

3-4 2019年6月18日山形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-Yamagata prefecture earthquake on June 18, 2019

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2019年6月18日22時22分頃、胆振地方中東部の深さ14 km付近を震源とする $M_j6.7$ の地震が発生した。本稿では同地震発生後の地震活動の特徴と、連続地震波形エンベロープ解析から得られた4-20 Hz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.ASAH観測点を基準点とするサイト増幅補正を行った。N.AHIH, N.NKEH, N.NKWH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、Hi-netのセンサに併設されている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、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の広がりを中心付近(第1図中赤丸、深さ11.7 km)に固定した。解析に使用した各パラメータは、 $V_p=6.0 \text{ km/s}$, $V_s=3.46 \text{ km/s}$, 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 $\varepsilon=0.146$, 相関距離5 kmと定めた。

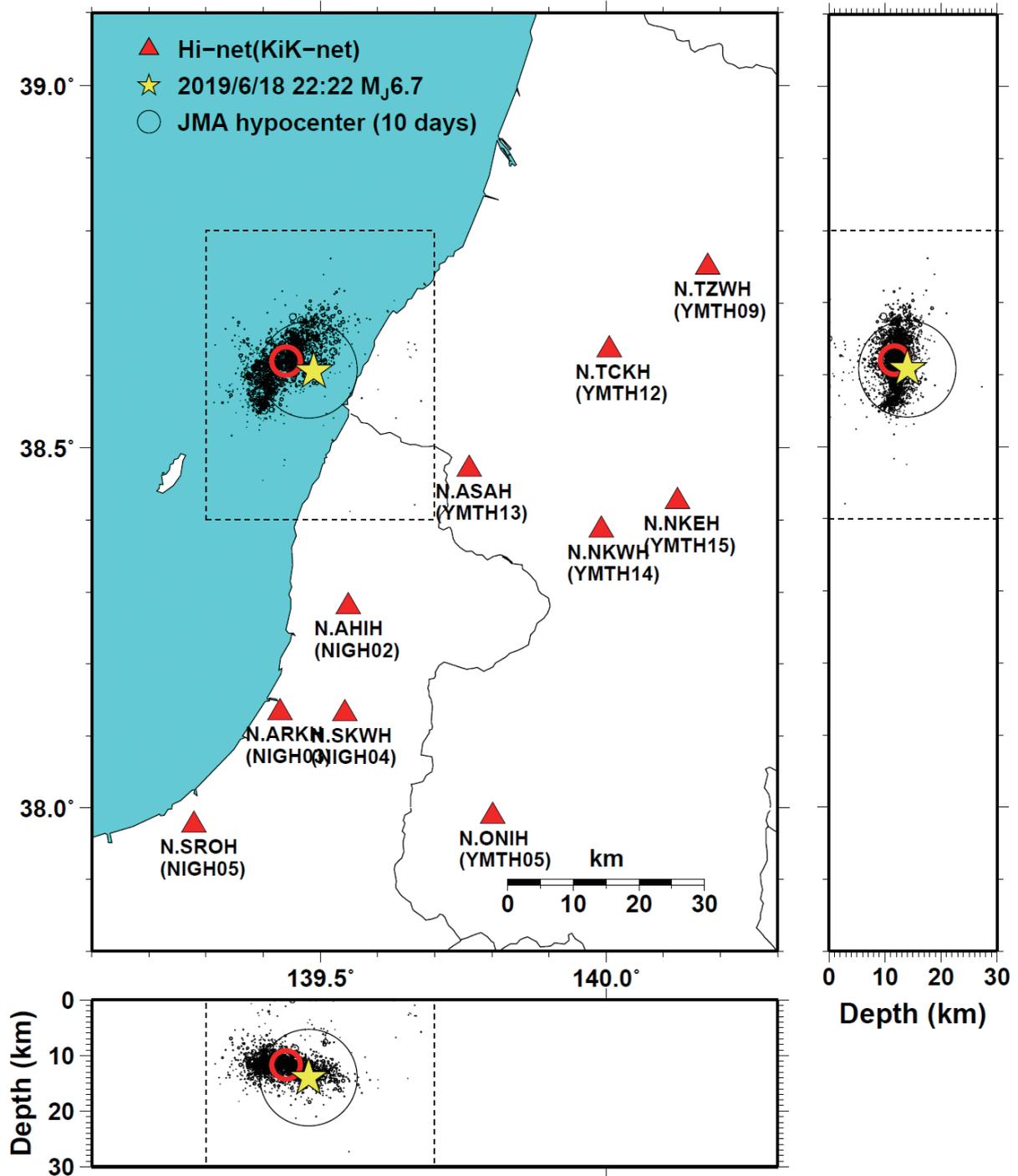
第2図(a)に、4-20 Hz帯域でのエネルギー輻射量の推移と気象庁マグニチュードに基づくM-T図を示す。本震発生から10日以内では $M_j4.0$ 以上の地震は4回発生しており、最大余震は本震の2.6時間後に発生した $M_j4.2$ の地震である。本震に対する最大余震によるエネルギー輻射量の割合はおよそ0.04%である。第2図(b)(c)に、余震による積算エネルギー輻射量と、同量を本震によるエネルギー輻射量で規格化した値(NCER)の推移をそれぞれ示す。本震発生から10日後までの余震による積算エネルギー輻射量は、本震のエネルギー輻射量の0.15%である。この割合は2016年熊本地震の本震($M_j7.3$, 13%)や2018年大阪府北部の地震($M_j6.1$, 0.99%)よりも小さく、本震の規模の割に余震活動が非常に低調だったといえる。

(澤崎 郁)

謝辞：解析には気象庁一元化震源を使用しました。記して感謝いたします。

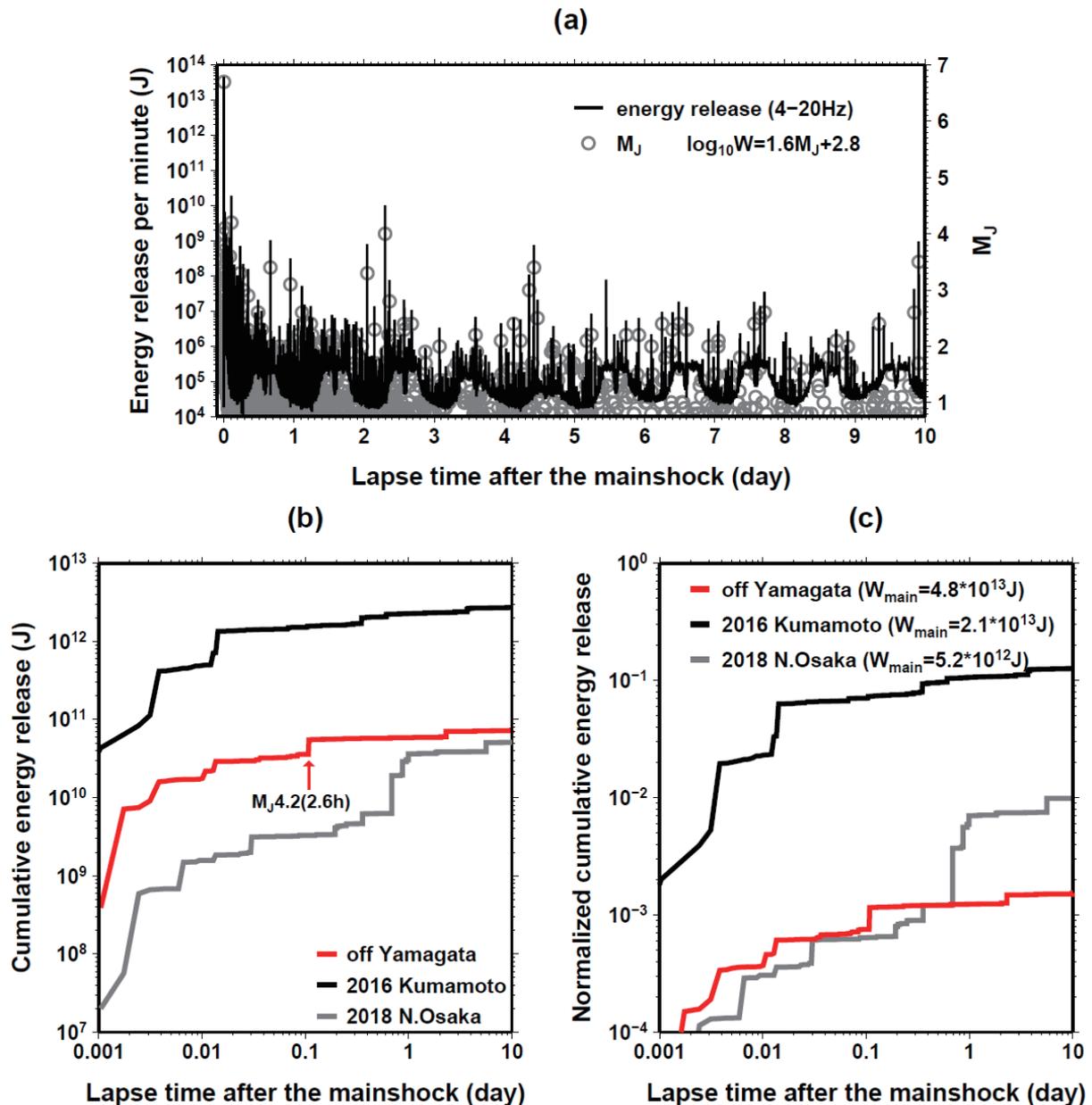
参考文献

- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76(3), 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(4), 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(1), 183.



第1図 気象庁一元化処理震源に基づく山形県沖の地震の震源（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（深さ11.7 km）を示す.

Fig. 1 Location of JMA unified hypocenters of the 2019 off-Yamagata prefecture earthquake (star) and its aftershocks occurring within 10 days (circles). Triangles and red circle represent Hi-net (KiK-net) stations and the energy release point (depth: 11.7 km) used for the analysis.



第2図 (a) 本震発生後10日間の4-20 Hz帯域のエネルギー放射量の推移 (黒線, 左縦軸), および気象庁マグニチュードに基づくM-T図 (灰色丸, 右縦軸). エネルギー放射量 W と M_J との関係は $\log W = 1.6M_J + 2.8$ (Sawazaki et al., 2016) 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放射量の推移. 赤, 黒, 灰色の線はそれぞれ山形県沖の地震, 2016年熊本地震の本震, および2018年大阪府北部の地震に伴い発生した余震による積算エネルギー放射量. 最大余震 ($M_J 4.2$) が起こった時刻 (括弧内) を赤矢印で示す. (c) 図(b)の積算エネルギー放射量をそれぞれの「本震」によるエネルギー放射量で規格化した相対積算エネルギー放射量 (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 JMA magnitude (gray circles, right ordinates). The relationship between the energy release W and M_J is given by $\log W = 1.6M_J + 2.8$ (Sawazaki et al., 2016). (b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the off-Yamagata prefecture earthquake (red), mainshock of the 2016 Kumamoto earthquake (black), and the 2018 north of the Osaka prefecture earthquake (grey). Red arrow indicates occurrence of the largest aftershock ($M_J 4.2$) 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).