

火山活動可能性評価に係る安全研究を踏まえた 規制対応について（案）

平成 29 年 6 月 14 日

原子力規制庁

1. 背景と経緯

①安全研究の状況

原子力規制庁では、実用発電用原子炉の火山事象に係る安全規制の高度化に向け、火山活動可能性を評価するための手法の整備に必要な知見の収集を進めている。

具体的には、評価手法の整備を目的として、階段図による火山活動の時系列変化とマグマ組成の時系列変化を組み合わせて評価する手法について検討を進めている。

現在までに、まず、平成 27 年度には、大山火山を事例とした階段図（別添 1 図 1 参照）の精度の向上のための調査を行い、その過程で必要な噴出量の基となる大山火山起源の降下火砕堆積物（大山生竹（DNP）等）の分布を見直した。（別添 1 図 2 の DNP 等の分布を参照）ただし、当該分布図作成に用いた各地点の層厚に関する既往文献については、データの不確実さが含まれていると考えている。

また、平成 28 年度には、前年度に作成した階段図を基にマグマ組成の時系列変化について検討し、高噴出率期と低噴出率期のマグマ組成の違いが明瞭に異なっていること、最後の活動である約 2 万年前のマグマ組成が低噴出率期と同程度であることが分かり（別添 1 図 3 参照）、大山火山の活動が現在まで約 2 万年間休止していることを考慮すると低噴出率期に入ったことが示唆されるとして、引き続き研究を進めているところである。

なお、本研究成果を踏まえた現状の知見と原子力規制庁としての今後の対応について、本年 6 月 6 日の第 27 回技術情報検討会において検討を行った（別添 1 参照）。

②新規制基準適合性審査での扱い

新規制基準適合性審査では、火山影響評価として火山灰の層厚の評価を行っており、原子力発電所の火山影響評価ガイド（別添 2 参照）を参照し、地質

調査や文献調査等から評価された火山灰の層厚を確認するとともに、敷地周辺において火山灰の堆積が確認されない場合は、数値シミュレーション等により火山灰の層厚を求めている。

若狭地域の原子力発電所の新規制基準適合性審査の際の火山影響評価では、地質調査や文献調査の結果から、噴出源が特定できない火山灰として10cm以下の層厚が確認された。さらに、噴出源が特定できる火山灰については地質調査の結果、厚く堆積するものは確認されていないが、発電所運用期間中の噴火規模を想定し、大山生竹（DNP）の噴出量を考慮した数値シミュレーションも行ったうえで火山灰の層厚を10cmと評価していることを確認している。

2. 今後の対応方針案

前述の安全研究では、

- ①大山生竹（DNP）の分布については、多くの原子力発電所の火山灰の層厚の評価に用いられている既存の知見である新編火山灰アトラスの分布（別添3参照）と大きく異なり、その根拠となった層厚に関する既往文献データに不確実さが伴うものの、より東側にまで火山灰の分布範囲が示されている（別添1図2のDNPの分布を参照）こと
- ②①の結果から、大山生竹（DNP）の噴出量については、既知見とは異なる可能性があること
- ③大山火山は、最後の活動である約2万年前の噴出物のマグマ組成が低噴出率期と同程度であることを考慮すると、現在は低噴出率期に入ったこと

等が示唆されているが、現時点では研究が継続中であり、結論は得られていない。

以上を踏まえ、若狭地域の原子力発電所の新規制基準適合性審査の際の火山影響評価において、大山生竹（DNP）の噴火規模（噴出量）を考慮した数値シミュレーションを行っている関西電力に対しては、その根拠となる大山生竹（DNP）の火山灰分布（別添1図2参照）について情報収集を行うことを求めることとしたい。

平成 29 年 06 月 06 日

長官官房 技術基盤グループ 安全技術管理官（地震・津波担当）付
原子力規制部 安全規制管理官（地震・津波安全対策担当）付

火山活動の可能性評価のための調査・研究 (一事例として大山火山を扱った研究) (案)

1) 本研究の概要：

- 原子力発電所の火山影響評価ガイドでは、将来の火山活動性評価を行うには、噴火パターン、活動間隔等を総合的に検討する必要があると記載されている。完新世に活動を行っていない火山の抽出には、階段図を用いてより古い時期の活動を評価し、火山活動の傾向と活動の消長の期間を基に、将来の火山活動可能性を評価する方法が記載されている。しかしながら、階段図は主にある程度の期間をとることでその傾向を把握するためのツールであり、現在のマグマの状況やマグマ組成の変化などと併せて評価することで、より高精度に評価対象火山の火山活動及び将来の火山活動可能性を評価することが可能となる。そのためには評価指標の作成が必要となる。
- 本研究では、過去に大規模噴火を起こした火山や主要な活火山の活動履歴情報を調査し、将来の火山活動可能性を評価するための評価指標の策定に必要な知見の整備を進めている。この中で、長期に活動を休止している大型の成層火山に関する活動可能性評価のための指標策定を目的に、階段図による火山活動の時系列変化とマグマ組成の時系列変化を組み合わせる手法の検討を進めている。

2) これまでの研究の成果：

- 階段図の評価は、噴出物の層序学的・年代学的データ（横軸）及び噴出量（縦軸）の評価に帰結する。そのため、横軸については、地質調査等による層序学的検討や新たな年代測定による噴出時期の精緻化、縦軸については、同一手法による噴出量の推定や推定手法自体の高精度化を図ることで階段図自体の精度が向上する。
- 本研究では、平成 27 年度までに大山火山を事例に、これまで確定していなかった最新期の噴火層序及び年代学的検討を実施し（横軸の高精度化）、噴出量（縦軸）については既存文献を再調査し、噴出量の推定を Legros 法（参考文献 1）に統一して再計算したうえで、階段図の精度向上を図った。その結果、従来の階段図（図 1 の上図）と更新された階段図（図 1 の下図）の比較から、約 10 万年前頃からマグマ噴出率が高い状態が続いている傾向が見られ、大山倉吉噴火（以下、DKP 噴火）は大山火山の約 10～2.5 万年前の活

動の中で特異的な火山活動でないと考えることも可能である（図1参照）。

- 一方で、噴出量の算出に用いた火山灰の分布図（図2参照）は、既往文献の値を用いているので、噴出量（縦軸）については既往文献におけるデータの不確実さを含んでいると考えている。
- なお、上述の階段図の更新に関する研究成果は、平成27年度原子力施設等防災対策等委託費（火山影響評価に係る技術的知見の整備）成果報告書で公開した。また、委託先である産業技術総合研究所においても平成29年3月に「大山火山の噴火履歴の再検討」の論文名で公表した（参考文献2）。
- また、平成28年度の研究では、大山火山における前述の階段図から約20万年前以前の活動を低噴出率期、約20～2万年前の活動を高噴出率期と区分したうえで、噴出物の岩石学的な検討を行いマグマ組成の時系列変化の検討を進めた。その結果として低噴出率期の溶岩及び火砕流堆積物と高噴出率期のそれでは、微量元素の組成比が明瞭に異なり、また、最新のマグマ活動である約2万年前の溶岩及び火砕流噴出物は低噴出率期のものと組成比が類似していることが確認できた（図3参照）。これらのことから、大山火山の活動は約2万年前から、低噴出率期に入ったことが示唆される。

3) 原子力規制庁としての今後の対応：

- 大山火山を事例とした階段図による火山活動の時系列変化に関する成果は、マグマ組成の時系列変化を組み合わせて評価する手法の検討段階での基礎的情報に関する成果であり、将来の火山活動可能性を評価する新たな知見までは至っていない。
- 今後も引き続き、平成28年度で行った化学組成の変化に関する要因及びその妥当性についても検討を進めるとともに、いくつかの火山を事例に火山活動の時系列変化とマグマ組成の時系列変化を組み合わせた評価手法について検討を継続することが重要である。
- なお、今回、事例として扱った大山火山について、約10万～3万年前が高噴出率期の状態が続いたと考えることもでき、大山倉吉噴火、大山生竹噴火等がその時期に噴出していることから、当該火山の噴出量の算出に用いた火山灰の層厚分布に関して、より詳細に情報収集することを検討していく。

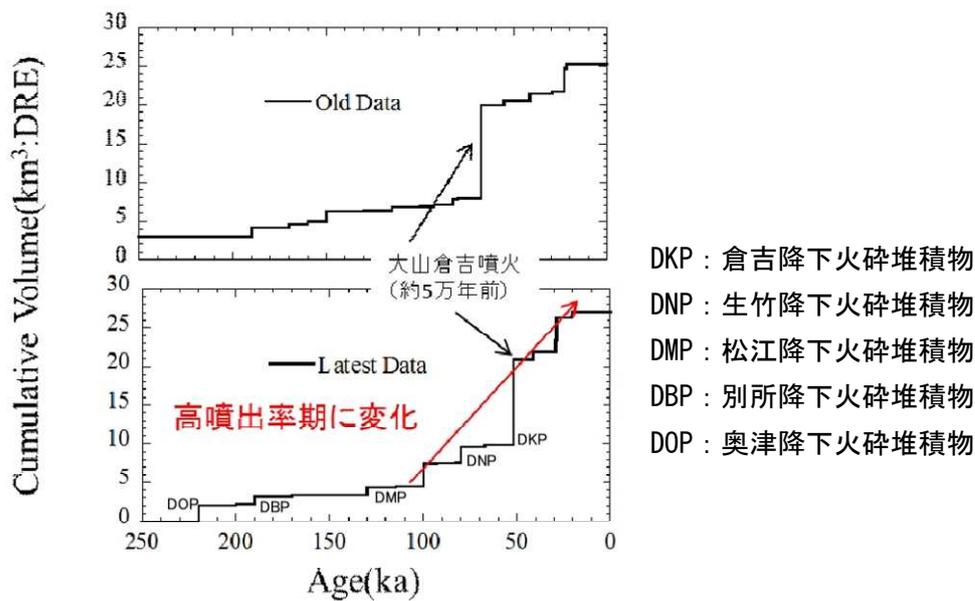


図1 大山火山の噴出量-時間階段図 (平成27年度中間評価調査票の図2)

説明：大山火山では約20万年前以降、噴火規模が大きいプリニー式噴火（軽石を降らす噴火）が複数回起きており（縦軸方向に1目盛分以上増えている場所に相当）、噴出率の高い時期である。その中でも約10万年前以降は噴出率が高い状態に傾向が変化したことが見て取れ、この期間にDNPやDKPが噴火している。



図2 大山火山起源の降下火砕堆積物の分布 (参考文献3の図1.2.3-3)

説明：各地点での層厚は既往文献から読み取られた値で、それを基に降灰分布域が推定されたものである。そのため、今後の調査研究によって層厚や分布の詳細が明らかになった場合、分布域の形状が変更される可能性がある。

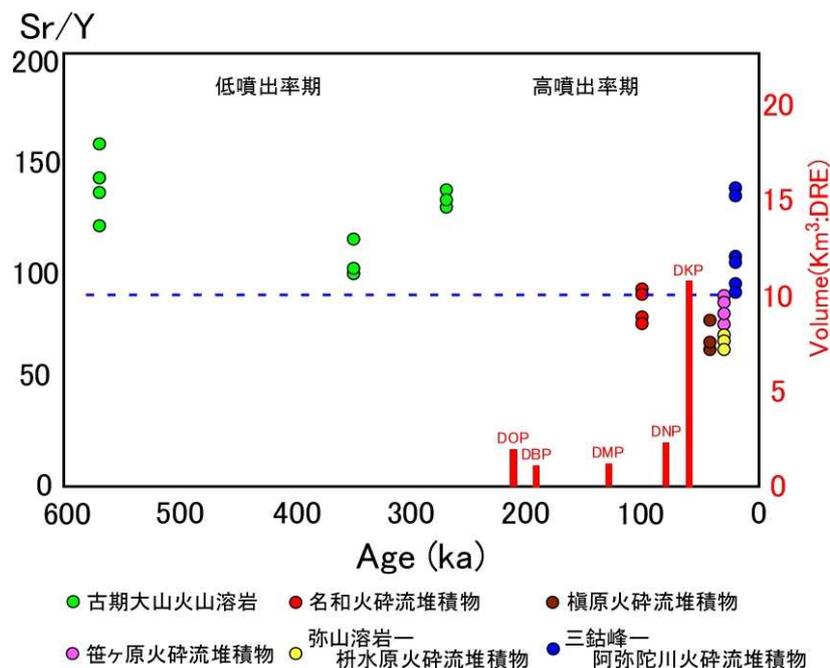


図3 大山火山噴出物（溶岩及び火砕流堆積物）のストロンチウム（Sr）/イットリウム（Y）比の時間変化

（平成28年度年次評価票の図2に参考文献2の第3表のデータを加筆したもの）
 説明：溶岩及び火砕流堆積物の Sr/Y 比の時間変化に規模の大きな噴火（プリニー式噴火）の発生時期とその噴出量を合わせたものである。青丸シンボルで示した大山火山の最新の噴出物（約2万年前）の Sr/Y 比は、規模の大きな噴火を繰り返した時期以前（約20万年前以前）の低噴出率期の噴出物（緑丸シンボル）のそれに近い値を示している（両者は青点線より上にプロットされる）。なお、丸シンボルには赤棒線で示した DKP などの降下火砕物（軽石）の分析データは含まれていない。

参考文献

1. Legros (2000) : Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.* Vol. 96、25-32.
2. 山元 (2017) : 大山火山噴火履歴の再検討、地質調査研究報告、第68巻、1-16.
3. 平成27年度原子力施設等防災対策等委託費（火山影響評価に係る技術的知見の整備）成果報告書
4. 平成27年度中間評価調査票 : <https://www.nsr.go.jp/data/000149391.pdf>
5. 平成28年度年次評価調査票 : <https://www.nsr.go.jp/data/000189235.pdf>

原子力発電所の火山影響評価ガイド（抜粋）

6. 原子力発電所への火山事象の影響評価

原子力発電所の運用期間中において設計対応不可能な火山事象によって原子力発電所の安全性に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された火山について、それが噴火した場合、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を表1に従い抽出し、その影響評価を行う。

ただし、降下火砕物に関しては、火山抽出の結果にかかわらず、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。なお、敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物で、噴出源が同定でき、その噴出源が将来噴火する可能性が否定できる場合は考慮対象から除外する。

また、降下火砕物は浸食等で厚さが低く見積もられるケースがあるので、文献等も参考にして、第四紀火山の噴火による降下火砕物の堆積量を評価すること。

（中略）

解説-16. 原子力発電所内及びその周辺敷地において降下火砕物の堆積が観測されない場合は、次の方法により堆積物量を設定する。

- ✓ 類似する火山の降下火砕物堆積物の情報を基に求める。
- ✓ 対象となる火山の噴火量、噴煙柱高、全体粒度分布、及びその領域における風速分布の変動を高度及び関連パラメータの関数として、原子力発電所における降下火砕物の数値シミュレーションを行うことにより求める。数値シミュレーションに際しては、過去の噴火履歴等の関連パラメータ、並びに類似の火山降下火砕物堆積物等の情報を参考とすることができる。

既往の知見における大山生竹（DNP）の分布

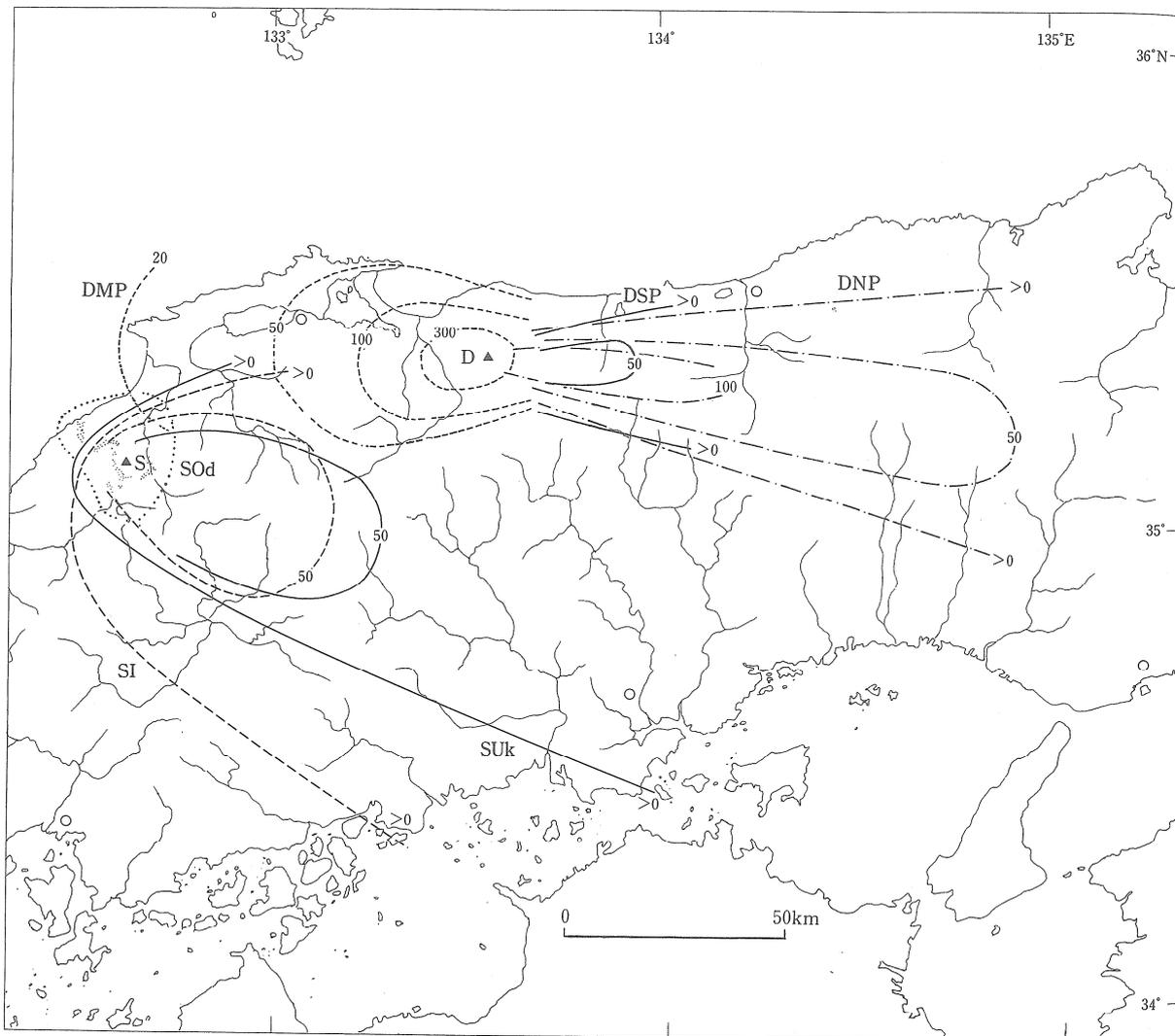


図 3.2-1 中国地方の後期更新世主要テフラの等層厚線図。
 SUk 三瓶浮布^{1,4-7)}など SI 三瓶池田¹⁾など SOd 三瓶大田¹⁾など (点線内が pfl 分布域)
 DSP 大山関金^{2,3)} DNP 大山生竹^{2,3)} DMP 大山松江^{2,3)} D: 大山, S: 三瓶
 [1) 林・三浦 (1987), 2) 町田・新井 (1979), 3) 津久井 (1984), 4) 竹村ほか (1994), 5) 吉川ほか (1986),
 6) Ooi (1992), 7) 加藤ほか (1996)]

出典：新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺] (東京大学出版会)