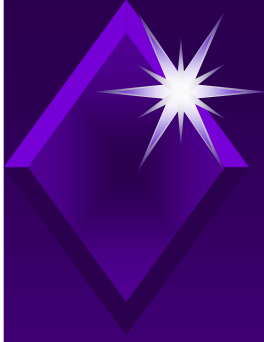


# 台灣推動二氧化碳捕獲地下 封存之初步構想

吳榮章、范振暉、宣大衡、余輝龍、吳健一、陳大麟、洪克銘

報告人：洪克銘

中國石油有限公司

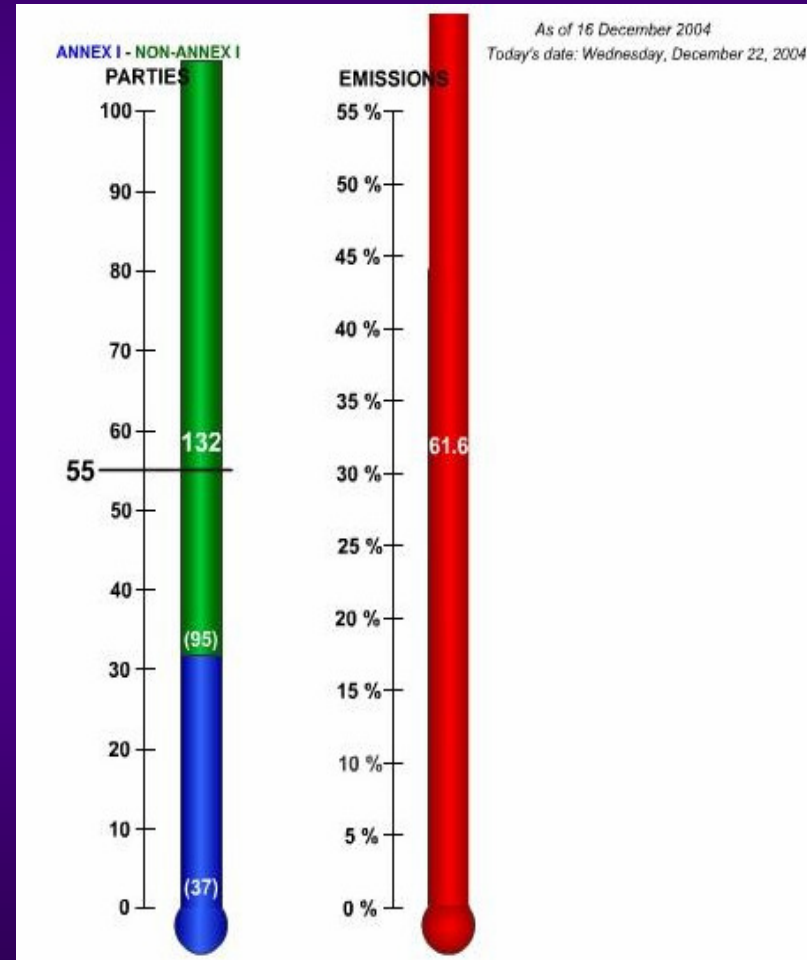


# 報告內容

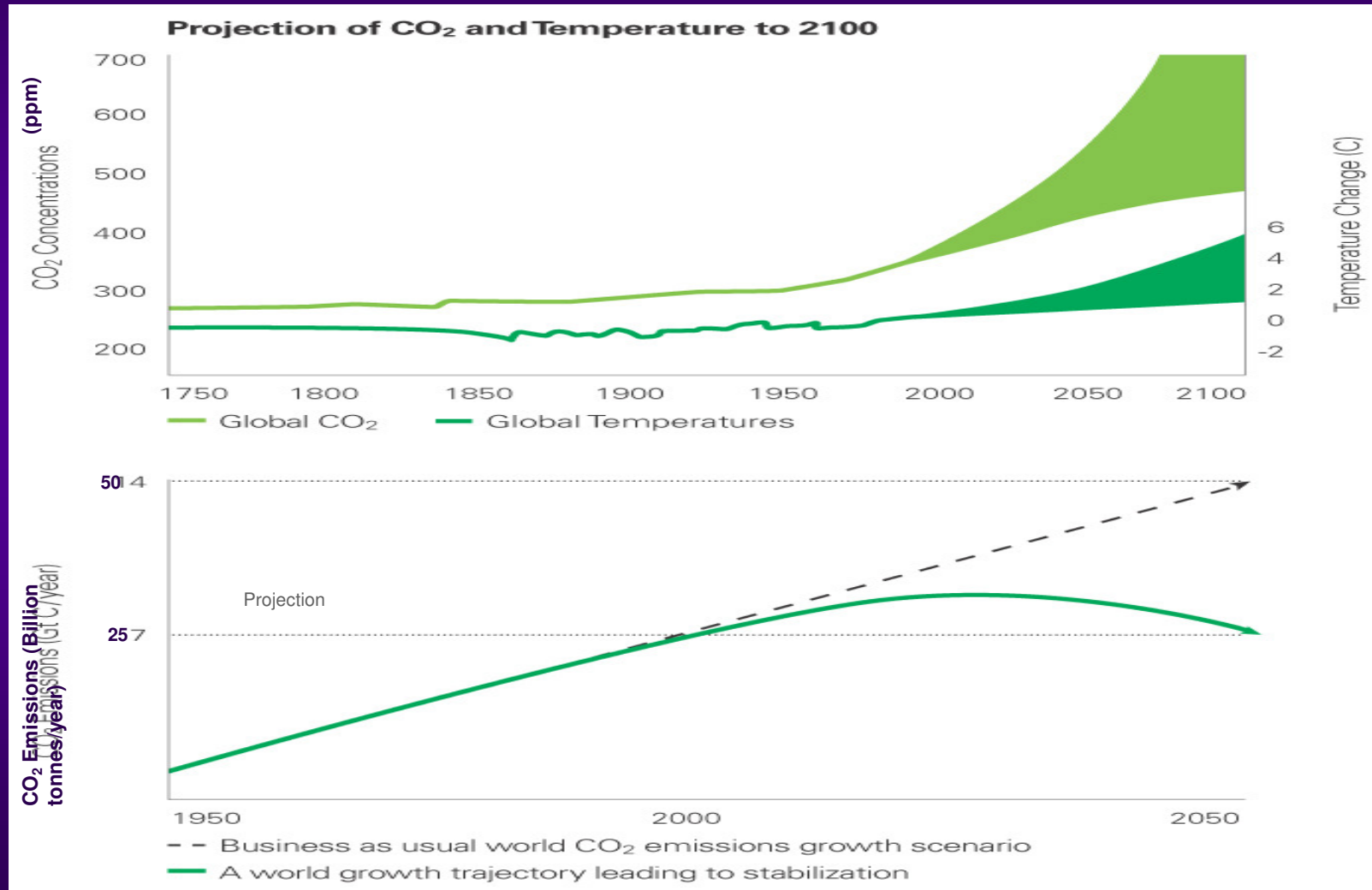
- 一、前言
- 二、台灣能源結構與CO<sub>2</sub>排放源探討
- 三、台灣地下地質分析及CO<sub>2</sub>封存國際發展現況
- 四、地下構造及水層封存國內注儲CO<sub>2</sub>之考量
- 五、台灣地下封存可行性初步評估
- 六、結論

# 京都議定書 Kyoto Protocol

- ◆ 至少55個公約締約國批准
- ◆ CO<sub>2</sub>合計量占附件一國家1990年總量至少55%
- ◆ 上述兩條件達到後第90天起議定書生效
- ◆ 132個公約締約國批准
- ◆ CO<sub>2</sub>合計量占附件一國家1990年總量61.6%
- ◆ 俄羅斯總統普汀於去年11月5日簽字批准
- ◆ 京都議定書已於2005年2月16日正式生效
- ◆ 沙烏地阿拉伯於12月20日批准京都議定書

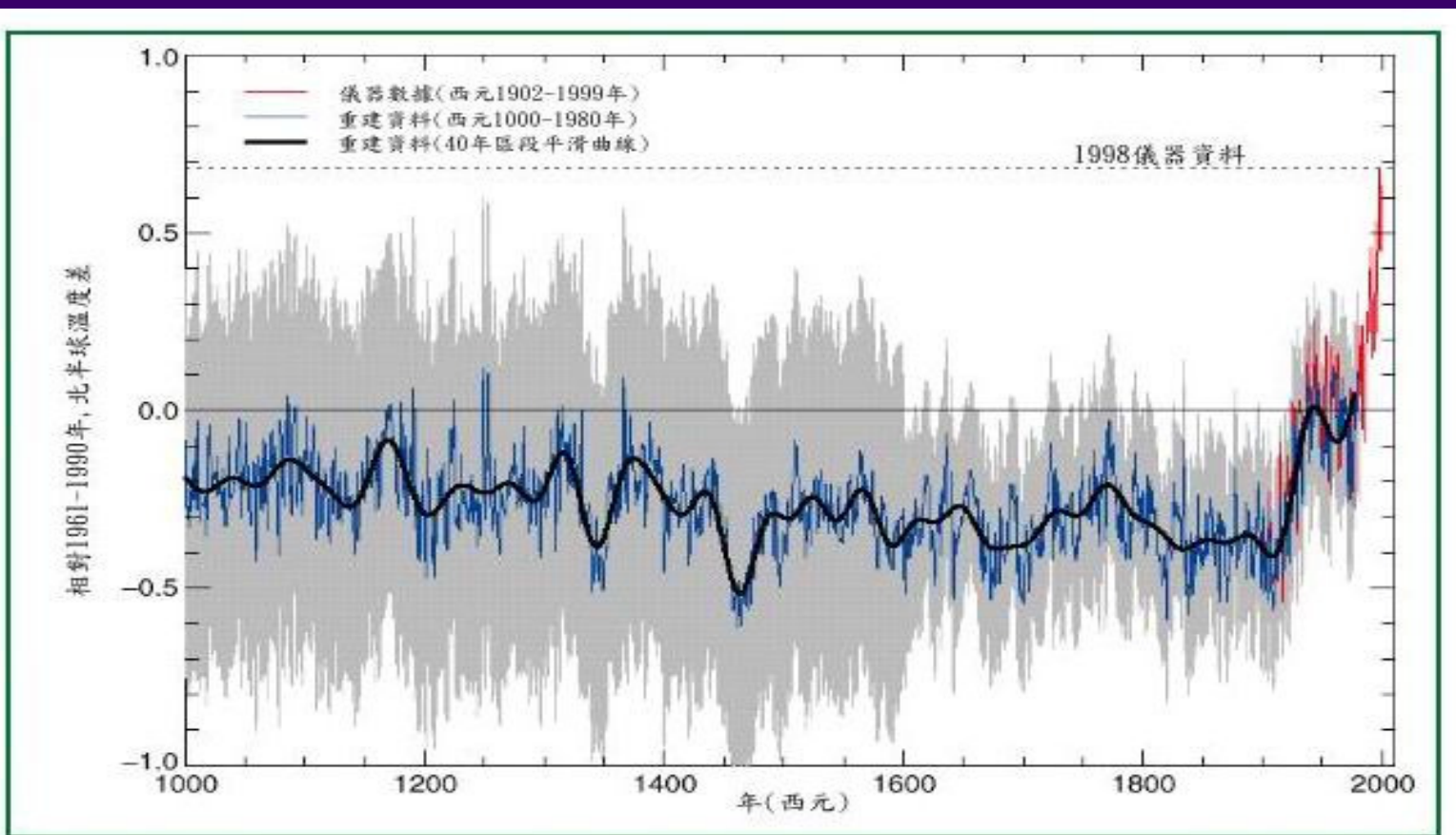


# 2100年CO2濃度與氣溫之預測



International Energy Annual 2002. US Energy Information Administration

# 地球暖化之現象

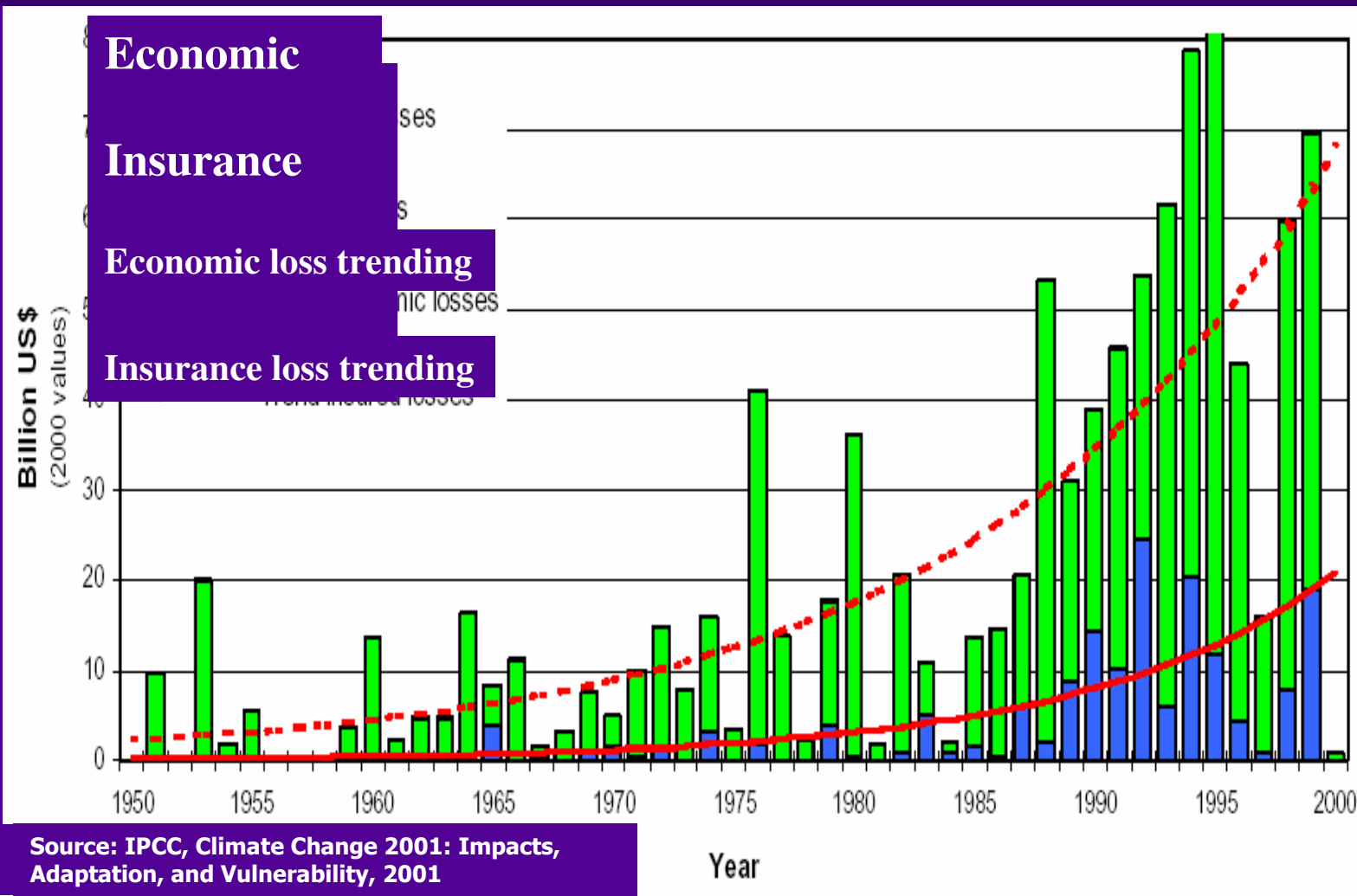


地球暖化現象---平均溫度上昇

資料來源: Technical Summary (TS), IPCC Third Assessment Report (TAR), Working Group I, IPCC

# Economic and Insurance loss Worldwide (1950-1999)

十億美元 (以二〇〇〇年幣值為基準)





## 當前處境

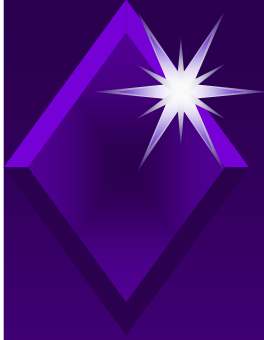
- ◆ 溫室氣體排放量達2.6億噸，約佔全球排放量之1%，全球排名為第22位。
- ◆ 產業結構高度能源依賴，1982年以來，全國能源總消費年平均成長率達6.0%。
- ◆ 出口貿易導向，進出口分佔GDP達48.9%及56.4%，貿易依存度達105.3%。



# 潛在問題

- ◆ 現有減量措施顯然不足
- ◆ 研究中之方法
  - 微不足道
  - 成本過高
  - 減量過程中產生更多之CO<sub>2</sub>
- ◆ CO<sub>2</sub>封存之需求





# CO<sub>2</sub>封存

- ◆ CO<sub>2</sub>多來自化石能源
- ◆ 『從那裡來，回那裡去』
- ◆ 符合自然生態循環
- ◆ 由發電廠著手最具經濟價值
- ◆ 兼具技術、經濟可行性



# CO<sub>2</sub>封存技術

## ◆ 捕獲

將CO<sub>2</sub>自固定排放源（例如火力發電廠、煉鋼廠、石化廠等）分離出來並予以壓縮

## ◆ 輸送

將捕獲之CO<sub>2</sub>以載運或管線輸送之方式，運送至封存地點

## ◆ 地質封存

利用地層之孔隙空間將CO<sub>2</sub>加壓灌注其中儲存，該地層之上須有不透水層（通常為頁岩）做為蓋層，以封存注入之CO<sub>2</sub>，防止洩漏或移棲至地表或較上部地層



# 電廠CO<sub>2</sub>回收及封存成本

項目	費用(US\$ D/ton)
煙道氣中CO <sub>2</sub> 回收 (Capture from flue gas)	20~60
CO <sub>2</sub> Transportation per 100 km	8~11
CO <sub>2</sub> Injection	Depleted reservoir : 0.5~3
	Aquifer (1,500m) : 2~7
Subtotal	30~78

Data Source : (1)2000年荷蘭政府(經濟部)之評估

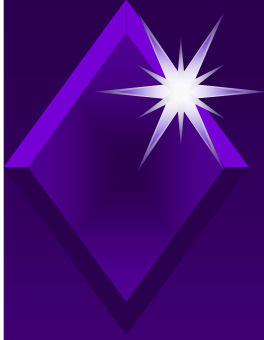
(2)2000年美國Battelle Memorial Institute之資料



# CCS各階段成本範圍

CCS System Component	Cost Range
<b>Capture: Fossil Power Plant</b>	<b>15~75 US\$ / t CO<sub>2</sub> net captured</b>
<b>Capture: Hydrogen, Ammonium or Gas Processing Plant</b>	<b>5~55 US\$ / t CO<sub>2</sub> net captured</b>
<b>Capture: Other Industrial sources</b>	<b>25~115 US\$ / t CO<sub>2</sub> net captured</b>
<b>Transport: Pipeline/Tanker/250km</b>	<b>1~8 US\$ / t CO<sub>2</sub> transported</b>
<b>Storage: Geological</b>	<b>0.5~8 US\$ / t CO<sub>2</sub> net injected</b>

資料來源：Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) CARBON DIOXIDE CAPTURE AND STORAGE (2005)



## 費用分析

- ◆ 70% : CO<sub>2</sub>收集、分離、純化及回收階段 (Capture)
- ◆ 20% : 管線運輸設施 (Transportation)
- ◆ 10% : 注入地層操作費用 (Sequestration)



表二、2003年台電電力之結構表

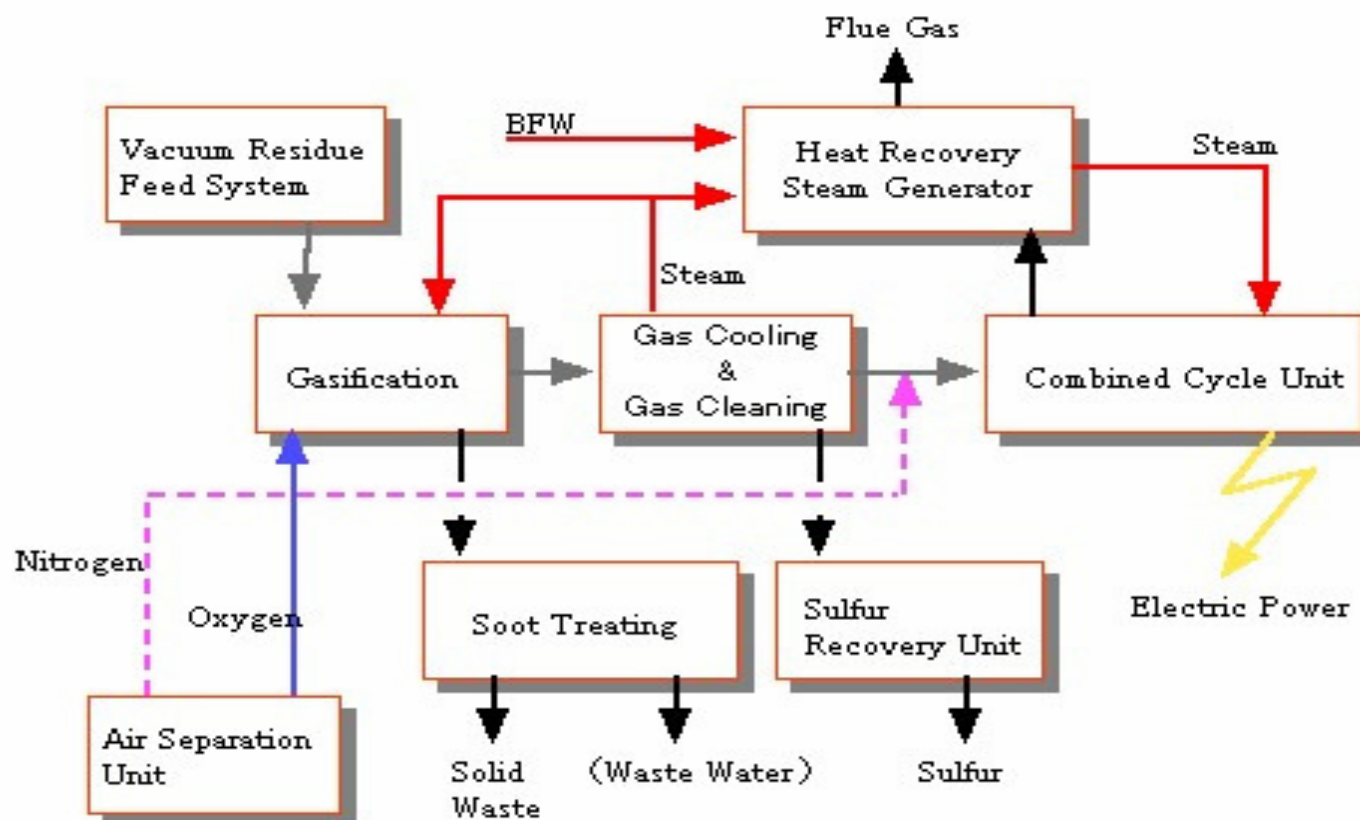
能源別	總發電度(MW)	百分比(%)
水力	6,874	4.0
核能	37,371	21.5
火力	129,566	74.5
煤	79,024	45.5
油	13,126	7.6
天然氣	27,127	15.6
氣電共生	10,289	5.9
總計	173,810	100.0



### 表三、2004年部門別能源耗用結

部門別	總能耗(KKLOE)	百分比(%)
能源部門	6,825	6.54
工業部門	52,146	49.96
運輸部門	16,082	15.41
農林漁牧部門	1,746	1.67
住宅部門	12,331	11.81
商業部門	6,245	5.98
其他部門	7,135	6.84
其他	1,865	1.79
合計	104,375	100.00

# 圖一、典型之IGCC電廠流程



IGCC BLOCK FLOW

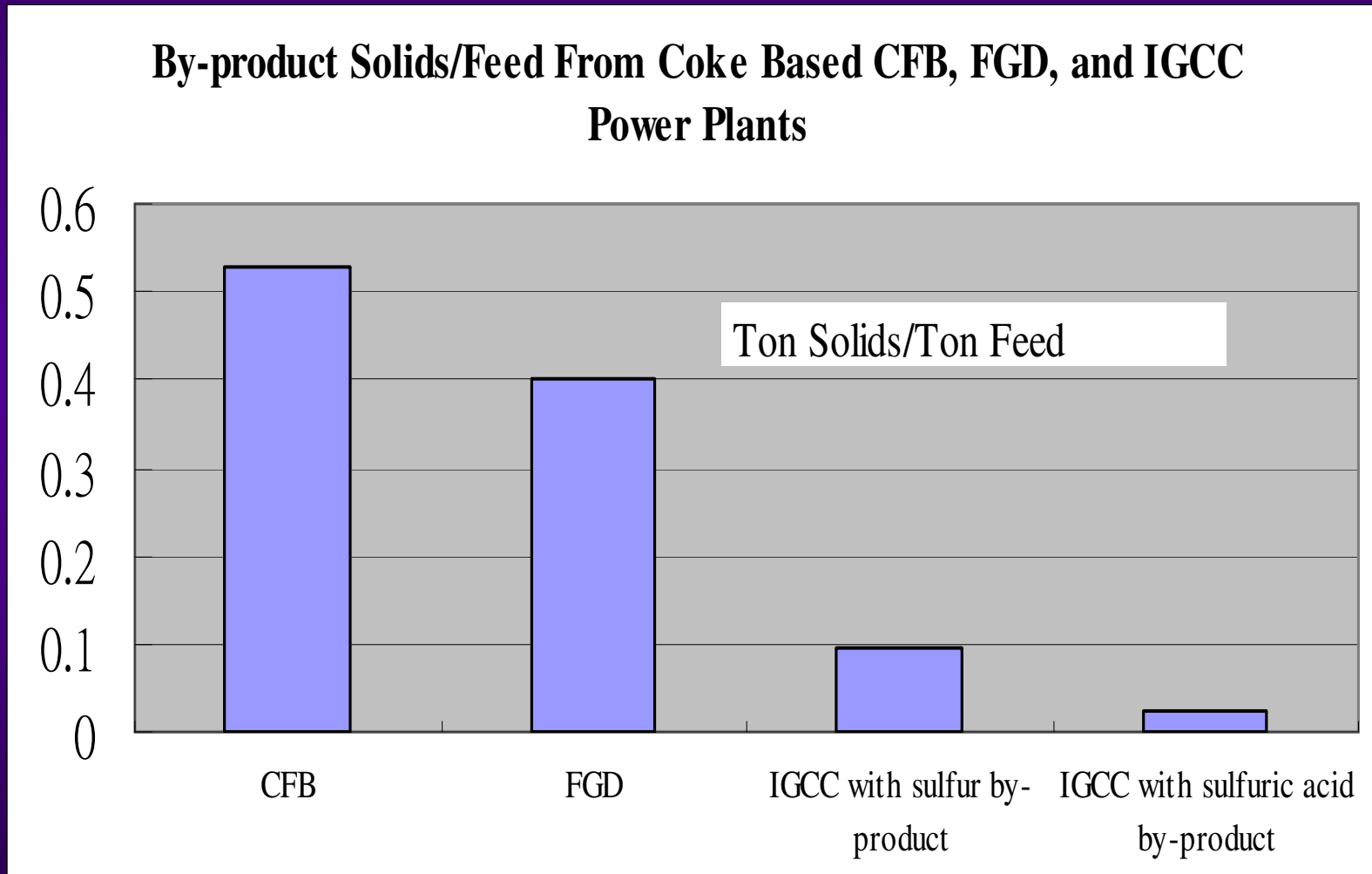




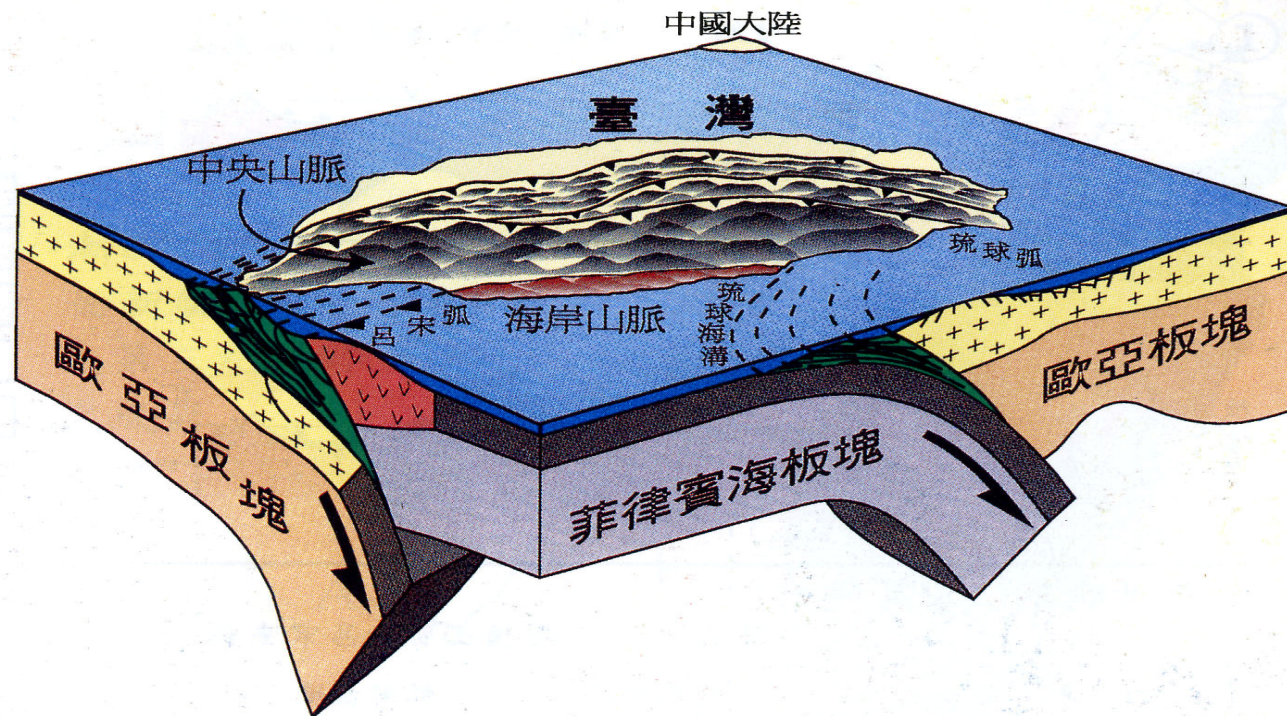
# 燃煤與燃氣發電成本比較

	排放至大氣 No	燃煤電廠CO <sub>2</sub> 部份回收封存，使排放量與燃氣電廠相同	CO <sub>2</sub> 回收90%並封存地下
燃煤 Coal fired	0.8 NT\$/kwh	1.2 NT\$/kwh	1.5 NT\$/kwh
燃氣 Gas fired	1.6 NT\$/kwh	1.6 NT\$/kwh	1.9 NT\$/kwh

## 圖二、各類電廠之固體廢氣量比較



# 台灣地質及構造受板塊碰撞控制



## 歐亞板塊

- ++ 大陸地殼
- 海洋地殼
- 增積岩體
- 上部地函

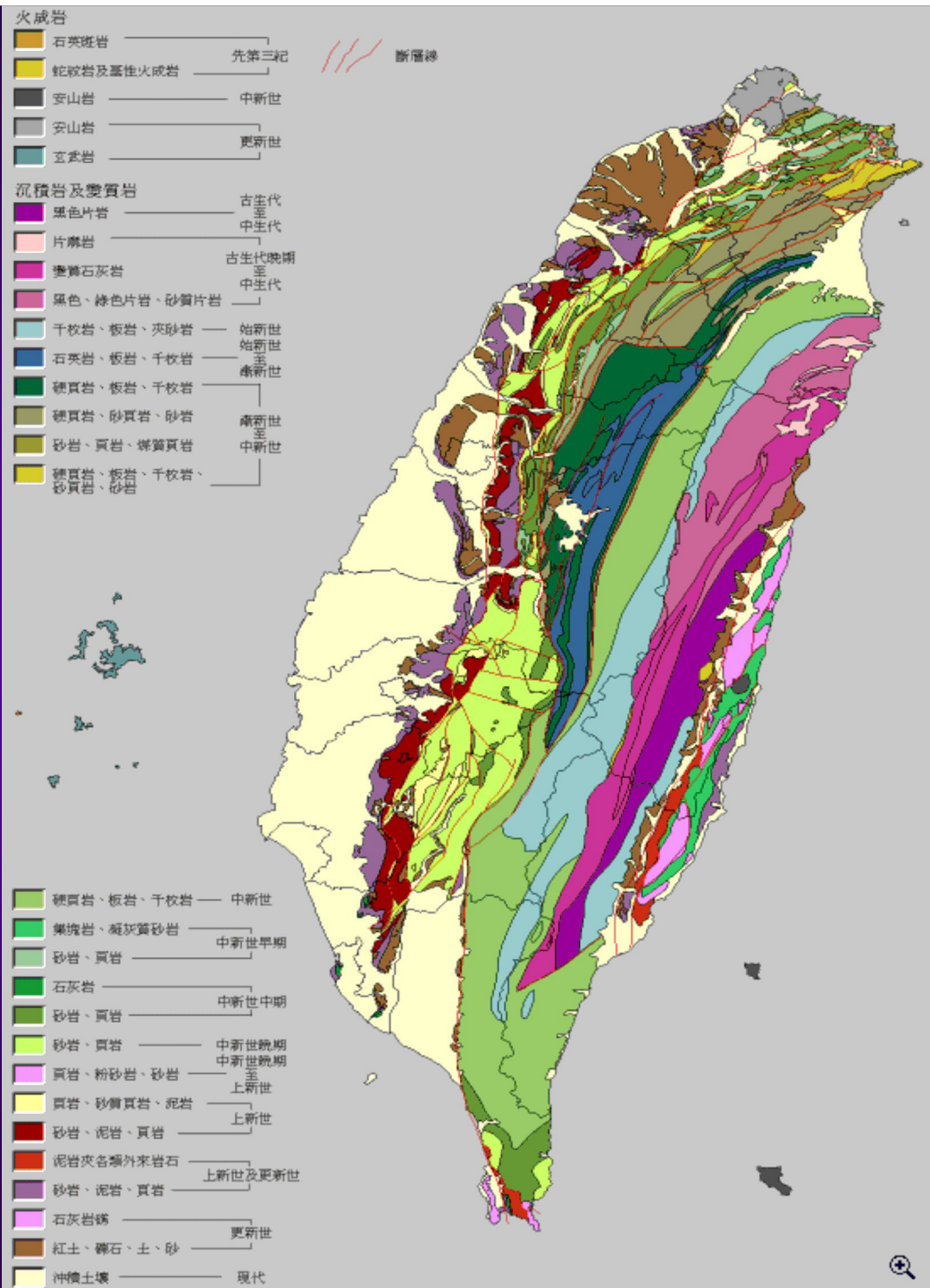
## 菲律賓海板塊

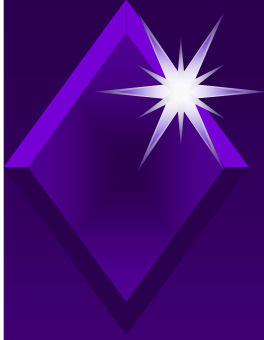
- 海洋地殼
- VV 呂宋火山島弧
- 上部地函

## 臺灣

- VV 海岸山脈(呂宋島弧)
- VV 中央山脈、西部麓山帶  
海岸平原(大陸邊緣)

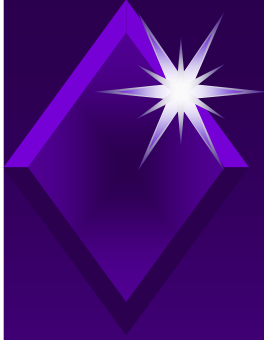
# 圖四、台灣地質及地層圖





# CO<sub>2</sub>封存之關鍵

- ◆降低捕獲成本
- ◆構造調查與潛能評估
- ◆封存後之監測



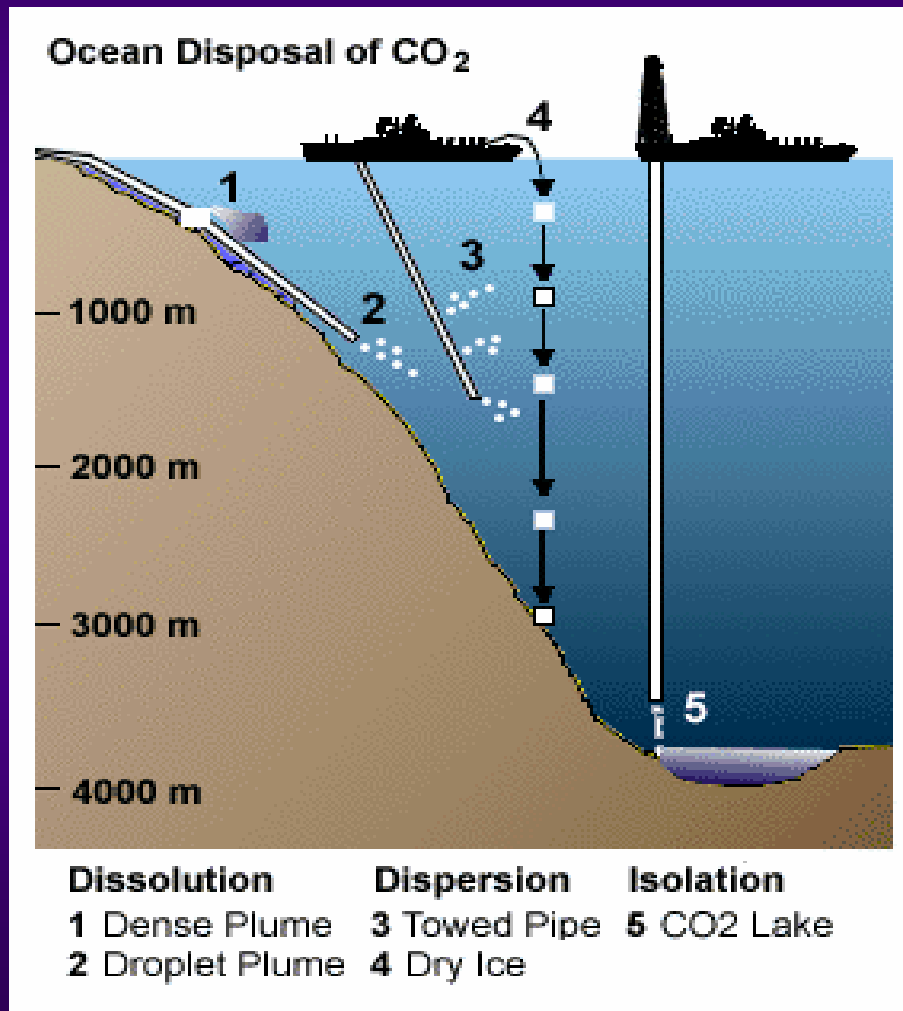
# CO<sub>2</sub>封存場所

- ◆ 海底 (Ocean)
- ◆ 廢礦坑 (Abandoned mine pit)
- ◆ 舊氣田 (Depleted reservoir)
- ◆ 水層 (Saline aquifer)

# 國外CO<sub>2</sub>地下封存潛能

Area		Potential	Organization	Remark
North Sea		約800 billion ton	BGS 英國地調所	可供儲存全歐洲之電廠800年所排放之CO <sub>2</sub>
US A	Aquifer	約500 billion ton	DOE 美國能源部	以目前全美電廠所排放之CO <sub>2</sub> 計算，可供儲存全美國之電廠約340年所排放之CO <sub>2</sub>
	Depleted reservoir	約100 billion ton		
W W	Aquifer	320~10,000 billion ton	IEA 國際能源署 Greenhouse Gas R&D Programme	
	Depleted Gas reservoir	500~1,100 billion ton		
	Depleted oil reservoir	150~700 billion ton		

# 海洋封存



- ◆ 對海洋生態，尤其是底棲性生物之衝擊尚無明確評估

Ecological impact?

- ◆ 海底地震或地層滑動造成之擾動，可能造成瞬間大量釋放，釀成災害

Catastrophic disaster caused by earthquake, landslide etc.



# 地下封存

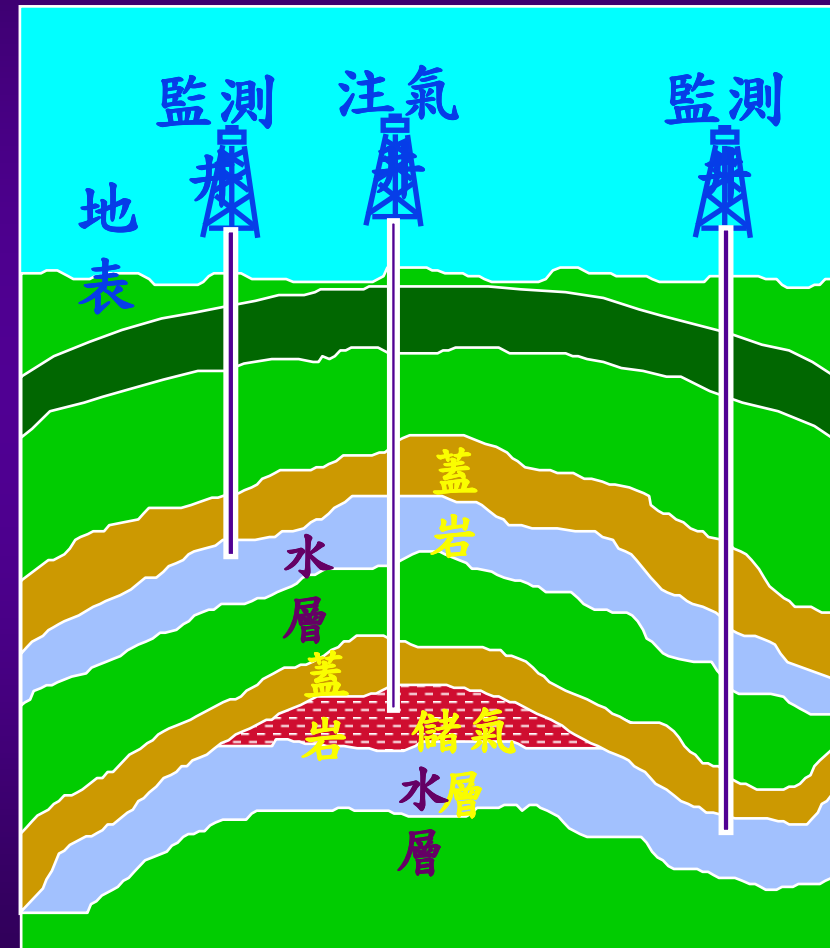
## ◆ 適當構造(Structure)

- 形貌(Type)
- 圈合面積(Closure Area)
- 深度(Depth)
- 位置(Location)

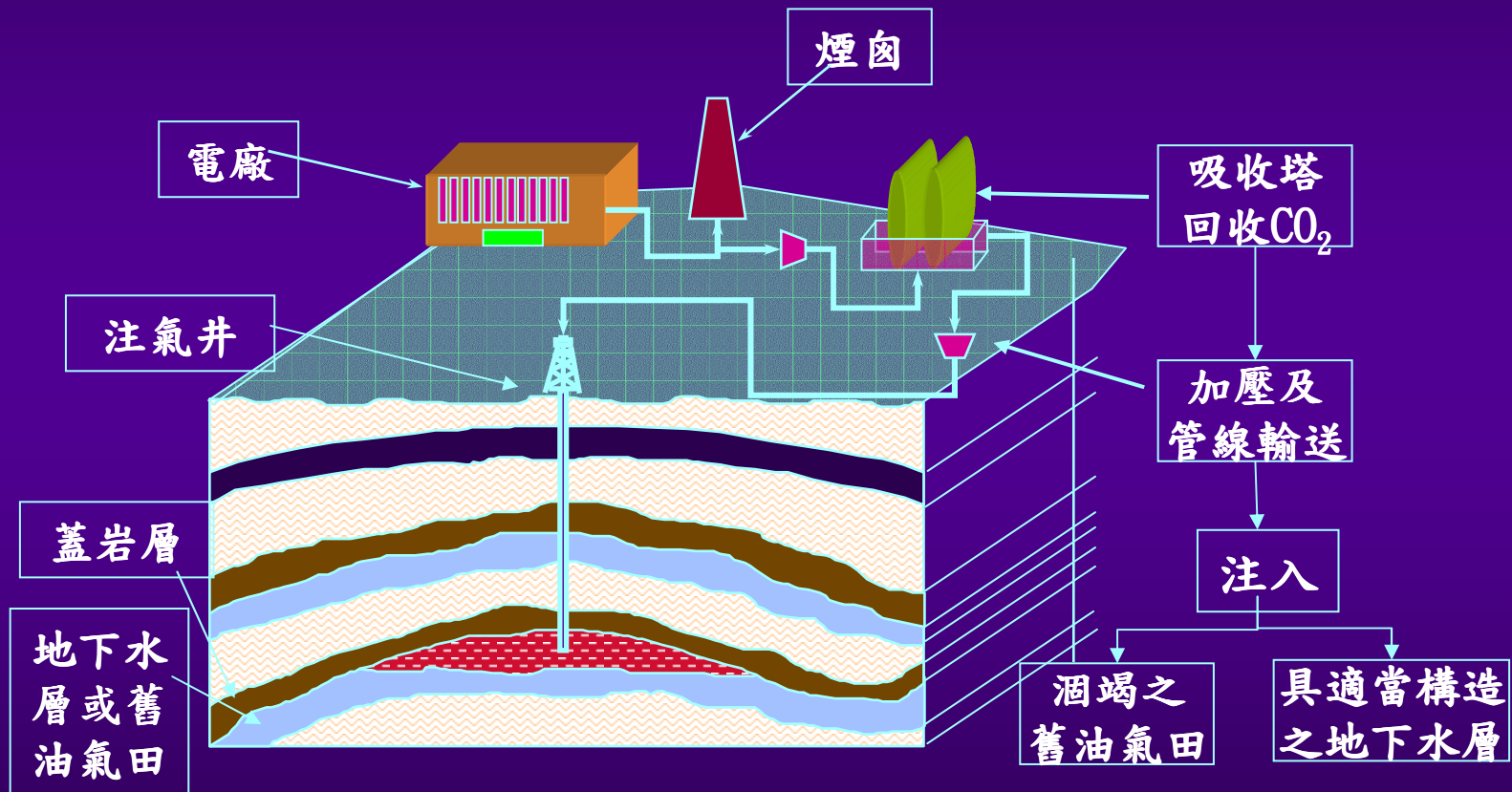
## ◆ 緻密的蓋岩層 (Cap rock)

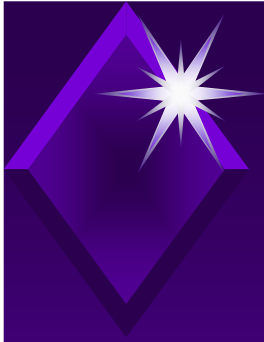
## ◆ 良好的儲氣層 (Reservoir)

- 孔隙率(Porosity)
- 滲透性(Permeability)

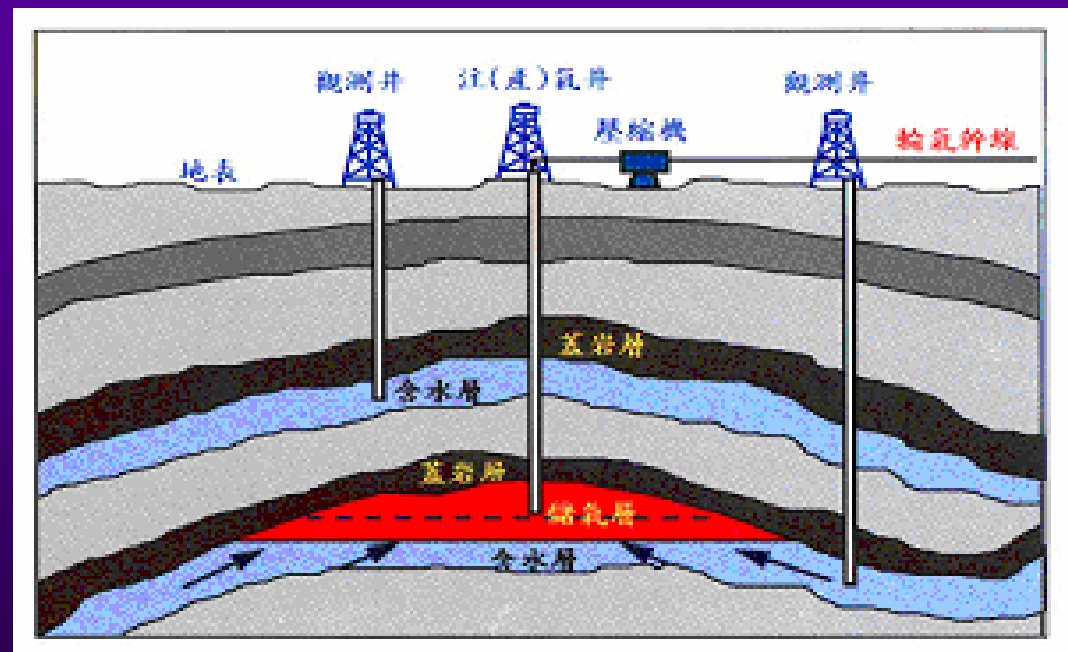
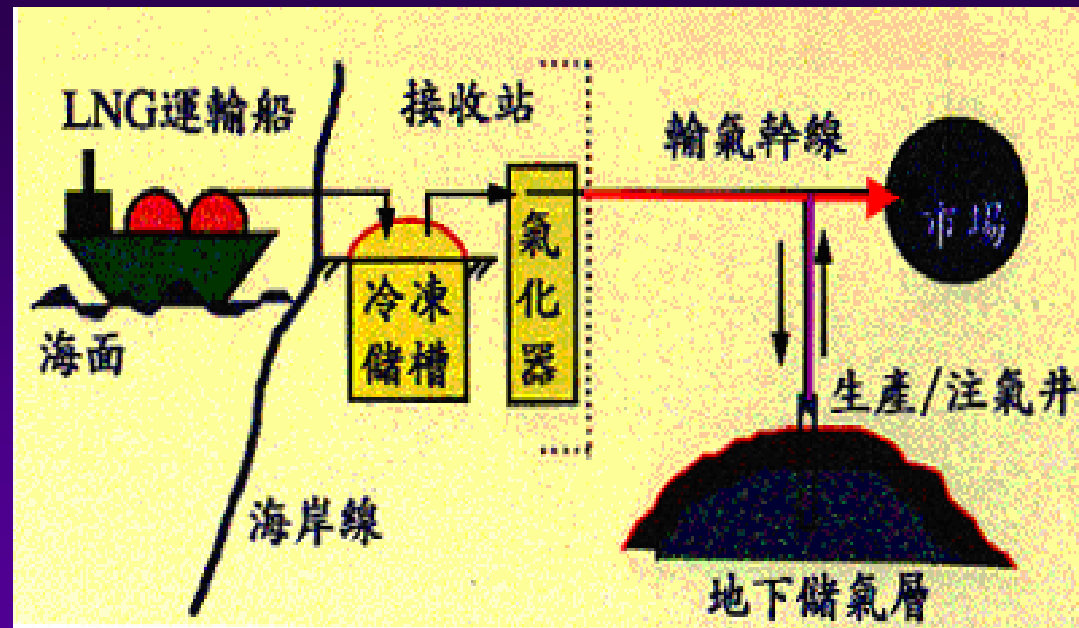


# CO<sub>2</sub>地下封存示意圖





# 圖七、舊油氣田之天然氣地下儲氣窖

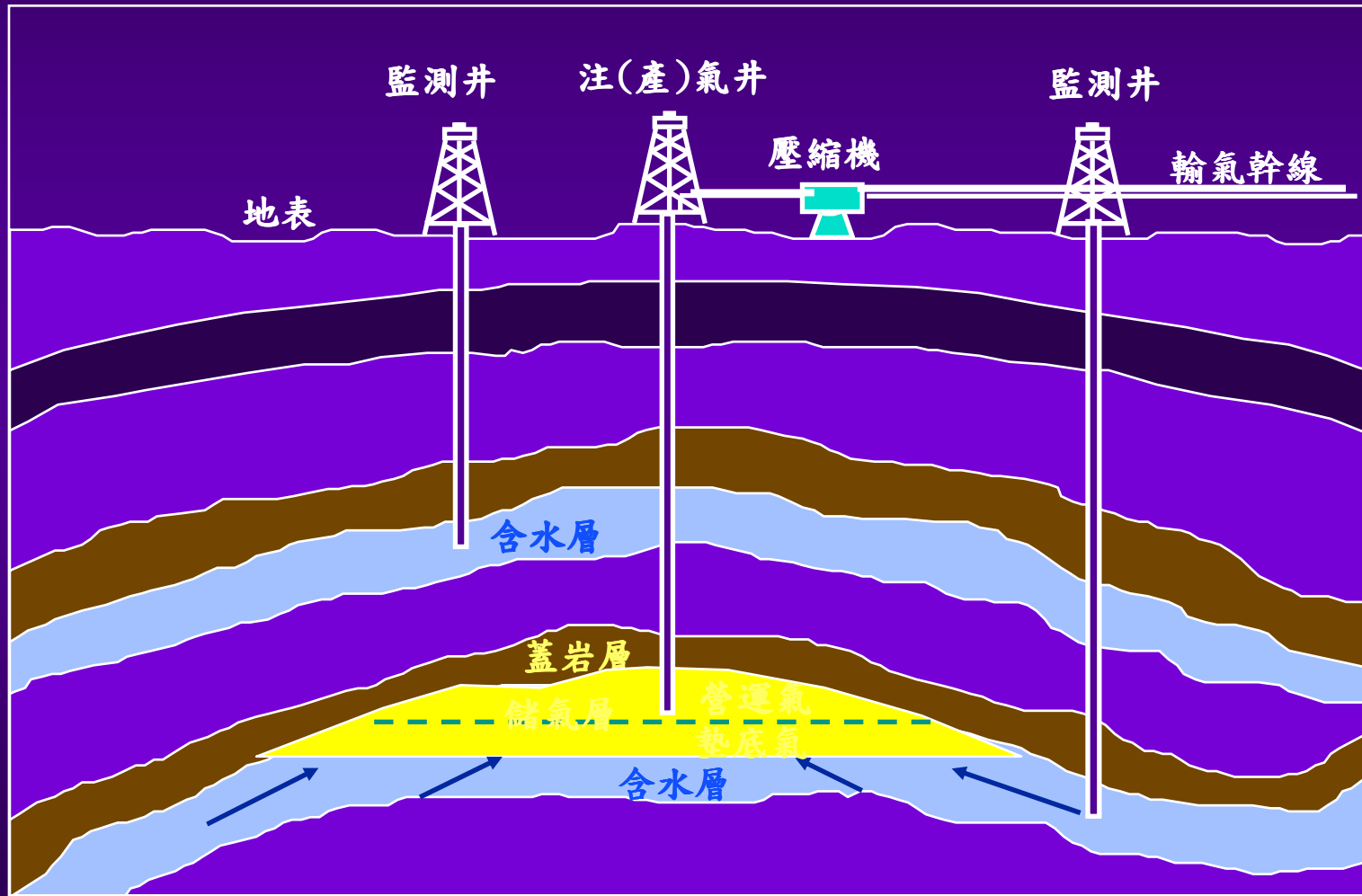




# 鐵砧山儲氣窖案例

- ◆ 緊急供應台灣北部民生用氣
- ◆ 市場供氣調節
- ◆ 具備加壓站昇壓功能
- ◆ 儲存量龐大
- ◆ 建置費用較低廉
- ◆ 注存深部地層，安全性高

# 地下儲氣窖示意圖





# 鐵砧山儲氣窖之主要設備

## ◆ 注產氣井六口

- ◆ 產氣能力 (125T/H) 390萬立方公尺/天
- ◆ 注氣能力 (90T/H) 280萬立方公尺/天

## ◆ 天然氣處理設備

- ◆ 處理能力 (125T/H) 390萬立方公尺/天

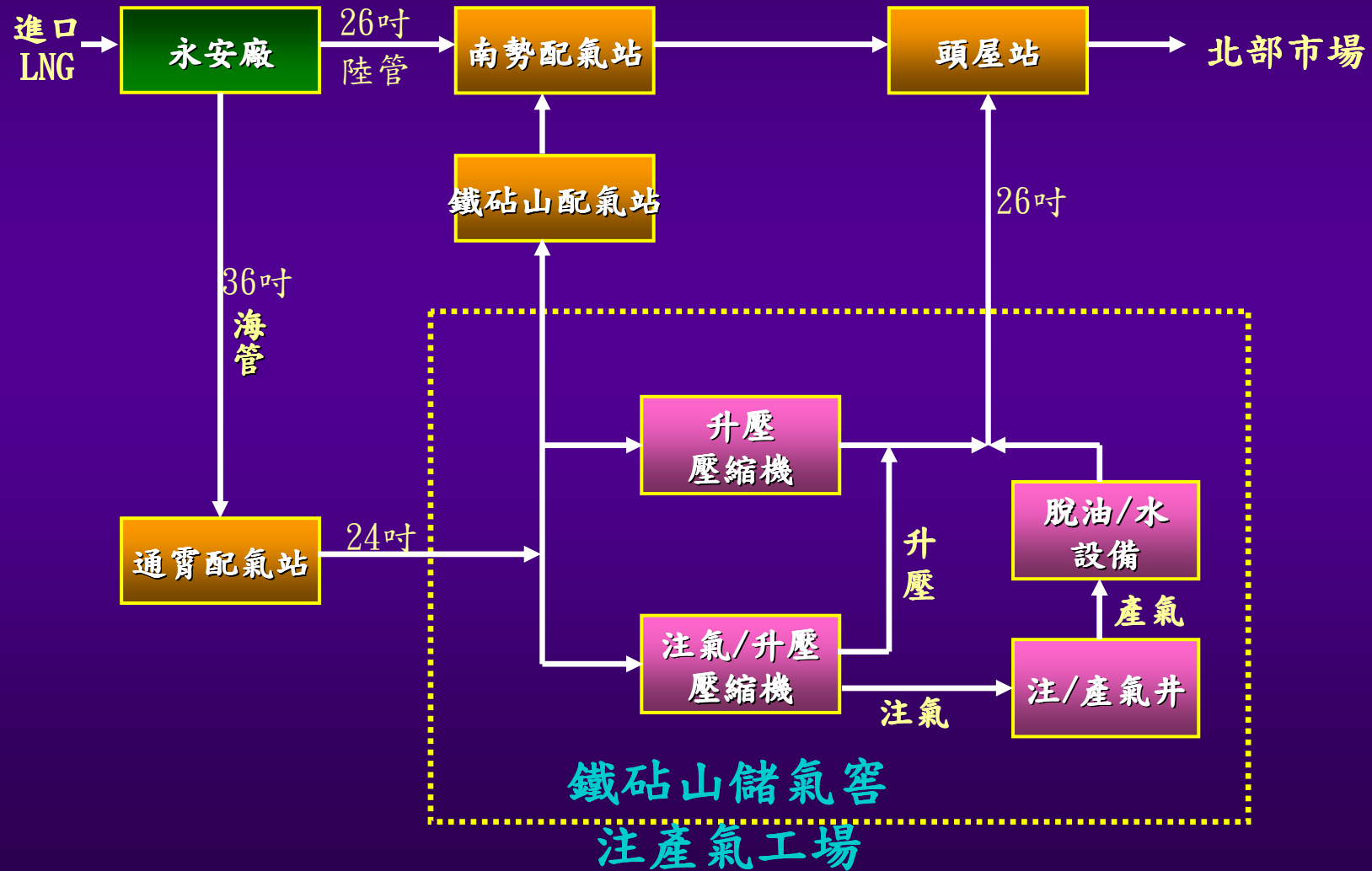
## ◆ 注氣/升壓兩用壓縮機二部

- ◆ 注氣模式注氣能力(45T/H\*2) 280萬立方公尺/天
- ◆ 升壓模式升壓能力(70T/H\*2) 430萬立方公尺/天

## ◆ 海管升壓機二部

- ◆ 升壓能力 (120T/H\*2) 750萬立方公尺/天

# 鐵砧山注產氣場輸氣系統





# 鐵砧山儲氣窖之主要功能

## ◆ 注井儲存

- ◆ 當永安廠LNG存量持續偏高時
- ◆ 注墊底氣使儲氣窖能正常運作

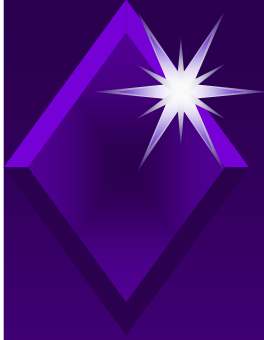
## ◆ 再生產氣

- ◆ 當永安廠LNG存量持續偏低時
- ◆ 產能不足(設備跳機等)或管線輸氣能力不足時
- ◆ 致影響整體幹線輸供氣狀況發生

## ◆ 升壓及轉輸氣

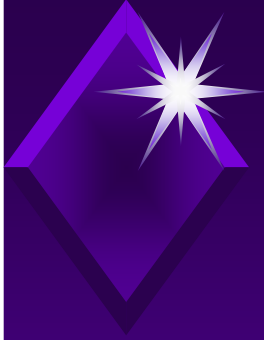
- ◆ 尖峰用氣而陸管輸氣壓力偏低時
- ◆ 配合輸氣調度操作需求
- ◆ 因應突發狀況





# 鐵砧山儲氣窖之經驗

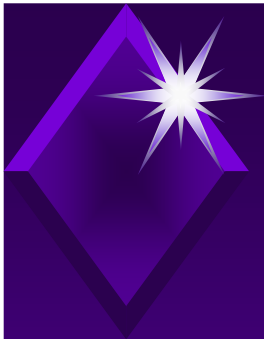
- ◆ 注、產操作
- ◆ 未有洩漏現象
- ◆ 歷經921地震
- ◆ 持續監測工作



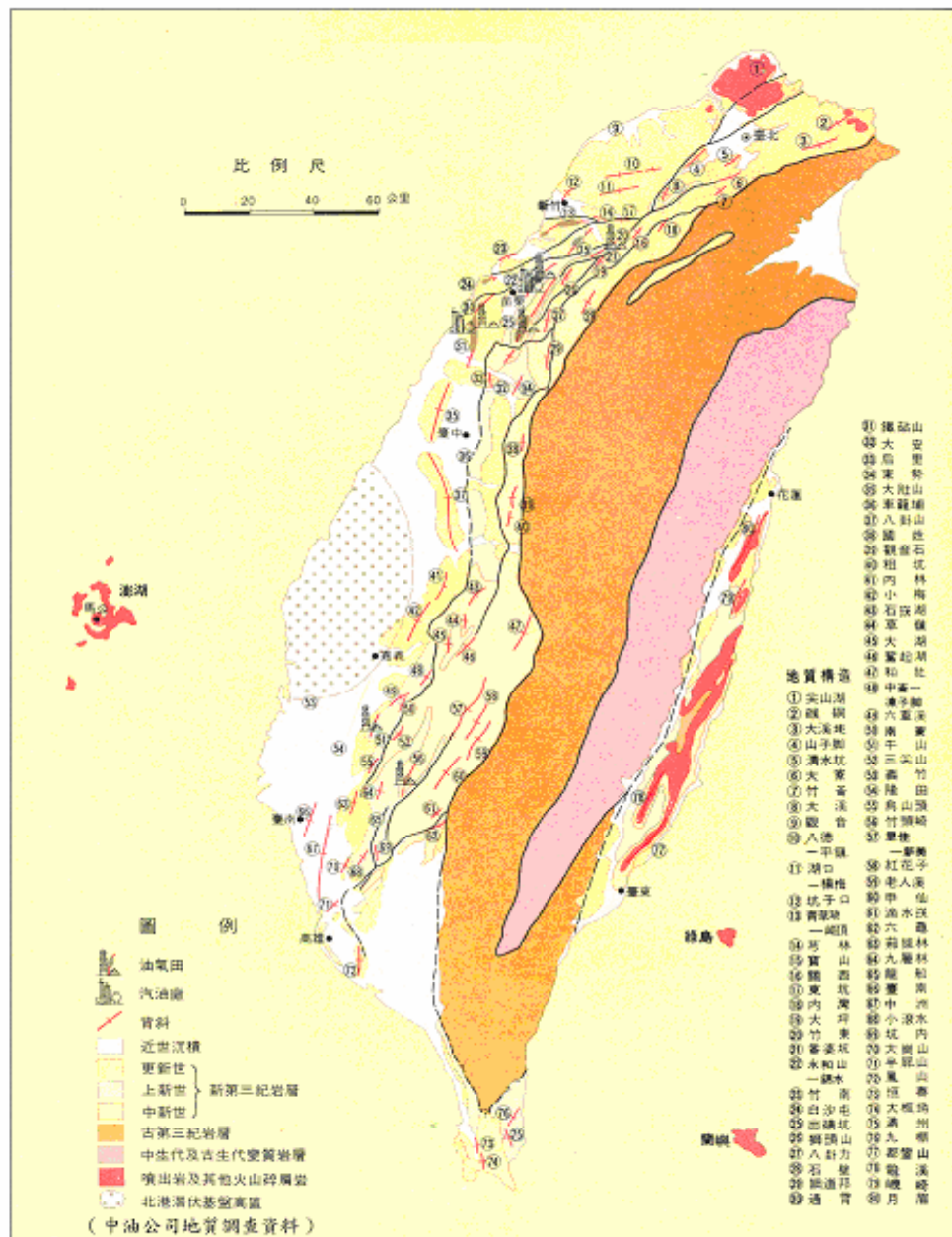
## 五、地下封存可行性評估

### ◆地下構造貯存層有：

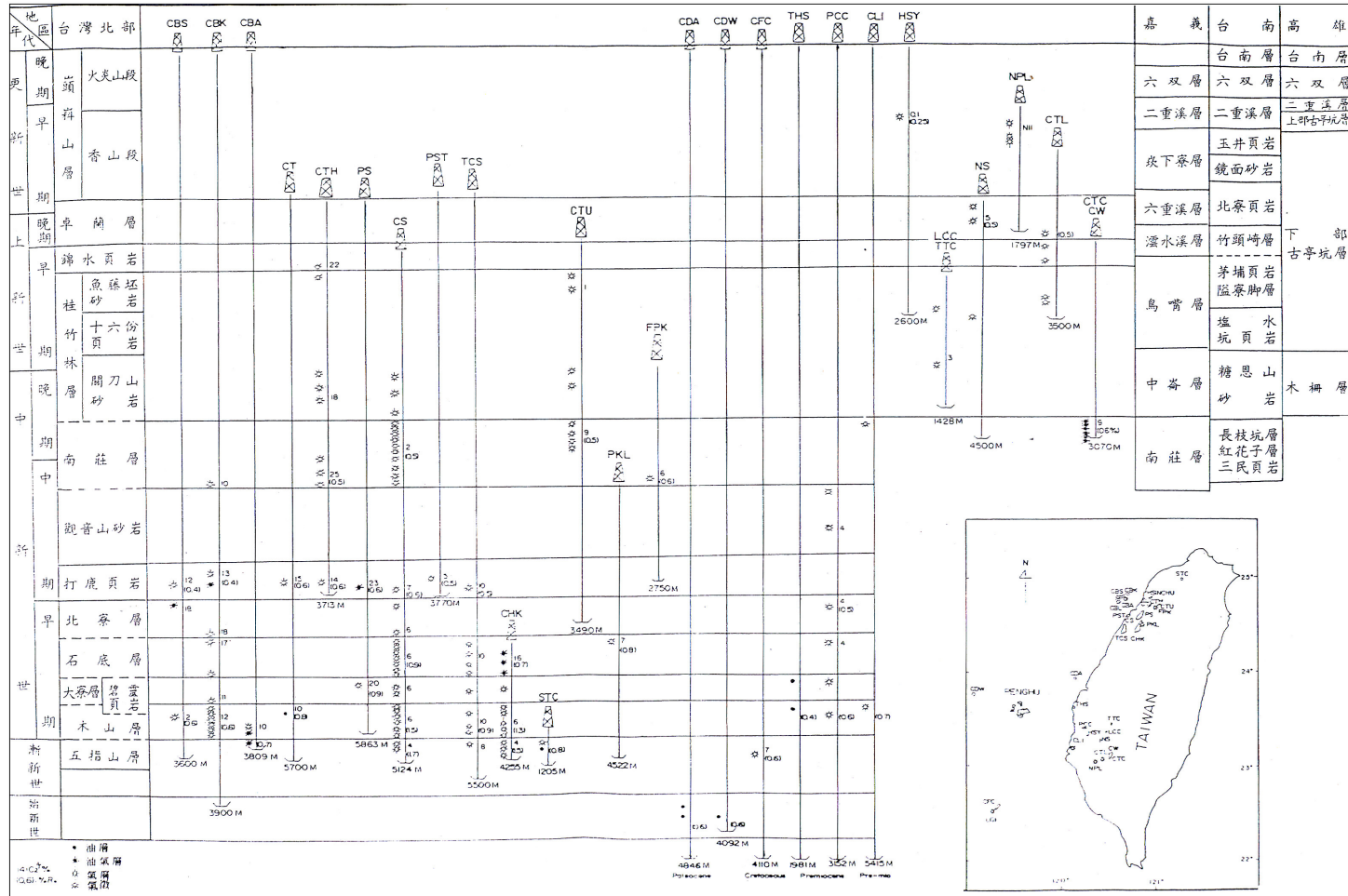
- (一)舊有油田含油氣層
- (二)背斜或岩穹構造之孔隙層或含水儲集層
- (三)地下煤層
- (四)鹽丘
- (五)洞穴或廢棄礦坑等。

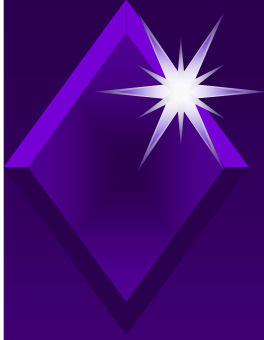


# 圖九、台灣地區地下構造及產氣構造分佈



# 圖十、各產氣構造及地層

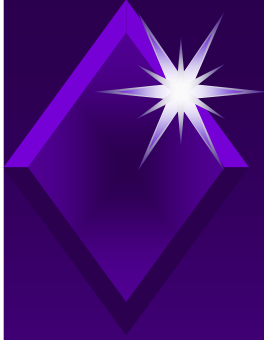




# 國內注儲CO<sub>2</sub>考量之優先順序

- ◆ 舊氣田之生產層
- ◆ 舊氣田生產層上、下水層（仍需進行部份研究、測試、開發等工作）
- ◆ 其他構造水層（需依序進行測勘、鑽探、開發等工作，費時多年）

————→ 水層探勘工作亟待展開



# 舊氣田封存之考量

- ◆地質資料較多
- ◆面積較不足
- ◆地層較深，操作成本較高 日據時代  
鑽井淺層套管水泥封固作業簡陋
- ◆儲集層厚度、壓力、孔隙率、滲透率



# 舊氣田封存

- ◆ 台灣累計產量約400億立方公尺，大半產自鐵  
鈦山氣田，目前已作進口LNG注儲調節之用
- ◆ 西南部平原構造多屬張裂性斷層所造成的拖  
曳褶皺構造，構造面積小
- ◆ 麓山帶中較大構造
  - ◆ 牛山背斜(曾產天然氣),小梅背斜,八卦山背斜
- ◆ 生產中構造出磺坑背斜
  - ◆ 錦水背斜, 永和山背斜
- ◆ 海域?



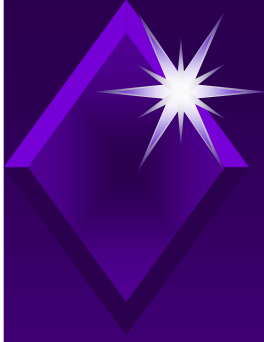
# 表五、八掌溪各區塊特性分析

區塊	面積 (平方公里)	基盤深 (公尺)	儲層厚度 (公尺)	有效孔隙 率(%)	儲存空間 (億立方公尺)	備註
A	2.9	1345	40	20	21.27	
B	14.15	1540	40	20	107.67	
C	7.5	1540	40	20	56.05	
D	1.75	1470	40	20	13.16	
E	3.925	1375	40	20	29.51	
F	19.575	1320	40	20	148.34	
G	3.87	1320	40	20	29.25	四方圈合
H	4.03	1430	40	20	30.3	
I	2.8	1300	40	20	20.83	
J	2.65	1430	40	20	19.67	
K	1.425	1600	40	20	11.22	
L	8.475	1920	40	20	64.19	
M	2.5	1920	40	20	18.08	
合計	75.55				569.54	



# 桃竹及台南高雄地下水層小構造

地區	構造	儲氣層	儲氣層深度(m)	蓋層	平均孔隙率(%)	平均厚度(m)	構造圈合面積 (Km <sup>2</sup> )	備註
桃竹	平鎮	桂竹林	1600	錦水頁岩	21~29	200	15	
桃竹	八德	桂竹林	1800	錦水頁岩	20~27	180	10	
桃竹	湖口	桂竹林	1000	錦水頁岩	12~25	150	9	
桃竹	楊梅	桂竹林	1500	錦水頁岩	13~22	250	4	
桃竹	觀音	桂竹林之魚藤坪砂岩段	1016	錦水頁岩	10	11	-	依現有資料無法確定是否具有構造封閉
		桂竹林之關刀山砂岩段	1220		13~20	115		
桃竹	坑子口	桂竹林之魚藤坪砂岩段	1130	錦水頁岩	21~25	50	0.7~2.5	圈合面積視截切逆斷層能否形成有效阻隔
		桂竹林之關刀山砂岩段	1500		12~26			
台南高雄	那拔林	有	250~550	有	25~33	40~80	--	
台南高雄	中洲	缺	--	有	--	--	--	--
台南高雄	大崗山	缺	--	有	--	--	--	--
台南高雄	半屏山	缺	--	有	--	--	--	--
台南高雄	鳳山	不明	--	有	--	--	--	--



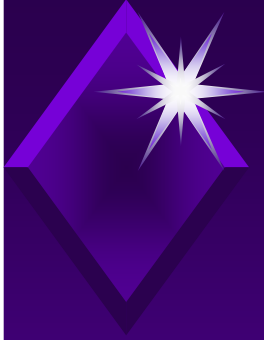
## 各地區地下水層調查結果

- ◆初步結果顯示，位於桃竹地區的幾個構造都頗能符合做為二氧化碳地下封存場址的條件；
- ◆南部的幾個構造則明顯不適，不是太淺就是缺乏蓋岩層。



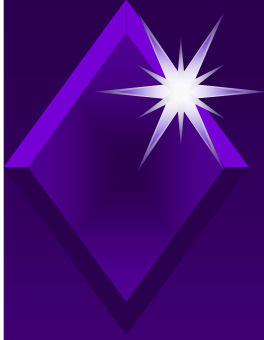
# 水層潛能評估

- ◆ 已累積部分經驗與資訊
- ◆ 蓋層應以錦水頁岩與卓蘭層為主
- ◆ 注儲層為其下之砂岩層
  - ◆ 平鎮構造
  - ◆ 湖口—楊梅構造
  - ◆ 坑子口構造值得展開進一步測勘
- ◆ 海域探勘與開發費用較高，較大構造仍有其價值
- ◆ 自調查、探勘、施工至注儲費時長達6~10年，需及早規劃 ~所費不高卻需時甚久



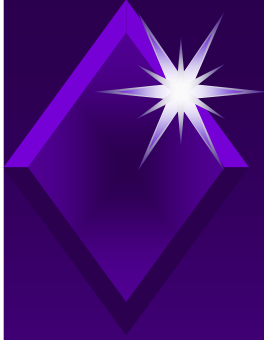
## 急待展開工作

- ◆ 適時引進並改進回收、純化技術
- ◆ 全面進行陸、海域調查與測勘
- ◆ 選擇具潛能構造進一步鑽探
- ◆ 推估地下構造封存潛能
- ◆ 建立相關監測技術
- ◆ 推展相關研究工作
- ◆ 進行先導型試驗



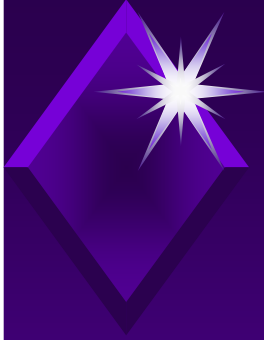
# 封存構造調查及儲存潛能評估

- ◆ 現有探勘資料綜合分析與解釋
- ◆ 3D震測模擬與測勘設計
- ◆ 3D震波測勘、資料處理與解釋
- ◆ 測試井位勘定、井程與套管設計



# 鑽探(1注儲井、3監測井)

- ◆鑽探與岩心取樣
- ◆完井(轉為注儲井)
- ◆岩石物性檢驗與分析
- ◆蓋層分析與注儲層分析
- ◆監測井設計、鑽探及設備設置



# 注儲封存

- ◆ 地面設備設計與設置
- ◆ 注儲封存測試
- ◆ 注儲層動態模擬
- ◆ 注氣能力評估與維護
- ◆ 地面、地下及井下相關監測



## 六、結論

- ◆ 根據能源結構及溫室氣體源分析，嘗試提供有利之開發模式  
製程燃燒爐及鍋爐等主要固定排放源。  
佔3/4電力生產之火力電廠的大型固定源。
- ◆ 地下封存在技術上及成本上非主要問題，有待克服降低CO<sub>2</sub>收集純化之成本及找到規模和地理位置適當的封存地下構造。
- ◆ 台灣50年的探採經驗，加上鐵砧山儲氣窖的注氣封存實務操作，地下封存不失為一個可以慎重考慮的可行方案。





## 六、結論(續)

- ◆ 適當場址條件如下：
  - ◆ 適當的構造：包括背斜形貌、圈合面積不能太小、深度適中(易擠注入地層且能維持超臨界狀態)、靠近集中排放源，如電廠、石化廠等以減少輸送成本
  - ◆ 緻密的蓋岩層：如鍋蓋般將注入的氣體有效封存於儲氣層內，不會向上移棲至上方的含水層，造成含水層的污染。
  - ◆ 良好的儲氣層：岩層具備良好的孔隙率以及滲透性。更精確的要求是：在注氣井周圍附近的滲透性要好，以減少壓縮機的負荷，而遠離井孔處的滲透性則不要太好，以降低逸漏的可能性。



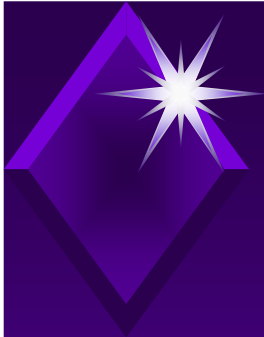
## 六、結論(續)

### ◆ 初步調查的結果顯示：

桃竹地區幾個構造具有CO<sub>2</sub>地下封存條件；南部地區幾個構造則不適(太淺或缺蓋岩層)南部八掌溪砂岩之潛能構造或水層，尤其是海域部分之地下構造或水層，值得進一步測勘及研究

### ◆ 在地質封存未來之研究重點：

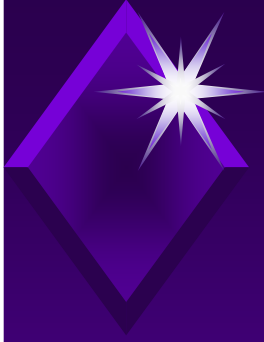
尋找適合的地下構造或地下鹽水層，評估其二氧化碳地下封存之潛能與分析，並進行CO<sub>2</sub>的地質灌注與封存技術試驗性場址先導實驗及監測作業研究。



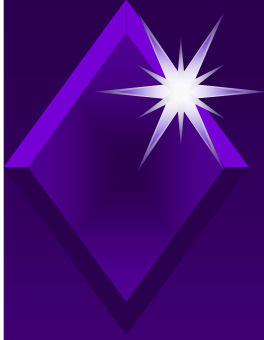
報告結束



感謝各位的聆聽！

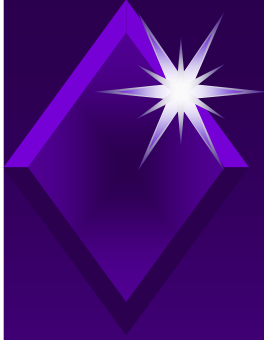


# 補充資料



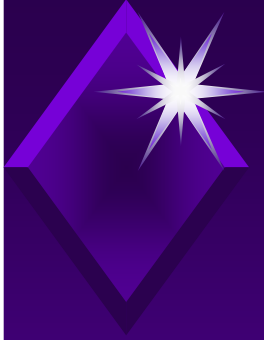
# 日本CO<sub>2</sub>擠注先導試驗計畫 (Nagaoka Pilot Project, Japan)

- ◆ 地點：東京北方200公里之Nagaoka氣田
- ◆ 主導者：RITE及ENAA，日本經濟部及工商部資助
- ◆ 計畫始於：2003年7月
- ◆ CO<sub>2</sub>來源：製氨工廠
- ◆ 注入率：10~40 tons CO<sub>2</sub>/D，共注入10,000 tons
- ◆ 目的：了解CO<sub>2</sub>在地下水層之行為
  - ◆ Crosswell seismic tomography
  - ◆ Logging
  - ◆ P & T measurement
  - ◆ 地震監測
- ◆ 目前有注入井一口，觀測井三口
- ◆ 另外RITE及ENAA已完成陸海域地下水層之封存潛能調查，約為920億公噸



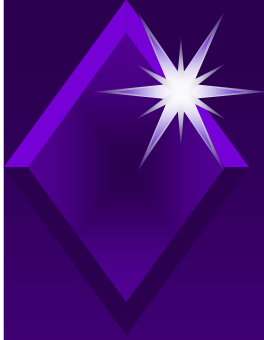
# Ohio Valley CO<sub>2</sub> Storage Project

- ◆ 地點：俄亥俄州
- ◆ 主導者：DOE，能源公司及服務公司參與
- ◆ 計畫始於：2002年11月
- ◆ CO<sub>2</sub>來源：Mountaineer Power Plant (燃煤電廠，每年排放 $7 \times 10^6$  tons of CO<sub>2</sub>)
- ◆ 目的：評估位於主要CO<sub>2</sub>排放源區之儲氣層特性及其儲存CO<sub>2</sub>之潛能
- ◆ 以二維震測確認構造，並於2003年在該電廠附近鑽探井(2800 m)，以評估儲氣層之岩性



# Sleipner SACS project

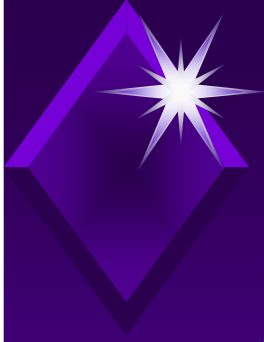
- ◆ 主導者：挪威Statoil公司，有13家公司及機構參與此計劃
- ◆ 計畫始於：1996年
- ◆ CO<sub>2</sub>來源：天然氣中脫除之CO<sub>2</sub>
- ◆ 封存地層：北海海床下800~1000公尺深之Utsira地下水層
- ◆ 注入量：年注入量約為 $1 \times 10^6$  tons of CO<sub>2</sub> / 年，迄今已注入超過 $7 \times 10^6$  tons of CO<sub>2</sub>
- ◆ 利用四維震測技術持續監測注入氣體之分佈與動向



# Weyburn project

- ◆ 主導者：加拿大EnCana公司，Saskatchewan省工業界與資源局、Petroleum Technology Research Center (PTRC)、IEA參與
- ◆ 計畫始於：1999年
- ◆ CO<sub>2</sub>來源：美國北達科塔州煤炭氣化廠排放之CO<sub>2</sub>，經325公里管線輸送，其CO<sub>2</sub>以MeOH回收，屬於燃燒前捕獲(Pre-combustion capture)
- ◆ 封存地層：注入Weyburn油田以增產石油，儲油層為Carbonate reservoir，平均深度1419 m，厚度30 m
- ◆ 注入量：3×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> /D，至2004年3月，已注入3×10<sup>9</sup>m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>
- ◆ 將採用四維震測追蹤監測注入CO<sub>2</sub>之移棲

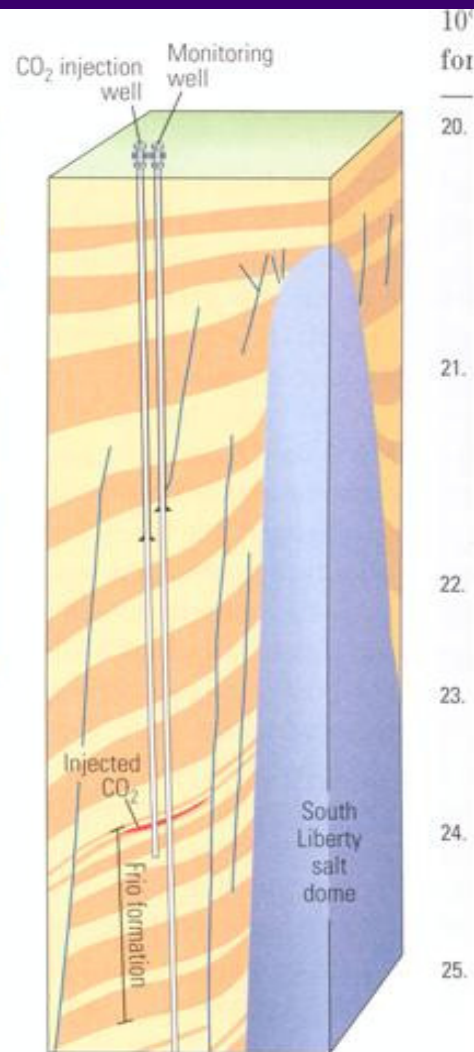
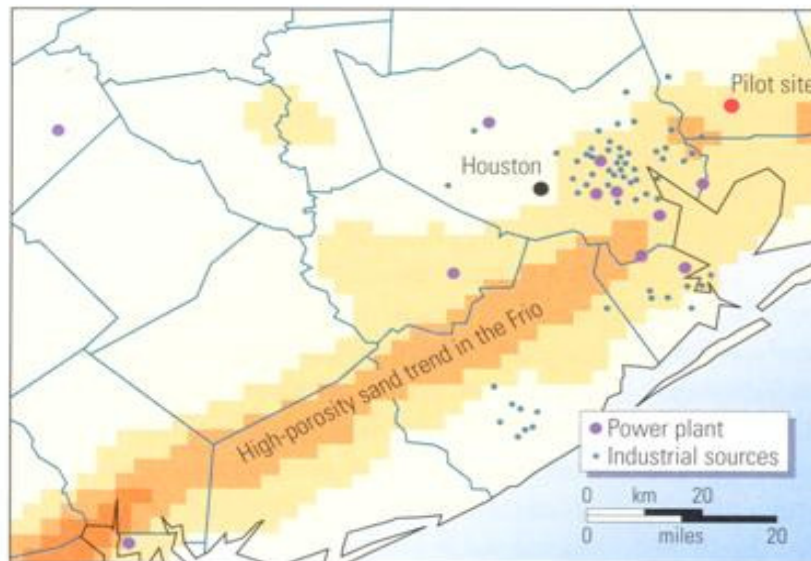




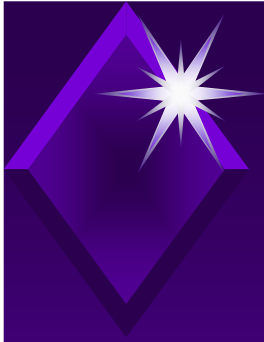
# Frio Brine Pilot Experiment

- ◆ 地點：德州休士頓東北50公里處South Liberty油田
- ◆ 主導者：BEG，DOE資助，加拿大及BP參與
- ◆ 計畫始於：2004年9月
- ◆ CO<sub>2</sub>來源：附近之電廠、煉油廠及化學工廠
- ◆ 封存地層：Frio Sandstone Formation，深度1540~1548 m，溫度57°C，壓力2211 psi，原先係水層，孔隙率：17~37%，滲透率：14~3000 md，估計可儲存208~358×10<sup>9</sup>公噸CO<sub>2</sub>
- ◆ 現有一口注氣井、一口觀測井(舊井修井)，注氣井於2004/7完井。
  - ◆ 測試套管水泥與CO<sub>2</sub>之作用
  - ◆ 監測技術之評估
  - ◆ 各類Tracer之研究
  - ◆ 利用Crosswell seismic及VSP進行CO<sub>2</sub> plume之移棲研究

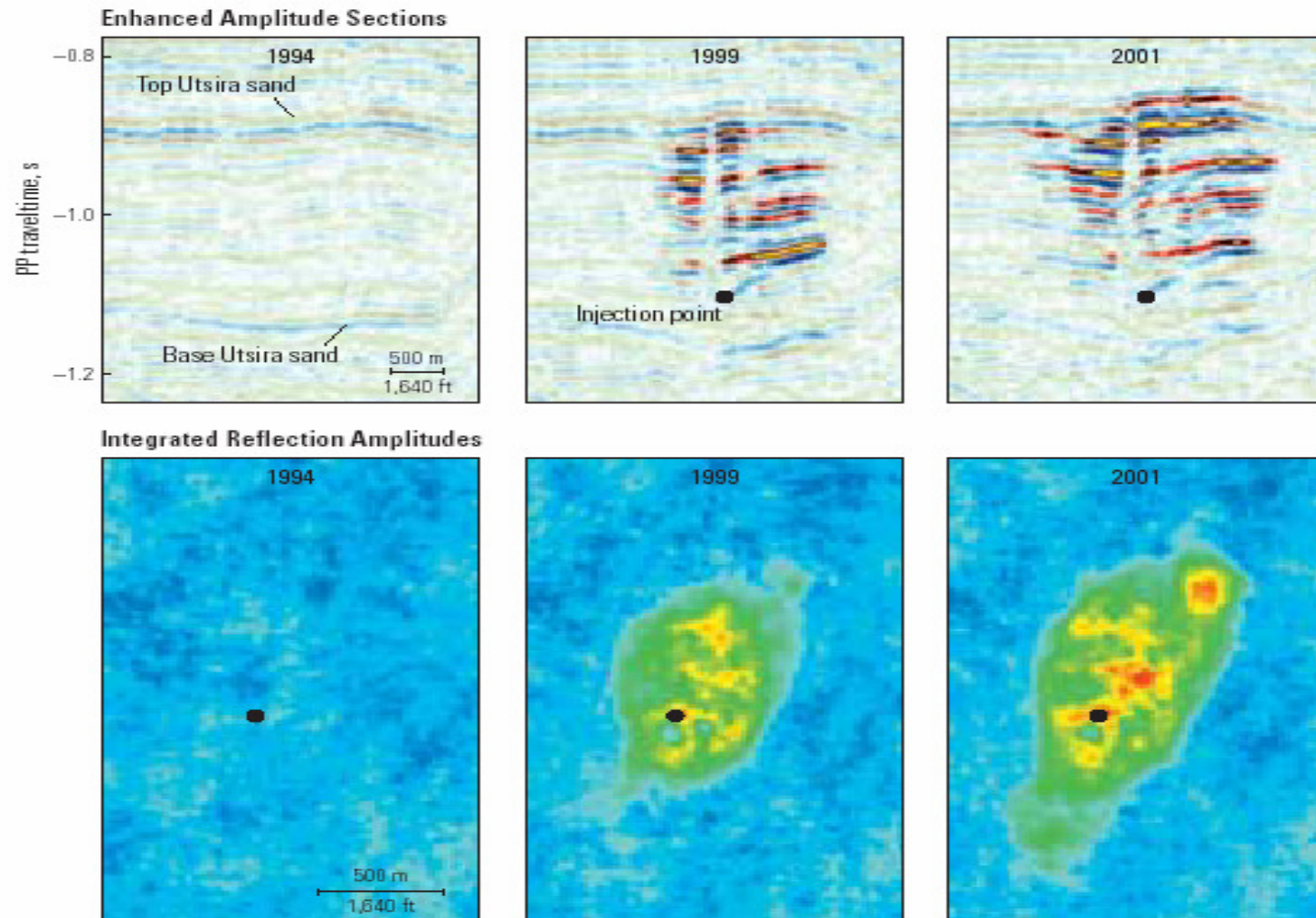
# Frio Brine Pilot Experiment



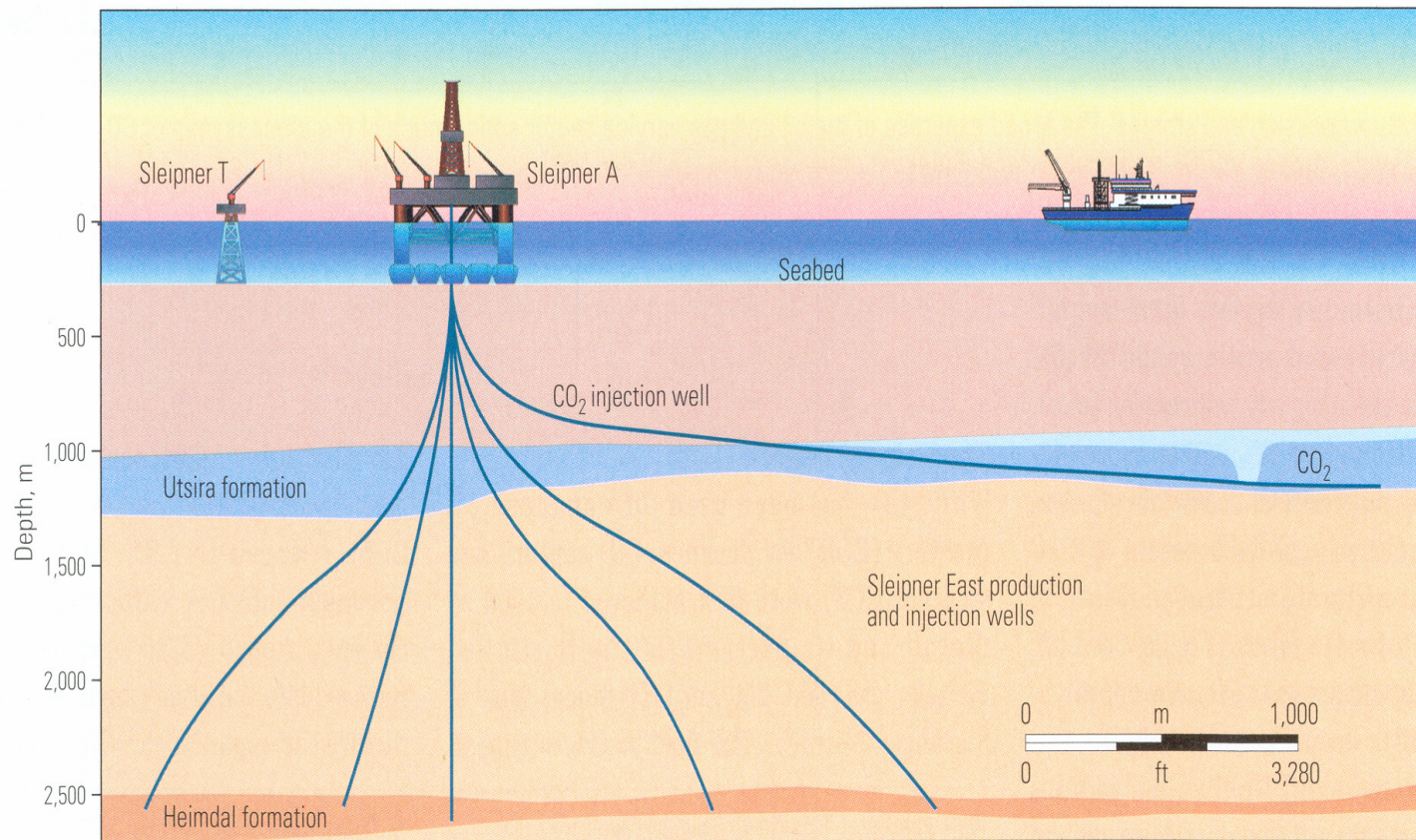
^ The Frio Brine Pilot Experiment. The project site is located along the subsurface trend of Frio brine aquifers (*left*). A block diagram shows the spatial relationship between a monitoring well, an injection well, the targeted CO<sub>2</sub> storage zone in the Frio formation, local faults and the South Liberty salt dome (*right*).



# Sleipner SACS 4D seismic monitoring



# Sleipner SACS project



^ A milestone at the Sleipner field. Statoil separates CO<sub>2</sub> from gas produced from the Heimdal formation and injects 1 million metric tons [1.1 million short tons] of CO<sub>2</sub> per year into the overlying Utsira formation.



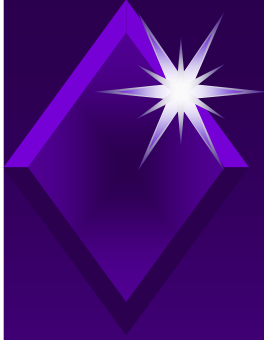
# Others

## ◆ Europe

- ◆ 由British Geological Survey領導之團隊於90年代初開始進行研究，重點為全歐電廠CO<sub>2</sub>排放量及地下封存潛能，主要封存區域在北海，英國及挪威海域之大陸棚
- ◆ GESTCO計畫(2000)針對比利時、丹麥、法國、德國、英國、荷蘭、挪威、希臘等國12個目標場址詳細研究儲存CO<sub>2</sub>潛能，已於2003年完成

## ◆ Australia

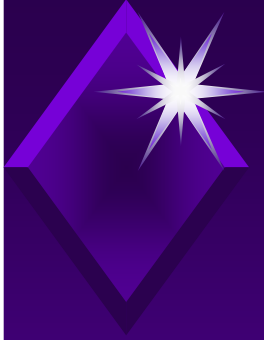
- ◆ GEODISC計畫已篩選出65個地下水層場址俱封存CO<sub>2</sub>之潛能，保守估計之容量約740×10<sup>9</sup> tons of CO<sub>2</sub>



# Others

## ◆ USA

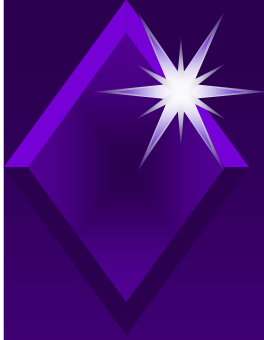
- ◆ 1990年起美國德州經濟地質局著手建立舊油氣田及地下水層可供電廠封存CO<sub>2</sub>之地質資料庫。
- ◆ GEOSEQ計畫，調查加州之封存能力及地點，估計全州有 $22 \times 10^9$  tons CO<sub>2</sub>(水層最大，油田次之，氣田居末)
- ◆ Battelle Memorial Lab研究美國中西部之Mt. Simon Sandstone Formation之封存能力，估計其潛能約為 $9 \sim 43 \times 10^9$  tons CO<sub>2</sub>。
- ◆ USGS評估全美煤層之封存潛能，估計約 $8 \times 10^9$  tons CO<sub>2</sub>。



# Others

## ◆ Canada

- ◆ 加拿大Alberta地調所完成對西加拿大的沉積盆地進行CO<sub>2</sub>地下封存之可行性評估以及固定排放源(如電廠、煉油廠)廠址分佈調查。
- ◆ 2003年Geological Survey of Canada為發電廠調查評估利用Alberta及Saskatchiwan之油氣田進行CO<sub>2</sub>地下封存之可行性。



# Others

- ◆ 大規模CCS計劃(計劃中)
  - ◆ 阿爾及利亞之Salah gas field
  - ◆ 澳大利亞之Gorgon gas field
  - ◆ Snohvit field, Barents sea (Statoil)
- ◆ 小規模試驗
  - ◆ 德國之Ketzin project
  - ◆ 荷蘭海域之K12 B計畫