

3-7 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 High-frequency energy release from the off-Fukushima prefecture earthquake on February 13, 2021

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2021 年 2 月 13 日 23 時 7 分頃、福島県沖の深さ 55km 付近を震源とする $M_J7.3$ (Hi-net 震源の深さ 57km, Hi-net マグニチュード $M_{Hi}7.6$) 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。また、今回の震源域の北側で発生した 2003 年 ($M_J7.1$) および 2011 年 ($M_J7.2$) のスラブ内地震における高周波エネルギー輻射量の推移と比較し、3 個の地震で共通する特徴について述べる。

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 乗和して 1 秒ごとに平均値をとり、密度 2800kg/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.MKJH 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、本震については 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 図中赤丸) 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 $g_0=1.5 \times 10^{-2}\text{km}^{-1}$, 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 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 日以内では $M_{Hi}5.0$ 以上の地震は 8 回発生しており、最大余震は本震の 44 分後に発生した $M_{Hi}5.8$ 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 0.09% 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積算エネルギー輻射量は、本震の高周波エネルギー輻射量の 0.57% である。この割合は 2003 年宮城県沖の地震 ($M_{Hi}7.5$, 0.85%) や、2011 年宮城県沖の地震

($M_{Hi}7.6$, 0.87%) と同程度である。なお、2003 年、2011 年、および今回のスラブ内地震は、いずれも余震による高周波エネルギー輻射が似たような推移を示しており (第 2 図 b, c), この地域で発生するスラブ内地震に伴う余震活動が共通の特徴を持つことを示唆する。

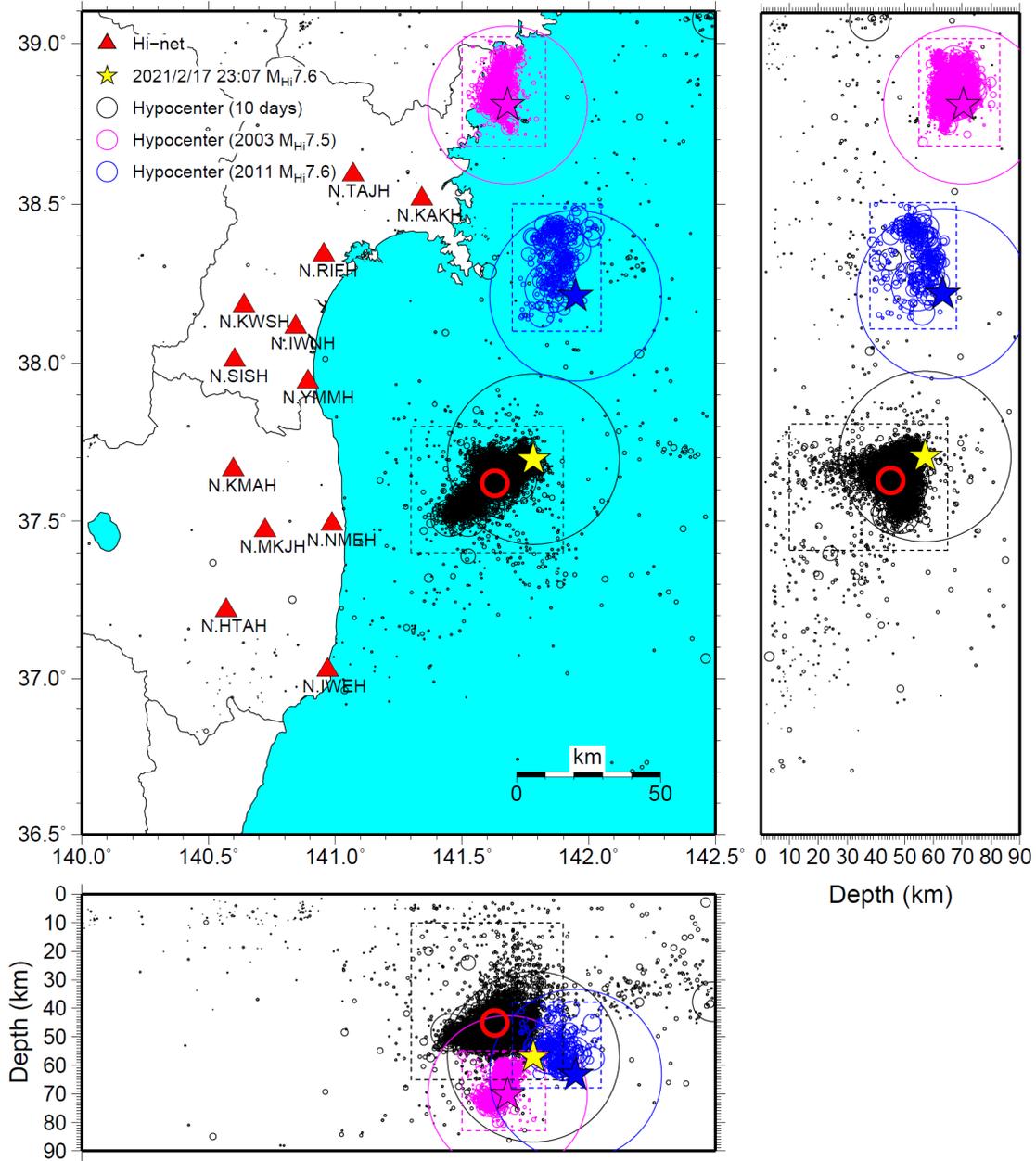
なお、今回の本震による高周波エネルギー輻射量は $2.2 \times 10^{15}\text{J}$ であり、2003 年宮城県沖の地震 ($1.8 \times 10^{15}\text{J}$) と同程度で、2011 年宮城県沖の地震 ($1.8 \times 10^{16}\text{J}$) よりも一桁小さい値であった。ただし 2011 年の地震は東北地方太平洋沖地震直後の活発な地震活動が継続する中で発生しており、使用可能な観測点も少なかったため、推定値に大きな誤差が含まれると考えられる。

(澤崎 郁)

SAWAZAKI Kaoru

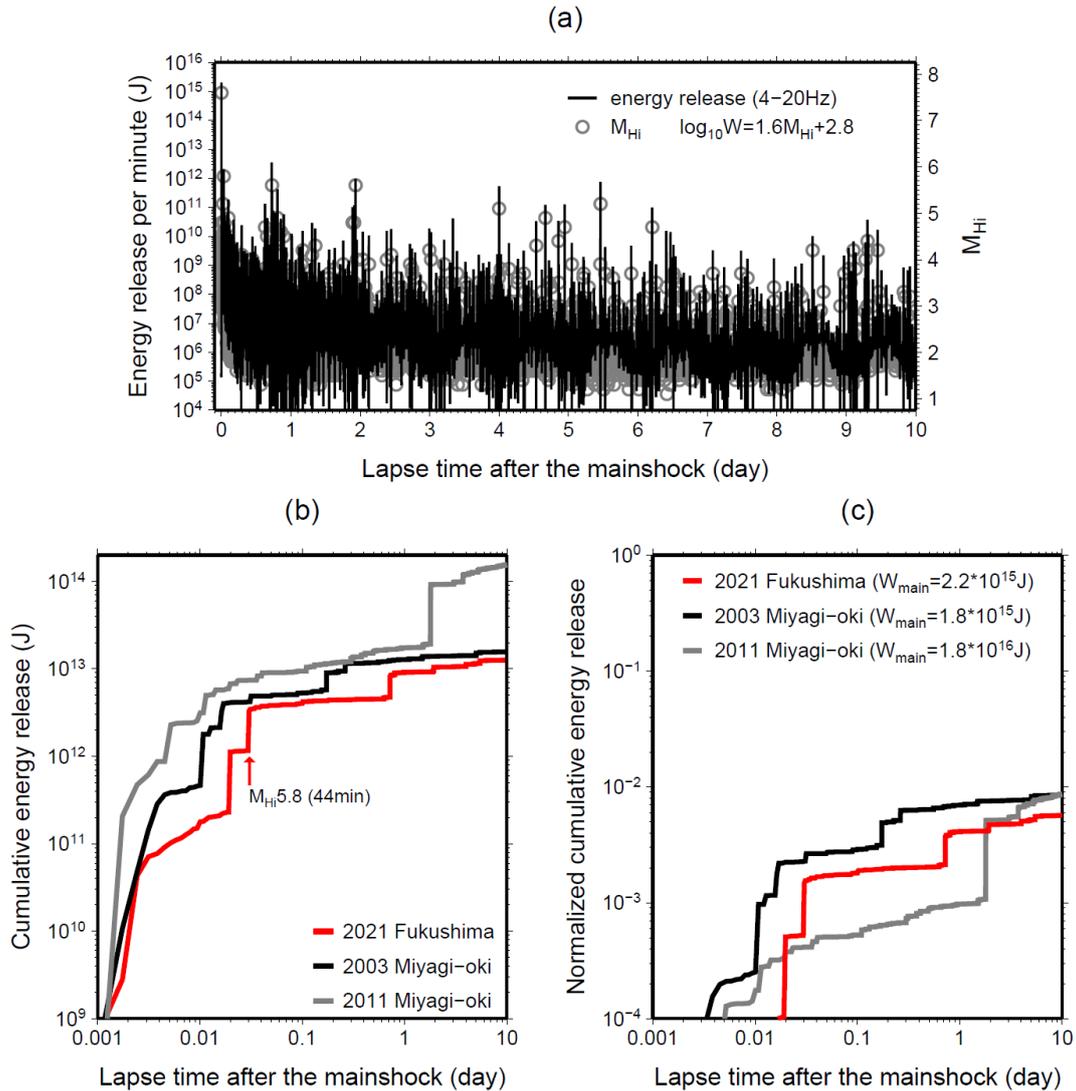
参考文献

- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **76**, 627-648.
- 2) 汐見勝彦, 小原一成, 笠原敬司 (2005), 防災科研 Hi-net 地震計の飽和とその簡易判定, *地震第2輯*, **57**, 451-461.
- 3) Sawazaki, K., H. Nakahara, and K. Shiomi (2016), Preliminary estimation of high-frequency (4-20 Hz) energy released from the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake sequence, *Earth Planets and Space*, **68**, 183.



第 1 図 Hi-net 震源に基づく福島県沖の地震の震源（黄星印），および本震後 10 日間に発生した地震（黒丸）の震源分布。三角および赤丸印は，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。紫および青の星印と丸は，それぞれ 2003 年および 2011 年の宮城県沖の地震による震源と 10 日間の地震分布（点線の枠内のみ）を表す。

Fig. 1 Location of Hi-net hypocenters of the 2021 off-Fukushima prefecture earthquake (yellow star) and its aftershocks occurring within 10 days (black circles). Triangles and red circle represent Hi-net (KiK-net) stations and the energy release point used for the analysis, respectively. The purple and blue stars and circles represent Hi-net hypocenters of the 2003 and the 2011 off-Miyagi prefecture earthquakes and their aftershocks within 10 days, respectively.



第 2 図 (a) 本震発生後 10 日間の 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 $\log W = 1.6M_{Hi} + 2.8$ 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福島県沖の地震, 2003 年宮城県沖の地震, および 2011 年宮城県沖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 ($M_{Hi} 5.8$) が起こった時刻 (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} is given by $\log W = 1.6M_{Hi} + 2.8$. (b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the off-Fukushima prefecture earthquake (red), the 2003 off-Miyagi prefecture earthquake (black), and the 2011 off-Miyagi prefecture earthquake (grey). Red arrow indicates occurrence of the largest aftershock ($M_{Hi} 5.8$) with the lapse time after the mainshock in the bracket. (c) Same to Fig. (b) except that the cumulative energy releases are normalized by the energy released by their “mainshock” (Normalized Cumulative Energy Release; NCER).