

3-7 2025 年 12 月 8 日青森県東方沖の地震による高周波エネルギー輻射量

High-frequency energy release from the off-Aomori prefecture earthquake on December 8, 2025

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2025 年 12 月 8 日 23 時 15 分頃、青森県東方沖の深さ 54 km 付近を震源とする M_j 7.5 (Hi-net 震源の深さ 54 km, Hi-net マグニチュード M_{hi} 7.2) 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 Hi-net 地震観測点 (赤三角) の速度波形記録に 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/m^3 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。また、コード波規格化法¹⁾を用いて N.KJNH 観測点を基準点とするサイト増幅補正を行った。使用した観測点の一部では本震時に強震動による波形の飽和²⁾が見られたため、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。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³⁾を行い、高周波エネルギー輻射量の時間変化を推定した。エネルギー輻射点は、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、 $V_p = 6.58 \text{ km/s}$, $V_s = 3.80 \text{ km/s}$, 散乱係数 $g_0 = 1.5 \times 10^{-2} \text{ km}^{-1}$, 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 $a = 5 \text{ km}$ と定めた。

第 2 図に 4 – 20Hz 帯域のエネルギー輻射量分布を Hi-net 震源 (本震: 黄星, 本震以外: 灰色丸) と合わせて示す。本震時は震源に近い西側のグリッドで、余震については東側のグリッドで、それぞれより強いエネルギー輻射量が推定されている。

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 7 回発生しており、最大余震は本震の 3.5 日後に発生した M_{hi} 6.6 の地震である。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 12% である。

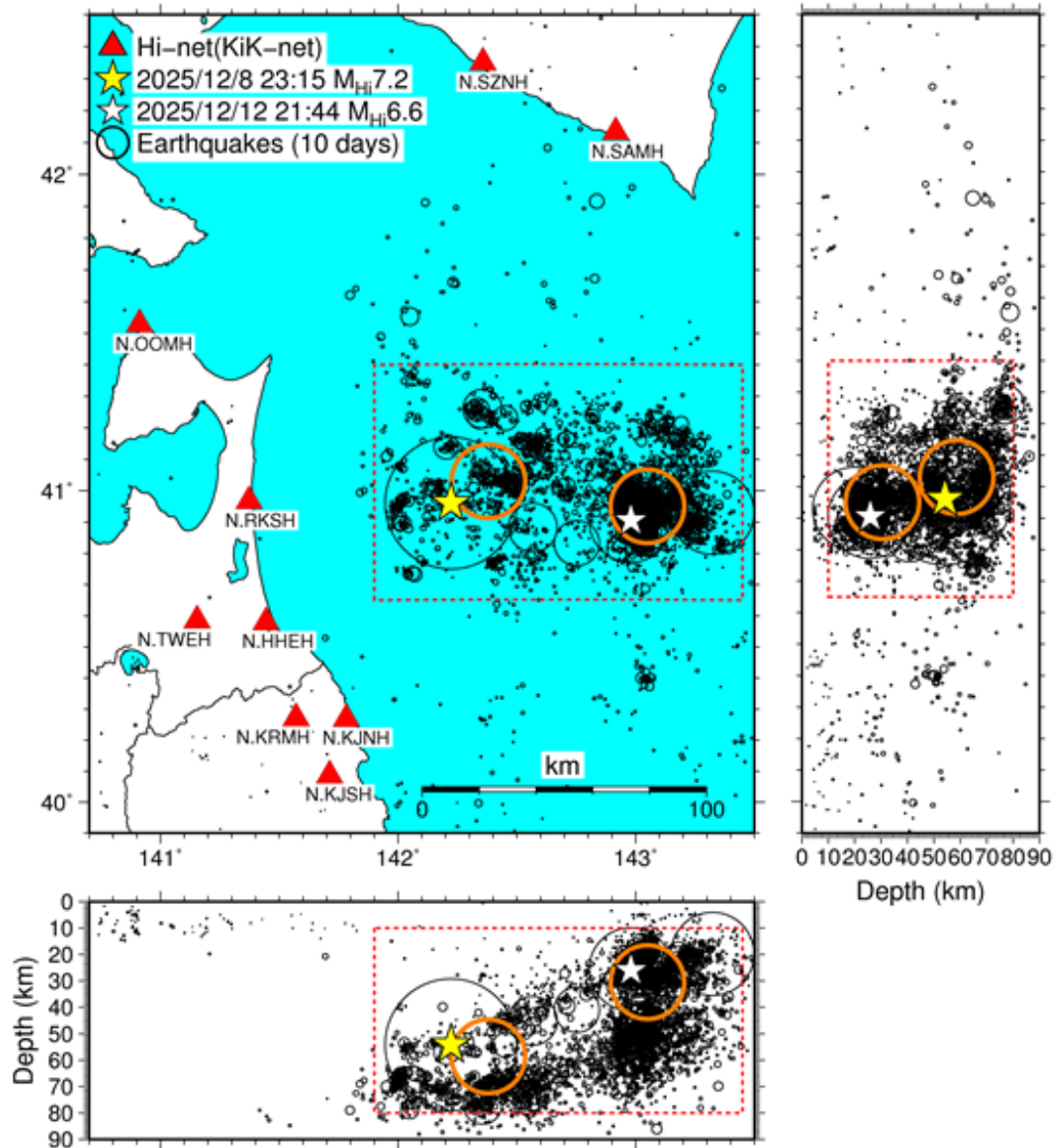
第 3 図 b, c には、いずれもプレート間地震である、2024 年 8 月に発生した日向灘の地震 (M_{hi} 6.8), および 2011 年 3 月に発生した宮城県沖の地震 (M_{hi} 7.3, 東北地方太平洋沖地震の最大前震) の解析結果も併せて示す。日向灘と宮城県沖の地震の NCER は、それぞれ 2.2% (本震の 10 日後まで) および 13% (東北沖地震発生直前の 2.1 日後まで) である。過去に発生したプレート間地震 7 イベントの中で、今回の地震の NCER は 2 番目に高い。

(澤崎 郁)

SAWAZAKI Kaoru

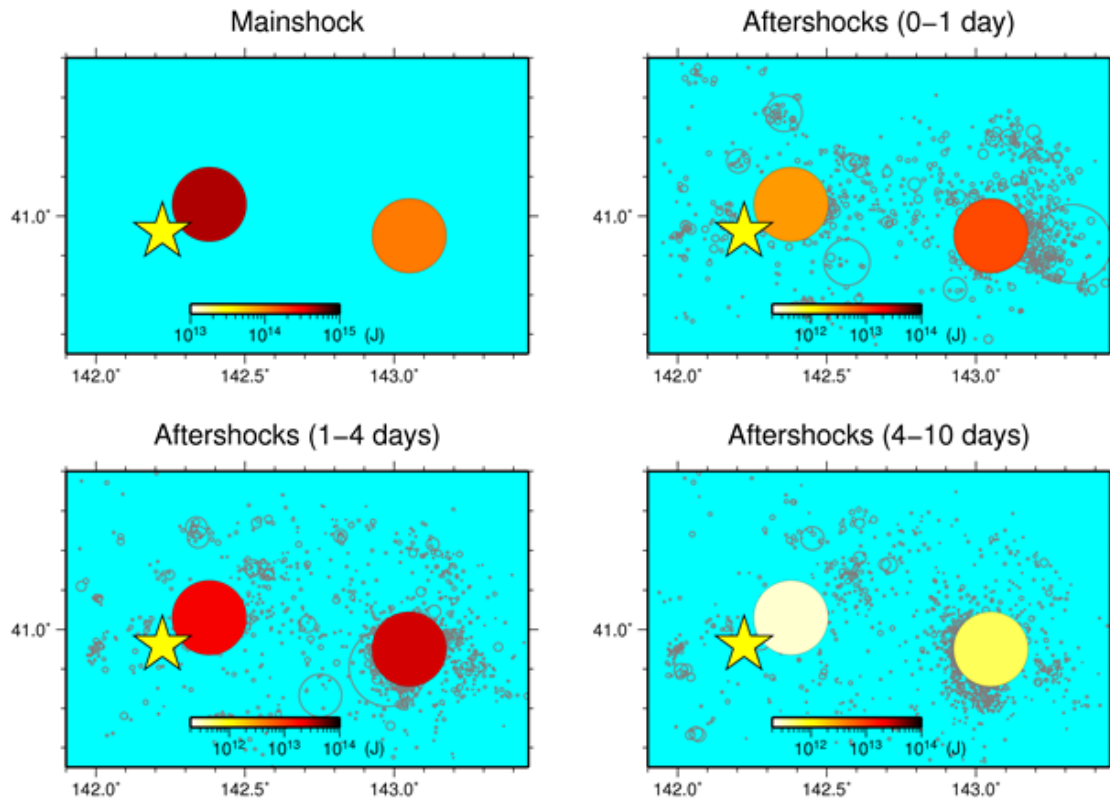
参考文献

- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), *Bull. Seism. Soc. Am.*, **76**(3), 627-648, doi:10.1785/BSSA0760030627.
- 2) 汐見勝彦, 小原一成, 笠原敬司 (2005), *地震*, 第 2 輯, **57**(4), 451-461.
- 3) Sawazaki et al. (2016), *Earth Planets Space*, **68**(1), 183, doi:10.1186/s40623-016-0557-3.



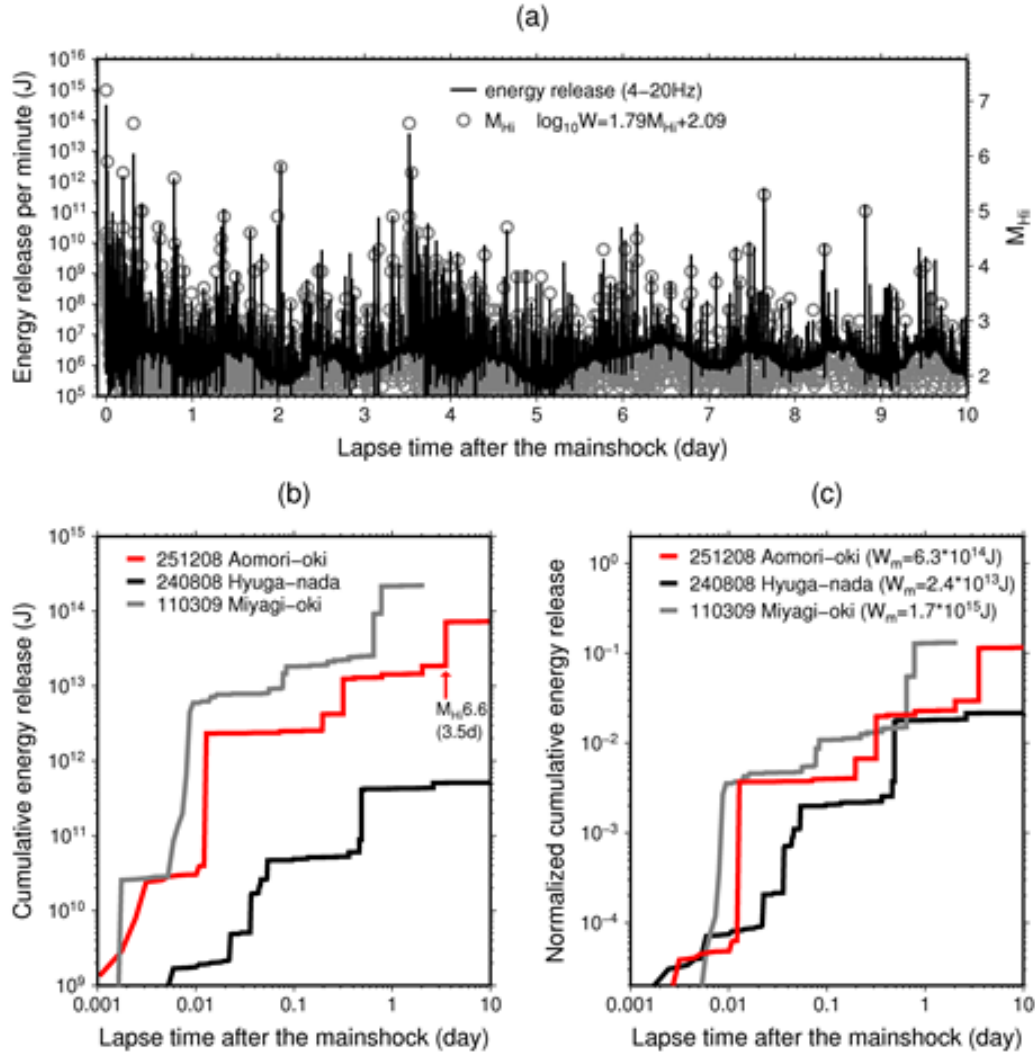
第 1 図 Hi-net 震源に基づく青森県東方沖の地震の震源 (黄星), および本震後 10 日間に発生した地震 (黒丸) の震源分布. 白星は, 本震の 3.5 日後に発生した最大余震 (M_{Hi} 6.6) の震源を示す. 赤三角および橙丸は, 高周波エネルギー輻射量推定に使用した Hi-net (KiK-net) 観測点と設定したエネルギー輻射点の位置を示す.

Fig. 1 Location of Hi-net hypocenters of the 2025 off-Aomori prefecture earthquake (yellow star) and following earthquakes occurred within 10 days (black circles). White star represents the hypocenter of the largest aftershock (M_{Hi} 6.6) occurred 3.5 days after the mainshock. Triangles and orange circles represent Hi-net (KiK-net) stations and the assigned energy release points, respectively.



第 2 図 今回の本震および 0 - 1 日後, 1 - 4 日後, 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.

Fig. 2 Spatial distribution of 4-20 Hz energy release from the mainshock and 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.



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 図の赤点線で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, $\log W = 1.79 M_{Hi} + 2.09$ 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, 2024 年日向灘の地震 (M_{Hi} 6.8), 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} 6.6) 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 $\log W = 1.79 M_{Hi} + 2.09$ 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 2024 Hyuga-nada earthquake (M_{Hi} 6.8), and the 2011 off-Miyagi prefecture earthquake (M_{Hi} 7.3), respectively. The occurrence time (shown in parentheses) of the largest aftershock of the present sequence (M_{Hi} 6.6) is indicated by red arrow. (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”.