

出國報告（出國類別：考察）

赴德國參訪碳捕集及封存技術示範場
址之建置與推動成果

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：李維民高級環境技術師兼組長

派赴國家：德國

出國期間：101年9月16日至101年9月23日

報告日期：101年11月10日

公務出國報告簡表

出國計畫名稱：赴德國參訪碳捕集及封存技術示範場址之建置與推動成果		
出國人姓名/職稱/服務單位：李維民/高級環境技術師兼組長/溫減管理室		
出國日期：101年9月16日至101年9月23日		
出國期間概況紀要：為瞭解國際碳捕集及封存（以下簡稱 CCS）技術發展情形，特赴德國參訪其位於 Ketzin 的二氧化碳封存場址及富氧燃燒測試電廠，並順道拜訪 CCS 捕集技術之研發廠商 Alstom 與 Linde 公司，以作為國內推動 CCS 技術之參考。		
活動日期	活動內容	活動地點
101/9/16-9/17	啟程	台北-德國柏林
101/9/18	參訪 Schwarze Pumpe 電廠之富氧燃燒測試廠	德國
101/9/19	參訪 Ketzin 碳封存場址	德國 Ketzin
101/9/20	拜訪 Alstom 公司（CCS 捕集技術）	德國柏林
101/9/21	拜訪 Linde 公司（CCS 捕集技術）	德國柏林
101/9/22-9/23	返程	德國柏林-台北
<p>行程成果評估及心得建議：</p> <p>本次考察行程內容為瞭解德國近年 CCS 技術之發展現況，包含燃燒後捕集、富氧燃燒及地質封存技術等，其中技術方面受到國際經濟景氣影響，各技術預估發展期程有延後之趨勢，惟我國仍需加強對捕集技術之研究與國際合作，另封存技術主要其涉及風險問題，因此事前之鑽探評估與環境監測為目前需積極進行之工作。至於建立民眾良性之溝通管道，為我國 CCS 未來推動重點與成敗關鍵，建議後續應建立零時差與透明化之資訊交流平台，提供國內民眾或利害相關團體瞭解。</p>		

摘要

根據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)所發表的 2012 年能源技術展望 (2012 Energy Technology Perspectives, ETP) 報告中指出，若要使 2050 年全球溫室氣體排放量減少為 2005 年的一半，碳捕集及封存(簡稱 CCS)技術所貢獻之減量效果將佔 20%，為貢獻量最大的單一減量技術。因此，各先進國家如美國、澳洲、德國等，無不競相投入於 CCS 相關技術研發及策略規劃工作。

依據國內學者研究顯示，我國具備十分良好的二氧化碳地質封存潛能，約達 170 億公噸 CO₂e，另因台灣東部盛產大理石及石灰石（蘊藏量約 3000 億公噸），且我國電廠皆處於海邊，亦有利於石灰石加速風化法之發展，換言之，我國具備多種 CCS 技術的發展優勢。因此，為加速我國 CCS 技術之發展，本署已於 100 年 3 月 28 日成立「CCS 策略聯盟」，並比照先進國家之推動期程，訂定我國 CCS 於 2020 年時商轉之目標，為減少全球暖化之氣候變遷議題貢獻心力。

近年來，德國政府在能源政策與溫室氣體減量上之作法已成為國際各國學習對象。其再生能源之推動雖已具成效，但受限技術問題，燃煤電廠將為該國提供中長期電力供應，因此，CCS 就成為德國政府認為需積極投入研究之技術，本次出國考察即訪問了具有代表性 VATTENFALL 富氧燃燒電廠及 Ketzin CO₂ 封存場、Linde 公司及 Alstom 公司，瞭解德國執行 CCS 計畫內容及示範廠執行方案，以利後續國內執行 CCS 方案時之參考。

目次

壹、目的	5
貳、參訪行程.....	6
參、參訪內容.....	7
一、參訪Vattenfall之Schwarze Pumpe電廠.....	7
二、參訪Ketzin CO ₂ 注入試行計畫.....	10
三、拜訪Alstom 公司（CCS推動辦公室）	14
四、拜訪Linde 公司.....	16
肆、建議事項.....	18
附件 1、ketzin 計畫簡報.....	20

壹、目的

根據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)所發表的 2012 年能源技術展望 (2012 Energy Technology Perspectives, ETP) 報告中指出，若要使 2050 年全球溫室氣體排放量減少為 2005 年的一半，碳捕集及封存(簡稱 CCS)技術所貢獻之減量效果將佔 20%，為貢獻量最大的單一減量技術。因此，各先進國家如美國、澳洲、德國等，無不競相投入於 CCS 相關技術研發及策略規劃工作。

依據國內學者研究顯示，我國具備十分良好的二氧化碳地質封存潛能，約達 170 億公噸 CO₂e，另因台灣東部盛產大理石及石灰石（蘊藏量約 3000 億公噸），且我國電廠皆處於海邊，亦有利於石灰石加速風化法之發展，換言之，我國具備多種 CCS 技術的發展優勢。因此，為加速我國 CCS 技術之發展，本署已於 100 年 3 月 28 日成立「CCS 策略聯盟」，並比照先進國家之推動期程，訂定我國 CCS 於 2020 年時喬轉之目標，為減少全球暖化之氣候變遷議題貢獻心力。

近年來，德國政府在能源政策與溫室氣體減量上之作法已成為國際各國學習對象。其再生能源之推動雖已具成效，但受限技術問題，燃煤電廠將為該國提供中長期電力供應，因此，CCS 就成為德國政府認為需積極投入研究之技術，本次出國考察即訪問了具有代表性 VATTENFALL 富氧燃燒電廠及 Ketzin CO₂ 封存場、Linde 公司及 Alstom 公司，瞭解德國執行 CCS 計畫內容及示範廠執行方案，以利後續國內執行 CCS 方案時之參考。

貳、參訪行程

- 101.9.16~17 啓程，出發至德國柏林
- 101.9.18 由 Linde 公司 Dr. Roland Ritter（碳及能源方案部部長）帶領參訪柏林附近的 Schwarze Pumpe 電廠，該電廠之發電量為 30 百萬瓦（MW），為全球第一個富氧燃燒測試廠，瞭解其設計與操作維護等資訊，並就其測試過程中所遭遇法規與民眾溝通等事項進行討論。
- 101.9.19 參訪德國柏林 Ketzin 碳封存場址，該場址為歐盟第一個 CCS 封存示範場址，該場址自 2008 年開始已累計封存 4 萬噸 CO₂，目前已停止封存並執行監測研究工作，就其試行過程中之事前規劃、監測與民眾溝通等事項進行討論。
- 101.9.20 拜訪 Alstom 公司（CCS 捕集技術），與該公司 Dr. Christoph Lower（政府關係部主任）、Gerhard Heinz（富氧燃燒計畫經理）及其台灣分公司曹秉睿經理進行討論，瞭解該公司於捕集技術發展趨勢與看法。
- 101.9.21 拜訪 Linde 公司（CCS 捕集技術），與該公司 Dr. Bernd Holling（清潔能源與創新管理部主任）進行討論，瞭解該公司對目前各項 CCS 技術發展趨勢與看法。
- 101.9.22~23 返程，回到台北

參、參訪內容

一、參訪 Vattenfall 之 Schwarze Pumpe 電廠

Vattenfall 電廠是歐洲最大電廠之一，其總部設在挪威。在德國柏林是設在 Schwarze Pumpe。Schwarze 在德語是黑的意思 (Black Pumpe)。其表示是生產大量褐煤(Lignite)，供 Vattenfall 電廠使用。該廠位於柏林及德勒斯登城市間之鄉間土地，計有 2 部 800MW 之次臨界燃煤汽電共生廠，於 1995 年商轉。Vattenfall 公司利用該電廠旁之空地設置 30MW 之蒸汽廠以設置富氧燃燒鍋爐及相關設施，以利用電廠之水、電供應。

該 CCS 示範廠(Pilot)計畫自 2005 年開始規劃，2006 年 5 月動工，於 2008 年 8 月完工運轉，工期約 2 年，完工後先由 Alstom 進行試運轉，於 2008 年 12 月 6 日移交 Vattenfall 公司開始運轉，預計至少運轉 10 年。參與此計畫的國際公司包含 Alstom(爐體建造)，HITACH(負責富氧燃燒設計)，西門子(負責儀控(Instrumentation and Control, I&C)，Linde(負責 CO₂ 設備)，Air product (負責氣體分離)和 TREMA(負責尾氣處理)，總經費約 32 億元，員工 35 人進行各項的試驗及供相關單位測試。經訪問該公司後，有下列主要重點:

1. Vattenfall 在廠區內的展覽室，有很大篇幅介紹 CCS 的程序，並製作問題教材，提供參訪教育的機會，使大眾了解 CCS 技術。未來電廠應參照此模式，推廣 CCS 技術。
2. Vattenfall 深知 CCS 目前處於試驗性階段，故出資邀請全球相關技術頂尖的公司，建立此實驗室，有助於技術的研發與商業化技術。此整合技術之模式，在國內雖有本署與經濟部分別成立策略與研發聯盟在推動，但缺乏專長分工，技術整合有待提昇。
3. 依 Vattenfall 提供之技術資料顯示，CCS 的成本在捕集方面約占成本 55%，運輸約占 20%，儲存約占 25%。未來如何加強捕集技術為達成商業化重要的關鍵點。另分析有關船運處理方面；液化設備成本:液化 75ton/天 設備成本:NT\$6300 萬元 液化 300ton/天 設備成本:NT\$1.4 億元。參考 IEA 相關財務及技術等數據，船隻運輸方面，包括中途的儲存系統以及港口費用等，相關成本介於每噸 NT\$495 元（1,000 公里）至每噸 NT\$989 元（5,000 公里）

之間依據文獻「Costs of Ship Based Transportation」計算由台灣船運 CO₂ 至美國(以 12000km 計算)其成本為 NT\$2000 元/噸。顯見近期專家學者提出 CO₂ 送至美國進行 EOR 構想，其門檻相當高。

4. 另依 Vattenfall 公司就其整體企業的政策環評內容顯示；其指出 CCS 技術應以生命周期(LCA)的觀念分析對環境的衝擊。除電廠效能需要由技術去克服外，其顯著的環境衝擊是會產生額外 NO_x，但 SO₂ 會受到較佳的排放控制。
5. Vattenfall 自 2008 年底開始捕集廠內燃煤所製造的二氧化碳，使用富氧燃燒捕集技術，這種技術採用空氣分離裝置，將煤燃燒時釋放的二氧化碳從排放的氣體中進行分離，然後在高壓低溫下進行液化，液化後之 CO₂ 運送至 GFZ 負責 Ketzin 計畫進行進一步試驗。此合作的模式，類似於能源局鈣迴路捕集 CO₂ 送至中油氣田進行封存評估。此種試驗階段合作模式，在初期雖不具經濟效益，但符合未來再利用模式推動，值得國內加強推廣。
6. 該計畫總投資金額約歐元 8,000 萬元，另擬於未來 10 年內編列歐元 3,000 萬元之預算，以進行各項測試及研發工作。該廠之設計使用壽年為 10 年。該試驗性電廠是未來 2015 年~2020 年達到能將碳捕獲和儲存商業化的重要里程碑。也是第一個世界上使用富氧燃燒捕集方法的試驗性火力電廠。



圖 1、Schwarze Pumpe 電廠外觀



圖 2、Schwarze Pumpe 富氧燃燒場參與廠商



圖 3、富氧燃燒場之空氣分離設備外觀



圖 4、富氧燃燒場製程流程圖



圖 5、與富氧燃燒場現場操作人員合影

二、參訪 Ketzin CO₂ 注入試行計畫

歐盟執行委員會第六個架構計畫 (EU commission' s Sixth Framework Programme, FP/6) 中執行一項 CO₂SINK 的綜合計畫決定於德國西柏林的 Ketzin 地區，該項目由位於波茨坦的 GeoForschungs-Zentrum(GFZ) 管理，旨在研發將二氧化碳注入鹽水地層的封存技術，將提供二氧化碳與岩石相互作用的信息，並通過先進的監測技術進行中長期分析，2004 年 4 月已開始這項計畫並於當地興建一所二氧化碳封存實驗室，為歐盟

第 1 個 CCS 封存示範計畫。

Ketzin 於 1964 至 1970 年間與 1970 至 1992 年間，分別儲存了當地的瓦斯與天然氣，這 30 年已對當地的地質累積相當經驗與知識。此儲存所最外層的屏障為頁岩，可成功的作為 CO₂ 儲存的蓋層阻擋洩漏，且儲存所的地底(鹽水層)也符合此計畫目標與架構，因此被認為合適的長期封存場址。

該場址自 2008 年 6 月開始注入 99.9%食品級二氧化碳，及來自於 Schwarze Pumpe 的 CCS 測試計畫的二氧化碳，目前注入的速率約每月 1000 噸 CO₂，過程皆順利且安全無虞。本次訪問結果重點包含下列各項。

1. 該場址接受各界申請訪問，以利推動封存資訊的公開及進行民眾溝通。在 2011 年約有各國訪客 1000 人次參觀訪問。
2. 每年皆定期舉辦 Open House 活動(約每年 5 至 6 月)，主動邀請學界及各團體訪問，進行教育宣傳工作，目前並無抗爭事件產生。
3. 建立專屬網頁，充分說明目前計畫執行情形及未來推動活動構想，讓民眾能一起參與。
4. 該場址注入的程序是先將 CO₂ 液化後，進行輸送。在注入前再經由加熱器至臨界狀態進行注入工作。依該場解說人員表示，如此的操作程序最符合以貯槽進行運送的模式。此模式可作為未來國內在測試階段封存的參考。



圖 6、Ketzin CO₂ 注入場址大門

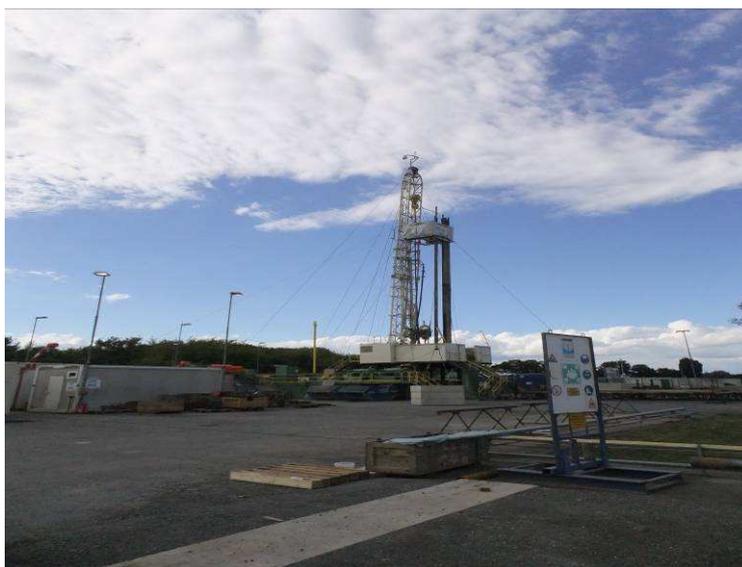


圖 7、Ketzin CO₂ 注入場址(注入井)



圖 8、Ketzin CO₂ 注入場址(氣體儲槽)



圖 11、Ketzin CO₂注入場地質展示

三、拜訪 Alstom 公司（CCS 推動辦公室）

Alstom 為法國公司，主要致力於各種工業、電氣設備的生產以及電力的供應輸配。Alstom 公司是為全球基礎設施和工業市場提供部件、系統和服務的主要供應商之一。Alstom 在 CCS 方面主力為研發電廠富氧燃燒及燃燒後捕集技術此兩類別。該公司亦成立全球的 CCS 公關團隊(約 25 人)，進行各項政策推動工作。參訪的重點主要是以德國法規分享為主，如下說明；

1. 法規頒訂：德國政府於 2012 年 4 月 13 日通過了二氧化碳捕集、運輸與永久封存技術示範與應用法規。這為德國得到歐盟支持來開展二氧化碳捕集與封存（CCS）測試項目提供了先決條件。依該法規規定，主要管制對象為測試示範廠，透過相關技術評估過程，德國各州可以指定哪些地區允許封存二氧化碳以及哪些地區不適合封存。即該法規有助於加強民眾對 CCS 的接受度。
2. 法規推動：因二氧化碳封存領域法規僅管制測試和示範場址，且廣泛的公眾參與度是申請許可示範封存所必須的。因此，德國政府可確保這一新技術之公眾參與程度，作為後續大型 CCS 之基礎，依該法規規定，德國政府將於 2017 年對該法案再進行

徹底的評估，並向德國聯邦議院報告，以確認德國 CCS 的發展方向。

3. 法律草案的主要內容:

- 將封存限制在示範用途：只有當封存設施在 2016 年底前提交申請，才能夠得到許可，而且每個設備的年度封存量不能超過 300 萬噸，每年全國的二氧化碳封存總量不能超過 800 萬噸。
- 示範封存設施許可：需預先調查並結合環境影響評估來履行批准程序。充份結合最先進的科學技術採取預防措施來防止對人類和環境的負面影響。
- 保護其他用途：CCS 計畫需確保給予地下的其他用途，例如地熱能源和能源儲存充分的保護。確保 CCS 不會對地下其他用途產生不利影響。
- 責任轉移：歐洲法律規定的責任轉移的一個先決條件是運營商要提供長期安全的證明。這可以確保州政府不接管沒有解決風險的不安全封存設施。
- 財政安全：經營者必須提供整個周期（從調查到責任轉移）的財政安全。責任轉移之後，運營商必須預留資金來處理第一次封存。這將確保有足夠的資金來用于責任轉移後的繼續監測封存和處理潛在的風險。
- 其他規定：該法案還在能源行業法律基礎上規定了二氧化碳管道的建立和運行，以及在聯邦注入限制法律基礎上的捕集裝備。此外，所有 CCS 的設施將遵守排放交易法律。

Operating		Coming	
 Vattenfall Schwarze Pumpe Germany - 30 MWth Oxy - Lignite	 AEP Mountaineer USA - 58 MWth Chilled Ammonia - Coal	 EdF - Le Havre France - 5 MWth Adv. Amines - Coal	 Statoil Mongstad Norway - 40 MWth Chilled Ammonia - Gas
 EoN Karlshamn Sweden - 5 MWth Chilled Ammonia - Fuel	 Total Lacq France - 30 MWth Oxy - Gas	Pre-commercial	
 Dow Chemical Co. USA, West Virginia Advanced Amines - Coal	 Alstom BSF Windsor US - 15 MWth Oxy - Coals	 PGE Belchatow Poland - 260 MWe Adv. Amines - Lignite	 Vattenfall Jämschalde Germany - 250 MWe Oxy - Lignite
 Transalta Canada - >200 MWe Chilled Ammonia - Coal	 AEP Mountaineer USA - 235MWe Chilled Ammonia - Coal		

圖 3、Alstom 公司參與之 CCS 示範廠

四、拜訪 Linde 公司

該公司主要致力於全球最新 CCS 研發技術發展、氫能源技術研發、綠色氫能設備與運用領域及環保氣體生產。本次訪問主要由 Roland Ritter 與 Bernd Holling 二位博士負責接待。德國林德公司 (LindeAG) 屬全球上市公司，以生產工業氣體與物流堆高機為主。林德公司為發展工業氣體事業，在並購英國同業布林氏氧氣公司 (BOC) 後林德公司將更名為林德集團 (The Linde Group)，為全球最大之工業氣體供應商。林德集團氣體事業部是全球氣體市場的重要生產者，提供種類廣泛的壓縮和液化氣體以及各種化學產品，是眾多行業不可或缺的重要合作夥伴。林德氣體運用領域涉及鋼鐵生產、提煉、化學加工、環境保護、焊接、食品加工、玻璃生產和電子行業。林德集團同時也大力發展快速增長的醫療業務 (如醫用氣體) 和生態氫技術的研發。也因其在氣體的專長，近年來積極投入 CCS 的研究工作。依該公司的技術資訊內容，主要執行 CCS

技術包含：

1. 與 Vattenfall 公司合作，建構 Schwarze CCS 示範廠。主司 CCS 後捕集系統的硬體設備，包含了醇氨及薄膜的分離研究。並在 Ketzin 計畫進行進一步運輸與注入之試驗。
2. 近 3 年積極協助大陸電廠，執行淨煤相關技術，協助大陸電廠捕集廠內燃煤所製造的二氧化碳，亦使用富氧燃燒捕集技術，將煤燃燒時釋放的二氧化碳從排放的氣體中進行分離。應用於 EOR 的再利用工作。
3. 在 CCS 技術，如何將 CO₂ 進行乾燥及去除副產物 NO_x 產生是一個很重要的工作。Linde 公司在這方面，於全球中屬領先技術地位。該公司利用低溫的環境可大幅去除 NO_x 的排放。並將 CO₂ 純度提昇至 99.7% 以上。
4. 該公司在 2007 於德國 Niederaussem Cologne 開始發展先進的後燃燒捕集系統的技術研發工作，其 CO₂ 可達 94%(未乾燥前)，處理容量為: 1.500 Nm³/h，此是由褐煤的煙道而來，約 7.2 噸/日 CO₂。

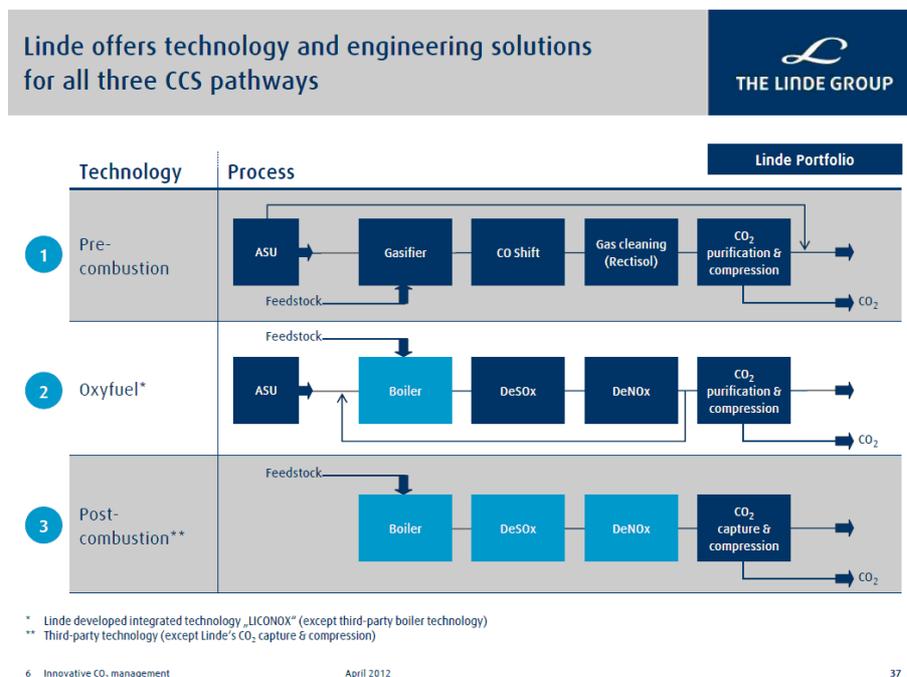


圖 4、Linde 公司參與研究之 CCS 技術

肆、心得與建議事項：

1. 技術面

- (1) 目前國際間對 CCS 技術之研發，主要著重於捕集技術部分(因其成本仍過高)，但究竟何項技術可最先成熟應用尚無定論，且受到國際經濟景氣影響，各技術預估發展期程有延後調整之趨勢。
- (2) 富氧燃燒(Oxyfuel)具有減少溫室氣體與空氣污染物之優點，未來應屬新設電廠之優先選項，惟該技術短期內應無成熟技術可應用，我國可持續關切其發展，或適時參與國際研究。
- (3) 至於既有電廠之溫室氣體減量部分，則仍以增設捕集後設備為目前解決方案，建議國內應著手推動試行 (Pilot) 或示範 (Demonstration) 計畫，擇定適合我國產業之後捕集技術。
- (4) 封存技術屬成熟技術，惟其涉及風險問題，因此事前之鑽探評估與環境監測同屬重要，前者目的為找出適當之封存場址與評估儲存量，後者則係作為民眾溝通之重要依據。
- (5) 目前 CCS 仍處試驗階段，參考 Vattenfall 經驗，其係以出資邀請全球技術專業公司建立實驗室方式推動技術研發與商業化，國內則由政府相關部會推動，其專業性、行政效率與執行彈性恐有不足，建議我國或可參考國際經驗，另行成立 CCS 專責單位或公司，以積極推動 CCS 技術。

2. 整體面：

- (1) 歐盟各國對溫室氣體減量之推動十分積極，德國尤為居其中領導地位，本次參訪過程中所接觸者，不論專業技術人員、行政人員或一般民眾，均對氣候變遷與溫室氣體減量之議題有所瞭解。
- (2) 國人對氣候變遷問題仍僅限於「節能減碳」，對我國溫室氣體減量政策與技術所知有限，特別是 CCS 相關資訊，建議未來應加強此議題之宣傳，並研析納入環境教育項目之中。
- (3) 建議我國應加強參與國際 CCS 相關活動與會議，確實掌握國際 CCS 發展情形，並建立交流管道。
- (4) 如何與民眾建立良性之溝通管道，為我國 CCS 未來推動重點

與成敗關鍵，本署未來應將國內外各項 CCS 技術發展、試驗場址等資訊，即時提供予國內民眾或利害相關團體瞭解，作到資訊零時差與透明化，即建立意見交流平台。

The Ketzin project Europe's longest-operating on-shore CO₂ storage site



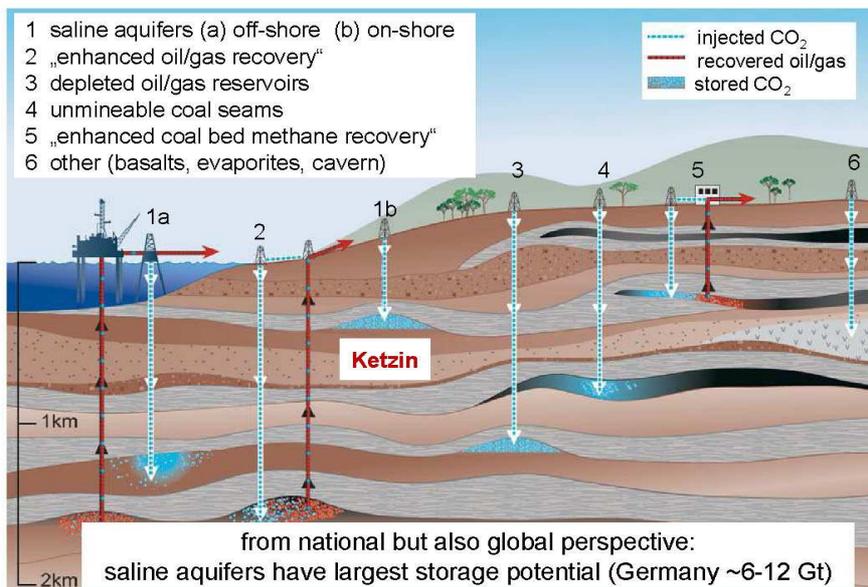
M. Kühn: head of centre for CO₂ storage

A. Liebscher, S. Martens, F. Möller: Pilot site team

Centre for CO₂ Storage
GFZ German Research Centre for Geosciences



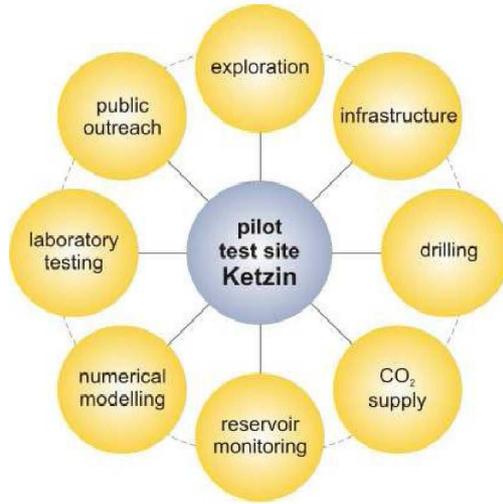
Different geological options for CO₂ storage



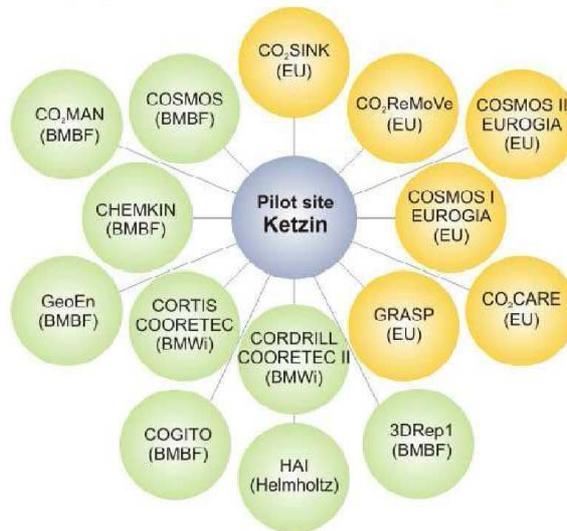
after IPCC (2005) – www.ipcc.ch



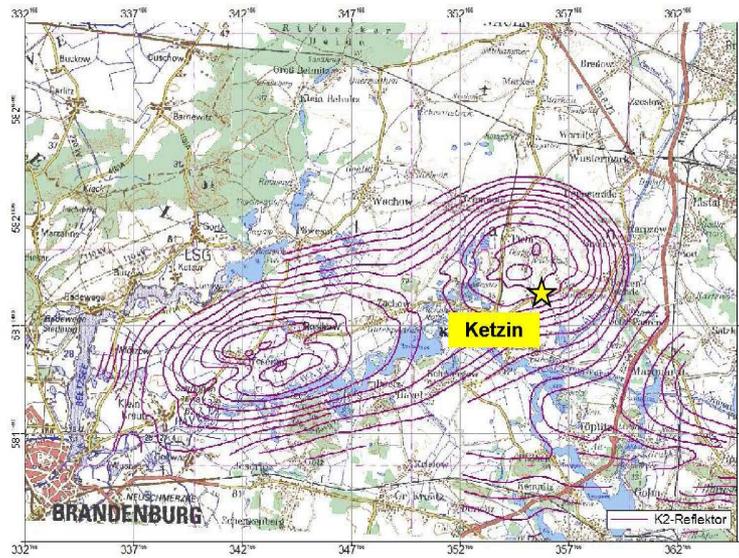
Ketzin covers all aspects of a CO₂ storage site with a focus on monitoring



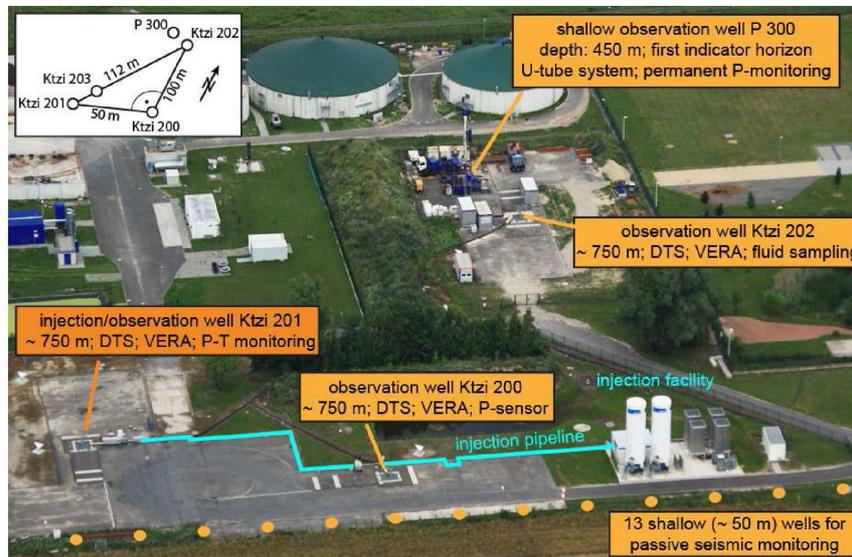
Ketzin only possible with complex funding



Ketzin at the SE flank of a double anticline



Aerial view of the Ketzin pilot site

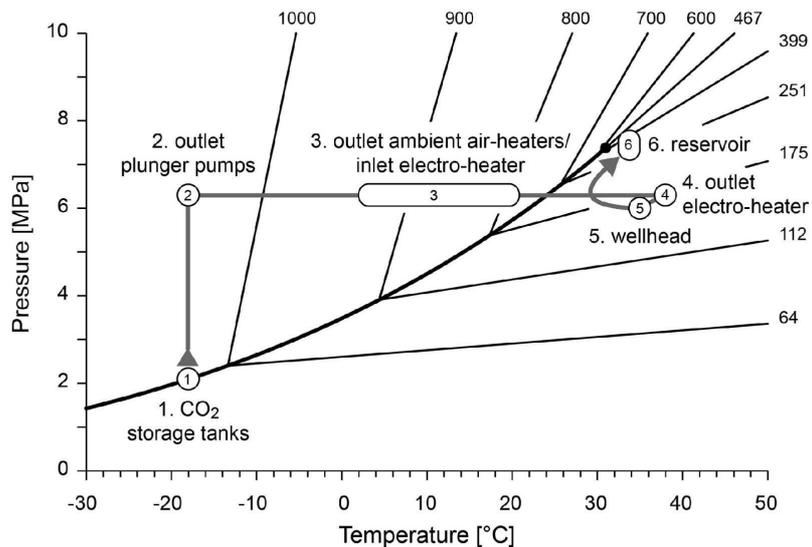


The CO₂ injection runs safely and reliably

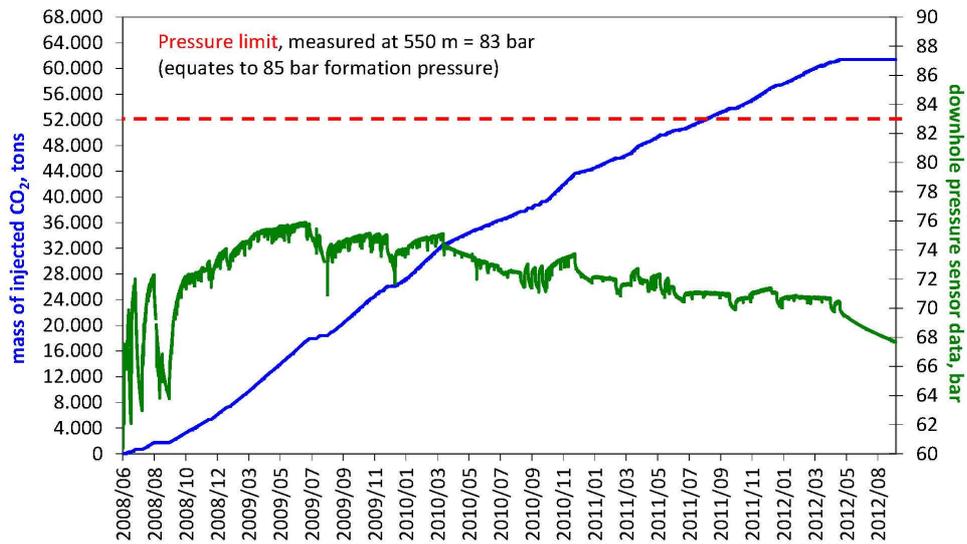
- Start of CO₂ injection: 30.06.2008
- CO₂ sources and quality
 - Primary source: food-grade CO₂ (Linde), > 99.9%
 - Secondary source (1,515 t from May 05 to June 12, 2011): Schwarze Pumpe pilot plant (Vattenfall), > 99.7%
- Injection rates: 24 to 77 t/day (currently ~ 1 kt CO₂ /month)



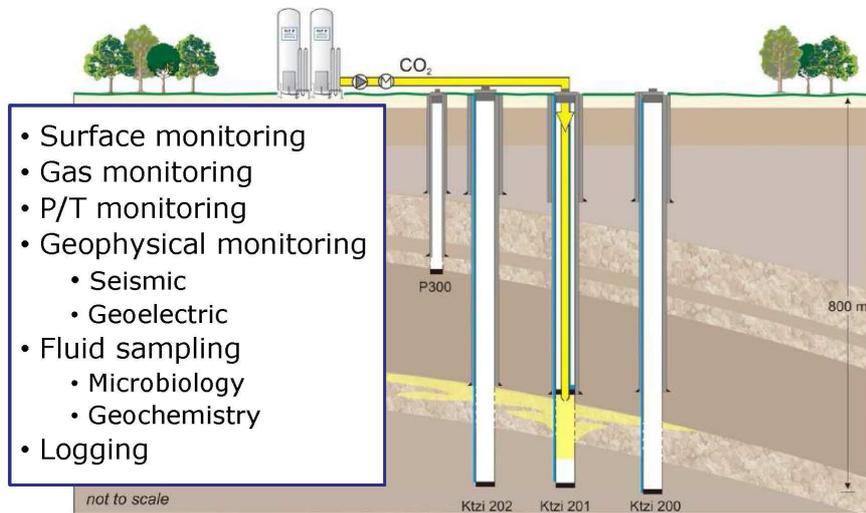
Injection process



Injected CO₂ and formation pressure



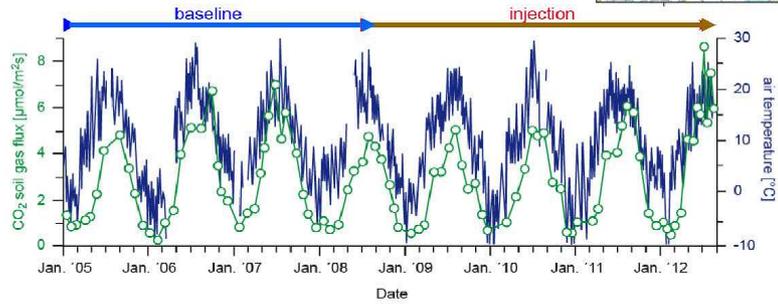
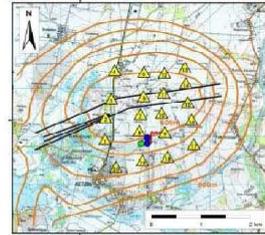
An interdisciplinary monitoring concept is applied



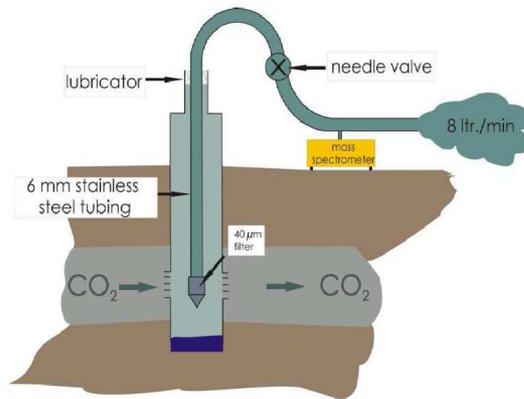
CO₂ flux and temperature show typical seasonal variations



Monthly soil flux measurements at 20 sampling locations



In-situ gas monitoring



- Installation in March 2010 (well Ktzi 200)
- Tracer tests conducted in April / May 2010 and May 2011

Geophysical methods with different spatial resolution are applied



active seismic methods

surface-surface:
3-D (grid), 2-D star (red lines)

surface-downhole:
vertical seismic profiling VSP
moving source profiling MSP

cross-hole (white circle)

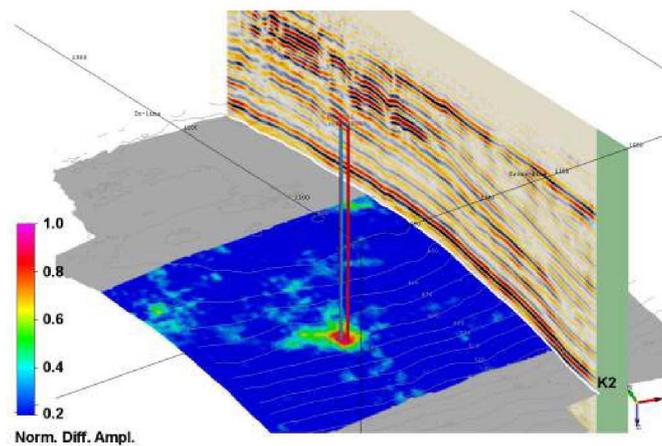
passive seismic methods

geoelectric methods

surface-downhole (yellow dots)
cross-hole (white circle)

3D seismics: Time-lapse amplitude analysis visualizes the CO₂ signature

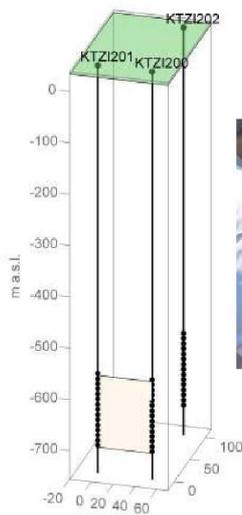
Changes in reflection amplitude between 3-D baseline (2005) & repeat (2009)



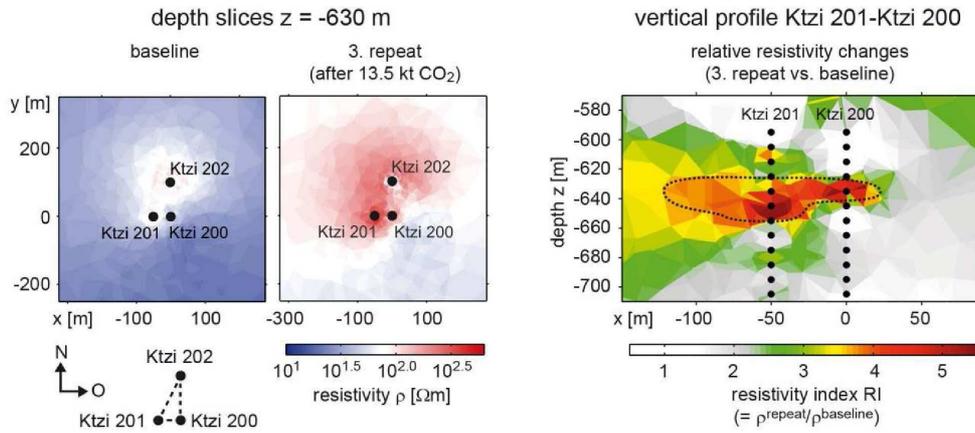
3D-Repeat 10/2009 ~22 kt CO₂ injected

3D seismics: Time-lapse amplitude analysis visualizes the CO₂ signature

Set-up of the Vertical Resistivity Array (VERA)



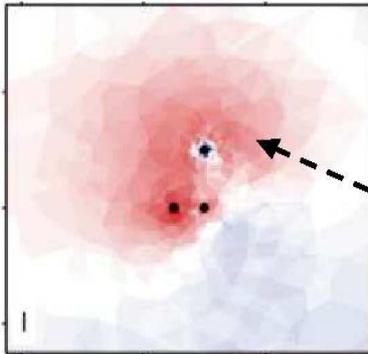
Geoelectrical measurements show resistivity increase at reservoir level



Integrative Data Interpretation

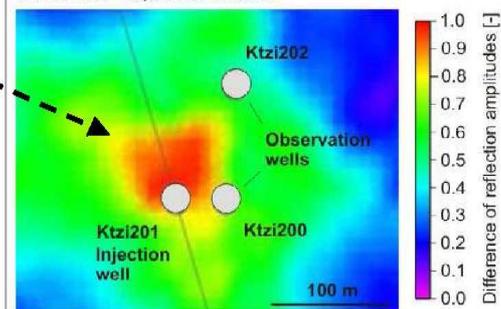
Seismics & Resistivity tomography

Geoelectric – depth slice at 630 m



Bergmann et al., 2012

Seismics - depth slice at 635 m

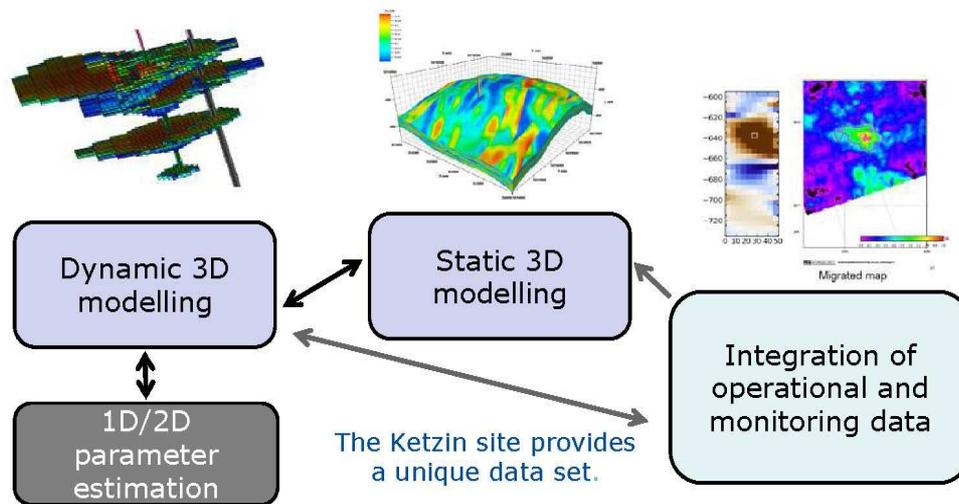


Baseline 10/2005

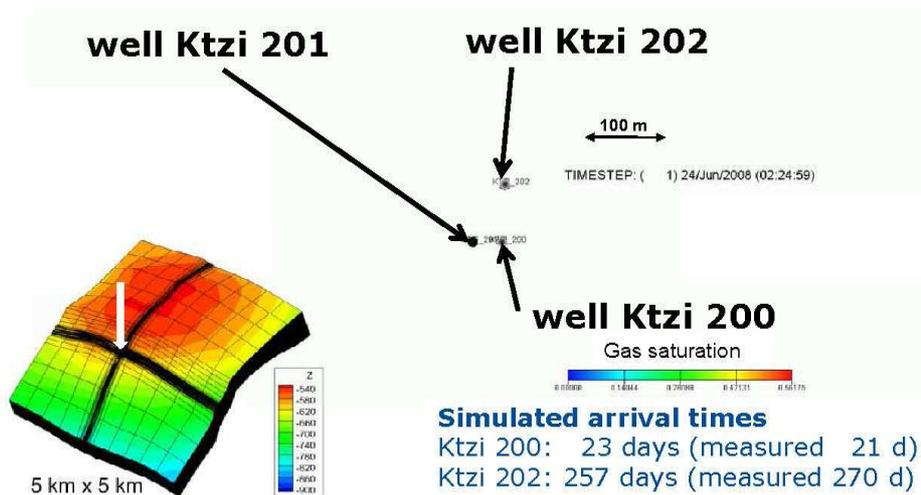
Repeat 10/2009

Juhlin, C. et al. (2010)

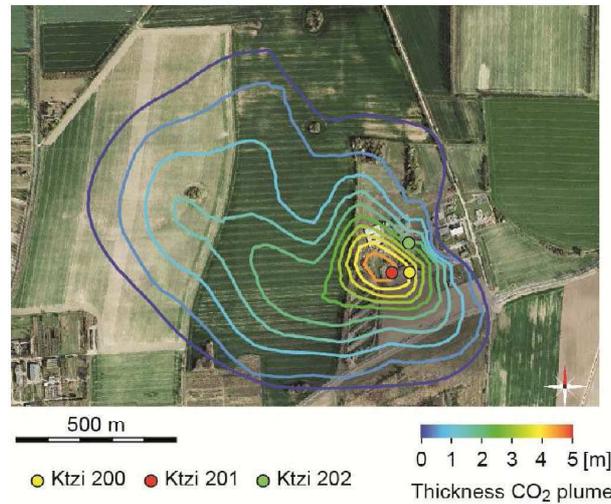
Current status of modelling activities - Integrated *History Matching* process



Dynamic model matches pressure and arrival times of CO₂ at observation wells



Dynamic model shows extension of CO₂ plume after 60 kt injected CO₂



Public outreach

- **Transparent information** about the Ketzin project, the monitoring concept and results from the very beginning
- Increasing number of **site visits** (~1,000 visitors in 2011)
- Extension of **visitor centre** and set-up of new **website**
- Annual **Open House** at Ketzin site brings researchers and local community together



Conclusions



- The **Ketzin** project demonstrates successful CO₂ storage in a saline aquifer on a **research scale**.
- **Injection** operation since June 2008 is **safe and reliable**.
- **Geophysics** detects the CO₂ signature on **various - even very small - scales**.
- Dynamic **model matches** arrival/travel times and pressures.



www.co2ketzin.de



Public outreach

- **Transparent information** about the Ketzin project, the monitoring concept and results from the very beginning
- Increasing number of **site visits** (~1,000 visitors in 2011)
- Extension of **visitor centre** and set-up of new **website**
- Annual **Open House** at Ketzin site brings researchers and local community together



www.co2ketzin.de



Conclusions



- The **Ketzin** project demonstrates successful CO₂ storage in a saline aquifer on a **research scale**.
- **Injection** operation since June 2008 is **safe and reliable**.
- **Geophysics** detects the CO₂ signature on **various - even very small - scales**.
- Dynamic **model matches** arrival/travel times and pressures.



www.co2ketzin.de



**...during your visit
be kindly reminded:**



&



Thank you for your attention !

