

### 1.二酸化炭素地中貯留実証実験

わが国初の二酸化炭素地中貯留実証実験が、新潟県長岡市の帝国石油(株)南長岡ガス田サイトにて実施されました。実証実験では、深度約 1,100m の深部塩水層に、約 18 ヶ月間で約 10,400t の二酸化炭素が圧入されました。実験サイトにおいては、坑口および圧入深度における温度・圧力変化の連続モニタリングのほか、観測井を利用した繰り返し物理検層など多くのモニタリング結果から、圧入された二酸化炭素の挙動が解明されつつあります。当社では、圧入井を挟む 2 本の観測井を利用して、坑井間弾性波トモグラフィを繰り返し実施して、圧入された二酸化炭素の分布範囲を、弾性波速度の変化域としてとらえることを試みました。

### 2.坑井間弾性波トモグラフィ

弾性波トモグラフィは、2 本の坑井で挟まれた領域で弾性波の伝播を観測し、この領域内の弾性波速度の分布を可視化する技術です。水で飽和された岩盤に、水より密度の小さい超臨界状態の二酸化炭素が圧入されると、圧入領域の弾性波速度が低下することが知られています。そこで、圧入領域を挟む形で弾性波トモグラフィを行えば、二酸化炭素の圧入された領域を弾性波速度の低下域としてとらえられることが期待できます。

表 1 弾性波トモグラフィ実施のタイミング

ベースライン測定	BLS	CO2圧入前	2003年2月
		【圧入開始】	2003年7月
モニタリング測定	MS1	3200t圧入後	2004年1月
	MS2	6200t圧入後	2004年7月
	MS3	8900t圧入後	2004年11月
		【圧入終了】	2005年1月
モニタリング測定	MS4	10400t圧入直後	2005年1月
	MS5	圧入終了9ヵ月後	2005年10月
	MS6	圧入終了2年9ヵ月後	2007年10月

#### (1) 実施のタイミング

速度低下域の変化を調べるため、弾性波トモグラフィは表 1 に示すとおり、7 回にわたって実施しました。

#### (2) 観測方法

弾性波トモグラフィの観測は、ひとつの坑井に弾性波(人工地震波)を発生させる震源装置を、もう一方の坑井に弾性波を検知する受振器(ハイドロフォンと呼ばれる圧力センサ)を配置して、それぞれの深度を変えながら、多数の組み合わせで 2 点間の弾性波 P 波の伝播時間を計測するものです。震源には当社が石油公団(現 JOGMEC)と共同で開発した“OWS”と呼ばれる孔中震源(図 1)を使用しました。図 2 は、今回の実験でデータを取得した、すべての起振点・受振点の組み合わせを直線で結んで示した観測パターン図です。観測波形記録の一例を図 3 に示します。起振点深度 1060m、

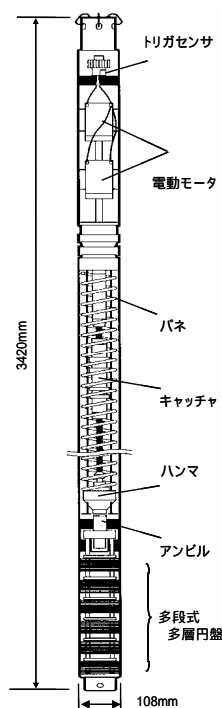


図 1 OWS 震源

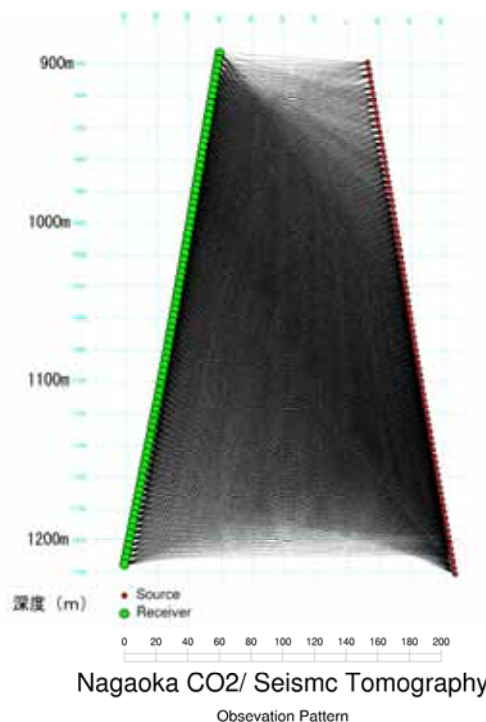


図 2 観測パターン図

受振深度 1104～1120m の初動付近の波形を示したものです。同一受振深度の3本の波形は、BLS、MS1、MS2の各モニタリング測定時の観測波形を重ねて表示したものです。回を重ねるにつれて（すなわち二酸化炭素圧入量の増加とともに）初動走時に遅れが生じているのがわかります。

### (3) 解析結果

各測定時の観測波形記録から初動走時を読み取り、トモグラフィ解析を行いました。ベースライン測定によって得られた弾性波速度分布図（速度トモグラムと呼ばれる）を図4に示します。得られた速度分布は、坑井沿いの音波検層による速度と整合しており、妥当な結果と判断できます。同様の解析を各モニタリング測定について行い、得られた速度分布とベースラインの速度分布の速度変化率を図5に示したものが図5です。MS1測定時は、二酸化炭素圧入量が3,200tと少なく、まだ観測井にも到達していない段階でしたが、弾性波トモグラフィ結果には、すでに速度低下域が可視化されています。またモニタリング回数が進むにつれて、速度低下域が地層のアップディップ方向に拡大していることがわかります。ただし、MS3以降は、MS6（圧入終了から2年9ヵ月後）まで変化は見られませんでした。

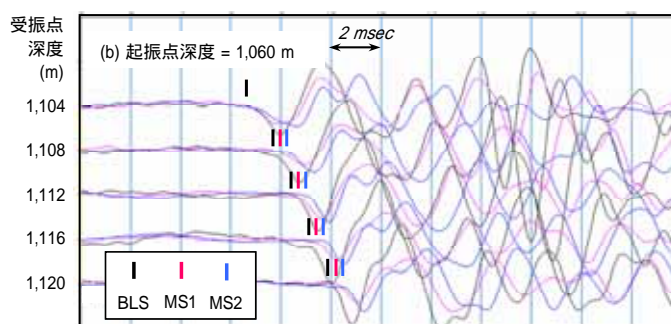


図3 観測波形記録例

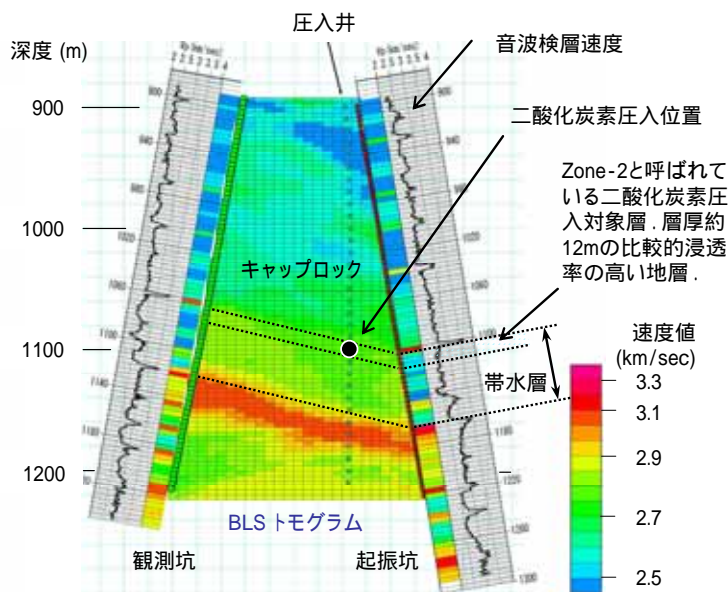


図4 弾性波速度トモグラム (BLS 測定時)

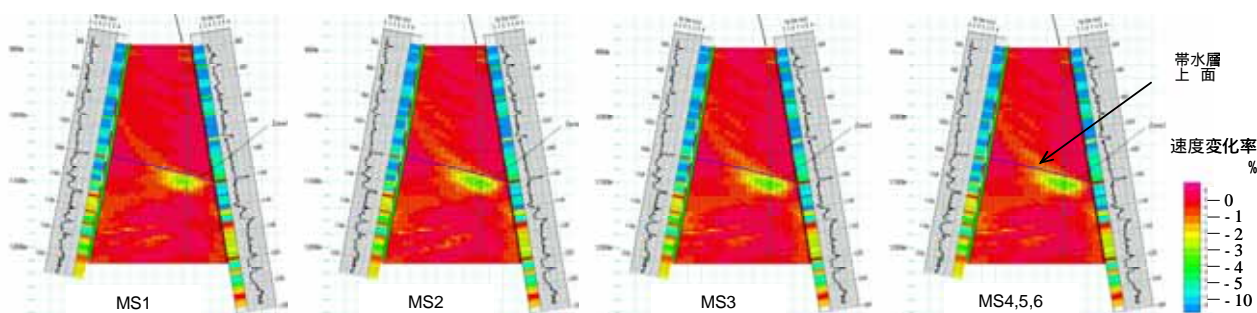


図5 弾性波速度”変化率”トモグラム (MS1～MS6 のBLSに対する速度変化率)

### 3.まとめ

岩野原サイトにおける二酸化炭素地中貯留実験にあたって、他の多くのモニタリングとあわせて、坑井間弾性波トモグラフィを実施しました。その結果、二酸化炭素の圧入にともなう速度低下域を可視化することができました。二酸化炭素地中貯留において、モニタリング技術が重要であることを考えれば、有意義な成果を出すことができたと考えます。今後、速度低下率と二酸化炭素飽和度の関係を調べるなど、より定量的な評価を目指したいと考えています。