



中國工程師學會 環境與能源委員會

「能源產業因應氣候變遷調適」座談會

日期:108年10月29日 地點:台電公司總管理處204會議室

09:00~09:30 報到

09:30~09:45 開幕致詞

主席:中工會-環境與能源委員會楊主任委員偉甫
(台電公司董事長)

09:45~10:00 議題一、

「氣候變遷衝擊下，電力供應之調適作為探討」

引言人:台電公司林資深專業工程師景庸

10:00~10:30 議題與談

與談人:

行政院環境保護署蔡處長玲儀
經濟部工業局呂局長正華
馬偕醫學院申副教授永順
臺灣綜合研究院吳院長再益

10:30~10:45 Q&A

現場來賓

10:45~10:55 議題二、

「我國能源轉型應面對之氣候變遷調適策略芻議」

引言人:台電公司溫副處長桓正

10:55~11:15 議題與談

與談人:

經濟部能源局翁主任秘書素真
國立臺北大學張教授四立
工業技術研究院王副所長人謙

11:15~11:30 Q&A

現場來賓

11:30~11:40 總結報告

主席



中國工程師學會「環境與能源委員會」

「能源產業因應氣候變遷調適」座談會

108年10月29日

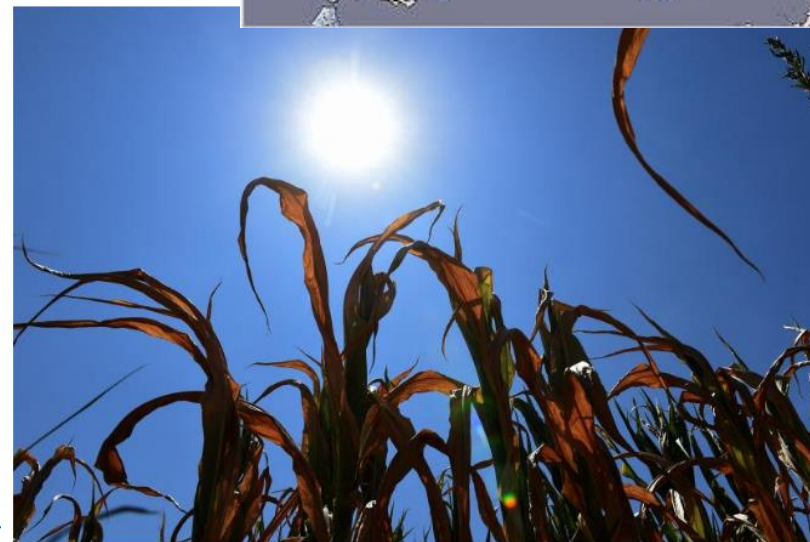
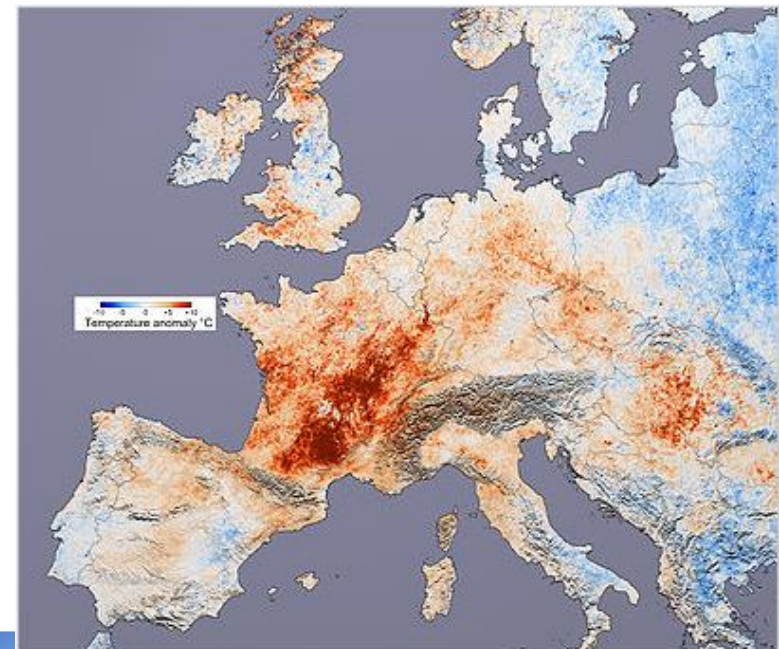
議題一、「氣候變遷衝擊下，電力供應之調適作為探討」

一、國外電力設施遭受氣候衝擊之案例

(一)歐洲熱浪(熱浪+電力供需失衡)

2003、2006、2015 以及2019年發生歐洲熱浪事件，尤其近期2019年7月25日於法國首都巴黎偵測42.6°C 的不正常高溫，其熱浪對於**電力供需**之衝擊：

- 1.電力**供應**部分:河水水溫升高，導致核電廠與燃煤電廠減少電力輸出。
- 2.電力**需求**部分:熱浪加大對冷氣空調之需求，電力的需求急劇增長。
- 3.電力供需**失衡**:部分地區出現斷電現象。

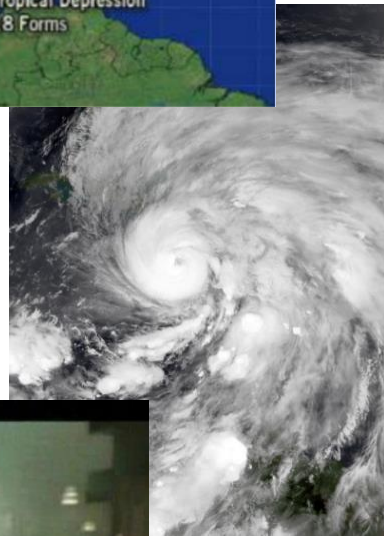


New report finds last fossil fuel car would have to be sold by 2035 to meet global warming goals. (Photo: PHILIPPE DESMAZES/AFP/GETTY IMAGES)

一、國外電力設施遭受氣候衝擊之案例

(二)美國SANDY颶風(強風+雨+暴潮之複合型災害)

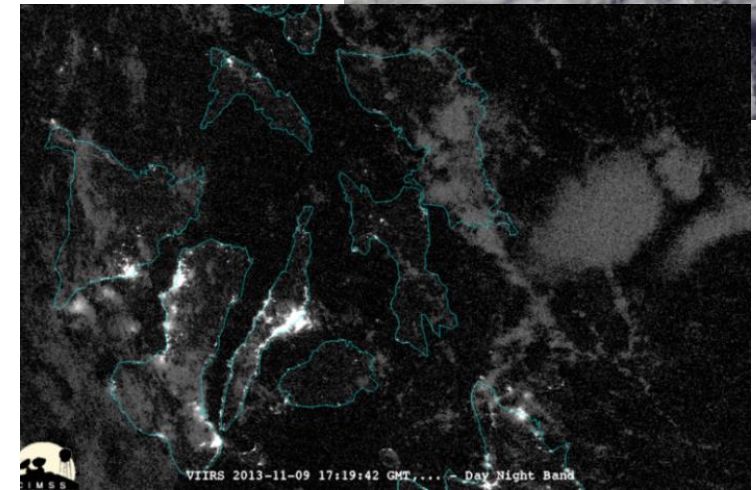
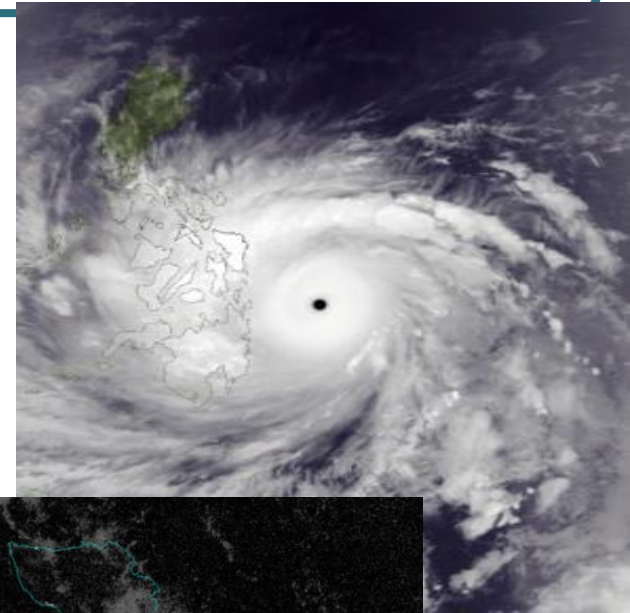
- 1.2012年Sandy颶風於加勒比海生成到結束共十天，行經古巴、海地，侵襲美國，最後在加拿大結束，其中以紐約州最為嚴重。
- 2.颶風造成**暴潮**侵襲沿海城市，暴潮溢淹導致紐約州曼哈頓淹水，影響到610萬戶，整個紐約因此停擺，機場也因此關閉。
- 3.美國紐約曼哈頓東區「愛迪生聯合電力公司」變電所，**因颶風摧毀電力設施**，使內部運作出現問題導致爆炸，另兩座地下電力網絡系統亦因淹水發生故障。



一、國外遭受氣候衝擊之電力設施案例

(三)菲律賓海燕颱風(強風+暴潮)

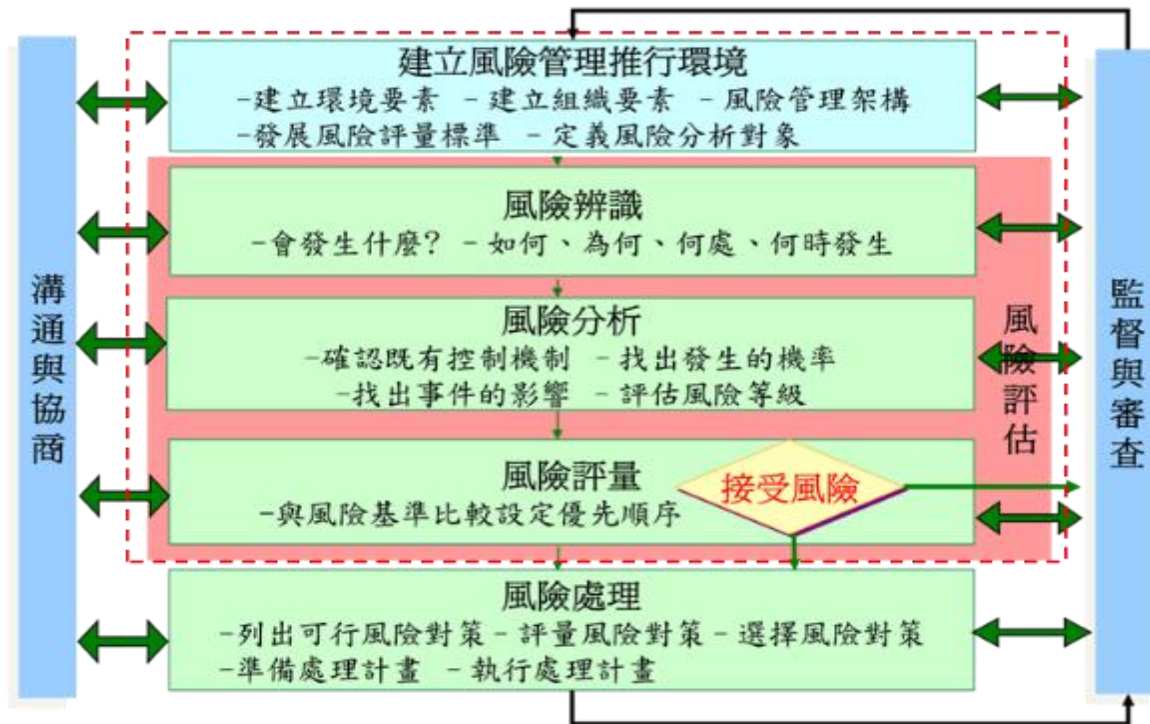
- 1.「海燕」颱風為**2013年度全球最強的熱帶氣旋**，在西北太平洋洋面上生成，11月8日凌晨在菲中部東薩馬省登陸，在由東到西橫掃菲律賓中部後，於9日下午離開菲律賓。
- 2.災區幾乎夷為平地，逾6300人死亡，菲國雷伊泰省一名警官估計約1萬人罹難，居民的生活陷入困境，公共設施如橋樑、道路、通訊設施及**電力供應**等也遭到嚴重損壞。



菲律賓附近一帶的電力及照明狀況圖，可見海燕造成**大規模停電**

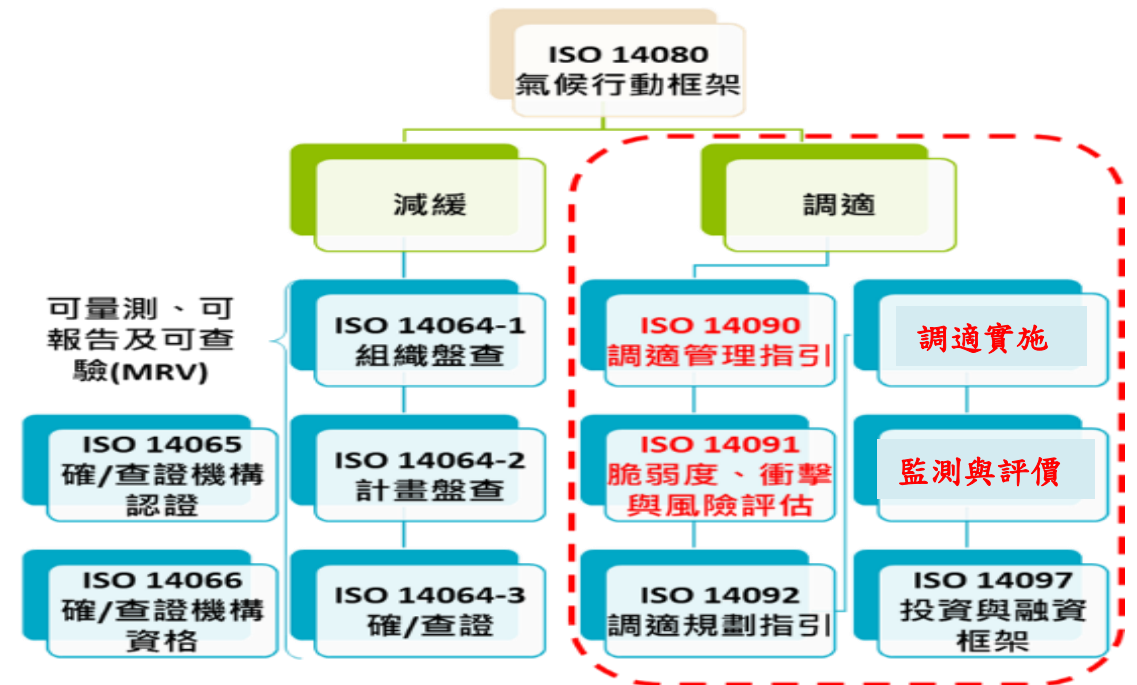
二、國際調適評估方法學

(一)ISO於2009年公告ISO 31000 (企業) 風險管理框架



整合性風險評估框架ISO 31000常被各國發展氣候調適風險評估方法學

(二) ISO 於2016年公告ISO 14080氣候行動框架



ISO 14080氣候行動框架中，調適部分透過脆弱度評估、調適規劃、實施、監測與評價，然後不斷的反覆檢討、修正

三、美國、英國調適政策

美國與英國為因應逐漸加劇之氣候變遷，依據國際調適評估方法學擬定調適相關政策

美國

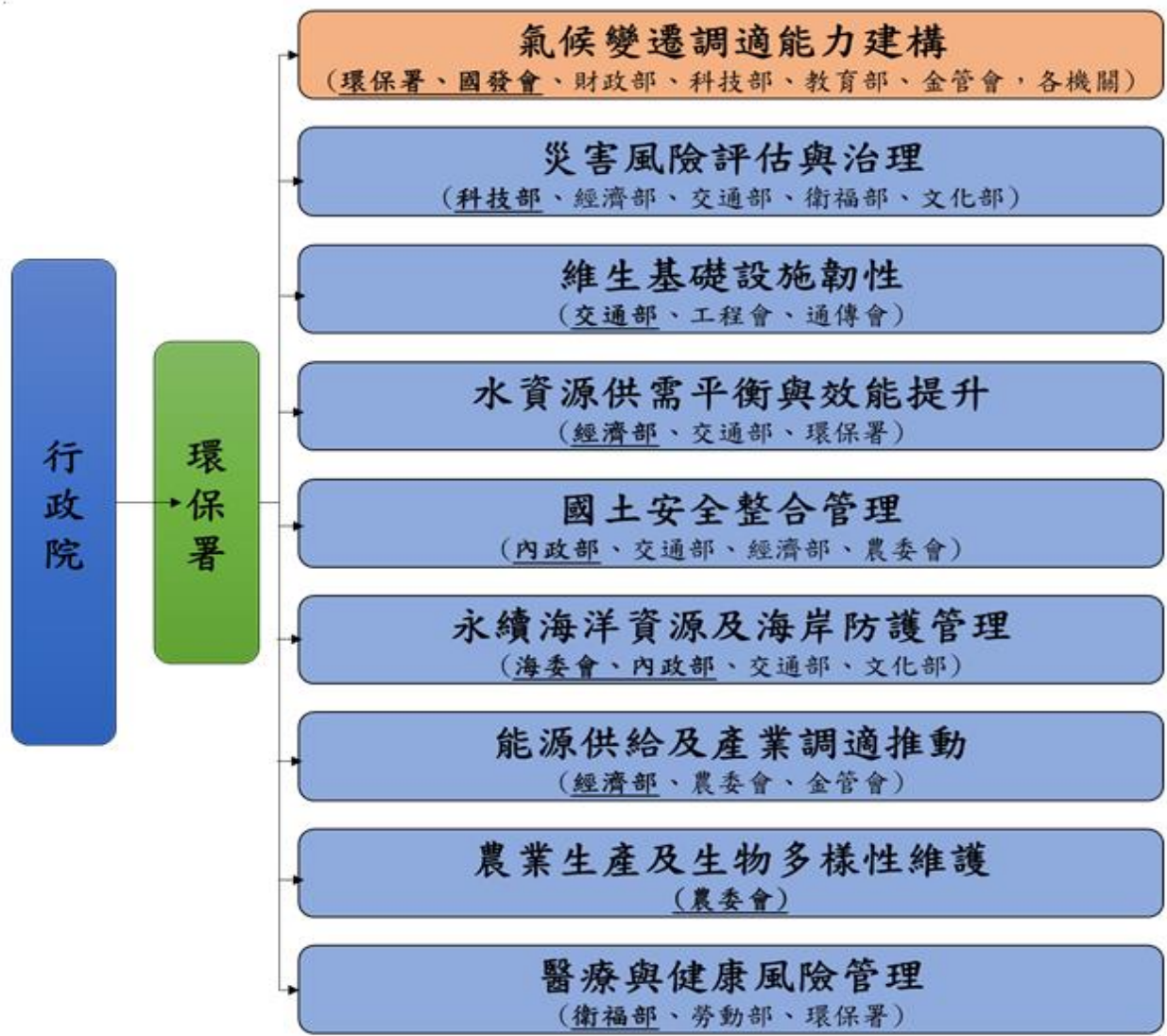
- (一)2013年提出「**改建與韌性特別倡議**」，於紐約建立超過一英里的洪水防禦設施，並在**架空線路上安裝3,000多個隔離開關**。
- (二)2016年訂定「**聯邦電力系統韌性計畫**」建立能源部門氣候韌性夥伴關係，如**建立成本效益導向**及具備氣候**韌性能源基礎**設施。

英國

- (一)英國依據相關ISO架構，訂定2008氣候變遷法全面推動國家、地方政府、協會、企業、非政府組織、學術界等，進行**全面性的氣候變遷調適**。
- (二)英國在2003年歐洲熱浪、2007年全國大淹水事件後，**全面檢討氣候變遷衝擊及因應之道**，其中首重變電所淹水風險。

一、國家氣候變遷調適之8大領域

我國104年7月1日通過「溫室氣體減量及管理法」，奠定因應氣候變遷之法制基礎。行政院環境保護署依該法於108年擬定「**國家氣候變遷調適行動方案（107-111年）**」，推動溫室氣體氣候變遷調適政策方向，並將工作劃分為8個調適領域，依據各領域目標研提具體調適策略。



參、國內電力供應設施之調適現況與作為

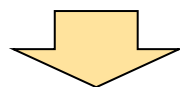
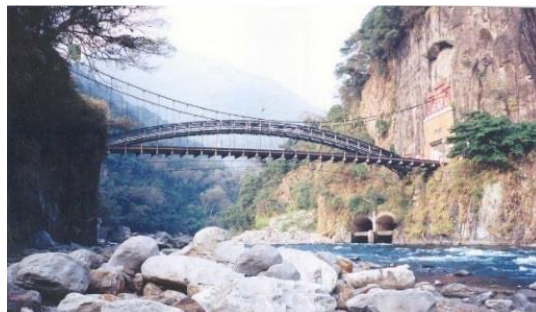
一、電力設施曾遭受之氣候衝擊

(一) 坡地災害導致谷關分廠及青山分廠受損

過去因地震使土壤鬆動，再加上颱風帶來豪大雨引發坡地災害，大甲溪兩岸自德基水庫以下至天輪壩間坍塌嚴重，擔負發電重任的谷關分廠及青山分廠遭受重創，喪失發電功能。

後續將邀請委員至谷關、青山分廠進行參訪

谷關分廠



2001年桃芝颱風後

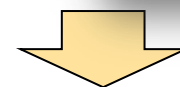


尾水出口淤塞

青山分廠



(921大地震前)



2004年敏督利颱風後



河床淤積至出風口，致使地下廠房及變壓器室等淹水

一、電力設施曾遭受之氣候衝擊

(二) 颱風導致風力發電機組倒塌

1. 2015年蘇迪勒颱風威力強大(最大風速約為每秒54.2公尺)，台中港區高美溼地旁的六部造價上億的風力發電機組受不了強風吹襲，被攔腰折斷，柱體、風葉等分崩離析。

2. 經分析，風力發電機組**設計風速為瞬間風速每秒70公尺**，惟**蘇迪勒颱風**於65公尺高之風速將**加乘至每秒71.8公尺**，導致風力機組倒塌。

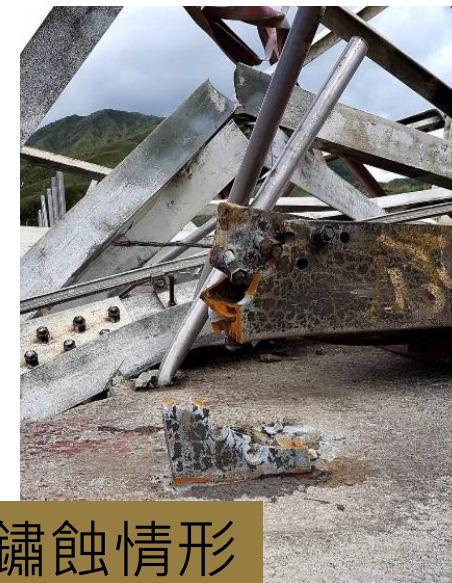
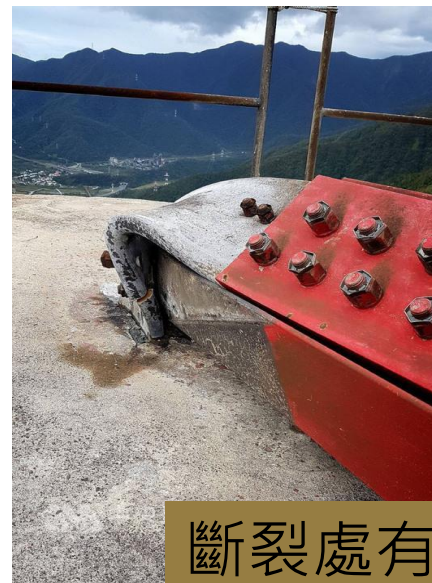


一、電力設施曾遭受之氣候衝擊

(三) 颱風導致鐵塔倒塌

1. 2017年7月30日，尼莎颱風導致和平-冬山72號鐵塔倒塌，進而造成和平電廠130萬瓩電力無法北送。

2. 經分析，此鐵塔已遭受鏽蝕且位於山頂，其北邊緊接著東西向山谷，是否會有地形造成的風速加強等，尚無法推測。



斷裂處有鏽蝕情形

二、電力供應主要面臨之氣候衝擊

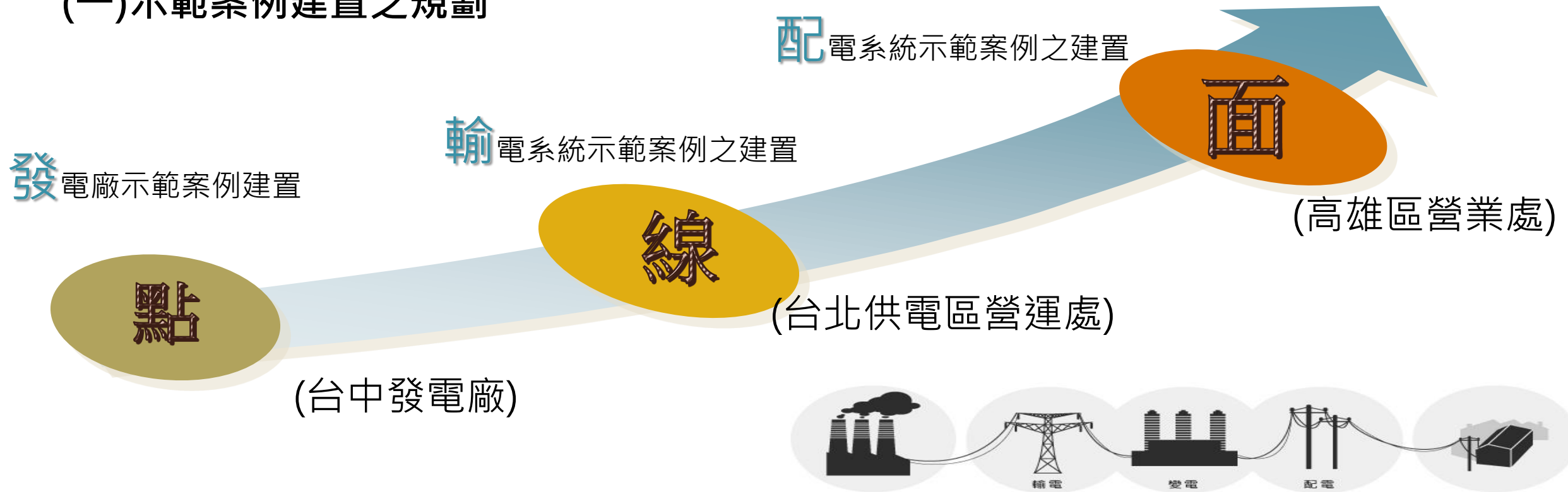
變遷類型	項目	編號	能源部門主要衝擊	備註說明
溫度改變	1	1-1	腐蝕	設施強度下降
	2	1-2	植被(樹木)生長加速	樹木倒塌導致饋線與電塔受損
	3	1-3	冷卻能力下降	機組出力或效率降低
	4	1-4	排放法規限制	冷卻效率下降、排放水溫度升高
	5	1-5	取水口堵塞	浮游生物增生間接導致取水量下降
	6	1-6	雷擊	設施損壞
	7	1-7	非夏日減少(夏日增加)	設施面：歲修頻率不足 系統面：備轉容量下降
降雨改變	8	2-1	乾旱	內循環水不足
	9	2-2	雲遮(日照)	太陽光電發電量下降
極端事件	10	3-1	淹水	設施損壞
	11	3-2	坡地災害	
	12	3-3	沖毀	
	13	3-4	風災	
	14	3-5	高溫、熱浪	
	15	3-6	寒害	1.設備損壞 2.供需失衡
	16	3-7	野火	
	17	3-8	沙塵暴	
	18	3-9	冰雪暴	高海拔山區
海平面上升	19	4-1	海岸侵蝕	
其它	20	5-1	風場(風能)改變	風力發電偏離預估
	21	5-2	上述各種氣候衝擊	海流變化
	22	5-3	洋流(能)改變	海流變化影響發電

註：能源產業可能面臨之22項複合型氣候變遷衝擊中，有7項為我國能源產業主要的衝擊(紅色框)

註：參考IPCC AR5報告分析建立清單。IPCC報告各章節分由不同人撰寫，本文中提及之氣候與衝擊項目並未以變遷類型作為分析架構，故有些不易歸類在四大變遷類型者，列於「其它」項目

三、台電公司之調適作為與成果

(一) 示範案例建置之規劃

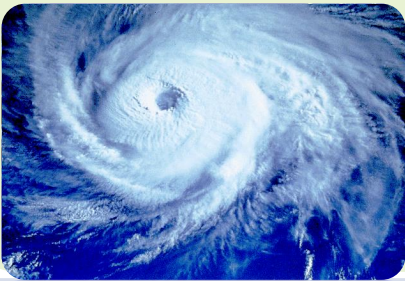


台電公司於102年開始自行辦理氣候變遷調適研究計畫，分別於104、107年完成「台中發電廠氣候變遷調適研究計畫」、「台北供電區營運處氣候變遷調適研究計畫」，並於108年度啟動「高雄區營業處氣候變遷調適研究計畫」。

三、台電公司之調適作為與成果

(二)執行調適之重點步驟

步驟1



氣候衝擊與災害潛勢分析

蒐集地區相關之氣候資訊，並篩選出重要之**氣候衝擊項目**進行災害潛勢分析。

步驟2



危害度與脆弱度

評估氣候變遷**衝擊所造成危害事件之機率(危害度)**及**損壞設施恢復供應能力之時間(脆弱度)**。

步驟3



風險評估

透過危害度評廠險高備
過脆弱量化風具設
與脆，設備**找出風險**
估內，**度風**險。

步驟4



調適策略

針對高度風
險設備找出
不可承受之
項目，提出
因應之**調適行動**。

參、國內電力供應設施之調適現況與作為

三、台電公司之調適作為與成果

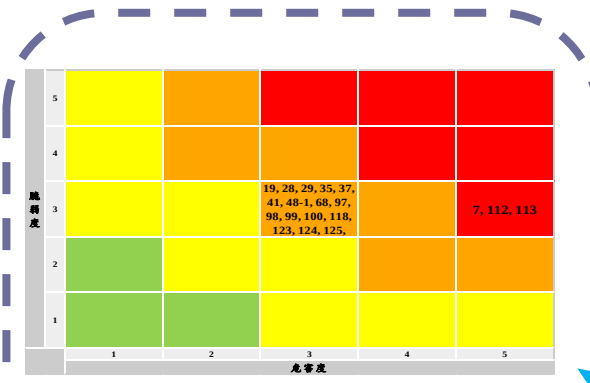
(三)調適行動

台中發電廠

主要氣候衝擊:氣溫上升結合鹽害、氣溫上升結合雷擊、暴雨淹水結合暴潮、強風，共**4**項。

表 21、台中發電廠設施、程序清單

編號	名稱
1	汽機組機組(01~010 共用)(設備面)
2-1	汽機系統(01~010 共用)(設備面)(含專用機組面)
2-2	汽機系統(01~010 共用)(設備面)(含專用機組面)
3	電力供應機組機組(01~010 共用)(設備面)
4	汽機組機組(01~010 共用)(設備面)
5	汽機系統(01~010 共用)(控制系統面)
6	電力供應機組機組(01~010 共用)(控制系統面)
7	電力供應機組(01~010 共用)
8	5.萬公克前汽機汽機機組機組(含管線)(ST01~010、GT1~4、全廠 OT 機組)
9	500 公克前汽機汽機機組機組(含管線)(ST01~010、GT1~4、全廠 OT 機組)
10	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
11	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
12	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
13	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
14	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
15	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
16	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
17	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
18	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
19	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
20	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
21	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
22	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
23	汽機機組(01~010 共用)(設備面)
24	汽機機組(01~010 共用)(設備面)



發電廠:高風險設施若為**高發生機率**、及**嚴重影響發電**，則判別為**不可承受項目**，須立即改善



台北供電區營運處

主要氣候衝擊:氣溫上升結合雷擊、暴雨淹水、強風、坡地災害、暴雨沖毀，共**5**項。

評量主要氣候衝擊導致設備受損之機率(危害度)，以及設備修復之時間(脆弱度)。

- 1.將危害度與脆弱度各分為5級，形成5X5之矩陣。
- 2.依風險矩陣決定風險等級(紅色區塊為極高風險)。

供電區營運處:高風險設施若為**高發生機率**、及**受損將使備轉容量率小於50萬瓩**，則判別為**不可承受項目**，須立即改善。

三、台電公司之調適作為與成果

(四)調適作為

台中發電廠

氣溫上升結合鹽害

輸煤系統無備用
線輸煤皮帶

加強防鏽及重漆油漆
頻率

氣溫上升結合雷擊

循環水泵CWP及附屬設備

裝設避雷針

暴雨淹水結合暴潮

生水泵、消防泵、
煤場電氣室

加裝外開式防水閘
門或女兒牆

註:主要衝擊「強風」非屬本案優先關注項目

參、國內電力供應設施之調適現況與作為

台北供電區營運處

氣溫上升結合雷擊

冬山E/S之通訊機房

裝設避雷針

暴雨淹水

冬山E/S

進行雨量監測

強風

坪林~員山部分鐵塔

裝設風速
計監測

坡地災害

深美~冬山、坪林
~員山部分鐵塔

進行鐵塔塔
基之監測

初期裝設
監測設備
，後期視
監測結果
採取相關
調適行動

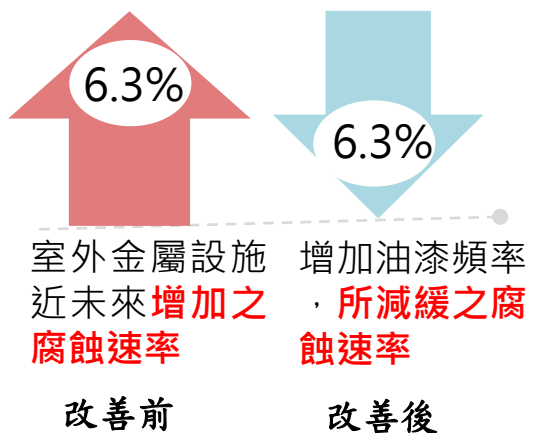
註:主要衝擊「暴雨沖毀」非屬本案優先關注項目

三、台電公司之調適作為與成果

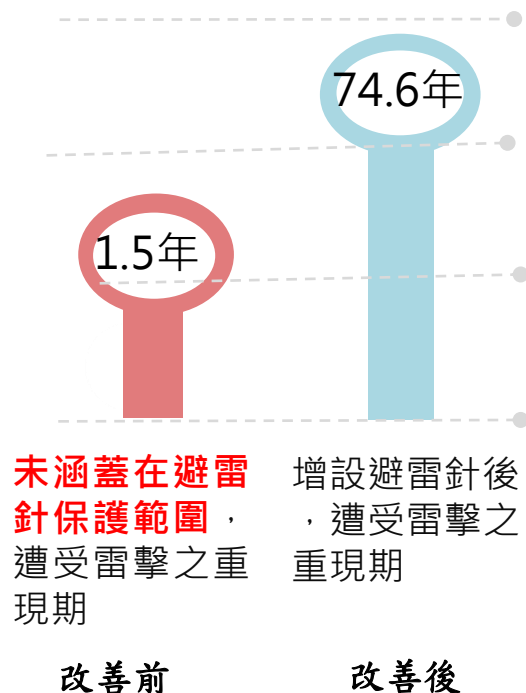
(五)調適成果

台中發電廠

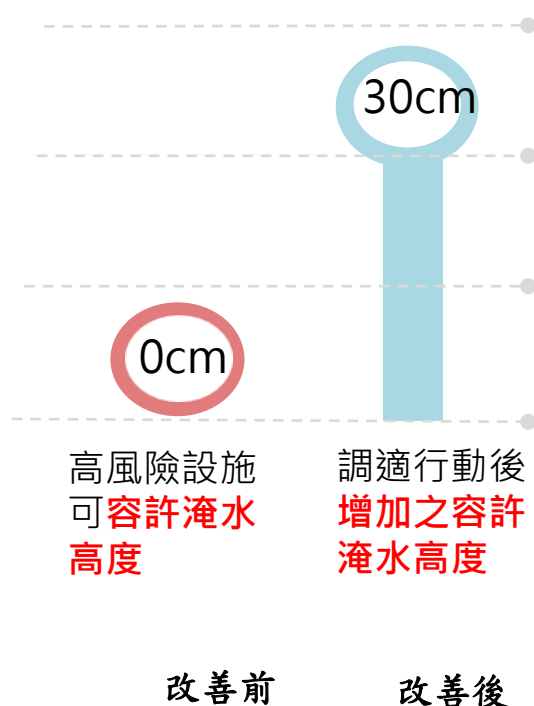
氣溫上升結合鹽害項目



氣溫上升結合雷擊項目

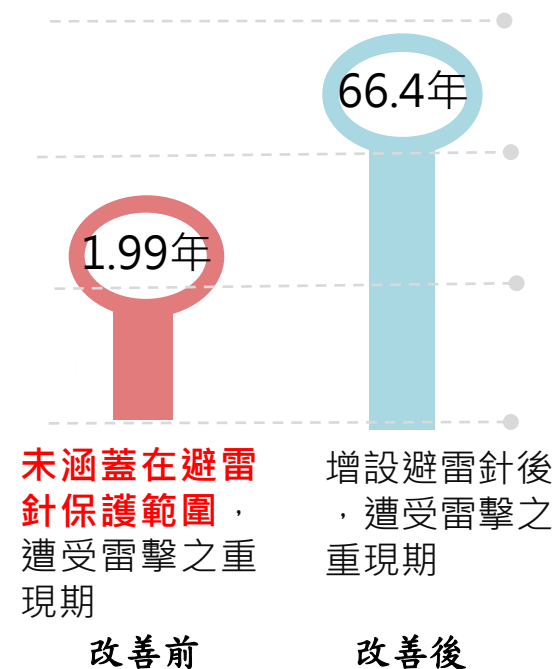


暴雨淹水結合暴潮項目



台北供電區營運處

氣溫上升結合雷擊項目



註：監測之調適作為非屬韌性提升

不確定性的存在



參考來源:科學人
/2019.10
<https://www.scientificamerican.com/interactive/truth-lies-uncertainty1/>

一、調適行動之不足

肆、調適行動之不足與對策

困境

(一)氣候變遷之衝擊風險存在高度不確定性

- 1.欠缺降尺度的評估工具，如：模擬淹水深度之網格為40mX40m，須**更細緻之降尺度模擬**。
- 2.廠址無可參考的氣象資料，只能引用鄰近的氣象站資料，其資料誤差大。

(二)缺乏多重複合型衝擊評估

- 1.缺乏多重型衝擊(如強風+雨+浪)之評估方法下，只能**以部分複合型氣候衝擊因子進行推估**。
- 2.**缺乏2個以上多重型衝擊之模擬**。

(三)調適成本與效益難以合理評定

因極端氣候之**變異性大**，投資**成本**與災害發生**機率**間如何取得平衡，仍難以準確評斷。



二、調適行動之對策

(一)降低氣候變遷之衝擊風險存在高度不確定性

- 1.追蹤國家災害防救科技中心(NCDR)公布之最新資料(如降尺度圖資)，**滾動檢討既有調適措施**合宜性。
- 2.於廠址內**建置氣候監測儀器**，驗證調適策略之正確性，並進行**週期性滾動檢討**。

(二)發展多重型衝擊評估

- 1.探討何者是現在與未來之首要多重型災害風險與其變化程度。
- 2.建立**監測機制**，驗證多重型衝擊評估方法之正確性。
- 3.發展**多重型衝擊之模擬**。

註:多重型為結合3項以上之氣候衝擊

(三)合理評定調適成本與效益

- 1.**蒐集國外氣候變遷調適**之經濟評估方法。
- 2.針對**高風險發生機率亦高**的重要關鍵設備，原則將**編列預算及早改善**。
- 3.對於**高風險發生機率卻低**的設備，若因**改善困難度高且成本亦高**，則採**投保氣候險**以分攤風險來因應，長期則俟**更新改建時**將此項**氣候因子納入新建機組設計中**，以提升機組之氣候韌性。

- 一、對於調適行動困境所提出之調適對策的適宜性
- 二、以個別電廠、供電區處、營業區處為對象，逐一進行調適評估的方式，是否是達成系統性調適評估之作為

與談及QA時間

議題二、「我國能源轉型應面對之氣候變遷調適策略芻議」

一、國外NDC中能源轉型之規劃

德國

- 1.於2025年**再生能源建置提高到40-45%**
- 2.於2016年**淘汰褐煤電廠**
- 3.於2038年**全面關閉燃煤電廠**

加拿大

- 1.2030年後**全面禁止燃煤發電**，並在2030年前逐步淘汰未安裝碳捕捉與封存技術的燃煤電廠
- 2.再生燃料法規規定境內銷售的**柴油燃料必須內含平均達2%再生柴油燃料**

韓國

2029年能源配比目標為核能23.4%、**燃煤26.4%**、天然氣20.6%、**再生能源20.1%**、其它9.5%

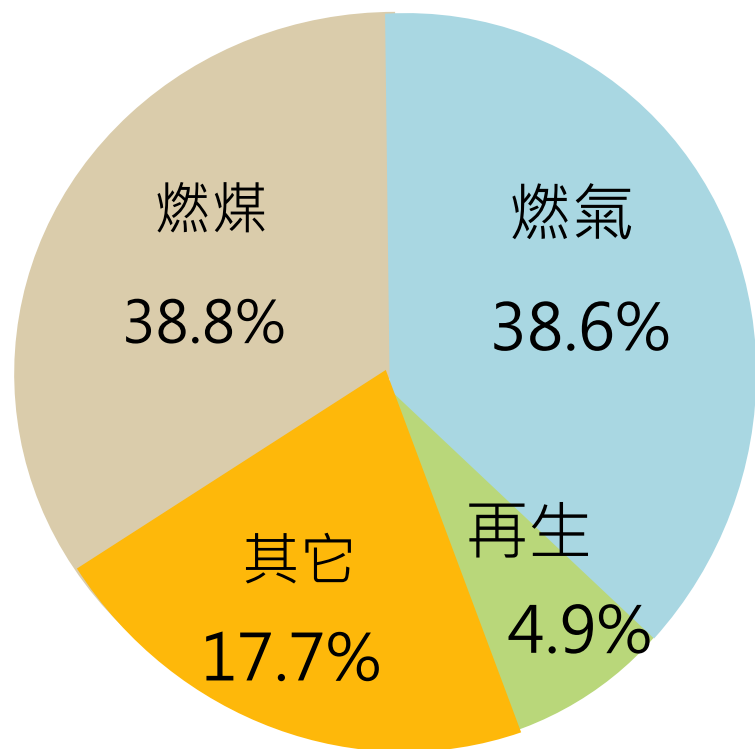
日本

於2030年供需結構之轉型重點：
再生能源22~24%、燃煤發電26%、石油發電3%、
燃氣發電占27%、核能發電占20~22%

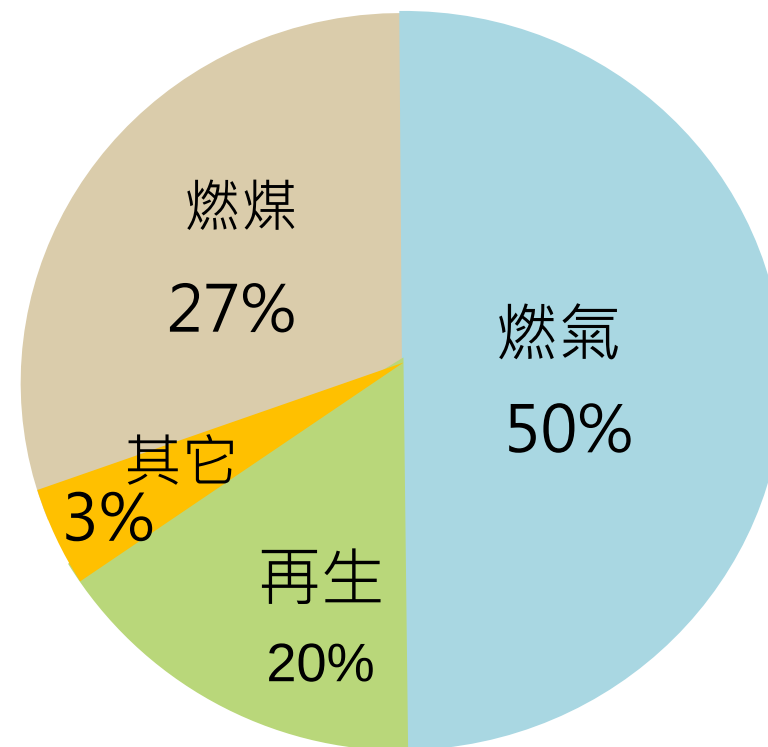
各國能源轉型主要為**降低燃煤發電**，
提高再生能源

貳、能源轉型後電力設施氣候變遷調適能力之探討

一、我國能源轉型之介紹



2018年發電結構



能源轉型後的發電結構

能源轉型重點：

- 一、核能除役
- 二、再生能源、燃氣占比提高
- 三、燃煤占比降低

二、能源轉型後加上氣候變遷影響，電力系統韌性變化

採**火力機組單機容量大**或在**既有廠址增加機組數**，以解決新廠址難尋的困境，降低電力系統的脆弱度

1

液化天然氣安全存量之規劃，因氣候變遷使最高溫度提高，導致用電上升加速燃氣消耗或颱風滯流導致供氣不繼，使斷電風險提高

2

再生能源屬**間歇性**能源，因氣候變遷而加大此特性之變異(亦指振幅變大)

3

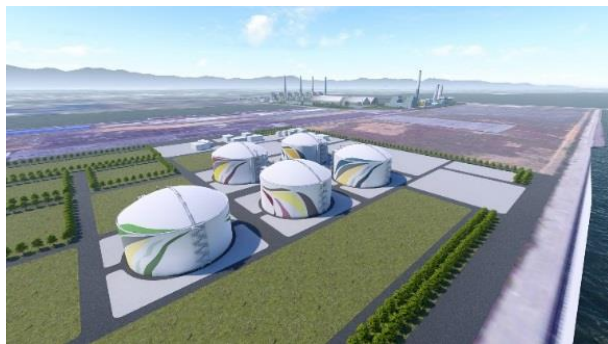
各類型發電方式遭受極端氣候侵襲**機率**與**形式**增加，使**電力系統之防禦難度增加**

4

參、能源轉型之氣候調適作為

一、天然氣供應設施

天然氣接收站應力求**分散**，各別場站之輸儲能力應**提昇調配支援能力**



二、火力機組設施

新廠址/新建機組之設計，納入各類極端**氣候因子**，以提升電廠與機組之氣候韌性

三、再生能源設施

- 1.發展**氣候服務**，提升電力調度因應間歇性能源變異能力
- 2.強化風場/風速模擬技術，**掌握風力變化趨勢**。研析光電陣列通風佈置，**降低局部溫升影響**



四、各類發電類型

即時將**國內外最新遭遇氣候侵襲案例**，**平行展開進行衝擊評估**，強化應變能力₂₈

- 一、低碳發電設施(如再生能源發電與天然氣供應)
應考量之調適作為
- 二、能源轉型如何兼顧氣候變遷調適

與談及QA時間



簡報結束 敬請指正

謝謝