46%

東部用電量約在 40 到 50 萬瓩之間。, 台積電一個新廠的用電量，將比整個東台灣 56 萬人口的用電量還多上不少。



能源政策

電力使用三部曲：發電,輸電,配電

電能尚無法大量的儲存；隨發隨用

(抽蓄水力機組；明湖,明潭- 260萬瓩)

重啟抽蓄電廠 地方首長樂觀其成

電力的負載曲線與負載管理

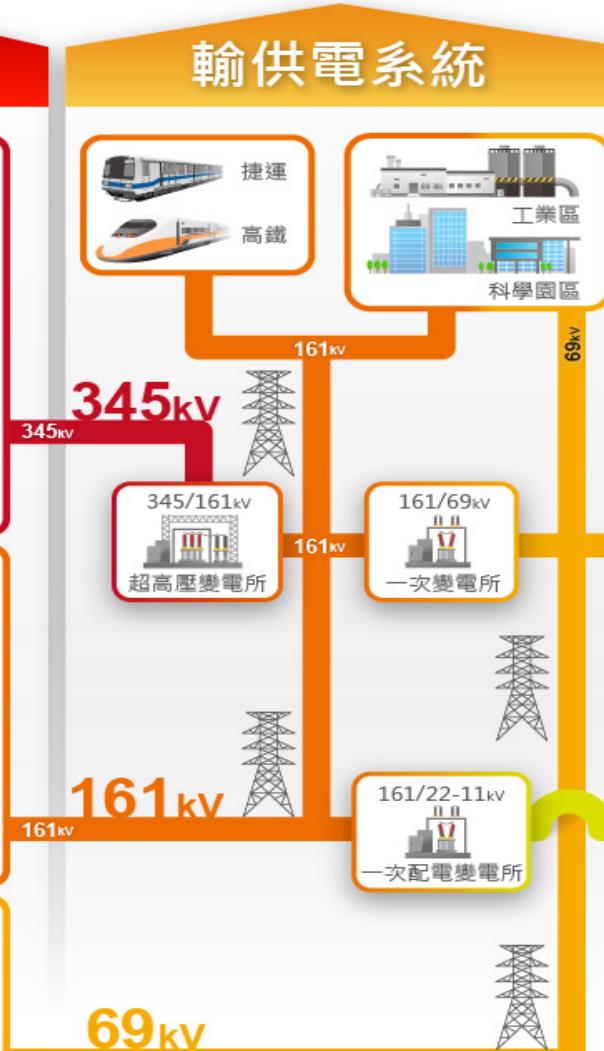
電力調度中心



發電系統

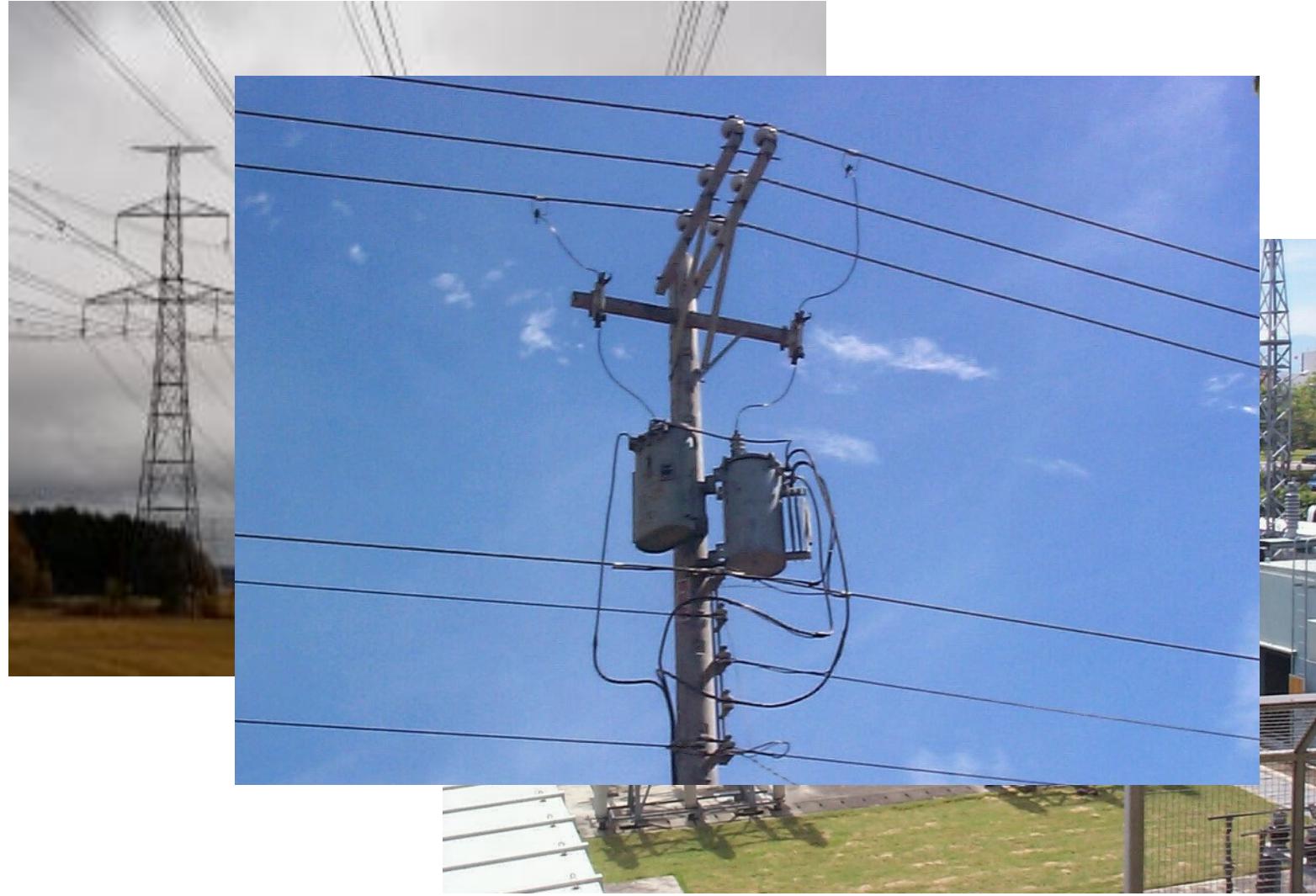


輸供電系統

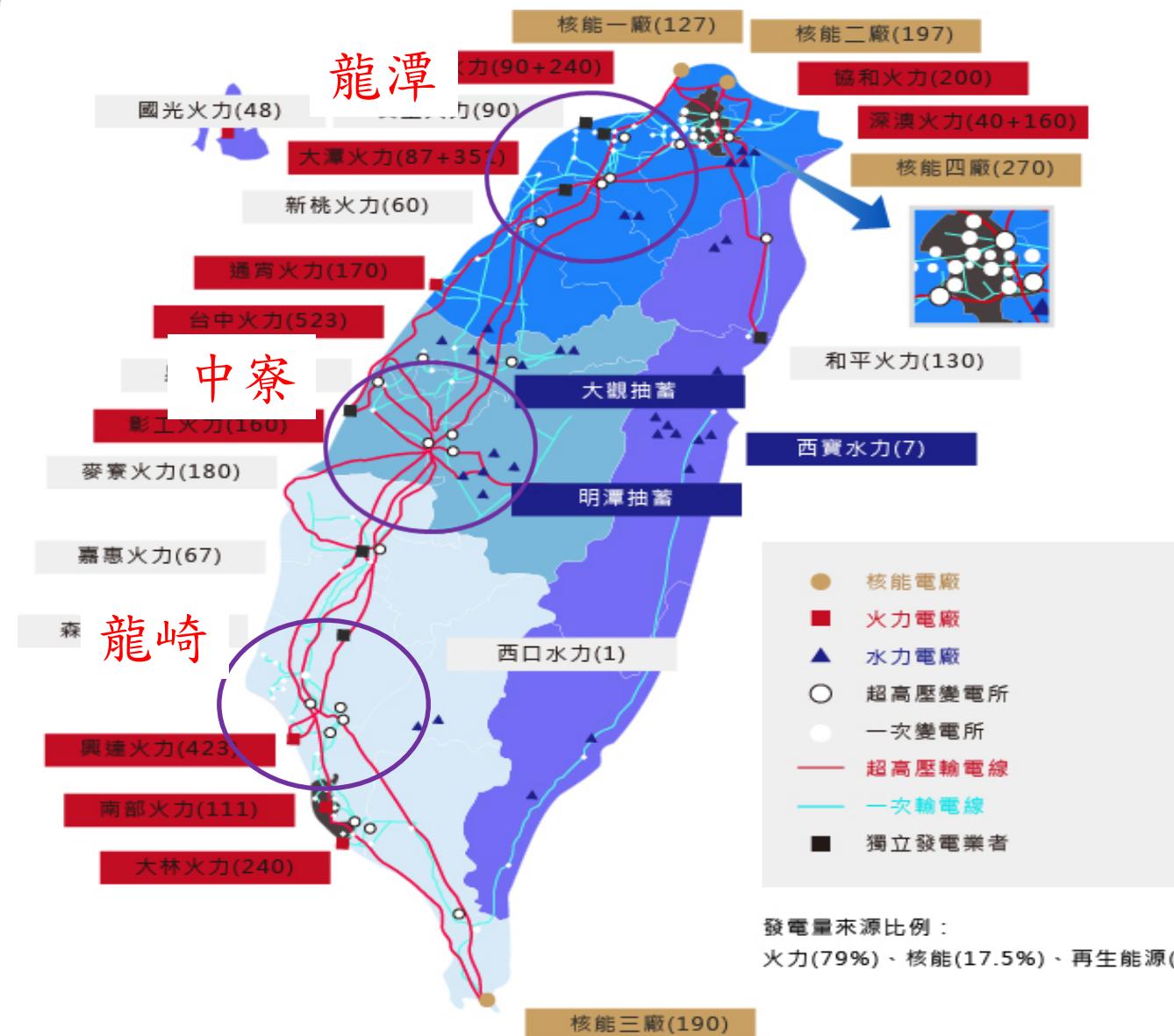


配電系統





https://market.cloud.edu.tw/content/senior/life_tech/tc_t2/enerage/elesys.htm





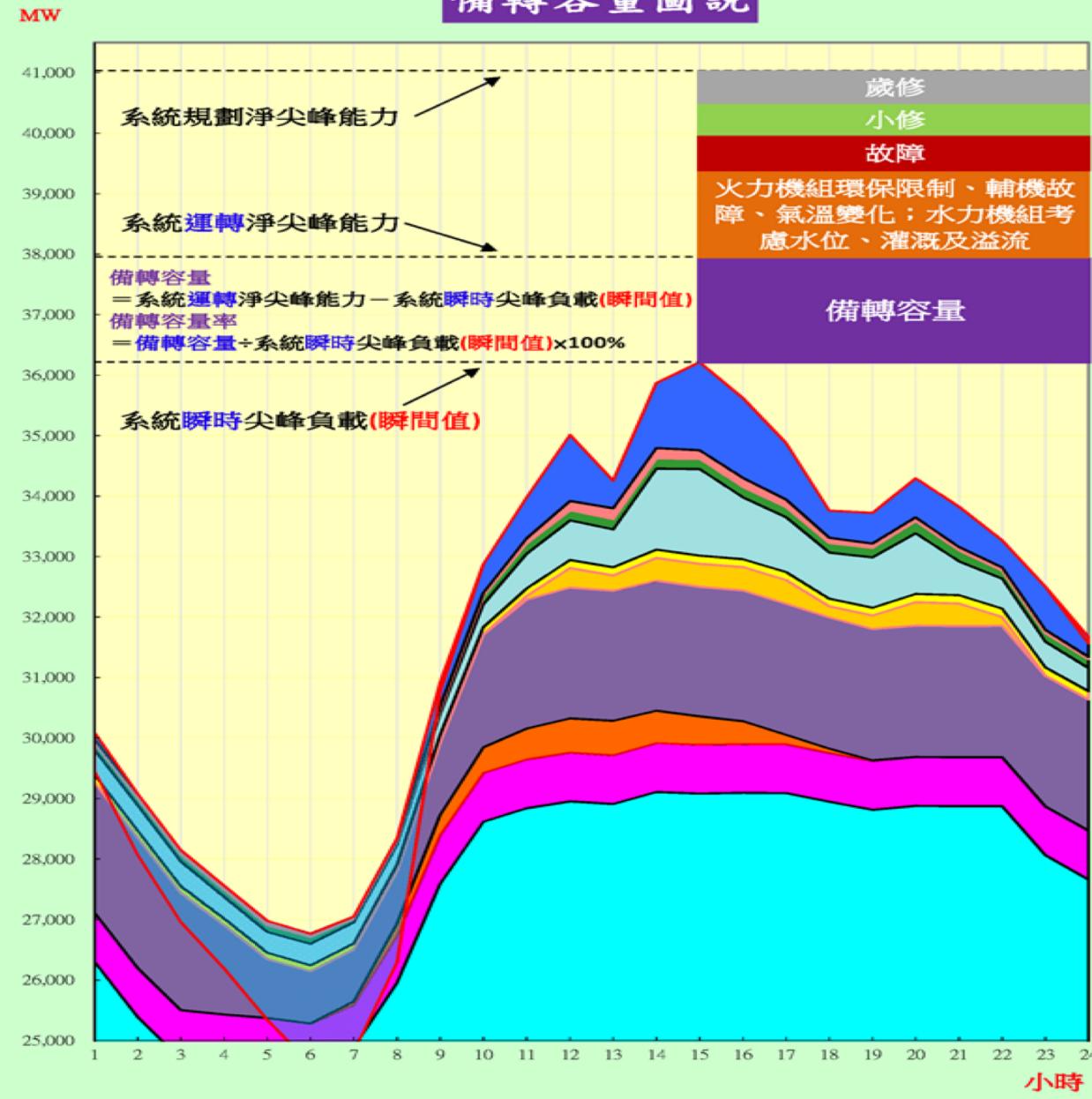
中寮開閉所



<http://tpc70.taipower.com.tw/corp/4.3.html>



備轉容量圖說





備用容量：裝置容量 - 需求量

備轉容量：可用容量 - 需求量

扣除大修,故障,沒有燃料,缺水,無風,陰天

105年7月28日系統備轉容量率之計算：

系統運轉淨尖峰供電能力為37,422.2MW

系統瞬時尖峰負載(瞬時值)為36,199.1MW

備轉容量 = $37,422.2 - 36,199.1 = 1223.1\text{MW}$

備轉容量率 = $(1223.1 / 36,199.1) \times 100\% = 3.38\%$



電力系統的運轉

維持發電量與需求量相等

若需求量少於供給量，系統頻率上升，

電壓上升；降低發電量，尖載機組降載或停止發電

若需求量大於供給量，系統頻率下降，

電壓下降；增加發電量，尖載機組升載或啟動尖載機組。需要足夠的備轉容量

若運轉中的機組故障停機



電力系統的運轉

若運轉中的機組故障停機，啟動備轉機組因應

若備轉容量不足以因應，系統頻率下降，電壓下降；為保護發電設備，其他電廠的發電機會自動跳脫，共電量進一步降低，系統崩潰

為避免系統崩潰，系統會自動(或手動)切斷部分區域的供電，不預警的停電



電力系統的運轉

若已知系統備轉容量不足，為避免不預警電，會採取分區輪流停電的方式，減少需求「需量競價」：工業大戶下午6時前向台電報價，經台電同意後得標，用戶隔天依報價降低用電量，台電支付費用，每度電報價最高10元。換句話說。台電公司花10元買回1度電，就可以少發一度電，以降低需求，因應備轉容量的不足

政院拍板…工業大戶強制節電 今夏上路 聯合新聞網
2018年4月20日 上午6:56

<https://udn.com/news/story/7238/3096936>

未達標就開罰！ 工業大戶「強制節電」今夏上路中時電子報 (新聞發布) • 2018年4月20日

<http://tube.chinatimes.com/20180420002882-261416>



用電曲線圖：依能源類別

用電曲線圖：依區域

未來一週電力資訊

未來兩個月電力資訊

歷年備用容量率

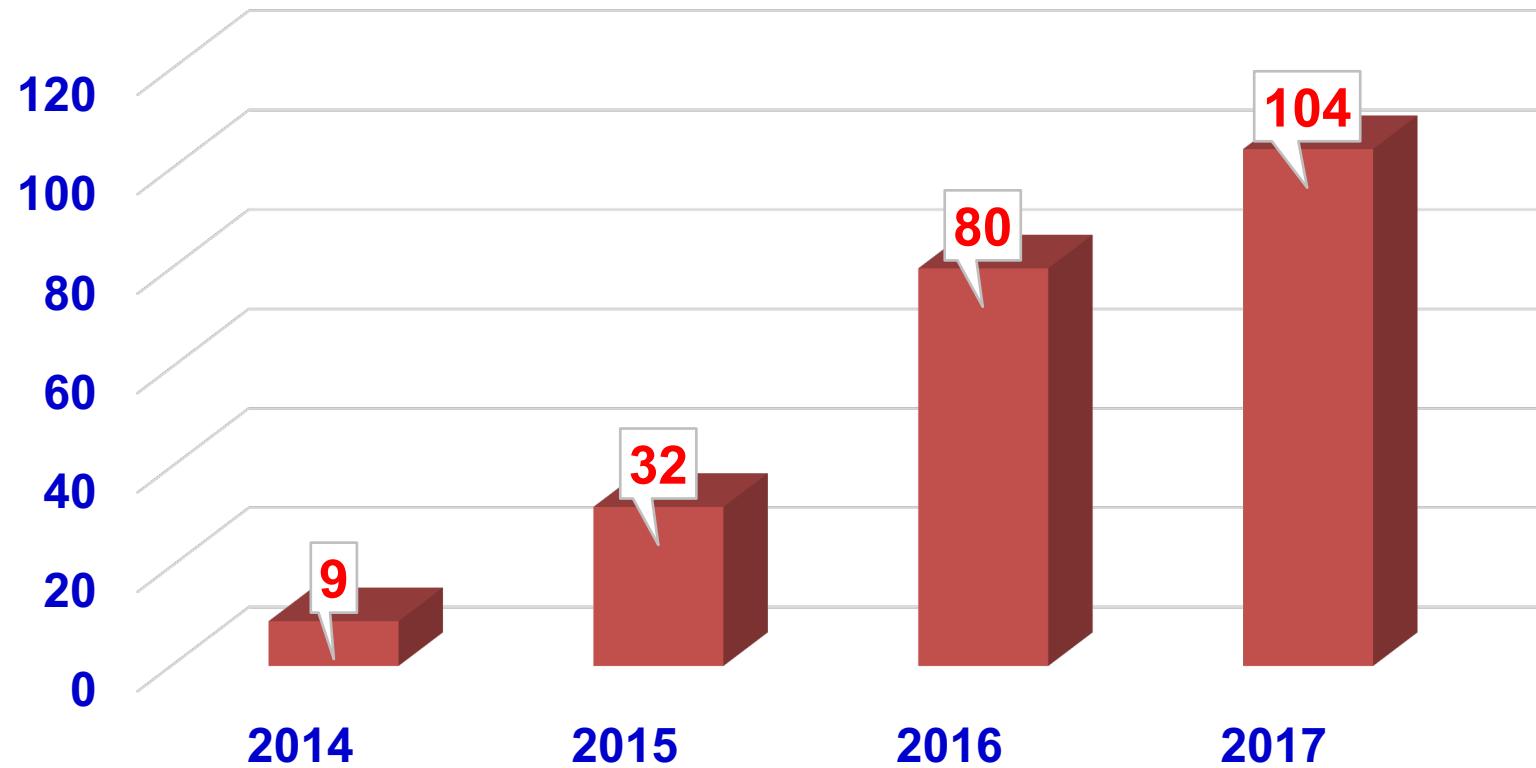
- 過去備用容量率若低於7.4%，皆曾發生停限電情形。
- 105年備用容量率實績值為10.4%，若扣除核一#1、核二#2無法運轉之供電能力，其值約6.0%；若加計林口#1試運轉貢獻，其值約8.1%。



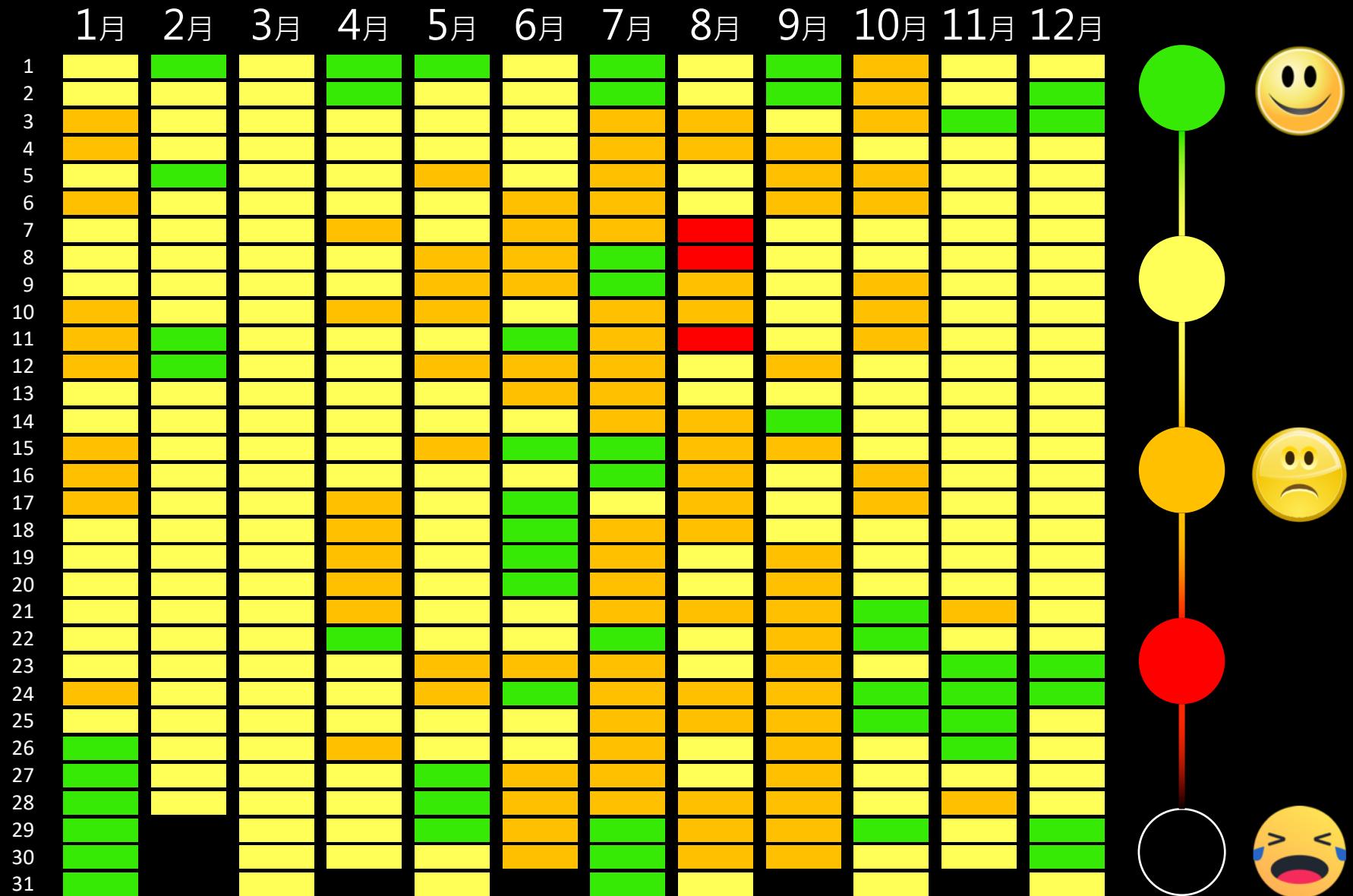


我國近年供電狀況

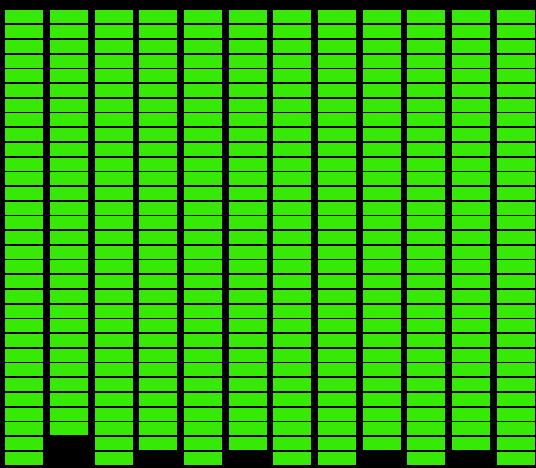
進入「供電警戒」天數
(備轉容量率<6%)



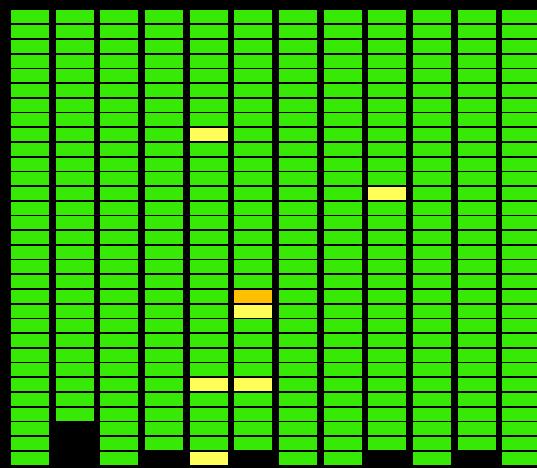
2017年 備轉容量率燈號



2012



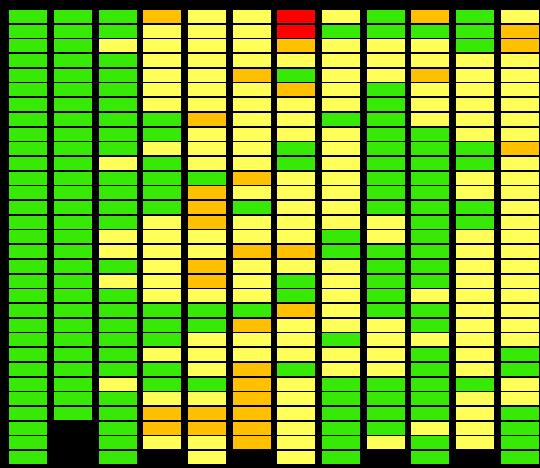
2013



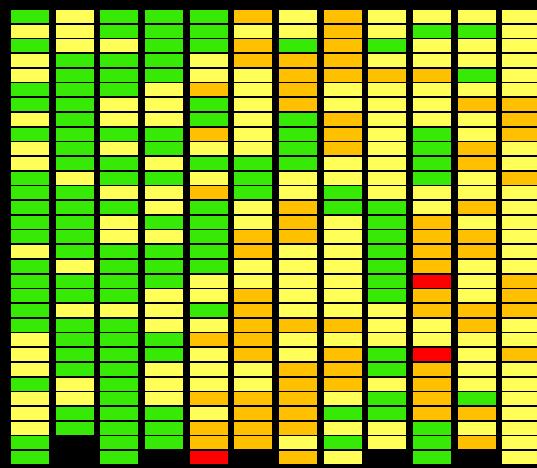
2014



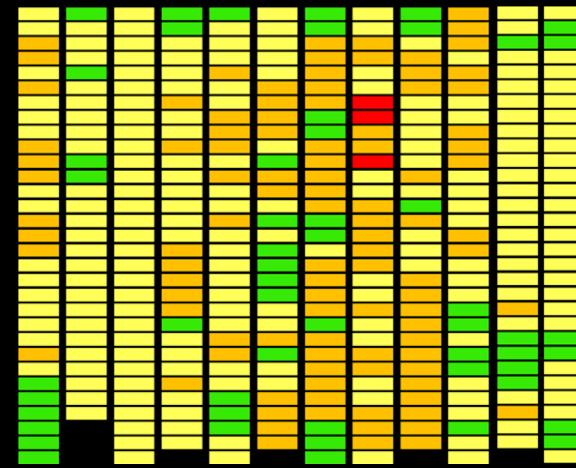
2015



2016



2017



33天

80天

104天





風險類別：健康，投資，事業，婚姻，
社會，經濟發展，戰爭……

人的一生要面臨很多的抉擇，
抉擇也就是風險的選擇

風險的選擇與利益的取捨息息相關

風險選擇是依據主觀的認知，
還是客觀的評估



風險三要素：

事件，發生機率會頻率，後果與損失

透過適當的設計與管理，可以降低風險

- 降低發生機率
- 減少災害損失



各種發電方法的風險比較

供電穩定性

核能發電燃料體積小、重量輕，運輸貯存方便

天然氣能量密度低，運輸儲存較困難

(台灣目前每三天需有兩艘天然氣運輸船靠港)

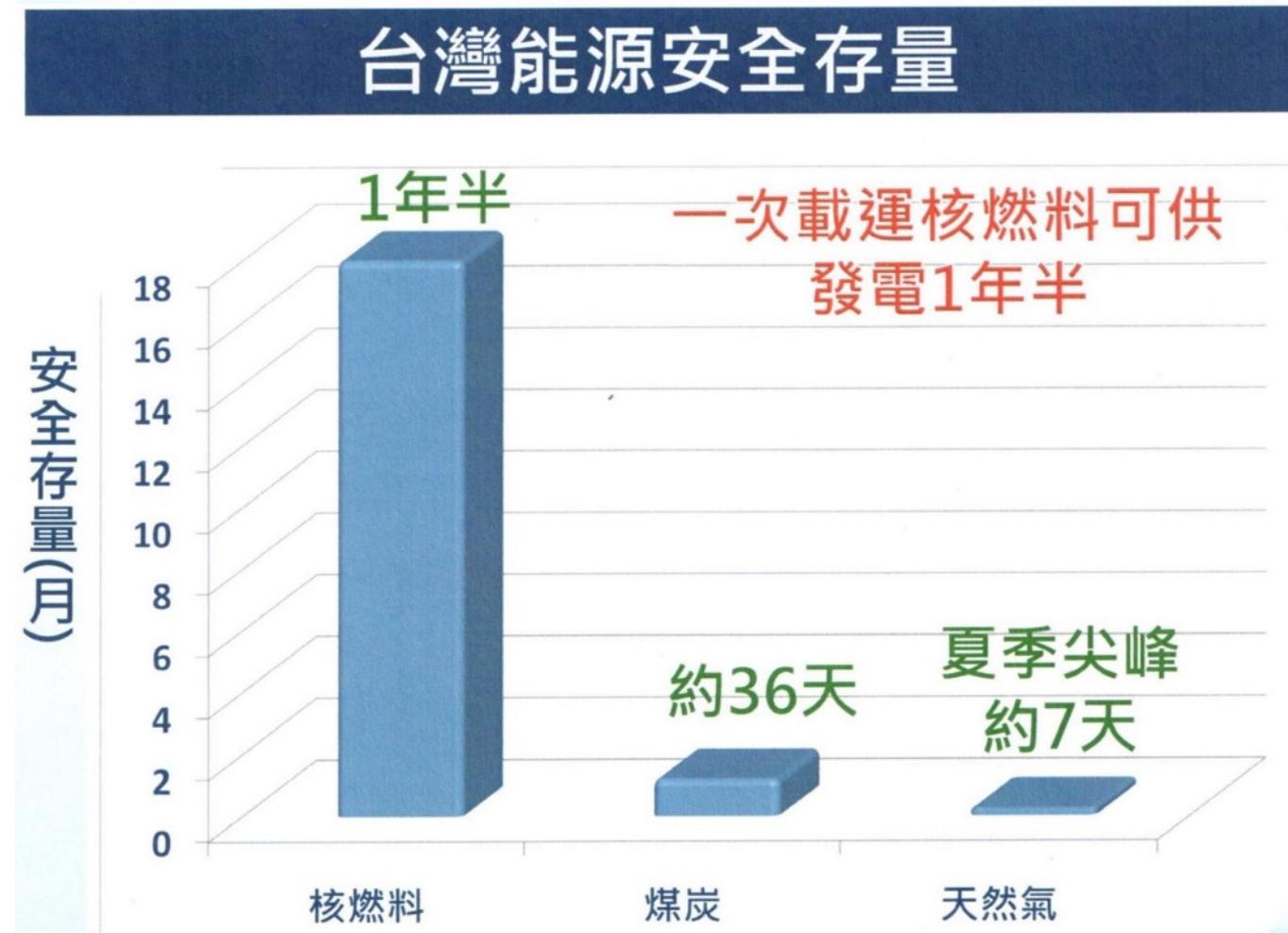
燃料安全存量：核能至少18個月，天然氣7天

再生能源發電受限於氣象，無法調度；台灣為獨立電網，缺電時無法獲得其他國家電網的支援。



3. 被刻意忽略的能源安全 (2/3)

◆ 能源安全的底線





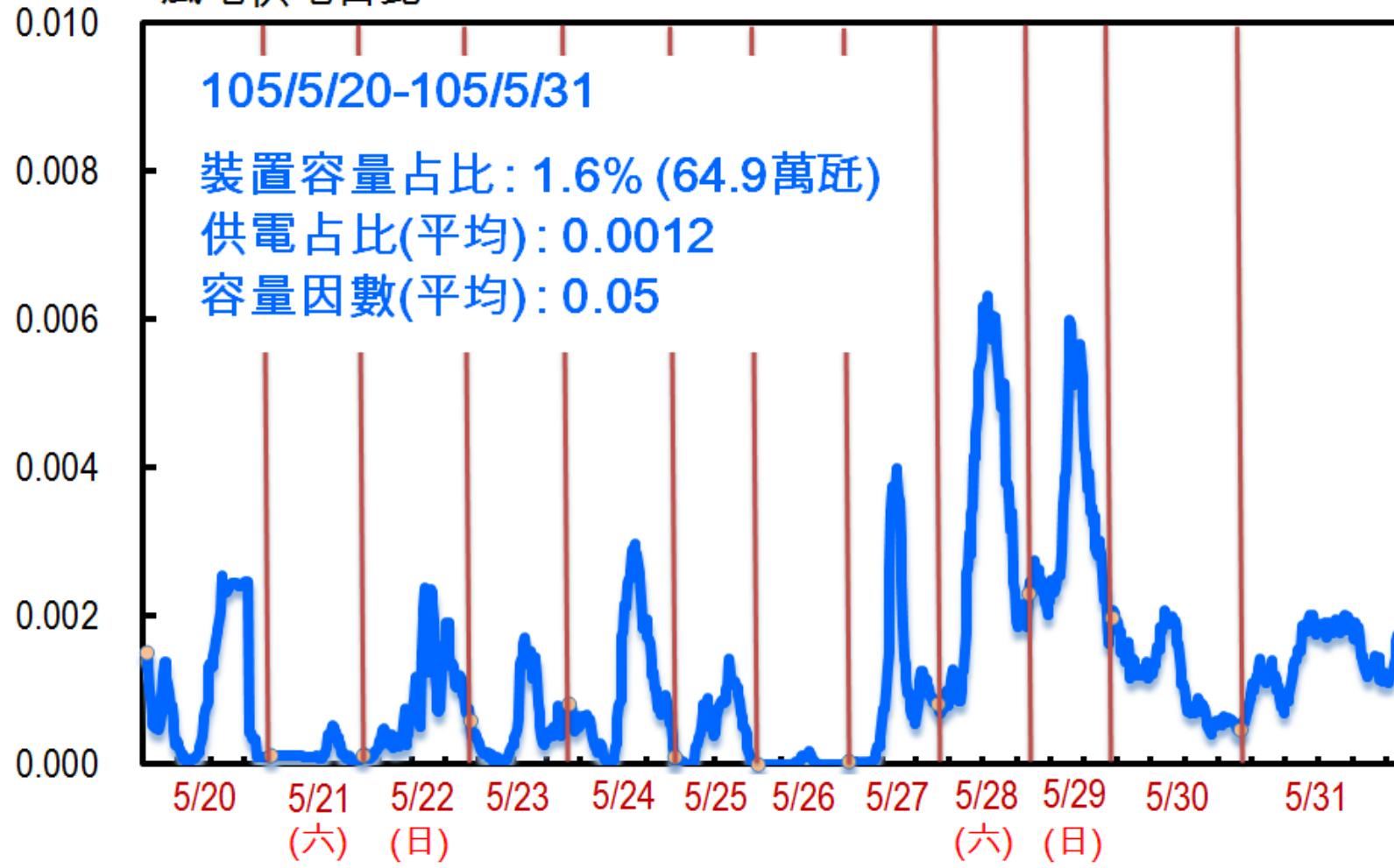
風電供電占比

105/5/20-105/5/31

裝置容量占比 : 1.6% (64.9 萬瓩)

供電占比(平均) : 0.0012

容量因數(平均) : 0.05

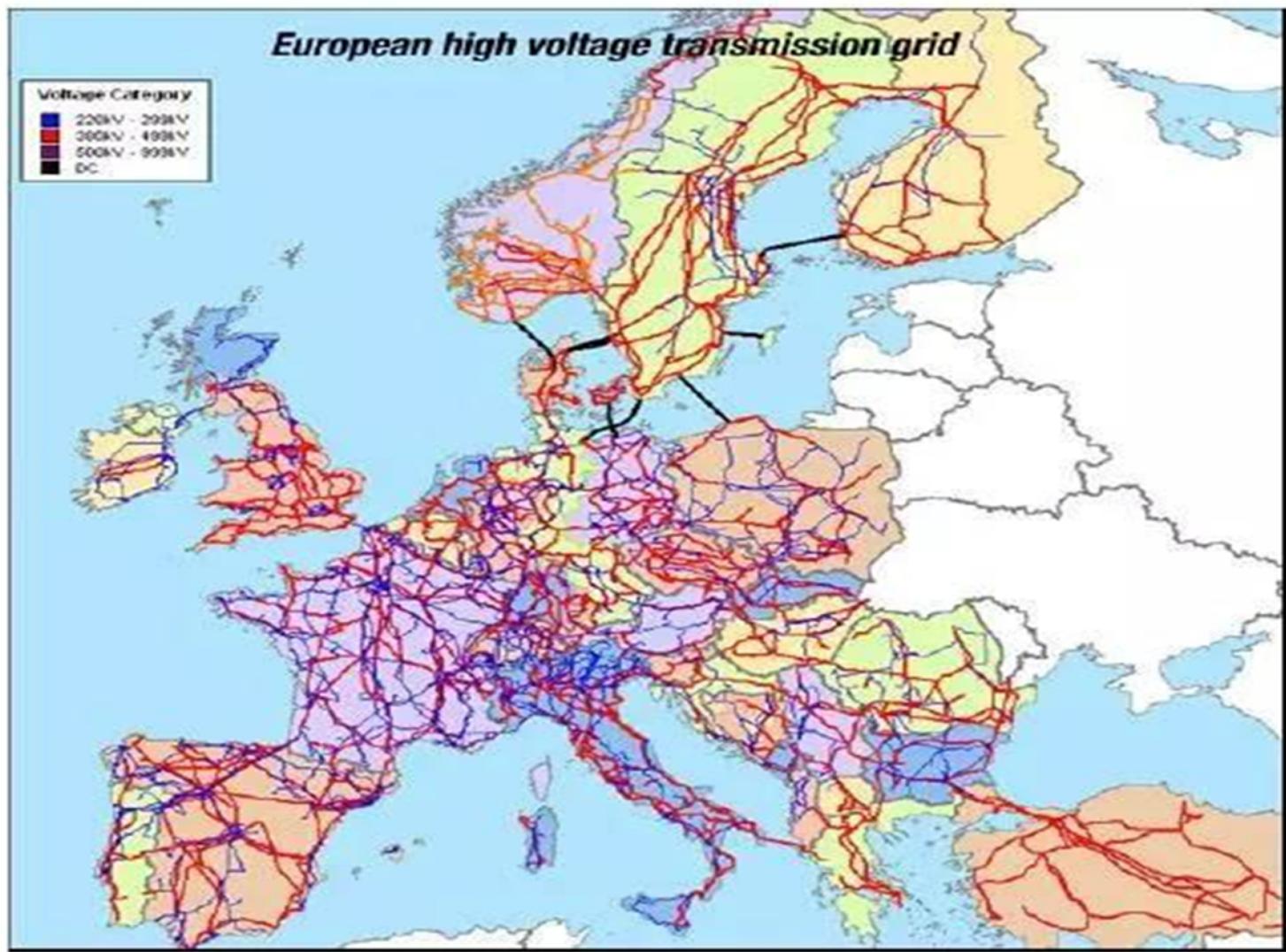
<http://www.storm.mg/article/398657>



EUROPE



图 1 欧洲高电压等级电网较为密集



数据来源：geni

—电新观察

台灣目前夏日尖峰負載 3700 萬瓩
平均負載 3000 萬瓩,

台灣目前冬日尖峰負載 2800 萬瓩
平均負載 2300 萬瓩,

規劃再生能源裝置容量 2440 萬瓩,
已加碼至 2670 萬瓩



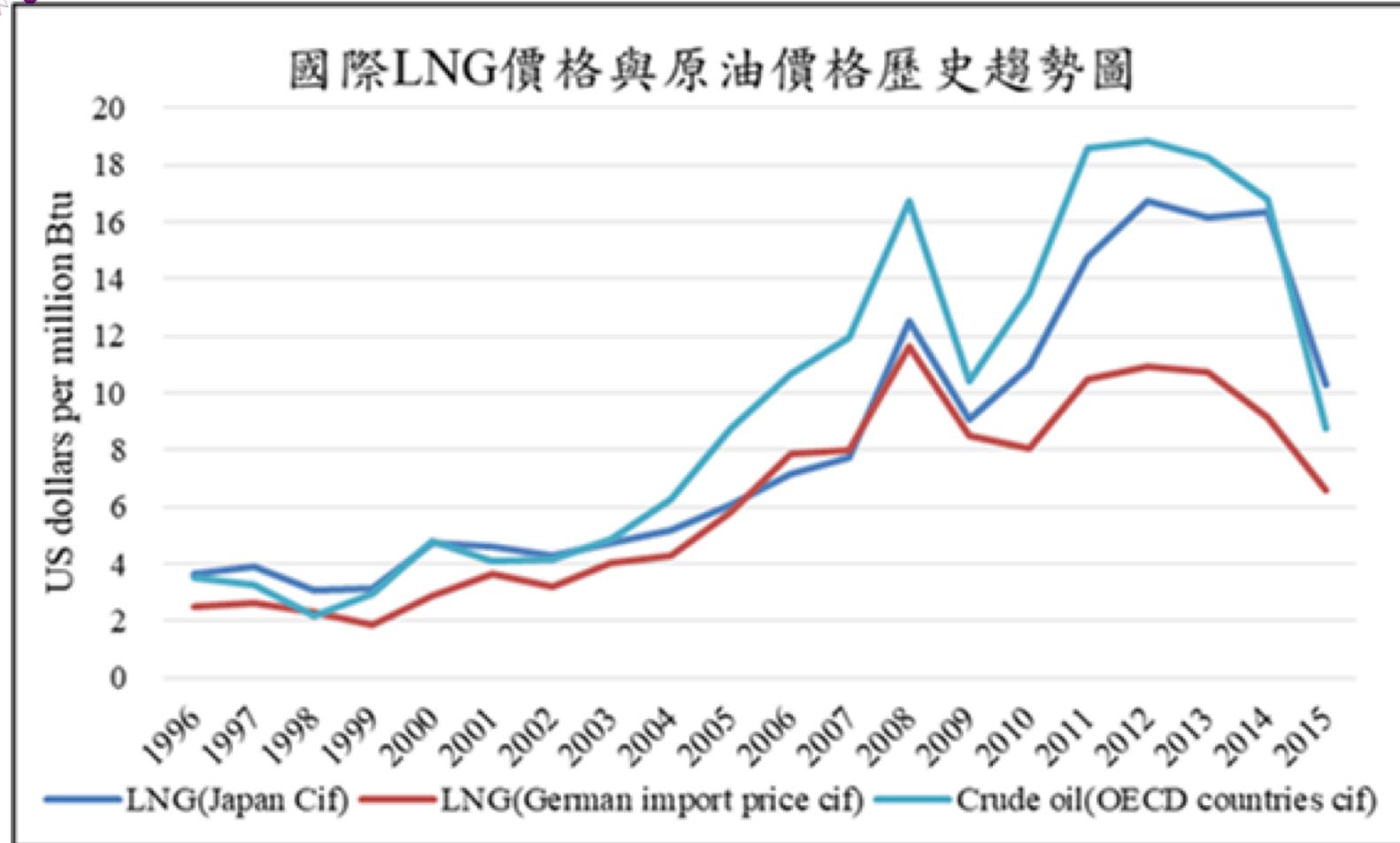
各種發電方法的風險比較

發電成本穩定性風險

核能發電燃料鈾的採購成本占總發電成本比例低，故其發電成本穩定，核電廠一旦興建完成，其發電成本較不易受到國際能源價格波動的影響

天然氣發電成本中燃料採購成本所佔的比例高，發電成本波動大

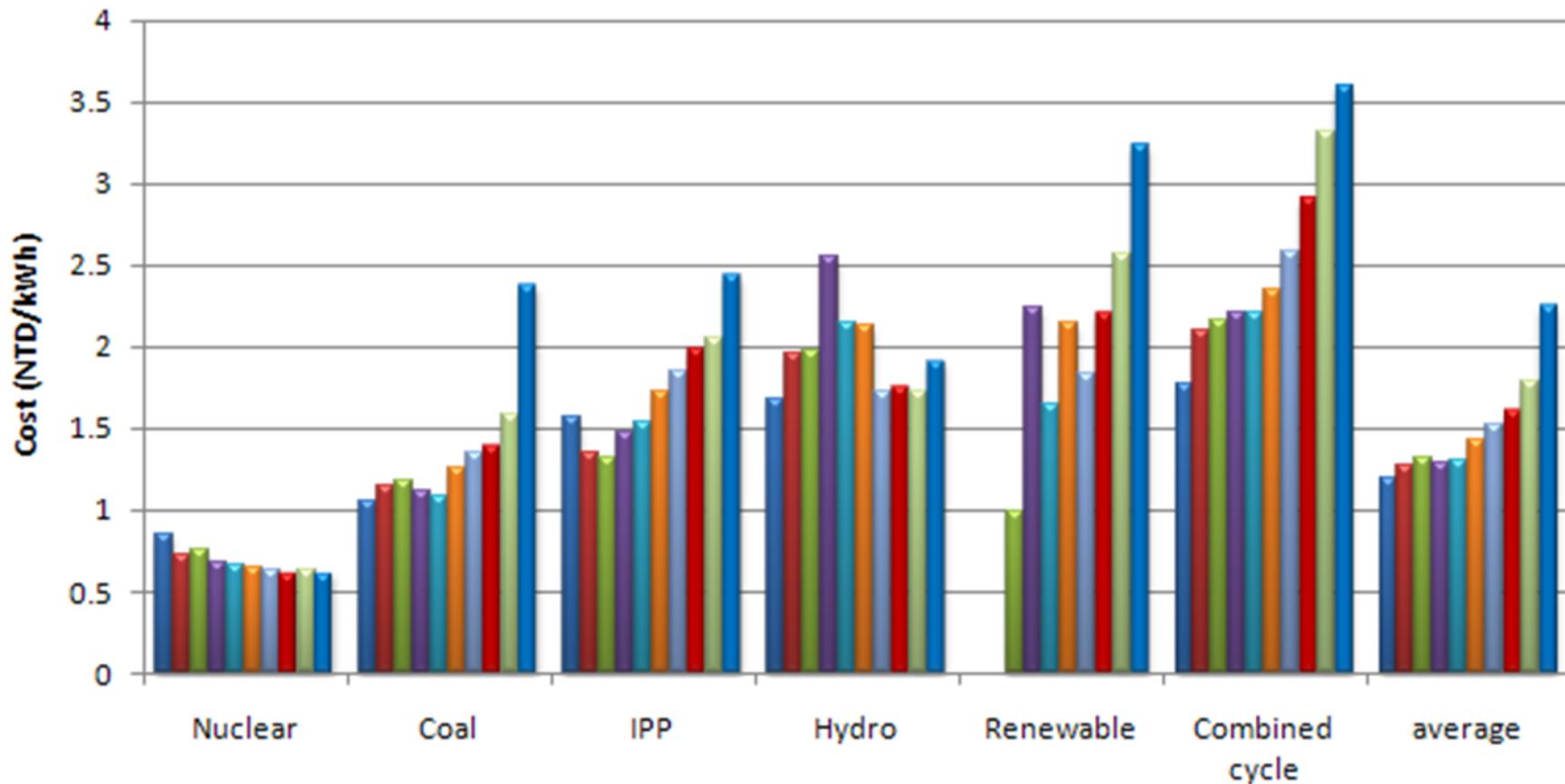
燃煤發電與核能發電的發電成本中，燃料採購成本佔比低，適合作為基載電廠



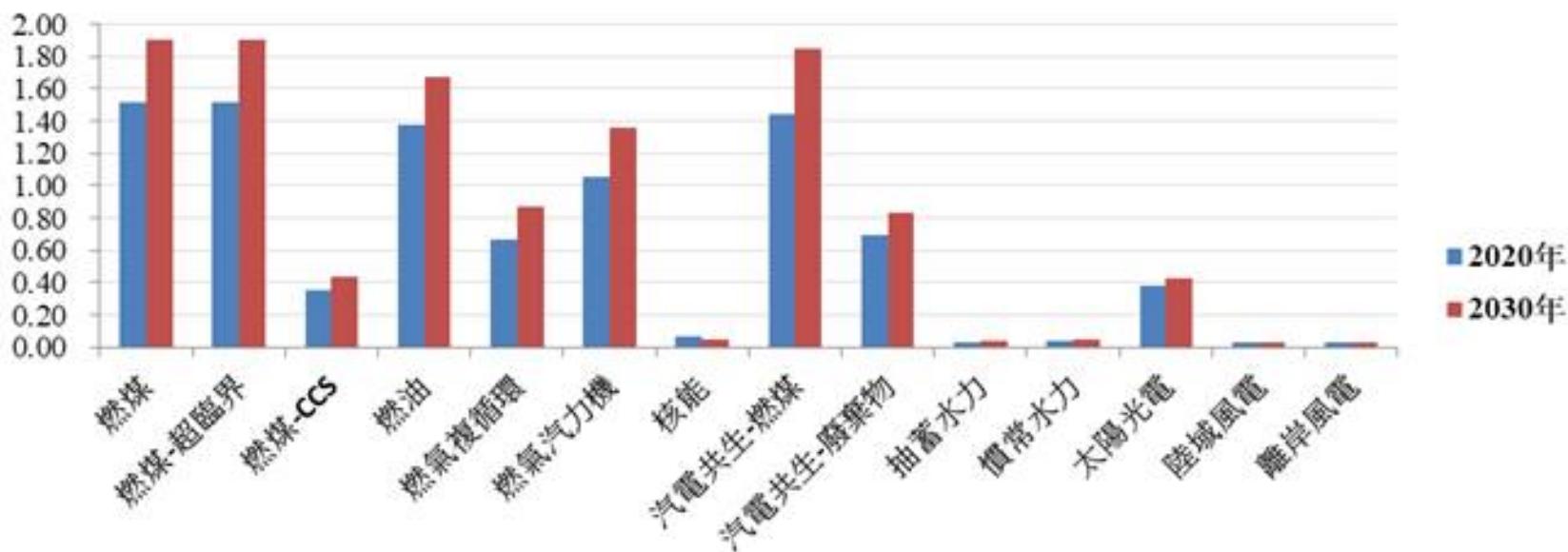
經濟日報新聞



Cost 1999-2008



歐盟發電技術外部成本(元/度)



資料來源：European Commission, 2008

圖 2 歐盟發電技術外部成本分析



發電的健康風險

輻射與PM2.5致癌風險；輻射是大自然的一部分
如果核電廠發生輻射物質至外釋的嚴重事故，
會對民眾造成健康效應

(三哩島與福島核電廠事故並沒有任何居民
或電廠工作人員因輻射暴露而受傷害)

燃煤電廠正常運轉時的空氣汙染

2016年台灣有9372人死於肺癌！

核能發電：如果「出了意外」可能會死一堆人

燃煤發電：即使「不出意外」也會有一堆人死

天然氣運輸與儲存時的爆炸



原子能委員會輻射偵測中心

輻射是自然界的一部分

背景輻射來自土壤，岩石，空氣，
與宇宙射線

台灣背景輻射強度

香港背景輻射強度

單位：微西弗/時($\mu\text{Sv}/\text{h}$)

$$0.10 \mu\text{Sv} / \text{hr} \times 24 \text{ hr} / \text{day} \times 365 \text{ days}$$

$$= 876 \mu\text{Sv} = 0.876 \text{ mSv}$$



City	Dose of Radiation (uSv/h)	Date of measurement	Referring Website
Tokyo	0.034	Oct. 7, 2013	http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/monitoring/hourly_data.html
New York	0.094	May. 31, 2011	http://digistar.com/boston/ (*)
Paris	0.059	Oct. 1, 2013	http://www.irsn.fr/FR/Documents/france.htm
Berlin	0.063-0.085	Oct. 7, 2013	http://odlinfo.bfs.de/
London	0.089	Oct. 6, 2013	https://geoserver.jrc.ec.europa.eu/PublicEurde_pMap/Disclaimer.aspx
Singapore	0.050	Oct. 7, 2013	http://app2.nea.gov.sg/anti-pollution-radiation-protection/radiation-protection/overview-of-radiation-protection
Hong Kong	0.080-0.150	Oct. 7, 2013	http://www.hko.gov.hk/radiation/ermp/rmn/append/ map/rmn_hourly_e.htm
Beijing	** 0.063	Oct. 6, 2013	http://haq.mep.gov.cn/gzdt/
Taipei	0.057	Oct. 7, 2013	http://www.trmc.aec.gov.tw/utf8/eng/
Seoul	0.108	Oct. 7, 2013	http://iernet.kins.re.kr/



【環評】台北輻射量比東京核災後高？ 蔡康永盼：全面廢核

原文網址: <http://www.ettoday.net/news/20130309/172701.htm#ixzz2gYXkASNZ>



309「藝」起反核！知名主持人蔡康永先前與小S錄製反核影片，9日也親自現身遊行，拿出日本朋友送的「核輻射計量器」表達訴求，他說：「這是我收過『最悲傷的生日禮物』。蔡表示：「該偵測儀輻射值只要超過**0.04微西弗**就是危險的，而在**台北**測得的數值比日本核災後還高。」

蔡康永上街頭反核帶「輻射計量器」(圖／記者黃子瑋攝)



媽媽監督核電廠聯盟 - 千人大合唱

孩子的天空(Children 's Sky) 作詞：胡如虹, 陳建寧

作曲：陳建寧

編曲：周菲比

大風吹 吹向誰 草兒都枯萎

大風吹 吹向誰 大樹也掉淚

是誰的沉默 是誰的冷落

讓這片藍天慢慢消失了

#大風吹 吹向誰 魚兒游不回

大風吹 吹向誰 都無家可歸

今天的放手 明天的自由

還我們未來無憂的生活

*孩子的天空 **是誰遮住了彩虹**

看春天的花 和秋天的楓

無言孤立在風中

◎孩子的天空 我們能留下什麼

大手牽小手 用愛守護著

我們唯一的家 唯一的夢

<http://www.libertytimes.com.tw/2013/new/sep29/today-life1-2.htm>

環署最新監測

細懸浮微粒濃度 斗六最高



斗六、南投細懸浮微粒濃度高，

可能的污染源指向六輕

(資料照，記者陳燦坤攝) 47





風險的選擇

※ 使用核能發電的風險

- ◎微量放射性物質排放所造成的健康效應
- ◎核電廠發生嚴重事故的影響
- ◎核電廠興建所帶來的社會對立
- ◎核廢料處理所帶來的社會對立
- ◎核能電廠會成為戰爭攻擊目標

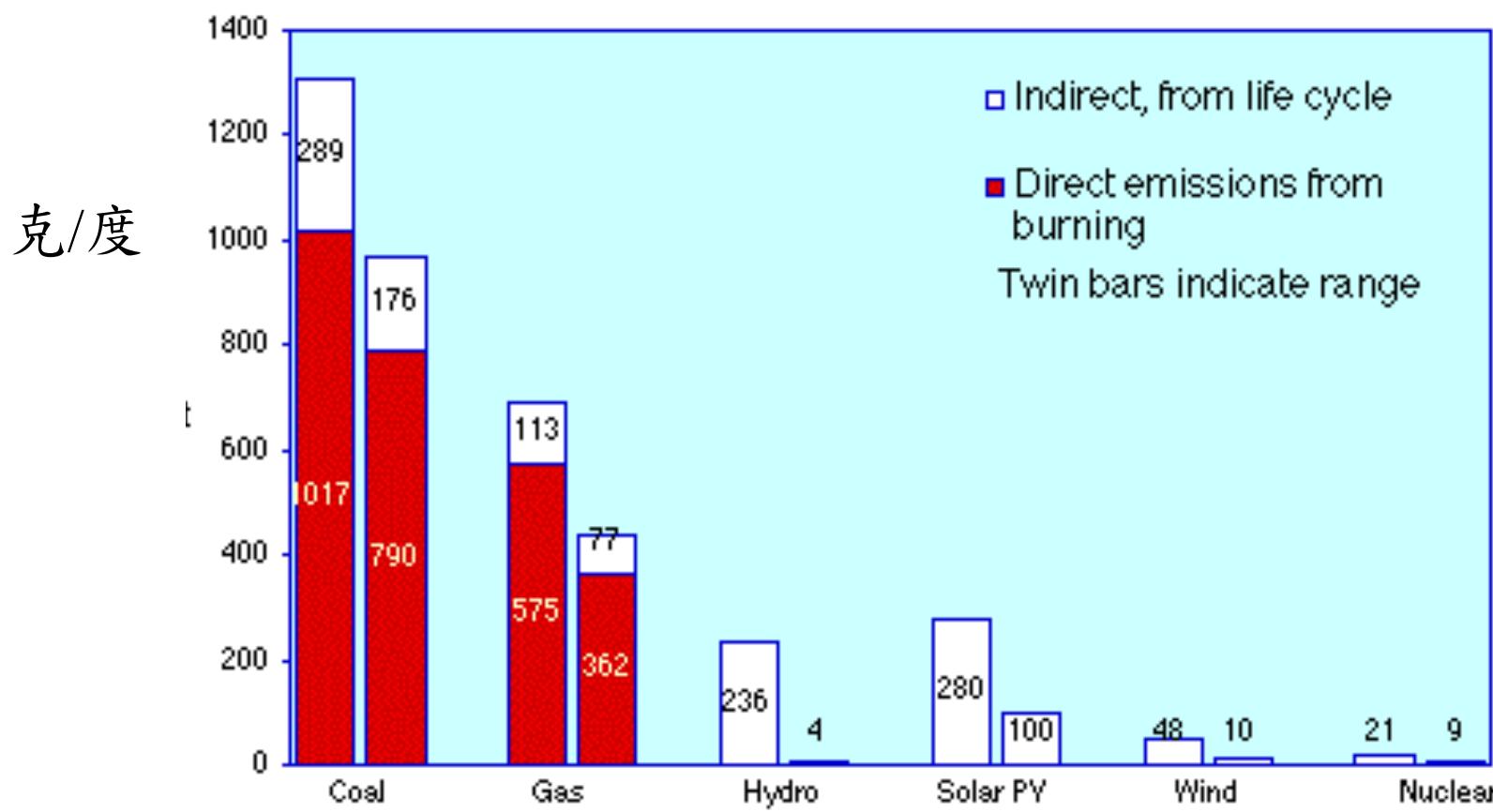
※ 不使用核能發電的風險

- ◎能源危機再度發生時,對經濟發展所帶來的衝擊
- ◎國際上決定管制二氧化碳時,對經濟發展所帶來的衝擊
- ◎國際能源供需失衡時,國內能源供應的穩定性
- ◎能源輸送入境遭封鎖時,國內能源的持續供應

2000 年『核四再評估委員會』所用的投影片



發電之二氧化碳排放



Source: IAEA 2000

