

## **The ZERT on-shore controlled CO<sub>2</sub> release experiment**

### **Lee H Spangler**

Abstract:

Through the Zero Emission Research and Technology collaborative, Montana State University (MSU) and partners designed, developed, installed and utilized an on-shore shallow subsurface CO<sub>2</sub> controlled release facility. The subsurface infrastructure is comprised of a shallow horizontal well with a stainless steel casing that is slotted over a 70 m length. This well is separated into six segments by inflatable rubber packers. Above ground mass flow controllers enable individual control of flow to each section of the horizontal well. CO<sub>2</sub> is stored on site as a liquid in a refrigerated tank and vaporized upstream of the mass flow controllers. Fossil sourced CO<sub>2</sub> with a large negative  $\delta^{13}\text{C}$  is used for the experiment and total flow rates ranged from 0.1 tonne/day to 0.3 tonne/day.

The ZERT site has successfully released CO<sub>2</sub> into the shallow subsurface every summer from 2007 through 2014. It has provided a valuable test bed with a robust baseline established over 8 years of data for daily, seasonal, and interannual variability. Over the duration of the ZERT experiment we have had participation in the field from a total of 21 different institutions (6 universities, 8 government labs / agencies and 7 private sector companies).

The CO<sub>2</sub> was released into a shallow, unconfined perched water table where aqueous geochemistry was studied as a function of release rate, duration, and distance from the horizontal well. Measurable changes in the chemistry occurred, but water quality remained well within EPA requirements.

Soil CO<sub>2</sub> concentration was measured using commercial (Vaisala) probes and an innovative hollow core buried fiber system developed by MSU. Resistivity measurements were used to map the presence of the CO<sub>2</sub> in the soil.

Soil CO<sub>2</sub> flux was measured using eddy covariance as well as three different accumulation chamber methods: a commercial portable survey system (West); a fixed permanently closed system developed by Pacific Northwest National Lab; and a fixed position commercial system (Licor) which closes only for the measurement. The latter two systems provide extensive temporal information at fixed positions where the portable system is useful for spatial mapping of surface expression features.

Atmospheric CO<sub>2</sub> measurements were made using both continuous and pulsed dial systems. Point atmospheric measurements including stable isotope detection were made using two different commercial cavity ring down systems (Los Gatos and Picarro). A mobile platform for the Picarro system deployed by Stanford University shows promise for more rapidly mapping surface features.

Plant health as an indirect measure of increased CO<sub>2</sub> concentration was investigated using airborne hyperspectral imaging, platform based multispectral imaging and Far IR imaging, and ground base hyperspectral imaging.

Virtually every technology detected CO<sub>2</sub> at reasonable low levels. Cost effectiveness, areal coverage, local ecosystem properties, and terrain will likely dictate deployment choices for near-surface monitoring.

## ZERT 陸域の人為的 CO<sub>2</sub>漏出実験

Lee H Spangler

要約：

ゼロエミッション研究技術 (Zero Emission Research and Technology) の共同研究を通じて、モンタナ州立大学 (MSU) とその共同研究機関は、陸域浅部地下における CO<sub>2</sub>の人為的漏出装置を設計、開発、設置して運用した。地下浅部には、ステンレススチール製のケーシングを施した長さ 70 メートルの水平井があり、これには細長い穴が開いている。この水平井は膨張可能なゴムパッカーによって 6つのセグメントに分離されている。地上の流量コントローラは、水平井の各セクションへの流れを個々に制御できる。CO<sub>2</sub>は、サイトの冷蔵タンク内に液体として貯蔵され、流量コントローラの上流で気化される。化石由来の負の  $\delta^{13}\text{C}$  の多い CO<sub>2</sub>を実験に使用し、その合計流量は 0.1 トン/日から 0.3 トン/日の範囲であった。

ZERT サイトでは 2007 年から 2014 年の間、毎年夏に浅部地下に CO<sub>2</sub>を漏出させることができた。これにより 8 年間の日中変動、季節間変動、年間変動を含む高精度のベースラインデータが得られた。

ZERT の実験期間中に、合計 21 の機関 (6 大学、8 政府の研究所/機関と 7 民間企業) が現場実験に参加した。

CO<sub>2</sub>は浅部の不圧宙水層に漏出され、水平井からの放出速度、時間、距離に関連した水地球化学的調査を行った。測定可能な化学的変化が発生したが、水質は EPA 基準内に十分収まっていた。

土壌 CO<sub>2</sub>濃度は、市販 (Vaisala) のプローブおよび MSU によって開発された革新的な中空コア埋設ファイバーシステムを用いて測定した。土壌中の CO<sub>2</sub>をマッピングするために、比抵抗を測定した。

土壌 CO<sub>2</sub>フラックスを渦共分散と 3 つの異なる蓄圧室法を用いて測定した。それは、市販の飲用水調査システム (West)、パシフィック・ノースウェスト国立研究所によって開発された固定の常設型密閉方式システム、測定のためだけに密閉する固定位置での市販のシステム (Licor) である。後者の 2 つのシステムでは固定点での時間的情報を大量に得ることができ、携帯型システムは表面特性の空間マッピングをするのに有用であった。

安定同位体検出を含む大気中の CO<sub>2</sub>の定点測定は、二つの異なる市販のキャビティリングダウンシステム (Los Gatos と Picarro) を使用して行った。スタンフォード大学が配備した Picarro システム用のモバイルプラットフォームは、より迅速に表面特徴をマッピングできるものである。

植物の健康状態は、CO<sub>2</sub>濃度増加の間接的な尺度として、空中ハイパースペクトルイメージング、プラットフォームベースのマルチスペクトル画像と遠赤外線イメージング、地上設備からのハイパースペクトルイメージングを用いて調べた。

実質的にすべての技術は、十分に低レベルのCO<sub>2</sub>を検出した。表面近くの監視装置配備の選択肢は、費用対効果、調査範囲、地域の生態系特性、および地形によって決定されることになる。