

## 9-4 2024 年 8 月 8 日日向灘の地震による高周波エネルギー輻射量

## High-frequency energy release from the Hyuga-nada earthquake on August 8, 2024

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2024 年 8 月 8 日 16 時 43 分頃、日向灘の深さ 31 km 付近を震源とする  $M_j$  7.1 (Hi-net 震源の深さ 26 km, Hi-net マグニチュード  $M_{\text{Hi}}$  6.8) の地震が発生した。この地震はフィリピン海プレートとアムール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。

解析に先立ち、第 1 図に示す Hi-net (KiK-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施し、3 成分波形を 2 乗和して 1 秒ごとに平均値をとり、密度  $2800 \text{ kg/m}^3$  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、コーダ波規格化法<sup>1)</sup>を用いて N.HYGH 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<sup>2)</sup>が見られたため、その部分の記録については、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用いた。得られた地震波形エンベロープにエンベロープインバージョン解析<sup>3)</sup>を施し、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、 $V_p = 6.00 \text{ km/s}$ ,  $V_s = 3.30 \text{ km/s}$ , 散乱係数  $g_0 = 1.5 \times 10^{-2} \text{ km}^{-1}$ , 内部減衰  $Q_i^{-1} = 1.6 \times 10^{-3}$ , ガウス型ランダム不均質媒質の速度揺らぎ強度  $\varepsilon = 0.12$ , 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。余震が多発する領域の近傍で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  $M_{\text{Hi}}$  4.5 以上の地震は 6 回発生しており、最大余震は本震の 12 時間後に発生した  $M_{\text{Hi}}$  5.4 の地震である。本震に対する最大余震による高周波エネルギー輻射量の割合は約 1.3% 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 2.2% である。

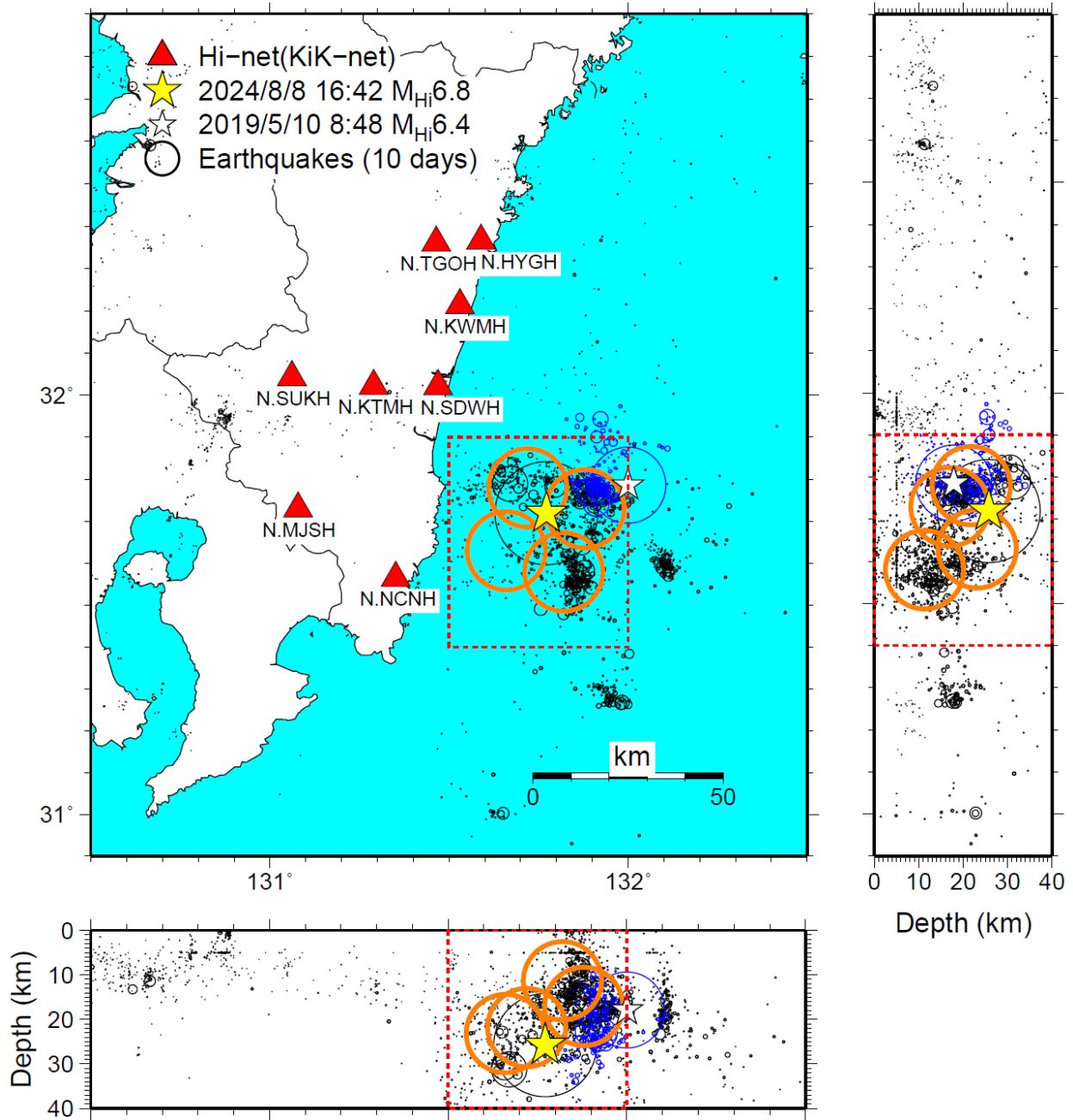
第 3 図 b, c には、いずれもプレート間地震である、2019 年 5 月に発生した日向灘の地震 ( $M_{\text{Hi}}$  6.4), および 2011 年 3 月に発生した宮城県沖の地震 ( $M_{\text{Hi}}$  7.3, 東北地方太平洋沖地震の最大前震) の解析結果も併せて示す。日向灘と宮城県沖の地震の NCER は、それぞれ 4.2% (本震の 10 日後まで) および 13% (東北沖地震発生直前の 2.1 日後まで) である。図中には示していないが、同じくプレート間地震である 2021 年 3 月宮城県沖 ( $M_{\text{Hi}}$  6.9) および 2021 年 10 月千葉県北西部 ( $M_{\text{Hi}}$  5.9) の地震においては、本震の 10 日後までの NCER はそれぞれ 0.27%<sup>4)</sup> および 0.25%<sup>5)</sup> である。これらの過去のプレート間地震の結果と比較すると、今回の日向灘の地震の NCER は中間程度の値といえる。

(澤崎 郁 (防災科研))

SAWAZAKI Kaoru

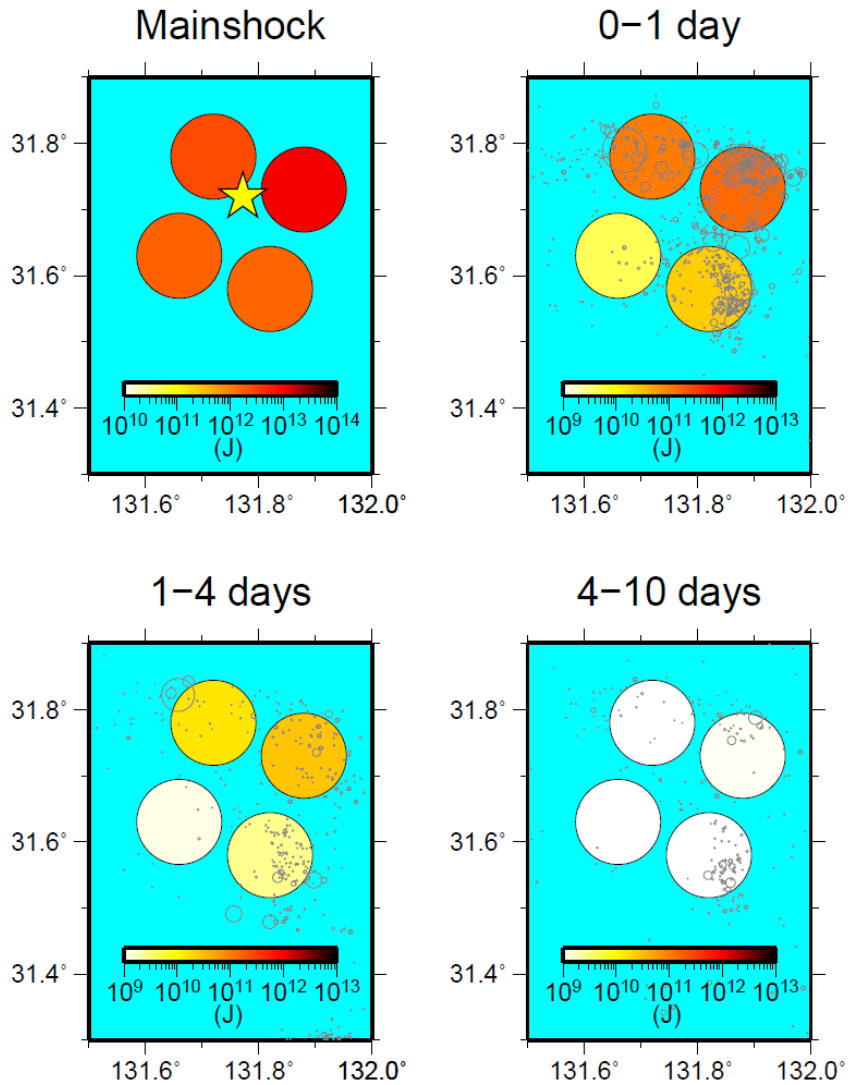
参考文献

- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), *Bull. Seism. Soc. Am.*, **76**(3), 627-648, Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, <https://doi.org/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, 防災科研 Hi-net 地震計の飽和とその簡易測定, [https://doi.org/10.4294/zisin1948.57.4\\_451](https://doi.org/10.4294/zisin1948.57.4_451)
- 3) Sawazaki, K., H. Nakahara, and K. Shiomi (2016), *Earth Planets Space*, **68**(1), 183, Preliminary estimation of high-frequency (4–20 Hz) energy released from the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake sequence, <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0557-3>.
- 4) 澤崎郁 (2021), *地震予知連絡会会報*, **106**, 174-177.
- 5) 澤崎郁 (2021), *地震予知連絡会会報*, **107**, 173-176.



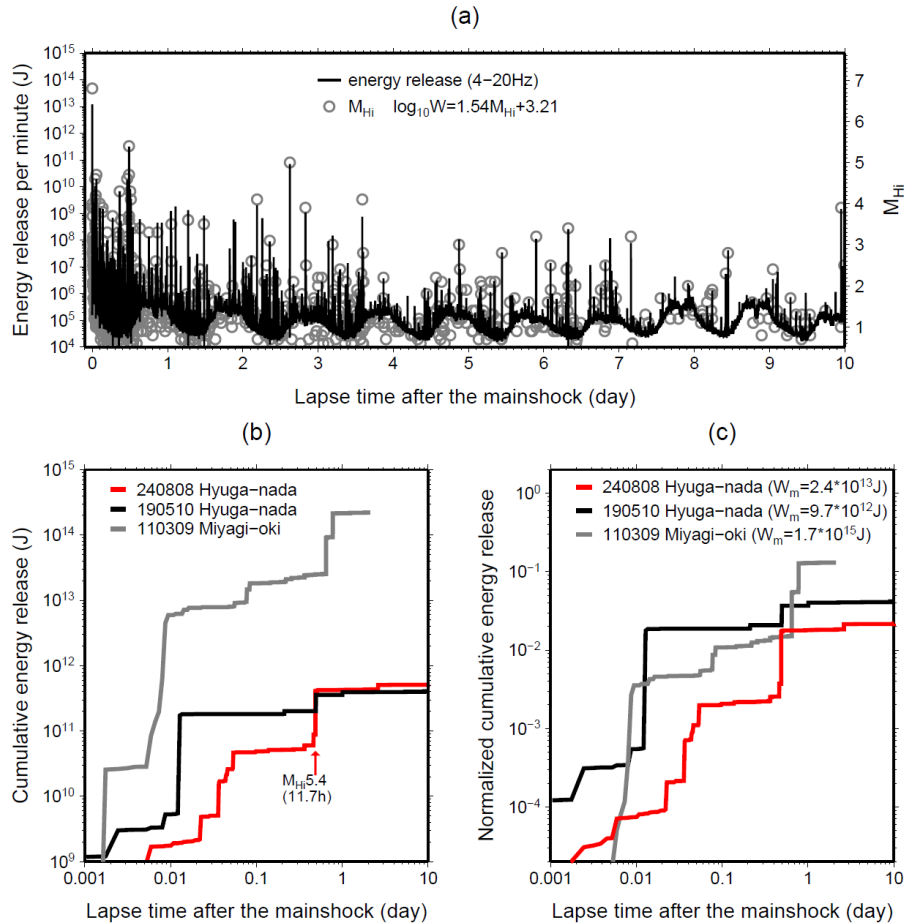
第 1 図 Hi-net 震源に基づく日向灘の地震の震源 (黄星), および本震後 10 日間に発生した地震 (黒丸) の震源分布. 白星および青丸は, 2019 年日向灘の地震 ( $M_{Hi}6.4$ ) の震源とその後 10 日間の余震分布を表す. 赤三角および橙丸は, 高周波エネルギー輻射量推定に使用した Hi-net (KiK-net) 観測点と設定したエネルギー輻射点の位置を示す.

Fig. 1 Location of Hi-net hypocenters of the 2024 Hyuga-nada earthquake (yellow star) and following earthquakes occurring within 10 days (black circles). White star and blue circles represent the hypocenters of the 2019 Hyuga-nada earthquake ( $M_{Hi}6.4$ ) and its aftershocks occurring within 10 days, respectively. 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 by the  $M_{Hi}$  6.8 2024 Hyuga-nada earthquake and aftershocks occurring within 0 - 1, 1 - 4, and 4 - 10 days of the mainshock. Yellow star and gray circles represent the epicenters of the mainshock and aftershocks occurring within the period displayed at the top of each panel, 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  $1.5 \leq M_{Hi} < 4.5$  の地震について最小二乗法により推定し,  $\log W = 1.54 M_{Hi} + 3.21$  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日向灘の地震, 2019 年日向灘の地震 ( $M_{Hi}$  6.4), 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 ( $M_{Hi}$  5.4) 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) Time-lapse change in the 4 – 20 Hz energy release rate (black curve, left ordinate) after the mainshock and the M-T plot of Hi-net magnitude (gray circles, right ordinate). The relationship between the energy release  $W$  and  $M_{Hi}$  was estimated as  $\log W = 1.54 M_{Hi} + 3.21$  using earthquakes within the range of  $1.5 \leq M_{Hi} < 4.5$  occurred inside of the dashed red rectangle zone in Fig. 1. (b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the  $M_{Hi}$  6.8 2024 Hyuga-nada earthquake (red), the  $M_{Hi}$  6.4 2019 Hyuga-nada earthquake (black), and the  $M_{Hi}$  7.3 2011 off-Miyagi prefecture earthquake (grey). Red arrow indicates occurrence of the largest aftershock ( $M_{Hi}$  5.4) with the lapse time after the mainshock in the bracket. (c) Same to Fig. 3(b) except that the cumulative energy releases are normalized by the energy released by their “mainshock” (Normalized Cumulative Energy Release; NCER).