

The QICS project. Outcomes and implications for the development of CCS

Jerry Blackford

Abstract

Quantifying and monitoring potential ecosystem impacts of geological carbon storage (QICS) is a UK funded project that aims to quantify both the impacts and detectability of leakage from carbon dioxide geological storage. The project developed a coupled experimental and modelling approach based around a unique real world release of CO₂ beneath the sea-floor, mimicking a small scale leak event. The project involves a consortium of UK institutions working in partnership with a consortium from Japan.

The experimental plan involved drilling a narrow borehole from land to 350m offshore, terminating in unconsolidated sediments 10m below the sea floor. Just over four tonnes of CO₂ were injected into the sediments over a period of 37 days, during May-June 2012. Physical flow mechanisms, chemical transformations and ecosystem impact were monitored throughout and various detection methods tested. Monitoring continued for several months after the gas release to assess the rate of biological and chemical recovery. In addition to the experimental deployment we developed several modelling approaches ranging from fine scale modelling of CO₂ flow through sediments, via hydrodynamic models of the release site to large scale models of NW European shelf seas which contain many candidate sites for storage.

The outcomes of the QICS experiment have in several ways challenged pre-conceptions and revealed a wealth of complex interactions that modify both impacts and monitoring strategies:

- Within a 12 metre vertical migration through the sediments, considerable lateral spread is observed, and that flow mechanisms are specific to individual layers within the sediments. Above a certain threshold gas flow within sediments may be acoustically detected.
- Buffering by sediment carbonates considerably modifies the chemical transformations within the sediments, at least in the short term.
- Even with a highly focussed source, gas flow at the sediment – water interface only accounts for a small fraction of the injection and occurs via numerous, sometimes transient small pockmarks. Potentially significant dissolved phase flow may be associated with the bubble streams.
- Acoustic techniques showed promise for both detection and quantification of bubble flow in the water column.
- The chemical signal in the water column is readily apparent close to the bubble streams, but undetectable at distances approximating to 20m from the release point, for a leak of this size. However there is a very large heterogeneity in chemical signals, with implications for monitoring and quantification.
- Biological impacts were only significant within a small radius of the leak and biological recovery was rapid, within a few weeks.

From an operational point of view we would suggest that small leaks of the order of 1T/d will not cause significant ecosystem damage in a regional context, however there is a potential threshold as exhaustion of finite carbonate dissolution would cause an order of magnitude increase in local acidity. We demonstrate that monitoring may be effectively achieved by both acoustic and chemical methods but spatial resolution of surveys will be critical. Given natural heterogeneity, accuracy and precision of chemical sensors along with a good understanding of natural variability will be far more important than instrument sensitivity or resolution. The results from QICS are informing monitoring and assessment strategies for the industrial consortia developing full scale CCS in the UK.

QICS プロジェクト – 成果と CCS 開発におけるその意味

Jerry Blackford

要旨

二酸化炭素地中貯留が生態系に及ぼす潜在的影響の定量化とモニタリングのためのプロジェクト (QICS) は、地中貯留された二酸化炭素の漏出による影響と検出能の定量化を目的とする、英国政府資金によるプロジェクトである。プロジェクトでは、小規模な漏出事象を模倣した世界初の実海域海底下におけるCO₂放出による、実験とモデリングが結合した研究手法が開発された。プロジェクトは、英国の機関によるコンソーシアムが日本のコンソーシアムとパートナーシップを結んで実施している。

実験では、陸から海域に向けて350m、海底下10mの深さの未固結堆積物中へ、細い坑井を掘削した。2012年5月から6月末までの37日間で、4トン強のCO₂を堆積物中へ放出した。実験期間を通じて、物理的流動メカニズム、化学変換、生態系影響のモニタリングを行い、様々な検出方法を試した。モニタリングは、生物学的大約および化学的な回復速度を評価するため、ガス放出停止後も数ヶ月間継続して行った。

本プロジェクトでは、現地実験に加えて、堆積物中の CO₂流の微細規模モデル、放出サイトの流体力学モデル、さらに多くの貯留候補サイトが存在する北西ヨーロッパ沿海の大規模モデルまで、いくつかのモデリング手法を開発した。

QICS 実験の成果は先入観に対していくつかの点で疑問を投げかけるもので、次に示すとおり、影響評価とモニタリング戦略を改善させる多くの複合的相互作用が明らかになった。

- 堆積物中の垂直方向 12m の移行過程において、かなりの水平方向の広がりが見測され、その流体メカニズムは堆積物内の個々の層ごとに特有である。一定の閾値以上で、音響学的に堆積物内のガス流を検出することが可能である。
- 堆積物内での炭酸塩による中和により、少なくとも短期間の間、堆積物中の化学変換が大幅に変わる。
- かなり集中的な放出源からであったとしても、堆積物-水界面でのガス流量は注入ガス量に比べてごくわずかであり、ガスは多数の、時として一時的に表れる小さな窪みから出てくる。潜在的に顕著な溶解相流は、気泡流と関連している可能性がある。
- 音響技術は、水柱における気泡流の検出と定量化の両方に有望である。
- 水柱での化学的シグナルは、気泡流近傍では容易に検出できるが、この規模の放出では、放出点から約 20m 離れた地点では検出が不可能である。しかしながら、モニタリングと定量化に役立つ化学的シグナルのかなり大きな不均一性がみられる。
- 生物学的影响は、漏出のごく狭い範囲内でのみで観察され、数週間のうち急速な生物学的影响の回復がみられた。

運用の観点から、1 トン/日規模の少量の漏出は地域的な生態系に深刻なダメージを引き起こすものではないが、有限の炭酸塩が溶解し尽くしてしまうと部分的に酸性度が大幅に上昇するので、潜在的な閾値が存在していると考えられる。

モニタリングは音響学的、化学的手法の両方によって効果的に行うことができるが、調査の空間分解能が重要な意味を持つことが実証された。自然の不均一性を考慮すると、自然変動をよく理解することに加えて、化学センサーの確度と精度が、計器の感度または分解能よりはるかに重要となる。QICS プロジェクトによるこれらの結果は、英国におけるフルスケール CCS 開発のための産業コンソーシアムに対してモニタリングと評価戦略の情報を提供するものである。