

### 4-3 2017年6月25日長野県南部の地震による高周波エネルギー輻射量 High-frequency energy release from the south of Nagano prefecture earthquake on June 25, 2017

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2017年6月25日7時2分頃、長野県南部の深さ7km付近を震源とする $M_{JMA}5.6$ 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4-20Hz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、図1に示すHi-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 $2800\text{kg/m}^3$ 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<sup>1)</sup>を用いて、N.AGMH観測点を基準点とするサイト増幅補正を行った。本震時に強震動による波形の飽和が生じたN.GR2H, N.KADH, N.KSOH観測点については、飽和している時間帯に限り、Hi-net高感度地震計に併設されている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。この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<sup>2)</sup>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本震発生位置(図1中赤丸)の深さ6.7kmに固定した。解析に使用した各種パラメータは、 $V_p=6.7\text{km/s}$ ,  $V_s=3.3\text{km/s}$ , 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 $\epsilon=0.146$ , 相関距離5kmと定めた。

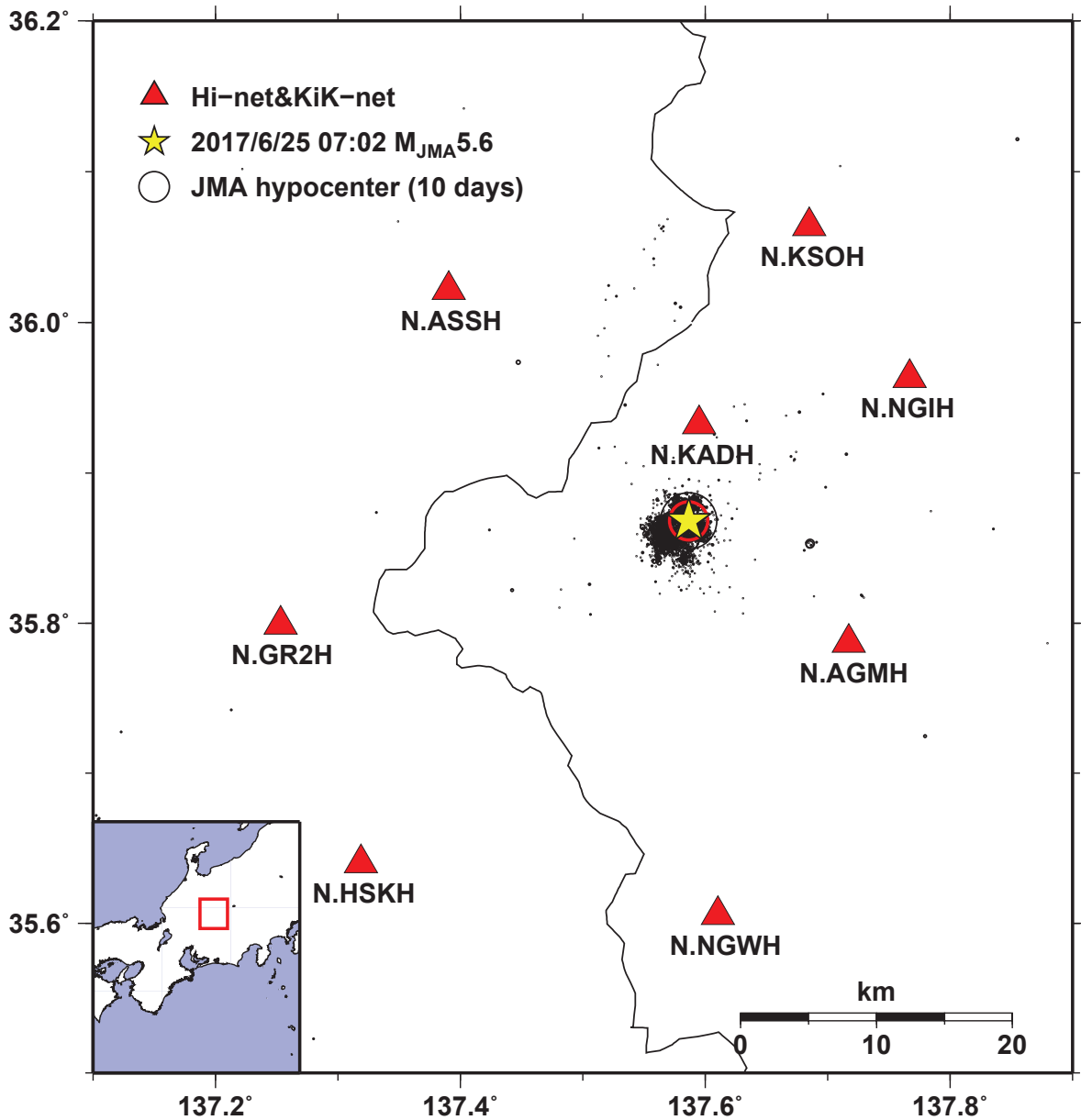
図2aに、4-20Hz帯域でのエネルギー輻射率の推移と気象庁マグニチュードに基づくM-T図を示す。本震発生の2時間後に $M_{JMA}4.5$ , 8時間後に $M_{JMA}4.7$ (最大余震)の余震が起きており、全ての余震の中でこの2つが突出して大きい。最大余震後の余震活動は時間とともに低調となる。図2b, cに、余震による積算エネルギー輻射量と、同量を本震によるエネルギー輻射量(長野県南部の地震の場合 $1.2\times 10^{11}\text{J}$ )で規格化した値(NCER)の推移をそれぞれ示す。本震発生から10日後までの余震による積算エネルギー輻射量は本震のエネルギー輻射量の14%強である。この割合は2016年熊本地震の本震( $M_{JMA}7.3$ , 13%)や鳥取県中部の地震( $M_{JMA}6.6$ , 2.8%)の場合と比べても大きく、規模の割に余震活動が活発であったといえる。ただし、余震による全エネルギー輻射量のうち約87%は上記の $M_{JMA}4.5$ ,  $M_{JMA}4.7$ の2つの余震によるものであり、少数個の突出して大きい余震がエネルギー輻射量の大部分を占めている。同様の事例は、規模は異なるが熊本地震の最大前震( $M_{JMA}6.5$ )後の余震活動(40分後に $M_{JMA}5.8$ , 2時間半後に $M_{JMA}6.4$ )でも見られる。

(澤崎 郁)

#### 参考文献

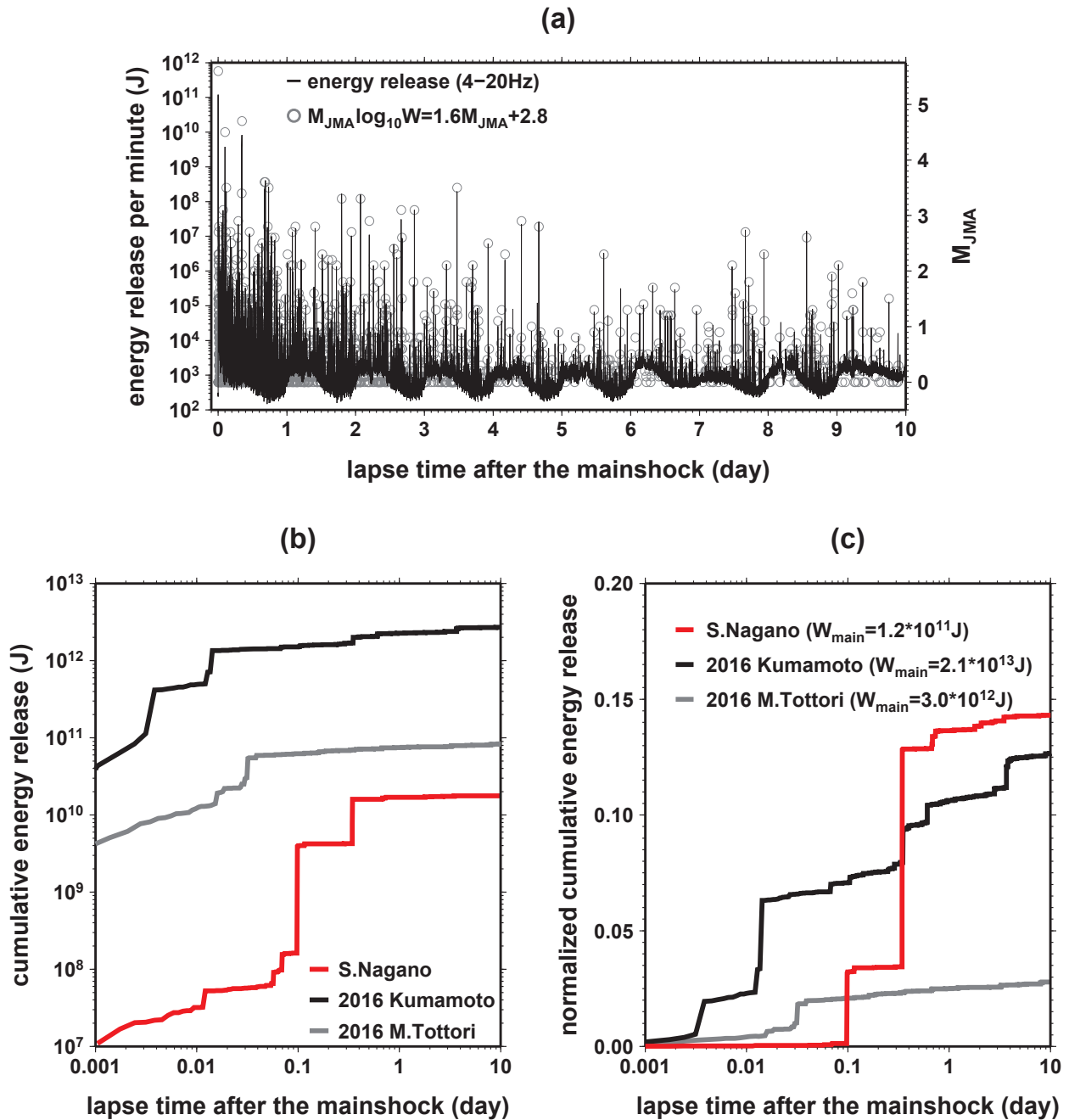
- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, Bull. Seism. Soc. Am., 76(3), 627-648.
- 2) Sawazaki, K., H. Nakahara, and K. Shiomi (2016), Preliminary estimation of high-frequency (4-20 Hz) energy released from the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake sequence, Earth, Planets, and Space, 68(1), 183.

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。



第 1 図 気象庁一元化処理震源に基づく長野県南部の地震の本震の位置（星印），および本震後 10 日間に発生した  $M_{JMA}0$  以上の地震（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 と KiK-net の観測点，および設定したエネルギー輻射点の位置（深さ 6.7km）を示す．

Fig. 1 Location of the JMA unified hypocenter of the south of Nagano prefecture earthquake (star) and its aftershocks occurring within 10 days (black circles,  $M_{JMA} \geq 0$ ). Triangles and red circle represent Hi-net/KiK-net stations and the energy release point (depth: 6.7km).



第2図 (a) 本震発生後10日間の4-20Hz帯域のエネルギー放射率の推移(黒線, 左縦軸), および気象庁マグニチュード ( $M_{JMA}0$ 以上)に基づくM-T図(灰色丸, 右縦軸). エネルギー放射量  $W$  と  $M_{JMA}$  との関係は  $\log W = 1.6M_{JMA} + 2.8$  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放射量の推移. 赤, 黒, 灰色の線はそれぞれ長野県南部の地震, 2016年熊本地震の本震, および2016年鳥取県中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. (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  $M_{JMA}$  is chosen to be  $\log W = 1.6M_{JMA} + 2.8$ . (b) Cumulative 4 – 20 Hz energy release by the aftershocks for each of the south of Nagano prefecture earthquake (red), mainshock of the 2016 Kumamoto earthquake (black), and the 2016 middle of Tottori prefecture earthquake (grey). (c) Same to Fig. (b) except that the cumulative energy releases are normalized by the energy release from their “mainshock” (Normalized Cumulative Energy Release; NCER).