

淡路島地下への空気の注入試験における地震波アクロスを用いたタイムラプス実証試験 (その1) Time-lapse field experiment using seismic ACROSS at the air injection into the shallow ground in Awaji Island-I

笠原 順三^{1*}, 伊藤慎司², 藤原友宏², 鶴我 佳代子³, 羽佐田 葉子⁴, 生田 領野¹, 藤井 直之¹, 山岡 耕春⁵, 西上 欽也⁶, 伊藤 潔⁶

KASAHARA, Junzo^{1*}, Shinji Ito², Tomohiro Fujiwara², TSURUGA, Kayoko³, HASADA, Yoko⁴, IKUTA, Ryoya¹, FUJII, Naoyuki¹, YAMAOKA, Koshun⁵, NISHIGAMI, Kin'ya⁶, ITO, Kiyoshi⁶

¹ 静岡大学理学部, ²NTT データ CCS (株), ³ 東京海洋大学, ⁴ 大和探査 (株), ⁵ 名古屋大学環境科学, ⁶ 京都大学防災研究所

¹Faculty of Science, Shizuoka University, ²NTTdataCCS Co. Ltd., ³Tokyo University of Marine Science and Technology, ⁴Daiwa Exploration and Consulting, Co. Ltd., ⁵Environmental Sciences, Nagoya University, ⁶EPRI, Kyoto University

1. はじめに

地中温暖化対策のために地中貯留したCO₂の状態の把握、石油・天然ガス貯留層の挙動、地震発生域での流体の移動、火山溶融体の状態の把握などは地下の4D観測やタイムラプスと呼ばれ、大変重要であるが観測技術はまだ確立していない。

本講演では、長期にわたり極めて安定で連続的な振動を生成できる弾性波アクロス震源を用いた地下のタイムラプス監視技術の開発について報告する。

1 震源と地震計アレーによって地下の変動域をイメージできることをシミュレーションによって示してきたが(Kasahara et al., 2011a, 羽佐田他, 2011)、観測でそれを実証するため、2011年2月20日~3月10日まで淡路島野島断層付近で実証実験を行った。過去のACROSSを用いた時間変化の観測では、異常変化が起きた原因や場所の特定が不十分で、地表の変化と真の地下の変化の区別が明瞭でなかった。そこで、1) 地下100mへ空気を注入し人工的な原因によって生じた時間変化を検証すること、2) 時間変化した場所を特定すること、を目的として検証実験を行った。

2. フィールド実験とデータ処理

2011年2月20/3月10日に淡路島野島断層付近において2台のアクロス震源と、32台の3成分地震計および800mポアホール成分地震計を用いて実験を行った。この期間中の5日間、地下100mに空気を注入した。震源として、鉛直回転軸をもつ名古屋大学保有の従来型のアクロス震源(ACROSS-V)と、新たに製作した水平回転軸のアクロス震源(ACROSS-H)の2機を同時に稼働した。ACROSS-Hでは10-50Hzの振動が可能であるが、本実験はその最初の稼働試験も兼ねていたため、10-35Hzを用いた。ACROSS-Hは1時間の間に10-35Hzのスweepを100秒単位で32回繰り返して、400秒間は休止期間とし、1時間毎に交互に正回転、逆回転を繰り返した。

地震計としてLennarz-1Hz、近畿計測KVS300-2Hz、Sercel-L28-4.5Hz、CDJ-2SC-1Hzを観測に用いた。地震計の記録は24ビットA/DのデータロガーHK9550を用い200Hzサンプリングおよび、また24ビット相当の近畿計測のデータロガーEDR-3000を用い250Hzサンプリングで収録した。データロガーのサンプリングはGPS時刻基準に合わせた。今回4種類の地震計を用いたが、加震周波数は10Hz以上であるのでタイムラプスの観測には問題が無いだろう。

ACROSS-Hは淡路島の野島断層周辺の約1000m四方の北東にあり、ACROSS-Vは南東に置いた。3成分地震計32地点と京都大学が保有する800mポアホール地震計を観測に用いた。地下100mの大阪層群中に5日間で合計80tonの空気を21気圧で注入した。本報告はACROSS-Hを用いた結果について報告する。

解析では400秒間のデータを32個スタッキングし1時間のデータとした。正回転と逆回転に対する各観測記録の1時間のスタッキング結果を複素周波数領域で合成し上下加震と水平加震に対する応答を求めた(Kasahara et al., 2011b)。上下加震ではP波が、水平加震ではS波が卓越する。観測記録スペクトルに対し理論加震スペクトルを用いてデコンボリューション処理をすることにより震源と観測点での上下、南北、東西成分に対する伝達関数を得た。

3. 結果

32台の地震計のうち1台は動作が不良であったが、それ以外の地震計すべてに注入後大きな波形変化が現れた。

最も大きな変化は#6,7の観測点であり、注入後約1日後にP波、S波の初動走時、後続波走時及びそれらの振幅に大きな変化が現れた。特に、注入前との波形の差分においてすべての観測点でその変化が明瞭であった。

800mポアホール地震計は、注入地点から300m以上も離れ、震源と注入点を結ぶ経路にもないにもかかわらずのデータも差分において変動をしめした。

これらの観測された変動はP, S初動よりもそれぞれの後続波に顕著である。注入地点から200m以上離れた地点でも注入開始直後に変化を示した。変化を示した波群は大阪層群より深い地層と考えられる。

HRE27-04

会場:104

時間:5月20日 14:30-14:45

逆伝搬法より地下の変動のイメージングを行った。その結果、注入開始後8時間は変動の中心は注入地点直下にあるが、時間とともに東側に拡散する様子が見られた。

4. 結論

注入実験からこの方法がタイムラプスの観測に極めて有用であることを実証できた。予算の制約から注入深度は浅かったが、数キロの深さの石油/天然ガス、CO₂貯留層ばかりでなく、地震発生域、火山溶融体の状態の常時監視にも極めて有力であると考えられる。

謝辞

本研究はJCCP事業費によって行えたことに感謝する。

キーワード: CCS, 地球温暖化, タイムラプス, 逆伝搬, CO₂-EOR, 4D

Keywords: CCS, Global Climate Change, Time Lapse, Back propagation, CO₂-EOR, 4D