

テキサス州ファーンズワース CO₂ 地中貯留調査サイトでの超伝導重力計の導入

<杉原光彦¹⁾・名和一成²⁾・相馬宣和³⁾・石戸経士¹⁾・西 祐司¹⁾>

テキサス州ファーンズワースCO₂地中貯留調査サイトで重力モニタリングを開始した。極めて高感度な超伝導重力計による連続測定を中心に、絶対重力計と可搬型重力計による繰り返し測定も併用する。超伝導重力計は1970年代から各地の測地研究所等で潮汐・自由振動や地球深部ダイナミクス研究の目的で長期間の重力変動観測に使用されてきたが、最近、小型機が開発されて用途の広がりが期待されている。このCO₂地中貯留調査サイトへの導入は、貯水システムのモニタリング実験に次ぐ実用分野への適用事例となる。



第1図 調査地ファーンズワースはテキサス州北端部にある。北米南西部7州炭素隔離パートナーシップ SWP の調査サイトがある。



写真1 ファーンズワースではCO₂注入による石油生産増産効果も狙う実証試験が行われる。石油井が点在する調査サイトに重力計測小屋 iHut を設置した。地形は極めて平坦で、起伏のない地平線から朝日が昇る。

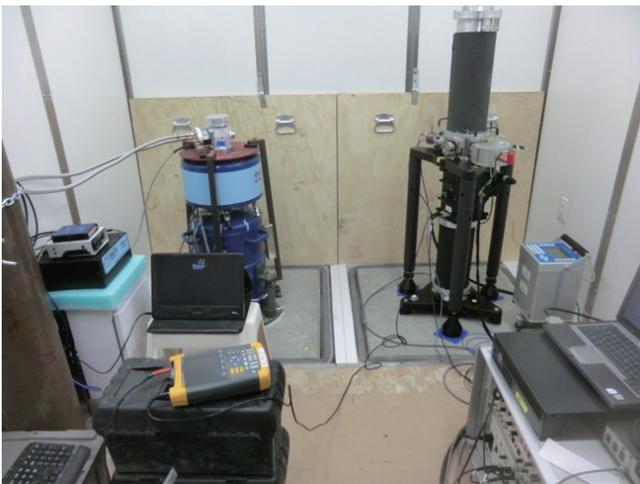


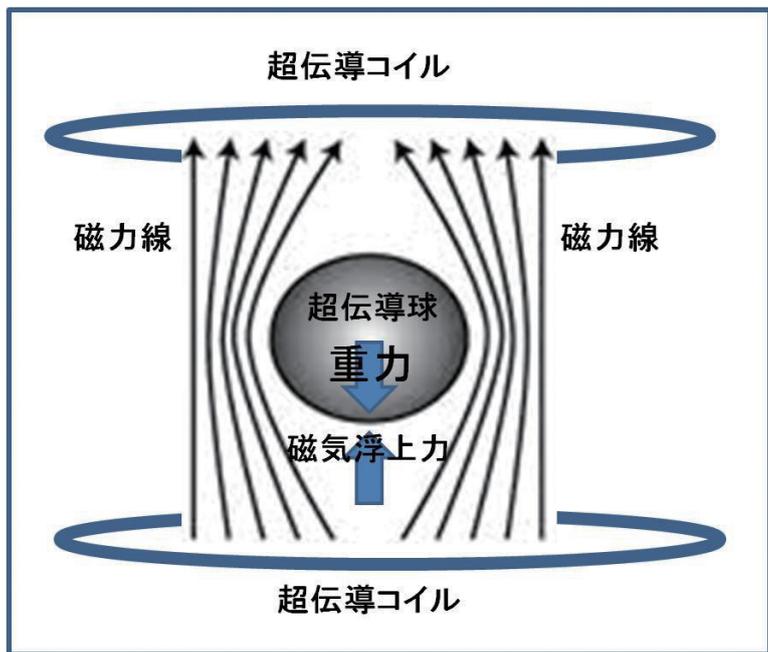
写真2 重力計測小屋内には辺長約1mの計測用基台が2つ隣接して設けられている。左の基台で超伝導重力計 iGrav による連続計測が行われ、右の基台では絶対重力計 FG5 による計測が繰り返し行われる。その右下には可搬型相対重力計 CG5 が待機状態。



写真3 ポンプジャックが設置された石油生産井。重力計測小屋周辺で可搬型重力計による巡回測定を行う。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門
2) 産総研 地質情報研究部門
3) 産総研 再生可能エネルギー研究センター

SUGIHARA Mituhiko, NAWA Kazunari, SOMA Nobukazu, ISHIDO Tsuneo and NISHI Yuji (2014) Installation of superconducting gravimeter at the Farnsworth field, Texas CO₂ sequestration site.



第2図 超伝導重力計センサーユニットの原理。超伝導コイルを流れる永久電流が作る磁場内に置かれた超伝導球内部には磁場が浸透しない。球に働く磁気浮上力を重力とつりあわせて浮いた状態に保つことができる。永久電流が極めて安定であること、極低温状態の安定性と低ノイズのために極めて安定で高感度な相対重力計となる。



写真4 超伝導重力計 iGrav 本体部分と併置された気圧計。センサーユニットは本体下部の液体ヘリウム容器内に設置されている。冷凍機は絶対温度 4 K を実現する。



写真5 超伝導重力計 iGrav 一式。制御は本体上部円筒内に組み込まれた基板と小型制御ボックスとノート PC で行われる。リモート制御も可能。本体冷凍機は冷凍用圧縮機に接続している。ヘリウム気化温度以下（絶対温度 4 K）の冷凍機能により正常動作中のヘリウム供給は不要。ヘリウムガスポンペはメンテナンス用である。



写真6 超伝導重力計 iGrav 本体上部から冷凍機（コールドヘッド）を引き出した状態。

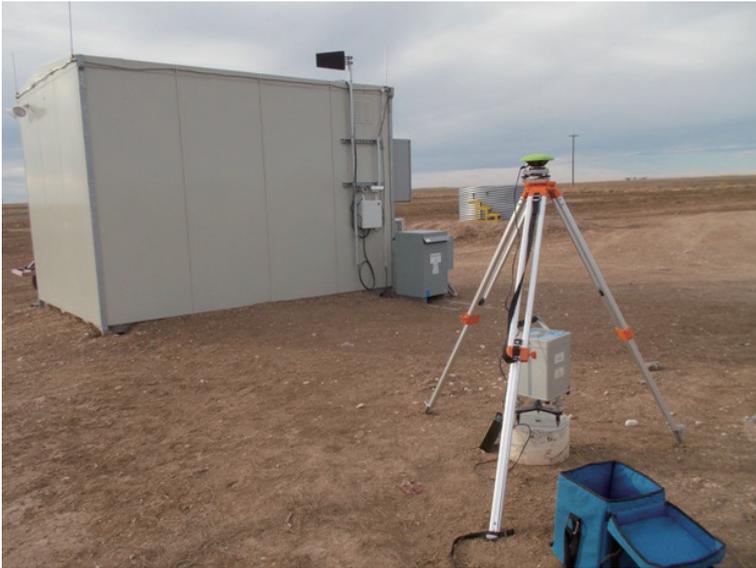


写真7 重力計測小屋に隣接して円柱形の基台を設置し、可搬型相対重力計で巡回測定する際の基点としている。基台中心の測量標を基準としてGPS計測も行う。



写真8 現場から北東方向約 30 km にある GPS 連続計測施設。5 秒サンプルデータが公表されている。

写真9 重力計測小屋の中の重力計測基台と屋外 GPS 点の高度差はレーザーレベルを利用して計測する。重力計測小屋のドアを開けた時に屋内基台と屋外基台を同時に見通せる地点にレーザーレベルを設置して受光器を付けた標尺で基台の高度差を計測する。現場は冬季には降雪がある。

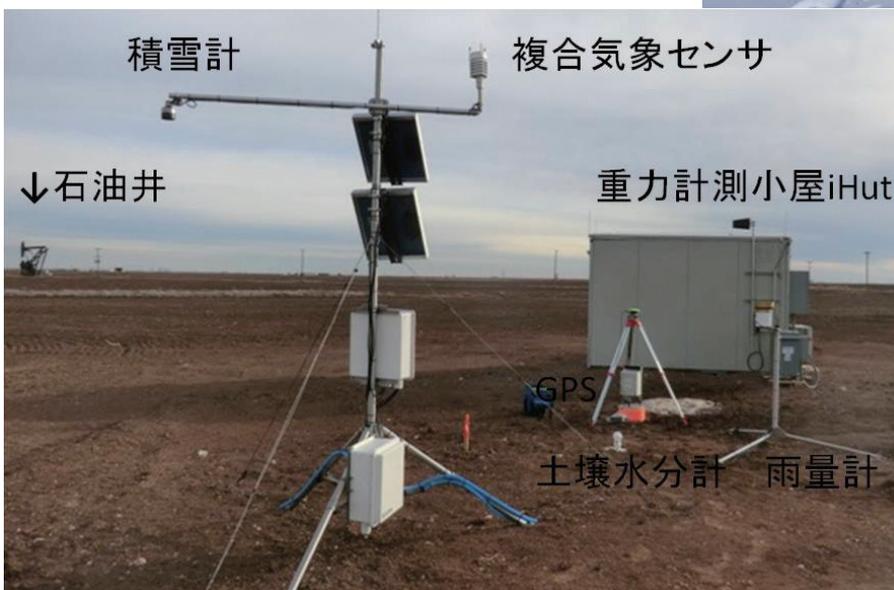
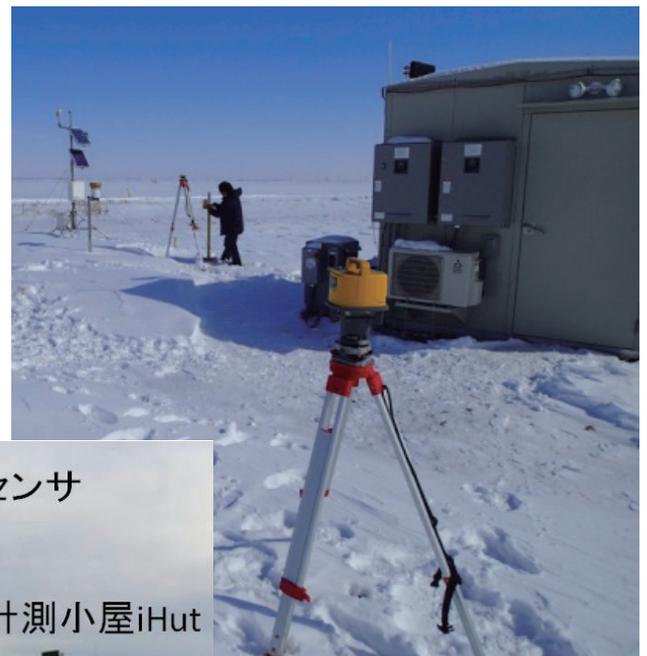


写真10 重力計測小屋近傍には気象観測装置を設置している。気圧、温度、湿度、雨量、積雪量、風向、風速に加え、土壌水分量と地温も連続計測している。



写真 11 重力計測用基台設置工事。辺長約1mの立方体上の鉄筋入りコンクリート台を2つ併設した。1m深掘削し、木枠を2つ設置し、あらかじめ組んだ鉄筋を置く。その後、コンクリートを流し込んで表面を整形した。同時に計測小屋外部に設置する円柱基台と竜巻対策として小屋自体を固定する円柱も設置した。



写真 12 重力計測小屋は別の調査候補地点に設置していたものを移設した。重力計測小屋自体の可搬性を確認できた。1回の給油で1か月連続運転可能な自家発電システムも一緒に移設した。



写真 13 2台の発電機の自動切替で使用する自家発電システム。このタンクで1か月連続運転可能。ファーンズワースでは予備電源として使用されている。



写真 14 重力観測小屋付近に現れた野ウサギ。小屋の床下に棲みつけた可能性があり動向を監視中。