

## 我が国における火山の発生メカニズム等に関する科学的・技術的知見の整理 (案)

令和 4 年 4 月 2 8 日  
研究炉等審査部門

### 1. 背景

使用済燃料の再処理過程で発生する高レベル放射性廃棄物や一部の低レベル放射性廃棄物の処分に当たっては、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律最終処分法に基づき、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（平成 27 年 5 月閣議決定）において、「原子力規制委員会は、概要調査地区等の選定が合理的に進められるよう、その進捗に応じ、将来の安全規制の具体的な審査等に予断を与えないとの大前提の下、概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項を順次示すことが適当である。」とされている。

この基本方針に基づき、原子力規制委員会は、概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項（以下「考慮事項」という。）を検討するに当たり、廃棄物埋設地に埋設された放射性廃棄物を起因として公衆に著しい被ばくを与えるおそれがある事象のうち、廃棄物埋設地の設計（構造及び設備）による対応が困難であり、廃棄物埋設地の設置を避けることにより対応する必要があるもののひとつとして、火山現象を挙げた。その際、新たな火山の発生の可能性の考慮も含めて検討が必要であるとした<sup>i</sup>。

このような背景の下、火山現象に関する考慮事項の検討に先立ち、我が国における火山の発生メカニズムの特徴やその地域性等に関する科学的・技術的知見を以下に取りまとめた。

### 2. 我が国における基本的な火山の発生メカニズムと地域性

日本列島は大陸プレートと海洋プレートの境界に位置し、海洋プレートが沈み込む島弧である。日本の火山は日本海溝や日本列島の延びる方向と平行に分布しており、この火山の分布の海溝側の端を繋ぐ線は火山フロントと呼ばれている<sup>※1, ii</sup>。

日本列島が位置するような沈み込み帯では、海洋プレートの沈み込みの反転流としてマンツルの深部から高温の物質が上昇し、高温のくさび形マンツル（マンツルウェッジという）が形成されている<sup>iii</sup>。海洋プレートの沈み込みに伴う温度と圧力の上昇によって含水鉱物は脱水し、その水がマンツルウェッジに供給される<sup>iv</sup>。この加水と深部からのマンツルウェッジの地殻深部からの上昇（マンツルウェッジの対流）に伴う減圧によりマンツルウェッジを構成するカンラン岩の融点が下がり、マンツルウェッジ内の高温部中心付近が溶融溶解しメルト（マグマ）を生成する<sup>iv</sup>。

※1 原文では「火山帯のフロント」とされている。

このように、沈み込み帯では、基本的に、マントルウェッジ内の高温部の上昇と水の供給による融点低下という状況が整った場合に、マグマが発生するとされている。

このようなマグマの発生メカニズムプロセスが見られる場所の典型的な顕著な例として、東北日本<sup>※2</sup>を含む太平洋プレートの沈み込み域が挙げられる。東北日本に沈み込んでいる太平洋プレートは古いプレートであり、プレート自体が冷えている<sup>v</sup>ことに加え、当該地域では背弧海盆の拡大時に見られるような高温のアセノスフェア<sup>※3</sup>の地表付近への上昇<sup>vi</sup>が生じていないため、上記マグマ発生メカニズムプロセスが成立していると考えられる。

また、西南日本<sup>※4</sup>におけるフィリピン海プレートの沈み込み域においても、マグマの発生メカニズムプロセスは基本的には太平洋プレートの沈み込み域と同様であるとされている<sup>vii</sup>。このうち九州地方に沈み込んでいるプレートは古く冷えたプレート<sup>vii</sup>であり、水の放出を起因としてマグマが発生していると考えられている。他方、中国地方に沈み込んでいるプレートはより若く温かいプレートであり、マグマが生成するための深度に至る前にプレートの水分が失われることで、マグマの生成量が少なくなり、火山の数も少なくなると報告されている<sup>vii</sup>。一方ただし、中国地方に沈み込んでいるフィリピン海プレートはプレート自体の温度が高いため<sup>v</sup>、十分な水の供給がない条件であっても、沈み込んだプレート（スラブ）そのものの部分溶融（スラブメルティング）によってマグマが発生することも示唆されている<sup>viii, ix</sup>。

このように、プレート境界に位置する日本列島において、マグマの発生はプレートの特性や運動と深い関係があると考えられる。

また、発生したマグマは、地殻まで上昇し、マグマ溜まりを形成する。このマグマ溜まりから供給されたマグマが地表に到達した場合、火山の噴火を引き起こす。マグマがマグマ溜まりから地表に至るまでのプロセスには、上部地殻における応力の状態や岩盤特性など比較的浅い深度の狭域における状況が大きく作用影響すると考えられる<sup>x</sup>。第四紀火山の中心及び個別火山体（側火山等）の分布に基づく<sup>x</sup>と、97.7%の火山で、火山中心から半径 15 km の範囲内に個別火山体が治まっているという報告がある<sup>xi</sup>。一方、15 km の範囲を超えるような地中でのマグマの移動が観測された事例（例えば、2000 年の三宅島火山の噴火<sup>xii, xiii, xiv</sup>）も報告されているが、このようなマグマの移動は、上記のような火口の移動も含めて、広域応力場と局所応力場の組合せが影響することが示唆されている<sup>xv, xvi</sup>。

### 3. プレート運動の継続性と今後のマグマの発生の傾向について

日本列島が形成されたとされている時期（約 1400 万年前）以前の日本海拡大時に背弧海盆の拡大時（例えば、14 Ma 以前の日本海の拡大時）には、高温のアセノスフェアが地表付近に上昇し、これが前弧域側においては、高温のアセノスフェアが太平洋スラブの上部に流れ込むことにより、太平洋スラブのような冷えたスラブをが溶融し、多様な成分のマグマが発生<sup>xvii, xviii</sup>して、火山が発生した事例がある

※2 ここでは関東以北から北海道までを含む範囲を指す。

※3 固いリソスフェア（プレート）の下に分布する柔らかく、比較的流動性に富んだ層。

※4 ここでは、中国地方と九州地方をまでを含む範囲を指す。

とされている。このように、日本海の拡大（背弧海盆の拡大）のようなプレート運動の大きな変化が生じると、プレートの沈み込み域でのマントルウェッジの対流の状態が大きく変化すること等によって、火山の発生の傾向が大きく変化することが考えられる。

一方、プレート運動の大きな変化にはその始まりから終息までに100万年～1000万年以上の期間を要したとされており<sup>xix, xx, xxi</sup>、仮にそのような変化が現在始まったとしても、例えば今後10万年程度のうちに現在のプレート運動が大きく変化することは想定し難い。すなわち、プレートの特性や運動と深い関係があるマグマの発生の傾向が今後10万年程度の間大きく変化することは想定し難く、これを否定する学説や科学的知見は見当たらない。

#### 4. 新たな火山の発生の蓋然性

2. 及び3. を踏まえると、プレートの沈み込みというメカニズムに基づき、現在マグマの発生条件が成立していないと考えられる地域では、今後10万年程度の期間において火山が発生する蓋然性は極めて低いと考えられる。当該地域の例としては、東北日本（関東以北から北海道までを含む範囲）の前弧域が挙げられる。理由は以下のとおり。

- ・太平洋プレートは、古いプレートであり、プレート自体が冷えていることに加え、当該地域では背弧海盆の拡大時に見られるような高温のアセノスフェアの地表付近への上昇が生じていないため、「高温のマントルウェッジへの水の供給によるマントルの融点低下」がマグマの発生の要因となっている典型的な例であり、スラブの部分溶融によるマグマ火山の発生は想定しに難いこと。
- ・プレート運動の大きな変化が生じたとはされていない約1400万年以降においても、通常では火山活動が起こらないと考えられる前弧域海溝付近で火山が発生したとされる例外的な事例<sup>※5</sup>が報告されている<sup>xxi</sup>が、このような事例は稀であると考えられること。

また、現時点においてマグマの発生条件の成立を否定できない地域について、新たな火山の発生の蓋然性を評価する場合には、マントルウェッジの対流や沈み込む海洋プレートの特性等を加味した評価モデル等の構築によって評価することが考えられるが、研究段階であり、現時点においては確立された評価方法は見当たらない。

<sup>i</sup> 令和3年度第60回原子力規制委員会（令和4年1月19日）資料5

<sup>ii</sup> 吉田ら，火山学，共立出版株式会社（2017）。

<sup>iii</sup> McKenzie (1969), Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 18, 1-32.

※5 カムチャッカにおいては、海山が沈み込むことによって海山由来のスラブ起源流体が発生し、これがマントルと反応することでマグマが発生し、通常では火山活動が起こらないと考えられる前弧域海溝付近で火山が発生した事例があるとされている。

- 
- iv 中島(2016), 火山, **61** (1), 23-36
- v Peacock and Wang (1999), *Science*, **286** (5441), 937-939.
- vi Hirai et al. (2018), *Geology*, **46** (4), 371-374.
- vii Tatsumi et al. (2020), *Scientific Reports*, **10**: 15005.
- viii 西村 (2016), 温泉科学, **66** (2), 124-136.
- ix 片山ら (2010), 地学雑誌, **119** (2), 205-223.
- x 高橋 (1994), 地学雑誌, **103** (5), 447-463.
- xi 経済産業省資源エネルギー庁 (2017), 「科学的特性マップ」の説明資料
- xii 津久井ら (2005), 火山地質図 12 三宅島火山, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- xiii Nishimura et al. (2001), *Geophysical Research Letters*, **28** (19), 3745-3748.
- xiv 酒井ら (2001), 地学雑誌, **110** (2), 145-155.
- xv 三浦ら (2006), 電力中央研究所報告, N05024
- xvi 土志田ら (2006), 電力中央研究所報告, N05026
- xvii Yamamoto and Hoang (2009), *Lithos*, **112** (3-4), 575-590.
- xviii Ishizuka et al. (2010), *Earth and Planetary Science Letters*, **294**, 111-122.
- xix Jolivet et al. (1999), *Journal of Geophysical Research*, **99** (B11), 22,237-22,259.
- xx Kimura and Tamaki (1986), *Tectonics*, **5** (3), 289-401.
- xxi Seno and Maruyama (1984), *Tectonophysics*, **102**, 53-84.
- xxii Nishizawa et al. (2017), *Scientific Reports*, **7**, 11515.