

第 386 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 5 年（2023 年） 5 月 12 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(2022/5/1-2023/4/30)

- 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^(注)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., 2021a）。

- 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 2023 年 3 月 1 日～2023 年 4 月 30 日（図 3）と直近 1 年間の 2022 年 5 月 1 日～2023 年 4 月 30 日（図 4）について示す。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、相対値のみを使用している。なお、2023 年 4 月 2 日から 8 日までの間における間隙水圧および体積歪の欠落は、データサーバーの理由によるため、今後復旧する見込みである。

熊野灘から室戸沖にかけて発生した通常地震・低周波微動・浅部超低周波地震の時空間分布を、直近 2 ヶ月間の 2023 年 3 月 1 日～2023 年 4 月 30 日（図 5）と直近 1 年間の 2022 年 5 月 1 日～2023 年 4 月 30 日（図 6）について示す。なお、エアガン発振期間では、通常地震及び低周波微動は誤検知が多く含まれるため非表示とし、浅部超低周波地震のみを表示している。

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。

- 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、3 月 10 日頃から 22 日頃にかけて SSE を想定させる間隙水圧変化が観測された（図 3b）。C0002 観測点では、3 月 10 日頃から 14 日頃にかけて間隙水圧の減少、3 月 14 日頃から 16 日頃にかけて一旦減少の停止、その後 3 月 16 日頃から 18 日頃にかけて再び減少が見られた。一方、沖合の C0006 観測点では、3 月 14 日頃から 22 日頃にかけて、間隙水圧の増加が見られた（参考資料 1）。C0010 観測点については、ノイズ成分が大きいため、評価対象には含めていない。今後、統計解析などを用いて定量評価を行う予定である。また、C0002 観測点の間隙水圧減少が再開した後、3 月 16 日から 18 日にかけて、DONET1 の D ノード（C0002, C0010）南側にて、浅部超低周波地震および低周波微動活動が確認された（図 3ad、図 5）。C0002 および C0006 観測点における間隙圧の変化量から推定された断層モデルは、C0010 観測点直下の超低周波地震が活発化した領域付近に求まった（参考資料 2）。

1 年間で見ると、11 月 22 日から 12 月 6 日頃にかけて、DONET2 の G ノード付近で通常地震の活動がやや活発化した（図 6）。

^(注) 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）との照合を

行い、地震カタログに存在するイベントを通常の地震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, Yamamoto et al., 2022)。本資料では、2023 年 3 月 16 日から 3 月 18 日の期間の活動について、その暫定解を示している。

断層モデルは、長期孔内観測点 C0002 と C0006 の間隙圧変化を入力値とし、断層中心震央座標、深さ、断層サイズ、傾斜角、すべり量を推定した (Ariyoshi et al., 2021a, 2021b)。

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, (2021a): Characteristics of Slow Slip Event in March 2020 revealed from borehole and DONET observatories, *Front. Earth Sci.*, doi: 10.3389/feart.2020.600793
- Ariyoshi K., T. Kimura, Y. Miyazawa, S. Varlamov, T. Iinuma, A. Nagano, J. Gomberg, E. Araki, T. Miyama, K. Sueki, S. Yada, T. Hori, N. Takahashi, S. Kodaira, (2021b): Precise Monitoring of Pore Pressure at Boreholes Around Nankai Trough Toward Early Detecting Crustal Deformation. *Front. Earth Sci.* 9, 717696. doi: 10.3389/feart.2021.717696
- Horiuchi, S., Y. Horiuchi, S. Yamamoto, H. Nakamura, C. Wu, P. A. Rydelek, M. Kachi, (2009): Home seismometer for earthquake early warning, *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
- Yamamoto, Y., K. Ariyoshi, S. Yada, M. Nakano, T. Hori (2022): Spatio-temporal distribution of shallow very-low-frequency earthquakes between December 2020 and January 2021 in Kumano-nada, Nankai subduction zone, detected by a permanent seafloor seismic network. *Earth Planets and Space*, 74,1,doi:10.1186/s40623-022-01573-x.

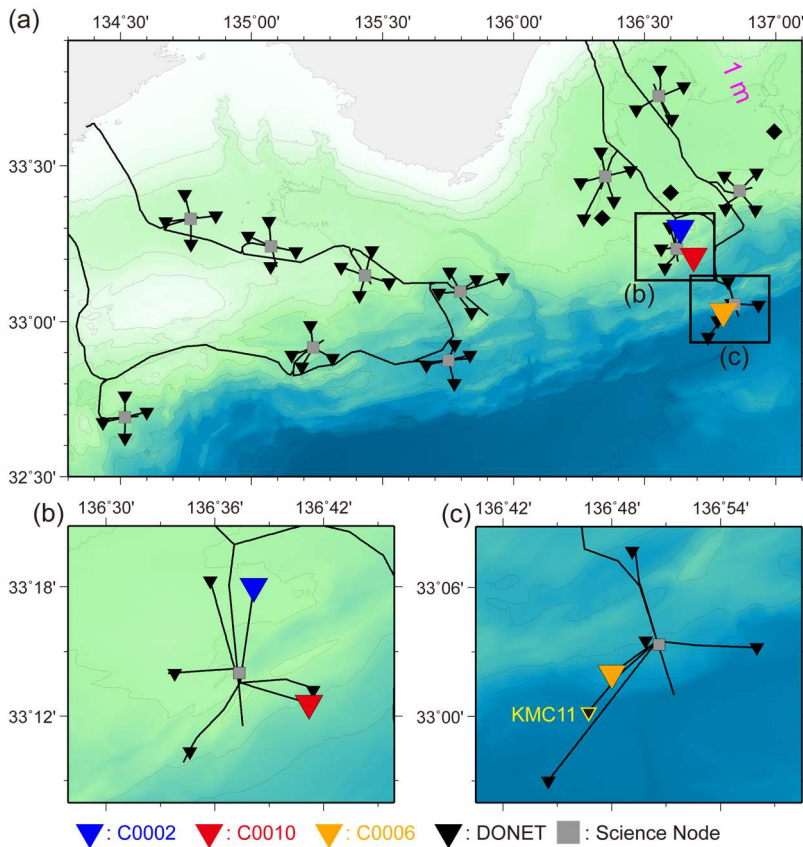


図1 南海トラフ東南海地震震源域沖合に設置された3点の長期孔内観測点とDONETの観測点配置図。▼・▼・▼・▼は、それぞれC0002・C0010・C0006・DONET観測点を示す。(a) DONET全域。(b) 孔内観測点(C0002、C0010)周辺。(c) 孔内観測点(C0006)周辺。

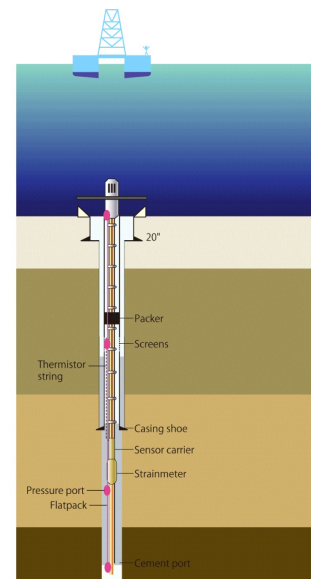
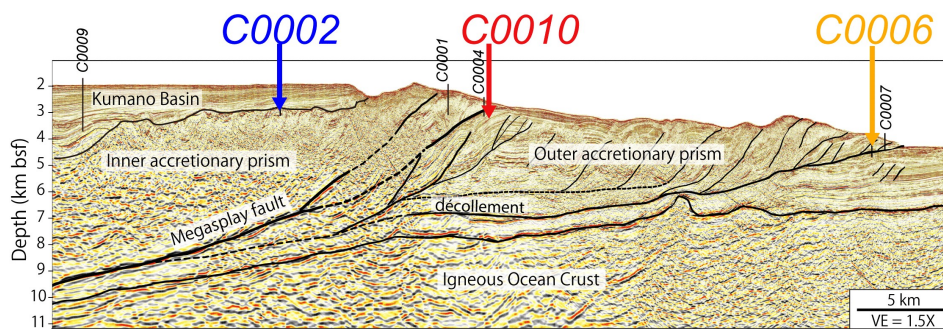


図2 南海トラフ東南海地震震源域沖合に設置された3点の長期孔内観測点(C0002、C0010、C0006)の設置位置(地震断面図に投影)。海底下980m(C0002)、650m(C0010)、495m(C0006)まで掘削した孔内における地殻内の間隙水圧・体積歪(C0010、C0006)・地震動などの記録をDONETケーブルを用いてデータ伝送することにより連続リアルタイム観測を実施している。間隙圧の地殻変動成分を抽出するために使用する海底圧力計は、C0002、C0010では孔口(図2)、C0006ではKMC11(図1)を使用している。海底圧力計をDONETで使用する場合、潮汐の時間補正を考慮している(Ariyoshi et al., 2021b)。

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。

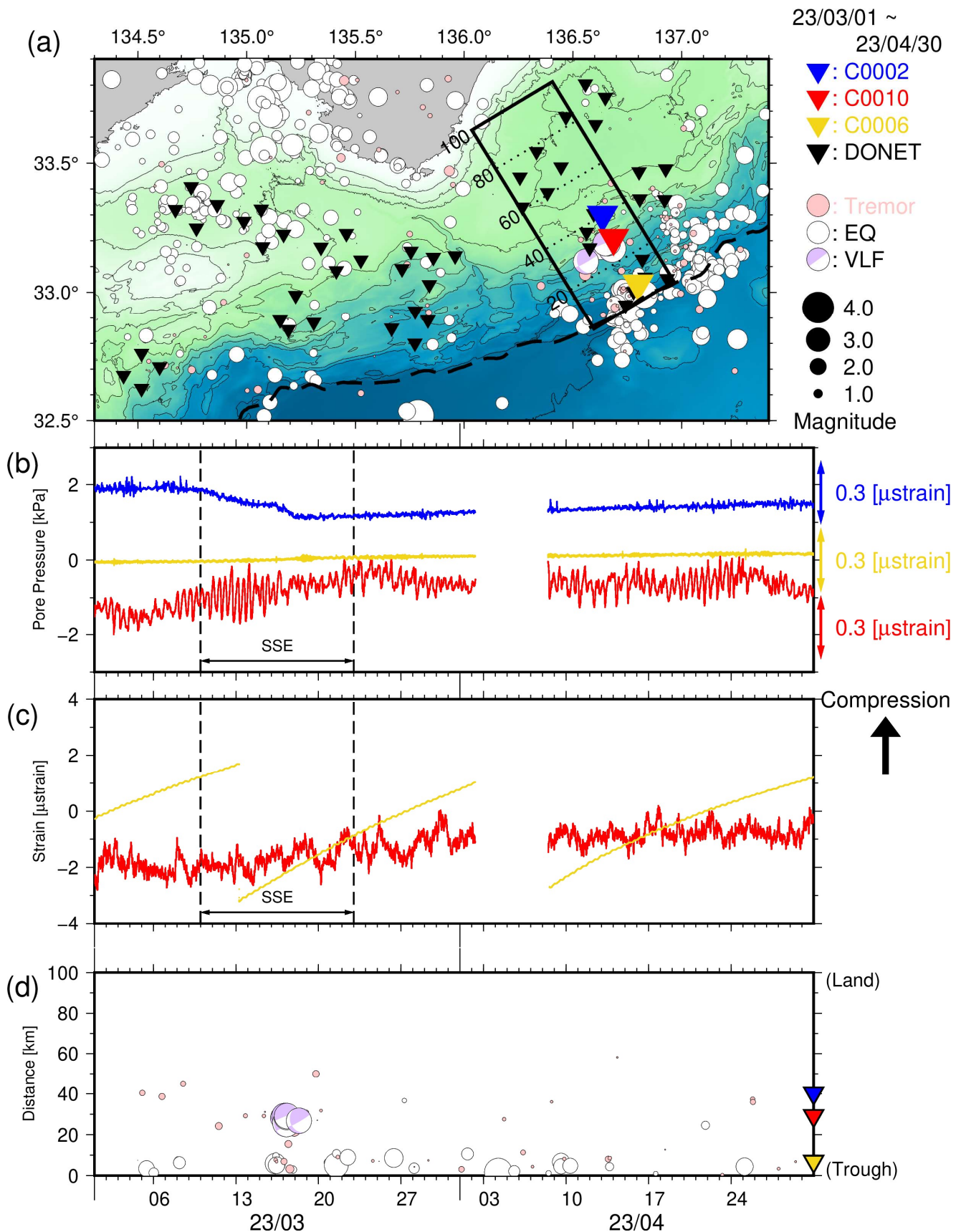


図3 直近2ヶ月間のSSE・低周波微動モニタリング(2023年3月1日~2023年4月30日)。(a)震央分布図(●:低周波微動(深さ0~15km)、○:通常地震(深さ0~60km)、●:超低周波地震のメカニズム解)。▼、▼、▼、▼は、それぞれC0002・C0010・C0006・DONET観測点。破線はトラフ軸。(b)長期孔内観測点における間隙水圧変化(—:C0002、—:C0010、—:C0006)。(c)長期孔内観測点における体積歪変化(—:C0010、—:C0006)。(d)図3a中に実線で示した矩形領域内における、低周波微動・通常地震・超低周波地震の時空間分布。縦軸は、トラフ軸からの距離(km)。

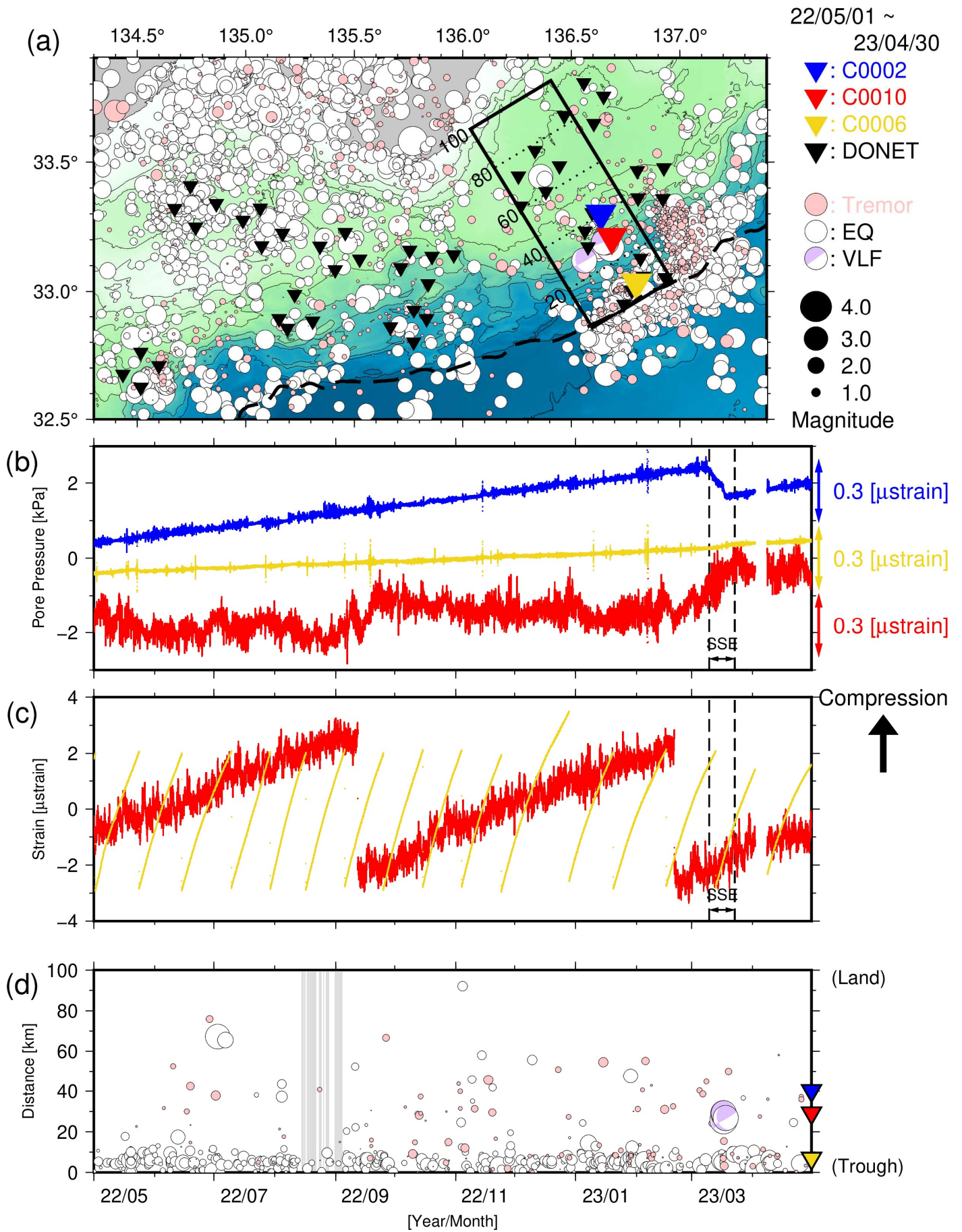


図4 直近1年間のSSE・低周波微動モニタリング(2022年5月1日~2023年4月30日)。(a)低周波微動・通常地震・超低周波地震の震央分布。(b)間隙水圧変化。(c)体積歪変化。(d)時空間分布。灰色はエアガン発振期間を示す。なお、図3において過去資料に緑点線で記した地震のうち、aの領域外かつM6.5未満のものは掲載していない。

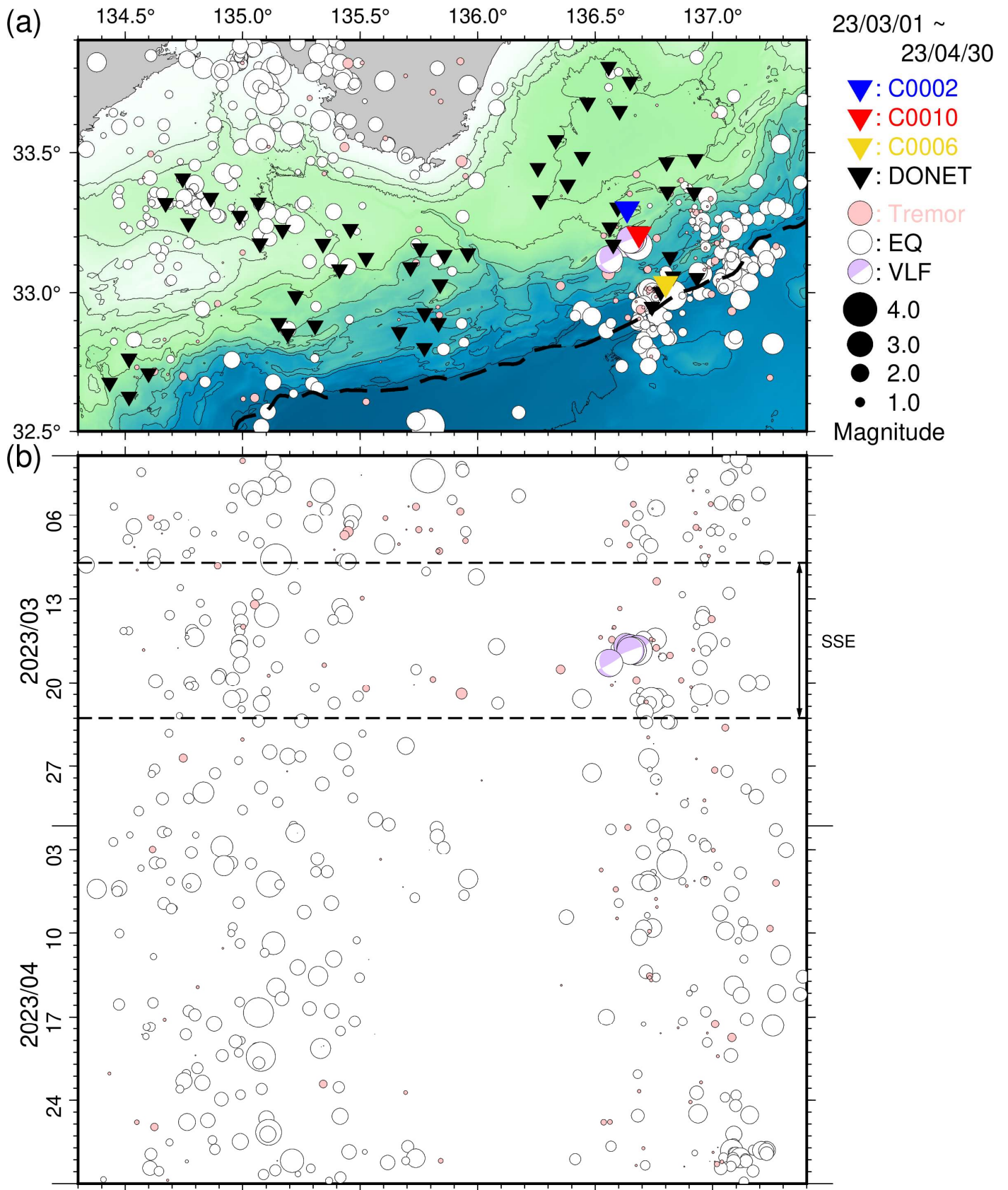


図5 直近2ヵ月間において熊野灘から室戸沖にて発生した低周波微動・通常地震・超低周波地震（2023年3月1日～2023年4月30日）。図3と同様のシンボルにて表示。(a)震央分布図。(b) aに示した震央を経度方向へ投影した時空間分布図。

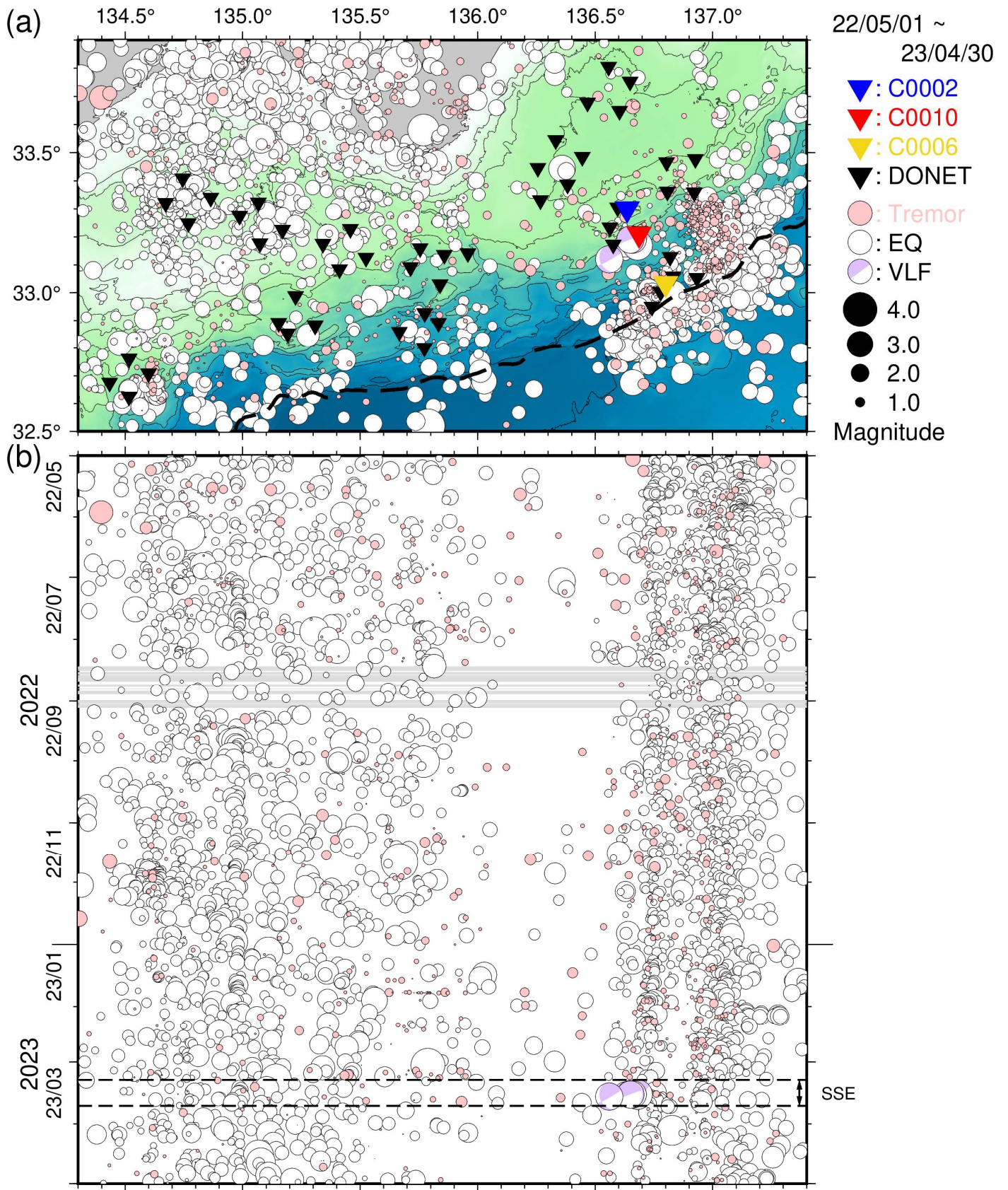


図 6 直近 1 年間に於いて熊野灘から室戸沖にて発生した低周波微動・通常地震・超低周波地震 (2022 年 5 月 1 日~2023 年 4 月 30 日)。図 4 と同様のシンボルにて表示。(a) 震央分布図。(b) a に示した震央を経度方向へ投影した時空間分布図。なお、図 3 および図 5 において過去資料に緑点線で記した地震のうち、a の領域外かつ M6.5 未満のものは掲載していない。

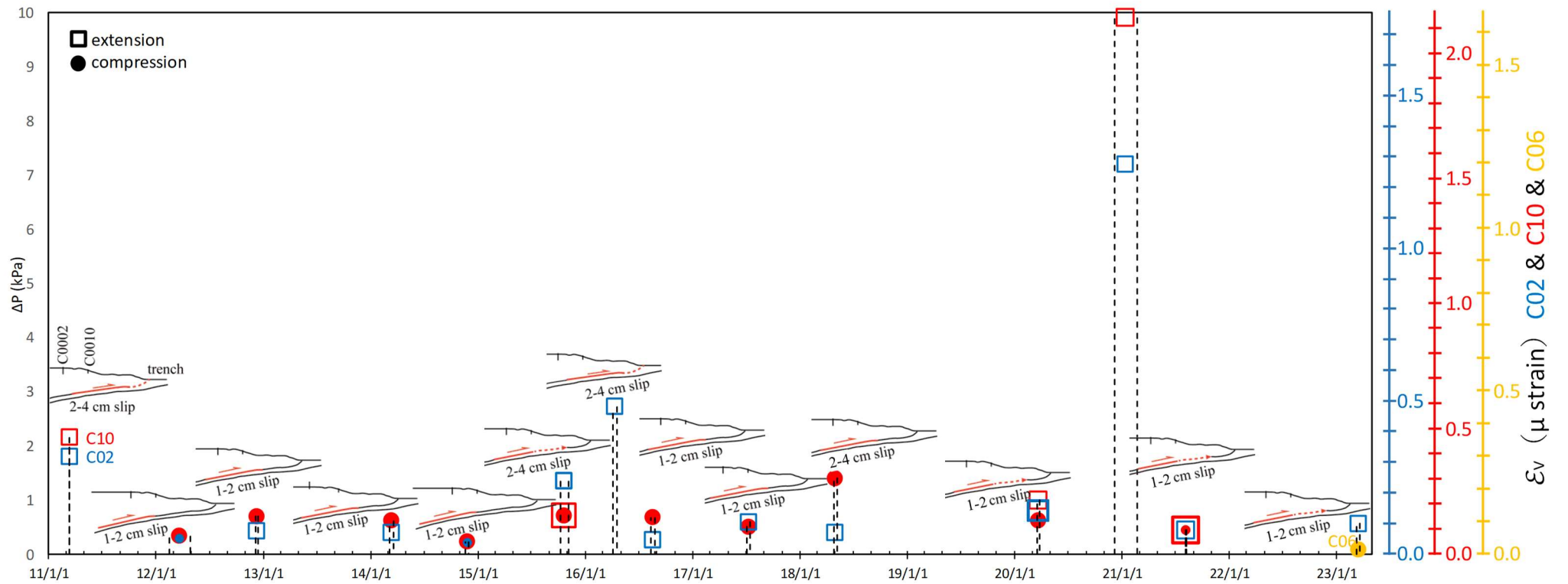
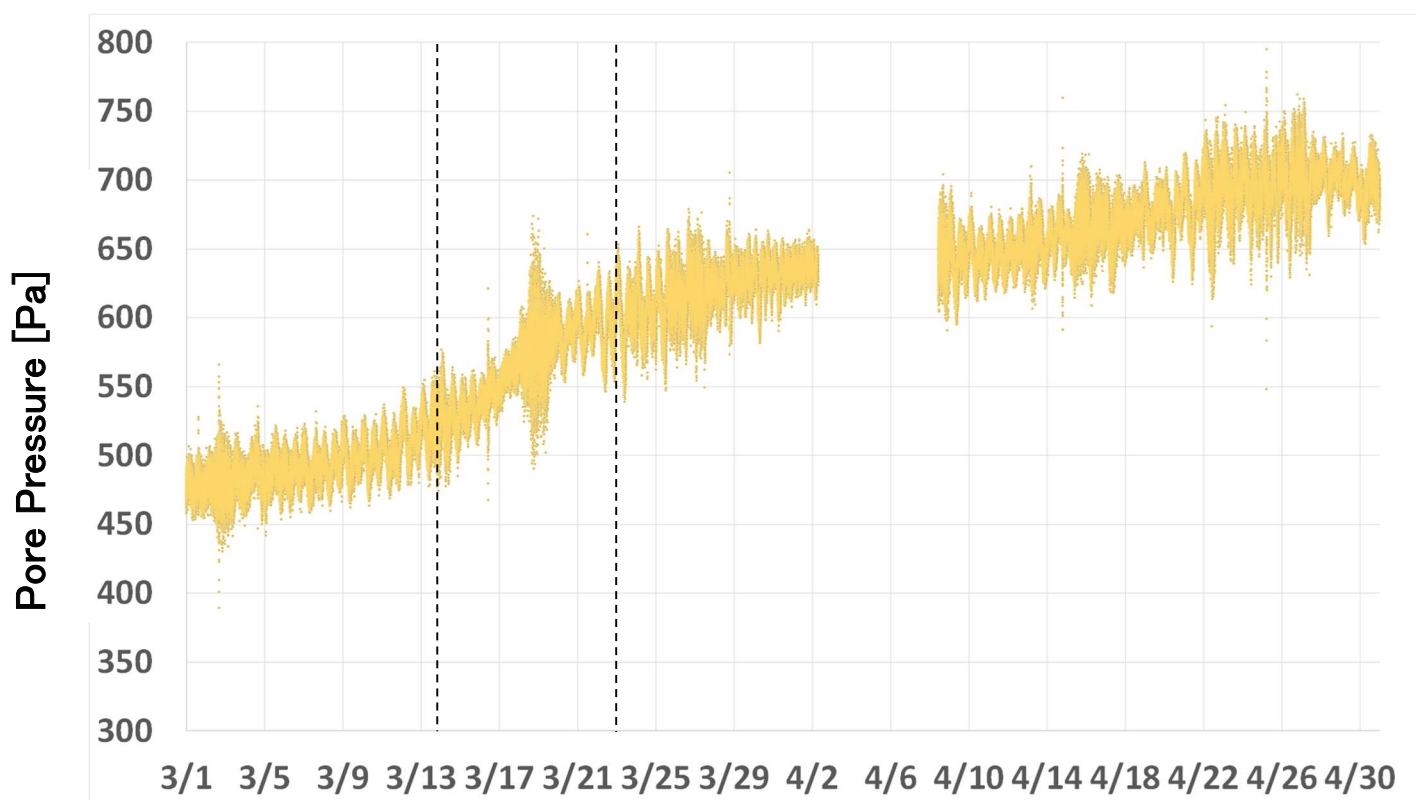
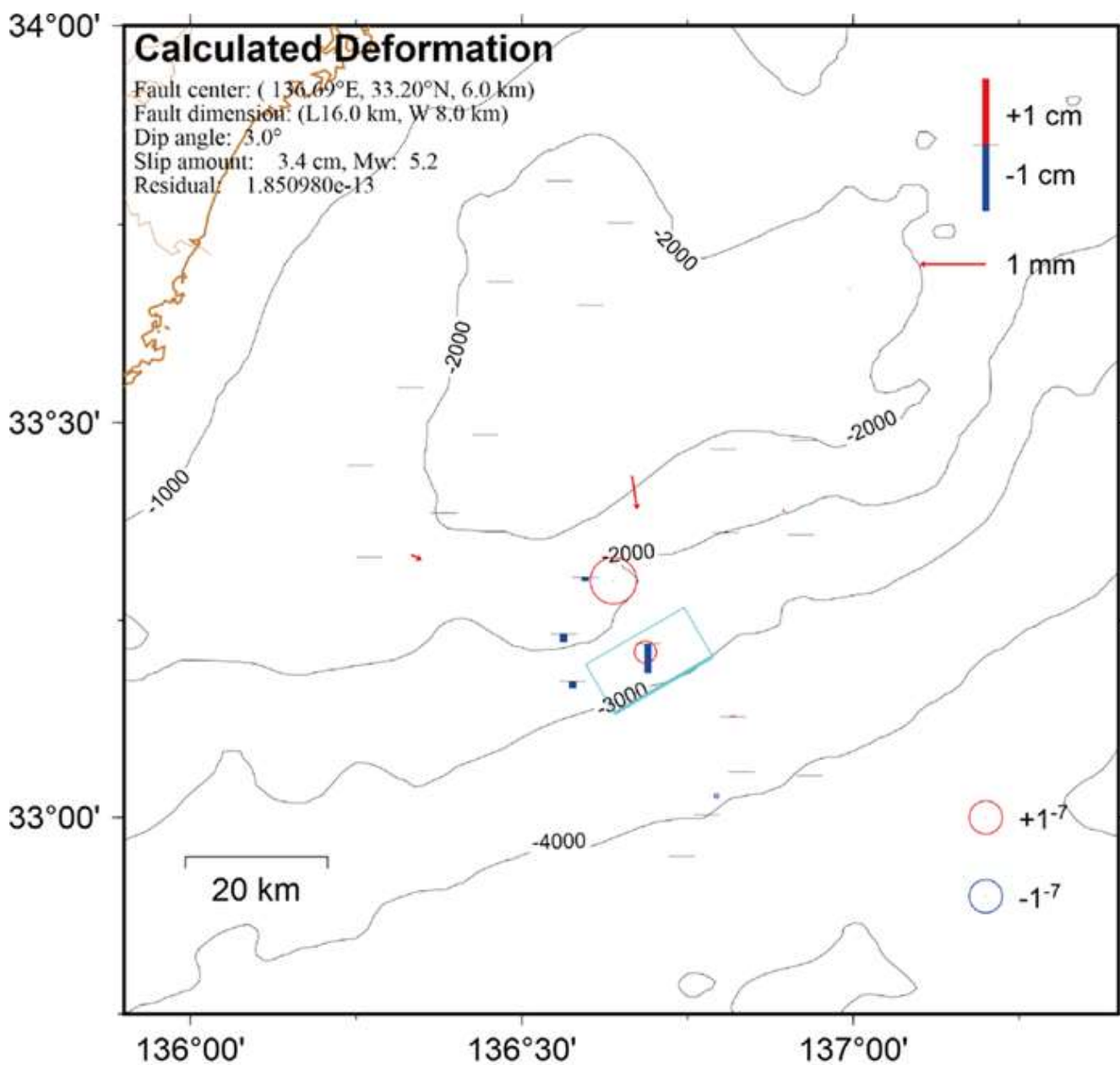


図7 孔内観測点において観測されたSSE発生時の間隙水圧変化 (Araki et al., 2017; Ariyoshi et al. 2021a を加筆・修正)。間隙水圧変化 (ΔP) とそれらを体積歪 (ϵ_v) に換算したスケールを縦軸に示している。●・□は、それぞれ圧縮・伸長方向の間隙水圧変化を示す。青・赤・黄のシンボルは、それぞれ C0002・C0010・C0006 (2023年3月以降) の間隙水圧変化を示す。



C0006 における間隙水圧の拡大図（2023 年 3 月～4 月）。点線は間隙水圧の増加が見られた期間を示す。



間隙水圧の変化量から推定された断層モデルの最適解。断層すべりから期待される、間隙水圧から換算した体積歪変化（○：膨張、○：圧縮）、DONET 観測点における海底圧力変化（棒グラフ）、GNSS-A 海底局における水平変位（↑）を示す。