

8-6 2024 年 4 月 17 日豊後水道の地震による高周波エネルギー輻射量 High-frequency energy release from the Bungo-strait earthquake on April 17, 2024

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2024 年 4 月 17 日 23 時 14 分頃、豊後水道の深さ 39 km 付近を震源とする M_J 6.6 (Hi-net 震源の深さ 44 km, Hi-net マグニチュード M_{Hi} 6.6) の地震が発生した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生した正断層型のスラブ内地震である。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 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¹⁾を用いて N.IKTH 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、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補間した。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³⁾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域の中心付近 (第 1 図橙丸、深さ 38 km) に固定した。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 $g_0 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ km}^{-1}$, 内部減衰 $Q_i^{-1} = 1.2 \times 10^{-3}$, ガウス型ランダム不均質媒質の速度揺らぎ強度 $\varepsilon = 0.119$, 相関距離 $a = 5 \text{ km}$ と定めた。

第 2 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} 4.5 以上の地震は 3 回発生しており、最大余震は本震の 4 分後に発生した M_{Hi} 5.3 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およそ 0.96% 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 1.4% である。

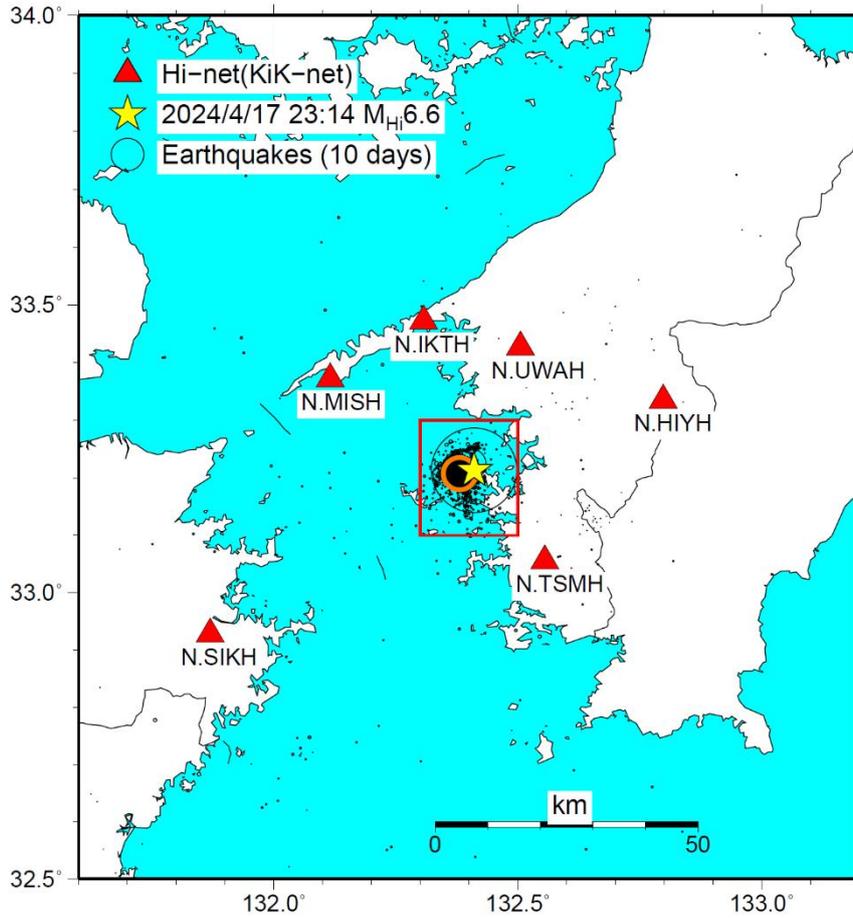
第 2 図 b, c には、いずれもスラブ内地震である、2022 年 1 月に発生した日向灘の地震 (M_{Hi} 6.7) と 2022 年 3 月に発生した福島県沖の地震 (M_{Hi} 7.6) についての解析結果も併せて示す。本震後 10 日間の余震による NCER は日向灘、福島県沖それぞれの地震で 0.85% および 0.74% である。図中には示していないが、同じくスラブ内地震である 2003 年 5 月宮城県沖 (M_{Hi} 7.5), 2011 年 4 月宮城県沖 (M_{Hi} 7.6), 2021 年 2 月福島県沖 (M_{Hi} 7.6) の地震においては、10 日間の NCER はそれぞれ 0.85%, 0.87%, 0.57% である⁴⁾。今回の地震も含めた多くのスラブ内地震に共通して、10 日間の NCER が 1% 前後の値をとる傾向がみられる。

(澤崎 郁)

SAWAZAKI Kaoru

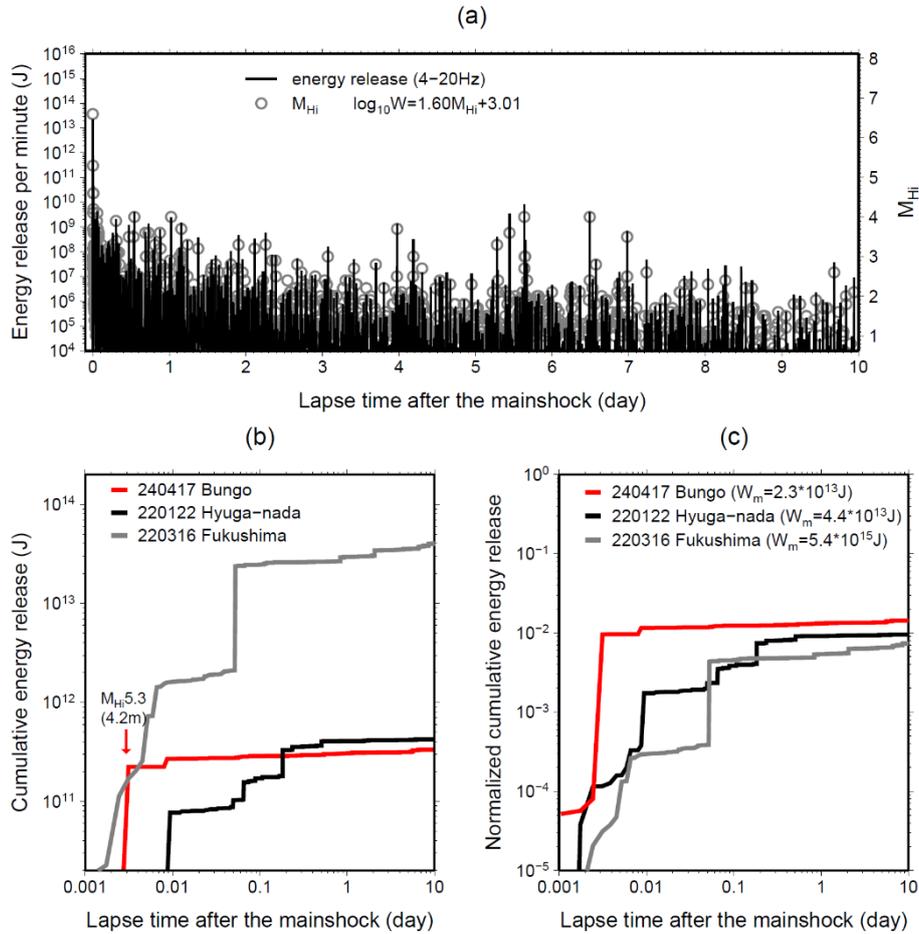
参考文献

- 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
- 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判定
- 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
- 4) 澤崎郁 (2021), *地震予知連絡会会報*, **106**, 165-168. 2021 年 2 月 13 日福島県沖の地震による高周波エネルギー輻射量



第 1 図 Hi-net 震源に基づく豊後水道の地震の震央（黄星印），および本震後 10 日間に発生した地震（黒丸）の震央分布。三角および橙丸印は、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，および設定したエネルギー輻射点の位置を示す。

Fig. 1 Location of Hi-net epicenters of the 2024 Bungo-strait earthquake (yellow star) and following earthquakes occurring within 10 days (black circles). Triangles and orange circle represent Hi-net (KiK-net) stations and the assigned energy release point, respectively.



第 2 図 (a) 本震発生後 10 日間における 4-20Hz 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 図の赤線で囲まれた領域 (深さ 0-80km) 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, $\log W = 1.60M_{Hi} + 3.01$ 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豊後水道の地震, 2022 年日向灘の地震 (M_{Hi} 6.7), および 2022 年福島県沖の地震 (M_{Hi} 7.6) に伴い発生した余震による積算エネルギー輻射量. 最大余震 (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. 2 (a) Time-lapse change in the 4 – 20 Hz energy release rate (black curve, left ordinate) and the M-T plot of Hi-net magnitude (gray circles, right ordinates). The relationship between the energy release W and M_{Hi} was estimated as $\log W = 1.60M_{Hi} + 3.01$ using earthquakes within the range of $1.5 \leq M_{Hi} < 4.5$ occurred inside of the red rectangle area (depth: 0 to 80 km) in Fig. 1. (b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the 2024 Bungo-strait earthquake (red), the 2022 Hyuga-nada earthquake (black), and the 2022 off-Fukushima prefecture earthquake (grey). Red arrow indicates occurrence of the largest aftershock (M_{Hi} 5.3) with the lapse time after the mainshock in the bracket. (c) Same to Fig. 2(b) except that the cumulative energy releases are normalized by the energy released by their “mainshock” (Normalized Cumulative Energy Release; NCER).