

第 355 回地震調査委員会資料

南海トラフ孔内（間隙水圧）観測による  
浅部ゆっくりすべりモニタリング

令和 3 年（2021 年） 3 月 9 日

国立研究開発法人 海洋研究開発機構



南海トラフ孔内（間隙水圧）観測による浅部ゆっくりすべりモニタリング（2021/1/1-2021/2/28）

● 孔内観測点及び DONET によるゆっくりすべり（SSE）モニタリング

現在、JAMSTEC では南海トラフに設置された 3 点の孔内観測点（C0002・C0010・C0006、図 1 及び図 2）と DONET 海底観測点によって南海・東南海地震震源域近傍の SSE 及び低周波微動<sup>（注）</sup>のモニタリングを実施している。孔内観測点に設置された間隙水圧計を用いて、これまで小規模の SSE を捉えてきた（e.g., Araki et al., 2017, Ariyoshi et al., 2021）。

● SSE モニタリングの結果の図

SSE モニタリングの結果を、直近 2 ヶ月間の 2021 年 1 月 1 日～2021 年 2 月 28 日（図 3）と直近 1 年間の 2020 年 3 月 1 日～2021 年 2 月 28 日（図 4）について示す。熊野灘から室戸沖にかけて発生した低周波微動の時空間分布を、直近 2 ヶ月間の 2021 年 1 月 1 日～2021 年 2 月 28 日（図 5）と直近 1 年間の 2020 年 3 月 1 日～2021 年 2 月 28 日（図 6）について示す。また、2011 年以降に孔内観測点において観測された SSE による間隙水圧変化を図 7 に示す。12 月 6 日から 1 月 15 日までに観測された超低周波地震のメカニズム解分布を図 8 に示す。

● 直近 2 ヶ月（図 3・5）及び 1 年間（図 4・6）の SSE モニタリング結果

直近 2 ヶ月では、2020 年 12 月 6 日頃から DONET 1 の B ノード東側から低周波微動・超低周波地震が活発化して以降（図 6・図 8）、断続的に続いており、2021 年 1 月下旬や 2 月中旬では C ノード付近で低周波微動の活発化が見られた（図 3・図 5）。一方、2020 年 12 月 13 日頃からの SSE に起因する間隙水圧変動については（図 4）、1 月以降は変化量は鈍化傾向にあるものの、依然として間隙圧の変化は続いている（図 3・図 5）。

<sup>（注）</sup> 長期孔内観測点及び DONET 観測点に設置された広帯域地震計記録（2～8 Hz）にエンベロープ相関法（Ide, 2010; Ide, 2012）を適用することでイベントの検出を行い、低周波微動カタログを作成した。低周波微動カタログに対して、海洋研究開発機構において自動読み取り手法（Horiuchi et al., 2009）を適用して作成している通常の地震の自動検出カタログ（以下、地震カタログ）及びエアガン地下構造探査のショットリスト（2020 年 8 月 6 日～8 月 30 日）との照合を行い、それぞれのカタログに存在するイベントを通常の地震及びエアガン信号として低周波微動カタログから除去している。ただし、低周波微動カタログには、低周波微動以外にもゆっくり地震・除去しきれなかった通常の地震やエアガンなどのイベントも含まれている。

観測された超低周波地震のメカニズム解は、DONET 観測点に設置された広帯域地震計記録に 0.03-0.05 Hz のバンドパスフィルタを適用し、2 秒のデシメーション処理を行った波形に対して、グリッドサーチによって推定した（Nakano et al., 2018）。

参考文献：

- Araki, E., D. M. Saffer, A. J. Kopf, L. M. Wallace, T. Kimura, Y. Machida, S. Ide, E. Davis, IODP Expedition 365 shipboard scientists, (2017): Recurring and triggered slow-slip events near the

trench at the Nankai Trough subduction megathrust, *Science*, **356**, 1157-1160, doi: 10.1126/science.aan3120

- Ariyoshi, K., T. Iinuma, M. Nakano, T. Kimura, E. Araki, Y. Machida, K. Sueki, S. Yada, T. Nishiyama, K. Suzuki, T. Hori, N. Takahashi, S. Kodaira, (2021): Characteristics of Slow Slip Event in March 2020 revealed from borehole and DONET observatories, *Front. Earth Sci.*, doi: 10.3389/feart.2020.600793
- Horiuchi, S., Y. Horiuchi, S. Yamamoto, H. Nakamura, C. Wu, P. A. Rydelek, M. Kachi, (2009): *Geophys. Res. Lett.*, 36(5), L00B04, doi:10.1029/2008GL036572
- Ide, S., (2010): Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, *Nature*, **466**, 356-359, doi:10.1038/nature09251
- Ide, S., (2012): Variety and spatial heterogeneity of tectonic tremor worldwide, *J. Geo. Res.*, **117**, B03302, doi:10.1029/2011JB008840
- Nakano, M., T. Hori, E. Araki, S. Kodaira, S. Ide, (2018): Shallow very-low-frequency earthquakes accompany slow slip events in the Nankai subduction zone. *Nat Commun* 9, 984, doi:10.1038/s41467-018-03431-5

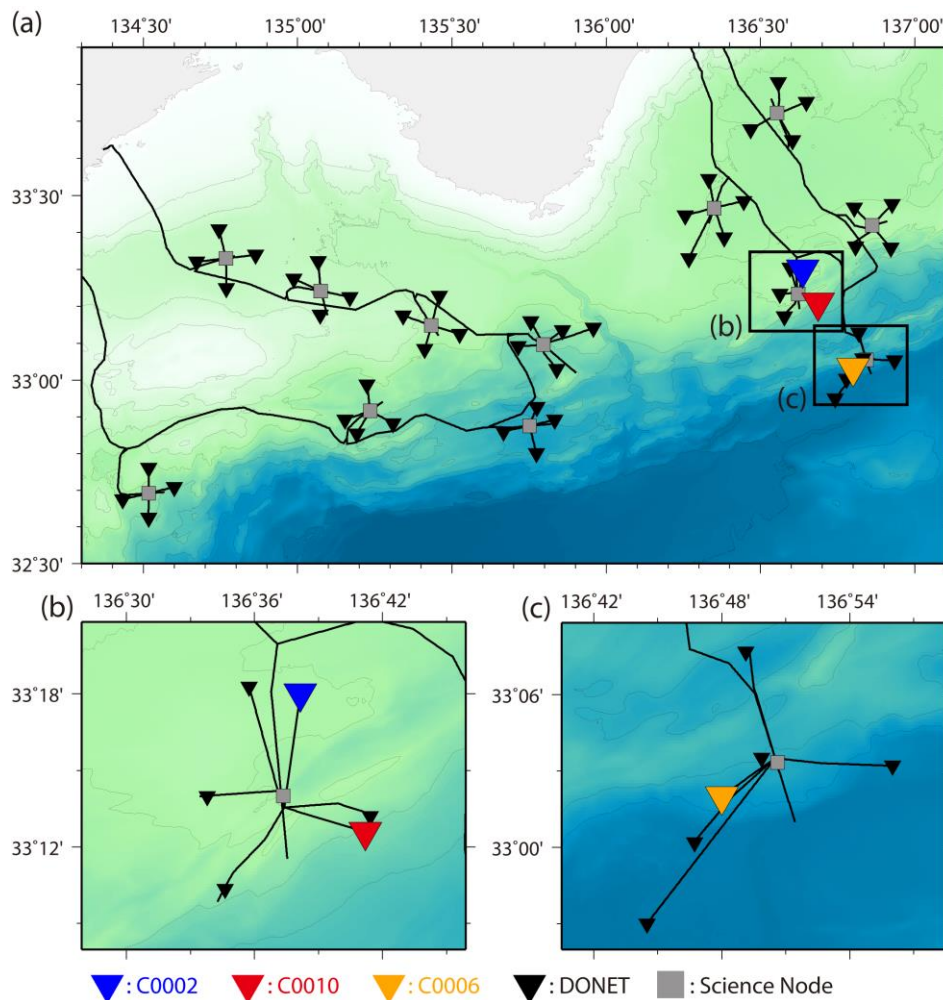


図 1 南海トラフ東南海地震震源域沖合に設置された 3 点の長期孔内観測点 (C0002、C0010、C0006) と DONET の観測点配置図。▼・▼・▼・▼は、それぞれ C0002・C0010・C0006・DONET 観測点を示す。(a) DONET 全域。(b) 孔内観測点 (C0002、C0010) 周辺。(c) 孔内観測点 (C0006) 周辺。

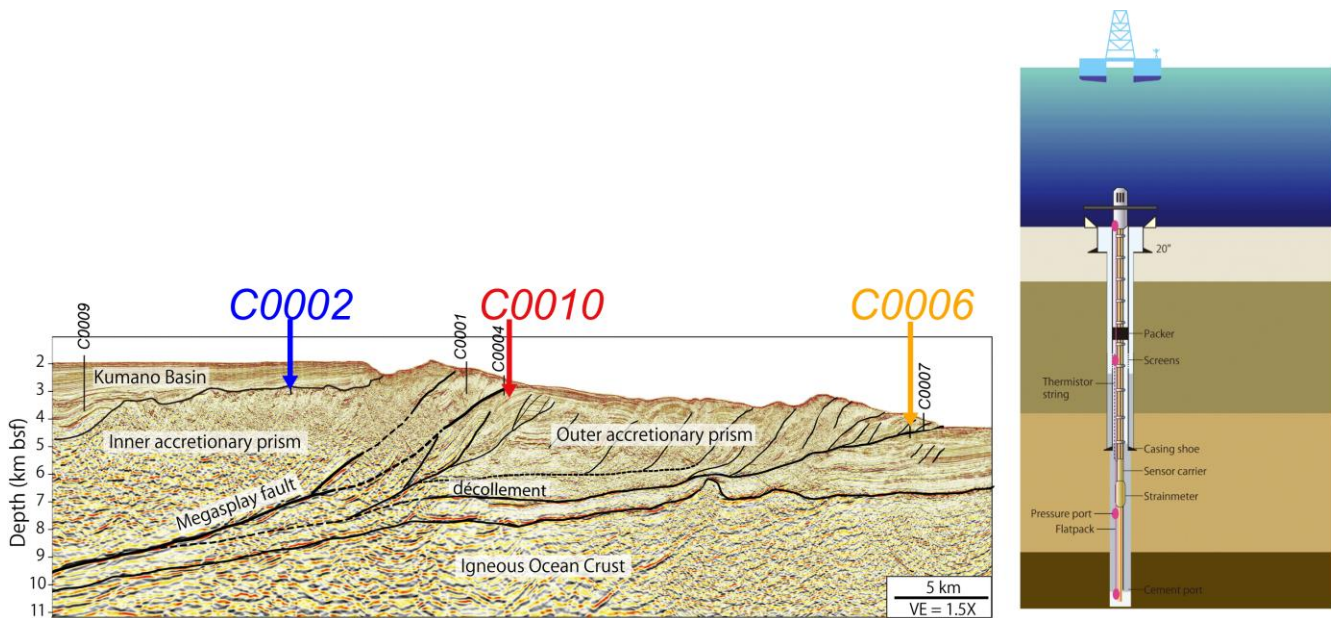


図 2 南海トラフ東南海地震震源域沖合に設置された 3 点の長期孔内観測点 (C0002、C0010、C0006) の設置位置 (地震断面図に投影)。海底下 980m (C0002)、650 m (C0010)、495 m (C0006) まで掘削した孔内における地殻内の間隙水圧・体積歪 (C0010、C0006)・地震動などの記録を DONET ケーブルを用いてデータ伝送することにより連続リアルタイム観測を実施している。

なお、過去の論文と表記を統一するため、2020 年 4 月以降の提出資料では **C0002** を青色、**C0010** を赤色で示している。

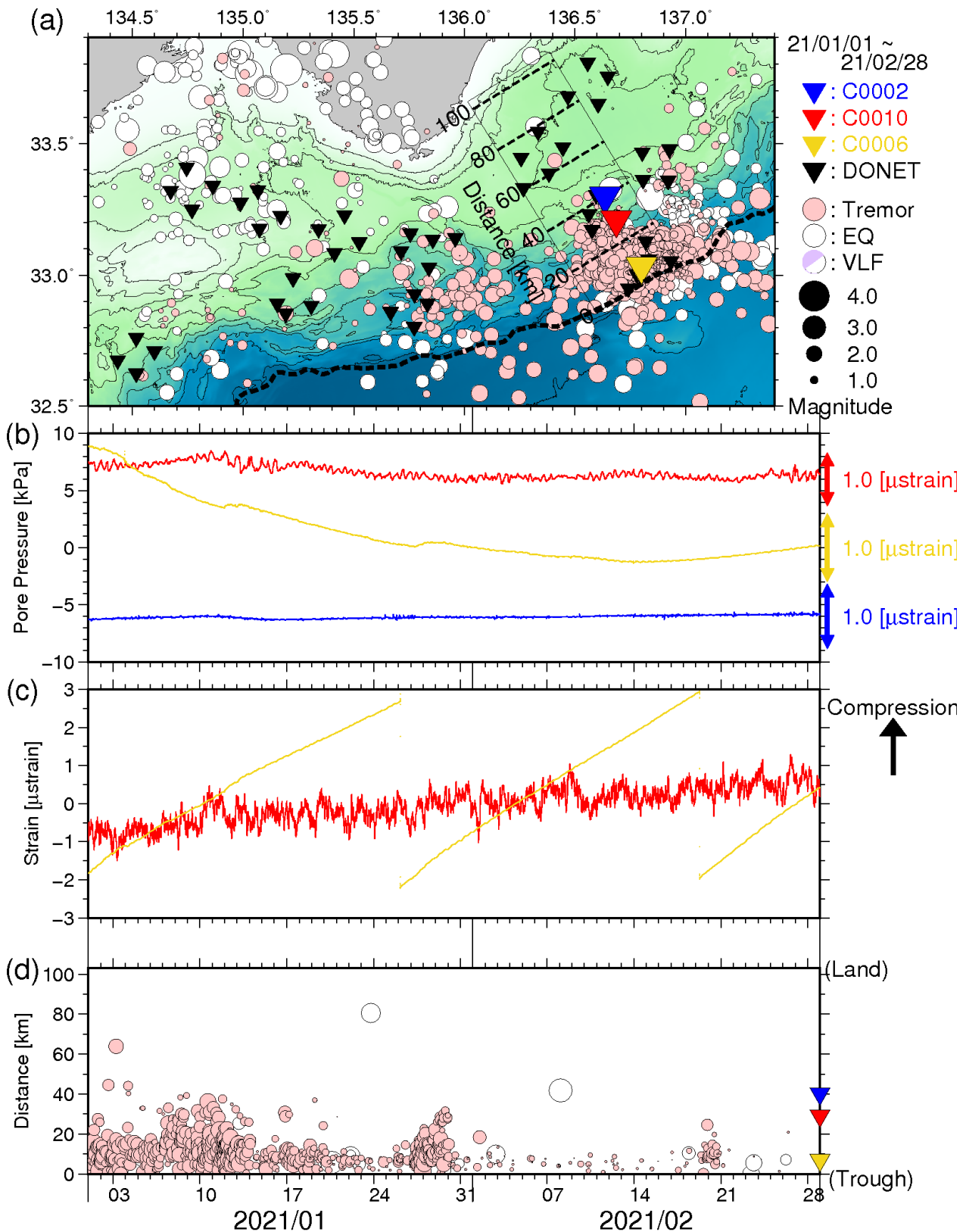


図3 直近2ヶ月間のSSE・低周波微動モニタリング(2021年1月1日~2021年2月28日)。(a)低周波微動と通常の地震の震央分布図(●:低周波微動、○:通常の地震)。それぞれの震源深さが、0~15 km及び0~60 kmの範囲に決まったイベントのみを示す。▼は、それぞれC0002・C0010・C0006・DONET観測点を示す。破線はトラフ軸を示す。(b)長期孔内観測点における間隙水圧変化(—:C0002、—:C0010、—:C0006)。(c)長期孔内観測点における体積歪変化(—:C0010、—:C0006)。(d)低周波微動と通常地震の時空間分布。図3a中に実線で示した矩形領域内において発生したイベントについて示す。縦軸は、トラフ軸からの距離(km)を示す。



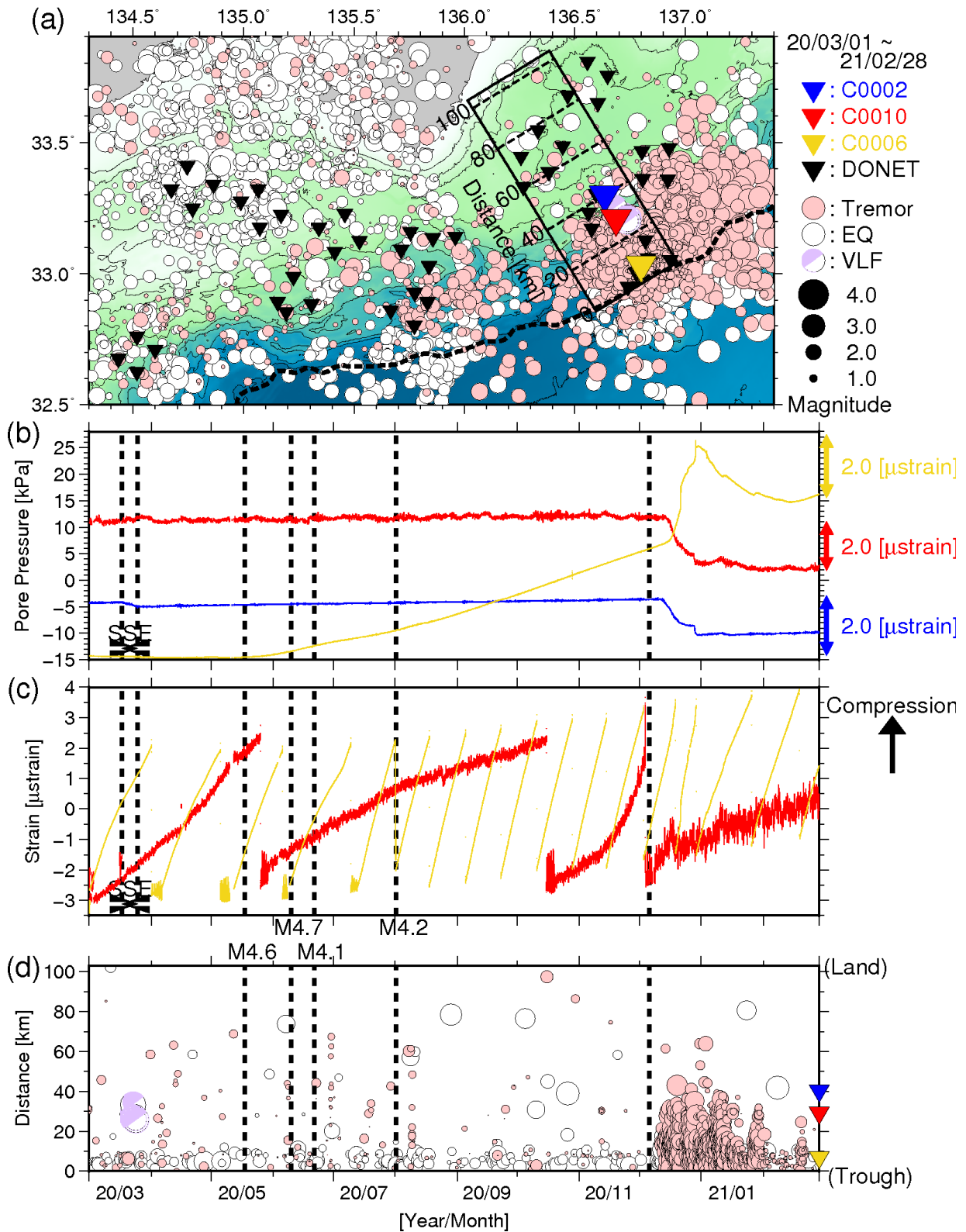


図4 直近1年間のSSE・低周波微動モニタリング(2020年3月1日~2021年2月28日)。図3と同様のシンボルにて表示している。(a)低周波微動の震央分布図。(b)間隙水圧変化。(c)体積歪変化。(d)低周波微動の時空間分布。超低周波地震のメカニズム解(●)についても低周波微動と同様に示す。体積歪変化は、基準値を超えると歪計内のバルブを開けてリセットするため、相対値のみを使用。なお、2020年3月2日、16日および4月16日は測器の状態確認や再起動のため、2020年5月10日~12日および6月3日、12月7日~8日、21日~24日はサーバ不具合・入替のため、各期間において一部データが欠測している。点線で示す地震情報については、図3および図6を参照。

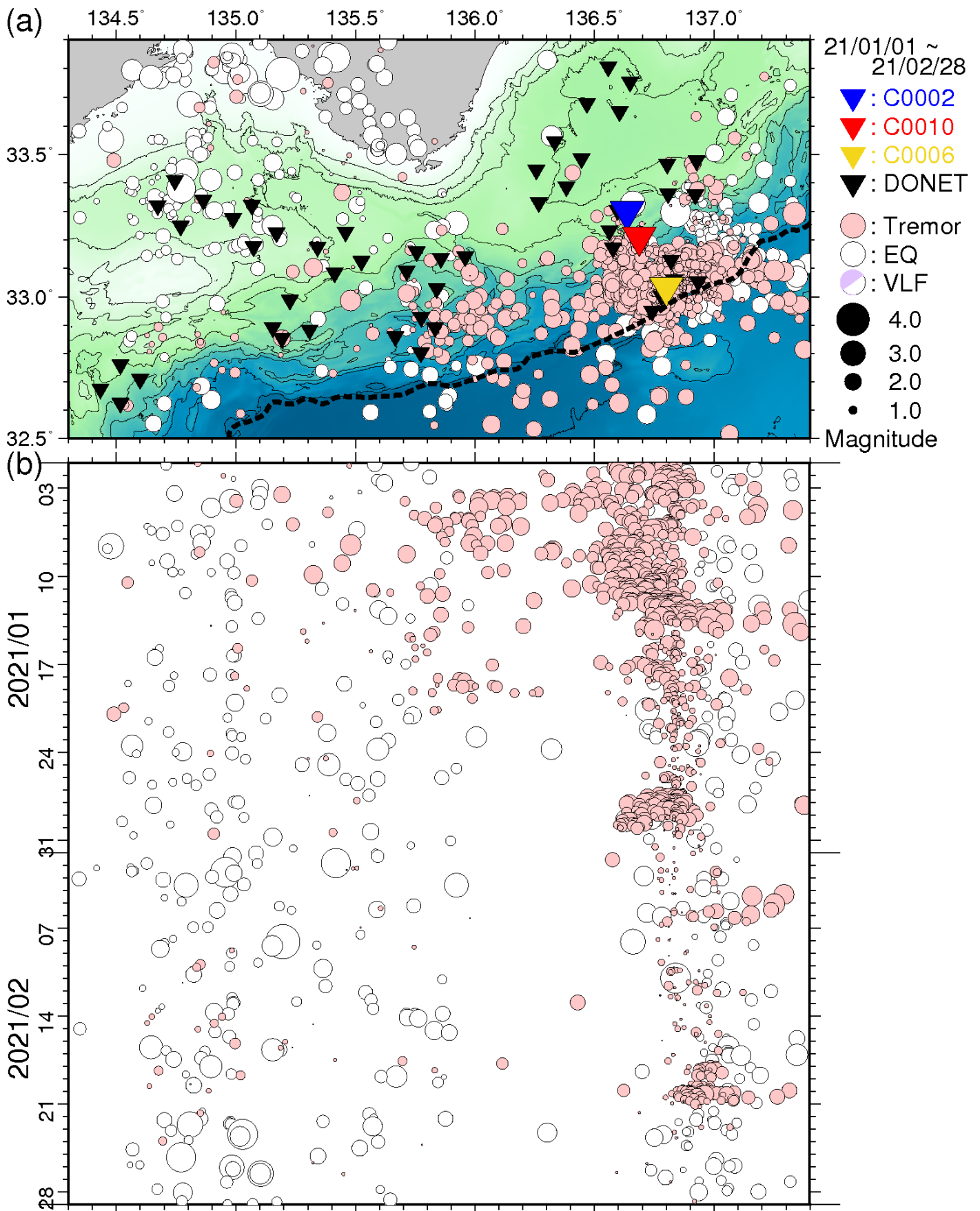


図5 直近2ヵ月間において熊野灘から室戸沖にて発生した低周波微動の時空間分布(2021年1月1日~2021年2月28日)。図3と同様のシンボルにて表示している。(a)低周波微動の震央分布図。(b)aに示した震央を経度方向へ投影した低周波微動の時空間分布図。2020年12月21日~24日は、サーバ入替のため微動と地震カタログの照合は未処理である。

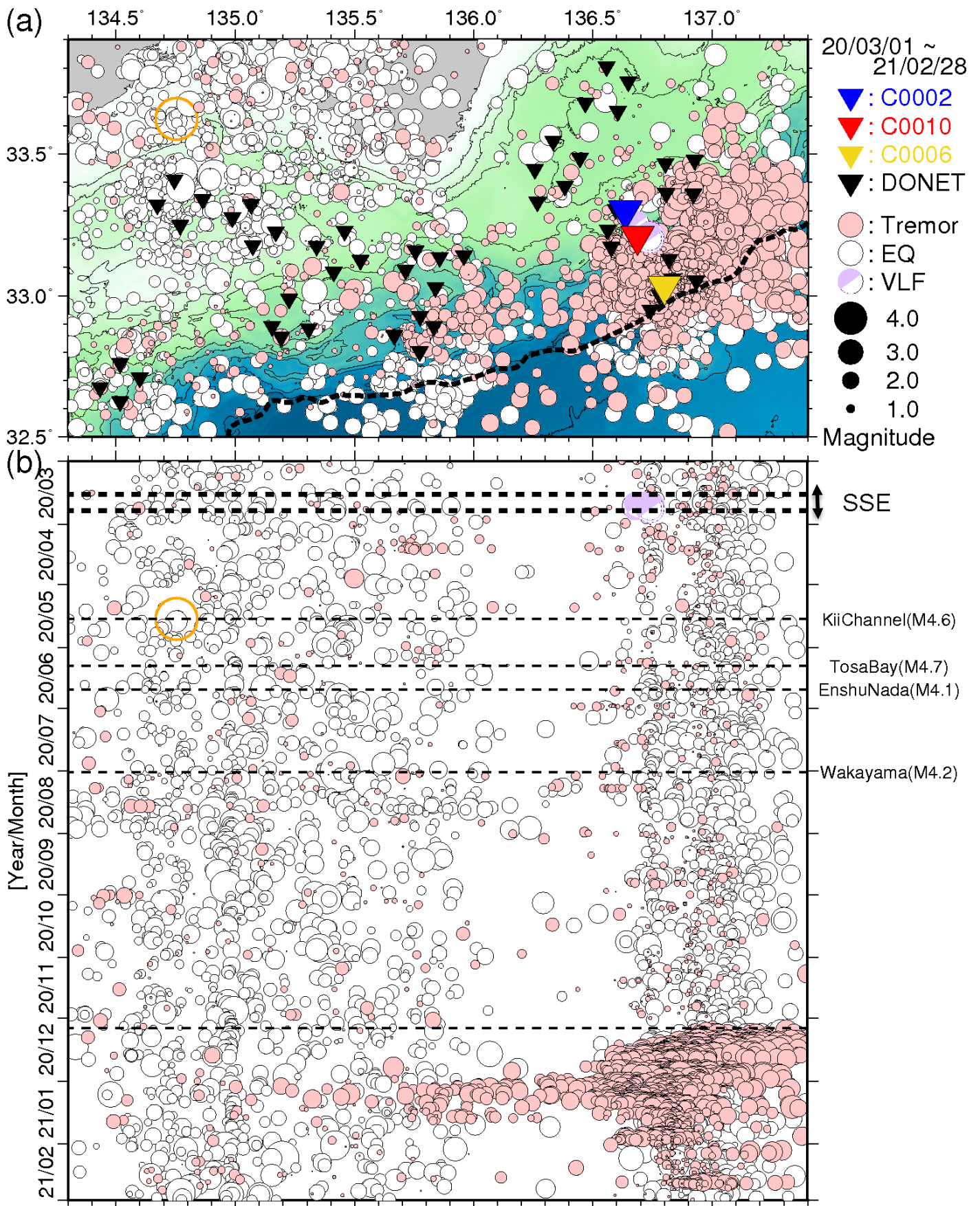


図6 直近1年間において熊野灘から室戸沖にて発生した低周波微動の時空間分布(2020年3月1日~2021年2月28日)。図3と同様のシンボルにて表示している。(a)低周波微動の震央分布図。(b)aに示した震央を経度方向へ投影した低周波微動の時空間分布図。超低周波地震のメカニズム解についても低周波微動と同様に示す。○は2020年5月17日に発生した紀伊水道地震を示す。



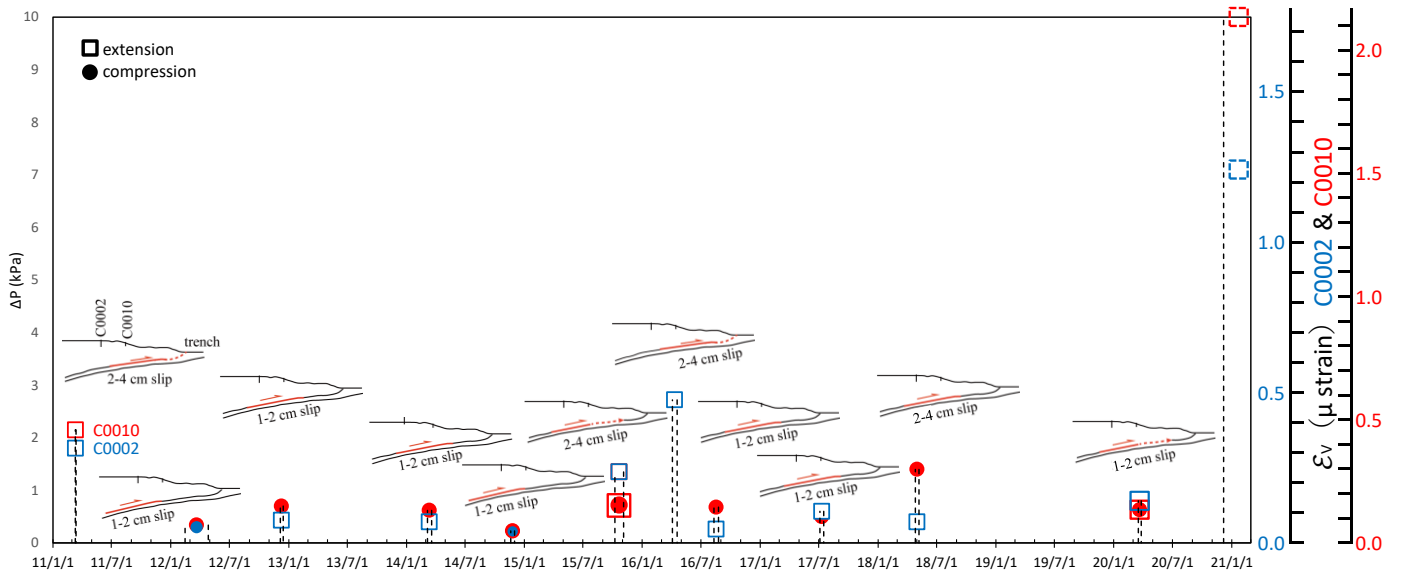


図7 孔内観測点において観測されたSSE 発生時の間隙水圧変化 (Araki et al., 2017; Ariyoshi et al. 2021) を加筆・修正)。間隙水圧変化 ( $\Delta P$ ) とそれらを体積歪 ( $\epsilon_v$ ) に換算したスケールを縦軸に示している。●・□は、それぞれ圧縮・伸長方向の間隙水圧変化を示す。青・赤のシンボルは、それぞれC0002・C0010 の間隙水圧変化を示す。

12月6日頃から活発化している低周波微動活動にあわせて、浅部超低周波地震 (sVLFE) の記録が確認されている。これらのメカニズム解の暫定結果を以下に示す (図 8)。これまでの資料に掲載しているものと同様に、DONET 観測点に設置された広帯域地震計記録に 0.03-0.05 Hz のバンドパスフィルタを適用し、2 秒のデシメーション処理を行った波形に対して、グリッドサーチを適用している (Nakano et al., 2018)。

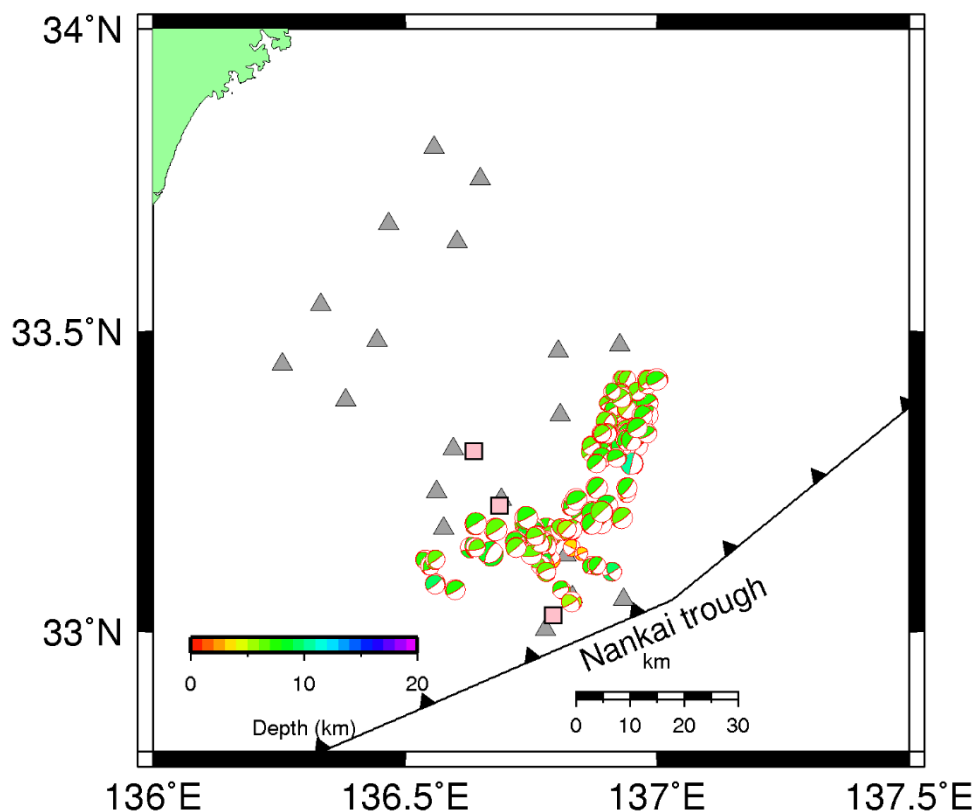


図 8 推定した sVLFE のメカニズム解分布。灰色の三角は DONET1 観測点、ピンクの四角は孔内観測点の位置を示す。解析期間は 12 月 6 日 21 時から 1 月 15 日まで。なお、12 月 12 日から 1 月 15 日までの間、および 1 月 15 日以降は処理進行中で、今後数が増える見込み。