

今回の CO₂ 深海貯留実海域実験の狙いと意義

温暖化対策としての CO₂ 海洋隔離には、海洋の広大さを生かし広く薄めて溶かす「溶解法」と、液体 CO₂ が重力的に安定する 3500 m 以深の深海底の窪地に溜める「貯留法」があります。当所（海上技術安全研究所、海技研）は、ハイドレート生成により溶解を抑制し、影響範囲を最小限にとどめるとともに、隔離期間が海洋鉛直循環周期の 2000 年以上が期待でき、しかも万が一の際には汲み上げること（原状回復）の可能な「貯留法」の開発を目指した研究を 1990 年から続けています。

当所は高圧ループなどによる基礎データを蓄積してきましたが、貯留法の実現を目指すには、実海域実験が不可欠です。そこで、1999 年より、世界最大の CO₂ 排出国である米国のモンテレー湾海洋研究所 (Monterey Bay Aquarium Research Institute, MBARI) と環境問題に熱心なノルウェーのベルゲン大学と共同で、CO₂ 貯留実海域実験を続けてきました。2001 年までは、主としていかに効率よく CO₂ を深海底まで運ぶかという、技術に関する実験を行ってきましたが、2002 年からは、CO₂ の安定貯留と海洋環境への影響の程度を見積もるための基礎データの蓄積を目指した研究を行っています。

今回の実験（2002.10.24 ~ 10.28）は、共同実験としては始めて CO₂ が CO₂ 溶解海水より重くなる深度 3500 m を大きく超える、深度 3942 m で行い、安定性に及ぼす密度差の効果を確認することを第 1 の目的として行いました。今回の深度は、これまで MBARI が独自で行った実験深度を凌ぐ、世界最大深度のものでした。

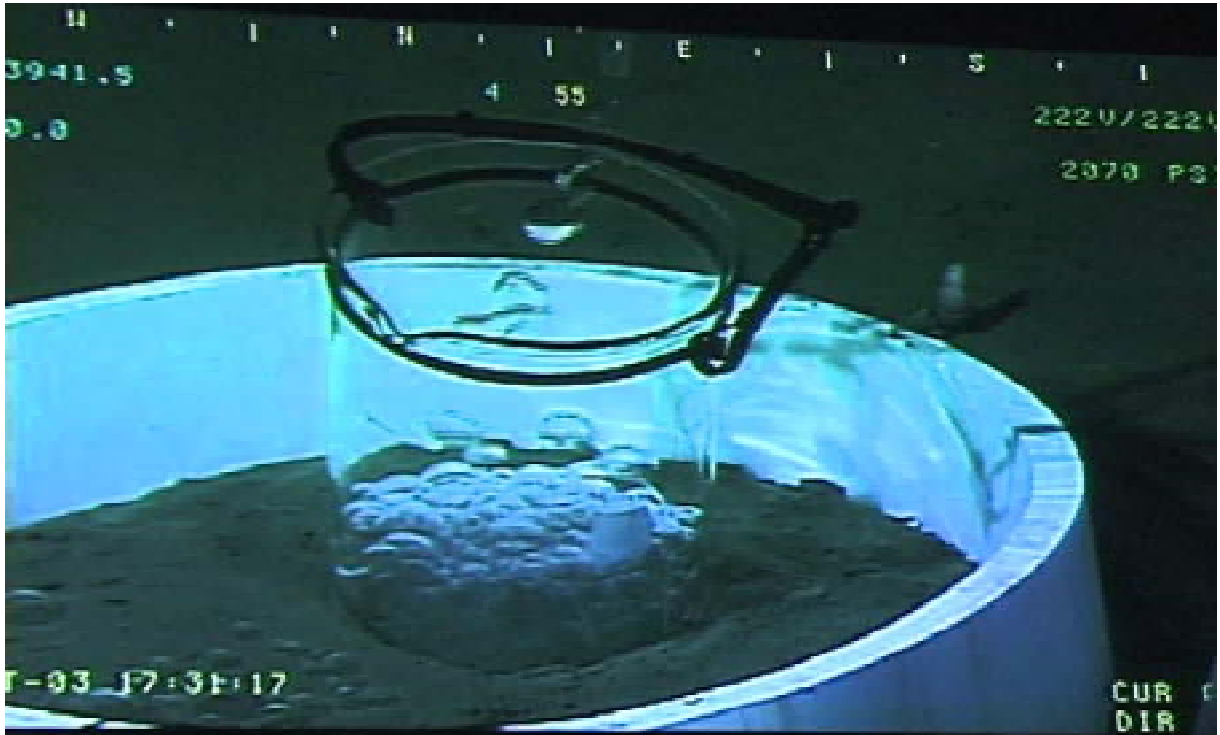
一方、MBARI が独自で行った深度 3650 m の貯留実験において「あふれ現象」が発見され、大きな話題を呼びました (Science, Vol.287, 1999, pp.943-945)。その後の当所の陸上実験から、深度 4000 m ではあふれ現象が起こらないことが予想されましたが、今回、実海域においてもあふれ現象が起きないことが確認されました。この現象は、CO₂ 底部に生成するハイドレートによる押し上げにより生じますが、今回の深度では CO₂ と CO₂ 溶解海水との密度差が大きく、ハイドレートの成長を上部の CO₂ が押しつぶしたと考えられます。このことは、少なくとも深度 4000 m では、貯留法にとって余り望ましくないあふれ現象を抑制し、長期にわたる安定貯留が可能であることを意味しており、貯留法の実現に向けた大きな成果といえます。

さらに、安定性の確認の他、ハイドレート生成率やプロペラ制御による流れと溶解速度 (pH 変化) の関係など世界で初めての実海域計測を行い、貯留期間の決定と環境影響評価に不可欠なデータを数多く取得しました。実験遂行に当たっては、必要なデータを得るための最小 CO₂ 量と最小実験時間の設定、実験による深海環境影響の最小化などにも気を配りました。また、この実験の成功は、実際に実験を担当した乗組員と深海調査艇のパイロットの高度な技術によりもたらされました。

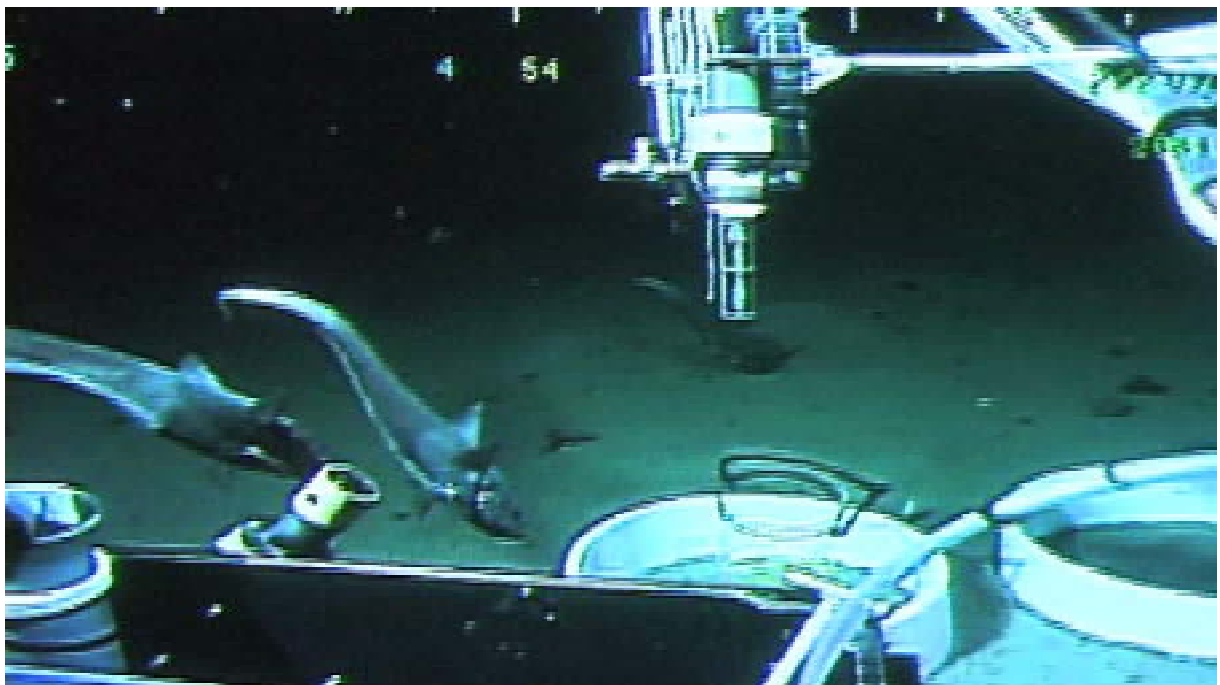


MBARI の Brewer 博士らが発見したあふれ現象
<http://www.mbari.org/~brpe>からデータが得られる。

今回の実海域実験の写真



Dr. Brewer の発見したあふれ現象(参考資料貼付の写真参照)と同様のビーカー実験。3650 m の場合より、各液泡がひしゃげており、重力効果が強く出ていることが分かる。



CO₂ 安定貯留中のビーカーに近づく深海魚(タラの一種)。深海魚の接近は、CO₂ 溶解が微弱であることを示しているものと考えられる。上方に pH センサが見える。

用語解説

貯留深度について：

新聞等では、CO₂ の貯留深度として、液体 CO₂ と海水とが密度的にバランスする深度 2700 mより深い、3000 mとする記事が多く見られるが、貯留 CO₂ が密度的に安定するためには、CO₂ が CO₂ 溶解海水より重くなる、3500 m以深が必要。

ハイドレート：

正確には、クラスレート・ハイドレート。水分子からなる籠構造に、ゲスト分子（CO₂ やメタンなど）が入り込むことによって安定化した氷に似た化合物で、高圧低温下で生成する。基本物性は氷に似ているが、生成条件により、結晶状になったり、膜状や針状を呈する。水との混合物は、マスコミでよく紹介される「シャーベット状」となる。

CO₂ あふれ現象：

MBARI の Brewer 博士らは、独自に行った深度 3650 mの実海域実験において、4 リットルのビーカーの途中まで溜めた液体 CO₂ が 10 数分間隔でビーカーからあふれ出る現象を観察した。この現象は、ビーカー底で生じるハイドレートが CO₂ を押し上げるために生じるもので、CO₂ の安定貯留にとって余り望ましくない現象と考えられてきた。しかし、海技研の高圧装置による実験から、深度 4000 mになると液体 CO₂ がさらに重くなり、ハイドレートの成長を押しさえ込むことが予想されていた。今回の世界最深度の実験から、この陸上実験の結果を実海域で確かめることができた。深度 4000 mであふれ現象が生じないことは、CO₂ 深海貯留の実現にとって大変大きな朗報といえる。