

参考 機2－（9）

令和7年2月17日 火山調査研究推進本部 火山調査委員会

硫黄島の現状の評価及び調査研究方策

硫黄島の現状の評価

活動履歴

- 硫黄島は、直径約10kmの海底カルデラ上に形成された火山島でカルデラの中央部に広がる平坦な台地状の元山とカルデラ南西縁外の側火山である摺鉢山(すりばちやま)から成る。数百年にわたって非常に速い速度の隆起が続いており、元山で採取されたサンゴの ^{14}C 年代値が525-770B. P. (1950年を起点として525年前から770年前)であったことから(大八木・熊谷, 1977)、海水面付近から当時の標高108mまで隆起したとすると、元山は少なくとも数百年の間、年平均14cmから20cmの速度で隆起したことになる。ただし、1952年から1968年に元山で年平均33cmの隆起が観測され(小坂・他, 1985)、また、海岸には平均比高約10mの海岸段丘が7段から10段認められることから(貝塚・他, 1985)、加速と停滞を繰り返しながら隆起を続けてきたと考えられる。地熱活動は活発で、井戸ヶ浜や東海岸、北海岸、阿蘇台陥没孔、ミリオンダラーホールなどで時々水蒸気噴火が発生している。また、近くの海面でも時々変色水が確認されている。

調査観測結果

- 1970年代から実施されている繰り返し測量によると、元山は2000年代前半まで約10年ごとに間欠的な隆起と沈降を繰り返していたが、2000年代後半以降は連続的に隆起している。1990年代から開始されたGNSS連続観測でも、2006年以降は連続的な隆起が続いていることを示している。1970年代に開始された地震の連続観測によると、隆起活動に伴って多数の地震が発生しており、隆起速度が速い時期に地震数が多い傾向が認められる。摺鉢山や千鳥ヶ原、元山には多数の活断層が認められ、隆起の進行に伴い、地表面で見られる断層のずれが大きくなっている。2013年、2019年、2021年、2023年に実施された海底地形調査では、元山付近を中心とする環状断層が硫黄島北部～北東部～南部の海底に確認された。また、1991年の調査結果も含めて比較すると、硫黄島沿岸海域の、北ノ鼻の沖、南東岸沖、千鳥ヶ浜の沖合、監獄岩と硫黄島の間で海底の隆起が認められた。この隆起した海域は、陸域で認められる元山を中心としたドーナツ状に変動が大きい隆起帯の一部であると考えられる。
- 1983年から2024年に島内で採取された火山ガスの分析によると、1983年以降、マグマ起源のヘリウム供給量の増加を示すと考えられるヘリウム同位体比($^3\text{He}/^4\text{He}$)の上昇が認められる。ただし、観測を行えていない期間もあり詳細な時間変化はわかっていない。
- 最近一年間も、硫黄島の地震活動と地殻変動は継続しているが、過去10年間の変動と比べると隆起速度は低下している。

噴火の事後評価

- 2022年7月に翁浜沖で発生した噴火は、調査開始以降初めて、マグマ噴火であることが確認された。海面に噴出した軽石岩塊の全岩化学組成は SiO_2 : 61wt%であり、過去に硫黄島で採取された溶岩と同じ粗面岩であった。翁浜沖でのマグマ噴火は、その後も断続的に続き、噴出物は同様の化学組成を示した(Miwa et al., 2024)。一連のマグマ噴火により、2023年10月に新島が形成されたが現在は消失している。
- 硫黄島では、水蒸気噴火の直前に1日当たり数百回を超える地震と10cmを超える急激な隆起があり、噴火後しばらく沈降が続く活動が認められることがあるが、顕著な変動がなく水蒸気噴火が発生する場合もある(Ueda et al., 2018)。2023年11月に島北東部の海岸で、また、2024年5月に島北西部の井戸ヶ浜火口でごく小規模な噴火が発生したが、噴火の直前に地震活動や地殻変動に顕著な変動は認められなかった。井戸ヶ浜火口では噴火後も噴気が観測されているが、噴気活動は徐々に衰退している。

現象の解釈及びメカニズムの推定

- 硫黄島の異常な速度での隆起や活発な地熱活動は、硫黄島の地下浅部にマグマだまりが存在し、そのマグマだまりへの間欠的・連続的なマグマ注入が起こっていることによると考えられる。マグマだまりの深さは正確には不明だが、震源の深さの下限が約3kmであることから、その深さよりもやや深い場所にマグマだまりの上端があると推定される。硫黄島で発生する最大規模の地震（マグニチュード3程度）の振動に最大周期約30秒のVLP振動が常時含まれていることも、地下浅部に流体が存在していることを示唆している。
- 繰り返し測量によると、元山の間欠的な隆起が続いていた2000年代前半まで、元山の測量点間の基線長は一定速度での短縮、摺鉢山や釜岩のカルデラ外の測量点との基線長は一定速度の伸びが観測されていたが、2010年以降はそれぞれ加速している。また、島内のGNSS観測点でも、元山の観測点間の短縮の加速、摺鉢山の南西方向の動きの加速が認められる。これら2010年以降の加速と、カルデラ内縁に沿って水蒸気噴火が頻発していること、2022年に南側の翁浜沖でマグマ噴火が発生したことは、カルデラ内縁でマグマが上昇している可能性を示している。

想定される火山活動の推移

- 硫黄島は、1980年代から2000年代まで続いていた間欠的な隆起から、2010年頃に連続的な隆起に変化し、水蒸気噴火の発生も増え、2022年からはマグマ噴火も発生しており、数十年程度の時間スケールで火山活動が活発化する傾向が認められる。現状では、現在と同じ規模のマグマ噴火が発生する可能性がある。なお、現在続いている隆起が今後も継続した場合には、現在よりも

規模の大きいマグマ噴火が発生する可能性がある。一方で、現在の隆起速度が低下して沈降に変化すれば、マグマ噴火の発生する可能性は低下する。

- これまで水蒸気噴火が発生している海岸付近では、引き続き、水蒸気噴火が発生する可能性がある。
- また、元山及び摺鉢山の速い速度での地殻変動は続いたままであることから、地表面で見られる断層のずれの拡大は続くと考えられる。

引用文献

- 貝塚爽平・加藤 茂・長岡信治・宮内崇裕 (1985) 硫黄島と周辺海底の地形, 地学雑誌, **94**, 424-436. <https://doi.org/10.5026/jgeography.94.424>
- 小坂丈予・辻昭治郎・小椋英明 (1985) 硫黄島の地殻変動 (I), 地学雑誌, **94**, 474-479. <https://doi.org/10.5026/jgeography.94.474>
- 大八木則夫・熊谷貞治 (1977) 火山列島硫黄島の 14C 年代, 国立防災科学技術センター研究速報, **25**, 5-17. https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nrcdp/nrcdp_sokuho/25/25_01.pdf
- Ueda, H., Nagai, M. and Tanada, T. (2018) Phreatic eruptions and deformation of Ioto Island (Iwo-jima), Japan, triggered by deep magma injection. *Earth Planets Space*, **70**, 38. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0811-y>
- Miwa, T., Nagai, M., Kozono, T., Nakada, S., Yasuda, A., Ozawa, T., Ueda, H., Tanada, T., and Fujita, E. (2024) Petrological constraints on magma storage conditions during ongoing post-caldera volcanism at Ioto volcano, Ogasawara, Japan. Preprint in Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4543053/v1>

硫黄島の調査研究方策

硫黄島の評価のために機動的な調査観測を含めた以下の調査研究が必要である。

- 今後の噴火の規模を評価するための、硫黄島の地下浅所へのマグマ貫入状況の把握に向けた、地殻変動や地震等の連続観測による隆起速度等の変化や長周期の地震動の発生状況の解析。
- 今後の噴火の推移を評価するための、深部の構造や発生した噴火にマグマがどの程度関与しているかの把握に向けた、海域を含めた広範囲での調査及び、噴出物の構成物や化学組成、火山ガス組成等の分析。
- 今後の噴火の位置等を評価するための、地熱域や地殻変動の分布の把握に向けた、衛星や航空機による熱や地殻変動の分布の面的な解析。