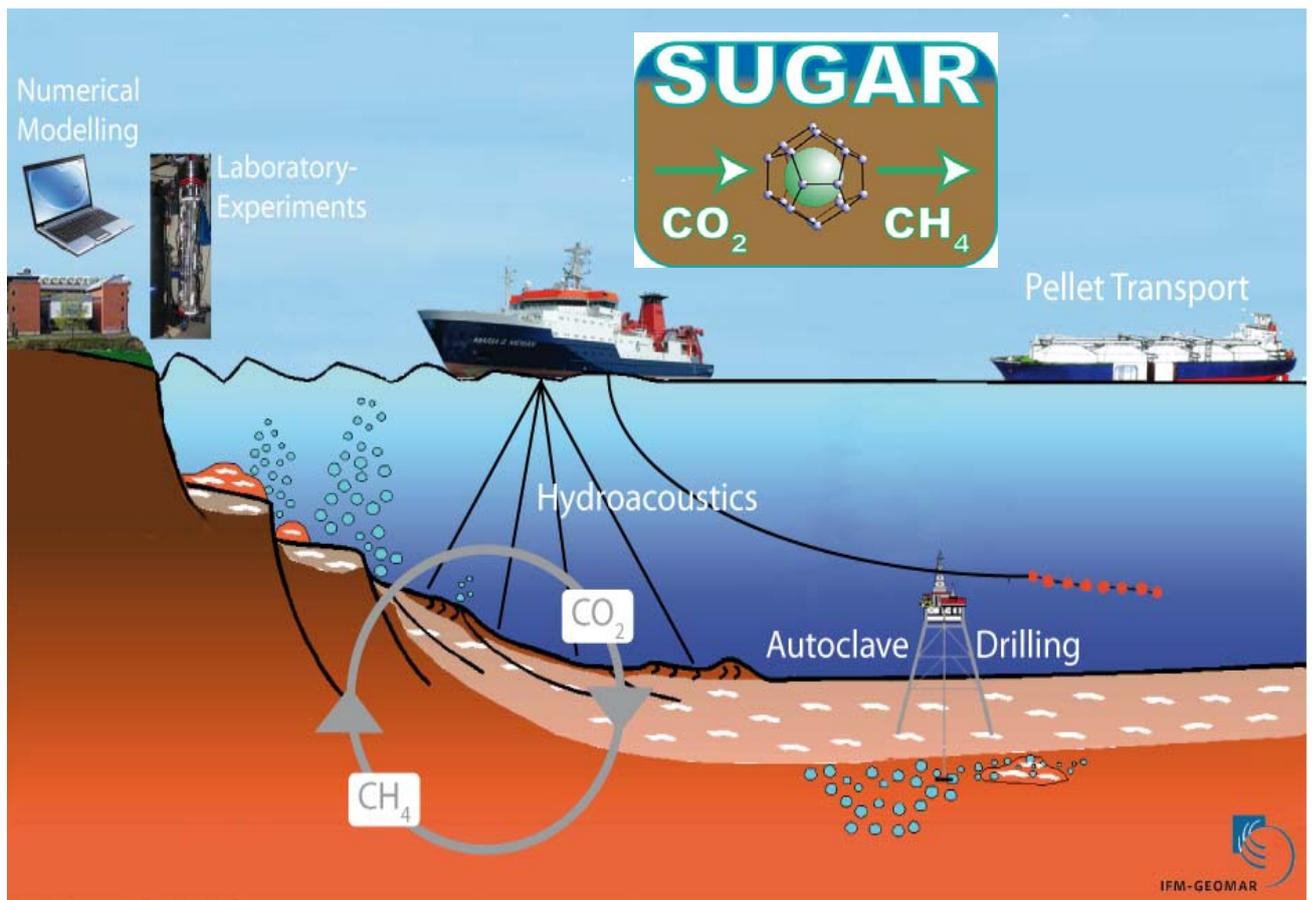


以二氧化碳封存置換甲烷氣示意圖(Ikegawa et al., 2007)

1. 將二氧化碳超流體注入到天然氣水合物儲集層上方，形成二氧化碳水合物當作天然氣水合物之封阻蓋層並可穩定海床。
2. 再將二氧化碳超流體注入天然氣水合物儲集層之下部，利用形成二氧化碳水合物所釋放之反應熱，提供上部天然氣水合物層解離所需要的熱能。
3. 當天然氣水合物逐漸解離產生甲烷氣經導管引到海平面收集儲存後，部分二氧化碳超流體可向上移棲至天然氣水合物儲集層中，連鎖反應逐漸置換出甲烷氣，達到開採甲烷氣及並將二氧化碳封存於深海之目的。



圖片及資料來源：

http://www.ifm-geomar.de/fileadmin/ifm-geomar/fb2/fb2_fe1/cutecht/SUGAR/Leitantrag_A.pdf

德國 SUGAR 計畫簡介

德國 SUGAR (Submarine Gas Hydrate Reservoirs) 3 年期計畫(2008 年 6 月~2011 年 5 月)，是由德國著名的海洋科學研究機構「萊布尼茲海洋科學研究中心 (Leibniz-Institute of Marine Science, 又名 IFM-GEOMAR)」及「布萊梅大學 (University of Bremen)」結合工業界等 30 個單位共同執行，由萊布尼茲海洋科學研究中心負責統整相關研究成果，研究經費來自政府部門及工業界，合計高達 1,300 萬歐元(約 6 億新台幣)，目的是要開採海洋中的天然氣水合物(可燃冰)，以獲得天然氣(CH₄)資源，並把發電廠及工業界產生的二氧化碳(CO₂)注入海底，以二氧化碳水合物的方式永久封存於海底深部地層內，希望可以協助解決人類能源不足與溫室效應的兩大問題。整體計畫分為二大部分執行，第一部份為進行天然氣水合物的探測調查(包含現地調查、鑽探及盆地分析等)，第二部份為進行開採及運送等研究(包含貯存層模擬分析、實驗室試驗分析及氣體運送等)。預計於 SUGAR 第二階段計畫 2011 年夏季實地進行生產試驗井測試。

補充資料：

（一）何謂「可燃冰」？

可燃冰是一種天然氣水合物，是指自然界在低溫高壓環境下所形成的一種富含甲烷氣（俗稱沼氣）之冰狀物，其外觀就像冰塊一樣，學界稱為天然氣水合物。由於自然界產出的天然氣水合物，所包含的氣體分子以甲烷為主，故又稱為「甲烷水合物」。

理論上，1 立方公尺的甲烷水合物，常溫常壓下，可以釋放出 150-170 立方公尺的甲烷氣。由於它一旦遇到火源就能持續燃燒，形成冰水火共存的奇異現象，故常被稱為「可燃冰」或「甲烷冰」。

可燃冰廣泛分布於高緯度永凍層和陸緣深水區。目前估計全球可燃冰所含的甲烷總資源量約有 2 萬兆立方公尺，換算成有機碳含量約有 10 兆公噸，約為目前已知所有傳統化石燃料（如煤、石油、天然氣等）能源之有機碳總儲量的 2 倍。

可燃冰雖然是一種非傳統化石燃料，但是比傳統化石燃料更潔淨；其燃燒後所排放的 SO_x 量為零， NO_x 的排放量只有燃煤的 20~37% 或燃油的 33~50%， CO_2 的排放量只有燃煤的 57% 或燃油的 67%。

（二）國內可燃冰調查現況

經濟部中央地質調查所從民國 93 年度起，分年在高雄—屏東外海深水海域實施系統性的海域地質、地球物理及地球化學等探測工作，以評估該海域賦存可燃冰的潛能與其地質特性。從各項水上與水下探測研究結果，顯示調查區內蘊藏有豐富的可燃冰資源，初步估計其所含甲烷氣的資源量約在 5,000 億立方公尺以上，若能全部開發利用，並以國內近年來天然氣年使用量約 100 億立方公尺估算，此項資源可供國內使用 50 年以上。



天然氣水合物(可燃冰)實體外觀照片及燃燒情形，照片(A)、(B)及(C)為印度海域鑽得之含天然氣水合物岩心照片，照片(D)為韓國在東海鑽得天然氣水合物標本點火燃燒的情形。

照片(A)、(B)來自網頁 <http://energy.usgs.gov/other/gashydrates/indiainages.html>；
照片(C)來自網頁 http://www.nio.org/projects/ramana/fig13_rew.jpg,fig14_rew.jpg。照片D來自韓國產業資源部網頁之2007年6月25日與2007年11月11日新聞稿資料。