

# 台灣電力公司因應全球暖化之減碳策略- CCS 技術發展

■ 台灣電力公司營建處地質組 組長 焦中輝  
 ■ 中興工程顧問社防災科技研究中心 正研究員兼組長 邵國士  
 ■ 中興工程顧問社防災科技研究中心 助理研究員 王順民  
 ■ 中興工程顧問社防災科技研究中心 副研究員 李易毅

## 摘要

為因應溫室氣體增加造成全球暖化與氣候變遷所帶來之衝擊，世界各國紛紛研擬溫室氣體減量目標，欲透過適當使用石化能源之配套措施、擴大再生能源利用、提高能源利用效率、降低能源密集度及碳捕獲與封存等手段進行減低二氧化碳排放量。

有鑑於全球唯一約束溫室氣體排放的條約《京都協議書》於 2012 年 12 月 31 日到期，乃於 2012 年 12 月在杜哈(Doha)舉辦之第 18 屆聯合國氣候變遷會議《UNFCCC-COP18》，將以「第二減排承諾期」形式延長京都協議書效期。新效期 2013 年 1 月 1 日生效，至 2020 年底結束，並以 1997 年所訂立之溫室氣體減排規定為基礎，延長至 2020 年執行。

根據 IEA 能源技術展望(2010)指出，全球至 2050 年時，各種溫室氣體減量方案中，以二氧化碳捕獲與封存(CCS)為單一技術方案中減碳貢獻最高者，效益可達 19%。二氧化碳地質封存係將超臨界狀態(Supercritical state)之二氧化碳灌注至深部地層，藉由構造封存、殘餘

封存、溶解封存及礦化封存等四種封閉機制，迫使二氧化碳能成功的封存在地底深層，並隨時間進程逐漸提升其安全性。此為二氧化碳地質封存之重要內涵。

因此，參照國際先進國家 CCS 之技術發展及依據我國政府訂定之減碳策略，台灣電力公司擬定二氧化碳捕獲與地質封存技術研發與商業發展之 Road Map，俾善用台灣具有 CO<sub>2</sub> 封存潛能場址，積極發展 CCS 技術，除能實質有效達成減碳目標外，亦能培植發展出台灣之新興產業。

## 一、前言

在大部分的人類歷史中，地球氣候之變化是緩慢而長的(從數百年到數百萬年)，且多肇因於地球本身之自然環境變遷(Milankovich cycles)。然而今日，人類活動開始逐漸頻繁，以致持續且迅速的影響到人類周遭環境之氣候，造成氣候變遷逐漸脫離正常序列，使得氣候變遷速度加劇。

由聯合國環境署和世界氣象組織在 1988 年成立的「跨政府氣候變遷小組」(IPCC)公佈

的《2007 氣候變遷報告》[1]中指出，近五十年來觀察到的暖化現象，極可能由人類活動所導致。報告中引用最新的科研資料指出，氣候暖化的趨勢正在加快，明顯可觀察到的現象包括：極端氣溫天氣的增多、一些地區乾旱加重、冰川融化、冰蓋萎縮、全球海平面上升等。這種快速氣候變遷所帶來的衝擊，將帶給地球生態嚴峻的考驗。

## 1.1 全球暖化與氣候變遷

19 世紀末葉時期，全球逐漸脫離小冰河期，溫度漸漸緩步上升。但是，受限於地球本身之自然環境影響，回暖的現象並非平穩而持續，其中也有較短暫的起伏。然而，近年來根據科學家的研究顯示，全球平均地面溫度在 20

世紀初上升相當快速，大約在 1940 年達到了最高溫。在 35 年之間(1905-1940)溫度大約上升了 0.6℃。1950 年代溫度明顯下降，在 1960 年左右稍為回升，但基本上低溫持續至 1980 年代初才又迅速上升。1980 年之後，其間仍有小幅度起伏，但大致上維持上升趨勢，甚至在 1995 年達到最高溫(圖 1)。另外，2008 年聯合國報告亦指出，從 2004 至 2006 年，全球冰河融化速度加快了一倍，許多科學家認為，冰河的變化是氣候暖化最明顯的指標，且根據美國國家航空暨太空總署(NASA)衛星資料顯示，環繞在北極，最厚實、最古老、最堅硬的海冰已開始融化。

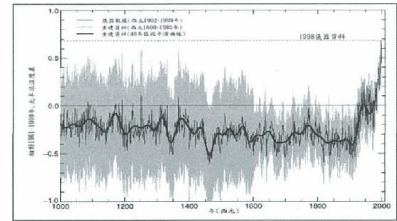


圖 1 全球氣溫變化現象(IPCC, 2007)

根據科學家研究指出，全球變暖主要歸因於地球內部吸熱的溫室氣體含量增加，溫室氣體如二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)等在大气中含量的增加(圖 2)，更多的熱源就會被捕捉存在於大气層裡，逸散至太空熱能相對的就減少了，即所謂的溫室效應(圖 3)[2]。這些增加的热會改變大气層中一連串的反应，以及大气與

海洋、陸地間的作用，而這些反應與作用的結果，也就是氣候，就會伴隨發生變化，即氣候變遷。

經過許多的研究之後，科學家已經得到一個結論，截至目前為止，對於大量的溫室氣體排放到大气中導致氣候變遷，人類活動極可能是主要原因。根據 2012 年 OECD 與 IEA 的統

計，電力與熱是 CO<sub>2</sub> 排放的最大來源，佔全球總排放量的 41%(圖 4)[3]，從工業革命開始前至今，大氣層中的二氧化碳已經增加了 32%，從 275ppm 增加到 379ppm(NOAA, 2013)，如圖 5[4]所示，大氣中之二氧化碳含量從 1960 年起至今呈現快速上升之趨勢。

這些效應改變了地球內部之大氣成份，致使內部溫度上升，造成氣候變遷，明顯可觀察到的現象包括：極端氣溫天氣的增多、一些地區乾旱加重、冰川融化、冰蓋萎縮、全球海平面上升等等。

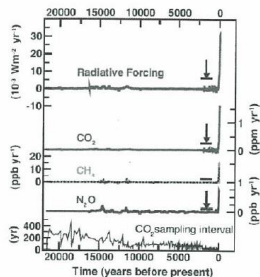


圖 2 溫室氣體含量與全球暖化關係圖

(根據圖中資料顯示，輻射熱源的增加與大氣中 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 及 N<sub>2</sub>O 之含量有密切關係。)

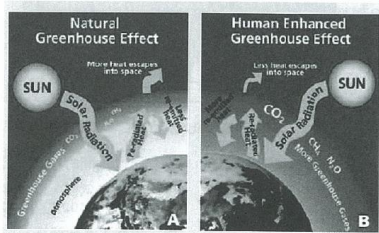


圖 3 溫室效應示意圖(Will Elder)

(左側 A 圖表示天然的溫室效應，太陽巨大的輻射熱能溫暖了地球表面和大氣，其中一大部份散逸回太空中，另一部份則被大氣中的一些氣體像保溫一樣留存下來。右側 B 圖表示受人為影響的溫室效應，太陽的輻射熱能被大氣中增加的溫室氣體捕捉而存於大氣層裡，散逸至外太空的熱源減少，造成地球大氣層內部溫度上升。)

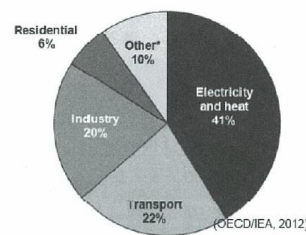


圖 4 2012 年全世界 CO<sub>2</sub> 排放組成(OECD/IEA, 2012)

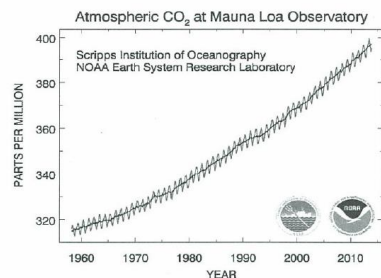


圖 5 大氣層中 CO<sub>2</sub> 含量趨勢圖(NOAA, 2013)

### 1.2 我國因應全球暖化之減碳策略

目前地球暖化所造成之劇烈的氣候變遷，此問題相當受國際正視，《聯合國氣候變化綱要公約》(UNFCCC, 1994)[5]即明文規定將針對全球溫室效應問題進行有關的管制與規範，以避免大氣系統繼續遭受破壞，危及生態環境，該公約之終極目標是將溫室氣體的含量，制定在一個穩定且不會危及大氣系統的水平。為了

使全球溫室氣體排放量達到預期水準，需要世界各國作出更加細化並具有執行力之約定。在此一背景下，《京都議定書》於 1997 年誕生了，議定書在氣候綱要公約的基礎上對於如何緩解氣候變化及如何應對氣候變化等問題做出了細化的規定和具有法律強制力的減量目標。有鑑於此，我國政府亦制定了有關溫室氣體減量之目標與期程(圖 6)，於 2020 年時將二氧化碳

碳排放量回到 2005 年水準(需降低至 252 百萬噸)、於 2025 年時將二氧化碳排放量回到 2000 年水準(需降低至 215 百萬噸)，同時亦制定了相關的減碳策略，如結合地熱能進行發電、使

用低熱源發電、推行綠色建築、生物燃料的發展、潮汐與風力發電、二氧化碳捕捉與封存(CCS)等等(圖 7)[19]，其中二氧化碳的捕捉與封存可為全球貢獻整體減碳效益之 19%。

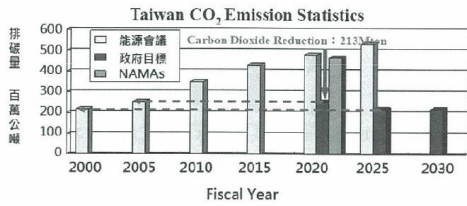


圖 6 我國政府溫室氣體減量目標與期程

(短程：2020 年時將二氧化碳排放量回到 2005 年水準；中程：於 2025 年時將二氧化碳排放量回到 2000 年水準)

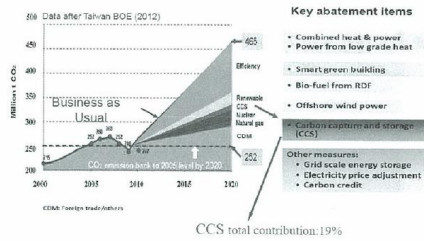


圖 7 我國政府減碳策略(BOE, 2012)

二、台灣電力公司之減碳策略

同時，台灣電力公司(以下簡稱台電公司)為台灣發電之先驅，掌管全台灣之電能運用，如前所述，電力與熱是 CO<sub>2</sub> 排放的最大來源，

發電的同時亦會產生大量之溫室氣體，為落實政府減碳政策，配合全球之減碳目標，台電公司亦制定了溫室氣體減量策略(圖 8)，包含二氧化碳捕捉及封存技術發展(CCS)、造林及綠

化、電力供應管理、輸配電系統改良等；其中二氧化碳之捕捉及封存可為減碳帶來極高的效

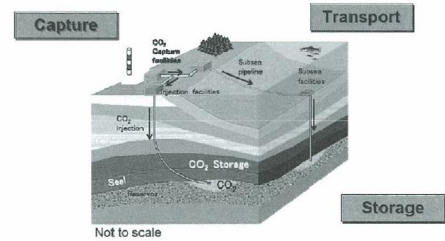
益。因此，台電公司將 CCS 技術列為重點發展項目。



圖 8 台灣電力公司溫室氣體減量策略

所謂 CCS 技術，係指將 CO<sub>2</sub> 從大型發電廠、鋼鐵廠、化工廠等排放源分離收集起來，將 CO<sub>2</sub> 捕獲後，以管線將加壓成液態的 CO<sub>2</sub> 運送至陸上或海域之注儲場，再將其注入地表下(或海床下)至少深於 800 公尺的高孔隙岩層內(如砂岩)，達到 CO<sub>2</sub> 減量目的。目前世界已有

數個商業運轉的 CO<sub>2</sub> 地質封存實例。如於挪威外海的 Sleipner、Snohvit 二油氣田，以及阿爾及利亞的 In Salah 氣田，其生產的天然氣含有大量 CO<sub>2</sub>，石油公司將產出的 CO<sub>2</sub> 分離、純化後，再將其灌注於較淺的鹽水層砂岩中(圖 9)。



Carbon Dioxide Capture and Storage

圖 9 二氧化碳地質封存模式



三、台灣電力公司之CCS發展概況

根據統計資料顯示，台灣的火力發電廠為主要之 CO<sub>2</sub> 的排放源，約佔台灣 CO<sub>2</sub> 總排放量之 26%，其中又以台中火力發電廠為最高，排名全球第一(CARMA, 2009)(圖 10)[6]，有鑑於

此，台電公司為減少燃煤火力電廠 CO<sub>2</sub> 排放問題，於 2008 年度辦理「二氧化碳地下封存地質資料庫建置與候選場址篩選計畫」，作為台電力行減碳技術研發之第一階段工作。

● 台電火力發電廠碳排放量排名

CO <sub>2</sub> Emission Ranking	Coal-fire power Plant Name	Location	2009 Emissions (ton/yr)
1	台中	台中縣龍井鄉	36,336,000
2	興達	高雄縣永安鄉	18,245,000
3	大潭	桃園縣龍吉鄉	7,167,600
4	林口	台北縣林口鎮	3,511,500
5	通霄	苗栗縣通霄鎮	2,390,666
6	大林	高雄梓小港區	1,915,000
7	協和	基隆市	1,702,700

(http://www.carma.org)

- 依據CARMA網站2009年公布台中火力發電廠CO<sub>2</sub>年排放量，為全球第一名。
- 台電火力發電廠為主要CO<sub>2</sub>的排放源，約佔台灣CO<sub>2</sub>總排放量約26%。



台電 7 大火力發電廠 CO<sub>2</sub> 年總排放量 71 Mt-CO<sub>2</sub>，台灣 CO<sub>2</sub> 年總排放量 270 Mt-CO<sub>2</sub>

圖 10 台灣主要火力電廠位置及排放量圖

3.1 台灣適合 CCS 之區域

適合二氧化碳地質封存之地質條件，包括構造封閉、地層岩性封閉與煤層封閉。其中地層岩性封閉需有上部不透水層的隔絕效果，再配合廣闊側向延展的儲集地層形成封閉效果，如沉積盆地之深層鹽水層，此類封存構造通常具有較大封存量。

Stefan Bachu(2006)[7]曾為加拿大亞伯達省制定以深層鹽水層構造作為二氧化碳地質封存場址之篩選原則，可作為我國之參考標準，篩選原則如下：

1. 地質特性

- (1) 適合的沉積岩厚度：必須有足夠厚度且高孔隙率之封存地層，以便有足夠孔隙空間封存大量二氧化碳。
- (2) 具圍束作用的蓋岩：利用大地之圍束力使蓋岩層中可能的裂隙閉合，以達封存效果。大地應力若為張應力區則易產生張力裂隙，形成二氧化碳滲漏管道。
- (3) 受構造運動影響少：相對少量的斷層、破碎與褶皺作用。
- (4) 具相襯的沉積層序：儲集層頂部應有封

閉性良好的蓋岩層，而儲集層內最好有砂頁岩互層之次層，如此可提高封阻效率。

- (5) 緩慢固結岩化作用：由於岩化作用會填塞減低孔隙率與滲透率，場址地層應具較低的岩化作用，如晚中新世~上新世或更新世地層。

2. 水動力與地溫機制

- (1) 封存地層深度應有利於超臨界二氧化碳狀態的壓力與地溫條件。

- (2) 封存地層應為有利於超臨界二氧化碳狀態之流體系統，即深度、區域尺度、流向等均適合於二氧化碳地質封存之成熟穩定型盆地。

參考上述二氧化碳封存場址篩選原則，並綜合檢視台灣附近週邊地體構造條件，台灣西部海域陸棚盆地具高度二氧化碳封存潛能，故台電公司遴選出台西盆地南側作為二氧化碳封存優選場址(圖 11)[18]。



圖 11 台灣西部海域陸棚盆地構造與台電遴選之二氧化碳封存優選場址

3.2 台灣電力公司優選場址-台西盆地南側

台西盆地位於新竹-台中間海域，為孫習之(Sun, 1981)[9]所命名，係指古第三紀時竹苗

海外，被澎湖隆起、南日島脊、觀音隆起所包圍的沉積盆地。圖 12 為林殿順(2001)[8]所研究之台西盆地南側東西向震測剖面，顯示台西盆

地於前陸盆地中逐漸形成一系列向東緩傾斜之沉積地層。由此可知，台灣中部海域在晚中新世以後，構造型態就顯得非常單純，屬於大陸邊緣盆地，地層向台灣島方向加厚與加深。

圖 13 為台灣構造及地震分布圖，圖中可看到在台北盆地北側，因新竹至苗栗間之台灣斷層與褶皺變形前線西側，受到蓬萊造山運動影響，既有斷層構造以逆斷層形式再度活動，故此區斷層出現的密度較高；台西盆地南半部斷層數量明顯減少且延伸不長，研判應係位於北港之地質基盤高區阻隔來自東南方之擠壓應力，形成高區後側之屏蔽效應，故此區域地體

構造穩定。

初步評估此區二氧化碳地質封存之地層深度分布，在台西盆地內所設定的目標地層為頭料山層、卓蘭層、錦水頁岩及桂竹林層，這些地層均形成於前陸盆地時期(約 6.5 百萬年前至今)。目前國際上對於二氧化碳地質封存場址之蓋層與儲集層特性之認可條件整理如表 1[10]，以此為依據檢視上文中所設定之目標地層，初步認為可以桂竹林層中做為封存層；以錦水頁岩作為蓋層。

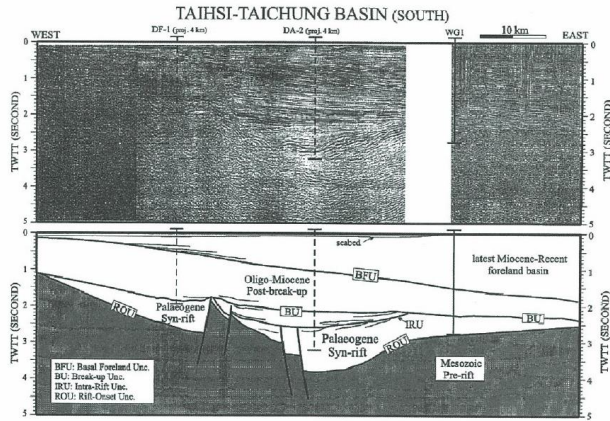


圖 12 穿過南台西盆地之震測剖面(摘自 Lin, 2001)

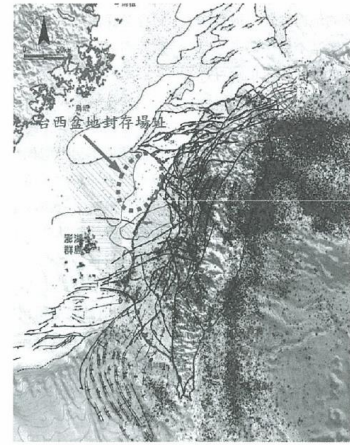


圖 13 台灣構造及地震分布圖

表 1 封存場址適宜性之關鍵地質條件指標(修改自 Chadwick et al., 2007)

儲集層特性		
	有利指標	不利指標
深度	>1,000m且<2,500m	<800m或> 2,500m
儲集層淨厚度	> 50m	< 20m
孔隙率	> 20%	< 10%
滲透係數	> 500 mD	< 200 mD
鹽度	> 100 g/l	< 30 g/l
蓋層特性		
	有利指標	不利指標
側向連續性	地層均勻、無斷層	側向變異性與斷層
厚度	> 100m	< 20m

根據前述對台西盆地的地層岩性、地質構造及深層鹽水層地質封存之基本條件要求，本節彙整各項資訊針對台西盆地之二氧化碳可封存量進行評估。一般而言，二氧化碳地質封存量最直接相關之地質參數，為封存地層的孔隙率。本段說明台西盆地目標地層之孔隙率設定資料，以供封存量評估之參考。

參考林殿順(2001)[8]所歸納之台灣西部前陸盆地地層孔隙率隨深度變化趨勢，統計孔隙率與深度之迴歸關係，分析結果顯示地層孔隙率隨深度增加而減少，此因深度增加造成地層壓密，而孔隙率也隨之減少。圖 14 為林殿順(2001)[8]所歸納之台灣西部五個沉積盆地構造區之地層深度與孔隙率關係，其中 BD1 區可作為目標場址之孔隙率參考。大致上孔隙率隨深度增加而呈指數率減少之趨勢，此趨勢不隨沉積環境而改變。

對於場址封存潛能評估方式，國際間已有諸多單位提出其評估法，如美國能源部(USDOE-2006)[11]、防止氣候變遷之國際地質封存領導者論壇組織(CSLF-2007)[12]、澳洲(CO2CRC-2008)[13]、美國地質調查所(USGS-2010)[14]、國際能源總署 IEA/EERC-2009[15]、CGSS-2010[16]、以及日本 RITE[17]等。各式評估法之基本原則不外乎考慮：儲集層體積、地層孔隙率、超臨界二氧化碳流體密度性質、地層可儲存效率等因子，然後予以乘積，即可得場址之封存量。適合台灣現況且已被國內相關單位使用的評估法為美國能源部[11]、CSLF[12]及日本 RITE[17]等三種。

由上述三種之評估法，可知二氧化碳封存量估算方法依不同尺度考量而不同；綜合而論，

封存量評估方式可歸納為：  
 封存潛能 = (可封存體積 × 二氧化碳狀態密度 × 封存效率) (式 1)

考量現階段對於台西盆地場址地質資料了解之精細度，本計畫以式 1 為基礎，但於可封存體積項下另考慮儲集層砂岩含量比率加入計算，以排除該地層所夾之無封存效果之頁岩。另於計算時，考慮場址之地溫梯度與封存深度所造成的特定狀態二氧化碳密度值，並考量深層鹽水層盆地構造之封存效率，擬定本研究之封存量評估公式如式 2 所示：

$$\text{封存量} = (\text{儲集層體積} \times \text{砂岩佔儲集層比例} \times \text{砂岩孔隙率} \times \text{二氧化碳狀態密度} \times \text{封存效率}) \text{ (式 2)}$$

綜合考量地質封存條件因素，蓋層為錦水頁岩、目標封存層為桂竹林層，設定封存深度為地表面下 800m~3,000m，利用上述公式 2 進行初步計算，並假設台西盆地可封存的地質條件與範圍，運用 GIS 系統與三維地質模型等工具，提出「GIS 單元網格法」進行台西盆地封存場址之封存量評估，封存量評估示意圖如圖 15 所示，以 GIS 將儲集地層區分為 1,000×1,000m 的單元網格，將每一單元網格面積乘以厚度即可獲得各單元網格之體積，將其加總即為儲集層之總體積，預估台西盆地之二氧化碳可封存體積約 350.33km<sup>3</sup>~212.66km<sup>3</sup>。運用 GIS 軟體之空間運算功能，將總數為 2,589 個單元網格之封存量評估因子予以乘積且加總之，利用封存量公式 2 進行計算，可獲得台西盆地場址之總有效封存量約為 60.633 億噸，單元網格之封存量分布如圖 16 所示。

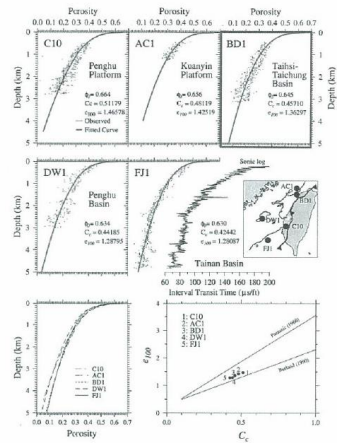


圖 14 台灣西部五個構造盆地之新生代沉積層孔隙率與深度關係曲線(摘自 Lin, 2001) (psi0 為初始孔隙率, Cc 為壓密係數, e100 為空隙比)

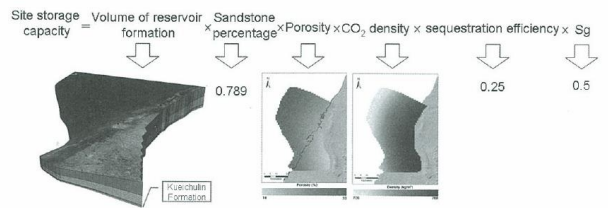


圖 15 GIS 網格化封存量計算示意圖



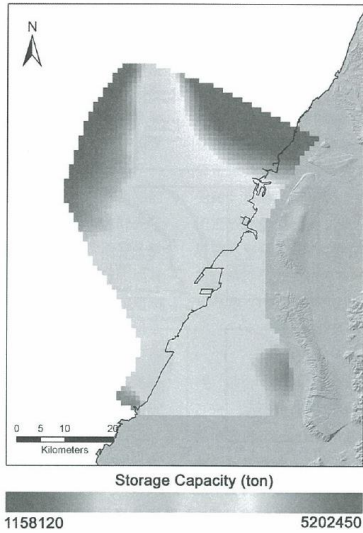


圖 16 台西盆地網格化封存量分布圖

3.3 台西盆地先導試驗場址評估工作

台灣電力公司為因應未來可能面臨之碳排放問題，精進二氧化碳地質封存技術，落實後續先導型試驗計畫，逐步建立我國自有之地質封存關鍵技術，以配合國家政策達成節能減碳及永續發展之最終目標，遂於 2010 年辦理「二氧化碳地質封存試驗場址調查規劃與研究」，以台西盆地附近之彰濱工業區，做為先導試驗場址(圖 17)，進行包括：場址地表下二

維反射震測剖面探查(圖 18)、台中大坑地區鑽探調查與新鮮岩層取樣(圖 19)、場址地表下三維地質模型建立(圖 20)、與二相流岩心試驗參數進行二氧化碳移棲模擬等(圖 21)。

另外，為更進一步了解台西盆地內目前所設定之封存層與蓋層之特性，台灣電力公司於 2012 年進行地層深鑽探計畫，以 3,000m 之地質探査井取心鑽探，確認台西盆地封存場址之地質與地層特性(圖 22)。

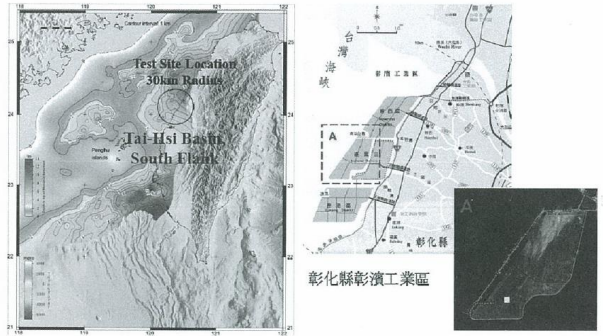


圖 17 二氧化碳封存先導試驗場址

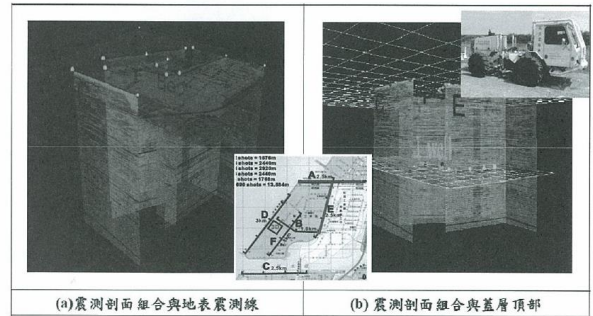


圖 18 先導試驗場址之二維反射震測剖面探查

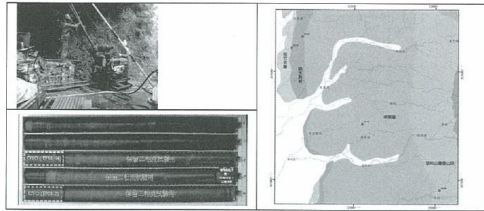


圖 19 台中大坑地區地質封存目標地層之鑽探調查與新鮮岩層取樣

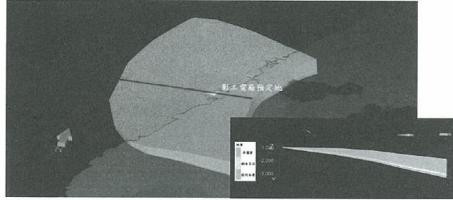


圖 20 先導試驗場址之三維地質模型建立

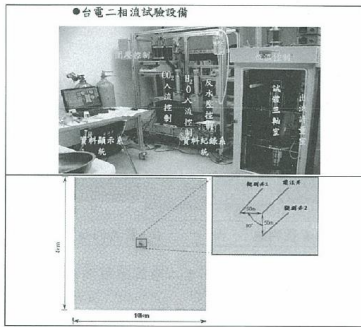


圖 21 先導試驗場址之二相流試驗設備與二氧化碳移棲模擬鑽孔布置

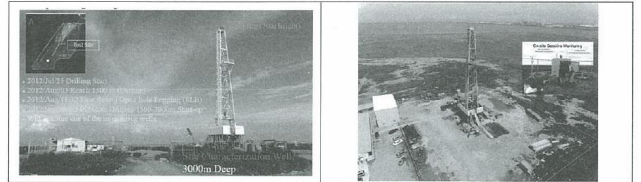


圖 22 3,000m 深井鑽心取樣地質探查工作

四、台灣電力公司與政府部門推動CCS之規劃Road Map

為因應全球氣候變遷議題並落實政府節能減碳之政策，台電公司積極推動 CCS 二氧化碳封存之技術發展，台電公司分別於民國 97、99 年度辦理「二氧化碳地下封存地質資料庫建置與候選場址評選計畫」及「二氧化碳地質封存試驗場址調查規劃與研究」等兩項計畫，作為台電公司力行減碳技術研發之第一階段工作，

以因應未來我國基載火力電廠可能面臨之碳排放問題。

另外，依據台電公司之初步規劃，2008~2017 年開始先導試驗場址遴選，場址地質條件調查、二氧化碳灌注與各項試驗之進行，2018~2020 年二氧化碳封存示範場址開始進行封存驗證，2020 年後開始進行商業化規模之封存，如圖 23 所示。

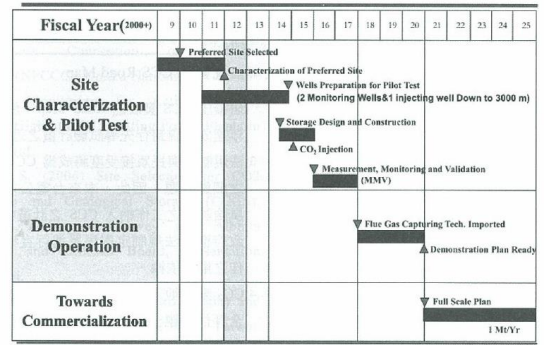


圖 23 台灣電力公司研擬之 CCS 發展進程規劃



有關我國國家減碳目標，總統宣布將 2010 年訂為「節能減碳年」，正是我國以全球最新觀點，檢視目前因應氣候變遷相關策略，啟動適合我國情需求之國家溫室氣體減緩行動 (Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMA'S)。有鑒於此，經濟部能源局 CCS 技術發展聯盟，規劃研擬 CCS 技術發展之 Road

Map，首要實施對象為火力發電廠，次要對象為石化與鋼鐵業，相關期程為 2012~2014 年建立一座小規模之 CCS 示範試驗場；2016~2018 年建立一座中尺度之 CCS 示範試驗場；2020~2021 年建立一座全載商轉機組 CCS 規劃廠；2025 年逐步達成大規模之 CCS 商轉，相關期程如圖 24 所示。

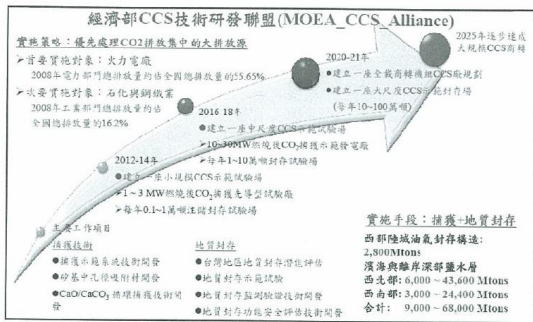


圖 24 經濟部 CCS 技術發展聯盟規劃之 CCS Road Map

五、結論與建議

1. 在溫室氣體中，CO<sub>2</sub> 對全球暖化的影響最大，其中電力與熱是 CO<sub>2</sub> 排放的最大來源。在減碳策略中，CCS 技術將成為石化燃料火力發電廠延後與發展之配套措施，CCS 在減碳發展方案中為單一技術貢獻最高者，效益可達 19%。
2. 台灣電力公司目前篩選出台灣西部海域之台西盆地作為 CO<sub>2</sub> 地質封存之優選場址，並在其範圍內臨海之彰濱工業區火力電廠預定地，作為先導試驗場址。以此場址為基礎，

- 研擬出 CCS 發展之 Road Map，預定於 2017 年達成地質封存先導試驗計畫之近期目標。
3. 法規制定與民眾接受度將成為 CCS 技術發展之關鍵問題。因此，未來台電公司應將各項風險評估之工作納入 CCS 之計畫中，以作為政府機關法規制定與民眾進行宣導和溝通工作之重要依據。
  4. CO<sub>2</sub> 灌入地下圍塊之移棲情境分析與儲存安全評估，應分別針對廠址及盆地尺度輸入各項地質參數，進行三維數值模擬。
  5. 未來為規劃進行 CCS 之捕集技術之商業運用，

可考慮導入國外發展成熟之先進技術，並同時致力於國內技術之研發。

參考文獻

1. IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
2. Elder, W. (2013) Global Warming and Golden Gate. National Park Service.
3. International Energy Agency(IEA) (2012) Energy Balances of non-OECD Countries. IEA.
4. National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA) (2013) Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. NOAA.
5. United Nations (1994) United Nations Framework Convention on Climate Change(NFCCC). United Nations.
6. Carbon Monitoring for Action(CARMA) (2009) Highest CO<sub>2</sub> Emitting Power Plants in the World.
7. Bachu, S. (2006) Site Selection for CO<sub>2</sub> Capture and Geological Storage (CCGS), Alberta Geological Survey and Alberta Energy and Utilities Board, Presentation Material.
8. Lin, A. T. (2001) Cenozoic Stratigraphy and Tectonic Development of the West Taiwan Basins, Ph.D. thesis, Univ. of Oxford, Oxford, UK, p. 246.

9. Sun, S. C. (1981) The Tertiary Basin of Offshore Taiwan, Proc. Sec. ASCOPE Conf. Exhib., Manila, Philippines, p. 126-135.
10. Chadwick, A et al. (2007) Best Practice for the Storage of CO<sub>2</sub> in Saline Aquifers, CO2STORE\_BPM\_final\_rev1.
11. The United States Department of Energy(DOE) (2006) Capacity and Fairways Sub-group - Regional Carbon Sequestration Partnerships.
12. CSLF (2007) Task Force for Review and Development of Standard Methodologies for Storage Capacity Estimation.
13. CO2CRC (2008) Generally based on the DOE methodology.
14. USGS (2010) Methodology developed for the 2009 Queensland CO<sub>2</sub> Geological Storage Atlas. Requires depth of data from Basin A probabilistic Assessment methodology for the Evaluation of Geologic Carbon Dioxide Storage.
15. IEA/EERC (2009) Summary and overview of CSLF, DOE and other methodologies, Calculation of storage coefficients in the context of the resource pyramid.
16. CGSS (2010) Methodology developed for the 2009 Queensland CO<sub>2</sub> Geological Storage Atlas. Requires depth of data from Basin.
17. 日本(財)地球環境産業技術研究機構(RITE) (2003) 平成 15 年報告，第 362 頁。
18. 焦中輝、黃連通、邵國士、李易毅、俞旗文、龔樹勇 (2011) 以地質封存方式降低我國火力電廠二氧化碳排放量之可能性探討。土木水利，第三十八卷，第六期，1-7 頁。
19. 經濟部能源局 (2012) 經濟部能源局網站。