

QICS 実験 : はじめに

2012 年の春と夏に、英国自然環境調査局 (NERC) が出資する QICS プロジェクトの一環として CO₂ 回収貯留 (CCS) からの海底下漏洩をシミュレートするため、世界初の実海域での海底下二酸化炭素 (CO₂) 漏洩実験が実施された。実験はスコットランド西海岸の Ardmucknish 湾で実施された。陸地から岩盤を通過して未固結堆積物まで掘削された水平坑井は、Ardmucknish 湾の沖合 350m、海底下 12m まで達した。CO₂ ガスを 37 日間かけてこのパイプに注入し、この期間の最後には合計 4.2 トンのガスが堆積物中に放出された。このガス放出期間前、期間中および期間後に、広範な地球物理学的、生物地球化学的、生物学的調査が行われた。

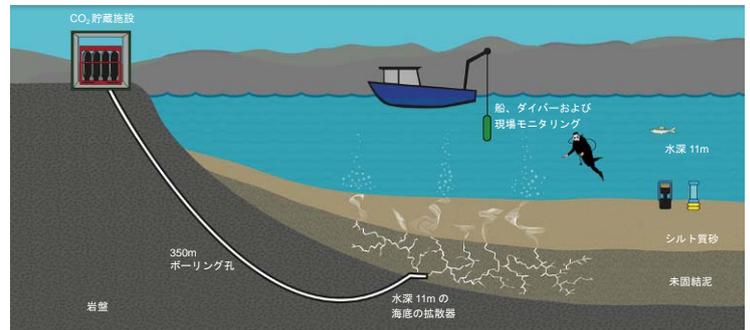


図 1. QICS 実験構成 <http://www.qics.co.uk>

サイト選定

この実験のサイト選定は、いくつかの基準に基づいて行われ、必要な後方支援、船へのアクセス、潜水作業支援および実験室を提供したスコットランド海洋科学協会 (SAMS) に極めて近接していた。最初に、7 つの異なるサイトで局所的な調査が行われ、以下に基づいて評価された。



- ・ 深度 < 30m (サンプリング戦略にダイバーを伴うため)
- ・ 堆積物の種類 - 北海環境と同等
- ・ 岩盤の種類 - 掘削に適切
- ・ 掘削距離 - 海岸にできる限り近い位置
- ・ 接近可能性 - 陸地および海上の両方からのアクセス容易性

最善の結果をもたらしたサイトは、Ardmucknish 湾 (図 2) の SAMS から 3 海里以内にあるサイトであった。サイトは (潮汐の状態により) 水深約 10~12m に位置し、表面堆積物は一般的な沿岸動物相群集を含む泥質砂から成っていた。

図 2 : Ardmucknish 湾の先端。Tralee Bay Slipway にある陸上の掘削サイト、放出中心点および影響ゾーン (円) および基準サイト (赤い点) を示す。

掘削およびガス放出施設

適切な許可を得た後、岩盤を通過して Ardmucknish 湾の対象地点までボーリング孔を掘削した (図 2)。長さ 5m のガス拡散器 (0.5mm メッシュサイズ) を先端に溶接した直径 20mm のステンレス鋼パイプをボーリング孔に挿入した。堆積物構造の攪乱を最小限に抑えるため、最後の 20m は拡散器を取り付けたパイプラインを未固結堆積物に押し込んだ。パイプラインは、防護された鋼鉄製コンテナ内に設置された陸上ガス放出施設に接続された。ガスは自動マニホールドシステムおよびコンピュータ制御の質量流量コントローラシステムを通じて供給され、これによって CO₂ の注入率および圧力は正確に制御されモニターされた (次ページの図 3 および 4)。

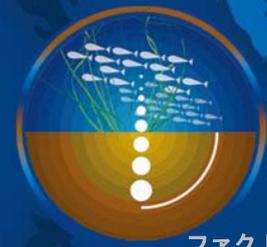


図3. 左からーガス拡散器、掘削リグ、ガス放出コンテナおよび制御システム

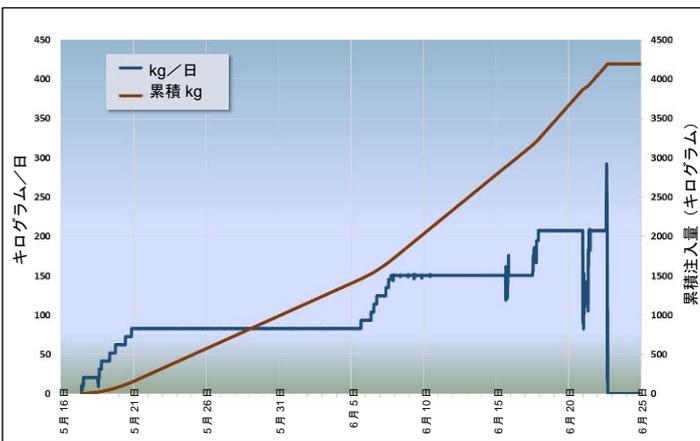


図4. 実験期間における Ardmucknish 湾の堆積物への CO₂ ガス注入データ

ガス放出

ガスの放出は、2013年5月17日から37日間続けられた。20kg CO₂/日の低い放出率から開始し、1日ごとに徐々に増やして最高80kg CO₂/日まで増加させ、それをその後2週間維持した(図4)。その後最高150kg CO₂/日に増加させ、最後の週は220kg CO₂/日に増加させた。堆積物の完全性と構造を維持し、堆積物表土の破砕を防ぐため、放出期間中パイプ内の圧力は安定に保たれた。注入段階の終わりまでに、合計4.2トンのCO₂ガスが堆積物中に放出された(図4)。

放出領域の中心点(ガス拡散器の真上)では、ガスの流入が開始されたほぼ直後にあばたおよびCO₂のガス気泡流が堆積物表面に現れ、この気泡は注入率が増加するにつれて増加した(図4)。堆積物から水柱へのガスの排出は、潮汐の状態によって変化し、干潮時(低い水圧)の方が満潮時(高い水圧)より排出されるガスが多かった。

サンプリング戦略

CO₂の放出がどのように深海底生態系に影響を与えるのか、およびガスの流入を停止した後どのくらいの速さで生態系が回復するのかを理解するため、「事前・事後比較対象調査(Before After Control Impact)」サンプリング設計が採用された(図5)。CO₂の注入が開始される前の週に、地球物理学的、生物地球化学的、生物学的パラメータの放出前ベースライン調査が行われ、さらにCO₂の注入開始直後および放出段階の14日目と35日目にも調査が行われた。CO₂の注入停止後、3ヶ月間の回復期間にわたって3回の追加調査が行われた。

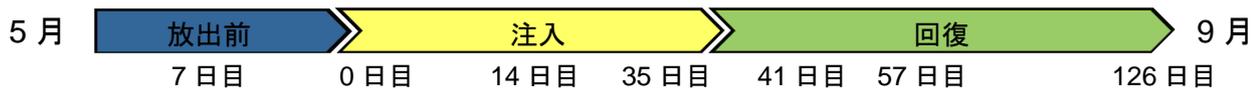


図5. QICS 実験の全般的なサンプリング戦略および異なる段階でのサンプリング時点