

4-5 2021 年 10 月 7 日千葉県北西部の地震による高周波エネルギー輻射量 High-frequency energy release from the NW Chiba-prefecture earthquake on October 7, 2021

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2021 年 10 月 7 日 22 時 41 分頃、宮城県沖の深さ 75km 付近を震源とする $M_{\text{H}}5.9$ (Hi-net 震源の深さ 73km, Hi-net マグニチュード $M_{\text{H}}6.4$) 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.NRTH 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、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 $M_{\text{H}}4.0$ 以上の地震は 2 回発生しており、最大余震は本震の 1.6 日後に発生した $M_{\text{H}}4.1$ 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 0.04% 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 0.25% である。

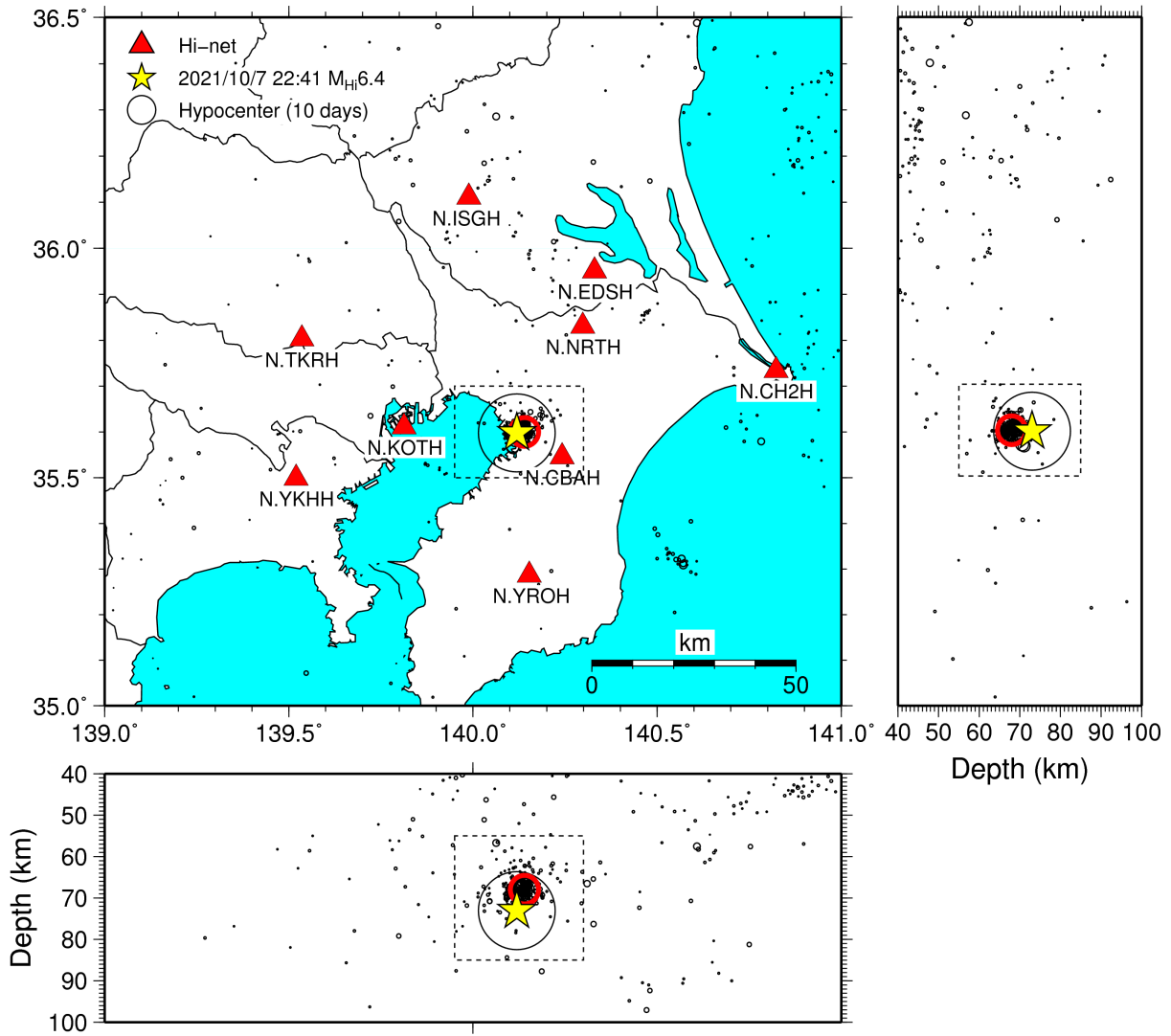
第 2 図 b, c には、今回の地震とほぼ同じ場所で 2005 年 7 月に発生した千葉県北西部の地震 ($M_{\text{H}}6.4$) と、今回の地震と同じプレート境界型で 2021 年 3 月に発生した宮城県沖の地震 ($M_{\text{H}}7.0$) についての解析結果も併せて示す。2005 年千葉県北西部の地震は、本震の 2 分後に $M_{\text{H}}5.1$ の最大余震を伴い、24 時間以内に $M_{\text{H}}4.0$ 以上の地震が 3 回発生するなど、余震による積算エネルギー輻射量の絶対値および本震に対する相対値 (22 時間後時点で 6.3%) は、いずれも今回の地震よりも高い。一方、2021 年宮城県沖の地震については、余震による積算エネルギー輻射量の本震に対する相対値は今回の地震と同程度 (10 日後時点で 0.27%) である。

(澤崎 郁 (防災科研))

SAWAZAKI Kaoru

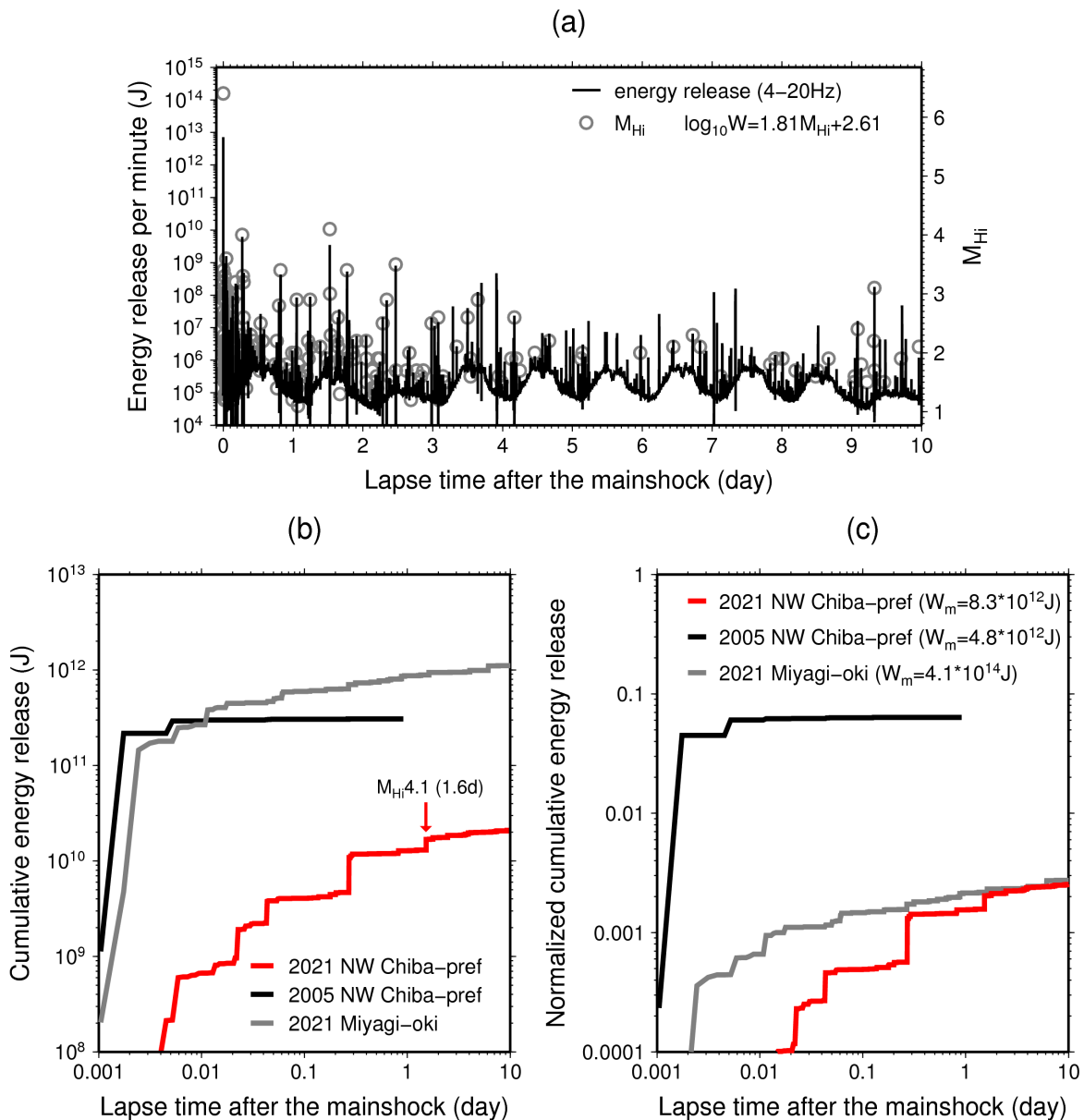
参考文献

- 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 震源に基づく千葉県北西部の地震の震源（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。

Fig. 1 Location of Hi-net hypocenters of the 2021 NW Chiba 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 assumed energy release point, 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, 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, $\log W = 1.81M_{Hi} + 2.61$ 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千葉県北西部の地震, 2005 年千葉県北西部の地震(22 時間後まで), および 2021 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($M_{Hi}4.1$)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 $\log W = 1.81M_{Hi} + 2.61$, where earthquakes within the range of $1.5 \leq M_{Hi} < 4.5$ occurred inside of the dashed rectangle area in Fig. 1 were used for the estimation.

(b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the 2021 NW Chiba prefecture earthquake (red), the 2005 NW Chiba prefecture earthquake (black), and the 2021 off-Miyagi prefecture earthquake (grey). Red arrow indicates occurrence of the largest aftershock ($M_{Hi}4.1$) 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).