

口永良部島火山における 2019 年以降のモノクロマティック地震活動  
Monochromatic event seismicity at Kuchinoerabujima volcano from 2019

○山田大志・井口正人・中道治久

○Taishi YAMADA, Masato IGUCHI, and Haruhisa NAKAMICHI

We examine temporal changes of seismic energy, peak (fundamental) frequency, and waveform properties of monochromatic-type (N-type, Tornillo, or LP-event) volcanic earthquakes at Kuchinoerabujima volcano in the period from September 2019 to understand its relation to volcanic activity. The peak of the monochromatic event activity from January to April in 2020 corresponds to the increasing SO<sub>2</sub> gas emission amount and a series of eruptions from January 11 to February 2. In this period, the average seismic energy rate of the monochromatic event is about  $3.8 \times 10^3$  J/day, an order magnitude greater than the background period. Several hybrid monochromatic events in the period comprise low-frequency onsets followed by high-frequency signals. This feature suggests that volume change at monochromatic-event source induces shear fracture due to gas supply increasing.

### 1. 口永良部島火山

口永良部島火山では、有史以降に新岳火口を中心とする山頂付近での噴火活動が繰り返されている。2014年8月3日に1980年以来34年ぶりの水蒸気噴火が発生して以降は、最大で数年程度の休止期間と活動の活発化を繰り返している。本発表では2020年の噴火活動を含む期間（2019年9月から2021年11月）を対象に、モノクロマティック地震と分類される火山性地震の特徴に着目し、火山活動との関係を議論する。

### 2. モノクロマティック地震

口永良部島火山で発生する火山性地震のうち、特定の周波数が卓越するコーダ部が一様に減衰するイベントはモノクロマティック微動と分類され、新岳直下の海水面付近に発生位置が推定されている（井口, 2007; Triastuty et al., 2009）。その波形的性質は、他の火山においてN型地震(Aoyama and Takeo, 2001), LP イベント (Kumagai and Chouet, 2000) 等として報告される地震に類似する。井口 (2007) では、5 Hz 以下の低周波成分と 5 Hz 以上の高周波成分の両方が重畳する地震をハイブリッド地震と分類している。本発表の対象期間にはモノクロマティック微動に対しても高周波成分が重畳するイベントが認められ、それらの総称をモノクロマティック(モノクロ)地震とする。

口永良部島火山では地震活動活発期(1996年, 1999年, 2006年)の初期にモノクロ地震の発生頻

度の増加が報告されている。モノクロ地震の波形的性質については、火山性流体を含んだクラックの振動などの発震機構モデルが提案されている。しかしモノクロ地震の励起と火山活動との関連の理解は不十分であり、また重畳する高周波成分との関連についても注目されていない。

### 3. 2019年9月以降の活動推移

図1に2019年9月以降の火山性地震日別回数、モノクロ地震の地震動エネルギーと積算値の推移、モノクロ地震の卓越周波数(基本モード)  $f_0$ 、SO<sub>2</sub>放出量を示す。灰色区間は顕著な噴火活動の発生した期間(1/11, 1/23, 1/27, 2/3の噴火を含む)に該当する。地震動エネルギー積算の時系列からは、2020年1月初旬からのモノクロ地震活動の活発化が読み取れる。2020年1月から2020年4月末までを平均すると、この期間の日別地震動エネルギーレートは  $3.8 \times 10^3$  J/日である。その後の2020年5月から2020年9月末までの期間は平均  $8.9 \times 10^2$  J/日に低下し、2020年10月以降は  $5.2 \times 10^2$  J/日程度の状態で推移するが、これは噴火活動発生前の2019年12月末までのレートにほぼ等しい。モノクロ地震の周波数特性に着目すると、2020年4月末までの期間には2-3 Hz程度に  $f_0$  を有するイベントがほぼ連続的に発生している。2020年5月以降には徐々に6-20 Hz前後に  $f_0$  を有するイベントの割合が増え、2020年10月以降は両者の関係が逆転する。該当期間の典型的なモノ

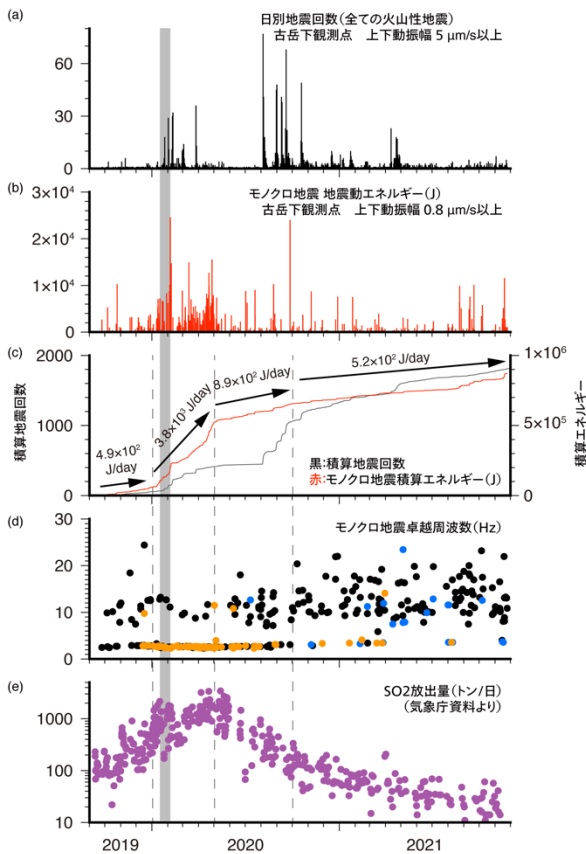


図 1. (a) 地震回数 (b) モノクロ地震動エネルギー (c) 地震回数と地震エネルギーの積算値 (d) モノクロ地震卓越周波数 (e) SO<sub>2</sub> 放出量

クロ地震の波形例として、図 2 a に  $f_0=2.48$  Hz のイベント、図 2 b に  $f_0=10.07$  Hz のイベントをそれぞれ示す。地震動エネルギーレートの期間毎の変化には、発生頻度だけでなくモノクロ地震の  $f_0$  の違いも反映されていることが示唆される。

図 2 c, d には高周波成分の重畳するハイブリッド地震の性質を有するイベントの例を示す。図 2 c の例では、10 Hz 以上の高周波成分に卓越する波群が初動から 5 秒ほど遅れて地震記録に現れる。初動から卓越している単色的振動もこの高周波成分と同期して振幅が変化しており、高周波成分と単調振動の励起が関連していることを示唆する。コーダ部減衰中に高周波成分が重畳する特徴が波形記録から目視で認識できるイベントは、2020 年 7 月末までの期間に多く発生している (図 1 d 橙)。一方で図 2 d に示した例でも 10 Hz 以上の高周波成分が重畳しているが、この事例では高周波成分は初動とほぼ同時に出現し、その後はコーダ部の一様減衰が後続する。こうしたイベントは 2020 年 11 月以降に見られる (図 1 d 青)。

#### 4. 火山活動との関連

対象期間の口永良部島火山では、2019 年 9 月から 2020 年 4 月をピークとして SO<sub>2</sub> 放出量が増加している (図 1 e)。モノクロ地震活動の活発化は噴火活動期間を含む SO<sub>2</sub> 放出量増加期に対応しており、その地震動の励起に火山ガスが密接に関与していることが示唆される。火山ガス放出量と  $f_0$  の対応関係については、より具体的な解釈を与える必要がある。火山ガス放出量増大期のハイブリッド地震は、単色の振動の開始後に高周波成分が励起されている (図 2 c)。周波数の観点から高周波成分を剪断破壊による励起とみなすと、地震波励起に寄与する火山ガス量の増大によって従来以上に体積変化が生じ、併せて剪断破壊も引き起こされていると解釈できる。一方で火山ガス放出量減少後のハイブリッド地震では、高周波成分と単調的振動の励起の順番が逆転する (図 2 d)。この特徴からは、まず剪断破壊が発生し、続いて単色の振動に関与する流体の移動が引き起こされたという一連の解釈が可能である。今後は低周波成分と高周波成分の特徴、励起のタイミング、想定される破壊領域などの系統的な特徴に基づいて、地震波励起と火山ガス放出量、火山活動との対応関係のより定量的な理解を試みる。

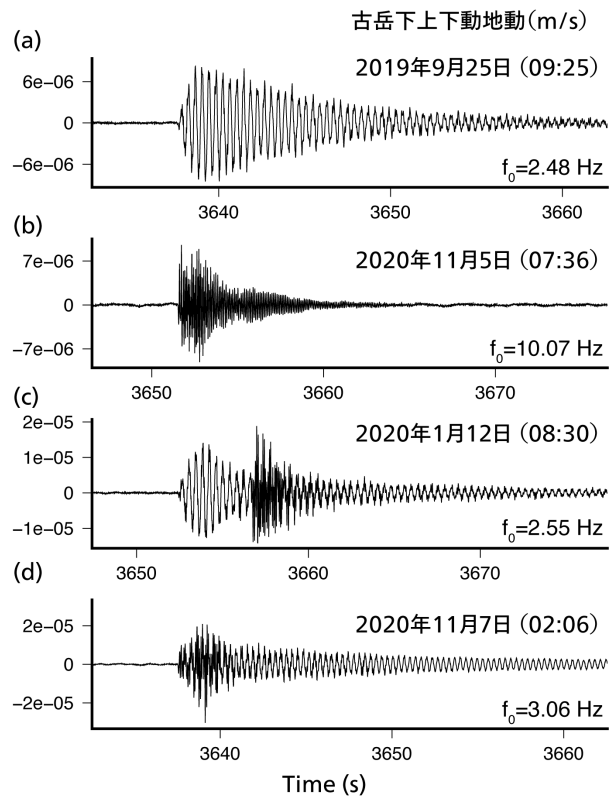


図 2. モノクロ地震の波形例