

6-3 2023 年 5 月 5 日石川県能登地方の地震による高周波エネルギー輻射量 High-frequency energy release from the Noto district, Ishikawa-prefecture earthquake on May 5, 2023

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2023 年 5 月 5 日 14 時 42 分頃、石川県能登地方の深さ 12km 付近を震源とする $M_{Hi}6.5$ (Hi-net 震源の深さ 11km, Hi-net マグニチュード $M_{Hi}6.3$) の地震が発生した。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 4-20Hz 帯域のバンドパスフィルタを施し、3 成分波形を 2 乗して 1 秒ごとに平均値をとり、密度 $2800\text{kg}/\text{m}^3$ 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.TGIH 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 10km) に固定した。解析に使用した各パラメータは、 $V_p=6.00\text{km}/\text{s}$, $V_s=3.30\text{km}/\text{s}$, 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 $\varepsilon=0.146$, 相関距離 $a=5\text{km}$ と定めた。

第 2 図 a に、4-20Hz 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 $M_{Hi}5.0$ 以上の地震は 5 回発生しており、最大余震は本震の 7.3 時間後に発生した $M_{Hi}6.0$ 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 35% 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、同量の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 42% である。

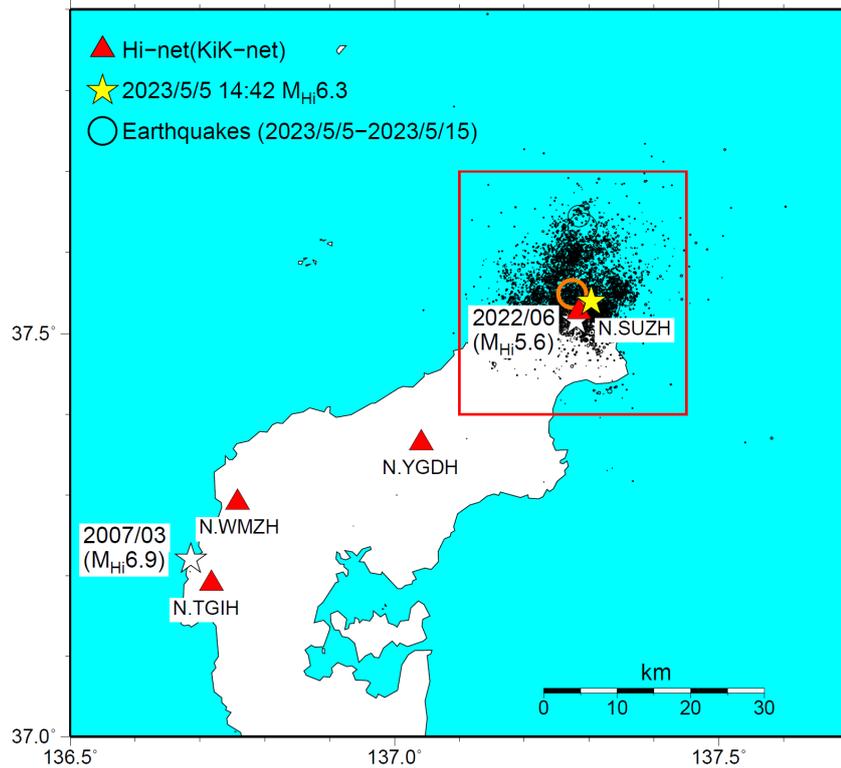
第 2 図 b, c には、2007 年 3 月に発生した能登半島地震 ($M_{Hi}6.9$) と、2022 年 6 月に発生した石川県能登地方の地震 ($M_{Hi}5.6$) についての解析結果も併せて示す。2007 年能登半島地震では、本震後 10 日間の余震による NCER は 2.3% であり、典型的な本震—余震型の推移を示した。一方、2022 年石川県能登地方の地震では、10 日間の余震による NCER は 42% に達し、本震の 19 時間後に本震とほぼ同規模 ($M_{Hi}5.5$) の地震を伴うなど、本震の規模の割に余震活動が非常に活発であった。今回の能登地方の地震も、2022 年石川県能登地方の地震と同様に余震活動が非常に活発であり、典型的な本震—余震型ではなく、本震に匹敵する大きな地震を含む群発型に近い地震活動を示している。

(澤崎 郁 (防災科研))

SAWAZAKI Kaoru

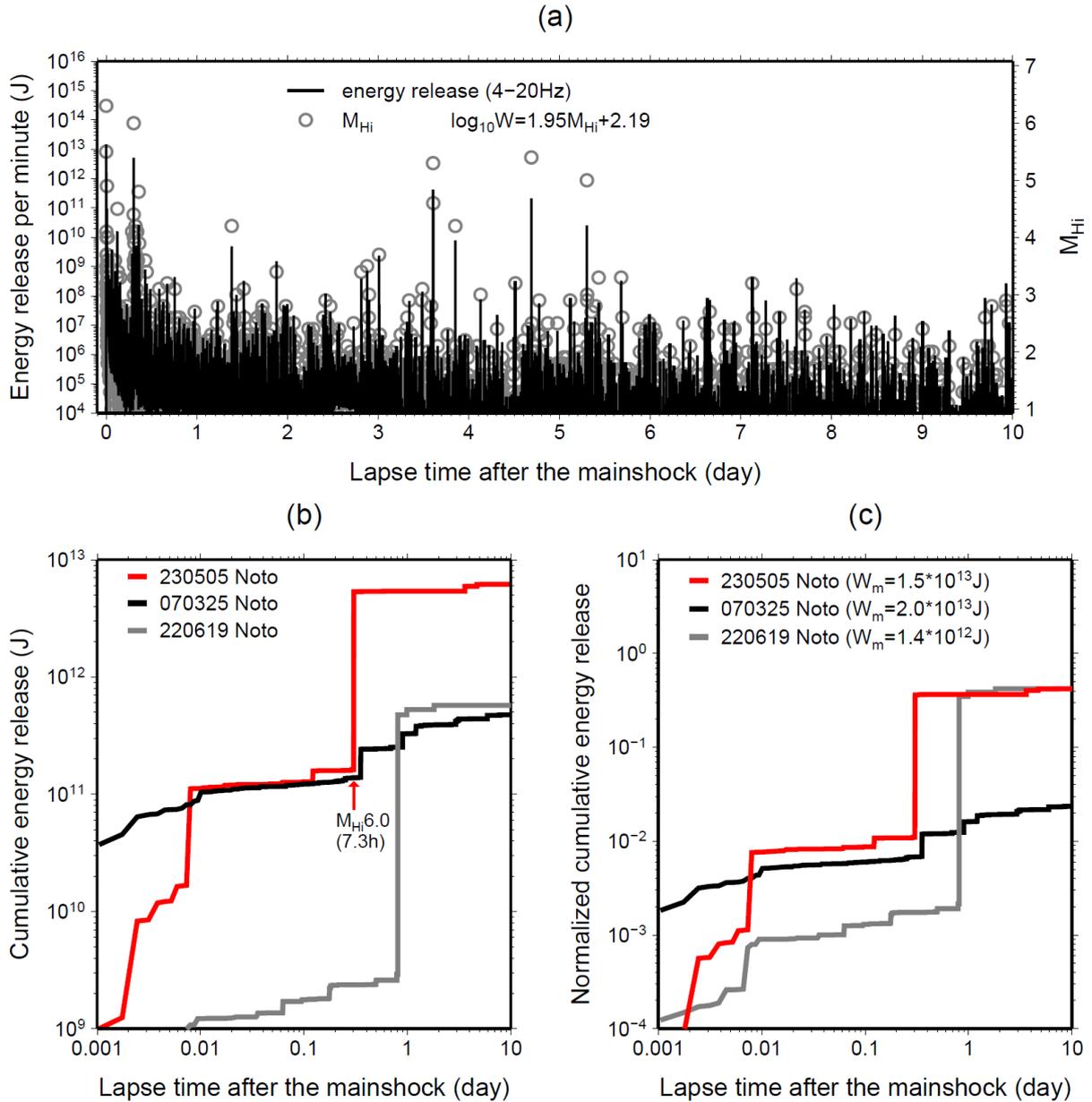
参考文献

- 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
- 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



第 1 図 Hi-net 震源に基づく石川県能登地方の地震の震央 (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. 白星印は 2007 年能登半島地震と 2022 年石川県能登地方の地震の震央.

Fig. 1 Location of Hi-net epicenters of the 2023 Noto district, Ishikawa-prefecture earthquake (yellow star) and its aftershocks occurring within 10 days (black circles). Triangles and orange circle represent Hi-net (KiK-net) stations and the assigned energy release point, respectively. White stars represent epicenters of the 2007 Noto peninsula and the 2022 Noto district, Ishikawa-prefecture earthquakes.



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, $\log W=1.95M_{Hi}+2.19$ 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石川県能登地方の地震, 2007 年能登半島地震, および 2022 年石川県能登地方の地震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 ($M_{Hi}6.0$) 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 $\log W=1.95M_{Hi}+2.19$ using earthquakes within the range of $1.5 \leq M_{Hi} < 4.5$ occurred inside of the red rectangle area in Fig. 1. (b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the 2023 Noto district, Ishikawa-prefecture earthquake (red), the 2007 Noto peninsula earthquake (black), and the 2022 Noto district, Ishikawa-prefecture earthquake (grey). Red arrow indicates occurrence of the largest aftershock ($M_{Hi}6.0$) 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).