

3-8 2026 年 4 月 20 日三陸沖の地震による高周波エネルギー輻射量

High-frequency energy release from the Sanriku-oki earthquake on April 20, 2026

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2026 年 4 月 20 日 16 時 52 分頃、三陸沖の深さ 19km 付近を震源とする M_J 7.7 (Hi-net 震源の深さ 25 km, Hi-net マグニチュード M_{Hi} 7.1) の地震が発生した。この地震は太平洋プレートとオホーツクプレートの境界で発生した逆断層型のプレート間地震である。本稿では、同地震発生後の地震活動について、連続地震波形エンベロープ解析から得られた 4 – 20Hz 帯域のエネルギー輻射量推定結果を報告する。

第 1 図に示す S-net 地震観測点（青三角）の加速度計記録を積分して速度記録に変換後、4 – 20 Hz 帯域のバンドパスフィルタをかけ 3 成分波形を 2 乗和して 1 秒ごとに平均値をとり、密度 2800 kg/m³ をかけてエネルギー密度の次元をもつエンベロープを作成した。海底堆積層の平均 S 波速度 V_{S1} を 300 m/s、余震域における平均 S 波速度 V_{S2} を 3800 m/s と仮定し、使用した S-net 観測点のサイト特性の対数平均値が $2V_{S2}/V_{S1}$ となるように、コーダ波規格化法¹⁾を用いてサイト増幅補正を行った。得られた地震波形エンベロープを用いてエンベロープインバージョン解析²⁾を行い、高周波エネルギー輻射量の時間変化を推定した。エネルギー輻射位置は、余震活動の空間分布を考慮して第 1 図橙丸の位置に設定した。解析に使用した各パラメータは、 $V_p = 6.58$ km/s, $V_s = 3.80$ km/s, 散乱係数 $g_0 = 1.5 \times 10^{-2}$ km⁻¹, 内部減衰 $Q_i^{-1} = 1.0 \times 10^{-3}$, ガウス型ランダム不均質媒質の速度揺らぎ強度 $\varepsilon = 0.146$, 相関距離 $a = 5$ km と定めた。

なお、本震については、強震動による S-net 筐体の回転³⁾や非線形応答⁴⁾の影響で正確な記録が得られていない可能性があるため、第 1 図に示す Hi-net 観測点（赤三角）を使って本震時の高周波エネルギー輻射量を推定した。強震動による波形の飽和⁵⁾が見られた部分については、Hi-net に併設されている KiK-net 地中強震計の加速度記録を積分して速度に変換し、Hi-net 記録と同様の処理を行って補間した。また、コーダ波規格化法を用いて N.KJNH 観測点を基準とするサイト増幅補正を行った。Hi-net 観測点の空間的な偏りによりエネルギー輻射位置の分解能が低いため、本震のエネルギー輻射位置は本震の震源位置に固定した。

第 2 図に、4 – 20Hz 帯域のエネルギー輻射量分布を Hi-net 震源（灰色丸）と合わせて示す。概ね大きな地震が多く発生している位置で強いエネルギー輻射量が推定されている。2025 年 11 月の三陸沖の地震 (M_{Hi} 6.8, 白星) の震央は、今回の余震による高周波エネルギー輻射位置の南東端に位置する。

第 3 図 a に、4 – 20 Hz 帯域でのエネルギー輻射量の推移と Hi-net マグニチュードに基づく M-T 図を示す。本震発生から 10 日以内に M_{Hi} 5.5 以上の地震は 5 回発生しており、最大余震は本震の 5 時間後に発生した M_{Hi} 5.9 の地震である。ただし、エネルギー輻射量が最大となった地震は 1.5 日後に発生した M_{Hi} 5.3 の地震である。同程度に大きい余震が複数回発生しており、際立って大きな余震が発生していない。第 2 図 b, c に、余震による積算高周波エネルギー輻射量と、同量を本震による高周波エネルギー輻射量で規格化した値 (NCER) の推移をそれぞれ示す。本震発生から 10 日後までの余震による NCER は約 2.5% である。

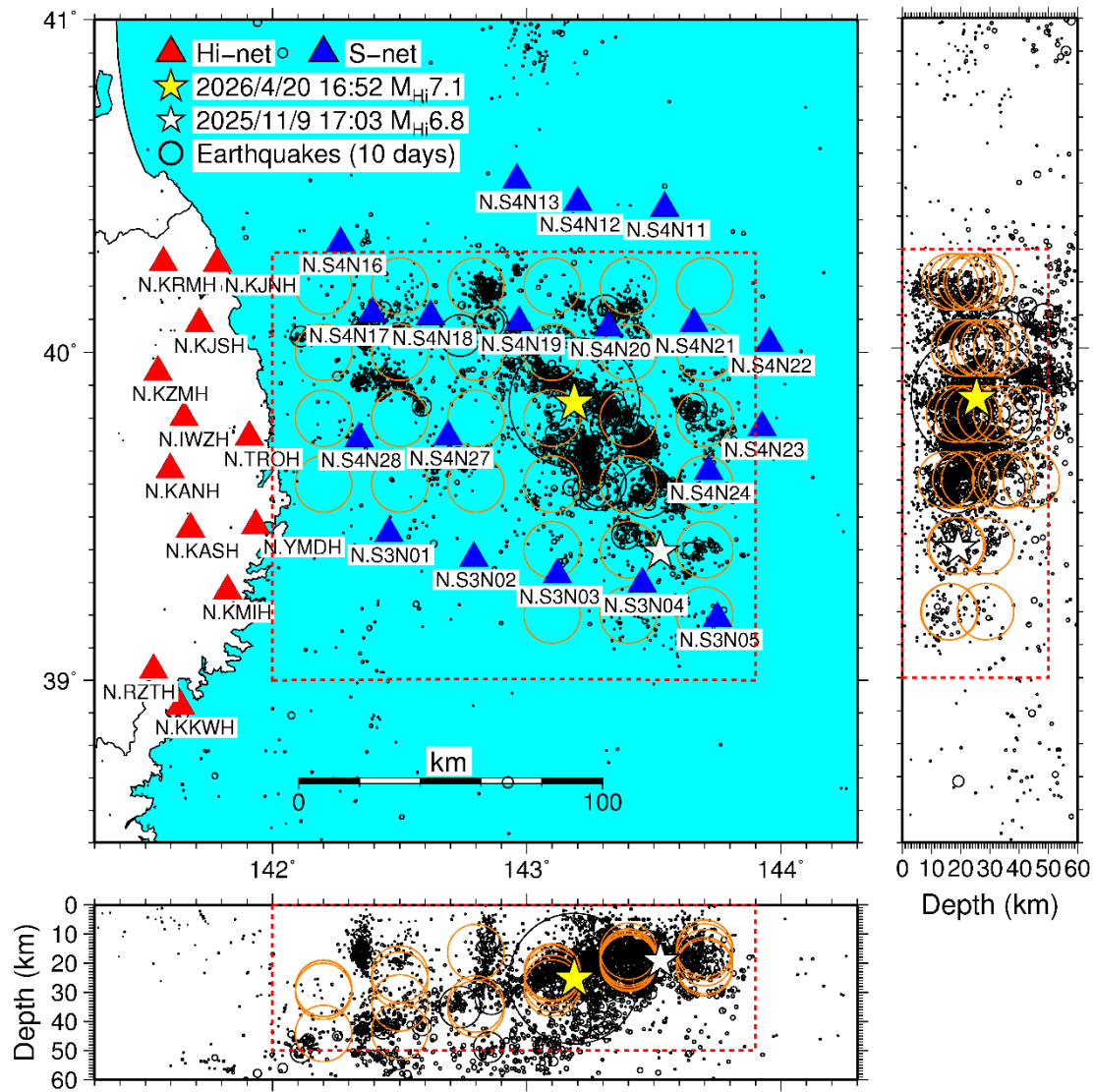
第3図b, cには、いずれもプレート間地震である、2025年12月に発生した青森県東方沖の地震($M_{\text{H}} 7.2$)、および2011年3月に発生した宮城県沖の地震($M_{\text{H}} 7.3$ 、東北地方太平洋沖地震の最大前震)の解析結果も併せて示す。青森県東方沖と宮城県沖の地震のNCERは、それぞれ12% (本震の10日後まで) および13% (東北沖地震発生直前の2.1日後まで) である。過去に発生したプレート間地震8イベントの中で、今回の地震のNCERは4番目に高い。

(澤崎 郁)

SAWAZAKI Kaoru

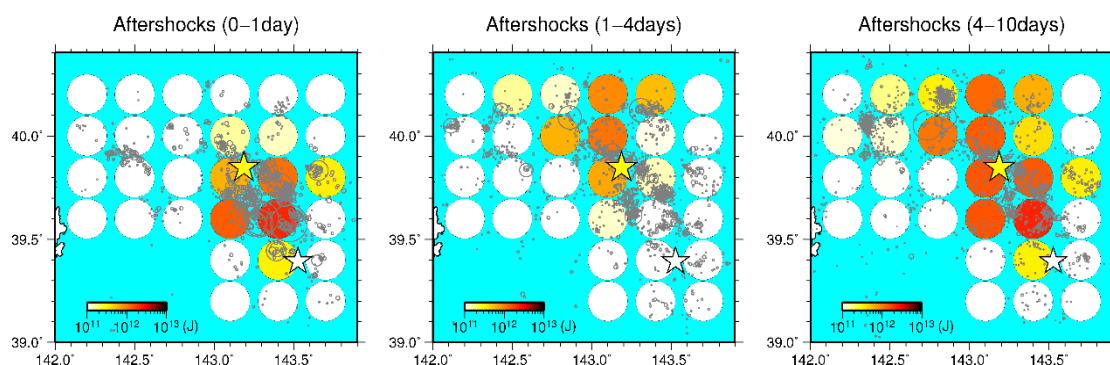
参考文献

- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), *Bull. Seism. Soc. Am.*, **76**(3), 627-648, doi:10.1785/BSSA0760030627.
- 2) Sawazaki et al. (2016), *Earth Planets Space*, **68**(1), 183, doi:10.1186/s40623-016-0557-3.
- 3) Dhakal, Y. P., and T. Kunugi (2023), *Journal of Disaster Research*, **18**(7), 730-739, doi:10.20965/jdr.2023.p0730.
- 4) Dhakal, Y. P., and T. Kunugi (2023), *Frontiers in Earth Science*, **11**, 1180289, doi:10.3389/feart.2023.1180289.
- 5) 汐見勝彦, 小原一成, 笠原敬司 (2005), *地震*, 第2輯, **57**(4), 451-461.



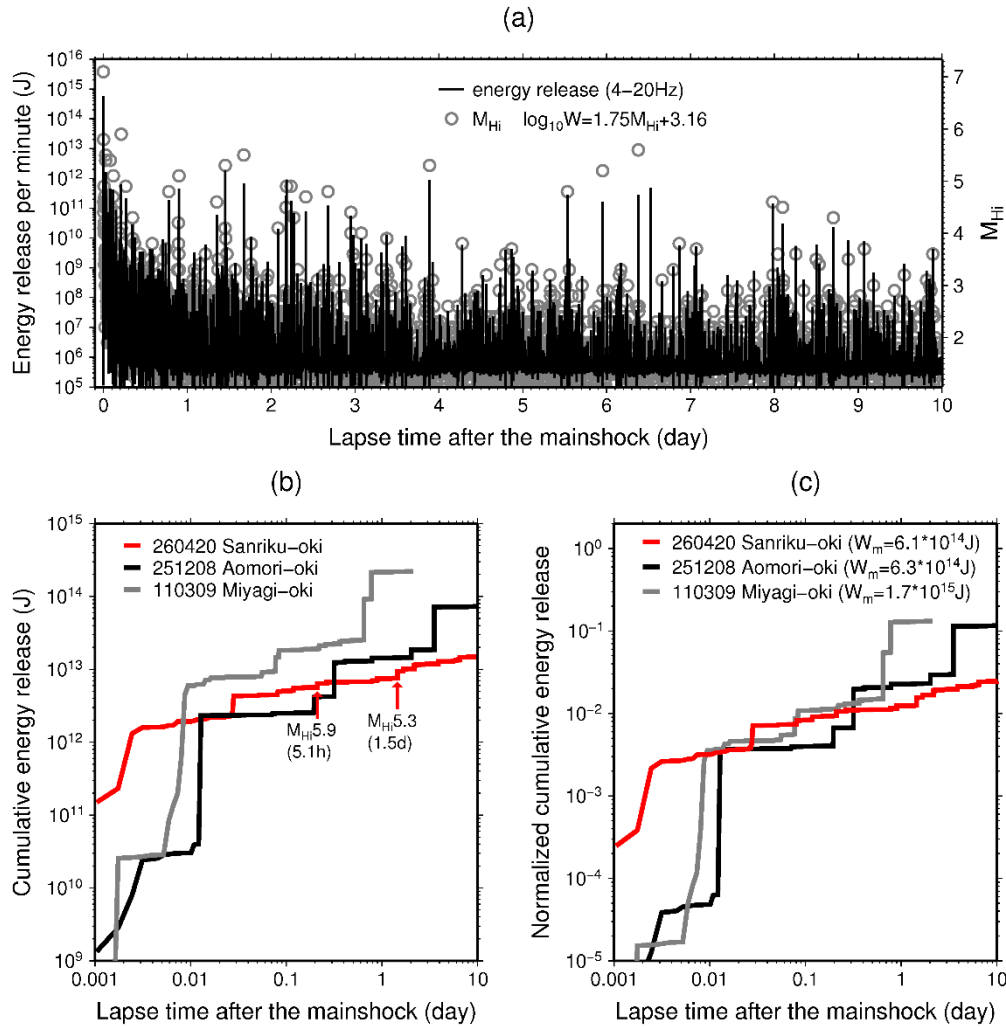
第 1 図 Hi-net 震源に基づく三陸沖の地震の震源 (黄星), および本震後 10 日間に発生した地震 (黒丸) の震源分布. 白星は, 2025 年 11 月 9 日に発生した三陸沖の地震 (M_{Hi} 6.8) の震源を示す. 赤三角, 青三角, および橙丸は, 高周波エネルギー輻射量推定に使用した Hi-net (KiK-net) 観測点 (本震に対し使用) と S-net 観測点 (余震に対し使用), および余震によるエネルギー輻射量推定において設定したエネルギー輻射点の位置を示す.

Fig. 1 Location of Hi-net hypocenters of the 2026 Sanriku-oki earthquake (yellow star) and following earthquakes occurred within 10 days (black circles). White star represents the hypocenter of the November 9, 2025 Sanriku-oki earthquake (M_{Hi} 6.8). Red and blue triangles represent Hi-net (KiK-net) stations used for estimating high-frequency energy release from the mainshock and the S-net stations used for aftershocks, respectively. Orange circles represent the energy release points assigned for estimating energy release from aftershocks.



第 2 図 今回の本震から 0 - 1 日後, 1 - 4 日後, および 4 - 10 日後の余震による総エネルギー輻射量 (4 - 20Hz) の分布. 黄星および灰色丸は, 本震および各期間中に発生した地震の震央を表す. 白星は, 2025 年 11 月 9 日に発生した三陸沖の地震 (M_{Hi} 6.8) の震源を表す.

Fig. 2 Spatial distribution of 4 - 20 Hz energy release from aftershocks occurring 0 - 1, 1 - 4, and 4 - 10 days after the mainshock. The yellow star and gray circles represent the epicenters of the mainshock and the aftershocks occurred during each time period, respectively. White star represents the hypocenter of the November 9, 2025 Sanriku-oki earthquake (M_{Hi} 6.8).



第 3 図 (a) 今回の本震発生後 10 日間における 4 – 20 Hz 帯域のエネルギー輻射量の推移 (黒線, 左縦軸), および Hi-net マグニチュードに基づく M-T 図 (灰色丸, 右縦軸). エネルギー輻射量 W と M_{Hi} との関係は, 第 1 図の赤点線に囲まれた領域で発生した $2.5 \leq M_{Hi} < 5.5$ の地震について最小二乗法により推定し, $\log W = 1.75 M_{Hi} + 3.16$ としている. (b) 本震発生直後からの 4 – 20 Hz 帯域の積算エネルギー輻射量の推移. 赤, 黒, 灰色の線はそれぞれ今回の地震, 2025 年青森県東方沖の地震 (M_{Hi} 7.2), および 2011 年宮城県沖の地震 (M_{Hi} 7.3, 東北地方太平洋沖地震の最大前震) に伴い発生した余震による積算エネルギー輻射量. 今回の最大余震 (M_{Hi} 5.9) および最も高周波エネルギーを放出した地震 (M_{Hi} 5.3) の発生時刻 (括弧内) を赤矢印で示す. (c) 図 (b) の積算エネルギー輻射量をそれぞれの「本震」によるエネルギー輻射量で規格化した相対積算エネルギー輻射量 (NCER) の推移.

Fig. 3 (a) Temporal evolution of the energy release in the 4 – 20 Hz frequency band during the 10 days following the mainshock (black line, left axis), together with the M-T plot based on the Hi-net magnitude (gray circles, right axis). The relationship between energy release W and M_{Hi} was estimated as $\log W = 1.75 M_{Hi} + 3.16$ using earthquakes with $2.5 \leq M_{Hi} < 5.5$ that occurred within the zone outlined by the red dashed line in Fig. 1. (b) Cumulative energy release in 4 – 20 Hz frequency band from about 1 min after the mainshock. The red, black, and grey curves represent the aftershock sequence of the present earthquake, the 2025 off-Aomori prefecture earthquake (M_{Hi} 7.2), and the 2011 off-Miyagi prefecture earthquake (M_{Hi} 7.3), respectively. The occurrence times (shown in parentheses) of the largest aftershock of the present sequence (M_{Hi} 5.9) and the earthquake that released the largest amount of high-frequency energy (M_{Hi} 5.3) are indicated by red arrows. (c) The normalized cumulative energy release (NCER), obtained by normalizing the cumulative energy release shown in panel (b) by the energy release of each corresponding “mainshock”.