第 417 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 7 年（2025 年） 8 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（2024/8/1-2025/7/31）

● 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 4 点の孔内観測点（C0002・C0010・C0006・C9038 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）。このうち、紀伊水道沖の孔内観測点（C9038）については、2024 年 1 月 3 日より運用を開始し、間隙水圧については同年 3 月より、光ファイバ歪計（暫定値として運用）は同年 12 月より、観測値を資料へ掲載している。

● 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 2025 年 6 月 1 日～2025 年 7 月 31 日（図 3）と直近 1 年間の 2024 年 8 月 1 日～2025 年 7 月 31 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。

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 2025 年 6 月 1 日～2025 年 7 月 31 日（図 5）と直近 1 年間の 2024 年 8 月 1 日～2025 年 7 月 31 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、SSE による間隙水圧変化は観測されていないが、5 月 30 日頃から 6 月 1 日頃にかけて DONET1 の B ノード付近において微動活動の活発化がみられた（図 5）。また、6 月 1 日には超低周波地震に相当する波形も観測された。（図 3）。5 月 27 日頃から DONET1 の B ノードの傾斜計（1B-S1）において傾斜変化がみられ、6 月 5 日頃に終息した（図 8）。

1 年間で見ると、2024 年 7 月 17 日頃から 8 月 15 日頃にかけて、間隙水圧変化が観測されているが（図 4）、その後は終息している。その期間中の 7 月 20 日頃から 7 月 26 日頃にかけて、DONET2 の D ノードと E ノード付近において群発的な低周波微動活動が観測されている。その特徴として、西側浅部と東側深部の２つの群で構成されており、どちらも深部側から浅部側に向かって移動している傾向がみられた。また、11 月 7 日頃から 11 月 14 日頃にかけて、C0002 の 1 点のみ間隙水圧に若干の変化がみられ、11 月 16 日頃から 11 月 18 日頃および、2 月 16 日頃から 2 月 17 日頃、DONET1 の B ノード付近において微動活動がみられ、3 月 28 日頃から 4 月 10 日頃にかけて DONET2 の G ノード付近において微動活動および超低周波地震の活動がみられた（図 5・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験測カタログ（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）。1B-S1 の傾斜計は 2 基別深度に設置されているが（Tsuji et al., 2023）、よりノイズレベルの低い重錘式傾斜計を優先してモニタリングを行っている。

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
- 荒木 英一郎・横引 貴史・町田 祐弥・木下 正高・松本 浩幸・辻 修平・馬場 慧・西田 周平・有吉 慶介・堀 高峰, (2024): 南海トラフ地震発生帯での歪による広域・リアルタイム地殻活動把握の取り組み, *日本地震学会 2024 年度秋季大会予稿*, S02-06.
- 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*. 8, 600793. 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. Geophys. 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
- Tsuji, S., E. Araki, T. Yokobiki, S. Nishida, Y. Machida, M. Zumberge, K. Takahashi (2023): Precise tilt measurement by seafloor borehole tiltmeters at the Nankai Trough subduction zone. *Earth Planets Space* **75**, 188, doi:10.1186/s40623-023-01946-w
- 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.

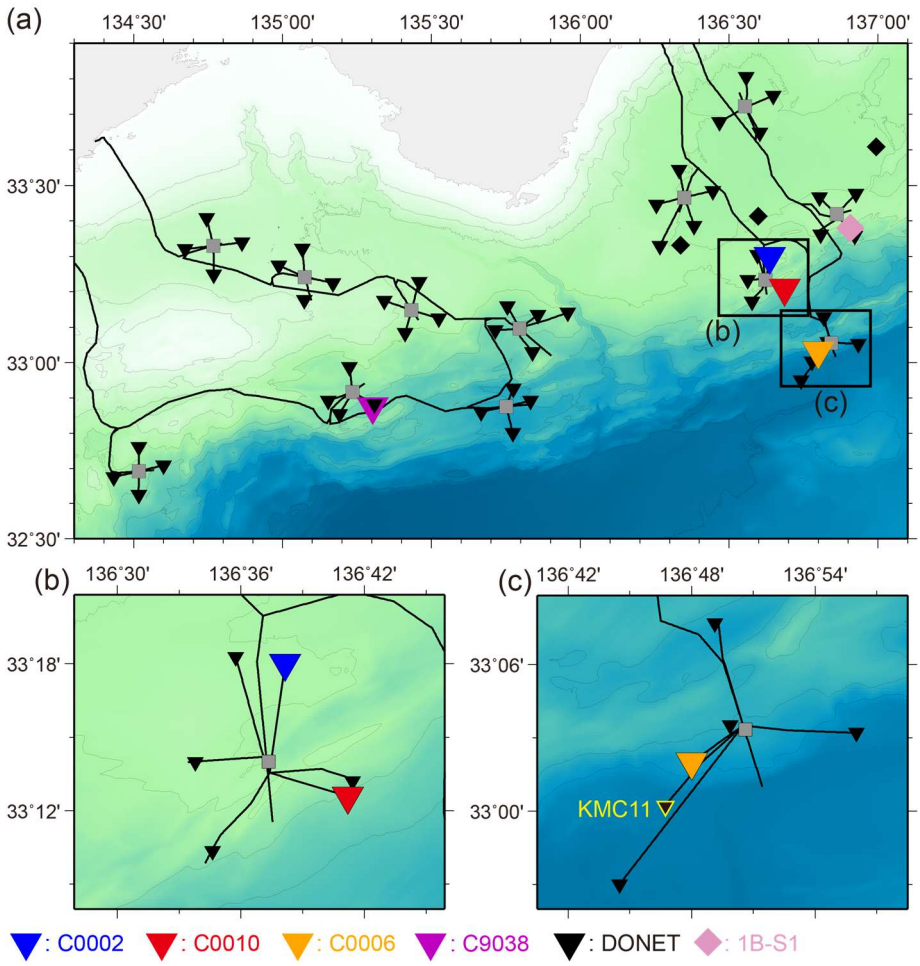

図 1　南海トラフ東南海地震震源域沖合に設置された 4 点の長期孔内観測点と DONET の観測点配置図。▼・▼・▼・▼・▼・◆は、それぞれ C0002・C0010・C0006・C9038・DONET 観測点・傾斜計（1B-S1）を示す。(a) DONET 全域。(b) 孔内観測点（C0002、C0010）周辺。(c) 孔内観測点（C0006）周辺。

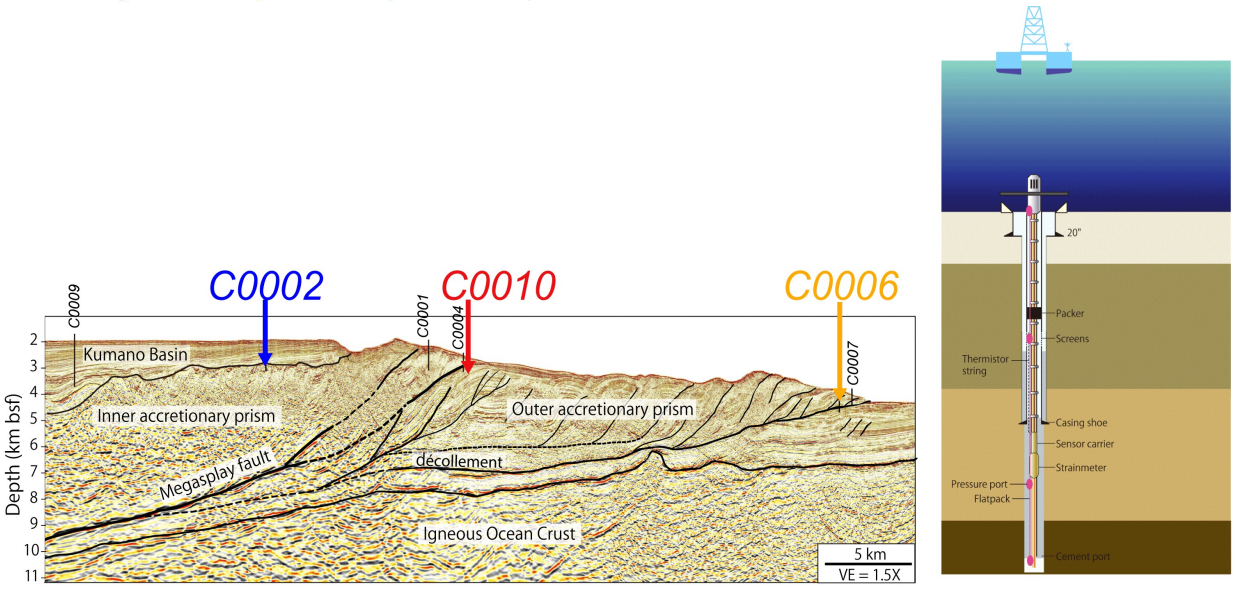

図 2　南海トラフ東南海地震震源域沖合に設置された 3 点の長期孔内観測点（C0002、 C0010、C0006）の設置位置（地震断面図に投影）。海底下 980m （C0002）、 650 m（C0010）、495 m（C0006）まで掘削した孔内における地殻内の間隙水圧・体積歪（C0010、C0006）・光ファイバ歪計（C9038）・地震動などの記録を DONET ケーブルを用いてデータ伝送することにより連続リアルタイム観測を実施している。間隙圧の地殻変動成分を抽出するために使用する海底圧力計は、C0002, C0010, C9038 では孔口（図２）、C0006 では KMC11（図１）を使用している。間隙圧 2 点（C0006・C9038）は、潮汐の応答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。

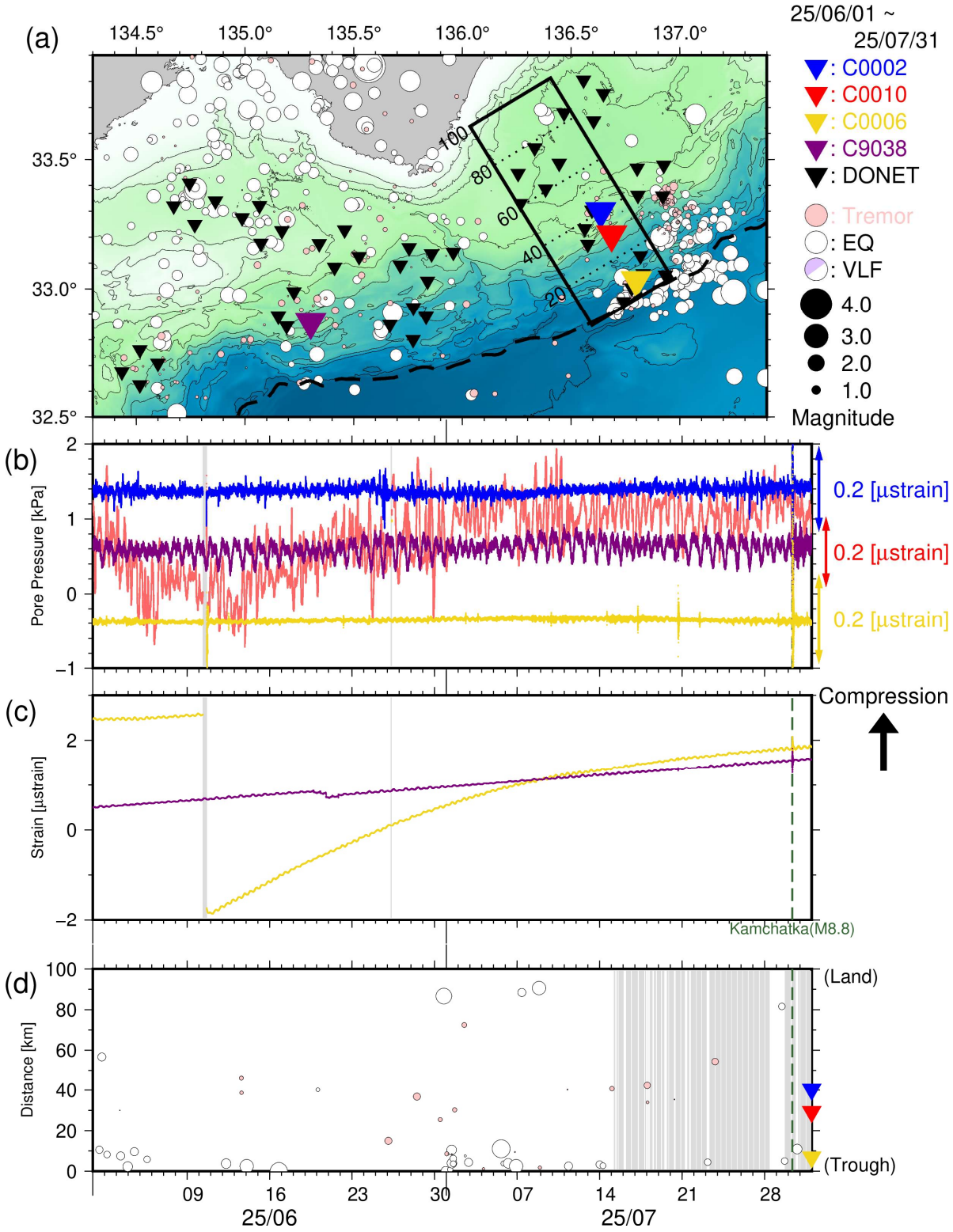

図 3　直近 2 ヶ月間の SSE・低周波微動モニタリング（2025 年 6 月 1 日～2025 年 7 月 31 日）。(a) 震央分布図（●：低周波微動（深さ 0～15 km）、○：通常地震（深さ 0～60 km）、●：超低周波地震のメカニズム解）。▼ ▼ ▼ ▼ ▼は、それぞれ C0002・C0010・C0006・C9038・DONET 観測点。破線はトラフ軸。(b) 長期孔内観測点における間隙水圧変化（—：C0002、—：C0010、—：C0006、—：C9038）。トレンド成分は 2025 年 5 月～6 月の 2 か月間に対して回帰直線を適用して除去している。(c) 長期孔内観測点における体積歪計（—：C0010、—：C0006）および光ファイバ歪計（—：C9038）の変化。6 月 20 日頃の C9038 のステップ状の変化は、測器内部処理に起因するもので、歪変化は生じていないことを確認した。(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）。

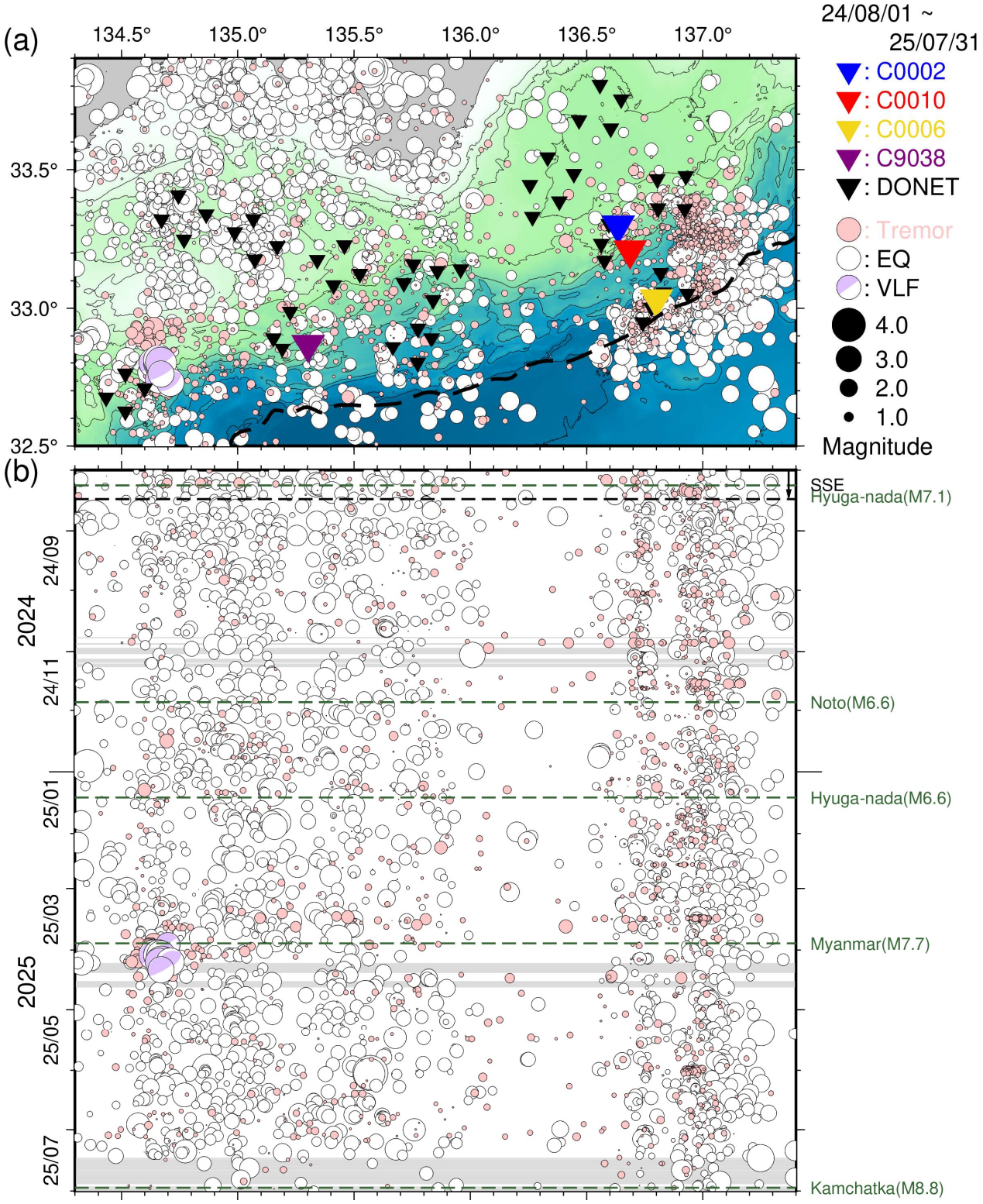

図 4　直近 1 年間の SSE・低周波微動モニタリング（2024 年 8 月 1 日～2025 年 7 月 31 日）。(a) 低周波微動・通常地震・超低周波地震の震央分布。(b) 間隙水圧変化。トレンド成分除去には図 3 と同じ傾きを適用した。(c) 体積歪変化。(d) 時空間分布。灰色は、エアガン発振期間あるいは停止期間のため、モニタリング対象外。緑点線は、日向灘の地震（8 月 8 日 M7.1、2025 年 1 月 13 日 M6.6）、能登地方の地震（11 月 26 日 M6.6）、ミャンマー地震（3 月 28 日 M7.7）、およびカムチャツカ半島地震（7 月 30 日、M8.8）。なお、過去資料の図 3 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。

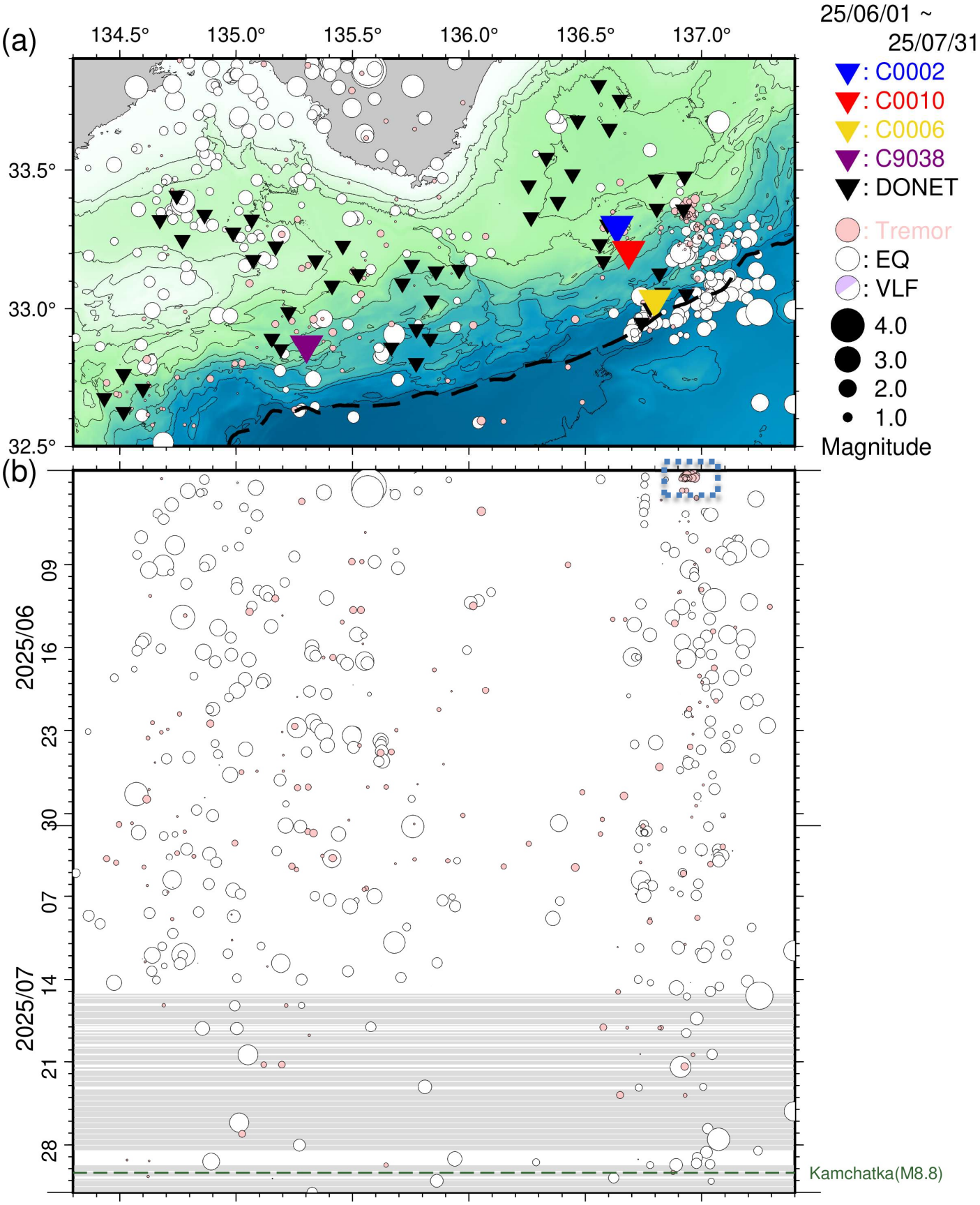

図 5　直近 2 ヵ月間において熊野灘から室戸沖にて発生した低周波微動・通常地震・超低周波地震（2025 年 6 月 1 日～2025 年 7 月 31 日）。図 3 と同様のシンボルにて表示。(a) 震央分布図。(b) a に示した震央を経度方向へ投影した時空間分布図。青点線の長方形領域は、これまでの評価文において言及した微動活動を示す。

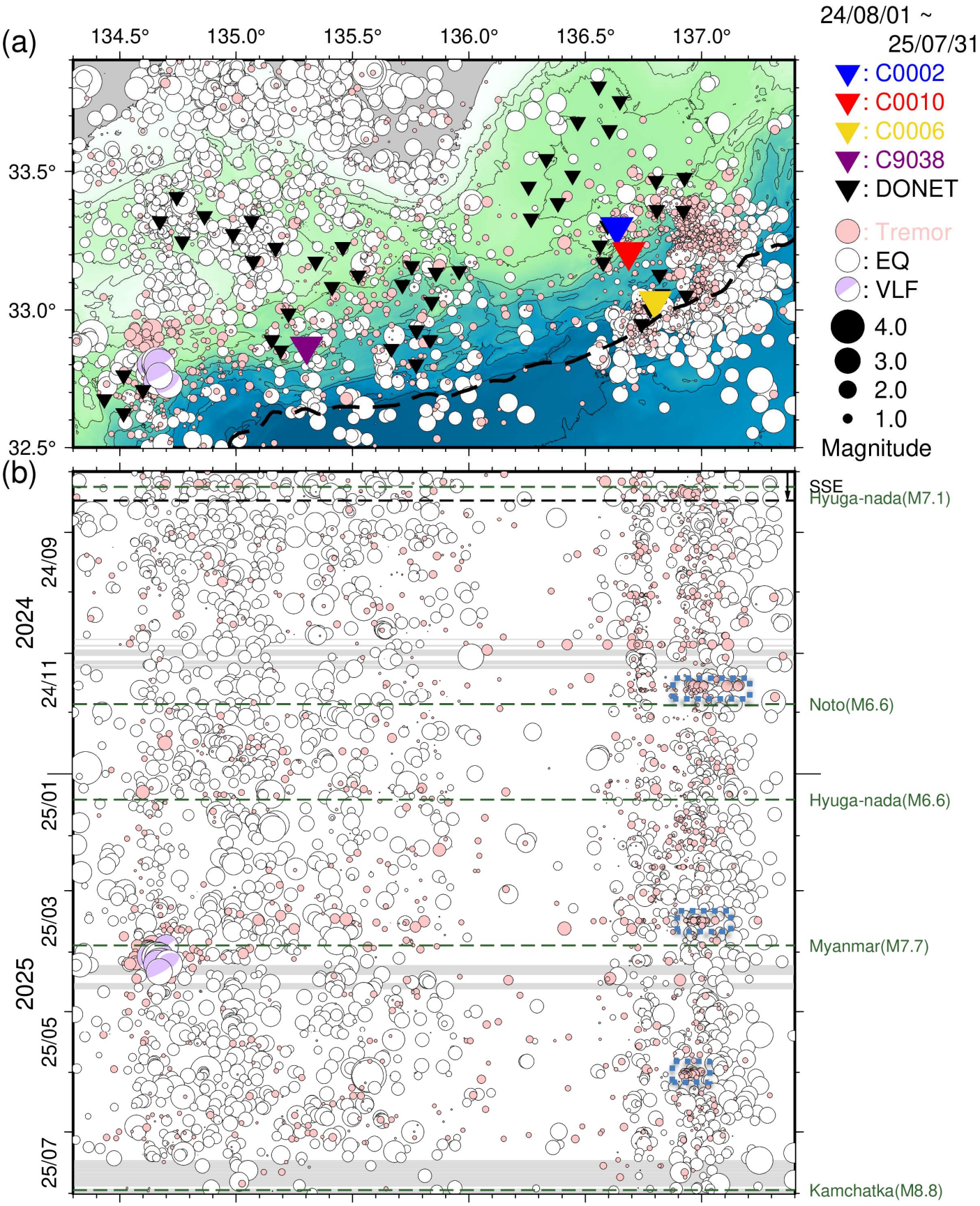

図 6　直近 1 年間において熊野灘から室戸沖にて発生した低周波微動・通常地震・超低周波地震（2024 年 8 月 1 日～2025 年 7 月 31 日）。図 4 と同様のシンボルにて表示。(a) 震央分布図。(b) a に示した震央を経度方向へ投影した時空間分布図。青点線の長方形領域は、これまでの評価文において言及した微動活動を示す。なお、過去資料の図 3 及び図 5 に緑点線で記した地震のうち、a の領域外かつ M6.5 未満のものは掲載していない。

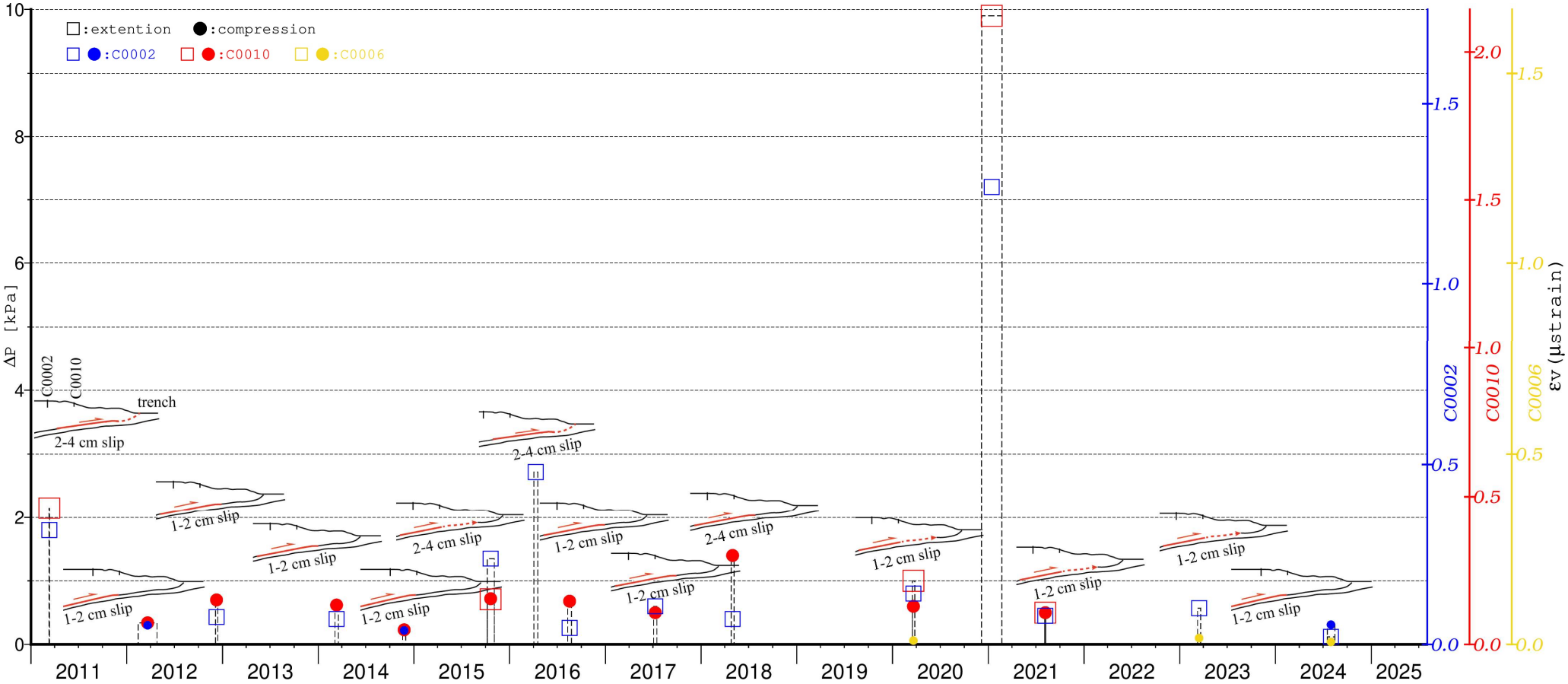

図 7　孔内観測点において観測された SSE 発生時の間隙水圧変化（Araki et al., 2017; Ariyoshi et al. 2021a を加筆・修正）。間隙水圧変化（ΔP）とそれらを体積歪（ε_v）に換算したスケールを縦軸に示している。●・□は、それぞれ圧縮・伸長方向の間隙水圧変化を示す。青・赤・黄のシンボルは、それぞれ C0002・C0010・C0006（2020 年 3 月以降）の間隙水圧変化を示す。

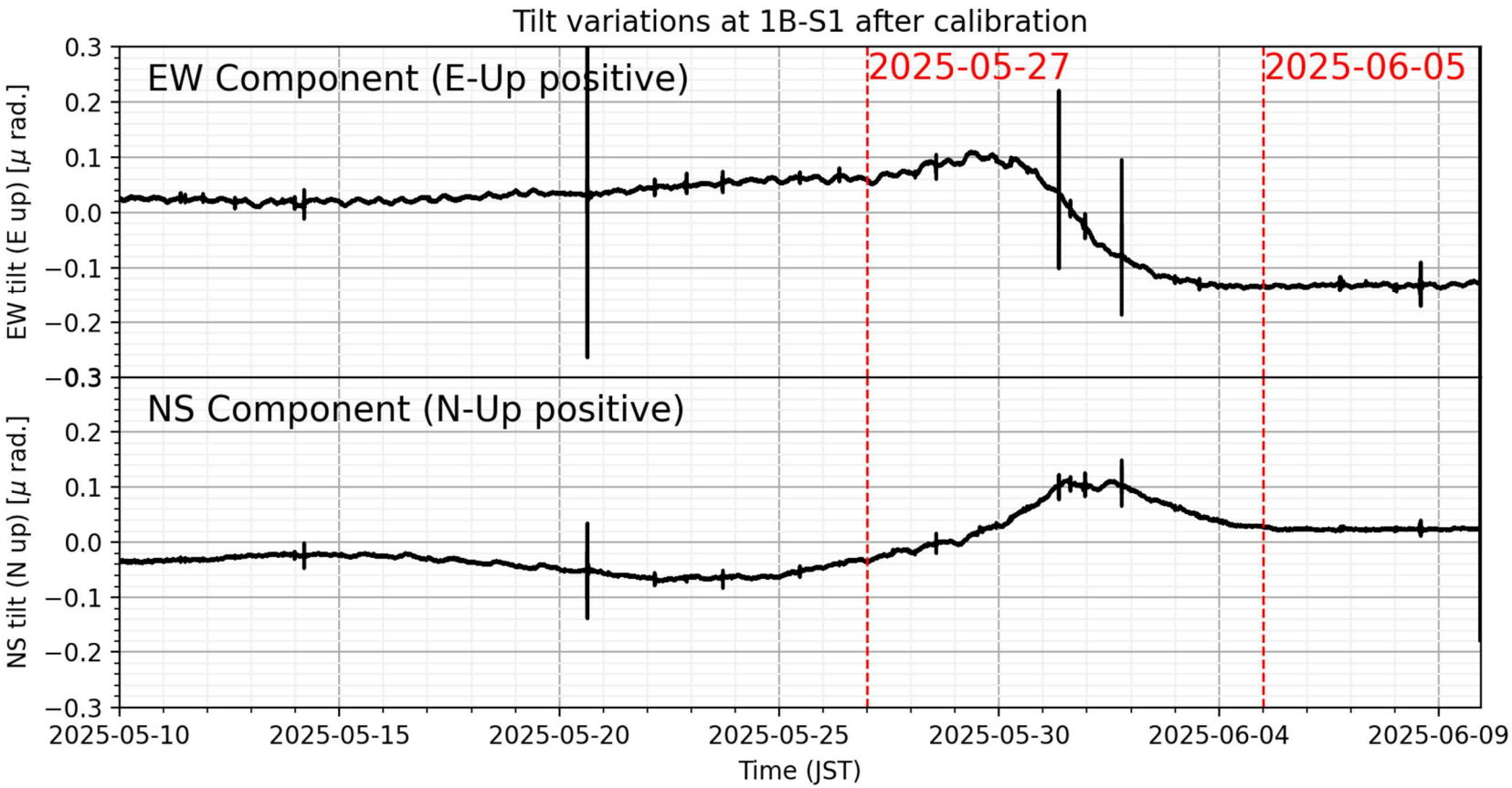

図 8　2025 年 5 月 10 日から 6 月 9 日までの 1B-S1（図 1）における重錘式傾斜計の時系列。潮汐成分は BAYTAP08 (Tamura and Agnew, 2008) を利用して除去した。また、トレンド成分も除去している。