

## 第二章、脆弱度與影響評估

### 2.1 脆弱度評估

#### 2.1.1 能源供給氣候變遷脆弱度評估

##### 一、能源供給與需求情勢分析

##### (一)總能源供給

2012年我國能源總供給為140,768.4千公秉油當量，其中，石油占47.96%，煤炭占29.69%，天然氣占12.14%，核能發電占8.32%，再生能源占1.89%，能源供給結構高度依賴石油、煤炭及天然氣等化石燃料；而自產能源供給為3,073.0千公秉油當量，僅佔總供給的2.18%，加上我國為獨立能源供應體系，欠缺有效的備援系統，能源安全體系顯得脆弱<sup>2</sup>。

在初級能源供應方面，我國初級能源供應最主要為石油，其進口來源主要為中東國家，依據能源安全度指標(如圖2.1所示)，中東原油進口依存度達80.83%，顯示我國能源供給極易受中東政經情勢之影響。

---

<sup>2</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國101年能源統計手冊」(未出版)。

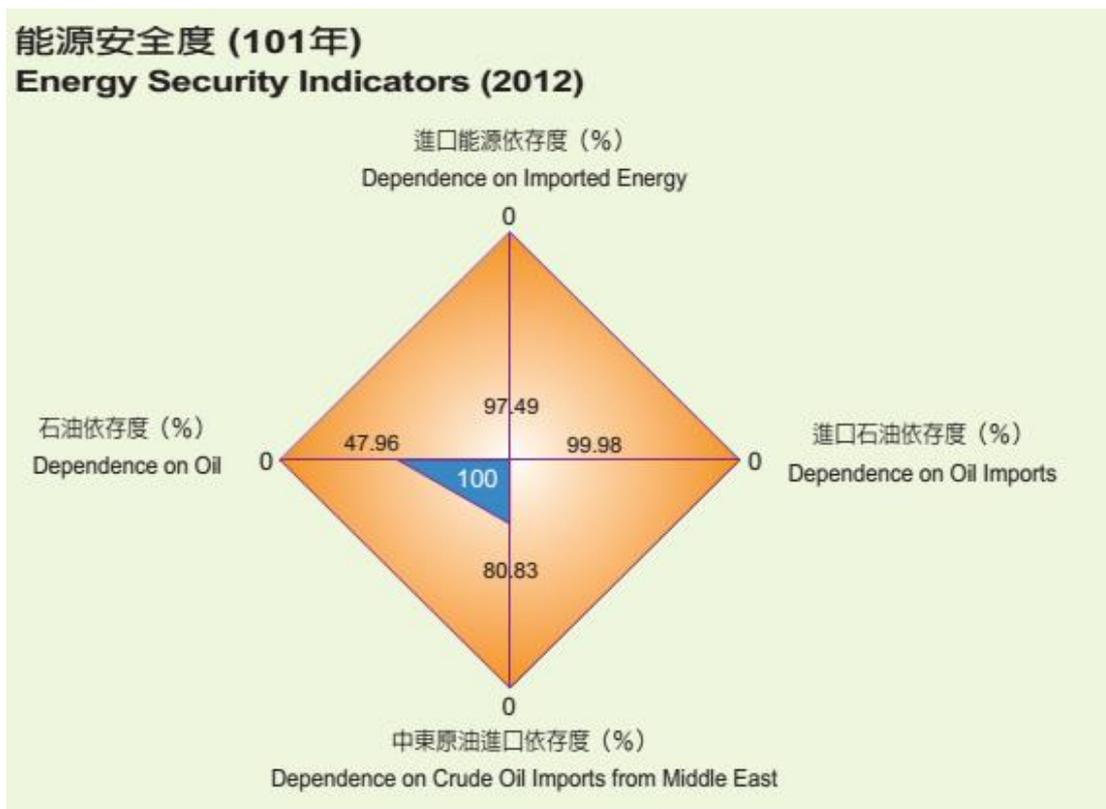


圖 2.1 能源安全度指標<sup>3</sup>

## (二) 電力供給

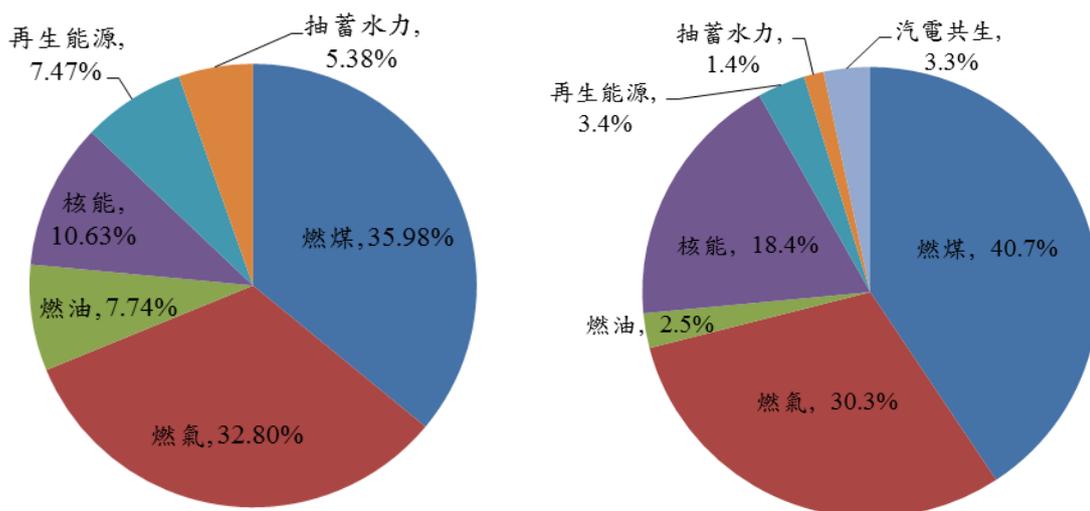
在發電部門方面，以 2012 年為例，我國總裝置容量 48,394.8 千瓩，其中化石能源（燃煤、燃氣、燃油）占 76.52%，核能 10.63%，再生能源 7.47% 及抽蓄水力 5.38%<sup>4</sup>；同期我國電力系統發電結構(含汽電共生)中化石能源占 73.5%、核能 18.4%、再生能源 3.4% 及抽蓄水力 1.4%<sup>5</sup>，整體發電結構高度倚賴化石能源，如圖 2.2 所示。若按公司別，台電發電占 68.99%，汽電共生占 14.94%，民營電廠占 16.07%<sup>6</sup>。

<sup>3</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國 101 年能源統計手冊」，(未出版)。

<sup>4</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國 101 年能源統計手冊」，(未出版)。

<sup>5</sup> 資料來源：經濟部(2013)，「經濟部核能議題問答集」。

<sup>6</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國 101 年能源統計手冊」，(未出版)。



(a)2012 年裝置容量 48,394.8 千瓩<sup>7</sup>

(b)2012 年電力系統發電結構<sup>8</sup>

圖 2.2 我國 2012 年電源結構與發電量結構

另從發電廠區域分布之裝置容量(不含抽蓄水力)分析，北部約佔 33.4%、中部佔 31.9%、南部佔 30.6%及東部佔 4.1%。其中台電核能與火力發電廠皆位於海岸地區；民營火力發電廠則於海岸、平原及山區皆有分布；水力發電廠主要位於山區；風力發電機廠主要位於海岸地區。而各行業合計之合格汽電共生系統所屬母公司散布在不同工業區或科學園區，主要分布在平原與海岸地區。

電力輸配線路方面，台灣地區之輸電線路若依電壓級別區分，可分為超高壓輸電線（34.5 kV）、一次輸電線（16.1 kV）、二次輸電線（6.9 kV）。若依架設方式區分，可分為架空線路、地下電纜兩種。截至 2011 年 12 月底，台電之輸電線路(回線長度)共計 17,526.24 公里，輸電線路及相關設備主要位於山區。變電系統結構方面，以區域別之主變裝置容量來看，分別為北部的 40.0%、中部的 22.2%、南部的 35.8.6%、東部的 2.04%<sup>9</sup>。圖 2.3 可看出各電廠及輸配線路分布情形。

<sup>7</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國 101 年能源統計手冊」，(未出版)。

<sup>8</sup> 資料來源：經濟部(2013)，「經濟部核能議題問答集」。

<sup>9</sup> 根據台灣電力公司網頁 <http://www.taipower.com.tw/index.htm> 資料整理。(2011.01.15)

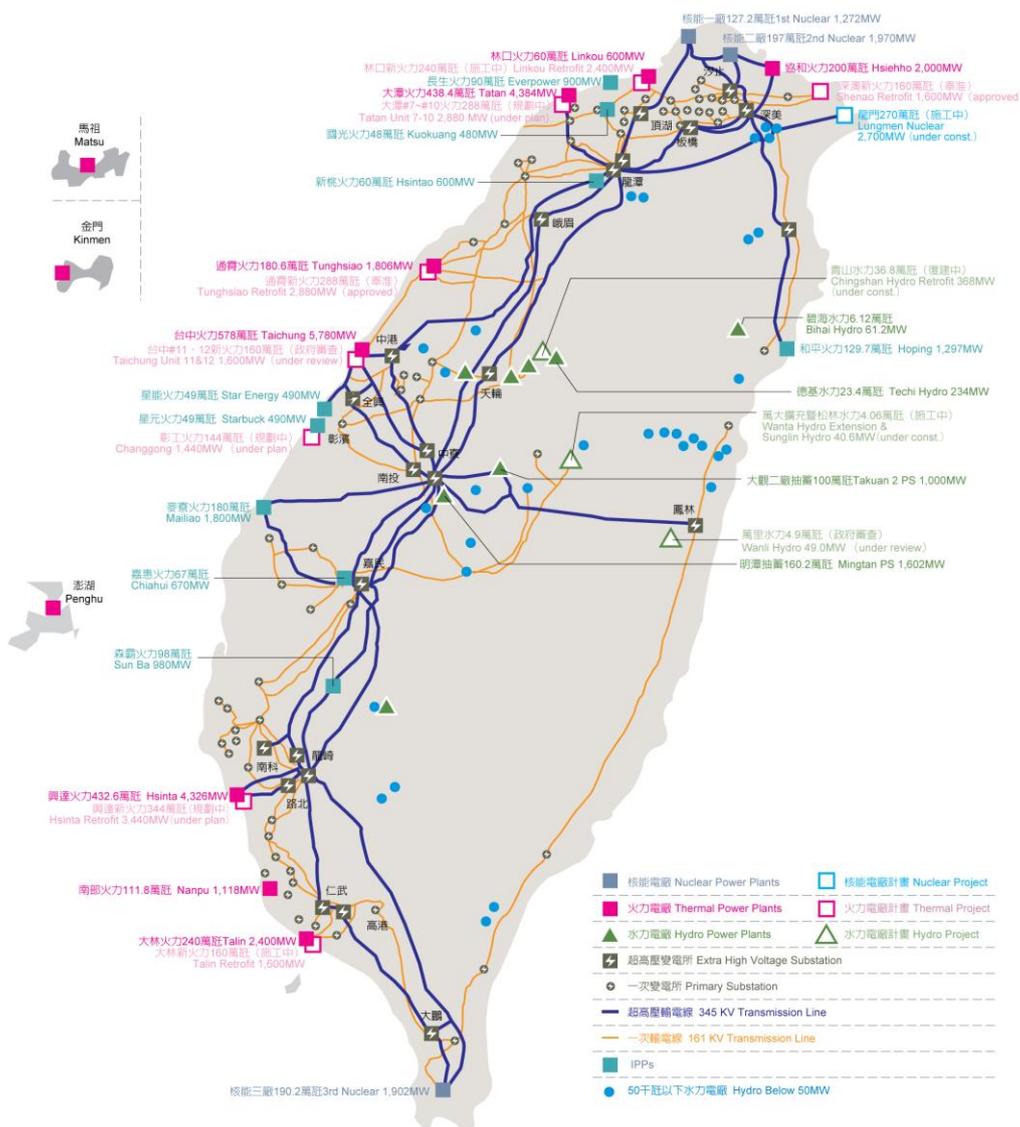


圖 2.3 台灣地區電力系統圖<sup>10</sup>

### (三)油氣供給

國內煉油企業僅中油及台塑石化二家，合計煉油廠共 4 座；煉油廠由於經濟規模等因素的考量，兩家公司皆設置於海岸地區，主要位於桃園縣、雲林縣、高雄市三個縣市。國內總產能為 126 萬桶/日 (73,115.7 千公秉/年)，中油公司現有三座煉油廠，產能為大林煉油廠 17,408.3 千公秉/年 (30 萬桶/日)、高雄煉油廠 12,766.1 千公秉/年 (22

<sup>10</sup> 資料來源：台灣電力公司網站(2013)。

萬桶/日)及桃園煉油廠 11,605.5 千公秉/年(20 萬桶/日)，煉油產能共計 41,779.9 千公秉/年(72 萬桶/日)；台塑石化 2011 年度產能為 31,335.8 千公秉/年(54 萬桶/日)。輕油裂解工廠部分，中油公司及台塑石化兩家公司的產能分別為 1,276.0 千公秉/年(110 萬公噸/年)及 3,404.6 千公秉/年(293.5 萬公噸/年)，合計為 4,680.6 千公秉/年(403.5 萬公噸/年)<sup>11</sup>。其他能源供給系統方面，至 2013 年 4 月底全國各縣市汽車加油站共計 2,516 站；各縣市已開業加氣站至 2013 年 5 月共計 59 座<sup>12</sup>。

天然氣供給部分，2012 年總供給為 12,944.9 千公噸，其中自產 297.7 千公噸；進口 12,647.2 千公噸，進口比例達 97.7%，主要進口來源國為卡達(Qatar) 5,784 千公噸(佔總進口比例 46.3%)，其次為馬來西亞(Malaysia) 2,795 千公噸(佔總進口比例 22.4%)<sup>13</sup>。國內目前由中油公司提供國內各天然氣公司、工業用戶與發電用戶使用，中油公司現有永安與台中兩座天然氣接收站，分別擁有 6 座與 3 座儲槽，儲槽有效容量共約 44 萬公噸，進口之液化天然氣經由接收站卸收儲存，氣化處理，藉由海底與陸上管線泵輸至全國各地的配氣站後，輸氣給各用戶使用，完成液化天然氣的卸收、儲存、氣化、輸送與銷售過程。中油公司陸上輸氣管線南起屏東北至基隆，共計總長 1,471 公里，分屬 8 個供氣中心，海底輸氣管線則有永安至通霄全長約 238 公里的一期海管與起自臺中港經通霄至大潭的二期海管共 135 公里所組成，海陸管線整合形成 8 字型的全台天然氣管線<sup>14</sup>，台灣地區天然氣管線與設施配置如圖 2.4 所示。

<sup>11</sup> 資料來源：能源局及中油與台塑等網站(2012)

<sup>12</sup> 資料來源：能源局(2013)，102 年 4 月份各縣市汽車加油站汽柴油銷售統計表、已開業加氣站分布情況分析統計表

<sup>13</sup> 資料來源：能源局(2013)。

<sup>14</sup> 根據中油公司 2012 年年報整理。



圖 2.4 台灣地區天然氣管線與設施配置圖<sup>15</sup>

#### (四)總能源需求

我國能源需求在 2012 年為 11,154 萬公秉油當量，能源消費結構如圖 2.5 所示。工業部門能源消費為 38.16%，居各部門之首，其次分別為非能源消費 20.05%、運輸部門的 11.89%、住宅部門的 10.88%、服務業部門的 11.04%、能源部門自用 7.09%、農業部門 0.89%。

<sup>15</sup>資料來源：台灣電力公司網站(2013)。

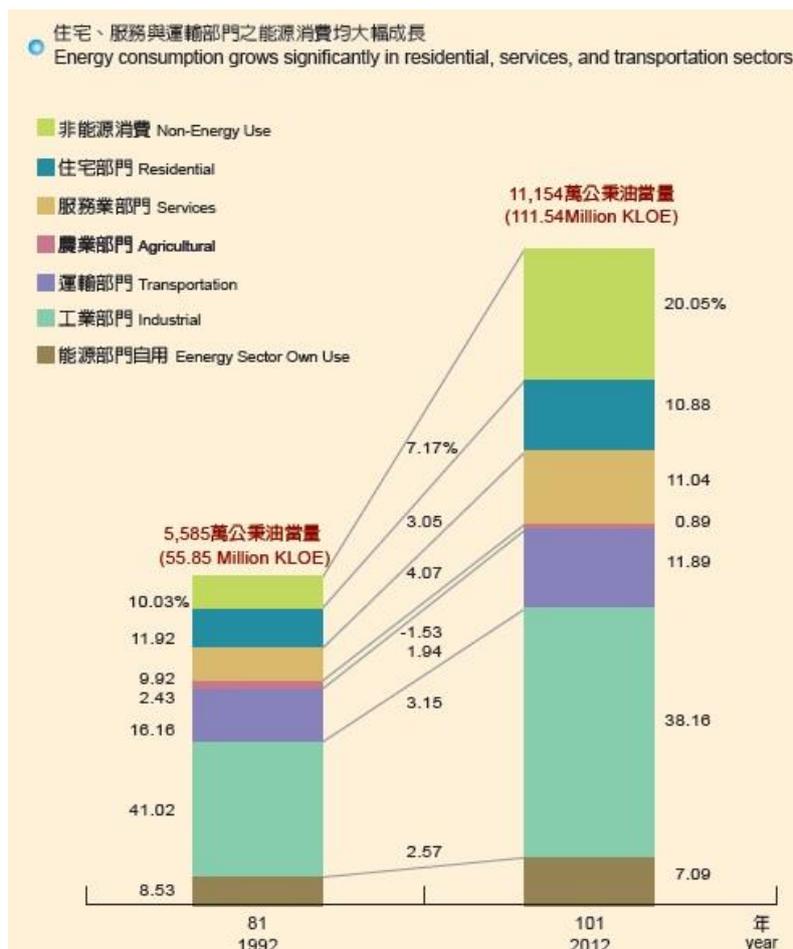


圖 2.5 國內能源消費結構(按部門別)<sup>16</sup>

主要電力消費部門則如圖 2.6 所示，依序為工業部門的 53.21%、服務業部門的 19.47%、住宅部門的 17.95%、能源部門自用 7.74%、農業部門 1.12%。2012 年尖峰負載為 33,081MW，電力消費 2,413 億度。

<sup>16</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國 101 年能源統計手冊」，(未出版)。

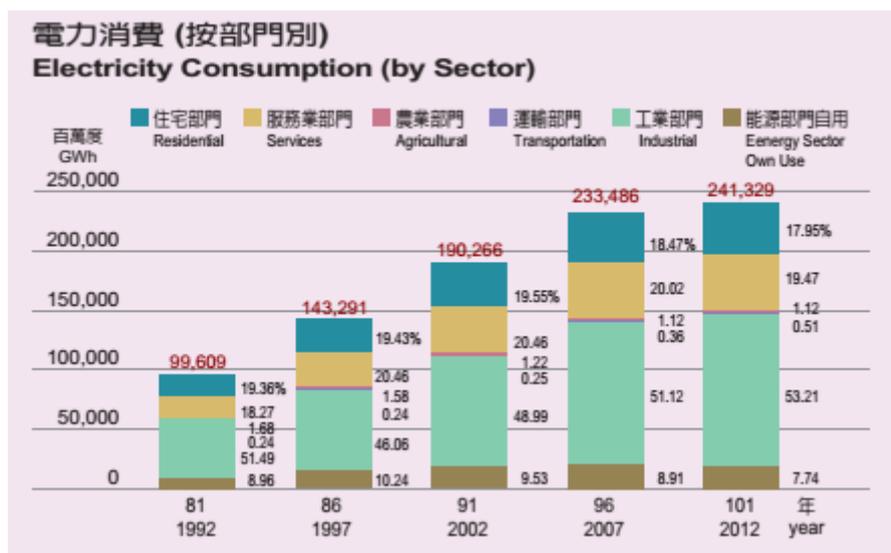


圖 2.6 國內電力消費 (按部門別)<sup>17</sup>

若進一步分析工業部門的能源需求，依據2012年能源統計年報，能源密集產業包括：(1)化學材料製造業；(2)紙漿、紙及紙製品製造業；(3)非金屬礦物製品製造業；(4)基本金屬工業。前述能源密集產業於2012年的能源消費占製造業比率的49.12%，占全國的20.40%<sup>18</sup>。能源密集產業的能源消費結構如圖 2.7 所示，依序為化學材料的27.22%、金屬基本工業的14.62%、非金屬礦物製品製造業的8.20%、紙業的3.42%。能源密集產業的電力消費結構如圖 2.8 所示，依序為化學材料的21.21%、金屬基本工業的12.58%、紙業的2.68%、非金屬礦物製品製造業的4.31%。此外，其他製造業中的電腦通信及視聽電子產品業，其能源及電力消費分別占工業的21.95%及31.01%<sup>19</sup>。若從能源密集度(能源消費量/產值)來看，化工業為26%、基本金屬工業18%、造紙業12%、電子業7%、紡織業6%<sup>20</sup>，皆顯示其對能源的依賴程度相當高。

<sup>17</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國101年能源統計手冊」，(未出版)。

<sup>18</sup> 資料來源：能源局(2013)，「中華民國101年能源統計手冊」，(未出版)。

<sup>19</sup> 資料來源：能源局(2013)，「2013年5月能源統計月報」。

<sup>20</sup> 資料來源：AREMOS 資料庫(2010)。

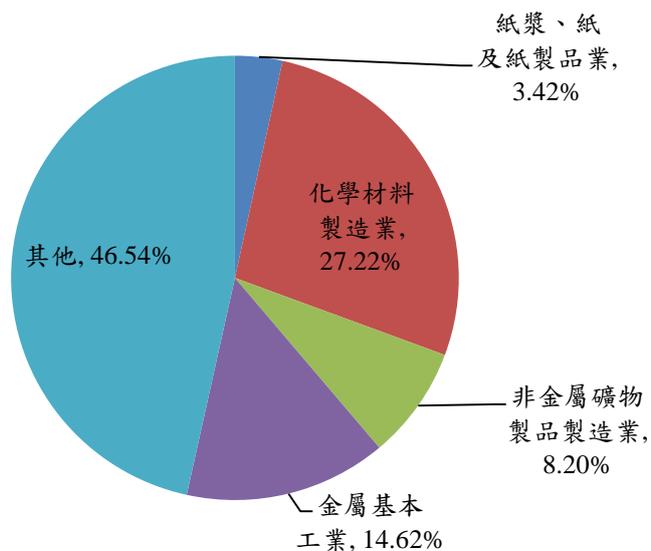


圖 2.7 能源密集產業能源消費占工業部門比例 (2012 年)<sup>21</sup>

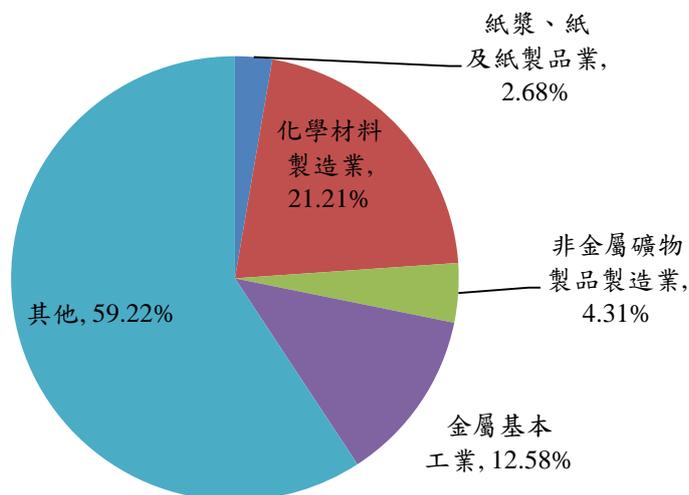


圖 2.8 能源密集產業電力消費占工業部門比例 (2012 年)<sup>22</sup>

<sup>21</sup> 資料來源：能源局 (2013)，「2013 年 5 月能源統計月報」。

<sup>22</sup> 資料來源：能源局 (2013)，「2013 年 5 月能源統計月報」。

## 二、能源供給脆弱度評估

氣候變遷對能源供給的衝擊可分直接衝擊、間接衝擊與交叉效應，直接衝擊指的是直接對能源供給及輸送設施造成影響之氣候衝擊，間接衝擊指的是對自然環境及社經環境等其他領域的影響。至於交叉效應指的是兩種氣候衝擊的交互影響，如溫度與降雨量的變化將產生加乘效應，即當區域內之溫度上升且同時降雨量減少，將更提高能源供給之氣候風險。台灣的氣候衝擊現況及未來模擬情景，基本上以我國氣候變遷調適政策綱領第二章氣候變遷之描述為基礎，此處根據本領域分組脆弱度評估之需要，參考相關報告分析摘述於後。表 2.1 摘要列出我國過去百年來氣候變遷情形。表 2.2 列出在 A1B<sup>23</sup> 情境下，我國於 2080-2099 期間之氣候變遷推估值。

---

<sup>23</sup> A1B 情境指未來全球經濟大幅成長，全球人口數在世紀中達到最高而後下降，嶄新和有效率的科技會快速發展。全球化的市場經濟導向，人均所得的差距降低，人類大幅投資教育與提高生活水準，科技的成長與資訊流通順暢。且再生能源與化石燃料並用，土地使用變遷速度適中。

表 2.1 我國過去百年來氣候變遷情形<sup>24</sup>

		溫度上升				降雨量變化		極端氣候 <sup>25</sup>	海平面上升 (過去十年)	
		年平均氣溫上升	高溫日數	低溫日數	海溫上升	年平均降雨量	降雨日數			
全國		0.8°C (高溫: 0.7°C; 低溫: 2.1°C)	1.5±1.2	-1.4±1.5	0.9~1.1°C	無統計顯著性 71.2±486.9	-32.7±19.8	颱風為全國性氣候衝擊	2.51 公釐/年	
地區別	北	0.9°C	1.6±0.59°C (台北)	7.2±3.7 (台北)	-3.1±2.8 (台北)	—	206±452.3 (台北)	-28.4±19.3 (台北)	1.14	—
	中		1.4±0.54°C (台中)	0.9±1.3 (台中)	-4.3±3.6 (台中)	—	-46.3±442.6 (台中)	-21.3±19 (台中)	1.20	—
	南		1.0±0.46°C (恆春)	0.1±0.2 (恆春)	0±0.2 (恆春)	—	26.9±479.3 (恆春)	-44.4±23 (恆春)	1.28	地層下陷 7.89 公釐/年
	東	1.3°C	0.1±0.3 (花蓮)	-1±1 (花蓮)	—	228.3±466 (花蓮)	-27.1±27.2 (花蓮)	1.02	—	
地形別	海岸		—	—	—	—	—	結合暴潮，加重災害程度	地層下陷 7.89 公釐/年	
	平原	1.4°C (都會區)	—	—	—	—	—	—	—	
	山區	0.6°C	0±0 (阿里山)	0.9±1.2 (阿里山)	—	-309.7±608.4 (阿里山)	-75.1±23.7 (阿里山)	結合土石流形成複合性災害	—	

<sup>24</sup> 根據經建會「氣候變遷調適政策綱領」資料彙整。

<sup>25</sup> 一年暴雨變異值=(1999~2008 年最大一日暴雨平均值)÷(1960~1998 年最大一日暴雨平均值)

表 2.2 在 A1B 情境下，我國於 2080-2099 期間之氣候變遷推估值<sup>26</sup>

區域	季節	近地表氣溫平均變化 (°C)							降水量平均百分比變化 (%)						
		最小	10	25	50	75	90	最大	最小	10	25	50	75	90	最大
北台灣	冬(DJF)	1.9	1.9	2.1	2.7	3.1	3.4	3.8	-44	-29	-20	-13	-3	7	33
	春(MAM)	1.7	1.8	2.2	2.6	2.9	3.4	3.9	-31	-24	-14	-8	6	17	36
	夏(JJA)	1.7	1.8	2.2	2.7	3.0	3.3	4.0	-15	-12	-1	14	29	46	64
	秋(SON)	1.6	1.8	2.2	2.6	3.1	3.3	3.8	-33	-25	-10	8	21	28	34
中台灣	冬(DJF)	1.8	1.9	2.0	2.6	3.0	3.3	3.7	-49	-33	-22	-15	-4	6	22
	春(MAM)	1.6	1.8	2.1	2.6	2.9	3.3	3.8	-36	-25	-16	-10	3	17	41
	夏(JJA)	1.8	1.8	2.2	2.7	3.0	3.2	4.0	-15	13	2	14	26	64	69
	秋(SON)	1.6	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	-34	-23	-7	11	25	31	45
南台灣	冬(DJF)	1.7	1.7	2.0	2.5	2.9	3.2	3.4	-47	-34	-22	-13	-5	5	8
	春(MAM)	1.5	1.8	2.0	2.5	2.8	3.0	3.6	-41	-26	-21	-14	-5	22	34
	夏(JJA)	1.7	1.7	2.2	2.5	2.9	3.2	4	-20	-19	7	16	26	69	76
	秋(SON)	1.5	1.7	2.1	2.6	2.9	3.1	3.6	-28	21	-8	13	25	36	55
東台灣	冬(DJF)	1.8	1.8	2.0	2.6	3.0	3.3	3.7	-44	-31	-20	-12	-3	5	17
	春(MAM)	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.3	3.8	-37	-25	-18	-11	1	20	36
	夏(JJA)	1.7	1.7	2.2	2.6	2.9	3.2	4.0	-17	-15	3	15	26	57	64
	秋(SON)	1.6	1.8	2.1	2.6	3.0	3.2	3.7	-30	-23	-10	10	23	33	43

### (一)能源供給設施及所在區位之脆弱度盤查

參考聯合國環境規劃署(UNEP, 2009)及國家災害防救科技中心研究報告<sup>27</sup>對於脆弱度評估之定義，本文依暴露度、敏感度與適應力三種考量因素訂定調適行動啟動初期之定性評估標準，其評估標準分述如下：

#### 1. 暴露度評估標準

暴露度指的是能源設施暴露在災害威脅下之程度，與地理區位、防護能力有關。

(1) 高暴露度：能源設施受氣候變遷影響顯著，並可能造成能源設施功能停運。

(2) 中暴露度：能源設施受氣候變遷影響，可能造成能源設施功

<sup>26</sup> 資料來源：經建會「氣候變遷調適政策綱領」草案(2012年5月)，為A1B情境所對應的可能未來氣候變遷範圍在臺灣四個分區的季節氣候平均變化（2080~2099年減去1980~1999年平均），標題列中的10、25、50、75、90分別代表該區該季節平均值統計機率密度分布的不同百分位值。降水量變化部分有標記顏色的表示至少有3/4以上的模式都有相同的符號，藍色為降水量增加，橘色為減少。

<sup>27</sup> 資料來源：謝承憲、謝龍生、李欣輯、陳永明、柯孝勳、蘇昭郎，2011，災害風險評估名詞一致性研究，國家災害防救科技中心（NCDR 99-T13）。

能顯著下降。

(3) 低暴露度：能源設施受氣候變遷影響不顯著。

## 2. 敏感度評估標準

能源系統內某一設施發生事故，對系統的衝擊程度。

(1) 高敏感度：設施損壞將導致能源供應中斷或造成大區域供應鏈孤島。

(2) 中敏感度：設施損壞將導致能源供應下降，藉由系統調度，不致影響主要產業與民生能源供應。

(3) 低敏感度：設施損壞僅造成系統供應異常，但在能源調度後仍維持系統運作。

## 3. 適應力評估標準

能源設施發生事故，系統內藉由調度與修復，回復至能源供應穩定之回復時間。

(1) 高適應力：能源設施破壞後，系統可透過調度方式，短時間內回復供應。

(2) 中適應力：能源設施破壞後，系統可透過調度方式，於一定時間內回復供應。

(3) 低適應力：能源設施破壞後，已無法透過調度支援，需俟長時間的設施修復後方能回復正常。

極端氣候/天氣事件對能源供給設施的衝擊最為直接明顯，其中之颱風為全國性之氣候衝擊，而其帶來的暴雨所造成的淹水潛勢，應再度評估。

進行氣候變遷風險評估時，需就氣候衝擊態樣與能源供給設施及區位之特性綜合考量。如不同類別電廠面對淹水和強風的脆弱度並不相同，火力發電廠和水力發電廠面對的氣候衝擊可能分別是淹水或乾旱的問題；而位於山區的能源設施往往面臨的是颱風或暴雨結合土石流，或者甚至結合順向坡與地震等因子形成坡地災害的問題；能源設施面臨 70m/s 強風吹毀的機率不高，但位於森林區的設施，由於只要

約 23m/s(1/3 強度)的強風即可吹斷樹枝，然後撞毀附近的能源設施；位於海岸地區的能源設施則可能面臨海平面上升和暴潮的問題。因此，此節分別以能源供給種類、區位與氣候衝擊類型等進行個別探討：

## 1. 電力系統

由於預估未來熱浪（日最高溫 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ）在夏季出現的情形將非常頻繁，以台北站為例，在 1990 年代平均為  $22\pm 12.5$  日，2020 年代平均為  $32\pm 10.9$  日，2050 年代平均為  $44\pm 13.3$  日，2090 年代平均為  $69\pm 17.7$  日<sup>28</sup>。在此極端氣溫下，配電系統運作將面臨相當大之衝擊。而部分地區若因高溫引發森林火災，將造成輸電鐵塔設施的損害，而影響電力供給；其次， $40^{\circ}\text{C}$  以上高溫可能會導致部分電力設備故障，造成部分電力系統無法正常運作。此外，高溫將造成工業、商業、住宅等部門之冷凍空調用電需求大幅增加，造成電力系統負載壓力。此外由於高負載壓力和系統能力減損，造成電力系統備轉容量不足，與電壓及頻率偏離設計範圍等，其脆弱度評估範疇包括：(1)承載力：最大可用系統備轉容量、系統頻率和電壓之最大限制；(2)穩定度：頻率、電壓偏離正常範圍，出現暫態不穩定。當備轉容量不足、電壓與頻率問題危及系統安全時，系統可能崩潰造成大停電。此時，部分負載必須切離系統，以避免因頻率、電壓超過限值，造成系統崩潰引發大停電，惟將造成電力供應不足，引發限電損失。另外，個別電廠之全黑啟動亦為脆弱度評估之考慮範圍。

個別電力設施及其所在區位脆弱度評估包括：

### (1)發電廠

#### A.核能與火力發電廠

<sup>28</sup> 資料來源：柳中明、陳正達、林淑華、李彥枝、吳郁娟，2005，我國異常氣溫與極端降雨事件之發生機率分析與預測，94 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」(NSC 94-EPA-Z-002-001- )，國立臺灣大學全球變遷研究中心。

核能與火力發電廠主要位於海岸地區，對於低海拔海岸地區之主要氣候衝擊項目包含淹水、坡地災害或土石流等，其中在淹水部分，在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級；未來在氣候變遷造成降雨極端化的現象下，應進一步評估颱風夾帶 800mm/day 或更高雨量條件下，廠內可能淹水之情形；同時亦需進一步評估廠內基地高程與防洪、排水系統是否足以應付前述降雨條件，以降低危害性。此外，若核能與火力發電廠的上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性亦應納入評估。

另外暴雨侵襲時若正值大潮期間，其高潮位會增加排水之困難，因而增加淹水之機率。颱風侵襲期間，低氣壓將增加暴潮發生之機率。近年來數次颱風侵襲時，發生暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。當因淹水造成發電機組及主要附屬設備受損時，復原時間較長，除直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害；且淹水設備多造成搶修人員調度不易時，易有排隊效應而延長修復時間。另外在坡地災害或土石流部分，雖然海岸地區發生的機率不高，但是一旦發生時，將可能造成核能與火力發電廠受損，故復原時間相當長。

## B. 風力發電

風力發電設施多分布在台灣西部海岸地區，雖然海岸地區發生坡地災害或土石流的機率不高，但是一旦發生時，將可能造成風力發電廠受損，故其復原時間相當長。此外，風力發電設施主要的脆弱度為強風造成的供電能力下降甚至損害，當風速超過 25m/s 時，大部分風力渦輪機在此風速都必須關閉，本島發生 25m/s 強風之機率相當高，特別是颱風期間，但其損失之發電量佔比不高；當風力達 17 級

(70m/s)時，將會造成機組損壞，故一旦發生70m/s以上強風造成的損壞時，復原時間相當長。本島發生70m/s強風之重現期皆在100年以上，氣象局紀錄顯示僅20世紀初之颱風曾發生，且颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。

#### C.水力發電

水力發電廠所在區位主要位於山區，有鑑於山區降雨集中化之效應，故乾旱發生機率高，易造成發電能力明顯下降，且在泥沙淤積及優先供應民生、農業用水之政策下，會加重乾旱的嚴重性。另山區發生暴雨的機率相當高，然而待泥沙沉澱後，即可發電；但若水質夾帶泥沙，在排沙設計不佳的水庫，以及上游水土保持若被破壞，則將加重水力電廠的脆弱度。此外，部份水庫位於高及中土石流潛勢區，故一旦發生災害時，復原時間相當長。

#### D.太陽能發電

我國太陽光電發電廠大多為分散各區之小型屋頂裝置，其中兩個較大集中型之電廠分別為台電永安鹽灘太陽光電發電廠及友達森勁太陽能電廠。由於台電永安鹽灘太陽光電發電廠位於台灣西部海岸地區，故也應將淹水列入此廠主要的氣候衝擊項目內。

太陽光電發電設施主要的脆弱度為極端氣溫、強風及雲量。根據研究，氣溫每上升1°C，太陽能電池之輸出量即下降0.25%-0.5%。太陽能電池承受氣溫一旦超過50°C(屋頂型太陽能電池承受之氣溫在炎熱氣候下可輕易達到50°C-75°C)，其輸出量將下降12%。強風則會加速太陽能光電板之磨損，並會增加電板上堆積之沙塵量，降低太陽能電池的輸出量。另外，當雲量增加時，太陽能光電板的輸出量可在數秒之內減少40%-80%。

由於任何利用再生能源(如太陽能)發電之裝置皆高度

依賴氣候之穩定性及可預測性，任何氣候上的變遷及不確定性將影響再生能源發電裝置之輸出能力。

## (2) 汽電共生廠

低海拔平原及海岸地區之汽電共生廠主要的氣候衝擊項目包含淹水、坡地災害或土石流，其中淹水部分，在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級；未來在氣候變遷造成降雨極端化下，應進一步評估颱風夾帶 800mm/day 或更高雨量條件下，廠內可能淹水之情形；同時亦需進一步評估廠內基地高程與防洪、排水系統是否足以應付前述降雨條件，以降低危害性。此外，若汽電共生廠上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性應納入評估。

在海岸地區，若暴雨侵襲時正值大潮期間，其高潮位會增加排水之困難，因而增加淹水之機率。颱風侵襲期間，低氣壓將增加暴潮發生之機率。近年來數次颱風侵襲時，發生暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。當發生淹水時，製造業附屬之汽電共生廠，主要影響該公司之製造工廠供電及蒸汽；獨立之汽電共生系統，其發電機組及主要附屬設備受損時，復原時間較長。另外，平原、海岸地區發生坡地災害或土石流的機率不高，但是一旦發生時，復原時間相當長。

## (3) 輸電系統

台電之輸電線路共計 17,526.24 公里，且多為架空線路，輸電線路及相關設備主要位於山區。從風險暴露度來考量，對於架空線路，脆弱度評估考慮的氣候衝擊項目有強風、高溫（包括：直接的設備故障，以及間接的森林火災造成設備危害）；其中，位於森林區之輸電設備，由於強風吹斷樹枝僅需約 23m/s，而本島發生 23m/s 強風之機率相當高，特別是颱風期間；但透過 3 組獨立(6 回路)超高壓輸電線路

設計，可增加其可靠度，亦即可降低系統脆弱度。此外本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生，然而颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。

對於地下線路，暴雨造成的洪、澇災害則需予以考量。此外，部份變電所及輸電鐵塔位於坡地災害潛勢較高地區、或位於高及中土石流潛勢區，一旦發生災害時，將可能造成嚴重的輸配電線路受損，故復原時間相當長。

#### (4)配電系統

位於都市之變電所及配電鐵塔發生坡地災害或土石流的機率較低，但部份變電所及配電鐵塔位於坡地災害潛勢較高地區、或位於高及中土石流潛勢區，其發生坡地災害或土石流機率較高；一旦發生災害時，將可能造成配電線路受損，故復原時間相當長。表 2.3 顯示電力設施及所在區位之脆弱度評估表。

表 2.3 電力設施及所在區位之脆弱度評估表

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
核能發電廠	海岸	淹水	暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>■大型電廠一旦損壞，修復時若在夏季用電高峰時期，可能造成重大衝擊，但可透過區域電力調度，維持重要單位或地區之運作以降低衝擊</li> <li>■除直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。</li> <li>■若僅造成發電損失，則同大型火力發電廠；若造成輻安事件，則可能對經濟、民生造成重大衝擊。</li> </ul>	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>■一旦受損，復原時間較長。</li> <li>■多項設備同時淹水，造成搶修人員調度不易而延長修復時間。</li> <li>■若造成輻安事件，則復原時間非常長，甚至無法復原。</li> </ul>	低
		高溫	影響海水溫度約 0.9~1.1°C，將影響冷卻水溫度進而影響發電效率。	低	影響發電效率造成初級能源耗量增加，對於系統電網影響程度不大。	低	發電效率下降不致造成設備破壞，可透過由系統調度，維持系統供電穩定。	高
		土砂	海岸地區發生之潛勢不高。	低	可能發生之損壞規模，不足以造成重大經濟、民生衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低
		強風	本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾經發生。	低	須注意開關廠線路。	低	可能受損之設備，其復原所需時間短，或在不影響供電下修復。	高

表 2.3 電力設施及所在區位之脆弱度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
火力發電廠	海岸	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型電廠一旦損壞，修復時若在夏季用電高峰時期，可能造成重大衝擊，但可透過區域電力調度，維持重要單位或地區之運作以降低衝擊</li> <li>除直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。</li> </ul>	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>一旦受損，復原時間較長。</li> <li>易有多項設備同時淹水，造成搶修人員調度不易而延長修復時間。</li> </ul>	低至中
		高溫	影響海水溫度約 0.9~1.1°C，使冷卻水溫度增加進而影響發電效率。	低	影響發電效率造成初級能源耗量增加，對於系統電網影響程度不大。	低	發電效率下降不致造成設備受損，可透過由系統調度，維持系統供電穩定。	中至高
		土砂	海岸地區發生之機率不高。	低	可能發生之損壞規模，不足以造成重大經濟、民生衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低
		強風	本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。	低	須注意開關廠線路。	低	可能受損之設備，其復原所需時間短，或在不影響供電下修復。	高

表 2.3 電力設施及所在區位之脆弱度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
風力發電機組	海岸	淹水	主要發電設備位置較高，發生淹水之潛勢低。	低	可能損壞之發電規模，電網供應衝擊。	低	發電量佔比尚低，對整體電網影響不大。	高
		土砂	海岸地區發生之潛勢低。	低	可能損壞之發電規模，不會造成電網供應衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	高
		強風	目前既有之機組皆可滿足 100 年重現期之風速。	低	可能損壞之發電規模，不會造成電網供應衝擊。	低	發生 25m/s 以上強風而必須停機時，損失之發電量佔比不高。	高

表 2.3 電力設施及所在區位之脆弱度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
水力發電廠	山區	乾旱	由於豐枯懸殊之效應，乾旱發生之機率高。	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能損壞之發電規模，不會造成電網供應衝擊。</li> <li>水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將可能大幅增加民生、經濟之衝擊。</li> </ul>	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>發電能力明顯下降，而泥砂淤積及優先供應民生、農業用水之政策下，會加重其效應。</li> <li>水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將延長電力系統復電所需時間。</li> </ul>	低至高
		淹水	電廠位於河川區，洪水直接威脅	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能損壞之發電規模，不會造成電網供應衝擊。</li> <li>水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將可能大幅增加民生、經濟之衝擊。</li> </ul>	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低至中
		土砂	部份水庫位於高及中土石流潛勢區。	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能損壞之發電規模，不會造成電網供應衝擊。</li> <li>水力發電廠為主要之全黑啟動機組，一旦大規模跳電發生在此時期，將可能大幅增加民生、經濟之衝擊。</li> </ul>	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低至中

表 2.3 電力設施及所在區位之脆弱度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
汽電共生廠	平原、海岸	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>✓ 颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>✓ 海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中至高	製造業附屬之汽電共生廠，主要影響該公司之製造工廠供電及蒸汽。其中之供電部份，可由市電供應。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 製造業附屬之汽電共生廠，可在市電供應而不影響工廠運作下，修復設施。</li> <li>■ 獨立之汽電共生系統，其發電機組及主要附屬設備受損時，其特性類似燃煤火力發電廠，一旦受損，復原時間較長。</li> </ul>	中至高
		高溫	全國各地目前高溫達 40℃ 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。	低	可能影響之發電效率，不會造成經濟、民生衝擊。	低	受高溫之影響不明顯。	高
		土砂	平原、海岸地區發生之機率不高。	低	可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低
		強風	本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。	低	可能損壞之發電規模，不會造成經濟、民生衝擊。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可能受損之設備，其復原所需時間短，或在不影響供電下修復。</li> <li>■ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	高

表 2.3 電力設施及所在區位之脆弱度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
輸配電系統	平原、海岸	淹水	主要受影響者為地勢低窪地區之變電所，而輸電鐵塔線路位於高處，故對淹水不敏感。至於地下電纜由於橡膠保護，故對淹水亦不敏感。	低	根據調查，在多回路設計下，可能淹水變電所之供電規模不會造成經濟、民生衝擊。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>易淹水地區變電所一旦淹水，若水中挾帶淤泥，清除時間較長。</li> <li>環狀回路或多回路設計，可在不影響供電下搶修。</li> </ul>	中至高
		高溫	熱島效應地區及供電瓶頸點，會有高溫跳機之可能性。	低	西部地區設有 N-2 迴路系統，影響不大，但東部地區未完成 N-2 迴路系統，需預防電線跳脫之可能。	低	輸電系統之變電所中，可能受損之設備修復時間中至高，但由於具相互調度支援之特性，可在不影響供電下搶修。	中至高
		土砂	部份變電所及輸電鐵塔位於坡地災害潛勢較高地區，或位於高及中土石流潛勢區。	高 中至	在多迴路電網中，需有數個迴路以上中的電塔同時受災，方對系統供電產生影響。	高 中至	同時需有數個迴路發生災害方對電網產生災害。	中 低至
		強風	<ul style="list-style-type: none"> <li>本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。</li> <li>位於森林區之設備，由於強風吹斷樹枝僅需約 23m/s，而本島發生 23m/s 強風之機率相當高，特別是颱風期間。</li> </ul>	中至高	部份具樞紐位置(南電北送或大型發電廠之接收端)之變電所一旦損壞，其影響程度提高。	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 組獨立(6 迴路)超高壓輸電線路設計，可增加其可靠度，亦即可降低系統脆弱度。</li> <li>颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	中至高

備註：劇烈降雨增加與颱風強度增加可能提高雷擊之機率，造成輸配電線路受損。

## 2. 石油與液化石油氣之煉製、輸送、配送、貯存

石油與液化石油氣設施包含煉製廠、輸配管線及運輸系統、及貯存槽等，主要位於海岸地區，故對於低海拔海岸地區應考慮淹水問題。其中針對煉製廠部分，在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級；未來在氣候變遷造成降雨極端化下，應進一步評估颱風夾帶 800mm/day 或更高雨量條件下，廠內可能淹水之情形；同時亦需進一步評估廠內基地高程與防洪、排水系統是否足以應付前述降雨條件，以降低危害性。此外，若煉製廠上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性應納入評估。另暴雨侵襲時若正值大潮期間，其高潮位會增加排水之困難，因而增加淹水之機率。颱風侵襲期間，低氣壓將增加暴潮發生之機率。近年來數次颱風侵襲時，發生暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。當煉油設備受損時間過久，可能會直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。

整體而言，對於石油與液化石油氣設施之海底管線，需考慮極端氣候之暴風雨造成的影響；對於陸上管線，需考慮高溫/熱浪是否會造成損害；以及沿線若為高脆弱度地質（例如：易崩塌地），則需考慮該地區之暴雨造成的崩塌，或長期下雨造成土質鬆動。此外雖然海岸地區發生坡地災害或土石流的機率不高，但由於陸上管線過河段容易受暴雨激流沖刷或水流改道集中侵蝕覆土而導致裸露、貯存槽容易因地震造成土壤液化災害、以及部分供油中心油槽建置於山地或地質敏感地區可能因暴雨造成地基流失並導致油槽傾斜等，故一旦石油與液化石油氣設施發生坡地災害或土石流時，復原時間皆相當長。表 2.4 顯示石油與液化石油氣之煉製、輸送、配送、貯存設施及所在區位之脆弱度評估表：

表 2.4 石油與液化石油氣設施及所在區位之風險評估表

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
煉製廠	海岸	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>✓ 颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>✓ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>✓ 暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中至高	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 煉油設備受損時間過久，可能會直接對產業、民生造成影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。</li> <li>■ 對公路運輸為主要之衝擊，可透過不同煉油廠間之調度、儲油槽設置，以及國外直接進口以降低經濟、民生之衝擊。</li> </ul>	低至中	煉油設備一旦損壞，復原時間相當長，可透過儲油槽設置及國外直接進口，保持供應不間斷下，進行修復。	低至中
		高溫	全國各地目前高溫達 40°C 之重現期皆在 100 年以上，但中部以北地區在世紀末時之重現期可能下降至 50-100 年。	低	可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	空壓機等溫度敏感性設備之效率下降較明顯，但其對整廠之產能之影響不明顯。	高
		土砂	海岸地區發生之機率不高。	低	可能受影響之規模不會對經濟、民生造成重大衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
		強風	關鍵設施主要位於建築物內，強風災害機會不高。	低	可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>■可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。</li> <li>■颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	高

表 2.4 石油與液化石油氣設施及所在區位之風險評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
輸、配管線及運輸系統	海岸、平原	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>▪颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>▪若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>▪海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中	輸、配管線受損，除直接對產業、民生造成供應中斷之影響外，間接造成交通、災害防救、醫療等系統停擺時，會造成二次災害。但在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	儲油槽之儲油，以及運輸系統之調度，可提高系統適應力。	高
		高溫	管線對 40°C 以下之溫度不敏感，發生異常之機率不高。	低	在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	貯存槽之儲油，以及運輸系統之調度，可提高系統適應力。	高
		土砂	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪海岸地區發生之機率不高。</li> <li>▪陸上管線過河段受暴雨激流沖刷或水流改道集中侵蝕覆土，導致裸露。</li> </ul>	低	在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
		強風	本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。	低	在公路運輸調度下，可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>■可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。</li> <li>■颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	高

表 2.4 石油與液化石油氣設施及所在區位之風險評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
貯存槽	海岸、平原	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中	可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。	高
		土砂	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸地區發生之機率不高，惟亦不排除因地震造成之土壤液化災害。</li> <li>部分供油中心油槽建置於山地或地質敏感地區，可能因暴雨造成地基流失，並導致油槽之傾斜。</li> </ul>	低	可能受影響之規模不會對經濟、民生造成重大衝擊。	低	一旦發生時，復原時間相當長。	低
		強風	本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。	低	可能受影響之規模不會對經濟、民生造成衝擊。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。</li> <li>颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	高

### 3. 天然氣之輸送、配送、貯存

天然氣接收站主要位於海岸地區，故應考慮淹水問題。其中在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級；未來在氣候變遷造成降雨極端化下，應進一步評估颱風夾帶 800mm/day 或更高雨量條件下，廠內可能淹水之情形；亦需進一步評估廠內基地高程與防洪、排水系統是否足以應付前述降雨條件，以降低危害性。此外，若天然氣接收站上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性應納入評估。另暴雨侵襲時若正值大潮期間，其高潮位會增加排水之困難，因而增加淹水之機率。颱風侵襲期間，低氣壓將增加暴潮發生之機率。近年來數次颱風侵襲時，發生暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。當接收站設備受損時間過久，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響外，亦可能導致限電、產業生產中斷損失之情形。

整體而言，對於天然氣之輸送、配送、貯存設施之海底管線，需考慮極端氣候之暴風雨造成的影響；對於陸上管線，需考慮高溫/熱浪是否會造成損害；以及沿線若為高脆弱度地質（例如：易崩塌地），則需考慮該地區之暴雨造成的崩塌，或長期下雨造成土質鬆動。此外雖然海岸地區發生坡地災害或土石流的機率不高，但由於海底管線易受海床地質變化或洋流潮汐沖刷而導致裸露懸空、陸上管線過河段受暴雨激流沖刷或水流改道集中侵蝕覆土而導致裸露，故一旦天然氣之輸送、配送、貯存設施發生坡地災害或土石流時，復原時間皆相當長。表 2.5 顯示天然氣之輸送、配送、貯存設施及所在區位之脆弱度評估表：

表 2.5 天然氣之輸送、配送、貯存設施及所在區位之風險度評估表

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
接收站	海岸	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次。</li> <li>▪ 颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>▪ 若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>▪ 若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中至高	接收站設備受損時間過久，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響外，亦可能導致限電、產業生產中斷損失之情形。故其一旦損壞，將造成經濟、民生之重大衝擊。	高	設備一旦受損，修復時間相當長。	低至中
		高溫	高溫在目前接收站耐溫之容許值內，影響不大。	低	高溫可能導致設備損壞或降低供應能力之設備規模，不會對經濟、民生造成衝擊。	低	高溫對液化天然氣氣化設備及產能無明顯負面影響。	高
		土砂	海岸地區發生之機率不高。	低	一旦損壞，將造成經濟、民生之重大衝擊。	高	一旦發生時，復原時間相當長。	低

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
		強風	<ul style="list-style-type: none"> <li>本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。</li> <li>碼頭港外風速達 12m/s、港內達 15m/s 時，將停止運作。</li> </ul>	低至中	強風可能導致接收之等待期增加，但仍在可用容量容忍範圍內。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>主要受到強風影響之設施，為碼頭之相關接收設備。在風力達警戒值(港外 12m/s，港內 15m/s)時停止運作以降低損壞可能，故主要效應為停止運作。在 10 天存量之貯存槽設計下，可維持正常供氣。故可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。</li> <li>颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	中至高

表 2.5 天然氣之輸送、配送、貯存設施及所在區位之風險度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
輸、配管線	海上、海岸、平原	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中	輸、配氣管線受損，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。	高	<ul style="list-style-type: none"> <li>海底管線須動員國外船隻修復時間較長；陸上管線可於淹水退去後短時間內緊急搶修修復。</li> <li>儲氣槽之儲氣，可提高系統適應力。</li> </ul>	低至中
		高溫	管線對 40°C 以下之溫度不敏感，發生異常之機率不高。	低	輸、配氣管線受損，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。	高	輸、配氣管線埋設於地下或鋪設於海床，受高溫影響輕微，地上管線設計有因應熱脹冷縮機制。	高
		土砂	<ul style="list-style-type: none"> <li>海底管線受海床地質變化、洋流潮汐沖刷致裸露懸空。</li> <li>陸上管線過河段受暴雨激流沖刷或水流改道集中侵蝕覆土，導致裸露。</li> </ul>	低	輸、配氣管線受損，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。	高	海底管線須研擬可行方案及動員船隻設備，修復時間相當長；陸上管線於水位降低後以降管修復或以 HDD 工法埋設新管替代。	低

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
		強風	輸氣海管位於海底，輸氣陸管位於地下，因強風而損毀之機率不高。	低	強風僅可能影響陸上管線過河段，不易毀損。即使輕微損壞，也可快速修復而不會造成經濟及民生之衝擊。	低	強風僅可能影響陸上管線過河段，不易毀損。故不受影響。	高

表 2.5 天然氣之輸送、配送、貯存設施及所在區位之風險度評估表(續)

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
貯存槽	海岸、平原	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪在 600mm/day 雨量條件下，部份地區潛勢可達最高之第 5 級或次高之第 4 級。</li> <li>▪颱風挾帶 800mm/day 以上雨量條件下，廠內可能淹水之情形。</li> <li>▪若上游有水庫，則暴雨造成水庫溢淹之可能性，亦應納入評估。</li> <li>▪海岸地區若暴雨同時結合暴潮與大潮，在洪水及海水倒灌雙重效應下，將加重且延長淹水災害。</li> </ul>	中	貯存槽一旦損壞，將破壞天然氣接收之緩衝時間，造成供氣異常，可能直接對燃氣電廠、工業用戶、民生造成天然氣供應中斷之影響。	高	液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修。其他設備異常時，可在正常運作下修復。	中
		高溫	高溫增幅仍在儲存槽可容許範圍內故影響不大。	低	液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修，否則將可能影響供氣系統，造成連鎖效應。	低	液氮系統一旦異常，影響較大，需緊急搶修。其他設備異常時，可在正常運作下修復。	中
		土砂	海岸地區發生之機率不高。	低	一旦損壞，將造成經濟、民生之重大衝擊。	高	一旦發生時，復原時間相當長。	低

設施	區位	衝擊因子	暴露度		敏感度		適應力	
			說明	程度	說明	程度	說明	程度
		強風	本島發生 70m/s 強風之重現期皆在 100 年以上，氣象局紀錄顯示僅 20 世紀初之颱風曾發生。	低	可能因強風損壞之設備非關鍵元件，不會對經濟、民生造成衝擊。	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 可能受損之設備，其復原所需時間短，且可在不影響供應下修復。</li> <li>▪ 颱風之強度並未明顯增加，因此可沿用現有之標準，設計或補強設施。</li> </ul>	高

## (二)能源供給系統運作(能源供需平衡)之脆弱度評估

除了個別能源設施對各種氣候衝擊，存在程度不一的脆弱度需進行盤查外。還需考慮整體性之脆弱度，亦即能源供給種類集中度的影響。由於我國能源耗用相當集中依賴石油，且主要仰賴進口，因此若由於氣候因素造成供應吃緊（例如：由於儲槽或輸送電線/管線受損、海上/陸上交通受阻造成）或價格大幅波動，對於產業及民生皆可能有很大的傷害。

從部門別之能源及電力需求（參考圖 2.5 及圖 2.6）來看，我國工業部門特別是能源密集產業對能源的依賴性相當高。此外，電腦通信及視聽電子產品業，其電力消費占工業部門的 29%。因此，能源密集產業對能源供給的脆弱度相當高。而電腦通信及視聽電子產品業，則對電力供應的脆弱度亦相當高，此點可由 921 大地震造成大停電時突顯出來。

在區域別電力供需方面，表 2.6 列出 2011 年台灣本島區域別供電（負載）情形。表 2.7 比較 2011 年台灣地區淨尖峰能力與尖峰負載情形。從資料顯示，雖然全國的供電能力大於尖峰負載。然而若以個別區域來看，北部及東部地區之電力需求大於供電能力。特別是北部地區，由於用電量大，其供需不平衡的問題特別明顯。造成前述問題之原因在於，台灣本島地狹人稠且南北長、東西窄，加以大型電廠多集中在南北兩側，成為狹長型的電力系統。而且北部地區人口多且經濟發達，因而用電量大，目前發電量仍不敷使用，造成此區電力供需不平衡，需南電中送、中電北送。因此電力系統本質上之穩定度較不足，如果系統遇到很大的衝擊，不論是線路短路或跳脫、發電機跳脫，都使系統處於較不穩定的狀態。因此北部地區之產業及民生用電的脆弱度較中南部來的高。此一現象（北部電源不足之情形），將於台電公司位於北部之大潭燃氣發電計畫及核四電廠相繼完工並加入系統後，方可獲得改善。

表 2.6 台灣本島區域別供電（負載）情形（2011 年）（單位：萬瓩）<sup>29</sup>

區域	汽電共生系統		台電供電系統		全國區域負載	
	尖峰負載	平均負載	尖峰負載	平均負載	尖峰負載	平均負載
北	71.6	74.2	1,355.5	857.0	1,427.1	931.2
	20.2%	17.2%	40.7%	36.3%	38.7%	33.3%
中	165.3	241.2	908.9	654.9	1,074.2	896.1
	46.6%	55.8%	27.3%	27.7%	29.2%	32.1%
南	113.7	112.9	994.5	808.6	1,108.2	921.5
	32.1%	26.1%	29.9%	34.3%	30.1%	33.0%
東	4.1	4.1	70.5	40.3	74.6	44.3
	1.2%	0.9%	2.1%	1.7%	2.0%	1.6%
合計	354.7	432.4	3,329.4	2,360.8	3,684.1	2,793.1

表 2.7 2011 年淨尖峰能力與尖峰負載比較情形<sup>30</sup>

項目	區域	北	中	南	東	合計
	淨尖峰能力（MW）		15,951	11,885	12,569	204
		39.3%	29.3%	30.9%	0.5%	100%
尖峰負載（MW）		17,827	9,913	10,736	705	39,181
		45.5%	25.3%	27.4%	1.8%	100%

另外，全球能源競奪及區域能源佈局趨勢是近來最受關注的議題之一，近來國際能源價格變動劇烈，面對國際能源供不應求及蘊藏有限的隱憂，各國為保障能源安全供應，維持足夠之安全存量，以及因應全球能源資源競爭趨勢，在以確保國家安全之能源政策規劃主軸下，隨處可見能源的爭奪及卡位戰，並引發各國競相展開各種形式的能源外交佈局。能源外交戰略之內涵包括積極與能源出口國藉由政治、經援及投資建構雙邊合作關係，以確保能源供應來源，透過外交運籌維護國家能源需求及能源安全，進一步吸引來自世界各國對國內能源市場的投資，以強化與主要能源大國及跨國企業的能源聯繫，謀求國家

<sup>29</sup> 資料來源：經濟部能源局，101 年，99 長期負載預測與電源開發規劃摘要報告。

<sup>30</sup> 資料來源：經濟部能源局，101 年，99 長期負載預測與電源開發規劃摘要報告。

整體政治、經濟、安全利益。

我國因天然資源能源蘊藏貧乏，97%以上的能源均需仰賴進口挹注，是以如何確保能源供應之穩定及充分一直是政府所關注的重要政策課題。就先天條件而言，我國由於自產能源有限、能源進口依存度高，致使能源安全度頗為脆弱。一旦遇上天災或船期安排發生延遲情況，對整體能源供應系統安全均可能產生重大影響，嚴重者甚至將威脅國防安全、投資信心及經濟發展。歷年來在政府能源主管機關及油電事業單位的努力下，對於促進能源供應種類及來源之多元化等已獲致相當成效；同時，也由於對穩定能源供應之相關政策措施推動得宜，成為以往我國經濟發展的堅實後盾。然而，近年來由於國內外經濟環境及能源情勢產生相當變化，對於國內能源供應系統安全產生相關不利影響，包括：油氣價格大幅震盪、發電燃料（天然氣、煤炭）供應不穩定或不足等，也再次突顯國際能源情勢對我國能源供應安全課題的重要性。

## 2.1.2 產業氣候變遷脆弱度評估

### 一、區位氣候變遷脆弱度評估

#### (一)工業區氣候變遷脆弱度評估<sup>31</sup>

脆弱度分析隱含兩個主要參數，即受體(exposure)與調適能力(adaptive capacity)。當某地區遭受災害威脅，但當地並無任何需受保護之標的物暴露於危險中，即災害並不會造成任何損失，則該地區屬低脆弱度；若某地區有受體暴露於威脅之中，則當地的調適能力就成為決定脆弱性高低的重要參數。以下即分別由工業區概況與工業區脆弱度分析進行探討。

#### 1. 工業區概況

依據 2011 年工業區開發管理年報統計結果，統計工業局自

<sup>31</sup> 此處工業區，係指工業局自管之 62 個編定工業區，未包含私設工業區。

管之工業區計有 62 處(如表 2.8)，於各縣市分布情形如表 2.9 所示。

表 2.8 臺灣地區工業區概況統計<sup>32</sup>

區域	工業區數	設廠家數(家)	設廠資本額(萬元)	員工人數(人)
北	18	5,216	419,374,551	256,488
中	20	3,278	4,336,905,847	143,164
南	20	3,002	177,220,247	153,449
東	4	233	3,638,790	3,130
合計	62	11,729	4,937,139,435	556,231

表 2.9 臺灣地區工業區分布情形(依縣市別)<sup>33</sup>

區域 (工業區數)	縣/市 (工業區數)	工業區名稱
北 (18)	宜蘭縣(2)	龍德工業區、利澤工業區
	基隆市(1)	大武崙工業區
	新北市(4)	土城工業區、五股工業區、瑞芳工業區、樹林工業區
	台北市(1)	南港軟體工業園區
	桃園縣(9)	大園工業區、大園擴大工業區、中壢工業區、平鎮工業區、桃園幼獅工業區、觀音工業區、龜山工業區、林口工業區(工二)、林口工業區(工三)
	新竹縣(1)	新竹工業區

<sup>32</sup> 資料來源：2011 年工業區開發管理年報。因私設工業區資料蒐集不易，故僅以工業局自管之 61 個編定工業區為樣本蒐集資料，並就其產業組合進行統計及變動狀態分析；南港軟體工業區因資料不全，故僅做設廠家數之分析；臺中、中港、高雄、楠梓、臨廣等五個加工出口區管理處，因於 90 年度時並未以 90 年新頒行業別標準將廠商作分類，故於設廠家數及設廠面積變動分析時，上述五個加工出口區無該年度資料。

<sup>33</sup> 資料來源：依據 100 年工業區開發管理年報區域別歸納彙整。

區域 (工業區數)	縣/市 (工業區數)	工業區名稱
中 (20)	苗栗縣(3)	竹南工業區、銅鑼工業區、頭份工業區
	台中市(4)	大里工業區、大甲幼獅工業區、台中港關連工業區、台中工業區
	南投縣(2)	竹山工業區、南崗工業區
	彰化縣(6)	全興工業區、芳苑工業區、福興工業區、埤頭工業區、彰濱工業區、田中工業區
	雲林縣(5)	元長工業區、斗六工業區、豐田工業區、雲林科技工業區、雲林離島式基礎工業區
南 (20)	嘉義縣(5)	民雄工業區、朴子工業區、義竹工業區、嘉太工業區、頭橋工業區
	台南市(5)	永康工業區、官田工業區、新營工業區、安平工業區、台南科技工業區
	高雄市(7)	大發工業區、大社工業區、永安工業區、林園工業區、鳳山工業區、仁武工業區、高雄臨海工業區
	屏東縣(3)	內埔工業區、屏東工業區、屏南工業區
東 (4)	花蓮縣(2)	和平工業區、光華樂活創意園區、美崙工業區
	台東縣(1)	豐樂工業區

如依各工業區之設廠家數、設廠資本額、員工人數統計結果，可介紹如下：

(1)設廠家數：設廠家數最多的前五個工業區，分別為北區的新北產業園區(原五股工業區)(1,660家)、中區的臺中工業區(993家)、南區的大發工業區(549家)、南區的安平工業區(538家)、北區的南港軟體園區(530家)；其性質均為綜合性工業區，設廠家數合計達4,270家，占臺灣地區設廠總家數的36.41%，已超過三分之一，意謂著廠商設廠集中在這五個工業區。

(2)設廠資本額：設廠資本額最多的前五個工業區為中區大里工業區(4,012,124,278萬元)、北區的林口工二工業區

(297,948,152 萬元)、中區的臺中工業區(191,225,596 萬元)、南區的高雄臨海工業區(73,486,606 萬元)、及北區的福興工業區(36,519,070 萬元)。前五名工業區其設廠資本額合計達 4,611,303,701 萬元。

(3)員工人數：員工人數最多的前五個工業區為北區的新竹工業區(64,912 人)、南區的高雄臨海工業區(53,275 人)、北區的中壢工業區(44,993 人)、中區的臺中工業區(41,260 人)、北區的龜山工業區(27,624 人)。

## 2. 工業區現況盤點

經簡單定義表 2.10 各工業區可能面臨之災害類型及位置現況，包含熱浪、停水、及土石流等，透過工業局所屬工業區服務中心協助調查，可初步掌握龍德工業區、利澤工業區、大園工業區(含大園擴大)、桃園幼獅工業區、觀音工業區、新竹工業區、雲林離島式基礎工業區、新營工業區、安平工業區、大社工業區、永安工業區、仁武工業區等 12 個工業區為高脆弱度工業區，因其已同時遭受停水及淹水二項氣候災害影響(如表 2.11 所示)。

表 2.10 曾發生之災害類型/位置現況定義<sup>34</sup>

災害類型		說明	備註
熱浪		是指過去氣溫曾高達 35°C 以上，並持續 48 小時以上。	現階段因為國內尚未針對特定廠區建立溫度資料庫，建請以經驗盡量填寫。
停水	水源缺乏乾旱缺水	位於水源缺乏區，若長期不降雨易受乾旱而導致限水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
	水災易使原水濁度過高	曾因為水災造成原水濁度過高，導致停水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
	颱風造成公共設備損毀	曾因颱風造成公共設備損毀，導致停水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
淹水	地層下陷	該工業區是否屬於經濟部調查結果之嚴重地層下陷區域。	依據經濟部委辦之「地層下陷防治服務團」網頁，嚴重地層下陷區域調查結果。(2010.10.06)
	臨海	以距離海邊 10km，或開車 10min 以內計算。	因定義不易，建議各工業區自行判斷，並提供定義供參。
	排水不良	過去曾淹水 50 公分以上。	曾有紀錄，即視為曾發生災害。
	颱風造成公共設備損毀	曾因颱風造成公共設備損毀，導致淹水。	曾經因此造成淹水，即視為曾發生災害。
風災		曾因強風造成設備損失	曾有紀錄，即視為曾發生災害。
土石流		該工業區是否屬於水土保持局調查結果之土石流危險區域或曾經發生土石流。	依據水土保持局，「97 年土石流年報」，土石流危險區域調查結果。(2008.12)

<sup>34</sup> 根據工業區曾發生之災害分類製作。

表 2.11 氣候變遷對工業區衝擊之盤點表<sup>35</sup>

區域	工業區名稱	位置現況/曾發生之災害類型									
		熱浪	停水危險區			淹水危險區				風災	土石流
			水源缺乏 乾旱缺水	水災使原水 濁度過高	颱風造成公 共設備損毀	位地層 下陷區	臨海	排水 不良	颱風造成公 共設備損毀		
北	龍德工業區		◎			◎			◎		
	利澤工業區		◎			◎			◎		
	土城工業區	◎									
	瑞芳工業區						◎			◎	
	樹林工業區						◎				
	大園工業區 (含大園擴大)		◎			◎	◎		◎		
	中壢工業區						◎				
	平鎮工業區		◎								
	桃園幼獅工業區	◎	◎						◎		
	觀音工業區	◎				◎					
	龜山工業區						◎				
	林口工業區(工二)		◎								
	林口工業區(工三)		◎								

<sup>35</sup> 資料來源：經濟部（工業局）所屬工業區服務中心提供(2010.10)。

區域	工業區名稱	位置現況/曾發生之災害類型									
		熱浪	停水危險區			淹水危險區				風災	土石流
			水源缺乏 乾旱缺水	水災使原水 濁度過高	颱風造成公 共設備損毀	位地層 下陷區	臨海	排水 不良	颱風造成公 共設備損毀		
	新竹工業區		◎						◎		
中	大里工業區							◎ (瞬間豪大 雨易積水)			
	台中港關連工業區									◎	
	南崗工業區							◎			
	全興工業區					36	◎ <sup>37</sup>				
	芳苑工業區					◎	◎				
	彰濱工業區						◎ <sup>38</sup>			◎ <sup>39</sup>	
	元長工業區							◎			
	斗六工業區			◎						◎	
	豐田工業區							◎			

<sup>36</sup> 全興工業區未處於地層下陷區，但屬沙質地形易遭大雨掏空。

<sup>37</sup> 全興工業區靠近海邊約5公里。

<sup>38</sup> 彰濱工業區雖臨海，惟區內排水系統良好，陸地設計高程海平面4.2公尺，非水災高危險區。

<sup>39</sup> 彰濱工業區之風災係指東北季風盛行時期(每年10月至隔年3月)。

區域	工業區名稱	位置現況/曾發生之災害類型									
		熱浪	停水危險區			淹水危險區				風災	土石流
			水源缺乏 乾旱缺水	水災使原水 濁度過高	颱風造成公 共設備損毀	位地層 下陷區	臨海	排水 不良	颱風造成公 共設備損毀		
	雲林離島式基礎工業區			◎ (短暫停水)		◎	◎			◎ (路燈及防風 林木麻黃倒 塌)	
南	義竹工業區								◎ (溪流潰堤)		
	嘉太工業區								◎ (溪流潰堤)		
	永康工業區							◎			
	新營工業區			◎				◎			
	安平工業區		◎				◎				
	大社工業區			◎				◎			
	永安工業區		◎	◎				◎			
	林園工業區						◎ (位出海口)		◎ (溪流潰堤)		
	仁武工業區			◎				◎			
	內埔工業區							◎		◎	
	屏南工業區				◎ (自來水管線遭 沖毀)						

區域	工業區名稱	位置現況/曾發生之災害類型									
		熱浪	停水危險區			淹水危險區				風災	土石流
			水源缺乏 乾旱缺水	水災使原水 濁度過高	颱風造成公 共設備損毀	位地層 下陷區	臨海	排水 不良	颱風造成公 共設備損毀		
東	美崙(兼和平及光華)工業區		◎ (和平冷卻水處理廠因風災使原水濁度升高)							◎ (美崙、和平、光華廠房皆曾受損)	
統計次數 <sup>40</sup>		0	6	15	1	2	11	17	3	13	1

<sup>40</sup> 統計次數以單一工業區為計算次數。

依據表 2.11 調查結果，因排水不良造成淹水情形計有 17 個工業區，顯見有必要針對工廠防洪排水設計標準進行調整；另因水災使原水濁度過高造成停水計有 15 個工業區，因應水資源供給不穩定之情形，建立備用水源、新興水源或貯水設施等規劃應有其需要；其它類型之災害，包含如風災、乾旱缺水、公共設施損毀、因地層下陷/臨海/溪流潰堤造成之淹水、甚至是土石流等，各工業區亦已陸續發生。為及早協助產業因應愈來愈劇烈變化之氣候型態，實有賴未來全國一致之氣候模擬評估結果，以利針對各設廠位置、廠房/設備/設計標準、貯水/節水/備用/新興水源、調適技術引進等進行規劃，分別由輔導面及法制面加強推動產業調適因應。

## (二)加工區氣候變遷脆弱度評估

考量調適議題與地域較為相關(即所在地)，故於加工區脆弱度評估中，以加工區內廠商為受體單位，分別由加工區概況、加工區脆弱度分析、加工區災害統計等部分進行探討。

### 1. 加工區概況

加工區分布於台中市(中區)2處、高雄市(南區)5處及屏東縣(南區)1處，計8處(如表 2.12)。

表 2.12 加工區分布情形(依縣市別)<sup>41</sup>

區域	縣/市	加工區名稱
中	臺中市	中港園區
		臺中園區
		臺中軟體園區
南	高雄市	楠梓園區（含第二園區）
		高雄園區
		臨廣園區
		成功物流園區
	高雄軟體園區	
	屏東縣	屏東園區

依各加工區 101 年之公司家數、公司資本額、營業額、員工人數統計結果，分析如下：

- (1) 公司家數：設廠家數前 3 多園區，分別為高雄園區（197 家）、高雄軟體園區（169 家）、楠梓園區（93 家）；公司家數合計達 459 家，占加工區設廠總家數（596 家）之 77.02%，顯示廠商集中於此 3 區。
- (2) 公司資本額：設廠資本額前 3 大園區，分別為楠梓園區（1,392 億元）、台中園區（488 億元）、及高雄園區（463 億元），合計其設廠資本額達 2,343 億元，占加工區設廠總資本額（2,518 億元）93.05%，顯示此 3 區如遇災損，損失將較嚴重。
- (3) 營業額：營業額前 3 大園區，分別為楠梓園區（1,455 億元）、台中園區（954 億元）、中港園區（594 億元），合計其營業額達 3,004 億元，占加工區設廠總資本額（3,762 億元）之 79.86%，其中以楠梓園區營業額最大，

<sup>41</sup> 資料來源：加工區管理處提供（2013.06.15）

如遇災損，其損失及影響層面最大。

- (4) 員工人數：員工人數前 3 多園區，分別為楠梓園區 (34,034 人)、高雄園區 (15,631 人)、台中園區 (14,281 人)、合計 63,946 人，占加工區員工人數 (75,068 人) 85.19%，顯示此 3 區如遇災損而停工，員工就業影響層面較嚴重。

表 2.13 加工區之 101 年經濟活動數據<sup>42</sup>

園區名稱	公司家數 (家)	公司資本額 (萬元)	營業額 (萬元)	員工人數 (人)
中港園區	59	697,642	5,940,255	5,684
台中園區	45	4,885,727	9,546,177	14,281
楠梓園區	93	13,919,592	14,554,523	34,034
高雄園區 (含臨廣、成功物流)	197	4,635,255	5,629,912	15,631
高雄軟體園區	169	344,710	948,494	961
屏東園區	33	692,057	995,830	2,746
合計	<b>596</b>	<b>25,174,983</b>	<b>37,615,191</b>	<b>75,068</b>

## 2. 加工區脆弱度分析

參考表 2.28 氣候變遷對加工區災害之影響分析，簡單定義如表 2.14；各加工區曾發生之災害類型及位置現況，如表 2.15：

<sup>42</sup> 資料來源：加工區管理處提供 (2013.06.15)

表 2.14 曾發生之災害類型/位置現況定義<sup>43</sup>

災害類型		說明	備註
停水	水災易使原水濁度過高	曾因水災造成原水濁度過高，導致停水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
	颱風造成公共設備損毀	曾因颱風造成公共設備損毀，導致停水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
淹水	臨海	以距離海邊 10km，或開車 10min 以內計算。	由各加工區所在區位之高低及其他因素，自行判斷。
停電	颱風造成設備損毀	曾因強風造成設備損失，導致停電。	曾經因此造成停電，即視為曾發生災害。

<sup>43</sup> 資料來源：加工區管理處提供（2013.06.15）。

表 2.15 氣候變遷對加工區影響之盤點表<sup>44</sup>

加工區	位置現況/曾發生之災害類型									
	熱浪	停水			淹水				山坡滑動(土石流)	備註
		水源缺乏 乾旱缺水	水災使原水 濁度過高	颱風造成公 共設備損毀	位地層 下陷區	臨海	排水 不良	颱風造成公 共設備損毀		
楠梓園區			◎				◎			淹水係瞬間暴雨超出水道負載
高雄園區			◎			◎	◎			淹水係瞬間暴雨超出水道負載
臨廣園區										未曾淹水
高軟園區										
中港園區						◎				未曾淹水
屏東園區										未曾淹水，園區排水接入區排六塊厝排水。
台中園區							◎			遇瞬間豪大雨曾發生側溝渲洩不及，惟雨勢趨緩即消退。
統計次數	0	0	2			2	3			1. 停水係因自來水公司停水。 2. 淹水西因瞬間暴雨量超出兩水道負載。

備註：(1) 本案係盤查氣候變遷對重大建設造之衝擊與風險，本表著重於各區水災、風災及土石流之脆弱度調查；(2) 請就所轄園區曾發生過天然災害類型圈選之。

<sup>44</sup> 資料來源：加工區管理處提供（2013.06.15）。符號說明：◎曾發生災害。

### 3. 加工區災害統計

表 2.16 統計近年各加工區災害損失：

表 2.16 近年各加工區災害統計損失統計<sup>45</sup>

災害類型	加工區名稱	發生次數	損失統計
停水	楠梓加工區	1	約 1 千萬元
停電	楠梓加工區	5	未通報損失

### (三)自由貿易港區氣候變遷脆弱度評估

現行自由貿易港區包括基隆、臺北、蘇澳、臺中與高雄五大海港及桃園航空自由貿易港區等六處，均位處海港或機場區週邊，故其相關應變與調適能力均依附在海港或機場相關計畫內。本報告以自由貿易港區為受體單位，分別由自由貿易港區概況、自由貿易港區脆弱度分析等部分進行探討。

#### 1. 自由貿易港區概況

自由貿易港區位於基隆、臺北、蘇澳、臺中與高雄五大海港及桃園空港等六處，各港區進駐之家數與就業人數如表 2.17 所示。

<sup>45</sup> 資料來源：加工區管理處提供（2013.06.15）。

表 2.17 自由貿易港區進駐之家數與就業人數統計表<sup>46</sup>

港區別	營運面積 (公頃)a	家數 b	廠商密度 b/a	自由貿易港區事業	就業 人數
基隆港	71	13	0.1831	1.好好物流股份有限公司	2
				2.陽明海運股份有限公司	3
				3.永塑國際物流股份有限公司	34
				4.汶鑫國際股份有限公司	3
				5.聯興國際股份有限公司	3
				6.彩躍有限公司	2
				7.擁寶有限公司	3
				8.標鎰汽車	2
				9.台基國際物流股份有限公司	15
				10.東哲行有限公司	6
				11.裕隆行國際運流股份有限公司	8
				12.中免船用品供應公司	4
				13.中國貨櫃運輸公司	8
				小計	<b>93</b>
臺北港	79	3	0.0380	1.東立物流	205
				2.友亦企業	12
				3.台塑石化	32
				小計	<b>249</b>
蘇澳港	71	1	0.0141	1.必翔電動汽車公司	6
				小計	<b>6</b>
臺中港	536	30	0.0560	1.益州海岸	3
				2.京揚國際	4
				3.中國貨櫃	16
				4.東森國際	2
				5.福斯倉儲	3
				6.台灣燃油	10
				7.中華全球石油	16
				8.建新國際	5
				9.三歲國際	2
				10.關貿網路	4
				11.東立物流	4
				12.長榮海運	16
				13.萬海航運	17

<sup>46</sup> 交通部統計資料，資料統計至 101 年第 1 季。

港區別	營運面積 (公頃)a	家數 b	廠商密度 b/a	自由貿易港區事業	就業 人數
				14.坤廣國際貿易	2
				15.臺灣仕康公司	4
				16.德隆倉儲	6
				17.匯僑公司	10
				18.永業物流	2
				19.美商埃克森美孚公司	12
				20.臺鹽實業	8
				21.中國貨櫃#31	2
				22.福貿運通	2
				23.永聖貿易公司	10
				24.加拿大商巴克斯臺灣分公司	3
				25.惠爾吉寶	4
				26.宏昌自貿公司	8
				27.航耀物流事業公司	15
				28.億昇倉儲公司	5
				29.中免船用品公司	5
				30.勤美股份有限公司	5
	<b>小計</b>	<b>205</b>			
高雄港	415	27	0.0651	1.東森國際	2
				2.高群裝卸	9
				3.連海船舶裝卸	16
				4.美國總統輪船	15
				5.萬海航運	13
				6.關貿網路	3
				7.世捷集運	32
				8.陽明海運	19
				9.台灣東方海外	2
				10.現代海鋒	7
				11.台灣東方海外物流	5
				12.台灣日郵公司	7
				13.好好物流公司	15
				14.高宏裝卸	7
				15.太平洋船舶貨物裝卸	2
				16.韓商韓進泛太平洋	2
				17.福懋國際物流	13

港區別	營運面積 (公頃)a	家數 b	廠商密度 b/a	自由貿易港區事業	就業 人數
				18.種德國際物流	22
				19.東立物流	2
				20.拓亞物流	0
				21.和泰興業	8
				22.合謙實業	4
				23.睿福股份有限公司	2
				24.超雄企業有限公司	10
				25.中免船日用品供應有限公司	12
				26.百楷企業公司	5
				27.長榮國際儲運公司	11
				小計	<b>245</b>
桃園 航空	20	36	1.8000	1.遠雄	62
				2.勁永	13
				3.裕隆行	10
				4.瞻航	32
				5.興田	4
				6.利宇	9
				7.遠雄物流	15
				8.海盜船	398
				9.台灣國際住商	4
				10.普詮	8
				11.弘盛	76
				12.群聯	15
				13.台灣艾司摩爾	2
				14.悅琪	2
				15.美商聯邦快遞	1
				16.怡科	242
				17.耀程	142
				18.中菲行	15
				19.三星.	18
				20.大傳	6
				21.台鑫	4
				22.洋華光電	10
				23.華運物流	13
				24.巨路國際	8

港區別	營運面積 (公頃)a	家數 b	廠商密度 b/a	自由貿易港區事業	就業 人數
				25.台灣晶技	11
				26. 碩達	12
				27.甫峰科	2
				28.富昇電信	9
				29.印度商波銳	5
				30.科磊	0
				31.台灣太陽誘電	58
				32.納氏	12
				33.阿爾卑斯	0
				34.介面光電	27
				35.鴻佰	100
				36.飛達科	8
				小計	<b>1,353</b>
<b>總計</b>	<b>1192</b>	<b>110</b>			<b>2,151</b>

依各自由貿易港區進駐之廠商家數與員工人數統計結果，分析如下：

- (1)進駐廠商家數：進駐廠商家數最多的前3個自由貿易港區，分別為桃園航空自由貿易港區（36家）、台中港自由貿易港區（30家）及高雄港自由貿易港區（27家）。
- (2)廠商密度：就單位面積進駐廠商家數分析，桃園航空自由貿易港區以1.8家/公頃最為密集，基隆港自由貿易港區以0.1831家/公頃最為次之，而蘇澳港自由貿易港區以0.0141家/公頃最少。
- (3)員工人數：員工人數最多的前3個自由貿易港區，分別為桃園航空自由貿易港區（1,353人）、臺北港自由貿易港區（249人）、高雄港自由貿易港區（245人）。以廠商別計算，則是以桃園航空海盜船公司最多，共僱用員工398人，其次為桃園航空怡科公司，共僱用員工242人，排名第三的為台北港東立公司，共僱用員工205人。
- (4)營運量：自由貿易港區在民國101(1-3月)年之營運情況如

表 2.20 所示。其中以貨物量來統計，以臺中港自由貿易港區最高，達 194 萬餘噸，高雄港自由貿易港區次之，達 15 萬餘噸；以進出口貿易值而言，則是以臺中港自由貿易港區最高，達新台幣 602 億餘元，其次為桃園航空港自由貿易港區，達新台幣 219 億餘元。

表 2.18 自由貿易港區歷年之營運情況<sup>47</sup>

年度 績效 指標	99 年			100 年			101(1-3 月)年		
	累計進 駐廠商 (家)	貨物量 (萬 噸)	進出口 貿易值 (億 元)	累計進 駐廠商 (家)	貨物量 (萬 噸)	進出口 貿易值 (億 元)	累計進 駐廠商 (家)	貨物量 (萬 噸)	進出口 貿易值 (億 元)
基隆港	13	1.01	17.68	13	2.99	48.25	13	0.95	11.96
台北港	3	27.68	338.7	3	69.66	592.92	3	14.25	153.17
蘇澳港	0	0	0	1	0	0.06	1	0.00003	0.003
台中港	29	266.62	611.14	29	290.31	909.63	30	194.94	602.94
高雄港	26	38.23	204.54	27	42.48	209.07	27	15.17	80.92
桃園航 空 <sup>48</sup>	34	2.22	1657.62	35	2.14	1266.52	36	0.39	219.53
總 計	105	335.78	2829.68	108	407.58	3026.45	110	225.7	1068.52

## 2. 自由貿易港區脆弱度分析

參考表 2.30 所列之氣候變遷對自由貿易港區災害影響分析，簡單定亦如表 2.19：

<sup>47</sup> 交通部統計資料，資料統計至 101 年第 1 季。

<sup>48</sup> 桃園航空自由貿易港區自 95.1.1 開始營運，營運進駐廠商未含關聯產業 45 家。

表 2.19 自由貿易港區對發生之災害類型/位置定義<sup>49</sup>

災害類型		說明	備註
停水	水災易使原水濁度過高	因為水災造成原水濁度過高，導致停水。	因此造成停水，即視為發生災害。
	颱風造成建築物設或設備損毀	因颱風造成建築物或設備損毀，導致停水。	因此造成停水，即視為發生災害。
停電	颱風造成電力中斷，因此使設備或貨物損毀	因強風或人為因素造成供電設備故障，導致停電。	因停電導致冷凍系統、倉儲作業或生產線無法正常運作，導致貨品損壞，即視為發生災害。
淹水	洪水/雨水造成設備或貨物毀損滅失	以洪水/雨水入侵建築物內部或淹沒露貨物造成毀損滅失。	可依照貨物理賠或申請天然災害減免稅捐之數額作為參考數據。

過去各自由貿易港區尚未因停水、停電或水災造成房屋、設備或貨物毀損之災害，惟基於風險管理考量，仍具有相當之脆弱度，必須注意防範。

### 3. 自由貿易港區受災影響分析

雖然過去各自由貿易港區尚未發生任何災害，為了避免因氣候變遷衝擊造成停水、停電、淹水等產業災損，應強化及檢討自由貿易港區緊急應變機制，需納入調適措施中規劃辦理。

## (四)科學園區氣候變遷脆弱度評估

### 1. 科學工業園區概況

科學工業園區所屬園區依區位分屬科學工業園區管理局、中部科學工業園區管理局、南部科學工業園區管理局管理，其

<sup>49</sup> 資料來源：交通部提供（2011.01.15）。

中科學工業園區管理局管理之新竹科學園區轄屬六個衛星園區，分別是新竹、竹南、銅鑼、龍潭、新竹生醫與宜蘭等園區，總開發面積1,342公頃，目前新竹、竹南、銅鑼、及龍潭園區已有廠商進駐並開始營運。截至100年底，入區營運廠商計473家，員工148,714人，年營業額10,346億元，實收資本額達10,890億元。

## 2. 產業脆弱度分析

表2.20簡單定義各科學工業園區曾面臨之災害類型，如風災及電壓驟降等。各科學工業園區曾發生之災害類型及位置現況如表2.21所示。其中，竹科部分僅發生過風災導致設備損失及電壓驟降等事件，顯見電力穩定供應為竹科首要改善之處。另為避免因極端氣候導致停水、停電等產業災損，應強化及檢討科學工業園區緊急應變機制，需納入調適措施中規劃辦理。

表 2.20 曾發生之災害類型定義<sup>50</sup>

災害類型		說明	備註
熱浪		是指過去氣溫曾高達35°C以上，並持續48小時以上。	現階段因為國內尚未針對特定廠區建立溫度資料庫，建請以經驗盡量填寫。
停水	水源缺乏乾旱缺水	位於水源缺乏區，若長期不降雨易受乾旱而導致限水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
	水災易使原水濁度過高	曾因為水災造成原水濁度過高，導致停水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。
	颱風造成公共設備損毀	曾因颱風造成公共設備損毀，導致停水。	曾經因此造成停水，即視為曾發生災害。

<sup>50</sup> 資料來源：國科會提供（2011.01.15）

表 2.20 曾發生之災害類型定義（續）<sup>51</sup>

災害類型		說明	備註
淹水	地層下陷	該園區是否屬於經濟部調查結果之嚴重地層下陷區域。	依據經濟部委辦之「地層下陷防治服務團」網頁，嚴重地層下陷區域調查結果。(2010.10.06)
	臨海	以距離海邊 10km，或開車 10min 以內計算。	
	排水不良	過去曾淹水 50 公分以上。	曾有紀錄，即視為曾發生災害。
	颱風造成公共設備損毀	曾因颱風造成公共設備損毀，導致淹水。	曾經因此造成淹水，即視為曾發生災害。
風災	颱風造成設備損毀	曾因強風造成設備損失	曾有紀錄，即視為曾發生災害。
電壓驟降	颱風造成設備損毀	曾因強風造成設備損失，導致電壓驟降。	曾經因此造成電壓驟降，即視為曾發生災害。

<sup>51</sup> 資料來源：國科會提供（2011.01.15）

表 2.21 氣候變遷對科學工業園區影響之盤點表<sup>52</sup>

管理機關	園區名稱	位置現況/曾發生之災害類型									
		熱浪	停水			淹水				風災	電壓驟降
			水源缺乏 乾旱缺水	水災使原水 濁度過高	颱風造成 公共設備 損毀(如水管 斷裂)	位地 層下 陷區	臨海	排水 不良	颱風造成 公共設備 損毀(如河 流潰堤)		
科學工業 園區 管理局	新竹園區		◎	◎						◎	◎
	竹南園區										
	龍潭園區										
	銅鑼園區										
	宜蘭城南 園區										
	新竹生物 醫學園區										

<sup>52</sup> 資料來源：國科會提供（2012.05.28）

## 二、行業別氣候變遷脆弱度評估

### (一)商業氣候變遷脆弱度評估

我國重要的調適領域及課題，在商業部門，主要以產業結構之調整為主。以商業服務業結構觀之，主要包括批發及零售、住宿及餐飲、運輸及倉儲為主要項目，其能源使用主要仰賴電力。而產業經營方式則以原物料及商品流通供需模式，氣候變遷將引發對產業之供應系統之損害衝擊與能源需求型態的改變，其衝擊項目包括：

1. 能源需求發生變化，可能無法滿足尖峰負載需求。
2. 各產業之能源成本與供應受衝擊。
3. 企業之基礎設施受氣候變遷引發損失。
4. 流通之原物料及商品產量短缺，造成企業經營上需加強民生用品供應方式之應變措施。
5. 氣候變遷亦造成商品供應量之波動幅度變大，故凡倉儲、運輸之應變能力亦必須隨之調整。
6. 商品價格及數量急遽變動也造成企業必須隨時調整經營模式，以調適現況。

### (二)觀光產業氣候變遷脆弱度評估

我國產業面臨氣候變遷之衝擊，就觀光產業而言，主要為暴雨及颱風增加。而在暴雨及颱風增加的情形下，主要面臨之脆弱點為觀光景點及其聯外交通道路之損害，特別是山區道路，在暴雨及颱風期間，甚至之後的一段時間內，由於土質鬆動造成的崩塌。

### (三)金融服務業氣候變遷脆弱度評估

#### 1. 銀行業

因受地球暖化影響，造成全球氣候異常，各地天災事件頻傳，不僅造成人員傷亡，更導致地形、地物之改變，目前銀行業仍以不動產(土地及建物為主)及動產(車輛、機器設備)

為主要擔保品，極端氣候引起的天然災害，相對會連帶影響銀行業所徵提之擔保品價值及存在與否。

## 2. 保險業

按保險主要目的在填補損失及移轉風險，能源業、農牧業、製造業、航空業及娛樂業等可能因氣候變遷而遭受衝擊之相關產業，可藉由保險制度移轉其所面臨之氣候風險，是以保險業受氣候變遷衝擊之原因，仍源於該等藉由保險制度移轉氣候風險之產業，因氣候變遷衝擊所致之損失，其受衝擊之程度亦取決於產業對氣候變遷衝擊之損害防阻成效。

## 3. 證券期貨業

對於劇烈天氣（如颱風）可能造成市場休市等影響。

### （四）中小企業氣候變遷脆弱度評估

我國中、小企業主要為製造業及服務業，因此初步之中、小企業氣候變遷脆弱度評估，可參考製造業及服務業相關之評估分析，未來將依據「中小企業因應氣候變遷衝擊與調適策略規劃」行動計畫之階段性成果逐年更新。

### （五）製造業氣候變遷脆弱度評估

依據 2010 年工廠校正暨營運調查報告<sup>53</sup>及主計處統計資料(如表 2.22 所示)，我國製造業工廠家數約有 8 萬家，從業員工約 240 萬人，創造之實質產值約 16 兆元。

表 2.22 2010 年製造業行業別概況統計

	營運中工廠家數 (家)	從業員工人數 (千人)	工廠營業收入 (億元)	實質產值 (百萬元)

<sup>53</sup> 原名為「工業統計調查報告」

	營運中工廠家數 (家)	從業員工人數 (千人)	工廠營業收入 (億元)	實質產值 (百萬元)
製造業	78,805	2,399,630	163,462	15,998,020
食品製造業	4,955	114,700	5,651	500,189
飲料及菸草製造業	515	15,225	1,309	129,431
紡織業	3,134	95,736	4,324	374,765
成衣及服飾品製造業	1,119	31,271	703	66,464
皮革、毛皮及其製品製造業	778	20,172	644	47,454
木竹製品製造業	1,011	11,109	312	32,421
紙漿、紙及紙製品製造業	1,268	35,382	1,894	193,227
印刷及資料儲存媒體複製業	2,234	38,594	954	103,661
石油及煤製品製造業	213	11,682	11,522	1,067,006
化學材料製造業	1,041	60,466	19,731	2,046,633
化學製品製造業	2,245	45,255	3,259	230,025
藥品製造業	413	21,678	707	89,511
橡膠製品製造業	1,026	35,164	1,183	103,553
塑膠製品製造業	6,739	123,833	5,028	312,528
非金屬礦物製品製造業	2,299	59,489	2,749	256,634
基本金屬製造業	1,502	73,847	12,866	1,525,181
金屬製品製造業	16,184	265,318	11,215	708,655
電子零組件製造業	3,848	556,356	42,060	5,736,929
電腦、電子產品及光學製品製造業	2,905	205,656	12,335	1,291,662
電力設備製造業	3,262	102,753	5,251	465,588
機械設備製造業	12,882	224,781	8,591	801,285
汽車及其零件製造業	2,382	986,926	4,997	422,872
其他運輸工具製造業	1,577	62,718	3,008	252,193
家具製造業	1,079	18,924	504	64,163
其他製造業	3,109	71,101	2,211	242,996

備註：(1)「營運中工廠家數」、「從業員工人數」、「工廠營業收入」之資料來源為經濟部統計處網頁「99年工廠校正暨營運調查報告」之「六、調查結果概況」(2)實質產值統計資料來源為經濟部主計處，「國內各業生產總額(93SNA)－1992~2010 實質金額」，基期：2006年=100，更新日期為2011.11.18。

基於各行業別生產特性差異大，受氣候變遷影響因素不易掌握，故首先以製造業脆弱度雷達圖探討各行業別之關鍵密集度指標變化；同時，基於台灣為高度依賴原物料進口國家，故輔以探討原物料價格上漲對製造業影響進行模擬評估，以初步掌握高脆弱度之行業別。

## 1. 製造業脆弱度雷達分析

聯合國研究報告調查指出<sup>54</sup>，企業認為自然資源及原物料短缺、缺水、能源安全等問題對其響最大；而座談會專家<sup>55</sup>中，亦建議應由原料依賴程度、產品市場、及產業資產等三方面考量，並利用相關指標衡量各行業別之脆弱度，如水資源、能源、電力等密集度指標，以及原物料及產品進出口依賴度或集中度等。

經選定能源密集度、進口依存度、水密集度等3項指標之90年及95年數值，完成18個行業別之脆弱度雷達圖分析(示例如圖2.9)，可初步掌握各行業別95年相較90年各密集度指標變化情形(如圖2.10所示)，並歸納脆弱度改善產業係以高附加價值產業為主，脆弱度維持平盤或惡化產業係以傳統產業與能源密集產業為主。



圖2.9 製造業脆弱度雷達<sup>56</sup>

<sup>54</sup> The United Nations Global Compact, United Nations Environment Programme (UNEP), Oxfam, and World Resources Institute (WRI), "Adapting for a Green Economy: Companies, Communities and Climate Change. A Caring for Climate Report". \*(2011)

<sup>55</sup> 依據工業局召開之「製造業氣候變遷脆弱度評估專家會議」(分別為 2011.06.09 及 2011.10.19)

<sup>56</sup> 說明：(1)紫色範圍較藍色面積為小，則顯示改善。(2)數據分別選用以下資料之90年及95年數據：(a)用水量：水利署「工業用水量統計報告」、(b)進口品中間投入/總投入：財政部關稅總局「統計資料庫查詢系統」及主計處「產業關聯表」、(c)能源使用量：能源局「能源平衡表」、(d)實質GDP：主計處「雙面平減表(基期2006年)」

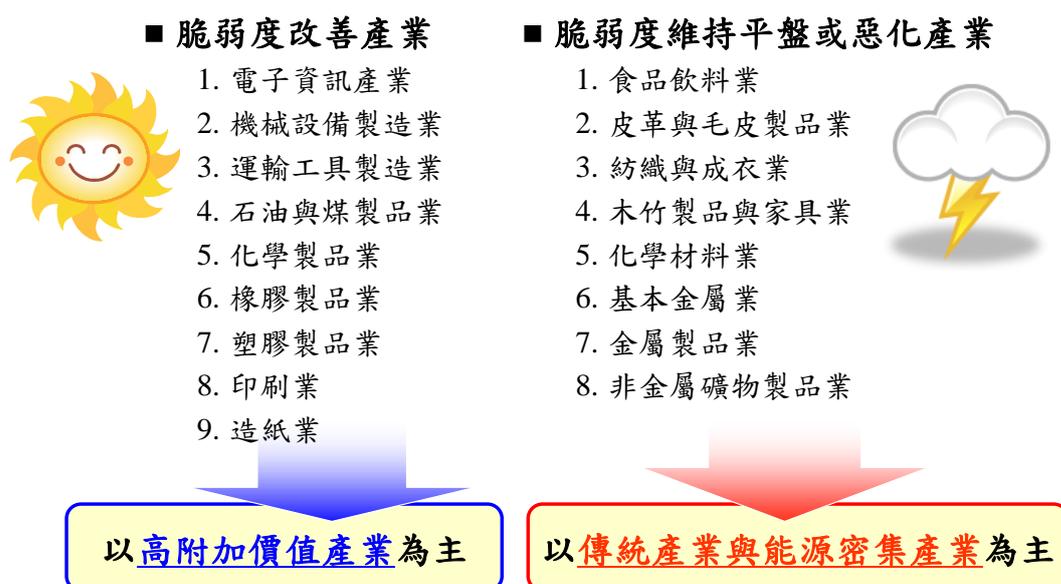


圖2.10 製造業17個行業別脆弱度雷達分析結果<sup>57</sup>

## 2. 原物料價格上漲對製造業影響模擬評估

考量國際重大氣候災害經常對國際供應鏈造成影響，故初步選定原物料價格影響進行探討。探討方式係透過投入產出分析(Input-Output Analysis)，假設雜糧作物、能源、石化原料與鋼鐵等重要中間原材料因極端氣候衝擊所造成之價格上漲將不會受政府的干預行為影響(如凍漲)，並透過產業關聯直接傳遞(即產業的成本可完全轉嫁)，進行以下4種模擬情境對各行業別之經濟影響：

- 模擬情境一：小麥、玉米與黃豆進口價格均上漲100%。
- 模擬情境二：原油進口價格上漲100%，石化原料進口價格上漲30%。
- 模擬情境三：煤進口價格上漲100%；鋼鐵進口價格上漲30%。
- 模擬情境四：以上情境一起發生。

評估結果如表2.23所示，其中以原油價格上漲對我國影

<sup>57</sup> 100 年度「產業溫室氣體管理輔導計畫」執行團隊之台灣綜合研究院評估結果。(2011.10)

響最嚴重，而食品類與鋼鐵類則因我國自給率不低，因而影響不顯著；整體而言，仍以能源密集產業所受的影響較大。

表 2.23 原物料價格上漲對製造業影響模擬評估結果<sup>58</sup>

假設情境	受影響之製造業	價格影響(%)	經濟影響(%)	製造業影響(%)	整體經濟影響(%)
情境一：小麥、玉米與黃豆之進口價格均上漲100%	食品及飲料業	9.686	-1.304	-0.129	-0.088
	皮革、毛皮業	0.328	-0.113		
	雜項製造業	0.074	-0.029		
情境二：原油之進口價格上漲100%；石化原料之進口價格上漲30%	石油及煤製品	76.054	—	-5.061	-5.566
	化學及塑膠業	16.256	-7.320		
	紡織業	8.653	-3.409		
	非金屬礦物製品業	7.635	-6.995		
情境三：煤之進口價格上漲100%；鋼鐵進口價格上漲30%	金屬基本工業	4.477	-8.335	-0.386	-0.305
	金屬基本工業	7.562	-1.081		
	金屬製品業	3.609	-0.658		
情境四：以上一起發生	機械設備業	2.787	-0.559	-5.576	-5.960
	石油及煤製品	76.104	—		
	化學及塑膠業	16.366	-7.348		
	金屬基本工業	12.041	-9.416		
	紡織業	8.743	-3.428		
	金屬製品業	7.544	-2.625		

### 3. 綜合分析

依據製造業脆弱度雷達分析與原物料價格上漲對製造業影響模擬評估結果，雖可掌握產業脆弱度變化與受原物料價格影響情形，但因各行業別調適能力不同，如原物料庫存空間、資源調度能力、經濟衝擊忍受度等，故無法挑選出脆弱度行業，僅可初步掌握仍以能源密集產業受的影響較大。

<sup>58</sup> 100 年度「產業溫室氣體管理輔導計畫」執行團隊之台灣綜合研究院評估結果。(2011.10)

## 2.2 影響評估

### 2.2.1 能源供給氣候變遷影響評估

由於所有部門，包括：能源供給部門本身、工業部門、運輸部門、農業部門、服務業部門、住宅部門等，都強烈依賴能源供給。2011年國內能源消費量中，若按消費部門分，能源及工業部門占46.55%，運輸占11.58%，農業占0.87%，服務業占11.37%，住宅占11.4%。2011年電力消費中，能源及工業部門占60.60%，運輸占0.50%，農業占1.12%，服務業占19.41%，住宅占18.37%。另一方面，甚至攸關國家安全的國家指揮體系、軍事部門、緊急救援與醫療體系等，莫不強烈依賴能源供給。因此，當能源供給受衝擊而損害或破壞時，對經濟、社會、環境、政治及整體所造成的影響程度以及長期效應，皆會相當巨大而深遠。初步歸納國內能源供給受氣候變遷的影響，可從幾個層面分析，包括：

#### 一、個別能源供給設施與所在區位安全性的影響

氣候變遷在長期方面對能源供給設施安全性的影響，主要在於更高的溫度、降雨、風力下，使建築材料、煉油及發電設施材料、能源供給相關公用設施材料等之氣候防護能力受到更嚴苛的挑戰。在極端氣候方面，對台灣能源供給設施安全性的影響更大，包括：持續更長時間的高溫、變異性更大且頻繁的高低溫變化、降雨量更集中造成豪大雨之雨量及次數頻頻破紀錄，造成嚴重淹水災害，前述這些極端氣候皆會對能源供給設施及其所屬建築，造成更嚴重的危害。至於強風方面，由於颱風強度的增加，颱風風速因而增加，故對相關設施之耐風能力亦可能受到影響。

#### 二、整體能源供需平衡受到的影響

整體能源供需平衡受到的影響，包括：氣候變遷對能源供給設施

發電效率的影響，以及對能源需求的影響。氣候變遷對能源供給設施發電效率的影響，主要在於環境溫度及水溫上升部分。其中，環境溫度上升會對發電廠有明顯的影響，而氣渦輪機受到的影響又較蒸汽鍋爐更為明顯。根據估計，2003 年歐洲熱浪侵襲期間，英國發電廠中的氣渦輪機組效率即下降達 10%。根據英國 UKCIP 計畫的評估，若將英國的 500MW 相關發電設備移至中東，其效率會下降而使得發電量僅剩 450MW。而海水溫度上升，也會使得冷卻水效率下降，這對於發電效率亦會造成影響。

氣候變遷對能源需求的影響部分，根據台灣在不同季節的暖化趨勢來看，由於高溫持續時間更長，夏季空調系統用電會明顯上升而造成用電吃緊；然而冬天時，由於低溫明顯暖化，因此保暖目的之用電量及烹調食物用瓦斯的耗用量可望減少。若從每日不同時段來看，中午用電尖峰期間，由於高溫持續時間變長，會造成供電更大的壓力。晚間則由於溫度上升明顯，夏天的冷氣耗電可能明顯增加，冬天則保暖需求則可能降低。

### 三、能源設施受災後連帶的影響

如上所述，氣候變遷將直接對能源供給與消費造成影響，而與能源供給設施正常運轉息息相關的設施，特別是短期極端天氣的影響時，亦會因能源供給無法正常運轉的問題連帶無法正常運轉。以下列出主要的連帶影響：

- (一)交通中斷與異常：供電中斷造成大眾運輸班車停駛、交通號誌全黑、夜間交通缺乏因照明系統而產生異常等。
- (二)水源供應異常：淨水場變電所斷電無法送水、高樓層住戶馬達停俾而停水。
- (三)通訊系統異常：因電力供應中斷，部分通信系統產生異常或中斷。

表 2.24 摘要敘述氣候變遷對我國能源供給可能的衝擊因子。整

體而言，溫度上升對能源供需的影響主要在中長期之影響，在供給面來說，高溫或海溫上升會降低發電效率，因而減少供電能力。在需求面來說，夏季尖峰時段氣溫上升，以及持續高溫，會提高冷卻需求之能源供給壓力。反之，夜間及冬天溫度上升，反而會紓解保暖需求之能源供給壓力。此二者會造成全年度的能源需求波動增大。

臺灣的平均降雨量改變趨勢為變得更乾旱，此將使得水力發電量下降。極端氣候（颱風）中的強降雨變得更頻繁、更強時，除了會造成更嚴重的能源供給設施的損害外，由於水質不佳（夾帶砂石），會降低發電機組的冷卻水供應能力，因而降低發電能力，甚至若夾帶漂流木時，會對發電機組造成損害；海平面上升，特別是地層下陷地區，則對低海拔之能源供給設施，造成長期之潛在風險。

表 2.24 氣候變遷對我國能源供給可能的衝擊因子\*<sup>59</sup>

氣候變遷因素	氣候變化型態	衝擊因子	對能源供給的影響
溫度持續增溫	平均氣溫上升	高溫	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙發電效率下降</li> <li>⊙燃料與電力需求改變</li> <li>⊙保暖需求(HDD)下降</li> <li>⊙冷卻需求(CDD)上升<sup>60</sup></li> </ul>
	極端高溫日數增加	熱浪**	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙尖峰電力需求增加以致於供電壓力增加</li> <li>⊙發／輸電效率下降</li> <li>⊙若發生森林火災使輸配電線路受損</li> </ul>
	平均氣溫上升	海溫上升**	⊙核能、火力發電廠(海水冷卻)冷卻效率下降或排水水溫受限
	蒸發量增加	乾旱**	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙水力發電量減少</li> <li>⊙火力發電廠排水水溫(河水)冷卻能力受限</li> </ul>
降雨變異性變大			
季節降雨不均	降雨強度增加(非颱風)	淹水	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙發電機組受損、煤倉/油槽受損水質惡化-無法供應冷卻水(非海岸地區)</li> <li>⊙交通中斷—增加搶修時間、發電用燃料無法供應</li> <li>⊙水質惡化使冷卻用水無法供應(非海岸地區)</li> <li>⊙淹水地區產業／住戶受損使用電需求下降</li> <li>⊙發電機組受損、煤倉/油槽受損</li> </ul>
	降雨強度增加／颱風降雨強度增加		
劇烈降雨增加	降雨強度增加	土砂	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙進水口(含冷卻用水)因堵塞無法進水而影響發電</li> <li>⊙造成架空線路受損</li> <li>⊙交通中斷—增加搶修時間</li> </ul>
	降雨強度增加	雷擊**	⊙架空輸配電線路受損
颱風強度增加與海水位上升	颱風強度增加	強風	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙風力發電機組受損</li> <li>⊙輸配電線路受損</li> </ul>
	沿岸水深增加	暴潮	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙海岸地區發電廠／變電站危害</li> <li>⊙海岸地區煉油廠、接收站危害</li> <li>⊙發電廠危害、煤倉/油槽受損</li> </ul>
		海岸侵蝕**	⊙沿岸土地流失，影響能源設施安全

\*除上述所探討整理之氣候變遷影響外，能源供給仍可能受到雷擊、雲遮減少與風場改變等氣候變化型態影響。由於此部份仍須更多實證與科學之研究分析，以下僅針對各項目可能之衝擊進行概要說明：

- 雲遮減少：衝擊因子可能為溫度增加／日照增加，其中日照增加可能增加對再生能源之發電效率。
- 風場改變：其衝擊因子可能為強風增加／減少，但趨勢目前仍不明朗。

\*\*熱浪：溫度連續三天到達 38℃ 以上，造成電力需求增加，發／輸電效率下降。  
 海溫上升：氣溫不斷上升連帶海水溫度上升，影響冷卻效率，使發電效率下降。  
 乾旱：長時間不降雨，導致河川、水庫水源減少，使水力發電和冷卻系統難以運作。  
 雷擊：劇烈降雨增加與颱風強度增加可能提高雷擊之機率，造成輸配電線路受損。  
 海岸侵蝕：因海水位上升成土地資源的流失，影響沿海能源設施安全。

<sup>59</sup> 根據「氣候變遷調適政策綱領」之氣候變遷因素製作。

<sup>60</sup> HDD/CDD：Heating Degree Days/Cooling Degree Days。

由於能源供給受到氣候變遷的影響及調適策略的研究仍在發展之初而並不完整，尚須先對氣候變遷影響層面與程度深入研究並建立與之量化對應關係。本領域分組行動方案於本階段，先綜合國內之相關資料並參考國際氣候變遷研究，建立暫定情景以供研擬初期之調適行動計畫，各主辦機關首先應全面性進行產業、區位及事業單位之脆弱度盤點（參考第四章調適措施第 1 項「盤查能源供給設施及運作面對氣候變遷脆弱度、衝擊」之建議），了解其所面臨何種之氣候風險及脆弱程度，作為政策方針擬訂之參考。未來本方案將根據最新之研究成果逐年更新相關成果，以作為下一階段行動計畫規劃與評估之依據。

## 2.2.2 產業氣候變遷影響評估

### 一、區位氣候變遷影響評估

#### (一) 工業區氣候變遷影響評估

基於受體(工業區內之工廠)受所在區位之氣候變遷災害威脅，探討工廠位於台灣地區所面臨之直接影響與間接影響如表 2.25 所示；其中，直接影響係指災害對工廠直接造成之危害，而間接影響係指該災害雖然未對工廠造成危害，但對廠外其它設施(如道路)造成損毀，進而影響工廠營運。

表 2.25 氣候變遷對台灣工業區所在區位之影響分析<sup>61</sup>

氣候變遷	氣候衝擊	災害型態	對工廠之直接衝擊	對工廠之間接衝擊
氣溫上升	平均溫度上升	節氣改變 (生態系統改變)	—	原物料來源改變 (如由國內生產之原物料改為進口)
	夏天持續高溫	熱浪	1.易引發火災 2.設備散熱不易導致失靈 3.員工中暑甚至死亡	冷卻設備耗能需求增加 冷卻水溫度過高 油電價恐調漲 空調需求增加 空氣污染物不易擴散而遭民眾抗議
降雨量改變	雨量分布不均	乾旱	1.易引發火災 2.缺水造成停工	水價恐調漲
	強降雨增加 颱風強度增加且次數增多	水災	1.淹水造成停工 2.設備/貯槽受損 3.水質惡化(原水濁度增加)影響製程用水	道路中斷造成原物料短缺
		風災	設備/貯槽受損	1.道路中斷造成原物料短缺 2.公共設備損毀引發停電、停水
		土石流	1.工廠遭土石流淹沒 2.設備/貯槽受損	1.道路中斷造成原物料短缺 2.公共設備損毀引發停電、停水
海平面上升	1.暴潮(與颱風結合) 2.暴潮(與低窪地區結合)	水災	1.淹水造成停工 設備/貯槽受損	道路中斷造成原物料短缺
	—	臨海地區淹沒	工廠遭海水淹沒	鄰避效應使工廠往內遷移不易

<sup>61</sup> 資料來源：工業局彙整(2011.01.13)

因應表 2.25 所彙整之各項災害型態及衝擊，可歸納其造成產業之操作成本增加包含如下：

1. 設備修復及更新
2. 能源需求增加
3. 購水支出
4. 製程改變
5. 服務供應鏈中斷(如對特定稀有資源過於依賴)
6. 訂單移轉損失
7. 交貨延誤賠償
8. 趕工成本
9. 保險成本

氣候變遷衝擊之具體產業災損，如以 93 年於艾莉颱風及 99 年凡那比颱風為例。93 年由於艾莉颱風過境使原水水質濁度太高，淨水場無法發揮其功效，造成桃園地區面臨 21 天缺水的問題，進而導致桃園縣內相關產業，包括電子產業、光電業、半導體業、化學製品業、食品業，因衍生自製程改變、訂單移轉、交貨延誤及購水支出、趕工成本增加等，造成總損失金額約 43 億元<sup>62</sup>。而 99 年凡那比颱風侵台，豪大雨造成南部地區淹水，不但重創區內石化重鎮，亦造成高雄市仁武及大社等工業區之嚴重損失。

而透過各工業區服務中心曾統計之災害損失(如表 2.26)，可發現不論是停水、停電、或淹水，單次災害所造成之金額損失皆數額龐大，為協助產業未來於無可避免之災害中可迅速恢復，相關保險制度的導入、早期預警系統、緊急應變體系、及災害復舊貸款等，應有必要納入調適措施中逐步規劃辦理。

<sup>62</sup> 資料來源：中華民國者市計劃學會，「氣候變遷調適政策綱領」(草案)，行政院經濟建設委員會。(2010.04)

表 2.26 近年各工業區災害統計損失統計<sup>63</sup>

災害類型	工業區名稱	發生次數	損失統計（元）
停水	龍德(兼利澤)工業區	3	—
	斗六工業區	1	5,000 萬
	平鎮工業區	2	58 萬
	大園工業區	2(2004.08)	15,037 萬
	安平工業區	1	—
停電	龍德(兼利澤)工業區	3	—
	嘉太工業區	1(2009.08)	4,296 萬 (廠商直接損失)
			51 萬 (公共設施含污水處理廠損失)
	彰濱工業區	2(近 5 年)	約 10 萬
	台中港相關工業區	2	11 萬
淹水	永安工業區	1	本年度尚無損失
	永康工業區	3	8,000 餘萬
	大園工業區	1(納莉颱風)	(淹水達 1 公尺深)
	新營工業區	2(2005、2009)	—
土石流	瑞芳工業區	1	不詳

工業區受氣候變遷之脆弱度，如表 2.13 之災害統計結果，可知停水及淹水係為工業區極需面臨之調適課題，同時遭受此二項災害影響之工業區彙整如表 2.27 所示，評估各工業區經濟活動數據，包含產量、產值、就業人口等，分別以大園工業區(含大園擴大)受影響之資本額最多(2,720 億元)，及新竹工業區受影響員工人數最多(6.4 萬人)。

<sup>63</sup> 資料來源：經濟部（工業局）所屬工業區服務中心提供。(2010.10)

表 2.27 氣候變遷高脆弱度工業區之 98 年經濟活動數據<sup>64</sup>

工業區	設廠家數 (家)	設廠資本額 (萬元)	員工人數 (人)
龍德工業區	214	3,596,170	4,421
利澤工業區	83	17,811,589	1,513
大園工業區 (含大園擴大)	327	27,198,438 <sup>65</sup>	15,608
桃園幼獅工業區	89	1,693,363	3,794
觀音工業區	343	2,580,310	21,540
新竹工業區	404	2,694,208	63,781
雲林離島式基礎 工業區	—	—	—
新營工業區	137	2,524,616	5,550
安平工業區	533	11,303,176	14,470
大社工業區	12	6,709,384	2,358
永安工業區	66	2,453,310	3,907
仁武工業區	35	3,010,449	1,710

## (二) 加工區氣候變遷影響評估

氣候變遷對加工區產業之影響，主要影響為降雨及極端氣候等 2 因素。本案根據各現象所引發之災害型態，探討其對產業造成之直接衝擊與間接衝擊於表 2.28。其中，直接衝擊係指災害對廠商(受體)直接造成之危害，而間接衝擊係指該災害雖然未對廠商(受體)造成危害，但對廠外其它設施(如道路)造成損毀，進而影響工廠營運。

<sup>64</sup> 資料來源：98 年工業區開發管理年報。98 年工業區開發管理年報中，未納入雲林離島式基礎工業區統計結果。

<sup>65</sup> 98 年工業區開發管理年報中，漏列大園擴大工業區之投資資本額總計，故改採台灣工業區用地供給服務資訊網統計結果。(2010.10)

表 2.28 氣候變遷對加工區災害之影響分析表<sup>66</sup>

氣候變遷	災害型態	直接衝擊	間接衝擊
降雨	乾旱	1.缺水造成停工 2.原水濁度增加影響製程用水	1.易引發火災 2.水價恐調漲
極端氣候	水災	1.淹水造成停工、財損 2.設備毀損 3.原水濁度增加影響製程用水	道路中斷延遲貨物或產品運輸時程
	風災	設備受損	造成停電、停水

分析表 2.28 之各項災害型態及衝擊，可歸納對產業造成之成本增加及營業減少項目如下：

1. 設備修復及更新。
2. 能資源成本增加。
3. 製程改變。
4. 服務供應鏈中斷(如對特定稀有資源過於依賴)。
5. 訂單移轉損失。
6. 交貨延誤賠償。
7. 趕工成本。
8. 保險成本。

加工區受氣候變遷影響之脆弱度，由表 2.17 災害統計結果可知，停水、停電為加工區需積極面對之調適課題，遭受此等災害影響之高脆弱度園區如表 2.29：

<sup>66</sup> 加工區管理處彙整。(2012.05.17)

表 2.29 氣候變遷高脆弱度加工區之 98 年經濟活動數據<sup>67</sup>

園區	設廠家數 (家)	設廠資本額 (萬元)	營業額 (萬元)	員工人數 (人)
楠梓園區	90	9,360,396	12,206,113	27,453

水災使原水濁度過高造成停水雖僅曾發生於高雄、楠梓園區；惟在氣候變遷之未知情形下，未來調適措施中，因應水資源供給不穩定之情形，仍將於各園區宣導廠商建立備用水源或貯水等設施。

因風災或雷害造成加工區停電損失雖輕微；惟在氣候變遷影響下，未來調適措施中，台電公司已同意規劃於園區加裝線路避雷裝置，減少因電壓驟降造成廠商設備損害，以提升園區穩定供電品質。

氣候變遷衝擊之具體產業災損，以 98 年莫拉克颱風及 99 年凡那比颱風為例：

1. 98 年莫拉克颱風過境使原水水質濁度飆高，致淨水場無法發揮其功效，造成北高雄地區缺水 9 天，使得楠梓園區內相關產業，包括電子、半導體、塑膠等產業，因交貨延誤、購水支出及趕工成本增加等，導致損失金額約新台幣 1,000 萬元。
2. 99 年凡那比颱風侵台，豪大雨造成南部地區淹水，加工區因停電災害造成之金額損失輕微。

綜上，為協助產業未來於天然災害中可降低衝擊及迅速復原，強化及檢討加工區緊急應變機制，並納入調適措施中規劃辦理，確有必要。

### (三)自由貿易港區氣候變遷影響評估

氣候變遷影響對自由貿易港區產業之影響，主要影響為降雨及極端氣候等兩大因素，並根據各現象所引發之災害型態，探討其對產業造成之直接衝擊與間接衝擊，以表 2.30 所示。其中，直接衝擊係指

<sup>67</sup> 加工區管理處彙整製作 (2012.05.17)。

災害對港區事業(受體)直接造成之危害，而間接衝擊係指該災害雖然未對港區事業(受體)造成危害，但對港區事業週邊其他設施(如道路)造成損毀，進而影響港區事業營運。

表 2.30 氣候變遷對自由貿易港區災害之影響分析表<sup>68</sup>

氣候變遷	災害型態	直接衝擊	間接衝擊
降雨	乾旱	1.缺水造成停工 2.原水濁度增加影響事業用水	1.易引發火災 2.水價恐調漲
極端氣候	水災	1.淹水造成停工 2.房屋或設備損壞 3.貨物毀損或滅失 4.原水濁度增加影響事業用水	陸海空交通中斷延遲貨物運輸時程
	風災	1.房屋或設備損壞 2.貨物毀損或滅失	1.風災造成停電、停水 2.通訊中斷影響作業

自由貿易港區受氣候變遷之脆弱度，如表 2.19 之災害可能情況，可知停水、停電與淹水均為自由貿易港區需面臨與調適之課題，遭受此等災害之可能影響彙整如表 2.31 所示。

表 2.31 面臨氣候變遷自由貿易港區高脆弱度災害之可能影響<sup>69</sup>

災害類型	高脆弱度災害之可能影響
停水	1.生產/組裝線/裝卸倉儲作業中斷。 2.貨物/商品因缺水無法妥善處理而毀損。
停電	1.生產/組裝線/裝卸倉儲作業中斷。 2.冷凍/溫控貨物/商品因停電使設備無法運轉而毀損。 3.因供電不正常造成設備損壞。
淹水	1.生產/組裝線中斷。 2.貨物流失、毀損。 3.建築物沖毀、毀損。

<sup>68</sup> 交通部彙整製作 (2011.01.15)。

<sup>69</sup> 交通部彙整製作 (2011.01.15)。

因應表 2.30 所彙整之各項災害型態及衝擊，可歸納其造成產業之操作成本增加，包含下列項目之支出增加：

1. 設備修復及更新
2. 能源需求增加
3. 購水成本
4. 作業程序改變或停頓
5. 服務供應鏈中斷(如對特定稀有資源過於依賴)
6. 訂單移轉損失或客戶流失
7. 交貨延誤或貨物損害賠償
8. 趕工成本或補救成本
9. 保險成本

#### (四)科學園區氣候變遷影響評估

氣候變遷影響對科學工業園區產業之影響主要為氣溫上升、降雨及極端氣候等三大因素，根據各現象所引發之災害型態，探討其對產業造成之直接衝擊與間接衝擊，以表 2.32 所示。其中，直接衝擊係指災害對園區事業(受體)直接造成之危害，而間接衝擊係指該災害雖然未對園區事業(受體)造成危害，但對園區事業週邊其他設施(如道路)造成損毀，進而影響園區事業營運。

表 2.32 氣候變遷對科學工業園區災害之影響分析表<sup>70</sup>

氣候變遷	災害型態	直接衝擊	間接衝擊
氣溫上升	平均溫度上升	1.原物料(如溶劑)逸散 2.影響精密電子設備及資訊通訊設備可靠度	1.冷卻設備耗能需求增加 2.冷卻水溫度過高 3.油電價恐調漲
	熱浪	設備失靈	1.空調需求增加 2.空氣污染物不易擴散而遭民眾抗議

<sup>70</sup> 國科會彙整製作(2011.01.15)。

氣候變遷	災害型態	直接衝擊	間接衝擊
降雨	乾旱	1.缺水造成停工 2.原水濁度增加影響製程用水	1.易引發火災 2.水價恐調漲
極端氣候	水災	1.淹水造成停工 2.設備/貯槽受損 3.原水濁度增加影響製程用水	陸海空交通中斷延遲貨物運輸時程
	風災	設備/貯槽受損	1.陸海空交通中斷延遲貨物運輸時程 2.風災造成停電、停水 3.通訊中斷影響作業

分析表 2.32 之各項災害型態及衝擊，可歸納對科學工業園區產業造成之成本增加及營業減少項目如下：

1. 設備修復及更新。
2. 能資源成本增加。
3. 購水成本。
4. 製程改變。
5. 服務供應鏈中斷(如對特定稀有資源過於依賴)。
6. 訂單移轉損失。
7. 交貨延誤賠償。
8. 趕工成本。
9. 保險成本。

科學工業園區受氣候變遷影響之脆弱度，由表 2.21 災害統計結果可知，遭受此災害影響之園區經濟活動數據如表 2.33：

表 2.33 氣候變遷高脆弱度科學工業園區之 100 年經濟活動數據<sup>71</sup>

園區	設廠家數 (家)	實收資本額 (億元)	營業額 (億元)	員工人數 (人)
新竹科學 園區	473	10,346	10,890	148,714

## 二、行業別氣候變遷影響評估

### (一)商業氣候變遷影響評估

全球一片溫室氣體減量及節約能源的風潮下，太陽能、風能與各類節能設備成了當紅產業，吸引許多人爭相投入。但是全球氣溫仍將持續上升，各地破紀錄的乾旱與暴雨洪災的慘劇也不斷上演，受到直接衝擊的產業將遠多於因此成長的產業，必須提早規劃因應之道。

首先，因為氣候變遷、能源供應短缺造成的能源供應不穩定情況及品質將會下降，企業必須因應能源尖離峰負載需量的變動，且造成產業能源價格變動及供應短缺，影響企業穩態經營模式並造成經營成本之急遽增加，影響企業獲利能力及經營風險。

再則各種自然災害造成營運設備損毀，此種情況尤其台灣地處太平洋熱帶颱風生成區域及歐亞板塊交接地區，每年颱風及地震災害所造成的天災，常使基礎設備遭受破壞。

另外氣候變化明顯衝擊原料供應。紐西蘭與澳洲因長期乾旱，牧草乾枯，酪農被迫提前宰殺牛羊，導致奶粉產量銳減，已經使得國際乳品原料價格狂飆，各種乳製品連帶漲價。而批發零售業面臨原料供應短缺問題造成之供貨不足情況，必須訂定緊急應變措施，以隨時能適足供應民生用品需量。

除了原料供應量短缺，也有可能造成過剩情況，倉儲運輸為物料供應提供緩衝的功能，所以倉儲物流運輸業也勢必將隨時調整策略，以隨時能提供原物料或民生用品所需的供應量。

最後因為供應量的變化，相對的價格亦隨之變動，企業在成本估

<sup>71</sup> 國科會彙整製作（2012.05.28）。

算、供銷價格的訂定，必須能夠適時調整，且價格變動亦影響用戶購買意願，將使產品供應量的變化情況更加不可捉摸。

## (二)觀光產業氣候變遷影響評估

就觀光產業而言，暴雨及颱風增加，將會影響觀光景點遊客安全，更嚴重之風雨，甚至破壞觀光設施。

## (三)金融服務業氣候變遷影響評估

### 1. 銀行業

依經建會之統計資料，98年莫拉克颱風對全國各產業造成之直接及間接損失合計約279.3億元(附件7)。另本(99)年7月國內35家本國銀行依據2010年可能發生之壓力情境(區分為輕微情境與較嚴重情境)，計算銀行在不同壓力情境下之可能損失對其資本適足比率之影響，結果顯示，各銀行於壓力情境下之資本適足率均符合法定最低標準(附件8)。前揭莫拉克颱風造成之損失假設全為銀行貸款且全部無法清償，對銀行之影響亦不及壓力測試結果之十分之一。據此，以目前氣候變遷引起極端氣候現象導致銀行業客戶損失對銀行業之營運並無太大之衝擊，銀行業尚不需本會輔導其採行調適措施。

### 2. 保險業

鑑於保險業為特許事業，業較一般行業予以高度監理，因此現行法令已規定保險業應依規定提存特別準備金及向主管機關申報資本適足率報告，俾使保險業不因重大事故之發生致失去清償能力，並穩健保險業經營之財務安全。

另保險業亦可藉由再保險機制將其承保其他產業之氣候危險再予移轉分散，金管會並規定保險業辦理再保險之分

出、分入或其他危險分散機制業務之方式、限額及其他應遵行事項，可健全保險業財務基礎並穩固其業務經營。

綜上，保險業受氣候變遷之衝擊主係來自承保其他產業之氣候危險，係屬間接影響，且金管會業對保險業財務健全及業務經營予以高度監理，是其受氣候變遷影響之程度與其他產業相較為低，尚屬可接受範圍。

### 3. 證券期貨業

目前證券市場遇天然災害侵襲時，對於市場休市與否、投資人之應屆交割款項及應屆交割有價證券之處理等問題，證交所及證券櫃檯買賣中心業已訂定天然災害侵襲處理措施可供遵循；期交所已於該公司「緊急暨異常狀況處理手冊」針對天然災害侵襲對期貨市場之影響，就休市與恢復開市程序、期貨交易與結算之運作訂有處理程序，又目前期貨業收取之期貨交易保證金主係現金、有價證券，尚無災損影響抵押品價值之風險，故就業務面尚無實質影響。

綜合言之，金融服務業面對氣候變遷，其營業及營收並不受重大影響，可謂具有氣候抗力（robustness），非屬高脆弱度產業。

#### （四）中小企業氣候變遷影響評估

我國中、小企業主要為製造業及服務業，因此初步之中、小企業氣候變遷影響評估，可參考製造業及服務業相關之評估分析，未來將依據「中小企業因應氣候變遷衝擊與調適策略規劃」行動計畫之階段性成果逐年更新。

#### （五）製造業氣候變遷影響評估

氣候變遷衝擊於行業別之具體產業災損，雖尚無法以統計數據呈現，但觀察近年全球氣候災害對企業於原物料需求、產品市場銷售、

資源使用技術提升等影響，因各產業不同之生產及物流特性，其造成企業營運與獲利變化是肯定的，其間也透露出，如企業可充分準備，更可趁勢掌握商機並獲取利益。

如 2011 年 1 月歐洲大雪造成聖誕節買氣下降，即造成我國宏碁電腦銷售不如預期理想而影響營收；但同時間，華碩電腦卻可因存貨控管得當、零組件跌價、以及加入其他代工廠，而有效降低了生產成本，使營收未受影響。另外，2011 年 11 月泰國水災，因沖垮全球硬碟供應鏈及造成本田汽車(Honda)零件停止供應，亦造成我國筆電產業即面臨硬碟價格翻倍上升而於市場大量掃貨，台灣本田更無奈宣布暫時停產而黯然停產退出農曆過年期間銷售市場。

## (六)營造業氣候變遷影響評估

由於天災來臨時，交通、電力中斷對經濟活動帶來很大的衝擊，就營造業而言，暴雨及颱風降雨量增加，交通、電力中斷將影響工作天數、工程進度及工程品質並增加成本，如果更嚴重暴風雨，可能破壞土木、建築主體，造成人員、財務損失。另外氣候變遷衝擊原物料供應，建材成本提高，營造業取得工程標案後也會增加成本、降低利潤，甚至工程中斷影響完工期限等。全球面臨氣候變遷之問題，對營造業影響衝擊很大，回顧這十年來，已經多次出現百年難得一見的破紀錄極端氣候現象，面對災難的常態化，政府有必要在風災、雨災的表象之外，檢討更深層的意義。

## 2.3 課題分析

### 2.3.1 能源供給氣候變遷調適課題

我國能源供給系統若遭受氣候變遷之衝擊而造成損害，不但將造成產業嚴重傷害，更將影響人民生活品質。因此，必須充分掌握氣候變遷對能源供給的影響，以及能源供給系統的脆弱度，然後提出適當的調適措施以降低甚至避免損害。歸納來說，能源供給之氣候變遷調

適的課題包括：

### 一、因應氣候變遷趨勢改變及極端氣候事件，強化能源調度及防護體系

氣候變遷下除了造成氣候特性改變，也造成極端氣候災害發生可能性增加，我國現階段能源系統在不考量氣候變遷因素情況下，其安全防護體系大致滿足以下三個條件：

- (一)可透過能源調度，解決部分設施異常或損壞之能源供給。
- (二)可透過安全存量／備載容量，在一定範圍內滿足能源供應。
- (三)若不幸發生事故，仍可藉由分區調度，避免系統性災害。

然由於氣候變遷下之極端氣候事件發生的災害型式是多變的，可能是局部型／全面型／複合型的災害，其對於現有能源供給設施（發電廠、輸配電線路、油氣煉製、輸送管線等設施）之興建、操作、維修，乃至於緊急應變設備、相關公用設施、所在區位之公共建物與設施的安全防護，造成某一程度的威脅，故有必要因應氣候變遷所導致的能源災害，構築新的安全防線，以保證能源供應系統在氣候變遷條件下，仍能維持能源供應之穩定運作。

為此，能源設施的防護體系，必須針對氣候變遷可能發生的情境，預先做好系統的調度準備，包括因應各種災害風險之調適管理計畫，以及考量能源供需平衡情況下，包括能源密集產業(如石化產業及鋼鐵業)、其他產業部門(包括電子、通信、光電等對電力依存度較高之產業)之可能影響。至於服務業部門及住宅部門，則由於夏季尖峰用電造成的供需不平衡問題，是否會因溫度上升而更加惡化，亦為電力系統運作之重要課題。

另外，針對氣候變遷下之高風險能源設施，其既有之防護標準是否能因應氣候變遷之衝擊，是否須進一步強化或由能源調度方式來保證能源供應不受影響；而既有之系統運作模式，是否須因應氣候變遷趨勢而進一步強化或修正，亦為關切之重點。

## 二、系統化調適策略因應方案之精進

能源供應系統乃國家社會發展的基礎，我國能源業務部門經過幾十年的努力已建立台灣本土的能源供應體系(包括供電、供油、供氣等)。

能源供應系統包括儲存、轉換(煉製)、運輸與配送所組成複雜系統，運輸系統可透過調度運作形成輸送回路，配送系統則以放射方式供應至用戶。因此，能源供給系統的調適處理方式按照系統的特性，可分成整體系統面、設施面與局部區域面範疇，其處理方式如下：

(一)整體系統面調適：以供電系統為例，整體系統面係由初級能源、發電廠、輸(變)電等能源設施所組成，系統內某一設施發生災害時，將造成電網系統內回路之負載損失，故設施災害區位與實際影響用戶區位會因系統回路特性而有所不同；反之，其處理方式亦以系統回路為基礎，在電網內調度發電、輸電設施來滿足系統內電力之需求。

(二)設施面調適：依據整體系統面內的高風險的能源設施清單(包括發電廠、變電站、煉油廠等)，分析氣候變遷對其設施功能(發電、輸電、變電、供油、供氣等)之影響程度，分析以何種調適方式可改善設施原本之功能，或需訂定那些緊急應變措施，以避免設施功能損害。

(三)局部區域面調適：局部區域面主要是解決配送系統的問題，範圍從配送設施(配電站、油庫、供氣中心等)到用戶間所構成的放射性網路，由於不同配送區域乃分屬不同的配送系統，故可以各區域為一單元，解決各區域間的能源供應問題。

(四)調適工具建立：能源領域之氣候變遷調適為較新之議題，其中首要之務為建立整體系統面的脆弱度工具，其調適工具可引進與我國能源供應系統類似國家的工具，再修正為本土化的可操作工具，包括各設施的災害暴露度、系統敏感度、系統回復能力，其中各能源設

施可先參考各主管機關之氣候相關災害潛勢資料庫，再依據現有設施本身之防護能力，評估影響能源設施功能情形下之災害暴露度，至於系統敏感度與回復能力，則考量系統網路與調度支援能力，再進行整體評估。

(五)調適與減緩的結合策略：能源領域之氣候變遷調適策略與減緩策略必須在創造雙贏方式擬定，例如建立低碳產業、低碳社區皆可降低對能源供應的依賴度，進而減少能源供應系統之風險，而能源系統的調適策略，也儘可能採取低碳方式來施作，以創造調適與減緩的雙贏。

### 三、氣候變遷之變動趨勢仍具不確定性

氣候變遷變動之趨勢受到天然因素(地球大氣環流系統)與人為因素(地球溫室效應)之直、間接及交互影響，故其預測結果與相關研究資料仍具不確定性，因此國內外的氣候變遷調適單位皆是透過不斷之研究與增加監測資料，以充分掌握氣候變遷的資訊，並修正調適策略，並以滾動式管理方式及強化監測資料，進行策略規劃→擬定策略→策略檢討→行動方案執行，以逐步強化能源供應系統之調適應力。

另一方面，我國能源依賴國外進口，應善用能源多元化之政策，以分散進口能源風險，避免因外在因素造成國內之能源供應風險。

我國能源供應體系之氣候變遷調適仍處於起步階段，如何在氣候變遷資訊不完整的條件下，提出並執行最佳的應對策略，再依前述最新之研究成果，研訂可行的行動計畫，以確保能源供應體系之安全，為本題關切之重點。

### 四、氣候變遷調適可能帶來新的商機

除了前述可能的損害外，氣候變遷亦可能帶來新的商機，其中包括能源部門因應氣候變遷調適所衍生之勞務服務、設備財物訂製需求，茲分別說明如次：

(一)調適服務事業：能源業者因應氣候變遷趨勢，須辨識出系統面／設施面之脆弱度、彼此間關係及發生風險之路徑與可能性，建立調適效益與經濟評估工具，據以訂定調適的優先順序。此部分勞務服務需由專業廠商及研究單位協助，逐步強化系統本身之調適能力，強化之方法與順序。同時因應溫度上升導致能源效率降低及尖峰能源需求升高之情境，亦須重新檢討及預估未來能源需求，故本項工作可促進我國調適服務之產業商機。

(二)調適設備事業：能源業者因應氣候變遷趨勢，可投資於技術性調適措施，以降低能源設施的脆弱度及(或)加強災害後的恢復力。例如部分氣候變遷災力不足之設備，可藉由能源設施之定期或不定期的保養與安全檢查，進行相關設備的更新，並改善相關設施，包括相關變壓器、防水閘門、斷路器、開關設備機電設備廠商，或工程施作之營造業，皆可增加商機。

除前述衍生之服務及設備更新需求等商機外，依據蒐研國際間能源領域調適相關之科學及技術發展方向顯示，再生能源設施耐候度之強化、設施規模及選址考量等再生能源技術性調適措施之研究趨勢及案例亦愈來愈多，如改善太陽能板及風力發電機適應暴風及更強風速之能力。

### 2.3.2 產業氣候變遷調適課題

#### 一、區位氣候變遷調適課題

##### (一)工業區氣候變遷調適課題

依據世界經濟論壇(WEF)所公佈之 2010 年「全球競爭力排名報告」，於 139 個受評比的國家中，我國排名第 13 名，經濟實力表現亮眼。我國產業一旦受氣候變遷衝擊，不但將造成我國經濟嚴重受挫，更將影響人民生活與國家競爭力。目前我國工業區已陸續面臨水資源不穩定及淹水等災害，並造成嚴重損失，且尚有多處工業區臨近海岸地區，屬未來海平面上升後之脆弱區位，因此為掌握產業對氣

候變遷衝擊的影響與脆弱度，並加強協助產業建立調適能力有其必要。然基於產業發展角度，危機即為商機，因此於未來氣候變遷衝擊之因應中，亦有必要持續掌握相關新產品及服務市場之發展，透過政策工具及補助措施之導入，協助產業發展氣候變遷調適新產品或新服務，持續保有我國競爭力。

綜合歸納相關因應措施及發展，可初步歸納工業區面臨課題如下：

1. 脆弱度評估工具及調適技術之引進
2. 建置工業區資料庫，如基本資料、災害統計等。
3. 強化工業區調適能力，如建立早期預警系統及緊急應變體系、進行教育訓練、導入保險制度及災害復舊貸款等。
4. 建議由水資源及管理領域推動與建立工業區貯水、節水、備用水源、新興水源等。
5. 依據全國一致之氣候模擬評估結果，針對設廠位置、廠房、設備、防洪等相關法規進行研修。
6. 新產品及服務市場之研究與發展。

## (二)加工區氣候變遷調適課題

近來我國經濟持續成長，產業一旦受氣候變遷衝擊，不但將造成經濟嚴重受挫，更將影響人民生活與國家競爭力。目前楠梓園區雖面臨水資源不穩定影響；惟自來水公司已同意積極多元開發水源措施（如伏流水、鑿井及增設抽水站、淨水場），以確保日後高雄地區穩定供水；另尚有3處園區臨近海岸，屬未來海平面上升後之脆弱區位。因此，掌握氣候變遷對產業之衝擊影響與脆弱度情形，並加強協助產業建立調適能力，有其必要。綜合前述因應措施及發展，歸納加工區需注意之課題如下：

1. 脆弱度評估工具及調適技術之引進與建立。
2. 輔導廠商貯水、節水、備用水源等之推動與建立。

3. 建立早期預警系統及緊急應變體系。
4. 改善供電品質之穩定度。

### (三)自由貿易港區氣候變遷調適課題

近來我國經濟持續成長，產業一旦受氣候變遷衝擊，不但將造成我國經濟嚴重受挫，更將影響人民生活與國家競爭力。目前各自由貿易港區雖均未曾發生重大災害，但為防範於未然，有必要針對水資源保護、電力穩定供應與防範水患等三大防災方向，控制產業對氣候變遷衝擊的影響與脆弱度，並加強協助港區事業建立調適能力。綜合相關因應措施及發展，歸納自由貿易港區需注意之課題如下：

1. 脆弱度評估工具及調適技術之引進與建立。
2. 輔導廠商貯水、節水、備用水源等之推動與建立，並積極朝降低對水資源依賴之角度開發新的產品與服務。
3. 利用低耗能之製程、設備改善製程或服務，以減少對電力之依賴。
4. 建立多重電力迴路與設置緊急發電機組，減少因停電帶來對港區事業之災害與衝擊。
5. 對於建築物加強水土保持，與構建良好之排水系統，對忌水貨物應置放高處，低窪地帶應設置抽水馬達備便。
6. 透過區域聯防概念，結合港區相關事業單位建立早期預警系統及緊急應變體系。

### (四)科學園區氣候變遷調適課題

科學工業園區受氣候變遷影響之脆弱度，由表 2.23 災害統計結果可知，電力穩定供應為新竹科學工業園區需積極面對之調適課題。

## 二、行業別氣候變遷調適課題

### (一)商業氣候變遷調適課題

我國因應全球溫暖化新產業之發展現況，以及規劃我國未來推動與發展地球暖化新興產業之策略，勢必需針對我國現有之相關產業架構進行研析及彙整，此部分主要的課題包括：

1. 氣候變遷之產品及市場未來環境推估：  
經由未來情境模擬分析，探討未來低碳產業發展趨勢、重點產業及所帶來的新產品及服務市場發展。
2. 低碳產業環境建構：  
建構低碳產業環境，包括低碳行銷人才培訓、產品推廣宣導、建構低碳環境觀念。
3. 低碳產業產值推估：  
未來低碳產品及服務市場發展產值推估。
4. 企業節能減碳實質效益分析：
5. 建立能源價格變動通報及應變資訊系統，即時提供產業經營影響預警通報。
6. 舉辦能源產業調適能力教育訓練、說明會與座談會。

## (二)觀光產業氣候變遷調適課題

由於暴雨及颱風增加，影響觀光景點遊客安全，更嚴重之風雨，甚至破壞觀光設施。應採行措施如下：

1. 相關法規之修訂：交通部（觀光局）修訂「獎勵觀光產業升級優惠貸款要點」，輔助觀光產業因應地球環境及氣候變遷所進行之軟硬體設施改善工作，給予業者實質協助，以提高觀光產業改善意願。
2. 由觀光局各國家風景區管理處就轄管區域各觀光景點確實執行設施維護巡邏勤務計畫，以因應氣候變遷造成風雨因素對施安全之影響，並加強對遊客提供因應氣候變遷之環境脆弱度宣導。

## (三)金融服務業氣候變遷調適課題

## 1. 銀行業

### (1) 貸放前將氣候變遷列為徵提擔保品評估因素

銀行辦理授信業務，係綜合審查借款戶之信用條件、資金用途、還款來源、債權保障及未來展望等5P原則辦理，其中有關債權保障部分，於徵提不動產、動產或權利為擔保品時，大都會衡酌整體性、可靠性及銷售性等因素作專業評估，對於高風險地區(如坡度較大之山坡地、河川地)、國土保育區、水資源、天然災害及其他資源保育區土地、或地處偏僻、處分困難等不適合作擔保品者，不宜徵為擔保品或以不計押值加強擔保方式承作為原則。

台灣位處於地震頻繁之地帶，地震帶涵蓋範圍廣泛(包括都市區域內)，擔保房地廠房設備等無可避免位於地震帶範圍，為降低承作風險，銀行業針對該等房地廠房設備等授信案件，藉由向產物保險公司投保地震險方式轉移部分風險。

### (2) 貸放後並將透過債權之管理，定期評估擔保品價值及採取相關補救措施

銀行業一般對所提供擔保之不動產、動產，會依案件性質酌情定期或不定期(至少每一年)勘查其保管、保養及使用情形，以掌握擔保品之現況。

在補救措施方面，部分銀行會於相關授信約據條文中，載明擔保物滅失、價值減少或不敷擔保債權時，銀行得以合理期間通知或催告借款人後，隨時減少借款額度或縮短借款期限，或視為全部到期之條款。

綜上，銀行業辦理授信業務，透過事前之徵信及事後之貸後管理，將氣候變遷列為考量評估因素，將可降低其受氣

候變遷受衝擊之程度。

## 2. 保險業

金管會為提供保險業建立風險管理機制所需之實務參考，並協助保險業落實風險管理，以確保資本適足與清償能力，健全保險業務之經營，業責成中華民國產物保險商業同業公會及中華民國人壽保險商業同業公會訂定「保險業風險管理實務守則」，要求保險業須於99年底全面落實，且將自明（100）年起列為本會依法實地查核之項目，其中並需將巨災風險納入風險管理機制，定期檢視在假定之巨災事件或情境下，各種保險商品之風險累積效應與公司風險限額之關連性，並評估公司風險資本是否滿足巨災風險資本需求，已具有一定程度之風險評估與分析效果。

### （四）中小企業氣候變遷調適課題

我國中、小企業主要為製造業及服務業，因此初步之中、小企業氣候變遷調適課題，可參考製造業與服務業相關之評估分析，未來將依據「中小企業因應氣候變遷衝擊與調適策略規劃」行動計畫之階段性成果逐年更新。

### （五）製造業氣候變遷調適課題

基於產業發展角度，危機即為商機，因此於氣候變遷衝擊之因應中，有必要協助業者充分掌握調適議題與認識風險，透過資訊提供、政策工具及補助措施之導入，協助產業加強調適新產品或新服務之研發，以搶攻新市場與商機。綜合歸納相關因應措施及發展，初步歸納各行業別於調適面臨課題如下：

1. 引進行業別脆弱度評估工具及調適技術
2. 建立企業調適能力，如掌握相關資訊、認識調適議題與風

險、規劃企業調適措施等。

3. 強化既有產品與技術於調適領域之應用。
4. 加強新產品及服務市場之研究與發展。

## (六)營造業氣候變遷調適課題

全球面臨氣候變遷之問題，對營造業影響衝擊很大。營造業為一般傳統產業，其經營型態屬於勞動力密集且固定模式，國內業者多數為小型經營型態，僅少數具有永續經營之理念。且營造業非屬行政院核定之十大重點服務業、六大新興產業及四大智慧型產業部分，如何尋找出最經濟、最省能源、最安全、最快速及對環境衝擊影響最低的工法、技術及材料，亦應由政府部門、學術界及營造從業人員共同尋求解決。尤其，在競爭日趨激烈的營建市場，我們認為只有創新的技術、創新的工法、研發新的建材及到位的專案管理能力才有競爭力，也才能獲得較佳的利潤。營造業者應可以整合所長共同研發，共享研發成果，降低研發成本，提升競爭力，共創多贏局面。

因應氣候變遷的最主要課題就是調適，尤其關注公共設施和基礎建設的調適，而且不只是落後國家，對先進國家也是必須嚴肅面對的問題。所謂基礎建設與營造牽涉的範圍相當廣泛，近年來積極被推廣的智慧綠建築與永續建築，就是重要產業之一，深受企業與各國政府的重視，藉由政府所主導的老舊社區建築的全面更新、節能建築的推廣、以及都市機能的強化，未來數十年將能夠提供營建業更大規模、更穩定的商機，並且創造許多就業機會。

目前歸納營造業調適面臨課題如下：

1. 配合產業創新條例，營造業購置自動化設備或技術及防治污染設備或技術時，可以申請適用投資抵減稅額規定。以鼓勵業者加強研發新技術、新工法，以降低氣候變遷所帶來之衝擊。
2. 協同相關單位建立建材成本價格變動通報及應變資訊系統，即時提供產業經營影響預警通報。

3. 舉辦營造業氣候變遷之調適能力教育訓練及說明會等。